

2.51 ゼオライト土嚢等処理設備

2.51.1 基本設計

2.51.1.1 設置の目的

プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の地下階には、東北地方太平洋沖地震発生直後にゼオライト土嚢及び活性炭土嚢（以下「ゼオライト土嚢等」という。）が設置されている。本設備は、地下階のゼオライト土嚢等を地上階に抜き出し、保管容器に充填及び脱水した上で、高台に保管することを目的とする。

2.51.1.2 要求される機能

- (1) 抜き出したゼオライト土嚢等を遠隔操作によりゼオライト保管容器に充填し、脱水できること。
- (2) 漏えい防止機能を有すること。
- (3) 万一、機器・配管から漏えいした場合においても、施設外への漏えい拡大を防止できること。

2.51.1.3 設計方針

(1) ゼオライト土嚢等の処理

ゼオライト土嚢等処理設備は、地下階から抜き出したゼオライト土嚢等を、遠隔操作によりゼオライト保管容器に充填し、脱水できる設計とする。

(2) 被ばく低減

ゼオライト土嚢等処理設備は、機器等の設計において遮へい機能を考慮した設計とする。

(3) 準拠規格及び基準

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する構築物、系統及び機器の設計、材料の選定、製作及び検査については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME), 日本産業規格(JIS), American Society of Mechanical Engineers (ASME 規格), 日本水道協会規格(JWWA)等を適用することにより信頼性を確保する。

(4) 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する構築物、系統及び機器は、2021年9月8日および2022年11月16日の原子力規制委員会で示された「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」に基づいて、耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

なお、主要な機器の耐震性を評価するにあたっては、原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)等に準拠することを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。

ポリエチレン管、耐圧ホース等は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

b. 地震以外に想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻，凍結等）に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻，凍結等）によって，施設の安全性が損なわれないよう設計する。

(5) 外部人為事象に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備は，想定される外部人為事象によって，施設の安全性を損なうことのない設計とする。また，第三者の不法な接近等に対し，これを防御するため，適切な措置を講じた設計とする。

(6) 火災に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備は，火災発生防止及び火災影響軽減のため，実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用するとともに設備周辺から可能な限り可燃物を排除する。また，初期消火の対応ができるよう，設備近傍に消火器を設置する。なお，火災発生は監視カメラ等により確認可能な設計とする。

(7) 環境条件に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備の構築物，系統及び機器は，経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

(8) 監視及び運転操作に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備は，遠隔操作室の監視・制御装置により，遠隔操作及び運転状況の監視が可能な設計とする。また，ゼオライト土嚢等処理設備は，運転する者による誤操作を防止できる設計とするとともに，異常事象や設備の運転に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した状況下においても，運転する者がこれらの事象に対処するために必要な設備を容易に操作できる設計とする。

(9) 信頼性に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備は，ヒューマンエラーや機器の故障による放射性物質の漏えいが発生しないよう，高い信頼性を確保した設計とする。また，万が一，漏えいが発生したとしても，その量が極めて小さくなる設計とする。

(10) 検査可能性に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する構築物，系統及び機器は，それらの健全性及び能力を確認するために，適切な方法によりその機能を検査できる設計とする。

2.51.1.4 主要な機器

ゼオライト土嚢等処理設備は，ゼオライト垂直移送ポンプ，補給水ポンプ，ゼオライト保管容器，補給水タンク，換気空調装置及び配管等により構成する。

(1) ゼオライト垂直移送ポンプ

ゼオライト垂直移送ポンプは，地下階のゼオライト土嚢等を地上階に抜き出し，ゼオライト保管容器に移送する。

(2) 補給水ポンプ

補給水ポンプは、補給水タンクの RO 処理水又はろ過水を移送し、ゼオライト保管容器及び配管をフラッシングする。

(3) ゼオライト保管容器

ゼオライト保管容器は、地下階から抜き出したゼオライト土嚢等を脱水及び保管する。

(4) 補給水タンク

補給水タンクは、ゼオライト保管容器及び配管をフラッシングする RO 処理水又はろ過水を貯留する。

(5) 換気空調装置

換気空調装置は、排風機及びフィルタユニットからなる。

a. 排風機

排風機は、ダスト管理エリアから吸引し、フィルタユニットを通過した空気を当該設備を設置した建屋内に排出する。

b. フィルタユニット

フィルタユニットでは、ダスト管理エリアから吸引した空気中にダスト状の放射性廃棄物が存在した場合にこれをろ別除去する。

2.51.2 基本仕様

2.51.2.1 ゼオライト土嚢等処理設備の主要仕様

2.51.2.1.1 ゼオライト土嚢等処理設備（プロセス主建屋）

(1) ポンプ

a. ゼオライト垂直移送ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	13 m ³ /h

b. 補給水ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	20 m ³ /h

(2) ゼオライト保管容器

名称		ゼオライト保管容器	
種類		たて置円筒形	
容量	m ³ /基	2.88	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	100	
主要寸法	胴内径	mm	1244.6
	胴板厚さ	mm	12.7
	上部平板厚さ	mm	88.9
	下部平板厚さ	mm	88.9
	高さ	mm	3106.9
材料	胴板	-	ASME SA240 Type 316L
	上部平板	-	ASME SA240 Type 316L
	下部平板	-	ASME SA240 Type 316L
基数	基	1	

(3) 補給水タンク

名称		補給水タンク	
種類		たて置円筒形	
容量	m ³	7	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴内径	mm	2500
	胴板厚さ	mm	9.0
	底板厚さ	mm	12.0
	高さ	mm	1821
材料	胴板	-	SUS304
	底板	-	SUS304
基数		基	1

(4) 換気空調装置

a. 排風機 (完成品)

台 数 2 台
容 量 3,500 m³/h (1 台あたり)

b. フィルタユニット (完成品)

台 数 1 台
容 量 3,500 m³/h

(5) 主配管

a. ゼオライト移送配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト垂直移送ポンプから ゼオライト保管容器まで (耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(ポリエチレン管)	呼び径	50A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

b. ゼオライト排水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト保管容器からプロセ ス主建屋地下階まで (耐圧ホース)	呼び径	40A 相当 50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	40A/Sch80 50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

c. 補給水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
補給水タンク入口弁から補給水タンクまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 静水頭 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
補給水タンクから補給水ポンプまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 静水頭 40℃
補給水ポンプからゼオライト移送配管分岐部まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch80 80A/Sch40 STPT410 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃

2.51.2.1.2 ゼオライト土嚢等処理設備（高温焼却炉建屋）

(1) ポンプ

a. ゼオライト垂直移送ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	13 m ³ /h

b. 補給水ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	20 m ³ /h

(2) ゼオライト保管容器

名称		ゼオライト保管容器	
種類		たて置円筒形	
容量	m ³ /基	2.88	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	100	
主要寸法	胴内径	mm	1244.6
	胴板厚さ	mm	12.7
	上部平板厚さ	mm	88.9
	下部平板厚さ	mm	88.9
	高さ	mm	3106.9
材料	胴板	-	ASME SA240 Type 316L
	上部平板	-	ASME SA240 Type 316L
	下部平板	-	ASME SA240 Type 316L
基数	基	1	

(3) 補給水タンク

名称		補給水タンク	
種類		たて置円筒形	
容量	m ³	7	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴内径	mm	2500
	胴板厚さ	mm	9.0
	底板厚さ	mm	12.0
	平板厚さ	mm	6.0
	高さ	mm	1821
材料	胴板	-	SUS304
	底板	-	SUS304
基数		基	1

(4) 換気空調装置

a. 排風機 (完成品)

台 数 2 台
容 量 3,500 m³/h (1 台あたり)

b. フィルタユニット (完成品)

台 数 1 台
容 量 3,500 m³/h

(5) 主配管

a. ゼオライト移送配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト垂直移送ポンプから ゼオライト保管容器まで (耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(ポリエチレン管)	呼び径	50A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

b. ゼオライト排水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト保管容器から高温焼 却炉建屋地下階まで (耐圧ホース)	呼び径	40A 相当 50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	40A/Sch80 50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

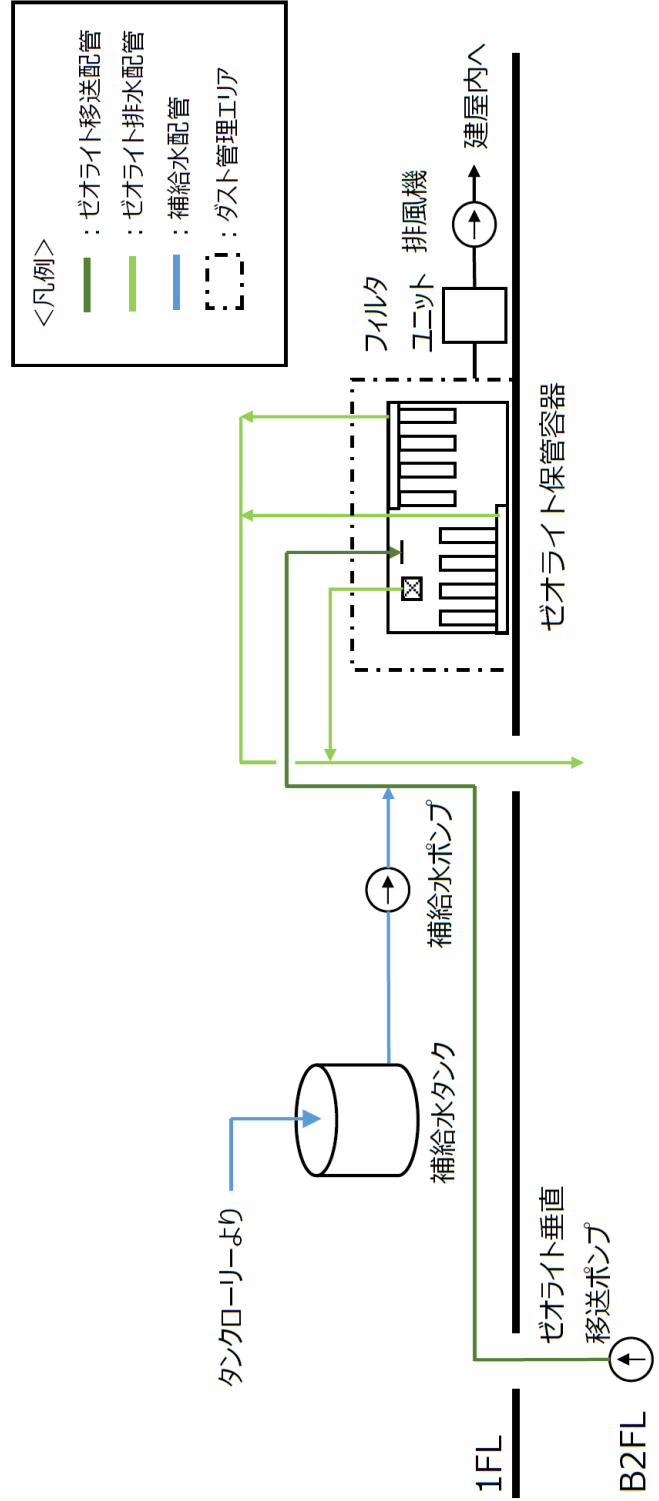
c. 補給水配管

主要配管仕様

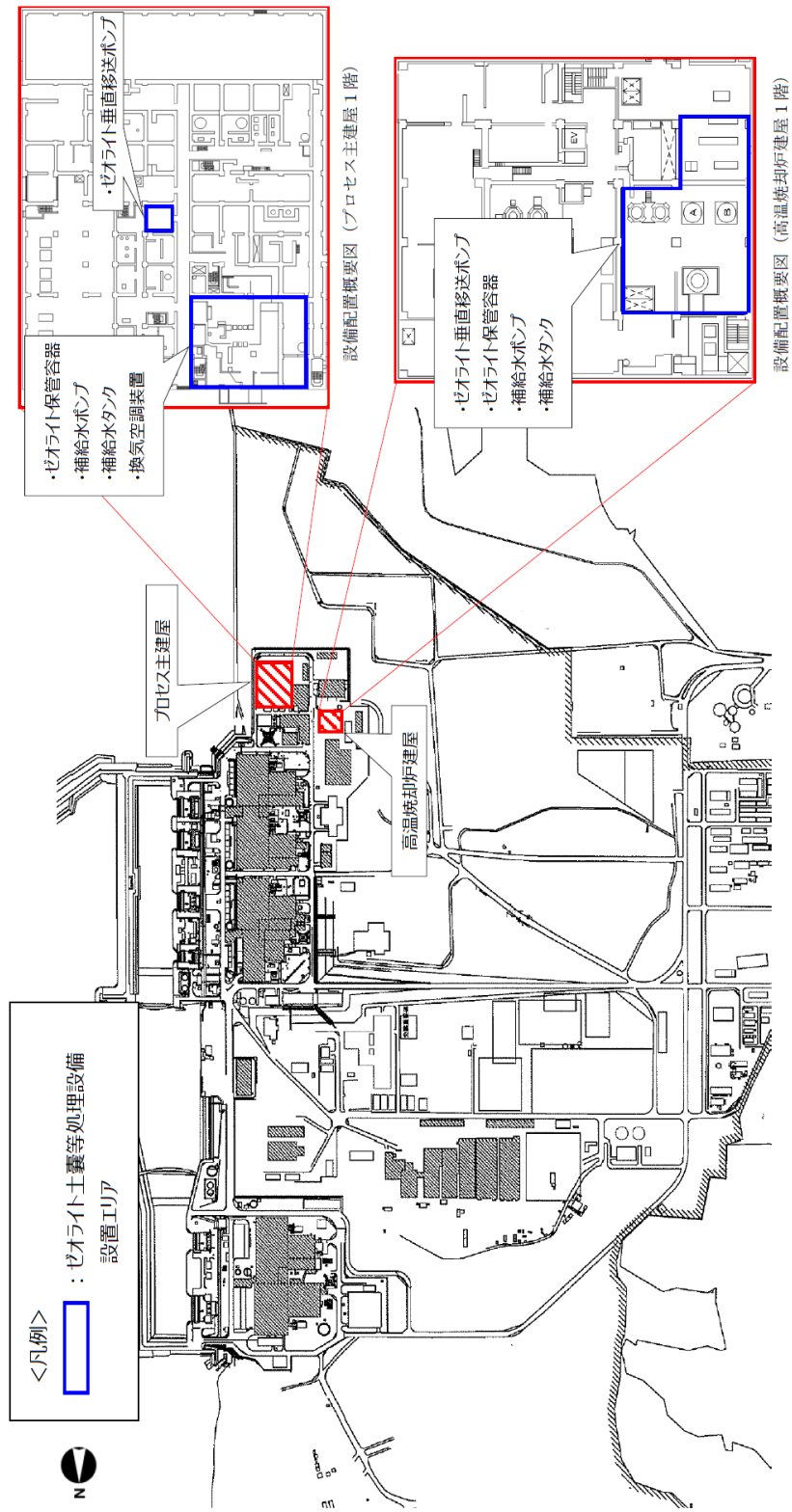
名称	仕様	
補給水タンク入口弁から補給水タンクまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 静水頭 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
補給水タンクから補給水ポンプまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 静水頭 40℃
補給水ポンプからゼオライト移送配管分岐部まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch80 80A/Sch40 STPT410 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃

2.51.3 添付資料

- 添付資料－1 : ゼオライト土嚢等処理設備の全体概要図
- 添付資料－2 : ゼオライト土嚢等処理設備の具体的な安全確保策について
- 添付資料－3 : ゼオライト土嚢等処理設備の耐震性に関する説明書
- 添付資料－4 : ゼオライト土嚢等処理設備の構造強度に関する説明書
- 添付資料－5 : 工事工程表
- 添付資料－6 : ゼオライト土嚢等処理設備の放射性物質の閉じ込めに関する説明書
- 添付資料－7 : ゼオライト土嚢等処理設備に係る確認事項
- 添付資料－8 : 地下階での ROV を使用した作業に関する説明書
- 添付資料－9 : 検査可能性に関する考慮事項



(a) 系統概要
 図一1 ゼオライト土嚢等処理設備の全体概要図 (1 / 2)



(b) 配置概要

図一1 ゼオライト土壌等処理設備の全体概要図 (2 / 2)

ゼオライト土嚢等処理設備の具体的な安全確保策について

ゼオライト土嚢等処理設備は、放射性物質を含むゼオライト土嚢及び活性炭土嚢（以下「ゼオライト土嚢等」という。）及び汚染水を扱うため、漏えい発生防止対策、放射線遮へい対策、崩壊熱除去、可燃性ガス滞留防止、環境条件対策等について、具体的な安全確保策を以下のとおり定め実施する。

1. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

ゼオライト土嚢等処理設備の設置に伴い発生する固体廃棄物の取扱いについては、発電所全体の放射性固体廃棄物の処理・保管・管理の対応に従う。（「Ⅱ 1.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理」参照。）

2. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

ゼオライト土嚢等処理設備の設置に伴い発生する液体廃棄物の取扱いについては、発電所全体の放射性液体廃棄物の処理・保管・管理の対応に従う。（「Ⅱ 1.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理」参照。）

2.1 放射性物質の漏えい防止及び漏えい拡大防止

(1) 漏えい発生防止

- a. 高線量のゼオライト土嚢等と汚染水を扱うため、接液部は耐放射線性、耐食性を併せ持つ材質を使用する。
- b. ゼオライト土嚢等を移送する配管は耐食性を有する鋼管並びにポリエチレン管等とする。
- c. 耐圧ホースは2重ホースを使用する等、漏えいを防止する構造とする。
- d. ゼオライト保管容器は、想定される残留塩分及び放射線環境下においても長期間の保管に耐え得る材質を使用する。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 漏えい早期検知として、装置を設置する箇所には漏えい拡大防止堰を設けるとともに、漏えい検知器を設ける。
- b. ゼオライト土嚢等を移送する配管は、トラフ内に設置する。
- c. 漏えいを検知した場合は、遠隔操作室に警報を発報するとともに、ゼオライト土嚢等処理設備の運転を停止させる。
- d. 配管と各設備との取合い部はフランジ接続とするが、接続の位置は漏えい拡大防止堰の内部とすることで、漏えいの拡大を防止する。また、配管のうちポリエチレン管同士の接続部は漏えい発生防止のため融着構造とする。

3. 放射性気体廃棄物の処理・管理

ゼオライト土嚢等処理設備の設置に伴い発生する気体廃棄物の取扱いについては、発電所全体の放射性気体廃棄物の処理・管理の対応に従う。（「Ⅱ 1.10 放射性気体廃棄物の処理・管理」参照。）

4. 被ばく低減

- (1) ゼオライト土嚢等処理設備からの放射線による雰囲気線量当量率は、各機器に遮へいを設け、機器表面から 1m での線量を 1.0mSv/h 以下とする。
- (2) 設備の運転は、遠隔操作室にて運転操作及び監視を可能とする。
- (3) 保守作業時の作業員の被ばく低減のため、保守作業前に機器のフラッシングが行える設計とする。
- (4) ゼオライト土嚢等処理設備の運転等に係る関係者以外の者が不要に近づくことがないように、標識や立入禁止区域等を設ける。
- (5) ゼオライト土嚢等処理設備の設置は、プロセス主建屋・高温焼却炉建屋内の水処理設備の操作やパトロール等の要員への被ばく影響を考慮し、影響があるエリアには、遮へい等により被ばく低減を図る。

5. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

ゼオライト土嚢等処理設備による放射性液体廃棄物の排水による線量評価については、「Ⅲ 第3編 2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」に記載の通り。

6. 作業員の被ばく線量の管理等

ゼオライト土嚢等処理設備に対する作業員の被ばく線量の管理等は、発電所全体の作業員の被ばく線量の管理等に従う。（「Ⅱ 1.12 作業員の被ばく線量の管理等」を参照。）

7. 緊急時対策

ゼオライト土嚢等処理設備に対する緊急時対策は、発電所全体の緊急時対策に従う。（「Ⅱ 1.13 緊急時対策」を参照。）

8. 設計上の考慮

8.1 準拠規格及び基準

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する主要な機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」において、廃棄物処理設備に相当すると位置付けられる。これに対する適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）で規定され、機器区分クラス3の規定を適用することを基本とする。また、主要な機器のうちゼオライト保管容器は、「ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Sec

Ⅷ)」に準拠する。ゼオライト土嚢等を内包する容器及び鋼管については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1) のクラス 3 機器の規定を適用する。

なお、クラス 3 機器に該当しないその他の機器は、JIS 等規格適合品を用いることとし、ポリエチレン管は、JWWA または ISO 規格に準拠する。

また、原子力発電所での使用実績がない材料を使用する場合は、他産業での使用実績等を活用しつつ、必要に応じて試験等を行うことで、経年劣化等の影響についての評価を行う。

8.2 自然現象に対する設計上の考慮

(1) 地震に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備の地震に対する設計上の考慮は、「添付資料-3 ゼオライト土嚢等処理設備の耐震性に関する説明書」に記載の通り。

(2) 地震以外に想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備に対する地震以外に想定される自然現象に対する設計上の考慮は以下の通り。

a. 津波

ゼオライト土嚢等処理設備は、アウターライズ津波による浸水を防止するため、仮設防潮堤内に設置する。また、アウターライズ津波を上回る津波の襲来に備え、設置する建屋壁面に開口するゼオライト保管容器の搬出入口に水密扉を設置する。

b. 豪雨

ゼオライト土嚢等処理設備は、豪雨による影響を受けにくい建屋内に設置する。

c. 積雪

ゼオライト土嚢等処理設備は、積雪による影響を受けにくい建屋内に設置する。

d. 落雷

ゼオライト土嚢等処理設備は、保安器やケーブルシールド等の設置により、落雷に伴う雷サージ侵入による設備の損傷を防止する設計とする。

e. 台風（強風，高潮）

ゼオライト土嚢等処理設備は、台風による影響を受けにくい建屋内に設置する。

f. 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合には、ゼオライト土嚢等処理設備の停止・隔離弁

の閉止操作を行い、汚染水の拡大防止を図る。

g. 凍結

ゼオライト土嚢等処理設備は、建屋内に設置することから、凍結の恐れは小さいと考えるが、扉近傍等で外気の影響が懸念される機器には、保温材等を取付ける。

h. 紫外線

ポリエチレン管は、建屋内に設置することから、紫外線による劣化が無いものと考えられる。

i. 高温

ゼオライト土嚢等処理設備は、熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については、処理対象水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。また、中心温度が高くなる可能性のあるゼオライト保管容器において、金属材料に有意な特性変化は生じる温度には達しない。

j. 生物学的事象

ゼオライト土嚢等処理設備は、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とすることで対策を行う。

k. その他

ゼオライト土嚢等処理設備は、上記の自然現象の他、火山、森林火災等により設備損傷のおそれがある場合は、運転する者が手動により遠隔操作室から設備を停止できる設計とする。

8.3 外部人為事象に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備に対する主な外部人為事象は、発電所全体の外部人為事象に対する設計上の考慮に従う。（「Ⅱ 1.14 設計上の考慮」参照）。

(1) 電磁的障害

ゼオライト土嚢等処理設備は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

(2)不正アクセス行為（サイバーテロを含む）

不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を未然に防止するため、ゼオライト土嚢等処理設備の操作に係る監視・制御装置が、電気通信回線を通じて不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を受けないように、外部からの不正アクセスを遮断する設計とする。

8.4 火災に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備は、火災発生防止及び火災影響軽減のため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用するとともに設備周辺から可能な限り可燃物を排除する。

また、初期消火の対応ができるよう、設備近傍に消火器を設置する。なお、火災発生は監視カメラ等により確認可能な設計とする。

8.5 環境条件に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備において使用する材料等に対して、環境条件に対する設計上の考慮は以下の通り。

(1)圧力及び温度

ゼオライト土嚢等処理設備は通常運転時及び異常事象発生時に想定される圧力・温度を踏まえて、適切な最高使用圧力・最高使用温度を有する機器等を選定する。

(2)腐食に対する考慮

ゼオライト土嚢等処理設備については、耐腐食性を有するステンレス鋼，ポリエチレン，合成ゴム，十分な肉厚を有する炭素鋼等を使用する。

(3)放射線

ゼオライト土嚢等処理設備の材質として使用するポリエチレン等については、放射線による材料特性に有意な変化がない期間を評価した上で、当該期間を超えて使用する場合には、あらかじめ交換等を行う。

(4)長期停止中の措置

ゼオライト土嚢等処理設備を長期停止する場合は、必要に応じてフラッシングするとともに、内部の水抜きを実施し、漏えいや腐食防止を図る。

(5)可燃性ガス滞留防止対策

ゼオライト保管容器において、水の放射線分解により発生する可燃性ガス（水素ガス）の滞留防止のため、ベントラインを設置する。

(6) 崩壊熱除去

ゼオライト保管容器は、崩壊熱による内容物の温度上昇を考慮した設計とする。

8.6 運転する者の操作に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備の運転する者の操作に対する設計上の考慮は以下の通り。

- (1) ゼオライト土嚢等処理設備の全ての運転操作は制御操作室より遠隔操作で実施する。
ゼオライト土嚢等処理設備はプロセス計器だけでなく、監視カメラを多用し、現場の状況を映像で確認することが可能な設計とする。
- (2) 誤操作・誤判断を防止するため、弁操作や運転モードの切替等の重要な操作に関してはダブルアクションを要する設計とする。

8.7 検査可能性に対する設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備の検査可能性に対する設計上の考慮は、「添付資料－9 検査可能性に関する考慮事項」に記載の通り。

以上

ゼオライト土嚢等処理設備の耐震性に関する説明書

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する設備について、耐震性の基本方針に基づき、構造強度の評価を行う。

1. 耐震性の基本方針

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、液体放射性物質を内包し、地上階に設置する設備については、2021年9月8日および2022年11月16日の原子力規制委員会で示された「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」を踏まえ、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいしたゼオライト土嚢等の一部がダストとして大気中に拡散した場合の外部及び内部被ばく線量を合わせた場合、その実効線量は5mSv以下と評価されることから、耐震Bクラスと位置付けられる。また、ゼオライト土嚢等処理設備のうち、耐震上の安全機能に関わらない設備については耐震Cクラスと位置付けられる。

ゼオライト土嚢等処理設備は、耐震Bクラスまたは耐震Cクラスの設備に要求される地震動に対して必要な強度を確保する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）等」に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。なお、ゼオライト土嚢等処理設備に使用する耐圧ホース、ポリエチレン管等については、材料の可撓性により耐震性を確保する。

また、ゼオライト土嚢等処理設備は、原子炉設置許可申請書及び工事計画認可申請書において、発災前に耐震Bクラスとして許可及び認可を受けたプロセス主建屋および高温焼却炉建屋に設置する。

1.1 設備重要度による耐震クラス分類

設備 \ 耐震クラス	B	C
ゼオライト土嚢等処理設備※ (1) ポンプ (2) ゼオライト保管容器 (3) 補給水タンク (4) 換気空調装置 (5) 配管	○補給水ポンプ ○ゼオライト保管容器 ○補給水タンク ○主配管	○排風機 ○フィルタユニット

※耐震クラス分類は、プロセス主建屋と高温焼却炉建屋で共通

1.2 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造	主体構造		
(1) 平底たて置円筒形容器	床面に設けた架台に、底板を基礎ボルトで固定する。	下面に底板を有するたて置円筒形		補給水タンク
	床面に設けたエリア架台に、転倒防止架台を基礎ボルトで固定する。	下面に底板を有するたて置円筒形		ゼオライト保管容器

<p>(2)横軸うず巻ポンプ</p>	<p>ポンプはポンプベースに固定し、床面に設けた架台に、ポンプベースを基礎ボルトで固定する。</p>	<p>うず巻形</p>		<p>補給水ポンプ</p>
--------------------	--	-------------	--	---------------

1.3 設計用地震力

項目	耐震 クラス	適用する地震動等		設計用地震力
		水平	鉛直	
機器・配管 系	B	静的震度 ($1.8 \times C_i^*$)	—	静的地震力

注記 ※ : C_i は、標準せん断力係数を0.2とし、建物・構造物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

1.4 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界は、以下の通りとする。

記号の説明

- D : 死荷重
- P_d : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- M_d : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
- S_B : Bクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
- C_s : Bクラスの設備の地震時の供用状態
- 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
- S_u : 設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5表9に規定される値
- S : 許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5表5～7に規定される値
- 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により規定される値。ボルト等に対して設計・建設規格SSB-3131により規定される値
- f_s : 許容せん断応力 同上
- 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により規定される値。
- f_b : 許容曲げ応力 同上
- f_p : 許容支圧応力 同上
- τ_b : ボルトに生じるせん断応力

(1) 機器

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態	許容限界	
			一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	C s	$\min[S_y, 0.6 \cdot S_u]$ 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、 $1.2 \cdot S$ とすることができる。	S_y 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、 $1.2 \cdot S$ とすることができる。

(2) 支持構造物(ボルト等以外)

応力分類	許容限界(ボルト等以外)									
	一次応力				一次+二次応力範囲					
供用状態	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 ⁽¹⁾ 圧縮	せん断 ⁽¹⁾	曲げ ⁽¹⁾	支圧	座屈
C s	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ ⁽²⁾	$3 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_b$ ⁽³⁾ , $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$

注(1):地震荷重のみによる応力範囲について評価する。

注(2):すみ肉溶接部にあつては、最大応力を $1.5 f_s$ 以下に制限する。

注(3):自重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。

(3) 支持構造物(ボルト等)

応力分類	許容限界(ボルト等)		
	一次応力		
供用状態	引張	せん断	組合せ
C s	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\min[1.5 \cdot f_t, 2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b]$

2. 耐震性評価の方法・結果

2.1 ゼオライト土嚢等処理設備（プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋）

2.1.1 補給水ポンプ

(1) 評価方法

基礎ボルトの耐震評価は「付録1 横軸ポンプ（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に準じて行う。応力評価箇所を図-1に示す。

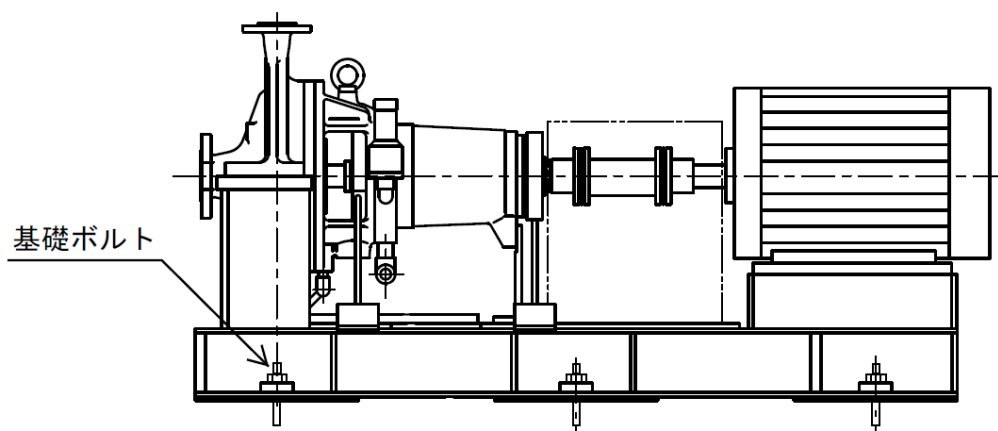


図-1 補給水ポンプ評価箇所

(2) 評価結果

基礎ボルトに生じる最大応力が許容応力以下であることを確認した。（表-1）

表-1 基礎ボルトの応力評価結果

機器名称	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
補給水ポンプ	SS400	せん断	3	124
		引張	1	161

2.1.2 ゼオライト保管容器

(1) 評価方法

本評価は、「付録2 平底たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に準じて行う。応力評価箇所を図-2に示す。

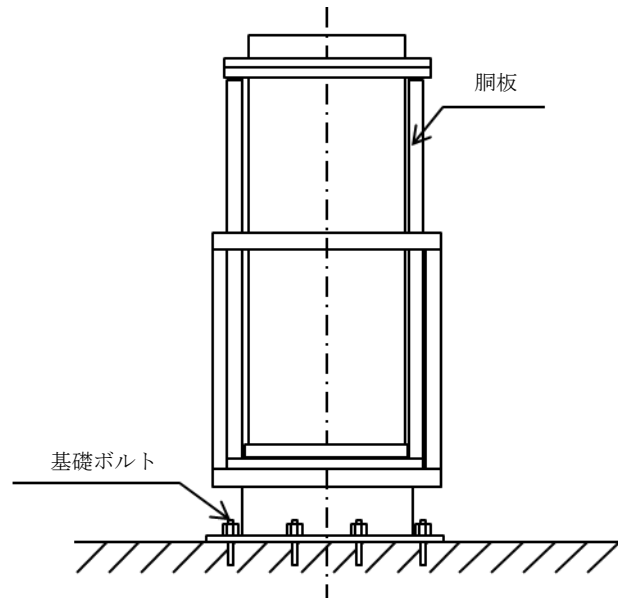


図-2 ゼオライト保管容器評価箇所

(2) 評価結果

各部材に生じる最大応力が許容応力以下であることを確認した。（表-2）

表-2 本体，基礎ボルトの応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	ASME SA240 Type 316L	一次一般膜	49	172
基礎ボルト	JIS G 3101 SS400	引張り	—	176
		せん断	21	135

2.1.3 補給水タンク

(1) 評価方法

本評価は、「付録2 平底たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震

性についての計算書作成の基本方針」(以下、「基本方針」という。)に準じて行う。応力評価箇所を図-3に示す。

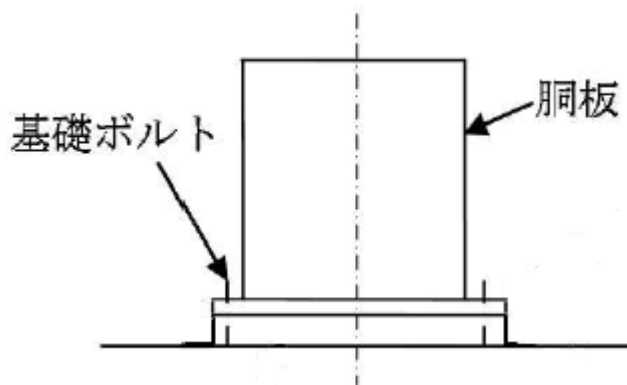


図-3 補給水タンク評価箇所

(2) 評価結果

各部材に生じる最大応力が許容応力以下であることを確認した。(表-3)

表-3 本体, 基礎ボルトの応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SUS304	一次一般膜	3	205
		圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha_B(P/A)}{f_c} + \frac{\alpha_B(M/Z)}{f_b} \leq 1$ 0.01 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	-	161
		せん断	11	124

2.1.4 主配管 (鋼管)

(1) 評価条件及び評価方法

a. 評価条件

評価条件として配管は, 配管軸直角2方向拘束サポートにて支持される両端単純支持はりモデル(図-4)とする。

次に, 当該設備における主配管(鋼管)について, 各種条件を表-4に示す。

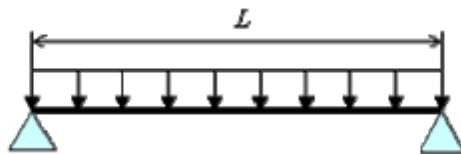


図-4 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

表-4 配管系における各種条件

配管分類	主配管（鋼管）		
配管クラス	クラス3相当		
耐震クラス	Bクラス		
設計温度（℃）	40		
配管材質	STPT410		
配管口径	40A	50A	80A
Sch	80	80	40
設計圧力（MPa）	0.98		

b. 評価方法

1次固有振動数 20Hz のサポートスパンを求め、水平方向震度による管軸直角方向の配管応力を評価する。

20Hz 固有振動数基準定ピッチスパン L は、下記の式で示される。

$$L = \sqrt{\frac{\lambda^2}{2 \cdot \pi \cdot f}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}}$$

- L : 支持間隔 (mm)
- λ : π (一次固有振動数の場合) (-)
- f : 一次固有振動数 (Hz)
- E : 縦弾性係数 (N/mm²)
- I : 断面二次モーメント (mm⁴)
- g : 重力加速度 (mm/s²)
- w : 等分布荷重 (N/mm)

自重による応力 S_w は、下記式で示される。

$$S_w = \frac{M}{Z} = \frac{w \cdot L^2}{8 \cdot Z}$$

- S_w : 自重による応力 (MPa)
 L : 支持間隔 (mm)
 M : 曲げモーメント (N・mm)
 Z : 断面係数 (mm³)
 w : 等分布荷重 (N/mm)

管軸直角方向の地震力による応力 S_s は、自重による応力 S_w の震度倍で下記の式で示される。

$$S_s = \alpha \cdot S_w$$

- S_s : 地震による応力 (MPa)
 α : 想定震度値 (-)

また、評価基準として JEAC4601-2008 に記載の供用応力状態 C_s におけるクラス 3 配管の一次応力制限を用いると、地震評価としては下記の式で示される。

$$S = S_p + S_w + S_s = S_p + S_w + \alpha \cdot S_w = S_p + (1 + \alpha) \cdot S_w \leq 1.0 \cdot S_y$$

- S : 内圧, 自重, 地震力による発生応力 (MPa)
 S_p : 内圧による応力 (MPa)
 S_y : 許容応力値 (設計降伏点) (MPa)

(2) 評価結果

両端単純支持はりモデルで、一次固有振動数 f が 20Hz 以上の支持スパンとなる配管サポート配置を設定し、各応力を計算した結果を表-5 に示す。表-5 より、一次固有振動数 f が 20Hz 以上の支持スパンとなる配管サポートの配置を設定することで、これらの配管の発生応力は、許容応力値を満足することを確認した。

表-5 応力評価結果（主配管（鋼管））

配管分類	主配管（鋼管）		
設計温度（℃）	40		
配管材質	STPT410		
配管口径	40A	50A	80A
Sch	80	80	40
設計圧力（MPa）	0.98		
内圧，自重，地震による 発生応力 S（MPa）	14	15	17
供用状態 Cs における 一次応力許容値 （MPa）	245		
最大支持間隔（m）	2.3	2.6	3.1

4. 耐震クラス分類に関する考え方

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、液体放射性物質を内包し、地上階に設置する設備については、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいしたゼオライト土嚢等の一部がダストとして大気中に拡散した場合の外部及び内部被ばく線量を合わせた場合、その実効線量は5mSv以下と評価されることから、耐震Bクラスと位置付けられる。

4.1 機能喪失による公衆への放射線影響の程度について

ゼオライト土嚢等処理設備について、機能喪失による公衆への放射線影響を確認するため、線量評価を実施した。評価条件については、高温焼却炉建屋、プロセス主建屋の順で作業を実施し、2建屋同時に実施しないことから1建屋における評価とし、最大放射線量となる以下の条件にて設定する。評価条件における放射性物質量を表-6に示す。

- ・ゼオライト保管容器：1基全容量分^{※1}
- ・ゼオライト移送配管：0^{※2}

※1 建屋には1基のみ設置し、全量充填した時点で建屋外に搬出する

※2 ゼオライト移送/脱塩/脱水後、配管のフラッシングを行う

表-6 評価条件における放射性物質量

核種	濃度 (Bq/g)	容積及び重量	放射性物質量 (Bq)
Cs-137	1.4E+8	2.87 (m ³)	7.2E+14
Cs-134	8.5E+6	5.14 (t)	4.4E+13

4.1.1 漏えいした放射性物質の直接線・スカイシャイン線による被ばく評価

地震により安全機能（遮へい機能・閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響が、1週間（7日間）継続したことを想定する。最寄りの線量評価点（BP7）における直接線・スカイシャイン線による被ばく量は5mSv以下である。

4.1.2 漏えいした放射性物質の大気中への拡散による被ばく評価

地震により安全機能（遮へい機能・閉じ込め機能）を失った際に、漏えいした放射性物質がダストとして放出したことを想定する。実効放出継続時間を1時間と仮定した場合の、最寄り線量評価点（BP7）におけるクラウドシャイン線、グランドシャイン線による外部被ばくおよびクラウドの吸入による内部被ばく量は5mSv以下である。

4.2 機動的対応等の影響を緩和する措置について

地震によりゼオライト土嚢等処理設備から液体又は固体の放射性物質が漏えいするおそれがある場合又は漏えいした場合を想定し、漏えいの拡大による敷地外への影響を防止又は緩和するため、以下の対策を講じる。

- ・震度5弱以上の地震発生時、遠隔操作室からの遠隔操作によりゼオライト土嚢等処理設備の運転を停止するとともに、タンク及び容器水位、漏えい検知器及び監視カメラによる漏えい確認を実施するとともに、ゼオライト土嚢等処理設備の重点パトロールを行い、設備の異常の有無を確認する。
- ・地震により耐震Bクラスの機器が損傷し、液体又は固体の放射性物質の漏えいが著しく拡大することを防止するために漏えい拡大防止堰を設置する。
- ・液体又は固体の放射性物質が漏えいし、堰内に滞った場合には、水洗等により建屋地下階へ排出を行う。
- ・ゼオライト土嚢等処理設備の配管に使用するポリエチレン管は、ポリエチレン管の外側にトラフを設置することで、漏えい拡大を防止する施工を行う。

以上

付録 1 横軸ポンプ（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の
耐震性についての計算書作成の基本方針

1. 一般事項

本基本方針は、横軸ポンプ（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算方法を示す。

1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は、原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会）に準拠する。

但し、材料強度に関する規準は、JSME S NC1-2005/2007 による。

1.2 計算条件

- (1) 横軸ポンプは構造的に1個の大きなブロック状をしており、重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり、かつ、下面が基礎ボルトにて固定されている。
したがって、全体的に一つの剛体と見なせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。
- (2) ポンプ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- (3) 地震力はポンプに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (4) ポンプは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は図1-1及び図1-2における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

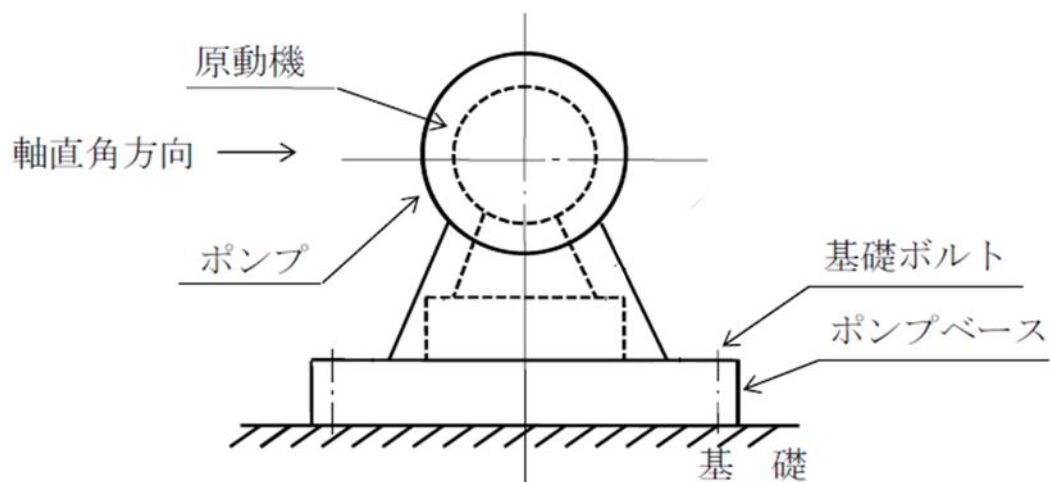


図1-1 概要図（横型ポンプ軸方向）

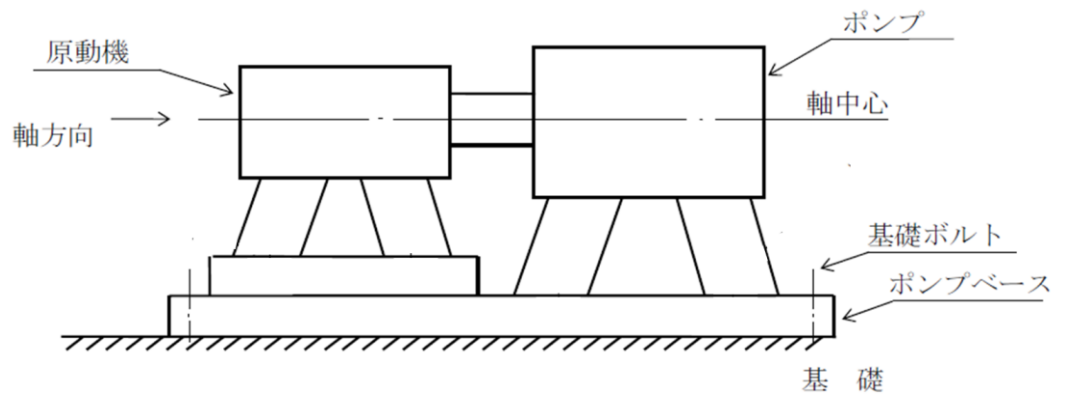


図1-2 概要図（横型ポンプ軸直角方向）

1.3 記号の定義

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_p	ポンプ振動による震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i''	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* ¹	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	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_{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	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
H_p	予想最大両振幅	μm
h_i	据付面から重心までの距離* ²	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離* ²	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離* ²	mm
M_p	ポンプ回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m_i	運転時質量* ²	kg
N	回転数 (原動機の同期回転数)	rpm
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
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
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記*1： h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ ：据付面

$i = 2$ ：ポンプ取付面

$i = 3$ ：原動機取付面

なお、ポンプと原動機間に減速機がある場合は、次のように定義する。

$i = 4$ ：減速機取付面

*2： $l_1 \leq l_2$

2. 評価部位

横軸ポンプの耐震評価は「1.2 計算条件」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。

3. 構造強度評価

3.1 計算方法

3.1.1 応力の計算方法

(1) ボルトに加わる荷重の計算モデル

ボルトの応力は地震による震度、ポンプ振動による震度及びポンプ回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

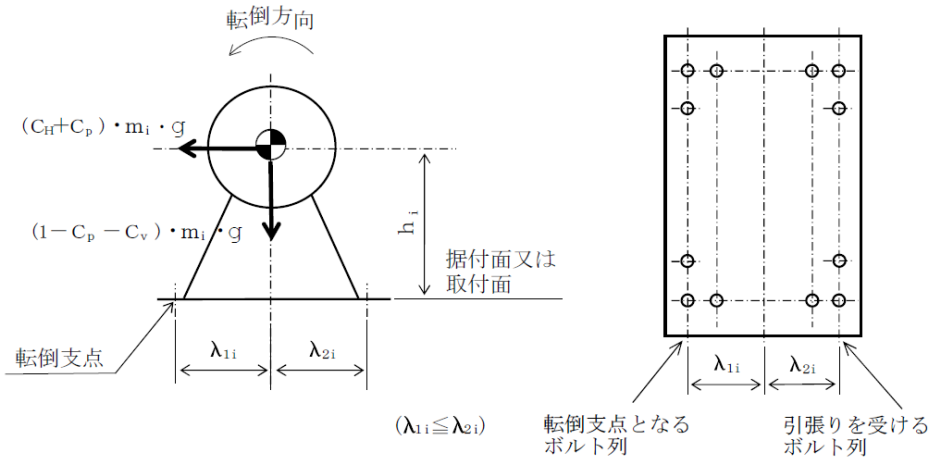


図3-1 計算モデル
(軸直角方向転倒の場合)

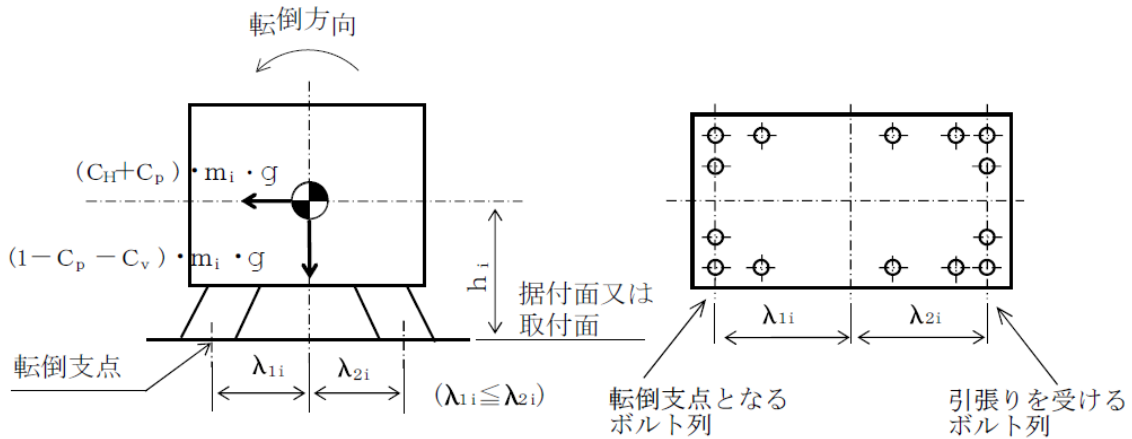


図3-2 計算モデル
(軸方向転倒の場合)

(2) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図3-1及び図3-2で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

なお、ポンプと原動機のベースが共通である場合の基礎ボルト (i=1) 及び計算モデル図3-2の場合のボルト (i=1~4) については、ポンプ回転によるモーメントは作用しない。

引張力

計算モデル図3-1及び図3-2の場合の引張力

【絶対値和】

$$\begin{aligned}
 F_b &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_p) \cdot h_i + M_p - m_i \cdot g \cdot (1 - C_p - C_v) \cdot l_1}{n_{f \cdot} \cdot (l_1 + l_2 \cdot)} \\
 &= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_v \cdot l_1) + m_i \cdot C_p \cdot g \cdot (h_i + l_1) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_1}{n_{f \cdot} \cdot (l_1 + l_2 \cdot)} \\
 &\dots\dots\dots (3. 1-1)
 \end{aligned}$$

ここで、ポンプ回転により作用するモーメントM_pは次式で求める。

$$\begin{aligned}
 M_p &= \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \dots\dots\dots (3. 1-2) \\
 &(1kW = 10^6 N \cdot mm/s)
 \end{aligned}$$

また、 C_p はポンプ振動による振幅及び原動機の同期回転数を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_p = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_p}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60}\right)^2}{g \cdot 1000} \dots\dots\dots (3.1-3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.1-4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.1-5)$$

ただし、 F_b が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(3) せん断応力

ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \dots\dots\dots (3.1-6)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3.1-7)$$

3.2 応力の評価

3.2.1 ボルトの応力評価

3.1.1で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (3.2-1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は表3-1による。

表 3-1 基礎ボルトの許容応力

耐震 クラス	供用 状態	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
B	C _s	$1.5\left(\frac{F}{2}\right)$	$1.5\left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}}\right)$

以上

付録 2 平底たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類 B クラス）の
耐震性についての計算書作成の基本方針

1. 一般事項

本基本方針は、平底たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算方法を示す。

1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は、原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会）に準拠する。

但し、材料強度に関する規準は、JSME S NC1-2005/2007 による。

1.2 計算条件

- (1) 容器及び内容物の質量を重心位置に集中させる。
- (2) 容器下端は固定とする。
- (3) 容器は鉛直方向に剛とみなす。
- (4) 水平方向については、容器を梁と考慮して曲げ変形及びせん断変形を考慮する。
- (5) 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させて応力を計算し、強度評価において各応力を組み合わせる。

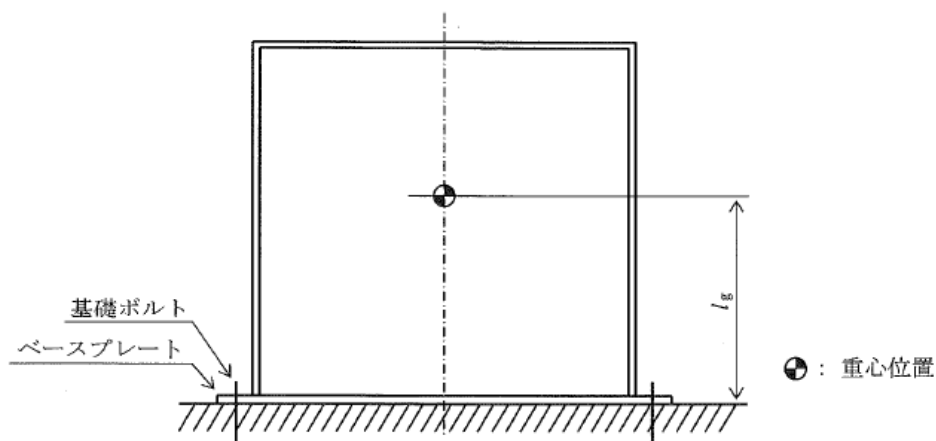


図1-1 概要図

1.3 記号の定義

記号	記号の定義	単位
A	胴の軸断面積	mm^2
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_e	胴の有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
C_c	基礎ボルト計算における係数	—
C_t	基礎ボルト計算における係数	—
D_{bi}	ベースプレートの内径	mm
D_{bo}	ベースプレートの外径	mm
D_c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に定める値	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	—
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値。なお、支持構造物の許容応力は、設計・建設規格 SSB-3121.1 又は SSB-3131 に定める値。	MPa
F_c	基礎に作用する圧縮力	N
F_t	基礎ボルトに作用する引張力	N
f_b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f_c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎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基礎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
I	胴の断面二次モーメント	mm^4
K_H	水平方向ばね定数	N/mm
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
L	胴長	mm
l_1, l_2	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
l_g	基礎から容器重心までの距離	mm

記号	記号の定義	単位
M	胴に作用する転倒モーメント	N・mm
m_e	容器の空質量	kg
m_o	容器の運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P	胴の軸圧縮荷重	N
P_r	最高使用圧力	MPa
R	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
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T_H	水平方向固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
t_1	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t_2	圧縮側基礎相当幅	mm
Z	断面係数	mm ³
z	基礎ボルト計算における係数	—
a	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
α_B	座屈応力に対する安全率	—
$\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3$	座屈計算における係数	—
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
ρ	液体の比重	—
σ_0	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	胴の組合せ一次一般膜応力 (圧縮側)	MPa
σ_{0t}	胴の組合せ一次一般膜応力 (引張側)	MPa
σ_2	地震力のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2\phi}$	地震力のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
σ_{2c}	地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和の変動値 (圧縮側)	MPa
σ_{2t}	地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和の変動値 (引張側)	MPa
σ_{2xc}	地震力のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (圧縮側)	MPa

記号	記号の定義	単位
σ_{2xt}	地震力のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和（引張側）	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向応力，周方向応力	MPa
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	鉛直方向地震力による胴の軸方向応力	MPa
σ_{x4}	水平方向地震力による胴の軸方向応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和（圧縮側）	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和（引張側）	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり，胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

注：「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007）（日本機械学会 2005年9月及び2007年9月）を言う。

2. 計算方法

2.1 固有周期の計算

(1) 計算モデル

本容器は、1.2 項より図 2-1 に示す構造をもつ平底たて置円筒形容器に適用する。

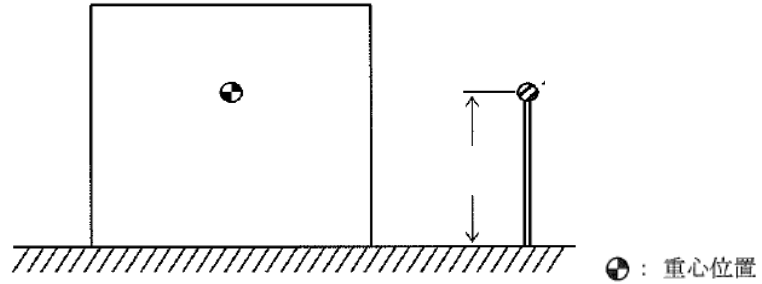


図 2-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

固有周期は、次による。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_H}} \dots\dots\dots (2-1)$$

ここで、曲げ及びせん断変形によるばね定数 K_H は、次による。

$$K_H = \frac{I}{\frac{l_g^3}{3EI} + \frac{l_g}{GAe}} \dots\dots\dots (2-2)$$

胴の断面性能は、次による。

$$I = \frac{\pi}{8} (Di + t)^3 t \dots\dots\dots (2-3)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (Di + t) t \dots\dots\dots (2-4)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向については、剛構造とみなす。

2.2 応力の計算

2.1 項の計算で得られた固有周期から、耐震クラスに応じた設計震度及び地震力を決定し、応力計算を行う。

静的地震力を用いる場合は絶対値和を適用する。なお、B、Cクラスに対する応力を計算する場合には、一次＋二次応力を計算することを要しない。また、鉛直地震力は考慮しない。

2.2.1 胴の応力

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i}{2t} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i C_v}{2t} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$\sigma_{x1} = 0 \dots\dots\dots (2-7)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (2-8)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \dots\dots\dots (2-9)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \dots\dots\dots (2-10)$$

(2) 運転時質量による応力及び鉛直方向地震時の運転時質量による応力

胴のベースプレートと接合する点に生じる軸方向応力は、次のように求める。

$$\sigma_{x2} = \frac{m_e g}{\pi (D_i + t) t} \dots\dots\dots (2-11)$$

$$\sigma_{x3} = \frac{C_v m_e g}{\pi (D_i + t) t} \dots\dots\dots (2-12)$$

(3) 水平方向地震力による応力

水平方向地震力による胴のベースプレート結合部に作用する曲げモーメントにより生じる軸方向応力及び水平方向地震力により生じるせん断応力は、次のように求める。

$$\sigma_{x4} = \frac{4 C_H m_0 g l_g}{\pi (D_i + t)^2 t} \dots\dots\dots (2-13)$$

$$\tau = \frac{2 C_H m_0 g}{\pi (D_i + t) t} \dots\dots\dots (2-14)$$

(4) 組合せ応力

(1)～(3)項によって算出される胴の応力は、次により組み合わせる。

a. 一次一般膜応力【絶対値和】

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_\phi = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} \dots\dots\dots (2-16)$$

$$\sigma_{0 t} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{x t} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{x t})^2 + 4 \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2-17)$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_\phi = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (2-18)$$

$$\sigma_{x c} = -\sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} \dots\dots\dots (2-19)$$

$\sigma_{x c}$ が正の値（圧縮側）の場合は、組合せ圧縮応力は次による。

$$\sigma_{0 c} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{x c} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{x c})^2 + 4 \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2-20)$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は、次による。

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0 t}, \sigma_{0 c}] \dots\dots\dots (2-21)$$

b. 一次応力（膜+曲げ）

一次応力（膜+曲げ）は「a. 一次一般膜応力」に示す式により組合せ応力として算出した値と同じである。

2.2.2 基礎ボルトの応力

(1) 引張応力

基礎に作用する転倒モーメント M は、次による。

$$M = C_H m_0 g l_g \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合条件を考慮する。(図2-2参照)

以下にその手順を示す。

$$t_1 = \frac{n A_b}{\pi D_c} \quad \dots\dots\dots (2-23)$$

$$t_2 = \frac{1}{2}(D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \quad \dots\dots\dots (2-24)$$

- a. σ_b, σ_c を仮定して、中立軸の荷重係数 k を求める。

$$k = \frac{I}{I + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \quad \dots\dots\dots (2-25)$$

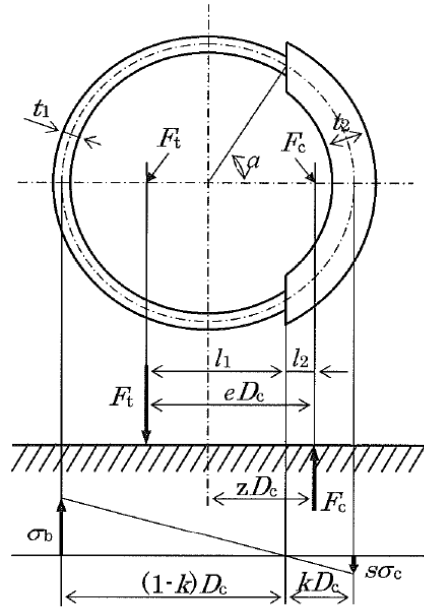
- b. 中立軸を定める角度 a を求める。

$$a = \cos^{-1}(1 - 2k) \quad \dots\dots\dots (2-26)$$

- c. 各定数 e, z, C_t, C_c を計算する。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - a) \cos^2 a + \frac{1}{2}(\pi - a) + \frac{3}{2} \sin a \cos a}{(\pi - a) \cos a + \sin a} + \frac{\frac{1}{2}a - \frac{3}{2} \sin a \cos a + a \cos^2 a}{\sin a - a \cos a} \right\} \quad \dots\dots\dots (2-27)$$

$$z = \frac{1}{2} \left\{ \cos a + \left(\frac{\frac{1}{2}a - \frac{3}{2} \sin a \cos a + a \cos^2 a}{\sin a - a \cos a} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (2-28)$$



$$C_t = \frac{2\{(\pi - a)\cos a + \sin a\}}{1 + \cos a} \dots\dots\dots (2-29)$$

$$C_c = \frac{2(\sin a - a \cos a)}{1 - \cos a} \dots\dots\dots (2-30)$$

d. 各定数を用いて F_t , F_c を求める。【絶対値和】

$$F_t = \frac{M - (1 - C_V) m_0 g z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \dots\dots\dots (2-31)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_V) m_0 g \dots\dots\dots (2-32)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 a が π に等しくなったときであるので、式 (2-31) 及び式 (2-32) において a を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$, $z = 0.25$ を式 (2-35) に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判定する。

- ・ $F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。
- ・ $F_t > 0$ ならば引張力は作用しているので以降の計算を行う。

e. σ_b , σ_c を求める。

a. 項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。

$$\sigma_b = \frac{2F_t}{t_1 D_c C_t} \dots\dots\dots (2-33)$$

$$\sigma_c = \frac{2F_c}{(t_2 + s t_1) D_c C_c} \dots\dots\dots (2-34)$$

(2) せん断応力

$$\tau_b = \frac{C_H m_o g}{n A_b} \dots\dots\dots (2-35)$$

3. 強度評価

3.1 胴の応力

2.2.1(4)項で求めた組合せ応力が、胴の最高使用温度における表3-1に示す許容応力 S_a 以下であること。

なお、一次応力（膜+曲げ）の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

表3-1 胴の許容応力

耐震クラス	供用状態	許容応力 S_a	
		一次一般膜応力	一次応力(膜+曲げ)
B, C	C s	$\min[S_y, 0.6S_u]$ 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は、 1.2S とすることができる。	S_y 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は、 1.2S とすることができる。

3.2 胴の座屈

座屈に対する評価が必要な場合は、「JEAC4601-2008 4.2.3.1(1)c クラスMC容器の座屈防止」に規定する評価式によることができる。軸圧縮荷重と曲げモーメントが負荷されるクラスMC容器は、共用状態C s及びD sにおいて次の不等式を満足しなければならない。

$$\frac{\alpha_B(P/A)}{f_c} + \frac{\alpha_B(M/Z)}{f_b} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

式(3-1)は $L/R \leq 5$ の場合に適用できる。ただし、強め輪等により $L/R \leq 0.5$ となる場合は、強め輪の効果を考慮することができる。

ここで、 f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力は次による。

$$f_c = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left\{ 1 - \frac{1}{6800g} (F - \Phi_c \{ \eta_2 \}) (\eta - \eta_1) \right\} & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \quad \dots\dots (3-2) \\ \Phi_c \{ \eta \} & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

$$\Phi_c \{ \eta \} = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \sqrt{\eta} \right) \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

また、 f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力は次による。

$$f_b = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left\{ 1 - \frac{I}{8400g} (F - \Phi_b \{\eta_3\}) (\eta - \eta_1) \right\} & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \quad \cdots (3-4) \\ \Phi_b \{\eta\} & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

$$\Phi_b \{\eta\} = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{I}{16} \sqrt{\eta} \right) \right\} \right] \quad \cdots \cdots \cdots (3-5)$$

α_B は安全率で、次による。

$$\alpha_B = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13600g} (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \quad \cdots \cdots \cdots (3-6) \\ 1.5 & (\eta_2 \leq \eta) \end{cases}$$

ここで、 $\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3$ は座屈計算における係数で、次による。

$$\eta = R/t \quad \cdots \cdots \cdots (3-7)$$

$$\eta_1 = 1200 \text{ g/F} \quad \cdots \cdots \cdots (3-8)$$

$$\eta_2 = 8000 \text{ g/F} \quad \cdots \cdots \cdots (3-9)$$

$$\eta_3 = 9600 \text{ g/F} \quad \cdots \cdots \cdots (3-10)$$

3.3 基礎ボルトの応力

2.2.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は表3-2による。

$$f_{ts} = \min [1.4f_{to} - 1.6\tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (3-11)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は表3-2による。

表3-2 基礎ボルトの許容応力

耐震 クラス	供用 状態	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
B, C	C _s	$1.5 \left(\frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

以上

ゼオライト土嚢等処理設備の構造強度に関する説明書

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する設備について、構造強度評価の基本方針に基づき、構造強度の評価を行う。

1. 強度評価の基本方針

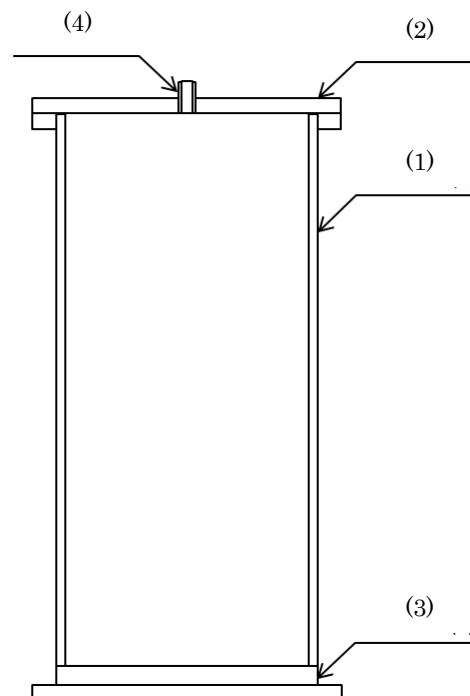
ゼオライト土嚢等処理設備のうち、ゼオライト土嚢等又はR0処理水を内包する容器及び配管については、「JSME S NC1-2005/2007 追補版 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス3機器に準拠して評価を行う。

2. 強度評価の方法・結果

2.1 ゼオライト保管容器

2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－１に示す。



図中の番号は、2.1.2, 2.1.3の番号に対応する。

図－１ ゼオライト保管容器概要図

2.1.2 評価方法

(1) 胴板の評価

胴板の必要厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

胴板の最小厚さは、1.5mm とする。

b. 計算上必要な最小厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

t_2 : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_i : 胴の内径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

(2) 上部平板の評価

上部平板の必要厚さは、次に掲げる値とする。

計算上必要な最小厚さ： t

$$t = d \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

t : 必要厚さ (mm)

d : 平板の径 (mm)

K : 取付方法による係数 (-)

P : 最高使用圧力 (MPa)

S : 許容引張応力 (MPa)

(3) 下部平板の評価

下部平板の必要厚さは、次に掲げる値とする。

計算上必要な最小厚さ： t

$$t = d \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

t : 必要厚さ (mm)

d : 平板の径 (mm)

- K : 取付方法による係数 (-)
- P : 最高使用圧力 (MPa)
- S : 許容引張応力 (MPa)

(4) 管台の厚さの評価

管台の必要厚さは、次に掲げる値とする。

計算上必要な厚さ： t

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

- t : 必要厚さ (mm)
- D_o : 管台の外径 (mm)
- S : 許容引張応力 (MPa)
- η : 継手効率 (-)
- P : 最高使用圧力 (MPa)

(5) 補強を必要としない穴の最大径の評価

平板の穴の径が d の値の 1/2 以下のため、補強を必要としない。

2.1.3 評価結果

評価結果を表-1に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

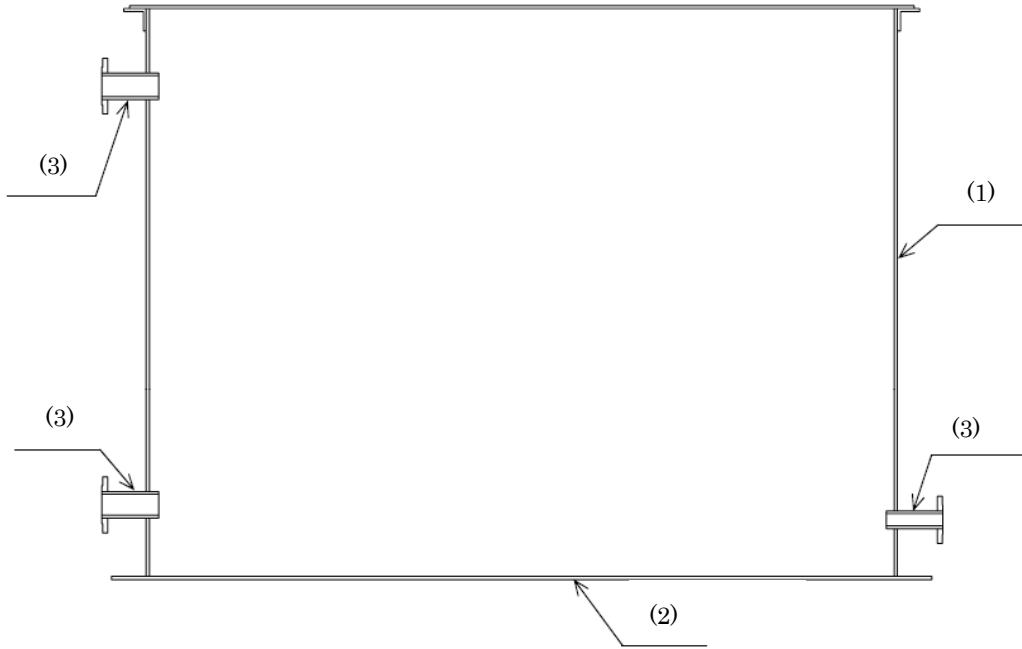
表-1 ゼオライト保管容器の評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
ゼオライト 保管容器	(1) 胴の厚さ	7.63	11.70
	(2) 上部平板の厚さ	73.83	87.90
	(2) 下部平板の厚さ	66.00	87.90
	(3) 管台の厚さ (N1 入口)	0.26	3.42
	(3) 管台の厚さ (N2 上部フィルタ出口)	0.21	3.22
	(3) 管台の厚さ (N3 下部フィルタ出口)	0.21	3.22
	(3) 管台の厚さ (N4 ベント)	0.14	2.96
	(3) 管台の厚さ (N5 液位計)	0.26	3.42
	(3) 管台の厚さ (N6 液位計)	0.26	3.42

2.2 補給水タンク

2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



図中の番号は、2.2.2、2.2.3の番号に対応する。

図-2 補給水タンク概要図

2.2.2 評価方法

(1) 胴板の評価

胴板の必要厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

胴板の最小厚さは、1.5mmとする。

b. 計算上必要な最小厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_2 : 必要厚さ (mm)

D_i : 胴の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重。ただし、1未満の場合は1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率(-)

(2) 底板の評価

基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm 以上であること (PVD-3010 クラス 3 容器より)。

(3) 管台の厚さの評価

管台の必要厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ : t_1

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

b. 計算上必要な最小厚さ : t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_2 : 必要厚さ (mm)

D_i : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重。ただし、1 未満の場合は 1 とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率(-)

(4) 補強を必要としない穴の最大径の評価

胴板の穴の径が 85mm 以下のため、補強を必要としない。

2.2.3 評価結果

評価結果を表-3, 4に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

表-3 補給水タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
補給水 タンク	(1) 胴の厚さ	1.50	6.56
	(2) 底板の厚さ	3.00	9.60
	(3) 管台の厚さ ((1) 補給水出口)	3.50	4.01
	(3) 管台の厚さ ((2) ドレン)	2.40	2.60
	(3) 管台の厚さ ((3) オーバーフロー)	3.50	4.01

表-4 補給水タンクの評価結果（胴の穴の補強計算要否確認）

機器名称	評価項目	補強の計算を要しない 穴の最大径(mm)	穴の径 (mm)
補給水 タンク	(4)胴 ((1)補給水出口管台)	85	81.08
	(4)胴 ((2)ドレン管台)	85	55.30
	(4)胴 ((3)オーバーフロー管台)	85	81.08

2.3 主配管（鋼管）

2.3.1

強度評価箇所を図-3～図-6に示す。

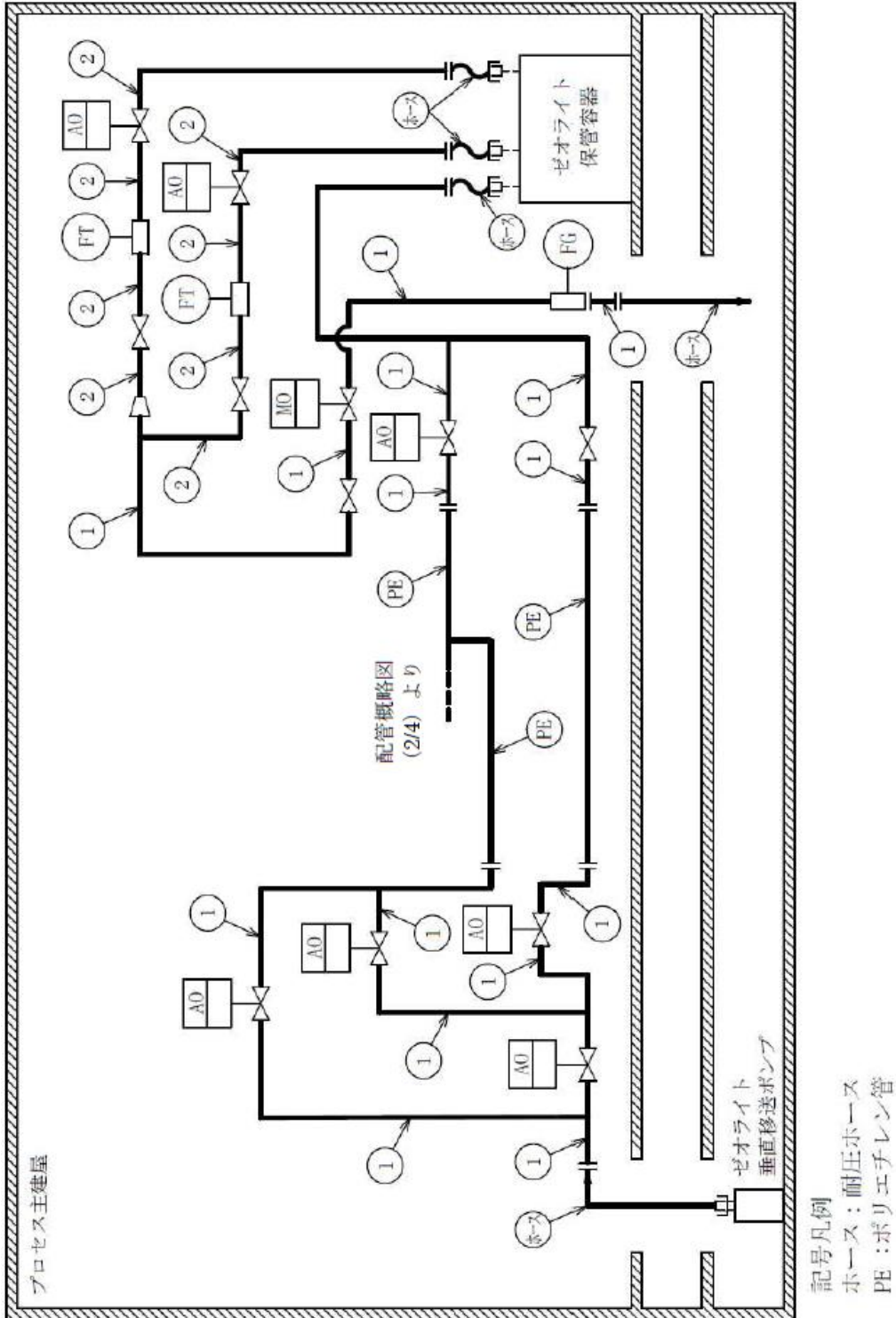
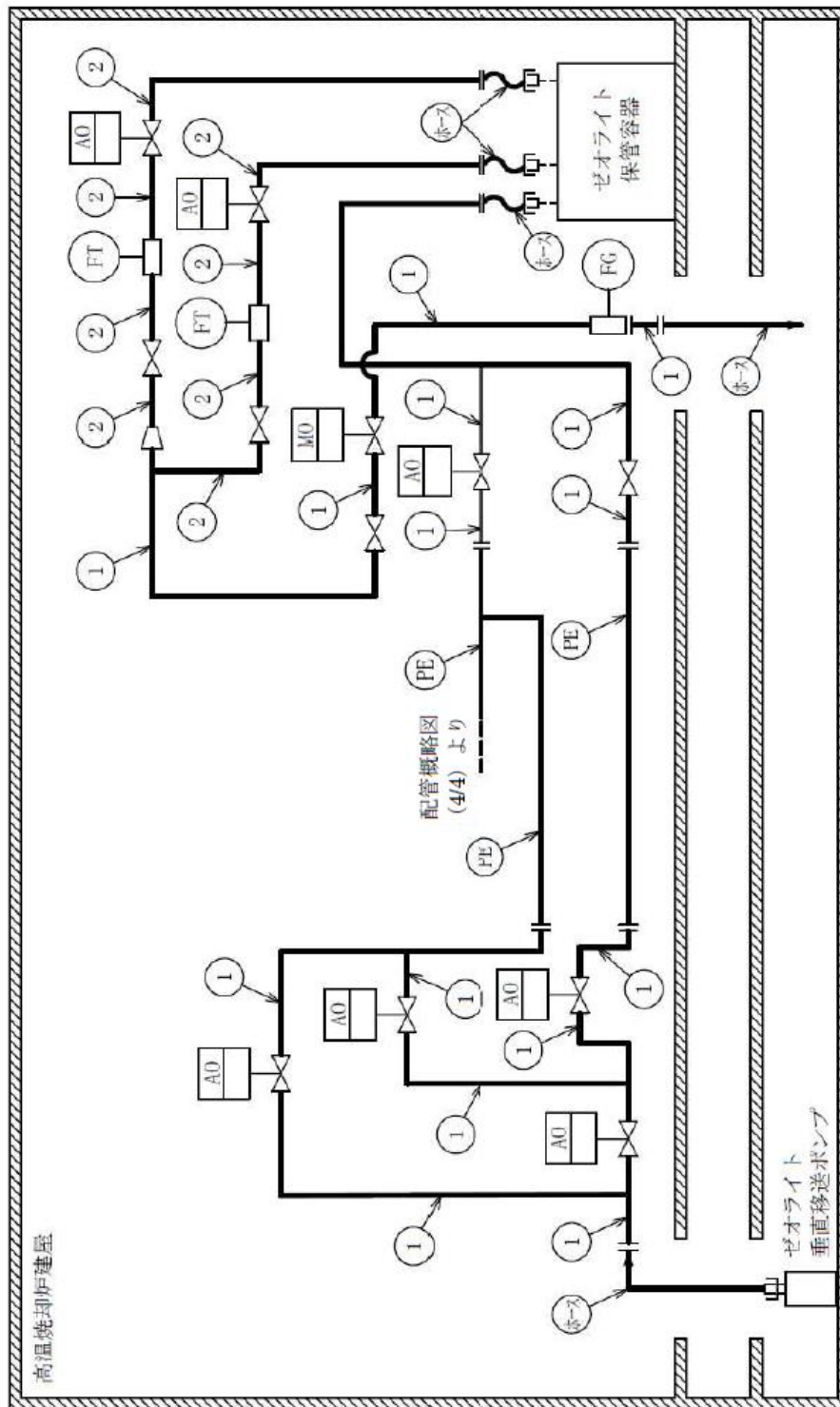


図-3 配管概略図 (1/4)
(主配管 (プロセス主建屋))



記号凡例
 ホース：耐圧ホース
 PE：ポリエチレン管

図-5 配管概略図 (3/4)
 (主配管 (高温焼却炉建屋))

2.3.2 評価方法

鋼管の最小厚さが設計・建設規格 PPD-3411 式(PPD-1.3)又は設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

管の必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

- t : 管の計算上の必要な厚さ (mm)
 P : 最高使用圧力 (MPa)
 D_0 : 管の外径 (mm)
 S : 許容引張応力 (MPa)
 η : 継手効率 (-)

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ： t_r

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

2.3.3 評価結果

評価結果を表-5に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-5 主配管（鋼管）の構造強度評価結果

No.	外径 (mm)	材料	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	必要 厚さ (mm)	最小 厚さ (mm)
①	60.50	STPT410	0.98	40	2.40	4.81
②	48.60	STPT410	0.98	40	2.20	4.46
③	89.10	STPT410	0.98	40	3.00	4.81

以上

工事工程表

	2023年				2024年											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ゼオライト 土嚢等処理 設備設置 (HTI)																
	[現地据付組立]															
				△ ①			△ ①, ②, ③									
ゼオライト 土嚢等処理 設備設置 (PMB)																
								[現地据付組立]								
								△ ①				△ ①, ②, ③				

[] : 現地据付組立

① : 構造、強度又は漏えいに係る試験をすることができる状態になった時

② : 設備の組立てが完了した時

③ : 工事の計画に係る工事が完了した時

ゼオライト土嚢等処理設備の放射性物質の閉じ込めに関する説明書

1. 基本的な考え方

ゼオライト土嚢等処理設備については、使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則に沿った設計とする。作業エリアについては、ダスト管理エリア又は一般エリアに区域設定し、放射性物質を限定されたダスト管理エリアに適切に閉じ込める設計とする（図－1）。

ゼオライト土嚢等の移送は建屋内かつ配管・容器内で行う計画であり、開放状態でゼオライト土嚢等を直接扱わない設計とする。機器内をダスト取り扱いエリアとし、ハウス内をダスト管理エリアとする。ゼオライト土嚢等の放射性物質については、換気空調設備にてハウス内部を負圧にすることで放射性物質をダスト管理エリアに閉じ込めることを基本とする。

2. 想定される事象に対する閉じ込めの考え方

想定される事象に対する閉じ込めの考え方は以下のとおり。

(1) 通常運転時

- 換気空調設備にてハウス内部を負圧に維持することにより、放射性物質をハウス内（ダスト管理エリア）に閉じ込める。ハウス区画の合計開口面積，開口部風速を考慮の上，負圧を維持可能な排気風量の設計とする。排気系統の動的機器は、メンテナンスや単一故障時も負圧維持が可能となるよう多重化する。
- ゼオライト等の脱水時に発生する排水，排気については地下階へ排出する。排出時の地上階への影響評価を実施の上，作業への影響がない設計とする。また地上階については，常時ダストモニタで監視し，地上階への影響がないことを確認する。
- ゼオライト保管容器の搬出時における，保管容器とゼオライト移送配管の接続部について，取り外し時にゼオライト移送配管内部のダストの放出を防止するため，移送配管のフラッシング後，弁等で系統を隔離し，保管容器の入口配管，出口配管，ベント配管よりホースを取り外す。また，取り外し時にゼオライト保管容器内部のダストの放出を防止するため，自動閉止機構等を設ける。

(2) 負圧維持に必要な設備の機能喪失時^{*1}

負圧維持に必要な設備の機能喪失時においても，開放状態でゼオライト等を直接扱わないことから，放射性物質は機器内に閉じ込められる。

*1： Bクラス地震によるCクラス設備の損傷時等，排風機が機能しない場合

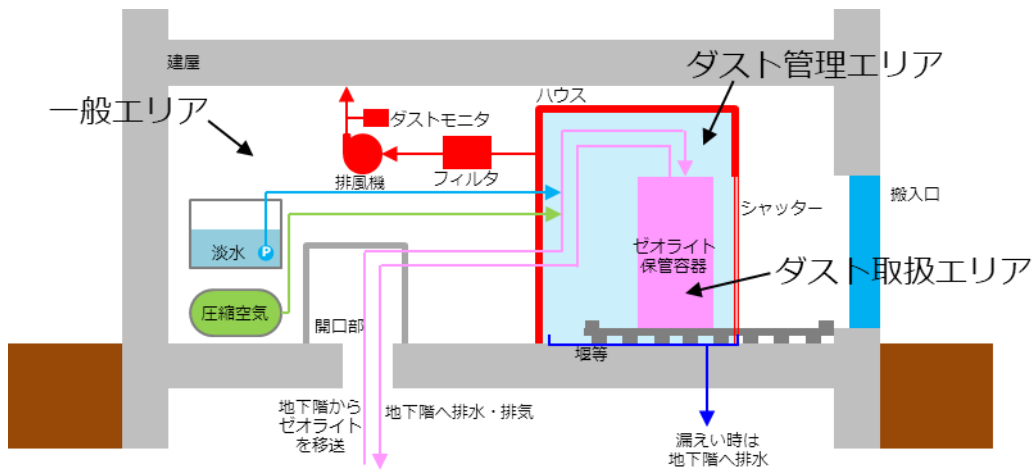


図-1 閉じ込め機能の概要図

以上

ゼオライト土嚢等処理設備に係る確認事項

1. ゼオライト土嚢等処理設備（プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋）
ゼオライト土嚢等処理設備に係る主要な確認事項を表－ 1 ～ 9 に示す。
溶接検査に関する確認事項を表－ 1 0 に示す。

表－ 1 確認事項（ゼオライト保管容器）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.5 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏洩がないことを立会または記録により確認する。	最高使用圧力の 1.5 倍に耐え、かつ構造物の変形等ないこと。また、耐圧部からの漏えいがないこと。

表－2 確認事項（補給水タンク）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	設計・建設規格に基づき，耐圧・漏えい試験を実施する。	各部からの有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。

表－3 確認事項（垂直移送ポンプ，補給水ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。 また，異音，発煙，異常振動等がないこと※。

※ 現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて記録を確認する。

表－４ 確認事項（主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認※	最高使用圧力の 1.5 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏洩がないことを立会または記録により確認する。	最高使用圧力の 1.5 倍に耐え、かつ構造物の変形等ないこと。また、耐圧部からの漏えいがないこと。

※：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－５ 確認事項（主配管（ポリエチレン管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認※	製品の最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏洩がないことを立会または記録により確認する。	製品の最高使用圧力に耐え、かつ構造物の変形等ないこと。また、耐圧部からの漏えいがないこと。

※：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－6 確認事項（主配管（耐圧ホース））

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認※	最高使用圧力の1.5倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏洩がないことを立会または記録により確認する。	最高使用圧力の1.5倍に耐え、かつ構造物の変形等ないこと。また、耐圧部からの漏えいがないこと。

※：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－7 確認事項（換気空調装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	装置の運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。 また、異音、発煙、異常振動等がないこと※。

※：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－8 確認項目（漏えい検出装置及び警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	漏えい 警報確認	漏えい信号により, 警報が作動することを確認する。	警報が作動すること。

表－9 確認項目（ゼオライト土嚢等処理設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定
性能	運転性能 確認	通水可能であることを確認する。	通水することが可能であること。
	性能確認	ゼオライト土嚢等の回収状態を確認する。	ゼオライト土嚢等が回収できること。

表－１０ 確認事項（海外製品溶接検査）

確認事項	確認項目	実施計画記載事項※ ¹	確認内容	判定
溶接検査	材料検査	ゼオライト保管容器	溶接に使用する材料が、ASME Sec. VIII等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合することを記録で確認する。	溶接に使用する材料が、ASME Sec. VIII等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合するものであること。
	開先検査	ゼオライト保管容器	開先形状等が、ASME Sec. VIII等に適合するものであることを記録で確認する。	開先形状等が、ASME Sec. VIII等に適合するものであること。
	溶接作業検査	ゼオライト保管容器	ASME Sec. IX等に定められた溶接施工法により、溶接されていること及び溶接士の資格を有しているものにより、溶接が行われていることを記録で確認する。	ASME Sec. IX等で定められた溶接施工法及び溶接士により溶接施工をしていること。
	耐圧・漏えい検査	ゼオライト保管容器	検査圧力で保持した後、検査圧力に耐えていること及び耐圧部分から漏えいがないことを記録で確認する。	検査圧力で保持した後、検査圧力に耐えていること及び耐圧部分から漏えいがないこと。
	外観検査	ゼオライト保管容器	各部の外観を確認する。※ ²	外観上、傷・へこみ及び変形等の異常がないこと。

※¹：「表－１０ 確認事項（海外製品溶接検査）」の確認範囲は、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則」の第26条第4号に規定する範囲とする。なお、適用する規格で使用が認められている材料の溶接部に係る確認は、適用する規格の条件に適合していることについて行う。

※²：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

以上

地下階での ROV を使用した作業に関する説明書

ゼオライト土嚢等処理設備は、充填・脱水設備で地下階のゼオライト土嚢等を地上階に抜き出し、ゼオライト保管容器に充填・脱水するために、地下階で ROV を使用してゼオライト土嚢等を充填・脱水設備まで移動させる作業を実施する。

1. 地下階での ROV を使用した作業に関する基本方針

地下階で ROV を使用してゼオライト土嚢等を充填・脱水設備まで移動させる作業は、2 種類の ROV を使用して実施し、ROV による遠隔作業で、地下階にポンプ・ホース・中継容器等を敷設して、ゼオライト土嚢等をゼオライト垂直移送ポンプに集めることにより地上階に抜き出す。作業に使用する主な機器は以下の通り。

(1) 容器封入作業用 ROV

作業アームを持ち、地下階に移送ホースを敷設し作業用アームで、ゼオライト水平移送ポンプ等を使用して、ゼオライトの移動作業を実施する

(2) ケーブル整線用 ROV

容器封入作業用 ROV の途中のケーブルを整えるとともに送り出すことで、容器封入作業用 ROV を補助する。また、容器封入作業用 ROV の作業補助のため、作業アームを有する。アームを使用して非常時に ROV の救援を実施する。

(3) ゼオライト中継容器（垂直移送用）

ゼオライト土嚢等をゼオライト垂直移送ポンプに供給するための容器

(4) ゼオライト中継容器（水平移送用）

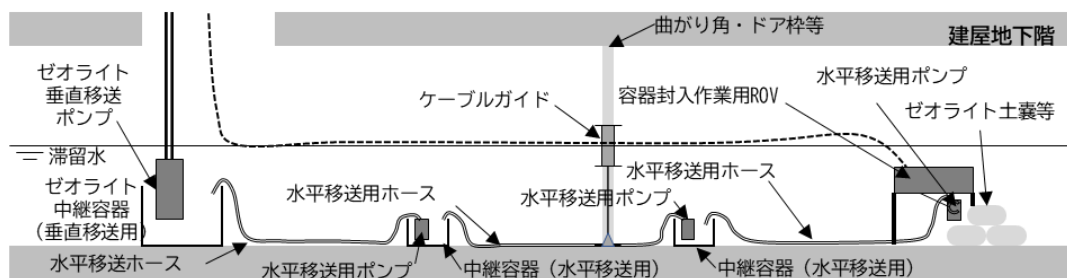
ゼオライト土嚢等を地下階で水平移送する際の小型の中継容器

(5) ゼオライト水平移送ポンプ

ゼオライト土嚢等を地下階で水平移送する際の小型ポンプ

(6) ゼオライト水平移送ホース

ゼオライト土嚢等を地下階で水平移送する際のホース



1.1 作業で使用する機器に要求される基本的な機能

(1) 容器封入作業用 ROV

- ・カメラによる周囲の監視機能
- ・遊泳して移動する機能
- ・アームで作業をする機能
- ・脚を展開して潜水して自身を固定する機能

(2) ケーブル整線用 ROV

- ・カメラによる周囲の監視機能
- ・遊泳して移動する機能
- ・アームで作業をする機能
- ・ローラーでケーブルを送出する機能

(3) ゼオライト中継容器（垂直移送用）

- ・ゼオライト土嚢等を一時的に貯留する機能
- ・ゼオライト土嚢等を滞留水と混合して垂直移送ポンプに供給する機能

(4) ゼオライト中継容器（水平移送用）

- ・ゼオライト土嚢等を一時的に貯留する機能

(5) ゼオライト水平移送ポンプ，ホース

- ・ゼオライト土嚢等を一時的に貯留する機能

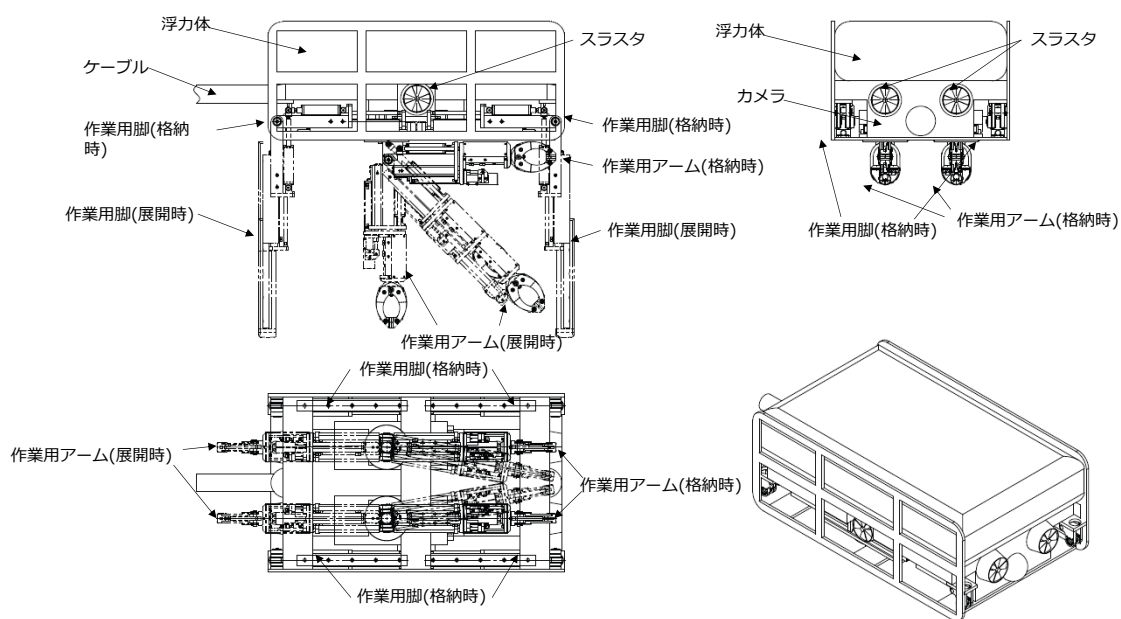
(5) ゼオライト水平移送ホース

- ・ゼオライト土嚢等を水平移送する機能

1.2 主な機器の仕様

(1) 容器封入作業用 ROV

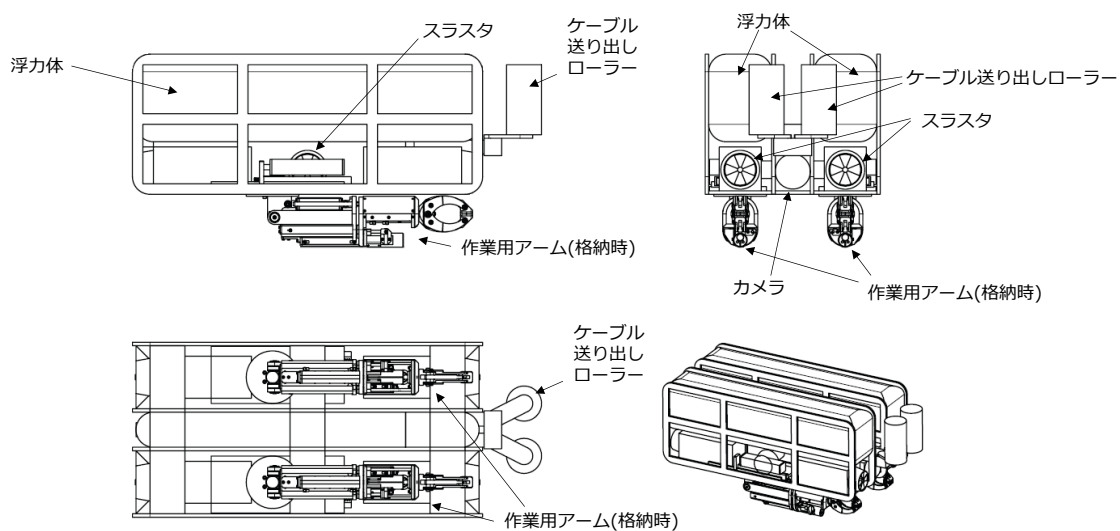
名称	容器封入作業用 ROV
主要寸法	長さ 1000 mm × 幅 600 mm × 高さ 551 mm (水面移動時)
装置重量	全体重量：100kg (気中) 水中重量：0kg (水面移動時) 40kg (床面での回収作業時)
可搬重量	10kg
作業用アーム	2 本(1 本につき可搬重量 10kg)
作業用脚	4 本
ケーブル径	60mm
ケーブル長	110m



容器封入作業用 ROV

(2) ケーブル整線用 ROV

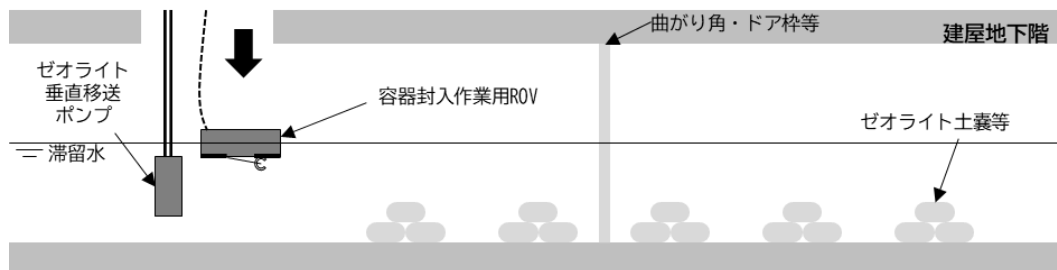
名称	ケーブル整線用 ROV
主要寸法	長さ 1000 mm × 幅 500 mm × 高さ 551 mm (水面移動時)
装置重量	全体重量 : 80kg (気中) 水中重量 : 0kg (水面移動時) 20kg (バラストタンク内注水時)
可搬重量	10kg
作業用アーム	2 本(1 本につき可搬重量 10kg)
ケーブル径	40 mm
ケーブル長	110 m



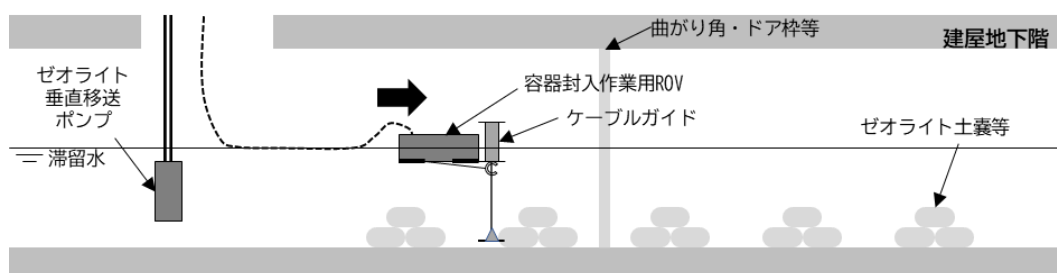
ケーブル整線用 ROV

2. 容器封入作業用 ROV で実施する具体的な作業
作業ステップを以下に示す。

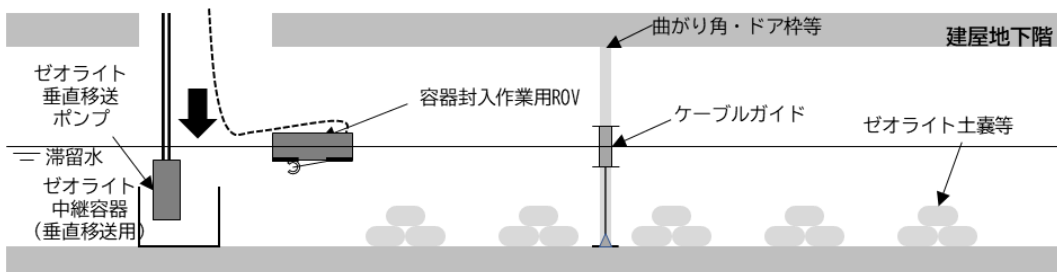
(1) 揚重機にて容器封入作業用 ROV を水中に投入。



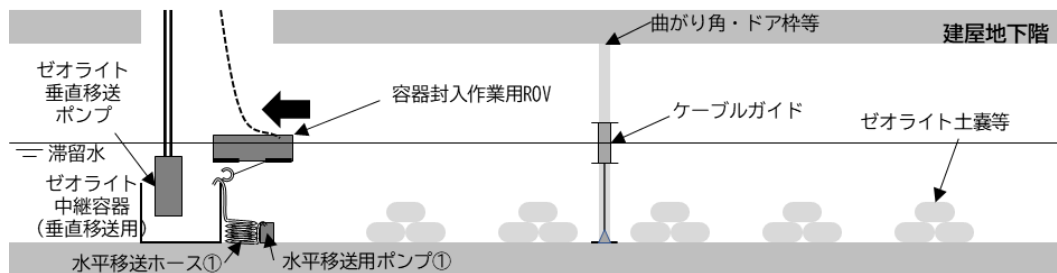
(2) 容器封入作業用 ROV で必要に応じてケーブルガイドを設置。



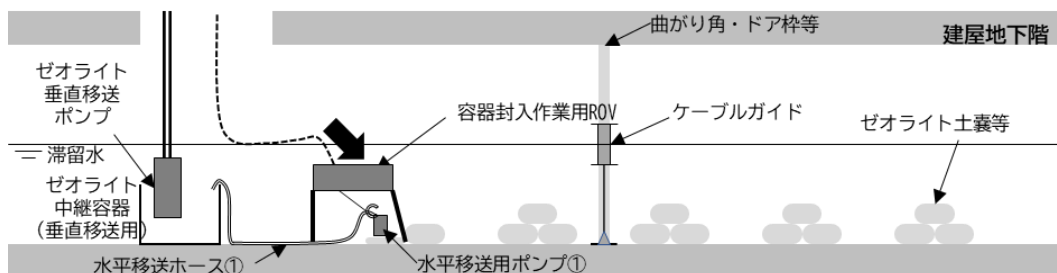
(3) 揚重機にてゼオライト中継容器（垂直移送用）を設置。



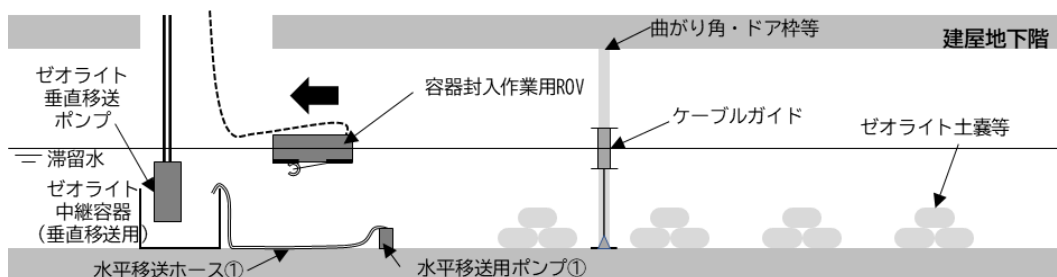
(4) 揚重機にて水平移送ホース①と水平移送用ポンプ①を水中に投入し、容器封入作業用 ROV にて水平移送用ホース①を中継容器（垂直移送用）と水平移送用ポンプ①に接続。



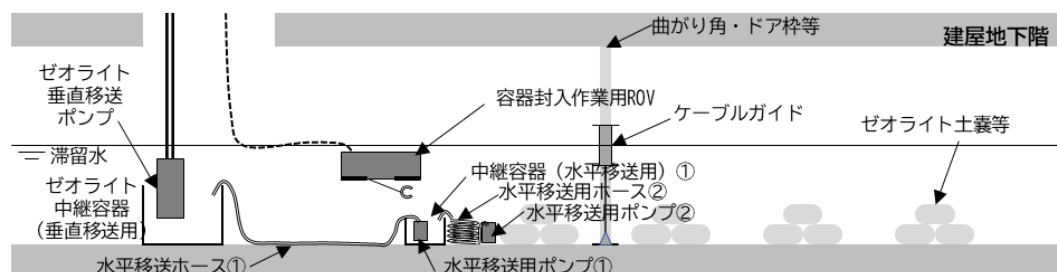
(5) 容器封入作業用 ROV にて水平移送用ホース①を展開しながら、水平移送用ポンプ①をゼオライト土嚢等のある場所まで移動し、ホースが展開できる範囲まで回収作業を実施。



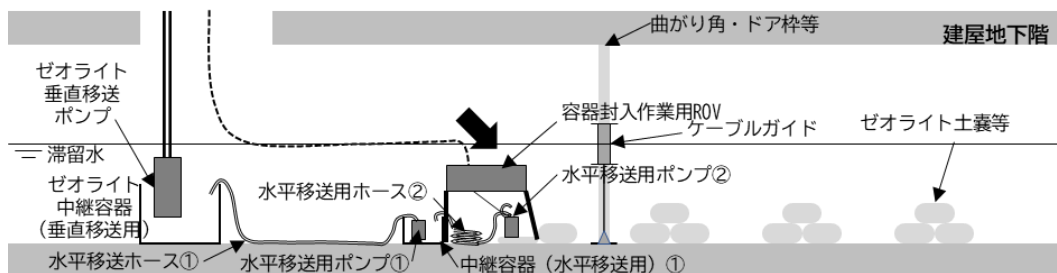
(6) ホースが展開できる範囲まで回収作業を実施後、水平移送ポンプ①を仮置き。



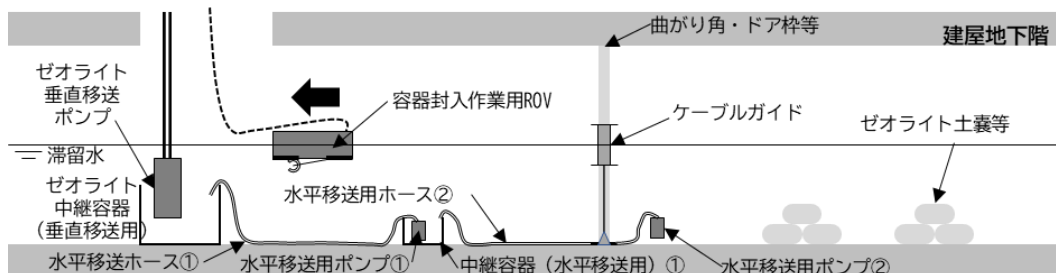
(7) 揚重機にて中継容器（水平移送用）①，水平移送ホース②と水平移送用ポンプ②を水中に投入し容器封入作業用 ROV にて水平移送ポンプ①まで移動。水平移送ポンプ①，中継容器（水平移送用）①，水平移送ホース②，水平移送用ポンプ②を接続。



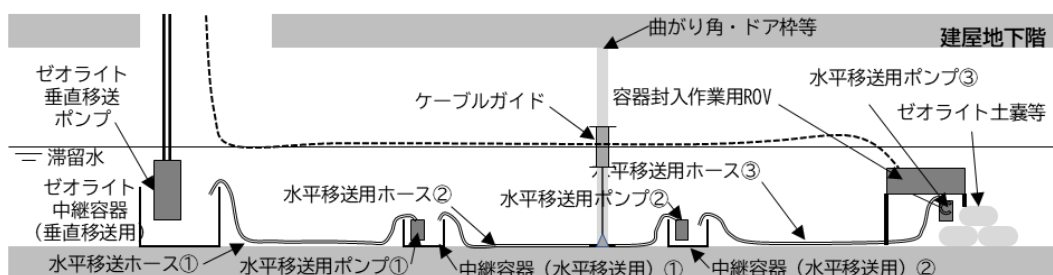
(8) 容器封入作業用 ROV にて水平移送用ホース②を展開しながら、水平移送用ポンプ②をゼオライト土嚢等のある場所まで移動し、吸引してゼオライト垂直移送ポンプのある場所まで持っていき、ホースが展開できる範囲まで回収作業を実施。



(9) ホースが展開できる範囲まで回収作業を実施後、水平移送ポンプ②を仮置き。

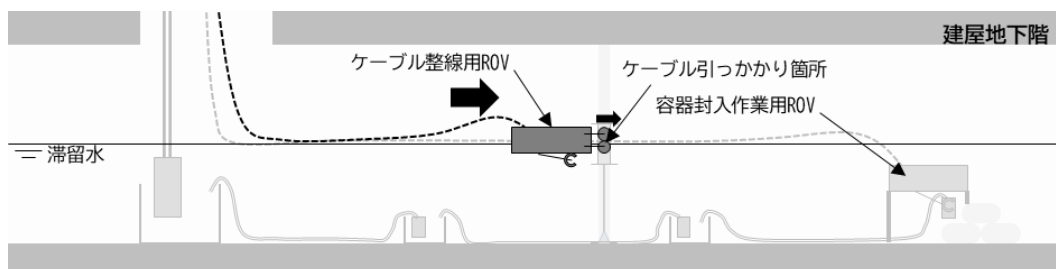


以降(7)～(9)を繰り返し、回収範囲を広げていく。



3. ケーブル整線用 ROV で実施する具体的な作業

容器封入作業用 ROV がケーブルを牽引しにくい兆候が出た場合に、揚重機にてケーブル整線用 ROV を水中に投入し、容器封入作業用 ROV のケーブルに沿って移動し、ケーブルが引っかかっている場所を探し、ケーブル送り機構でケーブルを整理し送り出す。



4. 想定されるトラブルとその対処について

地下階での ROV を使用した作業においては、トラブルが発生した場合においても、ホース、配管類は地下階にあり、ゼオライト土嚢等が地上階に影響を与えることはない。一方で、作業の中断は工程に影響を与えるため、トラブルの対応は早急を実施する。

4.1 ROV 以外の機器のトラブルへの対応方針

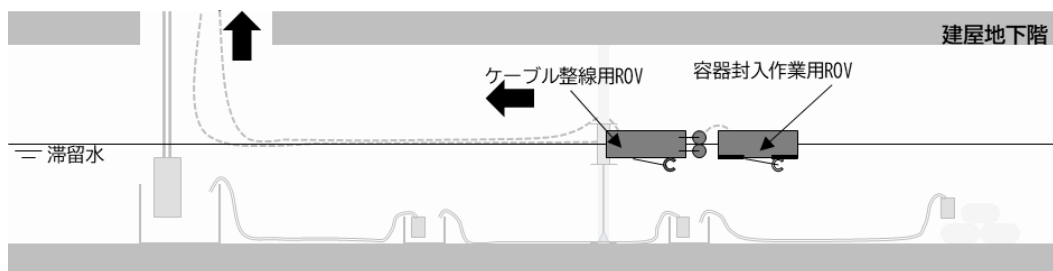
ROV を使用して機器を交換することで対応する。

4.2 ROV のトラブルへの対応方針

ROV のトラブルについては、自力移動可能であれば、自力で移動するが、自力移動が出来ない場合は以下の対応を実施する。

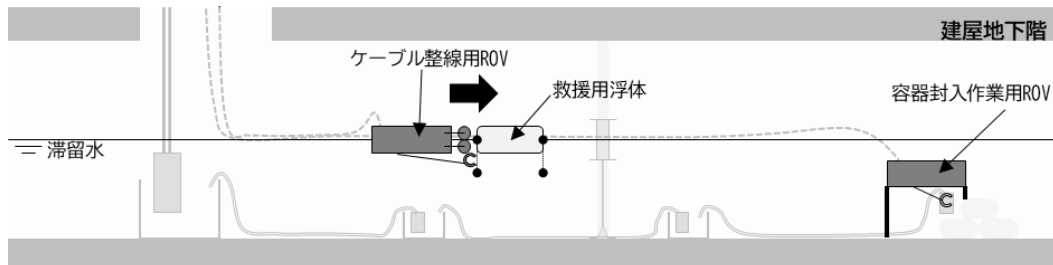
(1) 片方の ROV が浮上中に制御不能の場合

制御可能な方の ROV で補助をしつつ、ケーブルを引っ張り回収

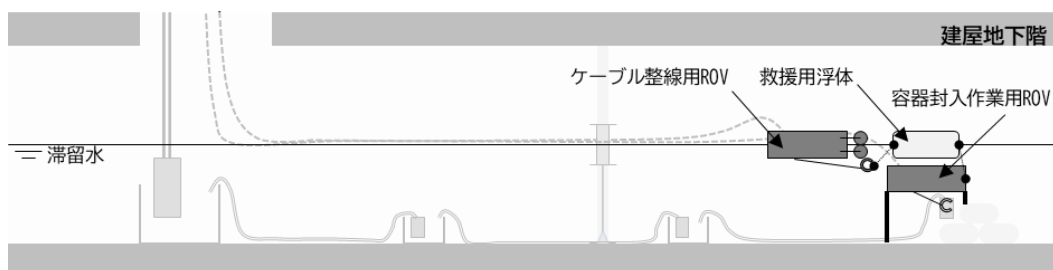


(2) 片方の ROV が潜水中に制御不能の場合

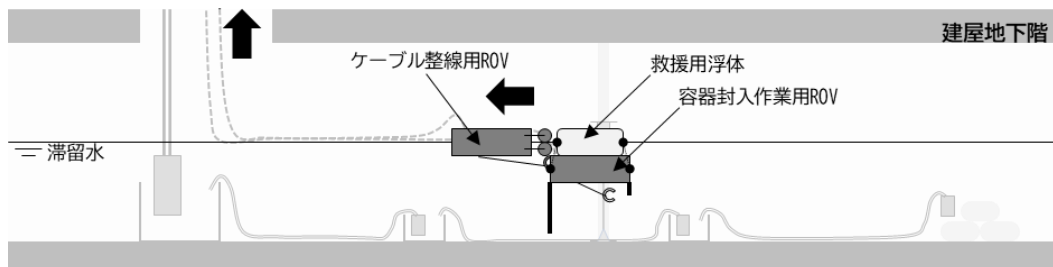
① 救援のための浮体を揚重機にて投入し、救援のための浮体を制御可能な方の ROV で制御不能になった ROV に移動する



② 救援のための浮体を制御可能な方の ROV で制御不能になった ROV に取り付ける



③ 救援のための浮体で制御不能になった ROV を浮上させ、制御可能な方の ROV で補助をしつつ、ケーブルを引っ張り回収



以上

検査可能性に関する考慮事項

ゼオライト土嚢等処理設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計とする。設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。

今回設置する機器は使用前検査対象に合わせて、代表的な機器の点検に対する考慮は以下の通り。

(1) タンク

- ・外観・フランジ点検

内部の点検が実施可能な設計とする。

(2) ポンプ，弁

- ・外観点検，取替

点検や，取替が可能な設計とする。

(3) 配管

- ・外観・フランジ点検

フランジ（シール）部のガスケット交換等の点検が実施可能な設計とする。

(4) 換気空調装置

- ・外観・分解点検，取替

点検や，取替が可能な設計とする。

(5) 漏えい検知器

- ・外観点検，取替，機能確認

点検や，取替，機能確認が可能な設計とする。

なお，長納期の機器について予備品を確保する。

以上