Ⅵ-1-1-8-2　防護すべき設備の設定

目次

1. 概要 ····· 1
2. 防護すべき設備の設定 ····· 1
2.1 防護すべき設備の設定方針 ····· 1
2.2 溢水防護対象設備の抽出 ····· 1
2.3 防護すべき設備のうち評価対象の選定について ····· 7

1. 概要

本資料は，技術基準規則第12条，第54条及びその解釈並びに評価ガイドを踏まえて，発電用原子炉施設内で発生を想定する溢水の影響から防護すべき設備の設定の考え方を説明するものである。

2. 防護すべき設備の設定

2.1 防護すべき設備の設定方針

溢水から防護すべき設備として，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下「重要度分類審査指針」という。）における分類のクラス１，クラス２に属する構築物，系統及び機器に加え，安全評価上その機能を期待するクラス３に属する構築物，系統及び機器のうち，重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を維持するために必要な設備並びに使用済燃料プールの冷却機能及び使用済燃料プールへの給水機能を維持するために必要な設備である溢水防護対象設備を設定する。

また，重大事故等対処設備についても溢水から防護すべき設備として設定する。

2.2 溢水防護対象設備の抽出

防護すべき設備のうち，溢水防護対象設備の具体的な抽出の考え方を以下に示す。

溢水によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，重要度分類審査指針における分類のクラス１，クラス２及びクラス３に属する構築物，系統及び機器とする。

この中から，溢水防護上必要な機能を有する構築物，系統及び機器を選定する。

具体的には，運転状態にある場合には発電用原子炉を高温停止及び引き続き低温停止することができ並びに放射性物質の閉じ込め機能を維持するため，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するため及び使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要となる，重要度分類審査指針における分類のクラス１，クラス２に属する構築物，系統及び機器に加え，安全評価上その機能を期待するクラス３に属する構築物，系統及び機器を抽出する。

以上を踏まえ，防護すべき設備のうち溢水防護対象設備として，重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な構築物，系統及び機器を抽出する。

(1) 重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備

重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備として，運転状態にある場合は発電用原子炉を高温停止及び引き続き低

温停止することができ並びに放射性物質の閉じ込め機能を維持するために必要な設備，また，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な設備を溢水防護対象設備として抽出する。重要度の特に高い安全機能を有する系統・機器を表2-1に示す。

表2-1　重要度の特に高い安全機能と系統・機器（1／3）

機　能	対象系統・機器	重要度分類
原子炉の緊急停止機能	制御棒及び制御棒駆動系	MS-1
未臨界維持機能	ほう酸水注入系	PS-1
	制御棒及び制御棒駆動系	MS-1
原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	主蒸気逃がし安全弁（安全弁機能）	MS-1
原子炉停止後における除熱のための崩壊熱除去機能	残留熱除去系（原子炉停止時冷却モード）	MS-1
	高圧炉心スプレイ系	
	主蒸気逃がし安全弁（逃がし弁機能，自動減圧系）	
	残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）	
	原子炉隔離時冷却系	
	主蒸気逃がし安全弁（逃がし弁機能，自動減圧系）	
	残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）	
原子炉停止後における除熱のための原子炉が隔離された場合の注水機能	原子炉隔離時冷却系	MS-1
	高圧炉心スプレイ系	
原子炉停止後における除熱のための原子炉が隔離された場合の圧力逃がし機能	主蒸気逃がし安全弁（逃がし弁機能，自動減圧系）	MS-1
事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内高圧時における注水機能	高圧炉心スプレイ系	MS-1
	主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系）	
	低圧炉心スプレイ系	
	主蒸気逃がし安全弁（自動減圧系）	
	残留熱除去系（低圧注水モード）	
事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内低圧時における注水機能	低圧炉心スプレイ系	MS-1
	高圧炉心スプレイ系	
	残留熱除去系（低圧注水モード）	
事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内高圧時における減圧系を作動させる機能	自動減圧系	MS-1

表2-1　重要度の特に高い安全機能と系統・機器（2／3）

機　能	対象系統・機器	重要度分類
格納容器内又は放射性物質が格納容器内から漏れ出た場所の雰囲気中の放射性物質の濃度低減機能	非常用ガス処理系	MS-1
格納容器の冷却機能	残留熱除去系 （格納容器スプレイ冷却モード）	MS-1
格納容器内の可燃性ガス制御機能	可燃性ガス濃度制御系	MS-1
非常用交流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能	非常用交流電源設備	MS-1
非常用直流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能	非常用直流電源設備	MS-1
非常用の交流電源機能	非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）	MS-1
非常用の直流電源機能	蓄電池（非常用）	MS-1
非常用の計測制御用直流電源機能	計測制御用電源設備	MS-1
補機冷却機能	原子炉補機冷却水系 高圧炉心スプレイ補機冷却水系	MS-1
冷却用海水供給機能	原子炉補機冷却海水系 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	MS-1
原子炉制御室非常用換気空調機能	中央制御室換気空調系	MS-1
圧縮空気供給機能	主蒸気逃がし安全弁の駆動用圧縮空気源 主蒸気隔離弁の駆動用圧縮空気源	MS-1
原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管の隔離機能	原子炉冷却材圧力バウンダリ隔離弁	PS-1
原子炉格納容器バウンダリを構成する配管の隔離機能	原子炉格納容器隔離弁	MS-1
原子炉停止系に対する作動信号（常用系として作動させるものを除く）の発生機能	原子炉保護系の安全保護回路	MS-1
工学的安全施設に分類される機器若しくは系統に対する作動信号の発生機能	非常用炉心冷却系作動の安全保護回路 主蒸気隔離の安全保護回路 原子炉格納容器隔離の安全保護回路 非常用ガス処理系作動の安全保護回路	MS-1
事故時の原子炉の停止状態の把握機能	起動領域モニタ* 原子炉スクラム用電磁接触器の状態及び制御棒位置	MS-2

表2-1　重要度の特に高い安全機能と系統・機器（3／3）

機　能	対象系統・機器	重要度分類
事故時の炉心冷却状態の把握機能	原子炉水位（広帯域）* 原子炉水位（燃料域）*	MS-2
	原子炉圧力*	
事故時の放射能閉じ込め状態の把握機能	ドライウェル圧力*	MS-2
	圧力抑制室圧力*	
	サプレッションプール水温度*	
	格納容器内雰囲気放射線モニタ*	
事故時のプラント操作のための情報の把握機能	原子炉水位（広帯域）* 原子炉水位（燃料域）*	MS-2
	原子炉圧力*	
	ドライウェル圧力*	
	圧力抑制室圧力*	
	サプレッションプール水温度*	
	格納容器内雰囲気水素濃度* 格納容器内雰囲気酸素濃度*	
	気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタ*	MS-3
直接関連系	計測制御電源室換気空調系 原子炉補機室換気空調系 換気空調補機非常用冷却水系	MS-1

注記　＊：計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載

(2)　使用済燃料プールの冷却及び給水機能維持に必要な設備

使用済燃料プールを保安規定で定められた水温（65 ℃以下）に維持するため，使用済燃料プールの冷却系統の機能維持に必要な設備を抽出する。

また，使用済燃料プールの放射線を遮蔽するための水量を確保するため，使用済燃料プールへの給水機能を有する系統の機能維持に必要な設備を抽出する。

具体的には，表 2-2 に示すとおり燃料プール冷却浄化系，残留熱除去系及び燃料プール補給水系を抽出する。

また，使用済燃料プールの水位及び温度の監視計器については，重要度分類指針における分類のクラス３に属する機器であるが，使用済燃料プールの状態を直接的に把握することができ，異常事態発生時の円滑な対応に資する設備であるため抽出する。

表 2-2　「使用済燃料プール冷却」及び「使用済燃料プールへの給水」機能を有する系統

機能	対象系統・機器	重要度分類
プール冷却機能	燃料プール冷却浄化系 残留熱除去系 使用済燃料プール水温度*	PS-3
プールへの給水機能	燃料プール補給水系 残留熱除去系 使用済燃料プール水位*	MS-2 MS-3

注記　＊：計装設備については計装ループ全体を示すため要素名を記載

2.3　防護すべき設備のうち評価対象の選定について

抽出された防護すべき設備について，溢水影響を受けても必要とされる安全機能を損なうおそれがない設備の考え方を表 2-3 に示す。

表 2-3 の整理に基づき，具体的に溢水評価が必要となる溢水防護対象設備及び重大事故等対処設備を選定した。その結果を表 2-4 及び表 2-5 に示すとともに溢水防護区画を図 2-1 に示す。

表2-3　溢水影響評価の対象外とする理由

各ステップの項目	理由
①　溢水により機能を喪失しない	容器，熱交換器，安全弁，逆止弁，手動弁，配管等の静的機器は，外部からの電源供給等が不要であることから，溢水の影響により外部からの電源供給や電気信号を喪失しても機能喪失はしないため，溢水影響がないと評価した。
②　PCV 内耐環境仕様の設備	PCV 内設備のうち，重要度の特に高い安全機能を有する系統設備は，原子炉冷却材喪失（LOCA）時の原子炉格納容器内の状態（温度・圧力条件及び溢水影響）を考慮した耐環境仕様としているため，溢水影響はないと評価した。 なお，対象設備が耐環境仕様であることの確認は，メーカ試験等で行った事故時の環境条件を模擬した試験結果を確認することにより行った。
③　動作機能の喪失により安全機能に影響しない	状態監視のみの現場指示計，フェイル・アズ・イズでも安全機能に影響しない電動弁，あるいはフェイル・ポジションでも安全機能に影響しない空気作動弁など，動作機能喪失によっても安全機能へ影響しない設備は，溢水影響がないと評価した。
④　他の設備で代替できる	他の設備により機能が代替できる設備は，機能喪失しても安全機能に影響しない。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（1／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
残留熱除去系(A)	残留熱除去系ポンプ(A) (E11-C001A)	R-B3F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(A)	RHR A系LPCI注入隔離弁差圧 (E11-dPT008A)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
残留熱除去系(A)	RHR A系エルボ差圧(A) (E11-dPT016A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
残留熱除去系(A)	RHR A系エルボ差圧(B) (E11-dPT016B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
残留熱除去系(A)	RHRポンプ(A)S/C吸込弁 (E11-F001A)	R-B3F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(A)	RHR熱交換器(A)バイパス弁 (E11-F003A)	R-1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(A)	RHR A系LPCI注入隔離弁 (E11-F004A)	R-MB1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.11.5m
残留熱除去系(A)	RHR熱交換器(A)出口弁 (E11-F008A)	R-1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(A)	RHR A系格納容器スプレイ流量調整弁 (E11-F009A)	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(A)	RHR A系格納容器スプレイ隔離弁 (E11-F010A)	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(A)	RHR A系S/Cスプレイ隔離弁 (E11-F011A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（2／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
残留熱除去系(A)	RHR A系停止時冷却吸込第二隔離弁 (E11-F016A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(A)	RHR ポンプ(A)停止時冷却吸込弁 (E11-F017A)	R-B3F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(A)	RHR A系停止時冷却注入隔離弁 (E11-F018A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(A)	RHR ポンプ(A)ミニマムフロー弁 (E11-F024A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(A)	RHR ポンプ(A)出口流量 (E11-FT006A)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
残留熱除去系(A)	RHR ポンプ(A)出口圧力 (E11-PT004A-1)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
残留熱除去系(A)	RHR ポンプ(A)出口圧力 (E11-PT004A-2)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
低圧炉心スプレイ系	低圧炉心スプレイ系ポンプ (E21-C001)	R-B3F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
低圧炉心スプレイ系	LPCS ポンプ注入隔離弁差圧 (E21-dPT007)	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
低圧炉心スプレイ系	LPCS ポンプ S/C 吸込弁 (E21-F001)	R-B3F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
低圧炉心スプレイ系	LPCS 注入隔離弁 (E21-F003)	R-MB1F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.10.7m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（3／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
低圧炉心スプレイ系	LPCS ポンプミニマムフロー弁 (E21-F009)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
低圧炉心スプレイ系	LPCS ポンプ出口流量 (E21-FT006)	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
低圧炉心スプレイ系	LPCS ポンプ出口圧力 (E21-PT004A)	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
低圧炉心スプレイ系	LPCS ポンプ出口圧力 (E21-PT004B)	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン蒸気加減弁電油変換器 ((20-CV))	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	原子炉隔離時冷却系ポンプ (E51-C001)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン (E51-C002)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC エルボ差圧 (E51-dPT019A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC エルボ差圧 (E51-dPT019B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプ CST 吸込弁 (E51-F001)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC 注入弁 (E51-F003)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（4／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプ S/C 吸込弁 (E51-F005)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン入口蒸気ライン第二隔離弁 (E51-F008)	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン止め弁 (E51-F009)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気ライン隔離弁 (E51-F011)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプミニマムフロー弁 (E51-F015)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC 冷却水ライン止め弁 (E51-F017)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC 真空ポンプ吐出ライン隔離弁 (E51-F029)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン主蒸気止め弁 (E51-F071)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプ出口流量 (E51-FT004)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン蒸気加減弁 (E51-HO-F072)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン主蒸気止め弁全閉表示用リミットスイッチ (E51-PoS031)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（5／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン非常トリップ装置&非常調速機作動表示用リミットスイッチ (E51-PoS041)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン蒸気加減弁開度発信器 (E51-PoT050)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプ入口圧力 (E51-PT001B)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力 (E51-PT007)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気圧力 (E51-PT009A)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気圧力 (E51-PT009B)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気ダイアフラム圧力 (E51-PT011A)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気ダイアフラム圧力 (E51-PT011B)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気ダイアフラム圧力 (E51-PT011C)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン排気ダイアフラム圧力 (E51-PT011D)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（6／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉隔離時冷却系	RCIC 蒸気管圧力 (E51-PT020A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC 蒸気管圧力 (E51-PT020B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC 蒸気管圧力 (E51-PT020C)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC 蒸気管圧力 (E51-PT020D)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン回転数検出器-1 (E51-SE042)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン回転数検出器-2 (E51-SE043)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービンメカニカルトリップ用ソレノイド (E51-SO052)	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉隔離時冷却系	RCIC タービン制御盤 (H21-P042)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
原子炉隔離時冷却系	125V 直流 RCIC モータコントロールセンタ (R42-P101)	R-B1F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
残留熱除去系(B)	残留熱除去系ポンプ(B) (E11-C001B)	R-B3F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(B)	RHR B 系 LPCI 注入隔離弁差圧 (E11-dPT008B)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（7／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
残留熱除去系(B)	RHR B系エルボ差圧(C) (E11-dPT016C)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
残留熱除去系(B)	RHR B系エルボ差圧(D) (E11-dPT016D)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
残留熱除去系(B)	RHR ポンプ(B)S/C 吸込弁 (E11-F001B)	R-B3F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(B)	RHR 熱交換器(B)バイパス弁 (E11-F003B)	R-1F-11	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(B)	RHR B系 LPCI 注入隔離弁 (E11-F004B)	R-MB1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.11.5m
残留熱除去系(B)	RHR 熱交換器(B)出口弁 (E11-F008B)	R-1F-11	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(B)	RHR B系格納容器スプレイ流量調整弁 (E11-F009B)	R-1F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(B)	RHR B系格納容器スプレイ隔離弁 (E11-F010B)	R-1F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
残留熱除去系(B)	RHR B系 S/C スプレイ隔離弁 (E11-F011B)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(B)	RHR B系停止時冷却吸込第二隔離弁 (E11-F016B)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(B)	RHR ポンプ(B)停止時冷却吸込弁 (E11-F017B)	R-B3F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（8／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
残留熱除去系(B)	RHR B系停止時冷却注入隔離弁 (E11-F018B)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(B)	RHRポンプ(B)ミニマムフロー弁 (E11-F024B)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(B)	RHRポンプ(B)出口流量 (E11-FT006B)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
残留熱除去系(B)	RHRポンプ(B)出口圧力 (E11-PT004B-1)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
残留熱除去系(B)	RHRポンプ(B)出口圧力 (E11-PT004B-2)	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
残留熱除去系(C)	残留熱除去系ポンプ(C) (E11-C001C)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(C)	RHR C系LPCI注入隔離弁差圧 (E11-dPT008C)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(C)	RHRポンプ(C)S/C吸込弁 (E11-F001C)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(C)	RHR C系LPCI注入隔離弁 (E11-F004C)	R-MB1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.11.5m
残留熱除去系(C)	RHRポンプ(C)ミニマムフロー弁 (E11-F024C)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(C)	RHRポンプ(C)出口流量 (E11-FT006C)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（9／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
残留熱除去系(C)	RHR ポンプ(C)出口圧力 (E11-PT004C-1)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
残留熱除去系(C)	RHR ポンプ(C)出口圧力 (E11-PT004C-2)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	高圧炉心スプレイ系ポンプ (E22-C001)	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ CST 吸込弁 (E22-F001)	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS 注入隔離弁 (E22-F003)	R-MB1F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.10.7m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ S/C 吸込弁 (E22-F006)	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ CST 側ミニマムフロー第一弁 (E22-F011)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ CST 側ミニマムフロー第二弁 (E22-F012)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ S/C 側ミニマムフロー弁 (E22-F013)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ出口流量 (E22-FT005A)	R-B2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
高圧炉心スプレイ系	復水貯蔵タンク水位レベルスイッチ (E22-LS011A)	CST-1	復水貯蔵ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（10／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
高圧炉心スプレイ系	復水貯蔵タンク水位レベルスイッチ (E22-LS011B)	CST-1	復水貯蔵ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m
高圧炉心スプレイ系	サプレッションプール水位 (E22-LT010A)	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	サプレッションプール水位 (E22-LT010B)	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ入口圧力 (E22-PT001B)	R-B2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
高圧炉心スプレイ系	HPCS ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	R-B2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ(A) (C41-C001A)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ(B) (C41-C001B)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ潤滑油ポンプ(A) (C41-C002A)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ潤滑油ポンプ(B) (C41-C002B)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	SLC タンク出口弁(A) (C41-F001A)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	SLC タンク出口弁(B) (C41-F001B)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（11／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
ほう酸水注入系	SLC 注入電動弁(A) (C41-F006A)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	SLC 注入電動弁(B) (C41-F006B)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	SLC ポンプ(A)潤滑油圧力スイッチ (C41-PS011A)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	SLC ポンプ(B)潤滑油圧力スイッチ (C41-PS011B)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	ほう酸水注入系(A)現場操作箱 (H25-P005)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
ほう酸水注入系	ほう酸水注入系(B)現場操作箱 (H25-P006)	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
原子炉格納容器隔離弁	主蒸気ドレンライン第二隔離弁 (B21-F005)	R-B1F-3-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
原子炉格納容器隔離弁	CUW 入口ライン第二隔離弁 (G31-F003)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器隔離弁	D/W LCW サンプ第二隔離弁 (K11-F004)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器隔離弁	D/W HCW サンプ第二隔離弁 (K11-F104)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器隔離弁	HNCW 戻りライン第二隔離弁 (P24-F108)	R-MB1F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.10.7m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（12／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉格納容器隔離弁	RCW 戻り側第二隔離弁(A) (P42-F116A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器隔離弁	RCW 戻り側第二隔離弁(B) (P42-F116B)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系排風機(A) (T46-C001A)	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系排風機(B) (T46-C001B)	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系空気乾燥装置(A) (T46-D001A)	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系空気乾燥装置(B) (T46-D001B)	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系フィルタ装置 (T46-D002)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	原子炉建屋外気間差圧(北側) (T46-dPT014A)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
非常用ガス処理系	原子炉建屋外気間差圧(西側) (T46-dPT014B)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
非常用ガス処理系	原子炉建屋外気間差圧(南側) (T46-dPT014C)	R-3F-3-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
非常用ガス処理系	原子炉建屋外気間差圧(東側) (T46-dPT014D)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（13／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系空気乾燥装置(A)入口弁 (T46-F002A)	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系空気乾燥装置(B)入口弁 (T46-F002B)	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁(A) (T46-F003A)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁(B) (T46-F003B)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	SGTS トレイン出口流量 (T46-FT001A)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
非常用ガス処理系	SGTS トレイン出口流量 (T46-FT001B)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
非常用ガス処理系	空気乾燥装置(A)電気ヒータ入口温度 (T46-TE003A)	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	空気乾燥装置(B)電気ヒータ入口温度 (T46-TE003B)	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ入口温度(A) (T46-TE006A)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ入口温度(B) (T46-TE006B)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ入口温度(A) (T46-TE008A)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（14／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ入口温度(B) (T46-TE008B)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ温度(A) (T46-TE009A)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ温度(B) (T46-TE009B)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ出口温度(A) (T46-TE011A)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ出口温度(B) (T46-TE011B)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ出口温度(A) (T46-TE012A)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
非常用ガス処理系	フィルタ装置チャコールエアフィルタ出口温度(B) (T46-TE012B)	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS SCR盤 ESS-Ⅰ (H21-P095A)	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 除湿ヒータ(A)用変圧器 (R47-TR008)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	可燃性ガス濃度制御系再結合装置加熱器(A)(電気ヒータ) (T49-B002A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ(A) (T49-C001A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（15／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS A系入口隔離弁 (T49-F001A)	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS A系出口隔離弁 (T49-F003A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS A系冷却水止め弁 (T49-F005A)	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS A系冷却水入口弁 (T49-F006A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS A系入口流量調節弁 (T49-FCV-F002A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS A系再循環流量調節弁 (T49-FCV-F004A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS(A)入口ガス流量 (T49-FT002A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCSブロワ(A)入口流量 (T49-FT004A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCSブロワ(A)入口圧力 (T49-PT003A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCSブロワ(A)入口温度 (T49-TE005A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS加熱管(A)内ガス温度 (T49-TE006A-1)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（16／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 加熱管(A)内ガス温度 (T49-TE006A-2)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 加熱管(A)出口ガス温度 (T49-TE007A-1)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 加熱管(A)出口ガス温度 (T49-TE007A-2)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 加熱管(A)表面温度 (T49-TE008A-1)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 加熱管(A)表面温度 (T49-TE008A-2)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 再結合器(A)表面温度 (T49-TE010A-1)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 再結合器(A)表面温度 (T49-TE010A-2)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 冷却器(A)出口ガス温度 (T49-TE011A)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 再結合器(A)内ガス温度 (T49-TE009A-1)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(A)	FCS 再結合器(A)内ガス温度 (T49-TE009A-2)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS SCR 盤 ESS-Ⅱ (H21-P095B)	R-B1F-10	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（17／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS除湿ヒータ(B)用変圧器(R47-TR009)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	可燃性ガス濃度制御系再結合装置加熱器(B)(電気ヒータ)(T49-B002B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ(B)(T49-C001B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS B系入口隔離弁(T49-F001B)	R-1F-7-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS B系出口隔離弁(T49-F003B)	R-B3F-10	原子炉建屋原子炉棟	O.P.-8.1m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS B系冷却水止め弁(T49-F005B)	R-1F-8	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS B系冷却水入口弁(T49-F006B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS B系入口流量調節弁(T49-FCV-F002B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS B系再循環流量調節弁(T49-FCV-F004B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS(B)入口ガス流量(T49-FT002B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCSブロワ(B)入口流量(T49-FT004B)	R-2F-2-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（18／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCSブロワ(B)入口圧力 (T49-PT003B)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS ブロワ(B)入口温度 (T49-TE005B)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 加熱管(B)内ガス温度 (T49-TE006B-1)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 加熱管(B)内ガス温度 (T49-TE006B-2)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 加熱管(B)出口ガス温度 (T49-TE007B-1)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 加熱管(B)出口ガス温度 (T49-TE007B-2)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 加熱管(B)表面温度 (T49-TE008B-1)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 加熱管(B)表面温度 (T49-TE008B-2)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 再結合器(B)表面温度 (T49-TE010B-1)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 再結合器(B)表面温度 (T49-TE010B-2)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 冷却器(B)出口ガス温度 (T49-TE011B)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（19／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS再結合器(B)内ガス温度 (T49-TE009B-1)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
可燃性ガス濃度制御系(B)	FCS 再結合器(B)内ガス温度 (T49-TE009B-2)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(圧力)	原子炉圧力(A) (B21-PT051A)	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(圧力)	原子炉圧力(B) (B21-PT051B)	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(圧力)	ドライウェル圧力 (T48-PT014)	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(圧力)	ドライウェル圧力 (T48-PT017)	R-2F-2-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(圧力)	圧力抑制室内圧力 (T48-PT018A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(圧力)	圧力抑制室内圧力 (T48-PT018B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(水位)	原子炉水位(広帯域)(A) (B21-LT052A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(水位)	原子炉水位(広帯域)(B) (B21-LT052B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F001A)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（20／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
事故時監視計器(CAMS)	CAMS電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F001B)	R-2F-2-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F002A)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F002B)	R-2F-2-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F003A)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F003B)	R-2F-2-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F004A)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(サンプル切替弁) (D23-F004B)	R-2F-2-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(PASS 取合(バイパス弁)) (D23-F011)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(PASS 取合(入口止め弁)) (D23-F012)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(PASS 取合(入口止め弁)) (D23-F013)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 電磁弁(PASS 取合(戻り止め弁)) (D23-F014)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（21／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
事故時監視計器(CAMS)	CAMS電磁弁(PASS取合(戻り止め弁)) (D23-F015)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(A) (D23-HA1,HA2)	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(A) (D23-HA1,HA2)	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(A) (D23-HA1,HA2)	R-MB1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.11.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(A) (D23-HA1,HA2)	R-B1F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(A) (D23-HA1,HA2)	R-B1F-3-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(A) (D23-HA1,HA2)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(B) (D23-HB1,HB2)	R-2F-2-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(B) (D23-HB1,HB2)	R-1F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(B) (D23-HB1,HB2)	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(B) (D23-HB1,HB2)	R-1F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（22／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
事故時監視計器(CAMS)	CAMS配管ヒータ(B) (D23-HB1,HB2)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 配管ヒータ(B) (D23-HB1,HB2)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
事故時監視計器(CAMS)	CAMSγ線検出器(A)D/W (D23-RE005A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMSγ線検出器(B)D/W (D23-RE005B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMSγ線検出器(A)S/C (D23-RE006A)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
事故時監視計器(CAMS)	CAMSγ線検出器(B)S/C (D23-RE006B)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS D/W サンプルガス温度(A) (D23-TE013A)	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS D/W サンプルガス温度(B) (D23-TE013B)	R-1F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS S/C サンプルガス温度(A) (D23-TE019A)	R-MB1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.11.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS S/C サンプルガス温度(B) (D23-TE019B)	R-1F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS ヒータ制御盤(A) (H21-P384A)	R-2F-5	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（23／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
事故時監視計器(CAMS)	CAMSヒータ制御盤(B) (H21-P384B)	R-2F-8	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS サンプリングラック(A) (H22-P382A)	R-2F-2-5	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS サンプリングラック(B) (H22-P382B)	R-2F-2-6	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 校正ラック(A) (H22-P383A)	R-2F-2-5	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS 校正ラック(B) (H22-P383B)	R-2F-2-6	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	ドレンポットサポート (D23-D002A)	R-2F-2-5	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	冷却器 (D23-B001A)	R-2F-2-5	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	除湿器 (D23-B002A-1)	R-2F-2-5	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	ドレンポットサポート (D23-D002B)	R-2F-2-6	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	冷却器 (D23-B001B)	R-2F-2-6	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
事故時監視計器(CAMS)	除湿器 (D23-B002B-1)	R-2F-2-6	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（24／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
事故時監視計器(CAMS)	CAMSモニタプリアンプ収納箱(A) (H25-P386A)	C-2F-1	制御建屋	O.P.19.5m
事故時監視計器(CAMS)	CAMS モニタプリアンプ収納箱(B) (H25-P386B)	C-2F-2	制御建屋	O.P.19.5m
燃料プール冷却浄化系	燃料プール冷却浄化系ポンプ(A) (G41-C001A)	R-1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
燃料プール冷却浄化系	燃料プール冷却浄化系ポンプ(B) (G41-C001B)	R-1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
燃料プール冷却浄化系	FPC ろ過脱塩装置入口第一弁 (G41-F005A)	R-M2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.18.3m
燃料プール冷却浄化系	FPC ろ過脱塩装置バイパス弁(A) (G41-F020A)	R-M2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.18.3m
燃料プール冷却浄化系	FPC ろ過脱塩装置バイパス弁(B) (G41-F020B)	R-M2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.18.3m
燃料プール冷却浄化系	FPC ポンプ(A)出口流量 (G41-FT005A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
燃料プール冷却浄化系	FPC ポンプ(B)出口流量 (G41-FT005B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
燃料プール冷却浄化系	スキマサージタンク水位 (G41-LT019)	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
燃料プール冷却浄化系	FPC ポンプ(A)入口圧力 (G41-PT002A)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（25／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
燃料プール冷却浄化系	FPCポンプ(B)入口圧力 (G41-PT002B)	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m
燃料プール冷却浄化系	燃料プール状態表示盤 (H21-P577)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
燃料プール補給水系	燃料プール補給水ポンプ (P15-C001)	R-B3F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
燃料プール補給水系	FPMUW 燃料プール注入弁 (P15-F004)	R-M2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.18.3m
燃料プール補給水系	FPMUW ポンプ出口流量 (P15-FT005)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
燃料プール補給水系	FPMUW ポンプ入口圧力 (P15-PT001)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
換気空調系	D/G(A)室非常用給気ケーシング (-)	R-3F-2	原子炉建屋 付属棟	O.P.31.51m
換気空調系	D/G(HPCS)室非常用給気ケーシング (-)	R-3F-4	原子炉建屋 付属棟	O.P.31.51m
換気空調系	D/G(B)室非常用給気ケーシング (-)	R-3F-5	原子炉建屋 付属棟	O.P.31.51m
換気空調系	原子炉補機(A)室給気ケーシング (-)	R-2F-6-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(HPCS)室給気ケーシング (-)	R-2F-7-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（26／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	原子炉補機(B)室給気ケーシング (-)	R-2F-8-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	中央制御室給気ケーシング(A) (-)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(A)室給気ケーシング (-)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室給気ケーシング(B) (-)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(B)室給気ケーシング (-)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	LPCS ポンプ室空調機 (V10-D101)	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
換気空調系	RHR ポンプ(A)室空調機 (V10-D102)	R-B3F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
換気空調系	RHR ポンプ(B)室空調機 (V10-D103)	R-B3F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
換気空調系	RHR ポンプ(C)室空調機 (V10-D105)	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
換気空調系	HPCS ポンプ室空調機 (V10-D106)	R-B2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m
換気空調系	FPMUW ポンプ室空調機 (V10-D107)	R-B3F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（27／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	FPCポンプ(A)室空調機 (V10-D108)	R-1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
換気空調系	FPCポンプ(B)室空調機 (V10-D109)	R-1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m
換気空調系	FCS(A)室空調機 (V10-D110)	R-2F-2-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
換気空調系	FCS(B)室空調機 (V10-D111)	R-2F-2-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
換気空調系	CAMS(A)室空調機 (V10-D112)	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
換気空調系	CAMS(B)室空調機 (V10-D113)	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
換気空調系	SGTS 室空調機(A) (V10-D114A)	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
換気空調系	SGTS 室空調機(B) (V10-D114B)	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m
換気空調系	原子炉補機(A)室送風機(A) (V11-C001A)	R-2F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(A)室送風機(B) (V11-C001B)	R-2F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(A)室排風機(A) (V11-C002A)	R-M2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.19.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（28／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	原子炉補機(A)室排風機(B) (V11-C002B)	R-M2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.19.5m
換気空調系	D/G(A)室非常用送風機(A) (V11-C003A)	R-2F-13-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(A)室非常用送風機(B) (V11-C003B)	R-2F-13-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(A)室非常用送風機(C) (V11-C003C)	R-2F-13-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	RCW ポンプ(A)室空調機(A) (V11-D101A)	R-B3F-11	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
換気空調系	RCW ポンプ(A)室空調機(B) (V11-D101B)	R-B3F-11	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
換気空調系	原子炉補機(A)室給気温度 (V11-TE002)	R-2F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(A)室温度 (V11-TIS004)	R-1F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m
換気空調系	D/G(A)室温度 (V11-TIS005)	R-1F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m
換気空調系	原子炉補機(B)室送風機(A) (V12-C001A)	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(B)室送風機(B) (V12-C001B)	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（29／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	原子炉補機(B)室排風機(A) (V12-C002A)	R-M2F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.19.5m
換気空調系	原子炉補機(B)室排風機(B) (V12-C002B)	R-M2F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.19.5m
換気空調系	D/G(B)室非常用送風機(A) (V12-C003A)	R-2F-15-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(B)室非常用送風機(B) (V12-C003B)	R-2F-15-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(B)室非常用送風機(C) (V12-C003C)	R-2F-15-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	RCW ポンプ(B)室空調機(A) (V12-D101A)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
換気空調系	RCW ポンプ(B)室空調機(B) (V12-D101B)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
換気空調系	原子炉補機(B)室給気温度 (V12-TE002)	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(B)室温度 (V12-TIS004)	R-1F-16	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m
換気空調系	D/G(B)室温度 (V12-TIS005)	R-1F-16	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m
換気空調系	原子炉補機(HPCS)室送風機(A) (V13-C001A)	R-2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（30／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	原子炉補機(HPCS)室送風機(B) (V13-C001B)	R-2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(HPCS)室排風機(A) (V13-C002A)	R-2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(HPCS)室排風機(B) (V13-C002B)	R-2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(HPCS)室非常用送風機(A) (V13-C003A)	R-2F-14-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(HPCS)室非常用送風機(B) (V13-C003B)	R-2F-14-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	原子炉補機(HPCS)室給気温度 (V13-TE002)	R-2F-7	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m
換気空調系	D/G(HPCS)室温度 (V13-TIS004)	R-1F-15	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m
換気空調系	中央制御室送風機(A) (V30-C001A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室送風機(B) (V30-C001B)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室排風機(A) (V30-C002A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室排風機(B) (V30-C002B)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（31／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	中央制御室再循環送風機(A) (V30-C003A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室再循環送風機(B) (V30-C003B)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室再循環フィルタ装置 (V30-D201)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室少量外気取入ダンパ(A) (V30-D301A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室少量外気取入ダンパ(B) (V30-D301B)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室再循環フィルタ装置入口ダンパ(A) (V30-D302A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室再循環フィルタ装置入口ダンパ(B) (V30-D302B)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室外気取入ダンパ(前) (V30-D303)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室外気取入ダンパ(後) (V30-D304)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室排風機(A)出口ダンパ (V30-D305A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室排風機(B)出口ダンパ (V30-D305B)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（32／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	中央制御室還気温度(A) (V30-TE002A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	中央制御室還気温度(B) (V30-TE002B)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(A)室送風機(A) (V31-C001A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(A)室送風機(B) (V31-C001B)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(A)室排風機(A) (V31-C002A)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(A)室排風機(B) (V31-C002B)	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(A)室給気温度 (V31-TE002)	C-B1F-1	制御建屋	O.P.8.0m
換気空調系	計測制御電源(B)室送風機(A) (V32-C001A)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(B)室送風機(B) (V32-C001B)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(B)室排風機(A) (V32-C002A)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m
換気空調系	計測制御電源(B)室排風機(B) (V32-C002B)	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（33／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調系	計測制御電源(B)室給気温度 (V32-TE002)	C-B1F-8	制御建屋	O.P.8.0m
原子炉補機冷却水系(A)	原子炉補機冷却水ポンプ(A) (P42-C001A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(A)	原子炉補機冷却水ポンプ(C) (P42-C001C)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(A)	D/G RCW 差圧スイッチ(A-1) (P42-dPS083A-1)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(A)	D/G RCW 差圧スイッチ(A-2) (P42-dPS083A-2)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW 熱交換器(A)冷却水出口弁 (P42-F004A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW 熱交換器(C)冷却水出口弁 (P42-F004C)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(A)	RHR 熱交換器(A)冷却水出口弁 (P42-F013A)	R-1F-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉補機冷却水系(A)	非常用 D/G(A)冷却水出口弁(A) (P42-F031A)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(A)	非常用 D/G(A)冷却水出口弁(C) (P42-F031C)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(A)	HECW 冷凍機(A)冷却水圧力調節弁 (P42-F036A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（34／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉補機冷却水系(A)	HECW冷凍機(C)冷却水圧力調節弁(P42-F036C)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW常用冷却水供給側分離弁(A)(P42-F091A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW サージタンク(A)降水管水位レベルスイッチ(P42-LS012A)	R-2F-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW サージタンク(A)水位(P42-LT011A)	R-3F-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.33.2m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW サージタンク(A)水位(P42-LT011C)	R-3F-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.33.2m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW サージタンク(A)水位(P42-LT011E)	R-3F-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.33.2m
原子炉補機冷却水系(A)	RCW A系 冷却水供給圧力(P42-PT004A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(A)	原子炉補機冷却海水ポンプ(A)(P45-C001A)	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(A)	原子炉補機冷却海水ポンプ(C)(P45-C001C)	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ストレーナ(A)差圧(P45-dPT002A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ストレーナ(C)差圧(P45-dPT002C)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（35／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉補機冷却海水系(A)	RSWポンプ(A)吐出弁 (P45-F002A)	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSWポンプ(C)吐出弁 (P45-F002C)	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ストレーナ(A)旋回弁 (P45-F004A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ストレーナ(C)旋回弁 (P45-F004C)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ポンプ吐出連絡管(A)止め弁 (P45-F006A)	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ストレーナ(A)ブロー弁 (P45-F012A)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(A)	RSW ストレーナ(C)ブロー弁 (P45-F012C)	R-B3F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(B)	原子炉補機冷却水ポンプ(B) (P42-C001B)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(B)	原子炉補機冷却水ポンプ(D) (P42-C001D)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(B)	D/G RCW 差圧スイッチ(B-1) (P42-dPS083B-1)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(B)	D/G RCW 差圧スイッチ(B-2) (P42-dPS083B-2)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（36／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉補機冷却水系(B)	RCW熱交換器(B)冷却水出口弁(P42-F004B)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(B)	RCW熱交換器(D)冷却水出口弁(P42-F004D)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(B)	RHR 熱交換器(B)冷却水出口弁(P42-F013B)	R-1F-11	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉補機冷却水系(B)	非常用 D/G(B)冷却水出口弁(B)(P42-F031B)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(B)	非常用 D/G(B)冷却水出口弁(D)(P42-F031D)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
原子炉補機冷却水系(B)	HECW 冷凍機(B)冷却水圧力調節弁(P42-F036B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
原子炉補機冷却水系(B)	HECW 冷凍機(D)冷却水圧力調節弁(P42-F036D)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
原子炉補機冷却水系(B)	RCW 常用冷却水供給側分離弁(B)(P42-F091B)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却水系(B)	RCW サージタンク(B)降水管水位レベルスイッチ(P42-LS012B)	R-2F-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
原子炉補機冷却水系(B)	RCW サージタンク(B)水位(P42-LT011B)	R-3F-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.33.2m
原子炉補機冷却水系(B)	RCW サージタンク(B)水位(P42-LT011D)	R-3F-1	原子炉建屋原子炉棟	O.P.33.2m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（37／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉補機冷却水系(B)	RCWサージタンク(B)水位 (P42-LT011F)	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m
原子炉補機冷却水系(B)	RCW B系 冷却水供給圧力 (P42-PT004B)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(B)	原子炉補機冷却海水ポンプ(B) (P45-C001B)	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(B)	原子炉補機冷却海水ポンプ(D) (P45-C001D)	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ストレーナ(B)差圧 (P45-dPT002B)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ストレーナ(D)差圧 (P45-dPT002D)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ポンプ(B)吐出弁 (P45-F002B)	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ポンプ(D)吐出弁 (P45-F002D)	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ストレーナ(B)旋回弁 (P45-F004B)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ストレーナ(D)旋回弁 (P45-F004D)	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSW ポンプ吐出連絡管(B)止め弁 (P45-F006B)	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（38／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉補機冷却海水系(B)	RSWストレーナ(B)ブロー弁 (P45-F012B)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
原子炉補機冷却海水系(B)	RSWストレーナ(D)ブロー弁 (P45-F012D)	R-B3F-14	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ補機冷却水系	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ (P47-C001)	R-B3F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.-8.1m
高圧炉心スプレイ補機冷却水系	HPCW 差圧スイッチ(1) (P47-dPS023-1)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
高圧炉心スプレイ補機冷却水系	HPCW 差圧スイッチ(2) (P47-dPS023-2)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
高圧炉心スプレイ補機冷却水系	HPCW サージタンク降水管水位レベルスイッチ (P47-LS009)	R-1F-5	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
高圧炉心スプレイ補機冷却水系	HPCW サージタンク水位 (P47-LT008)	R-2F-3	原子炉建屋原子炉棟	O.P.22.5m
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ (P48-C001)	SW-1F-4	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	HPSW ポンプ吐出弁 (P48-F002)	SW-1F-4	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(A)制御盤 ESS-Ⅰ (H21-P301A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(C)制御盤 ESS-Ⅰ (H21-P301C)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（39／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調補機非常用冷却水系(A)	換気空調補機非常用冷却水系冷水ポンプ(A) (P25-C001A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	換気空調補機非常用冷却水系冷水ポンプ(C) (P25-C001C)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(A) (P25-D001A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(C) (P25-D001C)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	HECW 冷水往還差圧(A) (P25-dPT008A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	HECW(A)往還差圧調節弁 (P25-F014A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	HECW 冷凍機(A)冷水出口流量 (P25-FIS002A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	HECW 冷凍機(C)冷水出口流量 (P25-FIS002C)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(A)	HECW 冷水還温度(A) (P25-TE005A)	R-2F-5	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(B)制御盤 ESS-Ⅱ (H21-P301B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(D)制御盤 ESS-Ⅱ (H21-P301D)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（40／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
換気空調補機非常用冷却水系(B)	換気空調補機非常用冷却水系冷水ポンプ(B) (P25-C001B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	換気空調補機非常用冷却水系冷水ポンプ(D) (P25-C001D)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(B) (P25-D001B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(D) (P25-D001D)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	HECW 冷水往還差圧(B) (P25-dPT008B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	HECW(B)往還差圧調節弁 (P25-F014B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	HECW 冷凍機(B)冷水出口流量 (P25-FIS002B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	HECW 冷凍機(D)冷水出口流量 (P25-FIS002D)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
換気空調補機非常用冷却水系(B)	HECW 冷水還温度(B) (P25-TE005B)	R-2F-4	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
中央制御室制御盤	中央制御室制御盤 (H11)	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m
中央制御室端子盤	中央制御室端子盤 (H21)	C-2F-1	制御建屋	O.P.19.5m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（41／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
中央制御室端子盤	中央制御室端子盤 (H21)	C-2F-2	制御建屋	O.P.19.5m
中央制御室端子盤	中央制御室端子盤 (H21)	C-2F-4	制御建屋	O.P.19.5m
中央制御室外原子炉停止装置盤	中央制御室外原子炉停止装置盤 (H21)	C-B1F-6-1	制御建屋	O.P.8.0m
非常用AC(A)	6.9kV メタルクラッドスイッチギア 6-2C (R22-P101)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V パワーセンタ 4-2C (R23-P101)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-1 (R24-P103)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-2 (R24-P104)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-3 (R24-P105)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-4 (R24-P106)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-5 (R24-P107)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用AC(A)	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2C-1 (R24-P301)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（42／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用 AC(A)	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2C-2 (R24-P302)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 AC(A)	RSS盤(A)用変圧器 (R47-TR003)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 AC(A)	460V 原子炉建屋 交流電源切替盤 2C (R24-P703)	RW-1F-2-2	廃棄物処理ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m
非常用 AC(B)	6.9kV メタルクラッドスイッチギア 6-2D (R22-P102)	R-B1F-10	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(B)	460V パワーセンタ 4-2D (R23-P102)	R-B1F-10	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(B)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-1 (R24-P108)	R-B1F-12	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(B)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-2 (R24-P109)	R-B1F-12	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(B)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-3 (R24-P110)	R-B1F-12	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(B)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-4 (R24-P111)	R-B1F-12	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(B)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-5 (R24-P112)	R-1F-16-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用 AC(B)	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2D-1 (R24-P303)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（43／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用 AC(B)	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2D-2 (R24-P304)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 AC(B)	RSS盤(B)用変圧器 (R47-TR004)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 AC(B)	460V 原子炉建屋 交流電源切替盤 2D (R24-P704)	RW-1F-2-3	廃棄物処理ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m
非常用 AC(HPCS)	6.9kV メタルクラッドスイッチギア 6-2H (R22-P103)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(HPCS)	MCC動力変圧器6-2PH (R23-P103)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(HPCS)	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2H (R24-P115)	R-1F-15-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用 AC(HPCS)	高圧炉心スプレイ系 120V 交流分電盤 2H (R47-P053)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用 AC(HPCS)	HPCS 交流分電盤 2H 用変圧器 (R47-TR001)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
安全保護系 (電源)	無停電交流電源用静止型無停電電源装置 2A (R46-P001A)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
安全保護系 (電源)	無停電交流電源用静止型無停電電源装置 2B (R46-P001B)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
安全保護系 (電源)	交流 120V 無停電交流分電盤 2A-1 (R46-P051)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（44／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
安全保護系 （電源）	交流120V 無停電交流分電盤2B-1 (R46-P053)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
安全保護系 （電源）	中央制御室用電源切替盤2A (R47-P003A)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
安全保護系 （電源）	中央制御室用電源切替盤2B (R47-P003B)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
安全保護系 （電源）	中央制御室120V交流分電盤2A (R47-P051)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
安全保護系 （電源）	中央制御室120V交流分電盤2B (R47-P052)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(A)	125V 蓄電池 2A (-)	C-MB1F-1	制御建屋	O.P.11.4m
非常用 DC(A)	125V 蓄電池 2A (-)	C-B1F-2	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(A)	125V 蓄電池 2A (-)	C-B2F-5	制御建屋	O.P.1.5m
非常用 DC(A)	125V 直流主母線盤 2A(受電パワーセンタ) (R42-P001A)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(A)	125V 充電器盤 2A (R42-P002A)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(A)	125V 直流主母線盤 2A(パワーセンタ) (R42-P003A)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（45／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用 DC(A)	125V 直流主母線盤2A(モータコントロールセンタ) (R42-P004A)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(A)	125V 直流分電盤2A-1 (R42-P051)	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(A)	125V 直流電源切替盤2A (R42-P715A)	RW-1F-2-2	廃棄物処理ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m
非常用 DC(B)	125V 蓄電池 2B (-)	C-B1F-4	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(B)	125V 直流主母線盤 2B(受電パワーセンタ) (R42-P001B)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(B)	125V 充電器盤2B (R42-P002B)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(B)	125V 直流主母線盤 2B(パワーセンタ) (R42-P003B)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(B)	125V 直流主母線盤 2B(モータコントロールセンタ) (R42-P004B)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(B)	125V 直流分電盤 2B-1 (R42-P054)	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m
非常用 DC(B)	125V 直流電源切替盤 2B (R42-P715B)	RW-1F-2-3	廃棄物処理ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m
非常用 DC(HPCS)	125V 蓄電池 2H (-)	R-M2F-8	原子炉建屋付属棟	O.P.20.9m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（46／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用DC(HPCS)	125V 充電器盤2H (R42-P032)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用DC(HPCS)	125V 直流主母線盤2H(パワーセンタ) (R42-P033)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用DC(HPCS)	125V 直流主母線盤2H(モータコントロールセンタ) (R42-P034)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用DC(HPCS)	125V 直流分電盤2H (R42-P060)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機2Aシリコン整流器盤 (H21-P270A)	R-1F-13-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機2A界磁調整器盤 (H21-P271A)	R-1F-13-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機 2A 自動電圧調整器盤 (H21-P272A)	R-1F-13-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機 2A 補機制御盤 (H21-P273A)	R-1F-13-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤 (H21-P274A)	R-1F-13-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機 2A NGR 盤 (H21-P275A)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機 2A SCT 盤 (H21-P276A)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（47／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機2A PPT盤 (H21-P277A)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機2A PT-CT盤 (H21-P278A)	R-B1F-6	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	清水加熱器(A) (R43-B002A)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	潤滑油加熱器(A) (R43-B101A)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル発電機(A) (R43-C001A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用ディーゼル機関(A) (R43-C002A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	清水加熱器ポンプ(A) (R43-C003A)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	潤滑油プライミングポンプ(A) (R43-C100A)	R-B1F-7	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関付動弁注油電動ポンプ(A) (R43-C101A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	燃料移送ポンプ(A) (R43-C200A)	LOT-1	軽油ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m
非常用ディーゼル発電設備(A)	燃料デイタンク油面 (R43-LIS205A)	R-2F-17	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（48／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関付動弁注油ポンプ(A)出口圧力スイッチ (R43-PIS117A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関過速度(A)ポジションスイッチ (R43-PoS259A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	燃料ハンドル停止位置(A)ポジションスイッチ (R43-PoS261A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関付清水ポンプ(A)出口圧力スイッチ (R43-PS053A-1)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関付清水ポンプ(A)出口圧力スイッチ (R43-PS053A-2)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関(A)入口潤滑油圧力スイッチ (R43-PS107A-1)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関(A)入口潤滑油圧力スイッチ (R43-PS107A-2)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	非常用 D/G(A)速度検出器 (R43-SE345A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	D/G(A)第一始動弁 (R43-SO-F308A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	D/G(A)第二始動弁 (R43-SO-F311A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	D/G(A)第一停止弁 (R43-SO-F317AX)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（49／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(A)	D/G(A)第二停止弁 (R43-SO-F317AY)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	機関(A)出口ディーゼル冷却水温度スイッチ (R43-TS055A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(A)	潤滑油プライミングポンプ(A)入口温度スイッチ (R43-TS111A)	R-1F-13	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機2Bシリコン整流器盤 (H21-P270B)	R-1F-16-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機2B界磁調整器盤 (H21-P271B)	R-1F-16-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機2B自動電圧調整器盤 (H21-P272B)	R-1F-16-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機 2B 補機制御盤 (H21-P273B)	R-1F-16-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤 (H21-P274B)	R-1F-16-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機 2B NGR 盤 (H21-P275B)	R-B1F-10	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機 2B SCT 盤 (H21-P276B)	R-B1F-10	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機 2B PPT 盤 (H21-P277B)	R-B1F-10	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（50／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機2B　PT-CT盤 (H21-P278B)	R-B1F-10	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	清水加熱器(B) (R43-B002B)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	潤滑油加熱器(B) (R43-B101B)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル発電機(B) (R43-C001B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用ディーゼル機関(B) (R43-C002B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	清水加熱器ポンプ(B) (R43-C003B)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	潤滑油プライミングポンプ(B) (R43-C100B)	R-B1F-11	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関付動弁注油電動ポンプ(B) (R43-C101B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	燃料移送ポンプ(B) (R43-C200B)	LOT-2	軽油ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m
非常用ディーゼル発電設備(B)	燃料デイタンク油面 (R43-LIS205B)	R-2F-18	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関付動弁注油ポンプ(B)出口圧力スイッチ (R43-PIS117B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（51／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関過速度(B)ポジションスイッチ (R43-PoS259B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	燃料ハンドル停止位置(B)ポジションスイッチ (R43-PoS261B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関付清水ポンプ(B)出口圧力スイッチ (R43-PS053B-1)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関付清水ポンプ(B)出口圧力スイッチ (R43-PS053B-2)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関(B)入口潤滑油圧力スイッチ (R43-PS107B-1)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関(B)入口潤滑油圧力スイッチ (R43-PS107B-2)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	非常用 D/G(B)速度検出器 (R43-SE345B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	D/G(B)第一始動弁 (R43-SO-F308B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	D/G(B)第二始動弁 (R43-SO-F311B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	D/G(B)第一停止弁 (R43-SO-F317BX)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	D/G(B)第二停止弁 (R43-SO-F317BY)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（52／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(B)	機関(B)出口ディーゼル冷却水温度スイッチ (R43-TS055B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(B)	潤滑油プライミングポンプ(B)入口温度スイッチ (R43-TS111B)	R-1F-16	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS系非常用ディーゼル発電機シリコン整流器盤 (H21-P280)	R-1F-15-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS系非常用ディーゼル発電機界磁調整器盤 (H21-P281)	R-1F-15-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS系非常用ディーゼル発電機自動電圧調整器盤 (H21-P282)	R-1F-15-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS系非常用ディーゼル発電機補機制御盤 (H21-P283)	R-1F-15-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS 系非常用ディーゼル発電機制御盤 (H21-P284)	R-1F-15-1	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS 系非常用ディーゼル発電機NGR 盤 (H21-P285)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS 系非常用ディーゼル発電機SCT 盤 (H21-P286)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS 系非常用ディーゼル発電機PPT 盤 (H21-P287)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCS 系非常用ディーゼル発電機PT-CT 盤 (H21-P288)	R-B1F-9	原子炉建屋付属棟	O.P.6.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（53／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	清水加熱器 (R44-B002)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	潤滑油加熱器 (R44-B101)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (R44-C001)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関 (R44-C002)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	清水加熱器ポンプ (R44-C003)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	潤滑油プライミングポンプ (R44-C100)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	潤滑油補給ポンプ (R44-C104)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	燃料移送ポンプ (R44-C200)	LOT-3	軽油ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	オイルパン油面スイッチ (R44-LIS101)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	潤滑油補給タンク油面スイッチ (R44-LIS120)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	燃料デイタンク油面 (R44-LIS205)	R-2F-19	原子炉建屋付属棟	O.P.24.8m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（54／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	機関過速度ポジションスイッチ (R44-PoS259)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	燃料ハンドル停止位置ポジションスイッチ (R44-PoS261)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	機関付清水ポンプ出口圧力スイッチ (R44-PS053-1)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	機関付清水ポンプ出口圧力スイッチ (R44-PS053-2)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	機関入口潤滑油圧力スイッチ (R44-PS114-1)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	機関入口潤滑油圧力スイッチ (R44-PS114-2)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	非常用 D/G(HPCS)速度検出器 (R44-SE345)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCSD/G 第一始動弁 (R44-SO-F308)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCSD/G 第二始動弁 (R44-SO-F311)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCSD/G 第一停止弁 (R44-SO-F317X)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	HPCSD/G 第二停止弁 (R44-SO-F317Y)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（55／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	機関出口ディーゼル冷却水温度スイッチ (R44-TS055)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
非常用ディーゼル発電設備(HPCS)	潤滑油プライミングポンプ入口温度スイッチ (R44-TS106)	R-1F-15	原子炉建屋付属棟	O.P.15.0m
原子炉格納容器調気系(A)	格納容器内雰囲気モニタ系(A)D/Wサンプル入口隔離弁 (T48-SO-F733)	R-1F-9	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉格納容器調気系(A)	格納容器内雰囲気モニタ系(A)D/Wサンプル戻り隔離弁 (T48-SO-F734)	R-1F-9	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉格納容器調気系(B)	格納容器内雰囲気モニタ系(B)D/Wサンプル入口隔離弁 (T48-SO-F737)	R-1F-8	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉格納容器調気系(B)	格納容器内雰囲気モニタ系(B)D/Wサンプル戻り隔離弁 (T48-SO-F738)	R-1F-8	原子炉建屋原子炉棟	O.P.15.0m
原子炉格納容器調気系(A)	格納容器内雰囲気モニタ系(A)S/Cサンプル入口隔離弁 (T48-SO-F741)	R-B3F-10	原子炉建屋原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器調気系(A)	格納容器内雰囲気モニタ系(A)S/Cサンプル戻り隔離弁 (T48-SO-F742)	R-B3F-10	原子炉建屋原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器調気系(A)	格納容器内雰囲気モニタ系（A）ドレン隔離弁 (T48-SO-F744)	R-B3F-10	原子炉建屋原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器調気系(B)	格納容器内雰囲気モニタ系(B)S/Cサンプル入口隔離弁 (T48-SO-F747)	R-B3F-10	原子炉建屋原子炉棟	O.P.-8.1m
原子炉格納容器調気系(B)	格納容器内雰囲気モニタ系(B)S/Cサンプル戻り隔離弁 (T48-SO-F748)	R-B3F-10	原子炉建屋原子炉棟	O.P.-8.1m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-4　溢水評価対象の防護対象設備リスト（56／56）

系統	設備	溢水防護区画	設置建屋	設置高さ*
原子炉格納容器調気系(B)	格納容器内雰囲気モニタ系（B）ドレン隔離弁 (T48-SO-F750)	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m
プロセス放射線モニタ系	気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタ(A) (D11-RE012A)	T-B1F-1	ﾀｰﾋﾞﾝ建屋	O.P.7.6m
プロセス放射線モニタ系	気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタ(B) (D11-RE012B)	T-B1F-1	ﾀｰﾋﾞﾝ建屋	O.P.7.6m
プロセス放射線モニタ系	気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタ(C) (D11-RE012C)	T-1F-1	ﾀｰﾋﾞﾝ建屋	O.P.15.0m
プロセス放射線モニタ系	気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタ(D) (D11-RE012D)	T-1F-1	ﾀｰﾋﾞﾝ建屋	O.P.15.0m

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（1／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	燃料プール冷却浄化系ポンプ(A) (G41-C001A)	常設	R-1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	○
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	燃料プール冷却浄化系ポンプ(B) (G41-C001B)	常設	R-1F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	○
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料プール監視カメラ (G41-ITV001)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	大容量送水ポンプ（タイプⅠ） (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m O.P.14.8m	×
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	ホース延長回収車 (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m O.P.14.8m	×
原子炉冷却系統施設	残留熱除去系ポンプ(A) (E11-C001A)	常設	R-B3F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却系統施設	残留熱除去系ポンプ(B) (E11-C001B)	常設	R-B3F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却系統施設	残留熱除去系ポンプ(C) (E11-C001C)	常設	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却系統施設	低圧炉心スプレイ系ポンプ (E21-C001)	常設	R-B3F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却系統施設	高圧炉心スプレイ系ポンプ (E22-C001)	常設	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却系統施設	高圧炉心スプレイ系注入隔離弁 (E22-F003)	常設	R-MB1F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.10.7m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（2／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
原子炉冷却 系統施設	原子炉隔離時冷却系ポンプ (E51-C001)	常設	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	RCIC 注入弁 (E51-F003)	常設	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	RCIC タービン入口蒸気ライン第 二隔離弁 (E51-F008)	常設	R-1F-9	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	○
原子炉冷却 系統施設	RCIC タービン止め弁 (E51-F009)	常設	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	RCIC 冷却水ライン止め弁 (E51-F017)	常設	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	RCIC 蒸気供給ライン分離弁 (E51-F082)	常設	R-B1F-13	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
原子炉冷却 系統施設	高圧代替注水系タービンポンプ (E61-C001)	常設	R-B2F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
原子炉冷却 系統施設	高圧代替注水系注入弁 (E61-F003)	常設	R-B2F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
原子炉冷却 系統施設	高圧代替注水系タービン止め弁 (E61-F050)	常設	R-B2F-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
原子炉冷却 系統施設	高圧代替注水系蒸気供給ライン 分離弁 (E61-F064)	常設	R-B1F-13	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
原子炉冷却 系統施設	直流駆動低圧注水系ポンプ (E71-C001)	常設	R-B3F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（3／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
原子炉冷却 系統施設	復水移送ポンプ(A) (P13-C001A)	常設	R-B2F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
原子炉冷却 系統施設	復水移送ポンプ(B) (P13-C001B)	常設	R-B2F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
原子炉冷却 系統施設	復水移送ポンプ(C) (P13-C001C)	常設	R-B2F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
原子炉冷却 系統施設	燃料プール補給水系ポンプ吸込弁 (P15-F001)	常設	R-B3F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	×
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却水ポンプ(A) (P42-C001A)	常設	R-B3F-11	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却水ポンプ(C) (P42-C001C)	常設	R-B3F-11	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却水ポンプ(B) (P42-C001B)	常設	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却水ポンプ(D) (P42-C001D)	常設	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却海水ポンプ(A) (P45-C001A)	常設	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却海水ポンプ(C) (P45-C001C)	常設	SW-1F-2	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却海水ポンプ(B) (P45-C001B)	常設	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（4／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却海水ポンプ(D) (P45-C001D)	常設	SW-1F-5	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m	○
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機代替冷却水系熱交換器ユニット (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m O.P.14.8m	×
原子炉冷却 系統施設	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ (P47-C001)	常設	R-B3F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	○
原子炉冷却 系統施設	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ (P48-C001)	常設	SW-1F-4	海水ﾎﾟﾝﾌﾟ室	O.P.3.0m	○
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域)(PLR) (B21-LT036A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域)(PLR) (B21-LT036B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域)(PLR) (B21-LT036C)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域)(PLR) (B21-LT036D)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域) (RCIC/RHR(A)/LPCS/ADS(A)) (B21-LT037A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域) (RCIC/RHR(B)(C)/ADS(B)) (B21-LT037B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域) (RCIC/RHR(A)/LPCS/ADS(A)) (B21-LT037C)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（5／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域) (RCIC/RHR(B)(C)/ADS(B)) (B21-LT037D)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(燃料域) (B21-LT044A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(燃料域) (B21-LT044B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域)(A) (B21-LT052A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	○
計測制御系統 施設	原子炉水位(広帯域)(B) (B21-LT052B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	○
計測制御系統 施設	原子炉水位(SA 広帯域) (B21-LT058)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉水位(SA 燃料域) (B21-LT059)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉圧力(ATWS) (B21-PT045A)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉圧力(ATWS) (B21-PT045B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉圧力(ATWS) (B21-PT045C)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉圧力(ATWS) (B21-PT045D)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（6／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	原子炉圧力(A) (B21-PT051A)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	○
計測制御系統 施設	原子炉圧力(B) (B21-PT051B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	○
計測制御系統 施設	原子炉圧力(SA) (B21-PT060A)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉圧力(SA) (B21-PT060B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	ほう酸水注入系ポンプ(A) (C41-C001A)	常設	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
計測制御系統 施設	ほう酸水注入系ポンプ(B) (C41-C001B)	常設	R-2F-3-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
計測制御系統 施設	RHR ポンプ(A)出口圧力 (E11-PT005A)	常設	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	RHR ポンプ(B)出口圧力 (E11-PT005B)	常設	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	RHR ポンプ(C)出口圧力 (E11-PT005C)	常設	R-B3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	代替循環冷却ポンプ出口圧力 (E11-PT021)	常設	RW-B3F-1	廃棄物処理 ｴﾘｱ (管理区域)	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	RHR ポンプ(A)出口流量 (E11-FT006A)	常設	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（7／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	RHR ポンプ(B)出口流量 (E11-FT006B)	常設	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	○
計測制御系統 施設	RHR ポンプ(C)出口流量 (E11-FT006C)	常設	R-B3F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
計測制御系統 施設	RHR ヘッドスプレイライン洗浄流量 (E11-FT017A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	RHR　B 系格納容器冷却ライン洗浄流量 (E11-FT017B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018A)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉格納容器代替スプレイ流量 (E11-FT018B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	代替循環冷却ポンプ出口流量 (E11-FT022)	常設	RW-B3F-1	廃棄物処理 ｴﾘｱ (管理区域)	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	RHR 熱交換器(A)出口温度 (E11-TE007A)	常設	R-1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	RHR 熱交換器(B)出口温度 (E11-TE007B)	常設	R-1F-11	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	RHR 熱交換器(A)入口温度 (E11-TE010A)	常設	R-1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	RHR 熱交換器(B)入口温度 (E11-TE010B)	常設	R-1F-11	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（8／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	LPCS ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	常設	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	LPCS ポンプ出口流量 (E21-FT006)	常設	R-B2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	○
計測制御系統 施設	HPCS ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	常設	R-B2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	○
計測制御系統 施設	HPCS ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	常設	R-B2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	RCIC ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	常設	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
計測制御系統 施設	RCIC ポンプ出口流量 (E51-FT004)	常設	R-B3F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
計測制御系統 施設	高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003)	常設	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	高圧代替注水系ポンプ出口流量 (E61-FT004)	常設	R-B2F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	直流駆動低圧注水系ポンプ出口 圧力 (E71-PT004)	常設	R-B3F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	直流駆動低圧注水系ポンプ出口 流量 (E71-FT005)	常設	R-B3F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	格納容器内雰囲気モニタサンプ リングラック(A) (H22-P382A)	常設	R-2F-2-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（9／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	格納容器内雰囲気モニタサンプ リングラック(B) (H22-P382B)	常設	R-2F-2-6	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
計測制御系統 施設	フィルタ装置出口水素濃度計サ ンプリングラック (H22-P384)	常設	R-2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×
計測制御系統 施設	復水貯蔵タンク水位 (P13-LT005)	常設	CST-2	復水貯蔵ﾀﾝｸ ｴﾘｱ	O.P.6.95m	×
計測制御系統 施設	復水移送ポンプ出口圧力 (P13-PT011)	常設	R-B2F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	原子炉格納容器下部注水流量 (P13-FT035)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	RCW　A系　系統流量 (P42-FT006A)	常設	R-B3F-11	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	RCW　B系　系統流量 (P42-FT006B)	常設	R-B3F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	RHR 熱交換器(A)冷却水入口流量 (P42-FT016A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	RHR 熱交換器(B)冷却水入口流量 (P42-FT016B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	HPIN　ADS(A)入口圧力 (P54-PT007A)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	HPIN　ADS(B)入口圧力 (P54-PT007B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（10／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	代替 HPIN 窒素ガス供給止め弁 (A)入口圧力 (P54-PT101A)	常設	R-1F-14	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	代替 HPIN 窒素ガス供給止め弁 (B)入口圧力 (P54-PT101B)	常設	R-1F-16-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	圧力抑制室水位 (T48-LT027)	常設	R-B3F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	圧力抑制室水位 (T48-LT027B)	常設	R-B3F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	圧力抑制室圧力 (T48-PT019)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	ドライウェル圧力 (T48-PT034)	常設	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置(A)水位(広帯域) (T63-LT010A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置(B)水位(広帯域) (T63-LT010B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置(C)水位(広帯域) (T63-LT010C)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置入口圧力（広帯域） (T63-PT003)	常設	R-1F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置出口圧力（広帯域） (T63-PT006)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（11／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	フィルタ装置(A)水温度 (T63-TE011A)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置(B)水温度 (T63-TE011B)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	フィルタ装置(C)水温度 (T63-TE011C)	常設	R-1F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ(A)水素濃度検出器 (T71-H_2E101A)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ(B)水素濃度検出器 (T71-H_2E101B)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ中小区画水素濃度検出器(バルブラッピング室) (T71-H_2E201)	常設	R-1F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ中小区画水素濃度検出器(パーソナルエアロック前室) (T71-H_2E202)	常設	R-1F-7	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ中小区画水素濃度検出器(ＣＲＤ補修室) (T71-H_2E203)	常設	R-B1F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ中小区画水素濃度検出器(計装ペネトレーション室) (T71-H_2E204)	常設	R-M2F-5	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
計測制御系統 施設	原子炉建屋内水素モニタ中小区画水素濃度検出器(トーラス室) (T71-H_2E205)	常設	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D001）用入口温度 (T71-TE001)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（12／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D001）用出口温度 (T71-TE002)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D008）用入口温度 (T71-TE003)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D008）用出口温度 (T71-TE004)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D012）用入口温度 (T71-TE005)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D012）用出口温度 (T71-TE006)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D019）用入口温度 (T71-TE007)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	静的触媒式水素再結合装置 （T71-D019）用出口温度 (T71-TE008)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
計測制御系統 施設	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器(A) (-)	常設	R-B2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器(B) (-)	常設	R-B2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.-0.8m	×
計測制御系統 施設	データ表示装置(待避所) (-)	常設	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	無線連絡設備(固定型) (-)	常設	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（13／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	無線連絡設備(固定型) (-)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	無線連絡設備(携帯型) (-)	可搬	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	無線連絡設備(携帯型) (-)	可搬	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	衛星電話設備(固定型) (-)	常設	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	衛星電話設備(固定型) (-)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	衛星電話設備(携帯型) (-)	可搬	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	衛星電話設備(携帯型) (-)	可搬	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	統合原子力防災ネットワークを 用いた通信連絡設備 (IP 電話) (-)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	統合原子力防災ネットワークを 用いた通信連絡設備 (IP-FAX) (-)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	統合原子力防災ネットワークを 用いた通信連絡設備 (テレビ会議システム) (-)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	統合原子力防災ネットワークを 用いた通信連絡設備 (-)	常設	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（14／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
計測制御系統 施設	携行型通話装置 (-)	可搬	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	データ伝送設備 (-)	常設	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	酸素濃度計(中央制御室用) (-)	可搬	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	二酸化炭素濃度計(中央制御室用) (-)	可搬	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	可搬型照明（SA) (-)	可搬	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	安全パラメータ表示システム （SPDS）（データ収集装置） (-)	常設	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
計測制御系統 施設	安全パラメータ表示システム （SPDS）（SPDS 伝送装置） (-)	常設	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
計測制御系統 施設	安全パラメータ表示システム （SPDS）（SPDS 表示装置） (-)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
放射線管理 施設	耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE019A)	常設	RW-M3F-3	廃棄物処理 ｴﾘｱ （管理区域）	O.P.27.2m	×
放射線管理 施設	耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE019B)	常設	RW-M3F-3	廃棄物処理 ｴﾘｱ （管理区域）	O.P.27.2m	×
放射線管理 施設	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ(低線量) (D21-RE043)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（15／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
放射線管理 施設	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ(高線量) (D21-RE044)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
放射線管理 施設	CAMSγ線検出器(A)D/W (D23-RE005A)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	○
放射線管理 施設	CAMSγ線検出器(B)D/W (D23-RE005B)	常設	R-B1F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	○
放射線管理 施設	CAMSγ線検出器(A)S/C (D23-RE006A)	常設	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
放射線管理 施設	CAMSγ線検出器(B)S/C (D23-RE006B)	常設	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	○
放射線管理 施設	フィルタ装置出口放射線モニタ (A) (T63-RE009A)	常設	R-2F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
放射線管理 施設	フィルタ装置出口放射線モニタ (B) (T63-RE009B)	常設	R-2F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
放射線管理 施設	中央制御室送風機(A) (V30-C001A)	常設	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m	○
放射線管理 施設	中央制御室排風機(A) (V30-C002A)	常設	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m	○
放射線管理 施設	中央制御室再循環送風機(A) (V30-C003A)	常設	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m	○
放射線管理 施設	中央制御室送風機(B) (V30-C001B)	常設	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（16／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
放射線管理 施設	中央制御室排風機(B) (V30-C002B)	常設	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m	○
放射線管理 施設	中央制御室再循環送風機(B) (V30-C003B)	常設	C-B2F-2	制御建屋	O.P.1.5m	○
放射線管理 施設	中央制御室再循環フィルタ装置 (V30-D201)	常設	C-B2F-1	制御建屋	O.P.1.5m	○
放射線管理 施設	緊急時対策所非常用送風機(A) (V83-C003A)	常設	K-1F-3	緊急時 対策建屋	O.P.62.2m	×
放射線管理 施設	緊急時対策所非常用送風機(B) (V83-C003B)	常設	K-1F-3	緊急時 対策建屋	O.P.62.2m	×
放射線管理 施設	緊急時対策所非常用フィルタ装置(A) (V83-D002A)	常設	K-1F-3	緊急時 対策建屋	O.P.62.2m	×
放射線管理 施設	緊急時対策所非常用フィルタ装置(B) (V83-D002B)	常設	K-1F-3	緊急時 対策建屋	O.P.62.2m	×
放射線管理 施設	可搬型ダスト・よう素サンプラ (-)	可搬	K-B1F-8	緊急時 対策建屋	O.P.57.3m	×
放射線管理 施設	α線サーベイメータ (-)	可搬	K-B1F-8	緊急時 対策建屋	O.P.57.3m	×
放射線管理 施設	β線サーベイメータ (-)	可搬	K-B1F-8	緊急時 対策建屋	O.P.57.3m	×
放射線管理 施設	γ線サーベイメータ (-)	可搬	K-B1F-8	緊急時 対策建屋	O.P.57.3m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（17／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
放射線管理 施設	電離箱サーベイメータ (-)	可搬	K-B1F-8	緊急時 対策建屋	O.P.57.3m	×
放射線管理 施設	緊急時対策所可搬型エリアモニタ (-)	可搬	K-B2F-10 K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
放射線管理 施設	可搬型モニタリングポスト (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×
放射線管理 施設	可搬型モニタリングポスト (-)	可搬	K-2F-2	緊急時 対策建屋	O.P.69.4m	×
放射線管理 施設	可搬型モニタリングポスト データ処理装置 (-)	常設	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
放射線管理 施設	代替気象観測設備 (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×
放射線管理 施設	代替気象観測設備データ処理 装置 (-)	常設	K-B2F-11	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
放射線管理 施設	小型船舶 (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×
放射線管理 施設	差圧計(中央制御室待避所用) (-)	常設	C-3F-1	制御建屋	O.P.23.5m	×
放射線管理 施設	差圧計(緊急時対策所用) (V85-dPT006)	常設	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
原子炉格納 施設	代替循環冷却ポンプ (E11-C002)	常設	RW-B3F-1	廃棄物処理 ｴﾘｱ (管理区域)	O.P.-8.1m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（18／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
原子炉格納 施設	非常用ガス処理系排風機(A) (T46-C001A)	常設	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
原子炉格納 施設	非常用ガス処理系空気乾燥装置 (A) (T46-D001A)	常設	R-2F-1-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
原子炉格納 施設	非常用ガス処理系排風機(B) (T46-C001B)	常設	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
原子炉格納 施設	非常用ガス処理系空気乾燥装置 (B) (T46-D001B)	常設	R-2F-1-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
原子炉格納 施設	非常用ガス処理系フィルタ装置 (T46-D002)	常設	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	○
原子炉格納 施設	ドライウェルベント用出口隔離弁 (T48-F019)	常設	R-1F-8	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.15.0m	×
原子炉格納 施設	サプレッションチェンバベント 用出口隔離弁 (T48-F022)	常設	R-B3F-10	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.-8.1m	×
原子炉格納 施設	原子炉格納容器耐圧強化ベント 用連絡配管隔離弁 (T48-F043)	常設	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×
原子炉格納 施設	原子炉格納容器耐圧強化ベント 用連絡配管止め弁 (T48-F044)	常設	R-2F-1-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×
原子炉格納 施設	原子炉格納容器フィルタベント 系ベントライン隔離弁(A) (T63-F001)	常設	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×
原子炉格納 施設	原子炉格納容器フィルタベント 系ベントライン隔離弁(B) (T63-F002)	常設	R-2F-3	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（19／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
原子炉格納 施設	静的触媒式水素再結合装置 (T71-D001～T71-D019)	常設	R-3F-1	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.33.2m	×
原子炉格納 施設	可搬型窒素ガス供給装置 (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×
原子炉格納 施設	原子炉建屋ブローアウトパネル 閉止装置 (-)	常設	R-B1F-3-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	×
原子炉格納 施設	大容量送水ポンプ(タイプⅡ) (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	6.9kV メタルクラッドスイッチ ギア 6-2C (R22-P101)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	6.9kV メタルクラッドスイッチ ギア 6-2D (R22-P102)	常設	R-B1F-10	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	6.9kV メタルクラッドスイッチ ギア 6-2H (R22-P103)	常設	R-B1F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	6.9kV メタルクラッドスイッチギ ア　6-2F-1 (R22-P701-1)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	6.9kV メタルクラッドスイッチギ ア　6-2F-2 (R22-P701-2)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	6.9kV メタルクラッドスイッチギ ア　6-2G (R22-P702)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V パワーセンタ 4-2C (R23-P101)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（20／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	パワーセンタ動力変圧器 6-2PC (R23-P101)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V パワーセンタ 4-2D (R23-P102)	常設	R-B1F-10	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	パワーセンタ動力変圧器 6-2PD (R23-P102)	常設	R-B1F-10	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	MCC 動力変圧器 6-2PH (R23-P103)	常設	R-B1F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	MCC 動力変圧器 6-2PF-1 (R23-P701-1)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	MCC 動力変圧器 6-2PF-2 (R23-P701-2)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V パワーセンタ 4-2G (R23-P702)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	パワーセンタ動力変圧器 6-2PG (R23-P702)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-1 (R24-P103)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-2 (R24-P104)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-3 (R24-P105)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（21／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-4 (R24-P106)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2C-5 (R24-P107)	常設	R-B1F-6	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-1 (R24-P108)	常設	R-B1F-12	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-2 (R24-P109)	常設	R-B1F-12	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-3 (R24-P110)	常設	R-B1F-12	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-4 (R24-P111)	常設	R-B1F-12	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2D-5 (R24-P112)	常設	R-1F-16-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2H (R24-P115)	常設	R-1F-15-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2C-1 (R24-P301)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2C-2 (R24-P302)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2D-1 (R24-P303)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（22／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 制御建屋 モータコントロールセンタ 2D-2 (R24-P304)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 緊急用電気品建屋 モータコントロールセンタ 2F-1 (R24-P701-1)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 緊急用電気品建屋 モータコントロールセンタ 2F-2 (R24-P701-2)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2G-1 (R24-P702-1)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 モータコントロールセンタ 2G-2 (R24-P702-2)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 交流電源切替盤 2C (R24-P703)	常設	RW-1F-2-2	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 交流電源切替盤 2D (R24-P704)	常設	RW-1F-2-3	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	460V 原子炉建屋 交流電源切替盤 2G (R24-P705)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 蓄電池 2A (-)	常設	C-MB1F-1	制御建屋	O.P.11.4m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 蓄電池 2A (-)	常設	C-B1F-2	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 蓄電池 2A (-)	常設	C-B2F-5	制御建屋	O.P.1.5m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（23／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 蓄電池 2B (-)	常設	C-B1F-4	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 蓄電池 2H (-)	常設	R-M2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.20.9m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	250V 蓄電池 (-)	常設	C-B2F-3	制御建屋	O.P.1.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2A(受電パワーセンタ) (R42-P001A)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2B(受電パワーセンタ) (R42-P001B)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 充電器盤 2A (R42-P002A)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 充電器盤 2B (R42-P002B)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2A(パワーセンタ) (R42-P003A)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2B(パワーセンタ) (R42-P003B)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2A(モータコントロールセンタ) (R42-P004A)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2B(モータコントロールセンタ) (R42-P004B)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（24／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 充電器盤 2H (R42-P032)	常設	R-B1F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2H(パワーセンタ) (R42-P033)	常設	R-B1F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2H(モータコントロールセンタ) (R42-P034)	常設	R-B1F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	250V 直流主母線盤(パワーセンタ) (R42-P042)	常設	C-B2F-4	制御建屋	O.P.1.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	250V 充電器盤 (R42-P043)	常設	C-B2F-4	制御建屋	O.P.1.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	250V 直流主母線盤(モータコントロールセンタ) (R42-P044)	常設	C-B2F-4	制御建屋	O.P.1.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流分電盤 2A-1 (R42-P051)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流分電盤 2B-1 (R42-P054)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流分電盤 2H (R42-P060)	常設	R-B1F-9	原子炉建屋 付属棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流 RCIC モータコントロールセンタ (R42-P101)	常設	R-B1F-4	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.6.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2A-1(パワーセンタ) (R42-P711A)	常設	RW-1F-2-2	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（25／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2B-1（パワーセンタ） (R42-P711B)	常設	RW-1F-2-3	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2A-1（モータコントロールセンタ） (R42-P712A)	常設	RW-1F-2-2	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流主母線盤 2B-1（モータコントロールセンタ） (R42-P712B)	常設	RW-1F-2-3	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流電源切替盤 2A (R42-P715A)	常設	RW-1F-2-2	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 直流電源切替盤 2B (R42-P715B)	常設	RW-1F-2-3	廃棄物処理 ｴﾘｱ (非管理区域)	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用ディーゼル発電機(A) (R43-C001A)	常設	R-1F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用ディーゼル機関(A) (R43-C002A)	常設	R-1F-13	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	燃料移送ポンプ(A) (R43-C200A)	常設	LOT-1	軽油ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用ディーゼル発電機(B) (R43-C001B)	常設	R-1F-16	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用ディーゼル機関(B) (R43-C002B)	常設	R-1F-16	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	燃料移送ポンプ(B) (R43-C200B)	常設	LOT-2	軽油ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（26／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機 (R44-C001)	常設	R-1F-15	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	高圧炉心スプレイ系ディーゼル 機関 (R44-C002)	常設	R-1F-15	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	燃料移送ポンプ (R44-C200)	常設	LOT-3	軽油ﾀﾝｸｴﾘｱ	O.P.9.5m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電設備燃料移送 ポンプ(A) (R45-C001A)	常設	-	屋外	O.P.62.3m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電機　発電機車 A 号機 (R45-C002A)	常設	E-1F-1	緊急用 電気品建屋	O.P.62.9m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電機　制御車 A 号機 (R45-C003A)	常設	E-1F-1	緊急用 電気品建屋	O.P.62.9m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電機(A)接続盤 (R45-P101A)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電設備燃料移送 ポンプ(B) (R45-C001B)	常設	-	屋外	O.P.62.3m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電機　発電機車 B 号機 (R45-C002B)	常設	E-1F-1	緊急用 電気品建屋	O.P.62.9m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電機　制御車 B 号機 (R45-C003B)	常設	E-1F-1	緊急用 電気品建屋	O.P.62.9m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電機(B)接続盤 (R45-P101B)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（27／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	ガスタービン発電設備燃料移送 ポンプ接続盤 (R45-P111)	常設	E-B1F-3	緊急用 電気品建屋	O.P.56.4m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	中央制御室 120V 交流分電盤 2A (R47-P051)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	中央制御室 120V 交流分電盤 2A-1 (R47-P051-1)	常設	C-B1F-3	制御建屋	O.P.8.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	中央制御室 120V 交流分電盤 2B (R47-P052)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	中央制御室 120V 交流分電盤 2B-1 (R47-P052-1)	常設	C-B1F-5	制御建屋	O.P.8.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	120V 原子炉建屋交流電源切替盤 2G (R47-P701)	常設	R-2F-8	原子炉建屋 付属棟	O.P.24.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	中央制御室 120V 交流分電盤 2G (R47-P752)	常設	R-2F-2	原子炉建屋 原子炉棟	O.P.22.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 代替蓄電池 (-)	常設	C-2F-7	制御建屋	O.P.19.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	125V 代替充電器盤 (R71-P021)	常設	C-B1F-7	制御建屋	O.P.8.0m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	主蒸気逃がし安全弁用可搬型蓄 電池 (-)	可搬	C-2F-4 C-2F-6	制御建屋	O.P.19.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤 (H21-P274A)	常設	R-1F-13-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

表 2-5　溢水評価対象の重大事故等対処設備リスト（28／28）

施設区分	設備	常設 可搬	溢水 防護 区画	設置建屋	設置高さ*	表 2-4 記載設備 との重複有無 ○：重複有 ×：重複無
その他発電用 原子炉の附属 施設	非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤 (H21-P274B)	常設	R-1F-16-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	高圧炉心スプレイ系ディーゼル 発電機制御盤 (H21-P284)	常設	R-1F-15-1	原子炉建屋 付属棟	O.P.15.0m	○
その他発電用 原子炉の附属 施設	電源車 (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m O.P.14.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	電源車（緊急時対策所用） (-)	可搬	K-1F-4	緊急時 対策建屋	O.P.62.2m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	タンクローリ (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m O.P.14.8m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	酸素濃度計(緊急時対策所用) (-)	可搬	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
その他発電用 原子炉の附属 施設	二酸化炭素濃度計(緊急時対策所 用) (-)	可搬	K-B2F-10	緊急時 対策建屋	O.P.51.5m	×
－	ブルドーザ (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×
－	バックホウ (-)	可搬	-	屋外	O.P.62.0m	×

注記　＊：溢水評価上基準となる床面高さを示す。

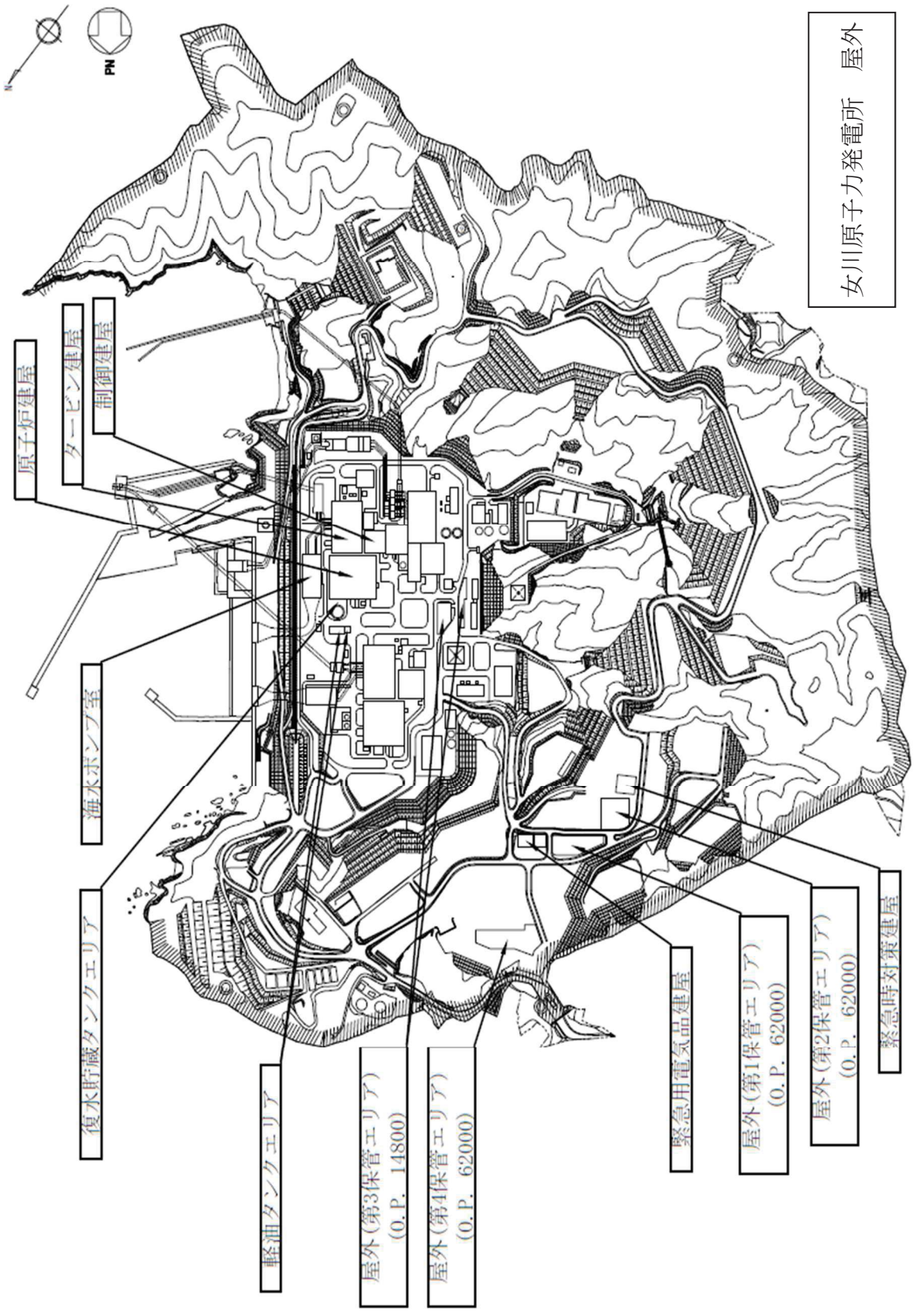


図2-1 溢水防護区画図（1/32）

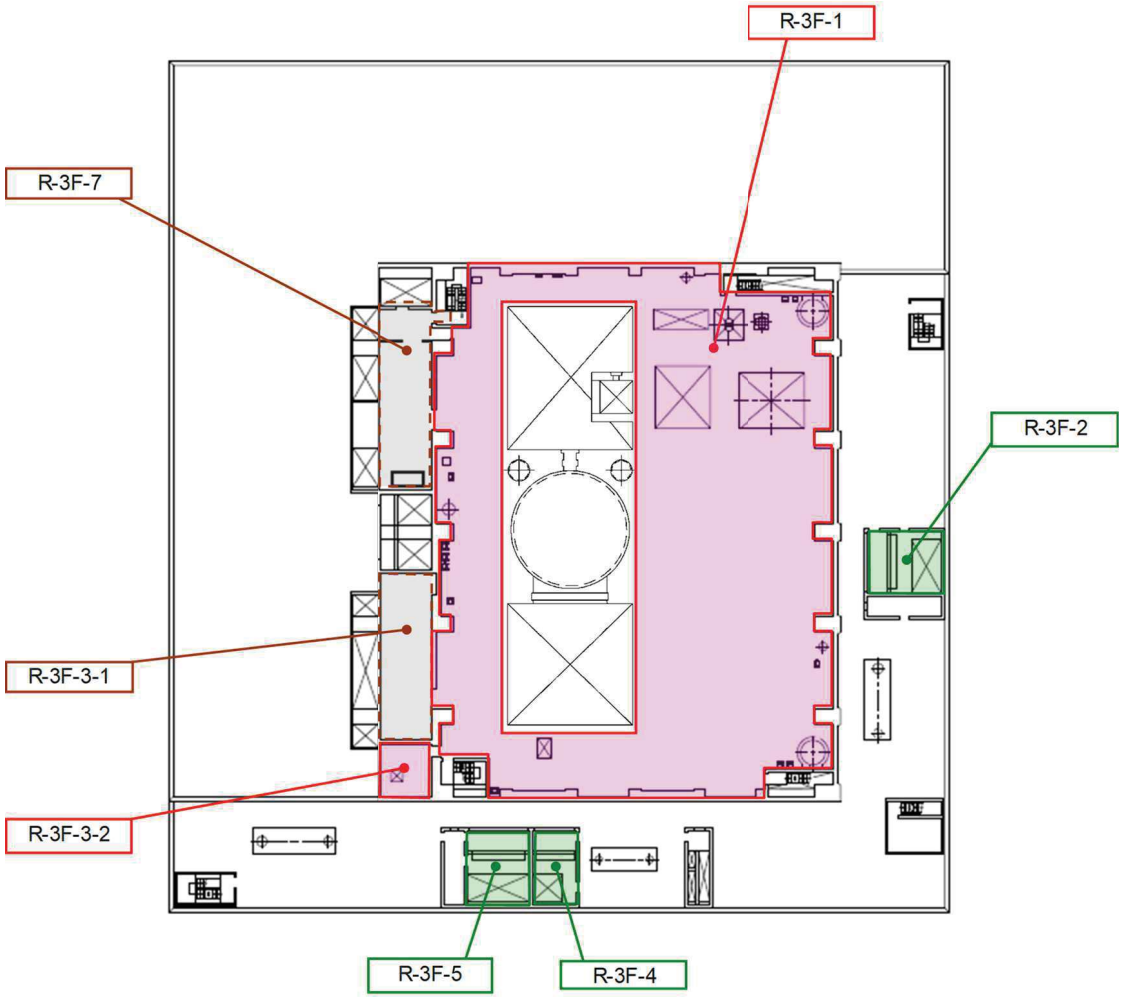


図2-1 溢水防護区画図 (2/32)

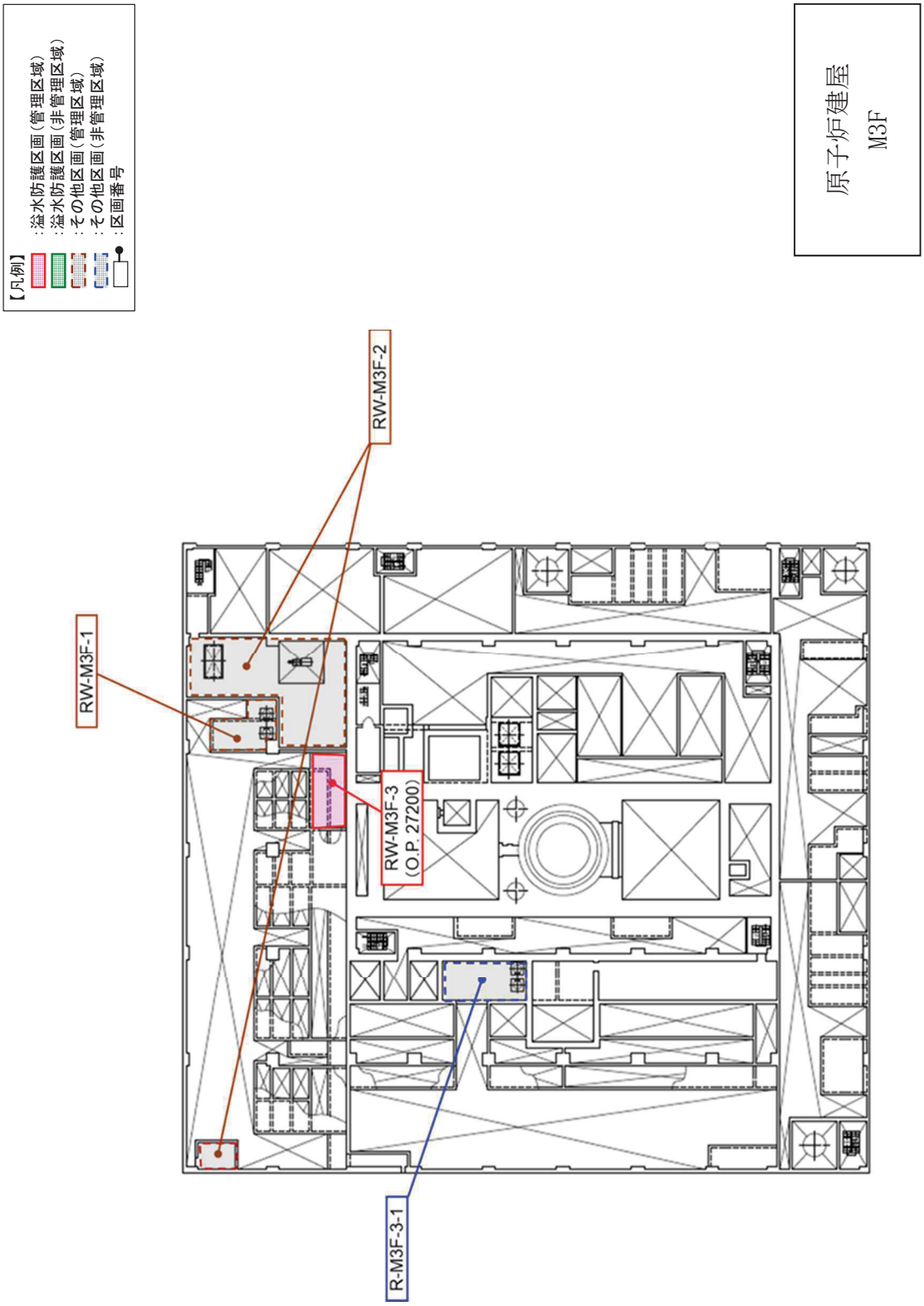


図2-1 溢水防護区画図（3/32）

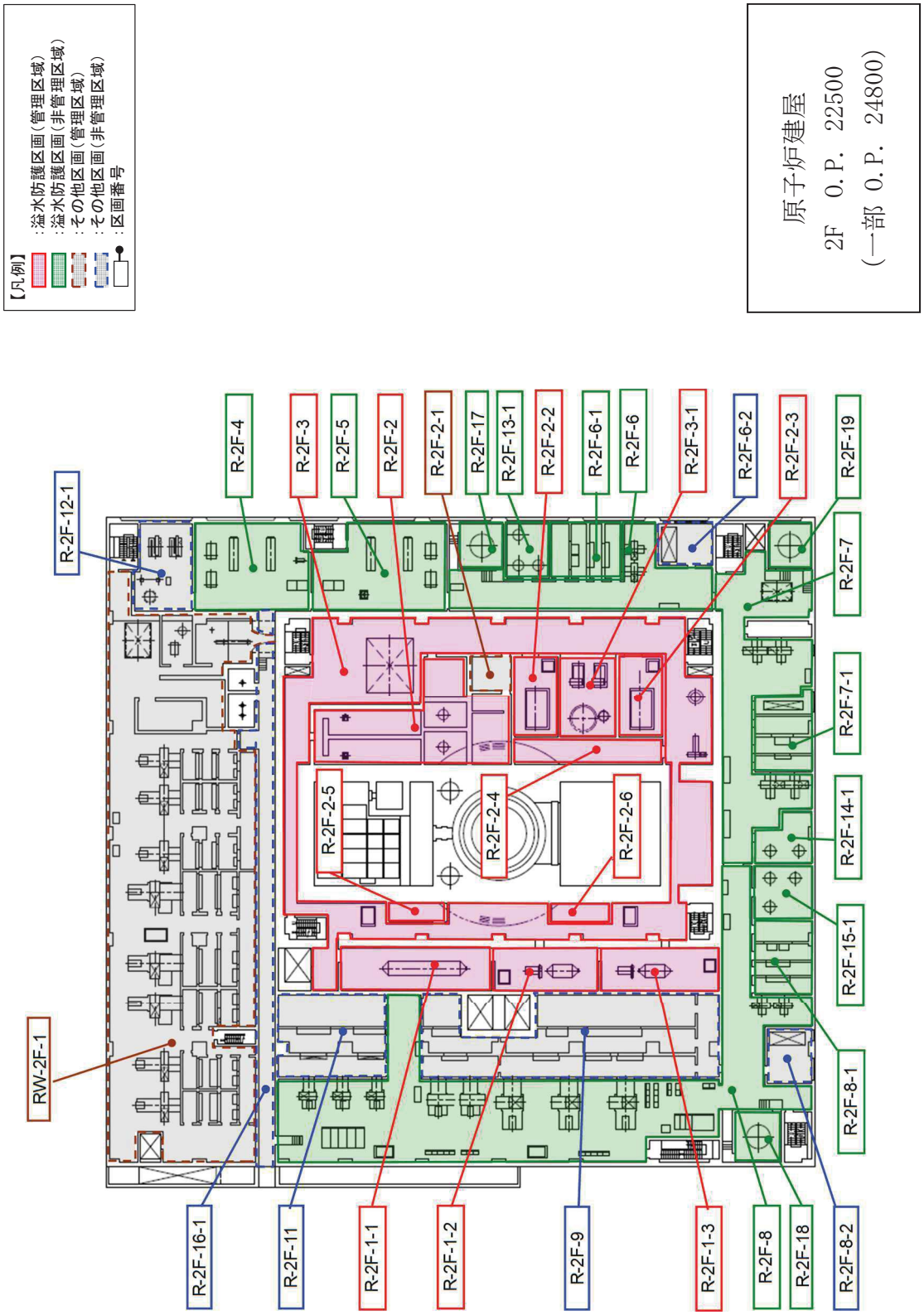


図2-1 溢水防護区画図（4/32）

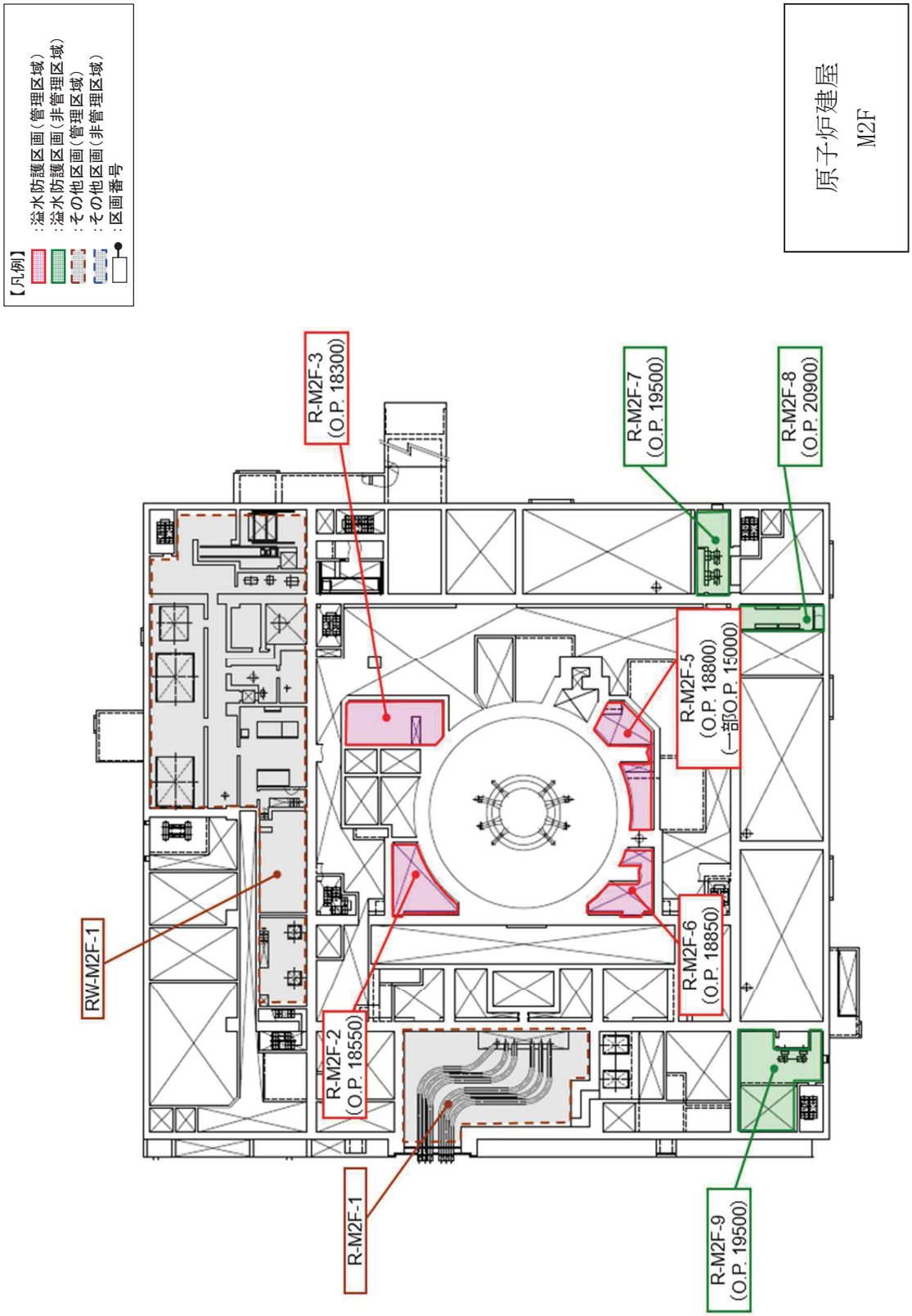


図2-1 溢水防護区画図（5/32）

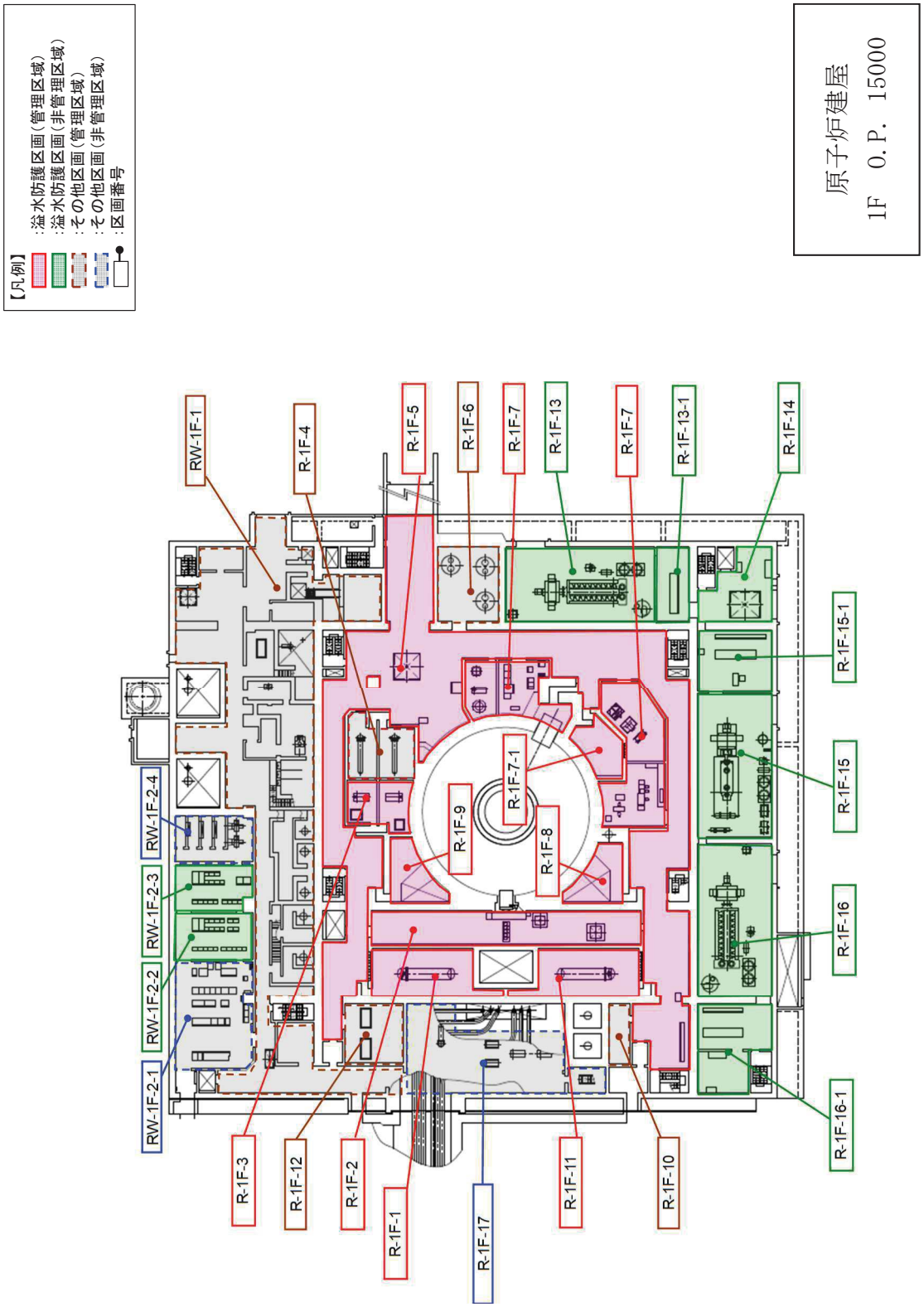


図2-1 溢水防護区画図（6/32）

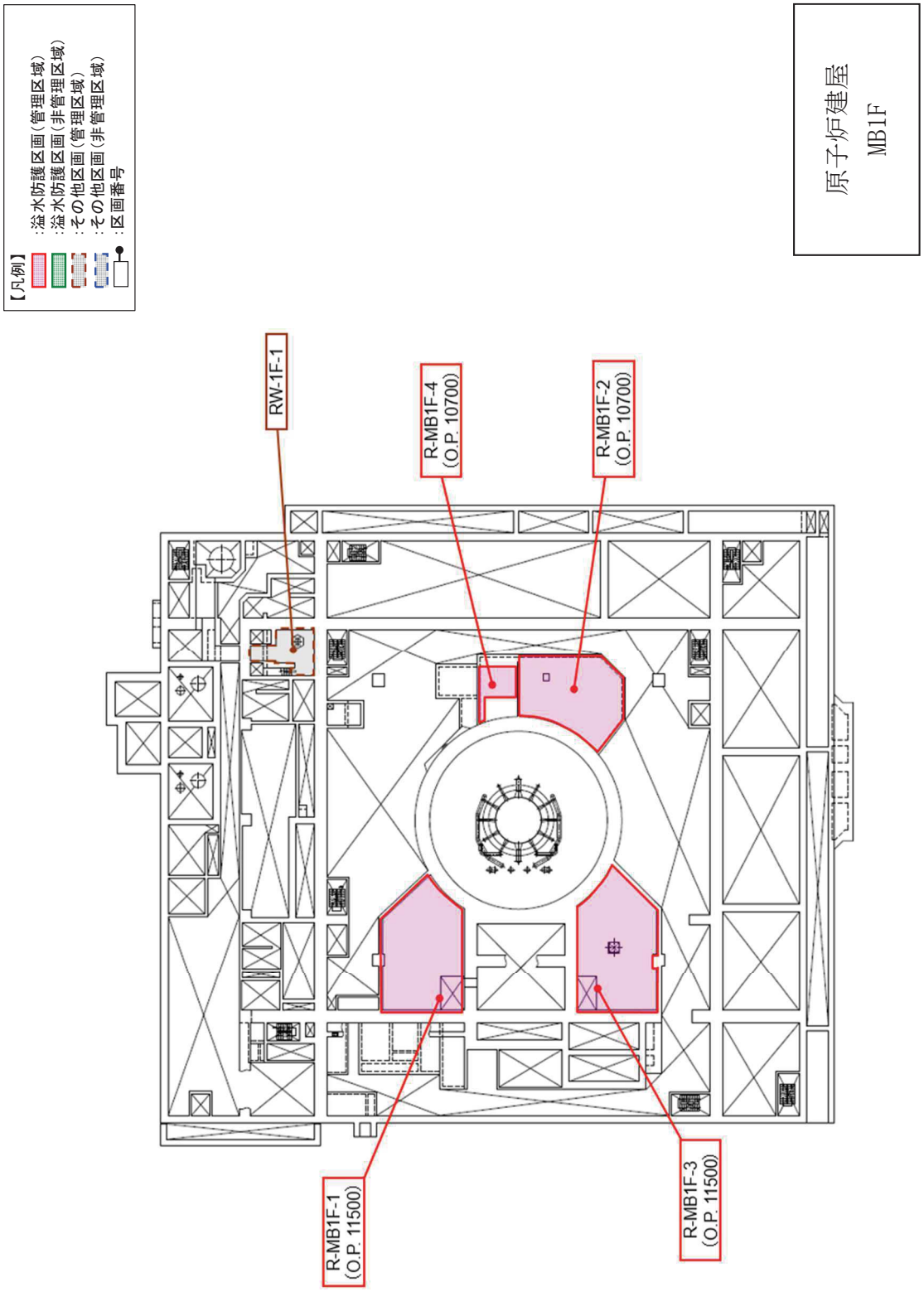


図2-1 溢水防護区画図（7/32）

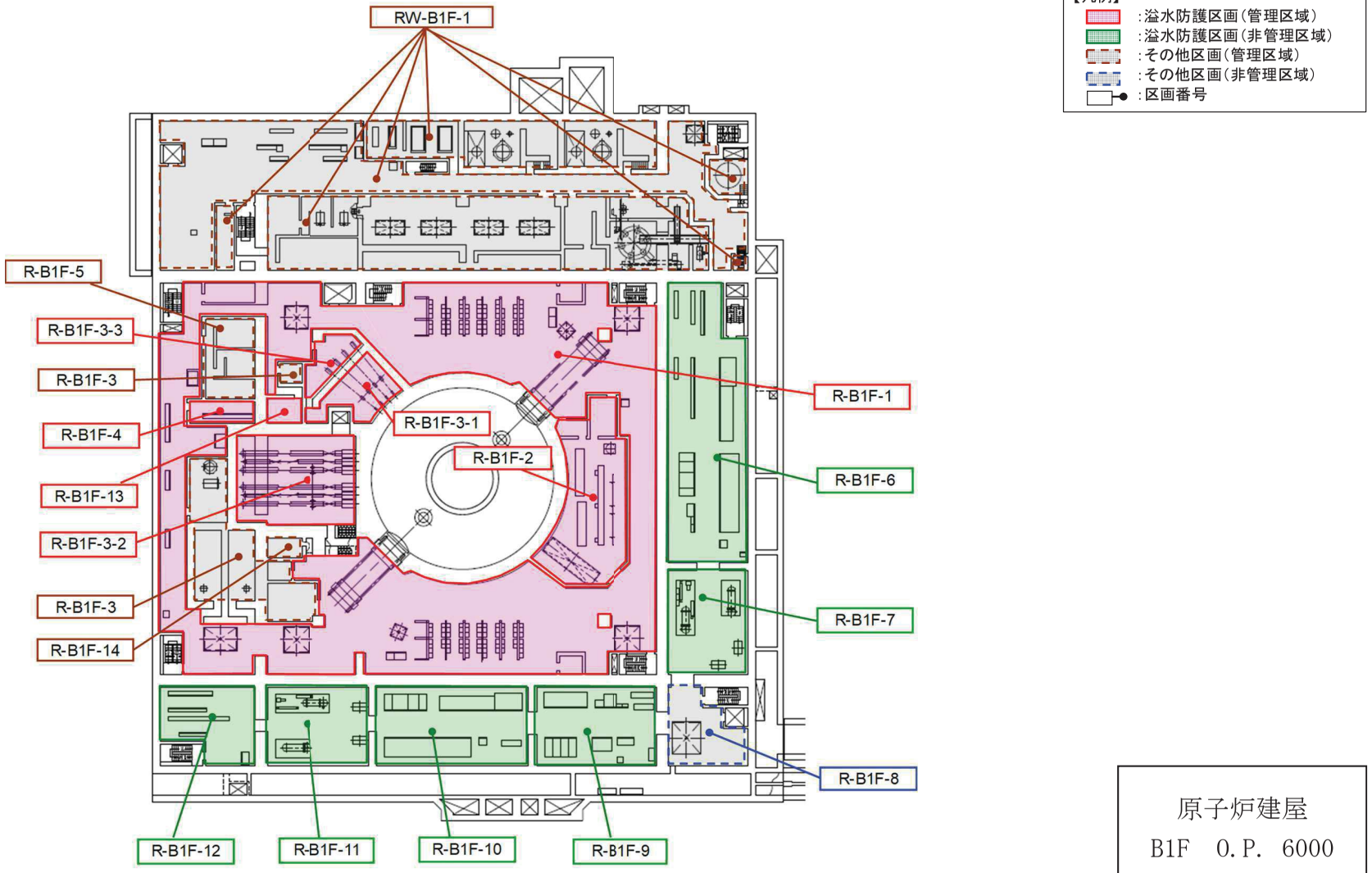
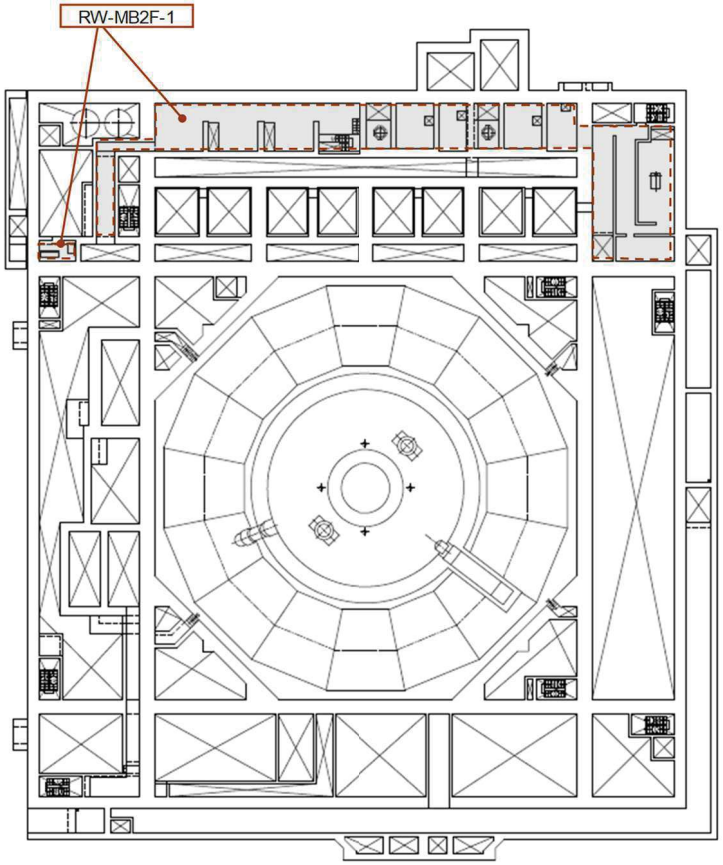


図2-1 溢水防護区画図（8/32）



【凡例】
：溢水防護区画（管理区域）
：溢水防護区画（非管理区域）
：その他区画（管理区域）
：その他区画（非管理区域）
：区画番号

原子炉建屋
MB2F

図2-1 溢水防護区画図（9/32）

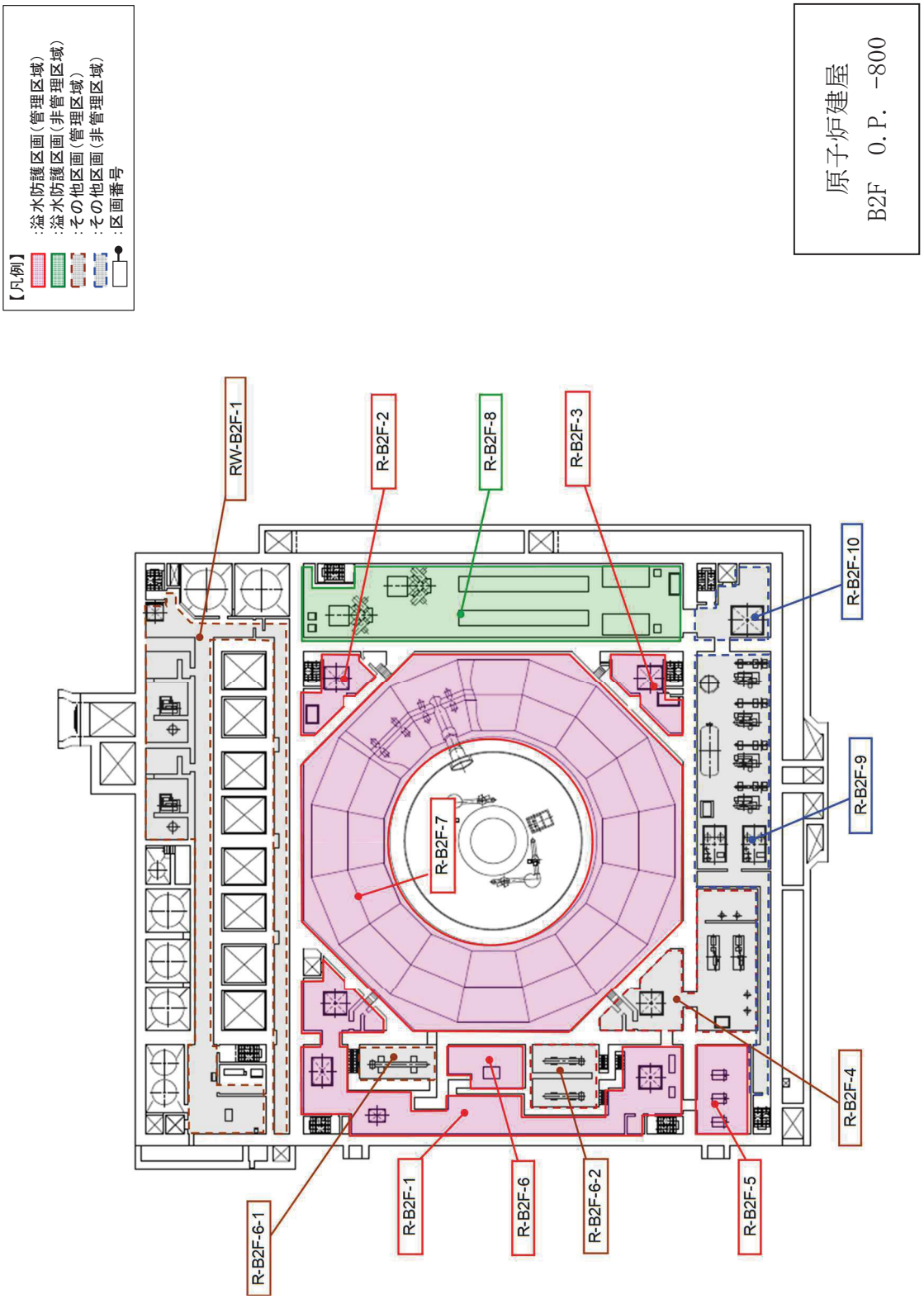


図2-1 溢水防護区画図（10/32）

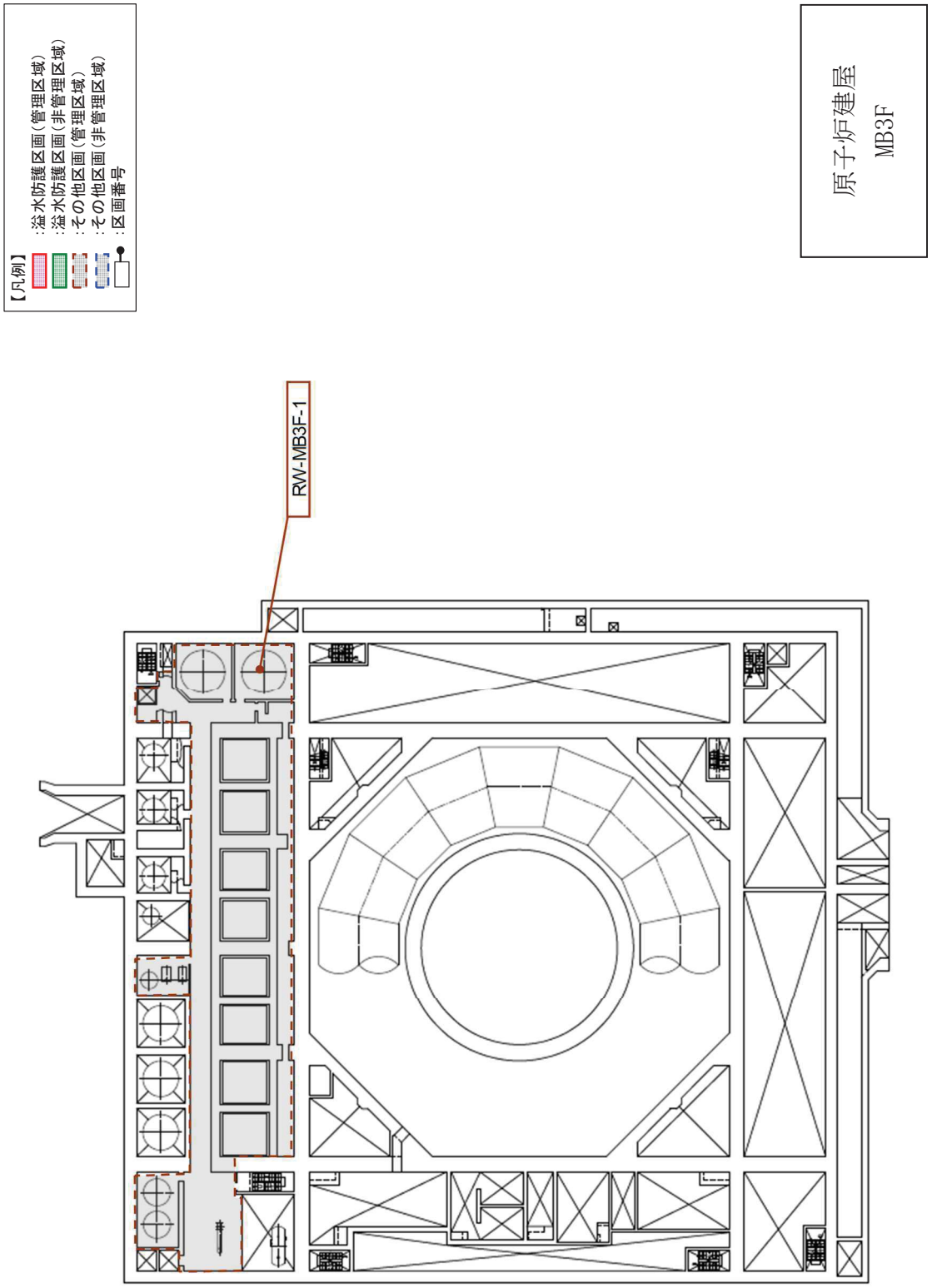


図2-1 溢水防護区画図（11/32）

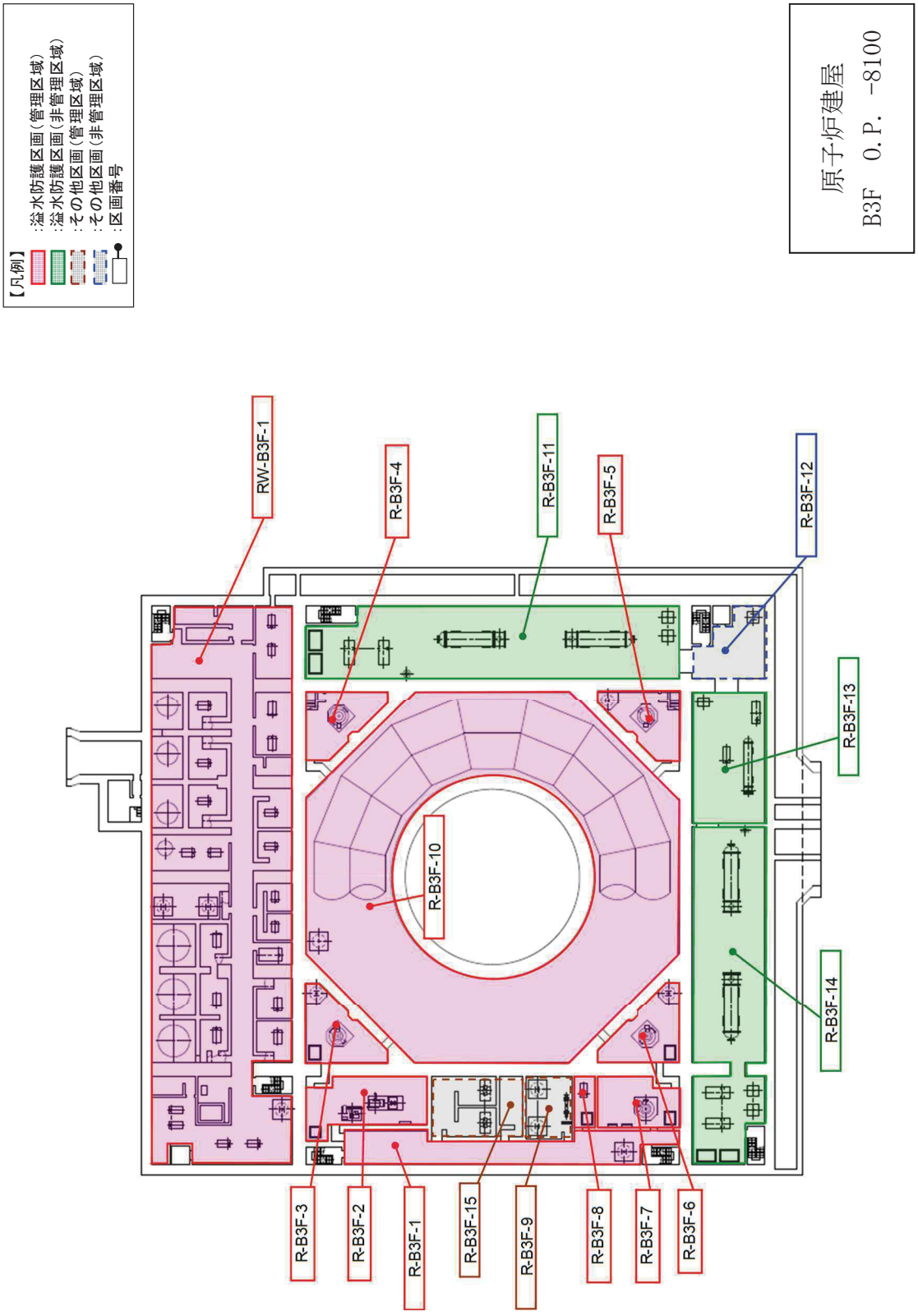


図2-1 溢水防護区画図（12/32）

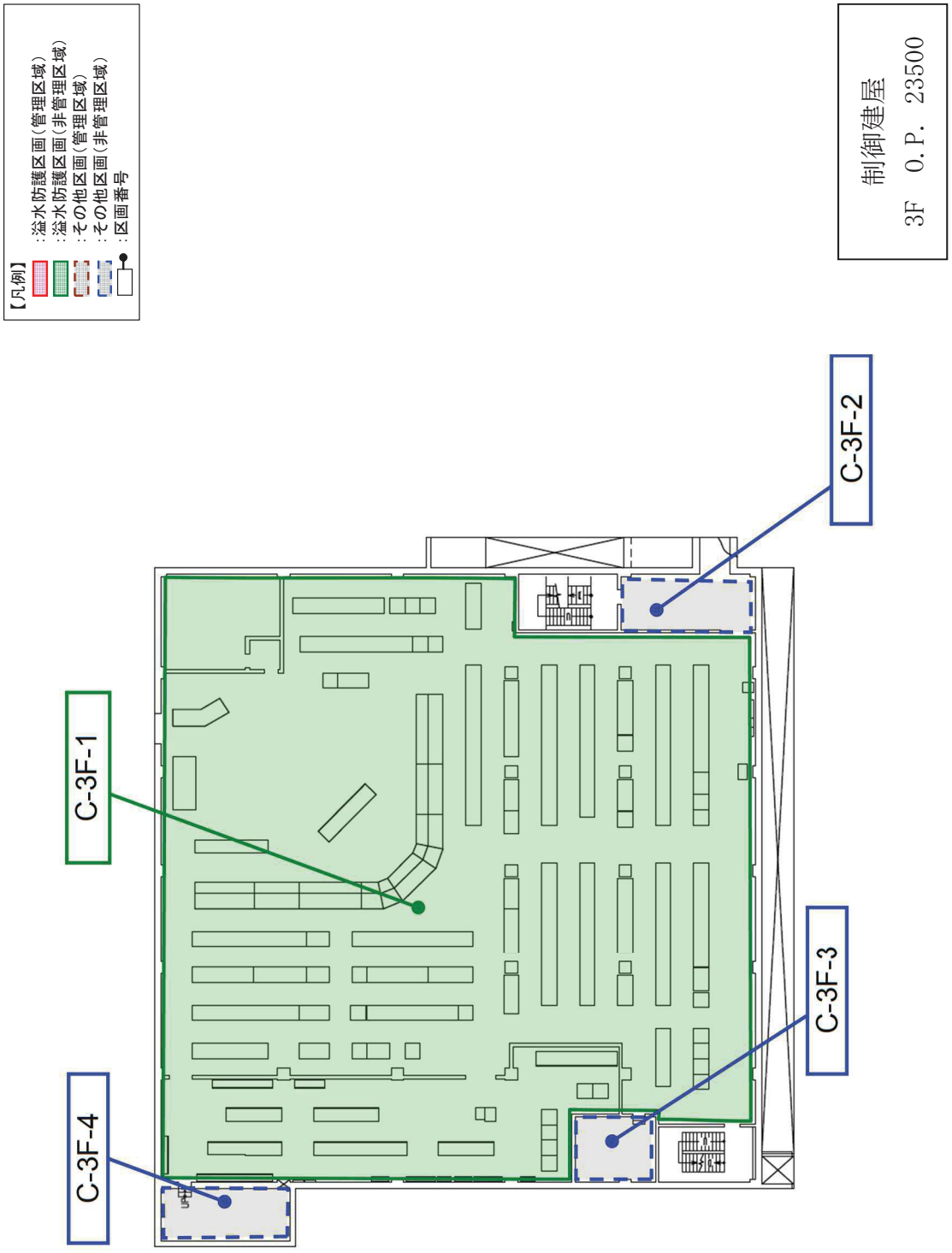


図2-1 溢水防護区画図（13/32）

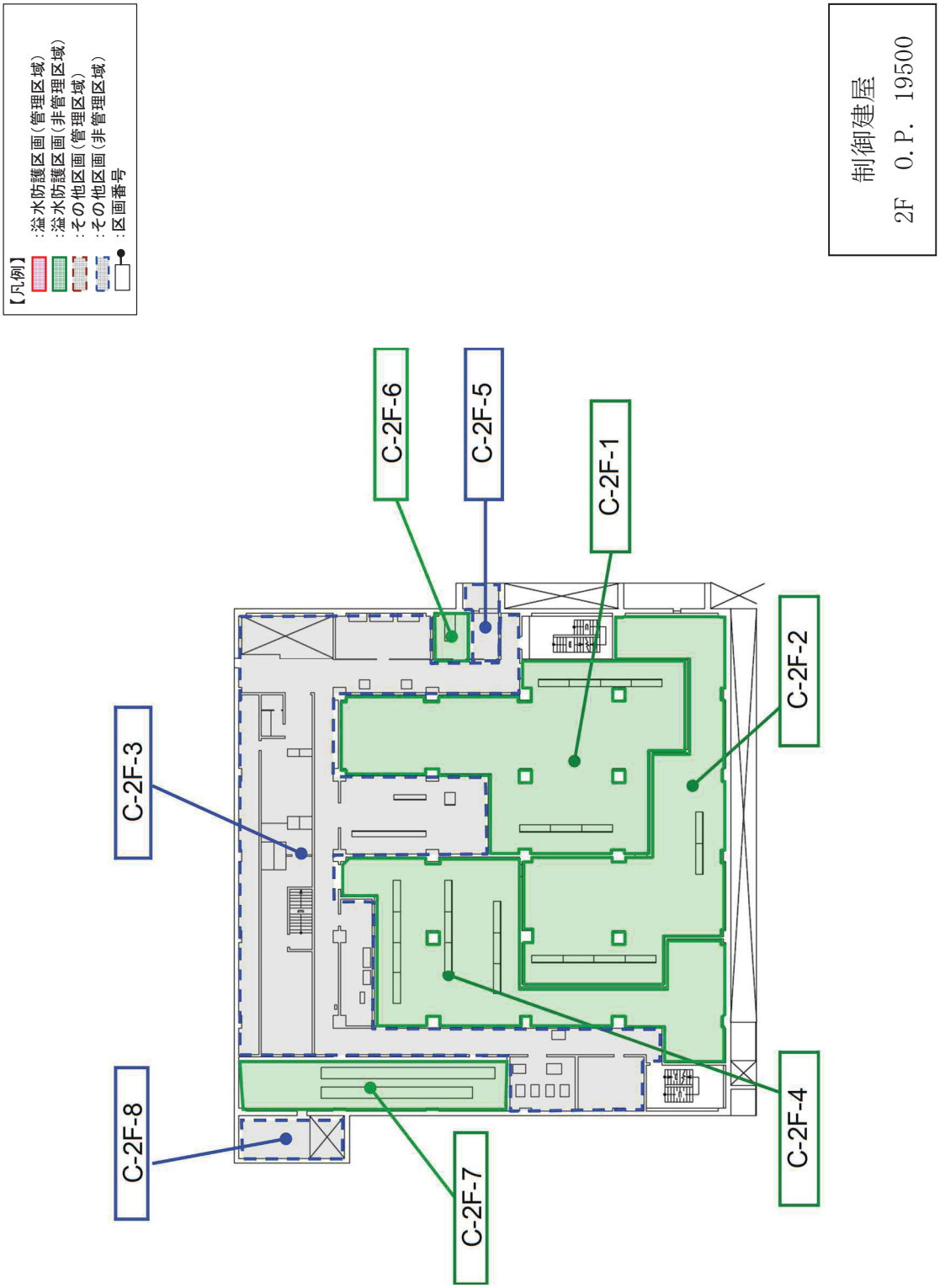


図2-1 溢水防護区画図（14/32）

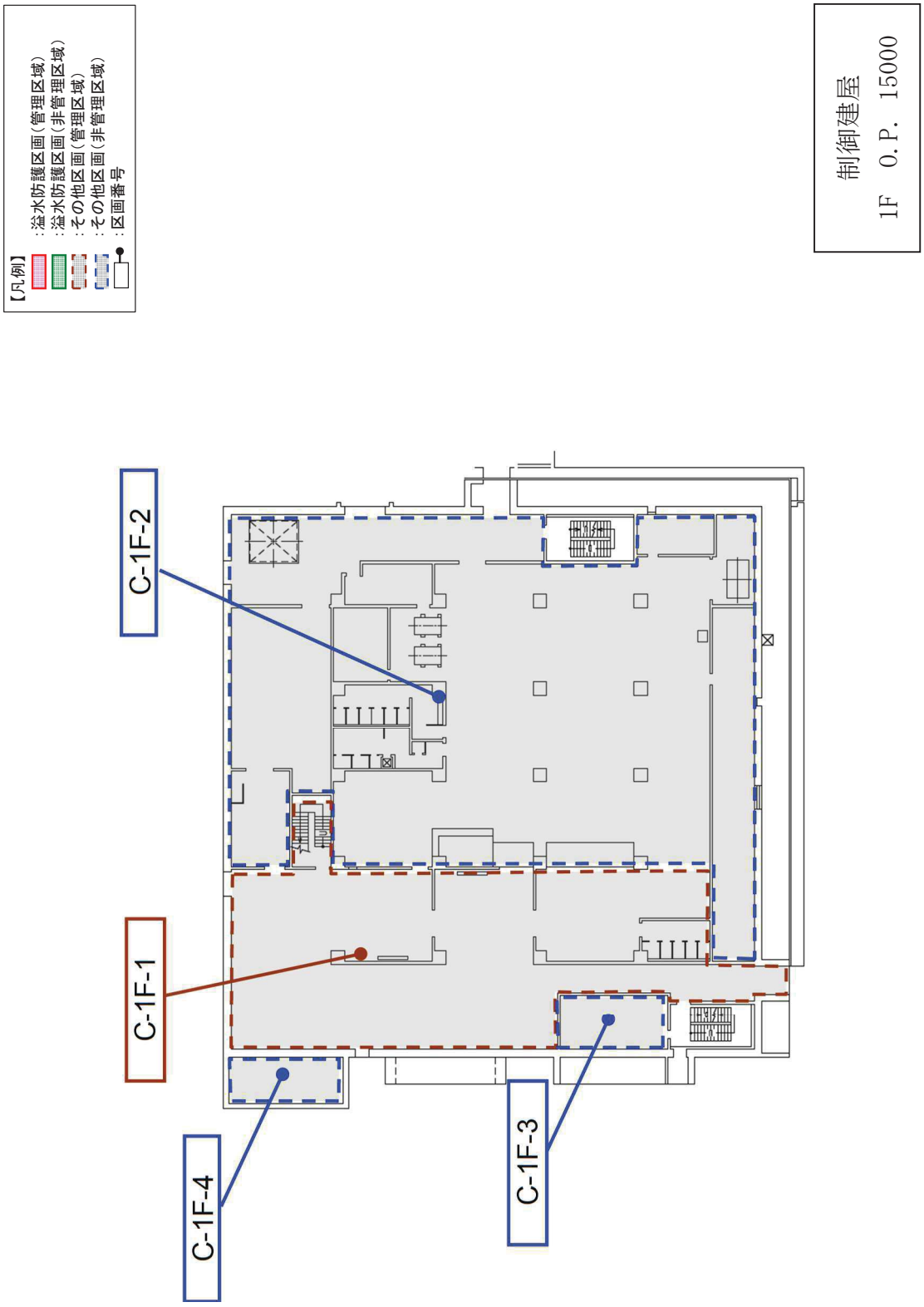


図2-1 溢水防護区画図（15/32）

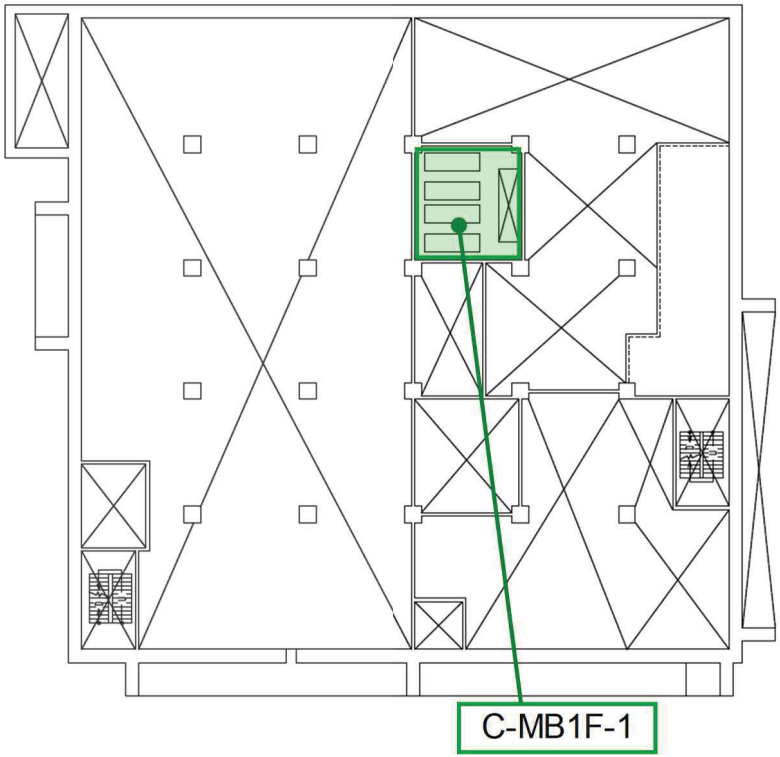
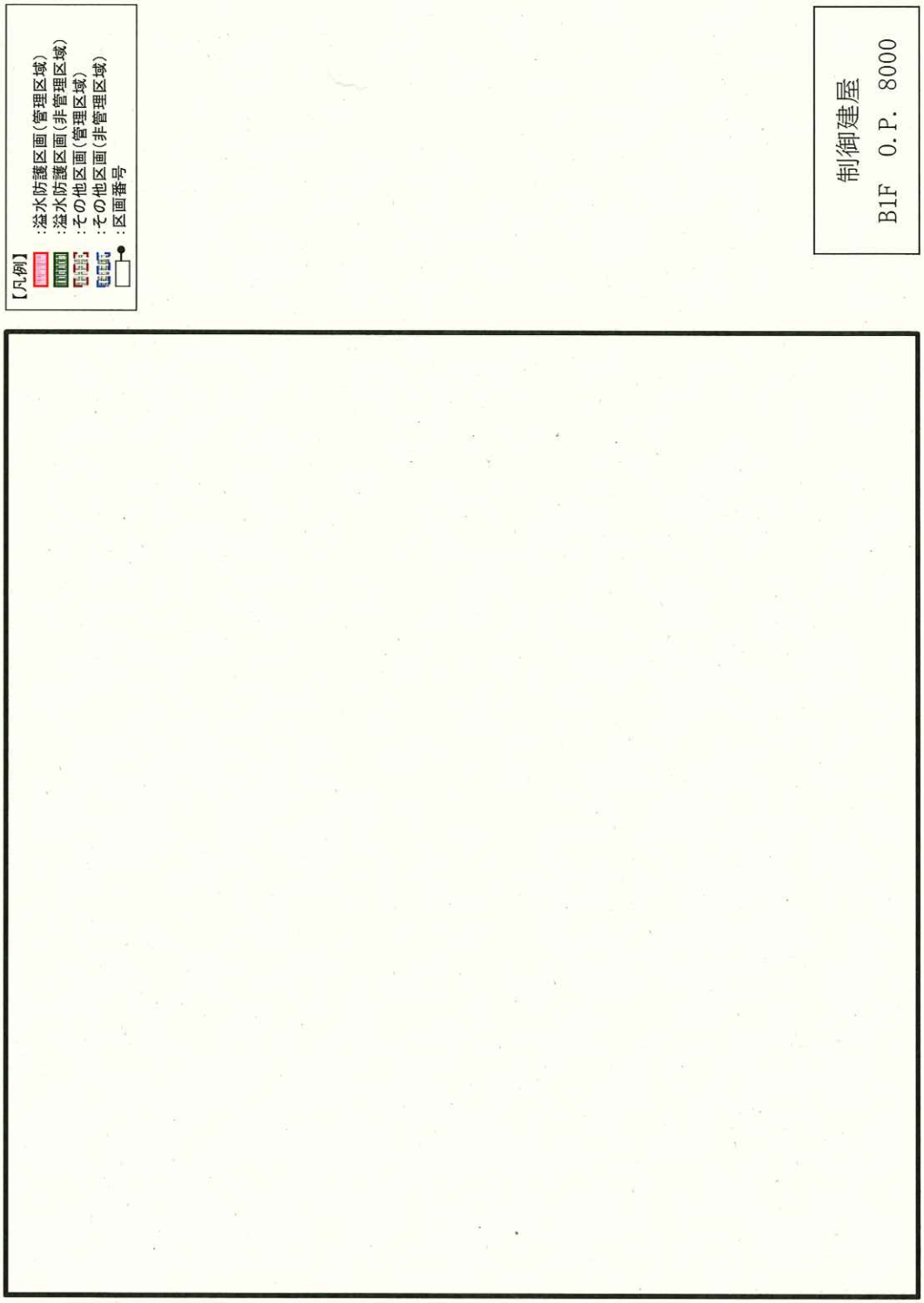


図2-1 溢水防護区画図（16/32）



枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

図2-1 溢水防護区画図（17/32）

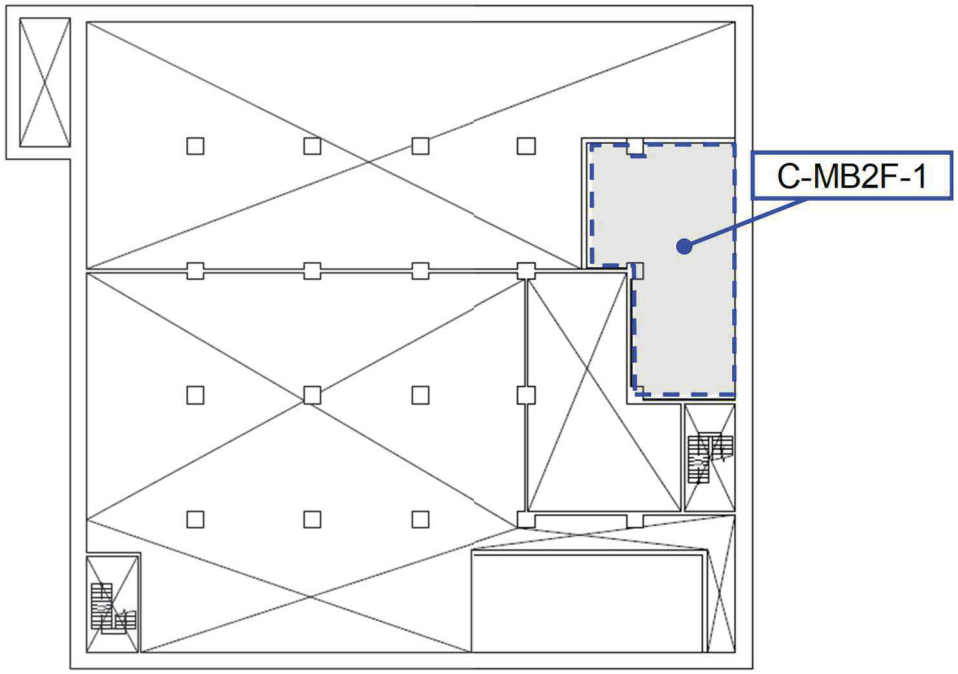


図2-1 溢水防護区画図（18/32）

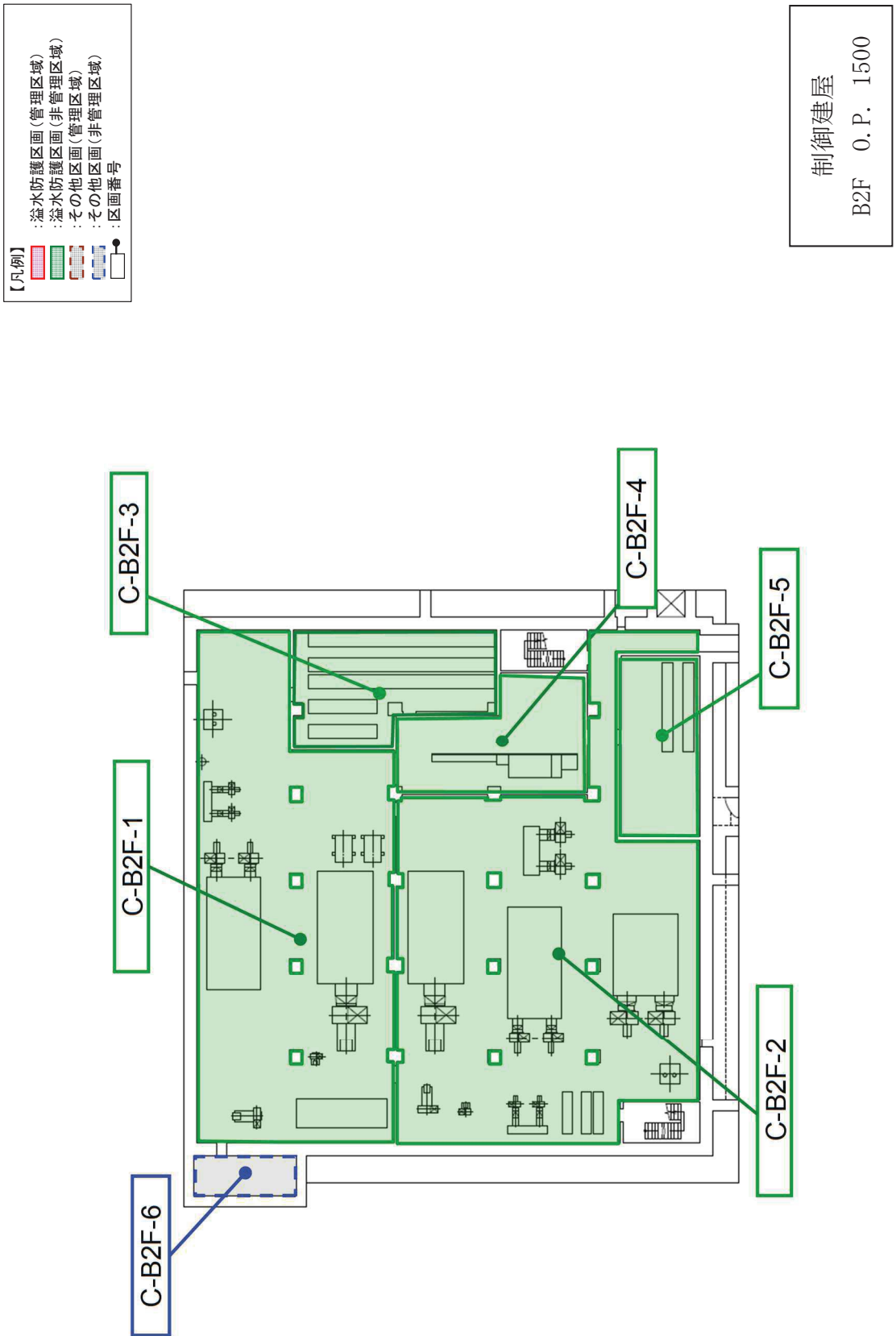


図2-1 溢水防護区画図（19/32）

【凡例】
：溢水防護区画（管理区域）
：溢水防護区画（非管理区域）
：その他区画（管理区域）
：その他区画（非管理区域）
：区画番号

海水ポンプ室
O.P. 3000

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

図2-1 溢水防護区画図（20/32）

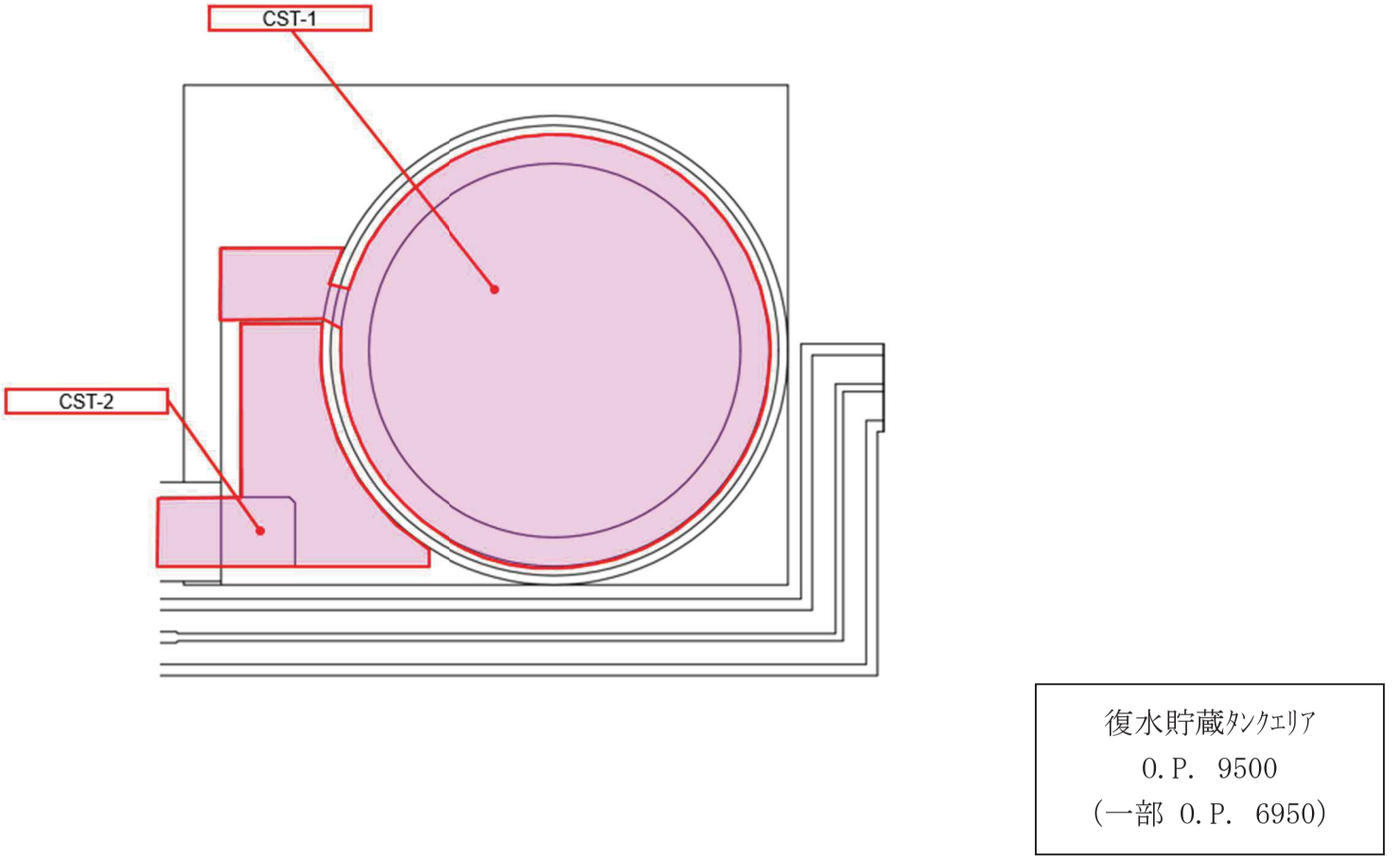


図2-1 溢水防護区画図 (21/32)

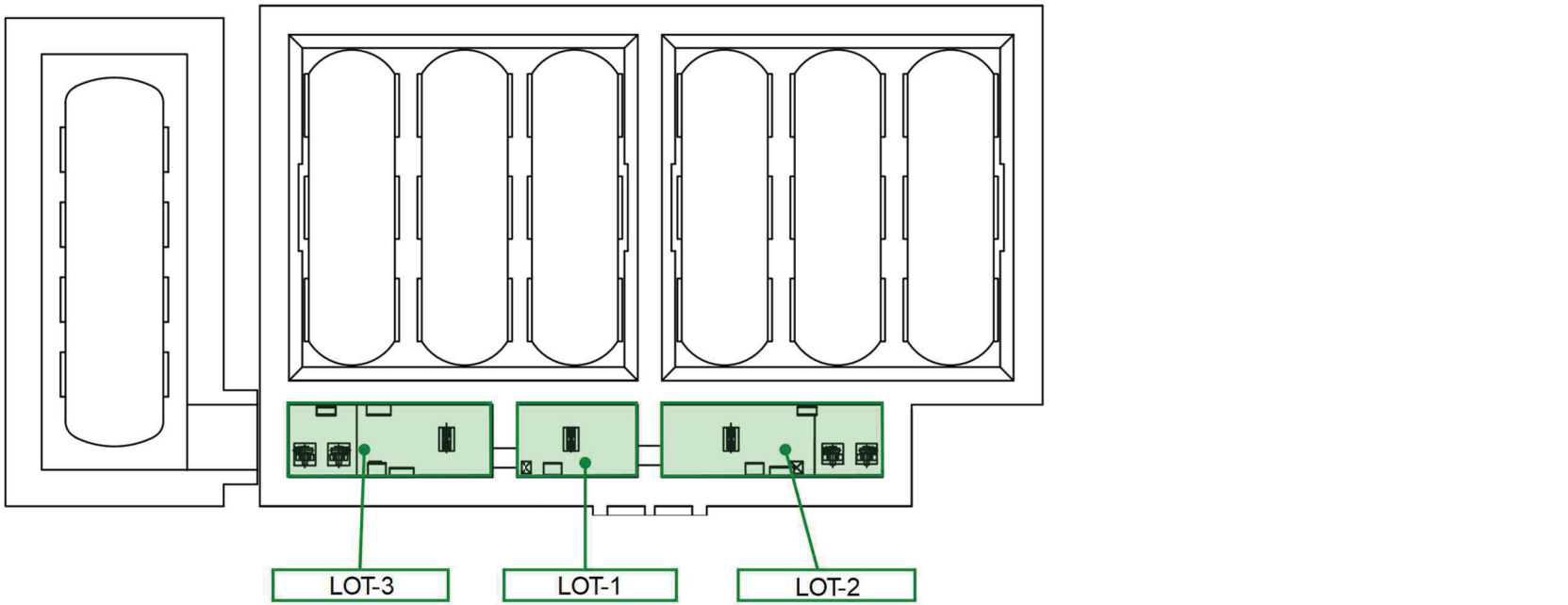
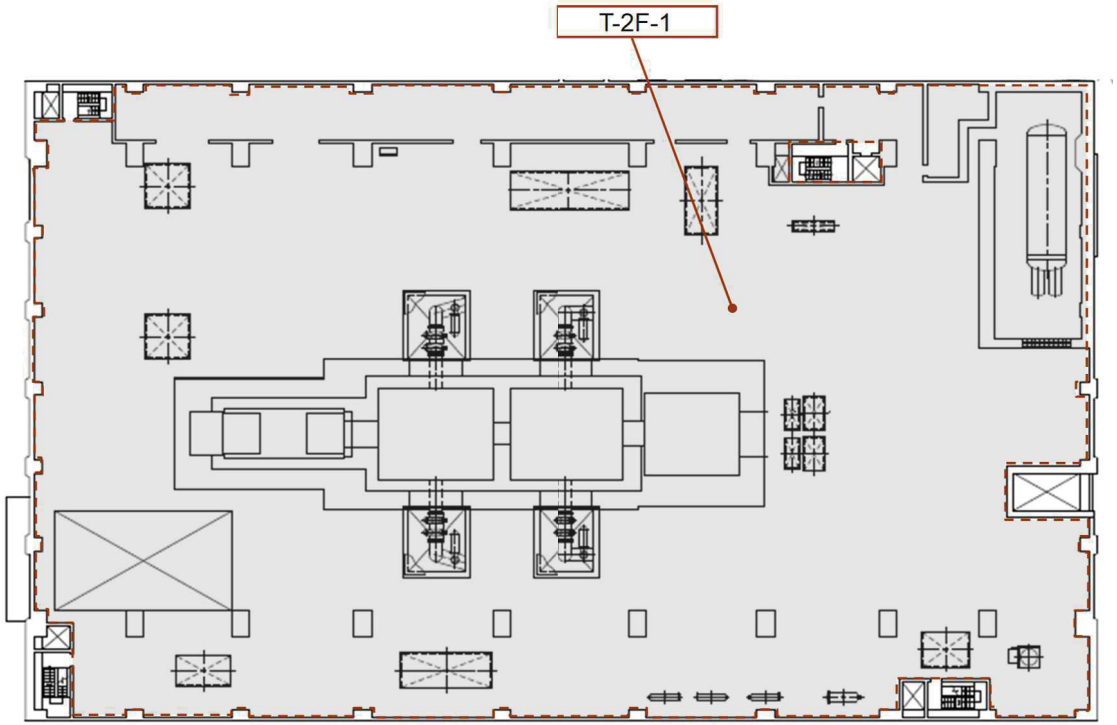


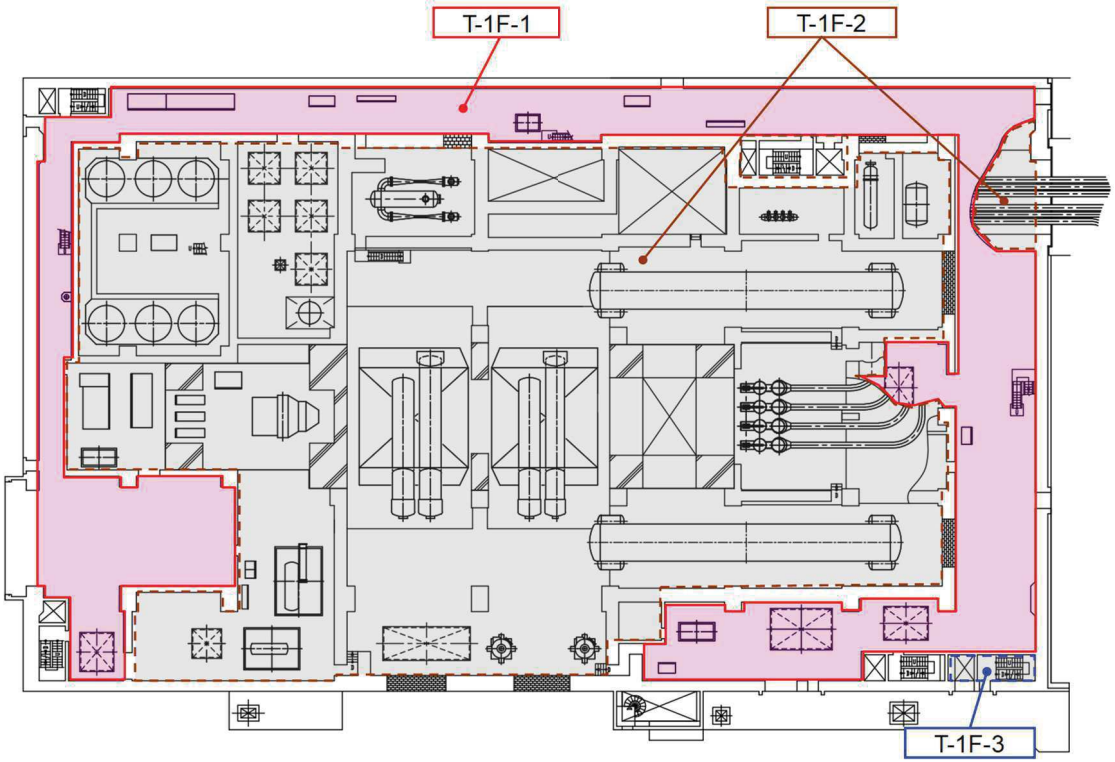
図2-1 溢水防護区画図 (22/32)



【凡例】
：溢水防護区画（管理区域）
：溢水防護区画（非管理区域）
：その他区画（管理区域）
：その他区画（非管理区域）
：区画番号

タービン建屋
2F　O.P.　24800

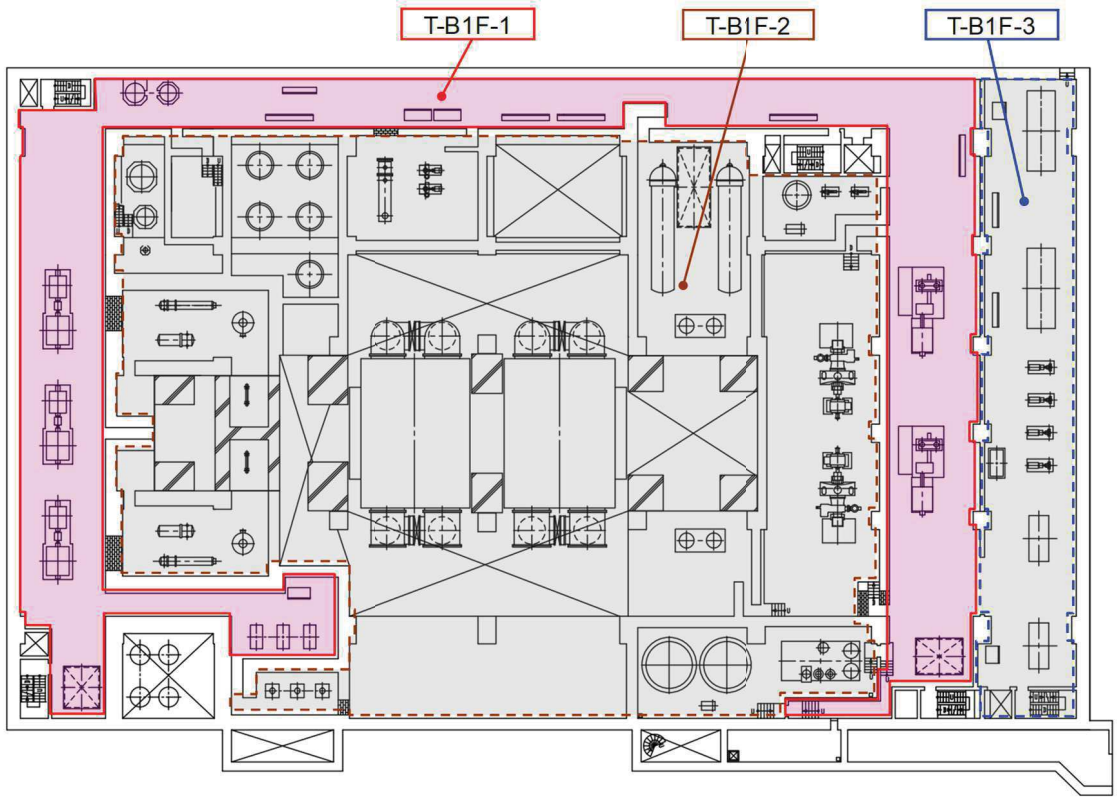
図2-1 溢水防護区画図（23/32）



【凡例】
- :溢水防護区画(管理区域)
- :溢水防護区画(非管理区域)
- :その他区画(管理区域)
- :その他区画(非管理区域)
- :区画番号

タービン建屋
1F　0.P.　15000

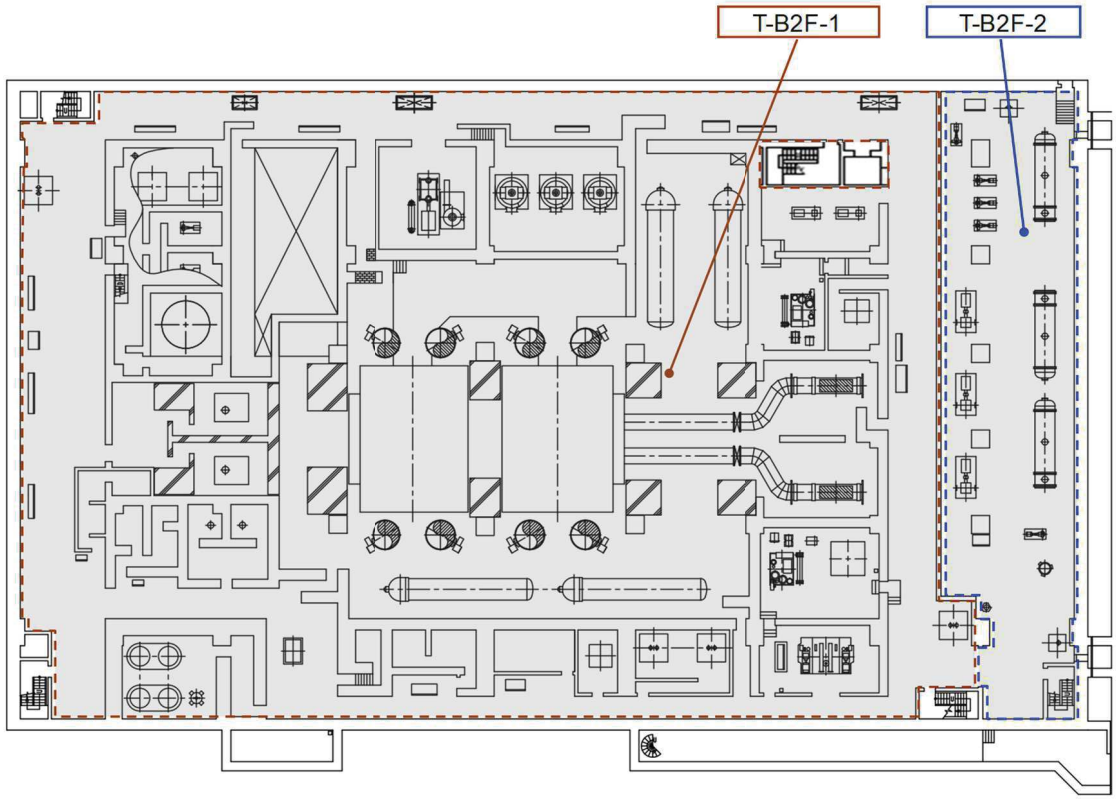
図2-1 溢水防護区画図 (24/32)



【凡例】
:溢水防護区画(管理区域)
:溢水防護区画(非管理区域)
:その他区画(管理区域)
:その他区画(非管理区域)
:区画番号

タービン建屋
B1F　O.P.　7600

図2-1 溢水防護区画図 (25/32)



【凡例】
:溢水防護区画(管理区域)
:溢水防護区画(非管理区域)
:その他区画(管理区域)
:その他区画(非管理区域)
:区画番号

タービン建屋
B2F　O.P.　800

図2-1 溢水防護区画図 (26/32)

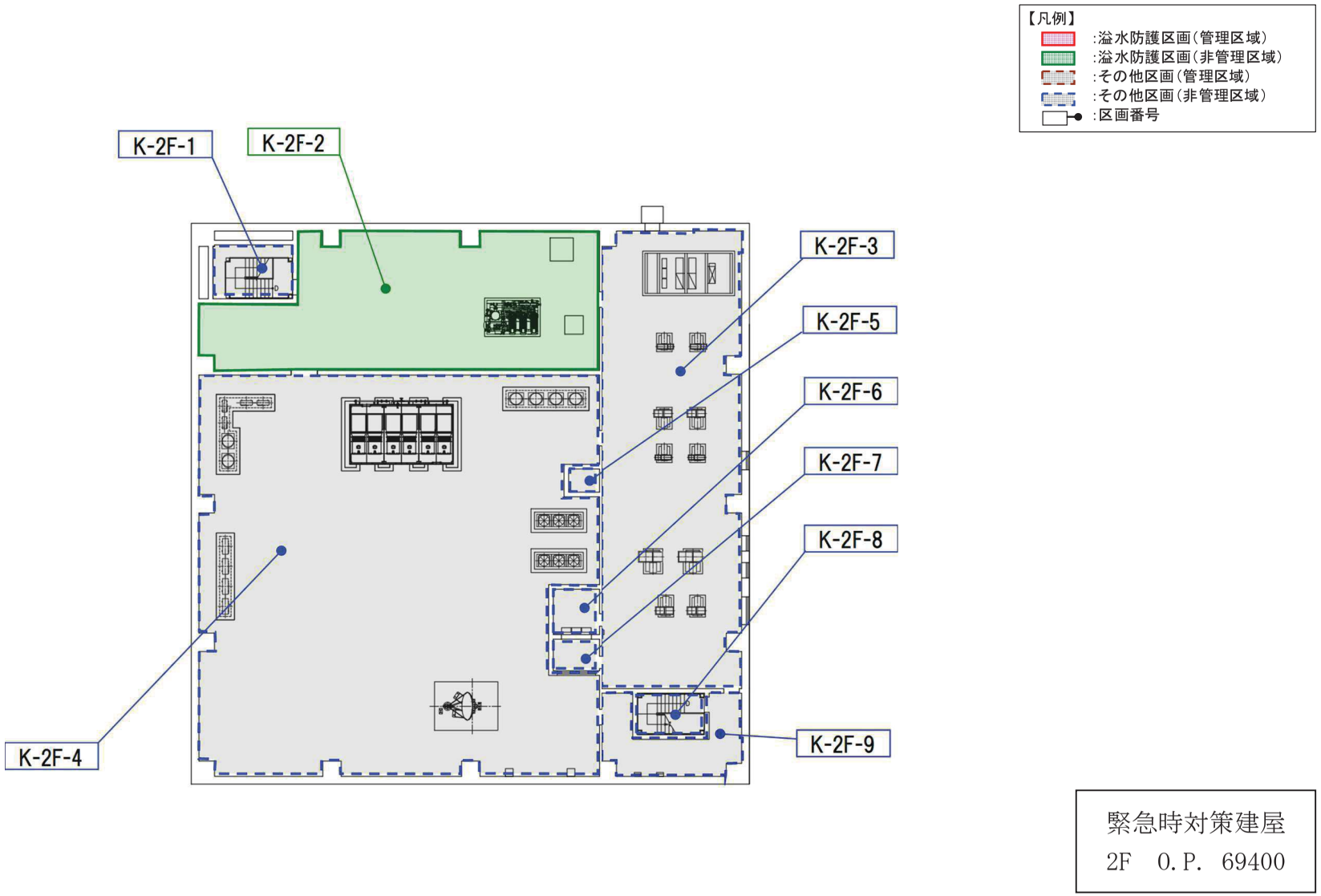


図2-1 溢水防護区画図 (27/32)

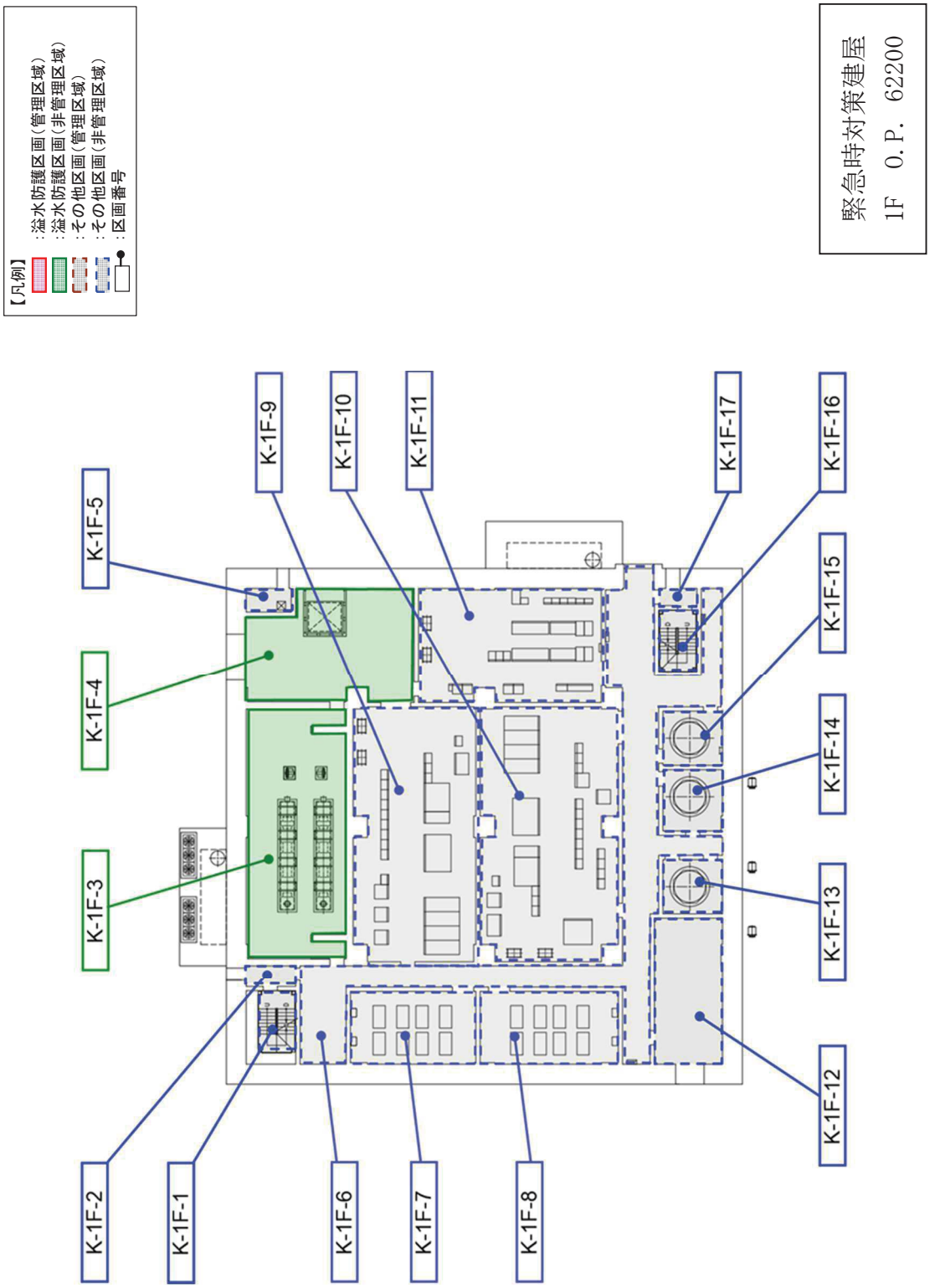


図2-1 溢水防護区画図 (28/32)

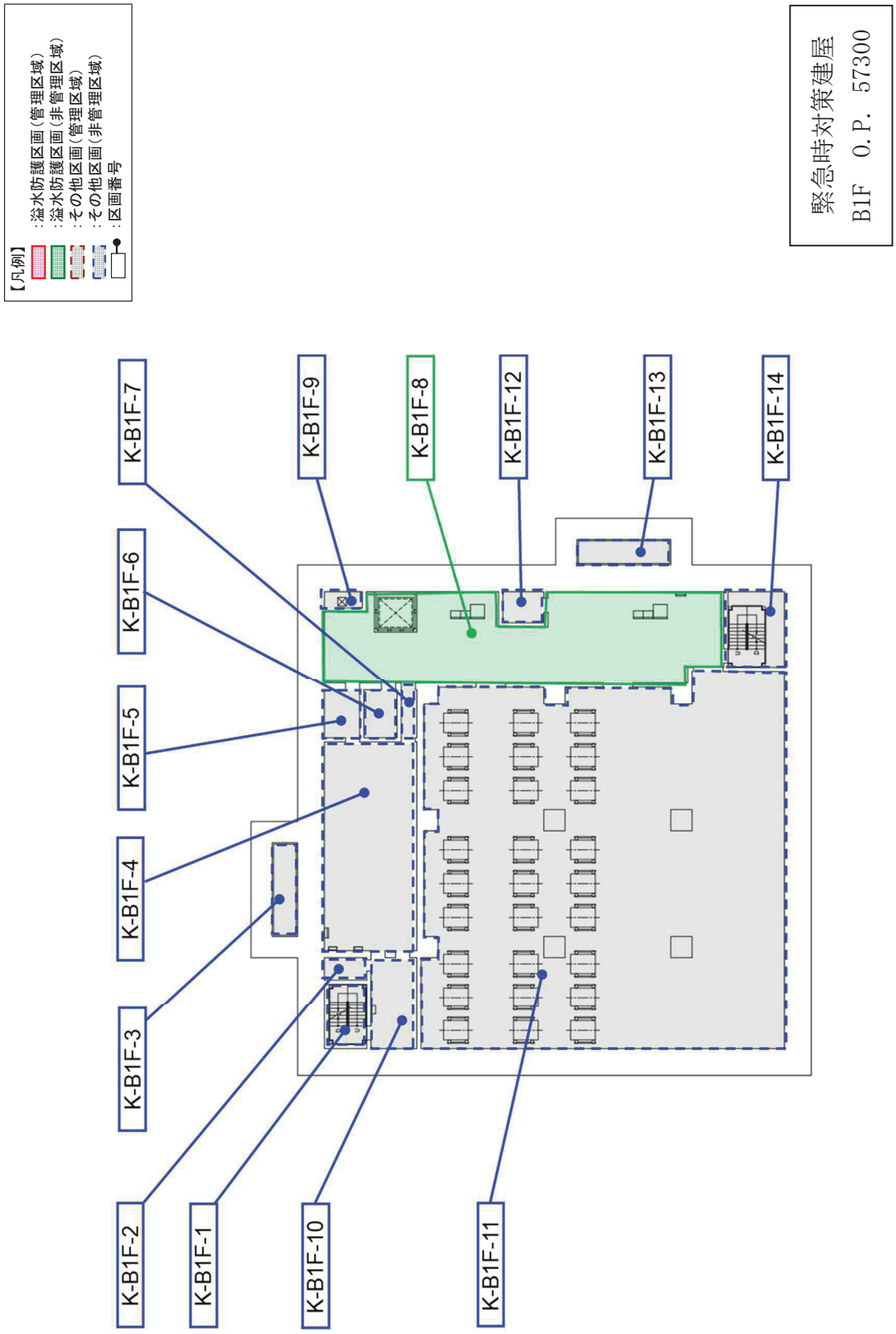


図2-1 溢水防護区画図 (29/32)

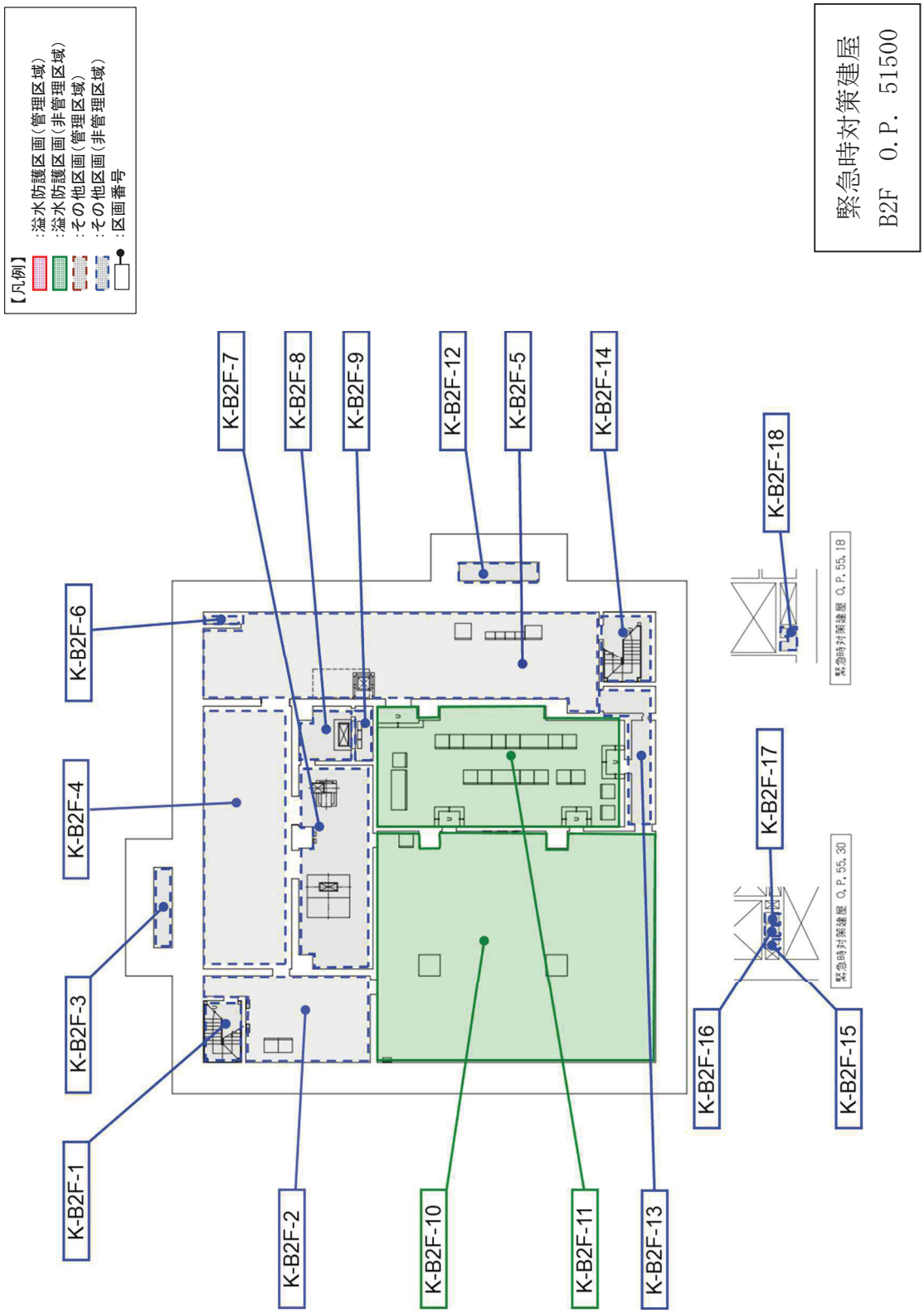


図2-1 溢水防護区画図 (30/32)

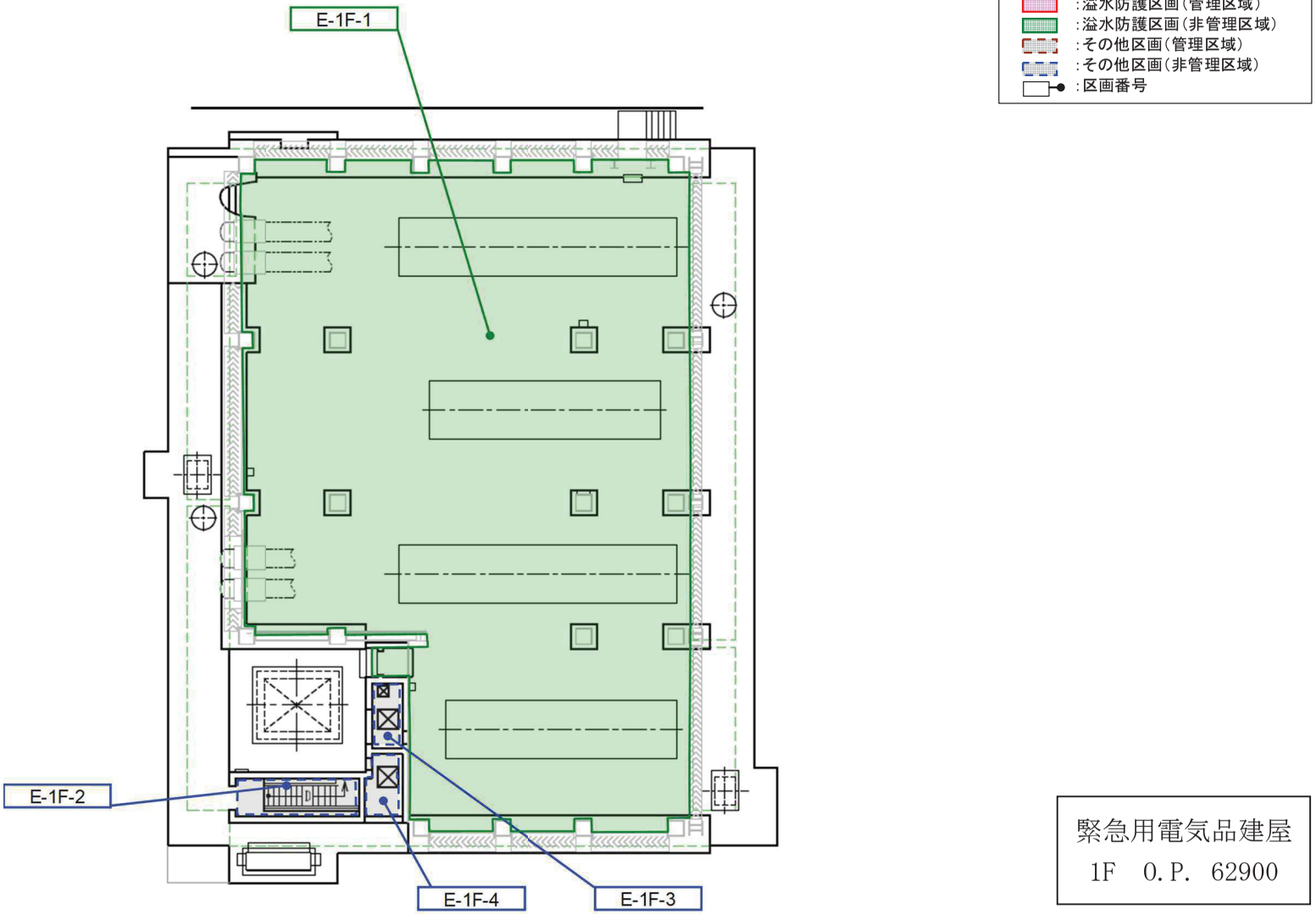


図2-1 溢水防護区画図（31/32）

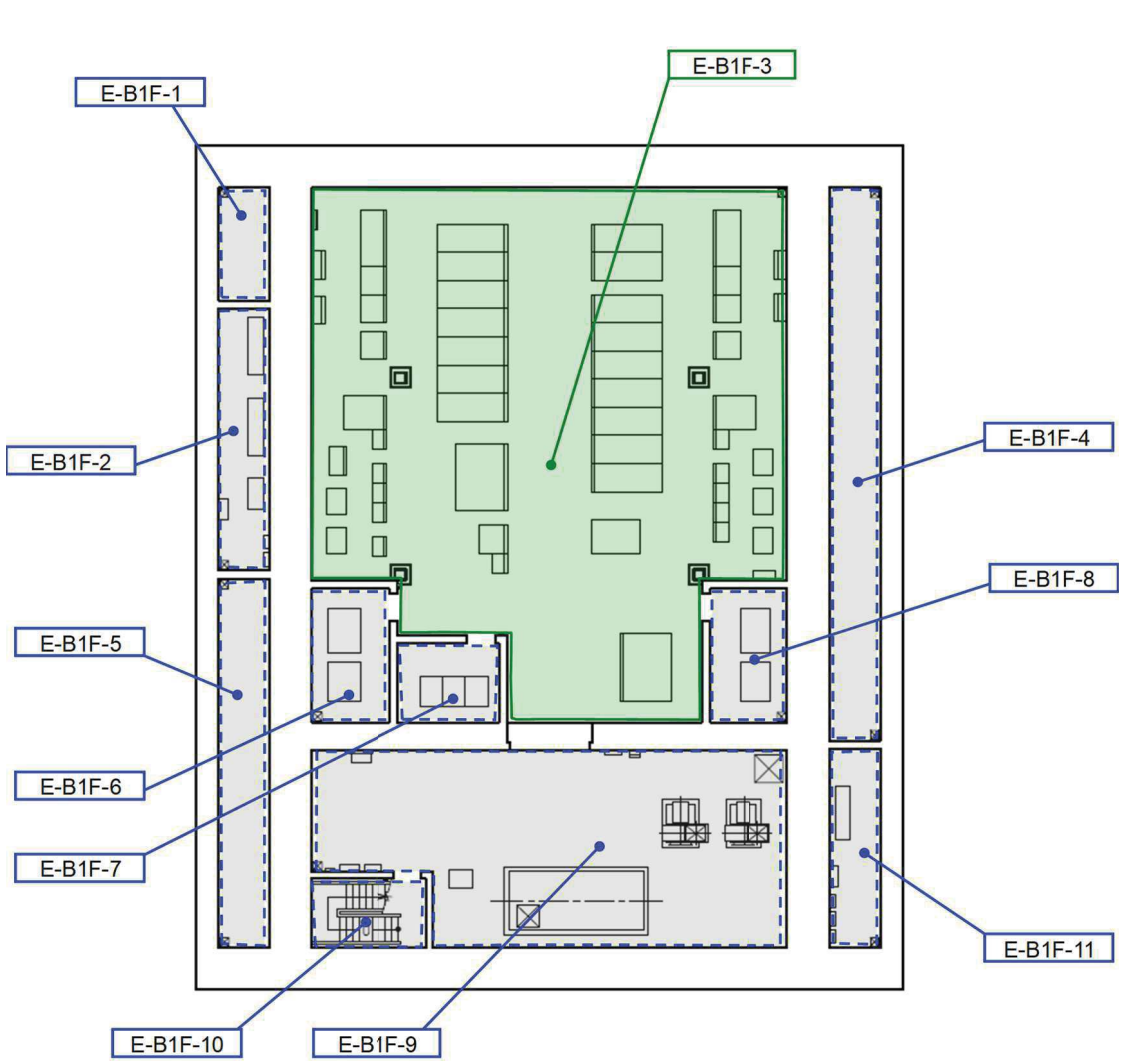


図2-1 溢水防護区画図（32/32）

Ⅵ-1-4　原子炉冷却系統施設の説明書

目　次

VI-1-4-1　原子炉格納容器内の原子炉冷却材の漏えいを監視する装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書
VI-1-4-2　流体振動又は温度変動による損傷の防止に関する説明書
VI-1-4-3　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書

Ⅵ-1-4-3　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書

目　　次

1.　概要 ･･･ 1
2.　基本方針 ･･･ 2
2.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH ･････････････････････････ 2
2.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH ････････････ 2
3.　評価 ･･･ 3
3.1　サプレッションプールを水源とするポンプの評価方針 ･･････････････････････････ 3
3.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの評価方針 ･････････････ 3
3.3　評価対象ポンプの選定 ･･ 3
3.4　評価方法 ･･･ 6
3.4.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法 ･････････････ 6
3.4.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法 ････ 9
3.5　評価結果 ･･･ 10
3.5.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果 ･････････････ 10
3.5.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果 ･･･ 12

1. 概要

本資料は，「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第32条第3項及び第54条第1項第1号並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）により，原子炉冷却系統施設の「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」のうちサプレッションプールを水源として原子炉圧力容器に注水するためのポンプが，原子炉格納容器内の圧力，水位，温度及び配管圧損並びに冷却材中の異物の影響により想定される最も小さい有効吸込水頭（以下「有効NPSH 」という。）において，正常に機能することを説明するとともに，サプレッションプールを除くタンク等を水源として原子炉圧力容器に注水するためのポンプについても想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能することを説明するものである。

また，有効 NPSH 以外の温度，放射線，荷重その他の使用条件に対して有効に機能を発揮することについては，添付書類「Ⅵ-1-1-6　安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

なお，設計基準対象施設に関しては，技術基準規則の要求事項に変更がないため，今回の申請においては変更は行わない。

今回，新たに重大事故等対処設備として申請する「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」のうちサプレッションプールを水源として原子炉圧力容器に注水する残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，低圧炉心スプレイ系ポンプ及び代替循環冷却ポンプ並びにサプレッションプールを除くタンク等を水源として原子炉圧力容器に注水する高圧代替注水系タービンポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ，直流駆動低圧注水系ポンプ，復水移送ポンプ，ほう酸水注入系ポンプ及び大容量送水ポンプ（タイプⅠ）について，想定される最も小さい有効NPSH において，正常に機能することを説明する。

2.　基本方針

2.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH

重大事故等時において，原子炉冷却系統施設のうち「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」としてサプレッションプールを水源として原子炉圧力容器に注水するためのポンプは，想定される原子炉格納容器内の圧力，水位，温度及び配管圧損並びに冷却材中の異物の影響によるろ過装置の性能評価により想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能する設計とする。

2.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH

重大事故等時において，原子炉冷却系統施設のうち「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」としてサプレッションプールを除くタンク等を水源として原子炉圧力容器へ注水するためのポンプは，各水源タンク等の圧力，水位，温度及び配管圧損により想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能する設計とする。

これらのポンプについては，異物管理された復水貯蔵タンク，ほう酸水注入系貯蔵タンク及び淡水貯水槽を水源とするため，異物の影響については考慮不要とする。

なお，海から取水する可能性のある大容量送水ポンプ（タイプⅠ）の付属品である水中ポンプには，吸込口に異物混入防止のフィルタを設置する設計とする。万一，ポンプの吸込口のフィルタが詰まった場合は，ポンプの起動停止によるフィルタ閉塞の回復及び水中ポンプの吊り上げによるフィルタ清掃が短時間で可能である。

また，海から取水する可能性のある大容量送水ポンプ（タイプⅠ）の付属品である水中ポンプには，吸込口に異物混入防止のフィルタを設置することにより，各水源タンク等内への異物混入を防止する設計とする。

3. 評価

3.1 サプレッションプールを水源とするポンプの評価方針

重大事故等時において，サプレッションプールを水源として原子炉圧力容器へ注水するポンプは，原子炉格納容器内の圧力，水位，水源の温度及び配管圧損並びに冷却材中の異物により想定される最も小さい有効 NPSH が必要吸込水頭（以下「必要 NPSH 」という。）を上回ることを評価する。

評価に当たっては，平成18年7月31日付け平成18・06・28原第3号にて認可された添付書類「Ⅳ-5　非常用炉心冷却設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」及び平成20年4月7日付け平成20・02・29原第30号にて認可された添付書類「Ⅳ-5　非常用炉心冷却設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」を参考に，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））に準拠し評価を行う。

3.2 サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの評価方針

重大事故等時において，サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプは，それぞれの水源の圧力，水位，温度及び配管圧損により想定される最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

3.3 評価対象ポンプの選定

重大事故等時の対応において，原子炉冷却系統施設のうち「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」として原子炉圧力容器に注水するために使用するポンプ及び想定される水源を以下に示す。

- 残留熱除去系ポンプ*　（水源：サプレッションプール）
- 低圧炉心スプレイ系ポンプ　（水源：サプレッションプール）
- 代替循環冷却ポンプ*　（水源：サプレッションプール）
- 高圧炉心スプレイ系ポンプ　（水源：復水貯蔵タンク又はサプレッションプール）
- 高圧代替注水系タービンポンプ*　（水源：復水貯蔵タンク）
- 原子炉隔離時冷却系ポンプ　（水源：復水貯蔵タンク）
- 直流駆動低圧注水系ポンプ　（水源：復水貯蔵タンク）
- 復水移送ポンプ*　（水源：復水貯蔵タンク）
- ほう酸水注入系ポンプ*　（水源：ほう酸水注入系貯蔵タンク）
- 大容量送水ポンプ（タイプⅠ）*　（水源：淡水貯水槽又は海）

注記＊：原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」と兼用するポンプを示す。残留熱除去系ポンプ，代替循環冷却ポンプ，復水移送ポンプ及び大容量送水ポンプ（タイプⅠ）は，原子炉格納容器の除熱又は冷却に使用する。ほう酸水注入系ポンプ及び高圧代替注水系タービンポンプは，溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下を遅延又は防止するために原子炉圧力容器へ注水することから，原子炉格納容器の除熱又は冷却に使用しない。

複数の水源を想定するポンプの評価に当たっては，評価条件が最も厳しくなる水源を想定する。

「圧力低減設備その他の安全設備」と兼用するポンプのうち，残留熱除去系ポンプ及び代替循環冷却ポンプは，「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」として原子炉圧力容器への注水に使用する場合よりも，「圧力低減設備その他の安全設備」として原子炉格納容器除熱又は冷却に使用する場合の方が厳しい使用条件となるため，添付書類「Ⅵ-1-8-4　圧力低減設備その他の安全設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」にて有効 NPSH を評価する。

原子炉隔離時冷却系ポンプは，復水貯蔵タンクを水源とする有効 NPSH 評価条件が設計基準事故時の条件に包絡されることから，評価対象外とする。

ほう酸水注入系ポンプは，ほう酸水注入系貯蔵タンクを水源として有効 NPSH が確保される水位以上に確保された必要水量を原子炉圧力容器へ注水するよう設計されており，機能が要求される運転状態においては水源の圧力，温度の変化及び異物の影響はなく，ほう酸水注入系ポンプの有効 NPSH は十分確保されることから，評価対象外とする。

大容量送水ポンプ（タイプⅠ）の付属品である水中ポンプは，空気を吸い込まない水位を確保するように沈めて運転するポンプであり，必要 NPSH に代わる条件として運転必要最低水位（水中ポンプ内に空気を吸い込まず，ポンプが正常に機能するための最低吸込高さ）を確保するように設置することで，キャビテーションを防止する設計であることから，評価対象外とする。

また，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）は，付属品である水中ポンプにより，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）の必要 NPSH を上回る押込水頭が大容量送水ポンプ（タイプⅠ）の吸込側にかかるように設計されており，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）の有効 NPSH は十分確保されることから，評価対象外とする。

したがって，本資料では，以下のポンプの重大事故等時の有効 NPSH を評価する。

・低圧炉心スプレイ系ポンプ　　（水源：サプレッションプール）
　（1074 m^3/h）
・高圧炉心スプレイ系ポンプ　　（水源：サプレッションプール）
　（1074 m^3/h）
・高圧代替注水系タービンポンプ　（水源：復水貯蔵タンク）
　（90.8 m^3/h）
・直流駆動低圧注水系ポンプ　　（水源：復水貯蔵タンク）
　（82 m^3/h）
・復水移送ポンプ　　（水源：復水貯蔵タンク）
　（□ m^3/h）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4　評価方法

3.4.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法

「3.3　評価対象ポンプの選定」により選定した低圧炉心スプレイ系ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 評価については，重大事故等時の各事象のうち，個別評価が必要な事象を抽出し，その事象について最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

(1)　有効 NPSH 評価事象の抽出

重大事故等時の各事象における非常用炉心冷却系ストレーナの圧損に影響する評価条件を比較し，「3.3　評価対象ポンプの選定」で選定した低圧炉心スプレイ系ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ポンプに対して，有効 NPSH の個別評価が必要な事象を以下のとおり抽出する。表3－1に重大事故等時における各事象の評価条件の比較結果（設計基準事故時を基準）を示す。

a.　重大事故等時の各事象におけるポンプ運転状態

重大事故等時における各事象（表3－1のaからg）のうち，a，c及びfの事象については，評価対象ポンプによるサプレッションプールを水源とした原子炉圧力容器への注水を考慮しないため個別評価対象外とする。

b.　有効 NPSH 評価条件及び発生異物量の影響

重大事故等時における各事象（表3－1のaからg）のうち，b及びgの事象については，原子炉冷却材配管の破断が生じず，保温材等の異物発生が想定されない。したがって，低圧炉心スプレイ系ポンプの評価については有効 NPSH 評価条件が設計基準事故時の条件に包絡されることから，個別評価対象外とする。

重大事故等時における各事象（表3－1のaからg）のうち，d及びeの事象については，原子炉冷却材配管の破断が生じず，保温材等の異物発生が想定されない。このうちdの事象については，設計基準対象施設としての使用条件を超えて高圧炉心スプレイ系ポンプを運転するため，有効 NPSH 評価を実施する。

(2)　有効 NPSH の評価条件

有効 NPSH 評価について，以下の各条件を考慮した上で評価する。

a.　事故後の原子炉格納容器圧力，サプレッションプール水の温度

各事象における水源の温度及び圧力は，事故後の経過時間とともに変化するが，サプレッションチェンバの圧力は100 ℃以下であれば大気圧以上，100 ℃以上であればサプレッションプール水温の飽和蒸気圧以上となる。

評価対象ポンプ運転時の水源の温度は100 ℃以下となるため，サプレッションプールを水源として有効 NPSH を評価するときは，評価条件を保守的に設定するという観点より，サプレッションチェンバの圧力を大気圧に設定する。

b. サプレッションプールの水位

サプレッションプールの水位は，重大事故等で想定されるサプレッションプールの最低水位を考慮する。

c. ストレーナの異物付着による圧損上昇

LOCAを想定しないため，ストレーナの異物付着による圧損上昇を考慮しない。

d. 配管圧損

ポンプの有効 NPSH 算定に必要な配管圧損については，配管の径，長さ，形状及び弁類の仕様並びに注水時におけるポンプの定格流量により評価した値を用いる。

表3－1　重大事故等時における各事象の評価条件の比較結果（設計基準事故時を基準）

重大事故等時における各事象（有効性評価の事故シーケンスグループ）			S/P水源で運転するポンプ*	有効 NPSH 評価条件（水源の圧力，温度等）	破断形態	発生異物量	
						保温材等	化学影響生成異物
炉心損傷がない場合	a	高圧・低圧注水機能喪失	—	—	無	—	—
	b	高圧注水・減圧機能喪失	LPCS	設計基準事故時に包絡	無	—	—
	c	全交流動力電源喪失	—	—	無	—	—
	d	崩壊熱除去機能喪失	HPCS	個別評価を実施	無	—	—
	e	原子炉停止機能喪失	HPCS	設計基準事故時に包絡	無	—	—
	f	LOCA時注水機能喪失	—	—	中小破断	設計基準事故未満	—
	g	格納容器バイパス	LPCS	設計基準事故時に包絡	無	—	—

注記＊：サプレッションプールを水源として，原子炉圧力容器へ注水するポンプを示す。

注：S/P：サプレッションプール，LOCA：原子炉冷却材喪失事故，LPCS：低圧炉心スプレイ系ポンプ，HPCS：高圧炉心スプレイ系ポンプ

3.4.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法

「3.3　評価対象ポンプの選定」により選定した，高圧代替注水系タービンポンプ，直流駆動低圧注水系ポンプ及び復水移送ポンプの有効 NPSH 評価については，吸込揚程が最も小さくなる水源の水位が最低水位となった場合の運転を想定した最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

(1)　有効 NPSH の評価条件

有効 NPSH 評価について，以下の各条件を考慮した上で評価する。

a.　水源の温度

水源の温度は，復水貯蔵タンクの重大事故等時の運転温度を考慮し66 ℃とする。

b.　水源の水位

高圧代替注水系タービンポンプ及び直流駆動低圧注水系ポンプ運転時の水源の最低水位は，復水貯蔵タンクのHPCS水源切替レベルとする。

復水移送ポンプ運転時の水源の最低水位は，復水貯蔵タンクのHPCS 給水ノズルレベルとする。

c.　水源の液面に作用する圧力

復水貯蔵タンクは大気に開放しているため，水源の液面に作用する圧力は大気圧とする。

d.　配管圧損

ポンプの有効 NPSH 算定に必要な配管圧損については，配管の径，長さ，形状及び弁類の仕様並びに原子炉圧力容器注水時におけるポンプの最大流量（高圧代替注水系タービンポンプ及び直流駆動低圧注水系ポンプについては定格流量と同じ）により評価した値を用いる。

3.5　評価結果

3.5.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果

(1)　高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 評価結果

a.　有効 NPSH の算定結果

高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 算定結果を表3－2に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3－1に示す。

表3－2　高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 算定結果

（単位：m）

	重大事故等時
H_a：吸込液面に作用する絶対圧力	
H_s：吸込揚程	
H_1：ポンプ吸込配管圧損	
H_2：異物付着なしの状態におけるストレーナ圧損*	
h_s：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭	
有効 NPSH（$H_a+H_s-H_1-H_2-h_s$）	

注記＊：高圧炉心スプレイ系ポンプはLOCA事象を起因とする重大事故等時において使用しないため。

b.　有効 NPSH 評価結果

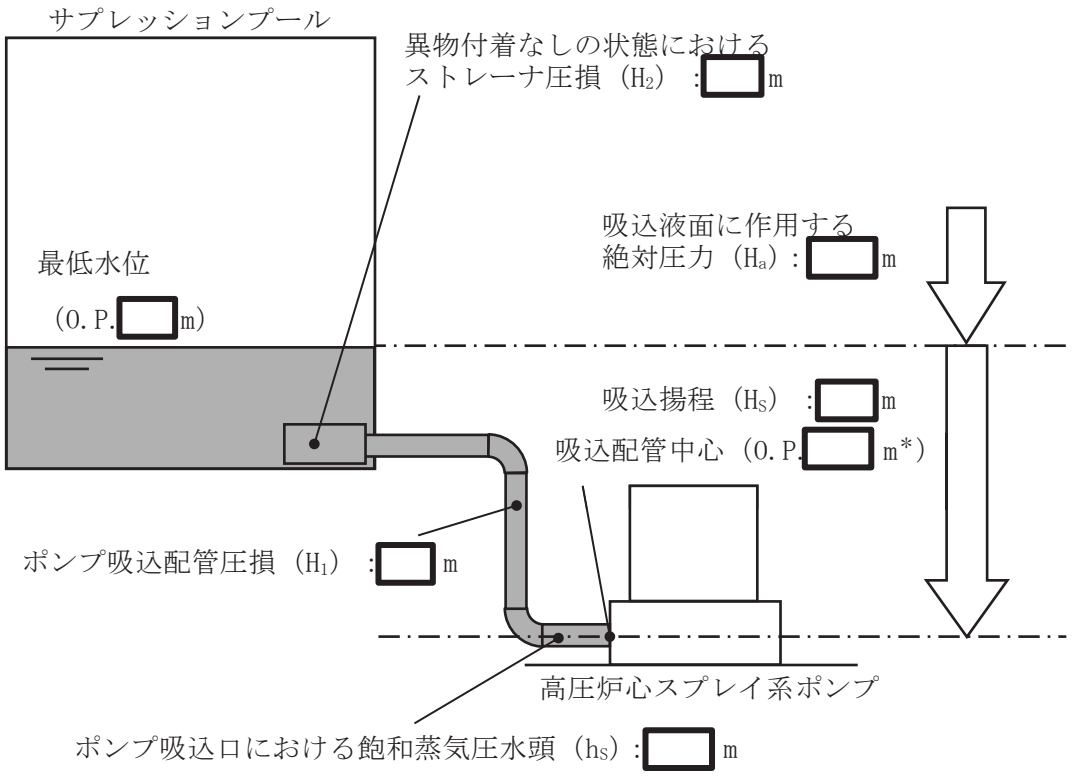
高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3－3に示す。表3－3に示すとおり，重大事故等時における高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH は，必要 NPSH を上回っており，高圧炉心スプレイ系ポンプの運転状態において，必要 NPSH は確保されている。

表3－3　高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 評価結果

（単位：m）

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
高圧炉心スプレイ系ポンプ		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注記＊：ここでは NPSH 評価用として床上 1 m の値を記載。

有効 NPSH（$H_a+H_S-H_1-H_2-h_S$）≧必要 NPSH

（□）＝□m ＞□m

図 3－1　高圧炉心スプレイ系ポンプの有効 NPSH 評価の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.5.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果

(1)　高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH 評価結果

a.　有効 NPSH の算定結果

高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH 算定結果を表3－4に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3－2に示す。

表3－4　高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH 算定結果

（単位：m）

	重大事故等時
H_a：吸込液面に作用する絶対圧力	
H_s：吸込揚程	
H_l：ポンプ吸込配管圧損	
h_s：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭	
有効 NPSH（$H_a+H_s-H_l-h_s$）	

b.　有効 NPSH 評価結果

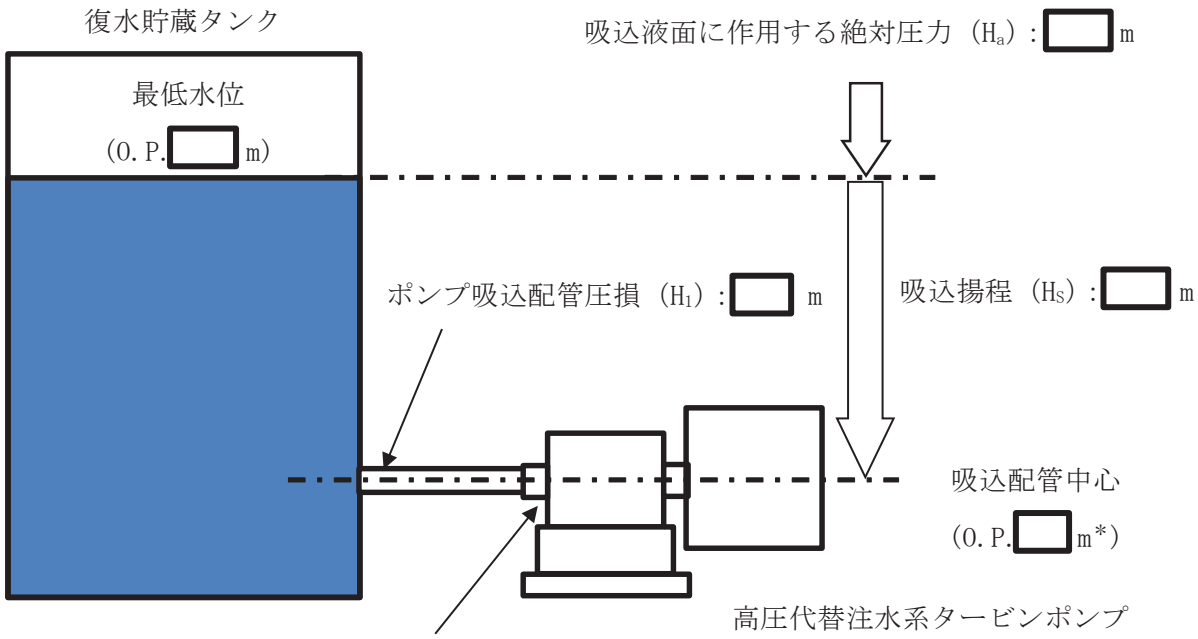
高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH 評価結果を表3－5に示す。表3－5に示すとおり，重大事故等時における高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH は，必要 NPSH を上回っており，高圧代替注水系タービンポンプの運転状態において，必要 NPSH は確保されている。

表3－5　高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH 評価結果

（単位：m）

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
高圧代替注水系タービンポンプ		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注記＊：ここでは NPSH 評価用として床上 1 m の値を記載。

有効 NPSH（$H_a+H_s-H_l-h_s$）≧ 必要 NPSH

（ □ ）＝ □ m ＞ □ m

図 3－2　高圧代替注水系タービンポンプの有効 NPSH 評価の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH 評価結果

a.　有効 NPSH の算定結果

直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH 算定結果を表3－6に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3－3に示す。

表3－6　直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH 算定結果

（単位：m）

	重大事故等時
H_a：吸込液面に作用する絶対圧力	
H_s：吸込揚程	
H_l：ポンプ吸込配管圧損	
h_s：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭	
有効 NPSH（$H_a+H_s-H_l-h_s$）	

b.　有効 NPSH 評価結果

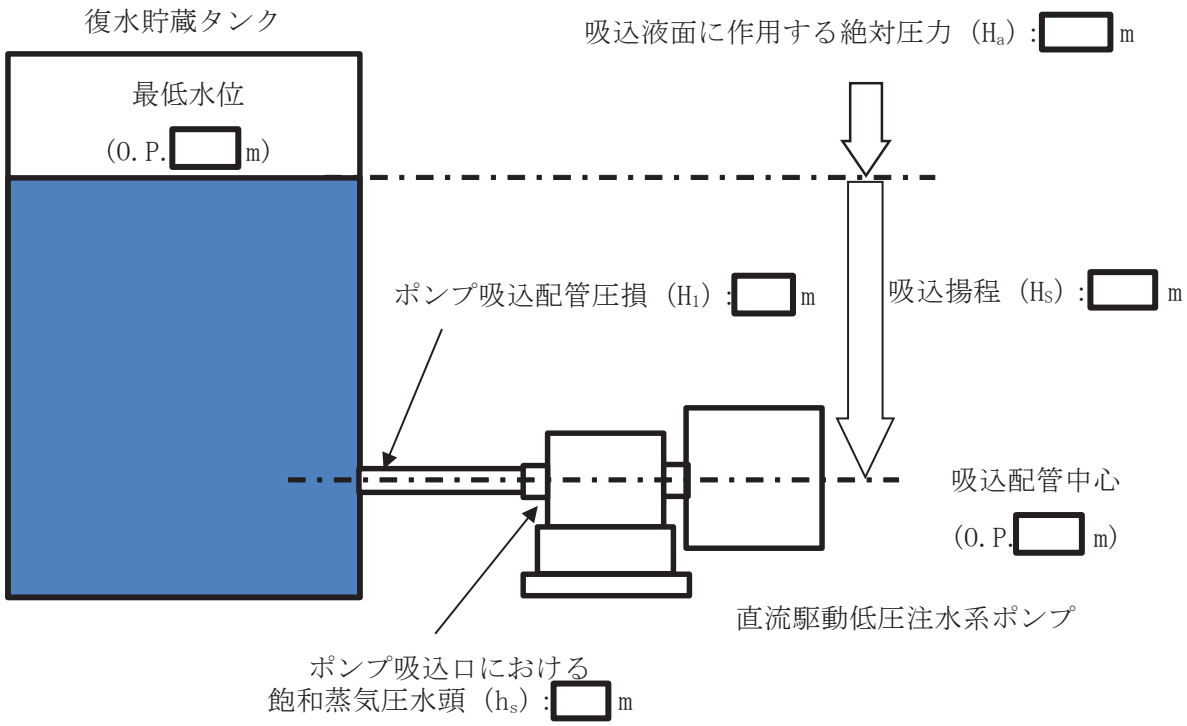
直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3－7に示す。表3－7に示すとおり，重大事故等時における直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH は，必要 NPSH を上回っており，直流駆動低圧注水系ポンプの運転状態において，必要 NPSH は確保されている。

表3－7　直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH 評価結果

（単位：m）

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
直流駆動低圧注水系ポンプ		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



有効 NPSH（$H_a+H_s-H_l-h_s$）≧ 必要 NPSH

（ □ ）＝ □ m ＞ □ m

図 3－3　直流駆動低圧注水系ポンプの有効 NPSH 評価の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3)　復水移送ポンプの有効 NPSH 評価結果

a.　有効 NPSH の算定結果

復水移送ポンプの有効 NPSH 算定結果を表3－8に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3－4に示す。

表3－8　復水移送ポンプの有効 NPSH 算定結果

（単位：m）

	重大事故等時
H_a：吸込液面に作用する絶対圧力	
H_s：吸込揚程	
H_l：ポンプ吸込配管圧損	
h_s：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭	
有効 NPSH（$H_a+H_s-H_l-h_s$）	

b.　有効 NPSH 評価結果

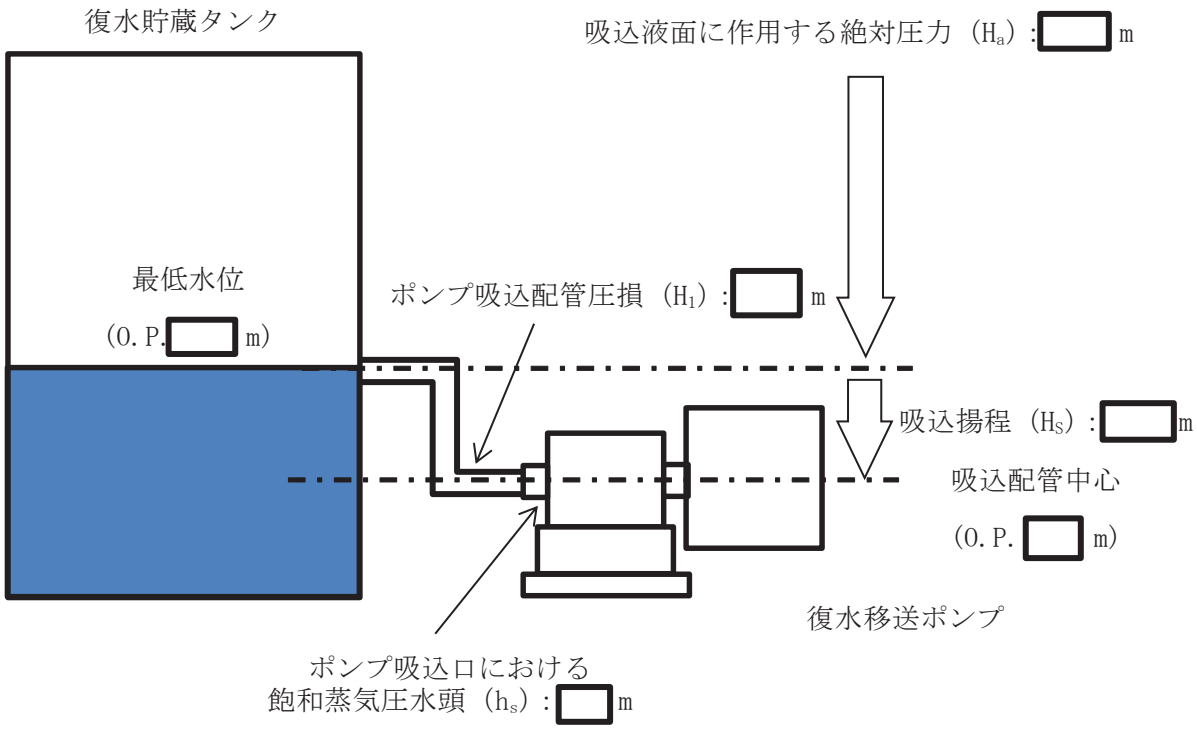
復水移送ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3－9に示す。表3－9に示すとおり，重大事故等時における復水移送ポンプの有効 NPSH は，必要 NPSH を上回っており，復水移送ポンプの運転状態において，必要 NPSH は確保されている。

表3－9　復水移送ポンプの有効 NPSH 評価結果

（単位：m）

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
復水移送ポンプ		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



有効 NPSH（$H_a+H_s-H_l-h_s$）≧ 必要 NPSH

（□）＝□m ＞□m

図 3－4　復水移送ポンプの有効 NPSH 評価の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-1-8　原子炉格納施設の説明書

目　次

VI-1-8-1　原子炉格納施設の設計条件に関する説明書
VI-1-8-2　原子炉格納施設の水素濃度低減性能に関する説明書
VI-1-8-4　圧力低減設備その他の安全設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書

Ⅵ-1-8-1　原子炉格納施設の設計条件に関する説明書

目　　次

1.　概要 1
2.　基本方針 2
2.1　設計基準事故時における基本方針 2
2.2　重大事故等時における基本方針 2
3.　原子炉格納施設の設計条件 6
3.1　設計基準事故時における設計条件 6
3.1.1　最高使用圧力及び最高使用温度 6
3.1.2　漏えい率に対する設計条件 7
3.1.3　最低使用温度 7
3.1.4　使用材料 7
3.1.5　耐圧試験圧力 9
3.1.6　開口部 9
3.1.7　配管貫通部 10
3.1.8　電気配線貫通部 10
3.1.9　原子炉格納容器隔離弁 10
3.1.10　原子炉格納容器体積 24
3.1.11　原子炉格納容器安全設備 24
3.1.12　許容外圧 24
3.1.13　圧力抑制効果を得るために必要な構造及び寸法 25
3.1.14　真空破壊装置 26
3.1.15　原子炉建屋原子炉棟 26
3.1.16　可燃性ガス濃度制御設備 26
3.1.17　放射性物質濃度制御設備 27
3.1.18　原子炉格納容器調気設備 27
3.1.19　冷却材喪失事故時の荷重 27
3.1.20　逃がし安全弁作動時の荷重 30
3.1.21　地震荷重 30
3.1.22　荷重の組合せ 30
3.1.23　繰返し荷重に対する解析 32
3.2　重大事故等時における設計条件 35
3.2.1　重大事故等時の評価温度，評価圧力 35
3.2.2　重大事故等時における原子炉格納容器の熱の輸送機能 39
3.2.3　重大事故等時における原子炉格納容器冷却機能 40
3.2.4　重大事故等時における原子炉格納容器の過圧破損防止機能 41
3.2.5　重大事故等時における原子炉格納容器下部の溶融炉心冷却機能 43
3.2.6　重大事故等時における水素爆発による原子炉格納容器の破損防止機能 45

3.2.7　重大事故等時における水素爆発による原子炉建屋等の損傷防止機能..... 46
3.2.8　重大事故等時における放射性物質拡散抑制機能..... 46
3.2.9　重大事故等時の動荷重..... 47
3.2.10　荷重の組合せ 47
4.　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価及びその他影響確認. 49
4.1　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価..... 49
4.1.1　評価方針 49
4.1.2　評価対象部位及び評価対象部位における機能喪失要因..... 49
4.1.3　評価方法 53
4.1.4　評価結果 59
4.2　その他原子炉格納容器の限界温度，限界圧力に対する影響確認..... 70
4.2.1　確認内容 70
4.2.2　確認結果 70

別添1　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能健全性について
別添2　原子炉格納容器フィルタベント系の設計

1. 概要

本資料は,「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(以下「技術基準規則」という。)」第 44 条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈(以下「解釈」という。)」の要求に対する原子炉格納施設の設計基準事故時の設計条件について記載したものであり,最高使用圧力,最高使用温度,設計漏えい率,最低使用温度,使用材料(原子炉格納容器本体の脆性破壊防止含む),耐圧試験圧力,開口部,配管貫通部,電気配線貫通部,原子炉格納容器隔離弁,原子炉格納容器体積,原子炉格納容器安全設備,許容外圧,圧力抑制効果を得るために必要な構造及び寸法,真空破壊装置,原子炉建屋原子炉棟,可燃性ガス濃度制御設備,放射性物質濃度制御設備,原子炉格納容器調気設備,原子炉冷却材喪失時の荷重,主蒸気逃がし安全弁作動時の荷重,荷重の組合せ,繰返し荷重に対する解析について説明する資料である。

また,技術基準規則第 63,64,65,66,67,68,70 及び 71 条並びにそれらの解釈の要求に対する重大事故等対処設備として原子炉格納施設の破損防止に係る機能,重大事故等時の動荷重,荷重の組合せについても説明するとともに,重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価についても説明する。

2.　基本方針

原子炉格納施設は，原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障の際に漏えいする放射性物質が公衆に放射線障害を及ぼすおそれがない設計とする。

2.1　設計基準事故時における基本方針

原子炉格納容器は，設計基準事故時において原子炉冷却材圧力バウンダリ配管の最も苛酷な破断を想定し，これにより放出される原子炉冷却材のエネルギによる原子炉冷却材喪失（以下「冷却材喪失」という。）時の最大の圧力及び最高の温度に耐える設計とする。また，冷却材喪失時及び主蒸気逃がし安全弁（以下「逃がし安全弁」という。）作動時において，原子炉格納容器に生じる動荷重に耐える設計とする。なお，原子炉格納容器に生じる動荷重に対する設計は，「BWR.MARK Ⅰ型格納容器圧力抑制系に加わる動荷重の評価指針」に基づき実施する。

原子炉格納容器の開口部である出入口及び貫通部を含めて原子炉格納容器全体の漏えい率を許容値以下に保ち，冷却材喪失時及び逃がし安全弁作動時において想定される原子炉格納容器内の圧力，温度，放射線等の環境条件の下でも原子炉格納容器バウンダリの健全性を保つように設計するとともに，漏えい試験ができる設計とする。

原子炉格納容器バウンダリを構成する機器は，通常運転時，運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において，原子炉格納容器バウンダリの脆性破壊及び破断を防止する設計とする。

原子炉格納容器を貫通する各施設の配管系に設ける原子炉格納容器隔離弁は，安全保護装置からの信号により，自動的に閉鎖する動力駆動弁，チェーンロックが可能な手動弁，キーロックが可能な遠隔操作弁又は隔離機能を有する逆止弁とし，原子炉格納容器の隔離機能の確保が可能な設計とする。

原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障の際に生じる原子炉格納容器内の圧力及び温度の上昇により原子炉格納容器の安全性を損なうことを防止するとともに，原子炉格納容器内から漏えいする放射性物質の濃度を低減する設備として残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）を設置する設計とする。また，原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障の際に生じる水素及び酸素により原子炉格納容器の安全性を損なうことを防止するため，可燃性ガス濃度制御系及び原子炉格納容器調気系を設置する設計とする。

なお，冷却材喪失事故後，ドライウェル内蒸気の凝縮が進み，ドライウェル圧力がサプレッションチェンバ圧力より低下した場合に，圧力差により自動的に働き，サプレッションチェンバのプール水のドライウェルへの逆流及びドライウェルの破損を防止するため，真空破壊装置を設置する設計とする。

運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において，原子炉建屋原子炉棟から直接大気に放射性物質が漏えいしないように，非常用ガス処理系を設置する設計とする。

2.2　重大事故等時における基本方針

原子炉格納容器は，重大事故等時の条件下においても放射性物質の閉じ込め機能を有する設計とする。

重大事故等時の原子炉格納容器内の熱を輸送するために用いる原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置により放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出

することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，原子炉格納容器内に蓄積した熱を最終的な熱の逃がし場である大気へ輸送できる設計とする。また，耐圧強化ベント系は，原子炉格納容器内雰囲気ガスを排気筒を通して原子炉建屋外に放出することで，原子炉格納容器内に蓄積した熱を最終的な熱の逃がし場である大気へ輸送できる設計とする。なお，可搬型窒素ガス供給系は，可燃性ガスによる爆発及び原子炉格納容器の負圧破損を防止するために，可搬型窒素ガス供給装置を用いて原子炉格納容器内に不活性ガス（窒素）の供給が可能な設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系は，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，不活性ガスで置換できる設計とする。

重大事故等時の原子炉格納容器内の冷却のために用いる原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）及び原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，復水移送ポンプ又は大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内にスプレイすることで，原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させることができる設計とする。また，残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）及び残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）は，常設代替交流電源設備からの給電により機能を復旧し，残留熱除去系ポンプ及び残留熱除去系熱交換器によりサプレッションチェンバのプール水をドライウェル内及びサプレッションチェンバ内にスプレイ並びに残留熱除去系ポンプ及び残留熱除去系熱交換器によりサプレッションチェンバのプール水を冷却することで原子炉格納容器を冷却できる設計とする。

重大事故等時の原子炉格納容器の過圧破損防止のために用いる代替循環冷却系は，代替循環冷却ポンプによりサプレッションチェンバのプール水を残留熱除去系熱交換器にて冷却し，原子炉圧力容器へ注水及び原子炉格納容器内へスプレイすることで，原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下できる設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置により放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下できる設計とする。なお，可搬型窒素ガス供給系は，可燃性ガスによる爆発及び原子炉格納容器の負圧破損を防止するために，可搬型窒素ガス供給装置を用いて原子炉格納容器内に不活性ガス（窒素）の供給が可能な設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系は，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，原子炉格納容器ベント開始後においても不活性ガスで置換できる設計とする。

重大事故等時の原子炉格納容器下部の溶融炉心冷却のために用いる原子炉格納容器下部注水系（常設）（復水移送ポンプ）及び原子炉格納容器下部注水系（常設）（代替循環冷却ポンプ）は，復水移送ポンプ又は代替循環冷却ポンプにより，原子炉格納容器下部へ注水し，溶融炉心が落下するまでに原子炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。また，原子炉格納容器下部注水系（可搬型）は，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により，原子炉格納容器下部へ注水し，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

また，原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）及び代替循環冷却系は，復水移送ポンプ又は代替循環冷却ポンプにより原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内に

スプレイし，スプレイした水がドライウェル床面に溜まり，原子炉格納容器下部開口部を経由して原子炉格納容器下部へ流入することで，溶融炉心が落下するまでに原子炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。また，原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内にスプレイし，スプレイした水がドライウェル床面に溜まり，原子炉格納容器下部開口部を経由して原子炉格納容器下部へ流入することで，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下を遅延・防止するために用いる低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ），低圧代替注水系（可搬型），高圧代替注水系，代替循環冷却系及びほう酸水注入系は，低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ），低圧代替注水系（可搬型），高圧代替注水系及び代替循環冷却系のいずれかと並行してほう酸水注入系による原子炉圧力容器への注水を行うことで溶融炉心を冷却できる設計とする。

重大事故等時の原子炉格納容器内における水素爆発による破損防止のために用いる可搬型窒素ガス供給系は，原子炉格納容器内を不活性化するため，原子炉格納容器内に窒素を供給することで，ジルコニウムー水反応及び水の放射線分解等により原子炉格納容器内に発生する水素及び酸素の濃度を可燃限界未満にできる設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置により放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，ジルコニウムー水反応及び水の放射線分解等により発生する原子炉格納容器内の水素及び酸素を大気に排出できる設計とし，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，原子炉格納容器ベント開始後においても不活性ガス（窒素）で置換できる設計とするとともに，系統内に可燃性ガスが蓄積する可能性のある箇所にはバイパスラインを設け，可燃性ガスを連続して排出できる設計とすることで，系統内で水素濃度及び酸素濃度が可燃領域に達することを防止できる設計とする。なお，可搬型窒素ガス供給系は，可燃性ガスによる爆発及び原子炉格納容器の負圧破損を防止するために，可搬型窒素ガス供給装置を用いて原子炉格納容器内に不活性ガス（窒素）の供給が可能な設計とする。

原子炉建屋等の水素爆発による損傷を防止するために用いる静的触媒式水素再結合装置は，原子炉格納容器から原子炉建屋原子炉棟内に漏えいした水素と酸素を触媒反応によって再結合させることで，原子炉建屋原子炉棟内の水素濃度の上昇を抑制し，原子炉建屋原子炉棟の水素爆発を防止できる設計とする。

炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損に至った場合において，発電所外への放射性物質の拡散を抑制するために用いる放水設備（大気への拡散抑制設備）は，大容量送水ポンプ（タイプⅡ）により海水を取水し，放水砲から原子炉建屋へ放水することで発電所外への放射性物質の拡散を抑制する設計とし，原子炉建屋周辺における航空機衝突による航空機燃料火災に対応するために用いる放水設備（泡消火設備）は，大容量送水ポンプ（タイプⅡ）により泡消火薬剤混合装置を通して，海水を泡消火薬剤と混合しながらホース等を経由して放水砲から原子炉建屋周辺へ放水できる設計とする。また，海洋への拡散抑制設備（シルトフェンス）は，シルトフェンスを汚染水が発電所から海洋に流出する南側排水路排水桝，タービン補機放水ピット，北側排水路排水桝及び取水口に設置することで発電所外への放射性物質の拡散を抑制する設計とする。

原子炉格納容器は，想定される重大事故等時において，設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度を超える可能性があるが，設計基準対象施設としての最高使用圧力（設計圧力）の2倍である限界圧力及び200℃の限界温度で閉じ込め機能を損なわない設計とする。

上記の設計のため，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.　原子炉格納施設の設計条件

原子炉格納施設の設計条件としては設計基準事故時における設計条件と，重大事故等時における設計条件に分類し，項目ごとに説明する。

3.1　設計基準事故時における設計条件

原子炉格納容器の設計基準事故時の設計条件として，施設時に適用した「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和 55 年通商産業省令 告示第５０１号，以下「告示第５０１号」という。）に基づき最高使用圧力，最高使用温度，最低使用温度等を設定し，原子炉格納容器の強度評価等も含めた設計条件として使用する。以下に設計条件として使用する項目について示す。

3.1.1　最高使用圧力及び最高使用温度

(1)　内圧及び温度

原子炉格納容器は冷却材喪失事故直後の圧力上昇に耐えうるものでなくてはならないため，解析から得られる原子炉格納容器の最高内圧及び最高温度を上回るように設定する。

解析の際の初期条件は，表 3-1 に示す通常運転中の圧力及び温度である。

表 3-1　解析に用いた初期条件

	ドライウェル	サプレッションチェンバ
圧　　力	5 kPa	5 kPa
温　　度	57 ℃	32 ℃

解析結果による最高圧力及び最高温度は表 3-2 に示す値となる。

表 3-2　解析結果による最高圧力及び最高温度*

	ドライウェル	サプレッションチェンバ
圧　　力	324 kPa	206 kPa
温　　度	146 ℃	97 ℃

注記＊：記載内容は，平成 2 年 5 月 24 日付け元資庁第 14466 号にて認可された工事計画の添付書類「Ⅳ-1-1-1　原子炉格納容器の設計条件に関する説明書」による。

上記の解析結果に余裕をもたせて最高使用圧力及び最高使用温度を表 3-3 に示す値とする。

表 3-3　最高使用圧力及び最高使用温度

	ドライウェル	サプレッションチェンバ
圧　　力	427 kPa	427 kPa
温　　度	171 ℃	104 ℃

(2) 外圧

原子炉格納容器の外面にうける最高の圧力については，真空破壊装置を設けることによって，過大な外圧が作用しないように原子炉格納容器を防護する設計としている。したがって，ドライウェル及びサプレッションチェンバの外面にうける最高の圧力は 13.7kPa とする。

3.1.2 漏えい率に対する設計条件

設計基準対象施設として使用する原子炉格納容器の設計漏えい率は，安全評価解析（原子炉設置変更許可申請書添付書類十）の環境への放射性物質の異常な放出において，判断基準（実効線量 5mSv 以下）を満足することが確認されている設計漏えい率 0.5%/d 以下（常温，空気，最高使用圧力の 0.9 倍において）とする*。

注記＊：「平成 25 年 12 月 27 日付け「東北電原技第 8 号」（令和元年 9 月 19 日付け「東北電原技第 3 号」，令和元年 11 月 6 日付け「東北電原技第 5 号」，令和元年 11 月 19 日付け「東北電原技第 6 号」及び令和 2 年 2 月 7 日付け「東北電原技第 7 号」で一部補正）」をもって許可を受けた「女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書」添付書類十　3.設計基準事故解析　3.4.4 原子炉冷却材喪失における解析条件

3.1.3 最低使用温度

告示第５０１号で規定されている原子炉格納容器の最低使用温度を表 3-4 に示す。

表 3-4　原子炉格納容器の最低使用温度

	ドライウェル	サプレッションチェンバ
最低使用温度	0 ℃	0 ℃

ドライウェル，サプレッションチェンバとも同じ値である。この最低使用温度は耐圧漏えい試験時を考慮して決めたものであり，建設時を除けば，原子炉建屋内にあるので 10℃としても十分である。

3.1.4 使用材料

原子炉格納容器バウンダリに使用するフェライト系材料は原子炉格納容器の最低使用温度に対して脆性破壊を防止するため，告示第５０１号の規定により衝撃試験又は落重試験を行い，これに合格したものを使用する。

原子炉格納容器本体の脆性破壊防止に関する確認事項を以下に示す。

(1) 原子炉格納容器本体の脆性破壊防止

a. 概要

原子炉格納容器本体は，施設時に適用された「告示第５０１号」及び「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」（昭和 45 年通商産業省令第８１号（昭和 60 年 10 月改正を含む））（以下「省令第８１号」という。）に基づき，材料，設計及び製作において，次の試験を実施し，脆性破壊に対し十分安全であることを確認されたものを使用する。

(a) 原子炉格納容器本体の材料は，告示第５０１号第 20 条第 4 項に規定する方法による破壊靭性試験を行い，同項に規定する合格基準に適合するものを使用する。

(b) 原子炉格納容器本体の溶接部は，省令第８１号第 28 条第 2 項に規定する試験板について第 26 条の規定に基づき，破壊靭性試験を行い，同条に規定する合格基準に適合することを確認されたものを使用する。

b. 脆性破壊防止のための確認事項実施要領

(a) 原子炉格納容器本体の材料に関する確認

本体材料に関する破壊靭性試験として衝撃試験を実施する。衝撃試験の実施要領は次のとおりである。

イ. 対象材料

第二種容器（厚さが 16mm 未満の材料，断面積が 625mm^2 未満の棒の材料，呼び径が 25mm 未満のボルト等の材料，外径が 169mm 未満の管の材料並びに厚さが 16mm 又は外径が 169mm 未満の管に接続されるフランジの材料及び管継手の材料を除く。）に使用する材料のうち，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金以外のものに限る。

ロ. 材料

原子炉格納容器本体において，該当する材料は SGV49 及び SPV50 である。

ハ. 試験温度

試験温度は-17℃以下とする。これは最低使用温度（0℃）より 17℃以上低い温度である。

ニ. 試験片

試験片は，3 個採取する。

ホ. 合格基準

試験片の吸収エネルギが次の表の値以上であるものを合格とする。

材料	吸収エネルギ	
	3 個の平均	最小値
	J (kg・m)	J (kg・m)
SGV49	27 (2.8)	21 (2.1)
SPV50	40 (4.1)	33 (3.4)

(b) 原子炉格納容器本体の溶接部に関する確認

本体の溶接に関する破壊靭性試験として衝撃試験を実施する。衝撃試験の実施要領は次のとおりである。

イ. 対象溶接部

第二種容器の突合せ溶接による溶接部のうち，熱影響部であって材料がオーステナ

イト系ステンレス鋼，ニッケルクロム鉄合金，鉄ニッケルクロム合金又は非鉄金属以外のもの及び溶接金属部であって，溶接金属がオーステナイト系ステンレス合金，ニッケルクロム鉄合金又は非鉄金属以外のものであって，厚さが 16mm 以上の溶接部，外径が 169mm 以上の管の溶接部及び厚さが 16mm 又は外径が 169mm 以上の管に接続されるフランジ又は管継手の溶接部に限る。

ロ．　母材の材料

原子炉格納容器本体において，該当する溶接部の母材は SGV49 及び SPV50 である。

ハ．　試験温度

試験温度は-17℃以下とする。これは最低使用温度（0℃）より 17℃以上低い温度である。

ニ．　試験片

試験片は溶接金属部及び熱影響部から，それぞれ 3 個採取する。

ホ．　合格基準

試験片の吸収エネルギが次の表の値以上であるものを合格とする。

なお，再試験は省令第８１号第 30 条（第 13 条準用）の規定による。

材料	吸収エネルギ	
	3 個の平均	最小値
	J (kg・m)	J (kg・m)
SGV49	27 (2.8)	21 (2.1)
SPV50	40 (4.1)	33 (3.4)

3.1.5　耐圧試験圧力

原子炉格納容器の耐圧試験圧力は，施設時に適用された告示第５０１号第 104 条第 1 号ハに基づき，最高使用圧力 427kPa（4.35kg/cm^2）の 1.125 倍である 481kPa（4.9kg/cm^2）で気圧試験を行い原子炉格納容器の健全性を確認する。

以上より，原子炉格納容器の耐圧試験圧力 481kPa（4.9kg/cm^2）とする。

3.1.6　開口部

開口部となるドライウェル主フランジ，機器搬出入用ハッチ，逃がし安全弁搬出入口，制御棒駆動機構搬出入口，サプレッションチェンバ出入口（以下「ハッチ類」という。）及び所員用エアロックは十分な気密性を保つ設計とし，想定される漏えい量その他の漏えい試験に影響を与える環境条件として，判定基準に適切な余裕係数を見込み，日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程」（ＪＥＡＣ４２０３）に定める漏えい試験のうちＢ種試験ができる設計とする。

所員用エアロックは，扉の開閉状態を管理するため，所員用エアロックの扉が開いた場合

には中央制御室に警報を発信する。また，所員用エアロックの扉は，両方の扉が同時に開かないようにインターロックを設ける設計とする。

ハッチ類は，原子炉格納容器の貫通部にフランジ付の胴板が溶接固定されており，ハッチ類の外周側から蓋フランジをガスケットとボルトで固定し，気密性を保つ設計とする。

3.1.7　配管貫通部

原子炉格納容器配管貫通部は，冷却材喪失時において想定される原子炉格納容器内の圧力を考慮した最高使用圧力，温度を考慮した最高使用温度，湿度，放射線等の環境条件の下でも機能を発揮できる設計とする。

3.1.8　電気配線貫通部

電気配線貫通部は，冷却材喪失時において想定される原子炉格納容器内の圧力を考慮した最高使用圧力，温度を考慮した最高使用温度，湿度，放射線等の環境条件の下でも機能を発揮できるよう，それらの試験条件を考慮した試験により健全性が確認されたものを使用する設計とする。

3.1.9　原子炉格納容器隔離弁

原子炉格納容器隔離弁（以下「隔離弁」という。）は，施設時に適用された「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」（昭和 40 年通商産業省令第６２号，以下「省令第６２号」という。）第 32 条第 3 項に基づくとともに以下に示す設計方針及び設計仕様に基づき設置する。

(1)　設計方針

原子炉格納容器を貫通する各施設の配管系に設ける隔離弁は，安全保護装置からの信号により，自動的に閉鎖する動力駆動弁，チェーンロックが可能な手動弁，キーロックが可能な遠隔操作弁又は隔離機能を有する逆止弁とし，原子炉格納容器の隔離機能の確保が可能な設計とする。

原子炉冷却材圧力バウンダリに連絡するか，又は原子炉格納容器内に開口し，原子炉格納容器を貫通している各配管は，冷却材喪失事故時に必要とする配管及び計測制御系統施設に関連する小口径配管を除いて，原則として原子炉格納容器の内側に 1 個，外側に 1 個の自動隔離弁を原子炉格納容器に近接した箇所に設ける設計とする。

ただし,原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設内及び原子炉格納容器内に開口部がなく，かつ，原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊の際に損壊するおそれがない管又は原子炉格納容器外側で閉じた系を構成した管で，原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常の際に，原子炉格納容器内で水封が維持され，かつ，原子炉格納容器外へ導かれた漏えい水による放射性物質の放出量が，冷却材喪失事故の原子炉格納容器内気相部からの漏えいによる放出量に比べ十分小さい配管については，原子炉格納容器の内側又は外側に少なくとも 1 個の隔離弁を原子炉格納容器に近接した箇所に設ける設計とする。

また，原子炉格納容器の内側で閉じた系を構成する管に設置する隔離弁は，遠隔操作にて

閉止可能な弁を設置することも可能とする。

貫通箇所の内側又は外側に設置する隔離弁は，一方の側の設置箇所における管であって，湿気や水滴等により駆動機構等の機能が著しく低下するおそれがある箇所，配管が狭隘部を貫通する場合であって貫通部に近接した箇所に設置できないことによりその機能が著しく低下するような箇所には，貫通箇所の外側であって近接した箇所に 2 個の隔離弁を設ける設計とする。

原子炉格納容器を貫通する配管には，圧力開放板を設けない設計とする。

設計基準事故及び重大事故等の収束に必要な非常用炉心冷却系及び残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）で原子炉格納容器を貫通する配管，その他隔離弁を設けることにより安全性を損なうおそれがあり，かつ，当該系統の配管により原子炉格納容器の隔離機能が失われない場合は，自動隔離弁を設けない設計とする。

ただし，原則遠隔操作が可能であり，設計基準事故時及び重大事故等時に容易に閉鎖可能な隔離機能を有する弁を設置する設計とする。

原子炉格納容器を貫通する計測制御系統施設又は制御棒駆動装置に関連する小口径配管であって特に隔離弁を設けない場合には，隔離弁を設置したのと同等の隔離機能を有する設計とする。

原子炉冷却材圧力バウンダリに接続される原子炉格納容器を貫通する計測系配管に隔離弁を設けない場合には，オリフィス又は過流量防止逆止弁を設置し，流出量抑制対策を講じる設計とする。

隔離弁は，閉止後に駆動動力源が喪失した場合においても閉止状態が維持され隔離機能を喪失しない設計とする。また，隔離弁のうち，隔離信号で自動閉止するものは，隔離信号が除去されても自動開とはならない設計とする。

隔離弁は，想定される漏えい量その他の漏えい試験に影響を与える環境条件として，判定基準に適切な余裕係数を見込み，日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程」（ＪＥＡＣ４２０３）に定める漏えい試験のうちＣ種試験ができる設計とする。また，隔離弁は，動作試験ができる設計とする。

(2) 設備仕様

原子炉格納容器を貫通する配管系に設ける隔離弁は，以下の項目を満足し，原子炉格納容器バウンダリを構成する。

a. 設計基準事故及び重大事故等の収束に必要な設備に係る配管の隔離弁は，隔離信号により自動的に閉止しないが，必要に応じて遠隔操作により閉止できる弁又は逆止弁動作により閉止する弁であり，原子炉格納容器の隔離機能を確保できる。

b. 2 個の隔離弁を必要とする配管の弁駆動は，駆動動力源の単一故障によって両方の弁を閉止する能力を損なわない。さらに，閉止後駆動動力源の喪失によっても閉止状態が維持され，隔離機能は喪失しない。

c. 隔離信号で自動閉止するものは，隔離信号が除去されても自動開とはならない。
自動隔離弁への隔離信号は，原子炉水位低，ドライウェル圧力高あるいは，放射能レベル高及び手動である。

原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁の全体概要図を図 3-1～図 3-9 に示す。また，記号及び略号を図 3-10 に示す。

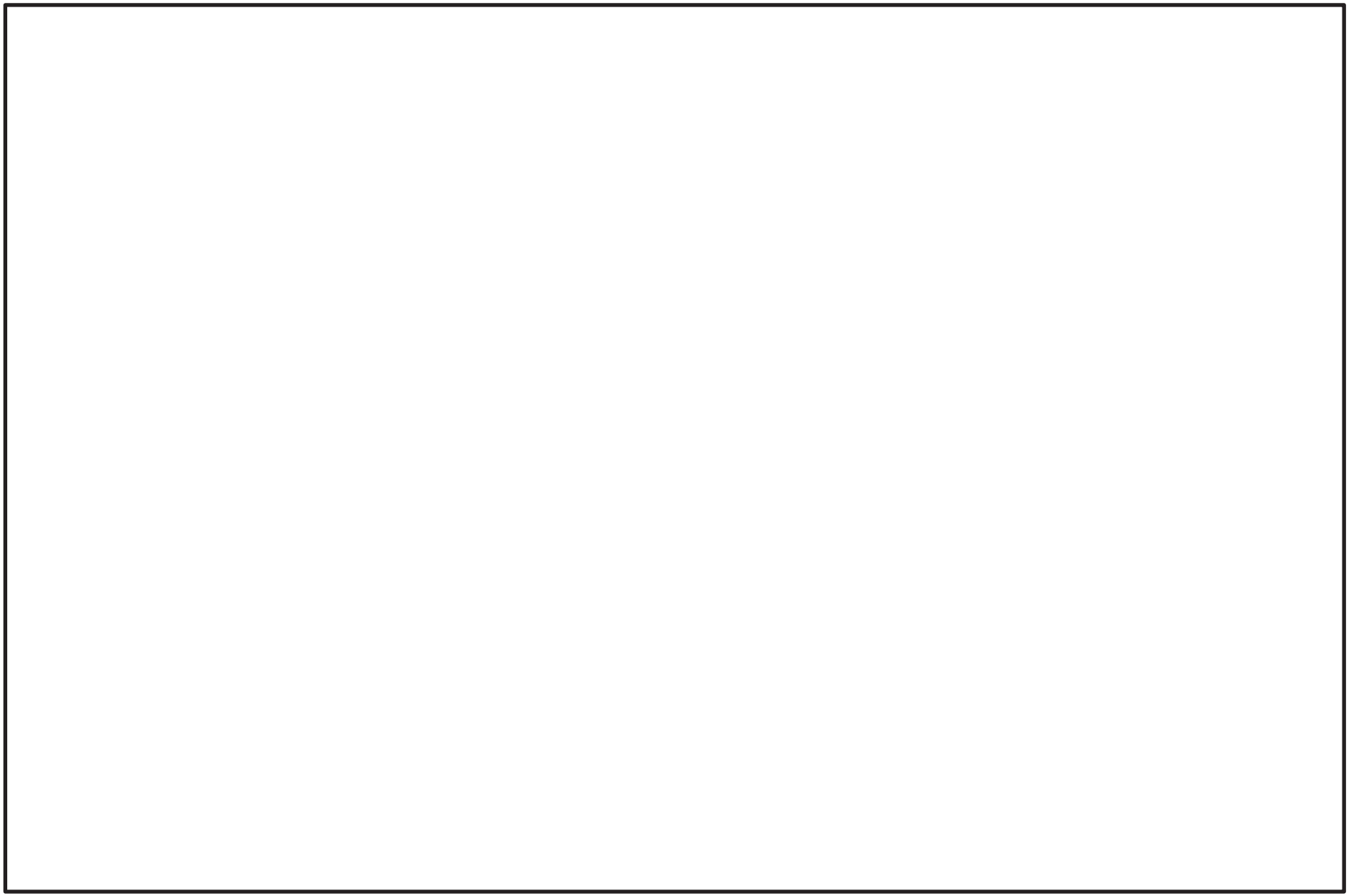


図 3-1　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

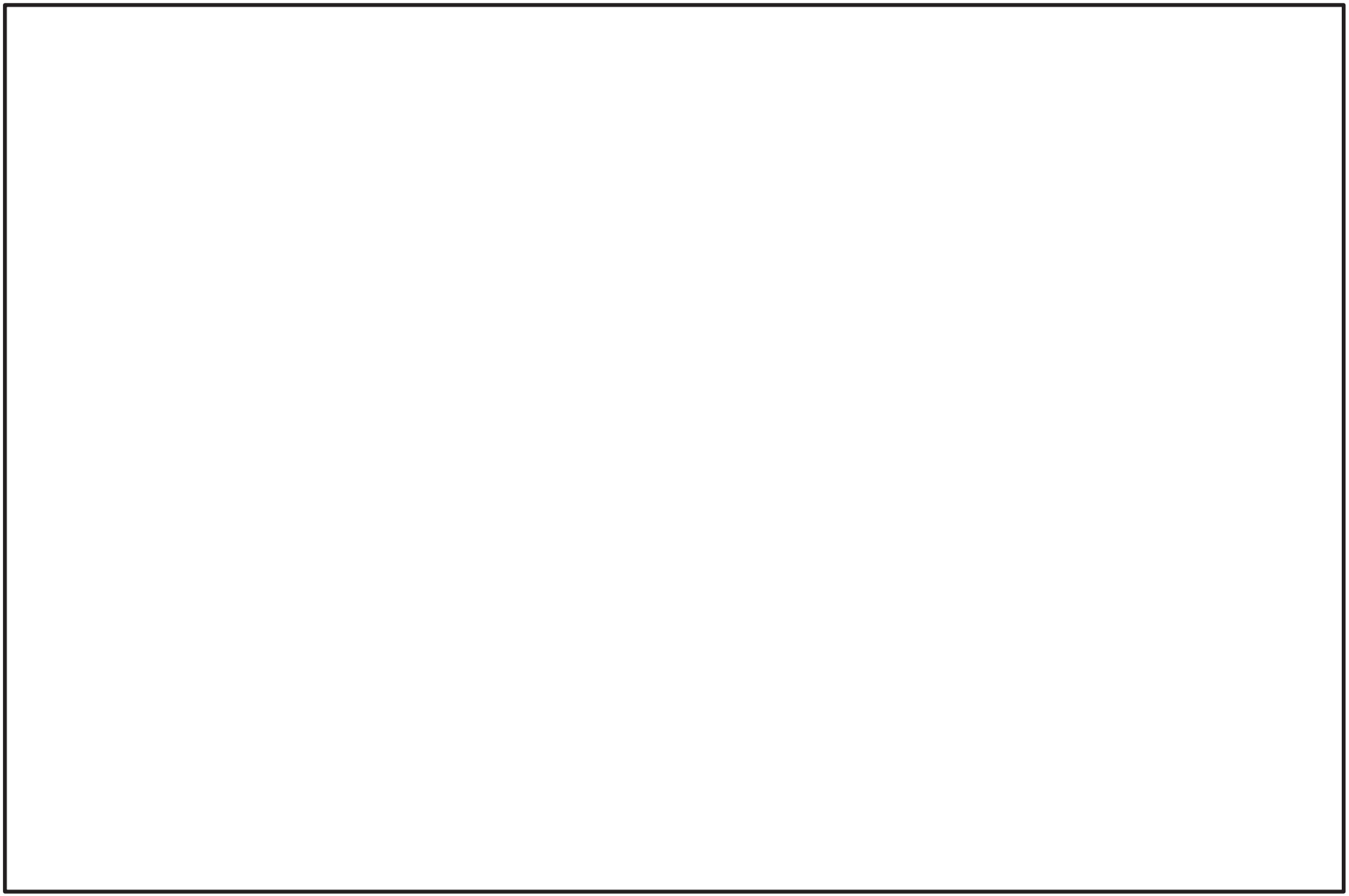


図 3-2　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

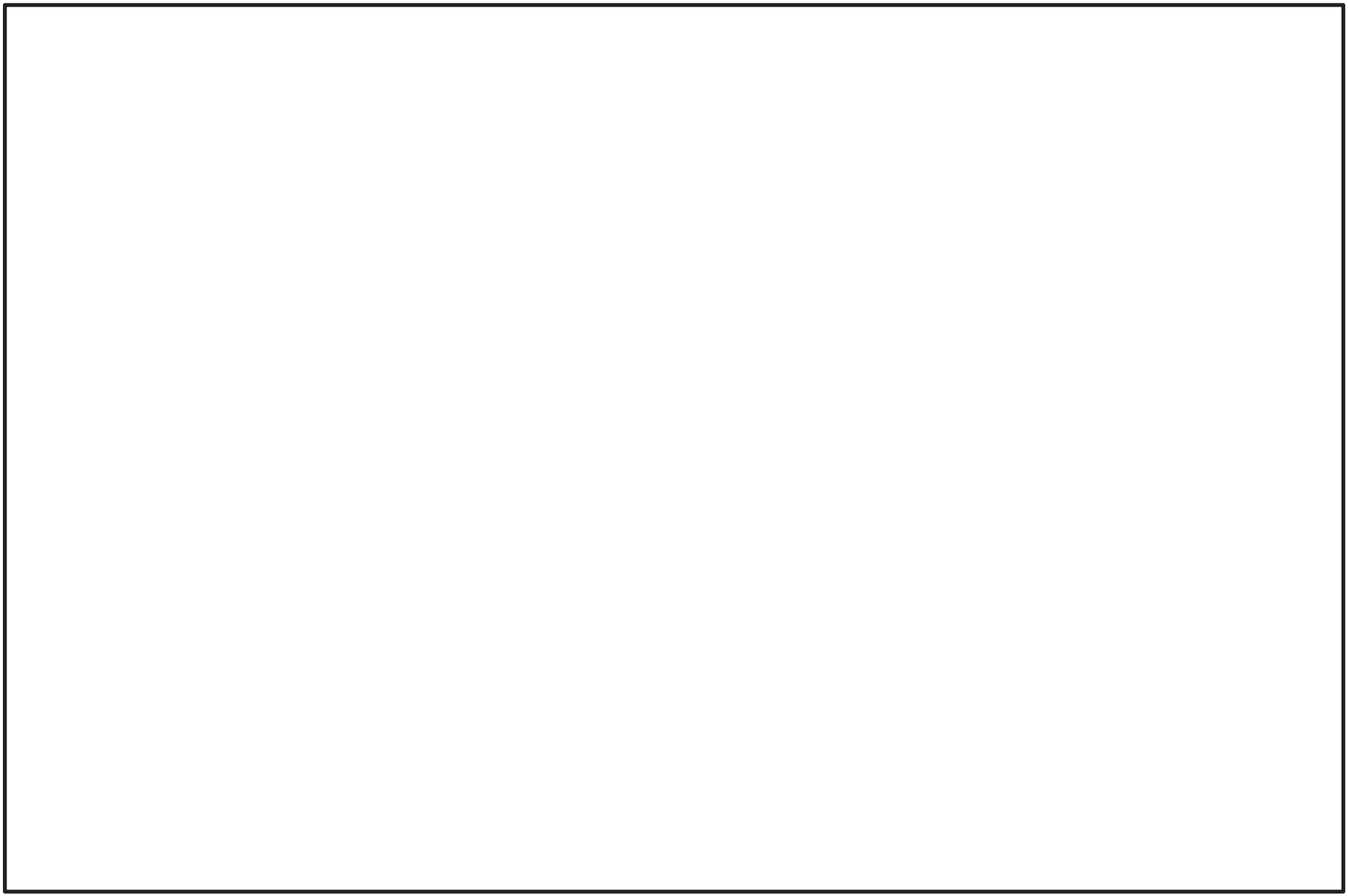


図 3-3　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

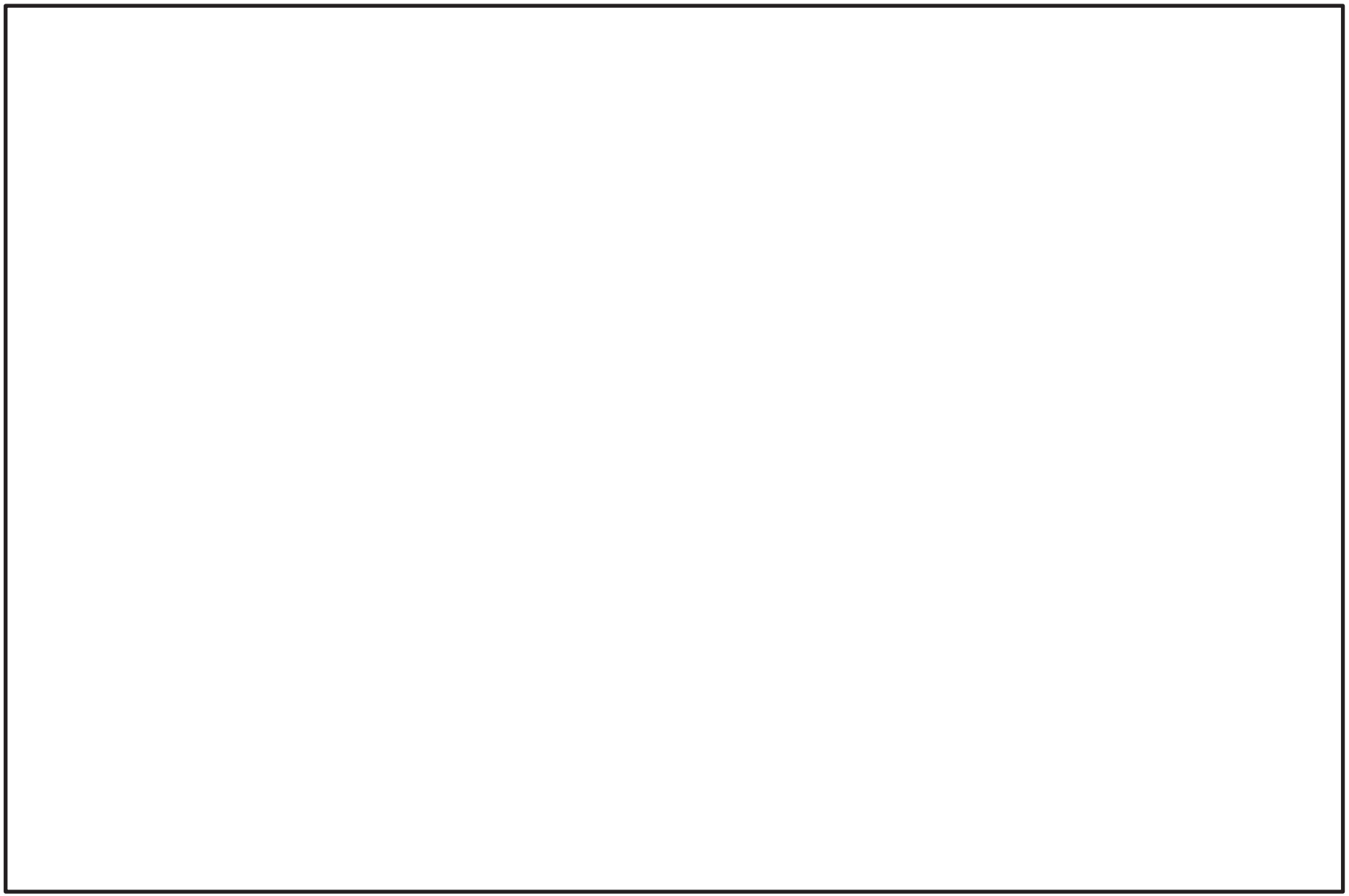


図 3-4　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

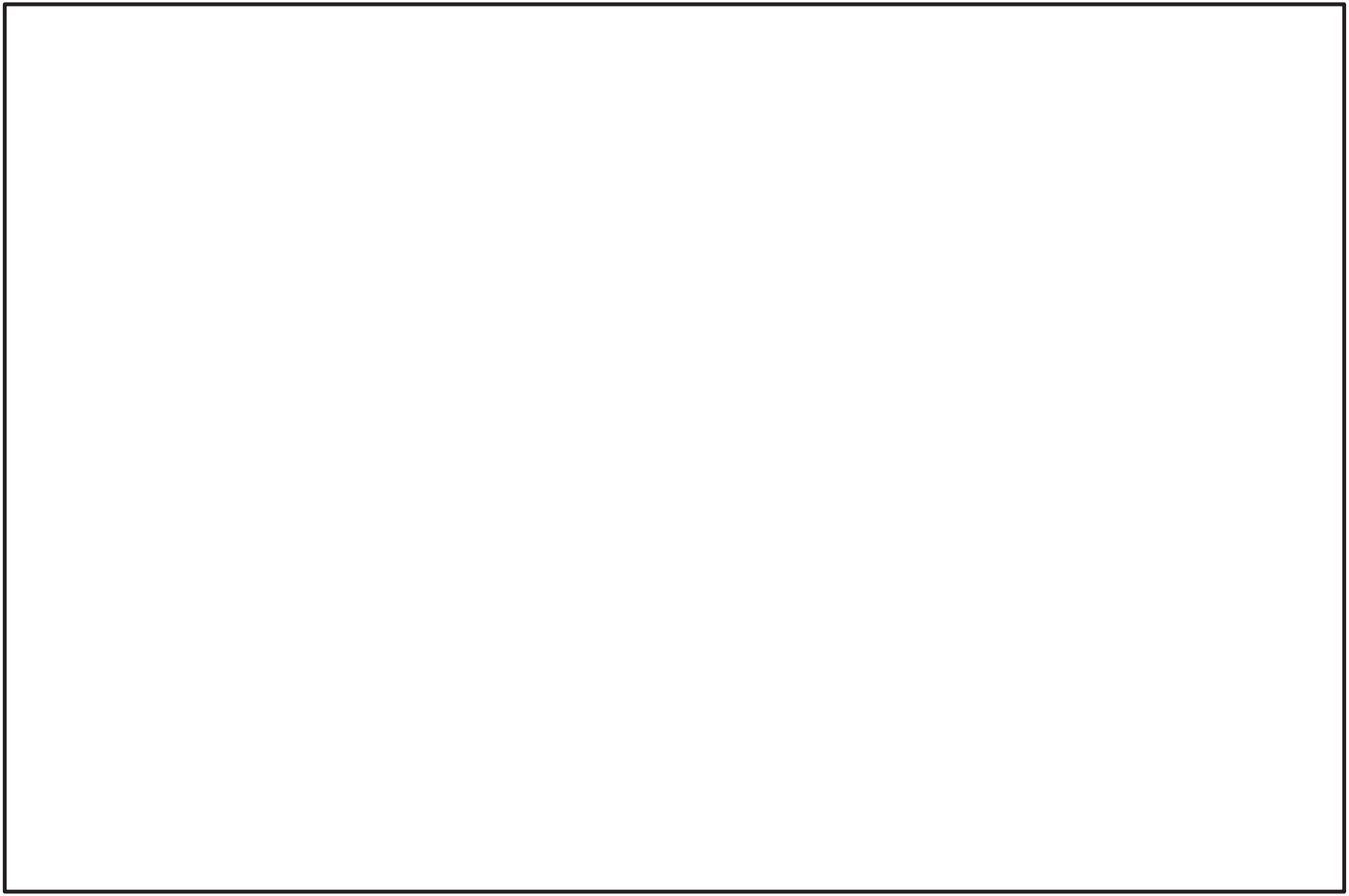


図 3-5　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

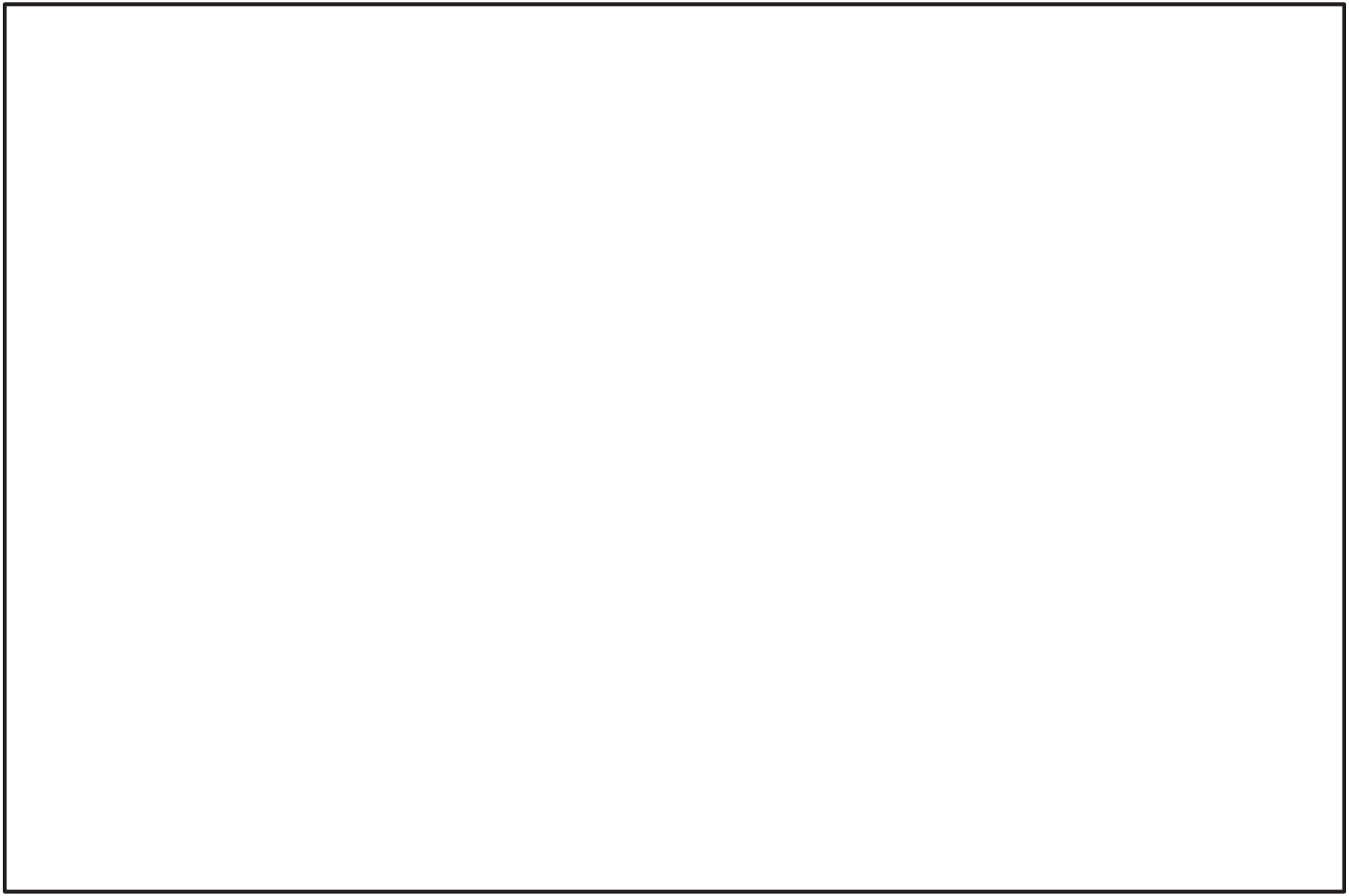


図 3-6　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

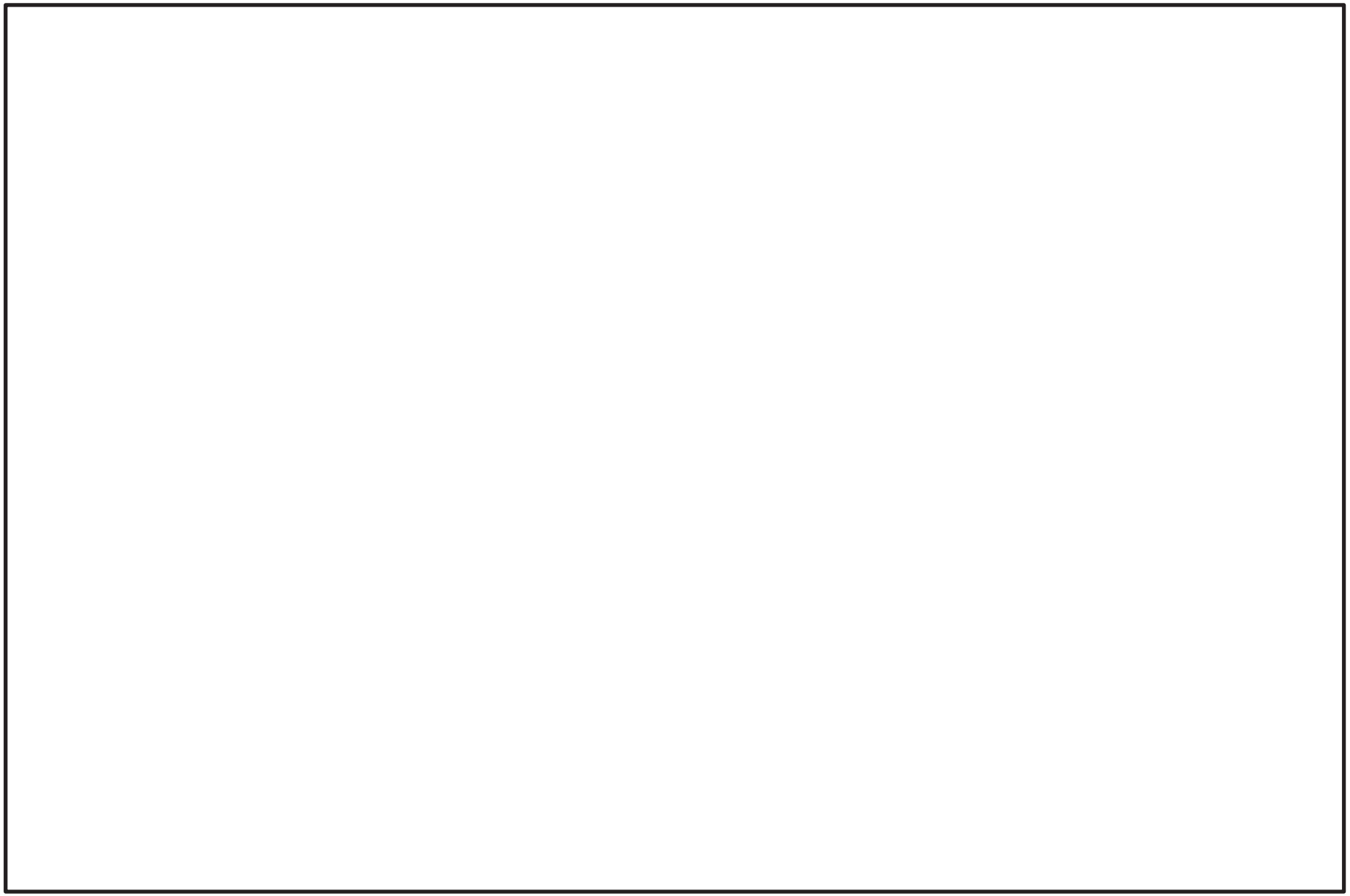


図 3-7　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

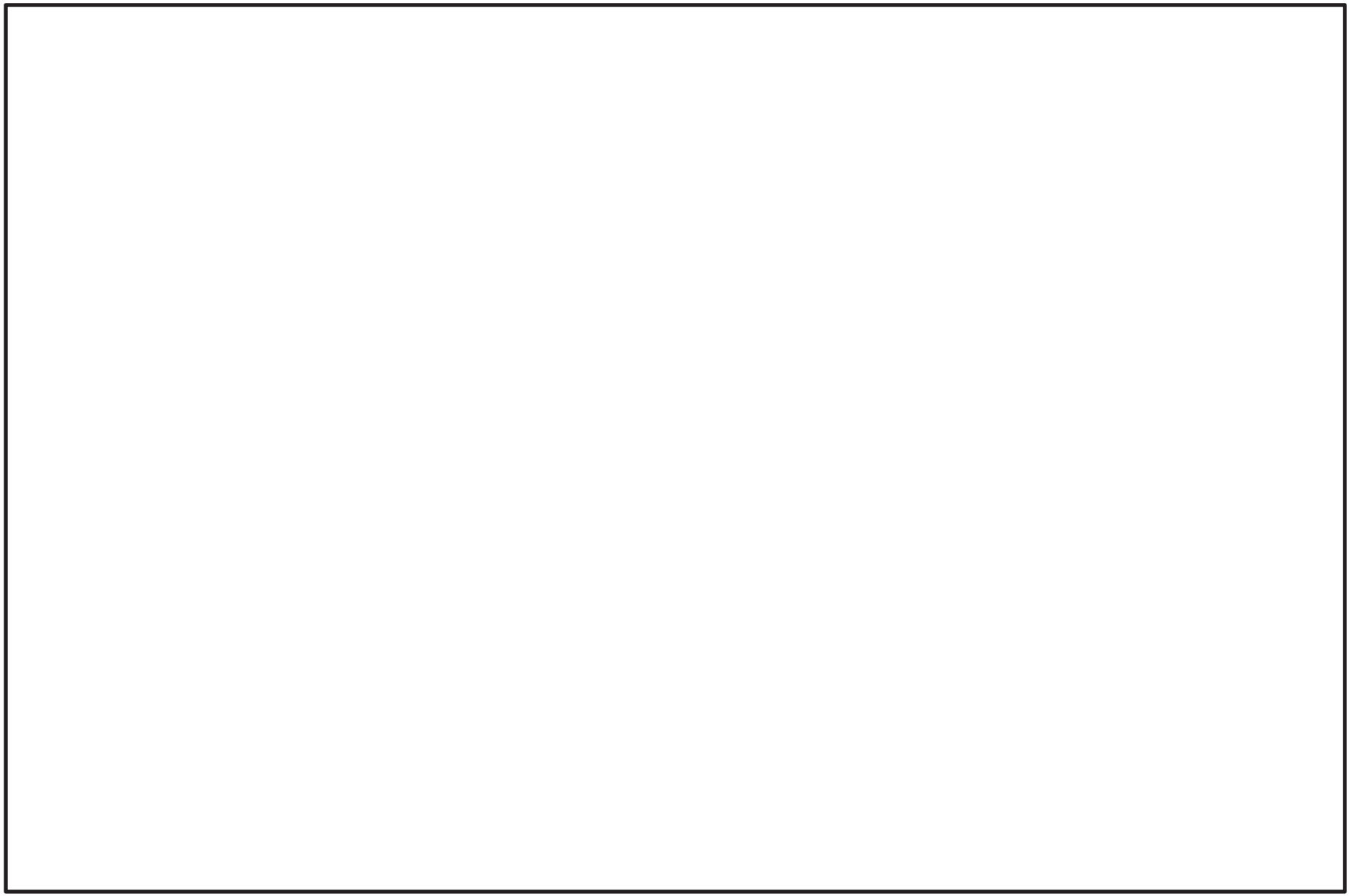


図 3-8　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

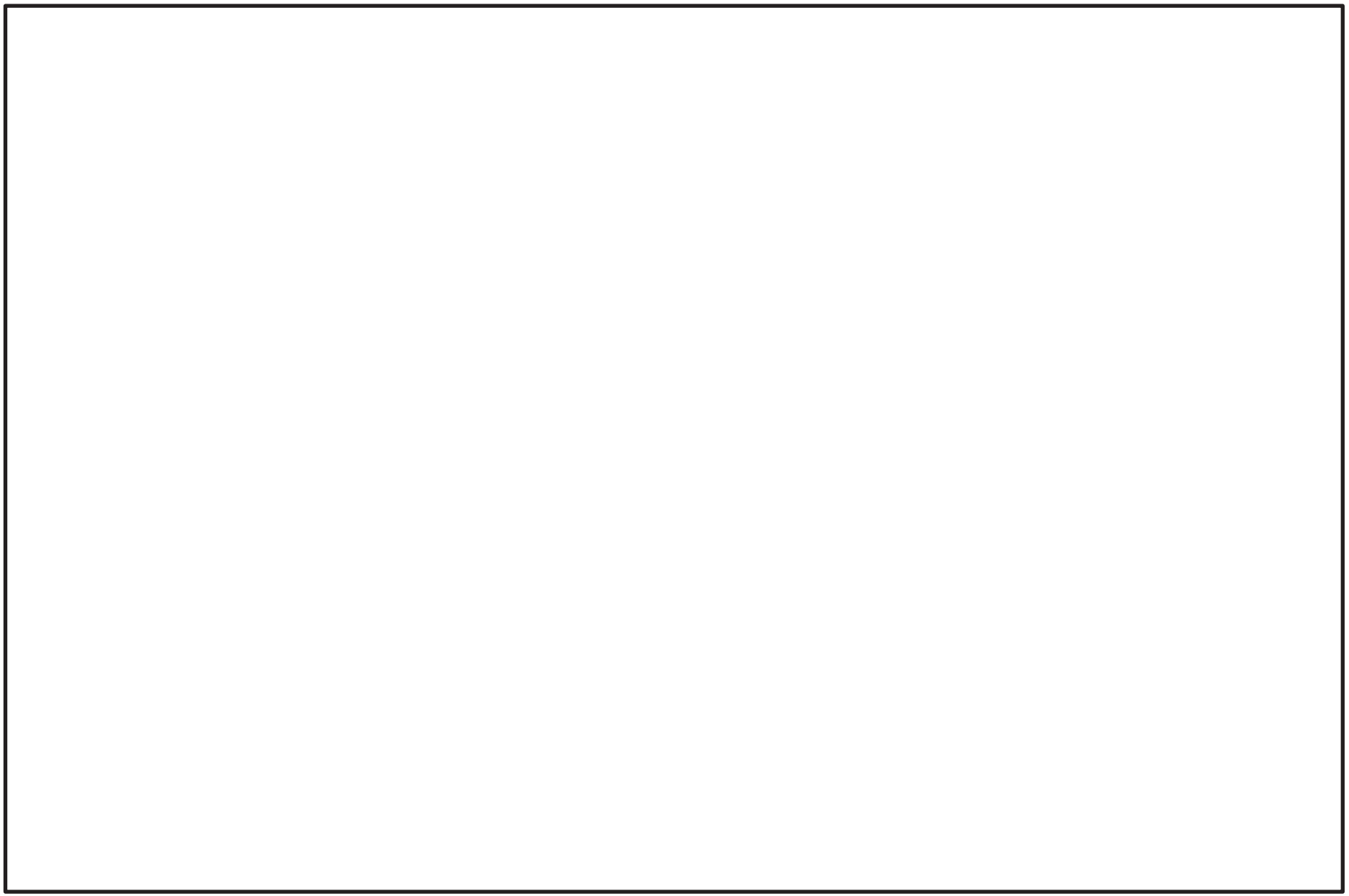


図 3-9　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁 全体概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（注）

①：原子炉格納容器に取り付ける管の貫通箇所の内側及び外側であって近接した箇所に 1 個の隔離弁を設置する。

②：原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設内及び原子炉格納容器内に開口部がなく，かつ，原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊の際に損壊するおそれがない管，又は原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常の際に，構造上内部に滞留する液体により原子炉格納容器の放射性物質が外部へ漏えいするおそれがない管にあっては，貫通箇所の内側又は外側の近接した箇所に 1 個の隔離弁を設置する。

③：貫通箇所の内側又は外側に隔離弁を設ける場合には，一方の側の設置箇所における管であって，湿気その他の隔離弁の機能に影響を与える環境条件によりその隔離弁の機能が著しく低下するおそれがあると認められるもの（湿気や水滴等により隔離弁の駆動機構等の機能が著しく低下するおそれがある管，配管が狭隘部を貫通する場合であって貫通部に近接した箇所に設置できないことにより隔離弁の機能が著しく低下するおそれがある管）にあっては，貫通箇所の外側であって近接した箇所に 2 個の隔離弁を設置する。

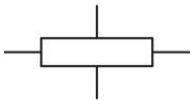
④：隔離弁を設けることを要しない箇所

設計基準事故及び重大事故等の収束に必要な系統の配管に隔離弁を設けることにより安全性を損なうおそれがあり，かつ，当該系統の配管により原子炉格納容器の隔離機能が失われない場合。

⑤：隔離弁を設けることを要しない箇所

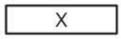
計測制御系統施設又は制御棒駆動装置に関連する配管であって，当該配管を通じての漏えい量が十分許容される程度に抑制されているもの。

1. 機器の表示記号



-------- 原子炉格納容器貫通部

2. 機器等の略号表示



-------- 貫通部番号

3. バウンダリの表示記号

-------- 原子炉格納容器バウンダリ

4. 弁の表示記号

-------- 弁開放状態

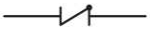
-------- 弁閉止状態

-------- 仕切弁

-------- 玉型弁

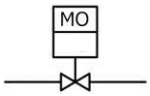
-------- ボール弁

-------- バタフライ弁

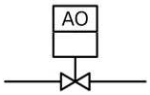


-------- スイング逆止弁

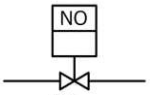
-------- リフト逆止弁



-------- 電動弁



-------- 空気作動弁



-------- 窒素作動弁

-------- 電磁弁

-------- 過流量防止逆止弁

-------- 安全弁又は逃がし弁

図 3-10　原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁　全体概要図の記号及び略号

3.1.10 原子炉格納容器体積

設計基準事故時における冷却材喪失事故直後の圧力上昇に耐えうるよう，ドライウェル空間容積（約 7900m^3），サプレッションチェンバ空間容積（約 4700m^3）の自由体積を有している。

3.1.11 原子炉格納容器安全設備

設計基準対象施設としての残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）は，サプレッションチェンバのプール水を原子炉格納容器内にスプレイすることにより，原子炉格納容器内の圧力及び温度を原子炉格納容器の最高使用圧力及び最高使用温度以下に維持できる設計とする。

サプレッションチェンバのプール水を水源とする残留熱除去系ポンプは，予想される最も小さい有効吸込水頭においても，正常に機能する能力を有する設計とする*。サプレッションチェンバは，設計基準事故及び重大事故等時に必要な水源として容量 2800m^3，個数 1 個を有する設計とする。

残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）は，テストラインを構成することにより，発電用原子炉の運転中に試験ができる設計とする。また，設計基準事故時に動作する弁については，残留熱除去系ポンプが停止中に開閉試験ができる設計とする。また，残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）は，冷却材喪失事故後，サプレッションチェンバ内のプール水をドライウェル内及びサプレッションチェンバ内にスプレイすることによって，原子炉格納容器内の温度，圧力を低減し，原子炉格納容器内に浮遊している放射性物質が漏えいするのを抑えるよう設計する。

注記＊：詳細は，添付書類「Ⅵ-1-8-4　圧力低減設備その他の安全設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」に示す。

3.1.12 許容外圧

原子炉格納容器の許容外圧は，施設時に適用された告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ハ，ト，リ及び第 23 条第 2 項第 2 号，第 4 号により，

ドライウェル上鏡	約 [redacted] kPa
ドライウェル上部円筒部	約 [redacted] kPa
ドライウェル球形部	約 [redacted] kPa
ドライウェル下部円筒部	約 [redacted] kPa
ドライウェル下鏡	約 [redacted] kPa
サプレッションチェンバ円筒部	約 [redacted] kPa
ベント管円筒部	約 [redacted] kPa
ベント管円すい部	約 [redacted] kPa
ベント管伸縮継手	約 [redacted] kPa となる。

許容外圧は，原子炉格納容器の設計外圧（約 13.7kPa）を上回る値となっている。

なお，通常運転中においては，原子炉格納容器に窒素を充填していることなどから，原子炉格納容器外面に受ける圧力が設計外圧を超えることはない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.1.13 圧力抑制効果を得るために必要な構造及び寸法

蒸気凝縮による圧力抑制効果については，パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社と GE 社が米国モスランディング発電所において，フンボルトベイ及びボデガベイ原子力発電所用として行った実験結果に基づいており，この実験により構造及び寸法等のパラメータを定めている。

女川原子力発電所第 2 号機における構造及び寸法等のパラメータと上記実験によって求められたパラメータを比較すると表 3-5 のとおりとなっており，圧力抑制効果を得るために必要な構造及び寸法は満足されている。

表 3-5　女川原子力発電所第 2 号機 圧力抑制機能の構造，寸法等

		女川原子力発電所 第 2 号機	実験結果に基づく 設計条件
1	直径（ダウンカマ）		
2	水浸（ダウンカマ）		
3	クリアランス （ダウンカマとサプレッションチェンバ底部間）		
4	中心間距離（ダウンカマ）		
5	$\frac{\text{実効破断面積}^{*1}}{\text{ベント管流路面積}^{*2}}$		

注記＊1：[　　] の実効破断面積：A_R

[　　]

A_R ＝[　　] m^2

＊2：ベント管流路面積：A_v

（ベント管断面積×8）

$A_v = \frac{\pi}{4} \times [\quad] \times 8 = [\quad]\ m^2$

ここで，

ベント管内径：[　　] mm

ベント管本数：8 本

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.1.14 真空破壊装置

(1) 真空破壊装置の機能

ドライウェル内の冷却材喪失事故後，ドライウェル圧力がサプレッションチェンバ圧力より低下した場合に，ドライウェルとサプレッションチェンバ間に設置された6個の真空破壊装置が，圧力差により自動的に働き，サプレッションチェンバのプール水のドライウェルへの逆流及びドライウェルの破損を防止できる設計とする。

真空破壊装置は，その作動によって原子炉格納容器に設計外圧以上の負圧を生じないようにする。

(2) 真空破壊装置の容量

ドライウェルの真空破壊装置の必要容量は，ベント管の容量とともにモスランディング発電所における実験によって求められている。

必要な真空破壊装置の流路面積は

$$\frac{\text{真空破壊装置流路断面積}}{\text{ベント管流路断面積}} \geqq \square$$

したがって，真空破壊装置の必要流路面積A_Bは

$$A_B = \frac{A_V}{\square} = \square \ m^2$$

一方，真空破壊装置の内径は□mであるので，1個当たりの流路面積は

$$\frac{\pi}{4} \times \square = \square \ m^2$$

したがって，真空破壊装置の必要個数は，

□

となる。実際の個数は，これに1個余裕をもたせて6個とする。

なお，この真空破壊装置は常時その開閉状態をチェックできる試験開閉装置を設置する。

3.1.15 原子炉建屋原子炉棟

原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障の際に原子炉格納容器から気体状の放射性物質が漏えいした場合，放射性物質の濃度を低減する設備として原子炉建屋原子炉棟を設置する。

原子炉建屋原子炉棟は，原子炉格納容器を収納する建屋であって，非常用ガス処理系により，内部の負圧を確保し，原子炉格納容器から放射性物質の漏えいがあっても発電所周辺に直接放出されることを防止する設計とする。

原子炉建屋原子炉棟に開口部を設ける場合には，気密性を確保する設計とする。

3.1.16 可燃性ガス濃度制御設備

可燃性ガス濃度制御系は，通常運転中，原子炉格納容器調気系により原子炉格納容器に窒素を充填することとあいまって，冷却材喪失事故時に原子炉格納容器内の水素濃度又は酸素

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

濃度を，可燃限界に達しないための制限値である水素濃度を 4vol％未満又は酸素濃度を5vol％未満に維持できる設計とする。

3.1.17 放射性物質濃度制御設備

原子炉冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障の際に原子炉格納容器から気体状の放射性物質が漏えいした場合，放射性物質の濃度を低減する設備として非常用ガス処理系を設置する設計とする。

非常用ガス処理系は，冷却材喪失時に原子炉格納容器内から原子炉建屋原子炉棟に漏えいした放射性よう素・粒子状核分裂生成物を除去できるように設計する。非常用ガス処理系は，チャコールエアフィルタによるよう素除去効率は 99％以上となる設計とする*。

注記＊：「平成 25 年 12 月 27 日付け「東北電原技第 8 号」（令和元年 9 月 19 日付け「東北電原技第 3 号」，令和元年 11 月 6 日付け「東北電原技第 5 号」，令和元年 11 月 19 日付け「東北電原技第 6 号」及び令和 2 年 2 月 7 日付け「東北電原技第 7 号」で一部補正）」をもって許可を受けた「女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書」添付書類十　3.設計基準事故解析　3.4.4 原子炉冷却材喪失における解析条件

3.1.18 原子炉格納容器調気設備

原子炉格納容器調気系は，水素及び酸素の反応を防止するため，あらかじめ原子炉格納容器内に窒素を充填することにより，水素濃度及び酸素濃度を可燃限界未満に保つ設計とする。

炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内における水素爆発による破損を防止できるよう，発電用原子炉の運転中は，原子炉格納容器内を原子炉格納容器調気系により常時不活性化する設計とする。

3.1.19 冷却材喪失事故時の荷重

(1)　ドライウェル内の配管破断によるジェット力

原子炉格納容器のドライウェル内で一次系配管が破断した場合，ドライウェル壁面は高温・高圧の飽和蒸気及び二相流の噴出流によるジェット力を受ける。

ジェット力及びその拡がりは F.J.Moody の理論により求めるが，その荷重は応力評価すべき場所によって異なるため計算書の中で述べる。

(2)　サプレッションチェンバ内に生じる荷重

冷却材喪失事故時には，まず，ドライウェル内の非凝縮性ガスがベント管を経てサプレッションプール水中に押し出されるが，この非凝縮性ガスによって，サプレッションプール水がスラグ流となって上昇し，急速な水面の上昇（プールスウェル）が起こり，サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバ内部構造物に種々の荷重が加わる。

また，その後サプレッションプール水中に蒸気が放出され，サプレッションプール水中で凝縮する。これらにより，サプレッションチェンバ及びサプレッションチェンバ内部構造物に種々の荷重が加わる。

図 3-11 に冷却材喪失事故時荷重の時間履歴を示す。

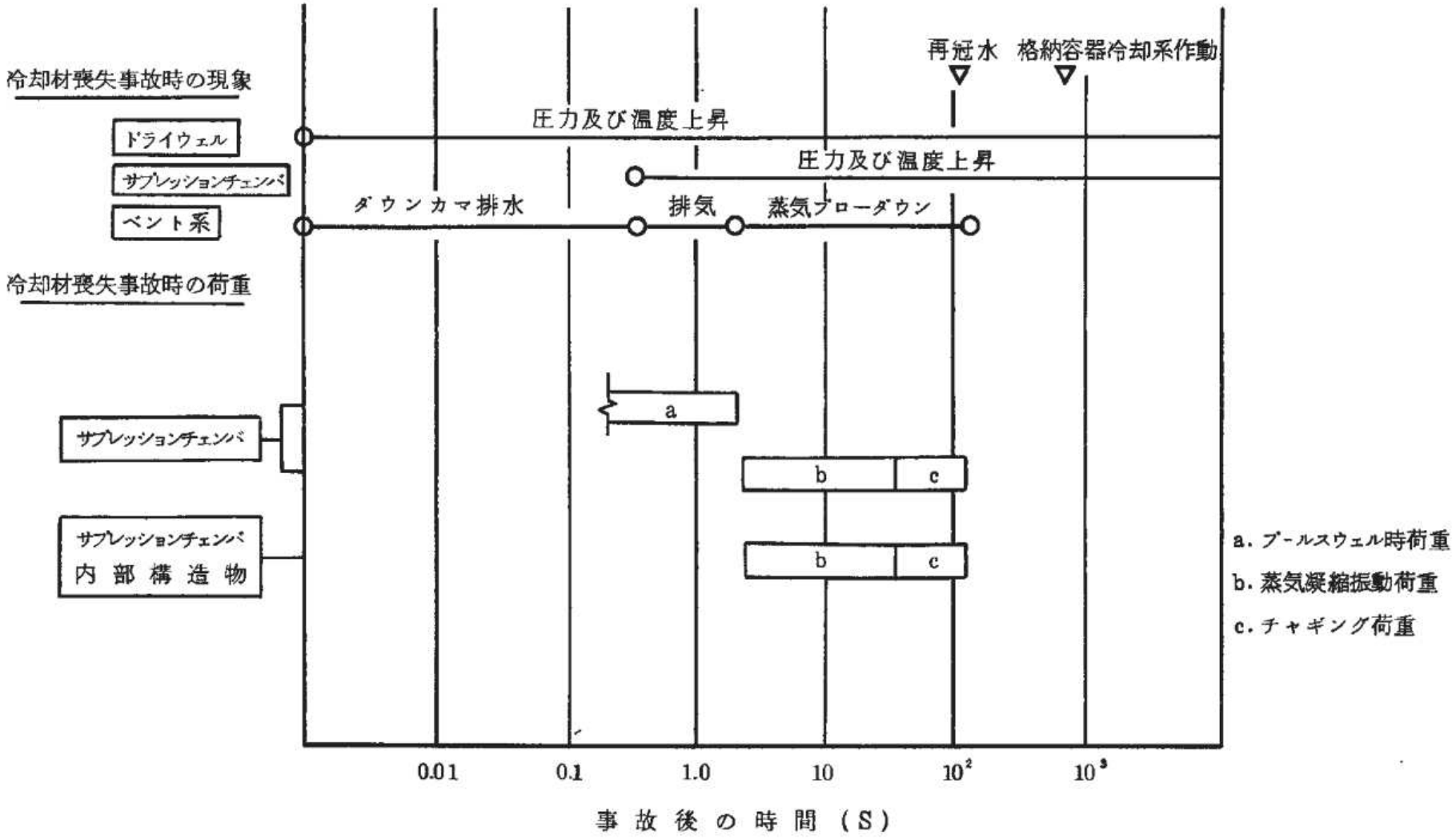


図 3-11　冷却材喪失事故時荷重の時間履歴

a. サプレッションチェンバに加わる荷重

(a) プールスウェル時荷重

冷却材喪失事故によりダウンカマ内のプール水が押し出され，引き続きドライウェルの非凝縮性ガスがサプレッションプール水中に放出され，サプレッションチェンバに下向き荷重が作用する。

さらにダウンカマ出口に形成される気泡の膨張によりサプレッションプール水は押し上げられ，気相部が圧縮されることにより，サプレッションチェンバに上向き荷重が作用する。

これらの荷重は，冷却材喪失事故後の原子炉格納容器内圧力挙動解析により求まるドライウェル内圧力上昇速度を基に，実機を模擬した国内 1/8 規模実験，米国 1/4 規模実験（QSTF 実験）及び EPRI 1/12 規模実験により得られた荷重及び荷重分布のデータからスケール則等を用いて評価した。サプレッションチェンバ上向き荷重の最大値は□kPa，下向き荷重の最大値は□kPa である。

(b) 蒸気凝縮時荷重

プールスウェルに引き続き，高流量蒸気が凝縮することによってサプレッションプール水に凝縮振動波が伝播し，サプレッションチェンバに荷重が作用する（蒸気凝縮振動荷重）。

また，低流量蒸気が凝縮する場合には，ダウンカマ出口で不均一な凝縮を生じ，サプレッションチェンバに圧力振動が作用する（チャギング荷重）。

これらの荷重は，実機を模擬した米国実規模実験（FSTF 実験）の結果に基づき，ダウンカマ出口における擾乱の大きさ，周波数特性等を評価し，これを用いて動的な解析を実施して評価した。

蒸気凝縮振動荷重の最大正圧は□kPa，最大負圧は□kPa であり，チャギング荷重の最大正圧は□kPa，最大負圧は□kPa である。

b. サプレッションチェンバ内部構造物に加わる荷重

(a) プールスウェル時荷重

原子炉格納容器圧力抑制系をモデル化した実験の結果により，プールスウェル時にベント系には衝撃・ドラッグ荷重は作用しない。

(b) 蒸気凝縮時荷重

蒸気凝縮時においては，ダウンカマ出口に圧力振動による横方向の荷重が作用する（蒸気凝縮振動荷重及びチャギング荷重）。

これらの荷重は，実機を模擬した米国 FSTF 実験の結果に基づき，蒸気凝縮振動についてはダウンカマ内における圧力を，チャギングについてはダウンカマ出口に加わる横方向の荷重を，実機ダウンカマの振動特性等により補正して評価した。

蒸気凝縮振動荷重によるダウンカマ内圧力は，最大内圧□kPa，最大差圧□kPa であり，チャギング荷重によるダウンカマ横方向荷重は□kN である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.1.20 逃がし安全弁作動時の荷重

逃がし安全弁作動時，排気管内の非凝縮性ガスが圧縮され，これがサプレッションプール水中に放出される際に気泡を形成し，この気泡が過膨張・収縮を繰返し圧力振動がサプレッションチェンバに作用する。

本荷重は，米国モンティセロ発電所における実機の試験結果に基づいてクエンチャ出口における擾乱の大きさ，周波数特性等を評価し，逃がし安全弁排気管長さ，排気管水浸長等により補正して評価した。

逃がし安全弁作動時の最大正圧は□kPa，最大負圧は□kPa である。

3.1.21 地震荷重

原子炉格納施設の設計に用いる地震荷重としては，添付書類「Ⅵ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」及び「Ⅵ-2-3-2　炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す解析結果を用いる。

3.1.22 荷重の組合せ

設計基準対象施設としての原子炉格納施設の荷重の組合せを表 3-6 に示す。なお，応力計算はそれぞれの荷重の組合せの中で最も厳しい条件について行う。また，荷重の発生する時間が明らかに異なる場合は時間のずれを考慮する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-6　設計基準対象施設の荷重の組合せ

荷重の組合せ			許容応力状態	死荷重	活荷重（燃料交換時）	圧力				温度		事故時荷重	動荷重			
No.	各運転状態による荷重	地震				最高使用圧力	通常運転圧力	事故時最大圧力	試験圧力	通常運転温度	事故時最大温度	ジェット力	逃がし安全弁作動時	プールスウェル	蒸気凝縮振動	チャギング
1	設計条件による荷重	－	設計条件	○	－	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
2	運転状態Ⅰによる荷重	－	I_A	○	－	－	○	－	－	○	－	－	－	－	－	－
3	運転状態Ⅰによる荷重	－	I_A	○	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
4	運転状態Ⅱによる荷重	－	II_A	○	－	－	○	－	－	○	－	－	○	－	－	－
5	運転状態Ⅳによる荷重	－	IV_A	○	－	－	－	－	－	－	－	○	－	○	－	－
6	運転状態Ⅳによる荷重	－	設計条件	○	－	－	－	○	－	－	○	－	－	－	○	－
7	運転状態Ⅳによる荷重	－	設計条件	○	－	－	－	○	－	－	○	－	－	－	－	○
8	試験状態による荷重	－	試験状態	○	－	－	－	－	○	－	－	－	－	－	－	－
9	運転状態Ⅰによる荷重	S_d*	III_AS	○	－	－	○	－	－	○	－	－	－	－	－	－
10	運転状態Ⅰによる荷重	S_d*	III_AS	○	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
11	運転状態Ⅰによる荷重	S_S	IV_AS	○	－	－	○	－	－	○	－	－	－	－	－	－
12	運転状態Ⅰによる荷重	S_S	IV_AS	○	○	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
13	運転状態Ⅱによる荷重	S_d*	III_AS	○	－	－	○	－	－	○	－	－	○	－	－	－
14	運転状態Ⅱによる荷重	S_S	IV_AS	○	－	－	○	－	－	○	－	－	○	－	－	－
15	運転状態Ⅳによる荷重	S_d*	III_AS	○	－	－	－	○*1	－	－	○	－	－	－	－	－
16	運転状態Ⅳによる荷重*2	S_d*	IV_AS*3	○	－	－	－	○	－	－	○	－	－	－	－	－

注記＊1：冷却材喪失事故後 10^{-1} 年程度以降の最大内圧を考慮するが，この内圧は小さく無視できるため，荷重の組合せとして評価しない。

＊2：冷却材喪失事故後の最大内圧を考慮。また，第 3 種容器及び第 3 種管については最高使用圧力を考慮。なお，機器等の定義は，告示第５０１号での評価となるため，告示第５０１号での名称となる。

＊3：第 3 種容器及び第 3 種管については、III_AS で評価する。

注：表中の記号は以下のとおり

S_d*：弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力

S_S：基準地震動 S_S により定まる地震力

3.1.23 繰返し荷重に対する解析

繰返し荷重に対する解析については，告示第５０１号第 21 条第 2 項（第 13 条第 1 項第 3 号準用）に示される条件を以下の(1)～(6)に示すようにいずれも満足しているので，特殊な場合（ベント管ベローズ）を除いて疲れ解析を必要としない。なお，疲れ解析不要の条件のうち(6)については，施設後の機械的荷重及び地震動による応力の変更により，疲れ解析不要の条件を満足できなくなる可能性が考えられることから，満足できなくなった場合においては疲れ解析を実施する。

ここで，繰返し荷重としてかかるサイクル数は，便宜上，以下のように定める。

・原子炉格納容器に全体的に加わる荷重のサイクル数

圧力：原子炉格納容器に全体的に内圧が加わるのは，運転開始前試験時，定検時の漏えい試験時及び事故時である。ここで，運転開始前試験時は□回，定検時の漏えい試験時は□回程度，事故時は□回である。

温度：原子炉格納容器が全体的に最高使用温度程度まで温度が上昇するのは事故時□回である。

以上より原子炉格納容器が全体的に負荷される場合の回数は，圧力の回数に余裕をみて□回とする。

・原子炉格納容器に局部的に加わる荷重のサイクル数

原子炉格納容器に局部的に負荷されるのは原子炉の起動停止，燃料交換及び地震時である。ここで，原子炉の起動停止及び燃料交換のサイクルは□回程度であるため余裕をみて□回とし，地震荷重が加わるサイクル数は 590 回である。

(1) 大気圧から運転圧力になり，再び大気圧に戻る実際の繰返し回数の検討

告示第５０１号第 21 条第 2 項（第 13 条第 1 項第 3 号イ準用）に定められる許容引張応力Sの 3 倍の値は 3×131＝393MPa であり，これに対応する許容繰返し回数Nは□である。ここで告示第５０１号に示される運転圧力を原子炉格納容器の最高使用圧力と対応させてみると，その回数は□回でNより小さいので本条項は満足している。

(2) 起動時及び停止時を除く運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおける実際の圧力変動の全振幅の検討（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ロ準用）

疲れ解析の対象となる圧力変動の全振幅は（イ）より，次のように求める。

$$A_m = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{S'}{S} = \frac{1}{3} \times 427 \times 10^{-3} \times \frac{\square}{131} = \square \ \mathrm{MPa}$$

ここに，

P：最高使用圧力（427kPa）

S'：炭素鋼の 10^6 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ（□MPa）

S：許容引張応力（131MPa）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

したがって，疲れ解析が不要となる圧力変動の全振幅は起動時及び停止時を除く運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおける圧力変動の全振幅（　　MPa）より大きくなるので本条項を満足している。

(3)　起動時及び停止時における任意の 2 点間の温度差の検討（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ハ準用）

解析の対象となる任意の 2 点間の距離は（イ）より，次のように求める。

$$p = 2\sqrt{R \cdot t} = \square = \square \ \text{mm}$$

ここに，Rは原子炉格納容器の最大半径，tは原子炉格納容器の板厚で，pの値が最大となるように選ぶ。

疲れ解析が不要となる任意の 2 点間の最大温度差は（ロ）より，次のように求める。

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot E \cdot \alpha} = \square = \square \ ℃$$

ここに，

S_a：炭素鋼の　　回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ（　　MPa）

E：炭素鋼の縦弾性係数（　　MPa（　　＝　　℃における値））

α：炭素鋼の瞬時熱膨張係数（　　mm/mm･℃（　　℃における値））

ここで，Tは設計上の最大温度差 161℃（171℃－10℃）より大きい。

したがって，任意の 2 点間の最大温度差はTの値を超えることはないので本条項を満足している。

(4)　起動時及び停止時を除く運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおける任意の 2 点間の温度差の変動の全振幅の検討（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ニ準用）

運転中の温度変動の数を　　回とすると，疲れ解析が不要となる最大温度差は，(3)項に示すTと同じになる。

したがって，運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおける任意の 2 点間の最大温度差の変動の全振幅は，(3)項に示すTを超えることはないので本条項を満足している。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5)　運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおける異種材結合部分の温度の変動の検討（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ホ準用）

疲れ解析の対象となる異種材結合部分（貫通部）の最小温度差は（イ）より，次のように求める。

$$T = \frac{S'}{2 \cdot (E_1 \cdot \alpha_1 - E_2 \cdot \alpha_2)}$$

$$= \boxed{\qquad\qquad\qquad\qquad}$$

$$= \boxed{\quad}\ ℃$$

ここに，

S' ：炭素鋼の 10^6 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ（$\boxed{\quad}$ MPa）

E_1：ステンレス鋼の縦弾性係数（$\boxed{\qquad}$ MPa（$\boxed{\quad}$ ℃における値））

α_1：ステンレス鋼の瞬時熱膨張係数（$\boxed{\qquad}$ mm/mm･℃（$\boxed{\quad}$ ℃における値））

E_2：炭素鋼の縦弾性係数（$\boxed{\qquad}$ MPa（$\boxed{\quad}$ ℃における値））

α_2：炭素鋼の瞬時熱膨張係数（$\boxed{\qquad}$ mm/mm･℃（$\boxed{\quad}$ ℃における値））

上記Tを超える異種材結合部温度差の変動回数を$\boxed{\quad}$回とすると，疲れ解析が不要となる異種材結合部の最大温度差は（ロ）より，次のように求める。

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot (E_1 \cdot \alpha_1 - E_2 \cdot \alpha_2)}$$

$$= \boxed{\qquad\qquad\qquad\qquad}$$

$$= \boxed{\quad}\ ℃$$

ここに，

S_a：炭素鋼の$\boxed{\quad}$回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ（$\boxed{\quad}$ MPa）

したがって，疲れ解析が不要となる異種材結合部の許容最大温度差は温度差（161℃）より大きくなるので本条項を満足している。

(6)　機械的荷重及び地震動により生じる応力の全振幅の検討（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号へ準用）

荷重の繰返し回数は，原子炉の起動停止及び燃料交換のサイクル数$\boxed{\quad}$回，地震荷重が加わるサイクル数 590 回より，回数に余裕をみて$\boxed{\quad}$回とする。荷重の繰返し回数$\boxed{\quad}$回に対応する許容ピーク応力強さは，$\boxed{\quad}$ MPa となる。ここで，原子炉格納容器の機械的荷重及び地震動による応力の全振幅はいかなる場所でも$\boxed{\quad}$ MPa を超えることのないよう設計しているので本条項を満足している。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2　重大事故等時における設計条件

重大事故等時については，原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能の確認を行うために，原子炉格納容器の評価温度，評価圧力を設定し，構造健全性評価又は機能維持評価を行い，その環境下での原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能が損なわれることがないことを確認する。

また，重大事故等時の原子炉格納施設として原子炉格納容器内の熱を輸送するために用いる原子炉格納容器フィルタベント系，耐圧強化ベント系及び可搬型窒素ガス供給系，原子炉格納容器内の冷却のために用いる原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設），原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型），残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）及び残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード），原子炉格納容器の過圧破損防止のために用いる代替循環冷却系，原子炉格納容器フィルタベント系及び可搬型窒素ガス供給系，原子炉格納容器下部の溶融炉心冷却のために用いる原子炉格納容器下部注水系（常設）（復水移送ポンプ），原子炉格納容器下部注水系（常設）（代替循環冷却ポンプ），原子炉格納容器下部注水系（可搬型），原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設），原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）及び代替循環冷却系，溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下を遅延・防止するために用いる低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ），低圧代替注水系（可搬型），代替循環冷却系，高圧代替注水系及びほう酸水注入系，原子炉格納容器内における水素爆発による破損防止のために用いる可搬型窒素ガス供給系及び原子炉格納容器フィルタベント系，原子炉建屋等の水素爆発による損傷を防止するために用いる静的触媒式水素再結合装置，並びに炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損に至った場合において，発電所外への放射性物質の拡散を抑制するために用いる放水設備（大気への拡散抑制設備），放水設備（泡消火設備）及び海洋への拡散抑制設備（シルトフェンス）の設計についても以下に示す。

3.2.1　重大事故等時の評価温度，評価圧力

重大事故等時の原子炉格納容器の破損の防止において想定する評価事故シーケンスのうち格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」について原子炉格納容器の温度，圧力を評価した結果，原子炉格納容器バウンダリにかかる温度の最高値は約 178℃*1，原子炉格納容器圧力の最高値は約 0.640MPa*2 となる。

重大事故等時の原子炉格納容器内の最高温度及び最高圧力は，設計基準事故時における最高使用温度（ドライウェル：171℃，サプレッションチェンバ：104℃）及び最高使用圧力（1Pd：427kPa）を上回ることから，重大事故等時の最高温度を上回り，かつ，産業界でシビアアクシデント時の原子炉格納容器の耐性の指標*3 として用いられている 200℃及び 2Pd(0.854MPa)を原子炉格納容器の限界温度，限界圧力として設定し，その環境下での原子炉格納容器の放射性物質の閉じ込め機能について評価対象部位ごとに評価することにより，その機能が損なわれることがないことを確認する。また，これにより，原子炉格納容器を重大事故等時において使用する場合の設計漏えい率は，設計基準対象施設として使用する設計漏えい率と同じ 0.5%/d（最高使用圧力の 0.9 倍の圧力において）以下を維持できる。なお，重大事故等時の漏えい率は，原子炉格納容器圧力が設計基準対象施設としての最高使用圧力の 0.9 倍より大きい場合においても原子炉格納容器の環境条件を考慮し，適切に割増しして評価に使用しており，その設定値において被ばく評価上の基準に適合することを確認している。

図 3-12 に原子炉格納容器内雰囲気温度の変化，図 3-13 に原子炉格納容器圧力の変化を示す。

注記＊1：「平成 25 年 12 月 27 日付け「東北電原技第 8 号」（令和元年 9 月 19 日付け「東北電原技第 3 号」，令和元年 11 月 6 日付け「東北電原技第 5 号」，令和元年 11 月 19 日付け「東北電原技第 6 号」及び令和 2 年 2 月 7 日付け「東北電原技第 7 号」で一部補正）」をもって許可を受けた「女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書」添付書類十　7.2.1.3.2　(4)有効性評価の結果における原子炉格納容器バウンダリにかかる温度の最高値

＊2：「平成 25 年 12 月 27 日付け「東北電原技第 8 号」（令和元年 9 月 19 日付け「東北電原技第 3 号」，令和元年 11 月 6 日付け「東北電原技第 5 号」，令和元年 11 月 19 日付け「東北電原技第 6 号」及び令和 2 年 2 月 7 日付け「東北電原技第 7 号」で一部補正）」をもって許可を受けた「女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書」添付書類十　7.2.1.3.2　(4)有効性評価の結果における原子炉格納容器圧力の最高値

＊3：（財）原子力発電技術機構「重要構造物安全評価（原子炉格納容器信頼性実証事業）に関する総括報告書」

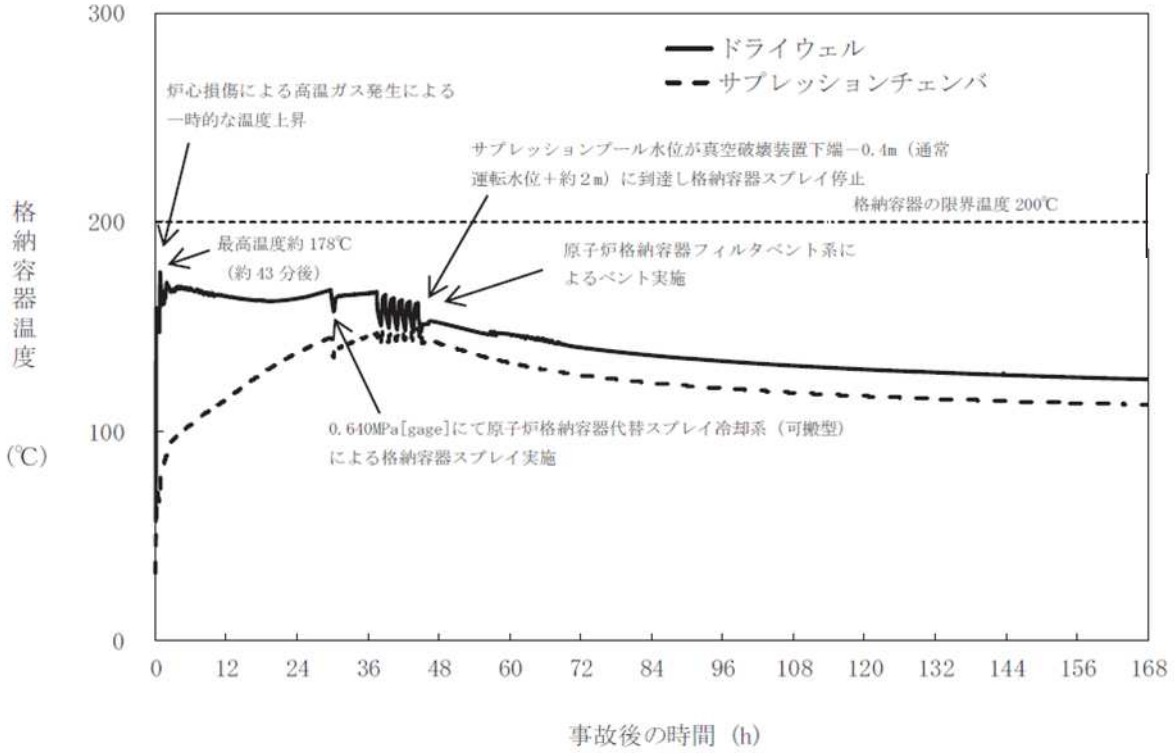


図 3-12　重大事故等時の原子炉格納容器内雰囲気温度の変化*

注記＊：「平成 25 年 12 月 27 日付け「東北電原技第 8 号」（令和元年 9 月 19 日付け「東北電原技第 3 号」，令和元年 11 月 6 日付け「東北電原技第 5 号」，令和元年 11 月 19 日付け「東北電原技第 6 号」及び令和 2 年 2 月 7 日付け「東北電原技第 7 号」で一部補正）」をもって許可を受けた「女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書」添付書類十　7.2.1.3.2　(4)有効性評価の結果における原子炉格納容器内雰囲気温度の推移

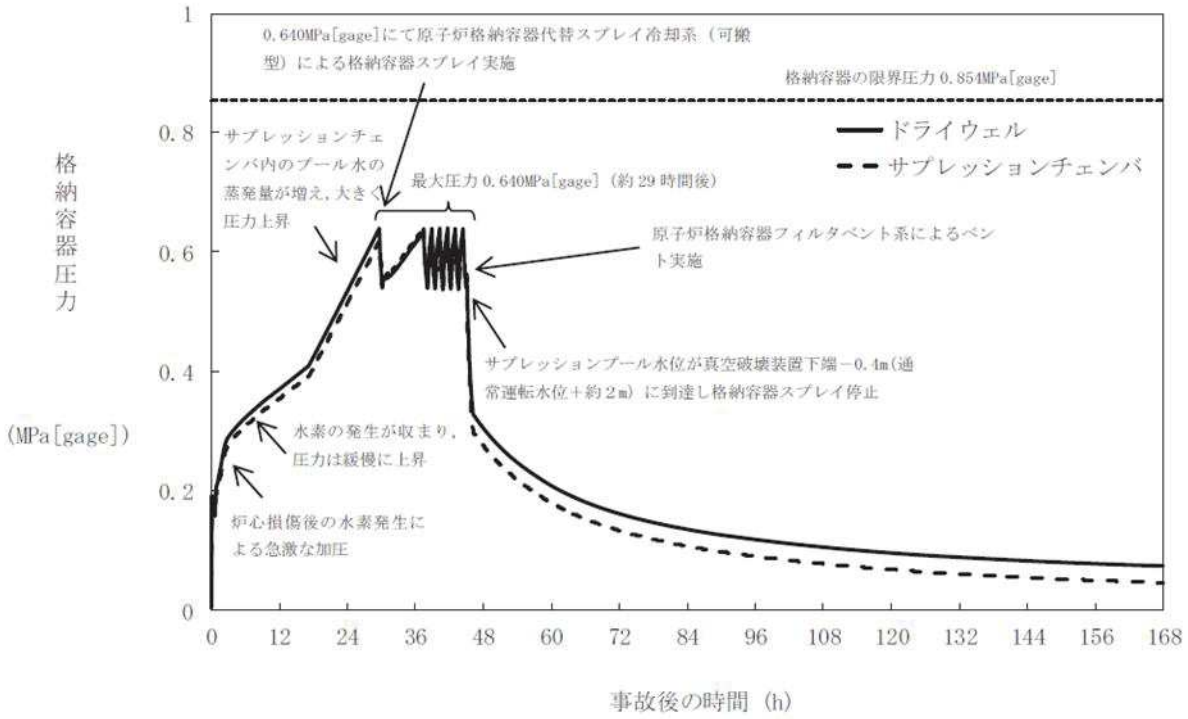


図 3-13　重大事故等時の原子炉格納容器圧力の変化*

注記＊：「平成 25 年 12 月 27 日付け「東北電原技第 8 号」（令和元年 9 月 19 日付け「東北電原技第 3 号」，令和元年 11 月 6 日付け「東北電原技第 5 号」，令和元年 11 月 19 日付け「東北電原技第 6 号」及び令和 2 年 2 月 7 日付け「東北電原技第 7 号」で一部補正）」をもって許可を受けた「女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書」添付書類十　7.2.1.3.2　(4)有効性評価の結果における原子炉格納容器圧力の推移

3.2.2　重大事故等時における原子炉格納容器の熱の輸送機能

設計基準事故対処設備が有する最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合において原子炉格納容器の破損（炉心の著しい損傷が発生する前に生ずるものに限る。）を防止するため，最終ヒートシンクへ熱を輸送するために必要な重大事故等対処設備として，原子炉格納容器フィルタベント系及び耐圧強化ベント系を設ける。

原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置（フィルタ容器，スクラバ溶液，金属繊維フィルタ，放射性よう素フィルタ），フィルタ装置出口側ラプチャディスク，配管・弁類，計測制御装置等で構成し，原子炉格納容器内雰囲気ガスを原子炉格納容器調気系等を経由して，フィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出（系統設計流量 10.0kg/s（1Pd において））することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，原子炉格納容器内に蓄積した熱を最終的な熱の逃がし場である大気へ輸送できる設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系を使用した場合に放出される放射性物質の放出量に対して，設置（変更）許可において敷地境界での線量評価を行い，実効線量が 5mSv 以下であることを確認しており，原子炉格納容器フィルタベント系はこの評価条件を満足する設計とする。

詳細は，「3.2.4　重大事故等時における原子炉格納容器の過圧破損防止機能」に示す。

耐圧強化ベント系は，原子炉格納容器内雰囲気ガスを原子炉格納容器調気系等を経由して，排気筒を通して原子炉建屋外に放出することで，原子炉格納容器内に蓄積した熱を最終的な熱の逃がし場である大気へ輸送できる設計とする。

最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備として使用する場合の耐圧強化ベント系は，炉心損傷前に使用するため，排気中に含まれる放射性物質及び可燃性ガスは微量である。

耐圧強化ベント系は，使用する際に弁により他の系統・機器と隔離することにより，悪影響を及ぼさない設計とする。

耐圧強化ベント系の使用に際しては，原子炉格納容器が負圧とならないよう原子炉格納容器代替スプレイ冷却系等による原子炉格納容器内へのスプレイを停止する運用とする。仮に，原子炉格納容器内にスプレイをする場合においても，原子炉格納容器内圧力が規定の圧力まで減圧した場合には，原子炉格納容器内へのスプレイを停止する運用とする。

耐圧強化ベント系使用時の排出経路に設置される隔離弁のうち電動弁（直流）は所内常設蓄電式直流電源設備，常設代替直流電源設備又は可搬型代替直流電源設備からの給電による操作が可能な設計とする。また，排出経路に設置される隔離弁のうち電動弁（交流）については常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電による操作が可能な設計とする。

このうち，電動弁（直流）については，遠隔手動弁操作設備によって人力による操作が可能な設計とし，隔離弁の操作における駆動源の多様性を有する設計とする。

耐圧強化ベント系の系統設計流量は 10.0kg/s（1Pd において）であり，サプレッションチェンバ及びドライウェルと接続し，いずれからも排気できる設計とする。サプレッションチェンバ側からの排気ではサプレッションチェンバの水面からの高さを確保し，ドライウェル側からの排気では，ドライウェル床面からの高さを確保するとともに有効燃料棒頂部よりも

高い位置に接続箇所を設けることで長期的にも溶融炉心及び水没の悪影響を受けない設計とする。

耐圧強化ベント系を使用した場合に放出される放射性物質の放出量に対して,設置(変更)許可において敷地境界での線量評価を行い，実効線量が 5mSv 以下であることを確認しており，耐圧強化ベント系はこの評価条件を満足する設計とする。

可燃性ガスによる爆発及び原子炉格納容器の負圧破損を防止するために必要な重大事故等対処設備として，可搬型窒素ガス供給系を設ける。

可搬型窒素ガス供給系は，可搬型窒素ガス供給装置を用いて原子炉格納容器内に不活性ガス（窒素）の供給が可能な設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系は，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，不活性ガスで置換できる設計とする。

3.2.3　重大事故等時における原子炉格納容器冷却機能

設計基準事故対処設備が有する原子炉格納容器内の冷却機能が喪失した場合において炉心の著しい損傷を防止するために原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させるため，また，炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するために原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させるための重大事故等対処設備として，原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）及び原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）を設ける。また，想定される重大事故等時において，設計基準事故対処設備である残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）及び残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）が使用できる場合は重大事故等対処設備（設計基準拡張）として使用できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）は，復水移送ポンプにより，復水貯蔵タンクの水を残留熱除去系等を経由して原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内にスプレイすることで，原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させることができる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）の水源である復水貯蔵タンクは，複数の代替淡水源から淡水を供給できる設計とし,淡水が枯渇した場合に,海を利用できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。また，系統構成に必要な電動弁（直流）は，所内常設蓄電式直流電源設備からの給電が可能な設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）は，炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するための設備として兼用する設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により代替淡水源の水を残留熱除去系等を経由して原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内にスプレイすることで，原子炉格納容器内の圧力及び温度並びに放射性物質の濃度を低下させることができる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，代替淡水源が枯渇した場合において，重大事故等の収束に必要となる水の供給設備である大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により海を利用できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。また，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）は，空冷式のディーゼルエンジンにより駆動できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するための設備として兼用する設計とする。

残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）は，常設代替交流電源設備からの給電により機能を復旧し，残留熱除去系ポンプ及び残留熱除去系熱交換器によりサプレッションチェンバのプール水をドライウェル内及びサプレッションチェンバ内にスプレイすることで原子炉格納容器を冷却できる設計とする。

残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）は，常設代替交流電源設備からの給電により機能を復旧し，残留熱除去系ポンプ及び残留熱除去系熱交換器により，サプレッションチェンバのプール水を冷却することで原子炉格納容器を冷却できる設計とする。

3.2.4　重大事故等時における原子炉格納容器の過圧破損防止機能

炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器の過圧による破損を防止するために必要な重大事故等対処設備として，原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させるための設備である代替循環冷却系及び原子炉格納容器内の圧力を大気中に逃がすための設備である原子炉格納容器フィルタベント系を設ける。

代替循環冷却系は，代替循環冷却ポンプによりサプレッションチェンバのプール水を残留熱除去系熱交換器にて冷却し，残留熱除去系等を経由して原子炉圧力容器へ注水及び原子炉格納容器内へスプレイすることで，原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下できる設計とする。

原子炉圧力容器に注水された水は，原子炉圧力容器又は原子炉格納容器内配管の破断口等から流出し，原子炉格納容器内へスプレイされた水とともに，ベント管を経て，サプレッションチェンバに戻ることで循環できる設計とする。

代替循環冷却系は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置（フィルタ容器，スクラバ溶液，金属繊維フィルタ，放射性よう素フィルタ），フィルタ装置出口側ラプチャディスク，配管・弁類，計測制御装置等で構成し，原子炉格納容器内雰囲気ガスを原子炉格納容器調気系等を経由して，フィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出（系統設計流量 10.0kg/s（1Pd において））することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下できる設計とする。

フィルタ装置は3台を並列に設置し，排気中に含まれる粒子状放射性物質，ガス状の無機よう素及び有機よう素を除去できる設計とする。また，無機よう素をスクラバ溶液中に捕集・保持するためにアルカリ性の状態（待機状態においてpH 13以上）に維持する設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系はサプレッションチェンバ及びドライウェルと接続し，いずれからも排気できる設計とする。サプレッションチェンバ側からの排気ではサプレッションチェンバの水面からの高さを確保し，ドライウェル側からの排気では，ドライウェル床面からの高さを確保するとともに有効燃料棒頂部よりも高い位置に接続箇所を設けることで，長期的にも溶融炉心及び水没の悪影響を受けない設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系は，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，原子炉格納容器ベント開始後においても不活性ガス（窒素）で置換できる設計とするとともに，系統内に可燃性ガスが蓄積する可能性のある箇所にはバイパスラインを設け，可燃性ガスを連続して排出できる設計とすることで，系統内で水素濃度及び酸素濃度が可燃領域に達することを防止できる設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系は，他の発電用原子炉施設とは共用しない設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系と他の系統・機器を隔離する弁は直列で2個設置し，原子炉格納容器フィルタベント系と他の系統・機器を確実に隔離することで，悪影響を及ぼさない設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系の使用に際しては，原子炉格納容器が負圧とならないよう，原子炉格納容器代替スプレイ冷却系等による原子炉格納容器内へのスプレイは停止する運用とする。仮に，原子炉格納容器内にスプレイをする場合においても，原子炉格納容器内圧力が規定の圧力まで減圧した場合には，原子炉格納容器内へのスプレイを停止する運用とする。

原子炉格納容器フィルタベント系使用時の排出経路に設置される隔離弁は，遠隔手動弁操作設備（個数4）によって人力により容易かつ確実に操作が可能な設計とする。

排出経路に設置される隔離弁の電動弁については，所内常設蓄電式直流電源設備，常設代替直流電源設備又は可搬型代替直流電源設備からの給電により，中央制御室から操作が可能な設計とする。

系統内に設けるフィルタ装置出口側ラプチャディスクは，原子炉格納容器フィルタベント系の使用の妨げにならないよう，原子炉格納容器からの排気圧力と比較して十分に低い圧力で破裂する設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系は，代替淡水源から，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）によりフィルタ装置にスクラバ溶液を補給できる設計とする。

可燃性ガスによる爆発及び原子炉格納容器の負圧破損を防止するために必要な重大事故等対処設備として，可搬型窒素ガス供給系を設ける。

可搬型窒素ガス供給系は，可搬型窒素ガス供給装置を用いて原子炉格納容器内に不活性ガス（窒素）の供給が可能な設計とする。

可搬型窒素ガス供給装置は，車両内に搭載された可搬型窒素ガス供給装置発電設備により給電できる設計とする。

3.2.5　重大事故等時における原子炉格納容器下部の溶融炉心冷却機能

炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため，溶融し，原子炉格納容器下部に落下した炉心を冷却するために必要な重大事故等対処設備として，原子炉格納容器下部注水系（常設）（復水移送ポンプ），原子炉格納容器下部注水系（常設）（代替循環冷却ポンプ），原子炉格納容器下部注水系（可搬型），原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設），原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）及び代替循環冷却系を設ける。また，溶融炉心が落下するまでに原子炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（常設）（復水移送ポンプ）は，復水移送ポンプにより，復水貯蔵タンクの水を補給水系配管等を経由して原子炉格納容器下部へ注水し，溶融炉心が落下するまでに原子炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（常設）（復水移送ポンプ）の水源である復水貯蔵タンクは，複数の代替淡水源から淡水を供給できる設計とし，淡水が枯渇した場合に，海を利用できる設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（常設）（復水移送ポンプ）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。また，系統構成に必要な電動弁（直流）は，所内常設蓄電式直流電源設備からの給電が可能な設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（常設）（代替循環冷却ポンプ）は，代替循環冷却ポンプにより，サプレッションチェンバのプール水を残留熱除去系等を経由して原子炉格納容器下部へ注水し，溶融炉心が落下するまでに原子炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（常設）（代替循環冷却ポンプ）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（可搬型）は，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により，代替淡水源の水をあらかじめ敷設した補給水系配管を経由して原子炉格納容器下部へ注水し，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（可搬型）は，代替淡水源が枯渇した場合において，重大事故等の収束に必要となる水の供給設備である大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により海を利用できる設計とする。

原子炉格納容器下部注水系（可搬型）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。また，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）は，空冷式のディーゼルエンジンにより駆動できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）は，復水移送ポンプにより，復水貯蔵タンクの水を残留熱除去系配管等を経由して原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内にスプレイし，スプレイした水がドライウェル床面に溜まり，原子炉格納容器下部開口部を経由して原子炉格納容器下部へ流入することで，溶融炉心が落下するまでに原子

炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）の水源である復水貯蔵タンクは，複数の代替淡水源から淡水を供給できる設計とし，淡水が枯渇した場合に，海を利用できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（常設）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。また，系統構成に必要な電動弁（直流）は，所内常設蓄電式直流電源設備からの給電が可能な設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により，代替淡水源の水を残留熱除去系配管等を経由して原子炉格納容器内のドライウェルスプレイ管からドライウェル内にスプレイし，スプレイした水がドライウェル床面に溜まり，原子炉格納容器下部開口部を経由して原子炉格納容器下部へ流入することで，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，代替淡水源が枯渇した場合において，重大事故等の収束に必要となる水の供給設備である大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により海を利用できる設計とする。

原子炉格納容器代替スプレイ冷却系（可搬型）は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備又は可搬型代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。また，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）は，空冷式のディーゼルエンジンにより駆動できる設計とする。

代替循環冷却系は，代替循環冷却ポンプによりサプレッションチェンバのプール水を残留熱除去系熱交換器にて冷却し，残留熱除去系配管を経由して原子炉格納容器内へスプレイし，スプレイした水がドライウェル床面に溜まり，原子炉格納容器下部開口部を経由して原子炉格納容器下部へ流入することで，溶融炉心が落下するまでに原子炉格納容器下部にあらかじめ十分な水位を確保するとともに，落下した溶融炉心を冷却できる設計とする。

代替循環冷却系は，非常用交流電源設備に加えて，代替所内電気設備を経由した常設代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。

炉心の著しい損傷が発生した場合に溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下を遅延・防止するための重大事故等対処設備として，低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ），低圧代替注水系（可搬型），代替循環冷却系，高圧代替注水系及びほう酸水注入系を設ける。

低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ），低圧代替注水系（可搬型），代替循環冷却系，高圧代替注水系及びほう酸水注入系は，低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ），低圧代替注水系（可搬型），代替循環冷却系及び高圧代替注水系のいずれかと並行してほう酸水注入系による原子炉圧力容器への注水を行うことで溶融炉心を冷却できる設計とする。

低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ）は，復水移送ポンプにより，復水貯蔵タンクの水を残留熱除去系等を経由して原子炉圧力容器へ注水することで溶融炉心を冷却できる設計とする。

低圧代替注水系（常設）（復水移送ポンプ）の水源である復水貯蔵タンクは，複数の代替淡水源から淡水を供給できる設計とし，淡水が枯渇した場合に，海を利用できる設計とする。

低圧代替注水系（可搬型）は，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により，代替淡水源の水を残留熱除去系等を経由して原子炉圧力容器へ注水することで溶融炉心を冷却できる設計とする。

低圧代替注水系（可搬型）は，代替淡水源が枯渇した場合において，重大事故等の収束に必要となる水の供給設備である大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により海を利用できる設計とする。

高圧代替注水系は，蒸気タービン駆動ポンプにより復水貯蔵タンクの水を高圧炉心スプレイ系等を経由して，原子炉圧力容器へ注水することで溶融炉心を冷却できる設計とする。

代替循環冷却系は，代替循環冷却ポンプにより，サプレッションチェンバのプール水を残留熱除去系配管を経由して原子炉圧力容器へ注水することで，原子炉圧力容器に残存する溶融炉心を冷却できる設計とする。

ほう酸水注入系は，ほう酸水注入系ポンプにより，ほう酸水注入系貯蔵タンクのほう酸水を原子炉圧力容器へ注入することで，溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下を遅延・防止する設計とする。

3.2.6　重大事故等時における水素爆発による原子炉格納容器の破損防止機能

炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内における水素爆発による破損を防止するための重大事故等対処設備として，原子炉格納容器内を不活性化するための設備である可搬型窒素ガス供給装置及び原子炉格納容器内に滞留する水素及び酸素を大気へ排出するための設備である原子炉格納容器フィルタベント系を設ける。

また，炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内における水素爆発による破損を防止できるよう，発電用原子炉の運転中は，原子炉格納容器内を原子炉格納容器調気系により常時不活性化する設計とする。

可搬型窒素ガス供給装置は，原子炉格納容器内に窒素を供給することで，ジルコニウムー水反応及び水の放射線分解等により原子炉格納容器内に発生する水素及び酸素の濃度を可燃限界未満にできる設計とする。

可搬型窒素ガス供給装置は，車両内に搭載された可搬型窒素ガス供給装置発電設備により給電できる設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系は，炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器内雰囲気ガスを原子炉格納容器調気系等を経由して，フィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出（系統設計流量 10.0kg/s（1Pd において））することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，ジルコニウムー水反応及び水の放射線分解等により発生する原子炉格納容器内の水素及び酸素を大気に排出できる設計とする。

原子炉格納容器フィルタベント系は，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，原子炉格納容器ベント開始後においても不活性ガス（窒素）で置換できる設計とするとともに，系統内に可燃性ガスが蓄積する可能性のある箇所にはバイパスラインを設け，可燃性ガスを連続して排出できる設計とすることで，系統内で水素濃度及び酸素濃度が可燃領域に達することを防止できる設計とする。

可搬型窒素ガス供給装置は，車両内に搭載された可搬型窒素ガス供給装置発電設備により給電できる設計とする。

なお，詳細は添付書類「Ⅵ-1-8-2　原子炉格納施設の水素濃度低減性能に関する説明書」に示す。

3.2.7　重大事故等時における水素爆発による原子炉建屋等の損傷防止機能

炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉建屋等の水素爆発による損傷を防止するために原子炉建屋原子炉棟内の水素濃度上昇を抑制し，水素濃度を可燃限界未満に制御するための重大事故等対処設備として，水素濃度制御設備である静的触媒式水素再結合装置を設ける。

水素濃度制御設備である静的触媒式水素再結合装置は，運転員の起動操作を必要とせずに，原子炉格納容器から原子炉建屋原子炉棟内に漏えいした水素と酸素を触媒反応によって再結合させることで，原子炉建屋原子炉棟内の水素濃度の上昇を抑制し，原子炉建屋原子炉棟の水素爆発を防止できる設計とする。

なお，詳細は添付書類「Ⅵ-1-8-2　原子炉格納施設の水素濃度低減性能に関する説明書」に示す。

3.2.8　重大事故等時における放射性物質拡散抑制機能

炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損に至った場合において，発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための重大事故等対処設備として，放水設備（大気への拡散抑制設備）及び海洋への拡散抑制設備（シルトフェンス）を設ける。また，原子炉建屋周辺における航空機衝突による航空機燃料火災に対応できる設備として，放水設備（泡消火設備）を設ける設計とする。

大気への放射性物質の拡散を抑制するための重大事故等対処設備として，放水設備（大気への拡散抑制設備）は，大容量送水ポンプ（タイプⅡ）により海水を取水し，ホースを経由して放水砲から原子炉建屋へ放水できる設計とする。大容量送水ポンプ（タイプⅡ）及び放水砲は，設置場所を任意に設定し，複数の方向から原子炉建屋に向けて放水できる設計とする。また，原子炉建屋周辺における航空機衝突による航空機燃料火災に対応するため，大容量送水ポンプ（タイプⅡ）により泡消火薬剤混合装置（容量1000L）を通して，海水を泡消火薬剤と混合しながらホースを経由して放水砲から原子炉建屋周辺へ放水できる設計とする。

海洋への放射性物質の拡散を抑制するための重大事故等対処設備として，海洋への拡散抑制設備（シルトフェンス）は，シルトフェンスで構成し，シルトフェンスは，汚染水が発電所から海洋に流出する南側排水路排水桝，タービン補機放水ピット，北側排水路排水桝及び取水口に設置できる設計とする。

シルトフェンスは，海洋への放射性物質の拡散を抑制するため，設置場所に応じた高さ及び幅を有する設計とする。また，破損時及び保守点検時のバックアップ用として，設置場所ごとに予備を保管する。

3.2.9　重大事故等時の動荷重

重大事故等時は，設計基準事故時と事故進展が異なるため，設計基準事故時に生じる冷却材喪失時の動荷重及び逃がし安全弁作動時以外の動荷重が加わる。

そこで，炉心損傷防止対策の有効性評価における重要事故シーケンス及び格納容器破損防止対策の有効性評価における評価事故シーケンス（以下「重要事故シーケンス等」という。）ごとの事故進展を考慮し，重大事故等時の動荷重を抽出した。

その結果，設計基準事故時の動荷重である冷却材喪失時及び逃がし安全弁作動時以外に，以下の重要事故シーケンス等における動荷重を新たに抽出した。

- 原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用時の蒸気発生に伴う圧力上昇
- 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）時の格納容器ベントによる減圧

これらの動荷重については，影響を評価した結果，冷却材喪失時の動荷重に対して同等以下であり，設計基準事故時の動荷重に包絡される。

一方で，以下の重要事故シーケンス等の状態は設計基準事故時の範囲を逸脱しており，この際に生じる逃がし安全弁作動時の動荷重は設計基準事故時より大きくなる可能性が考えられる。

- 全交流動力電源喪失のプール水の温度上昇時
- 原子炉停止機能喪失時の逃がし安全弁 11 弁作動時
- 原子炉停止機能喪失時の原子炉圧力容器圧力上昇時
- 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱の発生防止のための逃がし安全弁作動に伴う過熱蒸気発生時

これらのうち，原子炉停止機能喪失時の原子炉圧力容器圧力上昇時の動荷重は，設計基準事故時の逃がし安全弁作動時の動荷重よりも大きくなる可能性があることから，重大事故等時の動荷重として，新たに考慮し，動荷重に対する構造健全性を確認する。

上記以外の状態については，影響を評価した結果，設計基準事故の逃がし安全弁の動荷重に対して同等以下であり，設計基準事故時の動荷重に包絡される。

3.2.10 荷重の組合せ

原子炉格納施設の重大事故等時における荷重の組合せを表 3-7 に示す。なお，応力計算はそれぞれの荷重の組合せの中で最も厳しい条件について行う。また，荷重の発生する時間が明らかに異なる場合は時間のずれを考慮する。

表 3-7　重大事故等時の荷重の組合せ

荷重の組合せ			許容応力状態	死荷重	活荷重（燃料交換時）	圧力				SA温度*5	事故時荷重*6	動荷重	
No.	各運転状態による荷重	地震				限界圧力*1	設計圧力*2	SA後長期（L）圧力*3	SA後長期（LL）圧力*4		ジェット力	逃がし安全弁作動時	チャギング
V(S)-1	SA 短期における荷重	－	V_A	○	－	○	－	－	－	－	－	－	○
V(S)-2	SA 短期における荷重	－	V_A	○	－	－	○	－	－	－	－	○	○
V(L)-1	SA 長期（L）における荷重	S_d	V_AS	○	－	－	－	○	－	－	－	－	○
V(LL)-1	SA 長期（LL）における荷重	S_s	V_AS	○	－	－	－	－	○	－	－	－	－

注記＊1：評価対象設備に応じて，内圧 854kPa（限界圧力）を適用する。
＊2：評価対象設備に応じて，内圧 427kPa（最高使用圧力）を適用する。
＊3：評価対象設備に応じて，内圧 640kPa（SA 後長期（L）圧力）を適用する。
＊4：評価対象設備に応じて，内圧 427kPa（SA 後長期（LL）圧力）を適用する。
＊5：重大事故等の最大温度による影響は発生する回数が 1 回であり，疲労破壊には顕著な影響を与えないため，組み合わせない。
疲労評価は不要であるため，一次＋二次応力評価は不要とする。
＊6：重大事故等時の事象発生直後に生じる荷重であり，設計基準事故時に考慮されているため，組み合わせない。

4.　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価及びその他影響確認

重大事故等時の評価温度，評価圧力に対して原子炉格納容器の構造健全性及び機能維持について評価する。

4.1　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価

4.1.1　評価方針

「3.2.1　重大事故等時の評価温度，評価圧力」に示す限界温度（200℃），限界圧力（2Pd）を用いて，その環境下での原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能について評価部位ごとに評価することにより，その機能が損なわれることがないことを確認する。

原子炉格納容器の放射性物質の閉じ込め機能を確認するため，200℃，2Pd の環境下で原子炉格納容器本体及び開口部等のリークパスとなる可能性のある部位を抽出し，規格を用いた構造健全性評価にて原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能について確認する。

さらに，福島第一原子力発電所での事故において，原子炉格納容器からの漏えい要因の一つとして指摘されている原子炉格納容器に設置されるフランジ部等のシール部についても評価部位として抽出し，試験結果を用いた機能維持評価により原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能について確認する。

4.1.2　評価対象部位及び評価対象部位における機能喪失要因

図 3-1～図 3-9「原子炉格納容器バウンダリ及び隔離弁　全体概要図」に示す原子炉格納容器バウンダリを構成する機器から，以下のとおり評価対象部位を抽出し，評価部位ごとに放射性物質の閉じ込め機能喪失の要因を抽出する。

評価対象部位として 200℃，2Pd の環境下で原子炉格納容器の放射性物質の閉じ込め機能が損なわれることがないよう原子炉格納容器本体について強度評価する。また，原子炉格納容器の開口部及び貫通部については，構造上原子炉格納容器の内圧等の影響によりリークパスになる可能性があるため，評価対象部位として抽出する。開口部のシール部についても，ガスケットの劣化及びシール部の変形に伴いリークパスになる可能性があるため評価対象部位とする。

原子炉格納容器の機能喪失要因としては脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられるため，これらの破損モードの中から原子炉格納容器内の環境条件等を考慮し，評価対象ごとに想定される機能喪失要因を抽出する。

機能喪失要因の詳細な抽出内容については別添 1 において，評価対象ごとに説明する。

原子炉格納容器バウンダリ構成部である評価対象部位を以下に示す。また，バウンダリ構成部の概要図を図 4-1 に示す。

① 原子炉格納容器本体
（ドライウェル，サプレッションチェンバ，ベント管（ベント管ベローズを含む。））
② ドライウェル主フランジ
③ 機器搬出入用ハッチ
④ 制御棒駆動機構搬出入口
⑤ 所員用エアロック

⑥ 逃がし安全弁搬出入口

⑦ 配管貫通部

- 貫通配管
- スリーブ
- 端板
- フランジ部
- 閉止板
- 伸縮継手
- 短管

⑧ 電気配線貫通部

⑨ 原子炉格納容器隔離弁

- 原子炉格納容器調気系バタフライ弁
- 移動式炉心内計装系電磁弁
- 移動式炉心内計装系ボール弁

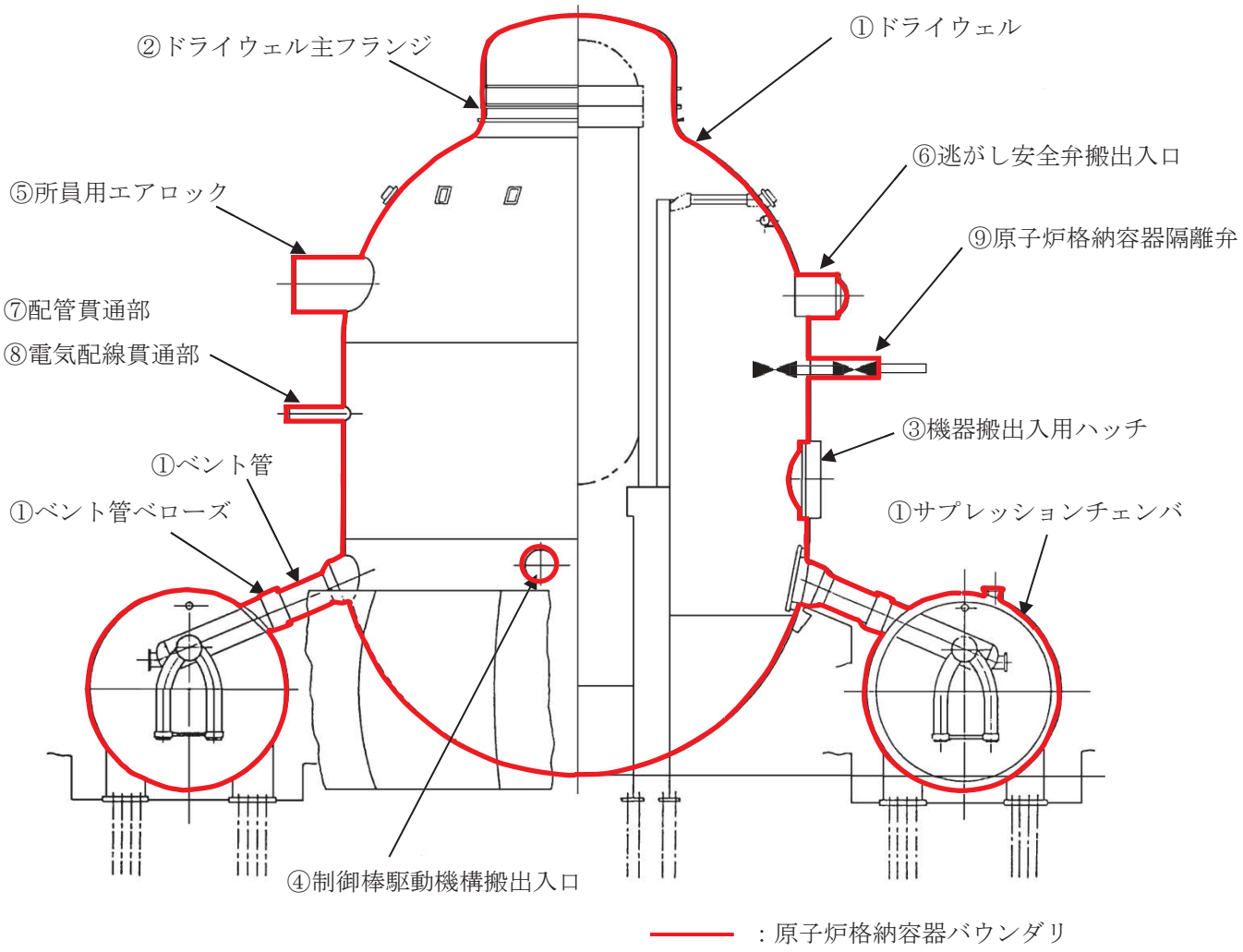


図 4-1　原子炉格納容器バウンダリ構成部の概要図

原子炉格納容器バウンダリ構成部の重大事故等時における放射性物質の閉じ込め機能喪失の要因（以下「機能喪失要因」という。）として，原子炉格納容器内の温度，圧力条件や原子炉格納容器本体の変形から，表 4-1 に示す機能喪失要因が想定される。

表 4-1　評価対象における機能喪失要因

評価対象		機能喪失要因	
		構造部	シール部
①原子炉格納容器本体	胴部等及びドライウェル基部	延性破壊	－
	ベント管ベローズ	疲労破壊	－
②ドライウェル主フランジ	フランジ	延性破壊	開口，シール能力低下
	締付ボルト	延性破壊	－
③機器搬出入用ハッチ	円筒胴取付部	延性破壊	－
	円筒胴	延性破壊	変形，シール能力低下
	鏡板	座屈	－
④制御棒駆動機構搬出入口	円筒胴取付部	延性破壊	－
	円筒胴	延性破壊	変形，シール能力低下
	鏡板	座屈	－
⑤所員用エアロック	扉及び隔壁	延性破壊	変形，シール能力低下
	円筒胴	延性破壊	－
	シール部（扉以外）	－	シール能力低下
⑥逃がし安全弁搬出入口	円筒胴	延性破壊	－
	鏡板	延性破壊	－
	フランジ	延性破壊	開口，シール能力低下
	ヒンジボルト	延性破壊	－
⑦配管貫通部	貫通配管	延性破壊	－
	スリーブ	延性破壊，座屈	－
	端板	延性破壊	－
	ボルト締付平板	延性破壊	－
	フランジ	延性破壊	開口，シール能力低下
	締付ボルト	延性破壊	－
	閉止板	延性破壊	－
	伸縮継手	疲労破壊	－
	短管	延性破壊	－
⑧電気配線貫通部	スリーブ	延性破壊	－
	アダプタ	延性破壊	－
	ヘッダ	延性破壊	－
	モジュール	－	シール能力低下
⑨原子炉格納容器隔離弁	耐圧部材	延性破壊	－
	シール部	－	シール能力低下

4.1.3　評価方法

機能喪失要因に対する評価方法は，各評価対象に対し放射性物質の閉じ込め機能を確保できる判断基準を設定し，以下の(a)～(c)のいずれかの方法により評価し，200℃，2Pd の環境下での構造健全性及びシール部の機能維持を確認する。

(a)　告示第５０１号又は発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む））＜第Ⅰ編　軽水炉規格＞ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007」(日本機械学会)（以下「設計・建設規格」という。）に準拠した評価

(b)　設計・建設規格の準用等による評価

(c)　既往研究又は解析結果等を活用した評価

評価方法による評価対象の分類を図 4-2 及び表 4-2 に示す。

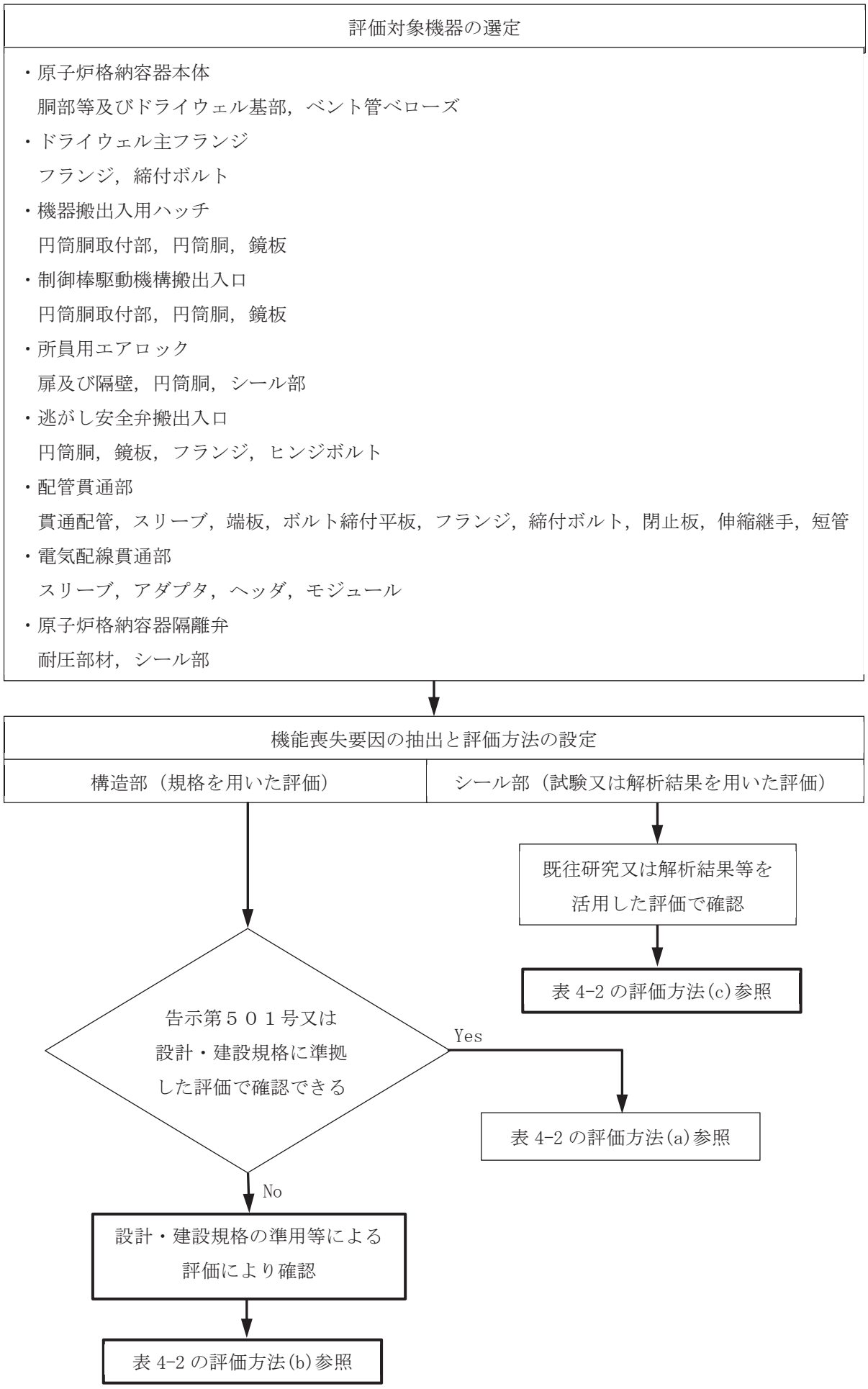


図 4-2　評価方法による評価対象の分類

表 4-2　評価対象の分類及び評価内容（1／4）

評価対象機器		想定される機能喪失要因	評価方法[*1]	評価方法の概要[*2]	判定基準[*2]
①原子炉格納容器本体	胴部等及びドライウェル基部	延性破壊（構造・形状不連続部）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載	
		延性破壊（一般部）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載	
		延性破壊（ドライウェル基部）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載	
	ベント管ベローズ	疲労破壊	(a)	添付書類「VI-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載	
②ドライウェル主フランジ		延性破壊（フランジ及び締付ボルト）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載	
		開口，シール能力低下	(c)	有限要素法を用いた弾塑性解析結果による開口量評価及びガスケットの試験結果に基づき評価	シール部が健全であること（許容開口量以下であること）
③機器搬出入用ハッチ		延性破壊（円筒胴取付部）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
		延性破壊（円筒胴）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
		座屈（鏡板）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
		変形，シール能力低下	(c)	有限要素法を用いた弾塑性解析結果による変形量評価及びガスケットの試験結果に基づき評価	シール部が健全であること（許容変形量以下であること）
④制御棒駆動機構搬出入口		延性破壊（円筒胴取付部）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
		延性破壊（円筒胴）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
		座屈（鏡板）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
		変形，シール能力低下	(c)	有限要素法を用いた弾塑性解析結果による変形量評価及びガスケットの試験結果に基づき評価	シール部が健全であること（許容変形量以下であること）

表 4-2　評価対象の分類及び評価内容（2／4）

評価対象機器	想定される機能喪失要因	評価方法[*1]	評価方法の概要[*2]	判定基準[*2]
⑤所員用エアロック	延性破壊（扉及び隔壁）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載	
	延性破壊（円筒胴）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載	
	変形，シール能力低下（扉のシール部）	(c)	機械工学便覧のはりのたわみ計算式による変形量評価及びガスケットの試験結果に基づき評価	シール部が健全であること（許容変形量以下であること）
	シール能力低下（扉以外のシール部）	(c)	シール材の試験結果及び材料特性により評価	耐熱温度が 200℃以上であること
⑥逃がし安全弁搬出入口	延性破壊（円筒胴及び鏡板）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
	延性破壊（フランジ及びヒンジボルト）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
	開口，シール能力低下	(c)	有限要素法を用いた弾塑性解析結果による開口量評価及びガスケットの圧縮永久ひずみ試験結果に基づき評価	シール部が健全であること（許容開口量以下であること）
⑦配管貫通部	延性破壊（貫通配管）	(a)	添付書類「VI-3-3-3-2 原子炉冷却材の循環設備の強度計算書」，「VI-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書」，「VI-3-3-3-4 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書」，「VI-3-3-3-5 原子炉冷却材補給設備の強度計算書」，「VI-3-3-4-1-2 制御棒駆動水圧設備の強度計算書」，「VI-3-3-4-2 ほう酸水注入設備の強度計算書」，「VI-3-3-4-3 制御用空気設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」，「VI-3-3-6-2-7 原子炉格納容器安全設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-2-8 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-2-9 原子炉格納容器調気設備の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2-10 圧力逃がし装置の強度計算書」に記載	
	延性破壊（スリーブ）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	座屈（スリーブ）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	延性破壊（端板）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	延性破壊（ボルト締付平板）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	

表 4-2　評価対象の分類及び評価内容（3／4）

評価対象機器	想定される機能喪失要因	評価方法[*1]	評価方法の概要[*2]	判定基準[*2]
⑦配管貫通部	延性破壊（フランジ）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	延性破壊（締付ボルト）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	開口，シール能力低下（フランジ部）	(c)	一般式によるフランジ開口量評価結果及びガスケットの試験結果に基づき評価	シール部が健全であること（許容開口量以下であること）
	延性破壊（閉止板）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	疲労破壊（伸縮継手）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	延性破壊（短管）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
⑧電気配線貫通部	延性破壊（スリーブ）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	延性破壊（アダプタ）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	延性破壊（ヘッダ）	(a)	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
	シール能力低下（モジュール）	(c)	電共研，NUPEC 等での試験結果を用いて，シール性が確保されることを評価	シール機能を維持すること（設計漏えい量以下であること）

表 4-2　評価対象の分類及び評価内容（4／4）

評価対象機器		想定される機能喪失要因	評価方法*1	評価方法の概要*2	判定基準*2
⑨原子炉格納容器隔離弁	原子炉格納容器調気系バタフライ弁	延性破壊（耐圧部材）	(b)	設計・建設規格（弁の圧力温度基準に基づく評価）に基づき，弁耐圧部の耐圧機能を評価	200℃における許容圧力が2Pd以上であること
		シール能力低下	(c)	シール材の試験結果及び蒸気加熱漏えい試験結果により評価	耐熱温度が 200℃以上であり，シール機能を維持すること
	移動式炉心内計装系電磁弁	延性破壊（耐圧部材）	(b)	設計・建設規格（弁の圧力温度基準に基づく評価）に基づき，弁耐圧部の耐圧機能を評価	200℃における許容圧力が2Pd以上であること
		シール能力低下	(c)	シール材の試験結果及び材料特性により評価	耐熱温度が 200℃以上であり，シール機能を維持すること
	移動式炉心内計装系ボール弁	延性破壊（耐圧部材）	(b)	設計・建設規格（弁の圧力温度基準に基づく評価）に基づき，弁耐圧部の耐圧機能を評価	200℃における許容圧力が2Pd以上であること
		シール能力低下	(c)	シール材の試験結果及び材料特性により評価	耐熱温度が 200℃以上であり，シール機能を維持すること

注記*1：(a)：告示第５０１号又は設計・建設規格に準拠した評価

(b)：設計・建設規格の準用等による評価

(c)：既往研究又は解析結果等を活用した評価

*2：許容圧力：設備の機能が維持される最大の負荷圧力

4.1.4　評価結果

原子炉格納容器本体及び原子炉格納容器に設置されている開口部（ドライウェル主フランジ，機器搬出入用ハッチ，制御棒駆動機構搬出入口，所員用エアロック及び逃がし安全弁搬出入口）については，告示第５０１号の規格式による応力評価等を行い，判定値を満足することにより 200℃，2Pd の環境下での構造健全性を確認した。

原子炉格納容器貫通部（配管貫通部，電気配線貫通部）及び原子炉格納容器隔離弁については，告示第５０１号及び設計・建設規格等による評価を行い，判定値を満足することにより 200℃，2Pd の環境下での構造健全性を確認した。

また，ドライウェル主フランジ，機器搬出入用ハッチ等の開口部のシール部，原子炉格納容器調気系バタフライ弁等については既往研究又は解析結果を基に評価を行い，200℃，2Pd の環境下での機能維持が可能であることを確認した。

評価対象部位ごとの詳細な評価方法及び評価結果を表 4-3 及び別添 1 に示す。

表 4-3　評価結果まとめ（1／2）

評価対象	評価点	評価方法	評価条件	評価値	評価基準	評価結果
原子炉格納容器本体	一般部及び構造不連続部	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載				
	ドライウェル基部	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載				
	ベント管ベローズ	添付書類「Ⅵ-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載				
ドライウェル主フランジ	構造部（フランジ及び締付ボルト）	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載				
	シール部（フランジ，ガスケット）	有限要素法（ＦＥＭ） ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	開口量：[redacted] mm	許容開口量：（[redacted] mm）以下	シール機能維持*1
機器搬出入用ハッチ	構造部（円筒胴取付部，円筒胴及び鏡板）	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載				
	シール部（フランジ，ガスケット）	有限要素法（ＦＥＭ） ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	開口量：[redacted] mm	許容開口量：（[redacted] mm）以下	シール機能維持*1
制御棒駆動機構搬出入口	構造部（円筒胴取付部，円筒胴及び鏡板）	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載				
	シール部（フランジ，ガスケット）	有限要素法（ＦＥＭ） ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	開口量：[redacted] mm	許容開口量：（[redacted] mm）以下	シール機能維持*1
所員用エアロック	構造部（扉，隔壁及び円筒胴）	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載				
	扉のシール部（扉，ガスケット）	機械工学便覧 ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	開口量：[redacted] mm	許容開口量：（[redacted] mm）以下	シール機能維持*1
	扉以外のシール部（圧力平衡弁，扉開閉ハンドルメカニカルシール）	材料仕様 ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	200 ℃以上	200 ℃以上	シール機能維持*2
逃がし安全弁搬出入口	構造部（円筒胴，鏡板，フランジ及びヒンジボルト）	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載				
	シール部（フランジ，ガスケット）	有限要素法（ＦＥＭ） ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	開口量：[redacted] mm	許容開口量：（[redacted] mm）以下	シール機能維持*1

注記＊1：フランジ部の形状・寸法に基づき解析等により算出した開口量が圧縮永久ひずみ試験結果及び実機フランジ模擬試験の漏えい試験結果に基づき設定した許容開口量以下であることを確認

＊2：シール材の試験結果又は材料仕様により高温環境下における耐性を確認

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-3　評価結果まとめ（2／2）

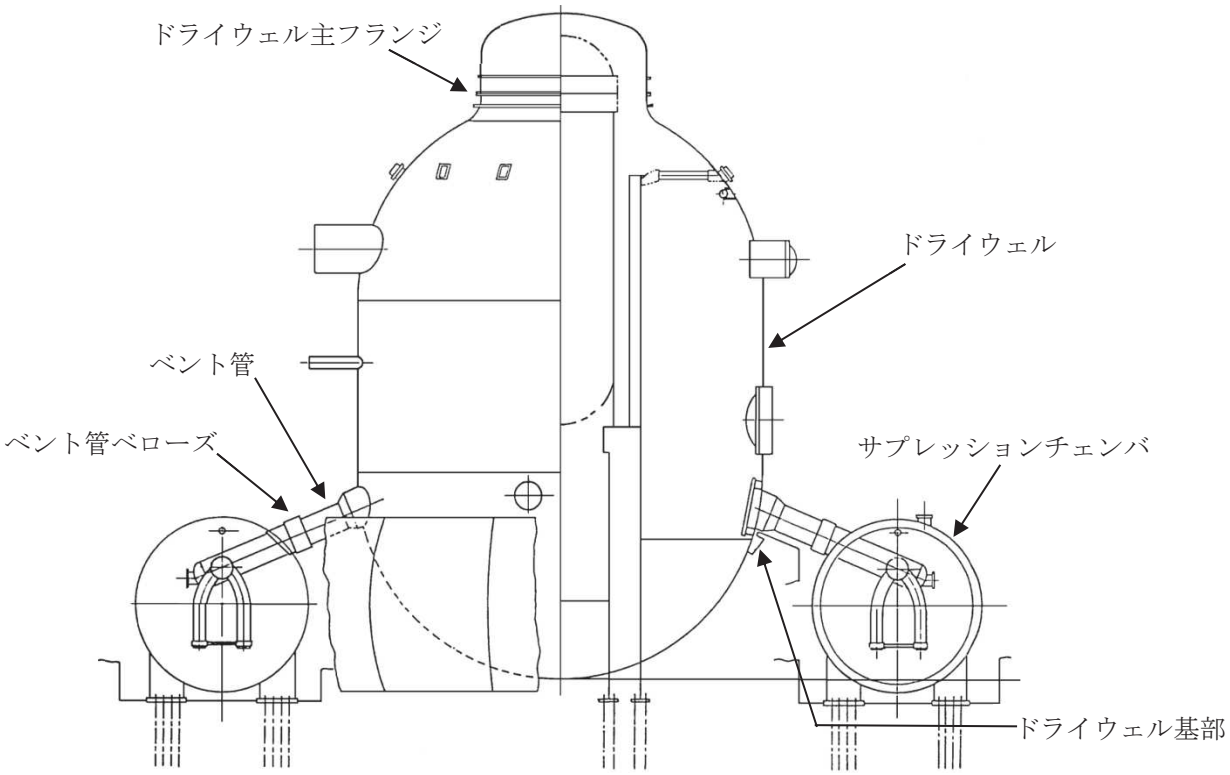
評価対象		評価点	評価方法	評価条件	評価値	評価基準	評価結果
配管貫通部	貫通配管	同左	添付書類「Ⅵ-3-3-3-2 原子炉冷却材の循環設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-3-4 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-3-5 原子炉冷却材補給設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-4-1-2 制御棒駆動水圧設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-4-2 ほう酸水注入設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-4-3 制御用空気設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-6-2-7 原子炉格納容器安全設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-6-2-8 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の強度計算書」，「Ⅵ-3-3-6-2-9 原子炉格納容器調気設備の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-2-10 圧力逃がし装置の強度計算書」に記載				
	端板，閉止板，伸縮継手及び短管	同左	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載				
	スリーブ	同左	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2 機器搬出入口の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載				
	フランジ部	構造部（ボルト締付平板，フランジ，締付ボルト）	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2 機器搬出入口の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載				
		シール部（フランジ，ガスケット）	文献理論式 ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	開口量：[redacted] mm	許容開口量：（[redacted] mm）以下	シール機能維持*1
電気配線貫通部	スリーブ，アダプタ及びヘッダ	同左	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載				
	モジュール	シール部（モジュール）	電共研，NUPEC 試験等	200 ℃ 2 Pd	漏えいなし	設計漏えい量以下	シール機能維持*2
原子炉格納容器隔離弁	原子炉格納容器調気系バタフライ弁	耐圧部材	設計・建設規格を準用（弁の圧力温度基準に基づく評価）	200 ℃ 2 Pd	許容圧力：1.40 MPa	0.854 MPa（2Pd）以上	破断せず
		シール部	ガスケット試験 漏えい確認試験	200 ℃ 2 Pd	漏えいなし	設計漏えい量以下	シール機能維持*2
	移動式炉心内計装系電磁弁	耐圧部材	設計・建設規格を準用（弁の圧力温度基準に基づく評価）	200 ℃ 2 Pd	許容圧力：1.46 MPa	0.854 MPa（2Pd）以上	破断せず
		シール部	材料仕様 ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	200 ℃以上	200 ℃以上	シール機能維持*3
	移動式炉心内計装系ボール弁	耐圧部材	設計・建設規格を準用（弁の圧力温度基準に基づく評価）	200 ℃ 2 Pd	許容圧力：1.32 MPa	0.854 MPa（2Pd）以上	破断せず
		シール部	材料仕様 ガスケット試験	200 ℃ 2 Pd	200 ℃以上	200 ℃以上	シール機能維持*3

注記＊1：フランジ部の形状・寸法に基づき解析等により算出した開口量が圧縮永久ひずみ試験結果及び実機フランジ模擬試験の漏えい試験結果に基づき設定した許容開口量以下であることを確認

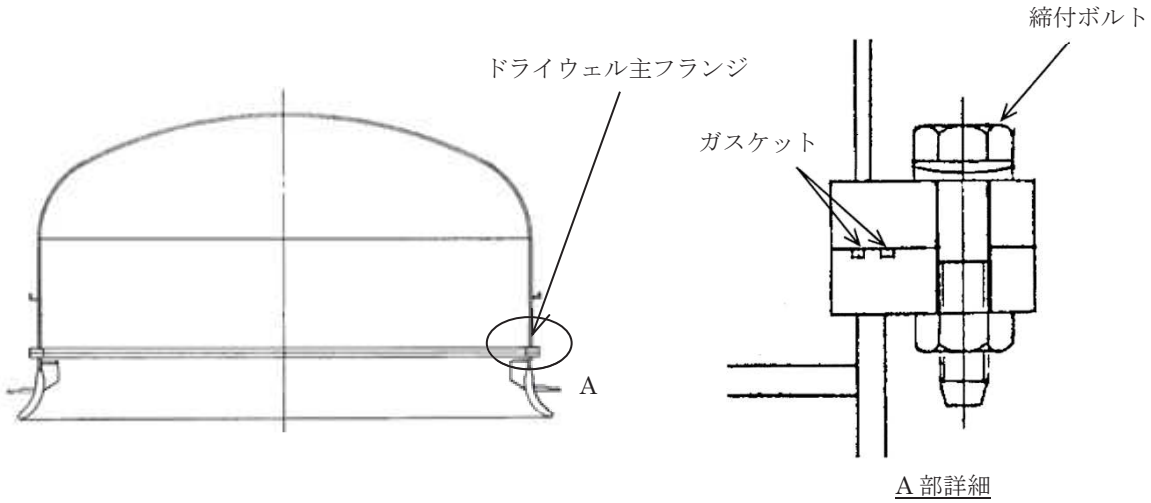
＊2：試験における漏えい量が設計漏えい量以下であることを確認

＊3：シール材の試験結果又は材料仕様により高温環境下における耐性を確認

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

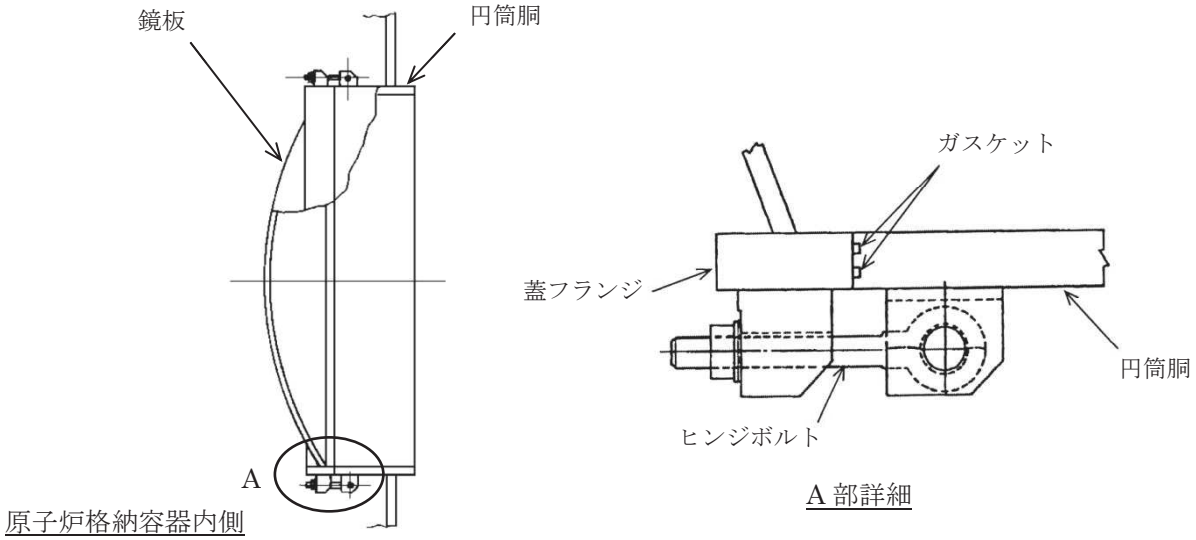


原子炉格納容器本体

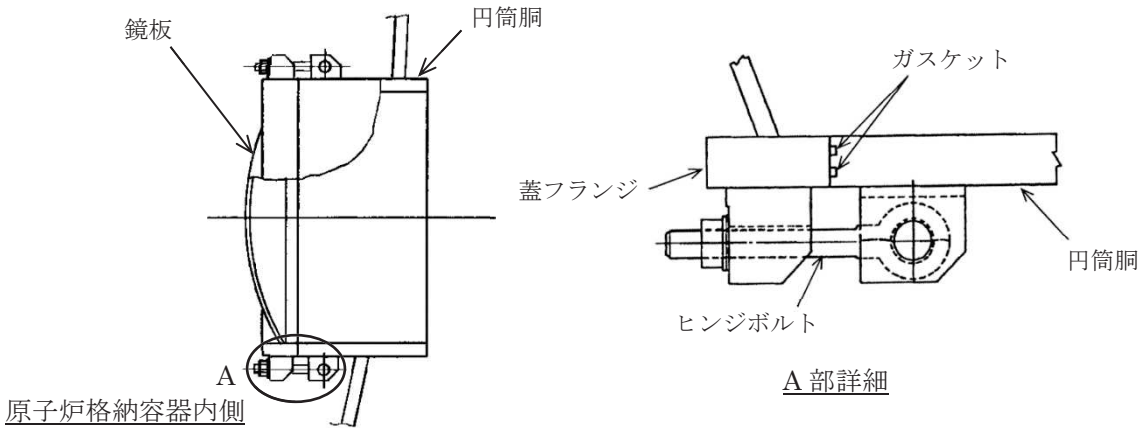


ドライウェル主フランジ

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（1／8）

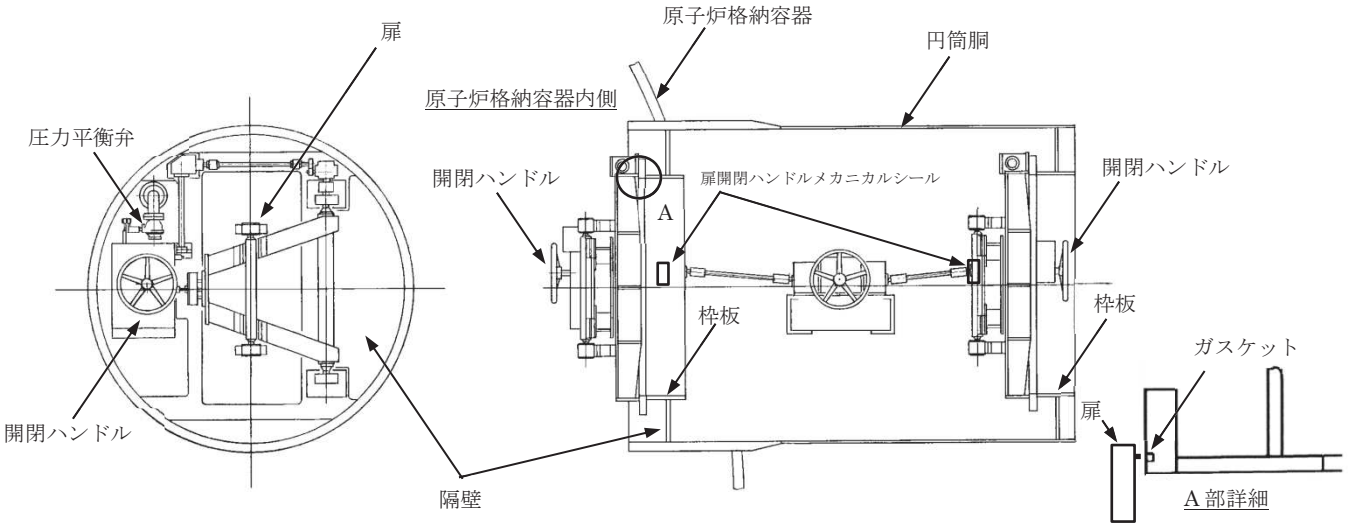


機器搬出入用ハッチ

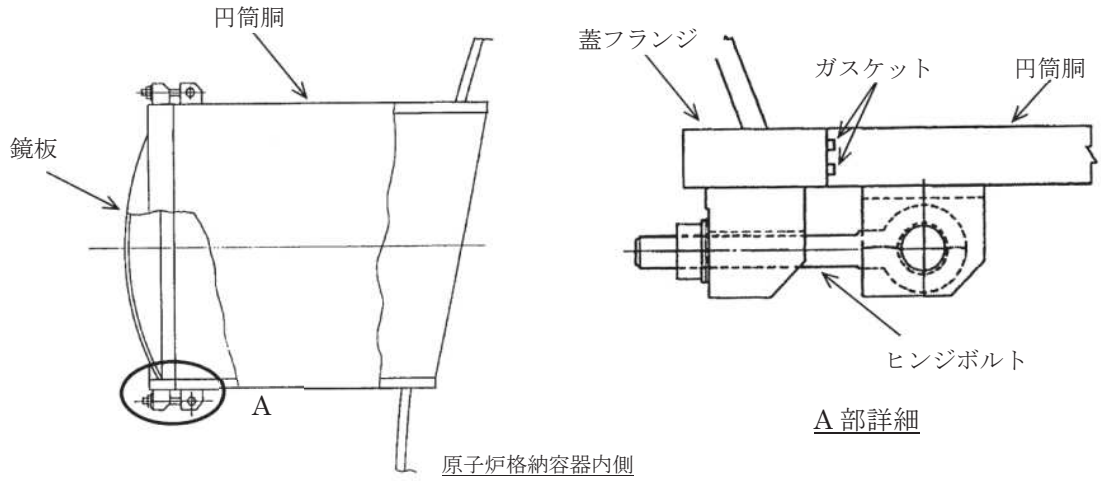


制御棒駆動機構搬出入口

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（2／8）

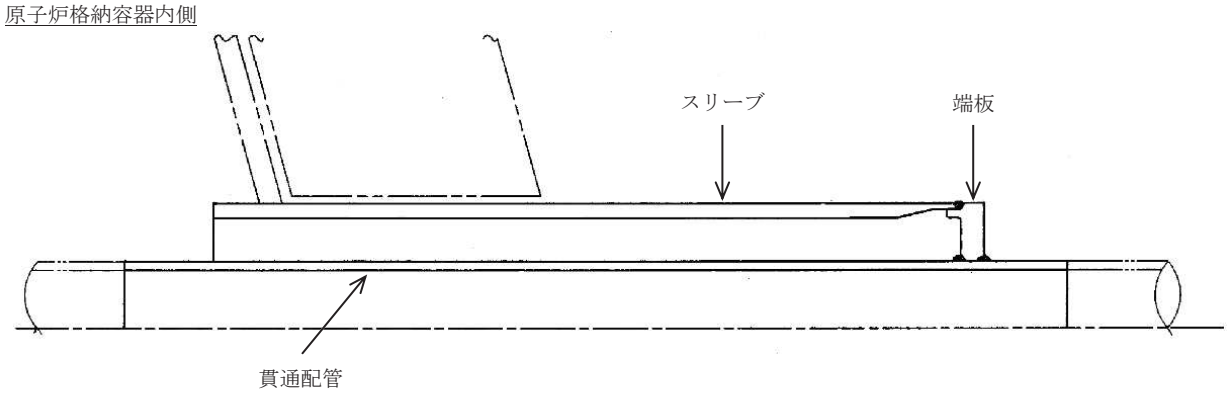


所員用エアロック

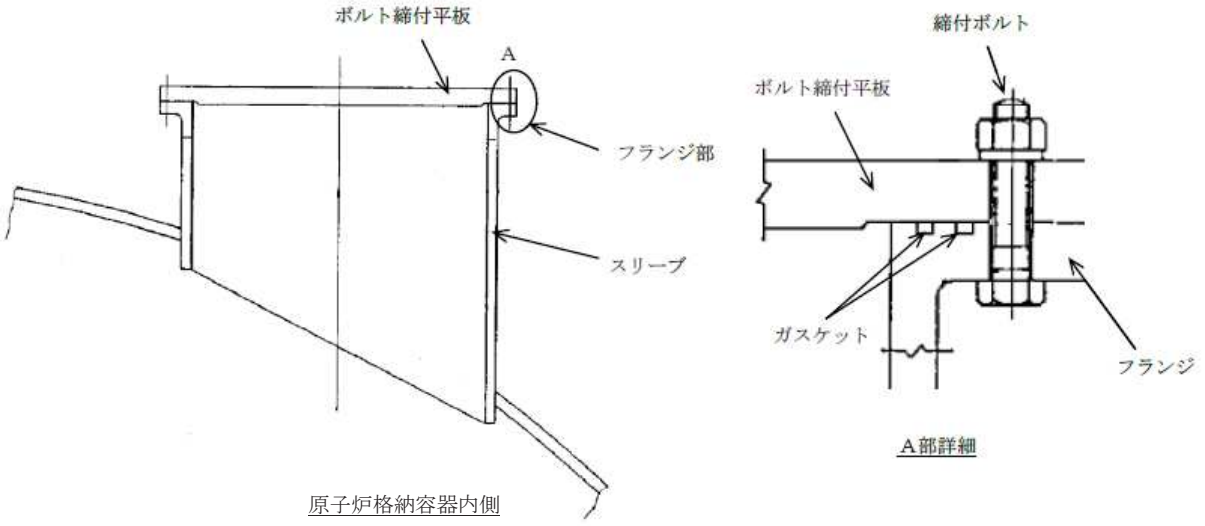


逃がし安全弁搬出入口

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（3／8）

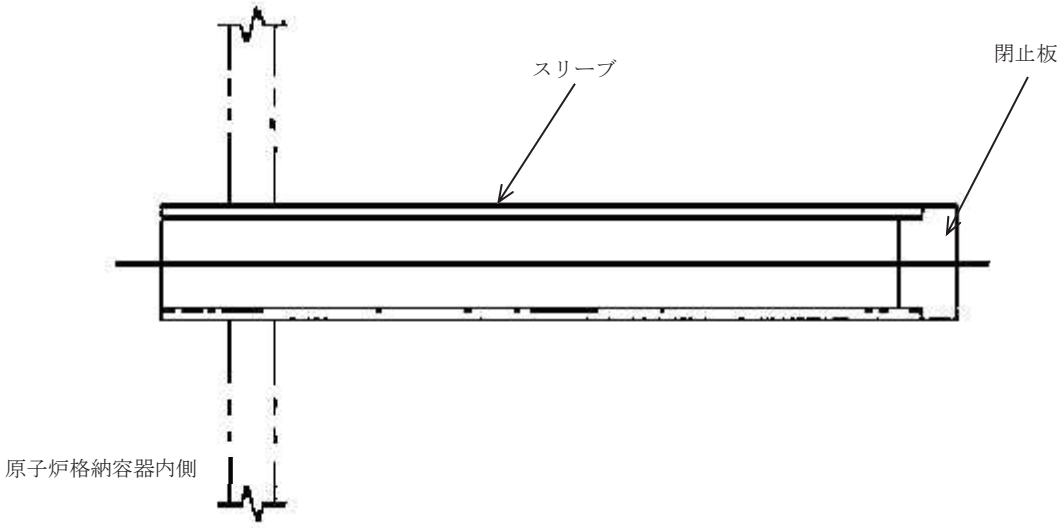


配管貫通部（貫通配管，スリーブ，端板）

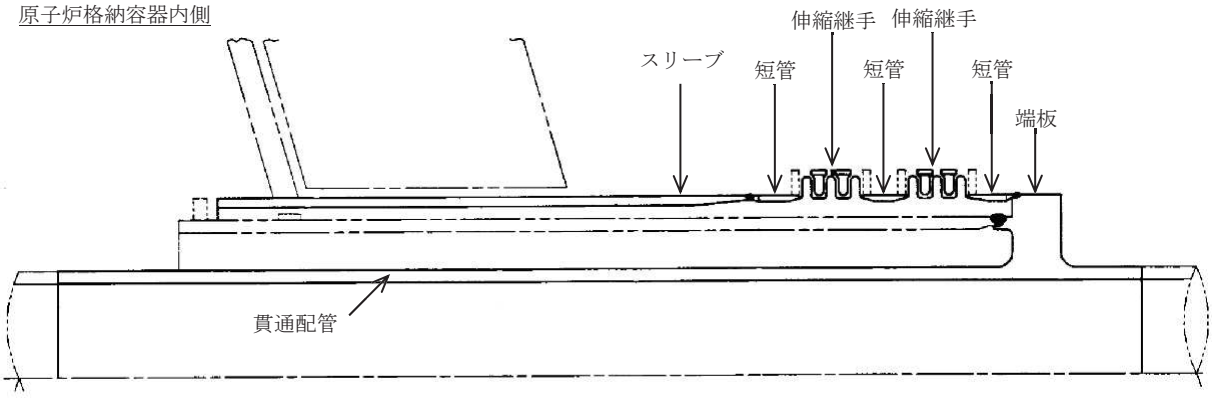


配管貫通部（フランジ部）

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（4／8）

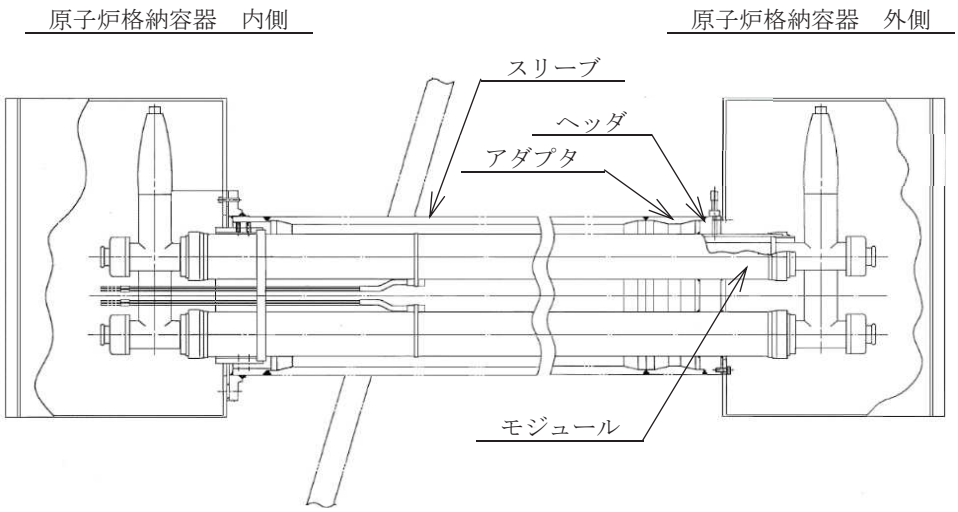


配管貫通部（閉止板）

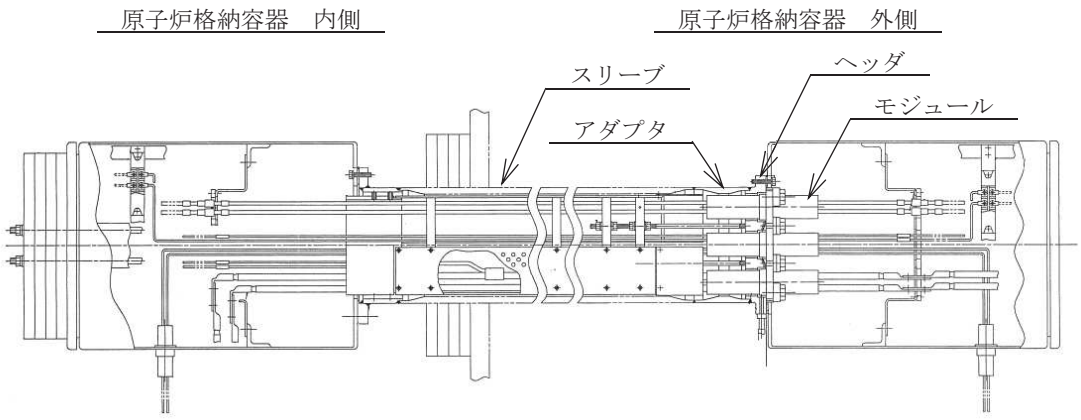


配管貫通部（伸縮継手，短管）

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（5／8）

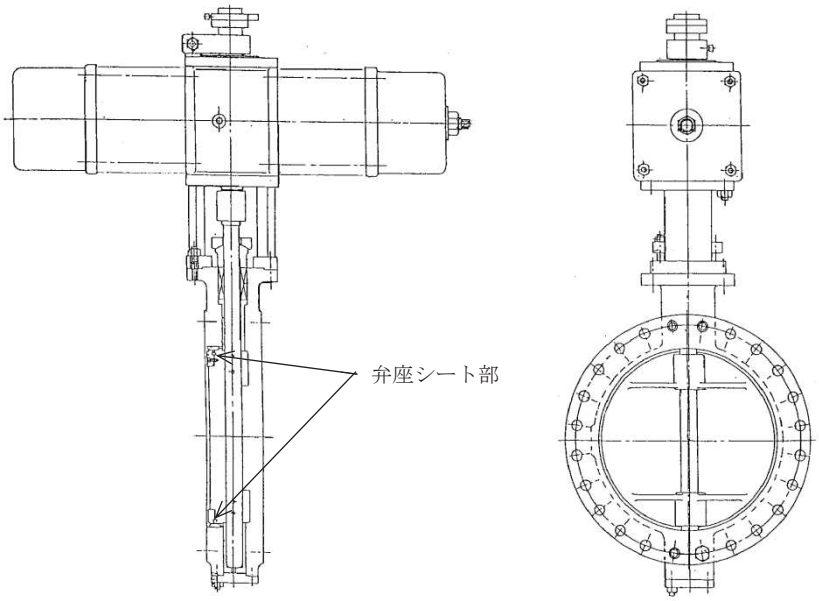


電気配線貫通部（高電圧用）

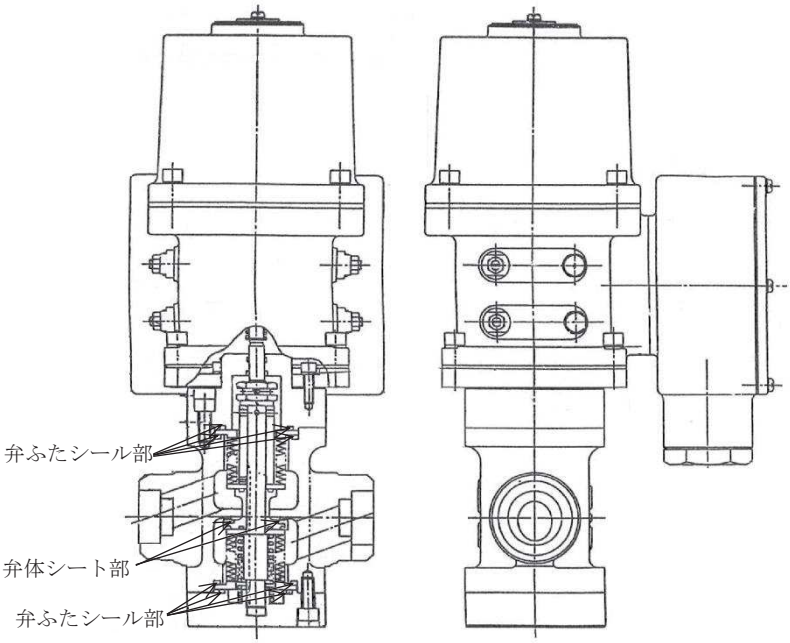


電気配線貫通部（低電圧用）

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（6／8）

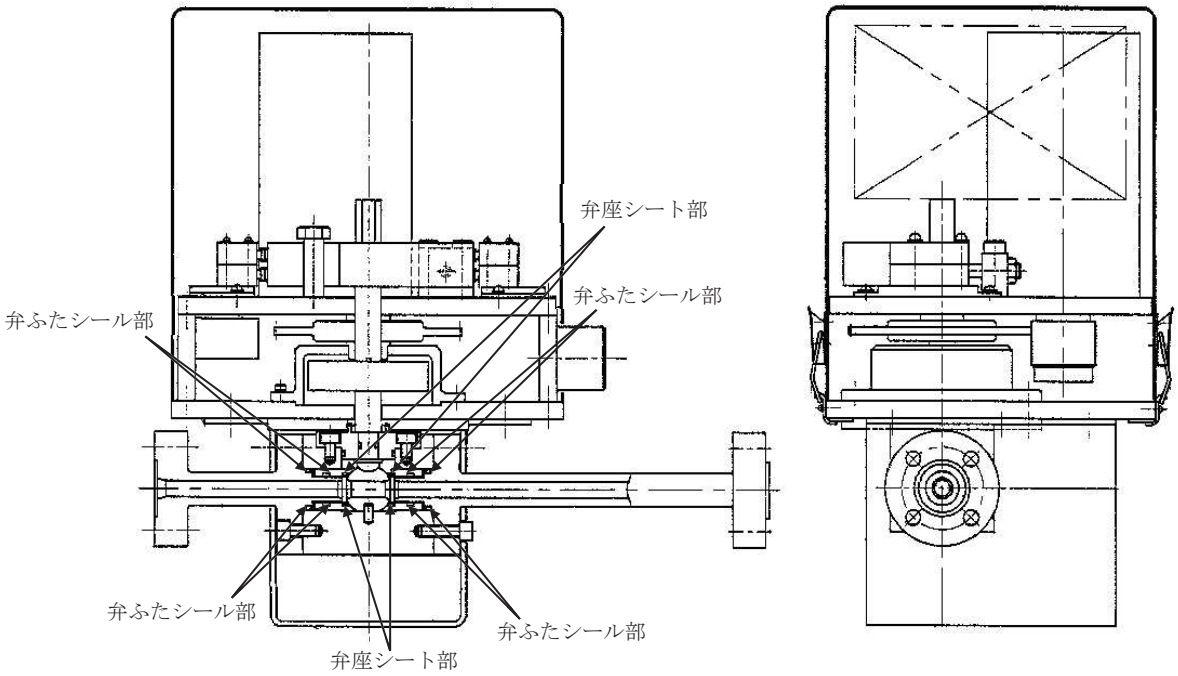


原子炉格納容器隔離弁（原子炉格納容器調気系バタフライ弁）



原子炉格納容器隔離弁（移動式炉心内計装系電磁弁）

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（7／8）



原子炉格納容器隔離弁（移動式炉心内計装系ボール弁）

図 4-3　原子炉格納容器バウンダリ構成部概要図（8／8）

4.2　その他原子炉格納容器の限界温度，限界圧力に対する影響確認

原子炉格納容器の限界温度（200℃），限界圧力（2Pd）の環境下における評価に対して影響を及ぼす可能性のある設備の経年劣化，200℃，2Pd が負荷された後の耐震性，貫通部の核分裂生成物（以下「FP」という。）沈着について影響を確認する。

4.2.1　確認内容

原子炉格納容器の放射性物質の閉じ込め機能の評価に対して，影響を及ぼす可能性のある対象機器の経年劣化，200℃，2Pd 負荷後の耐震性への影響等，以下の内容について影響を確認する。

(1)　経年劣化の影響

原子炉格納容器の 200℃，2Pd の環境下での放射性物質の閉じ込め機能の健全性が，経年劣化により低下していないことを確認する。確認方法及び確認結果の詳細は別添 1 別紙 1 に示す。

(2)　限界温度，限界圧力負荷後の耐震性への影響

原子炉格納容器が 200℃，2Pd が負荷された後の耐震性の影響について確認する。確認方法及び確認結果の詳細は別添 1 別紙 2 に示す。

(3)　貫通部の FP 沈着による影響

炉心溶融時，貫通部のリークパスに FP が沈着した場合の温度上昇について確認する。確認方法及び確認結果の詳細は別添 1 別紙 3 に示す。

4.2.2　確認結果

(1)　原子炉格納容器の閉じ込め機能を有する箇所における経年劣化の対策について確認し，原子炉格納容器の限界温度，圧力における閉じ込め機能への影響はないことを確認した。

(2)　重大事故等時の温度，圧力を超える限界温度，圧力が負荷された後の耐震性の影響については，限界温度，圧力の環境下において残留ひずみが生じないことを確認したことから，発生応力に与える影響はない。地震の許容応力は，放射性物質の閉じ込め機能の確認にて考慮した許容応力の制限内であり，さらに限界温度，圧力負荷前と同様の挙動を示すことから，耐震性に影響はないことを確認した。

(3)　炉心溶融時の原子炉格納容器内の FP の沈着による温度上昇について，格納容器破損防止対策の有効性評価における評価事故シーケンスのうち雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）を想定した条件にて，原子炉格納容器のリークパスへ FP が飛散し，リークパス内が FP で満たされ目詰まりしたと保守的に仮定し，FEM 解析により熱解析を実施した。評価結果としては，原子炉格納容器の貫通部リークパス箇所の最高温度は約 178℃となり，原子炉格納容器の限界温度である 200℃を下回ることから原子炉格納容器の限界温度，圧力に影響はないことを確認した。

Ⅵ-1-8-1-別添１　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能健全性について

目　　次

1.　概要 ..... 別添 1-1
2.　原子炉格納容器本体 ..... 別添 1-2
2.1　評価方針 ..... 別添 1-2
2.2　評価結果 ..... 別添 1-3
3.　ドライウェル主フランジ ..... 別添 1-7
3.1　評価方針 ..... 別添 1-7
3.2　評価結果 ..... 別添 1-8
3.3　評価結果まとめ ..... 別添 1-11
4.　機器搬出入用ハッチ ..... 別添 1-12
4.1　評価方針 ..... 別添 1-12
4.2　評価結果 ..... 別添 1-13
4.3　評価結果まとめ ..... 別添 1-16
5.　逃がし安全弁搬出入口 ..... 別添 1-17
5.1　評価方針 ..... 別添 1-17
5.2　評価結果 ..... 別添 1-18
5.3　評価結果まとめ ..... 別添 1-21
6.　制御棒駆動機構搬出入口 ..... 別添 1-22
6.1　評価方針 ..... 別添 1-22
6.2　評価結果 ..... 別添 1-23
6.3　評価結果まとめ ..... 別添 1-26
7.　所員用エアロック ..... 別添 1-27
7.1　評価方針 ..... 別添 1-27
7.2　評価結果 ..... 別添 1-29
7.3　評価結果まとめ ..... 別添 1-32
8.　配管貫通部 ..... 別添 1-33
8.1　概要 ..... 別添 1-33
8.2　配管貫通部（貫通配管） ..... 別添 1-34
8.3　配管貫通部（スリーブ） ..... 別添 1-34
8.4　配管貫通部（端板） ..... 別添 1-35
8.5　配管貫通部（フランジ部） ..... 別添 1-35
8.6　配管貫通部（閉止板） ..... 別添 1-39
8.7　配管貫通部（伸縮継手） ..... 別添 1-40
8.8　配管貫通部（短管） ..... 別添 1-41
8.9　評価結果まとめ ..... 別添 1-42
9.　電気配線貫通部 ..... 別添 1-43
9.1　概要 ..... 別添 1-43

9.2　電気配線貫通部（アダプタ）　.....別添 1-45
9.3　電気配線貫通部（ヘッダ）　.....別添 1-45
9.4　電気配線貫通部（モジュール）　.....別添 1-45
10.　原子炉格納容器隔離 .....別添 1-50
10.1 概要 .....別添 1-50
10.2 原子炉格納容器隔離弁（原子炉格納容器調気系バタフライ弁）.....別添 1-51
10.3 原子炉格納容器隔離弁（移動式炉心内計装系電磁弁）.....別添 1-53
10.4 原子炉格納容器隔離弁（移動式炉心内計装系ボール弁）.....別添 1-55

添付 1　重大事故等時条件におけるガスケット健全性について .....別添 1-58
添付 2　原子炉格納容器隔離弁の抽出について .....別添 1-62

別紙 1　原子炉格納容器　限界温度・圧力に対する経年劣化の影響について .....別添 1-63
別紙 2　原子炉格納容器　限界温度・圧力負荷後の耐震性の影響について .....別添 1-64
別紙 3　原子炉格納容器貫通部の核分裂生成物沈着による影響について .....別添 1-69

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅵ-1-8-1　原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」（以下「説明書」という。）の「4.1　重大事故等時における原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価」に示す重大事故等時の限界温度，限界圧力に対する原子炉格納容器の構造健全性及び機能維持の評価方法及び評価結果を詳細に示すものである。

2. 原子炉格納容器本体

2.1 評価方針

原子炉格納容器本体は，鋼製の上下部半球円筒形ドライウェル，円環形サプレッションチェンバ，これらを連結するベント管及びベント管ベローズから構成されている。

原子炉格納容器本体の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと及び圧縮力が原子炉格納容器本体に生じないことから，脆性破壊及び座屈は評価する必要がない。

したがって，原子炉格納容器本体の機能喪失要因は，高温状態で内圧を受けることによって生じる，過度な塑性変形に伴う延性破壊が想定される。また，ベント管ベローズには，通常運転時に累積される低サイクル疲労に加え，200 ℃，2 Pd により累積される低サイクル疲労による疲労破壊が想定される。

2.1.1 一般構造部

原子炉格納容器本体の一般構造部の強度評価方法は，添付書類「VI-3-3-6-1-1 原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2 圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載する。

2.1.2 構造不連続部

原子炉格納容器本体の構造不連続部の強度評価方法は，添付書類「VI-3-3-6-1-1 原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2 圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載する。

また，原子炉格納容器はドライウェル基部がコンクリートに拘束されているため，温度上昇時にはドライウェル基部に熱応力（二次応力）が発生する。二次応力は，応力増加に伴い局部的な塑性流れが生じ応力分布が均等化され破損を引き起こすとは考えられないが，念のため一次＋二次応力を評価する。

2.1.3 ベント管ベローズ

ベント管ベローズの強度評価方法は，添付書類「VI-3-3-6-2 圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載する。

2.2　評価結果

2.2.1　一般構造部

原子炉格納容器本体の一般構造部の強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載する。

2.2.2　構造不連続部

原子炉格納容器本体の構造不連続部の強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載する。

また，ドライウェル基部の熱応力評価結果を，添付 2-1 に示す。

2.2.3　ベント管ベローズ

ベント管ベローズの強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書」に記載する。

ドライウェル基部の評価

1. 概要

原子炉格納容器本体については，200 ℃，2 Pd において一次応力が発生する。また，ドライウェル基部については，熱膨張の拘束による熱応力が発生する。ここでは，既工事計画書（工事計画認可申請書（東北電原第 53 号　平成元年 12 月 4 日付け，一部補正　東北電原第 68 号　平成 2 年 3 月 23 日付け）の添付書類「Ⅳ-3-1-1-4　ドライウェルの強度計算書」の応力値を用いて，ドライウェル基部について一次応力＋二次応力（ＰＬ＋Ｐｂ＋Ｑ）を評価する。

なお，原子炉格納容器の限界圧力，限界温度の確認においては，繰り返し荷重を考慮する必要はないと考えられるが，ドライウェル基部については，念のため，200 ℃，2 Pd における発生応力を算出し，許容応力を下回ることを確認する。

2. 評価方針

発生応力は，熱により発生する二次応力に分類されることから，告示第５０１号に示される一次＋二次応力の評価方法及び評価基準値に従う。

許容値は，告示第５０１号において示される原子炉格納容器（第 2 種容器）の運転状態Ⅰ，Ⅱに対する許容値と同じ 3Ｓ（Ｓ値：200 ℃における値）とする。

3. 評価条件

(1) 圧力及び温度

評価圧力：0.854 MPa (2 Pd)

評価温度：200 ℃

(2) 材料及び許容応力

材料及び許容応力を表 2-1(1)に示す。

表 2-1(1)　材料の許容応力

部位	材料	一次＋二次応力(MPa)
		$P_L + P_b + Q$
原子炉格納容器	SPV50（SPV490 相当）	501（＝3Ｓ）

4. 応力計算

(1) 応力評価点

応力評価点を表 2-1(2)及び図 2-1(1)に示す。応力評価点は，既工事計画書の強度計算書において，一次局部膜応力＋一次曲げ応力＋二次応力が最大の値を示す部位を応力評価点とする。

表 2-1(2) 応力評価点

応力評価点番号	評価項目	応力評価点
P11	一次局部膜応力 ＋ 一次曲げ応力 ＋ 二次応力	ドライウェル基部

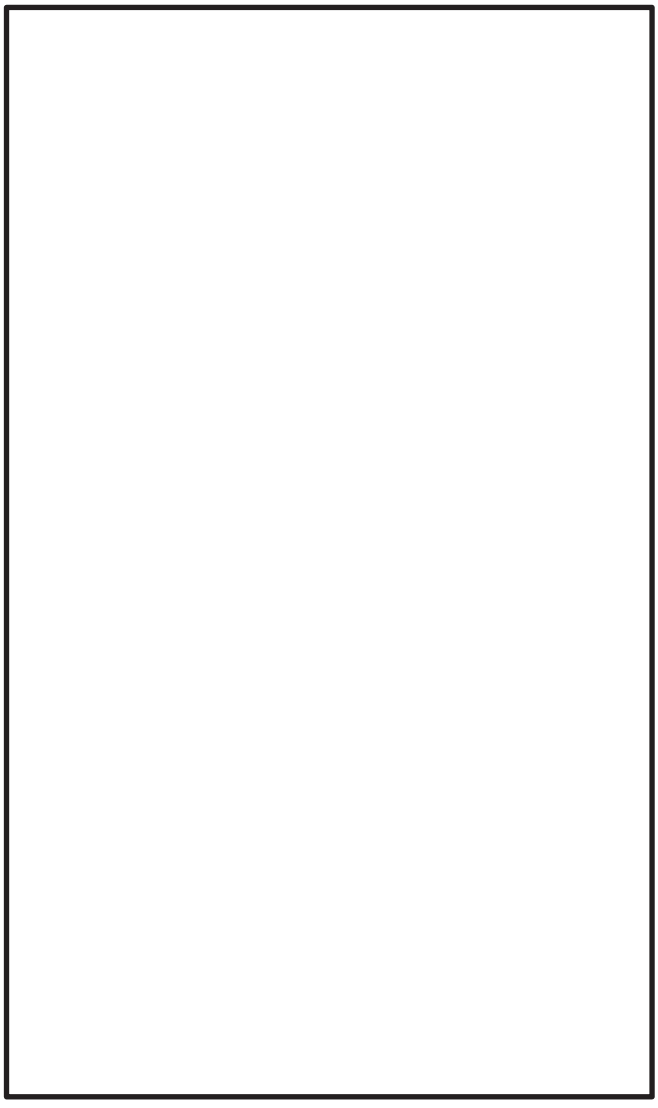


図 2-1(1) 応力評価点

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 応力計算

ドライウェル基部に作用する圧力，熱荷重及び死荷重による応力は，既工事計画書で計算した応力を用い，評価荷重比の割り増しを考慮して算出する。

5. 応力評価

ドライウェル基部の各荷重による応力を表 2-1(3)に示す。また，応力の組合せ結果を表 2-1(4)に示す。

表 2-1(3) 各荷重による応力

荷重	一次＋二次応力(MPa)					
	P_L+P_b+Q					
	内面			外面		
	σt	σl	τ	σt	σl	τ
重大事故等時内圧						
鉛直荷重						
熱荷重 (重大事故等時・200℃)						

σt：円周方向応力，σl ：軸方向応力，τ ：せん断応力

表 2-1(4) 一次＋二次応力の評価結果

応力評価点番号	荷重の組合せ	応力分布	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)
P11	死荷重＋内圧＋熱	一次＋二次応力		501

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. ドライウェル主フランジ

3.1 評価方針

ドライウェル主フランジは，原子炉格納容器の上蓋フランジであり，締付ボルトで固定される構造である。また，フランジ間のシールにはガスケットを使用している。フランジにはシール溝が二重に配置されており，原子炉格納容器内側・外側のそれぞれのシール溝にガスケットを取り付ける二重シール構造になっている。

ドライウェル主フランジの設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び圧縮力が生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価する必要がない。

したがって，ドライウェル主フランジの機能喪失要因は，原子炉格納容器内圧による過度な塑性変形に伴う延性破壊，また，フランジ部の変形及びシール材の高温劣化によるシール機能の低下が考えられる。

このため，200 ℃，2 Pd での健全性確認には以下の評価が必要である。

・ドライウェル主フランジ部の耐圧
・ドライウェル主フランジ固定部の強度
・ドライウェル主フランジのシール性能

ドライウェル主フランジの評価部位の概形を図 3-1 に示す。

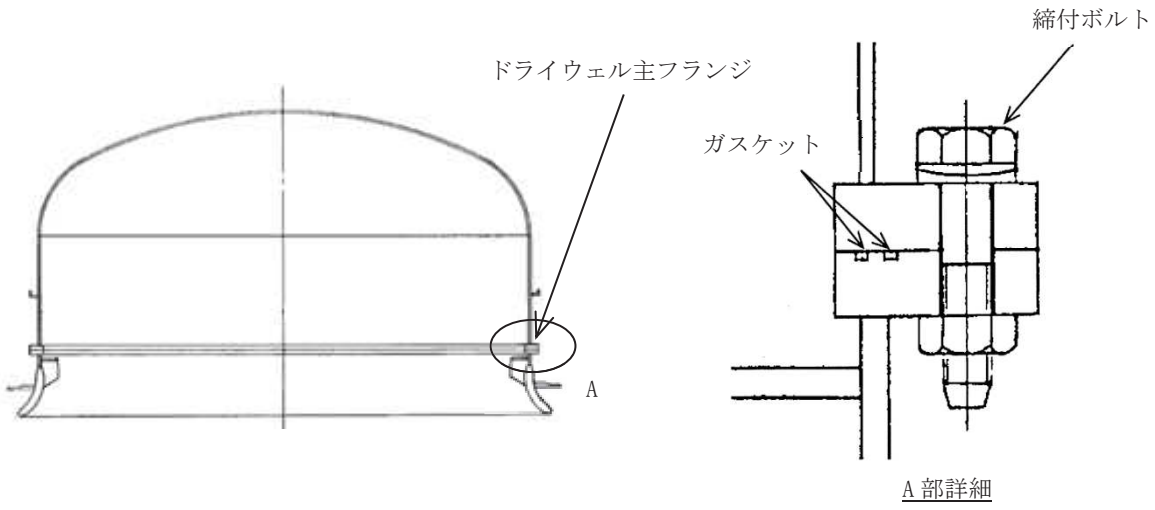


図 3-1　評価部位概形図（ドライウェル主フランジ）

3.1.1　ドライウェル主フランジ部の耐圧

ドライウェル主フランジの強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載する。

3.1.2　ドライウェル主フランジ固定部の強度

ドライウェル主フランジ固定部の強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載する。

3.1.3　ドライウェル主フランジのシール性能

原子炉格納容器の限界温度，限界圧力におけるフランジ開口量を評価するために，三次元有限要素法による解析を用いてドライウェル主フランジ部における開口量を評価する。

評価した開口量は，添付1に示す重大事故等時環境におけるガスケットの健全性確認結果を基に設定した許容開口量と比較し，開口量が許容開口量を下回ることを確認する。

3.2　評価結果

3.2.1　ドライウェル主フランジ部の耐圧

ドライウェル主フランジの強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載する。

3.2.2　ドライウェル主フランジ固定部の強度

ドライウェル主フランジ固定部の強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載する。

3.2.3　ドライウェル主フランジのシール性能

ドライウェル主フランジについて，限界温度，限界圧力におけるフランジ面の開口量が許容開口量を下回ることを確認するため，三次元有限要素法モデルを用いて弾塑性解析を実施した。

図3-2に解析モデルを示す。本解析では，フランジ部だけでなく鋼材が圧力を負担する原子炉格納容器上鏡及び原子炉格納容器胴部（円筒胴及び球形胴）を含めてドライウェル主フランジ全体をモデル化する。

また，フランジシール部を構成する各種部材（フランジ，ボルト，ナット等）の荷重伝達経路を詳細にモデル化するため，ソリッド要素を用いて可能な限り詳細な形状をモデル化する。モデルは対称性及びボルト間の変形を考慮して周方向7.5°分をモデル化している。

荷重条件として，0 から内圧を加えて開口量を解析する。解析コードは「ＡＮＳＹＳ」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

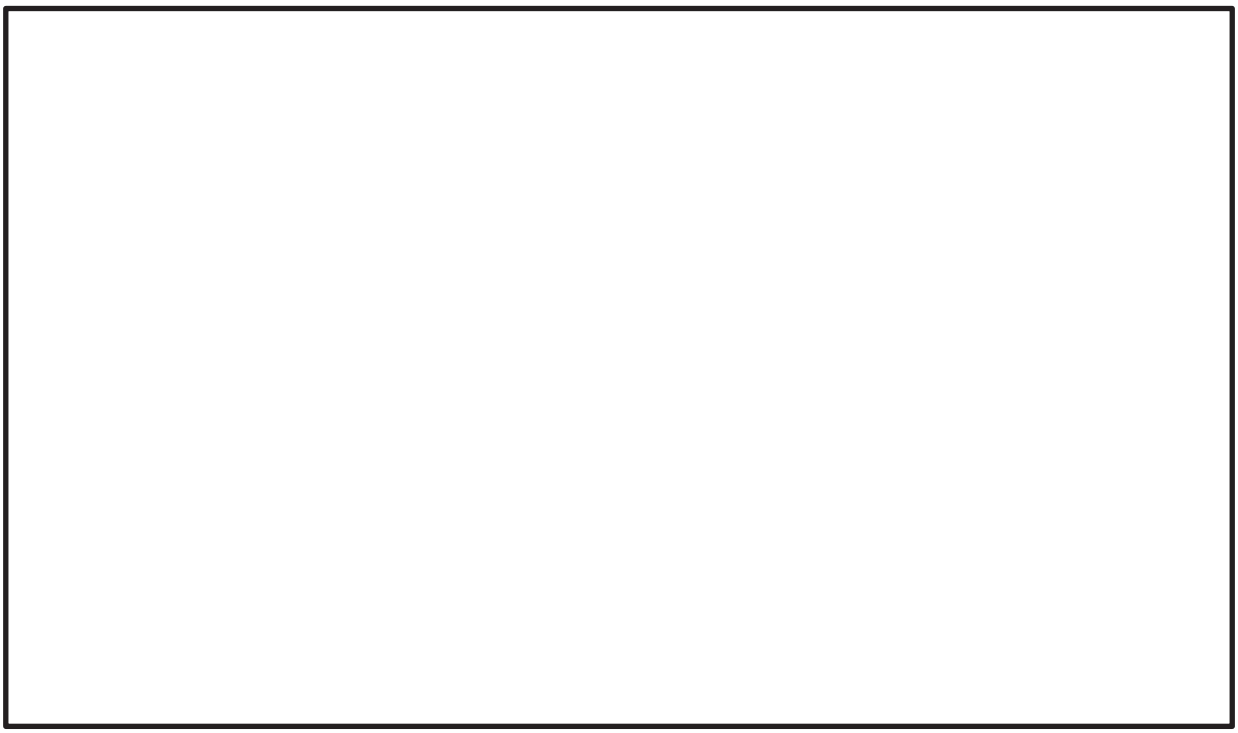


図 3-2　ドライウェル主フランジの解析モデル

(1)　ドライウェル主フランジの開口量評価結果

200 ℃における圧力と開口量の関係を図 3-3 に示す。

2 Pd における内側ガスケット部の開口量は［　　］mm であった。

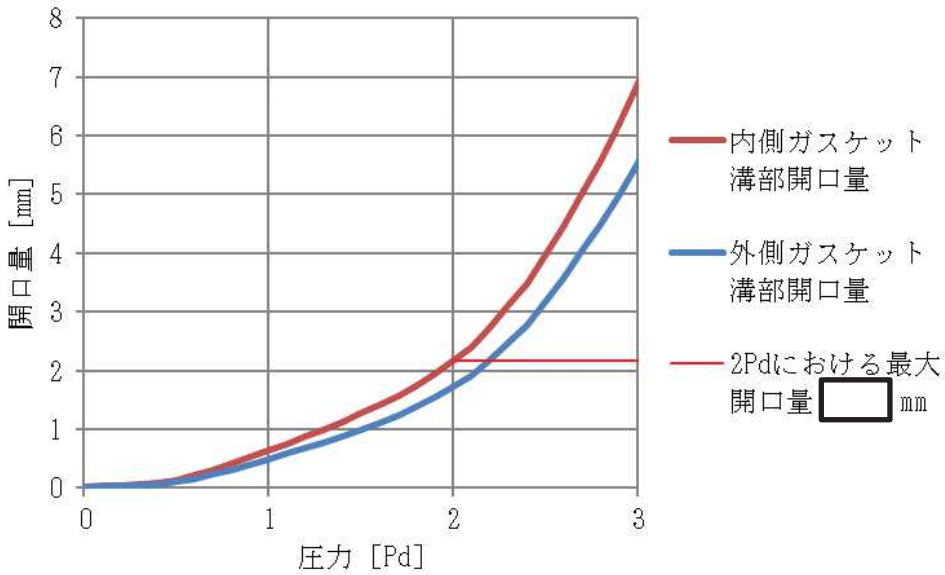


図 3-3　ドライウェル主フランジの圧力と開口量の関係

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　ドライウェル主フランジの許容開口量

ドライウェル主フランジに許容される開口量について以下のように設定する。

図 3-4 に開口量とシール材のシール性との関係図を示す。ドライウェル主フランジは，上鏡部のフランジと原子炉格納容器本体部のフランジ間にシール溝が二重に配置されており，それぞれガスケットを挟み込み，締付ボルトで固定しシールする構造であり，フランジの定格締付量（締付量）は□mm である。圧力の増加に伴いフランジ部は開口するが，添付 1 に示す改良 EPDM 製シール材の重大事故等時環境における圧縮永久ひずみ率□%をもとに，ガスケットの重大事故等時の環境における最大復元量を評価すると，□ mm（＝ □ mm×(100%－□ %)）となる。また，添付 1 に示す試験から 200 ℃，2 Pd における締付量 0 mm においてシール機能が維持されていることを確認したことから，許容開口量は，最大復元量と同じ□mm に設定する。

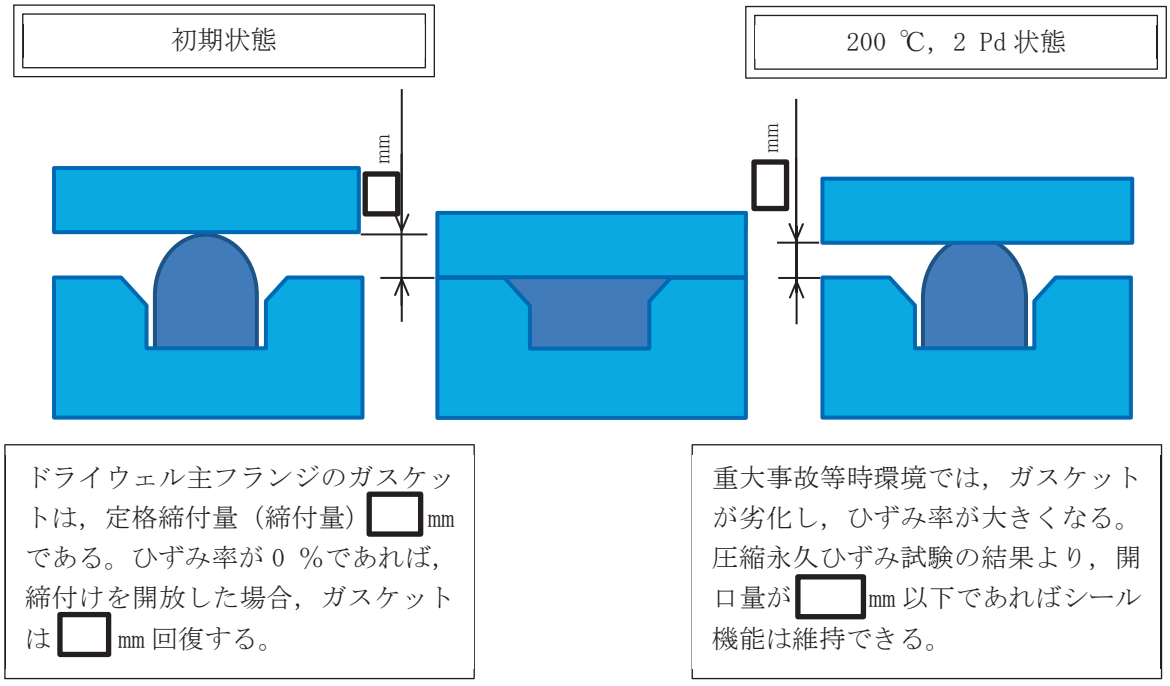


図 3-4　ひずみ率と許容開口量関係図

(3)　比較結果

200 ℃，2 Pd（0.854 MPa）における開口量は，内側ガスケット溝で□mm であり，許容開口量□ mm を下回り，シール機能が維持できることを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3　評価結果まとめ

ドライウェル主フランジの健全性評価結果を表 3-1 に示す。

表 3-1　ドライウェル主フランジの健全性評価結果

No.	評価項目	評価方法	評価	結果
1	ドライウェル主フランジ部の耐圧	応力評価	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載	
2	ドライウェル主フランジ固定部の強度	応力評価	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載	
3	ドライウェル主フランジのシール性能	開口量評価	シール材の重大事故等時の環境における劣化特性を考慮しても，限界温度，限界圧力におけるフランジ開口量は，許容開口量を下回ることから，シール機能が維持されることを確認した。	○

以上により，ドライウェル主フランジについては，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

4. 機器搬出入用ハッチ

4.1 評価方針

機器搬出入用ハッチは，原子炉格納容器内側に突き出した円筒胴及び鏡板によって原子炉格納容器バウンダリを構成しており，原子炉格納容器の内圧が円筒胴及び鏡板に対して外圧として作用する。また，蓋フランジ部はヒンジボルトにより固定され，フランジ間のシールにはガスケットを使用している。フランジにはシール溝が二重に配置されており，原子炉格納容器内側・外側のそれぞれのシール溝にガスケットを取り付ける二重シール構造になっている。

機器搬出入用ハッチの設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないことから，脆性破壊及び疲労破壊は考慮する必要がない。

また，シール部は，原子炉格納容器内の圧力により鏡板を機器搬出入用ハッチ円筒胴に押し付ける構造であり,内圧により鏡板を開く荷重が作用しないことから,ヒンジボルトの延性破壊は,評価対象外とする。

したがって，機器搬出入用ハッチの機能喪失要因は，原子炉格納容器内圧による過度な塑性変形に伴う延性破壊，鏡板の座屈，原子炉格納容器本体の変形に伴う円筒胴の変形及びシール材の高温劣化によるシール機能の低下が考えられる。

このため，200 ℃，2 Pd での健全性確認には以下の評価が必要である。

・機器搬出入用ハッチ本体の耐圧

・機器搬出入用ハッチフランジのシール性能

機器搬出入用ハッチの評価部位の概形を図 4-1 に示す。

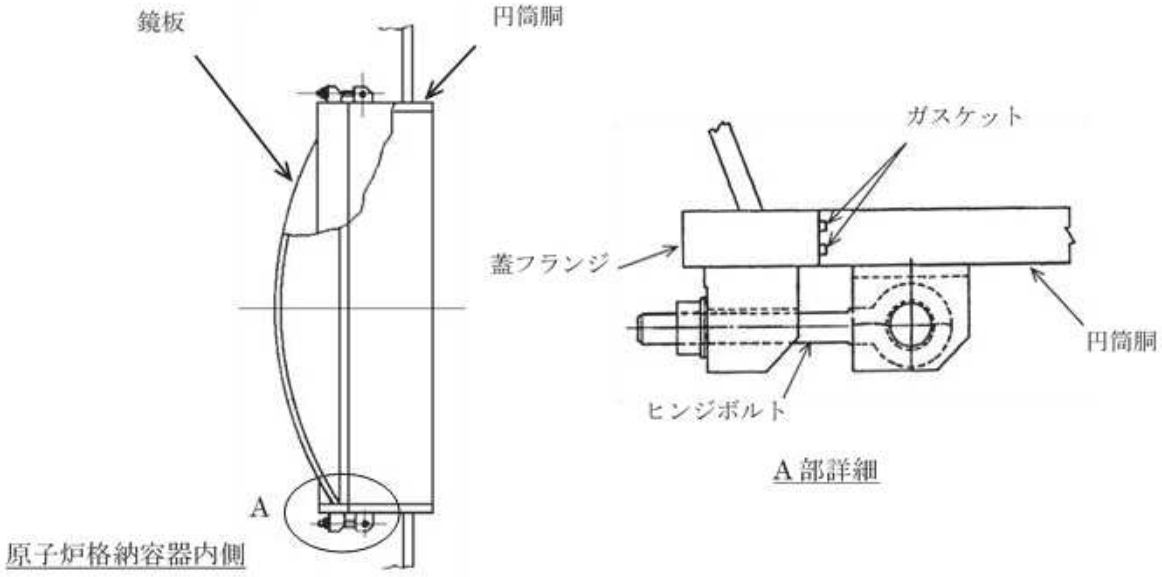


図 4-1 評価部位概形図（機器搬出入用ハッチ）

4.1.1　機器搬出入用ハッチ本体の耐圧

機器搬出入用ハッチ本体の強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

4.1.2　機器搬出入用ハッチフランジのシール性能

原子炉格納容器の限界温度，限界圧力におけるフランジ変形量を評価するために，三次元有限要素法による解析を用いて機器搬出入用ハッチフランジ部における変形量を評価する。

評価した変形量は，添付1に示す重大事故等時環境におけるガスケットの健全性確認結果を基に設定した許容変形量と比較し，変形量が許容変形量を下回ることを確認する。

4.2　評価結果

4.2.1　機器搬出入用ハッチ本体の耐圧

機器搬出入用ハッチ本体の強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

4.2.2　機器搬出入用ハッチフランジのシール性能

機器搬出入用ハッチフランジについて，限界温度，限界圧力におけるフランジ面の変形量が許容変形量を下回ることを確認するため，三次元有限要素法モデルを用いて弾塑性解析を実施した。

図4-2に解析モデル，図4-3に変形の概念図をそれぞれ示す。本解析では，原子炉格納容器の重大事故等時の過温，過圧時におけるフランジ変形量を評価するため，機器搬出入用ハッチ及びハッチ近傍の原子炉格納容器をモデル化する。

また，フランジシール部を構成する各種部材（蓋フランジ，ヒンジボルト等）の荷重伝達経路を詳細にモデル化するため，ソリッド要素を用いて可能な限り詳細な形状をモデル化する。モデルは対称性を考慮して機器搬出入用ハッチ中心を境にドライウェル全体1/4ピッチ分をモデル化している。

荷重条件として，0 から内圧を加えて変形量を解析する。解析コードは「ＡＢＡＱＵＳ」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

図 4-2　機器搬出入用ハッチ開口部評価解析モデル

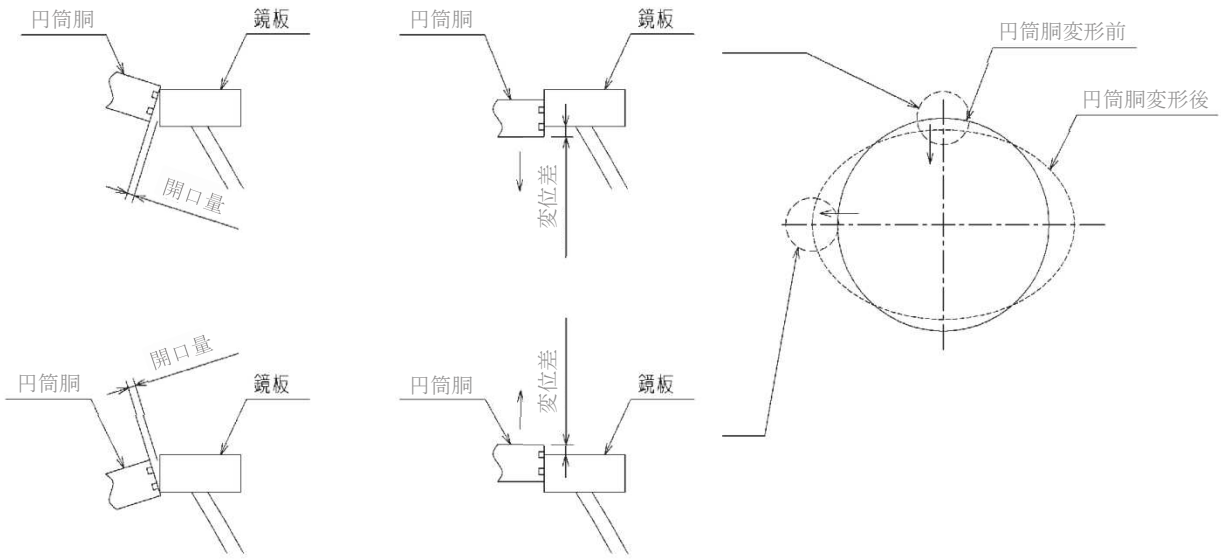


図 4-3　径方向変位差と軸方向開口量の概念図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1)　機器搬出入用ハッチフランジの変形量評価結果

200 ℃における径方向変形量（変位差）を図 4-4 に，軸方向変形量（開口量）を図 4-5 にそれぞれ示す。

2 Pd における変形量は，径方向が最大 [redacted] mm（短径方向変位差），軸方向が最大 [redacted] mm（短径部開口量）であった。

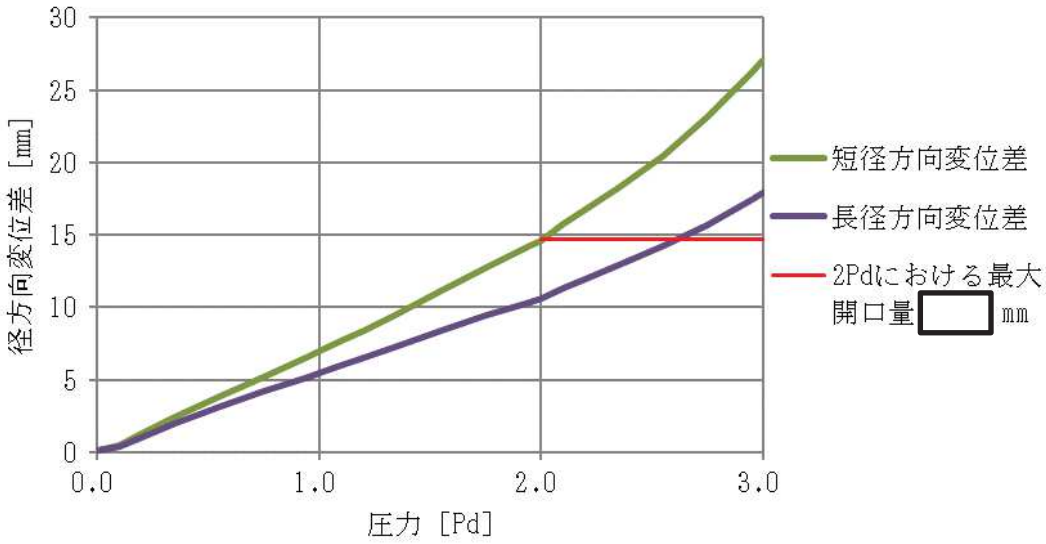


図 4-4　機器搬出入用ハッチの各ガスケット部の圧力と径方向変形量（変位差）の関係

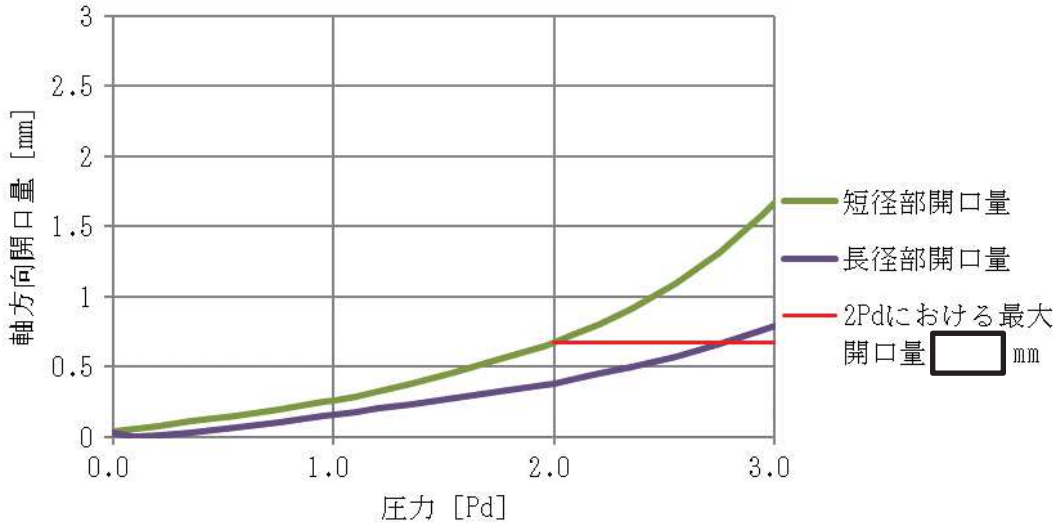


図 4-5　機器搬出入用ハッチの各ガスケット部の圧力と軸方向変形量（開口量）の関係

(2)　機器搬出入用ハッチフランジの許容変形量

円筒胴が変形することによる径方向許容変位差は [redacted] mm となる。

また，添付 1 に示すように，改良 EPDM 製シール材の重大事故等時環境における圧縮永久ひ

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ずみ率は□%であり，シール材の初期締付け量は□ mm であるため，圧縮永久ひずみ率を考慮した軸方向許容開口量は□mm となる。

(3) 比較結果

200 ℃，2 Pd（0.854 MPa）における，径方向変位差は最大で□ mm であり，径方向許容変位差□ mm を下回る。また，軸方向開口量は最大で□mm であり，軸方向許容開口量□ mm を下回る。よって，シール機能が維持できることを確認した。

4.3 評価結果まとめ

機器搬出入用ハッチの健全性評価結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 機器搬出入用ハッチの健全性評価結果

No.	評価項目	評価方法	評価	結果
1	機器搬出入用ハッチ本体の耐圧	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-2 機器搬出入口の強度計算書」に記載	
2	機器搬出入用ハッチフランジのシール性能	変形量評価	シール材の重大事故等時の環境における劣化特性を考慮しても，限界温度，限界圧力におけるフランジ変形量は，許容変形量を下回ることから，シール機能が維持されることを確認した。	○

以上により，機器搬出入用ハッチについては，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 逃がし安全弁搬出入口

5.1 評価方針

逃がし安全弁搬出入口は，原子炉格納容器外側に突き出した円筒胴及び鏡板によって原子炉格納容器バウンダリを構成しており，原子炉格納容器の内圧が円筒胴及び鏡板に対して内圧として作用する。また，蓋フランジ部はヒンジボルトにより固定され，フランジ間のシールにはガスケットを使用している。フランジにはシール溝が二重に配置されており，原子炉格納容器内側・外側のそれぞれのシール溝にガスケットを取り付ける二重シール構造になっている。

逃がし安全弁搬出入口の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び圧縮力が生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は考慮する必要がない。

したがって，逃がし安全弁搬出入口の機能喪失要因は，原子炉格納容器内圧による過度な塑性変形に伴う延性破壊，フランジ部の変形及びシール材の高温劣化によるシール機能の低下が考えられる。

このため，200 ℃，2 Pd での健全性確認には以下の評価が必要である。

・逃がし安全弁搬出入口本体の耐圧
・逃がし安全弁搬出入口フランジ固定部の強度
・逃がし安全弁搬出入口フランジのシール性能

逃がし安全弁搬出入口の評価部位の概形を図 5-1 に示す。

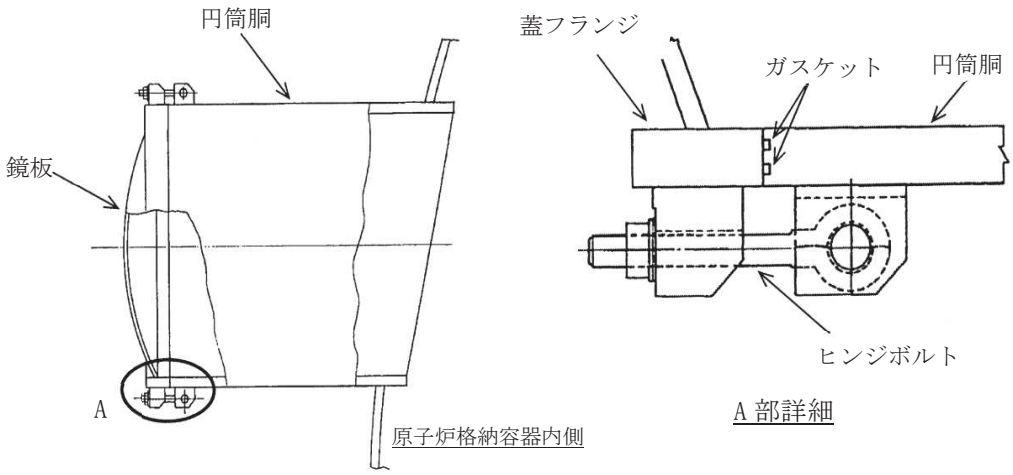


図 5-1 評価部位概形図（逃がし安全弁搬出入口）

5.1.1　逃がし安全弁搬出入口本体の耐圧

逃がし安全弁搬出入口本体の強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

5.1.2　逃がし安全弁搬出入口フランジ固定部の強度

逃がし安全弁搬出入口ヒンジボルトの強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

5.1.3　逃がし安全弁搬出入口フランジのシール性能

原子炉格納容器の限界温度，限界圧力におけるフランジ開口量を評価するために，二次元有限要素法による解析を用いて逃がし安全弁搬出入口フランジ部における開口量を評価する。

評価した開口量は，添付1に示す重大事故等時環境におけるガスケットの健全性確認結果を基に設定した許容開口量と比較し，開口量が許容開口量を下回ることを確認する。

5.2　評価結果

5.2.1　逃がし安全弁搬出入口本体の耐圧

逃がし安全弁搬出入口本体の強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

5.2.2　逃がし安全弁搬出入口フランジ固定部の強度

逃がし安全弁搬出入口ヒンジボルトの強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

5.2.3　逃がし安全弁搬出入口フランジのシール性能

逃がし安全弁搬出入口フランジについて，限界温度，限界圧力におけるフランジ面の開口量が許容開口量を下回ることを確認するため，二次元有限要素法モデルを用いて弾塑性解析を実施した。

図5-2に解析モデルを示す。本解析では，原子炉格納容器の重大事故等時の過温，過圧時におけるフランジ変形量を評価するため，逃がし安全弁搬出入口円筒胴及び鏡板を軸対称要素でヒンジブラケット，ヒンジボルト，ナット及び座金を平面応力要素でモデル化する。

荷重条件として，0 から内圧を加えて開口量を解析する。解析コードは「ＡＢＡＱＵＳ」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

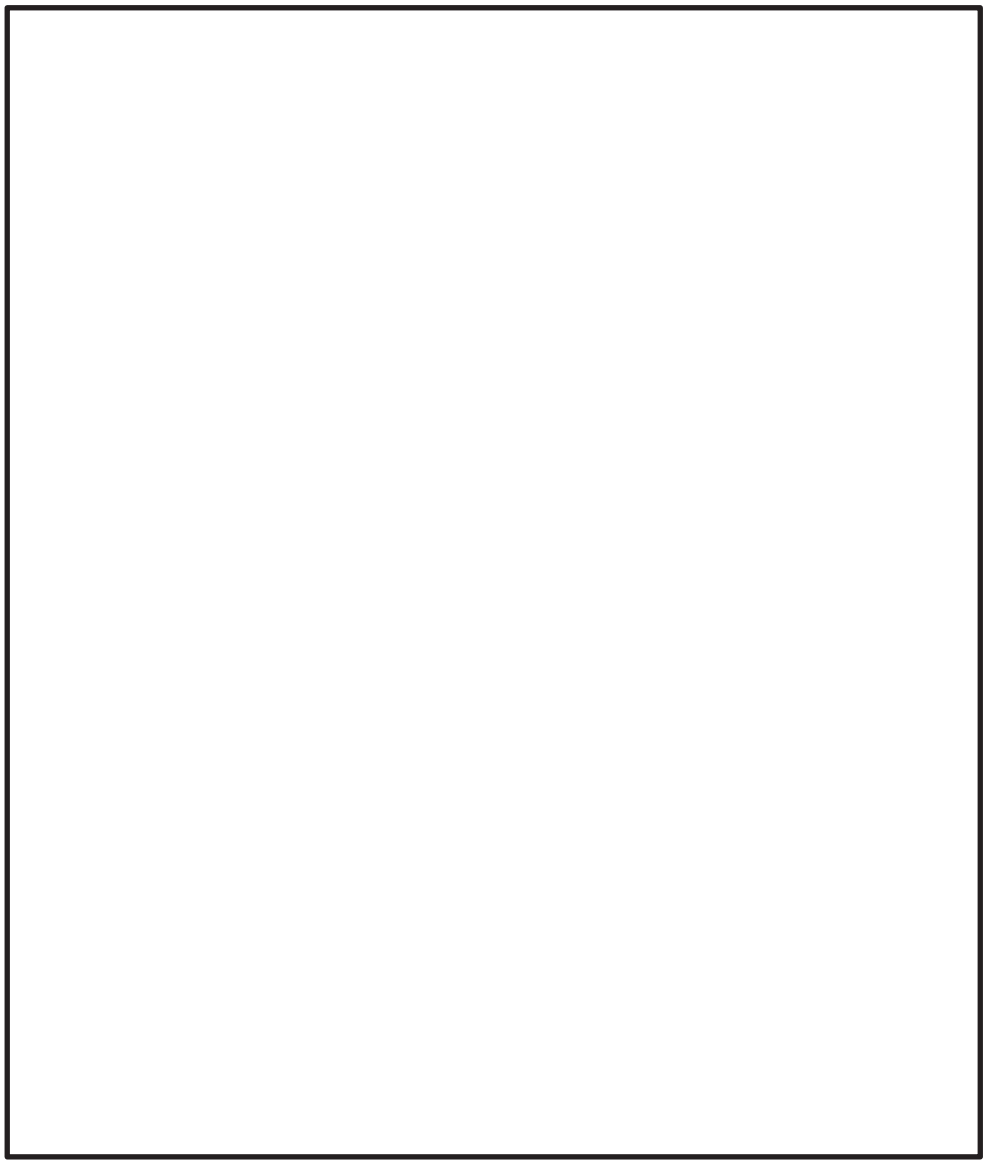


図 5-2　逃がし安全弁搬出入口開口部評価解析モデル

(1)　逃がし安全弁搬出入口フランジの開口量評価結果

200 ℃における開口量を図 5-3 に示す。

2 Pd における開口量は，最大 [redacted] mm（円筒胴内面側）であった。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

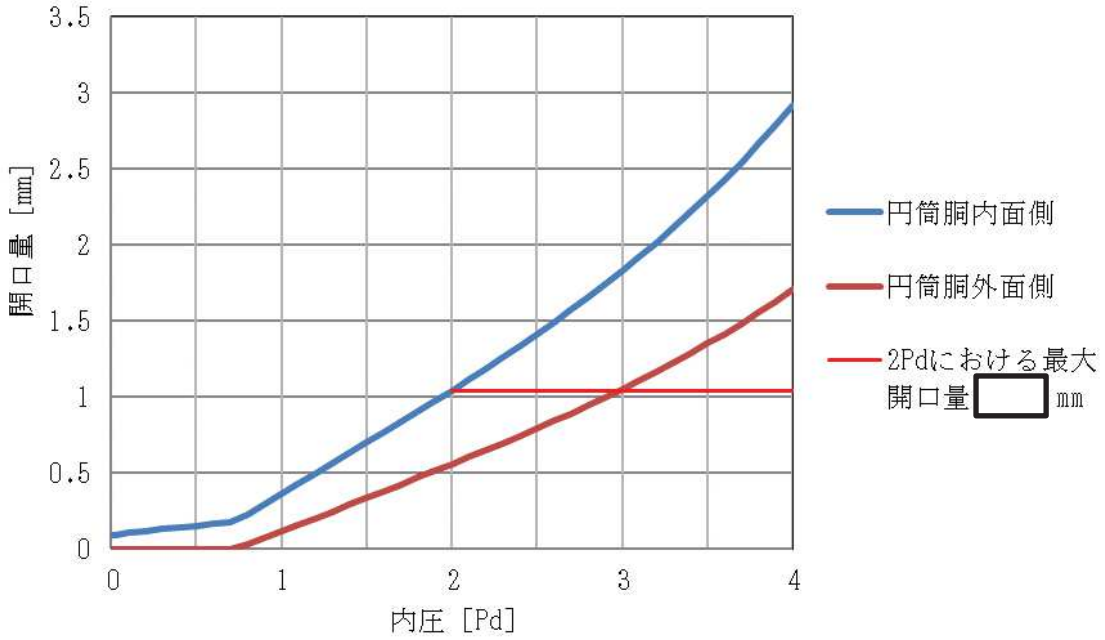


図 5-3　逃がし安全弁搬出入口フランジの圧力と開口量の関係

(2)　逃がし安全弁搬出入口フランジの許容開口量

添付 1 に示すように，改良 EPDM 製シール材の重大事故等時環境における圧縮永久ひずみ率は□%であり，シール材の初期締付け量は□mm であるため，圧縮永久ひずみ率を考慮した許容開口量は□mm となる。

(3)　比較結果

200 ℃，2 Pd（0.854 MPa）における開口量は最大で□mm であり，許容開口量□mm を下回る。よって，シール機能が維持できることを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.3　評価結果まとめ

逃がし安全弁搬出入口の健全性評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1　逃がし安全弁搬出入口の健全性評価結果

No.	評価項目	評価方法	評価	結果
1	逃がし安全弁搬出入口本体の耐圧	応力評価	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
2	逃がし安全弁搬出入口フランジ固定部の強度	応力評価	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
3	逃がし安全弁搬出入口フランジのシール性能	開口量評価	シール材の重大事故等時の環境における劣化特性を考慮しても，限界温度，限界圧力におけるフランジ開口量は，許容開口量を下回ることから，シール機能が維持されることを確認した。	○

以上により，逃がし安全弁搬出入口については，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持できる。

6. 制御棒駆動機構搬出入口

6.1 評価方針

制御棒駆動機構搬出入口は，原子炉格納容器内側に突き出した円筒胴及び鏡板によって原子炉格納容器バウンダリを構成しており，原子炉格納容器の内圧が円筒胴及び鏡板に対して外圧として作用する。また，蓋フランジ部はヒンジボルトにより固定され，フランジ間のシールにはガスケットを使用している。フランジにはシール溝が二重に配置されており，原子炉格納容器内側・外側のそれぞれのシール溝にガスケットを取り付ける二重シール構造になっている。

制御棒駆動機構搬出入口の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないことから，脆性破壊及び疲労破壊は考慮する必要がない。

また，シール部は，原子炉格納容器内の圧力により鏡板を制御棒駆動機構搬出入口円筒胴に押し付ける構造であり，内圧により鏡板を開く荷重が作用しないことから，ヒンジボルトの延性破壊は，評価対象外とする。

したがって，制御棒駆動機構搬出入口の機能喪失要因は，原子炉格納容器内圧による過度な塑性変形に伴う延性破壊，鏡板の座屈，原子炉格納容器本体の変形に伴う円筒胴の変形及びシール材の高温劣化によるシール機能の低下が考えられる。

このため，200 ℃，2 Pd での健全性確認には以下の評価が必要である。

・制御棒駆動機構搬出入口本体の耐圧

・制御棒駆動機構搬出入口フランジのシール性能

制御棒駆動機構搬出入口の評価部位の概形を図 6-1 に示す。

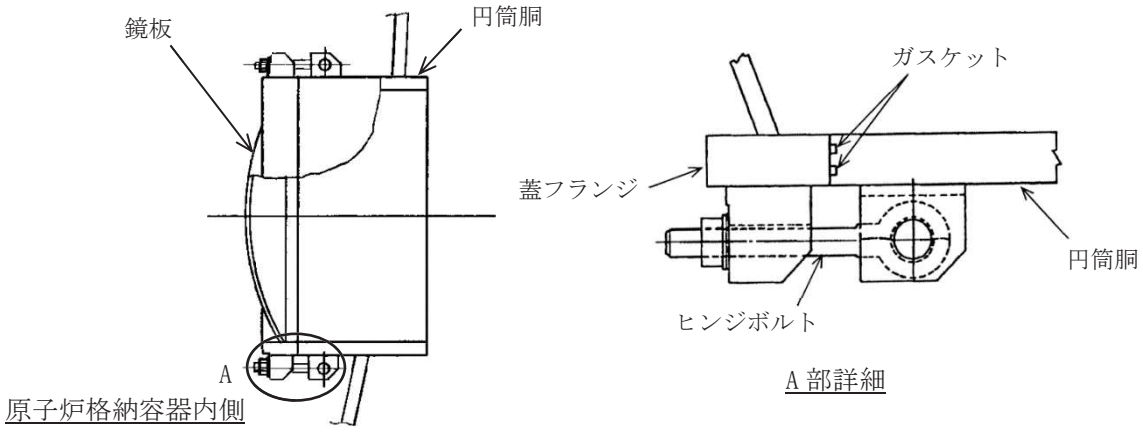


図 6-1　評価部位概形図（制御棒駆動機構搬出入口）

6.1.1　制御棒駆動機構搬出入口本体の耐圧

制御棒駆動機構搬出入口本体の強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

6.1.2　制御棒駆動機構搬出入口フランジのシール性能

原子炉格納容器の限界温度，限界圧力におけるフランジ変形量を評価するために，三次元有限要素法による解析を用いて制御棒駆動機構搬出入口フランジ部における変形量を評価する。

評価した変形量は，添付1に示す重大事故等時環境におけるガスケットの健全性確認結果を基に設定した許容変形量と比較し，変形量が許容変形量を下回ることを確認する。

6.2　評価結果

6.2.1　制御棒駆動機構搬出入口本体の耐圧

制御棒駆動機構搬出入口本体の強度評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載する。

6.2.2　制御棒駆動機構搬出入口フランジのシール性能

制御棒駆動機構搬出入口フランジについて，限界温度，限界圧力におけるフランジ面の変形量が許容変形量を下回ることを確認するため，三次元有限要素法モデルを用いて弾塑性解析を実施した。

図6-2に解析モデル，図6-3に変形の概念図をそれぞれ示す。本解析では，原子炉格納容器の重大事故等時の過温，過圧時におけるフランジ変形量を評価するため，制御棒駆動機構搬出入口及び制御棒駆動機構搬出入口近傍の原子炉格納容器をモデル化する。

また，フランジシール部を構成する各種部材（蓋フランジ，ヒンジボルト等）の荷重伝達経路を詳細にモデル化するため，ソリッド要素を用いて可能な限り詳細な形状をモデル化する。

荷重条件として，0 から内圧を加えて変形量を解析する。解析コードは「ＡＢＡＱＵＳ」を使用する。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

図 6-2　制御棒駆動機構搬出入口開口部評価解析モデル

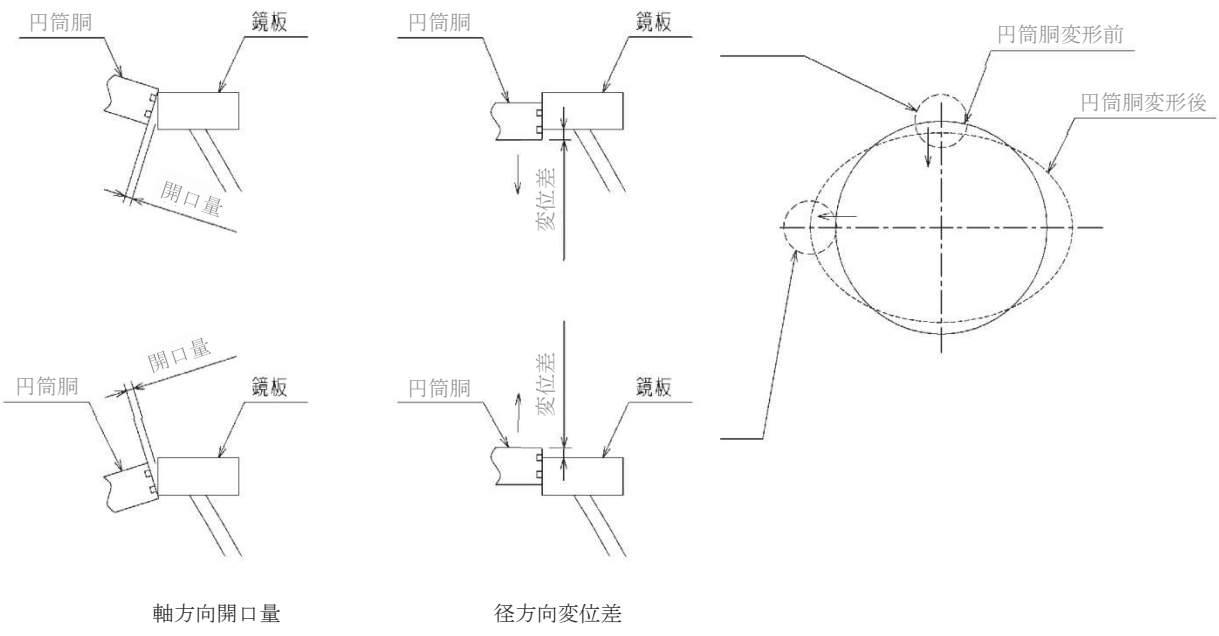


図 6-3　径方向変位差と軸方向開口量の概念図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1)　制御棒駆動機構搬出入口フランジの開口量評価結果

200 ℃における径方向変形量（変位差）を図 6-4 に，軸方向変形量（開口量）を図 6-5 にそれぞれ示す。

2 Pd における変形量は，径方向が最大□ mm（ 0° 側変位差），軸方向が最大□ mm（0° 側開口量）であった。

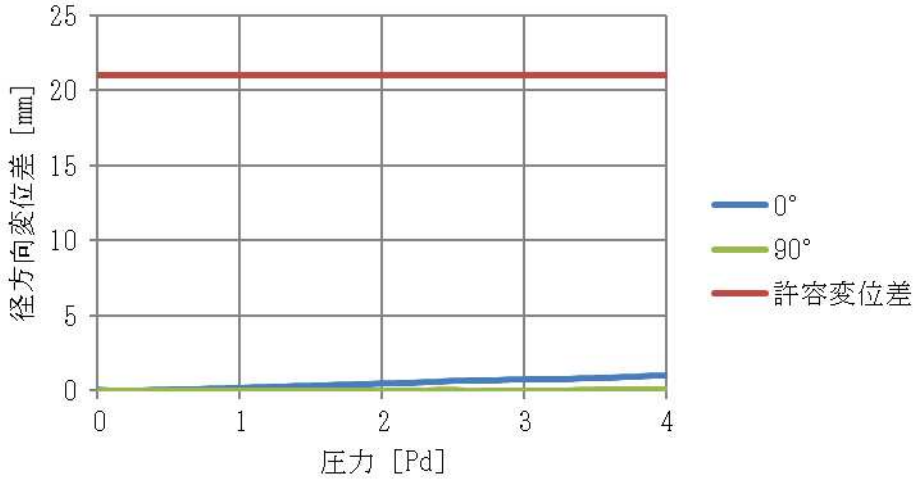


図 6-4　制御棒駆動機構搬出入口の各ガスケット部の圧力と径方向変形量（変位差）の関係

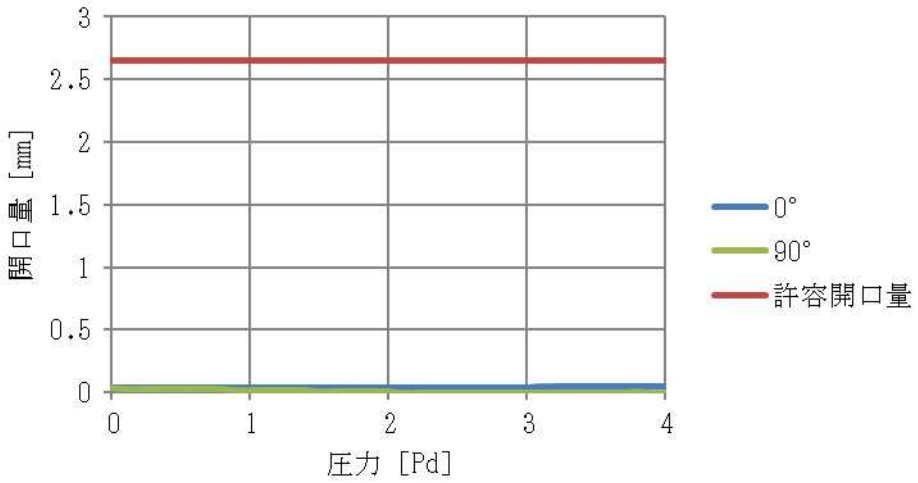


図 6-5　制御棒駆動機構搬出入口の各ガスケット部の圧力と軸方向変形量（開口量）の関係

(2)　制御棒駆動機構搬出入口フランジの許容開口量

円筒胴が変形することによる径方向許容変位差は□mm となる。

また，添付 1 に示すように，改良 EPDM 製シール材の重大事故等時環境における圧縮永久ひずみ率は□%であり，シール材の初期締付け量は□ mm であるため，圧縮永久ひずみ率を考慮した軸方向許容開口量は□ mm となる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3)　比較結果

200 ℃，2 Pd（0.854 MPa）における，径方向変位差は最大で□mm であり，径方向許容変位差□mm を下回る。また，軸方向開口量は最大で□mm であり，軸方向許容開口量□mm を下回る。よって，シール機能が維持できることを確認した。

6.3　評価結果まとめ

制御棒駆動機構搬出入口の健全性評価結果を表 6-1 に示す。

表 6-1　制御棒駆動機構搬出入口の健全性評価結果

No.	評価項目	評価方法	評価	結果
1	制御棒駆動機構搬出入口本体の耐圧	応力評価	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載	
2	制御棒駆動機構搬出入口フランジのシール性能	変形量評価	シール材の重大事故等時の環境における劣化特性を考慮しても，限界温度，限界圧力におけるフランジ変形量は，許容変形量を下回ることから，シール機能が維持されることを確認した。	○

以上により，制御棒駆動機構搬出入口については，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7. 所員用エアロック

7.1 評価方針

所員用エアロックは，円筒胴が原子炉格納容器に溶接固定されており，円筒胴の両端に平板（隔壁）を溶接し，人が出入りできる開口部を設けている。この開口部に枠板（隔壁）を溶接し，枠板の前面を開閉扉で塞ぐ構造である。枠板の前面と扉間のシールにはガスケットを使用している。なお，ドライウェル主フランジや逃がし安全弁搬出入口と異なり，原子炉格納容器加圧時は所員用エアロック扉が支持部に押し付けられる構造となっているため，扉板が開くことはない。また，隔壁には扉開閉ハンドル軸等が貫通しており，貫通部にシール材を使用している。

所員用エアロックの設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び有意な圧縮力が所員用エアロックに生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は考慮する必要がない。

したがって，所員用エアロックの機能喪失要因は，高温状態で原子炉格納容器内圧を受けることによる，過度な塑性変形に伴う所員用エアロック本体の延性破壊，並びに，扉の変形及びシール材の高温劣化によるシール機能の低下による漏えいが想定される。

このため，200 ℃，2 Pd での健全性確認には以下の評価が必要である。

・所員用エアロック本体の耐圧

・シール性能

所員用エアロックの評価部位の概形を図 7-1 に示す。

なお，隔壁には電気配線貫通部が設けられているが，この電気配線貫通部の構造は電気配線貫通部のうち，低電圧用モジュールと同様の構造であることから，「9. 電気配線貫通部」にて評価する。

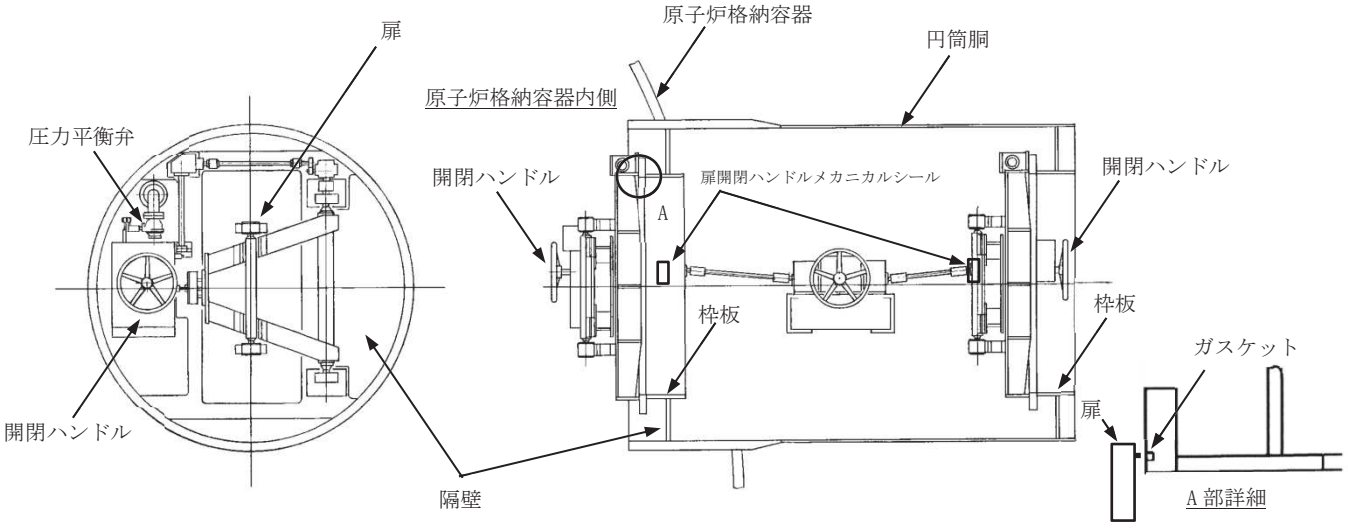


図 7-1 評価部位概形図（所員用エアロック）

7.1.1　所員用エアロック本体の耐圧

所員用エアロック本体の強度評価方法は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載する。

7.1.2　シール性能

(1)　扉のシール材

所員用エアロックの扉のシール材には，重大事故等時の耐環境性に優れた改良 EPDM 製シール材を使用する。所員用エアロック扉閉止時は，扉は原子炉格納容器内圧により扉板が支持部に押し付けられる構造であり，圧力により扉板が開くことはない。しかし，高温状態で内圧を受けることによる扉板のわずかな変形によりガスケット部の微小な開口が予想されるため，圧力による開口量を理論式に基づき評価する。

改良 EPDM 製シール材による重大事故等時の原子炉格納容器閉じ込め機能を確認するために，圧縮永久ひずみ試験結果をもとに許容開口量を評価し，重大事故等時における扉板部の変位量と比較することで原子炉格納容器閉じ込め機能を評価する。

評価した変位量は，添付 1 に示す重大事故等時環境におけるガスケットの健全性確認結果を基に設定した許容開口量と比較し，変位量が許容開口量を下回ることを確認する。

(2)　扉以外のシール材

所員用エアロックには，扉のガスケット以外に原子炉格納容器閉じ込め機能を確保するための隔壁貫通部にシール材が使用されているが，重大事故等時の耐環境性に優れた表 7-1 に示すシール材に変更する。これらのシール材は，通常運転中における劣化は軽微であることから，通常運転時の劣化を考慮せず重大事故等時の条件下での評価を実施する。

また，これらのシール材について試験結果及び一般的な材料特性により重大事故等時の環境下における耐性を確認する。

表 7-1　所員用エアロック（扉以外）のシール材

対象部位		シール材
扉開閉ハンドル メカニカルシール	Oリング	改良 EPDM 材
	シャフトパッキン	改良 EPDM 材
圧力平衡弁	Oリング	改良 EPDM 材
	シート	PEEK 材
	グランドパッキン	PEEK 材
	スラストベアリング	PEEK 材
	ステムベアリング	PEEK 材

7.2　評価結果

7.2.1　所員用エアロック本体の耐圧

所員用エアロック本体の強度評価結果は，添付書類「VI-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載する。

7.2.2　シール性能

(1)　扉のシール材

所員用エアロック扉閉止時は，扉は原子炉格納容器内圧により扉板が支持部に押し付けられる構造であり，圧力により扉板が開くことはない。しかし，高温状態で内圧を受けることによる扉板のわずかな変形によりガスケット部の微小な開口が予想されるため，圧力による変位量を機械工学便覧のはりのたわみ計算式に基づき評価した。改良 EPDM 製シール材による重大事故等時の原子炉格納容器閉じ込め機能を確認するために，圧縮永久ひずみ試験結果をもとに許容開口量を評価し，重大事故等時における扉板部の変位量と比較することで原子炉格納容器閉じ込め機能を評価した。

許容開口量は，扉板シール部の初期締付け量□mm，必要押込み量□mm 及び添付 1 に示す改良 EPDM 製シール材の重大事故等時環境における圧縮永久ひずみ率□%より，□mm（＝（初期締付け量□mm－必要押込み量□mm）×（100%－□%）／100%）とする。

機械工学便覧のはりのたわみ計算式を用いて求めた，所員用エアロック扉板の変位量は表 7-2 に示すとおり□mm であり，許容開口量□mm を下回る。

所員用エアロック扉の変形概念図を図 7-2 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

評価式：

$$\delta = w \times L_1 / (24 \times E \times I) \times (3L_1^3 + 6L_1^2 \times L_2 - L_2^3)$$ （出典：機械工学便覧）

表 7-2　所員用エアロック（扉板）の変位量評価結果

L_1	支点からシール部中心までの長さ（mm）	
L_2	支点間の長さ（mm）	
b_1	扉の全幅（mm）	
t_1	扉の板厚（mm）	
b_2	扉垂直部材の幅（mm）	
t_2	扉垂直部材の板厚（最小値）（mm）	
w	2Pd による等分布荷重（$P \times b_1$）（N/mm）	
I	断面二次モーメント（$b_1 \times t_1^3 + 4 \times b_2 \times t_2^3$）/12（$mm^4$）	2.765×10^7
E	縦弾性係数（MPa）	191000
δ	変位量（mm）	

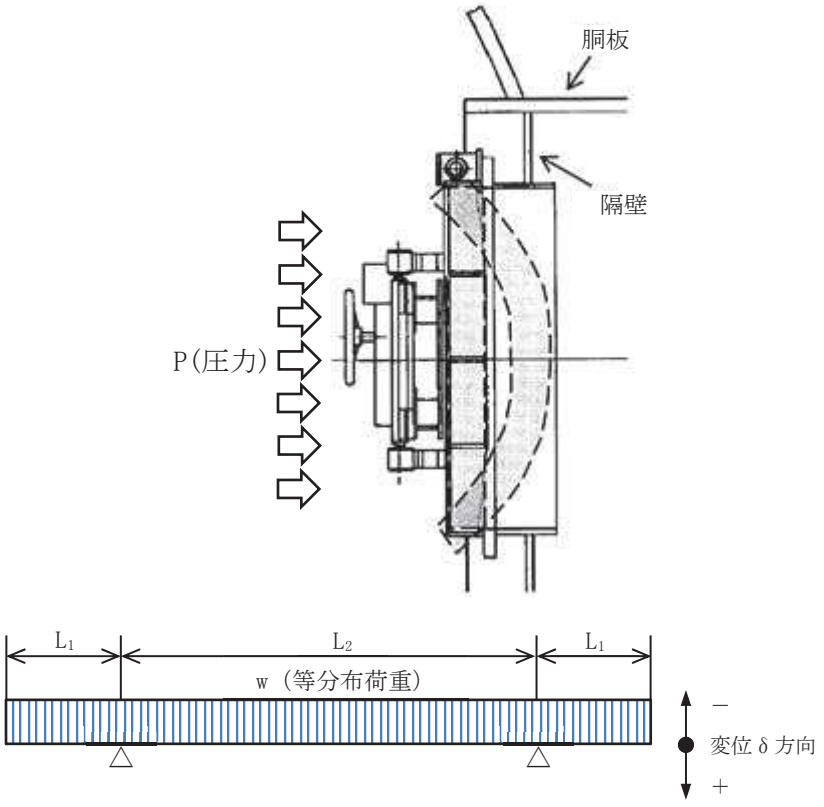


図 7-2　所員用エアロック扉の変形概念図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　扉以外のシール材

所員用エアロックには，扉のガスケット以外に原子炉格納容器閉じ込め機能を確保するための隔壁貫通部にシール材が表 7-1 のとおり使用されている。

これらのシール材について試験結果及び一般的な材料特性により重大事故等時の環境下における耐性を確認した。

扉開閉ハンドル貫通部及び圧力平衡弁に使用する改良 EPDM 製シール材については，添付 1 に示す圧縮永久ひずみ試験結果のとおり，重大事故等時の環境下における健全性を確認した。

圧力平衡弁に使用する PEEK 材は，一般的に 200 ℃程度の高温環境下においても高い安定性を得ることができるシール材料であり，表 7-3 に示す材料特性から，重大事故等時の環境下においても十分な耐性を有することを確認した。

表 7-3　PEEK 材の材料特性

シール材	仕様		
	耐熱温度	融点	耐放射線性
PEEK 材	250 ℃	343 ℃	約 10 MGy

また，PEEK 材は圧力平衡弁シート部に用いるシール材料であるため，実機圧力平衡弁と同型の弁を使用した，重大事故等時の原子炉格納容器環境を模擬した耐環境試験を実施しており，熱及び放射線曝露後の漏えい試験にて弁シート部の気密性が確保できることを確認している。表 7-4 に耐環境試験条件を示す。

表 7-4　圧力平衡弁の耐環境試験条件（PEEK 材）

熱劣化	200 ℃，168 時間
放射線照射量	□ kGy
漏えい試験圧力	0.854 MPa

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7.3　評価結果まとめ

所員用エアロックの健全性評価結果を表 7-5 に示す。

表 7-5　所員用エアロックの健全性評価結果

No.	評価項目	評価方法	評価	結果
1	所員用エアロック本体の耐圧	応力評価	添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載	
2	シール性能	開口量評価，シール材評価	・扉ガスケットについて，シール材の重大事故等時環境における劣化特性を考慮しても，限界温度，限界圧力における変位量は許容開口量を下回ることから，シール機能が維持されることを確認した。 ・扉以外のシール材について，試験等によりシール材の重大事故等時環境においても，シール機能が維持されることを確認した。	○

以上により，所員用エアロックについては，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

8.　配管貫通部

8.1　概要

配管貫通部ついて，限界温度，限界圧力環境下における放射性物質の閉じ込め機能が維持されることを確認する。

代表的な配管貫通部の概形を図 8-1 に示す。配管貫通部は，スリーブ，端板，フランジ部（フランジ，ボルト締付平板），閉止板，伸縮継手及び短管とスリーブ等に接続する配管（貫通配管）によって原子炉格納容器バウンダリを構成している。また，フランジ部は，原子炉格納容器の貫通部に溶接固定されたフランジとボルト締付平板を締結ボルトで固定しており，シール部にはガスケットを使用している。

上記を踏まえ，以下の構成で健全性を確認する。

8.2 項では，配管貫通部（貫通配管）の構造健全性を確認する。

8.3 項では，配管貫通部（スリーブ）の構造健全性を確認する。

8.4 項では，配管貫通部（端板）の構造健全性を確認する。

8.5 項では，配管貫通部（フランジ部）の構造健全性，シール部の機能維持を確認する。

8.6 項では，配管貫通部（閉止板）の構造健全性を確認する。

8.7 項では，配管貫通部（伸縮継手）の構造健全性を確認する。

8.8 項では，配管貫通部（短管）の構造健全性を確認する。

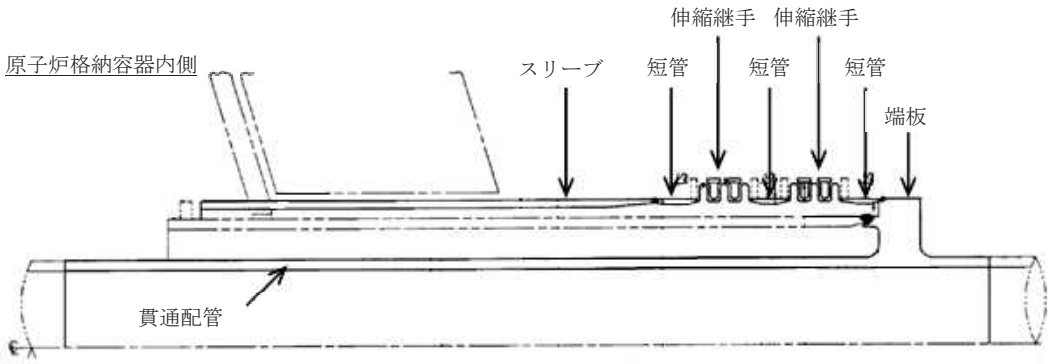


図 8-1　配管貫通部概形図

8.2　配管貫通部（貫通配管）

8.2.1　評価方針

配管貫通部（貫通配管）は，スリーブ等を介して原子炉格納容器本体に溶接構造で取り付けられている。

配管貫通部（貫通配管）に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である200 ℃，2 Pdの条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び有意な圧縮力が配管貫通部（貫通配管）に生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。

一方，配管貫通部（貫通配管）には，原子炉格納容器内圧が作用し，一次応力が生じるため，配管貫通部（貫通配管）における延性破壊が機能喪失要因として想定される。

このため，200 ℃，2 Pdの環境下における構造健全性を確認する。

8.2.2　評価結果

配管貫通部（貫通配管）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「VI-3-3-3-2　原子炉冷却材の循環設備の強度計算書」，「VI-3-3-3-3　残留熱除去設備の強度計算書」，「VI-3-3-3-4　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書」，「VI-3-3-3-5　原子炉冷却材補給設備の強度計算書」，「VI-3-3-4-1-2　制御棒駆動水圧設備の強度計算書」，「VI-3-3-4-2ほう酸水注入設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」，「VI-3-3-4-3　制御用空気設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-2-7　原子炉格納容器安全設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-2-8　放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の強度計算書」，「VI-3-3-6-2-9　原子炉格納容器調気設備の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2-10　圧力逃がし装置の強度計算書」に記載する。

8.3　配管貫通部（スリーブ）

8.3.1　評価方針

配管貫通部（スリーブ）は，原子炉格納容器本体胴を貫通する円筒形の部材で，原子炉格納容器本体胴に溶接固定されている。また，配管貫通部（スリーブ）は，原子炉格納容器内に開口しており内面に圧力を受けるスリーブと，原子炉格納容器内の突出し部が閉止しており外面に圧力を受けるスリーブに分類される。

配管貫通部（スリーブ）の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと及び繰返し荷重が作用しないことから，脆性破壊及び疲労破壊は評価対象外とする。

したがって，配管貫通部（スリーブ）の機能喪失要因は，内面に圧力を受けるスリーブについては，高温状態で内圧を受け，過度な塑性変形に伴う延性破壊が想定される。また，外面に圧力を受けるスリーブについては座屈が想定される。

このため，200 ℃，2 Pd での配管貫通部（スリーブ）の健全性確認について，内面に圧力を受けるスリーブについては，延性破壊を評価する。また，外面に圧力を受けるスリーブについては，座屈を評価する。

8.3.2　評価結果

配管貫通部（スリーブ）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「Ⅵ-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

8.4　配管貫通部（端板）

8.4.1　評価方針

配管貫通部（端板）は，スリーブ又は短管に溶接固定されている。

配管貫通部（端板）の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び有意な圧縮力が生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価対象外と考えることができる。

したがって，端板の機能喪失要因は，高温状態で内圧を受け，過度な塑性変形に伴う耐圧部材の延性破壊が想定される。

このため，200 ℃，2 Pd での端板の健全性確認について，延性破壊を評価する。

8.4.2　評価結果

配管貫通部（端板）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

8.5 配管貫通部（フランジ部）

8.5.1　評価方針

配管貫通部（フランジ部）は，フランジ，ボルト締付平板及び締付ボルトからなり，原子炉格納容器の貫通部に溶接固定されたフランジとボルト締付平板とを締付ボルトで固定している。また，フランジ部のシール材には，重大事故等時の耐環境性に優れた改良 EPDM 製シール材を使用する。

配管貫通部（フランジ部）の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び圧縮力が生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。

したがって，配管貫通部（フランジ部）の機能喪失要因は，高温状態で内圧を受け，過度な塑性変形に伴う延性破壊が想定される。

また，シール部については，高温状態で内圧を受け，配管貫通部（フランジ部）が変形することによる開口及びシール材の高温劣化によるシール機能の低下が想定される。更に，シール部の開口が進むと締付ボルトに引張応力が作用し，締付ボルト破損に至ることが想定される。

このため，200 ℃，2 Pd での配管貫通部（フランジ部）の構造健全性確認について，延性破壊を評価する。シール部については，フランジ開口量増加によるシール性能を評価する。

配管貫通部（フランジ部）は，フランジ部の径と板厚等の組み合わせにより，厳しい条件となる X-200A，B を代表評価する。

配管貫通部（フランジ部）（X-200A，B）の評価対象を図 8-2 に示す。配管貫通部（フランジ部）（X-200A，B）は，サプレッションチェンバに取り付けられているサプレッションチェンバ出入口である。

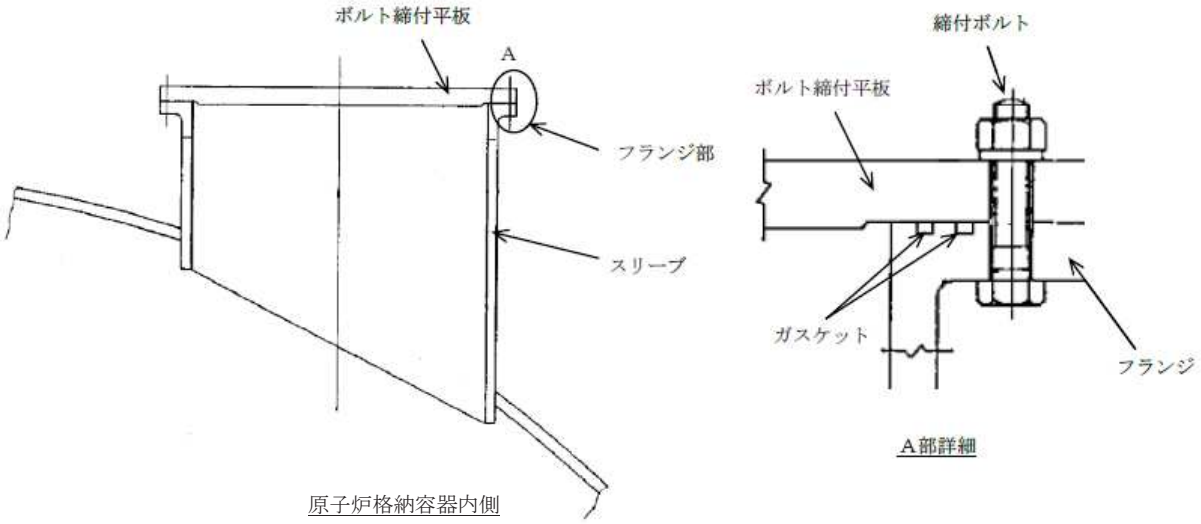


図 8-2　評価部位概形図（配管貫通部（フランジ部））

8.5.2　評価結果

(1)　構造部（フランジ，締付ボルト，ボルト締付平板）

構造部の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

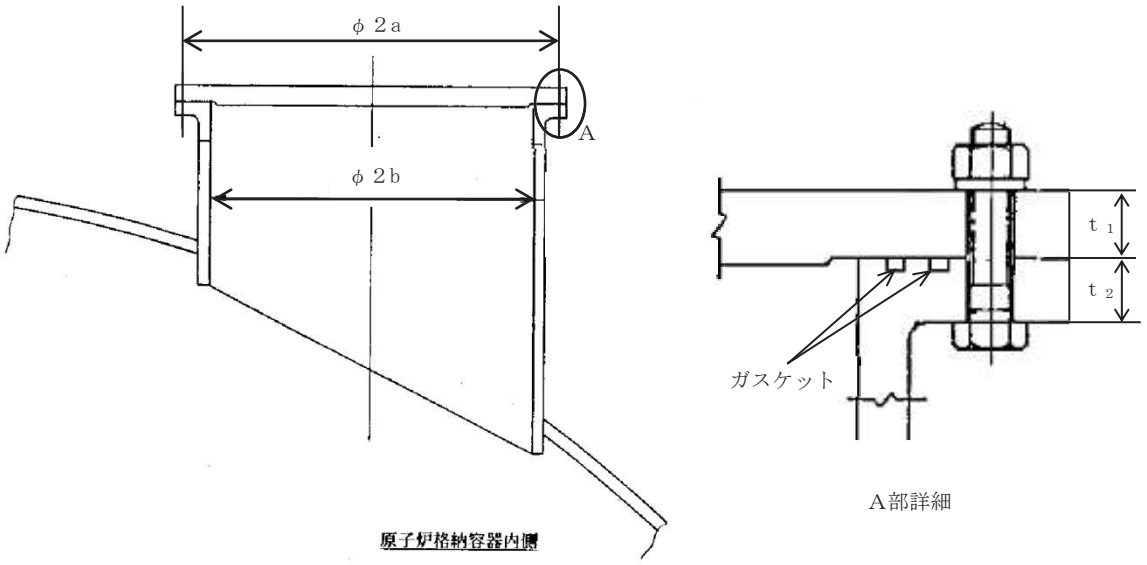
(2)　シール性能

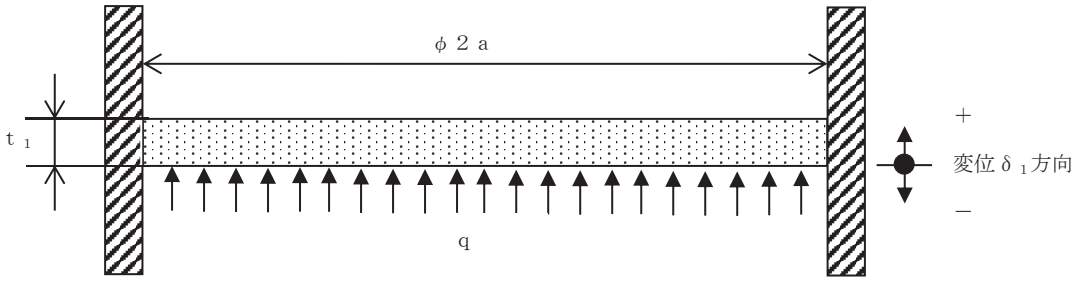
許容開口量は，サプレッションチェンバ出入口（X-200A，B）のフランジ部の定格締付量 [redacted] mm 及び添付 1 に示す改良 EPDM 製シール材の重大事故等時環境における圧縮永久ひずみ率 [redacted] %より，[redacted] mm（＝定格締付量 [redacted] mm×（100%－[redacted] %）／100%）とする。

図 8-3 に示すモデルを用いた開口量の評価結果を表 8-1 に示す。

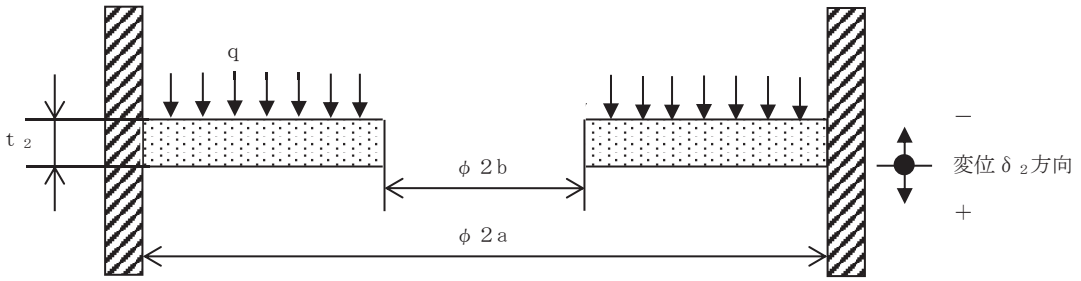
2 Pd における開口量は [redacted] mm であり，許容開口量 [redacted] mm を下回る。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





ボルト締付平板評価モデル



フランジ部評価モデル

図 8-3　評価モデル

表 8-1　配管貫通部（フランジ部）開口量評価結果

サプレッションチェンバ出入口（X-200A，B）

記号	内容	値
a	ボルトピッチ円半径	
b	フランジ内半径	
D_1	$=\frac{Et_1^3}{12(1-\nu^2)}$ *1	
D_2	$=\frac{Et_2^3}{12(1-\nu^2)}$ *1	
E	縦弾性係数	191000 MPa
K_{yb}	b/a より定まる係数 *1	
q	評価圧力	0.854 MPa
t_1	閉止板板厚	62 mm
t_2	フランジ部板厚	
ν	ポアソン比	
δ_1	$=\frac{qa^4}{64D_1}$ *1*2	
δ_2	$=\frac{-K_{yb}\cdot qa^4}{D_2}$ *1*2	
$\delta_1+\delta_2$	合計開口量	
δ_a	許容開口量	

注記＊1：出典「ROARK’S FORMULAS FOR STRESS AND STRAIN EIGHTH EDITION」

＊2：保守的に，はりの最大変位量をシール部の変位量とみなす

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

8.6 配管貫通部（閉止板）

8.6.1 評価方針

配管貫通部（閉止板）は，将来的に原子炉格納容器本体に配管等を接続するために設けた部材であり，スリーブに溶接固定されている。

配管貫通部（閉止板）の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び圧縮力が閉止板に生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。

したがって，配管貫通部（閉止板）の機能喪失要因は，高温状態で内圧を受け，過度な塑性変形に伴う延性破壊が想定される。

このため，200 ℃，2 Pd での配管貫通部（閉止板）の健全性確認について，延性破壊を評価する。

配管貫通部（閉止板）の評価対象を図 8-4 に示す。

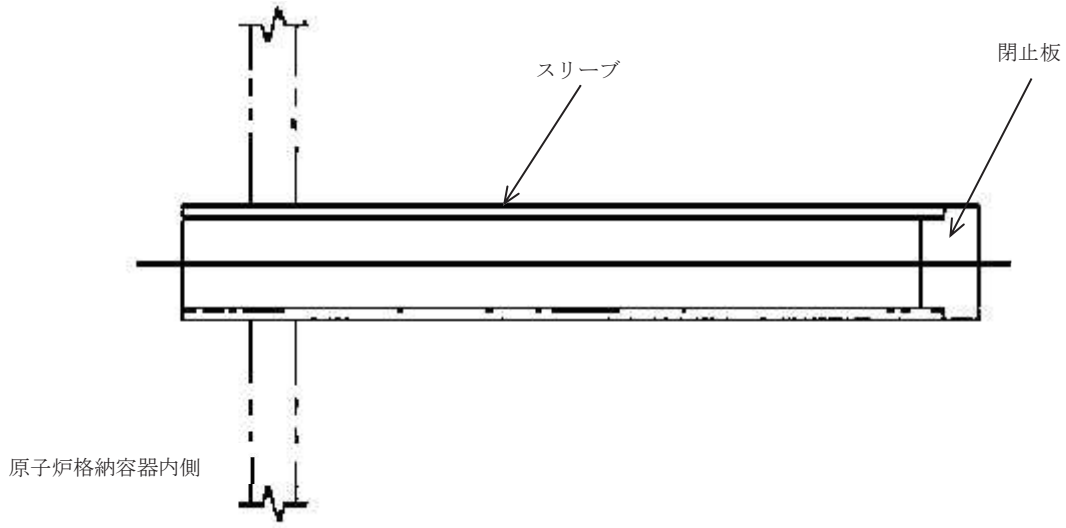


図 8-4 配管貫通部（閉止板）の評価対象

8.6.2 評価結果

配管貫通部（閉止板）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「VI-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

8.7　配管貫通部（伸縮継手）

8.7.1　評価方針

配管貫通部（伸縮継手）は，原子炉格納容器本体に配管等を接続するために設けた部材であり，短管に溶接構造で取り付けられている。

配管貫通部（伸縮継手）の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊及び疲労破壊が考えられる。今回の評価条件である200 ℃，2 Pdの条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないことから，脆性破壊は評価対象外と考えることができる。

したがって，配管貫通部（伸縮継手）の機能喪失要因は，通常運転時に累積される低サイクル疲労に加えて重大事故等時に累積される低サイクル疲労による疲労破壊が想定される。

このため，200 ℃，2 Pdでの配管貫通部（伸縮接手）の健全性確認について，疲労破壊を評価する。

配管貫通部（伸縮継手）の評価対象を図 8-5 に示す。

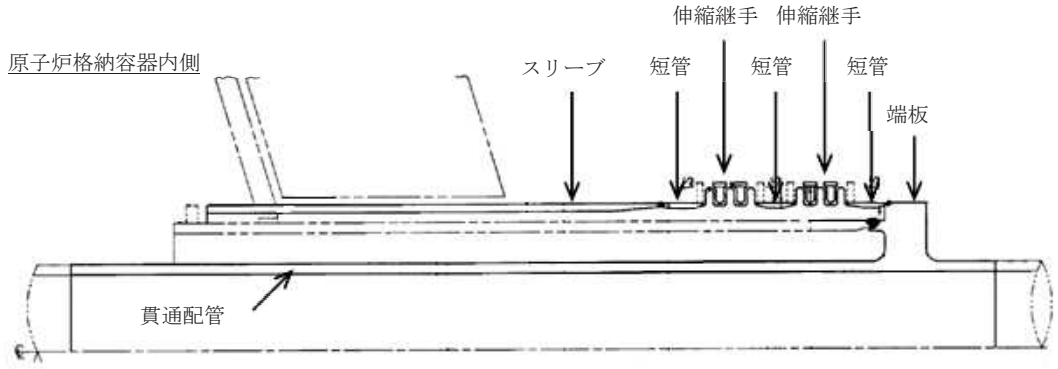


図 8-5　配管貫通部（伸縮接手）の評価対象

8.7.2　評価結果

配管貫通部（伸縮継手）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

8.8　配管貫通部（短管）

8.8.1　評価方針

配管貫通部（短管）は，伸縮継手付貫通部に用いられる短管で，スリーブ及び伸縮継手等に溶接固定されている。

配管貫通部（短管）の設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200 ℃，2 Pd の条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び圧縮力が短管に生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。

したがって，配管貫通部（短管）の機能喪失要因は，高温状態で内圧を受け，過度な塑性変形に伴う延性破壊が想定される。

このため，200 ℃，2 Pd での配管貫通部（短管）の健全性確認について，延性破壊を評価する。

配管貫通部（短管）の評価対象を図 8-6 に示す。

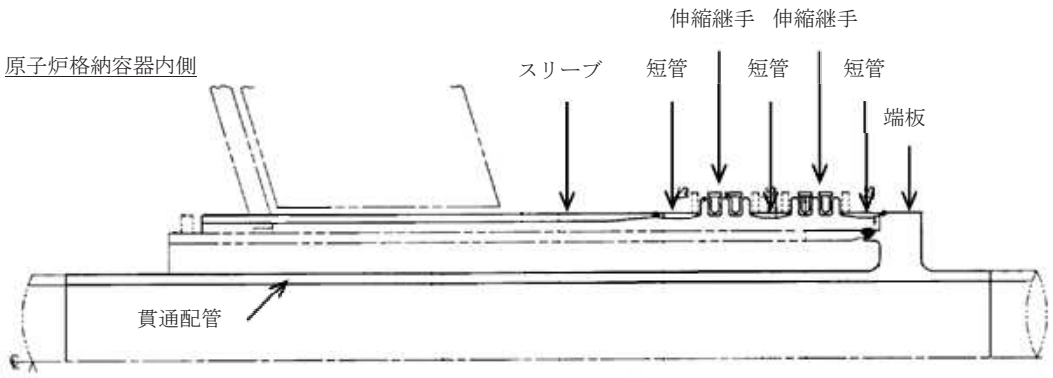


図 8-6　配管貫通部（短管）の評価対象

8.8.2　評価結果

配管貫通部（短管）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

8.9　評価結果まとめ

配管貫通部の健全性評価結果を表 8-2 に示す。

表 8-2　配管貫通部の健全性評価結果

No.	評価項目	評価方法	評価	結果
1	貫通配管	応力評価	添付書類「VI-3-3-3-2　原子炉冷却材の循環設備の強度計算書」,「VI-3-3-3-3　残留熱除去設備の強度計算書」,「VI-3-3-3-4　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書」,「VI-3-3-3-5　原子炉冷却材補給設備の強度計算書」,「VI-3-3-4-1-2　制御棒駆動水圧設備の強度計算書」,「VI-3-3-4-2　ほう酸水注入設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」,「VI-3-3-4-3　制御用空気設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-2-7　原子炉格納容器安全設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-2-8　放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-2-9 原子炉格納容器調気設備の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2-10　圧力逃がし装置の強度計算書」に記載	
2	スリーブ	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
3	端板	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
4	フランジ部	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
		開口量評価	サプレッションチェンバ出入口（X-200A，B）を代表とし，シール材の重大事故等時の環境における劣化特性を考慮しても，限界温度，限界圧力におけるフランジ開口量は，許容開口量を下回ることから，シール機能が維持されることを確認した。	○
5	閉止板	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
6	伸縮継手	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	
7	短管	応力評価	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載	

以上により，配管貫通部については，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

9. 電気配線貫通部

9.1 概要

電気配線貫通部について，限界温度，限界圧力環境下における放射性物質の閉じ込め機能が維持されることを確認する。

電気配線貫通部には，高電圧用と低電圧用の二種類があり，電気配線貫通部本体のヘッダに高電圧用モジュール又は低電圧用モジュールが設置されている。

電気配線貫通部（高電圧用）の構造を図 9-1，電気配線貫通部（低電圧用）の構造を図 9-2 に示す。

高電圧用モジュールは，スリーブ～アダプタ間，アダプタ～ヘッダ間及びヘッダ～モジュール間の溶接部並びにモジュール内部のエチレンプロピレンゴム（以下「EP ゴム」という。）によりシール機能を維持する構造となっている。

低電圧用モジュールは，スリーブ～アダプタ間，アダプタ～ヘッダ間の溶接部，ヘッダ～モジュール間のメタルOリングによる金属シール並びにモジュール内部のエポキシ樹脂によりシール機能を維持する構造となっている。

電気配線貫通部のうちアダプタ及びヘッダの設計時に考慮される機能喪失要因は，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である200 ℃，2 Pdの条件を考慮した場合，脆性破壊が生じる温度域でないこと，繰り返し荷重が作用しないこと及び過度の圧縮力がアダプタ及びヘッダに生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は評価対象外と考えることができる。

したがって，アダプタ及びヘッダの機能喪失要因は，高温状態で内圧による過度な塑性変形に伴う延性破壊が想定される。

上記を踏まえ，以下の構成で健全性を確認する。

9.2 項では，電気配線貫通部（アダプタ）の構造健全性を確認する。

9.3 項では，電気配線貫通部（ヘッダ）の構造健全性を確認する。

9.4 項では，電気配線貫通部（モジュール）のシール部の機能維持を確認する。

なお，スリーブについては，8.3 配管貫通部（スリーブ）に含めて確認している。

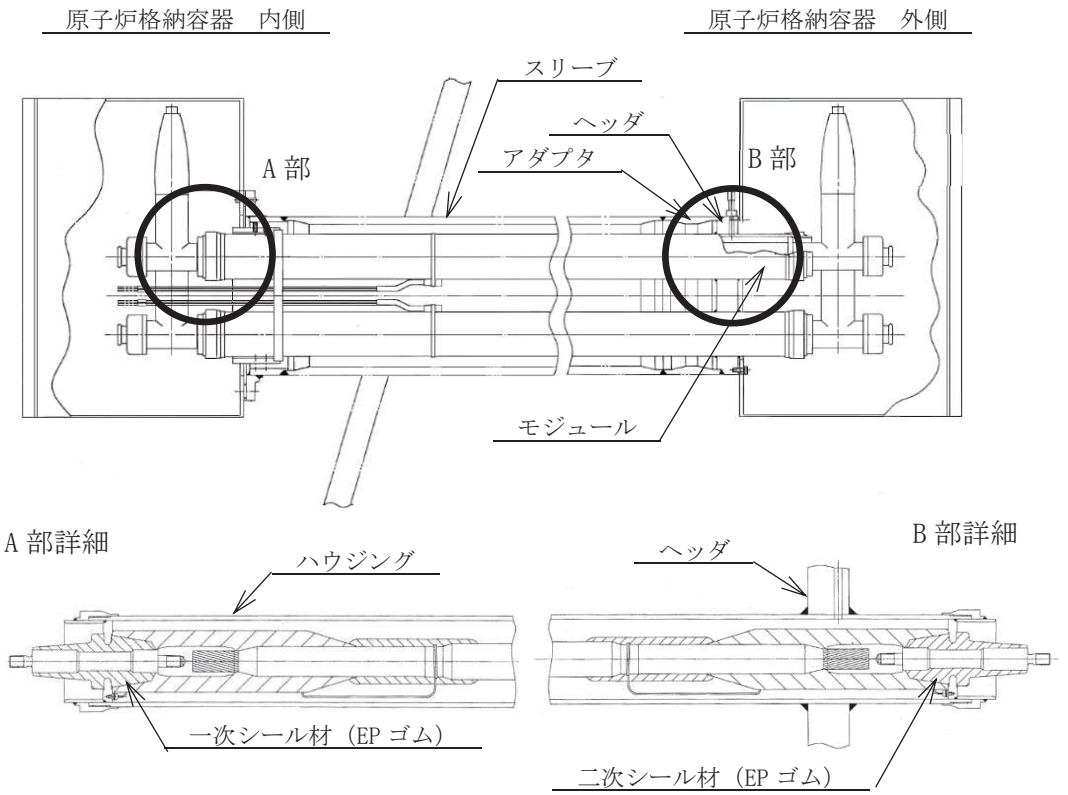


図 9-1　電気配線貫通部（高電圧用）概形図

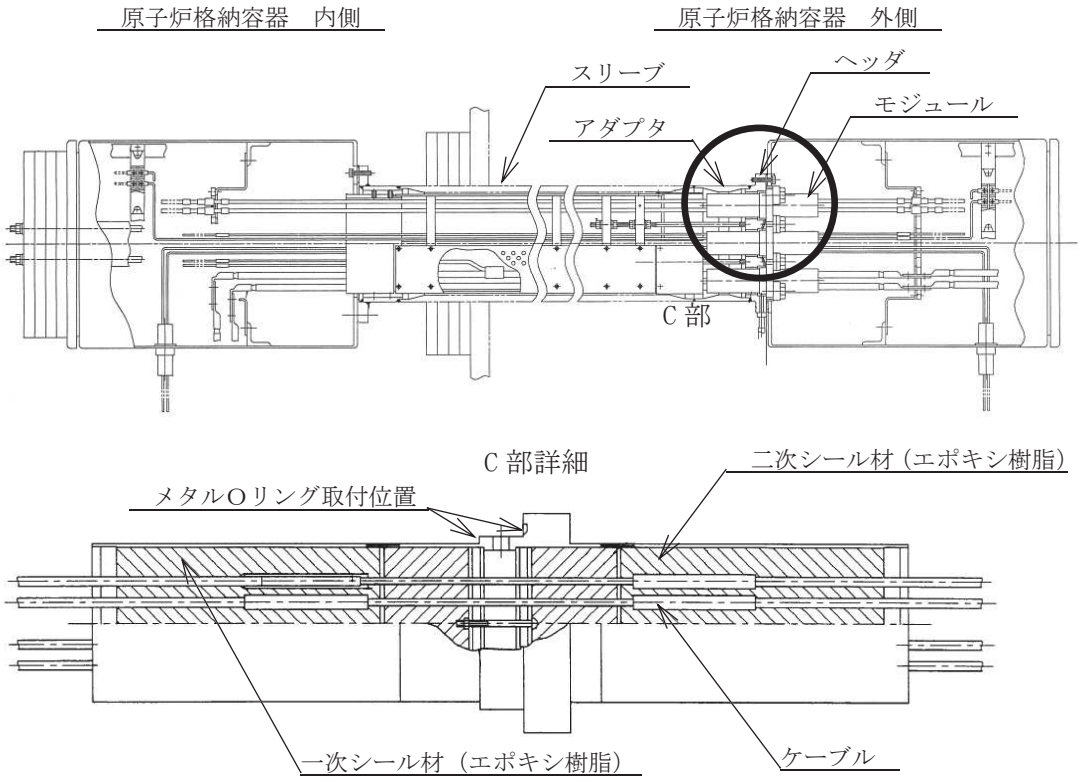


図 9-2　電気配線貫通部（低電圧用）概形図

9.2　電気配線貫通部（アダプタ）

電気配線貫通部（アダプタ）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

9.3　電気配線貫通部（ヘッダ）

電気配線貫通部（ヘッダ）の強度評価方法及び評価結果は，添付書類「Ⅵ-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載する。

9.4　電気配線貫通部（モジュール）

9.4.1　評価方針

電気配線貫通部（モジュール）のシール材として，高電圧用モジュールにはEPゴム，低電圧用モジュールにはエポキシ樹脂を使用しているため，原子炉格納容器内の圧力及び温度の上昇に伴う高温劣化によるシール機能の低下が想定される。

このため，200 ℃，2 Pdでのモジュールの健全性確認について，過去の検証試験を基にシール機能が確保されることを確認する。

9.4.2　評価

(1)　既往の電共研による試験結果を用いた評価（高電圧用モジュール）

高電圧用モジュールは，モジュール内部のEPゴムによりシール性能を維持しており，既往の電共研「格納容器電気ペネトレーションの特性確認試験（S63/3）報告書」における検証試験でシール機能が確保されることを確認している。

この電共研では，高電圧用モジュールを対象として，原子炉格納容器内側の電気配線貫通部端子箱部分の環境条件を 200 ℃とした場合における電気配線貫通部のシール性能について検証を行っている。

既往の電共研の試験結果を表9-1に示す。

表9-1　電共研の試験結果（高電圧用モジュール）

原子炉格納容器内側端子箱部分の環境条件				一次シール部温度（℃）	二次シール部温度（℃）	漏えい有無
温度（℃）	圧力（MPa）	時間（h）	試験雰囲気			
200 (220)	(0.61 ～0.79)	62.0	乾熱	194	44	一次シール部の漏えいなし 二次シール部の漏えいなし
・()内数値は，試験記録のグラフからの読取値。 ・試験時の原子炉格納容器外側圧力及び高電圧用モジュールのハウジング内圧力は0 kPa(大気圧)で実施。						

試験結果から，原子炉格納容器内側端子箱部分の環境条件を 200 ℃とした試験においては，一次シール部及び二次シール部それぞれについて漏えいはないことが確認できている。

なお，本試験の試験圧力は，約 0.79 MPa（約 1.8 Pd）であり，2 Pd 以下であるが，実機の電気配線貫通部のモジュールは，運転中におけるシール部の漏えい確認のため，その内部に窒素を約 0.1 MPa～0.15 MPa の圧力で封入している。そのため，原子炉格納容器内の圧力が 2 Pd となった場合においても，モジュールの EP ゴムに加わる圧力は，0.704 MPa ～0.754 MPa*となる。そのため，電共研の試験圧力 0.79 MPa 以下となることから，試験条件は実機の 2 Pd 条件を包絡していると判断する。

注記＊：0.854 MPa（2 Pd）－（ 0.1 MPa～ 0.15 MPa）より

高電圧用モジュールにおける窒素ガス封入のイメージを図 9-3 に示す。

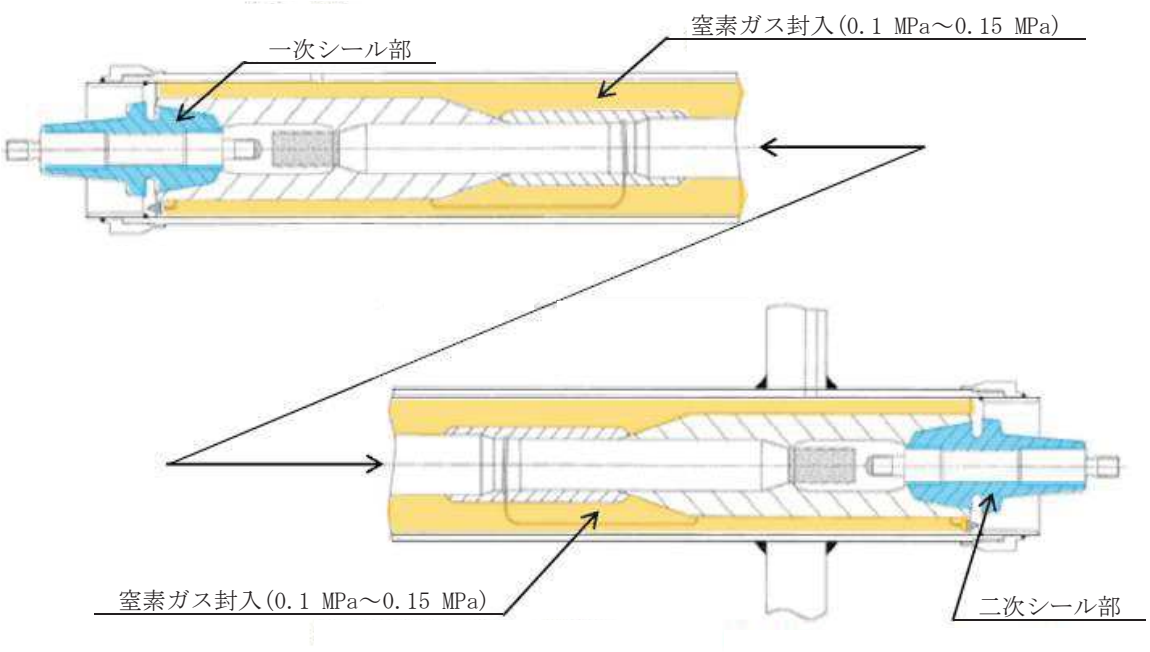


図 9-3　高電圧用モジュールにおける窒素ガス封入のイメージ

(2)　既往の電共研による試験結果を用いた評価（低電圧用モジュール）

低電圧用モジュールは，モジュールのエポキシ樹脂によりシール機能を維持しており，既往の電共研「格納容器電気ペネトレーションの特性確認試験（S63 /3 ）報告書」における検証試験でシール性が確保されることを確認している。

この電共研では，低電圧用モジュールを対象として，原子炉格納容器内側の電気配線貫通部端子箱部分の環境条件を 200 ℃及び 400 ℃とした場合における電気配線貫通部のシール性能について検証を行っている。

既往の電共研の試験結果を表 9-2 に示す。

表 9-2　電共研の試験結果（低電圧用モジュール）

原子炉格納容器内側端子箱部分の環境条件				一次シール部温度 (℃)	二次シール部温度 (℃)	漏えい有無
温度 (℃)	圧力 (MPa)	時間 (h)	試験雰囲気			
200 (230)	(0.60～0.81)	62.0	乾熱	137	68	一次シール部の漏えいなし 二次シール部の漏えいなし
400 (430)	(0.70～0.83)	127	乾熱	246	116	一次シール部の漏えいなし 二次シール部の漏えいなし

・()内数値は，記録グラフからの読取値。
・試験時の原子炉格納容器外側圧力及び低電圧用モジュール内部の圧力は 0 kPa(大気圧)で実施。

試験結果から，原子炉格納容器内側端子箱部分の環境条件を 200 ℃及び 400 ℃とした試験において，一次シール部及び二次シール部それぞれについて漏えいはないことが確認できている。

なお，本試験の試験圧力は，約 0.81 MPa（約 1.8 Pd）であり，2 Pd 以下であるが，実機の電気配線貫通部のモジュールは，運転中におけるシール部の漏えい確認のため，その内部に窒素を約 0.1 MPa～ 0.15 MPa の圧力で封入している。そのため，原子炉格納容器内の圧力が 2 Pd となった場合においても，モジュールのエポキシ樹脂に加わる圧力は，0.704 MPa ～ 0.754 MPa*となる。そのため，電共研の試験圧力 0.81 MPa 以下となることから，試験条件は実機の 2 Pd 条件を包絡していると判断する。

注記＊：0.854 MPa（2 Pd）－（ 0.1 MPa～ 0.15 MPa）より

低電圧用モジュールにおける窒素ガス封入のイメージを図 9-4 に示す。

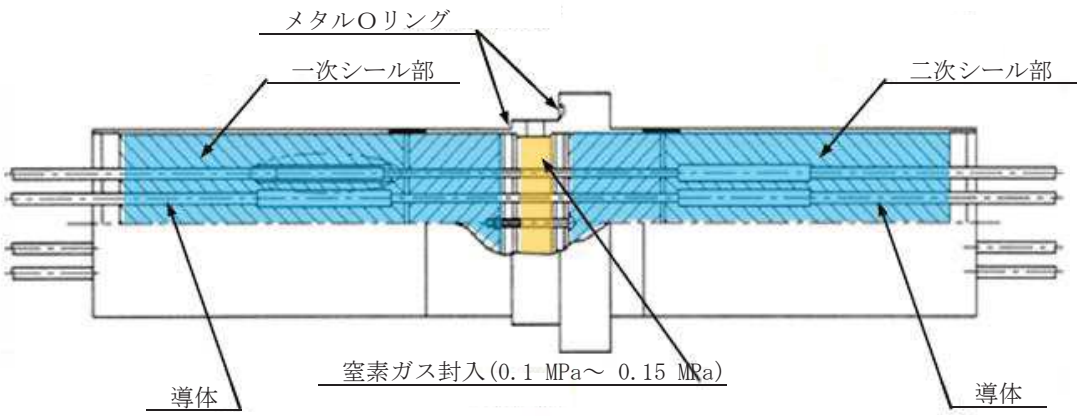


図 9-4　低電圧用モジュールにおける窒素ガス封入のイメージ

(3)　NUPEC 試験の試験結果を用いた評価

平成 2 年度から平成 14 年度に実施された重要構造物安全評価（原子炉格納容器信頼性実証事業）において，モジュールのシール性能の確認試験が行われている。

この試験結果を表 9-3 に示す。

表 9-3　NUPEC 試験の試験結果

種類	試験条件				漏えい有無	漏えい発生条件 確認結果	
	温度 (℃)	圧力 (MPa)	時間 (h)	試験 雰囲気		破損時の 温度(℃)	圧力(MPa)
高電圧用 モジュール	200	0.8	20	蒸気	漏えいなし	400	0.8
低電圧用 モジュール	200	0.8	20		漏えいなし	266～324	0.8～1.0
・高電圧用モジュールについて，400℃まで漏えいなし。 ただし，400℃まで昇温後，室温への降下時に漏えいを確認。							

試験結果から，200 ℃，約 1.8 Pd（0.8 MPa）において，漏えいがないことが確認できている。また，低電圧用モジュールについては，約 2.3 Pd（1.0 MPa）までは圧力に依存せず，約 260 ℃までのシール機能が確認できている。

なお，実機の電気配線貫通部のモジュールは，運転中におけるシール部の漏えい確認のため，その内部に窒素を約 0.1 MPa～0.15 MPa の圧力で封入しているため，原子炉格納容器内の圧力が 2 Pd となった場合においても，モジュールに加わる圧力は，0.704 MPa～0.754 MPa *となり，NUPEC 試験の健全性確認試験圧力 0.8 MPa 以下となることから，2 Pd での環境下

において漏えいがないことが確認できていると判断する。

注記＊：0.854 MPa（2 Pd）－（ 0.1 MPa～ 0.15 MPa）より

(4) 過去の試験結果を用いた評価

過去の電気配線貫通部の環境試験では，高電圧用モジュール及び低電圧用モジュールを対象として，冷却材喪失事故模擬試験が実施されており，高電圧用モジュール及び低電圧用モジュールのシール性能が確認されている。

この試験結果を表 9-4 に示す。

表 9-4 冷却材喪失事故時の環境試験結果

種類	温度(℃) 期間(h)	試験 雰囲気	漏えい有無
高電圧用 モジュール			
低電圧用 モジュール			

既往の電共研による試験結果を用いた評価に示すとおり，原子炉格納容器内を 200 ℃と模擬した試験において，二次シール部は高電圧用モジュールで 44 ℃，低電圧用モジュールで 68 ℃となっており[ ]のシール機能が確認された試験温度を下回っていることから，原子炉格納容器が 200 ℃での環境下において漏えいがないことが確認できていると判断する。

過去に実施した健全性が確認されている電気配線貫通部の積算照射量は約[ ]kGy であることから，重大事故等環境下における電気配線貫通部のシール部のシール機能が確認できていると判断する。

9.4.3 評価結果

モジュール内部の EP ゴム及びエポキシ樹脂は，既往の電共研，NUPEC 試験及び過去の環境試験の試験結果から 200 ℃，2 Pd においてシール機能を確保できることを確認した。

これより，電気配線貫通部については，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

10. 原子炉格納容器隔離弁

10.1　概要

原子炉格納容器隔離弁の限界温度，限界圧力環境下における健全性を確認する。

原子炉格納容器隔離弁の耐圧部は，弁箱，弁体，ボンネット及びシール部等で構成しており，弁体，グランド部及びボンネット部等には，シール材を使用している。

原子炉格納容器隔離弁のうち，原子炉格納容器調気系バタフライ弁，移動式炉心内計装系電磁弁及び移動式炉心内計装系ボール弁には，非金属材料シール材を使用しており，高温劣化によるシール機能の低下が想定される。

また，弁の耐圧部については，機能喪失要因として，脆性破壊，疲労破壊，座屈及び変形が考えられるが，200 ℃，2 Pd の環境下では，脆性破壊が生じる温度域ではないこと，繰り返し荷重が作用しないこと，圧縮力が弁耐圧部に生じないことから，脆性破壊，疲労破壊及び座屈は考慮する必要がない。したがって，原子炉格納容器隔離弁のうち，原子炉格納容器調気系バタフライ弁，移動式炉心内計装系電磁弁及び移動式炉心内計装系ボール弁の耐圧部の機能喪失要因は，高温状態で内圧を受け，過度な変形（一次応力）が想定されるため，以下の構成で健全性を確認する。

10.2 項では，原子炉格納容器調気系バタフライ弁の機能維持を確認する。

10.3 項では，移動式炉心内計装系電磁弁の機能維持を確認する。

10.4 項では，移動式炉心内計装系ボール弁の機能維持を確認する。

上記以外の原子炉格納容器隔離弁については，以下の理由により 200 ℃，2 Pd の環境下で健全性を有している。

・弁の呼び圧力は各配管ラインの設計圧力に応じて適切なものが選定されており（耐圧性能が最小のものでも 1.03MPa），耐圧上問題となることはない。

・弁のグランド部及びボンネット部のシール部には，黒鉛製パッキン，ガスケット等の耐熱性に優れたものを使用しており，耐熱性上問題となることはない。

・弁座シート部は金属製である。

10.2　原子炉格納容器隔離弁（原子炉格納容器調気系バタフライ弁）

10.2.1 評価方針

(1)　耐圧機能

弁箱について，設計・建設規格　別表 1-1 に示す弁の許容圧力が，200 ℃，2 Pd の環境条件を上回ることを確認する。

(2)　隔離機能

原子炉格納容器調気系バタフライ弁は，弁座シート部に EPDM 材を使用しており，シール材の劣化によるシール性能の低下が想定される。このため，弁座シート部については，より耐熱性能を向上させた改良 EPDM 製シール材への変更を実施することとしている。したがって，改良 EPDM 製シール材を用いた原子炉格納容器調気系バタフライ弁について，原子炉格納容器内が 200 ℃，2 Pd の環境下におけるシール部への影響を検討する。

原子炉格納容器調気系バタフライ弁の評価対象を図 10-1 に示す。

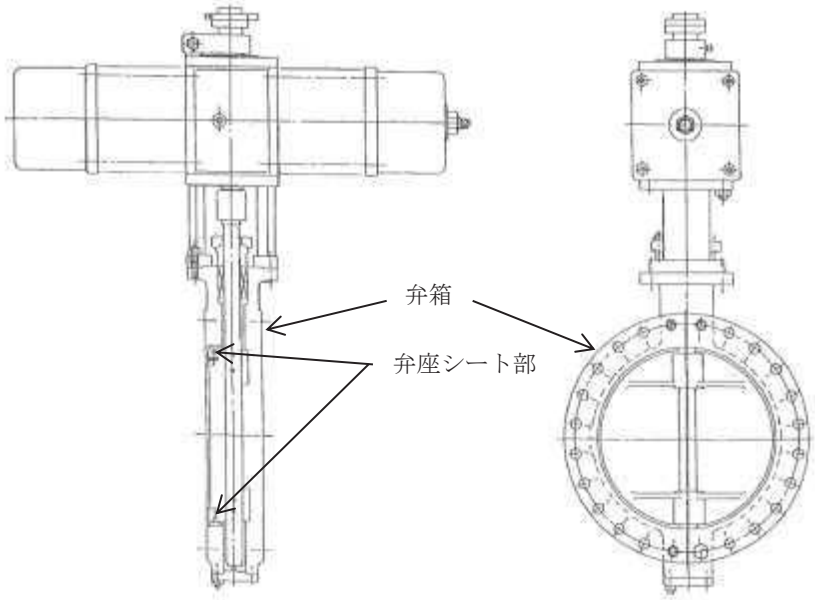


図 10-1　原子炉格納容器調気系バタフライ弁の評価対象

10.2.2 評価結果

(1) 耐圧機能

当該弁の圧力クラスは 1.03 MPa(150LB)であり，弁耐圧部の 200 ℃における許容圧力 1.40 MPa は，2 Pd（0.854 MPa）を上回る。これにより，弁耐圧部については，200 ℃，2 Pd 環境下において健全性が維持されることを確認した。

圧力クラス 1.03 MPa の弁の温度－許容圧力を図 10-2 に示す。

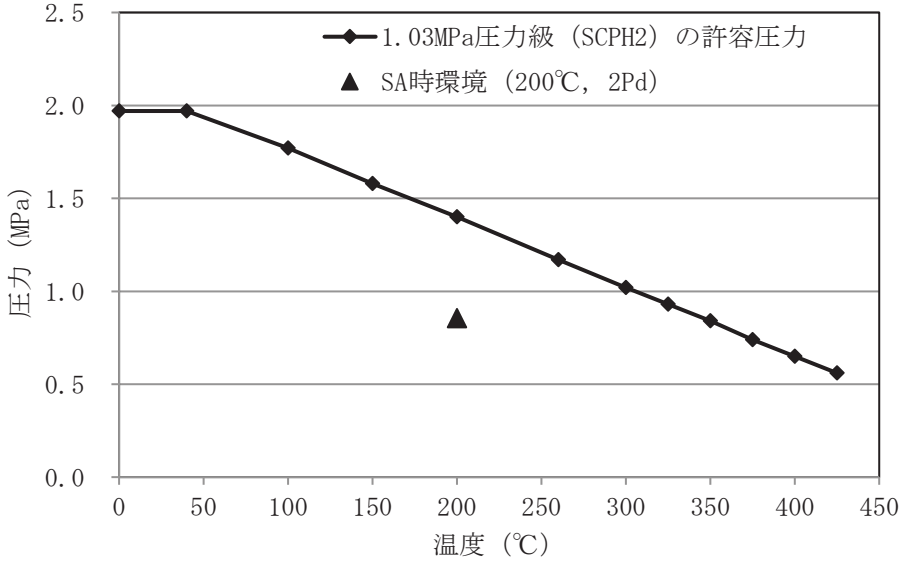


図 10-2 原子炉格納容器調気系バタフライ弁（1.03 MPa（150LB）圧力級）の温度－許容圧力

(2) 隔離機能

隔離機能は，添付 1 に示す改良 EPDM 製シール材の 200 ℃，2 Pd の環境下における圧縮永久ひずみ試験結果に有意な劣化が認められないことから，シール機能が維持されることを確認した。

また，実機相当の蒸気加熱漏えい試験を実施した結果，200 ℃，2 Pd 環境下において，弁座シート部からの漏えいはなく，弁座シート部の隔離機能が維持することを確認した。蒸気加熱漏えい試験条件を表 10-1 に示す。

表 10-1 蒸気加熱漏えい試験条件

試験圧力	0.854 MPa 以上*
試験温度	200 ℃
放射線照射量	□ kGy
試験時間	168 時間

注記＊：200 ℃の飽和蒸気圧力相当にて試験を実施

以上のことから，原子炉格納容器調気系バタフライ弁について，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

10.3　原子炉格納容器隔離弁（移動式炉心内計装系電磁弁）

10.3.1 評価方針

(1)　耐圧機能

弁箱について，設計・建設規格　別表 1-1 に示す弁の許容圧力が，200 ℃，2 Pd の環境条件を上回ることを確認する。

(2)　隔離機能

移動式炉心内計装系電磁弁は，弁体シート部及び弁ふたシール部に EPDM 材を使用しており，シール材の劣化によるシール性能の低下が想定される。このため，弁体シート部については，金属製シートへ変更し，弁ふたシール部については，より耐熱性能を向上させた改良 EPDM 製シール材への変更を実施することとしている。金属製シートは，200 ℃，2 Pd の環境下における健全性を有している。また，改良 EPDM 製シール材は，200 ℃，2 Pd 環境下におけるシール部への影響を検討する。

移動式炉心内計装系電磁弁の評価対象を図 10-3 に示す。

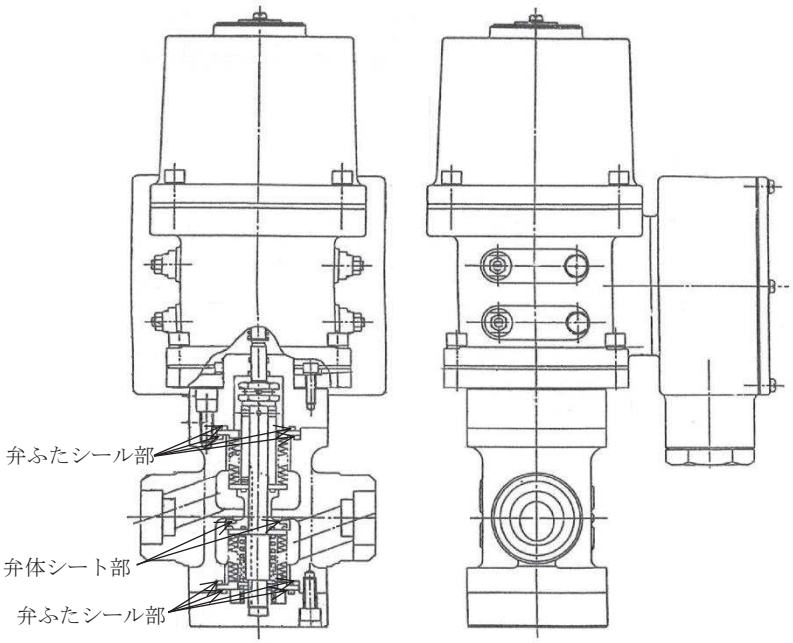


図 10-3　移動式炉心内計装系電磁弁の評価対象

10.3.2 評価結果

(1)　耐圧機能

当該弁の圧力クラスは 1.03 MPa (150LB) であり，弁耐圧部の 200 ℃における許容圧力 1.46 MPa は 2 Pd (0.854 MPa) を上回る。これにより，弁耐圧部については，200 ℃，2 Pd 環境下において健全性が維持されることを確認した。

圧力クラス 1.03 MPa の弁の温度－許容圧力を図 10-4 に示す。

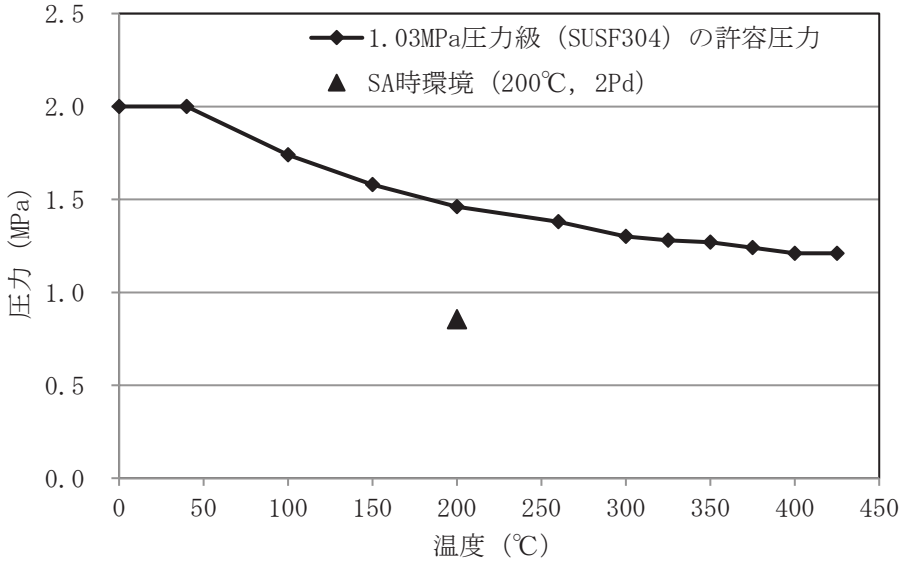


図 10-4　移動式炉心内計装系電磁弁の温度－許容圧力

(2)　隔離機能

隔離機能は，弁体シート部については，金属製シートであるため，200 ℃，2 Pd の環境下においても，シール機能を維持可能である。また，弁ふたシール部については，添付 1 に示す改良 EPDM 製シール材の 200 ℃，2 Pd の環境下における圧縮永久ひずみ試験結果に有意な劣化が認められないことから，シール機能が維持されることを確認した。

以上のことから，移動式炉心内計装系電磁弁について，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

10.4　原子炉格納容器隔離弁（移動式炉心内計装系ボール弁）

10.4.1 評価方針

(1)　耐圧機能

弁箱について，設計・建設規格　別表 1-1 に示す弁の許容圧力が，200 ℃，2 Pd の環境条件を上回ることを確認する。

(2)　隔離機能

移動式炉心内計装系ボール弁は，弁座シート部にフッ素樹脂，弁ふたシール部にシリコンゴムを使用しているため，シール材の劣化によるシール機能の低下が考えられる。このため，弁座シート部及び弁ふたシール部については，より耐性の高い PEEK 製シール材又は改良 EPDM 製シール材への変更を実施することとしている。したがって，PEEK 製シール材は一般的な材料特性の確認により，改良 EPDM 製シール材は圧縮永久ひずみ試験の結果により，シール機能が確保されることを確認する。

移動式炉心内計装系ボール弁の評価対象を図 10-5 に示す。

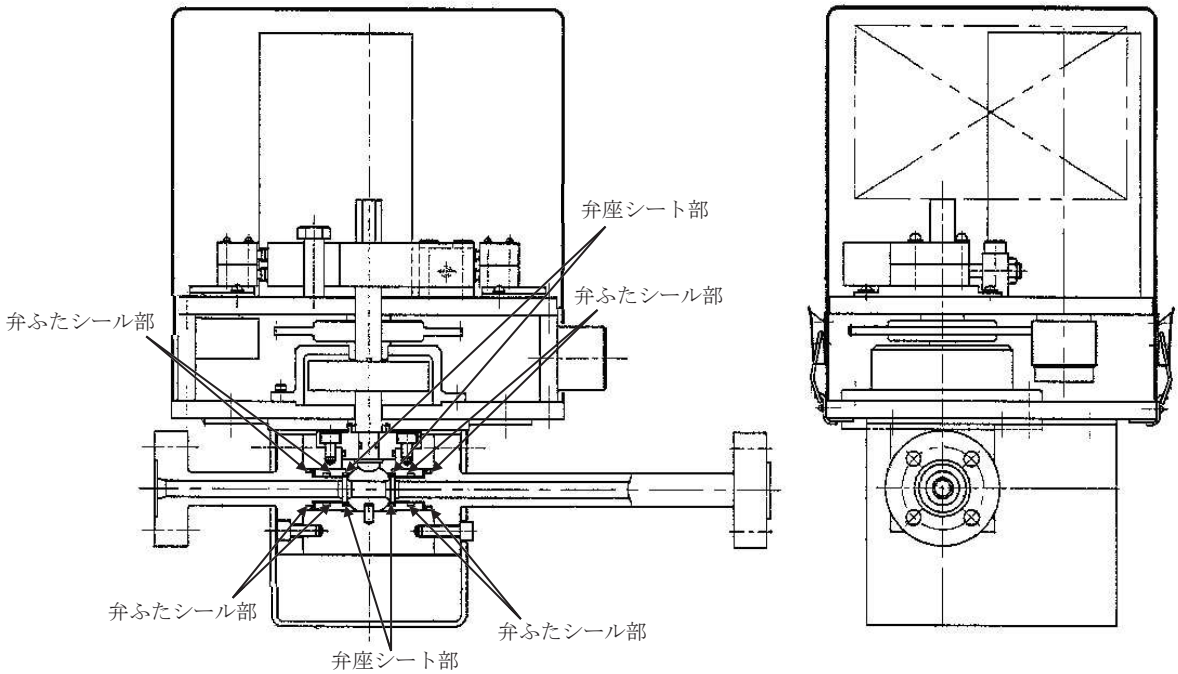


図 10-5　移動式炉心内計装系ボール弁の評価対象

10.4.2 評価結果

(1) 耐圧機能

当該弁の圧力クラスは1.03 MPa(150LB)であり，弁耐圧部の200 ℃における許容圧力1.32 MPaは2 Pd（0.854 MPa）を上回る。これにより，弁耐圧部については，200 ℃，2 Pd環境下において健全性が維持されることを確認した。

圧力クラス1.03 MPaの弁の温度－許容圧力を図10-6に示す。

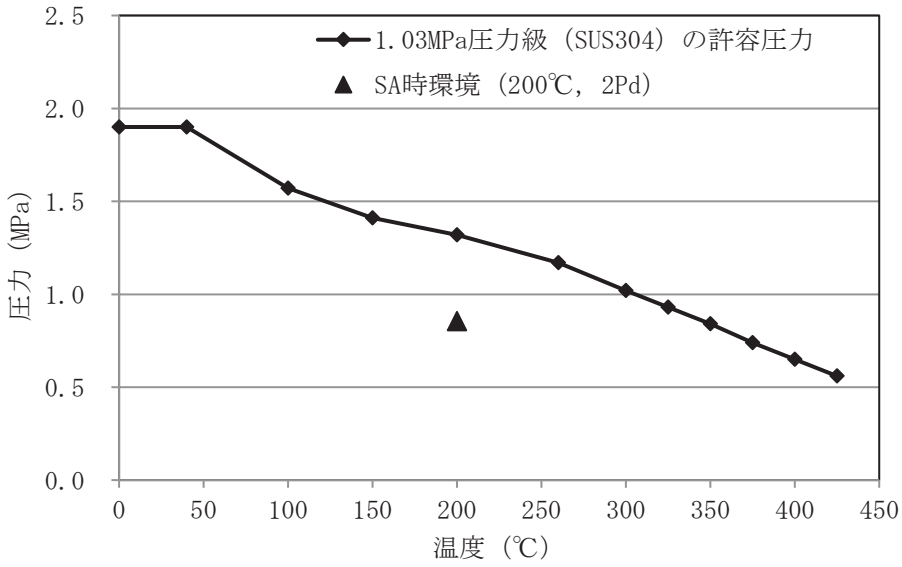


図10-6 移動式炉心内計装系ボール弁の温度－許容圧力

(2) 隔離機能

弁座シート部に使用されているフッ素樹脂は，より耐性の高いPEEK材に変更する。

フッ素樹脂及びPEEK材の材料特性比較を表10-2に示す。

表10-2 フッ素樹脂，PEEK材の材料特性比較

項目	フッ素樹脂	PEEK材
耐熱温度（℃）	150	250
耐放射線性（Gy）	約10^5～10^6	約10^7
圧縮強度（MPa）	40～50	120

移動式炉心内計装系ボール弁のシール性は，シートを押す力（圧縮力）に対しシートで使用する材料の圧縮強度が高く，密着状態を維持することで確保される。

移動式炉心内計装系ボール弁の弁座シート部は，スプリングのバネ力及び内部流体により生じる圧力によりシート面に約□MPaの圧縮応力が発生する。これに対し，PEEK材の圧縮強度は現行品よりも高い120 MPaである。

また，PEEK材の耐放射線性は，重大事故等時における原子炉格納容器の事故後7日間の積

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

算照射量を上回る約 10^7 Gy であることから耐放射線性についても耐性を有している。

弁ふたシール部に使用する改良 EPDM 製シール材については，添付 1 に示す改良 EPDM 製シール材の 200 ℃，2 Pd の環境下における圧縮永久ひずみ試験結果に有意な劣化が認められないことから，シール機能が維持されることを確認した。

以上のことから，移動式炉心内計装系ボール弁について，限界温度，限界圧力環境下でも，放射性物質の閉じ込め機能を維持可能である。

添付1　重大事故等時条件におけるガスケット健全性について

1.　はじめに

原子炉格納容器のフランジシール部は，内圧が低い段階ではボルトの初期締付けにより開口は抑制されているが，内圧の上昇に伴って開口量が増加することにより，外部への漏えい経路を形成する。ただし，フランジ部が開口しても，フランジ部の密閉性を担保しているシール材が健全であれば，シール材が開口に追従するため外部への漏えいを防止することができる。しかしながら，重大事故等時の環境に晒されると，フランジシール部に使用されているシール材が劣化し，フランジの開口に追従できなくなり原子炉格納容器閉じ込め機能を損なう可能性がでてくる。

そこで，原子炉格納容器フランジシール部に使用されているシール材（シリコンゴム）について，重大事故等時の環境下の耐性が優れた改良 EPDM 製シール材に変更して原子炉格納容器閉じ込め機能の強化を図る。したがって，改良 EPDM 製シール材について，重大事故等時の温度や放射線による劣化特性を試験により確認し，想定される事故シナリオにおけるシール機能を評価する。なお，フランジ部のシール材は，プラントの定期事業者検査時に開放される場合には取替えを実施しており，通常運転中における劣化は軽微であることから，通常運転時の劣化を考慮せず重大事故等時の条件下での評価を実施する。

2.　改良 EPDM 製シール材の試験について

2.1　改良 EPDM 製シール材の圧縮永久ひずみ試験について

改良 EPDM 製シール材の重大事故等時の環境における劣化特性を確認するために，ＪＩＳ Ｋ ６２６２「加硫ゴム及び熱加塑性ゴムの常温・高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方」に準じた圧縮永久ひずみ試験を実施した。その結果を表 1 に示す。なお，圧縮永久ひずみ測定とは，所定の圧縮率をかけ変形させた後，開放時の戻り量を評価するものである。完全に元の形状に戻った場合を 0%とし，全く復元せずに完全に圧縮された状態のままである状態を 100%としている。圧縮永久ひずみが表 1 で示す「□%」は，シール材の初期締付量が□mm であるとき，□mm 戻ることを意味する。この場合，□mm のフランジ部開口まではシール機能が確保可能である。

表 1　改良 EPDM 製シール材の圧縮永久ひずみ試験*1 結果

試験温度	200 ℃
構造部放射線照射量	□ kGy
試験雰囲気	蒸気
試験時間	168 時間
ひずみ率*2	□%*3

注記＊1：ＪＩＳ Ｋ ６２６２に従い実施

＊2：試料を圧縮し完全に回復した状態が 0 %，全く回復しない状態が 100 %

＊3：□の平均値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2　改良 EPDM 製シール材の実機フランジモデル性能確認試験

改良 EPDM 製シール材のシール機能の性能確認として，実機フランジを模擬した小型試験装置（ガスケット径：約 250 mm）を用いた実機フランジ模擬試験（実機フランジモデル試験）を実施しており，実機条件に近い状態でのシール健全性の確認を行っている。試験装置は図 1，図 2 に示しており，試験フランジの溝断面形状は実機フランジで採用されているタング＆グルーブ型(T&G 型)，甲丸型の 2 種類を模擬している。フランジ断面形状は実機と同形状であり，中心径のみを縮小した試験装置とする。試験試料の断面形状は実機と同じとし，中心径を縮小した試験試料とする。あらかじめγ線照射したシール材を用いて試験体を作り，高温環境に曝露した後に気密確認試験を実施する。

試験条件としては，重大事故等時の条件を模擬するために，放射線照射量はフランジガスケット部の重大事故後 7 日間の累積放射線量の目安である□kGy を用いて実施している。また，EPDM の劣化は一般的に酸素により引き起こされるとの知見に基づき，高温曝露は蒸気ではなく高温空気（乾熱）で曝露し，温度については，原子炉格納容器限界温度である 200 ℃と，更に余裕を見た 250 ℃，300 ℃とし，それぞれ定める期間を一定温度で高温曝露する。また，内圧作用時の実機フランジの開口を模擬するため，フランジ面に調整シムを挟んで押し込み量を調整できる装置にしている。

本試験装置によりシール材を高温曝露した後，気密確認試験を実施した。気密確認試験では，原子炉格納容器限界圧力 2 Pd（0.854 MPa）を包絡する圧力で気密性を確認した。

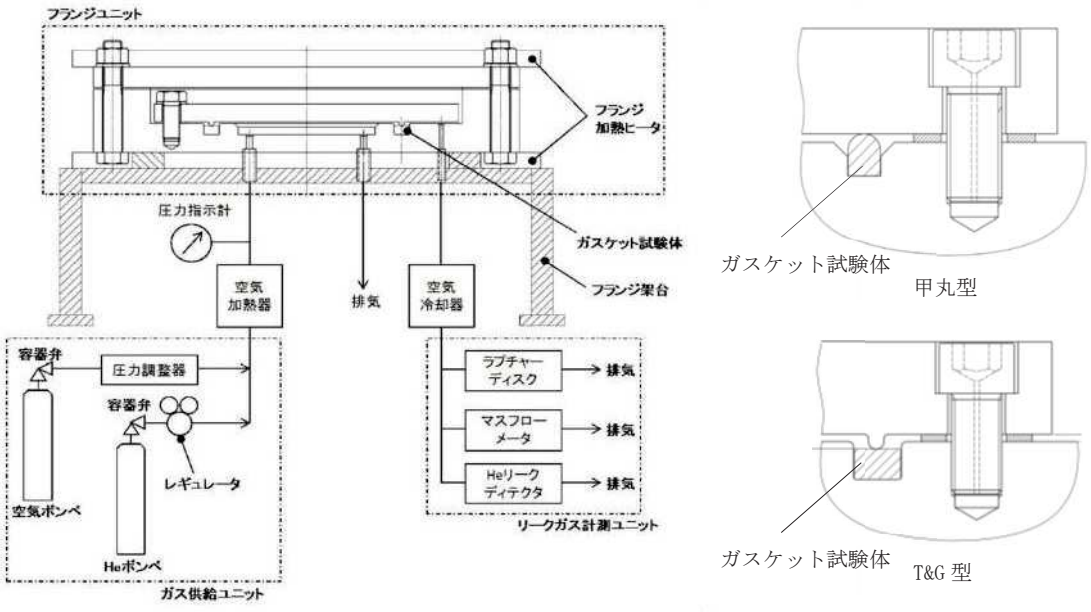
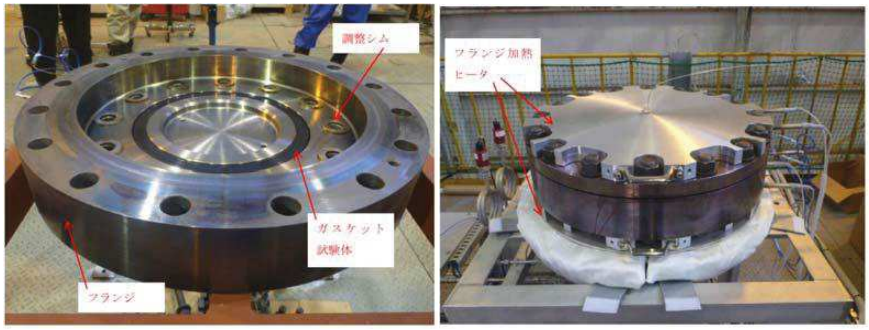


図 1　実機フランジ模擬試験の装置概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



試験装置外観（フランジ開放時）　試験装置外観（フランジ密閉時）

図 2　実機フランジ模擬試験装置の外観

試験結果を表 2 に示す。フランジによるガスケット試験体の押込み量が最小限（0mm）であっても，有意な漏えいは発生せず，200 ℃・168 時間，250 ℃・96 時間の耐性が確認された。300 ℃のケースにおいては試験途中にリークが発生したケースがあったものの，概ね 24 時間程度の耐性を有することが確認された。図 3 に 200 ℃・168 時間の試験ケースにおける試験体の外観を示す。図 3 より，フランジとガスケット試験体との接触面を境界として劣化（表面のひび割れ）は内周側で留まり，外周側に有意な劣化が見られないことから，フランジ接触面でシール機能を維持できていることが確認された。また。断面形状より，劣化（表面のひび割れ）はガスケット試験体の表面層のみで留まっているため，有意な劣化が進行していないことが確認された。

表 2　重大事故等時条件での試験結果*1

No.	フランジ型式	試験体	温度	継続時間	押し込み量	漏えいの有無
1	T&G 型	改良 EPDM	200 ℃	168 時間	0 mm	なし
2	甲丸型	改良 EPDM	200 ℃	168 時間	0 mm	なし
3	T&G 型	改良 EPDM	250 ℃	96 時間	0 mm	なし
4	甲丸型	改良 EPDM	250 ℃	96 時間	0 mm	なし
5	T&G 型	改良 EPDM	300 ℃	24 時間	0 mm	なし
6	甲丸型	改良 EPDM	300 ℃	24 時間	0 mm	あり*2

注記＊1：下記条件は全ケース共通
試験圧力：2 Pd 以上（0.854 MPa 以上）
放射線照射量：[redacted]kGy
加圧媒体：乾熱（空気）
漏えい判定基準：1 cc/min 以上の漏えい量が 30 分以上継続した場合に漏えい有とする。
＊2：継続時間 22 時間で漏えいが発生。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

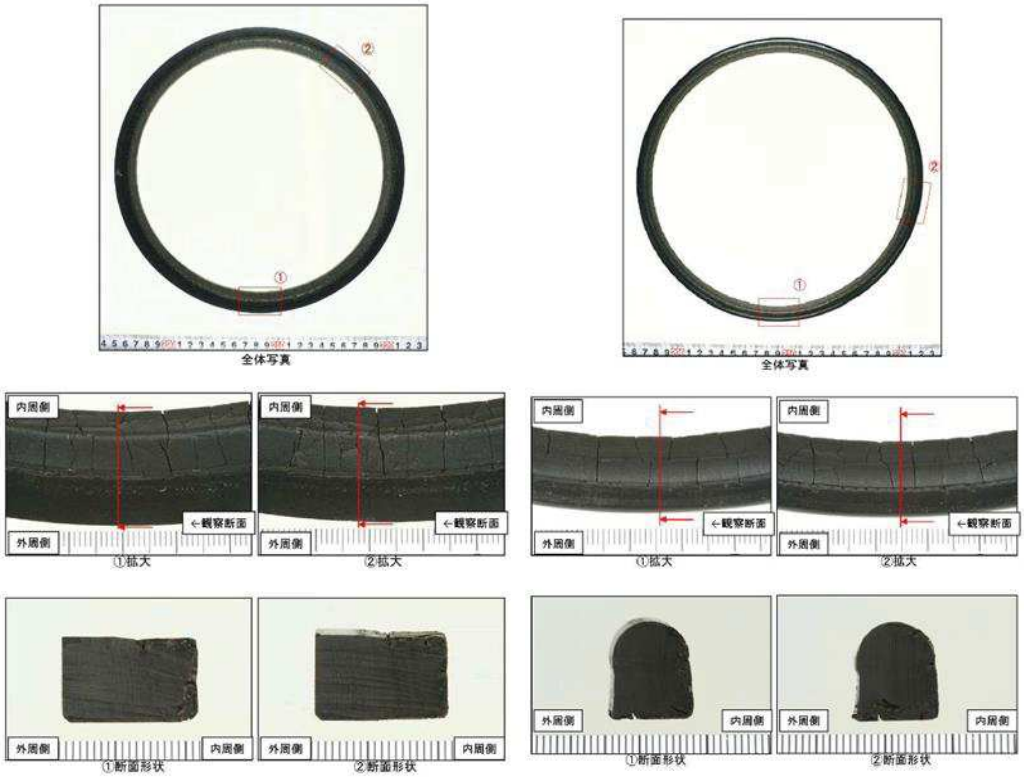


図 3　200 ℃・168 時間試験後の試験体外観（左：T&G 型，右：甲丸型）

添付２　原子炉格納容器隔離弁の抽出について

原子炉格納容器隔離弁について，原子炉格納容器限界温度，限界圧力（200 ℃，2 Pd）での健全性を確認するため，図１のフローに従い対象弁を抽出した。

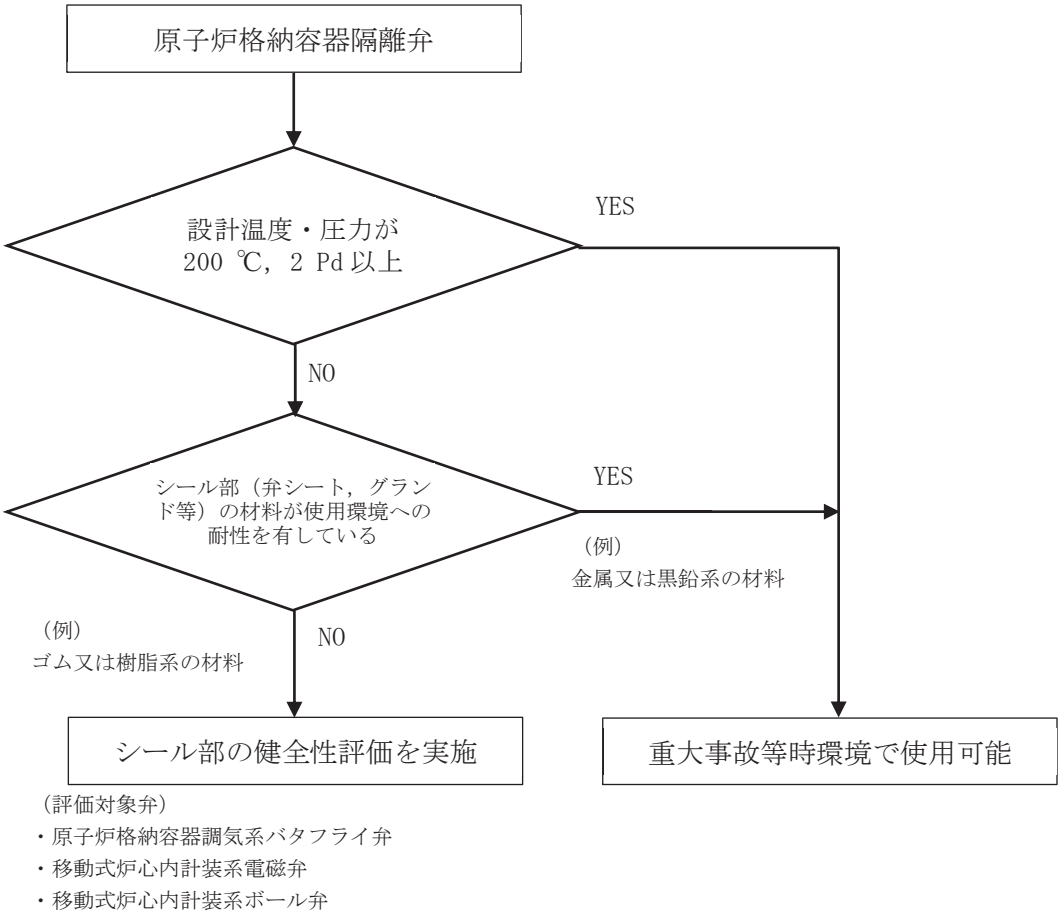


図１　原子炉格納容器隔離弁の評価対象抽出フロー

原子炉格納容器 限界温度・圧力に対する経年劣化の影響について

1. はじめに

原子炉格納容器の限界温度・圧力に関する評価における評価対象部位について，放射性物質の閉じ込め機能が，経年劣化により低下していないことを確認し，今回の限界温度・圧力に関する評価結果に影響しないことを確認する。なお，考慮する経年劣化事象については，女川原子力発電所において実施した，他プラントの高経年化技術評価を参考に検討する。

2. 原子炉格納容器本体

原子炉格納容器本体については，経年劣化事象として腐食が考えられるが，原子炉格納容器本体は，鋼板表面に防食塗装を施すとともに，保全計画に基づき，計画的に外観点検を実施し，表面の腐食，塗膜等の異常があれば，補修塗装を実施していることから，有意な劣化はないと考えられる。

なお，原子炉格納容器本体に対して，一般社団法人　日本電気協会　電気技術規程「原子炉格納容器の漏えい率試験規程（ＪＥＡＣ４２０３）」（以下「ＪＥＡＣ４２０３」という。）に基づく，全体漏えい率試験（1 回/1 定検）を実施し，放射性物質の閉じ込め機能の健全性を継続的に確認している。

3. 原子炉格納容器本体以外

原子炉格納容器本体以外の評価部位について，考慮する経年劣化事象は以下のとおり。

- ステンレス鋼配管については，塩分付着による外面の応力腐食割れが考えられるが，社内規則に基づき計画的な塩化物付着量測定を実施し，基準を満足しない場合は，純水拭きを実施することにより，塩化物付着量を応力腐食割れ発生のしきい値未満に管理していることから，有意な劣化はないと考えられる。
- 炭素鋼配管については，流れ加速型腐食による減肉が考えられるが，社内規則に基づき計画的な肉厚測定を実施し，基準を満足しない場合は，計画的に取替えを行うなど，適切な管理を行っている。
- 原子炉格納容器隔離弁については，保全計画に基づく，計画的な分解点検，目視・表面検査を実施していることから，有意な劣化はないと考えられる。
- 電気配線貫通部については，経年劣化事象として樹脂等の劣化が考えられる。これらの部位の経年劣化については，長期健全性試験により，健全性を確認している。
- 機器搬出入用ハッチ等に使用しているガスケット等については，保全計画に基づく定期的な取替を実施していることから，経年劣化事象とはならない。
- ＪＥＡＣ４２０３に基づく，全体漏えい率検査（1 回/1 定検）を実施し，放射性物質の閉じ込め機能の健全性を継続的に確認している。

以上のことから，経年劣化による原子炉格納容器の限界温度・圧力への影響はないと考える。

原子炉格納容器　限界温度・圧力負荷後の耐震性の影響について

1.　検討方針

原子炉格納容器バウンダリ構成部の評価対象の各部位に対し，評価温度・圧力（200 ℃，2 Pd）負荷時に部材が弾性域又は塑性域のいずれにあるか，また，除荷後に残留ひずみが生じるかを確認するとともに，除荷後の残留ひずみの挙動により，耐震性への影響を評価する。

2.　検討結果

残留ひずみの有無及び耐震性への影響有無については，一次応力のみ考慮する部位と一次＋二次応力を考慮する部位に分けて次のとおり判断する。

限界温度・圧力負荷時に周囲の部材の変形の影響を受けず二次応力を考慮する必要がない場合は，一次応力が Sy を超えるか否かで残留ひずみの有無を確認する。この場合，一次応力が Sy 以下の場合は，除荷後に残留ひずみは生じない（図 1，0→a→0）。Sy を超える場合は，除荷後に残留ひずみが生じる（図 1，0→a→b→c）。一次応力は与えられた荷重に対して決定する応力であるため，同じ荷重が作用した場合の発生応力は除荷後も同等であり，限界温度・圧力負荷前と同じ弾性的挙動を示す（図 1，c→b）。また，設計・建設規格の許容値は荷重を変形前の断面積で割った公称応力を基に設定されているため（図 2），設計・建設規格の許容値内であれば発生応力を算出する際に変形前の断面積を用いることに問題ない。

なお，材料に予めひずみが作用した場合について，作用した予ひずみ（～約 19%）だけ応力－ひずみ曲線をシフトしたものと，予ひずみが作用しない材料の応力－ひずみ曲線がほぼ一致するという知見*が得られており，十分小さな残留ひずみであれば発生応力に与える影響はないといえる。

地震（許容応力状態$\mathrm{IV_AS}$）の一次応力の許容応力は，供用状態Ｄの許容応力の制限内で同等であり，更に限界温度・圧力負荷前と同様の挙動を示すことから，耐震性に影響はないと判断できる。

注記＊：一般社団法人　日本溶接協会「建築鉄骨の地震被害と鋼材セミナー（第 12 回溶接構造用鋼材に関する研究成果発表会）」ＪＷＥＳ－ＩＳ－９７０１，(1997)

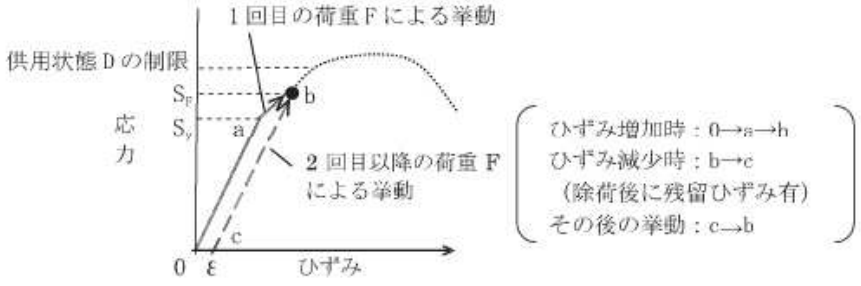


図 1　降伏点を越える場合のひずみ履歴イメージ（一次応力）

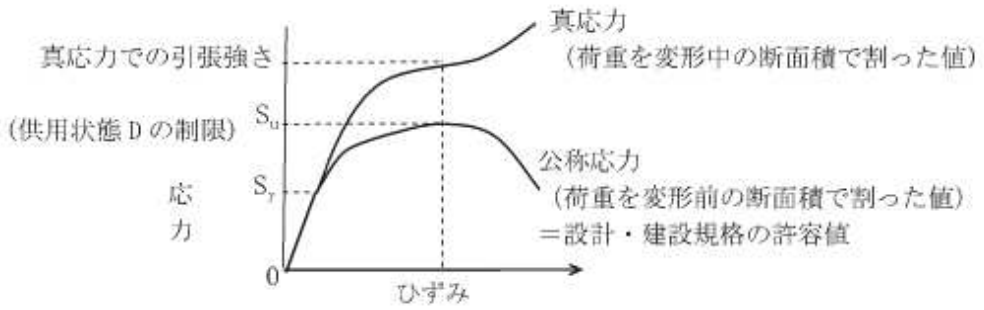


図２　公称応力と真応力について

次に，限界温度・圧力負荷時に周囲の部材の変形の影響を受けるため，局部的に発生する二次応力を考慮する必要がある場合は，構造不連続部に発生する二次応力も考慮して，一次＋二次応力で残留ひずみの有無を確認する。一次＋二次応力が Sy を超えると塑性域に入るが（図３（設計・建設規格　解説 PVB-3112），0→A→B），2Sy 以下の場合は除荷時にひずみが減少し，除荷後に残留ひずみは生じない（図３（設計・建設規格　解説 PVB-3112），B→C）。また，その後の挙動は図３の B-C 上の弾性的挙動を示し，これは限界温度・圧力負荷前と同じである。

一次＋二次応力が 2Sy を超える場合は，残留ひずみ有と判断する（図３（応力 S_1 が 2Sy 超の場合））。しかし，十分小さな残留ひずみであれば，上述のとおり，発生応力に与える影響はないといえる。

地震（許容応力状態Ⅳ$_A$Ｓ）の一次＋二次応力の許容応力は，今回の一次＋二次応力の許容応力と同等であることから，地震による外力が加わったとしても一次＋二次応力の許容応力の制限内であり，さらに限界温度・圧力負荷前と同様の挙動を示すことから，耐震性に影響はないと判断できる。

なお，一次応力が Sy を超える部位については，残留ひずみ有と判断する。このとき，上述のとおり，十分小さな残留ひずみであれば発生応力に与える影響はないといえる。

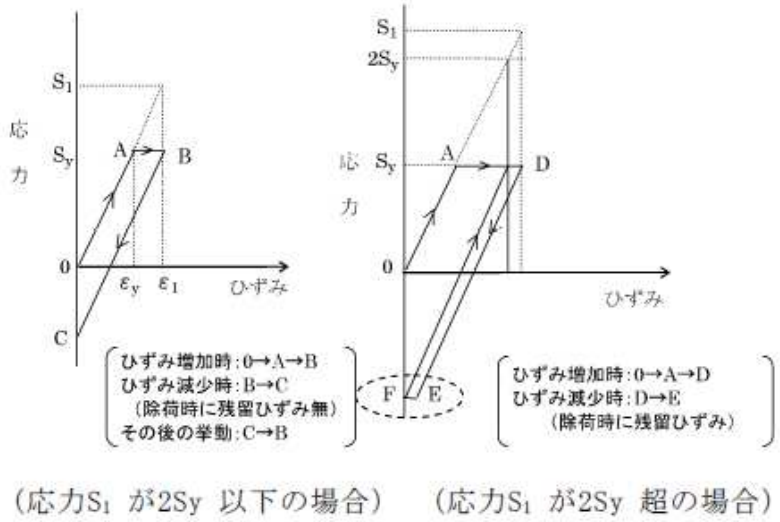


図３　降伏点を越える場合のひずみ履歴イメージ（一次＋二次応力）

除荷後に残留ひずみが生じるかを確認するとともに，除荷後の挙動により，耐震性への影響を評価するため，一次応力が Sy 以下か又は一次＋二次応力が 2Sy 以下かを確認した。各部位の限界温度・圧力負荷後時の状況を表 1 に示す。

原子炉格納容器本体（ドライウェル基部）については，一次＋二次応力が 2 Sy を超えないと考えられ，残留ひずみは生じない。原子炉格納容器隔離弁については，一次応力が Sy を超えないと考えられ，残留ひずみは生じない。

以上より，一次応力は Sy 以下であり，一次＋二次応力は 2 Sy 以下であることを確認した。

ドライウェル主フランジ，機器搬出入用ハッチ，制御棒駆動機構搬出入口，逃がし安全弁搬出入口，所員用エアロック及び配管貫通部（貫通配管，スリーブ，端板，フランジ部，閉止板，伸縮継手及び短管）については，表 1 に示す添付書類による。

したがって，耐震評価にて考慮する許容応力に対応する地震が生じた場合，地震による外力が加わったとしても今回の評価で考慮した許容応力の制限内であり，更に限界温度・圧力負荷前と同様の挙動を示すことから，耐震性への影響はないと考える。

表１　各部位の評価温度・圧力負荷時の状況

評価部位		評価点	分類	評価値*	判定値	残留ひずみ有無
原子炉格納容器本体		ドライウェル基部	一次＋二次		501 MPa (3S)	なし
ドライウェル主フランジ		同左	添付書類「VI-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書」に記載			
機器搬出入用ハッチ		同左	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載			
制御棒駆動機構搬出入口		同左	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載			
逃がし安全弁搬出入口		同左	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」に記載			
所員用エアロック		同左	添付書類「VI-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書」に記載			
配管貫通部	貫通配管	同左	添付書類「VI-3-3-3-2　原子炉冷却材の循環設備の強度計算書」,「VI-3-3-3-3　残留熱除去設備の強度計算書」,「VI-3-3-3-4　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書」,「VI-3-3-3-5　原子炉冷却材補給設備の強度計算書」,「VI-3-3-4-1-2　制御棒駆動水圧設備の強度計算書」,「VI-3-3-4-2　ほう酸水注入設備の強度計算書」,「VI-3-3-4-3　制御用空気設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」,「VI-3-3-6-2-7　原子炉格納容器安全設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-2-8　放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の強度計算書」,「VI-3-3-6-2-9 原子炉格納容器調気設備の強度計算書」及び「VI-3-3-6-2-10　圧力逃がし装置の強度計算書」に記載			
	スリーブ	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
	端板	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
	フランジ部	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書」及び「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

評価部位		評価点	分類	評価値*	判定値	残留ひずみ有無
配管貫通部	閉止板	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
	伸縮継手	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
	短管	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
電気配線貫通部	アダプタ	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
	ヘッダ	同左	添付書類「VI-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書」に記載			
原子炉格納容器隔離弁		弁箱	一次	0.854 MPa (2 Pd)	1.32 MPa (レーティング設計圧)	なし

注記＊：判定値を超える場合は，残留ひずみ有となる。

原子炉格納容器貫通部の核分裂生成物沈着による影響について

炉心溶融時の原子炉格納容器の各貫通部において，よう素等の核分裂生成物（以下「FP」という。）が沈着して発熱することにより，温度上昇することが考えられる。このときの温度上昇を評価し，原子炉格納容器限界温度以下となることを確認する。

1. 原子炉格納容器貫通部の FP 沈着による温度評価

炉心溶融時の原子炉格納容器内の FP の沈着による温度上昇について，格納容器破損防止対策の有効性評価における評価事故シーケンスのうち雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）を想定した条件にて，原子炉格納容器のリークパスへ FP が飛散し，リークパス内が FP で満たされ，目詰まりしたと保守的に仮定し，FEM 解析により温度分布を確認した。

評価結果としては，原子炉格納容器の貫通部リークパス箇所の最高温度は約 178 ℃となり，原子炉格納容器限界温度である 200 ℃を下回ることから原子炉格納容器限界温度に影響ないことを確認した。

注：原子炉格納容器内の FP の挙動としては，「シビアアクシデント時格納容器内多次元熱流動及び FP 挙動解析（原子力安全基盤機構（ＪＮＥＳ））」において，FP が飛散してもその多くは重力沈降により原子炉格納容器内の床や壁表面にとどまり原子炉格納容器自由空間に飛散しないという知見が得られているが，リークパスへ FP が飛散し導かれたと仮定する。リークパスへの FP の捕集量についての知見はないことから保守的に FP が満たされた状態と仮定する。（FP が満たされた状態は，漏えい量は 0 となるが温度評価のため保守的に仮定する。）

○原子炉格納容器貫通部の FP 沈着による温度評価

炉心溶融時の原子炉格納容器内の FP が貫通部のリークパスに付着した場合の温度上昇について，下記条件にて評価する。イメージ図を図 1 に示す。

a. 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）を想定する。
b. 重大事故等時における原子炉格納容器内の FP の飛散については「シビアアクシデント時格納容器内多次元熱流動及び FP 挙動解析（ＪＮＥＳ）」において，FP のほとんどが重力沈降により原子炉格納容器内の床や壁表面に付着し原子炉格納容器自由空間に飛散しないという知見が得られているが，FP が飛散し貫通部リークパスへ到達したと仮定する。
c. 貫通部の仮定するリークパスは，原子炉格納容器の漏えい試験結果をもとに約 1 ㎜^{2} のリークパスと仮定する。
d. FP が飛散した貫通部リークパスにおける FP の捕集量については，知見がないことから保守的にリークパスに FP が満たされた状態を仮定する。（リークパスへ FP が満たされた状態では，漏えい率は 0 %/d となるが温度評価のため保守的に仮定する。）
e. 原子炉格納容器貫通部リークパスに沈着した FP の発熱量は，ＮＵＲＥＧ-1465 の炉心内の FP 量に対する原子炉格納容器内への放出割合を核種ごとの発熱量に乗じて算出する。

f. FP の発熱量は，時間経過により低下するが，本評価では保守的に沈着後の時間経過による発熱量の低下は考慮しない。

よう素については事象進展により化学組成が変動することが考えられるが，寄与割合の大きなセシウムについて密度の高いＣｓＩ（よう化セシウム）の密度を想定し，FP 質量の保守性を考慮し算出する。

上記条件による評価結果として，原子炉格納容器内壁面温度が雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）時の最大値である約 171 ℃となる時，FP による温度上昇は，約 7 ℃であり原子炉格納容器の貫通部表面温度は，約 178 ℃となり原子炉格納容器限界温度（200 ℃）を下回り原子炉格納容器限界温度に影響のないことを確認した。

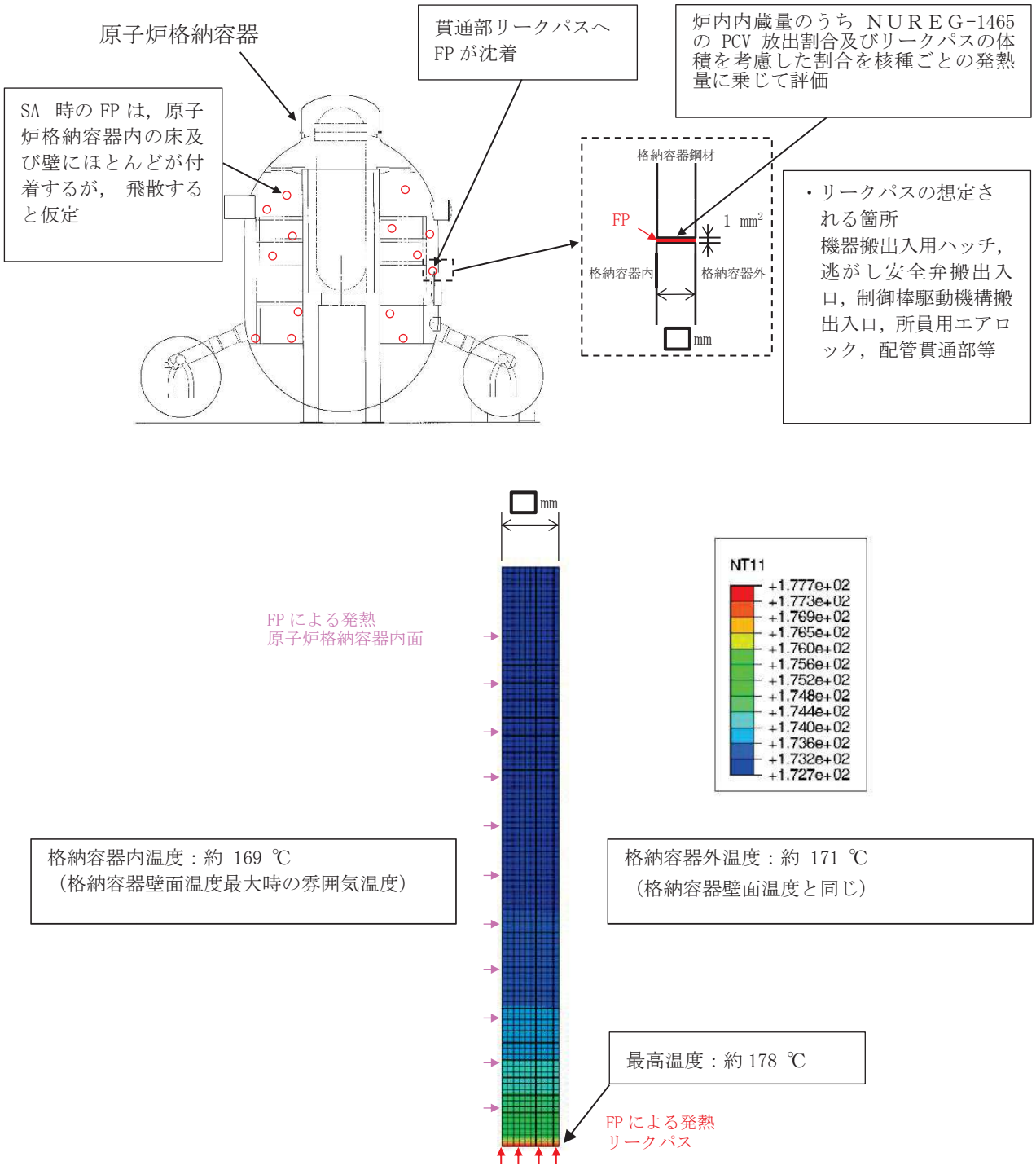


図 1　FP 沈着による温度上昇評価イメージ

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

○FP 沈着による温度評価における保守性について

・リークパスを 1 箇所と仮定。

原子炉格納容器のリークパスは，数箇所の可能性もあるが評価においては 1 箇所に集中して FP が捕集されたと仮定する。

・リークパスに捕集される FP の量がリークパスに満たされた状態を仮定。

FP の捕集量については，原子炉格納容器信頼性実証事業放射性物質捕集特性試験（NUPEC）の結果より FP が配管に目詰まりする事象が確認されており，目詰まりはリークパス入口部で生じていることも確認されているが，捕集量に関しての知見は得られていないことからリークパスに FP が満たされた状態を仮定する。

・リークパスに捕集される FP の質量を発熱量の寄与割合が高いものの内，密度の高い核種として算出。

発熱の寄与割合が高い核種は，ＣｓＩ（よう化セシウム）であることから，FP の密度は，ＣｓＩの約 4.5 g/cm^3 を用いて FP の質量を求める。

・FP の発熱量は，発熱量が最大である事故直後の熱量，原子炉格納容器内温度は最大となる時点の温度にて評価

FP の発熱量は，時間の経過とともに低下するが，評価においてはＮＵＲＥＧ-1465 の FP の核種の放出割合をもとに，FP の発熱量が最大となる事故直後（プラント停止直後）の発熱量より求められた約 4.88×10^3 kW とし，原子炉格納容器壁面温度は最高となる約 5 時間後の 171℃を使用し評価した。（5 時間後は，約 2.55×10^3 kW（事故直後の約 0.5 倍）。）

○FP 発熱の核種の寄与割合について

FP の発熱の核種での寄与割合を表 1 に整理する。

よう素の寄与割合が約 85.6 %と高く，その他核種の発熱の寄与割合は約 14.4 %であり熱量への寄与割合は低い。

表 1　核種グループごとの熱量の寄与割合

核種グループ	熱量寄与割合
よう素	約 85.6 %
セシウム類	約 2.2 %
アンチモン	約 1.5 %
テルル	約 2.5 %
ストロンチウム	約 4.2 %
バリウム	約 2.5 %
ルテニウム類	約 0.1 %
セリウム類	約 0.4 %
ランタン類	約 0.9 %
合 計	100 %

○原子炉格納容器の漏えい試験結果をもとに算出した約 1 ㎜^{2} のリークパスの算出方法について

今回の評価における原子炉格納容器のリークパスは，「原子炉格納容器信頼性実証事業放射性物質捕集特性試験（NUPEC)」及び「流体力学　実教出版株式会社　第 21 版」を参考とした下記評価方法により算出した。

$$A_e = \frac{m \cdot \sqrt{R \cdot T_O}}{P_O \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1}\left\{\left(\frac{P_b}{P_O}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_b}{P_O}\right)^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}}\right\}}}$$

ここで，　m：質量流量　　A_e：漏えい等価面積

P_O：1 次側圧力　　P_b：2 次側圧力

γ ：比熱比　　T_O：1 次側温度

R：ガス定数

上記式中の 1 次側及び 2 次側のパラメータは，それぞれ原子炉格納容器内外の値を使用する。

原子炉格納容器内のパラメータは，原子炉格納容器漏えい試験の圧力，温度，原子炉格納容器外の圧力は大気圧として評価する。

質量流量（m）は原子炉格納容器内の密度×体積×漏えい率より算出する。

○原子炉格納容器のリークパスに満たされた核種の割合について

今回の評価における原子炉格納容器のリークパスに満たされた核種は，ＮＵＲＥＧ-1465 の炉心内の FP 量に対する原子炉格納容器内への放出割合を使用しリークパスにおける発熱量を評価する。

表２　ＮＵＲＥＧ-1465 の原子炉格納容器内放出割合

Table 3.12 BWR Releases Into Containment*

	Gap Release***	Early In-Vessel	Ex-Vessel	Late In-Vessel
Duration (Hours)	0.5	1.5	3.0	10.0
Noble Gases**	0.05	0.95	0	0
Halogens	0.05	0.25	0.30	0.01
Alkali Metals	0.05	0.20	0.35	0.01
Tellurium group	0	0.05	0.25	0.005
Barium, Strontium	0	0.02	0.1	0
Noble Metals	0	0.0025	0.0025	0
Cerium group	0	0.0005	0.005	0
Lanthanides	0	0.0002	0.005	0

* Values shown are fractions of core inventory.
** See Table 3.8 for a listing of the elements in each group
*** Gap release is 3 percent if long-term fuel cooling is maintained.

出典：ＮＵＲＥＧ-1465「Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants」

リークパスの体積は，リークパス面積１ mm^2 と鋼板厚さ□mm より□cm^3 であるため，原子炉格納容器内に放出された FP のうち支配的なＣｓＩ（よう化セシウム）の密度を想定し，リークパスに詰まる FP の量は約□g となる。

また，この量は原子炉格納容器内に放出された FP のうち約□%が詰まっている想定となる。この割合とＮＵＲＥＧ-1465 の放出割合を基にリークパスでの発熱量を算出する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ｏ２　②　Ⅵ-1-8-1-別添１　ＲＯＥ

別添2　原子炉格納容器フィルタベント系の設計

目次

1. 概要 ····· 別添2-1
1.1 設置目的 ····· 別添2-1
1.2 基本性能 ····· 別添2-1
1.3 系統概要 ····· 別添2-1
2. 系統設計 ····· 別添2-4
2.1 設計方針 ····· 別添2-4
2.2 設計条件 ····· 別添2-8
2.3 原子炉格納容器フィルタベント系 ····· 別添2-9
2.3.1 系統構成 ····· 別添2-9
2.3.2 フィルタ装置 ····· 別添2-15
2.3.3 配置 ····· 別添2-25
2.4 付帯設備 ····· 別添2-32
2.4.1 計装設備 ····· 別添2-32
2.4.2 電源設備 ····· 別添2-41
2.4.3 給水設備 ····· 別添2-44
2.4.4 可搬型窒素ガス供給装置 ····· 別添2-46
2.4.5 排水設備 ····· 別添2-48
2.4.6 排気管排水設備 ····· 別添2-50
3. フィルタ性能 ····· 別添2-51
3.1 フィルタ装置による放射性物質の除去原理 ····· 別添2-51
3.1.1 エアロゾルの除去原理 ····· 別添2-51
3.1.2 ガス状放射性よう素の除去原理 ····· 別添2-57
3.2 運転範囲 ····· 別添2-61
3.3 性能検証試験結果 ····· 別添2-62
3.3.1 性能検証試験の概要 ····· 別添2-62
3.3.2 エアロゾルの除去性能試験結果 ····· 別添2-67
3.3.3 ガス状放射性よう素の除去性能試験結果 ····· 別添2-76
3.3.4 フィルタ装置の継続使用による性能への影響 ····· 別添2-81
4. 設備の維持管理 ····· 別添2-85

別紙

別紙1　可燃性ガスの爆発防止対策について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別添2-94
別紙2　原子炉格納容器フィルタベント系の系統設計条件の考え方について
・・・ 別添2-119
別紙3　流量制限オリフィスの設定方法について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別添2-129
別紙4　スクラバ溶液の保有水量の設定根拠及び健全性について・・・・・・・・・・・・・ 別添2-134
別紙5　原子炉格納容器フィルタベント系隔離弁の人力操作について・・・・・・・・・ 別添2-155
別紙6　ベント実施に伴う作業等の作業員の被ばく評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別添2-160

1. 概要

1.1 設置目的

炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器の破損及び原子炉格納容器内の水素による爆発を防止するため，原子炉格納容器フィルタベント系を設置する。

本系統はフィルタ装置（フィルタ容器，スクラバ溶液，金属繊維フィルタ，放射性よう素フィルタ）を通して排気に含まれる放射性物質を低減した上で，原子炉格納容器内の雰囲気ガスを放出することで，原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させるとともに，原子炉格納容器内に滞留する水素を大気へ放出する機能を有する。

また，設計基準事故対処設備が有する最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合に，かつ残留熱除去系の使用が不可能な場合において，炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するために，大気を最終ヒートシンクとして熱を輸送する機能を有する。

1.2 基本性能

原子炉格納容器フィルタベント系は，炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器内に発生するガスを，フィルタ装置を通して大気に逃がすことで，放出される粒子状の放射性物質（セシウム等）を低減する。

このため，放射性物質による環境への汚染の視点も含め，環境への影響をできるだけ小さくとどめるものとして定められているCs-137の放出量が100TBqを下回ることができる性能を有したものとする。

フィルタ装置としては，上述したCs-137の放出量制限を満足させるため，粒子状放射性物質除去効率99.9％以上の性能を有する装置を採用する。

また，当該装置は，ガス状放射性よう素の除去効率として，無機よう素は99.8％以上，有機よう素は98％以上の性能を有する。

1.3 系統概要

図1.3-1に系統概要を示す。

本系統は，フィルタ装置，フィルタ装置出口側ラプチャディスク等で構成する。本系統は，中央制御室からの操作で，原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁又はドライウェルベント用出口隔離弁）及び原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)又は原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(B)）を「全開」とすることにより，原子炉格納容器内の雰囲気ガスを，ドライウェル又はサプレッションチェンバより抜き出し，フィルタ装置にて放射性物質を低減させた後に，排気管を通して原子炉建屋屋上位置（O.P.約50m）で放出する。

本系統は，排気ラインにフィルタ装置出口側ラプチャディスクを設け，水素爆発防止のため系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機する際の大気との隔壁とする。このフィルタ装置出口側ラプチャディスクの破裂圧力は，原子炉格納容器からの排気の妨げにならないように，原子炉格納容器からの排気圧力と比較して十分小さい圧力に設定する。

本系統は，中央制御室からの操作を可能とするため，代替電源設備からの給電を可能とするが，電源の確保ができない場合であっても，放射線量率の低い原子炉建屋付属棟内（非管理区域）より遠隔で操作することができる。

なお，原子炉格納容器からの排気時に，高線量率となるフィルタ装置等からの被ばくを低減するために，必要な遮蔽等を行う。

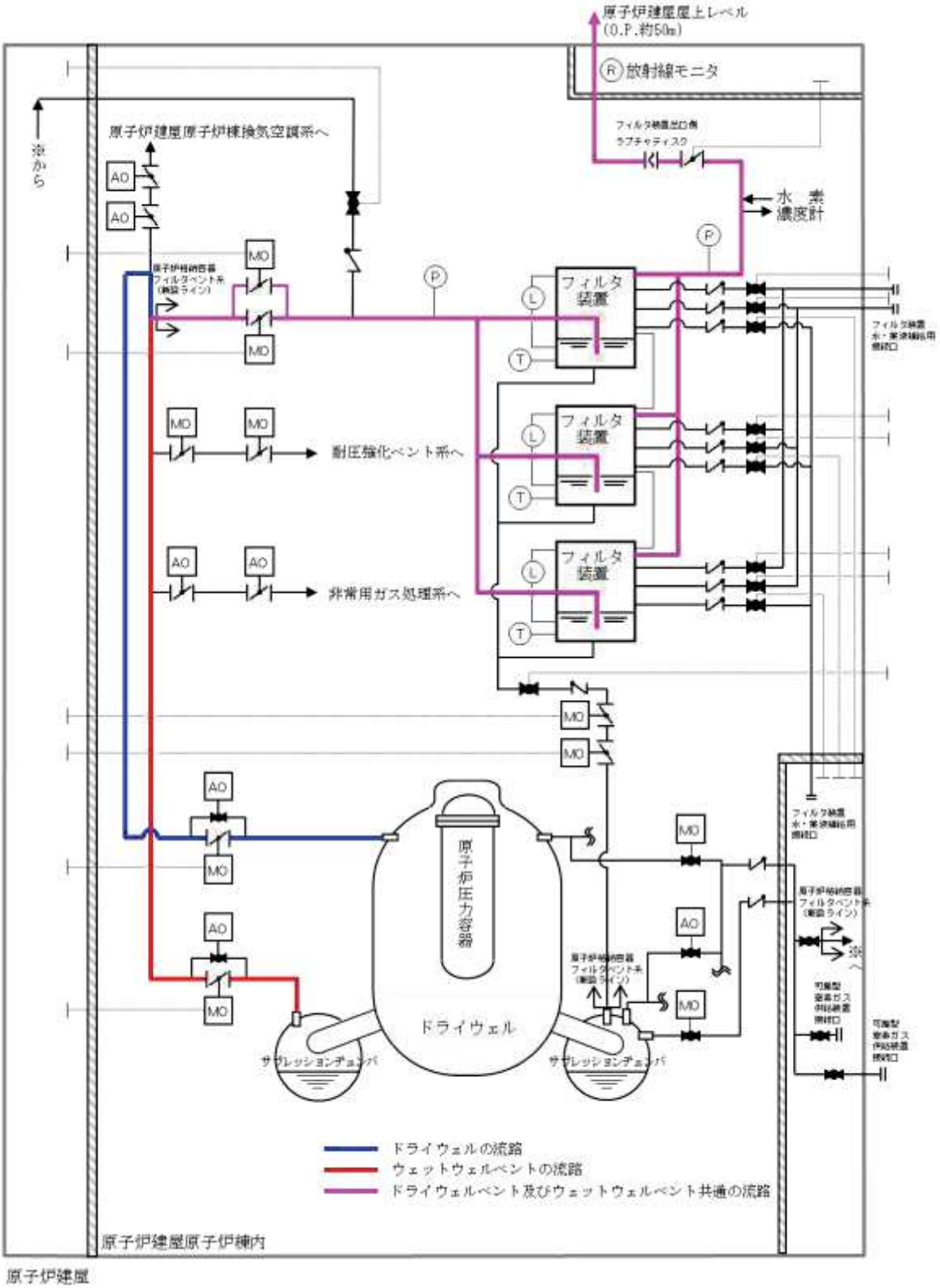


図1.3-1　原子炉格納容器フィルタベント系　系統概要図

2. 系統設計

2.1 設計方針

原子炉格納容器フィルタベント系は，想定される重大事故等が発生した場合において，原子炉格納容器の過圧破損及び原子炉格納容器内の水素による爆発を防止するとともに，大気を最終ヒートシンクとして熱を輸送できるよう，以下の事項を考慮した設計とする。

(1) 原子炉格納容器フィルタベント系の設置

炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器の過圧による破損を防止するために必要な重大事故等対処設備のうち，原子炉格納容器内の圧力を大気中に逃がすための設備として，原子炉格納容器フィルタベント系を設ける設計とする。

a. 原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置（フィルタ容器，スクラバ溶液，金属繊維フィルタ，放射性よう素フィルタ），フィルタ装置出口側ラプチャディスク，配管・弁類，計測制御装置等で構成し，原子炉格納容器フィルタベント系は，原子炉格納容器内雰囲気ガスを原子炉格納容器調気系を経由して，フィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出（系統設計流量10.0kg/s）することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への放出量を低減しつつ，原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させることができる設計とする。フィルタ装置は3台を並列に設置し，フィルタ装置1台当たりのベントガス流量が同等となる設計とする。

なお，炉心の著しい損傷等を防止するため，原子炉格納容器フィルタベント系を使用した場合に放出される放射性物質の放出量に対して，設置（変更）許可において敷地境界での線量評価を行い，実効線量が5mSv以下であることを確認している。

b. フィルタ装置は，排気中に含まれる粒子状放射性物質，ガス状の無機よう素及び有機よう素を除去できる設計とする。また，無機よう素をスクラバ溶液中に捕集・保持するためにアルカリ性の状態（pH13以上）に維持する設計とする。放射性物質除去能力の設計条件を表2.1-1に示す。

表2.1-1 放射性物質除去能力の設計条件

	粒子状放射性物質	無機よう素	有機よう素
除染係数(DF)	1000以上	500以上	50以上

c. 原子炉格納容器フィルタベント系は，サプレッションチェンバ及びドライウェルと接続し，いずれからも排気できる設計とする。サプレッションチェンバ側からの排気ではサプレッションチェンバの水面からの高さを確保し，ドライウェル

側からの排気では，ドライウェル床面からの高さを確保する設計とするとともに有効燃料棒頂部よりも高い位置に接続箇所を設けることで，長期的にも溶融炉心及び水没の悪影響を受けない設計とする。

d. 原子炉格納容器フィルタベント系は，排気中に含まれる可燃性ガスによる爆発を防ぐため，系統内を不活性ガス（窒素）で置換した状態で待機させ，不活性ガスで置換できる設計とするとともに，系統内に可燃性ガスが蓄積する可能性のある箇所にはバイパスラインを設け，可燃性ガスを連続して排出できる設計とすることで，系統内で水素濃度及び酸素濃度が可燃領域に達することを防止できる設計とする。

e. 原子炉格納容器フィルタベント系は，他の発電用原子炉施設とは共用しない設計とする。また，原子炉格納容器フィルタベント系と他の系統・機器を隔離する弁は直列で2個設置し，原子炉格納容器フィルタベント系と他の系統・機器を確実に隔離することで，悪影響を及ぼさない設計とする。

f. 原子炉格納容器フィルタベント系の使用に際しては，原子炉格納容器が負圧とならないよう，原子炉格納容器代替スプレイ冷却系等による原子炉格納容器内へのスプレイは停止する運用を保安規定に定めて管理する。仮に，原子炉格納容器内にスプレイする場合においても，原子炉格納容器内圧力が規定の圧力まで減圧した場合には，原子炉格納容器内へのスプレイを停止する運用を保安規定に定めて管理する。

g. 原子炉格納容器フィルタベント系使用時の排出経路に設置される隔離弁は，遠隔手動弁操作設備（個数4）によって人力により容易かつ確実に操作が可能な設計とする。

h. 排出経路に設置される隔離弁の電動弁については，所内常設蓄電式直流電源設備，常設代替直流電源設備又は可搬型代替直流電源設備からの給電により，中央制御室から操作が可能な設計とする。

i. 系統内に設けるフィルタ装置出口側ラプチャディスクは，原子炉格納容器フィルタベント系の使用の妨げにならないよう，原子炉格納容器からの排気圧力と比較して十分に低い圧力で破裂する設計とする。

j. 原子炉格納容器フィルタベント系のフィルタ装置は，原子炉建屋原子炉棟内に設置し，原子炉格納容器フィルタベント系使用後に高線量となるフィルタ装置等の周囲には遮蔽壁が設置されることから，原子炉格納容器フィルタベント系の使用時に本系統内に蓄積される放射性物質から放出される放射線から作業員を防護する設計とする。

k. 原子炉格納容器フィルタベント系は，水の放射線分解により発生する水素がフィルタ装置内に蓄積することを防止するため，原子炉格納容器フィルタベント系使用後にフィルタ装置スクラバ溶液を，フィルタ装置より低い位置にあるサプレ

ッションチェンバへ移送できる設計とする。

l. 原子炉格納容器フィルタベント系は，淡水貯水槽から，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）及び薬液補給装置によりフィルタ装置にスクラバ溶液を補給できる設計とする。

m. 代替循環冷却系及び原子炉格納容器フィルタベント系は，共通要因によって同時に機能を損なわないよう，原理の異なる冷却及び原子炉格納容器内の減圧手段を用いることで多様性を有する設計とする。

n. 原子炉格納容器フィルタベント系は，人力により排出経路に設置される隔離弁を操作できる設計とすることで，代替循環冷却系に対して駆動源の多様性を有する設計とする。

o. 代替循環冷却系の代替循環冷却ポンプは原子炉建屋付属棟内に，残留熱除去系熱交換器及びサプレッションチェンバは原子炉建屋原子炉棟内に設置し，原子炉格納容器フィルタベント系のフィルタ装置及びフィルタ装置出口側ラプチャディスクは原子炉建屋原子炉棟内の異なる区画に設置することで共通要因によって同時に機能を損なわないよう位置的分散を図る設計とする。

p. 代替循環冷却系と原子炉格納容器フィルタベント系は，共通要因によって同時に機能を損なわないよう，流路を分離することで独立性を有する設計とする。

これらの多様性及び流路の独立性並びに位置的分散によって，代替循環冷却系と原子炉格納容器フィルタベント系は，互いに重大事故等対処設備として，可能な限りの独立性を有する設計とする。

q. 炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内における水素爆発による破損を防止できるように，原子炉格納容器内に滞留する水素及び酸素を大気へ排出するための設備として，原子炉格納容器フィルタベント系を設ける設計とする。

r. 原子炉格納容器内に滞留する水素及び酸素を大気へ排出するための重大事故等対処設備として，原子炉格納容器フィルタベント系は，フィルタ装置（フィルタ容器，スクラバ溶液，金属繊維フィルタ，放射性よう素フィルタ），フィルタ装置出口側ラプチャディスク，配管・弁類，計測制御装置等で構成し，炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器内雰囲気ガスを原子炉格納容器調気系を経由して，フィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させた後に原子炉建屋屋上に設ける放出口から排出（系統設計流量10.0kg/s）することで，排気中に含まれる放射性物質の環境への排出を低減しつつ，ジルコニウムー水反応及び水の放射線分解等により発生する原子炉格納容器内の水素及び酸素を大気に排出できる設計とする。

s. 可燃性ガスによる爆発及び原子炉格納容器の負圧破損を防止するため，可搬型窒素ガス供給装置を用いて原子炉格納容器内に不活性ガス（窒素）の供給が可能

な設計とする。

t. 炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器内における水素爆発による破損を防止するために必要な重大事故等対処設備のうち，原子炉格納容器内を不活性化するための設備として，可搬型窒素ガス供給装置を設ける設計とする。

u. 可搬型窒素ガス供給装置は，発電機を搭載することで，外部からの電源供給は不要な設計とし，原子炉格納容器内に窒素を供給することで，水の放射線分解により原子炉格納容器内に発生する水素及び酸素の濃度を可燃限界未満にできる設計とする。

2.2　設計条件

本系統における設備の設計条件を表2.2-1に示す。

表2.2-1　設計条件

設計条件		設定根拠
最高使用圧力	854kPa[gage]	原子炉格納容器の限界圧力を考慮し，2Pd（最高使用圧力427kPa[gage]の2倍）とする。
最高使用温度	200℃	原子炉格納容器の限界温度を考慮し，200℃とする。
設計流量	10.0kg/s （原子炉格納容器圧力 427kPa[gage] において）	原子炉定格熱出力1%相当の飽和蒸気量を，ベント開始圧力が低い場合（427kPa[gage]）であっても排出可能な流量とする。
フィルタ装置内発熱量	370kW	想定されるフィルタ装置に捕集及び保持される放射性物質の崩壊熱に対して十分な余裕を見込み，原子炉定格熱出力の0.015%に相当する発熱量とする。
エアロゾル移行量	150kg	想定されるフィルタ装置に移行するエアロゾルの量（28kg）に対して十分な余裕を見込み，150kgとする。
よう素の炉内内蔵量	□kg	BWRプラントにおける代表炉心（ABWR）の平衡炉心末期を対象としたORIGEN2コードの計算結果*から，□kgとする。
耐震条件	基準地震動Ｓｓ にて機能維持	基準地震動Ｓｓにて機能を維持する。

注記＊：ORIGEN2コードでは，保守的に1サイクル13か月（395日）に対して，1サイクル10000時間（416日）の燃焼期間を仮定している。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　原子炉格納容器フィルタベント系

2.3.1　系統構成

本系統は，原子炉建屋原子炉棟のフィルタ装置室内に設置するフィルタ装置，原子炉格納容器からフィルタ装置までの入口配管，フィルタ装置から大気開放される出口配管，フィルタ装置出口側ラプチャディスク，計装設備，電源設備，給水設備，可搬型窒素ガス供給装置及び排水設備で構成される。

(1)　配管等の構成

入口配管は，原子炉格納容器のサプレッションチェンバ及びドライウェルに接続された原子炉格納容器調気系配管から分岐し，弁を経由して3台並列に設置したフィルタ装置に接続する。

また，3台のフィルタ装置のスクラバ溶液の水位を等しくするために，各フィルタ装置の気相部及び液相部をそれぞれ連通管で接続する。

フィルタ装置入口側及び出口側の配管は，各フィルタ装置のベントガス流量を同等とするため，圧力損失の差を小さくするように配管ルートを設計する。

出口配管には，系統待機時に窒素置換された系統と大気を隔離するフィルタ装置出口側ラプチャディスクを設置する。フィルタ装置出口側ラプチャディスクはベント開始時に微正圧で動作するものとし，信頼性の高いものを使用する。

フィルタ装置には，外部からスクラバ溶液を補給できるよう給水配管を設置する。また，外部から系統に窒素を供給できるよう窒素供給配管を設置する。

また，ベント後の放射性物質を含むスクラバ溶液を原子炉格納容器（サプレッションチェンバ）に移送するため，及び，万一，放射性物質を含むスクラバ溶液がフィルタ装置室内に漏えいした場合に，漏えい水を原子炉格納容器（サプレッションチェンバ）に移送するための配管を設置する。

図2.3.1-1に原子炉格納容器フィルタベント系の系統構成を示す。

(2)　材質及び構造

配管及び弁は，重大事故等クラス2機器として，「日本機械学会　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005／2007）」のクラス2の規定に準拠して設計する。材質は炭素鋼を基本とするが，使用環境に応じて耐食性の高いステンレス鋼を使用する。屋内の炭素鋼配管及び屋外のステンレス鋼配管は腐食防止の観点から，外面に樹脂系塗料を塗装する。

遠隔手動弁操作設備については，隔離弁の操作軸にフレキシブルシャフトを接続し，原子炉建屋付属棟内（非管理区域）まで延長し，端部にハンドル又は汎用電動工具を取り付けて人力で操作できる構造とする。

フィルタ装置出口側ラプチャディスクについては，ベント開始時の原子炉格納容器圧力（427kPa[gage]）と比較して十分低い圧力で動作するように設定し，材

料はステンレス鋼を使用する。

系統を構成する主要な機器の仕様を表2.3.1-1に，フィルタ装置及び配管の材質範囲を図2.3.1-2に示す。

(3) 系統の切替性

原子炉格納容器からフィルタ装置へ至る配管は，ベントを実施する際，接続する他系統と隔離し，流路を構成する必要がある。対象となる系統は，非常用ガス処理系，原子炉建屋原子炉棟換気空調系及び耐圧強化ベント系である。これらの系統との取合いの弁は通常全閉状態であるが，開状態の場合でも中央制御室からの操作により，速やかに閉操作が可能である。

非常用ガス処理系及び原子炉建屋原子炉棟換気空調系との取合いの弁は，フェイルクローズの空気作動弁であることから，全交流動力電源喪失時には，全閉状態となる。また，耐圧強化ベント系との取合い弁は，電動弁であり，耐圧強化ベント系は原子炉格納容器フィルタベント系が使用できない場合に使用する系統であるため，全閉状態を維持する。

以上より，原子炉格納容器からフィルタ装置へ至る配管は，ベントを実施する際，他系統と隔離し，流路の構成が可能である。

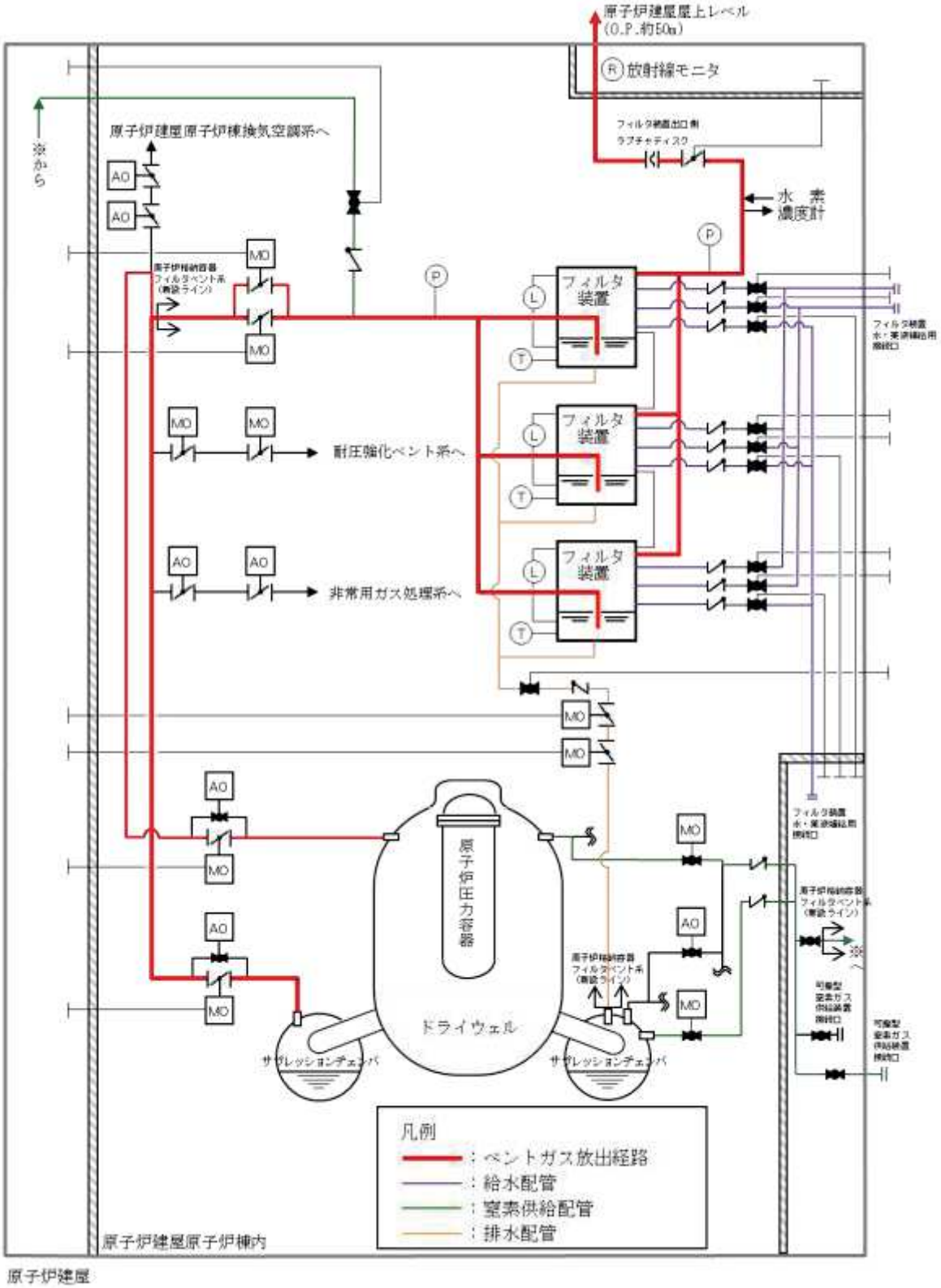


図2.3.1-1　原子炉格納容器フィルタベント系　系統概要図

表2.3.1-1　主要系統構成機器の仕様

(1)　配管

	呼び径	材質
a.　原子炉格納容器調気系配管からベントライン分岐部	400A	炭素鋼
b.　ベントライン分岐部からフィルタ装置	200A	炭素鋼
c.　フィルタ装置から排気ライン合流部	400A	炭素鋼
d.　排気ライン合流部からフィルタ装置出口側ラプチャディスク	500A	炭素鋼
e.　フィルタ装置出口側ラプチャディスクから放出口	500A	ステンレス鋼

(2)　隔離弁

	型式	駆動方式	呼び径
a.　原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）	バタフライ弁	電動駆動（直流）＋遠隔手動弁操作設備	600A
b.　原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）	バタフライ弁	電動駆動（直流）＋遠隔手動弁操作設備	600A
c.　原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)）	バタフライ弁	電動駆動（直流）＋遠隔手動弁操作設備	400A
d.　原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(B)）	バタフライ弁	電動駆動（直流）＋遠隔手動弁操作設備	400A

(3)　遠隔手動弁操作設備

弁名称 (呼び径)	原子炉格納容器第一隔離弁		原子炉格納容器第二隔離弁	
	サプレッションチェンバベント用出口隔離弁 (600A)	ドライウェルベント用出口隔離弁 (600A)	原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A) (400A)	原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(B) (400A)
フレキシブルシャフト長さ	約28m	約20m	約19m	約18m
個　数	1	1	1	1

(4)　フィルタ装置出口側ラプチャディスク

型式	設定破裂圧力	呼び径	材質	個数
複合引張型 ラプチャディスク	100kPa	500A	ステンレス鋼	1

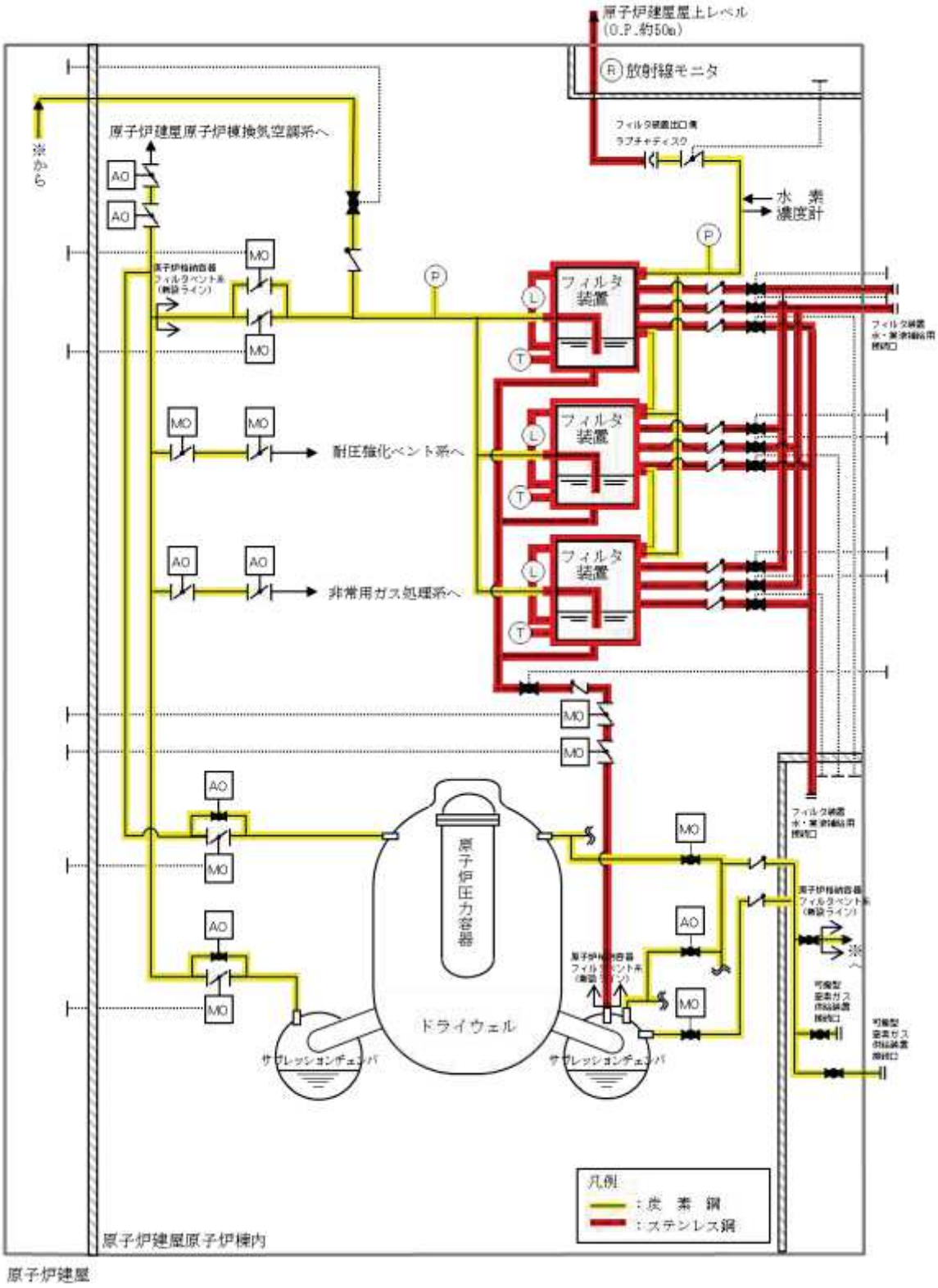


図2.3.1-2　フィルタ装置及び配管の材質範囲

2.3.2　フィルタ装置

(1)　フィルタ装置仕様

フィルタ装置は，たて置円筒形の容器であり，常時スクラバ溶液を貯留する。また，1基（全3台）で構成し，3台のフィルタ装置は並列に設置し，原子炉建屋原子炉棟内のフィルタ装置室の壁に固定する。容器下部にはベンチュリスクラバ（ベンチュリノズル及びスクラバ溶液），上部には金属繊維フィルタが設置され，これらを組み合わせて粒子状放射性物質を除去する。

さらに，金属繊維フィルタの後段に，容器内部に放射性よう素フィルタを設け，有機よう素及び無機よう素を捕集する物質（銀ゼオライト）を収納している。

フィルタ装置の主な仕様を以下に示す。

a.　容器は，重大事故等クラス2容器として「日本機械学会　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005/2007）」クラス2容器の規定に準拠して設計する。

b.　容器内に貯留するスクラバ溶液量は，捕集した放射性物質の崩壊熱による減少を考慮し，設計条件であるフィルタ装置内発熱量370kWに対して，ベント開始後[redacted]はベンチュリスクラバによる所定の放射性物質の除去性能が確保できるように設定する。

c.　容器及び内部構造物の材料は，スクラバ溶液に添加されるアルカリ性の薬剤に対して，耐性に優れるステンレス鋼を使用する。

d.　容器には，スクラバ溶液の減少分を補充するための注水用の管台，スクラバ溶液を採取するための試料採取用の管台及びスクラバ溶液を移送するためのドレン用の管台を設ける。

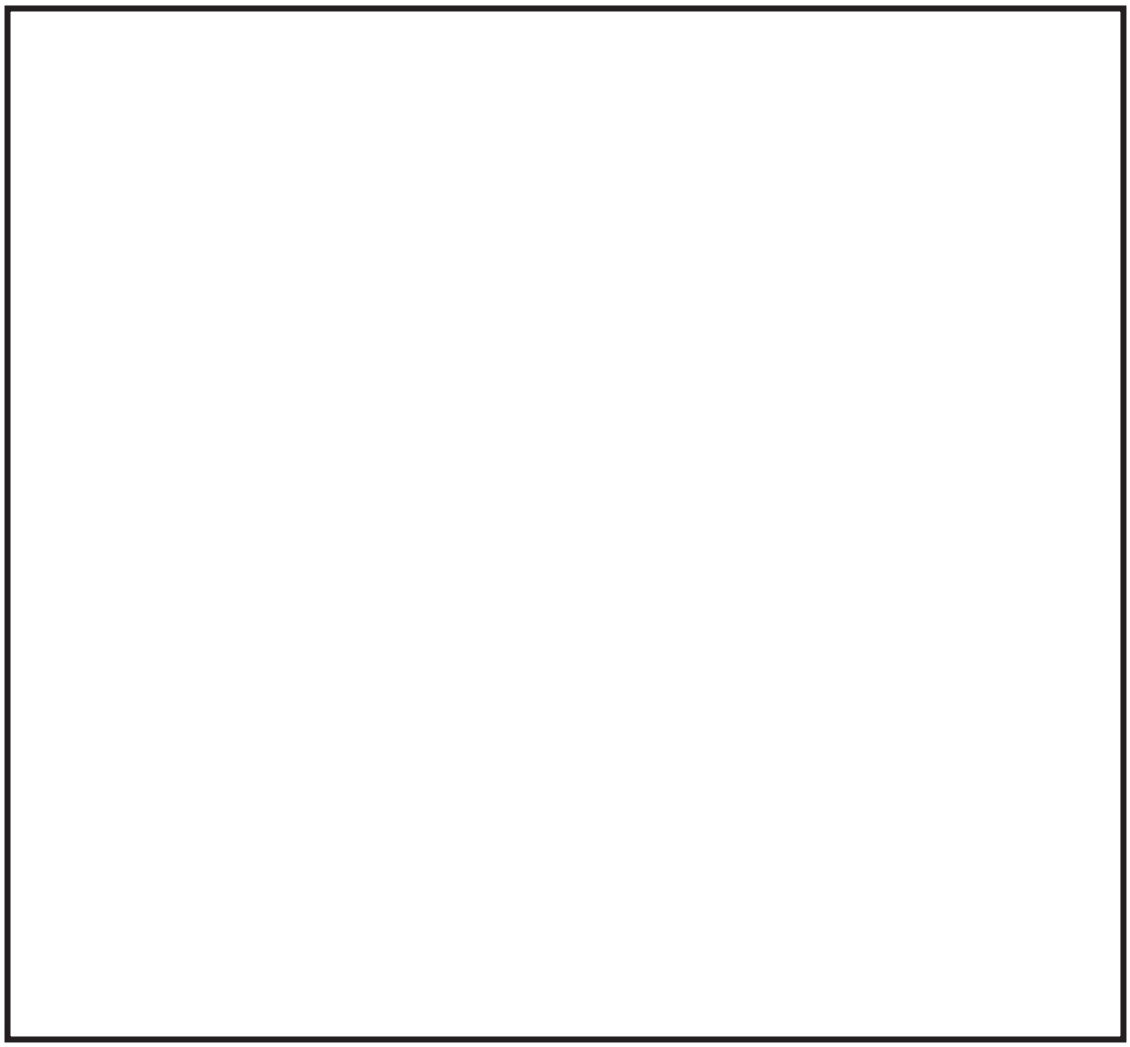
e.　容器は，ベンチュリノズル及び金属繊維フィルタを内蔵する。

f.　容器内部には，放射性よう素フィルタを設け，銀ゼオライトを収納する。

g.　金属繊維フィルタと放射性よう素フィルタの連絡管には，流量制限オリフィスを設け，原子炉格納容器より排出されるガスの体積流量をほぼ一定に保つ設計とする。

フィルタ装置の仕様を表2.3.2-1に，構造を図2.3.2-1に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



符号	名称	個数	呼び径
N34	レベル計（狭帯域）		
N33	レベル計（狭帯域）		
N32	換気口（サンプリング）		
N31	連通管		
N30	重大事故用給水ライン		
N29	サンプリング		
N28	連通管		
N19	サンプリング		
N18	ベント		
N17	ドレン		
N16	ドレン		
N15	ドレン		
N14	排水移送ライン		
N13	薬液注入ライン		
N11	補給水ライン		
N10	温度計		
N8	圧力計		
N6	レベル計（広帯域）		
N5	レベル計（広帯域）		
N4	マンホール		
N3	ガス出口		
N2	ガス出口		
N1	ガス入口		

管　台　一　覧　表

注：フィルタ装置（A)のN28及びフィルタ装置（C）のN31は予備とする

番号	品名	個数	材料
3	マンホール平板		
2	鏡板		
1	胴板		

部　品　表

図2.3.2-1　フィルタ装置概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) フィルタ仕様

a. ベンチュリスクラバ

ベンチュリスクラバは，ベンチュリノズル，スクラバ溶液で構成され，ベントガス中に含まれる粒子状放射性物質及び無機よう素を捕集し，スクラバ溶液中に保持する。

ベンチュリノズルは，上部に行くにつれて緩やかに矩形断面の流路面積を増やして断面変化させており，上端は閉じて，側面に出口開口を設けている。また，ベンチュリノズル中低部の最も流路断面積が小さくなるスロート部の側面にスクラバ溶液を取り込む開口を設けている。これにより，スロート部で高流速とすることで，スロート部の圧力を周囲スクラバ溶液領域よりも低下させて側面開口からベンチュリノズル周囲のスクラバ溶液を吸込み，ベンチュリノズル内に噴霧させる。ベンチュリノズル内ではガスと噴霧水滴の流速の差でエアロゾルの捕集効率を高め，上端吐出部からスクラバ溶液中に排出させる。

ベンチュリノズルは，分配管に設置し，分配管に対して直立させるとともに，他のベンチュリノズルと離隔距離を確保した配置とする。また，ベントガスは，スクラバ溶液中に[　　]に排出されたのち，減速し分配管の間を浮き上がっていく流れとなるため，隣接するベンチュリノズルへ与える影響はない。

また，スクラバ溶液には放射性の無機よう素（I_2）を捕集，保持するため，[　　]が添加される。[　　]は，揮発性の高い無機よう素を不揮発性のよう素イオン（I^-）に変化させ，[　　]は，[　　]の効果を安定させるために，スクラバ溶液を高アルカリ性の状態に維持する。

ベンチュリノズルの材質は，耐アルカリ性に優れるステンレス鋼とする。

ベンチュリノズルの機器仕様を表2.3.2-1に，スクラバ溶液の仕様を表2.3.2-2に，概略図を図2.3.2-2に，配置を図2.3.2-3に，ベンチュリノズルからのベントガスの流れの概要を図2.3.2-4に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

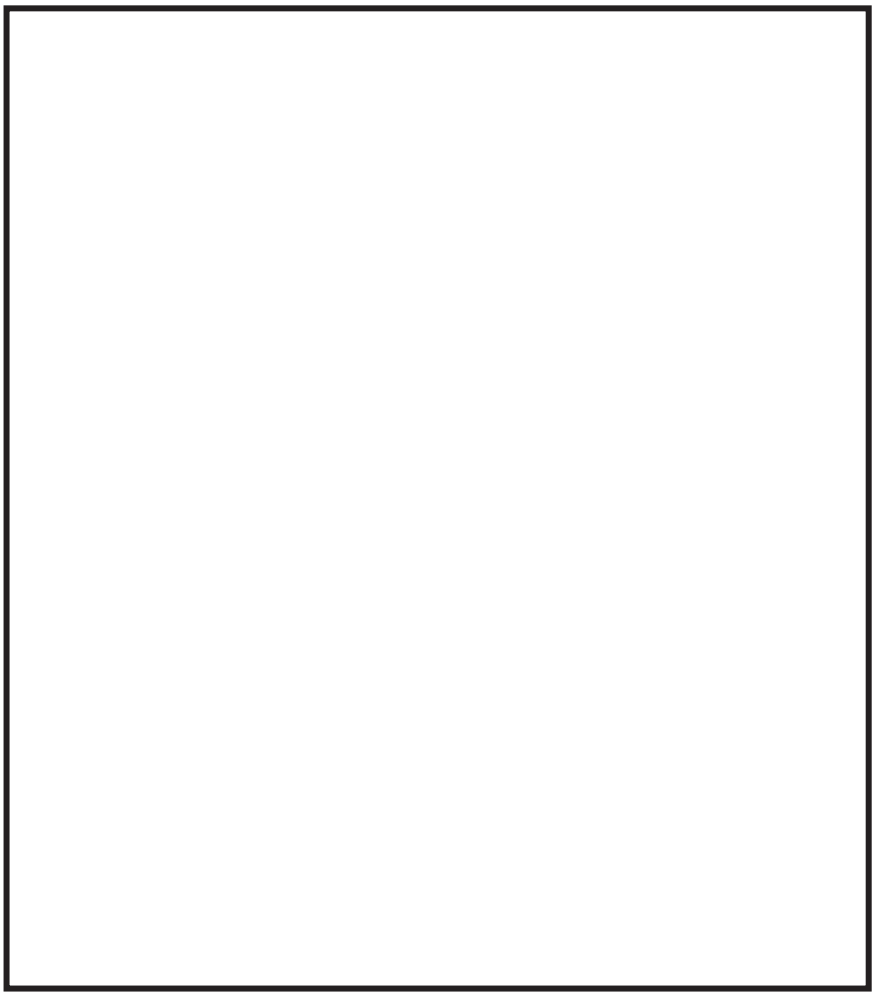


図2.3.2-2　ベンチュリノズル概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

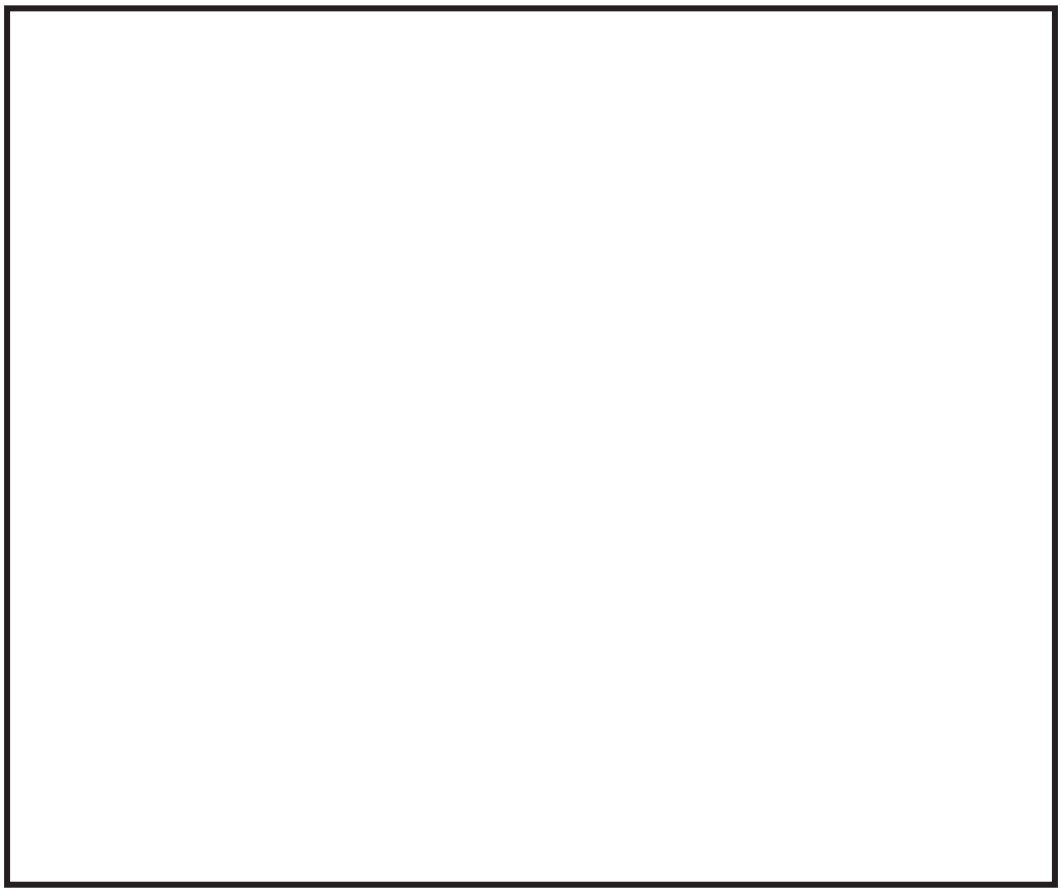


図2.3.2-3　ベンチュリノズルの配置図
（全3台のうち2台（残り1台は180°方位が異なる。））

図2.3.2-4　ベンチュリノズルからのベントガスの流れの概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

b.　金属繊維フィルタ

金属繊維フィルタは，ベンチュリスクラバで除去しきれなかった粒子状放射性物質を除去する。

金属繊維フィルタは，必要なフィルタ面積と最適なガス流速が得られるように，容器の上部に縦向きに配置される。金属繊維フィルタはステンレス鋼製で，プレフィルタとメインフィルタを[redacted]であり，周囲の型枠により容器内部に直接取り付けられる。

ベントガスは，スクラバ溶液を出た後，スクラバ溶液から生じる湿分（液滴）を含んでいる。長時間の運転でも高い除去効率を確保するため，[redacted]の間には湿分分離機構が設けられ，除去した液滴は，スクラバ溶液内にドレンされる。

金属繊維フィルタの機器仕様を表2.3.2-1に，概略図及びフィルタ装置内の配置を図2.3.2-5及び図2.3.2-6に示す。

[redacted]

図2.3.2-5　金属繊維フィルタ概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

図2.3.2-6　フィルタ装置の断面図（金属繊維フィルタ）

(a)　プレフィルタ及び湿分分離機構

プレフィルタは，ベントガスに含まれる液滴を凝集させる。ベントガスに含まれる液滴は，湿分分離機構 を通過する際， し，ベントガス中から分離される。分離した液滴は，金属繊維フィルタ下部に接続したドレン配管を介してスクラバ溶液中に戻る。

プレフィルタは，約 μｍの繊維径のものを使用し， になっている。繊維の材質は， ステンレス鋼を採用する。

湿分分離機構の概要を図2.3.2-7に，ドレン配管接続部の概要を図2.3.2-8に示す。

図2.3.2-7　湿分分離機構の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

図2.3.2-8　ドレン配管接続部の概略図

(b)　メインフィルタ

メインフィルタは，約［　　］μmの繊維径のものを使用し，［　　］［　　］になっている。繊維の材質は，［　　］ステンレス鋼を採用する。

c.　流量制限オリフィス

フィルタ装置内の体積流量をほぼ一定に保つため，金属繊維フィルタ下流に流量制限オリフィスを設置する。流量制限オリフィスの穴径は，系統の圧力損失を考慮した上で，ベント開始時の原子炉格納容器圧力（1Pd～2Pd）のうち，低い圧力（1Pd）において，設計流量が確実に排気できるよう設定する。

なお，ベントガスは，［　　］により，［　　］［　　］となり，放射性よう素フィルタに供給される。

流量制限オリフィスの仕様を表2.3.2-1に示す。

d.　放射性よう素フィルタ

放射性よう素フィルタには，銀ゼオライトを収納し，ベントガスを通過させることで，ガス中に含まれる放射性のよう素を除去する。

銀ゼオライトの充填部は，［　　］，各充填部に充填孔を設け，万一，銀ゼオライトの交換が必要になった場合は，容器頂部のマンホールから充填孔を介して銀ゼオライトを充填若しくは吸引回収できる構造とする。

放射性よう素フィルタの仕様を表2.3.2-1に，概略図を図2.3.2-9に，フィルタ装置内の放射性よう素フィルタの配置を図2.3.2-10に示す。

［　　］枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

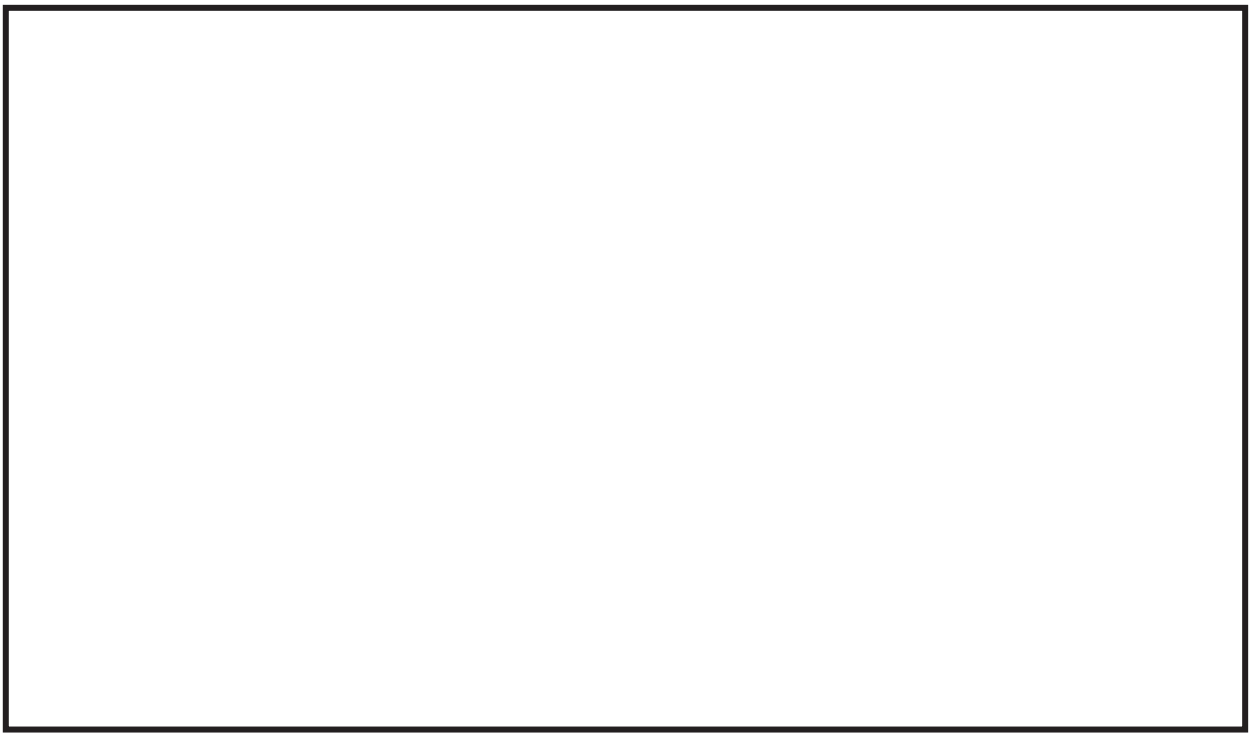


図2.3.2-9　放射性よう素フィルタ概略図

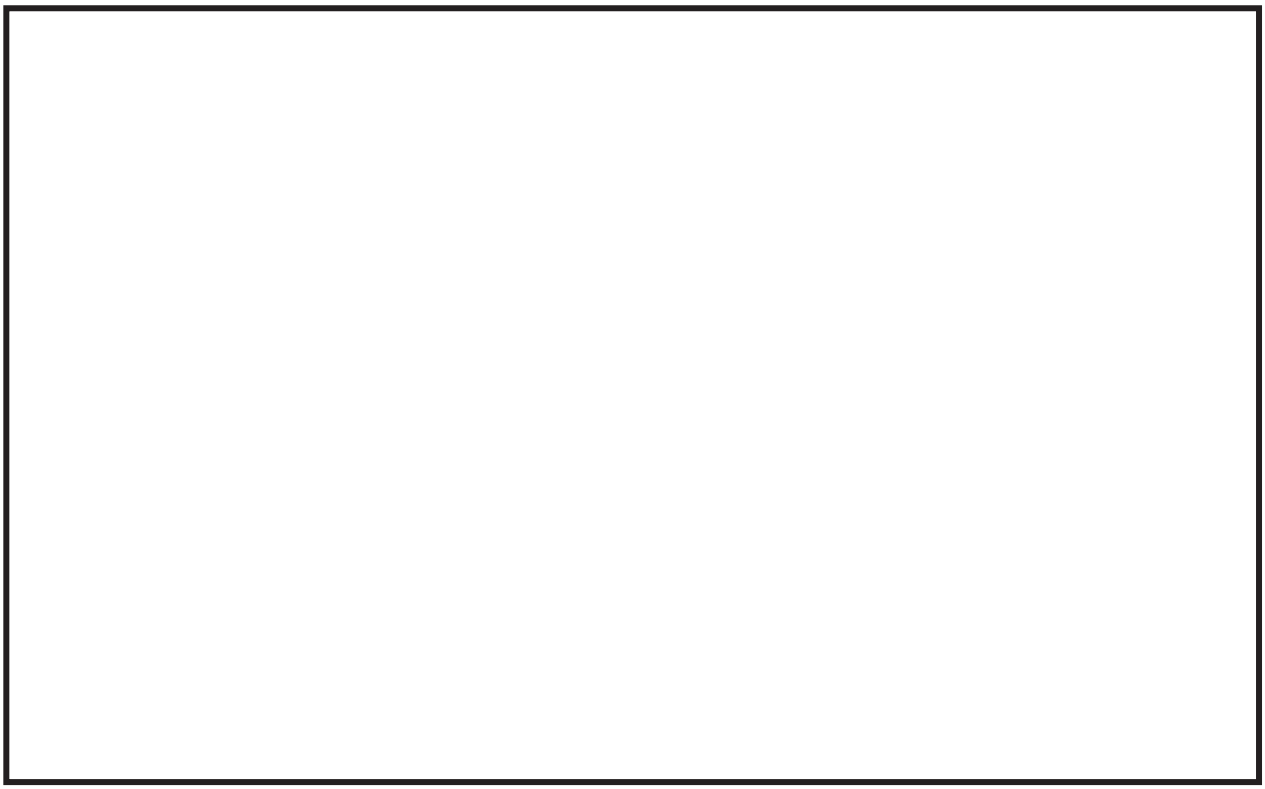


図2.3.2-10　フィルタ装置の断面図（放射性よう素フィルタ）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2.3.2-1　フィルタ装置主要仕様

(1)　容器

型　　式	たて置円筒形
材　　質	ステンレス鋼（　　）
胴　内　径	約2.6m
高　　さ	約6.2m
個　　数	3*

注記＊：フィルタ装置は1基（全3台）で構成する。

(2)　ベンチュリノズル

材　　質	ステンレス鋼（　　）
個　　数	

(3)　金属繊維フィルタ

材　　質	ステンレス鋼（　　）
寸　　法	高さ　約　　mm 横幅　約　　mm 厚さ　約　　mm
繊　維　径	プレフィルタ　約　　μm メインフィルタ　約　　μm
個　　数	
総　面　積	約

(4)　流量制限オリフィス

型　　式	同心オリフィス板
材　　質	ステンレス鋼（　　）
個　　数	

(5)　放射性よう素フィルタ

材　　質	銀ゼオライト
充　填　量	約
ベッド厚さ	約　　mm

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2.3.2-2　スクラバ溶液仕様（待機水位時）

項目	設定値
pH	13以上

2.3.3　配置

フィルタ装置は，原子炉建屋原子炉棟内のフィルタ装置室に設置することにより，地震，津波，飛来物の衝突等を考慮した設計とする。また，フィルタ装置等の周囲に設置される遮蔽壁は，鉄筋コンクリート製であり，原子炉格納容器フィルタベント系の使用時に本系統内に蓄積される放射性物質から放出される放射線から作業員を防護する設計とする。また，最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設計基準事故対処設備である残留熱除去系ポンプ，残留熱除去系熱交換器，原子炉補機冷却水ポンプ，原子炉補機冷却水系熱交換器及び原子炉補機冷却海水ポンプに対して位置的分散を図っている。さらに，重大事故等対処設備である代替循環冷却ポンプに対しても位置的分散を図っている。

フィルタ装置の配置を図2.3.3-1に，残留熱除去系ポンプ及び代替循環冷却ポンプの配置を図2.3.3-2に，残留熱除去系熱交換器の配置を図2.3.3-3に，原子炉補機冷却水ポンプ，原子炉補機冷却水系熱交換器及び原子炉補機冷却海水ポンプの配置を図2.3.3-4に示す。

原子炉格納容器フィルタベント系の配管については，ベント時に発生する蒸気凝縮で発生するドレン水による閉塞やこれに起因する水素及び酸素の滞留を防止するため，配置に留意する。具体的には配管ルートにUシール部ができないよう配置する。なお，新設部分については，水平配管に適切な勾配を設ける。

原子炉格納容器フィルタベント系は，サプレッションチェンバ及びドライウェルと接続し，いずれからも排気できる設計とするため，サプレッションチェンバ側からの排気では，重大事故等時の最大水位（O.P. -1914）よりも高い位置（O.P. 1352）に接続箇所を設け，ドライウェル側からの排気では，有効燃料棒頂部（O.P. 16505.9）よりも高い位置（O.P. 17800）に接続箇所を設ける。

原子炉格納容器フィルタベント系の配管ルート図を図2.3.3-5～9に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

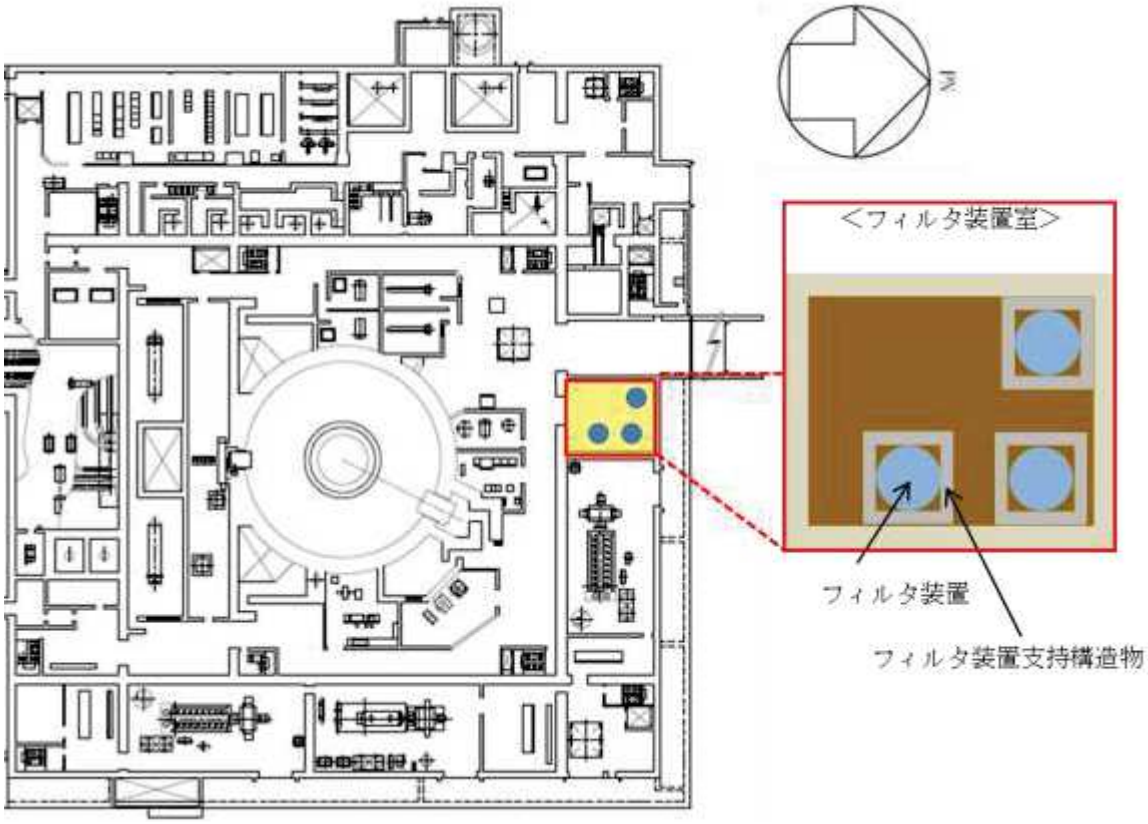


図2.3.3-1　フィルタ装置配置図(原子炉建屋地上1階)

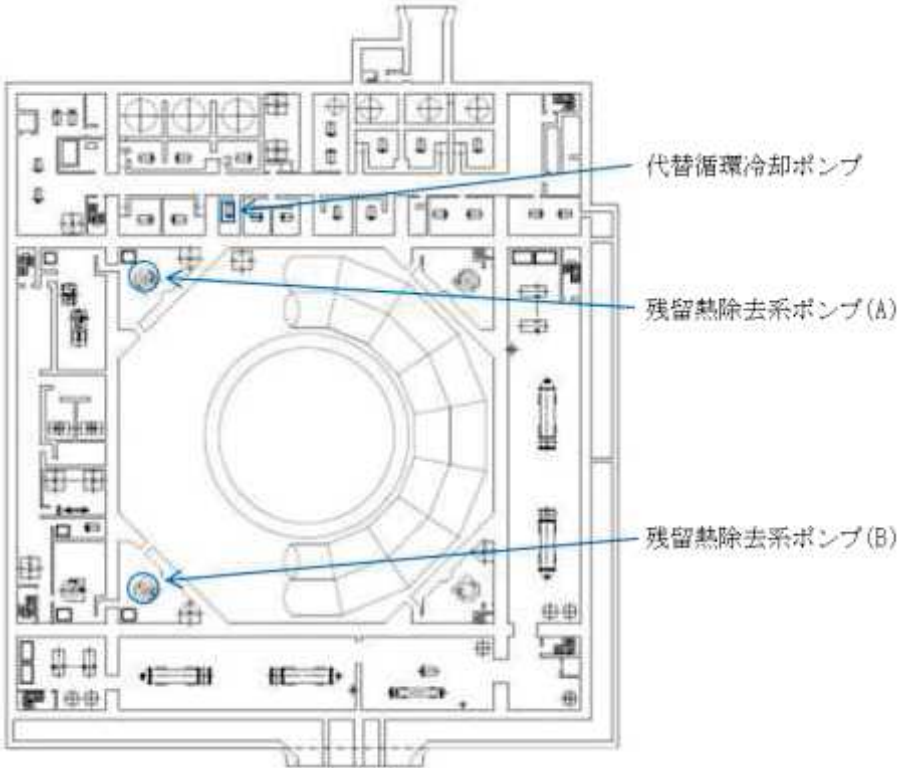


図2.3.3-2　残留熱除去系ポンプ及び代替循環冷却ポンプ配置図(原子炉建屋地下3階)

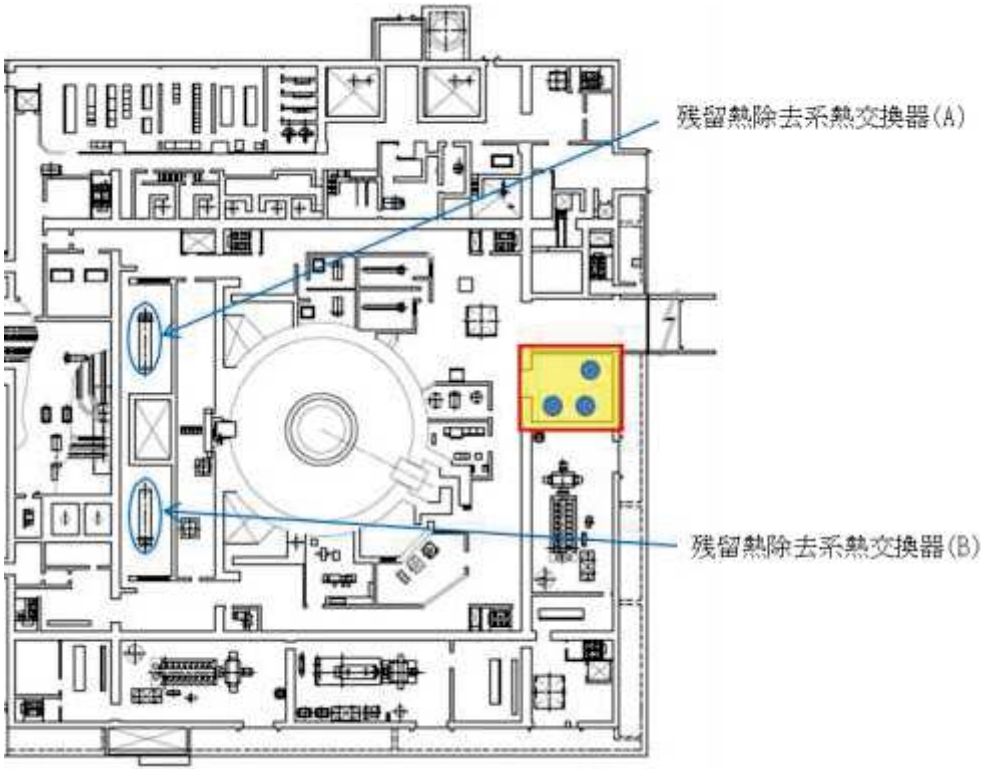


図2.3.3-3　残留熱除去系熱交換器配置図(原子炉建屋地上1階)

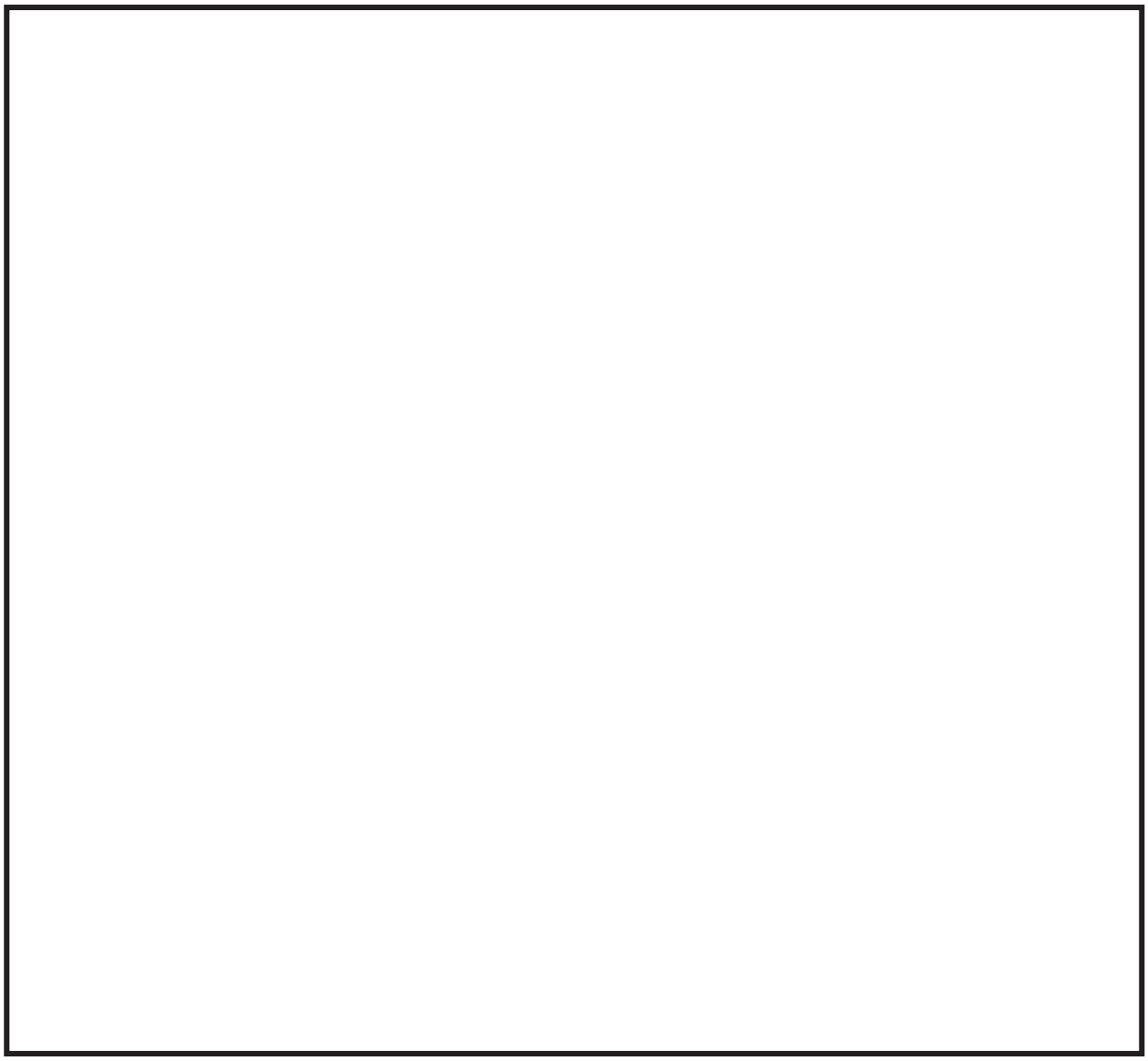


図2.3.3-4　原子炉補機冷却水ポンプ，原子炉補機冷却水系熱交換器及び原子炉補機冷却海水ポンプ配置図（原子炉建屋地下3階及び海水ポンプ室）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

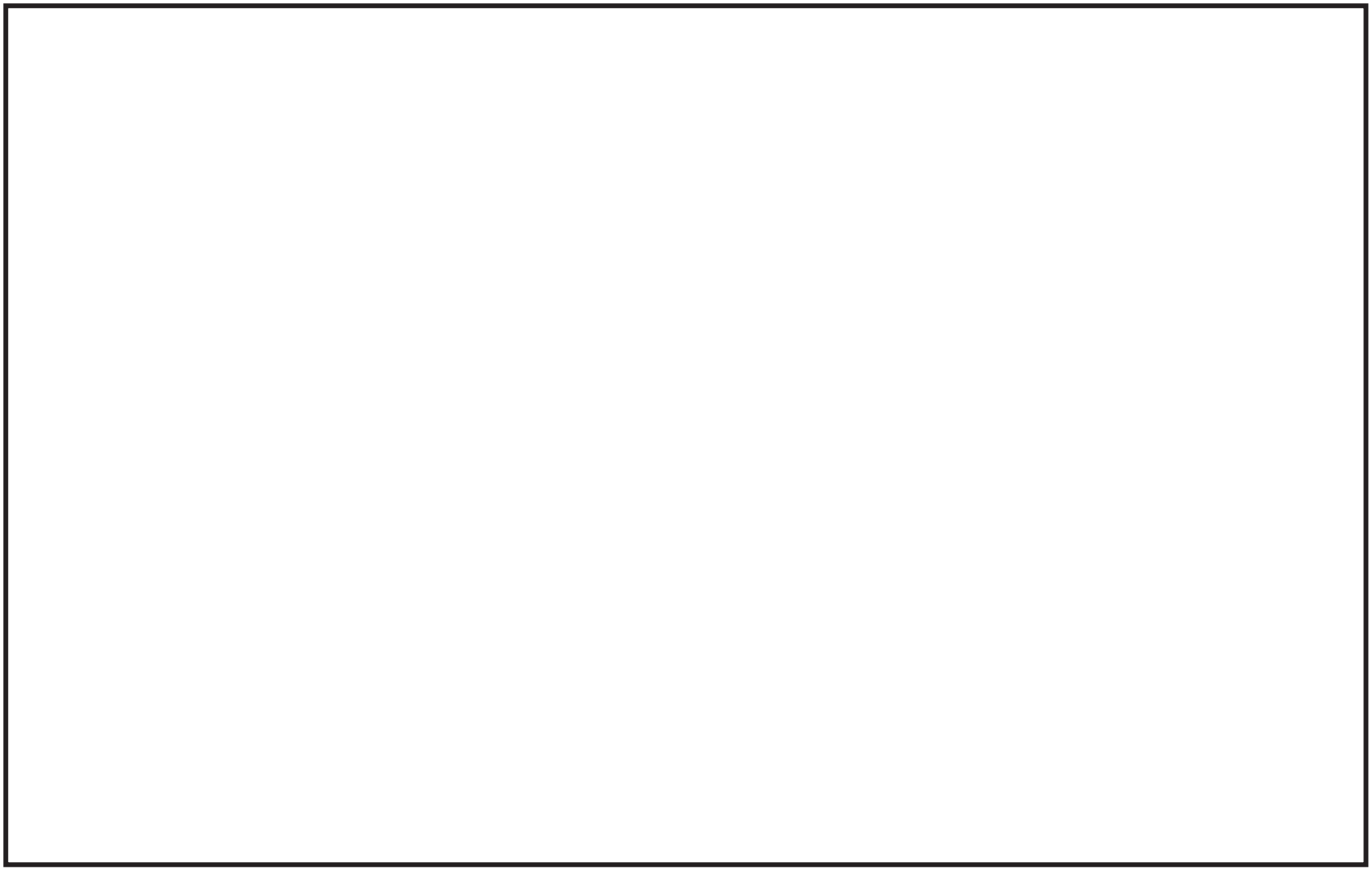


図 2.3.3-5　原子炉格納容器フィルタベント系　配管ルート図（全体図）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

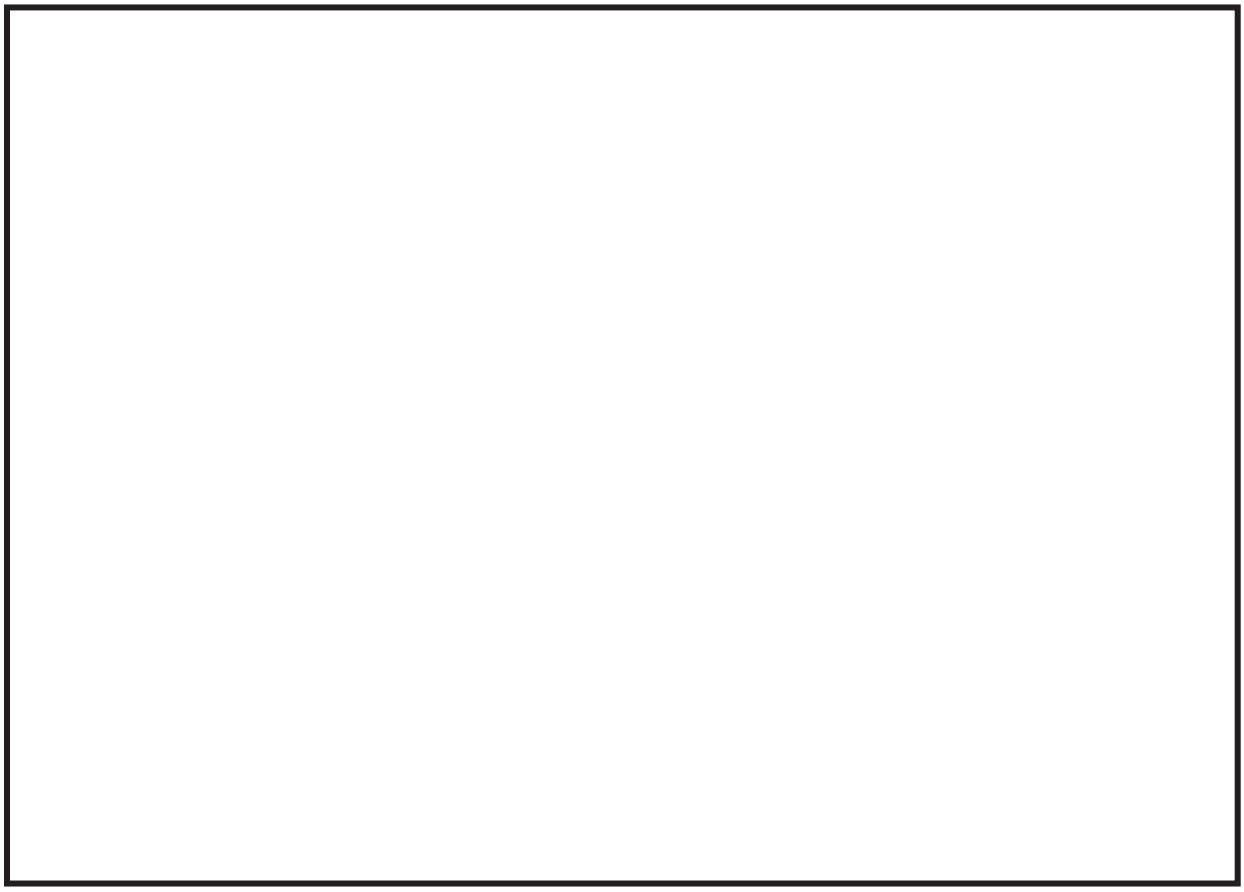


図2.3.3-6　原子炉格納容器フィルタベント系　配管ルート拡大図（1/4）

図2.3.3-7　原子炉格納容器フィルタベント系　配管ルート拡大図（2/4）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

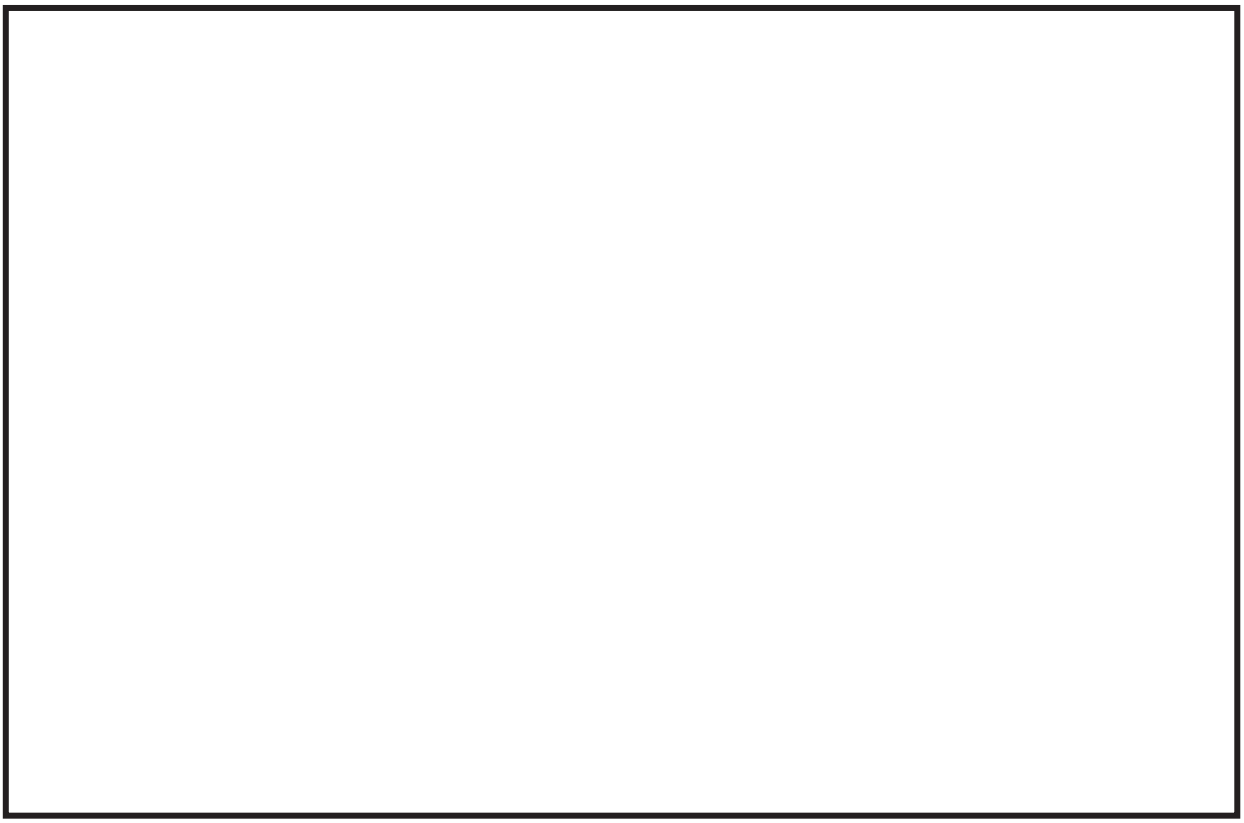


図2.3.3-8　原子炉格納容器フィルタベント系　配管ルート拡大図（3/4）

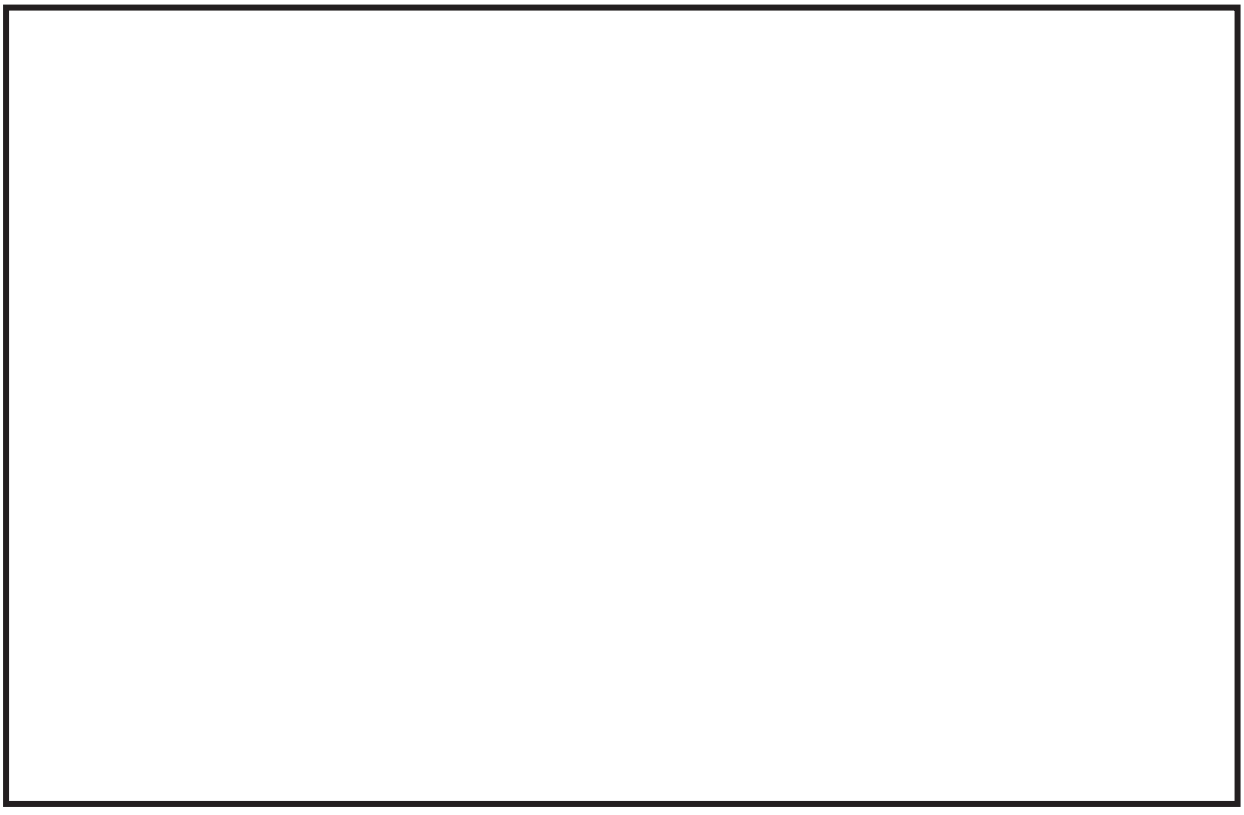


図2.3.3-9　原子炉格納容器フィルタベント系　配管ルート拡大図（4/4）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 付帯設備

2.4.1 計装設備

原子炉格納容器フィルタベント系の計装設備は，各運転状態において，設備の状態を適切に監視するため，フィルタ装置出口水素濃度，フィルタ装置出口放射線モニタ及びフィルタ装置周り計装設備にて構成する。

(1) フィルタ装置出口水素濃度

フィルタ装置出口水素濃度は，ベント停止後の系統内の水素濃度が可燃限界4vol%以下に維持されていることを監視するため，フィルタ装置出口配管に設置する。

ベント停止（原子炉格納容器第一隔離弁を閉止）後は，フィルタ装置の上流側から窒素を供給し，残留するガスを希釈・掃気することで，水素が可燃限界に至ることはない。また，フィルタ装置内の放射性物質を保持するスクラバ溶液より放射線分解で発生する水素は，窒素供給することでフィルタ装置出口配管を通って掃気され，可燃限界に至ることはない。

水素濃度の計測は，ベント停止後の系統内への窒素供給時に実施する。

フィルタ装置出口水素濃度の計測範囲は，0～30vol%及び0～100vol%とする。計測した水素濃度は，中央制御室及び緊急時対策所で監視可能な設計とする。

フィルタ装置出口水素濃度は，系統待機時には非常用母線より受電しているが，重大事故等時で非常用交流電源設備から受電できない場合には，常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機及び可搬型代替交流電源設備である電源車から給電可能な構成とする。

フィルタ装置出口水素濃度の主要仕様を表2.4.1-1に示す。

表2.4.1-1 フィルタ装置出口水素濃度の仕様

種　　類	熱伝導率式水素検出器	
計測範囲	0～30vol%	0～100vol%
個　　数	1	1
使用電源	交流電源	交流電源

(2)　フィルタ装置出口放射線モニタ

フィルタ装置出口放射線モニタは，大気へ放出する放射性物質濃度を監視する目的で，排気中の放射性物質からのγ線強度を計測するため，フィルタ装置出口配管近傍に設置する。

フィルタ装置出口放射線モニタの計測範囲は，ベント時に想定される排気中の放射性物質がフィルタ装置出口配管に内包された時の最大の放射線量率を計測できる範囲として，10^{-2}mSv/h～10^{5}mSv/hを計測範囲としている。計測した放射線量率は，中央制御室及び緊急時対策所で監視可能な設計とする。

フィルタ装置出口放射線モニタは，系統待機時及び重大事故等時には所内常設蓄電式直流電源設備である125V蓄電池（A）及び125V蓄電池（B）から受電しているが，重大事故等時で125V蓄電池（A）及び125V蓄電池(B)から受電できない場合には，常設代替直流電源設備である125V代替蓄電池又は可搬型代替直流電源設備である125V代替蓄電池，125V代替充電器及び電源車の組み合わせから給電可能な構成とする。

フィルタ装置出口放射線モニタの主要仕様を表2.4.1-2に示す。

表2.4.1-2　フィルタ装置出口放射線モニタの仕様

種　　類	電離箱
計測範囲	10^{-2}mSv/h～10^{5}mSv/h
個　　数	2
使用電源	直流電源

(3)　フィルタ装置周り計装設備

系統待機時，系統運転時及び事故収束時の各状態において，フィルタ装置の水位，圧力及び温度並びにスクラバ溶液のpHを監視するため，フィルタ装置周辺に水位計，圧力計，温度計及びpH計を設置し，中央制御室，緊急時対策所及び一部現場において監視できる設計とする。

フィルタ装置周りの計装設備のうち水位計，圧力計及び温度計は，系統待機時及び重大事故等時には所内常設蓄電式直流電源設備である125V蓄電池（A）及び125V蓄電池（B）から受電しているが，重大事故等時で125V蓄電池（A）及び125V蓄電池（B）から受電できない場合には，常設代替直流電源設備である125V代替蓄電池又は可搬型代替直流電源設備である125V代替蓄電池，125V代替充電器及び電源車の組み合わせから給電可能な構成とする。

また，pH計は，系統待機時には非常用母線より受電しているが，重大事故等時で非常用交流電源設備から受電できない場合には，常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機及び可搬型代替交流電源設備である電源車から給電可能な設計とする。

なお，スクラバ溶液は系統待機時に十分な量の薬液を保有することにより，ベントを実施した際に原子炉格納容器から移行する酸の量を保守的に想定しても，アルカリ性を維持することができ，ベント中のpH監視は不要であるため，pH計は自主対策設備とする。また，フィルタ装置水位(広帯域)，フィルタ装置入口圧力(広帯域)及びフィルタ装置出口圧力(広帯域)は，中央制御室にて監視が可能であるため，現場計器は自主対策設備とする。さらに，フィルタ装置水位（狭帯域），フィルタ装置入口圧力（狭帯域）及びフィルタ装置出口圧力（狭帯域）は系統待機時に確認する計器であるため，自主対策設備とする。

(4) 各状態における監視の目的

a. 系統待機状態

原子炉格納容器フィルタベント系の系統待機時の状態を，以下のとおり確認する設計とする。

(a) フィルタ装置の性能に影響するパラメータの確認

フィルタ装置水位（狭帯域）にて，スクラバ溶液の水位が，系統待機時の設定範囲内（[redacted]mm）にあることを監視することで，要求される放射性物質の除去性能が発揮できることを確認する。

系統待機時における水位の範囲は，ベント時のスクラバ溶液の水位変動を考慮しても放射性物質の除去性能を維持し，ベント開始後7日間は水補給が不要な範囲である。

また，フィルタ装置内のスクラバ溶液のpHがアルカリ性の状態（pH13以上）であることを確認することで，フィルタ装置の性能維持に影響がないことを確認する。

(b) 系統不活性状態の確認

フィルタ装置入口圧力（狭帯域）及びフィルタ装置出口圧力（狭帯域）にて，封入した窒素圧力（[redacted]kPa[gage]程度）を継続監視することによって，系統内の不活性状態を確認する。

b. 系統運転状態

原子炉格納容器フィルタベント系の運転時の状態を，以下のとおり確認する設計とする。

(a) 原子炉格納容器内の雰囲気ガスがフィルタ装置へ導かれていることの確認

フィルタ装置入口圧力（広帯域）及びフィルタ装置出口圧力（広帯域）にて，ベント開始により圧力が上昇し，ベント継続により原子炉格納容器の圧力に追従して圧力が低下傾向を示すことで，原子炉格納容器内の雰囲気ガスがフィルタ装置に導かれていることを確認する。

また，フィルタ装置水温度にて，ベント開始によりスクラバ溶液が待機状態から飽和温度まで上昇することを監視することで，原子炉格納容器のガスがフィルタ装置に導かれていることを確認する。

さらに，フィルタ装置出口放射線モニタが初期値から上昇することを確認することにより，ガスが通気されていることを把握できる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b)　フィルタ装置の性能に影響するパラメータの確認

フィルタ装置水位（広帯域）にて，スクラバ溶液の水位が，ベント後の下限水位から上限水位の範囲内（　　mm）にあることを監視することで，要求される放射性物質の除去性能が維持できることを確認する。

ベント後における下限水位については，ベンチュリノズルが水没していることを確認するため，上限水位については，金属繊維フィルタの性能に影響がないことを確認するためにそれぞれ設定する。

(c)　ベントガスが放出されていることの確認

フィルタ装置出口放射線モニタにて，フィルタ装置出口を通過するガスに含まれる放射性物質からのγ線強度を計測することで，フィルタ装置出口配管よりベントガスが放出されていることを確認する。

c.　事故収束状態

原子炉格納容器フィルタベント系の事故収束時の状態を以下のとおり確認する設計とする。

(a)　系統内に水素が滞留していないことの確認

フィルタ装置出口水素濃度にて，ベント停止後の系統内への窒素供給時において，水素が系統内に滞留していないことを確認する。

(b)　フィルタ装置の状態確認

フィルタ装置に異常がないことを確認するため，フィルタ装置水位（広帯域）にて，スクラバ溶液の水位が確保されていること，フィルタ装置水温度にて温度の異常な上昇がないこと及びフィルタ装置出口放射線モニタの指示値が上昇傾向にないことを確認する。

(5)　計装設備の仕様

フィルタ装置の水位について図2.4.1-1に，計装設備の概略構成図を図2.4.1-2に，主要仕様を表 2.4.1-3に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

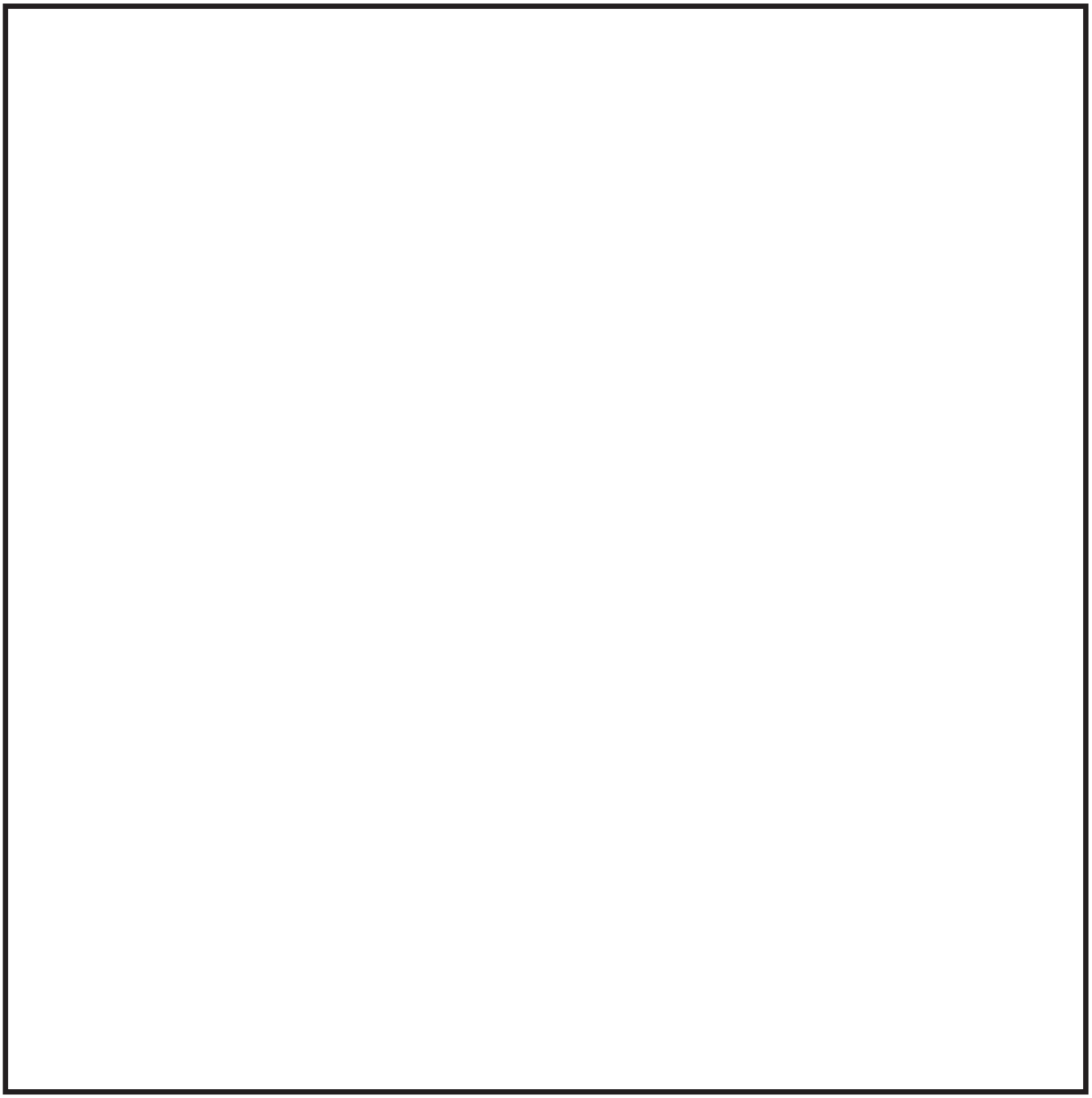


図2.4.1-1　フィルタ装置水位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

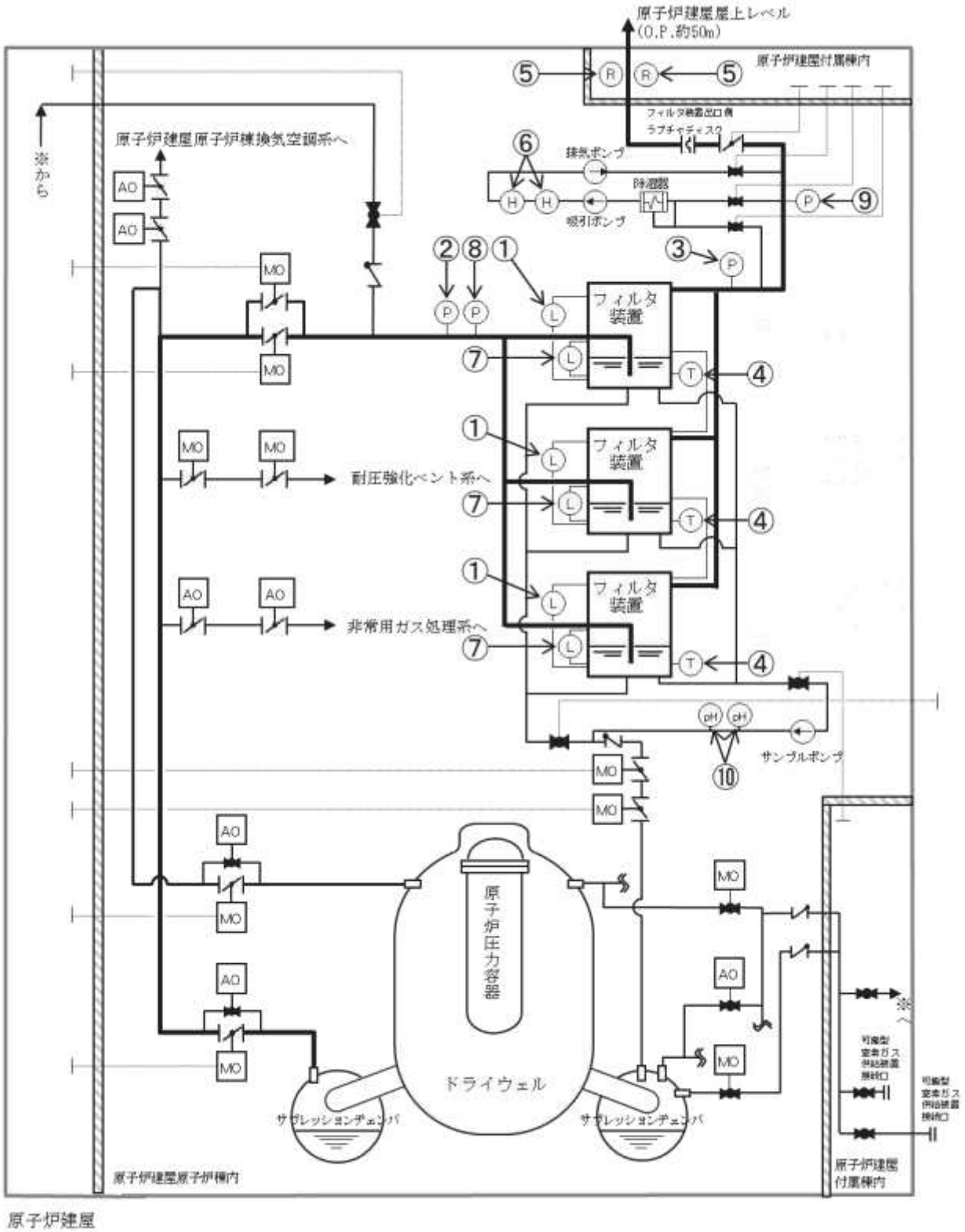


図2.4.1-2　原子炉格納容器フィルタベント系　計装設備概略構成図

表2.4.1-3　計装設備主要仕様(1/2)

監視パラメータ*1	設置目的	計測範囲	計測範囲の根拠	検出器個数	監視場所
①フィルタ装置水位（広帯域）	系統運転時の水位監視	0～3650mm*3	系統運転時の下限水位から上限水位の範囲（[redacted]mm*3）を監視できる範囲	3	中央制御室 緊急時対策所 現場*2
②フィルタ装置入口圧力（広帯域）	系統運転中に原子炉格納容器雰囲気ガスがフィルタ装置に導かれていることの確認	-0.1MPa～1.0MPa[gage]	系統の最高使用圧力（0.854MPa[gage]）を監視できる範囲	1	中央制御室 緊急時対策所 現場*2
③フィルタ装置出口圧力（広帯域）	系統運転中に原子炉格納容器雰囲気ガスがフィルタ装置に導かれていることの確認	-0.1MPa～1.0MPa[gage]	系統の最高使用圧力（0.854MPa[gage]）を監視できる範囲	1	中央制御室 緊急時対策所 現場*2
④フィルタ装置水温度	フィルタ装置内の水温度監視	0～200℃	系統の最高使用温度（200℃）を監視できる範囲	3	中央制御室 緊急時対策所
⑤フィルタ装置出口放射線モニタ	系統運転中に放出される放射性物質濃度の確認	10^{-2}mSv/h～10^{5}mSv/h	想定される放射性物質がフィルタ装置出口配管に内包された時の最大の放射線量率（約1.9×10^{3}mSv/h）を計測できる範囲	2	中央制御室 緊急時対策所

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表2.4.1-3　計装設備主要仕様(2/2)

監視パラメータ*1	設置目的	計測範囲	計測範囲の根拠	検出器個数	監視場所
⑥フィルタ装置出口水素濃度	ベント停止後の系統内の水素濃度の確認	0～30vol%	想定される水素濃度の変動範囲を計測できる範囲	1	中央制御室 緊急時対策所
		0～100vol%		1	
⑦フィルタ装置水位（狭帯域）*2	系統待機時のフィルタ装置の水位監視	1180mm～1580mm*3	系統待機時のフィルタ装置の水位の範囲（[redacted]mm*3）を監視できる範囲	3	中央制御室 緊急時対策所
⑧フィルタ装置入口圧力（狭帯域）*2	系統待機時の窒素封入による不活性状態の確認	0～100kPa[gage]	封入した窒素圧力（[redacted]kPa[gage]程度）を監視できる範囲	1	中央制御室 緊急時対策所
⑨フィルタ装置出口圧力（狭帯域）*2	系統待機時の窒素封入による不活性状態の確認	0～100kPa[gage]	封入した窒素圧力（[redacted]kPa[gage]程度）を監視できる範囲	1	中央制御室 緊急時対策所
⑩スクラバ溶液pH*2	フィルタ装置性能維持のためのpH監視	pH0～14	想定されるpHの変動範囲を計測できる範囲	2	中央制御室 緊急時対策所

注記＊1：監視パラメータの数字は図2.4.1-2の丸数字に対応する。

＊2：自主対策設備

＊3：基準点はフィルタ装置（本体）下部鏡板底部。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4.2　電源設備

ベントガスの流路となる配管に設置される電動弁及び計装設備については，通常待機時には非常用母線より受電しているが，重大事故等時で非常用母線から受電できない場合には，常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機，可搬型代替交流電源設備である電源車，所内常設蓄電式直流電源設備である125V蓄電池並びに可搬型代替直流電源設備である電源車，125V代替蓄電池及び125V代替充電器から給電可能な構成とする。

電源構成図を図2.4.2-1，図2.4.2-2に示す。

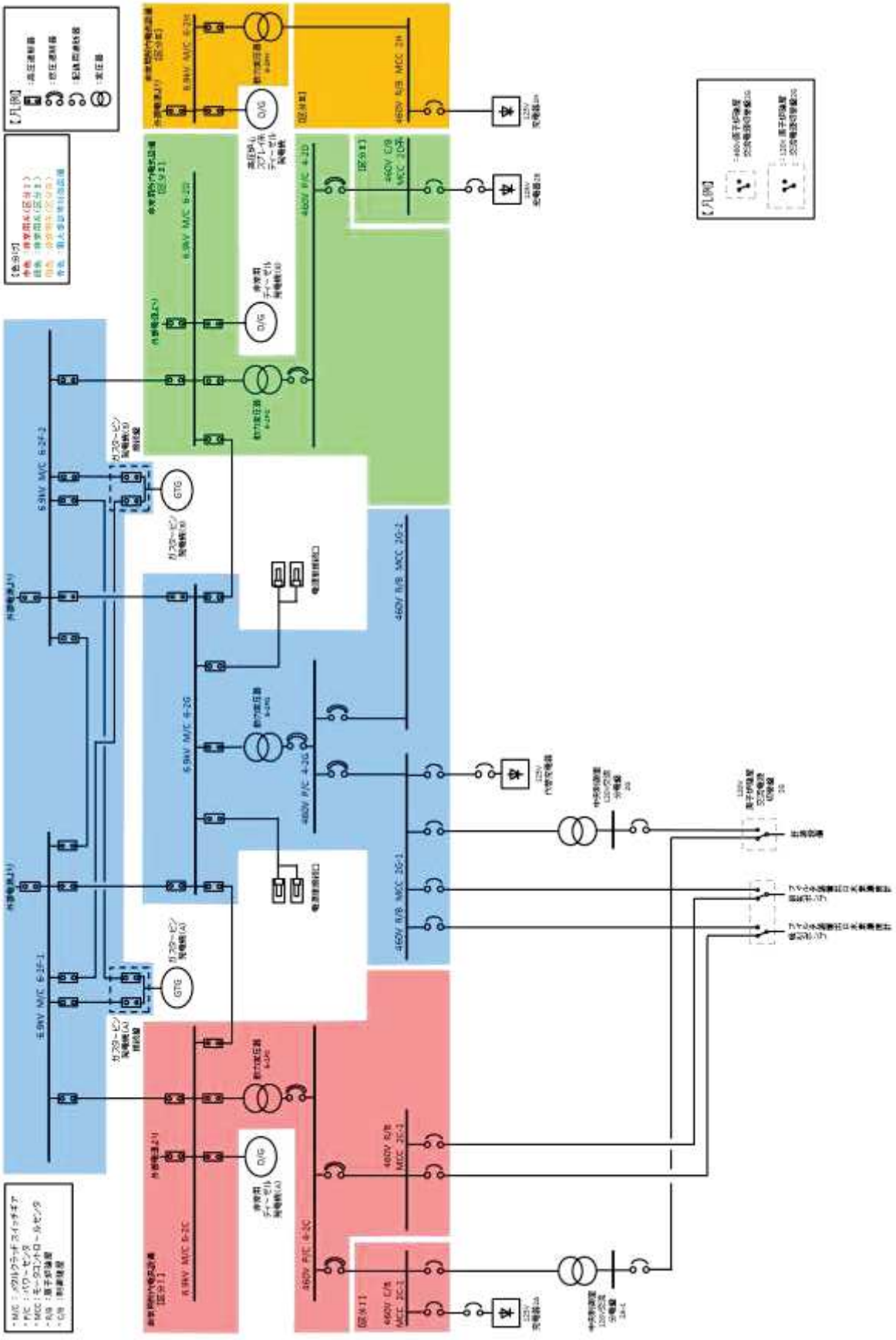


図2.4.2-1　原子炉格納容器フィルタベント系　電源構成図（交流電源）

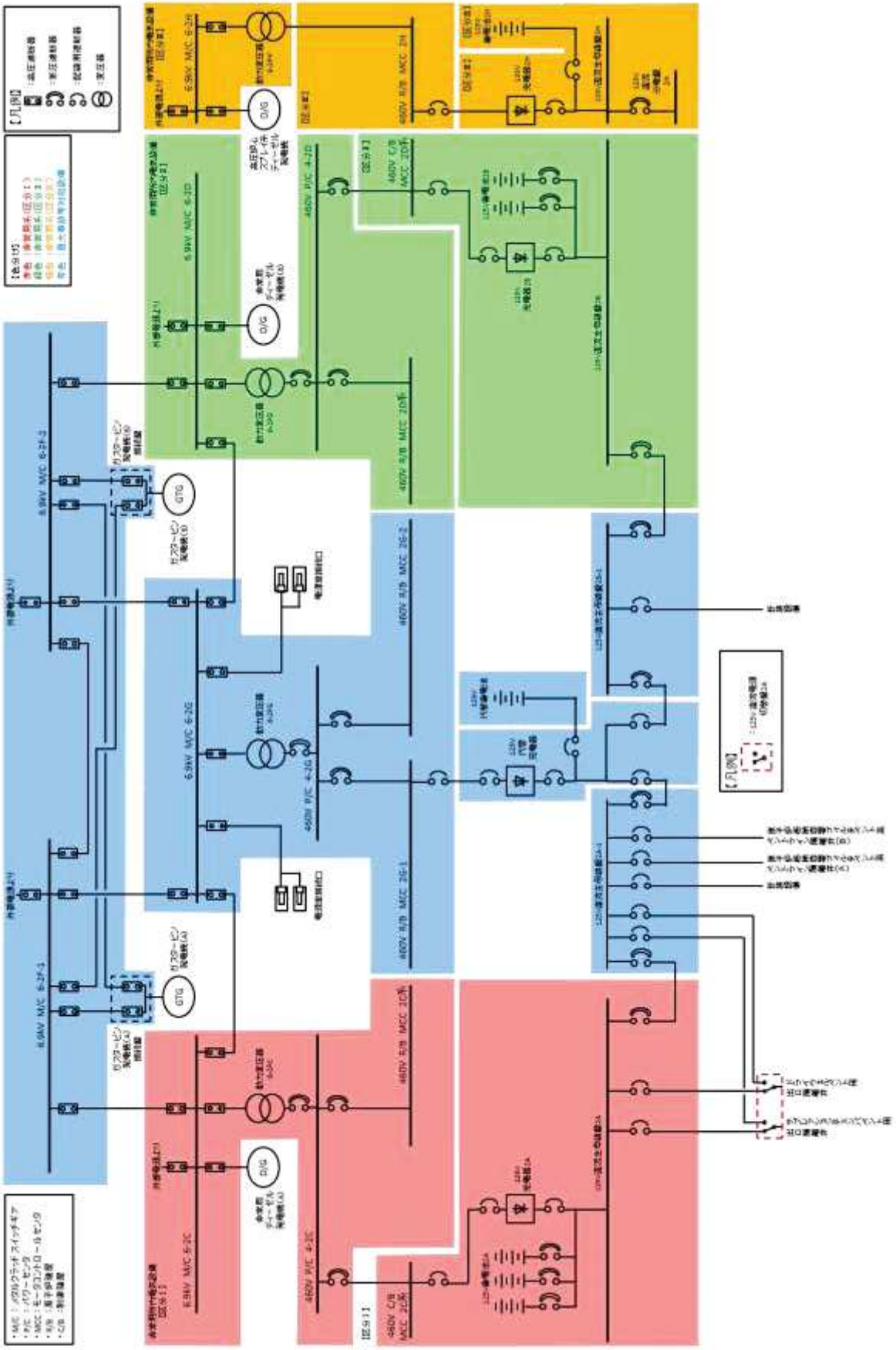


図2.4.2-2　原子炉格納容器フィルタベント系　電源構成図（直流電源）

2.4.3　給水設備

系統待機状態において，フィルタ装置はスクラバ溶液を貯留している状態であるが，重大事故等時において原子炉格納容器フィルタベント系を使用した場合，保持した放射性物質の崩壊熱によりスクラバ溶液が蒸発し，水位が低下する。

このような状況に備え，フィルタ装置には，屋外から給水できるよう接続口を設け，大容量送水ポンプ（タイプⅠ）及び薬液補給装置からの水及び薬液の補給が可能な設計とする。

給水配管の仕様を表2.4.3-1に，概要を図2.4.3-1に示す。

表2.4.3-1　給水配管仕様

呼 び 径	50A
材　　質	ステンレス鋼(SUS316LTP)

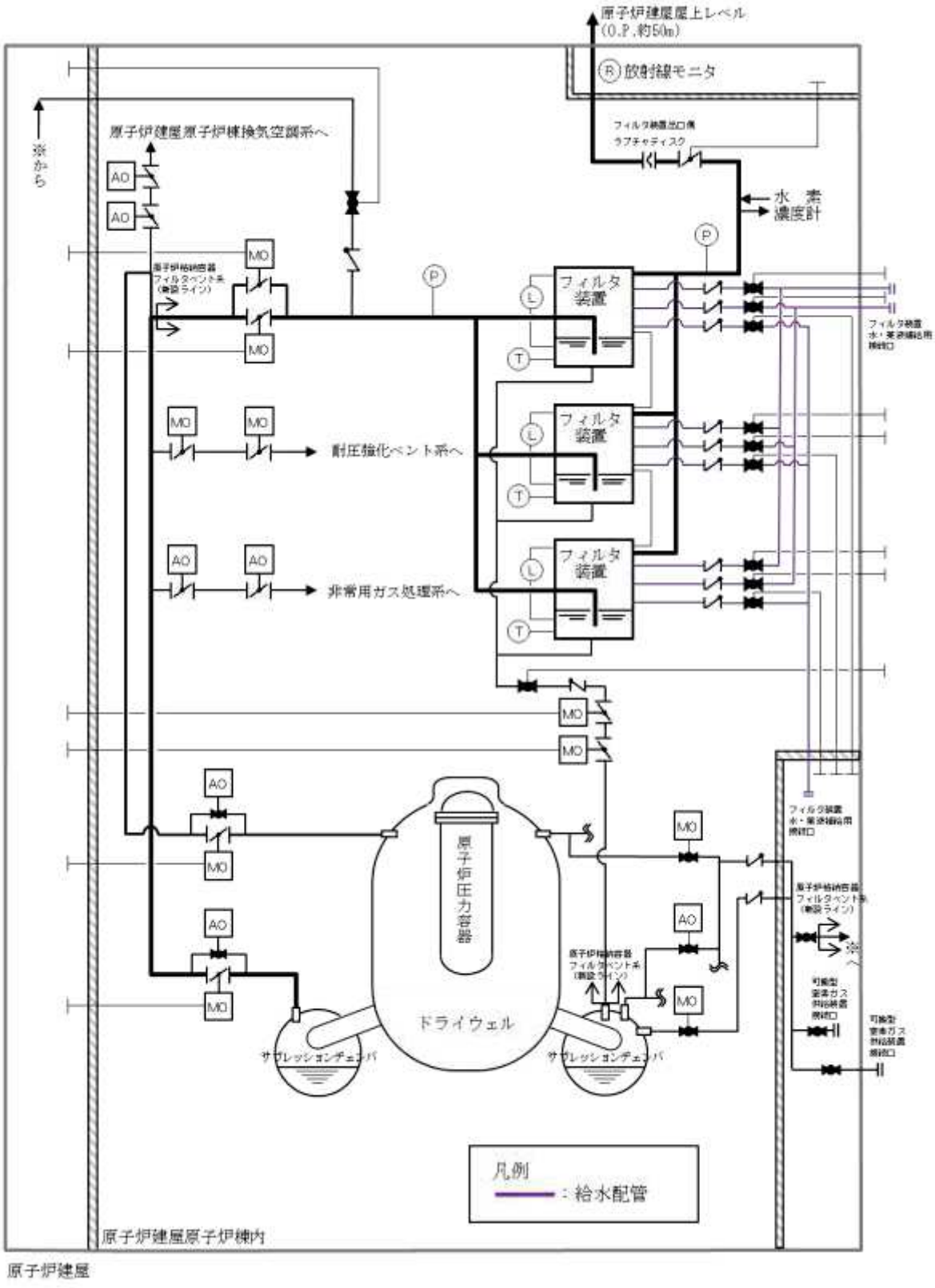


図2.4.3-1　給水設備概要図

2.4.4　可搬型窒素ガス供給装置

ベント開始後，スクラバ溶液の放射線分解によって発生する水素により系統内の水素濃度が上昇する可能性があるため，窒素を供給し，系統内の水素濃度が可燃限界を超えないように希釈，掃気するため及び待機中に系統内を窒素で置換し，ベントガスに含まれる水素による爆発を防止するために，可搬型窒素ガス供給装置を設ける。

窒素の供給は，可搬型窒素ガス供給装置により行う。原子炉建屋付属棟内又は屋外に接続口を設け，可搬型窒素ガス供給装置を可搬ホースにて接続する。

なお，可搬型窒素ガス供給装置には発電機を搭載し，外部からの電源供給は不要な設計とする。

可搬型窒素ガス供給装置の仕様を表2.4.4-1に，窒素供給配管の仕様を表2.4.4-2に，可搬型窒素ガス供給装置の概要を図2.4.4-1に，可搬型窒素ガス供給装置の構成概略を図2.4.4-2に示す。

表2.4.4-1　可搬型窒素ガス供給装置仕様

種　　類	圧力変動吸着方式
容　　量	220m^3/h[normal]
窒素純度	99.0vol%（不活性ガス）
供給圧力	427kPa[gage]
個　　数	1(予備1)

表2.4.4-2　窒素供給配管仕様

呼 び 径	50A
材　　質	炭素鋼(STS410)

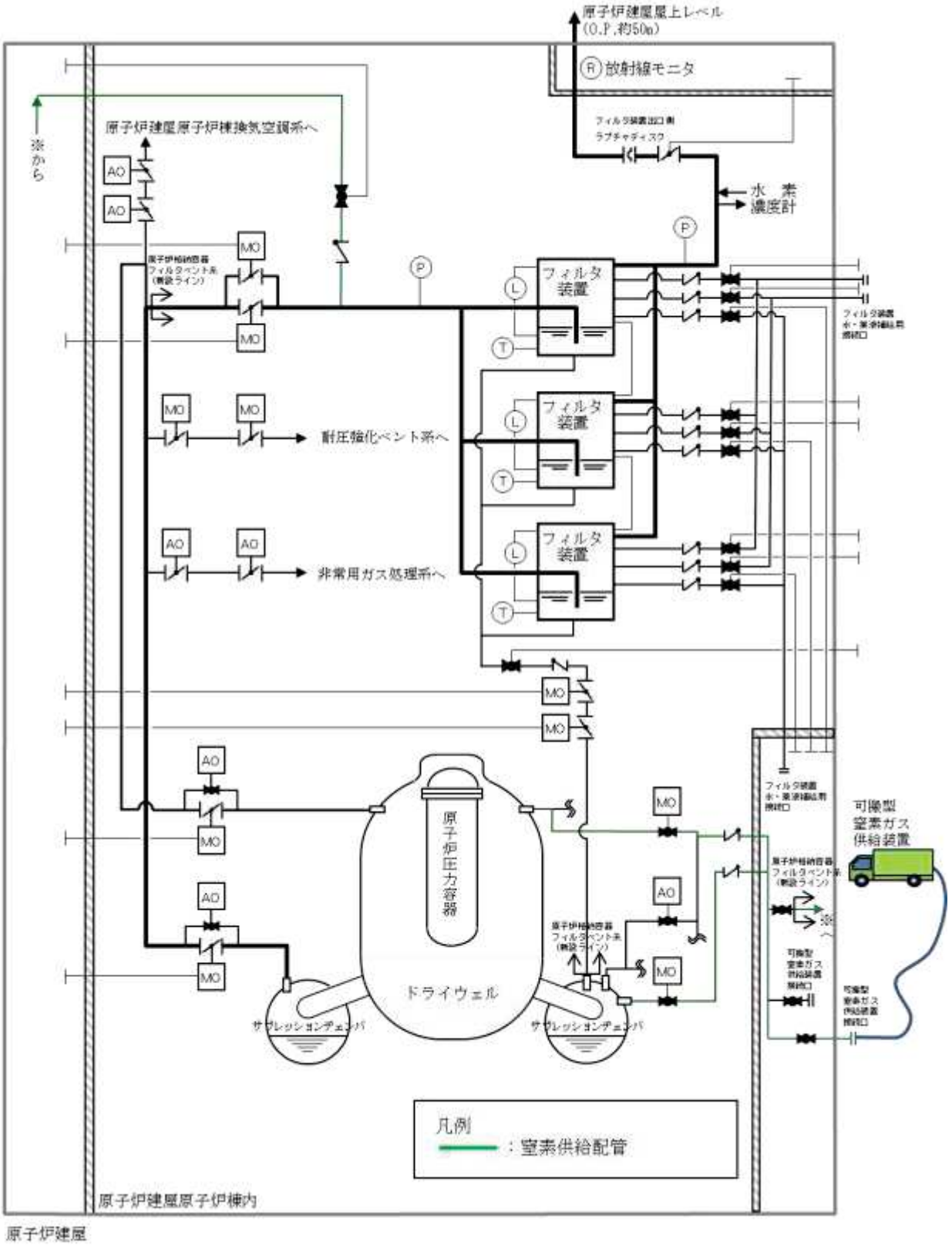


図2.4.4-1　可搬型窒素ガス供給装置概要図

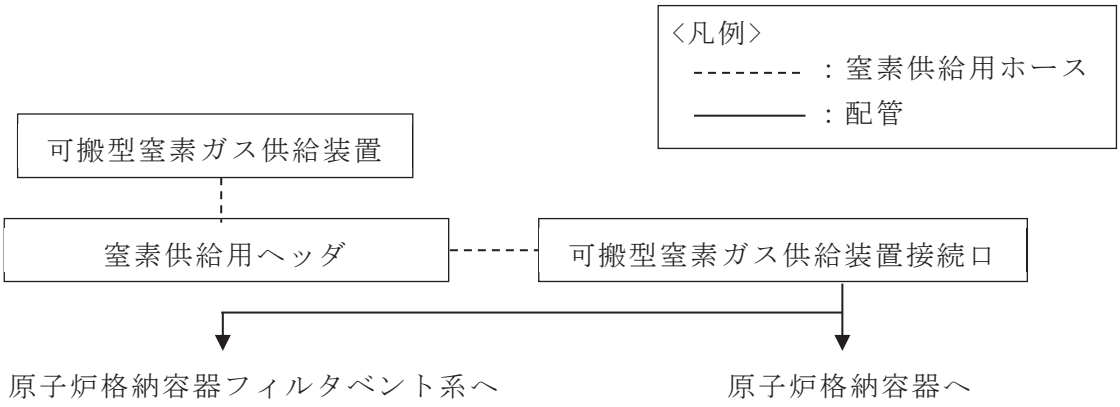


図2.4.4-2　可搬型窒素ガス供給装置構成概略

2.4.5　排水設備

ベント終了後の放射性物質を含んだスクラバ溶液を原子炉格納容器（サプレッションチェンバ）に移送するための配管，さらに，万一，放射性物質を含むスクラバ溶液がフィルタ装置室に漏えいした場合に，漏えい水を原子炉格納容器（サプレッションチェンバ）に移送するための配管を設置する。

フィルタ装置からの排水及び漏えい水の移送は，排水設備に設置する弁の操作により行い，フィルタ装置及びフィルタ装置室より低い位置にあるサプレッションチェンバへ排水する。

排水設備の主要な仕様を表2.4.5-1に，排水設備の概要を図2.4.5-1に示す。

表2.4.5-1　排水設備仕様

呼 び 径	50A
材　　質	ステンレス鋼(SUS316LTP)

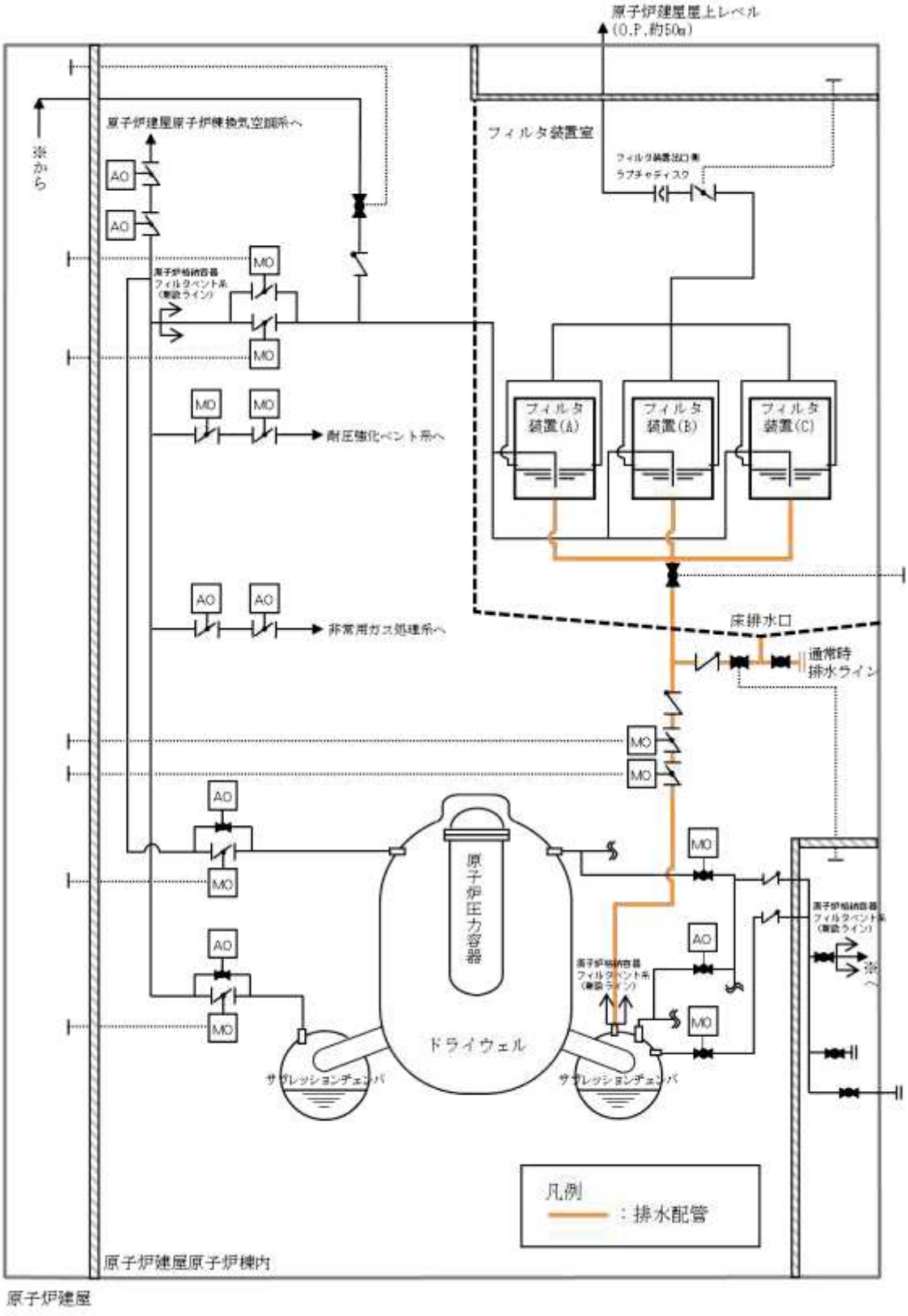


図2.4.5-1　排水設備概要図

2.4.6　排気管排水設備

原子炉格納容器フィルタベント系の排気管への雨水の滞留による配管腐食等を防止するため，排気管排水設備を設置する。ドレンポットからの排水は，定期的に水の溜まり具合を確認し，ドレンポット下端に設置する弁の操作により行う。

また，凍結によるドレンポット等の機器損傷防止の観点より凍結防止対策を講じる。

排気管排水設備の概要を図2.4.6-1に示す。

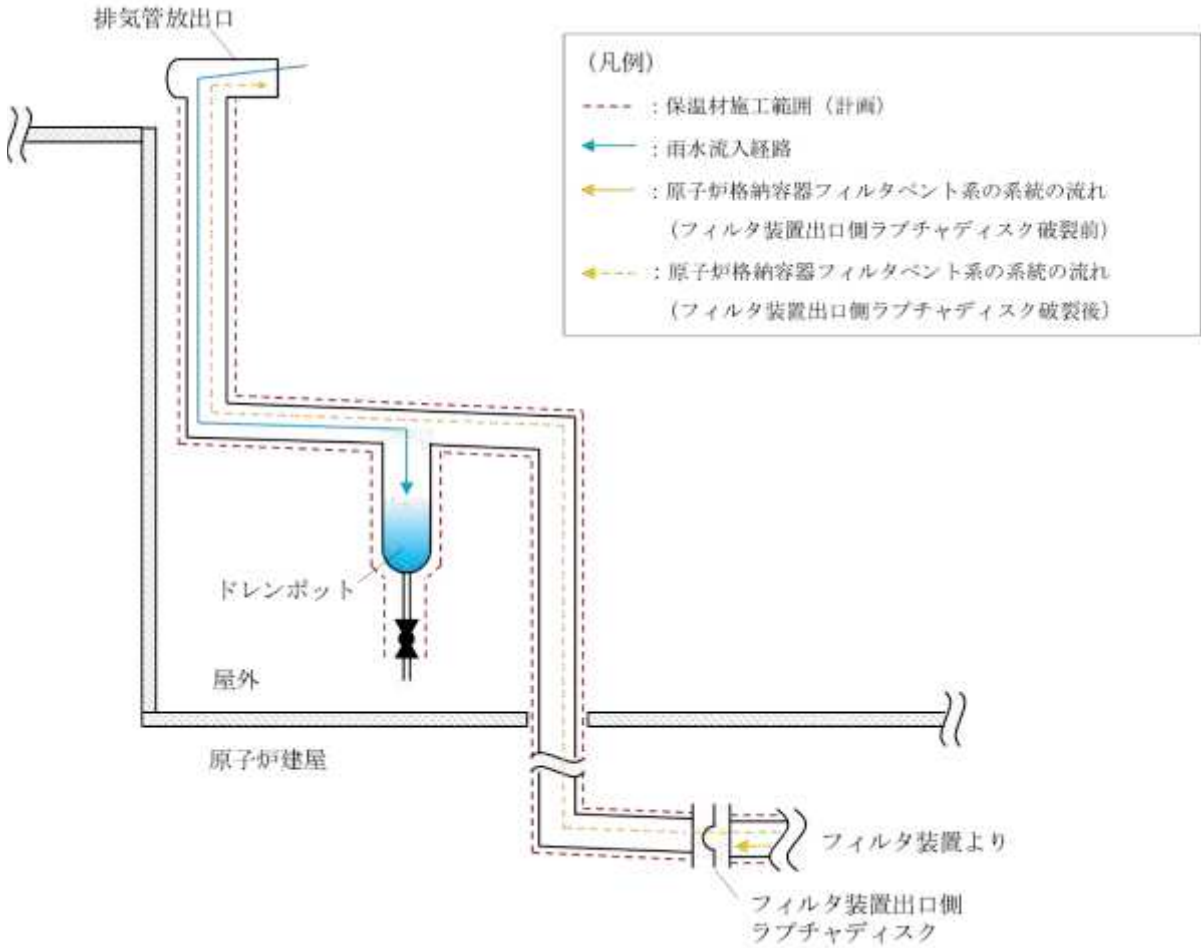


図2.4.6-1　排気管排水設備概要図

3. フィルタ性能

3.1 フィルタ装置による放射性物質の除去原理

3.1.1 エアロゾルの除去原理

エアロゾルの除去原理は，一般にフィルタ媒体（ベンチュリスクラバの場合は水滴，金属繊維フィルタの場合は金属繊維）の種類によらず，主に以下の3つの効果の重ね合わせとして記述できる。

・さえぎり効果（Interception）：粒径が大きい場合に有効

・拡散効果（Diffusion）：流速が遅い場合，粒径が小さい場合に有効

・慣性衝突効果（Inertiaeffect）：流速が早い場合,粒径が大きい場合に有効

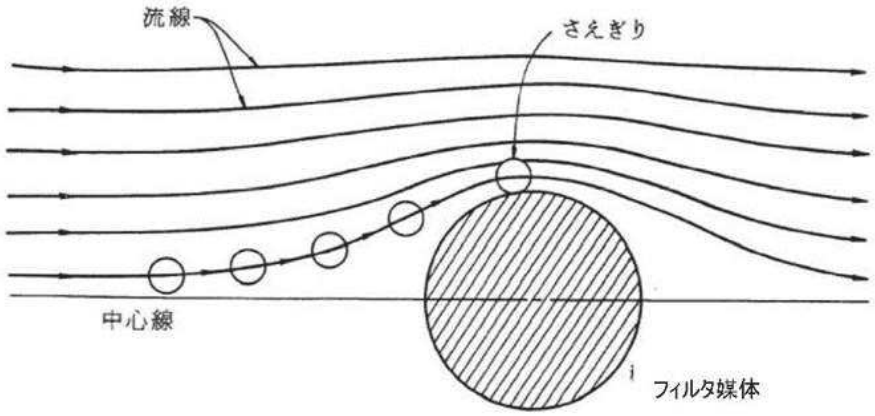
(1)～(3)に，それぞれの除去効果についてその特性を記載する。これらの除去原理はフィルタ媒体が水滴でも金属繊維でも作用するが，フィルタの種類や系統条件により効果的に除去できる粒径，流速の範囲が異なることから，幅広い粒径，流速のエアロゾルを除去するためには異なる種類のフィルタを組み合わせることが有効である。

(4)，(5)に，ベンチュリスクラバ及び金属繊維フィルタにおけるエアロゾルの除去原理を示す。

(1) さえぎり効果

さえぎりによるエアロゾルの捕集は，図3.1.1-1に示すように，エアロゾルが流線にそって運動している場合に，フィルタ媒体表面から1粒子半径以内にエアロゾルが達したときに起こる。

エアロゾル粒径が大きい場合，より遠くの流線に乗っていた場合でもフィルタ媒体と接触することが可能であるため，さえぎりによる除去効果は，エアロゾル粒径が大きい程大きくなる傾向にある。



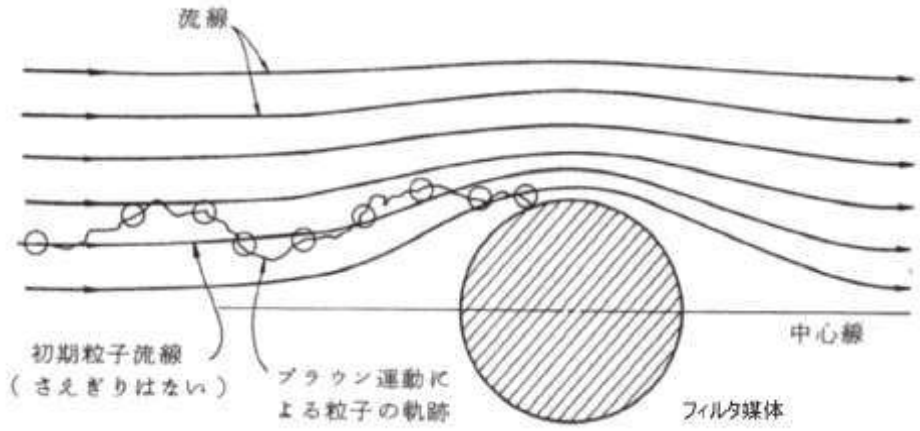
引用文献：W．C．ハインズ，エアロゾルテクノロジー，㈱井上書院（1985）

図3.1.1-1 さえぎりによる捕集

(2)　拡散効果

拡散によるエアロゾルの捕集は，図3.1.1-2に示すように，エアロゾルがフィルタ媒体をさえぎらない流線上を移動しているときでも，フィルタ媒体近傍を通過する際に，ブラウン運動によってフィルタ媒体に衝突することで起こる。

エアロゾル粒径が小さい場合，ブラウン運動による拡散の度合いが大きくなるため，拡散による除去効果は，エアロゾル粒径が小さい程大きくなる傾向にある。また，フィルタ媒体の近傍にエアロゾルが滞在する時間が長い程ブラウン運動によりフィルタ媒体に衝突する可能性が高まるため，流速が遅い程大きくなる傾向にある。



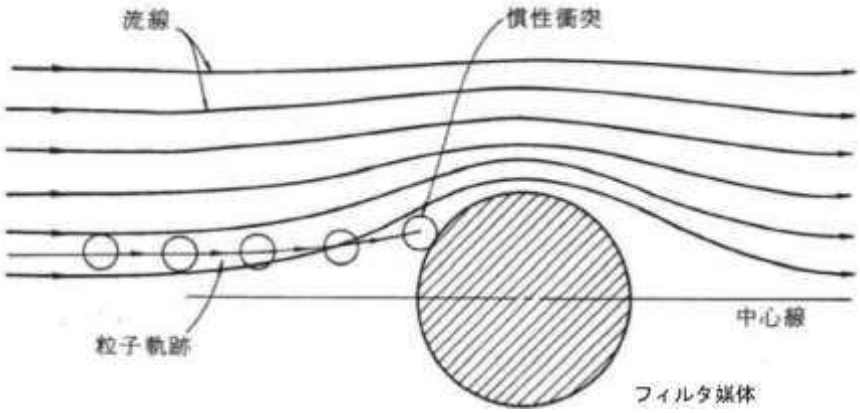
引用文献：W．C．ハインズ，エアロゾルテクノロジー，㈱井上書院（1985）

図3.1.1-2　拡散による捕集

(3)　慣性衝突効果

慣性衝突によるエアロゾルの捕集は，図3.1.1-3に示すように，エアロゾルがその慣性のために，フィルタ媒体の近傍で急に変化する流線に対応することができず，流線を横切ってフィルタ媒体に衝突するときに起こる。

エアロゾル粒径が大きい場合又はエアロゾルの流れが早い場合にエアロゾルの慣性が大きくなり，フィルタ媒体と衝突する可能性が高まるため，慣性衝突による除去効果はエアロゾル粒径が大きい程大きく，流速が速い程大きくなる傾向がある。



引用文献：W．C．ハインズ，エアロゾルテクノロジー，㈱井上書院（1985）

図3.1.1-3　慣性衝突による捕集

(4) ベンチュリスクラバにおけるエアロゾルの除去原理

ベンチュリスクラバは，断面積の小さいベンチュリノズルのスロート部にベントガスを通し，ガス流速を大きくすることで発生する負圧によって，ガス中にスクラバ溶液を噴霧（いわゆる霧吹き）し，微小水滴にすることでエアロゾルが水と接触する面積を大きくすることにより，効果的にエアロゾルを水滴に捕集する。

ベンチュリノズルにおける除去原理を図3.1.1-4に，ベンチュリノズルにおける速度模式図を図3.1.1-5に示す。

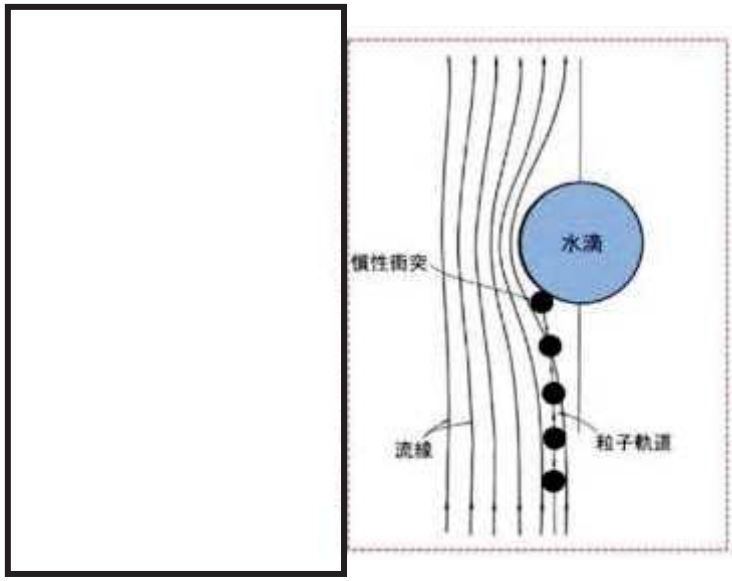


図3.1.1-4　ベンチュリノズルにおける除去原理

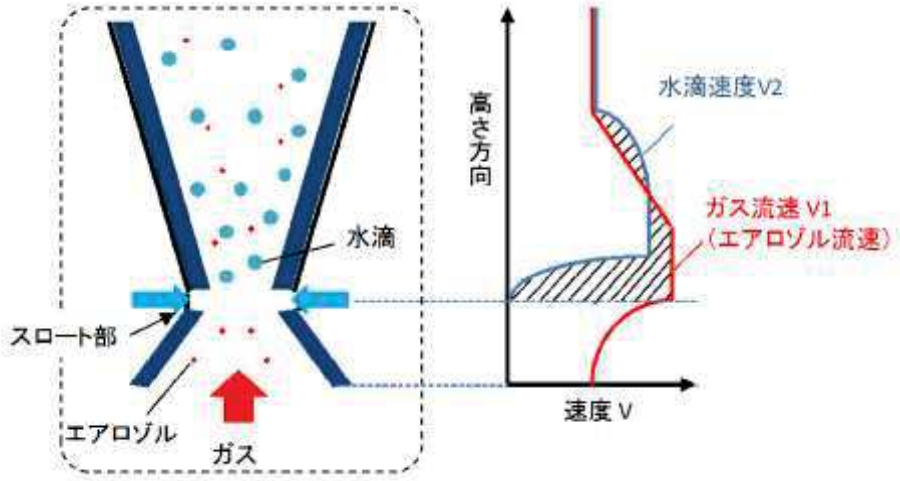


図3.1.1-5　ベンチュリノズルにおける速度模式図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

図3.1.1-5に示すとおり，ベンチュリスクラバはガス流速V_1と水滴速度V_2が異なることで，ガス中のエアロゾルが水滴に衝突し水滴に付着する現象を利用していることから，慣性衝突による除去が支配的と考えられる。慣性衝突効果では「ガス流速」と「粒径」が主な影響因子である。

以上より，ベンチュリスクラバの除去性能に影響を与える可能性のある主要なパラメータは，ガス流速，水滴速度，エアロゾル粒径及び水滴の噴霧量が考えられるが，水滴速度及び水滴の噴霧量はガス流速に依存するため，ガス流速及びエアロゾル粒径が主要なパラメータとなる。

図3.1.1-6にベンチュリスクラバにおける除去原理の模式図を示す。

① ベンチュリノズル下方よりベントガスが流入する。

② ベンチュリノズルのスロート部（絞り機構）によってベントガスの流速が加速される。

③ ガス流速を大きくすることで発生する負圧によりスクラバ溶液が吸入され，ガス流中に水滴を噴霧（いわゆる霧吹き）する。

④ 噴霧によって，微小水滴にすることでエアロゾルが水と接触する面積が大きくなり，エアロゾルがフィルタ媒体と衝突し，ベントガスから捕集される。

⑤ ベンチュリノズルの出口に設置した板によってベントガス及び水滴の方向が変わり，エアロゾルはスクラバ溶液に保持される。

⑥ 吐出より噴出した気泡はスクラバ溶液中を浮上する。

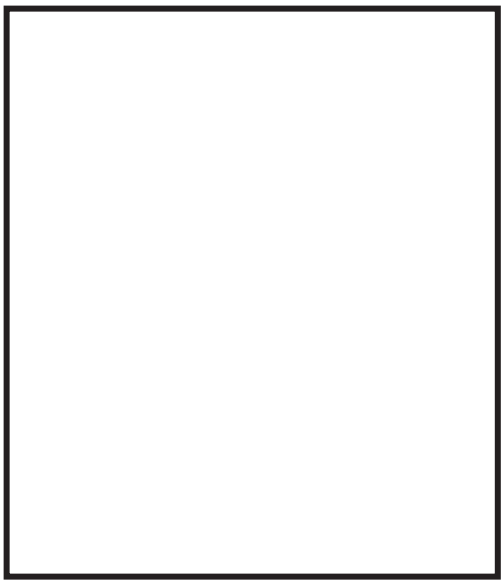


図3.1.1-6　ベンチュリスクラバにおける除去原理の模式図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5)　金属繊維フィルタにおけるエアロゾルの除去原理

金属繊維フィルタは，ベンチュリスクラバの後段に設置され，より粒径の小さいエアロゾルを除去する。

金属繊維フィルタの除去原理は，図3.1.1-7に示すように，さえぎり，拡散，慣性衝突効果の重ね合わせにより，エアロゾルを金属繊維表面に付着させ捕集する。さえぎり，拡散，慣性衝突効果では「粒径」と「ガス流速」が主な影響因子である。

以上より，金属繊維フィルタの除去性能に対して，影響を与える可能性のある主要なパラメータとしては，ガス流速，エアロゾル粒径を考慮する必要がある。

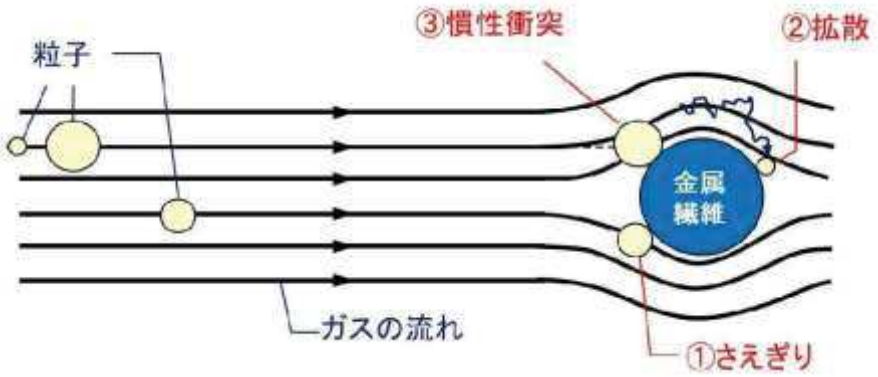


図3.1.1-7　金属繊維フィルタにおける除去原理

3.1.2　ガス状放射性よう素の除去原理

重大事故等時に発生する放射性よう素は，粒子状よう素（CsI：よう化セシウム等）と，ガス状よう素として無機よう素（I_2：元素状よう素）と有機よう素（CH_3I：よう化メチル等）の形態をとる。大部分のよう素は粒子状よう素として原子炉格納容器内へ放出され，残りは無機よう素として原子炉格納容器内に放出されるが，無機よう素の一部は原子炉格納容器内の有機物（塗装等）と結合し，有機よう素へ転換する。粒子状よう素については，エアロゾルの除去原理に基づき，ベンチュリスクラバと金属繊維フィルタで捕集する。

無機よう素については，スクラバ溶液に添加された薬剤と化学反応させることによりベンチュリスクラバで捕集し，吸着材と化学反応させることにより，放射性よう素フィルタで捕集する。有機よう素については，吸着材と化学反応させることにより，放射性よう素フィルタで捕集する。

(1)　フィルタ装置内におけるベントガスの流れ

フィルタ装置内の下部にベンチュリスクラバ（ベンチュリノズル，スクラバ溶液等），上部に金属繊維フィルタを設置し，金属繊維フィルタの下流側に流量制限オリフィスを介して放射性よう素フィルタを設置する。

ベントガスの流れを図3.1.2-1に示す。

ベントガスは，流量制限オリフィスを通過する際，[redacted]となる。オリフィス下流の排気配管は大気に接続されており，放射性よう素フィルタにおける圧力は大気圧に近い状態となることから，オリフィス上流の圧力が高いベント開始初期は，[redacted]

オリフィス通過時の蒸気の状態変化のイメージを図3.1.2-2に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

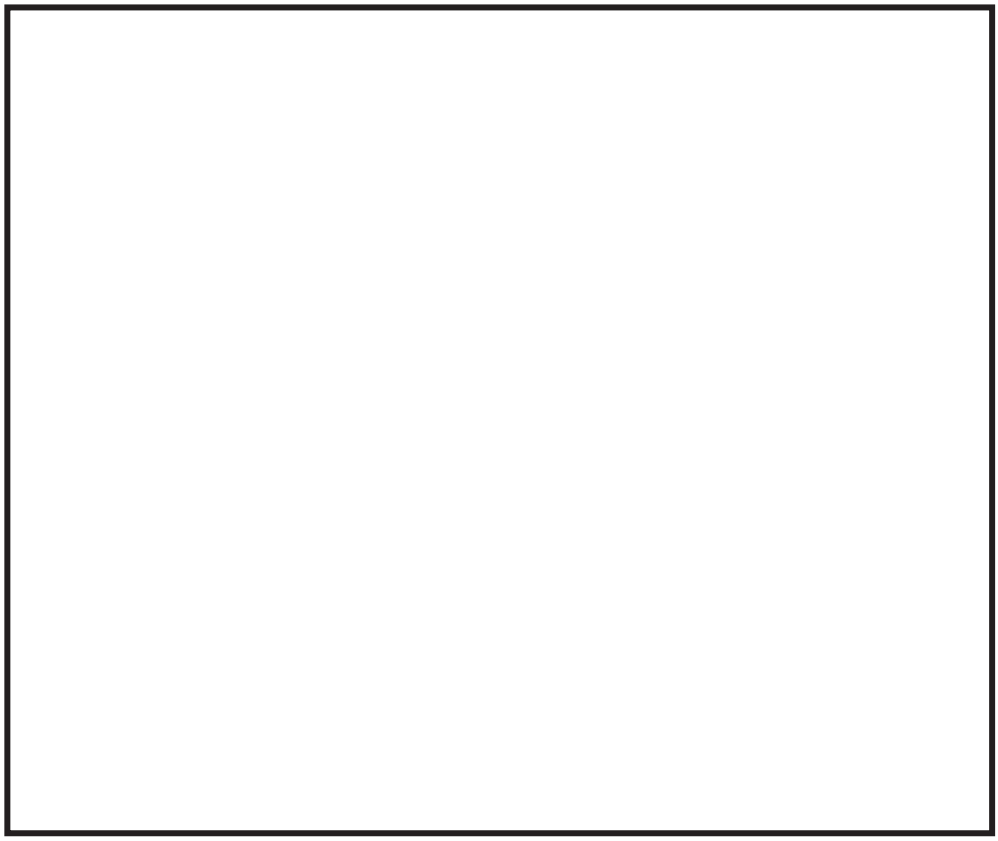


図3.1.2-1　フィルタ装置内のベントガスの流れ

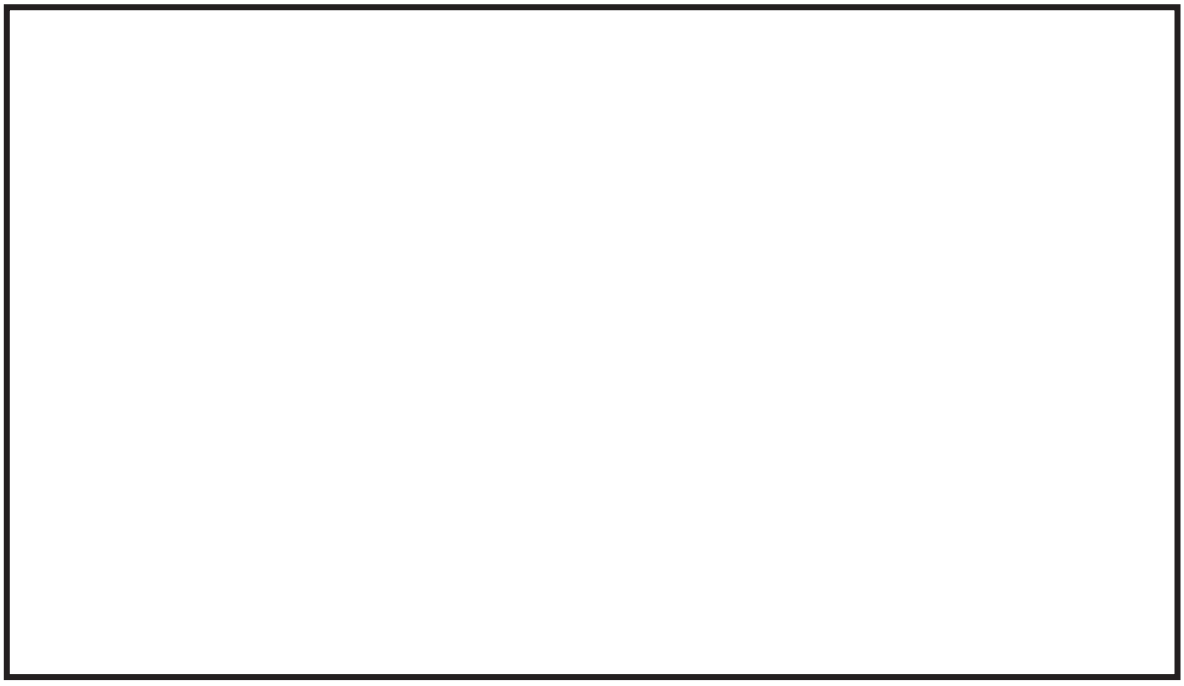


図3.1.2-2　流量制限オリフィス通過時の蒸気の状態変化（イメージ）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) ベンチュリスクラバにおけるよう素の除去

ベントガスがベンチュリスクラバを通過する際，無機よう素を化学反応によりスクラバ溶液中に効果的に捕集・保持するために，スクラバ溶液には表3.1.2-1に示す薬剤を添加する。

表3.1.2-1 スクラバ溶液への添加薬剤

薬剤	化学式	目的

ベンチュリスクラバを通過する際，揮発性の高い無機よう素は，添加薬剤との化学反応により非揮発性のよう素イオンに変化し，スクラバ溶液中に捕集・保持される。以下に化学反応式を示す。

の添加によって，スクラバ溶液はアルカリ性条件下となるため，式(2)により，無機よう素を捕集する。

したがって，ベンチュリスクラバにおける無機よう素の除去効率に影響を与える因子として「スクラバ溶液のpH」が挙げられる。

なお，一般的に有機よう素は，無機よう素に比べ活性が低く，反応しにくいため，ベンチュリスクラバでの有機よう素の除去は期待していない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 放射性よう素フィルタにおけるよう素の除去

[redacted]

吸着材は，[redacted]ために[redacted]に[redacted]を添加して粒状に成形したもので，これをフィルタ装置内の放射性よう素フィルタに充填することで，吸着ベッドを形成している。

ベントガスの滞留時間は，ベントガスが吸着ベッドを通過するのに要する時間であり，長い程反応の効率が高まる。また，過熱度は吸着ベッドを通過するベントガスの温度と飽和温度との差であり，[redacted]であれば，[redacted]

したがって，放射性よう素フィルタにおけるよう素の除去効率に影響を与える因子として「ベントガスの滞留時間」と「過熱度」が挙げられる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2　運転範囲

3.1.1項で，エアロゾルの除去原理において主要なパラメータとしたガス流速及びエアロゾル粒径に加え，ベント時に変動するパラメータであるガス温度及びガス蒸気割合について，有効性評価に基づき，ベント実施中に想定する運転範囲を表3.2-1に示す。また，3.1.2項で，ガス状放射性よう素の除去原理において主要なパラメータとしたスクラバ溶液のpH及びガスの過熱度について，ベント時に想定する運転範囲を表3.2-1に示す。

表3.2-1　ベント実施中における運転範囲

パラメータ	想定運転範囲
ガス流速	ベント実施からほぼ静定した原子炉格納容器圧力に対応するベンチュリノズルのガス流速は，約 [redacted] m/s*となる。なお，金属繊維フィルタにおけるガス流速は，適切なガス流速となるよう金属繊維フィルタの表面積を設定している。
エアロゾル粒径	サプレッションチェンバからのベント時の粒径分布より，質量中央径を約 [redacted] μm とする。
ガス温度	ベントから原子炉格納容器温度がほぼ静定した状態の圧力は [redacted] kPa[gage]となり，このときのベントガスの飽和温度の [redacted] ℃を最低値とする。ベントガス圧力が最大値（2Pd）の場合の飽和温度は [redacted] ℃であるが，限界温度が [redacted] ℃であることから，包絡条件として [redacted] ℃をベントガス温度の上限とする。
ガス蒸気割合	フィルタ装置に流入するガス蒸気割合はベント時の状態により異なるので，保守的に [redacted] から [redacted] とする。
スクラバ溶液のpH	スクラバ溶液は高アルカリ性に保つために，[redacted] が添加されていることから，運転範囲はアルカリ側で維持される。
ガス過熱度	ベント開始圧力の上限（2Pd）からほぼ静定した原子炉格納容器圧力（[redacted] kPa[gage]）に対応する，放射性よう素フィルタにおけるベントガスの過熱度は，約 [redacted] Kとなる。

注記＊：[redacted] m/sはベントから静定した時の原子炉格納容器圧力 [redacted] kPa[gage]における流速であり，最大圧力（2Pd）の時の流速を [redacted] m/sとしている。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3　性能検証試験結果

3.3.1　性能検証試験の概要

Framatome社製のフィルタ装置は，大規模なセクター試験装置により，実機使用条件を考慮した性能検証試験を行っており，その結果に基づき装置設計を行っている。以下に試験の概要を示す。

(1)　エアロゾルの除去性能試験（JAVA試験）

Framatome（当時Siemens）社は，1980年代から1990年代にかけ，ドイツのカールシュタインにある試験施設（以下「JAVA」という。）にて，電力会社，ドイツ原子力安全委員会（RSK）及びその他第三者機関立会の下，フィルタ装置のエアロゾルに対する除去性能試験を行っている。

試験装置には，実機に設置するものと同一形状のベンチュリノズルと，実機に設置するものと同一仕様の金属繊維フィルタを設置し，試験条件として，実機の想定事象における種々のパラメータ（圧力，温度，ガス流量等の熱水力条件及びエアロゾル粒径，濃度等のエアロゾル条件）について試験を行うことにより，フィルタ装置の使用条件において所定の性能が発揮されることを確認している。試験装置の概要を図3.3.1-1に，試験条件を表3.3.1-1に示す。

試験にはエアロゾルを模擬するため，[　　]を使用している。図 3.3.1-2 に示すように，試験で使用した[　]の質量中央径は約[　]μm，空気中[　]の質量中央径は約[　]μm，蒸気中[　]の質量中央径は約[　]μm，ウラニンの質量中央径は約[　]μmとなっている。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

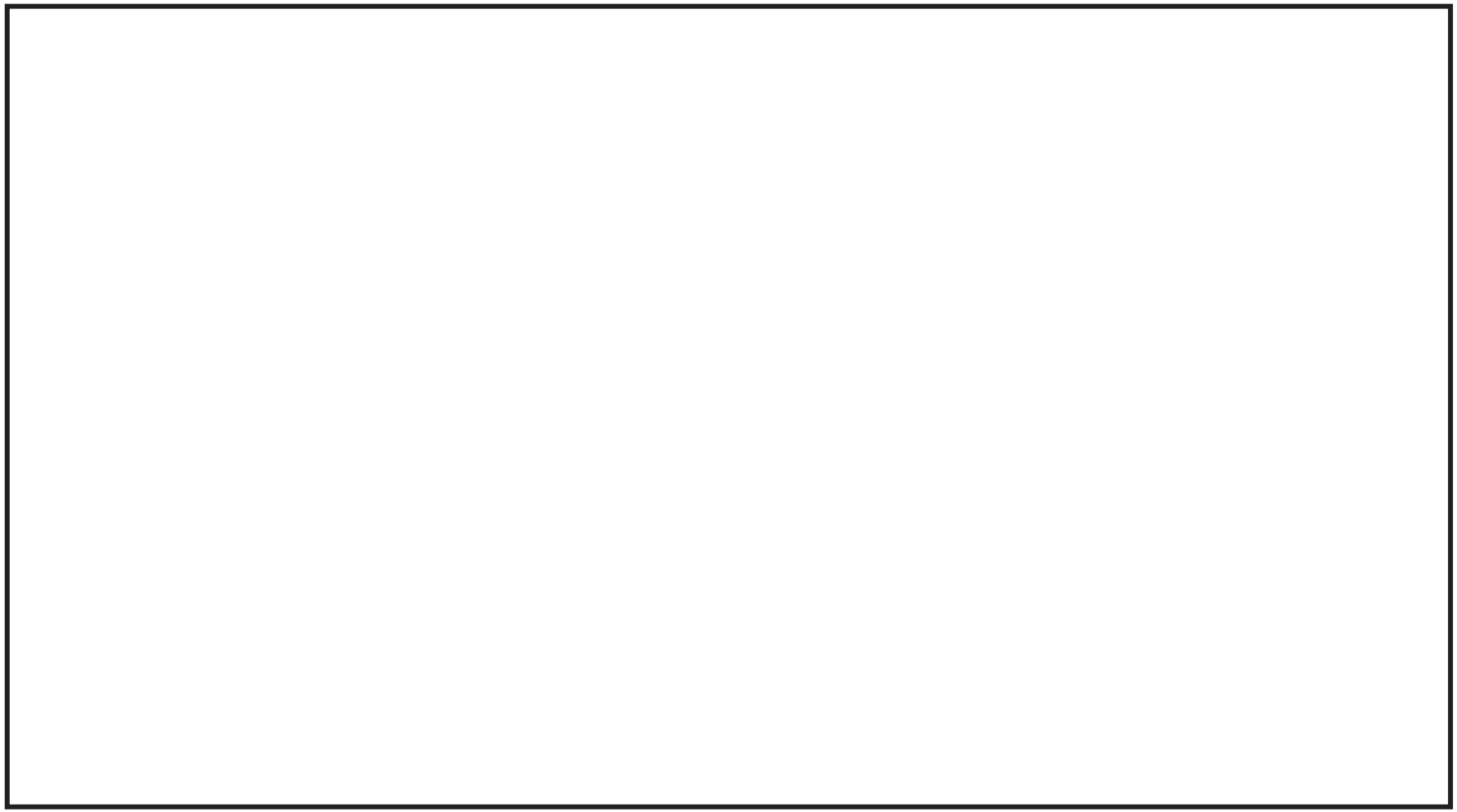


図 3.3.1-1　JAVA 試験装置概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表3.3.1-1　JAVA試験条件（エアロゾル除去性能試験）

試験条件	
圧　　力	約 [redacted] bar[abs] （約 [redacted] kPa[abs]）
温　　度	約 [redacted] ℃
流　　量	約 [redacted] m^3/h
蒸気割合	[redacted] %
エアロゾル	[redacted]

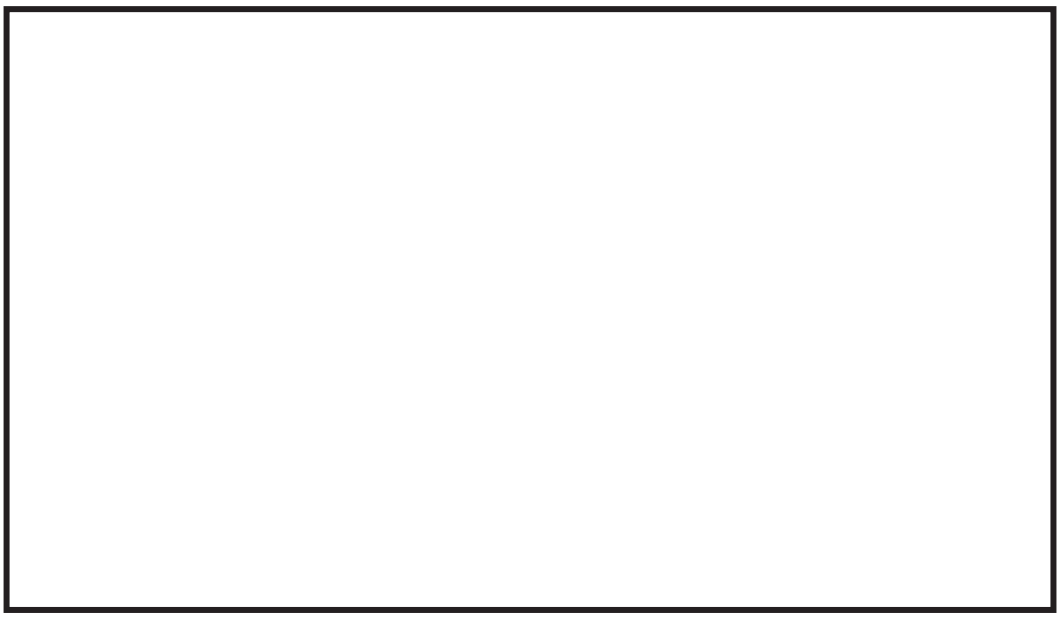


図3.3.1-2　試験用エアロゾルの粒径分布

(2)　無機よう素の除去性能試験（JAVA試験）

Framatome社はJAVA試験装置を使用し，(1)に示したエアロゾルの除去性能試験と同時期に電力会社，RSK及びその他第三者機関立会の下，無機よう素の除去性能試験を実施している。

試験条件として，種々のパラメータ（圧力，温度，ガス流量等の熱水力条件，スクラバ溶液のpH等の化学条件）にて試験を行うことにより，フィルタ装置における無機よう素の除去性能について確認している。JAVA試験における無機よう素の試験条件を表3.3.1-2に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表3.3.1-2　JAVA試験条件（無機よう素除去性能試験）

試験条件	
圧　　力	約 [redacted] bar[abs] （約 [redacted] kPa[abs]）
温　　度	約 [redacted] ℃
流　　量	約 [redacted] m^3/h
pH	約 [redacted]
物　　質	[redacted]

(3)　有機よう素の除去性能試験（JAVA PLUS試験）

実機使用条件を想定した有機よう素の除去性能を確認するため，Framatome社はJAVA試験装置に有機よう素フィルタを設けたJAVA PLUS試験装置を用いて，2013年より有機よう素の除去性能試験を実施している。

試験装置には，実機に使用する吸着材を実機と同一の密度で充填し，試験条件として種々のパラメータ（圧力，温度，過熱度等の熱水力条件）にて試験を行うことにより，フィルタ装置における有機よう素の除去性能について確認している。

試験装置の概要を図3.3.1-3に，試験条件を表3.3.1-3に示す。

表3.3.1-3　JAVA PLUS試験条件（有機よう素除去性能試験）

試験条件	
圧　　力	約 [redacted] bar[abs] （約 [redacted] kPa[abs]）
温　　度	約 [redacted] ℃
蒸気割合	約 [redacted] %
過 熱 度	約 [redacted] K
物　　質	[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

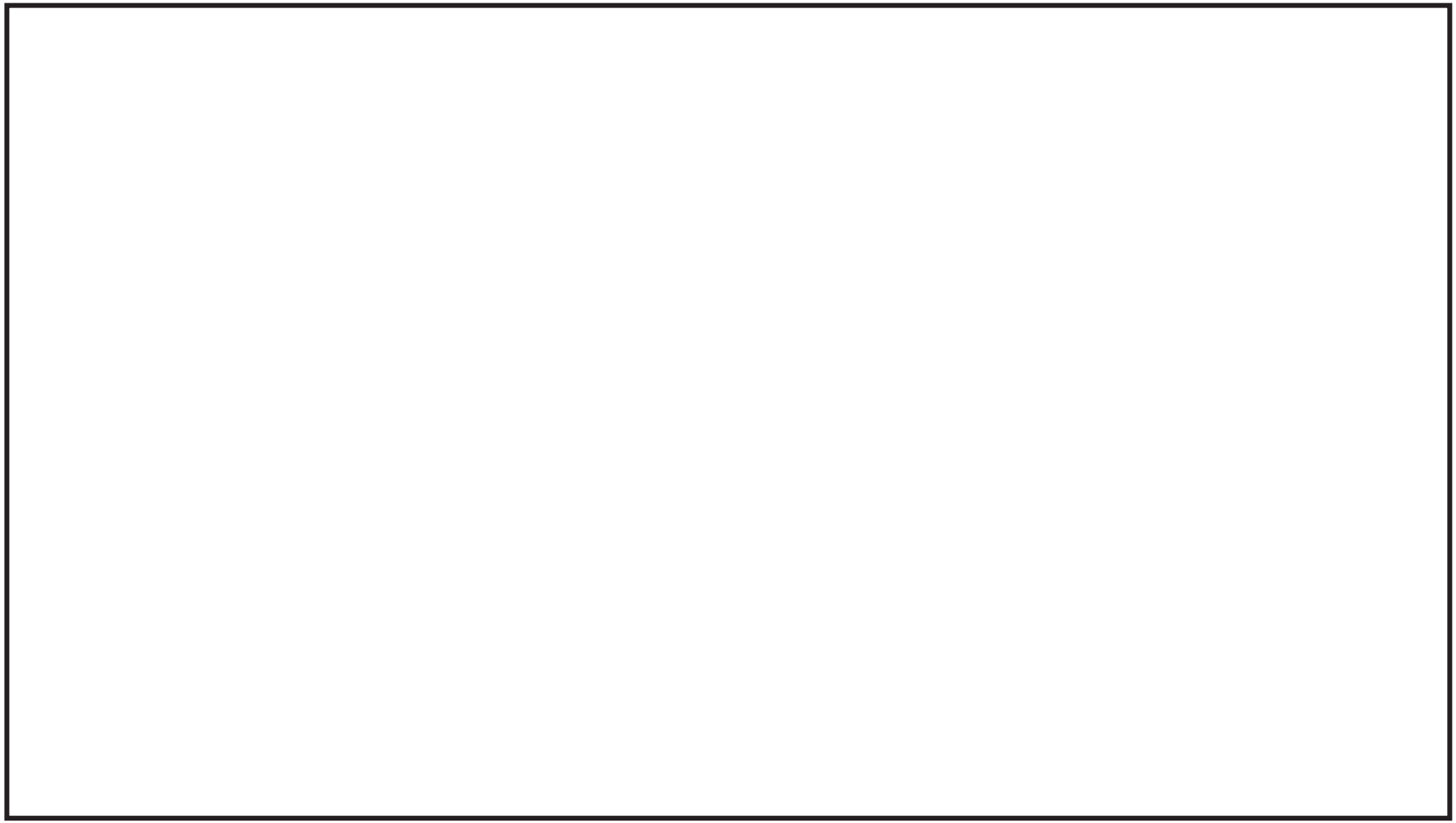


図 3.3.1-3　JAVA PLUS 試験装置概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3.2　エアロゾルの除去性能試験結果

JAVA試験における性能検証試験結果を表3.3.2-1～表3.3.2-3に示す。エアロゾルの除去原理では，3.1.1に示すとおり，「流速」と「粒径」が主な影響因子であるため，ガス流速とエアロゾル粒径に対しての性能評価を行った。さらに，その他の試験条件に用いたパラメータについてもフィルタ装置のエアロゾルの除去性能への影響を確認するため，ガス温度及びガス蒸気割合に対しての性能評価を行った。試験の結果，エアロゾルの除去能力がDF1000以上であることを確認した。

(1)　ガス流速

図3.3.2-1及び図3.3.2-2にベンチュリノズル及び金属繊維フィルタにおけるガス流速に対して整理した性能検証試験結果を示す。DFについては，装置の入口と出口のエアロゾル濃度を測定することで算出している。

ここで，ガス流速は，体積流量を，図3.3.2-3に示すベンチュリノズルの最小断面積であるスロート部の総断面積又は金属繊維フィルタの総断面積で割ることにより，ベンチュリノズルのガス流速と金属繊維フィルタのガス流速に換算して確認した。

この結果から，ベンチュリスクラバにて想定する運転範囲（約 [redacted] m/s）と金属繊維フィルタにて想定する運転範囲全域にわたって要求されるDF1000 以上を満足していることがわかる。

なお，運転範囲よりも小さいガス流速においても，ベンチュリスクラバ及び金属繊維フィルタの組合せで，DF1000以上を満足しているため，フィルタ装置はガス流速によらず十分な性能を有していると言える。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

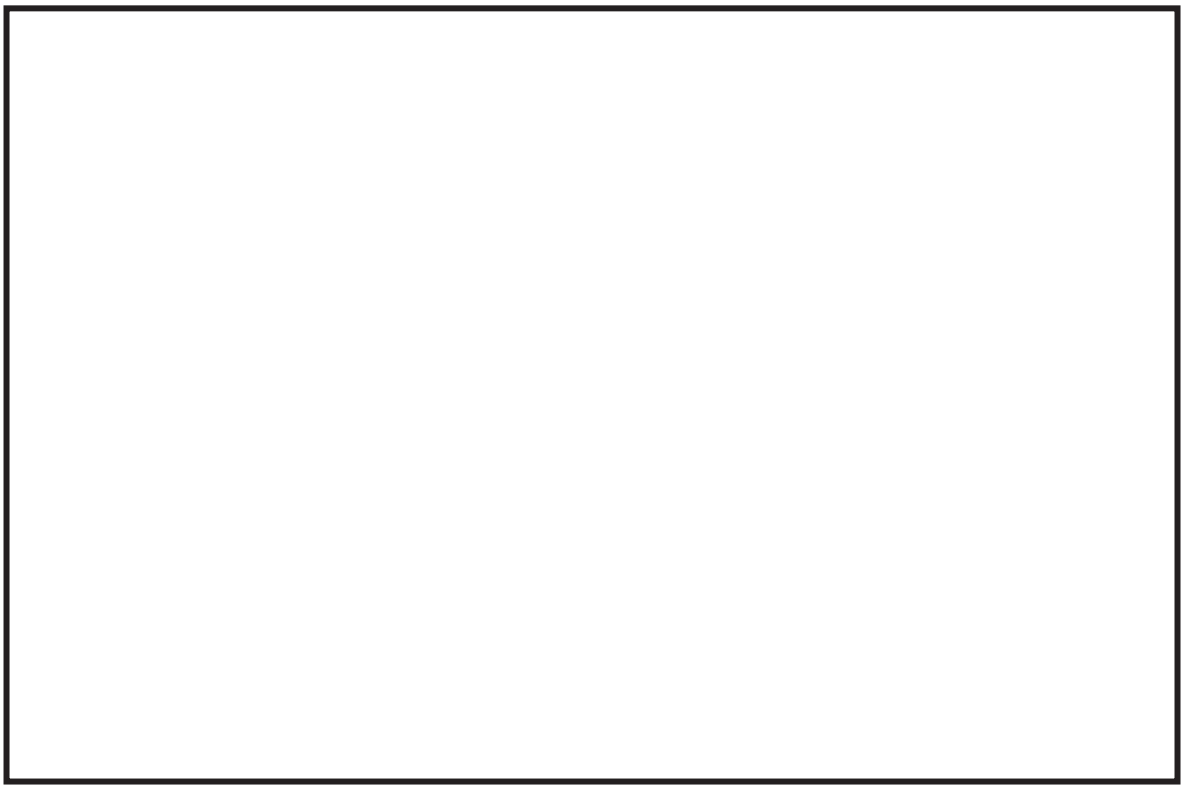


図3.3.2-1　ベンチュリノズルにおけるガス流速に対する除去係数（JAVA試験）

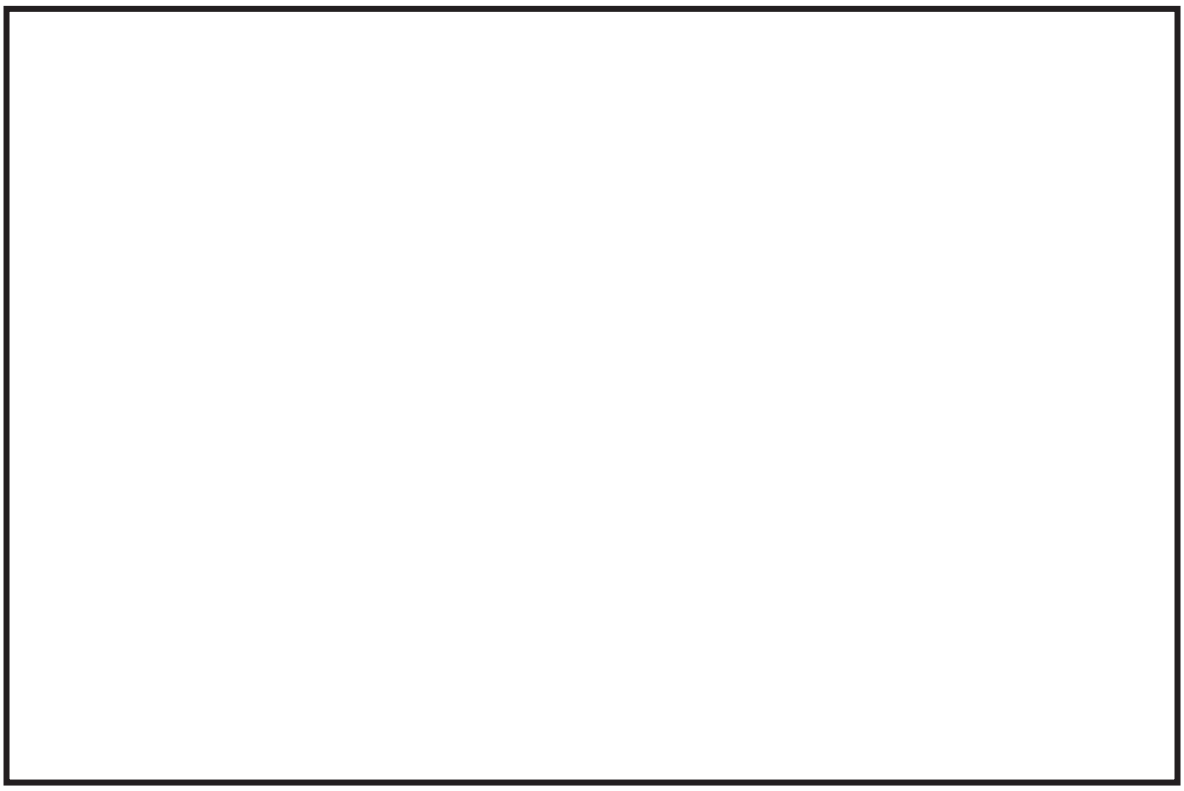


図3.3.2-2　金属繊維フィルタにおけるガス流速に対する除去係数（JAVA試験）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

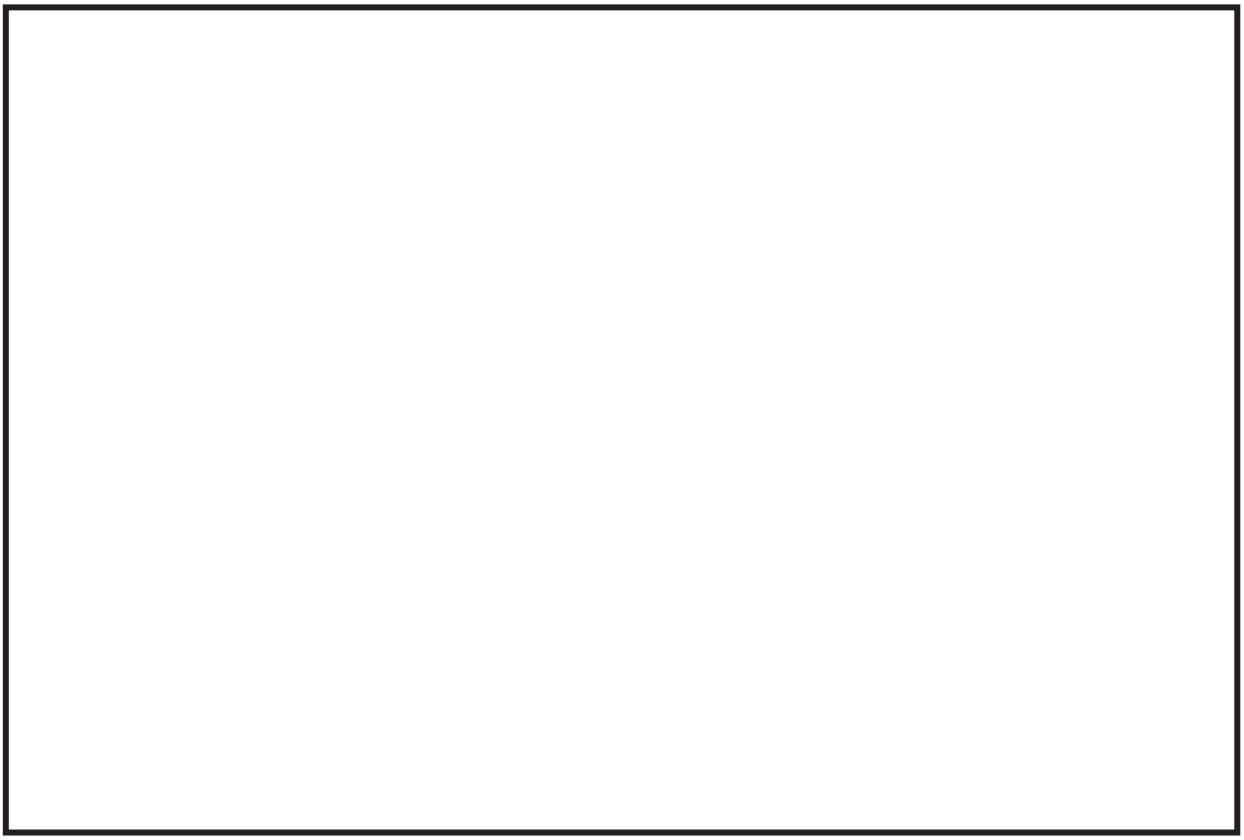


図3.3.2-3　ベンチュリノズルスロート部及び金属繊維フィルタの断面積

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　エアロゾル粒径

図 3.3.2-4 に試験用エアロゾル（エアロゾルの粒径）に対して整理した性能検証試験結果を示す。この結果からエアロゾル粒径（質量中央径：約[redacted]μm)の違いによって除去性能に影響が出ているような傾向は見られず，いずれの試験結果においても要求される DF1000 を満足していることがわかる。

サプレッションチェンバからのベント実施時に想定する質量中央径は約[redacted]μm である。試験用エアロゾルとしては質量中央径約[redacted]μm の[redacted]を使用し，DF1000 以上を満足していることから，フィルタ装置はエアロゾル粒径に対して十分な性能を有していると言える。

[redacted]

図3.3.2-4　粒径に対する除去係数（JAVA試験）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3)　ガス温度

図3.3.2-5にガス温度に対して整理した性能検証試験結果を示す。この結果から，ガス温度の違いによって除去性能に影響が出ているような傾向は見られず，試験を実施した全域にわたって要求されるDF1000以上を満足していることがわかる。

したがって，ガス温度の運転範囲（　　℃）に対して，フィルタ装置はガス温度に対して十分な性能を示していると言える。

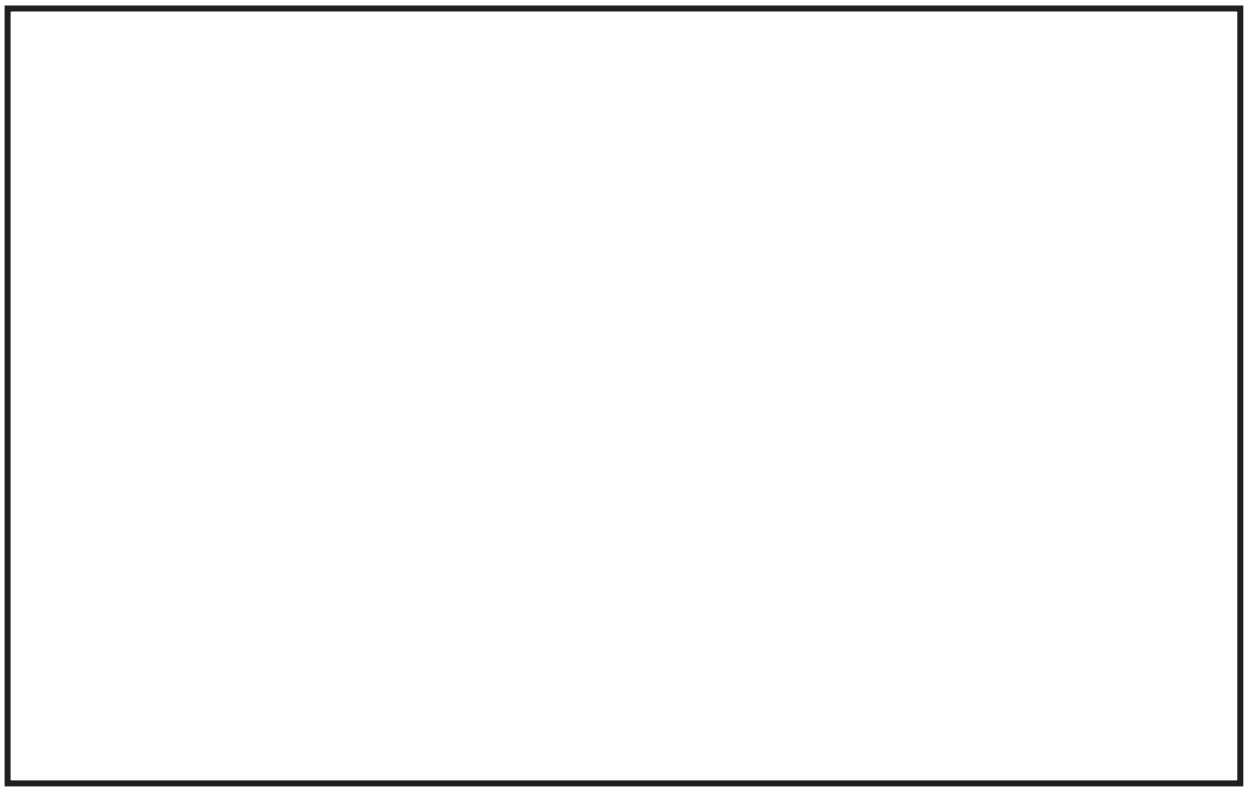


図3.3.2-5　ガス温度に対する除去係数（JAVA試験）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4)　ガス蒸気割合

図3.3.2-6にガス蒸気割合に対して整理した性能検証試験結果を示す。この結果から，ガス蒸気割合の違いによって除去性能に影響が出ているような傾向は見られず，試験を実施した全域にわたって要求されるDF1000以上を満足していることがわかる。

ガス蒸気割合の運転範囲（0～100％）で性能検証試験が行われており，フィルタ装置はガス蒸気割合に対して十分な性能を有していると言える。

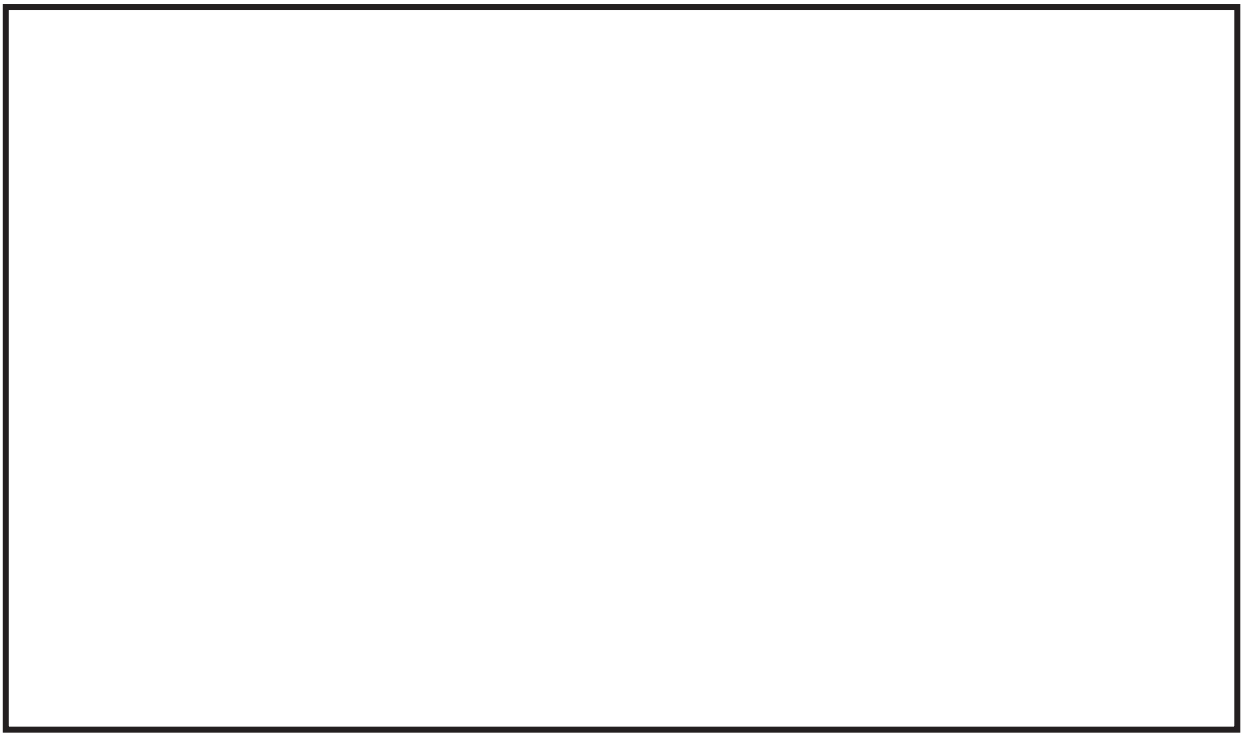


図3.3.2-6　蒸気割合に対する除去係数（JAVA試験）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.3.2-1　エアロゾル（　　）除去性能試験結果（JAVA 試験）

Test-No.	Test Aerosol	MMD (μm)	Pressure (bar abs)	Temp. (℃)	GasFlow (m^3/h)	Gas Com-position	Volumetric Steam fraction (%)	Contaminated Gas Concentration (mg/m^3)	Venturi Velocity (m/s)	Norm. MFF Velocity (%)	Total Removal Efficiency (%)	DF

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.3.2-2　エアロゾル（　　）除去性能試験結果（JAVA 試験）

Test-No.	Test Aerosol	MMD (μm)	Pressure (bar abs)	Temp. (℃)	GasFlow (m^3/h)	Gas Com-position	Volumetric Steam fraction (%)	Contaminated Gas Concentration (mg/m^3)	Venturi Velocity (m/s)	Norm. MFF Velocity (%)	Total Removal Efficiency (%)	DF

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3.3.2-3　エアロゾル（　　）除去性能試験結果（JAVA 試験）

Test-No.	Test Aerosol	MMD (μm)	Pressure (bar abs)	Temp. (℃)	GasFlow (m^3/h)	Gas Com-position	Volumetric Steam fraction (%)	Contaminated Gas Concentration (mg/m^3)	Venturi Velocity (m/s)	Norm. MFF Velocity (%)	Total Removal Efficiency (%)	DF

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3.3　ガス状放射性よう素の除去性能試験結果

(1)　ベンチュリスクラバにおける無機よう素除去性能試験結果

JAVA試験における無機よう素の除去性能試験結果を表 3.3.3-1 に示す。無機よう素のベンチュリスクラバ（スクラバ溶液）への捕集は化学反応によるものであり，その反応に影響を与える因子は，「スクラバ溶液のpH」である。図 3.3.3-1 に，スクラバ溶液のpHに対する無機よう素の除去性能試験結果を示す。この結果から，スクラバ溶液がpH [redacted] の状態においても設計条件である除去効率 99%（DF100）以上であることを確認した。

フィルタ装置全体としての無機よう素の除去性能については，3.3.3 (3) 項に示す。

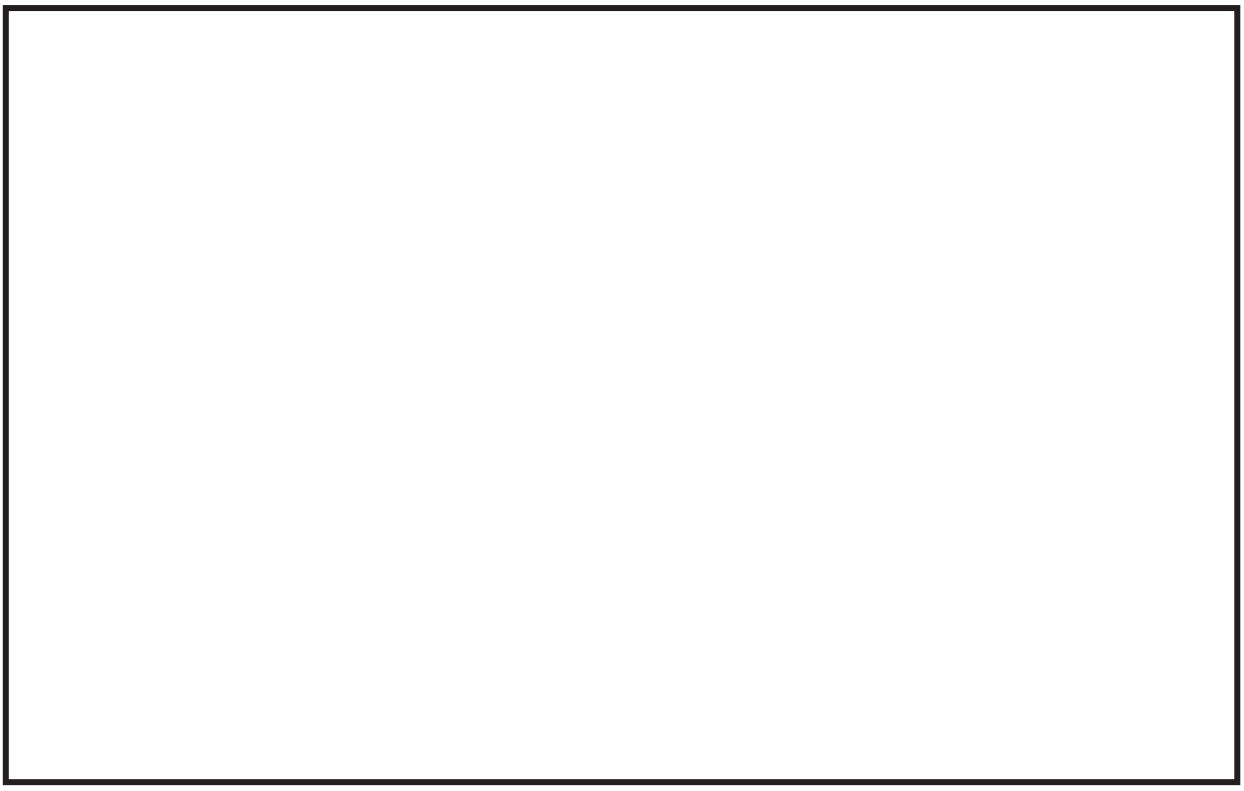


図3.3.3-1　pHに対する無機よう素除去係数

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表3.3.3-1　ベンチュリスクラバにおける無機よう素除去性能試験結果（JAVA試験）

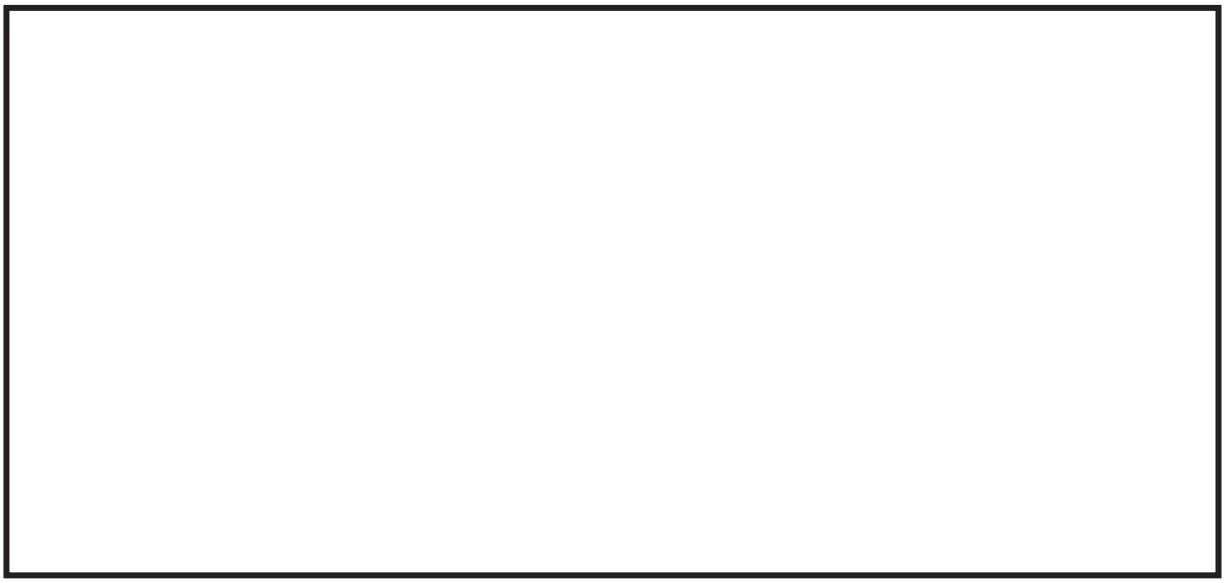
(2)　有機よう素除去性能試験結果

JAVA　PLUS試験における有機よう素の除去性能試験結果を表3.3.3-2に示す。JAVA　PLUS試験で得られた除去係数を，過熱度で整理したものを図3.3.3-2に示す。

図3.3.3-2　JAVA PLUS試験結果

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ここで，JAVA PLUS試験装置と実機においては，ベッド厚さが異なるため，ベントガスの吸着ベッドにおける滞留時間が異なる。その補正をするために以下に示す関係を用いる。



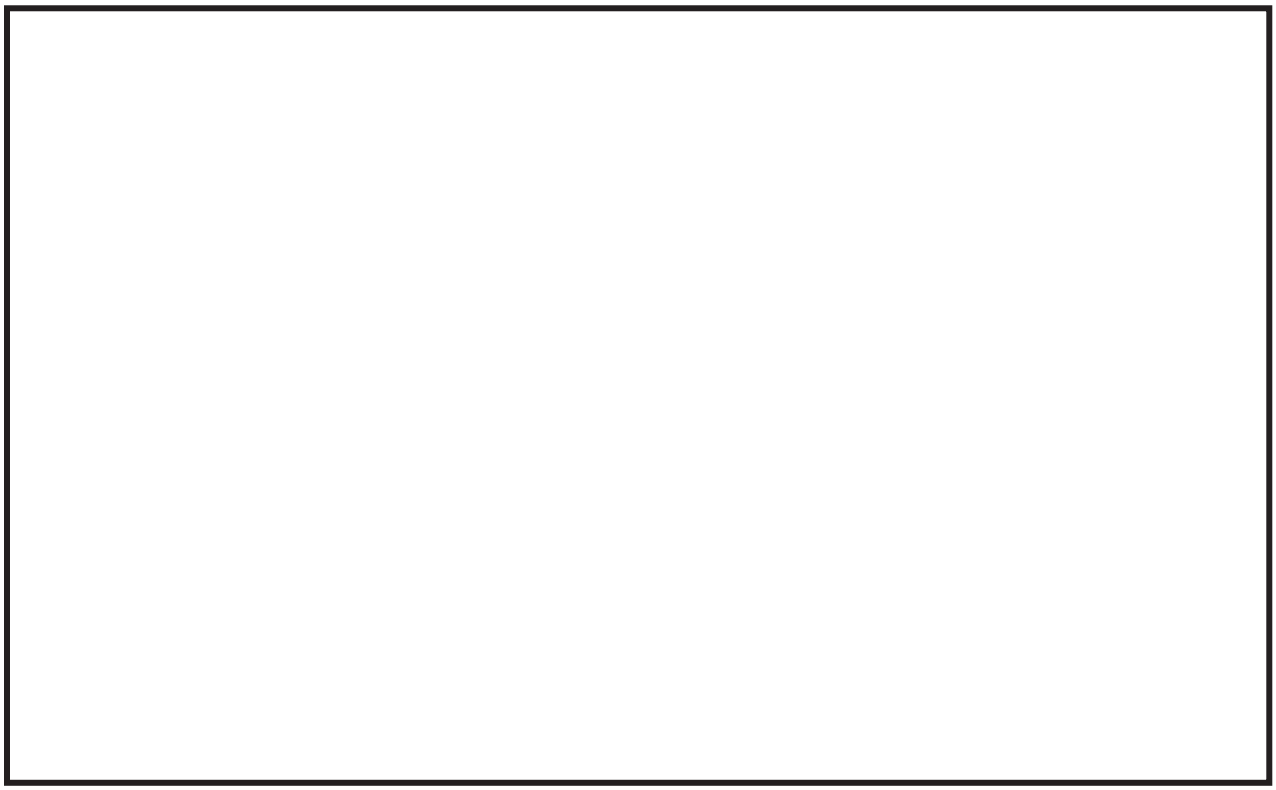


図3.3.3-3　JAVA PLUS試験結果（補正後）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表3.3.3-2　有機よう素除去性能試験結果（JAVA PLUS試験）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3)　無機よう素除去性能試験結果

一般的に無機よう素は，有機よう素と比べ活性が高く，反応しやすいため，放射性よう素フィルタでも捕集されやすい。したがって，無機よう素に対しても有機よう素と同程度のDF50以上が期待できる。

また，前段のベンチュリスクラバでは，無機よう素のDFが100以上であるため，フィルタ装置全体として無機よう素に対してDF500以上の性能が期待できる。

なお，JAVA試験においてスクラバ溶液のpHが［　　］の時，DF500 以上の結果が得られているのに対し，女川原子力発電所第 2 号機のフィルタ装置は，系統待機時のpHが 13 以上であるため，フィルタ装置全体の除去係数はDF500 以上が期待できる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3.4　フィルタ装置の継続使用による性能への影響

フィルタ装置を継続使用することにより，放射性物質の除去性能に影響する可能性のある因子について検討する。

(1)　エアロゾルの再浮遊

a.　ベンチュリスクラバ

(a)　想定する状態

フィルタ装置を継続使用すると，ベンチュリスクラバで捕集されたエアロゾルにより，ベンチュリスクラバ内のエアロゾル濃度は徐々に上昇する。スクラバ溶液の水面近傍には，水沸騰やベンチュリノズルを通るベントガスによる気流により，細かい飛沫（液滴）が発生するが，その飛沫にエアロゾルが含まれていると，エアロゾルがベンチュリスクラバの後段に移行することが考えられる。

(b)　影響評価

ベンチュリスクラバの後段には，金属繊維フィルタが備えられており，この金属繊維フィルタには，ベンチュリスクラバからの飛沫（液滴）を除去するための機構（プレフィルタ及び湿分分離機構）と除去したドレン水をスクラバ溶液内に戻すためのドレン配管が設置されている。そのため，ベンチュリスクラバで発生した飛沫（液滴）は，メインフィルタに到達する前に除去される。また，飛沫（液滴）の微細化や蒸発によってエアロゾルが放出される可能性があるが，メインフィルタにて補集される。

以上のとおり，フィルタ装置は，ベンチュリスクラバでのエアロゾルの再浮遊に対して考慮した設計となっている。

b.　金属繊維フィルタ

(a)　想定する状態

金属繊維フィルタで捕集されたエアロゾルが蓄積すると，崩壊熱により金属繊維フィルタの温度が上昇し，放射性物質の融点／沸点を超えた場合に液体／気体となる。これらの液体／気体がベントガス流により下流に流された場合，フィルタ装置下流側にエアロゾルを放出することが考えられる。

(b)　影響評価

金属繊維フィルタに捕集されたエアロゾルの崩壊熱は，ベント中はベントガスの流れによって冷却され，ベント後はベンチュリスクラバに捕集したエアロゾルの崩壊熱により発生する蒸気によって冷却されることから，金属繊維フィルタの温度は，エアロゾルの再浮遊が起こるような温度（参考：CsOHの融点：272.3℃）に対し十分低く抑えることができる。

(2)　ガス状放射性よう素の再揮発

a.　ベンチュリスクラバにおける無機よう素の再揮発

(a)　想定する状態

フィルタ装置を継続使用すると，スクラバ溶液の温度は上昇する。スクラバ溶液の温度上昇に伴い，スクラバ溶液中に捕集した無機よう素が気相中に再揮発することが考えられる。

(b)　影響評価

気液界面（フィルタ装置水面）における無機よう素の平衡については温度依存性があり，スクラバ溶液の水温が高い方が気相の無機よう素の割合が増える。しかし，アルカリ環境下では，無機よう素とよう素イオンの平衡により液相中に存在する無機よう素が極めて少なく，無機よう素の気相部への移行量は，スクラバ溶液の温度が上昇しても十分小さい値となる。

JAVA試験は，高温のベントガスを用いて，無機よう素が気相中に移行しやすい条件での試験を実施しており，温度上昇による影響に配慮したものとなっている。

b.　放射性よう素フィルタにおける放射性よう素の再揮発

(a)　想定する状態

化学工業の分野ではゼオライトに高温の水素を通気することにより捕集されているよう素を再揮発させる技術がある。放射性よう素フィルタに充填された銀ゼオライトに，ベントガスに含まれる水素が通気されると，捕集された放射性よう素が再揮発することが考えられる。

(b)　影響評価

水素によるよう素の再浮遊は400℃以上の高温状態で数時間程度，水素を通気した場合に起こることが知られている。一方フィルタ装置に流入するガスは200℃以下であり，銀ゼオライトに水素を含むガスが通過したとしても，ゼオライトに捕集されているよう素が再揮発することはない。

また，放射性よう素フィルタで捕集した放射性よう素の崩壊熱は，ベント中はベントガスにより冷却され，ベント後は系統を不活性化するために供給される窒素により冷却されることから，放射性よう素フィルタの温度上昇は，放射性よう素の再揮発が起こるような温度（400℃）に対して，十分低く抑えることができる。

(3) フィルタの閉塞

a. 想定する状態

炉心損傷後のベント時には，溶融炉心から発生するエアロゾルに加え，炉内構造物の過温などによるエアロゾル，コアコンクリート反応により発生するCaO_2等のコンクリート材料に起因するエアロゾル及び保温材等の熱的・機械的衝撃により発生する粉塵が，フィルタ装置に移行する可能性がある。これらのエアロゾルの影響により，ベンチュリノズルの狭隘部や金属繊維フィルタに付着し，閉塞することが考えられる。

b. 影響評価

ベンチュリノズルの狭隘部を通過するガス流速は，高速となる。ベンチュリノズルの狭隘部寸法に対して，エアロゾルの粒子径は極めて小さく，ベンチュリノズルが閉塞することはない。

金属繊維フィルタには，ベンチュリスクラバで捕集されなかったエアロゾルが移行する。移行するエアロゾル量は，金属繊維フィルタの許容負荷量に対して十分小さく，金属繊維フィルタが閉塞することはない。

(4) 薬剤の容量減少

a. 想定する状態

無機よう素はベンチュリスクラバにて薬剤［　　］との反応により捕集されるが，薬剤の容量を超える無機よう素が流入した場合には，無機よう素は捕集されずに下流に流出されることが考えられる。

b. 影響評価

スクラバ溶液に含まれる［　　］の量は，原子炉格納容器から放出される無機よう素の量に対して十分大きいことから，容量に達することはない。

(5) 放射性よう素フィルタの容量減少

a. 想定する状態

ガス状放射性よう素は，銀ゼオライトに捕集されるが，銀ゼオライトの吸着容量に達した場合には，ガス状放射性よう素は捕集されずに系外に放出されることが考えられる。

b. 影響評価

放射性よう素フィルタで保持が可能なガス状放射性よう素の吸着容量（銀分子数）は，原子炉格納容器から放出されるよう素量に対して十分大きいことから吸着容量に達することはない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(6) ベント時に生じるスウェリングによる放射性よう素フィルタへの影響

a. 想定する状態

スクラバ溶液に蒸気が流入すると，スウェリングにより水位が上昇する。その結果，スクラバ溶液の水位は系統待機時に比べ上昇しており，放射性よう素フィルタの外壁はスクラバ溶液に接することとなり，スクラバ溶液の温度による除去性能に影響することが考えられる。

b. 影響評価

ベントガスの温度はベンチュリスクラバ（スクラバ溶液）を通過することで，スクラバ溶液の水温と同じになっているものと考えられ，[redacted]こととなる。よって，スクラバ溶液と接する放射性よう素フィルタの外壁はスクラバ溶液から入熱されるため，放射性よう素フィルタで蒸気が凝縮することはなく，よう素の除去性能への悪影響はない。

(7) 吸着材の変質

a. 想定する状態

放射性よう素フィルタの吸着材として使用する銀ゼオライトは，放射線の照射環境に長期間晒されると，変質してよう素除去性能が低下することが考えられる。

b. 影響評価

フィルタ装置で想定される照射量以上の放射線を照射した銀ゼオライトの性能試験結果から捕集性能を確認しており，よう素の除去性能への悪影響はない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 設備の維持管理

(1) 点検方法

a. 機械設備

原子炉格納容器フィルタベント系の機械設備については，女川原子力発電所の他設備の点検実績等を参考に，設置環境や動作頻度に対する故障及び劣化モード等を考慮して，適切な周期で点検（時間基準保全）を行うことにより，設備の健全性を確保する。

一方，女川原子力発電所として保全の経験がない設備として，高アルカリ性のスクラバ溶液に接液する設備が挙げられる。これらの設備については,劣化モード(腐食等）を考慮した材料選定を行っており，有意な劣化が発生する可能性は小さいと考えているが，先ずは初回定期検査時に点検を実施し，その結果を基に点検周期を定めるものとする。

スクラバ溶液の分析については，海外プラントにおいて窒素封入環境下で□□間薬液濃度の有意な変化は認められていない実績があり，性状に有意な変化はないものと考えられるが，定期検査ごとに実施することとする。

また，放射性よう素フィルタに充填される銀ゼオライトについては，試験を行い，スクラバ溶液による飽和蒸気環境下で□□間保管した後も性能基準を満たしていることを確認した。

女川原子力発電所第２号機のフィルタ装置では，銀ゼオライトのサンプリングが可能な設計としており，先ずは初回定期検査時に性状の確認を行い，その結果を基にサンプリング周期を定めるものとする。

機械設備の点検内容を表4-1に示す。

なお，点検周期については，今後の保全活動を実施する中で適切な周期の見直しを行うこととする。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表4-1　機械設備の点検内容

設備名		点検内容	点検周期・時期（計画）
フィルタ装置	本体	外観点検(内面)	初回定検（結果によりその後の周期を決定）
	機能確認	漏えい確認	本体内部点検に合わせて実施
	スクラバ溶液	水質確認	1 定検毎
内部構造物 ・ベンチュリノズル ・金属繊維フィルタ ・流量制限オリフィス ・放射性よう素フィルタ	本体	外観点検	初回定検（結果によりその後の周期を決定）
	機能確認（放射性よう素フィルタ）	サンプル性状確認	
フィルタ装置出口側 ラプチャディスク	本体	外観点検	初回定検（結果によりその後の周期を決定）
		フランジ面手入れ	
	機能確認	漏えい確認	
配管	本体	外観点検	10 定検毎
		フランジ部点検手入れ	
	機能確認	漏えい確認	
弁	本体	弁箱内面点検手入れ	2 定検毎
		弁体，弁座，弁棒等点検手入れ	
		パッキン類交換	
		外観目視点検	
	機能確認	漏えい確認	
		作動試験	

b.　電気設備

原子炉格納容器フィルタベント系の電気設備については，女川原子力発電所の他設備の点検実績等を参考に，設置環境や動作頻度に対する故障及び劣化モード等を考慮して，適切な周期で点検（時間基準保全）を行うことにより，設備の健全性を確保する。

電気設備の点検内容を表4-2に示す。

なお，点検周期については，今後の保全活動を実施する中で適切な周期の見直しを行うこととする。

表4-2　電気設備の点検内容

設備名		点検内容	点検周期・時期（計画）
電動弁駆動部	電動機	外観点検	1定検毎
		分解点検	5定検毎
	トルクスイッチ	動作確認	1定検毎
		設定値確認	
	リミットスイッチ	動作確認	1定検毎
		取付状態確認	
	電気室	結線点検	1定検毎
	開度計	外観点検	1定検毎
		指示値確認	
	試験・測定	絶縁抵抗測定	1定検毎
		作動試験	
		電流測定	

c.　計装設備

原子炉格納容器フィルタベント系の計装設備については，女川原子力発電所の他設備の点検実績等を参考に，設置環境や動作頻度に対する故障及び劣化モード等を考慮して，適切な周期で点検（時間基準保全）を行うことにより，設備の健全性を確保する。

計装設備の点検内容を表4-3に示す。

なお，点検周期については，今後の保全活動を実施する中で適切な周期の見直しを行うこととする。

表4-3　計装設備の点検内容

設備名	点検内容		点検周期・時期（計画）
水位計	特性試験	外観点検	1定検毎
		単体・ループ校正	
圧力計	特性試験	外観点検	1定検毎
		単体・ループ校正	
温度計	特性試験	外観点検	1定検毎
		単体・ループ校正	
放射線モニタ	特性試験	外観点検	1定検毎
		単体・ループ校正	
		線源校正	
水素濃度計	特性試験	外観点検	1定検毎
		単体・ループ校正	
		ガス校正	
サンプリング機器	外観検査	外観点検	1定検毎
	特性試験	計器校正	1定検毎
	機能・性能試験	作動試験	1定検毎
	分解点検	ポンプ分解点検	4定検毎
制御盤	外観検査	外観点検	1定検毎

(2)　試験方法

原子炉格納容器フィルタベント系の機能検査として，「弁開閉試験」，「漏えい試験」，「スクラバ溶液水質確認試験」及び「放射性よう素フィルタ（銀ゼオライト）性能確認試験」を実施する。

a.　弁開閉試験

系統が所定の機能を発揮することを確認するため，以下の弁について開閉試験を実施する。図4-1に対象弁を示す。

・中央制御室の操作スイッチによる弁開閉試験

・遠隔手動弁操作設備による人力での弁開閉試験

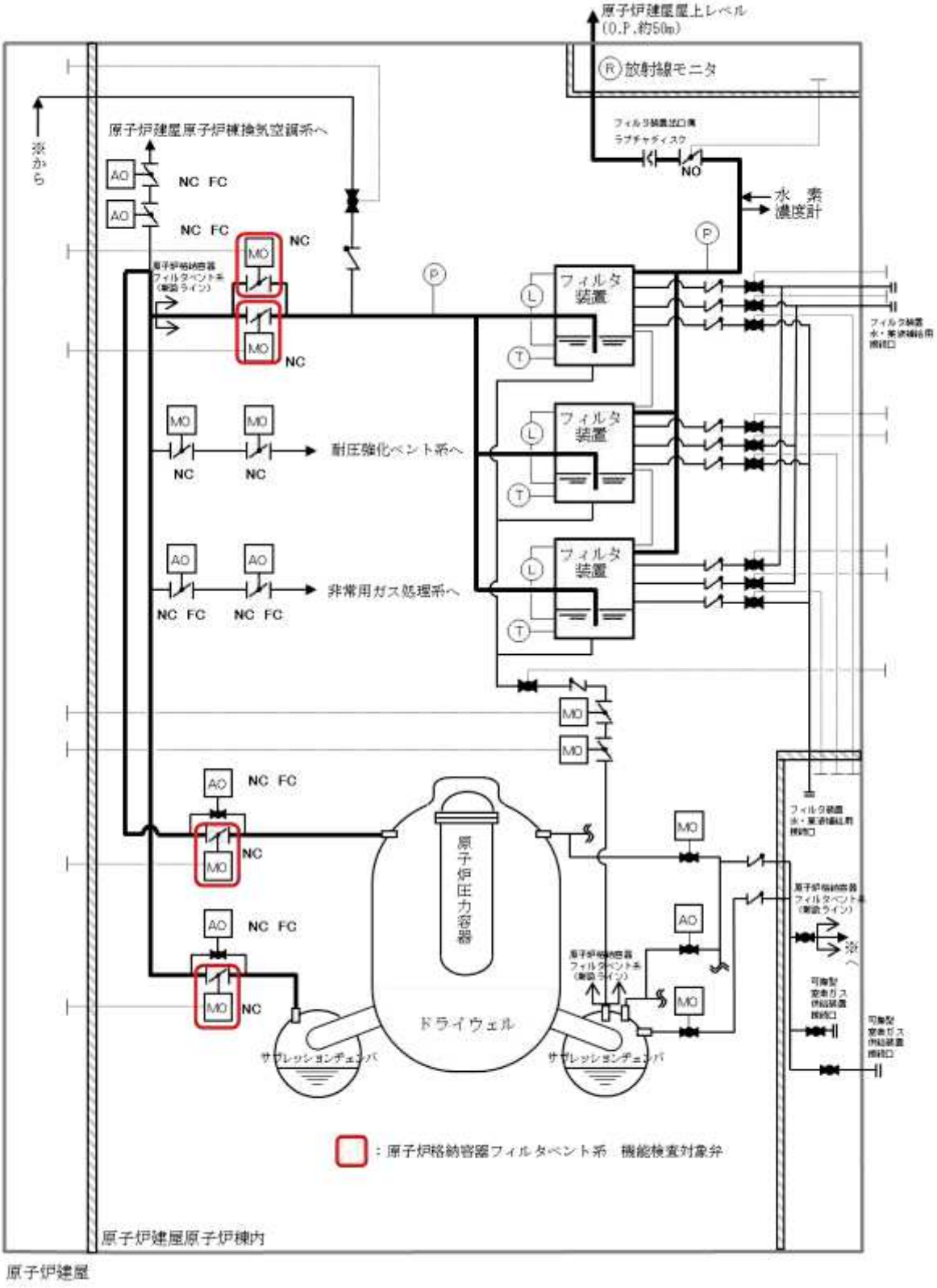


図4-1　原子炉格納容器フィルタベント系　機能検査対象弁

b. 漏えい試験（主配管）

漏えい試験の試験条件・方法を表4-4に，試験概要図を図4-2に示す。

漏えい試験の各条件について下記(a)～(c)に整理する。

(a) 加圧媒体

ベント開始時の系統内は窒素が支配的であること，また，ベント継続中に漏えい防止対象となる放射性物質は窒素又は空気より分子量が大きいことから，窒素又は空気を加圧媒体とすることは妥当であると判断する。

なお，事故時に発生する水素については，フィルタ装置のフランジ部等から漏えい試験の検出限界値の水素が漏えいした場合においても，長期にわたってフィルタ装置室内が可燃限界に到達しないこと，系統内から水素が漏えいした場合においても，建屋内については静的触媒式水素再結合装置による処理が，建屋外については外気への拡散が期待できること，また，試験時の安全性確保の観点から，水素を加圧媒体とした漏えい試験は行わない。

(b) 試験圧力

漏えい試験では，系統内が不活性状態で維持できることを確認するため窒素封入圧力□kPa[gage]以上を試験圧力とする。また，系統の使用時にバウンダリ機能を維持できることを確認するため最高使用圧力 854kPa[gage]を試験圧力とする。

(c) 試験温度

漏えい試験では，系統の最高使用温度200℃を模擬することが困難となることから約180℃低い常温約20℃での漏えい確認となるが，試験温度については，環境温度が高い場合，配管が熱膨張した状態となり，フランジ部パッキンに圧縮荷重が付加されることによりシール性が向上するものとなることから，常温での試験環境は，保守的となる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表4-4　漏えい試験の試験条件・目的・方法

	加圧媒体	試験圧力	試験温度	試験目的・方法
簡易点検	窒素	□kPa[gage]以上 （窒素封入圧力）	常温	系統内を不活性状態に維持することを目的に，系統全体を窒素封入圧力（待機状態）に加圧し，著しい漏えいのないことを確認する。
本格点検	窒素又は空気	854kPa[gage]以上 （最高使用圧力）	常温	使用時にバウンダリ機能が維持されていることを確認するために，系統全体を最高使用圧力に加圧し，著しい漏えいのないことを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

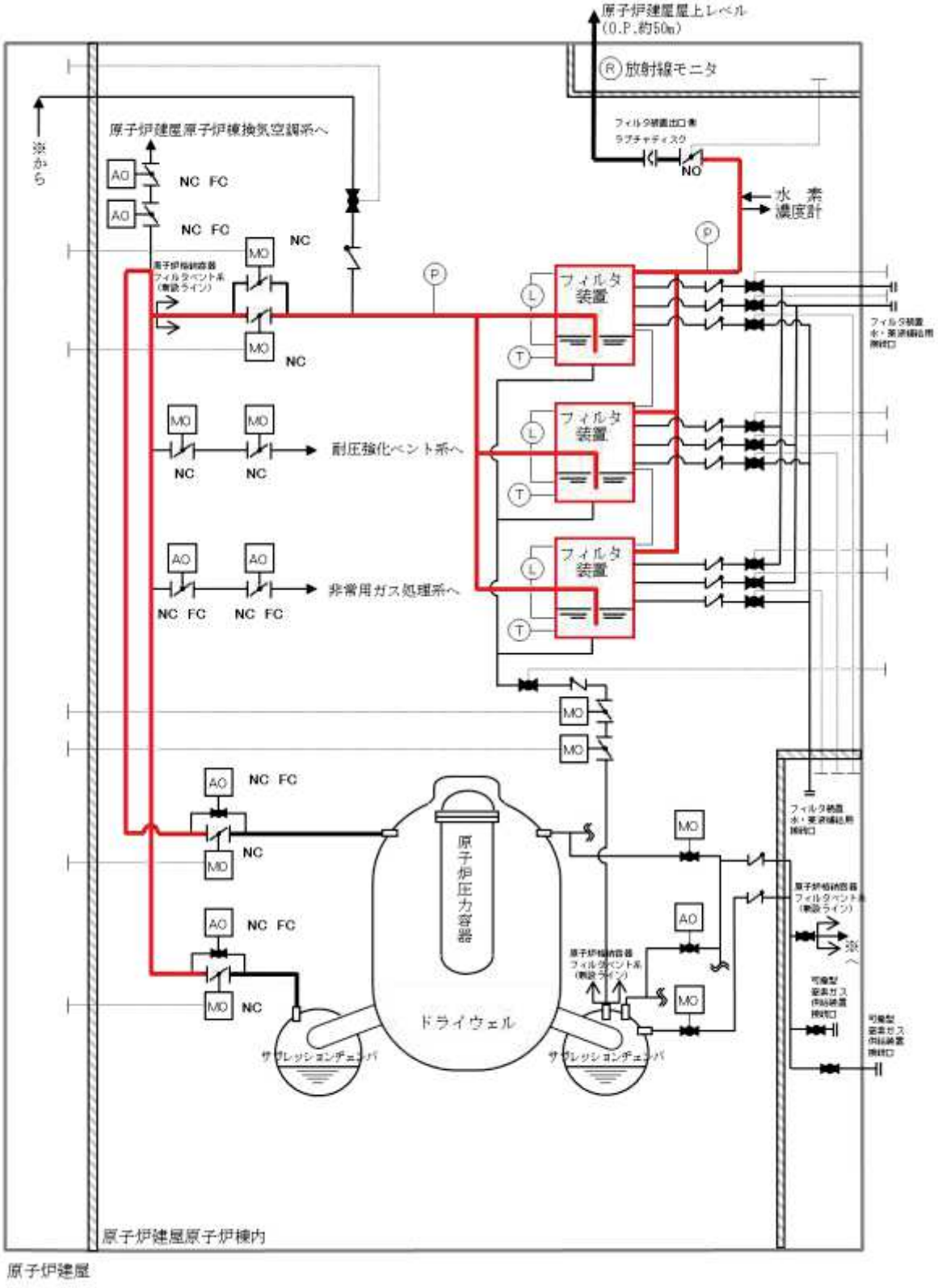


図4-2　漏えい試験の試験概要図

c. スクラバ溶液水質確認試験

スクラバ溶液水質確認試験は，サンプリングラインから水を採取・分析を実施し，スクラバ溶液が規定の濃度であることを確認する。

d. 放射性よう素フィルタ(銀ゼオライト)性能確認試験

放射性よう素フィルタに充填される銀ゼオライトについては，原子炉停止期間中にフィルタ装置内の試験用銀ゼオライトを用いてよう素除去性能試験を行い，規定の性能が確保されていることを確認する。

可燃性ガスの爆発防止対策について

1. 原子炉格納容器フィルタベント系

原子炉格納容器フィルタベント系の系統内で可燃性ガスの爆発が発生した場合，当該系統に期待している放射性物質の低減効果が喪失するおそれ又はフィルタ装置内で保持している放射性物質の外部への放出のおそれがあるため，設計及び運用により系統内での可燃性ガスの爆発を防止する。

(1) 考慮する可燃性ガスの種類及び対策

炉心の著しい損傷を伴う重大事故等時に発生するおそれのある可燃性ガスとして，ジルコニウムー水反応，水の放射線分解及び金属腐食により発生する水素が考えられる*。これらの反応によって原子炉格納容器内水素濃度は，可燃限界濃度である4vol%を大きく上回るが，原子炉格納容器内雰囲気は通常運転時から不活性化（ドライ条件で酸素濃度 2.5vol%以下に管理）することに加え，水の放射線分解によって発生する酸素を考慮しても酸素濃度を可燃限界であるドライ条件で 5vol%未満に管理することで，水素及び酸素が同時に可燃限界に到達することを防止する。原子炉格納容器フィルタベント系については，待機状態から系統内を窒素で不活性化することにより，原子炉格納容器内の水素が排出経路を通過する際における水素爆発を防止する。

また，原子炉格納容器フィルタベント系の配管については，ベント時に発生する蒸気凝縮で発生するドレン水による閉塞やこれに起因する水素及び酸素の滞留を防止するために，配管ルートにUシール部ができないように配置する。新設部分については水平配管に適切な勾配を設ける。

なお，水素爆発の条件として，水素濃度 4vol%かつ酸素濃度 5vol%以上の条件に加えて，着火源又は 500℃以上の発熱源が必要となるが，原子炉格納容器内における着火源又は 500℃以上の発熱源の不確かさが大きいため，酸素濃度を管理することで水素爆発を防止することとしている。

注記＊：溶融炉心・コンクリート相互作用によって，可燃性ガスである一酸化炭素が発生することが考えられるが，有効性評価の格納容器破損モード「溶融炉心・コンクリート相互作用」における評価事故シーケンス「過渡事象＋高圧注水失敗＋低圧 ECCS 失敗＋損傷炉心冷却失敗（＋デブリ冷却失敗）」での一酸化炭素の発生量は 1kg 未満（0.1vol%未満）であり，燃焼は発生しない。また，一酸化炭素の可燃限界濃度は水素の可燃限界濃度よりも高い（12.5vol%）ことから，水素燃焼を防止する措置により，同時に一酸化炭素の燃焼を防止することが可能である。

(2)　系統の各運転状態における設計上の考慮

a.　系統待機状態①：プラント通常運転中

(a)　水素爆発防止対策

プラント通常運転中においては，原子炉格納容器と同様に系統内を窒素で不活性化する設計とする。フィルタ装置から放出口へ至る配管上には，窒素置換時に大気と隔離するため，フィルタ装置出口側ラプチャディスクを設けている。このフィルタ装置出口側ラプチャディスクは，原子炉格納容器からの排気と比較して，十分低い圧力で開放する設計とする。

(b)　系統における水素濃度監視

系統における水素濃度に関しては,水素の発生がないため，監視不要である。

この系統状態における水素爆発防止対策概要を図 1-1 に示す。

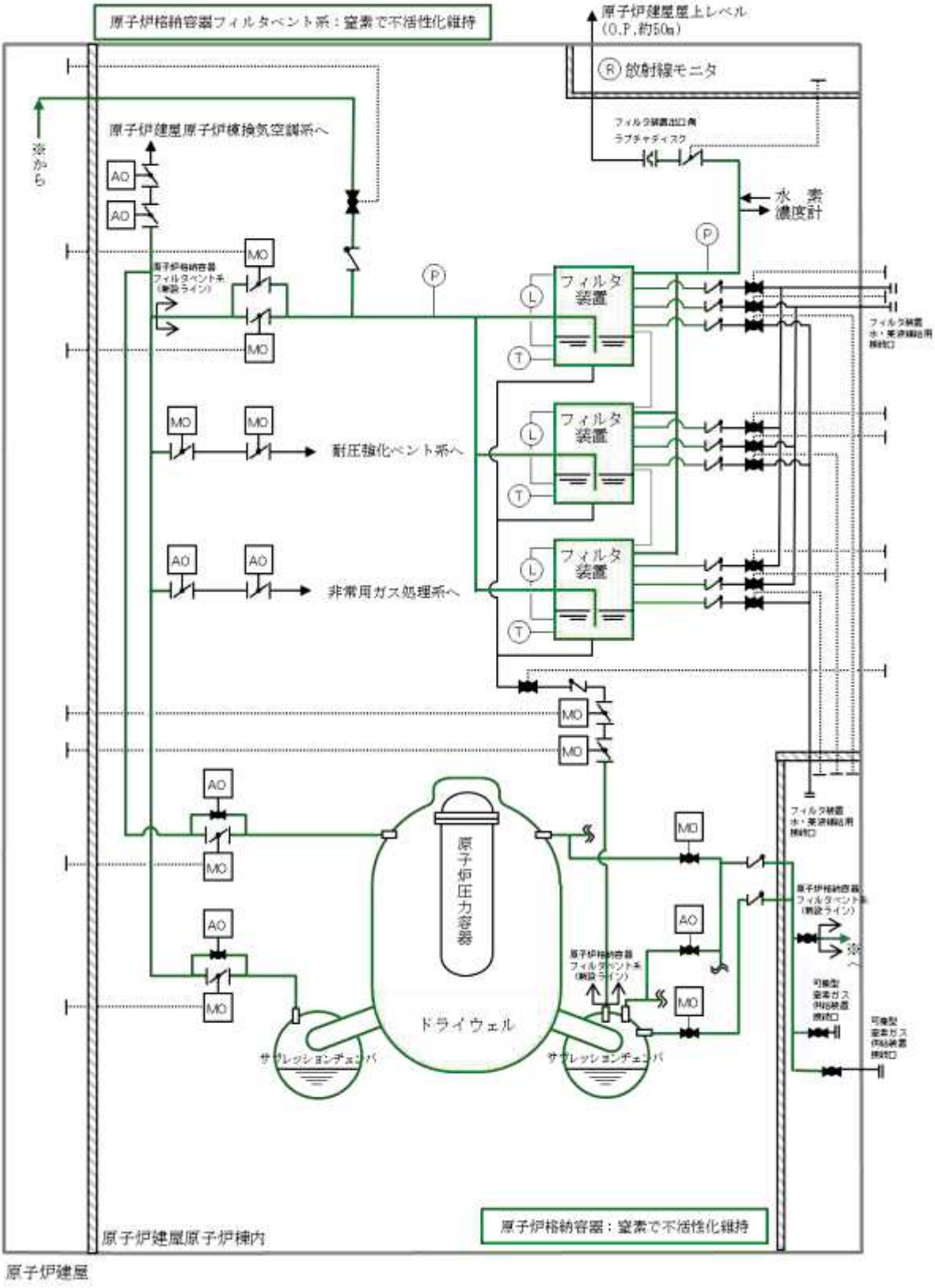


図 1-1　水素爆発防止対策（系統待機状態①）

b.　系統待機状態②：重大事故等時，ベント前

(a)　水素爆発防止対策

炉心の著しい損傷を伴う重大事故等時の原子炉格納容器内雰囲気は，蒸気，窒素，水素及び酸素が混合した状態となるが，原子炉格納容器ベント実施前の系統は原子炉格納容器内からのガスの流入はないため,不活性状態が保たれる。

(b)　系統における水素濃度監視

系統における水素濃度に関しては，系統内に水素が持ち込まれないため，監視不要である。

この系統状態における水素爆発防止対策概要を図 1-2 に示す。

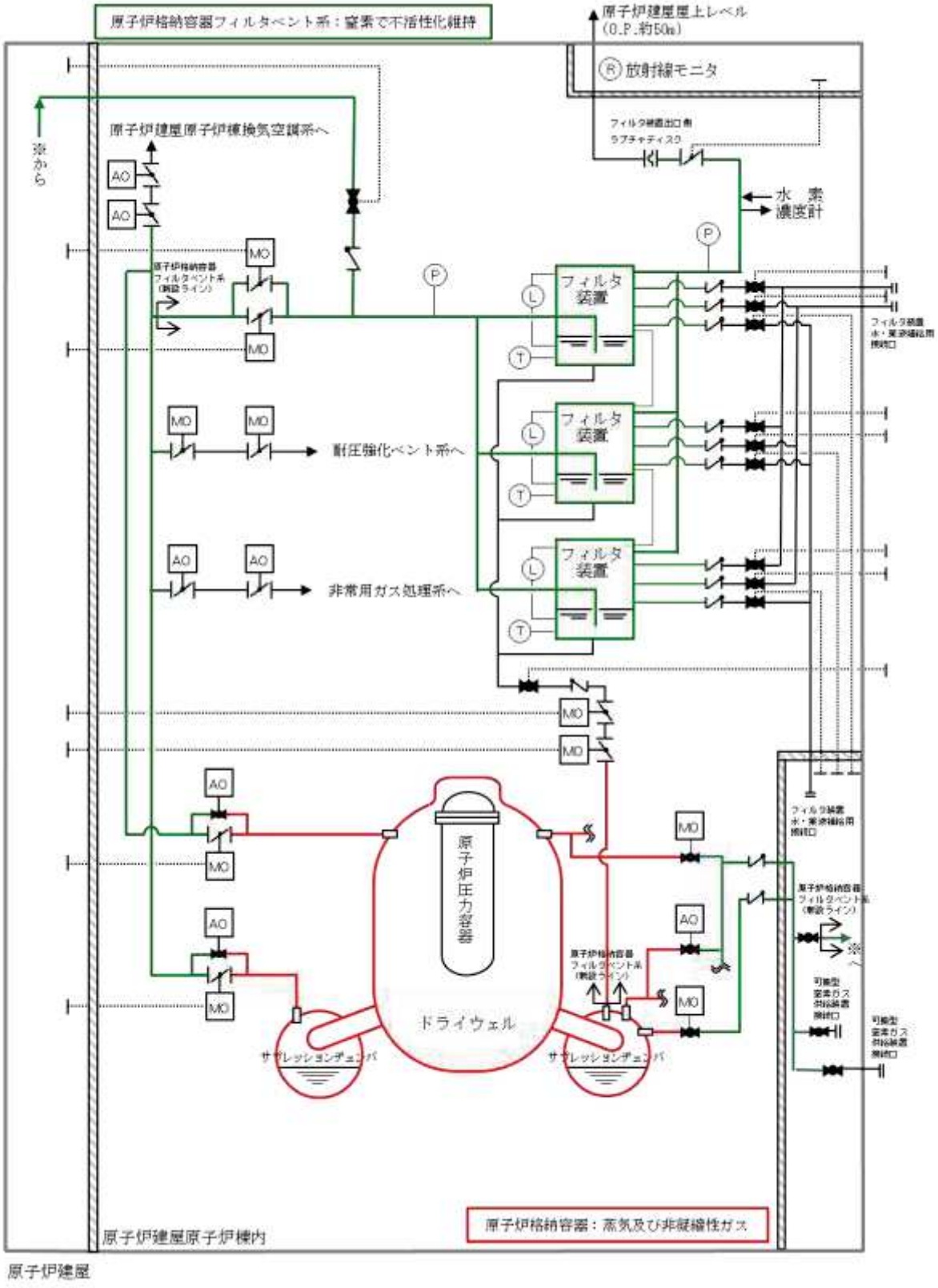


図 1-2　水素爆発防止対策（系統待機状態②）

c. 系統運転状態①：ベント実施直後

(a) 水素爆発防止対策

ベント開始時において，ベントガス中の蒸気がスクラバ溶液によって凝縮された場合，酸素濃度が上昇することで，水素爆発が発生するおそれがあるが，ベント実施前から，原子炉格納容器内の酸素濃度をドライ条件で監視し，4.3vol％に到達した時点でベントを実施する判断基準を設定していること及び原子炉格納容器フィルタベント系は不活性化されているため，仮にベントガス中の蒸気すべてがスクラバ溶液によって凝縮された場合においても水素爆発は発生しない。なお，このベント実施判断基準については，酸素濃度の可燃限界である 5vol％に対し，酸素濃度監視設備（格納容器内雰囲気酸素濃度）の測定誤差である±0.6vol％に0.1vol%の余裕を考慮して設定した。また，原子炉格納容器内の気体については，原子炉格納容器スプレイ及び温度差による自然対流効果によって均一に撹拌されており，濃度分布がないため，酸素濃度監視設備（格納容器内雰囲気酸素濃度）により原子炉格納容器全体の濃度を代表して監視することができる。

(b) 系統における水素濃度監視

系統における水素濃度に関しては，原子炉格納容器から可燃限界を超えた水素が流入するが，原子炉格納容器内の酸素を可燃限界未満で管理していることから監視不要である。

(c) 対向流による空気の流入

フィルタ装置内が負圧に至るような状況下では,対向流が発生することにより，フィルタ装置内に空気が流入するおそれがある。しかしながら，原子炉格納容器ベント実施時におけるスクラバ溶液沸騰までの間，ベントガス中の蒸気がスクラバ溶液によって凝縮された場合においても，蒸気の供給が継続的に行われるためフィルタ装置内が負圧にならないこと及び非凝縮性ガスの排出は継続されることから，対向流は発生しない。

(d) 枝管における水素及び酸素の蓄積について

原子炉格納容器内の酸素濃度については，ドライ条件に換算して，5vol％未満に管理することから，ベント実施中において，仮に枝管におけるベントガスの蓄積があった場合においても，枝管での水素爆発は発生しないと考えられるが，万が一，枝管内での成層化等によって混合ガスの濃度が変化した場合，枝管での水素爆発の脅威が存在する。そのため,枝管内での混合ガスの蓄積評価を実施する。枝管における水素及び酸素の混合ガスの蓄積の評価について「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン（第 3 版）」（日本原子力技術協会）に基づき，上向きの枝管に対して評価を実施する。なお，ガイドラインでは，下向き及び水平の枝管に対しては，水封されることで混合ガスが蓄積しないと評価されているため対象外とした。

枝管長さ（L）を枝管内径（D）で除することによって規格化した不燃限界長さ（L/D）の数値によって，枝管内に混合ガスが蓄積する可能性の有無を判断する。不燃限界長さ（L/D）の数値が「BWR 配管における混合ガス（水素・酸素）蓄積防止に関するガイドライン（第 3 版）」に規定される換気限界長さ以下であれば混合ガスの蓄積が発生しないとされている。

主ラインから分岐する枝管の分岐方向及び評価結果を，表 1-1 に示す。

表 1-1 より，非常用ガス処理系ライン及び耐圧強化ベント系ラインについては，混合ガスが蓄積する可能性がある結果となった。そのため，図 1-3～図 1-5 に示すように，バイパスラインを設置し，混合ガスが蓄積することのない設計とする。また，フィルタ装置に接続される枝管については，下向き又は水平に設置する設計とする。

(e) フィルタ装置出口側ラプチャディスクの下流における水素爆発について

原子炉格納容器からフィルタ装置出口側ラプチャディスクまでは不活性化されていること及び原子炉格納容器内の酸素濃度をドライ条件で可燃限界未満に維持することで，高濃度の水素雰囲気においても水素爆発は発生しないが，フィルタ装置出口側ラプチャディスク以降については，不活性化していない範囲であるため，高濃度の水素と空気が触れることで水素爆発のおそれがある。しかしながら，ベント実施直後は，原子炉格納容器からのベントガスによって系統内の窒素が押し出され，フィルタ装置出口側ラプチャディスク以降の空気が排出されることから，放出口までの範囲で高濃度の水素が空気と触れず，水素爆発が発生することはないと考えられる。また，放出口から先については，大気であるものの，大気中には着火源等がなく，水素爆発は発生しないと考えられる。なお，放出口は，逆火防止として金網を設置する。

表 1-1　主ラインから分岐する枝管の閉止端までの長さと口径等

	分岐箇所*1	配管分岐方向	枝管長さ L(m)	枝管内径 D(m)	L/D (－)	換気限界長さ*2	混合ガス蓄積可能性
①	ドライウェルベント用出口隔離弁バイパスライン（上流側）	水平	—	—	評価対象外	—	無
②	ドライウェルベント用出口隔離弁バイパスライン（下流側）	水平	—	—	評価対象外	—	無
③	非常用ガス処理系ライン	上*3	7.653	0.2979	25.69	5	有
④	原子炉建屋原子炉棟換気空調系ライン	水平	—	—	評価対象外	—	無
⑤	原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(B)（上流側）	斜上	2.405	0.3810	6.32	8	無
⑥	原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(B)（下流側）	斜上	2.910	0.3810	7.64	8	無
⑦	サプレッションチェンバベント用出口隔離弁バイパスライン（上流側）	水平	—	—	評価対象外	—	無
⑧	サプレッションチェンバベント用出口隔離弁バイパスライン（下流側）	水平	—	—	評価対象外	—	無
⑨	耐圧強化ベント系ライン	上*3	27.952	0.2979	93.84	5	有

注記＊1：フィルタ装置に接続される枝管については，下向き又は水平に設置する設計とする。

＊2：ベント実施中の想定運転範囲のうち最も母管流速が低くなる条件として 200kPa 時の母管流速から求めた枝管 Re 数及び枝管長さ(L)/枝管内径(D)を用いて「BWR 配管における混合ガス（水素・酸素）蓄積防止に関するガイドライン（第 3 版）」解説図 3.3-7 より算出した値。

＊3：分岐方向は水平であるが，分岐直後に上向きとなる。

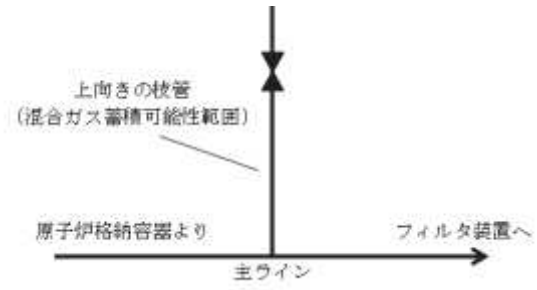
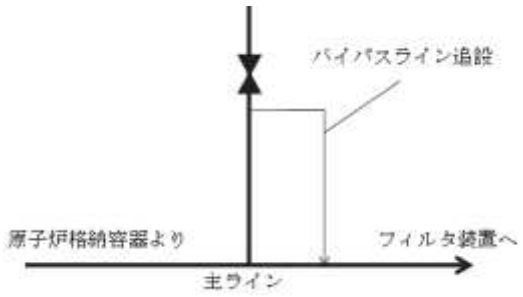
変更前	変更後
	

図 1-3　枝管へのバイパスラインの追設（混合ガス蓄積防止）

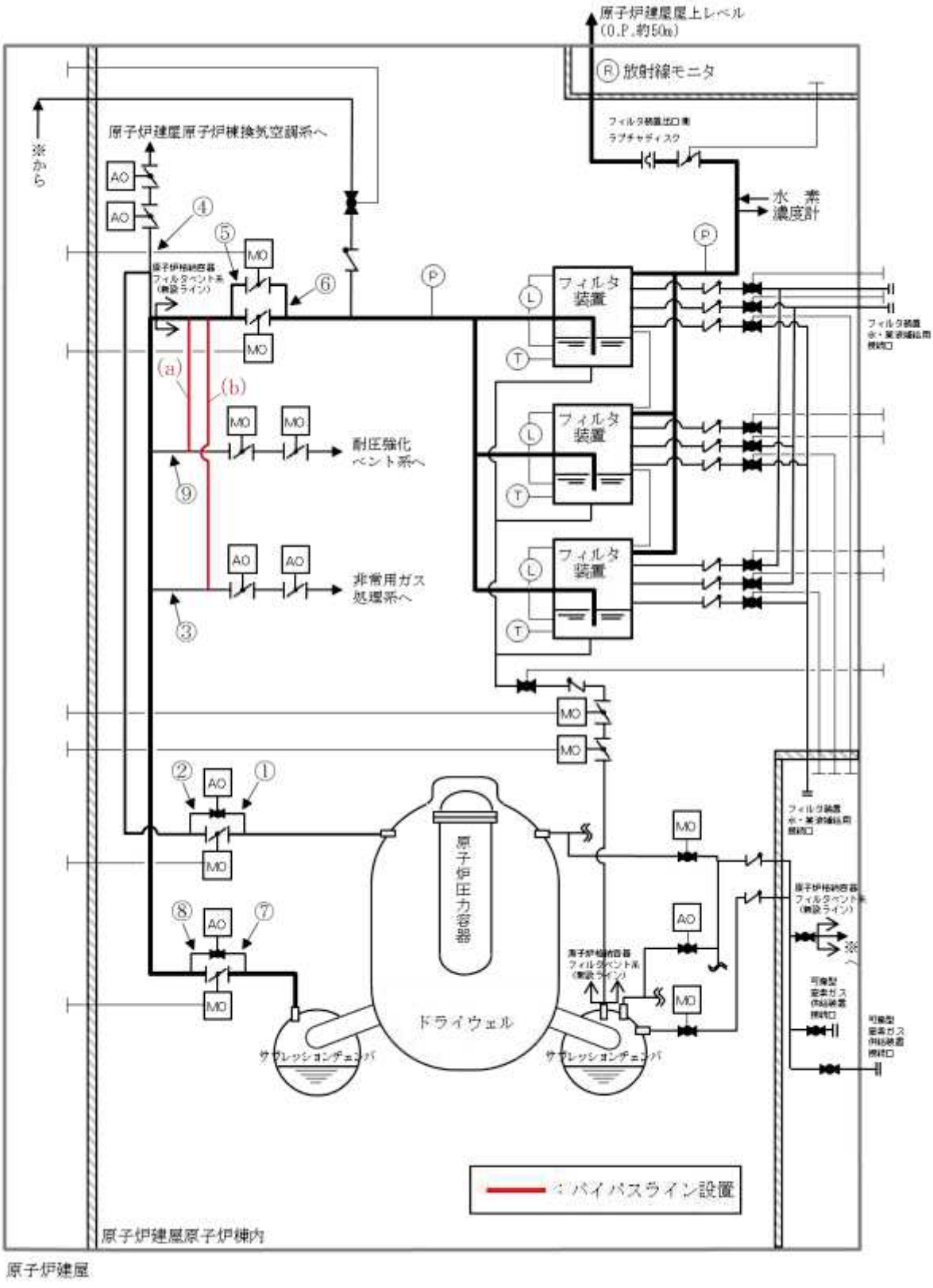


図 1-4　バイパスライン設置概要図

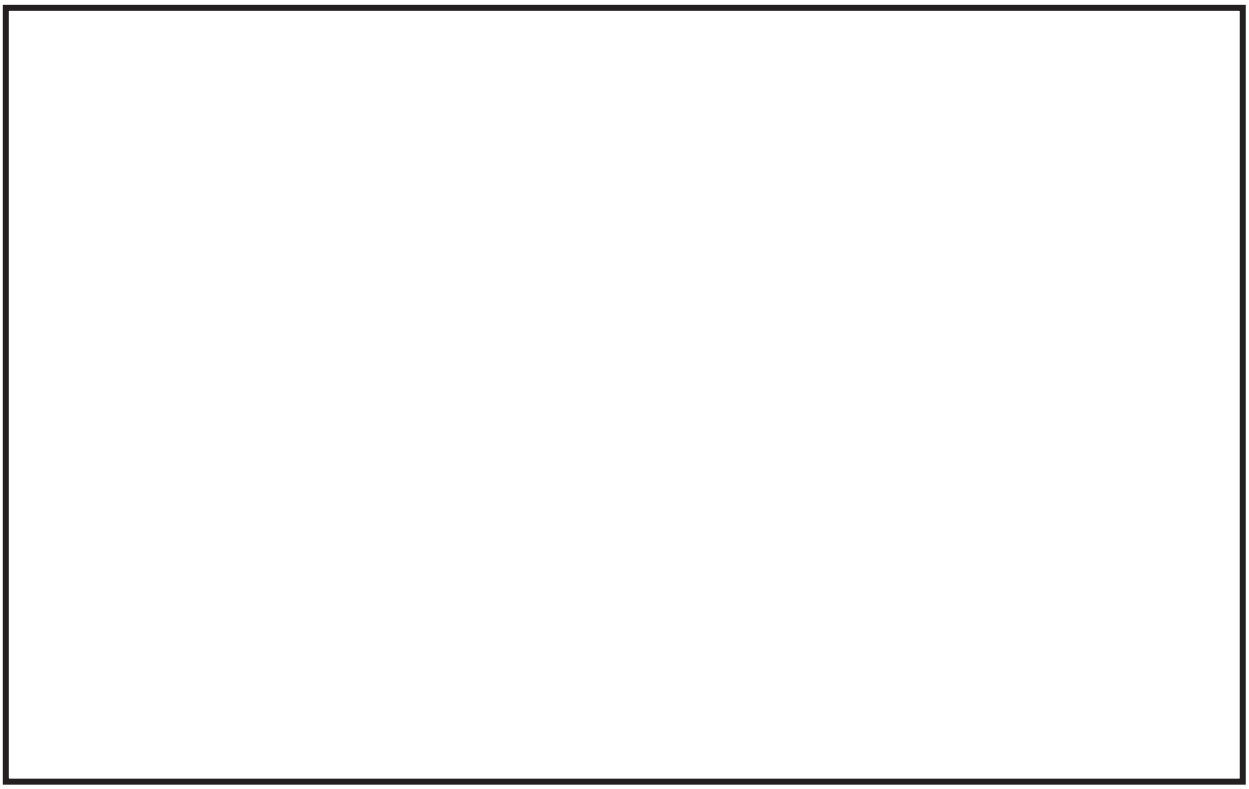


図 1-5　枝管へのバイパスラインの追設配管鳥瞰図

この系統状態における水素爆発防止対策概要を図 1-6 に，酸素濃度監視設備（格納容器内雰囲気酸素濃度）の概要図を図 1-7 に，有効性評価シナリオ「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における原子炉格納容器の気相濃度の推移を図 1-8 及び図 1-9 に示す。なお，図に示す原子炉格納容器の水素及び酸素の気相濃度については，MAAP 解析に基づく水－ジルコニウム反応により発生する水素に加え，MAAP 解析で考慮していない水の放射線分解によって発生する水素及び酸素についても考慮している。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

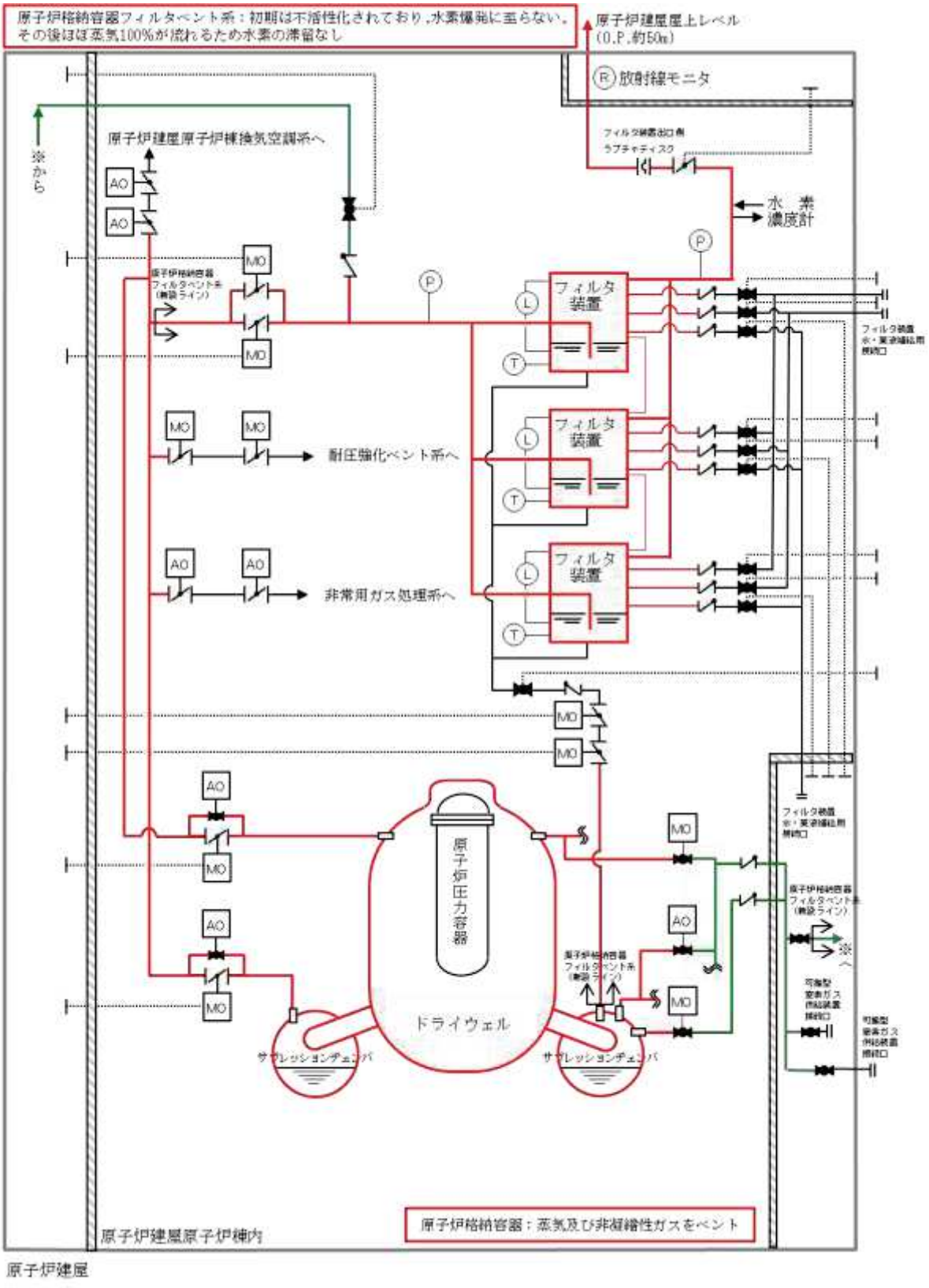
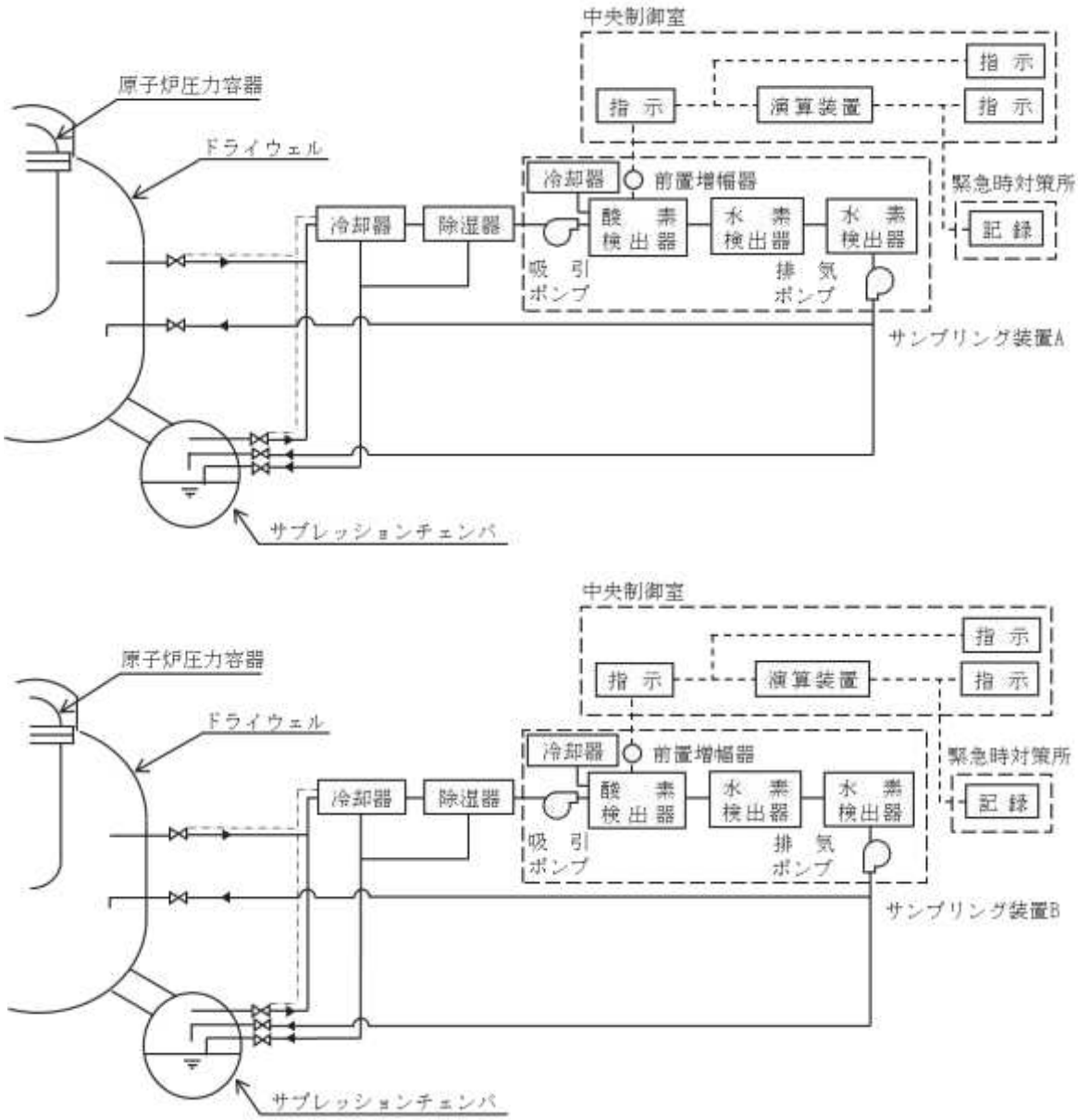


図 1-6　水素爆発防止対策（系統運転状態）



計測時間　　：サンプリングガスが，サンプリング点から水素検出器，酸素検出器に到達する時間は，ドライウェル A 系で約 4 分後，B 系で約 6 分後。サプレッションチェンバ A 系で約 15 分後，B 系で約 11 分後である。サンプリングガス到達後に補正演算を開始する。

中央制御室指示：ドライ条件及びウェット条件での濃度を表示する。

図 1-7　酸素濃度監視設備（格納容器内雰囲気酸素濃度）に関する系統概要図

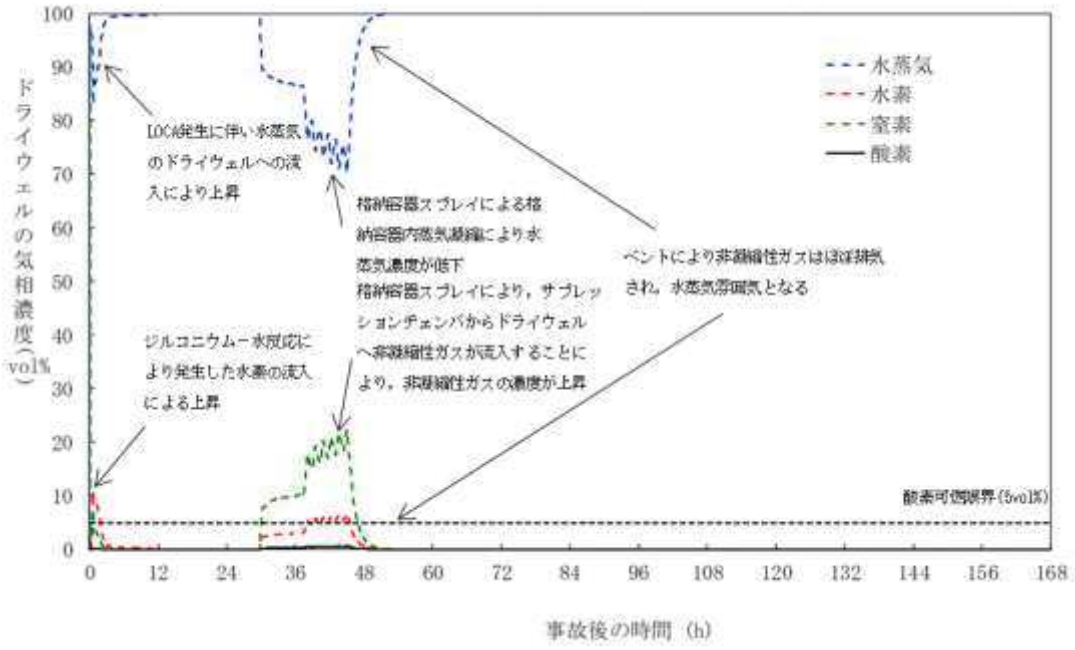


図 1-8　「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」におけるドライウェルの気相濃度の推移（ウェット条件）

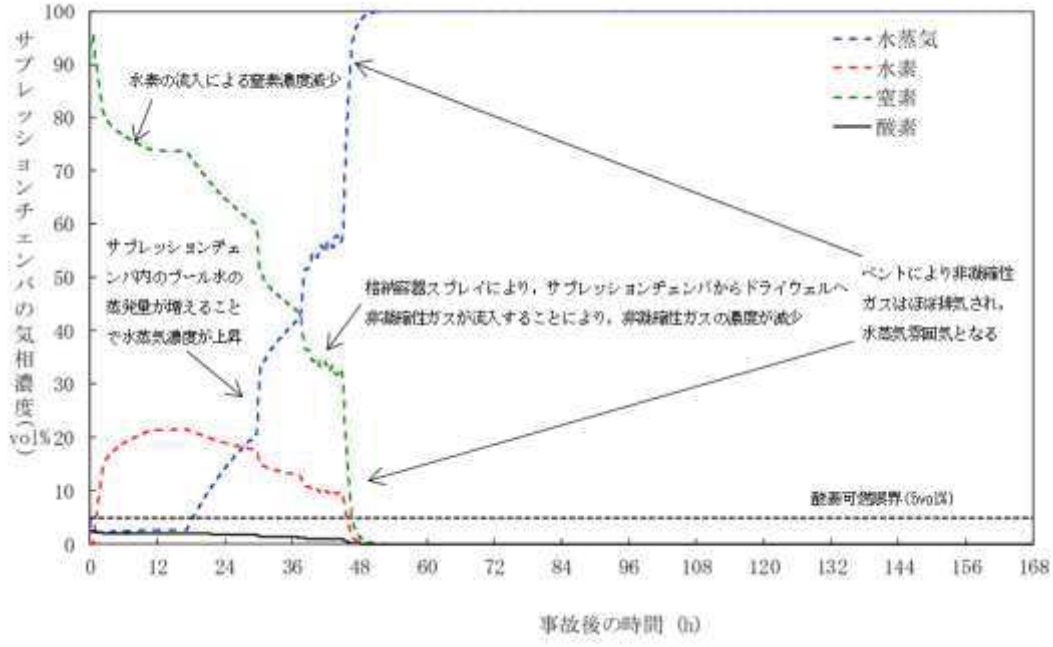


図 1-9　「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」におけるサプレッションチェンバの気相濃度の推移（ウェット条件）

d. 系統運転状態②：非凝縮性ガス排出（ベント開始後 1 時間程度）後

(a) 水素爆発防止対策

ベント実施に伴うサプレッションプール水の減圧沸騰により，可燃性ガスを含む非凝縮性ガスが排出された以降の原子炉格納容器は，ほぼ水蒸気で満たされた状態となり，系統へ流入するベントガスもほぼ水蒸気となることから，水素爆発は発生しない。

(b) 系統における水素濃度監視

系統における水素濃度については，ベントガスがほぼ蒸気となっていることから，監視不要である。

(c) 対向流による空気の流入

原子炉格納容器及び系統から非凝縮性ガスが排出された以降は，仮に対向流が発生した場合であっても，原子炉格納容器及び系統内はほぼ蒸気で満たされている状態となるため，水素爆発は発生しない。

この系統状態における水素爆発防止対策概要は図 1-6 と同様である。

e. 原子炉格納容器ベント停止後

(a) 水素爆発防止対策

原子炉格納容器ベント停止後，スクラバ溶液の放射線分解により水素及び酸素が発生するため，原子炉格納容器第二隔離弁の下流から可搬型窒素ガス供給装置による窒素供給を実施し，系統のパージを継続することで，水素爆発を防止する。

(b) 系統における水素濃度監視

系統における水素濃度に関しては，窒素供給による系統パージ中において，水素が系統内に滞留しないことを確認するため，監視を実施する。

(c) スクラバ溶液の放射線分解による酸素発生

ベント停止後において，スクラバ溶液の放射線分解によって発生する酸素については，スクラバ溶液中の放射性物質の崩壊熱によって発生量が変化するが，蒸気の発生量も崩壊熱によって変化する比例関係にあり，以下のとおり，酸素濃度は 0.1vol％未満となるため系統内で水素爆発することはない。

酸素濃度の計算条件は以下のとおりとする。

・スクラバ溶液は沸騰しているものと想定し，酸素発生量のＧ値は 0.2（分子/100eV）とする。

・スクラバ溶液の放射線吸収割合は 1.0 とする。

・崩壊熱はＱ(MW)とする。

・1eV＝1.602×10^{-19}（J），アボガドロ数は 6.022×10^{23} とする。

○蒸気発生量＝［崩壊熱（MW）］×1000／（［飽和蒸気比エンタルピ］－
［飽和水比エンタルピ］）×1000／分子量×22.4×10^{-3}×3600
＝Q×1000／（2675.53－418.99）×1000／18×22.4×10^{-3}×3600
＝1985.4×Q m^3/h[normal]

○酸素発生量＝［崩壊熱（MW）］×10^6×［G値］／100／（1.602×10^{-19}）／
（6.022×10^{23}）×22.4×10^{-3}×3600×［放射線吸収割合］
＝Q×10^6×0.2／100／（1.602×10^{-19}）／（6.022×10^{23}）
×22.4×10^{-3}×3600×1.0
＝1.68×Q m^3/h[normal]

○酸素濃度　＝酸素発生量／（蒸気発生量＋酸素発生量）×100
＝0.085％

(d)　排水配管使用時における原子炉格納容器内への空気流入の影響について

原子炉格納容器ベント停止後は，図 1-10 に示すとおり，自重にてスクラバ溶液をサプレッションチェンバへ移送することとしている。スクラバ溶液を移送する際には，排水配管の一部に残留した空気がスクラバ溶液とともにサプレッションチェンバへ流入するが，ベント停止後の原子炉格納容器は窒素供給により不活性化されており，原子炉格納容器内の水素濃度を可燃限界未満に維持するため，空気の流入による影響はない。

この系統状態における水素爆発防止対策概要を図 1-11 示す。

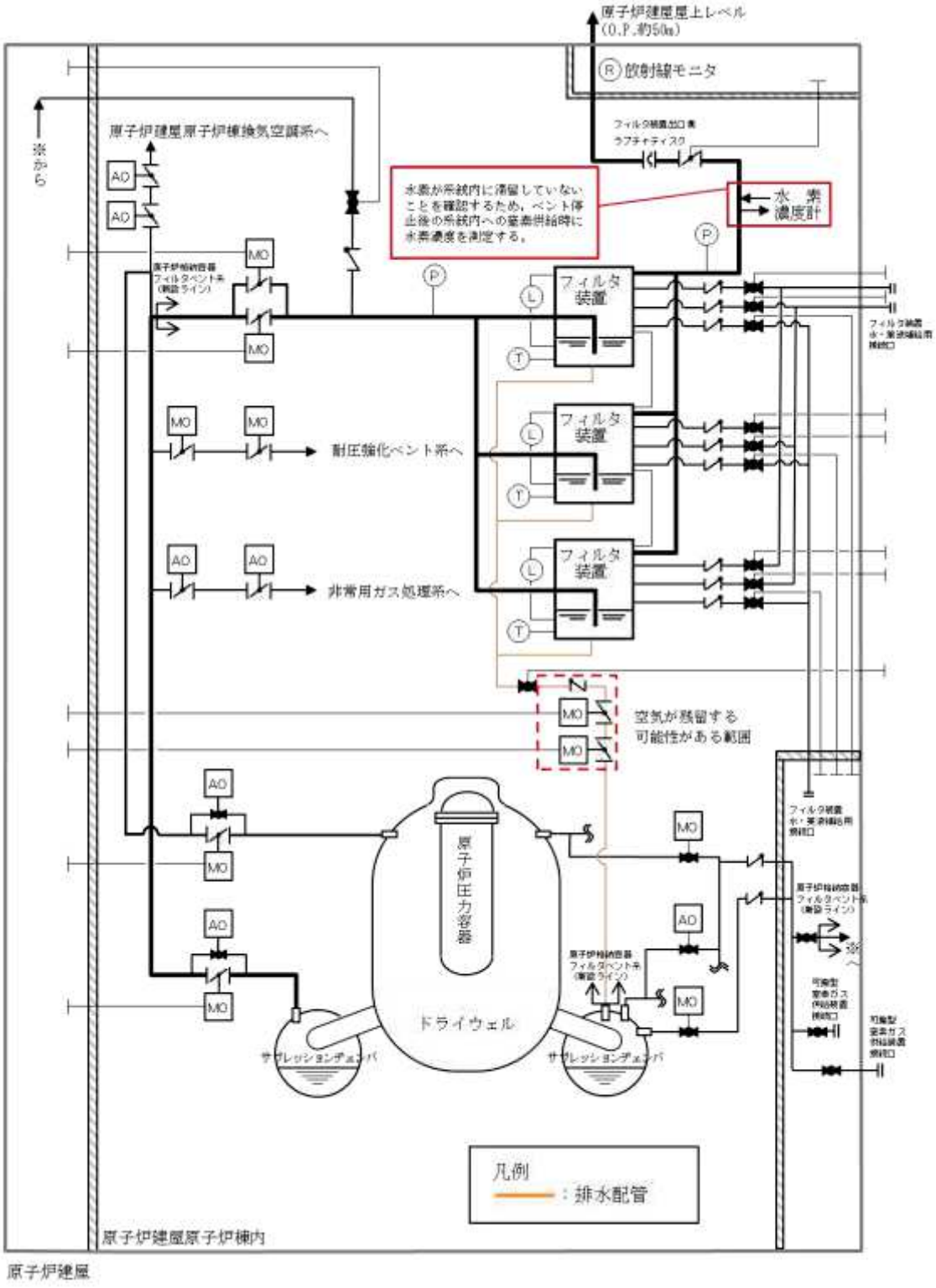


図 1-10　排水設備概要図

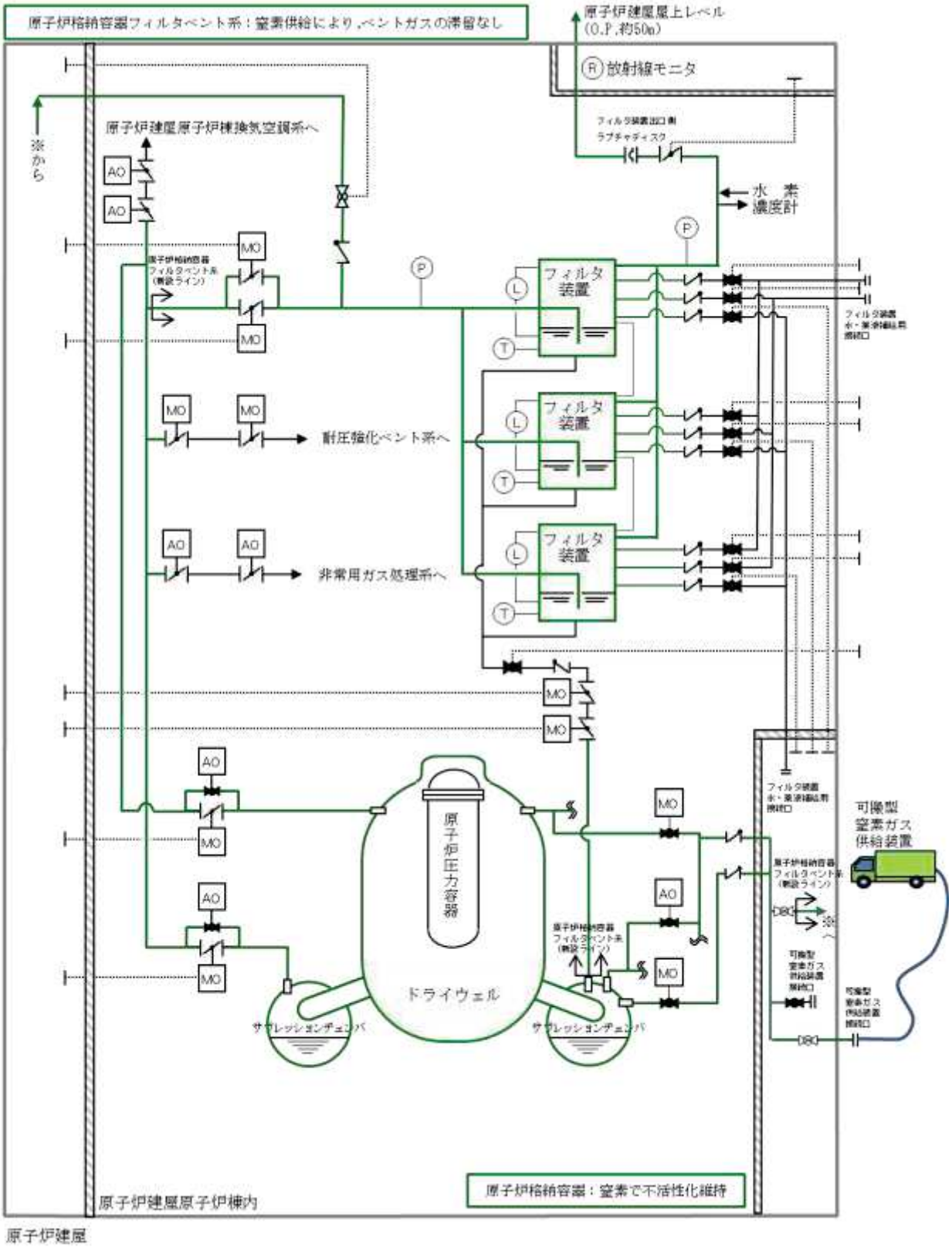


図 1-11　水素爆発防止対策（ベント停止後）

2. フィルタ装置室

フィルタ装置に設置するフランジ部に使用されるガスケットについては，耐圧試験における発泡法による試験を実施し，漏えいが検出されないことを確認するものの，検出限界未満の漏えいが生じている可能性は否定できない。このため，炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器ベントを実施する場合には，原子炉格納容器内又はフィルタ装置内で発生した水素が，フィルタ装置からフィルタ装置室に漏えいし，可燃限界に到達するおそれがある。しかしながら，以下に示すとおり，保守的な条件を仮定した評価によっても，フィルタ装置室内の水素濃度は，事象発生 7 日後において，約 5.6×10^{-3}vol％程度であり，長期にわたり可燃限界である 4vol％に到達することはない。さらに，事象発生 7 日後以降については，外部支援等によって，原子炉格納容器除熱機能を復旧させ，原子炉格納容器ベントの停止及びスクラバ溶液の移送によるフィルタ装置室への水素漏えい防止が実施できる。

以上のことから，フィルタ装置室で水素爆発が発生することはない。

(1) 評価シナリオ

評価シナリオは，炉心損傷を伴う有効性評価事象のうち，原子炉格納容器ベント実施時のウェット条件における水素濃度が最も高いシナリオである「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系が使用できない場合）」とする。

また，当該シナリオでは，図 1-12 及び図 1-13 に示すとおり，原子炉格納容器ベント実施 4 時間程度で原子炉格納容器内雰囲気は水蒸気 100vol％雰囲気となるものの，保守的に高濃度の水素が 7 日間継続して通過することを仮定して評価を実施する。

(2) 評価

評価条件を表 1-2 に示す。

a. 漏えい条件

漏えい条件は，「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系が使用できない場合）」における原子炉格納容器ベント実施前の最大水素濃度である 25vol％（ウェット条件）とし，その他のガス組成については，水蒸気として取り扱う。また，漏えいした水蒸気については，保守的にすべて凝縮するものとして評価を実施する。なお，原子炉格納容器ベント実施時の水素濃度は，ドライ条件においても 25vol％以下であり，漏えいした水蒸気の凝縮を考慮する場合，ウェット条件の方が保守的な評価となる。

漏えい率については，ＪＩＳ　Ｚ　２３３０(2012)「表 1－漏れ試験方法の種類，適用方法及び特徴」の「圧力変化法（加圧）」に基づき，保守的に 854kPa[gage]，200℃の条件下において，検出限界値の水素漏えいがあるものと仮定する。

スクラバ溶液の放射線分解によって発生する水素については，発生量が少なく，フィルタ装置を通過する水素濃度 25vol%の保守性に包絡されるため，考慮しない。

b. フィルタ装置室の条件

フィルタ装置室の条件は，乾燥空気におけるガス組成とする。

空間容積については，躯体図から算出した数値（フィルタ装置分を除く。）に対し，機器配管分の低減率として，0.7 を乗じて算出する。

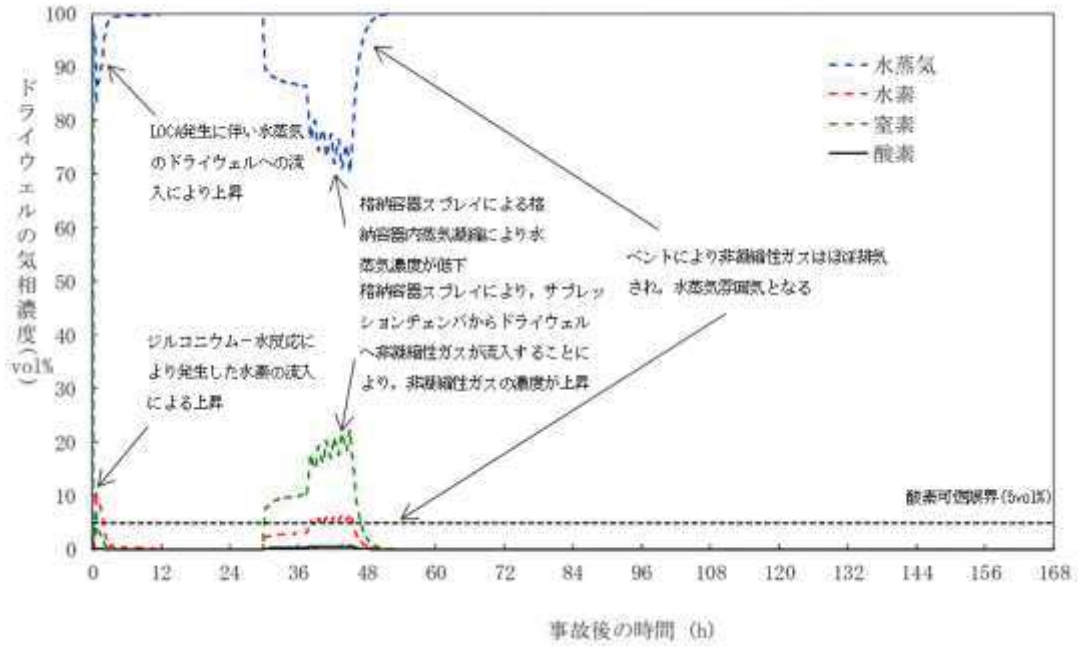


図 1-12 「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」におけるドライウェルの気相濃度の推移（ウェット条件）

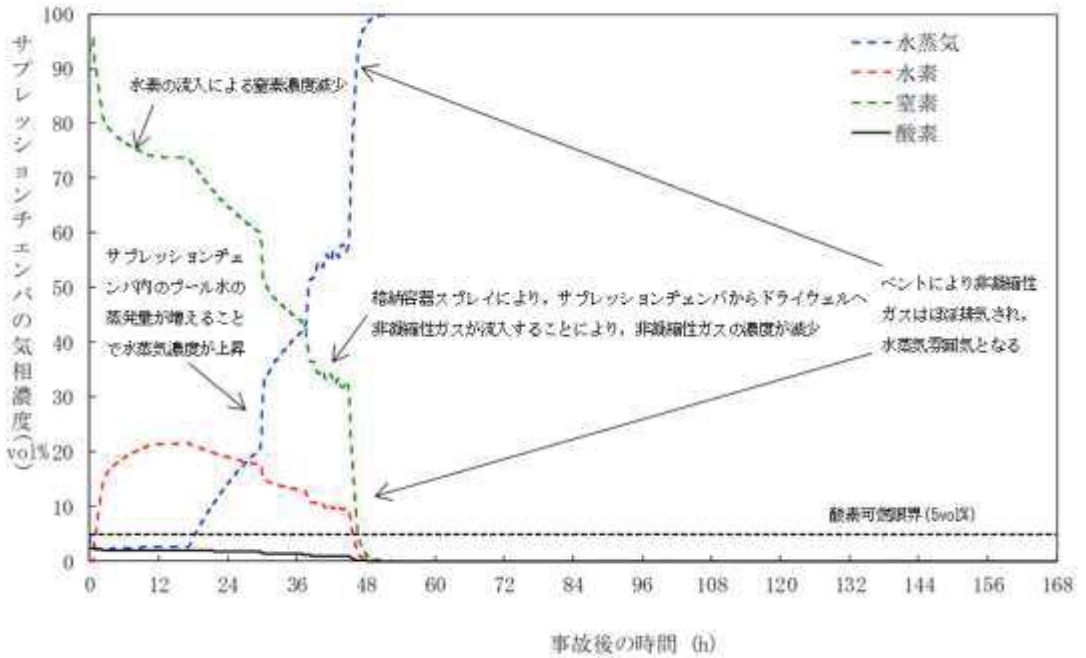


図 1-13 「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」におけるサプレッションチェンバの気相濃度の推移（ウェット条件）

表 1-2　フィルタ装置室の水素濃度評価における評価条件

項目		条件	備考
評価シナリオ		雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系が使用できない場合）	炉心損傷を伴う事象のうち，原子炉格納容器ベント実施時のウェット条件における水素濃度が最も高いシナリオを選定
漏えい条件	水素濃度	25vol％	原子炉格納容器ベント実施前の最大水素濃度として設定
	水蒸気濃度（漏えい時）	75vol％	保守的な条件として，フィルタ装置から漏えいする水素以外の気体は，すべて水蒸気として取扱い，漏えい後は水蒸気がすべて凝縮することを仮定して設定
	水蒸気濃度（漏えい後）	0vol％	
	酸素濃度	0vol％	
	窒素濃度	0vol％	
	漏えい時間	168 時間	保守的に 7 日間継続して高濃度の水素が通過することを仮定して設定
	漏えい率	$7.7\times10^{-4}m^3/h$	ＪＩＳ　Ｚ　２３３０（2012）の可検リーク率（854kPa，200℃，水素条件）を踏まえて設定
フィルタ装置室の条件	空間容積	$564m^3$	躯体図から算出した空間容積に対し，機器配管分の低減率 0.7 を考慮して設定
	窒素濃度	79vol％	空気中のガス組成を踏まえて設定
	酸素濃度	21vol％	
濃度算出条件	水素の密度	$0.0887kg/m^3$	標準状態の条件として設定
	窒素の密度	$1.234kg/m^3$	
	酸素の密度	$1.410kg/m^3$	
フィルタ装置室から大気への水素の漏えい		考慮しない	保守的な条件として設定
スクラバ溶液の放射線分解によって発生する水素		考慮しない	フィルタ装置を通過する水素濃度 25vol％の保守性に包絡されることを踏まえて設定

c.　フィルタ装置室への漏えい評価

フィルタ装置からフィルタ装置室へ漏えいする水素量は，以下の式で算出する。

水素漏えい量　＝　漏えい率×水素濃度×漏えい時間･･････････････････ 式(1)

＝　$7.7\times10^{-4}\times0.25\times168$

＝　約 $3.2\times10^{-2}m^3$

フィルタ装置室内での水素濃度を評価するため，式(1)で得た結果を mol 数に換算する。

水素の物質量　＝　密度×体積×割合／分子量･･････････････････････････ 式(2)

＝　$0.0887\times3.2\times10^{-2}\times1／(2\times10^{-3})$

＝　約 1.4mol

次に，フィルタ装置室側の気体の物質量を算出する。

酸素の物質量　＝　密度×体積×割合／分子量･･････････････････････････ 式(3)

＝　$1.410\times564\times0.21／(32\times10^{-3})$

＝　約 5.219×10^{3}mol

窒素の物質量　＝　密度×体積×割合／分子量･･････････････････････････ 式(4)

＝　$1.234\times564\times0.79／(28\times10^{-3})$

＝　約 1.964×10^{4}mol

式(1)～式(4)の結果を踏まえ,フィルタ装置室の水素濃度は以下のとおりとなる。

水素濃度　＝　水素の物質量／(水素の物質量＋酸素の物質量＋窒素の物質量)

×100･･ 式(5)

＝　$1.4／(1.4+5.219\times10^{3}+1.964\times10^{4})\times100$

＝　約 5.6×10^{-3}vol%

3.　可搬型窒素ガス供給装置の容量

可搬型窒素ガス供給装置の容量は，下記のうち供給量が多くなる①を考慮して設定している。

①　ベント後，中長期的に除熱機能が復旧し，原子炉格納容器内の除熱を開始する前に窒素供給を開始し，除熱中の原子炉格納容器内の水素濃度を可燃限界（4vol%）未満に維持

②　ベント停止後の原子炉格納容器フィルタベント系の水素滞留防止のため，窒素の供給を行い，系統内の水素濃度を可燃限界（4vol%）未満に維持

可搬型窒素ガス供給装置の主要な仕様を表 1-3 に示す。

表 1-3　可搬型窒素ガス供給装置の主要仕様

供給容量	220m³/h[normal]
純度	99.0vol%（不活性ガス）
供給圧力	427kPa[gage]（可搬型窒素ガス供給装置出口にて）

以下に，可搬型窒素ガス供給装置の窒素供給容量の設定について示す。

ベント開始後に原子炉格納容器内で発生する水素は，サプレッションチェンバに移行した放射性物質による水の放射線分解によるものが支配的となる。

このため，水素発生量は，サプレッションチェンバへの放射性物質の移行量が大きい事象である格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における評価事故シーケンス「大破断 LOCA＋HPCS 失敗＋低圧 ECCS 失敗＋全交流動力電源喪失」時において，ベント開始後，ドライウェル圧力が 427kPa[gage]まで低下した時点（事故発生約 45 時間後）の水の放射線分解による発生を想定する。

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における評価事故シーケンス「大破断 LOCA＋HPCS 失敗＋低圧 ECCS 失敗＋全交流動力電源喪失」時における，事故発生後約 45 時間経過時点の水素発生量及び酸素発生量を図 1-14 に示す。

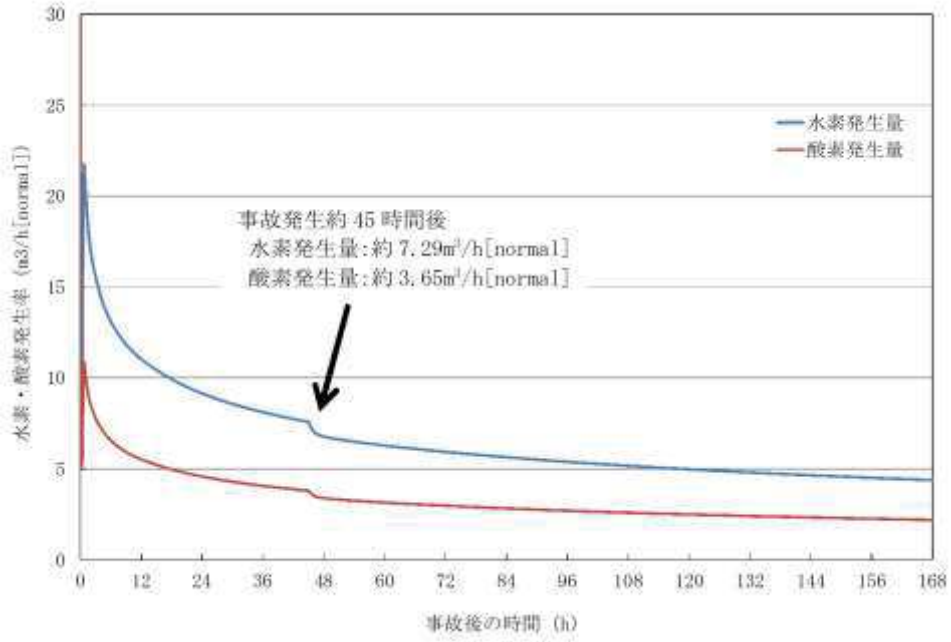


図 1-14　格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」時における水素発生量及び酸素発生量

可搬型窒素ガス供給装置の窒素供給容量は，格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における評価事故シーケンス「大破断LOCA＋HPCS失敗＋低圧ECCS失敗＋全交流動力電源喪失」時における水素発生量及び酸素発生量に対して，原子炉格納容器内の水素濃度を可燃限界（4vol%）未満に維持できるように，180m^3/h［normal］以上と設定している。

窒素供給量は以下の式を用いて算出する。

水素発生量＝Q×10^6×G値$^{(分子／100eV)}$／100／（1.602×10^{-19}）*1

／（6.022×10^{23}）*2×22.4×10^{-3}×3600×放射線吸収割合 ････ 式(6)

窒素供給容量＝（水素発生量－水素発生量×0.04－酸素発生量×0.04）

／0.04･･･ 式(7)

酸素発生量＝（水素発生量）／2m^3/h［normal］ ････････････････････････ 式(8)

Q　：崩壊熱（MW）

注記＊1：1eV＝1.602×10^{-19}（J）

＊2：アボガドロ数　6.022×10^{23}

水素発生量の計算には以下の条件及びMAAP解析結果を適用する。

・除熱機能の復旧により原子炉格納容器内は冷却されており，水は非沸騰状態となっていることを想定し水素発生量のG値は0.25（分子/100eV）とする。

・放射線吸収割合は炉心部では0.1，原子炉格納容器では1.0とする。

・放射線分解に寄与する発熱量は，MAAP 解析結果より炉心部では約 8.71MW，原子炉格納容器では約2.61MWとする。

炉心部水素発生量＝8.71×10^6×0.25／100／（1.602×10^{-19}）

／（6.022×10^{23}）×22.4×10^{-3}×3600×0.1

＝1.83m^3/h［normal］

原子炉格納容器水素発生量＝2.61×10^6×0.25／100／（1.602×10^{-19}）

／（6.022×10^{23}）×22.4×10^{-3}×3600×1.0

＝5.46m^3/h［normal］

合計水素発生量＝1.83＋5.46

＝7.29m^3/h［normal］

酸素発生量＝7.29／2

＝3.65m^3/h［normal］

窒素供給容量＝（7.29－7.29×0.04－3.65×0.04）／0.04

＝171.31m^3/h［normal］

原子炉格納容器フィルタベント系の系統設計条件の考え方について

1. 系統設計条件

原子炉格納容器フィルタベント系については，想定される事故事象での使用条件下において，性能を発揮できる設計とするため，系統設計条件を定めている。主な系統設計条件を表 2-1 に示す。

表 2-1　原子炉格納容器フィルタベント系の系統設計条件

設計条件		設定根拠
最高使用圧力	854kPa[gage]	原子炉格納容器の限界圧力を考慮し，2Pd（最高使用圧力427kPa[gage]の2倍）とする。
最高使用温度	200℃	原子炉格納容器の限界温度を考慮し，200℃とする。
設計流量	10.0kg/s （原子炉格納容器圧力 427kPa[gage] において）	原子炉定格熱出力1%相当の飽和蒸気量を，ベント開始圧力が低い場合（427kPa[gage]）であっても排出可能な流量とする。
フィルタ装置内発熱量	370kW	想定されるフィルタ装置に捕集及び保持される放射性物質の崩壊熱に対して十分な余裕を見込み，原子炉定格熱出力の0.015%に相当する発熱量とする。
エアロゾル移行量	150kg	想定されるフィルタ装置に移行するエアロゾルの量（28kg）に対して十分な余裕を見込み，150kgとする。
よう素の炉内内蔵量	□kg	BWRプラントにおける代表炉心（ABWR）の平衡炉心末期を対象としたORIGEN2コードの計算結果*から，□kgとする。
耐震条件	基準地震動Ｓｓ にて機能維持	基準地震動Ｓｓにて機能を維持する。

注記＊：ORIGEN2 コードでは，保守的に 1 サイクル 13 か月（395 日）に対して，1 サイクル 10000 時間（416 日）の燃焼期間を仮定している。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

原子炉格納容器フィルタベント系の各設計条件の考え方を以下に示す。

2. 最高使用圧力及び最高使用温度

原子炉格納容器フィルタベント系は，炉心の著しい損傷が発生した場合において，原子炉格納容器の破損を防止するため，原子炉格納容器内のガスを排気することにより，原子炉格納容器内の圧力及び温度を低下させることができる設計とし，原子炉格納容器圧力が原子炉格納容器の限界圧力 854kPa[gage]（2Pd：最高使用圧力の 2 倍）に到達するまでにベント操作を実施することとしている。

有効性評価における原子炉格納容器圧力及び原子炉格納容器温度の推移から，ベント時に原子炉格納容器圧力及び原子炉格納容器温度は限界圧力 854kPa[gage]及び限界温度 200℃を下回ることから，2Pd，200℃を最高使用圧力及び最高使用温度としている。

有効性評価のうち格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における原子炉格納容器圧力及び原子炉格納容器温度の推移を図 2-1 及び図 2-2 に示す。原子炉格納容器圧力の最大値は約 640kPa[gage]，原子炉格納容器の最高温度は約 178℃であり，原子炉格納容器の限界圧力及び限界温度を下回っている。

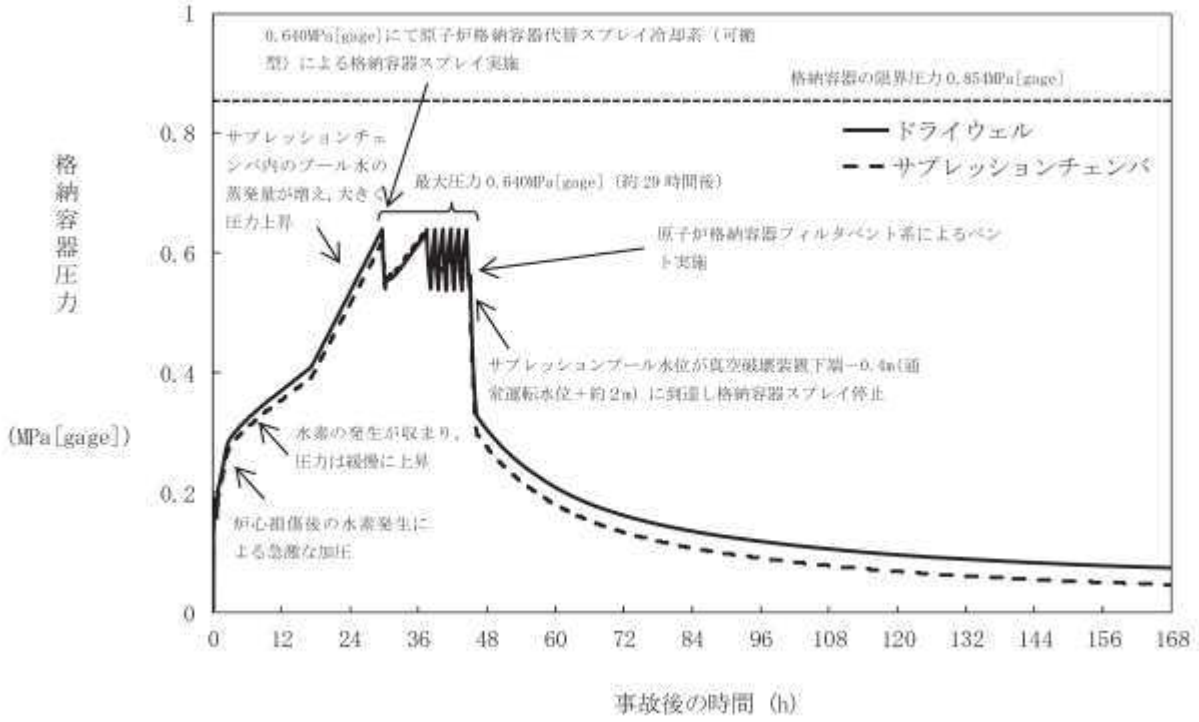


図 2-1 「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における原子炉格納容器圧力の推移

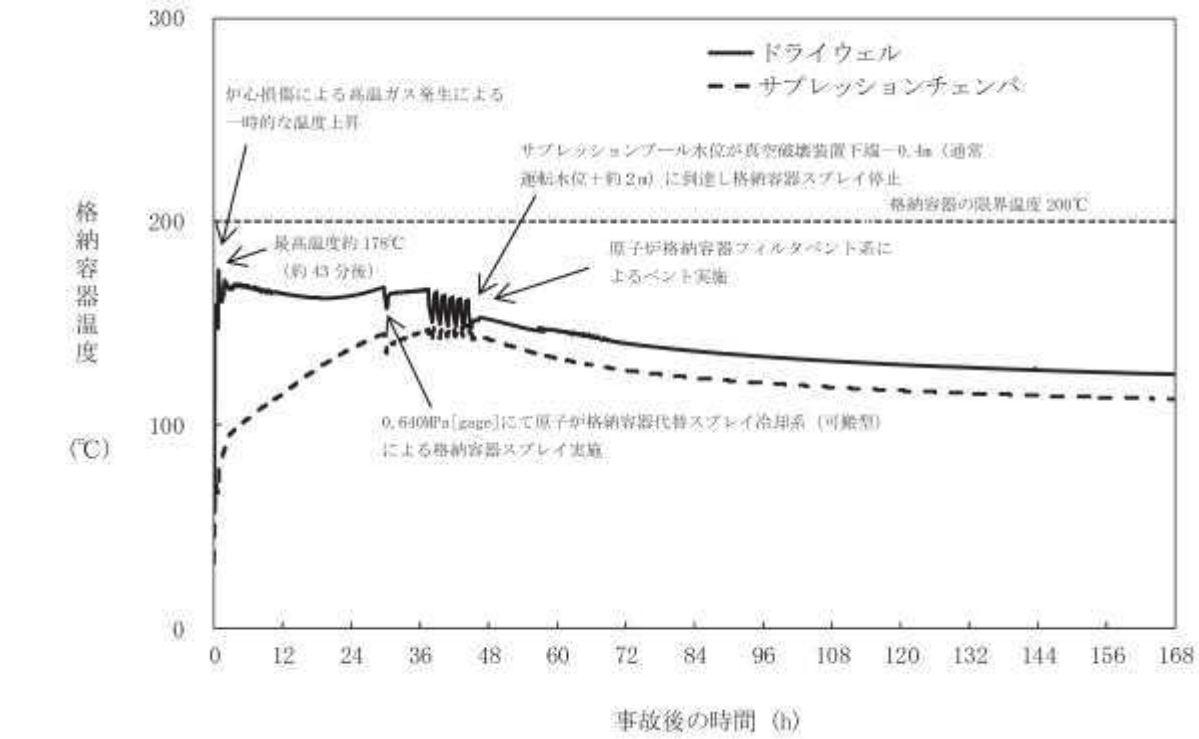


図 2-2 「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における原子炉格納容器温度の推移

3. 系統流量（ベントガス流量）

原子炉格納容器フィルタベント系の系統流量は，原子炉定格熱出力の1%相当の蒸気流量をベント開始圧力が低い場合（1Pd）においても排出できるよう以下のとおり設定している。

(1) 蒸気流量の設定

重大事故等発生後の数時間で原子炉格納容器フィルタベント系が使用されることはないが，保守的に原子炉停止後2時間～3時間後に原子炉格納容器フィルタベント系が使用されると考え，その時点での原子炉の崩壊熱として原子炉定格熱出力の1%を設定し，それに相当する蒸気流量とする。

(2) 原子炉格納容器圧力の設定

有効性評価において原子炉格納容器フィルタベント系のベント開始圧力を 1Pd～2Pd としており，原子炉格納容器圧力が低い方が蒸気排出条件が厳しくなるため，原子炉格納容器圧力は 1Pd とする。

(3) 系統流量の算出

(1)及び(2)の組合せにより，系統流量を設定する。系統流量は式(1)により算出する。崩壊熱は，保守的に注水された水を蒸発させるエネルギーに全て寄与する評価とし，サプレッションプール等への熱の移行は考慮しない。さらに，原子炉圧力容器に注水された水の蒸発によって発生した蒸気についても，保守的にサプレッションプール等による凝縮を考慮せず，系統流量として取り扱う。

$$W_{Vent} = Q_R \times 0.01/(h_s - h_w) \times 3600/1000 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{式(1)}$$

ここで，

W_{Vent} ：系統流量（t/h）

Q_R ：定格熱出力（2436×10^3kW）

h_s ：1Pd における飽和蒸気の比エンタルピ（2750kJ/kg）

h_w ：1Pd，60℃*における水の比エンタルピ（252kJ/kg）

注記＊：原子炉圧力容器に注水する水温を保守的に高めに設定した温度
（重大事故等対処設備として期待する水源の運転時最高温度 60℃）

以上より，系統流量は 35t/h となることから，35t/h をkg/s へ単位換算し，保守的に切り上げた 10.0kg/s を原子炉格納容器圧力 1Pd の時の系統流量とする。系統流量は，配管設計やオリフィスの設計条件として使用する。

なお，原子炉格納容器圧力が 1Pd より高い圧力でベントする場合には，その時の原子炉格納容器圧力と系統全体の圧力損失から系統流量が決まり，原子炉格納容器圧力が 1Pd 以上になれば系統流量も 10.0kg/s 以上となり，より蒸気を排出しやすい状況となる。

4. フィルタ装置内発熱量

原子炉格納容器フィルタベント系のフィルタ装置内発熱量は，原子炉定格熱出力の0.015％に相当する崩壊熱である370kWに設定している。

ＮＵＲＥＧ－１４６５における原子炉格納容器ソースタームに基づき，ドライウェルベント時に原子炉格納容器からフィルタ装置に移行するFPによる崩壊熱を評価する。

フィルタ装置内発熱量は以下の式で表される。

【フィルタ装置内発熱量】

＝【①ベント時の原子炉の崩壊熱】

×【②FPの原子炉格納容器への放出割合】

÷【③原子炉格納容器内のDF】

×【④フィルタ装置に蓄積するFPの崩壊熱への寄与割合】

① ベント時の原子炉の崩壊熱

重大事故等発生後の数時間で原子炉格納容器フィルタベント系が使用されることはないが，保守的に原子炉停止後約2時間～3時間後に原子炉格納容器フィルタベント系が使用されると考え，その時点での原子炉の崩壊熱として，原子炉定格熱出力の1％とする。

② FPの原子炉格納容器への放出割合

ＮＵＲＥＧ－１４６５に基づき，揮発性核種のうち原子炉格納容器への放出割合が最も大きいHalogen(I)の放出割合である61％で代表させる。(表2-2)

③ 原子炉格納容器内のDF

海外で行われたFPエアロゾルの自然除去効果に関する試験（NSPP試験等）では，原子炉格納容器のエアロゾルは数時間程度で1/10程度まで減少している結果が得られており，原子炉格納容器内のエアロゾルに対する除去効果として，ドライウェルベント時はDF:10とする。

④ フィルタ装置に蓄積するFPの崩壊熱への寄与割合

ＮＵＲＥＧ－１４６５に基づき，揮発性が比較的高く，炉心損傷を伴う事故時に有意な放出割合となり，フィルタ装置に蓄積する核種として，Halogen（I），Alkali metal（Cs），Te，Ba及びSrを想定し，これら核種の崩壊熱への寄与割合は22％とする。(表2-3)

したがって，定格熱出力に対する崩壊熱は以下のように評価される。

ドライウェルベント：0.01×0.61÷10×0.22＝0.01342％

以上より，フィルタ装置内発熱量は，上記割合を包絡する条件とし，原子炉定格熱出力の0.015％である370kW（2436MW×0.015％）と設定する。

フィルタ装置内発熱量は，スクラバ溶液の初期保有量及びフィルタ装置の寸法設定に使用される。

表 2-2　ＮＵＲＥＧ－１４６５における原子炉格納容器内への放出割合

元素グループ	Gap Release	Early-In-vessel	Ex-vessel	Late-In-vessel	合計
Noble gases*1	0.05	0.95	0	0	1.00
Halogens (I)	0.05	0.25	0.30	0.01	0.61
Alkali metal (Cs)	0.05	0.20	0.35	0.01	0.61
Te	0	0.05	0.25	0.005	0.305
Ba, Sr	0	0.02	0.1	0	0.12
Noble metals (Mo, Ru, Sb)	0	0.0025	0.0025	0	0.005
Ce	0	0.0005	0.005	0	0.0055
La	0	0.0002	0.005	0	0.0052

注記＊1：希ガスはフィルタ装置内に蓄積しないため，評価対象外とする。

表 2-3　放出割合が大きい揮発性核種の崩壊熱寄与割合

元素グループ*2	放出割合	①放出割合（ハロゲン比）	②崩壊熱寄与割合（炉停止後約 2 時間）	崩壊熱寄与割合 ①×②
Halogens (I)	0.61	1.0	0.18	0.18
Alkali metal (Cs)	0.61	1.0	0.02	0.02
Te	0.305	0.5	0.02	0.01
Ba, Sr	0.12	0.2	0.06	0.01
			合計	0.22

注記＊2：希ガスはフィルタ装置内に蓄積しないため，評価対象外とする。また，放出割合が小さい核種は放出量として無視できるため，評価対象外とする。

5. エアロゾル移行量

有効性評価シナリオのうち，エアロゾル移行量の最も厳しい「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」における原子炉格納容器からフィルタ装置に移行するエアロゾルの重量を表 2-4 に示す(参考)。

表 2-4　原子炉格納容器からフィルタ装置に移行するエアロゾル重量

シーケンス（事象）	エアロゾル重量	
	ウェットウェルベント	ドライウェルベント
雰囲気圧力・温度による静的負荷 （格納容器過圧・過温破損） （代替循環冷却系を使用できない場合）	2.6g	1200g

一方，原子炉格納容器からのエアロゾルの移行量を保守的に評価するため，サプレッションプールによるスクラビング効果がないドライウェルベント時の原子炉格納容器からフィルタ装置に移行するエアロゾル量について，核分裂生成物の炉内内蔵量とＮＵＲＥＧ－１４６５に基づく炉心から原子炉格納容器へ放出される核分裂生成物の割合を用いて評価した結果，約 28kg となるが，エアロゾルに係る海外規制の規定を踏まえ，150kg として設計する。

想定するエアロゾル移行量の評価方法と海外規制におけるエアロゾル移行量を以下に示す。

(1)　核分裂生成物の炉内内蔵量

各核種グループの FP の炉内内蔵量を表 2-5 に示す。

(2)　核分裂生成物の原子炉格納容器への放出割合

ＮＵＲＥＧ－１４６５に基づき，各核種グループの放出割合を設定する(表 2-2)。

(3)　原子炉格納容器内の DF

保守的にドライウェルベントの場合を想定し，崩壊熱の設定と同様に，DF:10 とする。

以上より，想定するエアロゾル量を計算した結果，約 28kg となる。

評価式を以下に示す。

【エアロゾル量】＝

$$\sum_{\text{全核種グループ}} [(\text{核種グループの炉内内蔵量}) \times (\text{核種グループの原子炉格納容器への放出割合})/10]$$

(4)　海外規制におけるエアロゾル移行量

ドイツ RSK の勧告では，フィルタ装置に移行するエアロゾル量として PWR については 60kg，BWR については 30kg としている。また，スイスの原子力施設ガイドラインにおいては，エアロゾル量は 150kg と規定されている。

表 2-5　核分裂生成物の炉内内蔵量

核種 グループ	代表 化学形態	炉内内蔵量 (kg)	原子炉格納容器への 放出割合（－）	エアロゾル 移行量（kg）＊
Halogens	CsI		0.61	
Alkali metal	CsOH		0.61	
Te	TeO_2, Sb		0.305	
Ba, Sr	BaO, SrO		0.12	
Noble metals	MoO_2		0.005	
Ce	CeO_2		0.0055	
La	La_2O_3		0.0052	
			合計	2.8E+01

注記＊：エアロゾル移行量は，金属繊維フィルタの総面積の設定に使用される。

6.　引用文献

(1)　ＮＵＲＥＧ－１４６５，“Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants”,1995

(2)　“Aerosol Release and Transport Program Semiannual Progress Report For October 1983-March 1984”,ＮＵＲＥＧ／ＣＲ－３８３０ Vol.1,ORNL/TM-9217/V1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（参考）

1. エアロゾルの保守性について

(1) 原子炉格納容器フィルタベント系の設計条件について

原子炉格納容器フィルタベント系の設計条件としては，エアロゾル移行量を 150kg に設定している。

(2) 事故シナリオに応じたエアロゾル移行量について

a. エアロゾルが発生する事故シナリオの選定について

ベント実施時には，希ガスやガス状よう素（無機よう素及び有機よう素）を除く核分裂生成物及び構造材がエアロゾルとして原子炉格納容器フィルタベント系に流入する。エアロゾルが発生する事故シナリオは，格納容器破損防止対策の有効性評価の対象とする事故シーケンスのうち，以下に示す MAAP 解析上の特徴を踏まえ，原子炉圧力容器が健全な事故シーケンスである「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」を選定している。

(a) 原子炉圧力容器内に溶融炉心が存在する場合は，炉心が再冠水し溶融炉心の外周部が固化した後でも，溶融炉心中心部は溶融プール状態を維持する。一方，原子炉圧力容器破損時は，原子炉圧力容器破損前に水張りしたペデスタル部で溶融炉心の一部が粒子化するとともに，最終的にはクエンチする。エアロゾル移行量は溶融炉心の温度が高い方がより多くなるため，原子炉圧力容器が健全な場合がより保守的な評価となる。

(b) 原子炉圧力容器内に溶融炉心が存在する場合は，溶融炉心冠水時において溶融炉心上部の水によるスクラビング効果を考慮していない。一方，溶融炉心がペデスタル部に存在する場合は，溶融炉心上部の水によるスクラビング効果を考慮している。以上より，スクラビング効果を考慮していない原子炉圧力容器が健全な場合がより保守的な評価となる。

b. 対象シーケンスにおけるエアロゾル移行量について

「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」シーケンスにおける原子炉格納容器フィルタベント系へ流入するエアロゾル移行量を表 2-6 に示す。本シーケンスの有効性評価ではウェットウェルベントを優先して実施することとしているが，ここではドライウェルベントを実施した場合のエアロゾル移行量も併せて示している。表 2-6 より，エアロゾル移行量はウェットウェルベント時よりドライウェルベント時の方が多く 1.2kg であるが，原子炉格納容器フィルタベント系で設計上想定するエアロゾル移行量はこれを十分上回る 150kg である。

表 2-6　静的負荷シーケンスにおける FP エアロゾル移行量

放出する系統	FP エアロゾル移行量（kg）
ウェットウェルベント	0.0026
ドライウェルベント	1.2

流量制限オリフィスの設定方法について

1. 流量制限オリフィスの設定方法

原子炉格納容器フィルタベント系は，原子炉格納容器の過圧破損を防止するため，原子炉格納容器内で発生する蒸気量以上のガスをベントできる必要がある。

一方，原子炉格納容器圧力の上昇に伴い，ベントガスの質量流量が増加する場合においても，ベンチュリノズルの流速を適正な条件に保持するため，フィルタ装置の下流に流量制限オリフィスを設置することにより,体積流量をほぼ一定に保つ設計としている。

ベント操作は原子炉格納容器圧力が 1Pd～2Pd（427kPa[gage]～854kPa[gage]）の時に開始する運用としており，流量制限オリフィスの設計に当たっては，ベント時において原子炉格納容器圧力が低い状態（原子炉格納容器と大気の差圧が低い状態）を考慮し，原子炉格納容器圧力 1Pd の時に原子炉定格熱出力の 1%相当の蒸気を排出できるよう，以下のとおり設定する。

なお，原子炉格納容器圧力 1Pd で必要量を排出可能な設計としているため，より差圧が大きくなる原子炉格納容器圧力 2Pd によるベントの場合においても必要量は排出できる。

① 流量制限オリフィス上流の流路の圧力損失を計算し，流量制限オリフィス上流の圧力を算出する。

② 流量制限オリフィス下流の流路の圧力損失を計算し，流量制限オリフィス下流の圧力を算出する。

③ ①及び②で算出した流量制限オリフィスの上流及び下流の圧力条件下で，原子炉定格熱出力の 1%相当の蒸気を排出できるような流出断面積を算出する。

オリフィスの流出断面積は，以下の式に基づき計算する。

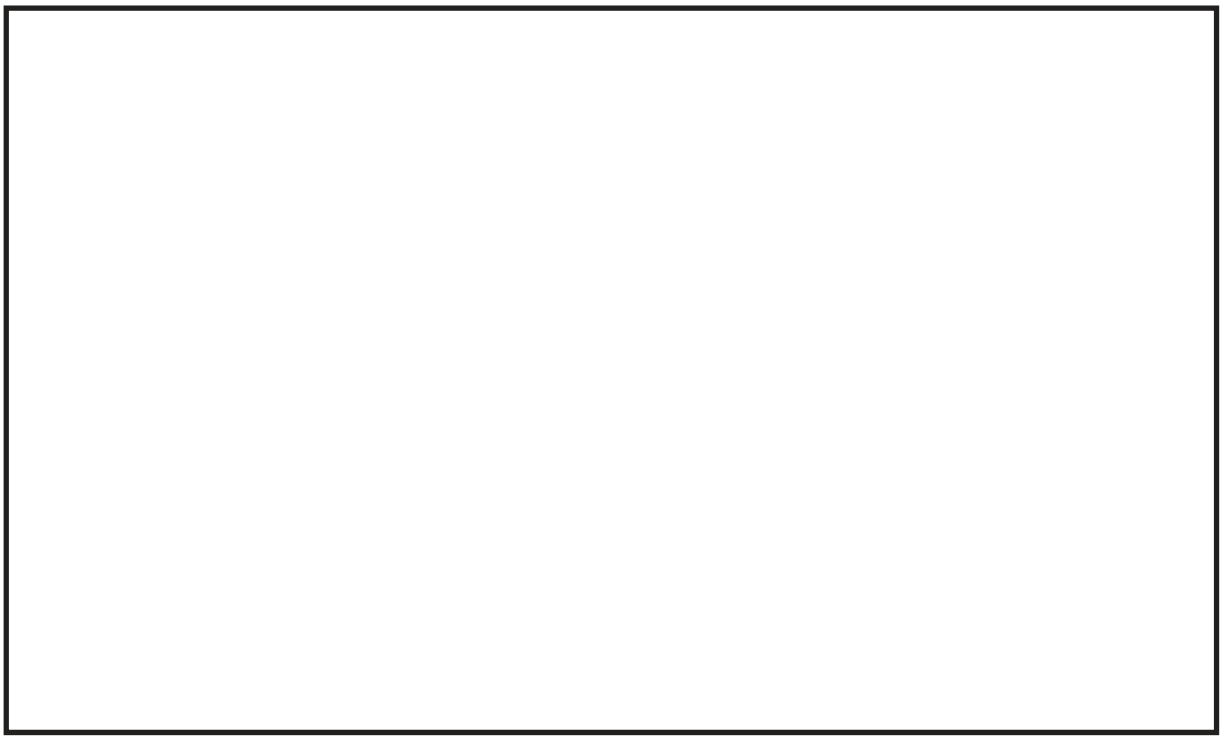
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ここで

Ｖ　：体積流量

ｍ　：質量流量

σ　：比体積



概算評価結果を表 3-1 及び図 3-1 に，原子炉格納容器圧力とベンチュリノズル入口における体積流量の関係を図 3-2 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

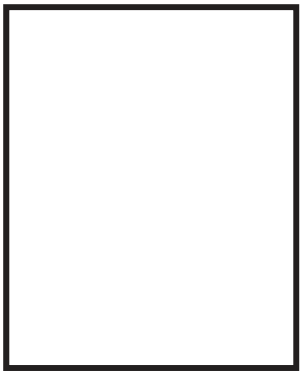
2.　オリフィス以外の圧力損失

オリフィス以外の圧力損失については，以下に示す。

(1)　入口配管，出口配管

配管の圧損は，損失係数に実機を想定して直管部，エルボ，ティー及び弁等を考慮して以下の式に基づき計算する。

ここで



(2)　フィルタ装置

フィルタ装置内圧力損失は JAVA 試験の結果から導出した以下の実験式に基づき計算する。

ここで

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3)　放射性よう素フィルタ

放射性よう素フィルタの圧力損失は，試験結果に基づき約□kPa（1Pd 時）とする。

表 3-1　原子炉格納容器圧力に対する体積流量（概算評価）

原子炉格納容器圧力 kPa[gage]	入口配管圧力損失 kPa	ﾌｨﾙﾀ装置内圧力損失 kPa	ｵﾘﾌｨｽ圧力損失 kPa	放射性よう素ﾌｨﾙﾀ圧力損失 kPa	出口配管圧力損失 kPa	質量流量 kg/s（相対比）＊1	体積流量 m^3/s（相対比）＊1
854（2Pd）							
427（1Pd）							

注記＊1：原子炉格納容器圧力 1Pd のときの値を 100%とした場合の比を記載

＊2：ベント実施後，原子炉格納容器圧力が十分低下した時点の圧力

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

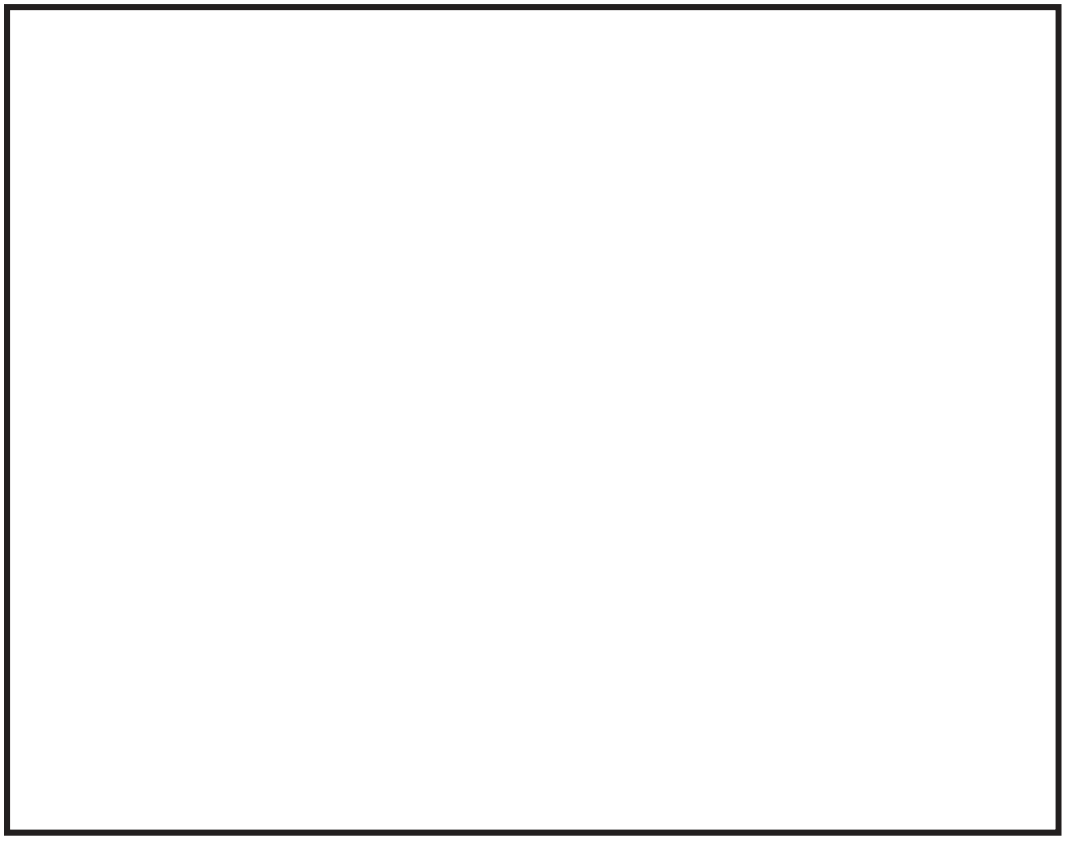


図 3-1　圧力勾配図

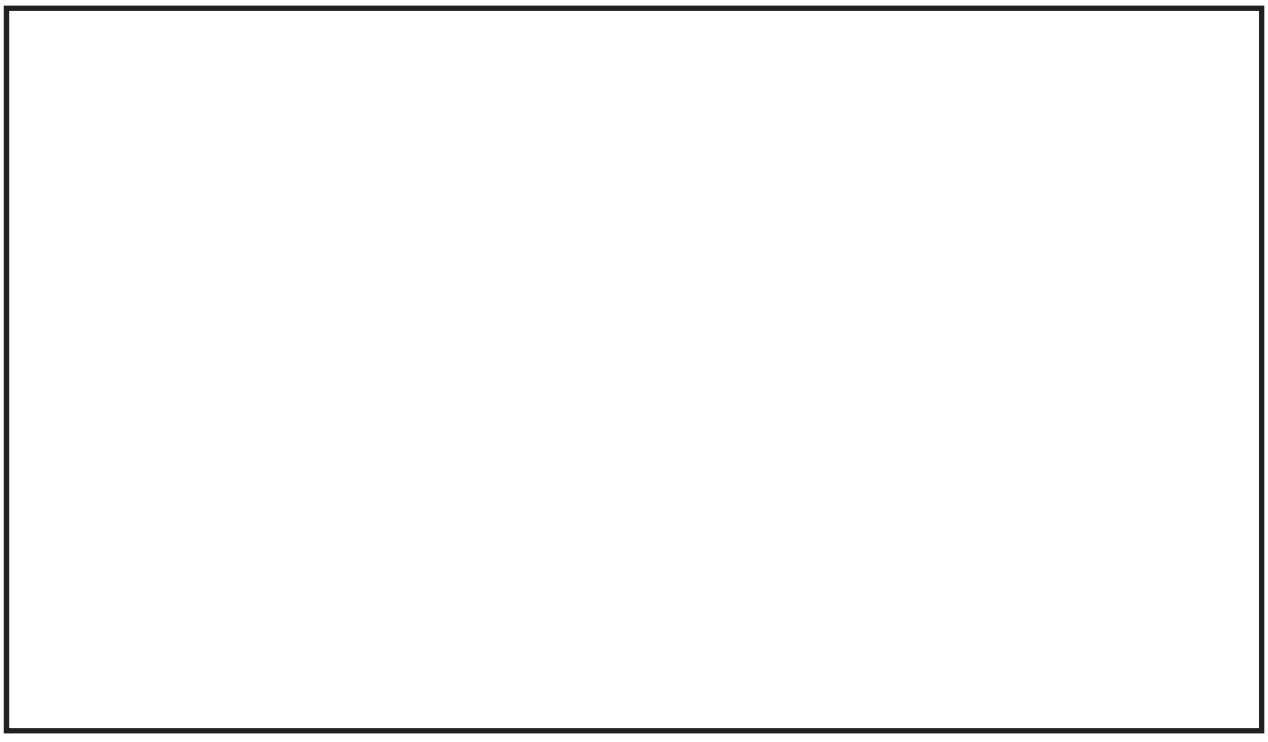


図 3-2　原子炉格納容器フィルタベント系の流量特性

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

スクラバ溶液の保有水量の設定根拠及び健全性について

ベンチュリスクラバのスクラバ溶液について,その保有水量の設定根拠を示すとともに,その健全性が維持されることを確認する。

1. 保有水量の設定根拠

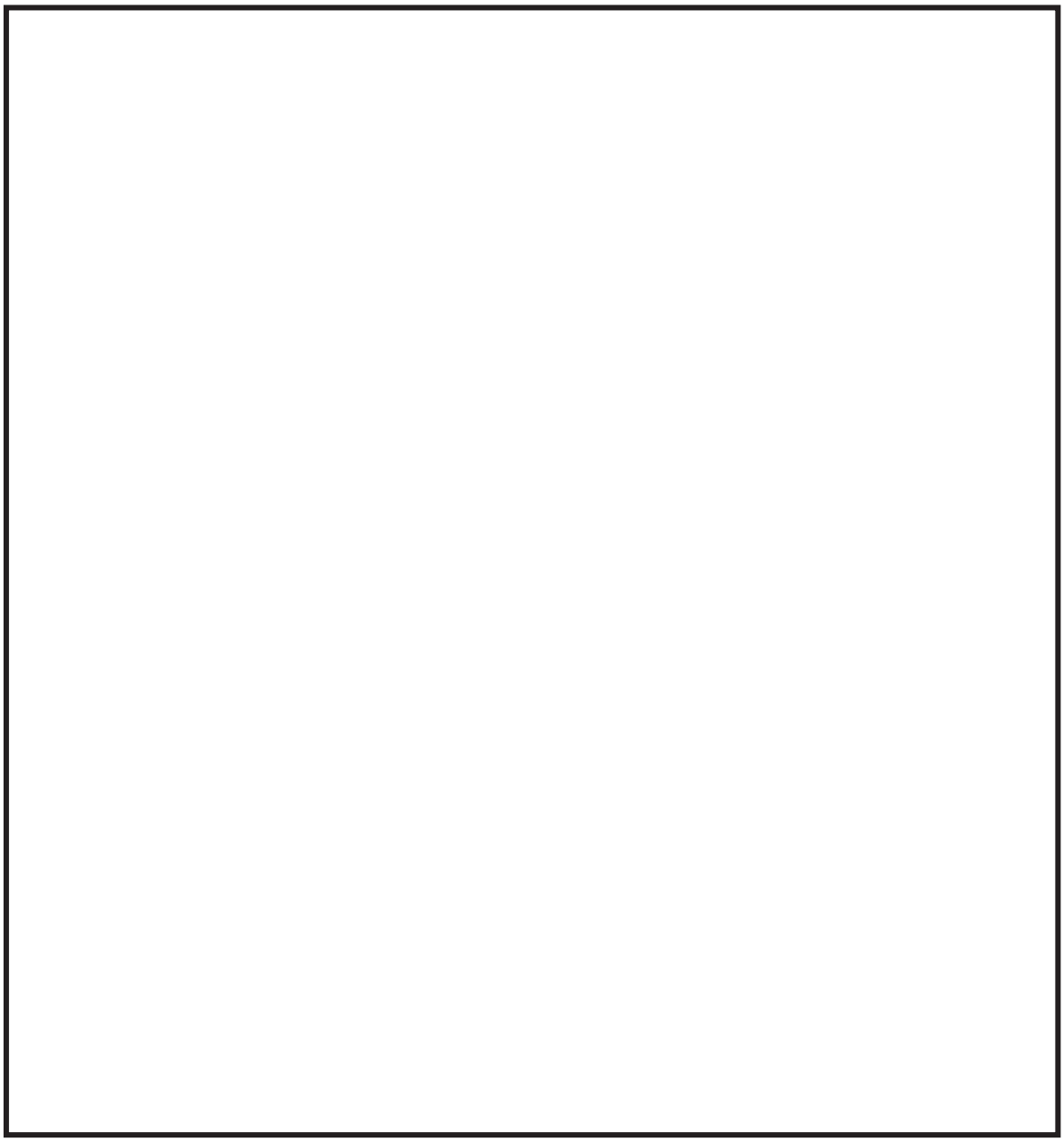
スクラバ溶液の保有水量は，ベント開始後 24 時間はベンチュリスクラバによる所定の放射性物質の除去性能が得られる水量（以下「最小水量」という。）から，ベント開始初期に発生する蒸気凝縮による水位上昇時において，金属繊維フィルタが水没しない水量（以下「最大水量」という。）を考慮して，約［　　］tと設定している。なお，初期水量（系統待機時）は上記を考慮し，補給期間の確保の観点から水量を大きく，かつ，上限水位にも余裕を持った値として，約［　　］tと設定している。

スクラバ溶液の水量の設定根拠を以下に示す。また，フィルタ装置水位の概略図を図 4-1 に示す。

(1) 最大水量について

［　　］

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(2)　最小水量について

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

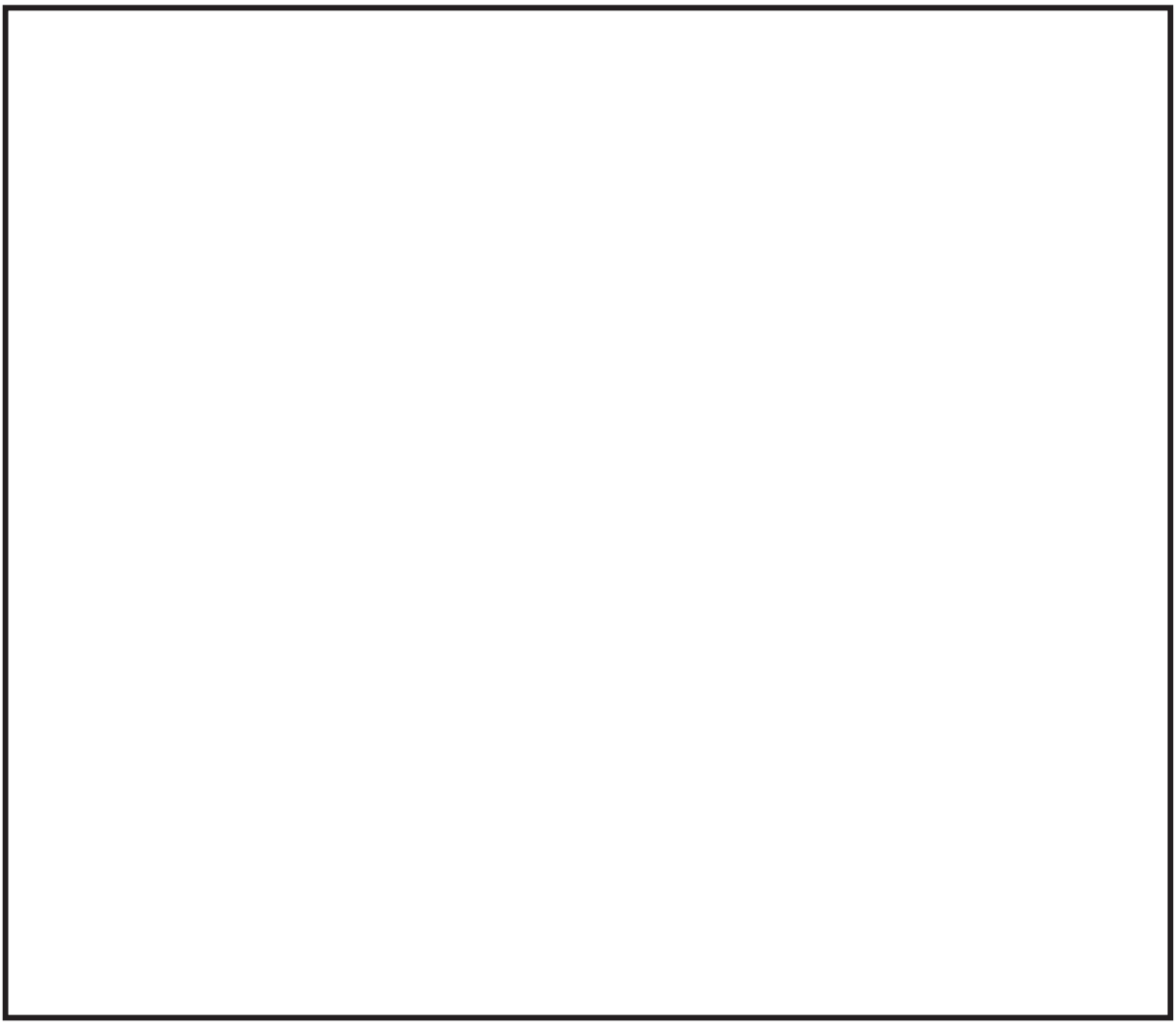


図 4-1　フィルタ装置水位の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 ベント時における物性値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) スクラバ溶液の補給期間について

フィルタ装置の設計条件に基づいているスクラバ溶液の初期保有水量（フィルタ装置の寸法）は，他の設計条件と同様に，大きな保守性を確保し設定（設計）している。一方，スクラバ溶液の補給期間は，運用に係るものであり，有効性評価に基づく運用を考慮して評価することとし，有効性評価のうちベント時間を厳しく評価する大破断 LOCA を想定した「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損)」におけるフィルタ装置内の発熱量を用いたスクラバ溶液の水位挙動より評価する（表 4-2)。

スクラバ溶液の補給期間の評価条件及び評価結果を以下に示す。

a. 評価条件

(a) 初期水量：□kg

(b) 室温：25℃*1

(c) ベント時の原子炉格納容器圧力：図 4-2 のとおり

(d) フィルタ装置内発熱量：□kW*2

注記＊1：ベント実施前のスクラバ溶液の初期水温としても使用。系統待機時の原子炉建屋原子炉棟内の平均温度として設定した値

＊2：45 時間後のベントを想定し，炉心の放射性物質の内蔵量から算出したフィルタ装置へ流入するエアロゾル及び無機よう素の発熱量の最大値（約□kW）に余裕を考慮した値

b. 評価結果

スクラバ溶液の水量挙動を図 4-3 に示す。ベント時のスクラバ溶液の水位は最高水位，最低水位に至らず，想定事故においては事象発生後 7 日間（168 時間）運転員による水の補給操作は不要となる。

表 4-2 設備設計と運用の主な条件設定の差異

	設計条件 【フィルタ装置寸法】	運用 【水補給の運用の評価】
ベント時間	2 時間～3 時間後 【原子炉定格熱出力の 1%相当の時間】	45 時間後*3 【有効性評価結果より】
フィルタ装置内発熱量	370kW 【ベント時間：2 時間～3 時間ベース】	□kW 【ベント時間：45 時間ベース】

注記＊3：水補給の運用の評価のほか，被ばく評価もベント時間 45 時間ベース

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

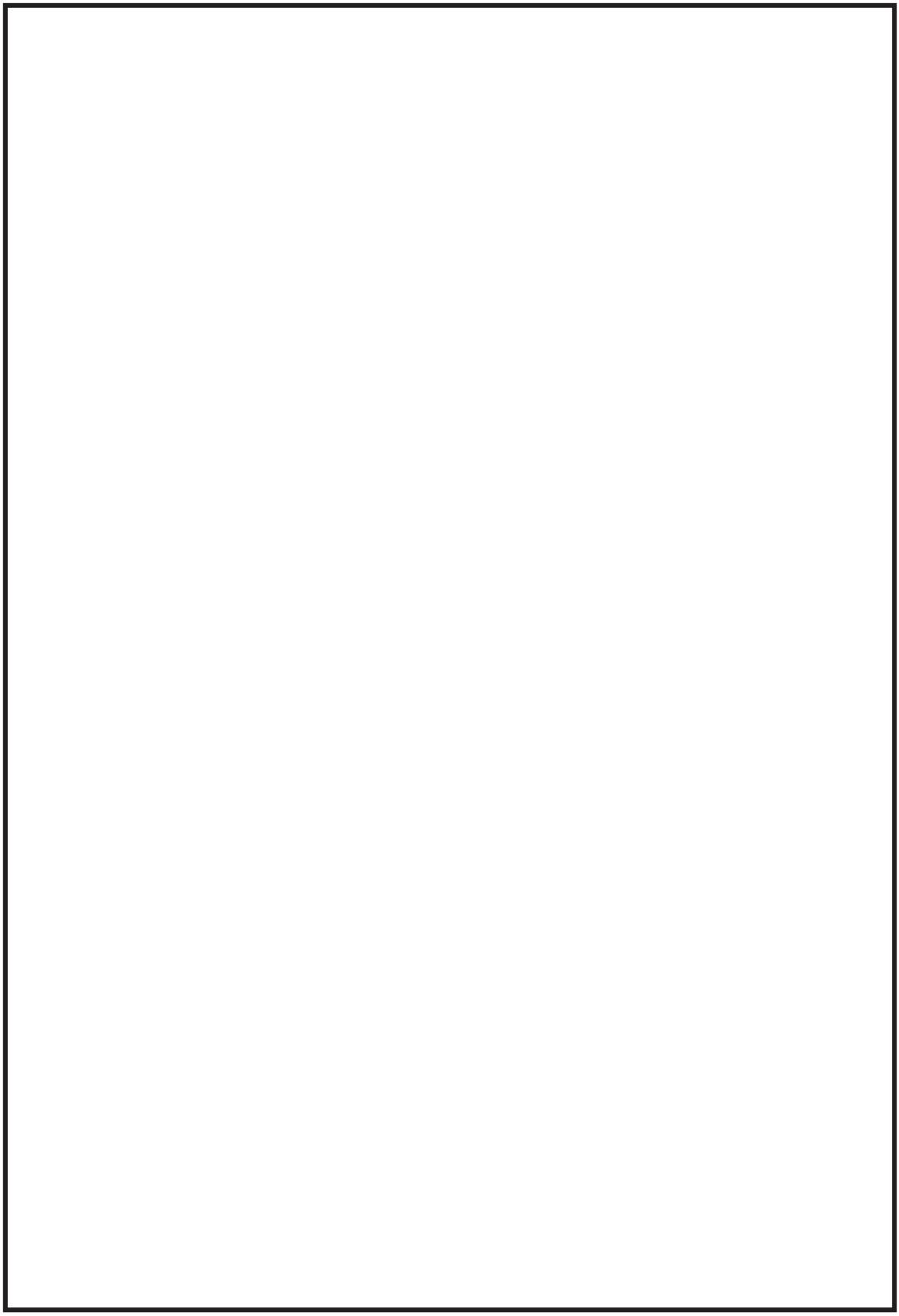


図 4-2　ベント時の圧力推移図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

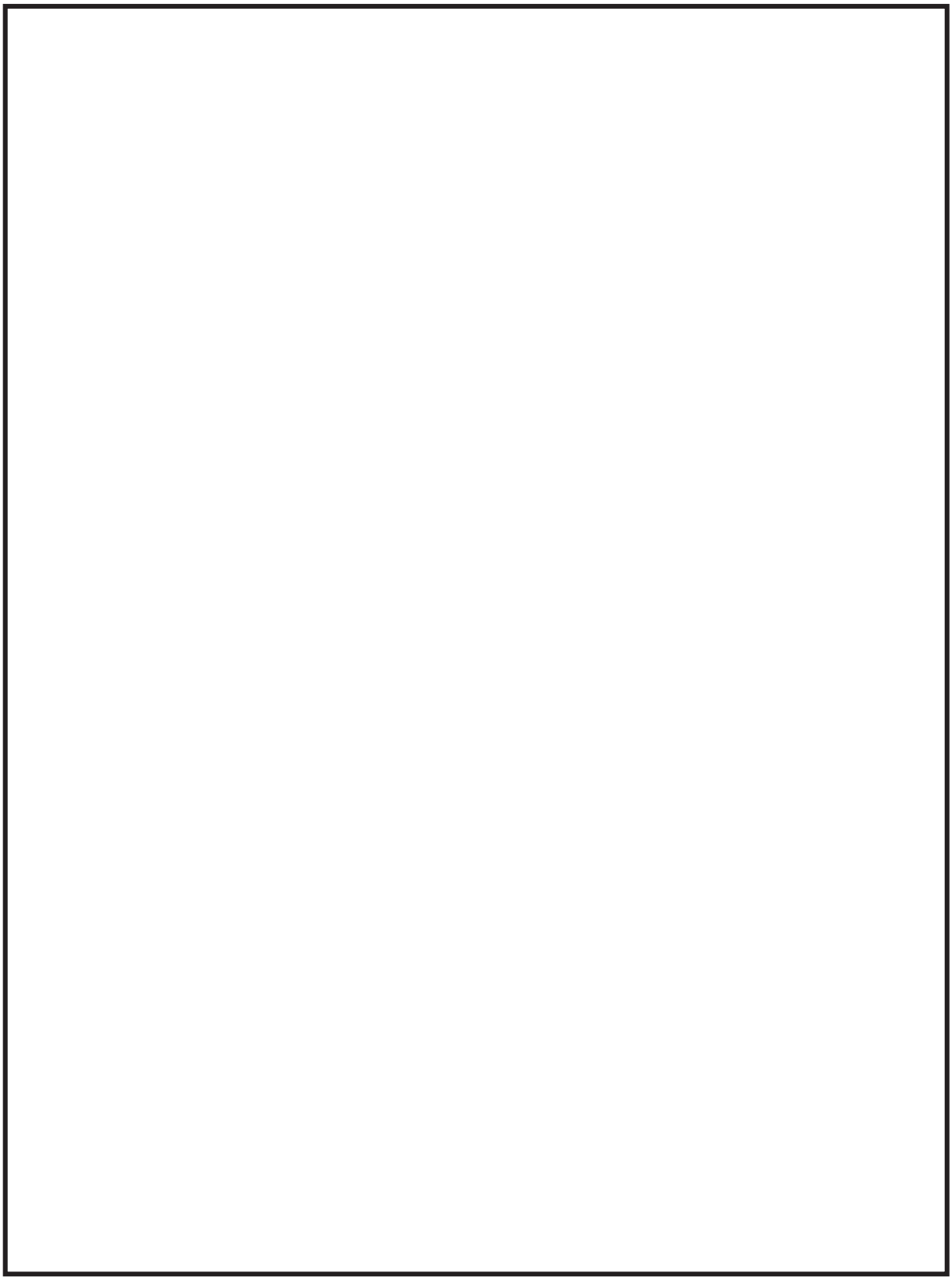


図 4-3　「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用できない場合）」におけるベント時のスクラバ溶液の水量変動

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.　スクラバ溶液の健全性

2.1　スクラバ溶液の pH

スクラバ溶液は，無機よう素をスクラバ溶液中に捕集・保持するためにアルカリ性の状態（pH7 以上）に維持する必要があるが，重大事故等発生時においては，原子炉格納容器内のケーブルから放射線分解，熱分解等により塩化水素（HCl）等の酸が放出され，ベント実施により原子炉格納容器からフィルタ装置（スクラバ溶液）に移行するため，pH が低下する可能性がある。

これに対して，スクラバ溶液は，待機時における重大事故等時に発生する可能性がある酸の量に対して十分な塩基量を確保することにより，ベント実施中の pH 監視を実施することなく，確実にアルカリ性の状態を維持することとしている。

なお，スクラバ溶液の pH については，定検時にサンプリングを実施し，性状を確認する。

(1)　原子炉格納容器内の酸性物質及び塩基性物質

重大事故等時に原子炉格納容器内において発生する酸性物質と塩基性物質については，ＮＵＲＥＧ／ＣＲ－５９５０において検討が実施されており，その発生源として燃料（核分裂生成物），原子炉水，サプレッションプール水溶存窒素，原子炉格納容器内ケーブル，原子炉格納容器下部コンクリートが掲げられている。これに加え，原子炉格納容器内の塗料についても成分元素に窒素が含まれており，酸として硝酸，塩基としてアンモニア等の発生源となる可能性がある。主な酸性物質，塩基性物質を発生源ごとに表 4-3 に示す。

表 4-3　主な酸性物質と塩基性物質

発生源	酸性物質	塩基性物質	備考
燃料（核分裂生成物）	よう化水素 (HI)	水酸化セシウム (CsOH)等	
原子炉水	—	五ほう酸ナトリウム ($Na_2B_{10}O_{16}$)	ほう酸水注入系によりほう酸水を原子炉へ注入した場合
サプレッションプール水溶存窒素	硝酸 (HNO_3)	—	
原子炉格納容器内ケーブル	塩化水素 (HCl)	—	
原子炉格納容器下部コンクリート（溶融炉心落下時）	二酸化炭素 (CO_2)	—	
原子炉格納容器内塗料	硝酸 (HNO_3)	アンモニア (NH_3)	

これらのうち，酸性物質が発生することが知られているサプレッションプール水溶存窒素の放射線の照射により発生する硝酸，原子炉圧力容器が破損した場合にMCCI により発生する二酸化炭素に加え，pH への寄与が大きいと考えられる原子炉格納容器内ケーブルの放射線分解及び熱分解により発生する塩化水素，スクラバ溶液中で分解する際に塩基を消費する［　　］が，スクラバ溶液の塩基量を評価する上で重要であることから，以下では，これらの発生量を評価することとする。

a.　原子炉格納容器内ケーブルに起因する酸の発生量

原子炉格納容器内のケーブルについて，酸の起因となり得る元素の量を調査し，ベント前に全て原子炉格納容器内に放出されると仮定すると，約［　　］mol の酸性物質が原子炉格納容器内で生成されると評価した。調査した結果を図 4-4 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

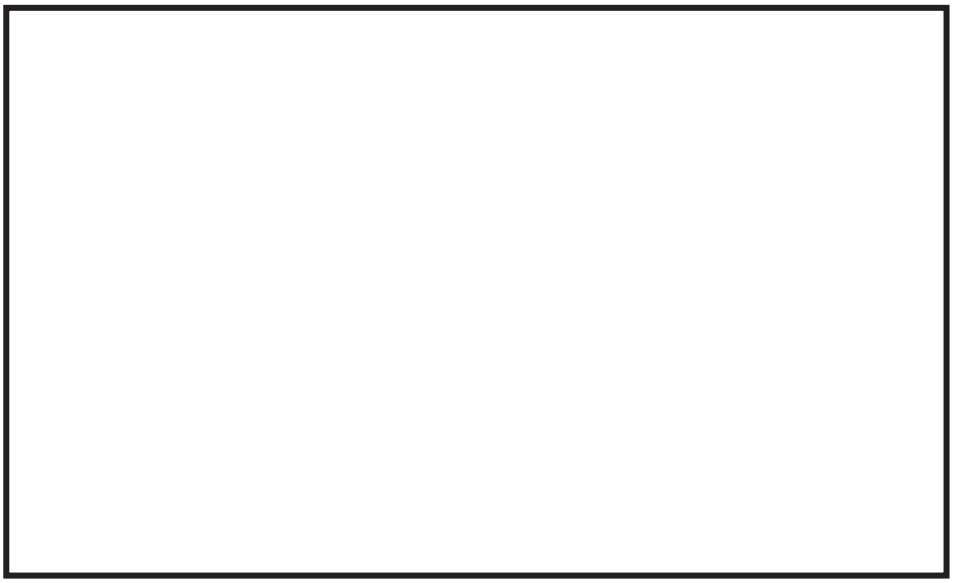


図 4-4　原子炉格納容器内のケーブルに起因する酸の量

b.　サプレッションプール水での放射線分解により発生する硝酸の量

重大事故等時において，サプレッションプール水中ではサプレッションプール水溶存窒素の放射線の照射によって硝酸が生成される。

なお，原子炉格納容器内に放出されたエアロゾルの一部はフィルタ装置のスクラバ溶液に移行し，フィルタ装置内での硝酸の発生に寄与すると考えられるが，ここでは，原子炉格納容器内に放出された放射性よう素を全てエアロゾル（CsI）とし，サプレッションプール内に全てのエアロゾルが移行するものとして，硝酸の発生量を評価した上で，発生した硝酸は全てフィルタ装置に移行し，スクラバ溶液の塩基と反応するものとして評価している。このため，ラジオリシスによるスクラバ溶液の pH の影響は保守的に評価されている。

ＮＵＲＥＧ－１４６５，Reg.Guide.1.183 及びＮＵＲＥＧ／ＣＲ－５９５０に基づき，サプレッションプール水の積算吸収線量から硝酸の生成量を評価した結果，事象発生７日後に約 [　] mol となる。

$$HNO_3 = G_w \times D \times V_S$$

ここで，

HNO_3：積算硝酸生成量（mol）

G_w：水の硝酸生成Ｇ値に相当する換算係数（mol/L/Mrad(Water)）

Ｄ：サプレッションプール水の積算吸収線量（Mrad(Water)）

V_S：サプレッションプール水体積（L）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

c.　MCCIにより発生する二酸化炭素の量

原子炉格納容器内には玄武岩系のコンクリート*1を使用していることから，MCCIにより発生する二酸化炭素の発生量は少ないと考えられるものの，有効性評価での重大事故等時のコンクリート侵食量約□cmに対して保守的に約□cmのコンクリート侵食を見込み評価する。

MCCIにより発生する二酸化炭素は，高温環境下において溶融炉心に含まれる金属元素によって酸性物質ではない一酸化炭素に還元されるが，全て二酸化炭素として評価した結果，二酸化炭素の発生量は約□mol*2となる。

注記＊1：コンクリートの組成例は以下のとおり。

成分	玄武岩系コンクリート（重量%）
SiO_2	54.84
TiO_2,MnO,MgO	7.21
CaO	8.82
Na_2O	1.80
K_2O	5.39
Fe_3O_4	6.26
Al_2O_3	8.32
Cr_2O_3	0.00
CO_2	1.50
H_2O（自由水，結合水）	5.86

＊2：二酸化炭素は二価の酸のため，2倍の物質量とした。

二酸化炭素は塩化水素ほど溶解度が大きくないため，フィルタ装置内では全量がスクラバ溶液に溶解することはなく，また弱酸のため，酸性物質としてスクラバ溶液に与える影響は小さいと考えるが，本評価では保守的にスクラバ溶液のpHに影響を与える酸性物質として評価する。

d.　□の分解により消費される塩基の量

スクラバ溶液に含まれる□は，酸素が存在する場合，水酸化物イオンと下記の反応により分解することが知られており，分解される□の量は，スクラバ溶液の積算吸収線量の増加に伴って増加する。

□

ここでは，スクラバ溶液の積算吸収線量によらず，スクラバ溶液に含まれる□全量が分解したとして，塩基の消費量を評価した結果，□の分解により消費される塩基の量は約□molとなる。

（スクラバ溶液に含まれる□の量）

□

（□の分解により消費される塩基の量）

□

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　フィルタ装置での塩基の消費量

(1)項で生成した酸性物質は，ほとんどが液相に溶解してサプレッションプールに移行し，ベント時にはサプレッションプールに残留してフィルタ装置には移行しない可能性もあるが，保守的に全量が移行するとして評価する。スクラバ溶液の消費される塩基の量は，以下のとおりとなる。

【フィルタ装置での塩基の消費量（約[　　] mol)】

・原子炉格納容器内ケーブルに起因する酸で消費される塩基の量　　約[　　]mol
・サプレッションプール水から発生する硝酸で消費される塩基の量　　約[　　]mol
・MCCI で発生する二酸化炭素で消費される塩基の量　　約[　　]mol
・[　　] の分解により消費される塩基の量　　約[　　]mol

(3)　スクラバ溶液の pH 評価結果

フィルタ装置は無機よう素（I_2）を捕集及び保持するものであるため，ベント期間中，スクラバ溶液をアルカリ性に維持する必要があり，スクラバ溶液には塩基の消費量（約[　　] mol）を考慮する。

消費される約[　　]mol の塩基に相当する[　　]の濃度は，待機時水量（約[　　]t）時に約[　　]wt％（＝[　　]）となることから，これに余裕を考慮して，スクラバ溶液の待機時[　　]濃度は[　　] wt％以上とする。

[　　]

この場合，スクラバ溶液の pH は約[　　]であり，スクラバ溶液はアルカリ性の状態を維持できる。

(4)　薬液の劣化・濃度均一性

フィルタ装置スクラバ溶液に添加する[　　]の水系の相平衡については，「工業用水便覧」より，図 4-5 のとおり示されている。図 4-5 より，フィルタ装置スクラバ溶液の添加濃度である[　　]では，水温が 0℃以上であれば相変化は起こらない（つまり析出することはない）ことがわかる。フィルタ装置は原子炉建屋原子炉棟内のフィルタ装置室に設置することとしており，スクラバ溶液は 10℃以上となる。よって，フィルタ装置待機中に[　　]が析出することはない。

また，[　　]は非常に安定な化学種であり，フィルタ装置待機中，フィルタ装置はフィルタ装置出口側ラプチャディスクにより外界と隔離され，窒素雰囲気に置かれることから，フィルタ装置待機中において，薬液が変質することはない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

また，フィルタ装置を使用すると，ベンチュリノズルから噴射されるベントガスによりバブリングされ，□は均一に拡散されると考えられる。

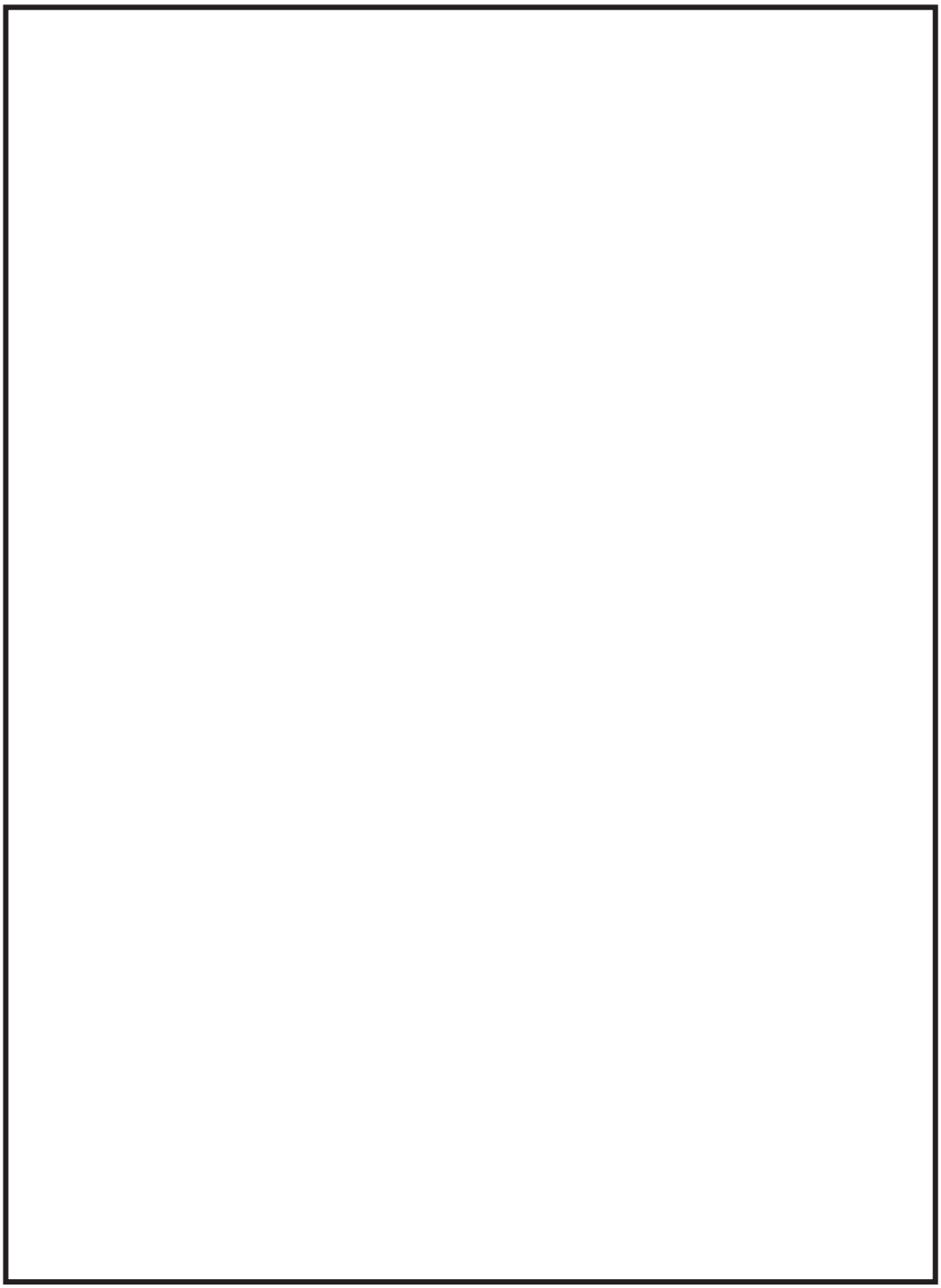


図 4-5 □の水系相平衡図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5)　スクラバ溶液の管理について

(3)に記載したとおり，スクラバ溶液は待機時に十分な薬剤の量を確保しておくことで，ベントを実施した際に原子炉格納容器から酸が移行した場合においても，スクラバ溶液は pH7 以上を維持できる。以上を踏まえ，スクラバ溶液の管理について以下に示す。なお，系統待機時の管理については，原子炉施設保安規定に規定する。

a.　系統待機時の管理

・施設定期検査時に［　　］の濃度が［　］wt％以上であること及び pH が 13 以上であることを確認する。

・スクラバ溶液が通常水位の範囲内であることを確認する。

b.　ベント中の管理

・スクラバ溶液の水位を監視し，下限水位に至る場合においては，水及び薬液を補給する。

c.　ベント停止後（隔離弁閉止後）

・ベント停止後において，フィルタ装置に異常がないことを確認するため，フィルタ装置水位計にて，スクラバ溶液の水位が確保されていることを確認する。

2.2　スクラバ溶液の粘性

ベントにより原子炉格納容器からフィルタ装置にエアロゾルが移行すると，スクラバ溶液の粘性は，エアロゾルが可溶性の場合はそのエアロゾルの水和性と溶解する量によって，不溶性の場合はスクラバ溶液に分散する固体粒子の量によって変化する。可溶性エアロゾル又は不溶性エアロゾルの影響によるスクラバ溶液の粘性率の変化を保守的に評価した結果，その変化は十分小さく，DF への影響がないことを確認した。

(1)　フィルタ装置内に移行するエアロゾル等の影響

重大事故等時に原子炉格納容器内へ放出されるエアロゾルがベントによりフィルタ装置に移行することから，ＮＵＲＥＧ－１４６５に記載されている原子炉格納容器への放出割合を参照し，フィルタ装置内へ移行するエアロゾル量を基にスクラバ溶液への影響を評価する。なお，ＮＵＲＥＧ－１４６５では原子炉格納容器への放出過程（Early In-Vessel，Late In-Vessel 等）ごとに原子炉格納容器への移行割合を与えており，本評価では事故後長期にわたってスクラバ溶液への影響を評価するため，放出過程ごとの放出割合の合計値をエアロゾル移行量の算出に使用している。

ベント後のスクラバ溶液には，可溶性エアロゾルと不溶性エアロゾルがそれぞれ存在することとなる。エアロゾルの種類と溶解の可否を表 4-4 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-4　エアロゾル（設計条件）の種類と溶解の可否

核種グループ	代表化学形態	FP エアロゾル移行量（kg）	溶解の可否
Halogens	CsI		可溶性
Alkali metal	CsOH		可溶性
Te	TeO_2, Sb		不溶性
Ba, Sr	BaO, SrO		可溶性
Noble metals	MoO_2		不溶性
Ce	CeO_2		不溶性
La	La_2O_3		不溶性
構造材	SiO_2 等		大半は不溶性
	合計	150	—

可溶性エアロゾルと不溶性エアロゾルでは，スクラバ溶液の粘性に与える影響はそれぞれ異なることから，可溶性エアロゾル，不溶性エアロゾルに分けて粘性に与える影響を確認する。

なお，流体が流動する際の抵抗を示す粘性の大きさは，粘性率 η［mPa･s］で表され，水の粘性率は水温 10℃の場合は約 1.3mPa･s，80℃の場合は約 0.3mPa･s である。（引用文献(8)）

a.　可溶性エアロゾルの影響

エアロゾルがスクラバ溶液に溶解すると，分解してイオンとして存在し，溶解したイオンの周囲に水分子が水和しやすい場合には，イオンと水分子が集団として振る舞うため移動しにくくなり，粘性率が大きくなる。一方，溶解したイオンの周囲に水分子が水和しにくい場合には，イオンや水分子が移動しやすくなり，粘性率が小さくなる。（引用文献(4)）

ベント実施後にフィルタ装置に含まれる主な陽イオンには□，K^+，Cs^+があり，陰イオンには OH^-，Cl^-，Br^-，I^-，CO_3^{2-}，HCO_3^-，SO_4^{2-}がある。これらイオンのうち，水和しやすく粘性率の増加に最も寄与する陽イオンは□，陰イオンは OH^-であり，水和しにくく粘性率の減少に寄与する陽イオンは Cs^+，陰イオンは I^-であると考えられる。（引用文献(3)，(5)）

このため，フィルタ装置にエアロゾルが移行した場合の粘性率は，エアロゾルの全量を□として評価したとき最も大きく，よう化セシウム（CsI）として評価したときには小さくなる。

スクラバ溶液として低温（粘性率が高い）の 25℃における□とよう化セシウムが水に溶解した場合の粘性率の変化を図 4-6 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

図 4-6 [redacted] と CsI が水に溶解した場合の粘性率の変化（25℃）
（[redacted]：引用文献(6)，CsI：引用文献(7)）

スクラバ溶液に添加している化学薬剤は[redacted]であり，このスクラバ溶液の粘性率は，化学薬剤を全て[redacted]として評価すると，図 4-6 より約[redacted] mPa･s となる。

また，スクラバ溶液の粘性率の変化を保守的に評価するため，仮にフィルタ装置に移行するエアロゾルが全て[redacted]（150kg＝3750mol）と想定とすると，その溶液のモル濃度は約[redacted] mol/L 上昇し，約[redacted]mol/L（＝[redacted]となり，可溶性エアロゾルが溶解したスクラバ溶液の粘性率は，図 4-6 より約[redacted] mPa･s となる。

以上より，可溶性エアロゾルが溶解した場合のスクラバ溶液の粘性率の変化は，フィルタ装置待機時のスクラバ溶液の粘性率に比べて，わずかに（約[redacted] mPa･s）大きくなると評価できる。

b.　不溶性エアロゾルの影響

エアロゾルが不溶性の場合，スクラバ溶液中ではコロイド等の懸濁粒子濃度が上昇すると考えられる。このような懸濁粒子が分散した溶液の粘性率はアインシュタインの粘度式等によって評価することができる（引用文献(3)）。

$$\eta / \eta_0 - 1 = 2.5\phi$$

ここで，η：懸濁粒子溶液の粘性，η_0：分散溶媒の粘性，ϕ：懸濁粒子の容積分率を示す。上式を用いて，懸濁粒子濃度が粘性率に及ぼす影響を評価した結果

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

を図 4-7 に示す（アインシュタインの粘度式の成立限界である容積分率 2vol%までを記載）。

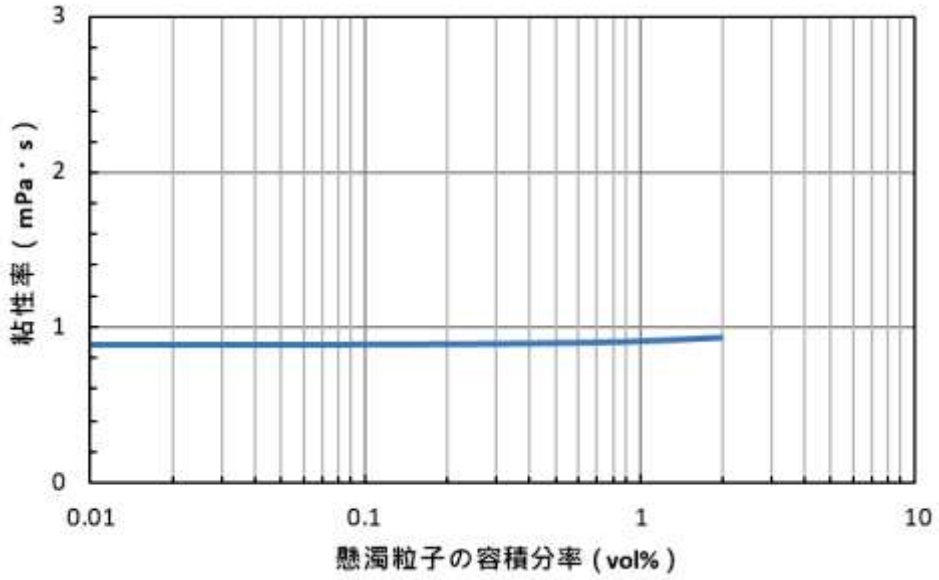


図 4-7　不溶成分が共存した場合の粘性率の変化（25℃）

スクラバ溶液の粘性率の変化を保守的に評価するため，仮にフィルタ装置に移行するエアロゾルを全て不溶性のエアロゾル（密度 [redacted] g/cm^3）とし，下限水位時の水量の [redacted] t に加わったとして懸濁粒子の容積分率を算出すると，約 [redacted] vol%（≒ [redacted] ）となる。図 4-7 によると懸濁粒子の容積分率 2vol%程度まで粘性率がほとんど上昇していないため，不溶性エアロゾルによるスクラバ溶液の粘性率の変化はほとんどないと評価できる。

なお，上記の密度 [redacted] g/cm^3 は，コア・コンクリート反応で発生するコンクリート由来のエアロゾルを想定したものであり，TeO_2（密度約 5.7g/cm^3）等の密度の大きいエアロゾルを想定するよりも懸濁粒子の容積分率を大きく算定するため，保守的な評価となっている。

(2)　評価結果

粘性率の増加量は，粘性率の変化が大きい可溶性エアロゾルの場合においても下記のとおりであり，図 4-8 に示す純水の温度変化に伴う粘性率の変化量と同等であるため，この粘性率の変化は十分小さい。よって，フィルタ装置を長期に使用する場合においても，スクラバ溶液の粘性の DF への影響はないと考えられる。

・可溶性エアロゾル（ [redacted] 150kg）が溶解した場合のスクラバ溶液の粘性率の変化は，溶解前のスクラバ溶液と比べた場合に約 [redacted] mPa･s 大きくなる。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

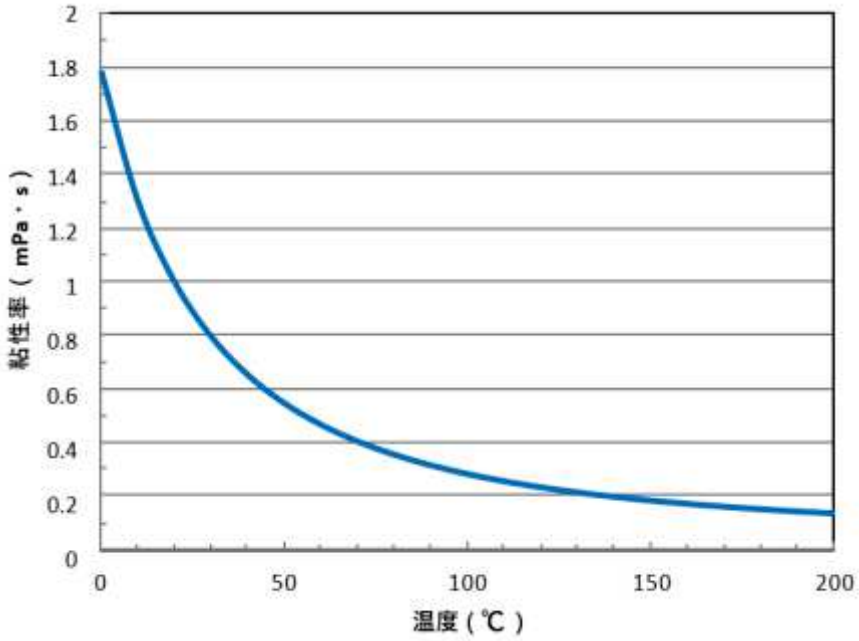


図 4-8　水の粘性率に及ぼす温度の影響

なお，エアロゾルには有機物が含まれていないため，温度が上昇した場合にも粘性率を著しく大きくさせることはない。

2.3　スクラバ溶液の逆流防止

金属繊維フィルタのプレフィルタにおける圧損が大きい場合，金属繊維フィルタに設置されるドレン配管において逆流が発生し，金属繊維フィルタにスクラバ溶液が流入する可能性がある。

フィルタ装置の設計では，プレフィルタの圧損を考慮しており，想定される圧損に対して余裕のある値として□kPa の圧損を考慮している。具体的には，ドレン配管から金属繊維フィルタにスクラバ溶液が流入しないよう，金属繊維フィルタ下端から下方約□ m の位置にスクラバ溶液の水位上限を設定している。

実機ではプレフィルタの圧損は□程度であり，ドレン配管の逆流を考慮しても，スクラバ溶液が金属繊維フィルタまで逆流するおそれはないと評価できる。

また，金属繊維フィルタのドレン配管の内径は約□㎜であり，金属繊維フィルタに流入するベントガスに含まれるエアロゾルの粒径は極めて小さい□ことから，ドレン配管の閉塞が発生するおそれはないと言える。

フィルタ装置のスクラバ溶液水位の概要を図 4-9 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

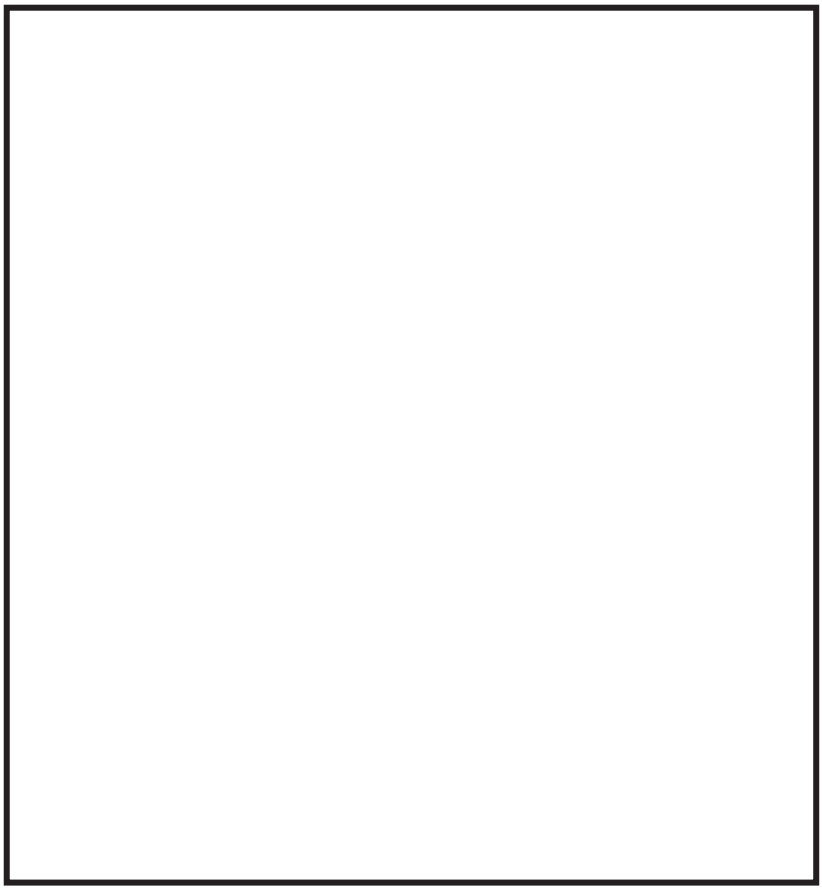


図 4-9　フィルタ装置のスクラバ溶液水位

3.　引用文献

(1)　ＮＵＲＥＧ／ＣＲ－５９５０　“Iodine Evolution and pH Control”, Dec.1992

(2)　ＮＵＲＥＧ／ＣＲ－５５６４　“Core-Concrete Interactions Using Molten UO_2 With Zirconium on A Basaltic Basement”, Apr.1992

(3)　化学便覧第５版

(4)　上平恒,「水の分子工学」

(5)　横山晴彦, 田端正明「錯体の溶液化学」

(6)　Pal M. Sipos, Glenn Hefter, and Peter M. May, Viscosities and Densities of Highly Concentrated Aqueous MOH Solutions (M^+ ＝ Na^+, K^+, Li^+, Cs^+, $(CH_3)_4N^+$) at 25.0℃, J.Chem.Eng.Data, 45, 613-617(2000)

(7)　Grinnell Jones and Holmes J.Fornwalt, The Viscosity of Aqueous Solutions of Electrolytes as a Function of the Concentration.III.Cesium Iodide and Potassium Permanganate, J.Am.Chem.Soc., 58(4), 619-625(1936)

(8)　日本機械学会　蒸気表<1999>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

原子炉格納容器フィルタベント系隔離弁の人力操作について

1. 原子炉格納容器フィルタベント系隔離弁の人力操作

原子炉格納容器フィルタベント系の隔離弁は，中央制御室からの操作ができない場合には，現場の隔離弁操作場所から遠隔手動弁操作設備を介して弁操作を実施する。ベントに必要な弁の位置と操作場所について，図 5-1～図 5-4 に示す。

ベントは，ベント準備作業として，原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁を「全開」したのちにサプレッションチェンバベント用出口隔離弁又はドライウェルベント用出口隔離弁を開操作し，開始する。

操作場所は，原子炉建屋付属棟内（非管理区域）であり，弁操作時の放射線防護対策として遮蔽を設置する。実際の操作にあたっては，現場へのアクセス時間及び必要な操作時間を考慮し，緊急時の線量限度である 100mSv を超えることがないように管理を行う。

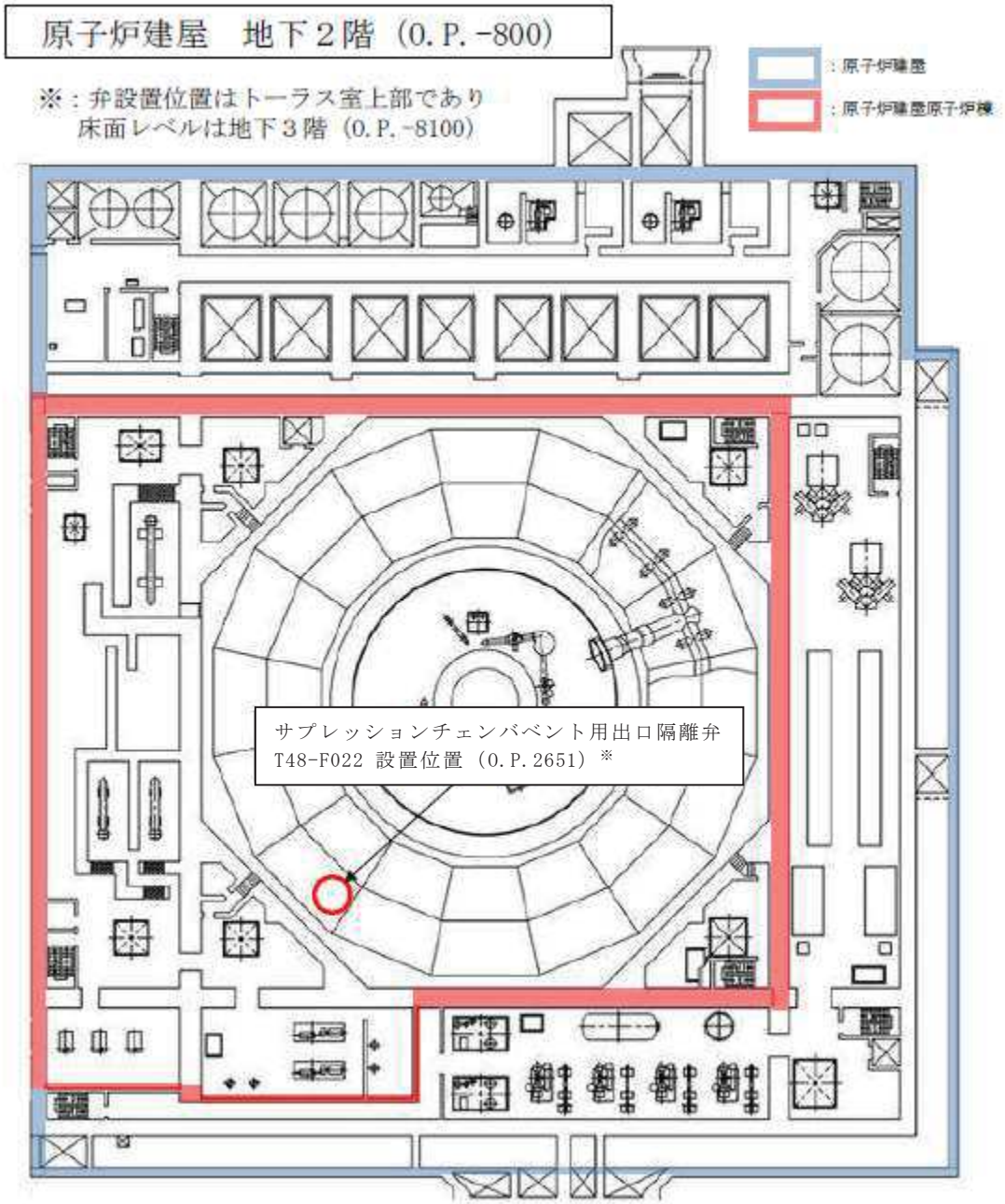


図 5-1　隔離弁設置位置及び現場における人力遠隔操作場所（原子炉建屋地下 2 階）

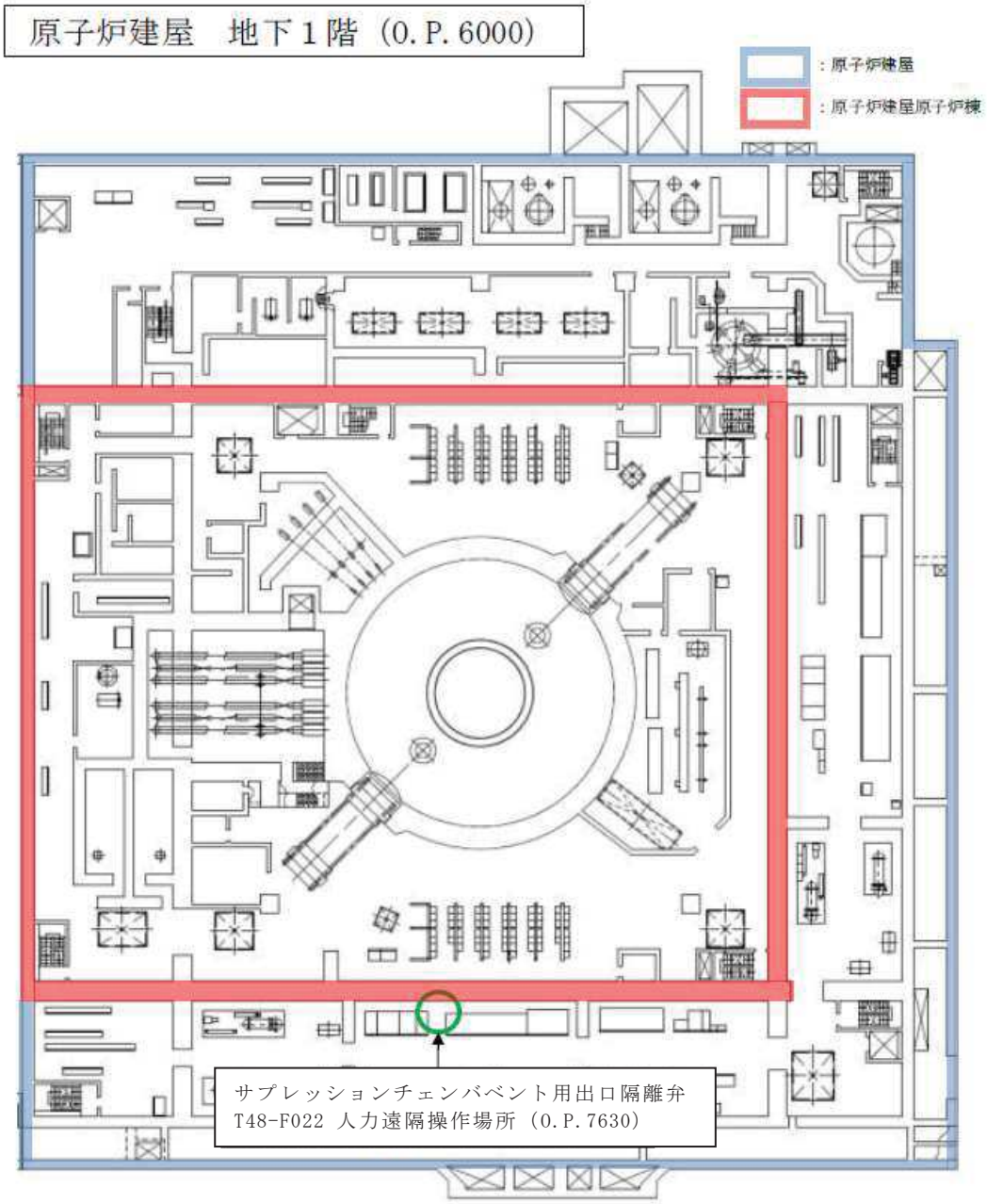


図 5-2　隔離弁設置位置及び現場における人力遠隔操作場所（原子炉建屋地下 1 階）

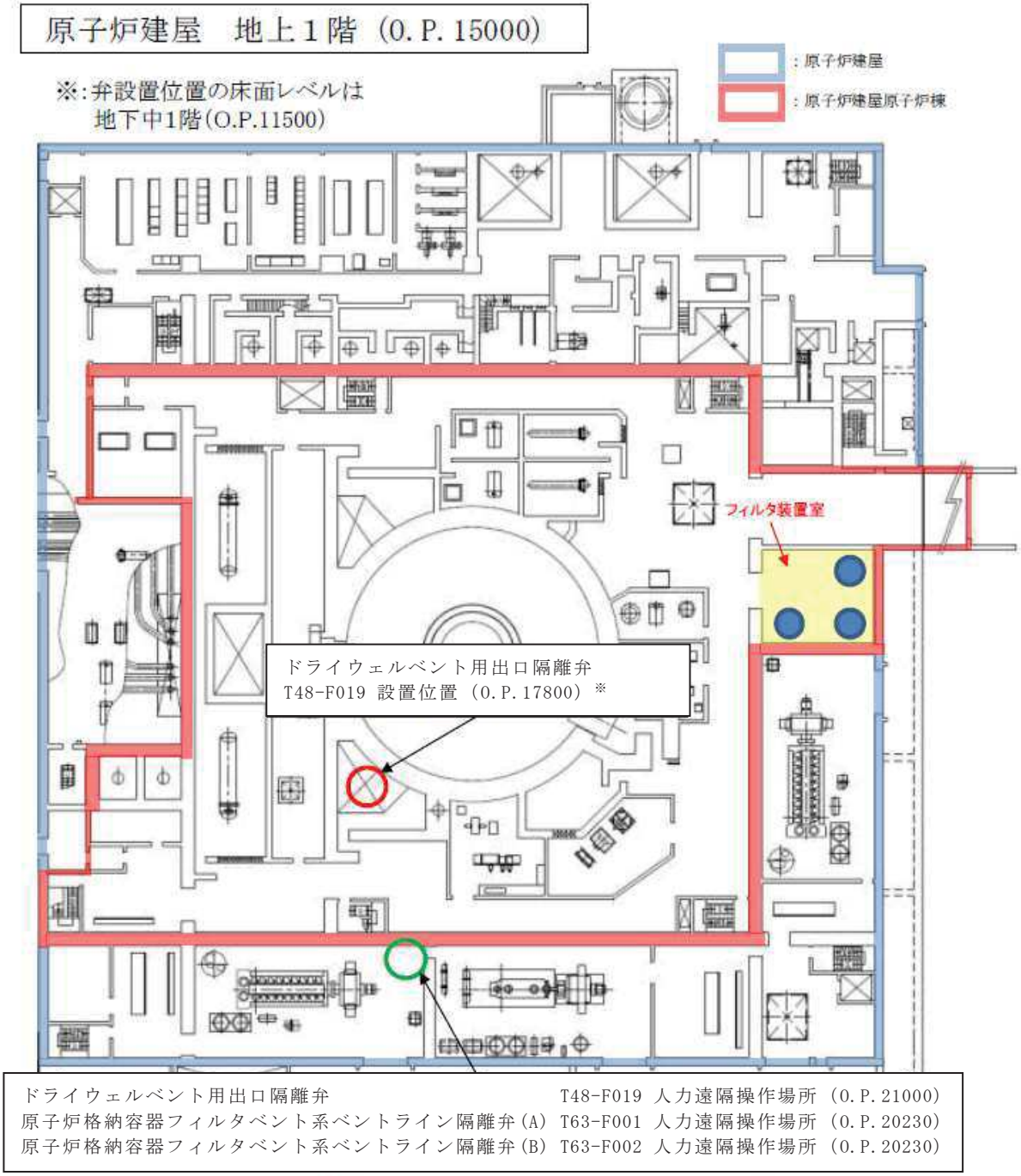


図 5-3　隔離弁設置位置及び現場における人力遠隔操作場所（原子炉建屋地上１階）

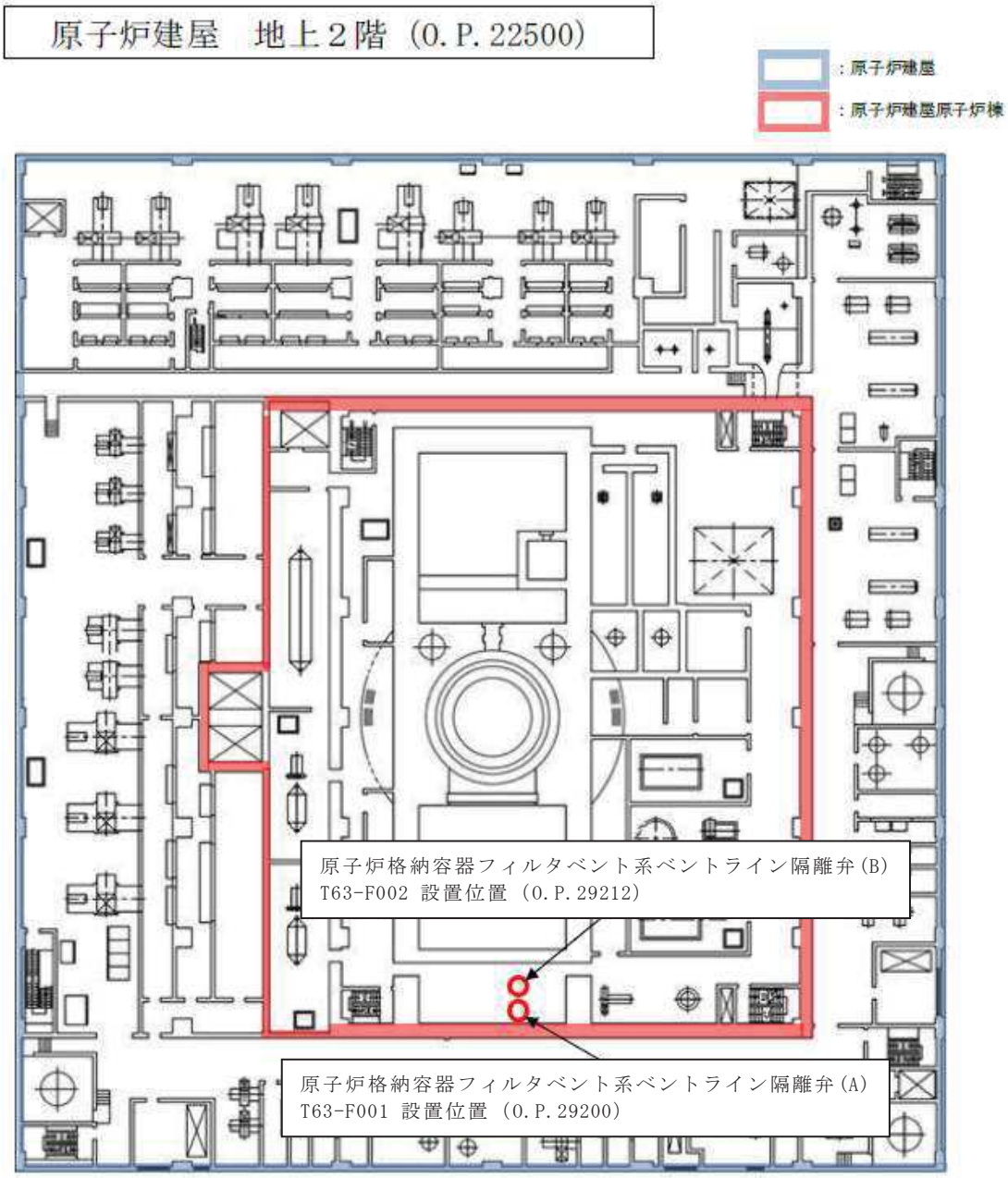


図 5-4　隔離弁設置位置及び現場における人力遠隔操作場所（原子炉建屋地上２階）

ベント実施に伴う作業等の作業員の被ばく評価

1. ベント実施に伴うベント操作時の作業員の被ばく評価

炉心の著しい損傷時においても，現場において，人力で原子炉格納容器フィルタベント系の隔離弁の操作ができるよう，放射線防護対策として原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁及びドライウェルベント用出口隔離弁）作業場所には鉛厚さ 2mm の遠隔手動弁操作設備遮蔽を設け，鉛 2mm 相当のタングステンベストを着用して作業することで放射性物質のガンマ線による外部被ばくを低減する設計とする。ベント実施に伴うベント操作を手動で行う場合の作業員の被ばく評価を行い，遠隔手動弁操作設備遮蔽は作業員を防護するために必要な遮蔽厚さ等を有しており，作業員の実効線量は緊急作業時の線量限度である 100mSv 以下となることを確認した。

ベント操作としてサプレッションチェンバからのベントを行う場合及びドライウェルからのベントを行う場合のそれぞれにおける原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁及びドライウェルベント用出口隔離弁）及び原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)/(B)）の開操作時の被ばく評価を行った。

(1) 評価条件

a. 放出量評価条件

格納容器破損防止対策の有効性評価で想定している炉心損傷を前提とした事象のうち，炉心損傷時間が早く，格納容器ベントを実施する「大破断 LOCA＋HPCS 失敗＋低圧 ECCS 失敗＋全交流動力電源喪失したシーケンス」の代替循環冷却系を使用できない場合が最も放射性物質の放出量が多くなるため，この事象をベント実施に伴うベント操作時の作業員の被ばく評価で想定する事象として選定する。

また，放出量評価条件を表 6-1，大気中への放出過程及び概略図を図 6-1～図 6-4 に示す。大気中への放出経路については図 6-5 に示すとおりであり，非常用ガス処理系等が起動し原子炉建屋原子炉棟の負圧達成するまで(事象発生から 70 分間)は原子炉建屋からの漏えいを想定し地上放出するとし，原子炉建屋原子炉棟の負圧が達成した以降（事象発生から 70 分間以降）は排気筒からの放出を想定する。また，ベント実施時は原子炉格納容器フィルタベント系からの放出を想定し原子炉建屋屋上の原子炉格納容器フィルタベント系排気管放出とする。

b. 被ばく評価条件

被ばく経路は，図 6-6～図 6-7 に示すとおりであり，経路ごとに以下に示す評価を行った。

大気中へ放出される放射性物質については，表 6-2 及び表 6-3 に示すように，ガウスプルームモデルを用いて拡散効果を考慮して外部被ばく及び内部被ばくの評

価を行った。

外気から作業場所内へ流入した放射性物質による被ばくについては，屋外の放射性物質の濃度と作業場所の放射性物質の濃度を同じとし，外部被ばくについては，表 6-4 に示すとおり作業場所の空間体積と等価な半球状とし，半球の中心の線量で行い，内部被ばくについては，表 6-5 に示す線量換算係数，呼吸率及びマスクの効果を考慮し評価を行った。なお，原子炉格納容器第一隔離弁の操作については，作業場所に遠隔手動弁操作設備遮蔽を設け，タングステンベスト及び自給式呼吸器を着用して作業することを考慮し評価を行った。

大気中に放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばくについては，ガウスプルームモデルを用いて拡散効果を考慮して放射性物質の濃度を求めた後，表 6-5 に示す地表面への沈着速度を考慮し評価を行った。

原子炉格納容器フィルタベント系配管，原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置，原子炉建屋原子炉棟等からの直接ガンマ線による被ばくについては，表 6-6～表 6-8 に示す原子炉建屋壁，作業場所に設置する遠隔手動弁操作設備遮蔽の遮蔽効果を考慮し評価を行った。なお，評価で考慮するコンクリート遮蔽は，建築工事標準仕様書 JASS5N・同解説（原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事，日本建築学会)に準拠して施工しているため，公称値からマイナス側許容差(-5mm)を引いた値を適用し，その密度は 2.15g/cm^3 とする。

c. アクセスルート

原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）のベント操作を行う場合のアクセスルートは，図 6-8～図 6-11 に示すとおりである。原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）のベント操作を行う場合のアクセスルートは，図 6-12～図 6-14 に示すとおりである。原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)/(B)）のベント操作を行う場合のアクセスルートは図 6-12～図 6-14 に示すとおりである。

d. 評価点

評価点は，図 6-15 に示すとおりであり，ベント操作の作業場所を評価点とする。

アクセスルートの評価点は，作業場所と同じ評価点とする。作業場所は原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）のベント操作時は地下 1 階非常用電気品室(B)，原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）では地上 1 階 DG(B)室，原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)/(B)）のベント操作時は地上 1 階 DG(B)室である。なお，作業及び移動に必要な時間は常に上記の評価点にいるものとし，被ばく評価を行った。

e. 作業時間

原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離

弁）の開操作は，ベント実施前に行うものとし，サプレッションチェンバ側及びドライウェル側共通で原子炉格納容器第二隔離弁の作業時間は 66 分（移動時間（往復）12 分＋作業時間 54 分）とする。また，原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁及びドライウェルベント用出口隔離弁）の開操作は，作業時間は 96 分（移動時間（往復）12 分＋作業時間（原子炉格納容器第一隔離弁作業場所滞在）84 分）とする。

(2) 評価結果

ベント実施に伴うベント操作を手動で行う場合の作業員の被ばく評価結果は以下に示すとおりであり，作業員の実効線量は緊急作業時の線量限度である 100 mSv 以下であり，ベント実施に伴うベント操作を手動で行うことができることを確認した。また，実効線量の内訳を表 6-9～表 6-11 に示す。

a. サプレッションチェンバからのベント操作時の作業員の実効線量

作業員の実効線量は原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁）で約 0.012mSv，原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）で約 78mSv となった。

b. ドライウェルからのベント操作時の作業員の実効線量

作業員の実効線量は原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁）で約 0.012mSv，原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）開操作時で約 71mSv となった。

表 6-1　放出量評価条件（1／4）

項　目	評価条件	選定理由
評価事象	「大破断LOCA＋HPCS失敗＋低圧ECCS失敗＋全交流動力電源喪失したシーケンス」（代替循環冷却系を使用できない場合）	格納容器破損防止対策の有効性評価で想定する格納容器破損モードのうち，中央制御室の運転員又は対策要員の被ばくの観点から結果が最も厳しくなる事故収束に成功した事故シーケンスを選定
炉心熱出力	2436 MW	定格熱出力
運転時間	１サイクルあたり 10000 時間(約 416 日)	１サイクル13ヶ月 (395日)を考慮して設定
取替炉心の 燃料装荷割合	1サイクル：0.229 2サイクル：0.229 3サイクル：0.229 4サイクル：0.229 5サイクル：0.084	取替炉心の燃料装荷割合に基づき設定
炉心内蔵量	希ガス類：1.6×10^{19} Bq よう素類：2.1×10^{19} Bq Cs 類：8.4×10^{17} Bq Te 類：6.0×10^{18} Bq Ba 類：1.8×10^{19} Bq Ru 類：1.8×10^{19} Bq Ce 類：5.5×10^{19} Bq La 類：4.1×10^{19} Bq （核種毎の炉内内蔵量を核種グループ毎に集約して記載）	「単位熱出力当たりの炉内内蔵量(Bq/MW)」×「2436MW(定格熱出力)」(単位熱出力当たりの炉内内蔵量(Bq/MW)は，BWR 共通条件として，女川２号機と同じ装荷燃料(9×9燃料)，運転時間(10000時間)で算出したABWRのサイクル末期の値を使用)
放出開始時間	原子炉格納容器漏えい：事故発生直後(なお，放射性物質は，MAAP解析に基づき事故発生約5分後から漏えい) 原子炉建屋原子炉棟漏えい：事故発生直後 非常用ガス処理系による放出：事故発生から70分後 原子炉格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱：事故発生から約45時間後	原子炉格納容器漏えい：MAAP 解析結果 原子炉建屋原子炉棟漏えい：原子炉建屋原子炉棟の負圧達成までの期間 非常用ガス処理系による放出：原子炉建屋原子炉棟の負圧達成時刻 原子炉格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の減圧及び除熱：MAAP 解析結果

表 6-1　放出量評価条件（2／4）

項　目	評価条件	選定理由
原子炉格納容器pH調整系の効果	考慮しない	原子炉格納容器pH調整系は，重大事故等対処設備と位置付けていないため，保守的に設定
よう素の形態	粒子状よう素：5% 無機よう素　：91% 有機よう素　：4%	R.G.1.195に基づき設定
原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい率（希ガス，粒子状放射性物質及び有機よう素）	1Pd以下　:1.0Pdで0.9%/日 1～1.5Pd　:1.5Pdで1.1%/日 1.5～2Pd　:2.0Pdで1.3%/日	MAAP解析にて原子炉格納容器の開口面積を設定し原子炉格納容器圧力に応じ漏えい率が変化するものとし，原子炉格納容器の設計漏えい率（0.9Pdで0.5%/日）及びＡＥＣの式等に基づき設定
原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい率（無機よう素）	1Pd以下　:0.9%/日（一定） 1～1.5Pd　:1.1%/日（一定） 1.5～2Pd　:1.3%/日（一定）	原子炉格納容器の設計漏えい率，ＡＥＣの式等に基づき設定
原子炉格納容器からの漏えいに関する捕集効果（除去係数）	希ガス:1 粒子状放射性物質:10 無機よう素:1 有機よう素:1	粒子状物質に対しては，原子炉格納容器からの漏えいに関する捕集効果を考慮
原子炉格納容器内での除去効果（粒子状放射性物質）	MAAP解析に基づく（沈着，サプレッションチェンバ内のプール水でのスクラビング及び格納容器スプレイ）	MAAPのFP挙動モデル
原子炉格納容器内での除去効果（有機よう素）	考慮しない	保守的に設定
原子炉格納容器内での除去効果（無機よう素）	自然沈着率：9.0×10^{-4}(1/s) (原子炉格納容器内の積算放出量の1/200まで)	ＣＳＥ実験及びStandard Review Plan 6.5.2に基づき設定
	サプレッションチェンバ内のプール水のスクラビングによる除去効果:5(ウェットウェルベントのみ)	Standard Review Plan 6.5.5に基づき設定

表 6-1　放出量評価条件（3／4）

項　目	評価条件			選定理由
		ウェットウェルベント	ドライウェルベント	
原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい割合	希ガス類： よう素類： Cs 類： Te 類： Ba 類： Ru 類： La 類： Ce 類：	約2.2×10^{-2} 約8.3×10^{-4} 約3.1×10^{-6} 約6.3×10^{-7} 約2.5×10^{-7} 約3.1×10^{-8} 約2.5×10^{-9} 約6.3×10^{-9}	約2.2×10^{-2} 約8.3×10^{-4} 約3.1×10^{-6} 約6.3×10^{-7} 約2.5×10^{-7} 約3.1×10^{-8} 約2.5×10^{-9} 約6.3×10^{-9}	MAAP 解析結果及び NUREG-1465 に基づき設定
原子炉建屋から大気への漏えい率（非常用ガス処理系の起動前）	無限大(回/日)（地上放出） （原子炉建屋原子炉棟負圧維持期間以外は，原子炉格納容器から原子炉建屋へ漏えいした放射性物質は，即座に大気へ漏えいするものとして評価）			保守的に設定
非常用ガス処理系から大気への放出率（非常用ガス処理系の起動後）	0.5(回/日)（排気筒放出） （原子炉建屋原子炉棟負圧維持期間）			設計値に基づき設定（非常用ガス処理系のファン容量）
非常用ガス処理系の起動時間	事故発生から 70 分後			起動操作時間（60 分）＋負圧達成時間（10 分)(保守的に負圧達成時間として 10 分を想定）
非常用ガス処理系のフィルタ除去効率	考慮しない			保守的に設定
原子炉建屋ブローアウトパネルの開閉状態	閉状態			原子炉建屋原子炉棟内の急激な圧力上昇等による原子炉建屋ブローアウトパネルの開放がないため

表 6-1　放出量評価条件（4／4）

項 目	評価条件			選定理由
原子炉格納容器からベントラインへの放出割合		ウェットウェルベント	ドライウェルベント	MAAP 解析結果及び NUREG-1465 に基づき設定
	希ガス類：	約9.5×10^{-1}	約9.5×10^{-1}	
	よう素類：	約3.0×10^{-2}	約3.3×10^{-2}	
	Cs 類：	約1.2×10^{-6}	約3.2×10^{-4}	
	Te 類：	約2.4×10^{-7}	約6.4×10^{-5}	
	Ba 類：	約9.4×10^{-8}	約2.6×10^{-5}	
	Ru 類：	約1.2×10^{-8}	約3.2×10^{-6}	
	La 類：	約9.4×10^{-10}	約2.6×10^{-7}	
	Ce 類：	約2.4×10^{-9}	約6.4×10^{-7}	
原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置の除去係数	希ガス：1 有機よう素：50 無機よう素：500 粒子状放射性物質：1000			設計値に基づき設定

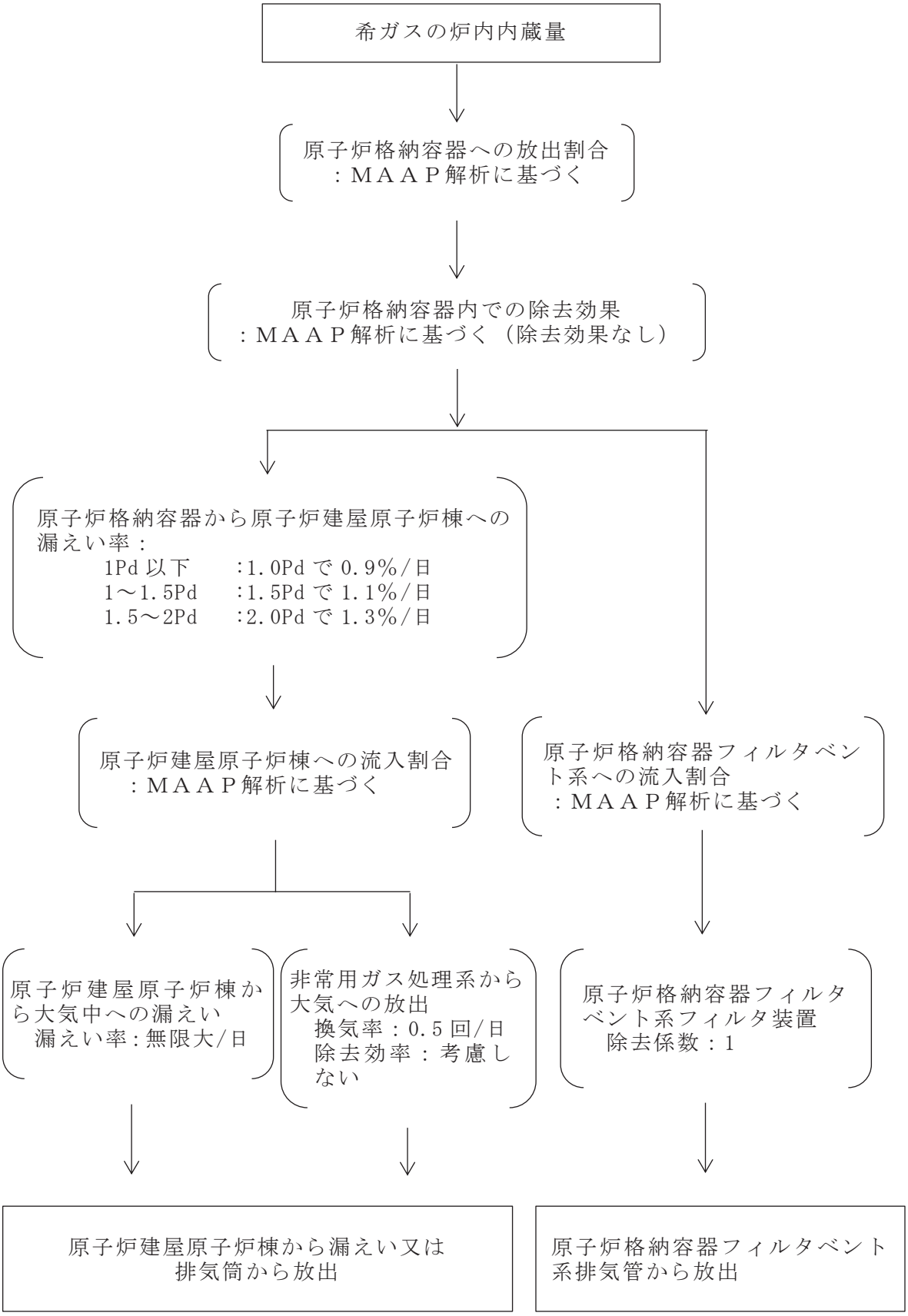


図 6-1　希ガスの大気放出過程

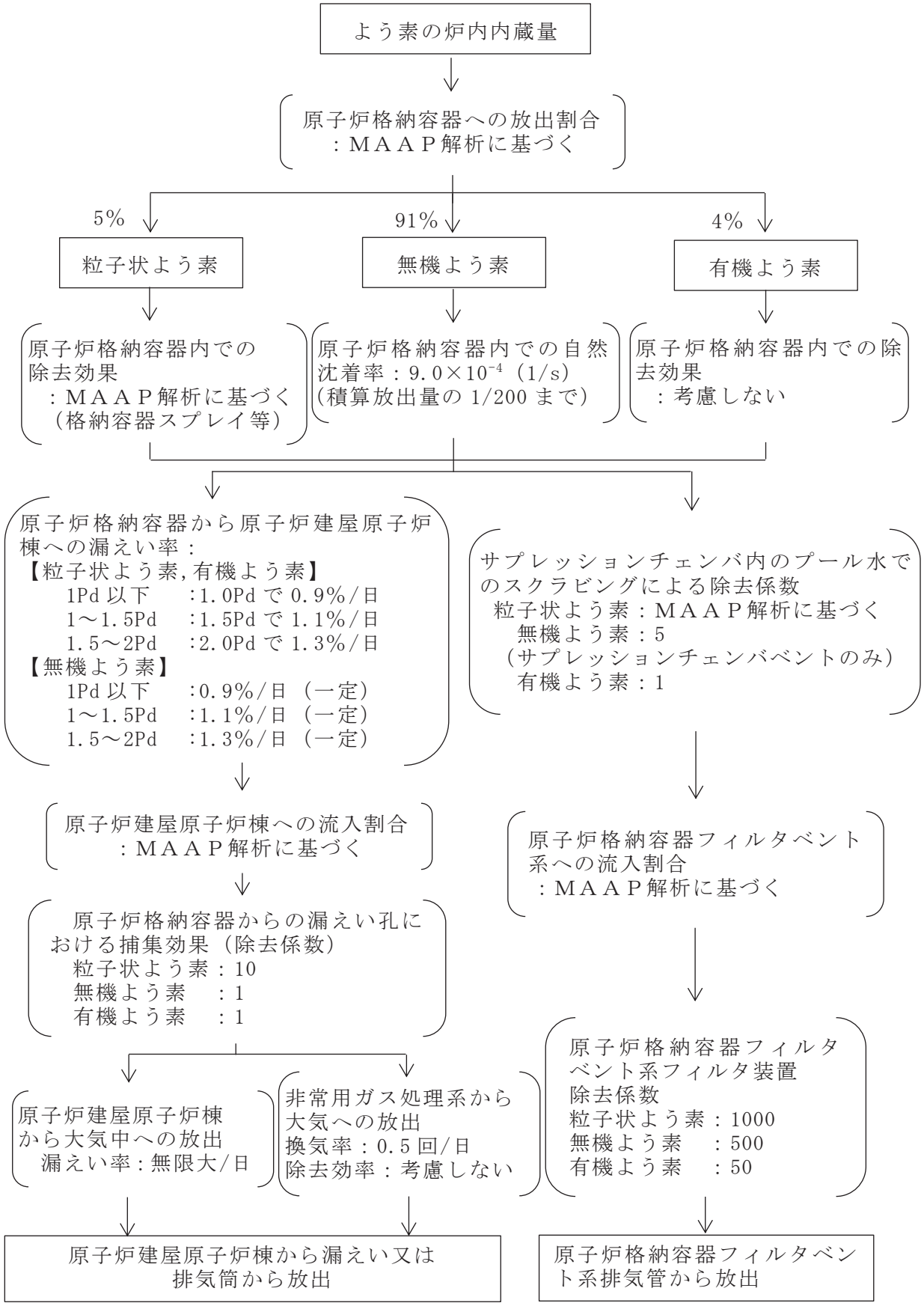


図 6-2　よう素の大気放出過程

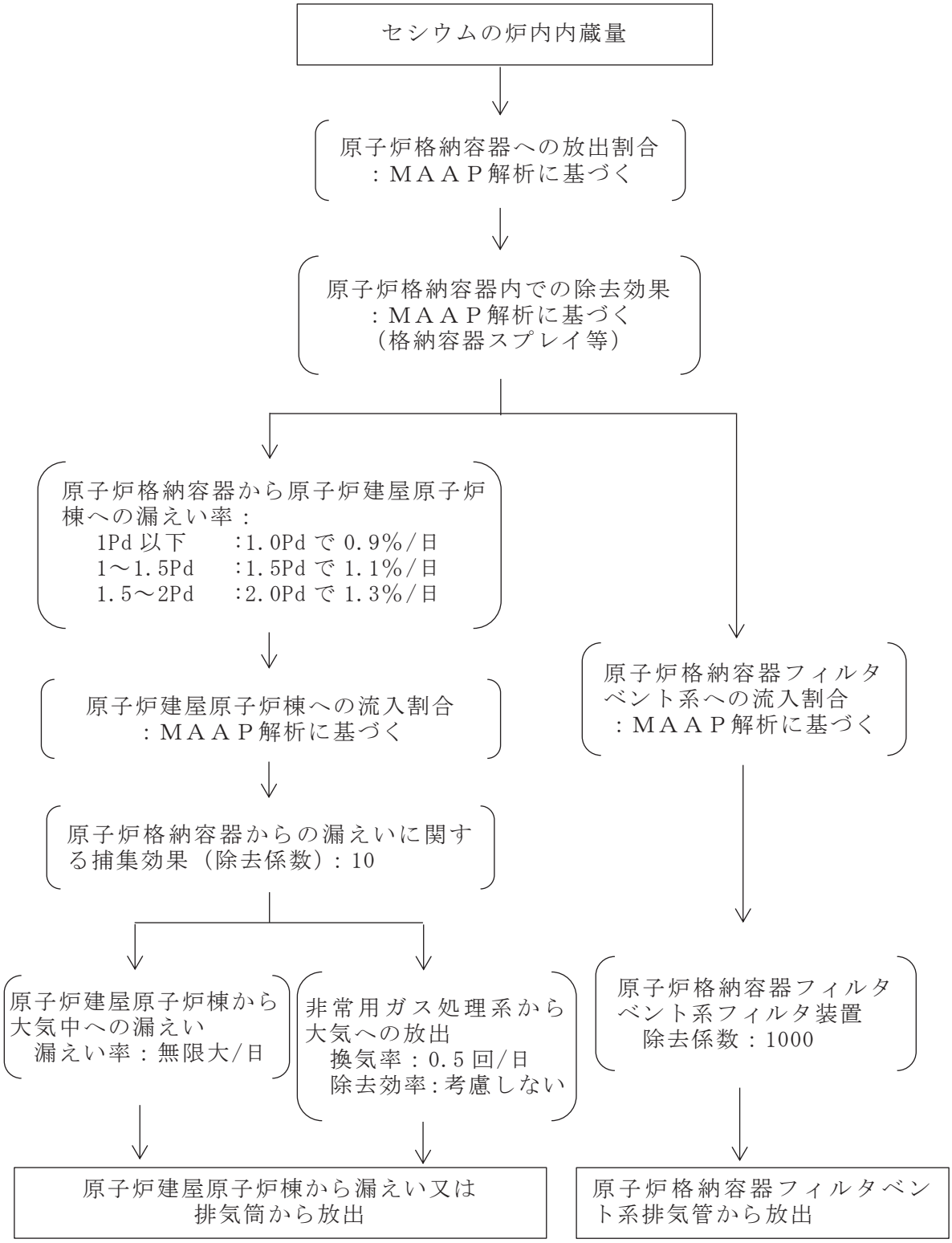


図 6-3　セシウムの大気放出過程

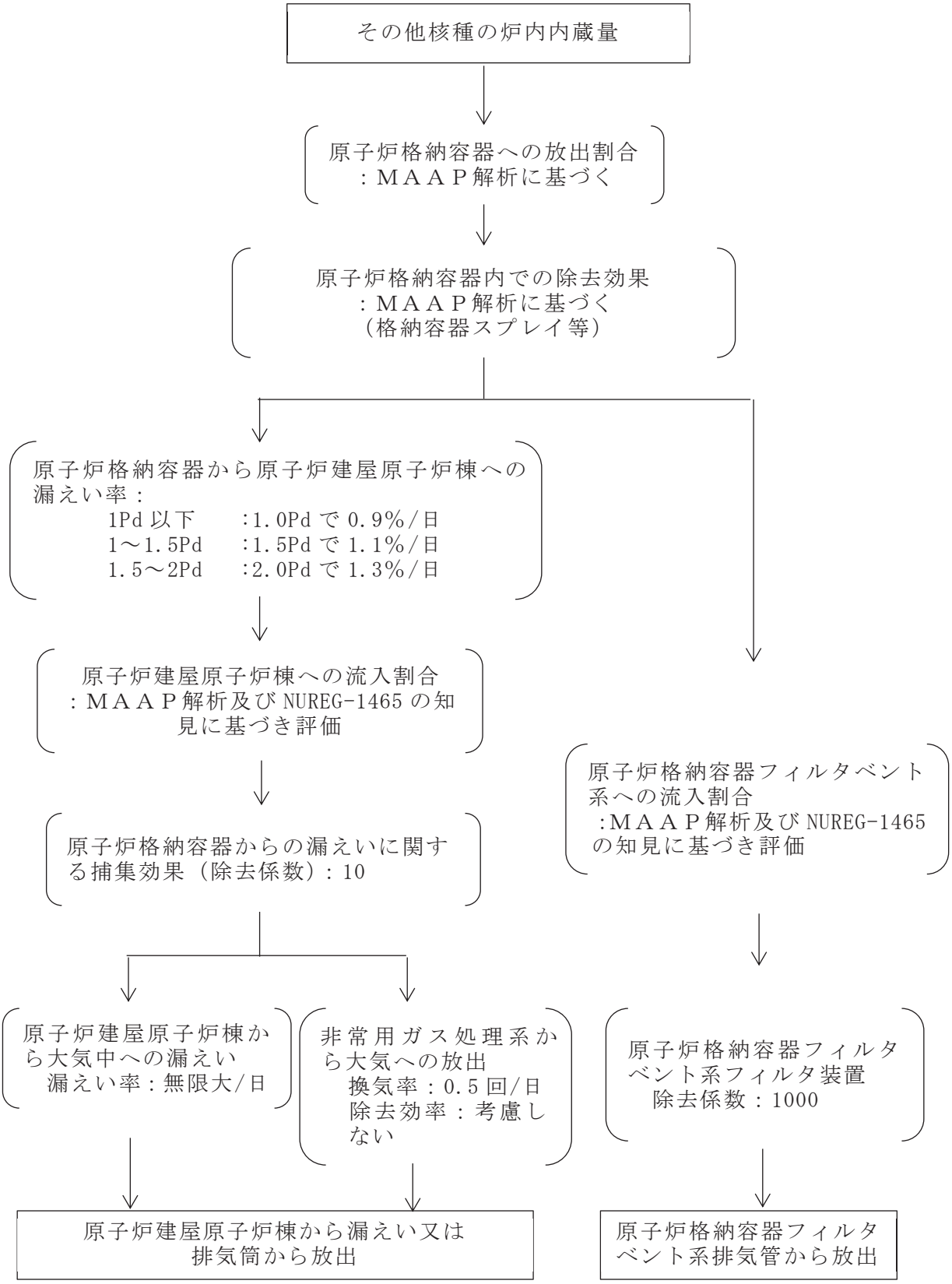
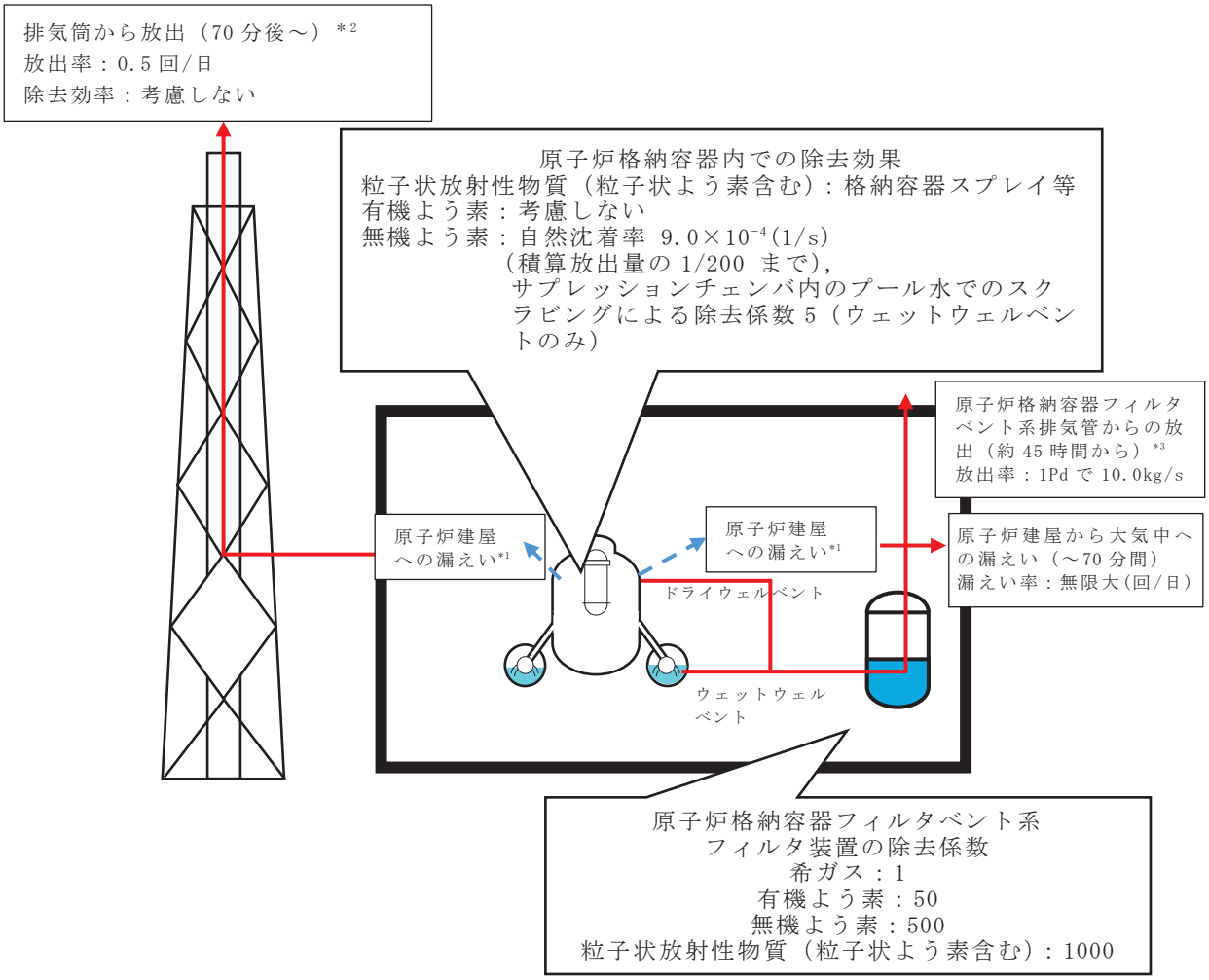


図 6-4　その他核種の大気放出過程



大気への放出経路	0時間 ▼70分*2 ▼45時間*3 168時間▼
原子炉建屋からの漏えい	
排気筒からの放出	
原子炉格納容器フィルタベント系排気管からの放出	

注記　＊1：原子炉格納容器から原子炉建屋への漏えい率

【希ガス，粒子状放射性物質（粒子状よう素含む），有機よう素】

1Pd以下：1.0Pdで0.9%/日，1～1.5Pd：1.5Pdで1.1%/日，1.5～2Pd：2.0Pdで1.3%/日

【無機よう素】

1Pd以下:0.9%/日（一定），1～1.5Pd:1.1%/日（一定），1.5～2Pd:1.3%/日（一定）

＊2：非常用ガス処理系の起動により原子炉建屋原子炉棟内は負圧となるため，事象発生70分以降は原子炉建屋から大気中への漏えいはなくなる。

＊3：事象発生後約45時間以降は，「排気筒からの放出」及び「原子炉格納容器フィルタベント系排気管からの放出」の両経路から放射性物質を放出する。

図6-5　大気放出過程概略図（イメージ）

被ばく経路
①大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく（クラウドシャインによる外部被ばく）
②外気から作業場所に流入した放射性物質による被ばく（作業場所内に浮遊している放射性物質による内部及び外部被ばく，マスク着用（DF=50）を考慮）
③原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく（直接ガンマ線による外部被ばく）
④大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく（グランドシャインによる外部被ばく）

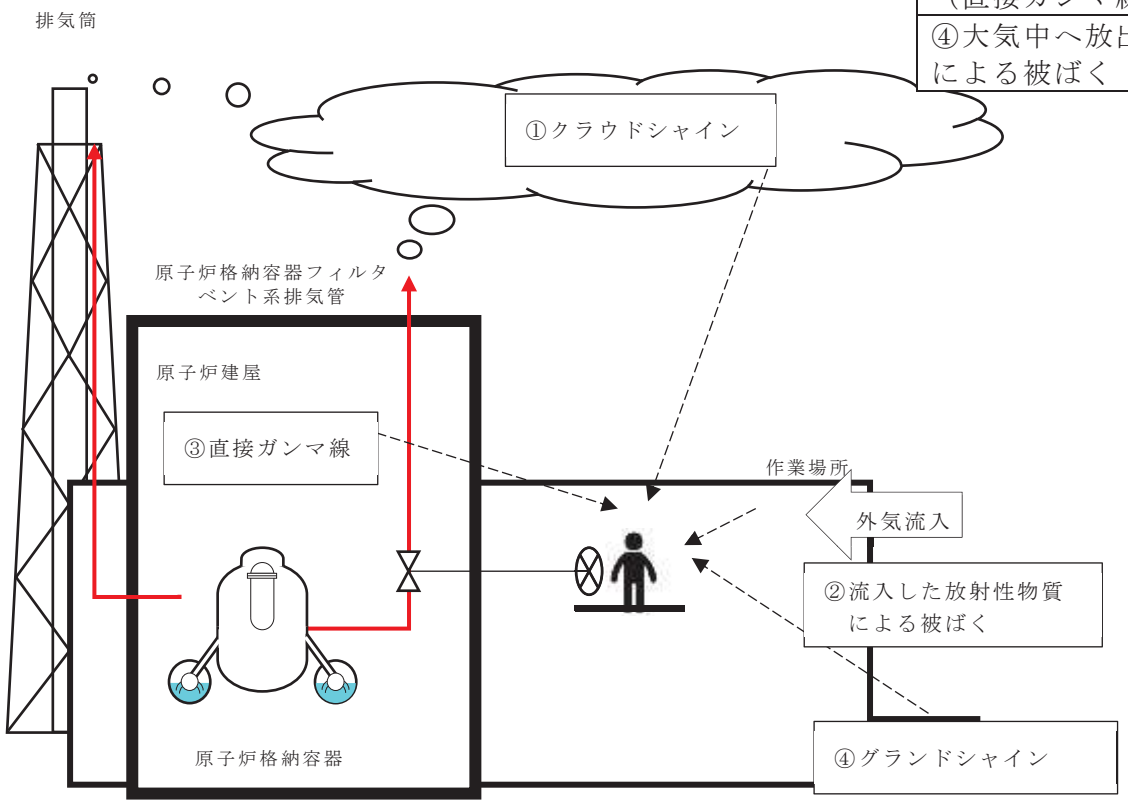


図 6-6　ベント操作に係る作業時の被ばく評価経路イメージ（屋内移動時及び原子炉格納容器第二隔離弁開操作時）

被ばく経路
①大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による被ばく（クラウドシャインによる外部被ばく）
②外気から作業場所に流入した放射性物質による被ばく（作業場所内に浮遊している放射性物質による外部被ばく：遠隔手動弁操作設備遮蔽及びタングステンベスト着用に伴う遮蔽効果を考慮。ただし，自給式呼吸器の使用により内部被ばくはないものとする。）
③原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく（直接ガンマ線による外部被ばく）
④フィルタ装置及び配管内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく（ただし，ベント実施後のみ考慮する。）
⑤大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく（グランドシャインによる外部被ばく）

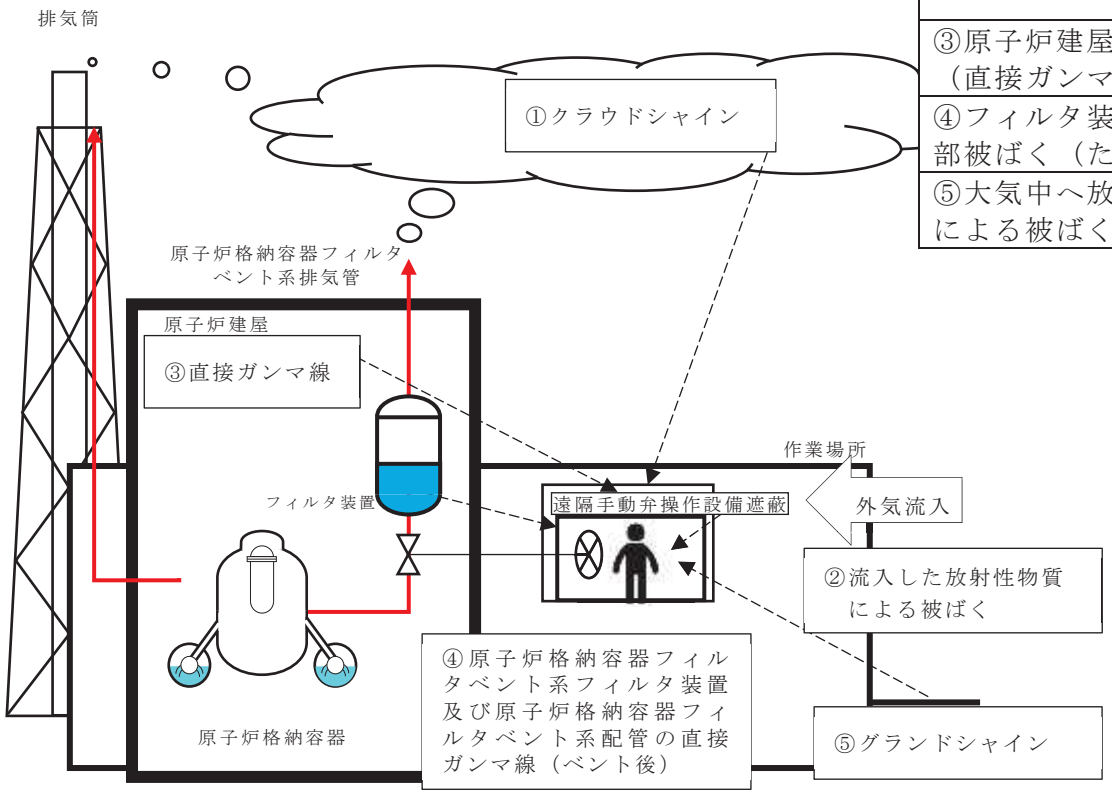


図 6-7　ベント操作に係る作業時の被ばく評価経路イメージ（屋内移動時及び原子炉格納容器第一隔離弁開操作時）

表 6-2　大気拡散評価条件

項　目	評価条件	選定理由
大気拡散評価モデル	ガウスプルームモデル	発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に基づき評価
気象データ	女川原子力発電所における1年間の気象データ(2012年1月～2012年12月) 地上風　：地上約10m 排気筒風：地上71m	原子炉格納容器フィルタベント系排気管及び原子炉建屋からの放出は地上風(地上10m)の気象データを使用。排気筒からの放出は排気筒風(地上71m)の気象データを使用
放出源及び放出源高さ（有効高さ）	原子炉建屋漏えい：地上0m 原子炉格納容器フィルタベント系排気管からの放出：地上36m 排気筒からの放出：地上90m	原子炉格納容器フィルタベント系排気管からの放出は建屋影響を考慮し原子炉建屋屋上からの放出と想定し設定 なお，建屋巻込みの影響を受けない排気筒の放出源高さは，敷地境界における有効高さを使用
実効放出継続時間	1時間	保守的に最も短い実効放出継続時間を設定
累積出現頻度	小さい方から97 %	気象指針に基づき設定
建屋の影響	原子炉建屋漏えい：考慮する 原子炉格納容器フィルタベント系排気管からの放出：考慮する 排気筒からの放出：考慮しない	放出点から近距離の建屋の影響を受けるため，建屋による巻き込み現象を考慮 排気筒については高さが周囲の建屋2.5倍以上あるため巻き込みの影響を受けない
巻き込みを生じる代表建屋	原子炉建屋	放出源から最も近く，巻き込みの影響が最も大きい建屋として選定
大気拡散評価点	図6-15参照	屋内移動時の評価点は作業場所と同一とする
着目方位	排気筒：1方位 原子炉建屋及び 原子炉格納容器フィルタベント系排気管：9方位	排気筒については評価点の方位とし，原子炉建屋漏えい及び原子炉格納容器フィルタベント系排気管については放出源が評価点に近いことから,180度をカバーする方位を対象とする
建屋影響	2050m^2	原子炉建屋の最小投影断面積を設定
形状係数	0.5	発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に基づき設定

表 6-3　評価に使用する相対濃度（χ／Q）及び相対線量（D／Q）

作業内容		放出源	相対濃度及び相対線量	
原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）開操作	屋内移動時／作業時	原子炉格納容器フィルタベント系排気管	χ／Q (s/m^3)	約9.5×10^{-4}
			D／Q (Gy/Bq)	約6.7×10^{-18}
		原子炉建屋ブローアウトパネル	χ／Q (s/m^3)	約1.9×10^{-3}
			D／Q (Gy/Bq)	約7.0×10^{-18}
		排気筒	χ／Q (s/m^3)	約2.9×10^{-6}
			D／Q (Gy/Bq)	約1.2×10^{-19}
原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）開操作	屋内移動時／作業時	原子炉格納容器フィルタベント系排気管	χ／Q (s/m^3)	約9.5×10^{-4}
			D／Q (Gy/Bq)	約6.7×10^{-18}
		原子炉建屋ブローアウトパネル	χ／Q (s/m^3)	約1.9×10^{-3}
			D／Q (Gy/Bq)	約7.0×10^{-18}
		排気筒	χ／Q (s/m^3)	約2.9×10^{-6}
			D／Q (Gy/Bq)	約1.2×10^{-19}
原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁）開操作	屋内移動時／作業時	原子炉建屋ブローアウトパネル	χ／Q (s/m^3)	約1.9×10^{-3}
			D／Q (Gy/Bq)	約7.0×10^{-18}
		排気筒	χ／Q (s/m^3)	約2.9×10^{-6}
			D／Q (Gy/Bq)	約1.2×10^{-19}

表 6-4　建屋内に流入した放射性物質による外部被ばく評価条件（1/2）

項　目	評価条件	選定理由
評価式	$D = 6.2 \times 10^{-14} \cdot Q_\gamma \cdot \chi/Q \cdot E_{\gamma\cdot}(1 - e^{-\mu \cdot R}) \cdot 3600$ D　：放射線量率（Sv/h） Q_γ　：大気に放出された放射性物質放出率（Bq/s）（0.5MeV換算値） $E_{\gamma\cdot}$　：ガンマ線エネルギ（0.5MeV/dis） μ　：空気に対するガンマ線エネルギ吸収係数（3.9×10^{-3} /m） R　：作業エリア等の空間体積と等価な半球の半径(m) $R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_R}{2 \cdot \pi}}$ V_R　：作業エリア等の空間体積（m^3）	—
作業場所等の空間体積（V_R）	＜サプレッションチェンバからのベントを行う場合＞ ・原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁 操作場所　：1860m^3 屋内移動アクセスルート　：4760m^3 ・サプレッションチェンバベント用出口隔離弁 操作場所　：1540m^3 操作場所（遠隔手動弁操作設備遮蔽内部）　：20m^3 屋内移動アクセスルート　：4760m^3 ＜ドライウェルからのベントを行う場合＞ ・原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁 操作場所　：1860m^3 屋内移動アクセスルート　：4760m^3 ・ドライウェルベント用出口隔離弁 操作場所　：1860m^3 操作場所（遠隔手動弁操作設備遮蔽内部）　：20m^3 屋内移動アクセスルート　：4760m^3	アクセスルートとなる建屋内の区画で最も線量率が高くなる区画の空間体積で設定 操作エリアは作業区画の空間体積で設定

表 6-4　建屋内に流入した放射性物質による外部被ばく評価条件（2/2）

項 目	評価条件	選定理由
屋内作業場所流入率の考慮	考慮しない	保守的に外気濃度と同一濃度とする
サプレッションチェンバベント用出口隔離弁及びドライウェルベント用出口隔離弁操作箇所の遮蔽	鉛 2mm	設計値に基づき設定
タングステンベストの考慮	鉛2mm相当のタングステンベストの着用による遮蔽効果及び不均等被ばくを考慮して評価 【不均等被ばくの評価式】 H_{EE}=0.11Ha+0.89Hb H_{EE} ：外部被ばくの実効線量 Ha ：タングステンベストの着用による遮蔽効果を考慮しない実効線量 Hb ：タングステンベストの着用による遮蔽効果を考慮した実効線量	炉心損傷後のサプレッションチェンバ ベント用出口隔離弁及びドライウェルベント用出口隔離弁の開操作時に着用する運用に合わせて設定。また，不均等被ばくの評価式は「外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係る技術的指針（平成11年4月）」より設定。

表 6-5　線量換算係数，呼吸率等

項　目	評価条件	選定理由
線量換算係数	成人実効線量換算係数を使用 (主な核種を以下に示す) I-131 ：2.0×10^{-8} Sv/Bq I-132 ：3.1×10^{-10} Sv/Bq I-133 ：4.0×10^{-9} Sv/Bq I-134 ：1.5×10^{-10} Sv/Bq I-135 ：9.2×10^{-10} Sv/Bq Cs-134：2.0×10^{-8} Sv/Bq Cs-136：2.8×10^{-9} Sv/Bq Cs-137：3.9×10^{-8} Sv/Bq 上記以外の核種はICRP Pub. 71，72に基づく	ICRP Publication 71，72に基づく
呼吸率	$1.2m^3/h$	成人活動時の呼吸率を設定
マスクの除染係数	DF50	性能上期待できる値から設定
自給式呼吸器の考慮	原子炉格納容器第一隔離弁操作時に着用 （内部被ばくの影響を受けない）	現場での隔離弁開操作時に着用する 運用に合わせて設定
地表面への沈着速度	粒子状放射性物質 ：0.4 cm/s 無機よう素　　：0.4 cm/s 有機よう素　　：1.4×10^{-3} cm/s	女川原子力発電所の実気象から求めた沈着速度から保守的に設定

表 6-6　原子炉格納容器フィルタベント系配管からの直接ガンマ線

項　目		作業場所における評価条件			選定理由
		配管位置	配管向き*1	遮蔽厚さ及び距離	
遮蔽厚さ	地下1階非常用電気品室(B)	地下1階	上下方向	[redacted] cm*2	ベント操作エリアにおける原子炉建屋原子炉棟壁等を考慮(図6-8～図6-14参照)
		地上1階	南北方向		
		地上1階	東西方向	[redacted] cm*3	
		地上1階	上下方向		
	地上1階DG(B)室	地上1階	南北方向		
		地上1階	東西方向		
		地上1階	上下方向	[redacted] cm*2	
		地上2階	南北方向		
		地上2階	東西方向		
許容差		評価で考慮するコンクリート遮蔽は，公称値からマイナス側許容差(-5mm)を引いた値を適用			建築工事標準仕様書JASS5N・同解説（原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事,日本建築学会)に基づき設定
コンクリート密度		2.15g/cm^3			建築工事標準仕様書JASS5N・同解説（原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事，日本建築学会）を基に算出した値を設定
配管中心から評価点までの距離	地下1階非常用電気品室(B)	地下1階	上下方向	27.0m	—
		地上1階	南北方向	88.0m	
		地上1階	東西方向	27.0m	
		地上1階	上下方向	27.0m	
	地上1階DG(B)室	地上1階	南北方向	88.0m	
		地上1階	東西方向	27.0m	
		地上1階	上下方向	27.0m	
		地上2階	南北方向	18.0m	
		地上2階	東西方向	18.0m	

注記　＊1：原子炉格納容器フィルタベント系配管は方向毎に評価

＊2：原子炉建屋原子炉棟躯体 1 枚に対してマイナス側許容差を考慮

＊3：原子炉建屋原子炉棟躯体 2 枚に対してマイナス側許容差を考慮

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-7　原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置からの直接ガンマ線

評価点	遮蔽厚さ*1	線源からの距離	選定理由
地下 1 階 非常用電気品室(B)	□cm*2	460.0m	ベント操作エリアにおける原子炉建屋原子炉棟壁等を考慮（図 6-8～図 6-14 参照）
地上 1 階 DG(B)室	□cm*3	453.0m	

注記　＊1：評価で考慮するコンクリート遮蔽は，公称値からマイナス側許容差（-5mm）を引いた値を適用

＊2：原子炉建屋原子炉棟躯体 3 枚に対してマイナス側許容差を考慮

＊3：原子炉建屋原子炉棟躯体 2 枚に対してマイナス側許容差を考慮

表 6-8　原子炉建屋からの直接ガンマ線

項　目	評価条件	選定理由
遮蔽厚さ	□cm～□cm*4	原子炉建屋原子炉棟外壁（2次しゃへい壁）の厚さを設定
原子炉建屋原子炉棟内線源強度分布	原子炉建屋原子炉棟内に放出された放射性物質が均一に分布	審査ガイドに示されたとおり設定
原子炉建屋原子炉棟のモデル	原子炉建屋原子炉棟の幾何形状をモデル化	原子炉建屋原子炉棟外壁を遮蔽体として考慮 原子炉建屋の評価モデルを図 6-16～図 6-17 に示す
直接ガンマ線評価コード	直接ガンマ線評価：QAD－CGGP2R	現行許認可（添十）に同じ

注記　＊4：評価で考慮するコンクリート遮蔽は，公称値からマイナス側許容差（-5mm）を引いた値を適用

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

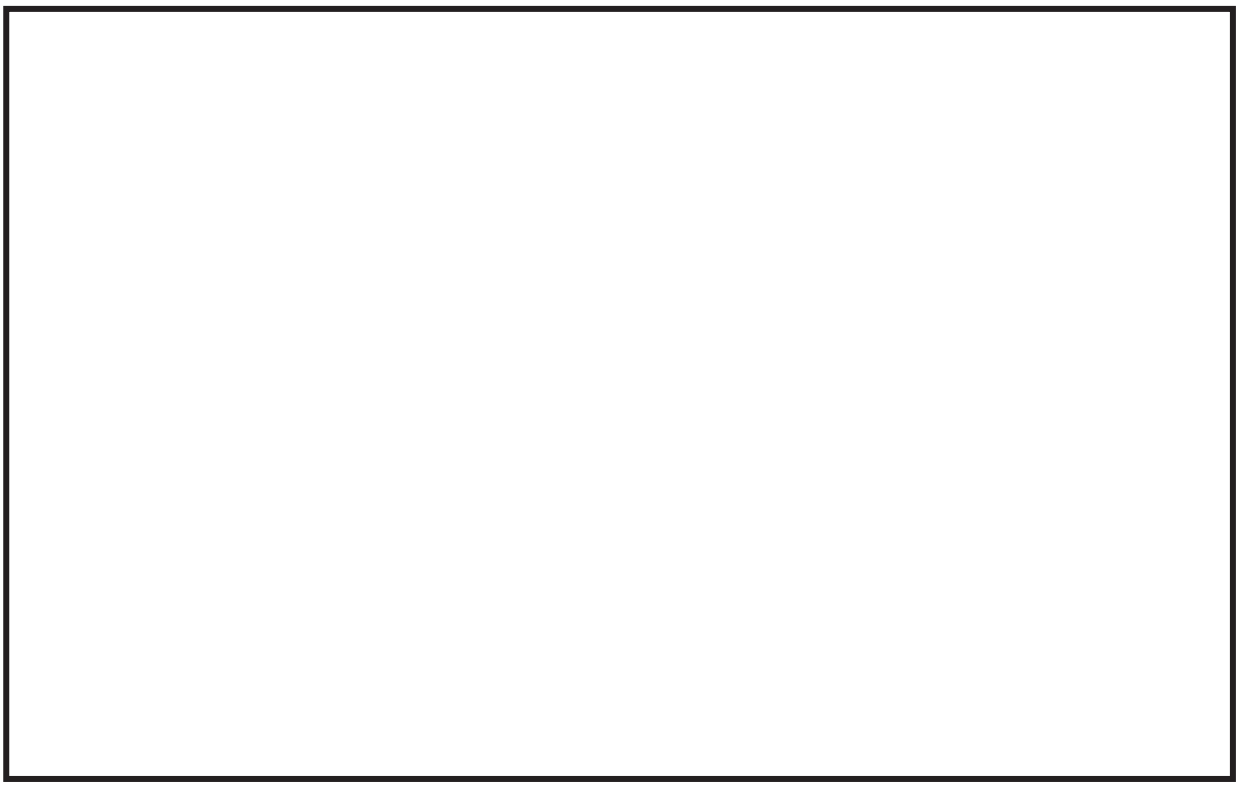


図 6-8　原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地上 3 階及び制御建屋地上 3 階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

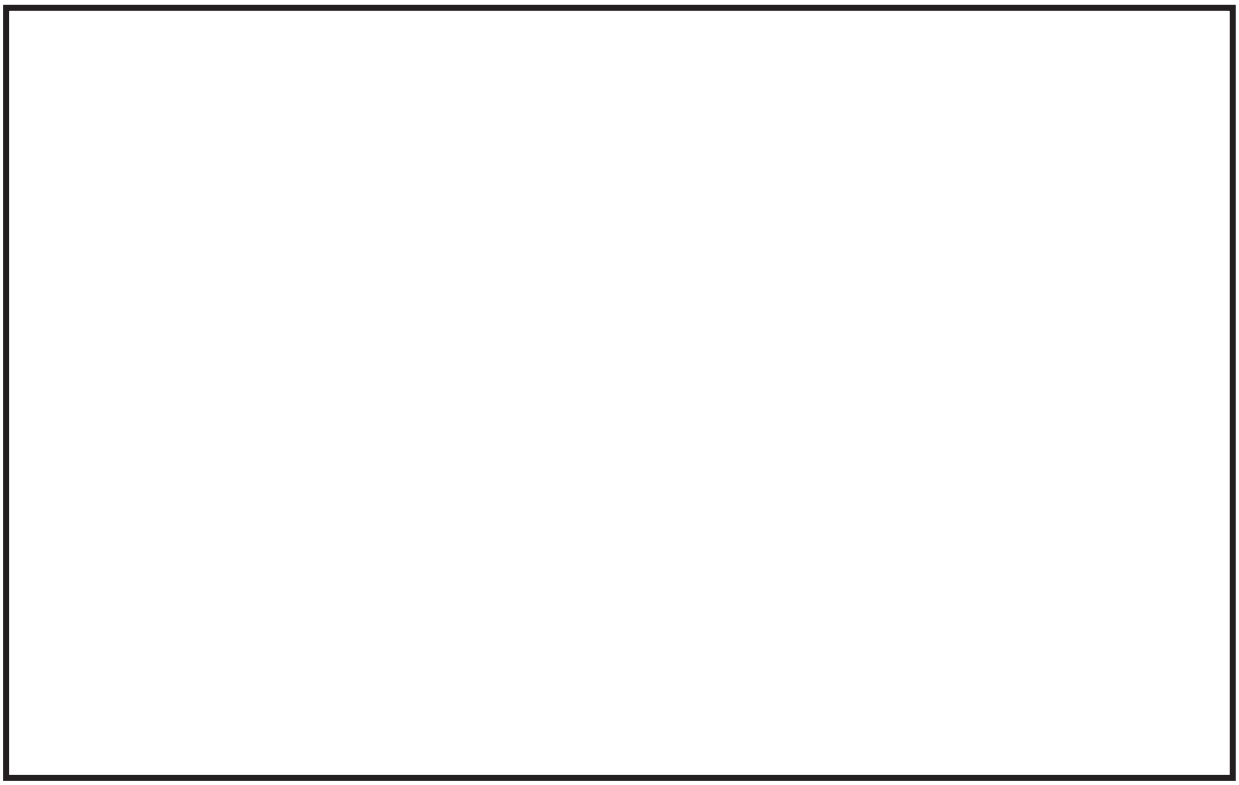


図 6-9　原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地上 2 階，タービン建屋地上 2 階及び制御建屋地上 2 階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

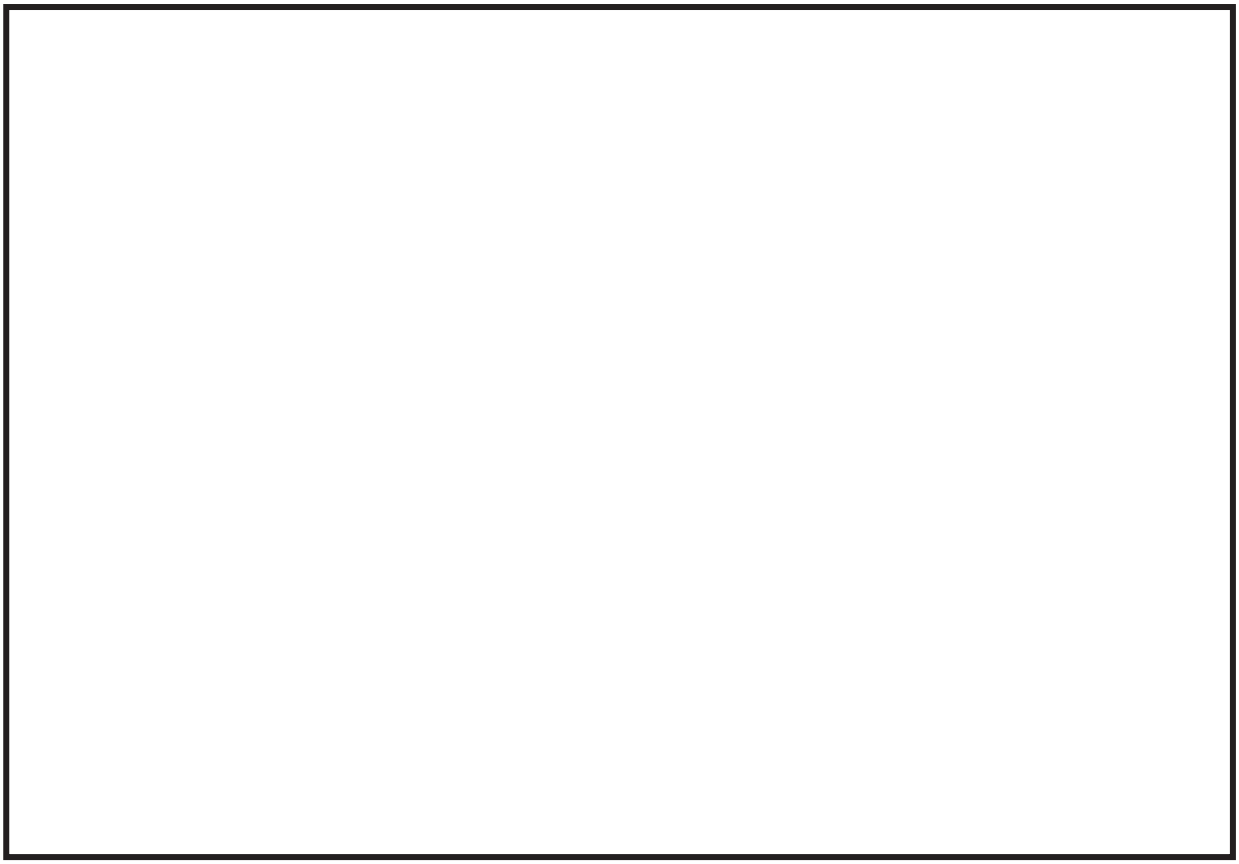


図 6-10　原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地上 1 階，タービン建屋地上 1 階及び制御建屋地上 1 階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

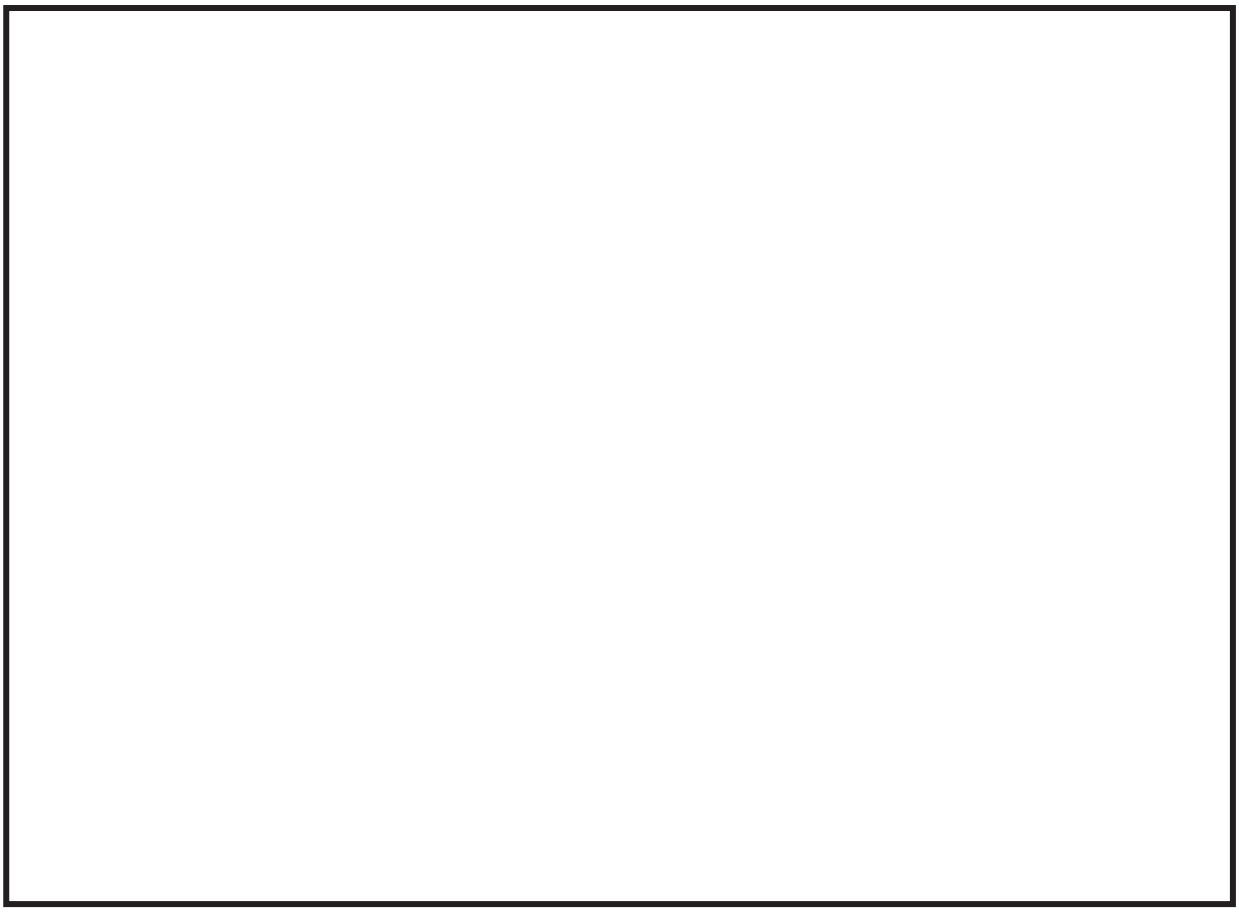


図 6-11　原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地下 1 階，タービン建屋地下 1 階及び制御建屋地下 1 階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

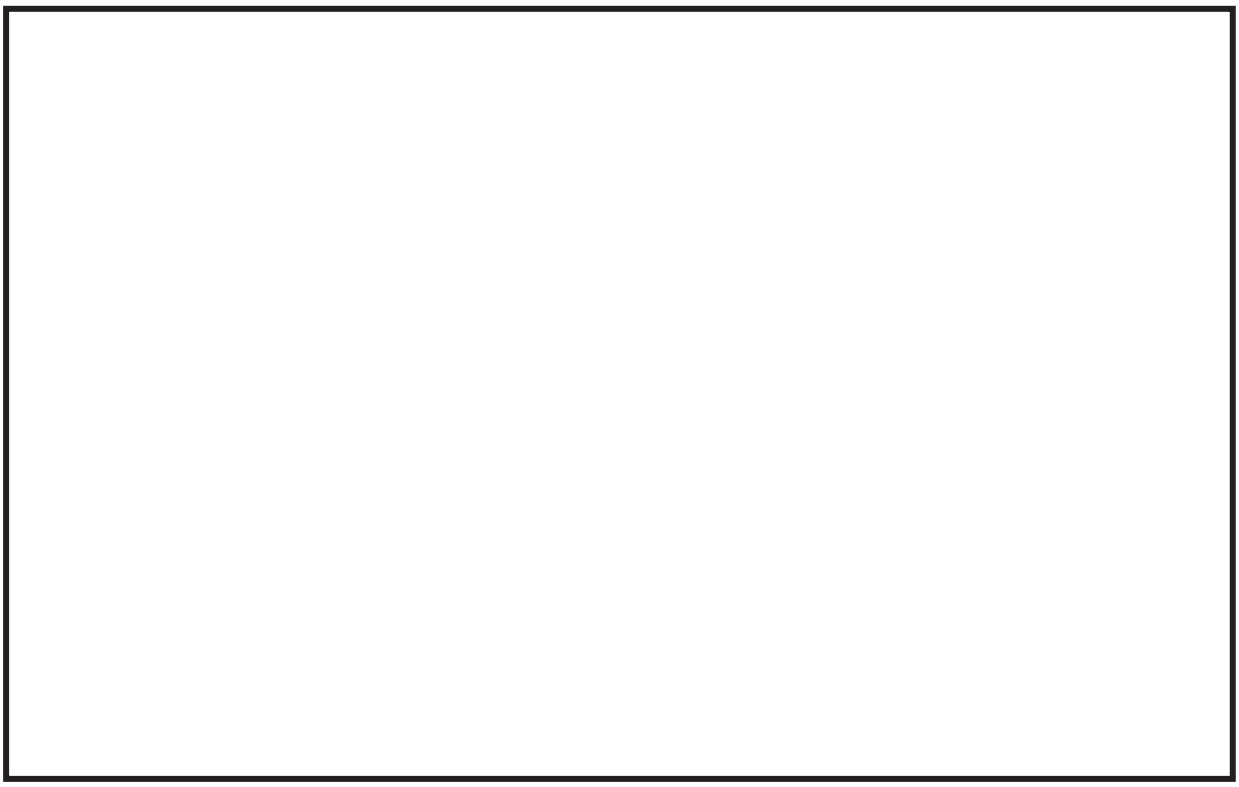


図 6-12　原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）及び第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)/(B)）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地上 3 階及び制御建屋地上 3 階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

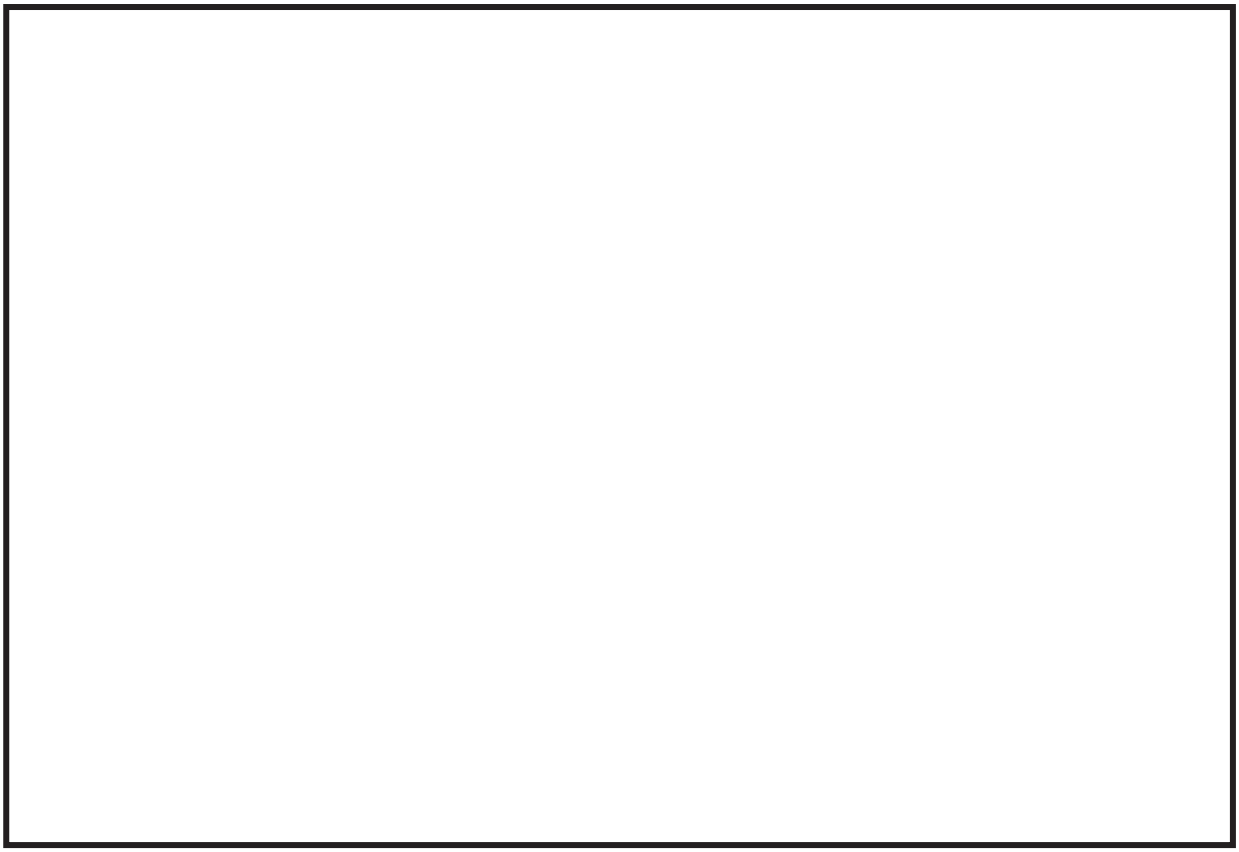


図 6-13　原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）及び第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)/(B)）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地上 2 階，タービン建屋地上 2 階及び制御建屋地上 2 階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

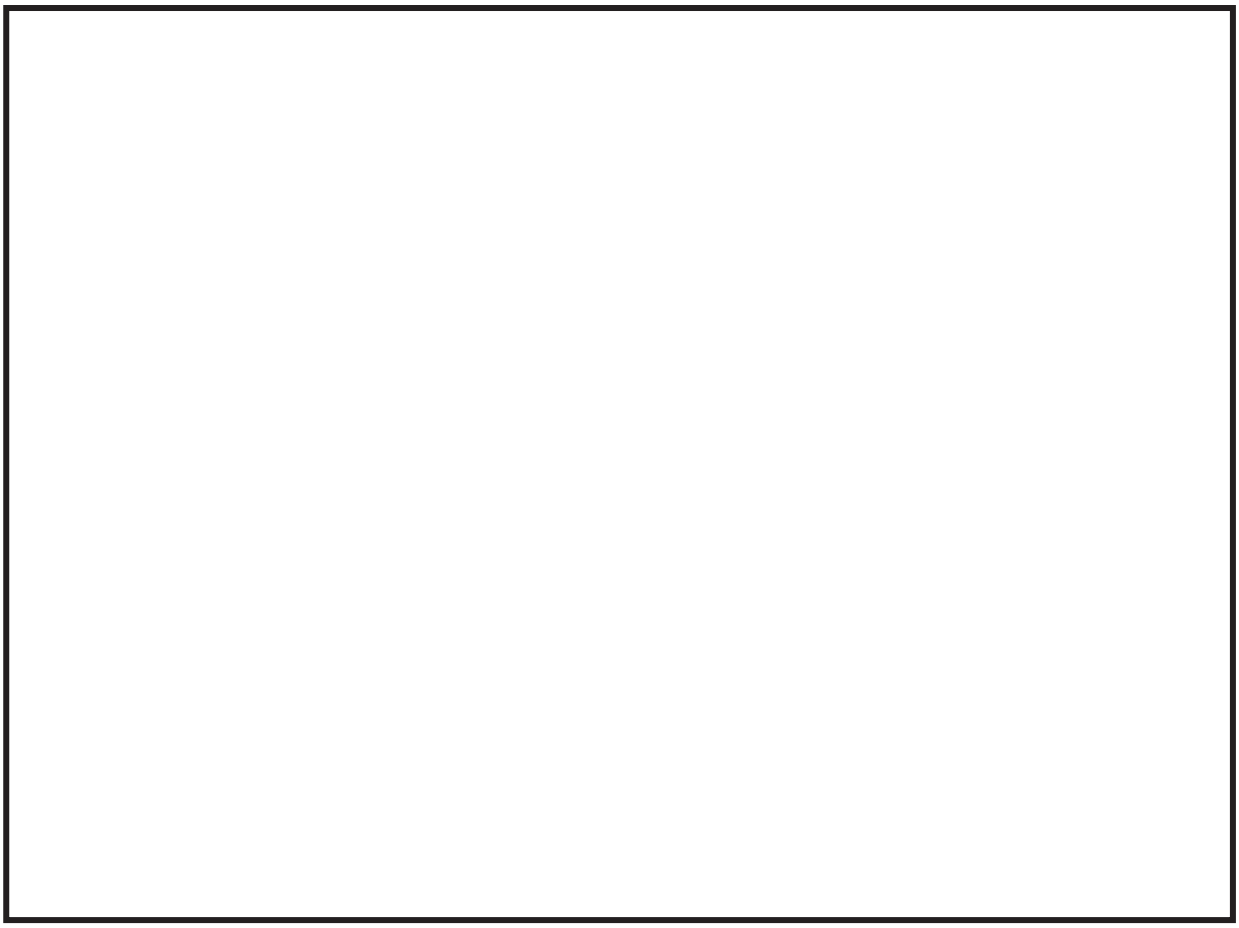


図 6-14　原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）及び第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁(A)/(B)）の操作場所及びアクセスルート（原子炉建屋地上１階，タービン建屋地上１階及び制御建屋地上１階）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

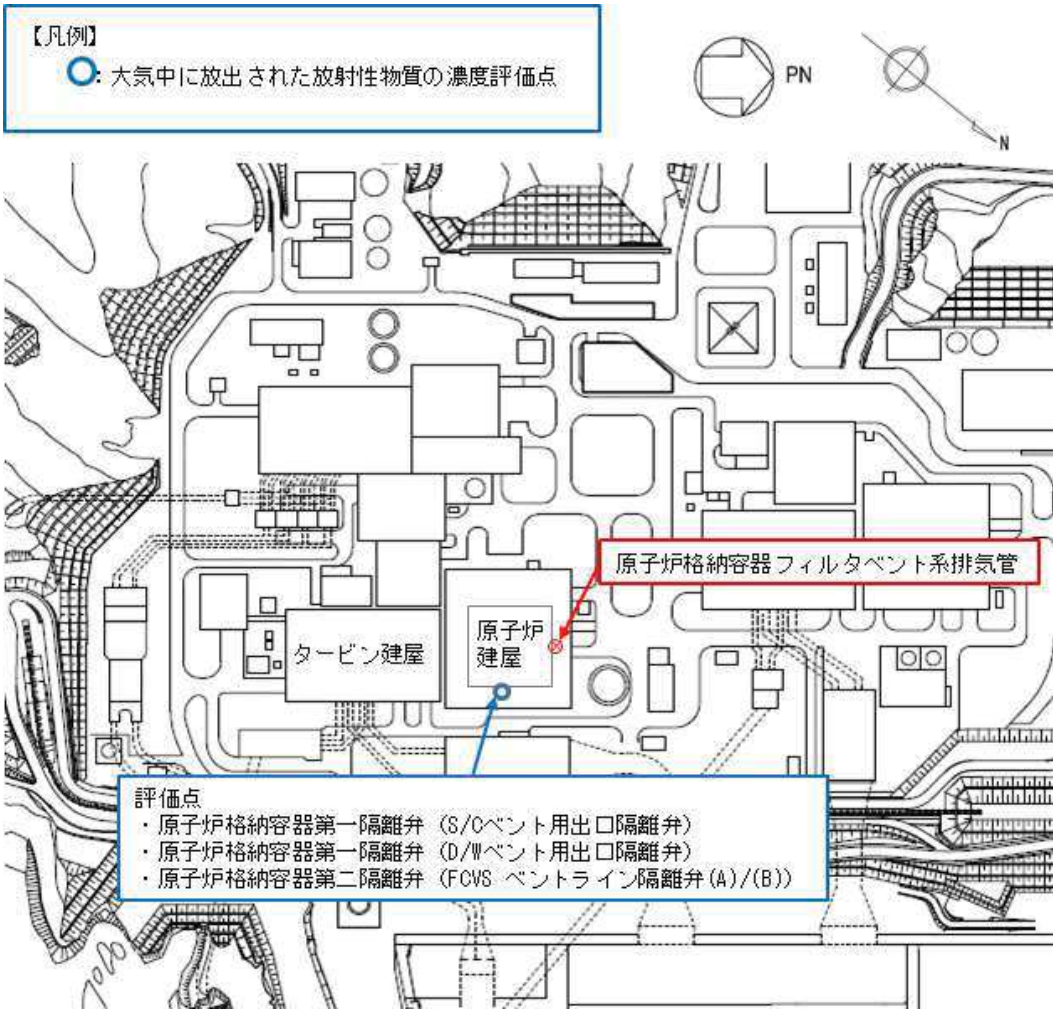
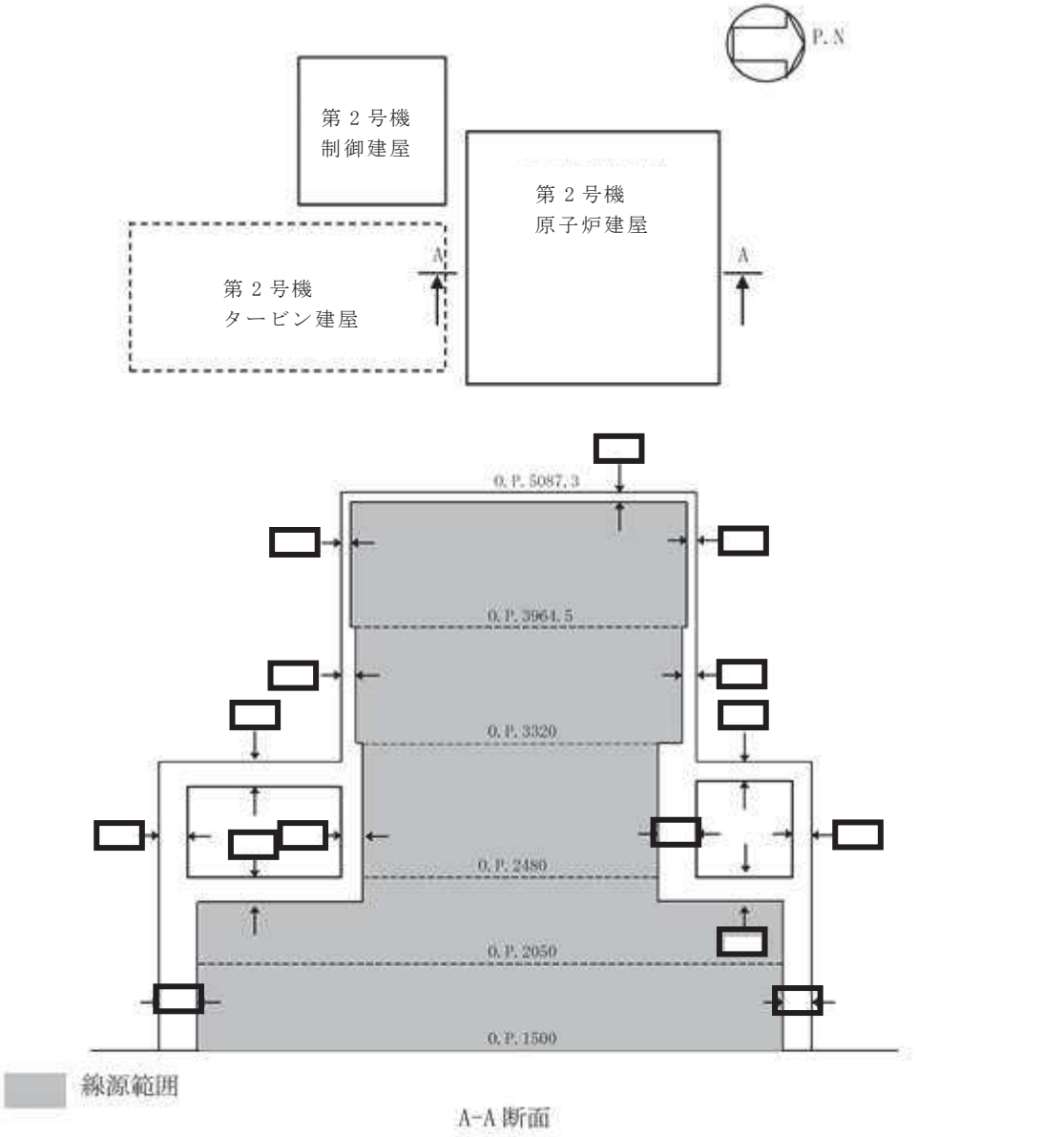


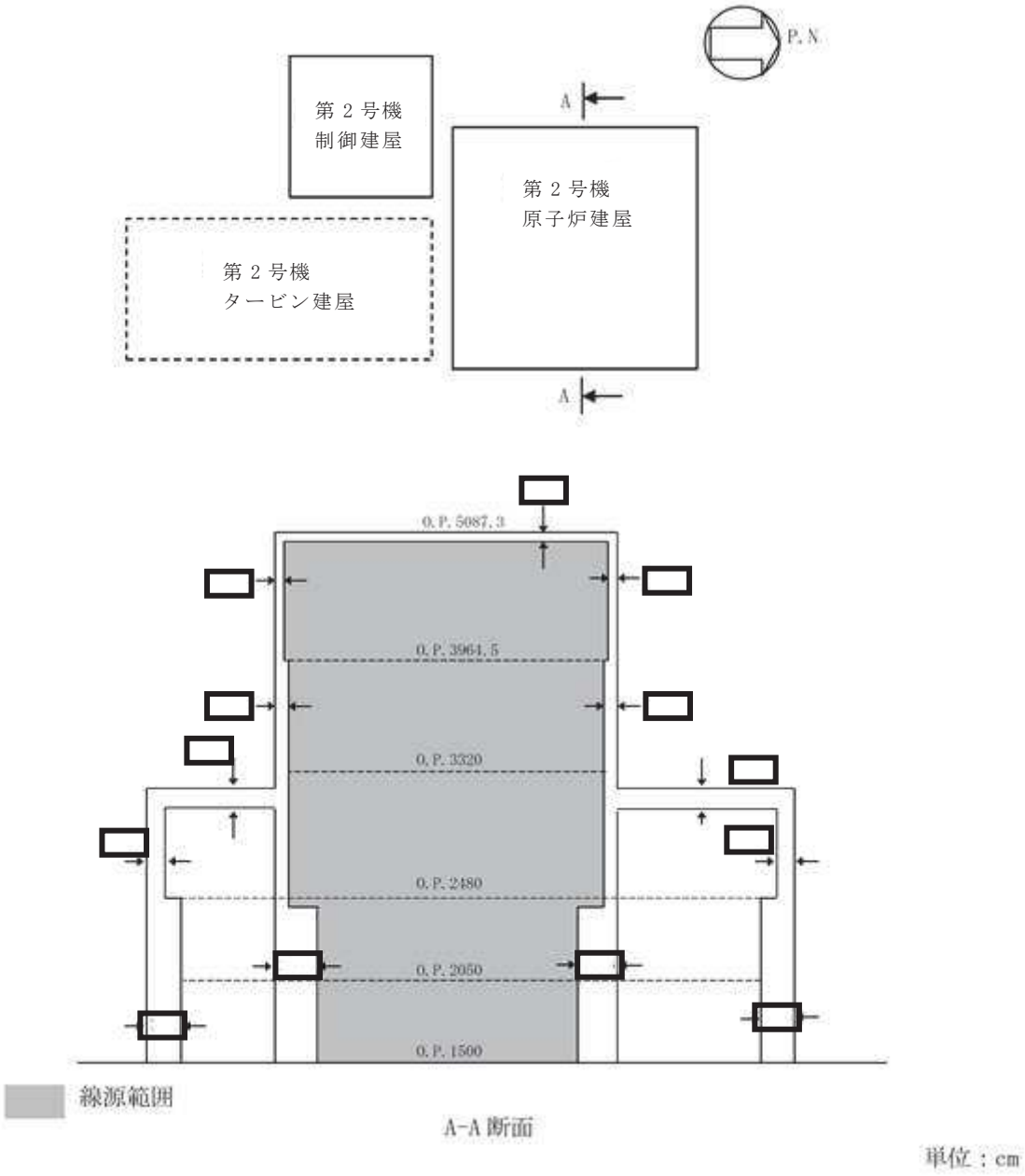
図6-15　大気中に放出された放射性物質の濃度評価点



注：評価で考慮するコンクリート遮蔽は，公称値から
マイナス側許容差（－5mm）を引いた値を適用

図 6-16　原子炉建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線評価モデル（1/2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注：評価で考慮するコンクリート遮蔽は，公称値から
マイナス側許容差（－5mm）を引いた値を適用

図 6-17　原子炉建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線評価モデル（2/2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-9　原子炉格納容器第二隔離弁（原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁）開操作に伴う移動時及び作業時の線量

（単位：mSv/h）

被ばく経路		原子炉格納容器第二隔離弁＊ （原子炉格納容器フィルタベント系ベントライン隔離弁（A）/（B）） 作業時	屋内移動時 （中央制御室⇒作業場所）	屋内移動時 （作業場所⇒中央制御室）
原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 2.0×10^{-3}	約 2.0×10^{-3}	約 2.0×10^{-3}
大気中へ放出された放射性物質による被ばく	外部被ばく	約 3.2×10^{-6}	約 3.2×10^{-6}	約 3.2×10^{-6}
	内部被ばく	屋内に流入する放射性物質の影響に包絡される		
大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく		約 6.8×10^{-5}	約 6.8×10^{-5}	約 6.8×10^{-5}
外気から作業場所内へ流入した放射性物質による被ばく	外部被ばく	約 6.6×10^{-4}	約 8.9×10^{-4}	約 8.9×10^{-4}
	内部被ばく	約 7.5×10^{-3}	約 7.5×10^{-3}	約 7.5×10^{-3}
原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		ベント実施前の作業のため対象外		
原子炉格納容器フィルタベント系配管内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく				
作業線量率		約 1.1×10^{-2}	約 1.1×10^{-2}	約 1.1×10^{-2}
作業時間及び移動時間		54 分	6 分	6 分
作業員の実効線量 （作業時及び移動時）		約 9.1×10^{-3}mSv	約 1.1×10^{-3}mSv	約 1.1×10^{-3}mSv
作業員の実効線量 （合計）		約 1.2×10^{-2}mSv		

注記　＊：原子炉格納容器第二隔離弁開操作はベント実施前に行う。

表 6-10　原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）開操作に伴う移動時及び作業時の線量

（単位：mSv/h）

被ばく経路		原子炉格納容器第一隔離弁（サプレッションチェンバベント用出口隔離弁）		
		作業時	屋内移動時（中央制御室⇒作業場所）	屋内移動時（作業場所⇒中央制御室）
原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 6.6×10^{-6}	約 2.0×10^{-3}	約 6.6×10^{-6}
大気中へ放出された放射性物質による被ばく	外部被ばく	約 2.9×10^{-6}	約 1.4×10^{-10}	約 2.9×10^{-6}
	内部被ばく	屋内に流入する放射性物質の影響に包絡される		
大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく		約 3.3×10^{-5}	約 3.0×10^{-5}	約 3.3×10^{-5}
外気から作業場所内へ流入した放射性物質による被ばく	外部被ばく	約 4.6×10^{1}	約 3.1×10^{-4}	約 1.4×10^{2}
	内部被ばく＊	0	0	0
原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 3.9×10^{-10}	ベント実施前の作業のため対象外	約 3.9×10^{-10}
原子炉格納容器フィルタベント系配管内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 1.1×10^{-4}		約 1.1×10^{-4}
作業線量率		約 4.6×10^{1}	約 2.3×10^{-3}	約 1.4×10^{2}
作業時間及び移動時間		84 分	6 分	6 分
作業員の実効線量（作業時及び移動時）		約 6.5×10^{1}mSv	約 2.3×10^{-4}mSv	約 1.4×10^{1}mSv
作業員の実効線量（合計）		約 7.8×10^{1}mSv		

注記　＊：自給式呼吸器の使用により内部被ばくはないものとする。

表 6-11　原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）開操作に伴う移動時及び作業時の線量

（単位：mSv/h）

被ばく経路		原子炉格納容器第一隔離弁（ドライウェルベント用出口隔離弁）		
		作業時	屋内移動時（中央制御室⇒作業場所）	屋内移動時（作業場所⇒中央制御室）
原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 6.7×10^{-6}	約 2.0×10^{-3}	約 6.7×10^{-6}
大気中へ放出された放射性物質による被ばく	外部被ばく	約 2.2×10^{-2}	約 1.5×10^{-6}	約 2.2×10^{-2}
	内部被ばく	屋内に流入する放射性物質の影響に包絡される		
大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく		約 3.3×10^{-5}	約 3.0×10^{-5}	約 3.3×10^{-5}
外気から作業場所内へ流入した放射性物質による被ばく	外部被ばく	約 4.2×10^{1}	約 3.1×10^{-4}	約 1.2×10^{2}
	内部被ばく＊	0	0	0
原子炉格納容器フィルタベント系フィルタ装置内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 6.1×10^{-7}	ベント実施前の作業のため対象外	約 6.1×10^{-7}
原子炉格納容器フィルタベント系配管内の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく		約 3.4×10^{-2}		約 3.4×10^{-2}
作業線量率		約 4.2×10^{1}	約 2.3×10^{-3}	約 1.2×10^{2}
作業時間及び移動時間		84 分	6 分	6 分
作業員の実効線量（作業時及び移動時）		約 5.9×10^{1}mSv	約 2.3×10^{-4}mSv	約 1.2×10^{1}mSv
作業員の実効線量（合計）		約 7.1×10^{1}mSv		

注記　＊：自給式呼吸器の使用により内部被ばくはないものとする。

引用文献

(1) Regulatory Guide 1.195, “Methods and Assumptions for Evaluating Radiological Consequences of Design Basis Accidents at Light-Water Nuclear Power Reactors”, May 2003

(2) Standard Review Plan6.5.2,“Containment Spray as a Fission Product Cleanup System”, March 2007

(3) Standard Review Plan6.5.5,“Pressure Suppression Pool as a Fission Product Cleanup System”, March 2007

(4) NUREG-1465,“Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants”, 1995

Ⅵ-1-8-4　圧力低減設備その他の安全設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH ····· 2
2.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH ····· 2
3.　評価 ····· 3
3.1　サプレッションプールを水源とするポンプの評価方針 ····· 3
3.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの評価方針 ····· 3
3.3　評価対象ポンプの選定 ····· 4
3.4　評価方法 ····· 5
3.4.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法 ····· 5
3.4.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法 · 8
3.5　評価結果 ····· 8
3.5.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果 ····· 8

別添 1
重大事故等時における非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇評価

1. 概要

本資料は，「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(以下「技術基準規則」という。)」第44条第1項第5号及び第54条第1項第1号並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈(以下「解釈」という。)」により，原子炉格納施設の「圧力低減設備その他の安全設備」のうちサプレッションプールを水源として原子炉格納容器除熱のために運転するポンプが，原子炉格納容器内の圧力，水位，温度及び配管圧損並びに冷却材中の異物の影響により想定される最も小さい有効吸込水頭(以下「有効 NPSH 」という。)において，正常に機能することを説明するとともに，サプレッションプールを除くタンク等を水源として原子炉格納容器冷却のために運転するポンプについても想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能することを説明するものである。

また，有効 NPSH 以外の温度，放射線，荷重その他の使用条件に対して有効に機能を発揮することについては，添付書類「Ⅵ-1-1-6　安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

なお，設計基準対象施設に関しては，技術基準規則の要求事項に変更がないため，今回の申請においては変更は行わない。

今回，新たに重大事故等対処設備として申請する「圧力低減設備その他の安全設備」のうちサプレッションプールを水源として原子炉格納容器除熱のために運転する残留熱除去系ポンプ及び代替循環冷却ポンプ並びにサプレッションプールを除くタンク等を水源として原子炉格納容器冷却のために運転する復水移送ポンプ及び大容量送水ポンプ（タイプⅠ）について，想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能することを説明する。なお，原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」として使用するほう酸水注入系ポンプ及び高圧代替注水系タービンポンプについては，溶融炉心の原子炉格納容器下部への落下の遅延又は防止を目的として，原子炉圧力容器への注水に使用するため，添付書類「Ⅵ-1-4-3　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」にて評価する。

2.　基本方針

2.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH

重大事故等時において，原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」としてサプレッションプールを水源として原子炉格納容器除熱のために運転するポンプは，想定される原子炉格納容器内の圧力，水位，温度及び配管圧損並びに冷却材中の異物の影響によるろ過装置の性能評価により想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能する設計とする。

2.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH

重大事故等時において，原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」としてサプレッションプールを除くタンク等を水源として原子炉格納容器冷却のために運転するポンプは，各水源タンク等の圧力，水位，温度及び配管圧損により想定される最も小さい有効 NPSH において，正常に機能する設計とする。

これらのポンプについては，異物管理された復水貯蔵タンク，淡水貯水槽を水源とするため，異物の影響については考慮不要とする。

3. 評価

3.1 サプレッションプールを水源とするポンプの評価方針

重大事故等時において，サプレッションプールを水源とするポンプは，原子炉格納容器内の圧力，水位，水源の温度及び配管圧損並びに冷却材中の異物により想定される最も小さい有効 NPSH が必要吸込水頭（以下「必要 NPSH 」という。）を上回ることを評価する。

そのうち，原子炉冷却材喪失事故（以下「LOCA」という。）等時の対応においてサプレッションプールを水源として，原子炉格納容器除熱のために運転する場合，運転に係る最も厳しい初期条件は原子炉冷却材配管の両端破断による大破断 LOCA を想定するが，破断形態は設計基準事故と同等であるため，保温材の破損影響範囲は設計基準事故時より拡大することはない。

ただし，炉心損傷を伴う重大事故等時においては，原子炉格納容器内のpH制御のために注入する水酸化ナトリウム水溶液と原子炉格納容器内構造物等との化学反応により新たに発生する異物（以下「化学影響生成異物」という。）が想定されるため，化学影響生成異物の想定発生量が最大となる事象を抽出して有効 NPSH を評価する。

また，評価に当たっては，平成18年7月31日付け平成18・06・28原第3号にて認可された添付書類「Ⅳ-5　非常用炉心冷却設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」及び平成20年4月7日付け平成20・02・29原第30号にて認可された添付書類「Ⅳ-5　非常用炉心冷却設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」を参考に，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））に準拠し評価を行う。

3.2 サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの評価方針

重大事故等時において，サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプは，それぞれの水源の圧力，水位，温度及び配管圧損により想定される最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

3.3　評価対象ポンプの選定

重大事故等時の対応において，原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」として原子炉格納容器除熱又は冷却のために使用するポンプ及び想定される水源を以下に示す。

・残留熱除去系ポンプ*　（水源：サプレッションプール）
・代替循環冷却ポンプ*　（水源：サプレッションプール）
・復水移送ポンプ*　（水源：復水貯蔵タンク）
・大容量送水ポンプ（タイプⅠ）*　（水源：淡水貯水槽又は海）

注記＊：原子炉冷却系統施設のうち「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」と兼用するポンプを示す。

複数の水源を想定するポンプの評価に当たっては，評価条件が最も厳しくなる水源を想定する。

「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」と兼用するポンプのうち，復水移送ポンプ及び大容量送水ポンプ（タイプⅠ）は，「圧力低減設備その他の安全設備」として原子炉格納容器冷却のために使用する場合の有効 NPSH 評価条件が，「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」として原子炉圧力容器に注水するために使用する場合で変わらない又は包絡されるため，添付書類「Ⅵ-1-4-3　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」にて有効 NPSH を評価する。

したがって，本資料では，以下のポンプの重大事故等時の有効 NPSH を評価する。

・残留熱除去系ポンプ　（水源：サプレッションプール）
（1160 m^3/h）
・代替循環冷却ポンプ　（水源：サプレッションプール）
（150 m^3/h）

3.4　評価方法

3.4.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法

「3.3　評価対象ポンプの選定」により選定した残留熱除去系ポンプ及び代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 評価については，重大事故等時の各事象のうち，個別評価が必要な事象を抽出し，その事象について最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

非常用炉心冷却系ストレーナへの異物付着による影響に関する具体的な評価手順及び評価内容については，別添1「重大事故等時における非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇評価」に示す。

(1)　有効 NPSH 評価事象の抽出

重大事故等時の各事象における非常用炉心冷却系ストレーナの圧損に影響する評価条件を比較し，「3.3　評価対象ポンプの選定」で選定した残留熱除去系ポンプ及び代替循環冷却ポンプに対して，有効 NPSH の個別評価が必要な事象を以下のとおり抽出する。表3－1に重大事故等時における各事象の評価条件の比較結果（設計基準事故時を基準）を示す。

a.　重大事故等時の各事象におけるポンプ運転状態

重大事故等時における各事象(表3－1のaからl)のうち，a及びfの事象については，評価対象ポンプによるサプレッションプールを水源とした原子炉格納容器除熱を考慮しないため個別評価対象外とする。

b.　有効 NPSH 評価条件及び発生異物量の影響

重大事故等時における各事象（表3－1のaからg）のうち，b，c，d，e及びgの事象については，原子炉冷却材配管の破断が生じず，保温材等の異物発生が想定されない。ただし，c，d及びeの事象については，設計基準対象施設としての使用条件を超えて残留熱除去系ポンプを運転する。このうち，d及びeの事象については，有効 NPSH 評価条件がcの事象の評価に包絡されるため個別評価対象外とする。

重大事故等時における各事象（表3－1のhからl）のうち，i，j及びlの事象については，原子炉冷却材配管の破断が生じず，保温材等の異物発生が想定されない。kの事象については，有効 NPSH 評価条件がhの事象の評価に包絡されるため個別評価対象外とする。

以上より，残留熱除去系ポンプについて，「c 全交流動力電源喪失」の事象を想定し，有効 NPSH 評価を実施する。また，新設設備である代替循環冷却ポンプについて，「h 雰

囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損)」の事象を想定し，発生する異物の影響を考慮して有効 NPSH 評価を実施する。

(2) 有効 NPSH の評価条件

有効 NPSH 評価について，以下の各条件を考慮した上で評価する。

a. 事故後の原子炉格納容器圧力，サプレッションプール水の温度

各事象における水源の温度及び圧力は，事故後の経過時間とともに変化するが，サプレッションチェンバの圧力は100 ℃以下であれば大気圧以上，100 ℃以上であればサプレッションプール水温の飽和蒸気圧以上となる。

評価対象ポンプ運転時の水源の温度は100 ℃を上回るため，サプレッションプールを水源として有効 NPSH を評価するときは，評価条件を保守的に設定するという観点より，サプレッションチェンバの圧力を水源の想定される最高温度の飽和蒸気圧に設定する。

b. サプレッションプールの水位

サプレッションプールの水位は，重大事故等時に想定されるサプレッションプールの最低水位を考慮する。

c. ストレーナの異物付着による圧損上昇

残留熱除去系ポンプについては，LOCAを想定しないため，ストレーナの異物付着による圧損上昇を考慮しない。

代替循環冷却ポンプについては，ストレーナの異物付着による圧損上昇を考慮する。詳細については，別添1「重大事故等時における非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇評価」に示す。

d. 配管圧損

ポンプの有効 NPSH 算定に必要な配管圧損については，配管の径，長さ，形状及び弁類の仕様並びに原子炉格納容器除熱のために使用するポンプの定格流量により評価した値を用いる。

表3－1　重大事故等時における各事象の評価条件の比較結果（設計基準事故時を基準）

重大事故等時における各事象（有効性評価の事故シーケンスグループ）			S/P水源で運転するポンプ*1	有効 NPSH 評価条件（水源の圧力，温度等）	破断形態	発生異物量	
						保温材等	化学影響生成異物
炉心損傷がない場合	a	高圧・低圧注水機能喪失	—	—	無	—	—
	b	高圧注水・減圧機能喪失	RHR	設計基準事故時に包絡	無	—	—
	c	全交流動力電源喪失	RHR	個別評価を実施	無	—	—
	d	崩壊熱除去機能喪失	RHR	cの事象に包絡	無	—	—
	e	原子炉停止機能喪失	RHR	cの事象に包絡	無	—	—
	f	LOCA時注水機能喪失	—	—	中小破断	設計基準事故時未満	—
	g	格納容器バイパス	RHR	設計基準事故時に包絡	無	—	—
炉心損傷がある場合	h	雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）	ARHR	個別評価を実施	大破断	設計基準事故時同等	化学影響生成異物の発生*2
	i	高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱	ARHR	hの事象に包絡	無	—	化学影響生成異物の発生*2
	j	原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用	ARHR	hの事象に包絡	無	—	化学影響生成異物の発生*2
	k	水素燃焼	ARHR	hの事象に包絡	大破断	設計基準事故時同等	化学影響生成異物の発生*2
	l	溶融炉心・コンクリート相互作用	ARHR	hの事象に包絡	無	—	化学影響生成異物の発生*2

注記＊1：サプレッションプールを水源として，原子炉格納容器除熱に使用するポンプを示す。

＊2：自主対策設備である原子炉格納容器pH調整系より原子炉格納容器内に水酸化ナトリウムが注入され，水質がアルカリ性になることで，原子炉格納容器内のAl，Si，Zn，Feを含有した構造材との化学反応により溶出したものが保守的に全析出すると仮定する。

注：S/P：サプレッションプール，RHR：残留熱除去系ポンプ，ARHR：代替循環冷却ポンプ

3.4.2　サプレッションプールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法

「3.3　評価対象ポンプの選定」により，評価対象となるポンプは無い。

3.5　評価結果

3.5.1　サプレッションプールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果

(1)　残留熱除去系ポンプの有効 NPSH 評価結果

a.　有効 NPSH の算定結果

残留熱除去系ポンプの有効 NPSH 算定結果を表3－2に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3－1に示す。

表3－2　残留熱除去系ポンプの有効 NPSH 算定結果

（単位：m）

	重大事故等時
H_a：吸込液面に作用する絶対圧力	
H_s：吸込揚程	
H_1：ポンプ吸込配管圧損	
H_2：異物付着なしの状態におけるストレーナ圧損*	
h_s：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭	
有効 NPSH（$H_a+H_s-H_1-H_2-h_s$）	

注記＊　：　残留熱除去系ポンプはLOCA事象を起因とする重大事故等時において使用しないため。

b.　有効 NPSH 評価結果

残留熱除去系ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3－3に示す。

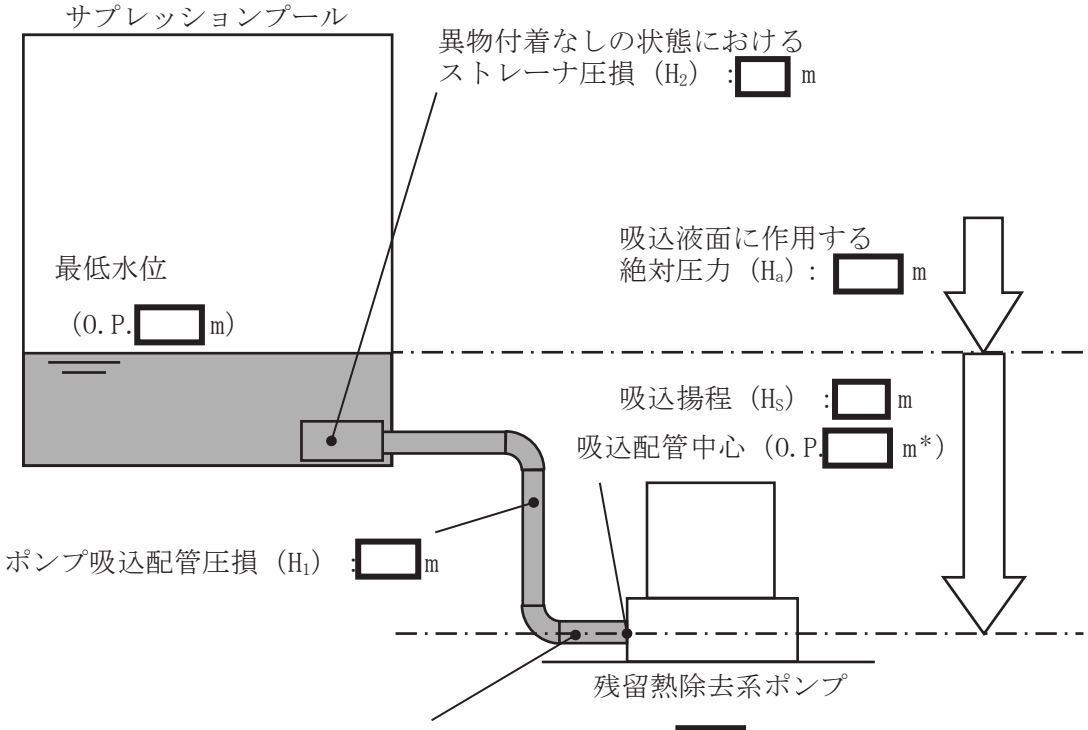
表3－3に示すとおり，重大事故等時における残留熱除去系ポンプの有効 NPSH は，必要 NPSH を上回っており，残留熱除去系ポンプの運転状態において，必要 NPSH は確保されている。

表3－3　残留熱除去系ポンプの有効 NPSH 評価結果

（単位：m）

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
残留熱除去系ポンプ		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注記＊：ここでは NPSH 評価用として床上 1 m の値を記載。

有効 NPSH（$H_a+H_S-H_1-H_2-h_S$）≧必要 NPSH

（□）＝□ m ＞□ m

図3－1　残留熱除去系ポンプの有効 NPSH 評価の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 評価結果

a. 有効 NPSH の算定結果

代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 算定結果を表3－4に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3－2に示す。

表3－4 代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 算定結果

（単位：m）

	重大事故等時
H_a：吸込液面に作用する絶対圧力	
H_s：吸込揚程	
H_1：ポンプ吸込配管圧損	
H_2：異物付着なしの状態におけるストレーナ圧損*1	
H_3：異物付着による圧損上昇*1	
h_s：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭*2	
有効 NPSH（$H_a+H_s-H_1-H_2-H_3-h_s$）	

注記＊1：ストレーナが左右非対称であり，異物付着時は非対称の影響を考慮した圧損値を記載する。ストレーナ圧損及び異物付着による圧損上昇のうち，長い側のストレーナの圧損値を左側に，短い側のストレーナの圧損値を右側に示す。

＊2：サプレッションプール水の温度条件は設計上想定する最高温度150 ℃を適用する。

b. 有効 NPSH 評価結果

代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3－5に示す。

表3－5に示すとおり，重大事故等時における代替循環冷却ポンプの有効 NPSH は，必要 NPSH を上回っており，代替循環冷却ポンプの運転状態において，必要 NPSH は確保されている。

表3－5 代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 評価結果

（単位：m）

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
代替循環冷却ポンプ		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

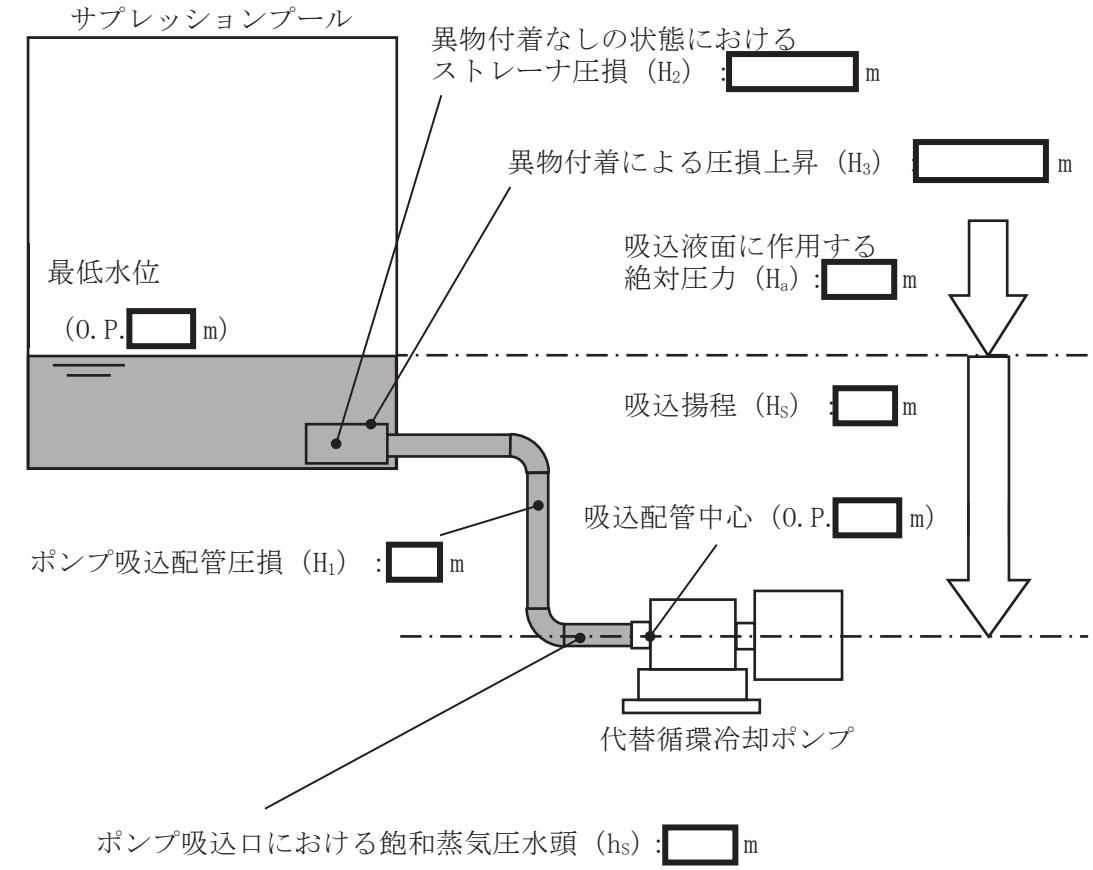


図3－2　代替循環冷却ポンプの有効 NPSH 評価の概略図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

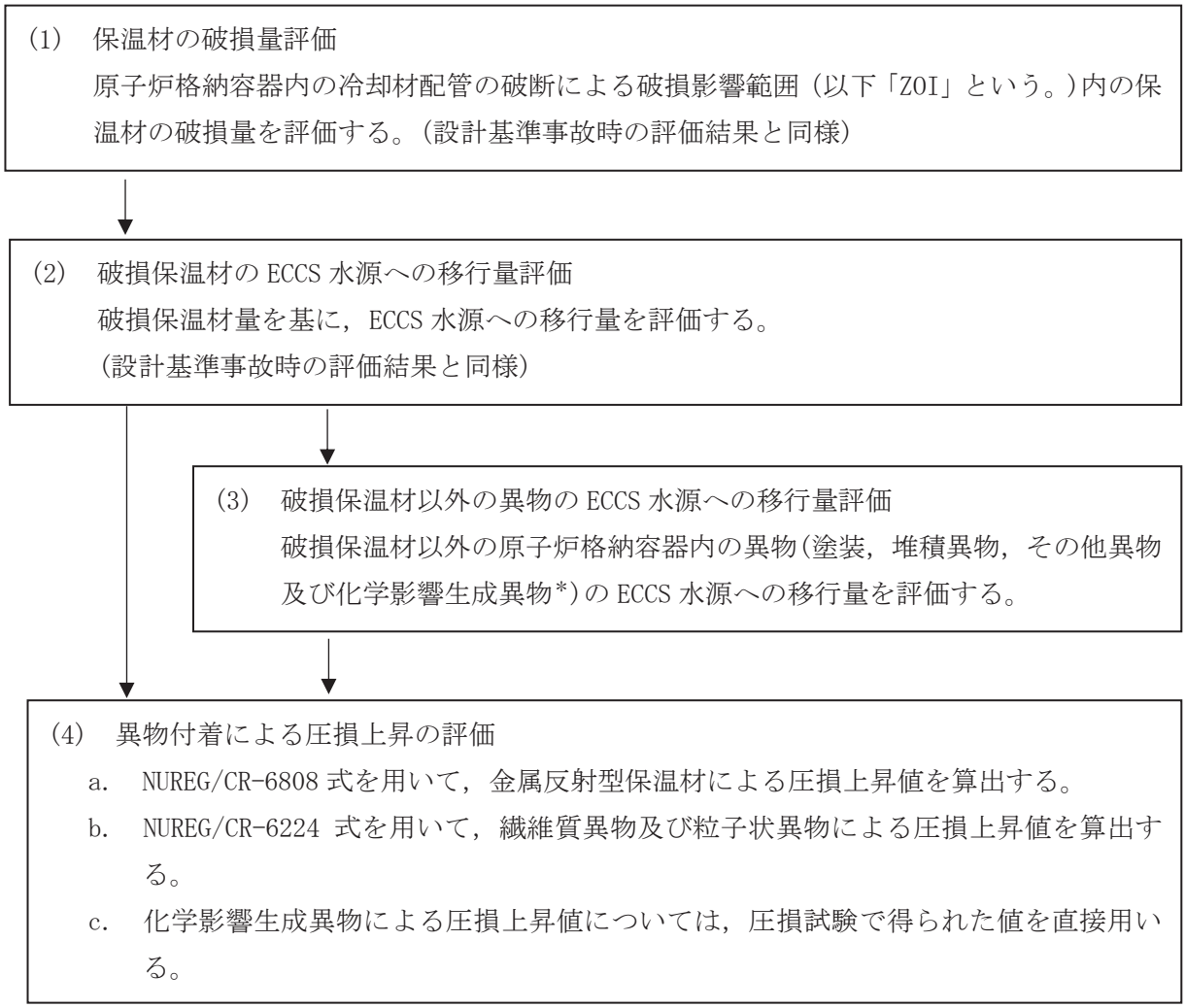
Ⅵ-1-8-4-別添 1　重大事故等時における非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇評価

目　　次

1.　非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価方法 …… 1
2.　非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着量の評価 …… 3
2.1　保温材の破損量評価 …… 3
2.2　破損保温材の ECCS 水源への移行量評価 …… 3
2.3　破損保温材以外の異物の ECCS 水源への移行量評価 …… 4
3.　非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価 …… 5
3.1　ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価に用いる流量 …… 5
3.2　試験装置の概要 …… 5
3.3　試験条件 …… 6
3.4　異物付着による圧損上昇の評価 …… 8
3.5　試験結果 …… 11
4.　非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価結果 …… 12

1. 非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価方法

重大事故等時の評価においては，原子炉格納容器内の冷却材配管の両端破断による原子炉冷却材喪失事故を想定し，配管破断時に破断口周囲の保温材等が破断口から流出した冷却材により破損し，破損した保温材等がドライウェル（以下「D/W」という。）からECCS水源であるサプレッションプール（以下「S/P」という。）へ流入し，代替循環冷却ポンプの吸込流により非常用炉心冷却ストレーナ（以下「ECCSストレーナ」という。）に付着するという事象シナリオに沿って，「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））（以下「内規」という。）に準拠しECCSストレーナの圧損上昇の評価を行う。具体的な評価の手順を図1－1に示す。



注記＊:化学影響生成異物は,「Evaluation of Post-Accident Chemical Effects in Containment Sump Fluids to Support GSI-191」(Westinghouse WCAP-16530-NP(以下「WCAP」という。))に基づいて算出する。

図 1－1　ECCS ストレーナの圧損上昇の評価の手順

2.　非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着量の評価

2.1　保温材の破損量評価

LOCA 時に破断する冷却材配管が設置されている原子炉格納容器内において，配管破断想定箇所は ZOI 内の保温材破損量が多いと想定される箇所を選定し，保温材の破損量を評価する。なお，重大事故等時における保温材の破損量は，設計基準事故時と同様である。

保温材の最大破損量を表 2－1 に示す。

表 2－1　保温材の最大破損量

保温材種類	配管破損想定箇所	ZOI 半径 (配管口径:D)	ZOI 内保温材の 破損量
金属反射型保温材	主蒸気系配管 [redacted]	7.4D	[redacted] m^2

2.2　破損保温材の ECCS 水源への移行量評価

破損保温材のうち，ECCS 水源に移行する量を評価した結果を表 2－2 に示す。移行割合は，内規別表第２に示す値とする。また，破損保温材の ECCS 水源への移行量は，表 2－1 の ZOI 内保温材の破損量に移行割合を乗じて算出する。なお，重大事故等時の破損保温材移行量は，設計基準事故時と同様である。

表 2－2　破損保温材の ECCS 水源への移行量

保温材種類	移行割合 (%)	移行量
金属反射型保温材	50	[redacted] m^2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　破損保温材以外の異物の ECCS 水源への移行量評価

重大事故等時において考慮する破損保温材以外の異物の種類，量及び ECCS 水源への移行量を表 2－3 に示す。また，耐 DBA 仕様塗装及び堆積異物については，異物管理及び原子炉起動の際の原子炉格納容器内清掃，点検を実施するため，内規別表第３に示す値を用いる。

表 2－3　重大事故等時における破損保温材以外の異物の
種類，量及び ECCS 水源への移行量

異物の種類		異物量	移行割合	移行量
耐 DBA 仕様塗装（ジェット破損）		39 kg		
非 DBA 仕様塗装		□ kg		
堆積異物	スラッジ	89 kg		
	錆片	23 kg		
	塵土	68 kg		
その他異物		□ m^2		
耐 DBA 仕様塗装（耐 DBA 仕様塗装のうち異物として追加考慮するもの*1)		□ kg		
化学影響生成異物		□ kg*2		

注記＊1：重大事故等時において原子炉格納容器内温度が上昇することから，塗装片の追加発生を考慮する。

＊2：化学影響生成異物は，WCAP に基づいて算出する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価

発生が想定される異物による圧損上昇を以下に示す圧損試験結果より算出し，添付資料「Ⅵ-1-8-4　圧力低減設備その他の安全設備の有効吸込水頭に関する説明書」で評価対象ポンプに選定した代替循環冷却ポンプが重大事故等時に対処するために必要な機能を有効に発揮できることを確認する。

圧損試験は，十分保守的な評価となるよう，以下のとおり試験流量，異物量等を設定した。

3.1　ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価に用いる流量

ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価に用いる ECCS ストレーナを通過する流量は，有効 NPSH 評価上保守的な評価となるように，代替循環冷却ポンプの定格流量を上回る流量とする。ECCS ストレーナを通過する流量を表 3－1 に示す。

表 3－1　ECCS ストレーナを通過する流量

（単位:m^3/h）

設備名称	流量
代替循環冷却ポンプ	[redacted] *

注記＊：代替循環冷却ポンプの定格流量は 150 m^3/h であるが，保守的に圧損を評価する観点から，定格流量を上回る[redacted]m^3/h として評価する。

3.2　試験装置の概要

重大事故等時の圧損評価に使用した試験装置の概要を図 3－1 に示す。

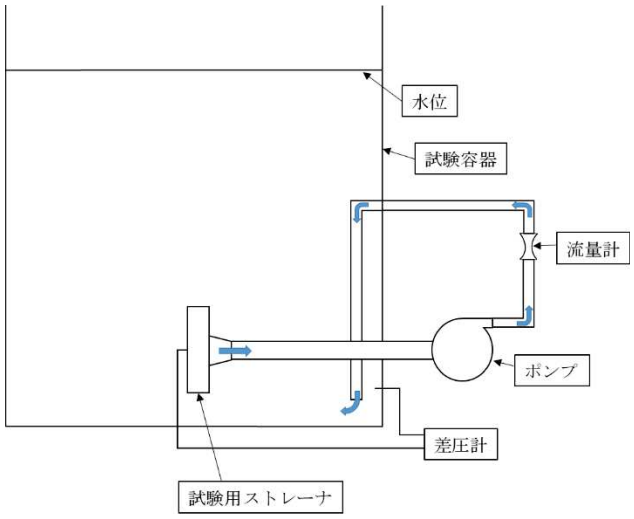


図 3－1　圧損試験装置の概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3　試験条件

(1)　試験のスケーリング比

試験異物のスケーリング比は，試験用ストレーナ1個当たりの表面積(□ m^2)と実機ストレーナの基準表面積(□ m^2)の比率から, □ とした。

圧損試験で考慮するストレーナの基準表面積は，下記の式で算出する。

ストレーナ基準表面積 ＝（有効表面積）－（その他異物付着面積)× 0.75

＝ □ － □ ×0.75(内規) ＝ □ m^2

(2)　試験の異物量

圧損試験に用いる異物量を表3－2に示す。

表3－2　圧損試験に用いる異物量

異物の種類 ＼ 試験に用いる異物量の計算		重大事故等時における異物量 A	異物スケーリング比 R_{sd}	試験に用いる異物量 $B=A\times R_{sd}$
金属反射型保温材		□ m^2		
耐DBA仕様塗装（ジェット破損）		39 kg		
非DBA仕様塗装		□ kg		
堆積異物	繊維質保温材	□ kg*1 (□ kg)		
	スラッジ	89 kg		
	錆片	23 kg		
	塵土	68 kg		
その他異物		□ m^2		
耐DBA仕様塗装 (耐DBA仕様塗装のうち，異物として追加考慮するもの*3)		□ kg		
化学影響生成異物		□ kg*4		

注記＊1：繊維質保温材は，D/W内の高エネルギ配管の両端破断を想定した時の最大の影響範囲（ZOI）を設定し，S/Pへの移行量評価を実施して想定物量を評価する。また，実機のD/W内では，繊維質保温材を撤廃しているが，保守的な試験とするため繊維質厚さ0.3 mm（薄膜効果の発生開始量3 mmの10分の1）相当の繊維質を投入して試験を実施した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

＊2：その他異物のステッカー類については，ストレーナ表面積からステッカー類の総表面積の 75 %分を差し引いて考慮しているため，試験には投入していない。

＊3：重大事故等時において原子炉格納容器内温度が上昇することから，塗装片の追加発生を考慮する。

＊4：化学影響生成異物は，WCAP に基づいて算出する。

＊5：非 DBA 仕様塗装の模擬材料として使用するシリコンカーバイド粉末と，非 DBA 仕様塗装の体積が等価となるよう，密度比（　　）で補正する。

(3)　試験流量

試験流量は，代替循環冷却ポンプの定格流量に裕度を考慮した　　m^3/h に対して，実機における接近流速と同等となるよう，試験用ストレーナの表面積（　　m^2）と実機ストレーナの表面積（　　m^2）の比率（＝　　）から，　　m^3/h とした。

試験流量 ＝　　m^3/h ×　　＝　　m^3/h

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4　異物付着による圧損上昇の評価

(1)　金属反射型保温材の付着による圧損上昇の評価

金属反射型保温材の付着による圧損上昇の評価については，NUREG/CR-6808 にて示される下記評価式を用いて算出する。下記評価式に用いる金属反射型保温材の諸元について，表 3－3 に示す。

この算出の結果，金属反射型保温材が付着した場合の ECCS ストレーナの圧損をあわせて表 3－3 に示す。

$h_{RMI} = (1.56\times10^{-5}/K_t^2)\cdot U_{RMI}^2\cdot(A_{foil}/A_c)\cdot 0.30$

$= (1.56\times10^{-5}/$ [redacted] $^2)\cdot$ [redacted] $^2\cdot($ [redacted] $/$ [redacted] $)\cdot 0.30$

$=$ [redacted] (m)

ここで

h_{RMI}　：圧力損失(m)

K_t　：金属箔のギャップ厚さ(m)

U_{RMI}　：接近流速

$U_{RMI} = Q/A_c =$ [redacted] $/$ [redacted] $=$ [redacted] (m/s)

A_{foil}　：金属箔の表面積（両面の合計値）(m^2)

A_c　：ストレーナ基準表面積 $=$ [redacted] (m^2)

Q　：流量 $=$ [redacted] (m^3/h) $=$ [redacted] (m^3/s)

表 3－3　金属反射型保温材の諸元及び圧損上昇

	重大事故等時
	代替循環冷却ポンプ
ギャップ厚さ K_t(m)	[redacted] *1
表面積 A_{foil}(m^2)(両面の合計値)	*2
圧損上昇(m)	*3

注記＊1：既工事計画から変更はない。

＊2：表 2－2 破損保温材の ECCS 水源への移行量

＊3：各異物による圧損上昇結果は小数点以下第 3 位を四捨五入した結果を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　繊維質異物及び粒子状異物の付着による圧損上昇の評価

NUREG/CR-6224 にて示される下記評価式を使用して算出する。

繊維質保温材は D/W 内から撤廃されるため，圧損評価上考慮する必要はないが，評価条件が保守的となるように，0.3 mm 厚さ相当分の繊維質が存在すると仮定して評価を行う。圧損計算に用いるデブリ量を表 3－4 に示す。

表 3－4　圧損評価に用いるデブリ量

設備名称	繊維質保温材 (m^3)	ケイ酸カルシウム (m^3)	スラッジ (kg)	塗料片 (kg)	錆片 (kg)	塵土 (kg)
代替循環冷却ポンプ	[redacted]	0	89	[redacted]	23	68

圧損評価に用いる NUREG/CR-6224 式を以下に示す。

$$\frac{\Delta H}{fg\Delta L_0}=1.01972\times10^{-4}\left[3.5S_v^{\,2}(1-\varepsilon_m)^{1.5}\left\{1+57(1-\varepsilon_m)^3\right\}\mu U+0.66S_v\frac{(1-\varepsilon_m)}{\varepsilon_m}\rho_w U^2\right]\left(\frac{\Delta L_m}{\Delta L_0}\right)$$

上記の式において，薄膜効果の発生に有意な繊維質を含まないデブリ量の場合，以下の通り求めることができる。

$$\varepsilon_m=1-\frac{C_{sludge}}{\rho_p}\quad,\quad S_v=S_{vp}\quad,\quad \Delta L_m=\Delta L_0$$

式中の記号の意味は以下のとおりである。

ΔH　：圧力損失（m）

ΔL_0　：ベッド厚さ（理論値）（m）＝ 0.0003

fg　：カセット形ストレーナのベッド厚さ補正係数 ＝ [redacted]

ΔL_m　：付着後のベッド厚さ（m）

S_v　：デブリの比面積（m^2/m^3 ＝ m^{-1}）

（S_{vp} は粒子状デブリの比面積）

ε_m　：混合デブリの空隙率（-）

μ　：水の粘性係数（kg/m･s）＝ [redacted]（水温 [redacted] ℃）

ρ_w　：水の密度（kg/m^3）＝ [redacted]（水温 [redacted] ℃）

U　：吸込流速（近接流速）（m/s）＝ [redacted] ／ 3600 ／ [redacted] ＝ [redacted]

ρ_p　：粒子状デブリの粒子密度（kg/m^3）

c_{sludge}　：粒子状デブリのデブリ密度（理論値）（kg/m^3）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

また評価に適用する異物の物性値を表 3－5 に示す。

表 3－5　圧損評価に用いる異物の物性値

	繊維質保温材	スラッジ	塗料片	錆片	塵土
比面積 S_v (m^{-1})					
粒子密度 ρ (kg/m^3)					
デブリ密度 c (kg/m^3)					

NUREG/CR-6224 式を用いた圧損計算結果を，以下に示す。

$$\rho_p = \frac{89 + \square + 23 + 68}{\frac{89}{\square} + \frac{\square}{\square} + \frac{23}{\square} + \frac{68}{\square}}$$

$$= \square \ (kg/m^3)$$

$$S_{vp} = \frac{\square \times \frac{89}{\square} + \square \times \frac{\square}{\square} + \square \times \frac{23}{\square} + \square \times \frac{68}{\square}}{\frac{89}{\square} + \frac{\square}{\square} + \frac{23}{\square} + \frac{68}{\square}}$$

$$= \square \ (m^{-1})$$

$$S_v = \square \ (m^{-1})$$

$$\Delta L_m = 0.0003 \ (m)$$

$$\varepsilon_m = 1 - \frac{\square}{\square}$$

$$= \square \ (-)$$

以上より，

$$\Delta H = 1.01972 \times 10^{-4} \times \left[3.5 \times \square^2 \times (1 - \square)^{1.5} \times \left\{ 1 + 57 \times (1 - \square)^3 \right\} \times \square \times \square + 0.66 \times \square \times \frac{(1 - \square)}{\square} \times \square \times (\square)^2 \right] \times 0.0003 \times \square$$

$$= \square \ (m)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3)　化学影響生成異物の付着による圧損上昇の評価

化学影響生成異物(AlOOH)の付着による圧損上昇の評価については，圧損試験において，AlOOH 投入後の圧損静定値と AlOOH 投入直前の圧損値の差として算出する。

$h_3 = h_2 - h_1 =$ [redacted] $-$ [redacted] $=$ [redacted] (m)

ここで，

h_1　　：AlOOH 投入直前の圧損 ＝ [redacted] (m)

h_2　　：AlOOH 投入が完了し静定後の圧損 ＝ [redacted] (m)

h_3　　：化学影響生成異物(AlOOH)の付着による圧損上昇(m)

3.5　試験結果

「3.3　試験条件」にて示した条件において圧損試験を実施したところ，「3.4　異物付着による圧損上昇の評価」の(1)～(3)に示したとおり，金属反射型保温材の付着による圧損上昇は [redacted] m，繊維質異物，粒子状異物の付着による圧損上昇は [redacted] m，化学影響生成異物の付着による圧損上昇は [redacted] m となり，これらを加算した異物付着による圧損上昇の最大値は [redacted] m 程度であった。

以上より，重大事故等時において想定される異物の量を考慮しても，代替循環冷却ポンプが重大事故等時に対処するために必要な機能を有効に発揮できることを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇の評価結果

「3.4 異物付着による圧損上昇の評価」による，金属反射型保温材，繊維質，粒子状異物及び化学影響生成異物による圧損値を合計した結果，ECCS ストレーナの異物付着による圧損値は表 4－1 に示すとおりである。

表 4－1 金属反射型保温材，繊維質，粒子状異物及び化学影響生成異物の付着による圧損上昇の評価結果

（単位：m）

	圧損値
	重大事故等時
	代替循環冷却ポンプ
金属反射型保温材による圧損上昇	
繊維質，粒子状異物による圧損上昇	
化学影響生成異物による圧損上昇	
合計	

注記：各異物による圧損上昇結果は小数点以下第 3 位を四捨五入した結果を示し，合計値は小数点以下第 3 位を切り上げ処理した結果を示す。

またストレーナの表面積が左右で異なることから，異物付着後は左右のストレーナを通過する流量が非対称となり，その結果対象流量の場合と比較して，異物付着による圧損上昇及びストレーナ圧損の値が変化することから，有効 NPSH の評価においては非対称の影響を考慮する。非対称の影響を考慮した圧損値を表 4－2 に示す。

表 4－2 異物付着考慮時の圧損上昇

（単位：m）

設備名称	異物付着による圧損上昇	ストレーナ圧損
代替循環冷却ポンプ	*1,*2	*1,*2

注記＊1：異物付着による圧損上昇及びストレーナ圧損のうち，長さが長い側のストレーナの圧損値を左側に，短い側のストレーナの圧損値を右側に示す。

＊2：小数点以下第 3 位を四捨五入した結果を示す。異物付着による圧損上昇及びストレーナ圧損の合計値は左右で同一となるが，表 4－2 では数値処理の関係上合計値が一致しない表記となっている。NPSH 評価においては，圧損合計値の小数点以下第 3 位を切り上げた値を用いて評価する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-1-9　その他発電用原子炉の附属施設の説明書

目　次

VI-1-9-1　非常用電源設備の説明書
VI-1-9-2　常用電源設備の説明書
VI-1-9-3　緊急時対策所の説明書

Ⅵ-1-9-1　非常用電源設備の説明書

目　次

Ⅵ-1-9-1-1　非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

Ⅵ-1-9-1-1　非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 常設の非常用発電装置の出力に関する設計方針 1
2.1.1 ガスタービン 3
2.1.2 内燃機関 3
2.1.3 発電機 4
2.1.4 遮断器 5
2.1.5 その他電気設備 7
2.2 可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針 16
2.2.1 可搬型の非常用発電装置 17
3. 施設の詳細設計方針 17
3.1 非常用ディーゼル発電機 17
3.1.1 設計基準対象施設 17
3.1.2 重大事故等対処設備 25
3.2 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 27
3.2.1 設計基準対象施設 27
3.2.2 重大事故等対処設備 29
3.3 ガスタービン発電機 30
3.3.1 ガスタービン 30
3.3.2 発電機 30
3.4 可搬型の非常用発電装置 33
3.4.1 電源車 33
3.4.2 電源車（緊急時対策所用） 36
3.4.3 可搬型窒素ガス供給装置発電設備 37

1. 概要

本資料は,「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 45 条及び第 72 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に基づき設置する非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機,技術基準規則第 72 条及びその解釈に基づき設置するガスタービン発電機及び電源車，技術基準規則第 76 条及び第 77 条並びにそれらの解釈に基づき設置する電源車（緊急時対策所用）並びに技術基準規則第 63 条，第 65 条及び第 67 条並びにそれらの解釈に基づき設置する可搬型窒素ガス供給装置発電設備の出力の決定に関して説明するものである。

また，技術基準規則第 48 条及び第 78 条に基づく「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」（以下「火力省令」という。）及び「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」（以下「原子力電技命令」という。）の準用について，本資料にて非常用電源設備のガスタービン及び内燃機関に対する火力省令への適合性並びに非常用電源設備の発電機，遮断器及びその他電気設備に対する原子力電技命令への適合性について説明するものである。

更に，技術基準規則第 45 条第 3 項第 1 号及びその解釈に規定する「高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置」として，遮断器の遮断時間の適切な設計方針について説明するものである。

2. 基本方針

2.1 常設の非常用発電装置の出力に関する設計方針

設計基準対象施設のうち常設の非常用発電装置である非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，設計基準事故時に発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置の機能を維持するため，運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために必要な電力を供給できる出力を有する設計とする。また，工学的安全施設等の設備が必要とする電源が所定の時間内に所定の電圧に到達し，継続的に供給できる設計とする。

重大事故等対処設備のうち常設の非常用発電装置である非常用ディーゼル発電機，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機及びガスタービン発電機は，重大事故等が発生した場合において，炉心の著しい損傷，原子炉格納容器の破損，使用済燃料プール内の燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を供給できる出力を有する設計とする。

非常用ディーゼル発電機は，2 系統の母線で構成するメタルクラッドスイッチギア（非常用）に接続し，高圧補機へ給電する設計とする。また，動力変圧器（非常用）を通して降圧し，2 系統の母線で構成するパワーセンタ（非常用）及びモータコント

ロールセンタ（非常用）の低圧補機へ給電する設計とする。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，メタルクラッドスイッチギア（高圧炉心スプレイ系用）に接続し，高圧補機へ給電する設計とする。また，動力変圧器（高圧炉心スプレイ系用）を通して降圧し，モータコントロールセンタ（高圧炉心スプレイ系用）の低圧補機へ給電する設計とする。

ガスタービン発電機は，外部電源系，非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の機能が喪失（全交流動力電源喪失）した場合に，重大事故等時の対応に必要な設備に電力を供給できる設計とする。

ガスタービン発電機は，設置（変更）許可申請書の添付書類十における，重大事故等時に想定される事故シーケンスのうち最大負荷となる「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）」時に電力を供給できる出力を有する設計とする。

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に施設する非常用発電装置である非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機並びに重大事故等対処施設に施設する非常用発電装置であるガスタービン発電機（ガスタービン及び内燃機関については，燃料系を含める。）は，火力省令第 19 条～第 23 条及び第 25 条～第 29 条のうち関連する事項を準用する設計とする。ガスタービン及び附属設備は，「ガスタービン等の構造」，「調速装置」，「非常停止装置」及び「計測装置」について各事項を準用し，内燃機関及び附属設備は，「内燃機関等の構造等」，「調速装置」，「非常停止装置」，「過圧防止装置」及び「計測装置」について各事項を準用する設計とする。

なお，ガスタービン及び内燃機関における火力省令第 19 条第 4 項又は第 25 条第 3 項に基づく強度評価の基本方針，強度評価方法及び強度評価結果は，工事計画認可申請書添付書類「Ⅵ-3　強度に関する説明書」の別添にて説明する。

非常用ディーゼル発電機，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機，ガスタービン発電機，遮断器及びその他電気設備は，原子力電技命令第 4 条～第 16 条，第 19 条～第 28 条及び第 30 条～第 35 条の関連する事項を準用する設計とする。「感電，火災等の防止」として，「電気設備における感電，火災等の防止」，「電路の絶縁」，「電線等の断線の防止」，「電線の接続」，「電気機械器具の熱的強度」，「高圧又は特別高圧の電気機械器具の危険の防止」，「電気設備の接地」，「電気設備の接地の方法」及び「発電所等への取扱者以外の者の立入の防止」について各事項を準用する設計とする。「異常の予防及び保護対策」として，「特別高圧電路等と結合する変圧器等の火災等の防止」及び「過電流からの電線及び電気機械器具の保護対策」について各事項を準用する設計とする。「電気的，磁気的障害の防止」として，「電気設備の電気的，磁気的障害の防止」について各事項を準用する設計とする。また，「供給支障の防止」として，「発変電設備等の損傷による供給支障の防止」，「発電機等の機械的強度」及び「常時監視をしない発電所等の施設」について各事項を準用する設計とする。

2.1.1　ガスタービン

ガスタービンは，火力省令を準用し，以下の設計とする。

(1)　ガスタービン等の構造

ガスタービンは，非常調速装置が作動したときに達する回転速度に対して構造上十分な機械的強度及びガスの温度が著しく上昇した場合に燃料の流入を自動的に遮断する装置が作動したときに達するタービン入口ガス温度高トリップ作動温度における十分な熱的強度を有する設計とする。軸受は，車軸の両側に設けた転がり軸受により運転中の荷重を安定に支持できるものであって，かつ，異常な摩耗，変形及び過熱が生じない設計とする。調速装置により調整することができる最低速度から過速度トリップが作動したときに達する最高速度までの間に被動機一体の危険速度がない設計とする。耐圧部分の構造は，最高使用圧力又は最高使用温度において発生する応力に対し十分な強度を有した設計とする。

(2)　調速装置

回転速度及び出力が負荷の変動の際にも持続的に動揺することを防止するため，ガスタービンに流入する燃料を自動的に調整する調速装置を設ける設計とする。

(3)　非常停止装置

運転中に生じた過回転その他の異常による危害の発生を防止するため，その異常が発生した場合にガスタービンに流入する燃料を自動的かつ速やかに遮断する非常調速装置その他の非常停止装置を設ける設計とする。

(4)　計測装置

設備の損傷を防止するため，回転速度，潤滑油圧力，潤滑油温度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。

2.1.2　内燃機関

内燃機関は，火力省令を準用し，以下の設計とする。

(1)　内燃機関等の構造等

非常調速装置が作動したときに達する回転速度に対して構造上十分な機械的強度を有する設計とする。軸受は，運転中の荷重を安定に支持できるもので，かつ，異常な摩耗，変形及び過熱が生じない設計とする。耐圧部分は，最高使用圧力又は最高使用温度において発生する応力に対し十分な強度を有した設計とする。また，非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は屋内に設置する設計とするため，酸素欠乏の発生のおそれのないように，建屋に吸排気部を設置する設計とする。

(2)　調速装置

回転速度及び出力が負荷の変動の際にも持続的に動揺することを防止するため，内燃機関に流入する燃料を自動的に調整する調速装置を設ける設計とする。

(3)　非常停止装置

運転中に生じた過回転その他の異常による危害の発生を防止するため，その異常が発生した場合に内燃機関に流入する燃料を自動的かつ速やかに遮断する非常調速装置その他の非常停止装置を設ける設計とする。

(4)　過圧防止装置

非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，過圧が生じるおそれがあるシリンダ内の圧力を逃すためにシリンダ安全弁を設ける設計とする。

(5)　計測装置

設備の損傷を防止するため，回転速度，潤滑油圧力，潤滑油温度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。

2.1.3　発電機

発電機は，原子力電技命令を準用し，以下の設計とする。

(1)　感電，火災等の防止

感電防止のため接地し，また，充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし，絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は，端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに，絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。電気機械器具は，「日本電気技術規格委員会規格ＪＥＳＣ　Ｅ７００２」(以下「ＪＥＳＣ　Ｅ７００２」という。)に基づき，通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とする。火災防止のため，高圧の電気機械器具は金属製の筐体に格納することで可燃性のものと隔離し，外箱等は接地を施す設計とする。電気設備は，適切な接地工事を施す設計とする。取扱者以外の者の立入を防止するため，発電所には人が容易に構内に立ち入るおそれがないようフェンス等を設ける設計とする。

(2)　異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため，過電流を過電流継電器にて検出し，遮断器を開放する設計とする。

(3)　電気的，磁気的障害の防止

発電機は，閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により，電気設備その他の物件の機能に電気的又は磁気的な障害を与えない設計とする。

(4)　供給支障の防止

発変電設備等の損傷による供給支障の防止のため，過電流等を生じた場合，保護継電器にて検知し，遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。発電機は，短絡電流及び非常調速装置が動作して達する回転速度に対し

て，十分な機械的強度を有する設計とし，三相短絡試験等により異常のないことを確認する。発電所構内には，発電機の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより，常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

2.1.4　遮断器

遮断器は，原子力電技命令を準用し，以下の設計とする。

(1)　感電，火災等の防止

遮断器は，感電防止のため接地し，また，充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし，絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は，端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに，絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。遮断器は，ＪＥＳＣ　Ｅ７００２に基づき，通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし，火災発生防止のため，閉鎖された金属製の外箱に収納し，隔離する設計とする。遮断器は適切な接地を施し，鉄台及び金属製の外箱には，A 種接地工事（高圧設備），C 種又は D 種接地工事（低圧設備）を施す設計とする。取扱者以外の者の立入を防止するため，発電所には人が容易に構内に立ち入るおそれがないようフェンス等を設ける設計とする。

(2)　異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため，過電流遮断器は，施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有し，高圧電路に施設する過電流遮断器はその作動に伴いその開閉状態を表示する装置を有する設計とする。

重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤(安全施設(重要安全施設を除く。)への電力供給に係るものに限る。)（以下「HEAF 対策対象盤」という。）については，非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外は，適切な遮断時間にてアーク放電が発生した遮断器の上流の遮断器を開放し，アーク放電の継続を防止することでアーク火災を防止し，電気盤の損壊の拡大を防止することができる設計とする。

非常用ディーゼル発電機からの給電時におけるメタルクラッドスイッチギア（非常用)のアーク火災防止対策については,アーク放電時の短絡電流を検出し，非常用ディーゼル発電機受電遮断器の開放又は非常用ディーゼル発電機の停止によりアーク放電を遮断する設計とし，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時におけるメタルクラッドスイッチギア（高圧炉心スプレイ系用）のアーク火災防止対策については，アーク放電時の短絡電流を検出し，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機受電遮断器の開放又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の停止によりアーク放電を遮断する設計とする。HEAF 対策対象盤を表 2-1 に示

す。

HEAF 対策対象盤の適切な遮断時間の設計にあたっては，HEAF 対策対象盤は，「高エネルギーアーク損傷(HEAF)に係る電気盤の設計に関する審査ガイド」を踏まえ，アーク放電を発生させる試験，アーク火災発生の評価を実施し，高エネルギーアーク損傷に係る対策の判断基準としてアーク火災が発生しないアークエネルギーの閾値は，メタルクラッドスイッチギア（非常用）及びメタルクラッドスイッチギア（高圧炉心スプレイ系用）は 25MJ（非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時は 16MJ)，パワーセンタ(非常用)は 18MJ 並びにモータコントロールセンタ(非常用)及びモータコントロールセンタ（高圧炉心スプレイ系用）は 4.4MJ を設定する。

発生するアークエネルギーは，次式により求め，非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外の各遮断器の遮断時間を表 2-2 に示し，非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時の各遮断器の遮断時間並びに非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の停止時間を表 2-3 に示す。

$$E_{3\Phi} = V_{arc} \times I_{arc} \times t_{arc}$$

$E_{3\Phi}$：三相のアークエネルギー

V_{arc}：HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧の平均値

I_{arc}：三相短絡電流の平均値

t_{arc}：アーク発生時の遮断器の遮断時間

非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外は，各母線に接続されるすべての遮断器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機に係る部分を除く。）をアーク放電発生箇所とし，各アーク放電発生箇所の上流の遮断器を開放することによりアーク放電を遮断する。(図 2-1 参照)

非常用ディーゼル発電機からの給電時は，非常用ディーゼル発電機受電遮断器の開放又は非常用ディーゼル発電機を停止することによりアーク放電を遮断し，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時は，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機受電遮断器の開放又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を停止することによりアーク放電を遮断する。(図 2-2 参照)

(3) 電気的，磁気的障害の防止

遮断器は，閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により，電気的又は磁気的な障害を与えない設計とする。

(4) 供給支障の防止

発変電設備等の損傷による供給支障の防止のため，過電流等を生じた場合，保護継電器にて検知し，遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。発電所構内には，遮断器の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより，常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

2.1.5　その他電気設備

その他の非常用電源設備は，原子力電技命令を準用し，以下の設計とする。

(1)　感電，火災等の防止

電気設備は，感電の防止のため接地し，また，外箱やカバー等により充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし，絶縁抵抗測定等により異常のないことを確認する。電線の接続箇所については，接続板，接続用ボルト･ナット等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに，絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。電気設備は，熱的強度について期待される使用状態において発生する熱に耐える設計とする。火災防止のため，可燃性の物から離して施設する設計とする。必要箇所には，異常時の電圧上昇等による影響を及ぼさないよう適切な接地を施す設計とする。取扱者以外の者の立入を防止するため，発電所には人が容易に構内に立ち入るおそれがないようフェンス等を設ける設計とする。

(2)　異常の予防及び保護対策

高圧電路と結合する変圧器は，電気設備の損傷，感電又は火災のおそれがないよう，適切な接地を施す設計とする。過電流からの電線及び電気機械器具の保護対策のため，電気設備には，過電流を検知できるよう保護継電器，過電流検知器及び配線用遮断器を設置し，過電流を検出した場合は，遮断器を開放する設計とする。

(3)　電気的，磁気的障害の防止

閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により，電気設備その他の物件の機能に電気的又は磁気的な障害を与えない設計とする。

(4)　供給支障の防止

変圧器，母線及びそれを支持する碍子は，短絡電流により生ずる機械的衝撃に耐える設計とする。発電所構内には，電気設備の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより，常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

表 2-1　HEAF 対策対象盤

常時接続される電気盤*1	①：重要安全施設(MS-1)への電力供給に係る電気盤	②：①の電気盤の周囲 2.5m 以内に設置されている電気盤*2	HEAF 対策対象盤
メタルクラッドスイッチギア（非常用）及び メタルクラッドスイッチギア(高圧炉心スプレイ系用) (M/C 6-2C,M/C 6-2D 及び M/C 6-2H)	○		○
パワーセンタ（非常用） (P/C 4-2C 及び P/C 4-2D)	○		○
モータコントロールセンタ（非常用）及び モータコントロールセンタ（高圧炉心スプレイ系用） (R/B MCC 2C-1, R/B MCC 2C-2, R/B MCC 2C-3, R/B MCC 2C-4, R/B MCC 2C-5, C/B MCC 2C-1, C/B MCC 2C-2, R/B MCC 2D-1, R/B MCC 2D-2, R/B MCC 2D-3, R/B MCC 2D-4, R/B MCC 2D-5, C/B MCC 2D-1, C/B MCC 2D-2 及び R/B MCC 2H)	○		○
モータコントロールセンタ（非常用） (T/B MCC 2C-1, T/B MCC 2C-2, T/B MCC 2D-1 及び T/B MCC 2D-2)	×		×
メタルクラッドスイッチギア(常用),パワーセンタ(常用) 及びモータコントロールセンタ(常用)	×	×	×
メタルクラッドスイッチギア(共通用), パワーセンタ (共通用)及びモータコントロールセンタ(共通用)	×	×	×
メタルクラッドスイッチギア(緊急時対策所用)及び モータコントロールセンタ(緊急時対策所用)	×	×	×

注記　＊1：電線路，主発電機又は非常用電源設備から電気が供給されている電気盤をいう。

＊2：「高エネルギーアーク損傷(HEAF)に係る電気盤の設計に関する審査ガイド」による。

表 2-2　各遮断器の遮断時間（1/4）

（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外）

アーク発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
機器名称	遮断器名称			
メタルクラッドスイッチギア（非常用）	母線連絡遮断器 52-6-2CA	母線連絡遮断器 52-6-2AC	0.400	22.56
	母線連絡遮断器 52-6-2CE	母線連絡遮断器 52-6-E2	0.513	18.50
	6-2C 母線に接続される遮断器 （母線連絡遮断器 52-6-2CA， 母線連絡遮断器 52-6-2CE 及び 非常用ディーゼル発電機(A)受電遮断器 52-6-2DGA を除く）	母線連絡遮断器 52-6-2CA	0.374	21.09
		母線連絡遮断器 52-6-2CE	0.286	10.31
	母線連絡遮断器 52-6-2DB	母線連絡遮断器 52-6-2BD	0.400	22.56
	母線連絡遮断器 52-6-2DE	母線連絡遮断器 52-6-E2	0.513	18.50
	6-2D 母線に接続される遮断器 （母線連絡遮断器 52-6-2DB， 母線連絡遮断器 52-6-2DE 及び 非常用ディーゼル発電機(B)受電遮断器 52-6-2DGB を除く）	母線連絡遮断器 52-6-2DB	0.374	21.09
		母線連絡遮断器 52-6-2DE	0.286	10.31

表 2-2　各遮断器の遮断時間（2/4）

（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外）

アーク発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間（s）	アークエネルギー（MJ）
機器名称	遮断器名称			
メタルクラッドスイッチギア（高圧炉心スプレイ系用）	母線連絡遮断器 52-6-2HA	母線連絡遮断器 52-6-2AH	0.370	20.86
	母線連絡遮断器 52-6-2HE	母線連絡遮断器 52-6-E2	0.513	18.50
	6-2H 母線に接続される遮断器（母線連絡遮断器 52-6-2HA，母線連絡遮断器 52-6-2HE 及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機受電遮断器 52-6-2DGH を除く）	母線連絡遮断器 52-6-2HA	0.345	19.46
		母線連絡遮断器 52-6-2HE	0.286	10.31

表 2-2　各遮断器の遮断時間（3/4）

（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外）

アーク発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間（s）	アークエネルギー（MJ）
機器名称	遮断器名称			
パワーセンタ（非常用）	受電遮断器 52-4-2C	動力変圧器遮断器 52-6-2PC	0.996	15.67
	52-4-2C 母線に接続される遮断器 （受電遮断器 52-4-2C を除く）	受電遮断器 52-4-2C	0.700	11.01
	受電遮断器 52-4-2D	動力変圧器遮断器 52-6-2PD	0.996	15.67
	52-4-2D 母線に接続される遮断器 （受電遮断器 52-4-2D を除く）	受電遮断器 52-4-2D	0.700	11.01

表 2-2　各遮断器の遮断時間（4/4）

（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外）

アーク発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間（s）	アークエネルギー（MJ）
機器名称	遮断器名称			
モータコントロールセンタ（非常用）及びモータコントロールセンタ（高圧炉心スプレイ系用）	C/B MCC 2C-1 に接続される遮断器	C/B MCC 2C-1 遮断器	0.146	3.32
	C/B MCC 2C-2 に接続される遮断器	C/B MCC 2C-2 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2C-1 に接続される遮断器	R/B MCC 2C-1 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2C-2 に接続される遮断器	R/B MCC 2C-2 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2C-3 に接続される遮断器	R/B MCC 2C-3 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2C-4 に接続される遮断器	R/B MCC 2C-4 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2C-5 に接続される遮断器	R/B MCC 2C-5 遮断器	0.146	3.32
	C/B MCC 2D-1 に接続される遮断器	C/B MCC 2D-1 遮断器	0.146	3.32
	C/B MCC 2D-2 に接続される遮断器	C/B MCC 2D-2 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2D-1 に接続される遮断器	R/B MCC 2D-1 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2D-2 に接続される遮断器	R/B MCC 2D-2 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2D-3 に接続される遮断器	R/B MCC 2D-3 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2D-4 に接続される遮断器	R/B MCC 2D-4 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2D-5 に接続される遮断器	R/B MCC 2D-5 遮断器	0.146	3.32
	R/B MCC 2H に接続される遮断器	動力変圧器遮断器 52-6-2PH	0.318	3.71

表 2-3　各遮断器の遮断時間並びに非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の停止時間
(非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時)

アーク発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断(停止)時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
機器名称	遮断器名称			
メタルクラッドスイッチギア（非常用）及びメタルクラッドスイッチギア（高圧炉心スプレイ系用）	非常用ディーゼル発電機(A)受電遮断器 52-6-2DGA	—*	7.214	10.44
	6-2C 母線に接続される遮断器 (非常用ディーゼル発電機(A)受電遮断器 52-6-2DGA を除く)	非常用ディーゼル発電機(A)受電遮断器 52-6-2DGA	2.554	6.35
	非常用ディーゼル発電機(B)受電遮断器 52-6-2DGB	—*	7.214	10.44
	6-2D 母線に接続される遮断器 (非常用ディーゼル発電機(B)受電遮断器 52-6-2DGB を除く)	非常用ディーゼル発電機(B)受電遮断器 52-6-2DGB	2.554	6.35
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機受電遮断器 52-6-2DGH	—*	6.948	13.41
	6-2H 母線に接続される遮断器 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機受電遮断器 52-6-2DGH を除く)	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機受電遮断器 52-6-2DGH	1.788	7.10

注記　＊：メタルクラッドスイッチギアにおけるアーク放電を遮断するため，非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を停止する。

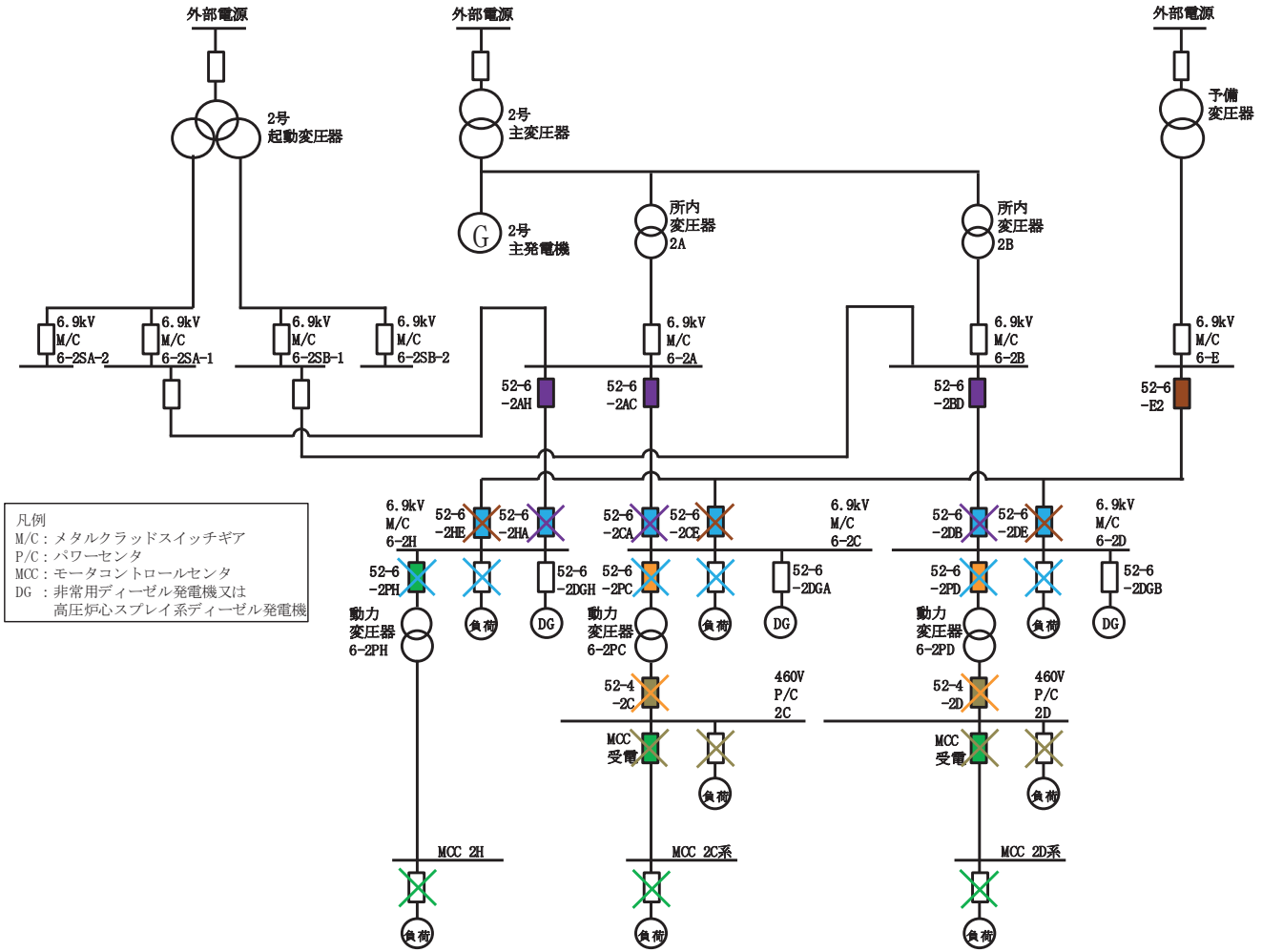


図 2-1　アーク放電発生箇所とアーク放電を遮断する遮断器

（非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時以外）

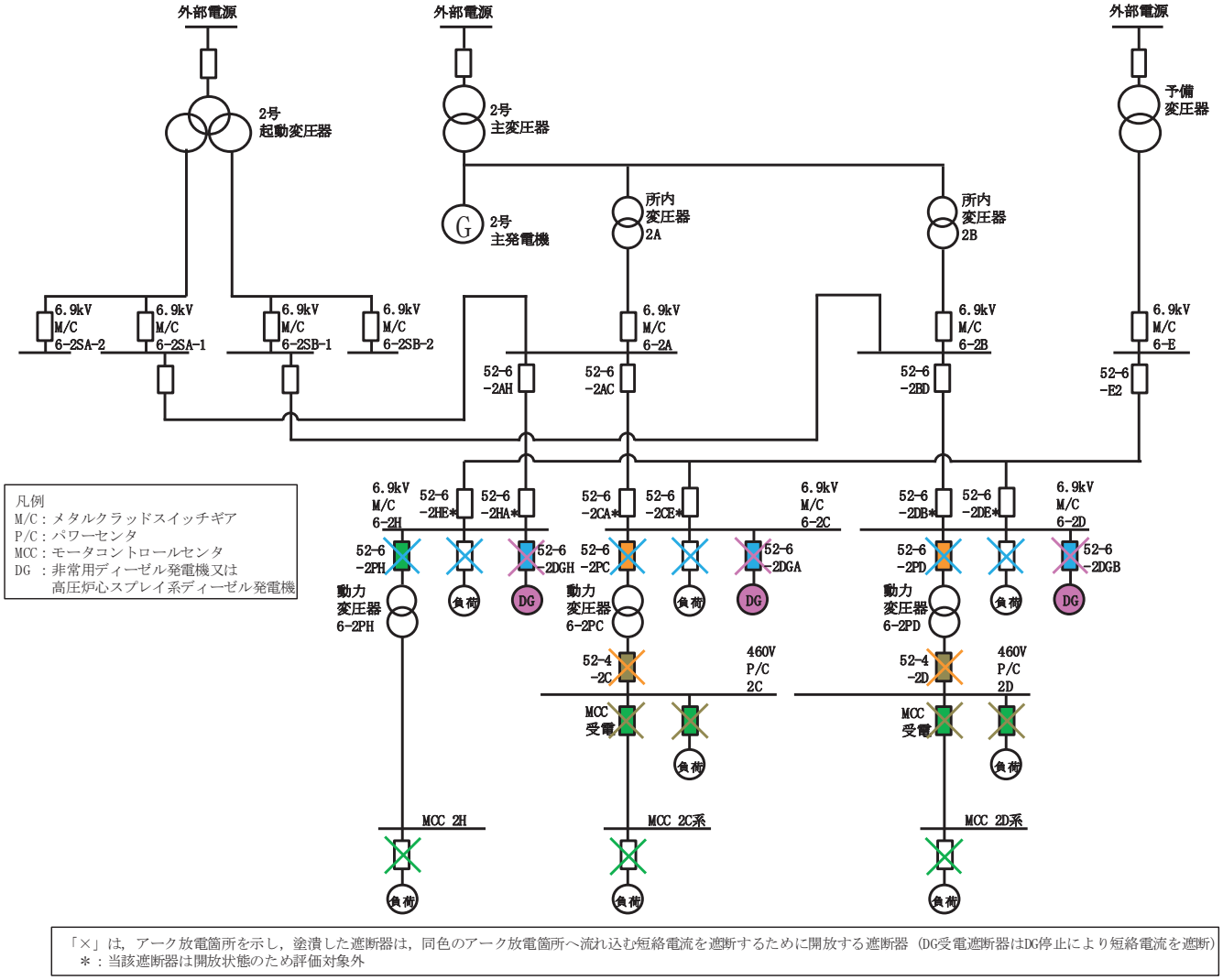


図 2-2　アーク放電発生箇所とアーク放電を遮断する遮断器
（非常用ディーゼル発電機又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの給電時）

2.2　可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針

重大事故等対処設備における可搬型の非常用発電装置のうち電源車は，重大事故等が発生した場合において，炉心の著しい損傷，原子炉格納容器の破損，使用済燃料プール内の燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な電力を供給できる出力を有する設計とする。

電源車は，外部電源系，非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の機能が喪失（全交流動力電源喪失）した場合に，必要な設備に電力を供給できる設計とする。

電源車は，125V 代替蓄電池，250V 蓄電池，125V 代替充電器及び 250V 充電器と組み合わせて使用することにより，重大事故等時の対応に必要な直流設備に電力を供給できる設計とする。

電源車（緊急時対策所用）及び可搬型窒素ガス供給装置発電設備は，専用の負荷に電力を供給できる出力を有する設計とする。

また，非常用発電装置としての機能の重要性を考慮し，電源車，電源車（緊急時対策所用）及び可搬型窒素ガス供給装置発電設備については，火力省令及び電気設備に関する技術基準を定める省令を引用している日本内燃力発電設備協会規格の「可搬形発電設備技術基準（ＮＥＧＡ　Ｃ　３３１:2005)」（以下「可搬形発電設備技術基準」という。）を準用する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の内燃機関は，流入する燃料を自動的に調整する調速装置並びに軸受が異常な摩耗,変形及び過熱が生じないよう潤滑油装置を設ける設計とし，回転速度,潤滑油圧力,潤滑油温度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。回転速度が著しく上昇した場合及び冷却水温度が著しく上昇した場合等に自動的に停止する設計とする。また，過回転防止装置は定格回転速度の 116%以下で動作する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の発電機は，電気的・機械的に十分な性能を持つ絶縁巻線を使用し，耐熱性及び耐湿性を考慮した絶縁処理を施す設計とする。過電流が発生した場合等に電路から自動的に遮断する設計とする。

可搬型の非常用発電装置の強度については，完成品として一般産業品規格で規定される温度試験等を実施し，定格負荷状態において十分な強度を有する設計とする。

耐圧部分に対する強度については，可搬形発電設備技術基準に関連する事項がないため,「日本電機工業会規格ＪＥＭ－１３９８」又は「日本電機工業会規格ＪＥＭ－１４３５」で規定される温度試験による強度評価の基本方針，強度評価方法及び強度評価結果を工事計画認可申請書添付書類「Ⅵ-3　強度に関する説明書」の別添にて説明する。

2.2.1　可搬型の非常用発電装置

可搬型の非常用発電装置は，可搬形発電設備技術基準を準用し，以下の設計とする。

(1)　原動機

内燃機関に流入する燃料を自動的に調整する調速装置を設ける設計とする。

また，内燃機関の軸受は，運転中の荷重を安定に支持できるものであり，かつ，異常な摩耗，変形及び過熱が生じないよう潤滑油装置を設ける設計とする。

(2)　発電機

通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし，発電機の耐熱クラスは，E 種絶縁以上の設計とする。発電機の巻線は，非常停止速度や短絡電流に対して十分な電気的・機械的強度及び絶縁性能を有する設計とする。

(3)　計測装置

回転速度等の運転状態を計測する装置を設ける設計とする。

(4)　保護装置

電圧低下，過速度，冷却水温度上昇及び潤滑油圧力低下時に，原動機を自動的に停止する設計とする。定格回転速度の 116%以下で動作する非常調速装置を設ける設計とする。

また，発電機は，過電流が発生した場合に電路から自動的に遮断する保護装置を設ける設計とする。

(5)　運転性能

定格出力のもとで 1時間運転し，安定した運転が維持される設計とする。

(6)　絶縁抵抗及び絶縁耐力

出力端子と大地間の絶縁抵抗値を測定し，出力端子と大地間に規定の交流電圧を印加したときこれに耐える設計とする。

3.　施設の詳細設計方針

3.1　非常用ディーゼル発電機

3.1.1　設計基準対象施設

発電用原子炉施設には，外部電源が喪失した場合において，発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するため，非常用ディーゼル発電機を設置する設計とする。

また，火力省令及び原子力電技命令を準用し，「2.1.2　内燃機関」及び「2.1.3 発電機」に記載の設計とする。

技術基準規則に基づき，非常用ディーゼル発電機は，使用済燃料プール水位／温度，使用済燃料プール上部空間放射線モニタ，使用済燃料プール監視カメラ，モニタリングポスト，通信連絡設備等へ給電できる設計とする。

非常用ディーゼル発電機の容量は，表 3-1 及び表 3-2 に示す発電所を安全に停止するために必要な負荷（2A:5615.2kW，2B:5616.0kW）並びに表 3-3 及び表 3-4 に示す工学的安全施設の作動時に必要な負荷（2A:5347.5kW，2B:4841.0kW）に対し，十分な容量が確保できるよう，非常用ディーゼル発電機は，6100kW の出力を有する設計とする。

また，非常用ディーゼル発電機は，10 秒以内に電圧を確立し，工学的安全施設等へ順次自動で電力を供給できる設計とし，燃料プール冷却浄化系ポンプに対しては，これらの一連の設備への電力供給が開始された後に，必要により手動起動を実施する際に，電力を供給できる設計とする。負荷積算イメージを図 3-1 から図 3-4 に示す。

非常用ディーゼル発電機の内燃機関の出力及び発電機の容量は以下のとおりとする。

(1) 内燃機関

発電機の出力 6100kW から，内燃機関の出力は次式により 6421kW 以上の 6435kW とする。

$$P_E \geqq P \div \eta = 6100 \div 0.95 \fallingdotseq 6421$$

P_E ：内燃機関の出力(kW)

P ：発電機の定格出力(kW)＝6100

η ：発電機の効率＝0.95

(2) 発電機

発電機の容量は，次式により 7625kVA とする。

$$Q = P \div pf = 6100 \div 0.80 = 7625$$

Q ：発電機の容量(kVA)

P ：発電機の定格出力(kW)＝6100

pf：力率＝0.80

表 3-1　発電所を安全に停止するために必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2A）

設備・機器名	負荷容量(kW)
残留熱除去系ポンプ A	511.6
原子炉補機冷却水ポンプ A	235.0
原子炉補機冷却水ポンプ C	235.0
原子炉補機冷却海水ポンプ A	397.9
原子炉補機冷却海水ポンプ C	397.9
制御棒駆動水ポンプ A	284.2
タービン補機冷却水ポンプ A	312.6
タービン補機冷却海水ポンプ A	331.6
非常用照明	120.0
非常用ガス処理装置*1	50.8
ディーゼル室換気設備	135.0
蓄電池用充電器（使用済燃料プール水位／温度，使用済燃料プール上部空間放射線モニタ等）	118.0
蓄電池用充電器	130.0
その他の非常用負荷*2 （燃料プール冷却浄化系ポンプ A，使用済燃料プール水位／温度，使用済燃料プール監視カメラ，モニタリングポスト，通信連絡設備，地下水位低下設備等）	2355.6
負荷合計	5615.2

注記　＊1：非常用ガス処理系空気乾燥装置電気ヒータ，非常用ガス処理系フィルタ装置スペースヒータ等を含む。

＊2：「工学的安全施設の作動時に必要な負荷」の共通負荷以外に，工学的安全施設ではないが，発電所の安全停止に必要なタービン・発電機補機等を起動する。

表 3-2　発電所を安全に停止するために必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2B）

設備・機器名	負荷容量(kW)
残留熱除去系ポンプ B	511.6
原子炉補機冷却水ポンプ B	235.0
原子炉補機冷却水ポンプ D	235.0
原子炉補機冷却海水ポンプ B	397.9
原子炉補機冷却海水ポンプ D	397.9
制御棒駆動水ポンプ B	284.2
タービン補機冷却水ポンプ B	312.6
タービン補機冷却海水ポンプ B	331.6
非常用照明	120.0
非常用ガス処理装置*1	50.8
ディーゼル室換気設備	135.0
蓄電池用充電器（使用済燃料プール水位／温度等）	118.0
その他の非常用負荷*2 （燃料プール冷却浄化系ポンプ B，モニタリングポスト，通信連絡設備，地下水位低下設備等）	2486.4
負荷合計	5616.0

注記　＊1：非常用ガス処理系空気乾燥装置電気ヒータ，非常用ガス処理系フィルタ装置スペースヒータ等を含む。

＊2：「工学的安全施設の作動時に必要な負荷」の共通負荷以外に，工学的安全施設ではないが，発電所の安全停止に必要なタービン・発電機補機等を起動する。

表 3-3　工学的安全施設の作動時に必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2A）

設備・機器名	負荷容量(kW)
低圧炉心スプレイ系ポンプ	947.4
残留熱除去系ポンプ A	511.6
原子炉補機冷却水ポンプ A	235.0
原子炉補機冷却水ポンプ C	235.0
原子炉補機冷却海水ポンプ A	397.9
原子炉補機冷却海水ポンプ C	397.9
制御棒駆動水ポンプ A	284.2
非常用照明	120.0
非常用ガス処理装置*1	35.0
ディーゼル室換気設備	135.0
蓄電池用充電器（使用済燃料プール水位／温度，使用済燃料プール上部空間放射線モニタ等）	118.0
蓄電池用充電器	130.0
その他の非常用負荷*2 （燃料プール冷却浄化系ポンプ A，使用済燃料プール水位／温度，使用済燃料プール監視カメラ，モニタリングポスト，通信連絡設備，地下水位低下設備等）	1800.5
負荷合計	5347.5

注記　＊1：非常用ガス処理系空気乾燥装置電気ヒータを含む。

＊2：「発電所を安全に停止するために必要な負荷」の共通負荷以外に，低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調機を起動する。

表 3-4　工学的安全施設の作動時に必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2B）

設備・機器名	負荷容量(kW)
残留熱除去系ポンプ B	511.6
残留熱除去系ポンプ C	511.6
原子炉補機冷却水ポンプ B	235.0
原子炉補機冷却水ポンプ D	235.0
原子炉補機冷却海水ポンプ B	397.9
原子炉補機冷却海水ポンプ D	397.9
制御棒駆動水ポンプ B	284.2
非常用照明	120.0
非常用ガス処理装置*1	35.0
ディーゼル室換気設備	135.0
蓄電池用充電器（使用済燃料プール水位／温度等）	118.0
その他の非常用負荷*2 （燃料プール冷却浄化系ポンプ B，モニタリングポスト，通信連絡設備，地下水位低下設備等）	1859.8
負荷合計	4841.0

注記　＊1：非常用ガス処理系空気乾燥装置電気ヒータを含む。

＊2：「発電所を安全に停止するために必要な負荷」の共通負荷以外に，残留熱除去系ポンプ C 室空調機を起動する。

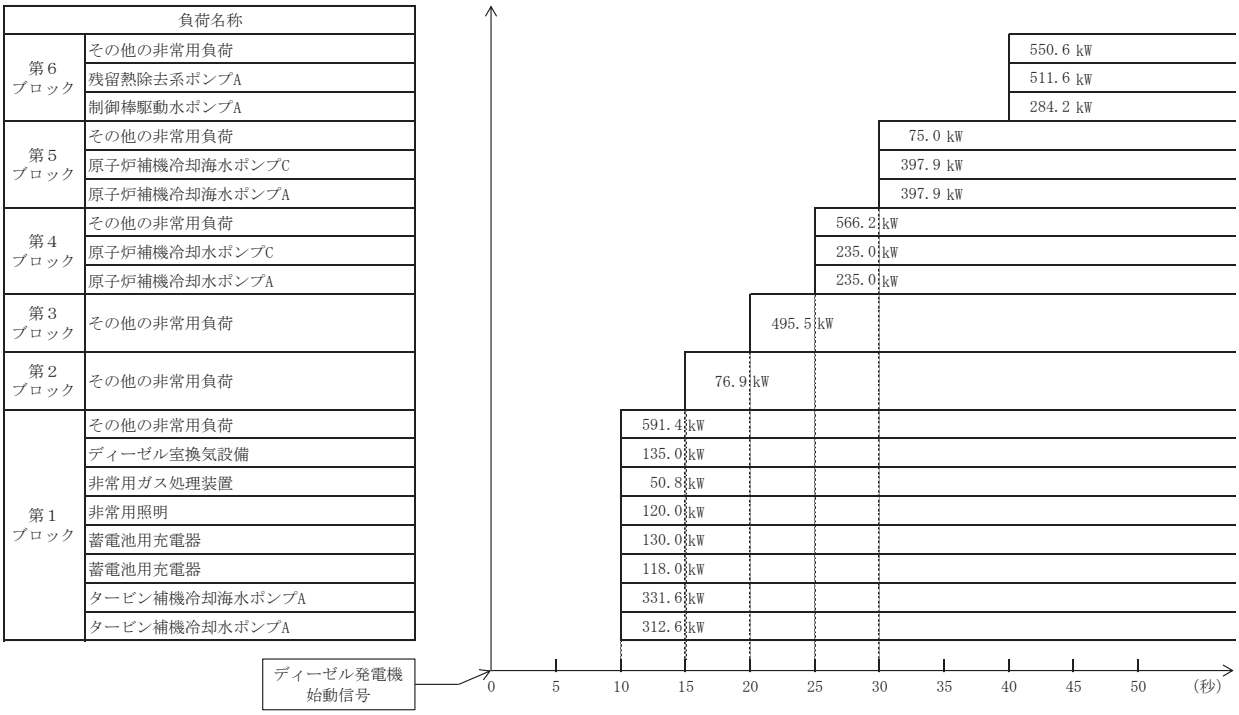


図 3-1　発電所を安全に停止するために必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2A）積算イメージ

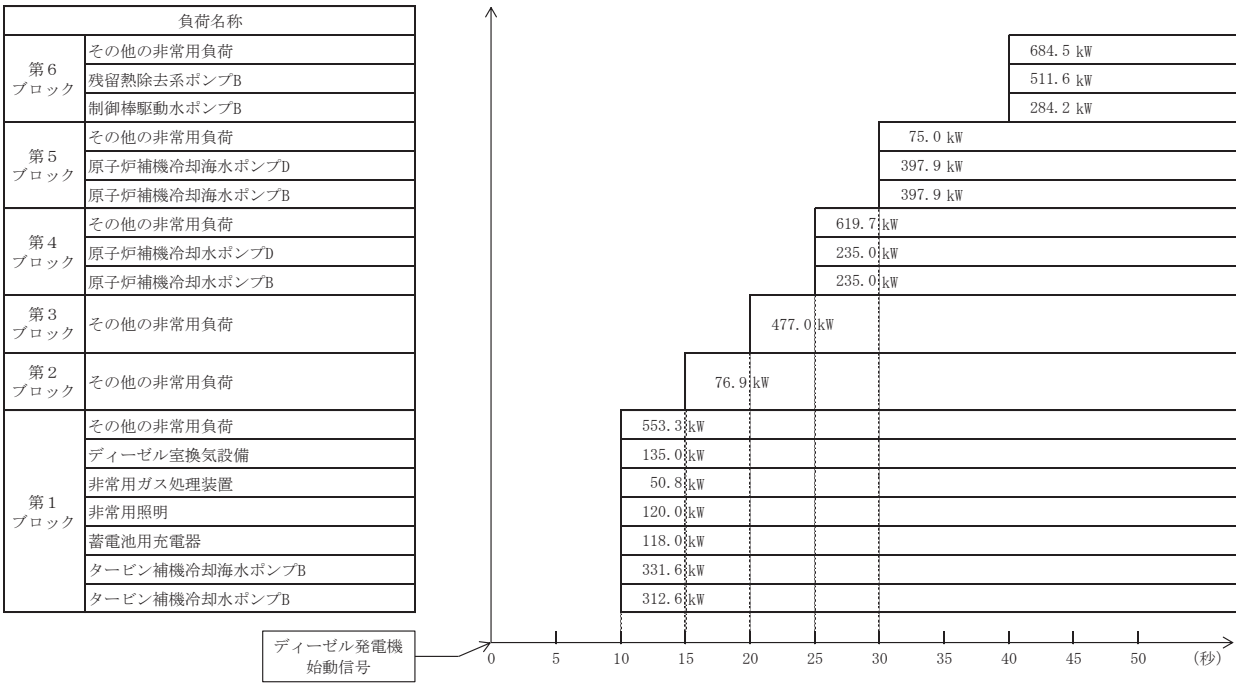


図 3-2　発電所を安全に停止するために必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2B）
積算イメージ

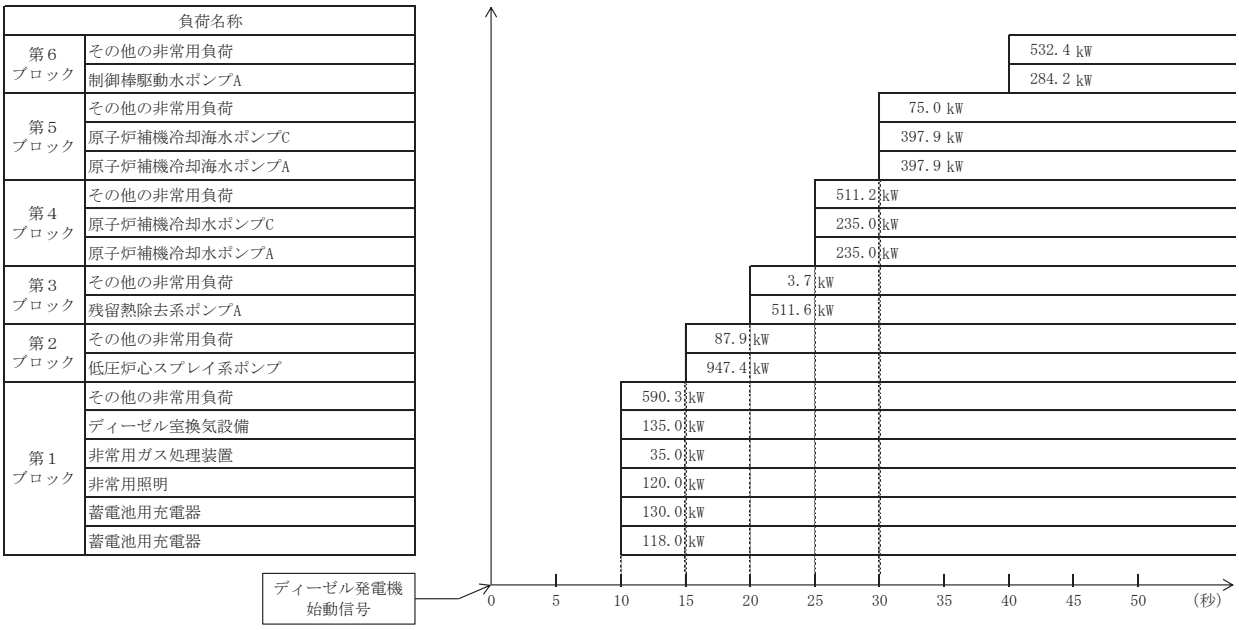


図 3-3　工学的安全施設の作動時に必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2A）
積算イメージ

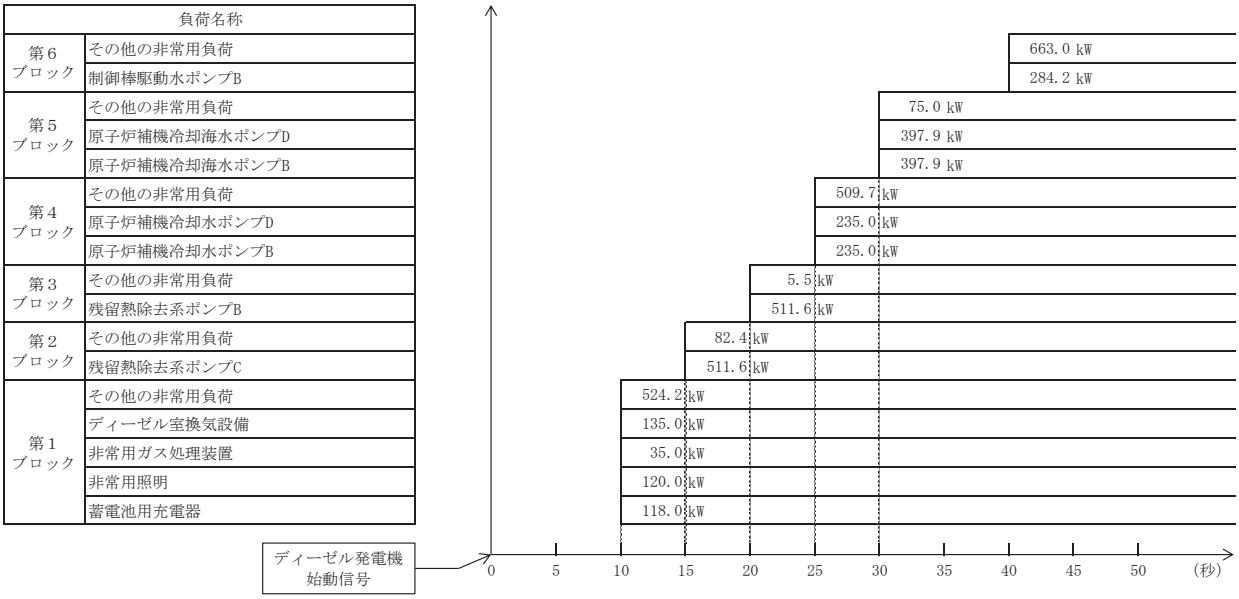


図 3-4　工学的安全施設の作動時に必要な負荷（非常用ディーゼル発電機 2B）
積算イメージ

3.1.2　重大事故等対処設備

非常用ディーゼル発電機は，工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有しているため，重大事故等時に非常用ディーゼル発電機から電力供給が可能な場合には，重大事故等時の対応に必要な設備へ電力を供給可能な設計とする。

火力省令及び原子力電技命令を準用し，「2.1.2　内燃機関」及び「2.1.3　発電機」に記載の設計とする。

技術基準規則第 59 条～第 66 条，第 73 条～第 74 条及び第 76 条～第 77 条の各条文に基づく重大事故等時の対応において，非常用ディーゼル発電機から電力供給を期待する重大事故等対処設備の負荷を表 3-5 に示す。技術基準規則に基づき必要となる重大事故等対処設備は，各条文により異なるため，すべての機器を同時に使用することはないが，仮にすべての負荷を合計した場合の最大所要負荷は 4100.3kW である。

発電機の出力は，十分な容量が確保できるよう，6100kW の出力を有する設計とし，設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより，内燃機関の必要な出力を算出する。

非常用ディーゼル発電機の内燃機関の出力及び発電機の容量は，3.1.1 項の「(1)　内燃機関」及び「(2)　発電機」に示す。

表 3-5　非常用ディーゼル発電機の最大所要負荷リスト

設備・機器名	台数	負荷容量 (kW)*1	技術基準規則適用条文
ほう酸水注入系ポンプ	1	37.0	第 59 条,第 60 条, 第 66 条
低圧炉心スプレイ系ポンプ	1	947.4	第 62 条
復水移送ポンプ	2	90.0	第 62 条,第 64 条, 第 66 条
残留熱除去系ポンプ	2	1023.2	第 62 条～第 64 条
代替循環冷却ポンプ	1	90.0	第 62 条,第 65 条, 第 66 条
原子炉補機冷却水ポンプ	2	470.0	第 62 条～第 66 条
原子炉補機冷却海水ポンプ	2	795.8	第 62 条～第 66 条
中央制御室送風機	1	110.0	第 74 条
中央制御室再循環送風機	1	15.0	第 74 条
中央制御室排風機	1	3.7	第 74 条
非常用ガス処理装置	1	50.8	第 74 条
蓄電池用充電器*2 ・ATWS 緩和設備 （代替制御棒挿入機能） ・ATWS 緩和設備 （代替原子炉再循環ポンプ トリップ機能） ・ATWS 緩和設備 （自動減圧系作動阻止機能） ・代替自動減圧回路 （代替自動減圧機能） ・安全パラメータ表示システム(SPDS) ・計装設備	1	118.0	第 59 条，第 61 条， 第 73 条，第 76 条， 第 77 条
その他の非常用負荷*3 ・ATWS 緩和設備 （自動減圧系作動阻止機能） ・計装設備	－	52.5	第 59 条，第 61 条， 第 73 条
安全パラメータ表示システム(SPDS)*3, 衛星電話設備(固定型),無線連絡設備(固定型）及び統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備	－	296.9	第 74 条，第 76 条， 第 77 条
合計	－	4100.3	－

注記　＊1：電磁弁及び電動弁は負荷容量が小さく又は動作時間が短時間であるため，負荷容量には含めない。

＊2：各設備・機器のうち，直流で運転する負荷。

＊3：各設備・機器のうち，交流で運転する負荷。

3.2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

3.2.1　設計基準対象施設

発電用原子炉施設には，外部電源が喪失した場合において，発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するため，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を設置する設計とする。

また，火力省令及び原子力電技命令を準用し，「2.1.2　内燃機関」及び「2.1.3 発電機」に記載の設計とする。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の容量は，表 3-6 に示すとおり工学的安全施設の作動時に必要な負荷（2081.6kW)に対し，十分な容量が確保できるよう，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，3000kW の出力を有する設計とする。

また，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，13 秒以内に電圧を確立し，工学的安全施設等へ順次自動で電力を供給できる設計とする。負荷積算イメージを図 3-5 に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の内燃機関の出力及び発電機の容量は以下のとおりとする。

(1)　内燃機関

発電機の出力 3000kW から，内燃機関の出力は次式により 3226kW 以上の 3236kW とする。

$$P_E \geqq P \div \eta = 3000 \div 0.93 \fallingdotseq 3226$$

P_E ：内燃機関の出力(kW)

P　：発電機の定格出力(kW)＝3000

η　：発電機の効率＝0.93

(2)　発電機

発電機の容量は，次式により 3750kVA とする。

$$Q = P \div pf = 3000 \div 0.80 = 3750$$

Q　：発電機の容量(kVA)

P　：発電機の定格出力(kW)＝3000

pf：力率＝0.80

表 3-6　工学的安全施設の作動時に必要な負荷（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機）

設備・機器名	負荷容量(kW)
高圧炉心スプレイ系ポンプ	1800.0
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	40.0
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	60.0
ディーゼル室換気設備	90.0
蓄電池用充電器	10.0
その他の非常用負荷	81.6
負荷合計	2081.6

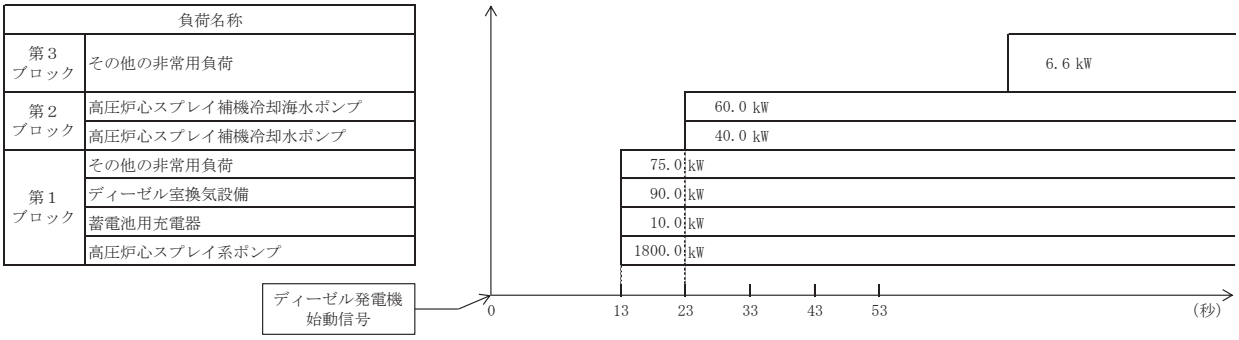


図 3-5　工学的安全施設の作動時に必要な負荷（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機）積算イメージ

3.2.2　重大事故等対処設備

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有しているため，重大事故等時に高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から電力供給が可能な場合には，重大事故等時の対応に必要な設備へ電力を供給可能な設計とする。

火力省令及び原子力電技命令を準用し，「2.1.2　内燃機関」及び「2.1.3　発電機」に記載の設計とする。

技術基準規則第 60 条，第 63 条及び第 73 条の各条文に基づく重大事故等時の対応において，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から電力供給を期待する重大事故等対処設備の負荷を表 3-7 に示す。所要負荷は 1918.0kW である。

発電機の出力は，十分な容量が確保できるよう，3000kW の出力を有する設計とし，設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより，内燃機関の必要な出力を算出する。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の内燃機関の出力及び発電機の容量は，3.2.1 項の「(1)　内燃機関」及び「(2)　発電機」に示す。

表 3-7　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の最大所要負荷リスト

設備・機器名	台数	負荷容量 (kW)*	技術基準規則適用条文
高圧炉心スプレイ系ポンプ	1	1800.0	第 60 条
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	1	40.0	第 63 条
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1	60.0	第 63 条
その他の非常用負荷 ・計装設備	－	18.0	第 73 条
合計	－	1918.0	－

注記　＊：電磁弁及び電動弁は負荷容量が小さく又は動作時間が短時間であるため，負荷容量には含めない。

3.3 ガスタービン発電機

設置（変更）許可申請書の添付書類十における事故シーケンスにおいて，ガスタービン発電機から電力を供給する有効性評価で期待する負荷に加え，評価上期待していない不要負荷であるが，電源が供給されるため発電機の負荷として考慮する必要がある負荷を抽出した結果，所要負荷が最大となる事故シーケンスは，「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）」であり，負荷積算イメージを図 3-6 に示す。最大負荷は，4497.4kW であり，最大所要負荷リストを表 3-8 に示す。

発電機の出力は，十分な容量が確保できるよう，非常用短時間仕様 7200kW（3600kW×2 台）（常用連続運用仕様*6000kW（3000kW×2 台））の出力を有する設計とし，設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより，ガスタービンの必要な出力を算出する。

最大所要負荷に基づき，ガスタービンの出力及び発電機の容量を以下のとおりとする。

また，火力省令及び原子力電技命令を準用し，「2.1.1　ガスタービン」及び「2.1.3 発電機」に記載の設計とする。

注記＊：ガスタービン発電機は，取り込んだ外気を圧縮して使用していることから，外気温度の上昇により圧縮空気量が減少する事で出力も減少する特性を持っている。そのため，ガスタービン発電機使用時の外気温度での出力を記載している。

3.3.1 ガスタービン

発電機の出力 7200kW から，ガスタービンの出力は次式により [　　] kW 以上の 7620kW（3810kW×2 台）とする。

$P_E \geqq P \div \eta = 7200 \div$ [　　] $=$ [　　]

P_E ：ガスタービンの出力(kW)

P　：発電機の定格出力(kW)＝7200

η　：発電機の効率＝ [　　]

3.3.2 発電機

発電機の容量は，次式により 9000kVA（4500kVA×2 台）とする。

$Q = P \div pf = 7200 \div 0.80 = 9000$

Q　：発電機の容量(kVA)

P　：発電機の定格出力(kW)＝7200

pf：力率＝0.80

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-8　ガスタービン発電機の最大所要負荷リスト

負荷名称	負荷容量(kW)*1 (停止負荷容量)
緊急時対策建屋	296.9
緊急用電気品建屋	311.1
D 母線自動起動負荷	
・蓄電池用充電器	118.0
・非常用照明	120.0
・中央制御室 120V 交流分電盤	52.5
・非常用ガス処理装置*2	50.8
・モニタリングポスト	5.0
・その他の負荷*3	590.3
C 母線自動起動負荷	
・蓄電池用充電器	118.0
・非常用照明	120.0
・中央制御室 120V 交流分電盤	52.5
・非常用ガス処理装置*2	50.8
・モニタリングポスト	5.0
・その他の負荷*4	1231.2
復水移送ポンプ	45.0
復水移送ポンプ	45.0
中央制御室送風機	110.0
中央制御室再循環送風機	15.0
原子炉格納容器 pH 調整系ポンプ	22.0
1 回目停止負荷*5	(246.6)
残留熱除去系ポンプ*6	511.6
代替循環冷却ポンプ	90.0
その他の負荷*7	214.9
2 回目停止負荷*8	(3.7)
燃料プール冷却浄化系ポンプ	75.0
その他の負荷*9	1.5
3 回目停止負荷*10	(338.1)
合計　連続負荷	3152.1
最大負荷	4497.4

注記　＊1：電磁弁及び電動弁は負荷容量が小さく又は動作時間が短時間であるため，負荷容量には含めない。

＊2：非常用ガス処理系空気乾燥装置電気ヒータ，非常用ガス処理系フィルタ装置スペースヒータ等を含む。

＊3：その他の負荷は，緊急用電気品室(2)非常用送風機，CAMS(B)室空調機，SGTS 室空調機(B)，計測制御電源(B)室送風機(A)，計測制御電源(B)室排風機(A)，地下水位低下設備，グランド蒸気排風機(B)，主油タンクガス抽出機(B)，

第４軸受ジャッキング油ポンプ，清水加熱器(B)，潤滑油加熱器(B)等である。

＊4：その他の負荷は，緊急用電気品室(1)非常用送風機，CAMS(A)室空調機，SGTS室空調機(A)，計測制御電源(A)室送風機(A)，計測制御電源(A)室排風機(A)，RCICポンプ室空調機，DC-MCC2A室空調機，地下水位低下設備，予備負荷，グランド蒸気排風機(A)，主油タンクガス抽出機(A)，第３軸受ジャッキング油ポンプ，清水加熱器(A)，潤滑油加熱器(A)等である。

＊5：1回目停止負荷は，グランド蒸気排風機(B)，主油タンクガス抽出機(B)，第４軸受ジャッキング油ポンプ，グランド蒸気排風機(A)，主油タンクガス抽出機(A)，第３軸受ジャッキング油ポンプ等である。

＊6：起動時負荷容量は1080.0kW。

＊7：その他の負荷は，RHRポンプ(A)室空調機，HECW冷水ポンプ(A)，HECW冷凍機(A)潤滑油ポンプ，HECW冷凍機(A)圧縮機，原子炉補機(B)室送風機(A)及び原子炉補機(B)室排風機(A)である。

＊8：2回目停止負荷は，RHRポンプ(A)室空調機である。

＊9：その他の負荷は，FPCポンプ(A)室空調機である。

＊10：3回目停止負荷は，清水加熱器(B)，潤滑油加熱器(B)，清水加熱器(A)，潤滑油加熱器(A)等である。

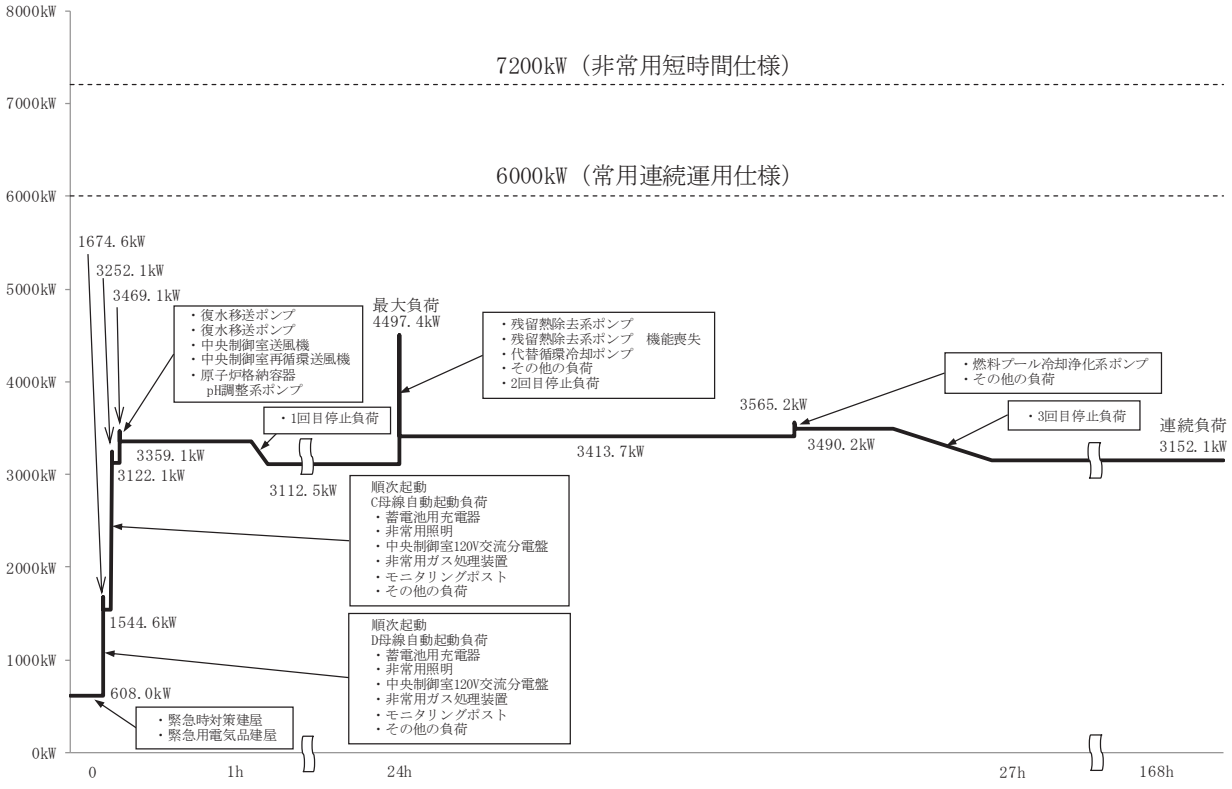


図3-6　重大事故時に想定される事故シーケンスのうち最大負荷「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（代替循環冷却系を使用する場合）」積算イメージ

3.4　可搬型の非常用発電装置

3.4.1　電源車

電源車は，設計基準事故対処設備の交流電源が喪失（全交流動力電源喪失）した場合に，必要な設備に電力を供給できる設計とする。また，設計基準事故対処設備の交流電源及び直流電源が喪失した場合に，125V 代替蓄電池，250V 蓄電池，125V 代替充電器及び 250V 充電器と組み合わせて使用することで，重大事故等時の対応に必要な直流設備に電力を供給できる設計とする。電源車の容量は，表 3-9 及び図 3-7 に示すメタルクラッドスイッチギア（非常用）又はモータコントロールセンタ（緊急用）への給電時の負荷（656.8kW）及び直流母線への給電時の負荷（125V 代替充電器（118.0kW）及び 250V 充電器（130.0kW）の合計 248.0kW へ給電するため表 3-9 に包含される。）に対し，十分な容量を確保できるよう，680kW（340kW×2 台）の出力を有する設計とし，設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより，内燃機関の必要な出力を算出する。なお，直流母線への給電時は電源車 1 台で容量を確保する設計とする。

電源車の内燃機関の出力及び発電機の容量を以下のとおりとする。

なお，可搬形発電設備技術基準を準用し，「2.2　可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針」に記載の設計とする。

(1)　内燃機関

発電機の出力 680kW から，内燃機関の出力は次式により [　　] kW 以上の 860kW（430kW×2 台）とする。

$P_E \geqq P \div \eta = 680 \div$ [　　] $\fallingdotseq$ [　　]

P_E ：内燃機関の出力(kW)

P　：発電機の定格出力(kW)＝680

η　：発電機の効率＝ [　　]

(2)　発電機

発電機の容量は，次式により 800kVA（400kVA×2 台）とする。

$Q = P \div pf = 680 \div 0.85 = 800$

Q　：発電機の容量(kVA)

P　：発電機の定格出力(kW)＝680

pf：力率＝0.85

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-9　メタルクラッドスイッチギア（非常用）又は
モータコントロールセンタ（緊急用）への給電時の負荷

負荷名称	負荷容量(kW)*1
蓄電池用充電器	118.0
非常用照明	30.0
中央制御室 120V 交流分電盤	52.5
その他の負荷*2	7.2
蓄電池用充電器	118.0
非常用照明	30.0
中央制御室 120V 交流分電盤	52.5
その他の負荷*3	7.1
復水移送ポンプ	45.0
復水移送ポンプ	45.0
燃料プール冷却浄化系ポンプ*4	75.0
その他の負荷*5	1.5
その他の負荷*6	60.0
その他の負荷*7	1.5
合計　連続負荷	643.3
最大負荷	656.8

注記　＊1：電磁弁及び電動弁は負荷容量が小さく又は動作時間が短時間であるため，負荷容量には含めない。

＊2：その他の負荷は，計測制御電源(B)室排風機(A)及びページング用整流器である。

＊3：その他の負荷は，計測制御電源(A)室排風機(A)及びページング用分電盤である。

＊4：起動時負荷容量は 150.0kW。

＊5：その他の負荷は，FPC ポンプ(A)室空調機である。

＊6：その他の負荷は，無停電交流電源用静止形無停電電源装置 2A 及び無停電交流電源用静止形無停電電源装置 2B である。

＊7：その他の負荷は，フィルタ装置出口水素濃度計吸引ポンプ及びフィルタ装置出口水素濃度計排気ポンプである。

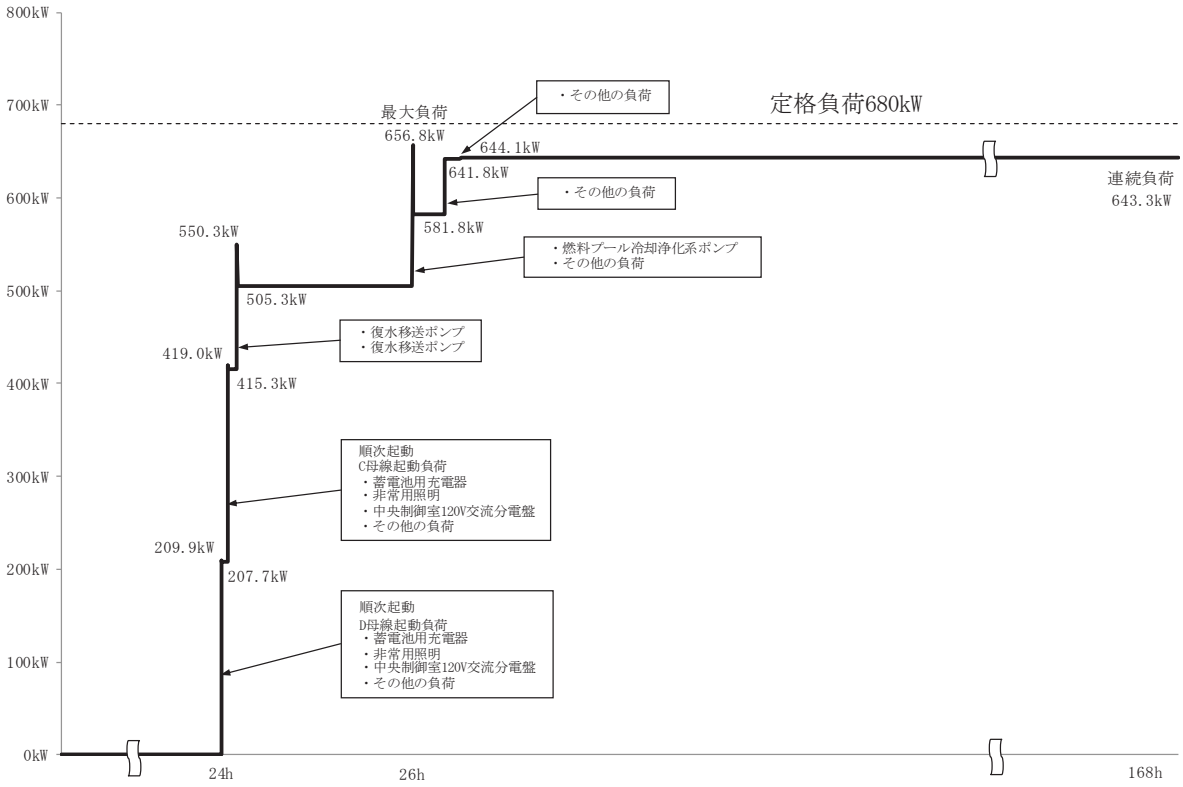


図 3-7　メタルクラッドスイッチギア（非常用）又は
モータコントロールセンタ（緊急用）への給電時の負荷積算イメージ

3.4.2　電源車（緊急時対策所用）

最大所要負荷は，重大事故等発生時に緊急時対策所で要求される負荷の296.9kWである。負荷リストを表3-10に示す。

発電機の出力は，十分な容量が確保できるよう，340kW の出力を有する設計とし，設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより，内燃機関の必要な出力を算出する。

最大所要負荷に基づき，内燃機関の出力及び発電機の容量を以下のとおりとする。

また，可搬形発電設備技術基準を準用し，「2.2　可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針」に記載の設計とする。

(1)　内燃機関

発電機の出力340kWから，内燃機関の出力は次式により□kW以上の430kWとする。

$P_E \geqq P \div \eta = 340 \div$ □ $\fallingdotseq$ □

P_E ：内燃機関の出力(kW)

P　：発電機の定格出力(kW)＝340

η　：発電機の効率＝□

(2)　発電機

発電機の容量は，次式により400kVAとする。

$Q = P \div pf = 340 \div 0.85 = 400$

Q　：発電機の容量(kVA)

P　：発電機の定格出力(kW)＝340

pf：力率＝0.85

表3-10　電源車（緊急時対策所用）の負荷リスト

負荷名称	負荷容量(kW)*
換気空調設備	164.3
照明設備	40.1
通信連絡設備	5.0
蓄電池用充電器	77.0
その他の負荷	10.5
負荷合計	296.9

注記　＊：電磁弁及び電動弁は負荷容量が小さく又は動作時間が短時間であるため，負荷容量には含めない。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4.3　可搬型窒素ガス供給装置発電設備

可搬型窒素ガス供給装置発電設備の最大所要負荷は，可搬型窒素ガス供給装置運転時の 75kW である。

発電機の出力は，十分な容量を確保できるよう，160kW の出力を有する設計とし，設定した発電機出力を発電機の効率で除すことにより，内燃機関の必要な出力を算出する。

最大所要負荷に基づき，内燃機関の出力及び発電機の容量を以下のとおりとする。

なお，可搬形発電設備技術基準を準用し，「2.2　可搬型の非常用発電装置の出力に関する設計方針」に記載の設計とする。

(1)　内燃機関

発電機の出力 160kW から，内燃機関の出力は次式により 173kW 以上の 178kW とする。

$$P_E \geqq P \div \eta = 160 \div 0.924 \fallingdotseq 173$$

P_E ：内燃機関の出力(kW)

P　：発電機の定格出力(kW)＝160

η　：発電機の効率＝0.924

(2)　発電機

発電機の容量は，次式により 200kVA とする。

$$Q = P \div pf = 160 \div 0.80 = 200$$

Q　：発電機の容量(kVA)

P　：発電機の定格出力(kW)＝160

pf：力率＝0.80

Ⅵ-2　耐震性に関する説明書

目　次

VI-2-1　耐震設計の基本方針
VI-2-2　耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書
VI-2-4　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算書
VI-2-5　原子炉冷却系統施設の耐震性についての計算書
VI-2-6　計測制御系統施設の耐震性についての計算書
VI-2-9　原子炉格納施設の耐震性についての計算書
VI-2-10　その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書
VI-2-11　波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書
VI-2-13　地下水位低下設備の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-1　耐震設計の基本方針

目　次

VI-2-1-1　耐震設計の基本方針
VI-2-1-2　基準地震動Ｓｓ及び弾性設計用地震動Ｓｄの策定概要
VI-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針
VI-2-1-4　耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針
VI-2-1-5　波及的影響に係る基本方針
VI-2-1-6　地震応答解析の基本方針
VI-2-1-8　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
VI-2-1-9　機能維持の基本方針
VI-2-1-10　ダクティリティに関する設計方針
VI-2-1-11　機器・配管の耐震支持設計方針
VI-2-1-12　配管及び支持構造物の耐震計算について
VI-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法

Ⅵ-2-1-12　配管及び支持構造物の耐震計算について

目　次

VI-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について
VI-2-1-12-2　ダクト及び支持構造物の耐震計算について

Ⅵ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　配管系及び支持構造物の設計手順 ····· 1
3.　配管系の設計 ····· 2
3.1　基本方針 ····· 2
3.1.1　重要度別による設計方針 ····· 2
3.1.2　配管系の設計において考慮すべき事項 ····· 3
3.2　3次元はりモデルによる解析 ····· 3
4.　支持構造物の設計 ····· 4
4.1　概要 ····· 4
4.2　基本原則 ····· 4
4.2.1　支持構造物の設計において考慮すべき事項 ····· 4
4.2.2　支持構造物の設計荷重 ····· 4
4.3　支持装置の設計 ····· 5
4.3.1　概要 ····· 5
4.3.2　支持装置の選定 ····· 5
4.3.3　支持装置の使用材料 ····· 14
4.3.4　支持装置の強度及び耐震評価方法 ····· 14
4.4　支持架構及び付属部品の設計 ····· 77
4.4.1　概要 ····· 77
4.4.2　支持架構及び付属部品の選定 ····· 79
4.4.3　支持架構及び付属部品の使用材料 ····· 82
4.4.4　支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法 ····· 82
4.5　埋込金物の設計 ····· 90
4.5.1　概要 ····· 90
4.5.2　埋込金物の選定 ····· 91
4.5.3　埋込金物の強度及び耐震評価方法 ····· 93
5.　耐震評価結果 ····· 97
5.1　支持構造物の耐震評価結果 ····· 97
5.1.1　概要 ····· 97
5.1.2　支持構造物の耐震評価結果 ····· 97
5.2　代表的な支持構造物の耐震計算例 ····· 160
5.2.1　支持構造物の耐震計算例 ····· 160
5.2.2　個別の処置方法 ····· 160

1. 概要

本方針は，添付書類「Ⅵ-2-1-1 耐震設計の基本方針」及び添付書類「Ⅵ-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき，配管系及びその支持構造物について，耐震設計上十分安全であるように考慮すべき事項を定めたものである。

2. 配管系及び支持構造物の設計手順

配管経路は建屋形状，機器配置計画とともに系統の運転条件，機器等への接近性，保守点検性の確保を考慮した上，配管系の熱による変位の吸収，耐震設計上の重要度分類に応じた耐震性の確保に関し最適設計となるよう配置を決定する。また，この際，配管内にドレンが溜まったり，エアポケットが生じたりしないようにするとともに，水撃現象の生じる可能性のあるものについては十分に配慮するものとする。地震による建屋間等相対変位を考慮する必要のある場所に配置されるものについては，その変位による変形に対して十分耐えられるようにし，また，ポンプ，容器等のノズルに対する配管反力が過大とならないよう併せて考慮する。

以上を考慮の上決定された配管経路について，多質点系モデル（3 次元はりモデル）による解析により配管系及び支持構造物の設計を行う。

3.　配管系の設計

3.1　基本方針

3.1.1　重要度別による設計方針

配管系は耐震重要度分類，呼び径及び通常運転温度により，表3－1のように分類して設計を行う。ただし，表3－1以外の確認方法についても，その妥当性が確認できる範囲において採用するものとする。

表3－1 配管の耐震重要度分類別による解析法

耐震重要度分類	分　類		3次元はりモデルによる解析*1		
	呼び径	通常運転温　度	地震	自重	熱
S*3	65A以上	121℃以上	○	○	○
		121℃未満	○	○	○
	50A以下	121℃以上	○*2	○*2	○*2
		121℃未満	—	—	—
B*4	65A以上	121℃以上	○	○	○
		121℃未満	—	—	—
	50A以下	121℃以上	○*2	○*2	○*2
		121℃未満	—	—	—
C	65A以上	121℃以上	○	○	○
		121℃未満	—	—	—
	50A以下	121℃以上	○*2	○*2	○*2
		121℃未満	—	—	—

注記＊1：耐震重要度分類がS及びBクラスの配管で3次元はりモデルによる解析を行い，配管系の1次固有周期が0.05秒を超えた場合は，動的解析及び静的解析を実施する。

＊2：複数の配管が近接して配置され，配管の仕様条件が同等の場合には，代表計算にて確認を行うことができる。

＊3：常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備，常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）又は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を含む。

＊4：重大事故等時に耐震重要度分類がBクラスの設備の機能を代替する常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備又は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラスのもの）を含む。

3.1.2　配管系の設計において考慮すべき事項

(1)　配管の分岐部

大口径配管からの分岐管については，なるべく大口径配管の近傍を支持するようにする。ただし，大口径配管の熱及び地震による変位が大きい場合には，分岐部及び分岐管に過大な応力を発生させないようフレキシビリティを持たせた支持をする。

(2)　配管と機器の接続部

機器管台に加わる配管からの反力が許容反力以内となるように配管経路及び支持方法を決定する。

(3)　異なる建屋，構築物間を結ぶ配管系

異なる建屋，構築物間を結ぶ配管系については，建屋，構築物間の相対変位を吸収できるように，配管にフレキシビリティを持たせた構造とするか又はフレキシブルジョイントを設けるなどの配慮を行い，過大な応力を発生させないようにする。

(4)　弁

配管の途中に弁等の集中質量がかかる部分については，この集中質量部にできる限り近い部分を支持し，特に駆動装置付きの弁は偏心質量を考慮して，必要に応じて弁本体を支持することにより過大な応力が生じないようにする。弁は，配管よりも厚肉構造であり，発生応力は配管より小さくなる。

(5)　屋外配管

主要な配管は岩盤で支持したダクト構造内に配置され，建屋内配管と同様の耐震設計をする。

(6)　振動

配管系の支持方法及び支持点は，回転機器等の振動又は内部流体の乱れによる配管振動を生じないように考慮して決定する。

3.2　3次元はりモデルによる解析

3次元はりモデルによる解析では，原則として固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして，地震荷重，自重，熱荷重等により配管に生じる応力が許容応力以下となるように配管経路及び支持方法を定める。

その具体例を示すと以下のようになる。

まず，仮のアンカ，レストレイント位置を定めて熱応力解析を行い，必要に応じてアンカ，レストレイント位置，個数等の変更又は配管経路の見直しを行い，配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。加えて，自重応力解析を行い，ハンガを追加することにより配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。次に，地震応力解析を行い，必要に応じてレストレイント位置，個数等の変更又はスナッバの追加により，配管に生じる応力が許容応力以下となるようにする。

4.　支持構造物の設計

4.1　概要

支持構造物は，配管系の地震荷重，自重，熱荷重等に対して十分な強度を持たせる必要がある。

支持構造物の設計に当たっては，支持構造物の型式ごとの定格荷重，使用荷重と配管系の支持点荷重を比較する荷重評価，又は配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力を比較する応力評価を行う。

本章では，支持装置，支持架構及び付属部品から構成される支持構造物並びに埋込金物の設計の基本原則，選定方針，強度及び耐震評価の方法等を示す。

4.2　基本原則

4.2.1　支持構造物の設計において考慮すべき事項

支持構造物は，以下の点を考慮して設計する。

(1)　支持装置及び付属部品は，配管系の地震荷重，自重，熱荷重等による支持点荷重が，使用される支持装置の定格荷重又は付属部品の使用荷重以下となるよう選定する。

(2)　支持架構は，配管系の地震荷重，自重，熱荷重等による支持点荷重から求まる支持架構に生じる応力が，許容応力以下となるよう構造を決定する。

(3)　アンカ及びレストレイントとなる支持構造物は,建屋と共振しないように十分な剛性を持たせるものとする。

(4)　支持構造物は点検の容易な構造とする。

(5)　原則として，支持構造物は，埋込金物より建屋側へ荷重を伝える構造とする。

(6)　支持構造物の設計に当たっては，発電用原子力設備規格 設計・建設規格（(社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）に従い熱荷重，自重等に対して十分な強度を持たせるとともに，原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編ＪＥＡＧ４６０１・補－1984，ＪＥＡＧ４６０１－1987 及びＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版）（(社）日本電気協会）（以下「ＪＥＡＧ４６０１」という。）に従い，地震荷重に対して十分な強度を持たせるものとする。

4.2.2　支持構造物の設計荷重

支持構造物の設計に用いる支持点荷重は，耐震設計上の重要度分類に基づく設計用地震力を条件とした配管系の 3 次元はりモデルによる解析により得られる支持点荷重を支持構造物の種別に応じて適切に組み合わせて求める。

支持構造物の設計に当たり荷重評価を行う場合は，配管系の支持点荷重と定格荷

重又は使用荷重との比較を行う。

4.3　支持装置の設計

4.3.1　概要

支持装置は，型式ごとに基本形状が決まっており，配管系の地震荷重，自重，熱荷重等による支持点荷重と型式ごとに設定される定格荷重又は使用荷重の比較による荷重評価によって選定できる。

4.3.2　支持装置の選定

支持装置は，以下の条件により選定する。

(1)　ロッドレストレイント

支持点荷重に基づき，定格荷重で選定する。

(2)　オイルスナッバ及びメカニカルスナッバ

支持点荷重及び熱膨張変位に基づき，定格荷重で選定する。

(3)　スプリングハンガ及びコンスタントハンガ

支持点荷重及び熱膨張変位に基づき，定格荷重で選定する。

各支持装置の定格荷重及び主要寸法を表 4－1～表 4－5 に示す。

なお，本表に示す型式及び定格荷重は代表的な支持装置を示したものであり，記載のない型式であっても，同様に設定されている定格荷重により選定を行う。

表 4－1 ロッドレストレイントの定格荷重及び主要寸法

本体型式	定格荷重*(kN)	主要寸法（mm）		
		L		D
		最小	最大	
S2	6.6			
1	18.2			
2	42.6			
3	82.1			
4	107			
5	182			
6	274			

注記*：定格荷重は，各型式における最小値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－2 オイルスナッバの定格荷重及び主要寸法

本体型式	定格荷重(kN)	ストローク(mm)	主要寸法(mm)		
			L	D	d
3	30				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－3 メカニカルスナッバの定格荷重及び主要寸法

本体型式	定格荷重(kN)	ストローク(mm)	主要寸法(mm)	
			L	D
06	6			
1	10			
3	30			
6	60			
10	100			
16	160			
25	250			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－4－1 スプリングハンガの定格荷重

本体型式	荷重範囲(kN)				
	トラベルシリーズ				
	30	60	120	80	160
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

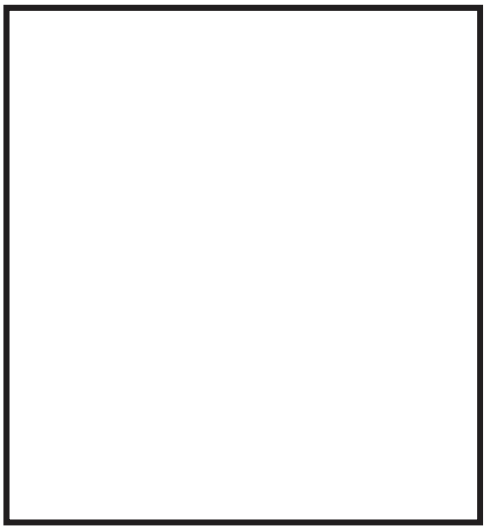
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－4－2(1/2) スプリングハンガの主要寸法(吊り型)

本体型式	主要寸法(mm)						
	A	B					C
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	80	160	
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

O2 ② VI-2-1-12-1 R0



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－4－2(2/2) スプリングハンガの主要寸法(置き型)

本体型式	主要寸法(mm)						
	A	B					C
		トラベルシリーズ					
		30	60	120	80	160	
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

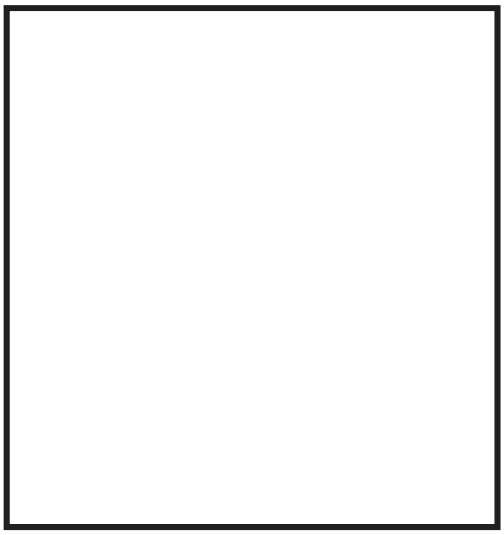


表 4－5 コンスタントハンガの定格荷重及び主要寸法

本体型式	荷重範囲 (kN)	主要寸法(mm)		
		A	B	C
01				
02				
03				
04				
05				
06				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3.3　支持装置の使用材料

設計・建設規格の適用を受ける箇所に使用する材料は，設計・建設規格 付録材料図表 Part1 に従うものとする。

4.3.4　支持装置の強度及び耐震評価方法

支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1)　定格荷重

支持装置の定格荷重は，設計・建設規格及びＪＥＡＧ４６０１を満足するよう設定されたものであり，支持点荷重を上回る定格荷重が設定されている支持装置を選定することで，十分な強度及び耐震性が確保される。

(2)　支持装置の強度計算式

a.　記号の定義

支持装置の強度計算式に使用する記号は，下記のとおりとする。

(a)　ロッドレストレイント

記　号	定　　義	単　位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm^2
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
B	クランプせん断断面寸法	mm
D	ピン径	mm
D_1	メインコラム外径	mm
D_2	メインコラム内径	mm
D_H	アイプレート穴径	mm
	クレビス穴径	
D_O	メインコラム外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F_b	曲げ応力	MPa
F_c	圧縮応力	MPa
F_m	組合せ応力	MPa
F_p	支圧応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa

記　号	定　　義	単　位
f_c	許容圧縮応力	MPa
H	クランプ引張断面寸法	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
i	断面二次半径	mm
L	ピン間寸法	mm
	クレビス高さ	
ℓ_k	座屈長さ	mm
P	定格荷重	kN
R	アイプレート半径	mm
	クレビスせん断断面寸法	
S	クレビス幅	mm
T	アイプレート板厚	mm
	クレビス板厚	
	クランプ板厚	
T_B	球面軸受幅	mm
W	すみ肉溶接部脚長	mm
Z_x	クレビス断面係数	mm^3
Z_y	クレビス断面係数	mm^3
θ	クレビス荷重角度	deg
Λ	限界細長比	－
λ	有効細長比	－

(b)　オイルスナッバ

記　号	定　　義	単　位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm^2
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
B	イーヤ穴部せん断断面寸法	mm
	クランプ穴部せん断断面寸法	
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
	ロッドエンド穴部せん断断面寸法	

記　号	定　　義	単　位
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	クランプ引張断面寸法	
	ブラケット引張断面寸法	
	ロッドエンド引張断面寸法	
D	イーヤ穴径	mm
	クランプ穴径	
	ブラケット穴径	
	ロッドエンド穴径	
	シリンダカバー内径	
	コネクティングパイプ外径	
	ピストンロッド外径	
D_1	アダプタ外径	mm
D_2	アダプタ内径	mm
d	ピン径	mm
	ピストンロッド最小断面部の径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F_c	圧縮応力	MPa
F_p	支圧応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa
	内圧による引張応力	
f_c	許容圧縮応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
i	断面二次半径	mm
K	シリンダチューブ内圧	MPa
L	コネクティングパイプ長さ	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
	タイロッドのねじ部呼び径	
n	六角ボルトの本数	本
	タイロッドの本数	

記　号	定　　義	単　位
P	定格荷重	kN
r_1	シリンダチューブの内半径	mm
r_2	シリンダチューブの外半径	mm
T	クランプ板厚	mm
	イーヤ板厚	
	ブラケット板厚	
	ロッドエンドイーヤ板厚	
t	イーヤ穴部板厚	mm
	シリンダカバー板厚	
	コネクティングパイプ板厚	
Λ	限界細長比	－
λ	有効細長比	－

(c)　メカニカルスナッバ

記　号	定　　義	単　位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm^2
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
	クランプ穴部せん断断面寸法	
	コネクティングチューブイーヤ部せん断断面寸法	
	ユニバーサルブラケット穴部せん断断面寸法	
	ユニバーサルボックス穴部せん断断面寸法	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	ブラケット引張断面寸法	
	クランプ引張断面寸法	
	コネクティングチューブイーヤ部引張断面寸法	
	ユニバーサルブラケット引張断面寸法	
C_1	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm
C_2	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm

記　号	定　　義	単　位
D	イーヤ穴径	mm
	ブラケット穴径	
	クランプ穴径	
	コネクティングチューブイーヤ部穴径	
	ユニバーサルブラケット穴径	
	コネクティングチューブ外径	
	ユニバーサルボックス穴径	
D_1	ジャンクションコラムアダプタ外径	mm
	ロードコラム外径	
	ケースの支圧強度面内径	
	ベアリング押えの支圧強度面内径	
D_2	ジャンクションコラムアダプタ内径	mm
	ロードコラム内径	
	ケースのせん断強度面の径	
	ケースの支圧強度面外径	
	ベアリング押えのせん断強度面の径	
	ベアリング押えの支圧強度面外径	
D_3	ケースの引張強度面内径	mm
D_4	ケースの引張強度面外径	mm
d	ピン径	mm
	イーヤ穴部の軸径	
	ユニバーサルボックス穴部の軸径	
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F_c	圧縮応力	MPa
F_p	支圧応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
h	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm^4

記　号	定　　義	単　位
i	断面二次半径	mm
L	コネクティングチューブの長さ	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
n	六角ボルトの本数	本
P	定格荷重	kN
T	ブラケット板厚	mm
	クランプ板厚	
	コネクティングチューブイーヤ部板厚	
	ユニバーサルブラケット板厚	
t	コネクティングチューブ板厚	mm
	イーヤ板厚	
	ケースのせん断強度面板厚	
	ベアリング押え板厚	
t_1	ユニバーサルボックス板厚	mm
t_2	ユニバーサルボックス板厚	mm
W	ユニバーサルボックス引張強度面寸法	mm
Λ	限界細長比	－
λ	有効細長比	－

(d)　スプリングハンガ

記　号	定　　義	単　位
A_c	圧縮応力計算に用いる断面積	mm^2
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
a	上部カバー円板外径	mm
	下部カバー円板外径	
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	クレビス穴部せん断断面寸法	
b	上部カバーイーヤ円面積変換径	mm
	下部カバー円板内径	

記　号	定　　義	単　位
C	イーヤ断面寸法	mm
	クレビス引張断面寸法	
D	イーヤ穴径	mm
	ケース内径	
	クレビス穴径	
D_1	ばね平均径	mm
	ロードコラム外径	
D_2	ばね座外輪内径	mm
	ロードコラム内径	
D_3	ばね座内輪外径	mm
d	ピン径	mm
E	ターンバックルの厚さ	mm
	縦弾性係数	MPa
F	ターンバックル外径	mm
	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
F_b	曲げ応力	MPa
F_c	圧縮応力	MPa
F_m	組合せ応力	MPa
F_p	支圧応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
G	ターンバックルの内幅	mm
h	すみ肉溶接部脚長	mm
h_1	すみ肉溶接部脚長	mm
h_2	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
i	断面二次半径	mm
J	ケース切り欠き部の幅	mm
L	ロードコラムからばね座までの距離	mm
	クレビスの板と板の距離	
ℓ_k	座屈長さ	mm

記　号	定　　義	単　位
M	ハンガロッドのねじ部呼び径	mm
	ロッドのねじ部呼び径	
M_0	作用モーメント	kN･mm
P	定格荷重	kN
T	イーヤ板厚	mm
	ケース板厚	
	下部カバー板厚	
	クレビス板厚	
T_1	上部カバー板厚	mm
	ばね座外輪板厚	
T_2	ばね座内輪板厚	mm
T_3	ばね座板厚	mm
T_4	ばね座板厚	mm
Z	断面係数	mm^3
Λ	限界細長比	－
λ	有効細長比	－
β_8	応力係数(機械工学便覧　材料力学第 5 章図 82 による)	－
β_9	応力係数(機械工学便覧　材料力学第 5 章図 84 による)	－
β_{10}	応力係数(機械工学便覧　材料力学第 5 章図 84 による)	－
θ	ターンバックル断面角度	deg

(e)　コンスタントハンガ

記　号	定　　義	単　位
A_1	ばね平均径	mm
	イーヤ寸法	
A_p	支圧応力計算に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2

記　号	定　　義	単　位
B	テンションロッドピン曲げ部寸法	mm
	フレームの板と板の距離	
	ラグプレート板厚	
	リンクプレート穴部せん断断面寸法	
C	ばね座の穴径	mm
	アッパープレートの寸法	
D	テンションロッドのねじの呼び径	mm
	ピン径	
	テンションロッド穴径	
	ハンガロッドのねじの呼び径	
	リンクプレート穴径	
D_1	ロードブロックピン径	mm
	メインピン径	
D_2	ターンアーム穴径	mm
D_3	テンションロッドピン径	mm
D_H	イーヤ穴径	mm
	フレーム穴径	
d	ピン径	mm
E	ターンバックルの厚さ	mm
F	ターンバックル外径	mm
	ばね荷重	kN
FA	ばね座にかかる荷重	kN
F_b	曲げ応力	MPa
F_m	組合せ応力	MPa
F_p	支圧応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa
G	ターンバックルの内幅	mm
H	溶接部のど厚	mm
H_1	フレーム穴部半径	mm

記　号	定　　義	単　位
L	イーヤの板と板の距離	mm
	テンションロッド溶接長さ	
	リンクプレートの板と板の距離	
M_0	作用モーメント	kN･mm
P	定格荷重	kN
ＰＦ	メインピンにかかる荷重	kN
R	リンクプレート半径	mm
	テンションロッド穴部半径	
R_2	ターンアーム穴部半径	mm
S	テンションロッドピンの板と板の距離	mm
	ターンアームの板と板の距離	
	ロードブロックの寸法	
S_1	フレームの板と板の距離	mm
S_2	ターンアームの板と板の距離	mm
T	リンクプレート板厚	mm
	テンションロッドプレートの板厚	
	イーヤ板厚	
T_A	アッパープレート板厚	mm
T_1	フレーム板厚	mm
T_2	ばね座板厚	mm
	ターンアーム板厚	
W	イーヤ溶接部脚長	mm
W_1	アッパープレート溶接部脚長	mm
W_2	アッパープレート溶接部脚長	mm
Z	断面係数	mm^3
β_9	応力係数(機械工学便覧　材料力学第 5 章図 84 による)	－
θ	ターンバックル断面角度	deg

ｂ．　強度計算式

支持装置の強度計算式を以下に示す。

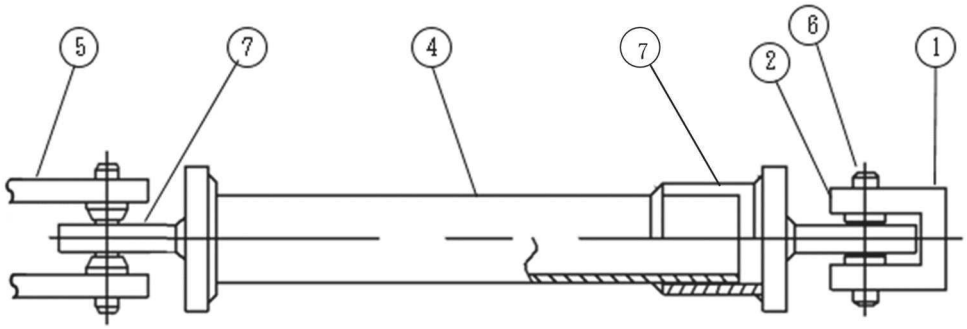
なお，以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり，記載のない形状についても，同様の計算式で計算できる。

(a)　ロッドレストレイント

応力評価は，次の強度部材の最弱部に発生する引張応力（又は圧縮応力），せん断応力及び支圧応力を次の計算式により算出し，許容応力以下であることを確認する。

イ．　強度部材

①クレビス（本体），②クレビス（イーヤ），③アッセンブリ（全長），④メインコラム，⑤クランプ，⑥ピン，⑦アイプレート



③　④および⑦のアッセンブリ（全長）

ロ．　各部材の計算式

（イ）　クレビス（本体）（①）

i　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

iv　組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ロ） クレビス（イーヤ）（②）

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ハ） アッセンブリ（全長）（③）

i 圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。

[redacted]

許容圧縮応力

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ニ） メインコラム（④）

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ホ） クランプ(⑤)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（へ）　ピン（⑥）

i　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ト） アイプレート(⑦)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

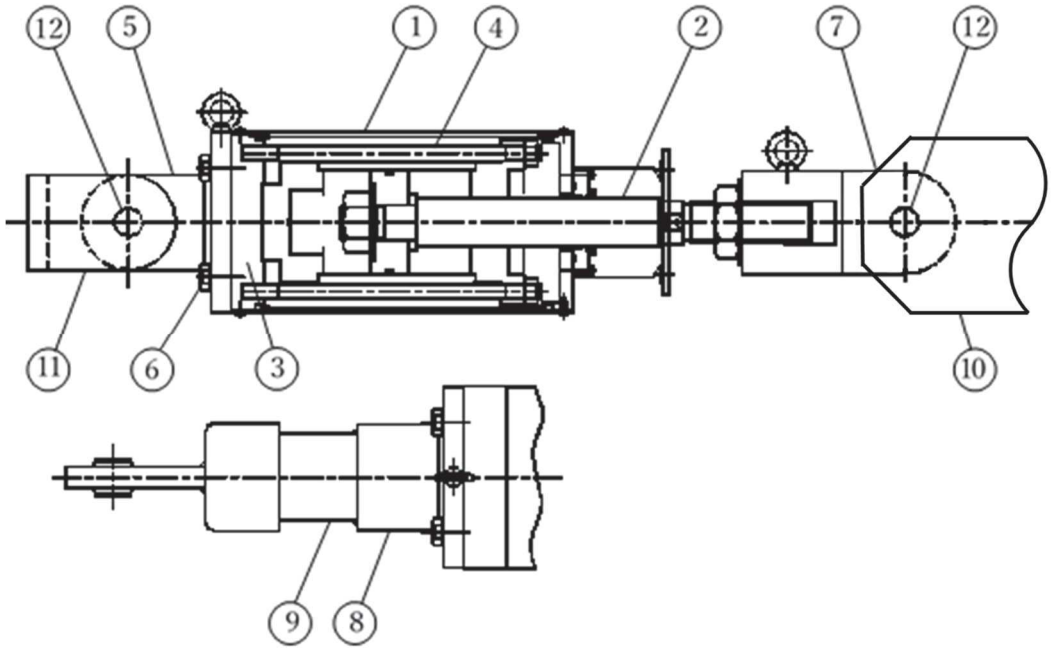
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b)　オイルスナッバ

応力評価は，次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力，引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し，許容応力以下であることを確認する。

イ．　強度部材

①シリンダチューブ，②ピストンロッド，③シリンダカバー，
④タイロッド，⑤イーヤ，⑥六角ボルト，⑦ロッドエンド，⑧アダプタ，
⑨コネクティングパイプ，⑩クランプ，⑪ブラケット，⑫ピン



ロ．　各部材の計算式

（イ）　シリンダチューブ(①)

ｉ　引張応力評価

内圧により生ずる引張応力を算出し，許容応力以下であることを確認する。

（ロ）　ピストンロッド(②)

ｉ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(ハ)　シリンダカバー(③)

i　せん断応力評価

内圧により生ずるせん断応力を算出し，許容せん断応力以下であることを確認する。

(ニ)　タイロッド(④)

i　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ホ） イーヤ(⑤)

ⅰ 穴部

（ⅰ） 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ⅱ） せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅲ） 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ⅱ 溶接部

（ⅰ） せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（へ）　六角ボルト(⑥)

ⅰ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ⅲ　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

（ト）　ロッドエンド(⑦)

ⅰ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(チ)　アダプタ(⑧)

i　本体

（ｉ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii　溶接部

（ｉ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（リ） コネクティングパイプ(⑨)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。

[redacted]

許容圧縮応力

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ヌ） クランプ(⑩)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ル）　ブラケット(⑪)

i　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

（ヲ）　ピン(⑫)

i　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

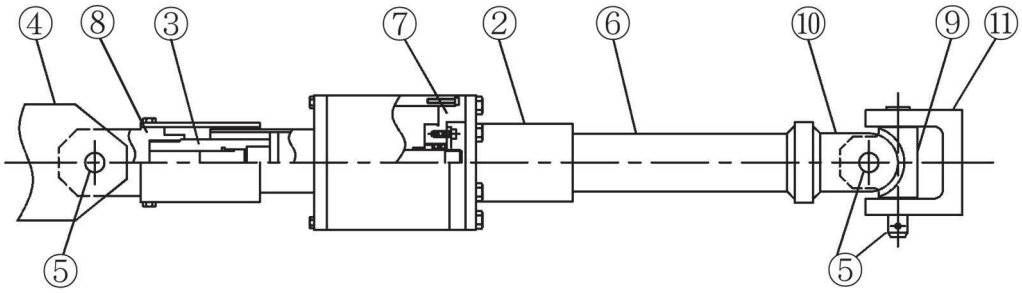
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(c)　メカニカルスナッバ

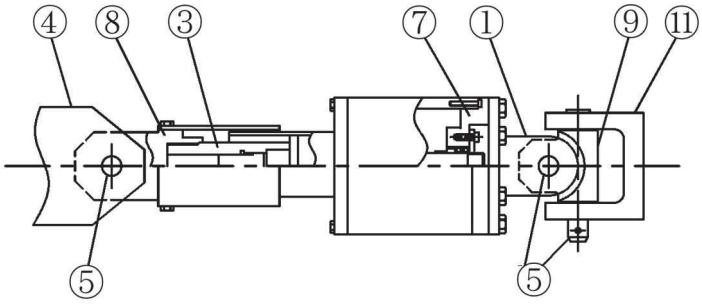
応力評価は，次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力，引張応力（又は圧縮応力）及び支圧応力を次の計算式により算出し，許容応力以下であることを確認する。

イ．　強度部材

①ダイレクトアタッチブラケット，②ジャンクションコラムアダプタ，
③ロードコラム，④クランプ，⑤ピン，⑥コネクティングチューブ，
⑦ケース，ベアリング押え及び六角ボルト，⑧イーヤ，
⑨ユニバーサルボックス，⑩コネクティングチューブイーヤ部，
⑪ユニバーサルブラケット



Ａタイプ



Ｂタイプ

ロ．　各部材の計算式

（イ）　ダイレクトアタッチブラケット(①)，クランプ(④)，コネクティングチューブイーヤ部(⑩)及びユニバーサルブラケット(⑪)

ⅰ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[redacted]

ⅲ　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ロ） ジャンクションコラムアダプタ(②)

i 六角ボルト

（ｉ） 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[ ]

ii 溶接部

（ｉ） せん断応力評価（型式 06 及び 1）

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[ ]

（ii） 引張応力評価（型式 3～25）

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[ ]

[ ]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ハ）　ロードコラム(③)

ｉ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ニ）　ピン(⑤)

ｉ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ホ） コネクティングチューブ(⑥)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。

[redacted]

許容圧縮応力

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（へ）　ケース，ベアリング押え及び六角ボルト(⑦)

ⅰ　ケース

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ⅱ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅲ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ⅱ　ベアリング押え

（ⅰ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅱ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ⅲ　六角ボルト

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ト） イーヤ(⑧)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（チ）　ユニバーサルボックス（⑨）

i　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

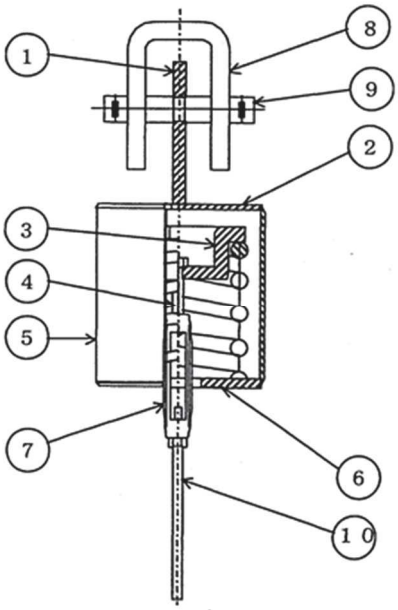
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(d)　スプリングハンガ

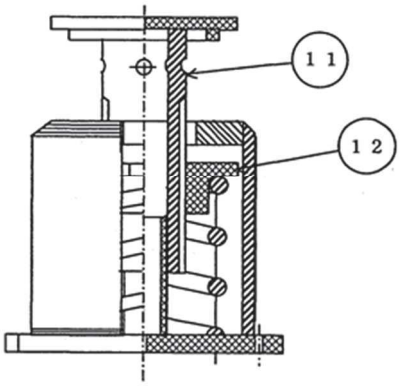
応力評価は，次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力，引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し，許容応力以下であることを確認する。

イ．　強度部材

①イーヤ，②上部カバー，③ばね座（吊り型），
④ハンガロッド，⑤スプリングケース，⑥下部カバー，
⑦ターンバックル，⑧クレビス，⑨ピン，
⑩ロッド，⑪ロードコラム，⑫ばね座（置き型）



吊り型



置き型

ロ．　各部材の評価式

（イ）　イーヤ(①)

ⅰ　穴部

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ⅱ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅲ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ⅱ　溶接部

（ⅰ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ロ）　上部カバー(②)

ⅰ　本体

（ⅰ）　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　溶接部

（ⅰ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ハ）　ばね座（吊り型）（③）

ⅰ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ⅲ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ニ）　ハンガロッド(④)

ｉ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

（ホ）　スプリングケース(⑤)

ｉ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（へ）　下部カバー(⑥)

ⅰ　本体

（ⅰ）　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　溶接部

（ⅰ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ト） ターンバックル(⑦)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(チ)　クレビス(⑧)

ⅰ　本体

(ⅰ)　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

(ⅱ)　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[redacted]

(ⅲ)　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

ⅱ　溶接部

(ⅰ)　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（リ）　ピン(⑨)

ⅰ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

[redacted]

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[redacted]

ⅲ　組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

（ヌ）　ロッド(⑩)

ⅰ　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ル）　ロードコラム(⑪)

i　圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。

[　　]

許容圧縮応力

[　　]

[　　]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ヲ） ばね座（置き型）（⑫）

i 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

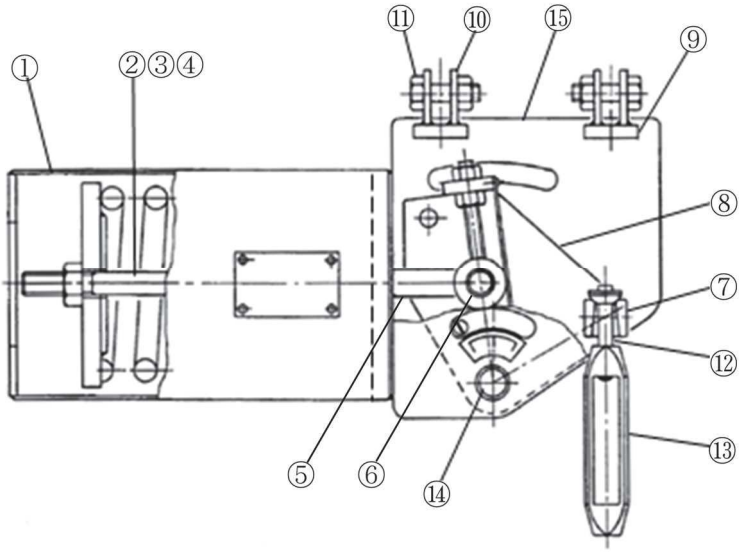
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(e)　コンスタントハンガ

応力評価は，次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力，引張応力(又は圧縮応力)及び支圧応力を次の計算式により算出し，許容応力以下であることを確認する。

イ．　強度部材

①ばね座，②テンションロッド（ロッド)，
③テンションロッド（プレート)，④テンションロッドピン，
⑤リンクプレート，⑥アジャストピン，⑦ロードブロックピン，
⑧ターンアーム，⑨アッパープレート，⑩イーヤ，⑪ピン，
⑫ハンガロッド，⑬ターンバックル，⑭メインピン，⑮フレーム



ロ．　各部材の評価式

（イ）　ばね座(①)

ｉ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ロ） テンションロッド（ロッド）（②）

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ハ）　テンションロッド（プレート）（③）

ⅰ　穴部

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ⅱ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅲ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ⅱ　溶接部

（ⅰ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(ニ)　テンションロッドピン(④)

ⅰ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ⅲ　組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ホ）　リンクプレート(⑤)

ⅰ　テンションロッド側穴部

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ⅱ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅲ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

ⅱ　アジャストピン側穴部

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

（ⅱ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

（ⅲ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（へ）　アジャストピン（⑥）

ⅰ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ⅲ　組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ト）　ロードブロックピン(⑦)

ⅰ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ⅲ　組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（チ） ターンアーム（⑧）

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（リ） アッパープレート(⑨)

i 本体

（ｉ） 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii 溶接部

（ｉ） せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ヌ）　イーヤ(⑩)

ⅰ　穴部

（ⅰ）　引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

[redacted]

（ⅱ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[redacted]

（ⅲ）　支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

[redacted]

ⅱ　溶接部

（ⅰ）　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

[redacted]

[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ル）　ピン（⑪）

i　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii　組合せ応力評価

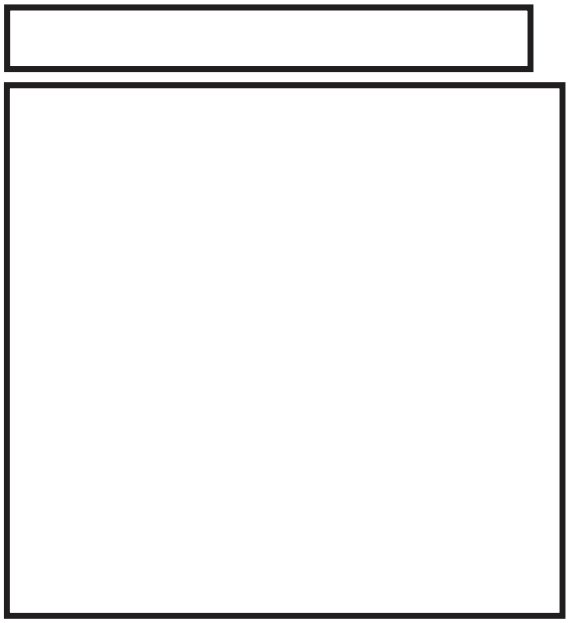
組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ヲ） ハンガロッド(⑫)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

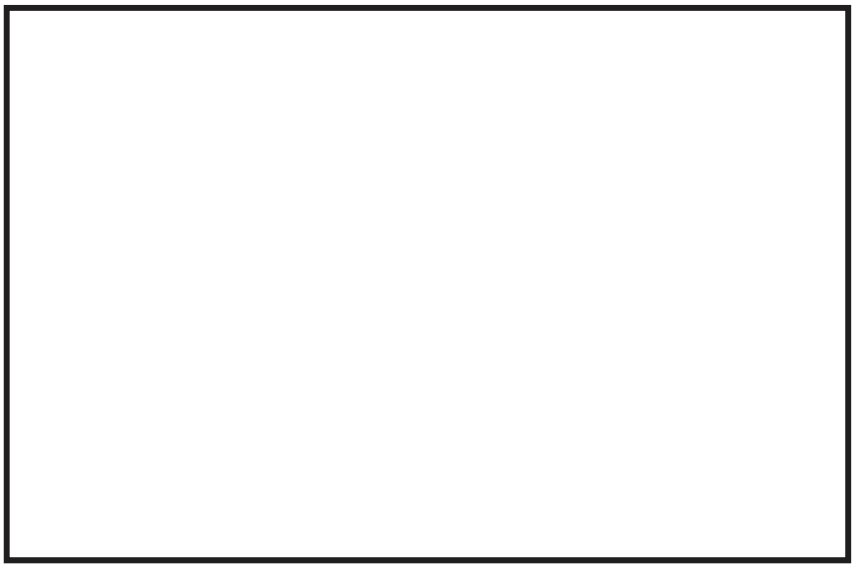


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ワ） ターンバックル(⑬)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（カ）　メインピン(⑭)

ⅰ　曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

ⅱ　せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ⅲ　組合せ応力評価

組合せ応力が，許容組合せ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

（ヨ） フレーム(⑮)

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4　支持架構及び付属部品の設計

4.4.1　概要

配管系の支持架構及び付属部品(ラグ，Uボルト等)は，配管系の支持点荷重から求まる支持構造物に生じる応力と使用材料により定まる許容応力の比較による応力評価又は使用荷重と支持点荷重の比較による荷重評価により設計する。

支持架構は，上記応力評価によるほか，特に機器配置，保守点検上の配慮などを考慮して設計する必要があるため，その形状は多種多様である。支持架構の代表構造例を図 4－1 に示す。

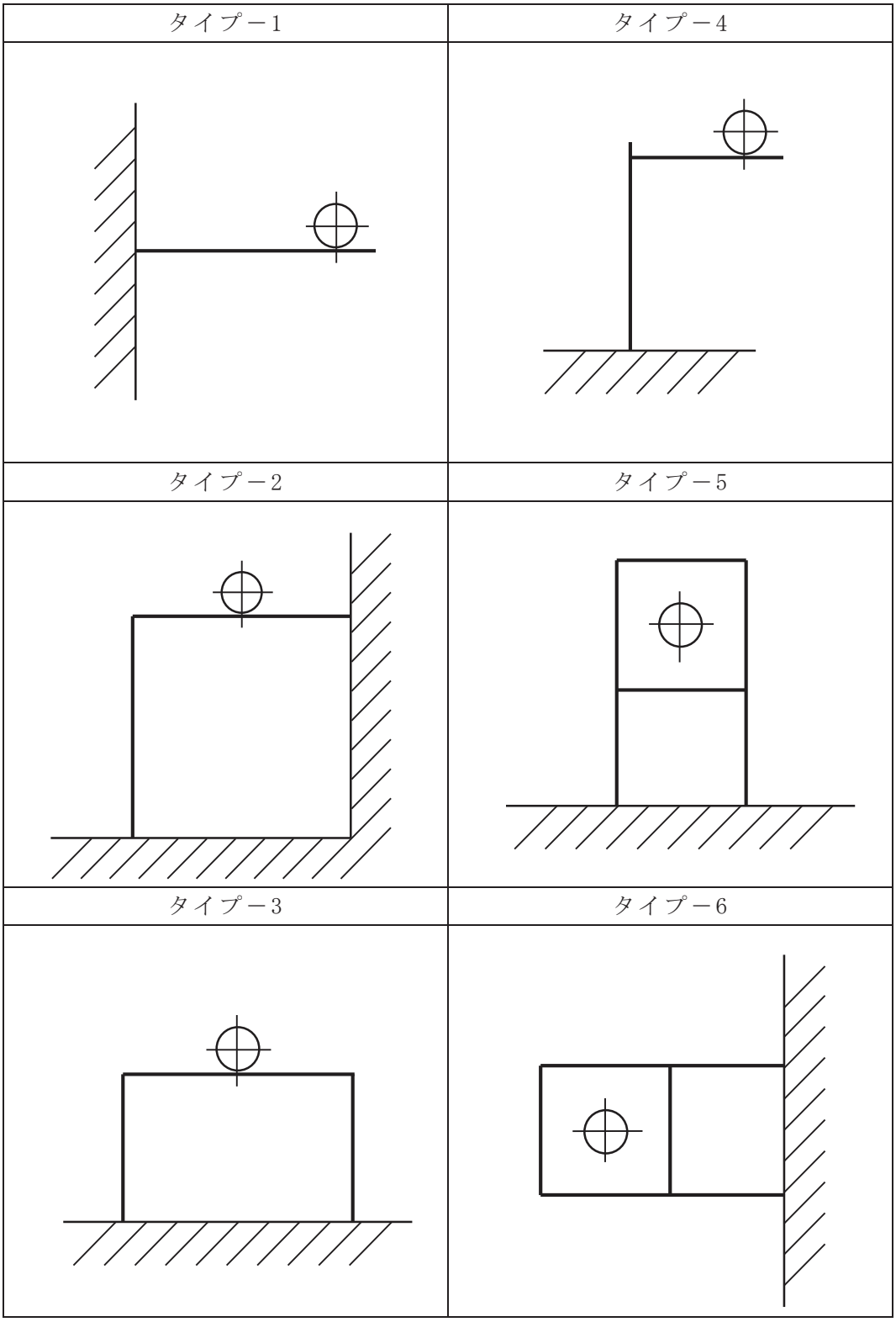


図 4－1　支持架構の代表構造例

4.4.2　支持架構及び付属部品の選定

支持架構については，支持点荷重を条件とした強度及び耐震評価を行い，発生応力が許容応力を超えないように使用する鋼材(山形鋼,溝形鋼,H形鋼,角形鋼,鋼管等)を決定する。

付属部品については，支持点荷重が使用荷重を超えないように使用する付属部品を選定する。

標準的に使用する鋼材及び付属部品の仕様を表 4－6～表 4－9 に示す。

なお，付属部品については，使用荷重を超える場合であっても個別の評価により健全性の確認を行うことが可能である。

表 4－6 支持架構の標準鋼材仕様

鋼材名称	材　質	鋼材サイズ
山形鋼		
溝形鋼		
H形鋼		
角形鋼		
鋼管		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－7 標準ラグの主要寸法 (mm)

型式番号	材質	ℓ	h_1	t
H32-1				
H32-2				
H32-3				
H32-4				
H32-5				
H32-6				
H32-7				

表 4－8 標準ラグの溶接部主要寸法 (mm)

型式番号	材質	wb_1	wb_2	a
H32-1				
H32-2				
H32-3				
H32-4				
H32-5				
H32-6				
H32-7				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4－9 標準Uボルト主要寸法　(mm)

型式番号	材質	D_0
U-BOLT*15A		
U-BOLT*20A		
U-BOLT*25A		
U-BOLT*32A		
U-BOLT*40A		
U-BOLT*50A		
U-BOLT*65A		
U-BOLT*80A		
U-BOLT*100A		
U-BOLT*125A		
U-BOLT*150A		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4.3　支持架構及び付属部品の使用材料

設計・建設規格の適用を受ける箇所に使用する材料は，設計・建設規格　付録材料図表　Part1 に従うものとする。ただし，ラグの材料は当該配管に適用する材料とする。

4.4.4　支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価方法

支持架構及び付属部品の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1)　許容応力

許容応力は，設計・建設規格及びＪＥＡＧ４６０１に基づくものとする。

許容応力状態に対する許容応力を表 4－10 に示す。

表 4－10　各許容応力状態の許容応力*7 *8

許容応力状態	一次応力						一次＋二次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ*5	引張圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
I_A，II_A	f_t	f_s	f_c	f_b	f_p	f_t	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ *1	$3 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$ *3	$1.5 \cdot f_s$ *3 又は $1.5 \cdot f_c$
$III_A S$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$	$3 \cdot f_t$ *6	$3 \cdot f_s$ *1, *6	$3 \cdot f_b$ *2, *6	$1.5 \cdot f_p$ *4	$1.5 \cdot f_b$ *2, *4 $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*	$1.5 \cdot f_c$*	$1.5 \cdot f_b$*	$1.5 \cdot f_p$*	$1.5 \cdot f_t$*				$1.5 \cdot f_p$* *4	

注記＊1　：すみ肉溶接部にあっては，最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。

＊2　：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)a.により求めた f_b とする。

＊3　：応力の最大圧縮値について評価する。

＊4　：自重，熱等により常時作用する荷重に，地震による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

＊5　：組合せ応力の許容応力は，設計・建設規格に基づく値とする。

＊6　：地震動のみによる応力振幅について評価する。

＊7 ：材料の許容応力を決定する場合の基準値Ｆは，設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値又は表 9 に定める値の 0.7 倍のいずれか小さい方の値とする。ただし，使用温度が 40 度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあっては，設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.35 倍の値，表 9 に定める 0.7 倍の値又は室温における表 8 に定める値のいずれか小さい値とする。

＊8 ：f_t^*，f_s^*，f_c^*，f_b^*，f_p^*は，f_t，f_s，f_c，f_b，f_pの値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて計算した値とする。

記号の説明

f_t：許容引張応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値 ボルト等に対しては設計・建設規格 SSB-3131(1)により規定される値
f_s：許容せん断応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(2)により規定される値 ボルト等に対しては設計・建設規格 SSB-3131(2)により規定される値
f_c：許容圧縮応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(3)により規定される値
f_b：許容曲げ応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により規定される値
f_p：許容支圧応力	支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(5)により規定される値

(2)　支持架構及び付属部品の強度計算式

a.　記号の定義

支持架構及び付属部品の強度計算に使用する記号は，下記のとおりとする。

(a)　支持架構

記　号	定　　義	単　位
f_t	許容引張応力	MPa
σ_t	引張(圧縮)応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
A	引張(圧縮)に用いる断面積	mm^2
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
Z	曲げ応力計算に用いる断面係数	mm^3
N	引張(圧縮)方向荷重	kN
Q	せん断方向荷重	kN
M_o	曲げモーメント	kN･mm

(b)　ラグ

記　号	定　　義	単　位
f_t	許容引張応力	MPa
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
a	ラグ溶接部のど厚	mm
F_a	組合せ応力	MPa
F_b	曲げ応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
h_1	ラグの高さ	mm
ℓ	ラグの長さ	mm
M_o	ラグに作用する曲げモーメント	kN･mm
P_1	ラグに作用する荷重	kN
wb_1	ラグ溶接部寸法	mm
wb_2	ラグ溶接部寸法	mm
Z	曲げ応力計算に用いる断面係数	mm^3
t	ラグの板厚	mm

(c) Uボルト

記　号	定　　義	単　位
A_s	せん断応力計算に用いる断面積	mm^2
A_t	引張応力計算に用いる断面積	mm^2
D_0	Uボルトの径	mm
F_a	組合せ応力	MPa
F_s	せん断応力	MPa
F_t	引張応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
P_2，P_3	Uボルトに作用する荷重	kN

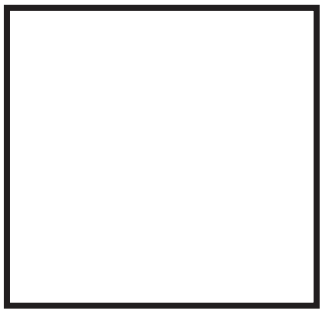
b.　強度計算式

支持架構及び付属部品の強度計算式を以下に示す。

なお，以下に示す強度及び耐震計算式は代表的な形状に対するものであり，記載のない形状についても，同様の計算式で計算できる。また，許容応力は，許容応力状態ⅢＡＳにおける一次応力評価(組合せ)を例として記載したものであり，許容応力状態及び応力種別に応じて適切な許容応力を用いる。

(a)　支持架構

支持架構の引張(圧縮)・せん断・曲げ応力を生じる構造部分の応力は，次の計算式で計算できる。

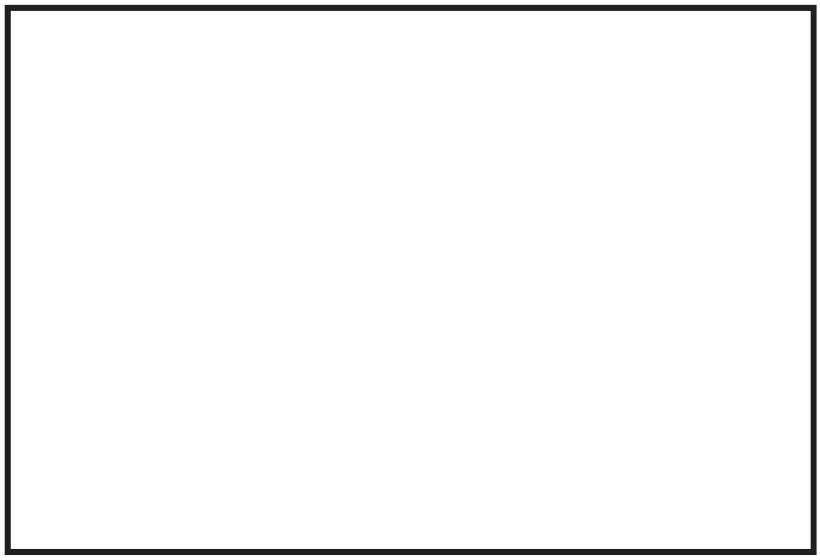


したがって，

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b)　ラグ

ラグ本体のせん断・曲げ・組合せ応力を算出し，算出結果が許容応力以内であることを確認する。



ラグ本体に発生する応力は，

したがって，

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

配管―ラグ溶接部のせん断・曲げ・組合せ応力を算出し，算出結果が許容応力以内であることを確認する。

配管―ラグ溶接部に発生する応力は，

したがって，

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(c)　Ｕボルト

Ｕボルトの引張・せん断・組合せ応力を算出し，算出結果が許容応力以内であることを確認する。

Ｕボルトに発生する応力は，

又は，

したがって，

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5　埋込金物の設計

4.5.1　概要

埋込金物は，支持装置又は支持架構を建屋側に取り付けるためのもので，コンクリート打設前に埋め込まれるものとコンクリート打設後に設置されるものがある。

埋込金物の概略図，埋込金物の代表形状を図 4－2 及び図 4－3 に示す。

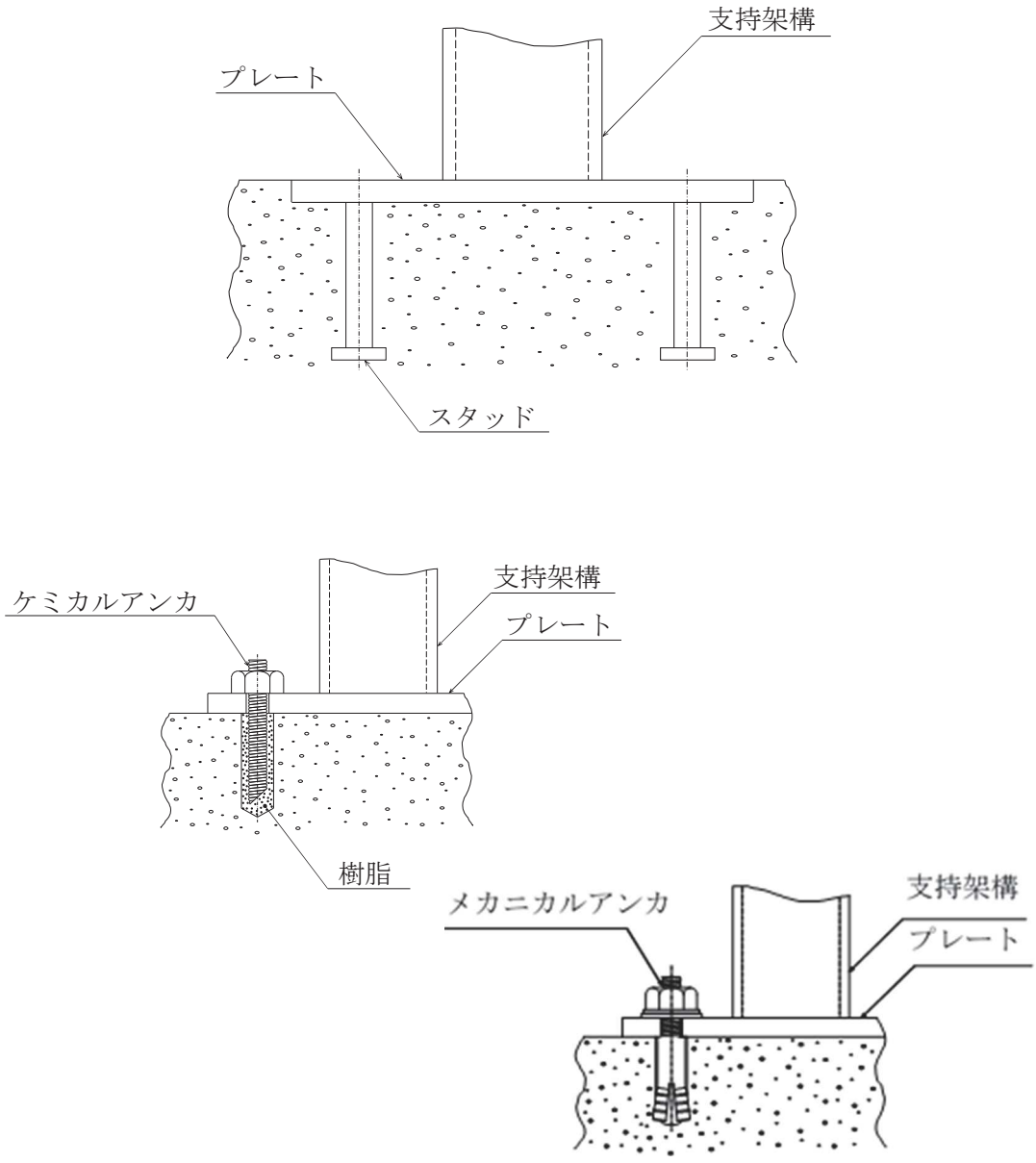
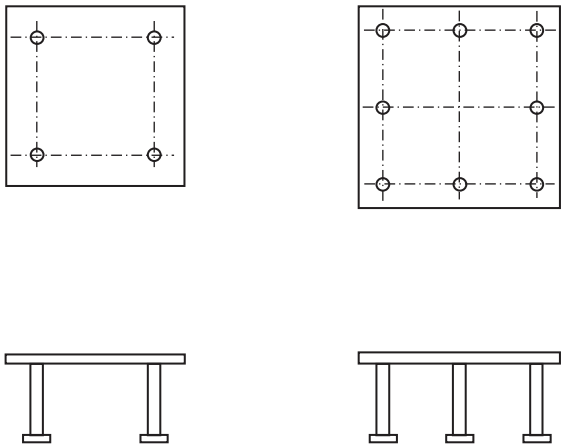


図 4－2 埋込金物の概略図



形状タイプＡ　　形状タイプＦ

図 4－3 埋込金物の代表形状

4.5.2　埋込金物の選定

埋込金物は，発生する荷重に基づき，タイプごとに定められた使用荷重を超えない範囲でタイプを選定する。

なお，使用荷重を超える場合であっても発生する荷重の作用状態による個別の強度評価により健全性の確認を行うことが可能である。

標準的な埋込金物の使用荷重及び主要寸法を表 4－11，表 4－12 に示す。

また，ケミカルアンカ及びメカニカルアンカを用いる場合には，使用箇所に発生する荷重を許容できるものをカタログから選定する。

表 4－11 標準埋込金物の使用荷重

タイプ	使用荷重(kN)	
	引張荷重	せん断荷重
A		
B		
C		
D		
E		
F		

表 4－12 標準埋込金物の主要寸法

タイプ *	プレート			スタッド				
	長辺側の長さ B (mm)	短辺側の長さ W (mm)	板厚 t (mm)	外径 d (mm)	外径 D (mm)	長さ L (mm)	本数 N	スタッドの間隔 c 長辺方向(mm)×短辺方向(mm)
A								
B								
C								
D								
E								
F								

注記＊：材料は，[ ]（プレート），[ ]（スタッド）を使用

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5.3　埋込金物の強度及び耐震評価方法

埋込金物の強度及び耐震評価の方法を以下に示す。

(1)　許容応力及び許容荷重

許容応力及び許容荷重は，ＪＥＡＧ４６０１に基づくものとする。

埋込金物における各許容応力状態に対する許容応力及び許容荷重を表 4－13 に示す。

表 4－13 埋込金物における各許容応力状態の許容応力及び許容荷重

許容応力状態	プレート	スタッド		コンクリート		
	曲げ・せん断共存の応力	引張応力	せん断応力	引張荷重		せん断荷重
				シアコーン	支圧	
I_A，II_A	f_t	$2/3 \cdot S_y$	$2/3 \cdot S_y/3^{1/2}$	$(0.31 \cdot 0.3 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(1/3 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_c)$	$(0.4 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$
$III_A S$	$1.5 \cdot f_t$	S_y	$S_y/3^{1/2}$	$(0.31 \cdot 0.45 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(2/3 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_c)$	$(0.6 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$
$IV_A S$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.2 \cdot S_y$	$1.2 \cdot S_y/3^{1/2}$	$(0.31 \cdot 0.6 \cdot A_c \cdot F_c^{1/2})$	$(0.75 \cdot \alpha \cdot A_0 \cdot F_c)$	$(0.8 \cdot 0.5 \cdot A_b \cdot (E_c \cdot F_c)^{1/2})$

注 1：コンクリートの圧縮応力が支配的の場合は圧縮応力について評価する。

注 2：コンクリートの許容荷重は単位系の換算係数を用いて評価する。

注 3：許容値を算出する設計温度は常温を使用するものとする。

注 4：埋込金物の使用荷重は，プレート，スタッド及びコンクリートの評価のうち最も厳しい部位で決定する。

注 5：f_t*は，f_tの値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図 表 Part5 表 8 に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて計算した値とする。

注 6：シアコーンの評価において，MKS 単位系から SI 単位系への換算係数 0.31 を用いて評価する。

注 7：シアコーンの許容応力状態$IV_A S$での引張荷重において，建屋の面内せん断ひずみ度に応じた低減係数を考慮し，ＪＥＡＧ４６０１に基づく設計とする。

記号の説明

f_t：許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1(1)により規定される値

S_y：設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に規定される値
F_c，A_c，α，A_0，E_c，A_b：(2)項の記号の定義による

(2) 強度計算式

a. 記号の定義

埋込金物の強度計算に使用する記号は，下記のとおりとする。

記　号	定　義	単　位
P	引張荷重	N
Q	せん断荷重	N
b	プレート幅	mm
t	プレート厚さ	mm
A	プレート断面積	mm^2
Z	プレートの断面係数	mm^3
c	スタッドの間隔	mm
σ	プレートの曲げ・せん断共存時の応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
N	スタッドの本数	本
d	スタッド軸部の径	mm
A_b	スタッド軸部の断面積	mm^2
σ_t	スタッドの引張応力	MPa
S_y	スタッド鋼材の降伏点	MPa
q_a	スタッドとスタッド周辺のコンクリートが圧壊（複合破壊）する場合の埋込金物1枚当たりの許容せん断荷重	N
E_c	コンクリートのヤング係数	MPa
γ	コンクリートの気乾単位体積重量	kN/m^3
F_c	コンクリートの設計基準強度	MPa
p_{a1}	コンクリートの躯体がコーン破壊する場合の埋込金物1枚当たりの許容引張荷重	N
A_c	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積	mm^2
p_{a2}	スタッド頭部のコンクリート部が支圧破壊する場合の埋込金物1枚当たりの許容引張荷重	N
D	スタッド頭部の径	mm
A_o	スタッド頭部の支圧面積	mm^2
α	支圧面積と有効投影面積から定まる係数	—

b.　強度計算式

埋込金物の強度計算式を以下に示す。

なお，以下に示す許容応力及び許容荷重は，許容応力状態ⅢＡＳにおける評価を例として記載したものであり，各評価部位の許容応力状態に応じて適切な許容応力及び許容荷重を用いる。

(a)　プレートの計算式

(b)　スタッドの計算式(引張応力)

(c)　スタッドの計算式(せん断応力)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(d)　コンクリートの計算式(せん断荷重)

(e)　コンクリートの計算式(引張荷重を受ける場合のシアコーン)

(f)　コンクリートの計算式(引張荷重を受ける場合の支圧)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.　耐震評価結果

5.1　支持構造物の耐震評価結果

5.1.1　概要

各支持構造物について，定められた評価荷重に対して十分な耐震強度を有することを確認した結果を以下に示す。

5.1.2　支持構造物の耐震評価結果

支持構造物における評価結果を表 5－1 に示す。

表 5－1 支持構造物の評価結果

No.	種　別		評価荷重	許容応力状態	設計温度	評価結果の表番号
1	ロッドレストレイント		定格荷重	ⅢAS		表 5－2
2	オイルスナッバ		定格荷重	ⅢAS		表 5－3
3	メカニカルスナッバ		使用荷重	ⅢAS		表 5－4
4	スプリングハンガ		定格荷重	IA，ⅡA		表 5－5
5	コンスタントハンガ		定格荷重	IA，ⅡA		表 5－6
6	レストレイント	ラグ	使用荷重	ⅢAS		表 5－7－1～表 5－7－2
7		Uボルト	使用荷重	ⅢAS		表 5－8
8		支持架構	使用荷重	ⅢAS		表 5－9－1～表 5－9－14
9		埋込金物	使用荷重	ⅢAS		表 5－10－1～表 5－10－3

注：各評価において定格荷重又は使用荷重を超えた場合でも実際に使用される当該温度による個別の評価により，健全性の確認を行うことが可能である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－2(1/4) ロッドレストレイント　強度評価結果

強度部材：①クレビス（本体）（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	S (mm)	T (mm)	θ (deg)	L (mm)	A_t (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_y (mm^3)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_m (MPa)	f_m (MPa)	
S2	6.6								9	156	9	90	66	180	77	156	○
1	18.2								14	156	14	90	93	180	110	156	○
2	42.6								16	150	16	86	101	173	121	150	○
3	82.1								16	150	17	86	107	173	127	150	○
4	107								11	150	12	86	65	173	79	150	○
5	182								13	150	13	86	82	158	98	150	○
6	274								13	137	14	79	83	158	99	137	○

強度部材：②クレビス（イーヤ）（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	S (mm)	R (mm)	D_H (mm)	T (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
S2	6.6								15	156	15	90	24	213	○
1	18.2								20	156	37	90	47	213	○
2	42.6								21	150	39	86	70	204	○
3	82.1								22	150	39	86	66	204	○
4	107								16	150	26	86	43	204	○
5	182								18	150	34	86	55	204	○
6	274								18	137	40	79	54	187	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－2(2/4) ロッドレストレイント　強度評価結果

強度部材：③アッセンブリ（全長）（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				圧縮応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	L (mm)	A_c (mm^2)	F_c (MPa)	f_c (MPa)	
S2	6.6	[redacted]				24	24	○
1	18.2					32	39	○
2	42.6					45	57	○
3	82.1					54	66	○
4	107					53	85	○
5	182					52	96	○
6	274					52	102	○

強度部材：④メインコラム（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_O (mm)	W (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
S2	6.6	[redacted]			25	73	○
1	18.2				36	73	○
2	42.6				50	73	○
3	82.1				66	73	○
4	107				59	73	○
5	182				61	73	○
6	274				63	73	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－2(3/4) ロッドレストレイント　強度評価結果

強度部材：⑤クランプ（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	H (mm)	D (mm)	T (mm)	B (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
S2	6.6	[redacted]							8	234	7	135	23	319	○
1	18.2								22	234	19	135	51	319	○
2	42.6								18	234	30	135	105	319	○
3	82.1								28	234	43	135	137	319	○
4	107								29	234	34	135	96	319	○
5	182								36	234	37	135	120	319	○
6	274								37	234	37	135	110	319	○

強度部材：⑥ピン（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
S2	6.6	[redacted]		30	233	○
1	18.2			52	233	○
2	42.6			94	233	○
3	82.1			84	233	○
4	107			56	233	○
5	182			73	233	○
6	274			70	233	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－2(4/4) ロッドレストレイント　強度評価結果

強度部材：⑦アイプレート（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	R (mm)	D_H (mm)	T (mm)	T_B (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
S2	6.6	[redacted]							40	156	40	90	26	213	○
1	18.2								65	156	65	90	51	213	○
2	42.6								68	150	68	86	76	204	○
3	82.1								58	150	58	86	70	204	○
4	107								60	150	60	86	62	204	○
5	182								53	150	53	86	90	204	○
6	274								56	137	56	79	77	187	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－3(1/5) オイルスナッバ　強度評価結果

強度部材：①シリンダチューブ（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	r_1 (mm)	r_2 (mm)	K (MPa)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
3	30	[redacted]				70	126	○

強度部材：②ピストンロッド（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	d (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
3	30	[redacted]		128	301	○

強度部材：③シリンダカバー（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
3	30	[redacted]			6	86	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－3(2/5) オイルスナッバ　強度評価結果

強度部材：④タイロッド（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
3	30				96	303	○

強度部材：⑤イーヤ
穴部（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
3	30									70	156	38	90	57	213	○

溶接部（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
3	30					53	90	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－3(3/5) オイルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑥六角ボルト（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
3	30	[redacted]			96	303	○

強度部材：⑦ロッドエンド（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	T (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
3	30	[redacted]								80	156	42	90	56	213	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－3(4/5) オイルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑧アダプタ

本体（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
3	30				26	126	○

溶接部（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	h (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
3	30				47	73	○

強度部材：⑨コネクティングパイプ（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様						圧縮応力		評価
								発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	A_c (mm^2)	E (MPa)	F (MPa)	F_c (MPa)	f_c (MPa)	
3	30							32	61	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－3(5/5) オイルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑩クランプ（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
3	30	[redacted]								16	156	18	90	74	213	○

強度部材：⑪ブラケット（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
3	30	[redacted]								25	169	20	97	63	230	○

強度部材：⑫ピン（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	d (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
3	30	[redacted]		67	174	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(1/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：①ダイレクトアタッチブラケット（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9	[redacted]								27	169	20	97	54	230	○
1	15									18	169	14	97	42	230	○
3	45									38	169	29	97	95	230	○
6	90									45	169	33	97	90	230	○
10	150									49	169	35	97	98	230	○
16	240									56	169	38	97	97	230	○
25	375									52	169	37	97	99	230	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(2/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：②ジャンクションコラムアダプタ (1/2)

六角ボルト(材料：[redacted])

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
06	9	[redacted]			54	303	○
1	15				50	303	○
3	45				96	303	○
6	90				133	303	○
10	150				125	303	○
16	240				128	303	○
25	375				139	303	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(3/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：②ジャンクションコラムアダプタ (2/2)

溶接部(材料：[redacted])

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	h (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	9	[redacted]					－	－	17	73	○
1	15						－	－	23	73	○
3	45						17	126	－	－	○
6	90						24	126	－	－	○
10	150						32	126	－	－	○
16	240						34	126	－	－	○
25	375						39	126	－	－	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(4/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：③ロードコラム（型式01～6 材料 [redacted]，型式10～25 材料 [redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
06	9	[redacted]			53	301	○
1	15				25	220	○
3	45				73	220	○
6	90				104	220	○
10	150				123	406	○
16	240				134	406	○
25	375				124	406	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

強度部材：④クランプ（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9	[redacted]								22	156	19	90	63	213	○
1	15									18	156	17	90	56	213	○
3	45									24	156	27	90	111	213	○
6	90									36	156	36	90	113	213	○
10	150									39	150	40	86	132	204	○
16	240									29	150	32	86	94	204	○
25	375									28	150	32	86	94	204	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(5/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑤ピン（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様		せん断応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	d (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	9	[redacted]		40	174	○
1	15			43	174	○
3	45			100	174	○
6	90			92	174	○
10	150			107	174	○
16	240			96	127	○
25	375			96	127	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

強度部材：⑥コネクティングチューブ（型式06～6 材料：[redacted]　型式10～25 材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様						圧縮応力		評価
								発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	A_c (mm^2)	E (MPa)	F (MPa)	F_c (MPa)	f_c (MPa)	
06	9	[redacted]						22	41	○
1	15							26	34	○
3	45							48	63	○
6	90							59	63	○
10	150							56	62	○
16	240							57	71	○
25	375							61	88	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(6/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑦ケース，ベアリング押え及び六角ボルト（1/2）
ケース（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	t (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9	[redacted]								3	301	20	174	36	411	○
1	15									3	220	16	127	32	300	○
3	45									6	220	47	127	95	300	○
6	90									8	220	56	127	124	300	○
10	150									13	220	54	127	176	300	○
16	240									11	220	60	127	180	300	○
25	375									16	220	61	127	151	300	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

ベアリング押え（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様					せん断応力		支圧応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	t (mm)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9	[redacted]					24	174	36	411	○
1	15						15	174	32	411	○
3	45						43	174	95	411	○
6	90						52	174	124	411	○
10	150						56	174	176	411	○
16	240						61	174	180	411	○
25	375						63	174	151	411	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(7/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑦ケース，ベアリング押え及び六角ボルト (2/2)
六角ボルト（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様			引張応力		評価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	n (本)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
06	9	[redacted]			108	303	○
1	15				89	303	○
3	45				200	303	○
6	90				224	303	○
10	150				166	303	○
16	240				199	303	○
25	375				208	303	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

強度部材：⑧イーヤ（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	d (mm)	t (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9	[redacted]								34	220	20	127	39	300	○
1	15									29	220	21	127	37	300	○
3	45									77	220	46	127	84	300	○
6	90									119	220	56	127	104	300	○
10	150									171	220	72	127	133	300	○
16	240									155	220	80	127	139	300	○
25	375									156	220	65	127	115	300	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(8/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑨ユニバーサルボックス（材料：　　）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様											引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
													発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)	D (mm)	d (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	W (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9												24	150	15	86	36	204	○
1	15												24	150	15	86	40	204	○
3	45												47	150	27	86	89	204	○
6	90												81	150	39	86	109	204	○
10	150												112	137	45	79	136	187	○
16	240												80	137	44	79	131	187	○
25	375												80	137	40	79	112	187	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

強度部材：⑩コネクティングチューブイーヤ部（材料：　　）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9									27	169	20	97	54	230	○
1	15									18	169	14	97	42	230	○
3	45									38	169	29	97	95	230	○
6	90									45	169	33	97	90	230	○
10	150									49	169	35	97	98	230	○
16	240									56	169	38	97	97	230	○
25	375									52	169	37	97	99	230	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－4(9/9) メカニカルスナッバ　強度評価結果

強度部材：⑪ユニバーサルブラケット（材料：[redacted]）

本体型式	使用荷重*	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	9	[redacted]								32	169	24	97	63	230	○
1	15									24	169	19	97	56	230	○
3	45									44	169	34	97	111	230	○
6	90									57	169	41	97	113	230	○
10	150									43	169	32	97	100	230	○
16	240									45	169	33	97	100	230	○
25	375									47	169	34	97	94	230	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.5倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(1/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：①イーヤ（1/2）

穴部（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	B (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
1	0.381	[redacted]								2	156	2	90	4	213	○
2	0.541									3	156	3	90	6	213	○
3	0.701									4	156	4	90	8	213	○
4	0.906									5	156	5	90	10	213	○
5	1.230									7	156	7	90	13	213	○
6	1.640									9	156	9	90	17	213	○
7	2.190									13	156	13	90	19	213	○
8	2.920									18	156	18	90	25	213	○
9	3.920									24	156	24	90	33	213	○
10	5.230									16	156	16	90	25	213	○
11	6.780									20	156	20	90	32	213	○
12	8.770									13	156	13	90	25	213	○
13	11.69									18	156	18	90	33	213	○
14	15.78									27	156	27	90	37	213	○
15	20.75									35	156	35	90	48	213	○
16	28.05									47	156	47	90	65	213	○
17	39.16									39	156	39	90	59	213	○
18	52.31									59	156	59	90	69	213	○
19	69.55									59	156	59	90	66	213	○
20	92.06									53	156	53	90	66	213	○
21	122.74									49	150	49	86	71	204	○
22	163.65									40	150	40	86	57	204	○
23	216.26									41	150	41	86	67	204	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(2/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：①イーヤ (2/2)

溶接部（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容*応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
1	0.381	[redacted]				2	40	○
2	0.541					2	40	○
3	0.701					3	40	○
4	0.906					3	40	○
5	1.230					4	40	○
6	1.640					6	40	○
7	2.190					7	40	○
8	2.920					10	40	○
9	3.920					13	40	○
10	5.230					10	40	○
11	6.780					13	40	○
12	8.770					13	40	○
13	11.69					17	40	○
14	15.78					22	40	○
15	20.75					29	40	○
16	28.05					28	40	○
17	39.16					28	40	○
18	52.31					30	40	○
19	69.55					29	39	○
20	92.06					30	39	○
21	122.74					29	39	○
22	163.65					29	39	○
23	216.26					30	39	○

注記＊：非破壊検査を実施しないため，設計・建設規格 SSB-3121.1(1)b を適用する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(3/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：②上部カバー

本体（材料：　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様							曲げ応力		評価
									発生応力	許容応力	
	P (kN)	T_1 (mm)	a (mm)	T (mm)	C (mm)	b (mm)	b/a	β_8	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
1	0.381								7	180	○
2	0.541								10	180	○
3	0.701								13	180	○
4	0.906								22	180	○
5	1.230								30	180	○
6	1.640								40	180	○
7	2.190								53	180	○
8	2.920								70	180	○
9	3.920								94	180	○
10	5.230								49	180	○
11	6.780								64	180	○
12	8.770								46	180	○
13	11.69								61	180	○
14	15.78								83	180	○
15	20.75								108	180	○
16	28.05								97	180	○
17	39.16								112	180	○
18	52.31								150	180	○
19	69.55								108	173	○
20	92.06								124	173	○
21	122.74								110	173	○
22	163.65								103	173	○
23	216.26								122	173	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表５－５(4/17) スプリングハンガ　強度評価結果

溶接部（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容*応力	
	P (kN)	J (mm)	a (mm)	h (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
1	0.381	[redacted]				1	40	○
2	0.541					1	40	○
3	0.701					2	40	○
4	0.906					1	40	○
5	1.230					2	40	○
6	1.640					2	40	○
7	2.190					3	40	○
8	2.920					4	40	○
9	3.920					5	40	○
10	5.230					6	40	○
11	6.780					7	40	○
12	8.770					7	40	○
13	11.69					10	40	○
14	15.78					13	40	○
15	20.75					17	40	○
16	28.05					18	40	○
17	39.16					25	40	○
18	52.31					30	40	○
19	69.55					26	39	○
20	92.06					32	39	○
21	122.74					28	39	○
22	163.65					35	39	○
23	216.26					35	39	○

注記＊：非破壊検査を実施しないため，設計・建設規格 SSB-3121.1(1)b を適用する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(5/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：③ばね座（吊り型）（本体型式01～18　材料：[redacted]　本体型式19～23　プレート材料：[redacted]　パイプ材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様												
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	T_1 (mm)	T_2 (mm)	T_3 (mm)	T_4 (mm)	外輪 $\beta 9$	内輪 $\beta 9$	外輪 A_s (mm^2)	内輪 A_s (mm^2)	A_t (mm^2)
1	0.381	[redacted]												
2	0.541													
3	0.701													
4	0.906													
5	1.230													
6	1.640													
7	2.190													
8	2.920													
9	3.920													
10	5.230													
11	6.780													
12	8.770													
13	11.69													
14	15.78													
15	20.75													
16	28.05													
17	39.16													
18	52.31													
19	69.55													
20	92.06													
21	122.74													
22	163.65													
23	216.26													

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(6/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：③ばね座（吊り型）（本体型式01～18　材料：[redacted]　本体型式19～23　プレート材料：[redacted]　パイプ材料：[redacted]

本体型式	定格荷重	外輪曲げ応力		内輪曲げ応力		外輪せん断応力		内輪せん断応力		引張応力		評価
		発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
1	0.381	12	195	19	195	－	－	－	－	－	－	○
2	0.541	17	195	27	195	－	－	－	－	－	－	○
3	0.701	22	195	35	195	－	－	－	－	－	－	○
4	0.906	21	195	29	195	－	－	－	－	－	－	○
5	1.230	29	195	39	195	－	－	－	－	－	－	○
6	1.640	40	195	52	195	－	－	－	－	－	－	○
7	2.190	54	195	61	195	－	－	－	－	－	－	○
8	2.920	72	195	81	195	－	－	－	－	－	－	○
9	3.920	93	195	108	195	－	－	－	－	－	－	○
10	5.230	73	195	91	195	－	－	－	－	－	－	○
11	6.780	94	195	118	195	－	－	－	－	－	－	○
12	8.770	48	195	58	195	－	－	－	－	－	－	○
13	11.69	65	195	77	195	－	－	－	－	－	－	○
14	15.78	88	195	92	195	－	－	－	－	－	－	○
15	20.75	117	195	121	195	－	－	－	－	－	－	○
16	28.05	64	195	78	195	－	－	－	－	－	－	○
17	39.16	90	195	98	195	－	－	－	－	－	－	○
18	52.31	121	195	121	195	－	－	－	－	－	－	○
19	69.55	106	173	143	173	18	73	17	73	19	126	○
20	92.06	108	173	138	173	24	73	22	73	26	126	○
21	122.74	116	173	136	173	32	73	29	73	34	126	○
22	163.65	101	158	111	158	34	73	26	73	45	126	○
23	216.26	109	158	112	158	45	73	34	73	60	126	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(7/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：④ハンガロッド（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
1	0.381			4	117	○
2	0.541			5	117	○
3	0.701			7	117	○
4	0.906			8	117	○
5	1.230			11	117	○
6	1.640			15	117	○
7	2.190			11	117	○
8	2.920			15	117	○
9	3.920			20	117	○
10	5.230			17	112	○
11	6.780			22	112	○
12	8.770			20	112	○
13	11.69			26	112	○
14	15.78			23	112	○
15	20.75			30	112	○
16	28.05			40	112	○
17	39.16			39	112	○
18	52.31			38	103	○
19	69.55			39	103	○
20	92.06			38	103	○
21	122.74			39	103	○
22	163.65			41	103	○
23	216.26			43	103	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(8/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑤スプリングケース（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (kN)	T (mm)	D (mm)	J (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
1	0.381	[redacted]				1	156	○
2	0.541					1	156	○
3	0.701					1	156	○
4	0.906					1	156	○
5	1.230					1	156	○
6	1.640					2	156	○
7	2.190					2	156	○
8	2.920					3	156	○
9	3.920					3	156	○
10	5.230					4	156	○
11	6.780					5	156	○
12	8.770					5	156	○
13	11.69					6	156	○
14	15.78					8	156	○
15	20.75					11	156	○
16	28.05					12	156	○
17	39.16					16	156	○
18	52.31					21	156	○
19	69.55					17	156	○
20	92.06					23	156	○
21	122.74					20	156	○
22	163.65					25	156	○
23	216.26					25	156	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(9/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑥下部カバー

本体（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様					曲げ応力		評価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	a (mm)	b (mm)	T (mm)	b/a	β_{10}	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
1	0.381	[redacted]					2	180	○
2	0.541						3	180	○
3	0.701						4	180	○
4	0.906						5	180	○
5	1.230						9	180	○
6	1.640						9	180	○
7	2.190						11	180	○
8	2.920						14	180	○
9	3.920						23	180	○
10	5.230						32	180	○
11	6.780						42	180	○
12	8.770						26	180	○
13	11.69						34	180	○
14	15.78						43	180	○
15	20.75						54	180	○
16	28.05						49	180	○
17	39.16						66	180	○
18	52.31						84	180	○
19	69.55						74	180	○
20	92.06						94	180	○
21	122.74						120	180	○
22	163.65						141	173	○
23	216.26						130	173	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(10/17) スプリングハンガ　強度評価結果

溶接部（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容*応力	
	P (kN)	J (mm)	a (mm)	h (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
1	0.381					1	40	○
2	0.541					1	40	○
3	0.701					2	40	○
4	0.906					1	40	○
5	1.230					2	40	○
6	1.640					2	40	○
7	2.190					3	40	○
8	2.920					4	40	○
9	3.920					5	40	○
10	5.230					6	40	○
11	6.780					7	40	○
12	8.770					7	40	○
13	11.69					10	40	○
14	15.78					13	40	○
15	20.75					17	40	○
16	28.05					18	40	○
17	39.16					25	40	○
18	52.31					30	40	○
19	69.55					26	40	○
20	92.06					32	40	○
21	122.74					28	40	○
22	163.65					35	39	○
23	216.26					35	39	○

注記＊：非破壊検査を実施しないため，設計・建設規格 SSB-3121.1(1)b を適用する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(11/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑦ターンバックル(型式01～17　材料：[redacted]　本体型式18～23　材料：[redacted])

本体型式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		評価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	θ (deg)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
1	0.381	[redacted]					2	169	○
2	0.541						2	169	○
3	0.701						2	169	○
4	0.906						3	169	○
5	1.230						4	169	○
6	1.640						5	169	○
7	2.190						4	169	○
8	2.920						5	169	○
9	3.920						6	169	○
10	5.230						8	169	○
11	6.780						10	169	○
12	8.770						9	169	○
13	11.69						12	169	○
14	15.78						10	169	○
15	20.75						13	169	○
16	28.05						18	169	○
17	39.16						21	169	○
18	52.31						25	137	○
19	69.55						26	137	○
20	92.06						33	137	○
21	122.74						41	137	○
22	163.65						52	137	○
23	216.26						43	137	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(12/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑧クレビス

本体（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	B (mm)	d (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
1	0.381									1	156	1	90	2	213	○
2	0.541									2	156	2	90	3	213	○
3	0.701									2	156	2	90	4	213	○
4	0.906									3	156	3	90	5	213	○
5	1.230									4	156	4	90	7	213	○
6	1.640									5	156	5	90	9	213	○
7	2.190									7	156	7	90	10	213	○
8	2.920									9	156	9	90	13	213	○
9	3.920									12	156	12	90	17	213	○
10	5.230									8	156	9	90	13	213	○
11	6.780									10	156	12	90	16	213	○
12	8.770									9	156	8	90	13	213	○
13	11.69									12	156	11	90	17	213	○
14	15.78									9	156	9	90	14	213	○
15	20.75									11	156	11	90	18	213	○
16	28.05									15	156	15	90	25	213	○
17	39.16									14	150	13	86	25	204	○
18	52.31									20	150	16	86	29	204	○
19	69.55									20	150	19	86	33	204	○
20	92.06									29	150	22	86	38	204	○
21	122.74									43	150	30	86	43	204	○
22	163.65									75	156	45	90	64	213	○
23	216.26									76	156	62	90	80	213	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(13/17) スプリングハンガ　強度評価結果

溶接部（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容*応力	
	P (kN)	C (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
22	163.65	[redacted]				22	40	○
23	216.26					25	40	○

注記＊：非破壊検査を実施しないため，設計・建設規格 SSB-3121.1(1)b を適用する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(14/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑨ピン（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様					曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	d (mm)	L (mm)	A_s (mm^2)	M_o (kN・mm)	Z (mm^3)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_m (MPa)	f_t (MPa)	
1	0.381	[redacted]					8	213	1	90	9	156	○
2	0.541						10	213	2	90	11	156	○
3	0.701						13	213	2	90	14	156	○
4	0.906						17	213	3	90	18	156	○
5	1.230						23	213	3	90	24	156	○
6	1.640						31	213	4	90	32	156	○
7	2.190						21	204	4	86	23	150	○
8	2.920						28	204	5	86	30	150	○
9	3.920						38	204	7	86	40	150	○
10	5.230						44	204	6	86	46	150	○
11	6.780						57	204	8	86	59	150	○
12	8.770						46	204	7	86	48	150	○
13	11.69						61	204	9	86	63	150	○
14	15.78						56	204	8	86	58	150	○
15	20.75						74	204	11	86	77	150	○
16	28.05						100	204	14	86	103	150	○
17	39.16						101	187	15	79	105	137	○
18	52.31						115	187	15	79	118	137	○
19	69.55						96	187	15	79	100	137	○
20	92.06						90	187	15	79	94	137	○
21	122.74						86	187	14	79	90	137	○
22	163.65						82	187	17	79	88	137	○
23	216.26						90	187	19	79	96	137	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(15/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑩ロッド（材料：　　）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	M (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
1	0.381			4	117	○
2	0.541			5	117	○
3	0.701			7	117	○
4	0.906			8	117	○
5	1.230			11	117	○
6	1.640			15	117	○
7	2.190			11	117	○
8	2.920			15	117	○
9	3.920			20	117	○
10	5.230			17	117	○
11	6.780			22	117	○
12	8.770			20	117	○
13	11.69			26	117	○
14	15.78			23	117	○
15	20.75			30	117	○
16	28.05			40	117	○
17	39.16			39	117	○
18	52.31			38	117	○
19	69.55			39	117	○
20	92.06			38	117	○
21	122.74			39	117	○
22	163.65			41	117	○
23	216.26			43	117	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(16/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑪ロードコラム（型式01～18　材料：[redacted]，本体型式19～23　材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重	強度部材仕様						圧縮応力		評価
								発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	L (mm)	A_c (mm^2)	E (MPa)	F (MPa)	F_c (MPa)	f_c (MPa)	
1	0.381	[redacted]						1	122	○
2	0.541							2	122	○
3	0.701							2	122	○
4	0.906							2	124	○
5	1.230							2	124	○
6	1.640							3	124	○
7	2.190							4	124	○
8	2.920							5	124	○
9	3.920							6	124	○
10	5.230							6	124	○
11	6.780							7	124	○
12	8.770							6	125	○
13	11.69							8	125	○
14	15.78							10	125	○
15	20.75							13	125	○
16	28.05							21	125	○
17	39.16							29	125	○
18	52.31							39	125	○
19	69.55							25	125	○
20	92.06							33	125	○
21	122.74							43	125	○
22	163.65							58	125	○
23	216.26							76	125	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－5(17/17) スプリングハンガ　強度評価結果

強度部材：⑫ばね座（置き型）（型式01～18　材料：[　　]本体型式19～23　プレート材料：[　　]，パイプ材料：[　　]

本体型式	定格荷重	強度部材仕様					曲げ応力		せん断応力		評価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	T_1 (mm)	T_2 (mm)	D_2 (mm)	β_9	A_s (mm^2)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
1	0.381	[　　]					12	194	－	－	○
2	0.541						17	194	－	－	○
3	0.701						22	194	－	－	○
4	0.906						22	194	－	－	○
5	1.230						29	194	－	－	○
6	1.640						40	194	－	－	○
7	2.190						54	194	－	－	○
8	2.920						72	194	－	－	○
9	3.920						93	194	－	－	○
10	5.230						73	194	－	－	○
11	6.780						94	194	－	－	○
12	8.770						48	194	－	－	○
13	11.69						65	194	－	－	○
14	15.78						88	194	－	－	○
15	20.75						117	194	－	－	○
16	28.05						64	194	－	－	○
17	39.16						90	194	－	－	○
18	52.31						121	194	－	－	○
19	69.55						106	173	18	72	○
20	92.06						108	173	24	72	○
21	122.74						116	173	32	72	○
22	163.65						101	158	34	72	○
23	216.26						109	158	45	72	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(1/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：①ばね座（材料：[redacted]）

本体型式	ばね座にかかる荷重	強度部材仕様				曲げ応力		評価
						発生応力	許容応力	
	FA (kN)	A_1 (mm)	C (mm)	T_2 (mm)	β_9	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
01	0.617	[redacted]				51	180	○
02	0.835					69	180	○
03	1.121					92	180	○
04	1.556					59	180	○
05	2.127					80	180	○
06	2.875					108	180	○

強度部材：②テンションロッド（ロッド）（材料：[redacted]）

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生応力	許容応力	
	F (kN)	D (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.617	[redacted]		6	156	○
02	0.835			8	156	○
03	1.121			10	156	○
04	1.556			14	156	○
05	2.127			19	156	○
06	2.875			26	156	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(2/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：③テンションロッド（プレート）

穴部（材料：　　）

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	F (kN)	R (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	A_t (mm²)	A_s (mm²)	A_p (mm²)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	0.617								4	156	4	90	11	213	○
02	0.835								5	156	5	90	14	213	○
03	1.121								6	156	6	90	19	213	○
04	1.556								10	156	10	90	17	213	○
05	2.127								13	156	13	90	23	213	○
06	2.875								18	156	18	90	30	213	○

溶接部（材料：　　）

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様			せん断応力		評価
					発生応力	許容応力	
	F (kN)	H (mm)	L (mm)	A_s (mm²)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
01	0.617				3	40	○
02	0.835				4	40	○
03	1.121				5	40	○
04	1.556				6	40	○
05	2.127				8	40	○
06	2.875				11	40	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(3/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：④テンションロッドピン（材料：[redacted]）

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様						曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
								発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	F (kN)	S (mm)	B (mm)	D_3 (mm)	M_o (kN・mm)	Z (mm^3)	A_s (mm^2)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_m (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.617	[redacted]						60	213	4	90	61	156	○
02	0.835							81	213	6	90	82	156	○
03	1.121							109	213	8	90	110	156	○
04	1.556							37	213	4	90	38	156	○
05	2.127							51	213	6	90	52	156	○
06	2.875							68	213	8	90	70	156	○

強度部材：⑤リンクプレート（材料：[redacted]）　(1/2)

テンションロッド側穴部

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	F (kN)	R (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	B (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	0.617	[redacted]								4	156	5	90	6	213	○
02	0.835									6	156	6	90	7	213	○
03	1.121									7	156	8	90	10	213	○
04	1.556									10	156	11	90	9	213	○
05	2.127									14	156	15	90	11	213	○
06	2.875									18	156	20	90	15	213	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(4/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑤リンクプレート（材料 ） (2/2)
アジャストピン側穴部

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様								引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	F (kN)	R (mm)	T (mm)	d (mm)	D (mm)	B (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	0.617									6	156	6	90	5	213	○
02	0.835									7	156	7	90	6	213	○
03	1.121									10	156	10	90	8	213	○
04	1.556									11	156	11	90	9	213	○
05	2.127									15	156	15	90	11	213	○
06	2.875									20	156	20	90	15	213	○

強度部材：⑥アジャストピン（材料 ）

本体型式	ばね荷重	強度部材仕様							曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	F (kN)	S (mm)	L (mm)	T (mm)	d (mm)	M_o (kN・mm)	Z (mm^3)	A_s (mm^2)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_m (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.617								8	204	3	86	10	150	○
02	0.835								10	204	4	86	13	150	○
03	1.121								14	204	5	86	17	150	○
04	1.556								8	204	4	86	11	150	○
05	2.127								11	204	6	86	16	150	○
06	2.875								15	204	8	86	21	150	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(5/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑦ロードブロックピン（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様						曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
								発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	D_1 (mm)	S_2 (mm)	S (mm)	M_o (kN･mm)	Z (mm^3)	A_s (mm^2)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_m (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.641	[redacted]						4	213	2	90	6	156	○
02	0.868							6	213	3	90	8	156	○
03	1.165							8	213	3	90	10	156	○
04	1.617							10	213	4	90	13	156	○
05	2.211							14	213	6	90	18	156	○
06	2.988							19	213	8	90	24	156	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

強度部材：⑧ターンアーム（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	R_2 (mm)	D_2 (mm)	T_2 (mm)	D_1 (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	0.641	[redacted]							2	156	2	90	4	213	○
02	0.868								3	156	3	90	5	213	○
03	1.165								3	156	3	90	6	213	○
04	1.617								5	156	5	90	9	213	○
05	2.211								6	156	6	90	12	213	○
06	2.988								8	156	8	90	16	213	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(6/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑨アッパープレート

本体（材料：　　）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様						曲げ応力		評価
								発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	A_1 (mm)	C (mm)	T_A (mm)	M_o (kN･mm)	Z (mm^3)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	
01	0.641							20	180	○
02	0.868							26	180	○
03	1.165							35	180	○
04	1.617							49	180	○
05	2.211							67	180	○
06	2.988							90	180	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

溶接部（材料：　　）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (kN)	W_1 (mm)	W_2 (mm)	C (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
01	0.641					3	40	○
02	0.868					3	40	○
03	1.165					5	40	○
04	1.617					6	40	○
05	2.211					8	40	○
06	2.988					11	40	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(7/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑩イーヤ

穴部（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様							引張応力		せん断応力		支圧応力		評価
									発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	A_1 (mm)	D_H (mm)	T (mm)	D (mm)	A_t (mm^2)	A_s (mm^2)	A_p (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
01	0.641	[redacted]							2	156	2	90	4	213	○
02	0.868								3	156	3	90	5	213	○
03	1.165								3	156	3	90	6	213	○
04	1.617								5	156	5	90	9	213	○
05	2.211								6	156	6	90	12	213	○
06	2.988								8	156	8	90	16	213	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

溶接部（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P (kN)	A_1 (mm)	T (mm)	W (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
01	0.641	[redacted]				1	40	○
02	0.868					2	40	○
03	1.165					2	40	○
04	1.617					3	40	○
05	2.211					4	40	○
06	2.988					5	40	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(8/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑪ピン（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様						曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
								発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	L (mm)	B (mm)	D (mm)	M_o (kN･mm)	Z (mm^3)	A_s (mm^2)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_m (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.641	[redacted]						3	656	2	277	5	481	○
02	0.868							4	656	3	277	7	481	○
03	1.165							5	656	3	277	8	481	○
04	1.617							6	656	4	277	10	481	○
05	2.211							9	656	6	277	14	481	○
06	2.988							12	656	8	277	19	481	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

強度部材：⑫ハンガロッド（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様		引張応力		評価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.641	[redacted]		6	117	○
02	0.868			8	117	○
03	1.165			11	117	○
04	1.617			15	117	○
05	2.211			20	117	○
06	2.988			27	117	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(9/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑬ターンバックル（材料：[redacted]）

本体型式	定格荷重*	強度部材仕様					引張応力		評価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	θ (deg)	A_t (mm^2)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.641	[redacted]					2	169	○
02	0.868						3	169	○
03	1.165						4	169	○
04	1.617						5	169	○
05	2.211						7	169	○
06	2.988						9	169	○

注記＊：荷重調整範囲の最大値として，定格荷重を1.1倍した値を使用。

強度部材：⑭メインピン（材料：[redacted]）

本体型式	メインピンにかかる荷重	強度部材仕様								曲げ応力		せん断応力		組合せ応力		評価
										発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	PF (kN)	D_1 (mm)	S_1 (mm)	S_2 (mm)	T_1 (mm)	T_2 (mm)	M_o (kN･mm)	Z (mm^3)	A_s (mm^2)	F_b (MPa)	f_b (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_m (MPa)	f_t (MPa)	
01	0.827	[redacted]								30	213	6	90	32	156	○
02	1.119									40	213	8	90	43	156	○
03	1.502									54	213	10	90	57	156	○
04	2.084									44	213	10	90	48	156	○
05	2.849									59	213	13	90	64	156	○
06	3.851									80	213	17	90	86	156	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5－6(10/10) コンスタントハンガ　強度評価結果

強度部材：⑮フレーム（材料：[redacted]）

本体型式	メインピンにかかる荷重	強度部材仕様				せん断応力		評価
						発生応力	許容応力	
	P_F (kN)	H_1 (mm)	D_H (mm)	T_1 (mm)	A_s (mm^2)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
01	0.827	[redacted]				1	90	○
02	1.119					2	90	○
03	1.502					2	90	○
04	2.084					3	90	○
05	2.849					4	90	○
06	3.851					5	90	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－7－1 標準ラグの耐震計算結果（ラグ本体）

型式番号	使用荷重 (N)	組合せ応力 (MPa)		評　価
	P_1	発生応力	許容応力	
H32-1		132	166	○
H32-2		150	166	○
H32-3		150	166	○
H32-4		150	166	○
H32-5		150	166	○
H32-6		150	166	○
H32-7		150	166	○

表 5－7－2 標準ラグの耐震計算結果（配管―ラグ溶接部）

型式番号	使用荷重 (N)	組合せ応力 (MPa)		評　価
	P_1	発生応力	許容応力	
H32-1		115	127	○
H32-2		95	127	○
H32-3		101	127	○
H32-4		104	127	○
H32-5		72	127	○
H32-6		82	127	○
H32-7		96	127	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

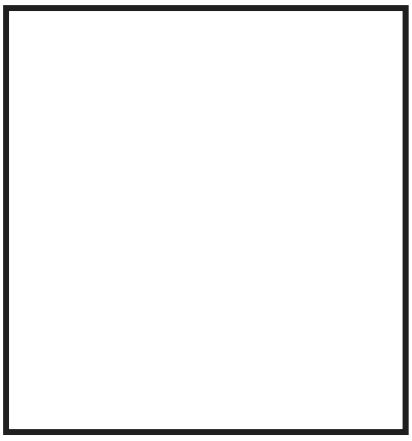
表 5－8 標準Uボルトの耐震計算結果

型式番号	使用荷重 (N)		組合せ応力 (MPa)		評価
	P_2	P_3	発生応力	許容応力	
U-BOLT*15A			194	215	○
U-BOLT*20A			194	215	○
U-BOLT*25A			194	215	○
U-BOLT*32A			194	215	○
U-BOLT*40A			194	215	○
U-BOLT*50A			194	215	○
U-BOLT*65A			194	215	○
U-BOLT*80A			194	215	○
U-BOLT*100A			194	215	○
U-BOLT*125A			194	215	○
U-BOLT*150A			194	215	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－1 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	88	234
				L-100×100×10	65	234
				L-100×100×10	130	234
				□125×125×6	105	216
				□175×175×6	112	216
				L-50×50×6	145	234
				L-100×100×10	106	234
				□100×100×6	87	216
				□150×150×6	111	216
				□200×200×9	89	216
				L-65×65×6	113	234
				L-100×100×10	147	234
				□100×100×6	118	216
				□175×175×6	109	216
				□200×200×9	118	216

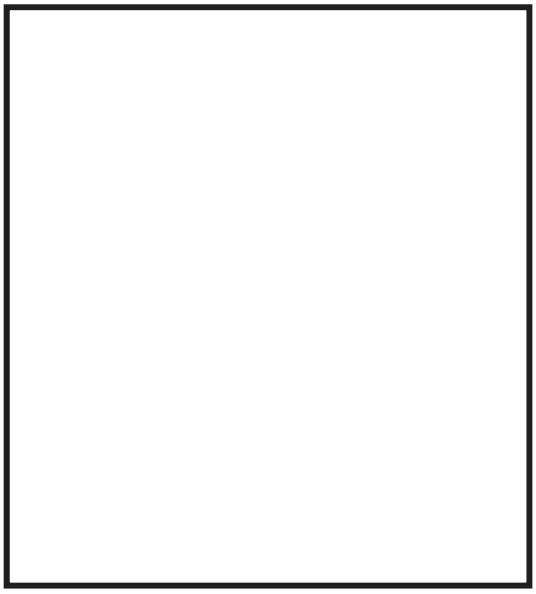


基本形状：タイプ-1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－2 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	17	234
				L-50×50×6	84	234
				L-50×50×6	167	234
				L-100×100×10	86	234
				L-100×100×10	171	234
				L-50×50×6	25	234
				L-50×50×6	124	234
				L-65×65×6	143	234
				L-100×100×10	119	234
				□100×100×6	118	216
				L-50×50×6	33	234
				L-50×50×6	163	234
				L-75×75×6	140	234
				L-100×100×10	152	234
				□125×125×6	94	216

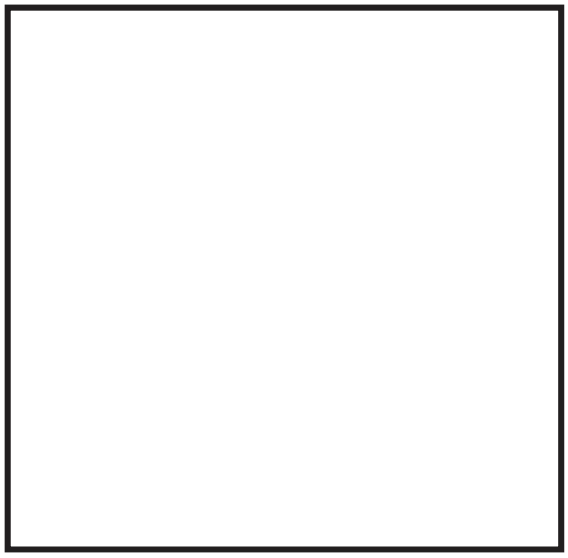


基本形状：タイプ-2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－3 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	18	234
				L-50×50×6	86	234
				L-50×50×6	172	234
				L-100×100×10	89	234
				L-100×100×10	177	234
				L-50×50×6	26	234
				L-50×50×6	128	234
				L-65×65×6	147	234
				L-100×100×10	123	234
				□100×100×6	121	216
				L-50×50×6	34	234
				L-50×50×6	169	234
				L-75×75×6	145	234
				L-100×100×10	157	234
				□125×125×6	97	216

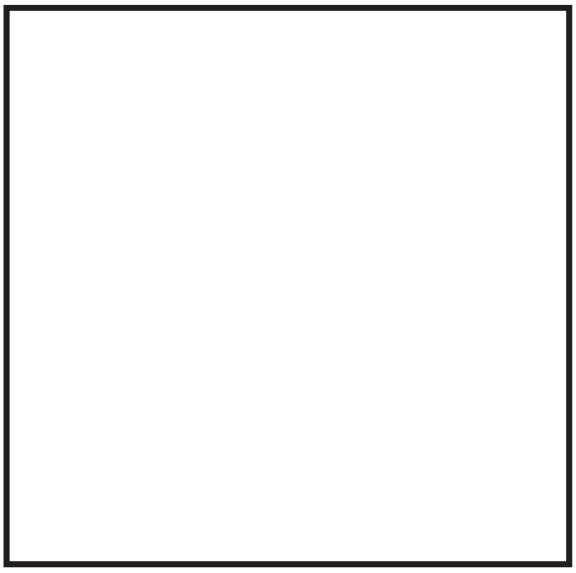


基本形状：タイプ-2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－4 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	18	234
				L-50×50×6	89	234
				L-50×50×6	177	234
				L-100×100×10	92	234
				□100×100×6	104	216
				L-50×50×6	27	234
				L-50×50×6	132	234
				L-65×65×6	152	234
				L-100×100×10	127	234
				□100×100×6	126	216
				L-50×50×6	35	234
				L-50×50×6	174	234
				L-75×75×6	152	234
				L-100×100×10	162	234
				□125×125×6	100	216



基本形状：タイプ-2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－5 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	45	234
				L-65×65×6	128	234
				□75×75×4.5	70	216
				□100×100×6	95	216
				□150×150×6	91	216
				L-50×50×6	49	234
				L-65×65×6	137	234
				L-100×100×10	73	234
				□100×100×6	96	216
				□125×125×6	123	216
				L-50×50×6	60	234
				L-65×65×6	166	234
				L-100×100×10	86	234
				□100×100×6	108	216
				□150×150×6	93	216

基本形状：タイプ-3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－6 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	60	234
				L-75×75×6	128	234
				L-100×100×10	93	234
				□125×125×6	82	216
				□150×150×6	118	216
				L-50×50×6	63	234
				L-75×75×6	133	234
				L-100×100×10	95	234
				□100×100×6	123	216
				□150×150×6	112	216
				L-50×50×6	74	234
				L-75×75×6	154	234
				L-100×100×10	108	234
				□125×125×6	84	216
				□150×150×6	117	216

基本形状：タイプ-3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－7 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-50×50×6	82	234
				L-100×100×10	64	234
				L-100×100×10	127	234
				□125×125×6	110	216
				□175×175×6	121	216
				L-50×50×6	85	234
				L-100×100×10	64	234
				L-100×100×10	127	234
				□125×125×6	104	216
				□175×175×6	111	216
				L-50×50×6	96	234
				L-100×100×10	70	234
				L-100×100×10	140	234
				□125×125×6	108	216
				□175×175×6	111	216

基本形状：タイプ-3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－8 支持架構の耐震計算結果

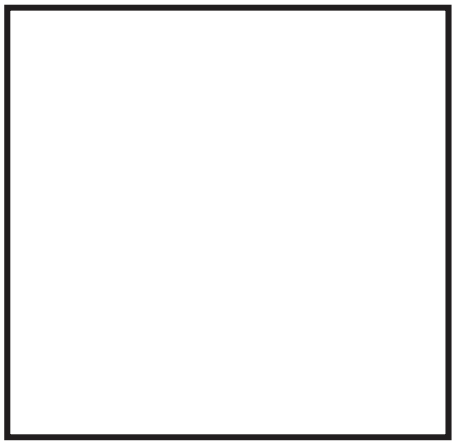
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-65×65×6	50	234
				□100×100×6	28	216
				□125×125×6	35	216
				□175×175×6	56	216
				□200×200×9	62	216
				L-65×65×6	81	234
				□100×100×6	43	216
				□125×125×6	54	216
				□200×200×9	45	216
				□250×250×12	46	216
				L-75×75×6	84	234
				□100×100×6	59	216
				□125×125×6	73	216
				□200×200×9	59	216
				□250×250×12	60	216

基本形状：タイプ-4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－9 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-65×65×6	65	234
				□100×100×6	36	216
				□125×125×6	44	216
				□200×200×9	38	216
				□250×250×12	39	216
				L-75×75×6	60	234
				□100×100×6	43	216
				□125×125×6	54	216
				□200×200×9	45	216
				□250×250×12	46	216
				L-75×75×6	84	234
				□100×100×6	59	216
				□150×150×6	50	216
				□200×200×9	59	216
				□250×250×12	60	216

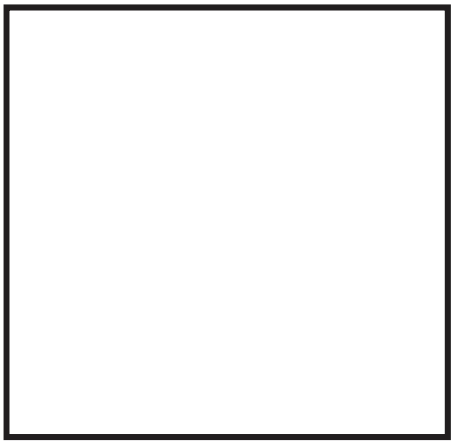


基本形状：タイプ-4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－10 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				L-75×75×6	84	234
				□100×100×6	59	216
				□150×150×6	50	216
				□200×200×9	59	216
				□250×250×12	60	216
				L-100×100×10	21	234
				□100×100×6	43	216
				□150×150×6	37	216
				□200×200×9	45	216
				□250×250×12	46	216
				L-100×100×10	30	234
				□125×125×6	37	216
				□150×150×6	50	216
				□200×200×9	59	216
				□300×300×12	42	216



基本形状：タイプ-4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－11 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				□75×75×4.5	6	216
				□75×75×4.5	31	216
				□75×75×4.5	61	216
				□100×100×6	86	216
				□125×125×6	116	216
				□75×75×4.5	12	216
				□75×75×4.5	58	216
				□100×100×6	53	216
				□125×125×6	106	216
				□175×175×6	119	216
				□75×75×4.5	18	216
				□75×75×4.5	86	216
				□100×100×6	79	216
				□150×150×6	112	216
				□200×200×9	96	216

基本形状：タイプ-5

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－12 支持架構の耐震計算結果

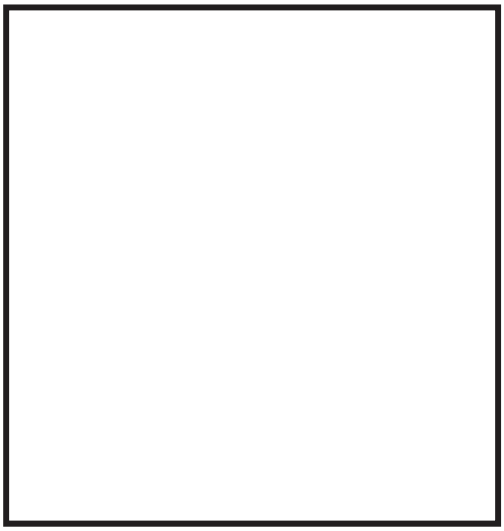
支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				□75×75×4.5	7	216
				□75×75×4.5	32	216
				□75×75×4.5	63	216
				□100×100×6	82	216
				□125×125×6	110	216
				□75×75×4.5	12	216
				□75×75×4.5	56	216
				□100×100×6	51	216
				□125×125×6	101	216
				□175×175×6	113	216
				□75×75×4.5	17	216
				□75×75×4.5	83	216
				□100×100×6	75	216
				□150×150×6	106	216
				□200×200×9	91	216

基本形状：タイプ-5

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－13 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				□75×75×4.5	6	216
				□75×75×4.5	31	216
				□75×75×4.5	61	216
				□100×100×6	86	216
				□125×125×6	116	216
				□75×75×4.5	12	216
				□75×75×4.5	58	216
				□100×100×6	53	216
				□125×125×6	106	216
				□175×175×6	119	216
				□75×75×4.5	18	216
				□75×75×4.5	86	216
				□100×100×6	79	216
				□150×150×6	112	216
				□200×200×9	96	216

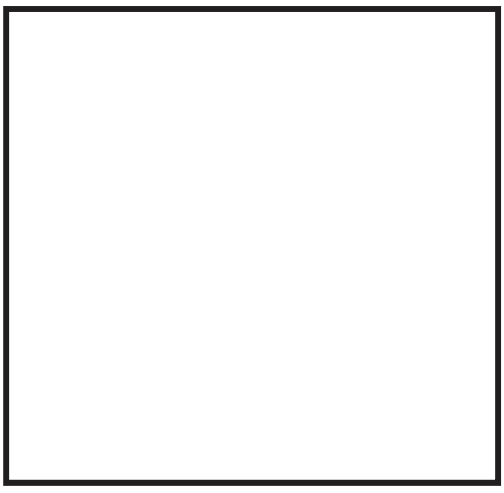


基本形状：タイプ-6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－9－14 支持架構の耐震計算結果

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	組合せ応力(MPa)	
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		発生応力	許容応力
				□75×75×4.5	6	216
				□75×75×4.5	31	216
				□75×75×4.5	61	216
				□100×100×6	81	216
				□125×125×6	109	216
				□75×75×4.5	11	216
				□75×75×4.5	56	216
				□100×100×6	51	216
				□125×125×6	100	216
				□175×175×6	112	216
				□75×75×4.5	17	216
				□75×75×4.5	83	216
				□100×100×6	75	216
				□150×150×6	106	216
				□200×200×9	90	216



基本形状：タイプ-6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5－10－1 埋込金物の耐震計算結果(プレート)

タイプ	使用荷重(kN)		曲げ・せん断共存時の応力(MPa)		評価
	引張荷重	せん断荷重	発生応力	許容応力	
A			211	235	○
B			231	235	○
C			186	235	○
D			215	235	○
E			209	235	○
F			136	235	○

表 5－10－2 埋込金物の耐震計算結果(スタッド)

タイプ	使用荷重(kN)		引張応力(MPa)		せん断応力(MPa)		評価
	引張荷重	せん断荷重	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
A			100	235	144	235	○
B			162	235	173	235	○
C			131	235	130	235	○
D			175	235	168	235	○
E			177	235	174	235	○
F			158	235	156	235	○

表 5－10－3 埋込金物の耐震計算結果(コンクリート)

タイプ	使用荷重(kN)		引張荷重(kN)				せん断荷重(kN)		評価
			シアコーン		支圧				
	引張荷重	せん断荷重	発生荷重	許容荷重	発生荷重	許容荷重	発生荷重	許容荷重	
A			80	136.3	80	383.4	50	217.2	○
B			130	172.1	130	396.5	60	217.2	○
C			105	121.4	105	361.7	45	217.2	○
D			265	297.3	265	502.2	110	410.6	○
E			200	227.5	200	449.3	85	306.3	○
F			480	590.9	480	1004.4	205	821.3	○

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.2　代表的な支持構造物の耐震計算例

5.2.1　支持構造物の耐震計算例

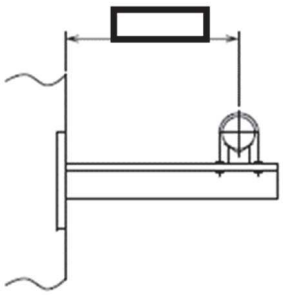
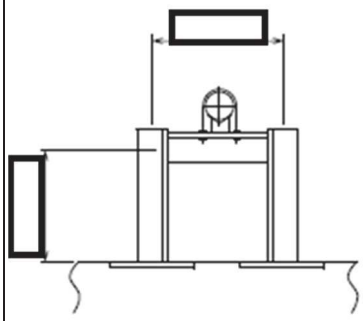
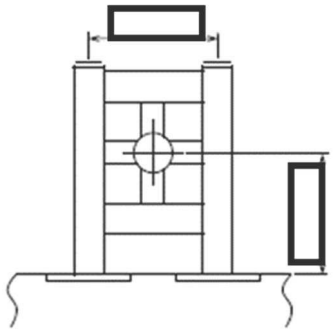
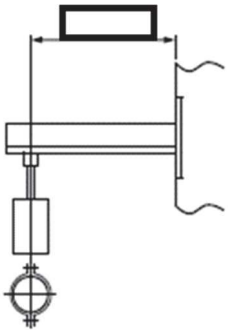
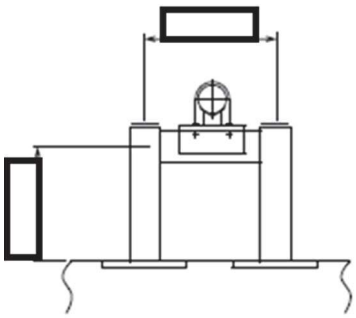
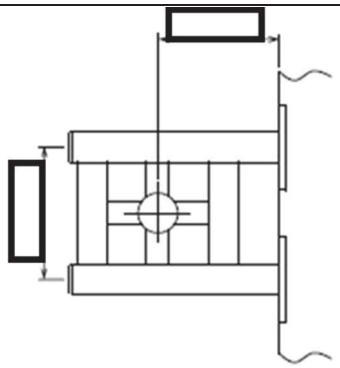
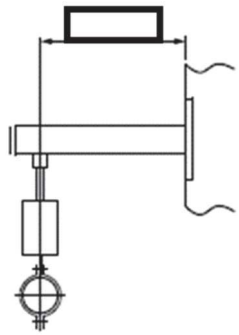
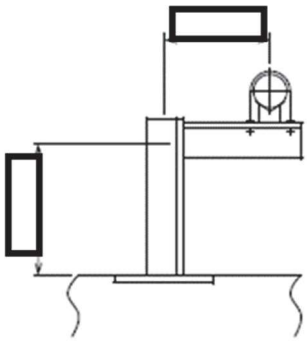
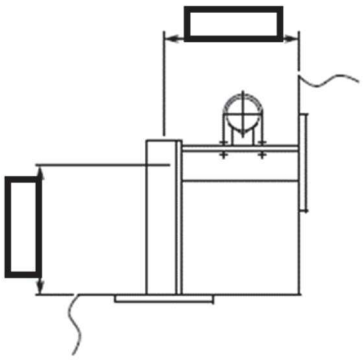
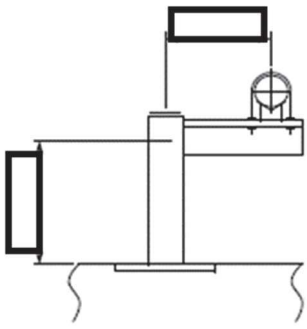
代表的な支持構造物を表 5－11 に，耐震計算例を表 5－12－1～表 5－12－10 に示す。

なお，本項における耐震計算結果は，代表的な支持構造物の例を示したものであり，本項に記載のない支持構造物についても同様な評価を行う。

5.2.2　個別の処置方法

支持構造物の評価において，支持点荷重が定格荷重又は使用荷重を超えた場合には，使用鋼材又は構造の見直し等により強度向上を図るものとする。

表 5－11 代表的な支持構造物

タイプ－1－1	タイプ－3－1	タイプ－5
		
タイプ－1－2	タイプ－3－2	タイプ－6
		
タイプ－1－3	タイプ－4－1	
		
タイプ－2	タイプ－4－2	
		

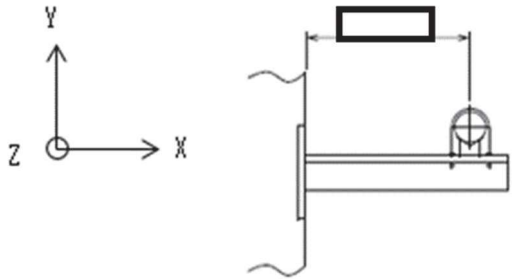
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-1 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－1－1)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
5000	5000	－



支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	106	234

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	U-BOLT*100A	5000	5000		

②　評価結果

評　価	以上より，当該Uボルトに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-1 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
5000	5000

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	5000	5000		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

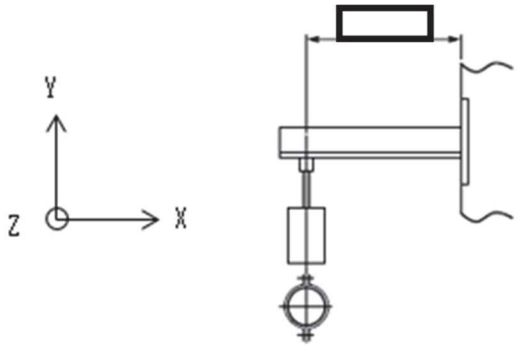
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-2 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－1－2)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
－	5000	－



支持構造物計画形状図

(2)　支持装置

支持装置名称	型式番号	定格荷重 (kN)
オイルスナッバ	3	30

評　価	以上より，当該オイルスナッバに作用する支持点荷重は，定格荷重以下であり健全性を確認した。

(3)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	103	234

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-2 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
-	5000

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	-	5000		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

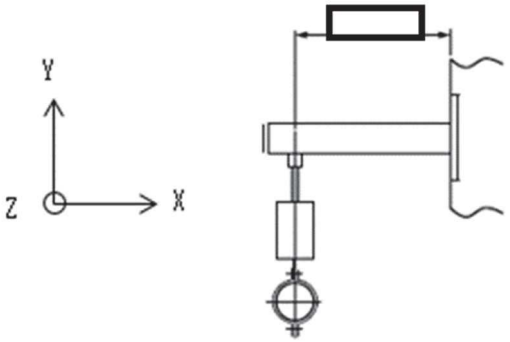
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-3 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－1－3)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
－	10000	－



支持構造物計画形状図

(2)　支持装置

支持装置名称	型式番号	定格荷重 (kN)
メカニカルスナッバ	1	15

評　価	以上より，当該メカニカルスナッバに作用する支持点荷重は，定格荷重以下であり健全性を確認した。

(3)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	82	216

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-3 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
-	10000

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
D	-	10000		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

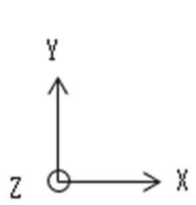
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

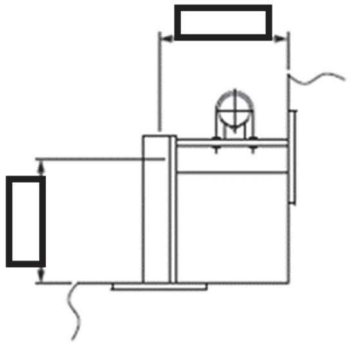
表 5-12-4 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－2)

(1)　支持点荷重 (N)

F_x	F_y	F_z
10000	10000	－





支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	152	234

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Ｕボルト	U-BOLT*100A	10000	10000		

②　評価結果

評　価	以上より，当該Ｕボルトに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-4 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
9507	6654

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	9507	6654		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

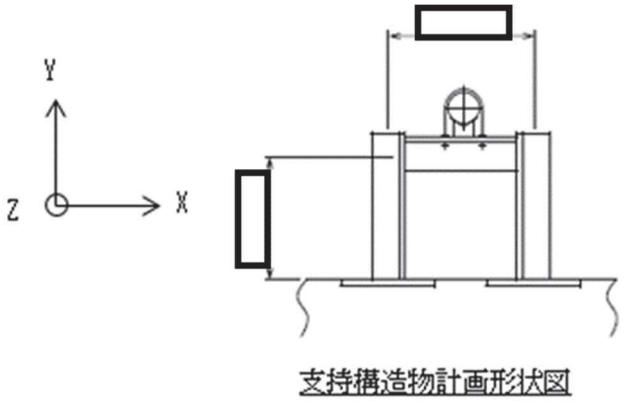
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-5 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－3－1)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
10000	10000	－



支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	140	234

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Ｕボルト	U-BOLT*100A	10000	10000		

②　評価結果

評　価	以上より，当該Ｕボルトに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-5 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
9239	6214

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	9239	6214		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

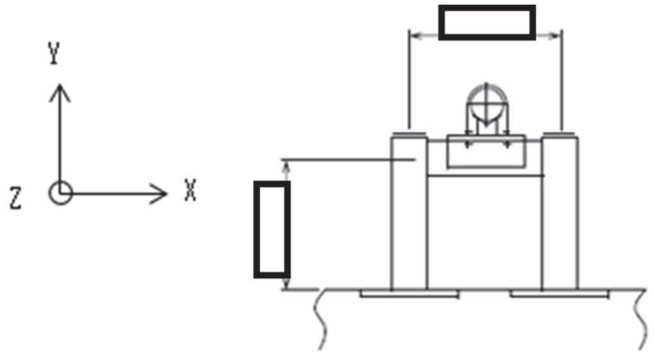
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-6 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－3－2)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
10000	10000	－



支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	36	216

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	U-BOLT*100A	10000	10000		

②　評価結果

評　価	以上より，当該Uボルトに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-6 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
9174	6165

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
D	9174	6165		

③　評価結果

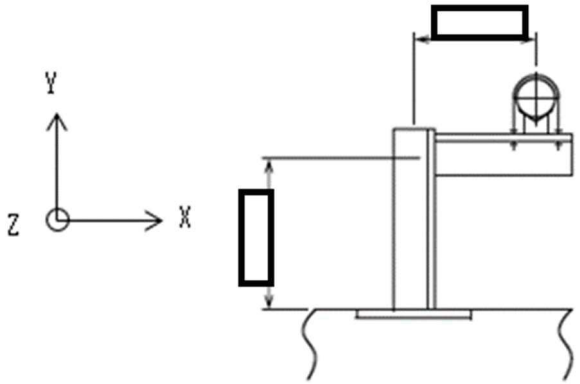
評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

表 5-12-7 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－4－1)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
1000	1000	－



支持構造物計画形状図

(2) 支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	30	234

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	U-BOLT*100A	1000	1000		

②　評価結果

評　価	以上より，当該Uボルトに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-7 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
1000	1000

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	1000	1000		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

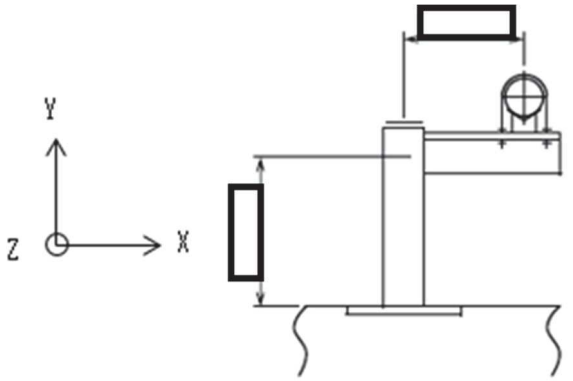
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-8 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－4－2)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
5000	5000	－



支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	59	216

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)		使用荷重(N)	
		引張荷重方向	せん断荷重方向	引張荷重方向	せん断荷重方向
Uボルト	U-BOLT*100A	5000	5000		

②　評価結果

評　価	以上より，当該Uボルトに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-8 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
5000	5000

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
D	5000	5000		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

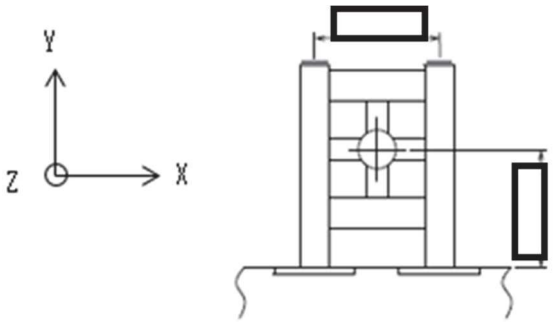
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-9 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－5)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
5000	5000	5000



支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	152	216

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)	使用荷重(N)
ラグ	H32-1	1250	

②　評価結果

評　価	以上より，当該ラグに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-9 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
10709	3558

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	10709	3558		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

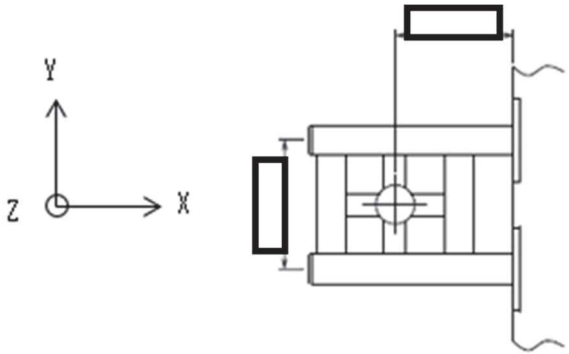
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-10 支持構造物の強度及び耐震計算結果(1/2)

支持構造物評価(タイプ－6)

(1)　支持点荷重(N)

F_x	F_y	F_z
5000	5000	5000



支持構造物計画形状図

(2)　支持架構

①　最大発生応力及び許容応力

鋼材サイズ	最大発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
	155	216

②　評価結果

評　価	以上より，選定した鋼材サイズの最大発生応力は，許容応力以下であり健全性を確認した。

(3)　付属部品

①　支持点荷重及び使用荷重

付属部品名称	型式番号	支持点荷重(N)	使用荷重(N)
ラグ	H32-1	1250	

②　評価結果

評　価	以上より，当該ラグに作用する支持点荷重は，使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-12-10 支持構造物の強度及び耐震計算結果(2/2)

(4)　埋込金物

①　発生荷重

引張り (N)	せん断 (N)
15494	3536

②　発生荷重及び使用荷重

タイプ	発生荷重 (N)		使用荷重 (N)	
	引張り	せん断	引張り	せん断
B	15494	3536		

③　評価結果

評　価	以上より，当該埋込金物に作用する発生荷重は，選定したタイプの使用荷重以下であり健全性を確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-1-12-2　ダクト及び支持構造物の耐震計算について

目　　次

1.　概要 1
2.　耐震設計の原則 1
3.　ダクト及び支持構造物の設計手順 1
4.　ダクト設計の基本方針 3
4.1　重要度別による設計方針 3
4.2　荷重の組合せ 3
4.3　設計用地震力 4
4.4　ダクト支持点の設計方法 4
4.4.1　支持間隔算定法 4
4.5　耐震支持間隔 6
4.5.1　矩形ダクトの固有振動数 6
4.5.2　円形ダクトの固有振動数 7
4.5.3　矩形ダクトの座屈評価 9
4.5.4　円形ダクトの座屈評価 10
4.6　支持方法 12
4.7　ダクトの構造 12
4.8　伸縮継手の使用 13
5.　支持構造物の構造及び種類 13

1. 概要

本方針は，ダクト及び支持構造物について耐震設計上十分安全であるように考慮すべき項目を定めたものである。

2. 耐震設計の原則

ダクト及びその支持構造物は，耐震重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

3. ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は，建屋の形状，機器の配置，配管，ケーブルトレイ等の経路を考慮し，耐震性を加味して決定する。

以上を考慮して決定されたダクト経路について支持方法を定めて，ダクトが十分な耐震強度を有するように支持点を決定する。

ダクト支持構造物の設計，製作，据付までの作業の流れを概念的に図 3-1 に示す。

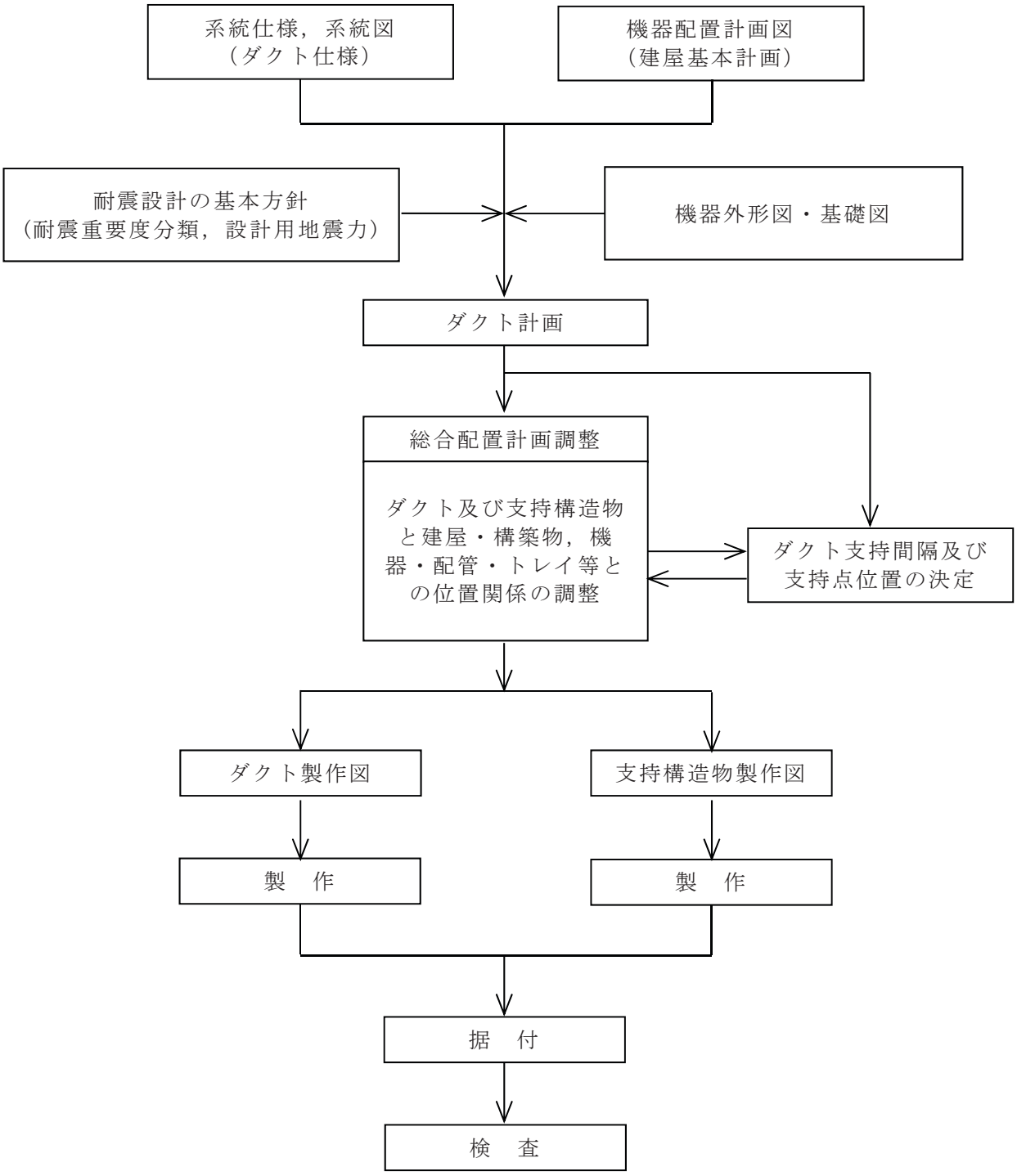


図 3-1　ダクト及び支持構造物の設計作業手順

4.　ダクト設計の基本方針

4.1　重要度別による設計方針

ダクトは，耐震重要度分類に応じてクラス分類し，表 4-1 に示す設計方針とする。

表 4-1　重要度分類と設計方針

分類	耐震重要度分類	機器等の区分	設計方針
設計基準対象施設	Ｓクラス	―	地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。(最大許容ピッチは式(4.10)から(4.13)及び(4.16)から(4.21)に基づき座屈限界曲げモーメントより算出する。)
重大事故等対処設備	―	重大事故等クラス２管	

4.2　荷重の組合せ

$D+P_D+M_D+S_s$　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.1)

$D+P_D+M_D+S_d^*$　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.2)

$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.3)*3

ここで，

D　：死荷重*1

P_D　：最高使用圧力による機械的荷重

M_D　：設計上定められた機械的荷重

S_s　：基準地震動Ｓｓより定まる地震力*1

S_d^*　：弾性設計用地震動Ｓｄより定まる地震力又は静的地震力*2

P_{SAD}：ＳＡ時における設計上定められた設計圧力による荷重

M_{SAD}：ＳＡ時における設計上定められた機械的荷重

注記　＊1:ダクトは座屈評価のため,死荷重(Ｄ),地震荷重(Ｓｓ)を考慮して評価を行う。

＊2:ダクトの耐震支持間隔の算出においては，許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出にあたり，評価手法上，ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため，Ｓｓに対する評価とＳｄ*に対する評価に用いる係数，許容値に差異はない。また，発生曲げモーメントの算出にあたっては，表 4-2 に示すとおり，Ｓｄ*はＳｓに包絡されるため，Ｓｄ*に対する評価は省略する。

なお，緊急時対策所換気空調系のダクトについては，設計基準対象設備「－(設計基準対象施設として使用しないもの)」であり，重大事故等クラス２管であることからＳｓの評価を行う。

＊3:(4.3)式「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」が(4.1)式「$D+P_D+M_D+S_s$」の評価に包絡される場合は，(4.3)式「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」による評価を省略する。

表 4-2　「基準地震動Ｓｓ」と「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的地震力」との比較例

建物・構築物	設計用地震力	O.P. (m)	震度	
			静的震度及び 1.2ZPA*	
			水平	鉛直
制御建屋	基準地震動Ｓｓ	1.5 ～29.15	4.05	2.29
	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的地震力*		2.43	1.22

注記　＊：静的震度，1.2ZPA のうち大きな値を示す。
（1.2ZPA：基準床の最大応答加速度の 1.2 倍の値）

4.3　設計用地震力

ダクトについては，添付書類「Ⅵ-2-1-1　耐震設計の基本方針」のうち「4.　設計用地震力」を用いて評価を行う。

なお，「4.4　ダクト支持点の設計方法」のとおり，ダクトの設計手法としては，ダクトの固有振動数が十分剛(20Hz 以上)となる領域で設計することから，表 4-2 に示す静的震度及び 1.2ZPA を使用する。

4.4　ダクト支持点の設計方法

ダクト及びその支持構造物は適切な剛性を有するとともに，許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすることにより耐震性を確保する。支持間隔の算定は，ダクトの固有振動数(fd)が剛(20Hz 以上)となるよう算定する。

支持間隔算出手順を図 4-1 に示す。

4.4.1　支持間隔算定法

ダクトの固有振動数が 20Hz 以上となる支持間隔と静的震度及び 1.2ZPA によりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる支持間隔を算定し，いずれか小さい方を支持間隔とする。

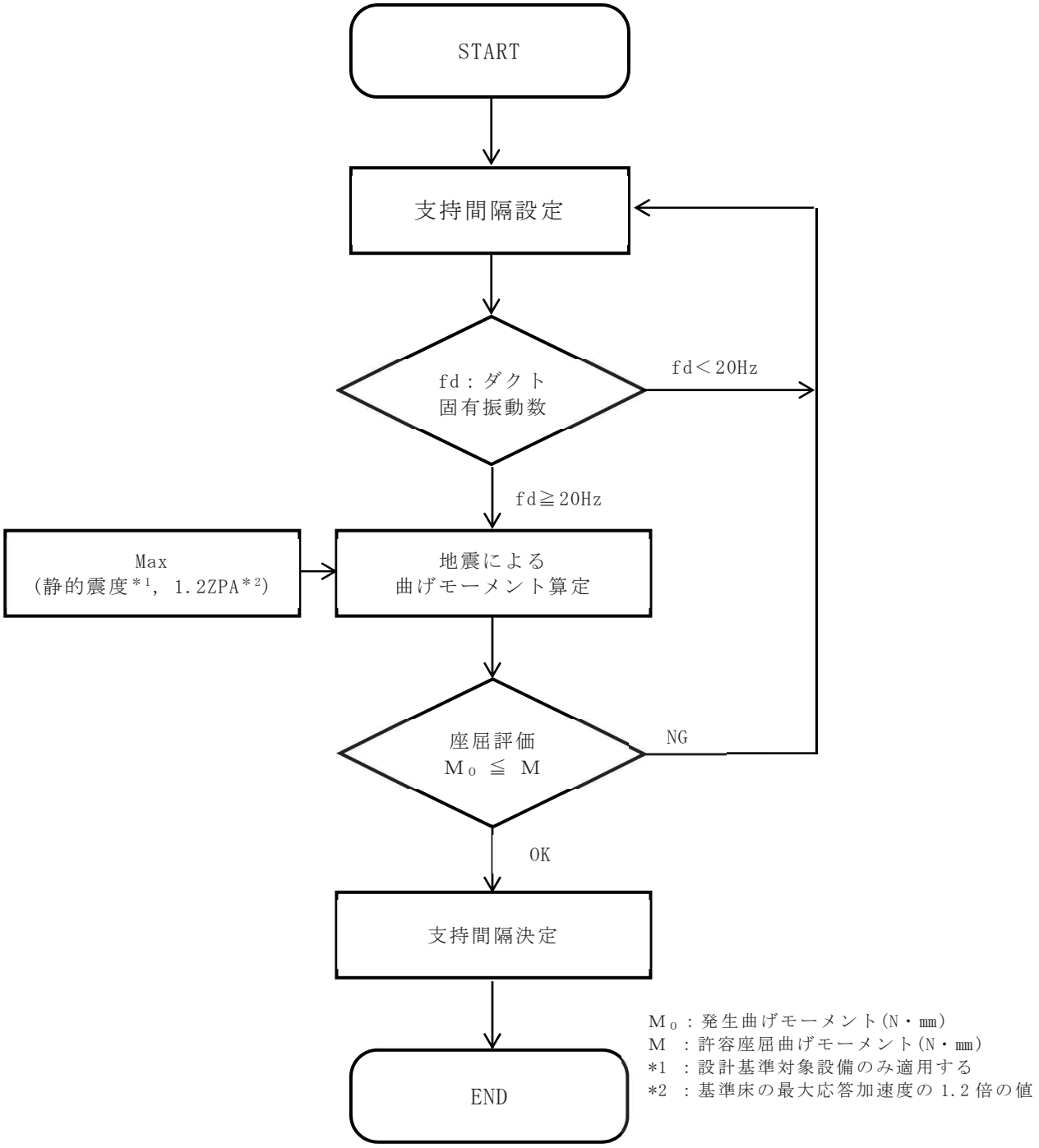


図 4-1　ダクト支持点間隔算出手順

4.5　耐震支持間隔

ダクトの耐震支持間隔は，ダクトが薄板構造であることを考慮した剛性評価及び座屈強度に基づき定める。

4.5.1　矩形ダクトの固有振動数

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は，次式で与えられる。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.4)$$

ここで，図 4-2 に示す矩形ダクトの断面二次モーメントは，

$$I = \left(\frac{t \cdot b_e^3}{6} + a_e \cdot t \cdot \frac{b_e^2}{2} \right) \cdot \beta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.5)$$

(4.4)及び(4.5)式の出典：共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究(S60～S61)」

ここで，

f	：	固有振動数	(Hz)
π	：	円周率	(－)
ℓ	：	両端単純支持間隔	(mm)
E	：	縦弾性係数	(MPa)
I	：	断面二次モーメント	(mm^4)
g	：	重力加速度	(mm/s^2)
W	：	ダクト単位長さ重量	(N/mm)
β	：	断面二次モーメントの安全係数*	(－)

（幅厚比　$b/t \leqq 600$・・$\beta = 0.75$，$b/t > 600$・・$\beta = 0.6$）

注記＊：出典　共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究(S60～S61)」より，理論値と実験値の比率から定まる係数を用いる。

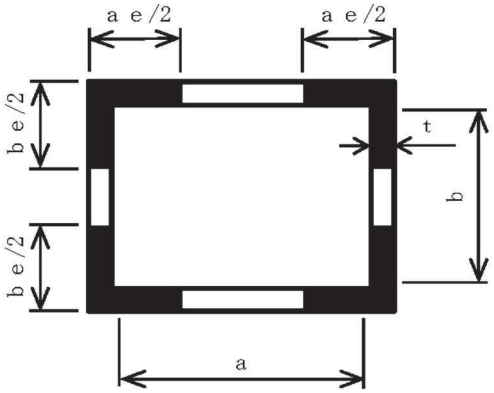


図 4-2　矩形ダクトの断面図

a	:	ダクト長辺寸法	(mm)
b	:	ダクト短辺寸法	(mm)
ae	:	ダクトフランジの有効幅	(mm)
be	:	ダクトウェブの有効幅	(mm)
t	:	ダクト板厚	(mm)

4.5.2　円形ダクトの固有振動数

両端単純支持された円形ダクトの固有振動数は，次式で与えられる。

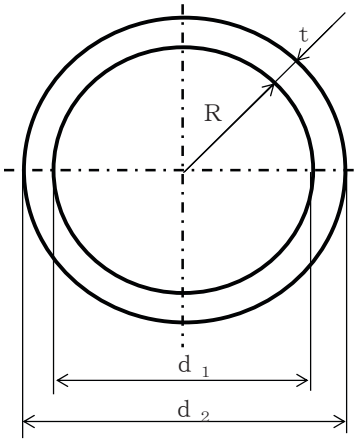
$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.6)$$

ここで，図 4-3 に示す円形ダクトの断面二次モーメントは，

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot \left(d_2^{\,4} - d_1^{\,4} \right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.7)$$

ここで，

f	:	固有振動数	(Hz)
π	:	円周率	(－)
ℓ	:	両端単純支持間隔	(mm)
E	:	縦弾性係数	(MPa)
I	:	断面二次モーメント	(mm^4)
g	:	重力加速度	(mm/s^2)
W	:	ダクト単位長さ重量	(N/mm)



d 1 ： ダクト内径寸法 (mm)
d 2 ： ダクト外径寸法 (mm)
R ： ダクト内半径寸法 (mm)
t ： ダクト板厚 (mm)

図 4-3 円形ダクトの断面図

4.5.3　矩形ダクトの座屈評価

地震時，両端単純支持された矩形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \cdots\cdots (4.8)$$

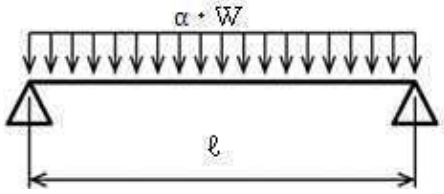


図 4-4　両端単純支持ばり

ここで，矩形ダクトの座屈による大変形を防ぐために矩形ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leqq M \quad \cdots\cdots (4.9)$$

(4.8)，(4.9)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \cdots\cdots (4.10)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \cdots\cdots (4.11)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2 \cdot b^2}} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y} \cdot \gamma \quad \cdots\cdots (4.12)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a_e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \quad \cdots\cdots (4.13)$$

(4.9)～(4.13)式の出典：共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究(S60～S61)」

ここで，

M_0	：	発生曲げモーメント	(N･mm)
α	：	設計震度	(－)
W	：	ダクト単位長さ重量	(N/mm)
ℓ	：	両端単純支持間隔	(mm)
M	：	許容座屈曲げモーメント	(N･mm)
S	：	許容座屈曲げモーメントの安全係数(＝0.7)	(－)
M_T	：	座屈限界曲げモーメント	(N･mm)
λ	：	座屈限界曲げモーメントの補正係数*	(－)
t	：	ダクト板厚	(mm)
I	：	断面二次モーメント	(mm^4)
E	：	縦弾性係数	(MPa)
ν	：	ポアソン比(＝0.3)	(－)
b	：	ダクト短辺寸法	(mm)
σ_y	：	降伏点	(MPa)
γ	：	座屈限界曲げモーメントの安全係数(＝0.6)*	(－)
a e	：	ダクトフランジの有効幅	(mm)

注記＊：出典　共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究(S60～S61)」より，理論値と実験値の比率から定まる係数を用いる。

4.5.4　円形ダクトの座屈評価

地震時，両端単純支持された円形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \cdots\cdots\cdots (4.14)$$

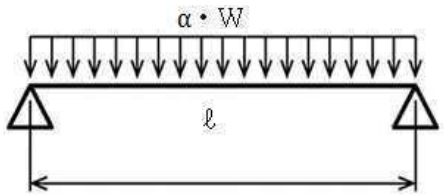


図 4-5　両端単純支持ばり

ここで，円形ダクトの座屈による大変形を防ぐために円形ダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leqq M \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.15)$$

(4.14)，(4.15)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.16)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.17)$$

$$M_T = \min\left(\sigma_{cr},\ \sigma_y\right) \cdot Z \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.18)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{Z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.19)$$

$$M_{cr} = \frac{\beta \cdot E \cdot R \cdot t^2}{\left(1 - \nu^2\right)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.20)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.21)$$

ここで，

M_0	:	発生曲げモーメント	(N·mm)
α	:	設計震度	(－)
W	:	ダクト単位長さ重量	(N/mm)
ℓ	:	支持間隔	(mm)
M	:	許容座屈曲げモーメント	(N·mm)
S	:	許容座屈曲げモーメントの安全係数(＝0.7)	(－)
M_T	:	座屈限界曲げモーメント	(N·mm)
σ_{cr}	:	弾性座屈応力	(MPa)
σ_y	:	降伏点	(MPa)
Z	:	断面係数	(mm^3)
M_{cr}	:	弾性座屈曲げモーメント	(N·mm)
β	:	弾性座屈曲げモーメントの補正係数(=0.72)	(－)
E	:	縦弾性係数	(MPa)
R	:	ダクト内半径寸法	(mm)
t	:	ダクト板厚	(mm)
ν	:	ポアソン比(＝0.3)	(－)
d_1	:	ダクト内径寸法	(mm)
d_2	:	ダクト外径寸法	(mm)

4.6　支持方法

(1)　直管部

直管部は,「4.5　耐震支持間隔」で求まる支持間隔以下で支持するものとする。また，直管部が長い箇所には軸方向を拘束する支持構造物を設けるものとする。

(2)　曲管部及び分岐部

曲管部及び分岐部は，4.5 項で求まる支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔を用いて支持点を設計する。

(3)　重量物の取付部

ダクトに自動ダンパ，弁等の重量物が取り付く場合は，重量物自体又は近傍を支持するものとする。なお，近傍を支持する場合においては,「4.5　耐震支持間隔」で求まる支持間隔と，当該重量物を考慮した支持間隔を用いて，支持点を設計する。

(4)　伸縮継手部

ダクトに伸縮継手がある場合は，双方接続部の近傍を支持するものとする。

(5)　ダクトの支持構造物は，原則として建屋の壁，天井等に埋め込まれた埋込金物より支持するものとする。

4.7　ダクトの構造

ここでは，主要な矩形及び円形ダクトについて記述する。ダクトには，溶接ダクトとはぜ折ダクトがある。

(1)　溶接ダクトは，四隅又は面を溶接継手とする。補強は，定ピッチで全周を形鋼で囲い，ダクトに溶接する。

(2)　はぜ折ダクトの補強は，定ピッチで全周を形鋼で囲いダクトにリベット止めをする。ダクト構造の代表例を図 4-6 に示す。

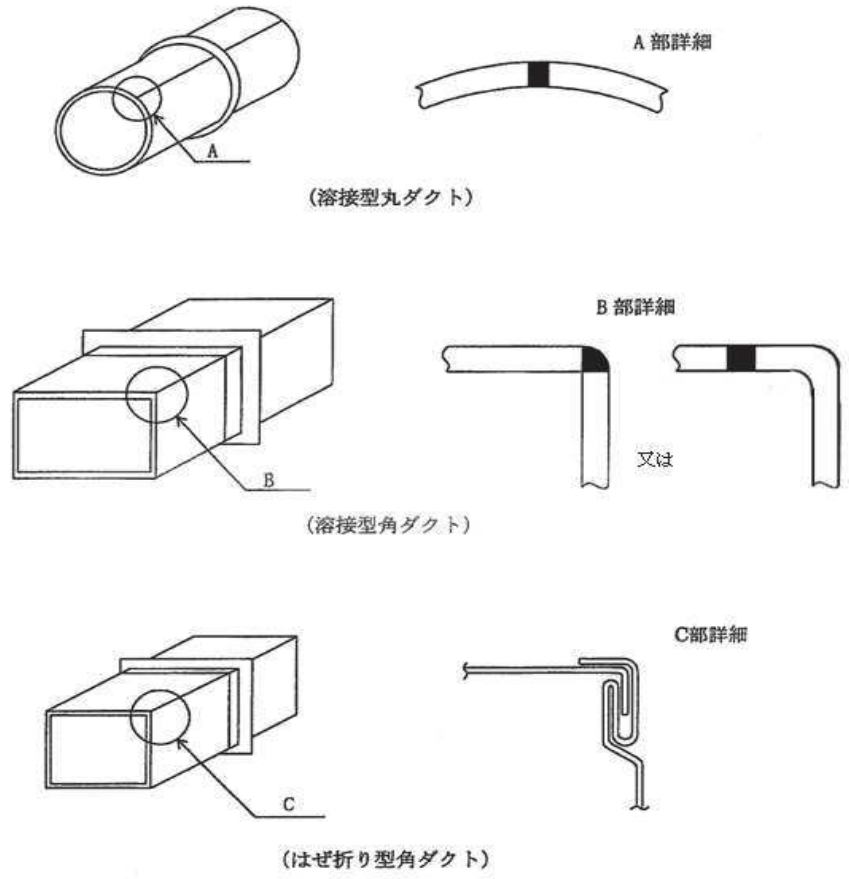


図 4-6　ダクト構造の代表例

4.8　伸縮継手の使用

(1)　ダクトが建屋又は構築物相互間を通過する場合は，必要に応じて相対変位を吸収できる伸縮継手を設ける。

(2)　ダクトを他の機器類に接続する場合は，必要に応じて相互作用を吸収できる伸縮継手を設ける。

5.　支持構造物の構造及び種類

(1)　支持構造物は，形鋼及び角形鋼管を組み合わせた溶接構造を原則とし，その用途に応じて以下に大別する。

(a)　ダクト軸直角の 2 方向を拘束するもの

(b)　ダクト軸方向及び軸直角の 3 方向を拘束するもの

図 5-1～5-3 に支持構造物の代表例を示す。

(2)　ダクト支持構造物の固有振動数は，拘束方向に対して剛となるように設計する。

(3)　支持構造物の構造は，ダクトより作用する地震荷重に対し十分な強度を有する構造とする。なお，ダクトの荷重は隣接する支持構造物の距離により定まる荷重の負担割合(ダクト長さ)と地震力から算定する。

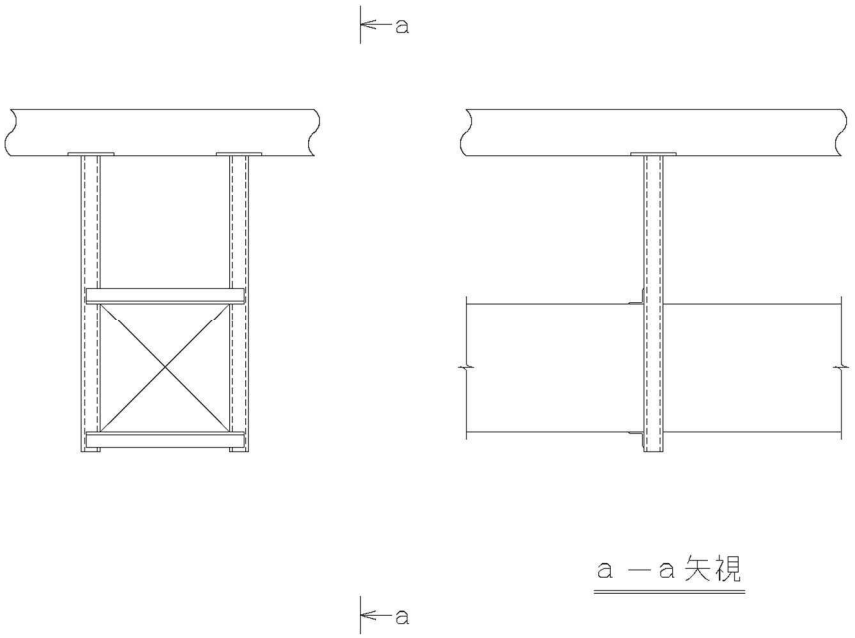


図 5-1　2 方向(軸直角方向)拘束の代表例

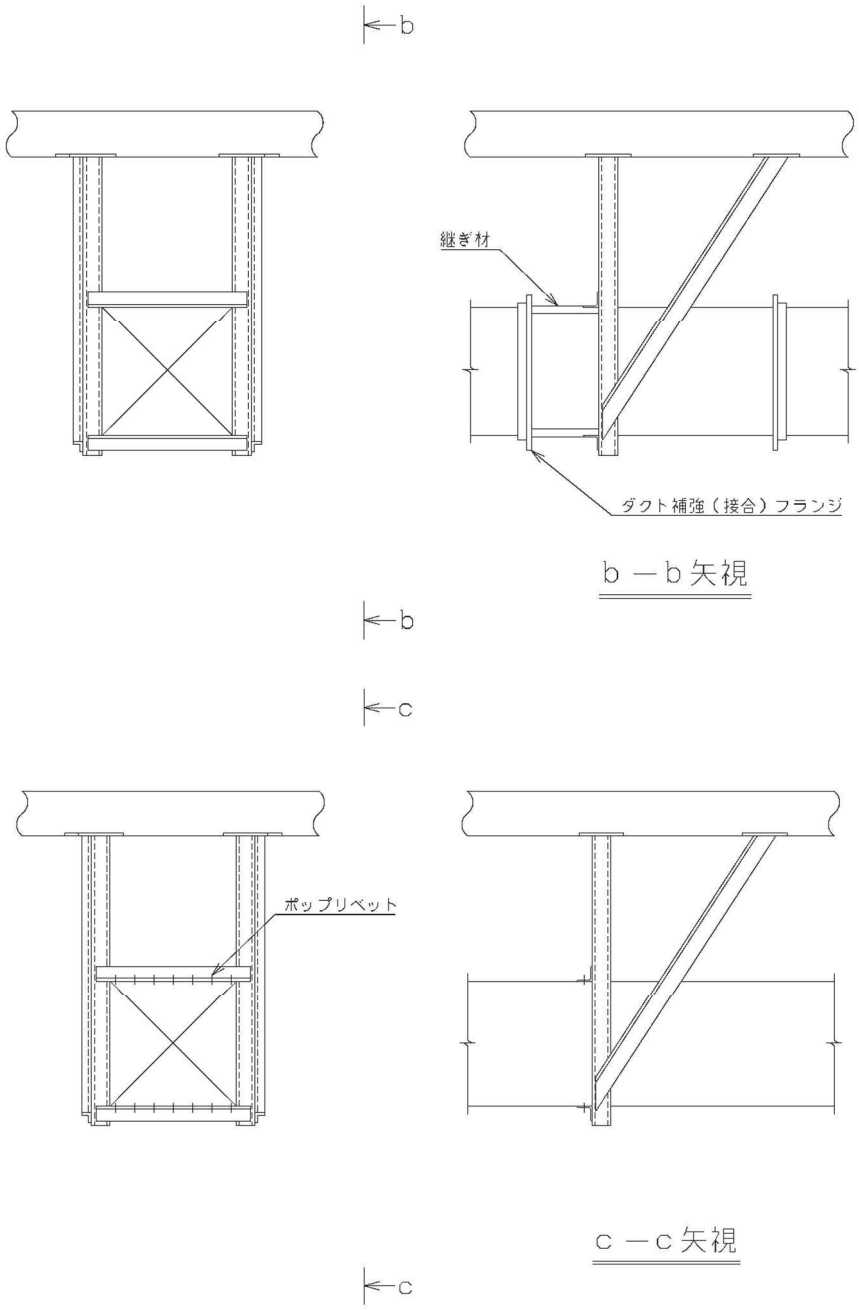


図 5-2　3 方向(軸方向及び軸直角方向)拘束の代表例

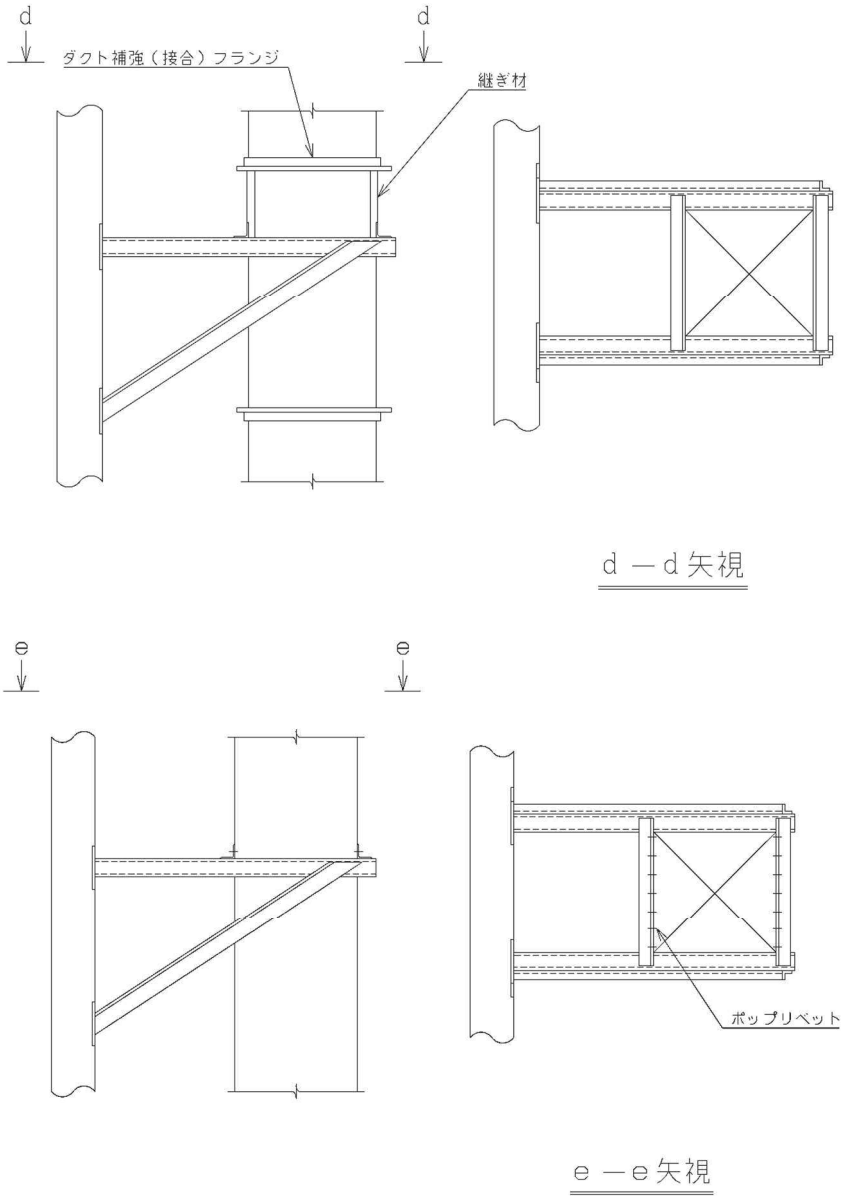


図 5-3　垂直ダクトの支持の代表例

Ⅵ-2-4　核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-4-3　使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-4-3　使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-4-3-1　燃料プール冷却浄化系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-4-3-1　燃料プール冷却浄化系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-4-3-1-1　燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-4-3-1-1　燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の算出 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
4.4　疲労解析評価 ····· 9
5. 評価結果 ····· 11
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 11

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，燃料プール冷却浄化系熱交換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

燃料プール冷却浄化系熱交換器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお，燃料プール冷却浄化系熱交換器は，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

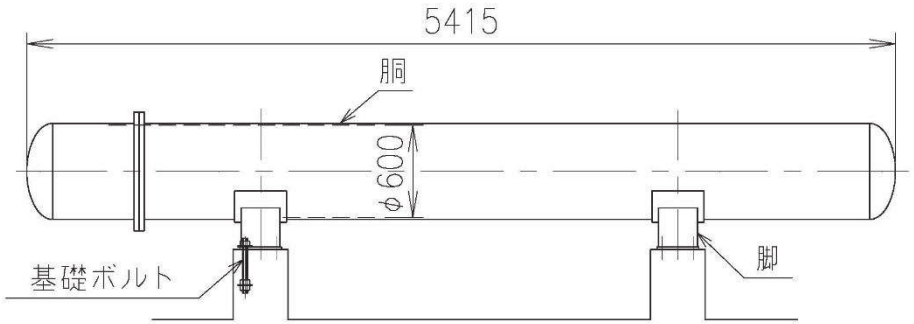
また，「4.4　疲労解析評価」にて示す方法にて疲労解析評価を実施する。

2. 一般事項

2.1　構造計画

燃料プール冷却浄化系熱交換器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴を2個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	水室側及び胴側に，鏡板を有する横置一胴円筒形容器	

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平	[redacted]
鉛直	[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

燃料プール冷却浄化系熱交換器の構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料プール冷却浄化系熱交換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

燃料プール冷却浄化系熱交換器の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 4-2 及び表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料プール冷却浄化系熱交換器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール冷却浄化系熱交換器	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる）

注記＊1　：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2　：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊3　：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界*1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値	*3 基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）				

注記＊1　：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2　：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3　：2・S_yを超えるときは弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300(PVB-3313 を除く。Ｓｍは 2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-3　許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5・f_t^*$	$1.5・f_t^*$	$1.5・f_s^*$
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$ として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる）			

注記＊1　：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2　：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
胴板	SGV410	最高使用温度	70	－	210	380	－
脚	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	66	－	234	385	－
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	66	－	225	385	－

4.4　疲労解析評価

胴の応力評価において，一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点Ｓｙの2倍を上回る場合には，設計・建設規格　PVB-3300に規定された簡易弾塑性評価方法に基づき，疲労解析評価を実施する。

なお，疲労解析評価に用いる基準地震動Ｓｓの等価繰返し回数Ｎｃは，57回とする。

(1)繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さＳℓは，次式により求める。

$S\ell = Ke \cdot Sp / 2$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.4.1)

Ｋｅ：次の計算式により計算した値

ａ．Ｓｎ＜3・Ｓｍの場合

$Ke = 1$

ｂ．Ｓｎ≧3・Ｓｍの場合

（ａ）Ｋ＜B_0の場合

イ．$Sn/(3 \cdot Sm) < [(q + A_0/K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0/K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)\}}] / (2 \cdot A_0)$の場合

$Ke = Ke^* = 1 + A_0 \cdot \{Sn/(3 \cdot Sm) - 1/K\}$ ・・・・・・・・・(4.4.2)

ロ．$Sn/(3 \cdot Sm) \geqq [(q + A_0/K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0/K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)\}}] / (2 \cdot A_0)$の場合

$Ke = Ke' = 1 + (q-1) \cdot (1 - 3 \cdot Sm/Sn)$ ・・・・・・・・・(4.4.3)

（ｂ）Ｋ≧B_0の場合

イ．$Sn/(3 \cdot Sm) < [(q-1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q-1)\}}] / a$の場合

$Ke = Ke^{**} = a \cdot Sn/(3 \cdot Sm) + A_0 \cdot (1 - 1/K) + 1 - a$

・・・・・・・・・(4.4.4)

ロ．$Sn/(3 \cdot Sm) \geqq [(q-1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q-1)\}}] / a$の場合

$Ke = Ke' = 1 + (q-1) \cdot (1 - 3 \cdot Sm/Sn)$

・・・・・・・・・(4.4.5)

ここで，

$K = Sp / Sn$ ・・・・・・・・・・・・(4.4.6)

$a = A_0 \cdot (1-1/K) + (q-1) - 2 \cdot \sqrt{\{A_0 \cdot (1-1/K) \cdot (q-1)\}}$

q，A_0，B_0：下表に掲げる材料の種類に応じ，それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	q	A_0	B_0
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

Ｓｎ：一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて，その最大値と最小値の差

Ｓｍ：2/3・S_y

Ｋｅ：弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数

Ｓｐ：地震荷重のみにおける一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲

Ｓℓ：繰返しピーク応力強さ

(2) 運転温度における繰返しピーク応力強さの補正

縦弾性係数比を考慮し，繰返しピーク応力強さＳℓを次式により補正する。

$S\ell' = S\ell \cdot E_0 / E$

Ｓℓ’：補正繰返しピーク応力強さ

Ｅ０：縦弾性係数

Ｅ　：運転温度の縦弾性係数

(3) 疲労累積係数

疲労累積係数Ｕｆが次式を満足することを確認する。

$Uf = \Sigma (Nc / Na) \leqq 1.0$

Ｎａ：地震時の許容繰返し回数

Ｎｃ：地震時の等価繰返し回数

なお，許容繰返し回数の算出には，添付資料 12 の設計・建設規格　表　添付　4-2-1　炭素鋼，低合金鋼および高張力鋼の設計疲労線図より求めた値を用いる。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プール冷却浄化系熱交換器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
燃料プール冷却浄化系熱交換器	常設耐震／防止	原子炉建屋 0.P. 15.00	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.97	Ｃｖ=1.37	1.18	70	66

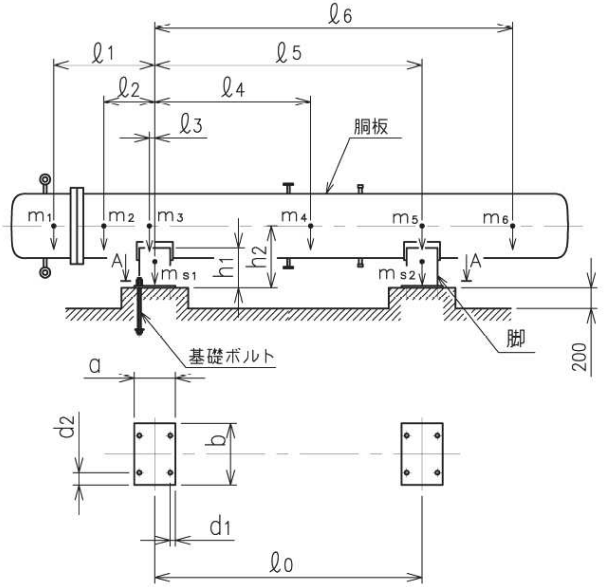
1.2 機器要目

m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)
[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−971	−441	0	1300	2600	3328	7.971×10^6	5.690×10^6	2.143×10^4	1.720×10^4

m_o (kg)	m_{S1} (kg)	m_{S2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (N・mm)	h_2 (N・mm)	θw (rad)	ℓ_w (mm)
4177	119	119	600	12.0	12.0*1	2600	444	600	0.001	50

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
270	150	1.009×10^9	2.099×10^8	3.736×10^6	1.400×10^6	2.096	1.395



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
2.586×10^4	200000*4	77100*4	7.238×10^3	1.650×10^4	6.064×10^3	1.410×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}
[redacted]	[redacted]	—	—	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	400	600	30 (M30)	706.9	50	120

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
210*3	380*3	—	234*4 (厚さ≦16mm)	385*4	—	270	225*4 (16mm＜径≦40mm)	385*4	—	270

注記＊1 ：本計算においては当板を無効とした。
　　＊2 ：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
　　＊3 ：最高使用温度で算出
　　＊4 ：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1胴に生じる応力

(1)一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=31	$\sigma_{x 1}$=16	$\sigma_{\phi 1}$=31	$\sigma_{x 1}$=16
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}$=22	—	$\sigma_{x 2}$=22
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}$=29	—	$\sigma_{x 6}$=29
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}$=4	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}$=69		σ_{0c}=66	

(2)一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=31	$\sigma_{X 1}$=16	$\sigma_{\phi 1}$=31	$\sigma_{x 1}$=16
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}$=22	—	$\sigma_{x 2}$=22
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}$=29	—	$\sigma_{x 6}$=29
運転時質量による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}$=13	$\sigma_{x 3}$=13	$\sigma_{\phi 3}$=13	$\sigma_{x 3}$=13
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}$=18	$\sigma_{x 7 1}$=18	$\sigma_{\phi 7 1}$=18	$\sigma_{x 7 1}$=18
水平方向地震による応力	引張り	— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}$=36 $\sigma_{\phi 4 1 2}$=7	$\sigma_{x 4 1 1}$=17 $\sigma_{x 4 1 2}$=7	$\sigma_{\phi 5 1}$=27	$\sigma_{x 5 1}$=75
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1}$=42	$\sigma_{x 4 1}$=27		
	せん断	—		—		τ_{ℓ}=11		τ_{c}=4	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}$=127		σ_{1c}=171	

(3)地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=29$	—	$\sigma_{x 6}=29$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		— —	— —	— —	— —	$\sigma_{\phi 7 1}=18$ $\sigma_{\phi 7 2}=66$	$\sigma_{x 7 1}=18$ $\sigma_{x 7 2}=38$	$\sigma_{\phi 7 1}=18$ $\sigma_{\phi 7 2}=66$	$\sigma_{x 7 1}=18$ $\sigma_{x 7 2}=38$
水平方向地震による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1}=42$	$\sigma_{x 4 1}=27$	$\sigma_{\phi 5 1}=27$	$\sigma_{x 5 1}=75$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 4 2 1}=50$ $\sigma_{\phi 4 2 2}=26$	$\sigma_{x 4 2 1}=98$ $\sigma_{x 4 2 2}=15$	$\sigma_{\phi 5 2}=227$	$\sigma_{x 5 2}=106$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 2}=75$	$\sigma_{x 4 2}=113$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=11$		$\tau_{c}=4$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=456$		$\sigma_{2c}=675$	

1.3.2脚に生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S 1}=1$	$\sigma_{S 1}=1$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S 4}=2$	$\sigma_{S 4}=2$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{S 2}=14$	$\sigma_{S 3}=8$
	せん断	—	—	$\tau_{S 2}=14$	$\tau_{S 3}=4$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{S\ell}=28$	$\sigma_{S\ell}=11$

1.3.3基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b 1}=48$	$\sigma_{b 2}=48$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b 1}=29$	$\tau_{b 2}=16$

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	T_1＝
横方向	T_2＝
鉛直方向	T_3＝

1.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV410	一次一般膜	—	—	σ_0＝69	S_a＝228
		一次	—	—	σ_1＝171	S_a＝342
		一次＋二次	—	—	σ_2＝675*2	S_a＝420
脚	SS400	組合せ	—	—	σ_S＝28	f_t＝270
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝48	f_{ts}＝202*1
		せん断	—	—	τ_b＝29	f_{sb}＝155

注記＊1 ：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$
　　＊2 ：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

1.4.3　疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	$S_{\ell'}$ * (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 Ｎｃ／Ｎａ
胴板								

注記＊：$E_0=2.07\times10^5$ MPa　$E=2.00\times10^5$ MPa として補正する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-5　原子炉冷却系統施設の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-4　残留熱除去設備の耐震性についての計算書
VI-2-5-5　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性についての計算書
VI-2-5-6　原子炉冷却材補給設備の耐震性についての計算書
VI-2-5-7　原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-4　残留熱除去設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-4-1　残留熱除去系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-4-1　残留熱除去系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-4-1-1　残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-4-1-1　残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の算出 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
4.4　疲労解析評価 ····· 11
5. 評価結果 ····· 13
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 13
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 13

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，残留熱除去系熱交換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお，残留熱除去系熱交換器は，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

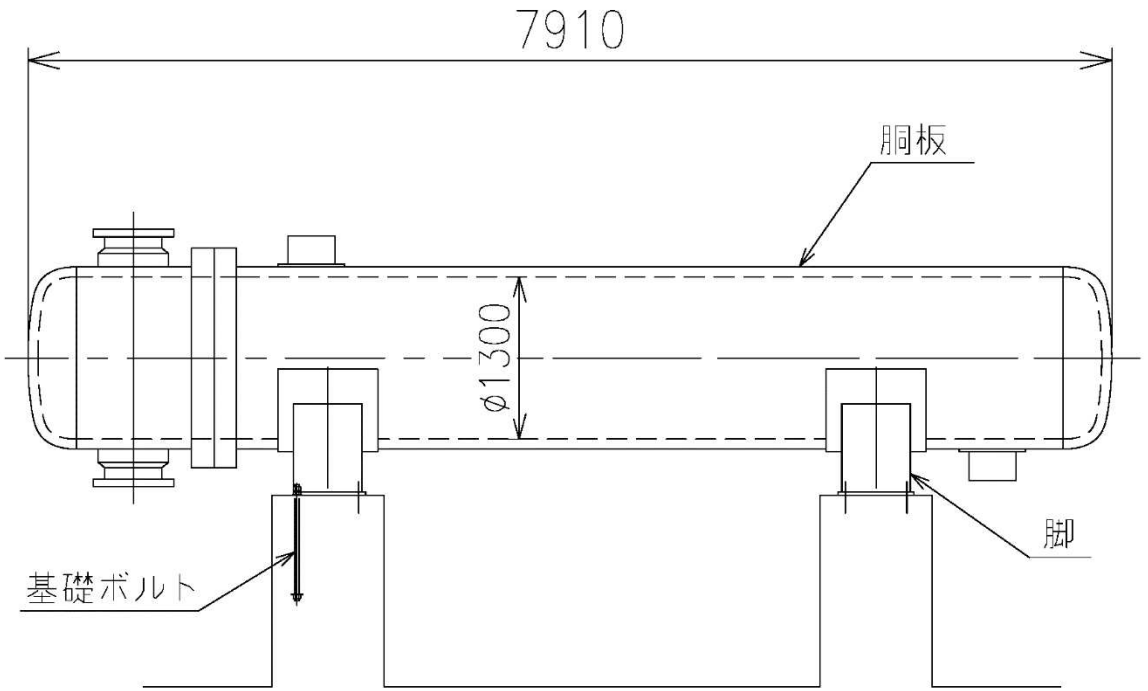
また，「4.4　疲労解析評価」にて示す方法にて疲労解析評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴を2個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	水室側及び胴側に，鏡板を有する横置一胴円筒形容器	 （単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平	
鉛直	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系熱交換器の構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系熱交換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系熱交換器の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系熱交換器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系熱交換器	S	クラス２容器*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス２容器の支持構造物を含む。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備代替循環冷却系	残留熱除去系熱交換器	常設／緩和	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

（続き）

原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備残留熱除去系（低圧注水モード）	残留熱除去系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる。）
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	残留熱除去系熱交換器	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる。）
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備代替循環冷却系	残留熱除去系熱交換器	常設／緩和	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる。）

（続き）

原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備残留熱除去系（格納容器スプレイ冷却モード）	残留熱除去系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_AS としてⅣ$_A$S の許容限界を用いる。）
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備残留熱除去系（サプレッションプール水冷却モード）	残留熱除去系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_AS としてⅣ$_A$S の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（ＤＢ拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊3：「Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（クラス 2，3 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，ＡＳＳ及びＨＮＡについては上記値と1.2・Ｓのうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。*3	
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			Ｓｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	70	—	248	453	—
脚	SS400 (16mm＜厚さ≦40mm)	周囲環境温度	66	—	225	385	—
基礎ボルト	SNB7 (径≦63mm)	周囲環境温度	66	—	699	803	—

表 4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	70	—	248	453	—
脚	SS400 (16mm＜厚さ≦40mm)	周囲環境温度	66	—	225	385	—
基礎ボルト	SNB7 (径≦63mm)	周囲環境温度	66	—	699	803	—

4.4 疲労解析評価

胴の応力評価において，一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点S_yの2倍を上回る場合には，設計・建設規格　PVB-3300に規定された簡易弾塑性評価方法に基づき，疲労解析評価を実施する。

なお，疲労解析評価に用いる基準地震動Ｓｓの等価繰返し回数Ｎｃは，$\boxed{}$とする。

(1)繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さS_ℓは，次式により求める。

$$S_\ell = K_e \cdot S_p / 2 \quad \cdots\cdots (4.4.1)$$

K_e：次の計算式により計算した値

ａ．$S_n < 3 \cdot S_m$の場合

$$K_e = 1$$

ｂ．$S_n \geqq 3 \cdot S_m$の場合

（ａ）$K < B_0$の場合

イ．$S_n / (3 \cdot S_m) < \left[(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)\}} \right] / (2 \cdot A_0)$の場合

$$K_e = K_e^* = 1 + A_0 \cdot \{ S_n / (3 \cdot S_m) - 1 / K \} \quad \cdots\cdots (4.4.2)$$

ロ．$S_n / (3 \cdot S_m) \geqq \left[(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)\}} \right] / (2 \cdot A_0)$の場合

$$K_e = K_e' = 1 + (q-1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n) \quad \cdots\cdots (4.4.3)$$

（ｂ）$K \geqq B_0$の場合

イ．$S_n / (3 \cdot S_m) < \left[(q-1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q-1)\}} \right] / a$の場合

$$K_e = K_e^{**} = a \cdot S_n / (3 \cdot S_m) + A_0 \cdot (1 - 1/K) + 1 - a \quad \cdots\cdots (4.4.4)$$

ロ．$S_n / (3 \cdot S_m) \geqq \left[(q-1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q-1)\}} \right] / a$の場合

$$K_e = K_e' = 1 + (q-1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n) \quad \cdots\cdots (4.4.5)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ここで,

$$K = S_p / S_n \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.4.6)$$

$$a = A_0 \cdot (1 - 1/K) + (q - 1) - 2 \cdot \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}$$

q，A_0，B_0：下表に掲げる材料の種類に応じ，それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	q	A_0	B_0
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

S_n：一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて，その最大値と最小値の差

S_m：2/3・S_y

K_e：弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数

S_p：地震荷重のみにおける一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲

S_ℓ：繰返しピーク応力強さ

(2) 運転温度における繰返しピーク応力強さの補正

縦弾性係数比を考慮し，繰返しピーク応力強さS_ℓを次式により補正する。

$$S_\ell' = S_\ell \cdot E_0 / E$$

S_ℓ'：補正繰返しピーク応力強さ

E_0：縦弾性係数

E：運転温度の縦弾性係数

(3) 疲労累積係数

疲労累積係数U_fが次式を満足することを確認する。

$$U_f = \Sigma (N_c / N_a) \leqq 1.0$$

N_a：地震時の許容繰返し回数

N_c：地震時の等価繰返し回数

なお，許容繰返し回数の算出には，設計・建設規格　表　添付　4-2-1　炭素鋼，低合金鋼および高張力鋼の設計疲労線図より求めた値を用いる。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系熱交換器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
残留熱除去系熱交換器	S	原子炉建屋 0.P.15.00* (0.P.16.40)			C_H＝1.00	C_v＝0.82	C_H＝2.00	C_v＝1.41	1.18	70	66

注記＊：基準床レベルを示す。

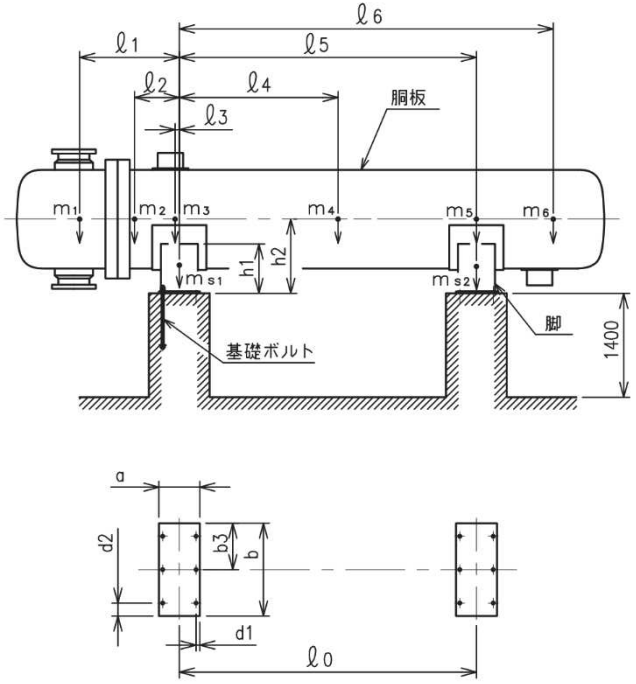
1.2 機器要目

m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1384	−691	0	2000	4000	4941	—	8.079×10^7	2.686×10^7	1.481×10^5	7.449×10^4

m_o (kg)	m_{S1} (kg)	m_{S2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_W (rad)	ℓ_W (mm)
			1300	15.0	30.0*1	4000	680	1000	0.350	230

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
600	250	1.222×10^{10}	9.177×10^8	2.037×10^7	3.671×10^6	2.061	1.424



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
6.846×10^4	200000*4	77100*4	3.977×10^4	2.557×10^4	2.942×10^4	2.038×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
15	6	3	2	550	1250	30 (M30)	706.9	50	175	625

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
248*3	453*3	—	225*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	385*4	225	270	699*4 (径≦63mm)	803*4	562	562

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。
＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
＊3：最高使用温度で算出
＊4：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2}$=18	—	$\sigma_{x 2}$=18	—	$\sigma_{x 2}$=18	—	$\sigma_{x 2}$=18
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6}$=14	—	$\sigma_{x 6}$=14	—	$\sigma_{x 6}$=25	—	$\sigma_{x 6}$=25
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x 4 1 3}$=4	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}$=8	—	—
組合せ応力	$\sigma_{0\ell}$=61		σ_{0c}=58		$\sigma_{0\ell}$ =75		σ_{0c}=68	

(2)　一次応力

（単位：MPa）

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26	$\sigma_{\phi 1}$=52	$\sigma_{x 1}$=26
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 2}$=18	—	$\sigma_{x 2}$=18	—	$\sigma_{x 2}$=18	—	$\sigma_{x 2}$=18
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 6}$=14	—	$\sigma_{x 6}$=14	—	$\sigma_{x 6}$=25	—	$\sigma_{x 6}$=25
運転時質量による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 3}$=15	$\sigma_{x 3}$=15	$\sigma_{\phi 3}$=15	$\sigma_{x 3}$=15	$\sigma_{\phi 3}$=15	$\sigma_{x 3}$=15	$\sigma_{\phi 3}$=15	$\sigma_{x 3}$=15
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 7 1}$=13	$\sigma_{x 7 1}$=13	$\sigma_{\phi 7 1}$=13	$\sigma_{x 7 1}$=13	$\sigma_{\phi 7 1}$=21	$\sigma_{x 7 1}$=21	$\sigma_{\phi 7 1}$=21	$\sigma_{x 7 1}$=21
水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{\phi 4 1 1}$=13 $\sigma_{\phi 4 1 2}$=4 $\sigma_{\phi 4 1}$=16	$\sigma_{x 4 1 1}$=5 $\sigma_{x 4 1 2}$=4 $\sigma_{x 4 1}$=12	$\sigma_{\phi 5 1}$=18	$\sigma_{x 5 1}$=44	$\sigma_{\phi 4 1 1}$=25 $\sigma_{\phi 4 1 2}$=8 $\sigma_{\phi 4 1}$=32	$\sigma_{x 4 1 1}$=10 $\sigma_{x 4 1 2}$=8 $\sigma_{x 4 1}$=25	$\sigma_{\phi 5 1}$=35	$\sigma_{x 5 1}$=87
	せん断	τ_{ℓ}=15		τ_{c}=5		τ_{ℓ}=31		τ_{c}=9	
組合せ応力		$\sigma_{1\ell}$=111		σ_{1c}=128		$\sigma_{1\ell}$=154		σ_{1c}=191	

(3)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x6}=14$	—	$\sigma_{x6}=14$	—	$\sigma_{x6}=25$	—	$\sigma_{x6}=25$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 71}=13$ $\sigma_{\phi 72}=44$	$\sigma_{x71}=13$ $\sigma_{x72}=26$	$\sigma_{\phi 71}=13$ $\sigma_{\phi 72}=44$	$\sigma_{x71}=13$ $\sigma_{x72}=26$	$\sigma_{\phi 71}=21$ $\sigma_{\phi 72}=76$	$\sigma_{x71}=21$ $\sigma_{x72}=44$	$\sigma_{\phi 71}=21$ $\sigma_{\phi 72}=76$	$\sigma_{x71}=21$ $\sigma_{x72}=44$
水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{\phi 41}=16$	$\sigma_{x41}=12$	$\sigma_{\phi 51}=18$	$\sigma_{x51}=44$	$\sigma_{\phi 41}=32$	$\sigma_{x41}=25$	$\sigma_{\phi 51}=35$	$\sigma_{x51}=87$
		$\sigma_{\phi 421}=18$ $\sigma_{\phi 422}=14$	$\sigma_{x421}=34$ $\sigma_{x422}=8$	$\sigma_{\phi 52}=130$	$\sigma_{x52}=62$	$\sigma_{\phi 421}=35$ $\sigma_{\phi 422}=27$	$\sigma_{x421}=68$ $\sigma_{x422}=16$	$\sigma_{\phi 52}=260$	$\sigma_{x52}=123$
		$\sigma_{\phi 42}=31$	$\sigma_{x42}=42$			$\sigma_{\phi 42}=62$	$\sigma_{x42}=83$		
	せん断	$\tau_{\ell}=15$		$\tau_{c}=5$		$\tau_{\ell}=31$		$\tau_{c}=9$	
組合せ応力		$\sigma_{2\ell}=238$		$\sigma_{2c}=407$		$\sigma_{2\ell}=446$		$\sigma_{2c}=783$	

1.3.2　脚に生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{S4}=2$	$\sigma_{S4}=2$	$\sigma_{S4}=4$	$\sigma_{S4}=4$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{S2}=22$	$\sigma_{S3}=8$	$\sigma_{S2}=44$	$\sigma_{S3}=15$
	せん断	$\tau_{S2}=8$	$\tau_{S3}=8$	$\tau_{S2}=16$	$\tau_{S3}=15$
組合せ応力		$\sigma_{S\ell}=30$	$\sigma_{Sc}=18$	$\sigma_{S\ell}=56$	$\sigma_{Sc}=33$

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{b1}=84$	$\sigma_{b2}=82$	$\sigma_{b1}=193$	$\sigma_{b2}=196$
水平方向地震による応力	せん断	$\tau_{b1}=55$	$\tau_{b2}=36$	$\tau_{b1}=109$	$\tau_{b2}=72$

1.4 結論

1.4.1　固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

1.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	σ_0＝61	S_a＝248	σ_0＝75	S_a＝272
		一次	σ_1＝128	S_a＝373	σ_1＝191	S_a＝408
		一次＋二次	σ_2＝407	S_a＝497	σ_2＝783*2	S_a＝497
脚	SS400	組合せ	σ_S＝30	f_t ＝225	σ_S＝56	f_t ＝270
基礎ボルト	SNB7	引張り	σ_b＝84	f_{ts} ＝421*1	σ_b＝196	f_{ts} ＝416*1
		せん断	τ_b＝55	f_{sb}＝324	τ_b＝109	f_{sb}＝324

注記＊1：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

＊2：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

1.4.3　疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	S_ℓ' * (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 Ｎｃ／Ｎａ
胴板								

注記＊：$E_0=2.07\times10^5$ MPa　$E=2.00\times10^5$ MPa として補正する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算結果】
2.　重大事故等対処設備
2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
残留熱除去系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和 常設耐震／防止	原子炉建屋 0.P.15.00* (0.P.16.40)			—	—	C_H＝2.00	C_v＝1.41	1.18	70	66

注記＊：基準床レベルを示す。

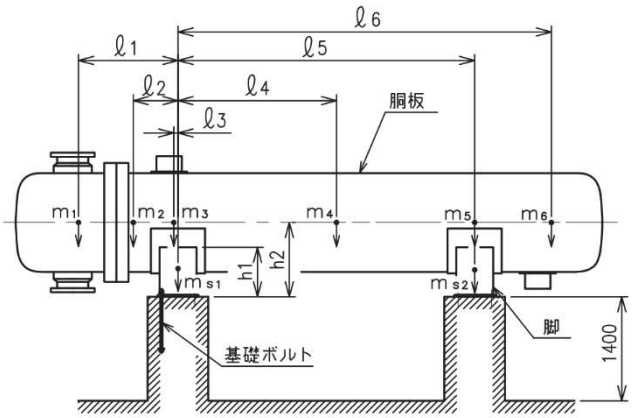
2.2　機器要目

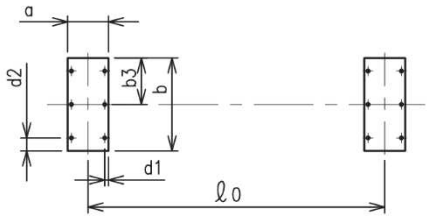
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1384	−691	0	2000	4000	4941	—	8.079×10^7	2.686×10^7	1.481×10^5	7.449×10^4

m_o (kg)	m_{S1} (kg)	m_{S2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (N・mm)	h_2 (N・mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
			1300	15.0	30.0*1	4000	680	1000	0.350	230

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
600	250	1.222×10^{10}	9.177×10^8	2.037×10^7	3.671×10^6	2.061	1.424





枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
6.846×10^4	200000*4	77100*4	3.977×10^4	2.557×10^4	2.942×10^4	2.038×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
15	6	3	2	550	1250	30 (M30)	706.9	50	175	625

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
248*3	453*3	—	225*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	385*4	—	270	699*4 (径≦63mm)	803*4	—	562

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。
＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
＊3：最高使用温度で算出
＊4：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)一次一般膜応力

（単位：MPa）

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=52$	$\sigma_{x 1}=26$	$\sigma_{\phi 1}=52$	$\sigma_{x 1}=26$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=18$	—	$\sigma_{x 2}=18$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=25$	—	$\sigma_{x 6}=25$
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}=8$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}=75$		$\sigma_{0 c}=68$	

(2)一次応力

（単位：MPa）

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=52$	$\sigma_{x 1}=26$	$\sigma_{\phi 1}=52$	$\sigma_{x 1}=26$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=18$	—	$\sigma_{x 2}=18$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=25$	—	$\sigma_{x 6}=25$
運転時質量による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}=15$	$\sigma_{x 3}=15$	$\sigma_{\phi 3}=15$	$\sigma_{x 3}=15$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}=21$	$\sigma_{x 7 1}=21$	$\sigma_{\phi 7 1}=21$	$\sigma_{x 7 1}=21$
水平方向地震による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}=25$	$\sigma_{x 4 1 1}=10$	$\sigma_{\phi 5 1}=35$	$\sigma_{x 5 1}=87$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1 2}=8$	$\sigma_{x 4 1 2}=8$		
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1}=32$	$\sigma_{x 4 1}=25$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=31$		$\tau_{c}=9$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}=154$		$\sigma_{1 c}=191$	

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=25$	—	$\sigma_{x6}=25$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		— —	— —	— —	— —	$\sigma_{\phi 71}=21$ $\sigma_{\phi 72}=76$	$\sigma_{x71}=21$ $\sigma_{x72}=44$	$\sigma_{\phi 71}=21$ $\sigma_{\phi 72}=76$	$\sigma_{x71}=21$ $\sigma_{x72}=44$
水平方向地震による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 41}=32$	$\sigma_{x41}=25$	$\sigma_{\phi 51}=35$	$\sigma_{x51}=87$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 421}=35$ $\sigma_{\phi 422}=27$	$\sigma_{x421}=68$ $\sigma_{x422}=16$	$\sigma_{\phi 52}=260$	$\sigma_{x52}=123$
		—	—			$\sigma_{\phi 42}=62$	$\sigma_{x42}=83$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=31$		$\tau_{c}=9$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=446$		$\sigma_{2c}=783$	

2.3.2　脚に生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S4}=4$	$\sigma_{S4}=4$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{S2}=44$	$\sigma_{S3}=15$
	せん断	—	—	$\tau_{S2}=16$	$\tau_{S3}=15$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{S\ell}=56$	$\sigma_{Sc}=33$

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=193$	$\sigma_{b2}=196$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b1}=109$	$\tau_{b2}=72$

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

2.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	—	—	σ_0＝75	S_a＝272
		一次	—	—	σ_1＝191	S_a＝408
		一次＋二次	—	—	σ_2＝783*2	S_a＝497
脚	SS400	組合せ	—	—	σ_S＝56	f_t ＝270
基礎ボルト	SNB7	引張り	—	—	σ_b＝196	f_{ts}＝416*1
		せん断	—	—	τ_b＝109	f_{sb}＝324

注記＊1：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]

＊2：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

2.4.3　疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	S_ℓ' * (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 Ｎｃ／Ｎａ
胴板								

注記＊：E_0＝2.07×10^5 MPa　Ｅ＝2.00×10^5 MPa として補正する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-5-5　非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-5-3　高圧代替注水系の耐震性についての計算書
VI-2-5-5-4　低圧代替注水系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-5-3　高圧代替注水系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-5-3-1　高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-5-3-1　高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4.　機能維持評価 ····· 7
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 7
4.1.1　機能確認済加速度 ····· 7
5.　評価結果 ····· 8
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧代替注水系タービンポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧代替注水系タービンポンプは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

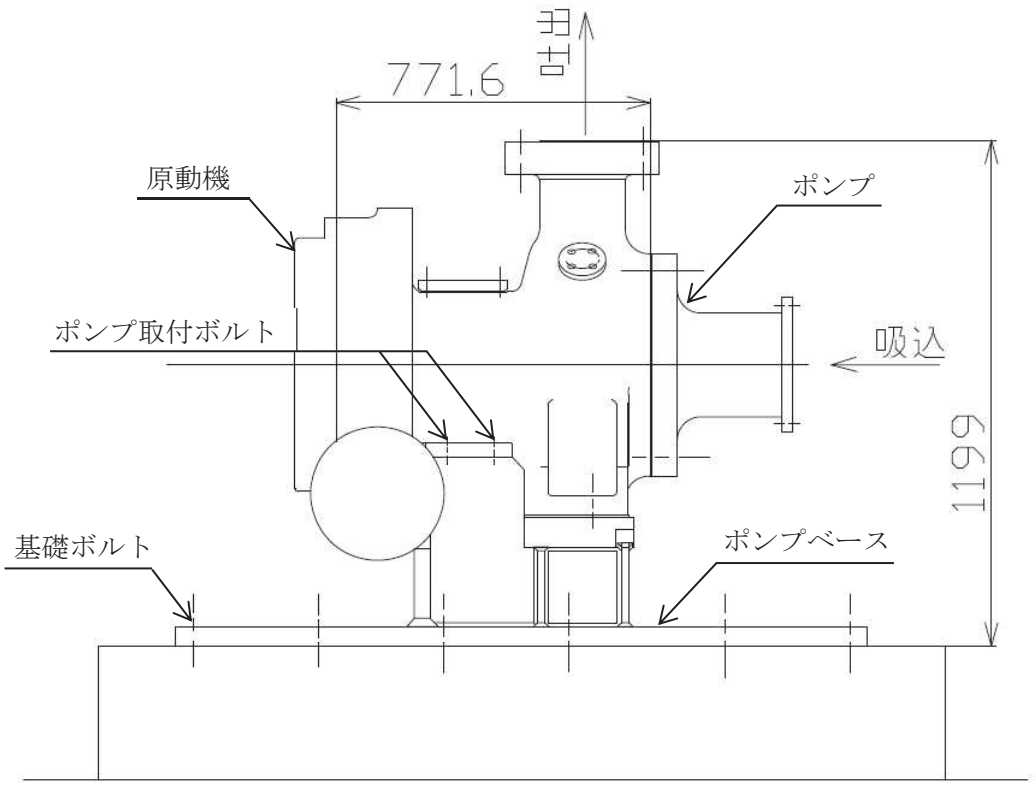
なお，高圧代替注水系タービンポンプは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，構造強度評価は添付書類「Ⅵ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。また，高圧代替注水系タービンポンプは，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載されていない原動機であるタービンが一体構造の横軸ポンプであるため，加振試験で得られた機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較により，動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧代替注水系タービンポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	ターボ形	

（単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

高圧代替注水系タービンポンプは,添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧代替注水系タービンポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2　許容応力

高圧代替注水系タービンポンプの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注水系タービンポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧代替注水系タービンポンプ	常設耐震／防止常設／緩和	重大事故等クラス 2 ポンプ*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備	高圧代替注水系タービンポンプ	常設／緩和	重大事故等クラス 2 ポンプ*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_AS	1.5・ｆ$_t$*	1.5・ｆ$_s$*
V_AS （V_AS としてIV_AS の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト	SNB7 (径≦63 mm)	周囲環境温度	66	699	803	―
ポンプ取付ボルト	SNB7 相当 [redacted] (径≦63 mm)	最高使用温度	66	699	803	―

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

高圧代替注水系タービンポンプの機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，地震時の応答加速度が，機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

なお，機能維持評価用加速度は，添付書類「Ⅵ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

機能確認済加速度は，高圧代替注水系タービンポンプが，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない原動機であるタービンと一体構造の横軸ポンプであり，既往の研究によって機能維持が確認された適用機種と構造・作動原理が異なることから，個別の加振試験によって得られる機能維持を確認した加速度を機能確認済加速度とする。

4.1.1 機能確認済加速度

高圧代替注水系タービンポンプの機能確認済加速度は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，実機の据付状態を模擬した上で，当該機器が設置される床における設計用床応答曲線を包絡する模擬地震波による加振試験において動的機能の健全性を確認した加速度とする。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系 タービンポンプ	水平	
	鉛直	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧代替注水系タービンポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧代替注水系タービンポンプ	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 0.P.-0.80 *1 (0.P.-0.20)	—*2	—*2	—	—	C_H =1.36	C_V =0.90	C_p =1.09	66	66

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト（ｉ=1）							12	2
								6
ポンプ取付ボルト（ｉ=2）							4	2
								2

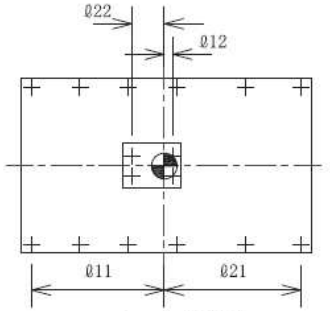
部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（ｉ=1）	699*2 (径≦60mm)	803*2 (径≦60mm)	—	562	—	軸	—
ポンプ取付ボルト（ｉ=2）	699*1 (径≦60mm)	803*1 (径≦60mm)	—	562	—	軸	—

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

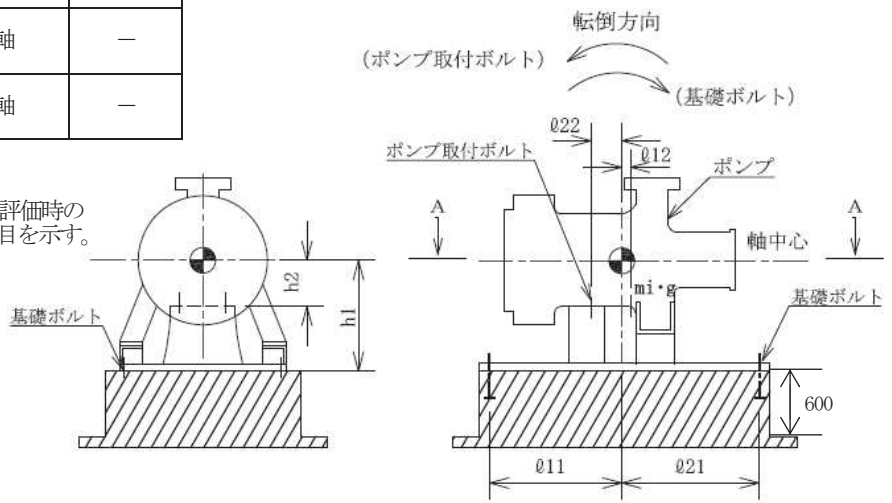
注記　＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出

＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。



A～A矢視図



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	－	[redacted]	－	[redacted]
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	－		－	

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SNB7	引張り	－	－	σ_{b1}＝25	f_{ts1}＝421*
		せん断	－	－	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝324
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	SNB7 相当 [redacted]	引張り	－	－	σ_{b2}＝74	f_{ts2}＝421*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝19	f_{sb2}＝324

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.13	[redacted]
	鉛直方向	0.75	

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-5-5-4　低圧代替注水系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-5-4-1　直流駆動低圧注水ポンプの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-5-4-1　直流駆動低圧注水系ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 7
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 7
5. 評価結果 ····· 8
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，直流駆動低圧注水系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

直流駆動低圧注水系ポンプは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

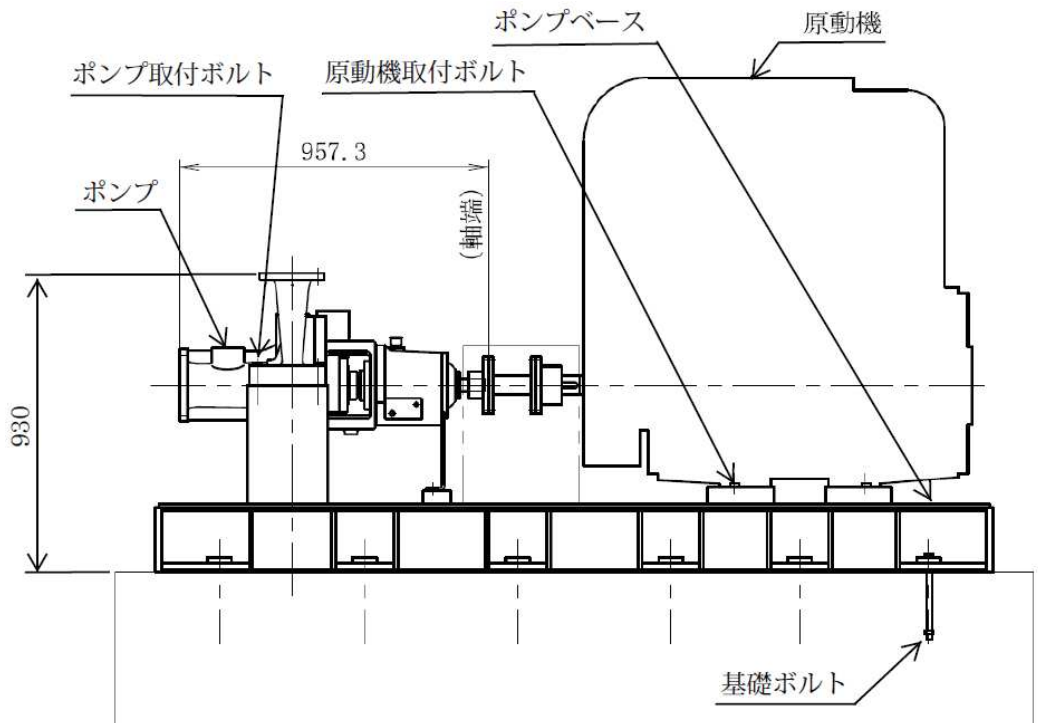
なお，直流駆動低圧注水系ポンプは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器･配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流駆動低圧注水系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	うず巻形	

(単位：mm)

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプの構造は横軸ポンプであるため，構造強度評価は添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

直流駆動低圧注水系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

直流駆動低圧注水系ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流駆動低圧注水系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【直流駆動低圧注水系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	直流駆動低圧注水系ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２ポンプ*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊１：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊２：重大事故等クラス2ポンプの支持構造物を含む。

＊３：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS としてIV_AS の許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	60			－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			－
原動機取付ボルト		周囲環境温度	60			－

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプの動的機能評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

直流駆動低圧注水系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	型式	方向	機能確認済加速度
横形ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	水平	1.4
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流駆動低圧注水系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流駆動低圧注水系ポンプの耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
直流駆動低圧注水系ポンプ	常設耐震／防止	原子炉建屋 0.P.-8.10*1 (0.P.-7.60)	—*2	—*2	—	—	C_H＝1.02	C_v＝0.71		66	60

注記＊1：基準床レベルを示す。
　　＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*3 (mm)	ℓ_{2i}*3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}*3
基礎ボルト（ｉ＝1）							12	6
								2
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）							4	2
								2
原動機取付ボルト（ｉ＝3）							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（ｉ＝1）					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）					—	軸直角	1.178×10^5
原動機取付ボルト（ｉ＝3）					—	軸	—

注記＊1：最高使用温度で算出
　　＊2：周囲環境温度で算出
　　＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.1　計算数値

1.1.1　ボルトに作用する力　　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

1.2　結論

1.2.1　ボルトの応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=9$	$f_{ts1}=187^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=144$
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=185^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=20$	$f_{ts3}=187^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=10$	$f_{sb3}=144$

すべて許容応力以下である。

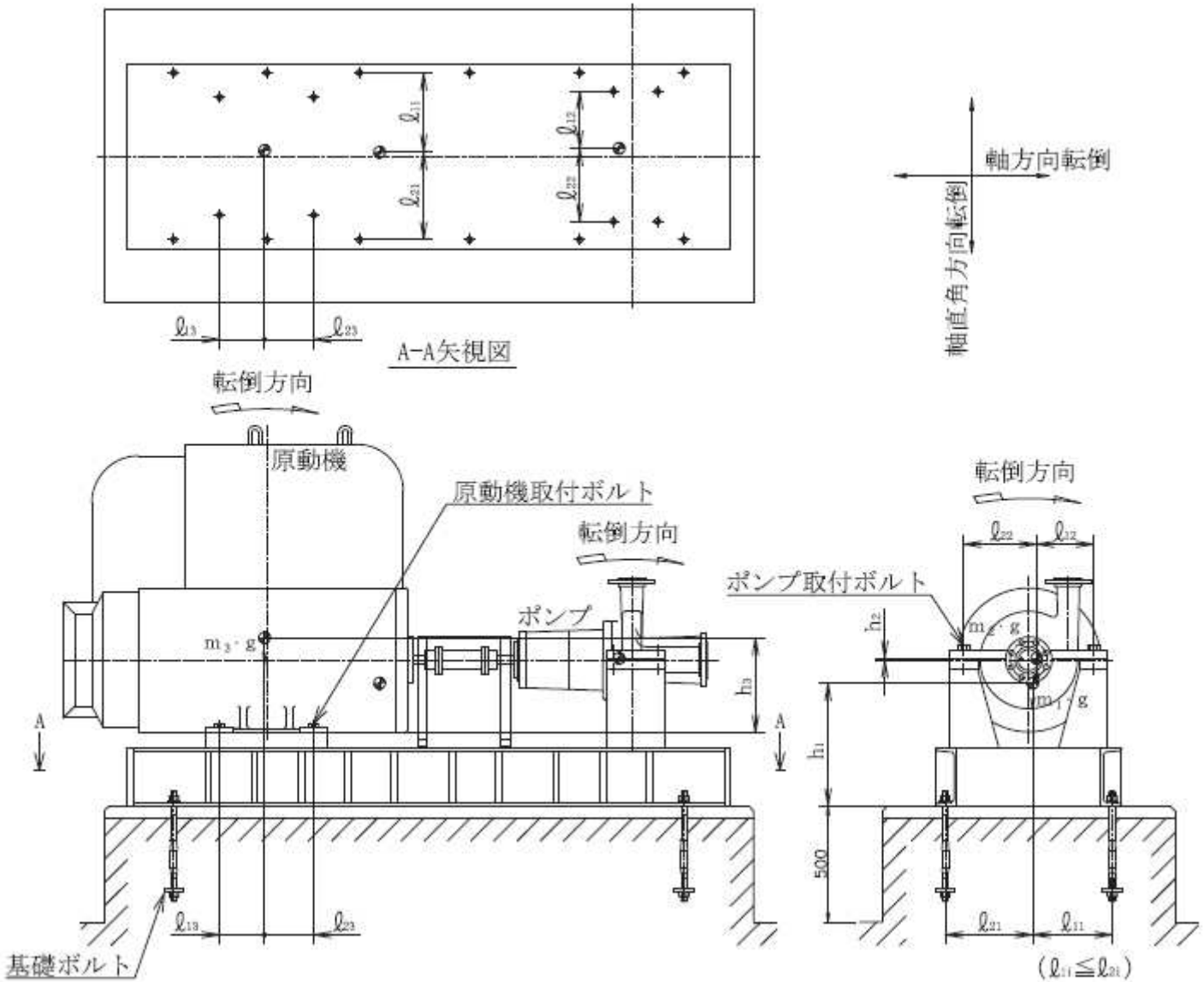
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.84	1.4
	鉛直方向	0.58	1.0
原動機	水平方向	0.84	4.7
	鉛直方向	0.58	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0ZPA）は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


軸方向転倒
軸直角方向転倒
A-A矢視図
転倒方向
原動機
原動機取付ボルト
転倒方向
ポンプ
ポンプ取付ボルト
転倒方向
基礎ボルト
500
(ℓ11≦ℓ21)

Ⅵ-2-5-6　原子炉冷却材補給設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-6-1　原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-6-1　原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-6-1-1　原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-6-1-1　原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 7
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 7
5. 評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉隔離時冷却系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系ポンプは，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

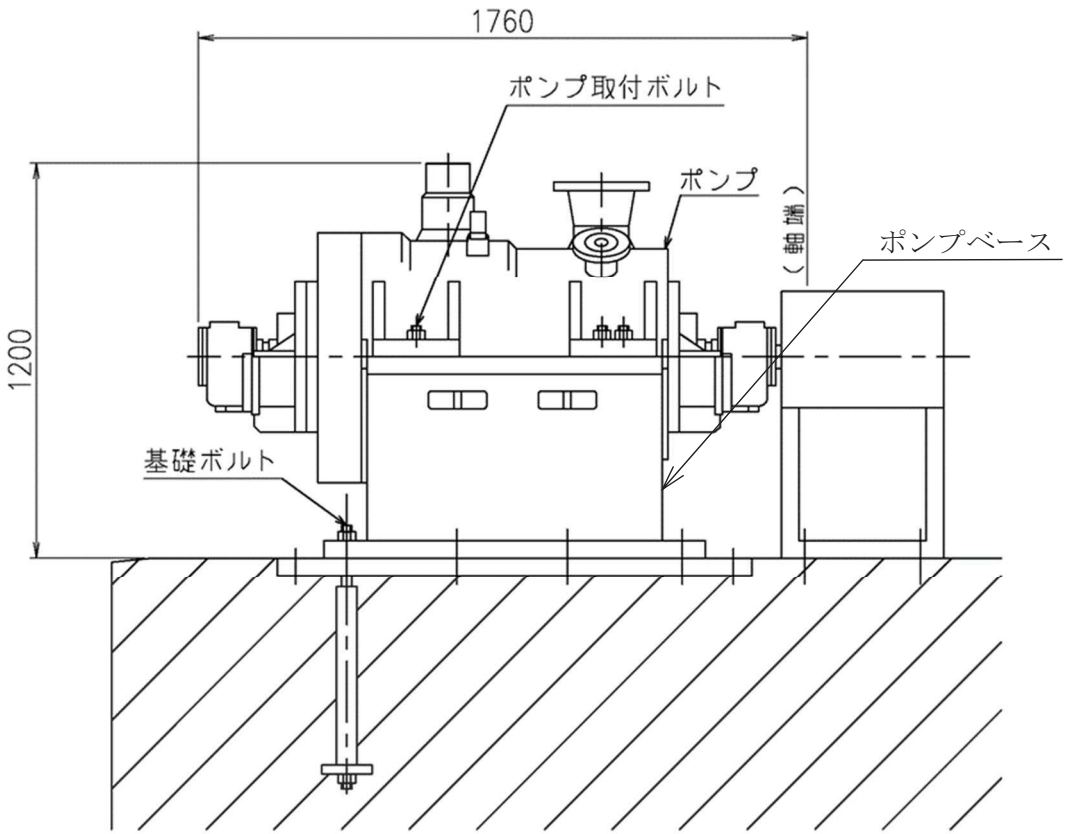
なお，原子炉隔離時冷却系ポンプは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	ターボ形	

（単位：mm）

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材補給設備	原子炉隔離時冷却系ポンプ	S	クラス２ポンプ*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス２ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２ポンプ*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２ポンプの支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・ｆ$_t$	1.5・ｆ$_s$
$Ⅳ_AS$	1.5・ｆ$_t$*	1.5・ｆ$_s$*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト		周囲環境温度	66	225	385	－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66	730	868	－

表 3-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト		周囲環境温度	66	225	385	－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66	730	868	－

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプの動的機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉隔離時冷却系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	型式	方向	機能確認済加速度	
ポンプ	横形多段遠心式ポンプ	水平	軸直角方向	3.2
			軸方向	1.4
		鉛直	1.0	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉隔離時冷却系ポンプ	S	原子炉建屋 O.P. −8.10*1 (O.P. −7.00)	—*2	—*2	—*3	—*3	C_H =1.05	C_V =0.72		66	66

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
＊3：$Ⅲ_AS$ については、基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト (i =1)							12	4 4
ポンプ取付ボルト (i =2)							6	3 2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i * (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i =1)					—	軸	—
ポンプ取付ボルト (i =2)					—	軸	—

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出
＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝20	f_{ts1}＝169*	σ_{b1}＝20	f_{ts1}＝202*
		せん断	τ_{b1}＝10	f_{sb1}＝130	τ_{b1}＝10	f_{sb1}＝155
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝3	f_{ts2}＝455*	σ_{b2}＝3	f_{ts2}＝455*
		せん断	τ_{b2}＝13	f_{sb2}＝350	τ_{b2}＝13	f_{sb2}＝350

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{tsi} = \mathrm{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.87	3.2(軸直角)
			1.4(軸)
	鉛直方向	0.60	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉隔離時冷却系ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. -8.10*1 (0.P. -7.00)	—*2	—*2	—	—	C_H =1.05	C_V =0.72		66	66

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト（ｉ＝1）							12	4
								4
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）							6	3
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（ｉ＝1）					—	軸	—
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）					—	軸	—

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出

＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	—	—	σ_{b1}＝20	f_{ts1}＝202*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝10	f_{sb1}＝155
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	—	—	σ_{b2}＝3	f_{ts2}＝455*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝13	f_{sb2}＝350

すべて許容応力以下である。　　注記＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

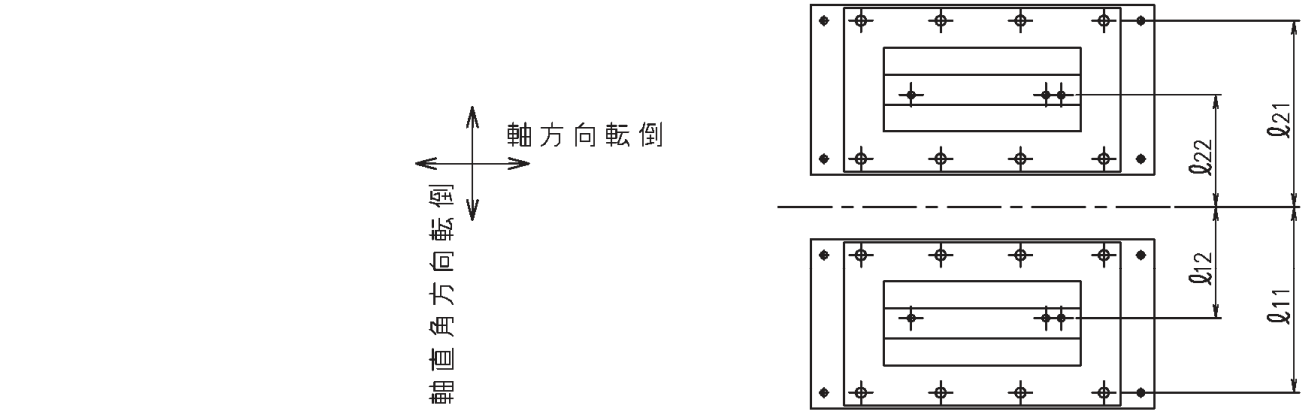
2.4.2　動的機能の評価結果　　（×9.8m/s²）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.87	3.2(軸直角)
			1.4(軸)
	鉛直方向	0.60	1.0

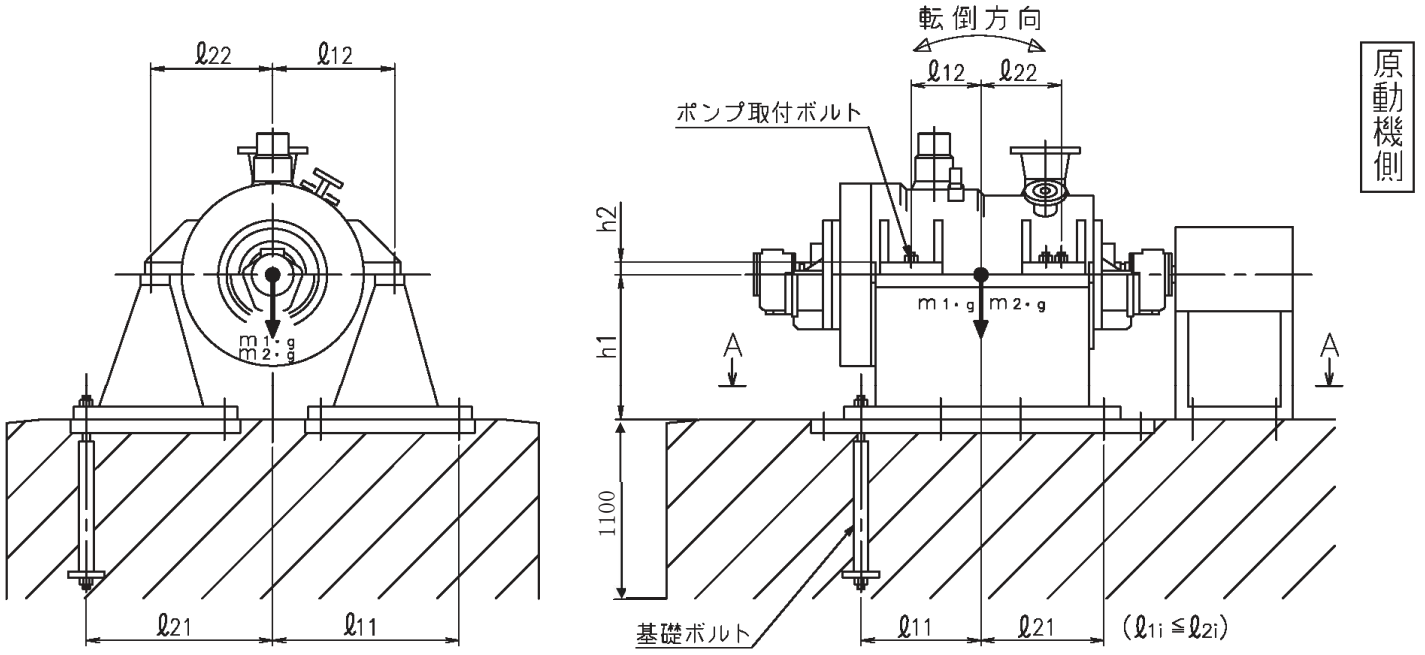
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


軸方向転倒
軸直角方向転倒
ℓ21
ℓ22
ℓ12
ℓ11

A～A矢視図


転倒方向
ℓ22
ℓ12
ポンプ取付ボルト
原動機側
h2
h1
m1・g
m2・g
A
A
1100
基礎ボルト
ℓ21
ℓ11
(ℓ1i ≦ ℓ2i)

Ⅵ-2-5-7　原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-7-1　原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性についての計算書
VI-2-5-7-2　高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-7-1　原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-7-1-1　原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書
VI-2-5-7-1-2　原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書
VI-2-5-7-1-4　原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-7-1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の算出 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
4.4　疲労解析評価 ····· 9
5.　評価結果 ····· 11
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 11
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 11

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水系熱交換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水系熱交換器は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお，原子炉補機冷却水系熱交換器は，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

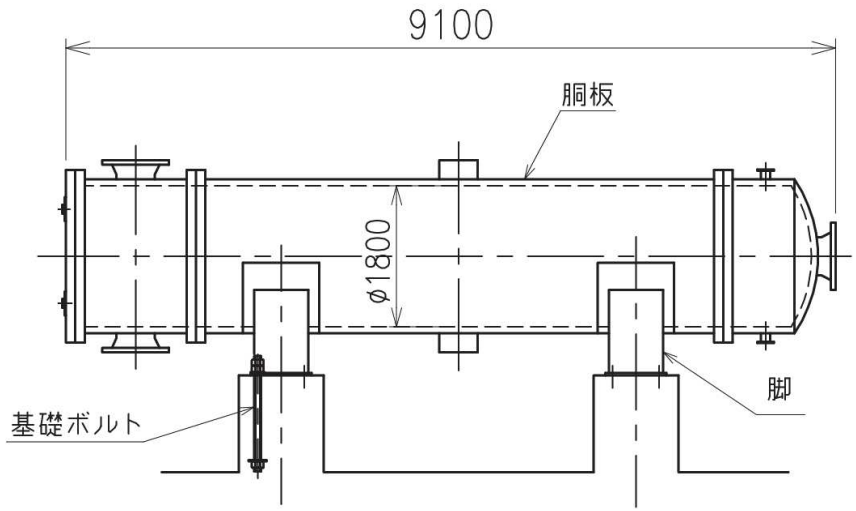
また，「4.4　疲労解析評価」にて示す方法にて疲労解析評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却水系熱交換器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴を2個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	前後水室に平板及び鏡板を有する横置一胴円筒形容器	

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却水系熱交換器の構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水系熱交換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機冷却水系熱交換器の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水系熱交換器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系熱交換器	S	クラス３容器*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス３容器の支持構造物を含む。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（クラス 2，3 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，ＡＳＳ及びＨＮＡについては上記の値と1.2・Ｓの大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	*3 Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$ として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			Ｓｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$ として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM490B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	—	307	461	—
脚	SS400（16mm＜厚さ≦40mm）	周囲環境温度	50	—	231	394	—
基礎ボルト	SS400（40mm＜径）	周囲環境温度	50	—	211	394	—

表 4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM490B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	—	307	461	—
脚	SS400（16mm＜厚さ≦40mm）	周囲環境温度	50	—	231	394	—
基礎ボルト	SS400（40mm＜径）	周囲環境温度	50	—	211	394	—

4.4　疲労解析評価

胴の応力評価において，一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点Ｓｙの2倍を上回る場合には，設計・建設規格　PVB-3300に規定された簡易弾塑性評価方法に基づき，疲労解析評価を実施する。

なお，疲労解析評価に用いる基準地震動Ｓｓの等価繰返し回数Ｎｃは，□とする。

(1)繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さＳℓは，次式により求める。

$S_\ell = K_e \cdot S_p / 2$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.4.1)

K_e：次の計算式により計算した値

ａ．$S_n < 3 \cdot S_m$の場合

$K_e = 1$

ｂ．$S_n \geqq 3 \cdot S_m$の場合

（ａ）$K < B_0$の場合

イ．$S_n / (3 \cdot S_m) < [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)\}}] / (2 \cdot A_0)$の場合

$K_e = K_e{}^* = 1 + A_0 \cdot \{S_n / (3 \cdot S_m) - 1 / K\}$ ・・・・・・・・・(4.4.2)

ロ．$S_n / (3 \cdot S_m) \geqq [(q + A_0 / K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0 / K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)\}}] / (2 \cdot A_0)$の場合

$K_e = K_e{}' = 1 + (q-1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n)$ ・・・・・・・・・(4.4.3)

（ｂ）$K \geqq B_0$の場合

イ．$S_n / (3 \cdot S_m) < [(q-1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q-1)\}}] / a$の場合

$K_e = K_e{}^{**} = a \cdot S_n / (3 \cdot S_m) + A_0 \cdot (1 - 1/K) + 1 - a$

・・・・・・・・・(4.4.4)

ロ．$S_n / (3 \cdot S_m) \geqq [(q-1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q-1)\}}] / a$の場合

$K_e = K_e{}' = 1 + (q-1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n)$ ・・・・・・・・・(4.4.5)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ここで,

$K = S_p / S_n$ ・・・・・・・・・・・・(4.4.6)

$a = A_0 \cdot (1 - 1/K) + (q - 1) - 2 \cdot \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}$

q，A_0，B_0：下表に掲げる材料の種類に応じ，それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	q	A_0	B_0
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

S_n：一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて，その最大値と最小値の差

S_m：$2/3 \cdot S_y$

K_e：弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数

S_p：地震荷重のみにおける一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲

S_ℓ：繰返しピーク応力強さ

(2) 運転温度における繰返しピーク応力強さの補正

縦弾性係数比を考慮し，繰返しピーク応力強さS_ℓを次式により補正する。

$S_\ell' = S_\ell \cdot E_0 / E$

S_ℓ'：補正繰返しピーク応力強さ

E_0：縦弾性係数

E：運転温度の縦弾性係数

(3) 疲労累積係数

疲労累積係数U_fが次式を満足することを確認する。

$U_f = \Sigma (N_c / N_a) \leqq 1.0$

N_a：地震時の許容繰返し回数

N_c：地震時の等価繰返し回数

なお，許容繰返し回数の算出には，設計・建設規格　表　添付　4-2-1　炭素鋼，低合金鋼および高張力鋼の設計疲労線図より求めた値を用いる。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却水系熱交換器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水系熱交換器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水系熱交換器	S	原子炉建屋 0.P. -8.10* (0.P. -6.65)	[redacted]		C_H=0.51	C_v=0.43	C_H=1.06	C_v=0.73	1.18	70	50

注記＊：基準床レベルを示す。

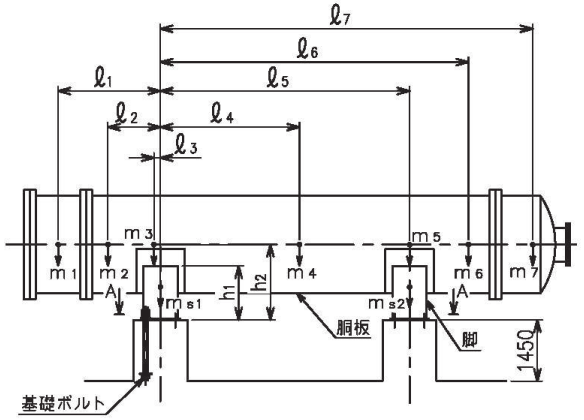
1.2 機器要目

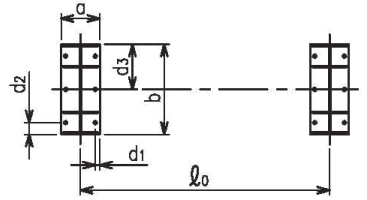
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)
[redacted]						

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1957	−801	7	2009	4007	5014	5821	2.374×10^8	1.323×10^8	3.007×10^5	2.028×10^5

m_o (kg)	m_{S1} (kg)	m_{S2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_W (rad)	ℓ_W (mm)
[redacted]			1800	15.0	30.0*1	4000	743	1200	0.374	260

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
810	300	3.115×10^{10}	1.585×10^9	3.846×10^7	5.285×10^6	2.084	1.405





A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
8.650×10^4	201000*4	77300*4	4.713×10^4	3.373×10^4	3.528×10^4	2.843×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
15	6	3	2	670	1650	48 (M48)	1.810×10^3	85	160	825

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(脚) (MPa)	S_u(脚) (MPa)	F(脚) (MPa)	F*(脚) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
307*3 (厚さ≦16mm)	461*3	—	231*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	394*4	231	276	211*4 (径＞40mm)	394*4	211	253

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。
＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
＊3：最高使用温度で算出
＊4：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2}$=28	—	$\sigma_{x 2}$=28	—	$\sigma_{x 2}$=28	—	$\sigma_{x 2}$=28
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6}$=12	—	$\sigma_{x 6}$=12	—	$\sigma_{x 6}$=21	—	$\sigma_{x 6}$=21
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x 4 1 3}$=3	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}$=7	—	—
組合せ応力	$\sigma_{0\ell}$=79		σ_{0c}=76		$\sigma_{0\ell}$=90		σ_{0c}=84	

(2)　一次応力

（単位：MPa）

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36	$\sigma_{\phi 1}$=72	$\sigma_{x 1}$=36
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 2}$=28	—	$\sigma_{x 2}$=28	—	$\sigma_{x 2}$=28	—	$\sigma_{x 2}$=28
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 6}$=12	—	$\sigma_{x 6}$=12	—	$\sigma_{x 6}$=21	—	$\sigma_{x 6}$=21
運転時質量による脚反力 により生じる応力		$\sigma_{\phi 3}$=27	$\sigma_{x 3}$=27	$\sigma_{\phi 3}$=27	$\sigma_{x 3}$=27	$\sigma_{\phi 3}$=27	$\sigma_{x 3}$=27	$\sigma_{\phi 3}$=27	$\sigma_{x 3}$=27
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		$\sigma_{\phi 7 1}$=12	$\sigma_{x 7 1}$=12	$\sigma_{\phi 7 1}$=12	$\sigma_{x 7 1}$=12	$\sigma_{\phi 7 1}$=20	$\sigma_{x 7 1}$=20	$\sigma_{\phi 7 1}$=20	$\sigma_{x 7 1}$=20
水平方向地震 による応力	引張り	$\sigma_{\phi 4 1 1}$=11 $\sigma_{\phi 4 1 2}$=5	$\sigma_{x 4 1 1}$=4 $\sigma_{x 4 1 2}$=5	$\sigma_{\phi 5 1}$=15	$\sigma_{x 5 1}$=41	$\sigma_{\phi 4 1 1}$=23 $\sigma_{\phi 4 1 2}$=10	$\sigma_{x 4 1 1}$=9 $\sigma_{x 4 1 2}$=10	$\sigma_{x 5 1}$=31	$\sigma_{x 5 1}$=84
		$\sigma_{\phi 4 1}$=16	$\sigma_{x 4 1}$=12			$\sigma_{\phi 4 1}$=32	$\sigma_{x 4 1}$=25		
	せん断	τ_{ℓ}=15		τ_{c}=4		τ_{ℓ}=30		τ_{c}=7	
組合せ応力		$\sigma_{1\ell}$=139		σ_{1c}=154		$\sigma_{1\ell}$=182		σ_{1c}=214	

(3)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x6}=12$	—	$\sigma_{x6}=12$	—	$\sigma_{x6}=21$	—	$\sigma_{x6}=21$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		$\sigma_{\phi 71}=12$ $\sigma_{\phi 72}=47$	$\sigma_{x71}=12$ $\sigma_{x72}=27$	$\sigma_{\phi 71}=12$ $\sigma_{\phi 72}=47$	$\sigma_{x71}=12$ $\sigma_{x72}=27$	$\sigma_{\phi 71}=20$ $\sigma_{\phi 72}=80$	$\sigma_{x71}=20$ $\sigma_{x72}=46$	$\sigma_{\phi 71}=20$ $\sigma_{\phi 72}=80$	$\sigma_{x71}=20$ $\sigma_{x72}=46$
水平方向地震 による応力	引張り	$\sigma_{\phi 41}=16$	$\sigma_{x41}=12$	$\sigma_{\phi 51}=15$	$\sigma_{x51}=41$	$\sigma_{\phi 41}=33$	$\sigma_{x41}=25$	$\sigma_{\phi 51}=31$	$\sigma_{x51}=84$
		$\sigma_{\phi 421}=13$ $\sigma_{\phi 422}=20$	$\sigma_{x421}=26$ $\sigma_{x422}=12$	$\sigma_{\phi 52}=129$	$\sigma_{x52}=56$	$\sigma_{\phi 421}=27$ $\sigma_{\phi 422}=41$	$\sigma_{x421}=54$ $\sigma_{x422}=23$	$\sigma_{\phi 52}=267$	$\sigma_{x52}=117$
		$\sigma_{\phi 42}=33$	$\sigma_{x42}=37$			$\sigma_{\phi 42}=68$	$\sigma_{x42}=77$		
	せん断	$\tau_{\ell}=15$		$\tau_{c}=4$		$\tau_{\ell}=30$		$\tau_{c}=7$	
組合せ応力		$\sigma_{2\ell}=234$		$\sigma_{2c}=402$		$\sigma_{2\ell}=445$		$\sigma_{2c}=791$	

1.3.2　脚に生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{s4}=2$	$\sigma_{s4}=2$	$\sigma_{s4}=3$	$\sigma_{s4}=3$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2}=19$	$\sigma_{s3}=5$	$\sigma_{s2}=40$	$\sigma_{s3}=11$
	せん断	$\tau_{s2}=8$	$\tau_{s3}=6$	$\tau_{s2}=16$	$\tau_{s3}=12$
組合せ応力		$\sigma_{s\ell}=28$	$\sigma_{s\ell}=14$	$\sigma_{s\ell}=53$	$\sigma_{sc}=26$

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{b1}=25$	$\sigma_{b2}=18$	$\sigma_{b1}=75$	$\sigma_{b2}=61$
水平方向地震による応力	せん断	$\tau_{b1}=25$	$\tau_{b2}=15$	$\tau_{b1}=51$	$\tau_{b2}=30$

1.4 結論

1.4.1固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

1.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM490B	一次一般膜	σ_0＝79	S_a＝277	σ_0＝90	S_a＝277
		一次	σ_1＝154	S_a＝415	σ_1＝214	S_a＝415
		一次＋二次	σ_2＝402	S_a＝615	σ_2＝791*2	S_a＝615
脚	SS400	組合せ	σ_S＝28	f_t ＝231	σ_S＝53	f_t ＝276
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b＝25	f_{ts}＝140*1	σ_b＝75	f_{ts}＝184*1
		せん断	τ_b＝25	f_{sb}＝122	τ_b＝51	f_{sb}＝146

注記＊1：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

＊2：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

1.4.3　疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	S_ℓ' * (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 N_c/N_a
胴板								

注記＊：$E_0=2.07\times10^5$ MPa　$E=2.00\times10^5$ MPa として補正する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. -8.10* (0.P. -6.65)	[redacted]		—	—	C_H＝1.06	C_v＝0.73	1.18	70	50

注記＊：基準床レベルを示す。

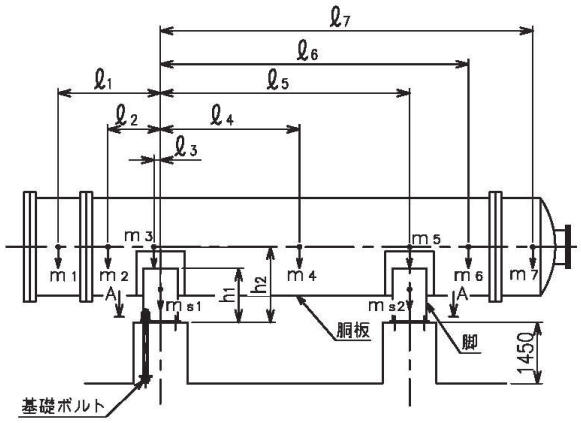
2.2　機器要目

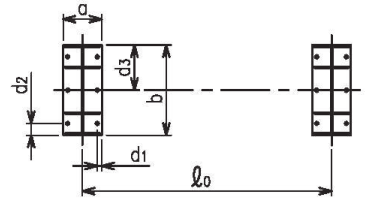
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)
[redacted]						

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1957	−801	7	2009	4007	5014	5821	2.374×10^8	1.323×10^8	3.007×10^5	2.028×10^5

m_o (kg)	m_{S1} (kg)	m_{S2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (N・mm)	h_2 (N・mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
[redacted]			1800	15.0	30.0*1	4000	743	1200	0.374	260

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
810	300	3.115×10^{10}	1.585×10^9	3.846×10^7	5.285×10^6	2.084	1.405





A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
8.650×10^4	201000*4	77300*4	4.713×10^4	3.373×10^4	3.528×10^4	2.843×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
15	6	3	2	670	1650	48 (M48)	1.810×10^3	85	160	825

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*（脚） (MPa)	S_y （基礎ボルト） (MPa)	S_u （基礎ボルト） (MPa)	F （基礎ボルト） (MPa)	F* （基礎ボルト） (MPa)
307*3 (厚さ≦16mm)	461*3	—	231*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	394*4	—	276	211*4 (径＞40mm)	394*4	—	253

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。
＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
＊3：最高使用温度で算出
＊4：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1胴に生じる応力

(1)一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝72	$\sigma_{x 1}$＝36	$\sigma_{\phi 1}$＝72	$\sigma_{x 1}$＝36
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}$＝28	—	$\sigma_{x 2}$＝28
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}$＝21	—	$\sigma_{x 6}$＝21
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}$＝7	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}$＝90		σ_{0c}＝84	

(2)一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝72	$\sigma_{x 1}$＝36	$\sigma_{\phi 1}$＝72	$\sigma_{x 1}$＝36
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}$＝28	—	$\sigma_{x 2}$＝28
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}$＝21	—	$\sigma_{x 6}$＝21
運転時質量による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}$＝27	$\sigma_{x 3}$＝27	$\sigma_{\phi 3}$＝27	$\sigma_{x 3}$＝27
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}$＝20	$\sigma_{x 7 1}$＝20	$\sigma_{\phi 7 1}$＝20	$\sigma_{x 7 1}$＝20
水平方向地震による応力	引張り	— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}$＝23 $\sigma_{\phi 4 1 2}$＝10	$\sigma_{x 4 1 1}$＝9 $\sigma_{x 4 1 2}$＝10	$\sigma_{\phi 5 1}$＝31	$\sigma_{x 5 1}$＝84
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1}$＝32	$\sigma_{x 4 1}$＝25		
	せん断	—		—		τ_{ℓ}＝30		τ_{c}＝7	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}$＝182		σ_{1c}＝214	

(3)地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=21$	—	$\sigma_{x6}=21$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		— —	— —	— —	— —	$\sigma_{\phi 71}=20$ $\sigma_{\phi 72}=79$	$\sigma_{x71}=20$ $\sigma_{x72}=46$	$\sigma_{\phi 71}=20$ $\sigma_{\phi 72}=79$	$\sigma_{x71}=20$ $\sigma_{x72}=46$
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 41}=32$	$\sigma_{x41}=25$	$\sigma_{\phi 51}=31$	$\sigma_{x51}=84$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 421}=27$ $\sigma_{\phi 422}=41$	$\sigma_{x421}=54$ $\sigma_{x422}=23$	$\sigma_{\phi 52}=267$	$\sigma_{x52}=117$
		—	—			$\sigma_{\phi 42}=68$	$\sigma_{x42}=77$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=30$		$\tau_{c}=7$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=445$		$\sigma_{2c}=791$	

2.3.2　脚に生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S1}=4$	$\sigma_{S1}=4$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S4}=3$	$\sigma_{S4}=3$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{S2}=40$	$\sigma_{S3}=11$
	せん断	—	—	$\tau_{S2}=16$	$\tau_{S3}=12$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{S\ell}=53$	$\sigma_{SC}=26$

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=75$	$\sigma_{b2}=61$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b1}=51$	$\tau_{b2}=30$

2.4 結論

2.4.1　固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

2.4.2　応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM490B	一次一般膜	—	—	σ_0＝90	S_a＝277
		一次	—	—	σ_1＝214	S_a＝415
		一次＋二次	—	—	σ_2＝791*2	S_a＝615
脚	SS400	組合せ	—	—	σ_S＝53	f_t＝276
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝75	f_{ts}＝184*1
		せん断	—	—	τ_b＝51	f_{sb}＝146

注記＊1：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

＊2：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

2.4.3　疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	S_ℓ'* (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 N_c/N_a
胴板								

注記＊：$E_0=2.07\times10^5$ MPa　$E=2.00\times10^5$ MPa として補正する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-5-7-1-2　原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 7
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 7
5. 評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水ポンプは，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

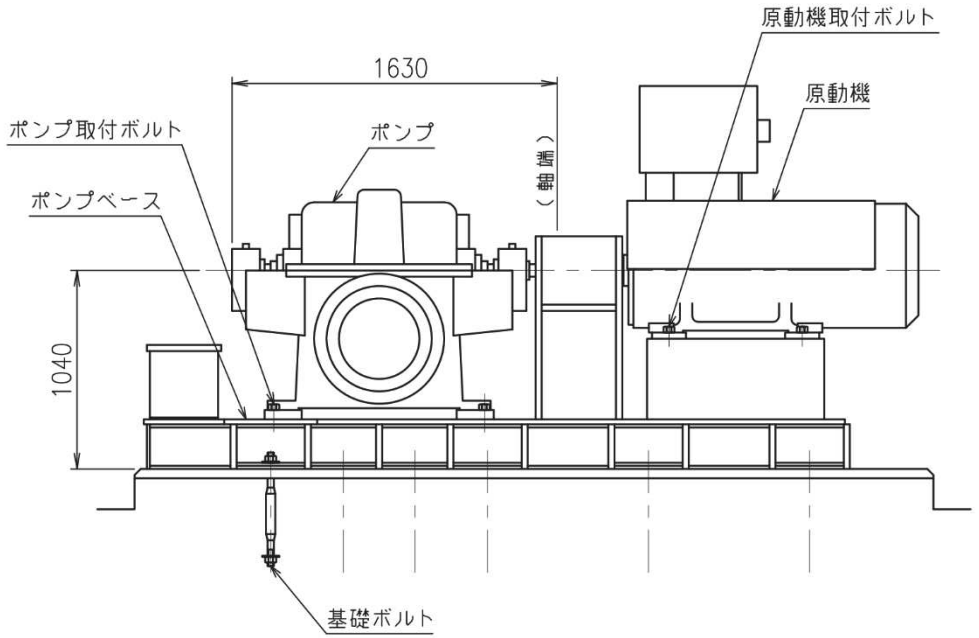
なお，原子炉補機冷却水ポンプは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1　構造計画

原子炉補機冷却水ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	うず巻形	

（単位：mm）

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却水ポンプの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

原子炉補機冷却水ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水ポンプ(A),(C)の耐震性についての計算結果】及び【原子炉補機冷却水ポンプ(B),(D)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水ポンプ	S	Non*1	$D+P_D+M_D+Sd^*$	III_AS
					$D+P_D+M_D+Ss$	IV_AS

注記＊1：クラス 3 ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス 3 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス 2 ポンプ*2	$D+P_D+M_D+Ss$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張)，「常設／緩和(ＤＢ拡張)」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス2ポンプの支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	50	[redacted]		－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			－
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			－

表 3-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	50	[redacted]		－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			－
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			－

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

原子炉補機冷却水ポンプの動的機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉補機冷却水ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 （×9.8m/s²）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	水平	軸直角方向	3.2
			軸方向	1.4
		鉛直	1.0	
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	4.7	
		鉛直	1.0	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水ポンプ(A),(C)の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(C)	S	原子炉建屋 0.P. -8.10*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C_H =0.99	C_V =0.69		70	50

注記　*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

*3：ⅢASについては、基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト (i=1)							12	6
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i=1)					—	軸	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					—	軸直角	1.496×10^6
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸直角	1.496×10^6

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記　*1：最高使用温度で算出
*2：周囲環境温度で算出
*3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝159
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝153*	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝184*
		せん断	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝118	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝141
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	σ_{b3}＝18	f_{ts3}＝158*	σ_{b3}＝18	f_{ts3}＝190*
		せん断	τ_{b3}＝14	f_{sb3}＝122	τ_{b3}＝14	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角)
			1.4(軸)
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.57	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉補機冷却水ポンプ(A),(C)の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(C)	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. -8.10*1	—*2	—*2	—	—	C_H =0.99	C_V =0.69		70	50

注記　*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト（i=1）							12	6
								2
ポンプ取付ボルト（i=2）							4	2
								2
原動機取付ボルト（i=3）							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（i=1）					—	軸	—
ポンプ取付ボルト（i=2）					—	軸直角	1.496 × 10^6
原動機取付ボルト（i=3）					—	軸直角	1.496 × 10^6

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記　*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

*3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	—	—	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝207*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝159
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	—	—	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝141
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	—	—	σ_{b3}＝18	f_{ts3}＝190*
		せん断	—	—	τ_{b3}＝14	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

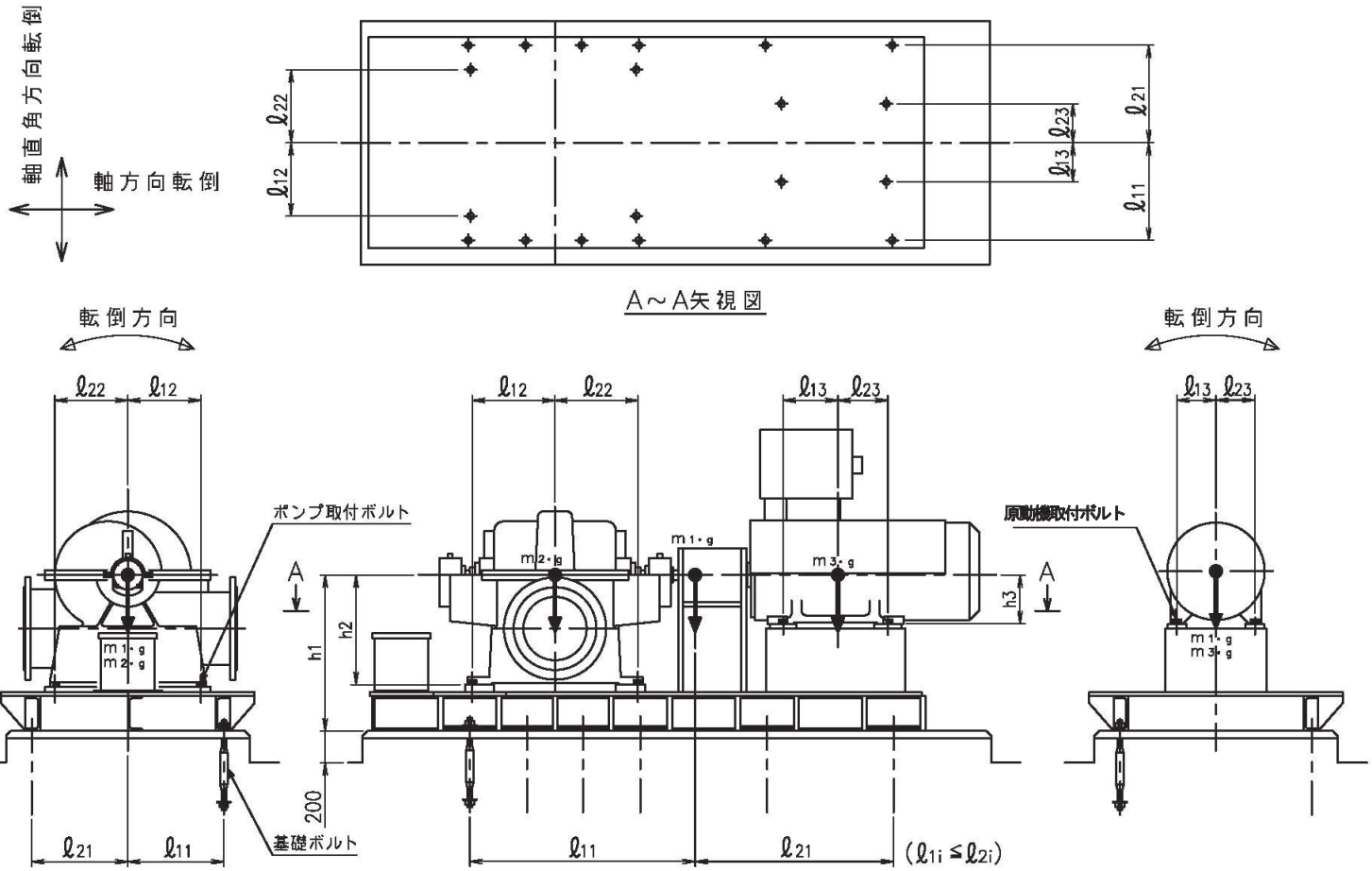
注記　＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

2.4.2　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角)
			1.4(軸)
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.57	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
　　機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


軸直角方向転倒
軸方向転倒
ℓ22
ℓ12
ℓ21
ℓ23
ℓ13
ℓ11
A～A矢視図
転倒方向
転倒方向
ポンプ取付ボルト
原動機取付ボルト
m1・g
m2・g
m3・g
A
A
h1
h2
h3
200
基礎ボルト
(ℓ1i ≦ ℓ2i)

【原子炉補機冷却水ポンプ(B),(D)の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (B),(D)	S	原子炉建屋 0.P. -8.10*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C_H =0.99	C_V =0.69		70	50

注記　*1：基準床レベルを示す。
　　*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
　　*3：ⅢASについては、基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*3 (mm)	ℓ_{2i}*3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*3
基礎ボルト (i=1)							12	6
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i=1)					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					—	軸直角	1.496 × 10^6
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸直角	1.496 × 10^6

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記　*1：最高使用温度で算出
　　*2：周囲環境温度で算出
　　*3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝159
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝153*	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝184*
		せん断	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝118	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝141
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	σ_{b3}＝16	f_{ts3}＝158*	σ_{b3}＝16	f_{ts3}＝190*
		せん断	τ_{b3}＝11	f_{sb3}＝122	τ_{b3}＝11	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi} = \mathrm{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角)
			1.4(軸)
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.57	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【原子炉補機冷却水ポンプ(B),(D)の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (B),(D)	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. -8.10*1	—*2	—*2	—	—	C_H =0.99	C_V =0.69		70	50

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト（ｉ=1）							12	6
								2
ポンプ取付ボルト（ｉ=2）							4	2
								2
原動機取付ボルト（ｉ=3）							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（ｉ=1）					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト（ｉ=2）					—	軸直角	1.496 × 10^6
原動機取付ボルト（ｉ=3）					—	軸直角	1.496 × 10^6

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記　＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出

＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝11	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝7	f_{sb1}＝159
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝153*	σ_{b2}＝6	f_{ts2}＝184*
		せん断	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝118	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝141
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	σ_{b3}＝16	f_{ts3}＝158*	σ_{b3}＝16	f_{ts3}＝190*
		せん断	τ_{b3}＝11	f_{sb3}＝122	τ_{b3}＝11	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

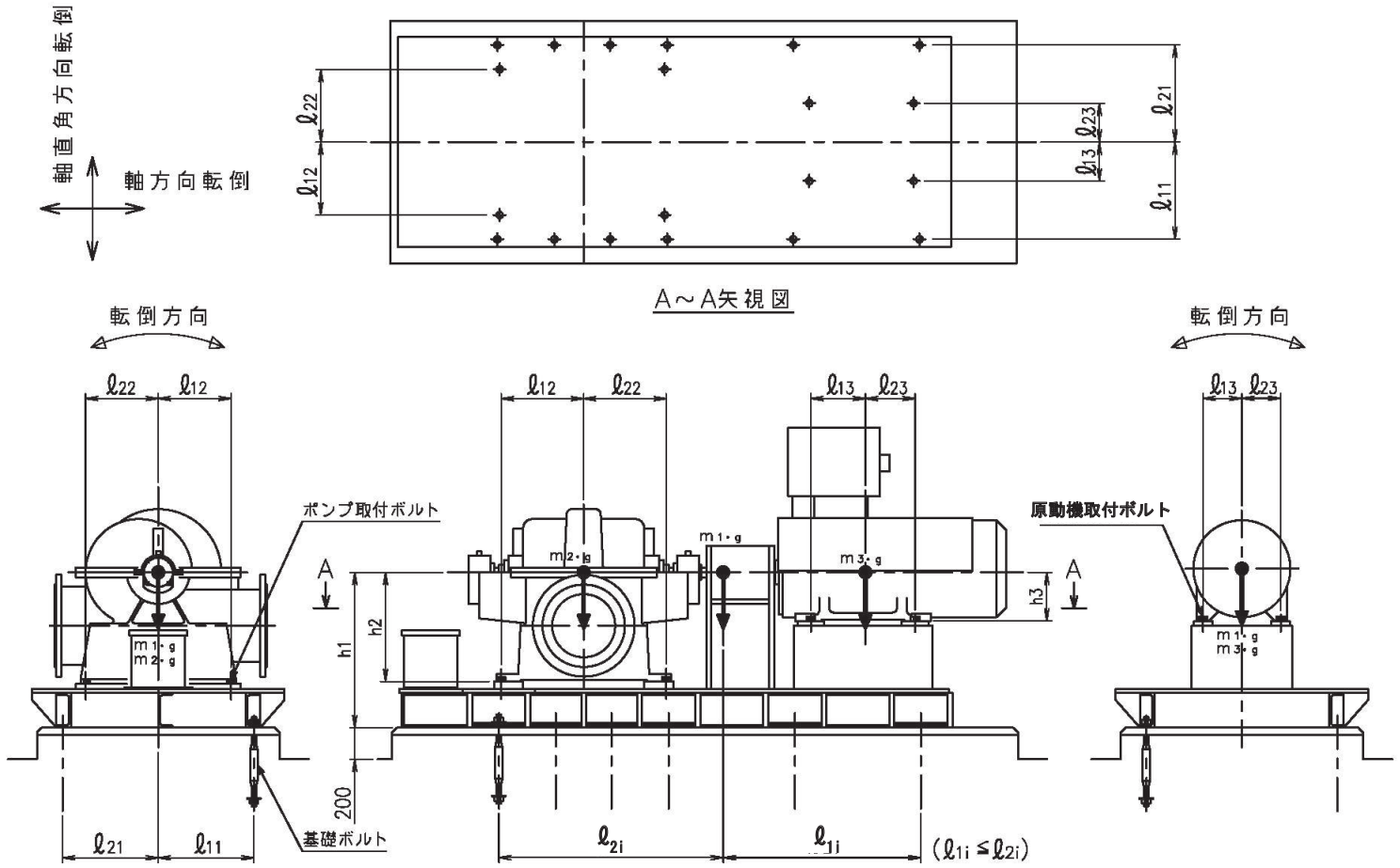
2.4.2　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角) 1.4(軸)
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.57	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


軸直角方向転倒
軸方向転倒
ℓ22
ℓ12
ℓ21
ℓ23
ℓ13
ℓ11
A～A矢視図
転倒方向
転倒方向
ポンプ取付ボルト
原動機取付ボルト
m1・g
m2・g
m3・g
A
h1
h2
h3
200
基礎ボルト
ℓ21
ℓ11
ℓ2i
ℓ1i
(ℓ1i ≦ℓ2i)

Ⅵ-2-5-7-1-4 原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5. 評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水サージタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水サージタンクは，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)，常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

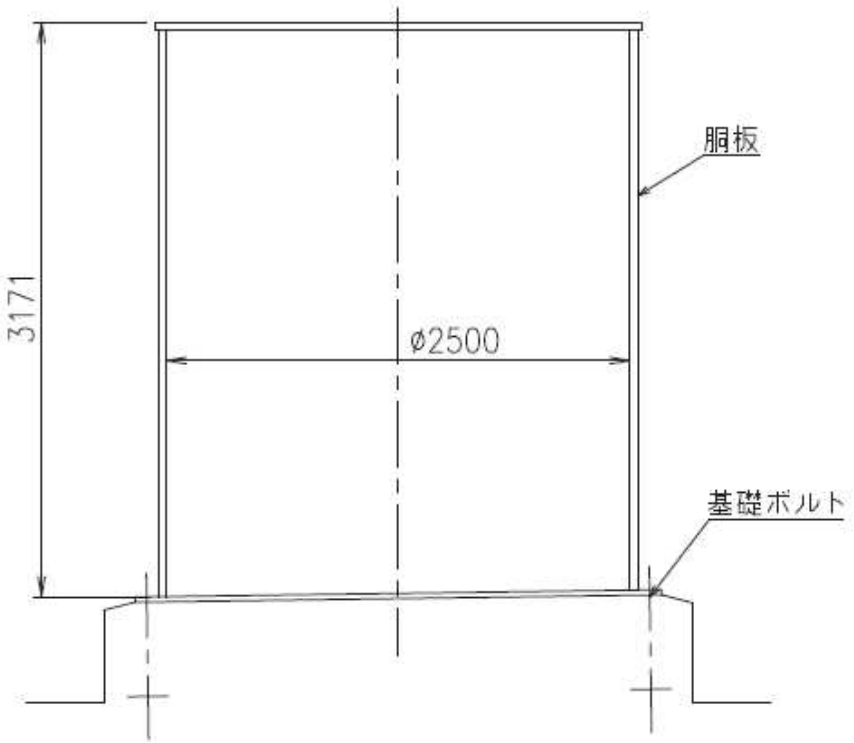
なお，原子炉補機冷却水サージタンクは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1　構造計画

原子炉補機冷却水サージタンクの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	上面及び下面に平板を有するたて置円筒形	 （単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位:s)

水平			
鉛直			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却水サージタンクの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水サージタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機冷却水サージタンクの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水サージタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機 冷却水サージタンク	S	クラス 3 容器*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備 原子炉補機冷却水系	原子炉補機 冷却水サージタンク	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス 2 容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備 原子炉補機代替冷却水系	原子炉補機 冷却水サージタンク	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス 2 容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張），「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（クラス 2，3 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，ＡＳＳ及びＨＮＡについては上記値と 1.2・Ｓとの大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y 以下であれば，疲労解析は不要。*3	
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			Ｓｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM400B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	—	233	383	—
基礎ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	50	—	231	394	—

表 4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM400B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	—	233	383	—
基礎ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	66	—	225	385	—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却水サージタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水サージタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
原子炉補機冷却水サージタンク	S	原子炉建屋 OP. 33.20*1 (OP.33.712)	[redacted]		—*2	—*2	C_H=2.70	C_v=1.78	静水頭	70	50	1.00

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：ⅢASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

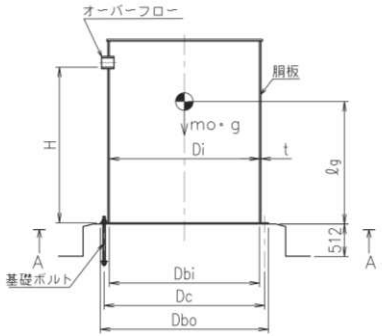
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]		2500	9.0	200000*1	77000*1	1586	2955	15	16

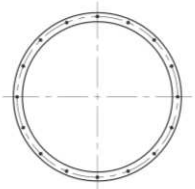
D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	M_s(N・mm)	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2700	2850	2500	30 (M30)	706.9	—	7.937×10^8

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
233*1 (厚さ≦16mm)	383*1	—	231*2 (16mm＜径≦40mm)	394*2	231	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		$\sigma_{\phi 1}$=4	σ_{x1}=0	—	$\sigma_{\phi 1}$=4	σ_{x1}=0	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=8	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=8	—	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x2}=1	—	—	σ_{x2}=1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	σ_{x3}=1	—	—	σ_{x3}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=18	τ=15	—	σ_{x4}=18	τ=15
応力の和	引張側	σ_{ϕ}=12	σ_{xt}=19	—	σ_{ϕ}=12	σ_{xt}=19	—
	圧縮側	σ_{ϕ}=-12	σ_{xc}=20	—	σ_{ϕ}=-12	σ_{xc}=20	—
組合せ応力	引張り	σ_{ot}=30			σ_{ot}=30		
	圧縮	σ_{oc}=25			σ_{oc}=25		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{\phi 2}=8$	$\sigma_{x3}=1$	—	$\sigma_{\phi 2}=8$	$\sigma_{x3}=1$	—
水平方向地震による応力		—	$\sigma_{x4}=18$	$\tau=15$	—	$\sigma_{x4}=18$	$\tau=15$
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}=8$	$\sigma_{2xt}=19$	—	$\sigma_{2\phi}=8$	$\sigma_{2xt}=19$	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}=-8$	$\sigma_{2xc}=19$	—	$\sigma_{2\phi}=-8$	$\sigma_{2xc}=19$	—
組合せ応力（変動値）	引張り	$\sigma_{2t}=57$			$\sigma_{2t}=57$		
	圧縮	$\sigma_{2c}=51$			$\sigma_{2c}=51$		

1.3.2　基礎ボルトに生じる応力　（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	$\sigma_b=95$	$\sigma_b=95$
せん断応力	$\tau_b=45$	$\tau_b=45$

1.4　結論

1.4.1　固有周期　（単位：ｓ）

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2　応力　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	$\sigma_0=30$	$S_a=230$	$\sigma_0=30$	$S_a=230$
		一次＋二次	$\sigma_2=57$	$S_a=466$	$\sigma_2=57$	$S_a=466$
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$	
			0.11　（無次元）		0.11　（無次元）	
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b=95$	$f_{ts}=170^*$	$\sigma_b=95$	$f_{ts}=207^*$
		せん断	$\tau_b=45$	$f_{sb}=133$	$\tau_b=45$	$f_{sb}=159$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
原子炉補機冷却水サージタンク	常設/防止（ＤＢ拡張） 常設/緩和（ＤＢ拡張） 常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 OP. 33.20*1 (OP.33.712)	[redacted]		—	—	C_H=2.70	Ｃｖ=1.78	静水頭	70	66	1.00

注記＊1：基準床レベルを示す。

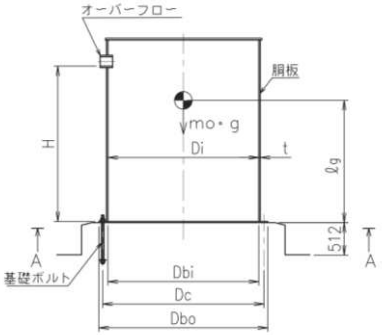
2.2　機器要目

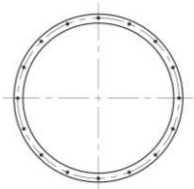
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]		2500	9.0	200000*1	77000*1	1586	2955	15	16

D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	M_s(N・mm)	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2700	2850	2500	30 (M30)	706.9	—	7.937×10^8

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F＊(基礎ボルト) (MPa)
233*1 (厚さ≦16mm)	383*1	—	225*2 (16mm＜径≦40mm)	385*2	—	270

注記＊1：最高使用温度で算出
　　＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=4	σ_{x1}=0	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=8	—	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x2}=1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	—	—	—	σ_{x3}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=18	τ=15
応力の和	引張側	—	—	—	σ_ϕ=12	σ_{xt}=19	—
	圧縮側	—	—	—	σ_ϕ=-12	σ_{xc}=20	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{ot}=30		
	圧縮	—			σ_{oc}=25		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=8$	$\sigma_{x3}=1$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x4}=18$	$\tau=15$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=8$	$\sigma_{2xt}=19$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=-8$	$\sigma_{2xc}=19$	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			$\sigma_{2t}=57$		
	圧縮	—			$\sigma_{2c}=51$		

2.3.2　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	$\sigma_b=95$
せん断応力	—	$\tau_b=45$

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：ｓ)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=30$	$S_a=230$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_2=57$	$S_a=466$
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	—		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$	
			—		0.11　(無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=95$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=45$	$f_{sb}=155$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-5-7-2　高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-5-7-2-1　高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書
VI-2-5-7-2-2　高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書
VI-2-5-7-2-4　高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-5-7-2-1　高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の

耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の算出 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5. 評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

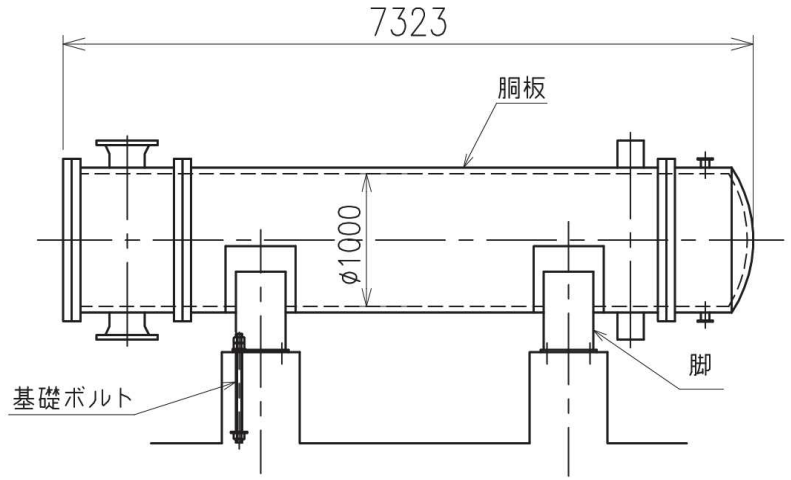
なお，高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器は，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴を2個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	前後水室に平板及び鏡板を有する横置一胴円筒形容器	

（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平	
鉛直	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	S	クラス 3 容器*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等*2 クラス 2 容器	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（クラス 2，3 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，ＡＳＳ及びＨＮＡについては上記値と1.2・Ｓとの大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	*3 Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y 以下であれば，疲労解析は不要。	
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			Ｓｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・ｆ$_t$	1.5・ｆ$_t$	1.5・ｆ$_s$
$Ⅳ_AS$	1.5・ｆ$_t$*	1.5・ｆ$_t$*	1.5・ｆ$_s$*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM490B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	—	307	461	—
脚	SS400（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	50	—	241	394	—
基礎ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	50	—	231	394	—

表 4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM490B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	—	307	461	—
脚	SS400（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	60	—	237	389	—
基礎ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	60	—	227	389	—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	S	原子炉建屋 0.P. -8.10*1 (0.P. -7.10)	[redacted]		—*2	—*2	C_H＝1.04	C_v＝0.72	1.18	70	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：$Ⅲ_AS$については，基準地震動S_sで評価する。

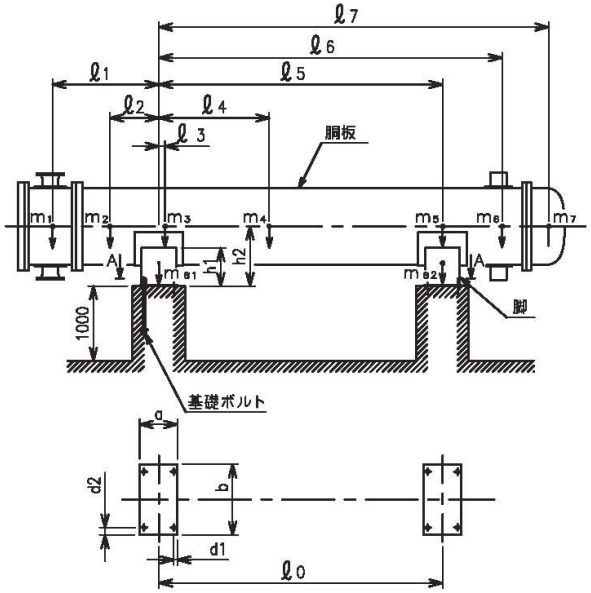
1.2 機器要目

m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)
[redacted]						

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1562	−788	6	1913	3804	4598	5119	5.556×10^7	3.024×10^7	9.029×10^4	6.313×10^4

m_o (kg)	m_{S1} (kg)	m_{S2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_W (rad)	ℓ_W (mm)
[redacted]			1000	15.0	30.0*1	3800	520	800	0.400	200

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
450	225	3.686×10^9	3.648×10^8	8.190×10^6	1.621×10^6	2.127	1.369



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
3.523×10^4	201000*4	77300*4	1.924×10^4	1.444×10^4	1.443×10^4	1.258×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	500	950	36 (M36)	1.018×10^3	50	100

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*（脚） (MPa)	S_y （基礎ボルト） (MPa)	S_u （基礎ボルト） (MPa)	F （基礎ボルト） (MPa)	F* （基礎ボルト） (MPa)
307*3 (厚さ≦16mm)	461*3 (厚さ≦16mm)	—	241*4 (厚さ≦16mm)	394*4 (厚さ≦16mm)	241	276	231*4 (16mm＜径≦40mm)	394*4 (16mm＜径≦40mm)	231	276

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。
＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
＊3：最高使用温度で算出
＊4：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}=4$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}=62$		$\sigma_{0c}=58$	

(2)　一次応力

（単位：MPa）

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$	$\sigma_{\phi 1}=40$	$\sigma_{x 1}=20$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
運転時質量による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}=10$	$\sigma_{x 3}=10$	$\sigma_{\phi 3}=10$	$\sigma_{x 3}=10$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}=8$	$\sigma_{x 7 1}=8$	$\sigma_{\phi 7 1}=8$	$\sigma_{x 7 1}=8$
水平方向地震 による応力	引張り	— — —	— — —	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}=12$ $\sigma_{\phi 4 1 2}=3$ $\sigma_{\phi 4 1}=14$	$\sigma_{x 4 1 1}=5$ $\sigma_{x 4 1 2}=3$ $\sigma_{x 4 1}=11$	$\sigma_{\phi 5 1}=13$	$\sigma_{x 5 1}=29$
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=12$		$\tau_{c}=4$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}=93$		$\sigma_{1c}=105$	

(3)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 71}=8$ $\sigma_{\phi 72}=24$	$\sigma_{x 71}=8$ $\sigma_{x 72}=14$	$\sigma_{\phi 71}=8$ $\sigma_{\phi 72}=24$	$\sigma_{x 71}=8$ $\sigma_{x 72}=14$
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 41}=14$	$\sigma_{x 41}=11$	$\sigma_{\phi 51}=13$	$\sigma_{x 51}=29$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 421}=14$ $\sigma_{\phi 422}=9$	$\sigma_{x 421}=26$ $\sigma_{x 422}=5$	$\sigma_{\phi 52}=85$	$\sigma_{x 52}=41$
		—	—			$\sigma_{\phi 42}=22$	$\sigma_{x 42}=31$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=12$		$\tau_{c}=4$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=171$		$\sigma_{2c}=258$	

1.3.2　脚に生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S4}=2$	$\sigma_{S4}=2$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{S2}=27$	$\sigma_{S3}=10$
	せん断	—	—	$\tau_{S2}=12$	$\tau_{S3}=8$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{S\ell}=37$	$\sigma_{Sc}=19$

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=51$	$\sigma_{b2}=44$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b1}=40$	$\tau_{b2}=24$

1.4 結論

1.4.1固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

1.4.2応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM490B	一次一般膜	σ_0＝62	S_a＝277	σ_0＝62	S_a＝277
		一次	σ_1＝105	S_a＝415	σ_1＝105	S_a＝415
		一次＋二次	σ_2＝258	S_a＝615	σ_2＝258	S_a＝615
脚	SS400	組合せ	σ_S＝37	f_t＝241	σ_S＝37	f_t＝276
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b＝51	f_{ts}＝173*	σ_b＝51	f_{ts}＝207*
		せん断	τ_b＝40	f_{sb}＝133	τ_b＝40	f_{sb}＝159

すべて許容応力以下である。

注記＊：$fts=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. -8.10* (0.P. -7.10)	[redacted]		—	—	C_H＝1.04	C_v＝0.72	1.18	70	60

注記＊：基準床レベルを示す。

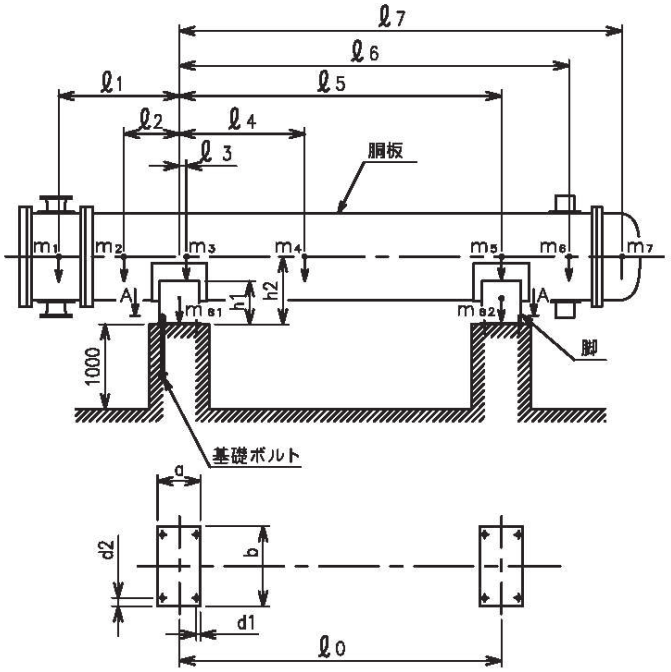
2.2 機器要目

m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)
[redacted]						

ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1562	−788	6	1913	3804	4598	5119	5.556×10^7	3.024×10^7	9.029×10^4	6.313×10^4

m_o (kg)	m_{s1} (kg)	m_{s2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (N・mm)	h_2 (N・mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
[redacted]			1000	15.0	30.0*1	3800	520	800	0.400	200

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_O (rad)	θ (rad)
450	225	3.686×10^9	3.648×10^8	8.190×10^6	1.621×10^6	2.127	1.369



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_S (mm^2)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	A_{S3} (mm^2)	A_{S4} (mm^2)
3.523×10^4	201000*4	77300*4	1.924×10^4	1.444×10^4	1.443×10^4	1.258×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	500	950	36 (M36)	1.018×10^3	50	100

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(脚) (MPa)	S_u(脚) (MPa)	F(脚) (MPa)	F*(脚) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
307*3 (厚さ≦16mm)	461*3 (厚さ≦16mm)	—	237*4 (厚さ≦16mm)	389*4 (厚さ≦16mm)	—	272	227*4 (16mm＜径≦40mm)	389*4 (16mm＜径≦40mm)	—	272

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。
＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。
＊3：最高使用温度で算出
＊4：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1胴に生じる応力

(1)一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝40	$\sigma_{x 1}$＝20	$\sigma_{\phi 1}$＝40	$\sigma_{x 1}$＝20
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}$＝16	—	$\sigma_{x 6}$＝16
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}$＝4	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}$＝62		σ_{0c}＝58	

(2)一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝40	$\sigma_{x 1}$＝20	$\sigma_{\phi 1}$＝40	$\sigma_{x 1}$＝20
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—	$\sigma_{\phi 2}$＝0	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}$＝16	—	$\sigma_{x 6}$＝16
運転時質量による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}$＝10	$\sigma_{x 3}$＝10	$\sigma_{\phi 3}$＝10	$\sigma_{x 3}$＝10
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}$＝8	$\sigma_{x 7 1}$＝8	$\sigma_{\phi 7 1}$＝8	$\sigma_{x 7 1}$＝8
水平方向地震 による応力	引張り	— — —	— — —	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}$＝12 $\sigma_{\phi 4 1 2}$＝3 $\sigma_{\phi 4 1}$＝14	$\sigma_{x 4 1 1}$＝5 $\sigma_{x 4 1 2}$＝3 $\sigma_{x 4 1}$＝11	$\sigma_{x 5 1}$＝13	$\sigma_{x 5 1}$＝29
	せん断	—		—		τ_{ℓ}＝12		τ_{c}＝4	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}$＝93		σ_{1c}＝105	

(3)地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=16$	—	$\sigma_{x 6}=16$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		— —	— —	— —	— —	$\sigma_{\phi 7 1}=8$ $\sigma_{\phi 7 2}=24$	$\sigma_{x 7 1}=8$ $\sigma_{x 7 2}=14$	$\sigma_{\phi 7 1}=8$ $\sigma_{\phi 7 2}=24$	$\sigma_{x 7 1}=8$ $\sigma_{x 7 2}=14$
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1}=14$	$\sigma_{x 4 1}=11$	$\sigma_{\phi 5 1}=13$	$\sigma_{x 5 1}=29$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 4 2 1}=14$ $\sigma_{\phi 4 2 2}=9$	$\sigma_{x 4 2 1}=26$ $\sigma_{x 4 2 2}=5$	$\sigma_{\phi 5 2}=85$	$\sigma_{x 5 2}=41$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 2}=22$	$\sigma_{x 4 2}=31$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=12$		$\tau_{c}=4$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=171$		$\sigma_{2c}=258$	

2.3.2　脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S1}=3$	$\sigma_{S1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{S4}=2$	$\sigma_{S4}=2$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{S2}=27$	$\sigma_{S3}=10$
	せん断	—	—	$\tau_{S2}=12$	$\tau_{S3}=8$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s\ell}=37$	$\sigma_{Sc}=19$

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=51$	$\sigma_{b2}=44$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b1}=40$	$\tau_{b2}=24$

2.4 結論

2.4.1　固有周期　　（単位：ｓ）

方向	固有周期
長手方向	
横方向	
鉛直方向	

2.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM490B	一次一般膜	—	—	σ_0＝62	S_a＝277
		一次	—	—	σ_1＝105	S_a＝415
		一次＋二次	—	—	σ_2＝258	S_a＝615
脚	SS400	組合せ	—	—	σ_S＝37	f_t＝272
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝51	f_{ts}＝204*
		せん断	—	—	τ_b＝40	f_{sb}＝157

すべて許容応力以下である。

注記＊：$fts=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-5-7-2-2　高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの

耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 7
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 7
5. 評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

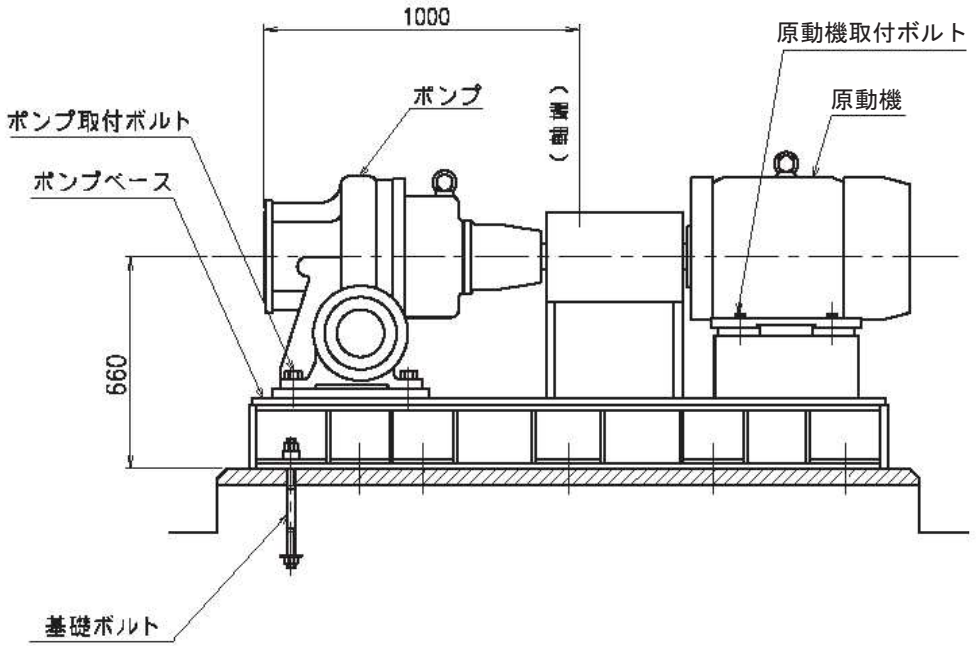
なお，高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	うず巻形	

（単位：mm）

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	S	Non*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊1：クラス 3 ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス 3 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス 2 ポンプ*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス2ポンプの支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	50			－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			－
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			－

表 3-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	60			－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			－
原動機取付ボルト		周囲環境温度	60			－

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの動的機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	水平	軸直角方向	3.2
			軸方向	1.4
		鉛直	1.0	
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	4.7	
		鉛直	1.0	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	S	原子炉建屋 0.P. -8.10*1	－*2	－*2	－*3	－*3	C_H ＝0.99	C_V ＝0.69		70	50

注記　＊1：基準床レベルを示す。
　　＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。
　　＊3：ⅢASについては、基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト (ｉ＝1)							12	6
								2
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (ｉ＝3)							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (ｉ＝1)					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)					—	軸	—
原動機取付ボルト (ｉ＝3)					—	軸直角	2.546×10^5

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記　＊1：最高使用温度で算出
　　＊2：周囲環境温度で算出
　　＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝7	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝7	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝159
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝153*	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝184*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝118	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝141
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	σ_{b3}＝8	f_{ts3}＝173*	σ_{b3}＝8	f_{ts3}＝207*
		せん断	τ_{b3}＝6	f_{sb3}＝133	τ_{b3}＝6	f_{sb3}＝159

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]より算出

1.4.2　動的機能の評価結果　　（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角) 1.4(軸)
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.57	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. -8.10*1	－*2	－*2	－	－	C_H ＝0.99	C_V ＝0.69		70	60

注記　＊1：基準床レベルを示す。
　　＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *3 (mm)	ℓ_{2i} *3 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *3
基礎ボルト（ｉ＝1）							12	6
								2
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）							4	2
								2
原動機取付ボルト（ｉ＝3）							4	2
								2

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（ｉ＝1）					—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）					—	軸	—
原動機取付ボルト（ｉ＝3）					—	軸直角	2.546×10^5

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記　＊1：最高使用温度で算出
　　＊2：周囲環境温度で算出
　　＊3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	—	—	σ_{b1}＝7	f_{ts1}＝204*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝4	f_{sb1}＝157
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	—	—	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝141
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	—	—	σ_{b3}＝8	f_{ts3}＝204*
		せん断	—	—	τ_{b3}＝6	f_{sb3}＝157

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi} ＝ Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

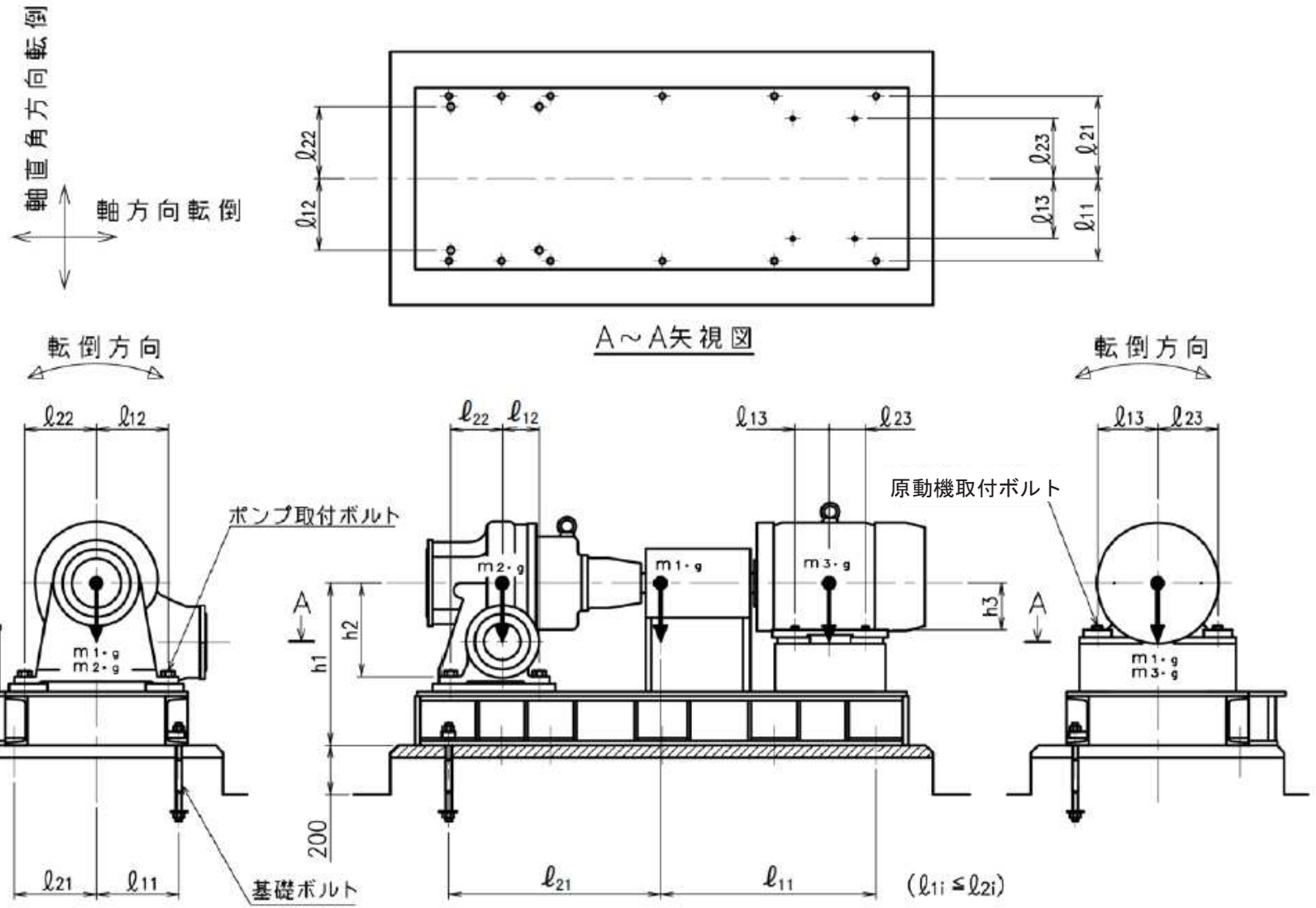
2.4.2　動的機能の評価結果　　（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	3.2(軸直角) 1.4(軸)
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.57	1.0

注記　＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は，すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


軸直角方向転倒
軸方向転倒
ℓ22
ℓ12
ℓ23
ℓ21
ℓ13
ℓ11
A～A矢視図
転倒方向
転倒方向
ポンプ取付ボルト
原動機取付ボルト
m1・g
m2・g
m3・g
h1
h2
h3
A
200
基礎ボルト
(ℓ1i ≦ ℓ2i)

VI-2-5-7-2-4　高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクは，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

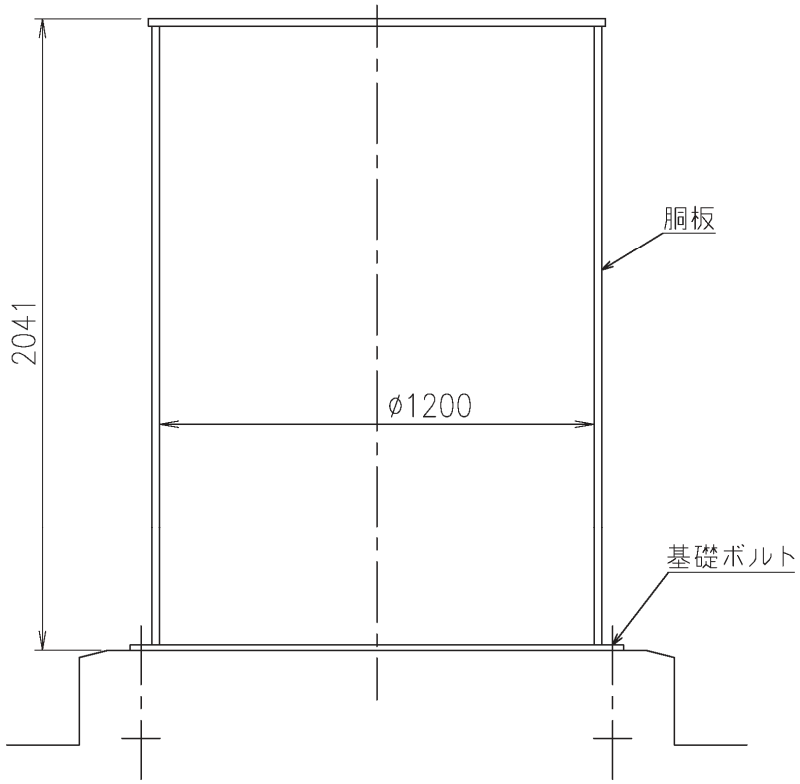
なお，高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	上面及び下面に平板を有するたて置円筒形	 (単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位:s)

水平			
鉛直			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	S	クラス 3 容器*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等*2クラス 2 容器	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。
＊2：重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。
＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（クラス 2，3 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，ＡＳＳ及びＨＮＡについては上記の値と 1.2・Ｓのうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	＊3 Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y 以下であれば疲労解析は不要。	
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			Ｓｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM400B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	－	233	383	－
基礎ボルト	SS400（径≦16mm）	周囲環境温度	50	－	241	394	－

表 4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（ＲＴ）（MPa）
胴板	SM400B（厚さ≦16mm）	最高使用温度	70	－	233	383	－
基礎ボルト	SS400（径≦16mm）	周囲環境温度	66	－	234	385	－

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	S	原子炉建屋 0.P. 22.50	[redacted]		—*1	—*1	C_H＝2.12	C_V＝1.56	静水頭	70	50	1.00

注記＊1：III_ASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

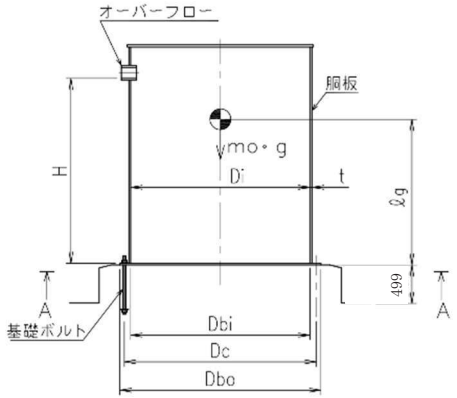
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]		1200	9.0	200000*1	77000*1	1021	1835	15	12

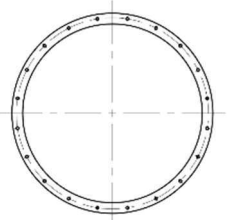
D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	M_s (N・mm)	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
1400	1550	1200	16 (M16)	201.1	—	7.429×10^7

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F＊（基礎ボルト） (MPa)
233*1 (厚さ≦16mm)	383*1	—	241*2 (径≦16mm)	394*2	241	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		$\sigma_{\phi 1}$＝2	σ_{x1}＝0	—	$\sigma_{\phi 1}$＝2	σ_{x1}＝0	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$＝2	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝2	—	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x2}＝1	—	—	σ_{x2}＝1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	σ_{x3}＝1	—	—	σ_{x3}＝1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}＝8	τ＝5	—	σ_{x4}＝8	τ＝5
応力の和	引張側	σ_ϕ＝3	σ_{xt}＝8	—	σ_ϕ＝3	σ_{xt}＝8	—
	圧縮側	σ_ϕ＝-3	σ_{xc}＝9	—	σ_ϕ＝-3	σ_{xc}＝9	—
組合せ応力	引張り	σ_{ot}＝10			σ_{ot}＝10		
	圧縮	σ_{oc}＝10			σ_{oc}＝10		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{\phi 2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	—	$\sigma_{\phi 2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	—
水平方向地震による応力		—	$\sigma_{x4}=8$	$\tau=5$	—	$\sigma_{x4}=8$	$\tau=5$
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}=2$	$\sigma_{2xt}=8$	—	$\sigma_{2\phi}=2$	$\sigma_{2xt}=8$	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}=-2$	$\sigma_{2xc}=8$	—	$\sigma_{2\phi}=-2$	$\sigma_{2xc}=8$	—
組合せ応力（変動値）	引張り	$\sigma_{2t}=20$			$\sigma_{2t}=20$		
	圧縮	$\sigma_{2c}=19$			$\sigma_{2c}=19$		

1.3.2　基礎ボルトに生じる応力　（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	$\sigma_b=74$	$\sigma_b=74$
せん断応力	$\tau_b=31$	$\tau_b=31$

1.4　結論

1.4.1　固有周期　（単位：ｓ）

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2　応力　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	$\sigma_0=10$	$S_a=230$	$\sigma_0=10$	$S_a=230$
		一次＋二次	$\sigma_2=20$	$S_a=466$	$\sigma_2=20$	$S_a=466$
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$	
			0.04　（無次元）		0.04　（無次元）	
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b=74$	$f_{ts}=180^*$	$\sigma_b=74$	$f_{ts}=207^*$
		せん断	$\tau_b=31$	$f_{sb}=139$	$\tau_b=31$	$f_{sb}=159$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	常設/防止（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P. 22.50	[redacted]		—	—	C_H＝2.12	C_V＝1.56	静水頭	70	66	1.00

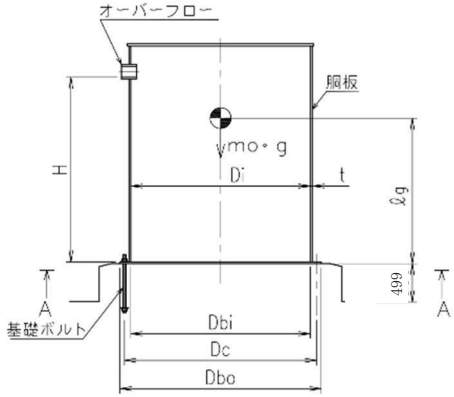
2.2　機器要目

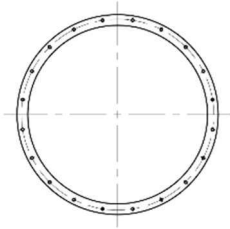
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]		1200	9.0	200000*1	77000*1	1021	1835	15	12

D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	M_s (N・mm)	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
1400	1550	1200	16 (M16)	201.1	—	7.429×10^7

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
233*1 （厚さ≦16mm ）	383*1	—	234*2 （径≦16mm ）	385*2	—	270

注記＊1：最高使用温度で算出
　　＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝2	σ_{x1}＝0	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝2	—	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x2}＝1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	—	—	—	σ_{x3}＝1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}＝8	τ＝5
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}＝3	σ_{xt}＝8	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}＝-3	σ_{xc}＝9	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{ot}＝10		
	圧縮	—			σ_{oc}＝10		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x4}=8$	$\tau=5$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=2$	$\sigma_{2xt}=8$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=-2$	$\sigma_{2xc}=8$	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			$\sigma_{2t}=20$		
	圧縮	—			$\sigma_{2c}=19$		

2.3.2基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	$\sigma_b=74$
せん断応力	—	$\tau_b=31$

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：ｓ)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=10$	$S_a=230$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_2=20$	$S_a=466$
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	—		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$	
			—		0.04　(無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=74$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=31$	$f_{sb}=155$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-6　計測制御系統施設の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-6-4　ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-6-4　ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-6-4-1　ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-6-4-1　ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-6-4-1-2　ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-6-4-1-2　ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1　構造強度評価方法 ····· 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5. 評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，ほう酸水注入系貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ほう酸水注入系貯蔵タンクは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象設備及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

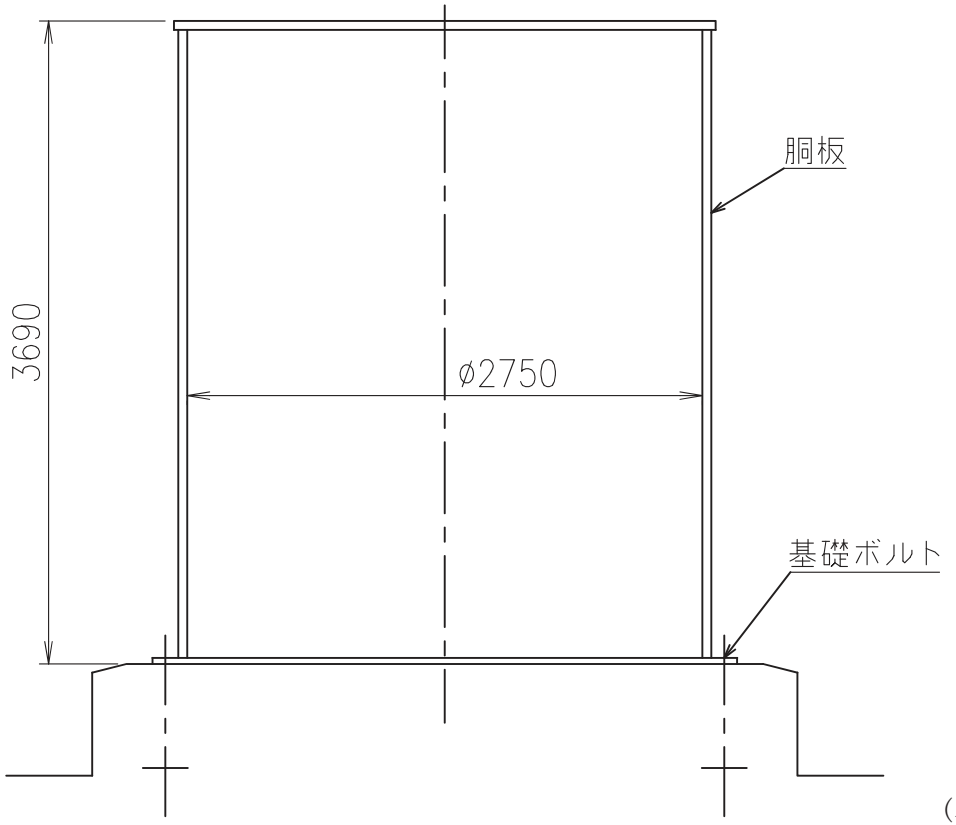
なお，ほう酸水注入系貯蔵タンクは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	上面及び下面に平板を有するたて置円筒形	

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位:s)

水平	[redacted]
鉛直	[redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水注入系貯蔵タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

ほう酸水注入系貯蔵タンクの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき，表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系貯蔵タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	クラス２容器*1	$D+P_D+M_D+S_d$ *	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス２容器の支持構造物を含む。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*2	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等*3 クラス２容器	$D+P_D+M_D+S_s$ *4	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる）
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備 ほう酸水注入系	ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震／防止	重大事故等*3 クラス２容器	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる）
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備 ほう酸水注入系	ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設／緩和	重大事故等*3 クラス２容器	$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる）

注記＊2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊3：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊4：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（クラス 2，3 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	Ｓｙと0.6・Ｓｕの小さい方。 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記の値と 1.2・Ｓのうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動Ｓｄ又は基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。*3 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。	
$Ⅳ_AS$	0.6・Ｓｕ	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる）			基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い， 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・Ｓｙを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300(PVB-3313 を除く。Ｓｍは 2/3・Ｓｙと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・ｆｔ	1.5・ｆｔ	1.5・ｆｓ
$Ⅳ_AS$	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
V_AS （V_AS として右に示す$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる）			

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
胴板	SUS304	最高使用温度	66	126	188	479	205
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	－	231	394	－

表 4-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
胴板	SUS304	最高使用温度	66	126	188	479	205
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	66	－	225	385	－

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	原子炉建屋 OP 22.50*1 (OP 23.105)	[redacted]	[redacted]	－*2	－*2	C_H＝2.15	Ｃｖ＝1.58	静水頭	66	50	1.07

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：III_AＳについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2 機器要目

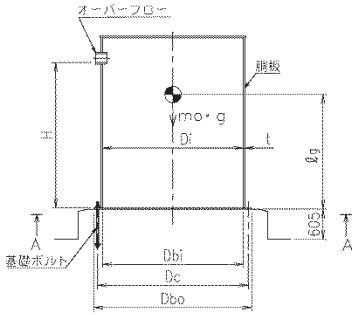
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]	[redacted]	2750	6.0	192000*1	73700*1	1706	3405	15	20

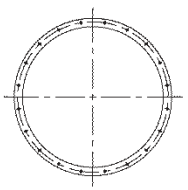
D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Ms(N・mm)	
					弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 Ss
2900	3040	2750	24 (M24)	452.4	－	8.885×10^8

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	Ｓｕ(基礎ボルト) (MPa)	Ｆ(基礎ボルト) (MPa)	Ｆ*(基礎ボルト) (MPa)
188*1	479*1	126*1	231*2 (16mm＜径≦40mm)	394*2	231	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		$\sigma_{\phi 1}$＝9	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝9	—	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$＝13	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝13	—	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x2}＝1	—	—	σ_{x2}＝1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	σ_{x3}＝1	—	—	σ_{x3}＝1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}＝25	τ＝20	—	σ_{x4}＝25	τ＝20
応力の和	引張側	σ_ϕ＝22	σ_{xt}＝26	—	σ_ϕ＝22	σ_{xt}＝26	—
	圧縮側	σ_ϕ＝-22	σ_{xc}＝27	—	σ_ϕ＝-22	σ_{xc}＝27	—
組合せ応力	引張り	σ_{ot}＝44			σ_{ot}＝44		
	圧縮	σ_{oc}＝34			σ_{oc}＝34		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{\phi 2}$＝13	σ_{x3}＝1	—	$\sigma_{\phi 2}$＝13	σ_{x3}＝1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}＝25	τ＝20	—	σ_{x4}＝25	τ＝20
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}$＝13	σ_{2xt}＝26	—	$\sigma_{2\phi}$＝13	σ_{2xt}＝26	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}$＝-13	σ_{2xc}＝26	—	$\sigma_{2\phi}$＝-13	σ_{2xc}＝26	—
組合せ応力（変動値）	引張り	σ_{2t}＝81			σ_{2t}＝81		
	圧縮	σ_{2c}＝69			σ_{2c}＝69		

1.3.2　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	σ_b＝121	σ_b＝121
せん断応力	τ_b＝58	τ_b＝58

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：ｓ)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS304	一次一般膜	σ_0＝44	S_a＝188	σ_0＝44	S_a＝287
		一次＋二次	σ_2＝81	S_a＝377	σ_2＝81	S_a＝377
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$	
			0.21　(無次元)		0.21　(無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b＝121	f_{ts}＝150*	σ_b＝121	f_{ts}＝197*
		せん断	τ_b＝58	f_{sb}＝133	τ_b＝58	f_{sb}＝159

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 OP 22.50*1 (OP 23.105)	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H＝2.15	Ｃｖ＝1.58	静水頭	66	66	1.07

注記＊1：基準床レベルを示す。

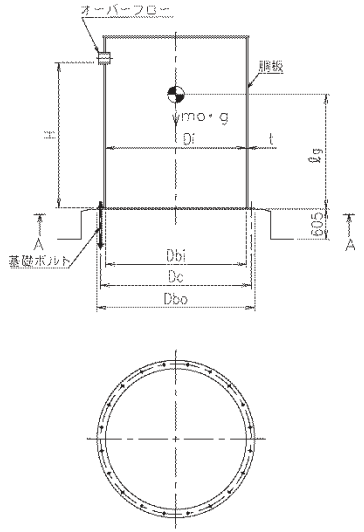
2.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]	[redacted]	2750	6.0	192000*1	73700*1	1706	3405	15	20

D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Ms(N・mm)	
					弾性設計用地震動 Sd 又は静的震度	基準地震動 Ss
2900	3040	2750	24 (M24)	452.4	－	8.885×10^8

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	Ｓｕ(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F *(基礎ボルト) (MPa)
188*1	479*1	126*1	225*2 (16mm＜径≦40mm)	385*2	－	270

注記＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出



A～A矢視図

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝9	—	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝13	—	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x2}＝1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	—	—	—	σ_{x3}＝1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}＝25	τ＝20
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}＝22	σ_{xt}＝26	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}＝-22	σ_{xc}＝27	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{ot}＝44		
	圧縮	—			σ_{oc}＝34		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値　　(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝13	σ_{x3}＝1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}＝25	τ＝20
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$＝13	σ_{2xt}＝26	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$＝-13	σ_{2xc}＝26	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}＝81		
	圧縮	—			σ_{2c}＝69		

2.3.2　基礎ボルトに生じる応力　　(単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_b＝121
せん断応力	—	τ_b＝58

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：ｓ)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS304	一次一般膜	—	—	σ_0＝44	S_a＝287
		一次＋二次	—	—	σ_2＝81	S_a＝377
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{fc}+\frac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b}\leqq 1$	
			—		0.21	(無次元)
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝121	f_{ts}＝190*
		せん断	—	—	τ_b＝58	f_{sb}＝155

すべて許容応力以下である。

注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b, f_{to}]$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-9　原子炉格納施設の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-9-4　圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-9-4　圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-9-4-6　圧力逃がし装置の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-9-4-6　圧力逃がし装置の耐震性についての計算書

目　次

Ⅵ-2-9-4-6-1　原子炉格納容器フィルタベント系の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-9-4-6-1　原子炉格納容器フィルタベント系の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-9-4-6-1-2　フィルタ装置の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-9-4-6-1-2　フィルタ装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 3
2.4 記号の説明 4
2.5 計算精度と数値の丸め方 13
3. 評価部位 13
4. 固有周期 14
4.1 固有周期の計算方法 14
4.2 固有周期の計算条件 22
4.3 固有周期の計算結果 22
5. 構造強度評価 23
5.1 構造強度評価方法 23
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 23
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 23
5.2.2 許容応力 23
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 23
5.3 計算条件 23
5.4 計算方法 28
5.4.1 胴の応力 28
5.4.2 ラグの応力 43
5.4.3 ボルトの応力 46
6. 評価結果 48
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 48
7. 引用文献 61

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している設計方針に基づき，フィルタ装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

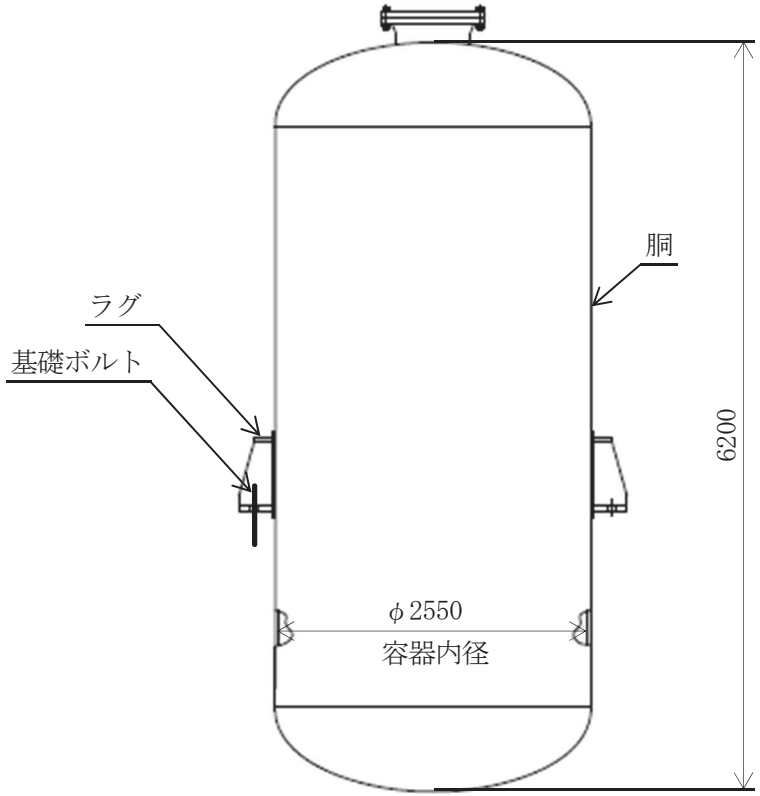
フィルタ装置は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		構造計画図
基礎・支持構造	主体構造	
胴を 4 個のラグで支持し，ラグをそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	上面及び下面に鏡板を有するたて置円筒形	 (単位：mm)

2.2　評価方針

フィルタ装置の応力評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1 構造計画」にて示すフィルタ装置の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において，「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを，「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

フィルタ装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

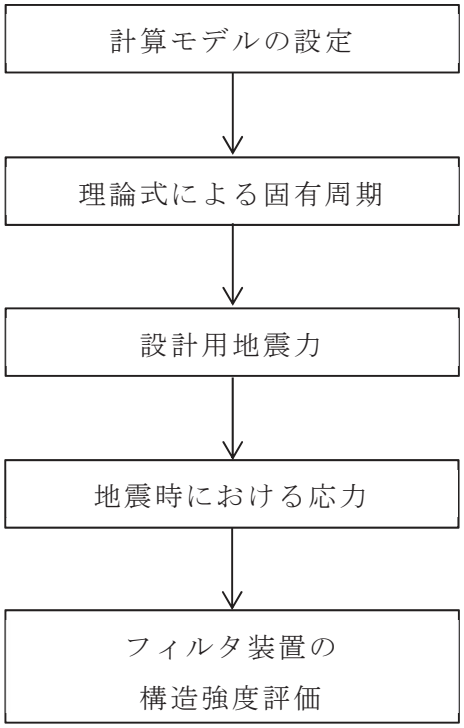


図 2-1　フィルタ装置の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１-2005/2007）

2.4　記号の説明

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　　位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
A_{be}	ボルトの有効断面積	mm^2
A_e	胴の有効せん断断面積	mm^2
A_{s1}	鉛直方向荷重に対するラグのせん断断面積	mm^2
A_{s2}	円周方向荷重に対するラグのせん断断面積	mm^2
a	ラグの半径方向端面から胴板の厚さの中心までの距離	mm
b	ラグの半径方向端面からボルト中心までの距離	mm
C_1	ラグの胴つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1(胴の周方向)	mm
C_2	ラグの胴つけ根部のアタッチメントの幅の2分の1(胴の軸方向)	mm
C_{cj}	周方向モーメントによる応力の補正係数（引用文献（2）より得られる値)（j＝1：周方向応力，j＝2：軸方向応力）	－
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
$C_{\ell j}$	鉛直方向モーメントによる応力の補正係数（引用文献（2）より得られる値)（j＝1：周方向応力，j＝2：軸方向応力）	－
c	基礎又は架台端面からボルト中心までの距離	mm
D_i	胴の内径	mm
d	ボルト中心間の距離	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E_b	ボルトの縦弾性係数	MPa
e	ラグ底板幅の2分の1	mm
F	設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_0	振動モデル系における水平力	N
F_1	振動モデル系の上部重心における水平力	N
F_2	振動モデル系の下部重心における水平力	N
F_{01}	運転時質量によりボルトに作用する鉛直方向反力	N
F_{01D}	鉛直下向き地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	N
F_{01U}	鉛直上向き地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	N
F_{01V}	鉛直方向地震力によりボルトに作用する鉛直方向反力	N

記　号	記　号　の　説　明	単　位
F_{02}	運転時質量により基礎又は架台端面に作用する鉛直方向反力	N
F_{11}	水平力F_1及びF_2により第1ラグのボルトに作用する鉛直方向反力	N
F_{12}	水平力F_1及びF_2により第1ラグの半径方向端面に作用する鉛直方向反力	N
F_{21}	水平力F_1及びF_2による第3ラグのボルトに作用する鉛直方向反力	N
F_{22}	水平力F_1及びF_2による第3ラグの基礎又は架台端面に作用する鉛直方向反力	N
F_{31}，F_{32}	水平力F_1及びF_2による第2ラグ及び第4ラグのボルトに作用する鉛直方向反力（図4-4に示す鉛直方向反力）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	ラグの許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
H	水頭	mm
H_1	ラグのアタッチメント中心より上部重心までの距離	mm
H_2	ラグのアタッチメント中心より下部重心までの距離	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm^4
K_c	胴のラグつけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ばね定数（引用文献(1)より得られる値）	－
K_ℓ	胴のラグつけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数（引用文献(1)より得られる値）	－
k_c，k_ℓ	引用文献(1)によるアタッチメントパラメータの周方向及び軸方向の補正係数	－
k_1	胴の中心軸の傾きに対するばね定数	N・mm/rad
k_2	胴の中心軸の水平移動に対するばね定数	N/mm
k_3	上部胴の曲げ及びせん断による変形ばね定数	N/mm
k_4	下部胴の曲げ及びせん断による変形ばね定数	N/mm
L_b	ボルトの有効長さ	mm
M_1，M_2	水平力F_1及びF_2による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　　位
M_3	水平力F_1及びF_2による胴のラグつけ根部のねじりモーメント	N・mm
M_c	水平力F_1及びF_2による胴のラグつけ根部の周方向モーメント	N・mm
M_ℓ	運転時質量による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$M_{\ell D}$	鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$M_{\ell U}$	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
$M_{\ell V}$	鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
m_0	容器の運転時質量	kg
m_1	ラグのアタッチメント中心より上部の運転時質量	kg
m_2	ラグのアタッチメント中心より下部の運転時質量	kg
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
n	ラグ1個当たりのボルトの本数	―
P_r	最高使用圧力	MPa
Q	水平力F_1及びF_2による胴のラグつけ根部の周方向荷重	N
R	運転時質量によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
R_1	水平力F_1及びF_2によるラグつけ根部の鉛直方向反力	N
R_D	鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向反力	N
R_U	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向反力	N
R_V	鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の鉛直方向反力	N
r_m	胴の平均半径	mm
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
T	固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
Z_{sp}	ラグのねじり断面係数	mm^3
$Z_{s\ell}$	ラグの半径方向軸に対する断面係数	mm^3
Z_{st}	ラグの周方向軸に対する断面係数	mm^3

記　号	記　号　の　説　明	単　位
Δ_{x1}	水平力F_1及びF_2による胴の中心軸の水平方向変位量	mm
Δ_{x2}	水平力F_1による上部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変位量	mm
Δ_{x3}	水平力F_2による下部胴の曲げ及びせん断変形による水平方向変位量	mm
β，β_1，β_2，β_c，β_ℓ	引用文献（2）によるアタッチメントパラメータ	－
γ	引用文献（2）によるシェルパラメータ	－
δ_{11}	上部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm
δ_{12}	下部重心へ単位水平力をかけた場合の上部重心の水平方向変位量	mm
δ_{21}	上部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm
δ_{22}	下部重心へ単位水平力をかけた場合の下部重心の水平方向変位量	mm
ε	拘束係数（ラグの回転を拘束する場合：1，ラグの回転を拘束しない場合：0）	－
θ	水平力F_1及びF_2による胴の中心軸の傾き角	rad
θ_0	運転時質量による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_{0U}	鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_1	水平力F_1及びF_2による胴の第1ラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_2	水平力F_1及びF_2による胴の第3ラグつけ根部の局部傾き角	rad
θ_3	水平力F_1及びF_2による胴の第2ラグ及び第4ラグの周方向ねじれ角	rad
θ_{s0}	運転時質量によるラグの基礎又は架台に対する傾き角	rad
θ_{s0U}	鉛直上向き地震力によるラグの基礎又は架台に対する傾き角	rad
θ_{s1}	水平力F_1及びF_2による第1ラグの基礎又は架台に対する傾き角	rad
θ_{s2}	水平力F_1及びF_2による第3ラグの基礎又は架台に対する傾き角	rad

記　号	記　号　の　説　明	単　位
π	円周率	－
ρ'	液体の密度（＝比重×10^{-6}）	kg/mm^3
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0x}	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_2	胴の一次＋二次応力の変動値	MPa
σ_{11}，σ_{12}	Ｚ方向地震が作用した場合の胴の第1ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{13}，σ_{14}	Ｚ方向地震が作用した場合の胴の第2ラグ及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{15}，σ_{16}	Ｚ方向地震が作用した場合の胴の第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{17}，σ_{18}	Ｘ方向地震が作用した場合の胴の第1ラグ及び第4ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{19}，σ_{110}	Ｘ方向地震が作用した場合の胴の第2ラグ及び第3ラグつけ根部の第1評価点及び第2評価点における組合せ一次応力	MPa
σ_{21}～σ_{26}	水平方向地震力（Ｚ方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次＋二次応力の変動値	MPa
σ_{27}～σ_{210}	水平方向地震力（Ｘ方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の組合せ一次＋二次応力の変動値	MPa
σ_b	ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{b1}	Ｚ方向地震により第1ラグのボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{b2}	Ｚ方向地震により第2ラグ及び第4ラグのボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{b3}	Ｚ方向地震により第3ラグのボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{b4}	Ｘ方向地震により第1ラグ及び第4ラグのボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{b5}	Ｘ方向地震により第2ラグ及び第3ラグのボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{1s}	Ｚ方向地震が作用した場合の第1ラグの組合せ応力	MPa
σ_{2s}	Ｚ方向地震が作用した場合の第2ラグ及び第4ラグの組合せ応力	MPa
σ_{3s}	Ｚ方向地震が作用した場合の第3ラグの組合せ応力	MPa

記　号	記　号　の　説　明	単　位
σ_{4s}	X方向地震が作用した場合の第1ラグ及び第4ラグの組合せ応力	MPa
σ_{5s}	X方向地震が作用した場合の第2ラグ及び第3ラグの組合せ応力	MPa
σ_{s}	ラグの組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1}	運転時質量によるラグの曲げ応力	MPa
σ_{s2}	Z方向地震による第1ラグの曲げ応力	MPa
σ_{s3}	Z方向地震による第2ラグ及び第4ラグの曲げ応力	MPa
σ_{s4}	Z方向地震による第3ラグの曲げ応力	MPa
σ_{s5}	X方向地震による第1ラグ及び第4ラグの曲げ応力	MPa
σ_{s6}	X方向地震による第2ラグ及び第3ラグの曲げ応力	MPa
σ_{s7}	鉛直方向地震力によるラグの曲げ応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$，σ_{x1}	静水頭又は内圧による胴の周方向及び軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に作用する鉛直方向地震力による胴の周方向応力	MPa
σ_{x2}	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 3}$，σ_{x3}	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向応力	MPa
σ_{x4}	水平方向地震が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 5}$，σ_{x5}	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 5}$，σ_{2x5}	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 6}$，σ_{x6}	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第3ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 6}$，σ_{2x6}	Z方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第3ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 7}$，σ_{x7}	Z方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる第2ラグ及び第4ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 7}$，σ_{2x7}	Z方向地震が作用した場合の周方向モーメントによる第2ラグ及び第4ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 8}$，σ_{x8}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグ及び第4ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	MPa

記　号	記　号　の　説　明	単　位
$\sigma_{2\phi 8}$，σ_{2x8}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第1ラグ及び第4ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 9}$，σ_{x9}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2ラグ及び第3ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 9}$，σ_{2x9}	X方向地震が作用した場合の鉛直方向モーメントによる第2ラグ及び第3ラグつけ根部の胴の周方向及び軸方向二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 10}$，σ_{x10}	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ根部の周方向及び軸方向一次応力	MPa
$\sigma_{2\phi 10}$，σ_{2x10}	X方向地震が作用した場合の周方向モーメントによるラグつけ根部の周方向及び軸方向二次応力	MPa
σ_{x11}	鉛直方向地震力による胴断面に生じる引張応力	MPa
σ_{xx1}～σ_{xx6}	水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
σ_{xz1}～σ_{xz4}	水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi x1}$～$\sigma_{\phi x6}$	水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi z1}$～$\sigma_{\phi z4}$	水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
σ_{2xx1}～σ_{2xx4}	水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次応力＋二次応力	MPa
σ_{2xz1}～σ_{2xz6}	水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の軸方向一次応力＋二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi x1}$～$\sigma_{2\phi x4}$	水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次応力＋二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi z1}$～$\sigma_{2\phi z6}$	水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の胴の周方向一次応力＋二次応力	MPa
$\sigma_{\phi 12D}$，σ_{x12D}	鉛直下向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 12U}$，σ_{x12U}	鉛直上向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向の一次応力	MPa
$\sigma_{\phi 12}$，σ_{x12}	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向の一次応力	MPa

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　　位
$\sigma_{2\phi12D}$, σ_{2x12D}	鉛直下向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向の二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi12U}$, σ_{2x12U}	鉛直上向き地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向の二次応力	MPa
$\sigma_{2\phi12}$, σ_{2x12}	鉛直方向地震力により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向及び軸方向の二次応力	MPa
τ_3	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
τ_6	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
τ_{b2}	Z方向地震によりボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{b4}	X方向地震により第1ラグ及び第4ラグのボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{b5}	X方向地震により第2ラグ及び第3ラグのボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{c1}	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
τ_{c4}	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell1}$	運転時質量により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell2}$	Z方向地震により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell5}$	X方向地震により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell6D}$	鉛直下向き地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell6U}$	鉛直上向き地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
$\tau_{\ell6}$	鉛直方向地震力により胴のラグつけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{s1}	運転時質量によるラグのせん断応力	MPa
τ_{s2}	Z方向地震による第1ラグのせん断応力	MPa

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単　　位
τ_{s3}	Z方向地震による第2ラグ及び第4ラグのせん断応力	MPa
τ_{s4}	Z方向地震による第3ラグのせん断応力	MPa
τ_{s5}	X方向地震による第1ラグ及び第4ラグのせん断応力	MPa
τ_{s6}	X方向地震による第2ラグ及び第3ラグのせん断応力	MPa
τ_{s7}	鉛直方向地震力によるラグのせん断応力	MPa
ω	振動系の角速度	rad/s

2.5　計算精度と数値の丸め方

計算精度は 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		－	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
最高使用圧力		MPa	－	－	小数点以下第 3 位
温度		℃	－	－	整数位
比重		－	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
質量		kg	－	－	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	－	－	整数位*1
	胴板の厚さ	mm	－	－	小数点以下第 1 位
面積		mm^2	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*3		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記＊1 ：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2 ：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

＊3 ：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

3.　評価部位

フィルタ装置の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる胴，ラグ及び基礎ボルトについて評価を実施する。

フィルタ装置の耐震評価部位については，表 2-1 の構造計画図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

ラグによる中間支持たて置円筒形容器の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

モデル化に当たっては次の条件で行う。

a. 容器及び内容物の質量は,ラグのアタッチメントの中心を基準にして,上部側,下部側に分け，それぞれの全質量が，それぞれの重心に集中するものとする。

b. ラグの基礎への取付けは，ボルトで行っているが，ラグと基礎との取付部でボルトの伸びを考慮する。又は鉛直方向荷重に対しては，ラグと基礎との取付部でボルトの伸びを考慮する。

c. ラグは，胴の半径方向にスライド可能とし，半径方向の荷重は受けもたないものとする。

d. ラグは,円周方向の荷重に対し,基礎台にピン構造で支持されているものとし,ボルト間の中心を軸に回転し得るものとする。ただし，ラグが外部サポートの支持により回転しない構造となっている場合は，ラグの回転を無視することができるものとする。

e. 水平方向は,胴を梁と考え,変形モードは胴の曲げ及びせん断変形を考慮する。胴の鉛直方向は剛とみなす。

f. 胴板とラグとの取付部において胴板の局部変形を考慮する。

g. 地震力は，容器に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，原則として，強度評価において組合せるものとする。なお，取付ボルトにおいては，作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。

h. 本評価式は鉛直方向反力F_{11},F_{12},F_{21},F_{22}が全て正の値の場合のみ適用する。

i. 本評価式は,ラグ一つに対し,ボルトが 2 本取付けられる場合にのみ適用する。

j. 容器の胴は 4 個のラグで支持され，ラグはそれぞれ基礎にボルトで取付けられるものとする。

本容器は，前記の条件より図 4-1 に示す下中間部でばね支持をされた 2 質点系振動モデルとして考える。

(2) 固有周期

2 質点系振動の固有周期は次式で求める。

$$T=\frac{2\pi}{\omega} \quad \cdots\cdots(4.1.1)$$

ここで，振動系における角速度ωは下記に示す2質点系の自由振動の式より求める。

$$\frac{1}{10^{6}}m_{1}m_{2}(\delta_{11}\delta_{22}-\delta_{12}\delta_{21})\omega^{4}-\frac{1}{10^{3}}(\delta_{11}m_{1}+\delta_{22}m_{2})\omega^{2}+1=0 \quad \cdots\cdots(4.1.2)$$

δ_{11}及びδ_{21}は容器上部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部及び下部重心の水平変位量であり，δ_{12}及びδ_{22}は容器下部重心の位置へ単位水平力をかけた場合の上部及び下部重心の水平変位量である。

これらは，次式で求める。

$$\delta_{11}=\frac{H_{1}^{2}}{k_{1}}+\frac{1}{k_{2}}+\frac{1}{k_{3}} \quad \cdots\cdots(4.1.3)$$

$$\delta_{21}=\delta_{12}=\frac{1}{k_{2}}-\frac{H_{1}H_{2}}{k_{1}} \quad \cdots\cdots(4.1.4)$$

$$\delta_{22}=\frac{H_{2}^{2}}{k_{1}}+\frac{1}{k_{2}}+\frac{1}{k_{4}} \quad \cdots\cdots(4.1.5)$$

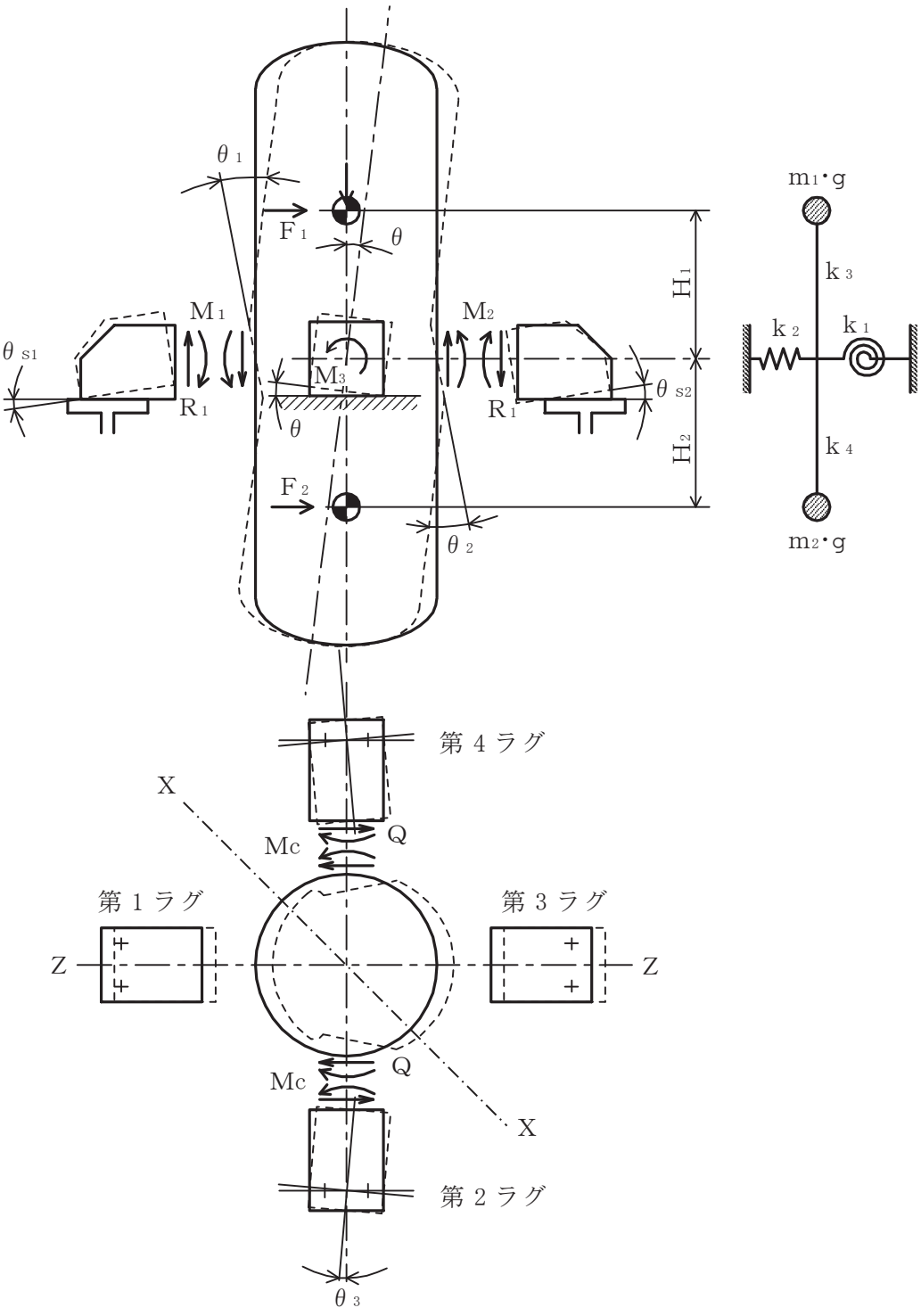


図4-1　固有周期の計算モデル

ばね定数k_1，k_2，k_3及びk_4は以下により求める。

a. 胴の中心軸の傾きに対するばね定数k_1は次式で求める。

$$k_1 = \frac{\left| F_1 H_1 - F_2 H_2 \right|}{\theta} \quad \cdots\cdots (4.1.6)$$

ここで，θはそれぞれのラグ，ボルト及び胴について荷重，モーメント及び変位量の釣合い条件の方程式を作ることにより，以下により求める。

胴への荷重，モーメント及び胴の変位量について水平力の釣合いより

$$F_0 = F_1 + F_2 = 2Q \quad \cdots\cdots (4.1.7)$$

転倒モーメントの釣合いより

$$F_1 H_1 - F_2 H_2 - M_1 - M_2 - 2M_3 - 2R_1 r_m = 0 \quad \cdots\cdots (4.1.8)$$

ここで，r_mは次式による。

$$r_m = \frac{D_i + t}{2} \quad \cdots\cdots (4.1.9)$$

転倒モーメントによる第1ラグ及び第3ラグの胴のつけ根部の局部傾き角は

$$\theta_1 = \frac{M_1 K_\ell^*}{r_m^3 \beta_\ell^2 E} \quad \cdots\cdots (4.1.10)$$

$$\theta_2 = \frac{M_2 K_\ell^*}{r_m^3 \beta_\ell^2 E} \quad \cdots\cdots (4.1.11)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合は$M_1$を$-M_1$及び$M_2$を$-M_2$に置き換える。

ここで，K_ℓは引用文献（1）に基づく（＊を付記する）胴のラグつけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数であり，シェルパラメータγ及びアタッチメントパラメータβは，以下のように定義する。

$$\gamma = r_m / t \quad \cdots\cdots (4.1.12)$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m \quad \cdots\cdots (4.1.13)$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m \quad \cdots\cdots (4.1.14)$$

$$\beta_\ell = k_\ell^* \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2} \quad \cdots\cdots (4.1.15)$$

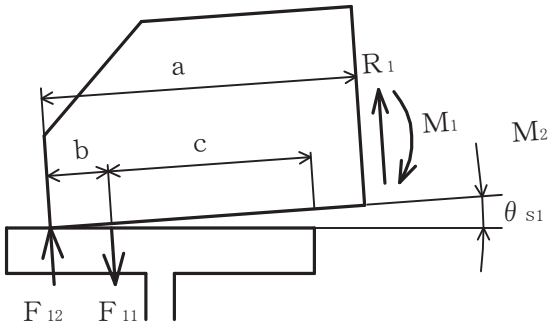


図4-2　第1ラグに作用する
モーメントと力

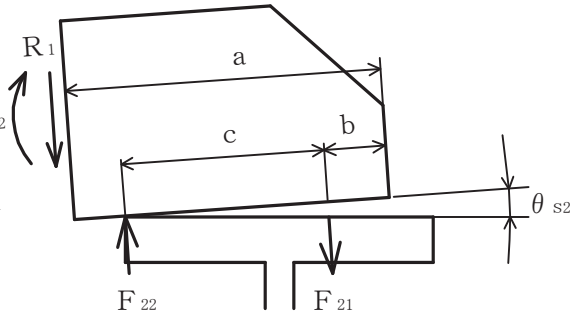


図4-3　第3ラグに作用する
モーメントと力

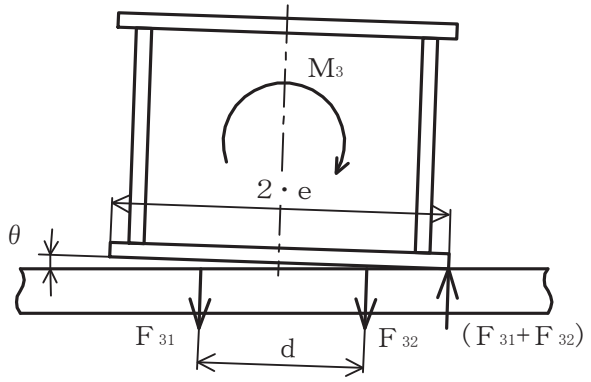


図4-4　第2ラグ及び第4ラグに作用するモーメントと力

第1ラグについて図4-2のように傾いたとき，モーメントの釣合いより

$$F_{12}a - F_{11}(a - b) + M_1 = 0 \quad \cdots\cdots (4.1.16)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合はaを（a－b－c）に置き換える。

鉛直力の平衡条件より

$$F_{12} - F_{11} + R_1 = 0 \quad \cdots\cdots (4.1.17)$$

第3ラグについて図4-3のように傾いたとき，モーメントの釣合いより

$$F_{21}(a - b) - F_{22}(a - b - c) + M_2 = 0 \quad \cdots\cdots (4.1.18)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合は（a－b－c）をaに置き換える。

鉛直力の平衡条件より

$$F_{22} - F_{21} - R_1 = 0 \quad \cdots\cdots (4.1.19)$$

第2ラグ及び第4ラグについて図4-4のように傾いたとき,モーメントの釣合いより

$$-F_{31}\frac{d}{2} + F_{32}\frac{d}{2} - \left(F_{31} + F_{32}\right)e + M_3 = 0 \quad \cdots\cdots (4.1.20)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合は左辺第3項の「$-(F_{31}+F_{32})$」を「$+(F_{31}+F_{32})$」に置き換える。

ボルトの伸びと力の関係より

$$\frac{F_{31}}{e+\frac{d}{2}}=\frac{F_{32}}{e-\frac{d}{2}} \quad \cdots\cdots(4.1.21)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合は左辺分母の「$e+\frac{d}{2}$」を「$e-\frac{d}{2}$」及び右辺分母の「$e-\frac{d}{2}$」を「$e+\frac{d}{2}$」に置き換える。

ラグの基礎又は架台に対する傾き角はボルトの伸びと力の平衡条件により求める。

第1ラグについて

$$\theta_{s1}=\frac{F_{11}L_b}{n A_{be} E_b b} \quad \cdots\cdots(4.1.22)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合はbをcに置き換える。

第3ラグについて

$$\theta_{s2}=\frac{F_{21}L_b}{n A_{be} E_b c} \quad \cdots\cdots(4.1.23)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合はcをbに置き換える。

第2ラグ及び第4ラグについて

$$\theta=\frac{F_{31}L_b}{A_{be}E_b\left(e+\frac{d}{2}\right)} \quad \cdots\cdots(4.1.24)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合は$F_{31}$を$F_{32}$に置き換える。

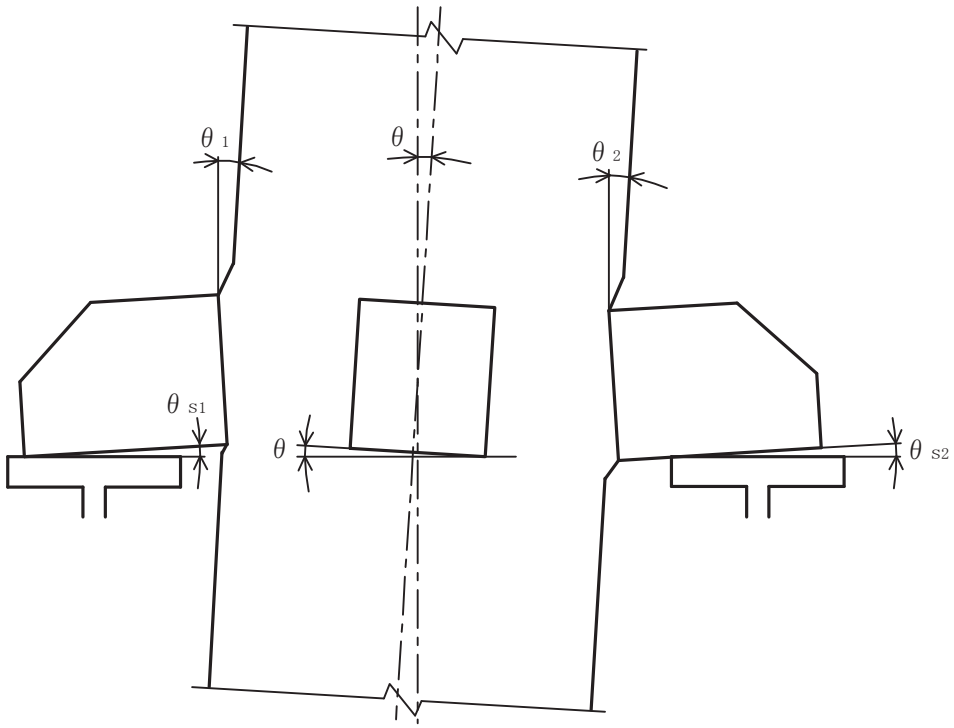


図4-5　転倒モーメントによる胴及びラグの傾き角

胴中心軸の傾き角θ，ラグつけ根部の局部傾き角θ_1及びθ_2並びにラグの基礎又は架台に対する傾き角θ_{s1}及びθ_{s2}の間には次の関係が成立する。

$$\theta_{s1}-\theta_1+\theta=0 \quad \cdots\cdots(4.1.25)$$

$$\theta_{s2}-\theta_2+\theta=0 \quad \cdots\cdots(4.1.26)$$

$$a\,\theta_{s1}-2r_m\theta+(a-b-c)\,\theta_{s2}=0 \quad \cdots\cdots(4.1.27)$$

ただし，$F_1 \cdot H_1 < F_2 \cdot H_2$の場合はaを（a－b－c）及び（a－b－c）をaに置き換える。

したがって，15 変数M_1，M_2，M_3，R_1，θ_1，θ_2，F_{11}，F_{12}，F_{21}，F_{22}，F_{31}，F_{32}，θ_{s1}，θ_{s2}及びθに対して(4.1.10)式，(4.1.11)式及び(4.1.16)式～(4.1.27)式を連立させ，胴中心軸の傾き角θが求められ，(4.1.6)式にθを代入することによりばね定数k_1が求まる。

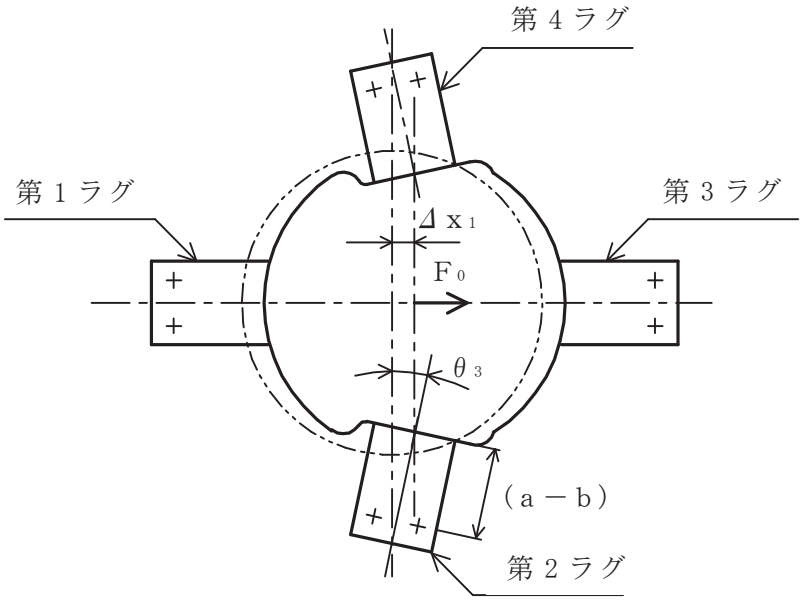


図4-6　水平力による胴の中心軸の変位量

b.　胴の水平方向移動に対するばね定数k_2は次式で求める。

$$k_2 = F_0 / \Delta_{x1} \quad \cdots\cdots (4.1.28)$$

ここで，F_0は(4.1.7)式で求められる値を用い，Δ_{x1}は

$$\Delta_{x1} = (a - b)\,\theta_3 \quad \cdots\cdots (4.1.29)$$

θ_3は(4.1.7)式で求められるQの値を用いることにより以下により求める。

第2ラグ及び第4ラグの曲げモーメントの釣合いにより

$$M_c = Q\,(a - b)(1 - \varepsilon) \quad \cdots\cdots (4.1.30)$$

水平力による第2ラグ及び第4ラグの胴のつけ根部の局部傾き角は，(4.1.10)式のθ_1又は(4.1.11)式のθ_2と同様にして，シェルパラメータγ及びアタッチメントパラメータβによって引用文献(1)の表より値を求めることにより次式で求める。

$$\theta_3 = \frac{M_c K_c^*}{r_m^3 \beta_c^2 E} \quad \cdots\cdots (4.1.31)$$

ここで，βは次式による。

$$\beta_c = k_c^* \sqrt[3]{\beta_1^2 \beta_2} \quad \cdots\cdots (4.1.32)$$

c.　水平力による上部側の胴の曲げ及びせん断による変形ばね定数k_3は次式で求める。

$$k_3 = F_1 / \Delta_{x2} \quad \cdots\cdots (4.1.33)$$

ここで，Δ_{x2}は次式による。

$$\Delta_{x2} = \frac{F_1 H_1^3}{3EI} + \frac{F_1 H_1}{GA_e} \quad \cdots\cdots (4.1.34)$$

胴の断面性能は次のように求める。

$$I = \frac{\pi}{8}\left(D_i + t\right)^3 t \quad \cdots\cdots (4.1.35)$$

$$A_e = \frac{2}{3}\pi\left(D_i + t\right) t \quad \cdots\cdots (4.1.36)$$

d.　水平力による下部側の胴の曲げ及びせん断変形によるばね定数k_4は次式で求める。

$$k_4 = F_2 / \Delta_{x3} \quad \cdots\cdots (4.1.37)$$

ここで，Δ_{x3}は次式で求める。

$$\Delta_{x3} = \frac{F_2 H_2^3}{3EI} + \frac{F_2 H_2}{GA_e} \quad \cdots\cdots (4.1.38)$$

以上より振動系の角速度ωが求められ，(4.1.1)式にωを代入することにより固有周期Tが求まる。

4.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.3　固有周期の計算結果

計算の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表4-1に示す。

表4-1　固有周期(s)

水平方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

フィルタ装置の構造強度評価は，「5.4 計算方法」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

5.2.2 許容応力

フィルタ装置の許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表5-2及び表5-3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-4に示す。

5.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表5-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	フィルタ装置	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	フィルタ装置	常設／緩和	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス2容器の支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2　許容応力（重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1, 2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅳ_AS$	$0.6・S_u$	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。*3 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が$2・S_y$以下であれば，疲労解析は不要。	
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）				

注記＊1：座屈による評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：$2・S_y$を超えるときは弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは $2/3・S_y$と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 5-3　許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_AS として$Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）			

注記＊1 ：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2 ：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（ＲＴ） (MPa)
胴	SUS316L	最高使用温度	200	107	120	407	—
ラグ	SUS316L	周囲環境温度	66	—	159	459	175
基礎ボルト	SUS630 (□)	周囲環境温度	66	—			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.4　計算方法

5.4.1　胴の応力

応力計算における水平方向と鉛直方向の組合せについて，本評価においては絶対値和法を用いる。

(1)　静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震動を含む）

$$\sigma_{\phi 1}=\frac{\rho' \ g H D_i}{2t} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2}=\frac{\rho' \ g H D_i C_V}{2t} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2)$$

$$\sigma_{x1}=0 \quad \cdots\cdots (5.4.1.3)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1}=\frac{P_r\left(D_i+1.2t\right)}{2t} \quad \cdots\cdots (5.4.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 2}=0 \quad \cdots\cdots (5.4.1.5)$$

$$\sigma_{x1}=\frac{P_r\left(D_i+1.2t\right)}{4t} \quad \cdots\cdots (5.4.1.6)$$

(2)　運転時質量による応力

$$\sigma_{x2}=\frac{m_0 g}{\pi t\left(D_i+t\right)} \quad \cdots\cdots (5.4.1.7)$$

(3)　鉛直方向地震力により胴断面に生じる引張応力

$$\sigma_{x11}=\frac{m_0 g C_V}{\pi t\left(D_i+t\right)} \quad \cdots\cdots (5.4.1.8)$$

(4)　運転時質量による胴のラグつけ根部の応力

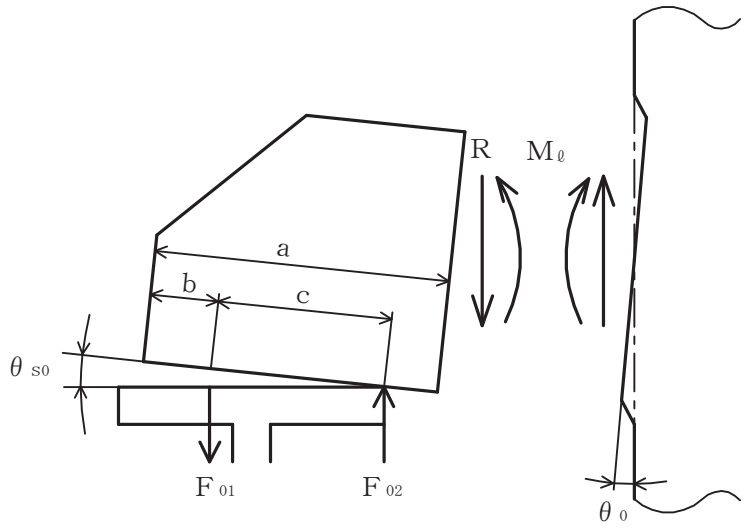


図5-1　鉛直荷重により胴及びラグに作用するモーメントと力

運転時質量m_0による鉛直方向の力の平衡条件より

$$4R - m_0 g = 0 \quad \cdots\cdots (5.4.1.9)$$

上式を変形して

$$R = m_0 g / 4 \quad \cdots\cdots (5.4.1.10)$$

また，ラグについて図5-1のように傾いたとき，モーメントと力の平衡条件より

$$F_{02}(a - b - c) - F_{01}(a - b) - M_\ell = 0 \quad \cdots\cdots (5.4.1.11)$$

$$F_{02} - F_{01} - R = 0 \quad \cdots\cdots (5.4.1.12)$$

（5.3.1.11）式へ（5.3.1.12）式を代入して

$$F_{01} = \frac{R(a - b - c) - M_\ell}{c} \quad \cdots\cdots (5.4.1.13)$$

運転時質量によるラグの局部傾き角θ_0を(4.1.10)式のθ_1又は(4.1.11)式のθ_2と同様にして，次式で求める。

$$\theta_0 = \frac{M_\ell K_\ell^*}{r_m^3 \beta_\ell^2 E} \quad \cdots\cdots (5.4.1.14)$$

運転時質量によるラグの基礎又は架台に対する傾き角θ_{s0}は，(4.1.22)式のθ_{s1}又は(4.1.23)式のθ_{s2}と同様にして求める。

$$\theta_{s0} = \frac{F_{01} L_b}{n A_{be} E_b c} \quad \cdots\cdots (5.4.1.15)$$

ここで，ラグつけ根部の局部傾き角θ_0とラグの傾き角θ_{s0}は等しいから

$$\theta_0 = \theta_{s0} \quad \cdots\cdots (5.4.1.16)$$

(5.4.1.16)式へ(5.4.1.14)式及び(5.4.1.15)式を代入して得られるF_{01}の式と(5.4.1.13)式より，胴のラグつけ根部の鉛直方向モーメントを次式で求める。

$$M_\ell = \frac{R\ (a - b - c)}{1 + \dfrac{n A_{be} E_b K_\ell^* c^2}{r_m^3 \beta_\ell^2 E L_b}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.17)$$

鉛直方向曲げモーメントM_ℓにより生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は，引用文献(2)により次のようにして求める。

シェルパラメータγ及びアタッチメントパラメータβは，以下のように定義する。

$$r_m = \frac{D_i + t}{2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.18)$$

$$r = r_m / t \quad \cdots\cdots (5.4.1.19)$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m \quad \cdots\cdots (5.4.1.20)$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m \quad \cdots\cdots (5.4.1.21)$$

$$\beta_\ell = \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.22)$$

シェルパラメータγ及びアタッチメントパラメータβによって引用文献(2)の図より値（以下＊を付記するもの）を求めることにより，次式で求める。

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_\phi}{M_\ell / \left(r_m^2 \beta\right)}\right]^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \beta_\ell t}\right) C_{\ell 1}^* \quad \cdots\cdots (5.4.1.23)$$

$$\sigma_{x3} = \left[\frac{N_x}{M_\ell / \left(r_m^2 \beta\right)}\right]^* \left(\frac{M_\ell}{r_m^2 \beta_\ell t}\right) C_{\ell 2}^* \quad \cdots\cdots (5.4.1.24)$$

反力Rによるせん断応力は

$$\tau_{\ell 1} = \frac{R}{4 C_2 t} \quad \cdots\cdots (5.4.1.25)$$

(5)　鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の応力

鉛直方向地震力による胴のラグつけ根部の応力は，下記a及びb項より得られる$\sigma_{\phi 12D}$，$\sigma_{\phi 12U}$，σ_{x12D}，σ_{x12U}，$\sigma_{2\phi 12D}$，$\sigma_{2\phi 12U}$，σ_{2x12D}，σ_{2x12U}，$\tau_{\ell 6D}$及び$\tau_{\ell 6U}$を用いて下記のように求める。

一次応力

$$\sigma_{\phi 12} = \max[\sigma_{\phi 12D},\ \sigma_{\phi 12U}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.26)$$

$$\sigma_{x12} = \max[\sigma_{x12D},\ \sigma_{x12U}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.27)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 12} = \max[\sigma_{2\phi 12D},\ \sigma_{2\phi 12U}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.28)$$

$$\sigma_{2x12} = \max[\sigma_{2x12D},\ \sigma_{2x12U}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.29)$$

反力によるせん断応力

$$\tau_{\ell 6} = \max[\tau_{\ell 6D},\ \tau_{\ell 6U}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.30)$$

a. 鉛直下向き地震力による胴のラグつけ根部の応力

鉛直下向き地震荷重により生じる応力は(4)で与えられた連立方程式において，$m_0 g$を$m_0 g C_V$に置き換えて解くことにより求められる。

$$R_D = m_0 g C_V / 4 \quad \cdots\cdots (5.4.1.31)$$

$$M_{\ell D} = \frac{R_D (a-b-c)}{1 + \dfrac{n A_{be} E_b K_\ell^{*2} c^2}{r_m^3 \beta^2 E L_b}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.32)$$

$$F_{01D} = \frac{R_D (a-b-c) - M_{\ell D}}{c} \quad \cdots\cdots (5.4.1.33)$$

鉛直方向地震力による鉛直方向曲げモーメント$M_{\ell D}$により生じる周方向応力及び軸方向応力はシェルパラメータγ及びアタッチメントパラメータβ_ℓによって引用文献(2)の表より値を求める（以下＊を付記する）ことによって次式で求められる。

一次応力

$$\sigma_{\phi 12D} = \left[\frac{N_\phi}{M_{\ell D} / (r_m^2 \beta)}\right]^* \left(\frac{M_{\ell D}}{r_m^2 \beta_\ell t}\right) C_{\ell 1}^* \quad \cdots\cdots (5.4.1.34)$$

$$\sigma_{x12D} = \left[\frac{N_x}{M_{\ell D} / (r_m^2 \beta)}\right]^* \left(\frac{M_{\ell D}}{r_m^2 \beta_\ell t}\right) C_{\ell 2}^* \quad \cdots\cdots (5.4.1.35)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 12D} = \left[\frac{M_\phi}{M_{\ell D} / (r_m \beta)}\right]^* \left(\frac{6 M_{\ell D}}{r_m \beta_\ell t^2}\right) C_{\ell 1}^* \quad \cdots\cdots (5.4.1.36)$$

$$\sigma_{2x12D}=\left[\frac{M_x}{M_{\ell D}/(r_m\beta)}\right]^*\left(\frac{6M_{\ell D}}{r_m\beta_\ell t^2}\right)C_{\ell 2}{}^* \quad \cdots\cdots(5.4.1.37)$$

ここでアタッチメントパラメータβ_ℓは次式で表される。ただし，二次応力を求める場合は更に$k_\ell{}^*$を乗じた値とする。

$$\beta_\ell=\sqrt[3]{\beta_1\beta_2{}^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.38)$$

反力R_Vによるせん断応力は次式で表される。

$$\tau_{\ell 6D}=\frac{R_D}{4C_2 t} \quad \cdots\cdots(5.4.1.39)$$

b. 鉛直上向き地震力による胴のラグつけ根部の応力

鉛直上向き地震力$(C_V-1)m_0g$による鉛直方向の力の均衡条件より

$$4R_U-(C_V-1)m_0g=0 \quad \cdots\cdots(5.4.1.40)$$

また，ラグについて図5-2のように傾いたとき，モーメントと力の平衡条件より

$$F_{02U}a-F_{01U}(a-b)+M_{\ell U}=0 \quad \cdots\cdots(5.4.1.41)$$

$$F_{02U}-F_{01U}+R_U=0 \quad \cdots\cdots(5.4.1.42)$$

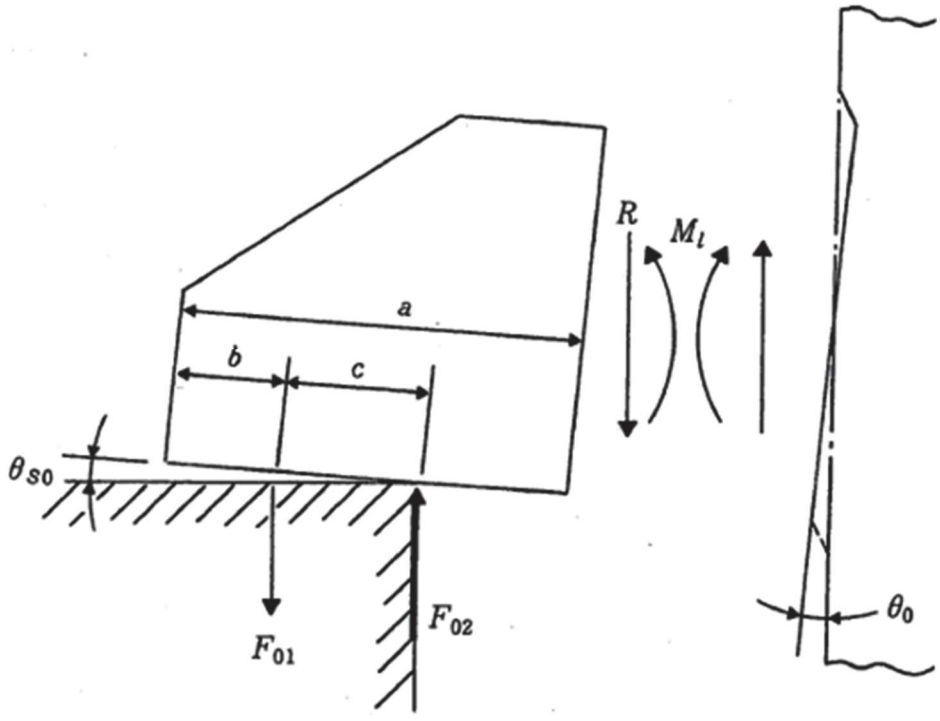


図5-2　鉛直上向き荷重により胴及びラグに作用するモーメントと力

ラグつけ根部の局部傾き角θ_{0U}は，4.1(2)a項のθ_1又はθ_2と同様に次式で求める。

$$\theta_{0U}=\frac{M_{\ell U}K_{\ell}^{*}}{r_m^{3}\beta_{\ell}^{2}E} \quad \cdots\cdots(5.4.1.43)$$

ラグの基礎に対する傾き角θ_{s0U}は，4.1(2)a項のθ_{s1}又はθ_{s2}と同様に次式で求める。

$$\theta_{s0U}=\frac{F_{01U}L_b}{nA_{be}E_b b} \quad \cdots\cdots(5.4.1.44)$$

ここで，ラグつけ根布の局部傾き角θ_{0U}とラグの基礎に対する傾き角θ_{s0U}は等しいから

$$\theta_{0U}=\theta_{s0U} \quad \cdots\cdots(5.4.1.45)$$

以上の式を連立させて解くことによりR_U，$M_{\ell U}$，F_{01U}は次式で求められる。

$$R_U=(C_V-1)\,m_0 g/4 \quad \cdots\cdots(5.4.1.46)$$

$$M_{\ell U}=\frac{R_U a}{1+\dfrac{nA_{be}E_b K_{\ell}^{*} b^{2}}{r_m^{3}\beta_{\ell}^{2}EL_b}} \quad \cdots\cdots(5.4.1.47)$$

$$F_{01U}=\frac{-R_U a+M_{\ell U}}{b} \quad \cdots\cdots(5.4.1.48)$$

鉛直上向き地震力による鉛直方向曲げモーメント$M_{\ell U}$により生じる周方向応力及び軸方向応力は，シェルパラメータγ及びアタッチメントパラメータβ_{ℓ}によって引用文献(2)の表より値を求める（以下，＊と付記する）ことによって，次式で求められる。

一次応力

$$\sigma_{\phi 12U}=\left[\frac{N_{\phi}}{M_{\ell U}/\left(r_m^{2}\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{M_{\ell U}}{r_m^{2}\beta_{\ell}t}\right)C_{\ell 1}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.49)$$

$$\sigma_{x12U}=\left[\frac{N_x}{M_{\ell U}/\left(r_m^{2}\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{M_{\ell U}}{r_m^{2}\beta_{\ell}t}\right)C_{\ell 2}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.50)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 12U}=\left[\frac{M_{\phi}}{M_{\ell U}/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6M_{\ell U}}{r_m\beta_{\ell}t^2}\right)C_{\ell 1}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.51)$$

$$\sigma_{2x12U}=\left[\frac{M_{x}}{M_{\ell U}/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6M_{\ell U}}{r_m\beta_{\ell}t^2}\right)C_{\ell 2}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.52)$$

ここでアタッチメントパラメータβ_{ℓ}は次式で表される。ただし，二次応力を求める場合は更に$k_{\ell}{}^{*}$を乗じた値とする。

$$\beta_{\ell}=\sqrt[3]{\beta_1\beta_2{}^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.53)$$

反力R_Uによるせん断応力は次式で表される。

$$\tau_{\ell 6U}=\frac{R_U}{4C_2t} \quad \cdots\cdots(5.4.1.54)$$

(6)　水平方向地震による胴の曲げ応力

$$\sigma_{x4}=\frac{C_H m_1 g H_1\left(D_i+2t\right)}{2I} \quad \cdots\cdots(5.4.1.55)$$

ただし，$m_1\cdot g\cdot H_1<m_2\cdot g\cdot H_2$の場合は$m_1\cdot g\cdot H_1$を$m_2\cdot g\cdot H_2$に置き換える。

(7)　Z方向地震による胴のラグつけ根部の応力

水平力F_1を$C_H\cdot m_1\cdot g$ 及びF_2を$C_H\cdot m_2\cdot g$に置き換えて得られるM_1，M_2，R_1及びM_3の値を使用する。

鉛直方向モーメントM_1及びM_2により生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は$\sigma_{\phi 3}$及びσ_{x3}と同様にして

一次応力

$$\sigma_{\phi 5}=\left[\frac{N_{\phi}}{M_1/\left(r_m{}^2\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{\left|M_1\right|}{r_m{}^2\beta_{\ell}t}\right)C_{\ell 1}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.56)$$

$$\sigma_{x5}=\left[\frac{N_{x}}{M_1/\left(r_m{}^2\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{\left|M_1\right|}{r_m{}^2\beta_{\ell}t}\right)C_{\ell 2}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.57)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 5}=\left[\frac{M_{\phi}}{M_1/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6\left|M_1\right|}{r_m\beta_{\ell}t^2}\right)C_{\ell 1}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.58)$$

$$\sigma_{2x5}=\left[\frac{M_x}{M_1/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6\left|M_1\right|}{r_m\beta_{\ell}t^2}\right)C_{\ell 2}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.59)$$

一次応力

$$\sigma_{\phi 6}=\left[\frac{N_{\phi}}{M_2/\left(r_m{}^2\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{\left|M_2\right|}{r_m{}^2\beta_{\ell}t}\right)C_{\ell 1}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.60)$$

$$\sigma_{x6}=\left[\frac{N_x}{M_2/\left(r_m{}^2\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{\left|M_2\right|}{r_m{}^2\beta_{\ell}t}\right)C_{\ell 2}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.61)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 6}=\left[\frac{M_{\phi}}{M_2/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6\left|M_2\right|}{r_m\beta_{\ell}t^2}\right)C_{\ell 1}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.62)$$

$$\sigma_{2x6}=\left[\frac{M_x}{M_2/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6\left|M_2\right|}{r_m\beta_{\ell}t^2}\right)C_{\ell 2}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.63)$$

ここでアタッチメントパラメータβ_{ℓ}は次式で表される。ただし，二次応力を求める場合は更に$k_{\ell}{}^{*}$を乗じた値とする。

$$\beta_{\ell}=\sqrt[3]{\beta_1\beta_2{}^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.64)$$

周方向曲げモーメントM_cにより生じる胴の周方向応力及び軸方向応力は

一次応力

$$\sigma_{\phi 7}=\left[\frac{N_{\phi}}{M_c/\left(r_m{}^2\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{\left|M_c\right|}{r_m{}^2\beta_c t}\right)C_{c1}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.65)$$

$$\sigma_{x7}=\left[\frac{N_x}{M_c/\left(r_m{}^2\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{\left|M_c\right|}{r_m{}^2\beta_c t}\right)C_{c2}{}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.66)$$

二次応力

$$\sigma_{2\phi 7}=\left[\frac{M_{\phi}}{M_c/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6\left|M_c\right|}{r_m\beta_c t^2}\right)C_{c1}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.67)$$

$$\sigma_{2x7}=\left[\frac{M_x}{M_c/\left(r_m\beta\right)}\right]^{*}\left(\frac{6\left|M_c\right|}{r_m\beta_c t^2}\right)C_{c2}^{*} \quad \cdots\cdots(5.4.1.68)$$

ここでアタッチメントパラメータβ_cは次式で表される。ただし，二次応力を求める場合は更にk_c^{*}を乗じた値とする。

$$\beta_c=\sqrt[3]{\beta_1^{2}\beta_2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.69)$$

(4.1.7)式より求まる周方向せん断力Qによるせん断応力は

$$\tau_{c1}=\frac{\left|Q\right|}{4C_1 t} \quad \cdots\cdots(5.4.1.70)$$

鉛直方向せん断力R_1によるせん断応力

$$\tau_{\ell 2}=\frac{\left|R_1\right|}{4C_2 t} \quad \cdots\cdots(5.4.1.71)$$

ねじりモーメントM_3により生じる胴のせん断応力は

$$\tau_3=\frac{\left|M_3\right|}{2\pi C_1^{2} t} \quad \cdots\cdots(5.4.1.72)$$

ただし，$C_1>C_2$の場合はC_1をC_2に置き換える。

(8) X方向地震による胴のラグつけ根部の応力

(5.4.1.56)式～(5.4.1.59)式，(5.4.1.60)式～(5.4.1.63)式及び(5.4.1.65)式～(5.4.1.68)式までの右辺に$1/\sqrt{2}$を乗じて得られる値を使用し，鉛直方向曲げモーメントM_1による場合には$\sigma_{\phi 8}$，σ_{x8}，$\sigma_{2\phi 8}$及びσ_{2x8}，鉛直方向曲げモーメントM_2による場合には$\sigma_{\phi 9}$，σ_{x9}，$\sigma_{2\phi 9}$及びσ_{2x9}，並びに周方向曲げモーメントM_cによる場合には$\sigma_{\phi 10}$，σ_{x10}，$\sigma_{2\phi 10}$及びσ_{2x10}とする。

また，(5.4.1.70)式～(5.4.1.72)式の右辺に$1/\sqrt{2}$を乗じて得られる値を使用し，周方向せん断力Qによる場合にはτ_{c4}，鉛直方向せん断力R_1による場合は$\tau_{\ell 5}$及びねじりモーメントM_3による場合にはτ_6とする。

(9)　組合せ応力

(1)～(8)によって算出される胴のラグつけ根部に生じる応力は以下により組合わされる。

a.　一次一般膜応力

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi},\ \sigma_{0x}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.73)$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.74)$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x11} + \sigma_{x4} \quad \cdots\cdots (5.4.1.75)$$

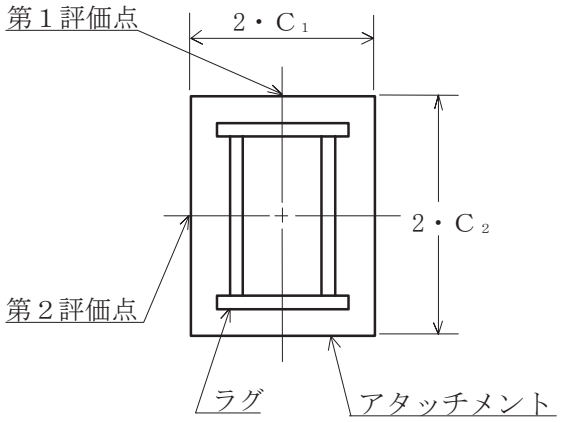


図5-3　胴の評価点

b.　一次応力

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{11},\ \sigma_{12},\ \sigma_{13},\ \sigma_{14},\ \sigma_{15},\ \sigma_{16},\ \sigma_{17},\ \sigma_{18},\ \sigma_{19},\ \sigma_{110}] \quad \cdots\cdots (5.4.1.76)$$

(a)　水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の一次応力

イ．　第１ラグのつけ根部

第１評価点については

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi z1} + \sigma_{xz1} + \sqrt{\left(\sigma_{\phi z1} - \sigma_{xz1}\right)^2}\right\} \quad \cdots\cdots (5.4.1.77)$$

ここで,

$$\sigma_{\phi z1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 5} + \sigma_{\phi 2} + \sigma_{\phi 12} \quad \cdots\cdots (5.4.1.78)$$

$$\sigma_{xz1} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x5} + \sigma_{x11} + \sigma_{x12} \quad \cdots\cdots (5.4.1.79)$$

第 2 評価点については

$$\sigma_{12}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi z2}+\sigma_{xz2}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi z2}-\sigma_{xz2}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 1}+\tau_{\ell 2}+\tau_{\ell 6}\right)^2}\right\}$$

……(5.4.1.80)

ここで,

$$\sigma_{\phi z2}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.81)$$

$$\sigma_{xz2}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x4}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.82)$$

ロ. 第 2 及び第 4 ラグのつけ根部

第 1 評価点については

$$\sigma_{13}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi z3}+\sigma_{xz3}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi z3}-\sigma_{xz3}\right)^2+4\left(\tau_{c1}+\tau_{3}\right)^2}\right\}$$

……(5.4.1.83)

ここで,

$$\sigma_{\phi z3}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 3}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.84)$$

$$\sigma_{xz3}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x3}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.85)$$

第 2 評価点については

$$\sigma_{14}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi z4}+\sigma_{xz4}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi z4}-\sigma_{xz4}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 1}+\tau_{3}+\tau_{\ell 6}\right)^2}\right\}$$

……(5.4.1.86)

ここで,

$$\sigma_{\phi z4}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 7}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.87)$$

$$\sigma_{xz4}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x7}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.88)$$

ハ. 第 3 ラグのつけ根部

第 1 評価点については

$$\sigma_{15}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi z5}+\sigma_{xz5}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi z5}-\sigma_{xz5}\right)^2}\right\} \quad \cdots\cdots(5.4.1.89)$$

ここで,

$$\sigma_{\phi z5}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 3}+\sigma_{\phi 6}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.90)$$

$$\sigma_{xz5}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x3}+\sigma_{x4}+\sigma_{x6}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12}$$

……(5.4.1.91)

第 2 評価点については

$$\sigma_{16}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi z6}+\sigma_{xz6}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi z6}-\sigma_{xz6}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 1}+\tau_{\ell 2}+\tau_{\ell 6}\right)^2}\right\}$$

……(5.4.1.92)

ここで,

$$\sigma_{\phi z6}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.93)$$

$$\sigma_{xz6}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x4}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.94)$$

(b) 水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の組合せ一次応力

イ. 第 1 及び第 4 ラグのつけ根部

第 1 評価点については

$$\sigma_{17}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi x1}+\sigma_{xx1}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi x1}-\sigma_{xx1}\right)^2+4\left(\tau_{c4}+\tau_{6}\right)^2}\right\}$$

……(5.4.1.95)

ここで,

$$\sigma_{\phi x1}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 3}+\sigma_{\phi 8}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.96)$$

$$\sigma_{xx1}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x3}+\sigma_{x4}+\sigma_{x8}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12}$$

……(5.4.1.97)

第 2 評価点については

$$\sigma_{18}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi x2}+\sigma_{xx2}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi x2}-\sigma_{xx2}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 1}+\tau_{\ell 5}+\tau_{6}+\tau_{\ell 6}\right)^2}\right\}$$

……(5.4.1.98)

ここで,

$$\sigma_{\phi x2}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 10}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.99)$$

$$\sigma_{xx2}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x4}+\sigma_{x10}+\sigma_{x11}$$

……(5.4.1.100)

ロ．　第2及び第3ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{19}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi x3}+\sigma_{xx3}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi x3}-\sigma_{xx3}\right)^2+4\left(\tau_{c4}+\tau_{6}\right)^2}\right\} \quad \cdots\cdots(5.4.1.101)$$

ここで，

$$\sigma_{\phi x3}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 3}+\sigma_{\phi 9}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.102)$$

$$\sigma_{xx3}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x3}+\sigma_{x4}+\sigma_{x9}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.103)$$

第2評価点については

$$\sigma_{110}=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{\phi x4}+\sigma_{xx4}+\sqrt{\left(\sigma_{\phi x4}-\sigma_{xx4}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 1}+\tau_{\ell 5}+\tau_{6}+\tau_{\ell 6}\right)^2}\right\} \quad \cdots\cdots(5.4.1.104)$$

ここで，

$$\sigma_{\phi x4}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 10}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.105)$$

$$\sigma_{xx4}=\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x4}+\sigma_{x10}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.106)$$

c．　一次＋二次応力の変動値

$$\sigma_{2}=\max[\sigma_{21},\ \sigma_{22},\ \sigma_{23},\ \sigma_{24},\ \sigma_{25},\ \sigma_{26},\ \sigma_{27},\ \sigma_{28},\ \sigma_{29},\ \sigma_{210}] \quad \cdots\cdots(5.4.1.107)$$

(a)　水平方向地震力（Z方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震のみによる一次＋二次応力の変動値

イ．　第1ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{21}=\sigma_{2\phi z1}+\sigma_{2xz1}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi z1}-\sigma_{2xz1}\right)^2} \quad \cdots(5.4.1.108)$$

ここで，

$$\sigma_{2\phi z1}=\sigma_{\phi 5}+\sigma_{2\phi 5}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12}+\sigma_{2\phi 12} \quad \cdots(5.4.1.109)$$

$$\sigma_{2xz1}=\sigma_{x4}+\sigma_{x5}+\sigma_{2x5}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12}+\sigma_{2x12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.110)$$

第2評価点については

$$\sigma_{22}=\sigma_{2\phi z2}+\sigma_{2xz2}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi z2}-\sigma_{2xz2}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 6}+\tau_{\ell 2}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.111)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi z2}=\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.112)$$

$$\sigma_{2xz2}=\sigma_{x4}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.113)$$

ロ. 第2及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{23}=\sigma_{2\phi z3}+\sigma_{2xz3}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi z3}-\sigma_{2xz3}\right)^2+4\left(\tau_{c1}+\tau_{3}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.114)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi z3}=\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12}+\sigma_{2\phi 12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.115)$$

$$\sigma_{2xz3}=\sigma_{x11}+\sigma_{x12}+\sigma_{2x12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.116)$$

第2評価点については

$$\sigma_{24}=\sigma_{2\phi z4}+\sigma_{2xz4}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi z4}-\sigma_{2xz4}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 6}+\tau_{3}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.117)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi z4}=\sigma_{\phi 7}+\sigma_{2\phi 7}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.118)$$

$$\sigma_{2xz4}=\sigma_{x7}+\sigma_{2x7}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.119)$$

ハ. 第3ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{25}=\sigma_{2\phi z5}+\sigma_{2xz5}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi z5}-\sigma_{2xz5}\right)^2} \quad \cdots(5.4.1.120)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi z5}=\sigma_{\phi 6}+\sigma_{2\phi 6}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12}+\sigma_{2\phi 12} \quad \cdots(5.4.1.121)$$

$$\sigma_{2xz5}=\sigma_{x4}+\sigma_{x6}+\sigma_{2x6}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12}+\sigma_{2x12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.122)$$

第2評価点については

$$\sigma_{26}=\sigma_{2\phi z6}+\sigma_{2xz6}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi z6}-\sigma_{2xz6}\right)^2+4\left(\tau_{\ell 6}+\tau_{\ell 2}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.123)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi z6}=\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.124)$$

$$\sigma_{2xz6}=\sigma_{x4}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.125)$$

(b) 水平方向地震力（X方向）及び鉛直方向地震力が作用した場合の地震のみによる一次＋二次応力の変動値

イ. 第1ラグ及び第4ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{27}=\sigma_{2\phi x1}+\sigma_{2xx1}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi x1}-\sigma_{2xx1}\right)^2+4\left(\tau_{c4}+\tau_{6}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.126)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi x1}=\sigma_{\phi 8}+\sigma_{2\phi 8}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12}+\sigma_{2\phi 12} \quad \cdots(5.4.1.127)$$

$$\sigma_{2xx1}=\sigma_{x4}+\sigma_{x8}+\sigma_{2x8}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12}+\sigma_{2x12} \quad \cdots\cdots(5.4.1.128)$$

第2評価点について

$$\sigma_{28}=\sigma_{2\phi x2}+\sigma_{2xx2}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi x2}-\sigma_{2xx2}\right)^2+4\left(\tau_{6}+\tau_{\ell 5}+\tau_{\ell 6}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.129)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi x2}=\sigma_{\phi 10}+\sigma_{2\phi 10}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.130)$$

$$\sigma_{2xx2}=\sigma_{x4}+\sigma_{x10}+\sigma_{2x10}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots(5.4.1.131)$$

ロ. 第2及び第3ラグのつけ根部

第1評価点については

$$\sigma_{29}=\sigma_{2\phi x3}+\sigma_{2xx3}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi x3}-\sigma_{2xx3}\right)^2+4\left(\tau_{c4}+\tau_{6}\right)^2} \quad \cdots\cdots(5.4.1.132)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi x3}=\sigma_{\phi 9}+\sigma_{2\phi 9}+\sigma_{\phi 2}+\sigma_{\phi 12}+\sigma_{2\phi 12} \quad \cdots(5.4.1.133)$$

$$\sigma_{2xx3}=\sigma_{x4}+\sigma_{x9}+\sigma_{2x9}+\sigma_{x11}+\sigma_{x12}+\sigma_{2x12} \quad \cdots\cdots (5.4.1.134)$$

第2評価点については

$$\sigma_{210}=\sigma_{2\phi x4}+\sigma_{2xx4}+\sqrt{\left(\sigma_{2\phi x4}-\sigma_{2xx4}\right)^2+4\left(\tau_6+\tau_{\ell 5}+\tau_{\ell 6}\right)^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.135)$$

ここで,

$$\sigma_{2\phi x4}=\sigma_{\phi 10}+\sigma_{2\phi 10}+\sigma_{\phi 2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.136)$$

$$\sigma_{2xx4}=\sigma_{x4}+\sigma_{x10}+\sigma_{2x10}+\sigma_{x11} \quad \cdots\cdots (5.4.1.137)$$

5.4.2　ラグの応力

(1)　運転時質量による応力

$$\sigma_{s1}=\frac{M_{\ell}}{Z_{st}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.1)$$

$$\tau_{s1}=\frac{R}{A_{s1}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.2)$$

(2)　鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s7}=\frac{M_{\ell V}}{Z_{st}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.3)$$

$$\tau_{s7}=\frac{R_V}{A_{s1}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.4)$$

ここで，$M_{\ell V}$，R_Vは$M_{\ell D}$，$M_{\ell U}$，R_D，R_Uを用いて下式で求める。

$$M_{\ell V}=\max\left[M_{\ell D},\ M_{\ell U}\right] \quad \cdots\cdots (5.4.2.5)$$

$$R_V=\max\left[R_D,\ R_U\right] \quad \cdots\cdots (5.4.2.6)$$

(3)　Z方向地震による応力

第1ラグについて

$$\sigma_{s2}=\frac{|M_1|}{Z_{st}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.7)$$

$$\tau_{s2}=\frac{|R_1|}{A_{s1}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.8)$$

第2ラグ及び第4ラグについて

$$\sigma_{s3}=\frac{|M_c|}{Z_{s\ell}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.9)$$

$$\tau_{s3}=\frac{|M_3|}{Z_{sp}}+\frac{|Q|}{A_{s2}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.10)$$

第3ラグについて

$$\sigma_{s4}=\frac{|M_2|}{Z_{st}} \quad \cdots\cdots (5.4.2.11)$$

$$\tau_{s4}=\tau_{s2} \quad \cdots\cdots (5.4.2.12)$$

(4)　X方向地震による応力

第1ラグ及び第4ラグについて

$$\sigma_{s5}=\frac{|M_1|}{\sqrt{2}Z_{st}}+\frac{|M_c|}{\sqrt{2}Z_{s\ell}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.13)$$

$$\tau_{s5}=\frac{|R_1|}{\sqrt{2}A_{s1}}+\frac{|M_3|}{\sqrt{2}Z_{sp}}+\frac{|Q|}{\sqrt{2}A_{s2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.14)$$

第2ラグ及び第3ラグについて

$$\sigma_{s6}=\frac{|M_2|}{\sqrt{2}Z_{st}}+\frac{|M_c|}{\sqrt{2}Z_{s\ell}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.15)$$

$$\tau_{s6}=\tau_{s5} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.16)$$

(5)　組合せ応力

ラグの最大応力は次式で求める。

a.　Z方向地震が作用した場合

第1ラグについて

$$\sigma_{1s}=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s2}+\sigma_{s7})^2+3(\tau_{s1}+\tau_{s2}+\tau_{s7})^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.17)$$

第2ラグ及び第4ラグについて

$$\sigma_{2s}=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s3}+\sigma_{s7})^2+3(\tau_{s1}+\tau_{s3}+\tau_{s7})^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.18)$$

第3ラグについて

$$\sigma_{3s}=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s4}+\sigma_{s7})^2+3(\tau_{s1}+\tau_{s4}+\tau_{s7})^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.19)$$

b.　X方向地震が作用した場合

第1ラグ及び第4ラグについて

$$\sigma_{4s}=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s5}+\sigma_{s7})^2+3(\tau_{s1}+\tau_{s5}+\tau_{s7})^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.20)$$

第2ラグ及び第3ラグについて

$$\sigma_{5s}=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s6}+\sigma_{s7})^2+3(\tau_{s1}+\tau_{s6}+\tau_{s7})^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.21)$$

c. 組合せ応力の最大値

ここで，a項及びb項により組み合わせた組合せ応力のうち最大のものをσ_sとする。

$$\sigma_s=\max[\sigma_{1s},\ \sigma_{2s},\ \sigma_{3s},\ \sigma_{4s},\ \sigma_{5s}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.2.22)$$

5.4.3 ボルトの応力

ボルトにかかる応力の大きい方について計算する。

(1) Z方向地震が作用した場合

第1ラグについて

$$\sigma_{b1}=\frac{|F_{11}|+F_{01}+F_{01V}}{nA_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.3.1)$$

第2ラグ及び第4ラグについて

$$\sigma_{b2}=\frac{\max\left[|F_{31}|,\ |F_{32}|\right]}{A_b}+\frac{F_{01}+F_{01V}}{nA_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.3.2)$$

$$\tau_{b2}=\frac{|Q|(1-\varepsilon)}{nA_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.3.3)$$

第3ラグについて

$$\sigma_{b3}=\frac{|F_{21}|+F_{01}+F_{01V}}{nA_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.3.4)$$

ここで，F_{01V}はF_{01D}，F_{01U}を用いて下式で求める。

$$F_{01V}=\max[F_{01D},\ F_{01U}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.3.5)$$

(2) X方向地震が作用した場合

第1ラグ及び第4ラグについて

$$\sigma_{b4}=\frac{|F_{11}|}{\sqrt{2}nA_b}+\frac{\max\left[|F_{31}|,\ |F_{32}|\right]}{\sqrt{2}A_b}+\frac{F_{01}+F_{01V}}{nA_b}\cdots \quad (5.4.3.6)$$

$$\tau_{b4} = \frac{|Q|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}\,n\,A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.3.7)$$

第2ラグ及び第3ラグについて

$$\sigma_{b5} = \frac{|F_{21}|}{\sqrt{2}\,n\,A_b} + \frac{\max\left[|F_{31}|,\ |F_{32}|\right]}{\sqrt{2}A_b} + \frac{F_{01}+F_{01V}}{n\,A_b} \cdots (5.4.3.8)$$

$$\tau_{b5} = \frac{|Q|(1-\varepsilon)}{\sqrt{2}\,n\,A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.3.9)$$

(3) ボルトに生じる最大応力

(1)及び(2)により求められたボルトの応力のうち最大のものをσ_b及びτ_bとする。

a. ボルトの最大引張応力

$$\sigma_b = \max[\sigma_{b1},\ \sigma_{b2},\ \sigma_{b3},\ \sigma_{b4},\ \sigma_{b5}] \quad \cdots\cdots (5.4.3.10)$$

b. ボルトの最大せん断応力

$$\tau_b = \max[\tau_{b2},\ \tau_{b4},\ \tau_{b5}] \cdots\cdots (5.4.3.11)$$

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置の耐震性についての計算結果】
1.　重大事故等対処設備
1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
フィルタ装置	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 0.P. 15.00* (0.P. 22.50)		—	—	C_H＝2.12	C_V＝1.56	0.854	200	66

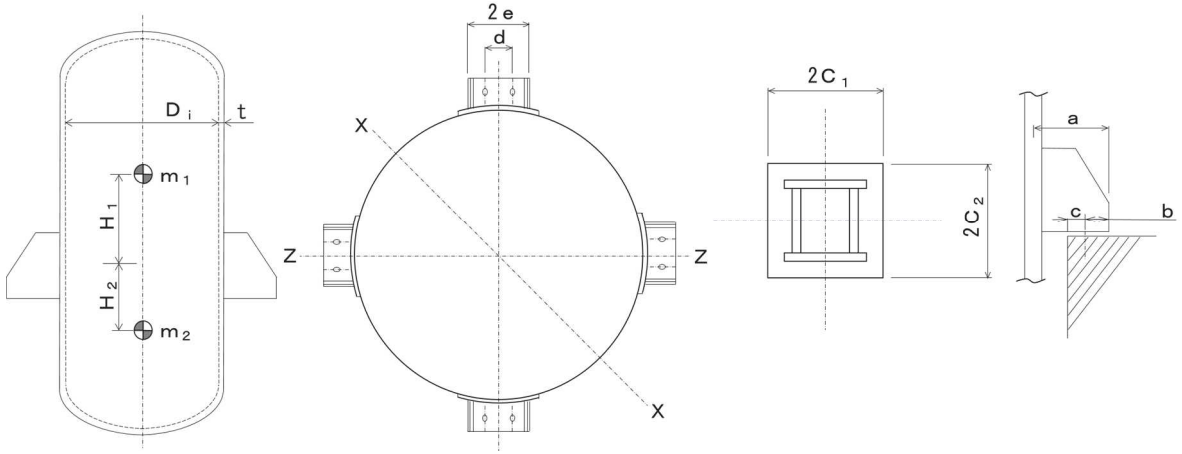
注記＊　：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

m_0 (kg)	m_1 (kg)	m_2 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	E_b (MPa)	G (MPa)	H_1 (mm)	H_2 (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)	e (mm)	K_c (—)	K_ℓ (—)	ε (－)
			2550	25.0	183000	191720	70385	1682	1672	350	350	275	—		1

A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	Z_{sp} (mm^3)	$Z_{s\ell}$ (mm^3)	Z_{st} (mm^3)	$C_{\ell 1}$ (－)	$C_{\ell 2}$ (－)	C_{c1} (－)	C_{c2} (－)
2.535×10^4	3.221×10^4	1.409×10^7	9.400×10^6	1.053×10^7				

n (－)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	L_b (mm)	A_b (mm^2)	A_{be} (mm^2)
2	312.5	125	95	246	126	706.8	603.8



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

S_y（胴板）(MPa)	S_u（胴板）(MPa)	S（胴板）(MPa)	S_y（ラグ）(MPa)	S_u（ラグ）(MPa)	F（ラグ）(MPa)	F*（ラグ）(MPa)	S_y（基礎ボルト）(MPa)	S_u（基礎ボルト）(MPa)	F（基礎ボルト）(MPa)	F*（基礎ボルト）(MPa)
120*1	407*1	107*1	159*2	459*2	—	210				

注記＊1 ：最高使用温度で算出
　　＊2 ：周囲環境温度で算出

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	Ｚ方向		Ｘ方向		Ｚ方向		Ｘ方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭又は内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	$\sigma_{x1}=23$
運転時質量による応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x2}=2$	—	$\sigma_{x2}=2$
鉛直方向地震力により胴断面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x11}=3$	—	$\sigma_{x11}=3$
水平方向地震による転倒モーメントによる胴の曲げ応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	—	$\sigma_{x4}=5$
組合せ応力	—		—		$\sigma_0=45$			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2)　一次応力

(単位：MPa)

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ一次応力
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
Ｚ方向	第1ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
	第2及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
	第3ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		

（単位：MPa）

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ一次応力
							基準地震動Ｓｓ					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
Ｚ方向	第1ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 3}=2$	—	$\sigma_{\phi 5}=2$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$	$\sigma_{11}=50$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x5}=1$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	—	—	—	$\sigma_{12}=47$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	—	$\sigma_{x4}=5$	—	—	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	$\tau_{\ell 1}=2$		$\tau_{\ell 2}=1$			$\tau_{\ell 6}=4$		
	第2及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 3}=2$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$	$\sigma_{13}=52$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	—	—	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$	
			せん断	—	—		$\tau_3=0$	$\tau_{c1}=9$		—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7}=0$	—	—	$\sigma_{14}=46$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	—	—	—	$\sigma_{x7}=0$	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	$\tau_{\ell 1}=2$		$\tau_3=0$			$\tau_{\ell 6}=4$		
	第3ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 3}=2$	—	$\sigma_{\phi 6}=1$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$	$\sigma_{15}=49$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	—	—	—	$\sigma_{16}=47$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	—	$\sigma_{x4}=5$	—	—	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	$\tau_{\ell 1}=2$		$\tau_{\ell 2}=1$			$\tau_{\ell 6}=4$		

（単位：MPa）

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ一次応力
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
X方向	第1及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
	第2及び第3ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		

（単位：MPa）

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ一次応力
							基準地震動Ｓｓ					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
X方向	第1及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 3}=2$	—	$\sigma_{\phi 8}=2$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$	$\sigma_{17}=52$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x8}=1$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$	
			せん断	—	—		$\tau_{c4}=6$	$\tau_{6}=0$		—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 10}=0$	—	—	$\sigma_{18}=47$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	—	$\sigma_{x4}=5$	—	$\sigma_{x10}=0$	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	$\tau_{\ell 1}=2$		$\tau_{\ell 5}=1$	$\tau_{6}=0$		$\tau_{\ell 6}=4$		
	第2及び第3ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 3}=2$	—	$\sigma_{\phi 9}=1$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$	$\sigma_{19}=51$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	$\sigma_{x3}=1$	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x9}=1$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$	
			せん断	—	—		$\tau_{c4}=6$	$\tau_{6}=0$		—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 1}=45$ $\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 10}=0$	—	—	$\sigma_{110}=47$
			軸方向	$\sigma_{x1}=23$	$\sigma_{x2}=2$	—	$\sigma_{x4}=5$	—	$\sigma_{x10}=0$	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	$\tau_{\ell 1}=2$		$\tau_{\ell 5}=1$	$\tau_{6}=0$		$\tau_{\ell 6}=4$		

(3)　一次＋二次

(単位：MPa)

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ応力
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
Z方向	第1ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—	—	—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
	第2及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
	第3ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		

（単位：MPa）

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ応力
							基準地震動Ｓｓ					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
Ｚ方向	第1ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	$\sigma_{\phi 5}=2$ $\sigma_{2\phi 5}=2$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$ $\sigma_{2\phi 12}=3$	$\sigma_{21}=31$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x5}=1$ $\sigma_{2x5}=3$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$ $\sigma_{2x12}=5$	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	—	—	—	$\sigma_{22}=17$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	—	—	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	—		$\tau_{\ell 2}=1$			$\tau_{\ell 6}=4$		
	第2及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$ $\sigma_{2\phi 12}=3$	$\sigma_{23}=31$
			軸方向	—	—	—	—	—	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$ $\sigma_{2x12}=5$	
			せん断	—	—		$\tau_3=0$　　$\tau_{c1}=9$			—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7}=0$ $\sigma_{2\phi 7}=0$	—	—	$\sigma_{24}=9$
			軸方向	—	—	—	—	—	$\sigma_{x7}=0$ $\sigma_{2x7}=0$	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	—		$\tau_3=0$			$\tau_{\ell 6}=4$		
	第3ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	$\sigma_{\phi 6}=1$ $\sigma_{2\phi 6}=1$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$ $\sigma_{2\phi 12}=3$	$\sigma_{25}=27$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x6}=1$ $\sigma_{2x6}=1$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$ $\sigma_{2x12}=5$	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	—	—	—	$\sigma_{26}=17$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	—	—	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	—		$\tau_{\ell 2}=1$			$\tau_{\ell 6}=4$		

（単位：MPa）

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ応力
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
X方向	第1及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
	第2及び第3ラグ側	第1評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		
		第2評価点	周方向	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			軸方向	—	—	—	—	—	—	—	—	
			せん断	—	—		—			—		

（単位：MPa）

地震の方向	評価点		応力	内圧による応力	運転時質量による応力		地震による応力					組合せ応力
							基準地震動Ｓｓ					
							水平方向地震			鉛直方向地震		
					自重による応力	曲げモーメントによる応力	転倒モーメントによる応力	鉛直方向モーメントによる応力	周方向モーメントによる応力	引張応力	鉛直方向モーメントによる応力	
X方向	第1及び第4ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	$\sigma_{\phi 8}=2$ $\sigma_{2\phi 8}=2$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$ $\sigma_{2\phi 12}=3$	$\sigma_{27}=36$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x8}=1$ $\sigma_{2x8}=2$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$ $\sigma_{2x12}=5$	
			せん断	—	—		$\tau_{c4}=6$	$\tau_{6}=0$		—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 10}=0$ $\sigma_{2\phi 10}=0$	—	—	$\sigma_{28}=16$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	—	$\sigma_{x10}=0$ $\sigma_{2x10}=0$	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	—		$\tau_{\ell 5}=1$	$\tau_{6}=0$		$\tau_{\ell 6}=4$		
	第2及び第3ラグ側	第1評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	$\sigma_{\phi 9}=1$ $\sigma_{2\phi 9}=1$	—	—	$\sigma_{\phi 12}=3$ $\sigma_{2\phi 12}=3$	$\sigma_{29}=33$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	$\sigma_{x9}=1$ $\sigma_{2x9}=1$	—	$\sigma_{x11}=3$	$\sigma_{x12}=2$ $\sigma_{2x12}=5$	
			せん断	—	—		$\tau_{c4}=6$	$\tau_{6}=0$		—		
		第2評価点	周方向	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 10}=0$ $\sigma_{2\phi 10}=0$	—	—	$\sigma_{210}=16$
			軸方向	—	—	—	$\sigma_{x4}=5$	—	$\sigma_{x10}=0$ $\sigma_{2x10}=0$	$\sigma_{x11}=3$	—	
			せん断	—	—		$\tau_{\ell 5}=1$	$\tau_{6}=0$		$\tau_{\ell 6}=4$		

1.3.2　ラグに生じる応力

（単位：MPa）

地震の方向		運転時質量による応力		地震による応力								組合せ応力
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ				
				水平方向地震		鉛直方向地震		水平方向地震		鉛直方向地震		
		曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	
Ｚ方向	第１ラグ側	$\sigma_{s1}=1$	$\tau_{s1}=3$	—	—	—	—	$\sigma_{s2}=1$	$\tau_{s2}=1$	$\sigma_{s7}=1$	$\tau_{s7}=5$	$\sigma_{1s}=14$
	第２及び第４ラグ側			—	—	—	—	$\sigma_{s3}=0$	$\tau_{s3}=10$			$\sigma_{2s}=29$
	第３ラグ側			—	—	—	—	$\sigma_{s4}=1$	$\tau_{s4}=1$			$\sigma_{3s}=14$
Ｘ方向	第１及び第４ラグ側			—	—	—	—	$\sigma_{s5}=1$	$\tau_{s5}=8$			$\sigma_{4s}=25$
	第２及び第４ラグ側			—	—	—	—	$\sigma_{s6}=1$	$\tau_{s6}=8$			$\sigma_{5s}=25$

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

地震の方向		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		引張応力	せん断応力	引張応力	せん断応力
Ｚ方向及び鉛直方向	第１ラグ側	—	—	$\sigma_{b1}=44$	—
	第２及び第４ラグ側	—	—	$\sigma_{b2}=36$	$\tau_{b2}=210$
	第３ラグ側	—	—	$\sigma_{b3}=33$	—
Ｘ方向及び鉛直方向	第１及び第４ラグ側	—	—	$\sigma_{b4}=44$	$\tau_{b4}=149$
	第２及び第３ラグ側	—	—	$\sigma_{b5}=36$	$\tau_{b5}=149$

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　（単位：s）

方向	固有周期
水平方向	

1.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS316L	一次一般膜	—	—	σ_0＝45	S_a＝244
		一次	—	—	σ_1＝52	S_a＝366
		一次＋二次	—	—	σ_2＝36	S_a＝240
ラグ	SUS316L	組合せ	—	—	σ_s＝29	f_t＝210
基礎ボルト	SUS630	引張	—	—	σ_b＝44	
		せん断	—	—	τ_b＝210	

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7. 引用文献

(1) K. R. Wichman et al., Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 107, August 1965.

(2) P. P. Bijlaard, Stresses from Radial Loads and External Moments in Cylindrical Pressure Vessels, Weld. J., 1955. (Research Suppl.)

Ⅵ-2-10　その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1　非常用電源設備の耐震性についての計算書
VI-2-10-2　浸水防護施設の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1　非常用電源設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-2　非常用電源装置の耐震性についての計算書
VI-2-10-1-3　その他の電源装置の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1-2　非常用電源装置の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-2-1　非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-4　緊急時対策所ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1-2-1　非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-2-1-2　非常用ディーゼル発電設備 空気だめの耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-1-3　非常用ディーゼル発電設備 燃料デイタンクの耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-1-7　非常用ディーゼル発電設備 制御盤の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1-2-1-2　非常用ディーゼル発電設備
空気だめの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 3
4.1　構造強度評価方法 ····· 3
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
4.2.2　許容応力 ····· 3
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
4.3　計算条件 ····· 3
5.　評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，空気だめが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

空気だめは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対象設備としての構造強度評価を示す。

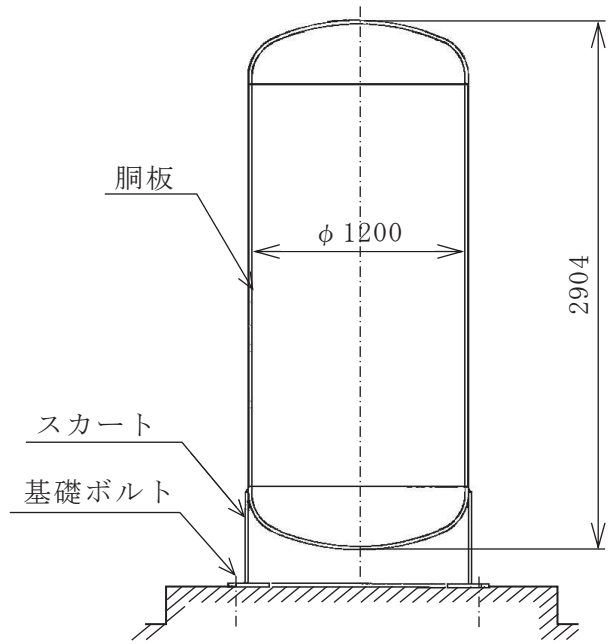
なお，空気だめは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

空気だめの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴をスカートで支持し，スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。	たて置円筒形 （上面及び下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器）	 （寸法：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【空気だめの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期(s)

水平方向	鉛直方向
[redacted]	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

空気だめの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

空気だめの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2　許容応力

空気だめの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

空気だめの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【空気だめの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	空気だめ	S	クラス３容器*1	$D+P_D+M_D+Sd^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+Ss$	$Ⅳ_AS$

注記＊１：クラス３容器の支持構造物を含む。

表４－２　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	空気だめ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+Ss$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊１：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊２：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

＊３：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表４－３　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界[*1, *2]			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
III_AS	S_yと 0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記の値と 1.2・Ｓのうち大きい方	左欄の 1.5 倍の値	Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い[*3]，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	
IV_AS	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）				

注記＊１：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊２：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊３：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2／3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4－4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物，重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）	許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張	引張	せん断
III_AS	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記＊1：薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあっては，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	90	－	241	438	－
スカート	SGV480	周囲環境温度	50	－	259	471	－
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	－	231	394	－

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	90	－	241	438	－
スカート	SGV480	周囲環境温度	50	－	259	471	－
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	－	231	394	－

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

空気だめの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

空気だめの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【空気だめの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
空気だめ	S	原子炉建屋 0.P.15.00*1	[redacted]	[redacted]	—*2	—*2	C_H=1.97	C_V=1.37	3.24	90	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：ⅢASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	1200	22.0	1245	22.0	199000*1	201000*2	76500*1	77300*2

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1132	520	102	102	102	15	6	1420	1500

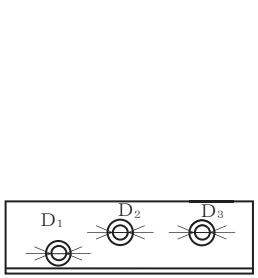
D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
1050	24(M24)	452.4	306	—	9.255×10^7

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1	438*1	—	259*2	471*2	259	311

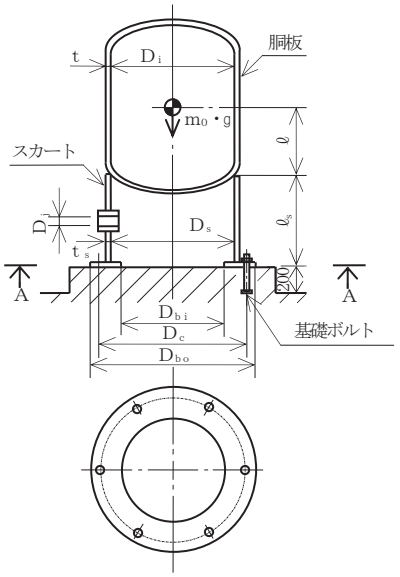
S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
231*2	394*2	231	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$=91	σ_{x1}=46	—	$\sigma_{\phi 1}$=91	σ_{x1}=46	—
運転時質量による引張応力		—	σ_{x2}=1	—	—	σ_{x2}=1	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x3}=1	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}=1	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=3	τ=2	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	σ_{ϕ}=91	σ_{xt}=48	—	σ_{ϕ}=91	σ_{xt}=48	—
	圧縮側	σ_{ϕ}=-91	σ_{xc}=-43	—	σ_{ϕ}=-91	σ_{xc}=-43	—
組合せ応力	引張り	σ_{0t}=91			σ_{0t}=91		
	圧縮	—			—		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}=1	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=3	τ=2	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xt}=3	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xt}=3	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xc}=3	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xc}=3	—
組合せ応力（変動値）	引張り	σ_{2t}=7			σ_{2t}=7		
	圧縮	σ_{2c}=7			σ_{2c}=7		

1.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		σ_{s1}=1	σ_{s}=6	σ_{s1}=1	σ_{s}=6
鉛直方向地震による応力		σ_{s3}=1		σ_{s3}=1	
水平方向地震による応力	曲げ	σ_{s2}=4		σ_{s2}=4	
	せん断	τ_{s}=2		τ_{s}=2	

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	σ_{b}=74	σ_{b}=74
せん断応力	τ_{b}=21	τ_{b}=21

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	σ_0=91	S_a=241	σ_0=91	S_a=262
		一次＋二次	σ_2=7	S_a=482	σ_2=7	S_a=482
スカート	SGV480	組合せ	σ_s=6	f_t=259	σ_s=6	f_t=311
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	0.02 (無次元)		0.02 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=74	f_{ts}=173*	σ_b=74	f_{ts}=207*
		せん断	τ_b=21	f_{sb}=133	τ_b=21	f_{sb}=159

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【空気だめの耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
空気だめ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P.15.00*1	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H=1.97	C_V=1.37	3.24	90	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	1200	22.0	1245	22.0	199000*1	201000*2	76500*1	77300*2

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1132	520	102	102	102	15	6	1420	1500

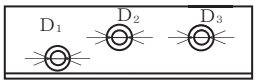
D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
1050	24(M24)	452.4	306	－	9.255×10^7

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1	438*1	－	259*2	471*2	－	311

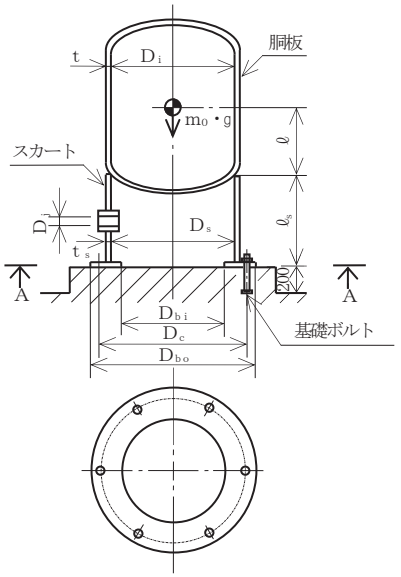
S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
231*2	394*2	－	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=91	σ_{x1}=46	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	σ_{x2}=1	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}=91	σ_{xt}=48	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}=-91	σ_{xc}=-43	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{0t}=91		
	圧縮	—			—		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xt}=3	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xc}=3	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}=7		
	圧縮	—			σ_{2c}=7		

2.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	σ_{s1}=1	σ_{s}=6
鉛直方向地震による応力		—		σ_{s3}=1	
水平方向地震による応力	曲げ	—		σ_{s2}=4	
	せん断	—		τ_{s}=2	

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_{b}=74
せん断応力	—	τ_{b}=21

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	—	—	σ_0=91	S_a=262
		一次＋二次	—	—	σ_2=7	S_a=482
スカート	SGV480	組合せ	—	—	σ_s=6	f_t=311
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	—		0.02 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b=74	f_{ts}=207*
		せん断	—	—	τ_b=21	f_{sb}=159

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-10-1-2-1-3　非常用ディーゼル発電設備
燃料デイタンクの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 3
4.1　構造強度評価方法 ····· 3
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
4.2.2　許容応力 ····· 3
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
4.3　計算条件 ····· 3
5.　評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，燃料デイタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

燃料デイタンクは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対象設備としての構造強度評価を示す。

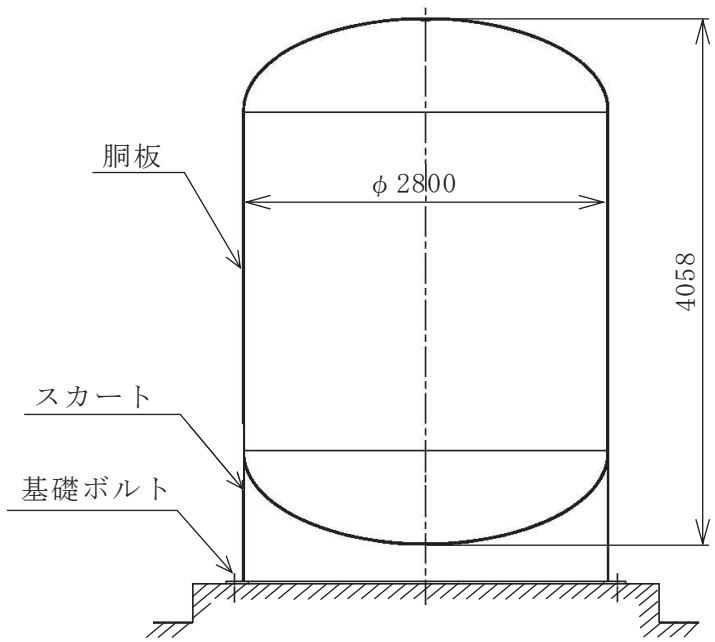
なお，燃料デイタンクは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料デイタンクの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴をスカートで支持し，スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。	たて置円筒形（上面及び下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器）	 （寸法：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期(s)

水平方向	鉛直方向
[redacted]	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

燃料デイタンクの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料デイタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2　許容応力

燃料デイタンクの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

燃料デイタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	燃料デイタンク	S	－*1	$D + P_D + M_D + S_d$ *	III_AS
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV_AS

注記＊1：クラス２，３容器及びクラス２，３支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表４－２　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	燃料デイタンク	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	－*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_AS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：クラス２，３容器及びクラス２，３支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－3　許容応力（クラス 2，3 容器）

許容応力状態	許　容　限　界＊1，＊2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	S_yと 0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記の値と 1.2・Ｓのうち大きい方	左欄の 1.5 倍の値	＊3 Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）				

注記＊1：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2／3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4－4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）	許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張	引張	せん断
III_AS	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）			

注記＊1：薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあっては，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
胴板	SS400（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	50	－	241	394	－
スカート	SS400（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	50	－	241	394	－
基礎ボルト	SS400（40mm＜径≦100mm）	周囲環境温度	50	－	211	394	－

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
胴板	SS400（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	50	－	241	394	－
スカート	SS400（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	50	－	241	394	－
基礎ボルト	SS400（40mm＜径≦100mm）	周囲環境温度	50	－	211	394	－

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

燃料デイタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料デイタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
燃料デイタンク	S	原子炉建屋 0.P.24.80 (0.P.33.20*1)	[redacted]	[redacted]	—*2	—*2	C_H=2.65	C_V=1.77	静水頭	—	50	0.86

注記＊1：基準床レベルを示す。

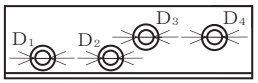
＊2：ⅢASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

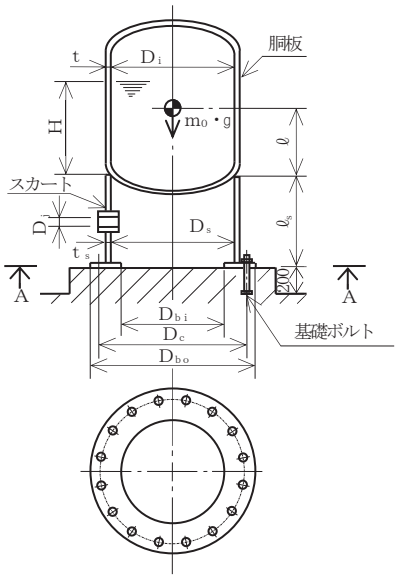
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	2800	9.0	2800	9.0	201000*1	201000*1	77300*1	77300*1

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1400	929	102	102	102	102	2868	15	16	2950	3078

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2738	42(M42)	1385	408	—	1.362×10^9



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	—	241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	241	276

S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
211*1 (40mm＜径≦100mm)	394*1 (40mm＜径≦100mm)	211	253

注記＊1：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}=4$	$\sigma_{x1}=0$	—	$\sigma_{\phi 1}=4$	$\sigma_{x1}=0$	—
運転時質量による引張応力		—	$\sigma_{x2}=3$	—	—	$\sigma_{x2}=3$	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}=7$	$\sigma_{x5}=5$	—	$\sigma_{\phi 2}=7$	$\sigma_{x5}=5$	—
空質量による圧縮応力		—	$\sigma_{x3}=1$	—	—	$\sigma_{x3}=1$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	$\sigma_{x6}=1$	—	—	$\sigma_{x6}=1$	—
水平方向地震による応力		—	$\sigma_{x4}=15$	$\tau=15$	—	$\sigma_{x4}=15$	$\tau=15$
応力の和	引張側	$\sigma_{\phi}=11$	$\sigma_{xt}=22$	—	$\sigma_{\phi}=11$	$\sigma_{xt}=22$	—
	圧縮側	$\sigma_{\phi}=-11$	$\sigma_{xc}=16$	—	$\sigma_{\phi}=-11$	$\sigma_{xc}=16$	—
組合せ応力	引張り	$\sigma_{0t}=32$			$\sigma_{0t}=32$		
	圧縮	$\sigma_{0c}=23$			$\sigma_{0c}=23$		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}=7$	$\sigma_{x5}=5$	—	$\sigma_{\phi 2}=7$	$\sigma_{x5}=5$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	$\sigma_{x6}=1$	—	—	$\sigma_{x6}=1$	—
水平方向地震による応力		—	$\sigma_{x4}=15$	$\tau=15$	—	$\sigma_{x4}=15$	$\tau=15$
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}=7$	$\sigma_{2xt}=19$	—	$\sigma_{2\phi}=7$	$\sigma_{2xt}=19$	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}=-7$	$\sigma_{2xc}=16$	—	$\sigma_{2\phi}=-7$	$\sigma_{2xc}=16$	—
組合せ応力（変動値）	引張り	$\sigma_{2t}=58$			$\sigma_{2t}=58$		
	圧縮	$\sigma_{2c}=46$			$\sigma_{2c}=46$		

1.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		$\sigma_{s1}=3$	$\sigma_{s}=44$	$\sigma_{s1}=3$	$\sigma_{s}=44$
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{s3}=6$		$\sigma_{s3}=6$	
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2}=27$		$\sigma_{s2}=27$	
	せん断	$\tau_{s}=16$		$\tau_{s}=16$	

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	$\sigma_{b}=75$	$\sigma_{b}=75$
せん断応力	$\tau_{b}=27$	$\tau_{b}=27$

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SS400	一次一般膜	σ_0=32	S_a=236	σ_0=32	S_a=236
		一次＋二次	σ_2=58	S_a=482	σ_2=58	S_a=482
スカート	SS400	組合せ	σ_s=44	f_t=241	σ_s=44	f_t=276
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	0.20 (無次元)		0.20 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=75	f_{ts}=158*	σ_b=75	f_{ts}=190*
		せん断	τ_b=27	f_{sb}=122	τ_b=27	f_{sb}=146

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
燃料デイタンク	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P.24.80 (0.P.33.20*1)	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H=2.65	C_V=1.77	静水頭	－	50	0.86

注記＊1：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	2800	9.0	2800	9.0	201000*1	201000*1	77300*1	77300*1

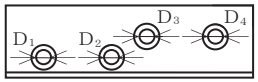
ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1400	929	102	102	102	102	2868	15	16	2950	3078

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2738	42 (M42)	1385	408	－	1.362×10^9

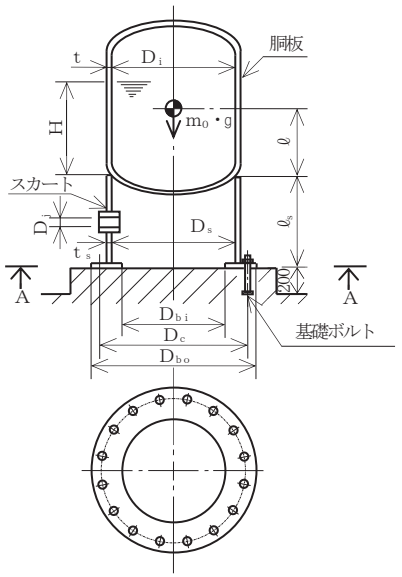
S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (スカート) (MPa)	S_u (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	－	241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	－	276

S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
211*1 (40mm＜径≦100mm)	394*1 (40mm＜径≦100mm)	－	253

注記＊1：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=4	σ_{x1}=0	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	σ_{x2}=3	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=7	σ_{x5}=5	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=15	τ=15
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}=11	σ_{xt}=22	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}=-11	σ_{xc}=16	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{0t}=32		
	圧縮	—			σ_{0c}=23		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=7	σ_{x5}=5	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=15	τ=15
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=7	σ_{2xt}=19	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=-7	σ_{2xc}=16	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}=58		
	圧縮	—			σ_{2c}=46		

2.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	σ_{s1}=3	σ_{s}=44
鉛直方向地震による応力		—		σ_{s3}=6	
水平方向地震による応力	曲げ	—		σ_{s2}=27	
	せん断	—		τ_{s}=16	

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_{b}=75
せん断応力	—	τ_{b}=27

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SS400	一次一般膜	—	—	σ_0=32	S_a=236
		一次＋二次	—	—	σ_2=58	S_a=482
スカート	SS400	組合せ	—	—	σ_s=44	f_t=276
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	—		0.20 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b=75	f_{ts}=190*
		せん断	—	—	τ_b=27	f_{sb}=146

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-10-1-2-1-7　非常用ディーゼル発電設備
制御盤の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 1
2.　一般事項 1
2.1　構造計画 1
3.　固有周期 3
3.1　固有周期の算出方法 3
4.　構造強度評価 4
4.1　構造強度評価方法 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 4
5.　機能維持評価 8
5.1　電気的機能維持評価方法 8
6.　評価結果 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用ディーゼル発電設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用ディーゼル発電設備制御盤は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

非常用ディーゼル発電設備制御盤は，以下の表1-1に示す盤から構成される。本計算書においては，その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表1-1　非常用ディーゼル発電設備制御盤の構成

系統	盤名称	個数
非常用ディーゼル発電機2A	非常用ディーゼル発電機2A制御盤 （励磁装置及び保護継電装置を含む）	1
非常用ディーゼル発電機2B	非常用ディーゼル発電機2B制御盤 （励磁装置及び保護継電装置を含む）	1

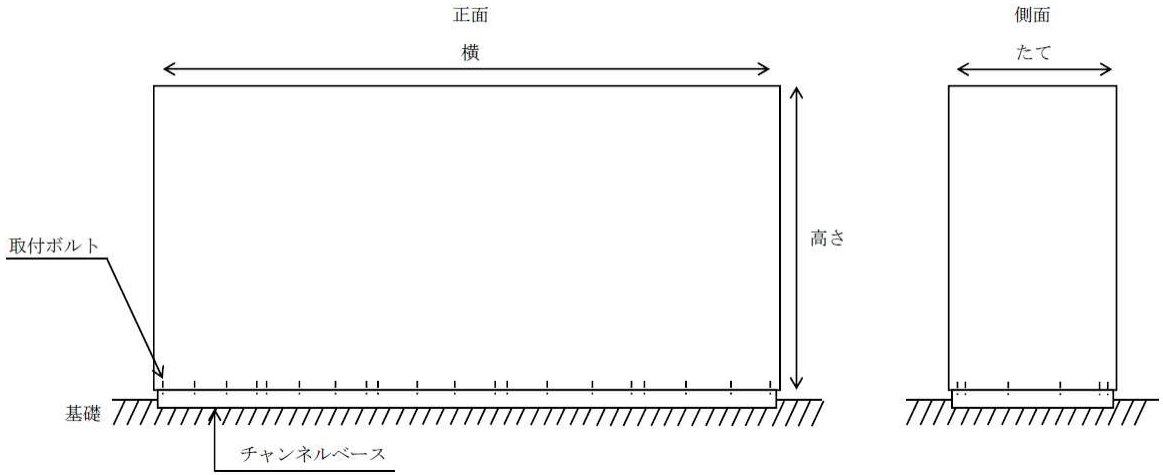
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

非常用ディーゼル発電設備制御盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用ディーゼル発電設備制御盤のうち非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤及び非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【非常用ディーゼル発電設備制御盤】 

	非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤＊	非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤＊
たて	mm	mm
横	mm	mm
高さ	mm	mm

注記　＊：シリコン整流器盤，界磁調整器盤，自動電圧調整器盤，補機制御盤，制御盤より構成する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

非常用ディーゼル発電設備制御盤のうち非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤の固有周期は以下の通りとする。

水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤	水平	
	鉛直	0.05 以下
非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

非常用ディーゼル発電設備制御盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ディーゼル発電設備制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

非常用ディーゼル発電設備制御盤の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電設備制御盤の使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	非常用ディーゼル発電設備制御盤	S	—*1	$D+P_D+M_D+S_d$*	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記　＊1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	非常用ディーゼル発電設備制御盤	常設／防止（DB 拡張） 常設／緩和（DB 拡張）	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として $Ⅳ_AS$ の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（DB 拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の 許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_{yi}（MPa）	S_{ui}（MPa）	S_{yi}（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	40	235	400	―

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_{yi}（MPa）	S_{ui}（MPa）	S_{yi}（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	40	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

非常用ディーゼル発電設備制御盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤，2B 制御盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用ディーゼル発電機 2A 制御盤	水平	
	鉛直	
非常用ディーゼル発電機 2B 制御盤	水平	
	鉛直	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用ディーゼル発電機2A制御盤の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用ディーゼル発電機2A制御盤	S	原子炉建屋 0.P.15.00*	[redacted]	0.05以下	C_H=0.96	C_V=0.80	C_H=1.97	C_V=1.37	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (i=2)	[redacted]				16 (M16)	201.1	60	10
								4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	1.054×10^{4}	2.362×10^{4}	5.178×10^{4}	1.063×10^{5}

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝53	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝118	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝161

注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}\right]$より算出

すべて許容応力以下である。

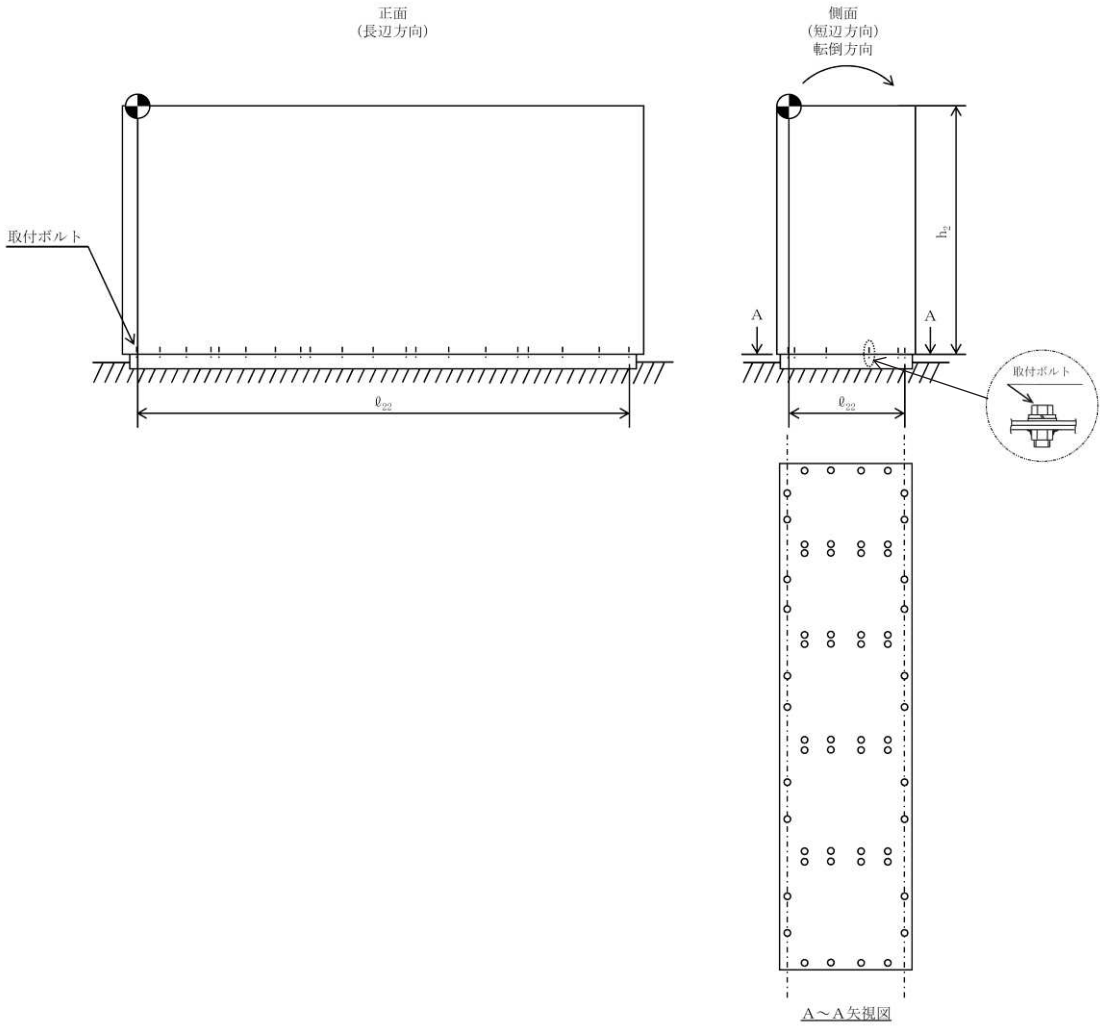
1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
非常用ディーゼル発電機2A制御盤	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ_{22}
側面
(短辺方向)
転倒方向
h_2
A
A
ℓ_{22}
取付ボルト
A～A矢視図

【非常用ディーゼル発電機2A制御盤の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用ディーゼル発電機2A制御盤	常設／防止(DB拡張) 常設／緩和(DB拡張)	原子炉建屋 0.P.15.00*	[redacted]	0.05以下	－	－	C_H=1.97	C_V=1.37	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (ｉ=2)	[redacted]				16 (M16)	201.1	60	10 4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ=2)	235	400	－	280	－	短辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	－	2.362×10^{4}	－	1.063×10^{5}

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	－	－	σ_{b2}＝118	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝161

注記＊：f_{tsi}＝Min［1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}］より算出

すべて許容応力以下である。

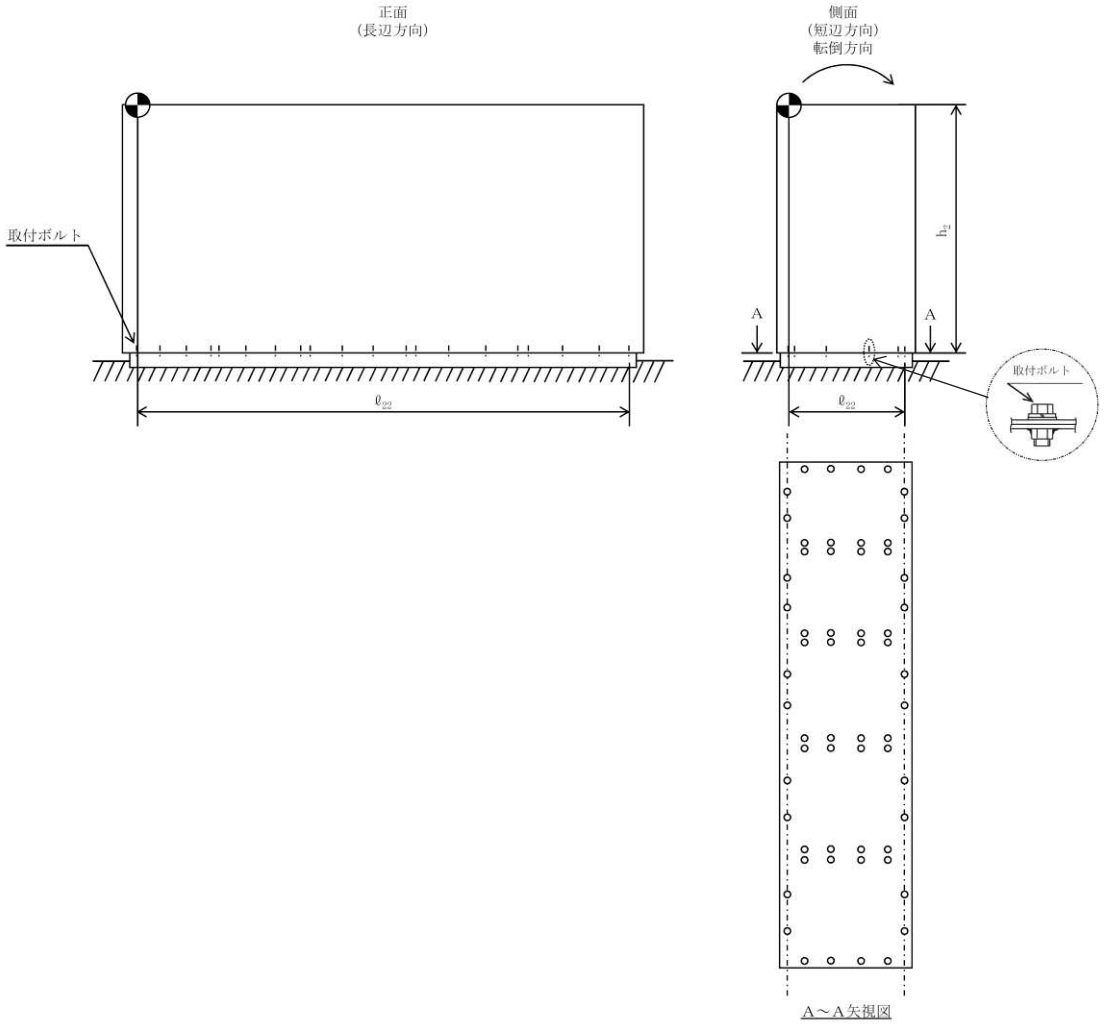
2.4.2　電気的機能維持の評価結果　（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
非常用ディーゼル発電機2A制御盤	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ_{22}
側面
(短辺方向)
転倒方向
h_2
A
A
ℓ_{22}
取付ボルト
A～A矢視図

【非常用ディーゼル発電機2B制御盤の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用ディーゼル発電機2B制御盤	S	原子炉建屋 0.P.15.00*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.96	C_V=0.80	C_H=1.97	C_V=1.37	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (i=2)					16 (M16)	201.1	60	10
								4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	1.054×10^{4}	2.362×10^{4}	5.178×10^{4}	1.063×10^{5}

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝53	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝118	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝161

注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}\right]$より算出

すべて許容応力以下である。

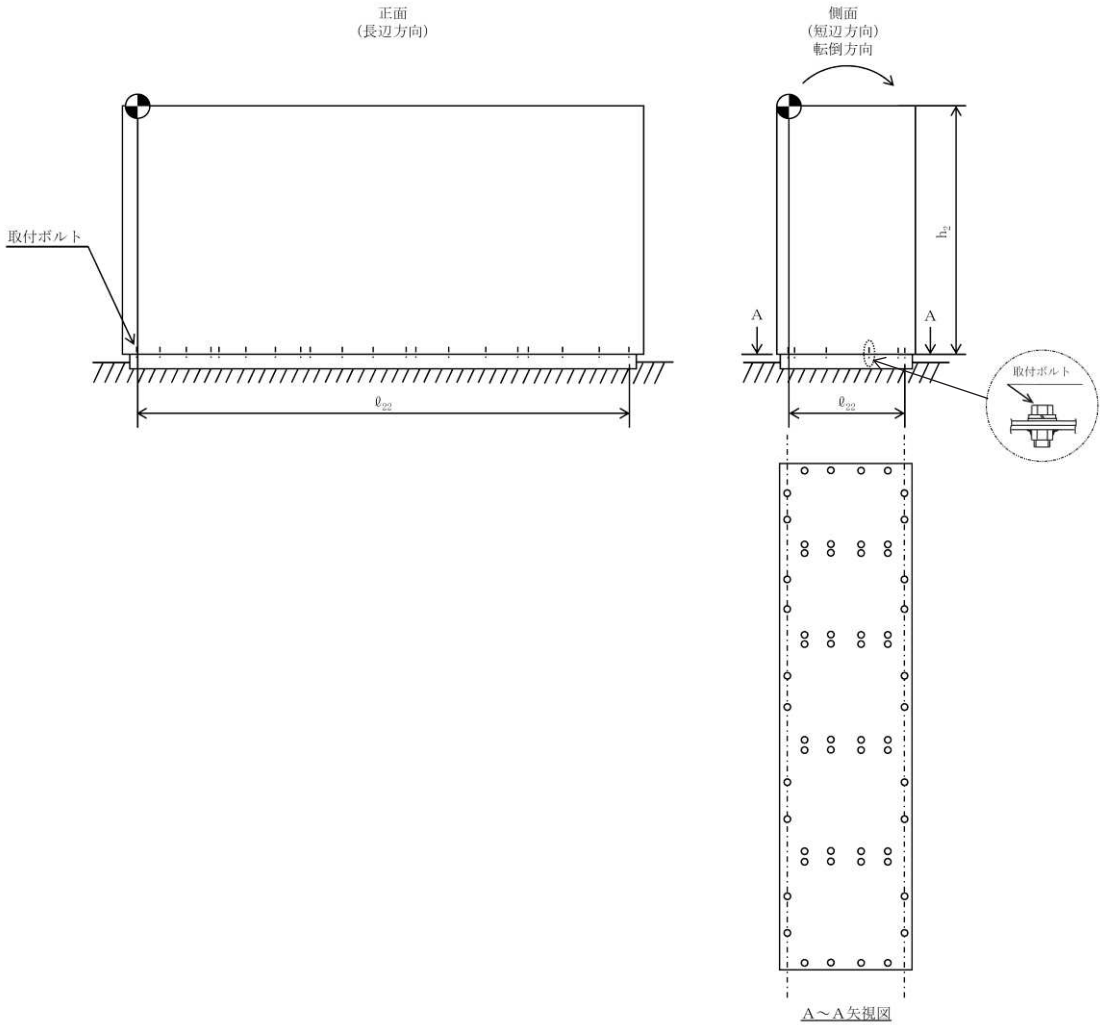
1.4.2　電気的機能維持の評価結果　（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
非常用ディーゼル発電機2B制御盤	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ_{22}
側面
(短辺方向)
転倒方向
h_{22}
A
A
ℓ_{22}
取付ボルト
A～A矢視図

【非常用ディーゼル発電機2B制御盤の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用ディーゼル発電機2B制御盤	常設／防止(DB拡張) 常設／緩和(DB拡張)	原子炉建屋 O.P.15.00*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.97	C_V=1.37	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (ｉ=2)	[redacted]				16 (M16)	201.1	60	10 4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ=2)	235	400	－	280	－	短辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	－	2.362×10^{4}	－	1.063×10^{5}

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	－	－	σ_{b2}＝118	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝161

注記＊：f_{tsi}＝Min［1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}］より算出

すべて許容応力以下である。

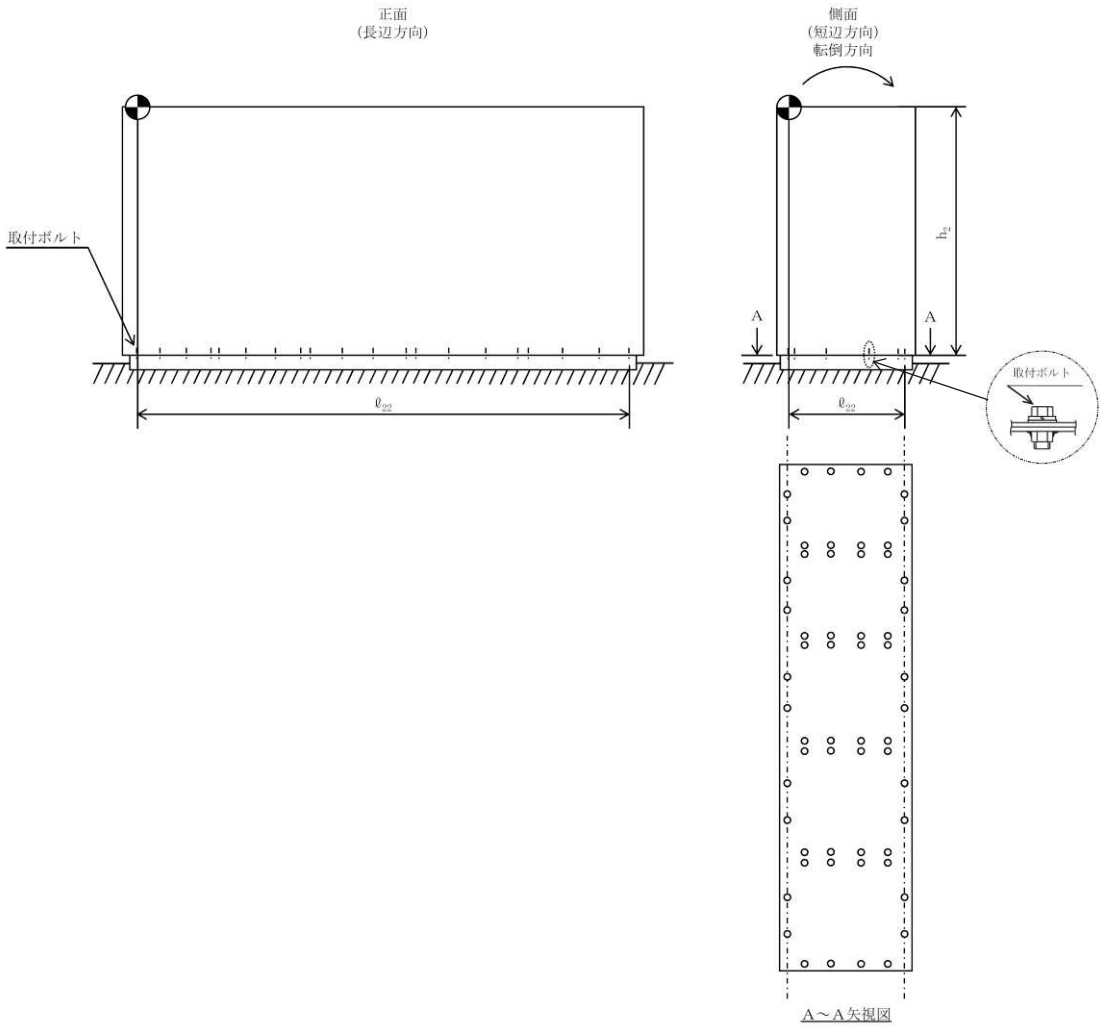
2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
非常用ディーゼル発電機2B制御盤	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


正面
(長辺方向)
取付ボルト
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
取付ボルト
A～A矢視図

Ⅵ-2-10-1-2-2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-2-2-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 機関・発電機の耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-2-2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 空気だめの耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-2-3　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料デイタンクの耐震性についての計算書
VI-2-10-1-2-2-7　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 制御盤の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1-2-2-2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備
空気だめの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 3
4.1　構造強度評価方法 ····· 3
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
4.2.2　許容応力 ····· 3
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
4.3　計算条件 ····· 3
5.　評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，空気だめが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

空気だめは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対象設備としての構造強度評価を示す。

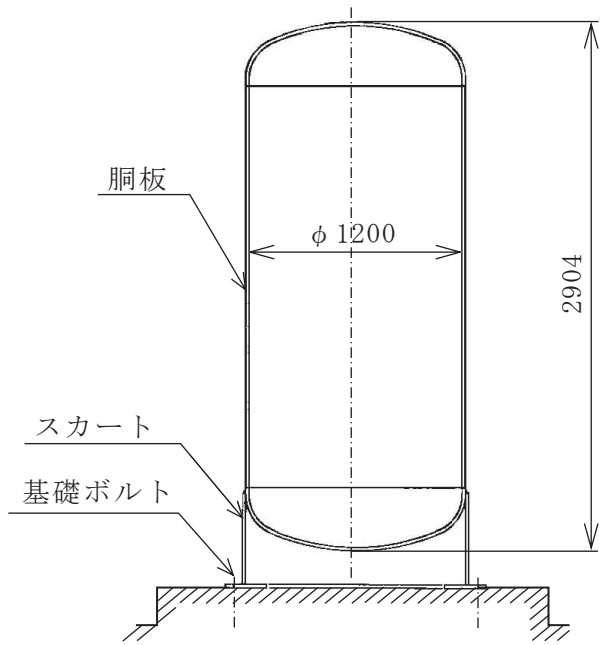
なお，空気だめは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

空気だめの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴をスカートで支持し，スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。	たて置円筒形 （上面及び下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器）	 （寸法：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【空気だめの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期(s)

水平方向	鉛直方向
[redacted]	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

空気だめの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

空気だめの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2　許容応力

空気だめの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

空気だめの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【空気だめの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	空気だめ	S	クラス３容器*1	$D+P_D+M_D+Sd^*$	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+Ss$	$Ⅳ_AS$

注記＊１：クラス３容器の支持構造物を含む。

表４－２　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	空気だめ	常設／防止（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+Ss$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊１：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊２：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

＊３：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表４－３　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界[*1, *2]			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
III_AS	S_yと 0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記の値と 1.2・Ｓのうち大きい方	左欄の 1.5 倍の値	Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い[*3]，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	
IV_AS	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）				

注記＊１：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊２：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊３：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2／3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4－4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物，重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）	許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張	引張	せん断
III_AS	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）			

注記＊1：薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあっては，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	90	－	241	438	－
スカート	SGV480	周囲環境温度	50	－	259	471	－
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	－	231	394	－

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	90	－	241	438	－
スカート	SGV480	周囲環境温度	50	－	259	471	－
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	－	231	394	－

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

空気だめの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

空気だめの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【空気だめの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
空気だめ	S	原子炉建屋 0.P.15.00*1	[redacted]	[redacted]	－*2	－*2	C_H=1.97	C_V=1.37	3.24	90	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：III_ASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	1200	22.0	1245	22.0	199000*1	201000*2	76500*1	77300*2

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1132	520	102	102	102	15	6	1420	1500

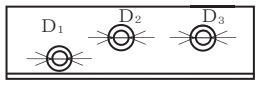
D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
1050	24(M24)	452.4	306	－	9.255×10^7

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1	438*1	－	259*2	471*2	259	311

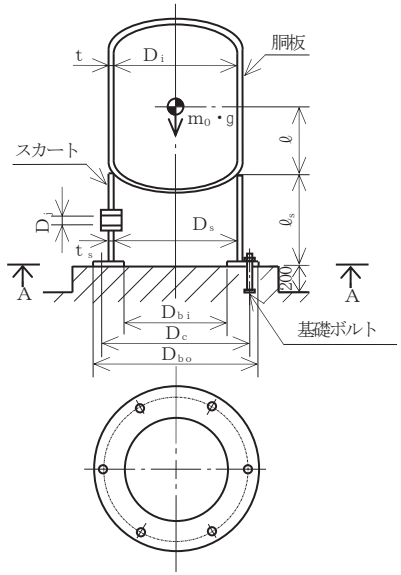
S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
231*2	394*2	231	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$=91	σ_{x1}=46	—	$\sigma_{\phi 1}$=91	σ_{x1}=46	—
運転時質量による引張応力		—	σ_{x2}=1	—	—	σ_{x2}=1	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x3}=1	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}=1	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=3	τ=2	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	σ_{ϕ}=91	σ_{xt}=48	—	σ_{ϕ}=91	σ_{xt}=48	—
	圧縮側	σ_{ϕ}=-91	σ_{xc}=-43	—	σ_{ϕ}=-91	σ_{xc}=-43	—
組合せ応力	引張り	σ_{0t}=91			σ_{0t}=91		
	圧縮	—			—		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}=1	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=3	τ=2	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xt}=3	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xt}=3	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xc}=3	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xc}=3	—
組合せ応力（変動値）	引張り	σ_{2t}=7			σ_{2t}=7		
	圧縮	σ_{2c}=7			σ_{2c}=7		

1.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		σ_{s1}=1	σ_{s}=6	σ_{s1}=1	σ_{s}=6
鉛直方向地震による応力		σ_{s3}=1		σ_{s3}=1	
水平方向地震による応力	曲げ	σ_{s2}=4		σ_{s2}=4	
	せん断	τ_{s}=2		τ_{s}=2	

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	σ_{b}=74	σ_{b}=74
せん断応力	τ_{b}=21	τ_{b}=21

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	σ_0=91	S_a=241	σ_0=91	S_a=262
		一次＋二次	σ_2=7	S_a=482	σ_2=7	S_a=482
スカート	SGV480	組合せ	σ_s=6	f_t=259	σ_s=6	f_t=311
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	0.02 (無次元)		0.02 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=74	f_{ts}=173*	σ_b=74	f_{ts}=207*
		せん断	τ_b=21	f_{sb}=133	τ_b=21	f_{sb}=159

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【空気だめの耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
空気だめ	常設／防止（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P.15.00*1	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H=1.97	C_V=1.37	3.24	90	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	1200	22.0	1245	22.0	199000*1	201000*2	76500*1	77300*2

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1132	520	102	102	102	15	6	1420	1500

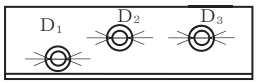
D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
1050	24(M24)	452.4	306	－	9.255×10^7

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1	438*1	－	259*2	471*2	－	311

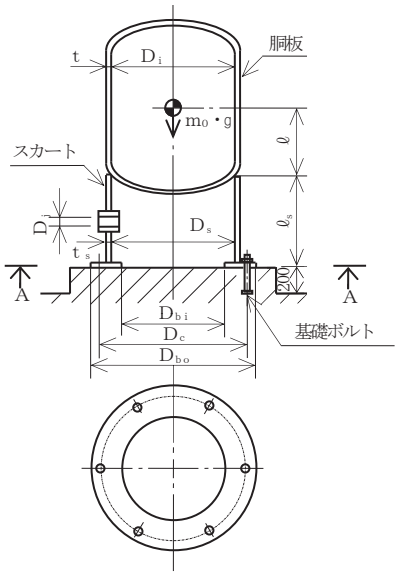
S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
231*2	394*2	－	276

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=91	σ_{x1}=46	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	σ_{x2}=1	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}=91	σ_{xt}=48	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}=-91	σ_{xc}=-43	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{0t}=91		
	圧縮	—			—		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=0	σ_{x5}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=3	τ=2
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xt}=3	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=0	σ_{2xc}=3	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}=7		
	圧縮	—			σ_{2c}=7		

2.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	σ_{s1}=1	σ_{s}=6
鉛直方向地震による応力		—		σ_{s3}=1	
水平方向地震による応力	曲げ	—		σ_{s2}=4	
	せん断	—		τ_{s}=2	

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_{b}=74
せん断応力	—	τ_{b}=21

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	—	—	σ_0=91	S_a=262
		一次＋二次	—	—	σ_2=7	S_a=482
スカート	SGV480	組合せ	—	—	σ_s=6	f_t=311
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	—		0.02 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—		σ_b=74	f_{ts}=207*
		せん断	—	—	τ_b=21	f_{sb}=159

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-10-1-2-2-3　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備
燃料デイタンクの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 3
4.1　構造強度評価方法 ····· 3
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
4.2.2　許容応力 ····· 3
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
4.3　計算条件 ····· 3
5.　評価結果 ····· 8
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，燃料デイタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

燃料デイタンクは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対象設備としての構造強度評価を示す。

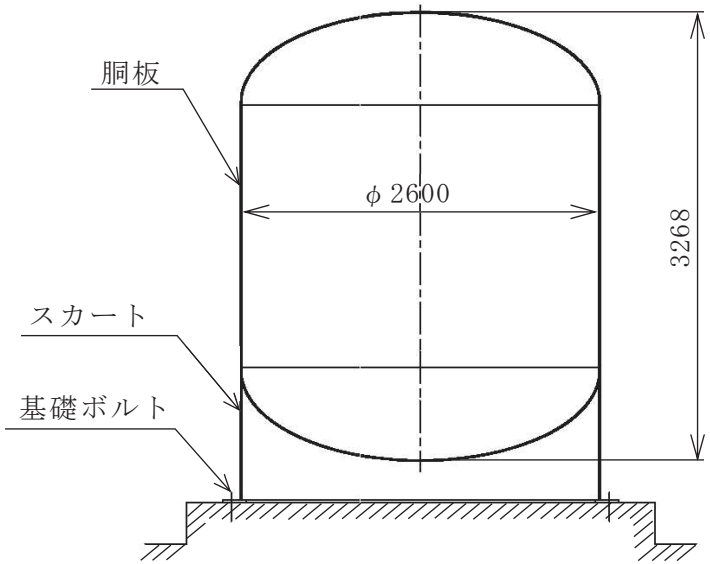
なお，燃料デイタンクは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料デイタンクの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴をスカートで支持し，スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。	たて置円筒形 （上面及び下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器）	 （寸法：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期(s)

水平方向	鉛直方向
[redacted]	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

燃料デイタンクの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料デイタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2　許容応力

燃料デイタンクの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

燃料デイタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	燃料デイタンク	S	－*1	$D + P_D + M_D + S_d$ *	$Ⅲ_AS$
					$D + P_D + M_D + S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊1：クラス２，３容器及びクラス２，３支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表４－２　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	燃料デイタンク	常設／防止（ＤＢ拡張）	－*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：クラス２，３容器及びクラス２，３支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－3　許容応力（クラス 2，3 容器）

許容応力状態	許　容　限　界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	S_yと 0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記の値と 1.2・Sのうち大きい方	左欄の 1.5 倍の値	*3 Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）				

注記＊1：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2／3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4－4　許容応力（クラス 2，3 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）	許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張	引張	せん断
III_AS	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）			

注記＊1：薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあっては，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
胴板	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	－	241	394	－
スカート	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	－	241	394	－
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径≦100mm)	周囲環境温度	50	－	211	394	－

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
胴板	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	－	241	394	－
スカート	SS400 (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	－	241	394	－
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径≦100mm)	周囲環境温度	50	－	211	394	－

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

燃料デイタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動Ｓｄ及び静的震度は基準地震動Ｓｓを下回っており，基準地震動Ｓｓによる発生値が，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料デイタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
燃料デイタンク	S	原子炉建屋 0.P.24.80 (0.P.33.20*1)	[redacted]	[redacted]	—*2	—*2	C_H=2.65	C_V=1.77	静水頭	—	50	0.86

注記＊1：基準床レベルを示す。

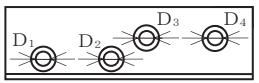
＊2：ⅢASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

1.2　機器要目

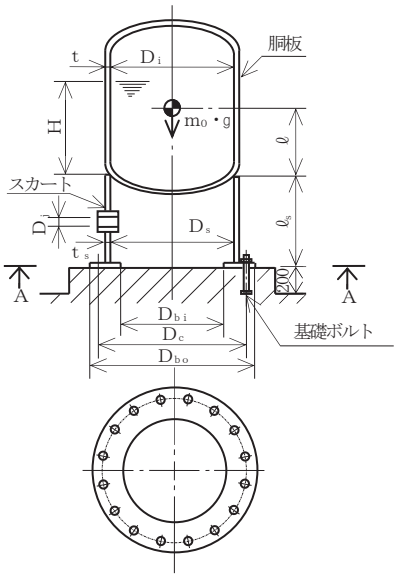
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	2600	9.0	2600	9.0	201000*1	201000*1	77300*1	77300*1

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1052	882	102	102	102	102	2297	15	16	2750	2878

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2538	42(M42)	1385	408	—	7.539×10^8



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	—	241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	241	276

S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
211*1 (40mm＜径≦100mm)	394*1 (40mm＜径≦100mm)	211	253

注記＊1：周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$=3	σ_{x1}=0	—	$\sigma_{\phi 1}$=3	σ_{x1}=0	—
運転時質量による引張応力		—	σ_{x2}=2	—	—	σ_{x2}=2	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=5	σ_{x5}=3	—	$\sigma_{\phi 2}$=5	σ_{x5}=3	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x3}=1	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}=1	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=9	τ=11	—	σ_{x4}=9	τ=11
応力の和	引張側	σ_{ϕ}=8	σ_{xt}=14	—	σ_{ϕ}=8	σ_{xt}=14	—
	圧縮側	σ_{ϕ}=-8	σ_{xc}=10	—	σ_{ϕ}=-8	σ_{xc}=10	—
組合せ応力	引張り	σ_{0t}=22			σ_{0t}=22		
	圧縮	σ_{0c}=15			σ_{0c}=15		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$=5	σ_{x5}=3	—	$\sigma_{\phi 2}$=5	σ_{x5}=3	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}=1	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}=9	τ=11	—	σ_{x4}=9	τ=11
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}$=5	σ_{2xt}=12	—	$\sigma_{2\phi}$=5	σ_{2xt}=12	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}$=-5	σ_{2xc}=9	—	$\sigma_{2\phi}$=-5	σ_{2xc}=9	—
組合せ応力（変動値）	引張り	σ_{2t}=39			σ_{2t}=39		
	圧縮	σ_{2c}=30			σ_{2c}=30		

1.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		σ_{s1}=2	σ_{s}=31	σ_{s1}=2	σ_{s}=31
鉛直方向地震による応力		σ_{s3}=4		σ_{s3}=4	
水平方向地震による応力	曲げ	σ_{s2}=18		σ_{s2}=18	
	せん断	τ_{s}=12		τ_{s}=12	

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	σ_{b}=46	σ_{b}=46
せん断応力	τ_{b}=18	τ_{b}=18

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SS400	一次一般膜	σ_0=22	S_a=236	σ_0=22	S_a=236
		一次＋二次	σ_2=39	S_a=482	σ_2=39	S_a=482
スカート	SS400	組合せ	σ_s=31	f_t=241	σ_s=31	f_t=276
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	0.13 (無次元)		0.13 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=46	f_{ts}=158*	σ_b=46	f_{ts}=190*
		せん断	τ_b=18	f_{sb}=122	τ_b=18	f_{sb}=146

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【燃料デイタンクの耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
燃料デイタンク	常設／防止（ＤＢ拡張）	原子炉建屋 0.P.24.80 (0.P.33.20*1)	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H=2.65	C_V=1.77	静水頭	－	50	0.86

注記＊1：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	2600	9.0	2600	9.0	201000*1	201000*1	77300*1	77300*1

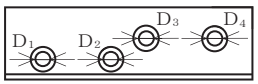
ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
1052	882	102	102	102	102	2297	15	16	2750	2878

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2538	42(M42)	1385	408	－	7.539×10^8

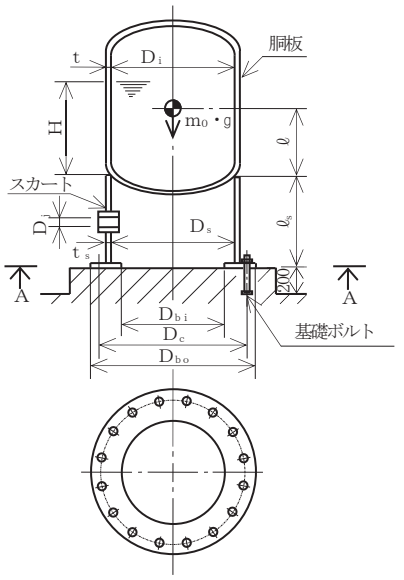
S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	－	241*1 (厚さ≦16mm)	394*1 (厚さ≦16mm)	－	276

S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
211*1 (40mm＜径≦100mm)	394*1 (40mm＜径≦100mm)	－	253

注記＊1：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$=3	σ_{x1}=0	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	σ_{x2}=2	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=5	σ_{x5}=3	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x3}=1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=9	τ=11
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}=8	σ_{xt}=14	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}=-8	σ_{xc}=10	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{0t}=22		
	圧縮	—			σ_{0c}=15		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$=5	σ_{x5}=3	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}=1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}=9	τ=11
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=5	σ_{2xt}=12	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$=-5	σ_{2xc}=9	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}=39		
	圧縮	—			σ_{2c}=30		

2.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	σ_{s1}=2	σ_{s}=31
鉛直方向地震による応力		—		σ_{s3}=4	
水平方向地震による応力	曲げ	—		σ_{s2}=18	
	せん断	—		τ_{s}=12	

2.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_{b}=46
せん断応力	—	τ_{b}=18

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	T_H=
鉛直方向	T_V=

2.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SS400	一次一般膜	—	—	σ_0=22	S_a=236
		一次＋二次	—	—	σ_2=39	S_a=482
スカート	SS400	組合せ	—	—	σ_s=31	f_t=276
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	—		0.13 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b=46	f_{ts}=190*
		せん断	—	—	τ_b=18	f_{sb}=146

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-10-1-2-2-7　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備
制御盤の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 1
2.　一般事項 1
2.1　構造計画 1
3.　固有周期 3
3.1　固有周期の算出方法 3
4.　構造強度評価 4
4.1　構造強度評価方法 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 4
5.　機能維持評価 8
5.1　電気的機能維持評価方法 8
6.　評価結果 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 9

1.　概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤は，以下の表 1-1 に示す盤から構成される。

表 1-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の構成

系統	盤名称	個数
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤 （励磁装置及び保護継電装置を含む）	1

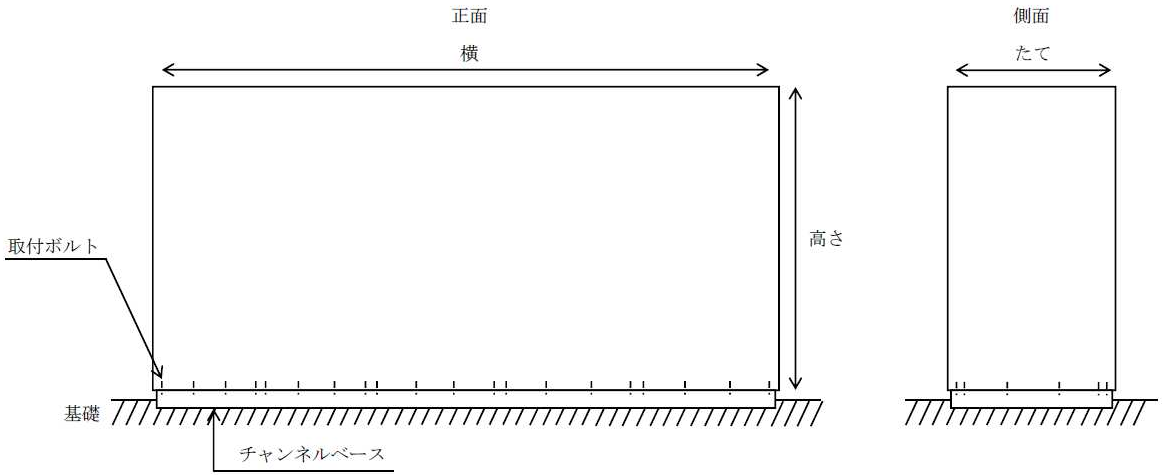
2.　一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤】 

	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤*
たて	[redacted] mm
横	[redacted] mm
高さ	[redacted] mm

注記　＊：シリコン整流器盤，界磁調整器盤，自動電圧調整器盤，補機制御盤，制御盤より構成する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤	S	—*1	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤	常設／防止（DB 拡張）	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_AS として IV_AS の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の 許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_{yi}（MPa）	S_{ui}（MPa）	S_{yi}（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	40	235	400	―

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_{yi}（MPa）	S_{ui}（MPa）	S_{yi}（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	40	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	水平	
	鉛直	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	S	原子炉建屋 0.P.15.00*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.96	C_V=0.80	C_H=1.97	C_V=1.37	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (i=2)					16 (M16)	201.1	60	10
								4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	1.054×10^{4}	2.362×10^{4}	5.178×10^{4}	1.063×10^{5}

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝53	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝118	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝161

注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}\right]$より算出

すべて許容応力以下である。

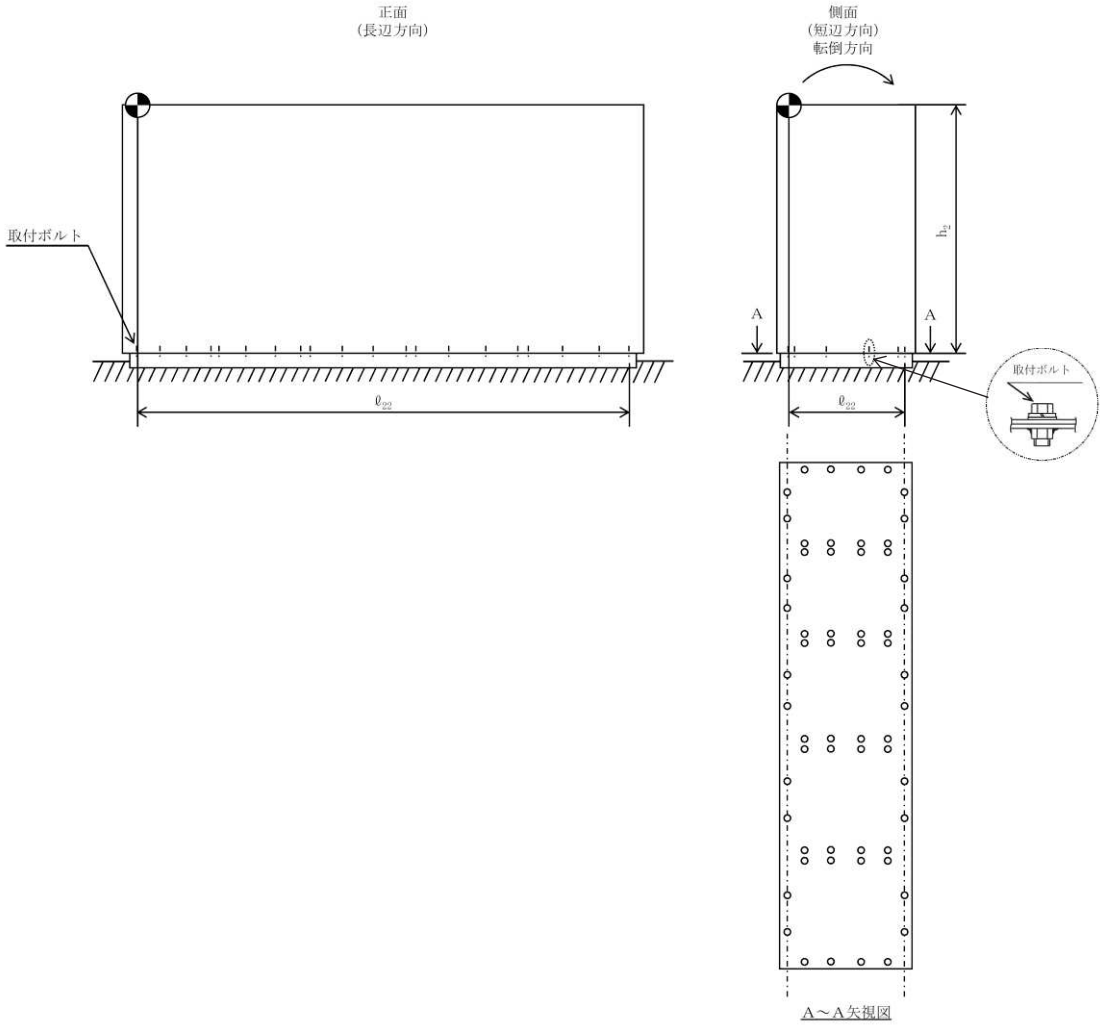
1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ_{22}
側面
(短辺方向)
転倒方向
h_2
A
A
取付ボルト
ℓ_{22}
A～A矢視図

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の耐震性についての計算結果】

2.　重大事故等対処設備

2.1　設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	常設／防止(DB 拡張)	原子炉建屋 O.P.15.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.97	C_V=1.37	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
取付ボルト (i＝2)	[redacted]				16 (M16)	201.1	60	10
								4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3　計算数値

2.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	－	2.362×10^{4}	－	1.063×10^{5}

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	－	－	σ_{b2}＝118	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝161

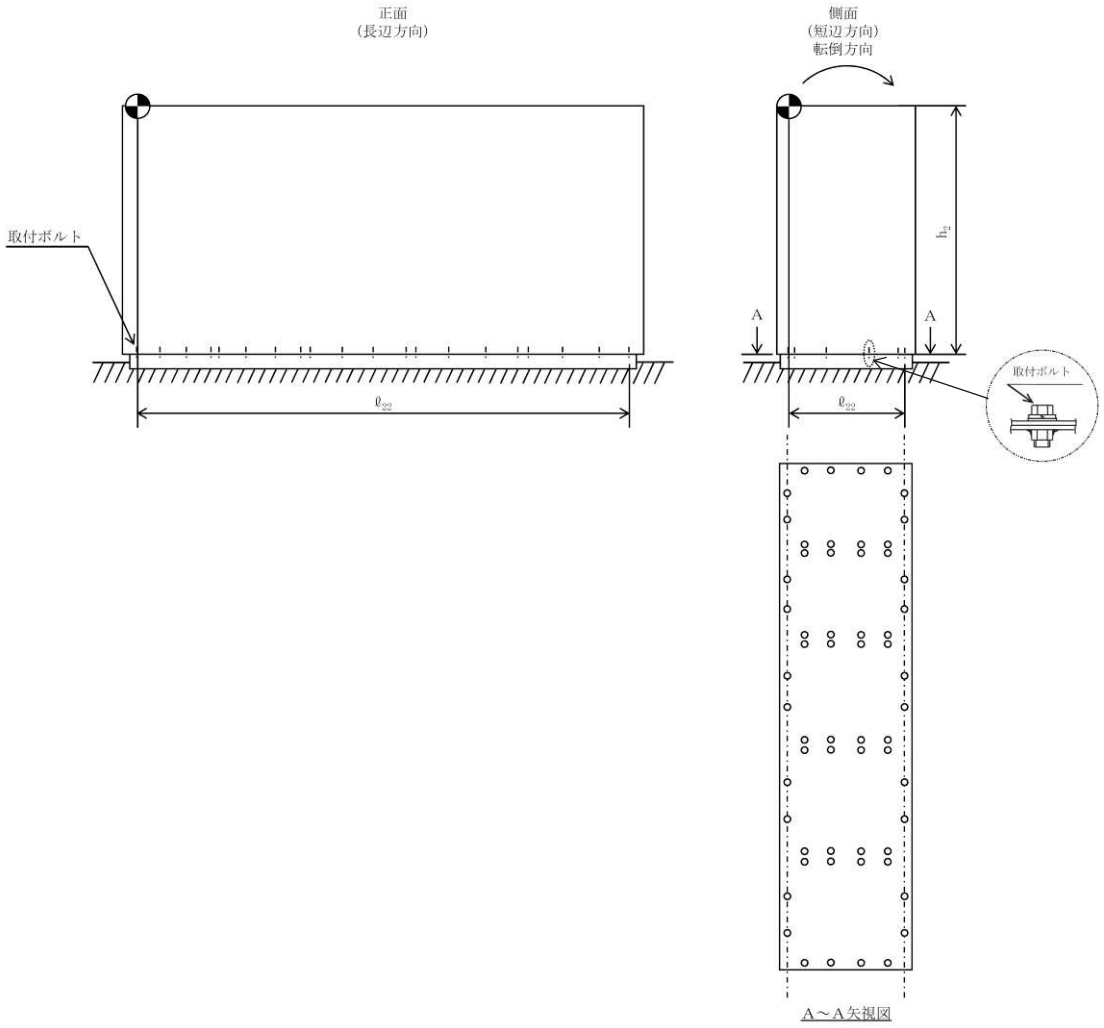
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}\right]$より算出
すべて許容応力以下である。

2.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ_{22}
側面
(短辺方向)
転倒方向
h_2
A
A
ℓ_{22}
取付ボルト
A～A矢視図

Ⅵ-2-10-1-2-4　緊急時対策所ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-2-4-1　緊急時対策所軽油タンクの耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1-2-4-1　緊急時対策所軽油タンクの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 3
4.1　構造強度評価方法 ····· 3
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
4.2.2　許容応力 ····· 3
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
4.3　計算条件 ····· 3
5.　評価結果 ····· 8
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，緊急時対策所軽油タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所軽油タンクは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対象設備としての構造強度評価を示す。

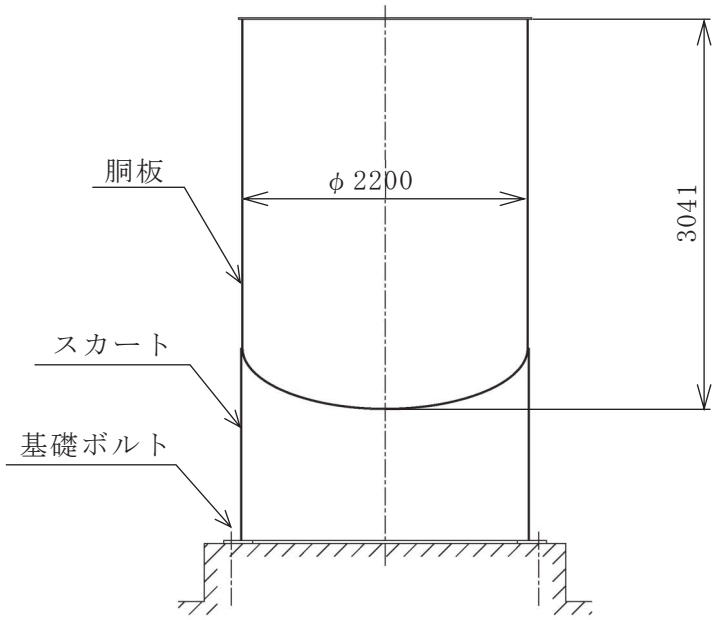
なお，緊急時対策所軽油タンクは，添付書類「Ⅵ-2-1-13　機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所軽油タンクの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴をスカートで支持し，スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。	たて置円筒形（上面に平板，下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器）	 （寸法：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【緊急時対策所軽油タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期(s)

水平方向	鉛直方向
[redacted]	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所軽油タンクの構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-1　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所軽油タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所軽油タンクの許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 及び表 4－3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所軽油タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【緊急時対策所軽油タンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	緊急時対策所軽油タンク	常設耐震／防止常設／緩和	－*2	Ｄ＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器及び重大事故等クラス２支持構造物の荷重の組み合わせ及び許容応力を適用する。

＊3：「Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許　容　限　界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
IV_AS	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値	*3 Ｓｓ地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	
V_AS （V_AS としてIV_ASの許容限界を用いる。）				

注記＊1：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_mは 2／3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4－3　許容応力（重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2，*3（ボルト等以外）	許容限界*2，*3（ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	引張	引張	せん断
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）			

注記＊1：薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあっては，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊3：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
胴板	SM400C（厚さ≦16mm）	最高使用温度	50	－	241	394	－
スカート	SM400C（厚さ≦16mm）	周囲環境温度	50	－	241	394	－
基礎ボルト	SNB7（径≦63mm）	周囲環境温度	50	－	715	838	－

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所軽油タンクの重大事故等の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所軽油タンクの耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1　設計条件

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
緊急時対策所軽油タンク	緊急時対策建屋 0.P.62.20*	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H=1.68	C_V=1.12	静水頭	50	50	0.86

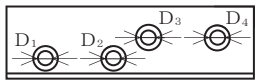
注記＊：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
[redacted]	[redacted]	2200	9.0	2200	9.0	201000*1	201000*2	77300*1	77300*2

ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
943	1517	102.3	151	151	500	2353	13	16	2380	2500

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N･mm)	
				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
2050	30 (M30)	706.9	909	－	4.985×10^8



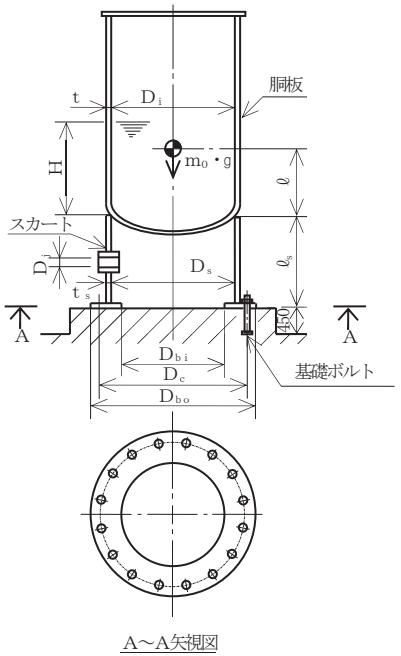
スカート開口部の形状を示す。

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (スカート) (MPa)	S_u (スカート) (MPa)	F (スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
241*1	394*1	－	241*2	394*2	－	276

S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
715*2	838*2	－	586

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出



A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　胴に生じる応力

(1)　一次一般膜応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=3$	$\sigma_{x 1}=0$	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=2$	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=3$	$\sigma_{x 5}=2$	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 3}=1$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=1$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 4}=6$	$\tau=7$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{\phi}=6$	$\sigma_{x t}=9$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{\phi}=-6$	$\sigma_{x c}=7$	—
組合せ応力	引張り	—			$\sigma_{0 t}=14$		
	圧縮	—			$\sigma_{0 c}=10$		

(2)　地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=3$	$\sigma_{x 5}=2$	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=1$	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	$\sigma_{x 4}=6$	$\tau=7$
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=3$	$\sigma_{2x t}=8$	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}=-3$	$\sigma_{2x c}=6$	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			$\sigma_{2 t}=24$		
	圧縮	—			$\sigma_{2 c}=19$		

1.3.2　スカートに生じる応力

（単位：MPa）

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応　力	組合せ応力	応　力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	$\sigma_{s 1}=3$	$\sigma_{s}=28$
鉛直方向地震による応力		—		$\sigma_{s 3}=3$	
水平方向地震による応力	曲げ	—		$\sigma_{s 2}=20$	
	せん断	—		$\tau_{s}=8$	

1.3.3　基礎ボルトに生じる応力

（単位：MPa）

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	$\sigma_{b}=57$
せん断応力	—	$\tau_{b}=18$

1.4　結論

1.4.1　固有周期　　(単位：s)

方　向	固有周期
水平方向	[redacted]
鉛直方向	[redacted]

1.4.2　応力　　(単位：MPa)

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400C	一次一般膜	—	—	$\sigma_0=14$	$S_a=236$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_2=24$	$S_a=482$
スカート	SM400C	組合せ	—	—	$\sigma_s=28$	$f_t=276$
		圧縮と曲げの組合せ	—		$\frac{\eta\cdot(\sigma_{s1}+\sigma_{s3})}{f_c}+\frac{\eta\cdot\sigma_{s2}}{f_b}\leqq 1$	
		(座屈の評価)	—		0.12 (無次元)	
基礎ボルト	SNB7	引張り	—	—	$\sigma_b=57$	$f_{ts}=440^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=18$	$f_{sb}=338$

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}\left[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}\right]$

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

Ⅵ-2-10-1-3　その他の電源装置の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-3-1　無停電電源装置の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-1-3-1　無停電電源装置の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-1-3-1-1　無停電交流電源用静止形無停電電源装置の耐震性についての計算書

VI-2-10-1-3-1-1　無停電交流電源用静止形無停電電源装置の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 1
2.　一般事項 1
2.1　構造計画 1
3.　固有周期 3
3.1　固有周期の算出方法 3
4.　構造強度評価 4
4.1　構造強度評価方法 4
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 4
5.　機能維持評価 8
5.1　電気的機能維持評価方法 8
6.　評価結果 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無停電交流電源用静止形無停電電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

無停電交流電源用静止形無停電電源装置は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

無停電交流電源用静止形無停電電源装置は，以下の表 1-1 に示す盤から構成される。

表 1-1　無停電交流電源用静止形無停電電源装置の構成

系統	盤名称	個数
無停電交流電源用 静止形無停電電源装置 2A	無停電交流電源用 静止形無停電電源装置 2A	1
無停電交流電源用 静止形無停電電源装置 2B	無停電交流電源用 静止形無停電電源装置 2B	1

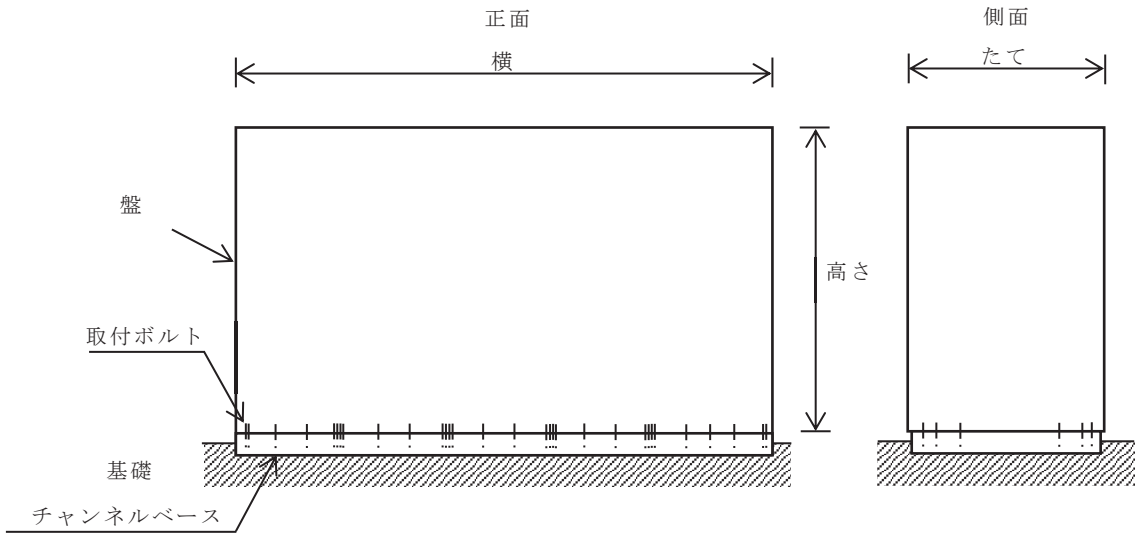
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
無停電交流電源用静止形無停電電源装置のうち静止形無停電電源装置 2A 及び静止形無停電電源装置 2B は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【無停電交流電源用静止形無停電電源装置】 

	無停電交流電源用 静止形無停電電源装置 2A	無停電交流電源用 静止形無停電電源装置 2B
たて	[redacted] mm	[redacted] mm
横	[redacted] mm	[redacted] mm
高さ	[redacted] mm	[redacted] mm

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
無停電交流電源用 静止形無停電電源装置	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の許容応力は，添付書類「Ⅵ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	無停電交流電源用静止形無停電電源装置	S	—*1	$D+P_D+M_D+S_d{}^*$	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
III_AS	1.5・f_t	1.5・f_s
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_{yi}（MPa）	S_{ui}（MPa）	S_{yi}（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト（ｉ=2）	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	40	235	400	―

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅵ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
無停電交流電源用 静止形無停電電源装置	水平	
	鉛直	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

無停電交流電源用静止形無停電電源装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【無停電交流電源用静止形無停電電源装置の耐震性についての計算結果】

1.　設計基準対象施設

1.1　設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
無停電交流電源用静止形無停電電源装置	S	制御建屋 0.P.8.00*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.91	C_V=0.55	C_H=1.95	C_V=1.01	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2　機器要目

部　材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (i=2)					16 (M16)	201.1	82	21
								4

部　材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　（単位：N）

部　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	7.987×10^{3}	1.731×10^{4}	7.139×10^{4}	1.530×10^{5}

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=176^{*}$	$\sigma_{b2}=86$	$f_{ts2}=210^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=161$

注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}\right]$ より算出

すべて許容応力以下である。

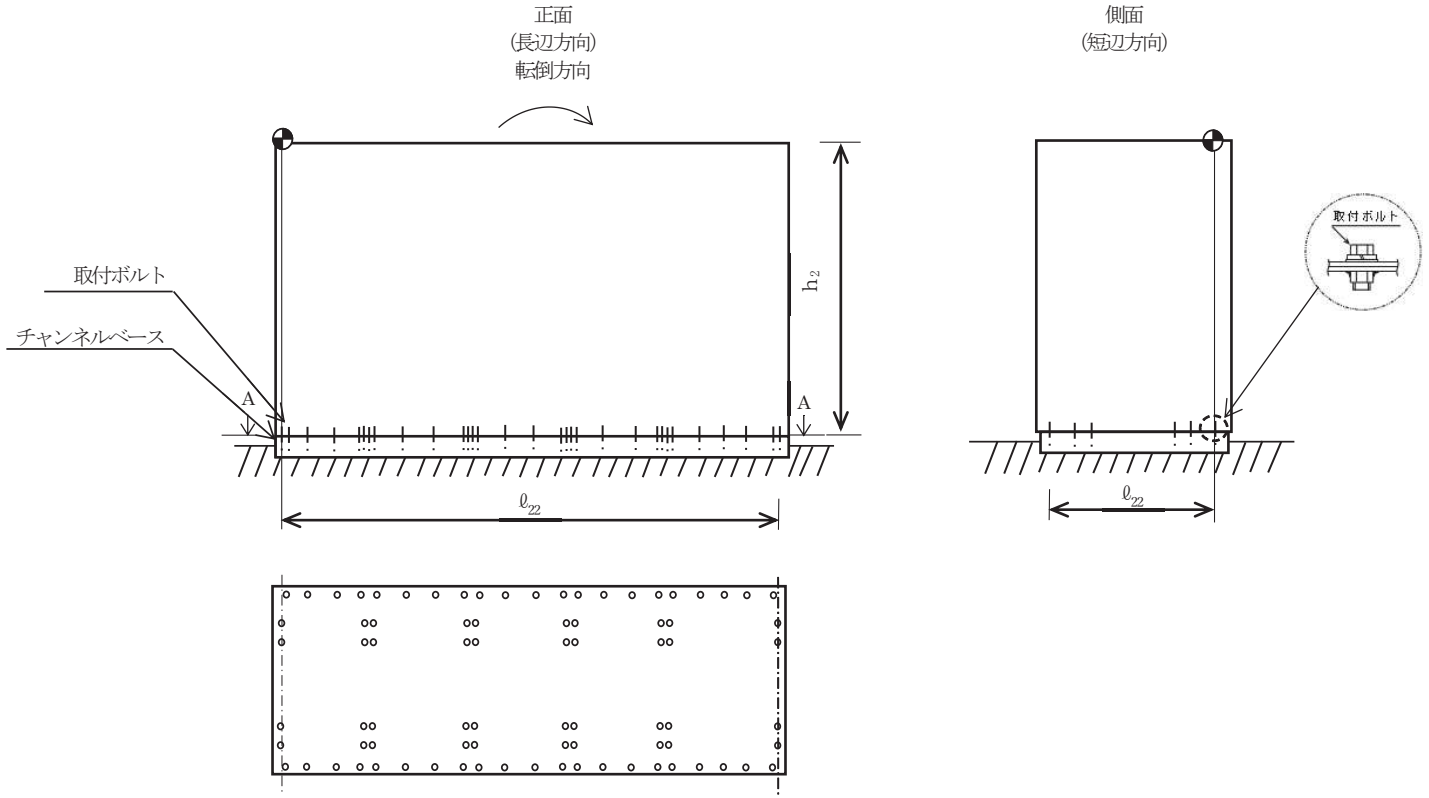
1.4.2　電気的機能維持の評価結果　（×9.8m/s²）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無停電交流電源用静止形無停電電源装置	水平方向	1.62	
	鉛直方向	0.84	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



A～A 矢視図

Ⅵ-2-10-2　浸水防護施設の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-2-2　防潮堤の耐震性についての計算書
VI-2-10-2-4　取放水路流路縮小工の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-2-2　防潮堤の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書
VI-2-10-2-2-2　防潮堤（盛土堤防）の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　位置 ····· 2
2.2　構造概要 ····· 3
2.3　評価方針 ····· 9
2.4　適用基準 ····· 13
3.　耐震評価 ····· 14
3.1　評価対象断面 ····· 14
3.1.1　一般部 ····· 14
3.1.2　岩盤部 ····· 17
3.2　解析方法 ····· 20
3.2.1　施設 ····· 20
3.2.2　材料物性及び地盤物性のばらつき ····· 20
3.2.3　減衰定数 ····· 21
3.2.4　解析ケース ····· 21
3.3　荷重及び荷重の組合せ ····· 23
3.3.1　耐震評価上考慮する状態 ····· 23
3.3.2　荷重 ····· 23
3.3.3　荷重の組合せ ····· 24
3.4　入力地震動 ····· 25
3.4.1　一般部 ····· 27
3.4.2　岩盤部 ····· 83
3.5　解析モデル及び諸元 ····· 125
3.5.1　解析モデル ····· 125
3.5.2　使用材料及び材料の物性値 ····· 130
3.5.3　地盤の物性値 ····· 131
3.5.4　地下水位 ····· 131
3.6　評価対象部位 ····· 132
3.6.1　施設・地盤の健全性評価 ····· 132
3.6.2　施設の変形性評価 ····· 132
3.6.3　基礎地盤の支持性能評価 ····· 132
3.7　許容限界 ····· 133
3.7.1　鋼管杭 ····· 133
3.7.2　鋼製遮水壁及び漂流物防護工 ····· 138
3.7.3　RC 遮水壁 ····· 139
3.7.4　背面補強工 ····· 139

3.7.5　置換コンクリート ····· 139
3.7.6　改良地盤 ····· 139
3.7.7　セメント改良土 ····· 140
3.7.8　止水ジョイント部材 ····· 140
3.7.9　基礎地盤 ····· 140
3.8　評価方法 ····· 141
3.8.1　鋼管杭 ····· 141
3.8.2　鋼製遮水壁及び漂流物防護工 ····· 142
3.8.3　RC 遮水壁 ····· 151
3.8.4　背面補強工 ····· 151
3.8.5　置換コンクリート ····· 151
3.8.6　改良地盤 ····· 151
3.8.7　セメント改良土 ····· 151
3.8.8　止水ジョイント部材 ····· 151
3.8.9　基礎地盤 ····· 151
4.　耐震評価結果 ····· 152
4.1　鋼管杭 ····· 152
4.1.1　曲げ軸力照査 ····· 152
4.1.2　せん断力照査 ····· 159
4.2　鋼製遮水壁及び漂流物防護工 ····· 165
4.3　RC 遮水壁 ····· 167
4.4　背面補強工 ····· 169
4.5　置換コンクリート ····· 173
4.6　改良地盤 ····· 176
4.7　セメント改良土 ····· 179
4.8　止水ジョイント部材の相対変位量に対する評価結果 ····· 182
4.9　基礎地盤の支持性能に対する評価結果 ····· 186

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，防潮堤（鋼管式鉛直壁）が基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度及び止水機能を有していることを確認するものである。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）に要求される機能の維持を確認するに当たっては，地震応答解析に基づく施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を行う。

なお，防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震評価においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い，牡鹿半島全体で約１ｍの地盤沈下が発生したことを考慮し，地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2.　基本方針

2.1　位置

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の範囲を図 2-1 に示す。なお，防潮堤（鋼管式鉛直壁）は一般部と岩盤部に分類される。

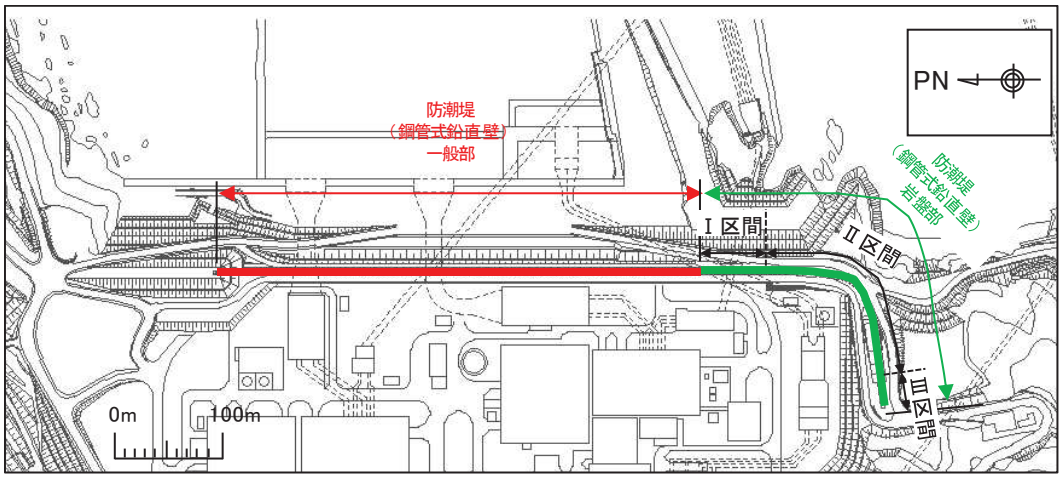


図 2-1　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の範囲

2.2　構造概要

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は，一般部と岩盤部（RC 壁部を含む）に分類される。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は，入力津波による浸水高さ（防潮堤前面：O.P.+24.4m）に対して余裕を考慮した天端高さ（O.P.+29.0m）とする。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部は，鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工及び背面補強工による上部構造と，鋼管杭及び置換コンクリートによる下部構造から構成され，背面補強工の下方に改良地盤を，置換コンクリートの上方にセメント改良土をそれぞれ設置する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部は，鋼管杭，鋼製遮水壁，RC 遮水壁，漂流物防護工及び背面補強工による上部構造と，鋼管杭による下部構造から構成される。

鋼管杭は，施工性を考慮し，上部工の鋼管杭と下部工の鋼管杭に分けて施工しており，接続部周辺をコンクリートで充填している。また，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部は基礎地盤のすべり安定性を確保する観点から，改良地盤の海側に置換コンクリートを設置する構造とした。

上部工の境界部及び地震時に異なる挙動を示す可能性がある構造体の境界部には止水ジョイントを設置する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の構造概要図及び構造図を図 2-2 及び図 2-3 に，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の構造図を図 2-4 に，止水ジョイント部材の概念図を図 2-5 に示す。

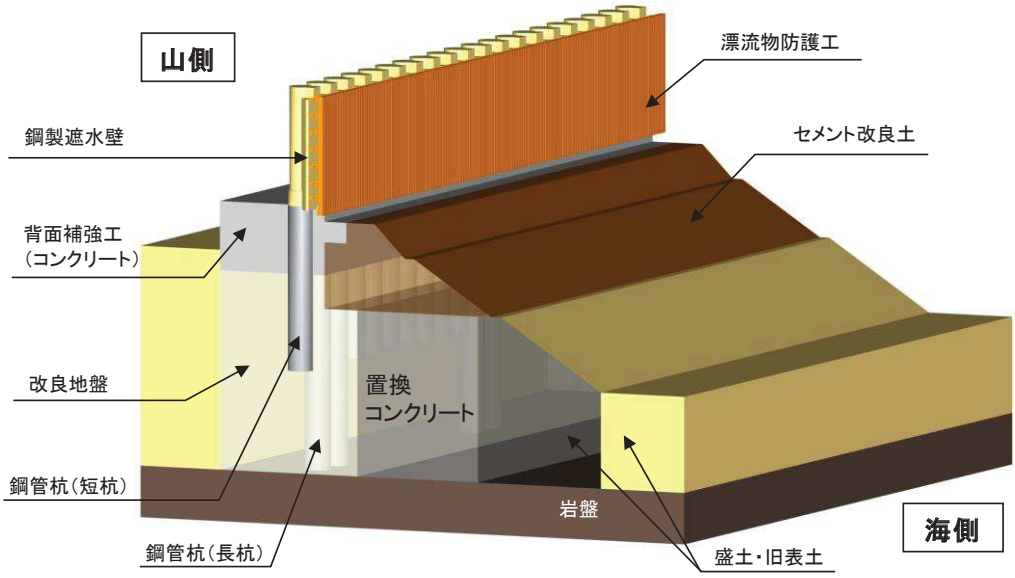


図 2-2　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の構造概要図

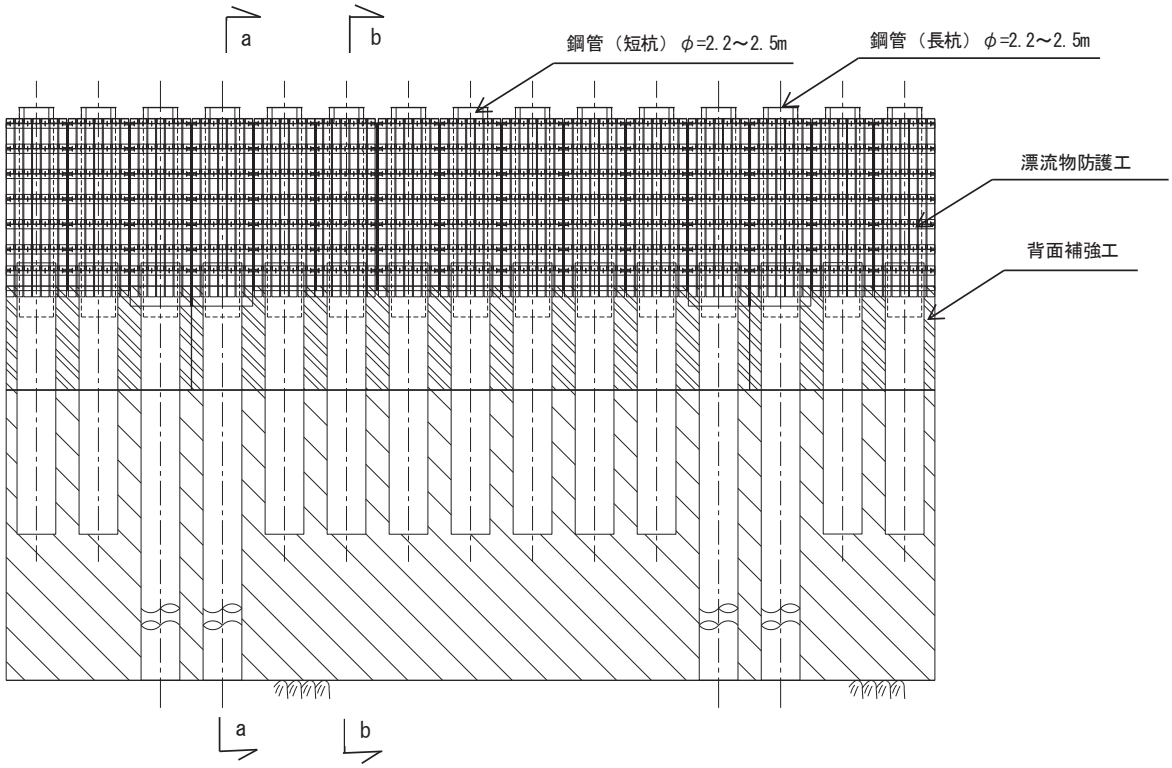


図 2-3(1)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の構造図（正面図，漂流物防護工）

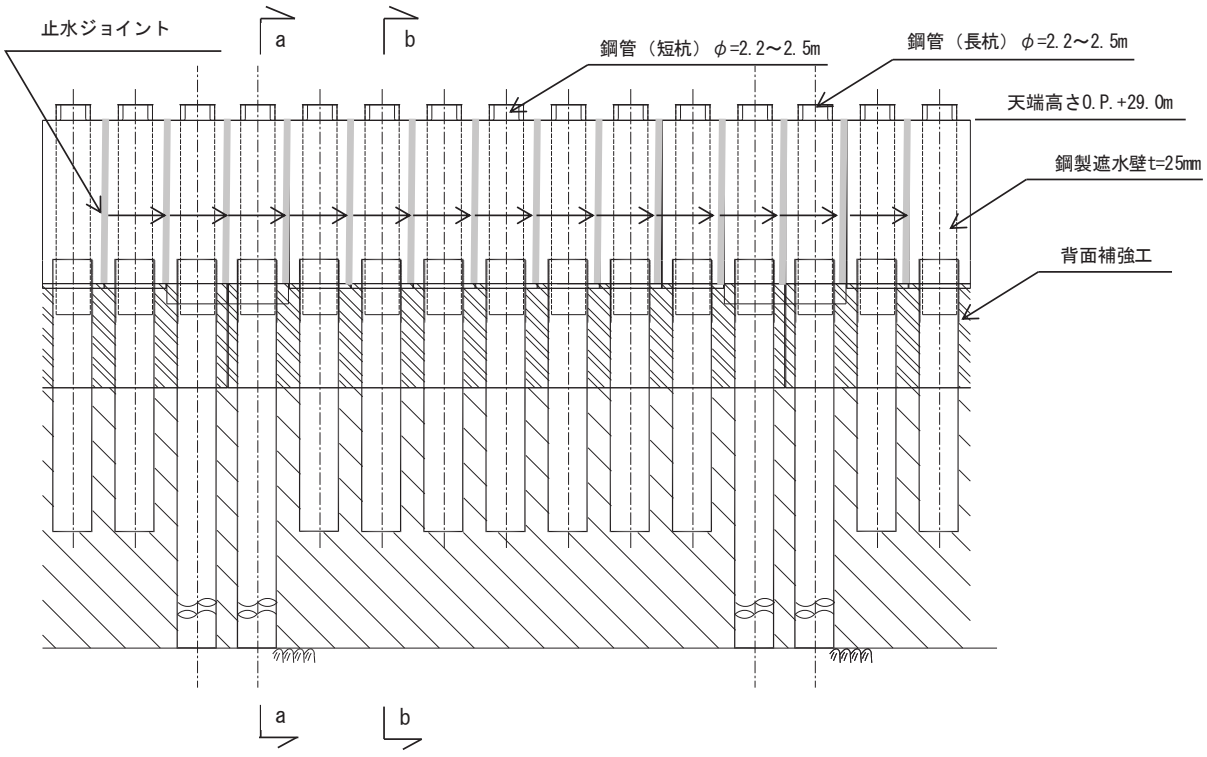


図 2-3(2)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の構造図（正面図，鋼製遮水壁）

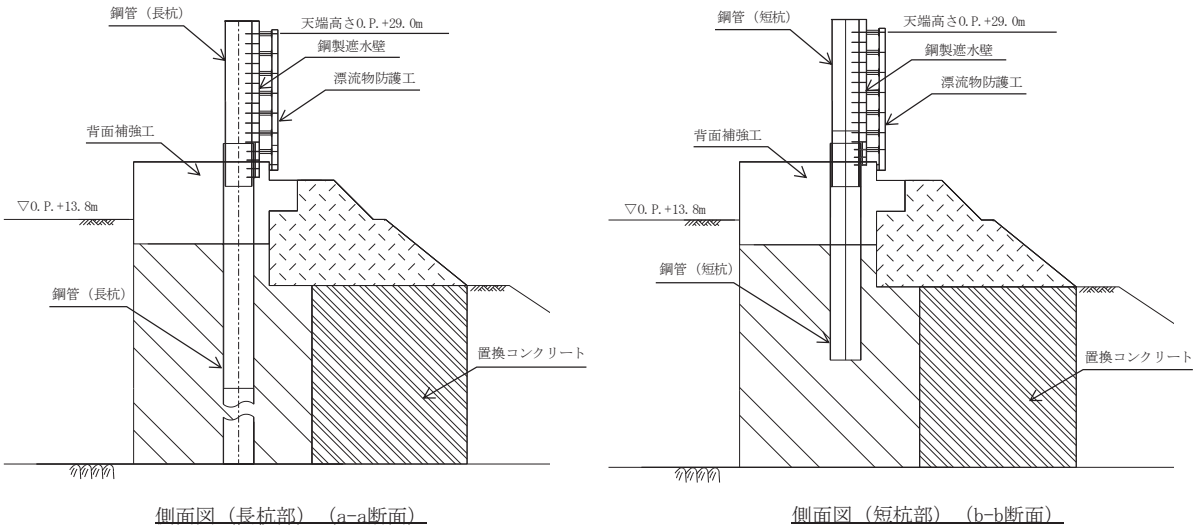
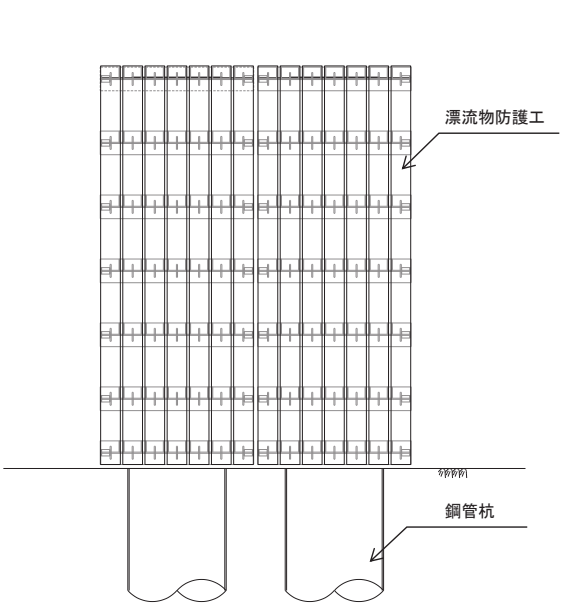
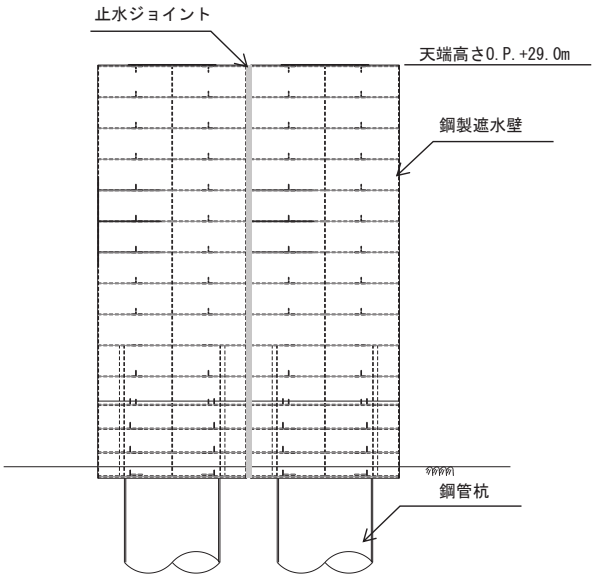


図 2-3(3)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の構造図（断面図）

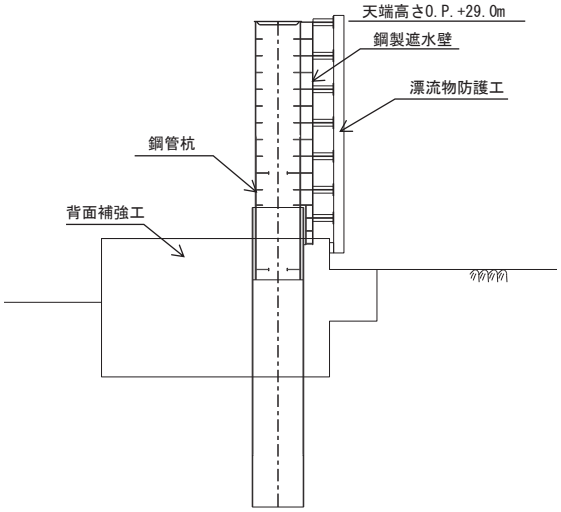


（漂流物防護工）

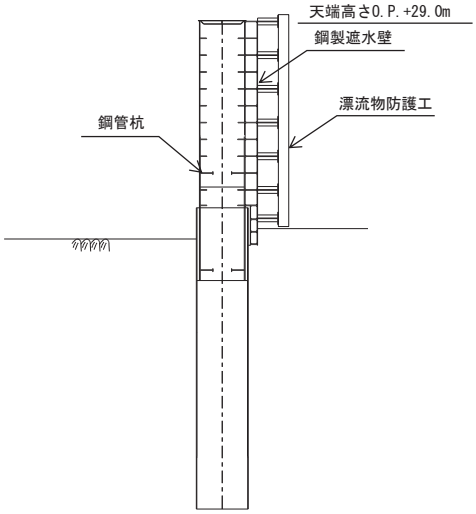


（鋼製遮水壁）

図 2-4(1)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の構造図（正面図，Ⅰ・Ⅱ区間）



断面図（Ⅰ区間）



断面図（Ⅱ区間）

図 2-4(2)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の構造図（断面図，Ⅰ・Ⅱ区間）

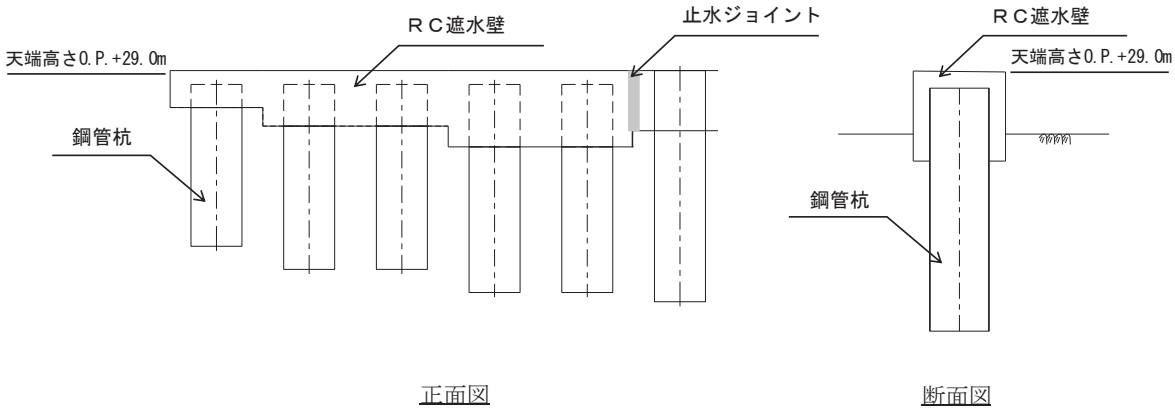


図 2-4(3)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の構造図（Ⅲ区間：RC 壁部）

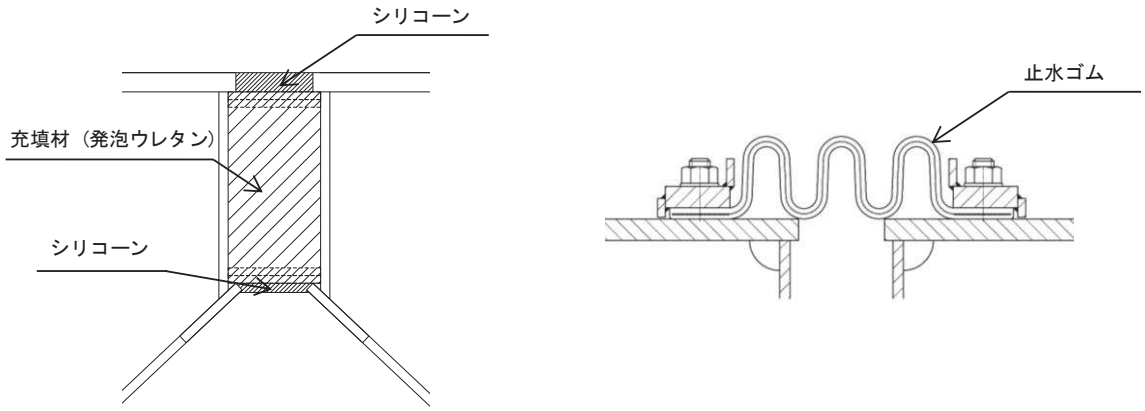


図 2-5　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の止水ジョイント概念図

2.3　評価方針

防潮堤（鋼管式鉛直壁）は，Ｓクラス施設である津波防護施設に分類される。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，設計基準対象施設として，表 2-1 に示すとおり，施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を行う。

施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を実施することで，構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

施設・地盤の健全性評価については，施設・地盤ごとに定める照査項目（発生応力，すべり安全率）が許容限界を満足することを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に生じる接地圧が許容限界以下であることを確認する。

施設の変形性評価については，止水ジョイント部材の変形量を算定し，有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

表 2-1(1)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価項目（一般部）

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設・地盤の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		セメント改良土	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		セメント改良土	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	施設の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-1(2)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の評価項目（岩盤部）

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		RC 遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設の健全性	鋼管杭	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		RC 遮水壁	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物防護工	発生する応力（曲げ・軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		背面補強工	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	施設の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。

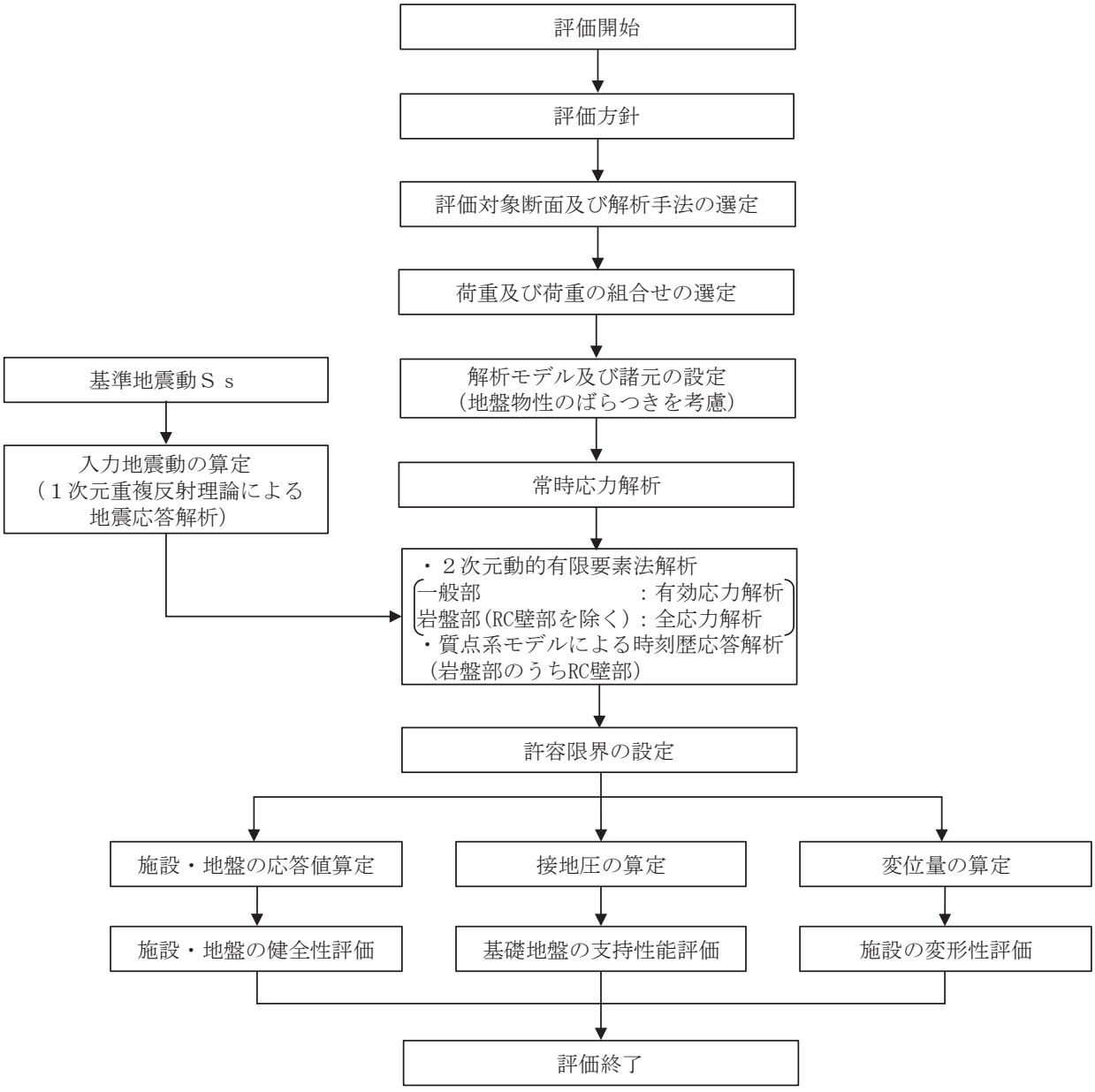


図 2-6　防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）
- 耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成25年6月制定）（以下「耐津波設計に係る工認審査ガイド」という。）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- 道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- コンクリート標準示方書［ダムコンクリート編］（土木学会，2013 年制定）
- 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会　原子力土木委員会，2005 年 6 月）
- 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規定ＪＥＡＣ４６１６－2009（日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987 （日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

3.1.1 一般部

評価対象断面は，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて，図 3-1 に示す断面位置とする。防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の縦断面図を図 3-2 に，評価対象断面図を図 3-3～図 3-6 に示す。

断面①：置換コンクリートが縦長になる断面で，C_M級岩盤を含む岩盤上面が深く，盛土及び旧表土が厚く堆積する断面（設置変更許可段階において，基礎地盤の安定性評価で示した断面）。

断面②：比較的剛性の小さい D 級＋C_L級岩盤が分布せず，旧表土が厚く堆積する断面（設置変更許可段階において，構造成立性評価で示した断面）。

断面③：比較的剛性の小さい D 級＋C_L級岩盤が厚く堆積する断面。

断面④：防潮堤（盛土堤防）との境界部となる断面。

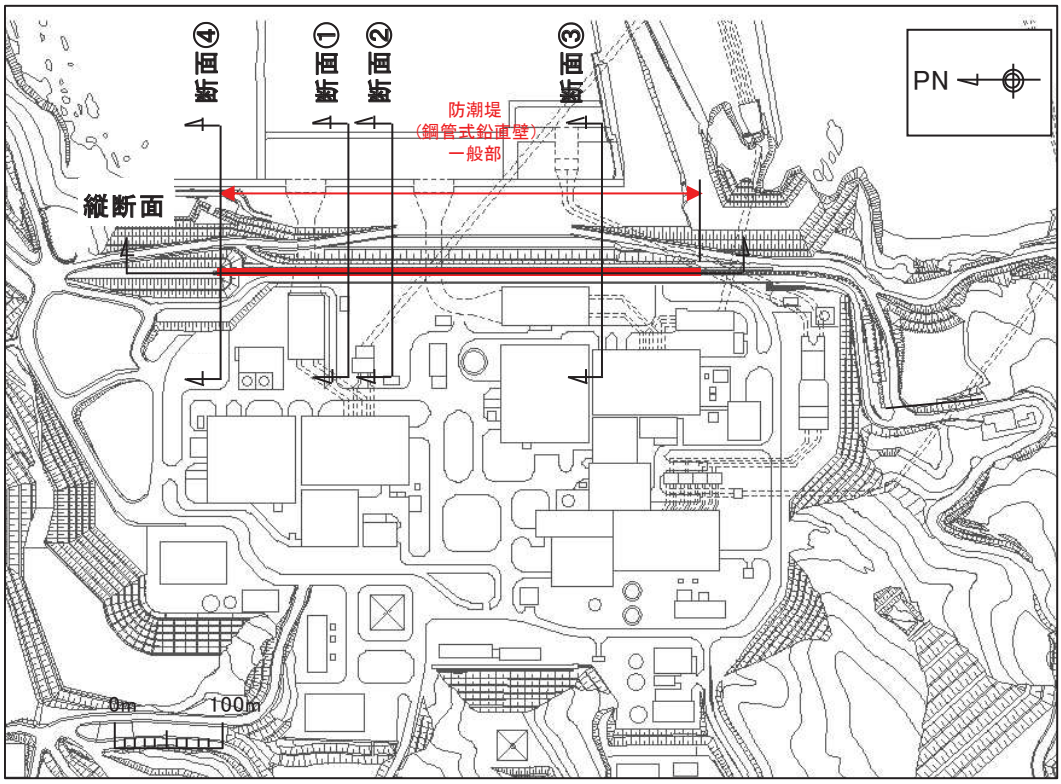


図 3-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部 評価対象断面位置

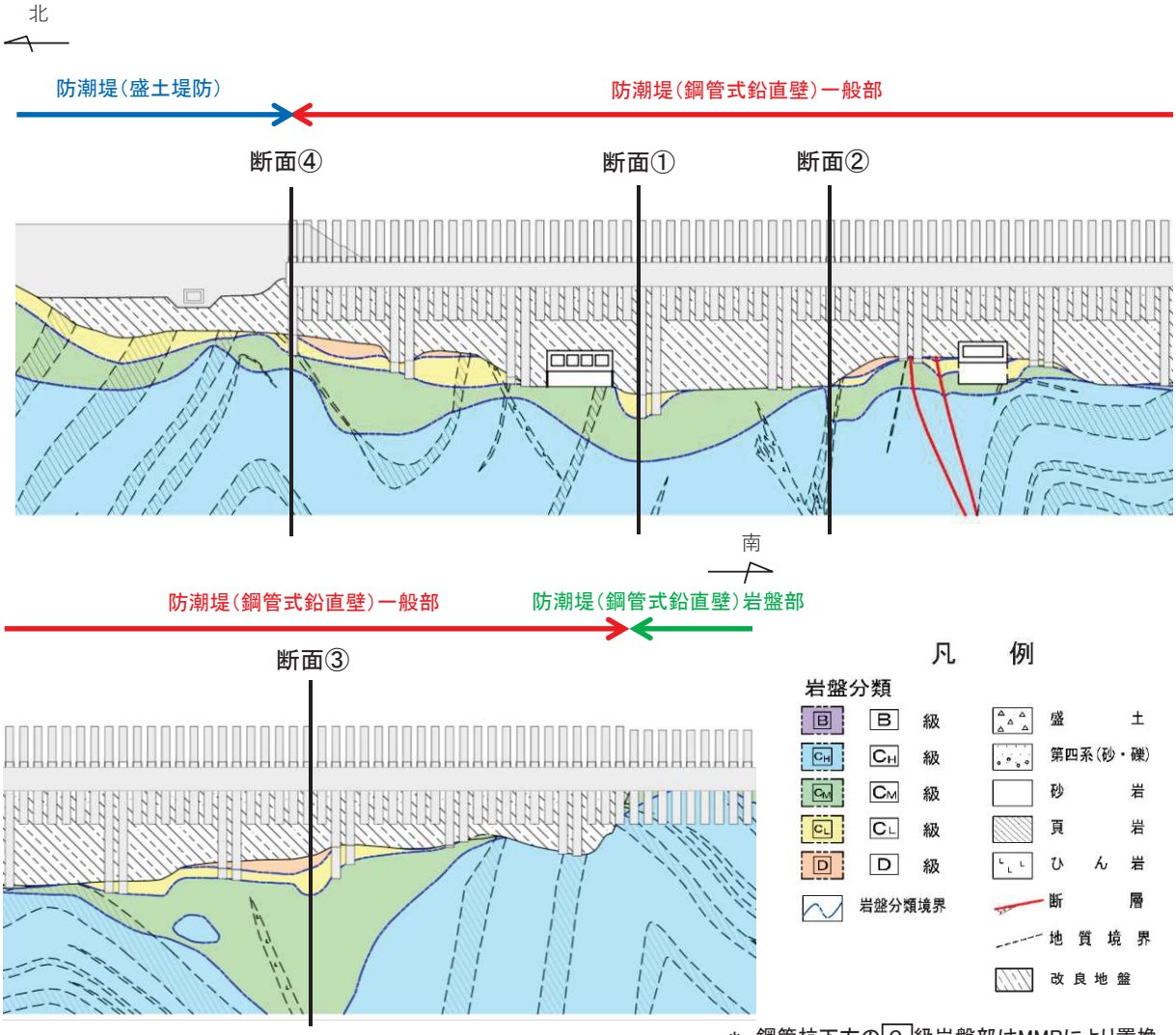


図 3-2　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の縦断面図

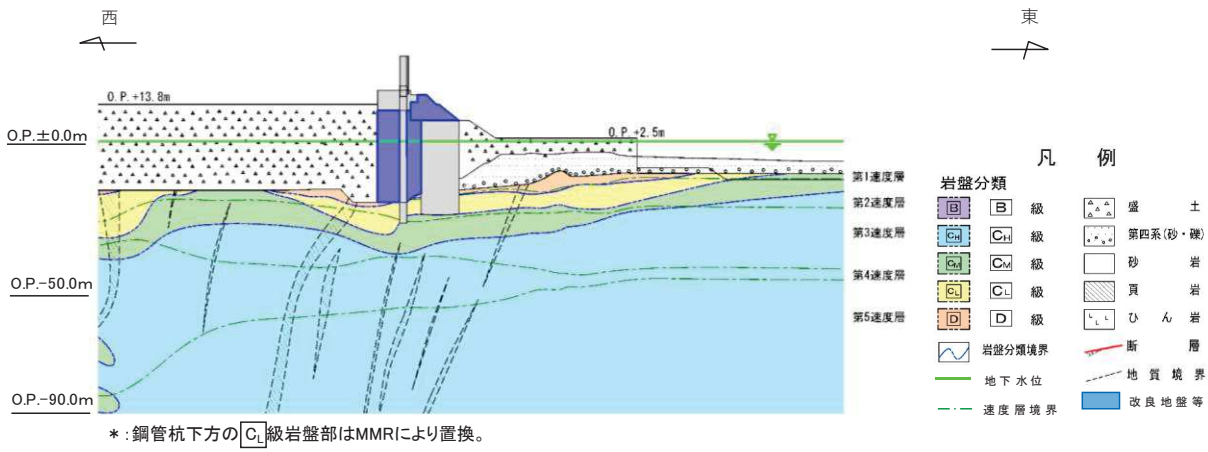


図 3-3　評価対象断面（断面①）

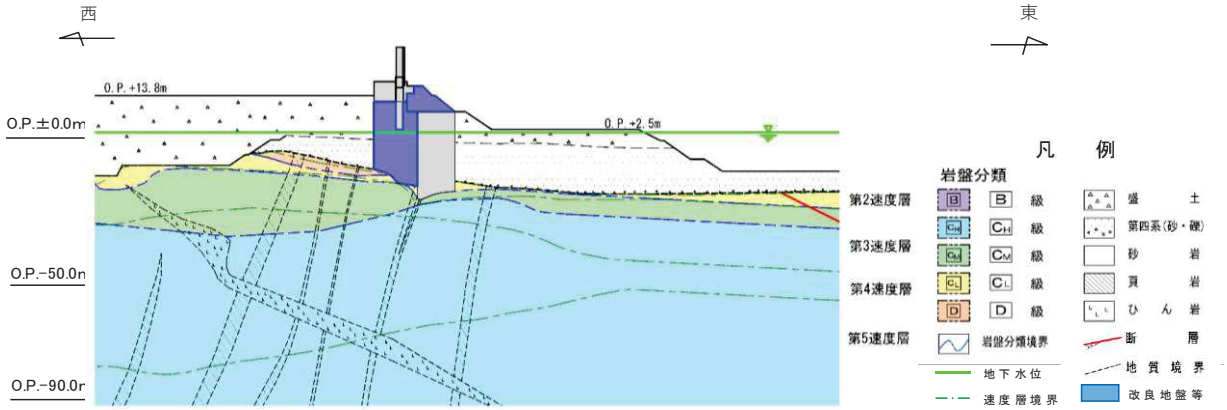


図 3-4　評価対象断面（断面②）

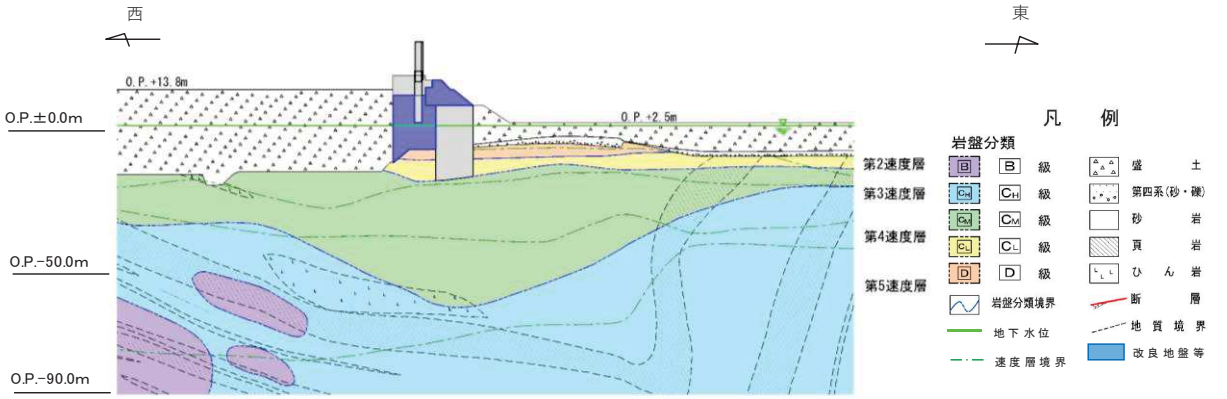
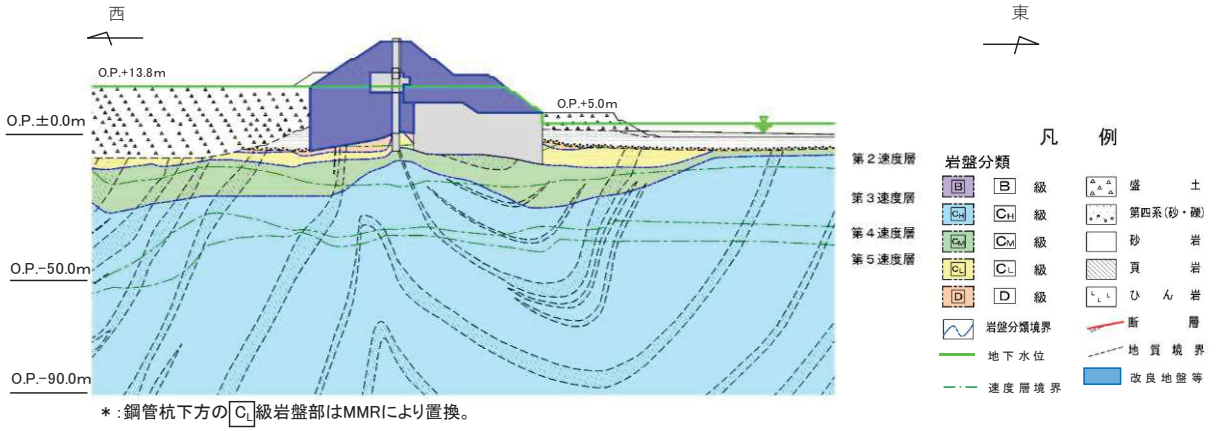


図 3-5　評価対象断面（断面③）



＊：鋼管杭下方のC_L級岩盤部はMMRにより置換。

図 3-6　評価対象断面（断面④）

3.1.2　岩盤部

評価対象断面は，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて図 3-7 に示す断面位置とする。防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の縦断面図を図 3-8，評価対象断面を図 3-9～図 3-11 に示す。

断面⑤：同一断面の構造，おおむね一定の地質状況の区間の中で，屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）が設置される断面。

断面⑥：比較的剛性の小さい D 級＋C_L 級岩盤が分布せず，鋼管杭の突出長が最も長くなる断面。

断面⑦：5 本の鋼管杭と RC 遮水壁が一体構造となっている断面。

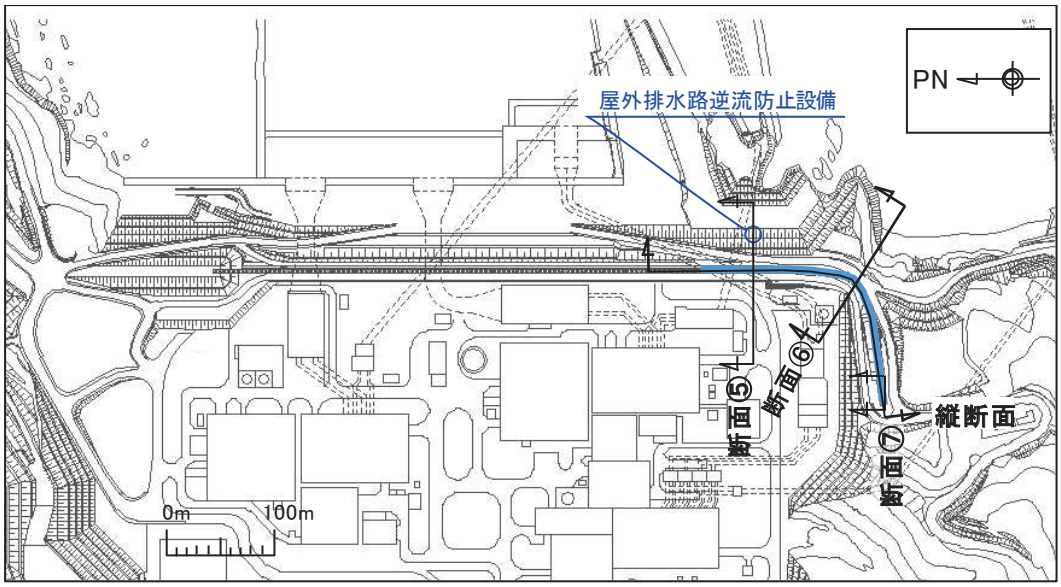


図 3-7　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部　評価対象断面位置

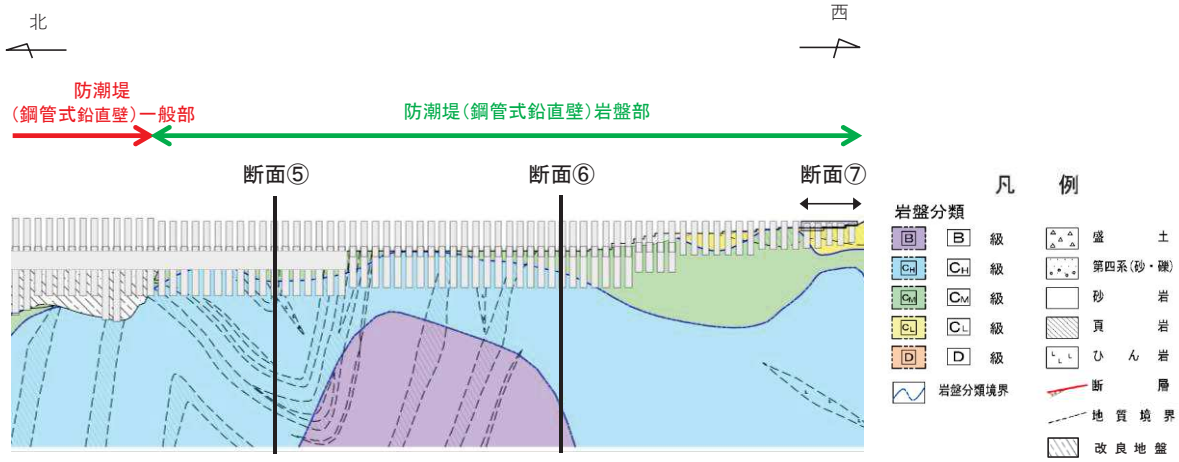


図 3-8　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の縦断面図

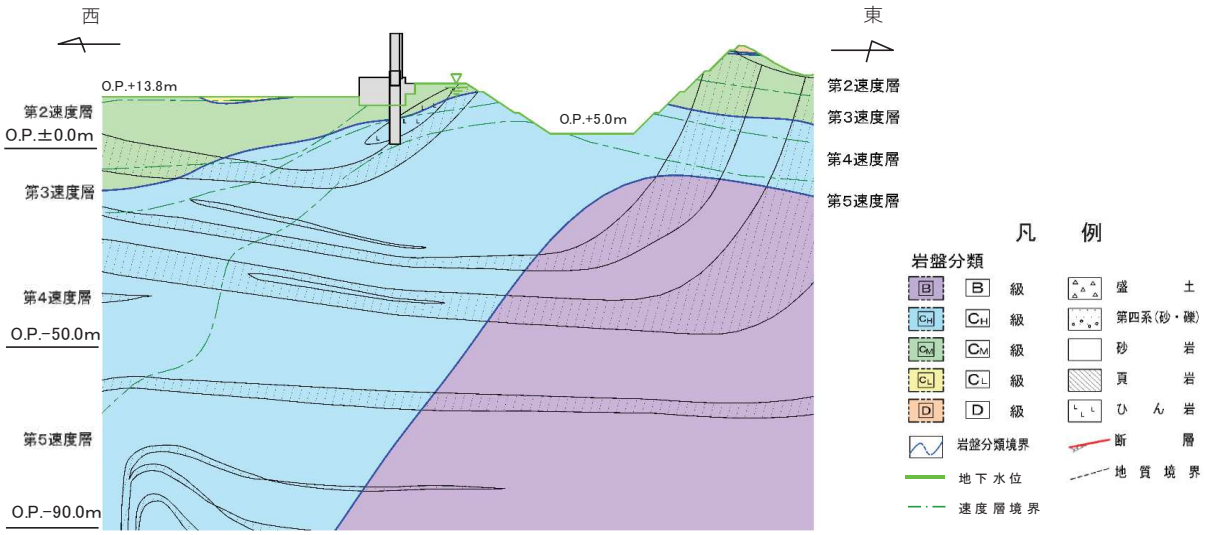


図 3-9　評価対象断面（岩盤部）（断面⑤）

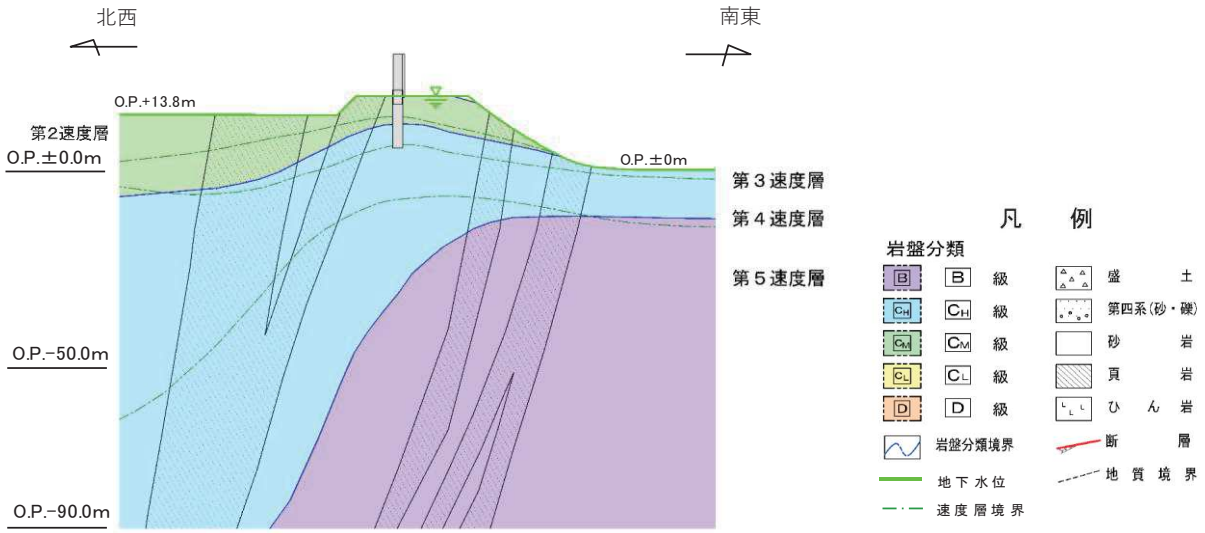


図 3-10　評価対象断面（岩盤部）（断面⑥）

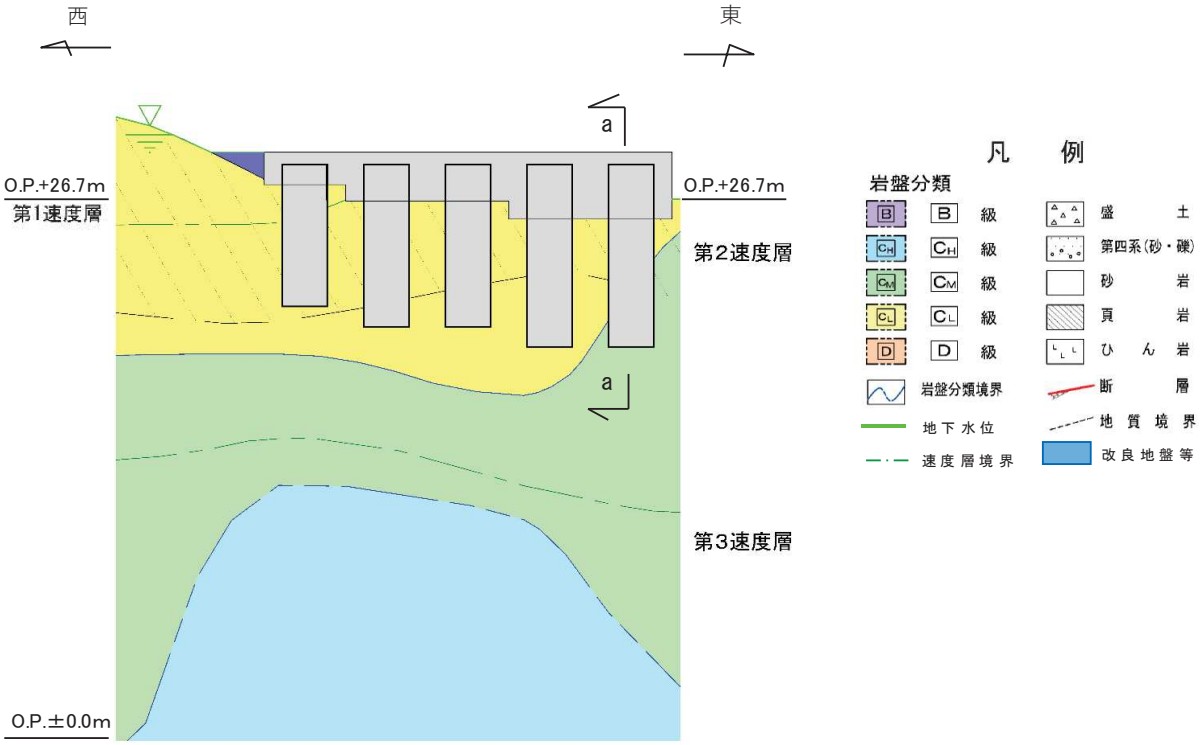


図 3-11(1)　評価対象断面（岩盤部）（断面⑦）

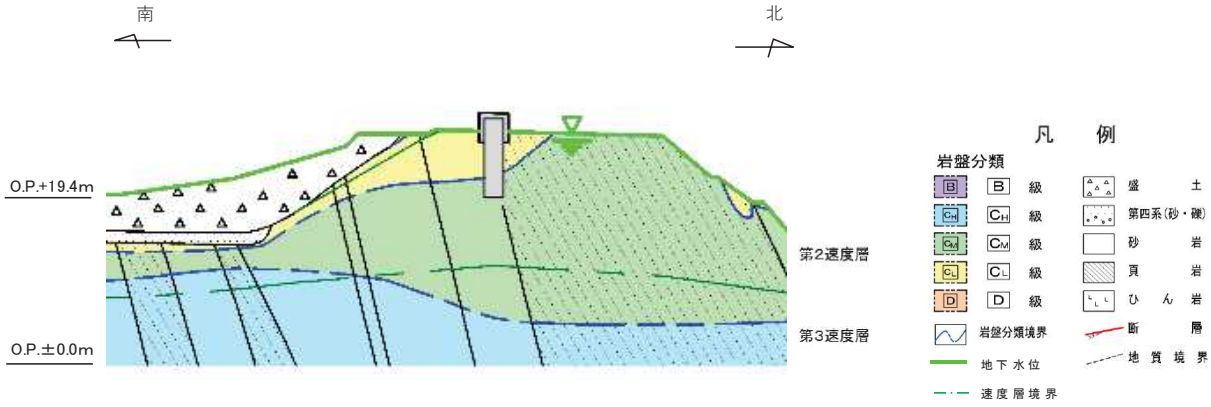


図 3-11(2)　評価対象断面（岩盤部）（断面⑦，a-a 断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付書類「Ⅵ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる２次元動的有限要素法により，基準地震動Ｓｓに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。なお，岩盤部のうちRC壁部の地震応答解析は，RC壁部がRC遮水壁と5本の鋼管杭が縦断方向に一体となった構造であることを踏まえ，質点系モデルによる時刻歴応答解析により行う。

一般部については，地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析とする。

岩盤部については岩盤内に設置され，液状化検討対象外の施設であることから，全応力解析とする。

岩盤部のうち RC 壁部の縦断方向加振時には，加振方向と平行に配置される躯体及び杭基礎を耐震設計上見込むことができるため縦断方向断面が強軸となる。一方，横断方向加振時には，加振方向と平行に躯体及び杭基礎が配置されないことから，横断方向断面が弱軸となる。よって，弱軸となる横断方向を評価対象とする。

一般部の地震応答解析（有効応力解析）については，解析コード「FLIP Ver.7.3.0_2」を使用する。

岩盤部の地震応答解析（全応力解析）については，解析コード「TDAPⅢ Ver3.08」を使用し，岩盤部のうち RC 壁部の地震応答解析（全応力解析）については，解析コード「TDAPⅢ Ver3.11」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅵ-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1　施設

鋼管杭は，線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。背面補強工及び置換コンクリートは線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

また，岩盤部のうちRC壁部は，鋼管杭及びRC遮水壁を質点及び線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

3.2.2　材料物性及び地盤物性のばらつき

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の地震時の応答は，周辺地盤との相互作用によることから，地盤物性のばらつきの影響を評価する。地盤物性のばらつきについては，防潮堤（鋼管式鉛直壁）周辺の地盤状況に応じて一般部と岩盤部の２種類に分類し，表3-1及び表3-2に示す解析ケースにて行う。

(1)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）一般部

図3-2～図3-6に示すとおり，防潮堤（鋼管式鉛直壁）一般部の周辺には，主として旧表土，盛土，D級岩盤，セメント改良土及び改良地盤といった，動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており，これらの地盤のせん断変形が地震時に防潮堤（鋼管式鉛直壁）

の応答に影響を与えると判断されることから，これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

(2)　防潮堤（鋼管式鉛直壁）岩盤部

図 3-8～図 3-11 に示すとおり，防潮堤（鋼管式鉛直壁）岩盤部の周辺には，主として，C_L級岩盤，C_M級岩盤，C_H級岩盤及び B 級岩盤が分布しており，これらの地盤のせん断変形が地震時に防潮堤（鋼管式鉛直壁）の応答に影響を与えると判断されることから，これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

表 3-1　解析ケース（防潮堤（鋼管式鉛直壁）一般部）

解析ケース	材料物性 （コンクリート） （E_0：ヤング係数）	地盤物性	
		旧表土，盛土，D 級岩盤， セメント改良土，改良地盤 （G_0：初期せん断弾性係数）	C_L級岩盤，C_M級岩盤， C_H級岩盤，B 級岩盤 （G_d：動せん断弾性係数）
ケース① （基本ケース）	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値＋１σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値－１σ	平均値

表 3-2　解析ケース（防潮堤（鋼管式鉛直壁）岩盤部）

解析ケース	材料物性 （コンクリート） （E_0：ヤング係数）	地盤物性	
		旧表土，盛土，D 級岩盤， セメント改良土，改良地盤 （G_0：初期せん断弾性係数）	C_L級岩盤，C_M級岩盤， C_H級岩盤，B 級岩盤 （G_d：動せん断弾性係数）
ケース① （基本ケース）	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値	平均値＋１σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値－１σ

3.2.3　減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし，一般部（有効応力解析）では剛性比例型減衰，岩盤部（全応力解析）では質量比例型減衰と剛性比例型減衰の組み合わせによる減衰を設定する。

3.2.4　解析ケース

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓｓに対し，ケース①（基本ケース）を実施する。全ての基準地震動Ｓｓに対して実施したケース①において，各照査値が最も厳しい地震動を用い，表 3-1 及び表 3-2 に示すケース②～③を実施する。耐震評価における解析ケ

ースを表 3-3 に示す。

表 3-3　解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき（＋１σ）を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき（－１σ）を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値＋１σ	平均値－１σ
地震動（位相）	Ｓｓ－Ｄ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
		＋－*	○		
		－－*	○		
	Ｓｓ－Ｄ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
		＋－*	○		
		－－*	○		
	Ｓｓ－Ｄ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
		＋－*	○		
		－－*	○		
	Ｓｓ－Ｆ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｎ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		

基準地震動Ｓｓ（7 波）及び位相反転を考慮した地震動（13 波）を加えた全 20 波により照査を行ったケース①（基本ケース）の結果から，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊，すべり安全率及び基礎地盤の支持力照査において照査値が 0.5 以上となる全ての照査項目に対して，最も厳しい地震動を用いてケース②～③を実施する。
照査値がいずれも 0.5 未満の場合は，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。

注記　＊：地震動の位相について（＋＋）の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪及び風の影響を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重(G)

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重(P)

積載荷重として，積雪荷重を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3)　積雪荷重(P_s)

積雪荷重として，発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また，建築基準法施行令第 86 条第 2 項により，積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4)　風荷重(P_k)

風荷重については，設計基準風速を 30m/s とし，建築基準法に基づき算定する。

(5) 地震荷重(Ｓs)

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-4 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（Ｓｓ）	Ｇ＋Ｐ＋$Ｐ_{k}$＋Ｓｓ

Ｇ ：固定荷重

Ｐ ：積載荷重（積雪荷重$Ｐ_{s}$を含めて 4.9kN/m^2）

$Ｐ_{k}$ ：風荷重

Ｓｓ：地震荷重

3.4　入力地震動

入力地震動は，添付書類「VI-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを１次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。なお，入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは，添付書類「VI-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1　入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-12 に入力地震動算定の概念図を，図 3-13～図 3-19 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「SHAKE Ver 1.6」及び「microSHAKE Ver2.3.3」（岩盤部のうち RC 壁部）を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「VI-5　計算機プログラム(解析コード）の概要」に示す。

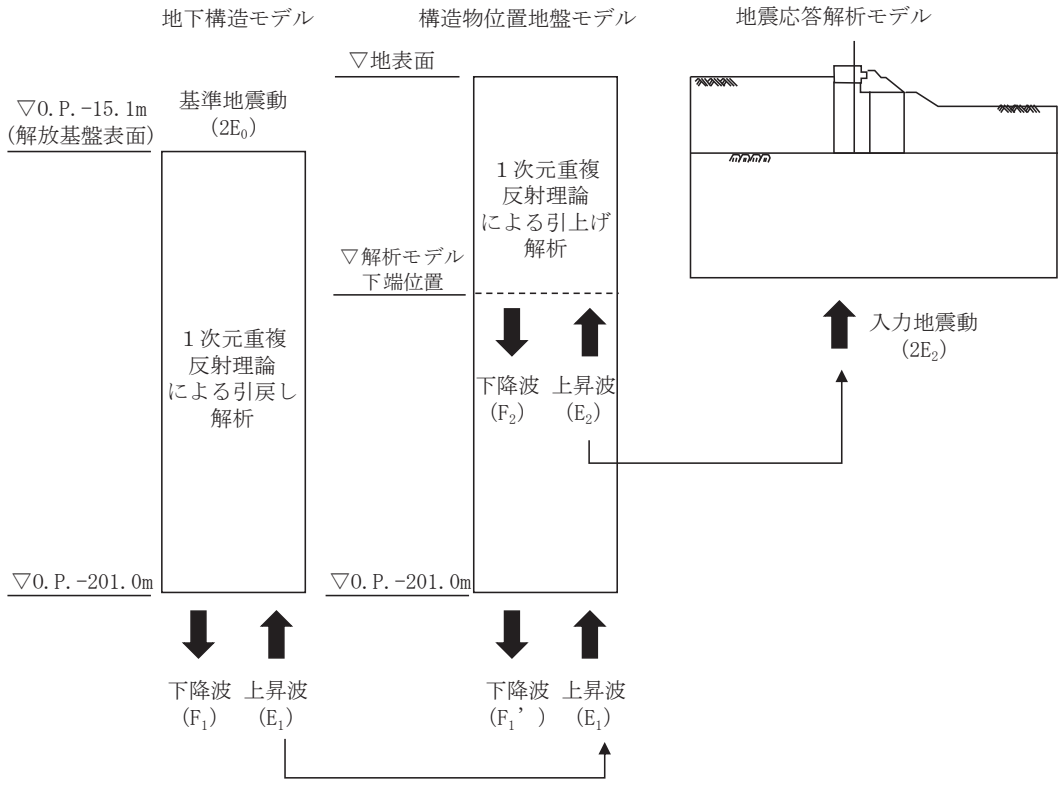


図 3-12(1)　入力地震動算定の概念図

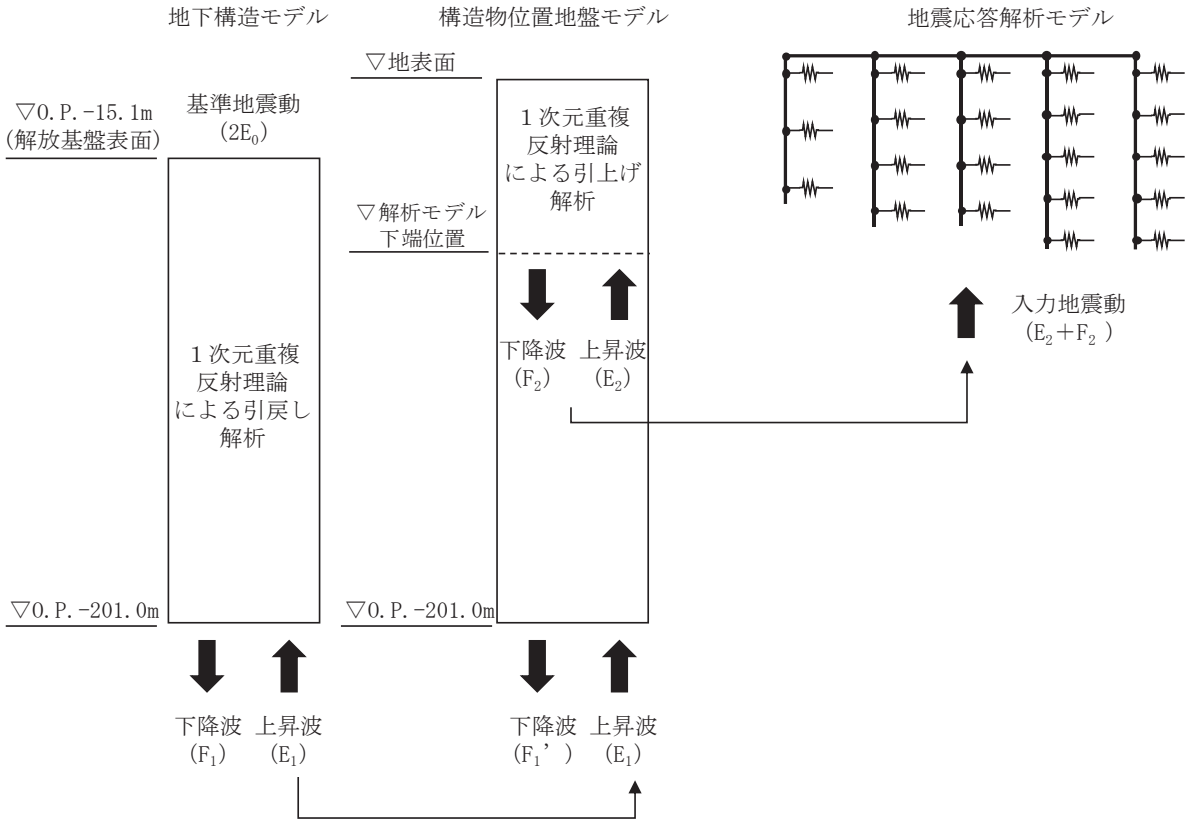
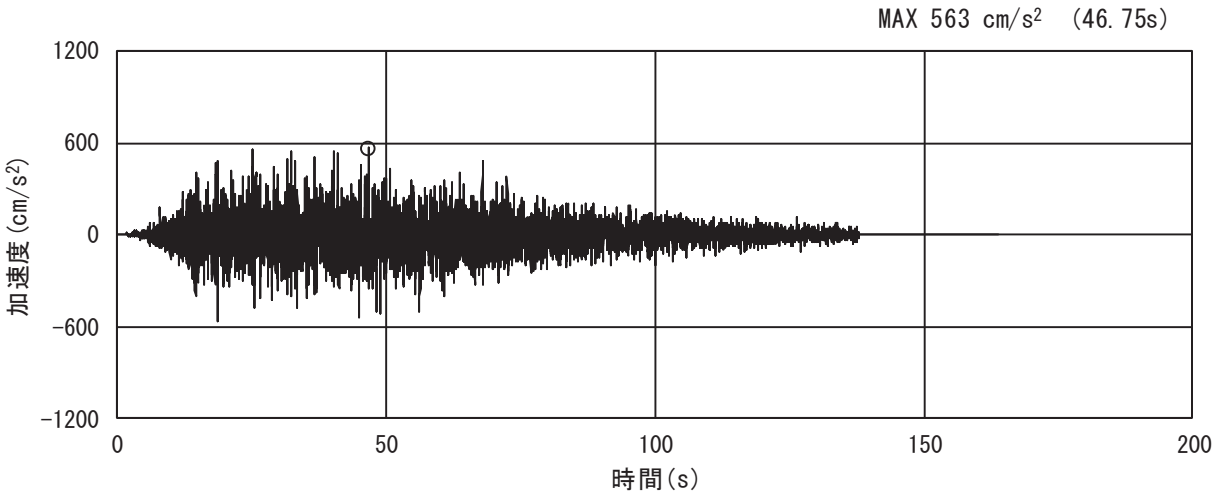


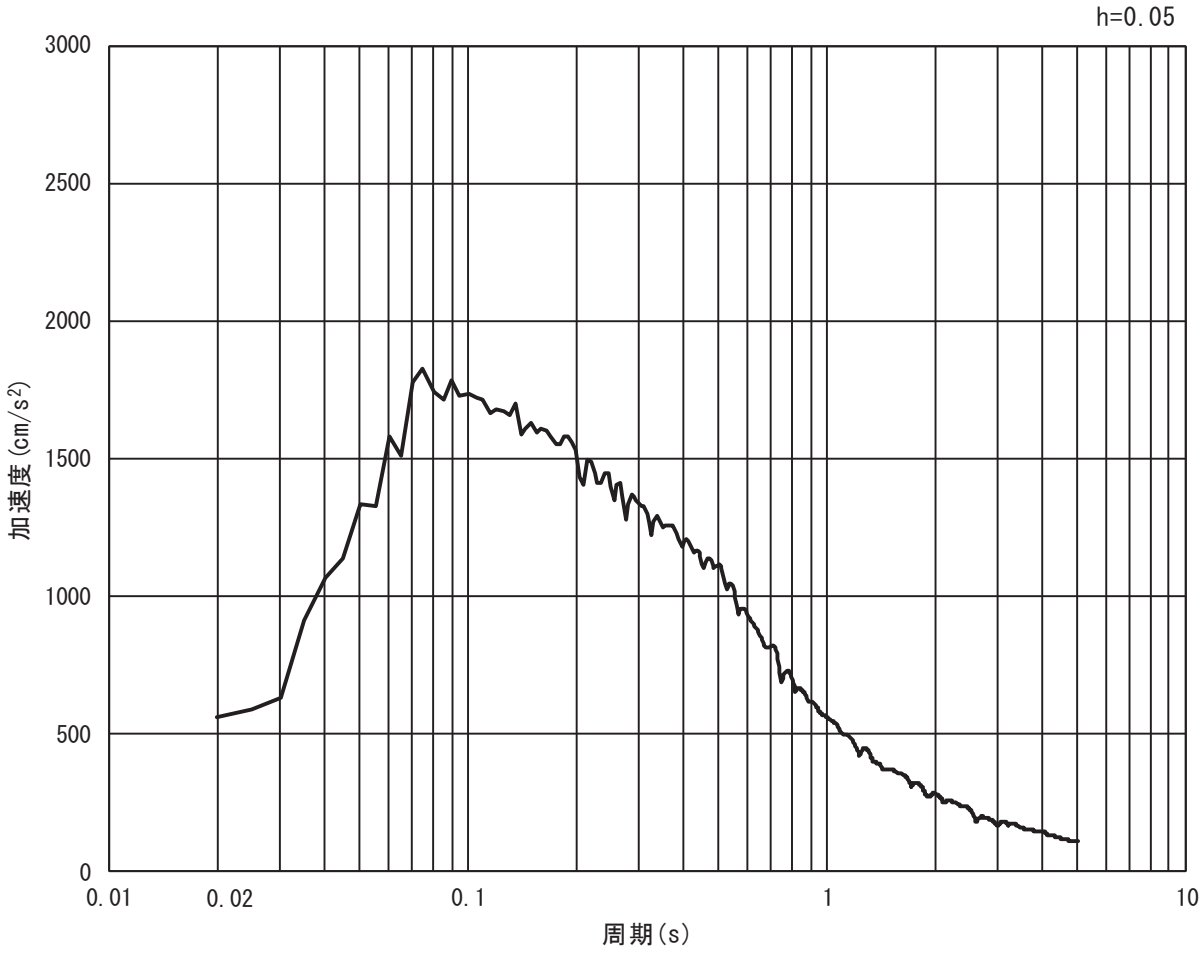
図 3-12(2)　入力地震動算定の概念図（RC 壁部）

3.4.1　一般部

(1)　断面①



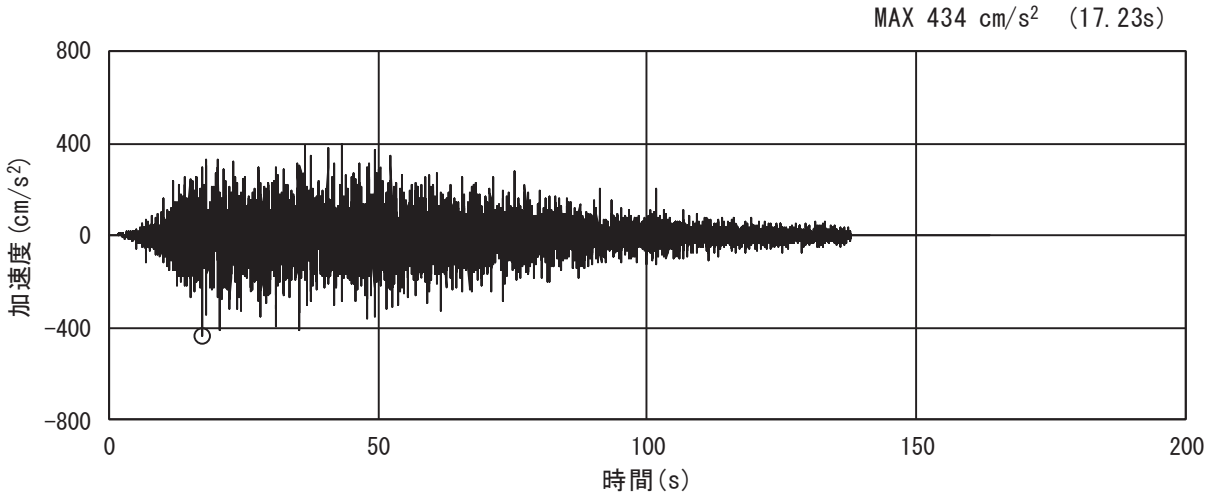
(a) 加速度時刻歴波形



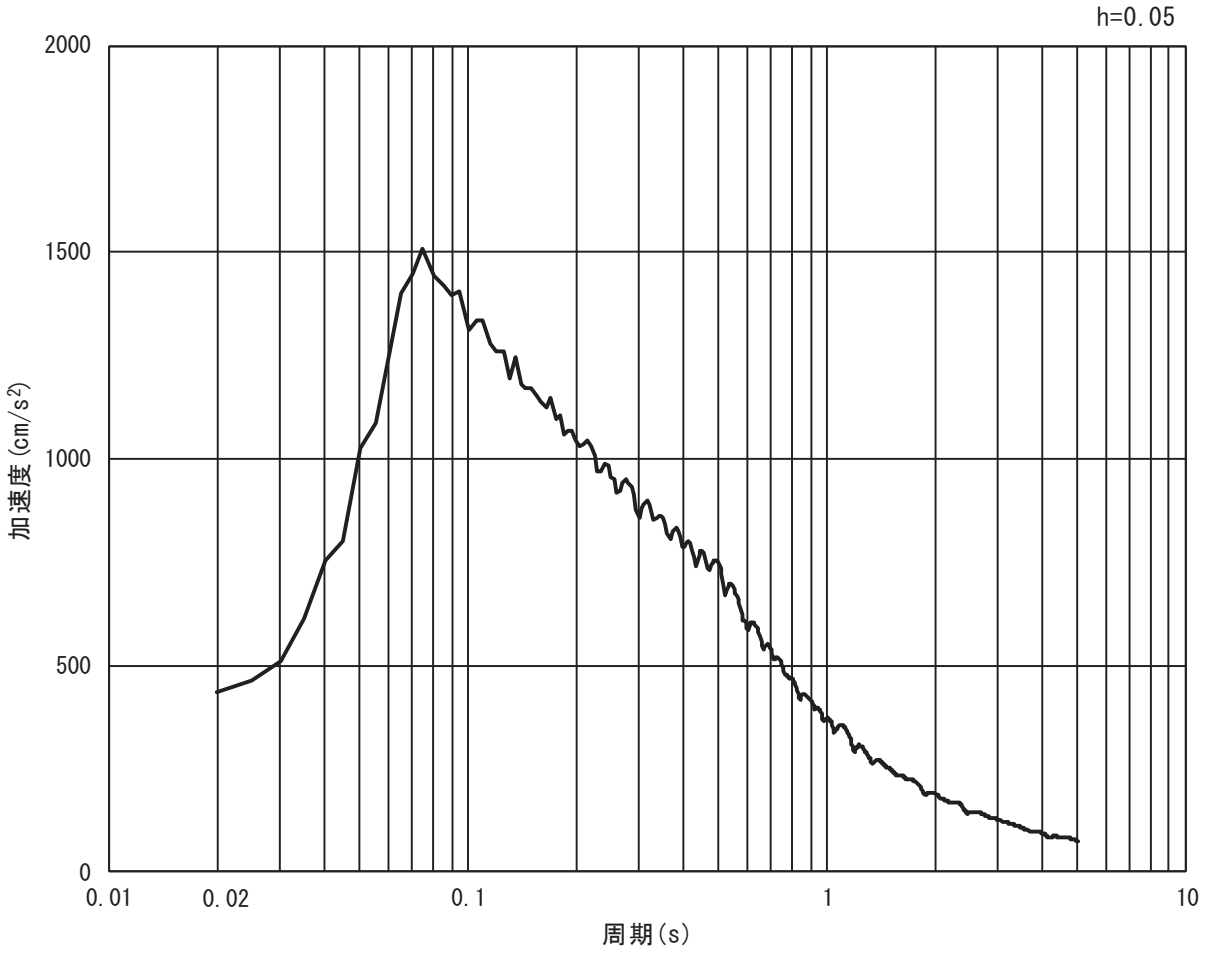
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

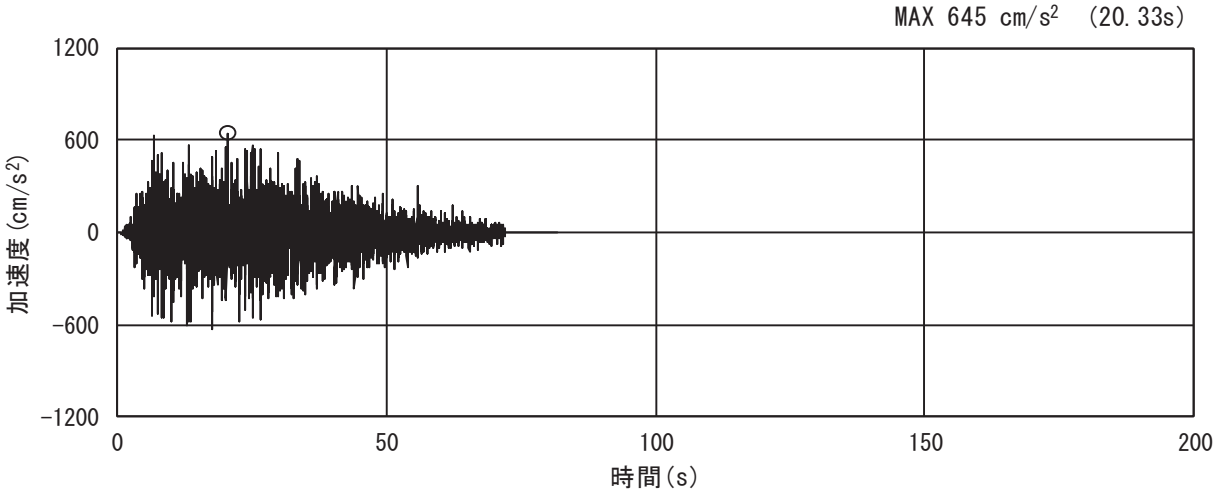


(a) 加速度時刻歴波形

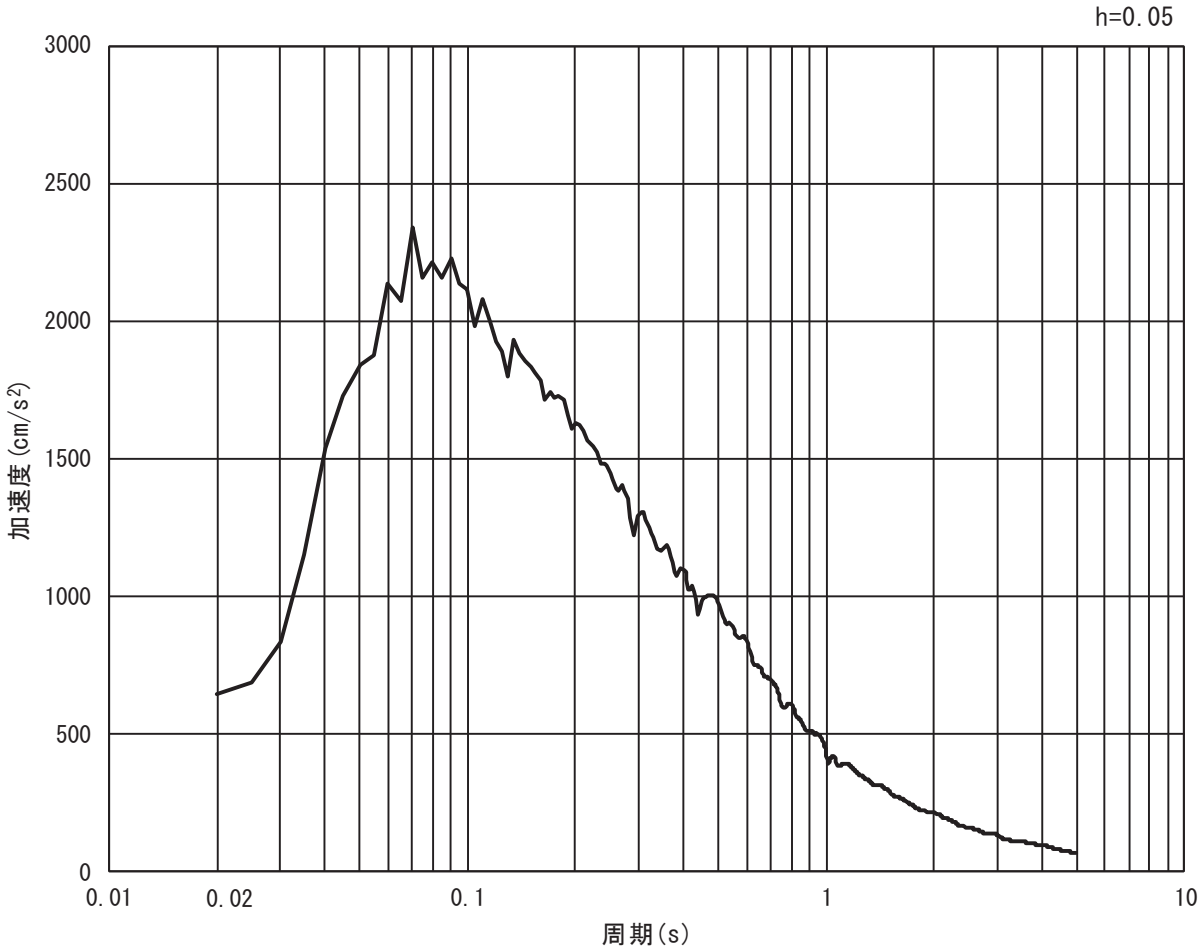


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

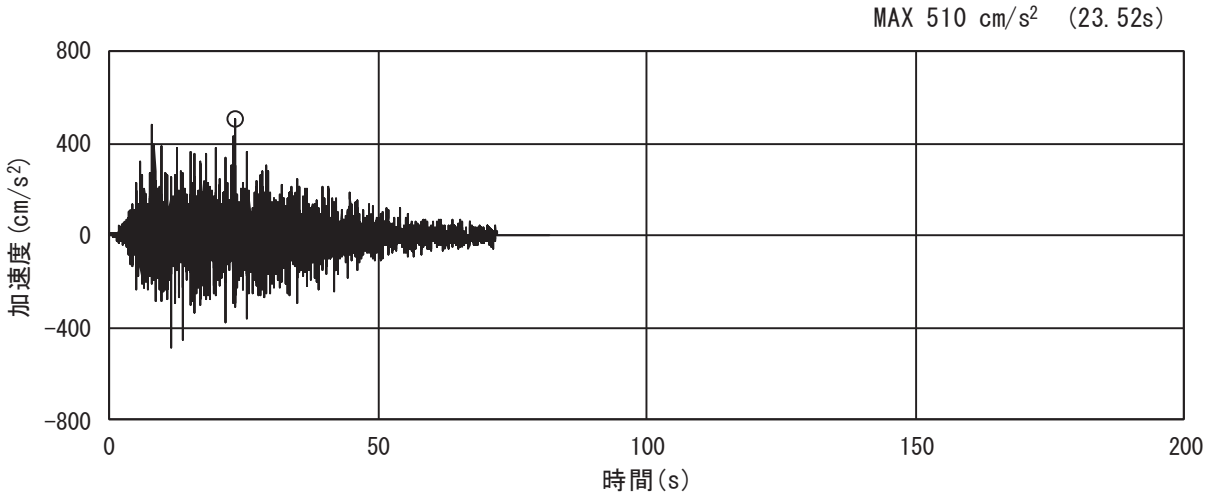


(a) 加速度時刻歴波形

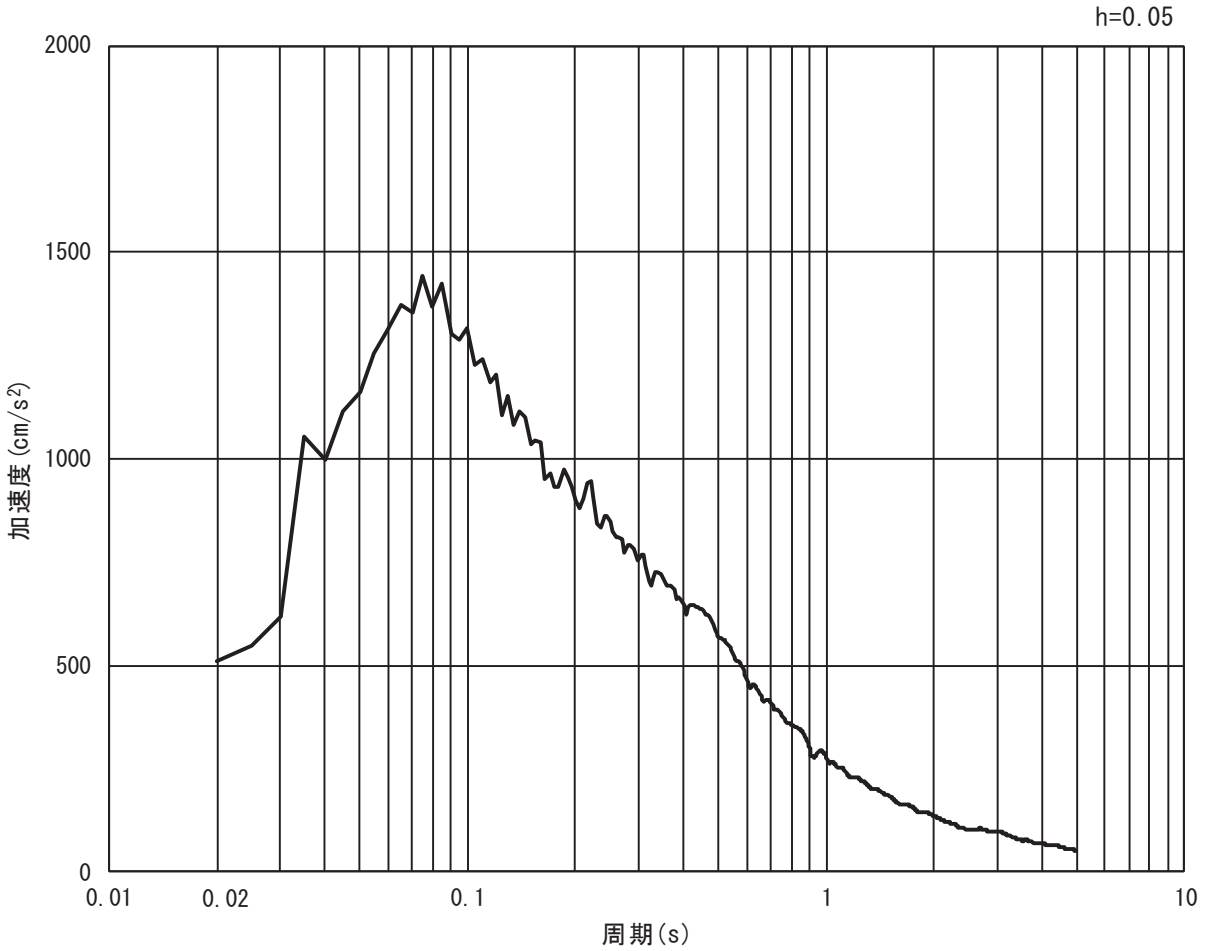


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

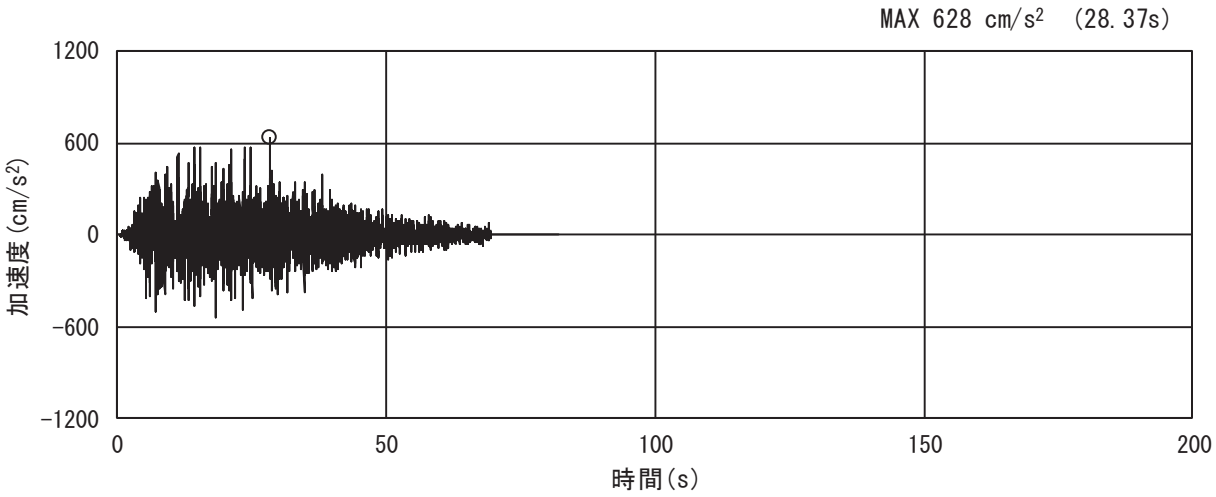


(a) 加速度時刻歴波形

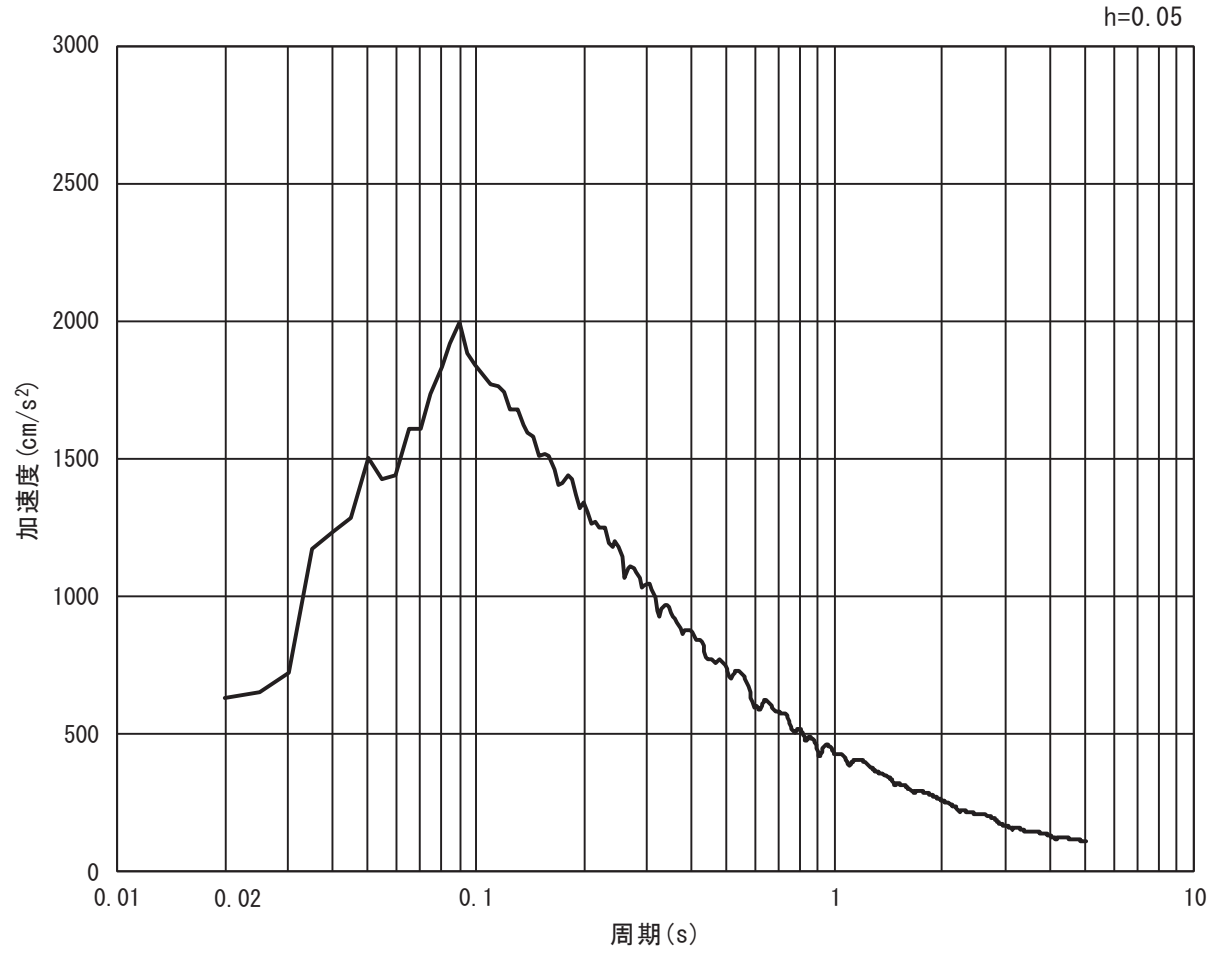


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

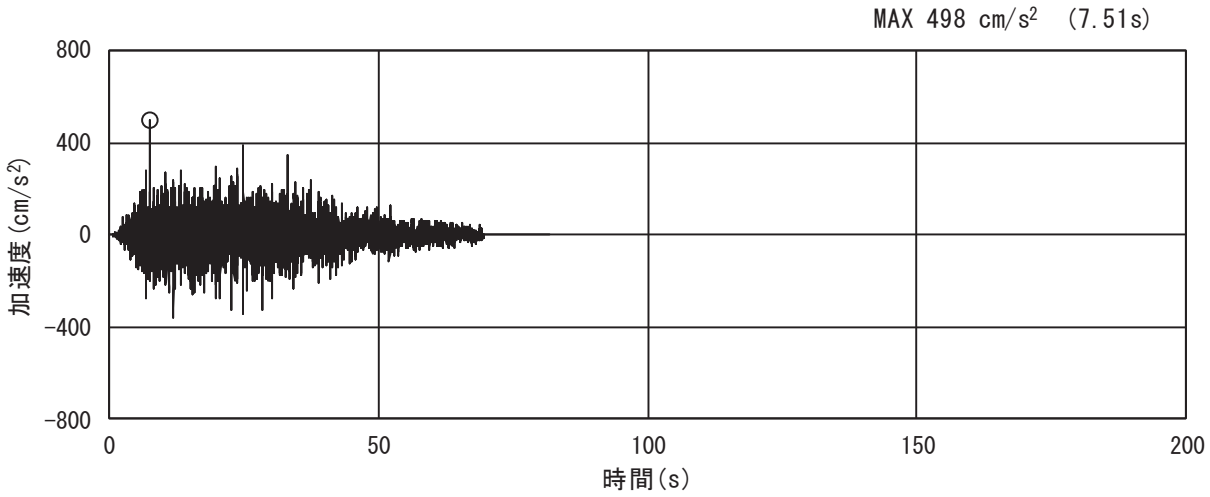


(a) 加速度時刻歴波形

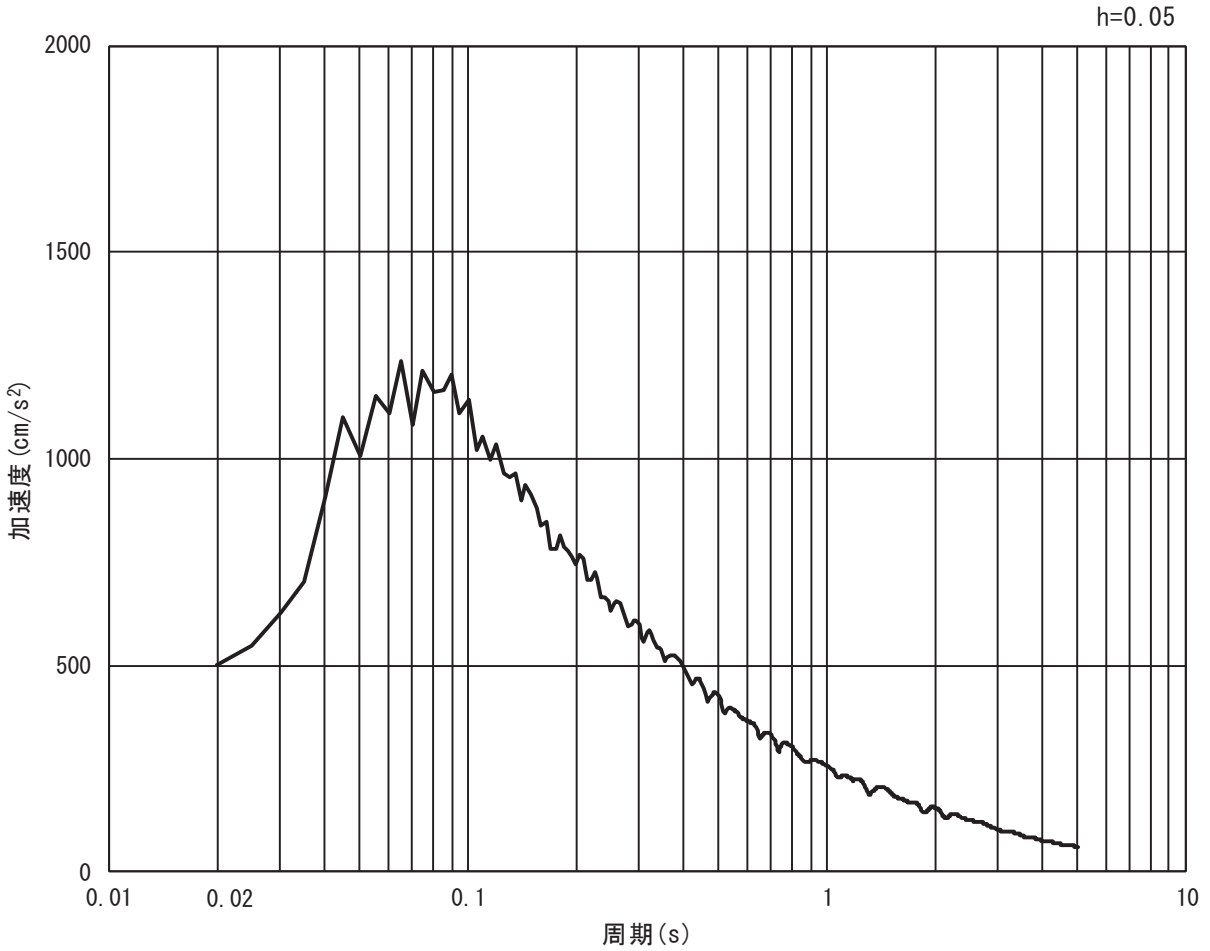


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

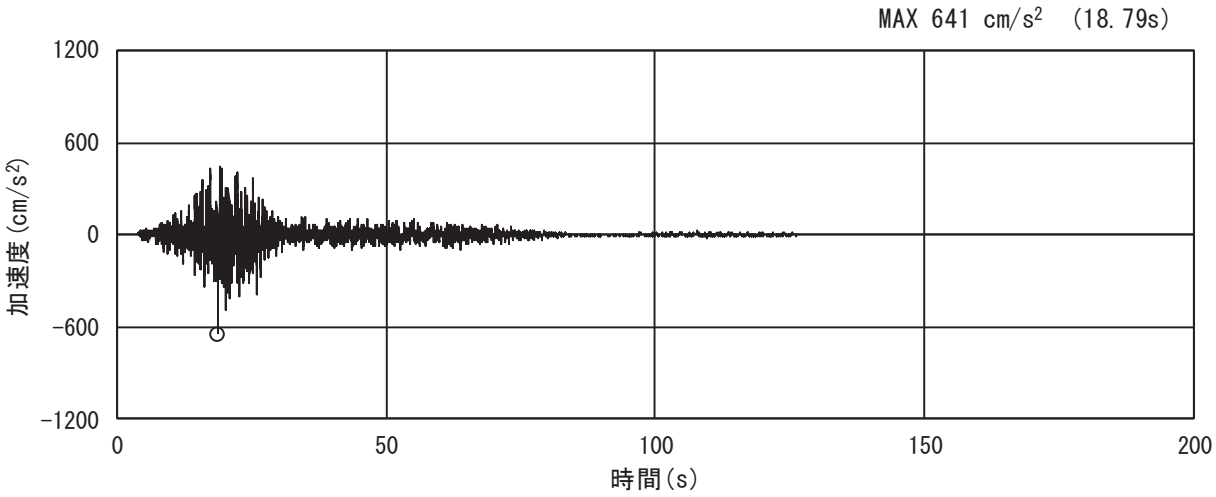


(a) 加速度時刻歴波形

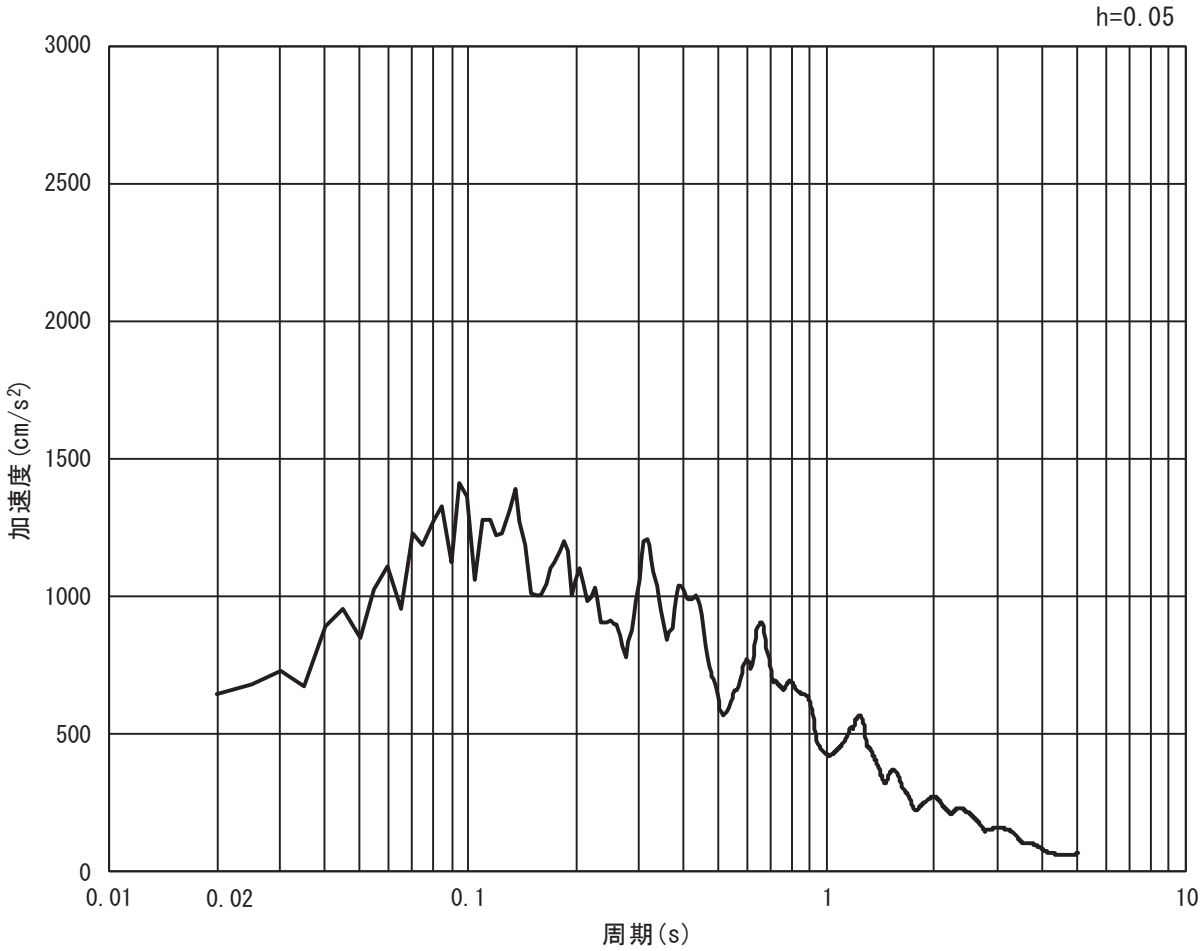


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

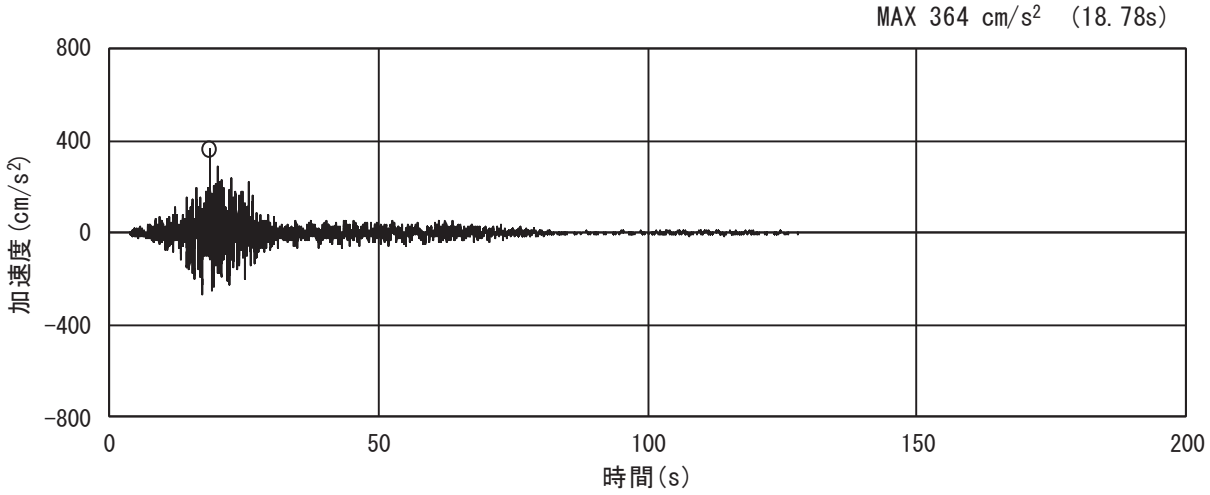


(a) 加速度時刻歴波形

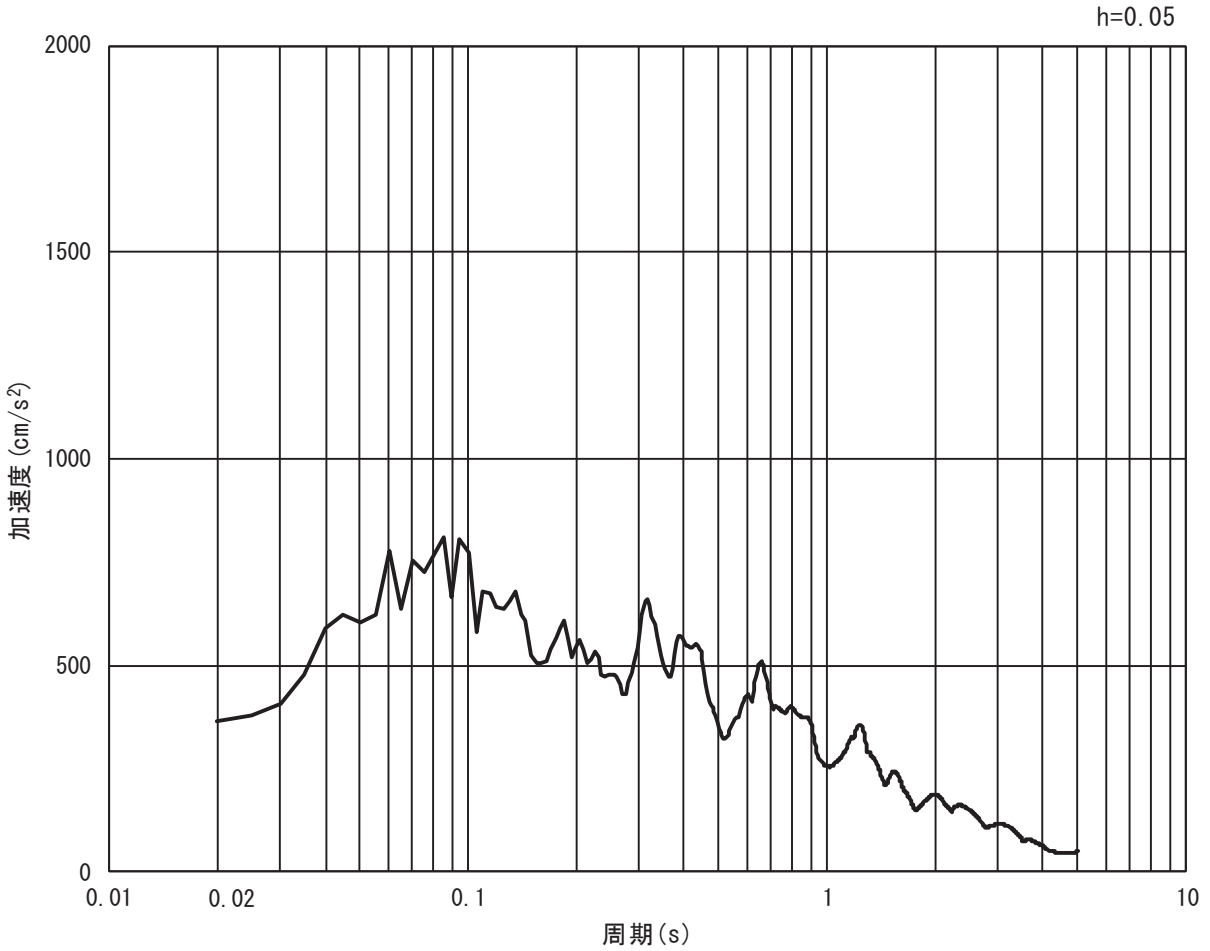


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

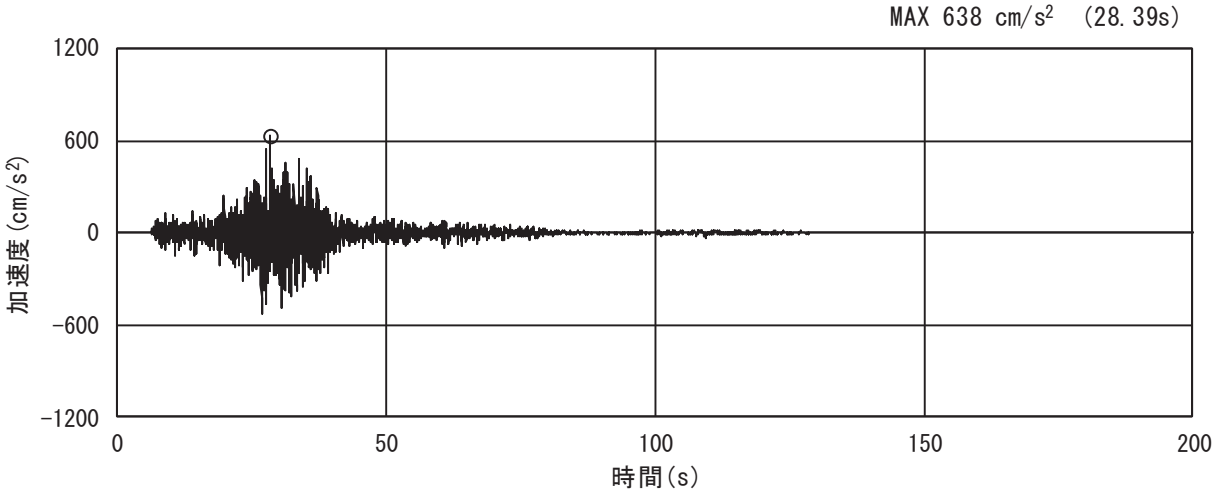


(a) 加速度時刻歴波形

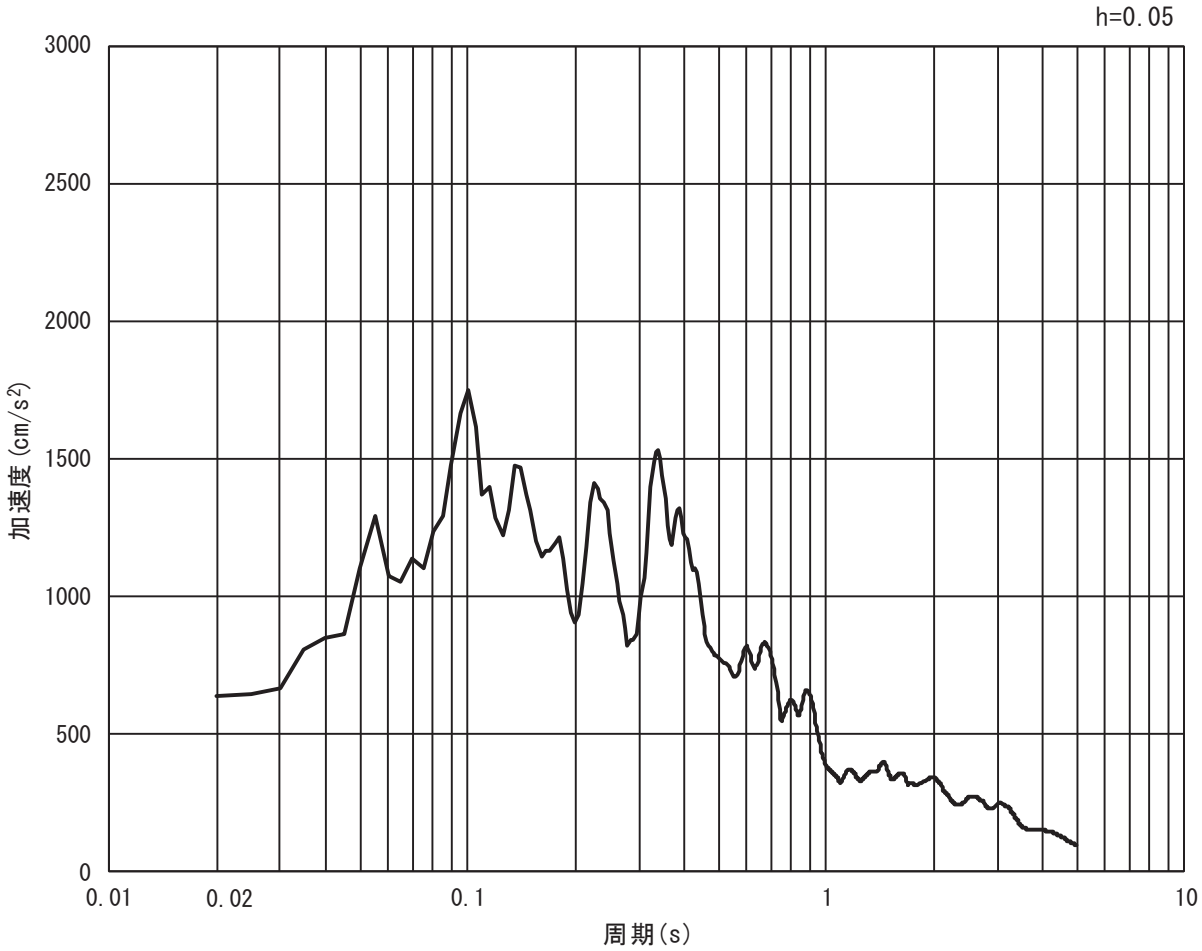


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

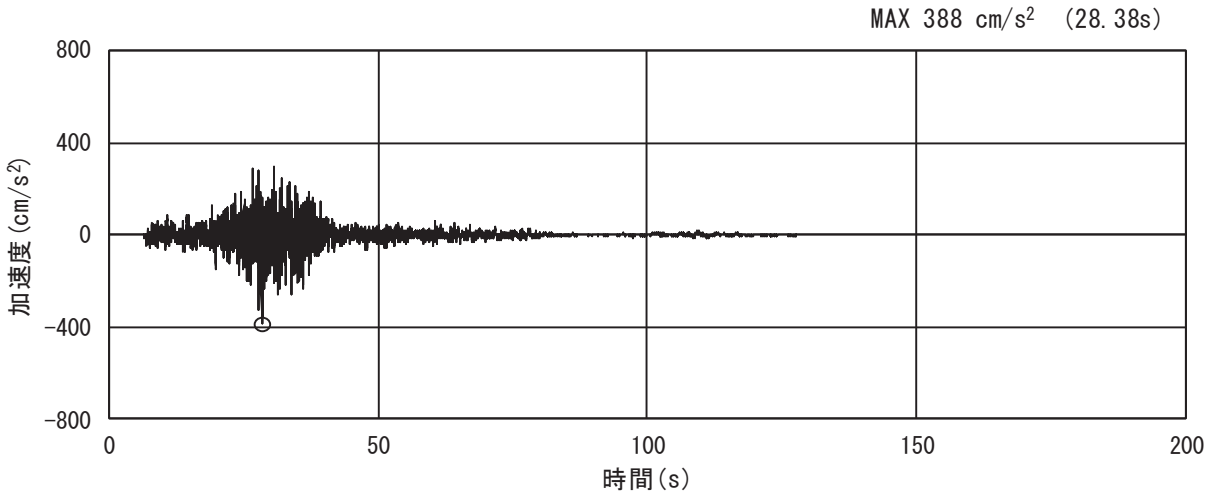


(a) 加速度時刻歴波形

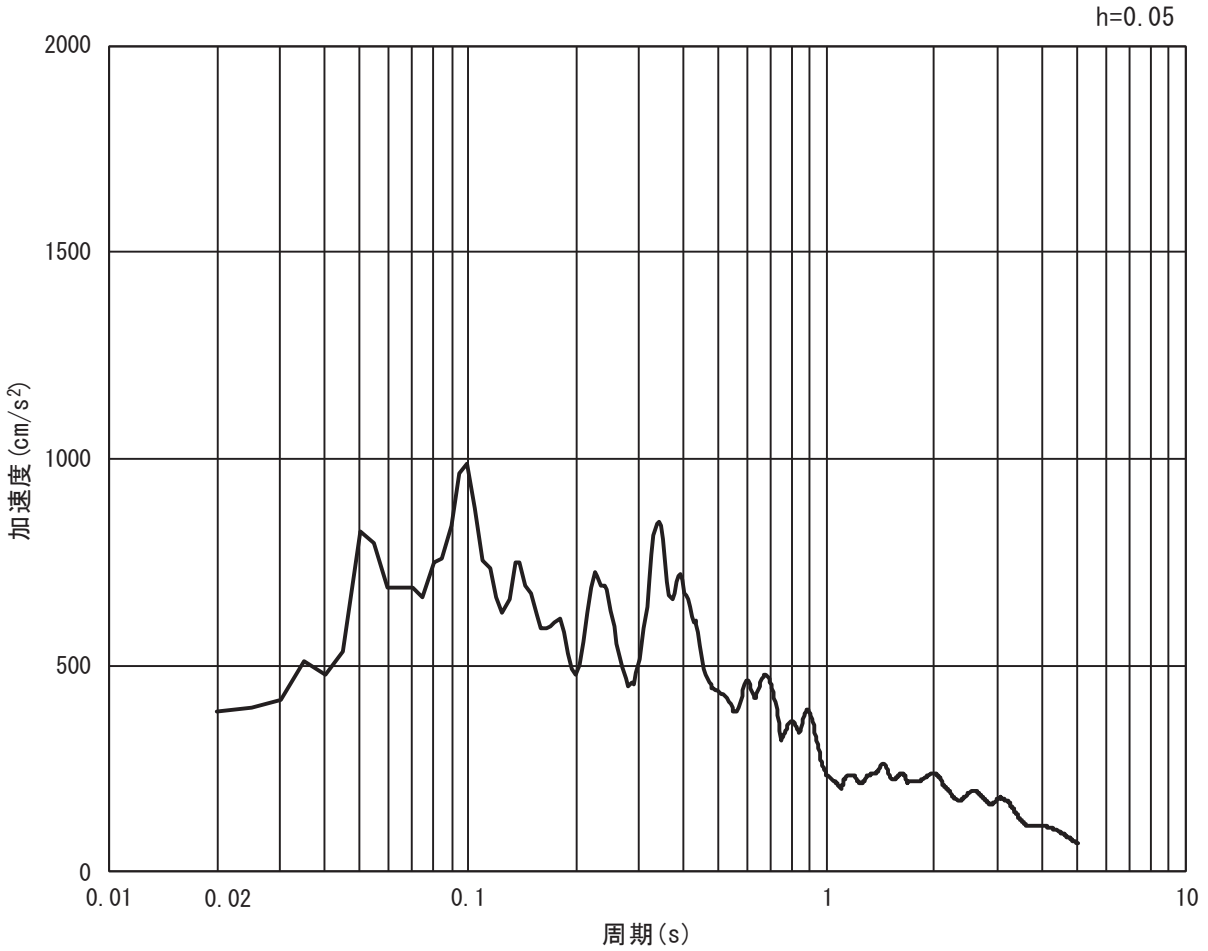


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

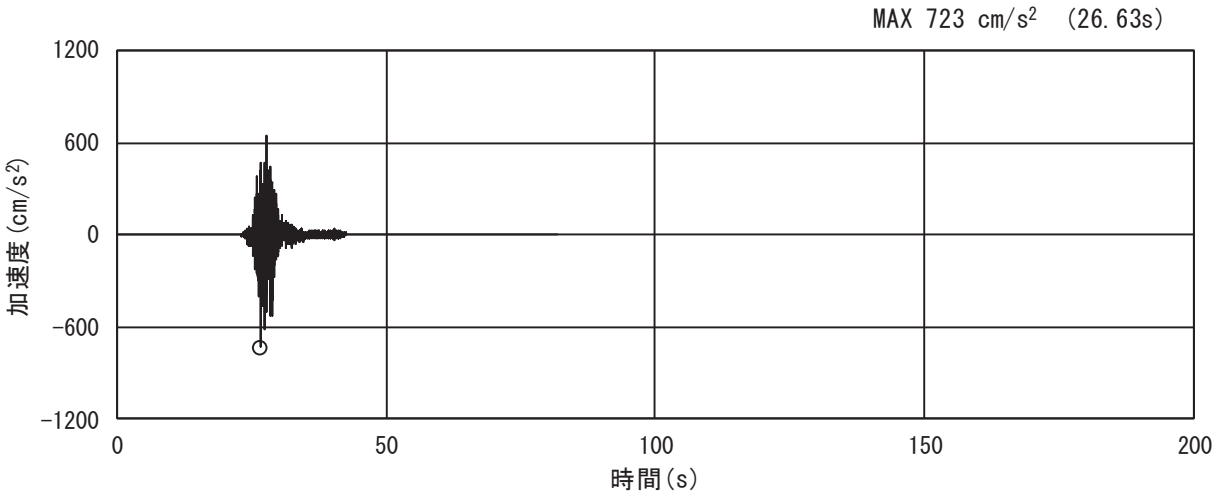


(a) 加速度時刻歴波形

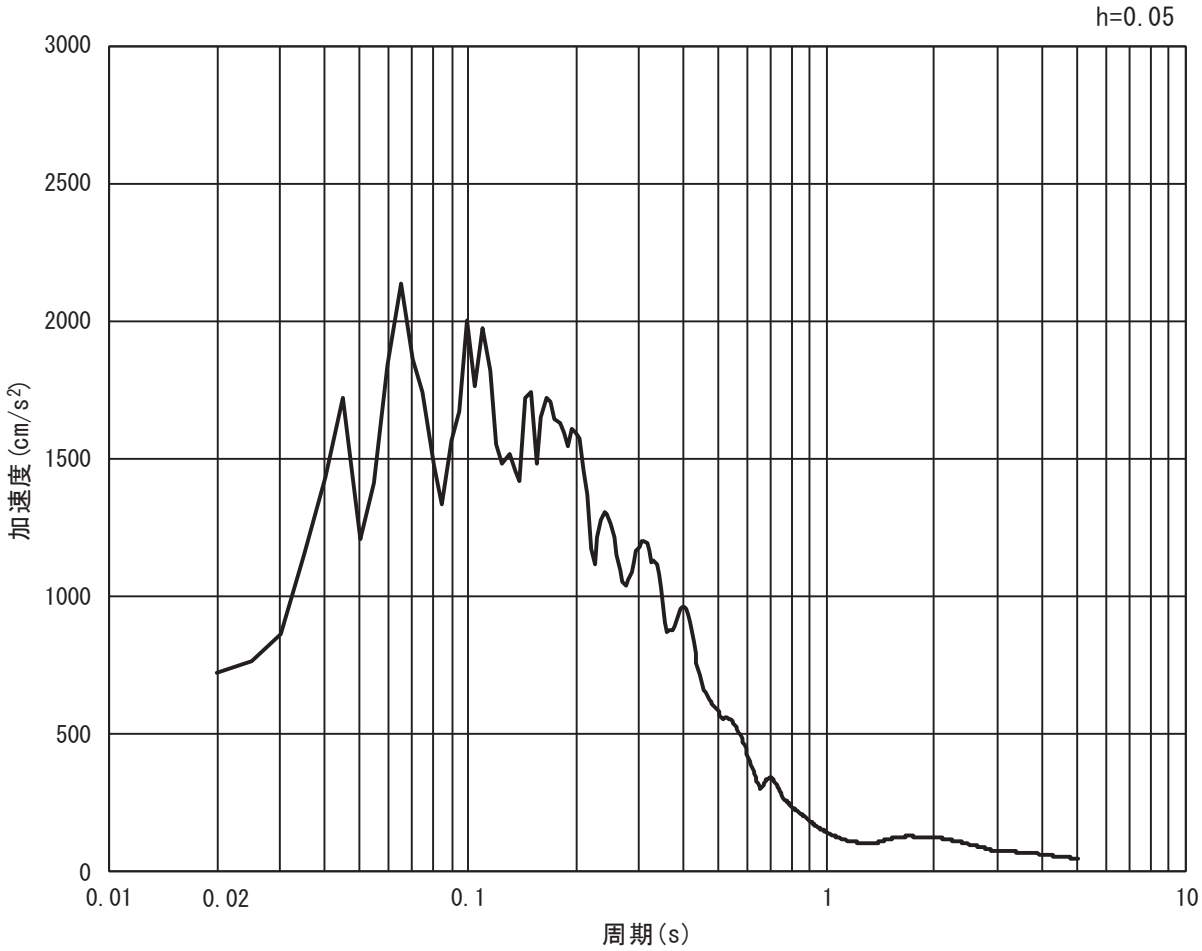


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

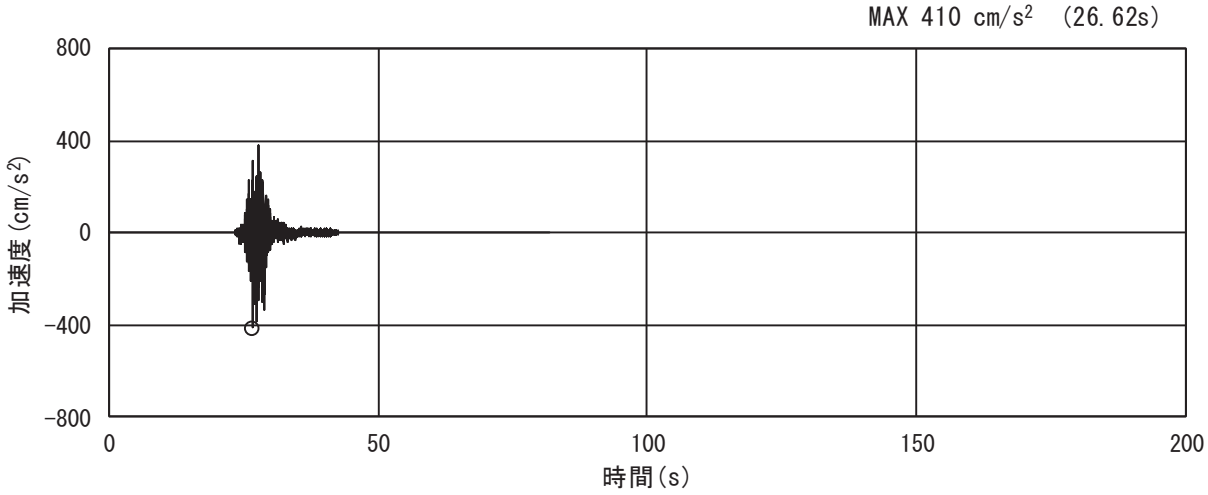


(a) 加速度時刻歴波形

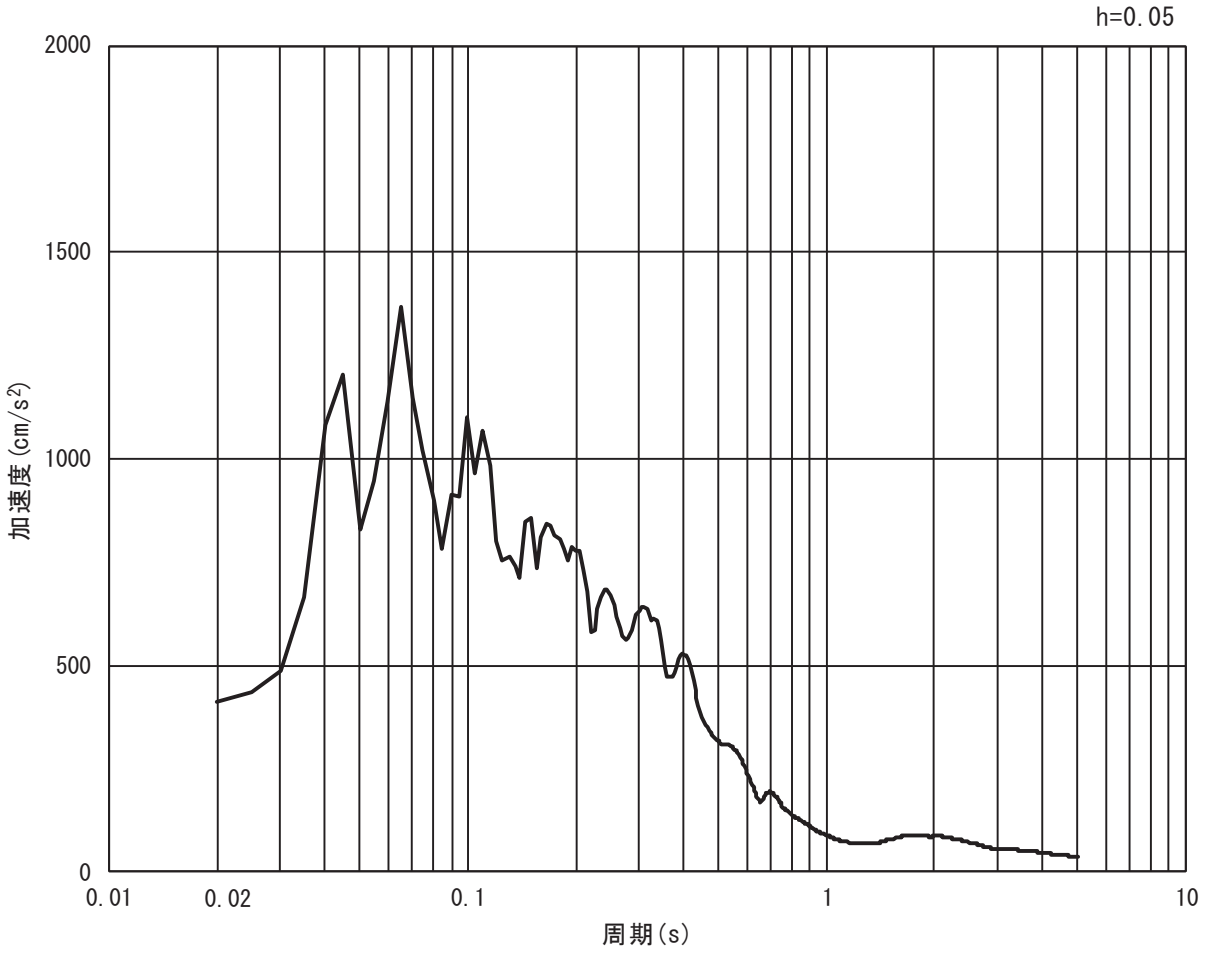


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

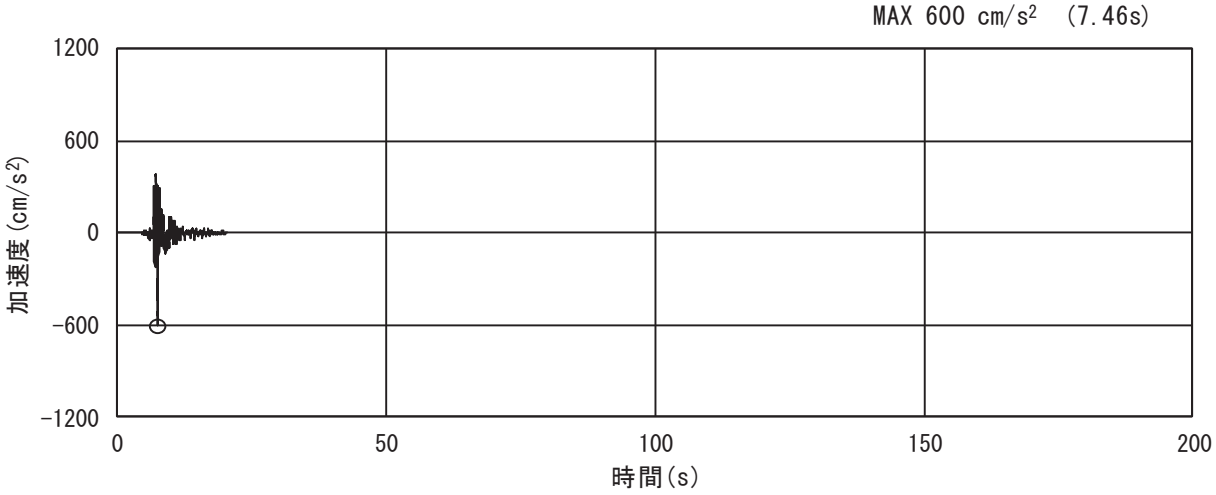


(a) 加速度時刻歴波形

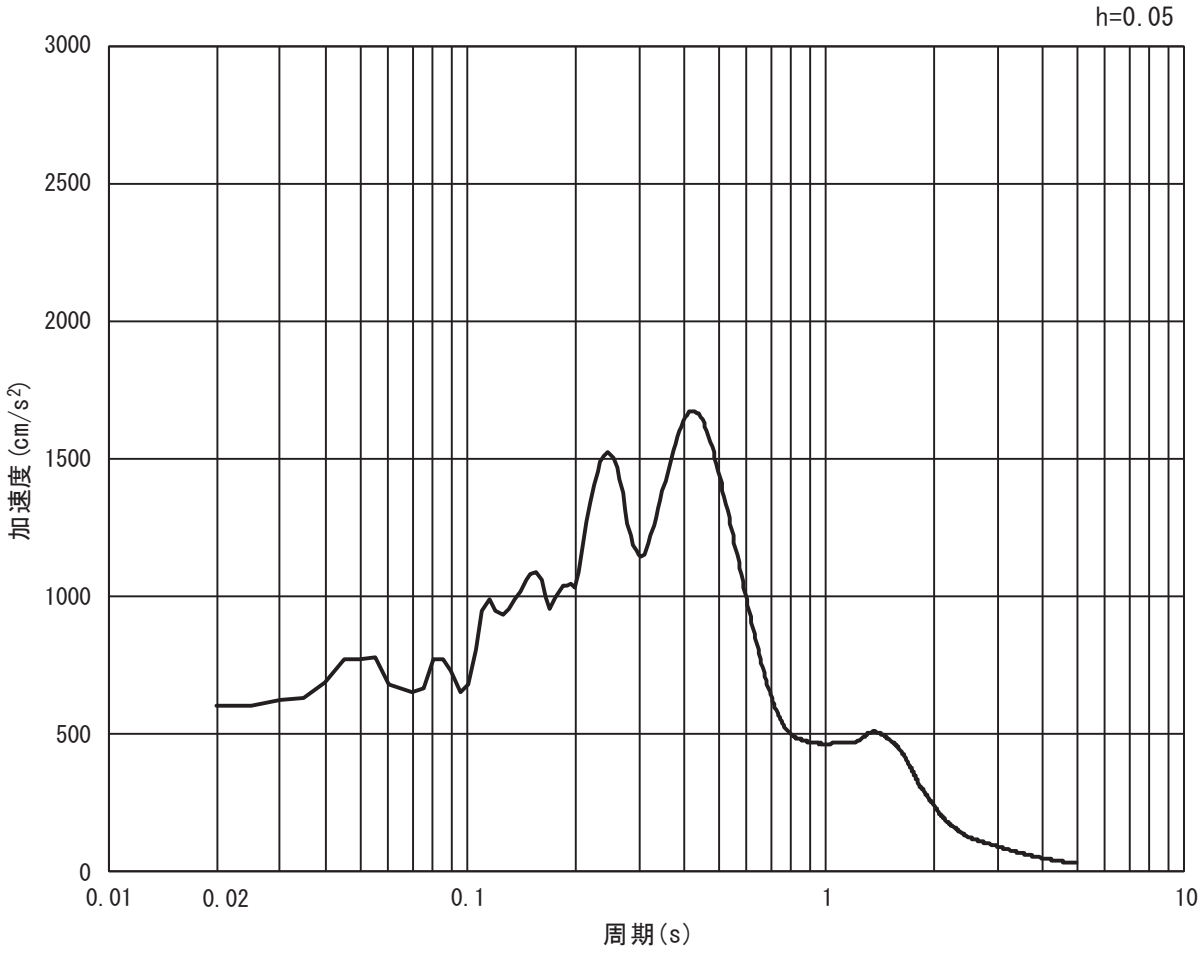


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

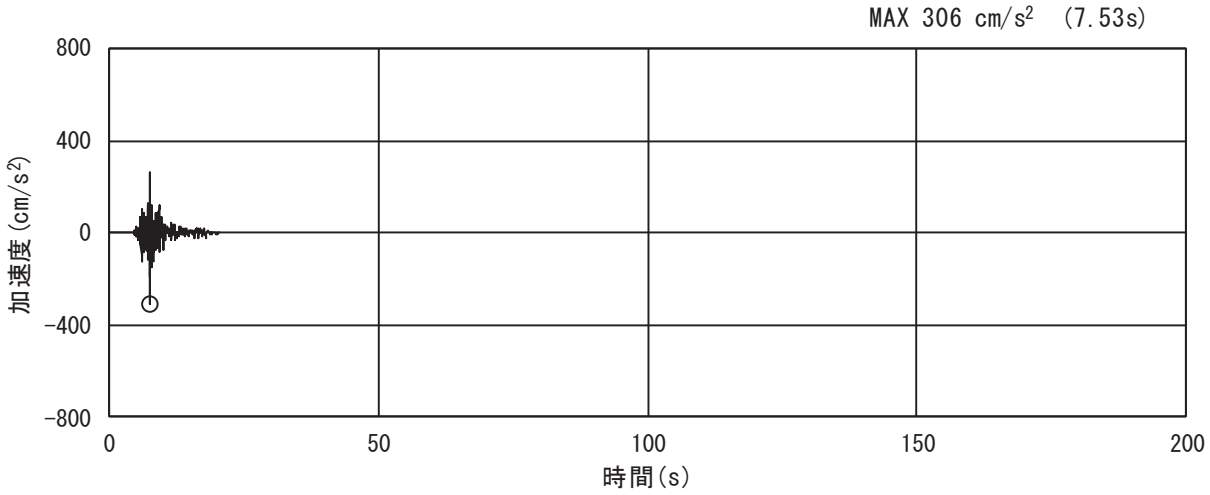


(a) 加速度時刻歴波形

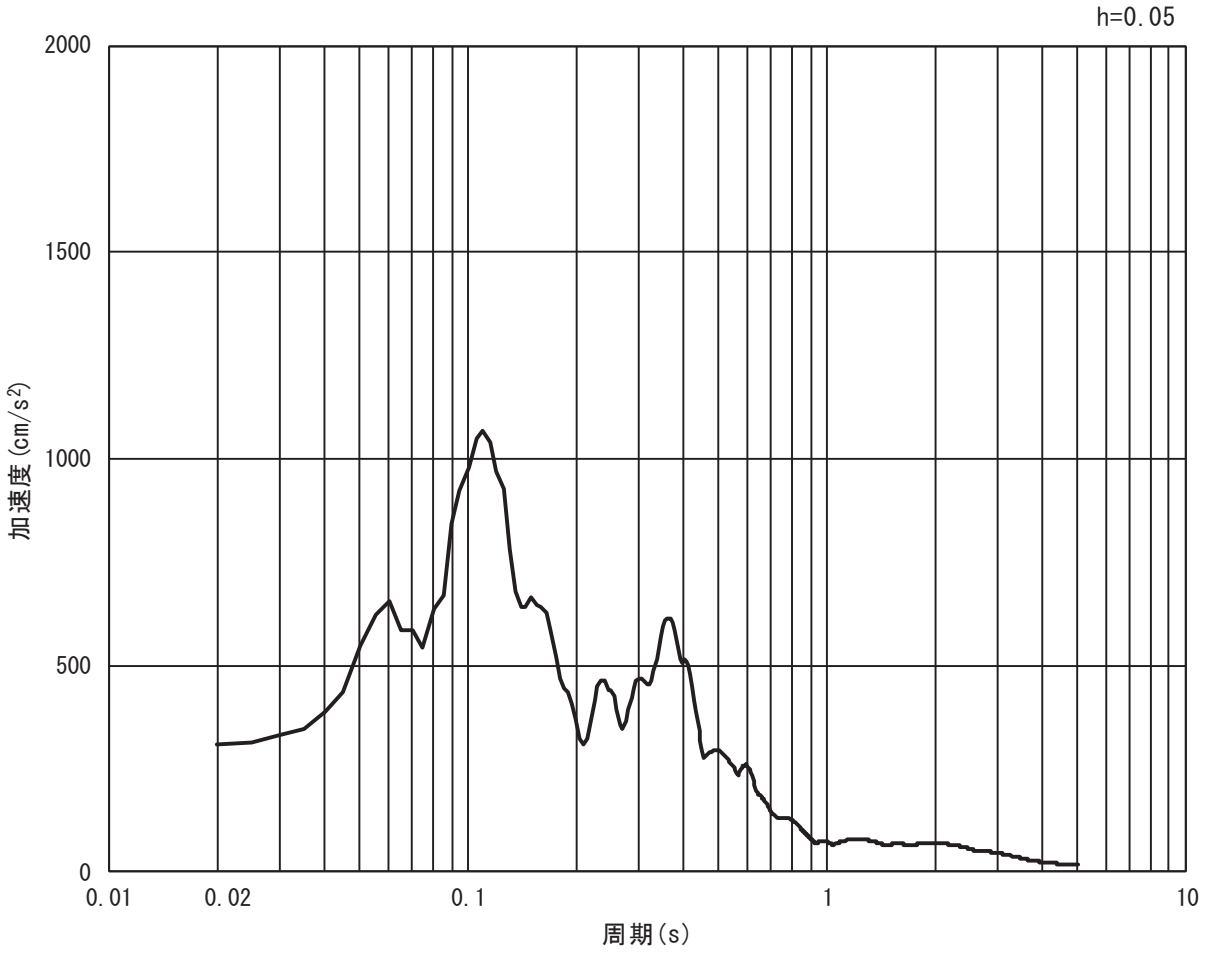


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



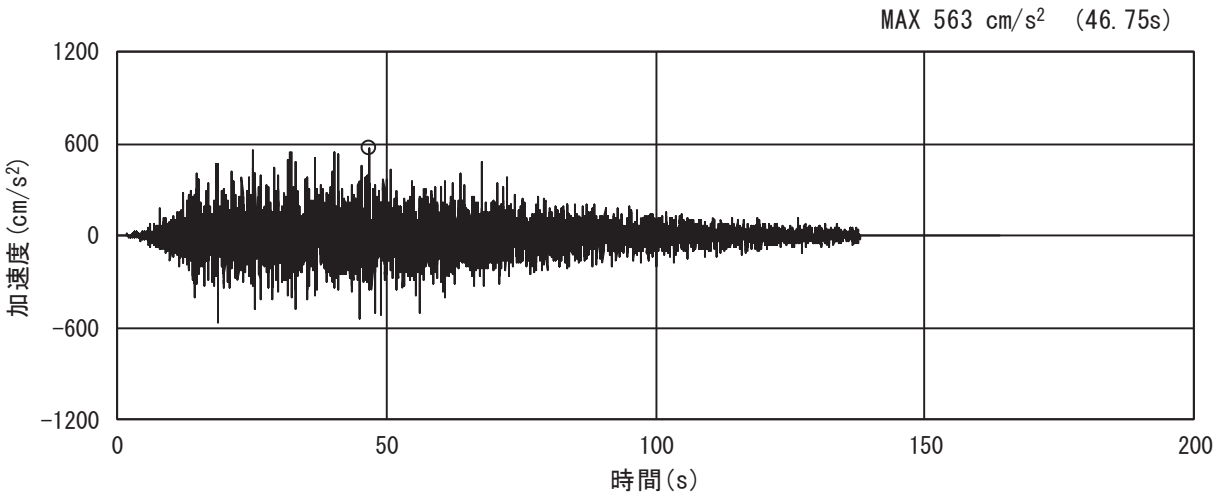
(a) 加速度時刻歴波形



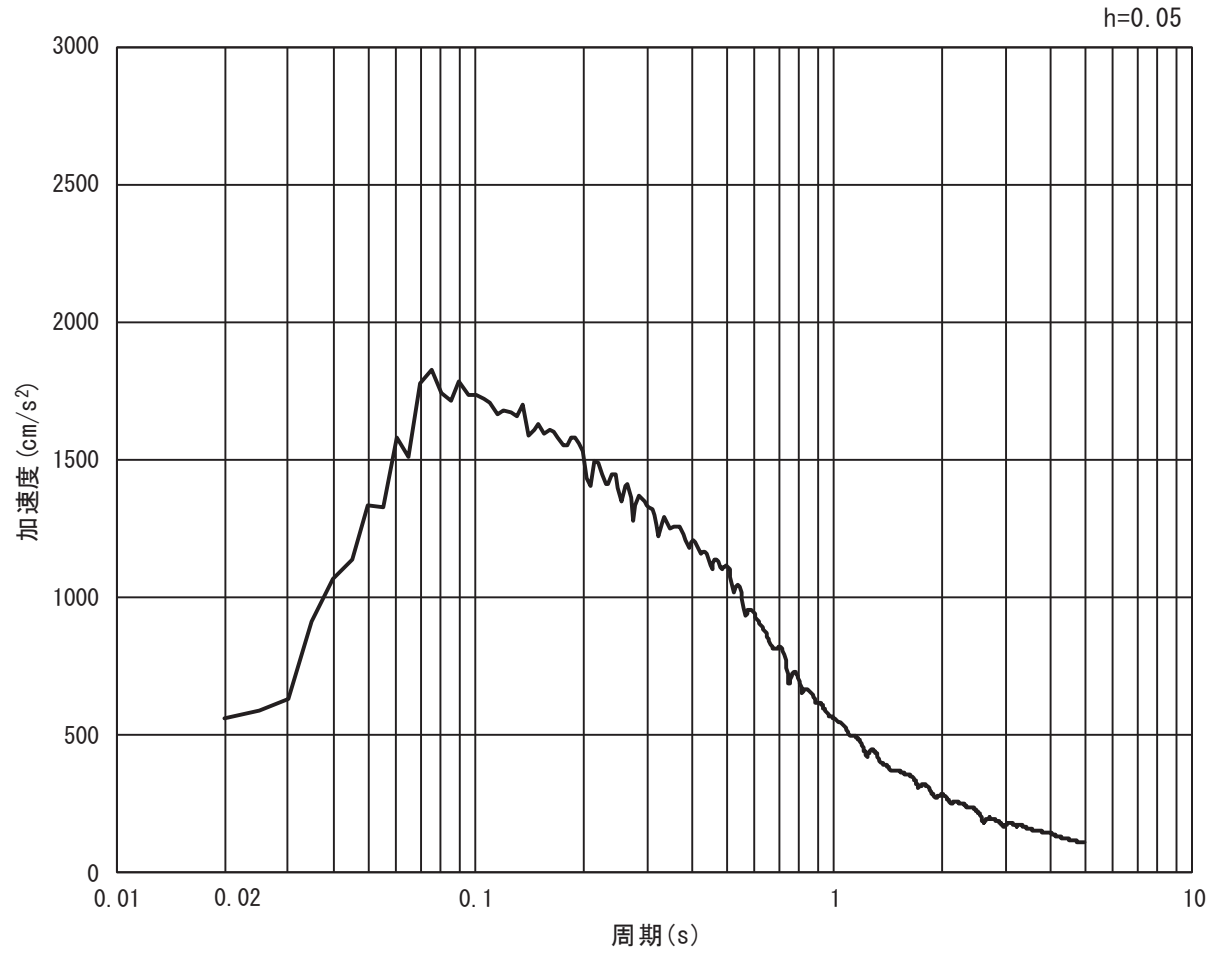
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

(2)　断面②



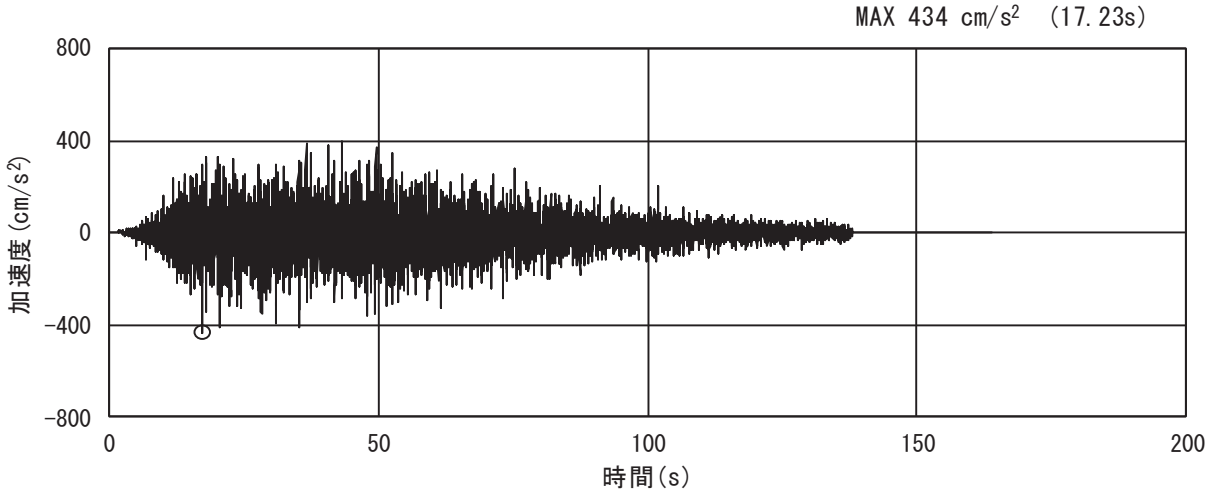
(a) 加速度時刻歴波形



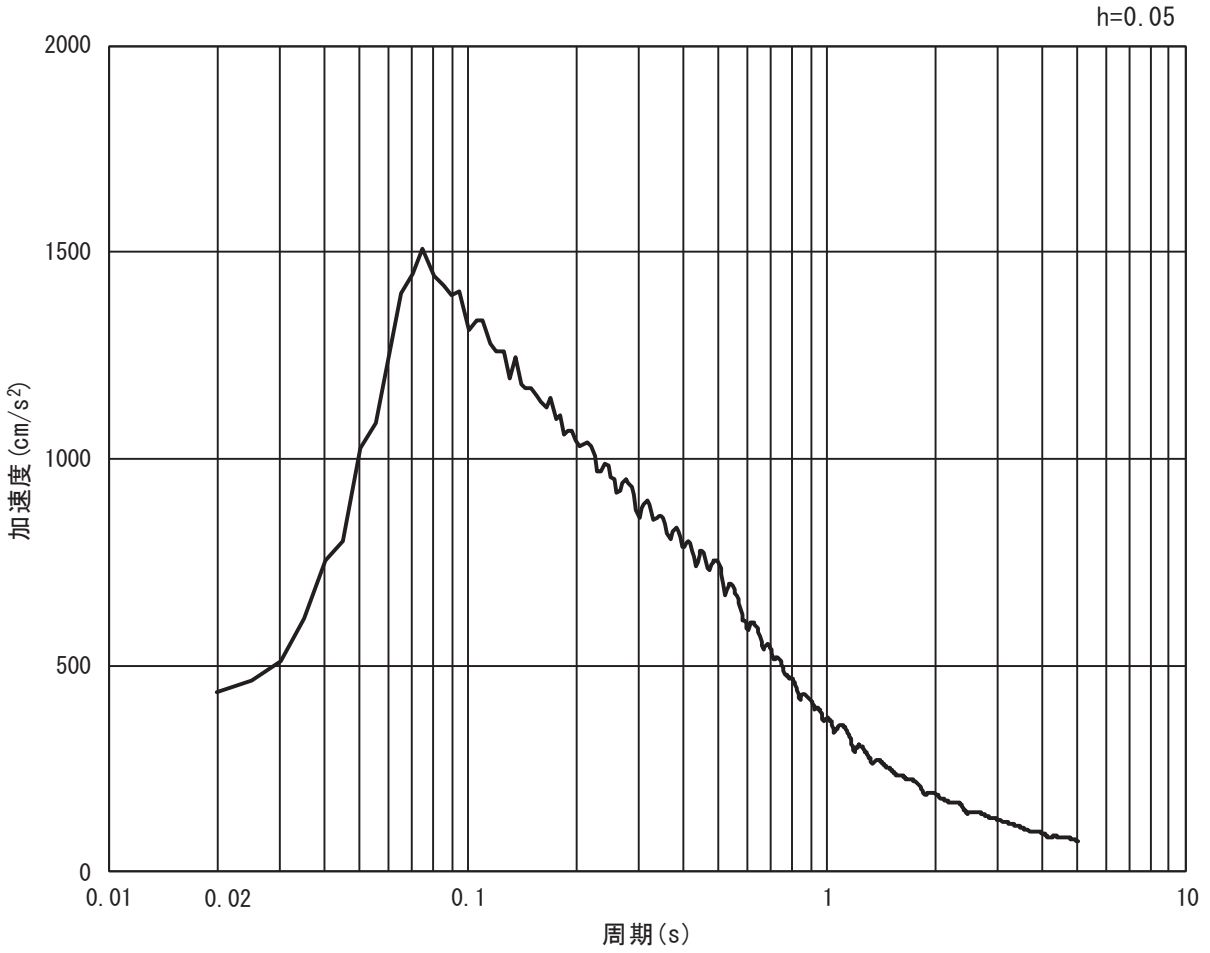
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

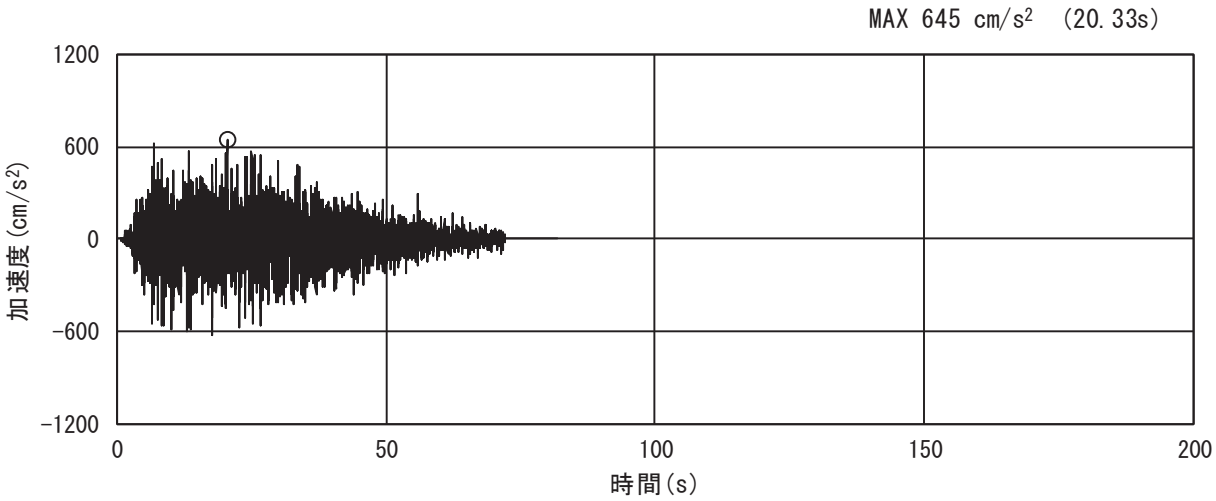


(a) 加速度時刻歴波形

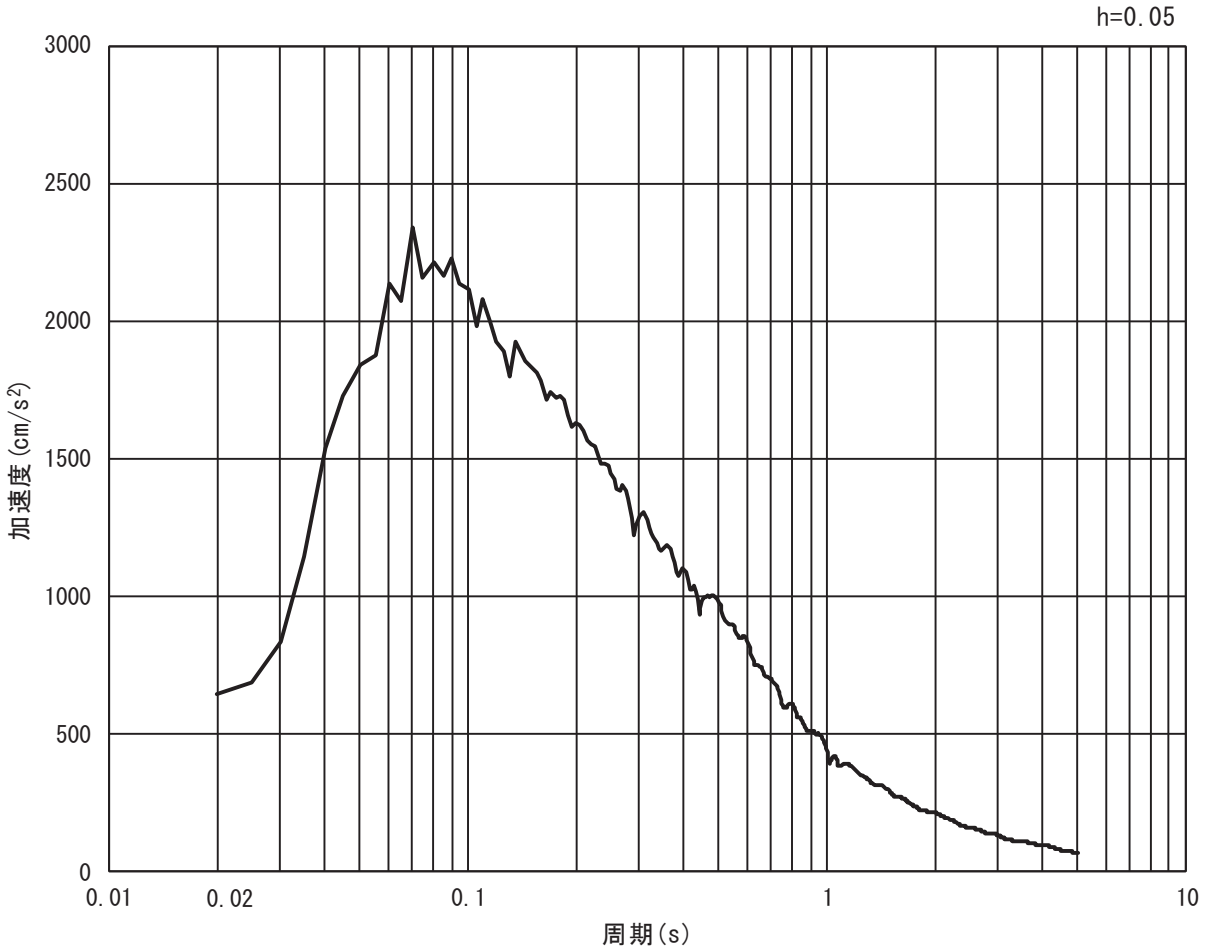


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

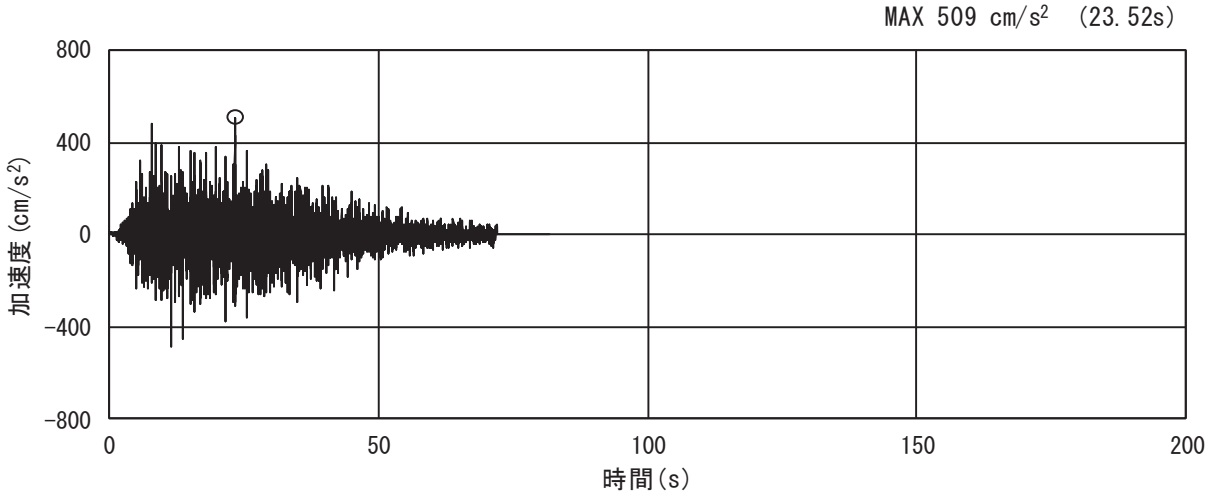


(a) 加速度時刻歴波形

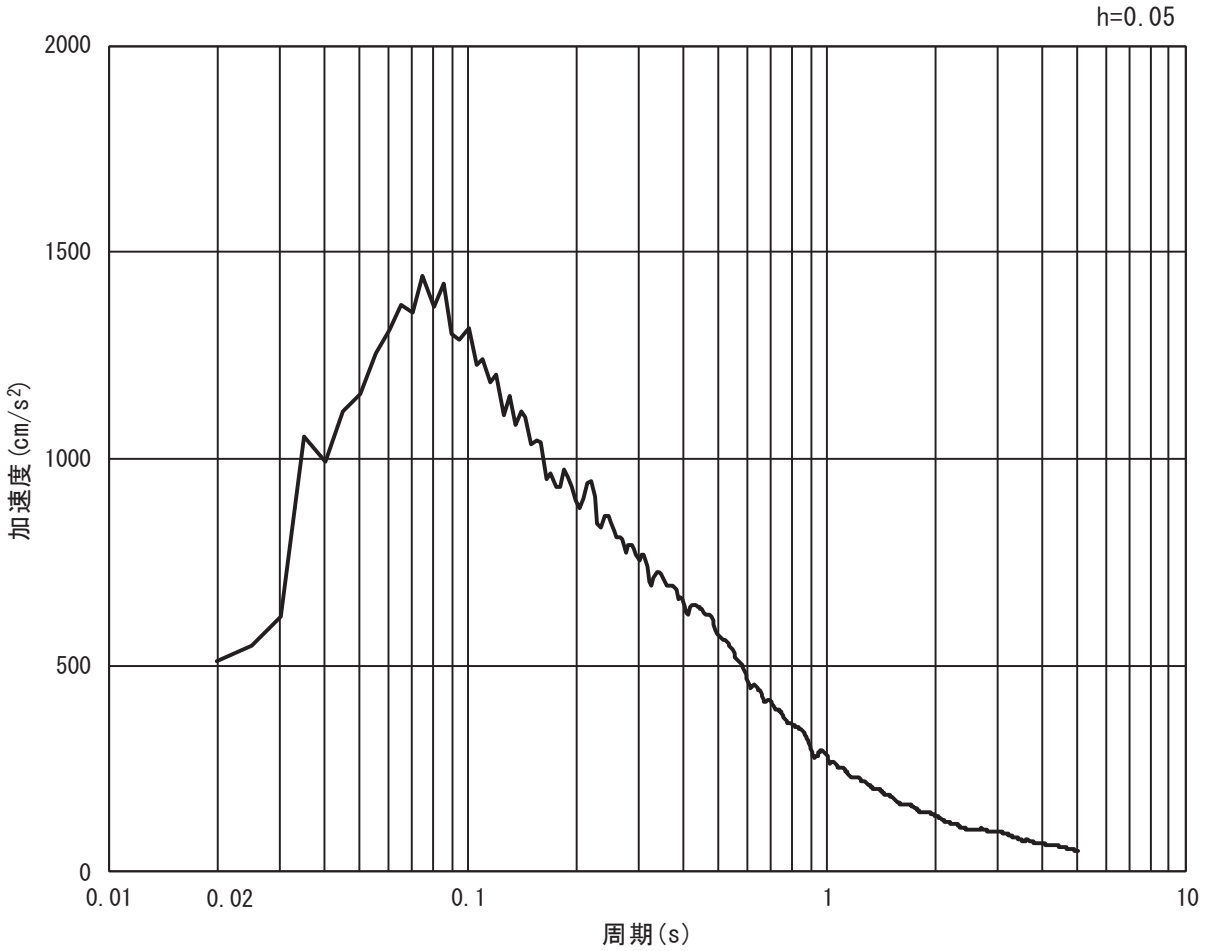


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

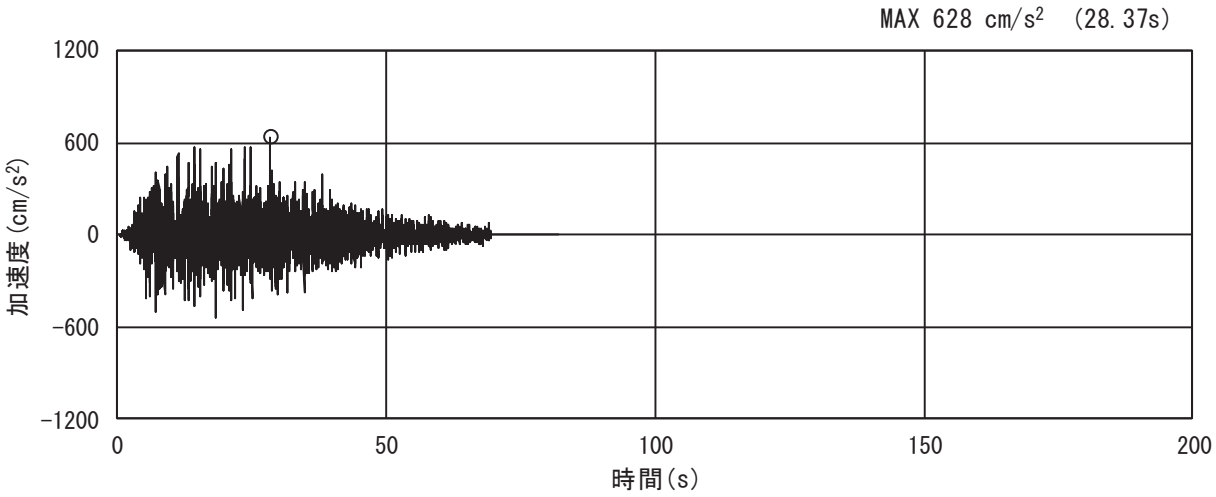


(a) 加速度時刻歴波形

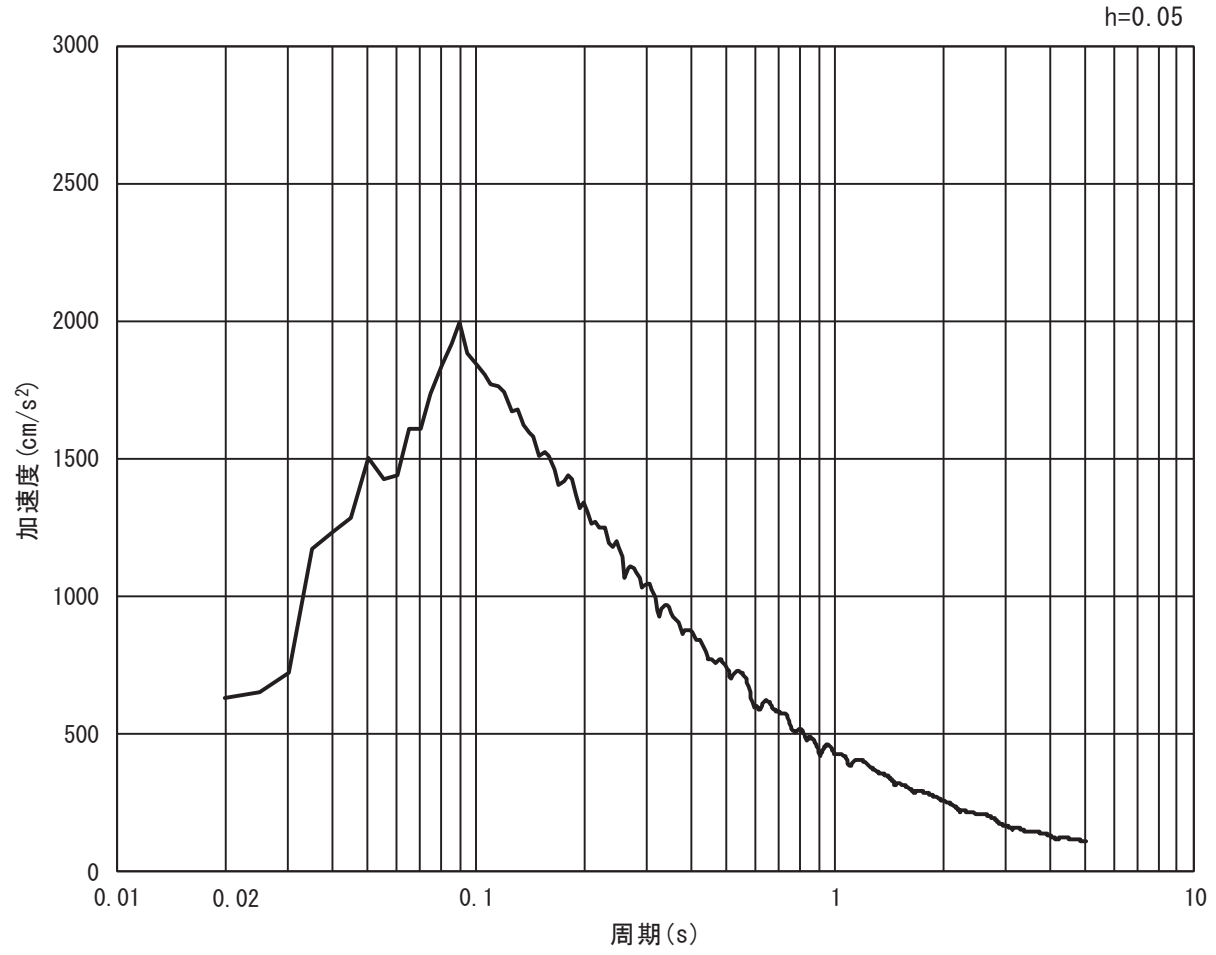


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

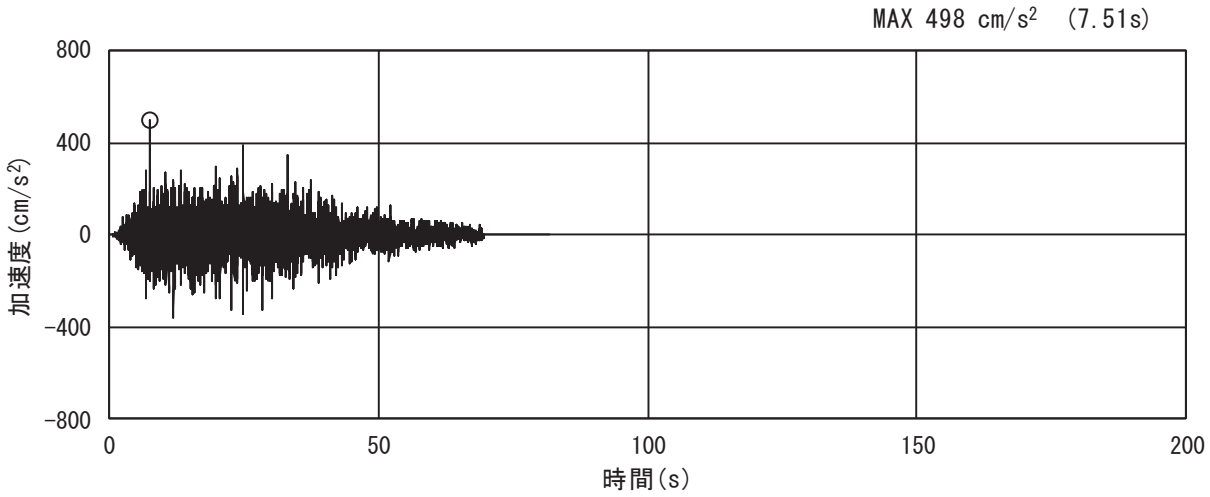


(a) 加速度時刻歴波形

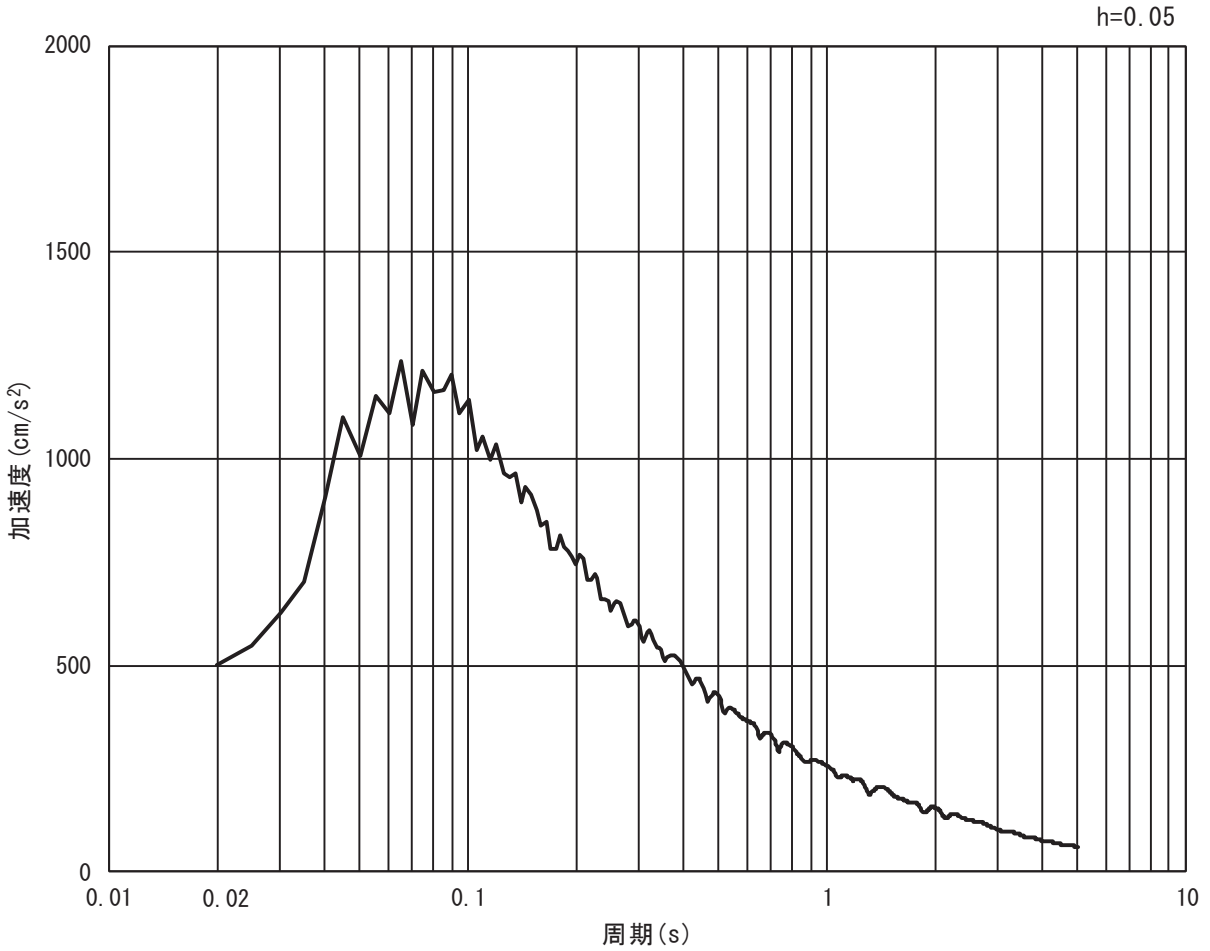


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

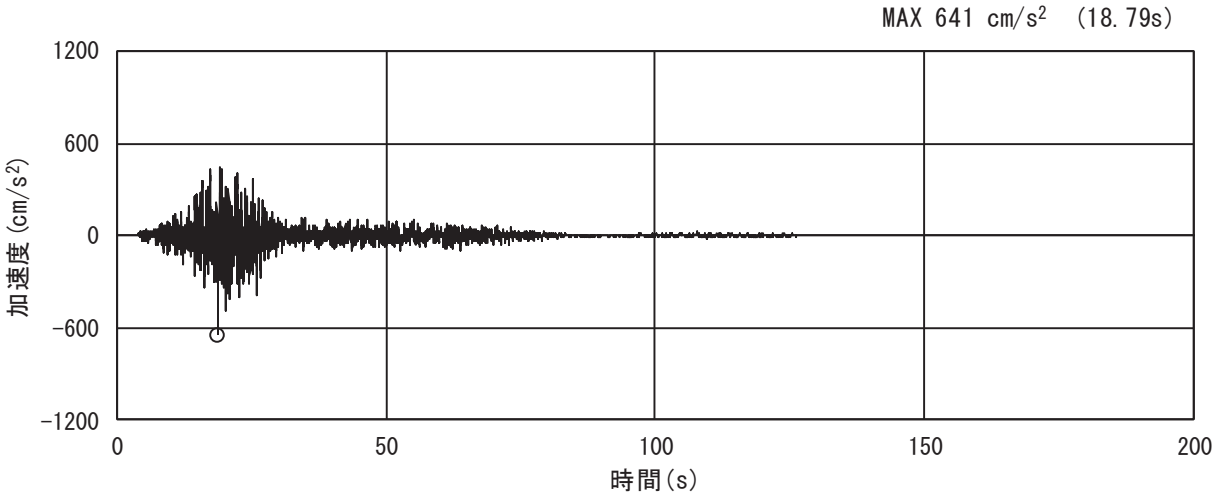


(a) 加速度時刻歴波形

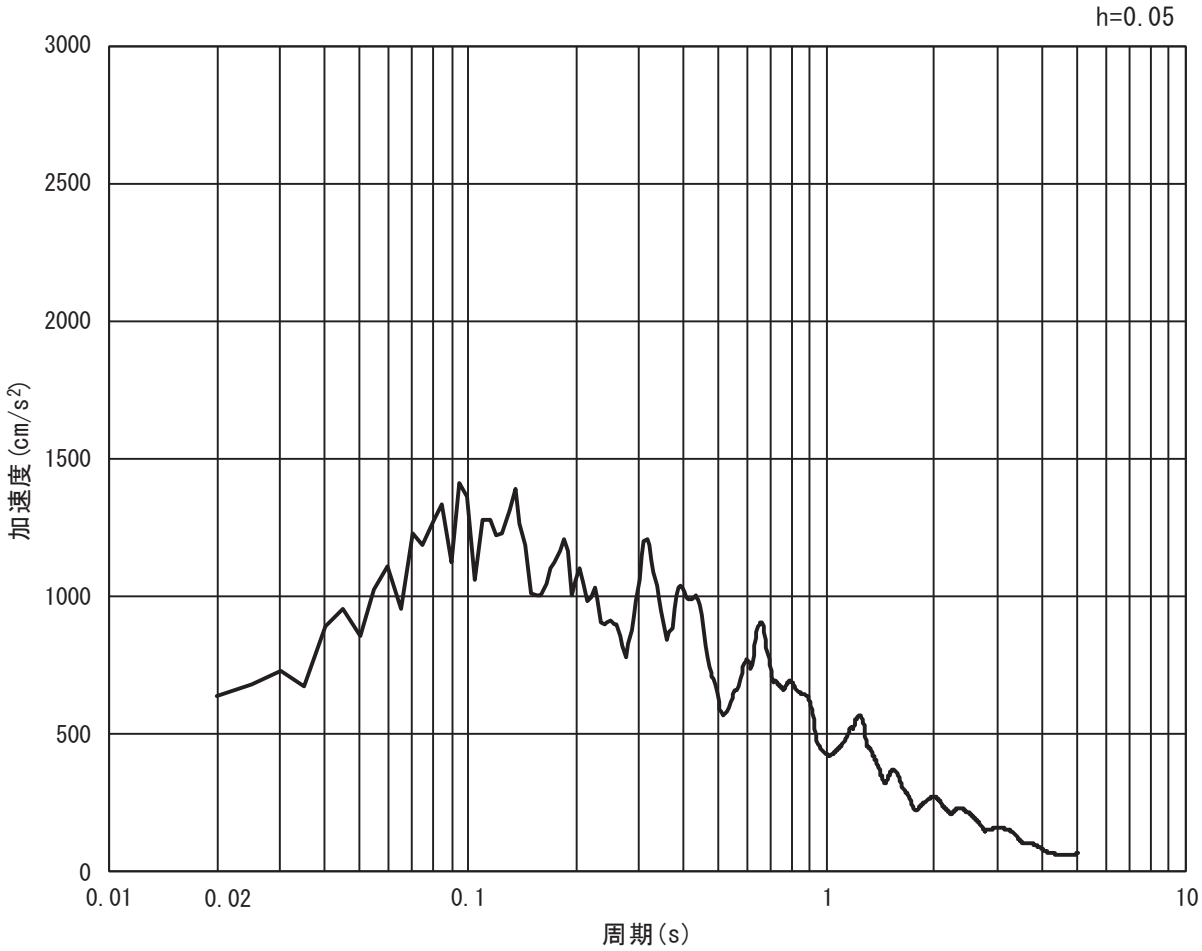


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

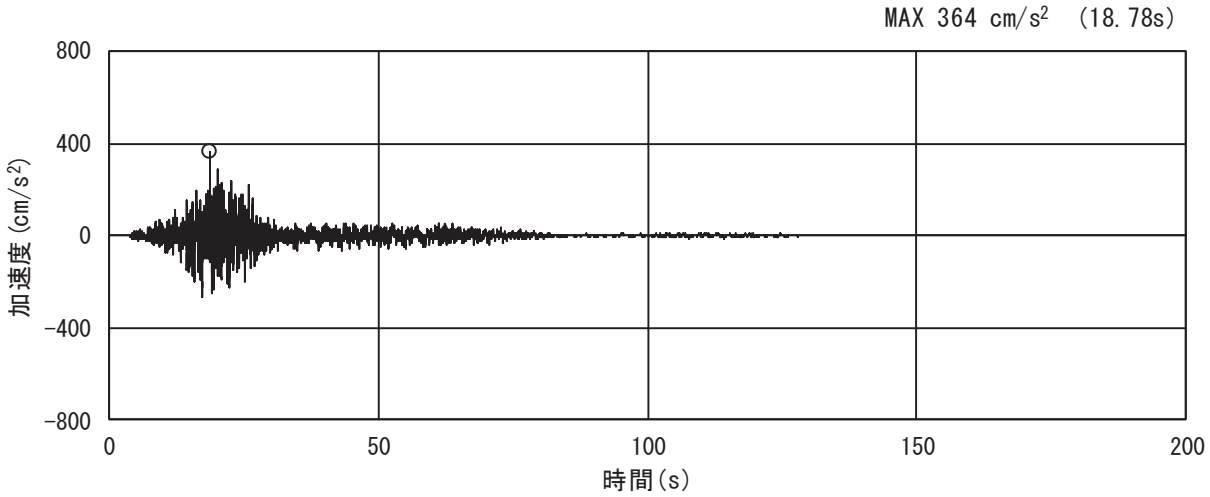


(a) 加速度時刻歴波形

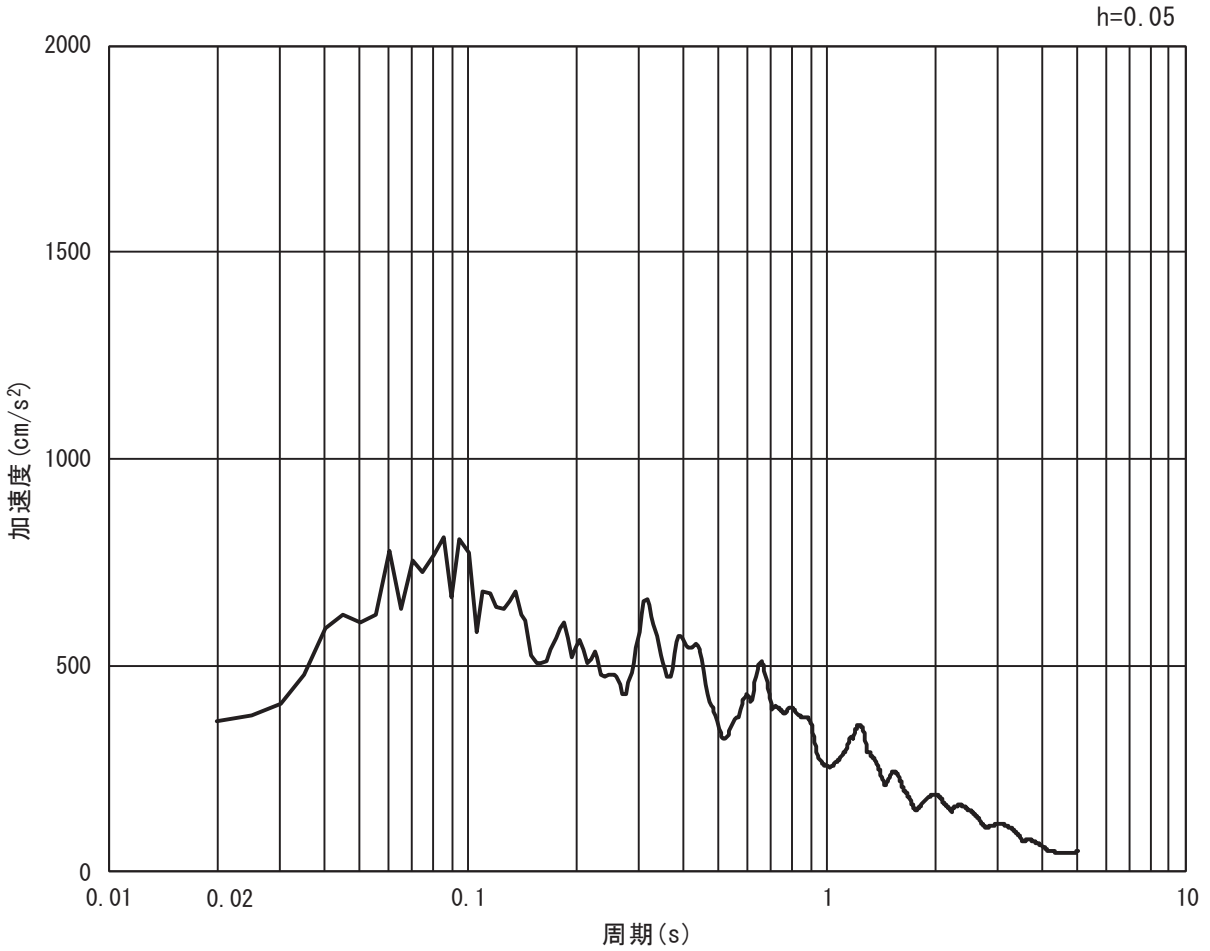


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

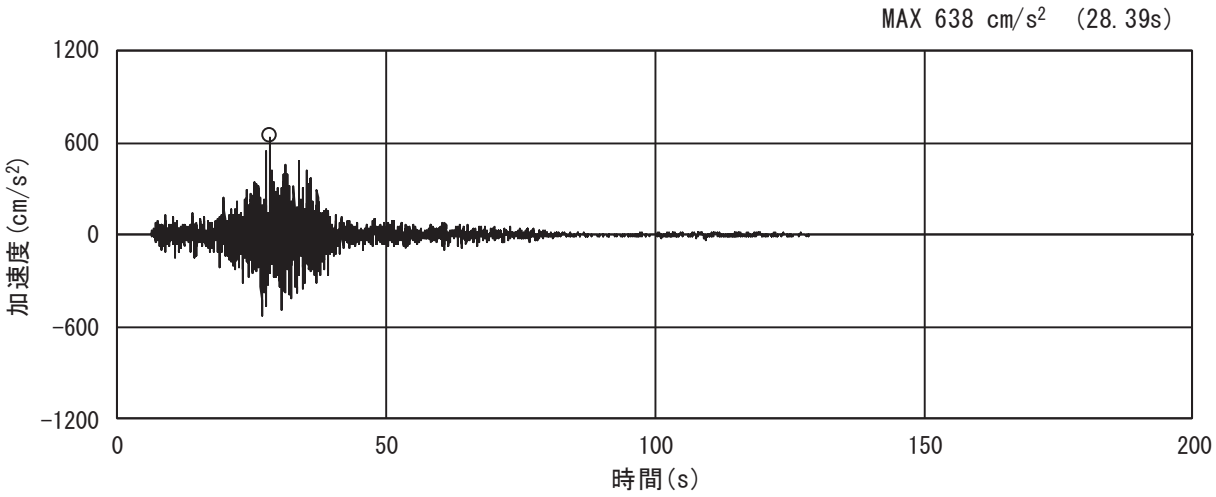


(a) 加速度時刻歴波形

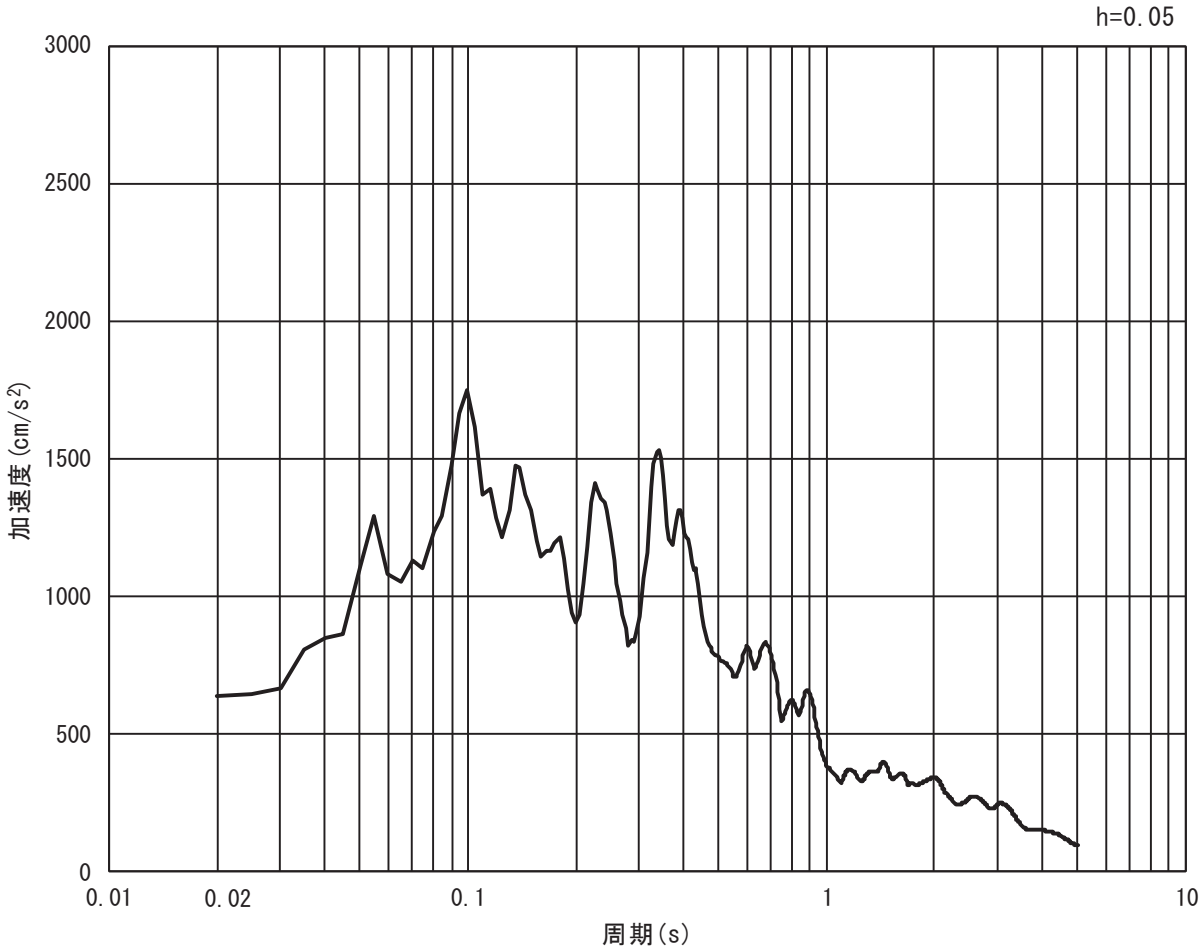


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

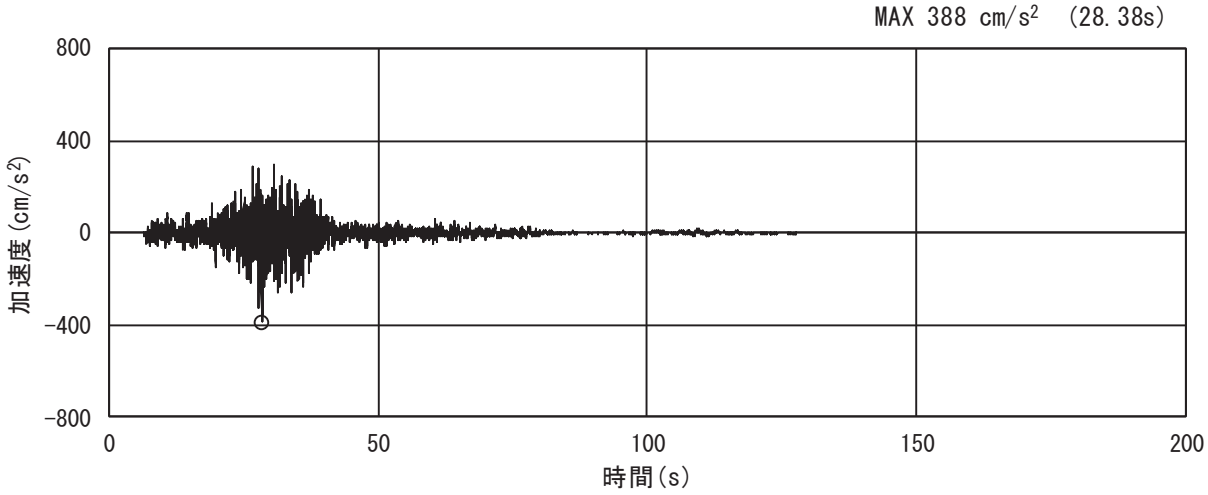


(a) 加速度時刻歴波形

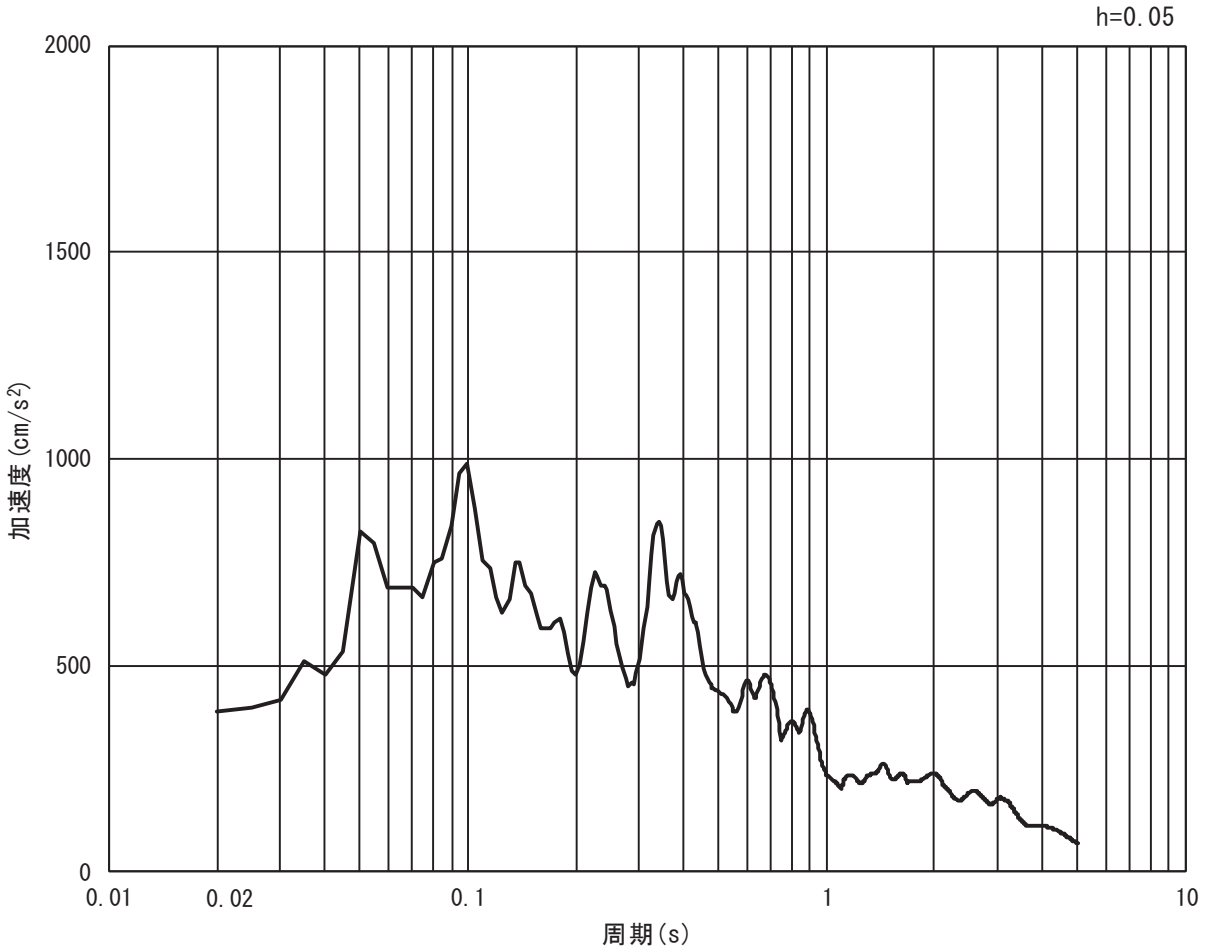


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

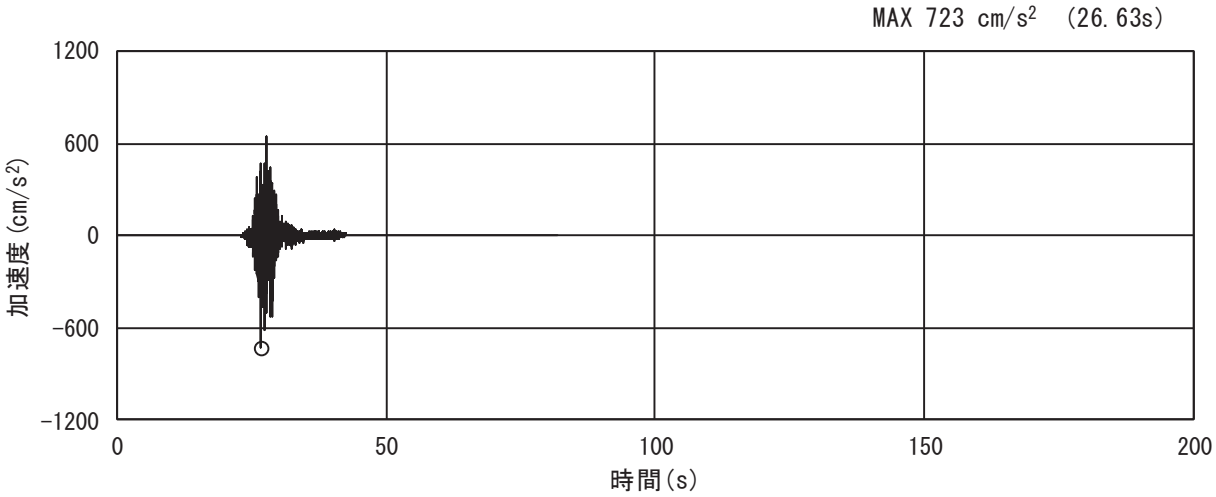


(a) 加速度時刻歴波形

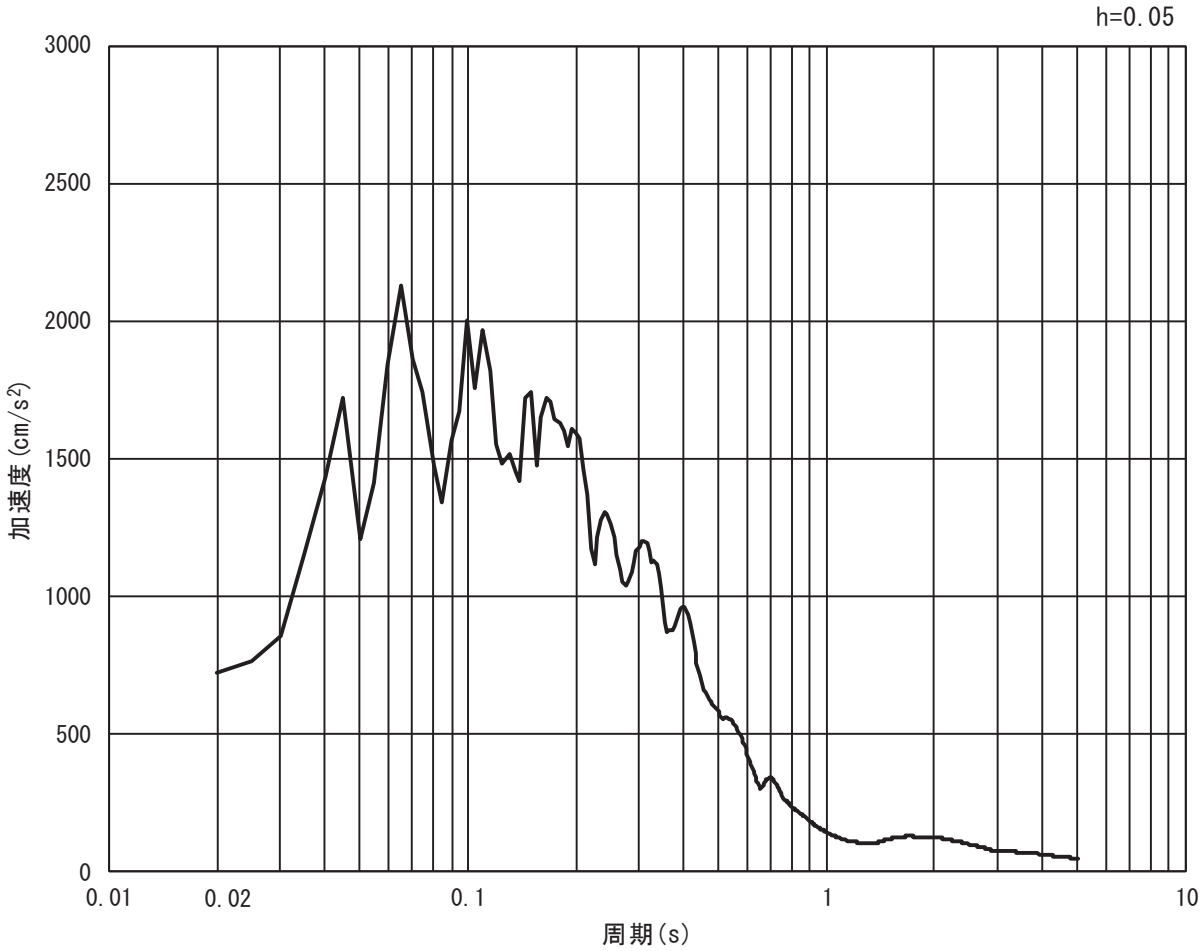


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

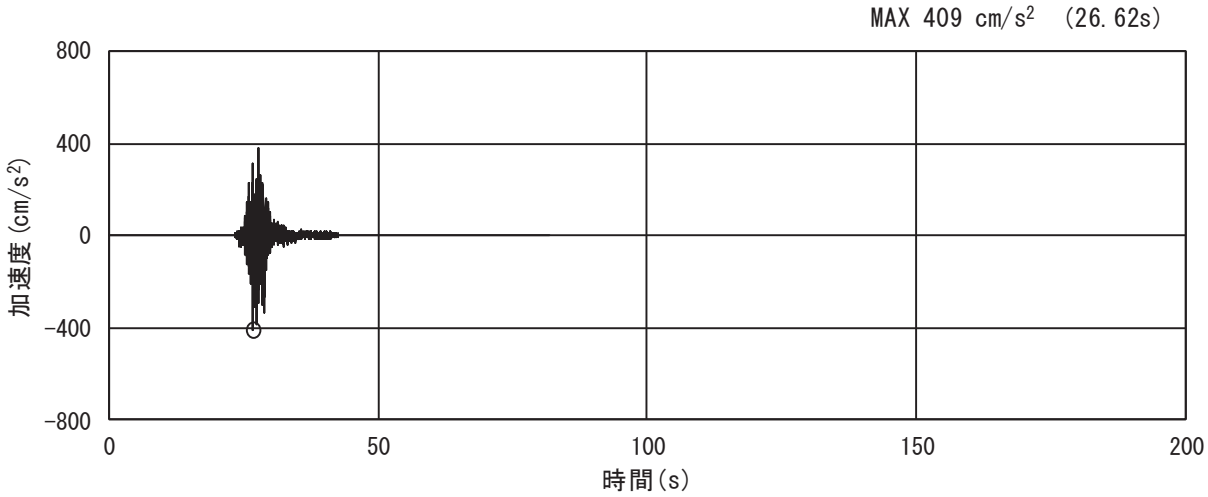


(a) 加速度時刻歴波形

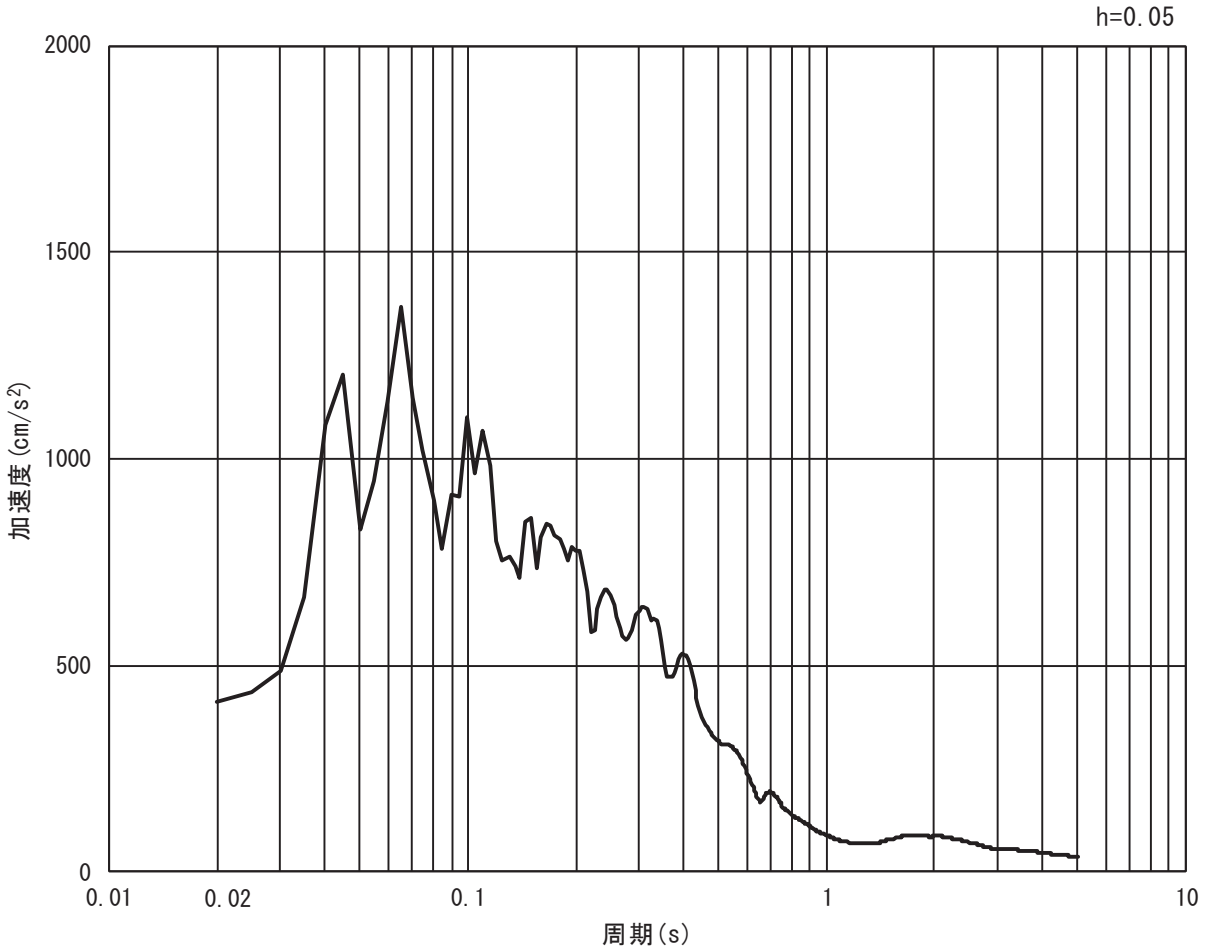


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

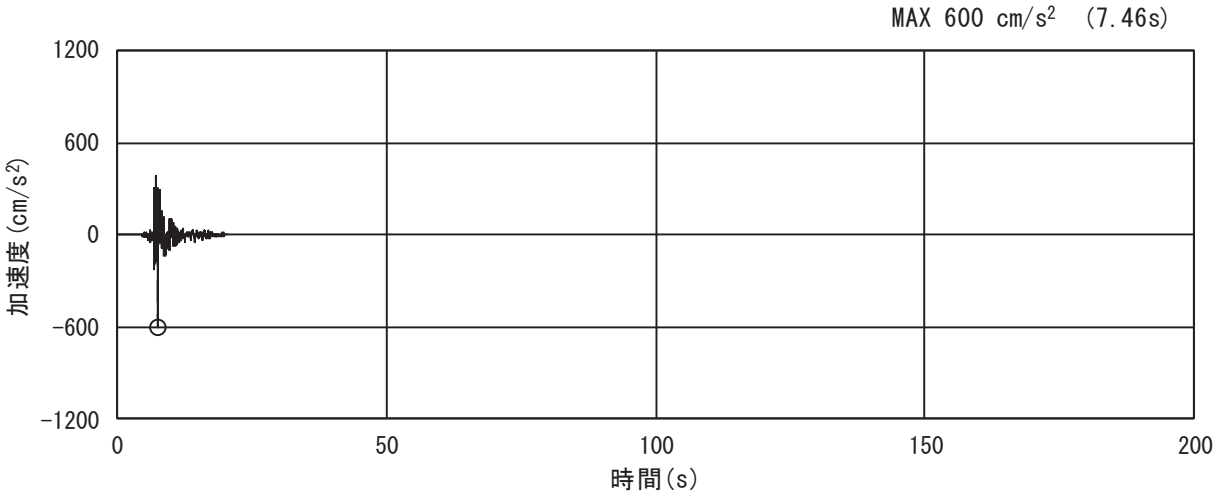


(a) 加速度時刻歴波形

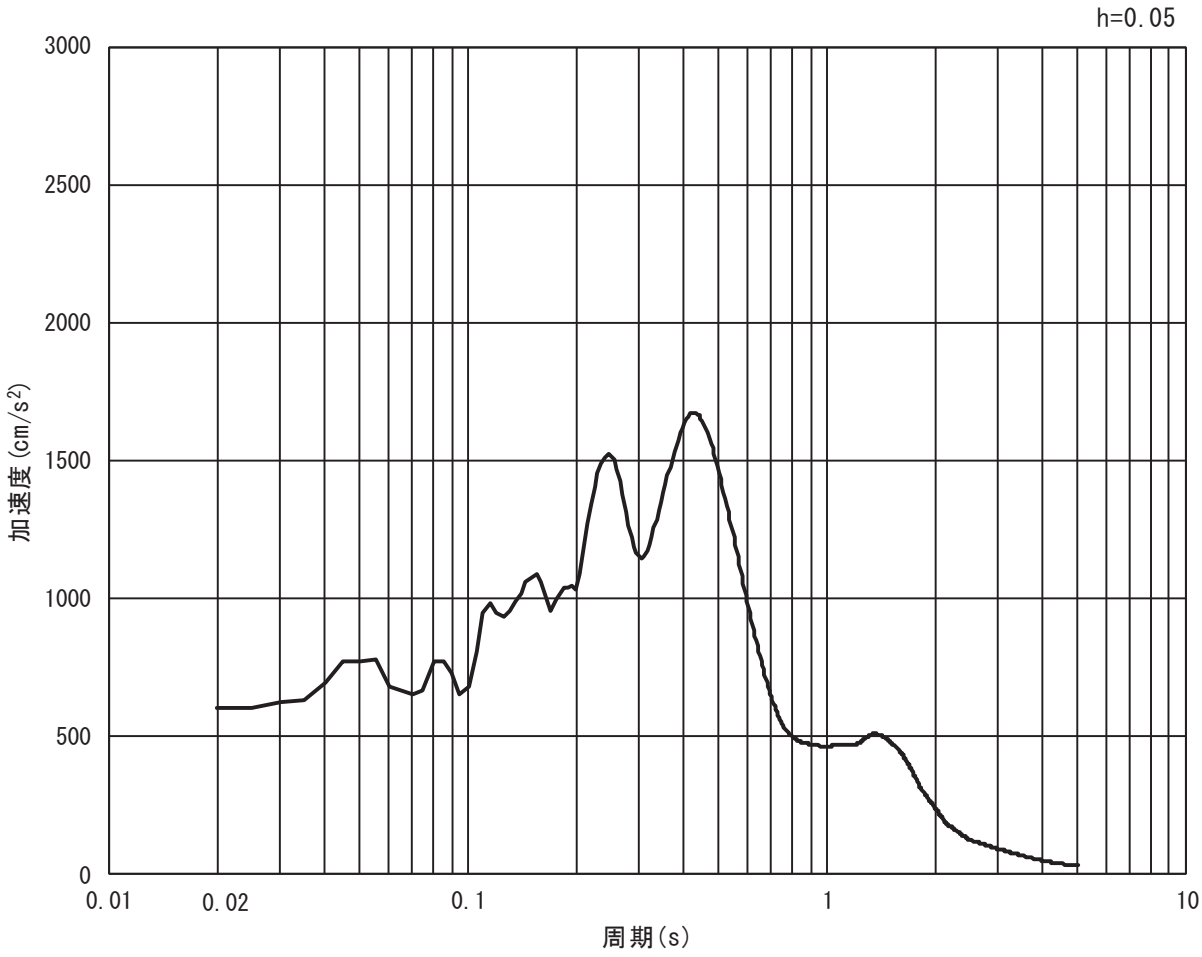


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

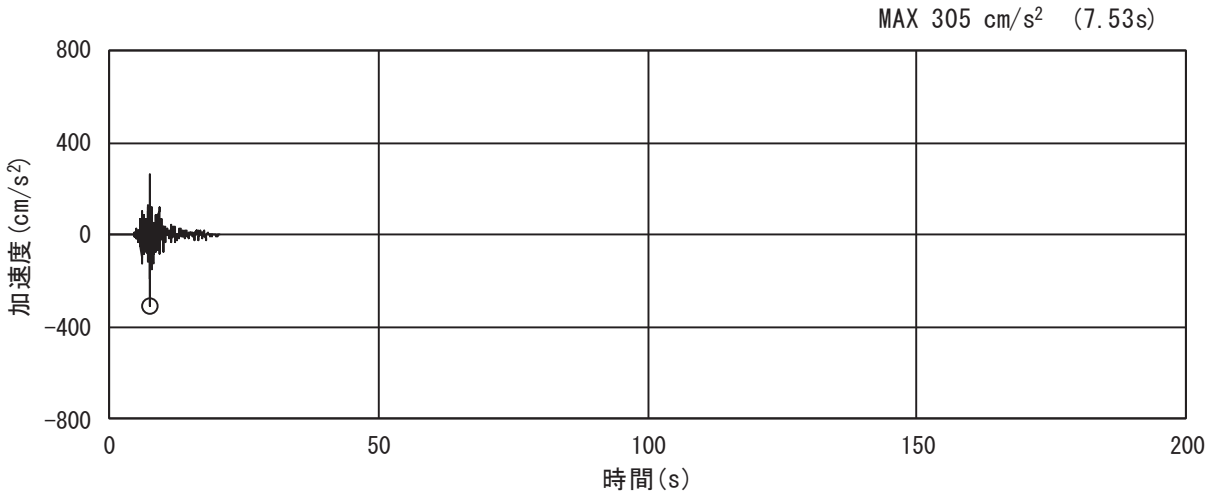


(a) 加速度時刻歴波形

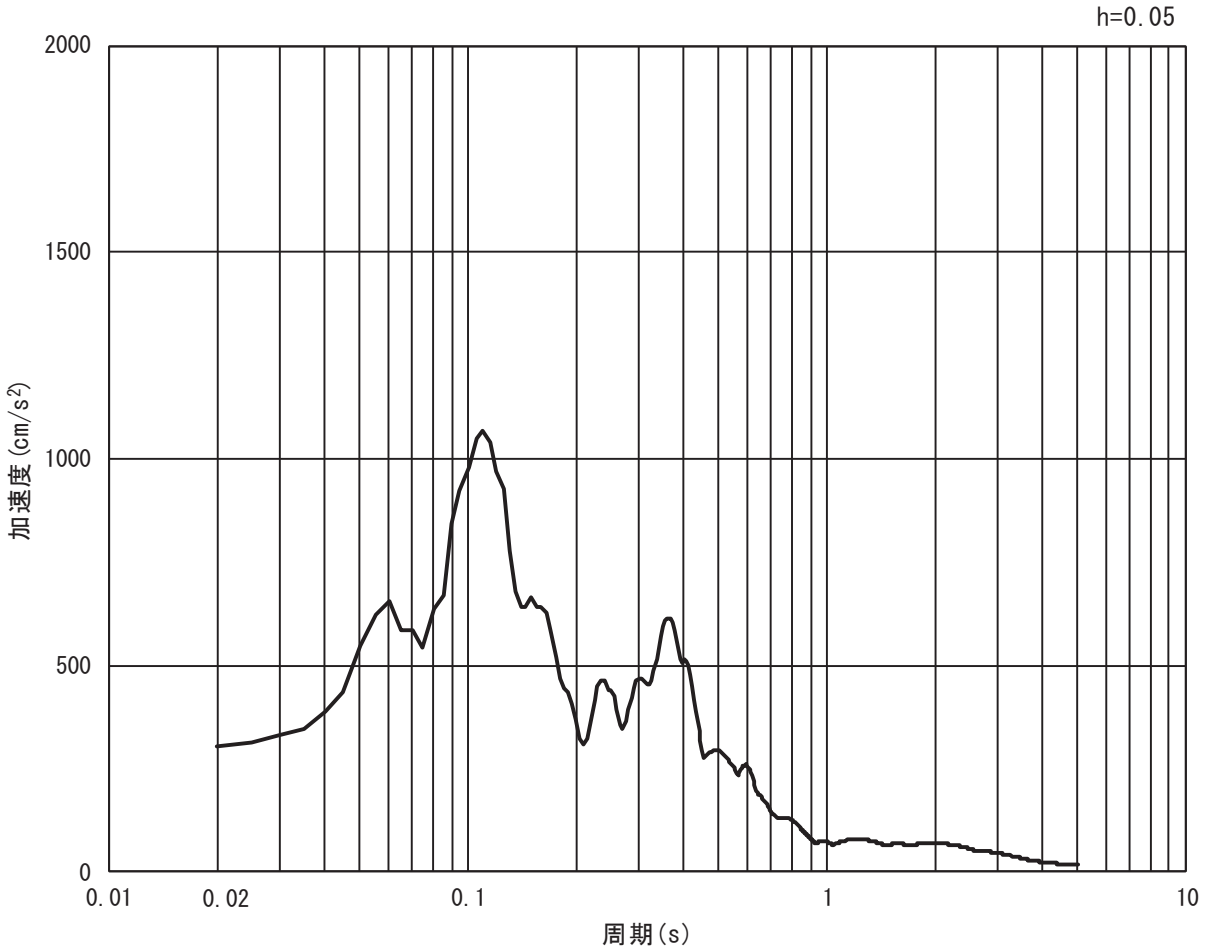


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



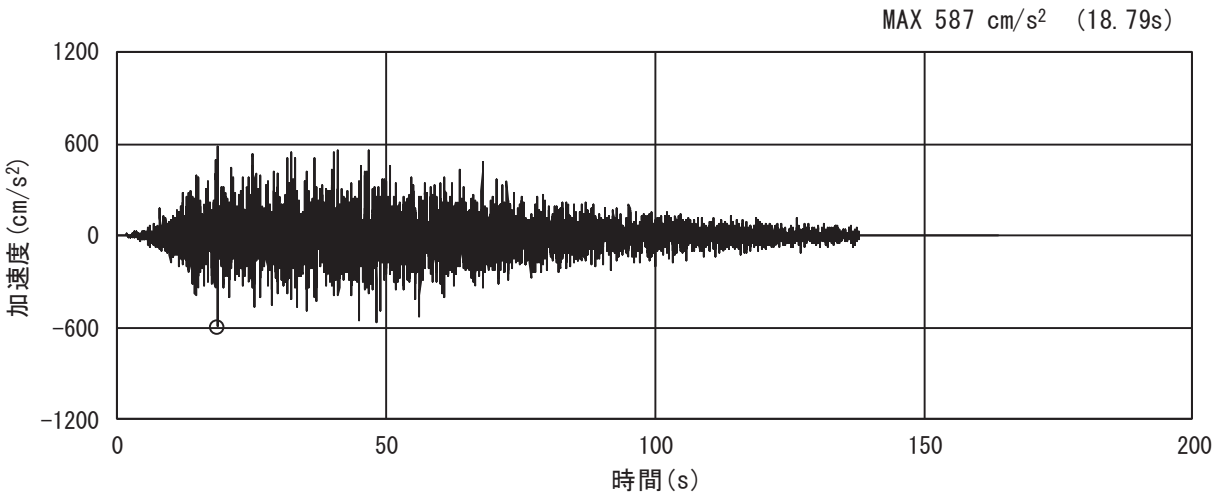
(a) 加速度時刻歴波形



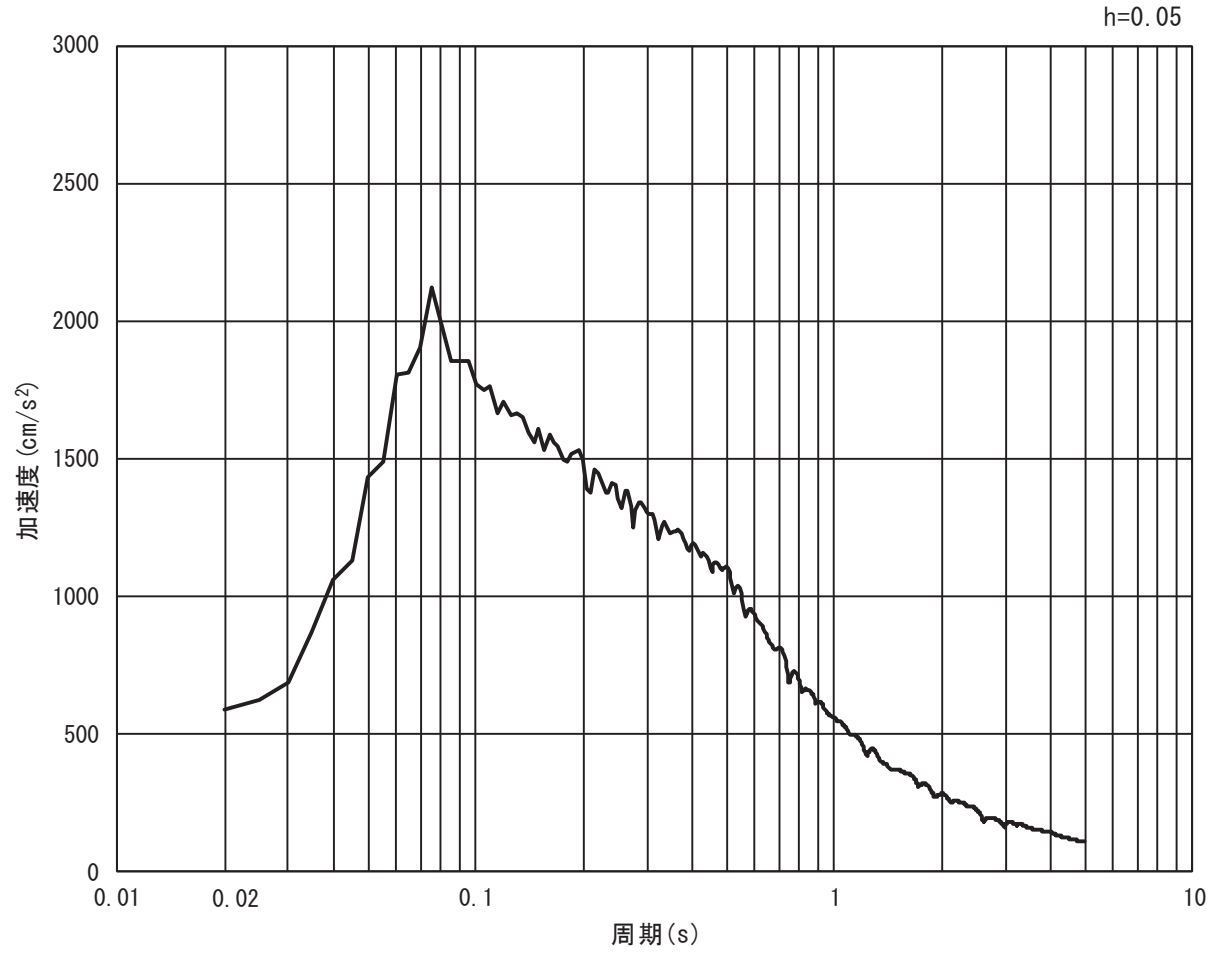
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

(3)　断面③



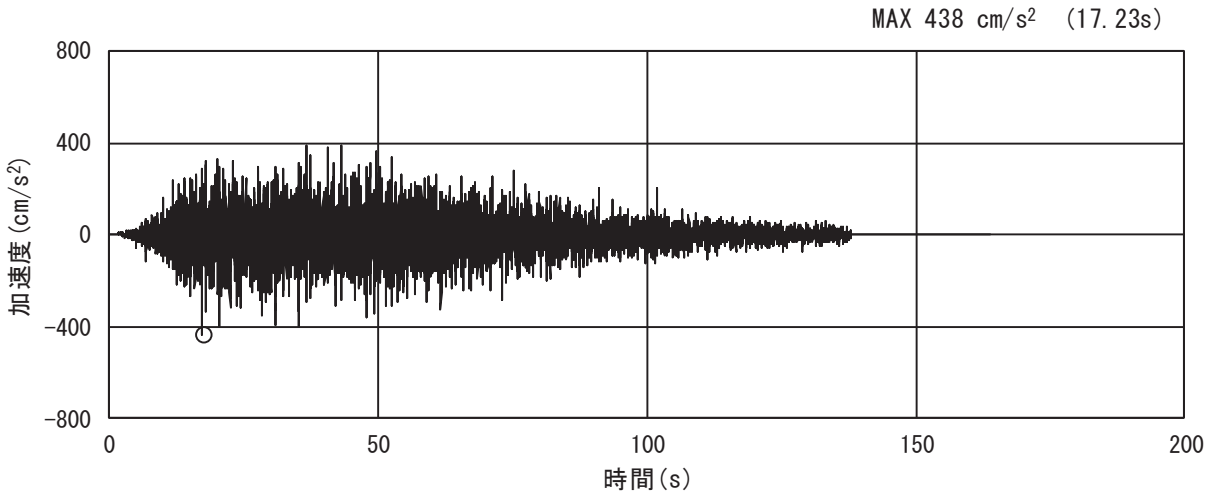
(a) 加速度時刻歴波形



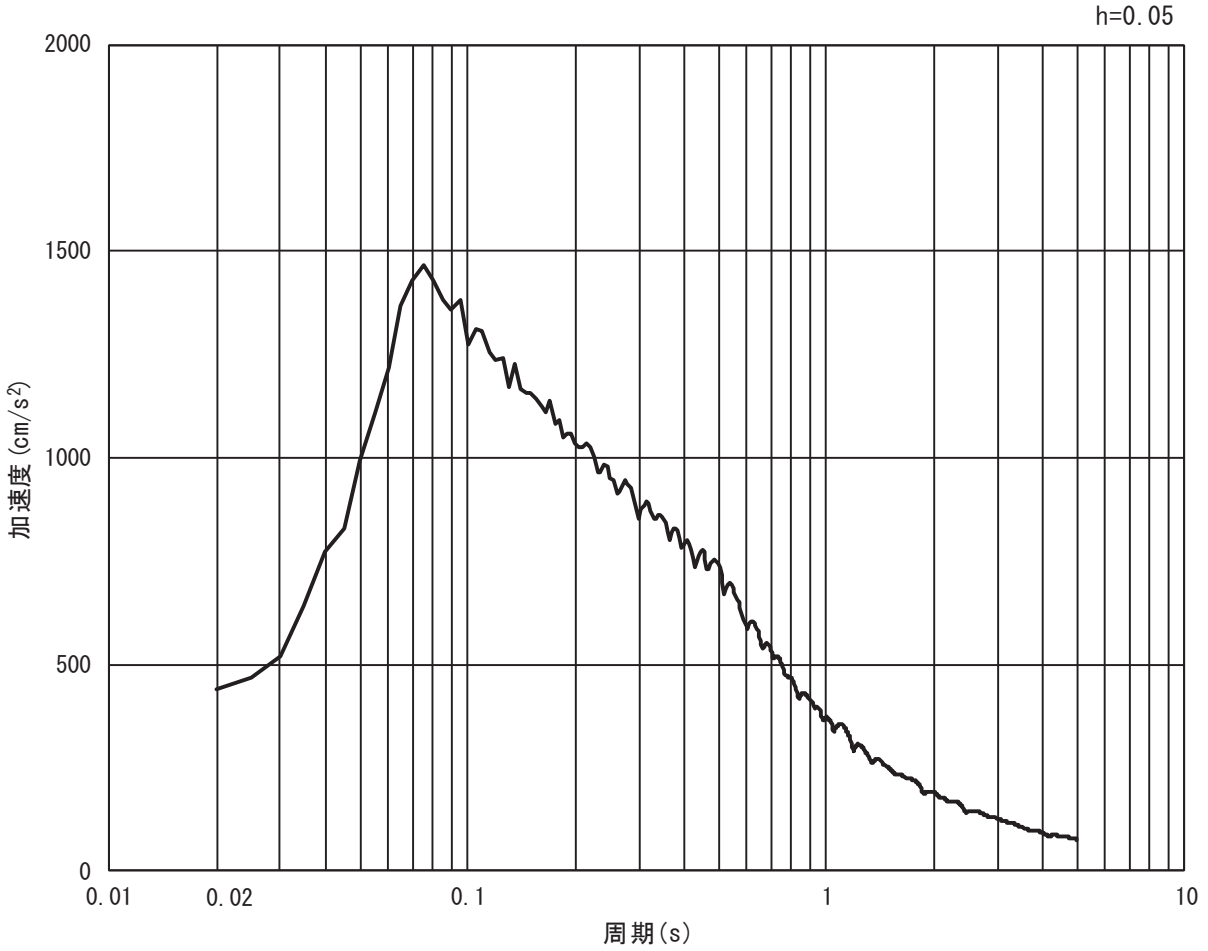
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

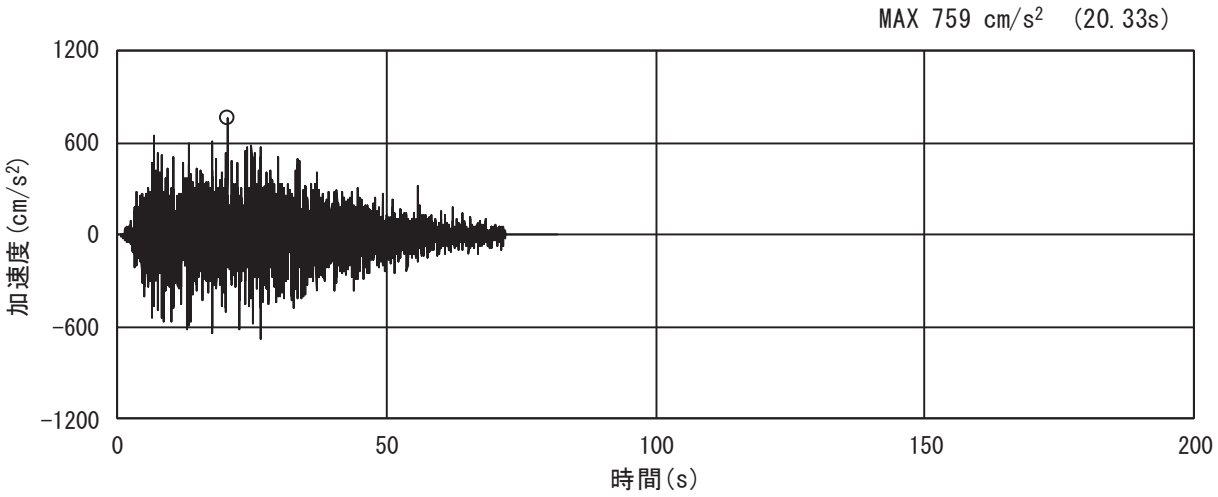


(a) 加速度時刻歴波形

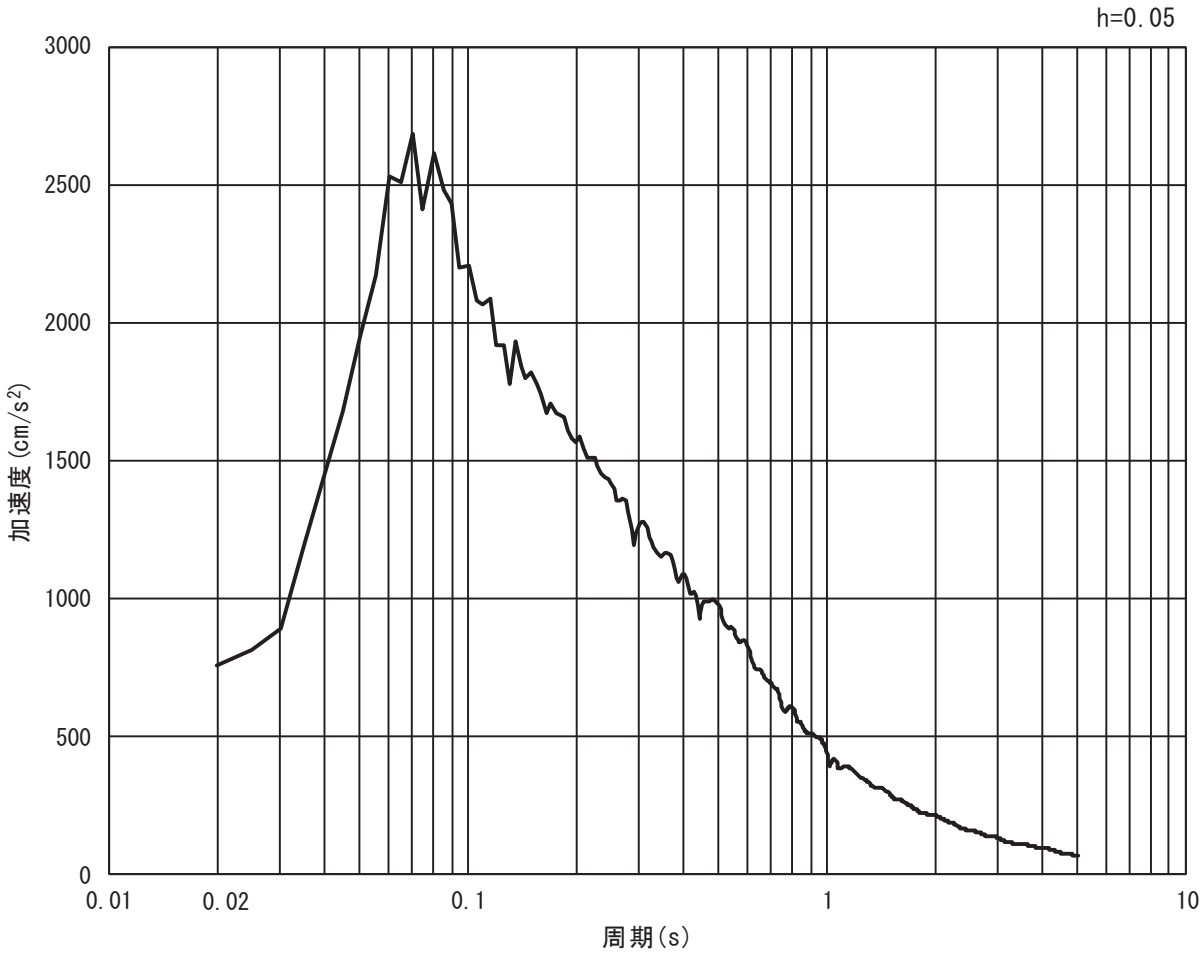


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

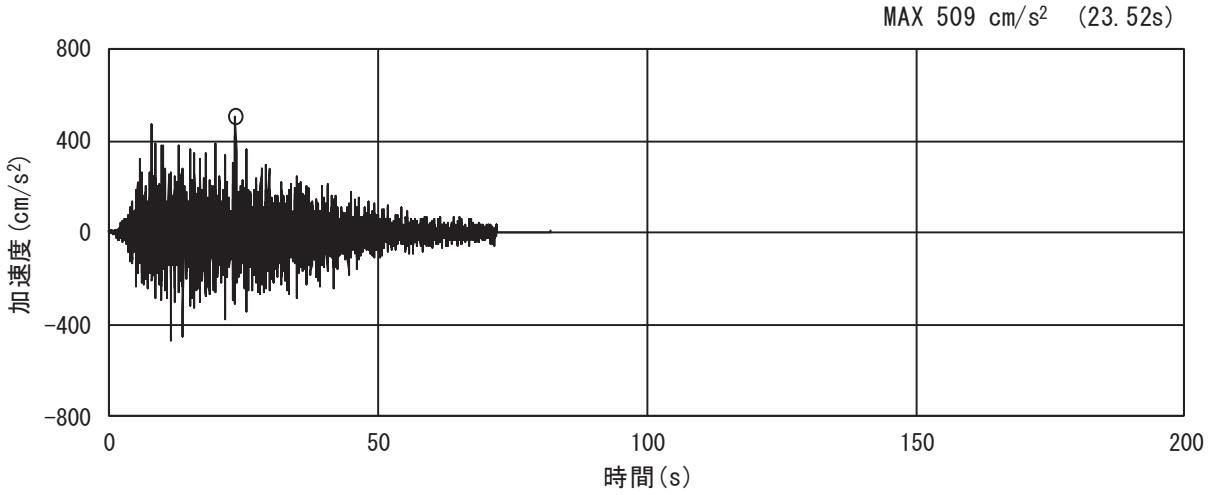


(a) 加速度時刻歴波形

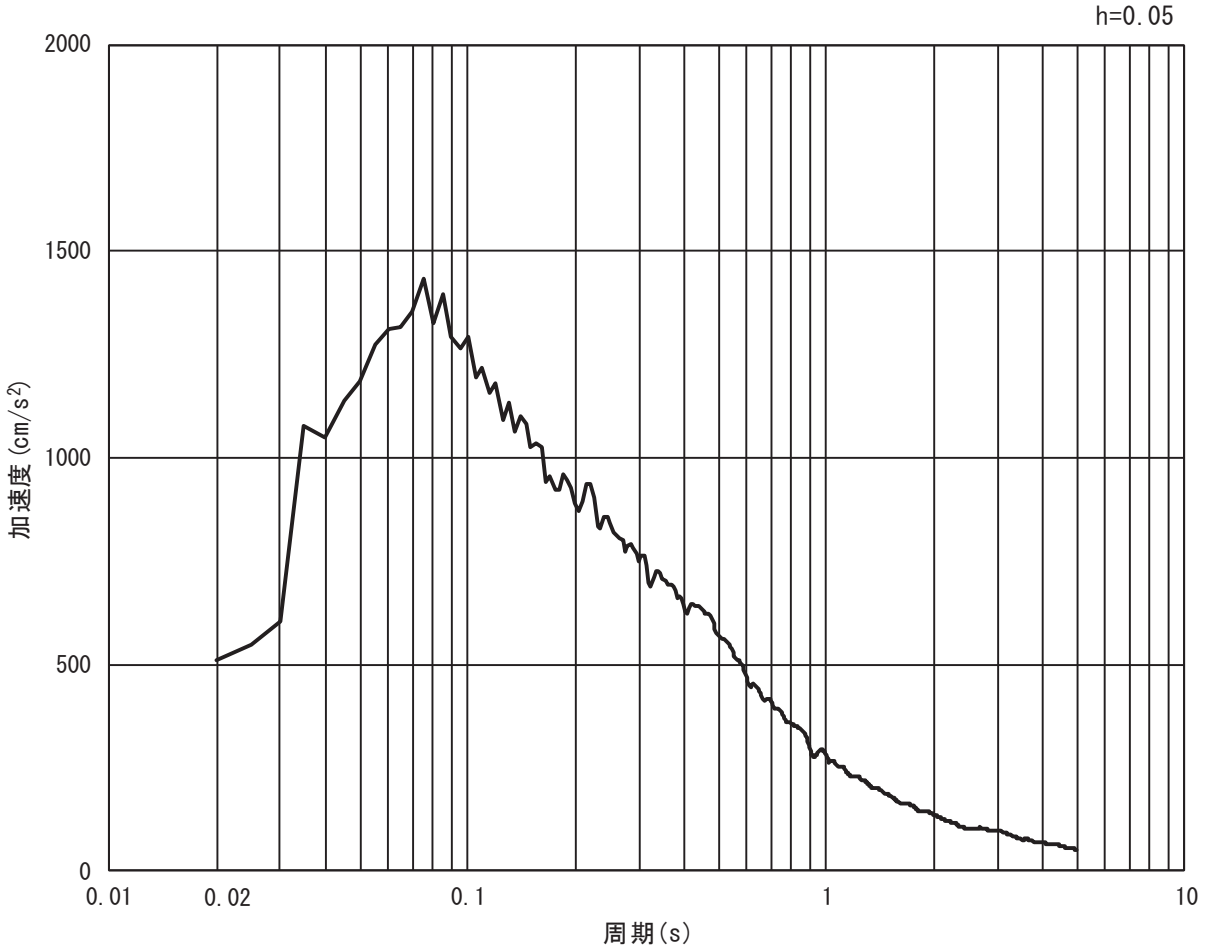


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

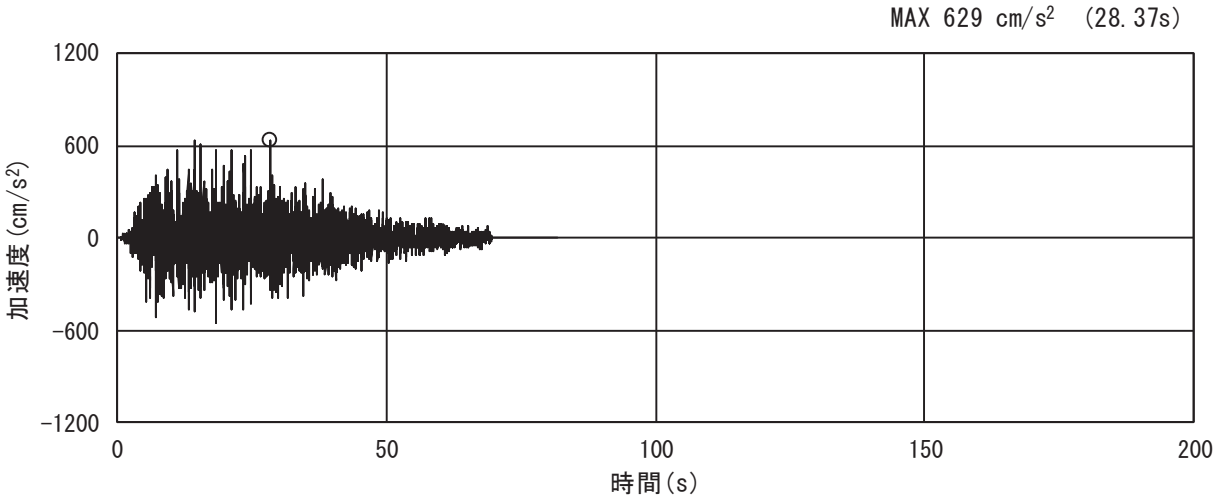


(a) 加速度時刻歴波形

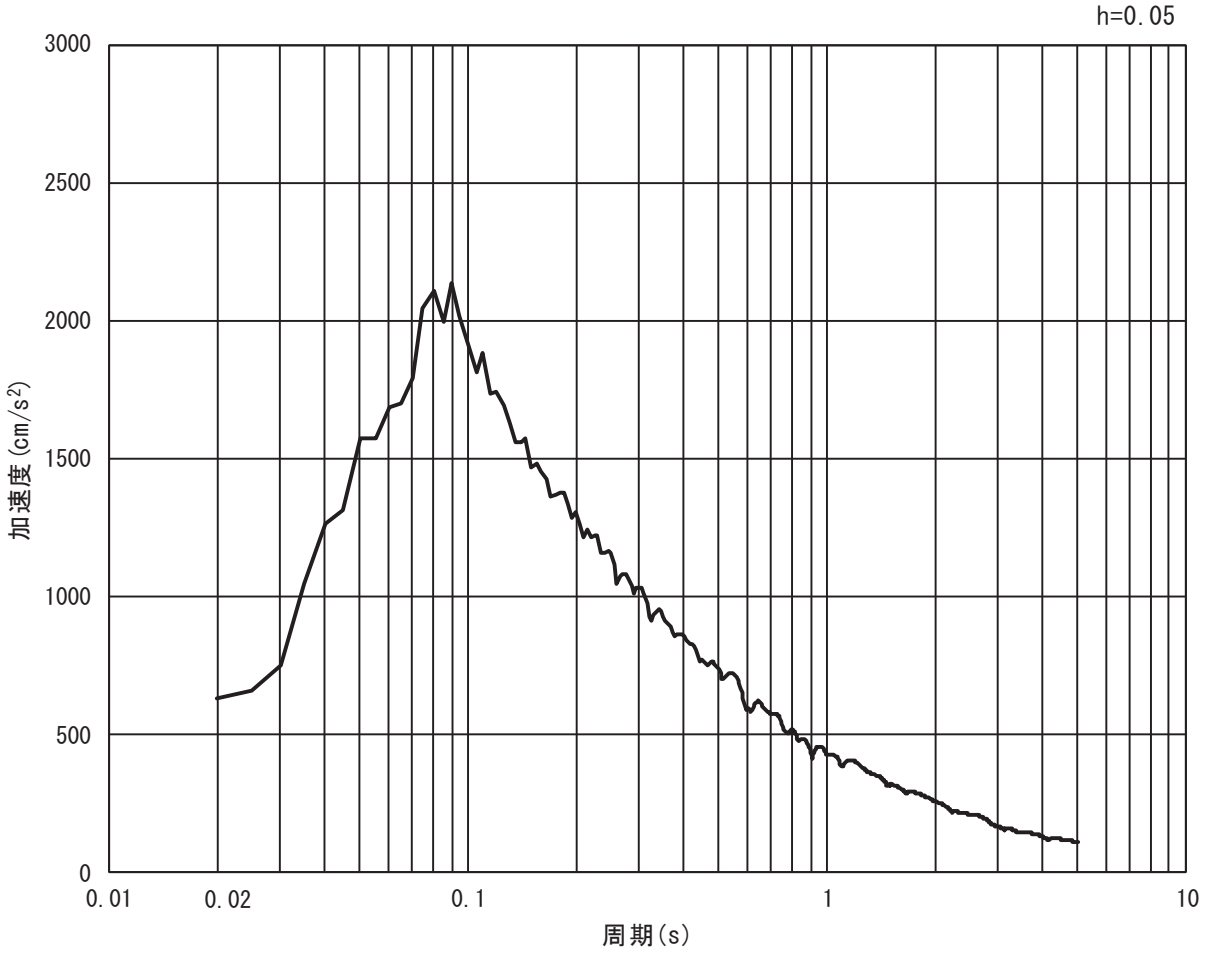


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

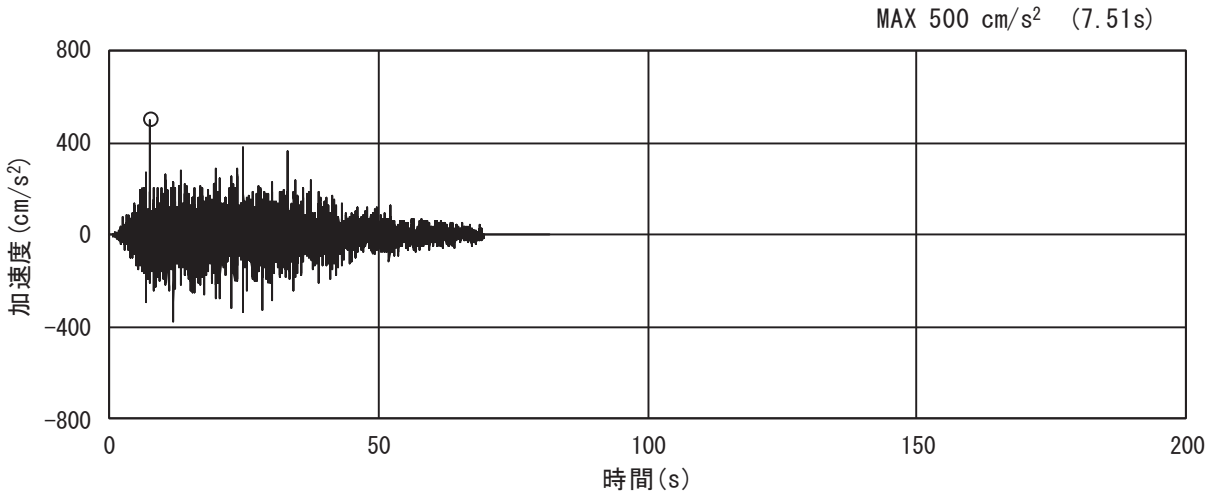


(a) 加速度時刻歴波形

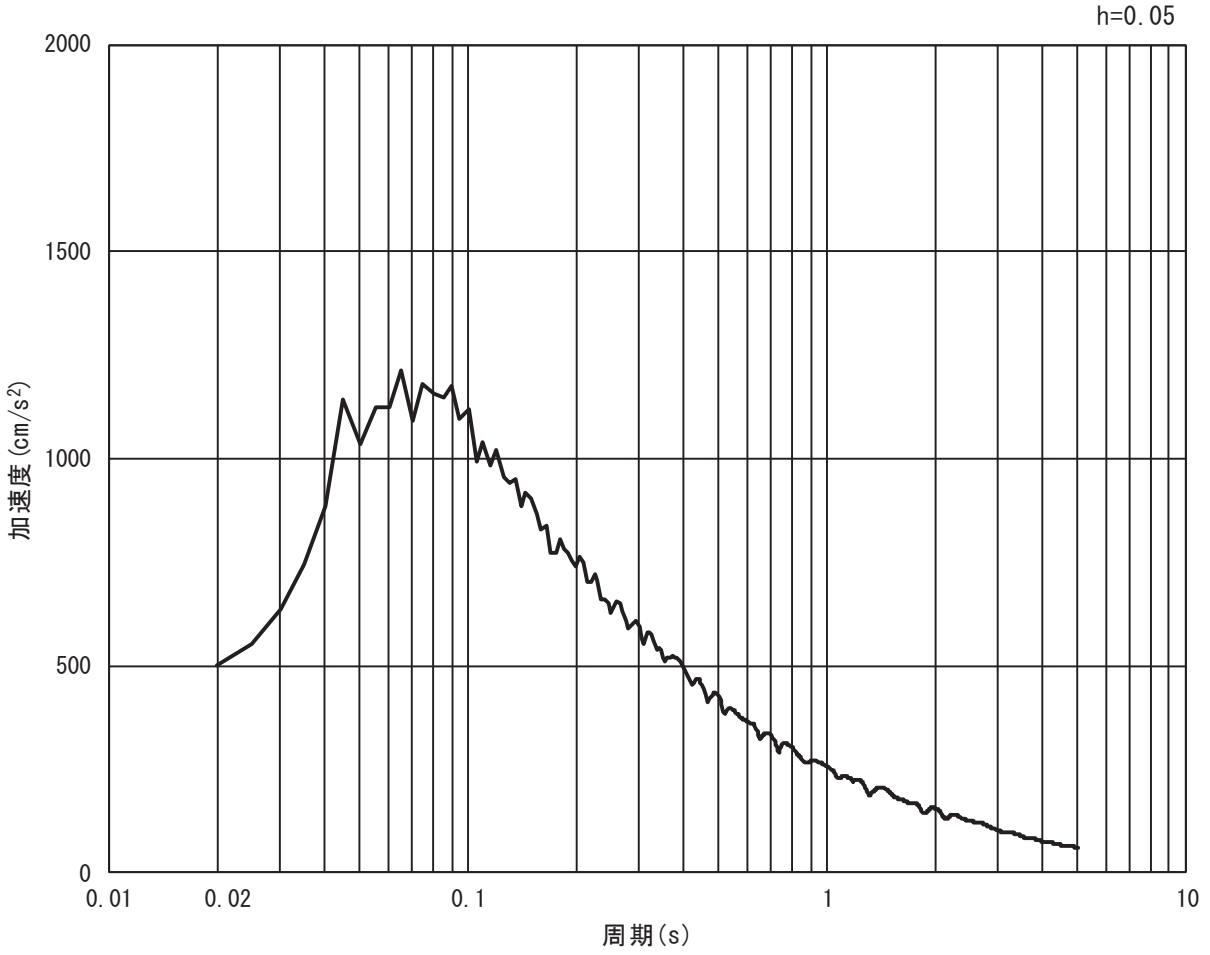


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

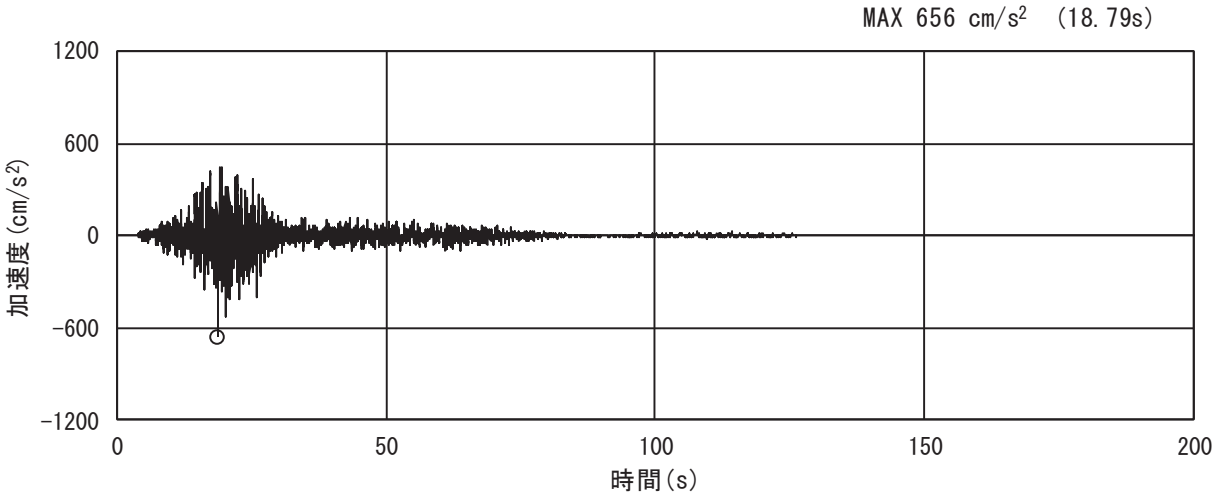


(a) 加速度時刻歴波形

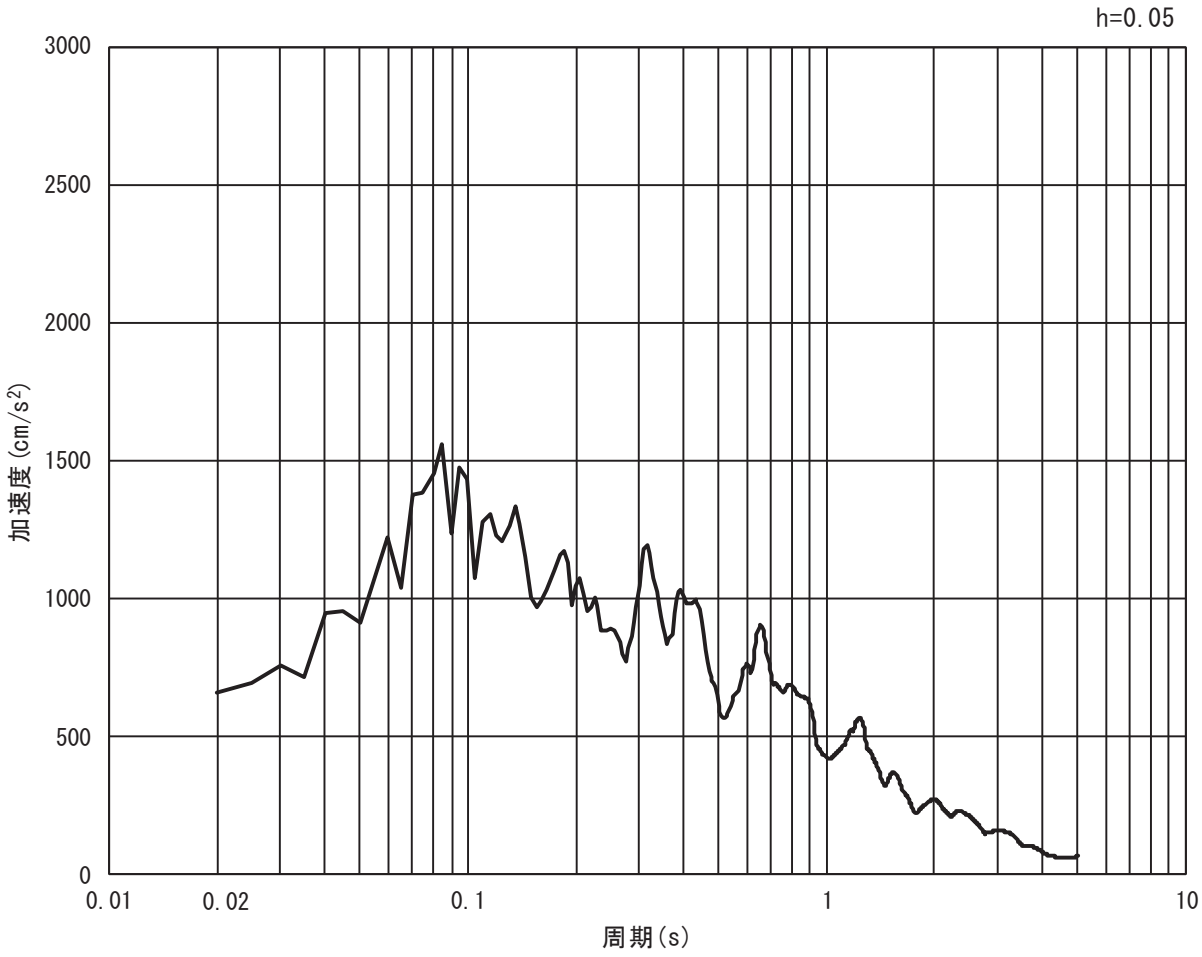


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

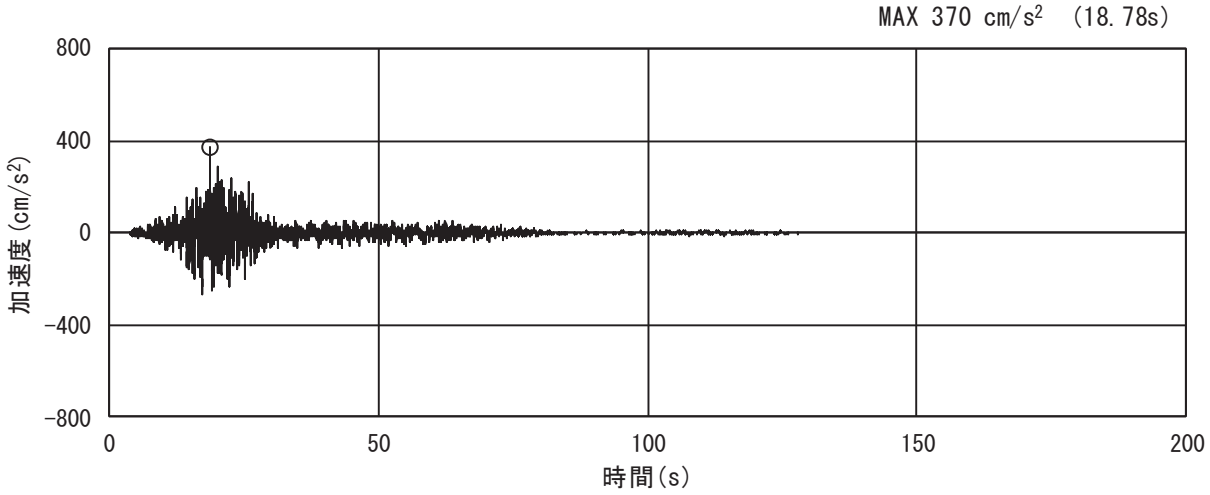


(a) 加速度時刻歴波形

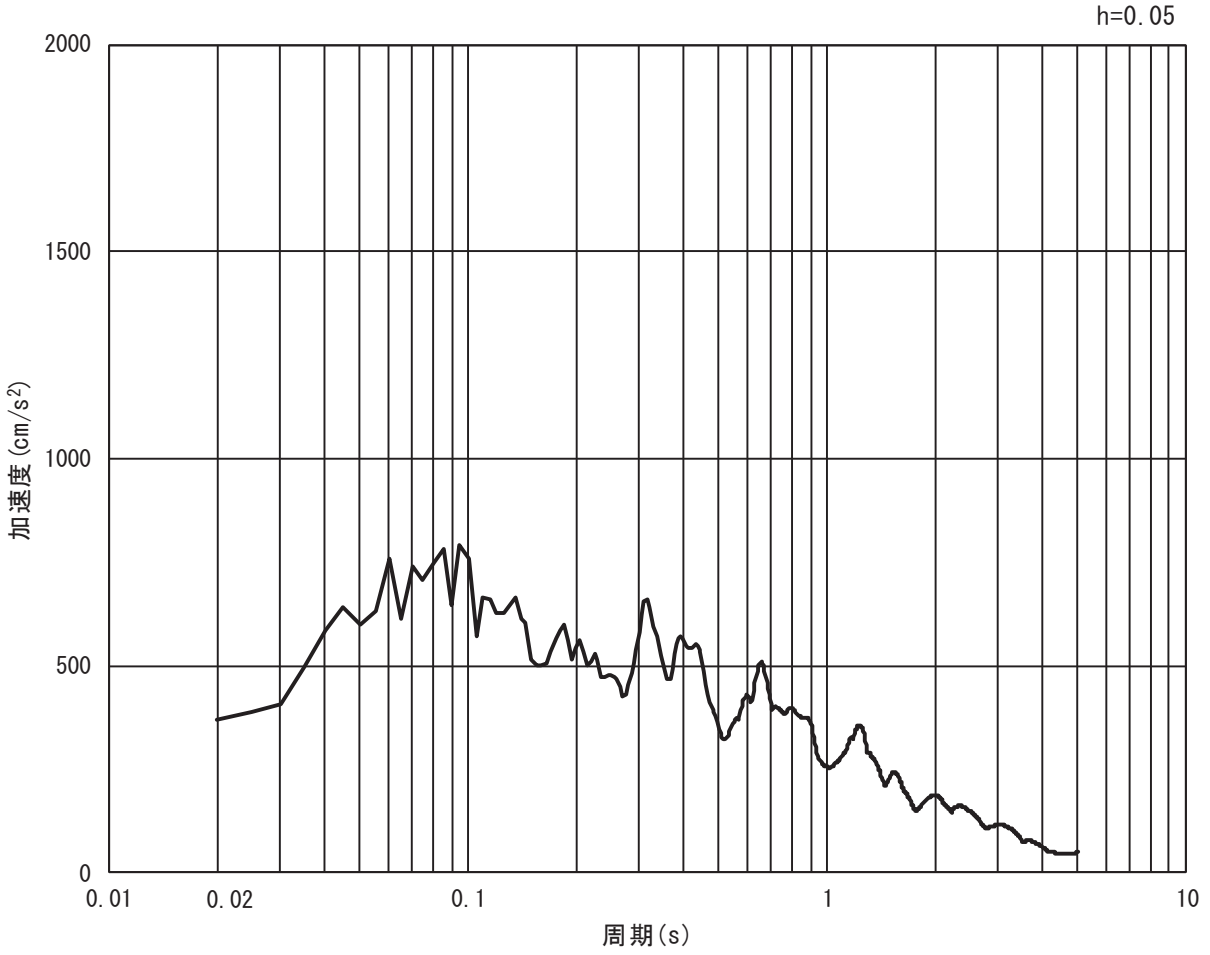


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

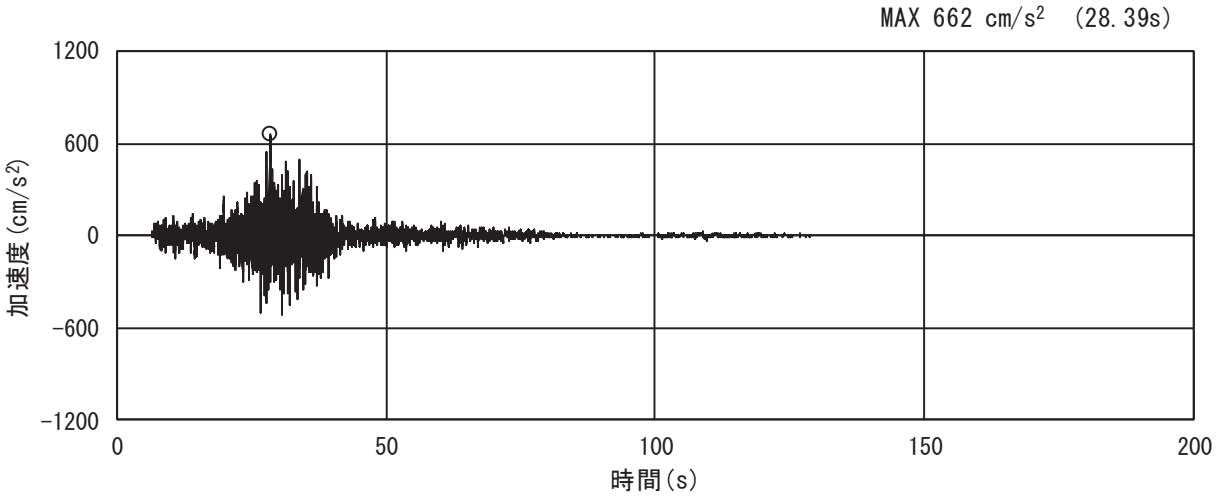


(a) 加速度時刻歴波形

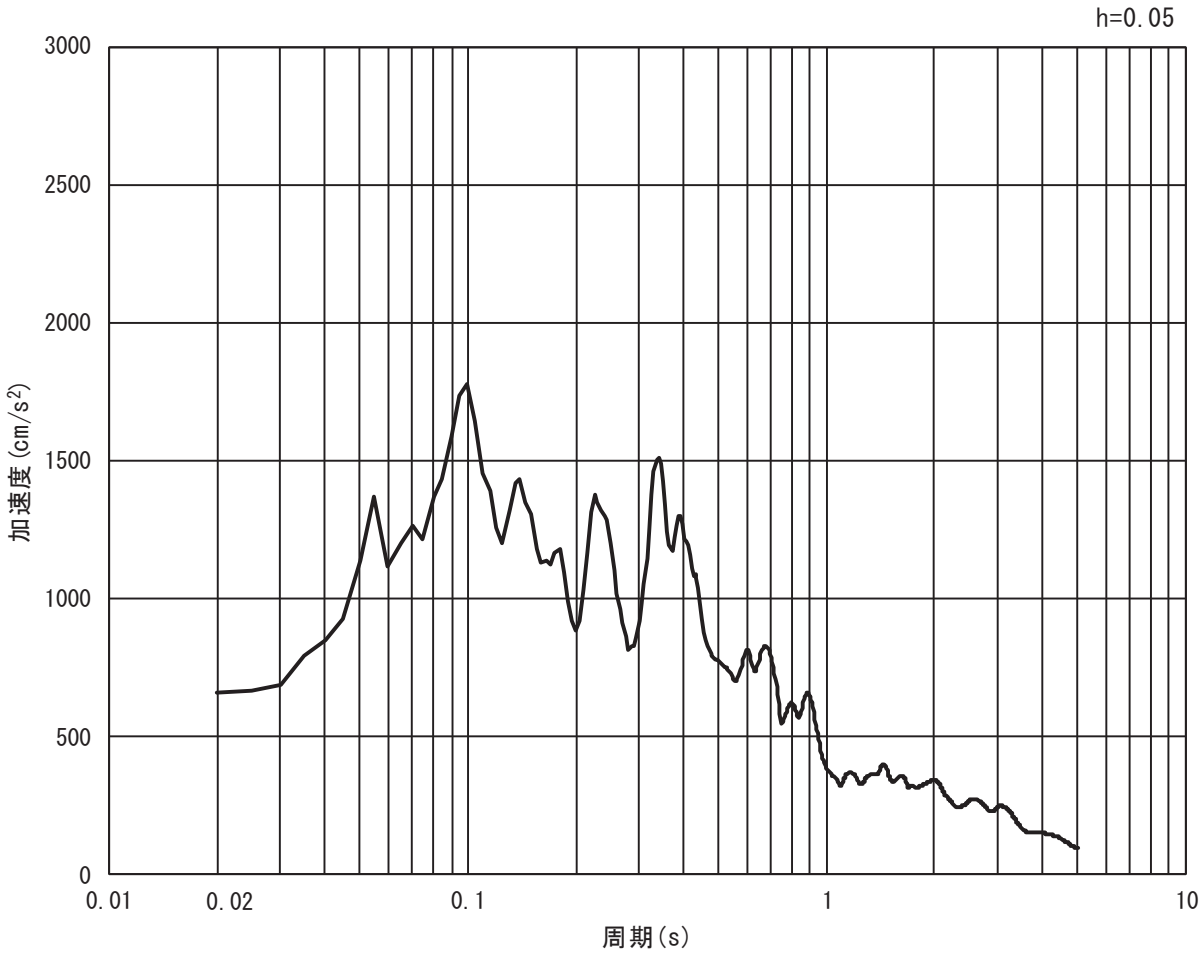


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

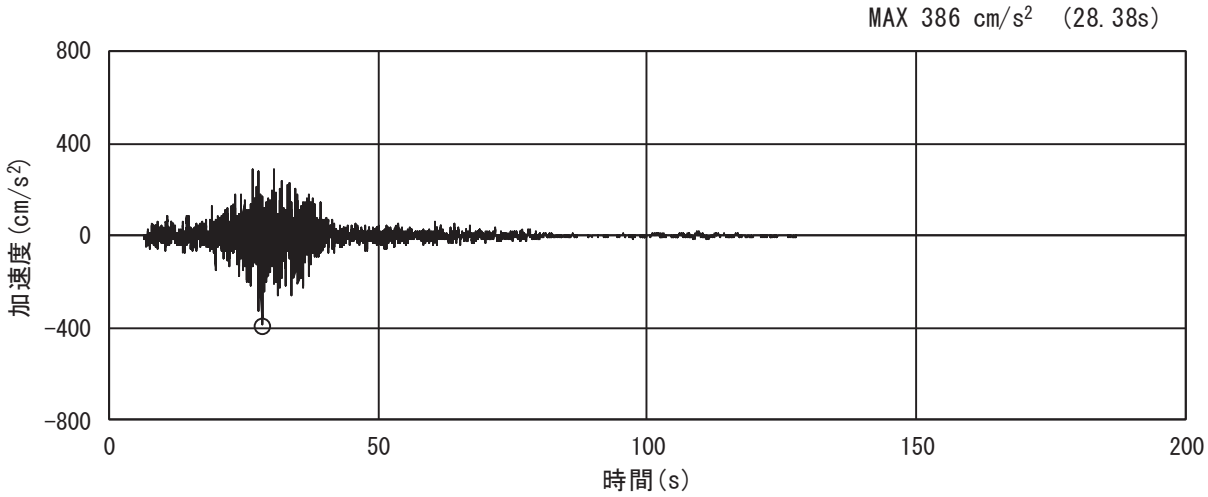


(a) 加速度時刻歴波形

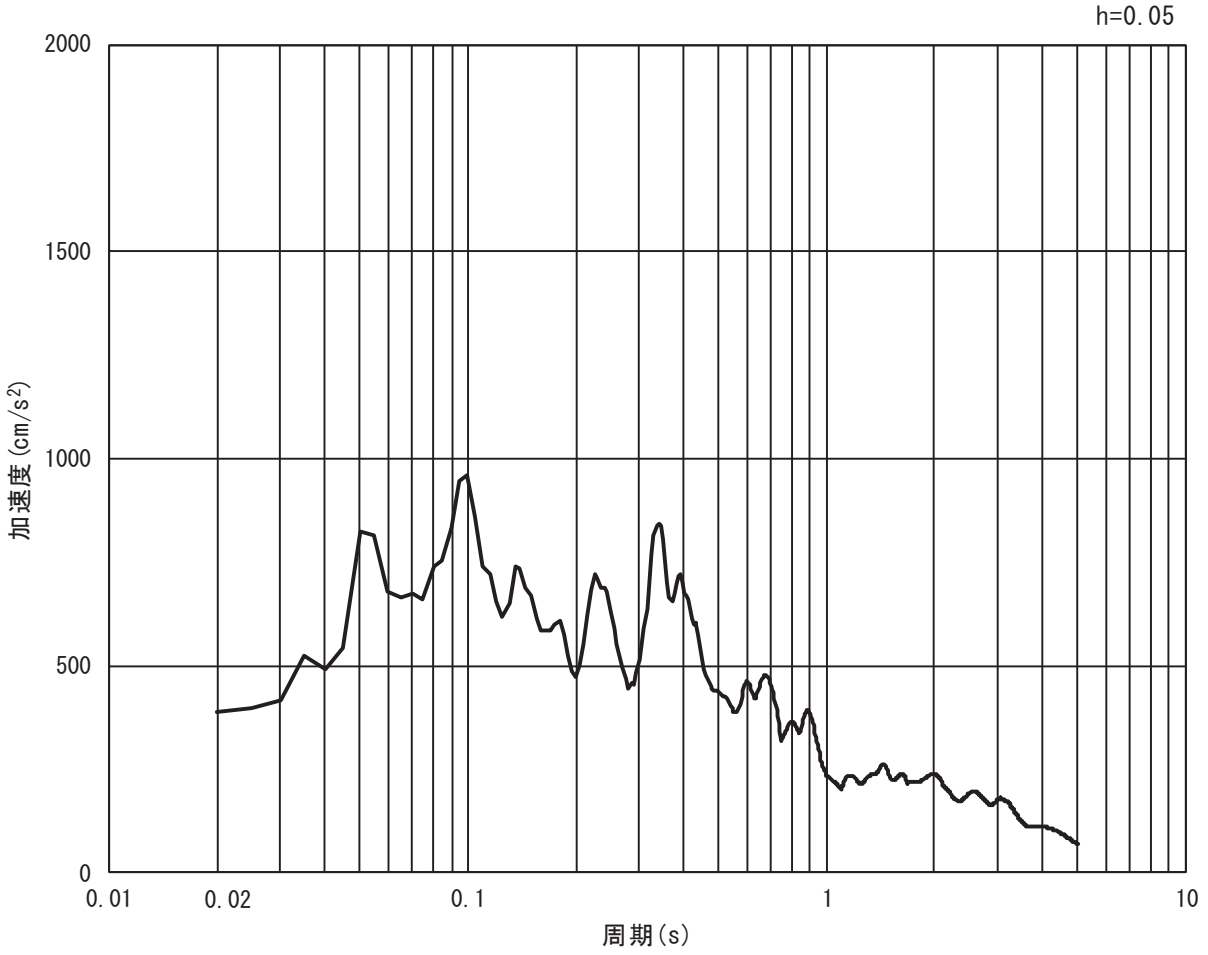


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

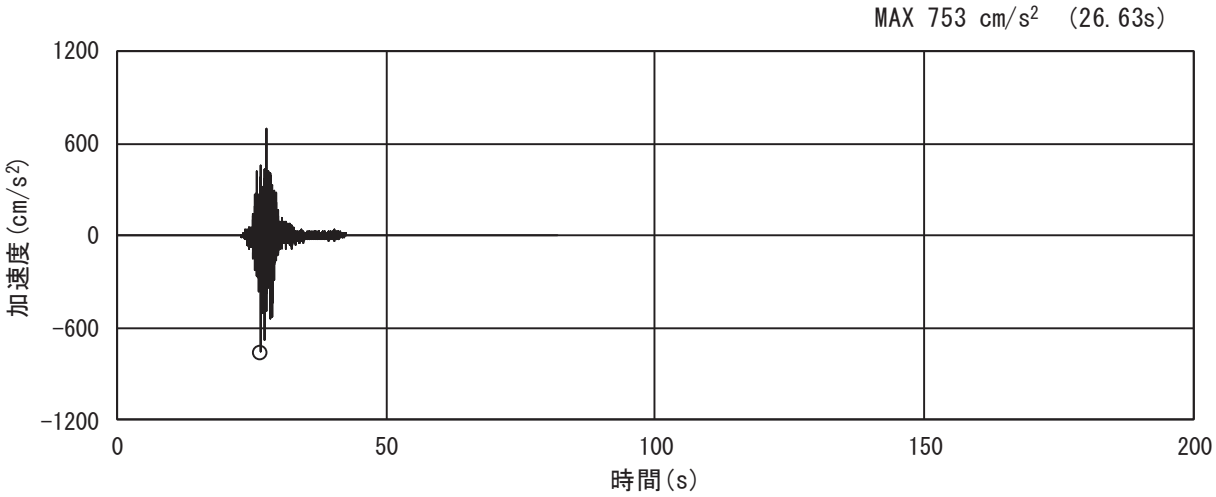


(a) 加速度時刻歴波形

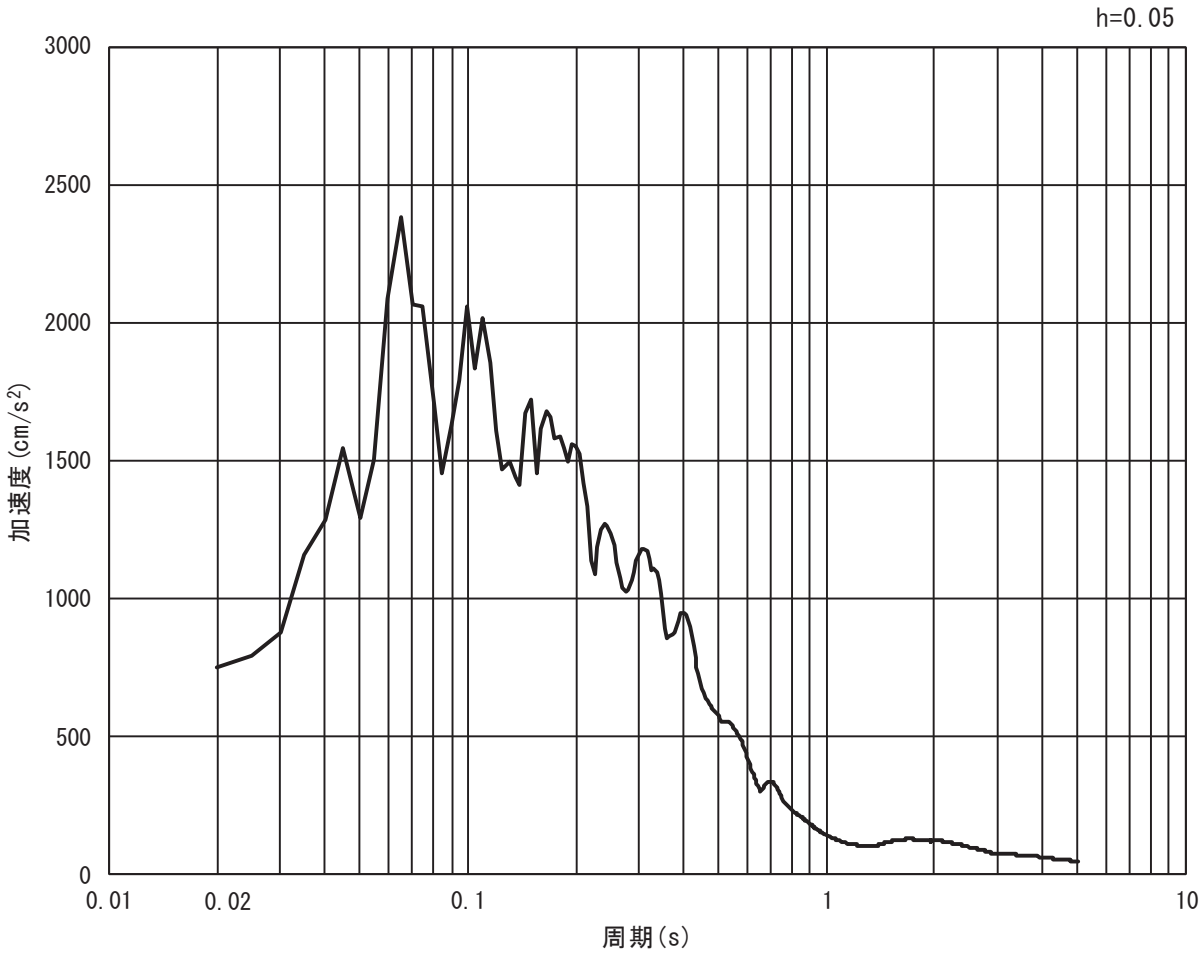


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

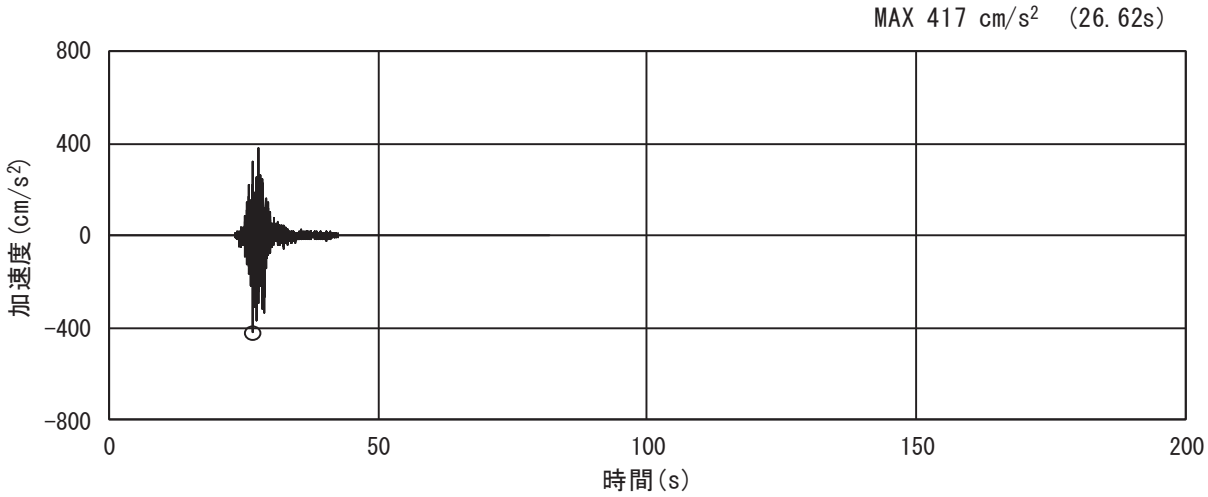


(a) 加速度時刻歴波形

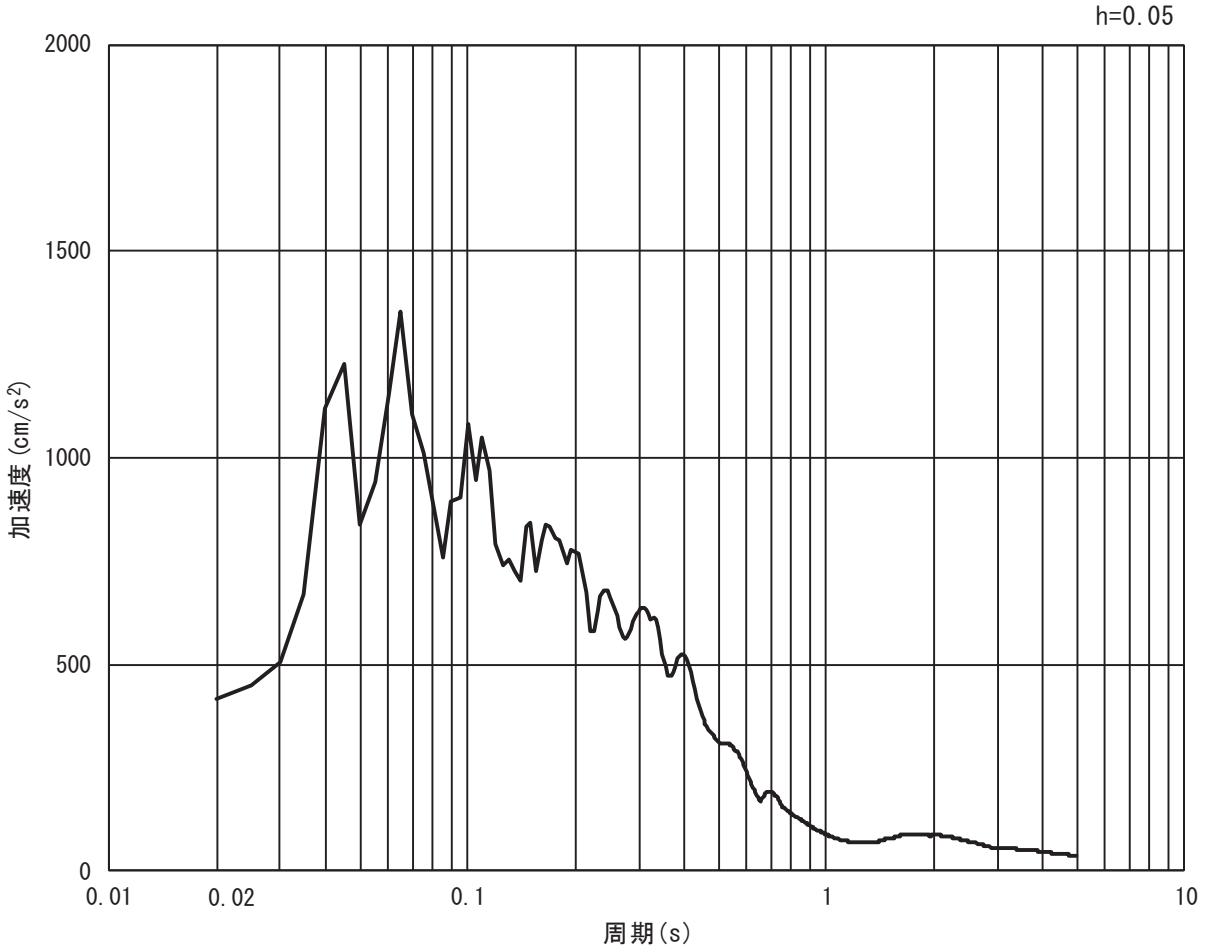


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

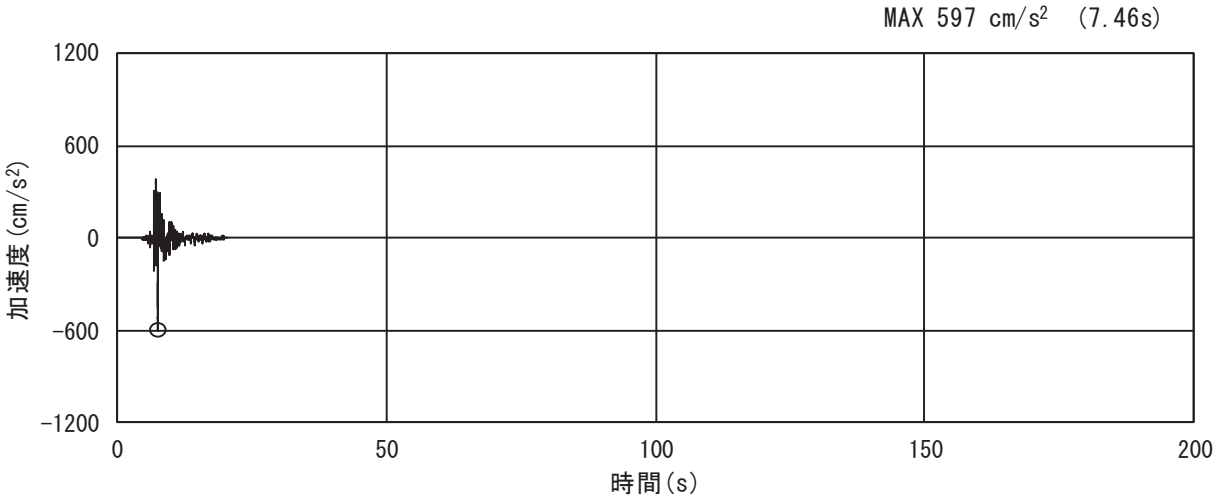


(a) 加速度時刻歴波形

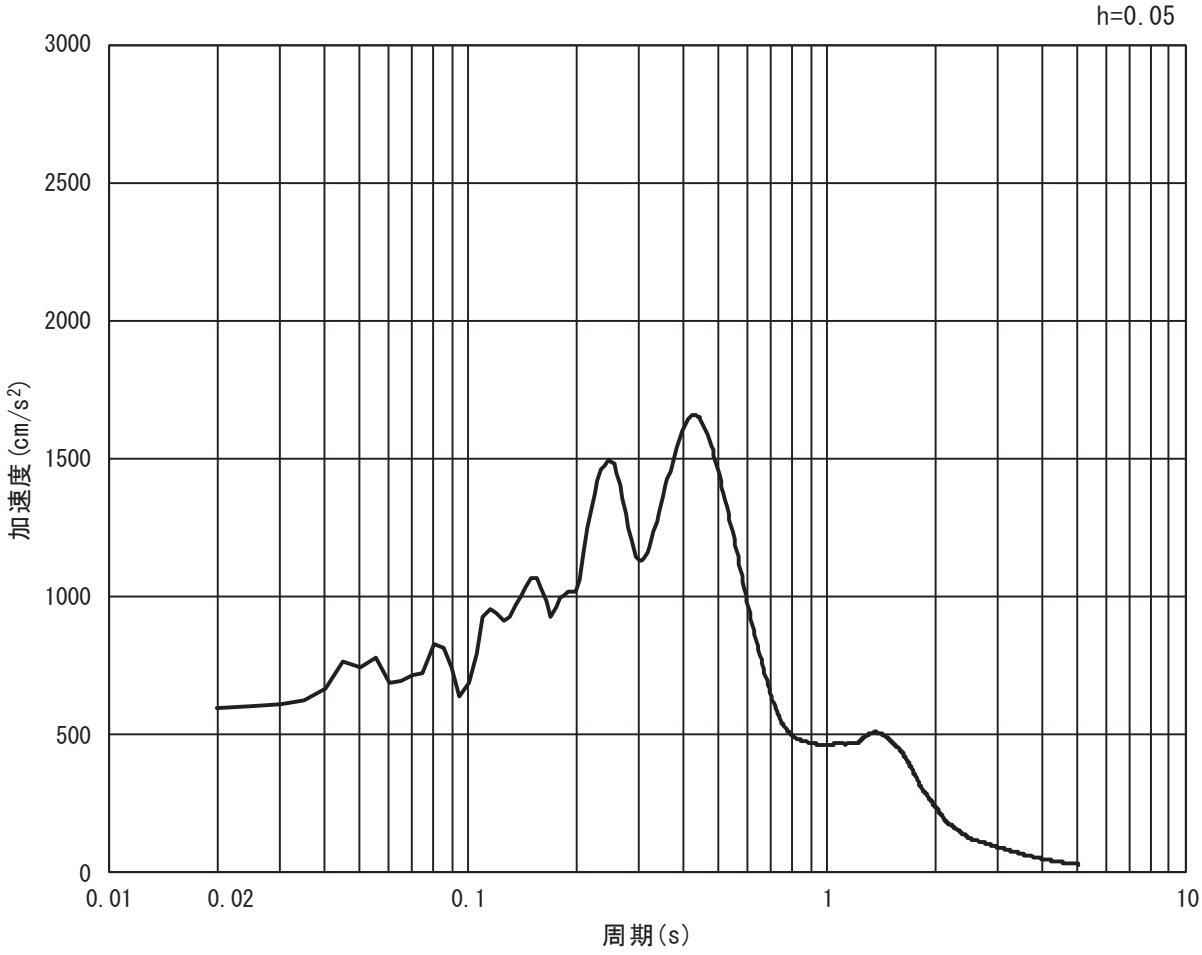


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

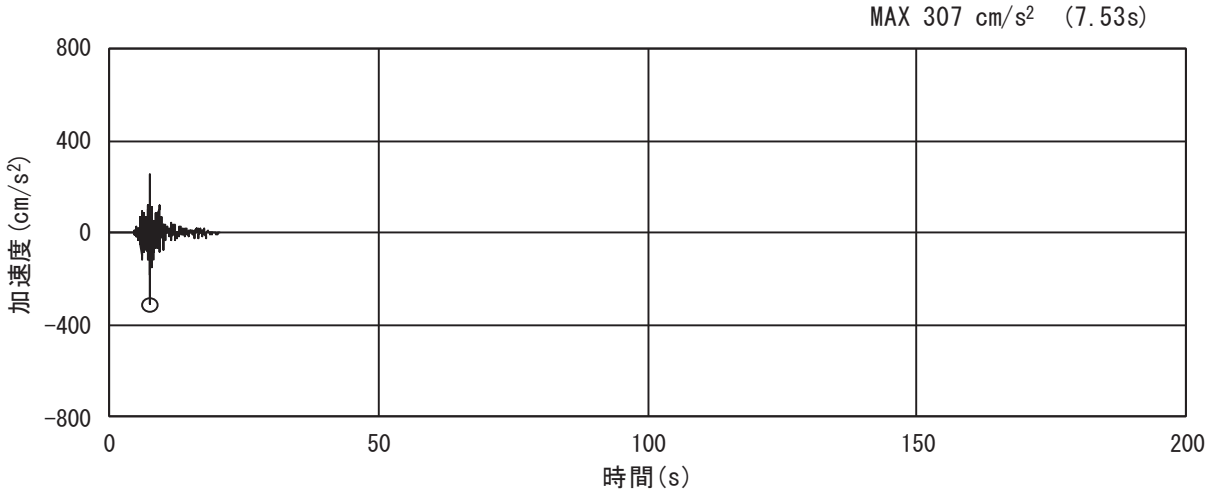


(a) 加速度時刻歴波形

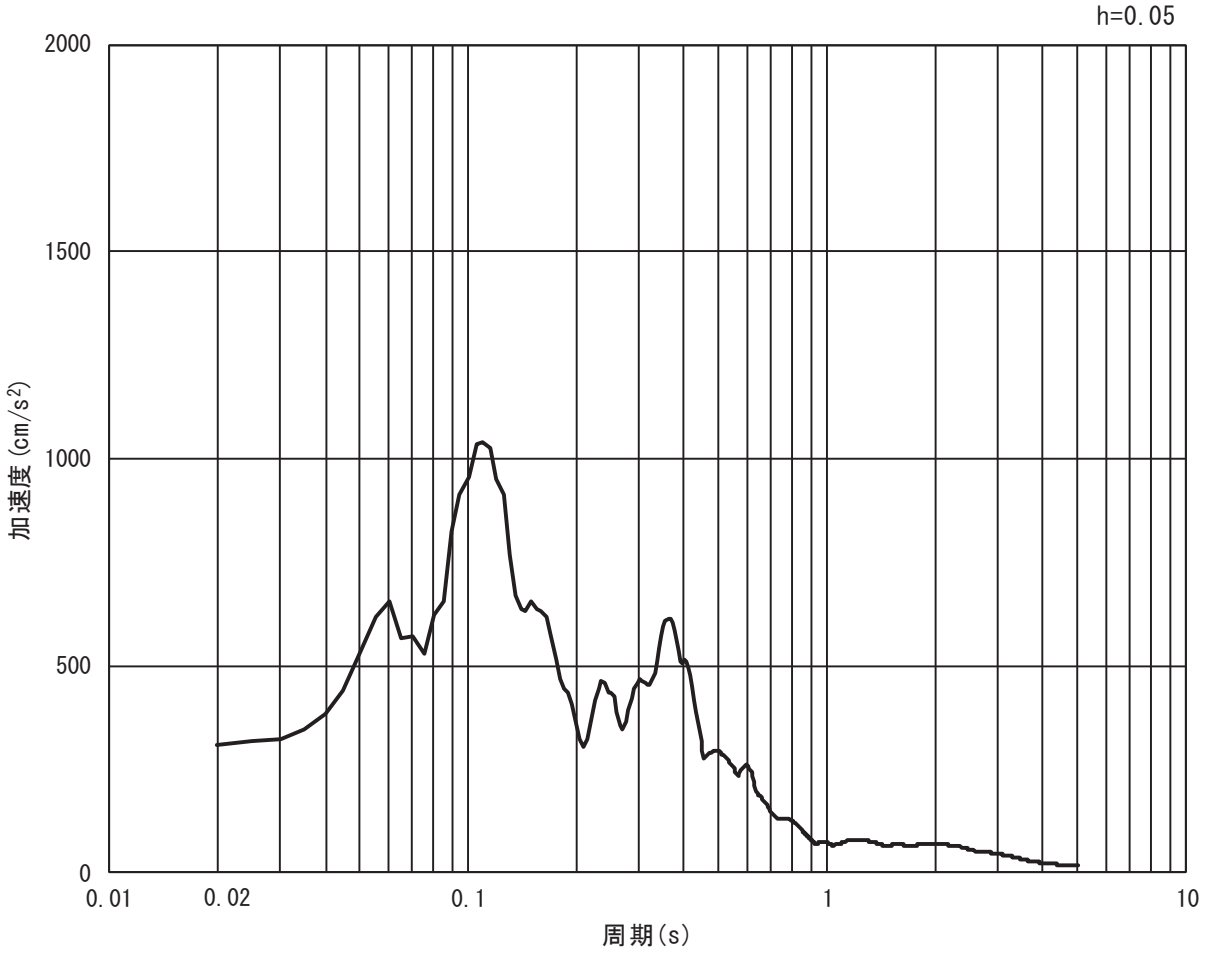


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



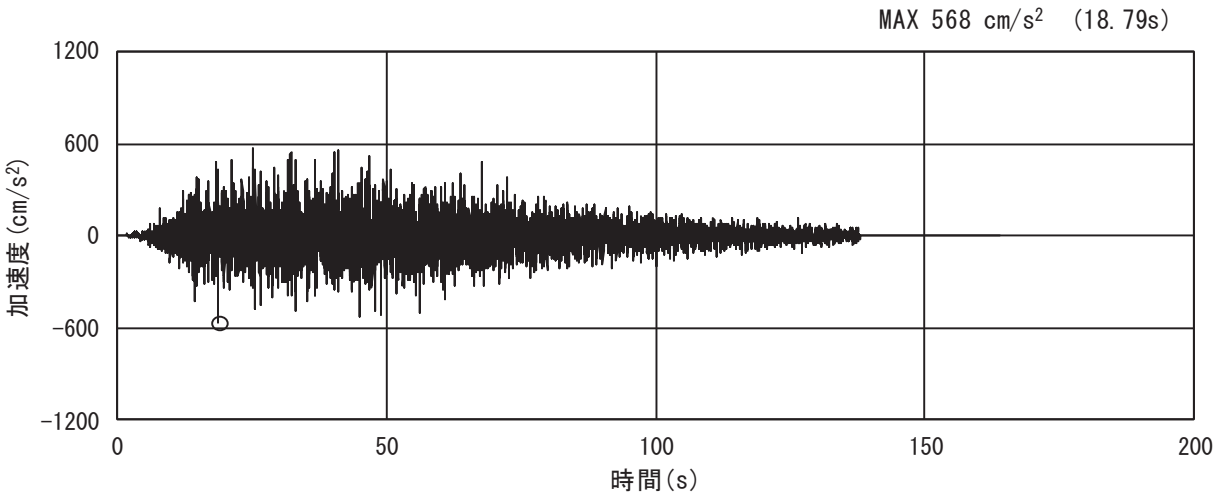
(a) 加速度時刻歴波形



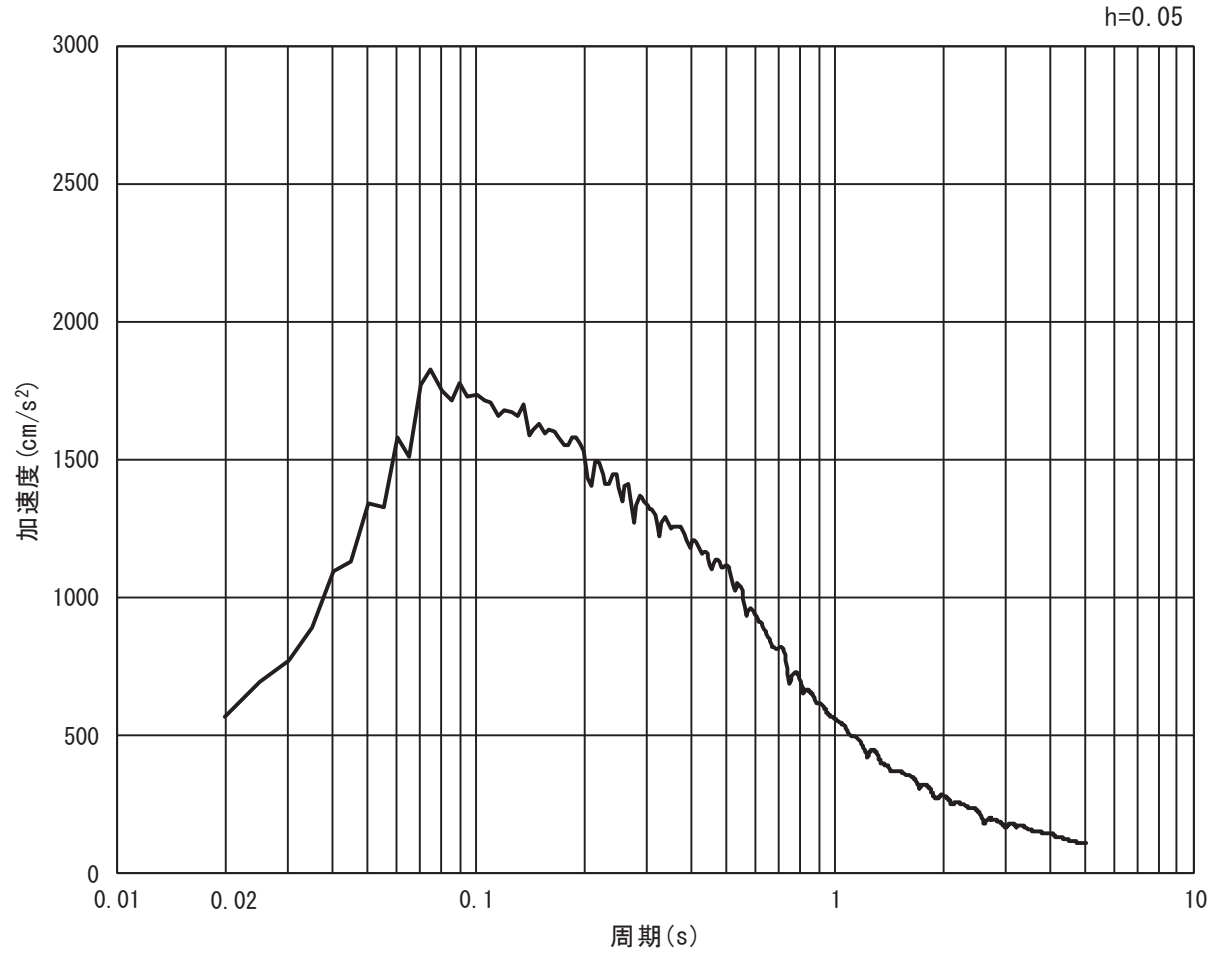
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

(4)　断面④



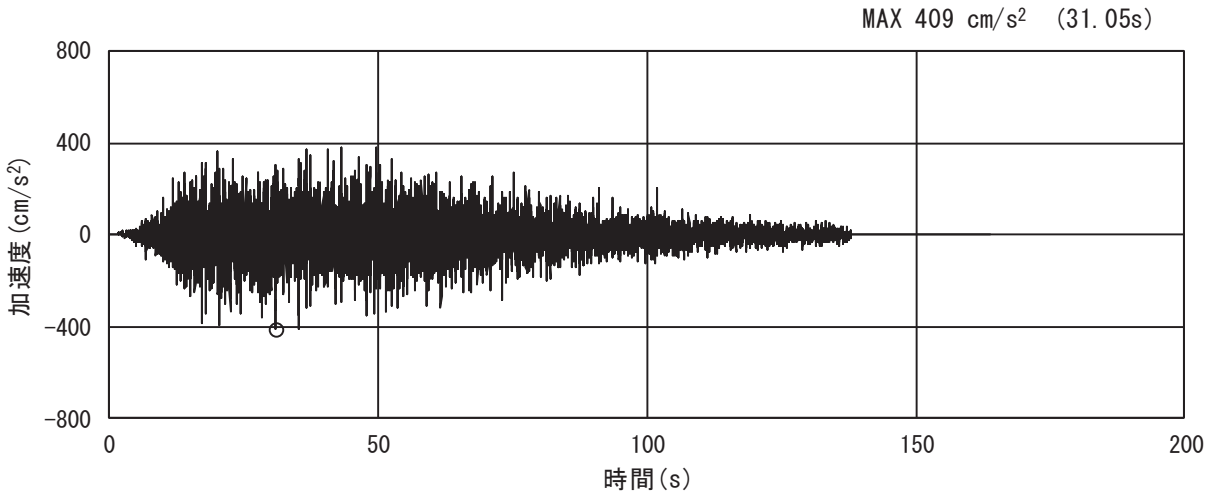
(a) 加速度時刻歴波形



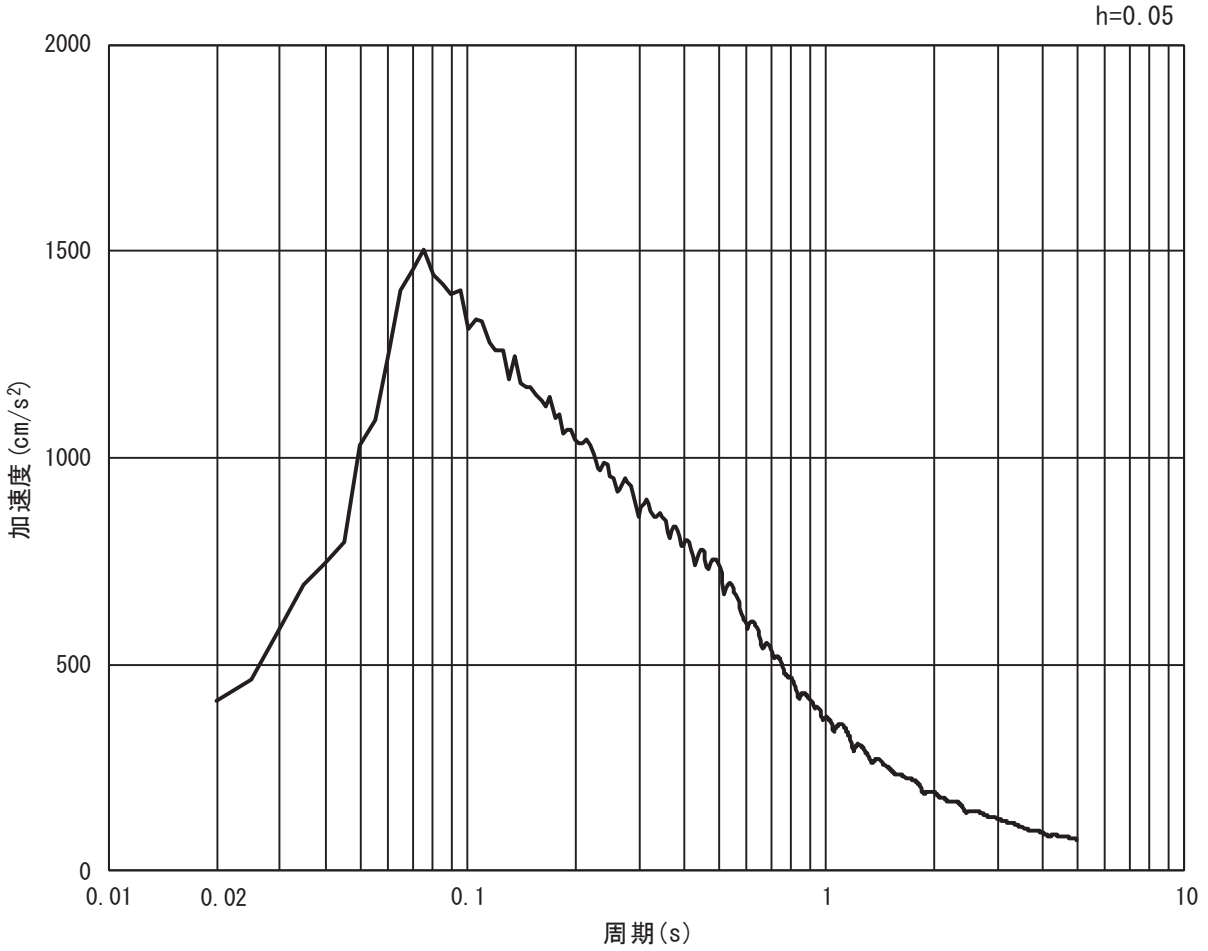
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

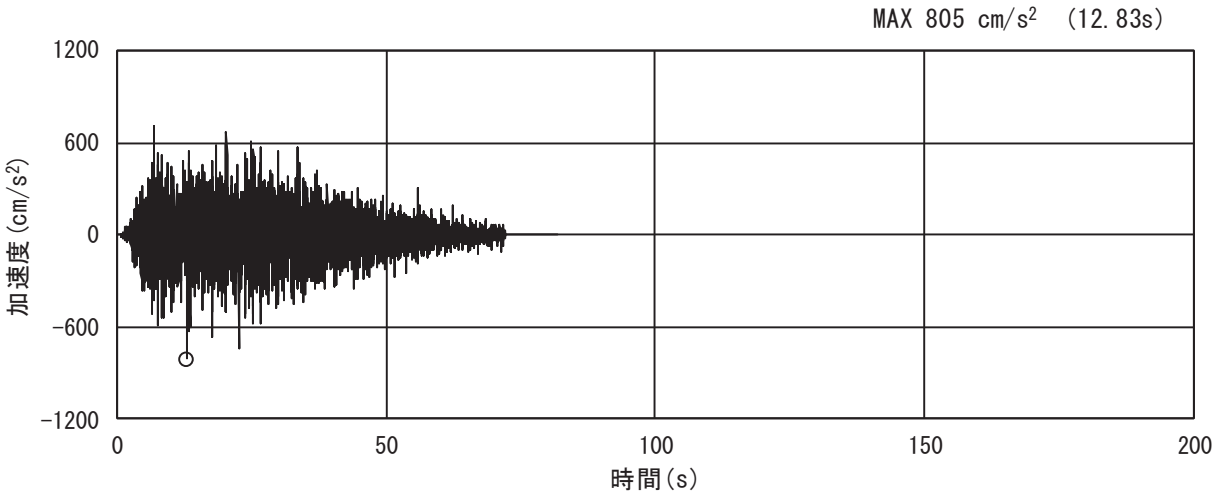


(a) 加速度時刻歴波形

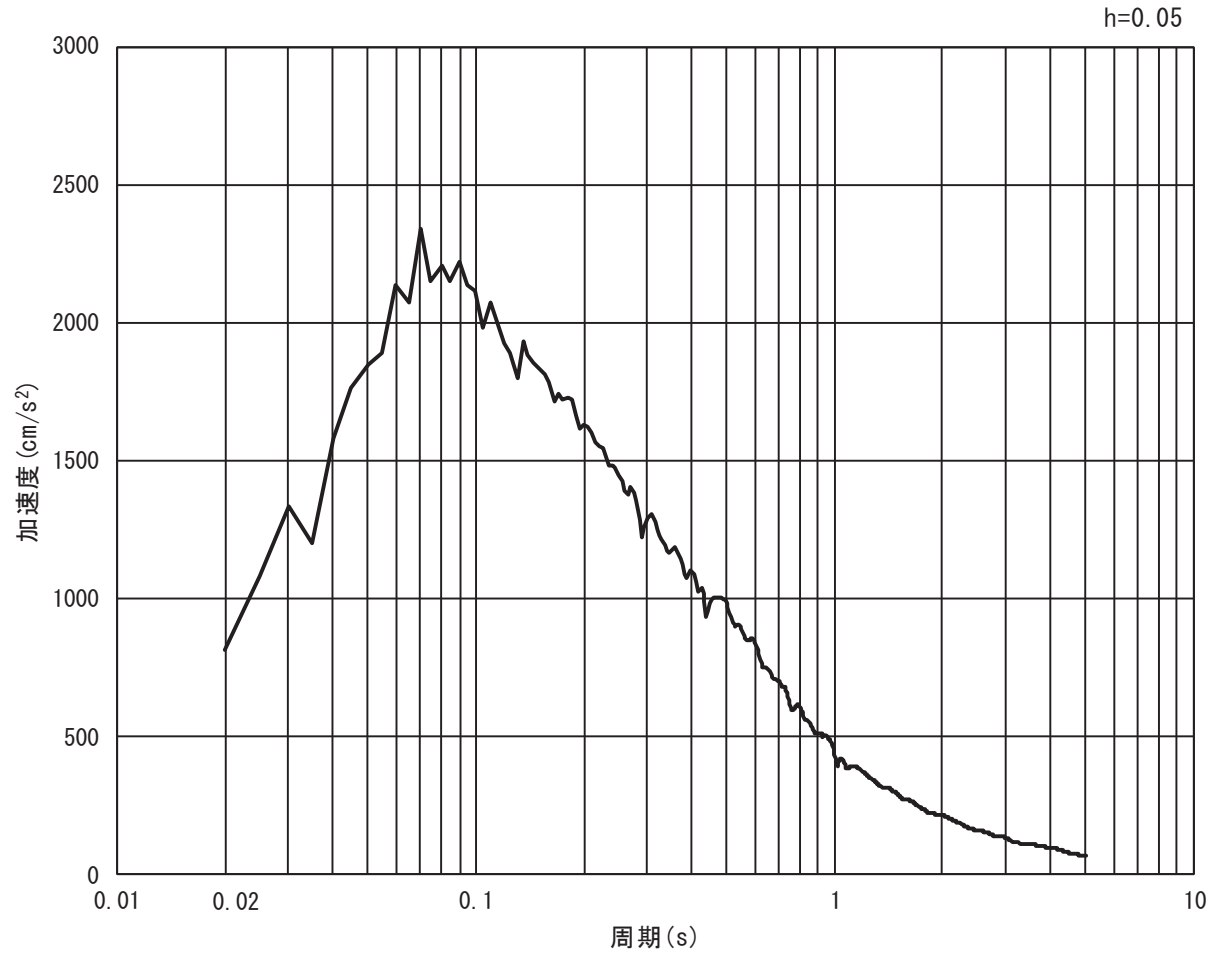


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

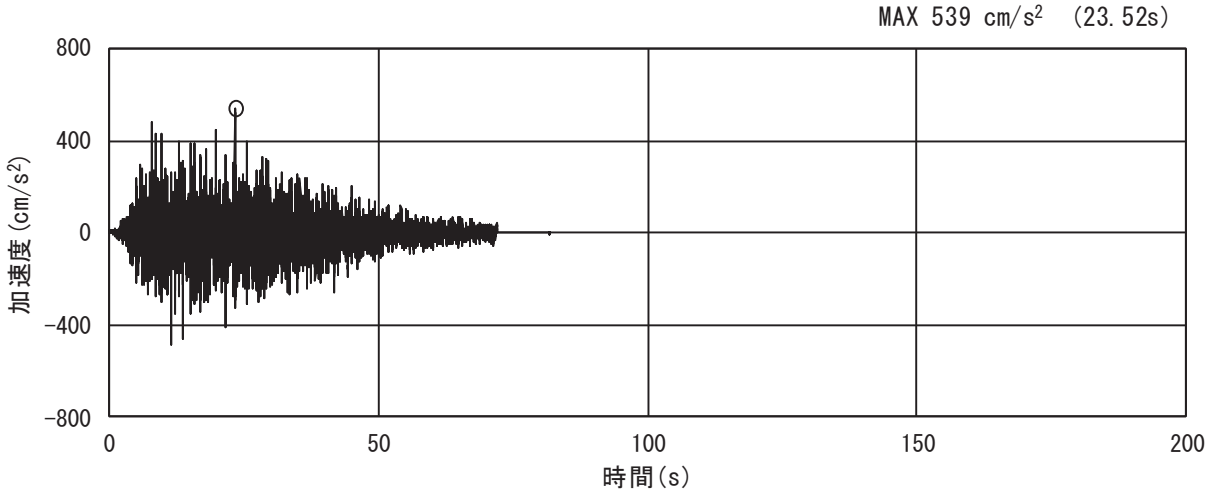


(a) 加速度時刻歴波形

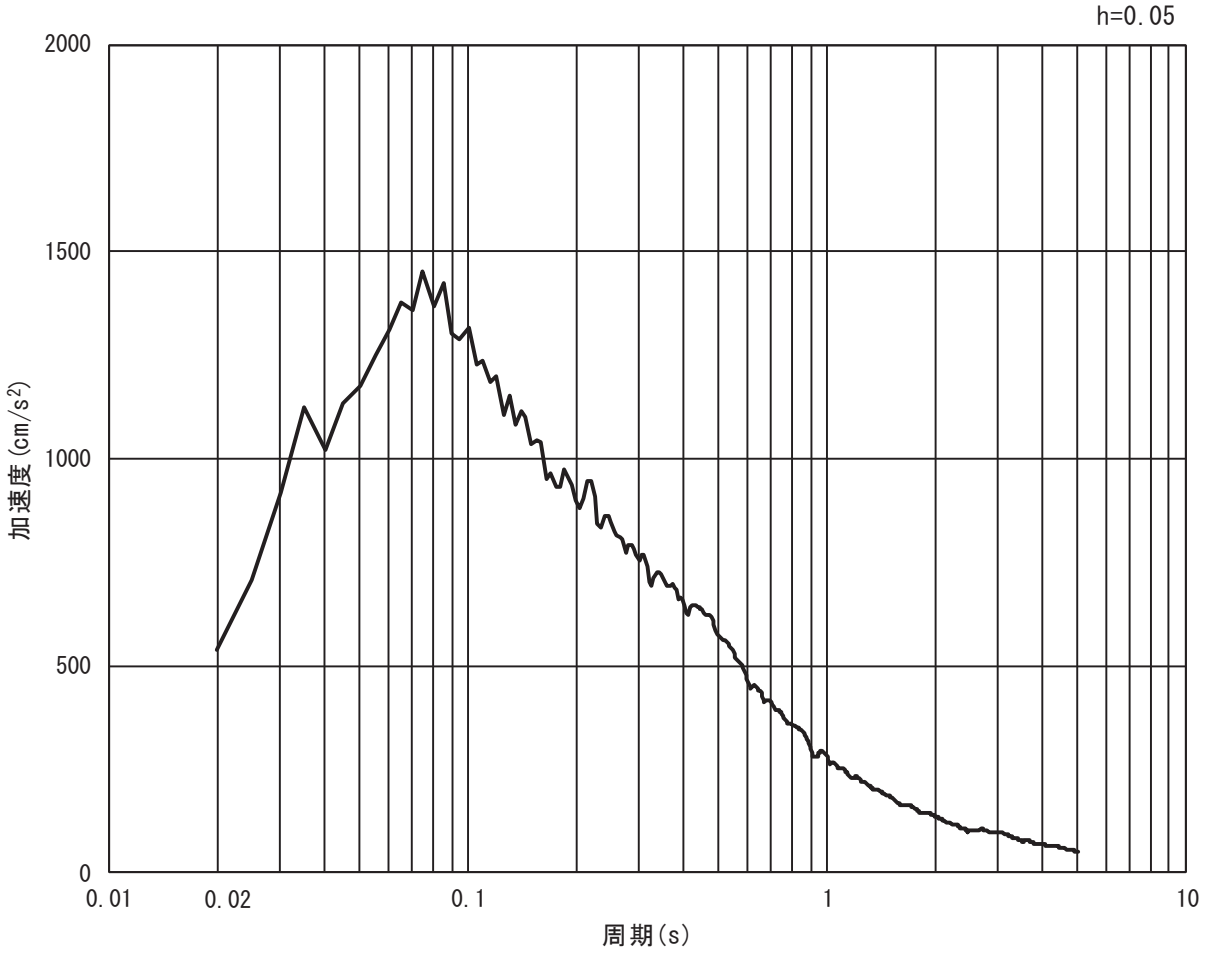


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

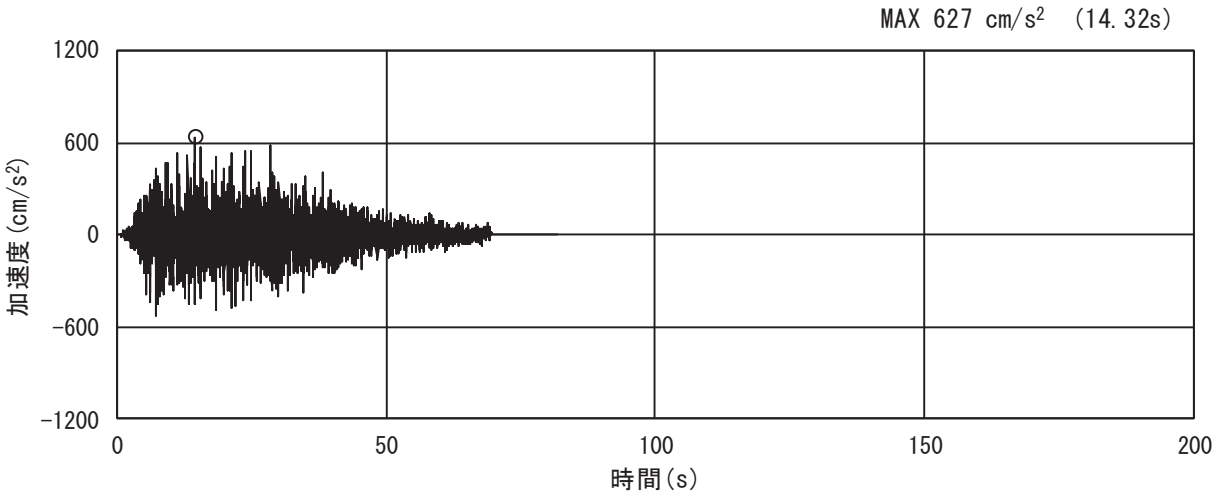


(a) 加速度時刻歴波形

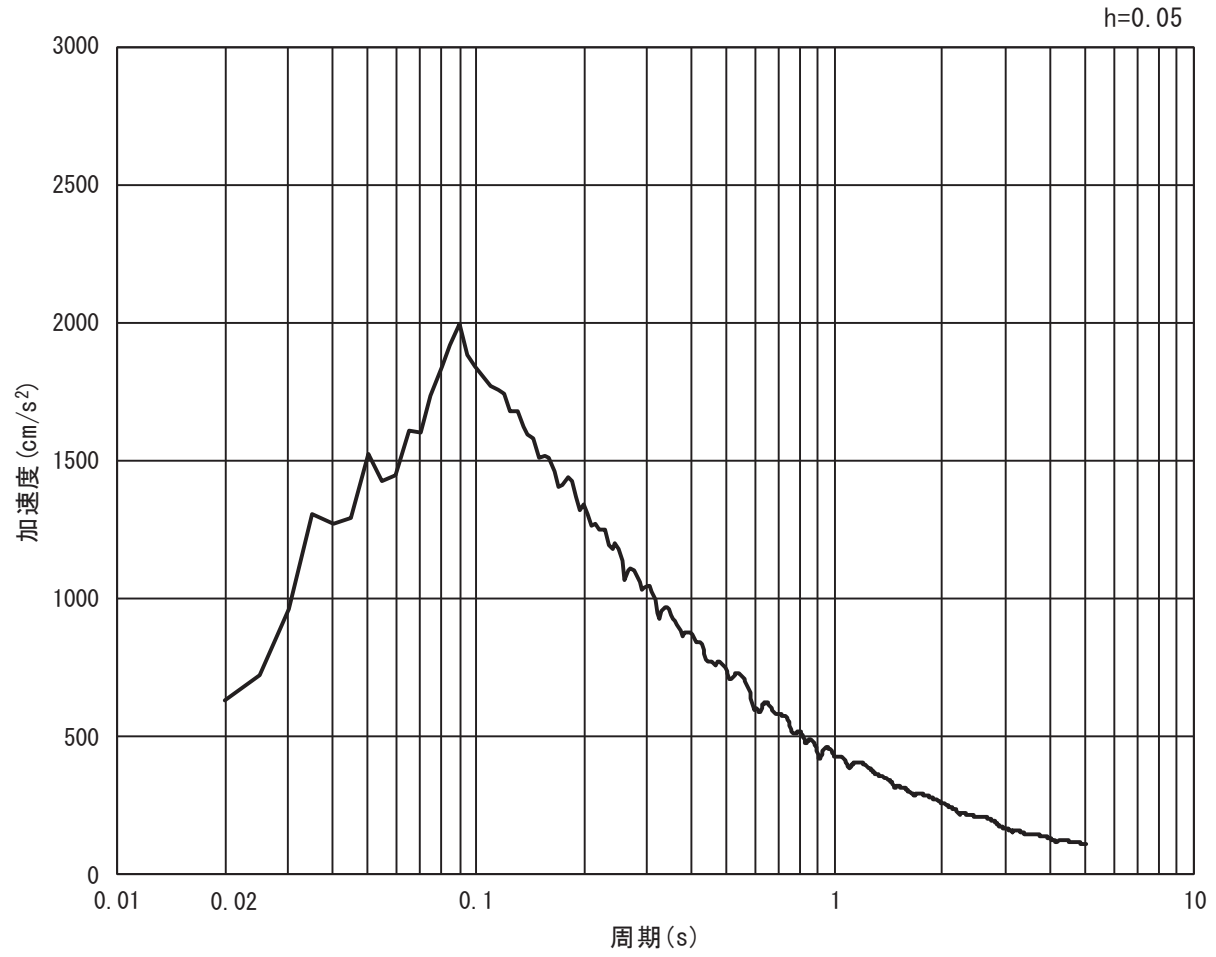


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

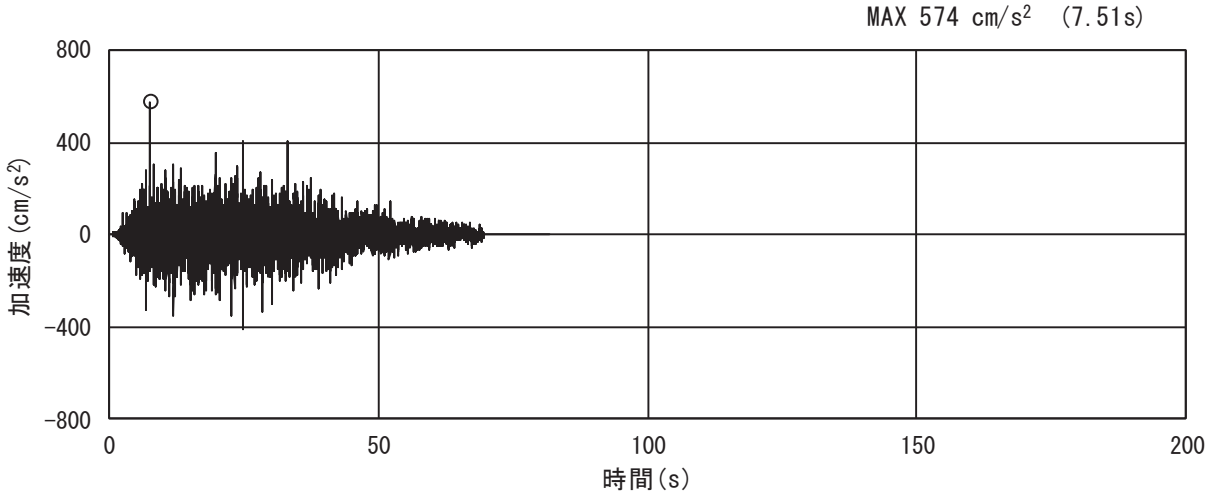


(a) 加速度時刻歴波形

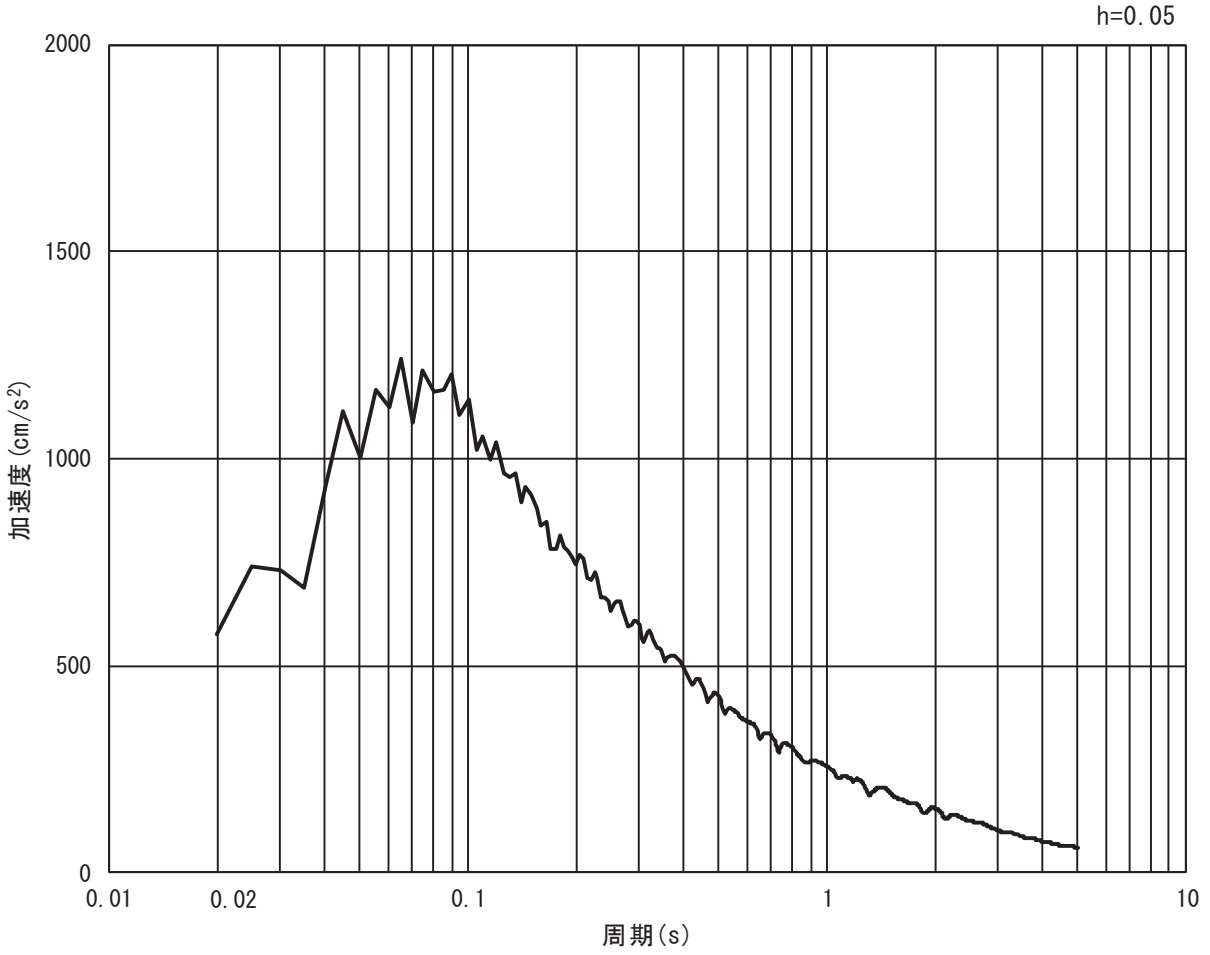


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

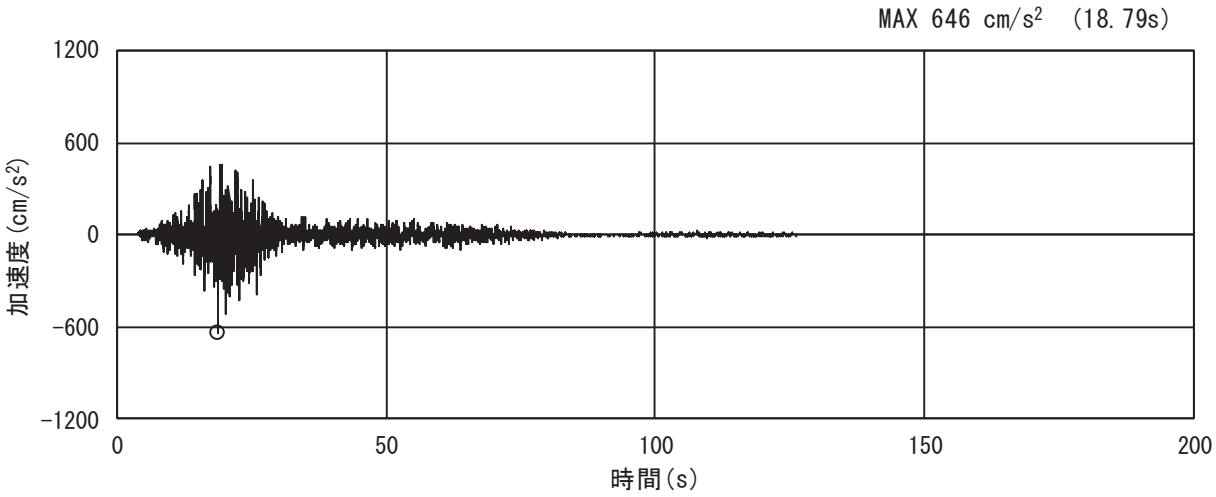


(a) 加速度時刻歴波形

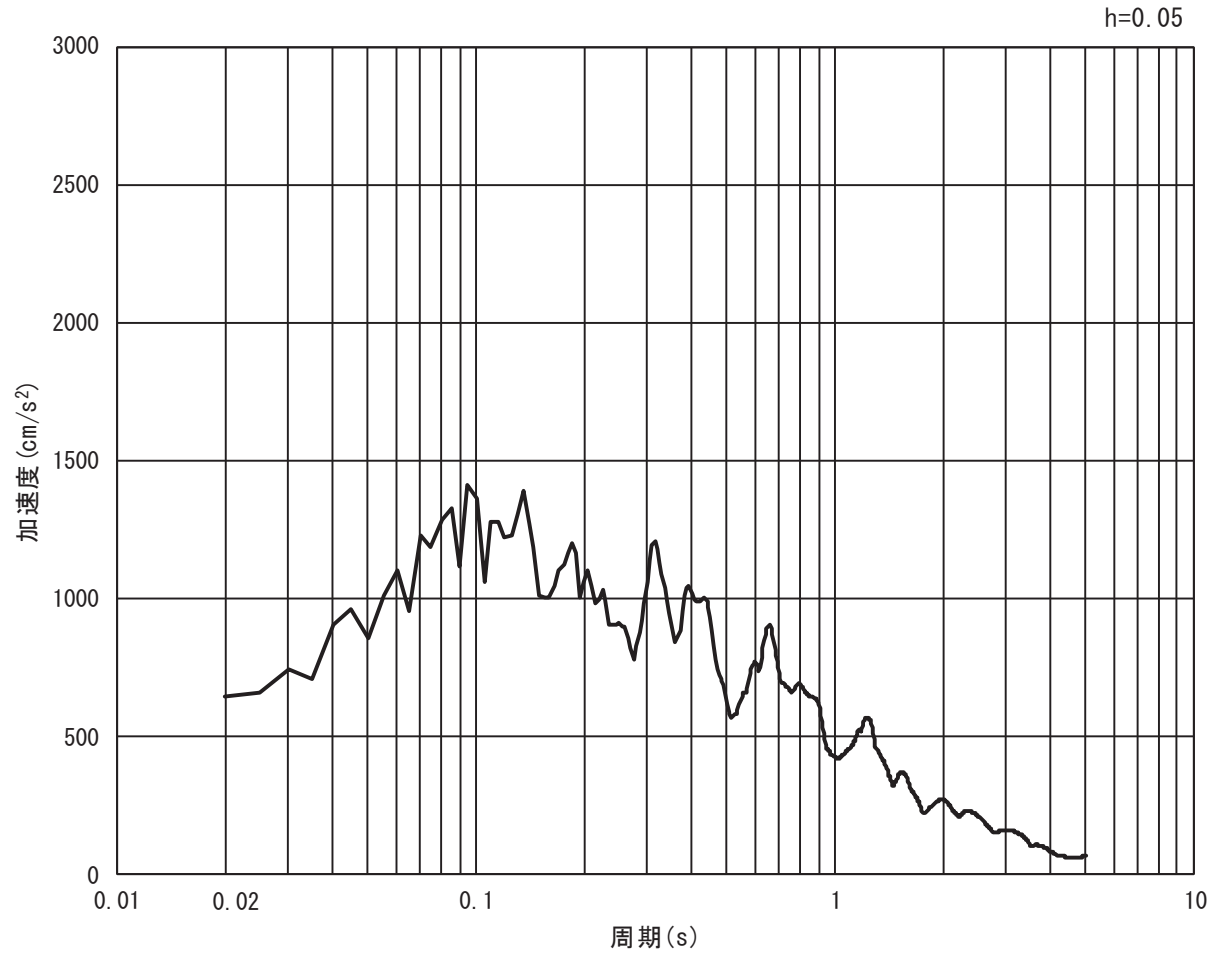


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

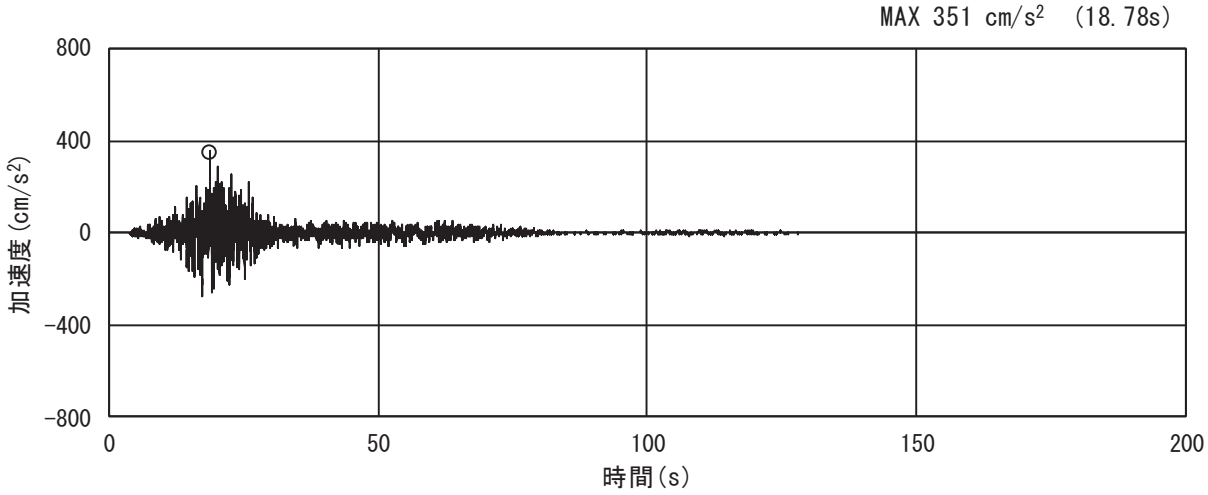


(a) 加速度時刻歴波形

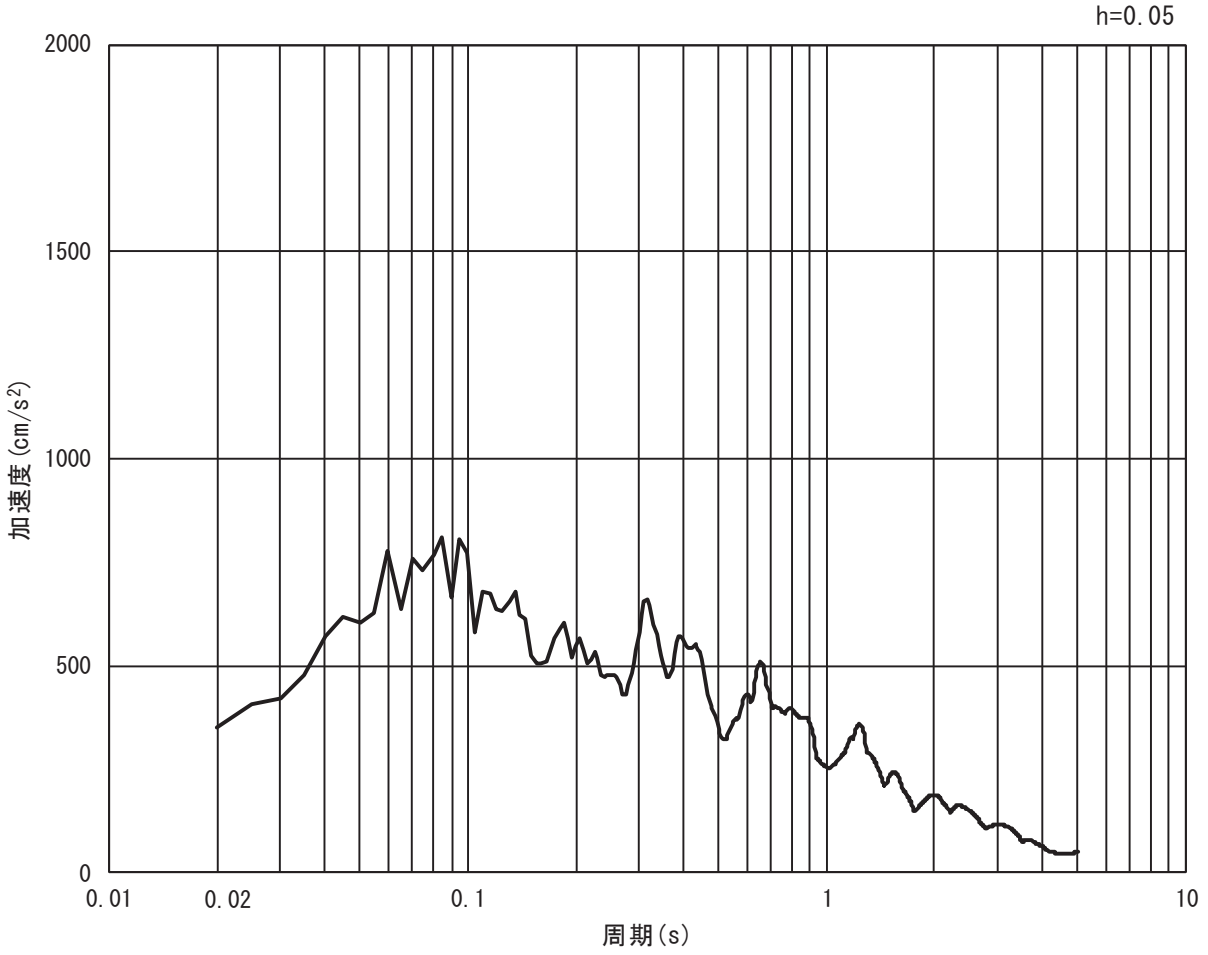


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

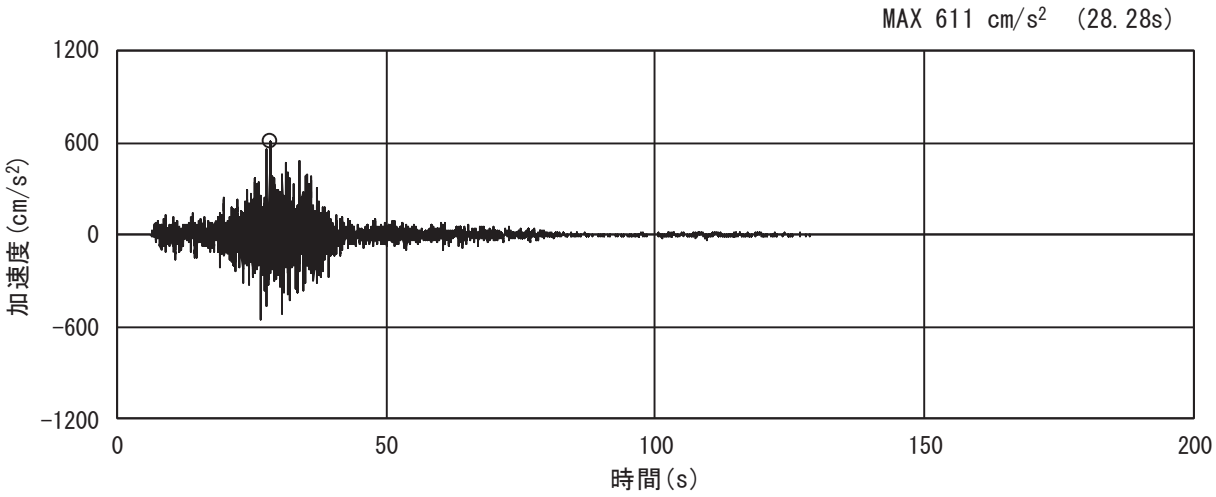


(a) 加速度時刻歴波形

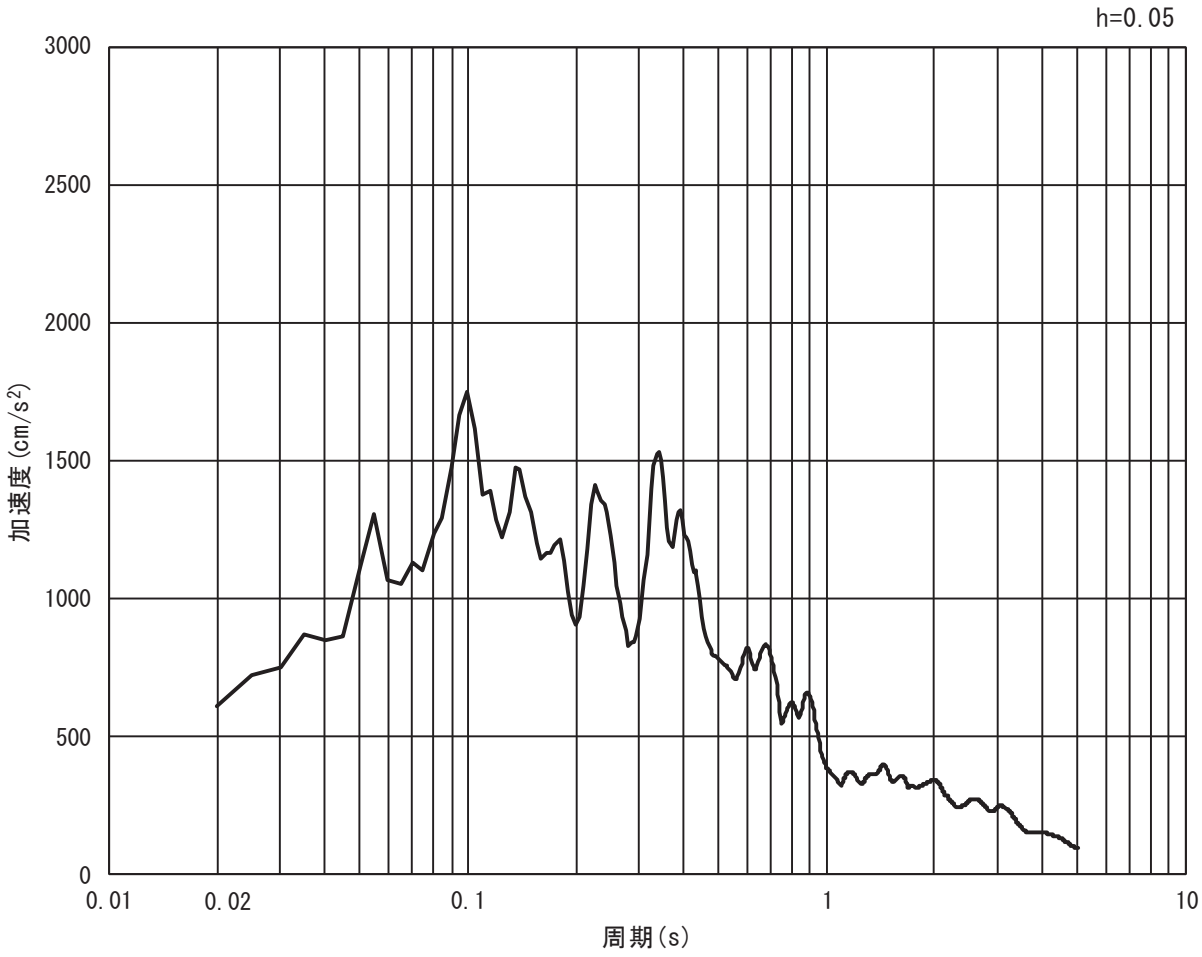


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

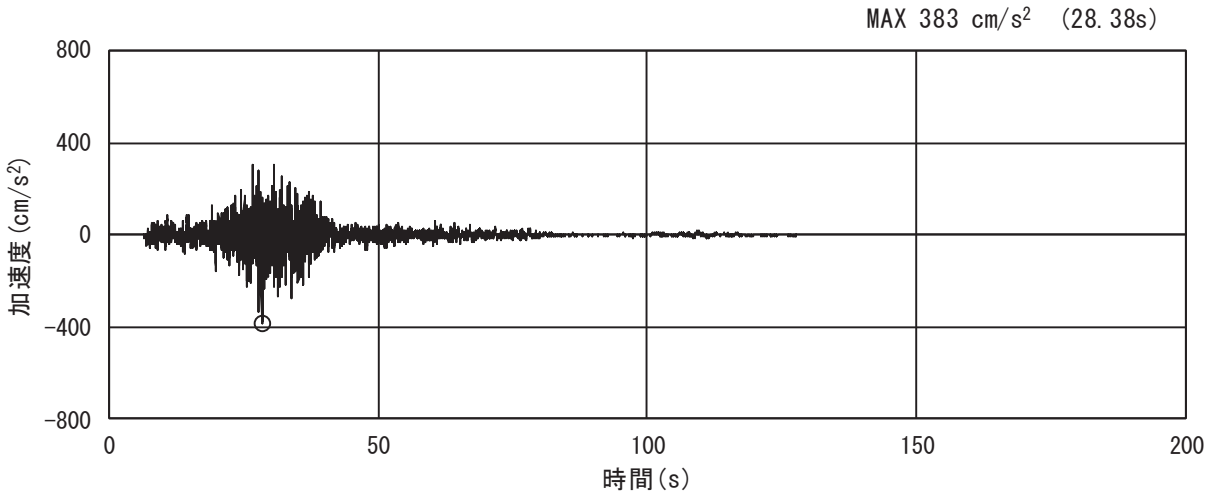


(a) 加速度時刻歴波形

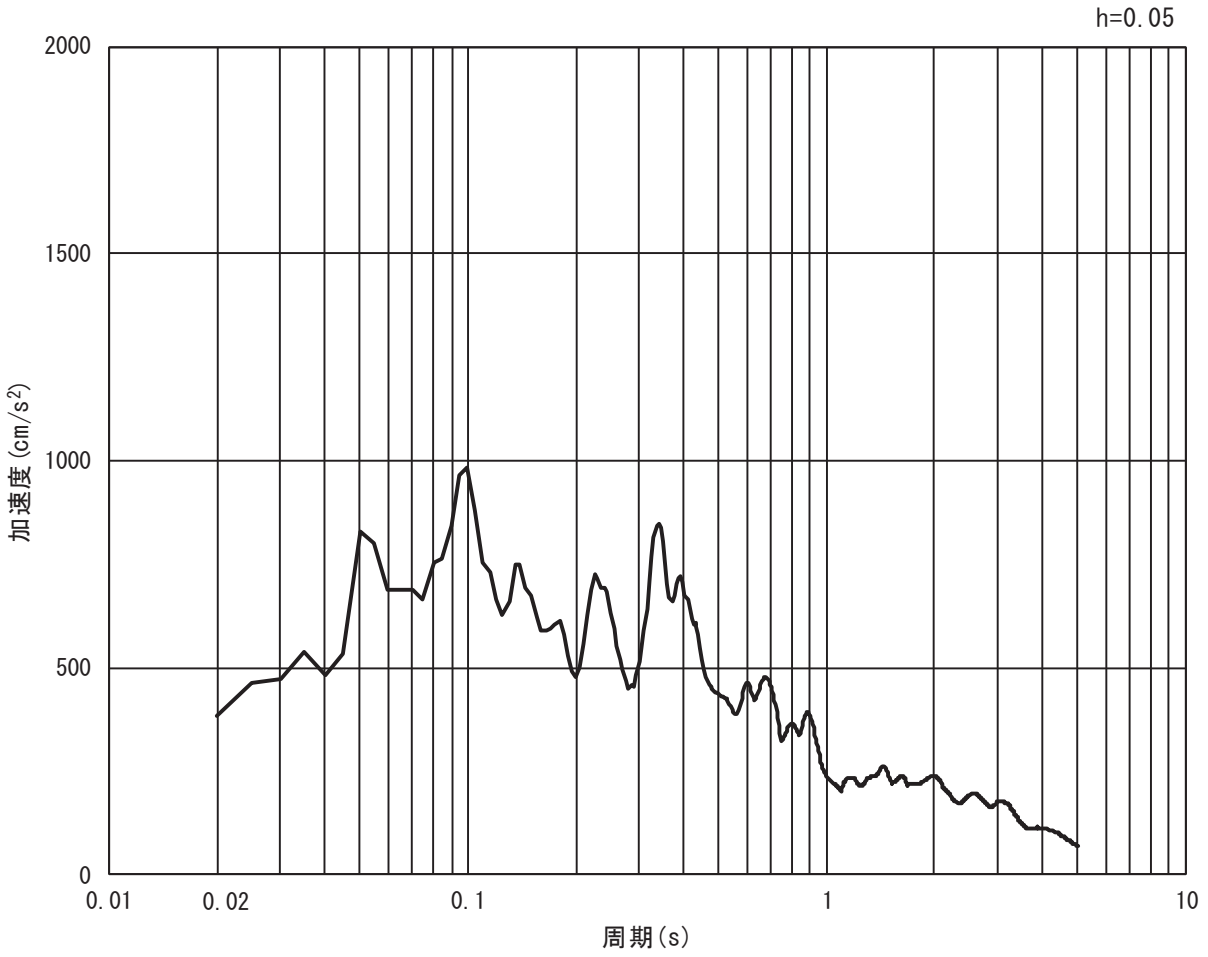


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

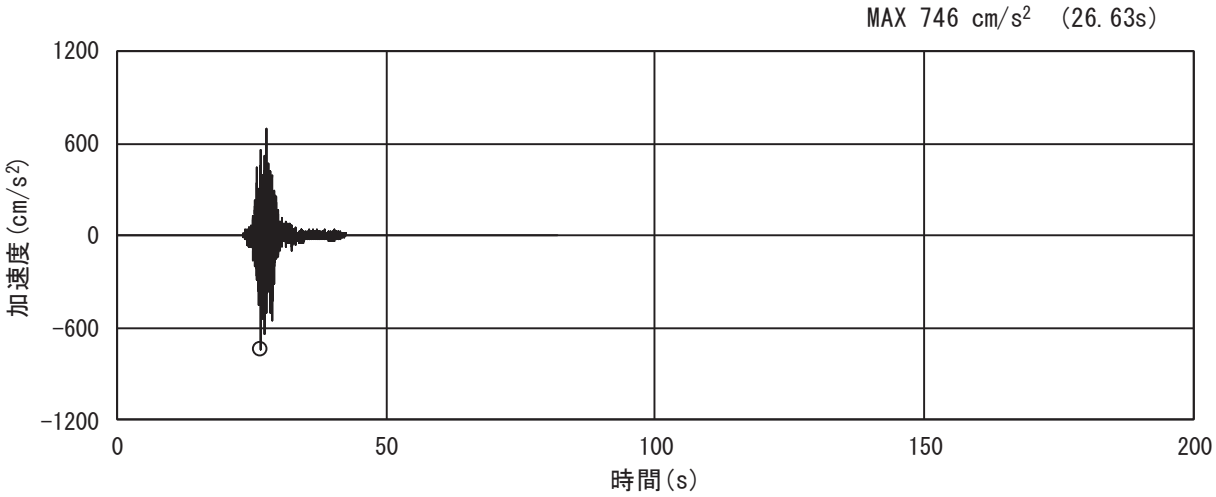


(a) 加速度時刻歴波形

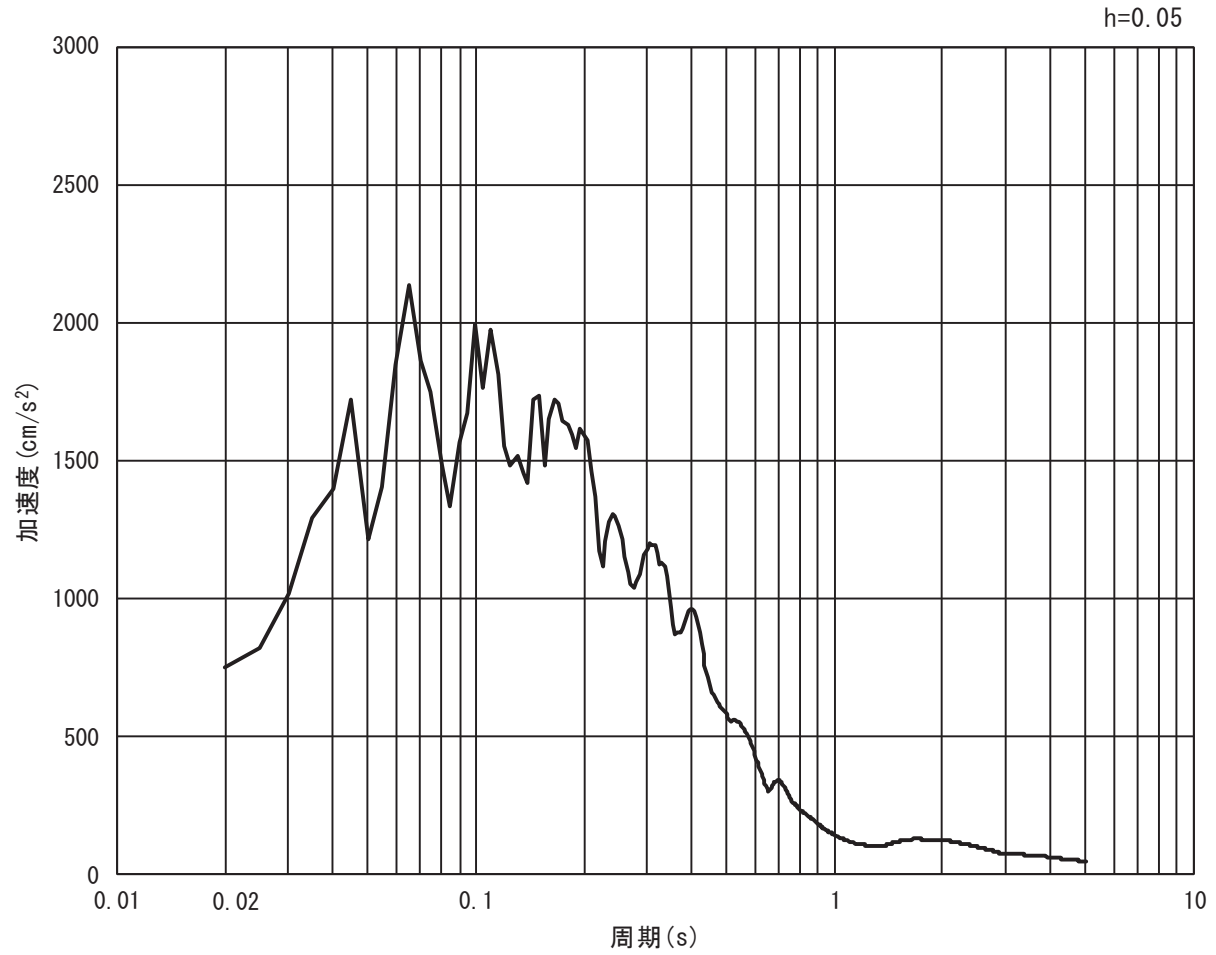


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

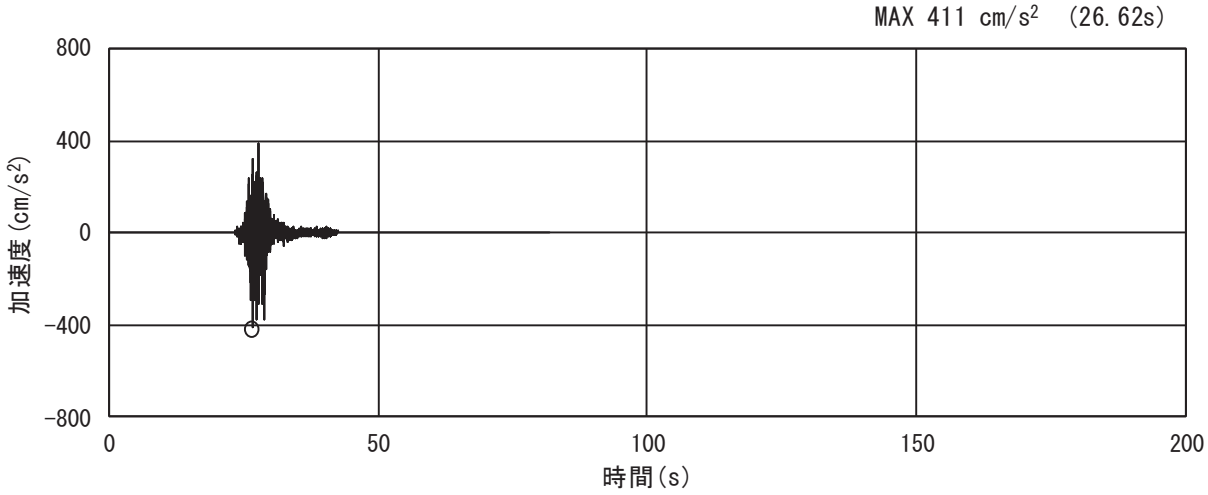


(a) 加速度時刻歴波形

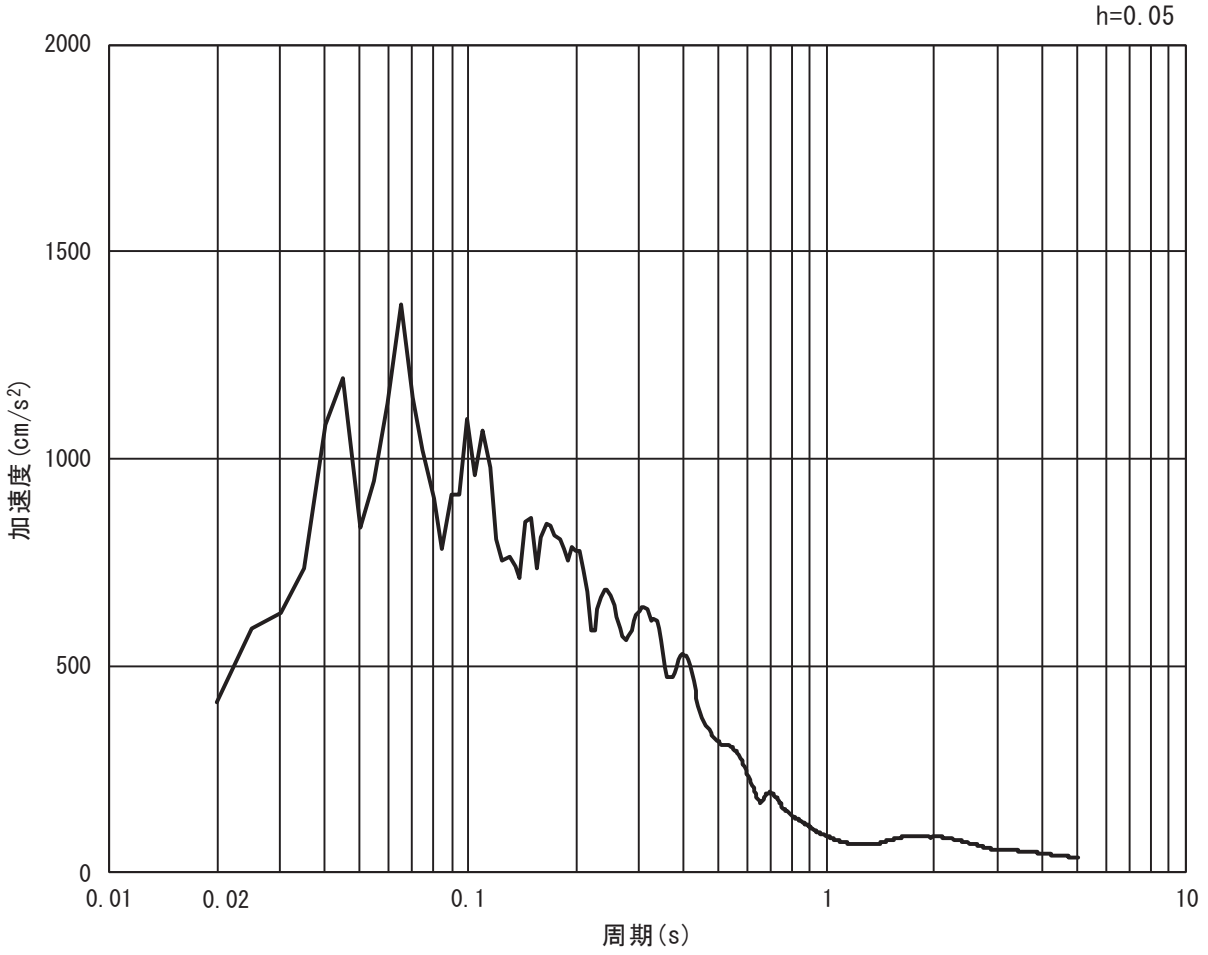


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

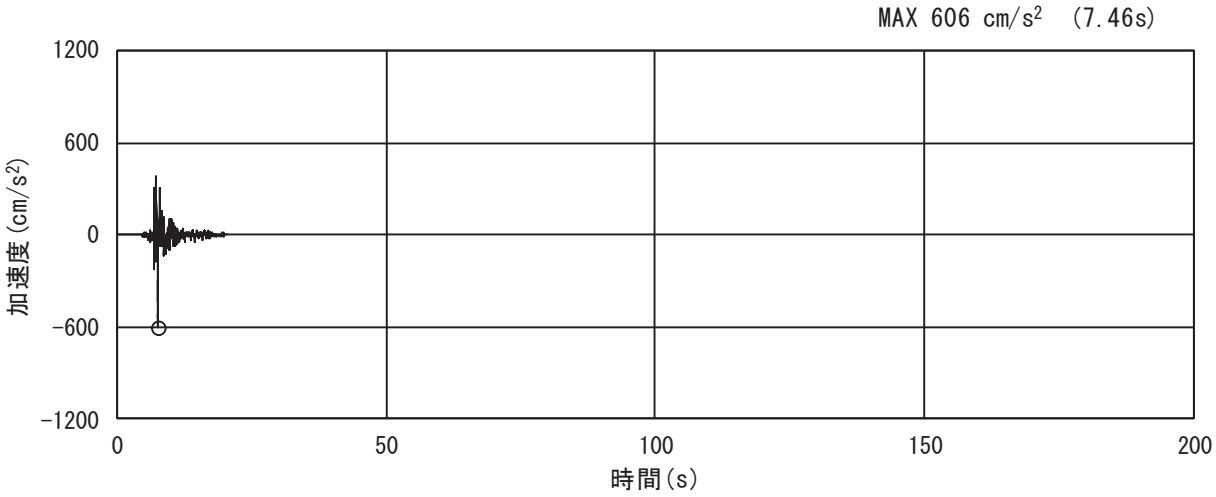


(a) 加速度時刻歴波形

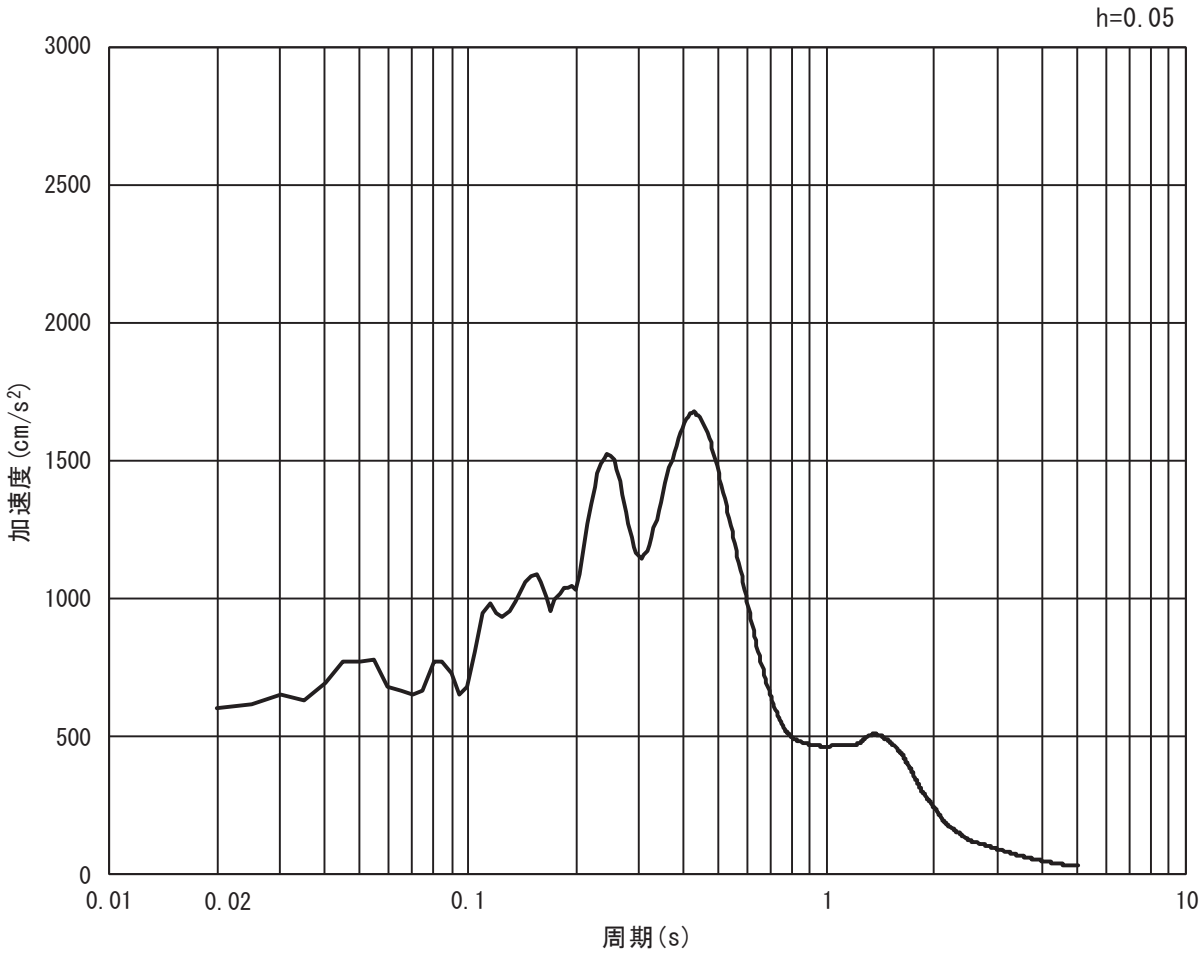


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

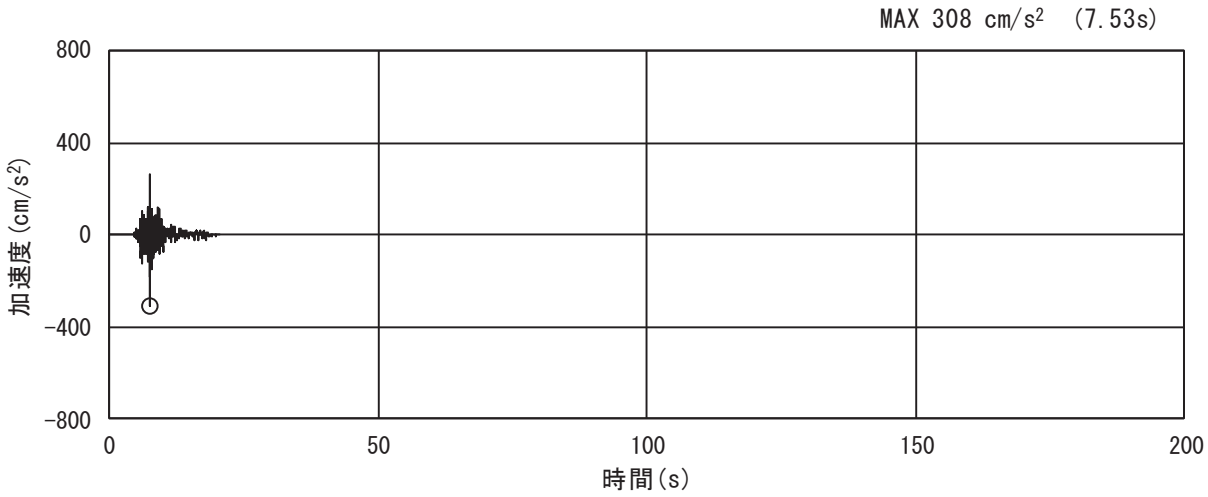


(a) 加速度時刻歴波形

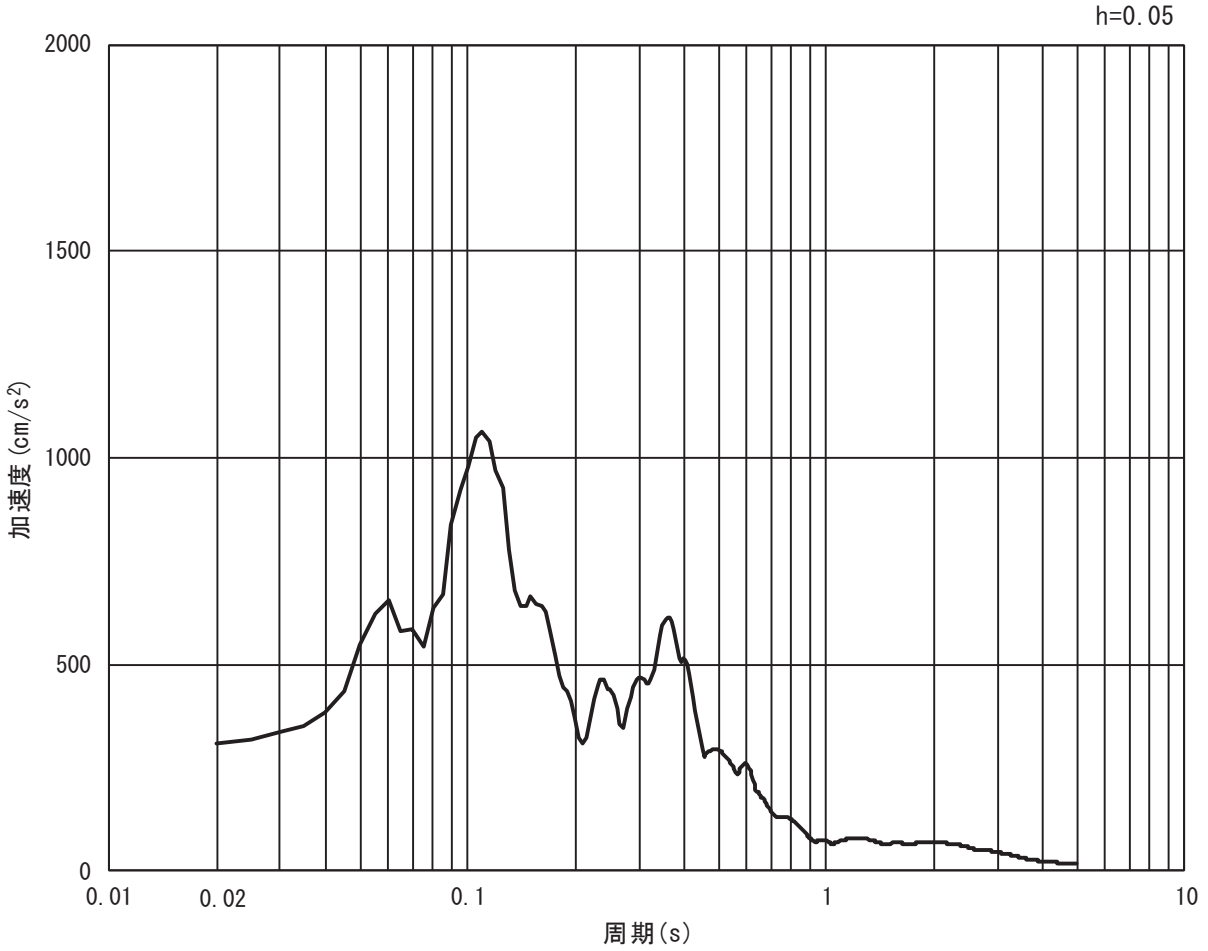


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



(a) 加速度時刻歴波形

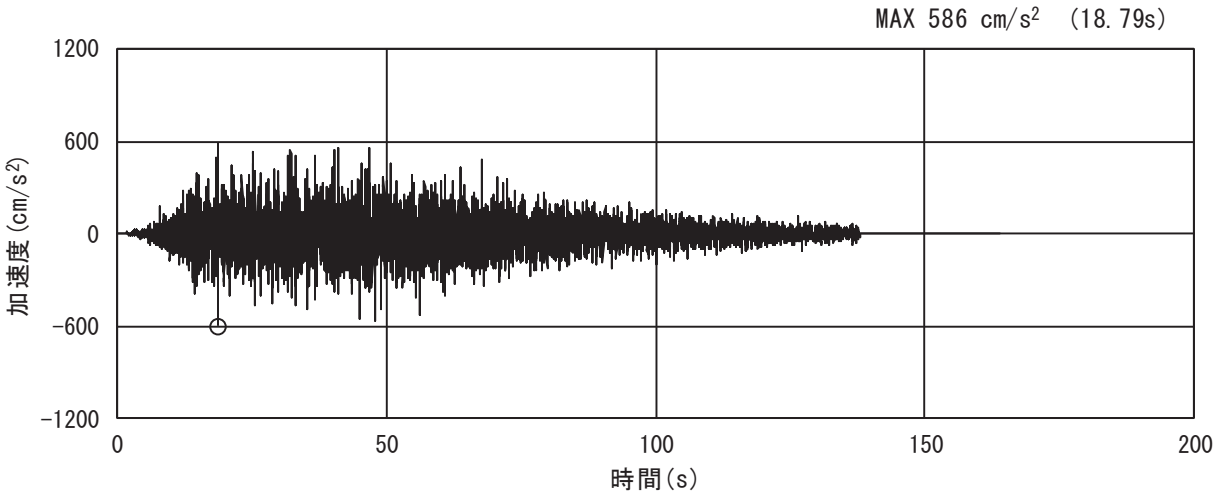


(b) 加速度応答スペクトル

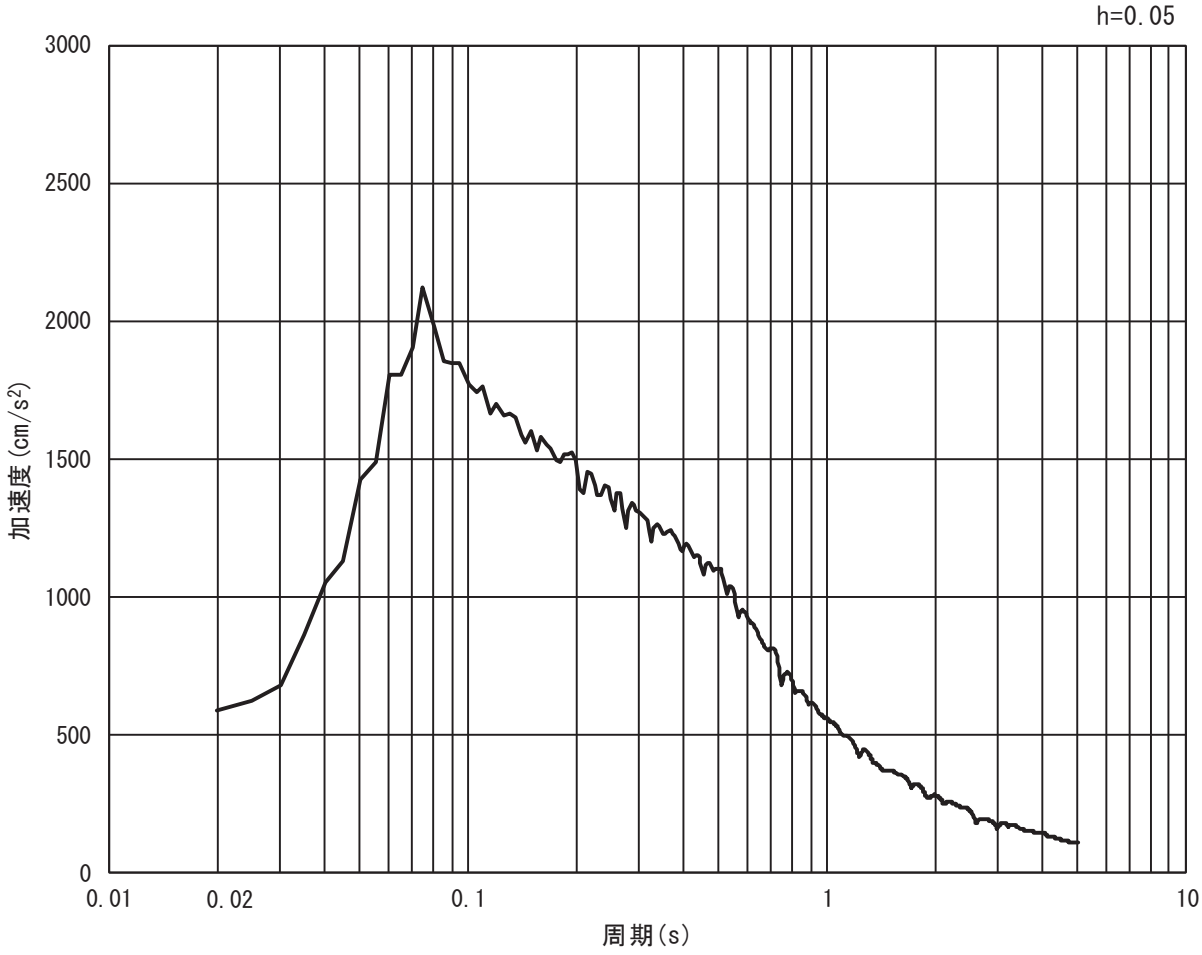
図 3-16 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

3.4.2　岩盤部

(1)　断面⑤



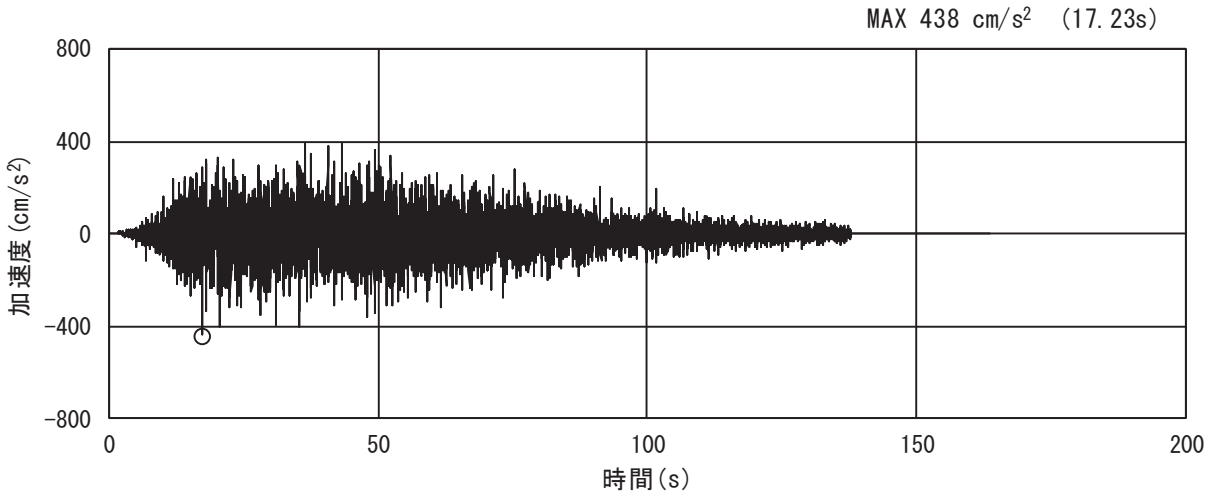
(a) 加速度時刻歴波形



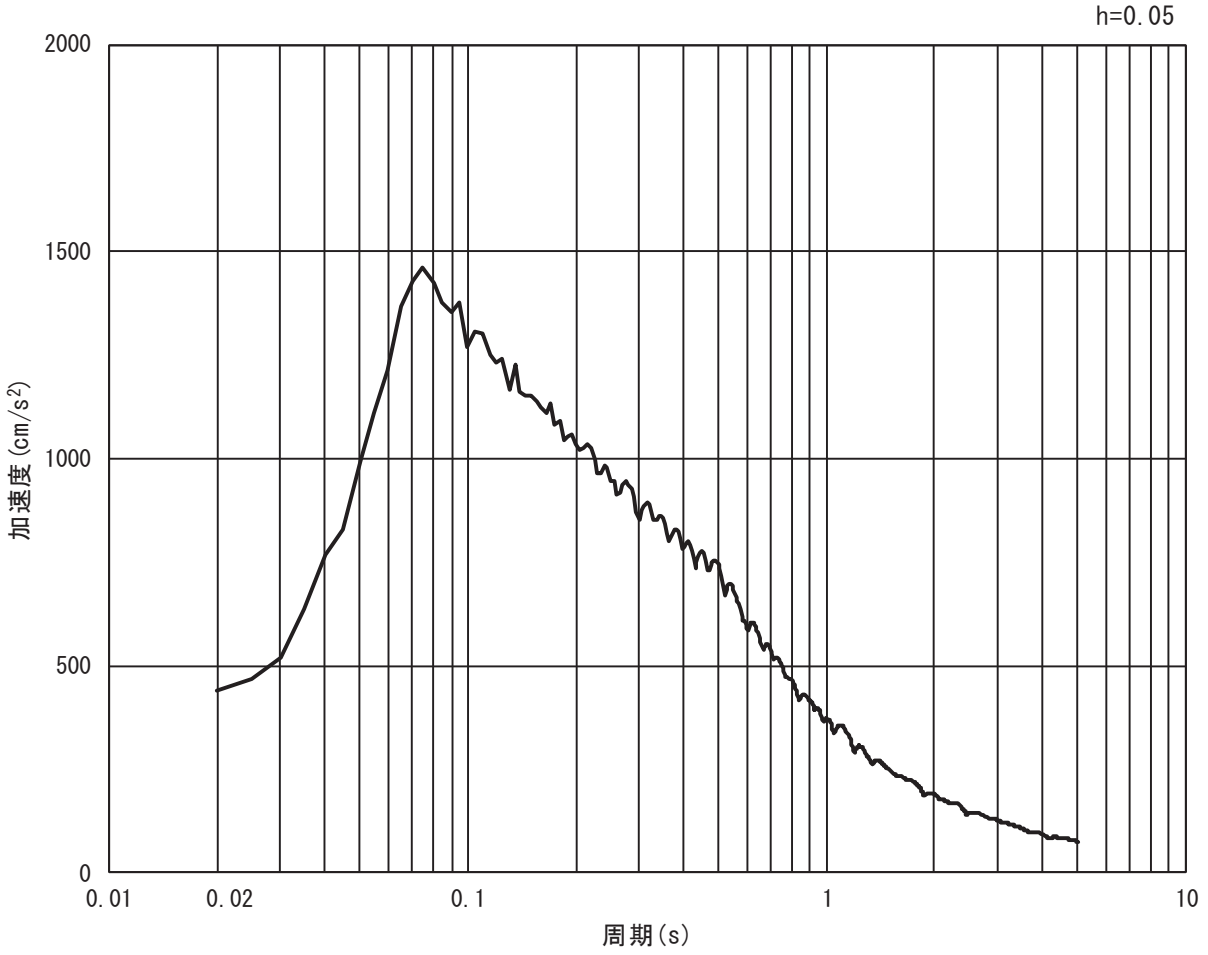
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

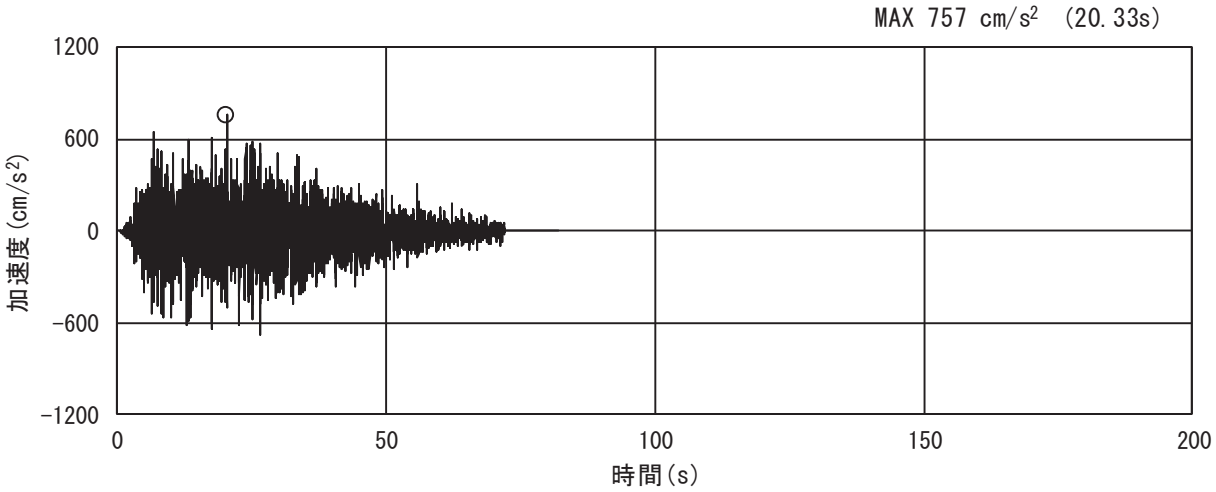


(a) 加速度時刻歴波形

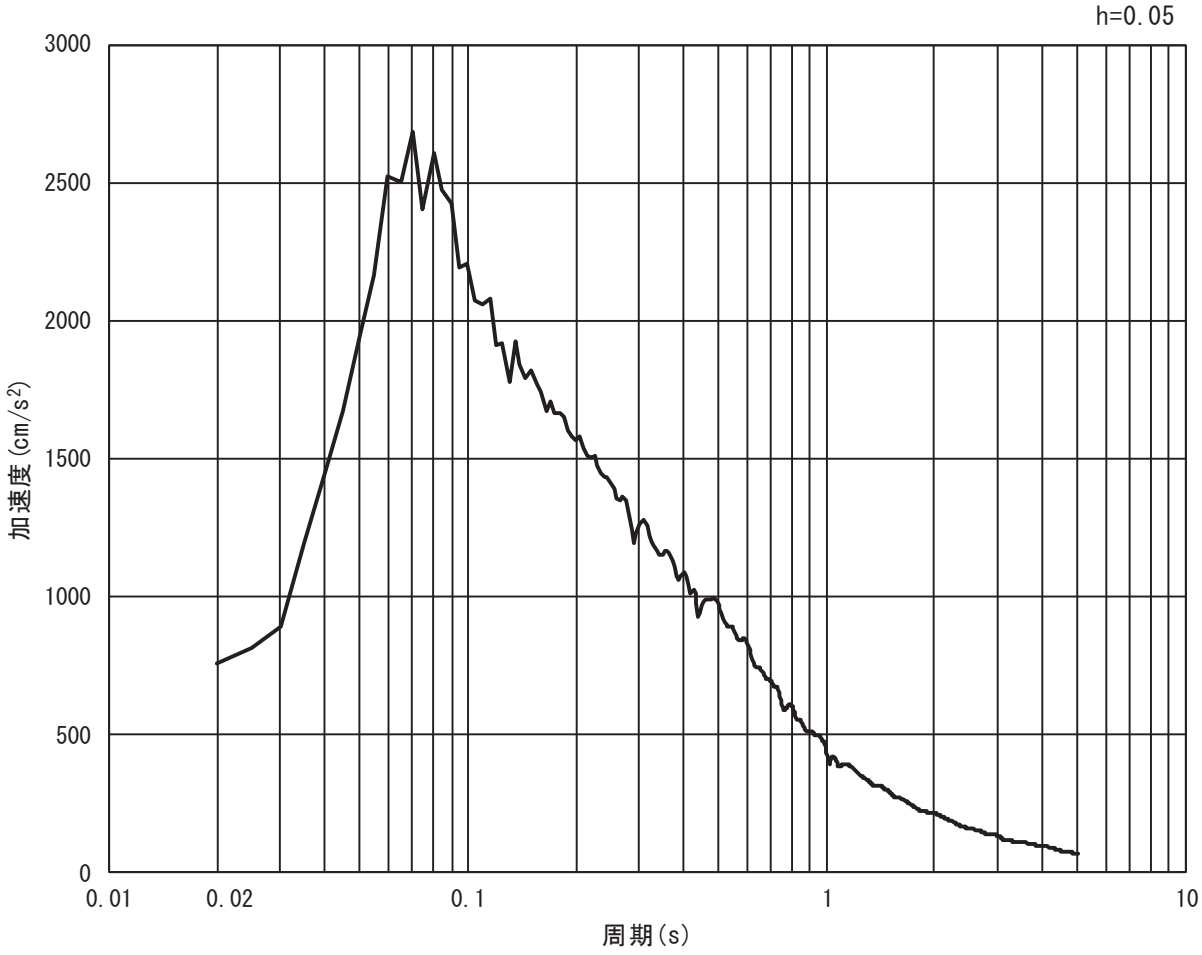


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

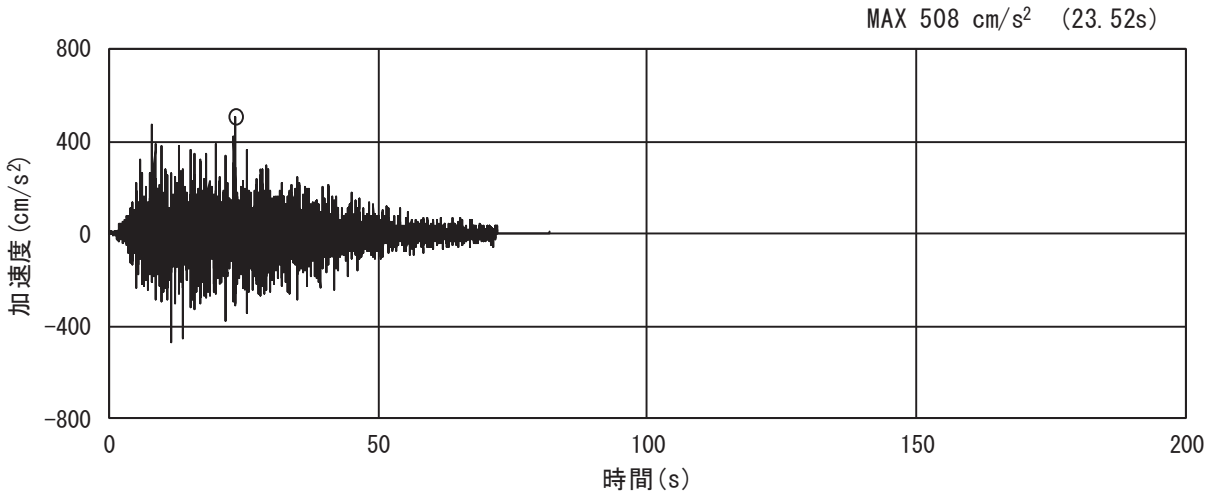


(a) 加速度時刻歴波形

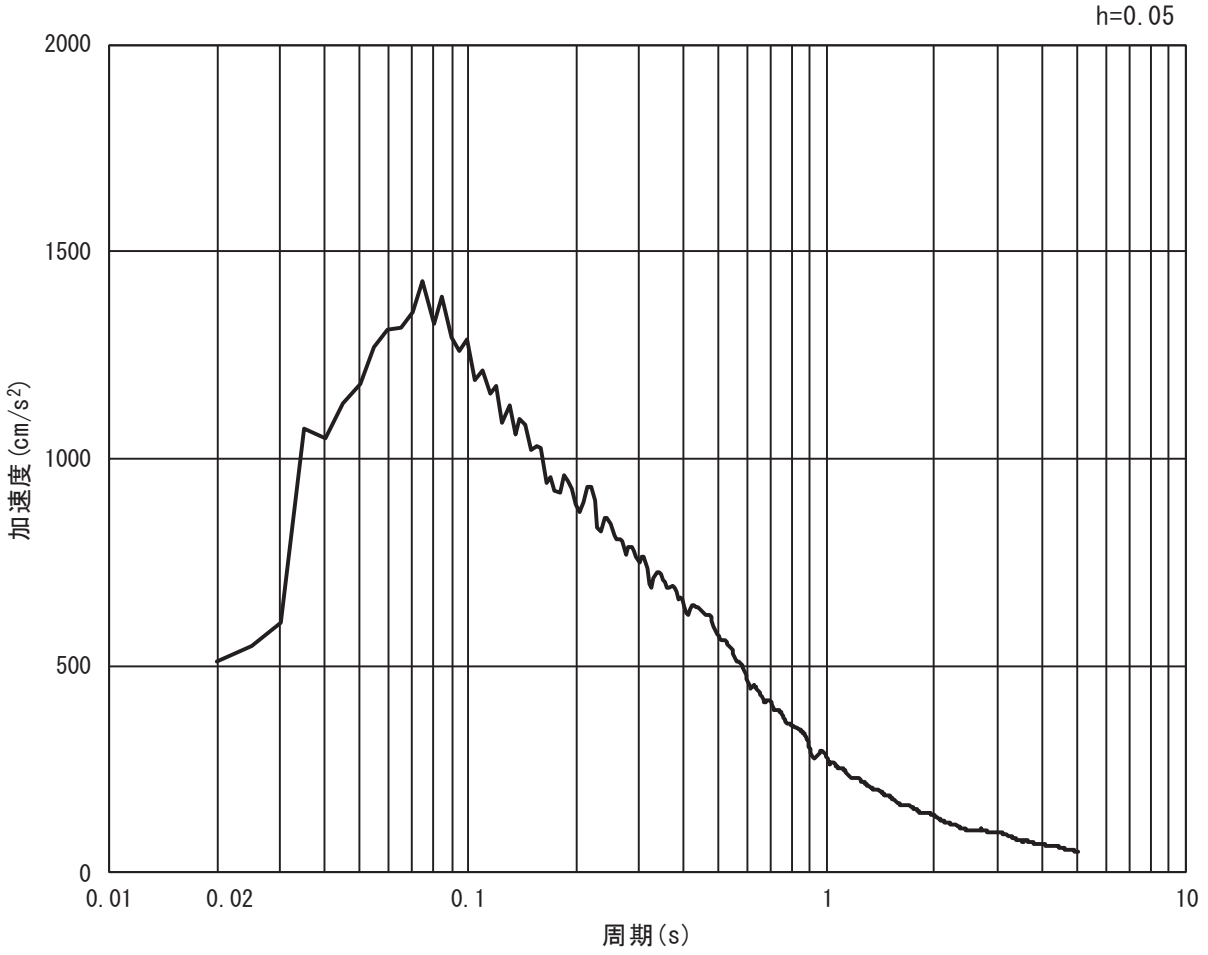


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

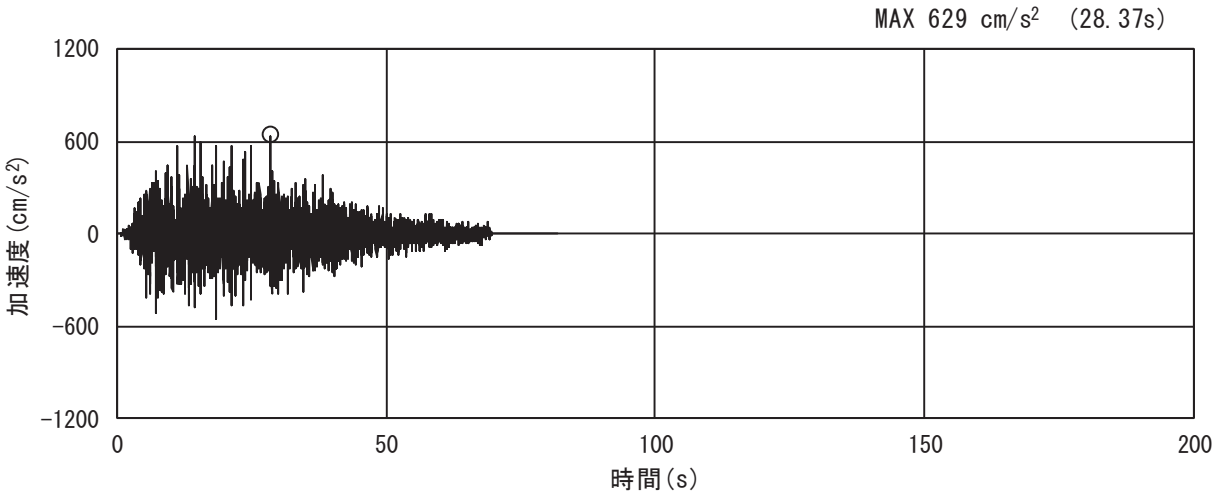


(a) 加速度時刻歴波形

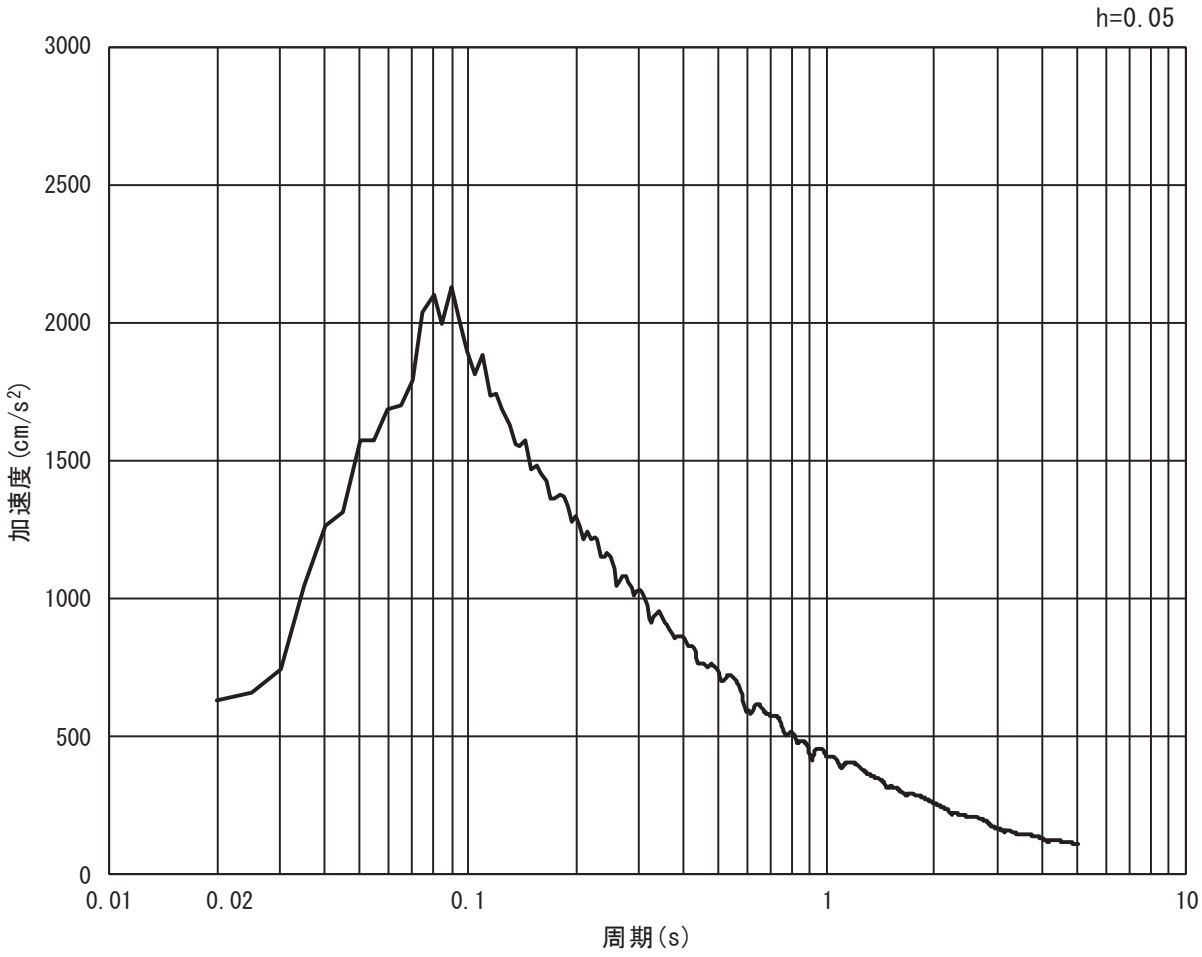


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

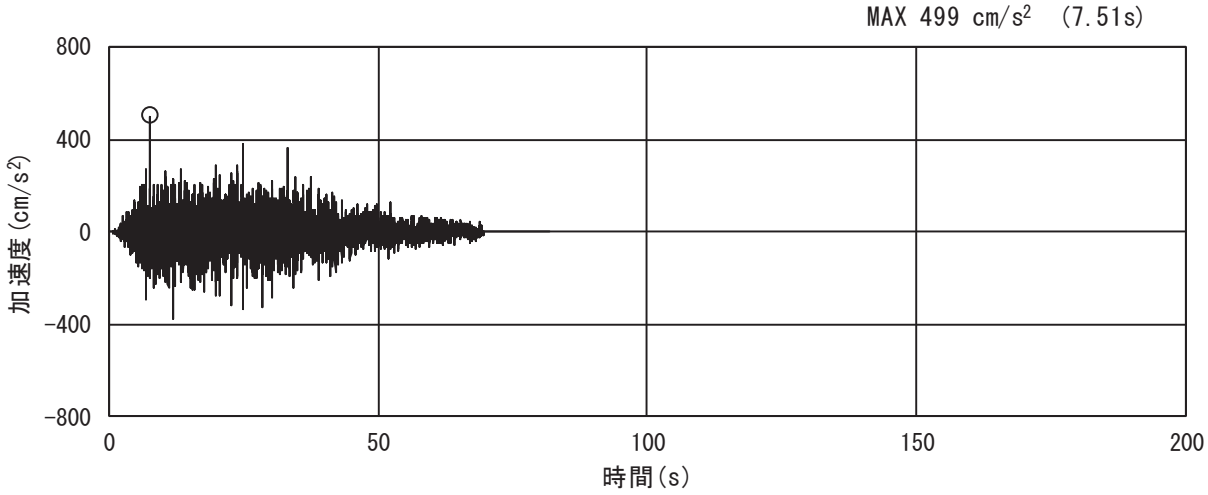


(a) 加速度時刻歴波形

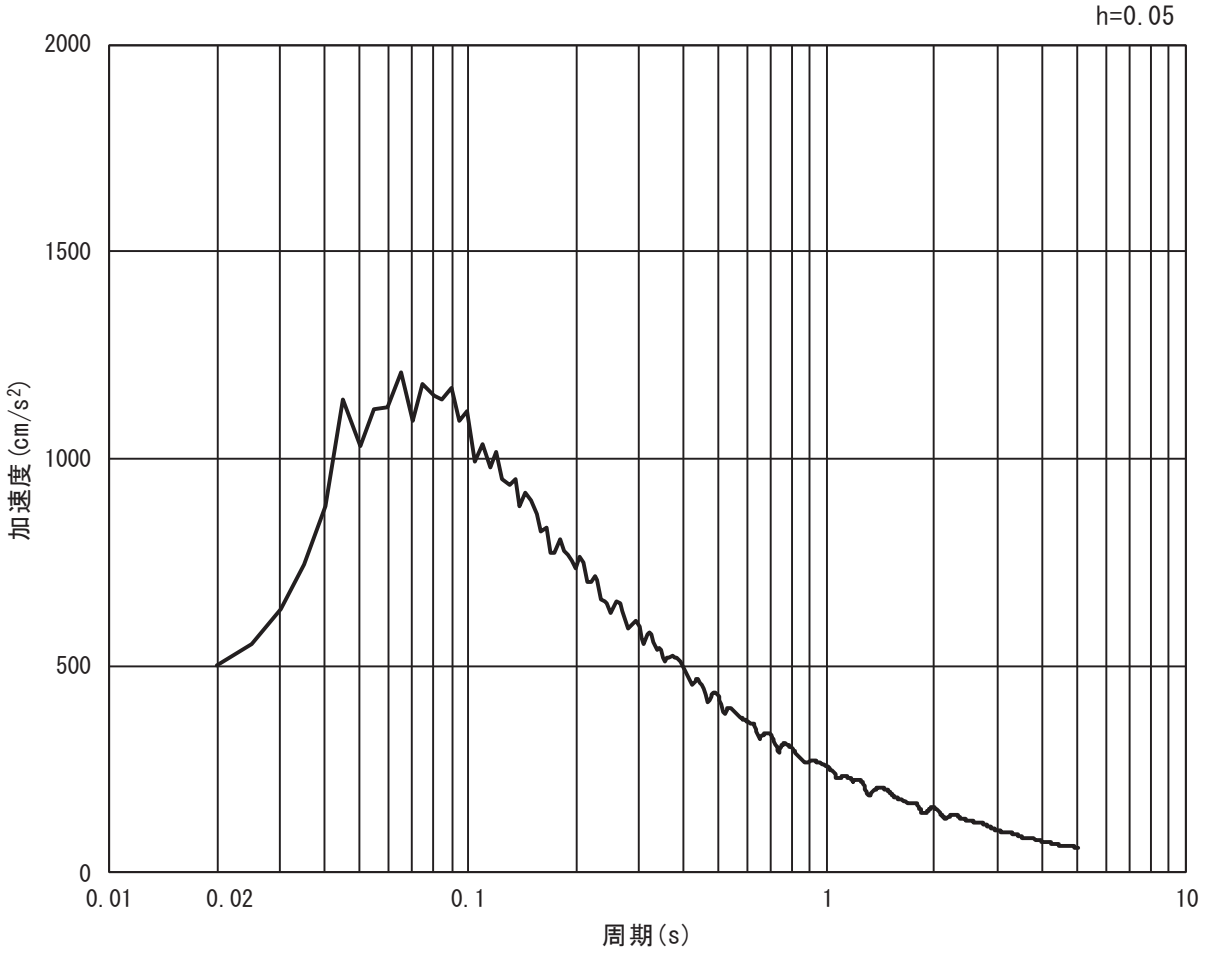


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

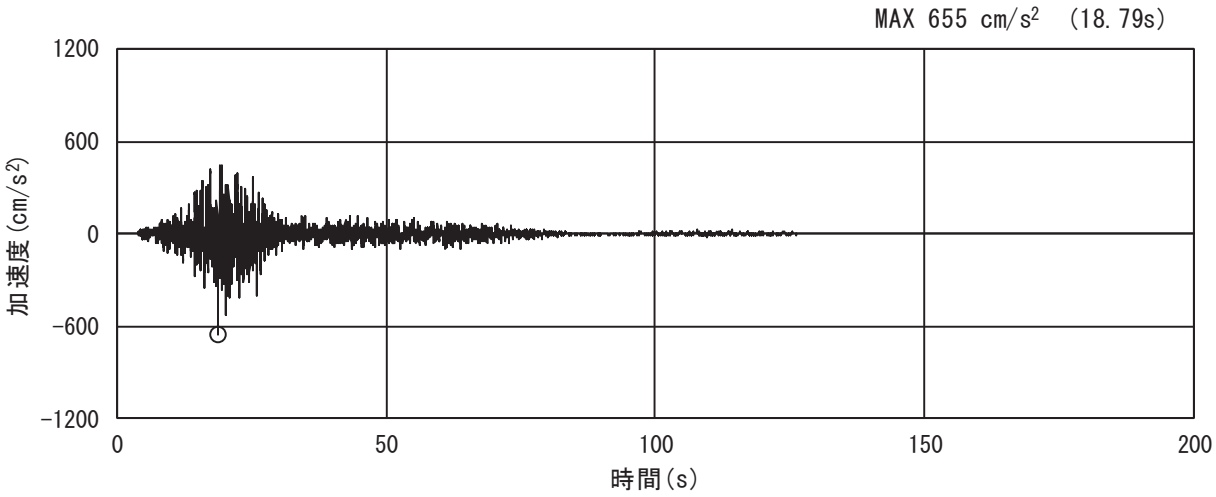


(a) 加速度時刻歴波形

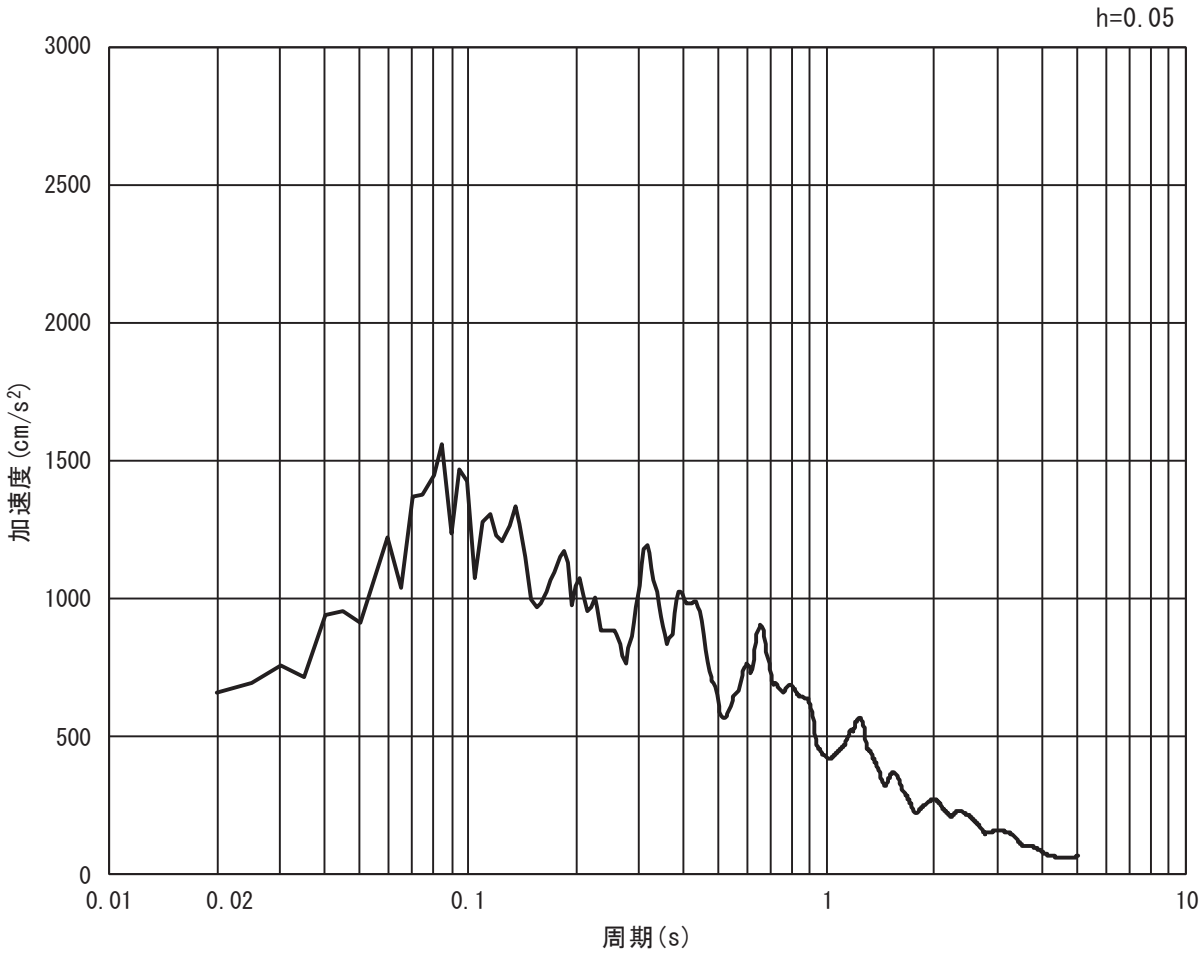


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

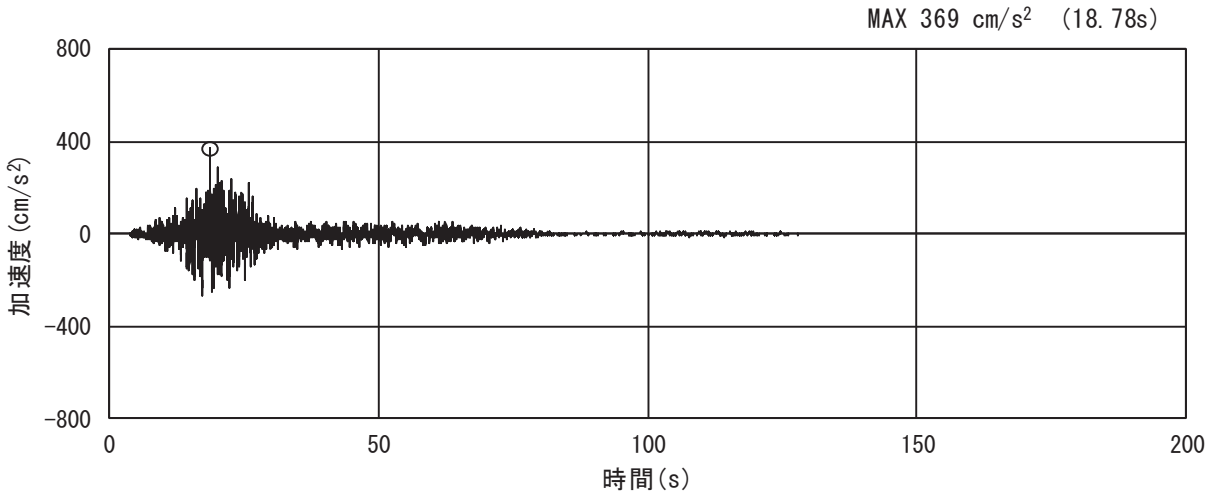


(a) 加速度時刻歴波形

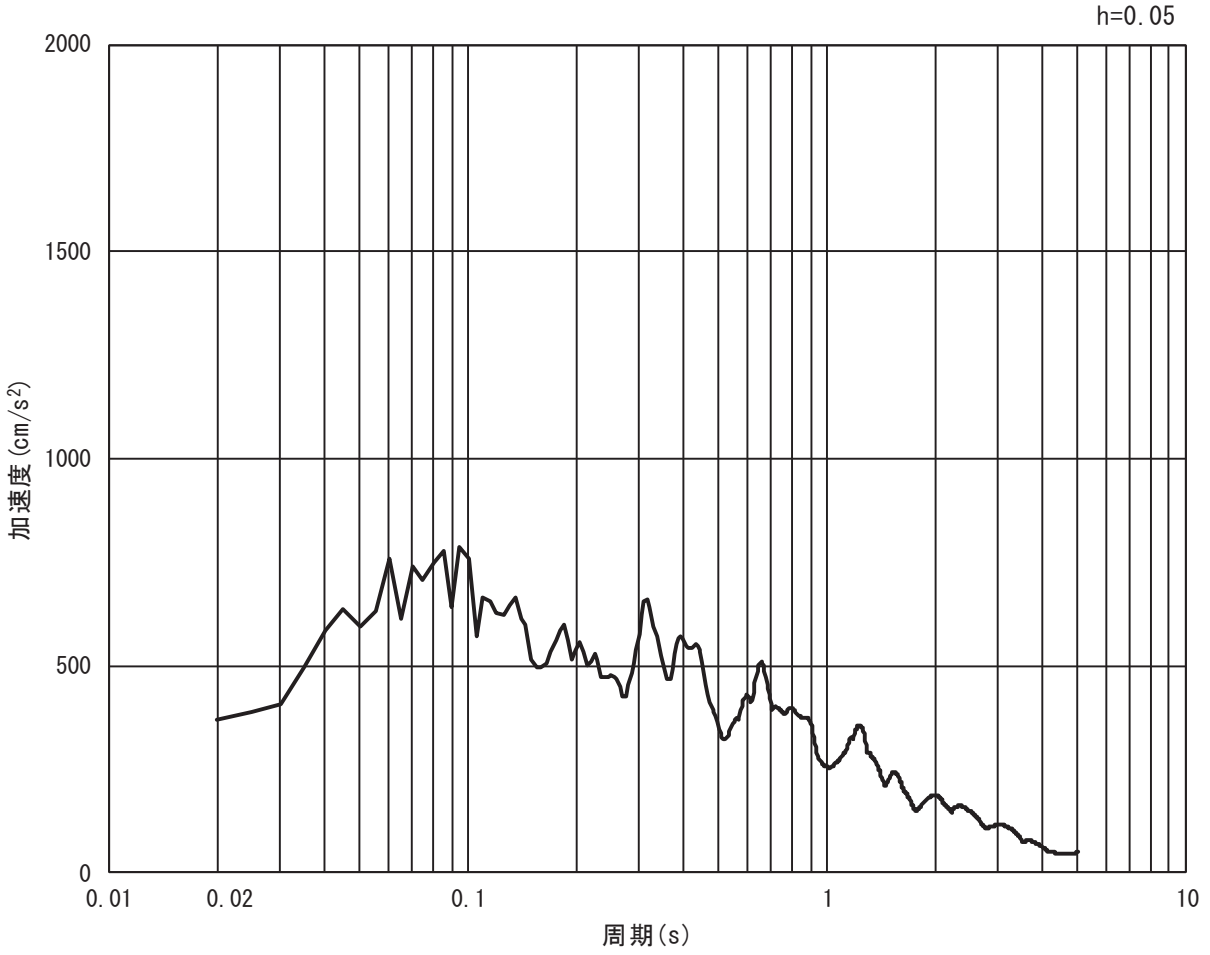


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

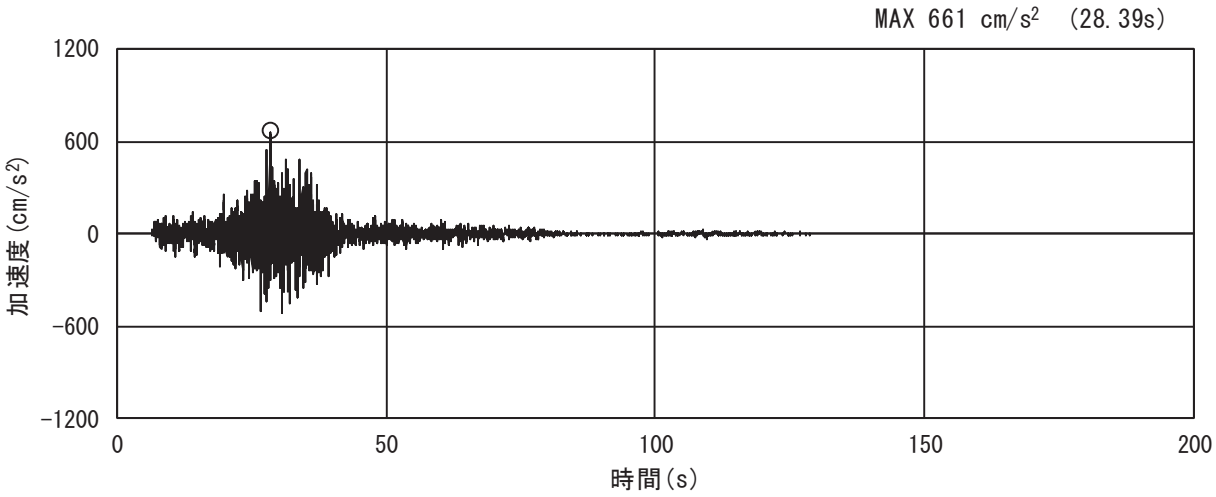


(a) 加速度時刻歴波形

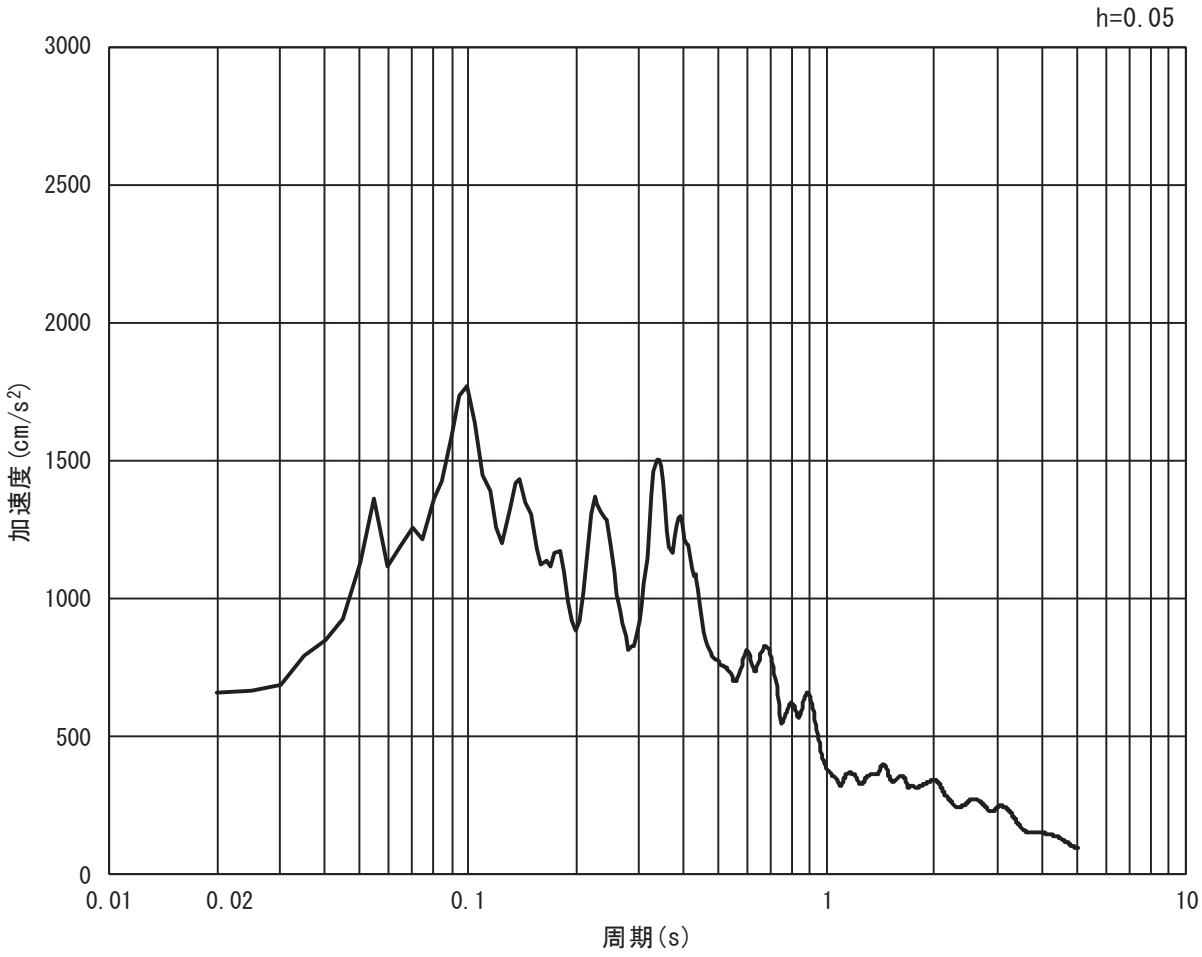


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

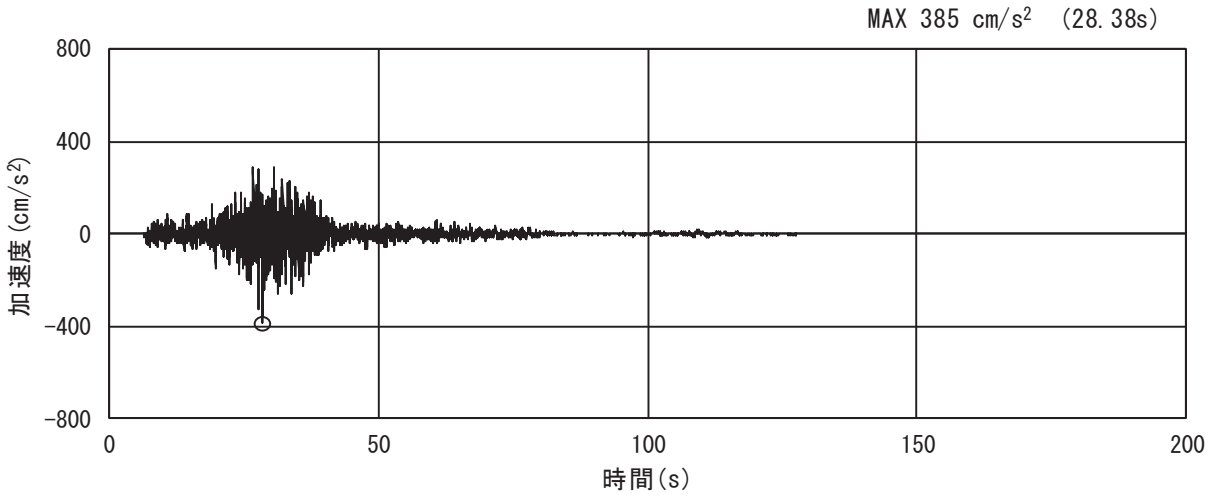


(a) 加速度時刻歴波形

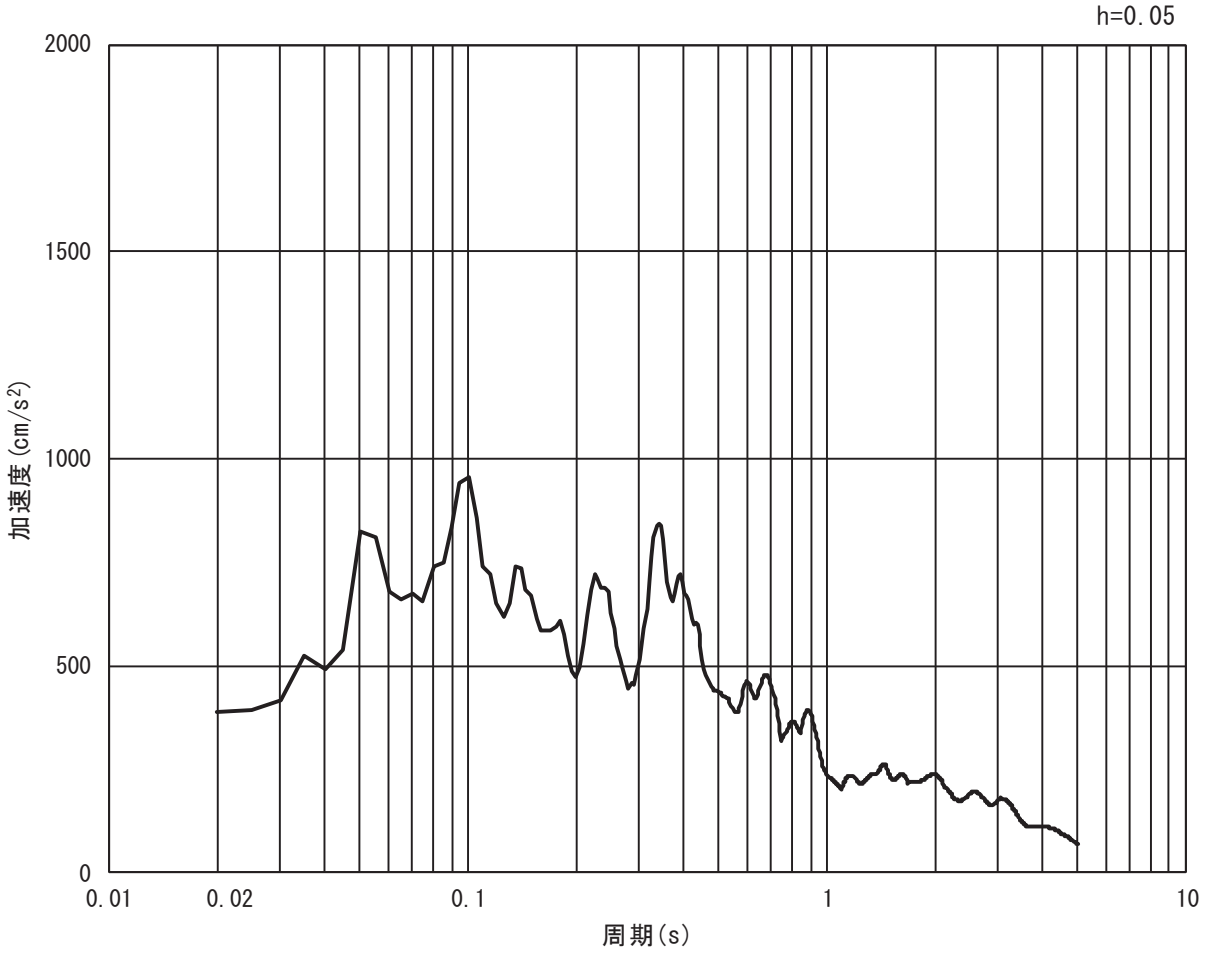


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

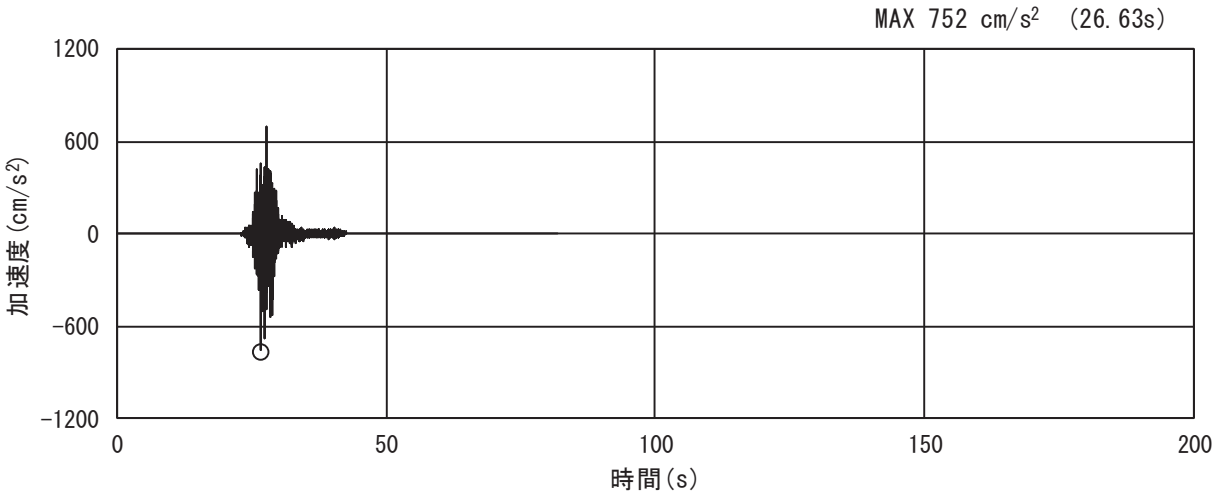


(a) 加速度時刻歴波形

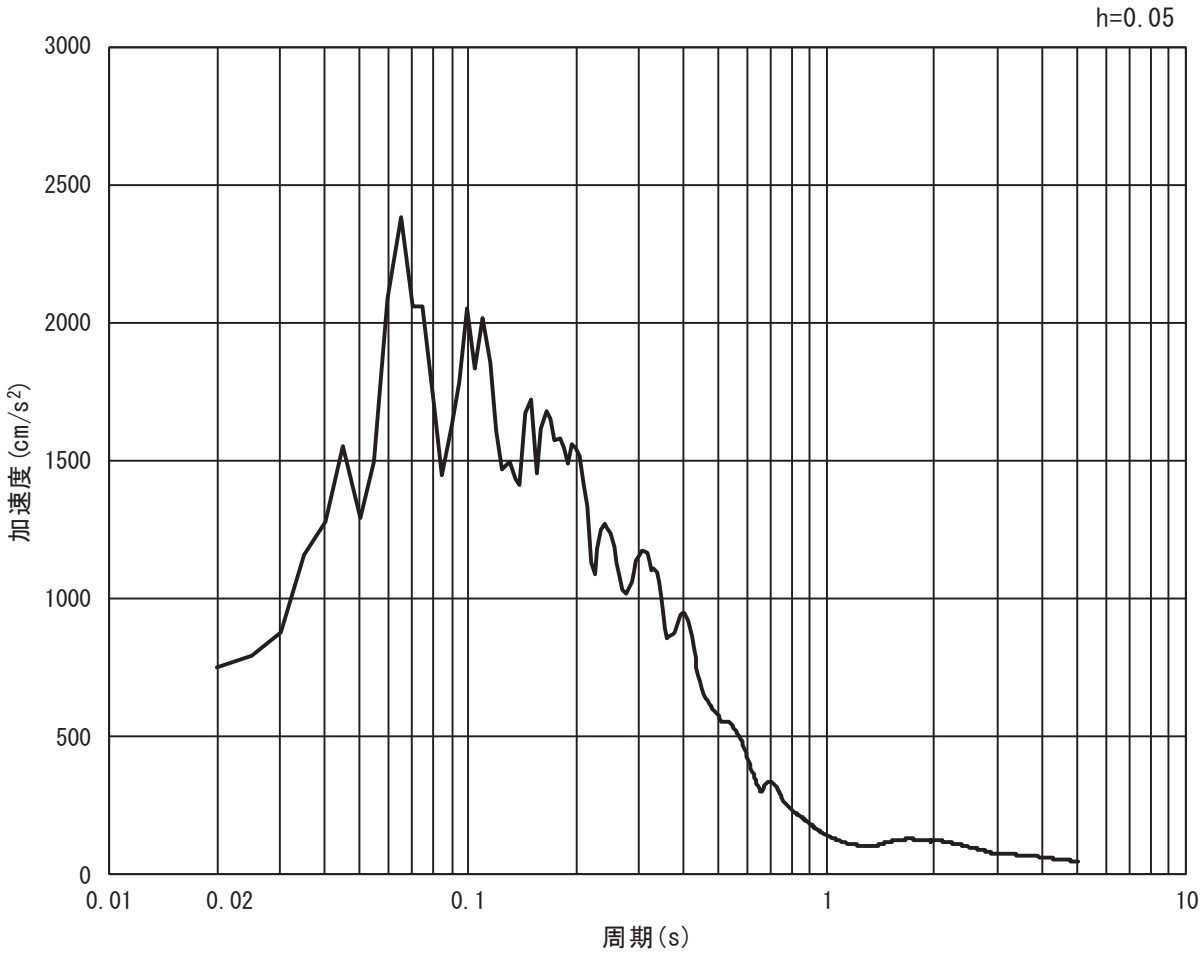


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

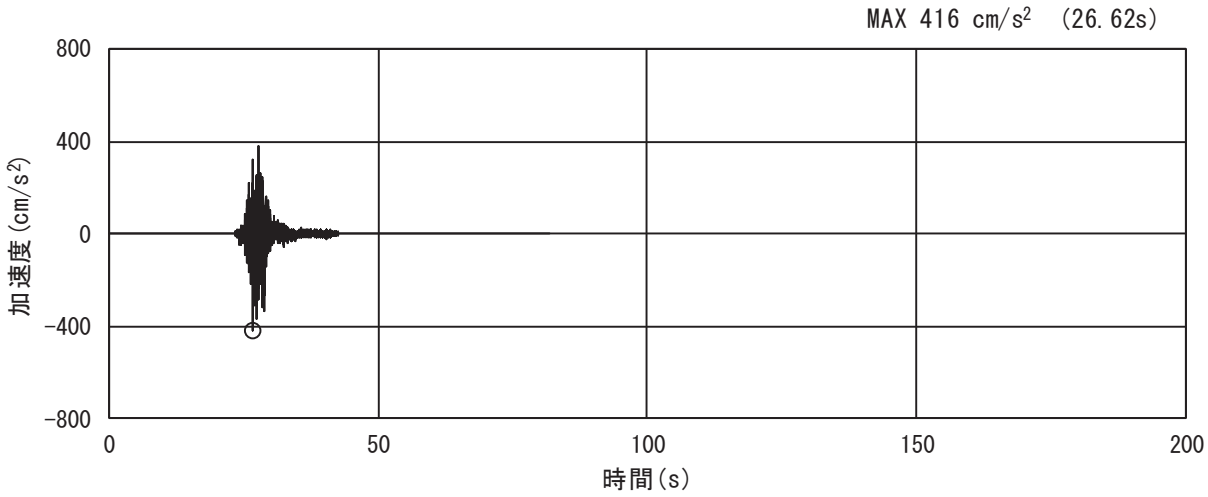


(a) 加速度時刻歴波形

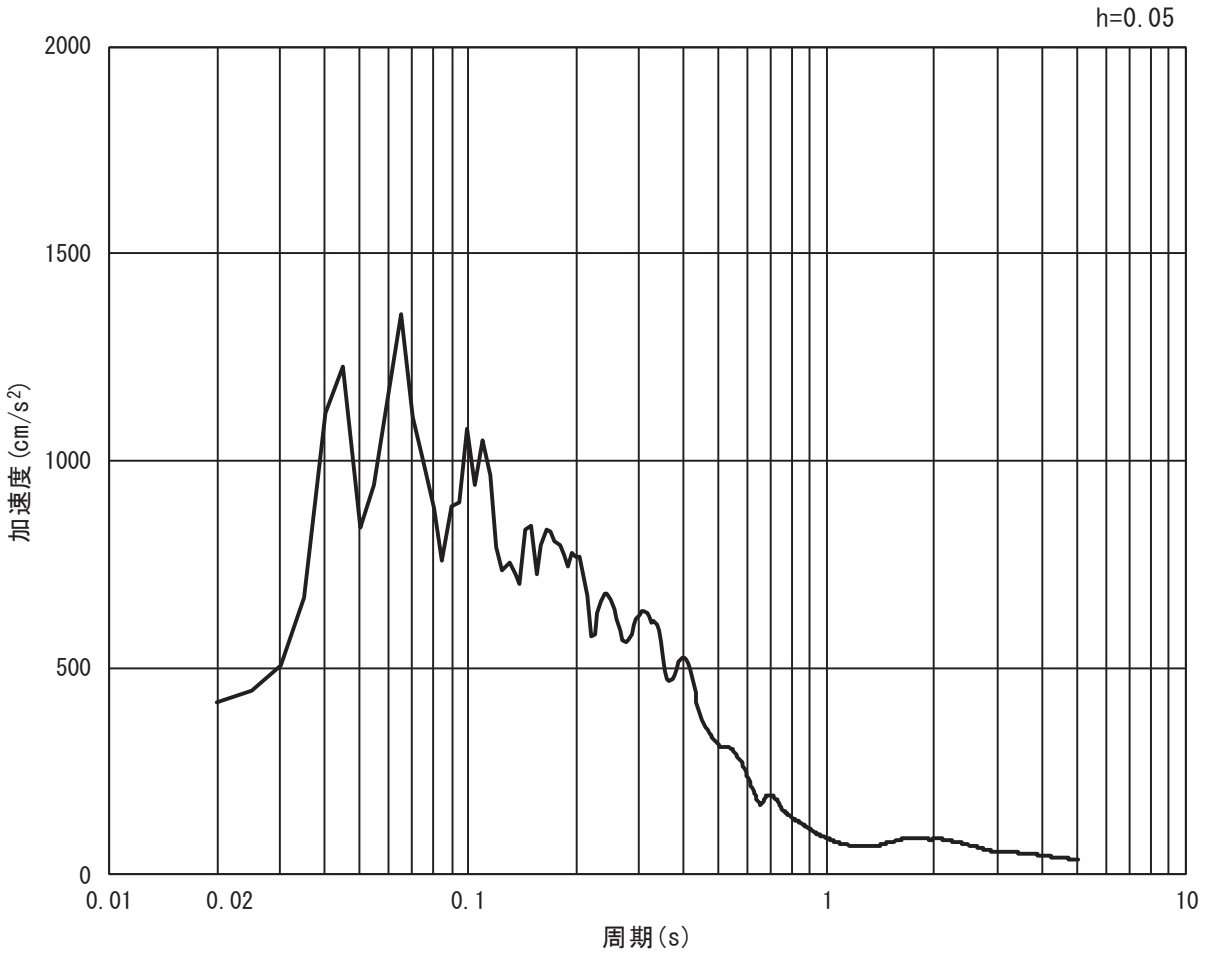


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

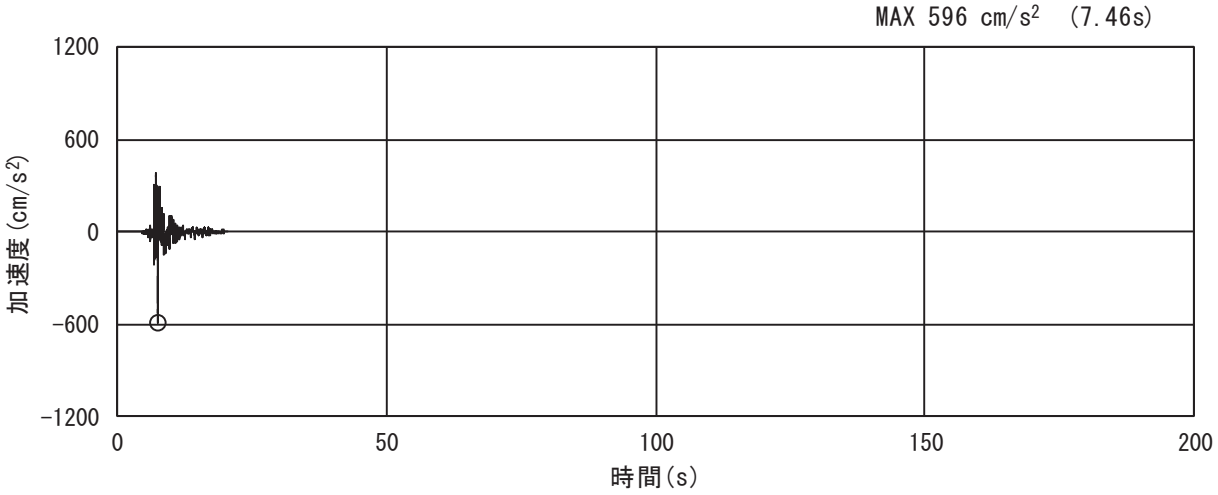


(a) 加速度時刻歴波形

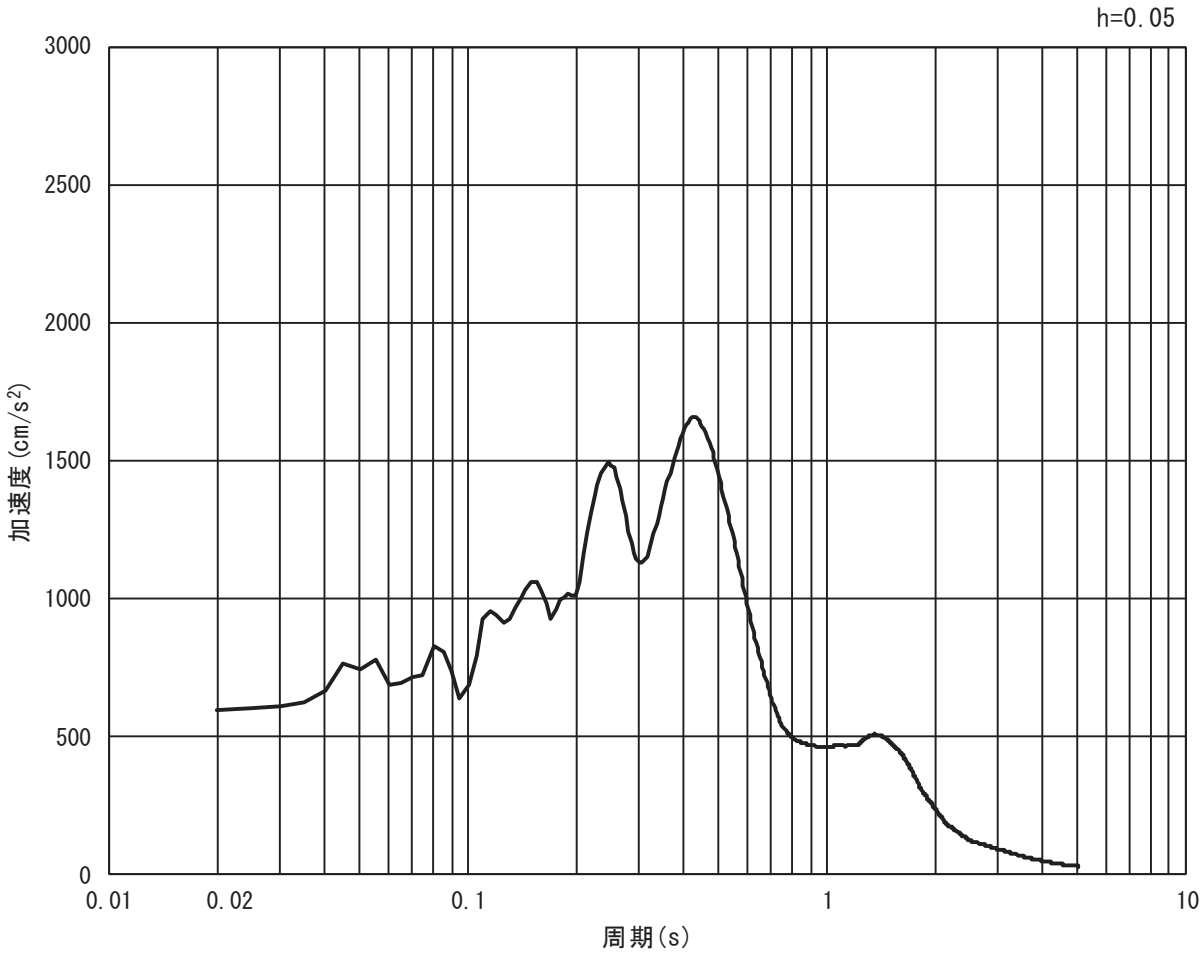


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

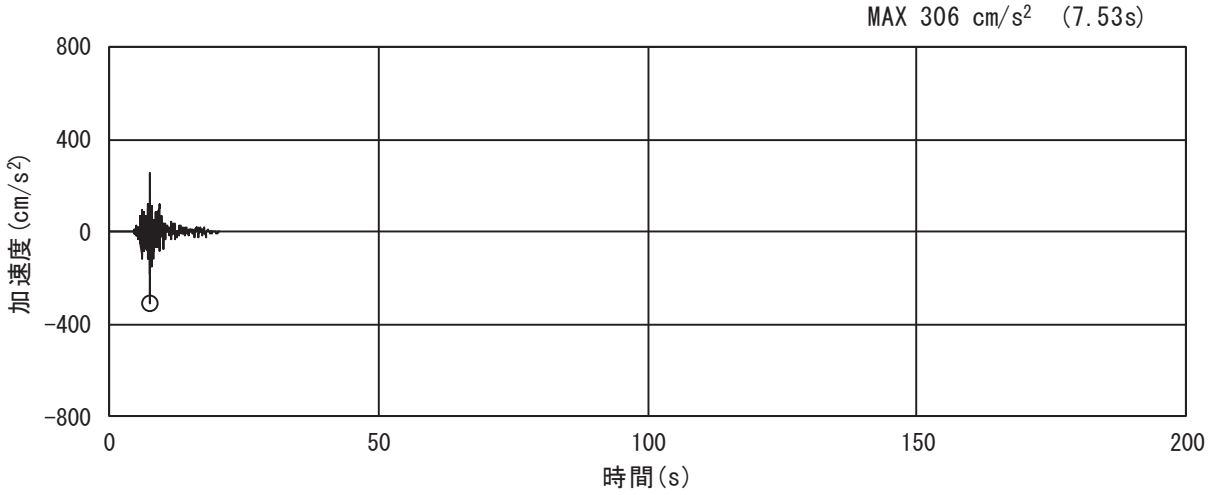


(a) 加速度時刻歴波形

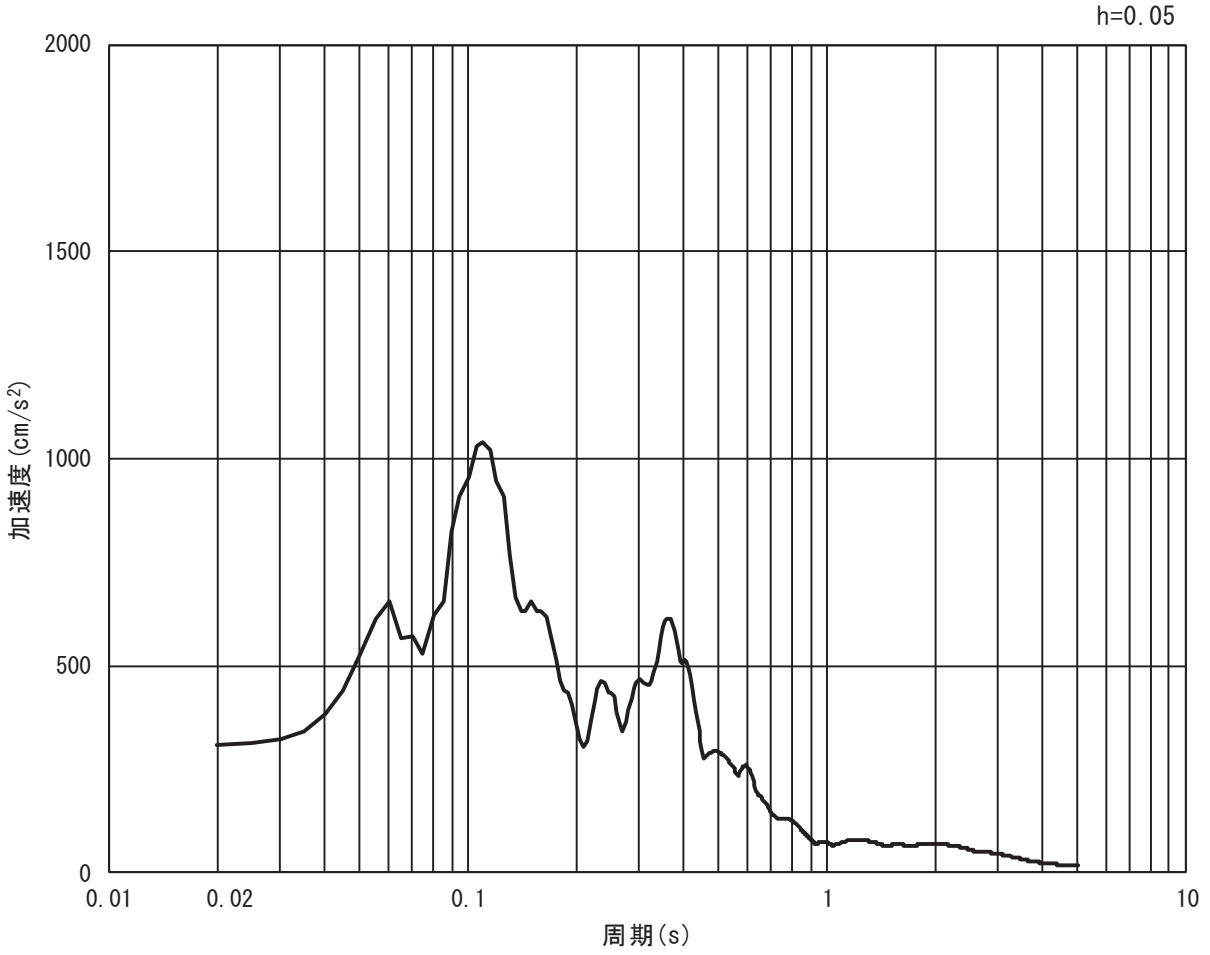


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



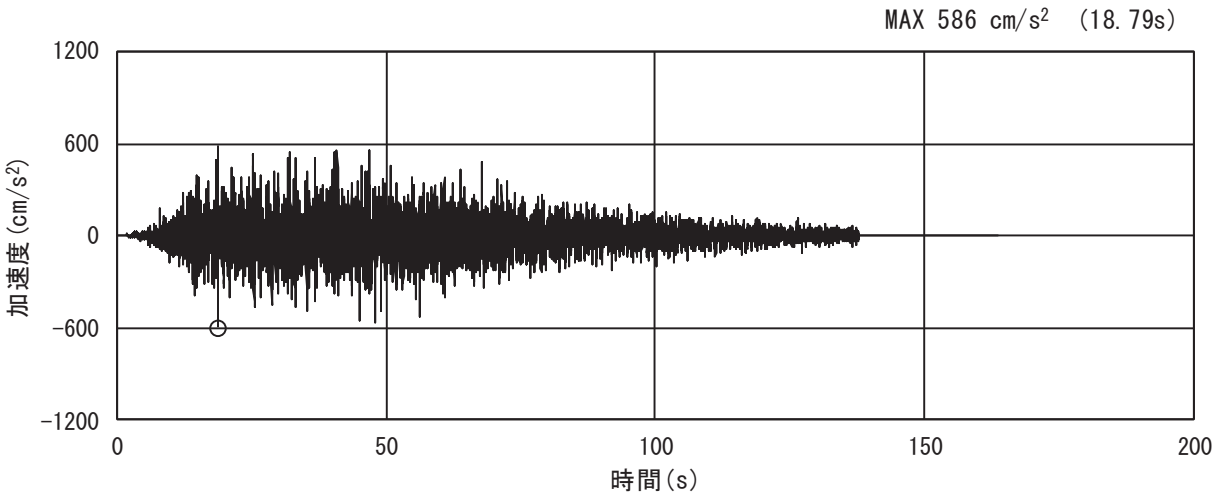
(a) 加速度時刻歴波形



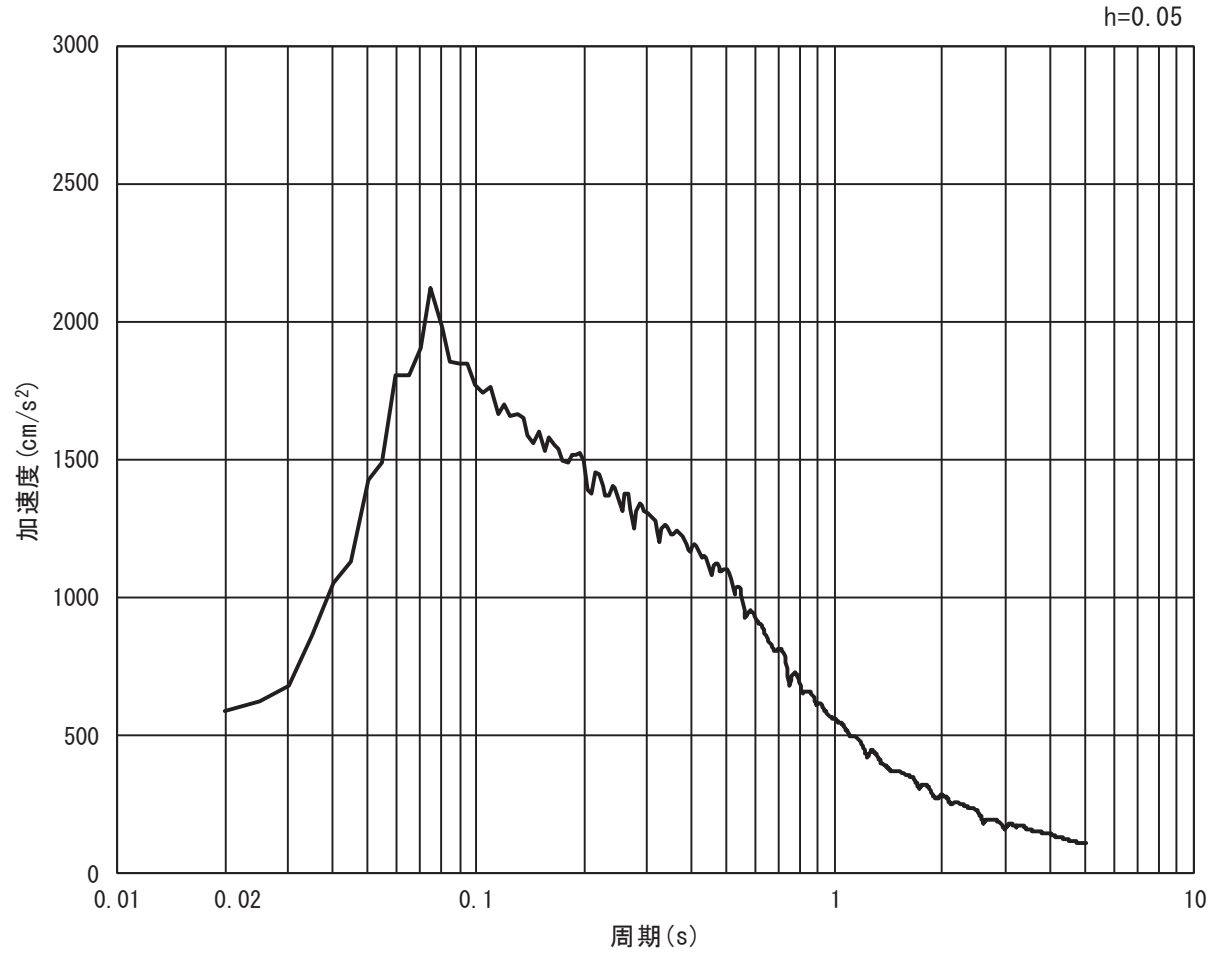
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

(2)　断面⑥



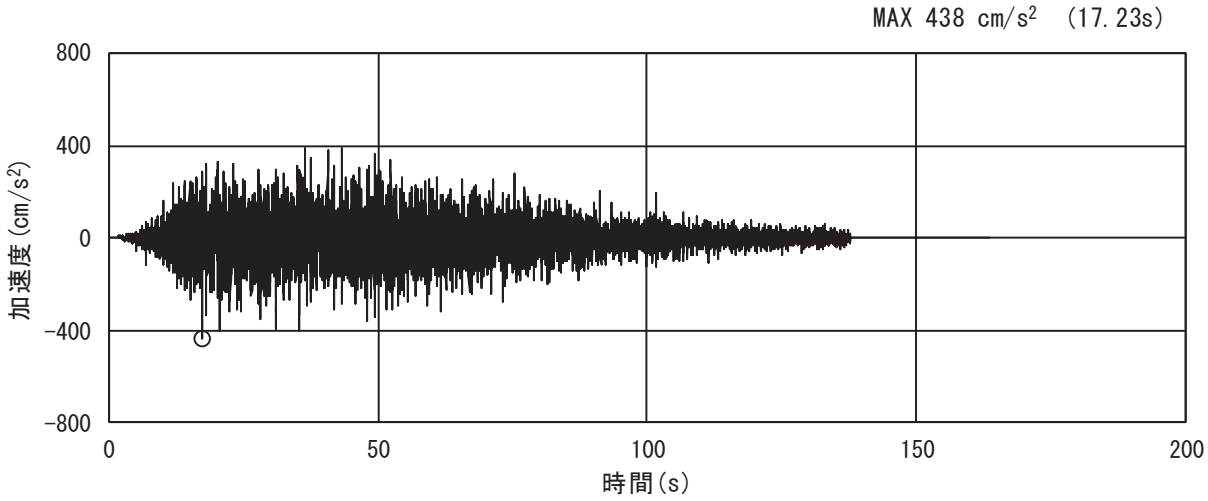
(a) 加速度時刻歴波形



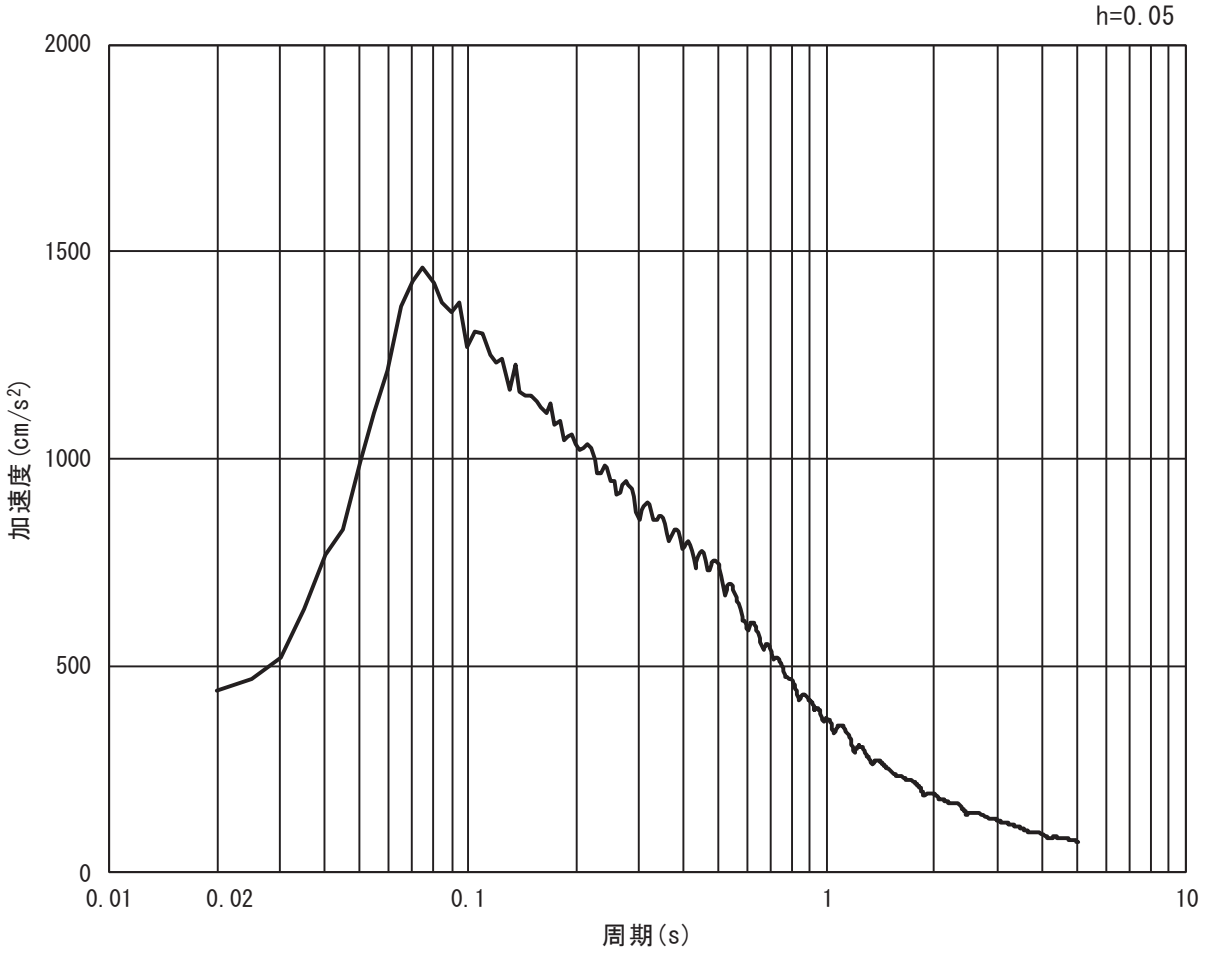
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

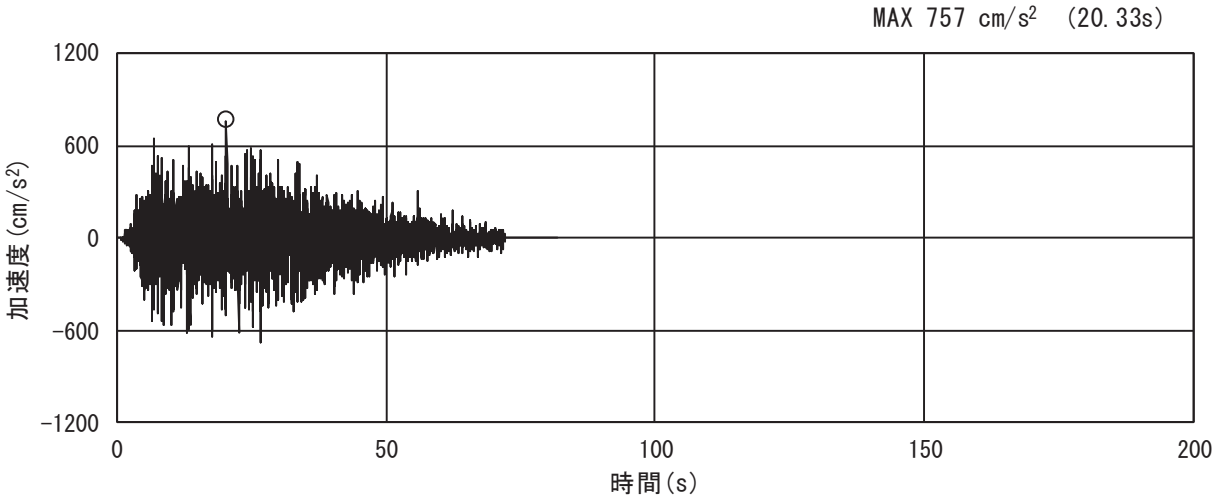


(a) 加速度時刻歴波形

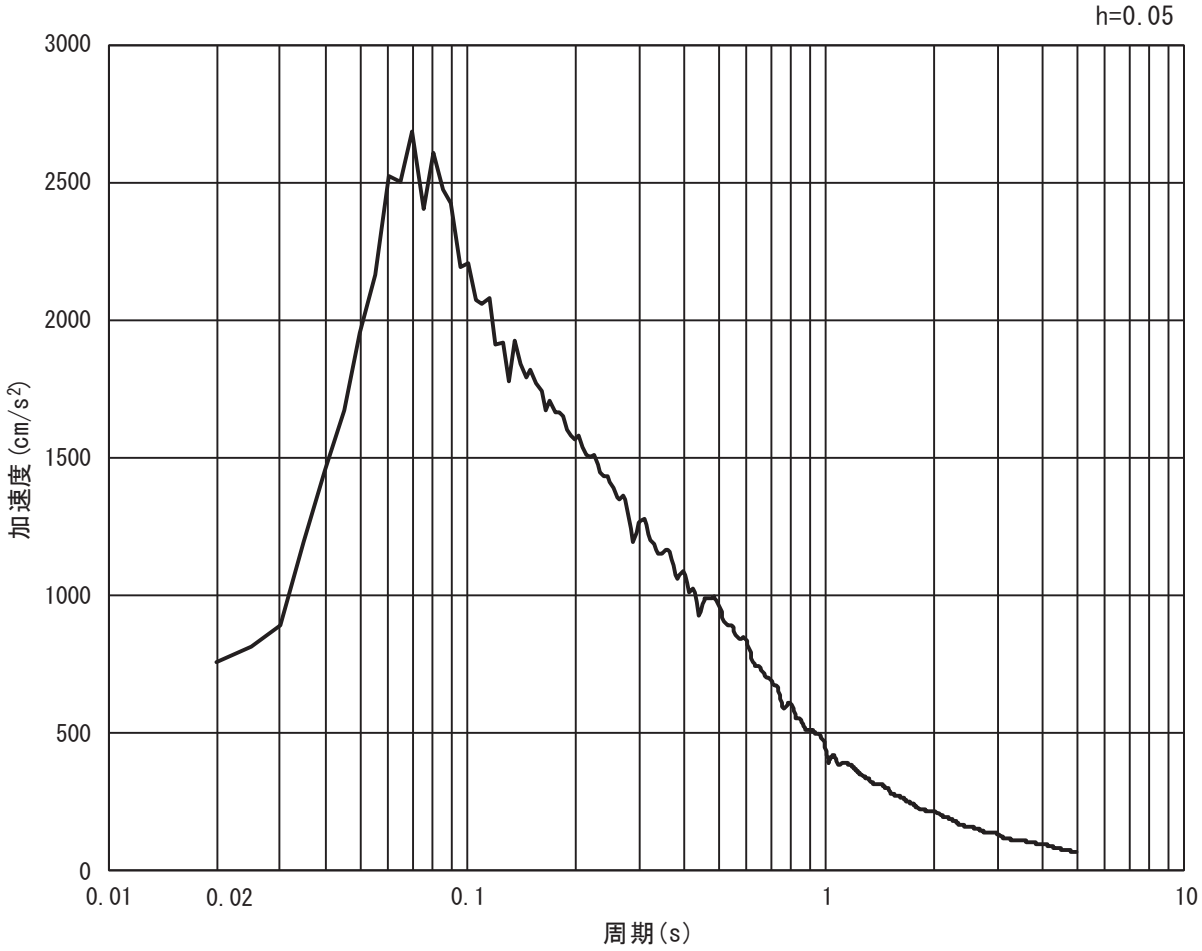


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

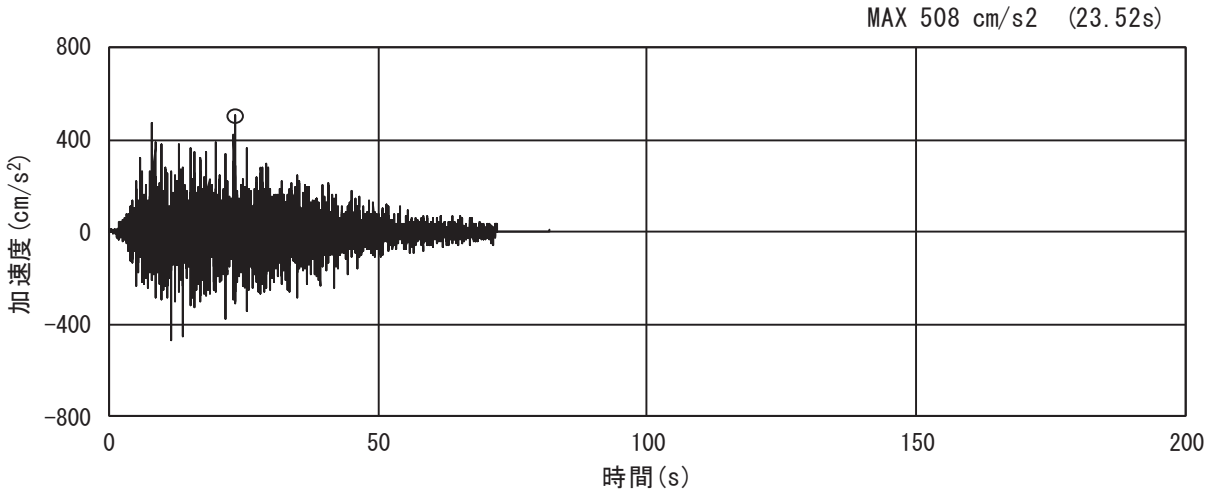


(a) 加速度時刻歴波形

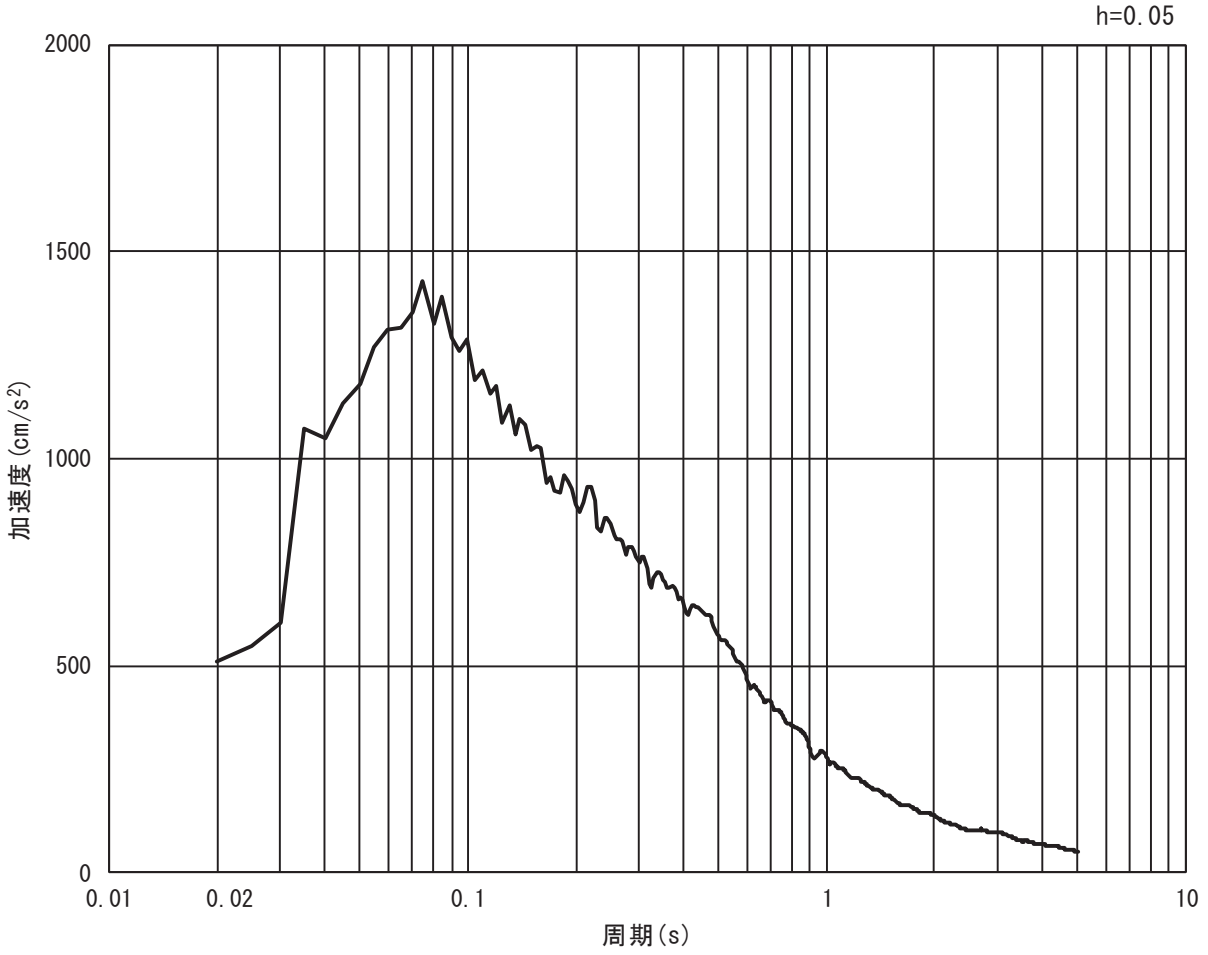


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

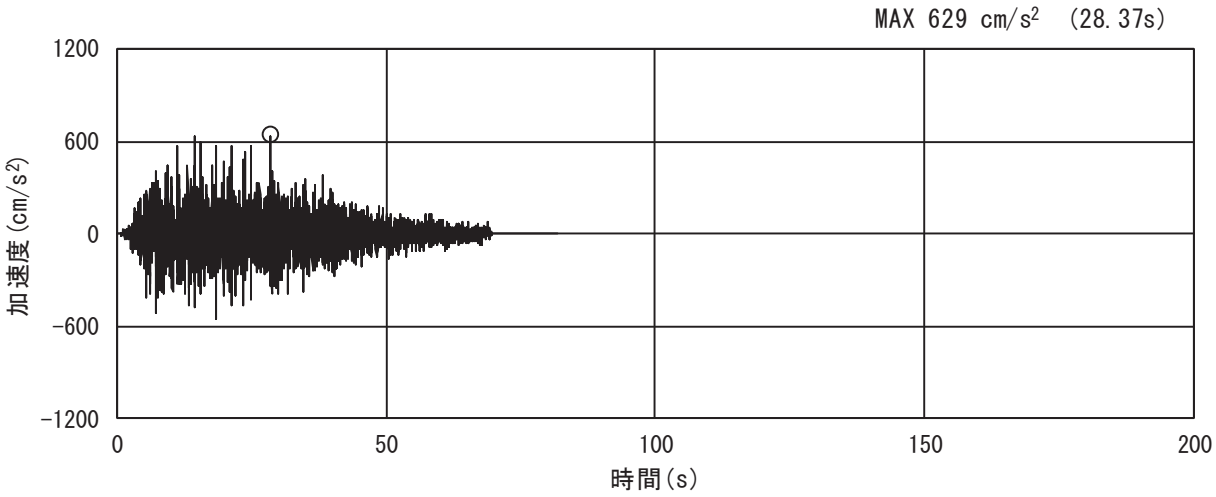


(a) 加速度時刻歴波形

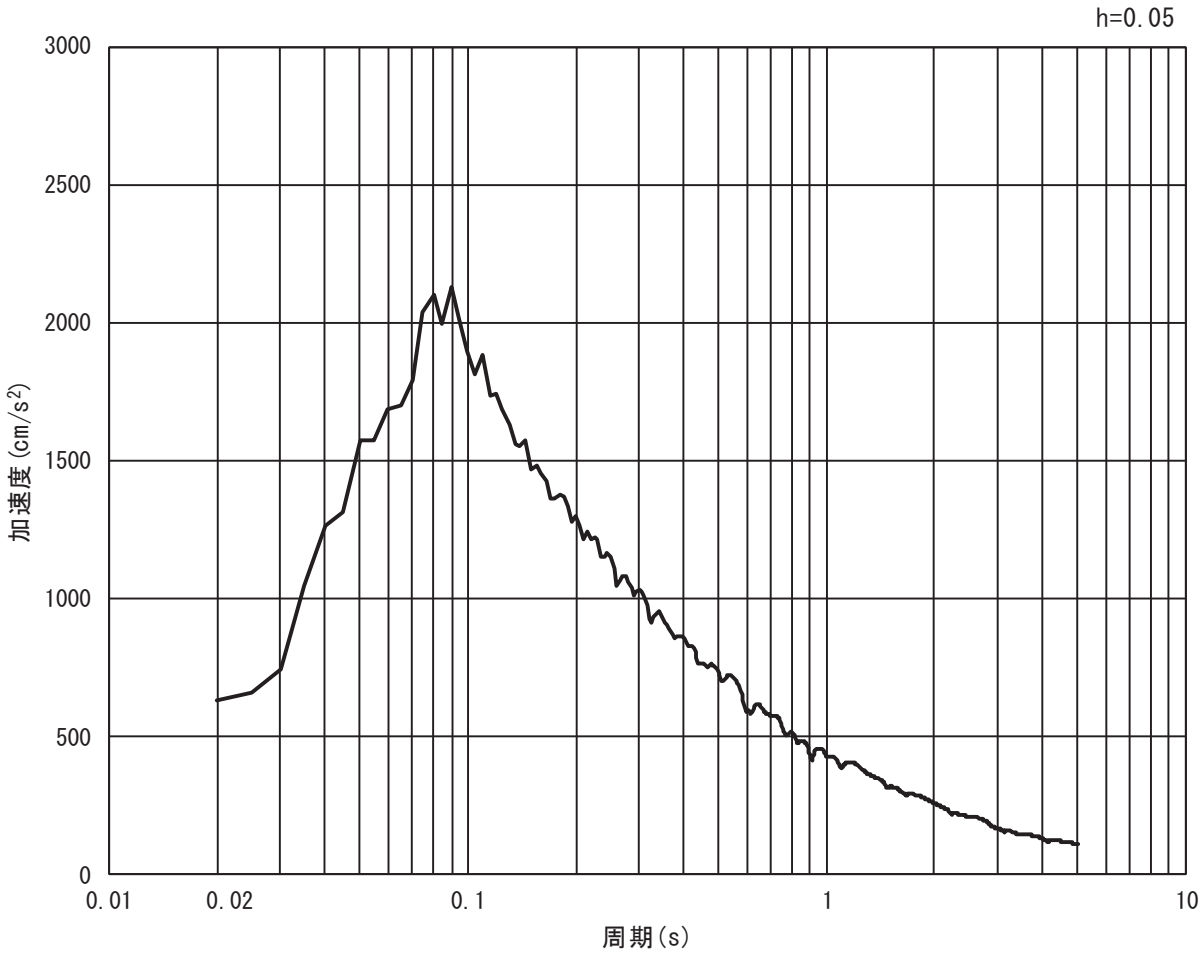


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

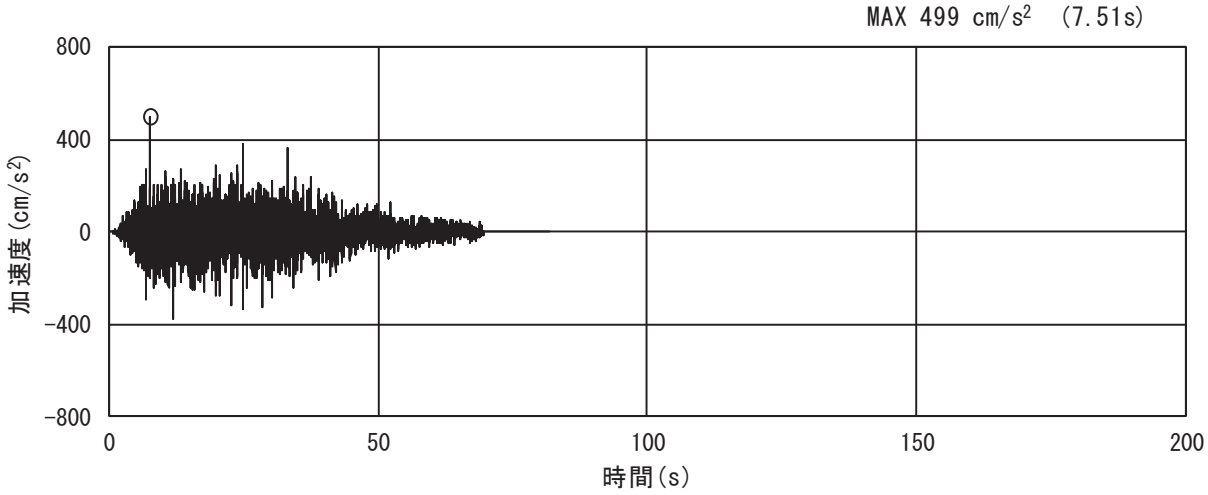


(a) 加速度時刻歴波形

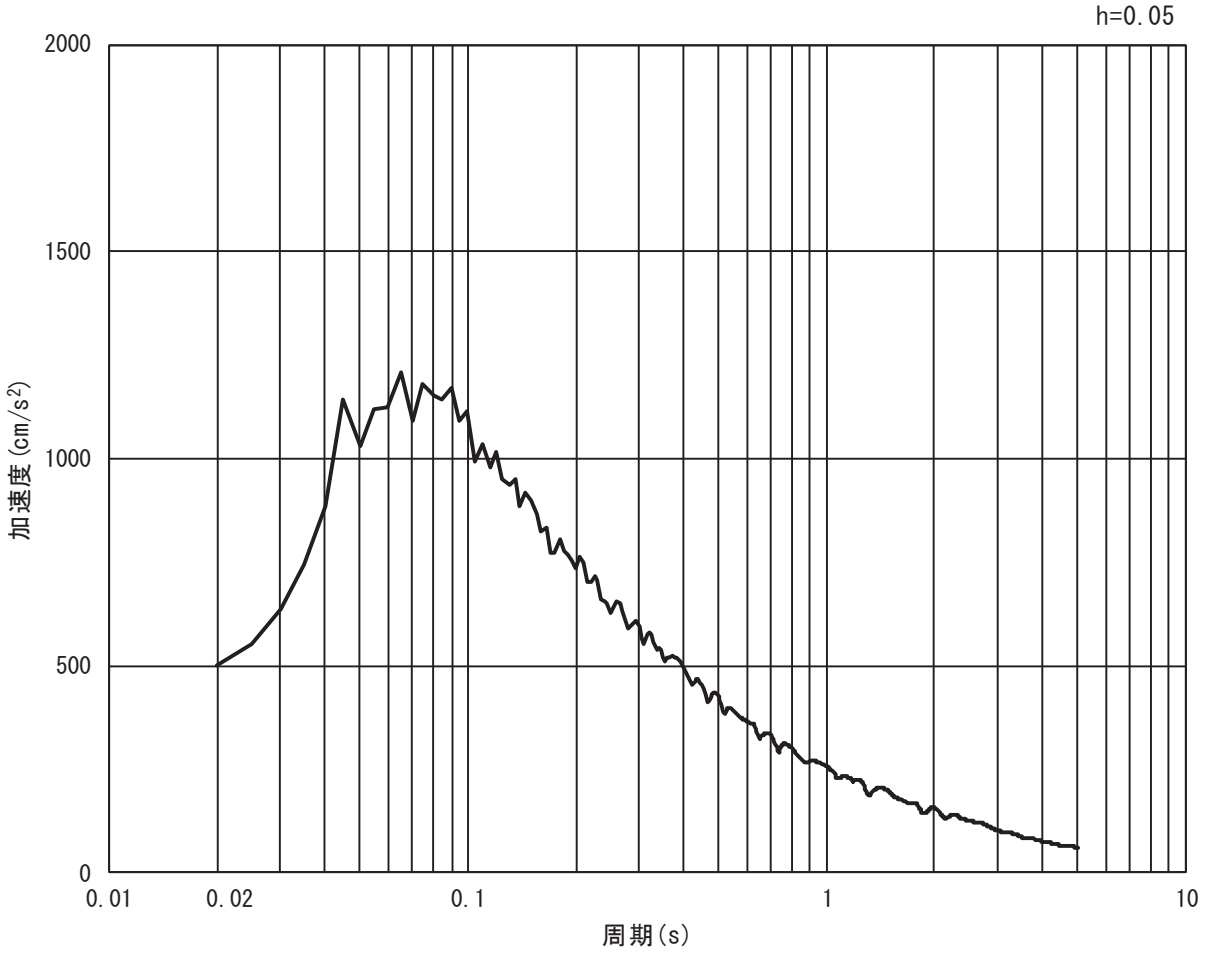


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

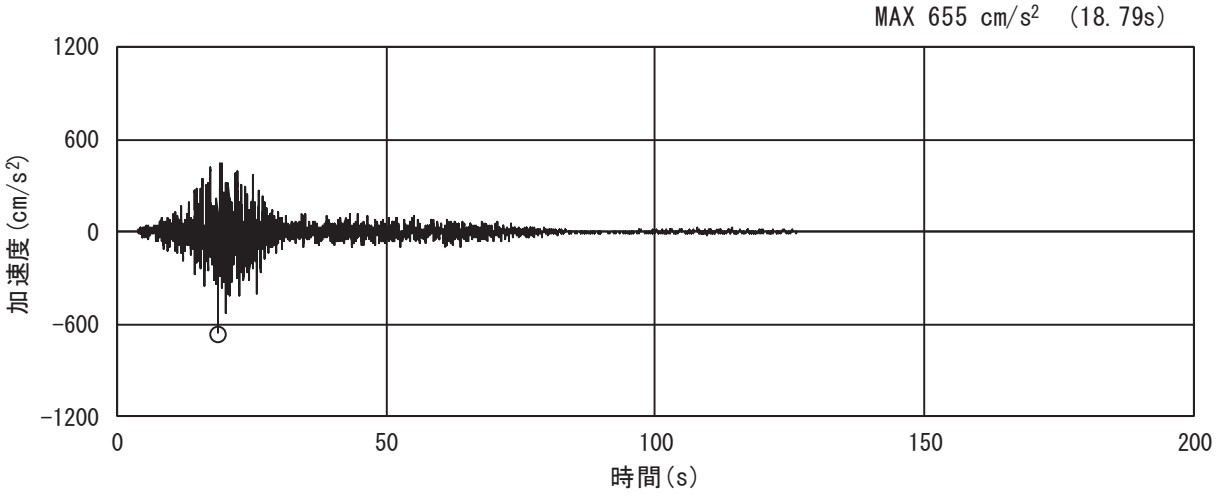


(a) 加速度時刻歴波形

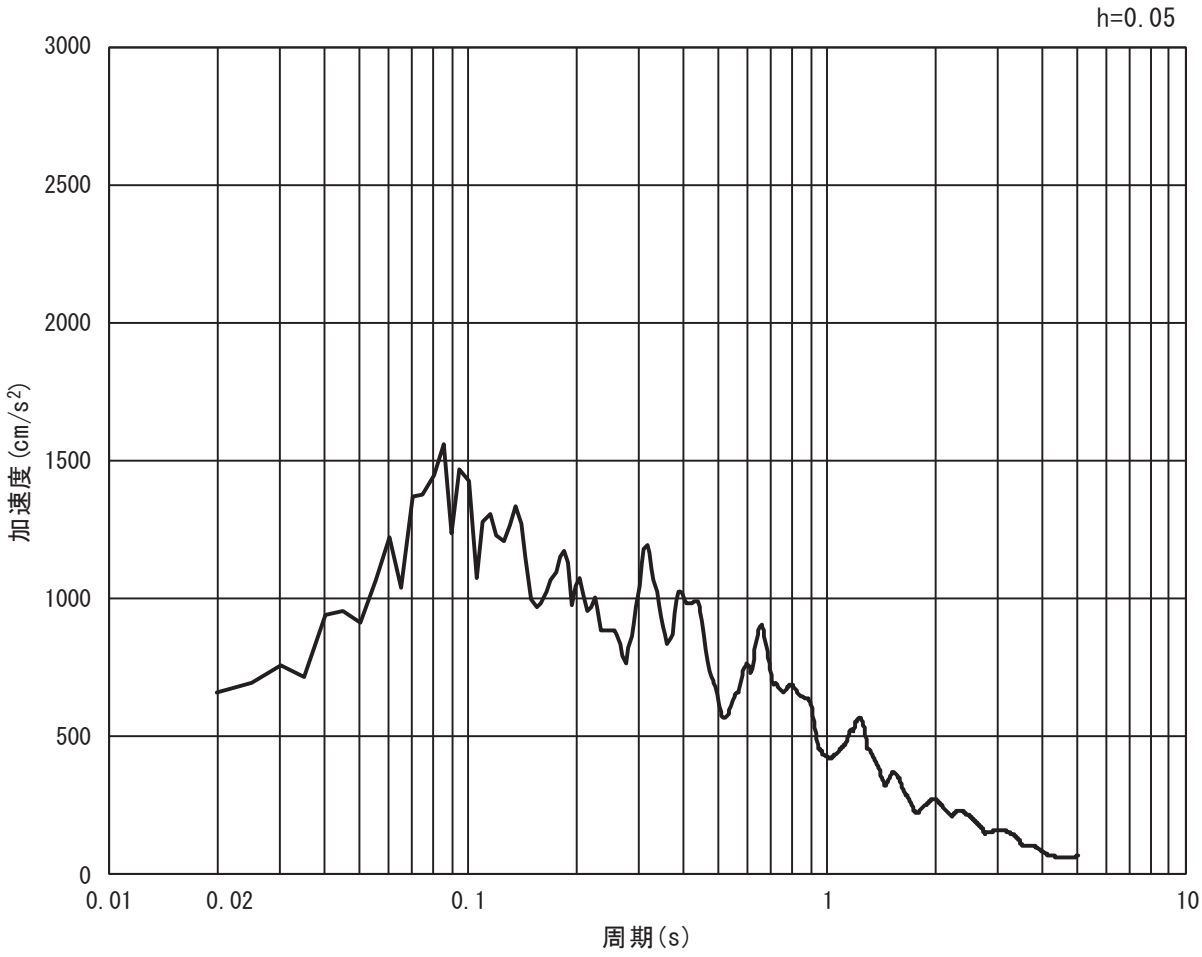


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

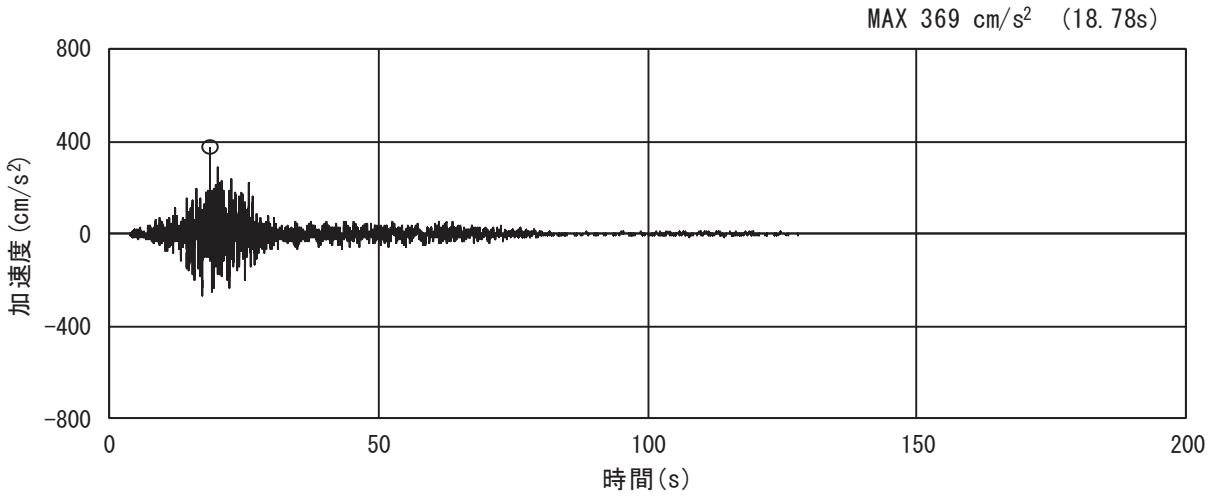


(a) 加速度時刻歴波形

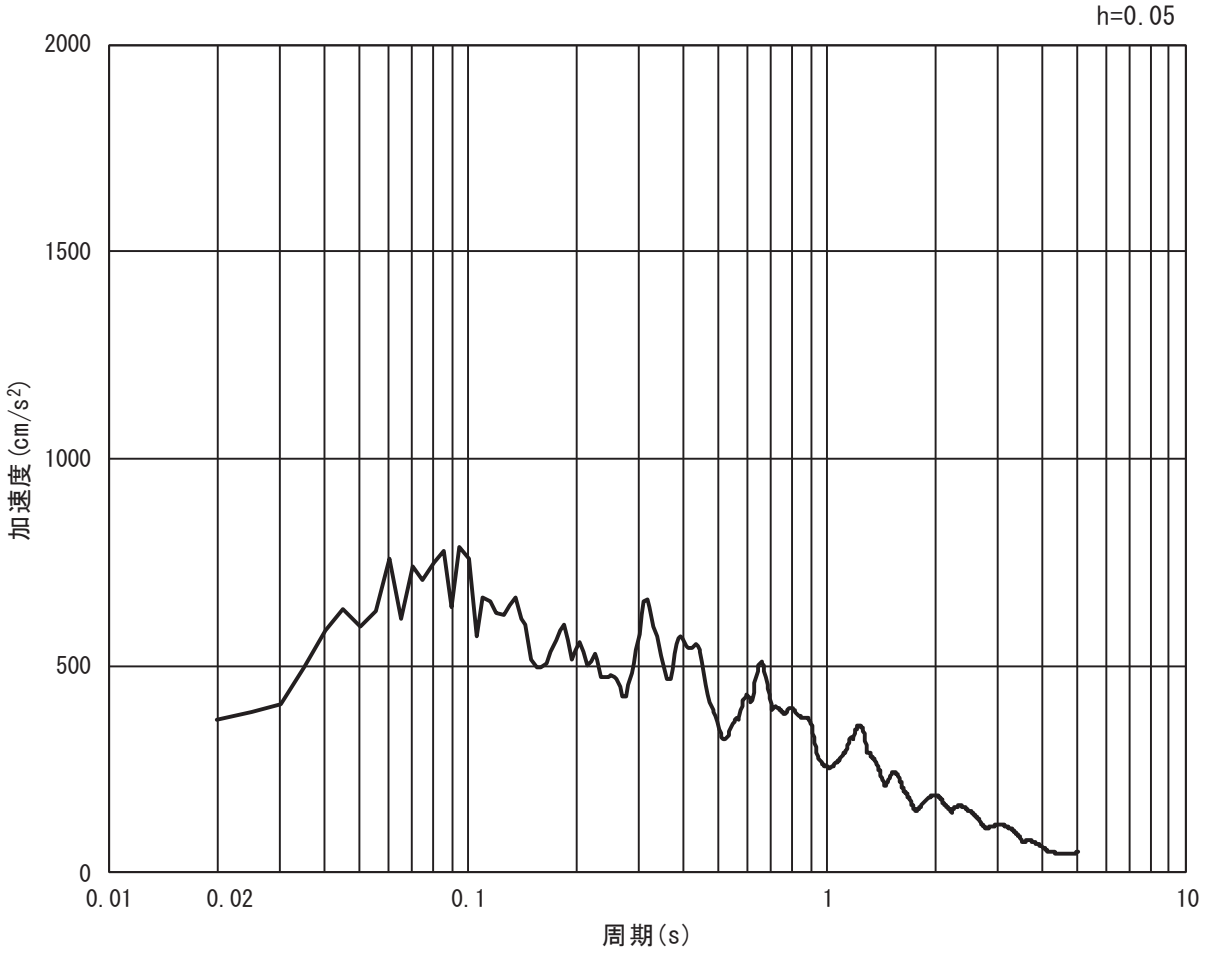


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

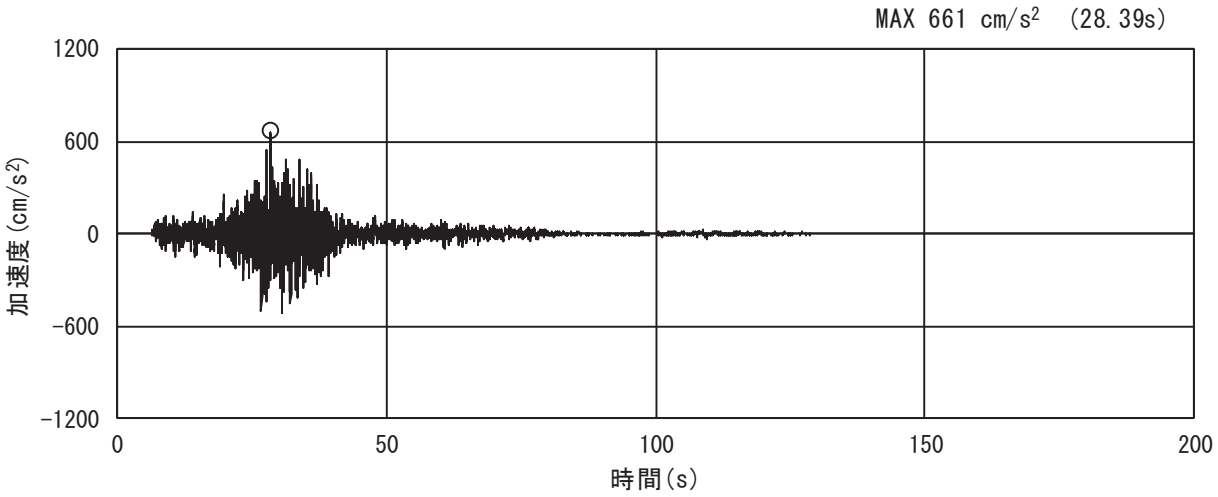


(a) 加速度時刻歴波形

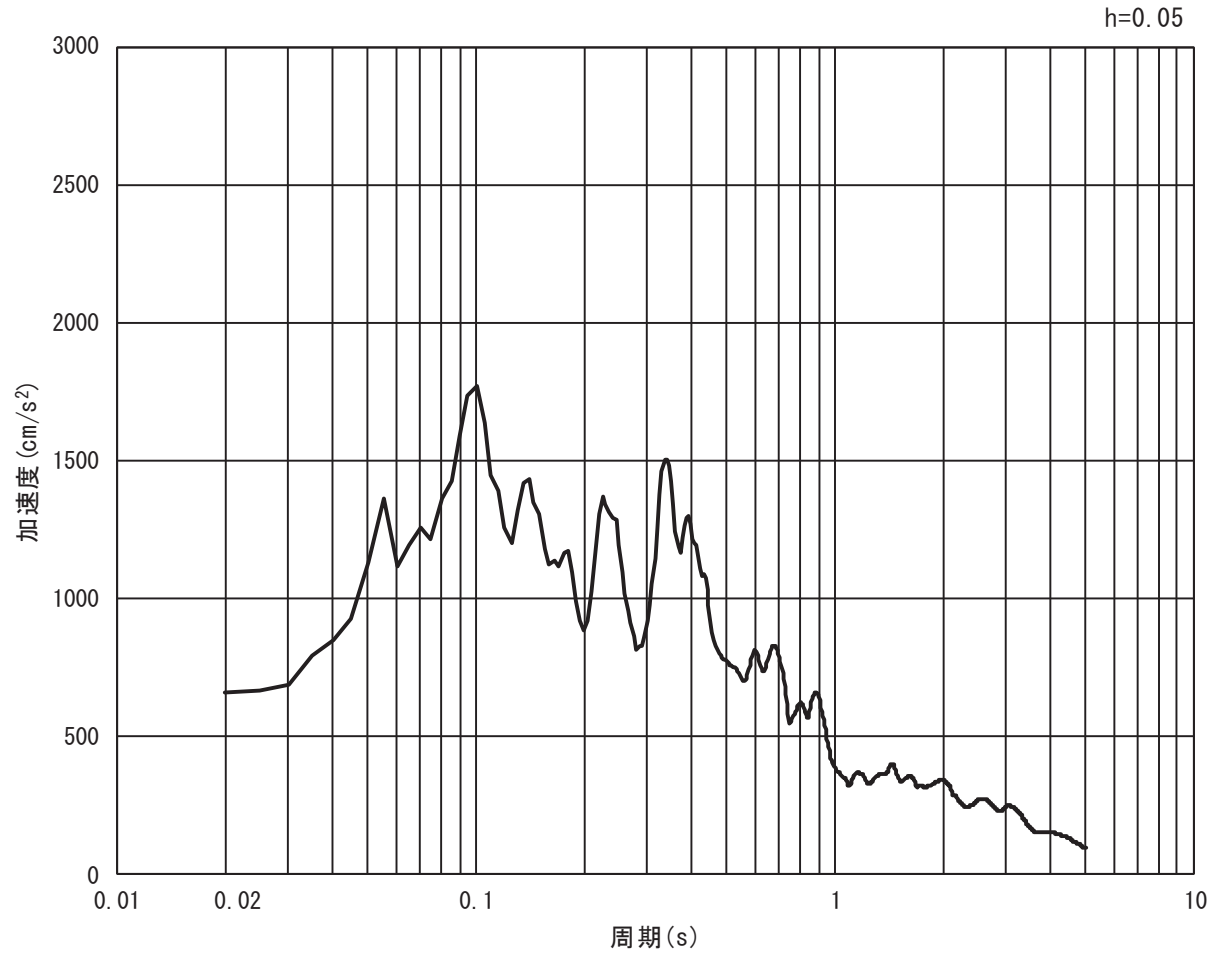


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

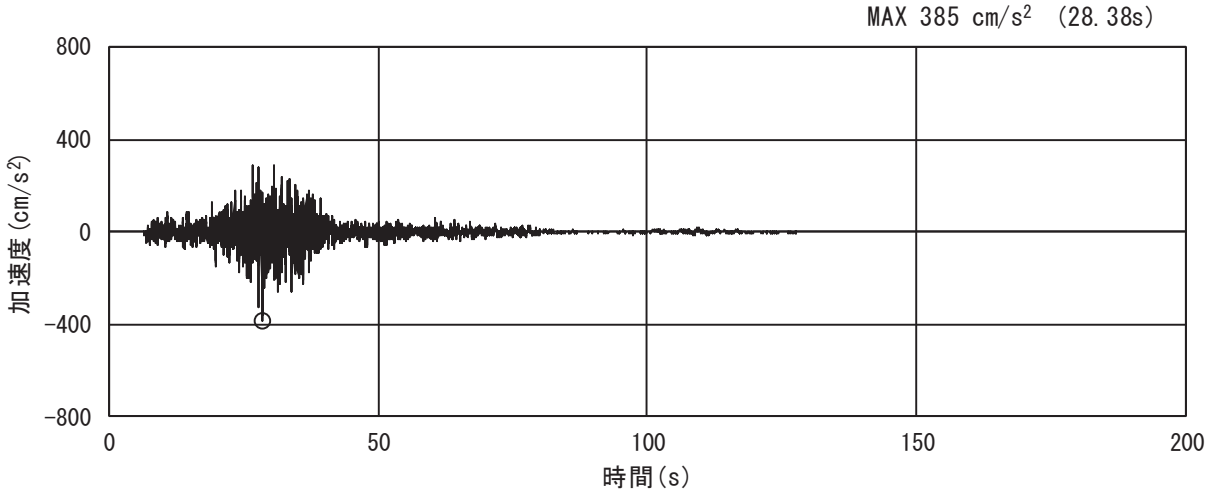


(a) 加速度時刻歴波形

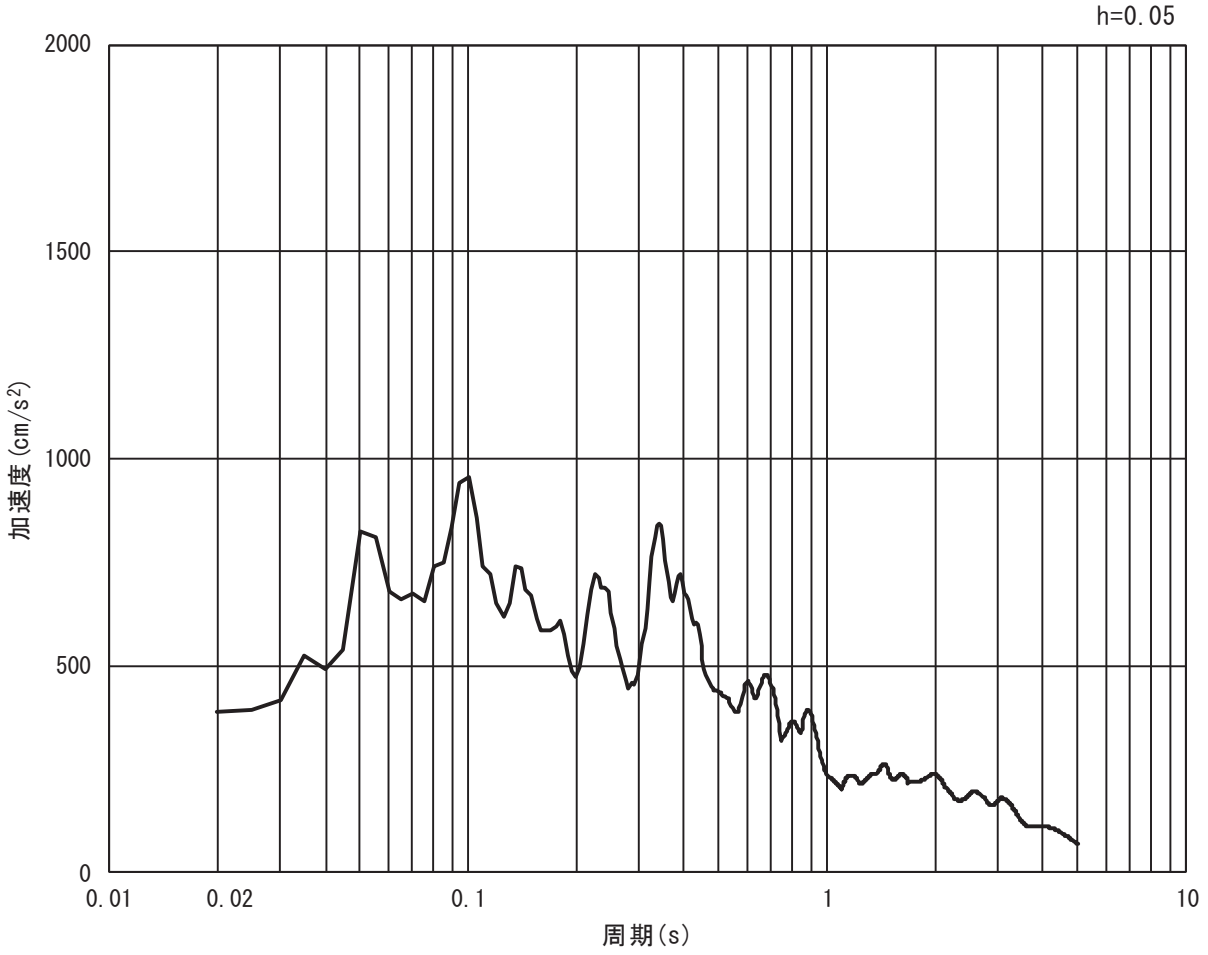


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

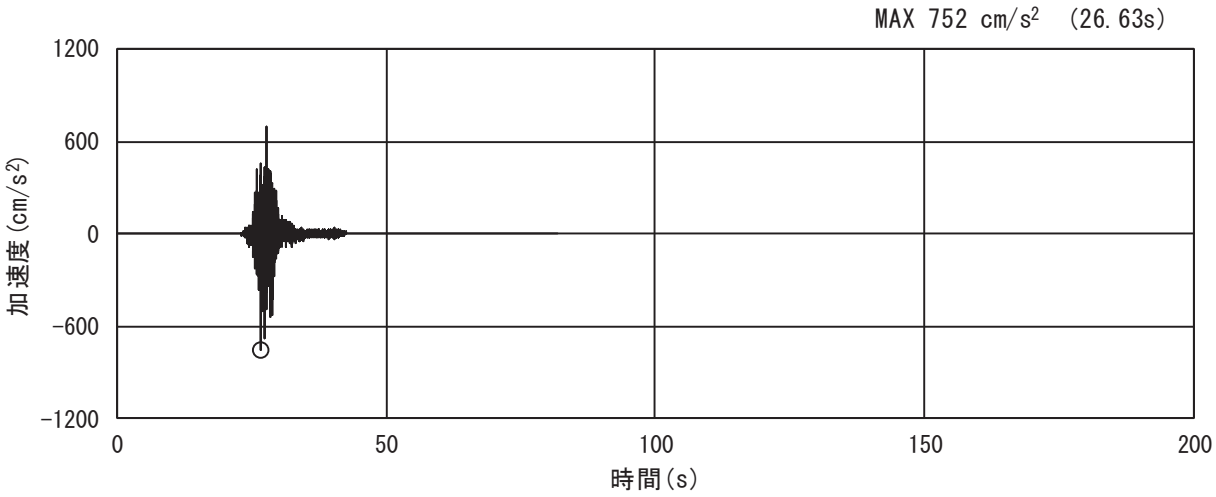


(a) 加速度時刻歴波形

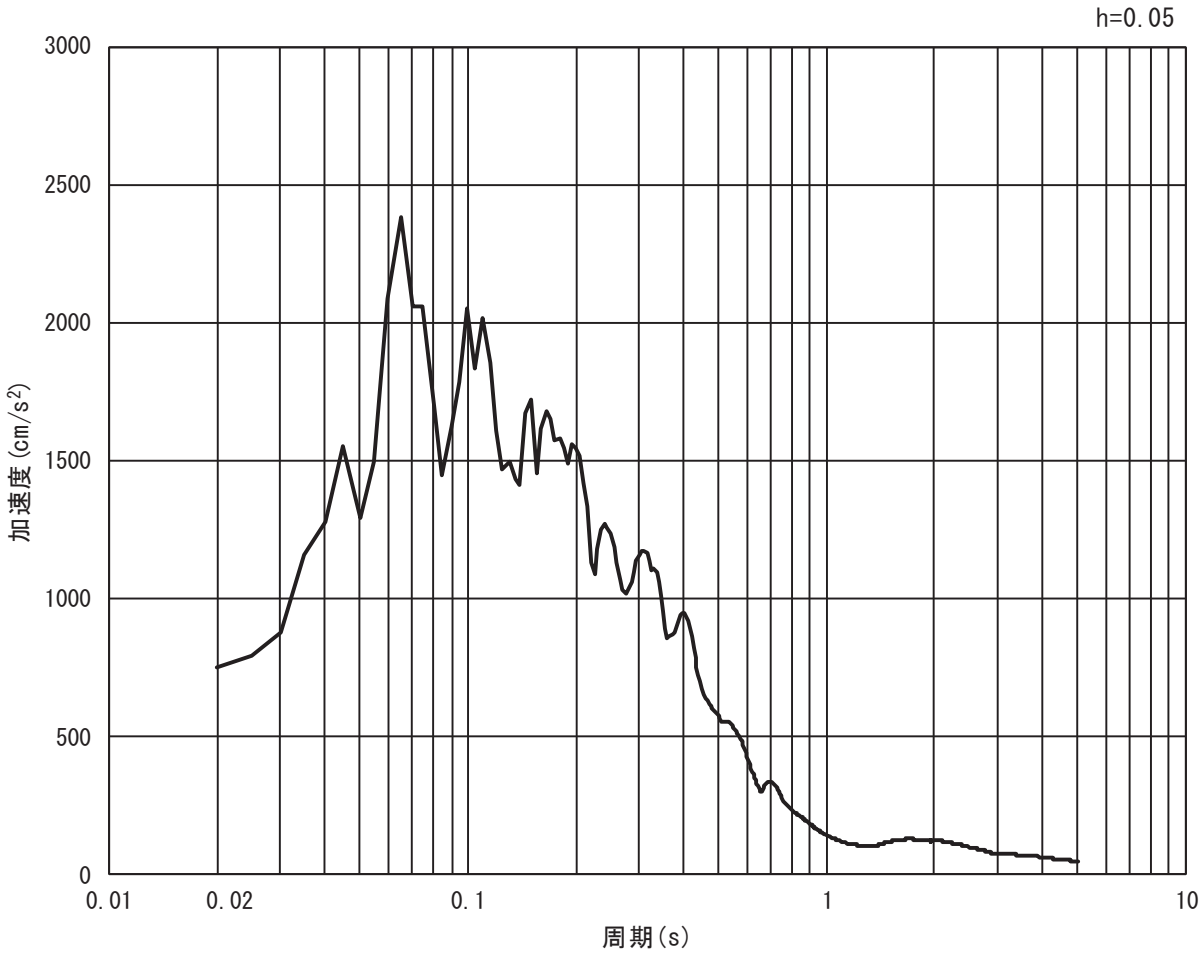


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

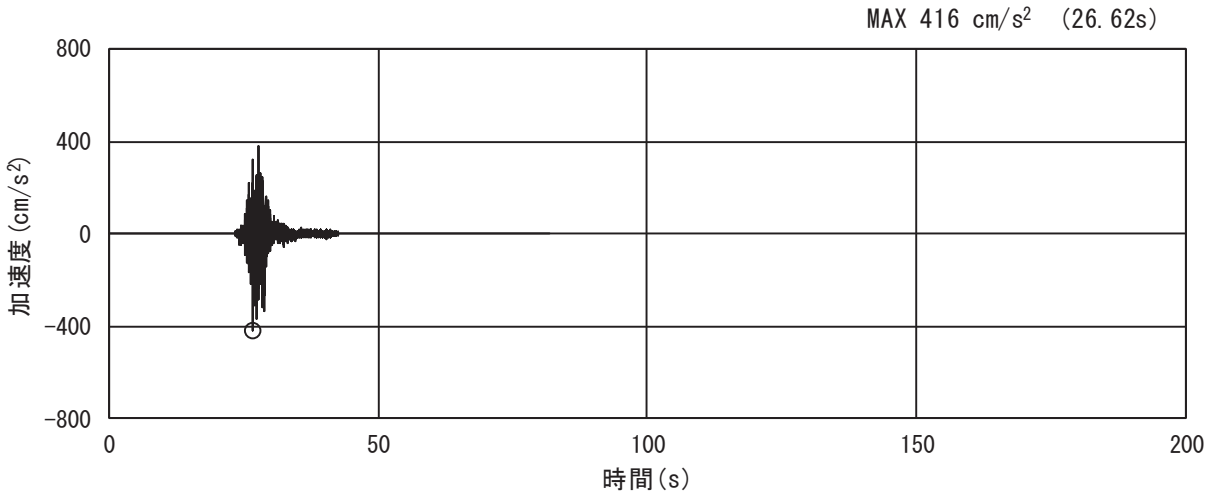


(a) 加速度時刻歴波形

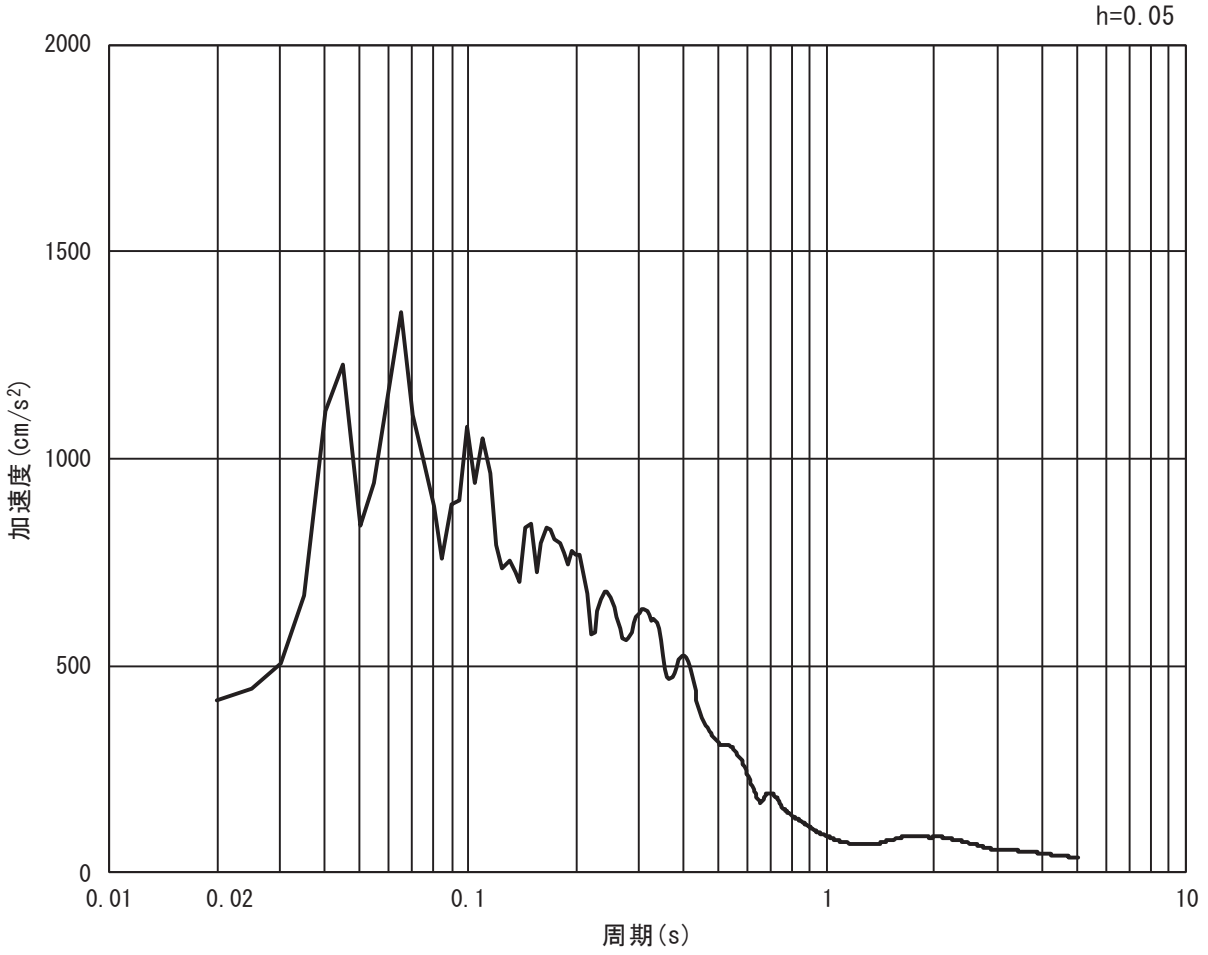


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

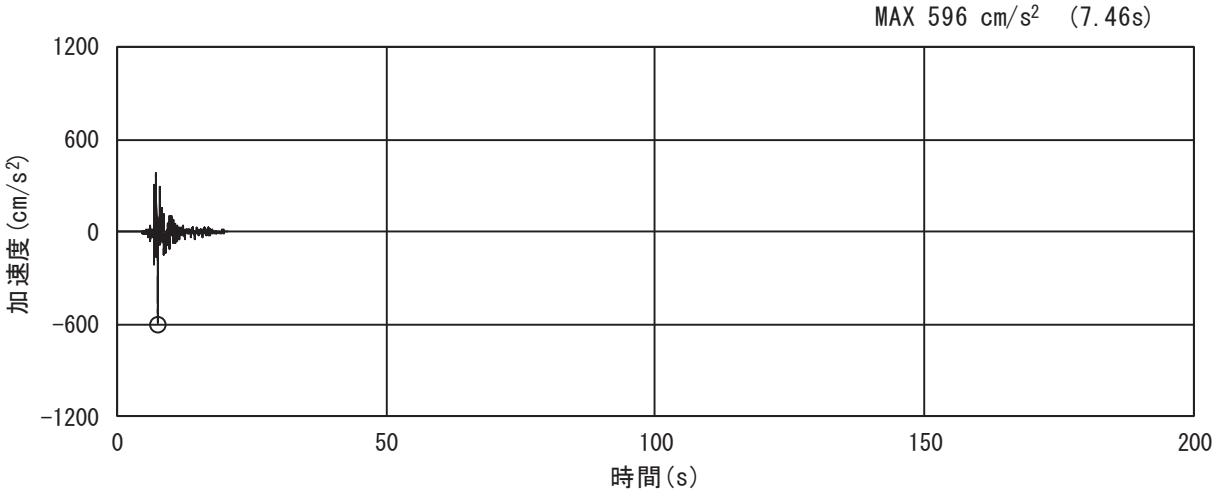


(a) 加速度時刻歴波形

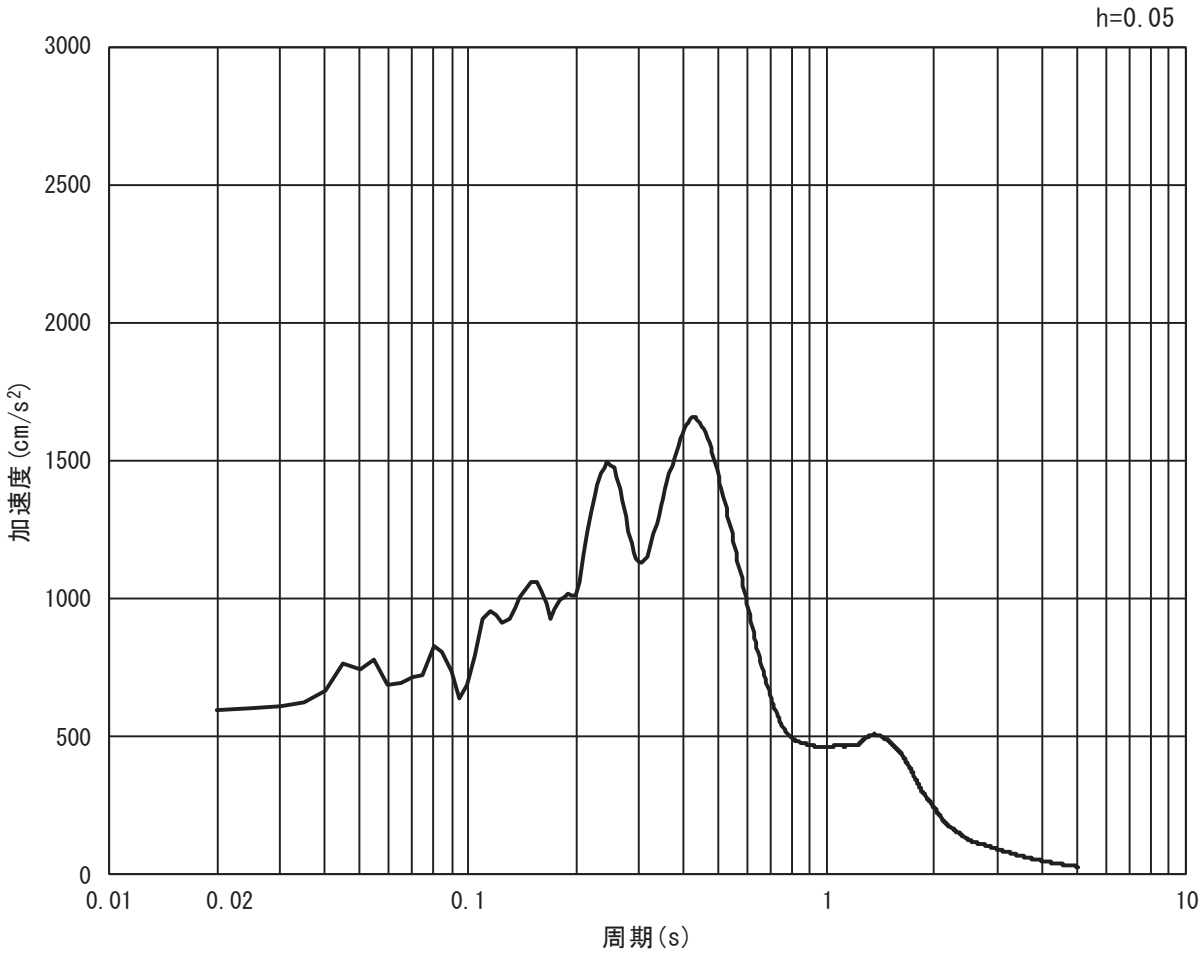


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

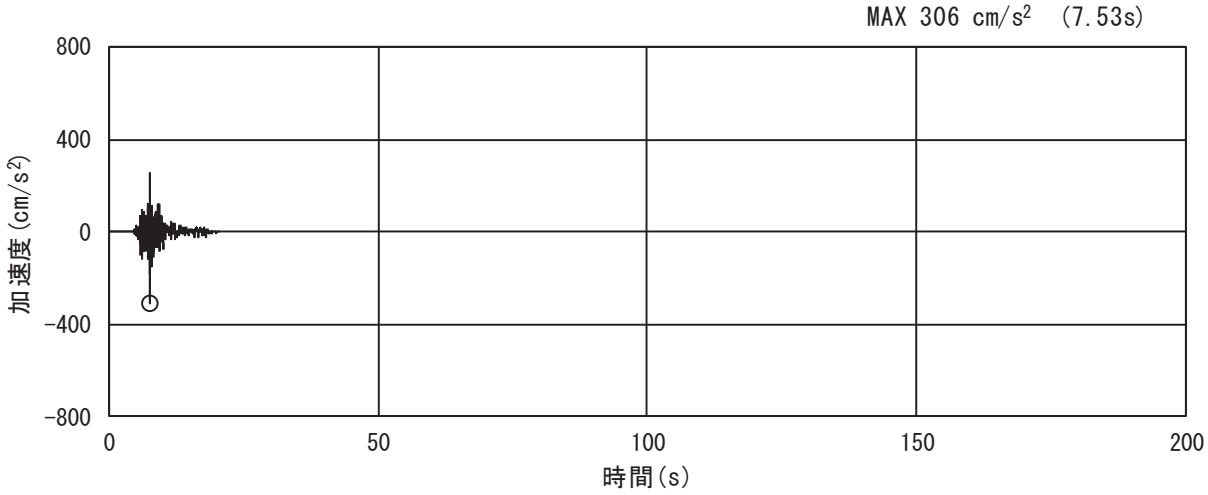


(a) 加速度時刻歴波形

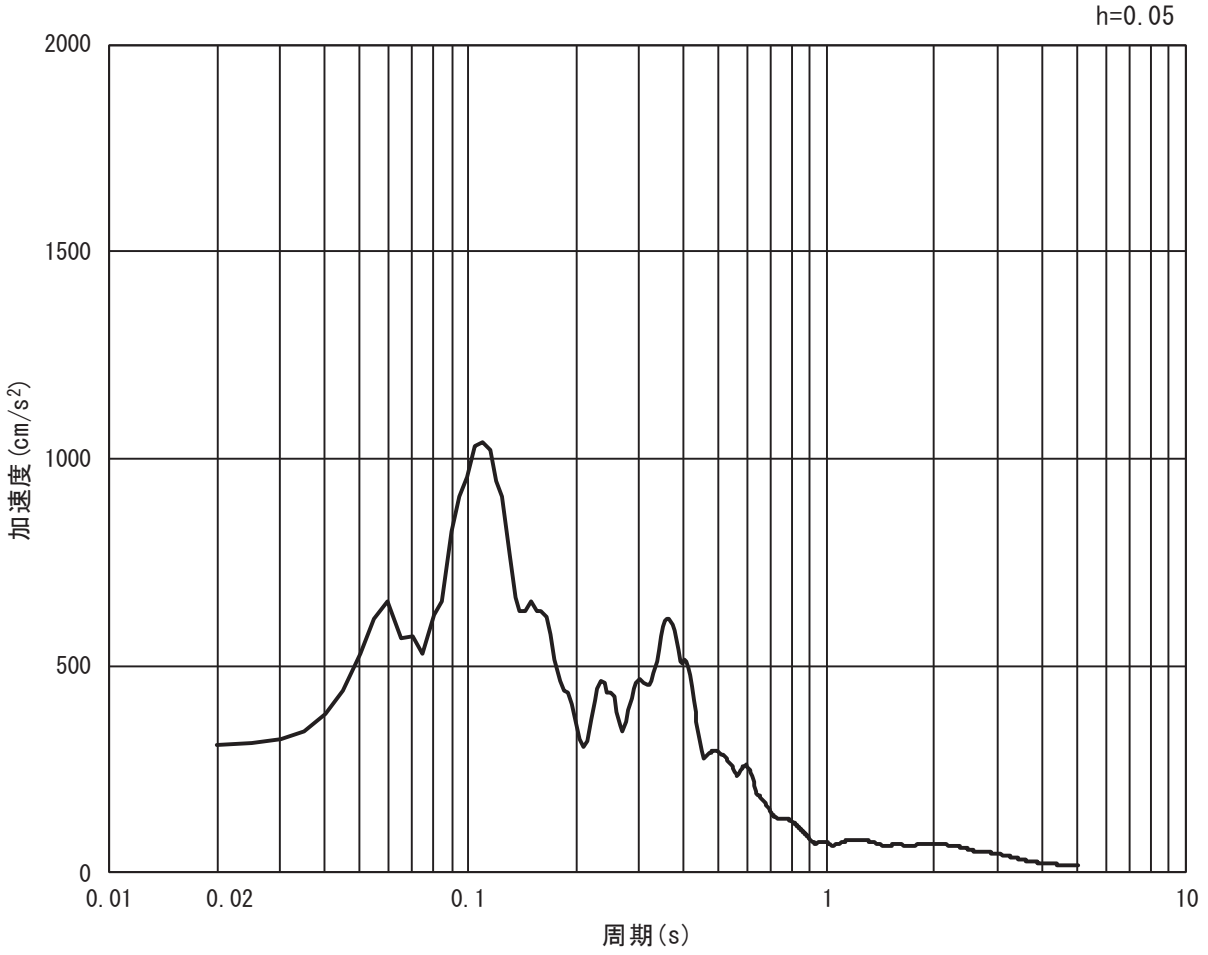


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



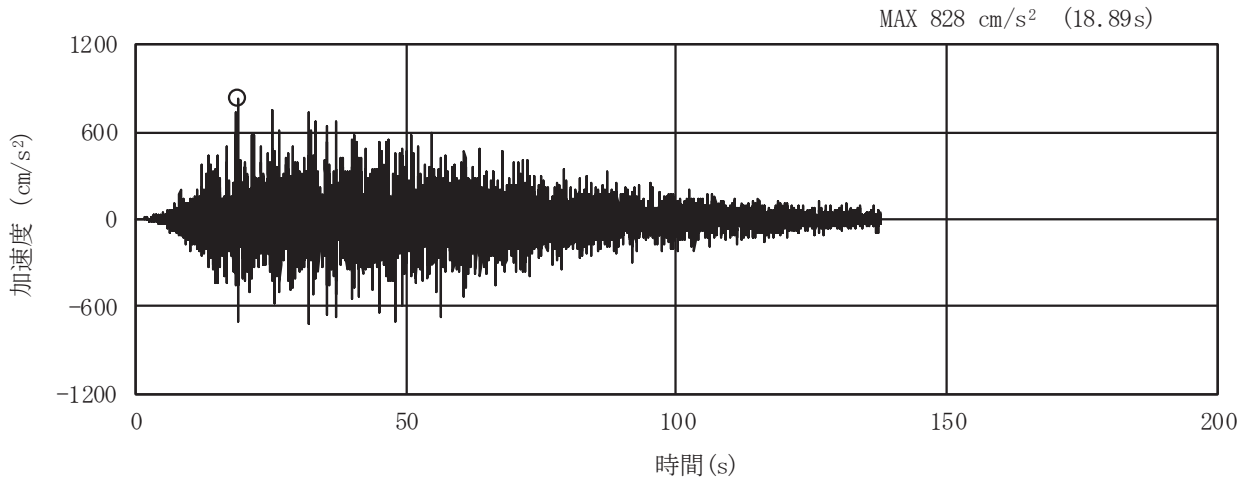
(a) 加速度時刻歴波形



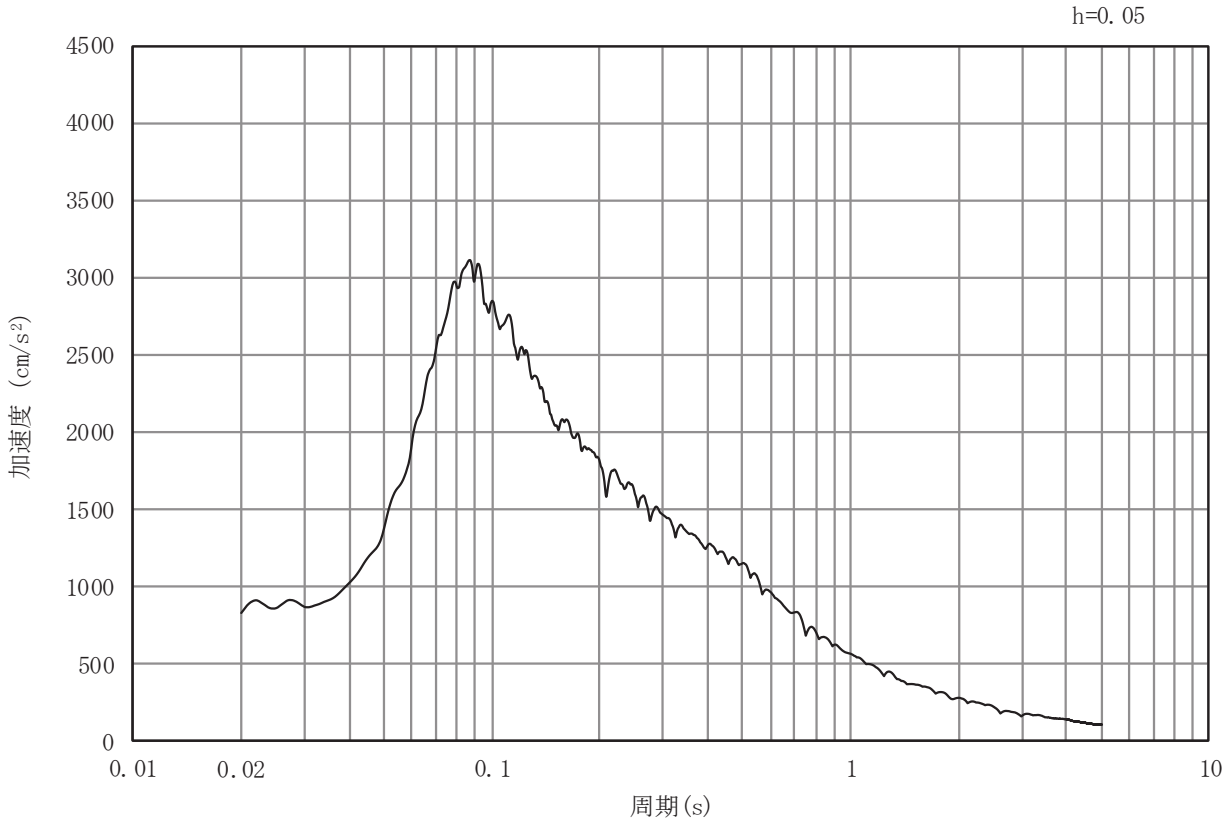
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-18 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

(3)　断面⑦

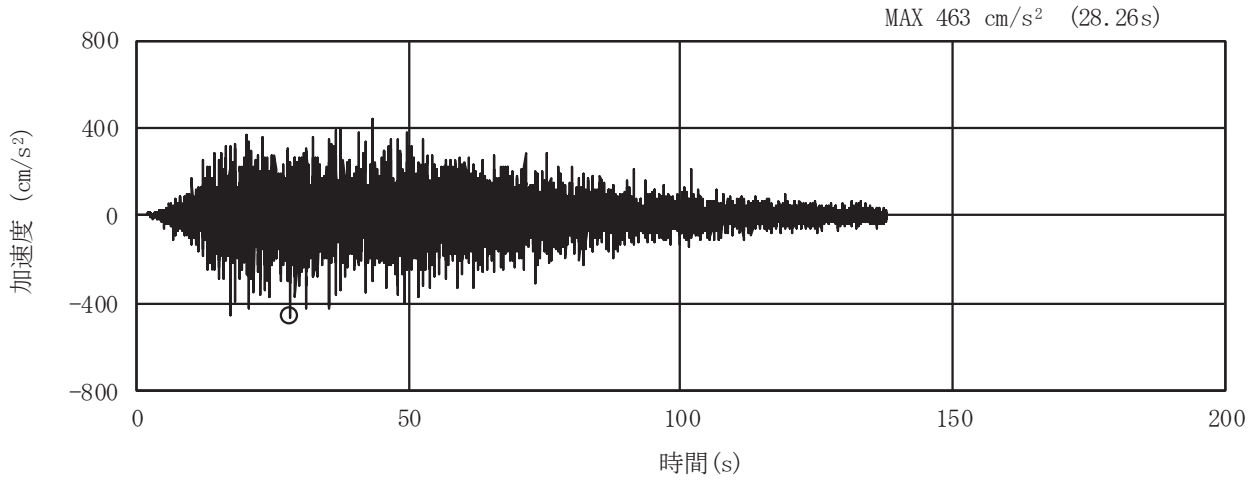


(a) 加速度時刻歴波形

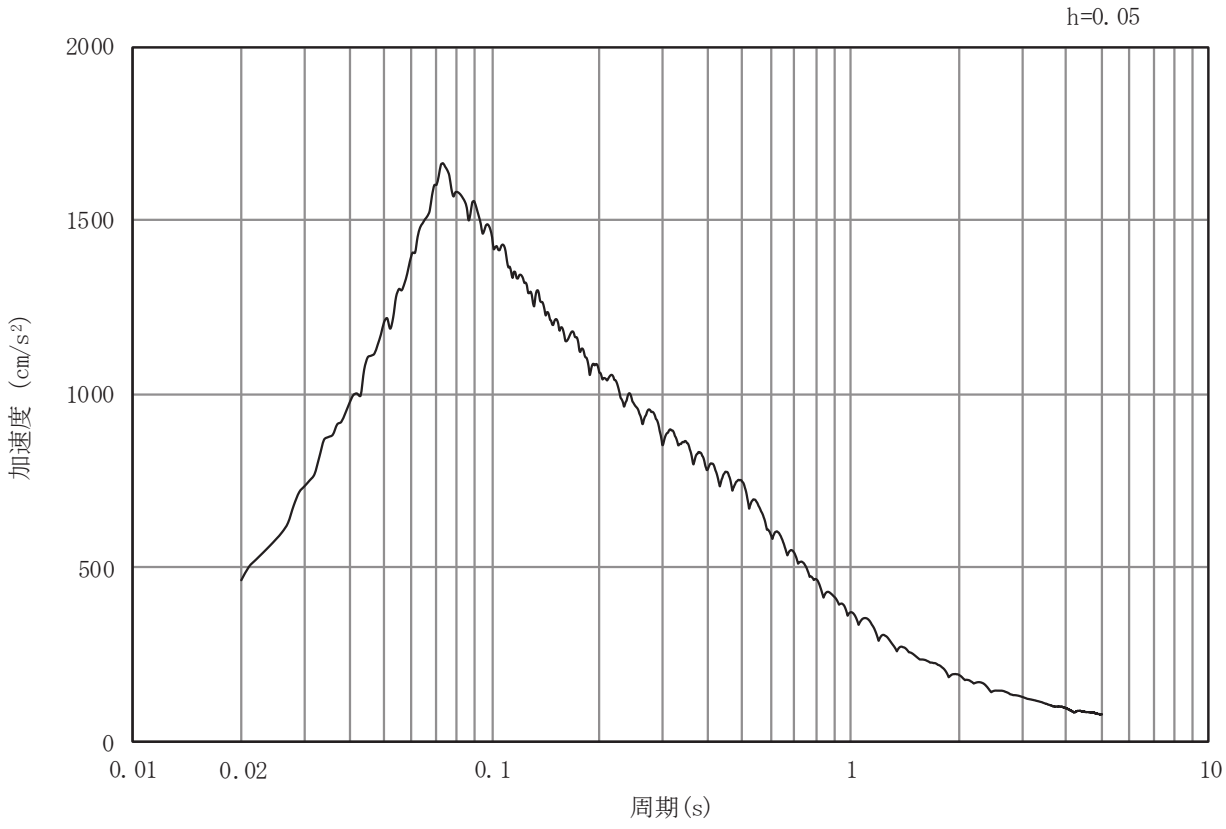


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

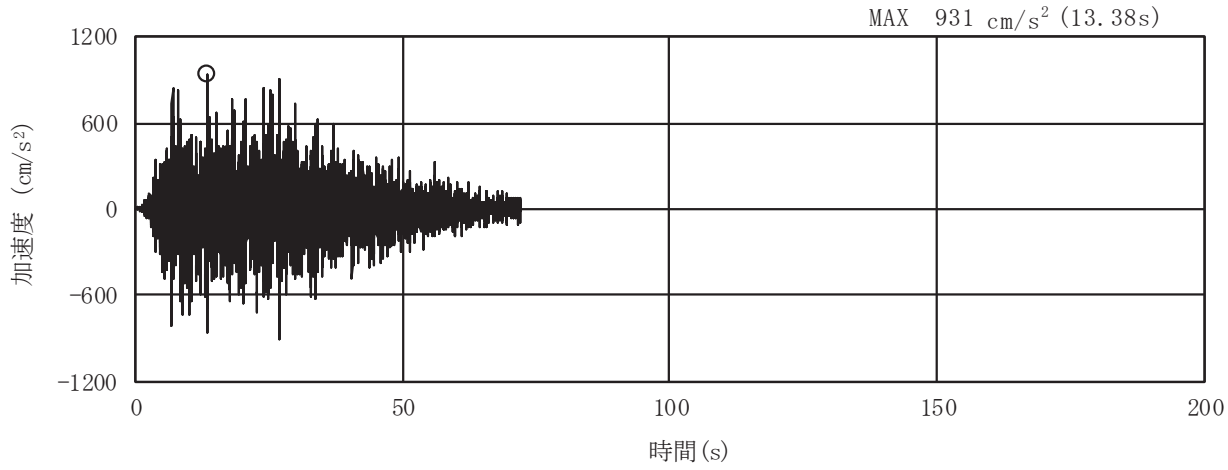


（a）加速度時刻歴波形

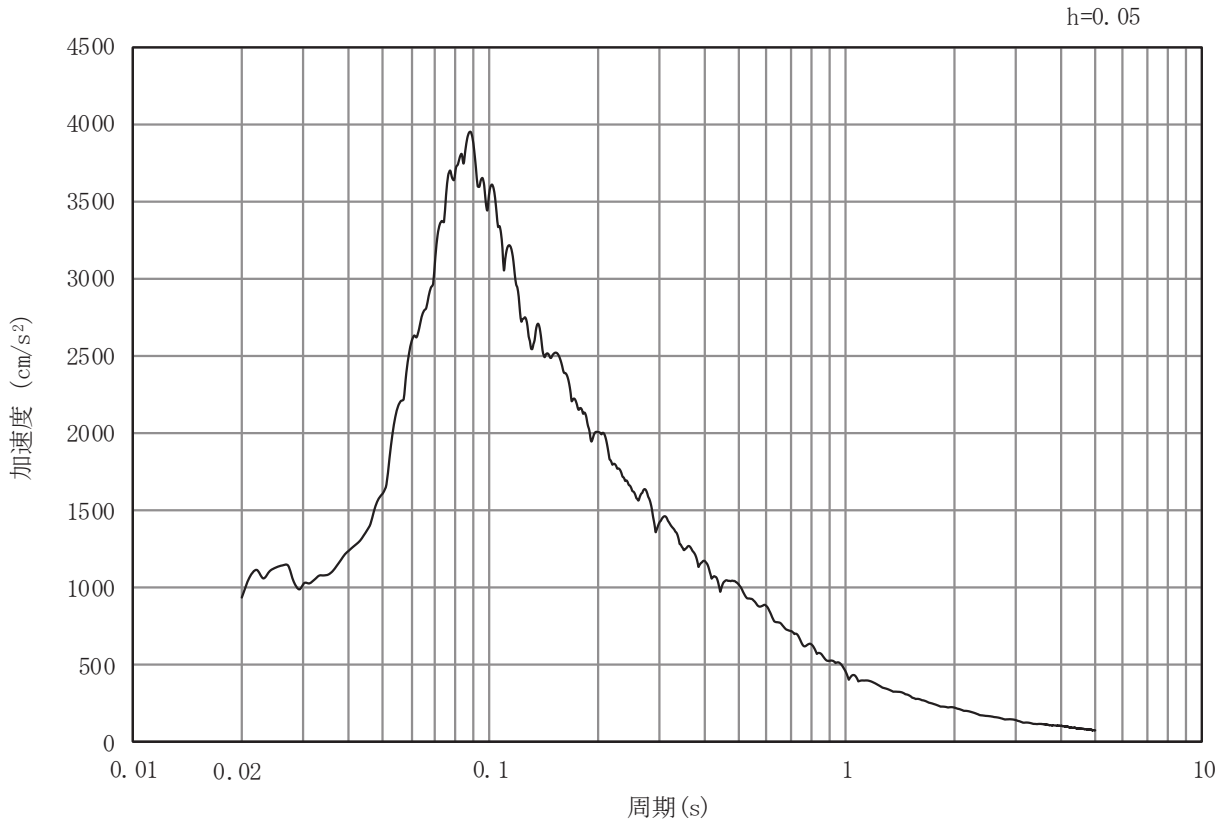


（b）加速度応答スペクトル

図 3-19（2）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

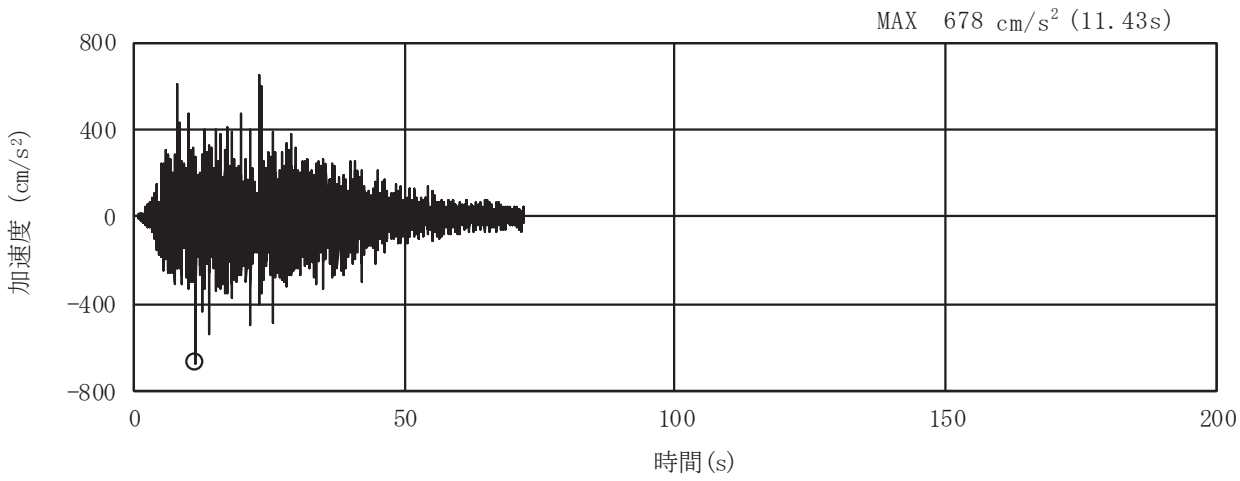


(a) 加速度時刻歴波形

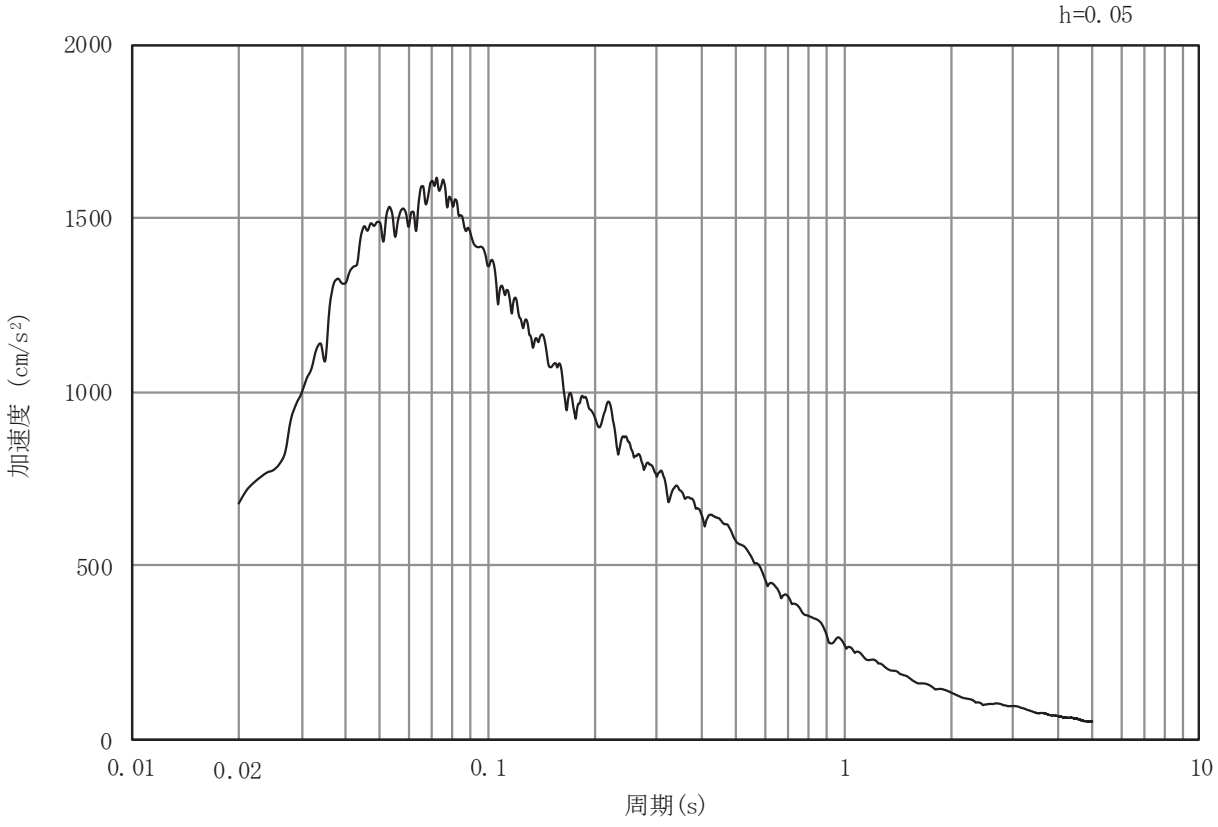


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

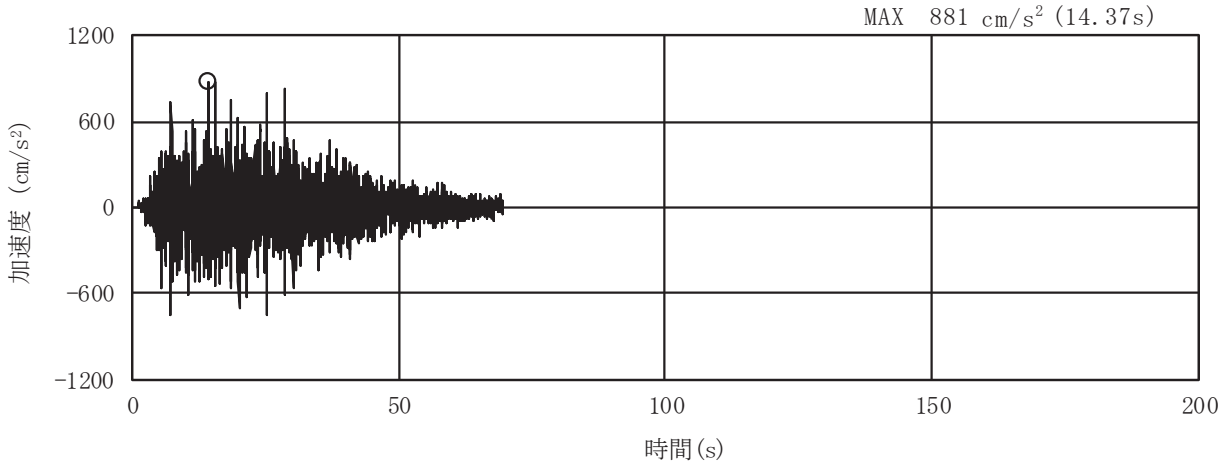


（a）加速度時刻歴波形

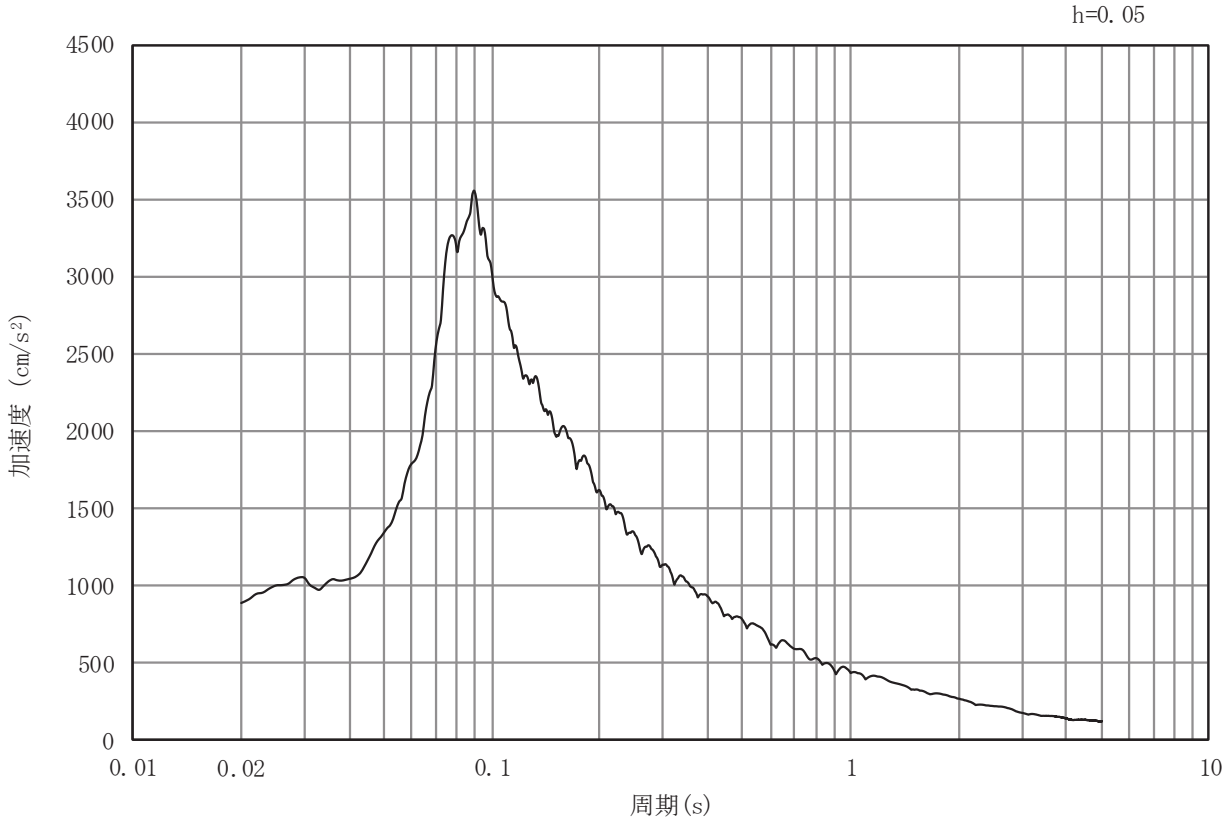


（b）加速度応答スペクトル

図 3-19（4）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

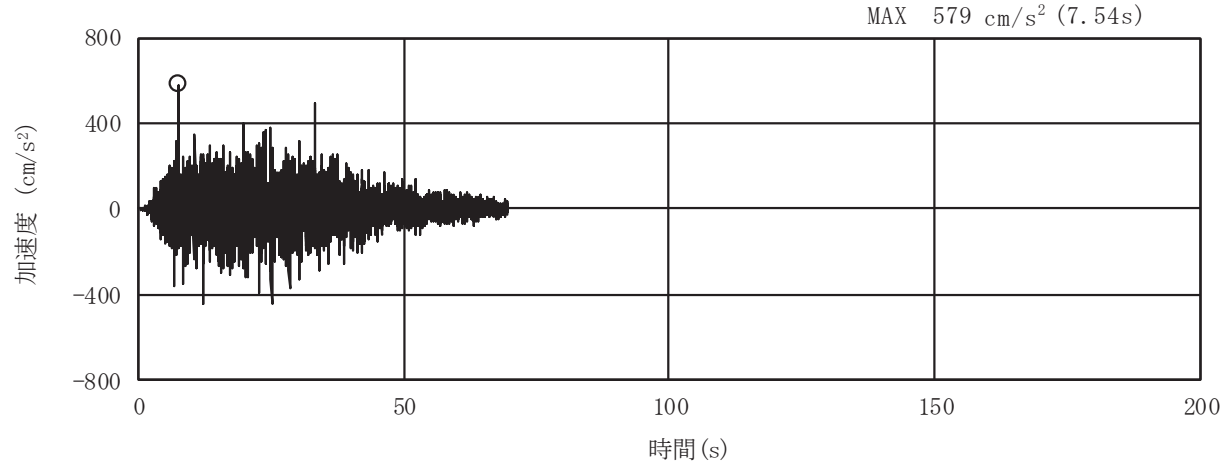


（a）加速度時刻歴波形

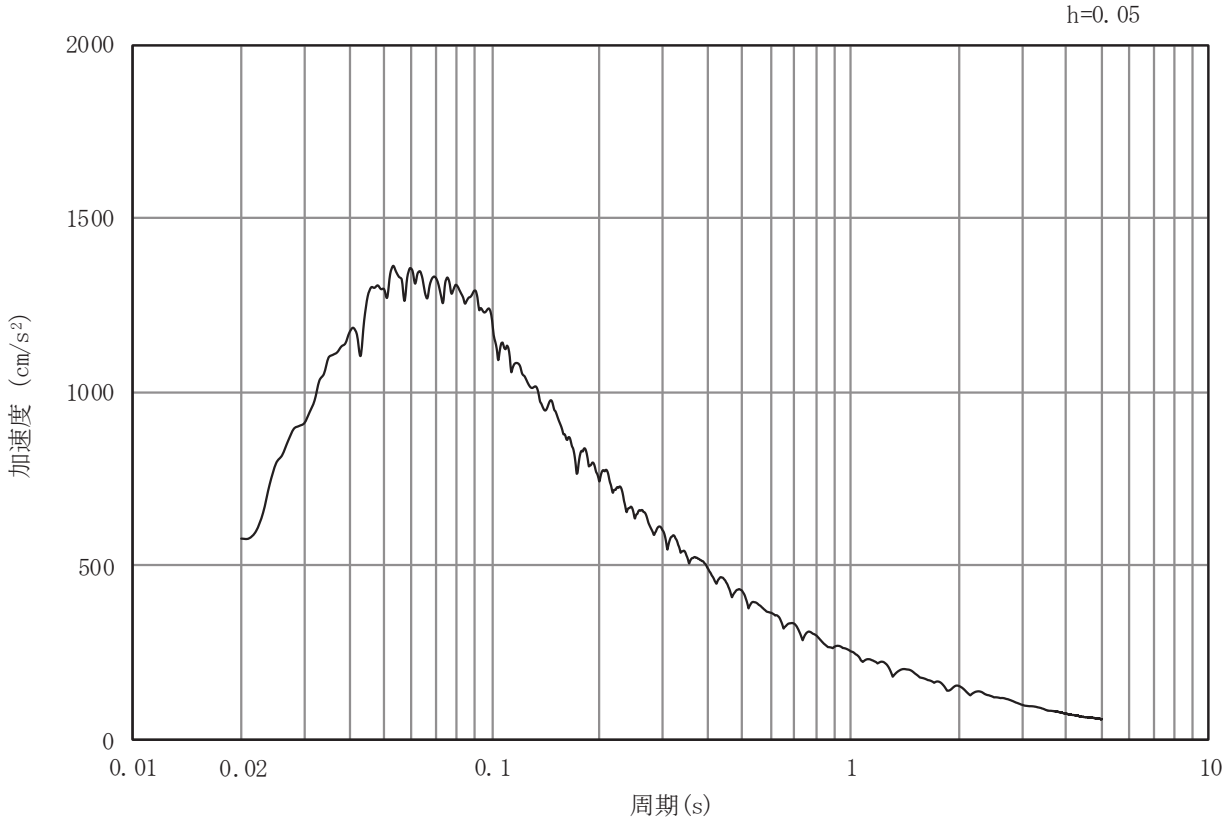


（b）加速度応答スペクトル

図 3-19（5）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

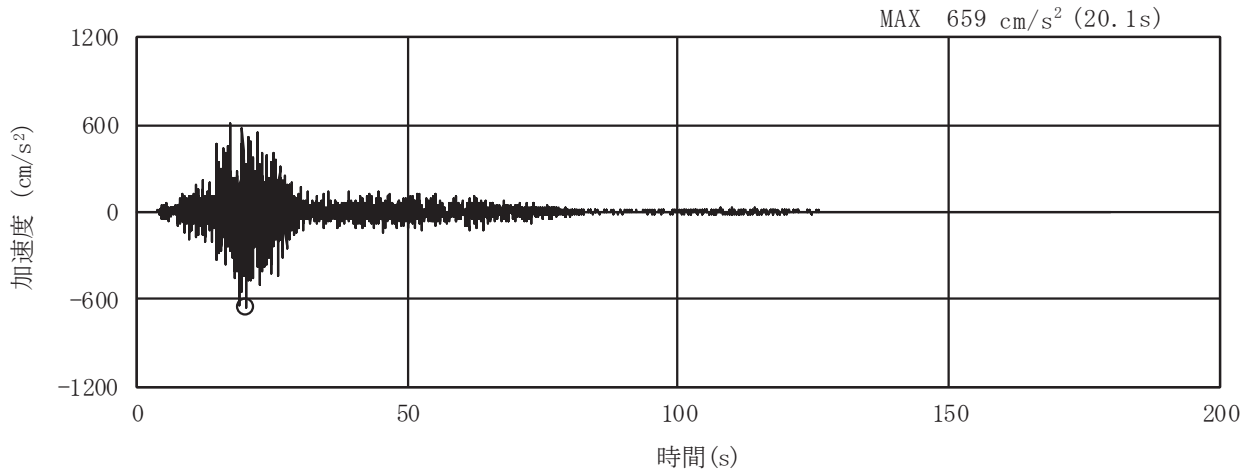


(a) 加速度時刻歴波形

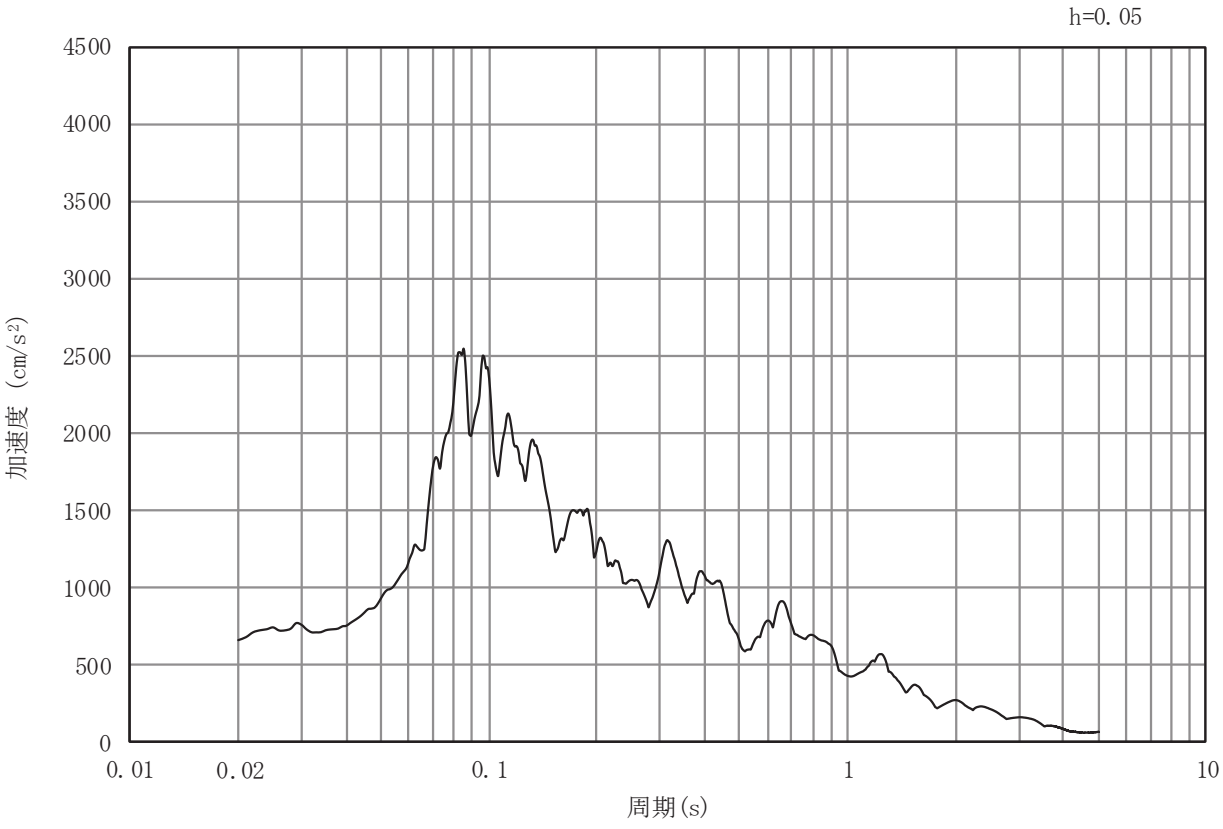


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３)

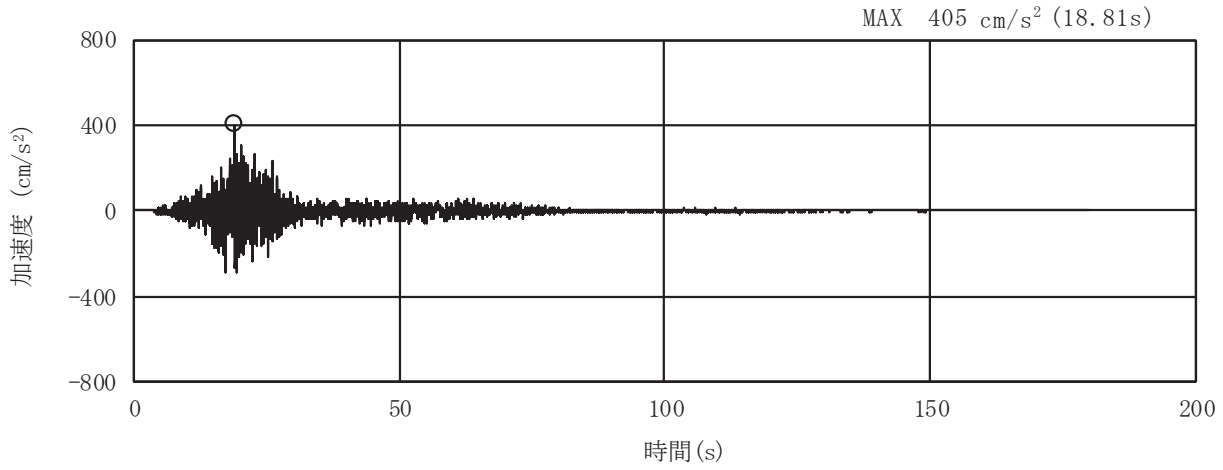


(a) 加速度時刻歴波形

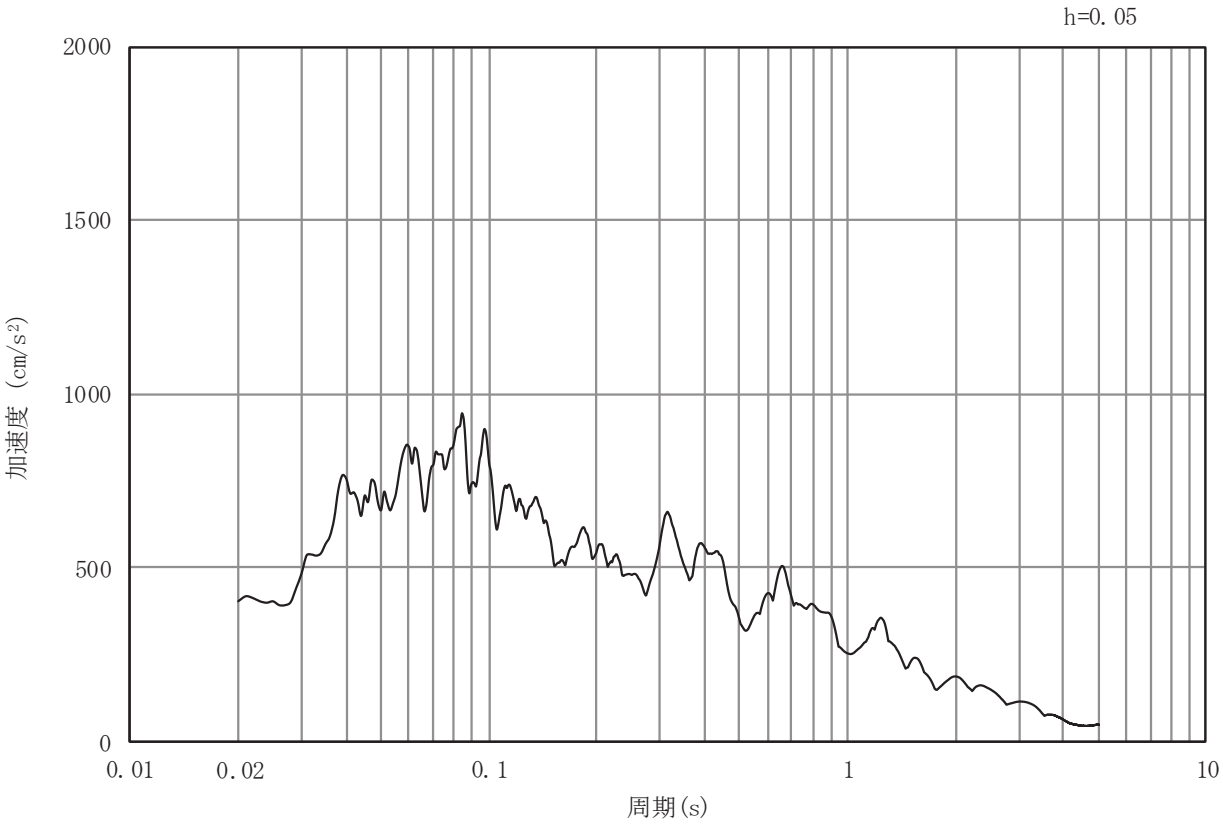


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

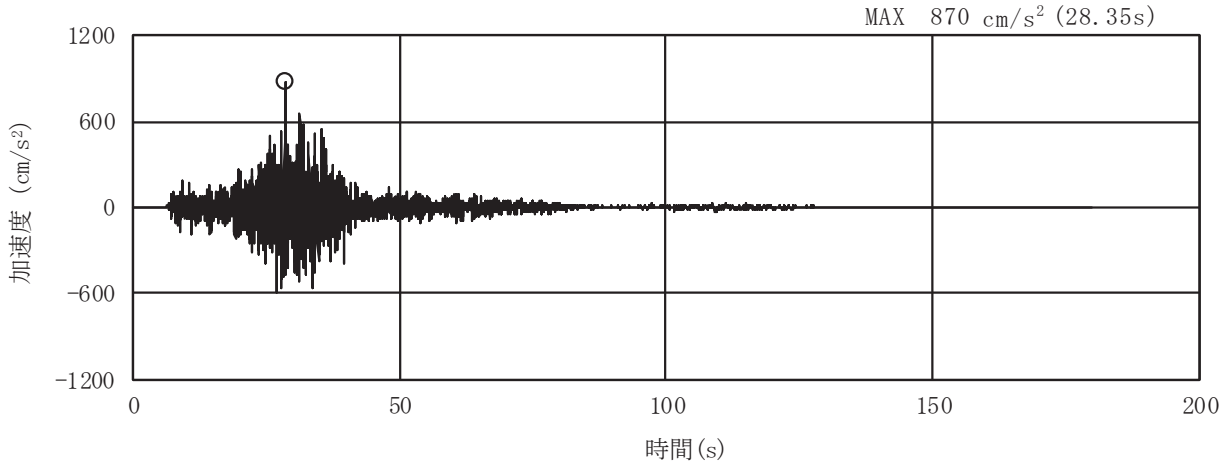


(a) 加速度時刻歴波形

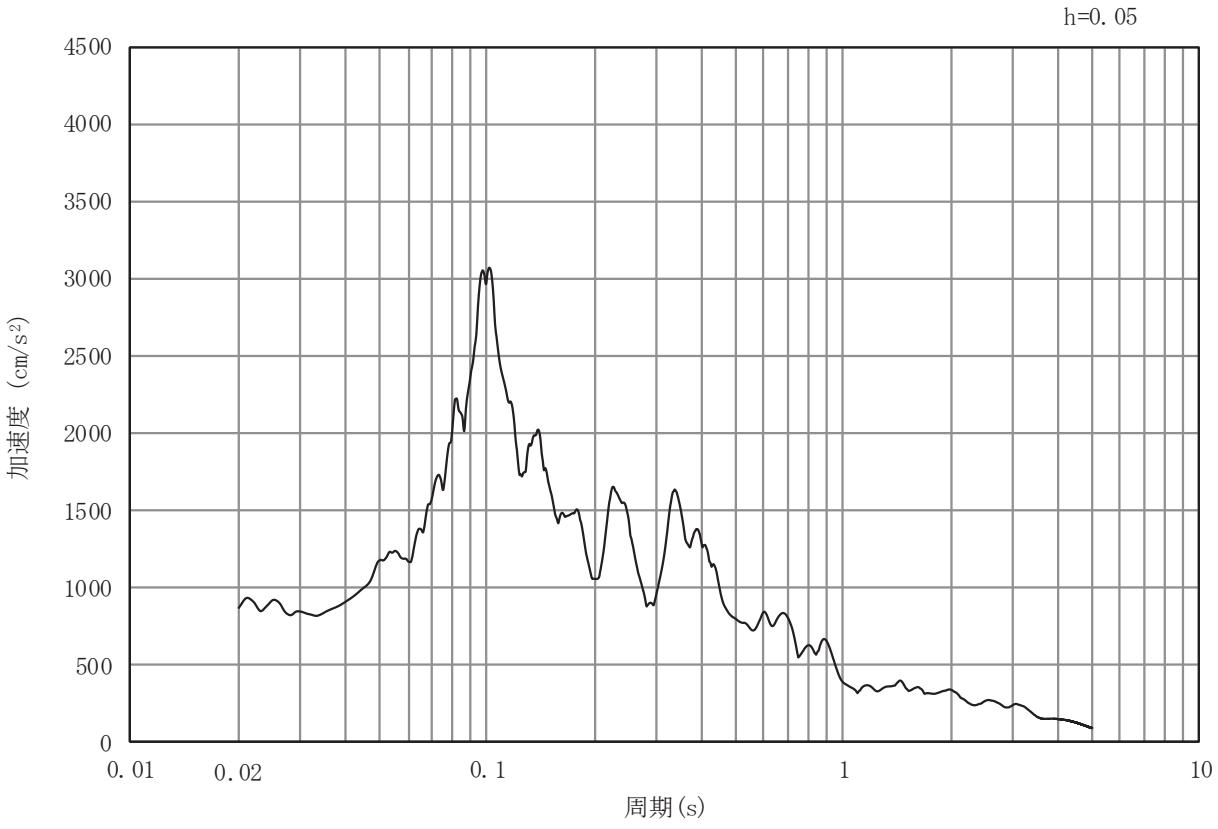


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

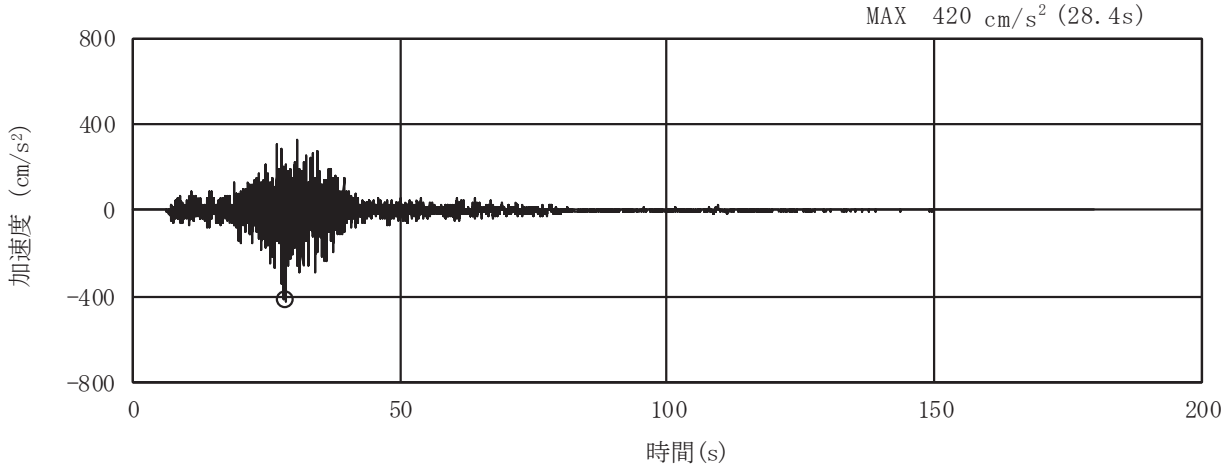


（a）加速度時刻歴波形

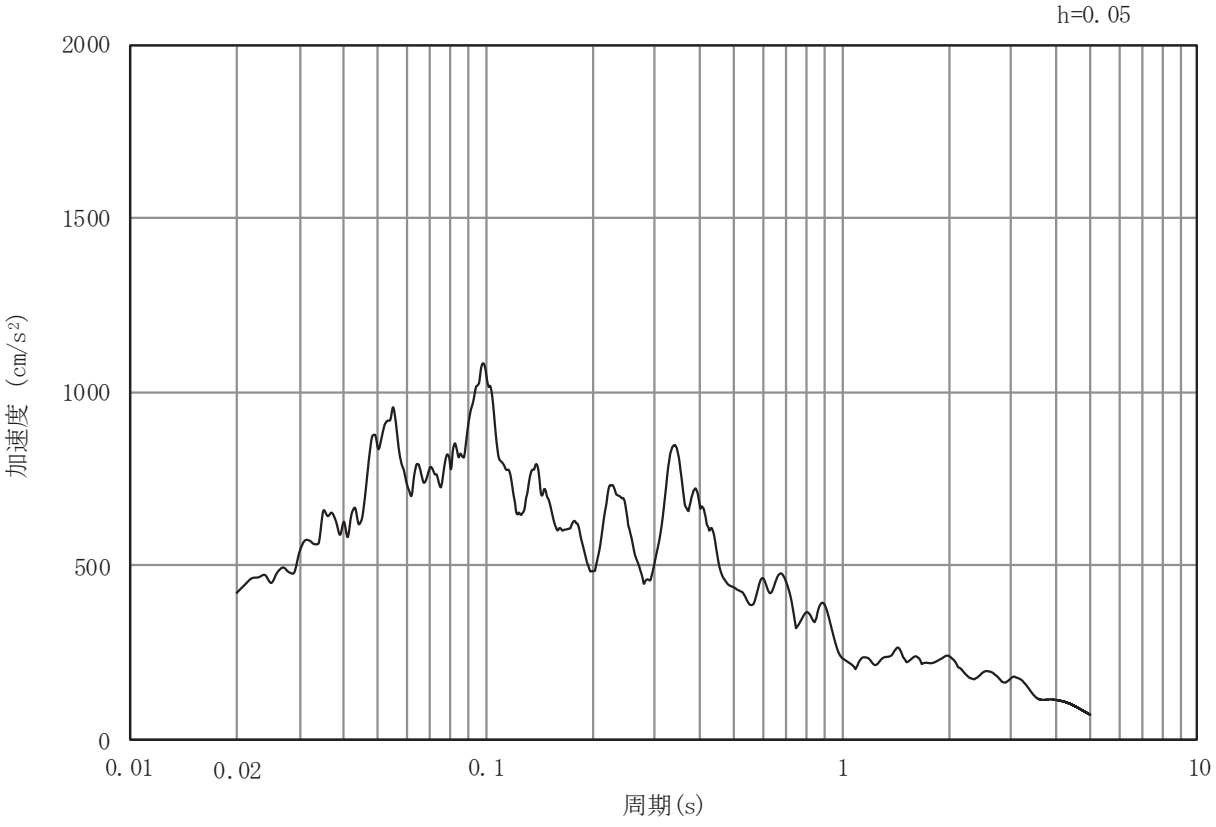


（b）加速度応答スペクトル

図 3-19（9）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

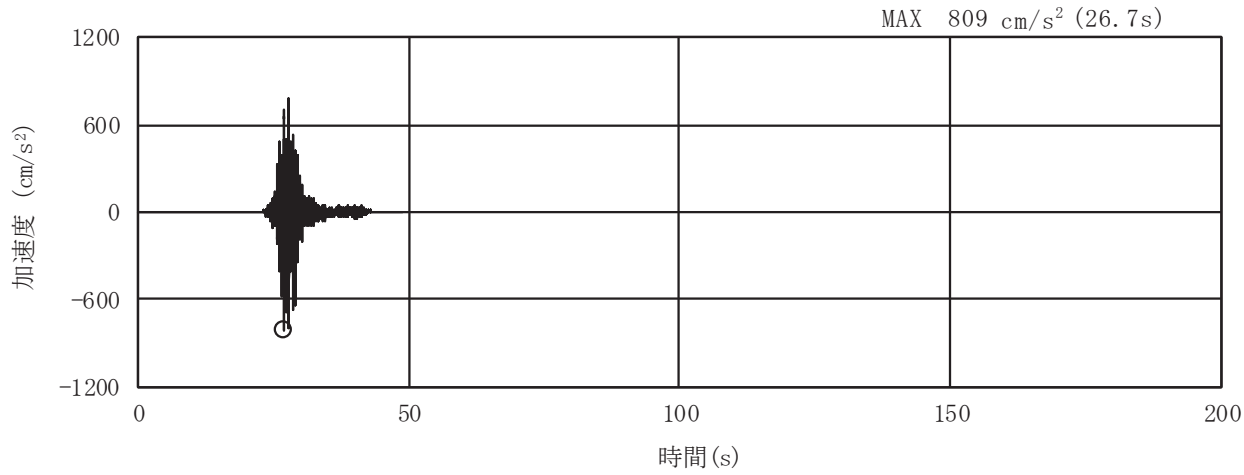


(a) 加速度時刻歴波形

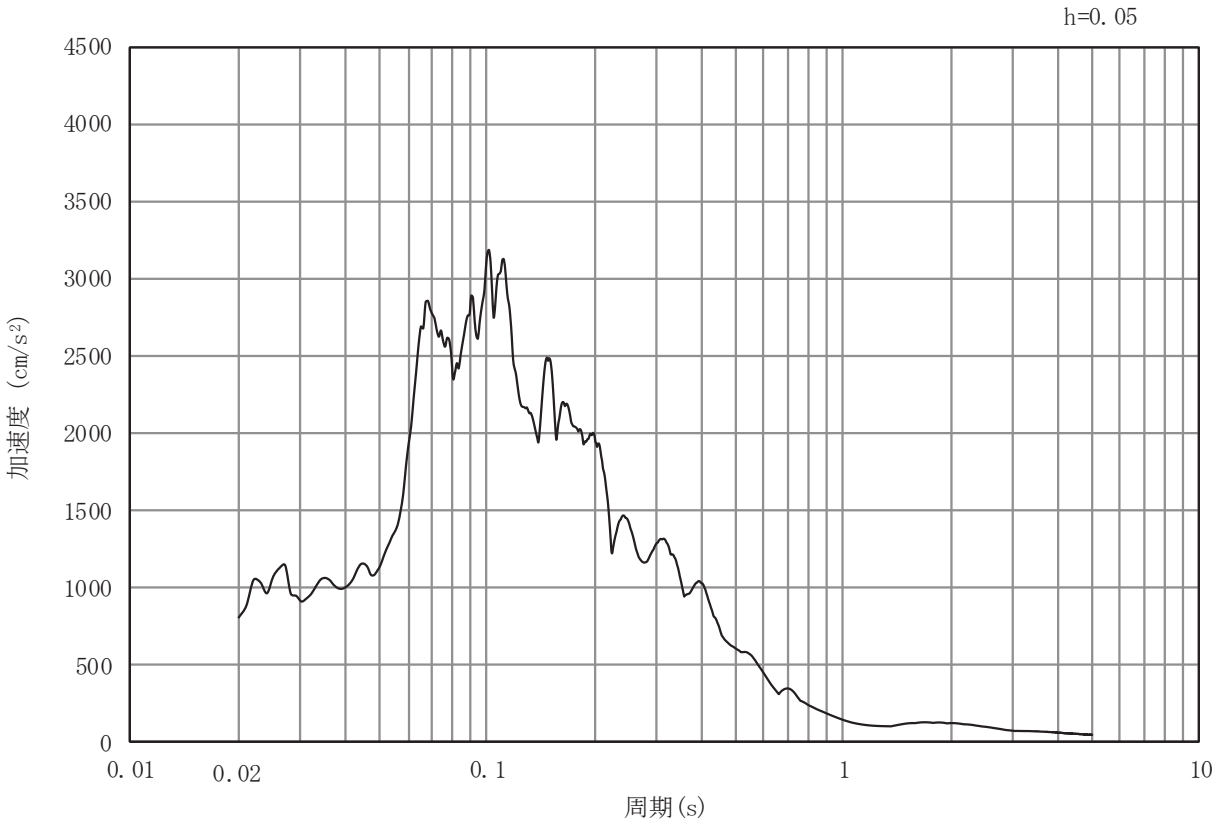


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２)

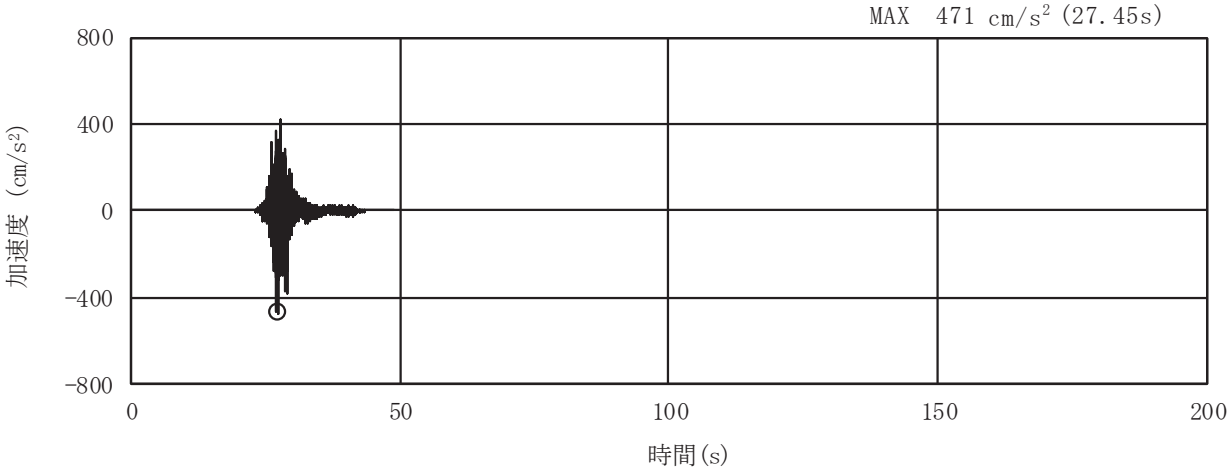


(a) 加速度時刻歴波形

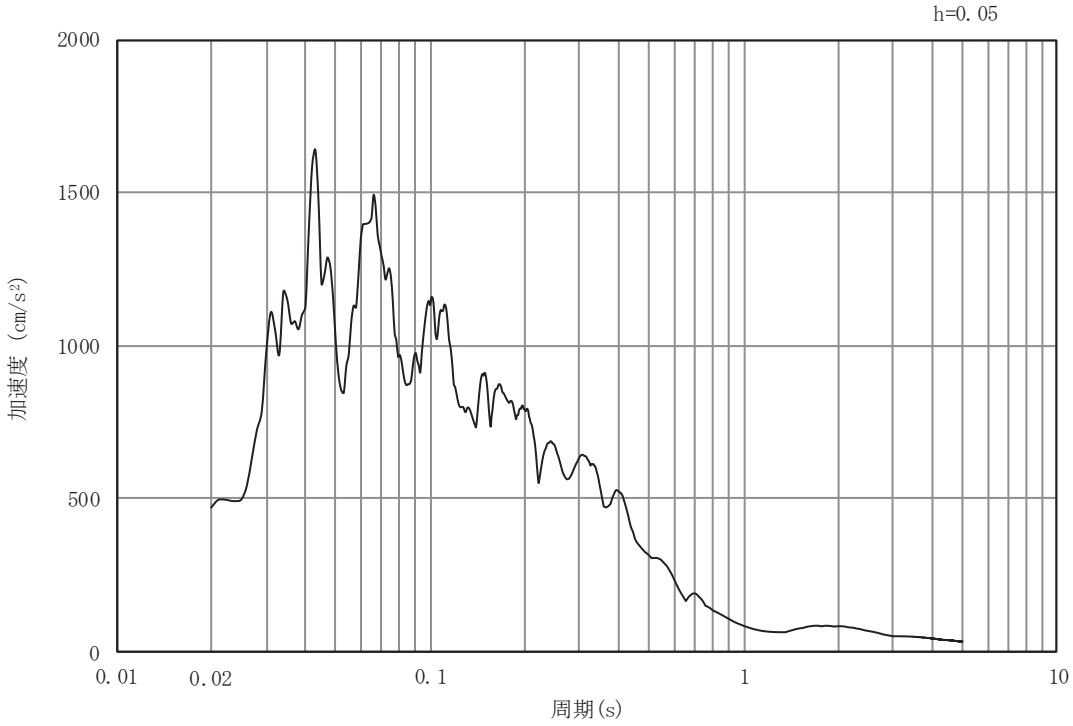


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

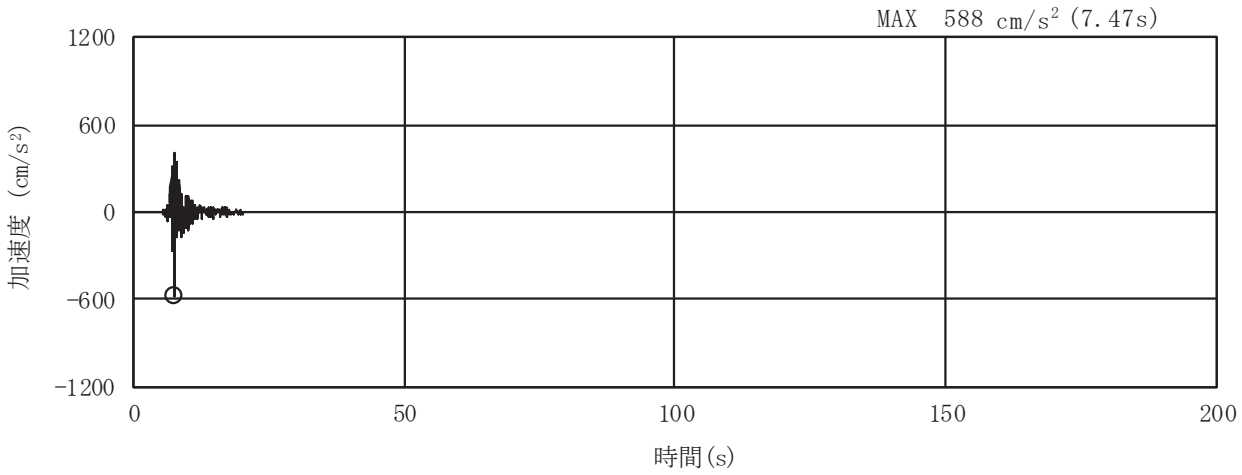


（a）加速度時刻歴波形

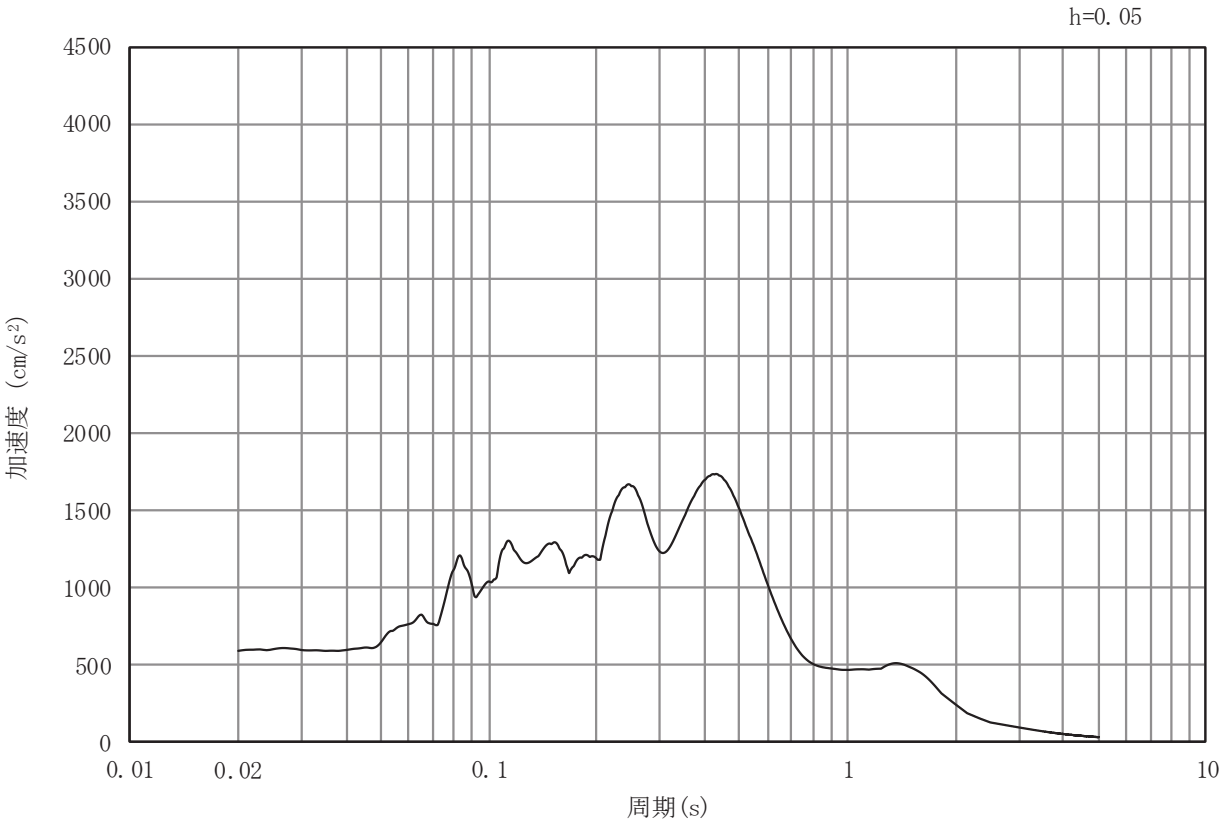


（b）加速度応答スペクトル

図 3-19（12）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

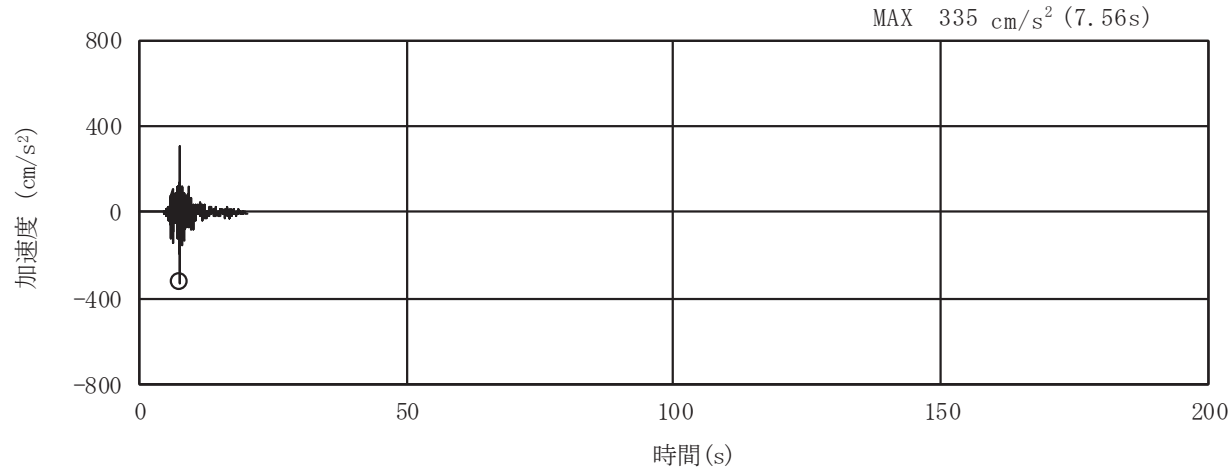


(a) 加速度時刻歴波形

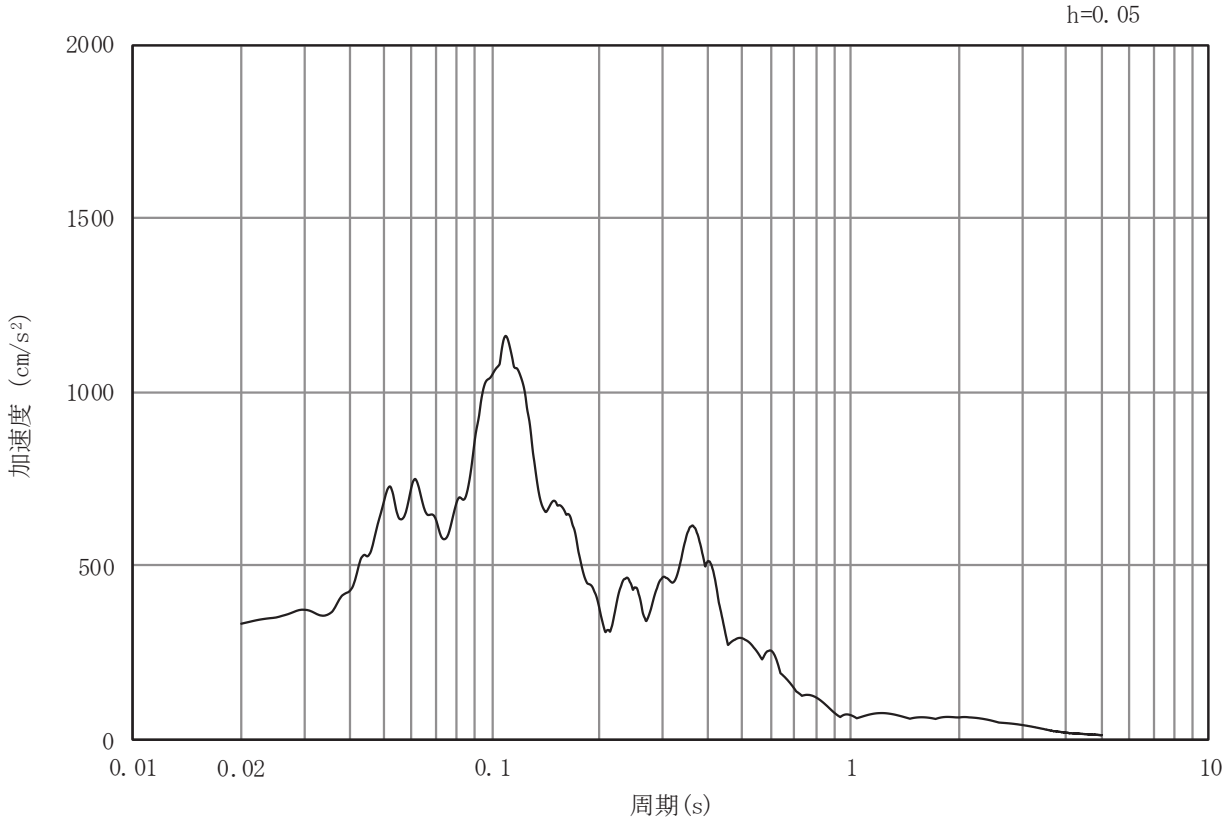


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-19 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１)

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の地震応答解析モデルを図 3-20～図 3-26 に示す。

(1)　解析領域

２次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

２次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

鋼管杭は，線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。背面補強工及び置換コンクリート（一般部のみ）は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

また，岩盤部のうち RC 壁部は，鋼管杭及び RC 遮水壁を質点及び線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

２次元有限要素法解析においては D 級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。D 級岩盤，改良地盤，セメント改良土及び盛土・旧表土は，非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）でモデル化する。また，地下水位以深の盛土・旧表土は，液状化パラメータを設定することで，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

岩盤部のうち RC 壁部における質点系モデルによる時刻歴応答解析では，周辺地盤を地盤ばねとダッシュポットでモデル化し，地盤と杭の相互作用を考慮する。地盤ばね及びダッシュポットを介して入力する地盤応答作成モデル（１次元）については，C_L 級以上の岩盤のみが分布することから，線形でモデル化する。

地盤ばねのモデル化イメージ及び地盤応答作成モデルを図 3-27 に示す。

(5)　海水のモデル化

海水は液体要素でモデル化する。

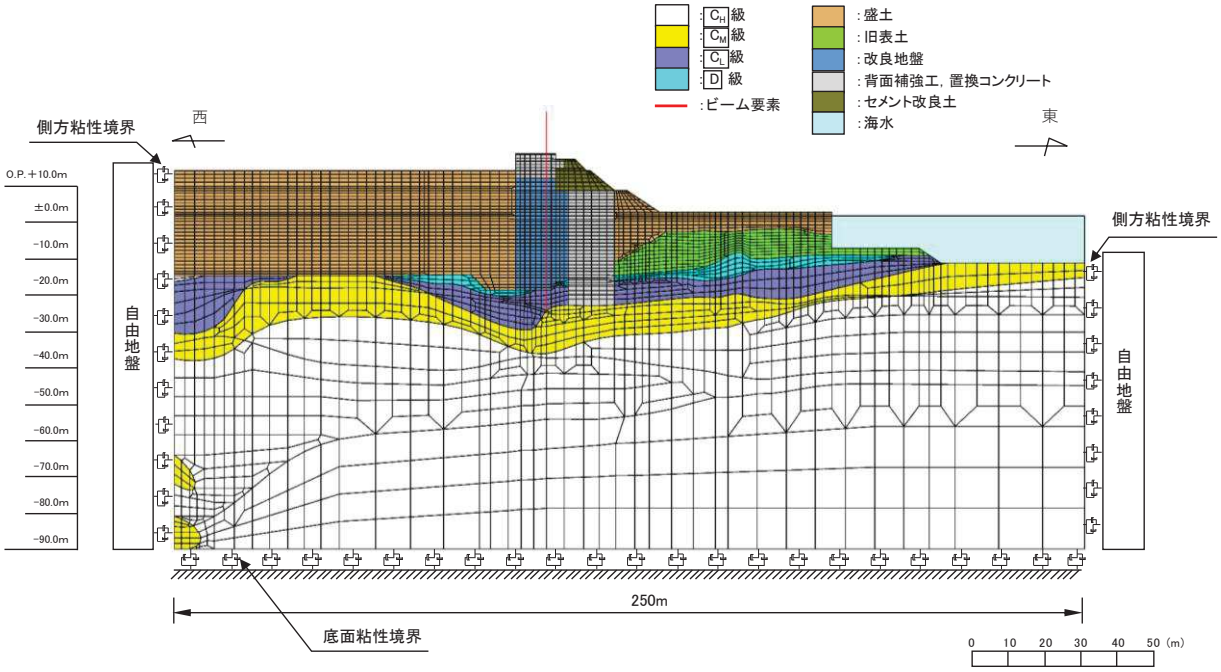


図 3-20　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の解析モデル（断面①）

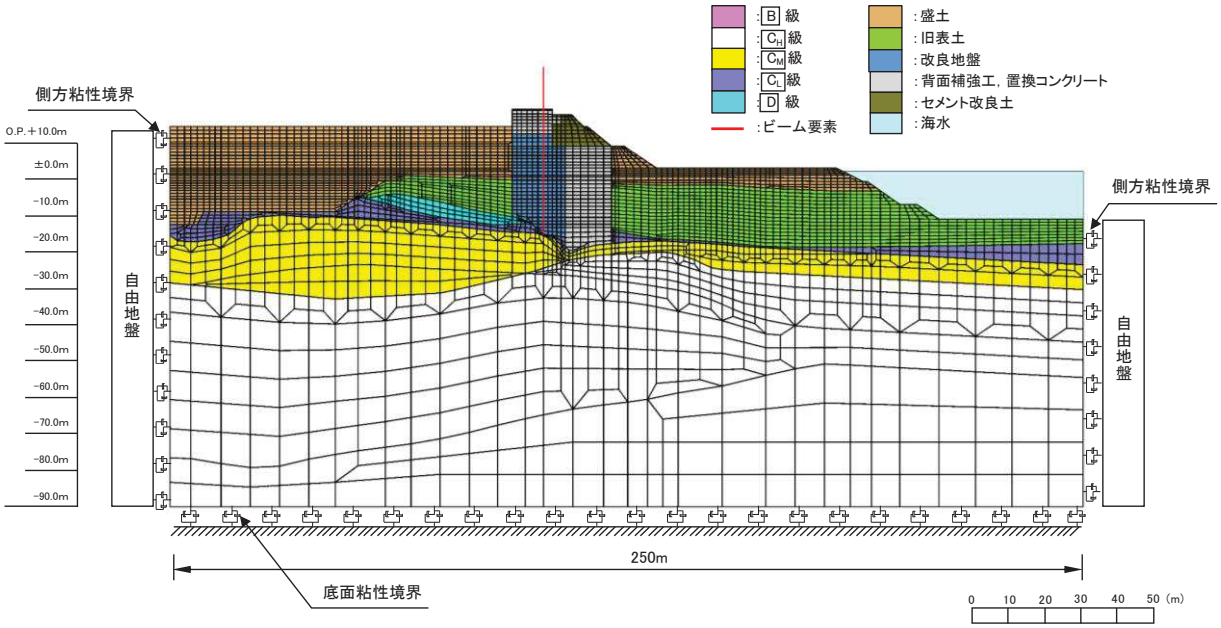


図 3-21　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の解析モデル（断面②）

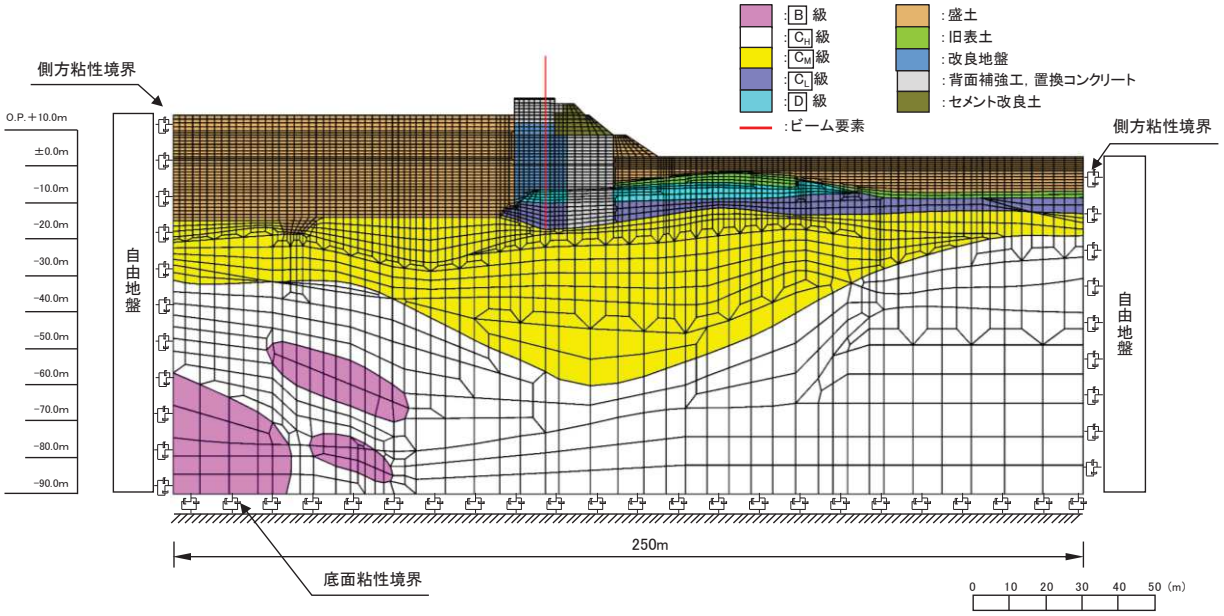


図 3-22　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の解析モデル（断面③）

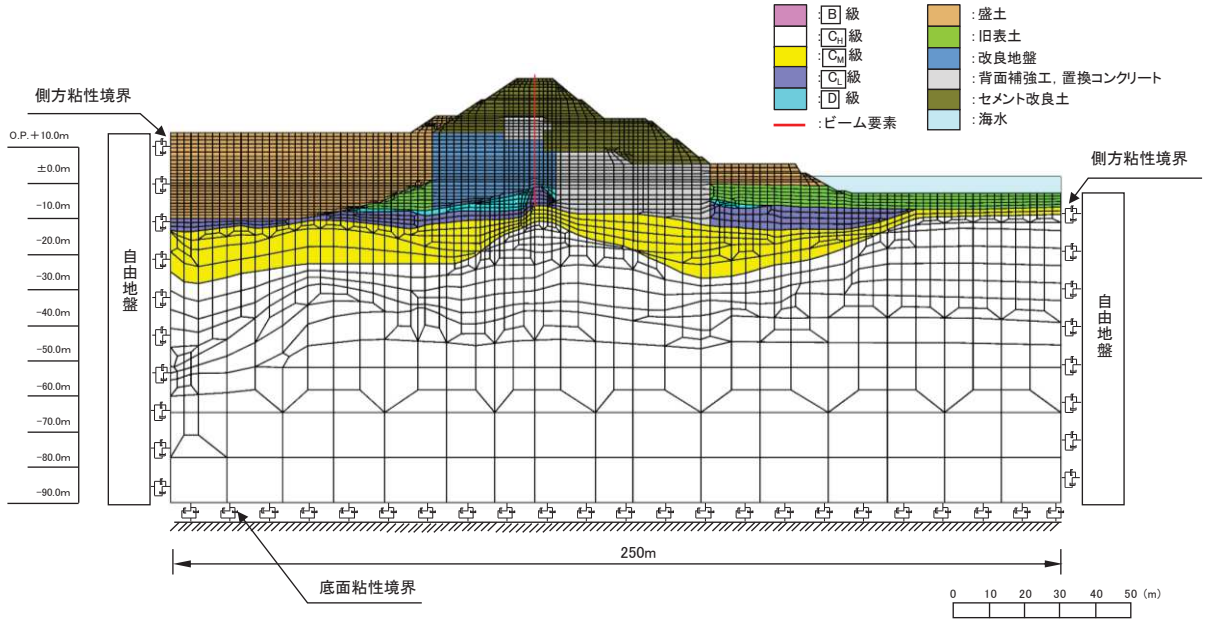


図 3-23　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の解析モデル（断面④）

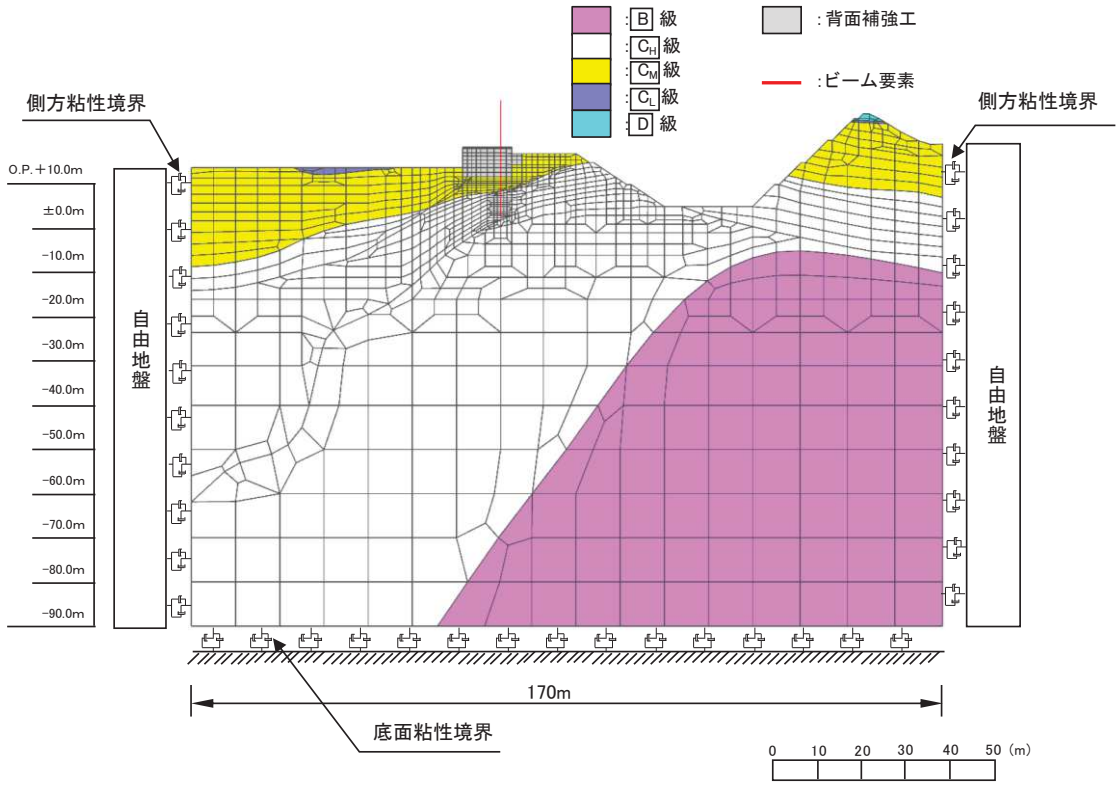


図 3-24　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の解析モデル（断面⑤）

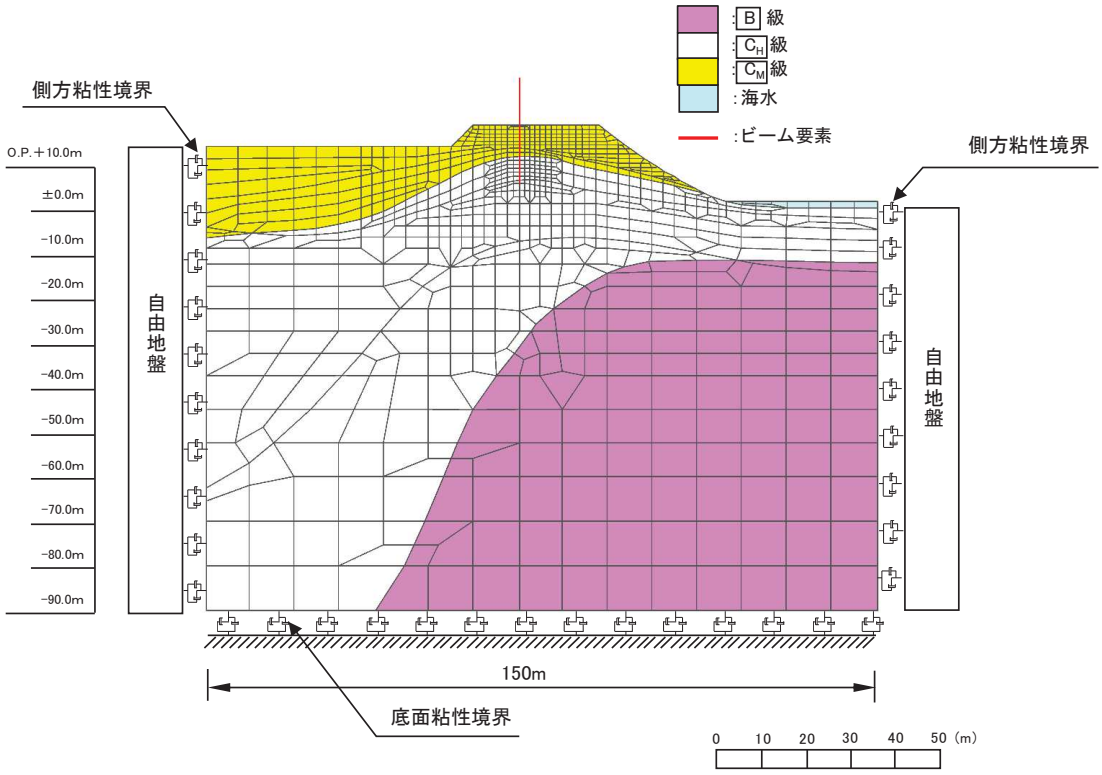


図 3-25　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の解析モデル（断面⑥）

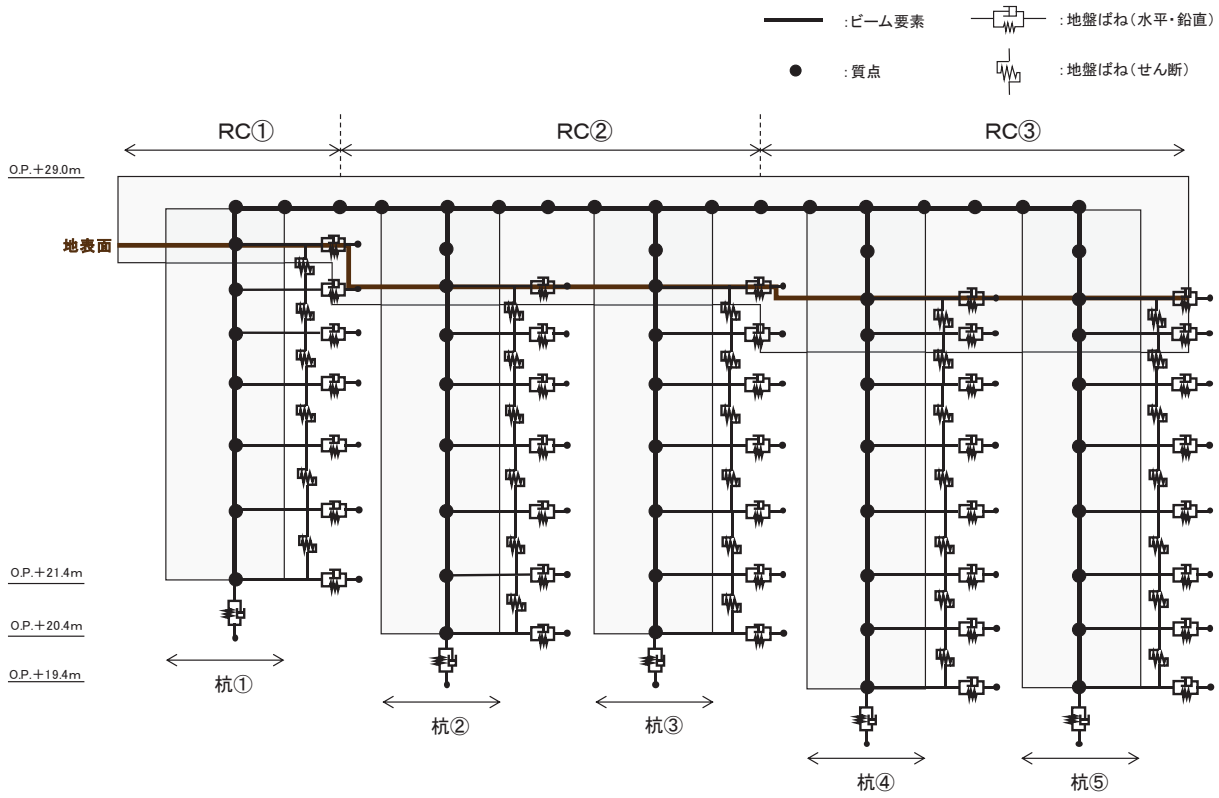


図 3-26　防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の解析モデル（断面⑦）

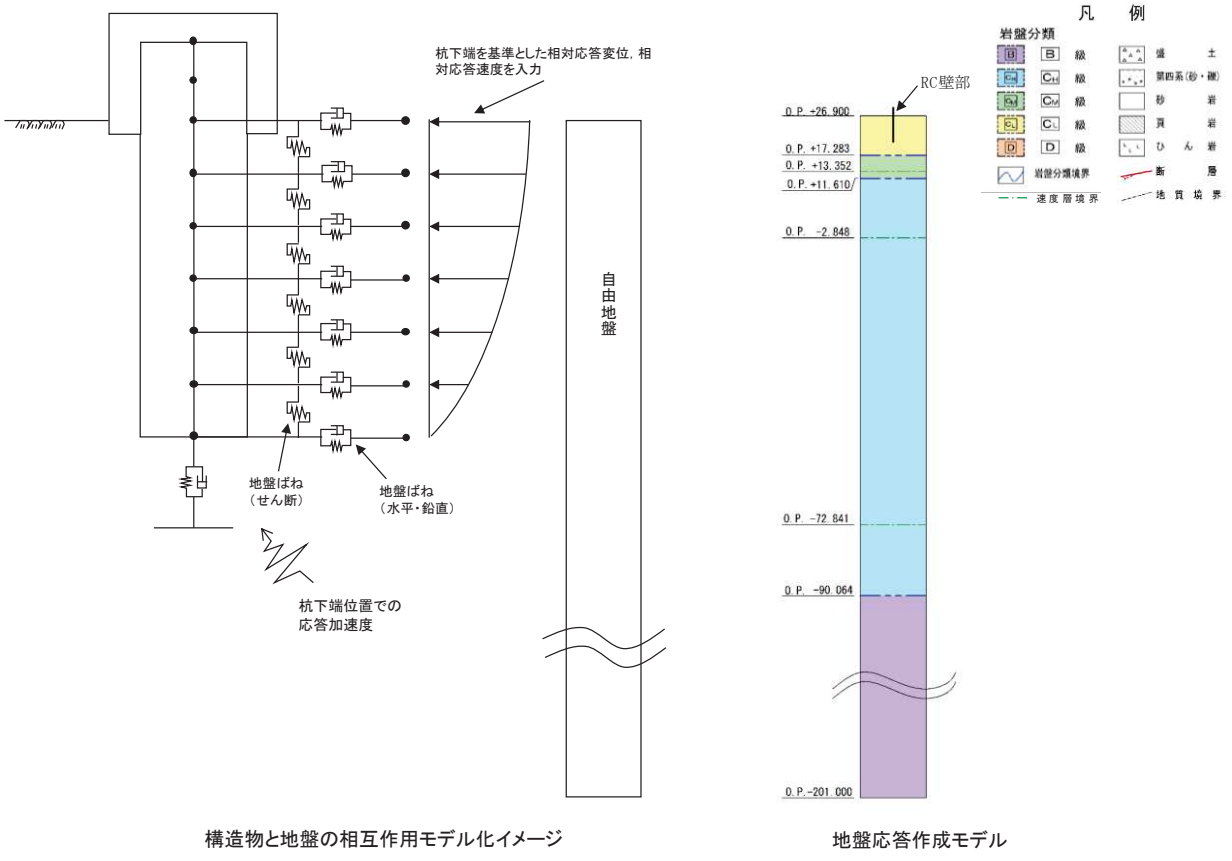


図 3-27　岩盤部のうち RC 壁部の地盤ばねのモデル化イメージ及び地盤応答作成モデル（断面⑦）

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-5 に，材料の物性値を表 3-6 に示す。なお，セメント改良土及び改良地盤の物性値は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

表 3-5　使用材料

材料			諸元
コンクリート	背面補強工		設計基準強度　：30 N/mm^2
	置換コンクリート		設計基準強度　：30 N/mm^2
	RC 遮水壁		設計基準強度　：40 N/mm^2
鋼材	鋼管杭*	φ2200mm	t=25mm(SKK490),t=40mm(SM570)
		φ2500mm	t=25mm(SKK490),t=35mm(SM570)
	鋼製遮水壁*		SM570，SM490Y
	漂流物防護工*		SM570，SM490Y
	鉄筋		SD345

注記　＊：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）に基づき腐食代 1 mm を考慮する。杭体，鋼製遮水壁（スキンプレート）及び漂流物防護工の断面照査において，腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 3-6(1)　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
コンクリート	背面補強工	24.0	2.80×10^4	0.2
	置換コンクリート	22.5	2.80×10^4	0.2
	RC 遮水壁	24.0	3.10×10^4	0.2
鋼管杭	SM570，SKK490	77.0	2.00×10^5	0.3
鋼材	SM570，SM490Y	77.0	2.00×10^5	0.3

表 3-6(2)　材料の物性値（コンクリートの強度特性）

材料		せん断強度 (N/mm^2)	内部摩擦角 (°)	引張強度 (N/mm^2)	残留強度 (N/mm^2)
コンクリート	背面補強工	6.00	-*	2.22	-*
	置換コンクリート				

注記　＊：内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

なお，有効応力解析に用いる液状化強度特性は，敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で，下限値として設定する。

3.5.4　地下水位

地下水位については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 3-3～図 3-6 及び図 3-9～図 3-11 に示す。また，設計用地下水位の一覧を表 3-7 に示す。

表 3-7　設計用地下水位の一覧

施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
防潮堤（鋼管式鉛直壁）	断面①	O.P.+1.43m（朔望平均満潮位）
	断面②	
	断面③	
	断面④	防潮堤より山側で地表面，海側で O.P.+1.43m（朔望平均満潮位）に設定する。（盛土堤防との境界部であることも踏まえ，盛土堤防と同様の設定）
	断面⑤	岩盤表面
	断面⑥	
	断面⑦	

3.6　評価対象部位

評価対象部位は，防潮堤（鋼管式鉛直壁）の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

3.6.1　施設・地盤の健全性評価

(1)　一般部

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は，鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工，背面補強工，置換コンクリート，改良地盤及びセメント改良土とする。

(2)　岩盤部

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は，鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工及び背面補強工とする。

(3)　岩盤部のうちRC壁部

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は，鋼管杭及びRC遮水壁とする。

3.6.2　施設の変形性評価

施設の変形性評価に係る評価対象部位は，構造物間に設置する止水ジョイント部材のゴムジョイント及びウレタンシリコーン目地とする。

3.6.3　基礎地盤の支持性能評価

(1)　一般部

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，鋼管杭，背面補強工及び置換コンクリートを支持する基礎地盤とする。

(2)　岩盤部

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，鋼管杭及び背面補強工を支持する基礎地盤とする。

(3)　岩盤部のうちRC壁部

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，鋼管杭を支持する基礎地盤とする。

3.7　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.7.1　鋼管杭

鋼管杭の許容限界は「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，短期許容応力度とする。

鋼管杭の許容応力度の考え方を図 3-28 に，許容限界を表 3-8 に示す。

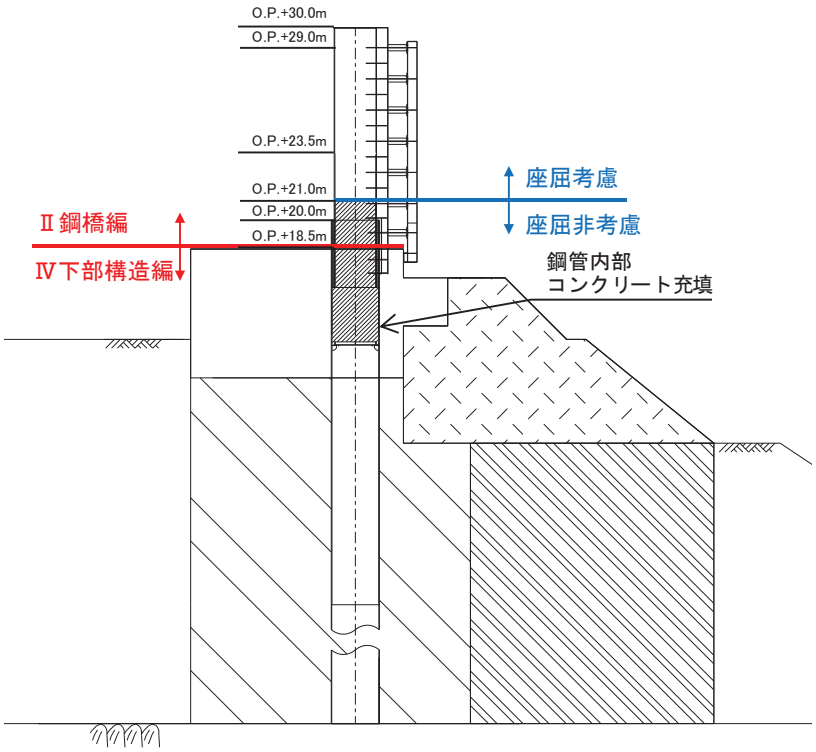


図 3-28(1)　鋼管杭の許容応力度の考え方（防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部）

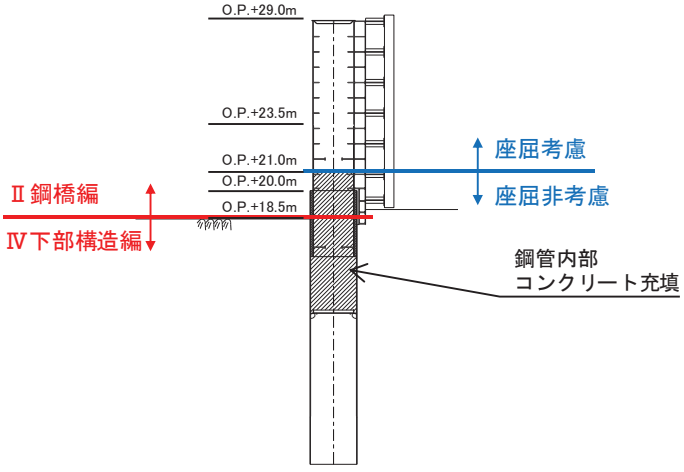


図 3-28(2)　鋼管杭の許容応力度の考え方（防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部）

表 3-8(1)　鋼管杭の許容限界（一般部，断面①～断面③）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度（N/mm²）		短期許容応力度（N/mm²）＊2	
					許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度	許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度
鋼管杭（上杭）φ2200	SKK490（t=25mm）	0.P.+30.0m～0.P.+23.5m		座屈考慮	161＊1	96＊1	241＊1	145＊1
	SM570（t=40mm）	0.P.+23.5m～0.P.+21.0m			224＊1	137＊1	336＊1	206＊1
		0.P.+21.0m～0.P.+20.0m		座屈非考慮	255	145	382	217
鋼管杭（下杭）φ2500	SM570（t=35mm）	長杭	0.P.+20.0m～0.P.±0.0m		255	145	382	217
		短杭	0.P.+20.0m～0.P.+5.0m					
	SKK490（t=25mm）	長杭	0.P.±0.0m～杭下端		185	105	277	157
		短杭	0.P.+5.0m～0.P.+2.5m					

注記　＊1：座屈を考慮する場合，鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが，ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

＊2：短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 3-8(2)　鋼管杭の許容限界（一般部，断面④）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度（N/mm²）		短期許容応力度（N/mm²）＊2	
					許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度	許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度
鋼管杭（上杭）φ2200	SKK490（t=25mm）	0.P.+30.0m～0.P.+29.0m		座屈考慮	178＊1	96＊1	268＊1	145＊1
		0.P.+29.0m～0.P.+23.5m		座屈非考慮	185	105	277	157
	SM570（t=40mm）	0.P.+23.5m～0.P.+20.0m			255	145	382	217
鋼管杭（下杭）φ2500	SM570（t=35mm）	長杭	0.P.+20.0m～0.P.+1.024m		255	145	382	217
		短杭	0.P.+20.0m～0.P.+5.0m					
	SKK490（t=25mm）	長杭	0.P.+1.024m～杭下端		185	105	277	157
		短杭	0.P.+5.0m～0.P.+2.5m					

注記　＊1：座屈を考慮する場合，鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが，ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

＊2：短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 3-8(3)　鋼管杭の許容限界（岩盤部，断面⑤～⑥）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度（N/mm²）		短期許容応力度（N/mm²）＊2	
					許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度	許容曲げ圧縮応力度	許容せん断応力度
鋼管杭（上杭）φ2200	SKK490（t=25mm）	0.P.+29.0m～0.P.+23.5m		座屈考慮	164＊1	96＊1	246＊1	145＊1
	SM570（t=40mm）	0.P.+23.5m～0.P.+21.0m			229＊1	137＊1	344＊1	206＊1
		0.P.+21.0m～0.P.+20.0m		座屈非考慮	255	145	382	217
鋼管杭（下杭）φ2500	SM570（t=35mm）	⑤断面	0.P.+20.0m～0.P.+5.0m		255	145	382	217
		⑥断面	0.P.+20.0m～0.P.+8.0m					
	SKK490（t=25mm）	⑤断面	0.P.+5.0m～0.P.+2.5m		185	105	277	157
		⑥断面	0.P.+8.0m～0.P.+5.5m					

注記　＊1：座屈を考慮する場合，鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが，ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

＊2：短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 3-8(4)　鋼管杭の許容限界（岩盤部，断面⑦）

杭種	座屈	許容応力度（N/mm²）		短期許容応力度＊（N/mm²）
SKK490（t=25mm）	座屈非考慮	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	185	277
		許容せん断応力度 τ_{sa}	105	157

注記　＊：短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

3.7.2　鋼製遮水壁及び漂流物防護工

鋼製遮水壁及び漂流物防護工の許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，表 3-9 に示す短期許容応力度とする。

表 3-9　鋼製遮水壁及び漂流物防護工の許容限界

鋼材	座屈	許容応力度 (N/mm^2)		短期許容応力度* (N/mm^2)
SM570	座屈非考慮	許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	255	382
		許容せん断応力度 τ_{sa}	145	217
SM490Y		許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa}	210	315
		許容せん断応力度 τ_{sa}	120	180
	座屈考慮	許容圧縮応力度 σ_{ca}	127	190

注記　＊：短期許容応力度は，道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

3.7.3　RC 遮水壁

RC 遮水壁の鉄筋コンクリートの許容限界は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）」に基づき，表 3-10 に示す短期許容応力度とする。

表 3-10　RC 遮水壁の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm²)		短期許容応力度* (N/mm²)
コンクリート (f'ck=40N/mm²)	許容曲げ圧縮応力度 σca	14	21
	許容せん断応力度 τa1	0.55	0.82
鉄筋(SD345)	許容曲げ引張応力度 σsa	196	294

注記　＊：短期許容応力度は，コンクリートの標準示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

3.7.4　背面補強工

背面補強工の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-11 に示すすべり安全率とする。

表 3-11　背面補強工の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.5　置換コンクリート

置換コンクリートの許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-12 に示すすべり安全率とする。

表 3-12　置換コンクリートの許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.6　改良地盤

改良地盤の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-13 に示すすべり安全率とする。

表 3-13　改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.7　セメント改良土

セメント改良土の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-14 に示すすべり安全率とする。

表 3-14　セメント改良土の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.8　止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。表 3-15 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 3-15　止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界(mm)		
変形量	ゴムジョイント	汀線直角方向	350
		汀線方向	150
	ウレタンシリコーン目地	汀線直角方向	30
		汀線方向	6

3.7.9　基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，支持力試験及び道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14　年 3　月）により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-16 に示す。

表 3-16　基礎地盤の支持力に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界（N/mm^2）
極限支持力	狐崎部層*	13.7
	牧の浜部層*	11.4
	改良地盤	4.4
	C_L級岩盤（杭基礎）	3.9

＊：C_M級岩盤以上の岩盤が対象

3.8　評価方法

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震評価は，地震応答解析に基づき算定した発生応力が「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

3.8.1　鋼管杭

鋼管杭の評価は，杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(1)　曲げ軸力照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} \pm \frac{M_1}{Z_1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.1)$$

ここで，

σ_1：鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力度（N/mm^2）

M_1：鋼管杭に発生する曲げモーメント（kN･m）

Z_1：鋼管杭の断面係数（mm^3）＊

N_1：鋼管杭に発生する軸力（kN）

A_1：鋼管杭の断面積（mm^2）＊

注記　＊：鋼管杭の外側 1mm を腐食代として考慮する。

(2)　せん断力照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau_1 = \kappa_1 \frac{S_1}{A_1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.2)$$

ここで，

τ_1：鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力度（N/mm^2）

S_1：鋼管杭に発生するせん断力（kN）

A_1：鋼管杭の断面積（mm^2）＊

κ_1：せん断応力の分布係数（2.0）

注記　＊：鋼管杭の外側 1mm を腐食代として考慮する。

3.8.2　鋼製遮水壁及び漂流物防護工

鋼製遮水壁は，スキンプレート，垂直リブ及び水平リブで構成され，漂流物防護工は架台及び防護工で構成されている。防護工は架台に取り付けられており，架台はスキンプレートを挟んで水平リブと同じ高さに設置されている。鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図を図 3-29 に示す。

これらの各部材について，単純ばり又は片持ちばりでモデル化し，それぞれ許容限界以下であることを確認する。

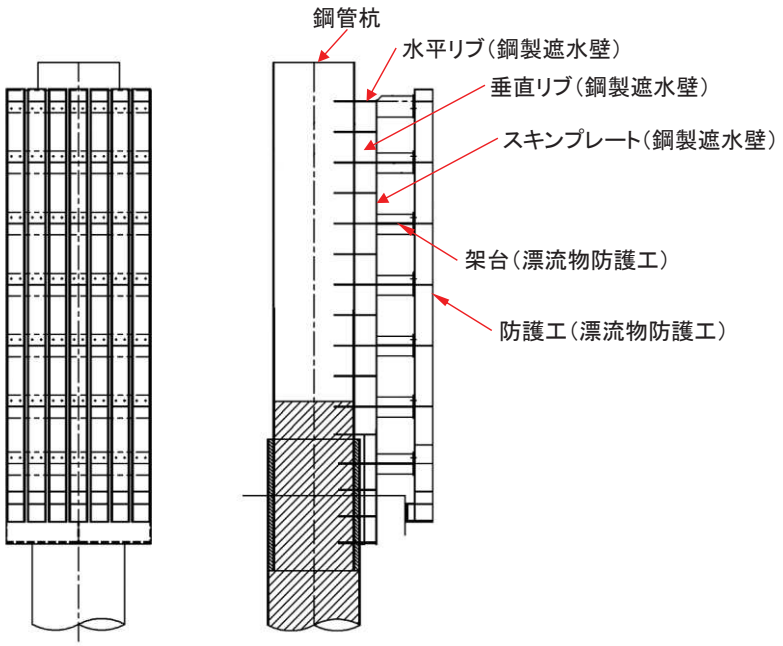
地震荷重については，鋼製遮水壁及び漂流物防護工の評価部材ごとにその自重を算定して設計用水平震度との積として設定する。設計水平震度については，地震応答解析の結果に基づき，鋼製遮水壁及び漂流物防護工が設置される断面①～③，⑤及び⑥の鋼管杭に発生する最大水平加速度から以下の式により各断面の最大水平震度 k_h を算定した上で，保守的に設計水平震度を設定し，高さ方向に一律作用させることとする。

（水平震度算定式）

$$k_h = \frac{\alpha_{max}}{g} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.3)$$

α_{max}　：最大水平加速度（m/s^2）

g　：重力加速度（m/s^2）



（正面図）　　（断面図）

図 3-29(1)　鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図（正面図，断面図）

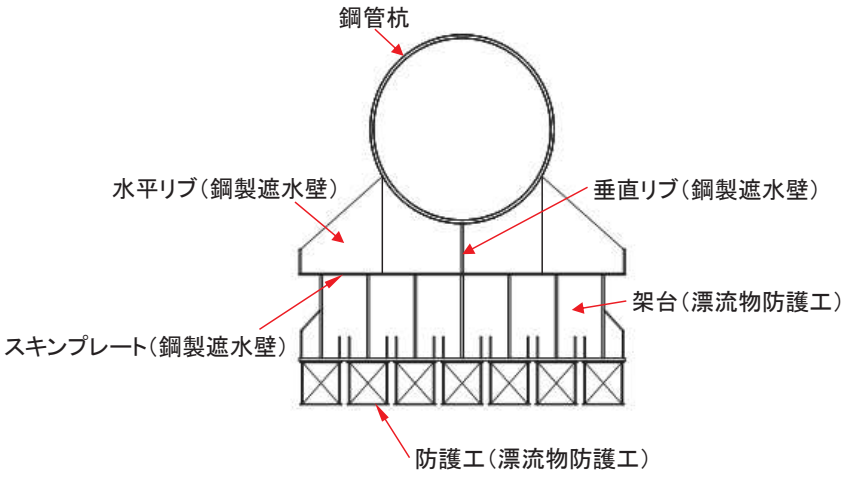


図 3-29(2)　鋼製遮水壁及び漂流物防護工の構造図（平面図）

(1) スキンプレート

スキンプレートの照査方法を図 3-30 に示す。水平リブを支点とする単純ばりでモデル化し，曲げモーメントを用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.4)$$

$$M_2 = P_2 \frac{L^2}{8} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.5)$$

ここで,

σ_2 ：曲げモーメントによるスキンプレートの発生応力度（N/mm^2）

M_2 ：スキンプレートに発生する曲げモーメント（kN・m）

Z_2 ：スキンプレートの断面係数（mm^3）＊

P_2 ：スキンプレートに作用する単位幅あたりの地震慣性力（kN/m）

L ：水平リブ間隔（mm）

注記 ＊：スキンプレートの外側 1mm を腐食代として考慮する。

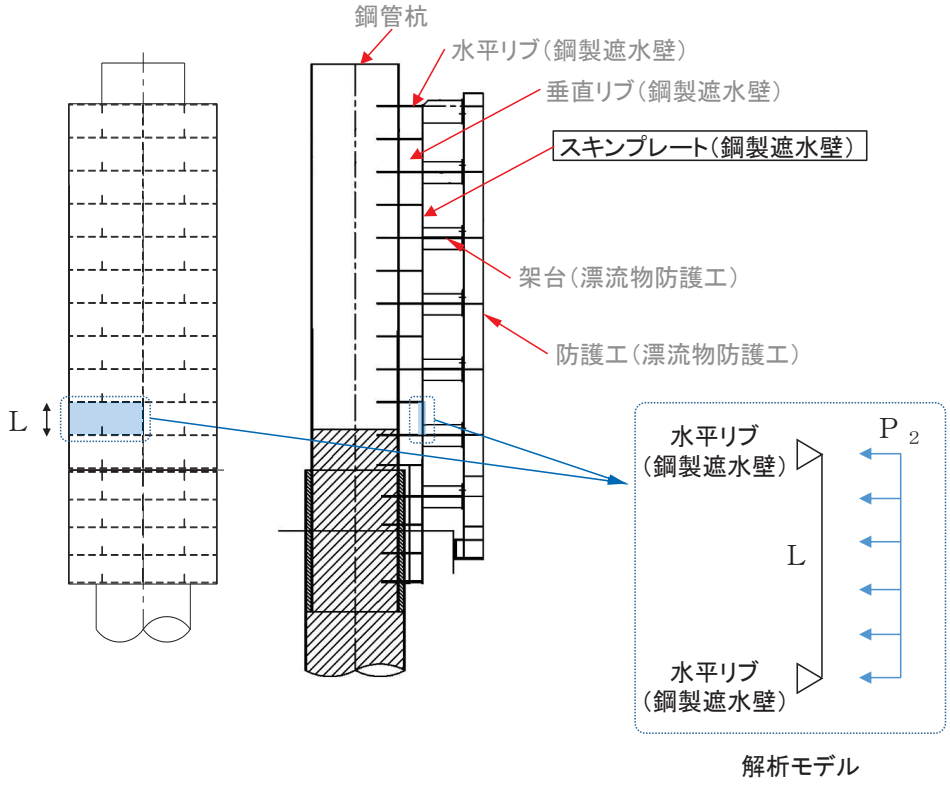


図 3-30 スキンプレートの照査概念図

(2)　垂直リブ

垂直リブの照査方法を図 3-31 に示す。垂直リブに作用する軸力から算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_3 = \frac{P}{t \cdot L} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.6)$$

$$P = P_3 \cdot L \cdot B \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.7)$$

ここで,

σ_3　：垂直リブに発生する圧縮応力度（N/mm^2）
P　：受圧面積に発生する水平荷重（kN）
t　：垂直リブの板厚（mm）
L　：水平リブ間隔（mm）
P_3　：垂直リブに作用する地震慣性力（kN/m^2）
B　：鋼製遮水壁の総幅（m）

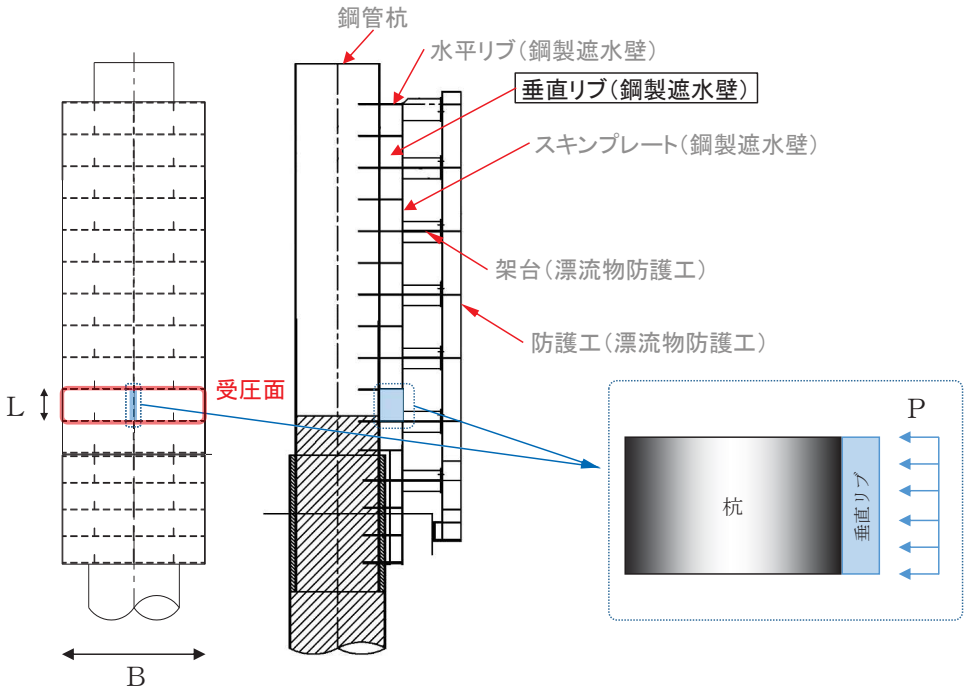


図 3-31　垂直リブの照査概念図

(3)　水平リブ及び架台

水平リブ，スキンプレート及び架台を一つの充腹形断面とみなして，鋼管杭中心線上を固定支点とする片持ちばりでモデル化し，曲げモーメント及びせん断力よりそれぞれ算定される応力が許容限界以下であることを確認する。また，合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

水平リブ及び架台の照査方法を図 3-32 に示す。

曲げ応力照査（水平リブ）

$$\sigma_4 = \frac{M_4}{Z_4} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.8)$$

$$M_4 = \frac{1}{2} P_4 \cdot \ell \cdot b^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.9)$$

せん断力照査（水平リブ）

$$\tau_4 = \frac{S_4}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.10)$$

$$S_4 = P_4 \cdot \ell \cdot b \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.11)$$

合成応力照査（水平リブ）

$$\left(\frac{\sigma_4}{\sigma_{sa}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_4}{\tau_{sa}}\right)^2 \leq 1.2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.12)$$

曲げ応力照査（架台）

$$\sigma_5 = \frac{M_5}{Z_5} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.13)$$

$$M_5 = \frac{1}{2} P_4 \cdot \ell \cdot b^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.14)$$

せん断力照査（架台）

$$\tau_5 = \frac{S_5}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.15)$$

$$S_5 = P_4 \cdot \ell \cdot b \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.16)$$

合成応力照査（架台）

$$\left(\frac{\sigma_5}{\sigma_{sa}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_5}{\tau_{sa}}\right)^2 \leq 1.2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.17)$$

ここで,

σ_4 ：曲げモーメントによる水平リブの発生応力度（N/mm^2）
M_4 ：水平リブに発生する曲げモーメント（kN・m）
Z_4 ：水平リブの断面係数（mm^3）
P_4 ：水平リブ及び架台に作用する地震慣性力（kN/m^2）
τ_4 ：せん断力による水平リブの発生応力度（N/mm^2）
S_4 ：水平リブに発生するせん断力（kN）
σ_5 ：曲げモーメントによる架台の発生応力度（N/mm^2）
M_5 ：架台に発生する曲げモーメント（kN・m）
Z_5 ：架台の断面係数（mm^3）＊
τ_5 ：せん断力による架台の発生応力度（N/mm^2）
S_5 ：架台に発生するせん断力（kN）
ℓ ：架台間隔（mm）
b ：モーメントアーム長（m）
A_w ：水平リブ及び架台のせん断抵抗断面積（mm^2）＊
σ_{sa} ：短期許容曲げ圧縮応力度（N/mm^2）
τ_{sa} ：短期許容せん断応力度（N/mm^2）
注記　＊：架台は腐食代 2mm を考慮する。

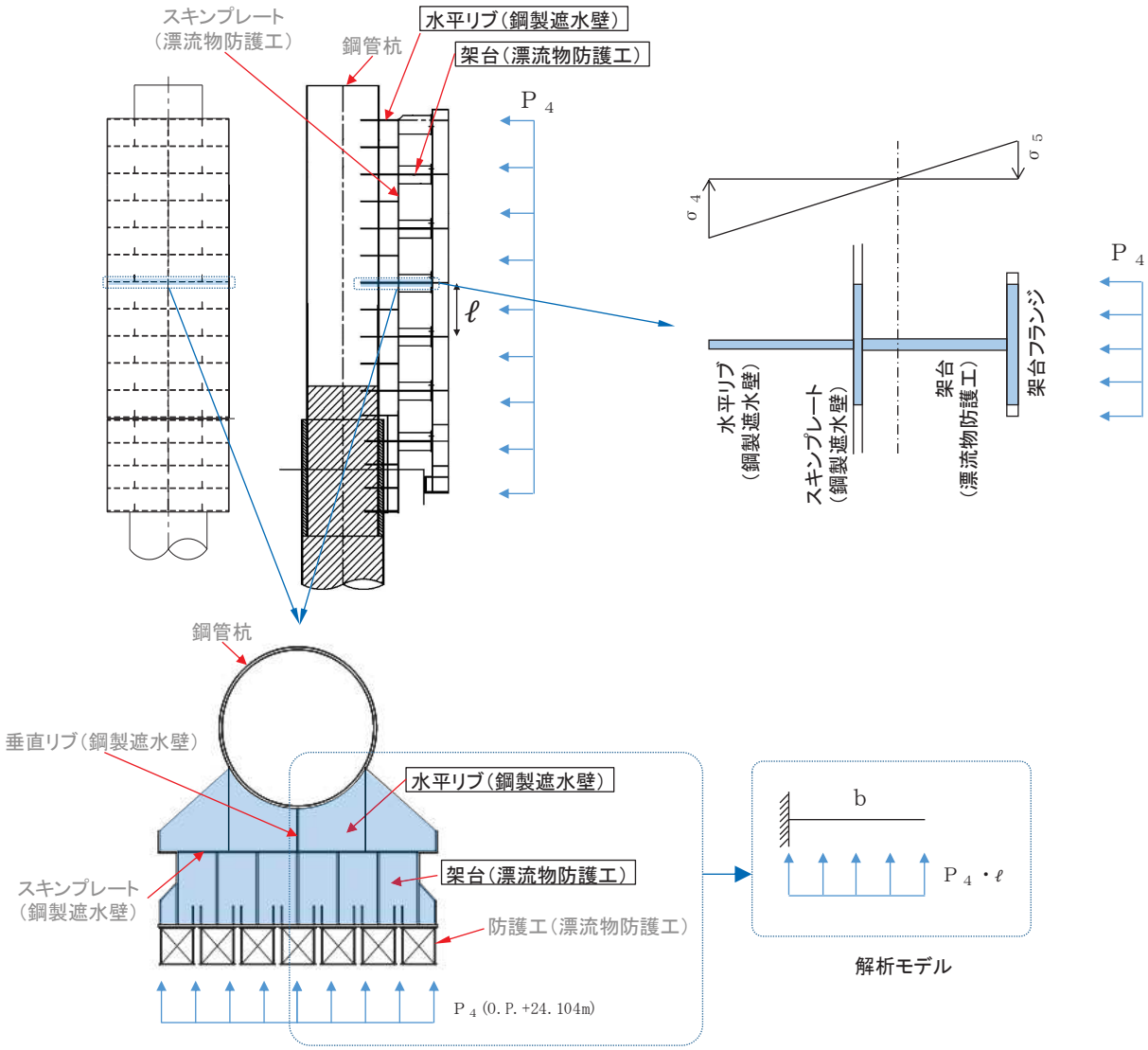


図 3-32　水平リブ及び架台の照査概念図

(4) 防護工

防護工の照査方法を図 3-33 に示す。防護工は架台を支点とする単純ばりでモデル化し，曲げモーメント及びせん断力よりそれぞれ算定される応力が許容限界以下であることを確認する。また，合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

曲げ応力照査

$$\sigma_6 = \frac{M_6}{Z_6} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.18)$$

$$M_6 = P_6 \cdot b'' \cdot \frac{\ell^2}{8} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.19)$$

せん断力照査

$$\tau_6 = \frac{S_6}{A_{wc}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.20)$$

$$S_6 = P_6 \cdot b'' \cdot \frac{\ell}{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.21)$$

合成応力照査

$$\left(\frac{\sigma_6}{\sigma_{sa}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_6}{\tau_{sa}}\right)^2 \leq 1.2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.22)$$

ここで，

σ_6 ：曲げモーメントによる防護工の発生応力度（N/mm^2）
M_6 ：防護工に発生する曲げモーメント（kN・m）
Z_6 ：防護工の断面係数（mm^3）＊
P_6 ：防護工に作用する地震慣性力（kN/m^2）
τ_6 ：せん断力による防護工の発生応力度（N/mm^2）
S_6 ：防護工に発生するせん断力（kN）
b'' ：防護工の幅（m）
A_{wc} ：防護工のせん断抵抗断面積（mm^2）＊
ℓ ：架台間隔（mm）
σ_{sa} ：短期許容曲げ圧縮応力度（N/mm^2）
τ_{sa} ：短期許容せん断応力度（N/mm^2）
注記 ＊：防護工は外側 1mm を腐食代として考慮する。

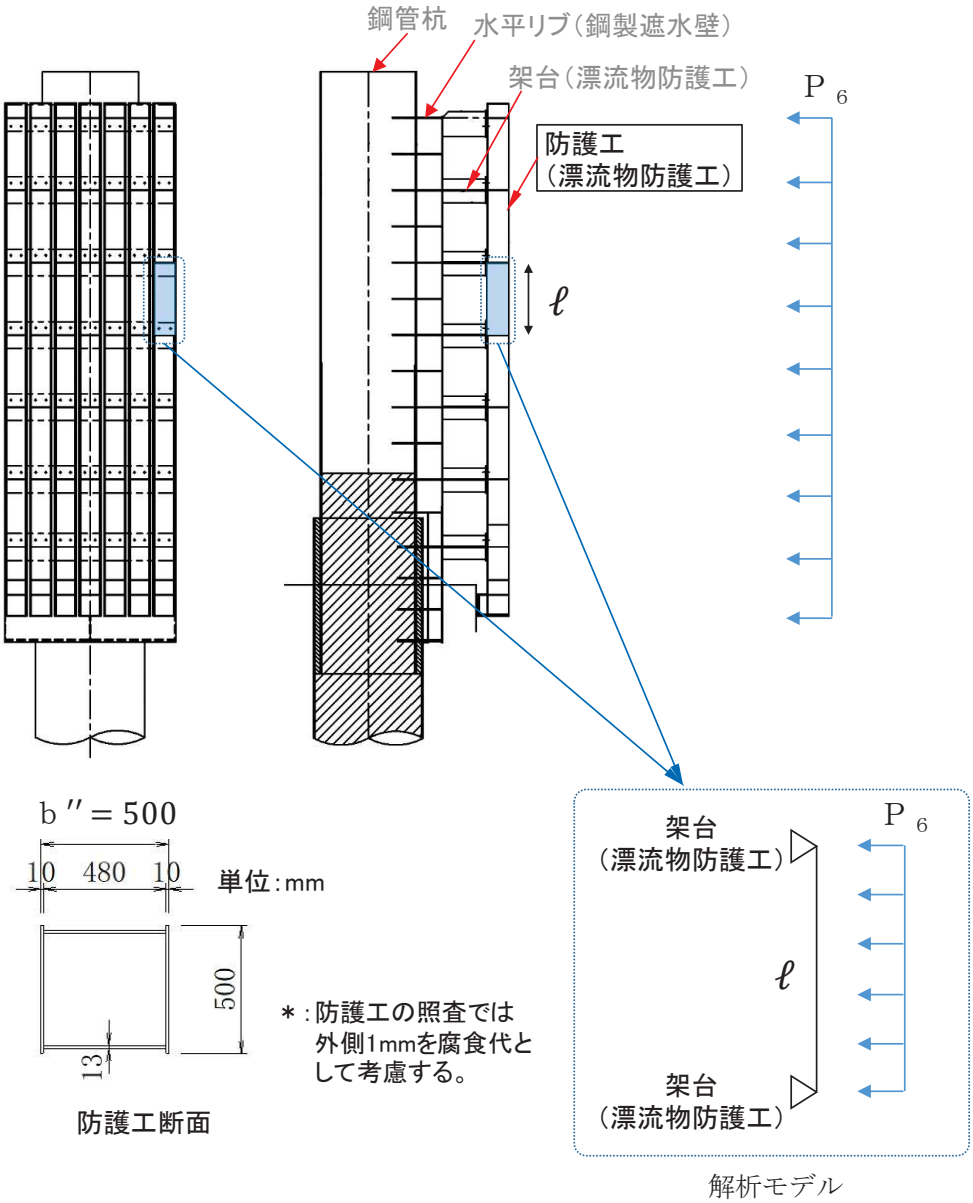


図 3-33　防護工の照査概念図

3.8.3　RC 遮水壁

RC 遮水壁は，コンクリートの曲げ圧縮応力，せん断応力及び鉄筋の引張応力が許容限界以下であることを確認する。

RC 遮水壁の応力度算定は，解析コード「UC-win/section Ver.6.02.02」を使用する。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム(解析コード) の概要」に示す。

3.8.4　背面補強工

背面補強工の評価は，背面補強工を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

3.8.5　置換コンクリート

置換コンクリートの評価は，置換コンクリートを通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

3.8.6　改良地盤

改良地盤の評価は，改良地盤を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

また，改良地盤の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－１σ強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

3.8.7　セメント改良土

セメント改良土の評価は，セメント改良土を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

また，セメント改良土の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－１σ強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

3.8.8　止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の地震時の評価について，汀線直角方向及び汀線方向ともに，地震荷重による最大相対変位が許容限界以下であることを確認する。

3.8.9　基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては，基礎地盤に生じる接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 鋼管杭

4.1.1 曲げ軸力照査

断面計算に用いた断面諸元を表 4-1 に，鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-1～図 4-7 に，曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 4-2～表 4-8 に示す。

なお，断面⑦については，5 本の鋼管杭のうち最も照査値の厳しい結果を示すこととし，照査位置を図 4-7 に併せて示す。

この結果から鋼管杭の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1(1) 鋼管杭断面諸元（断面①～断面⑥）

杭種			設置標高		板厚*2 (mm)	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
A	鋼管杭 (上杭) φ2200	SKK490 (t=25mm)	0.P.+30.0m*1～ 0.P.+23.5m		24	1.639×10^5	8.813×10^7
B	鋼管杭 (上杭) φ2200	SM570 (t=40mm)	0.P.+23.5m～ 0.P.+21.0m		39	2.645×10^5	1.403×10^8
			0.P.+21.0m～ 0.P.+20.0m				
C	鋼管杭 (下杭) φ2500	SM570 (t=35mm)	長杭	0.P.+20.0m～ 0.P.±0.0m	34	2.632×10^5	1.599×10^8
			短杭 断面⑤	0.P.+20.0m～ 0.P.+5.0m			
			断面⑥	0.P.+20.0m ～ +8.0m			
D	鋼管杭 (下杭) φ2500	SKK490 (t=25mm)	長杭	0.P.±0.0m～ 杭下端	24	1.865×10^5	1.143×10^8
			短杭 断面⑤	0.P.+5.0m～ 0.P.+2.5m			
			断面⑥	0.P.+8.0m ～ +5.5m			

注記 ＊1：岩盤部（断面⑤及び断面⑥）は 0.P.+29.0m

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）に基づき腐食代 1 mm を考慮する。杭体の断面照査において，腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 4-1(2)　鋼管杭断面諸元（断面⑦）

杭種		設置標高	板厚* (mm)	断面積（mm^2）	断面係数（mm^3）
鋼管杭 （上杭） φ2200	SKK490 (t=25mm)	0.P.+28.4m～0.P.+21.4m 0.P.+28.4m～0.P.+20.4m 0.P.+28.4m～0.P.+19.4m	24	1.639×10^5	8.813×10^7

注記　＊：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）に基づき腐食代 1 mm を考慮する。杭体の断面照査において，腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

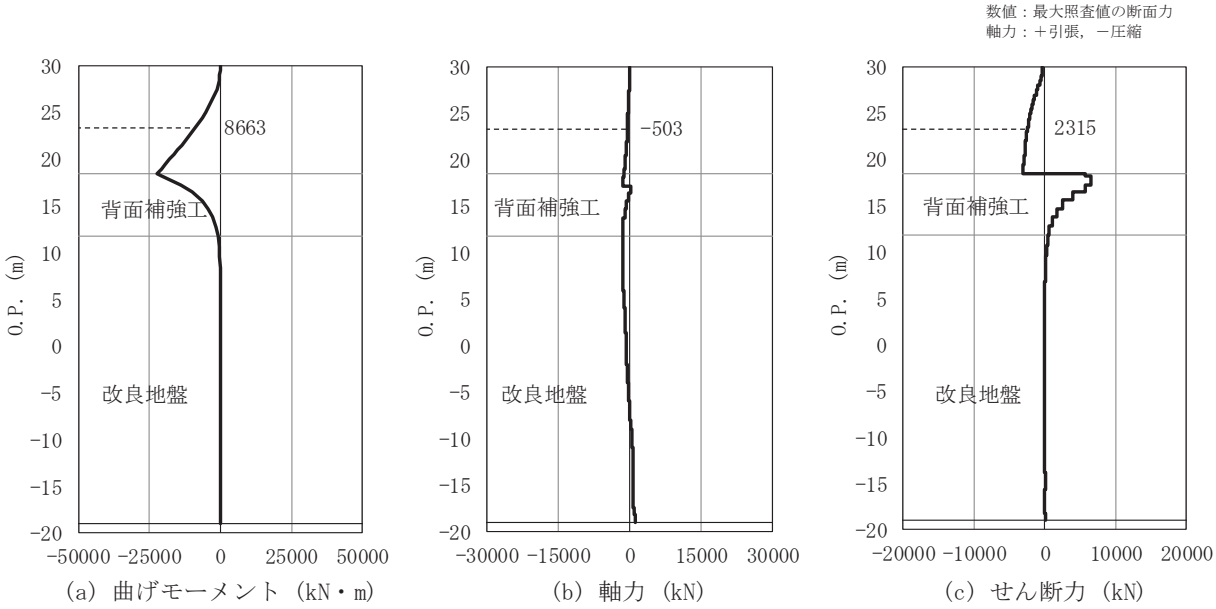


図 4-1　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面①，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=6.92s）
解析ケース①：基本ケース

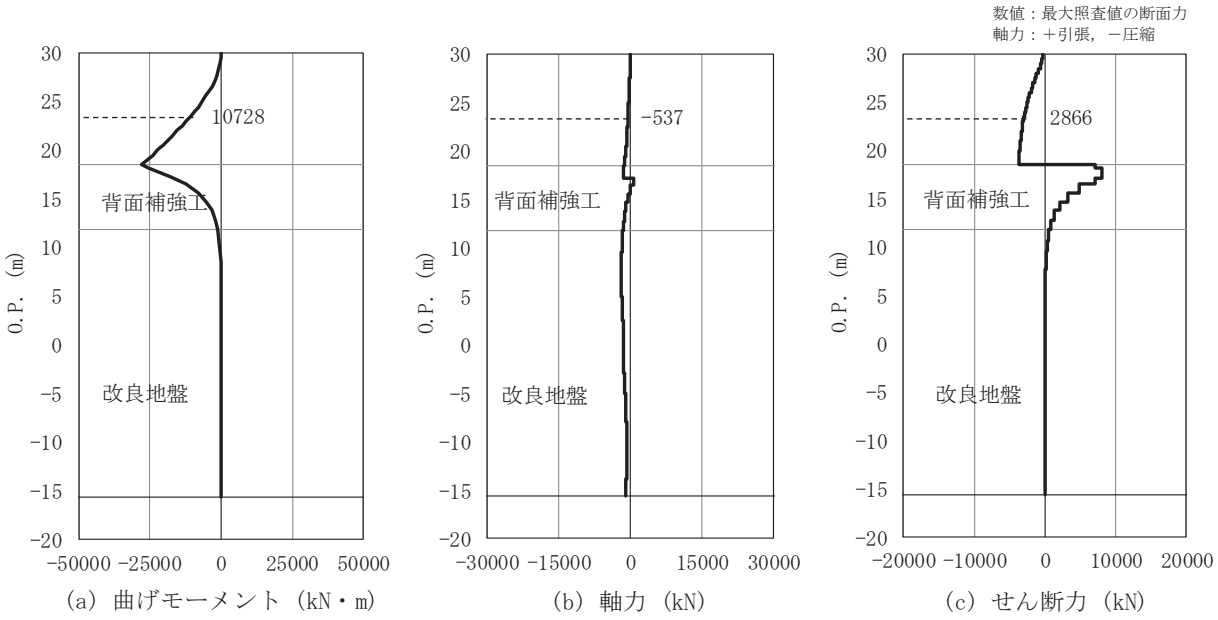


図 4-2　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面②，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=6.91s）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値＋１σ）

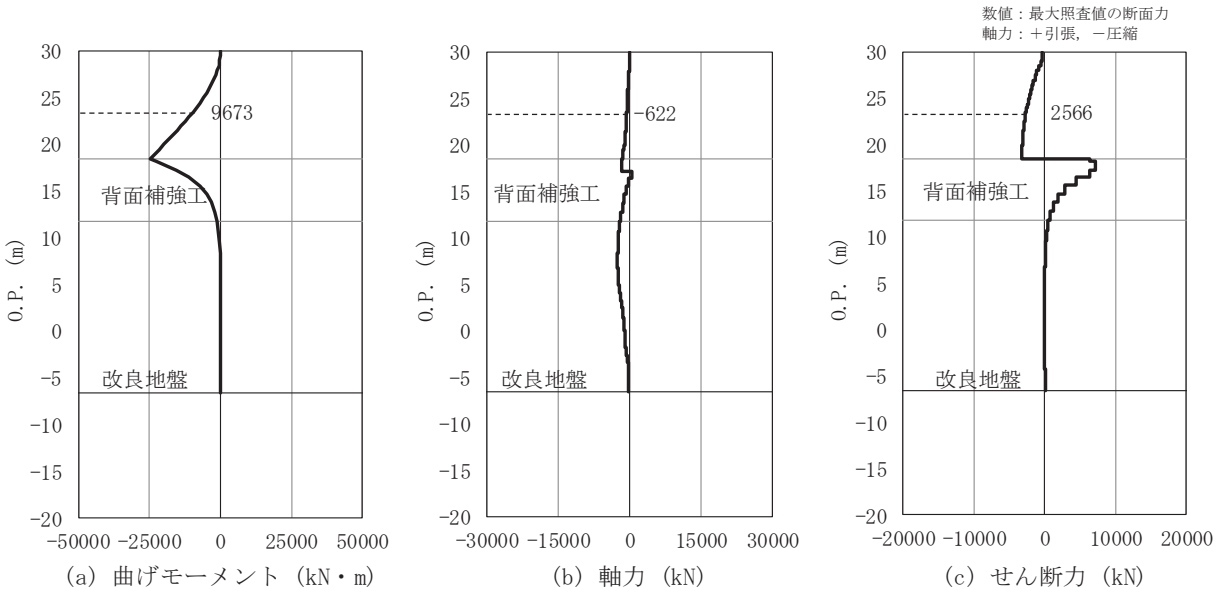


図 4-3　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面③，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=6.91s）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値＋１σ）

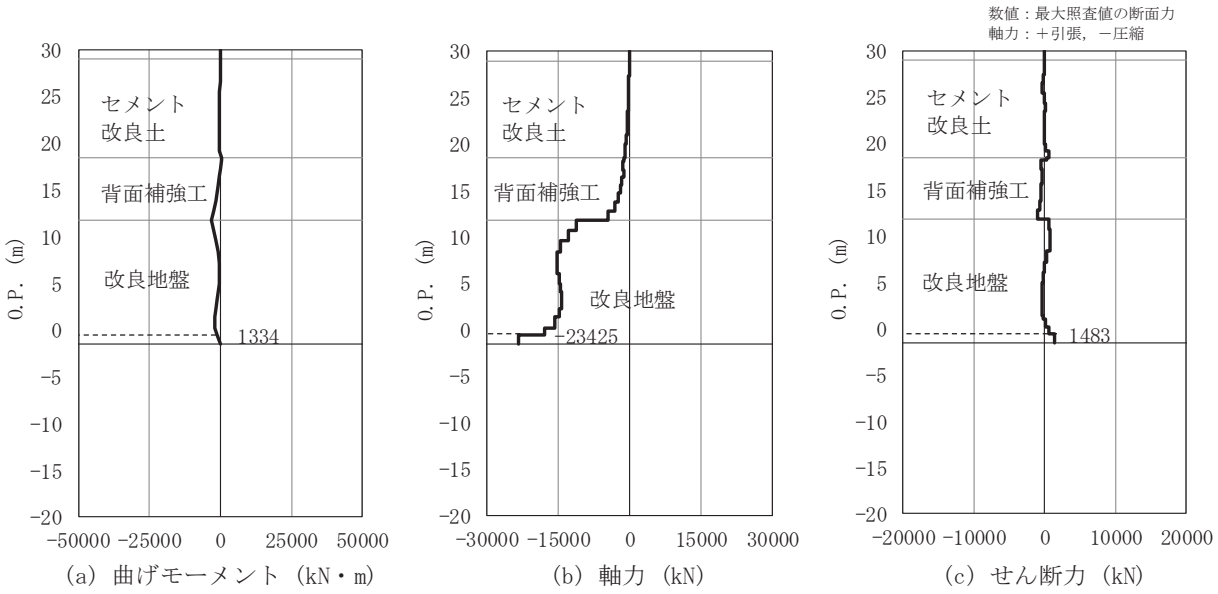


図 4-4　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面④，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=13.59s）
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値－１σ）

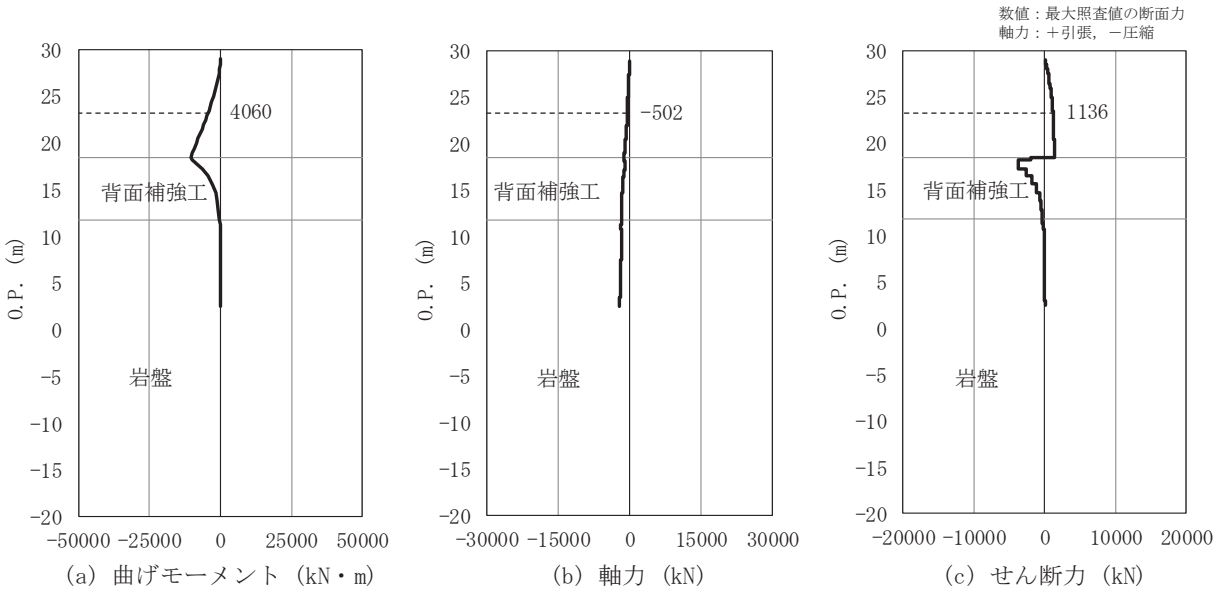
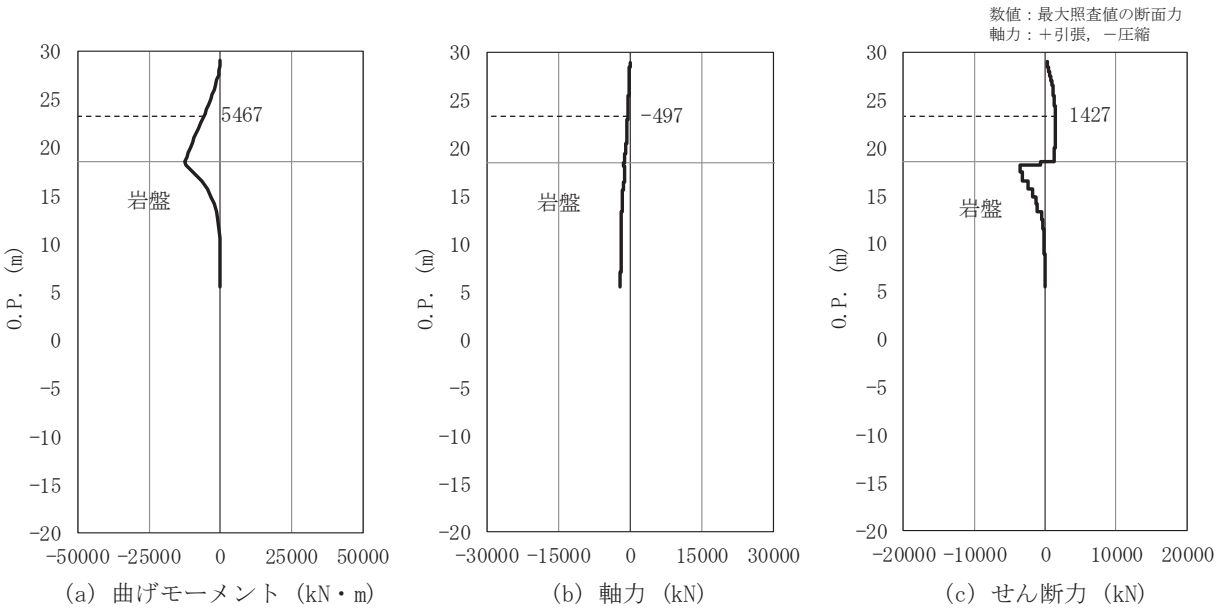


図 4-5　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面⑤，Ｓｓ－Ｄ２（－＋），t=6.84s）
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値－１σ）



（a）曲げモーメント（kN・m）　（b）軸力（kN）　（c）せん断力（kN）

図 4-6　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面⑥，Ｓｓ－Ｆ３（＋＋），t=28.04s）
解析ケース①：基本ケース

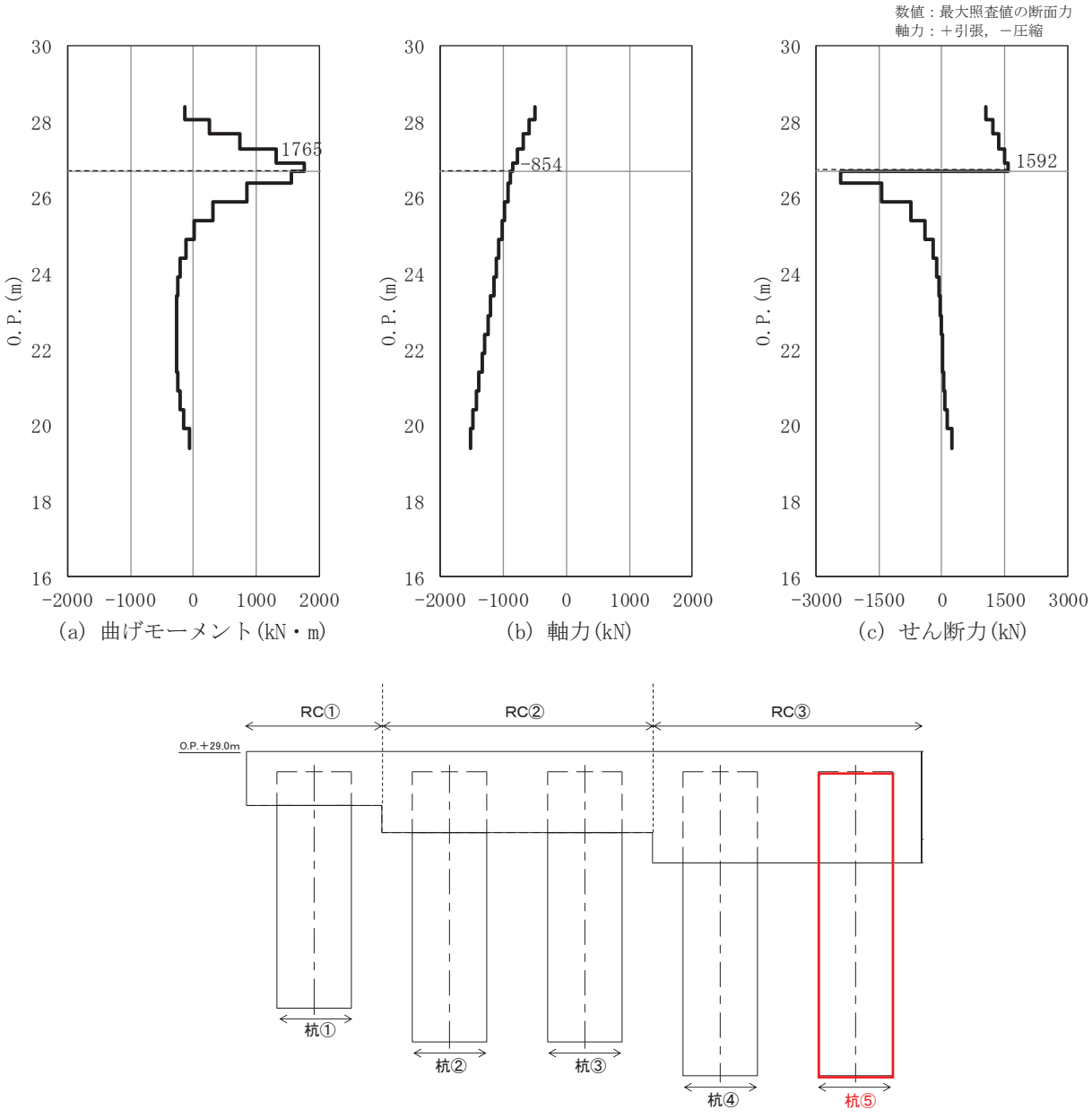


図 4-7　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面⑦，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=22.57s）
解析ケース①：基本ケース

表 4-2　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面①）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	①	8663	503	102	247	0.42

表 4-3　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面②）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	②	10728	537	126	247	0.52

表 4-4　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面③）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	②	9673	622	114	247	0.47

表 4-5　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面④）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
D	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	③	1334	23425	138	277	0.50

表 4-6　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面⑤）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A	Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	③	4060	502	50	251	0.20

表 4-7　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面⑥）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A	Ｓｓ－Ｆ３(＋＋)	①	5467	497	66	251	0.27

表 4-8　鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値（断面⑦）

部材	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
杭⑤	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	①	1765	854	26	277	0.10

4.1.2　せん断力照査

鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-8～図 4-14 に，せん断破壊に対する照査値を表 4-9～表 4-15 に示す。なお，断面⑦については，5本の鋼管杭のうち最も照査値の厳しい結果を示すこととし，照査位置を図4-14に併せて示す。

この結果から鋼管杭の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

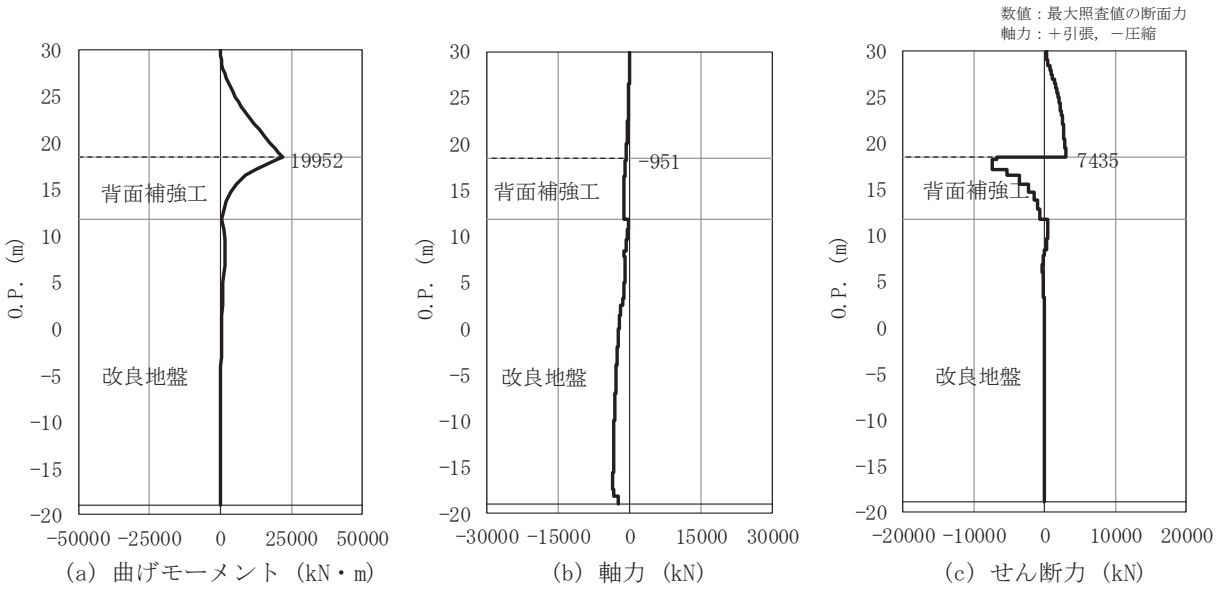


図 4-8　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面①，Ｓｓ－Ｄ２（＋＋），t=6.92s）
解析ケース①：基本ケース

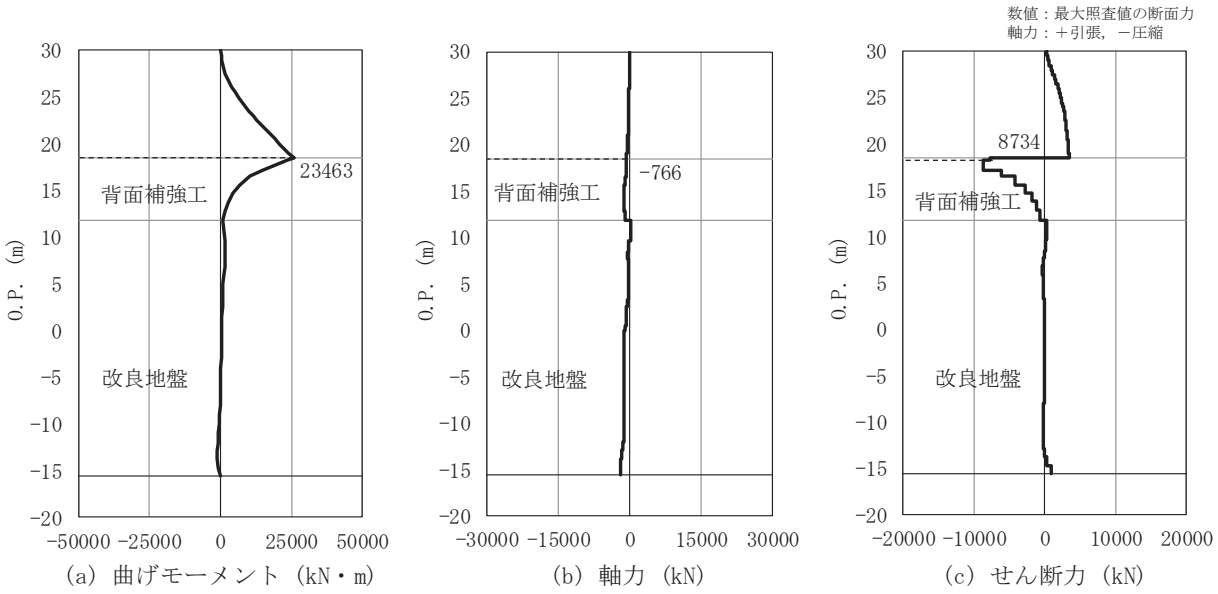


図 4-9　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面②，Ｓｓ－Ｄ２（＋＋），t=6.92s）
解析ケース①：基本ケース

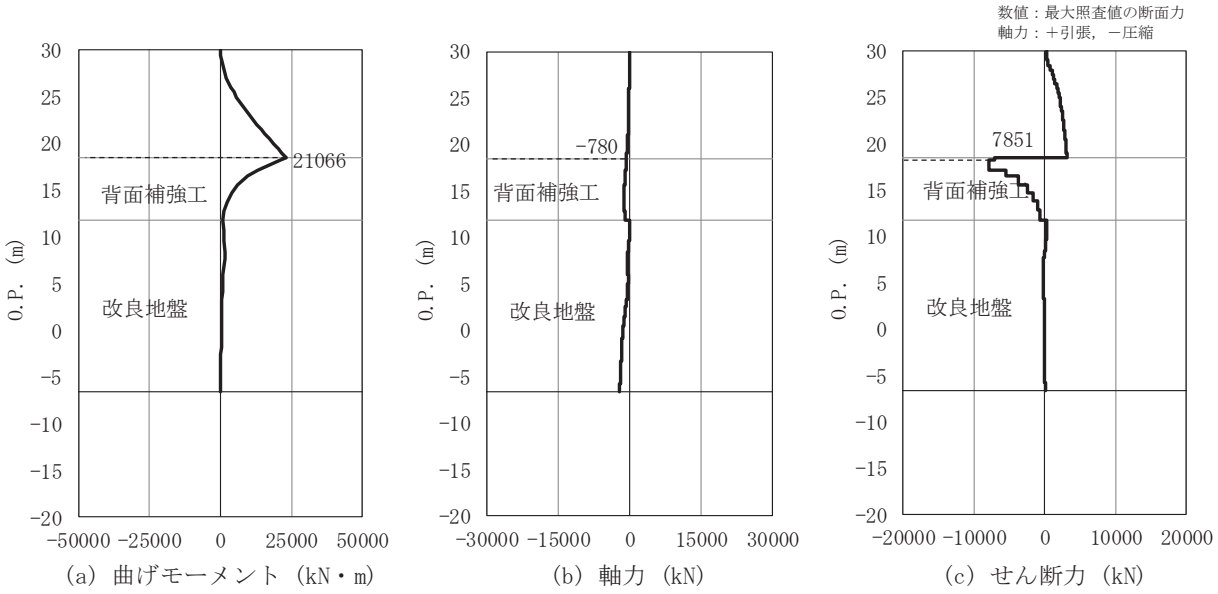


図 4-10　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面③，Ｓｓ－Ｄ２（＋＋），t=6.91s）
解析ケース①：基本ケース

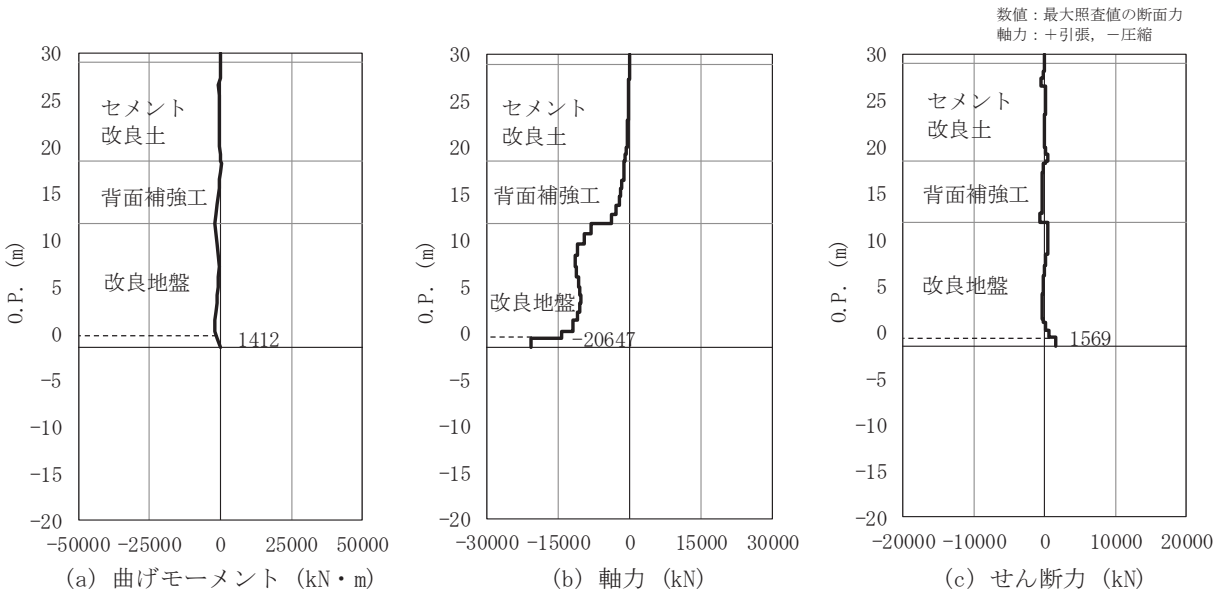


図 4-11　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面④，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=13.59s）
解析ケース①：基本ケース

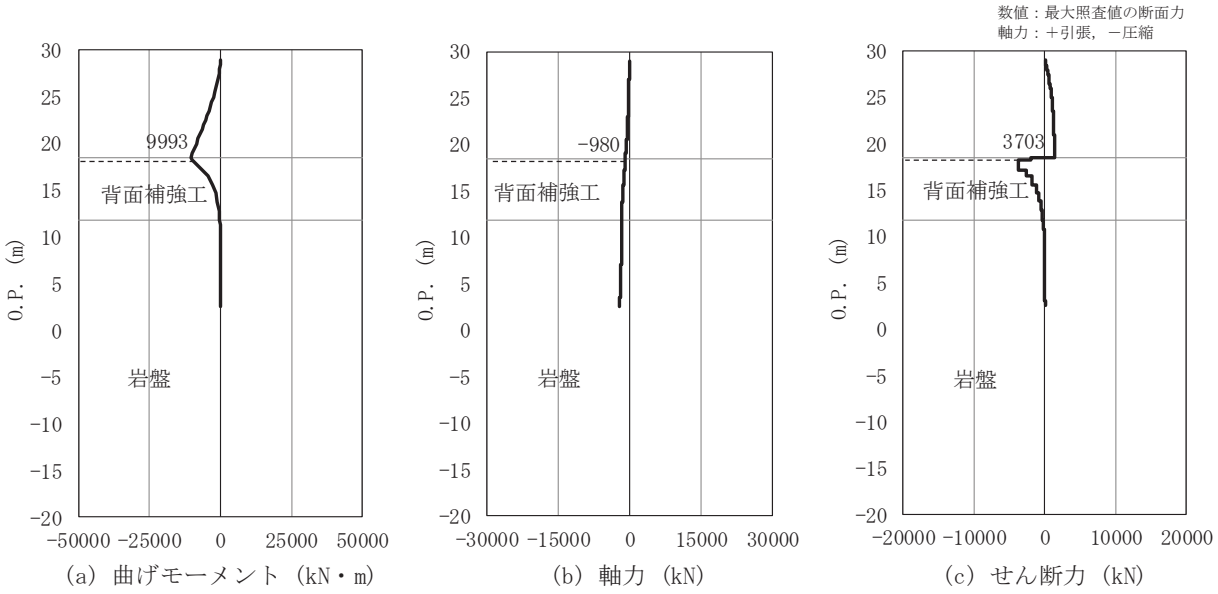


図 4-12　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面⑤，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=6.84s）
解析ケース①：基本ケース

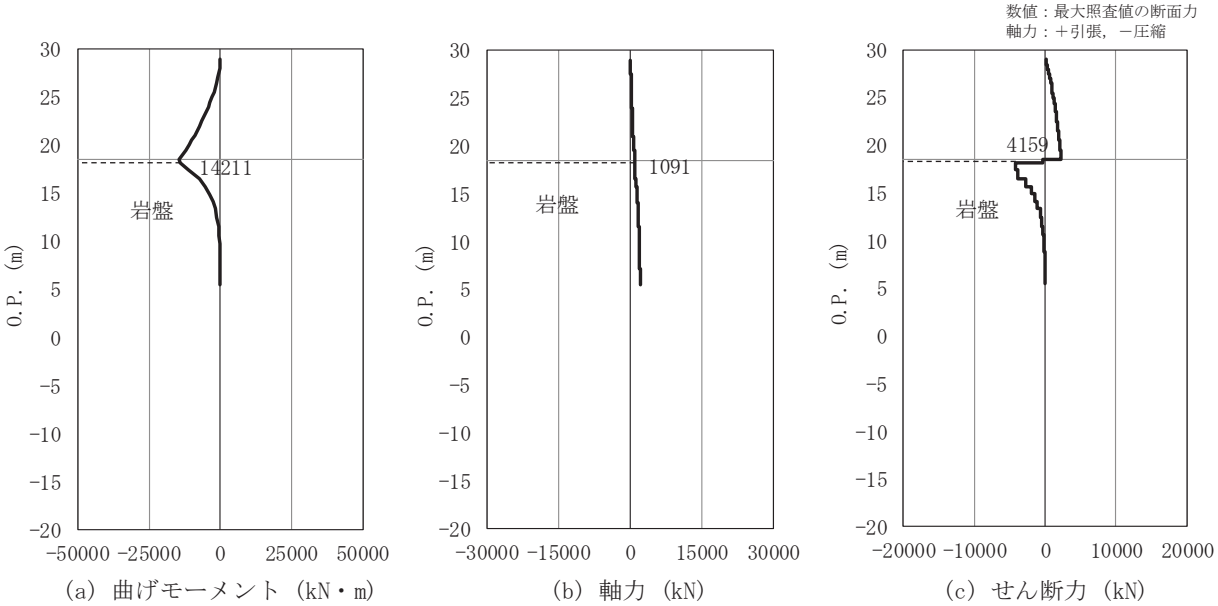


図 4-13　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面⑥，Ｓｓ－Ｆ３（＋＋），t=22.57s）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値＋１σ）

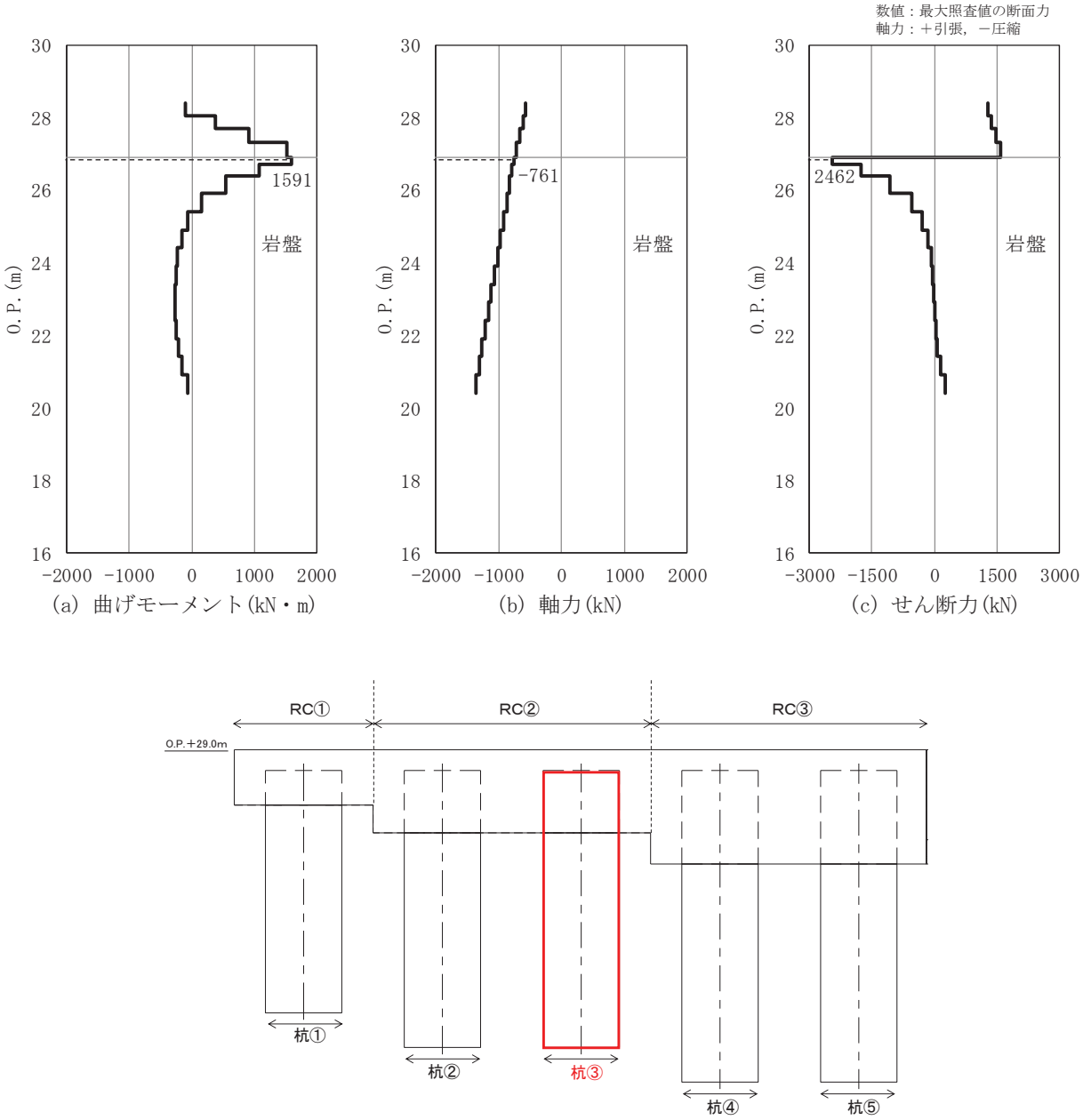


図 4-14　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
（断面⑦，Ｓｓ－Ｄ２（－＋），t=22.57s）
解析ケース①：基本ケース

表 4-9　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面①）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力 せん断力 (kN)	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
C	Ｓｓ－Ｄ２(＋＋)	①	7435	57	217	0.27

表 4-10　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面②）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力 せん断力 (kN)	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
C	Ｓｓ－Ｄ２(＋＋)	①	8734	67	217	0.31

表 4-11　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面③）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力 せん断力 (kN)	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
C	Ｓｓ－Ｄ２(＋＋)	①	7851	60	217	0.28

表 4-12　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面④）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力 せん断力 (kN)	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
D	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	①	1569	17	157	0.11

表 4-13　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面⑤）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力 せん断力 (kN)	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
C	Ｓｓ－Ｄ２(－－)	①	3703	29	217	0.14

表 4-14　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面⑥）

杭種	地震動	解析ケース	発生断面力 せん断力 (kN)	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
C	Ｓｓ－Ｆ３(＋＋)	②	4159	32	217	0.15

表 4-15　鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値（断面⑦）

部材	地震動	解析ケース	発生断面力	せん断応力度	短期許容応力度	照査値
			せん断力 (kN)	τ_s (N/mm^2)	τ_{sa} (N/mm^2)	τ_s/τ_{sa}
杭③	Ｓｓ－Ｄ２（－＋）	①	2462	31	157	0.20

4.2　鋼製遮水壁及び漂流物防護工

鋼管杭に発生する最大水平加速度から算出される最大水平震度k_hは表 4-16 のとおりである。そのため，保守的に評価に用いる設計水平震度は 9 とし，鋼製遮水壁及び漂流物防護工の高さ方向に一様に作用するものとして評価を行った。

鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主部材の照査結果を表 4-17 に示す。この結果から，鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-16　各評価断面における最大水平震度及び設計水平震度

断面	最大加速度となる標高	最大水平震度k_h	設計水平震度
断面①	O.P.+29.0m	7.0	9
断面②	O.P.+29.0m	8.6	
断面③	O.P.+29.0m	7.8	
断面⑤	O.P.+29.0m	3.8	
断面⑥	O.P.+29.0m	5.6	

表 4-17　鋼製遮水壁及び漂流物防護工の主要部材の照査結果

部材		材質	応力成分	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
鋼製遮水壁	スキンプレート	SM490Y	曲げ応力度 (N/mm^2)	24	315	0.08
	垂直リブ	SM490Y	圧縮応力度 (N/mm^2)	6	190	0.04
	水平リブ	SM490Y	曲げ応力度 (N/mm^2)	27	315	0.09
			せん断応力度 (N/mm^2)	13	180	0.08
			合成応力度*	0.02	1.20	0.02
漂流物防護工	架台	SM490Y	曲げ応力度 (N/mm^2)	20	315	0.07
			せん断応力度 (N/mm^2)	13	180	0.08
			合成応力度*	0.01	1.20	0.01
	防護工	SM570	曲げ応力度 (N/mm^2)	3	382	0.01
			せん断応力度 (N/mm^2)	2	217	0.01
			合成応力度*	0.01	1.20	0.01

注記　＊：同じ荷重条件の曲げ応力度及びせん断力度から算出する。

4.3　RC 遮水壁

RC 遮水壁の照査時刻における断面力図を図 4-15～図 4-16 に，照査結果を表 4-18～表 4-20 に示す。この結果から，RC 遮水壁の主部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

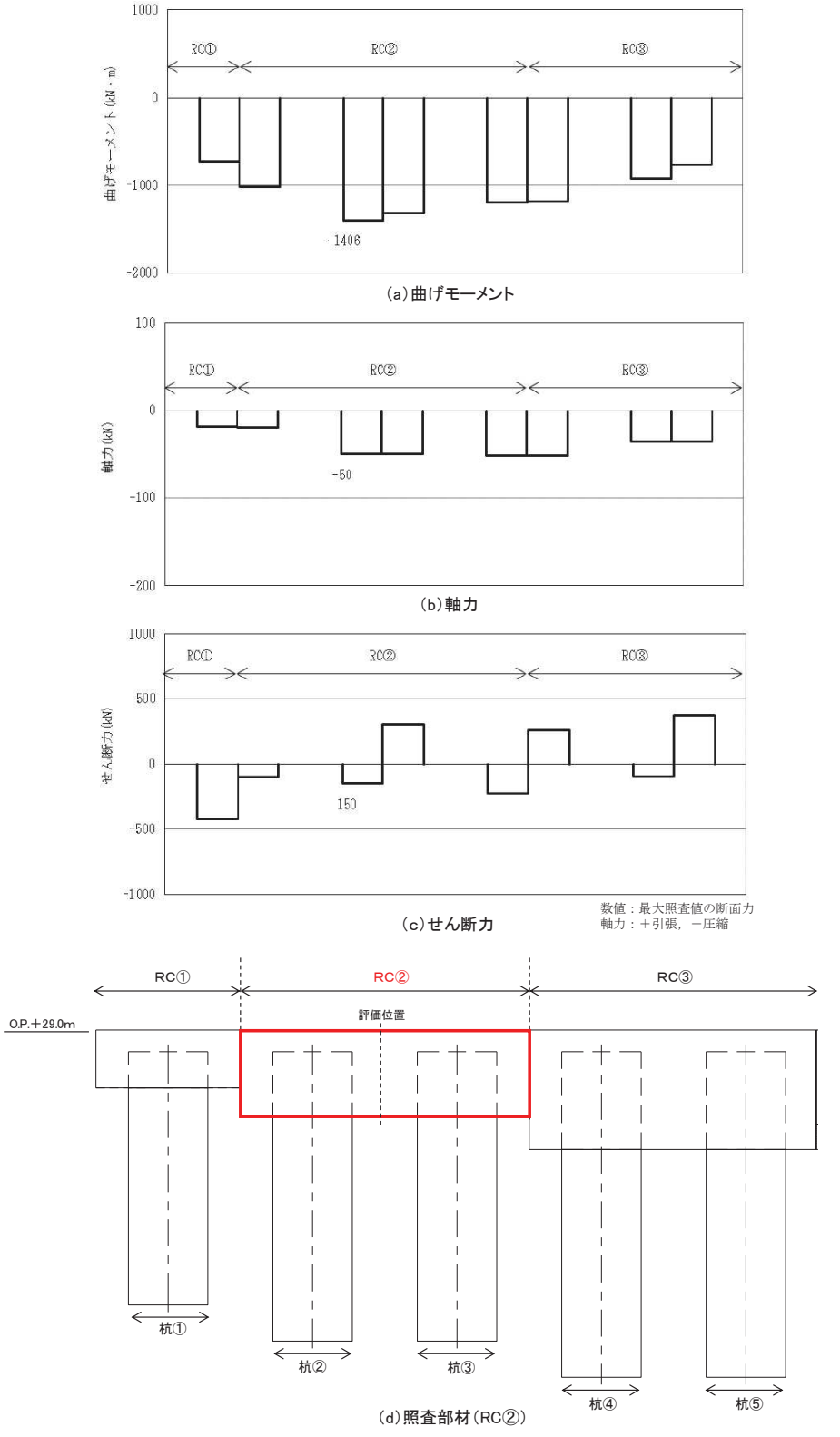


図 4-15　コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系に対する照査における照査時刻での断面力
（断面⑦，Ｓｓ－Ｄ２（－＋），t=22.58s）
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値－１σ）

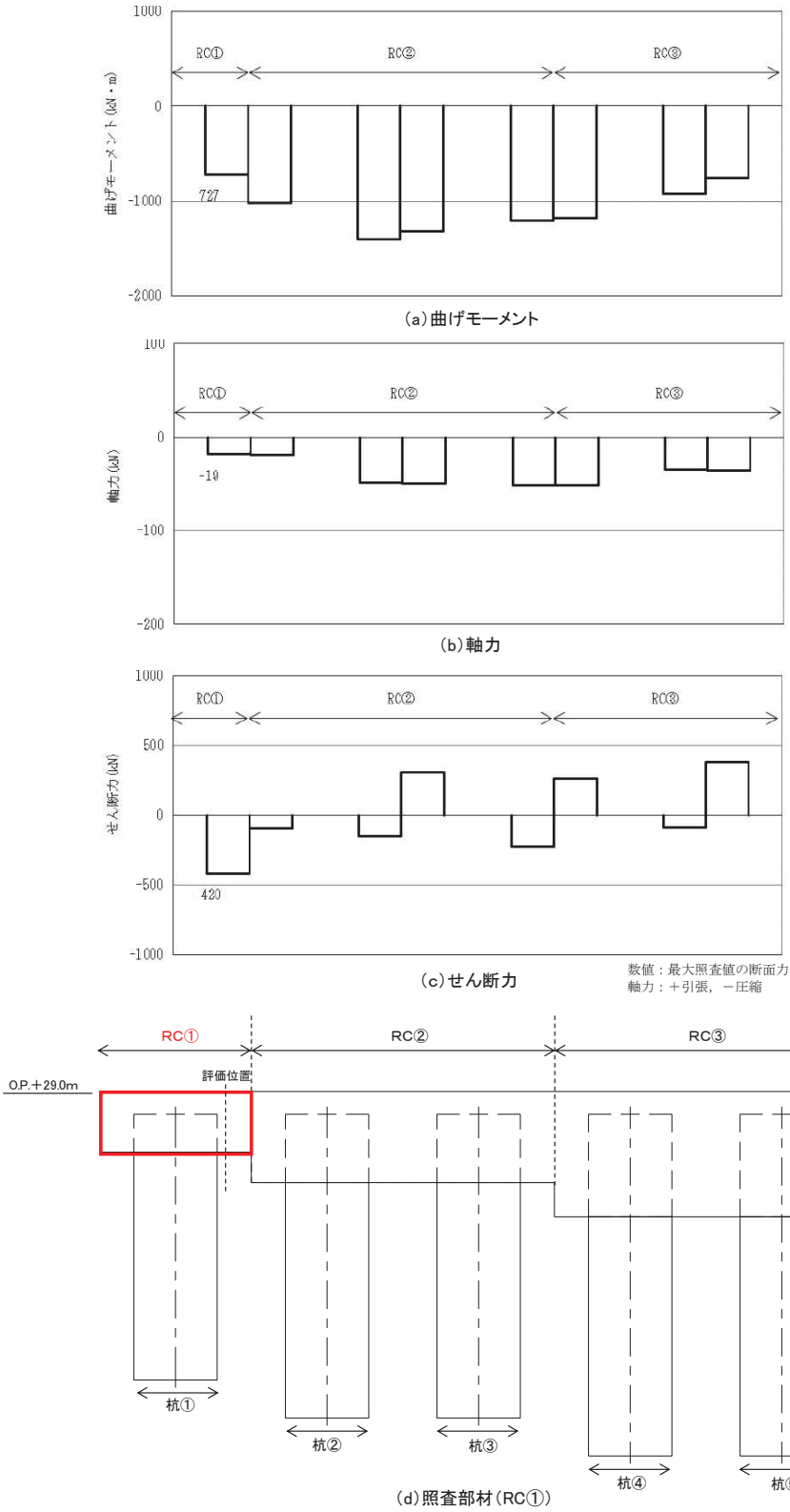


図 4-16　コンクリートのせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力
（断面⑦，Ｓｓ－Ｄ２（－＋），t=22.58s）
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値－１σ）

表 4-18　コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

部材	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
RC②	Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	③	1406	50	0.8	21	0.04

表 4-19　鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

部材	地震動	解析ケース	発生断面力		曲げ引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
RC②	Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	③	1406	50	68	294	0.24

表 4-20　コンクリートのせん断破壊に対する照査値

部材	地震動	解析ケース	発生断面力	せん断応力度 τ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm^2)	照査値 τ_s/τ_{sa}
			せん断力 (kN)			
RC①	Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	③	420	0.1	0.82	0.13

4.4　背面補強工

背面補強工のすべり安全率による評価結果を表 4-21～表 4-25 に，最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-17～図 4-21 に示す。これらの結果から，背面補強工のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-21　背面補強工のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①	28.66	20.7

表 4-22　背面補強工のすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｄ２(－－)	②	6.91	20.3

表 4-23　背面補強工のすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①	28.65	21.9

表 4-24　背面補強工のすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	①	13.56	11.6

表 4-25　背面補強工のすべり安全率評価結果（断面⑤）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｆ３(＋＋)	①	27.64	35.0

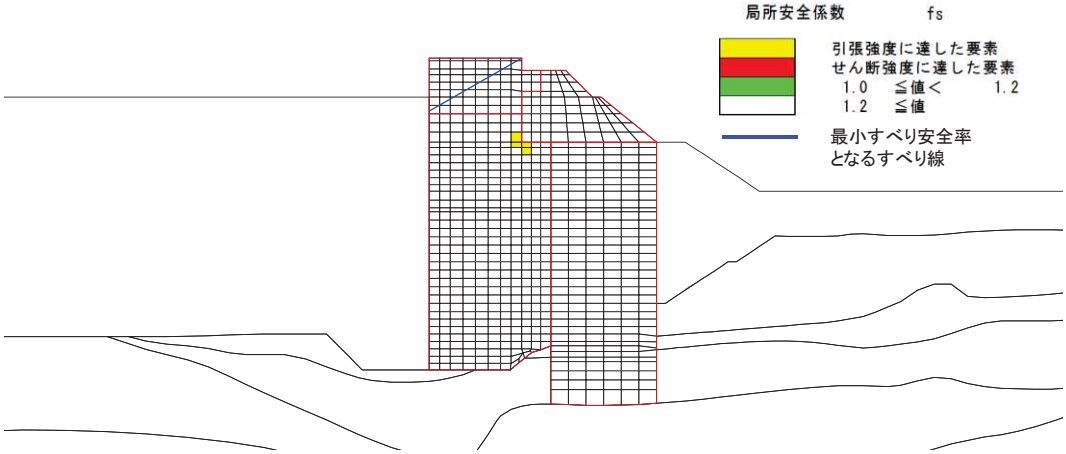


図 4-17　背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面①，Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=28.66s）
解析ケース①：基本ケース

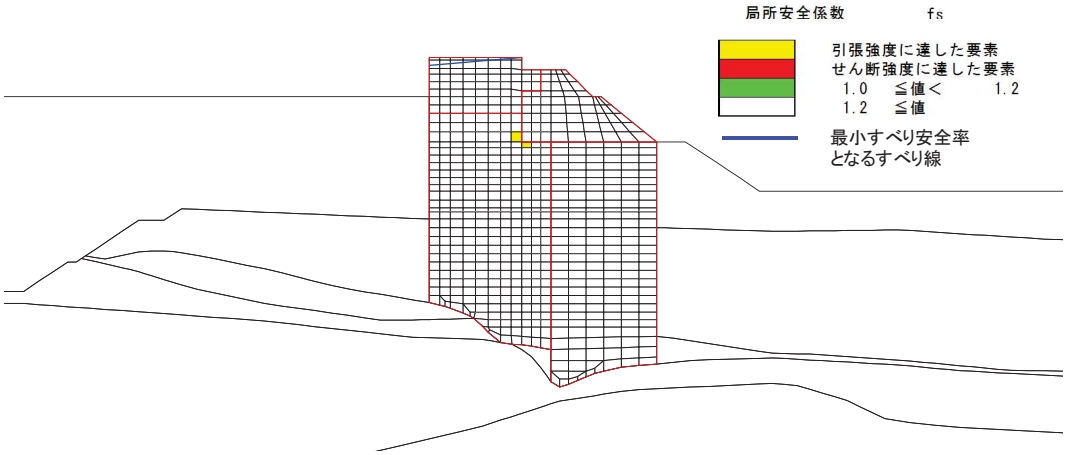


図 4-18　背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面②，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=6.91s）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値＋１σ）

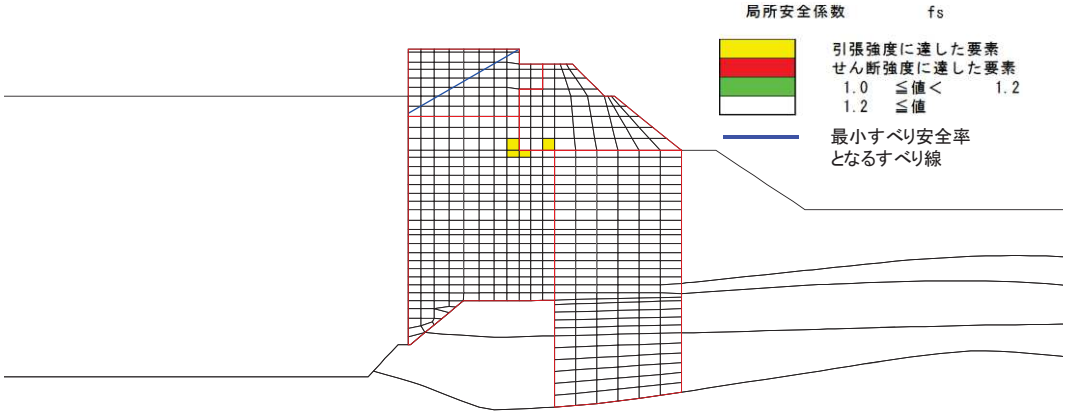


図 4-19　背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面③，Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=28.65s）
解析ケース①：基本ケース

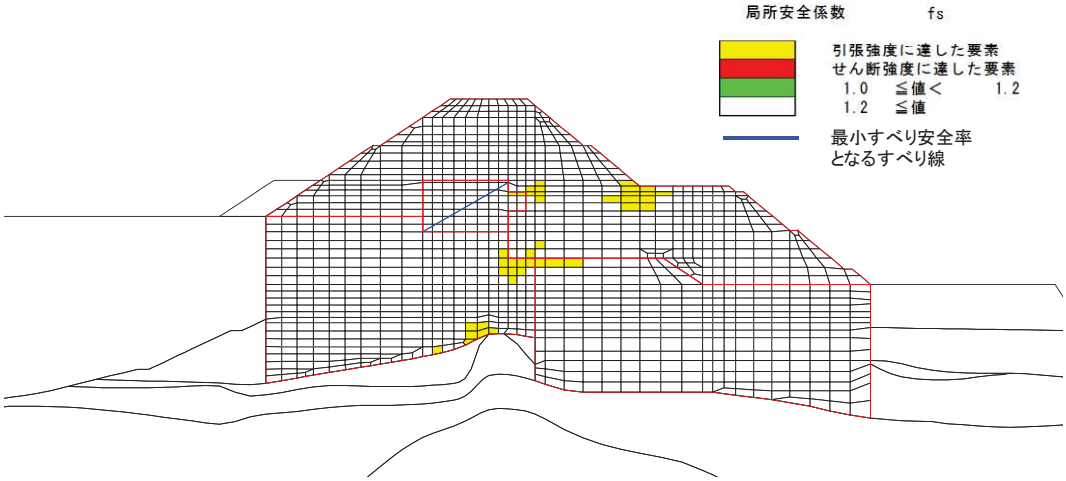


図 4-20　背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面④，Ｓｓ－Ｄ２（－＋），t=13.56s）
解析ケース①：基本ケース

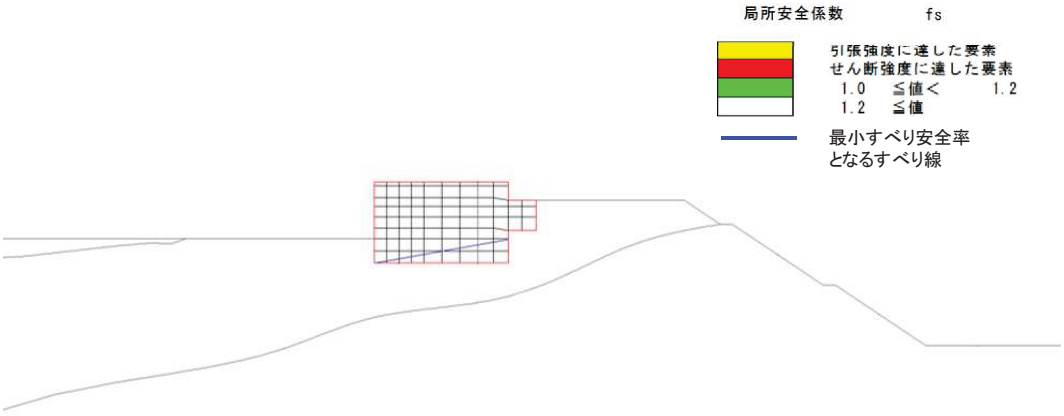


図 4-21　背面補強工の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面⑤，Ｓｓ－Ｆ３（＋＋），t=27.64s）
解析ケース①：基本ケース

4.5　置換コンクリート

置換コンクリートのすべり安全率による評価結果を表 4-26～表 4-29 に，最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-22～図 4-25 に示す。これらの結果から，置換コンクリートのすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-26　置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	7.54	4.2

表 4-27　置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	7.52	4.6

表 4-28　置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	7.53	5.6

表 4-29　置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	7.53	6.3

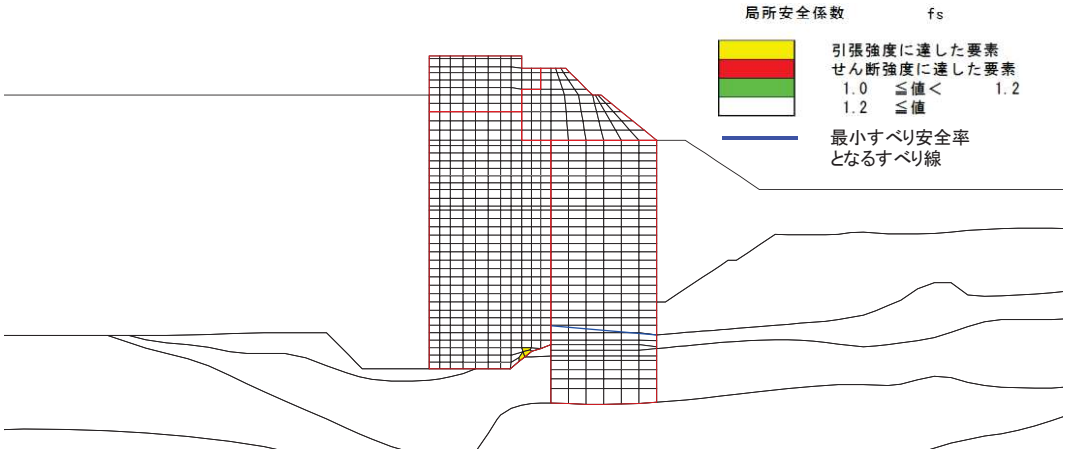


図 4-22　置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面①，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.54s）
解析ケース①：基本ケース

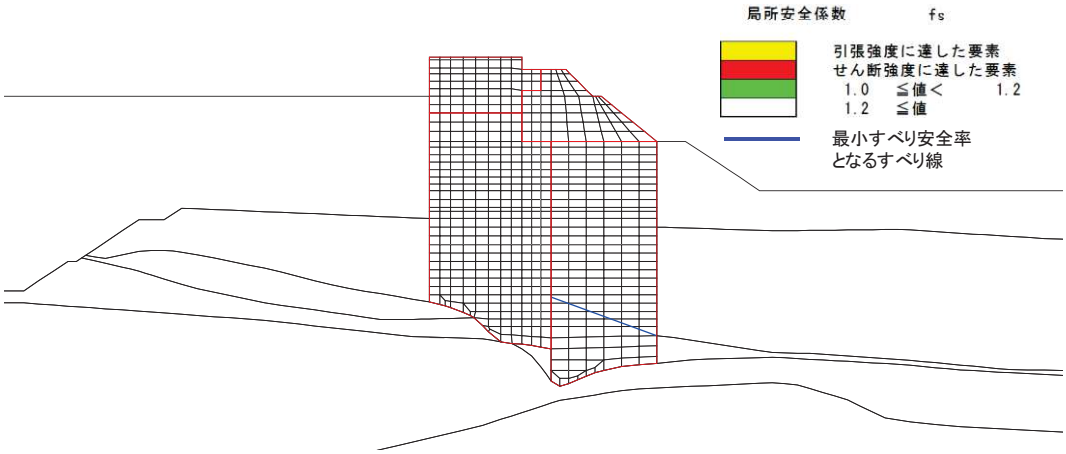


図 4-23　置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面②，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.52s）
解析ケース①：基本ケース

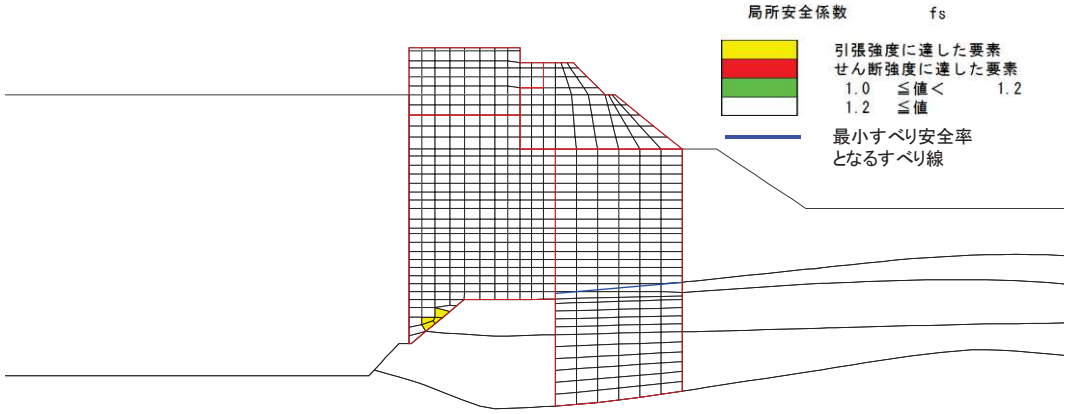


図 4-24　置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面③，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.53s）
解析ケース①：基本ケース

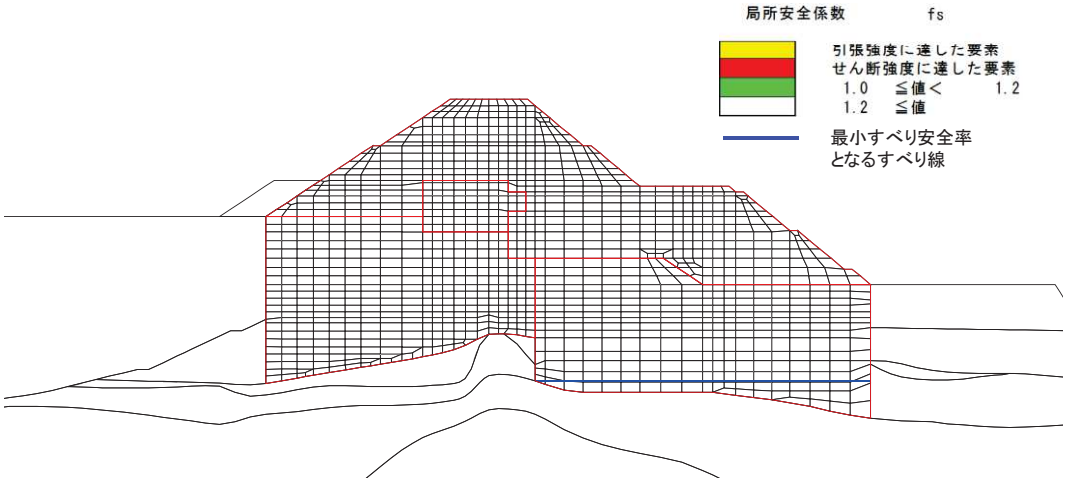


図 4-25　置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面④，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.53s）
解析ケース①：基本ケース

4.6　改良地盤

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 4-30～表 4-33 に，平均強度において最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-26～図 4-29 に示す。

なお，強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－１σ強度のすべり安全率を表 4-30～表 4-33 に併せて示す。

これらの結果から，改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-30　改良地盤のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(－＋)	①	7.66	2.6
Ｓｓ－Ｎ１(－＋)	①（平均値－１σ強度）	7.66	2.5

表 4-31　改良地盤のすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(－＋)	①	7.65	2.6
Ｓｓ－Ｎ１(－＋)	①（平均値－１σ強度）	7.65	2.6

表 4-32　改良地盤のすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(－＋)	①	7.64	2.8
Ｓｓ－Ｎ１(－＋)	①（平均値－１σ強度）	7.64	2.7

表 4-33　改良地盤のすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	①	13.56	3.3
Ｓｓ－Ｄ２(－＋)	①（平均値－１σ強度）	13.56	3.3

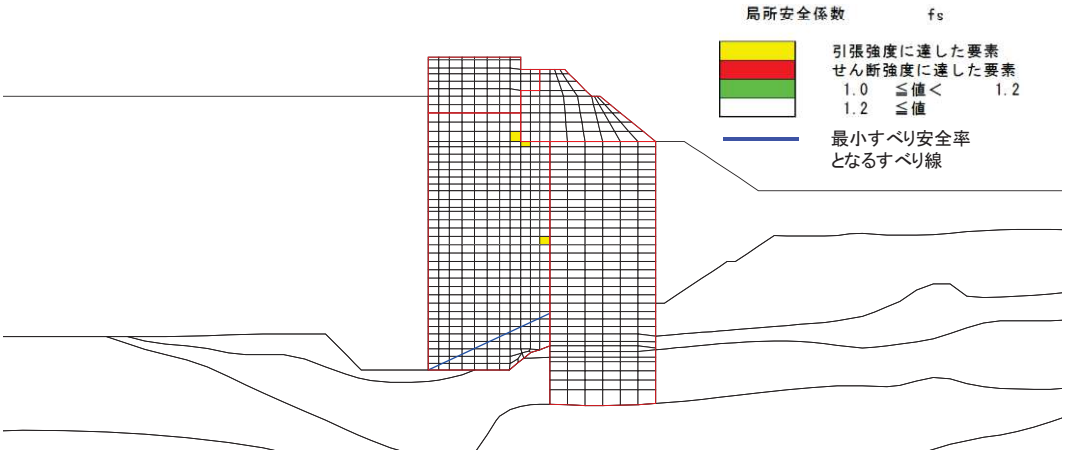


図 4-26　改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面①，Ｓｓ－Ｎ１（－＋），t=7.66s）
解析ケース①：基本ケース

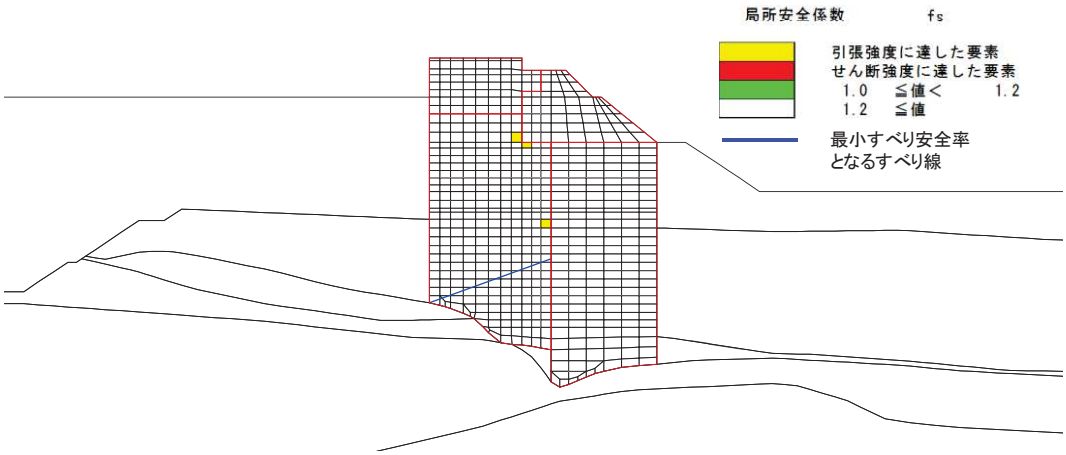


図 4-27　改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面②，Ｓｓ－Ｎ１（－＋），t=7.65s）
解析ケース①：基本ケース

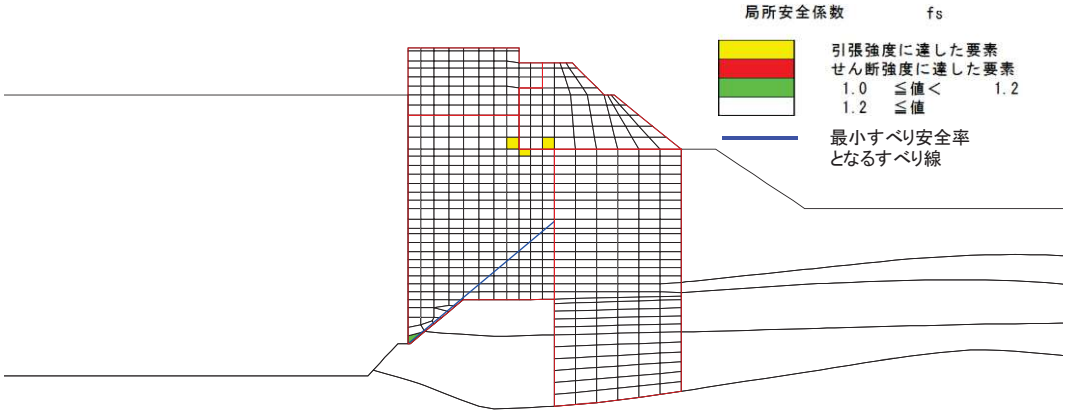


図 4-28　改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面③，Ｓｓ－Ｎ１（－＋），t=7.64s）
解析ケース①：基本ケース

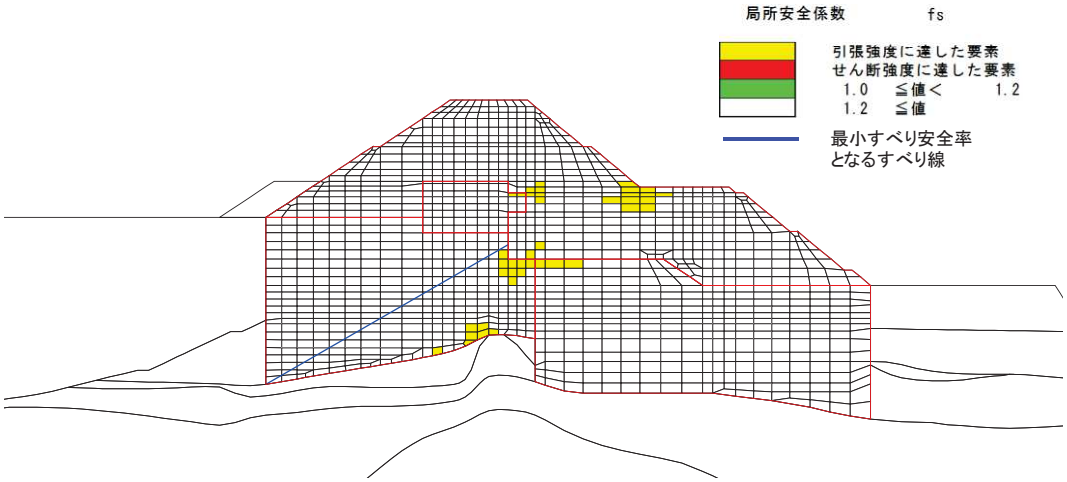


図 4-29　改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面④，Ｓｓ－Ｄ２（－＋），t=13.56s）
解析ケース①：基本ケース

4.7　セメント改良土

セメント改良土のすべり安全率による評価結果を表 4-34～表 4-37 に，平均強度において最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-30～図 4-33 に示す。

なお，強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－１σ強度のすべり安全率を表 4-34～表 4-37 に併せて示す。

これらの結果から，セメント改良土のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-34　セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｄ２(－－)	③	13.47	3.2
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①（平均値－１σ強度）	28.75	3.3

表 4-35　セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面②）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｄ２(－－)	③	6.76	3.5
Ｓｓ－Ｄ２(＋＋)	①（平均値－１σ強度）	6.82	3.4

表 4-36　セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面③）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①	28.74	3.6
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①（平均値－１σ強度）	28.74	3.5

表 4-37　セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面④）

地震動	解析ケース	発生時刻(s)	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	7.53	2.8
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①（平均値－１σ強度）	7.53	2.7

図 4-30　セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布

（断面①，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=13.47s）

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考した解析ケース（平均値－１σ）

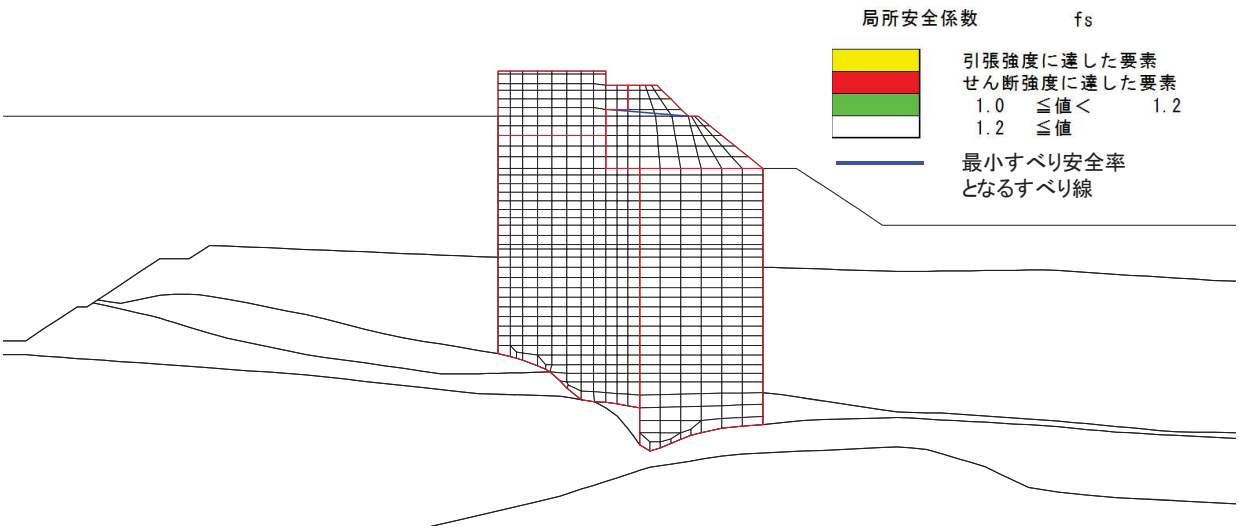


図 4-31　セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布

（断面②，Ｓｓ－Ｄ２（－－），t=6.76s）

解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値－１σ）

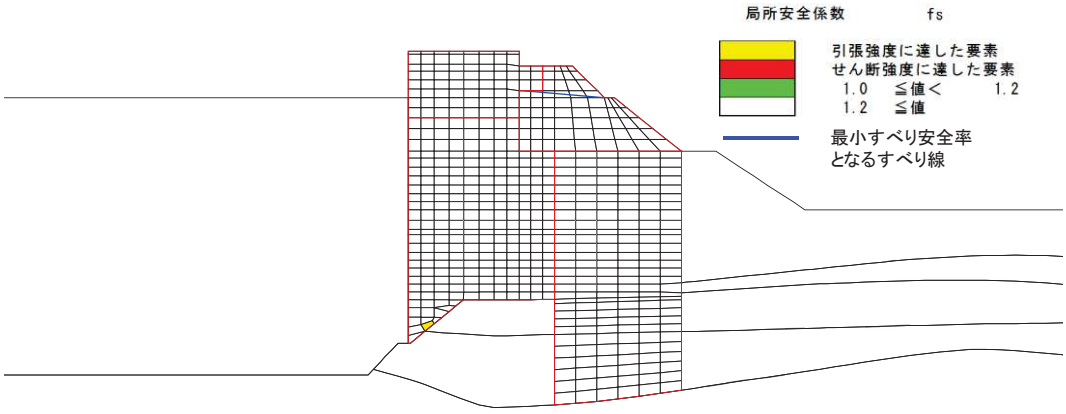


図 4-32　セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面③，Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=28.74s）
解析ケース①：基本ケース

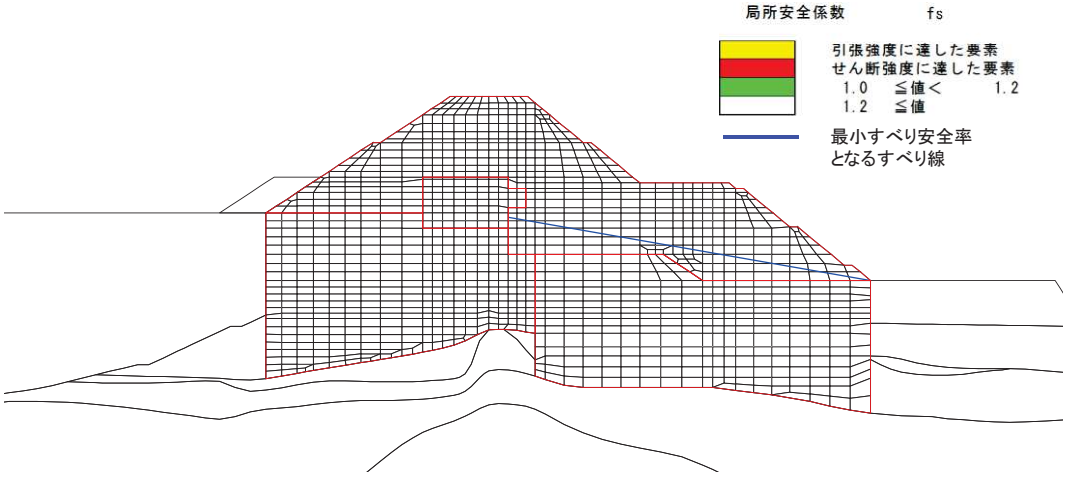


図 4-33　セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面④，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.53s）
解析ケース①：基本ケース

4.8　止水ジョイント部材の相対変位量に対する評価結果

地震時の止水ジョイント部材の相対変位量に対する照査結果を表 4-38 及び表 4-39 に示す。また，止水ジョイント部材の相対変位量評価区間を図 4-34 に示す。

地震時の止水ジョイント部材の相対変位量に対する照査を行った結果，相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 4-38（1）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（A 区間：一般部のうち突出長変化部，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｄ２（－－）	②	95.5	350
汀線方向	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	②	12.3	150

表 4-38（2）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（B 区間：一般部のうち背面補強工間，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｆ２（＋＋）	③	209.5	350
汀線方向	Ｓｓ－Ｎ１（－＋）	③	22.2	150

表 4-38（3）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（C 区間：一般部と岩盤部の境界，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｆ２（＋＋）	③	209.5	350
汀線方向	Ｓｓ－Ｆ２（－＋）	③	14.1	150

表 4-38（4）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（D 区間：岩盤部のうち背面補強工間，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｄ２（＋＋）	③	35.5	350
汀線方向	Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	②	2.0	150

表 4-38（5）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（E 区間：岩盤部のうち背面補強工端部，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	③	52.6	350
汀線方向	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	②	6.7	150

表 4-38（6）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（F 区間：岩盤部のうち突出長変化部，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	③	52.6	350
汀線方向	－*	－*	52.6	150

注記　＊：保守的に汀線直角方向と同等の変位量を考慮。

表 4-38（7）　ゴムジョイント設置箇所の地震時相対変位量

（G 区間：岩盤部のうち RC 壁との境界，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	③	52.6	350
汀線方向	－*	－*	52.6	150

注記　＊：保守的に汀線直角方向と同等の変位量を考慮。

表 4-39（1）　ウレタンシリコーン目地設置箇所の地震時相対変位量

（H 区間：一般部のうち背面補強工内，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｄ１（－－）	①×③*	18.8	30
汀線方向	Ｓｓ－Ｆ２（－＋）	③	1.6	6

注記　＊：解析ケース①と解析ケース③の時刻歴相対変位を示す。

表 4-39（2）　ウレタンシリコーン目地設置箇所の地震時相対変位量

（I 区間：岩盤部のうち突出杭長同一部，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	①×③*	7.7	30
汀線方向	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	③	1.2	6

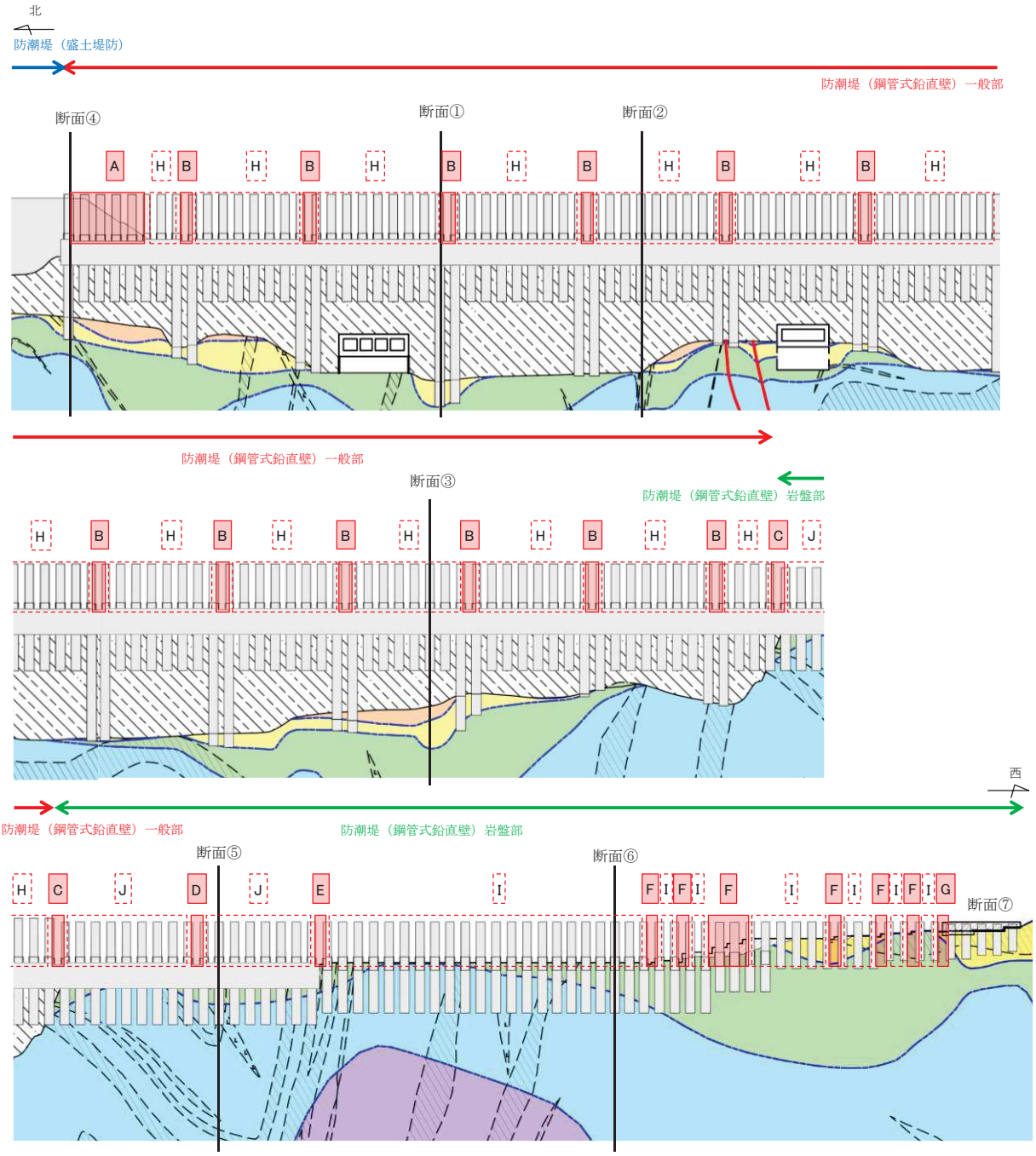
注記　＊：解析ケース①と解析ケース③の時刻歴相対変位を示す。

表 4-39（3）　ウレタンシリコーン目地設置箇所の地震時相対変位量

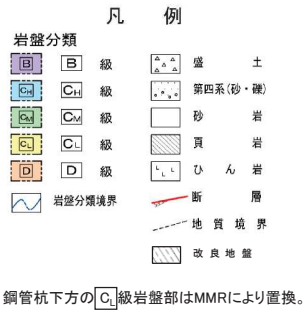
（J 区間：岩盤部のうち背面補強工内，鋼製遮水壁天端部：O.P.+29.0m）

方向	地震動	解析ケース	地震時相対変位量（mm）	許容限界（mm）
汀線直角方向	Ｓｓ－Ｄ２（－－）	①×③*	2.7	30
汀線方向	Ｓｓ－Ｆ２（－＋）	③	1.0	6

注記　＊：解析ケース①と解析ケース③の時刻歴相対変位を示す。



記号（区間）	止水ジョイント部材
A （一般部のうち突出長変化部）	ゴムジョイント
B （一般部のうち背面補強工間）	ゴムジョイント
C （一般部と岩盤部の境界）	ゴムジョイント
D （岩盤部のうち背面補強工間）	ゴムジョイント
E （岩盤部のうち背面補強工端部）	ゴムジョイント
F （岩盤部のうち突出長変化部）	ゴムジョイント
G （岩盤部のうちRC壁との境界）	ゴムジョイント
H （一般部のうち背面補強工内）	ウレタンシリコーン目地
I （岩盤部のうち突出長同一部）	ウレタンシリコーン目地
J （岩盤部のうち背面補強工内）	ウレタンシリコーン目地



＊：鋼管杭下方のC_L級岩盤部はMMRにより置換。

図 4-34　止水ジョイント部材の相対変位量評価区間

4.9　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価結果を表 4-40～表 4-46 に示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

表 4-40(1)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面①，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ１(＋－)	①	1.9	11.4	0.17

表 4-40(2)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面①，背面補強工）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①	0.9	4.4	0.21

表 4-40(3)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面①，置換コンクリート）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	4.6	11.4	0.41

表 4-41(1)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面②，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２(－－)	③	1.5	11.4	0.14

表 4-41(2)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面②，背面補強工）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｆ３(－＋)	①	0.9	4.4	0.21

表 4-41(3)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面②，置換コンクリート）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	①	3.7	11.4	0.33

表 4-42(1)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面③，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｎ１（－＋）	①	2.2	13.7	0.17

表 4-42(2)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面③，背面補強工）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２（＋＋）	①	0.9	4.4	0.21

表 4-42(3)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面③，置換コンクリート）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	①	3.0	13.7	0.22

表 4-43(1)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面④，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２（－－）	③	4.8	11.4	0.43

表 4-43(2)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面④，背面補強工）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２（－－）	②	1.5	4.4	0.35

表 4-43(3)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面④，置換コンクリート）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｎ１（－＋）	①	3.1	11.4	0.28

表 4-44(1)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面⑤，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２（－＋）	③	0.5	13.7	0.04

表 4-44(2)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面⑤，背面補強工）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	①	0.5	13.7	0.04

表 4-45　基礎地盤の支持性能評価結果（断面⑥，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２（＋－）	①	0.5	13.7	0.04

表 4-46　基礎地盤の支持性能評価結果（断面⑦，鋼管杭）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２（－－）	①	0.5	3.9	0.13

Ⅵ-2-10-2-2-2　防潮堤（盛土堤防）の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　基本方針 ····· 2
2.1　位置 ····· 2
2.2　構造概要 ····· 3
2.3　評価方針 ····· 4
2.4　適用基準 ····· 7
3.　耐震評価 ····· 8
3.1　評価対象断面 ····· 8
3.2　解析方法 ····· 10
3.2.1　施設 ····· 10
3.2.2　材料物性及び地盤物性のばらつき ····· 10
3.2.3　減衰定数 ····· 10
3.2.4　解析ケース ····· 10
3.3　荷重及び荷重の組合せ ····· 12
3.3.1　耐震評価上考慮する状態 ····· 12
3.3.2　荷重 ····· 12
3.3.3　荷重の組合せ ····· 13
3.4　入力地震動 ····· 14
3.5　解析モデル及び諸元 ····· 29
3.5.1　解析モデル ····· 29
3.5.2　使用材料及び材料の物性値 ····· 30
3.5.3　地盤の物性値 ····· 30
3.5.4　地下水位 ····· 31
3.6　評価対象部位 ····· 32
3.7　許容限界 ····· 33
3.7.1　セメント改良土 ····· 33
3.7.2　置換コンクリート ····· 33
3.7.3　改良地盤 ····· 33
3.7.4　基礎地盤 ····· 33
3.8　評価方法 ····· 34
3.8.1　セメント改良土 ····· 34
3.8.2　置換コンクリート ····· 34
3.8.3　改良地盤 ····· 34
3.8.4　基礎地盤 ····· 34
4.　耐震評価結果 ····· 35
4.1　セメント改良土 ····· 35

4.2　置換コンクリート ····· 36
4.3　改良地盤 ····· 37
4.4　基礎地盤 ····· 38

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，防潮堤（盛土堤防）が基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度及び止水機能を有していることを確認するものである。

防潮堤（盛土堤防）に要求される機能の維持を確認するに当たっては，地震応答解析に基づく施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

なお，防潮堤（盛土堤防）の耐震評価においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い，牡鹿半島全体で約１ｍの地盤沈下が発生したことを考慮し，地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2.　基本方針

2.1　位置

防潮堤（盛土堤防）の範囲を図 2-1 に示す。

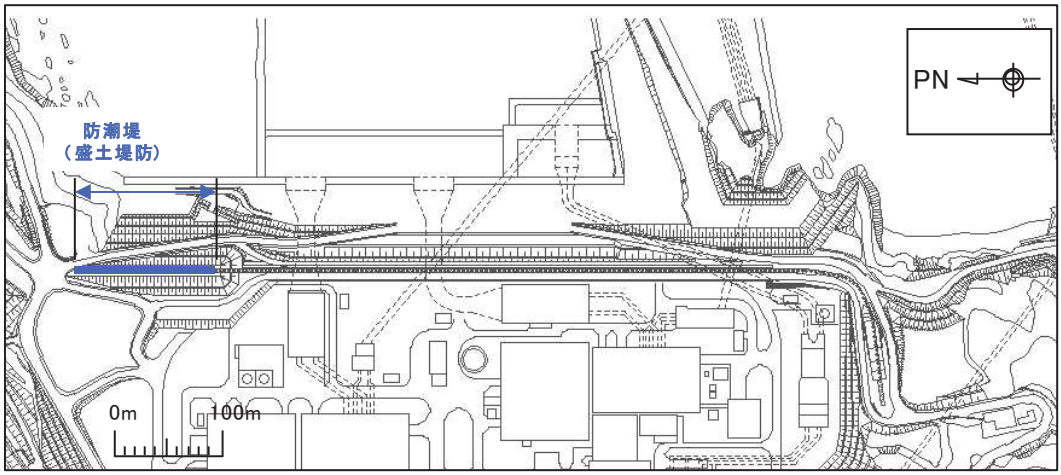


図 2-1　防潮堤（盛土堤防）の範囲

2.2　構造概要

防潮堤（盛土堤防）は，入力津波による浸水高さ（防潮堤前面：O.P.+24.4m）に対して余裕を考慮した天端高さ（O.P.+29.0m）とする。

防潮堤（盛土堤防）は，改良地盤に設置されたセメント改良土による堤体と，基礎地盤のすべり安定性を確保する観点から設置する置換コンクリートで構成される。

防潮堤（盛土堤防）の構造図を図 2-2 に示す。

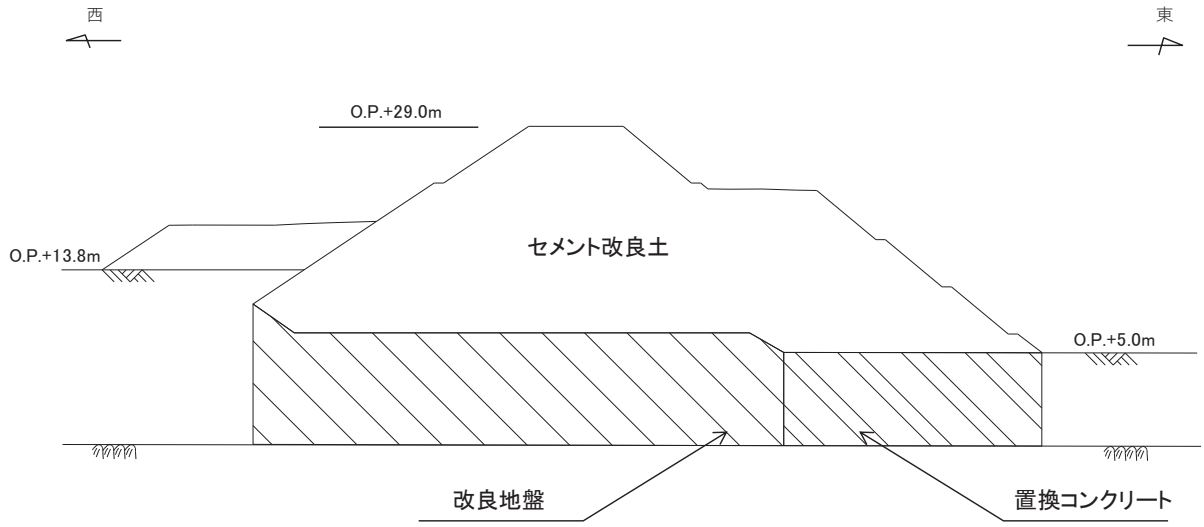


図 2-2　防潮堤（盛土堤防）の構造図

2.3　評価方針

防潮堤（盛土堤防）は，Ｓクラス施設である津波防護施設に分類される。

防潮堤（盛土堤防）の耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，設計基準対象施設として，表 2-1 に示すとおり，施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで，構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

施設・地盤の健全性評価については，施設・地盤ごとに定める照査項目（発生応力，すべり安全率）が許容限界を満足することを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に生じる接地圧が許容限界以下であることを確認する。

防潮堤（盛土堤防）の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

表 2-1　防潮堤（盛土堤防）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設・地盤の健全性	セメント改良土	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	セメント改良土	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		置換コンクリート	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
		改良地盤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。

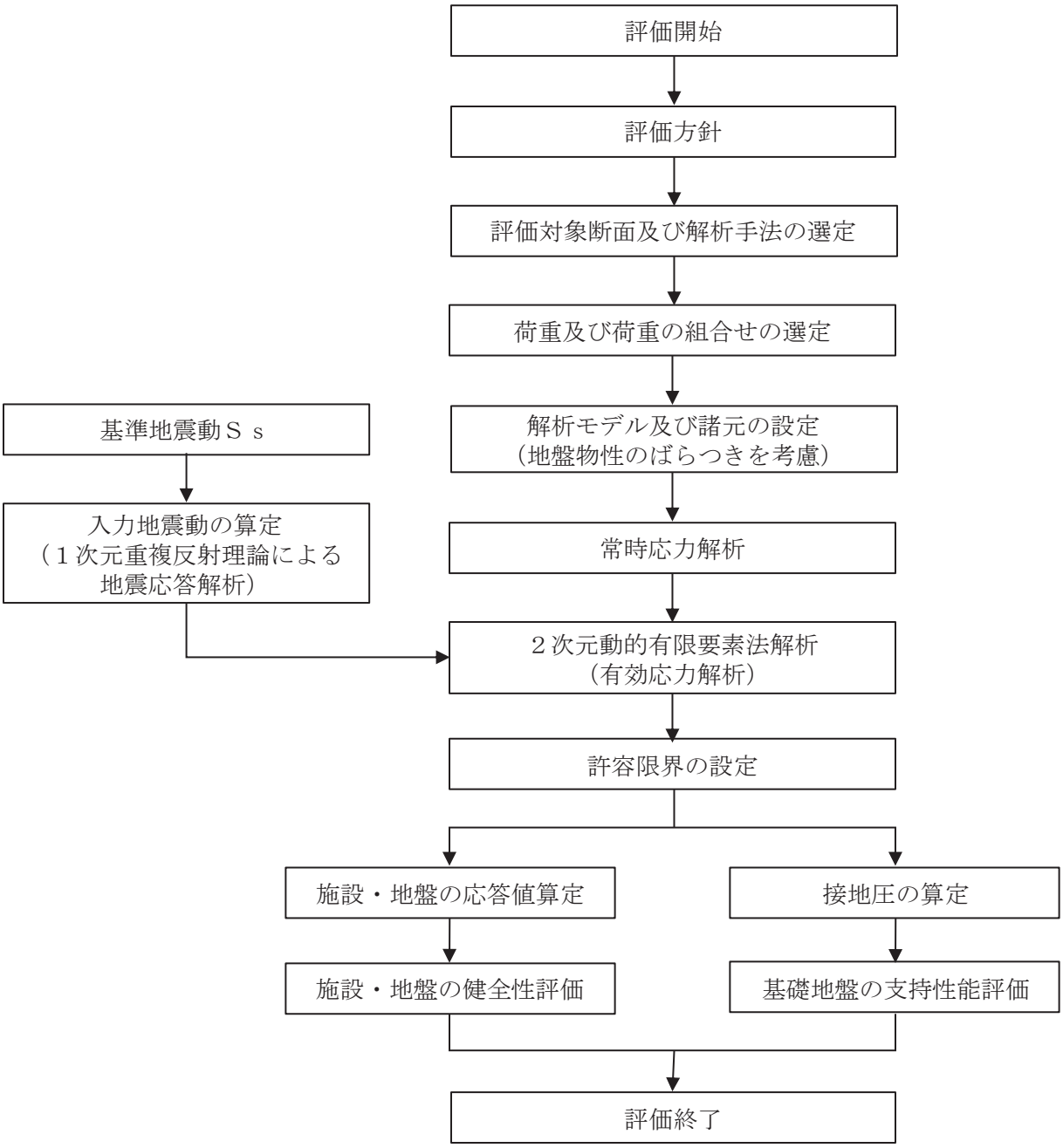


図 2-3　防潮堤（盛土堤防）の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）
- 耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成25年6月制定）（以下「耐津波設計に係る工認審査ガイド」という。）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- コンクリート標準示方書［ダムコンクリート編］（土木学会，2013 年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987 （日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

評価対象断面は，防潮堤（盛土堤防）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて，図 3-1 に示す断面位置とする。防潮堤（盛土堤防）の縦断面図を図 3-2 に，評価対象断面図を図 3-3 に示す。

断面①：セメント改良土が最も厚くなる箇所で，C_M級岩盤上面が最も深く，盛土及び旧表土が厚く堆積する箇所（設置変更許可段階において，基礎地盤の安定性評価及び構造成立性評価で示した断面）。

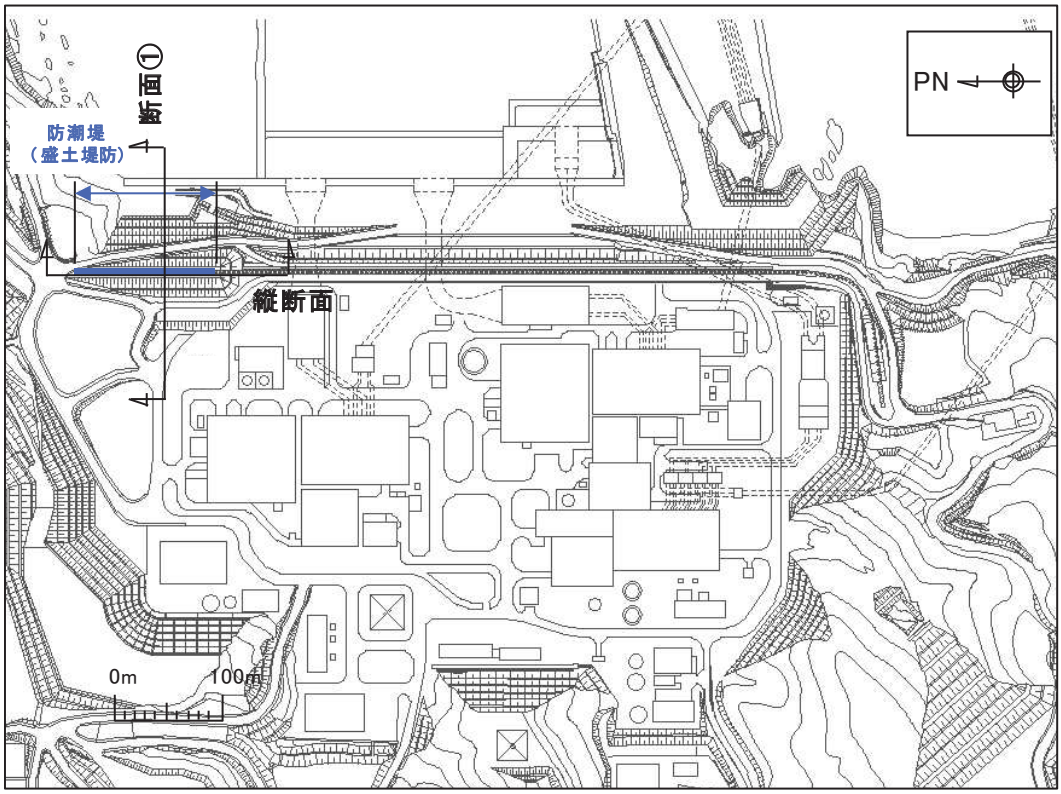


図 3-1 防潮堤（盛土堤防）の評価対象断面位置図

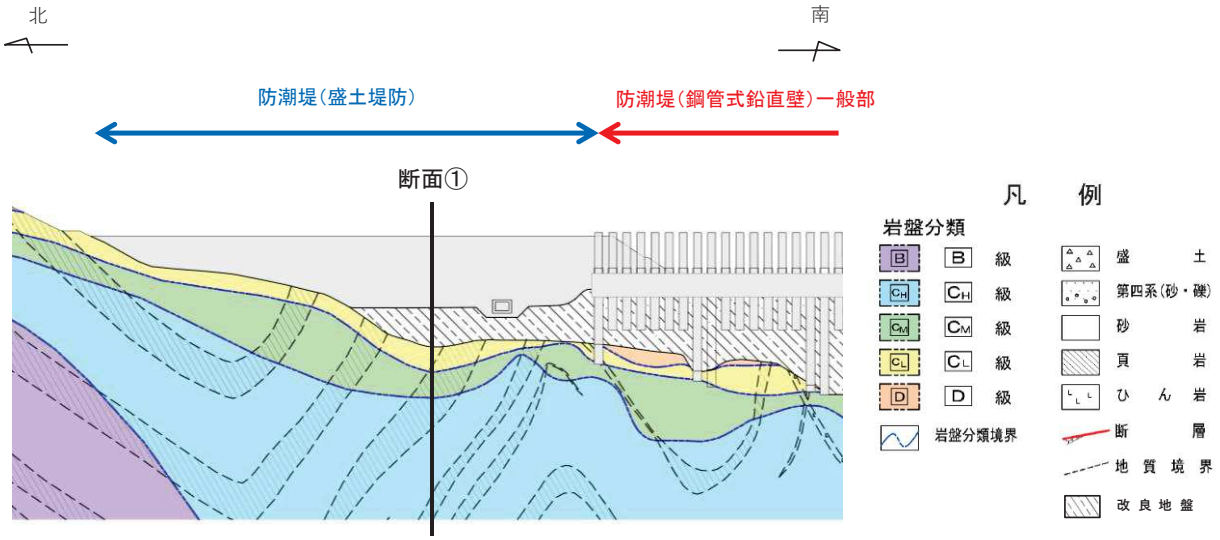


図 3-2　防潮堤（盛土堤防）の縦断面図

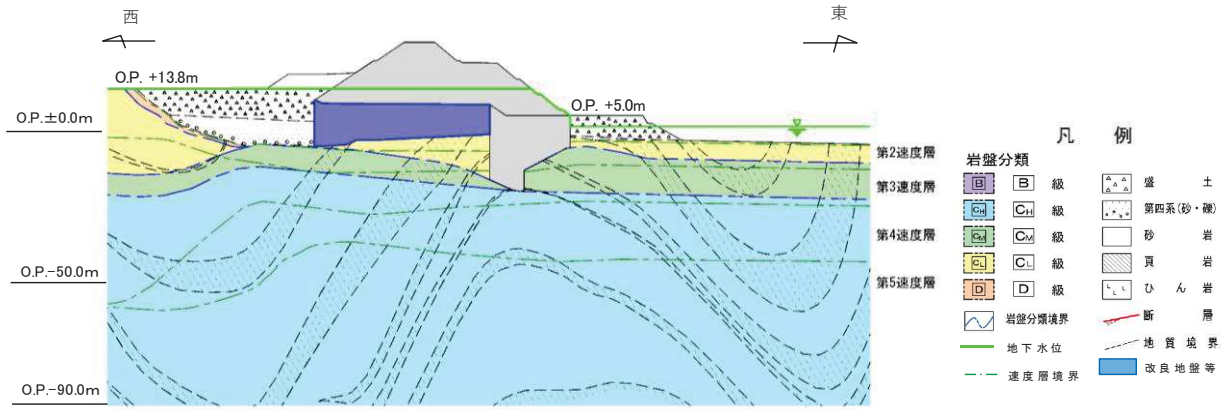


図 3-3　評価対象断面図（断面①）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付書類「VI-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる２次元動的有限要素法により，基準地震動Ｓｓに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析を行う。また，地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析とする。

地震応答解析には，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「VI-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1　施設

セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素），置換コンクリートは線形平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

3.2.2　材料物性及び地盤物性のばらつき

図 3-3 に示すとおり，防潮堤（盛土堤防）の周辺には，主として旧表土，盛土，D級岩盤，セメント改良土及び改良地盤といった，動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており，これらの地盤のせん断変形が地震時に防潮堤（盛土堤防）の応答に影響を与えると判断されることから，これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

解析ケースを表 3-1 に示す。

表 3-1　解析ケース（防潮堤（盛土堤防））

解析ケース	材料物性 （コンクリート） （E_0：ヤング係数）	地盤物性	
		旧表土，盛土，D級岩盤， セメント改良土，改良地盤 （G_0：初期せん断弾性係数）	C_L級岩盤，C_M級岩盤， C_H級岩盤，B級岩盤 （G_d：動せん断弾性係数）
ケース① （基本ケース）	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値＋１σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値－１σ	平均値

3.2.3　減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし，剛性比例型減衰とする。

3.2.4　解析ケース

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓｓに対し，ケース①（基本ケース）を実施す

る。全ての基準地震動Ｓｓに対して実施したケース①において，各照査値が最も厳しい地震動を用い，表 3-1 に示すケース②～③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2　解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき（＋１σ）を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき（－１σ）を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値＋１σ	平均値－１σ
地震動（位相）	Ｓｓ－Ｄ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
		＋－*	○		
		－－*	○		
	Ｓｓ－Ｄ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
		＋－*	○		
		－－*	○		
	Ｓｓ－Ｄ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
		＋－*	○		
		－－*	○		
	Ｓｓ－Ｆ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｎ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		

基準地震動Ｓｓ（7 波）及び位相反転を考慮した地震動（13 波）を加えた全 20 波により照査を行ったケース①（基本ケース）の結果から，すべり安全率及び基礎地盤の支持力照査において照査値が 0.5 以上となる全ての照査項目に対して，最も厳しい地震動を用いてケース②～③を実施する。
照査値がいずれも 0.5 未満の場合は，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。

注記　＊：地震動の位相について（＋＋）の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

防潮堤（盛土堤防）の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪及び風の影響を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

防潮堤（盛土堤防）の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重(G)

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重(P)

積載荷重として，積雪荷重を含めて地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

(3)　積雪荷重(P_s)

積雪荷重として，発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また，建築基準法施行令第 86 条第 2 項により，積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮する。

(4)　風荷重(P_k)

風荷重については，設計基準風速を 30m/s とし，建築基準法に基づき算定する。

(5)　地震荷重(Ｓs)

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（Ｓｓ）	Ｇ＋Ｐ＋$Ｐ_{k}$＋Ｓｓ

Ｇ　：固定荷重

Ｐ　：積載荷重（積雪荷重$Ｐ_{s}$を含めて 4.9kN/m^2）

$Ｐ_{k}$：風荷重

Ｓｓ：地震荷重

3.4　入力地震動

入力地震動は，添付書類「VI-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを１次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。なお，入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは，添付書類「VI-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1　入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-4 に入力地震動算定の概念図を，図 3-5 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には，解析コード「SHAKE Ver 1.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「VI-5　計算機プログラム(解析コード）の概要」に示す。

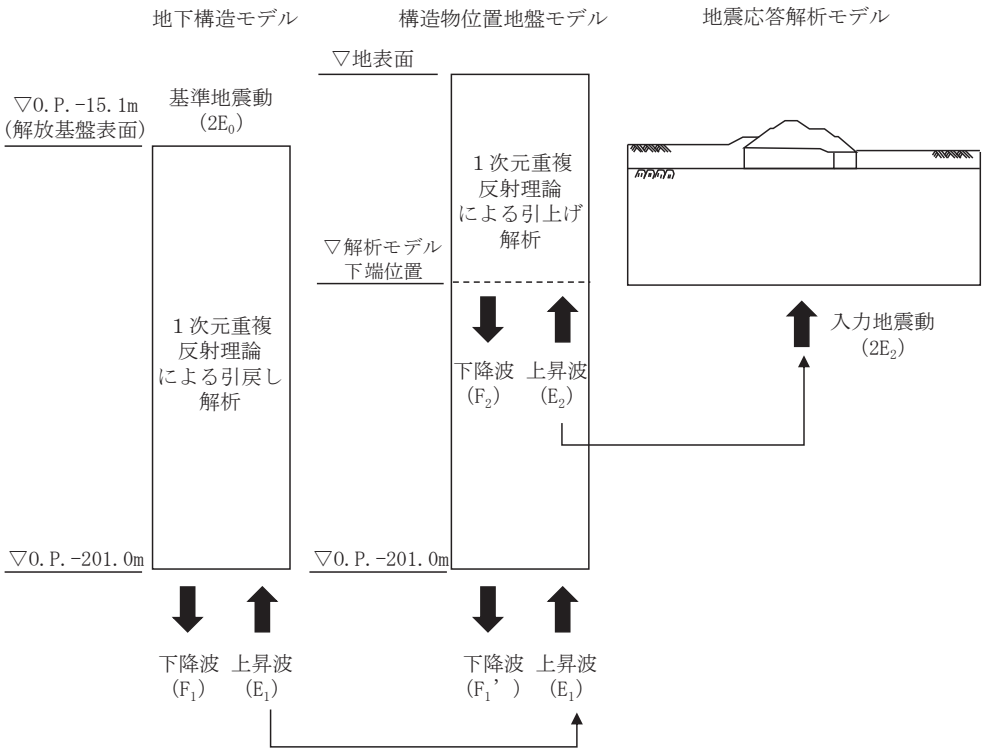
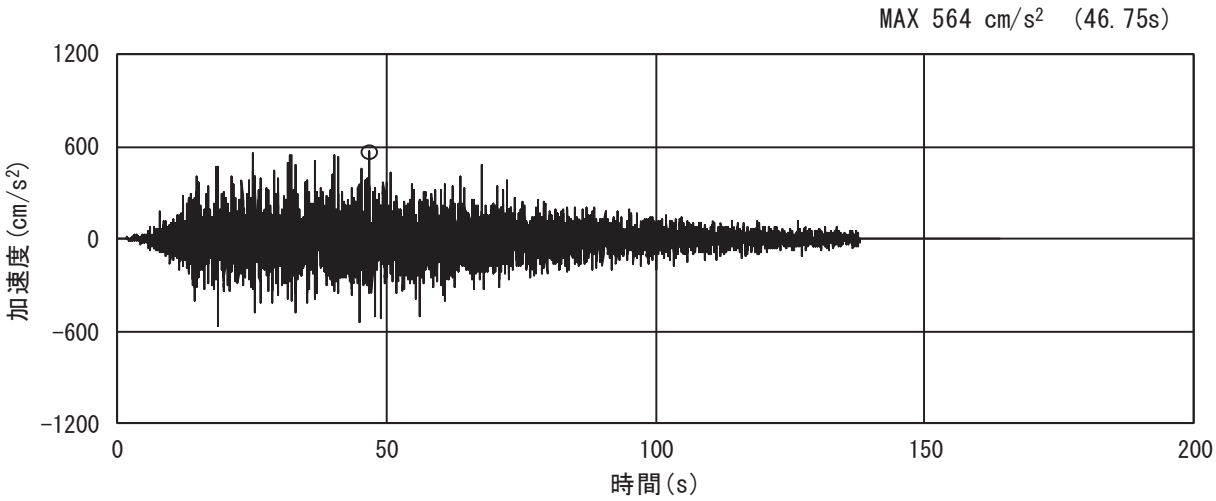
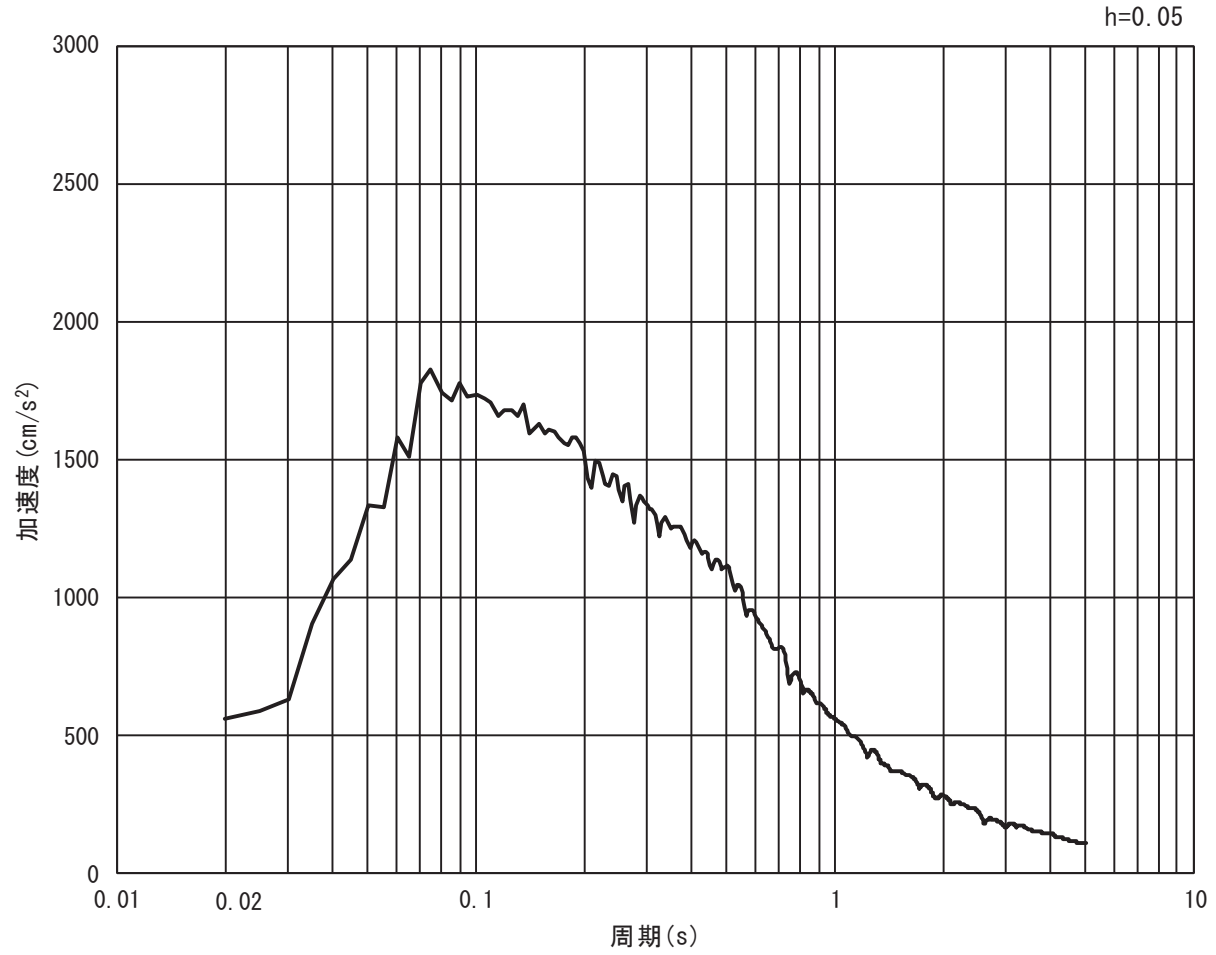


図 3-4　入力地震動算定の概念図

(1)　断面①



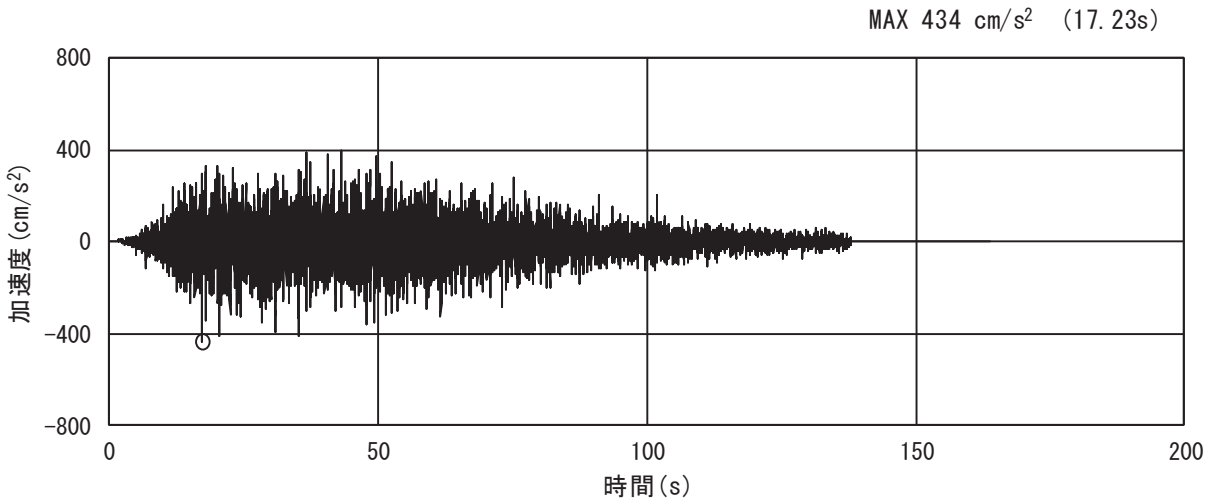
(a) 加速度時刻歴波形



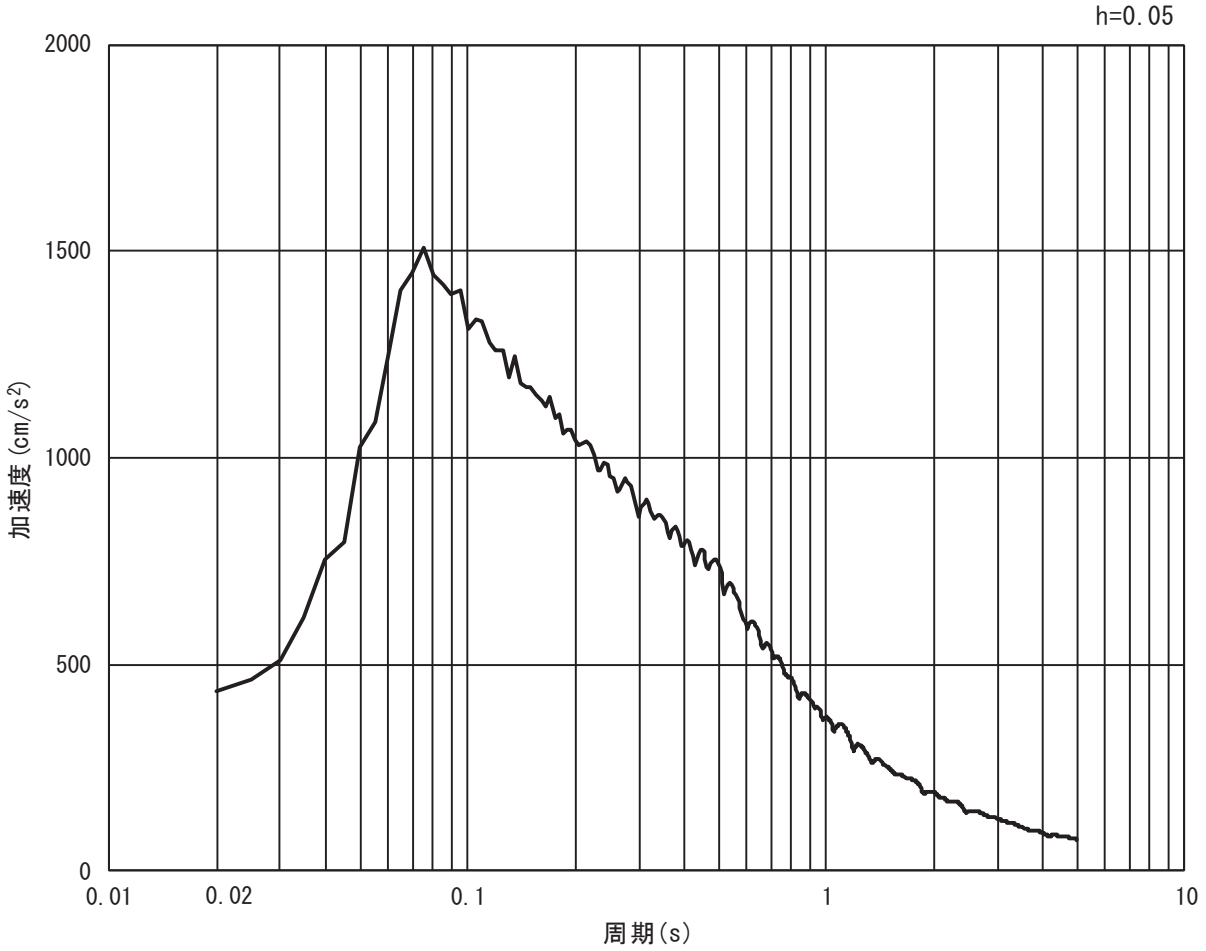
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル

（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

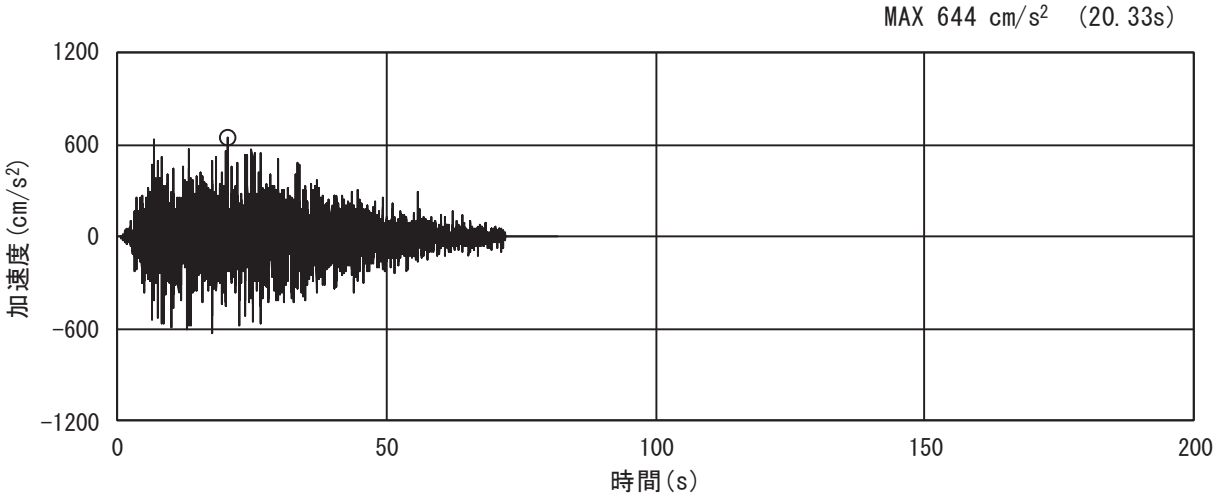


(a) 加速度時刻歴波形

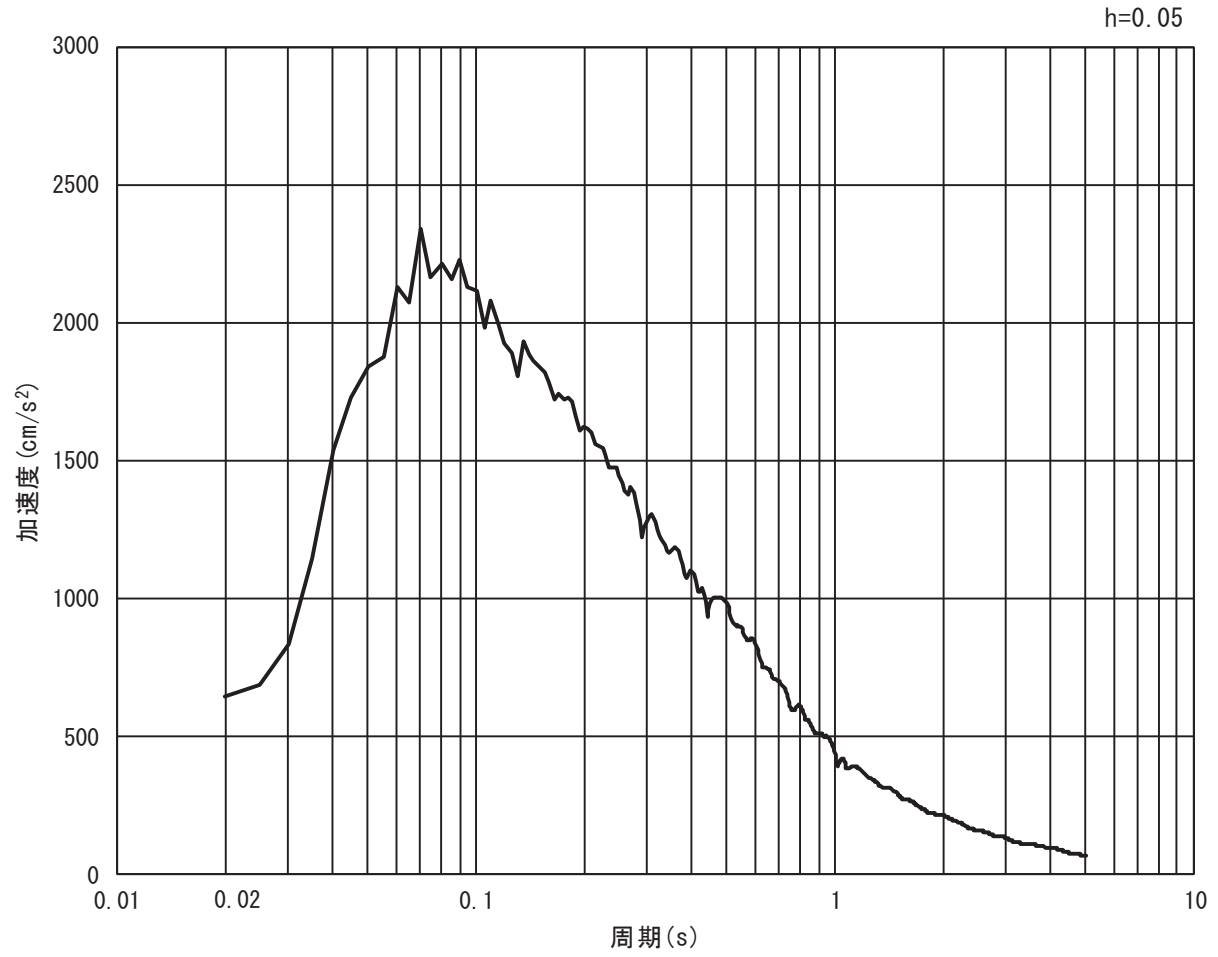


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

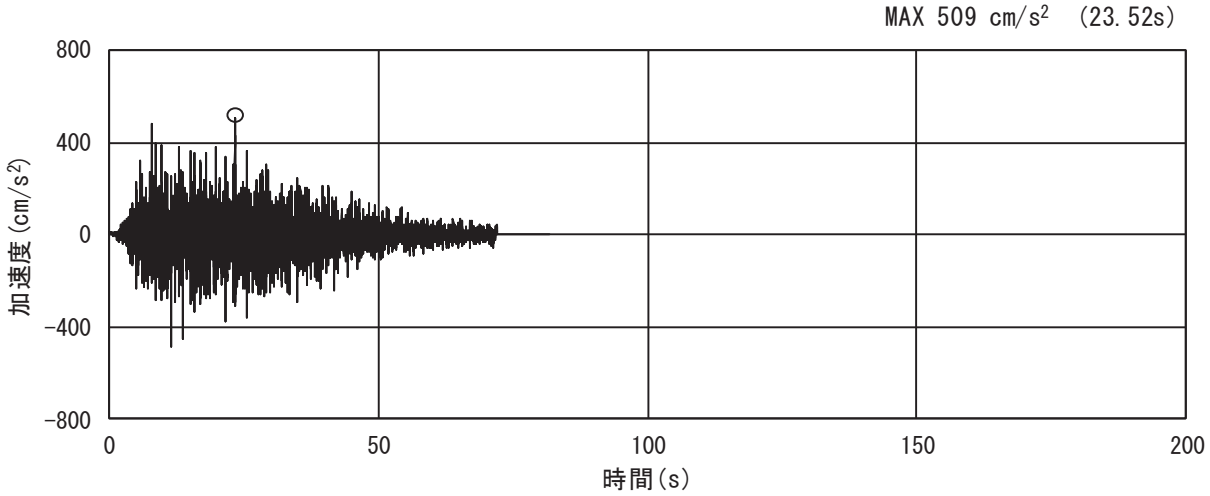


(a) 加速度時刻歴波形

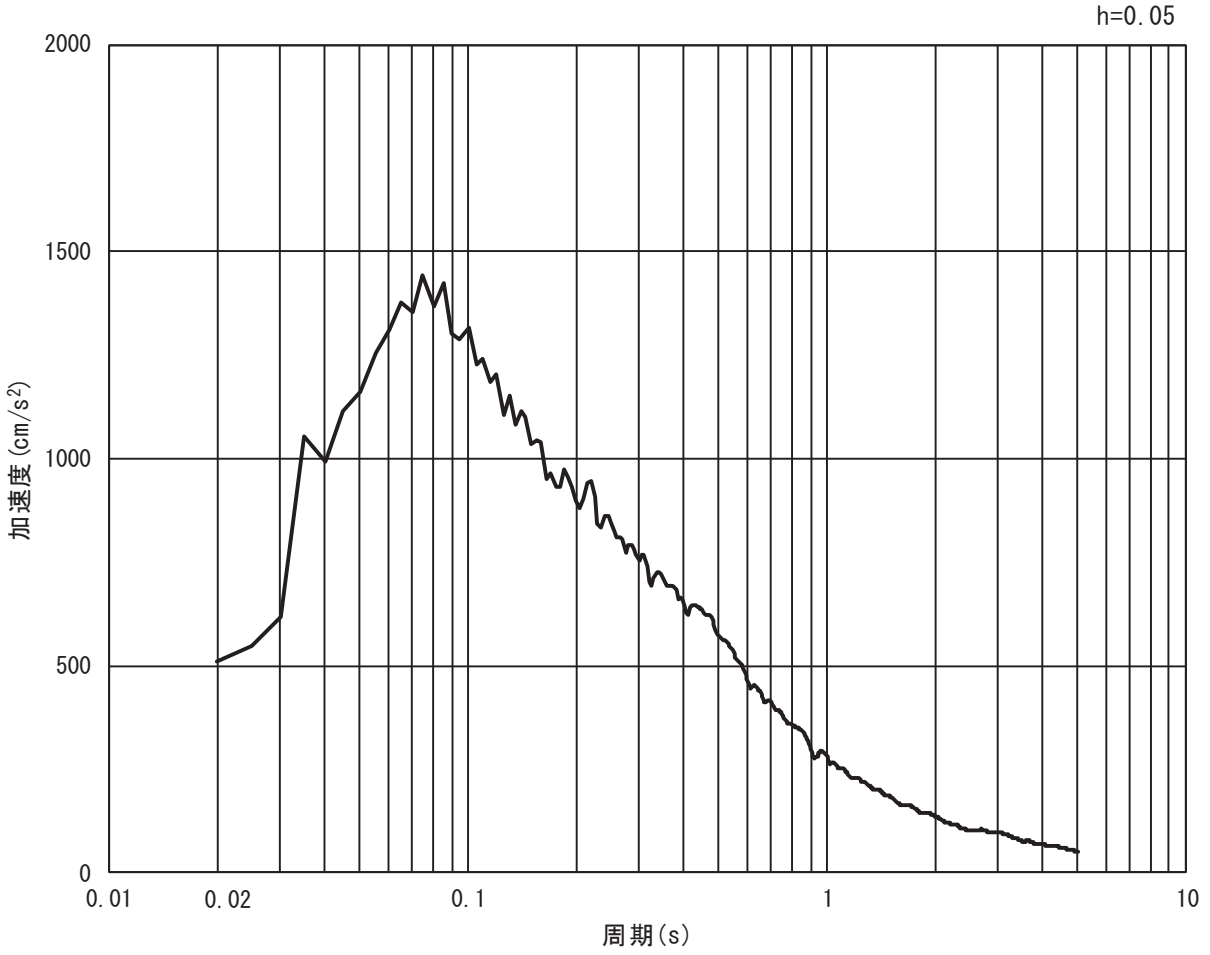


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

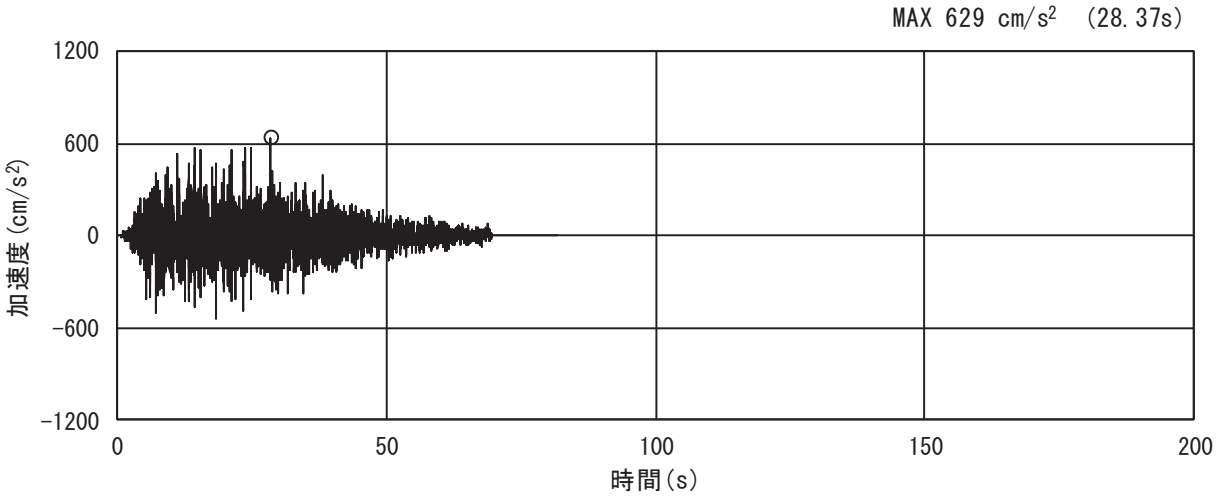


(a) 加速度時刻歴波形

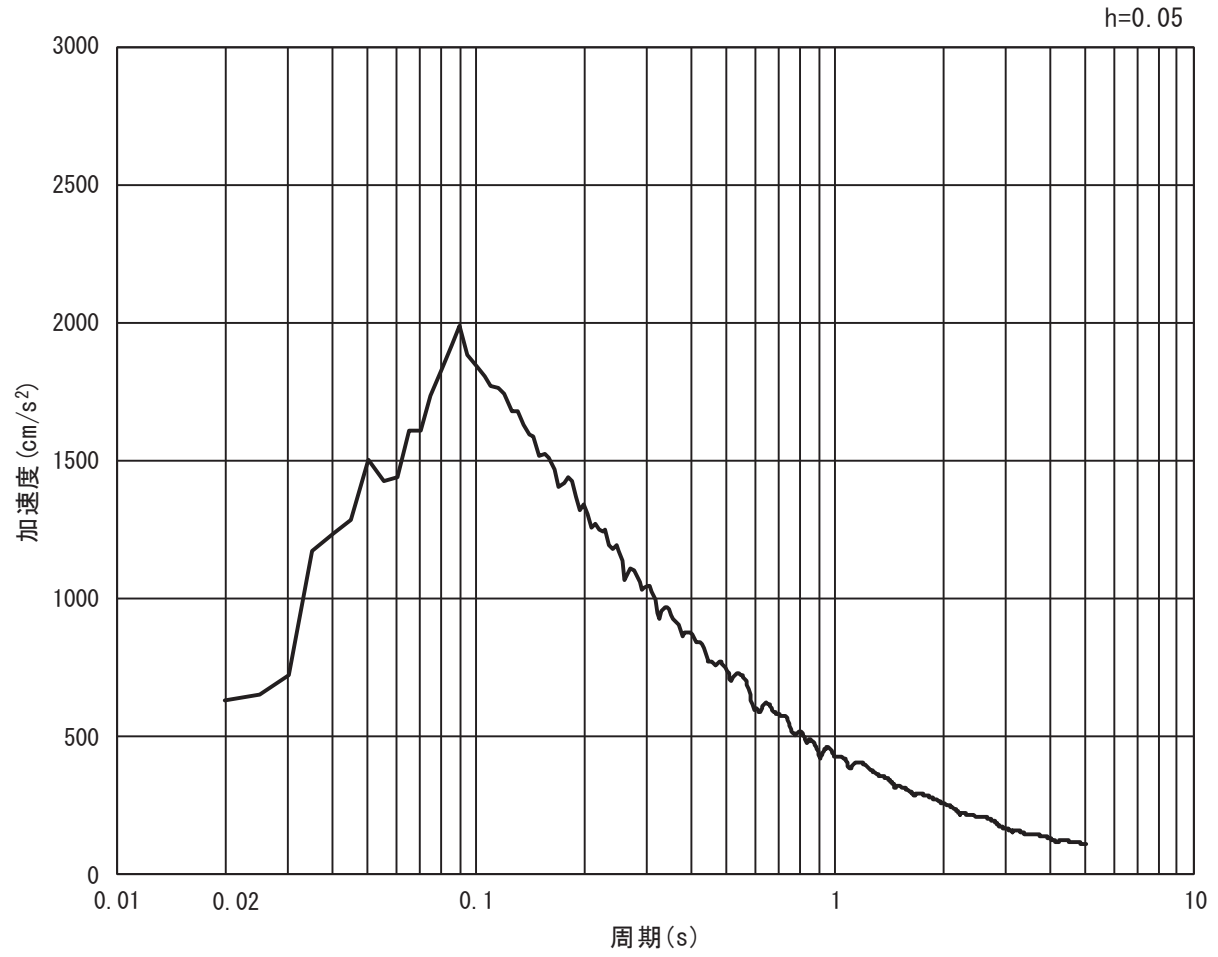


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

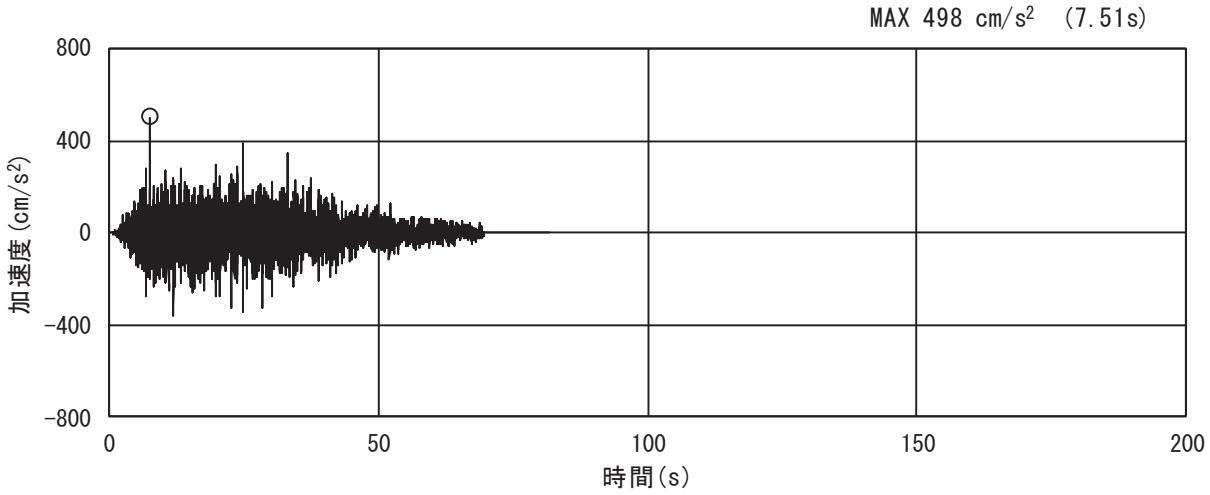


(a) 加速度時刻歴波形

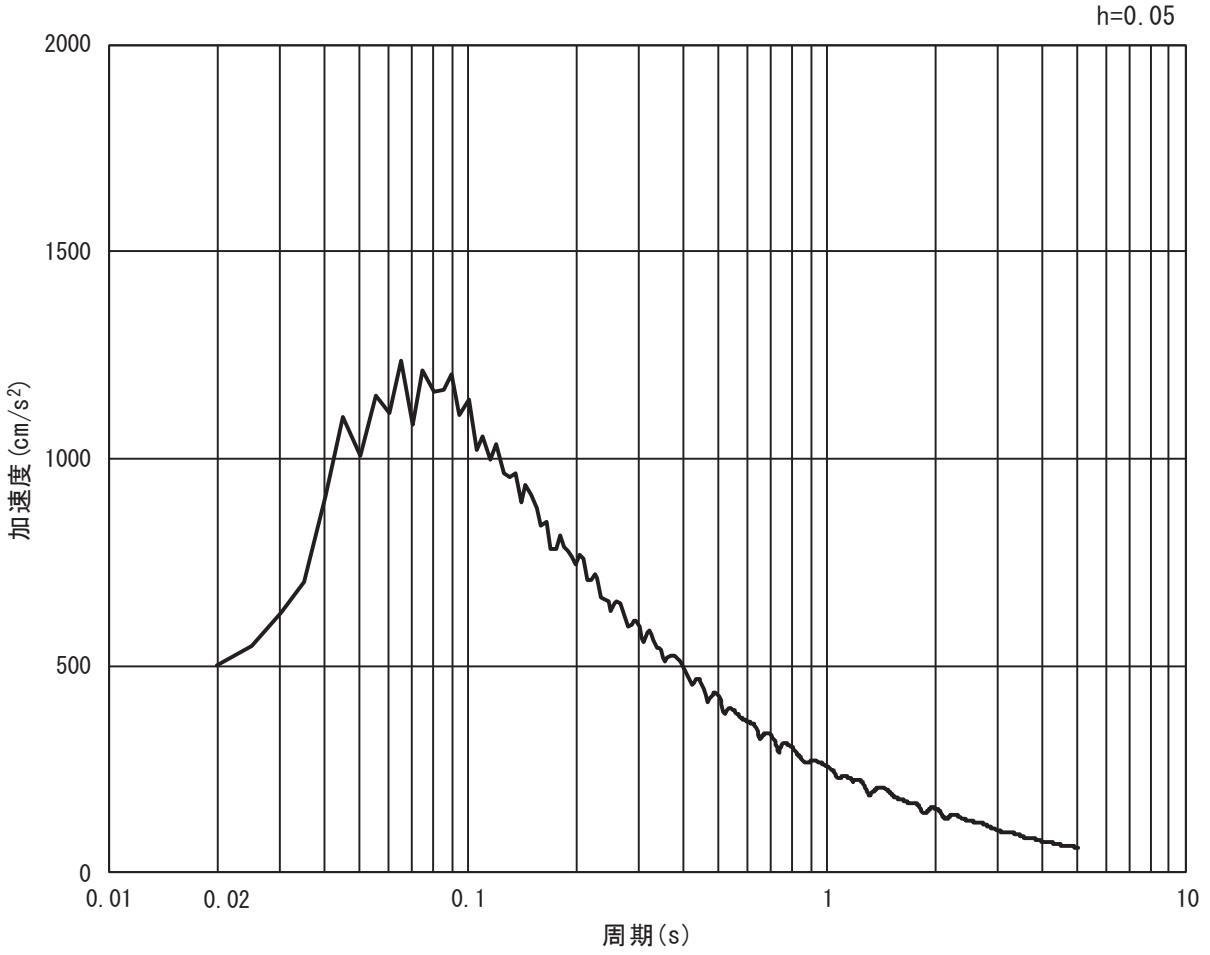


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

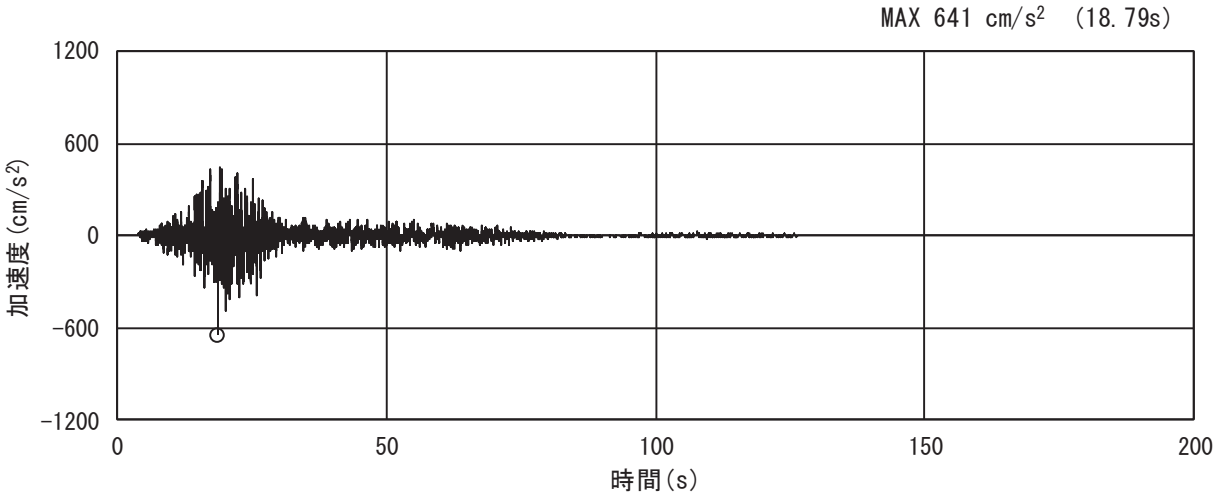


(a) 加速度時刻歴波形

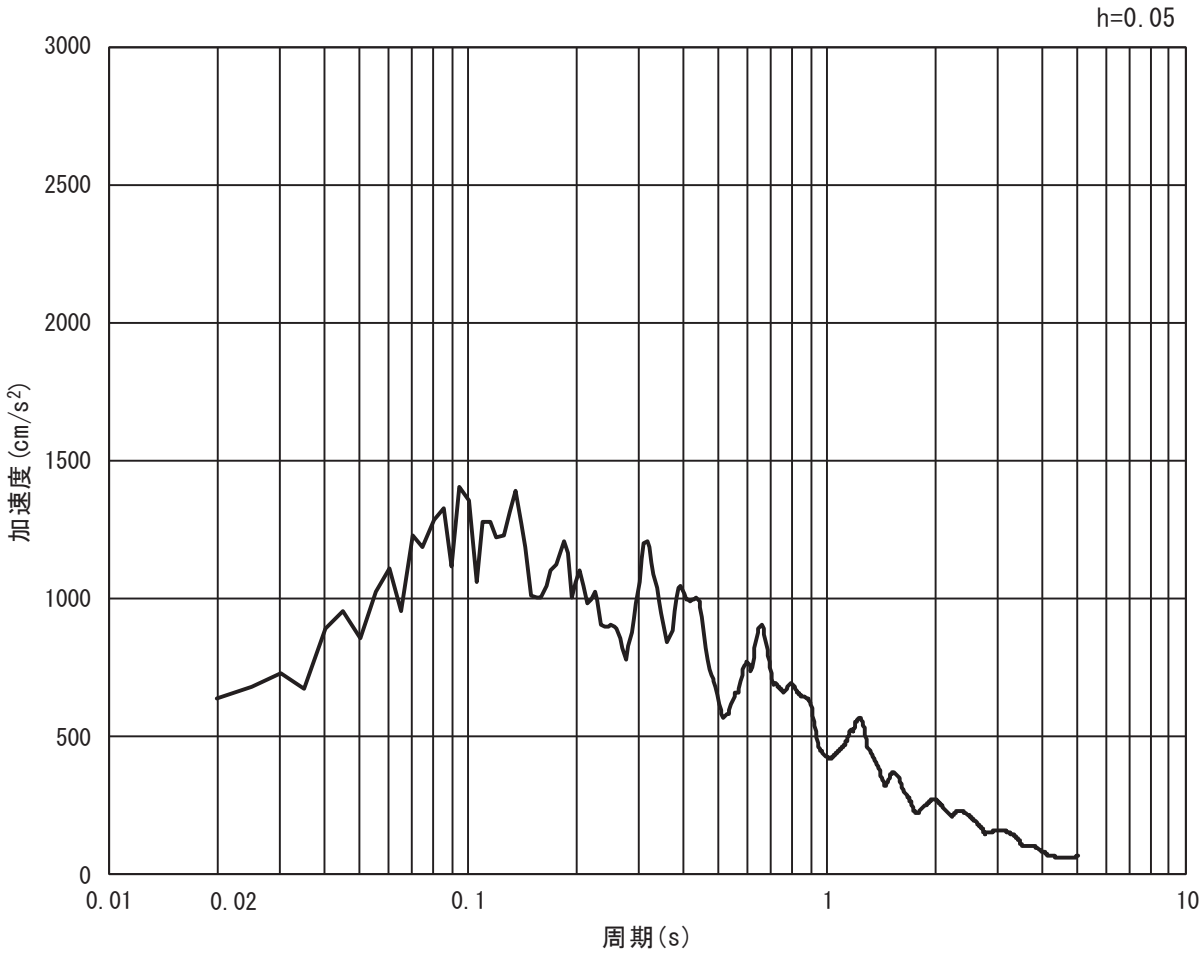


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

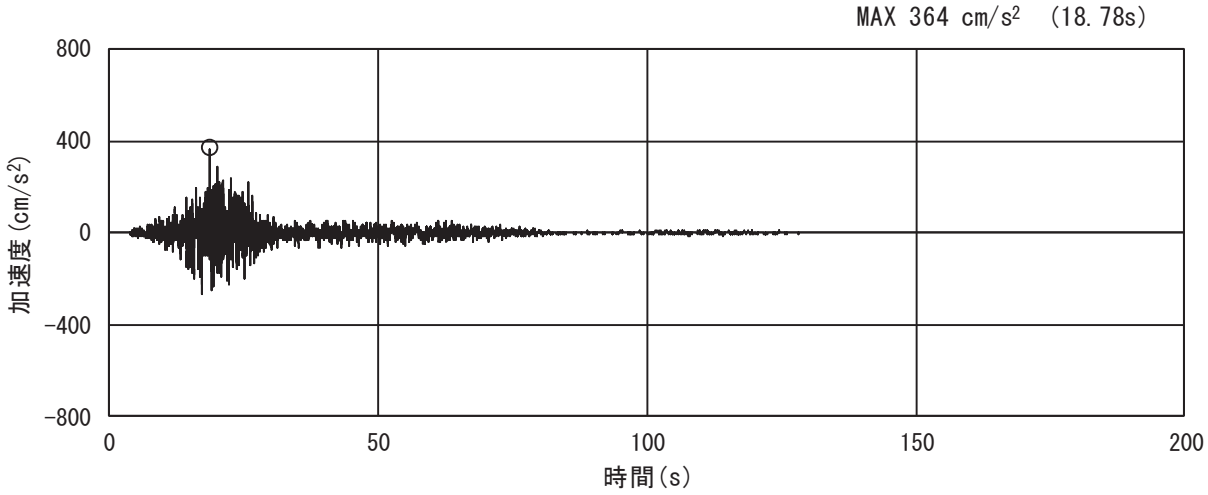


(a) 加速度時刻歴波形

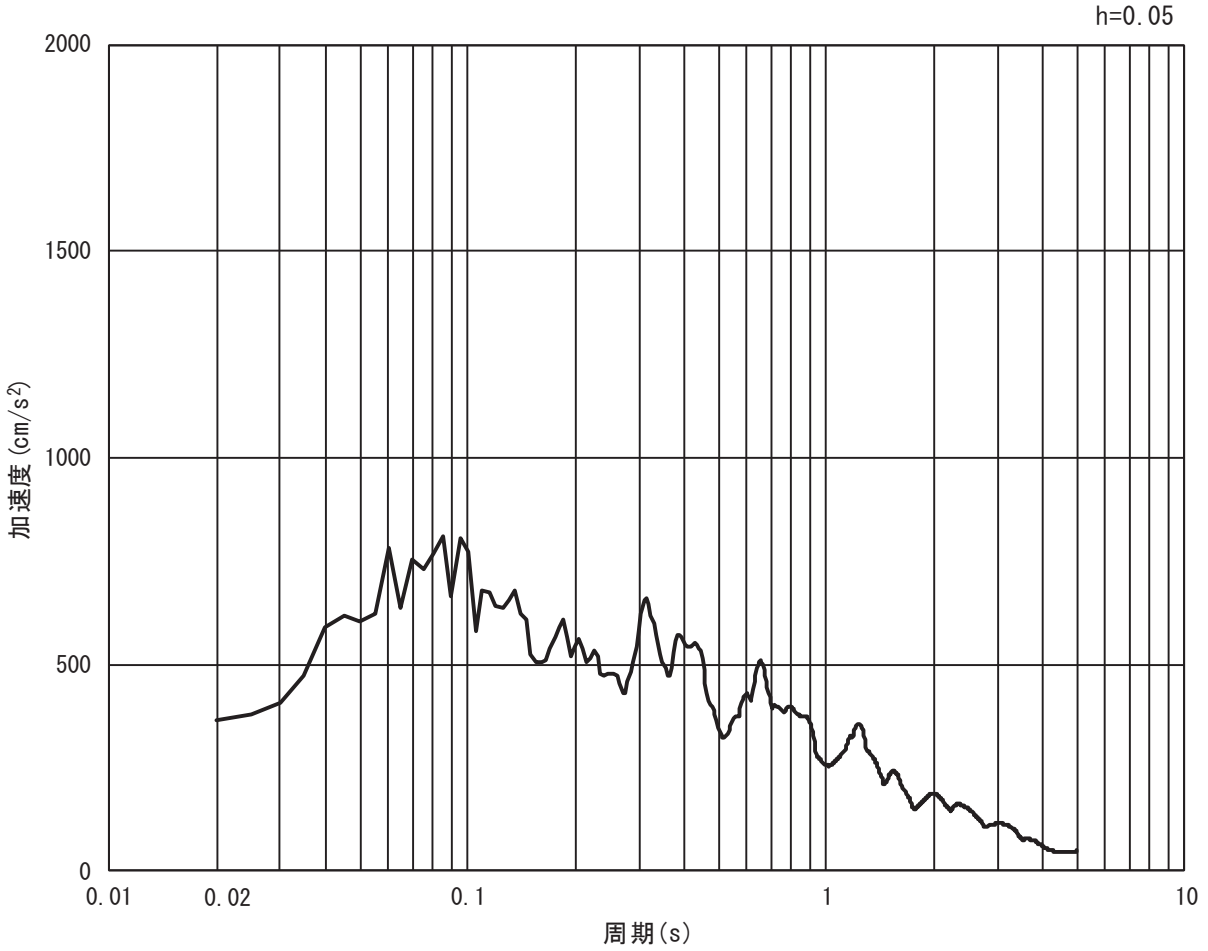


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

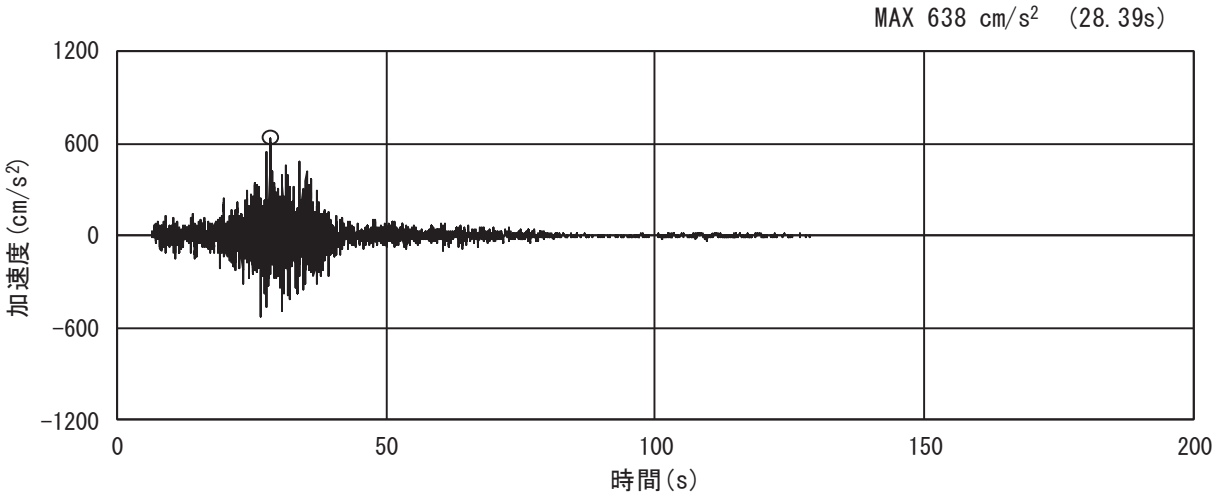


(a) 加速度時刻歴波形

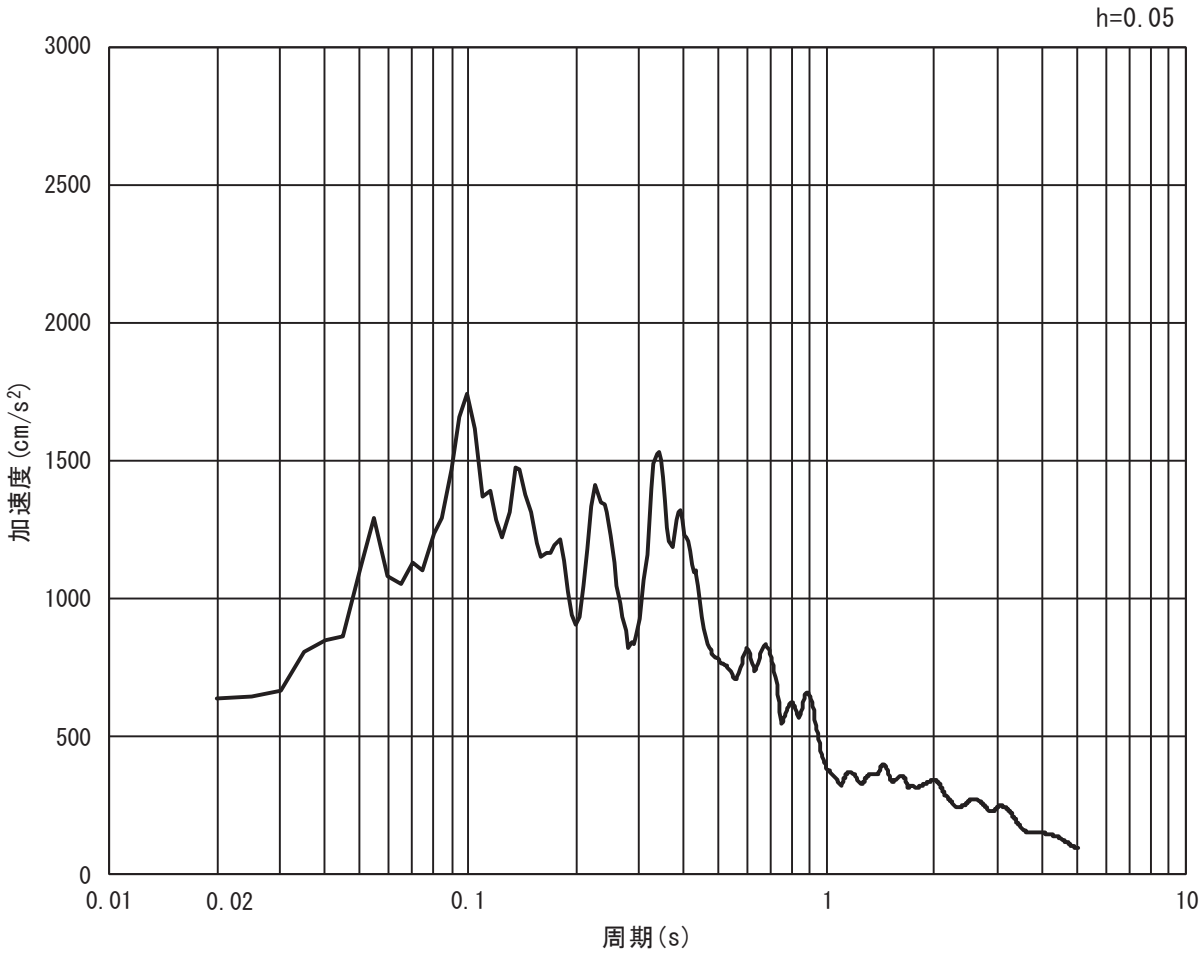


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

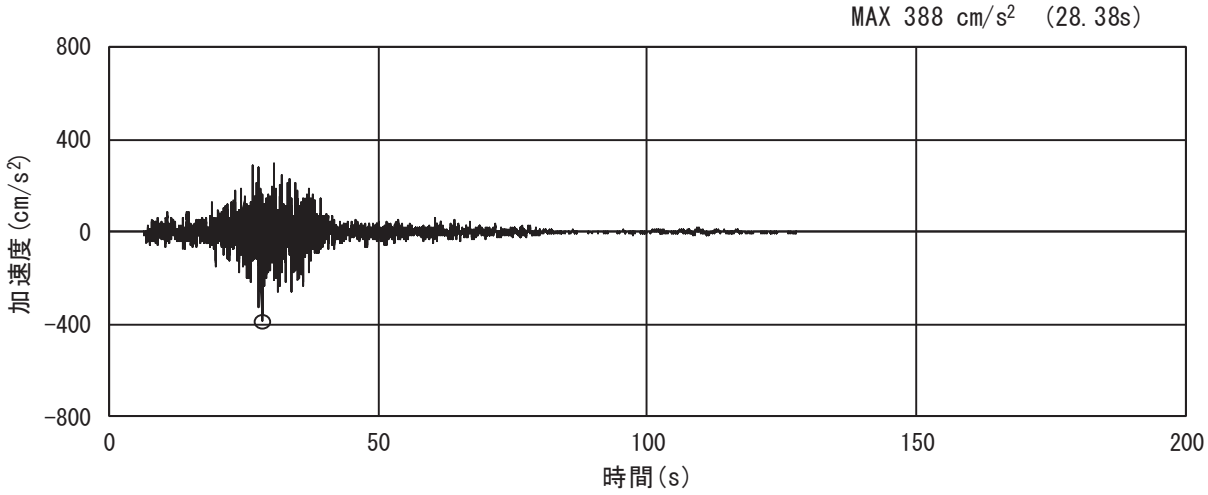


(a) 加速度時刻歴波形

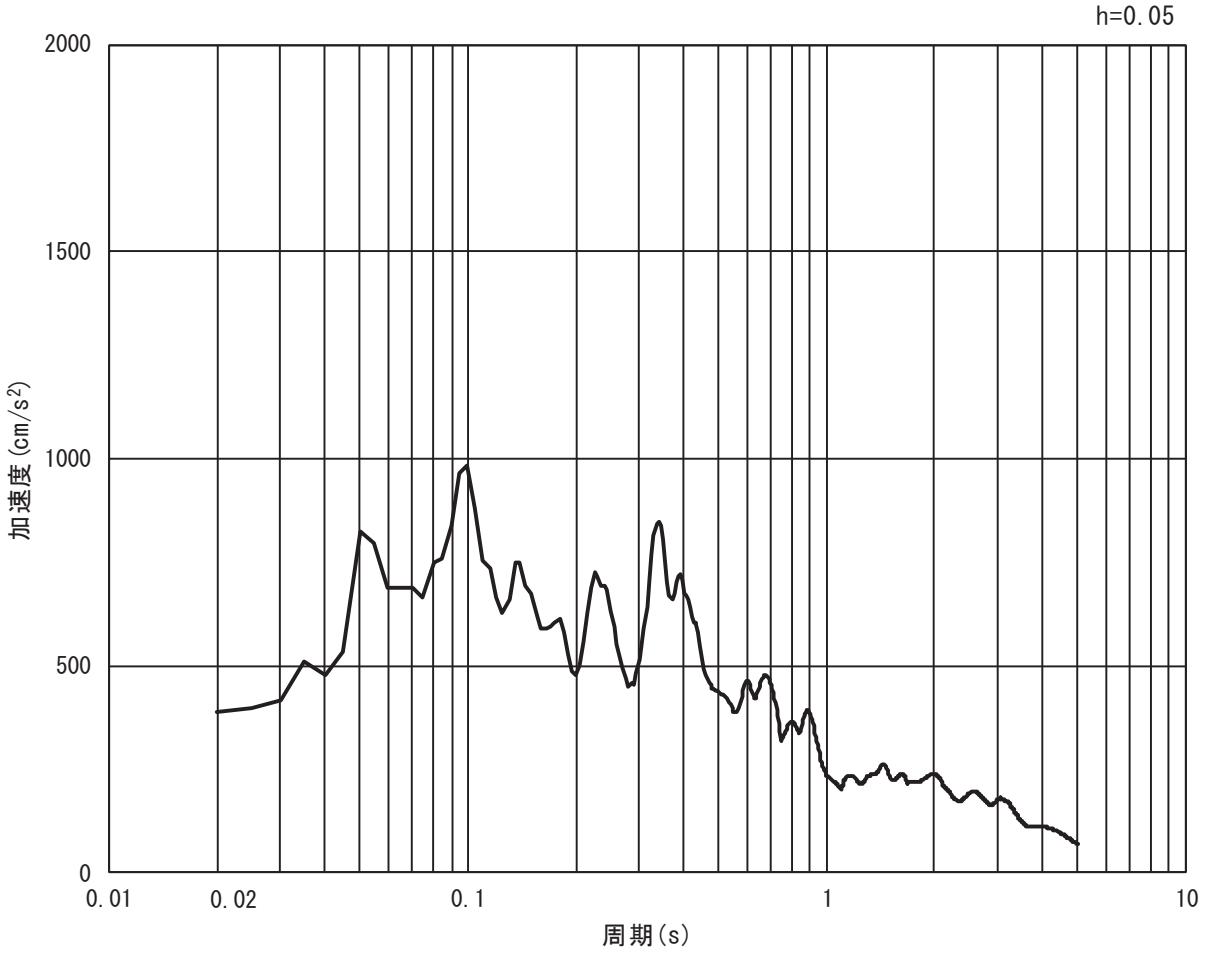


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

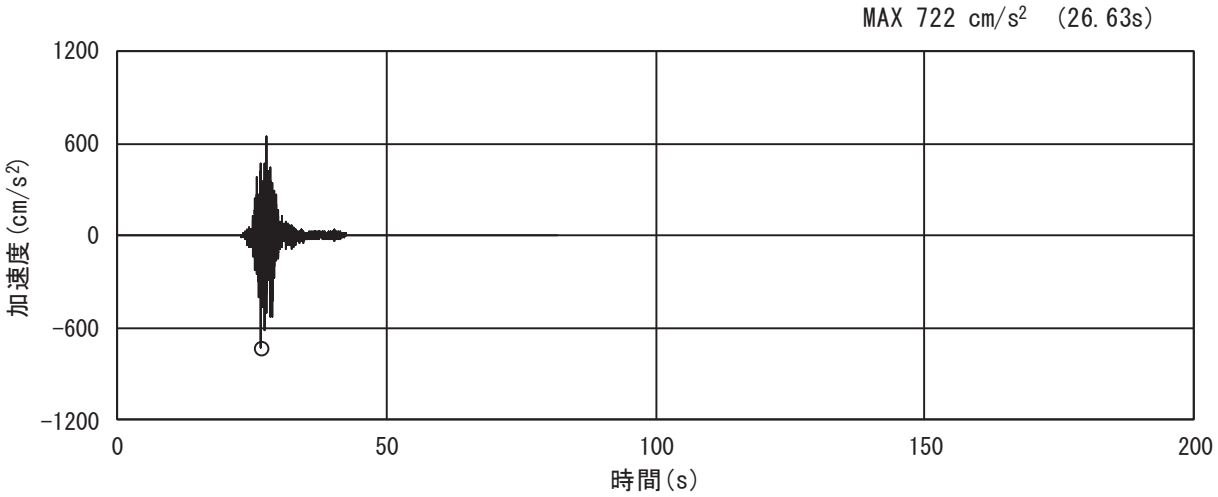


(a) 加速度時刻歴波形

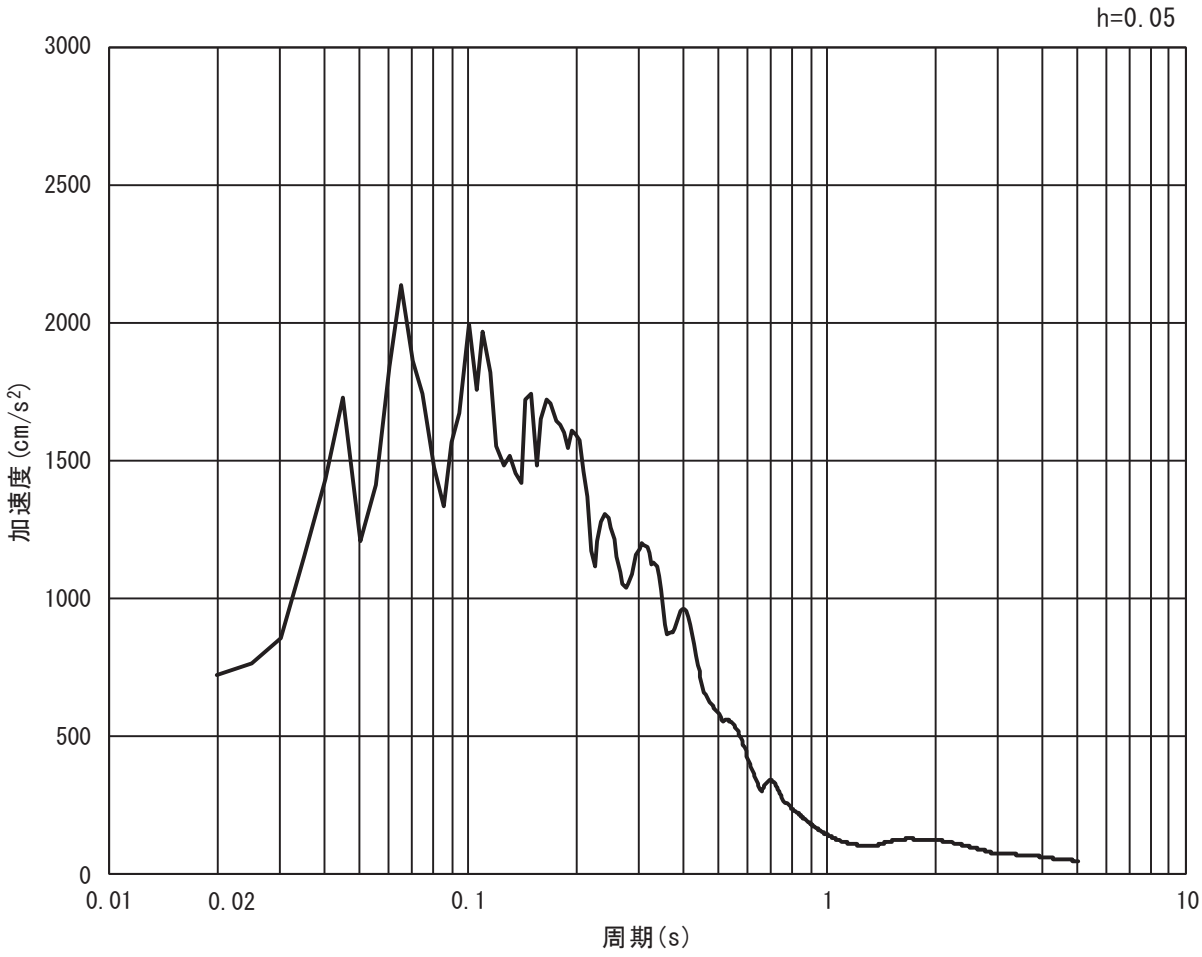


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

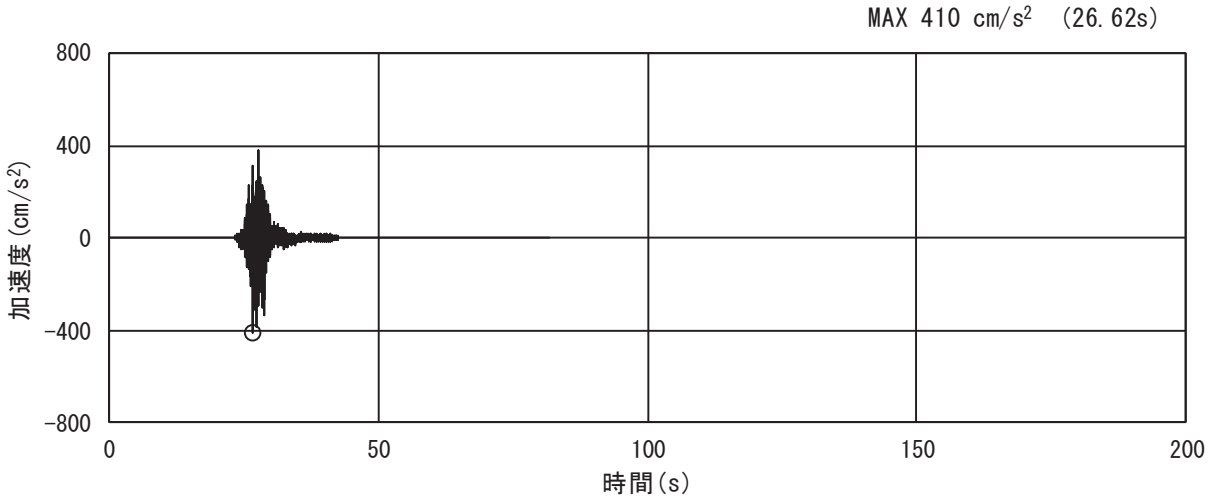


(a) 加速度時刻歴波形

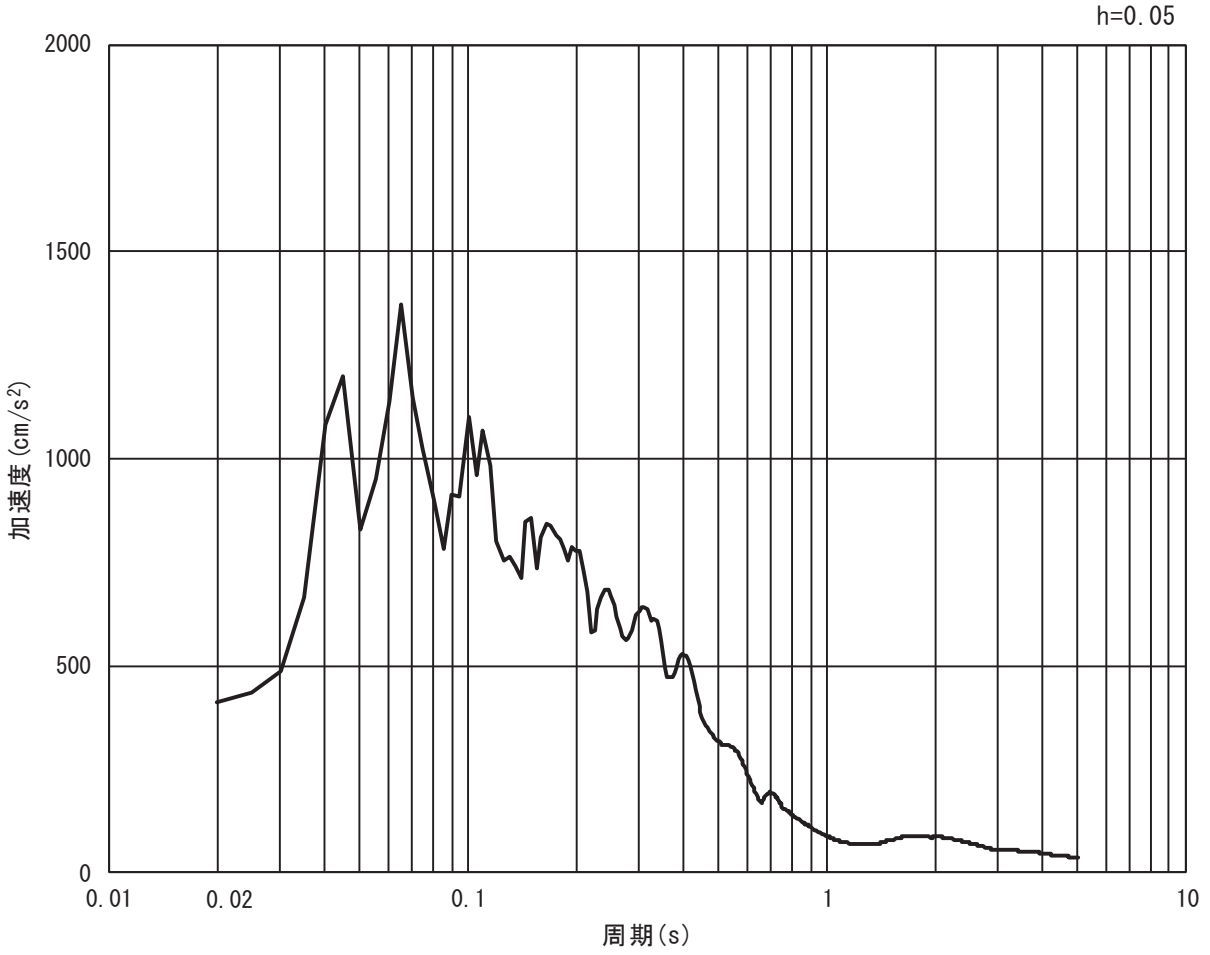


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

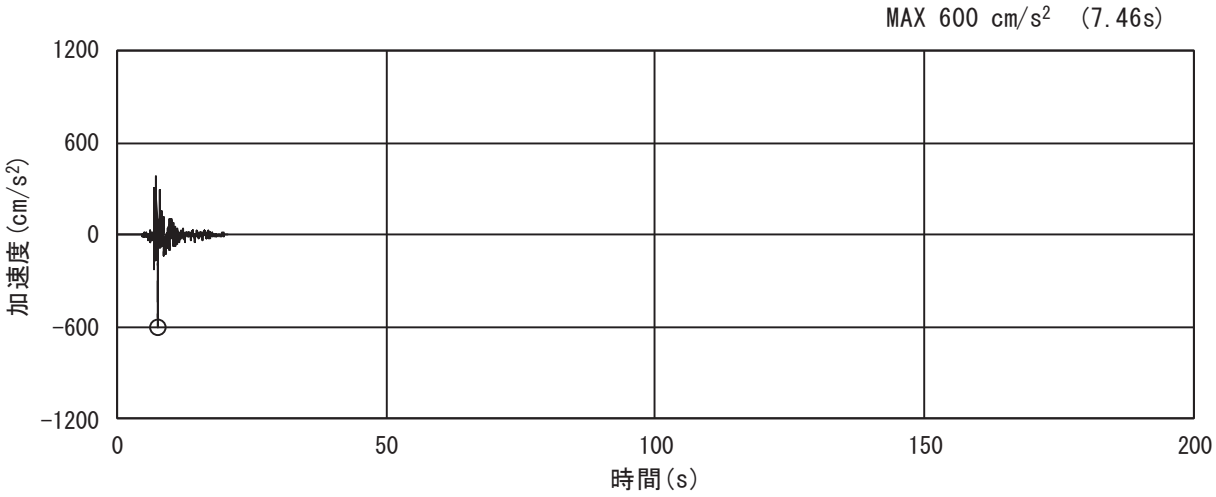


(a) 加速度時刻歴波形

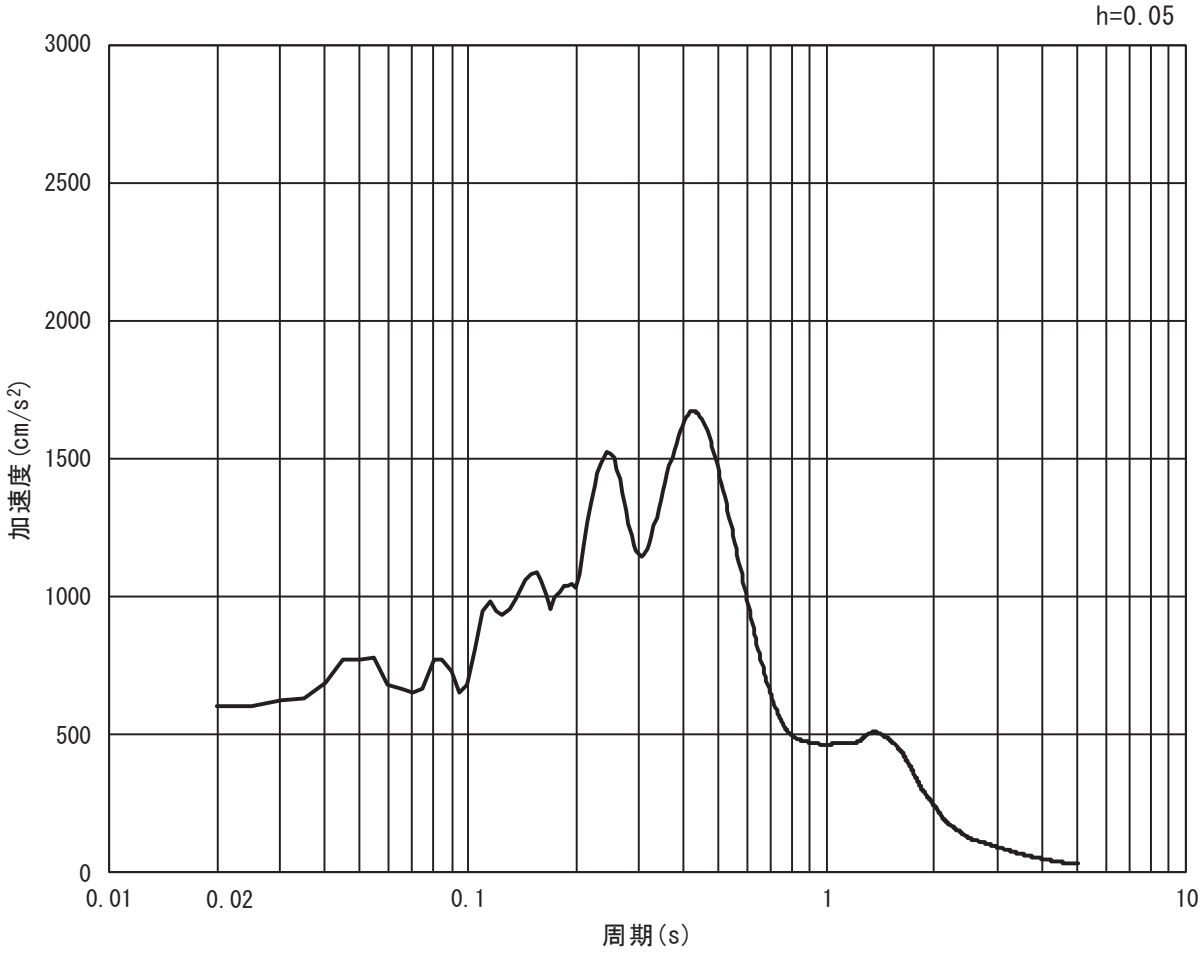


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

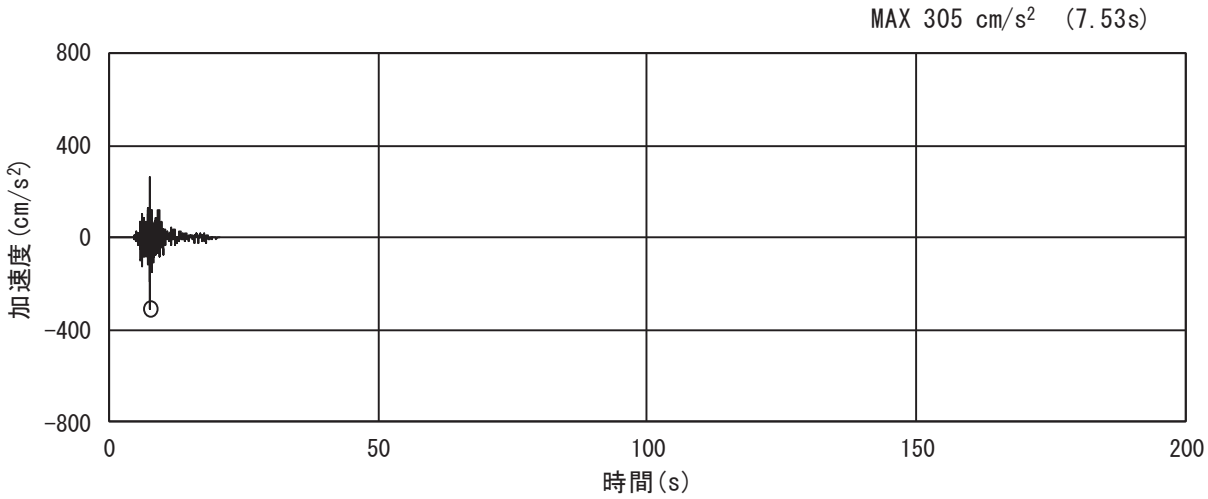


(a) 加速度時刻歴波形

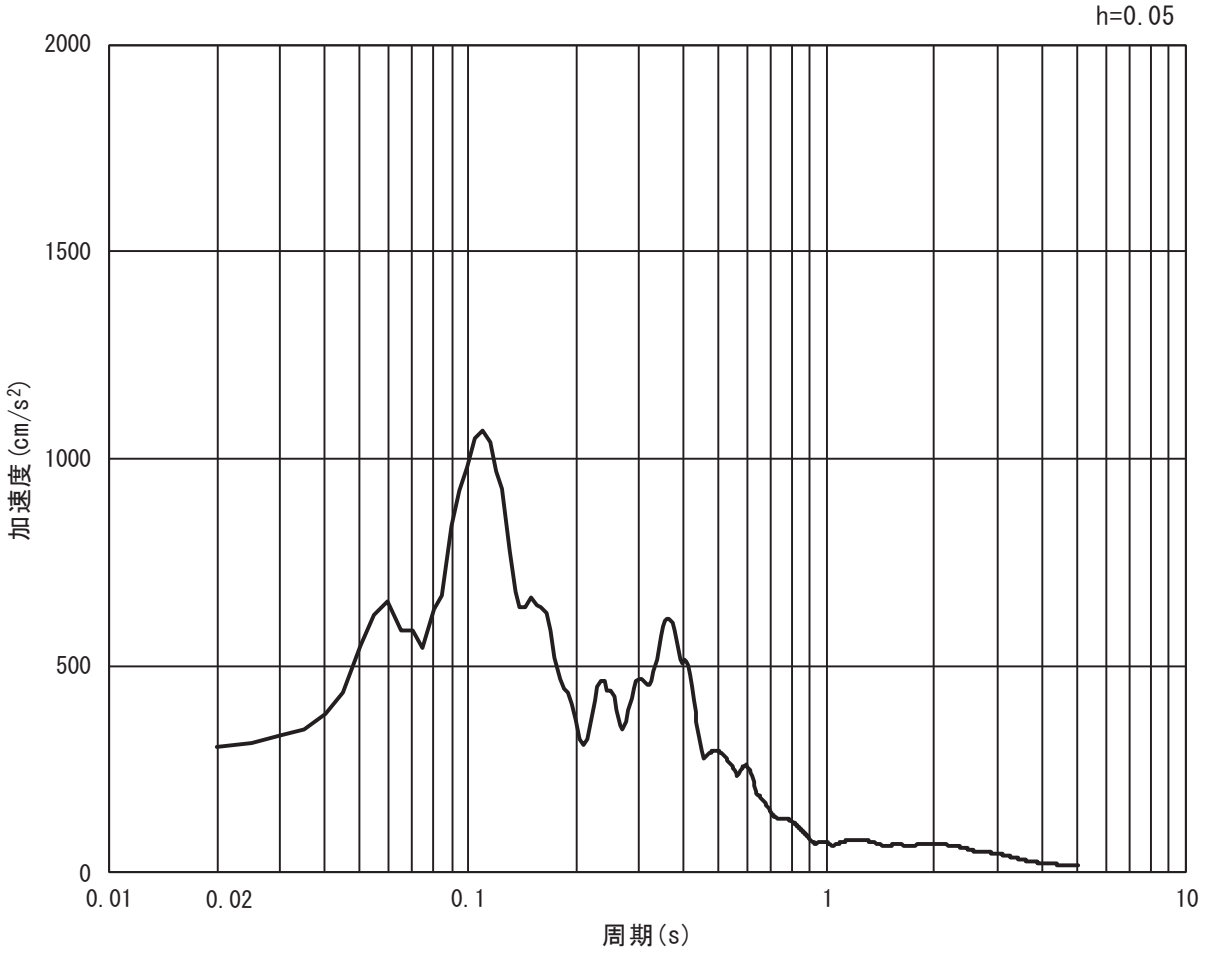


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5(14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

防潮堤（盛土堤防）の地震応答解析モデルを図 3-6 に示す。

(1)　解析領域

２次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

２次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素），置換コンクリートは線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

D 級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。D 級岩盤，改良地盤及び盛土・旧表土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）でモデル化する。また，地下水位以深の盛土・旧表土は，液状化パラメータを設定することで，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(5)　海水のモデル化

海水は液体要素でモデル化する。

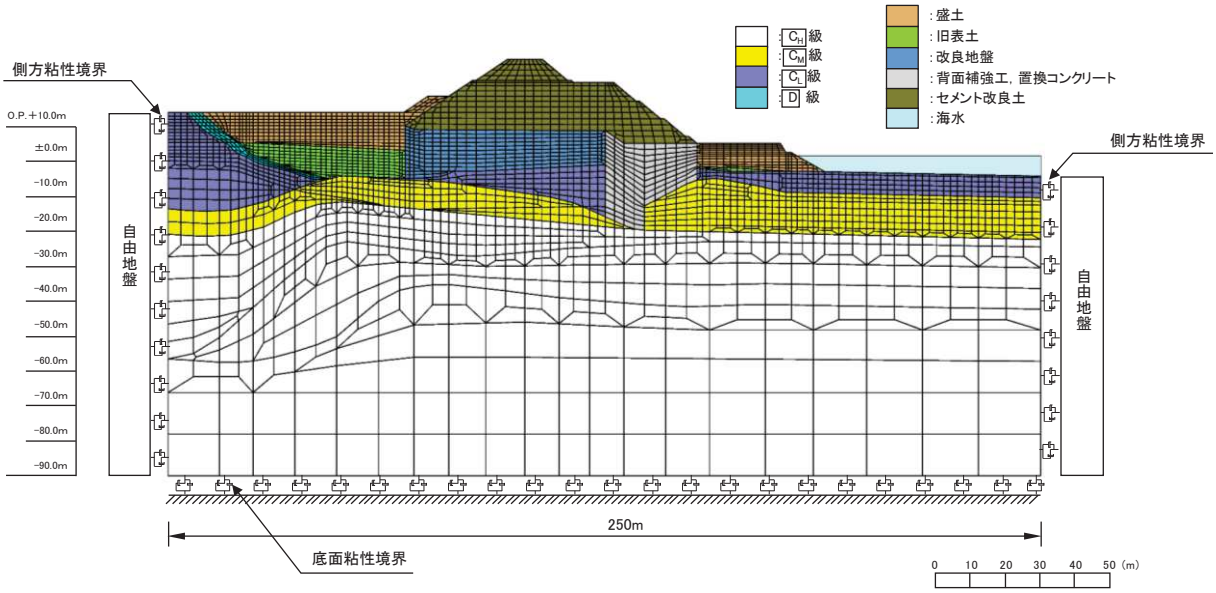


図 3-6　防潮堤（盛土堤防）の解析モデル（断面①）

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-4 に，材料の物性値を表 3-5 に示す。なお，セメント改良土及び改良地盤の物性値は，添付書類「VI-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

表 3-4　使用材料

材料	諸元
コンクリート （置換コンクリート）	設計基準強度　　：30 N/mm^2

表 3-5　材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	せん断強度 (N/mm^2)	内部摩擦角 (°)	引張強度 (N/mm^2)	残留強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比
コンクリート （置換コンクリート）	22.5	6.00	-*	2.22	-*	2.80×10^4	0.2

注記　＊：内部摩擦角及び残留強度は保守的に考慮しない。

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「VI-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

なお，有効応力解析に用いる液状化強度特性は，敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で，下限値として設定する。

3.5.4　地下水位

地下水位については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 3-3 及び表 3-6 に示す。

表 3-6　設計用地下水位

施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
防潮堤（盛土堤防）	断面①	防潮堤（盛土堤防）より山側で地表面，海側で O.P.+1.43m（朔望平均満潮位）に設定する。

3.6　評価対象部位

評価対象部位は，防潮堤（盛土堤防）の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(1)　施設・地盤の健全性評価

施設・地盤の健全性に係る評価対象部位は，セメント改良土，置換コンクリート及び改良地盤とする。

(2)　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，セメント改良土及び置換コンクリートを支持する基礎地盤とする。

3.7　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.7.1　セメント改良土

セメント改良土の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に基づき，表 3-7 に示すすべり安全率とする。

表 3-7　セメント改良土の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.2　置換コンクリート

置換コンクリートの許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-8 に示すすべり安全率とする。

表 3-8　置換コンクリートの許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.3　改良地盤

改良地盤の許容限界は，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-9 に示すすべり安全率とする。

表 3-9　改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.7.4　基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，支持力試験により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-10 に示す。

表 3-10　基礎地盤の支持力に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm^2)
極限支持力	牧の浜部層*	11.4
	改良地盤	4.4

注記　＊：C_M級岩盤以上の岩盤が対象

3.8　評価方法

防潮堤（盛土堤防）の耐震評価は，地震応答解析に基づき算定した発生応力が「3.7　許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

3.8.1　セメント改良土

セメント改良土の評価は，セメント改良土を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

また，セメント改良土の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－１σ強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

3.8.2　置換コンクリート

置換コンクリートの評価は，置換コンクリートを通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

3.8.3　改良地盤

改良地盤の評価は，改良地盤を通るすべり線のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。

また，改良地盤の強度特性のばらつきを考慮した評価（平均値－１σ強度）についても実施する。その際の解析ケースはケース①（基本ケース）とする。

3.8.4　基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては，セメント改良土の基礎地盤である改良地盤及び置換コンクリートの基礎地盤に生じる接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 セメント改良土

セメント改良土のすべり安全率による評価結果を表 4-1 に，平均強度において最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-1 に示す。

なお，強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－１σ強度のすべり安全率を表 4-1 に併せて示す。

これらの結果から，セメント改良土のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-1 セメント改良土のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻（s）	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	③	7.55	3.0
Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	①（平均値－１σ強度）	7.55	3.0

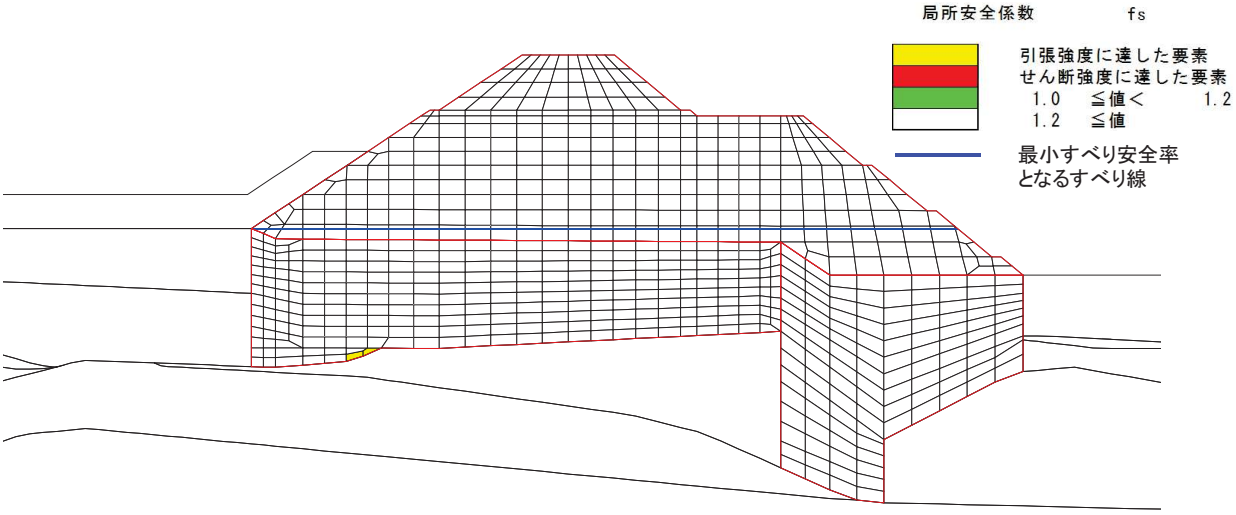


図 4-1 セメント改良土の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面①，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.55s）
解析ケース③：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値－１σ）

4.2　置換コンクリート

置換コンクリートのすべり安全率による評価結果を表 4-2 に，最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-2 に示す。これらの結果から，置換コンクリートのすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-2　置換コンクリートのすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻（s）	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	②	7.52	6.3

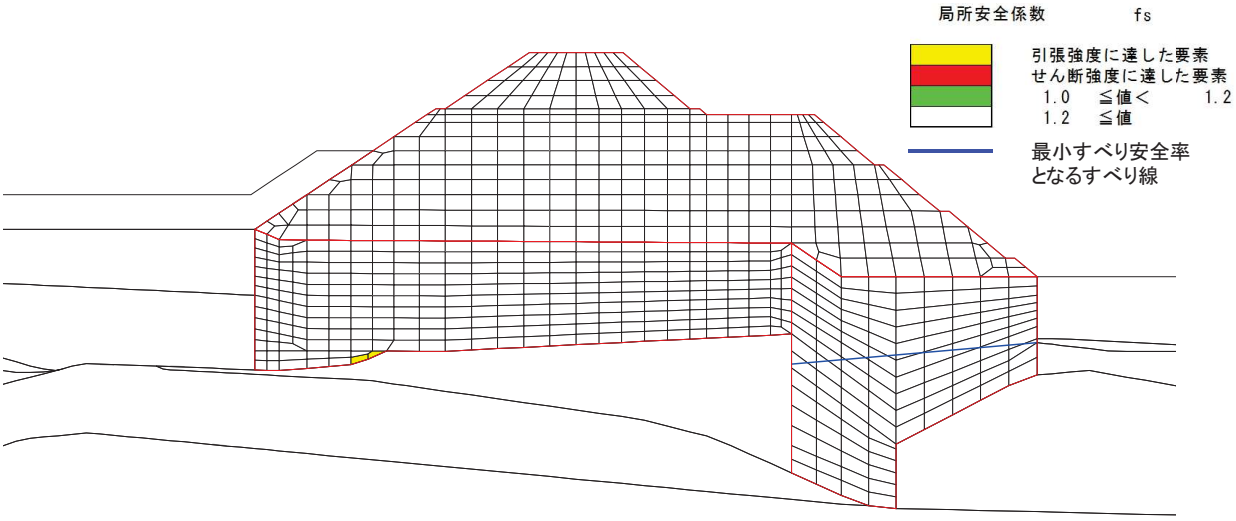


図 4-2　置換コンクリートの最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面①，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.52s）
解析ケース②：地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（平均値＋１σ）

4.3　改良地盤

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 4-3 に，平均強度において最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布を図 4-3 に示す。

なお，強度特性のばらつきを考慮した評価としてケース①（基本ケース）における平均値－１σ強度のすべり安全率を表 4-3 に併せて示す。

これらの結果から，改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 4-3　改良地盤のすべり安全率評価結果（断面①）

地震動	解析ケース	発生時刻（s）	最小すべり安全率
Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	①	7.54	3.5
Ｓｓ－Ｎ１（＋＋）	①（平均値－１σ強度）	7.54	3.4

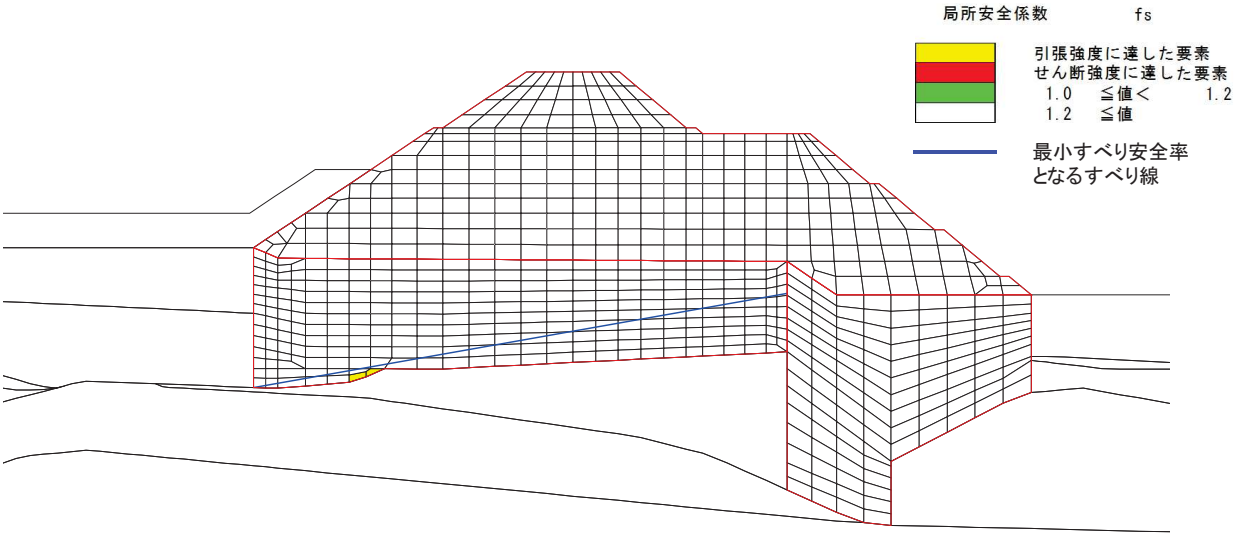


図 4-3　改良地盤の最小すべり安全率時刻における局所安全係数分布
（断面①，Ｓｓ－Ｎ１（＋＋），t=7.54s）
解析ケース①：基本ケース

4.4　基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 4-4 に示す。

防潮堤（盛土堤防）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

表 4-4(1)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面①，セメント改良土）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｎ１(＋＋)	③	0.9	4.4	0.21

表 4-4(2)　基礎地盤の支持性能評価結果（断面①，置換コンクリート）

地震動	解析ケース	最大接地圧 R_a (N/mm^2)	極限支持力 R_{ua} (N/mm^2)	照査値 R_a/R_{ua}
Ｓｓ－Ｄ２(＋＋)	①	2.8	11.4	0.25

Ⅵ-2-10-2-4　取放水路流路縮小工の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-10-2-4-1　取放水路流路縮小工（第1号機取水路）の耐震性についての計算書
VI-2-10-2-4-2　取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震性についての計算書

Ⅵ-2-10-2-4-1　取放水路流路縮小工（第１号機取水路）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 2
2.1 位置 2
2.2 構造概要 3
2.3 評価方針 4
2.4 適用基準 6
3. 耐震評価 7
3.1 評価対象断面 7
3.2 解析方法 8
3.2.1 構造部材 8
3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき 8
3.2.3 減衰定数 8
3.2.4 解析ケースの選定 9
3.3 荷重及び荷重の組合せ 10
3.3.1 耐震評価上考慮する状態 10
3.3.2 荷重 10
3.3.3 荷重の組合せ 11
3.4 入力地震動 12
3.5 解析モデル及び諸元 27
3.5.1 解析モデル 27
3.5.2 使用材料及び材料の物性値 29
3.5.3 地盤の物性値 29
3.5.4 地下水位 29
3.6 評価対象部位 29
3.6.1 構造部材の健全性評価 29
3.6.2 基礎地盤の支持性能評価 29
3.7 許容限界 29
3.7.1 構造部材の健全性に対する許容限界 30
3.7.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界 30
3.8 評価方法 31
3.8.1 構造部材の健全性評価 31
3.8.2 基礎地盤の支持性能評価 34
4. 耐震評価結果 35
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果 35
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果 35

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)が基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)に要求される機能の維持を確認するにあたっては，地震応答解析より構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

なお，取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の耐震評価においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い，牡鹿半島全体で約 1ｍの地盤沈下が発生したことを考慮し，地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の位置図を図 2-1 に示す。

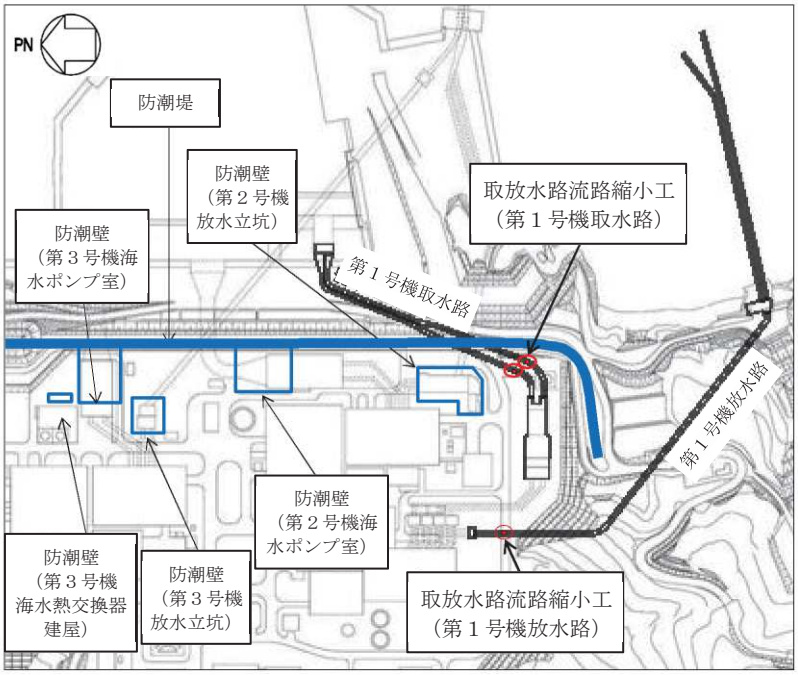


図 2-1　取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の位置図（全体平面図）

2.2 構造概要

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)の平面図及び断面図を図2-2に示す。

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)は，第1号機取水路からの津波の流入を抑制し，第1号機取水路から敷地への津波の流入を防止するため，第1号機取水路内に無筋のコンクリートを充填する。よって，取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)は，覆工部と充填部から構成される。

なお，第1号機の補機冷却海水ポンプに必要な海水を取水するため，貫通部（[redacted]×2条）を設ける。

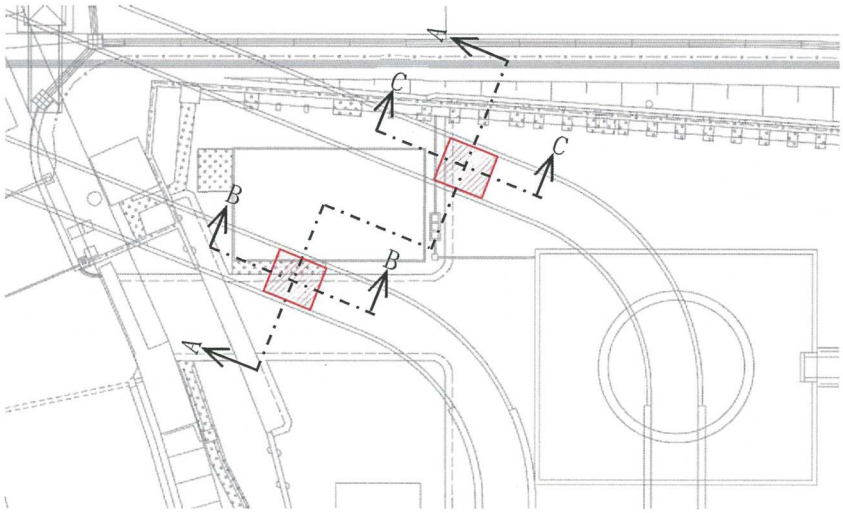


図2-2(1)　取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)　平面図

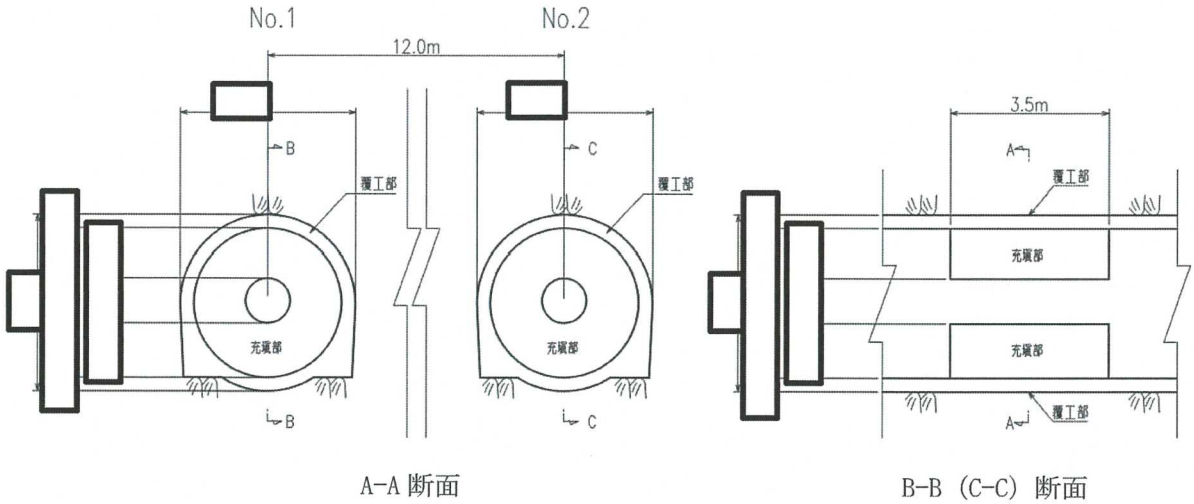


図2-2(2)　取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No. 1), (No. 2)　断面図

2.3　評価方針

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)は，Ｓクラス施設である津波防護施設に分類される。

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，表 2-1 に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで，構造強度を有することを確認する。

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の地震応答解析においては，構造物周辺は岩盤に覆われているため，線形解析を実施する。

地震応答解析に用いる地盤物性は，地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で，ばらつき等を考慮して設定する。

構造物材の健全性評価については，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」に基づき流路縮小工の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」に基づき流路縮小工の基礎地盤に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

表 2-1　取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	流路縮小工	発生する応力が許容限界以下であることを確認	引張強度及びせん断強度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮

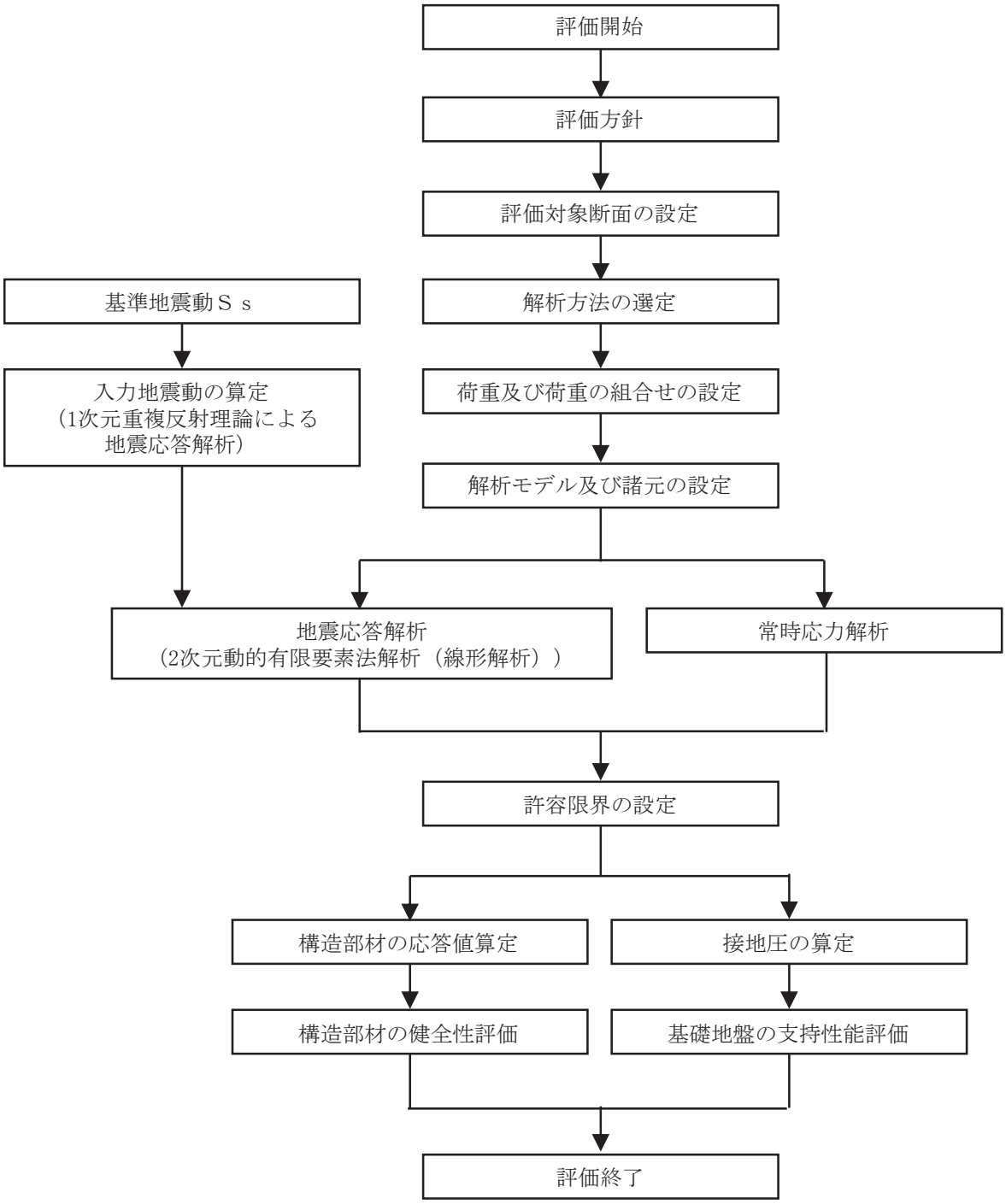


図 2-3　取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会原子力土木委員会，2005 年 6 月）（以下「土木学会マニュアル」という）

・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）

・コンクリート標準示方書［設計編］（土木学会，2017 年制定）

・コンクリート標準示方書［ダムコンクリート編］（土木学会，2013 年制定）

・トンネル標準示方書［共通編］・同解説／［山岳工法編］・同解説（土木学会，2016 年制定）

・原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987 （日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1),(No.2)の評価対象断面位置を図3-1に示す。評価対象断面の地質図を図3-2に示す。

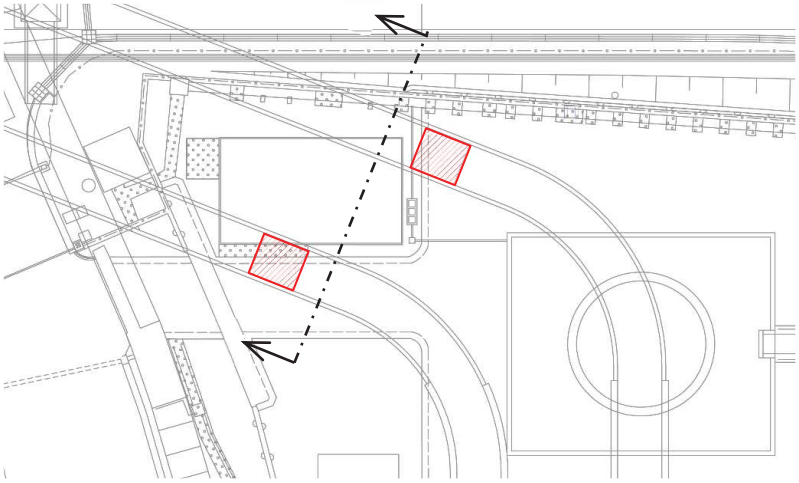


図3-1 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1),(No.2)の評価対象断面位置図

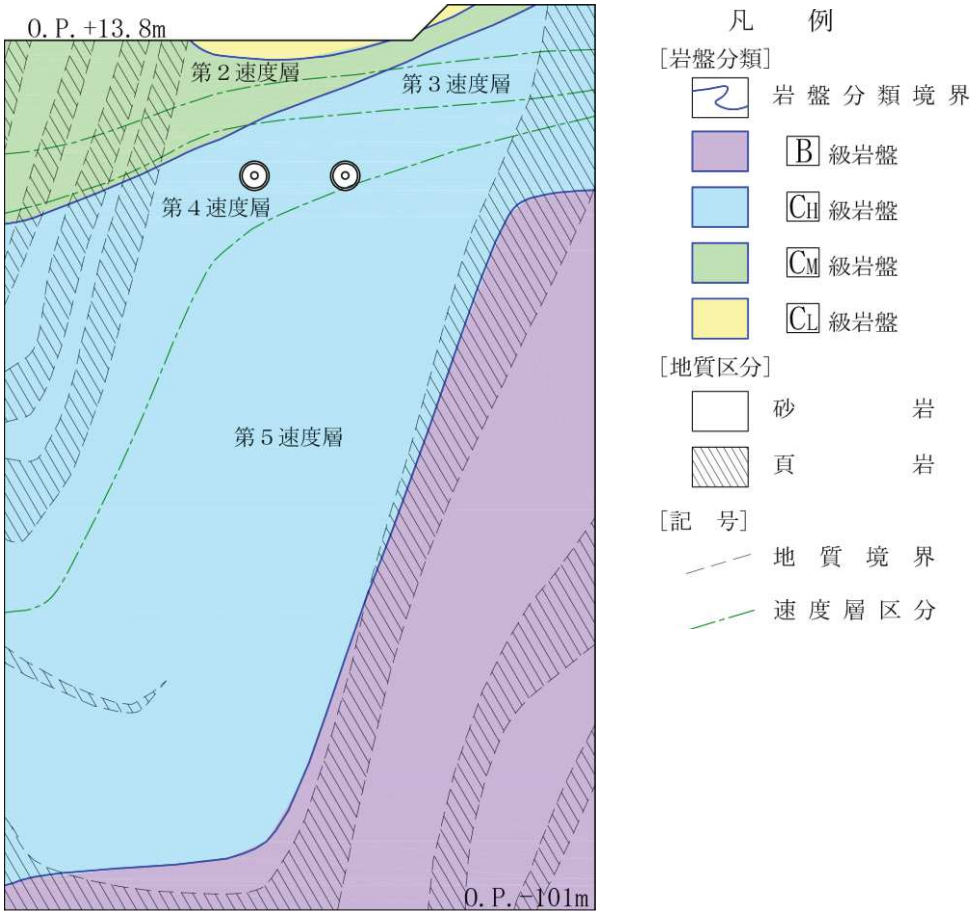


図3-2 取放水路流路縮小工（第1号機取水路）(No.1),(No.2)の評価対象断面の地質図

3.2　解析方法

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の地震応答解析は，添付書類「Ⅵ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち,「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる２次元動的有限要素法解析により，基準地震動Ｓｓに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による線形解析にて行う。

常時応力解析は，解析コード「TDAPⅢ　Ver.3.10.01」，地震応答解析は，解析コード「SuperFLUSH/2D Ver.6.1」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1　構造部材

流路縮小工は，流路縮小工の形状を踏まえた部材の応力を評価するため，平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため，表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

表 3-1　耐震評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 （コンクリート） （E_0：ヤング係数）	地盤物性
		C_L級岩盤，C_M級岩盤， C_H級岩盤，B級岩盤 （G_d：動せん断弾性係数）
ケース① （基本ケース）	設計基準強度	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値＋1σ
ケース③	設計基準強度	平均値－1σ

3.2.3　減衰定数

減衰定数は，流路縮小工については，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.設計用減衰定数」に示される鉄筋コンクリートの減衰定数を，地盤については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「3.1　設置変更許可申請書に記載された解析用物性値」に示される狐崎部層の減衰定数を使用する。

3.2.4　解析ケースの選定

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓｓに対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において，引張破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査値が最大となる最も厳しい地震動を用いて，表 3-1 に示す解析ケース②，③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2　耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値＋1σ	平均値－1σ
地震動（位相）	Ｓｓ－Ｄ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｄ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｄ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｎ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		

基準地震動Ｓｓ（7 波）及び水平動の位相反転を考慮した地震動（7 波）を加えた全 14 波を用いて実施するケース①（基本ケース）において，引張破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力の照査値が最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②，③を実施する。

注記　＊：取放水路流路縮小工（第１号機取水路）（No. 1），（No. 2）の耐震評価にあたっては，「土木学会マニュアル」に従い水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について（＋＋）の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉（第１号機）が停止状態にあり，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

岩盤内構造物であるため，風，並びに積雪の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（Ｇ）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（Ｐ）

地表面に積載荷重 4.9(kN/m^2)を考慮する。

(3) 地震荷重（Ｓｓ）

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

なお，第１号機取水路トンネルは，地山の変形が収束した後に覆工を施工するNATM工法を用いていることから覆工に掘削解放応力が作用しているとは考えにくく考慮しない。また，当該位置の地山強度比*は十分大きいことから，地山のゆるみ土圧も荷重として考慮しない。

注記　＊：当該地点の一軸圧縮強度（qu=153.0N/mm^2）より地山強度比Gnは430程度である。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（Ｓｓ）	Ｇ＋Ｐ＋Ｓｓ

Ｇ：固定荷重

Ｐ：積載荷重（4.9kN/m^2 を地表面に考慮）

Ｓｓ：地震荷重

3.4　入力地震動

入力地震動は，添付書類「Ⅵ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを１次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。なお，入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1　入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

入力地震動算定の概念図を図 3-3 に，入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-4 に示す。

入力地震動の算定には，解析コード「ArkQuake Ver.3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

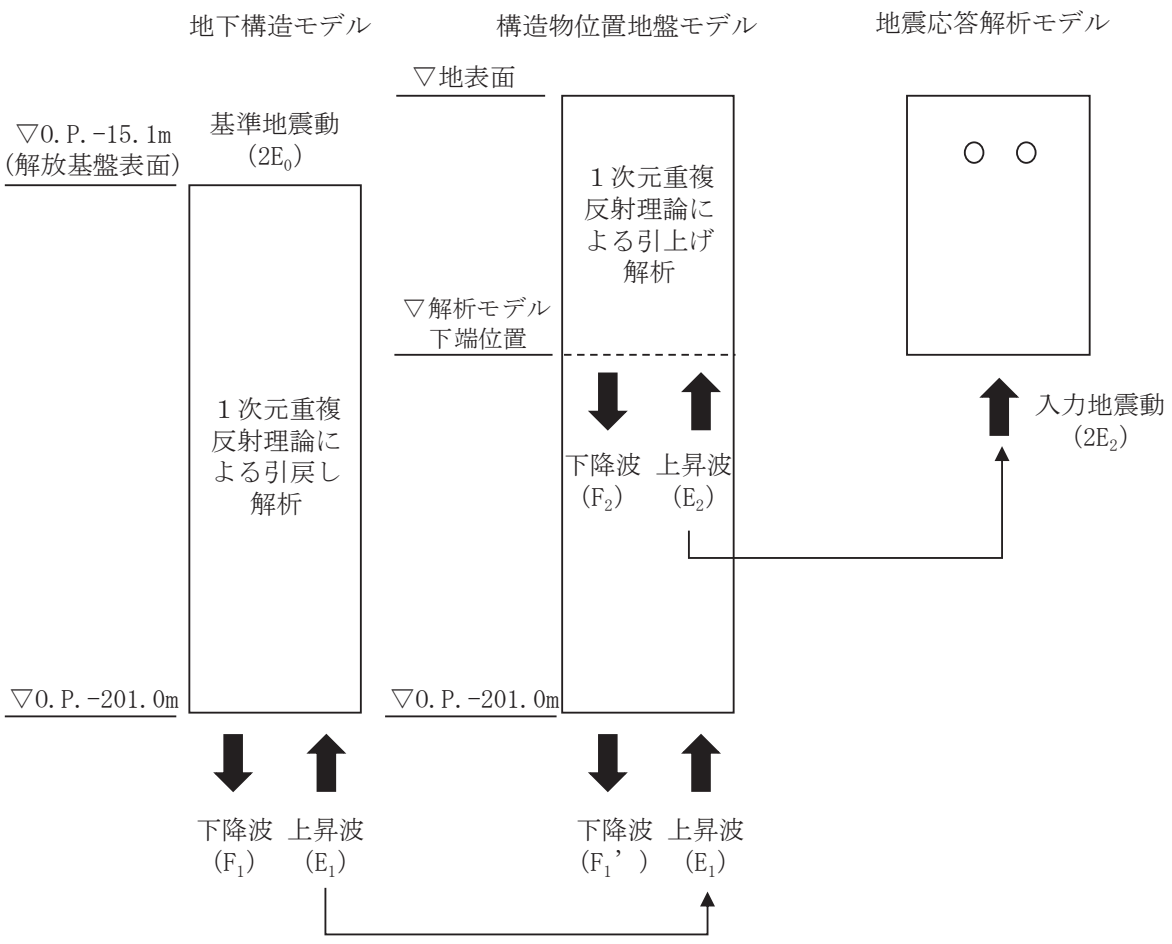
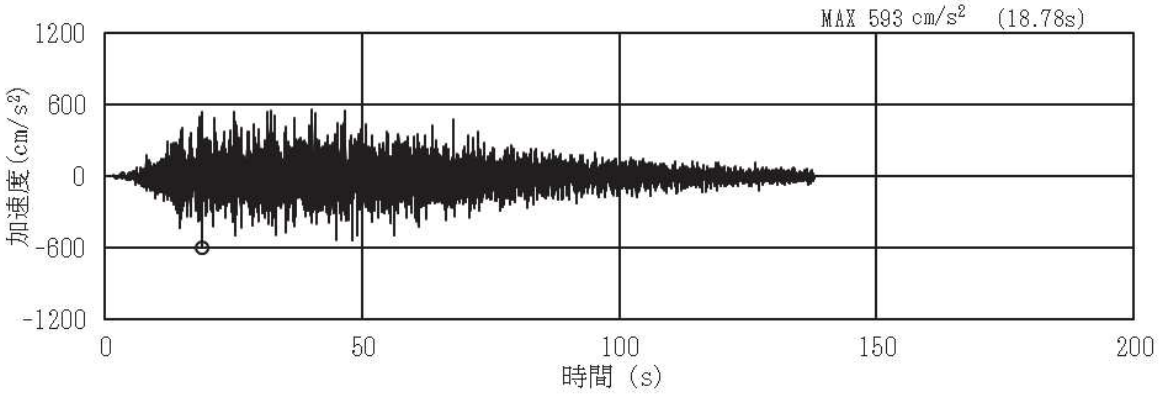
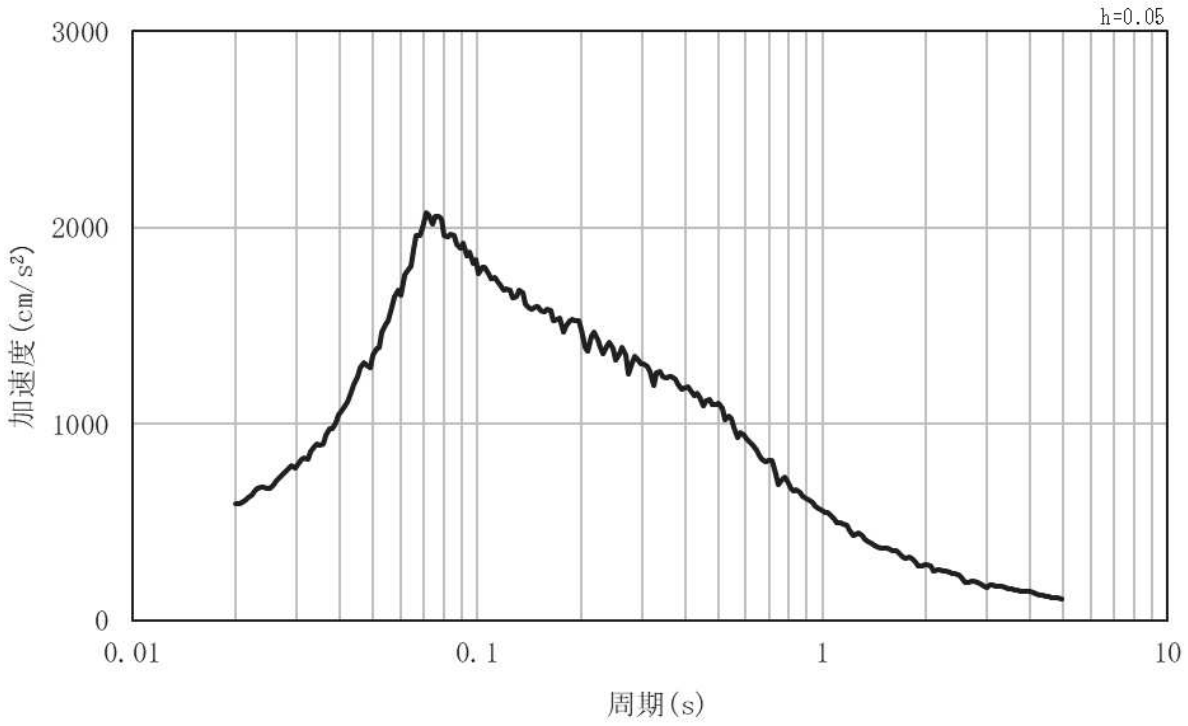


図 3-3　入力地震動算定の概念図

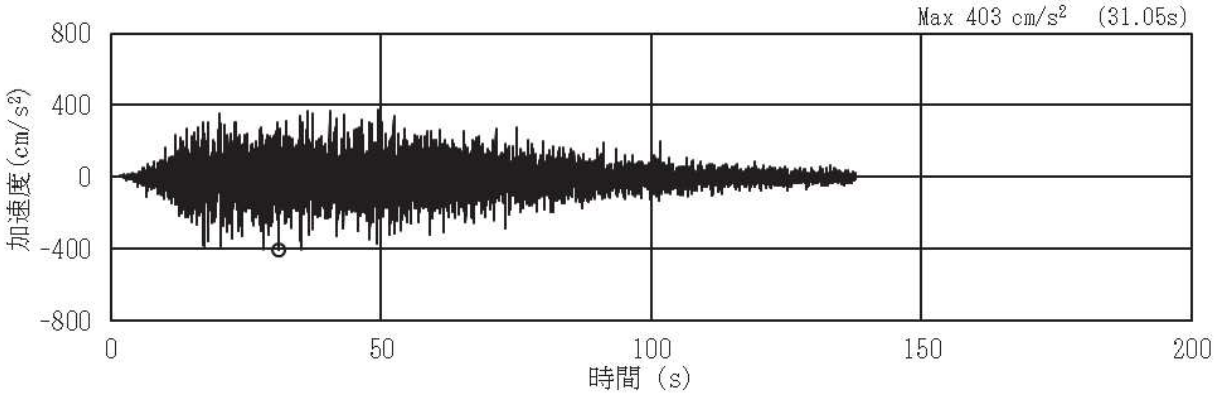


(a) 加速度時刻歴波形

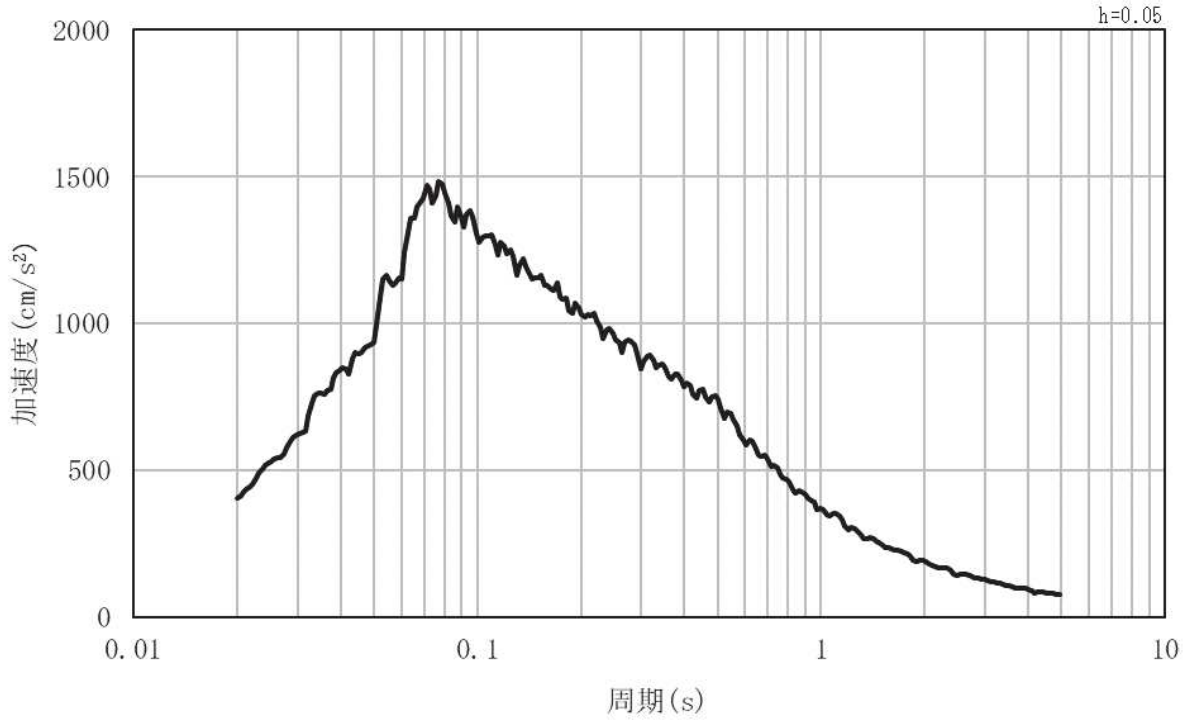


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

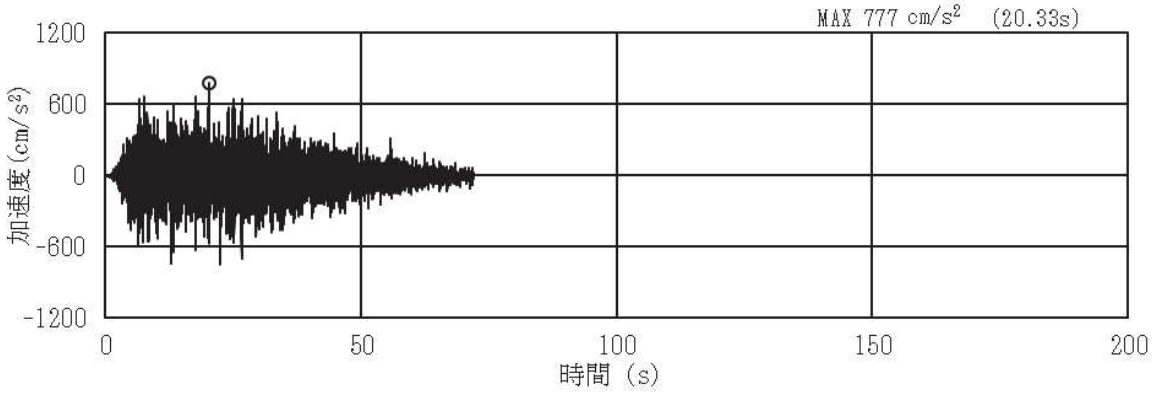


(a) 加速度時刻歴波形

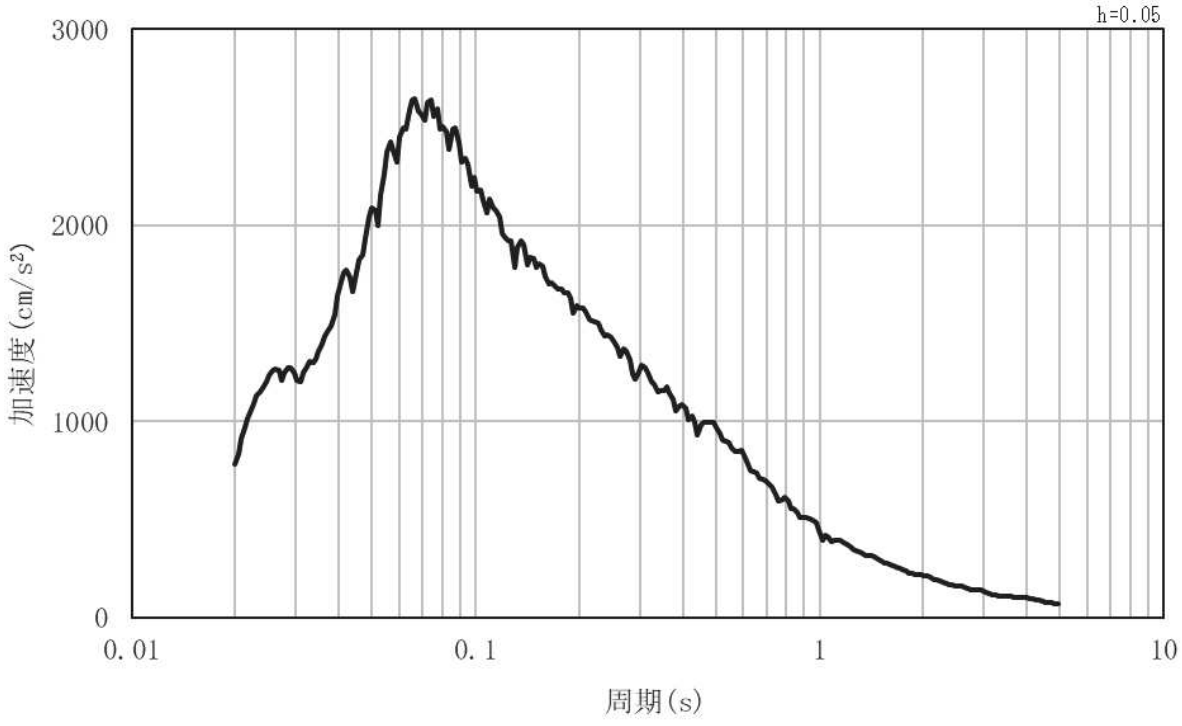


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

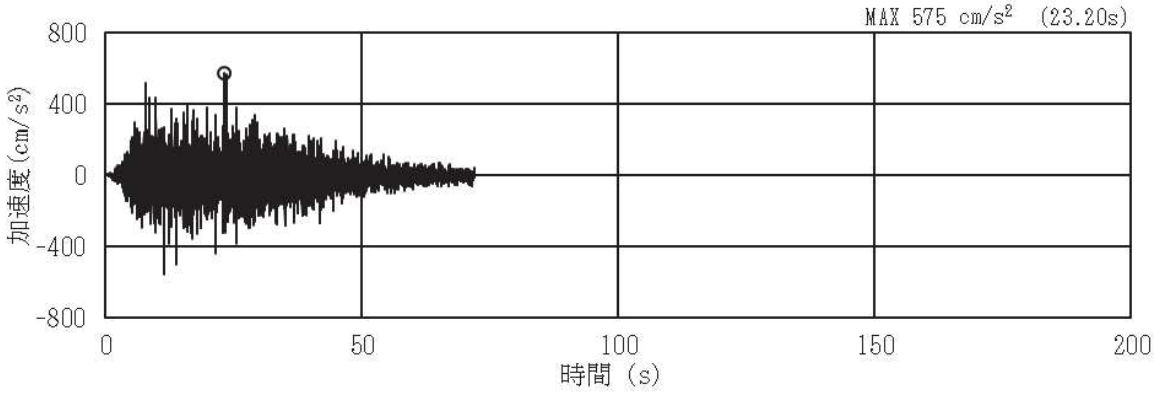


(a) 加速度時刻歴波形

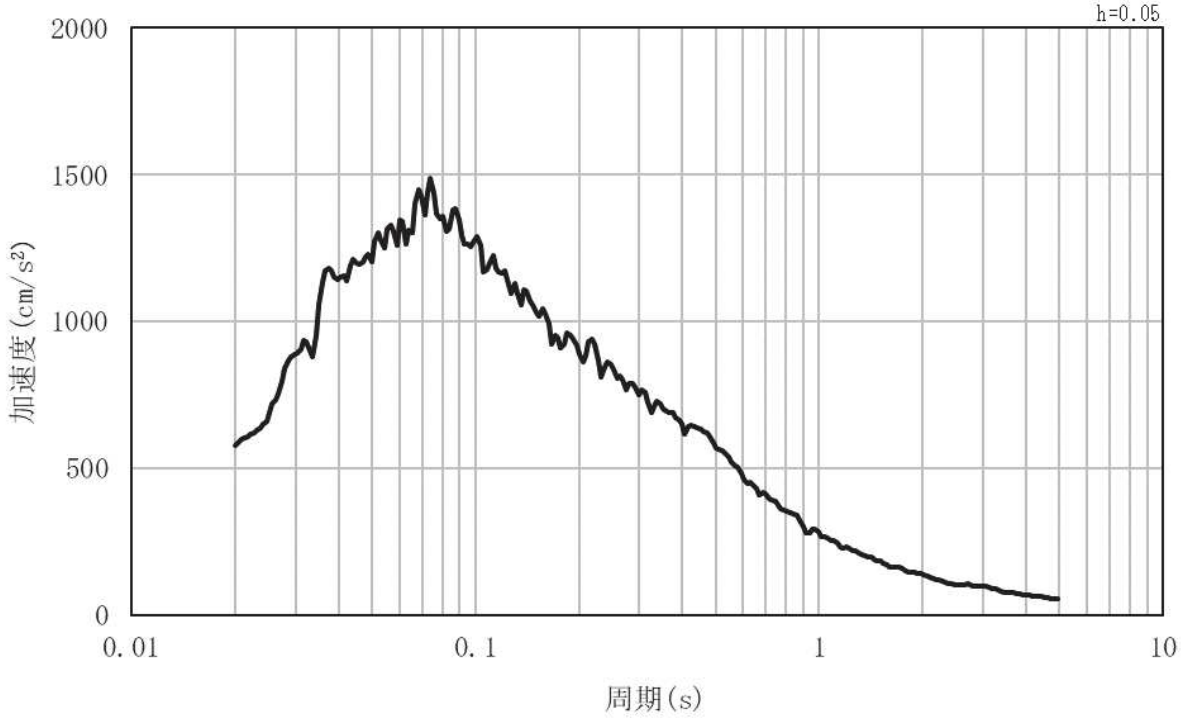


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

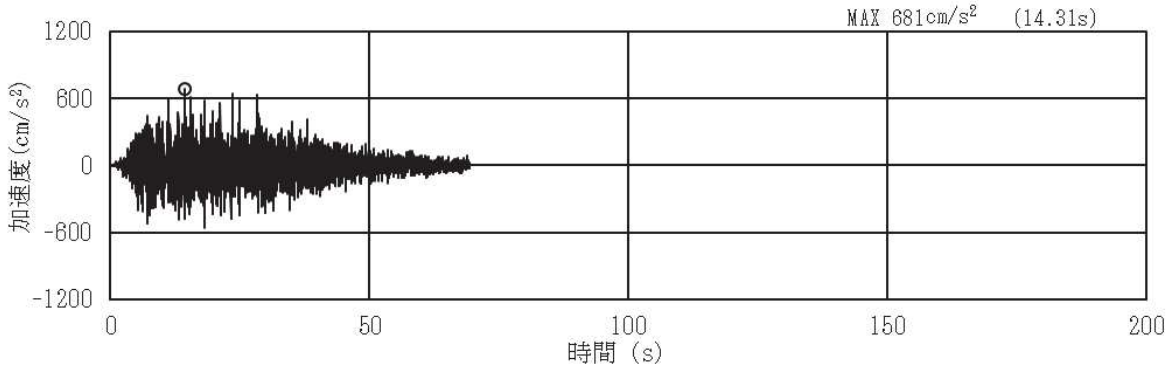


(a) 加速度時刻歴波形

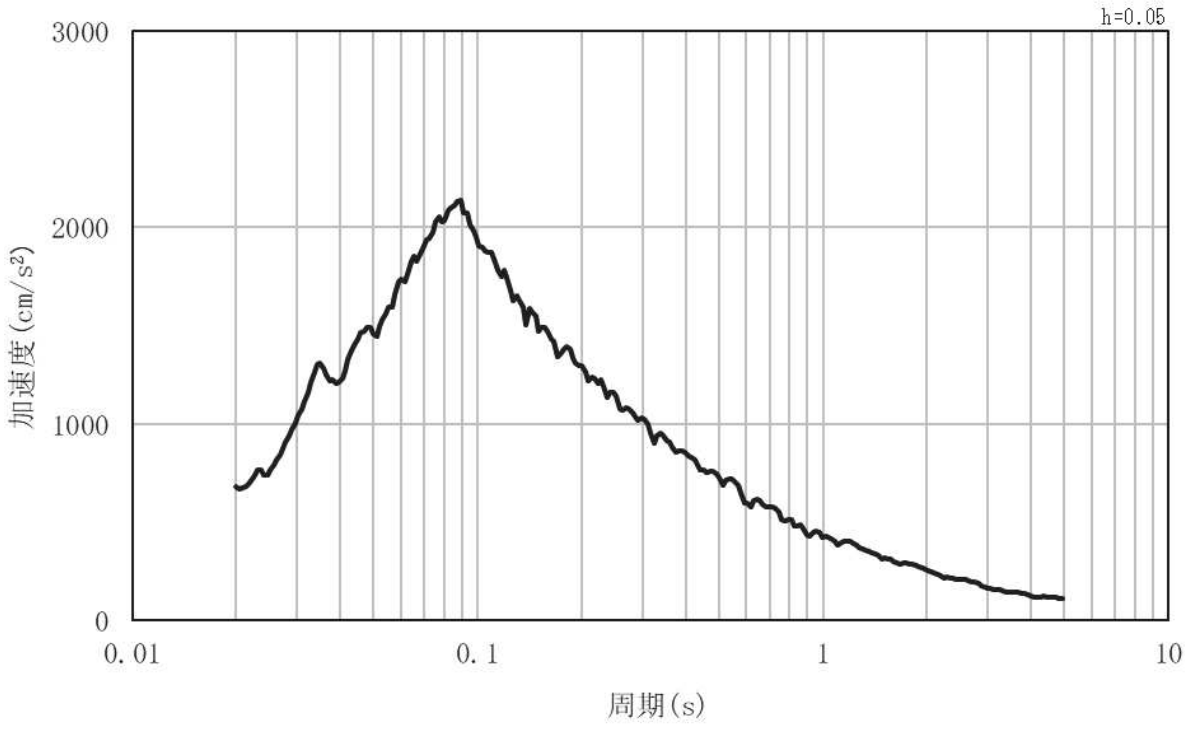


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

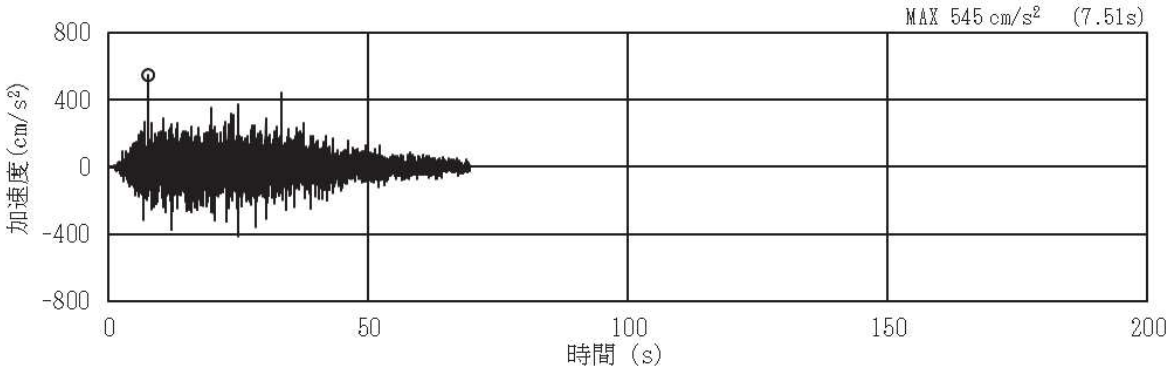


(a) 加速度時刻歴波形

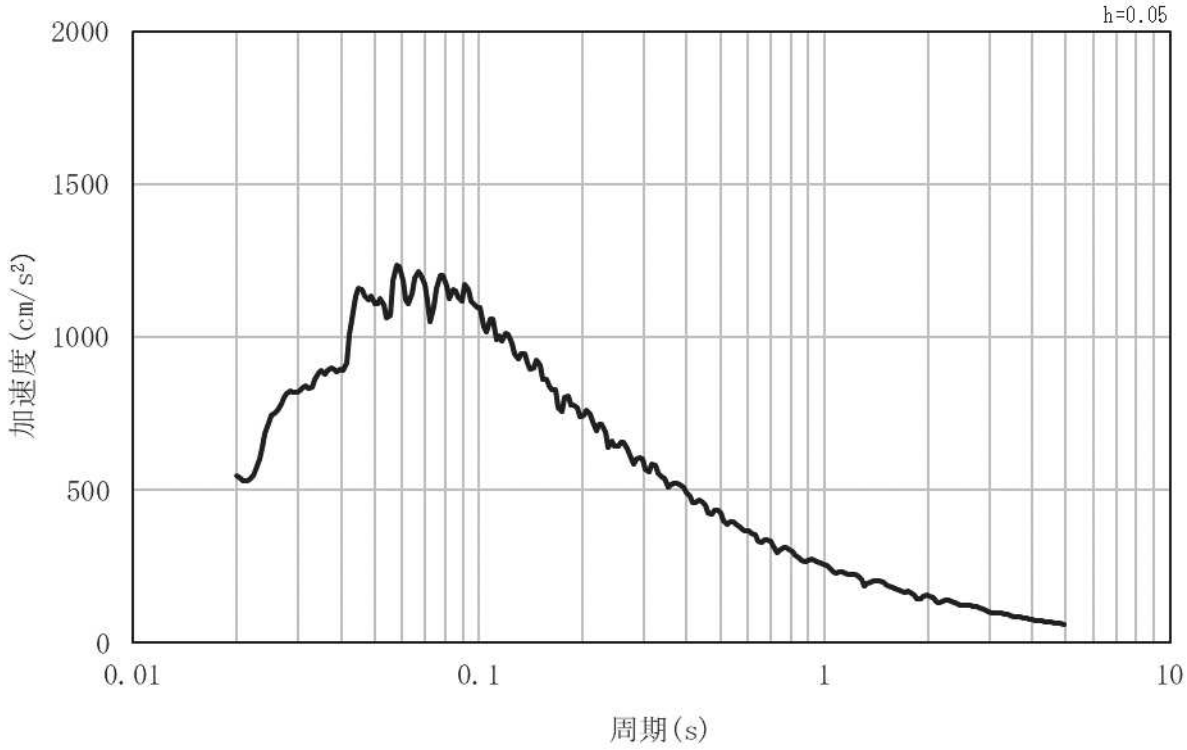


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

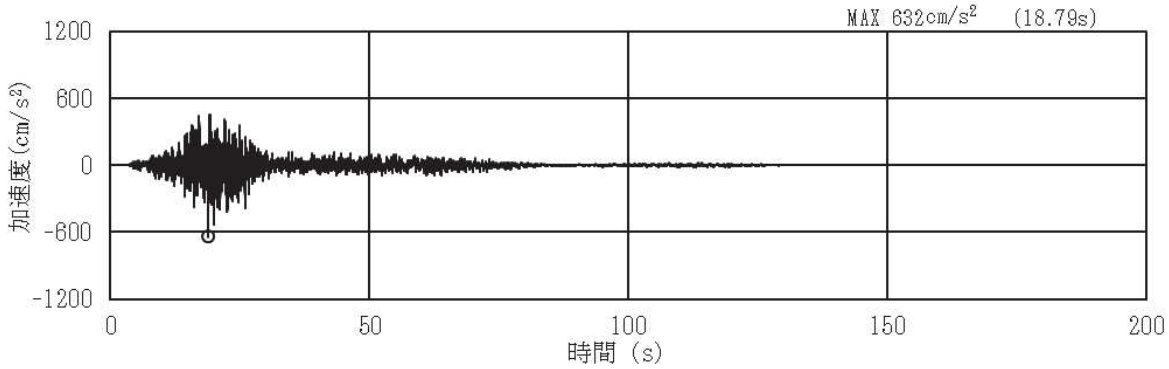


(a) 加速度時刻歴波形

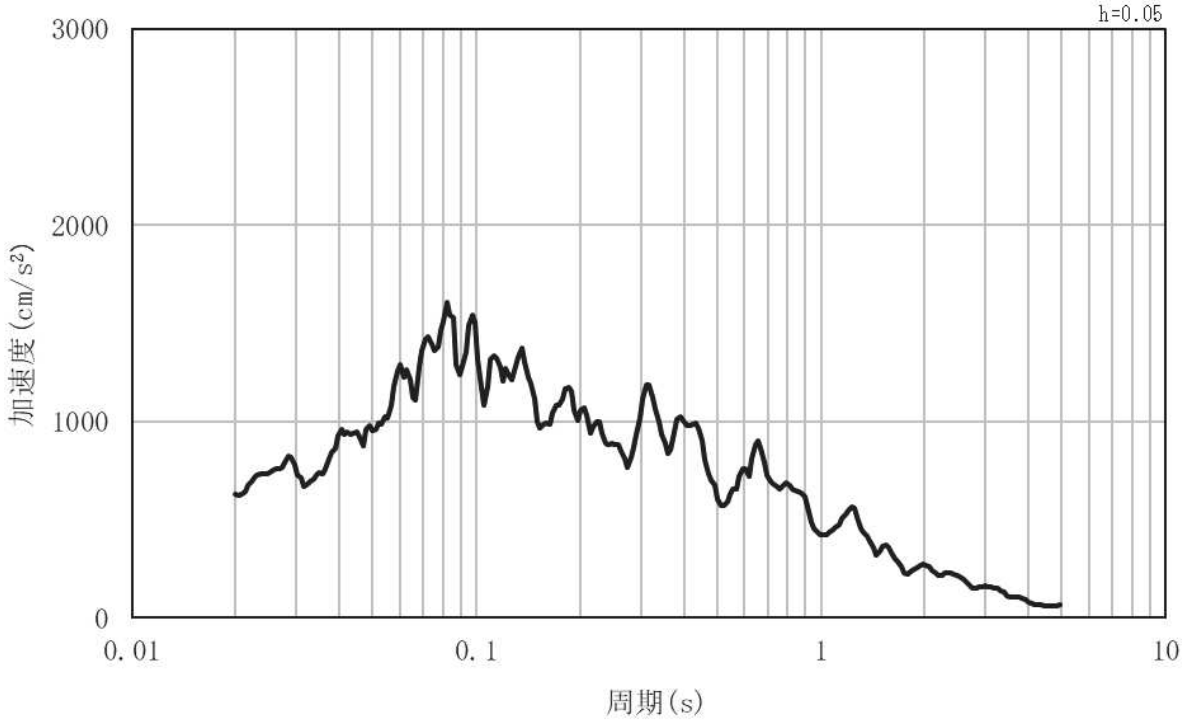


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

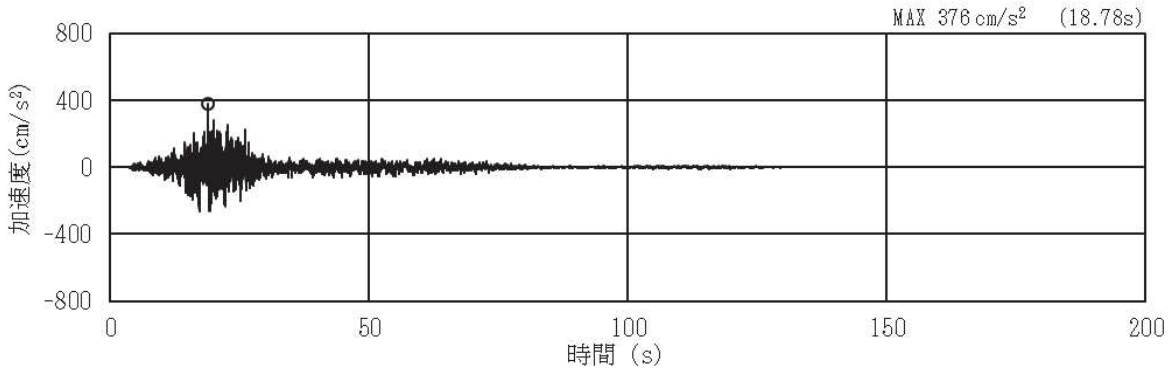


(a) 加速度時刻歴波形

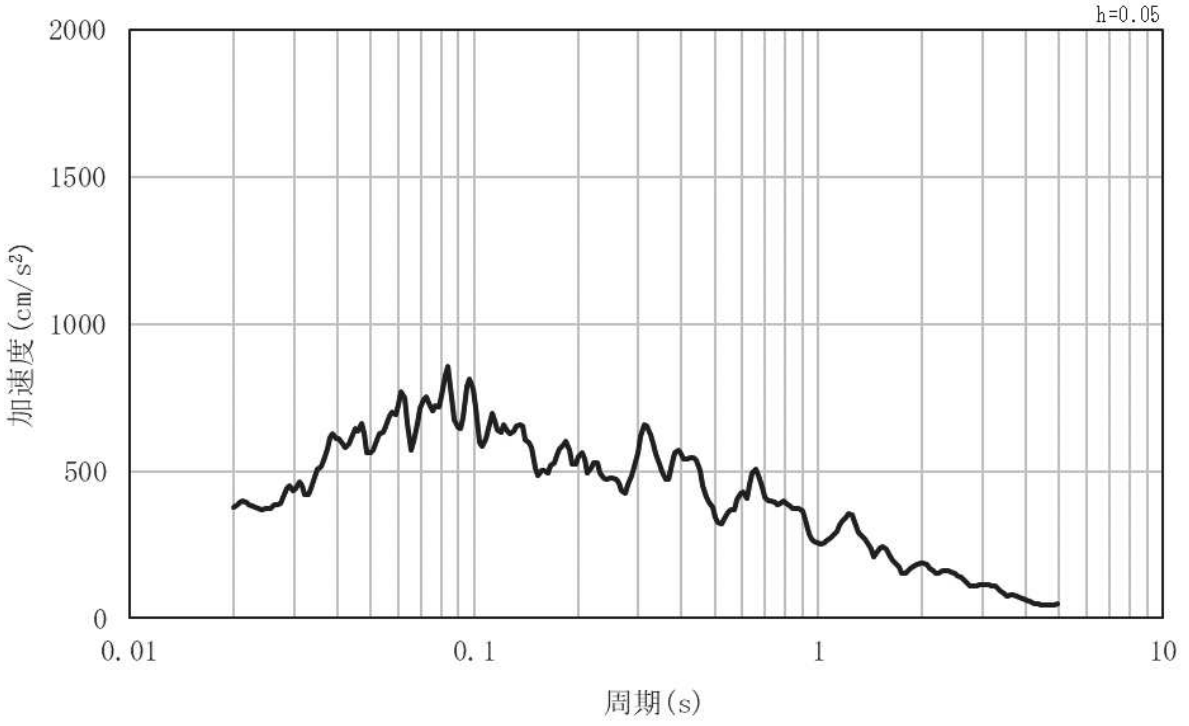


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

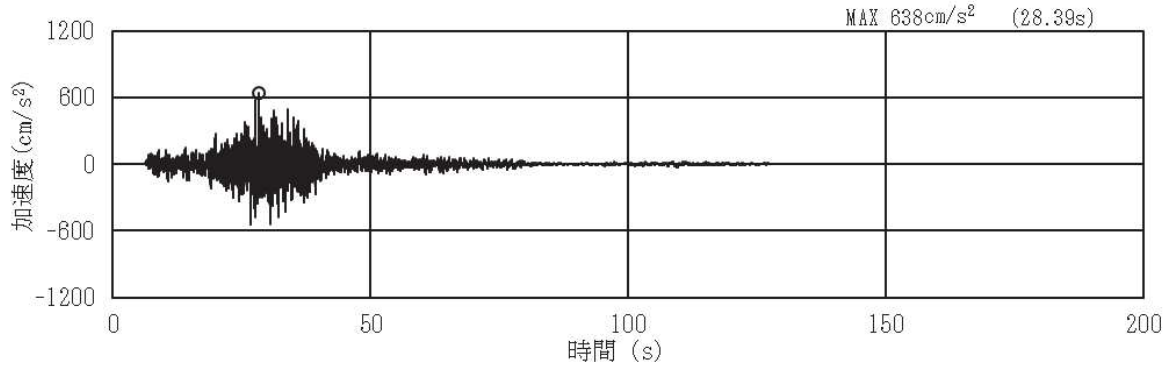


(a) 加速度時刻歴波形

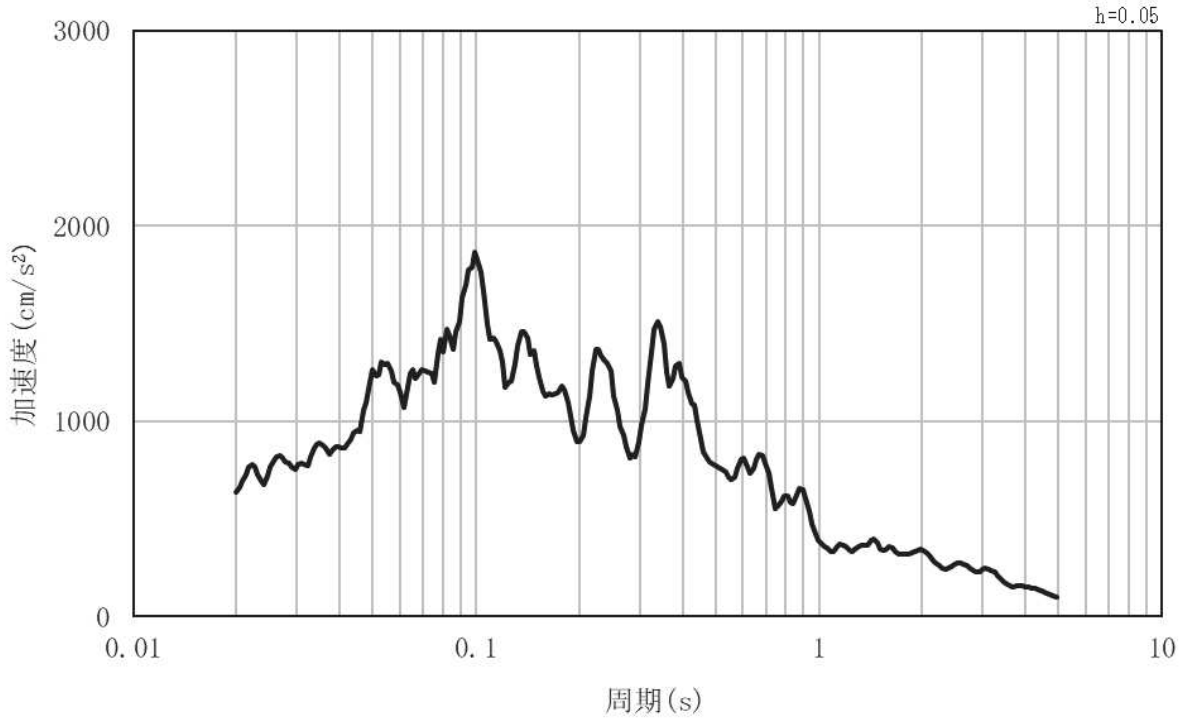


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

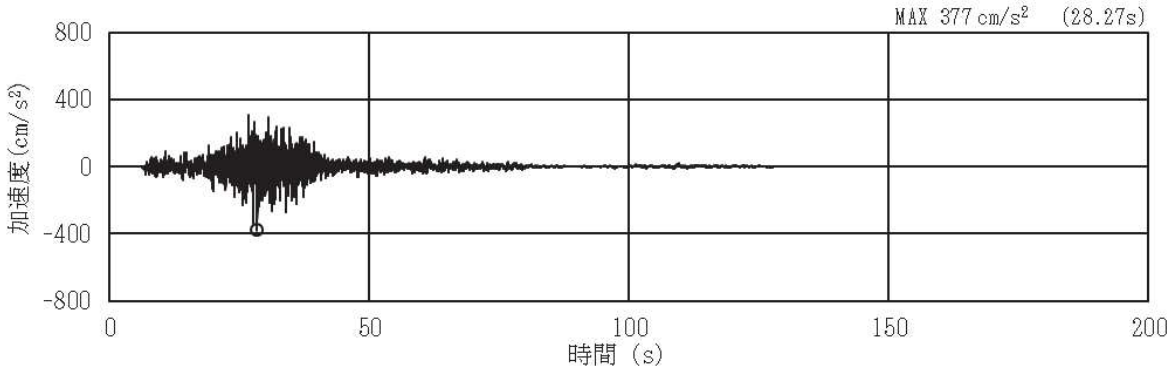


(a) 加速度時刻歴波形

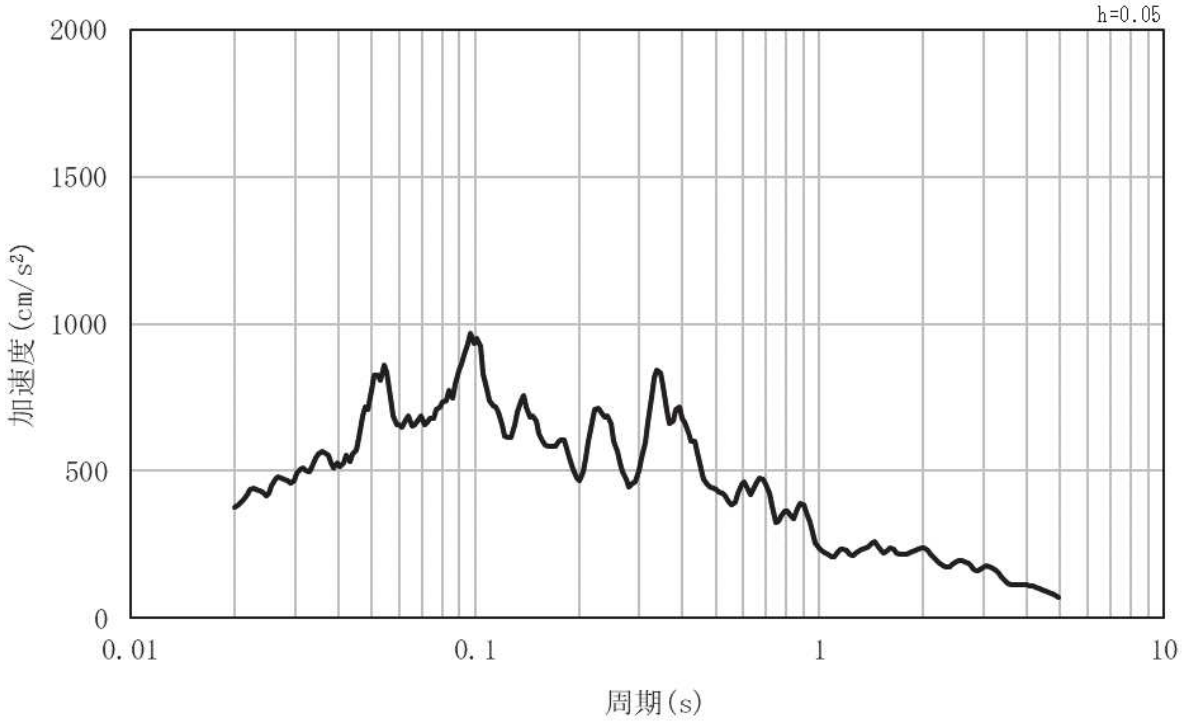


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

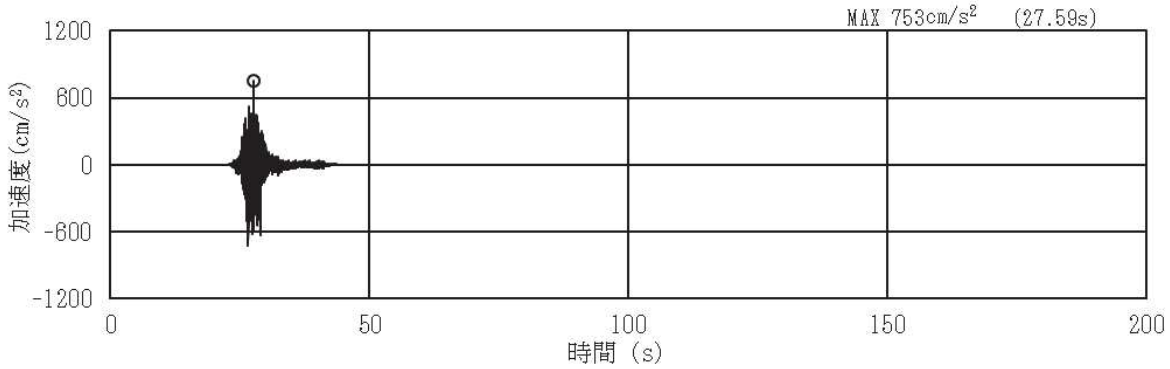


(a) 加速度時刻歴波形

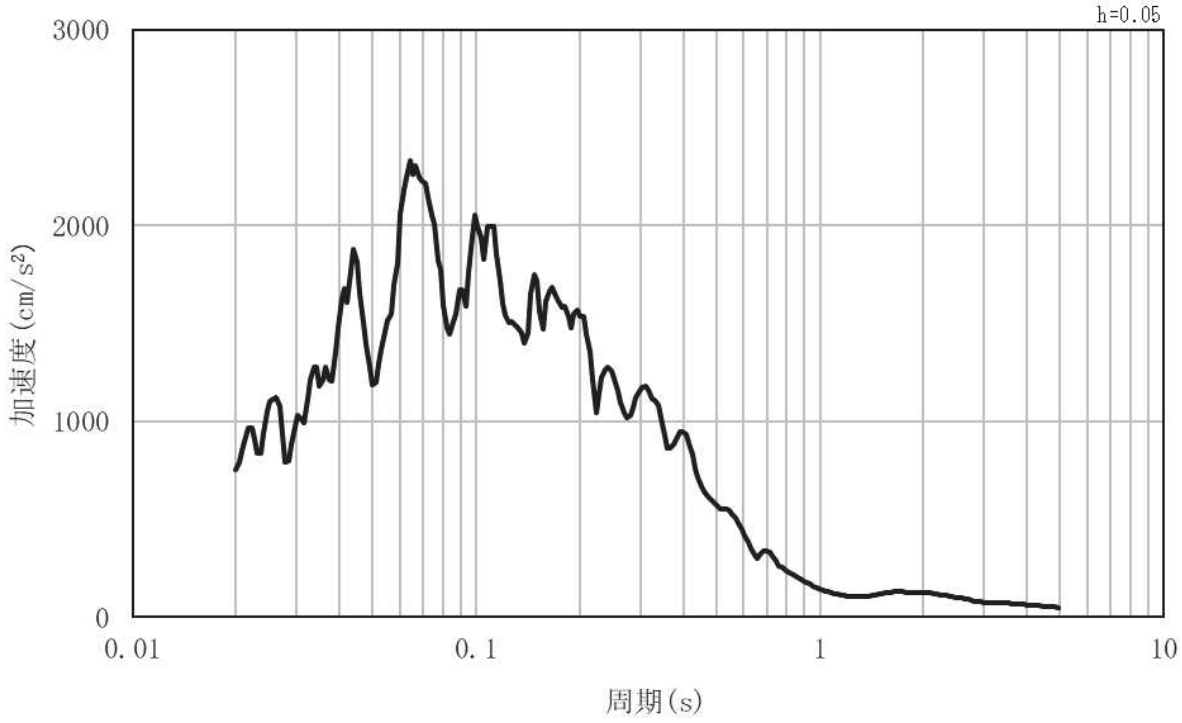


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

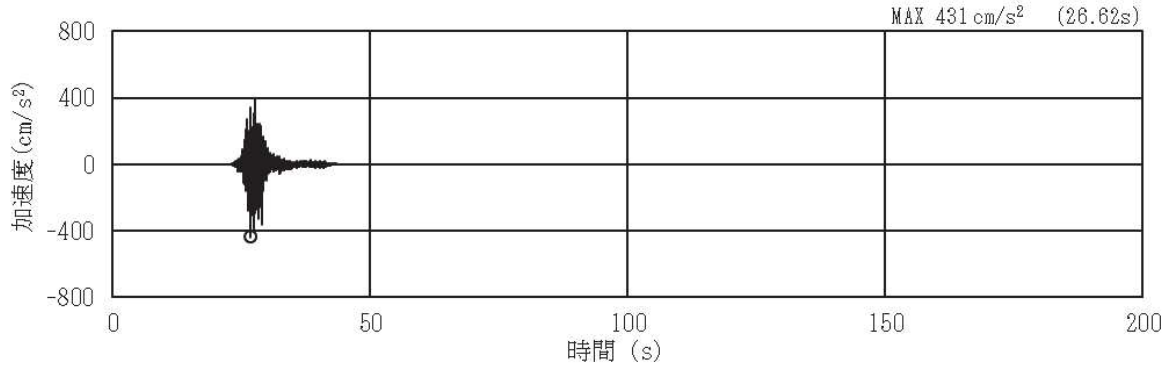


(a) 加速度時刻歴波形

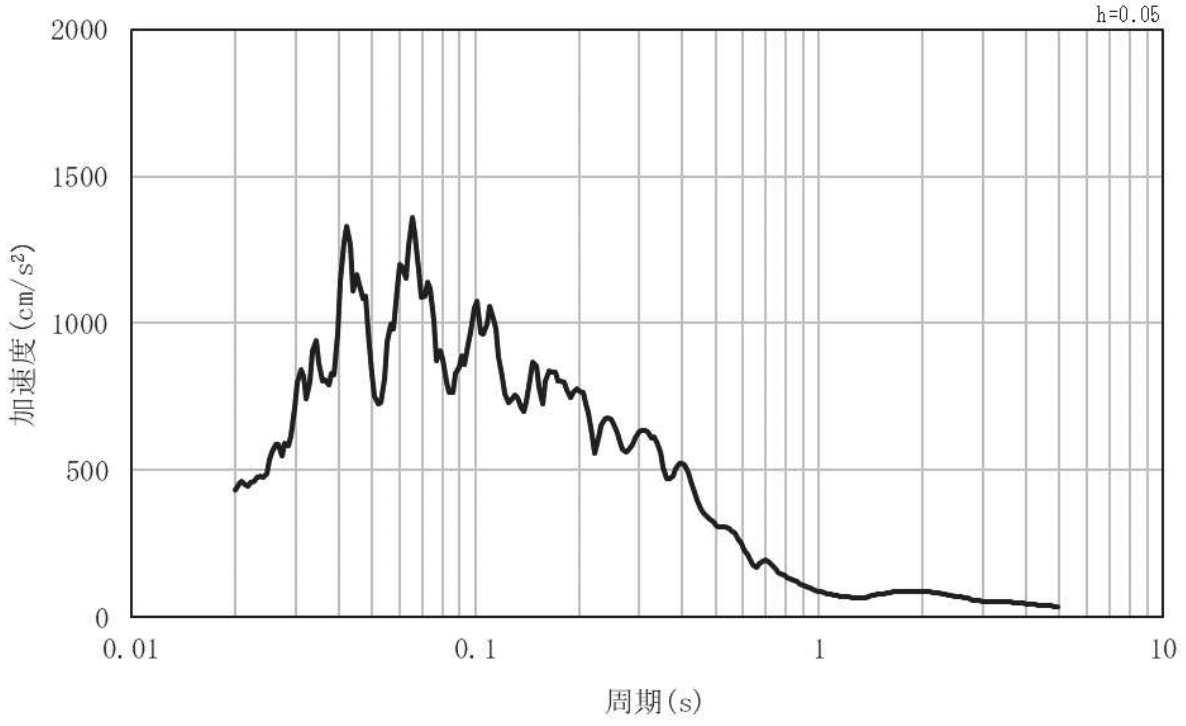


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

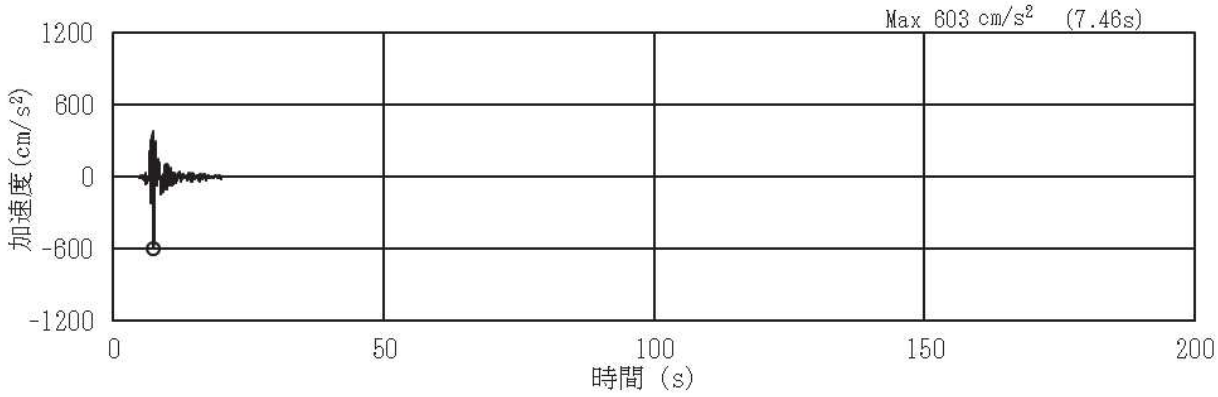


(a) 加速度時刻歴波形

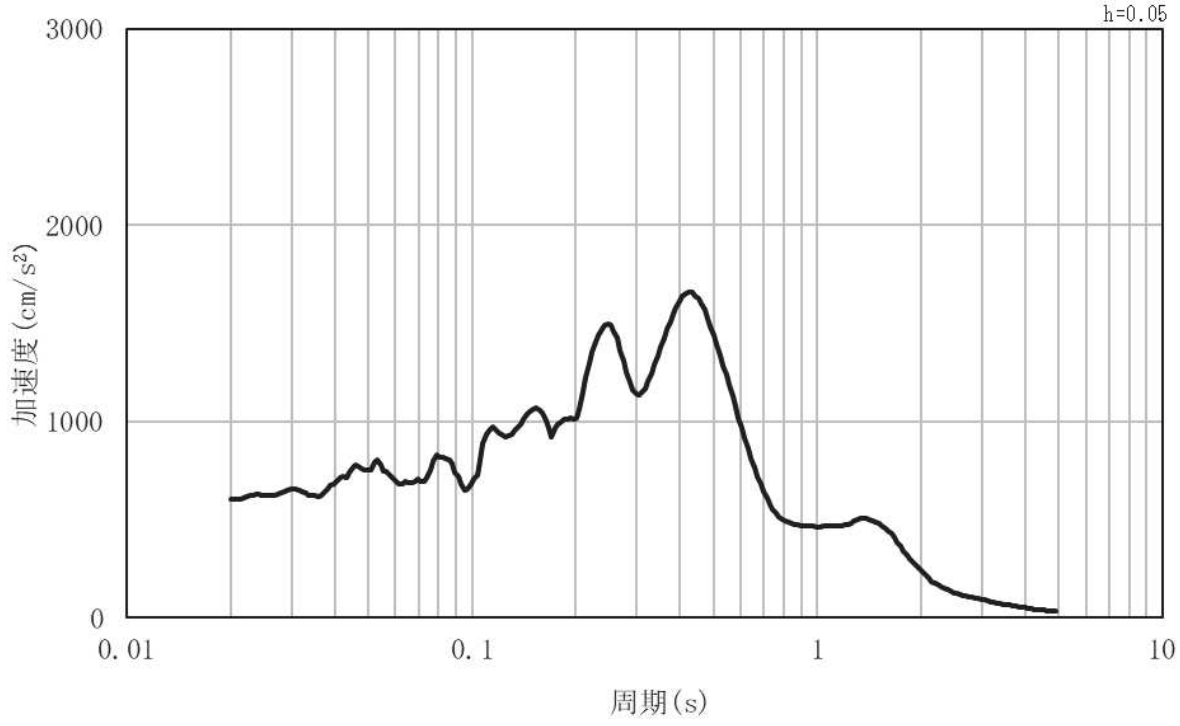


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

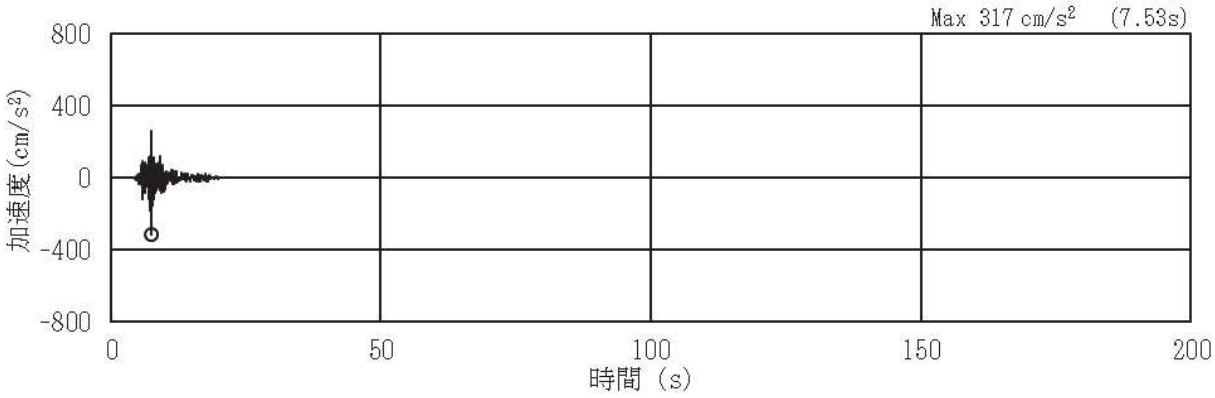


(a) 加速度時刻歴波形

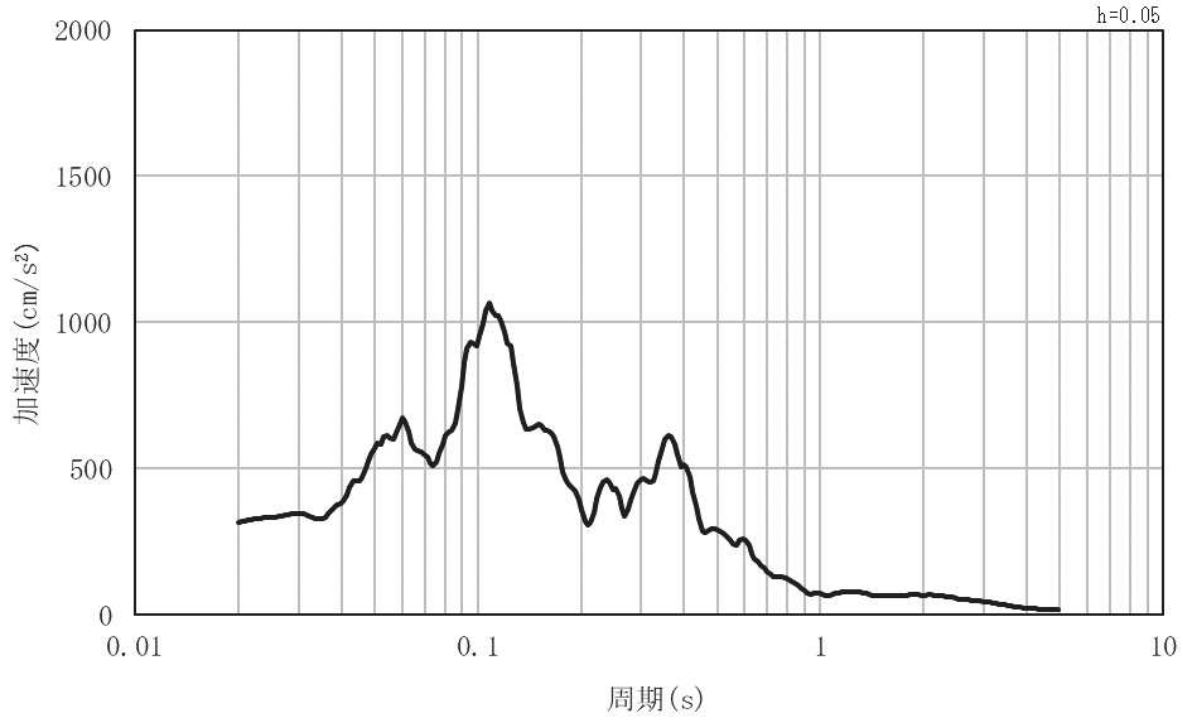


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の地震応答解析モデルを図 3-5 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は，側方境界及び底面境界が，構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方にはエネルギー伝達境界，底面にはエネルギーの逸散効果を考慮するため，粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

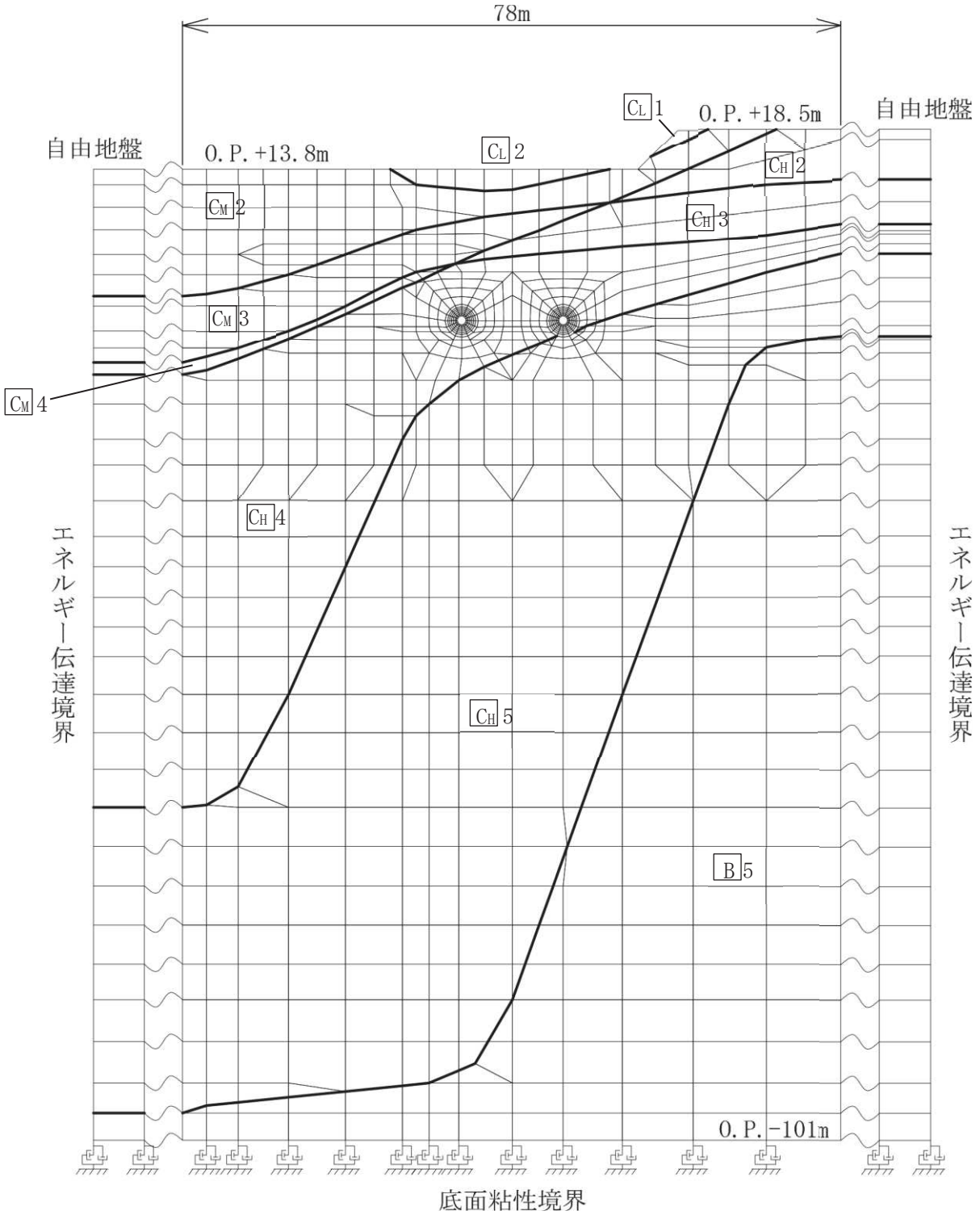
構造部材（覆工部及び充填部）は，平面ひずみ要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は，平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 内水のモデル化

内水は，付加質量としてモデル化する。



注）CH 5 は CH 級岩盤の第 5 速度層を示す。

図 3-5　取放水路流路縮小工（第 1 号機取水路）(No. 1), (No. 2)の地震応答解析モデル

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は，適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3-4 に，材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4　使用材料

部位	材料	諸元
覆工部	コンクリート	設計基準強度：f'ck＝20.5N/mm^2
充填部	コンクリート	設計基準強度：f'ck＝50.0N/mm^2

表 3-5　材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比 (-)
コンクリート（f'ck＝20.5N/mm^2）	24.0	2.33×10^4	0.20
コンクリート（f'ck＝50.0N/mm^2）	23.0	3.30×10^4	0.20

3.5.3　地盤の物性値

地盤については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を使用する。

3.5.4　地下水位

地下水位については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した地表面とする。

3.6　評価対象部位

3.6.1　構造部材の健全性評価

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は，覆工部及び充填部とする。

3.6.2　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は，覆工部を支持する岩盤とする。

3.7　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.7.1　構造部材の健全性に対する許容限界

覆工部及び充填部に対する許容限界は，引張強度及びせん断強度である。

引張強度は「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）」に基づき設定する。

覆工部及び充填部の許容限界を表 3-6 に示す。

表 3-6　覆工部及び充填部の許容限界（引張強度）

部位	項目	許容限界 (N/mm^2)
覆工部	引張強度　σｔ	1.019
充填部	引張強度　σｔ	1.847

せん断強度に関する許容限界は，覆工部及び充填部に発生する応力と表 3-7 に示す物性値を用いて算定する。せん断強度は，「コンクリート標準示方書（ダムコンクリート編）（土木学会，2013 年制定）」より算出する。

表 3-7　覆工部及び充填部の許容限界（せん断強度）

項目			覆工部	充填部
設計基準強度	f'ck	N/mm^2	20.5	50.0
内部摩擦角	φ	°	0[*1]	0[*1]
せん断強度	τ_0	N/mm^2	4.1[*2]	10.0[*2]

注記　＊1：保守的に考慮しないこととする

＊2：　$\tau_0=1/5qu$　→　$\tau_0=0.2f'ck$

3.7.2　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤の極限支持力を表 3-8 に示す。

表 3-8　基礎地盤の許容限界

項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm^2)
極限支持力	狐崎部層	13.7

3.8　評価方法

取放水路流路縮小工（第１号機取水路）(No.1),(No.2)の耐震評価は，地震応答解析により算定した照査用応答値が，「3.7　許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

3.8.1　構造部材の健全性評価

地震応答解析により算定した覆工及び充填部の応力が，引張強度及びせん断強度の許容限界以下となることを確認する。

引張強度における照査値が最大となる時刻の応力分布図を図 3-6 及び図 3-7 に，せん断強度における照査値が最大となる時刻の応力分布図を図 3-8 及び図 3-9 に示す。

応力分布図はＳｓの位相，岩盤のばらつきを考慮したケースで最大となる照査値から選定する。

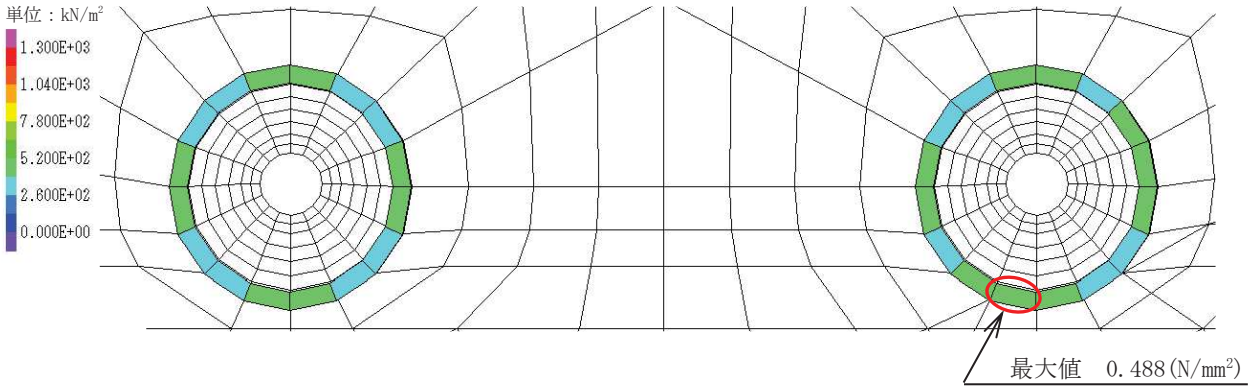


図 3-6　覆工部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=27.64s）

（解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース）

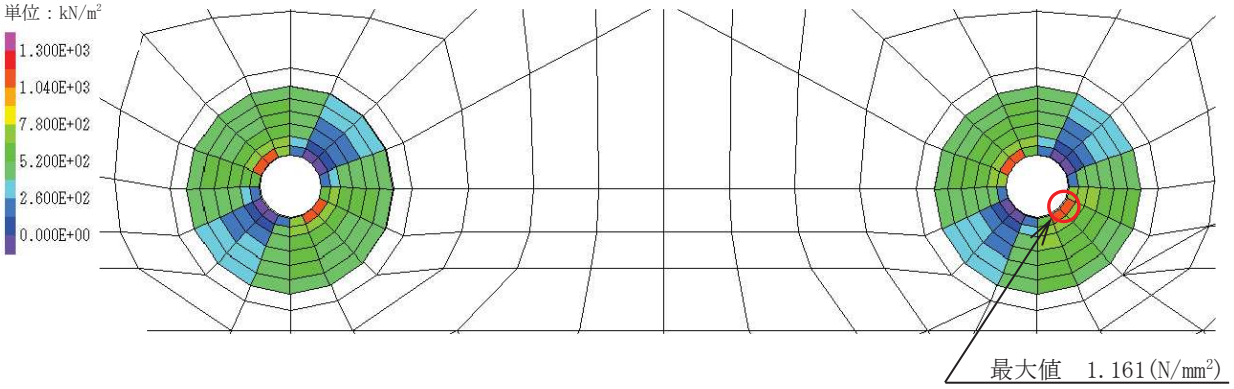


図 3-7　充填部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=27.64s）

（解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース）

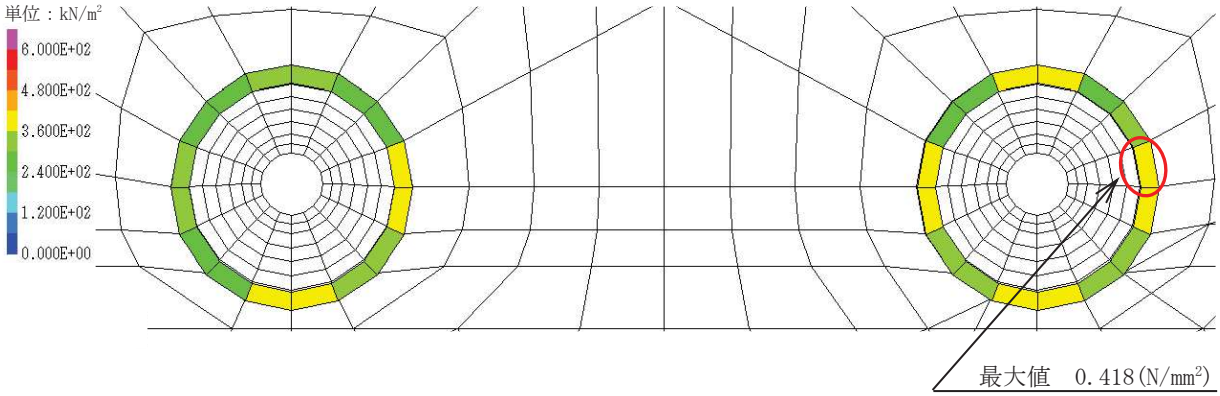


図 3-8　覆工部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=27.64s）

（解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース）

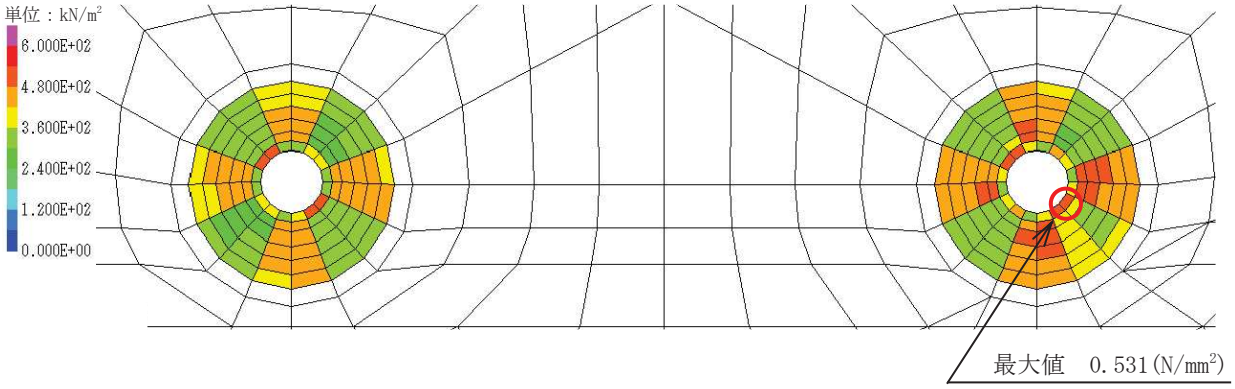


図 3-9　充填部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=27.64s）

（解析ケース③：地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース）

3.8.2　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては，覆工部を支持する基礎岩盤に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

最大接地圧の分布図を図 3-10 に示す。

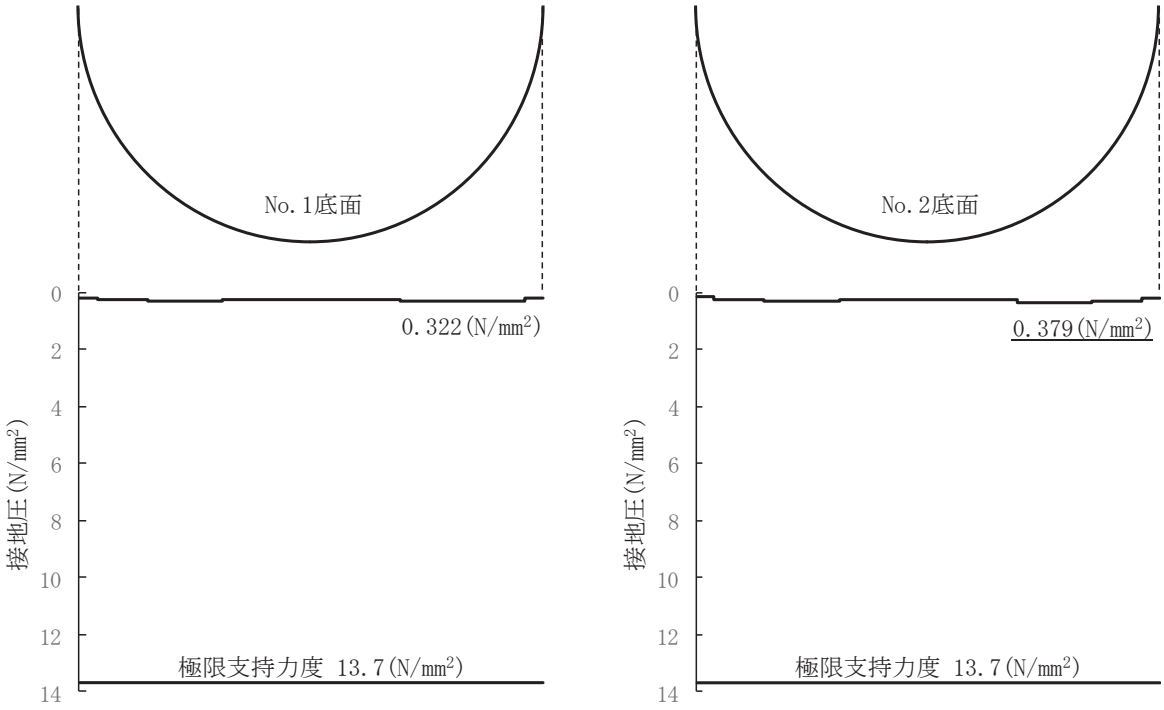


図 3-10　最大接地圧の分布図

（Ｓｓ－Ｄ２（＋＋））

(解析ケース①：基本ケース)

4.　耐震評価結果

4.1　構造部材の健全性に対する評価結果

覆工部及び充填部の引張強度における照査値を表 4-1 に，せん断強度における照査値を表 4-2 に示す。覆工部及び充填部の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1　引張強度における最大照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm^2) (a)	許容限界 (N/mm^2) (b)	照査値 (a/b)
覆工部	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	③	0.488	1.019	0.48
充填部	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	③	1.161	1.847	0.63

表 4-2　せん断強度における照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm^2) (a)	許容限界 (N/mm^2) (b)	照査値 (a/b)
覆工部	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	③	0.418	4.1	0.11
充填部	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	③	0.531	10.0	0.06

4.2　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。

覆工部を支持する基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4-3　基礎地盤の支持性能照査結果

地震動	解析ケース	最大接地圧 (N/mm^2) (a)	許容限界 (N/mm^2) (b)	照査値 (a/b)
Ｓｓ－Ｄ２（＋＋）	①	0.379	13.7	0.03

Ⅵ-2-10-2-4-2　取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 2
2.1 位置 2
2.2 構造概要 3
2.3 評価方針 4
2.4 適用基準 6
3. 耐震評価 7
3.1 評価対象断面 7
3.2 解析方法 8
3.2.1 構造部材 8
3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき 8
3.2.3 減衰定数 8
3.2.4 解析ケースの選定 9
3.3 荷重及び荷重の組合せ 10
3.3.1 耐震評価上考慮する状態 10
3.3.2 荷重 10
3.3.3 荷重の組合せ 11
3.4 入力地震動 12
3.5 解析モデル及び諸元 27
3.5.1 解析モデル 27
3.5.2 使用材料及び材料の物性値 29
3.5.3 地盤の物性値 29
3.5.4 地下水位 29
3.6 評価対象部位 29
3.6.1 構造部材の健全性評価 29
3.6.2 基礎地盤の支持性能評価 29
3.7 許容限界 29
3.7.1 構造部材の健全性に対する許容限界 30
3.7.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界 30
3.8 評価方法 31
3.8.1 構造部材の健全性評価 31
3.8.2 基礎地盤の支持性能評価 34
4. 耐震評価結果 35
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果 35
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果 35

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，取放水路流路縮小工（第１号機放水路）が基準地震動Ｓｓに対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）に要求される機能の維持を確認するにあたっては，地震応答解析より構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

なお，取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の耐震評価においては，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い，牡鹿半島全体で約 1ｍの地盤沈下が発生したことを考慮し，地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2.　基本方針

2.1　位置

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の位置図を図 2-1 に示す。

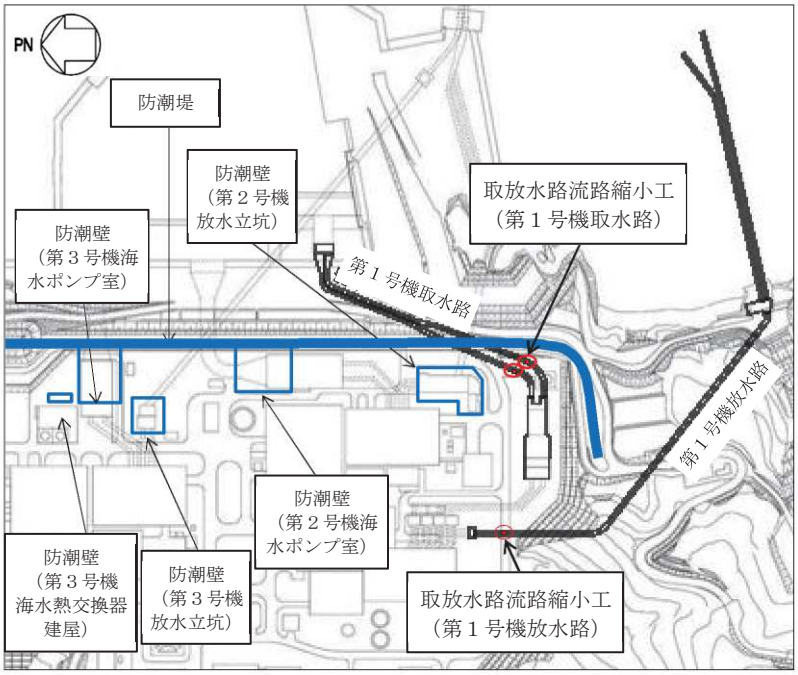


図 2-1　取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の位置図（全体平面図）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.2　構造概要

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の平面図及び断面図を図 2-2 に示す。

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）は，第１号機放水路からの津波の流入を抑制し，第１号機放水路から敷地への津波の流入を防止するため，第１号機放水路内に無筋のコンクリートを充填する。よって，取放水路流路縮小工（第１号機放水路）は，覆工部と充填部から構成される。

なお，第１号機の補機冷却海水を放水するため，貫通部（　　×１条）を設ける。

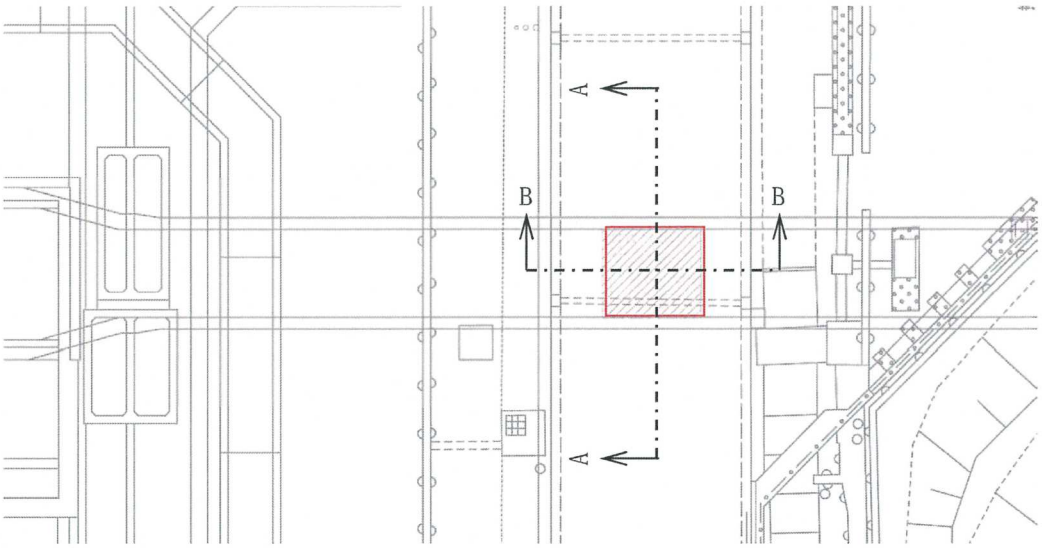
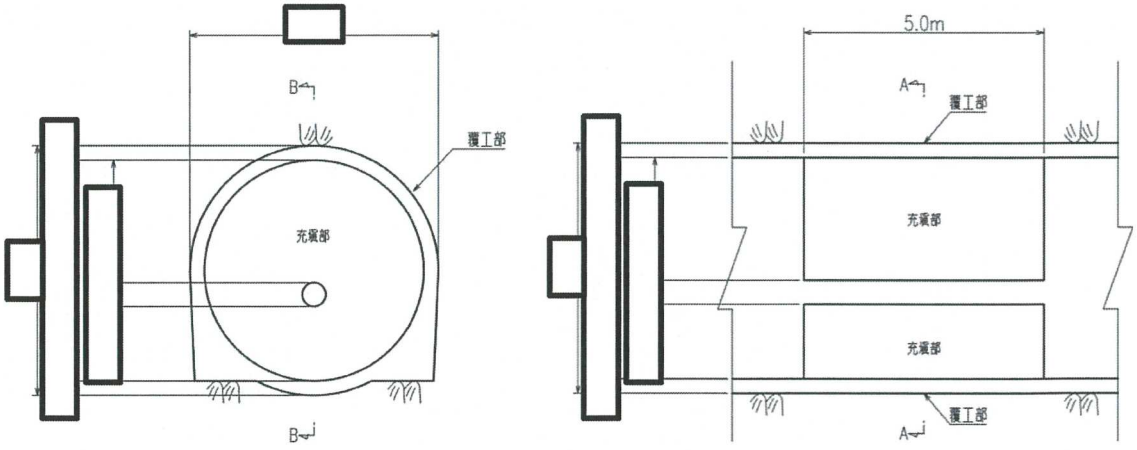


図 2-2(1)　取放水路流路縮小工（第１号機放水路）　平面図



A-A 断面　　B-B 断面

図 2-2(2)　取放水路流路縮小工（第１号機放水路）　断面図

2.3　評価方針

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）は，Ｓクラス施設である津波防護施設に分類される。

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の耐震評価は，地震応答解析の結果に基づき，表 2-1 に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで，構造強度を有することを確認する。

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の地震応答解析においては，構造物周辺は岩盤に覆われているため，線形解析を実施する。

地震応答解析に用いる地盤物性は，地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で，ばらつき等を考慮して設定する。

構造物材の健全性評価については，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」に基づき流路縮小工の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」に基づき流路縮小工の基礎地盤に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

表 2-1　取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	流路縮小工	発生する応力が許容限界以下であることを確認	引張強度及びせん断強度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮

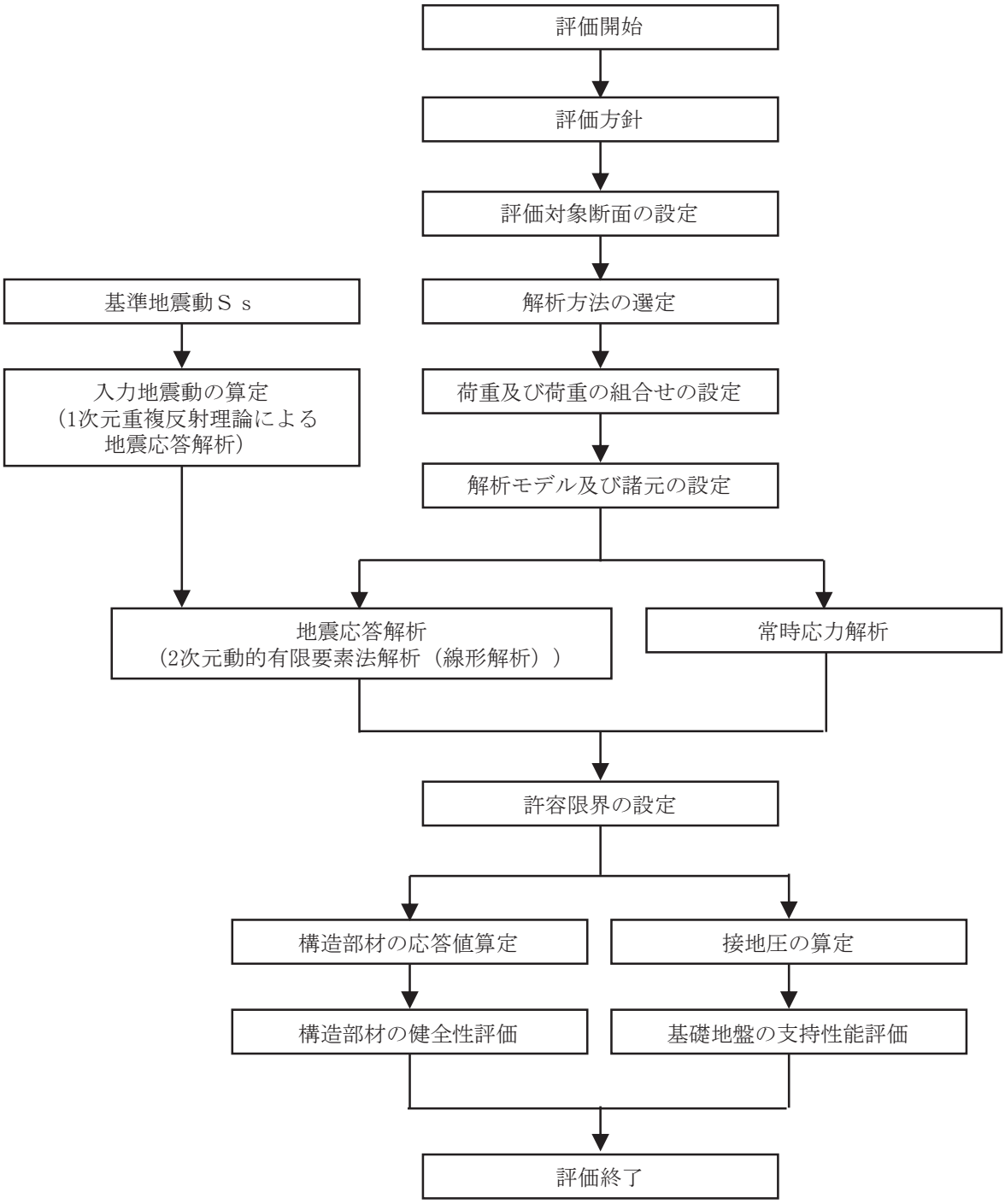


図 2-3　取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会原子力土木委員会，2005 年 6 月）（以下「土木学会マニュアル」という）

・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）

・コンクリート標準示方書［設計編］（土木学会，2017 年制定）

・コンクリート標準示方書［ダムコンクリート編］（土木学会，2013 年制定）

・トンネル標準示方書［共通編］・同解説／［山岳工法編］・同解説（土木学会，2016 年制定）

・原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987 （日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面位置を図3-1に示す。評価対象断面の地質図を図3-2に示す。

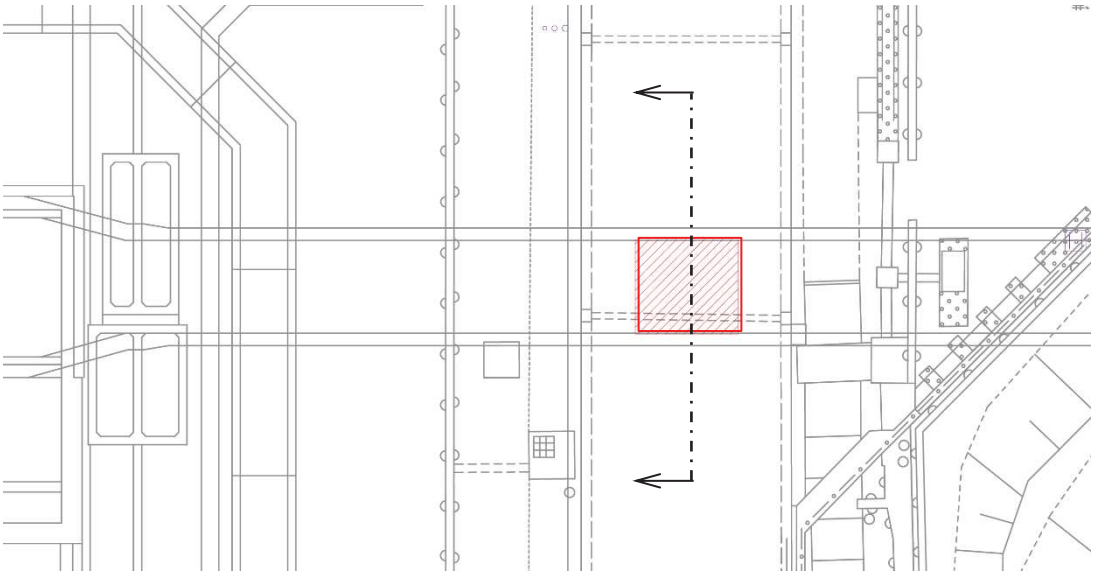


図3-1 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面位置図

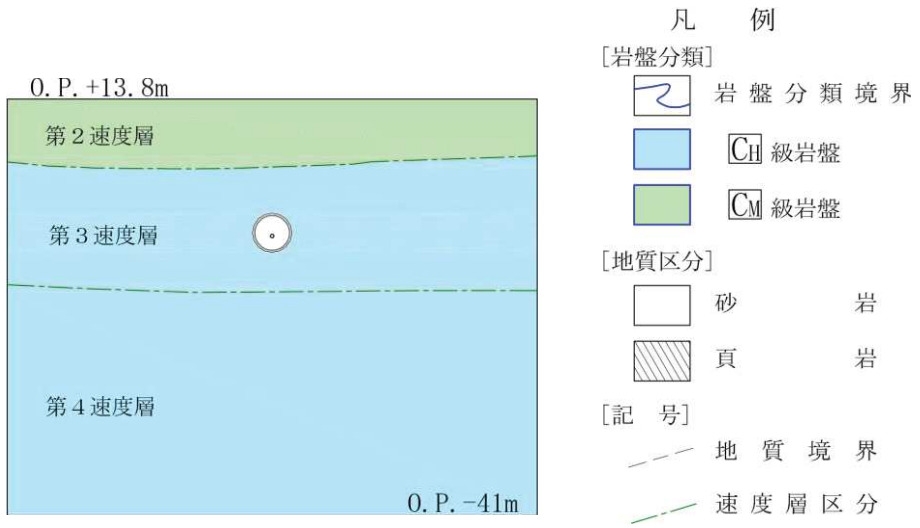


図3-2 取放水路流路縮小工（第1号機放水路）の評価対象断面の地質図

3.2　解析方法

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の地震応答解析は，添付書類「Ⅵ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は，構造物と地盤の相互作用を考慮できる２次元動的有限要素法解析により，基準地震動Ｓｓに基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による線形解析にて行う。

常時応力解析は，解析コード「TDAPⅢ　Ver.3.10.01」，地震応答解析は，解析コード「SuperFLUSH/2D Ver.6.1」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1　構造部材

流路縮小工は，流路縮小工の形状を踏まえた部材の応力を評価するため，平面ひずみ要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため，表3-1に示す解析ケースを設定する。

表3-1　耐震評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 （コンクリート） （E_0：ヤング係数）	地盤物性
		C_L級岩盤，C_M級岩盤， C_H級岩盤，B級岩盤 （G_d：動せん断弾性係数）
ケース① （基本ケース）	設計基準強度	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値＋1σ
ケース③	設計基準強度	平均値－1σ

3.2.3　減衰定数

減衰定数は，流路縮小工については，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.設計用減衰定数」に示される鉄筋コンクリートの減衰定数を，地盤については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「3.1　設置変更許可申請書に記載された解析用物性値」に示される狐崎部層の減衰定数を使用する。

3.2.4　解析ケースの選定

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓｓに対し，解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において，引張破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査値が最大となる最も厳しい地震動を用いて，表 3-1 に示す解析ケース②，③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2　耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき（＋1σ）を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき（－1σ）を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値＋1σ	平均値－1σ
地震動（位相）	Ｓｓ－Ｄ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｄ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｄ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ２	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｆ３	＋＋*	○		
		－＋*	○		
	Ｓｓ－Ｎ１	＋＋*	○		
		－＋*	○		

基準地震動Ｓｓ（7 波）及び水平動の位相反転を考慮した地震動（7 波）を加えた全 14 波を用いて実施するケース①（基本ケース）において，引張破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力の照査値が最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②，③を実施する。

注記　＊：取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の耐震評価にあたっては，「土木学会マニュアル」に従い水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について（＋＋）の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「－」は位相を反転させたケースを示す。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉（第１号機）が停止状態にあり，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

岩盤内構造物であるため，風，並びに積雪の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（Ｇ）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（Ｐ）

地表面に積載荷重 4.9(kN/m^2)を考慮する。

(3) 地震荷重（Ｓｓ）

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

なお，第１号機放水路トンネルは，地山の変形が収束した後に覆工を施工するNATM工法を用いていることから覆工に掘削解放応力が作用しているとは考えにくく考慮しない。また，当該位置の地山強度比*は十分大きいことから，地山のゆるみ土圧も荷重として考慮しない。

注記　＊：当該地点の一軸圧縮強度（qu=153.0N/mm^2）より地山強度比Gnは380程度である。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（Ｓｓ）	Ｇ＋Ｐ＋Ｓｓ

Ｇ：固定荷重

Ｐ：積載荷重（4.9kN/m^{2}を地表面に考慮）

Ｓｓ：地震荷重

3.4　入力地震動

入力地震動は，添付書類「Ⅵ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを１次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。なお，入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「6.1　入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

入力地震動算定の概念図を図 3-3 に，入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-4 に示す。

入力地震動の算定には，解析コード「ArkQuake Ver.3.10.01」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅵ-5　計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

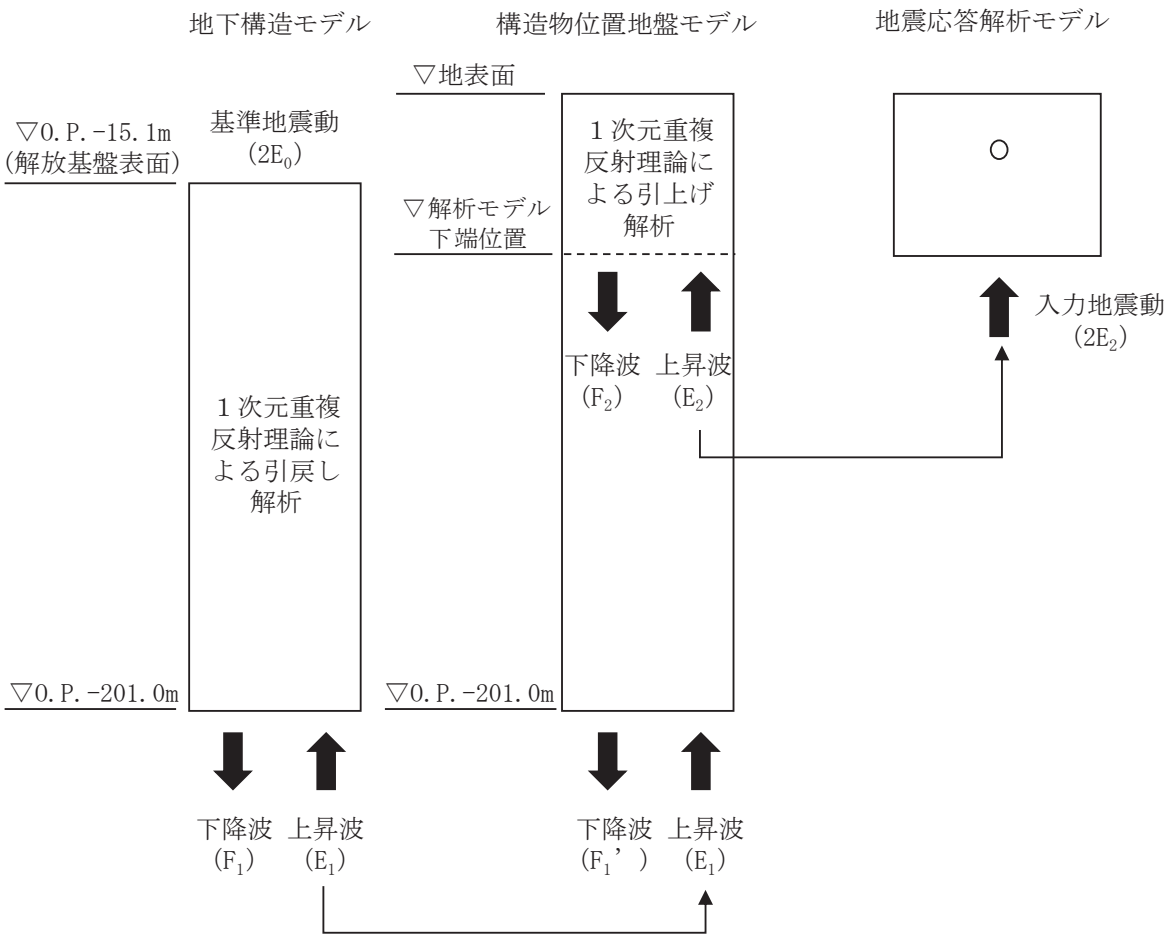
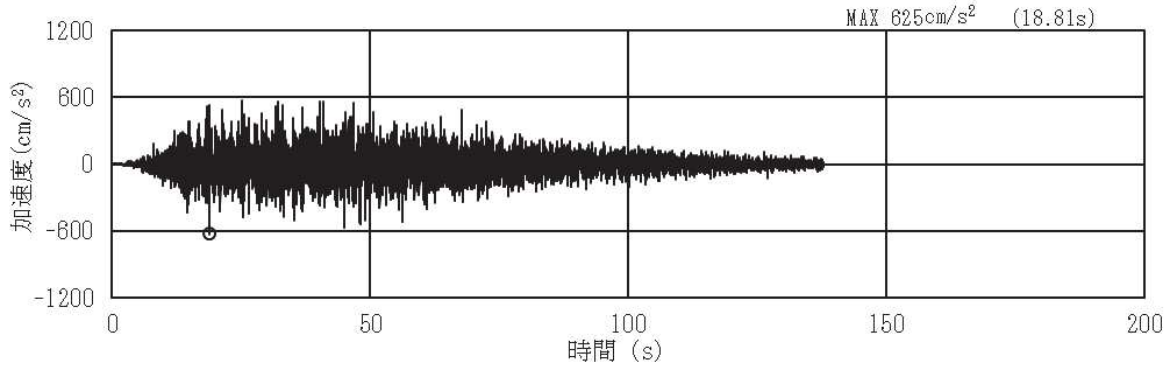
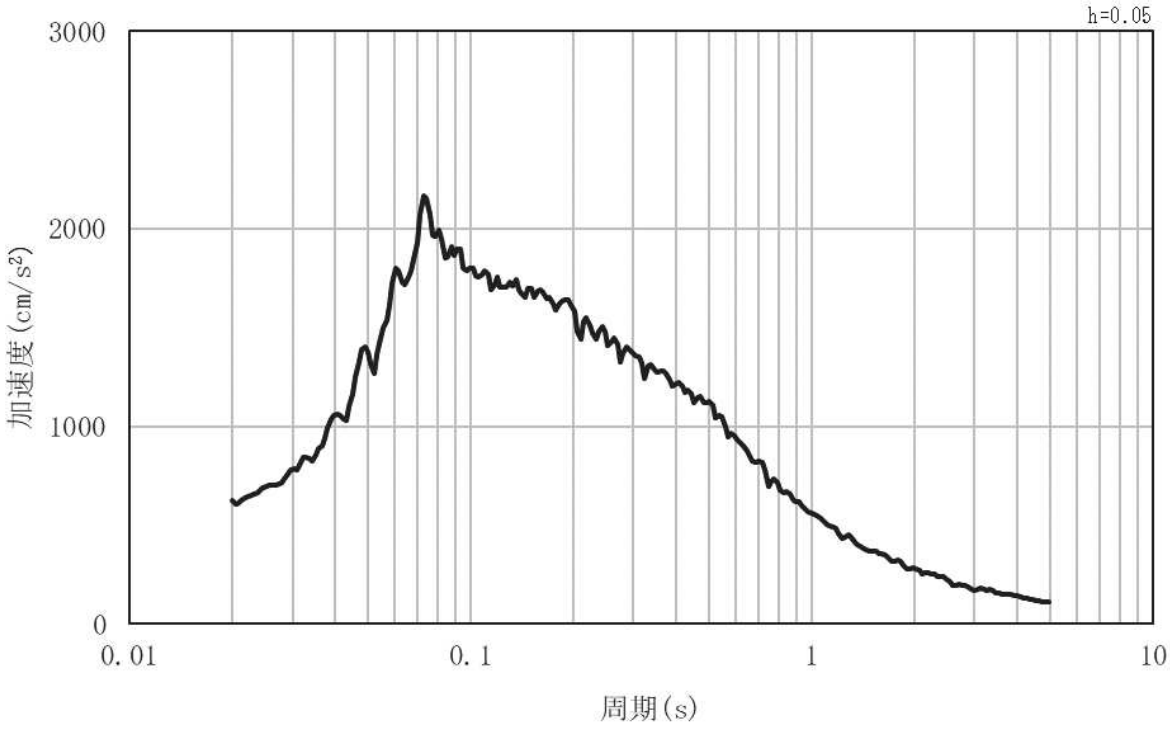


図 3-3　入力地震動算定の概念図

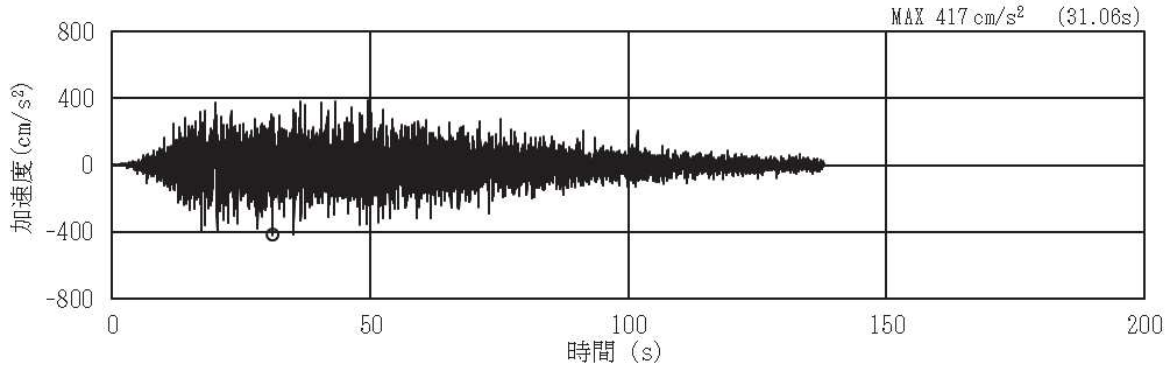


(a) 加速度時刻歴波形

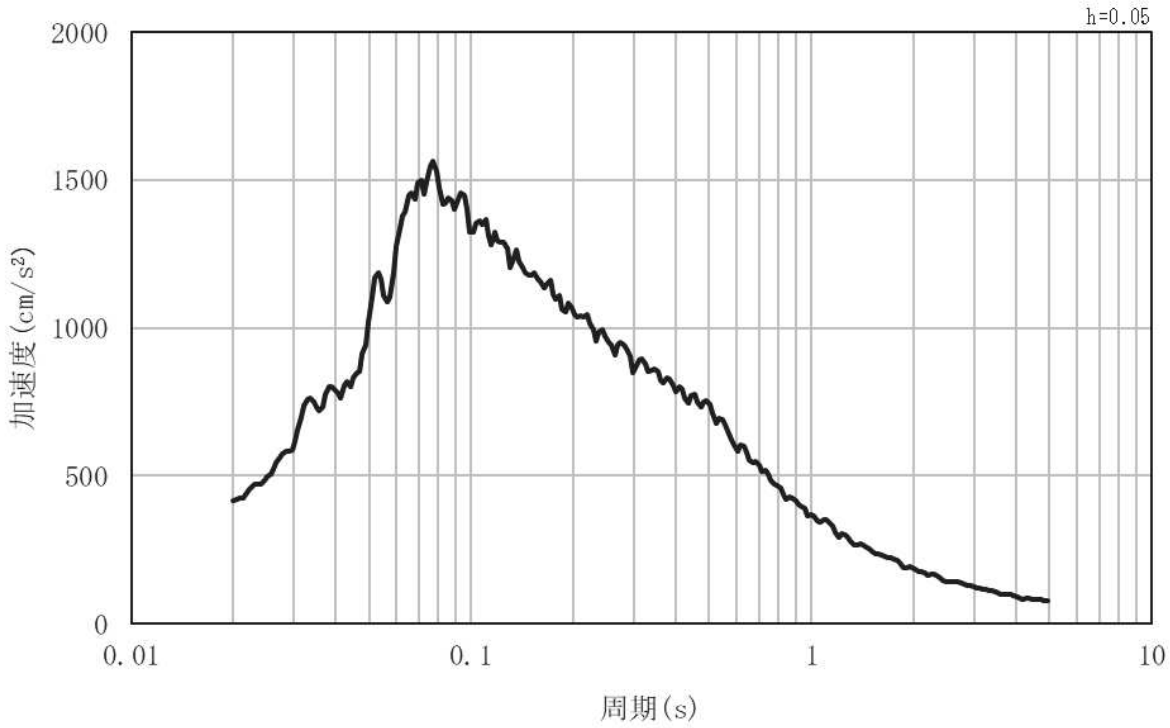


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

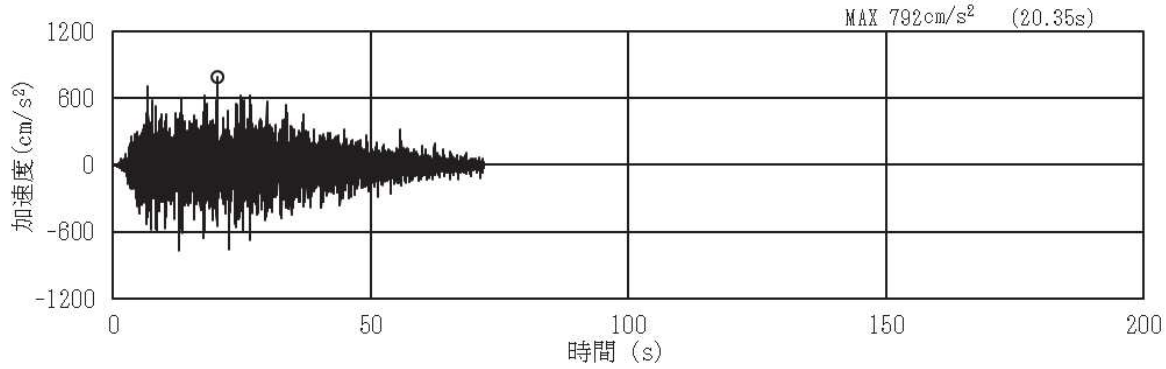


(a) 加速度時刻歴波形

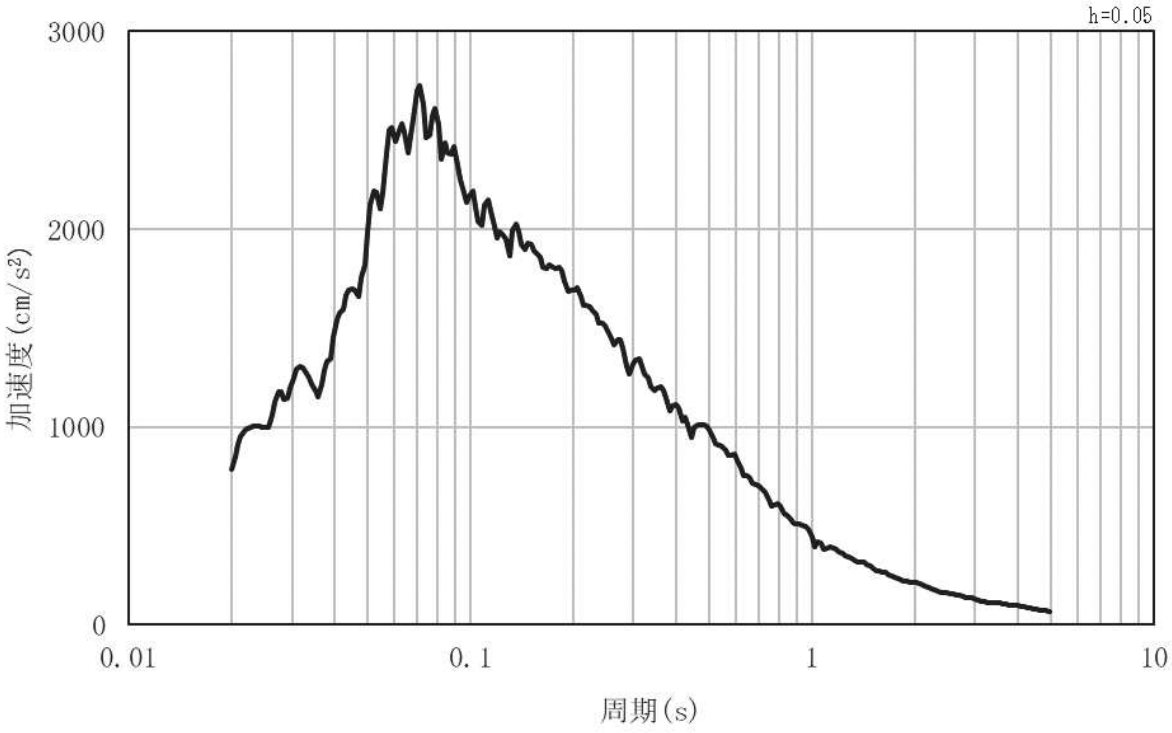


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１）

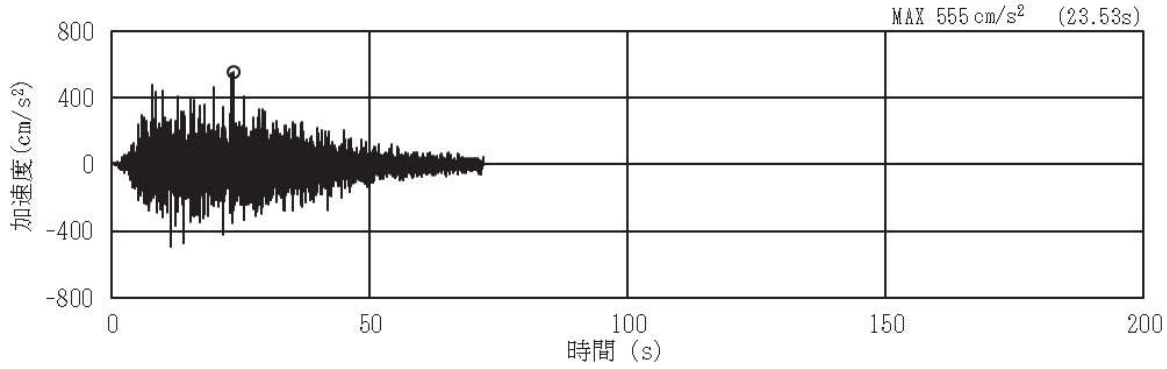


(a) 加速度時刻歴波形

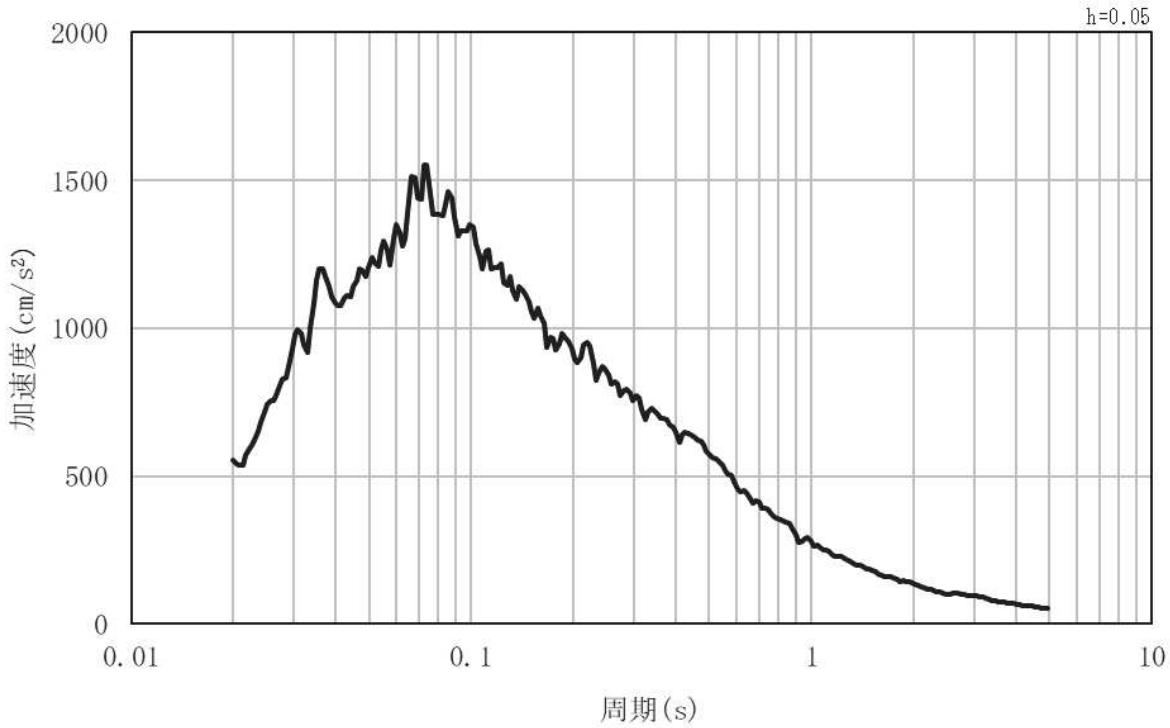


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ２）

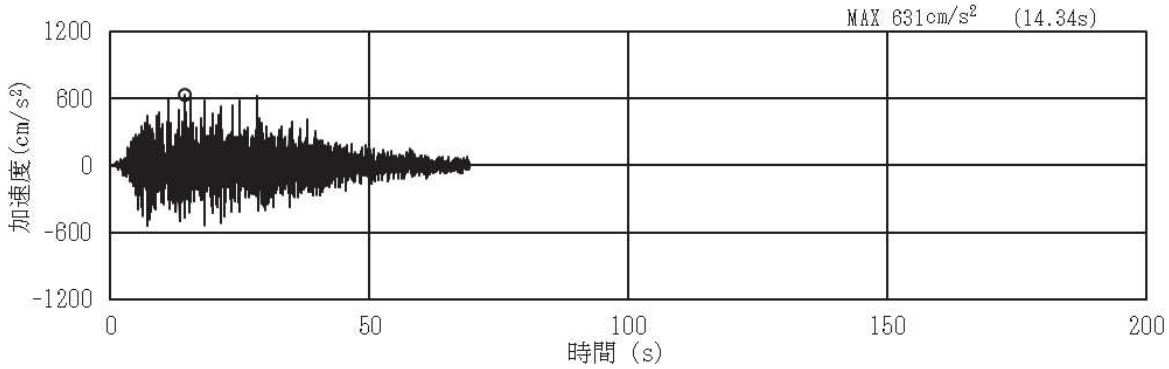


(a) 加速度時刻歴波形

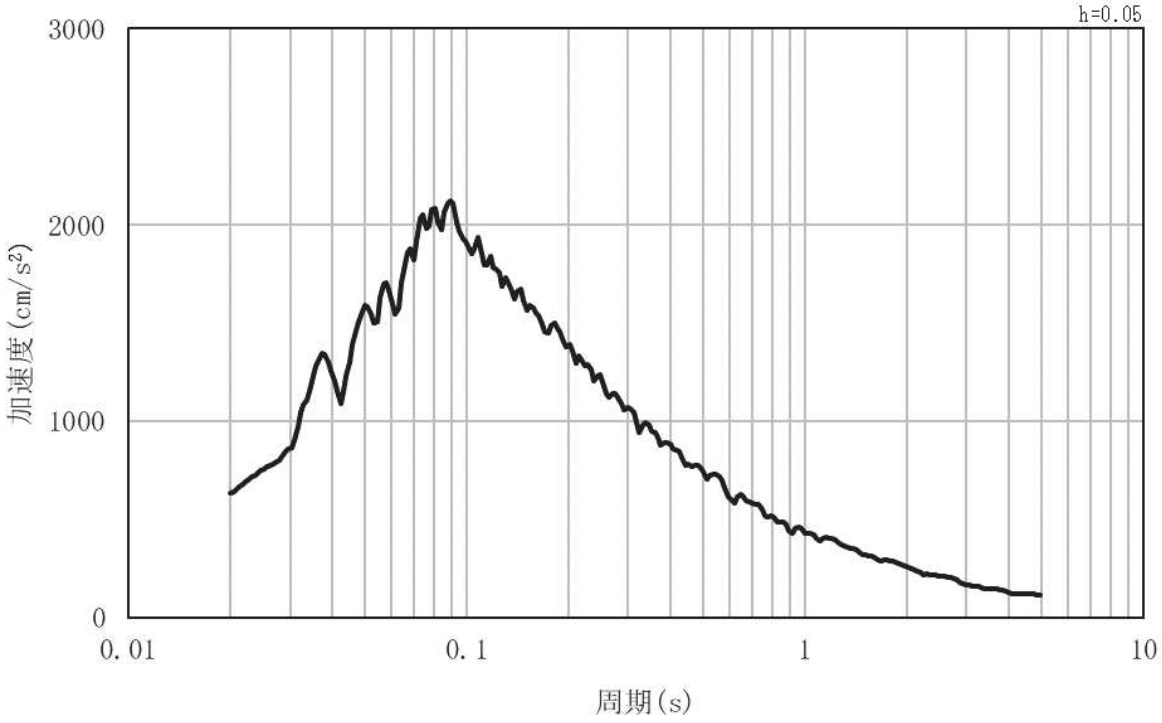


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ２）

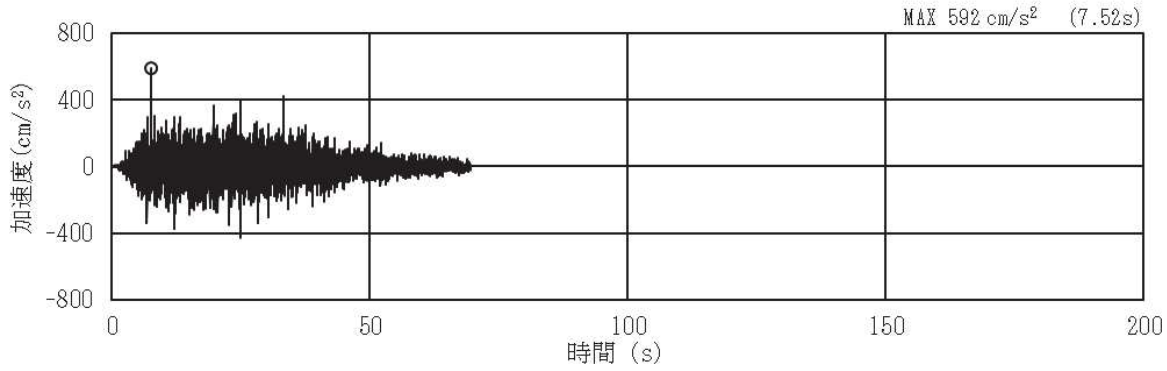


(a) 加速度時刻歴波形

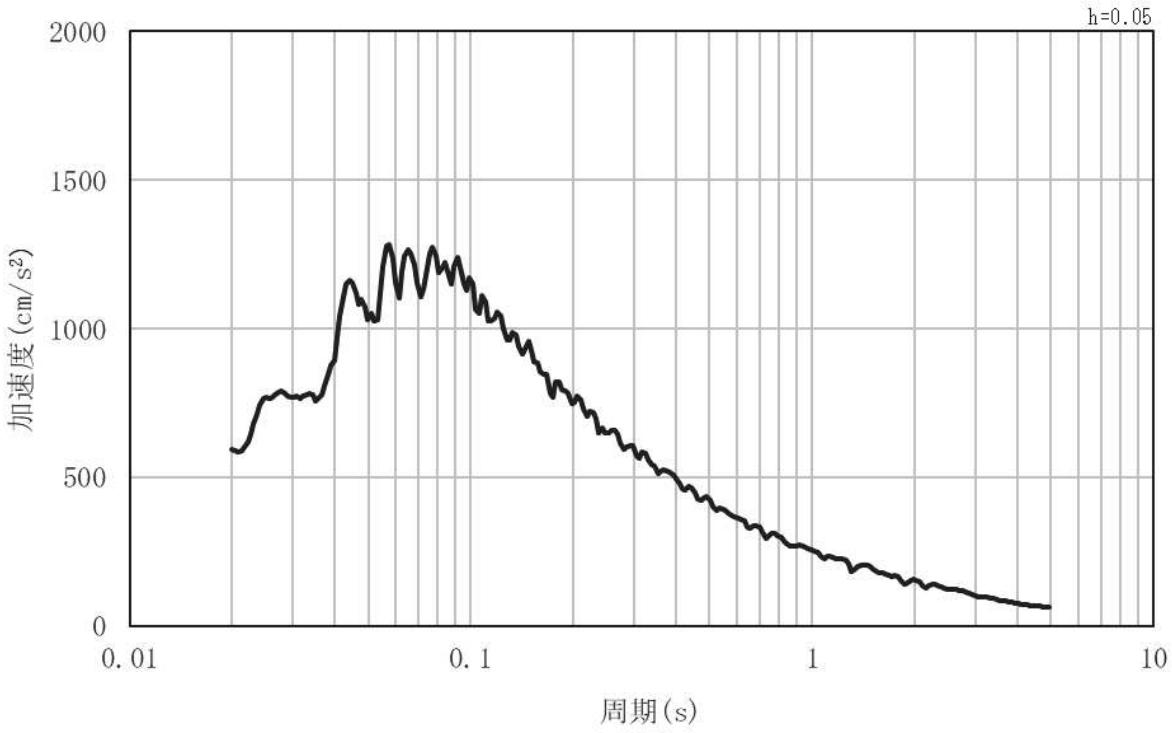


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ３）

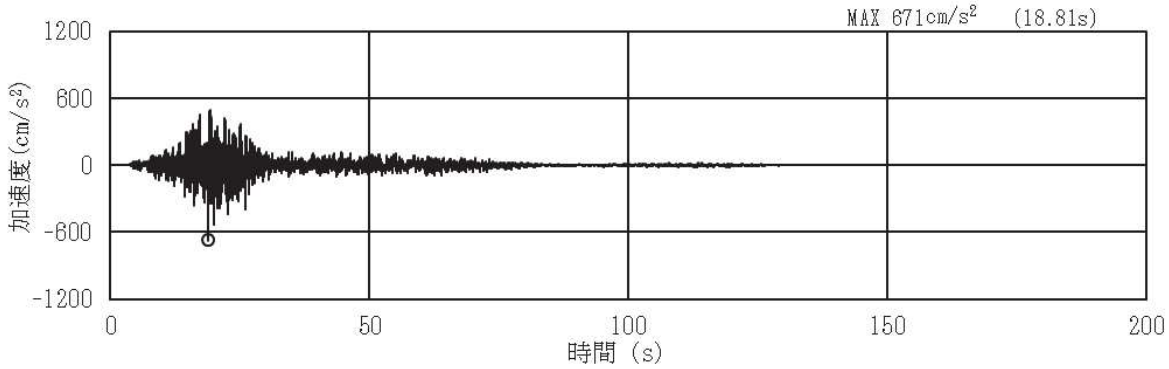


(a) 加速度時刻歴波形

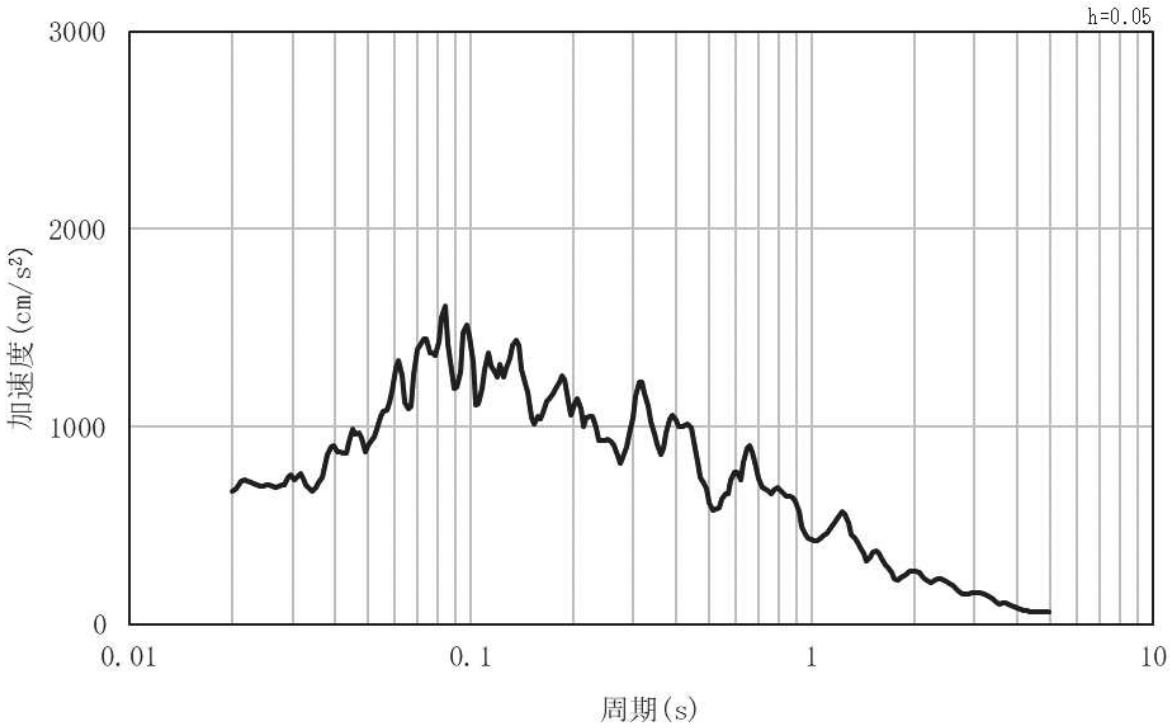


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ３）

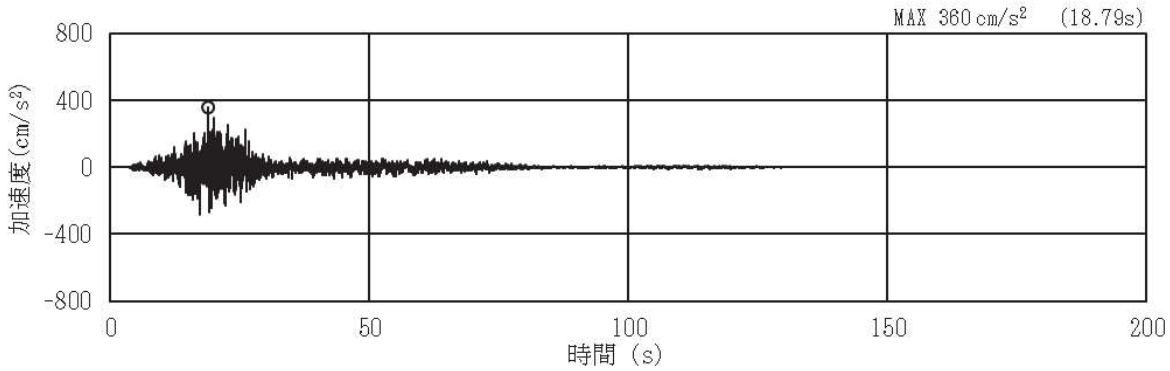


(a) 加速度時刻歴波形

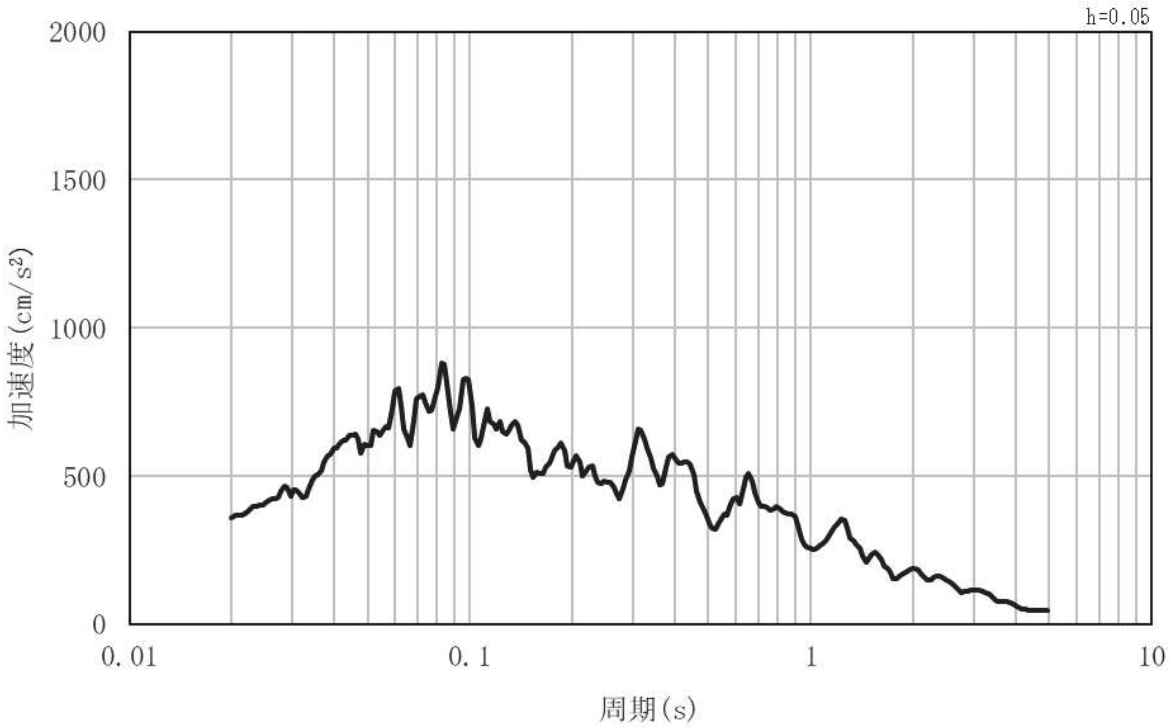


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ１）

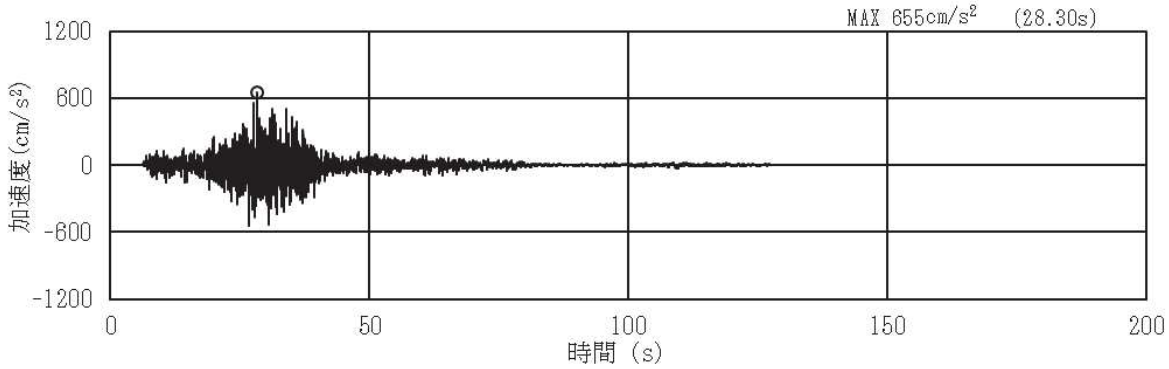


(a) 加速度時刻歴波形

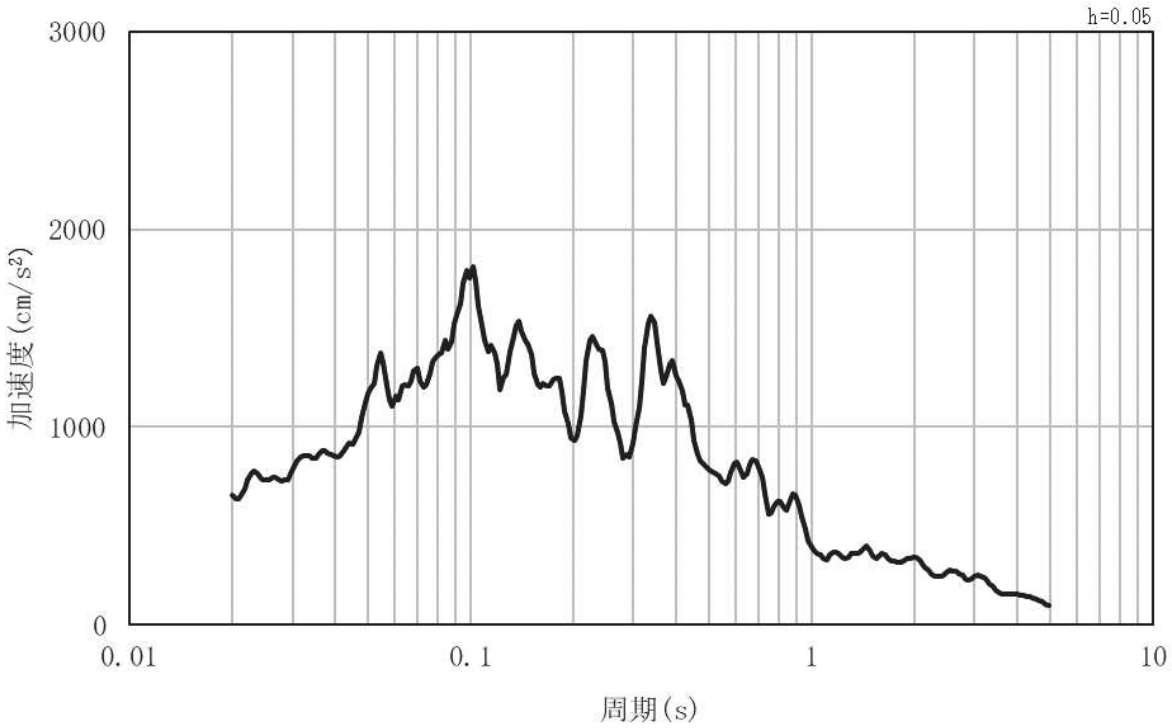


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ１）

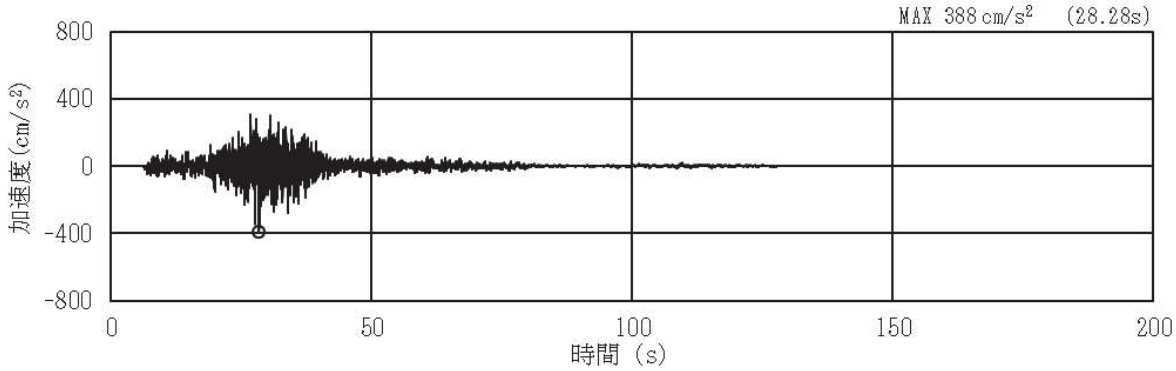


(a) 加速度時刻歴波形

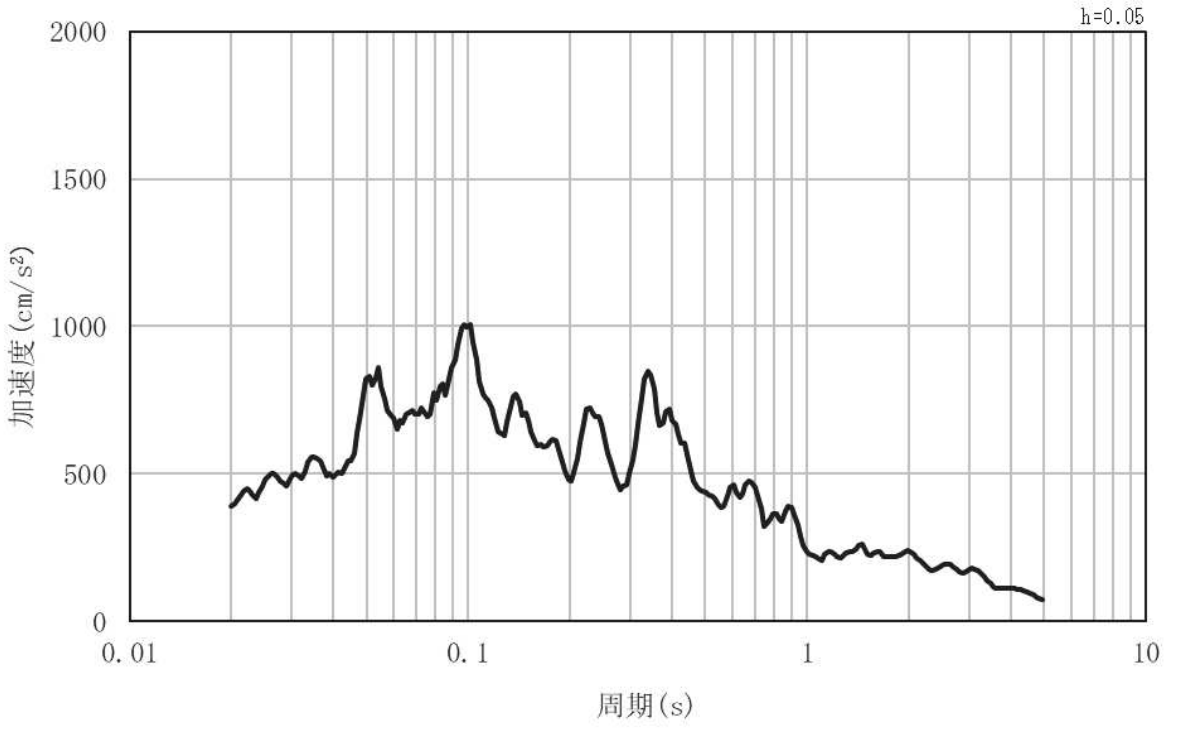


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ２）

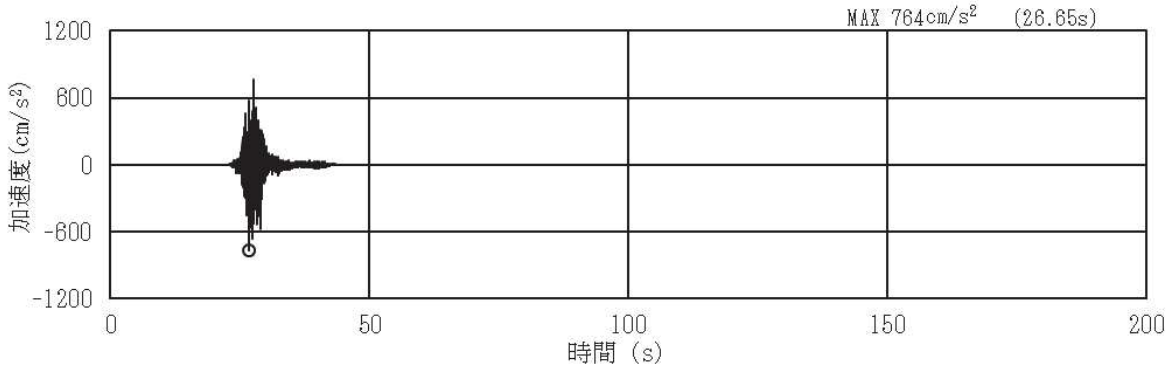


(a) 加速度時刻歴波形

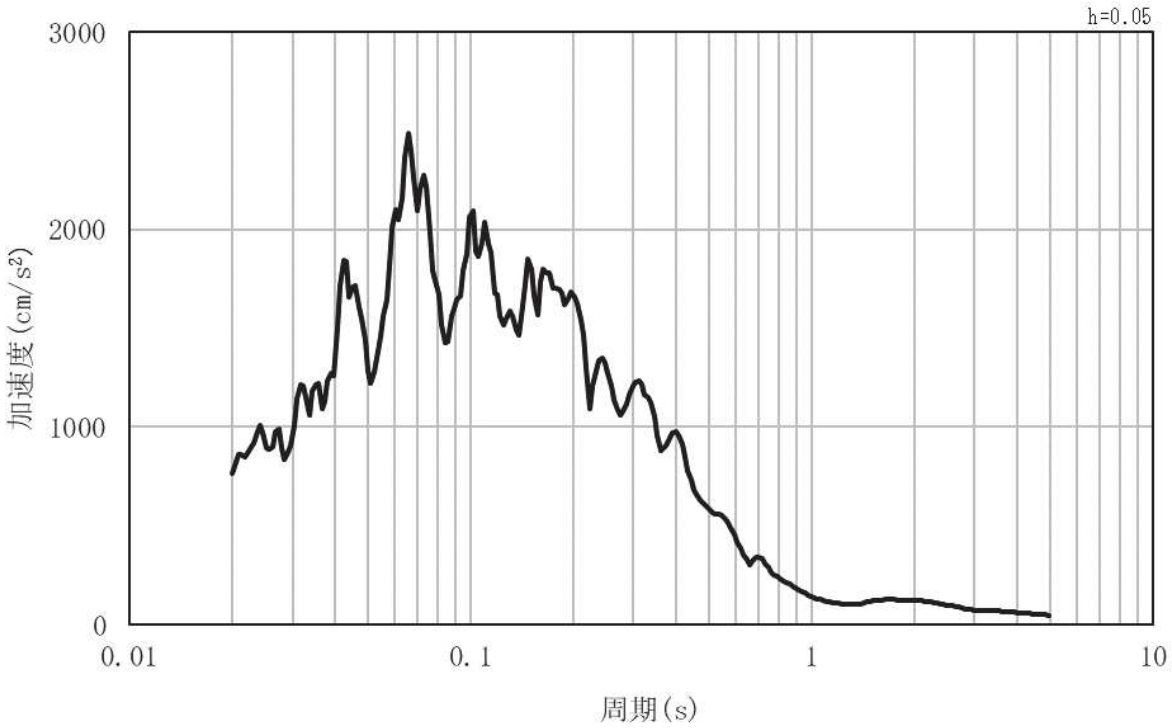


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ２）

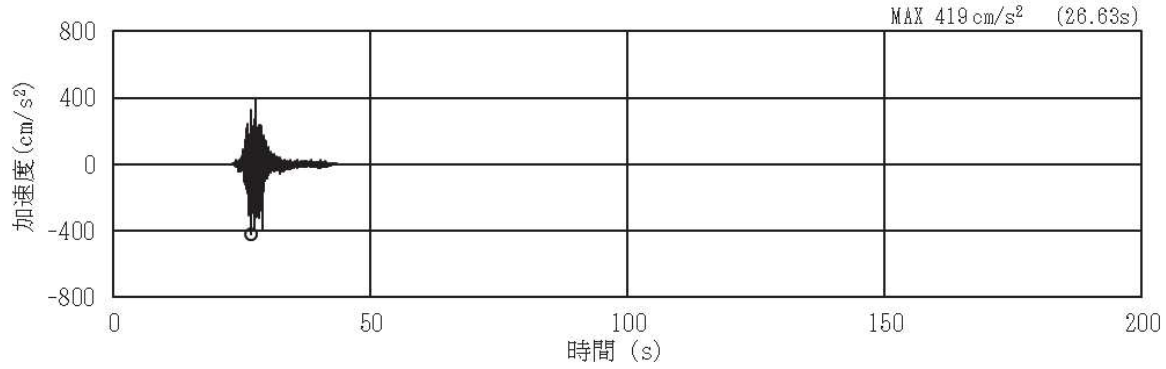


(a) 加速度時刻歴波形

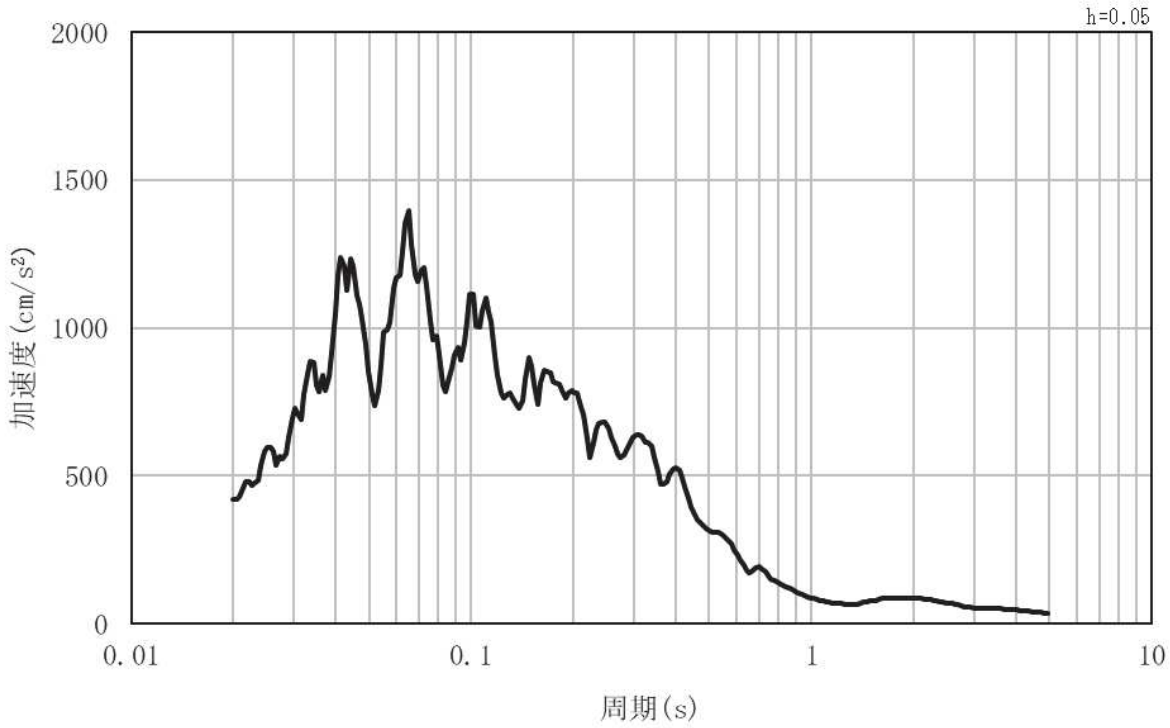


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｆ３）

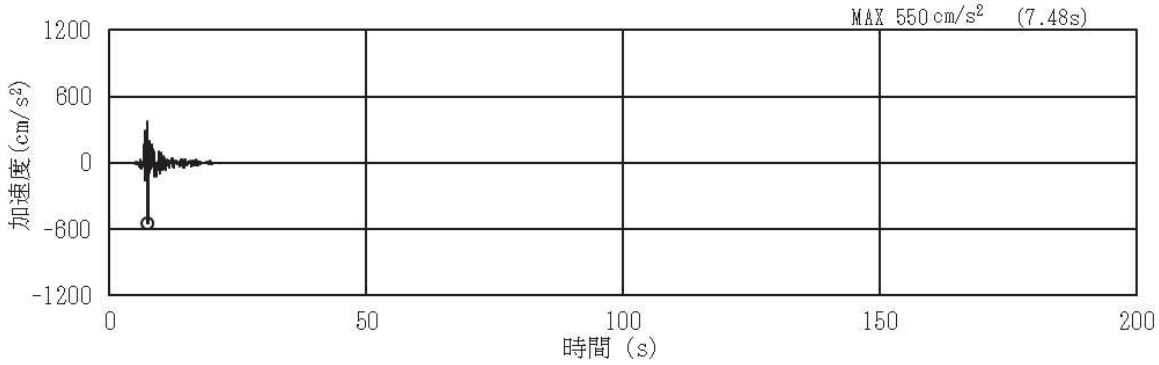


(a) 加速度時刻歴波形

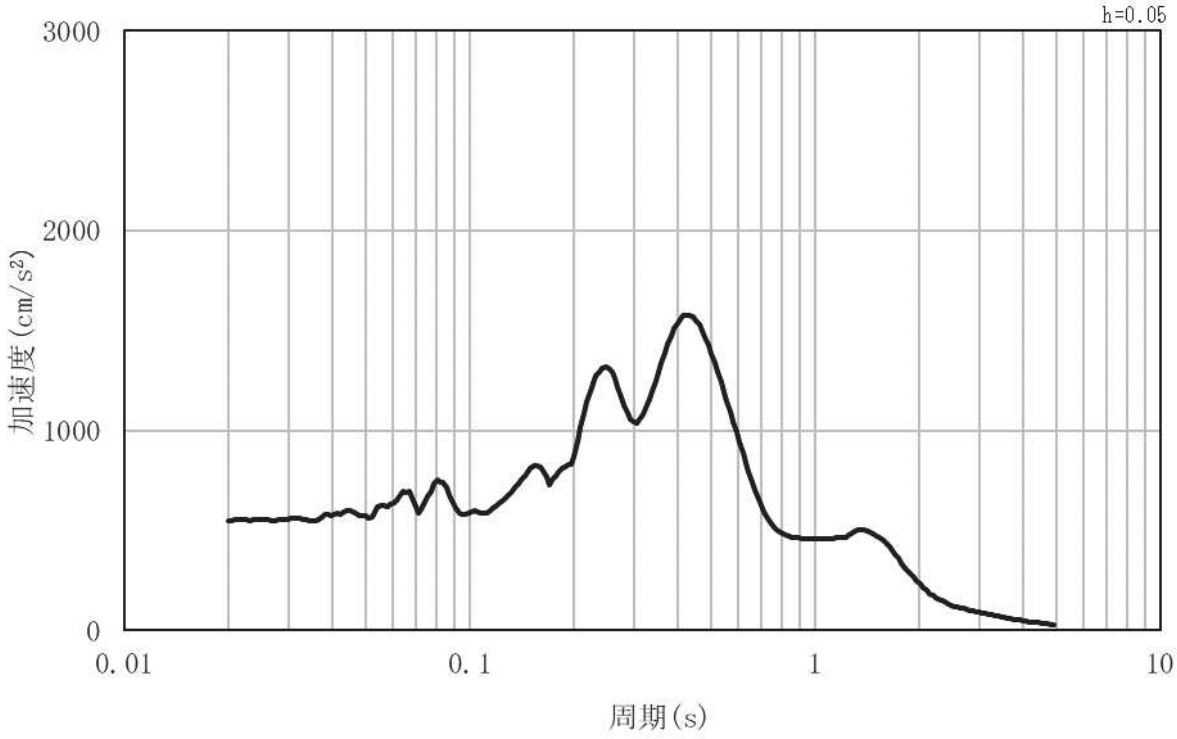


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｆ３）

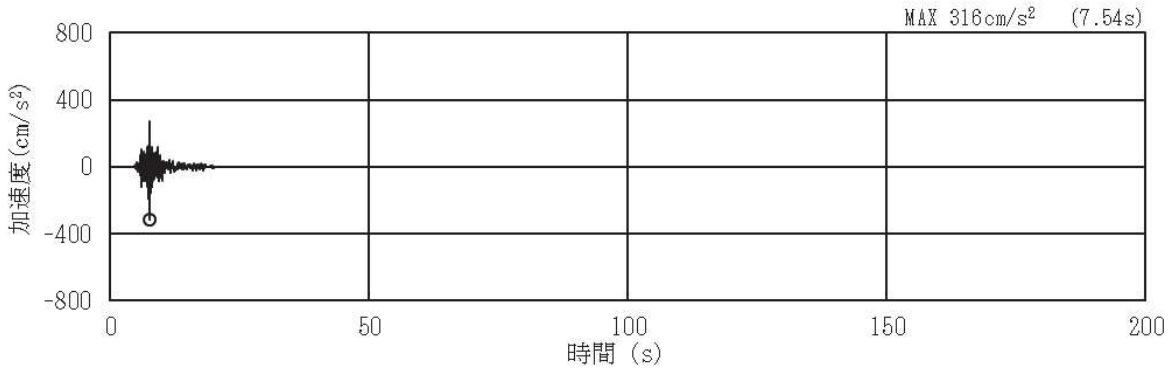


(a) 加速度時刻歴波形

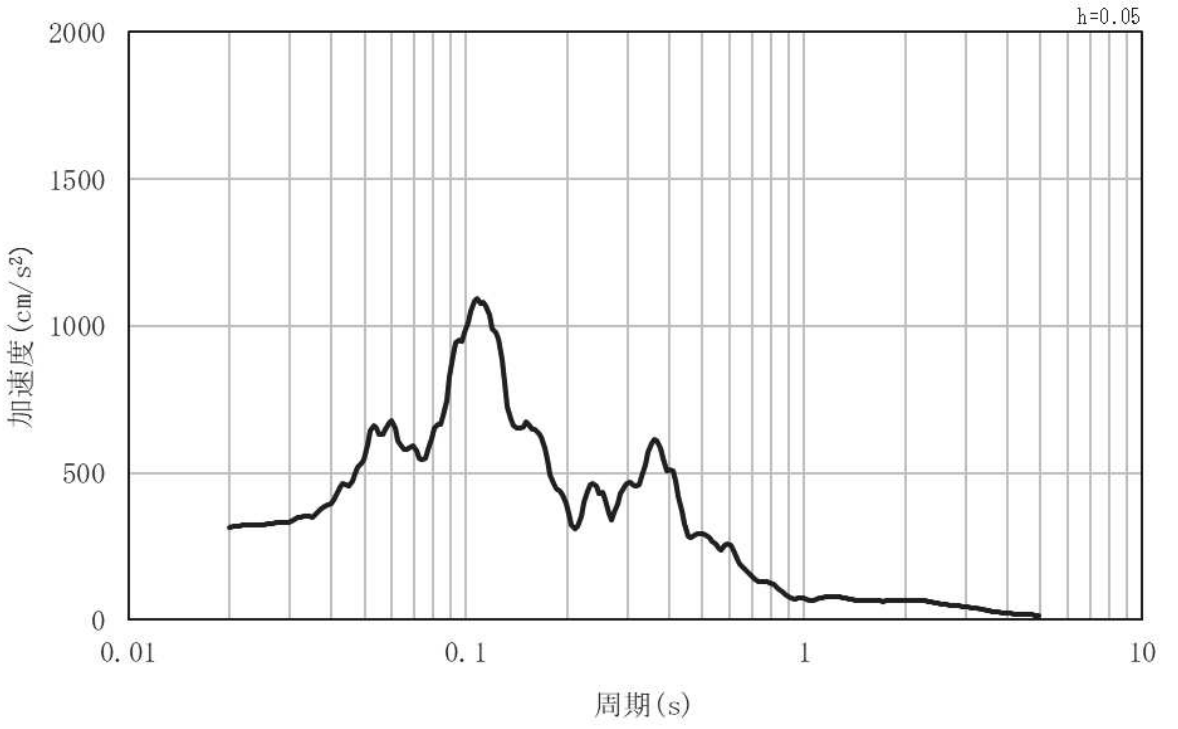


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｎ１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－Ｎ１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の地震応答解析モデルを図 3-5 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は，側方境界及び底面境界が，構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方にはエネルギー伝達境界，底面にはエネルギーの逸散効果を考慮するため，粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

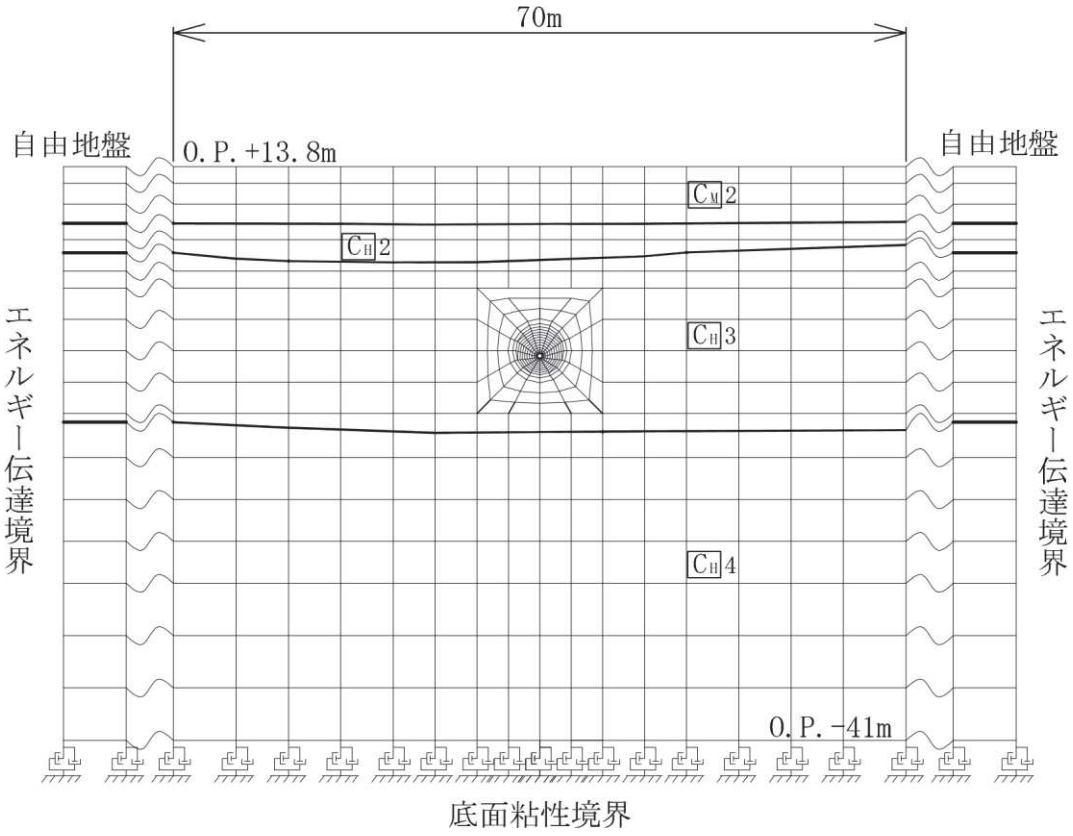
構造部材（覆工部及び充填部）は，平面ひずみ要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

地盤は，平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 内水のモデル化

内水は，付加質量としてモデル化する。



注）CH4はCH級岩盤の第4速度層を示す。

図 3-5　取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の地震応答解析モデル

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は，適用基準類を基に設定する。構造物の使用材料を表 3-4 に，材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4　使用材料

部位	材料	諸元
覆工部	コンクリート	設計基準強度：f'ck＝20.5N/mm^2
充填部	コンクリート	設計基準強度：f'ck＝50.0N/mm^2

表 3-5　材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比 (-)
コンクリート（f'ck＝20.5N/mm^2）	24.0	2.33×10^4	0.20
コンクリート（f'ck＝50.0N/mm^2）	23.0	3.30×10^4	0.20

3.5.3　地盤の物性値

地盤は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を使用する。

3.5.4　地下水位

地下水位については，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した地表面とする。

3.6　評価対象部位

3.6.1　構造部材の健全性評価

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は，覆工部及び充填部とする。

3.6.2　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は，覆工部を支持する岩盤とする。

3.7　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.7.1　構造部材の健全性に対する許容限界

覆工部及び充填部に対する許容限界は，引張強度及びせん断強度である。

引張強度は「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）」に基づき設定する。

覆工部及び充填部の許容限界を表 3-6 に示す。

表 3-6　覆工部及び充填部の許容限界（引張強度）

部位	項目	許容限界 (N/mm^2)
覆工部	引張強度　σt	1.019
充填部	引張強度　σt	1.847

せん断強度に関する許容限界は，覆工部及び充填部に発生する応力と表 3-7 に示す物性値を用いて算定する。せん断強度は，「コンクリート標準示方書（ダムコンクリート編）（土木学会，2013 年制定）」より算出する。

表 3-7　覆工部及び充填部の許容限界（せん断強度）

項目			覆工部	充填部
設計基準強度	f'ck	N/mm^2	20.5	50.0
内部摩擦角	φ	°	0[*1]	0[*1]
せん断強度	τ_0	N/mm^2	4.1[*2]	10.0[*2]

注記　＊1：保守的に考慮しないこととする

＊2：　$\tau_0=1/5qu$　→　$\tau_0=0.2f'ck$

3.7.2　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，添付書類「Ⅵ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤の極限支持力を表 3-8 に示す。

表 3-8　基礎地盤の許容限界

項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm^2)
極限支持力	狐崎部層	13.7

3.8　評価方法

取放水路流路縮小工（第１号機放水路）の耐震評価は，地震応答解析により算定した照査用応答値が，「3.7 許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

3.8.1　構造部材の健全性評価

地震応答解析により算定した覆工及び充填部の応力が，引張強度及びせん断強度の許容限界以下となることを確認する。

引張強度における照査値が最大となる時刻の応力分布図を図 3-6 及び図 3-7 に，せん断強度における照査値が最大となる時刻の応力分布図を図 3-8 及び図 3-9 に示す。

応力分布図はＳｓの位相，岩盤のばらつきを考慮したケースで最大となる照査値から選定する。

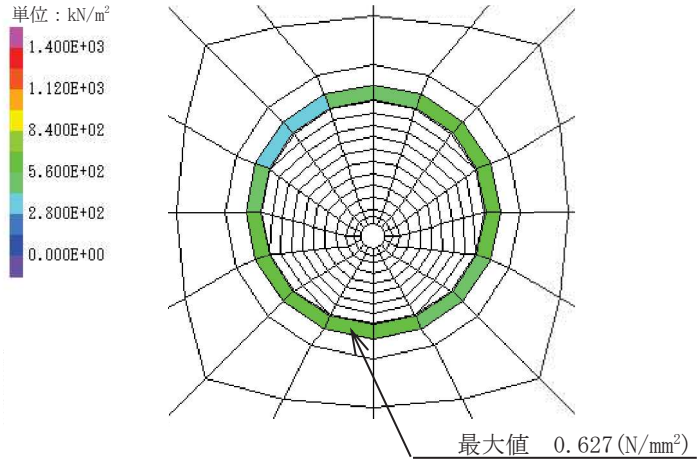


図 3-6　覆工部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=27.64s）

（解析ケース①：基本ケース）

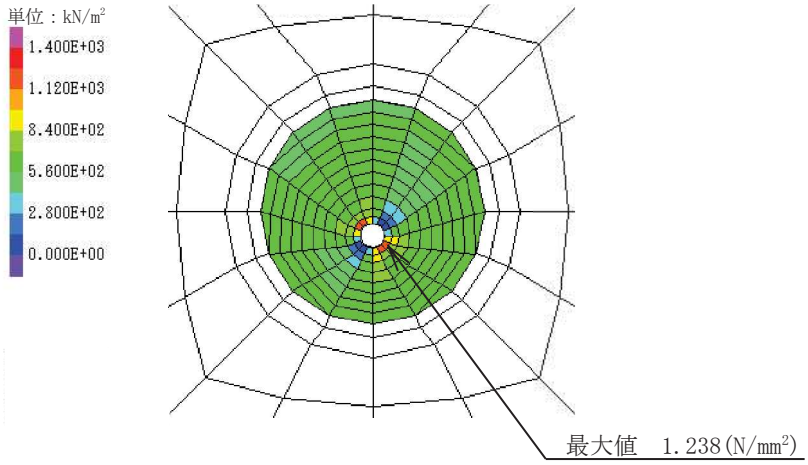


図 3-7　充填部の引張強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋），t=27.64s）

（解析ケース①：基本ケース）

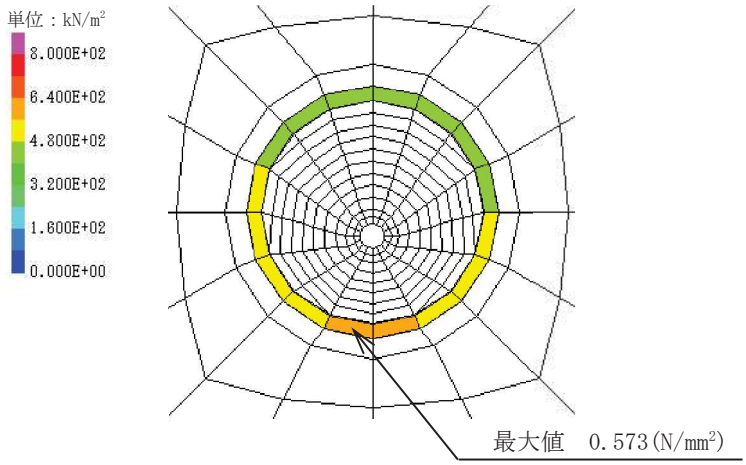


図 3-8　覆工部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（＋＋），t=27.64s）

（解析ケース①：基本ケース）

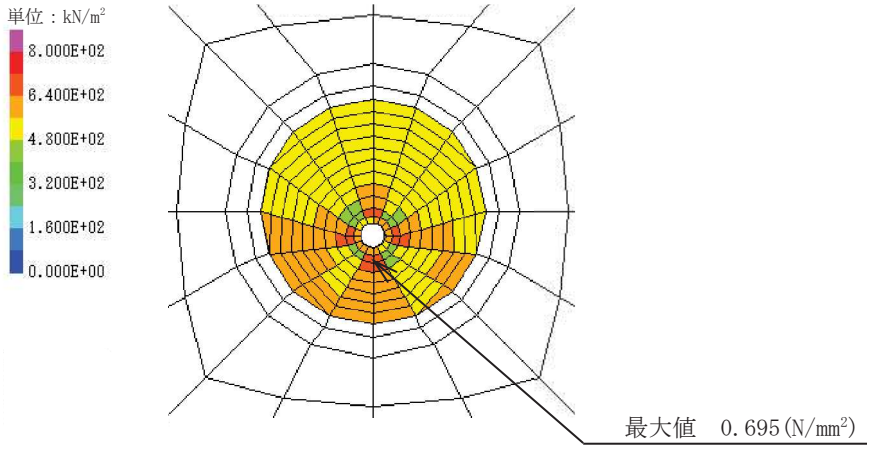


図 3-9　充填部のせん断強度における照査値最大となる時刻の応力分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（＋＋），t=27.64s）

（解析ケース①：基本ケース）

3.8.2　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては，覆工部を支持する基礎岩盤に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

最大接地圧の分布図を図 3-10 に示す。

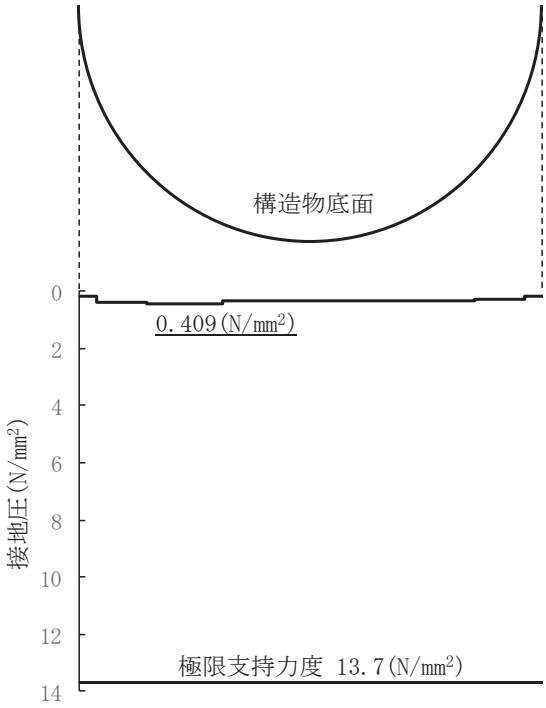


図 3-10　最大接地圧の分布図

（Ｓｓ－Ｆ３（－＋））

（解析ケース③：地盤物性値のばらつき(－1σ)を考慮した解析ケース）

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

覆工部及び充填部の引張強度における照査値を表 4-1 に，せん断強度における照査値を表 4-2 に示す。覆工部及び充填部の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 引張強度における最大照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm^2) (a)	許容限界 (N/mm^2) (b)	照査値 (a/b)
覆工部	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	①	0.627	1.019	0.62
充填部	Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	①	1.238	1.847	0.68

表 4-2 せん断強度における照査値

部位	地震動	解析ケース	発生応力 (N/mm^2) (a)	許容限界 (N/mm^2) (b)	照査値 (a/b)
覆工部	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	①	0.573	4.1	0.14
充填部	Ｓｓ－Ｆ３（＋＋）	①	0.695	10.0	0.07

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。

覆工部を支持する基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4-3 基礎地盤の支持性能照査結果

地震動	解析ケース	最大接地圧 (N/mm^2) (a)	許容限界 (N/mm^2) (b)	照査値 (a/b)
Ｓｓ－Ｆ３（－＋）	③	0.409	13.7	0.03

Ⅵ-2-13　地下水位低下設備の耐震性についての計算書

目　次

VI-2-13-1　地下水位低下設備ドレーンの耐震性についての計算書
VI-2-13-2　地下水位低下設備接続桝の耐震性についての計算書
VI-2-13-3　地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書