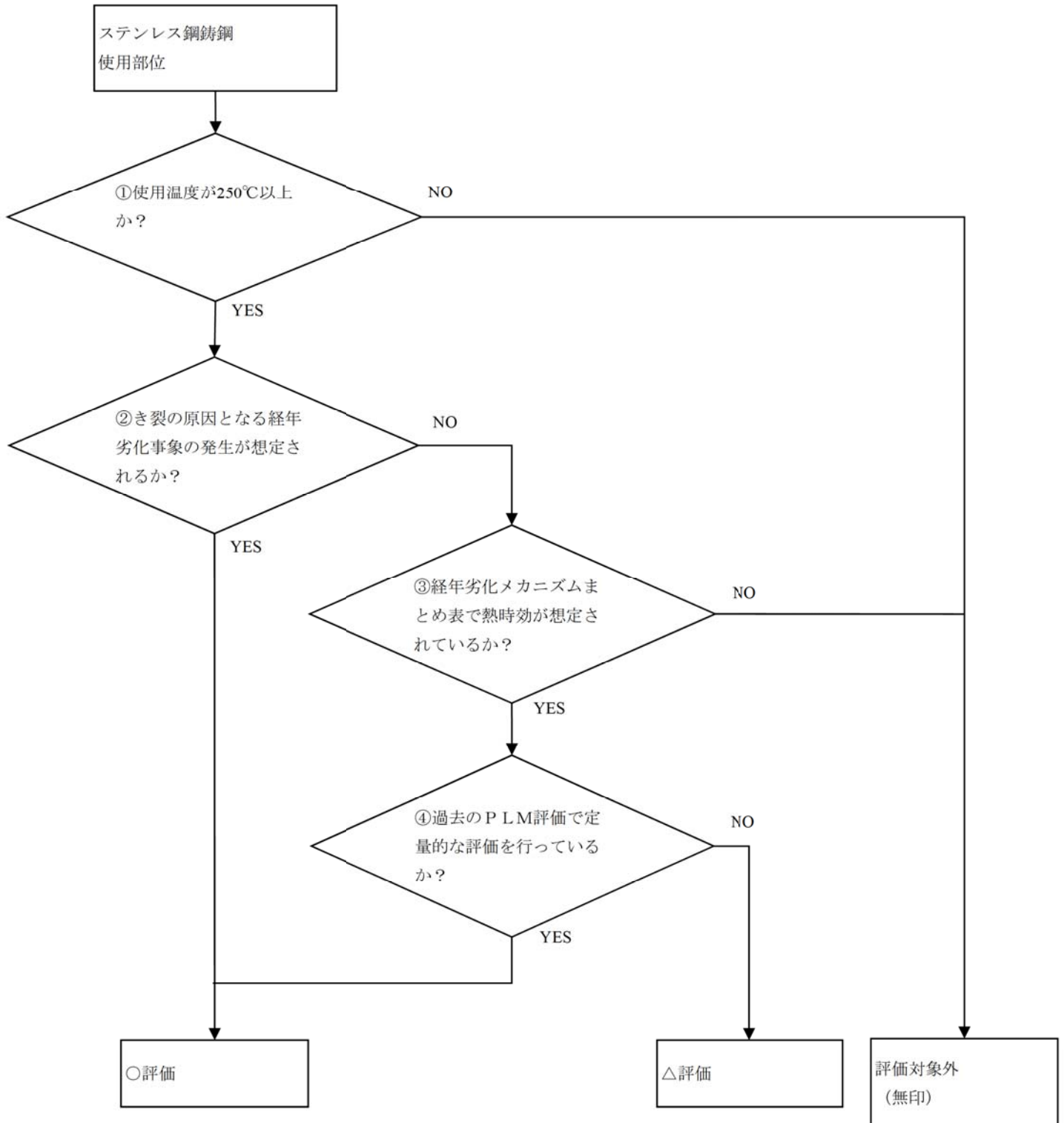


美浜3号炉－熱時効－1 rev3

タイトル	ステンレス鋼製機器の熱時効劣化評価対象物の抽出プロセスについて																
説明	<p>ステンレス鋼製部位に対する評価の考え方（熱時効スクリーニングフロー）を添付1に示す。 また、本フローに基づき選定した結果の一覧を添付2に示す。 本スクリーニングの結果、○評価として1次冷却材ポンプのケーシング及び1次冷却材管を選定した。</p> <p>なお、添付2の表において、評価C（経年劣化メカニズムまとめ表で熱時効を想定しているが、過去のPLM評価で定量的な評価を行っていないもの）としている下記表記載の部位について、○評価としない理由を対応する別添に記載する。 また、加圧器安全弁については、評価A（熱時効を想定しない）としている理由を別添に記載する。</p> <p>表1 別添対応表</p> <table border="1" data-bbox="550 1151 1232 1498"><thead><tr><th>部位名称</th><th>別添番号</th></tr></thead><tbody><tr><td>1次冷却材ポンプ羽根車</td><td>別添－1</td></tr><tr><td>加圧器スプレイノズル</td><td>別添－2</td></tr><tr><td>余熱除去ポンプ入口弁</td><td>別添－3</td></tr><tr><td>抽出水第1しゃ断弁</td><td>別添－4</td></tr><tr><td>原子炉容器連絡逆止弁</td><td>別添－5</td></tr><tr><td>制御棒クラスタ構成品 (スパイダー、ベーン、フィンガ)</td><td>別添－6</td></tr><tr><td>加圧器安全弁</td><td>別添－7</td></tr></tbody></table>	部位名称	別添番号	1次冷却材ポンプ羽根車	別添－1	加圧器スプレイノズル	別添－2	余熱除去ポンプ入口弁	別添－3	抽出水第1しゃ断弁	別添－4	原子炉容器連絡逆止弁	別添－5	制御棒クラスタ構成品 (スパイダー、ベーン、フィンガ)	別添－6	加圧器安全弁	別添－7
部位名称	別添番号																
1次冷却材ポンプ羽根車	別添－1																
加圧器スプレイノズル	別添－2																
余熱除去ポンプ入口弁	別添－3																
抽出水第1しゃ断弁	別添－4																
原子炉容器連絡逆止弁	別添－5																
制御棒クラスタ構成品 (スパイダー、ベーン、フィンガ)	別添－6																
加圧器安全弁	別添－7																

熱時効スクリーニングフロー



ステンレス鋼使用部位の評価一覧

<評価根拠>  
 A: 使用温度が250℃未満  
 B: き裂の原因となる経年劣化事象の発生が想定されない、かつ経年劣化メカニズムまとめ表で熱時効が想定されない  
 C: 経年劣化メカニズムまとめ表で熱時効が想定されているが過去のPLM評価で定量的な評価を行っていない(△事象として選定)  
 D: 経年劣化メカニズムまとめ表で熱時効が想定されており、過去のPLM評価で定量的な評価を行っている(○事象として選定)

機種	機器	部位	①最高使用温度	①使用温度	②き裂を想定?	③まとめ表で想定?	④過去に定量評価?	PLM評価	評価根拠
ポンプ	海水ポンプ	羽根車	40	-	-	-	-	-	A
		案内羽根、吸込口、中間軸受箱			-	-	-	-	A
	充てん/高圧注入ポンプ	羽根車	150	-	-	-	-	-	A
	1次系冷却水ポンプ	羽根車	95	-	-	-	-	-	A
	タービン動補助給水ポンプ	羽根車	40	-	-	-	-	-	A
		ケーシングカバー			-	-	-	-	A
	余熱除去ポンプ	羽根車	200	-	-	-	-	-	A
		ケーシング、ケーシングカバー			-	-	-	-	A
	復水ポンプ	羽根車	80	-	-	-	-	-	A
	1次冷却材ポンプ	羽根車	343	-	289	x	○	x	△
ケーシング		x			○	○	○	D	
主フランジ		130			-	-	-	-	A
容器	加圧器	スフレイノズル	360	-	x	○	x	△	C
配管	1次冷却材管	直管	343	-	x	○	○	○	D
		エルボ			-	-	-	-	A
仕切弁	余熱除去ポンプ入口弁	弁箱	343	-	x	○	x	△	C
		弁蓋			x	○	x	△	C
		弁体			x	x	-	-	B
	内部スプレポンプエゼクタ入口弁	弁箱	150	-	-	-	-	-	A
		弁体			-	-	-	-	A
	補助給水ポンプミニマムフローライン復水タンク入口止め弁	弁箱	40	-	-	-	-	-	A
		弁蓋			-	-	-	-	A
		弁体			-	-	-	-	A
	海水ポンプ潤滑水A連絡弁	弁箱(弁座と一体)	40	-	-	-	-	-	A
		弁蓋			-	-	-	-	A
弁体		-			-	-	-	A	
玉形弁	抽出水第1しゃ断弁	弁箱	343	-	x	○	x	△	C
	よう素除去薬品タンク出口弁	弁箱(弁座と一体)	150	-	-	-	-	-	A
弁蓋		-			-	-	-	A	
バタフライ弁	余熱除去クーラ流量制御弁	弁箱(弁座と一体)	200	-	-	-	-	-	A
		弁体			-	-	-	-	A
	余熱除去クーラ冷却水出口流量調整弁	弁箱	95	-	-	-	-	-	A
		弁蓋			-	-	-	-	A
		弁体			-	-	-	-	A
	内部スプレクーラ冷却水出口流量調整弁	弁体	95	-	-	-	-	A	
海水ポンプ出口ストレーナ入口弁	弁体	40	-	-	-	-	-	A	
ダイヤフラム弁	格納容器冷却材ドレンポンプ出口しゃ断弁	弁箱	150	-	-	-	-	-	A
	格納容器行き1次系純水補給隔離弁	弁箱	65	-	-	-	-	-	A
	格納容器減圧弁	弁箱	122	-	-	-	-	-	A
	海水ポンプ潤滑水ストレーナ入口弁	弁箱	40	-	-	-	-	-	A
	海水ポンプモータ冷却水流量発信器入口弁	弁蓋	40	-	-	-	-	-	A
スイング逆止弁	原子炉容器連絡逆止弁	弁箱	343	-	x	○	x	△	C
	スプレエゼクタ入口逆止弁	弁箱	150	-	-	-	-	-	A
	加圧器逃がしタンク1次系純水供給入口逆止弁	弁箱	65	-	-	-	-	-	A
	海水ポンプ潤滑水取出ライン逆止弁	弁箱(弁座と一体)	40	-	-	-	-	-	A
		弁蓋			-	-	-	-	A
弁体		-			-	-	-	A	
アーム	-	-	-	-	A				
安全逃し弁	加圧器安全弁	弁箱	360	100以下	-	-	-	-	A
	空気槽安全弁	弁体	50	-	-	-	-	-	A

タービン設備	高圧タービン	インナーグランド本体	291	195以下	-	-	-	-	A
		翼環		252	×	×	-	-	B
	低圧タービン	静翼(11段置)	270	115以下	-	-	-	A	
	主油ポンプ	羽根車	80	-	-	-	-	A	
空調設備	冷凍機	冷水系統 冷水ポンプ ケーシング	-	40	-	-	-	-	A
		冷水系統 冷水ポンプ 羽根車			-	-	-	-	A
機械設備	計器用空気乾燥器	四方弁・弁体	300	200	-	-	-	-	A
		四方弁・弁箱			-	-	-	-	A
		四方弁・弁蓋			-	-	-	-	A
	制御棒クラスタ	スパイダー・ベーン・フィンガ	343	323	×	○	×	△	C
	廃液蒸発装置 濃縮液ポンプ	羽根車	150	-	-	-	-	-	A
		ケーシング			-	-	-	-	A
	廃液蒸発装置 蒸りゅう水ポンプ	羽根車	150	-	-	-	-	-	A
		ケーシング			-	-	-	-	A



## 1次冷却材ポンプ羽根車の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした理由について

1次冷却材ポンプ羽根車については、高経年化技術評価書での評価結果の通り、き裂の発生原因となる経年劣化事象および応力が想定されず、分解点検時の検査内容からもき裂が検出されていないことから、羽根車の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとしている。

き裂の発生が想定されないとした理由は以下のとおり。

- ・1次冷却材ポンプ羽根車について、当社プラント及び国内原子力発電所では過去にき裂に関する不具合は発生していない。（国内原子力発電所については、原子力施設情報公開ライブラリーの登録情報による）
- ・1次冷却材ポンプ羽根車は圧力バウンダリではなく、想定される応力として定格運転時のインペラの遠心力と流体からの応力について想定し評価したところ、結果は  $1 \text{ N/mm}^2$ 程度であり1次冷却材管など他部位と比較して大きな荷重がかからないことからき裂が発生、進展していくことはないと考えられる。

図1に設計図面を示す。

分解点検時の検査内容および記録を以下に示す。（別添1-A）

## 1次冷却材羽根車

点検頻度：ISIの定点であるC号機について  
それ以外のA・B号機は

点検方法, 判定基準：目視確認（表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂（※）、打痕、変形及び摩耗が無いこと）に加えて、設計・建設規格に基づき浸透探傷検査（PT）を実施。

点検結果：結果良好。

※：維持規格においては、き裂を検出するための試験として目視試験（VT-1あるいはMVT-1）を定めているが、当該箇所の目視確認は維持規格の条件を満たすものではない。

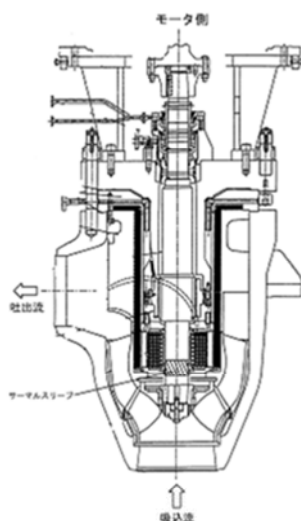


図1 RCP全体図面

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

製造時の検査内容および結果について表 1 に示す。

表 1 各部位の製造時検査記録の内容、判定基準、および結果

部位	検査内容	判定基準	判定結果
1 次冷却材ポンプ羽根車	放射線透過試験	ASME Boiler and Pressure Vessel Code 1971 and the RDT standard	良
	浸透探傷試験	ASTM E165-71に準拠	良

3-2001-24M070

ドキュメント番号

Aクラス

原子炉係	課長	係長	班長	係
[Redacted]				

機械技術  
7名以内  
[Redacted]

関西電力(株) 美浜発電所 3号機

第 2 4 回 定 検

主冷却材ポンプ分解点検工事

(総括報告書)

総 括 報 告 書

発行		技術資料クラスB		美浜定検作業所		作成		平成 22 年 4 月 14 日	
作業所図書番号		改訂		現場代理人		副所長		[Redacted]	
現地		配電		作業所控		関係資料図書番号		[Redacted]	
内容		注文主		工事番号		年月日		[Redacted]	
本文		一頁		アイテム		照合者		部 課	
図表		一枚		2215427		課長		主任	
表紙共		一枚		0100		担当		作成	
備考		関西電力株 美浜発電所 第3号機							
作成		平成		年		月		日	
出書		平成		年		月		日	
配布先		控		図書番号		改訂		[Redacted]	

判定結果(寸法)	
判定年月日	H22.2.19
判定者	████████
判定結果	良

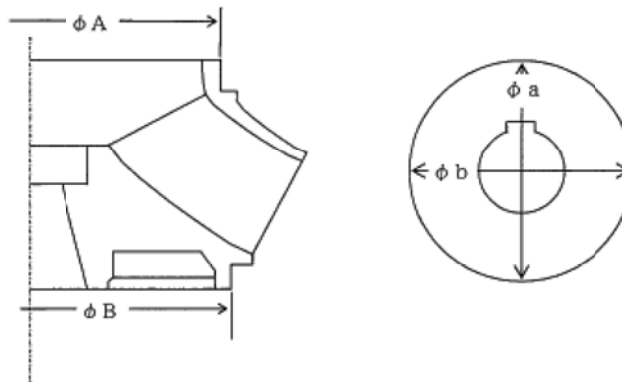
検査項目	寸法検査		
	関電	QC	作責
区分	△	△	◎
月日	2/19	2/19	2/19
結果	✓	✓	✓
確認者	████████		

記録-8

(点検結果の確認) ◻:異常なし ▲:異常あり

羽根車点検記録

ポンプ号機	旧 3U B 号機		
インターナル	今回分解(旧)インターナル (M3 #24回 B-RCPより取り出し品)		
年月日	H22.1.24	H22.2.9	H22.2.15 H22.2.19
計測器具	アウトサイドマイクロメーター (管理番号: B-1-213)		
記事			



単位 mm

羽根車ウエアリング部計測記録		
羽根車ウエアリング外径計測部	φA(吸込み側)	φB(吐出側)
アフターテストリミット		
キー方向 ( φ a )		
キー直角方向 ( φ b )		

羽根車キー目視点検	項目	年月日	判定
◎ 良 ・ 否	1. 主軸との嵌合部(テーパ)当り目視点検	H22.15 H22.2.19	◎ 良 ・ 否
	2. 翼のわれ、欠け目視点検	H22.2.15	◎ 良 ・ 否
	3. 羽根車ナット廻り止めボルト溶接部目視点検	H22.1.24	◎ 良 ・ 否
	4. カバープレートの溶接部PT検査	H22.2.9	◎ 良 ・ 否

検査項目	目視検査					
	関電	QC	QC	作責	作責	作責
区分	△	△	△	◎	◎	◎
月日	2/19	2/19	2/19	2/19	2/19	2/19
結果	✓	✓	✓	✓	✓	✓
確認者	████████					

区分: ◎作業中同時立会、○作業完了後立会、△作業記録の審査

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

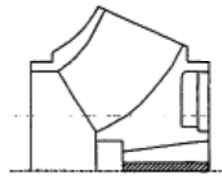
工事件名:美浜発電所3号機 第24回定検  
主冷却材ポンプ分解点検工事(第1分冊)  
(B号機)

検査項目・PT検査			
区分	開電	QC	作責
月日	29	29	29
結果	✓	✓	✓
確認者	[Redacted]		

記録-11

(点検結果の確認)  
レ:異常なし  
▲:異常あり

区分:◎作業中同時立会,○作業完了後立会,△作業記録の審査 Form No.:PT-NA(R0)


PENETRANT TESTING RECORD (A)		Section [Redacted]													
Customer 注文主	関西電力(株)美浜発電所3号機	Order No. 工事番号	2215427												
Name of Part 品名	羽根車 識別番号:10352-754-937927-01-4	Drawing No. 図面番号													
Maker メーカー	[Redacted]	Lot No. ロット番号													
Penetrant 浸透液			9A363												
Remover 洗浄液			9D188												
Developer 現像液			9H573												
Penetrant Application Method Method of Applying Developer 現像方法															
Surface Temp. 表面温度	18 °C	Test Area 試験箇所	羽根車キー溝(斜線部)												
Thermometer Serial No. 温度計管理番号	A-23-7	Weld Joint No. 溶接線番号													
Applicable Std. 適用規格	JSME S NCI-2005/2007	Time of Test 試験時期	第24回定検時												
Procedure No. 要領書番号	AG-80198	Quantity 数量	1												
Acceptance Std. 判定基準	JSME S NCI-2005/2007 ■ 浸透指示模様が生じた設計・建設規格に適合していること □ 設計・建設規格に適合しない場合にあつては、機能性能に影響をおよぼす浸透指示模様でないこと。	Test Result 試験結果	合格												
浸透指示模様の有無	(有) ・ 無	Surface Condition 表面状態	<input type="checkbox"/> 溶接肌 As weld <input checked="" type="checkbox"/> 機械仕上げ As machine <input type="checkbox"/> グラインダー仕上げ As grind												
 <p>羽根車キー溝(斜線部)</p>		Inspector 検査員(実施者)	[Redacted] 資格 NDIS PT2 [Redacted] 資格 NDIS PT3 (判定者)												
		Date of Test 試験日(実施日)	H 22 . 2 . 9												
※材料の厚さ:(mm)は下記の区分記号で表示する <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>線状指示模様区分</th> <th>円形指示模様区分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>t ≤ 16</td> <td>t ≤ 16</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>16 &lt; t ≤ 50</td> <td>16 &lt; t</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>50 &lt; t</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				区分	線状指示模様区分	円形指示模様区分	A	t ≤ 16	t ≤ 16	B	16 < t ≤ 50	16 < t	C	50 < t	
区分	線状指示模様区分	円形指示模様区分													
A	t ≤ 16	t ≤ 16													
B	16 < t ≤ 50	16 < t													
C	50 < t														
試験場所: 3号機 A/B EL24m 除染ピットエリア															

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

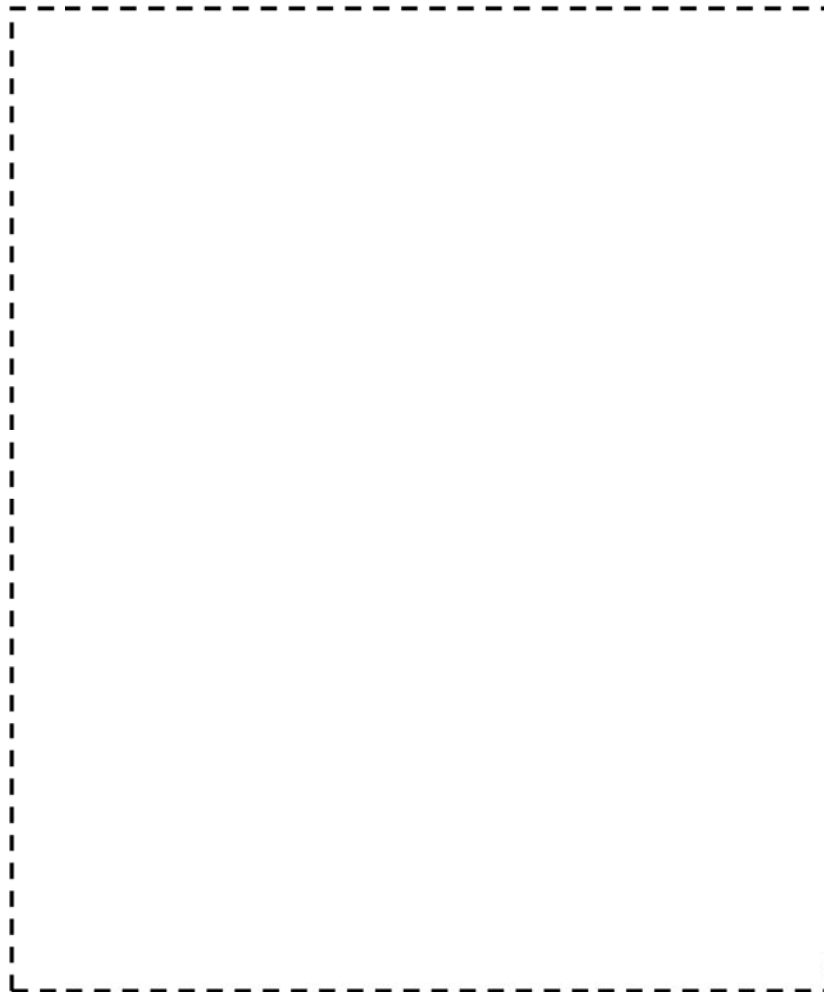
加圧器スプレイノズルの熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした理由について

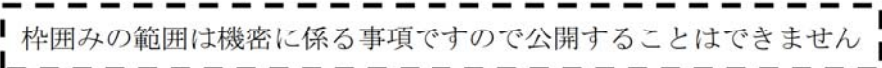
スプレイノズルは加圧器本体とネジ止めにて結合されている。このため、スプレイノズルは、拘束されていないためスプレイ配管からの外荷重の伝達経路（※）ではなく、圧力バウンダリでもないことから、有意な応力は発生しないと考える。

したがって熱時効による材料特性の変化が問題となることはなく、着目すべき経年劣化事象としていない。

スプレイノズルについては、加圧器内部の目視点検  において、脱落等異常のないことを確認している（別添 2 - A）。なお、加圧器内部の出口側（サージ用管台部）にスクリーンが設置されており、仮にスプレイノズルの脱落が発生した場合においてもスクリーンにトラップされることから、プラントの安全上影響はない。

※加圧器は、スカートにより建屋に固定されているため、スプレイ管台が荷重を受けた際の荷重の伝達経路は、管台→加圧器本体→スカート→建屋となる。スプレイノズルは拘束されておらず、荷重伝達経路とらない。



 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



3-2001-24M100  
ドキュメント番号

A クラス

機械技術  
アドバイザー

課長	係長	班長	係
[Redacted]			

関西電力(株) 美浜発電所 3 号機

第 24 回 定 検 工 事

工事件名 タービン主機他一般設備定期点検工事の内  
1次系熱交換器他定期点検工事

総括報告書兼定期点検工事記録

確 認	定検等管理委託会社		
	課長	受託責任者	定検管理員
[Redacted]			

作 成 認 可 確 認	定期検査工事請負会社:	
	現場代理人	技術指導員
[Redacted]		

工事コード  
091P004621M100

発行	[Redacted]				美浜事業所	作成	平成 22 年 4 月 14 日						
作 成 認 可 欄	現場代理人	副所長	次長	安全	品管	原紙保管	機械 課 機械D 係						
	[Redacted]					文書番号	M3-24-機D-0109-E						
	異物	放管	課長	係長	係	配 布 先	関電						控 え
[Redacted]					1								1



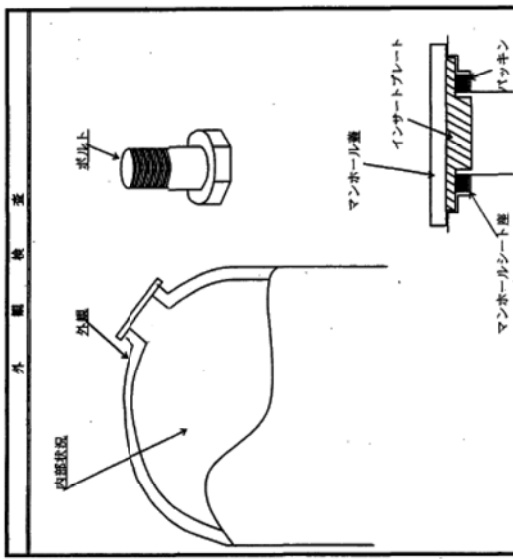
検査番号: 第24回-12次高圧交換機検査結果報告書

加圧器  
開放点検記録

検査名		外観検査		各部計測記録検査	
立会区分	作業責任者	開電	作業責任者	開電	作業責任者
日時	1/14	1/14	1/14	1/14	1/14
結果	1/14	1/14	1/14	1/14	1/14
確認者	1/14	1/14	1/14	1/14	1/14

【立会区分】  
 ○: 作業中同時立会    △: 作業完了後立会  
 △: 作業記録の署名    /: 該当なし  
 (点検結果の表示)  
 V: 異常なし    A: 異常あり

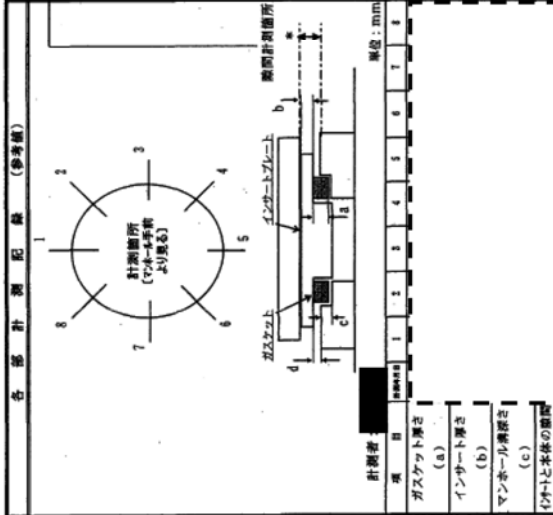
検査名		開電計測記録検査	
立会区分	作業責任者	開電	作業責任者
日時	1/14	1/14	1/14
結果	1/14	1/14	1/14
確認者	1/14	1/14	1/14



測定基準  
 \* 表面に損傷・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打こん、変形及び腐蝕がないこと。

測定年月日: H22.1.14    測定者: 合格

点検対象	点検方法	検査年月日	点検結果	点検者	備考
マンホール座	目視	H22.1.14	✓		
マンホールプレート	目視	H22.1.14	✓		
マンホールシールド	目視	H22.1.14	✓		
内部状況	目視	H22.1.14	✓		
~取付余白~					



測定年月日: H22.1.14    測定者: 合格

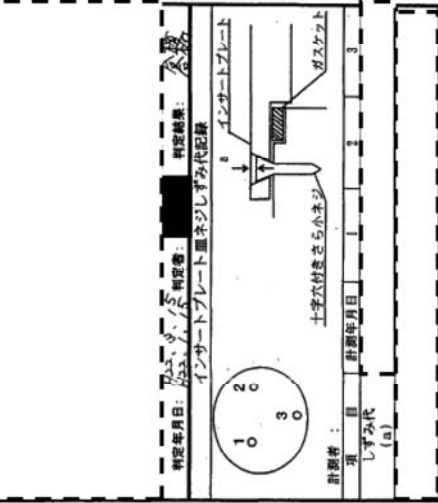
項目	測定値	許容値	備考
マンホール座の厚さ (a)			
インサート厚さ (b)			
マンホール座厚さ (c)			
パイプと本体の間隙 (d)			

マンホール座の厚さ: 1.0mm (許容値: 1.0mm)  
 インサートの厚さ: 1.0mm (許容値: 1.0mm)  
 マンホール座の厚さ: 1.0mm (許容値: 1.0mm)  
 パイプと本体の間隙: 0.5mm (許容値: 0.5mm)



測定年月日: H22.1.14    測定者: 合格

項目	測定値	許容値	備考
マンホール座の厚さ (a)			
インサート厚さ (b)			
マンホール座厚さ (c)			
パイプと本体の間隙 (d)			



測定年月日: H22.1.14    測定者: 合格

項目	測定値	許容値	備考
マンホール座の厚さ (a)			
インサート厚さ (b)			
マンホール座厚さ (c)			
パイプと本体の間隙 (d)			

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

余熱除去ポンプ入口弁（弁箱・弁体・弁蓋）の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした理由について

余熱除去ポンプ入口弁（MOV-8702）の弁箱、弁蓋および弁体はステンレス鋼製であるが、製造時に浸透探傷試験や放射線透過試験により技術基準に適合しないものではないことを確認した材料を使用している。例として弁蓋の記録を示す（別添3-A）。それぞれの部位の製造時検査記録について表1に示す。

余熱除去ポンプ入口弁には経年劣化事象として低サイクル疲労が想定されるが、運転開始後60年を想定した健全性評価の結果、割れが発生する可能性はないと考えている、また、弁は、配管や容器と比べて一般的に厚く製造されており、発生応力は小さいと考えられる。さらに定期的に弁内表面の目視検査を実施しており、弁内表面に異常がないことも確認している。（別添3-B）

以上より、熱時効は想定されるものの、そのことが機器の構造健全性に影響を与える可能性はないと考え着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

なお、参考までに1次冷却材配管と同様の評価を実施した場合の発生応力およびフェライト量を1次冷却材配管と比較して表2に示す。応力の評価詳細を表3に示す。

表1 各部位の製造時検査の内容、判定基準、および結果

部位	検査内容	判定基準	判定結果
弁箱	放射線透過試験	告示第501号	良
	浸透探傷試験	告示第501号	良
弁蓋	放射線透過試験	告示第501号	良
	浸透探傷試験	告示第501号	良
弁体	放射線透過試験	告示第501号	良
	浸透探傷試験	告示第501号	良

表2 発生応力、フェライト量の比較

部位	通常運転時応力(MPa) <sup>※1</sup>	フェライト量 (%)
余熱除去ポンプ入口弁（弁箱）	94	約15.3
1次冷却材管（ホットレグ直管）	193	約16.1

※1 供用状態A、Bにおける荷重+S<sub>s</sub>地震動

表3 余熱除去ポンプ入口弁の応力値の詳細

評価部位	内圧による応力(MPa)	曲げ応力				合算値(MPa)
		自重(MPa)	熱(MPa)	地震(MPa)	合計(MPa)	
余熱除去ポンプ入口弁弁箱	43.0	2.5	10.0	38.1	50.6	94

Form No. PT-01A

LIQUID PENETRANT EXAMINATION REPORT  
浸透探傷試験記録 ( V C )

Report No.

記録番号 P1921C

Customer

御注文先: 関西電力株式会社殿

User

御使用先: 関西電力榑美浜発電所 第3号機殿

検査課

Valve No.

弁番号: 3MOV-8702A

Valve Type

No.

台番号: A010192-001

Procedure No.

要領書番号: 39489

Test Condition and Results

試験条件及び試験結果

Part Name	弁ふた X 逆座 X J-クオアパルプ 逆座			
Material				
Examination Portion				
試験部位 #1				
Surface Condition				
表面状態 #2				
Temperature				
試験温度 (°C)				
Penetrant Time (min.)				
浸透時間 (分)				
Development Time (min.)				
現像時間 (分)				
Brand Name				
探傷新銘柄 #3				
Accept. Standards				
判定基準 #4				
Judgement	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 Acceptable Level II	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 Acceptable Level II	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 Acceptable Level II	<input checked="" type="checkbox"/> 合格 Acceptable Level II
Examination Date and Judged By				
試験日及び判定者	H13. 12. 3	H13. 11. 16	H13. 12. 3	H13. 12. 7
記 事 Remarks				
Customer	榑美浜 関西電力株式会社 記録係 17/1			
Approved By	承認者		確認者	
	H13. 12. 7		H13. 12. 7	

T. F. No.05

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

Form No. RT-01A

放射線透過試験記録

記録番号 R1921C 1/3

御使用先：関西電力(株)敬 美浜発電所 第3号機

弁番号：3M0V-8702A 弁形式：弁 部品名：弁

番号：A010192-1 要領番号：23450 製造番号：14091031825

検査課

試験部位	全	判定基準	告示第501号第8条	総合判定	合格
コード記号 *1 欠陥の種類	A. フローホール B. 砂かみ、及び介在物 C. 引け 巣 N. 無欠		判定者 LEVEL Ⅱ	検査者 LEVEL Ⅱ	影写 LEVEL Ⅱ
現像方法：自動現像			検査者 H13.10.11	検査者 H13.10.11	影写 H13.10.11

H13.11.2  
検査  
Inspector

関西電力物販  
客先 記録簿

試験条件及び試験結果

年月日	70/10/1	フィルム番号	欠陥の種類・大きさ×数 *1 (mm) (個)	等級	フィルム形式 *2	フィルム寸法 (インチ)	増感紙 Pb F/B	透過度計 種類	肉厚 (mm)	距離 (mm)	線量	線源	フィルム温度

T F No. 06

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません





Form No. RT-01C

放射線透過試験記録

記録番号 R1921C 3/3

[ 撮影配置図 ]

[ フィルム貼付図 ]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

T. F No. 05

										A クラス							
課長 係長 班長 係				原子炉保修課		課長 係長		班長 係									
[Redacted]				[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]									
機械技術 アドバイザー		電気技術 アドバイザー		課長 係長 班長 係													
[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]													
<b>関西電力(株) 美浜発電所第3号機</b>																	
<b>第23 回定検</b>																	
<b>原子炉冷却系統分岐他修繕工事のうち 原子炉冷却系統分岐他修繕工事 【総括表紙】</b>																	
<b>総 括 報 告 書</b>																	
3-2002-2008R090(1/2)																	
ドキュメント番号																	
発行				作業所図書番号				作成 平成20年/2月 日									
				改訂				所長 副所長 班長									
				0													
現地		配電		作業所控		控		関連資料図書番号									
配布先		1		1		1											
内容		注文主		工事番号		年月日		部									
本文		— 頁		2315257		照合者											
図表		— 頁		関西電力株 美浜発電所 第3号機				部長		次長		Gr長		作責		作成	
表紙共		956 頁															
備考																	
								作成		平成		年 月 日					
								出書		平成		年 月 日					
配布先								控		図書		番号				改訂	



### 仕切弁点検記録

関西電力株式会社 美浜発電所3号機 原子炉冷却系統分岐他修繕工事

工事番号

弁番号	3MOV-8702A	弁名称	A余熱除去ポンプ入口弁(A冷却材ループ連絡第1弁)		
型式	MO-WG	タイプ	旧 O/W	A010192-1	使用流体 水
点検対象	点検項目			点検結果	備考
弁箱・蓋	1	クラック・浸食等の欠陥の有無	無	有	
	2	ネジ部の焼き付き・変形・摩耗の有無	無	有	
	3	ガイド部の焼き付き・変形・摩耗の有無	無	有	
	4	ガスケット突合せ部が当たり面の状況	良	否	
弁棒	5	曲がり・クラック等の欠陥の有無	無	有	
	6	ネジ部の損傷・焼き付きの有無	無	有	
	7	グランド押さえ部の状況	良	否	
弁座	8	シート面の状況	良	否	
	9	クラック・浸食等の欠陥の有無	無	有	
弁体	10	摺合せ代の有無	有	無	
	11	シート面の状況	良	否	
	12	クラック・浸食等の欠陥の有無	無	有	
	13	ガイド部の焼き付き・変形・摩耗の有無	無	有	
その他	14	摺合せ代の有無	有	無	
	15	弁体弁座の当たり状況	良	否	
	16	駆動装置の状況	良	否	
	17	組立後の開閉確認	良	否	

点検項目	No. 1~12, 14	判定基準 (No. 1~9, 11~13)	項目	手入後状況確認		
点検年月日	平成20年9月24日	・各部の表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打こん、変形及び摩耗がないこと	開電	品管	作責	
点検者		・浸食、損傷等の異常がないこと	区分	△	/	◎
判定年月日	平成20年10月7日	判定基準 (No. 10, 14)	月日	10/1	/	10/7
判定者		・摺合せ代があること	結果	✓		✓
判定結果	合格		確認者			
点検項目	No. 15	判定基準	項目	分断検査(当たり確認)		
点検年月日	平成20年10月7日	・線状であること	開電	品管	作責	
点検者		・太さが均一であること	区分	◎	◎	◎
判定年月日	平成20年10月7日	・当たりが切れていないこと	月日	10/1	10/1	10/7
判定者			結果	✓	✓	✓
判定結果	合格		確認者			
点検項目	No. 16, 17	判定基準	項目	開閉確認		
点検年月日	平成20年10月7日	・弁の作動状態に異常がないこと	開電	品管	作責	
点検者			区分	◎	/	◎
判定年月日	平成20年10月7日		月日	10/7	/	10/7
判定者			結果	✓		✓
判定結果	合格		確認者			
備考						

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

抽出水第1しゃ断弁（弁箱）の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした理由について

抽出水第1しゃ断弁（LCV-460）の弁箱はステンレス鋼製鋼製であるが、製造時に放射線透過試験により技術基準に適合しないものではないことを確認した材料を使用している（別添4-A）。製造時検査記録について表1に示す。

抽出水第1しゃ断弁（LCV-460）には経年劣化事象として低サイクル疲労が想定されるが、運転開始後60年を想定した健全性評価の結果、割れが発生する可能性はないと考ええる。また、弁は、配管や容器と比べて一般的に厚く製造されており、発生応力は小さいと考えられる。さらに定期的に弁内表面の目視検査を実施しており、弁内表面に異常がないことも確認している。（別添4-B）

以上より、熱時効は想定されるものの、そのことが機器の構造健全性に影響を与える可能性はないと考え着目すべき経年劣化事象ではないと判断している。

なお、参考までに1次冷却材配管と同様の評価を実施した場合の発生応力およびフェライト量を1次冷却材配管と比較して表2に示す。応力の評価詳細を表3に示す。

表1 製造時検査の方法、判定基準、および結果

部位	検査内容	判定基準	判定結果
弁箱	放射線透過試験	本体：ASTM2級 開先：JIS Z3104 1級	良

表2 発生応力、フェライト量の比較

対象	通常時発生応力 (MPa) <sup>※1</sup>	フェライト量 (%)
抽出水第一しゃ断弁（弁箱）	165	約7.3
1次冷却材管（ホットレグ直管）	193	約16.1

※1 供用状態A、Bにおける荷重+Ss地震動

表3 抽出水第一しゃ断弁の応力値の詳細

評価部位	内圧による応力 (MPa)	曲げ応力				合算値 (MPa)
		自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	
抽出水第一しゃ断弁弁箱	35.4	9.7	111.7	7.7	129.1	165

( ) 内データは顧客検査時データを示す。 165

[Redacted]		顧客先		[Redacted]	
[Redacted] 電子力用弁検査成績書		検用先		KMJ-3	
Tag No	3LCV-460	型式名称			
検査項目	試 単 位	種 別	0 検査員	客先検査員	検査日
本体材料					26.06.22
弁駆動検査	RT	本機ASMT-20 10157052302425			26.01.11. OFH-43-273
本体組立					
弁蓋ワーク					
弁蓋組立					
Heテスト					
検漏テスト					
気密試験テスト					
附 属 品					
作動テスト					
ON-OFF					
寸法検査					
備 考					
工場品質責任者	年 月 日	0 検査責任者	年 月 日	客先立会者	年 月 日
[Redacted]	26.01.20	[Redacted]	50.01.20	[Redacted]	50.1.22

G-0017  
1024102 4/3

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

3-2001-21M030

資料室保管

Aクラス

機械技術  
アドバイザー

原子炉  
保修課

課長 係長 班長 係

関西電力株美浜発電所 第3号機

(第21回)

タービン主機他一般設備定期点検工事の内

工事件名: 1次系制御弁定期点検工事

総括報告書

兼定期点検工事記録

工事コード: 041P001420M030

美浜事業所

管理  
番号

審査  
及  
認可

定検管理課(総務)

課長 係長 担当者

美浜営業所

関電工事番号 6230-8520-102

工事整理番号 WM-50008

原紙保管 美浜営業所

資料番号 WM-04-007-R

作成 平成19年1月23日

作成

承認 所長 作業 品管 安全 放管 作成

配布先 関西電力 合計

認可欄

先 1 1 1 3

制御弁点検記録 1

工事件名: 1次系制御弁定期点検工事

東武東上線	3号機	Tag No.: 3LCV-480	弁名称:	抽出水第1レバ制御弁
系統名	CVCS	メーカー	弁口径-圧力	
設置場所		製造番号	弁型式	ベローズ
点検周期		型式	作動	FC
工事区分	21回 定検	検定ストローク	ポジション	閉
			着手日	2005.3.22
			完了日	2005.6.16

点検内容

部位	点検結果	判定結果	処置	判定結果	備考
グランド部	良	合格			
フランジ部	良	合格			
保温	良	合格			
サポートステー	良	合格			
その他	良	合格			
点検年月日: H17.3.22 実施者: [ ] 判定年月日: H17.3.22 判定者: [ ] 判定基準: 液体の漏れ跡、腐食、欠損、異常な音が、空気漏れ、継手の変形や割れ等の異常がないこと。 正常な取り付けであること。					
確認	作業	品質	統括	開電	作業
区分	結果	◎	△	△	◎
確認年月日	H17.3.22		H17.5.16	H17.5.16	
確認者	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

部位	点検結果	判定結果	処置	判定結果	備考
弁箱(ボディ)	良	合格			
弁蓋(トップ)	良	合格			
弁蓋(ボトム)					
弁体	良	合格	新品取替実施	合格	
弁棒	良	合格	新品取替実施	合格	
弁座	良	合格	新品取替実施	合格	
ボルト&ナット	良	合格			
ガスケット座	※1 確認済	合格			
ガイド部	良	合格			
その他部品	※2 ベロ-にリクあり	不合格	新品取替実施	合格	
点検年月日: H17.3.24 実施者: [ ] 判定年月日: H17.3.24 判定者: [ ] H17.5.25 実施者: [ ] 判定年月日: H17.5.25 判定者: [ ] 判定基準: 各部の取組に規格・性能に影響を及ぼす恐れのある割裂、打こん、変形及び腐食がないこと。 浸食、変位等の異常がないこと。					
確認	作業	品質	統括	開電	作業
区分	結果	◎	△	◎	◎
確認年月日	H17.3.24	H17.3.24	H17.3.24	H17.5.25	H17.5.25
確認者	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

※1 確認済  
 ※2 ベロ-にリクあり  
 ※2 ベロ-にリクがあるため各部弁棒、弁座一式の新品取替実施。  
 (※1-2 添付用紙参照)

作動確認	分解前	組立後	計測値No.
作動状況	良	良	6機計 KP-15
ワグナー(参考値)			117.8-9-702
変ストローク(参考値)			備考
プレコン量(参考値)			
始動圧(参考値)			
点検年月日: H17.3.22 測定者: [ ] H17.6.16 測定者: [ ] 判定年月日: H17.6.16 判定者: [ ] 判定結果: 合格 判定基準: 異常、スティック等の異常がないこと。			
確認	作業	品質	統括
区分	結果	◎	△
確認年月日	H17.3.22	H17.5.16	H17.6.16
確認者	[ ]	[ ]	[ ]

【確認区分の表示】 ◎: 作業中に同時立会い ○: 作業完了後の立会い △: 作業記録(含む検査記録)の審査 /: 該当なし  
 【点検結果の表示】 ◯: 異常なし ▲: 異常あり /: 該当なし

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器連絡逆止弁（弁箱）の熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした理由について

原子炉容器連絡逆止弁（V-8948）の弁箱はステンレス鋼製ですが、製造時に放射線透過試験により技術基準に適合しないものではないことを確認した材料を使用しています（別添 5－A）。製造時検査記録について表 1 に示す。

原子炉容器連絡逆止弁（V-8948）には経年劣化事象として低サイクル疲労が想定されますが、運転開始後 60 年を想定した健全性評価の結果、割れが発生する可能性はないと考えています。また、弁は、配管や容器と比べて一般的に厚く製造されており、発生応力は小さいと考えられます。さらに定期的に弁内表面の目視検査を実施しており、弁内表面に異常がないことも確認しています。（別添 5－B）

以上より、熱時効は想定されるものの、そのことが機器の構造健全性に影響を与える可能性はないと考え着目すべき経年劣化事象ではないと判断しております。

なお、参考までに 1 次冷却材配管と同様の評価を実施した場合の発生応力およびフェライト量を 1 次冷却材配管と比較して表 2 に示す。応力の詳細評価について表 3 に示す。

表 1 製造時検査の方法、判定基準、および結果

部位	検査内容	判定基準	判定結果
弁箱	放射線透過試験	A S T M に準拠	良

表 2 発生応力、フェライト量の比較

対象	通常運転時応力 (MPa) ※1	フェライト量 (%)
原子炉容器連絡逆止弁（弁箱）	120	約 13.5
1 次冷却材管（ホットレグ直管）	193	約 16.1

※1 供用状態 A、B における荷重 + S s 地震動

表 3 原子炉容器連絡逆止弁の応力値の詳細

評価部位	内圧による応力 (MPa)	曲げ応力				合算値 (MPa)
		自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	
原子炉容器連絡逆止弁弁箱	43.0	8.9	24.1	43.3	76.3	120

品質管理課

材料表

取巻	No	寸法号	牙型式 口径	材 質				change No	バルブワイド	歯コフランジ	手ヤシフ
				牙体	牙座	牙挿	ネルト				
✓	A30490	3-		79							
	27	8940B									
U	28	C									
✓	29	8945A									
U	30	B									
✓	31	C									
U	32	8948A									
U	33	B									
✓	34	C									
U	35	8956A									
✓	36	B									
✓	37	C									
U	38	8958									
U	39	8971A									

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



Form No. 11 (様式第11号)

Date (日附) SEP. 8. 3

### RADIOGRAPHIC EXAMINATION and/or REPAIR WELDING REPORT

Messrs. (密宛) 株式会社 丸栄

Client (納入先) 関西電力(株)美浜3号機

Order No.: 注文番号 SCH 品名: 鋼板 Material: 材料 Tag No. 弁番 適用仕様書 Applied Spec. 15662A

Re-shot (第一回撮影)

Date 月日	Part No. 部位	Film No. フィルム番号	Size & Type サイズと種類	Defect (寸法) 欠陥の寸法	Type of Defect (寸法) 欠陥の種類	Exposing condition (撮影条件)	Screen 遮蔽板	Pen. No. 透視番号	Wall 肉厚	Distance (寸法) 距離	Expos. Time (分) 露光時間	Source 線源
9.8				なし	なし							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							
"				"	"							

Developing Condition (現像) Stop Both Condition (停止) Fixing Condition (定着)

Trade Name 銘柄	Temp. 温度 (C)	Time 時間 (分)	Trade Name 銘柄	Temp. 温度 (C)	Time 時間 (分)	Trade Name 銘柄	Temp. 温度 (C)	Time 時間 (分)

### REPAIR WELDING RECORD : WELDING CONDITION

Applied Spec. 適用仕様書

Date 月日	Part No. 部位	Trade Name 銘柄	Rod 棒	Change No. 溶接番号	E. Char. 電流	Voltage 電圧	Posit. 位置	Preheating & Int. Pass Temp. 予熱及層間温度	Welder 作業者

Report of Post Heat Treatment 後熱処理記録

Date	Welder
9.8	丸栄

Approved by 承認者 承認日

Approved by 承認者 承認日

Form No. 5-0635/

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

A クラス

3-2002-2006R103  
ドキュメント番号

機械技術  
アドバイザー



課長	係長	班長	係
[Redacted]			

関電

関西電力株式会社 美浜発電所 3号機

工事件名: 安全注入系逆止弁分解点検工事

総括報告書

工事コード: 05011805300000

発行	[Redacted] 株式会社 美浜出張所									
	所長	安全	品管	放管	異物	作責				
作成	[Redacted]									
	メンテナンス部 美浜出張所									
	承認	作成								
確認欄	[Redacted]									
	改訂年月日 主な内容 捺印 作成 平成18年11月30日									
配布先	〇	美浜					計	工事番号 SS056794	原紙保管 美浜出張所 No. _____	
	1	1					2			



逆止弁点検記録

関西電力株式会社 美浜発電所3号機 安全注入系逆止弁分解点検工事

工事番号 SSO56794

弁番号	3V-8948A	弁名称	原子炉容器連絡逆止弁		運転圧力 MPa	---
型式	V-SCH	タイプ	旧O/#	A30490-32	使用流体	---
点検対象	点検項目				点検結果	備考
弁箱・蓋	1	クラック・浸食等の欠陥の有無			有 (無)	
	2	ネジ部の焼き付き・変形・摩耗の有無			有 (無)	
	3	ガスケット又はシールリング当たり面の状況			(良) 否	
弁棒	4	曲がり・クラック等の欠陥の有無			有 (無)	
	5	固定部の状況			(良) 否	
	6	グランド又はシールリング当たり面の状況			良 否	
弁座	7	シート面の状況			(良) 否	
	8	クラック・浸食等の欠陥の有無			有 (無)	
	9	摺合せ代の有無			(有) 無	
弁体及びアーム	10	シート面の状況			(良) 否	
	11	クラック・浸食等の欠陥の有無			有 (無)	
	12	摺合せ代の有無			(有) 無	
	13	弁体弁座の当たり状況			(良) 否	
	14	組立後の開閉確認			(良) 否	
	15	カウンターウエイトの状況			良 否	
	16	ダッシュボットの状況			良 否	
	17	エアースリンダーの状況			良 否	

点検項目	No. 1~12	判定基準(No. 1~8, 10, 11)	項目	手入後状況確認		
点検年月日	平成27年6月6日	・各部の表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打こん、変形及び摩耗がないこと	区分	△	/	◎
点検者		・浸食、損傷等の異常がないこと	月日	5/7	/	5/7
判定年月日	平成27年6月7日	判定基準(No. 9, 12)	結果	✓		✓
判定者		・摺合せ代があること	確認者	[Redacted]		
判定結果	合格		項目	分解検査(当たり確認)		
点検項目	No. 13	判定基準	区分	◎	/	◎
点検年月日	平成27年6月7日	・線状であること	月日	5/7	/	5/7
点検者		・太さが均一であること	結果	✓		✓
判定年月日	平成27年6月7日	・当たりが切れていないこと	確認者	[Redacted]		
判定者			項目	開閉確認		
判定結果	合格		区分	△	/	◎
点検項目	No. 14	判定基準	月日	5/8	/	5/8
点検年月日	平成27年6月7日	・弁の作動状態に異常がないこと	結果	✓		✓
点検者			確認者	[Redacted]		
判定年月日	平成27年6月7日		項目	組立後状況確認		
判定者			区分	△	/	◎
判定結果	合格		月日		/	
点検項目	No. 15~17	判定基準(No. 15~17)	結果			
点検年月日	平成 年 月 日	・作動状態に異常がないこと	確認者	[Redacted]		
点検者			確認区分の表示 ◎:作業中同時立会 ○:作業完了後の立会 △:作業記録(含む検査記録) /:該当なし 点検結果の表示 〇:異常なし △:異常あり			
判定年月日	平成 年 月 日					
判定者						
判定結果						

株式会社

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

スパイダー、ベーン、フィンガの熱時効が着目すべき経年劣化事象ではないとした理由について

スパイダー、ベーン及びフィンガーは最高使用温度が343℃であるが、当該部は一端が自由端であること、圧力バウンダリでもないことから、有意な応力は発生していない。

至近の目視点検結果を別添7-Aに示す。結果は良好であった。  
製造時検査結果を別添7-Bに示す。尚、引け巣や空孔等の欠陥をHIP処理により無欠陥であることが確認できることから当該機器においても内部欠陥は存在しないと考える。

また、ニューシアでは国内外での同様の事例は確認されていない。

従って、以上から熱時効を着目すべき経年劣化事象としていない。

情報管理クラス2機密資料  
(無断複製・転載禁止)

Aクラス

関電	課長	係長	班長	係
	[Redacted]			

関西電力(株) 美浜発電所3号機  
第25回定検

燃料内挿物検査工事  
総括報告書兼定期点検工事記録



3-2001-25CB361  
ドキュメント番号

発行	株式会社 [Redacted]					作成認可欄	現場代理人	作業総括責任者	品質管理責任者	安全管理責任者	放射線管理総括責任者	発行	平成23年7月6日	原紙保管 美浜事務所
作成認可欄	作業責任者	作成												
配布先	関電											控	資料番号 AWM-110701	
	1											1		

工事コード: 111P002097

美浜発電所3号機 第26回定検  
燃料内挿物検査工事 内挿物検査記録

記録様式-1

内挿物頭部検査記録 (1/2)

使用装置:小型水中テレビカメラ装置

No.	内挿物番号	検査開始準備			作業手順 *1			検査日時 (検査終了時刻)	実施者 *5	関係 立会者	備考
		検査ラック 位置に 移動確認	録画開始	タイム等 入力	ハンドリング 側に操作を 依頼	内挿物番号確認 *2	頭部健全性確認 *3				
1	R173	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 09:45			
2	PD95	✓	✓	✓	✓	良※	良	H 23. 6.17 09:54			
3	PD102	✓	✓	✓	✓	良※	良	H 23. 6.17 10:02			
4	R175	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 10:14			
5	PD118	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 10:22			
6	PD97	✓	✓	✓	✓	良※	良	H 23. 6.17 10:29			
7	PD110	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 10:36			
8	PD119	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 10:44			
9	PD103	✓	✓	✓	✓	良※	良	H 23. 6.17 10:51			
10	R176	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 10:59			
11	PD98	✓	✓	✓	✓	良※	良	H 23. 6.17 11:06			
12	R177	✓	✓	✓	✓	良	良	H 23. 6.17 11:13			
								H . . . :			
								H . . . :			
								H . . . :			

回収チェック

ハンドリング側に検査要領図を渡した場合は、作業終了後回収すること→  
\*1:作業手順の枠内には実施したことを確認し、レ印(異常なし)を記入する。尚、連続録画の場合は録画状態であることを確認し、「録画開始」にレ印を記入する。  
但し、「内挿物番号確認」、「頭部健全性確認」、「良否判定」には「良」、「否」又は「保留」を記入する。  
また、異常等があれば☆を付し、備考および必要に応じて別途作成する記録に内容を記入する。  
\*2:「※」は数字番号のみの刻印を表す。  
\*3:判定基準:ポータルダウン組立体又はスベリ組立体に機能・性能に影響を及ぼすおそれのある損傷・変形がないこと。  
\*4:連続録画の場合は「-」を記入する。  
\*5:実施者は作業責任者、検査員の順とする。  
別冊作業実施要領書:AWM-090502-3



記録様式-1

内挿物頭部検査記録 (2/2)

茨城県電力3号機 第2.5回定期検査  
燃料内挿物検査工事 内挿物検査記録

使用装置:小型水中テレビカメラ装置

No.	内挿物番号	作業準備				作業手順 *1			検査日時 (検査終了時刻)	実施者 *5	閉電 立会者	備考
		検査ラック 位置に 移動確認	検査開始 録画開始	タイマー等 入力	ハンドリング 側に操作を 依頼	内挿物番号確認 *2	頭部健全性確認 *3	検査終了 録画停止・ 録画確認 *4				
13	R174	✓	✓	✓	✓	良	良	良	H 23. 6.17 11:25			
14	PD120	✓	✓	✓	✓	良	良	良	H 23. 6.17 11:33			
15	PD117	✓	✓	✓	✓	良	良	良	H 23. 6.17 11:40			
16	PD100	✓	✓	✓	✓	良※	良	良	H 23. 6.17 11:48			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			
									H . . . :			

ハンドリング側に検査要領図を渡した場合は、作業終了後回収すること → **回収チェック**

\*1:作業手順の特内には実施したことを確認し、レ印(異常なし)を記入する。尚、連続録画の場合は録画状態は録画開始時にレ印を記入する。但し、「内挿物番号確認」、「頭部健全性確認」、「良否判定」には「良」、「否」又は「保留」を記入する。  
また、異常等があれば必ず必要に応じて別途作成する記録に内容を記入する。  
\*2:「※」は数字番号のみの刻印を表す。  
\*3:判定基準:ホールドダウン組立体又はスライド組立体に機能・性能に影響を及ぼすおそれのある損傷・変形がないこと。  
\*4:連続録画の場合は「-」を記入する。  
\*5:実施者は作業責任者、検査員の順とする。  
別冊作業実施要領書:AWM-090502-3



M3R05

L-1313

電力会社制御棒クラスタ立会検査結果確認書			
日 時	平成 4 年 1 月 23 日 15:00 ~ 18:00		
場 所	[REDACTED]		
工 事 名	関西電力㈱ 美浜 発電所第 3 号機用 制御棒クラスタの製造		
電力会社検査員	美浜発電所 安全管理課 [REDACTED]		
[REDACTED] 立会者	[REDACTED]		
検査品目	確認欄	備考	
1. スパイダー 組立体	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
2. 制御棒	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	2.1 被覆管		<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	2.2 吸収材		<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
2.3 吸収材 押えばね	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>			
2.4 端 栓	<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/>			
3. 制御棒クラスタ	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<input checked="" type="checkbox"/>		

L-1313-1(1)

試 験 検 査 結 果 記 録				
工 事 名	関西電力御美浜発電所第 3 号機用制御棒クラスタの製造			
工 事 番 号	M3R05	製造会社名	[REDACTED] 株式会社	
検 査 品 目	スパイダー組立体	QC 担当者	[REDACTED]	4 年 / 月 2 / 日
検 査 項 目	下 記	QA 担当者	[REDACTED]	4 年 / 月 2 / 日
数 量	[REDACTED]	個		
検査項目	[REDACTED]			備 考
仕				
様				
スパイダー				
組立時刻印番号				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

加圧器安全弁のステンレス鋼鑄鋼弁箱に係る経年劣化事象として熱時効を挙げていない理由について

加圧器安全弁の通常使用温度は100℃以下であることから評価対象外としている。

当該安全弁上流配管表面の温度は100℃以下であることが電共研「加圧器安全弁におけるルーブシールの影響に関する研究」で確認されている。仮に配管外面を100℃と仮定し、配管外面からの放熱を自然対流（当該部に保温がないため）、雰囲気温度を21℃（CV内温度の最低値）として保守的な熱計算を行うと約100.6℃となる（詳細な計算データは下表参照）。

配管の温度は熱時効評価対象温度（250℃）に比べてはるかに小さく、当配管よりも下流にある加圧器安全弁温度はさらに小さくなると考えられることから熱時効評価対象とはしていない。

美浜3号炉の当該配管は上記電共研で用いられている配管と材質、径、長さ共に同等であることから下記評価で代用できると考える。

上記評価算出条件

配管外径 (ro)	
配管内径 (ri)	
配管材質	
配管長さ	
配管熱伝導率 ( $\lambda$ )	
配管外面熱伝達率 ( $\alpha$ )	
熱流束 (q)	$\alpha \times (100-21)$
配管内面温度	100.6℃
$= 21 + \frac{q}{\alpha} + \frac{q \times r_0}{\lambda} \times \ln\left(\frac{r_0}{r_i}\right)$	

美浜3号炉加圧器安全弁上流配管

配管外径 (ro)	0.0842m
配管内径 (ri)	0.0659m
配管材質	SUS316
配管長さ	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



図1 電共研「加圧器安全弁におけるループシールの影響に関する研究」  
温度計測加圧器安全弁上流配管形状



図2 美浜3号炉加圧器安全弁上流配管形状

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉—その他の経年劣化事象—8 Rev.2

<p>タイトル</p>	<p>炉心槽の中性子照射による靱性低下に関する、炉心槽の目視確認の内容、および、「万一有意な欠陥が存在すると仮定した場合でも不安定破壊しないこと」の確認内容について。</p>
<p>説明</p>	<p>炉心槽に対する目視確認については、日本機械学会 発電用原子力設備規格 維持規格に基づき、定期的（1回/7年）に水中テレビカメラによる目視確認（VT-3）を実施しており、炉心槽に有意な異常（過度の変形、部品の破損等）がないことを確認している。また、炉内構造物取替後についても維持規格に基づく点検を実施する計画である。炉心槽の可視範囲について添付-1に示す。</p> <p>「万一有意な欠陥が存在すると仮定した場合でも不安定破壊しないことを確認している」ことの詳細について、以下に示す。</p> <p>想定欠陥は、日本機械学会 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1-2012）を準用し、深さを板厚の1/4、長さは板厚の1.5倍の表面欠陥を周方向に仮定した（添付-2の図1参照）。応力条件として、通常運転時に作用する機械荷重、熱荷重、ならびに地震時の荷重による応力を考慮した。</p> <p>平板中の半楕円表面き裂の応力拡大係数Kを求めるRaju-Newmanの式（Raju, I. S. and Newman, J. C., Jr., NASA Technical Paper 1578, 1979.）を用いて想定欠陥の応力拡大係数Kを算出した結果、8.1 MPa√mとなった。</p> <p>一方、添付-2の図2中のJ<sub>IC</sub>最下限値14 kJ/m<sup>2</sup>から、換算式により破壊靱性値K<sub>IC</sub>を求めると51 MPa√mとなった。</p> <p>以上より、想定欠陥の応力拡大係数は、破壊靱性値を下回っており、不安定破壊は生じないことを確認した。</p> $K_{IC} = \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)} \times J_{IC}}$ <p>E：縦弾性係数（172000 N/mm<sup>2</sup> at 350℃）  ν：ポアソン比（0.3）  J<sub>IC</sub>：破壊靱性値の下限（14 kJ/m<sup>2</sup> at 350℃）</p>

また、日本機械学会 発電用原子力施設規格 維持規格 (JSME S NA1-2008) に基づき実施した、炉心槽溶接部のき裂安定性評価の結果を以下に示す。

**【評価内容】**

- ・ 炉心槽溶接部にき裂を想定し、FEM解析 (2次元断面モデル) によって応力拡大係数 $K$ を算出する。

**【評価条件】**

- ・ 溶接タイプ (残留応力) : 電子ビーム溶接
- ・ 機械及び熱応力 : 通常運転時の応力
- ・ 地震による応力 :  $S_s$ 地震動による応力  
(約 24.5 MPa)
- ・ 想定き裂形状 : 溶接線中心 (内面) に全周き裂  
(図 1 にき裂のイメージを示す)
- ・ 炉心槽形状 : 板厚  $t$  mm、内径  $\phi$  mm

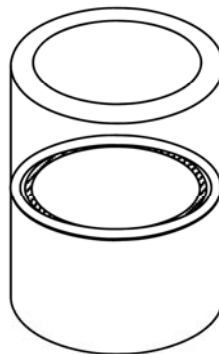


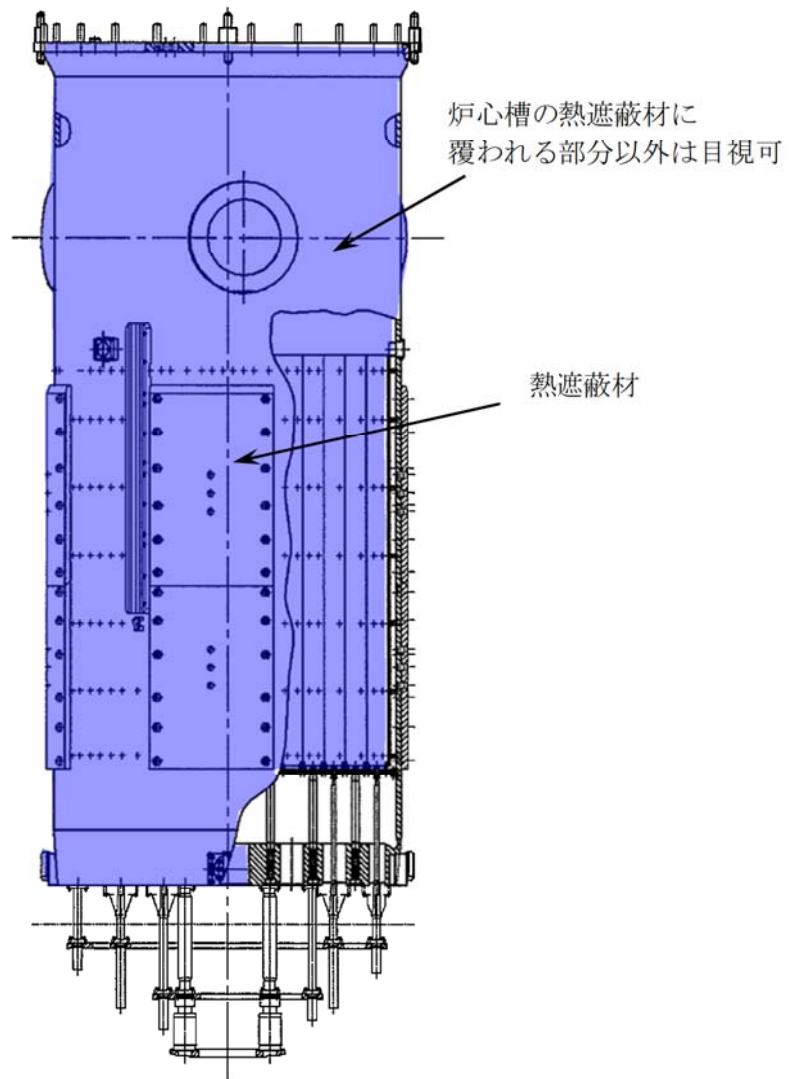
図 1 想定き裂のイメージ  
(斜線部分)

**【評価結果】**

評価条件の応力状態における炉心槽に対し、き裂深さをパラメータとして応力拡大係数 $K$ を算出した結果、応力拡大係数 $K$ は最大値約  $37 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ となり、破壊靱性値 $K_{Ic} : 51 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ に対して十分小さい値であった。

以上の結果から、仮に炉心槽溶接部にき裂が生じても不安定破壊は起こらないと評価している。





美浜3号炉 炉心槽の可視範囲概要

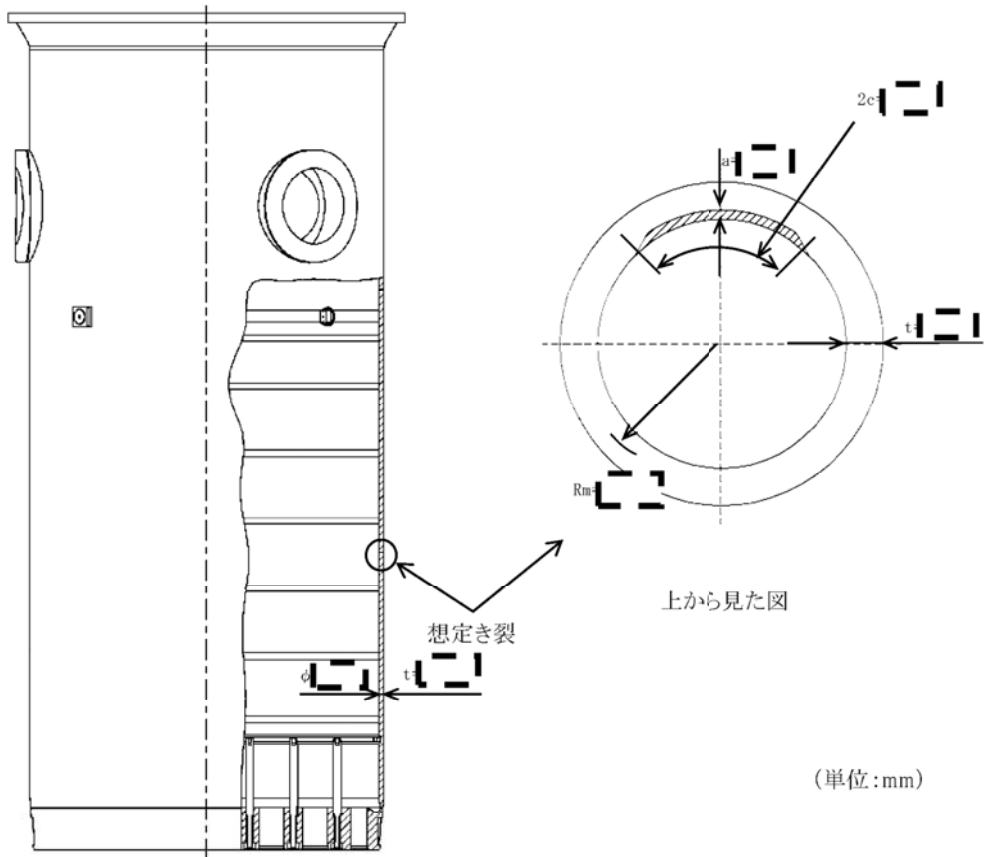


図1 美浜3号炉 中性子照射による靱性低下に対する炉心そのの想定き裂

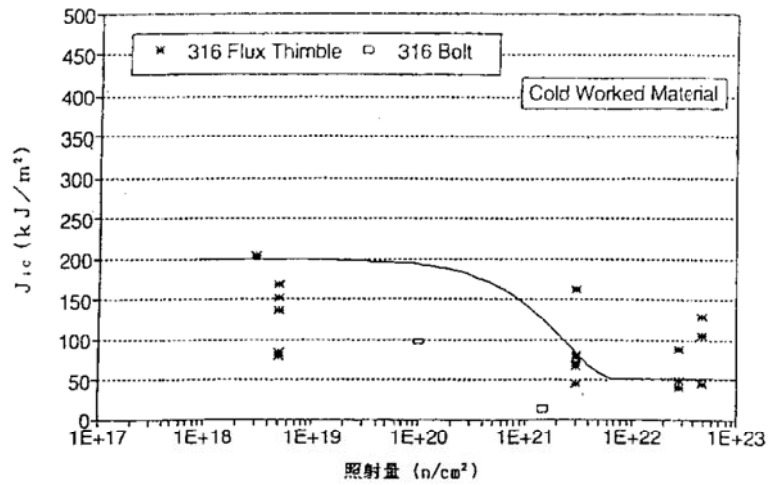


図2 破壊靱性値J<sub>IC</sub>と照射量の関係

[出典：発電設備技術検査協会「プラント長寿命化技術開発」報告書]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉－耐震－1 Rev 1

<p>タイトル</p>	<p>浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ及び耐震安全性評価の評価対象設備の、具体的な抽出根拠、抽出プロセス及び評価内容について。</p>
<p>説明</p>	<p>美浜3号の「浸水防護施設」のうち、耐震安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐震安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について 耐震安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。なお、設備の概要を添付1に示す。</p> <p>(1) 津波防護施設：・防潮堤… a 屋外排水路逆流防止設備… b</p> <p>(2) 浸水防止設備：・取水構造物（浸水防止蓋）… c 海水ポンプエリア止水壁 … d 水密扉<sup>※1</sup> … e ※1：浸水防護重点化範囲との境界に位置する原子炉補助建屋の水密扉を対象とする。</p> <p>(3) 津波監視設備：・津波監視カメラ … f 潮位計 … g</p> <p>2. 想定される劣化事象<sup>※2</sup></p> <p>(1) コンクリート構造物（対象 a）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性化 …①</li> <li>・塩分浸透 …②</li> </ul> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アルカリ骨材反応 …③</li> <li>・凍結融解 …④</li> <li>・耐火能力低下 …⑤</li> </ul> <p>(2) 鉄骨構造物（対象 a, b, c, d, e）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食 …⑥</li> <li>・風などによる疲労 …⑦</li> </ul> <p>(3) 計測制御設備（対象 f, g）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・樹脂の劣化（ケミカルアンカー）…⑧</li> <li>・腐食（支持構造物）…⑨</li> <li>・腐食（ケミカルアンカー）…⑩</li> </ul>

※2：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化及び導通不良については、耐震性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略する。

### 3. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～⑩について、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを下表に整理した。

表1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

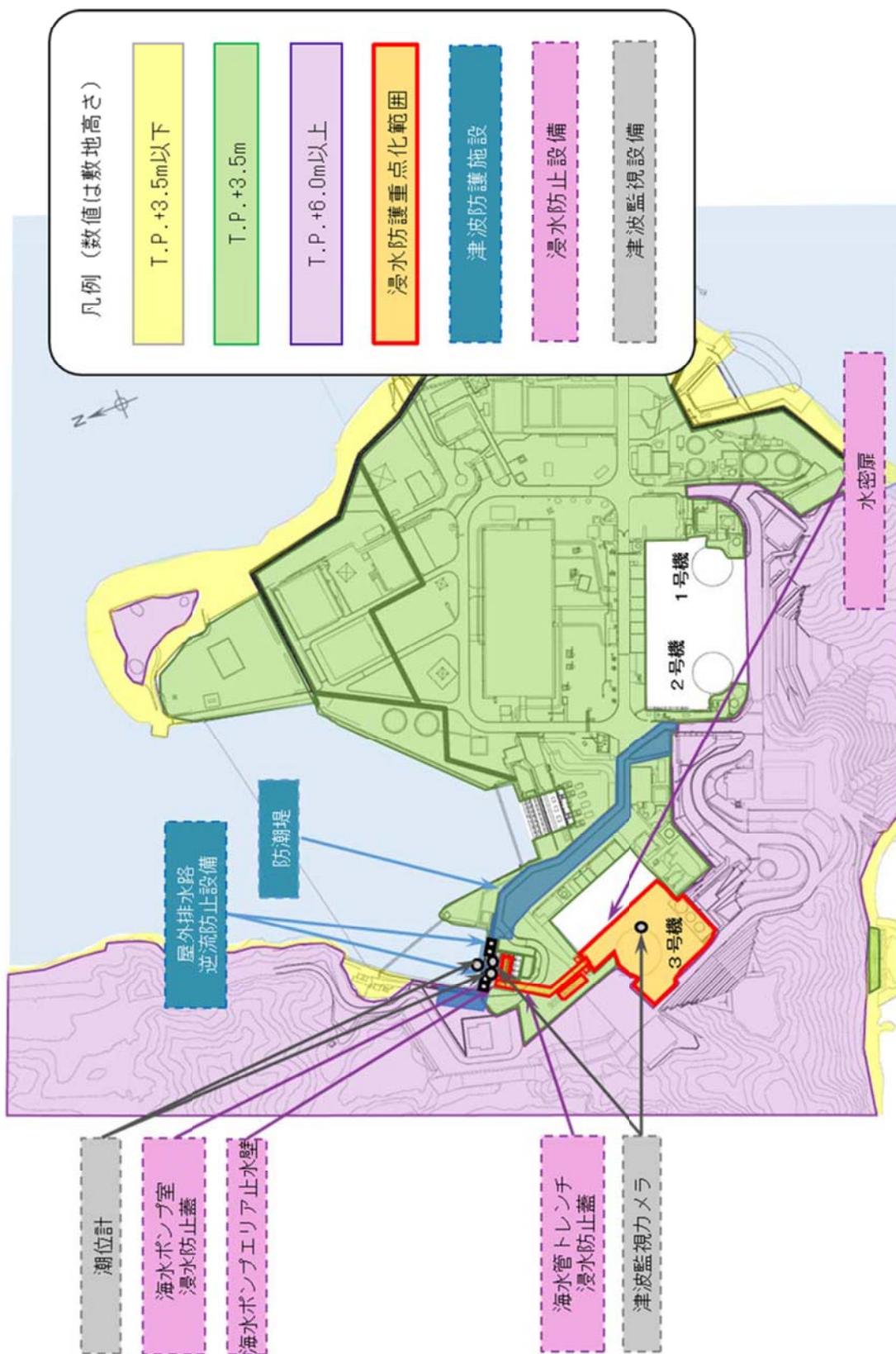
「候補評価」で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2	ステップ3
高経年化対策上 留意すべき 経年劣化事象	下記 1)～2)を除く経年劣化事象	○	i 高経年化対策上留意すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	×
			ii 現在発生しているか、または将来において起こることが否定できないもの	◎ ●
高経年化対策上 留意すべき 経年劣化事象 ではない事象	1) △ 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えられる経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象)	○	i 日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	—
			ii 現在発生しているか、または将来において起こることが否定できないもの	◎ ●
	2) ▲ 現在までの運転経歴や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外)	—	—	◎ ●

△：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
 ▲：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）  
 ○：評価対象として抽出  
 —：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外  
 ×：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外  
 ◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出  
 ●：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出

以上より、美浜3号の「浸水防護施設」については、◎となる対象としてケミカルアンカーの腐食を考慮した耐震安全性評価を実施した。

以上

耐津波安全性評価対象設備の概要





美浜3号炉－耐震－4 Rev2

タイトル	<p>建設後の耐震補強の実績がある場合の、下記種別（イ、ロ、ハ、ニ）ごとの実施時期と工事概要（サポートの撤去、移動、追設、容量変更の要点を含む）について。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>イ) 耐震バックチェックに関連した耐震補強ケース</li><li>ロ) 新規制基準適合申請に関連した耐震補強ケース</li><li>ハ) 経年劣化事象の評価に関連する耐震補強ケース</li><li>ニ) イ)、ロ)、ハ) 以外の耐震補強ケース</li></ul>
説明	<p>建設後の耐震補強の実績について、次のとおり纏めた。</p> <p>イ) 耐震バックチェックに関連し耐震裕度向上を目的として、以下工事を実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○原子炉格納容器内にある配管の支持構造物について、支持部材の追加等を実施した。 第22回定検(平成19年度) (工事概要：添付1(1/4))</li><li>○原子炉冷却系統などの配管、格納容器排気系統などのダクト、電気計装盤類などの支持構造物を強化した。 第23回定検(平成20年度) (工事概要：添付1(2/4))</li><li>○余熱除去系統や化学体積制御系統などの配管、アニュラス循環系統や補助建屋よう素除去排気系統のダクト、蒸気発生器や加圧器などの機器類の支持構造物を強化した。 第24回定検(平成21年度) (工事概要：添付1(3/4))</li><li>○余熱除去系統や内部スプレイ系統などの配管、アニュラス循環系統のダクト、蒸気発生器などの機器の支持構造物を強化した。 第25回定検(平成23年度～) (工事概要：添付1(4/4))</li></ul> <p>ロ) 新規制基準適合申請に関連した耐震補強ケースは、添付2、添付3のとおり。</p> <p>ハ) 経年劣化事象の評価に関連する耐震補強ケースは、添付2、添付3、添付4および添付5のとおり。</p> <p>ニ) 建設以降の工事計画認可申請書及び工事計画届出書において、今回提出した「美浜3号機 耐震安全性評価書」で評価対象とした機器の部位に対し、耐震計算を実施している工事を抽出した結果は、以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○低圧タービンロータ他取替工事 (LP-3) 第14回定検(平成6～7年度) (LP-1, 2) 第15回定検(平成8年度)</li></ul> <p>[工事概要] 低圧タービンロータ及び関連部位の取替えを行った。なお、特別な耐震補強は実施していない。</p>



○原子炉容器上蓋取替工事 第15回定検（平成8年度）

〔工事概要〕

国内外における600系ニッケル基合金使用部位に応力腐食割れが確認されていることに鑑み、上部蓋管台部に耐応力腐食割れに優れた690系ニッケル基合金を使用した原子炉容器上部蓋に取替えるとともに、制御棒駆動装置等を一体で取替えた。なお、特別な耐震補強は実施していない。

○蒸気発生器取替工事 第15回定検（平成8年度）

〔工事概要〕

美浜2号機蒸気発生器細管破断事故に鑑み、蒸気発生器の取替を行った。なお、特別な耐震補強は実施していない。

○燃料取替用水タンク取替工事 第19回定検（平成13年度）

〔工事概要〕

海塩粒子による塩素型応力腐食割れに対する長期保全の観点から、燃料取替用水タンクを取替えた。なお、特別な耐震補強は実施していない。

○格納容器再循環サンプスクリーン取替工事 第24回定検

（平成21年度）

〔工事概要〕

平成20年2月に「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年2月27日平成20・02・12原院第5号)及び「格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に関する対応について」(平成20年2月29日平成20・02・28原院第3号)が発出され、上記内規の制定により、具体的な格納容器再循環サンプスクリーンの性能評価手法が明確になったことを受け、既設のスクリーンを撤去し、上記内規に適合する性能の向上(面積の拡大)を図った新たなスクリーンを設置した。

以 上

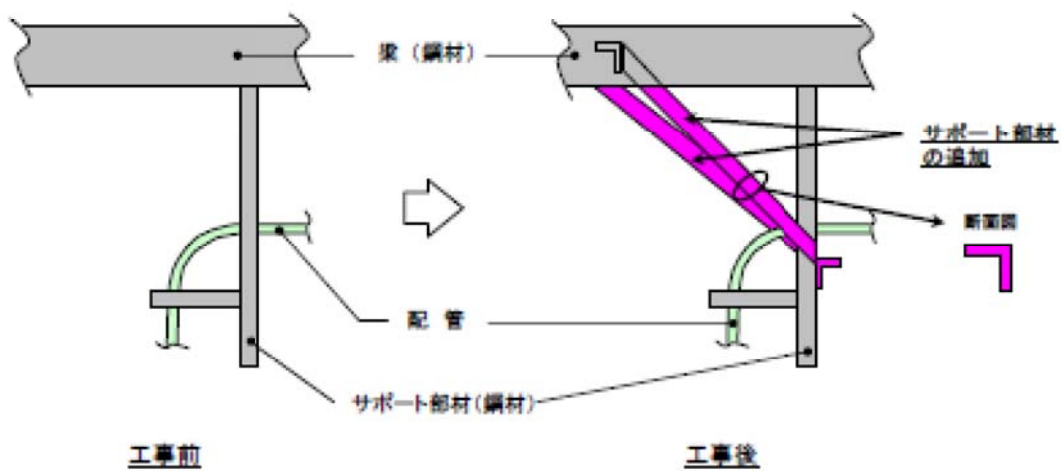
## 美浜3号機 第22回定検 耐震裕度向上工事 概要

## 工事概要

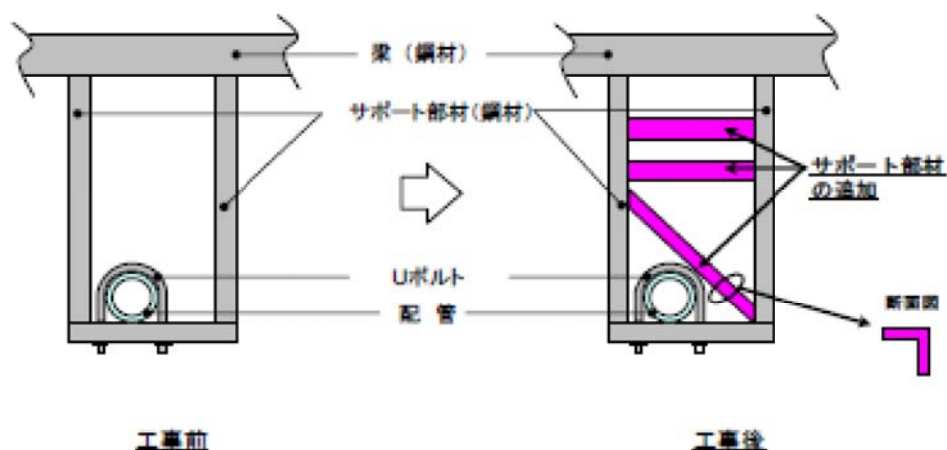
既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉格納容器内にある配管の支持構造物10箇所について、支持部材の追加等を実施した。

## 工事の例

【配管支持構造物の補強例1： 原子炉格納容器内E.L約17m】



【配管支持構造物の補強例2： 原子炉格納容器内E.L約17m】

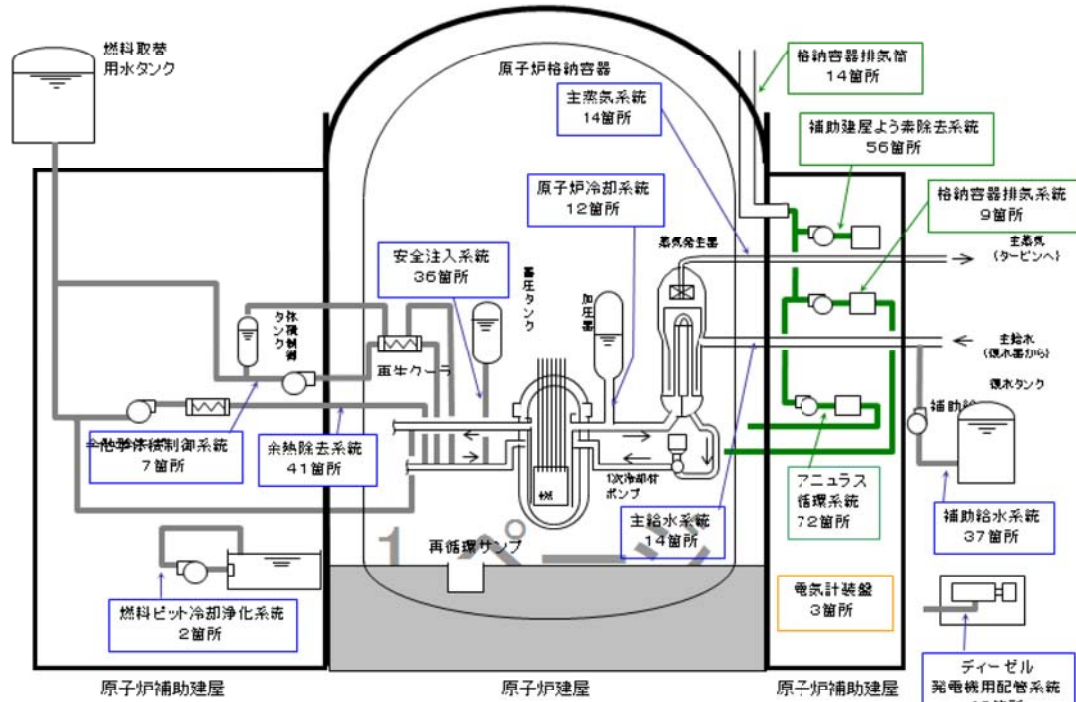


美浜3号機 第23回定検 耐震裕度向上工事 概要

工事概要

既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉冷却系統などの配管、格納容器排気系統などのダクト、電気計装盤類などの支持構造物を強化した。

支持構造物を補強した系統の概要図



工実施箇所数

配管支持構造物	213箇所
ダクト支持構造物	151箇所
機器他支持構造物	24箇所
合計	388箇所

伝送器架台  
(原子炉建屋・原子炉補助建屋他)  
15台

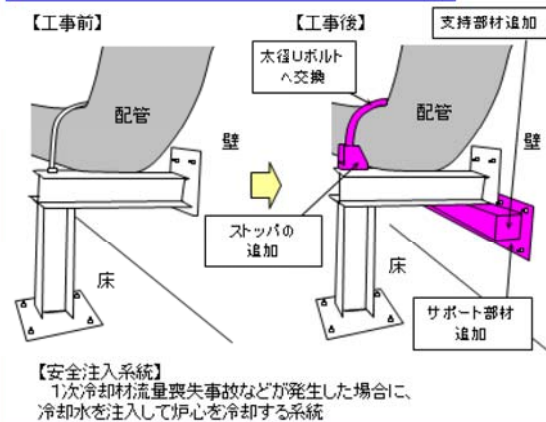
変圧器  
2台

蓄電池  
2系列

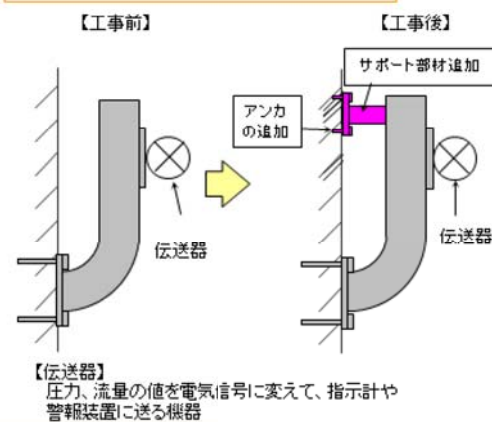
制御建屋  
循環ファン  
2基

海水系統  
2箇所

安全注入系統配管支持部の強化例



伝送器架台の強化例

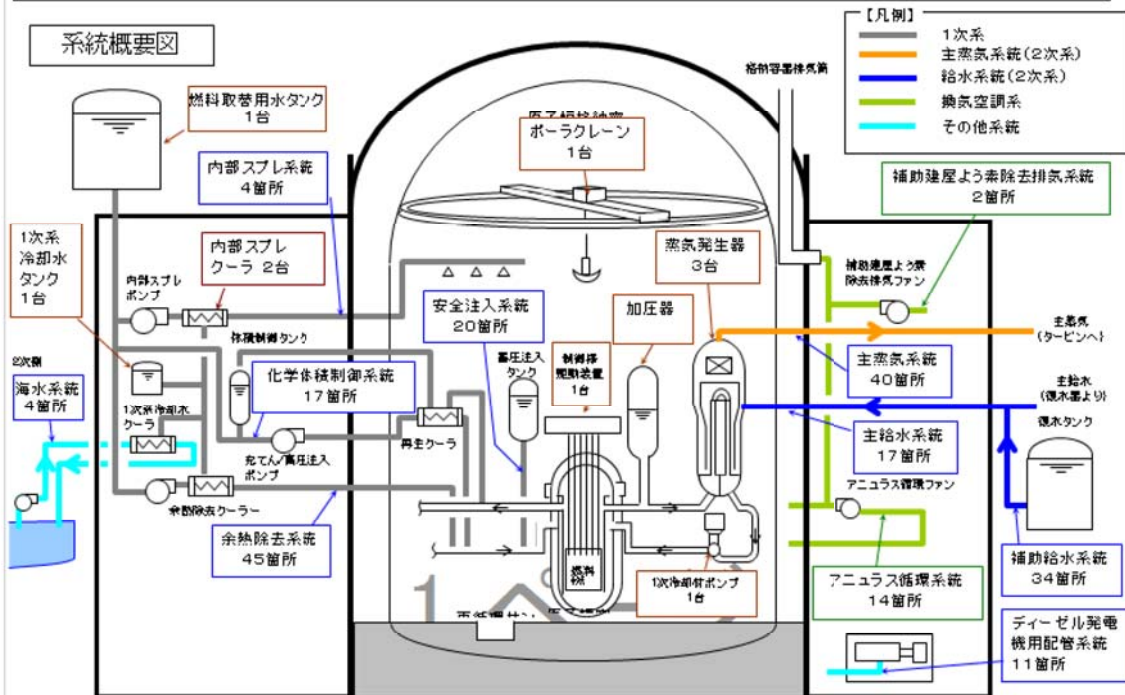


美浜3号機 第24回定検 耐震裕度向上工事 概要

工事概要

設備の耐震性を一層向上させるため、余熱除去系統や化学体積制御系統などの配管、アンユラス循環系統や補助建屋よう素除去排気系統のダクト、蒸気発生器や加圧器などの機器類の支持構造物を強化した。

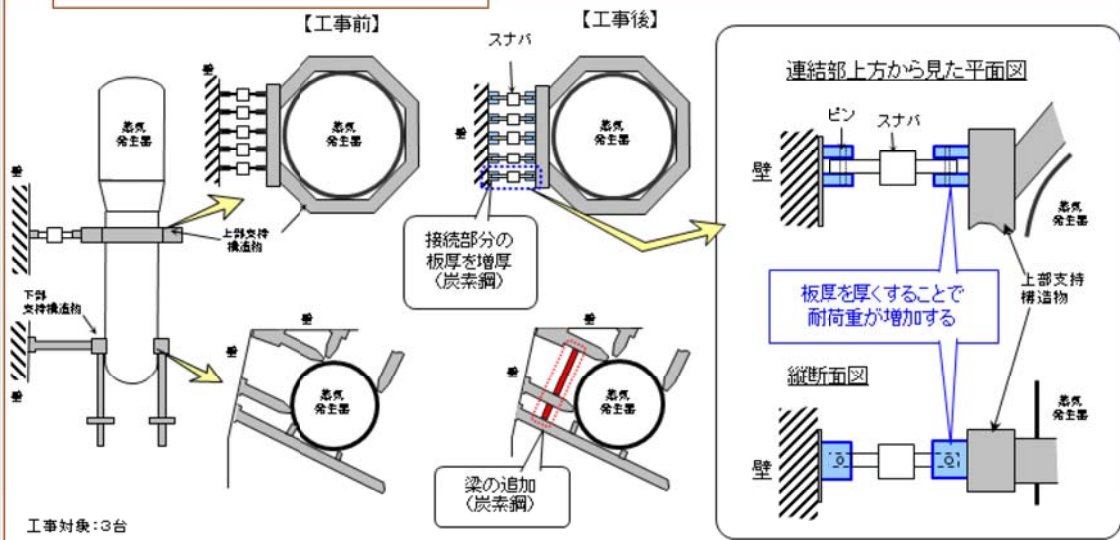
系統概要図



- 【凡例】
- 1次系
  - 主蒸気系統(2次系)
  - 給水系統(2次系)
  - 換気空調系
  - その他系統

原子炉補助建屋等	原子炉建屋	原子炉補助建屋等	工事実施箇所数
所内開閉装置 (原子炉補助建屋等) 2箇所	蓄電池 (原子炉補助建屋等) 2台		<支持構造物>
			配管 192箇所
			ダクト 16箇所
			機器 15台
			合計 223箇所

蒸気発生器支持部の強化例(イメージ)



工事対象:3台





## 美浜3号機 耐震補強工事 (配管以外)

機器名	補強内容	実施時期	ケース
燃料取替用水タンク			
復水タンク			ロ
抽出水再生クーラ			
制御棒駆動装置			
伸縮継手			ロ ハ
炉内構造物取替	<p><b>【炉内構造物取替】</b></p> <p>&lt;工事概要&gt;</p> <p>海外で発生しているバッフルフォーマボルトの損傷事例への対応や耐震性向上を図るため、これらへの対策を施した炉内構造物（上部炉心構造物、下部炉心構造物）の取替えを行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○最新設計の採用 上部炉心構造物の形状等を最新設計に変更する。</li> <li>○高経年化対策 Bfbの長尺化等による発生応力の低減と、ボルト冷却穴の設置による使用環境の改善を行い、応力腐食割れに対する耐性の向上を図る。</li> <li>○新規制基準（耐震）対策 ラジアルサポートの構造変更を行い、耐震性向上を図る。</li> </ul> <p style="text-align: right;">(添付2(5/5)参照)</p>	未定	ロ ハ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



美浜3号機 燃料取替用水タンク取替概要

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号機 CRDM中間耐震サポート追設工事概要

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号機 主蒸気・主給水管ベローズの改造概要

【工事目的】

基準地震動を踏まえ設備の耐震裕度を向上させるため、伸縮継手の機能を強化する。

【工事概要】

機械ペネトレーションのうち、主蒸気系統及び主給水系統配管貫通部伸縮継手について、耐震補強として取替を実施する。

【補強例】



表 主な改造諸元

	原子炉格納容器最高使用圧力 (MPa) P	最高使用温度 (°C)	伸縮継手有効径 (mm) d	継手部の波の高さ (mm) h	継手部の波のピッチの2分の1 (mm) b	継手部の板の厚さ (mm) t	伸縮継手1個の山数 W <sub>n</sub>	継手部の層数 c	材料	ヤング率 (MPa) E	複式伸縮継手の長さ (mm)		
											中心間距離 A <sub>1</sub>	中間の管の長さ l	伸縮継手の長さ L <sub>1</sub>
主蒸気配管格納容器貫通部	0.261	291							SUS304	176000			
主給水配管格納容器貫通部	0.261	230							SUS304	180000			

枠囲みの範囲はメーカー技術情報に係る事項ですので公開することはできません

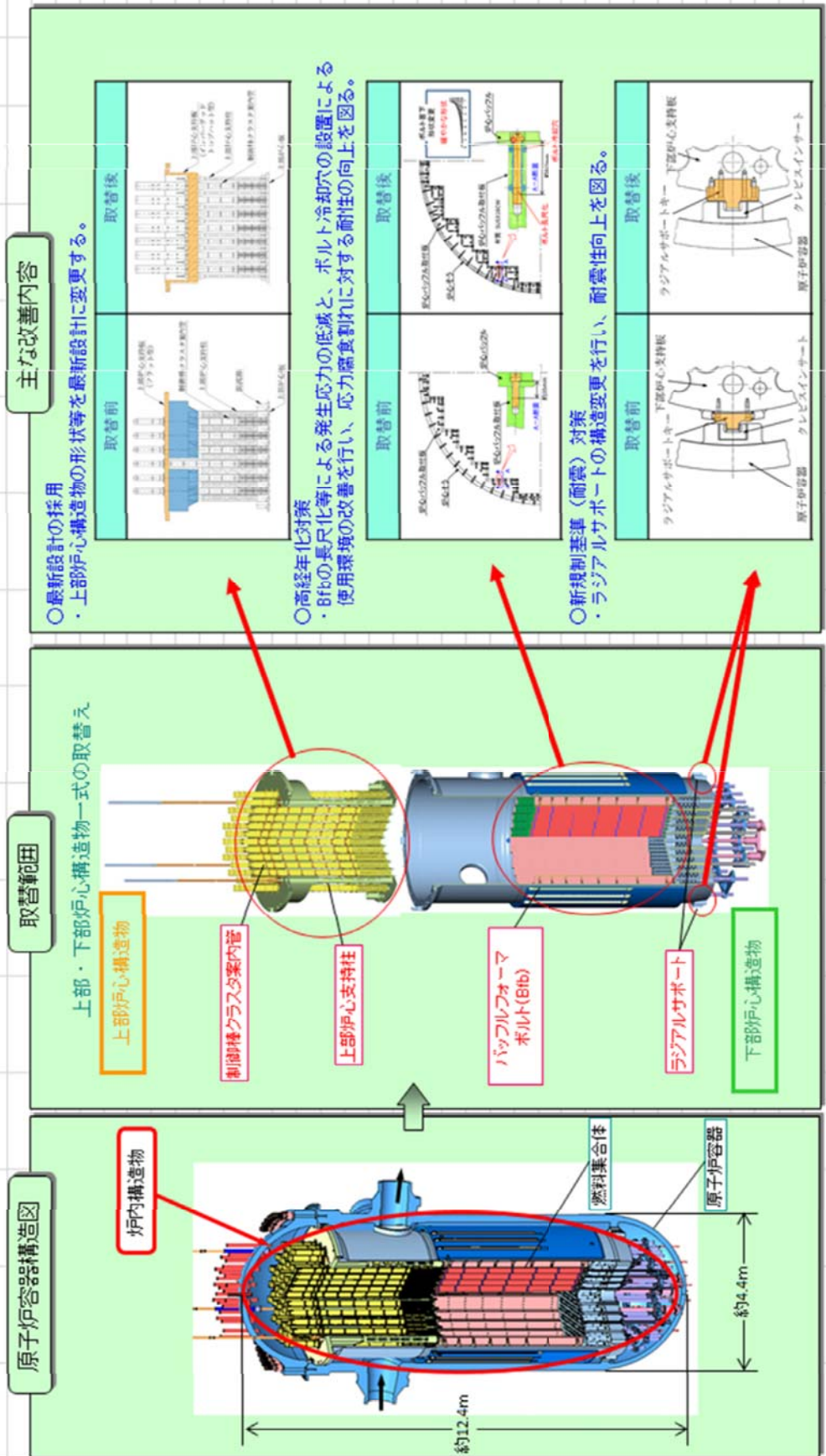
## 美浜3号炉 炉内構造物取替えについて

**【工事的目的】**

炉内構造物を取り替え、高経年化対策及び耐震性向上を図る。

**【工事概要】**

海外で発生しているバップルフォームボルトの損傷事例への対応や耐震性向上を図るため、これらへの対策を施した炉内構造物(上部炉心構造物、下部炉心構造物)の取替えを行う。\*



※：高浜1・2号炉、美浜3号炉については、新規制基準前からの炉内構造物の取替えを計画していたが、美浜発電所の震源地震動は高浜発電所よりも大きいことから、美浜3号炉については今回取替えを前編に  
 許認可申請を行うこととしたもの。高浜1・2号炉については今回、炉内構造物取替えを前編とした許認可申請は行わないが、炉内構造物取替えについては検討していく。

美浜3号機 耐震補強工事 (配管関係)

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期	ケース
1次冷却系 統配管					ロ
余熱除去系 統配管					ロ
					ロ
					ロ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期	ケース
余熱除去系 統配管					口
					口
					口
安全注入系 統配管					口

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期	ケース
主蒸気系統 配管					□
					□
					□

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期	ケース
主給水系統配管					ロ
SGブローダウン系統配管					ロ
化学体積制御系統配管					ハ
					—

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

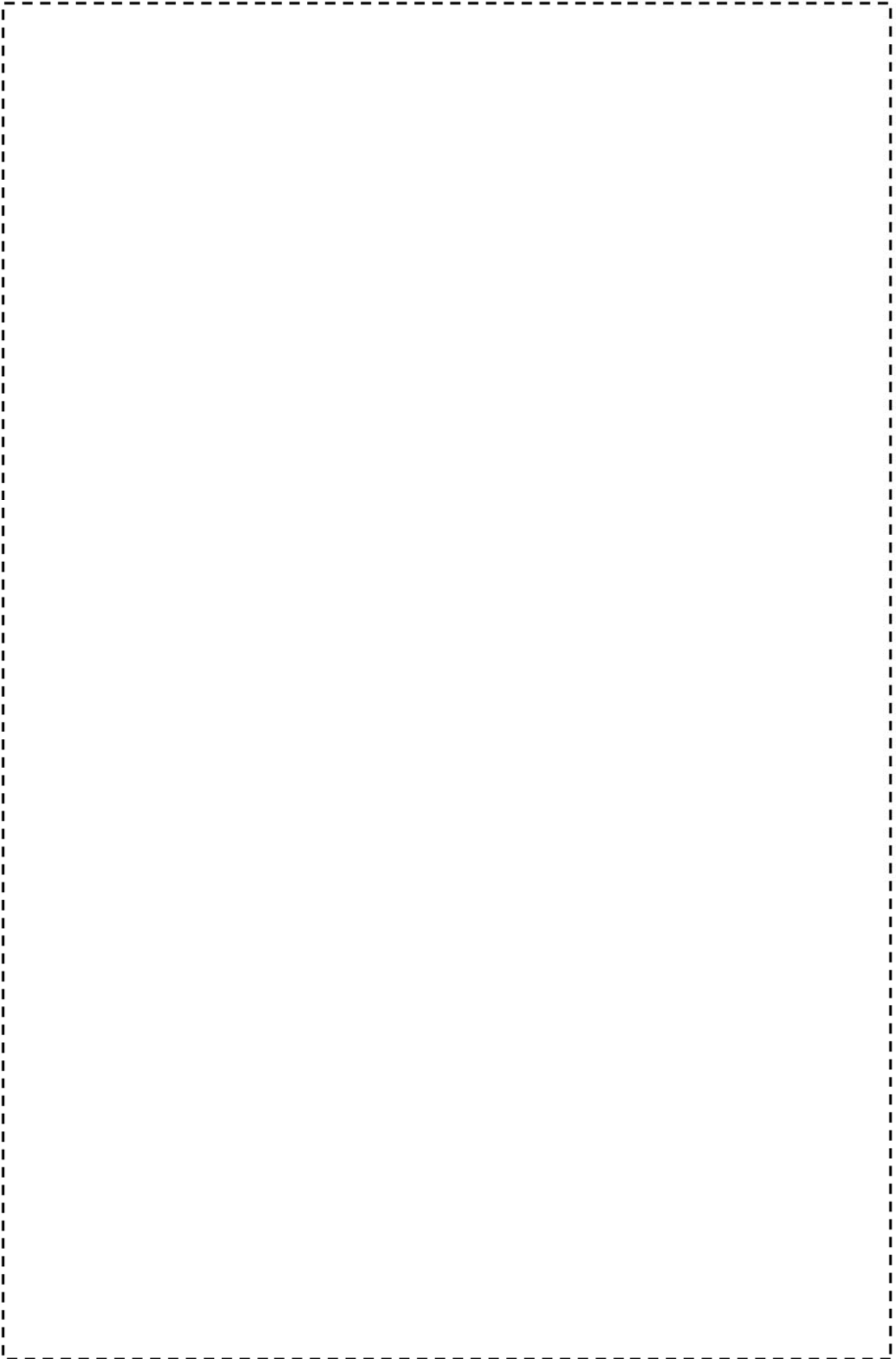


図1 1次冷却系統配管（加圧サーージ配管（ブロック No. RC01））

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

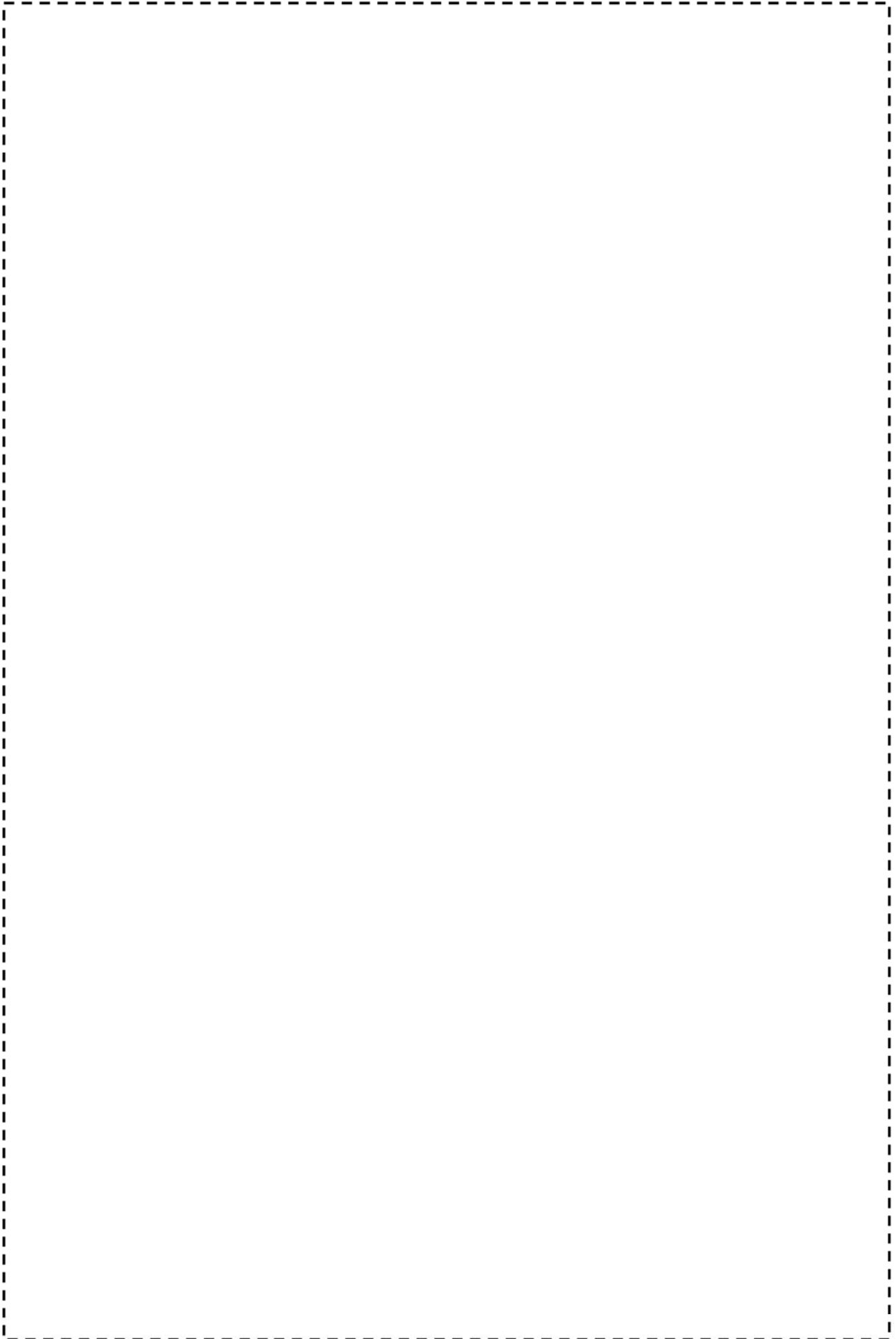


図2 (1/3) 1次冷却系統配管 (加圧器スプレイ+補助スプレイ配管 (ブロック No. RC02))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

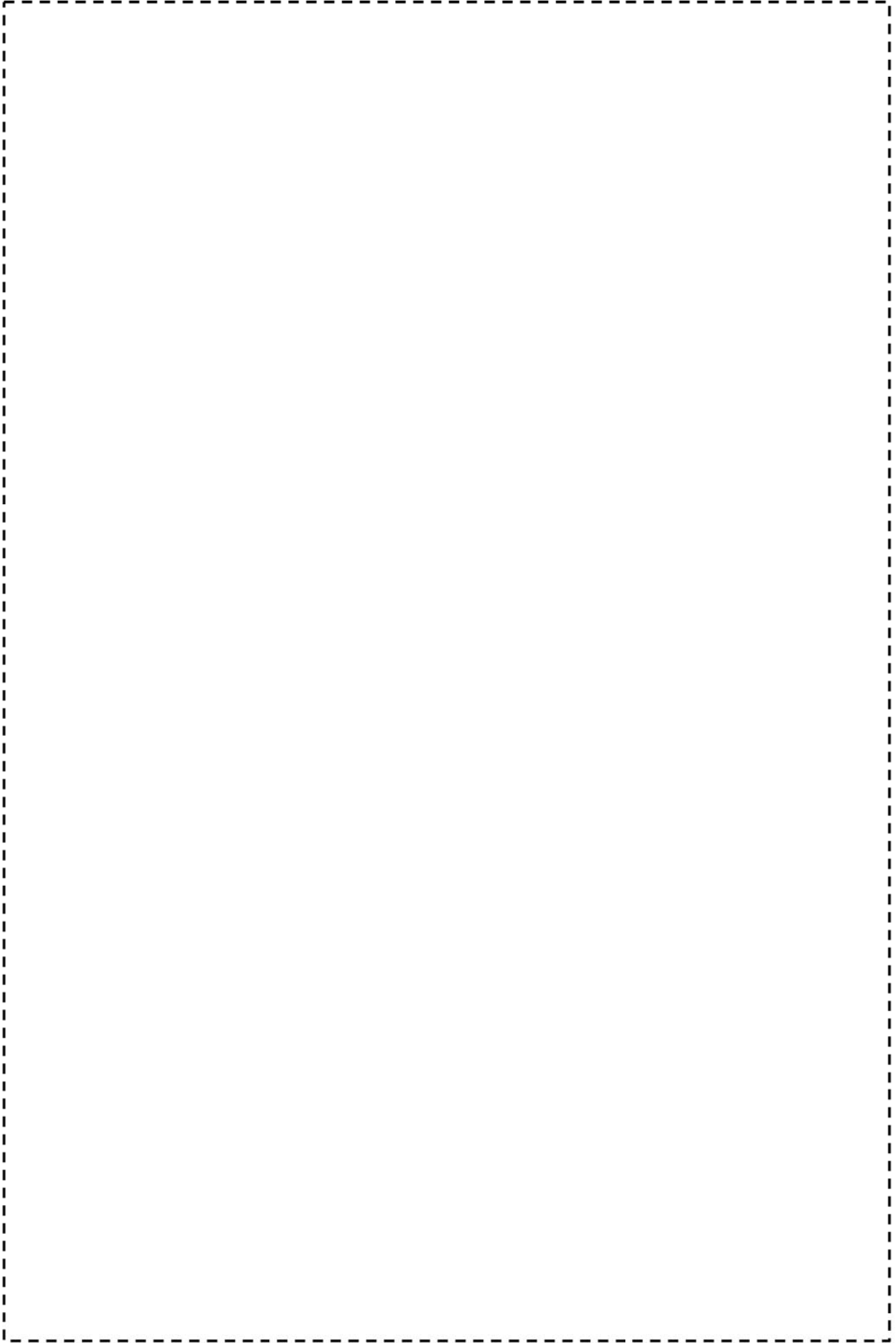


図2 (2/3) 1次冷却系統配管 (加圧器スプレイ+補助スプレイ配管 (ブロック No. RC02))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

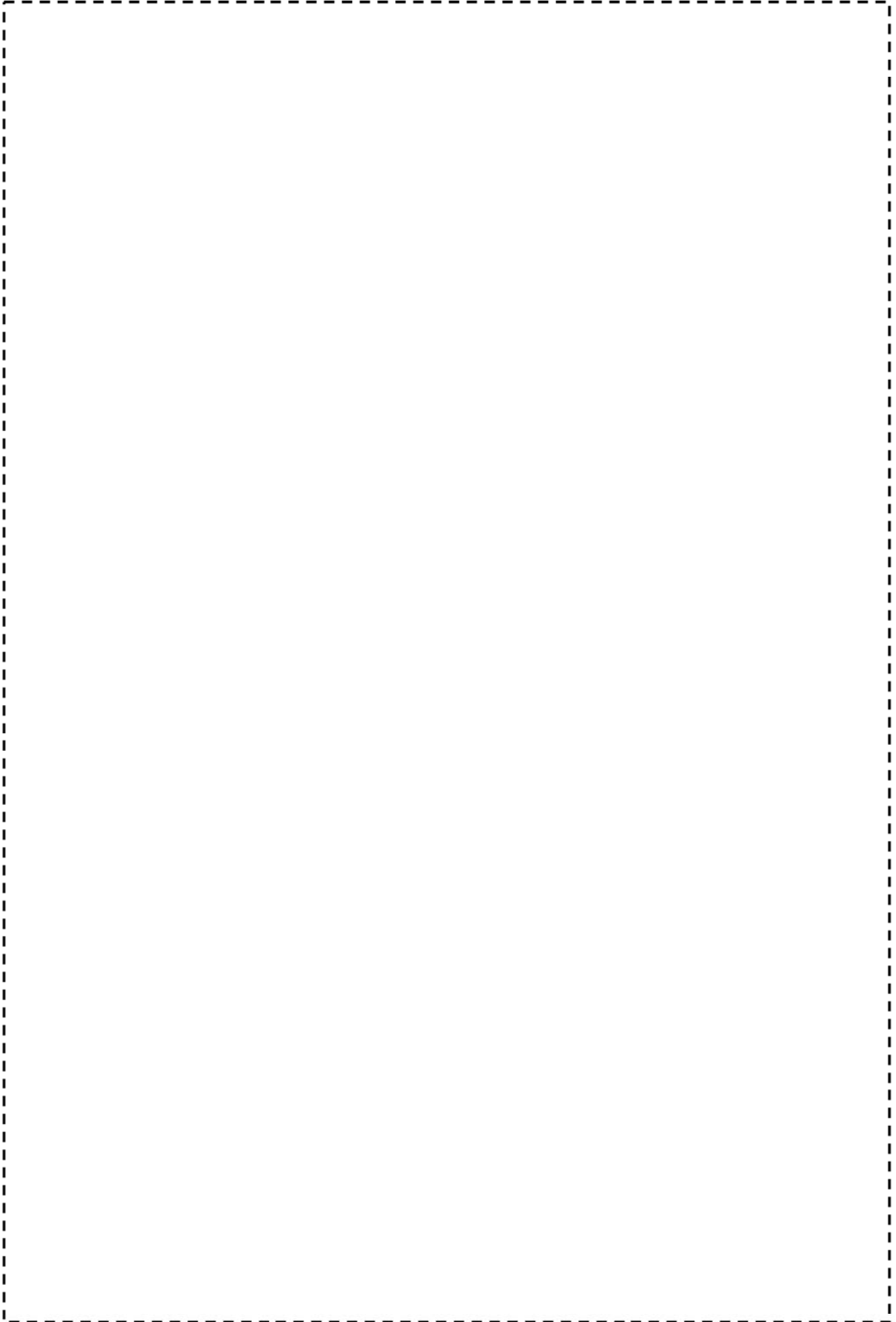


図2 (3/3) 1次冷却系統配管 (加圧器スプレイ+補助スプレイ配管 (ブロック No. RC02))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



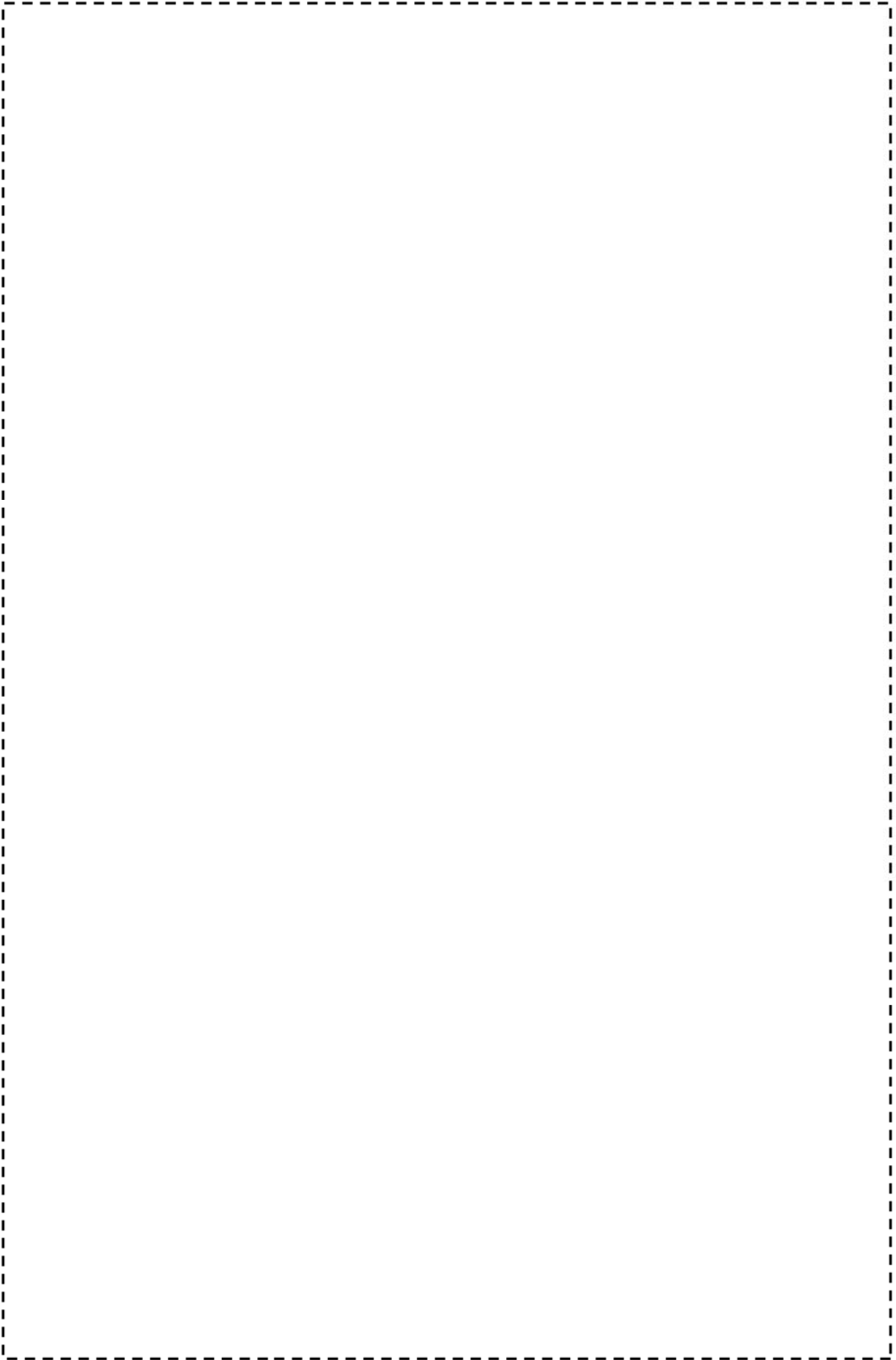


図3 余熱除去系統配管 (A-余熱除去取水配管 (ブロック No. RH01))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

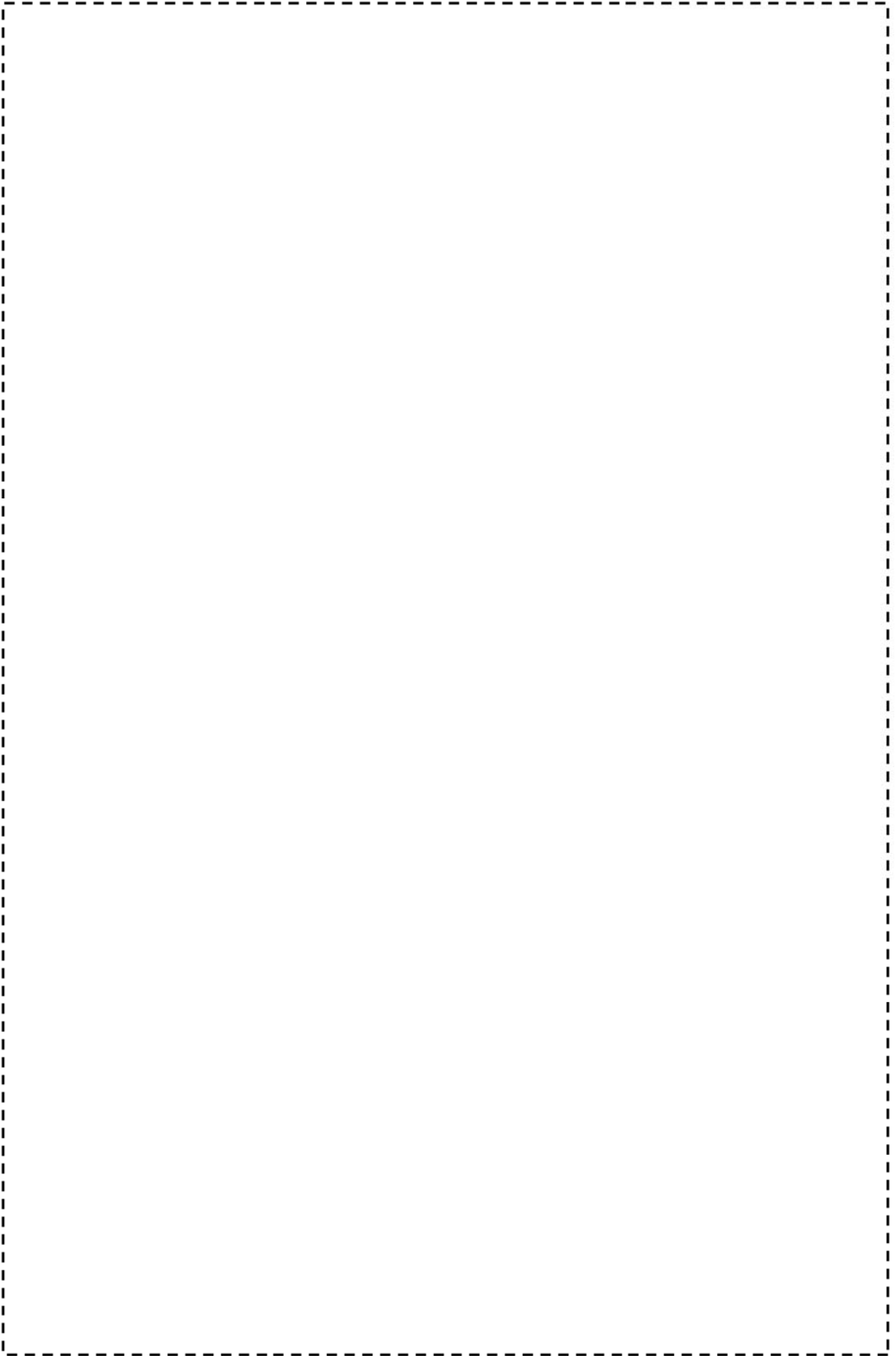


図4 余熱除去系統配管 (B-余熱除去取水配管) (ブロック No. RH07)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

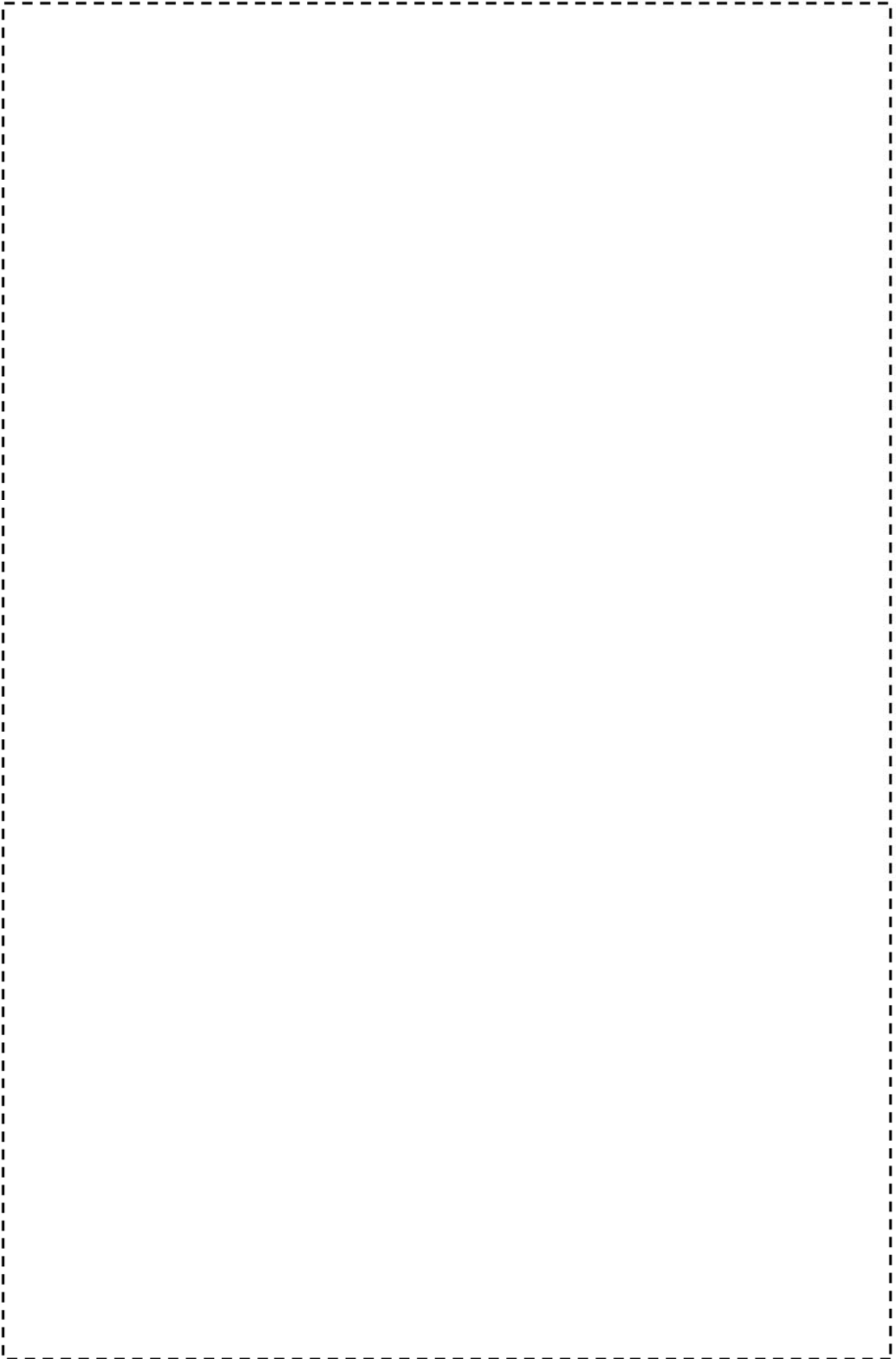


図5 余熱除去系統配管 (A-余熱除去ポンプ出口配管 (ブロック No. RH03))

枠組みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

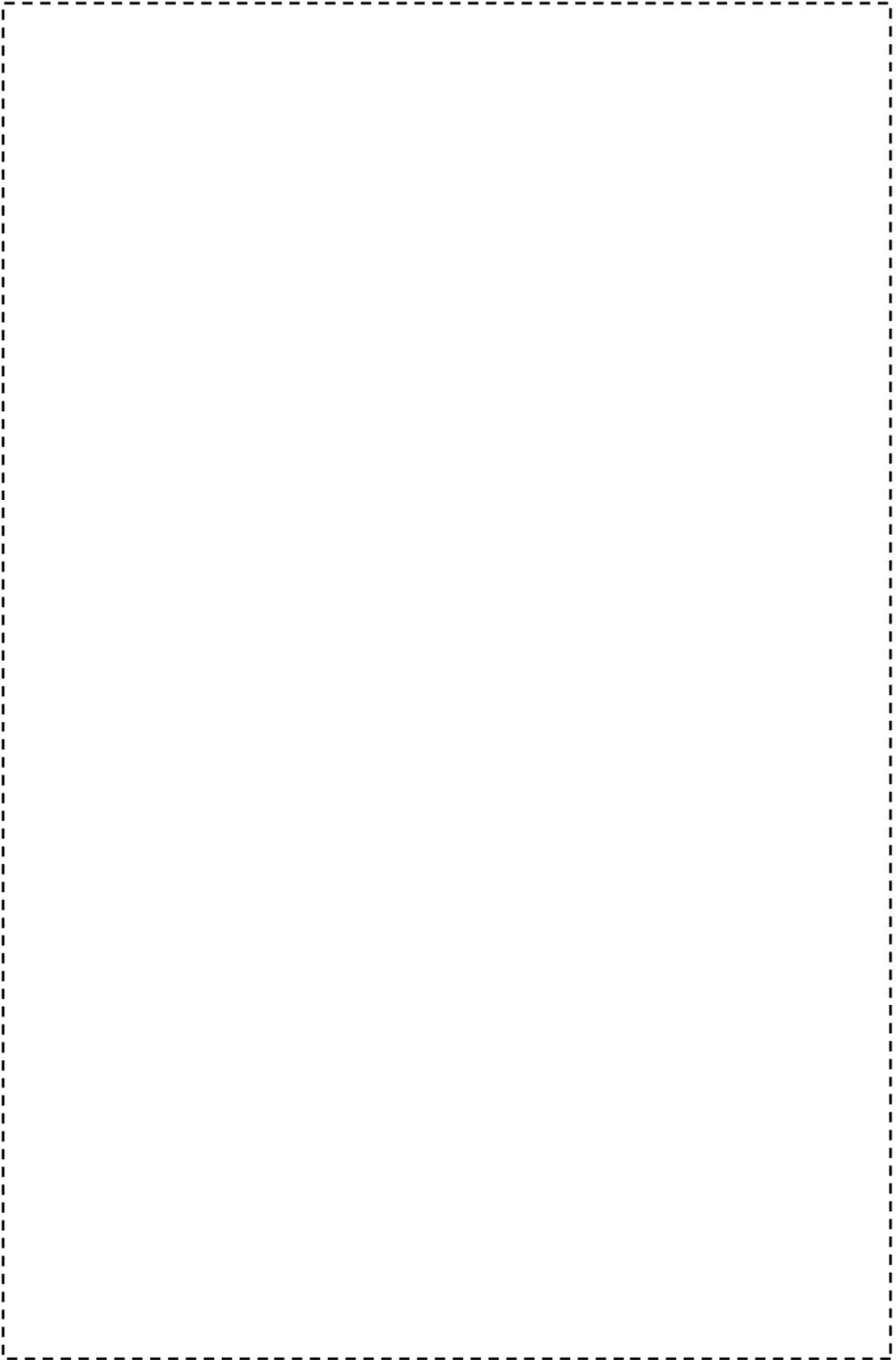


図 6(1/2) 余熱除去系統配管 (A-余熱除去クーララ出口配管 (クーラ側) (ブロック No. RH04, 16))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

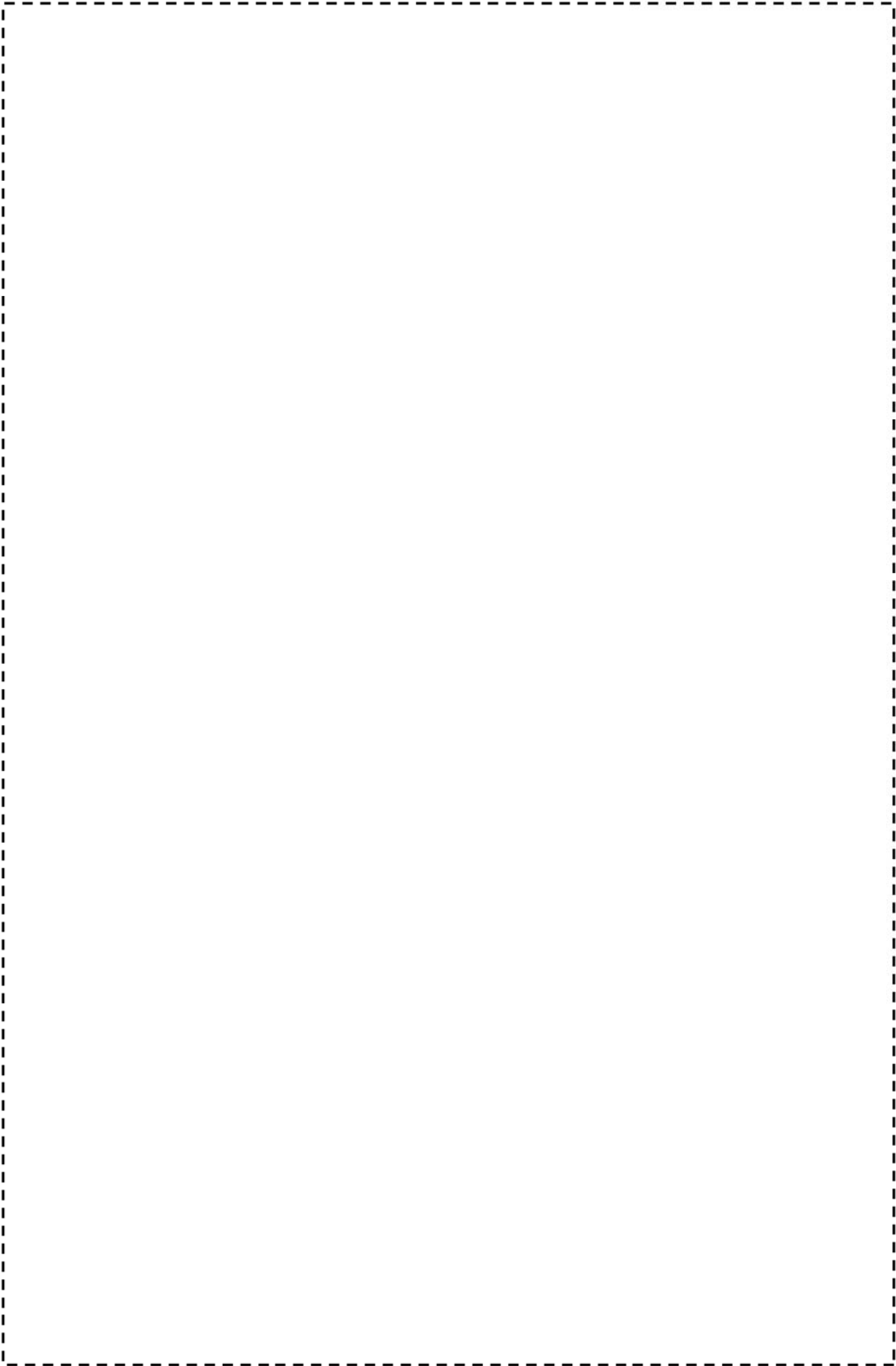


図 6(2/2) 余熱除去系統配管 (A-余熱除去クーラー) 出口配管 (クーラー側) (ブロック No. RH04, 16)

特開みの範囲は機密に係る事項ですので公開することではできません。



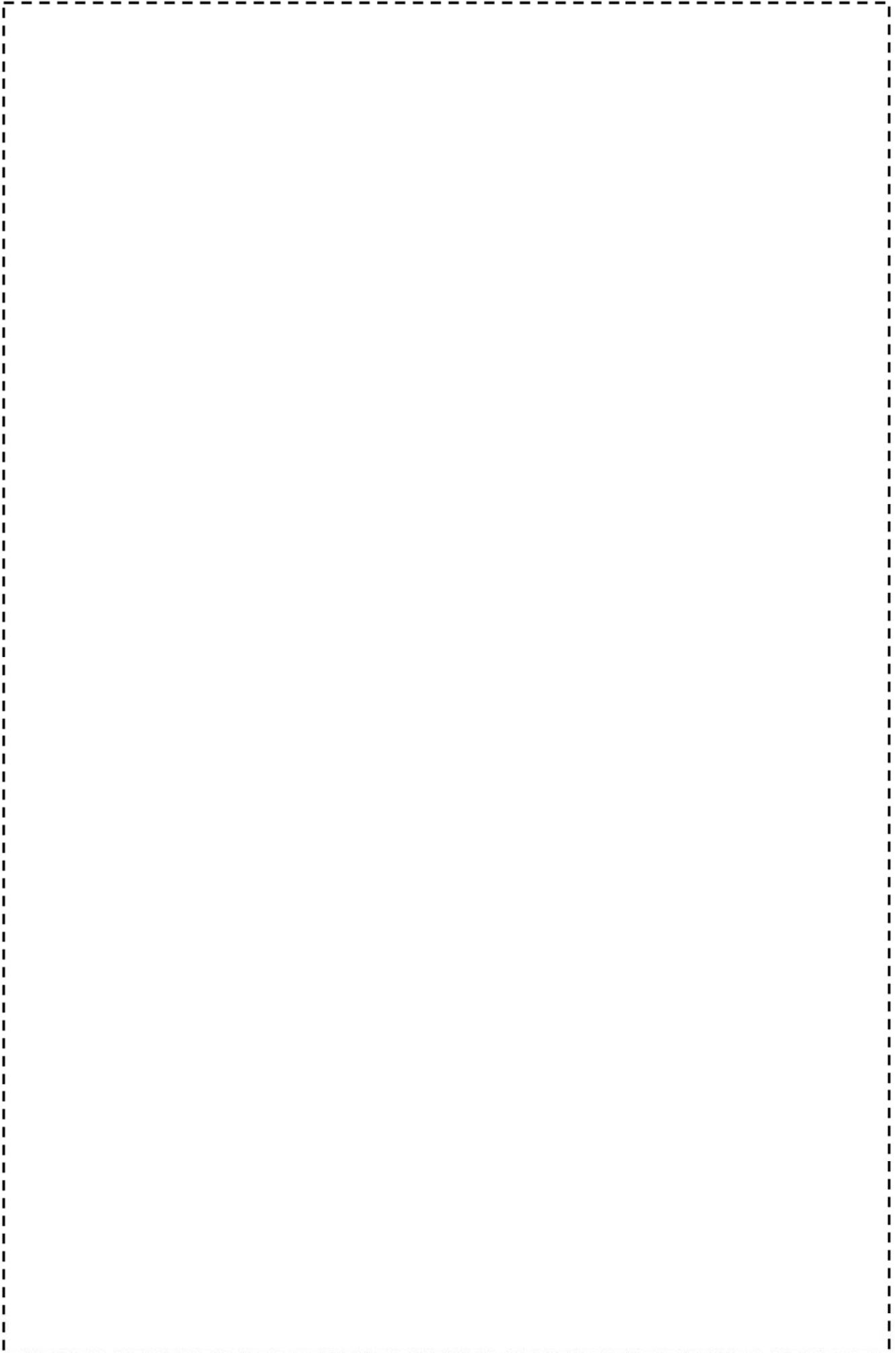


図7 余熱除去系統配管 (B-余熱除去クーラ出口配管 (クーラ側) (ブロック No. RH11, 12))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

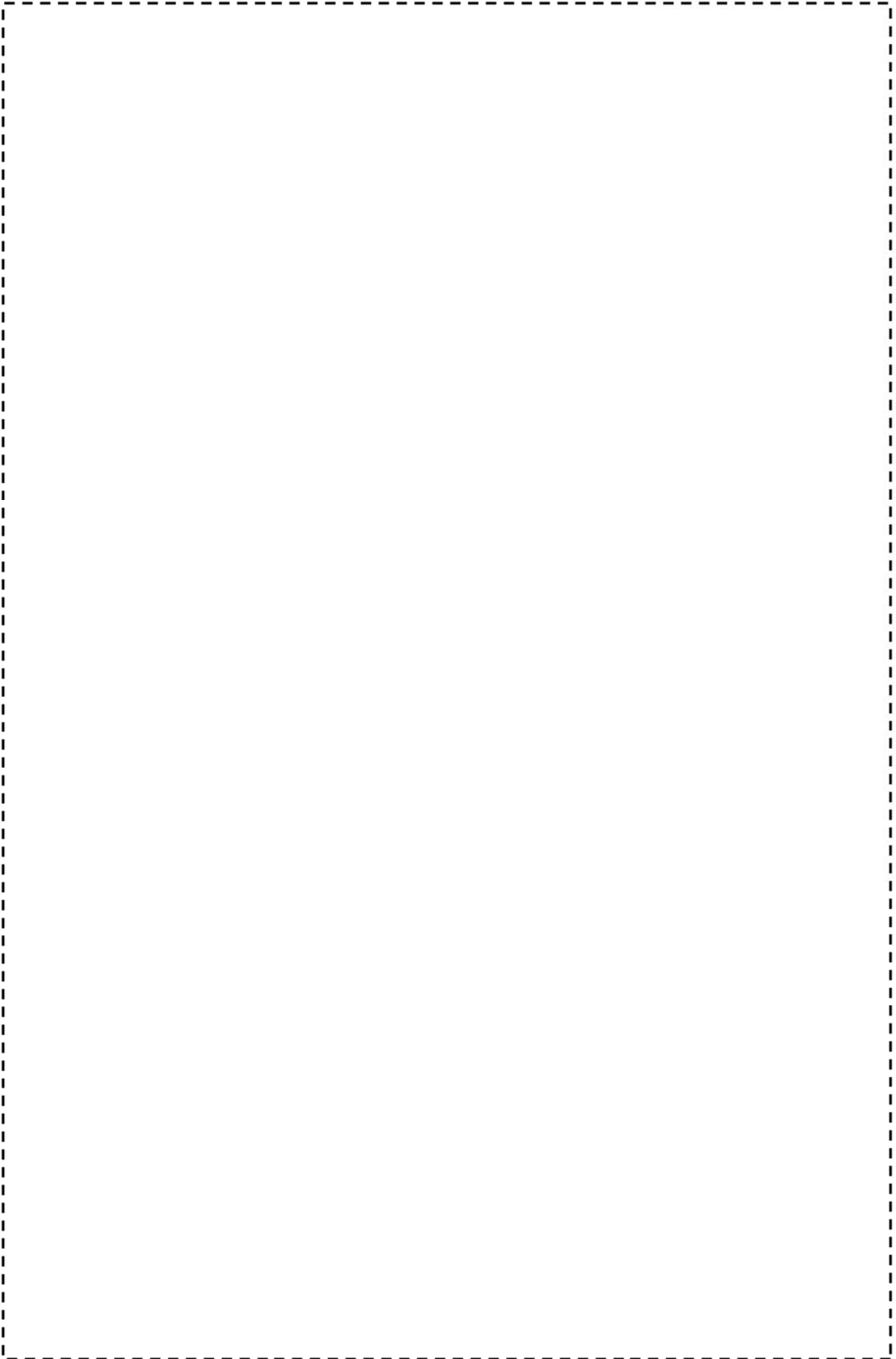


図8 安全注入系統配管 (B-蓄圧注入配管 (ブロック No. SI01b))

枠組みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

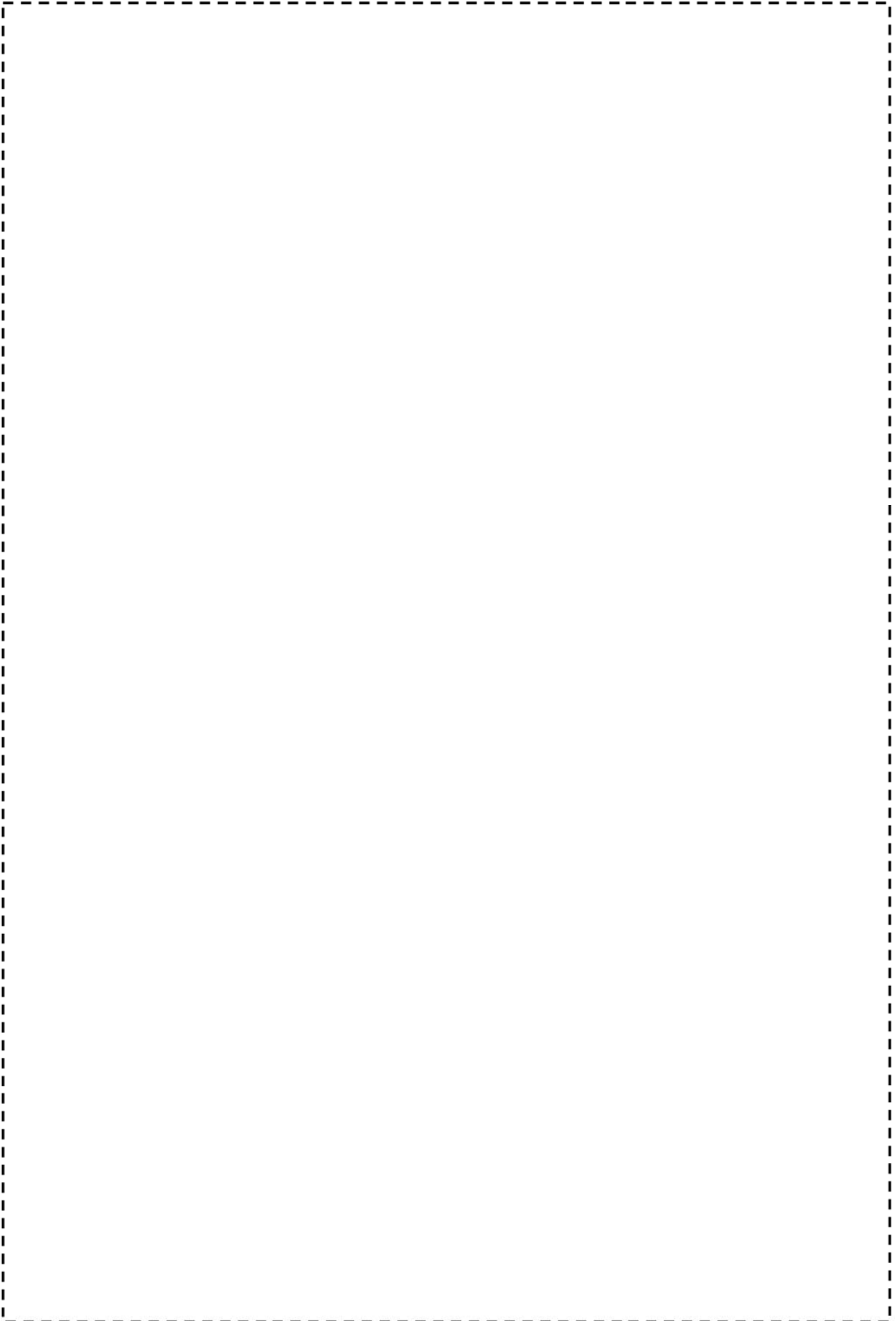


図9 主蒸気系統配管 (A-主蒸気配管 (CV内) (ブロック No. MS01a))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

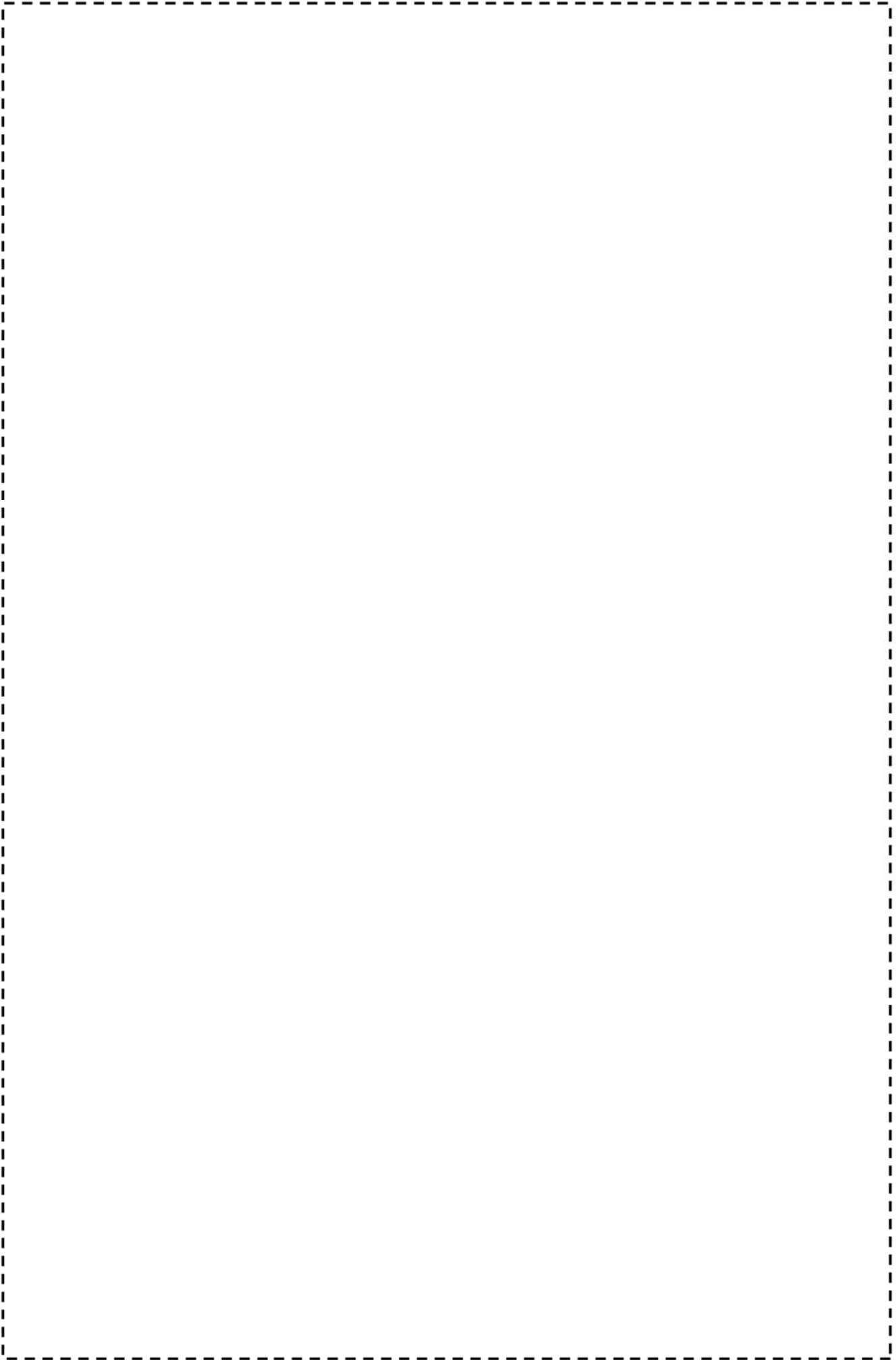


図 12 主蒸気系統配管 (A-主蒸気配管 (CV 外) (ブロック No. MS02a))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

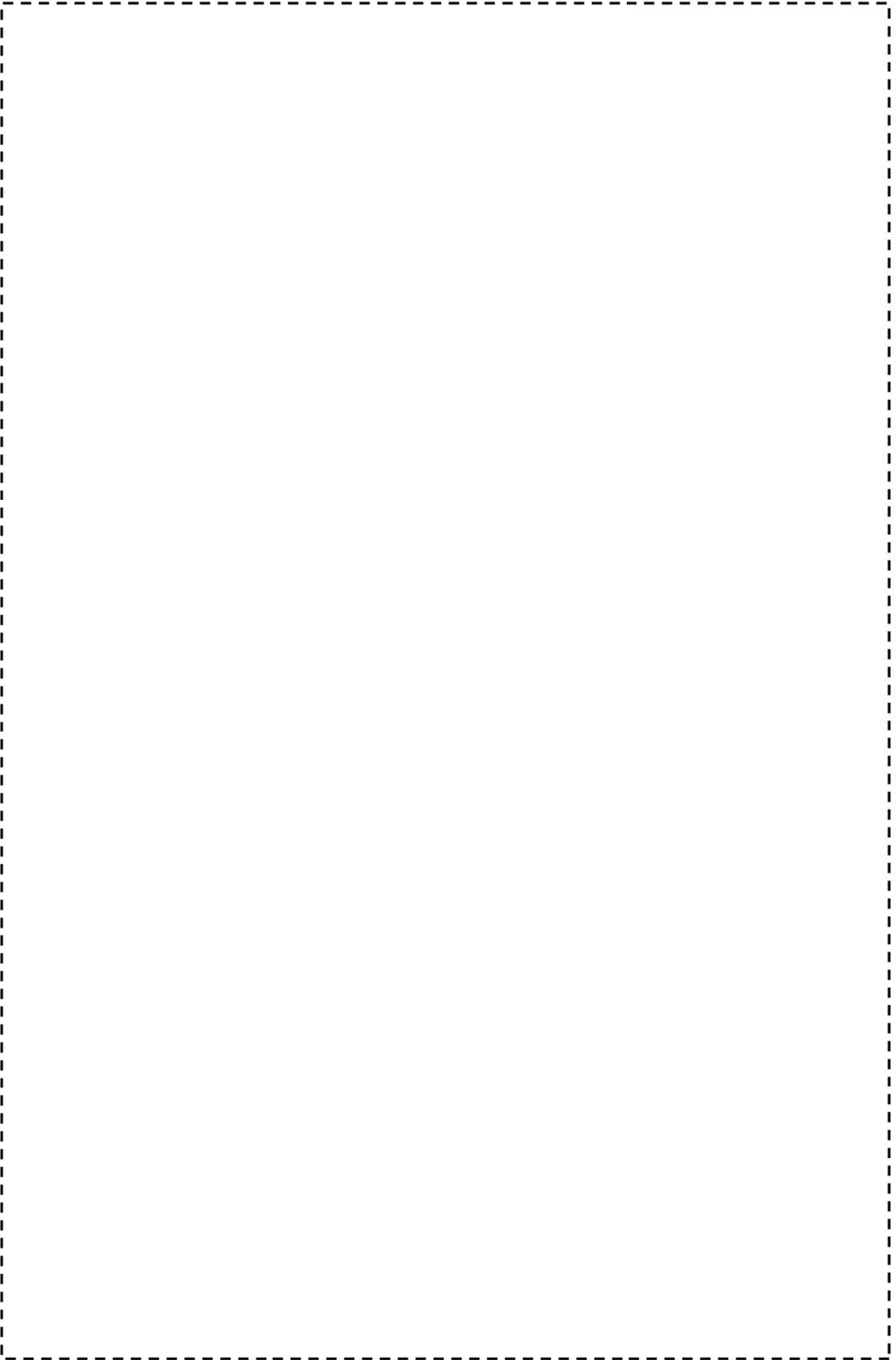


図13 主蒸気系統配管 (B-主蒸気配管 (CV外) (ブロック No. MS02b))

枠組みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



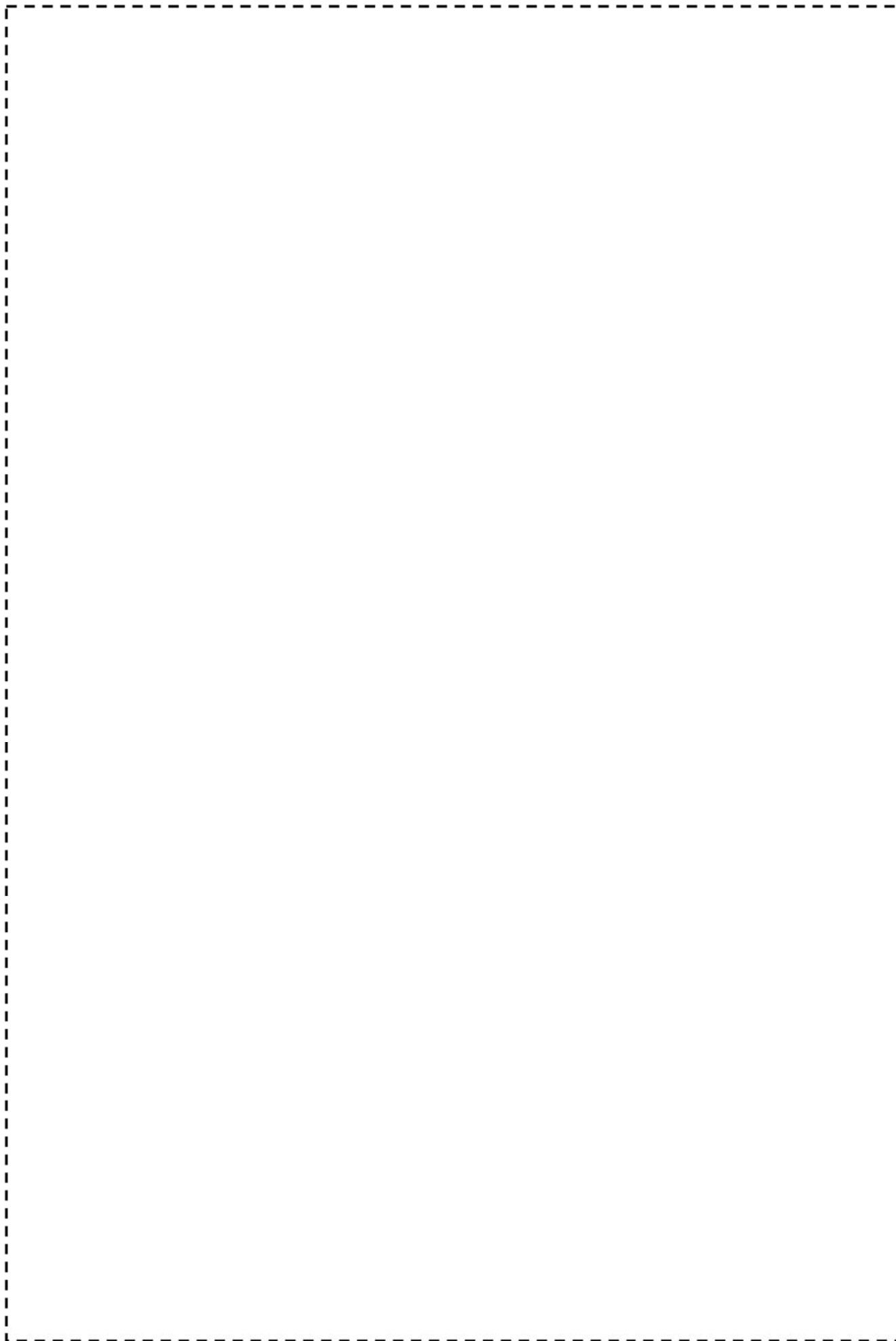


図 17 主給水系統配管 (C-主給水配管 (CV内) (ブロック No. FW01c))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

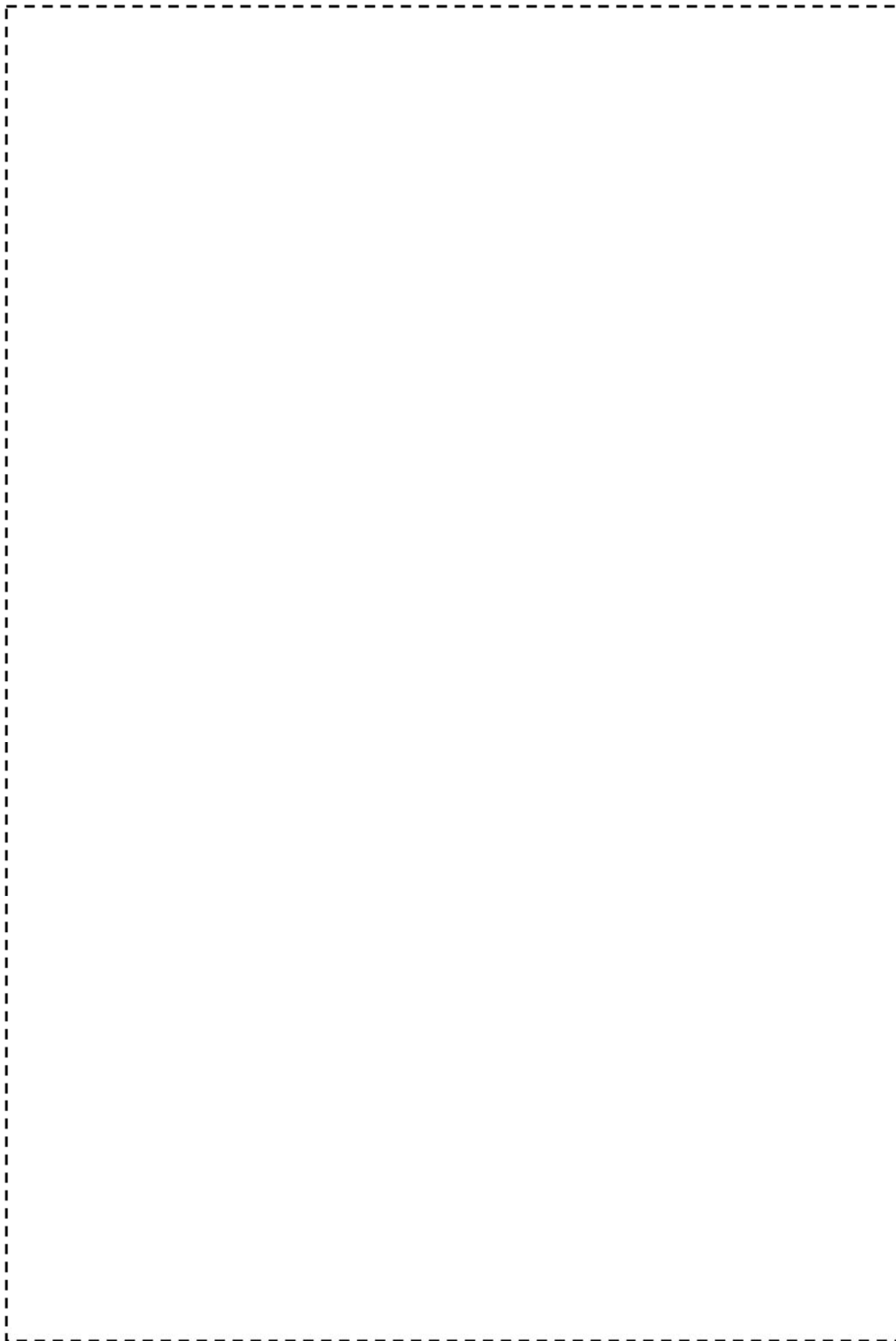


図 19 主給水系統配管 (B-主給水配管 (CV 外) (ブロック No. FW02b))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



図 22 B-SGBD 配管 (PEN#233、CV 外) (ブロック No. BD233o)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

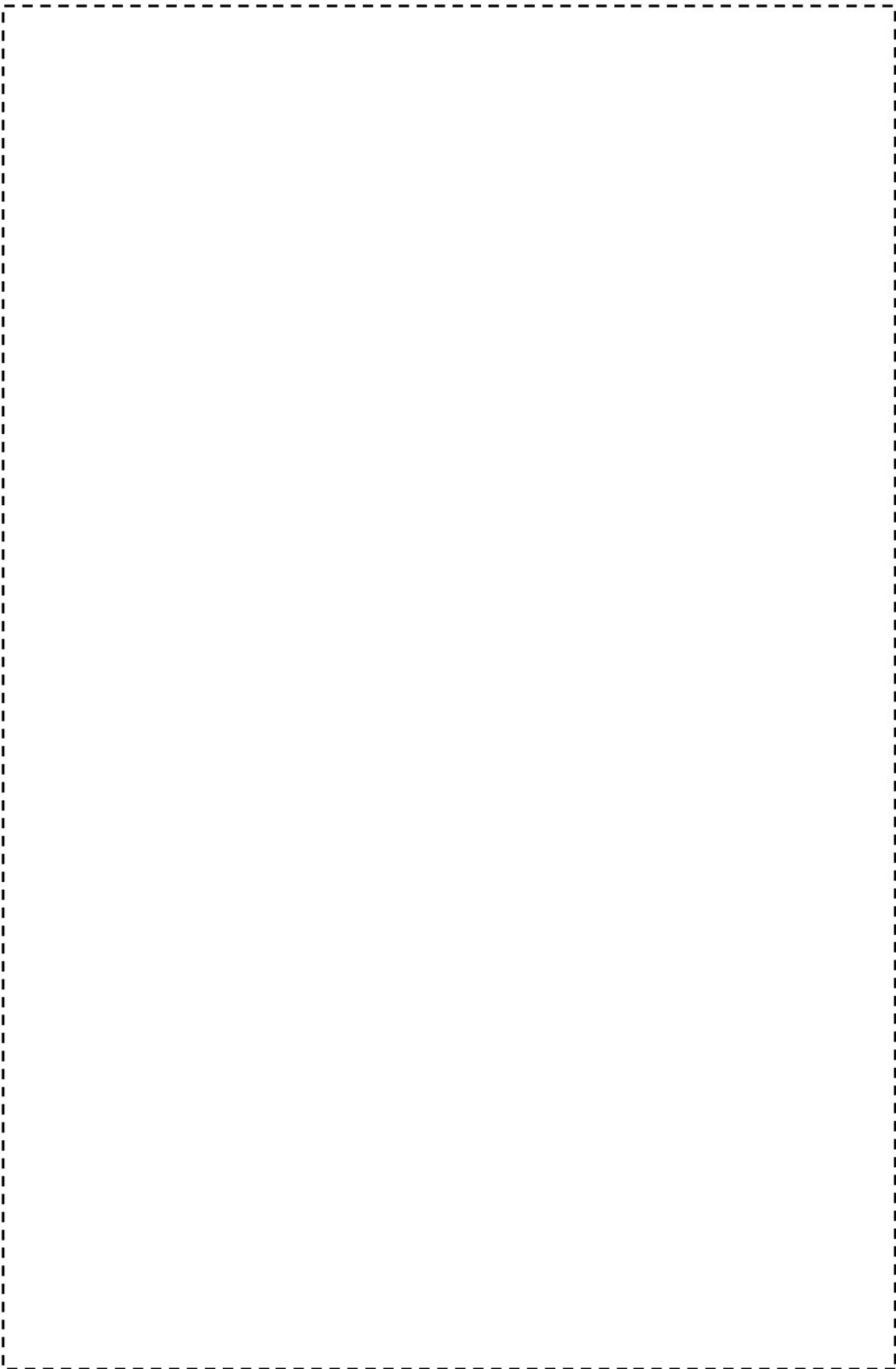


図 24 (1/2) 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (ブロック No. CS05))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

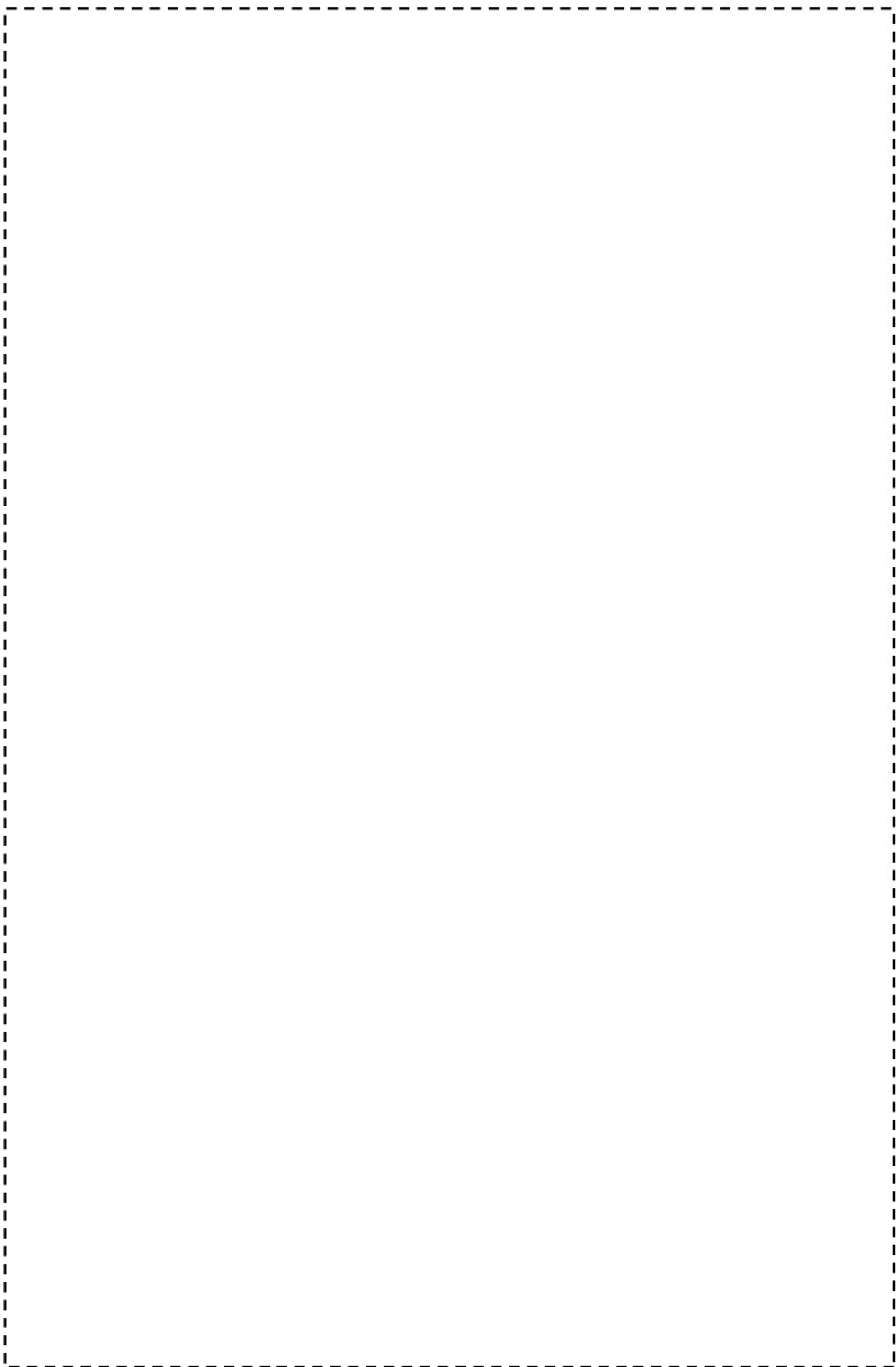


図24 (2/2) 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (ブロック No. CS05))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



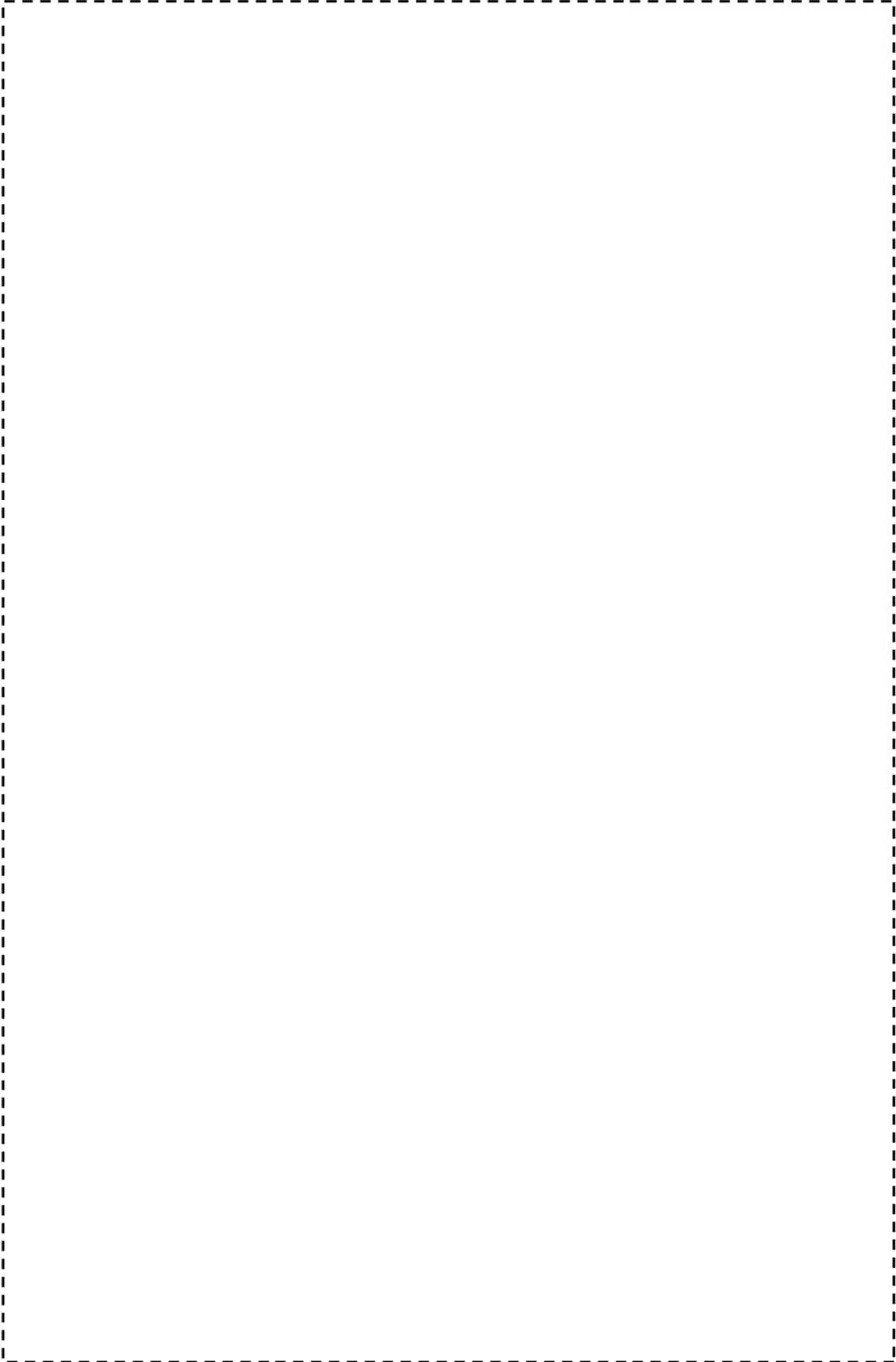


図 25 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (CV 内) (ブロック No. CS07))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

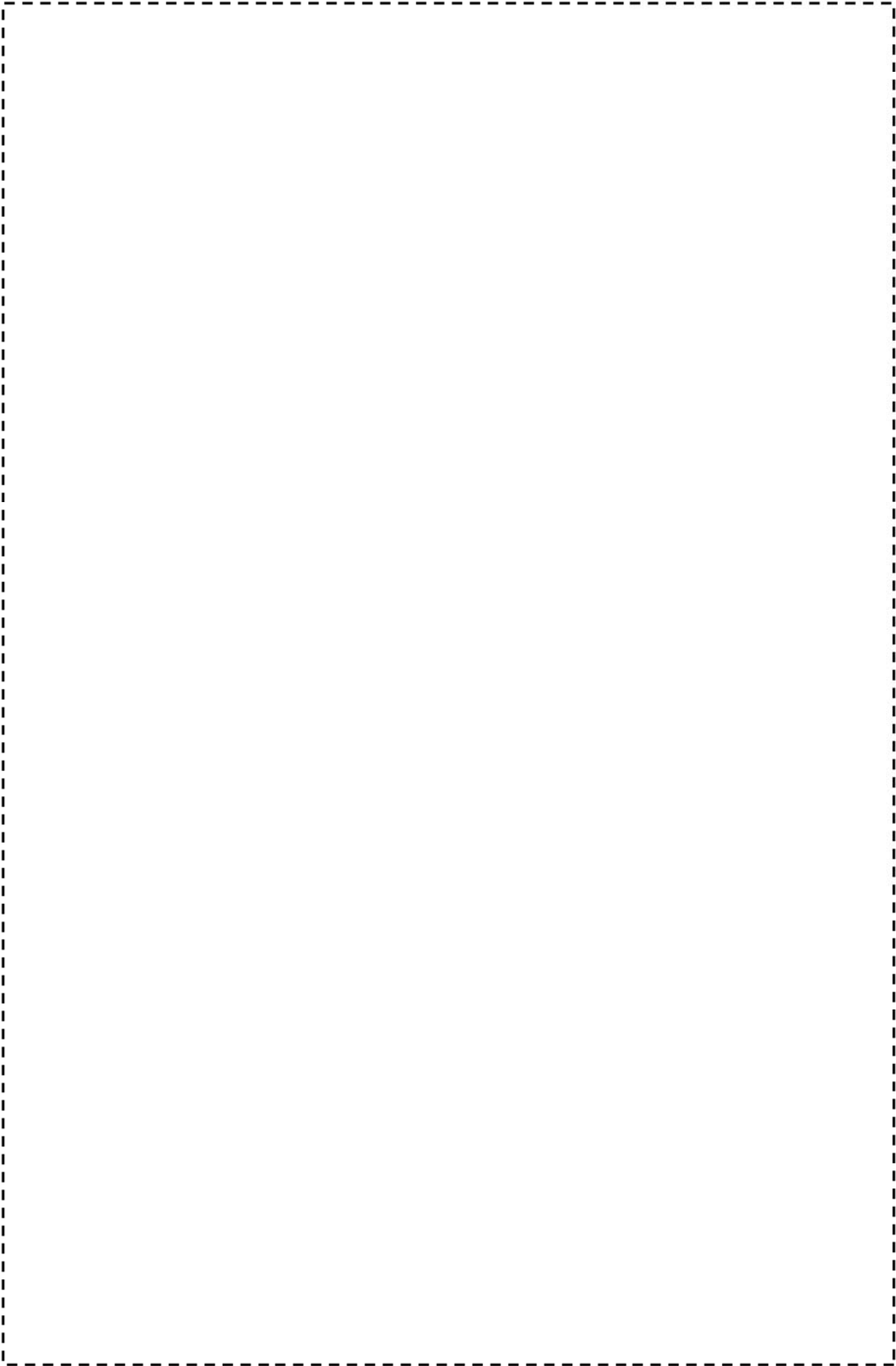


図 26 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (CV 外) (ブロック No. CS08))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

グラント蒸気系統配管 (グラント蒸気管)

■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

補助蒸気系統配管 (スチームコンバータ加熱蒸気管  
第6 抽気ライン (第6 抽気管～スチームコンバータ))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第6 高圧ヒータータドレン管 (B)

※第23回定検(平成20年度)時にサポータ追設工事を実施済

■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉－耐震－1 4 Rev2

<p>タイトル</p>	<p>余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）について。</p>																							
<p>説明</p>	<p>余熱除去系統配管のアンカーサポートにかかる荷重をもとに、各応力を算出した過程は以下のとおり。</p> <p>1. 評価用荷重の算出</p> <p>配管を3次元梁モデル化してS s地震時の支持点荷重を全波包絡FRSによるスペクトルモーダル解析にて算出している。評価部位はサポートラグ（固定点）であり、隣接する解析ブロックとの境界部になる。この為、両ブロックの解析結果から得られた荷重を合成<sup>*</sup>し、評価荷重としている。算出された評価用荷重は表1のとおり。</p> <p style="text-align: center;">表1 評価用荷重（S s）</p> <table border="1" data-bbox="587 994 1197 1314"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">荷重</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fx</td> <td>5 kN</td> <td>10 kN</td> </tr> <tr> <td>Fy</td> <td>5 kN</td> <td>4 kN</td> </tr> <tr> <td>Fz</td> <td>8 kN</td> <td>16 kN</td> </tr> <tr> <td>Mx</td> <td>1 kN・m</td> <td>2 kN・m</td> </tr> <tr> <td>My</td> <td>4 kN・m</td> <td>8 kN・m</td> </tr> <tr> <td>Mz</td> <td>2 kN・m</td> <td>4 kN・m</td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>*</sup>荷重は、配管解析で求めた荷重を以下のとおり合成している。 自重:代数和、慣性力:絶対和、相対変位:絶対和 (代数和:<math>\sum x_i</math>、絶対和:<math>\sum  x_i </math>) なお、慣性力は動的と静的の大きい方を評価用荷重としている。</p>	方向	荷重		1次	1次+2次	Fx	5 kN	10 kN	Fy	5 kN	4 kN	Fz	8 kN	16 kN	Mx	1 kN・m	2 kN・m	My	4 kN・m	8 kN・m	Mz	2 kN・m	4 kN・m
方向	荷重																							
	1次	1次+2次																						
Fx	5 kN	10 kN																						
Fy	5 kN	4 kN																						
Fz	8 kN	16 kN																						
Mx	1 kN・m	2 kN・m																						
My	4 kN・m	8 kN・m																						
Mz	2 kN・m	4 kN・m																						



## 2. 応力の算出

溶接部に発生する応力は、下式で算出している。本評価式は、材料力学に基づく公式をもとにして設定したものであり、設計・建設規格や耐震設計技術指針等に規定されたものではなく、応力集中係数に係る規定はない。また、支持構造物は、降伏点を許容値としており許容値を厳しくする設計体系となっていることから、発生応力の算出において応力係数を考慮する必要はないと判断している。

$$\sigma_1 = \frac{|Mx| + |Fy| \cdot L}{Z_w x} + \frac{|My| + |Fx| \cdot L}{Z_w y} + \frac{|Fz|}{A_w}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\left(\frac{Fx}{A_w}\right)^2 + \left(\frac{Fy}{A_w}\right)^2} + \frac{|Mz|}{Z_w p}$$

$A_w$  : 溶接部の断面積

$Z_w x$ 、 $Z_w y$ 、 $Z_w p$  : 各方向の溶接部の断面係数

$L$  : 荷重作用点から評価部までの距離

応力評価は、以下の組合せ応力を用いる。

○パッドと配管の溶接部（すみ肉溶接部）

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

○パッドとラグ、ラグと底板の溶接部（完全溶込み溶接部）

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\sigma_2^2}$$

3. 評価仕様

評価に用いたデータを以下に示す。

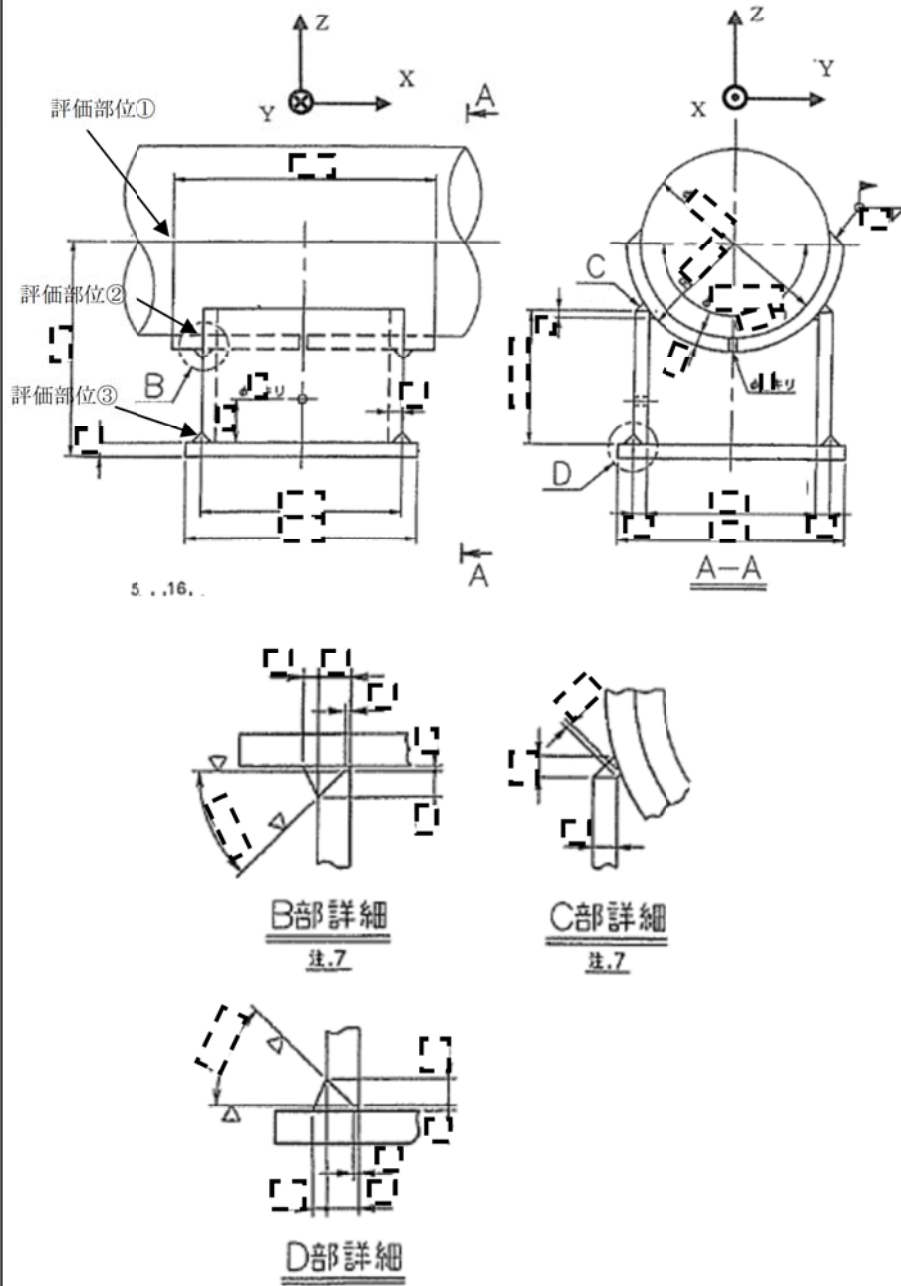


図-1 配管サポートの外形図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

表2 諸元表 (1/2) (単位: mm)

パッドの幅 (母管外径)	パッドの 長さ	パッドのす み肉溶接 の脚長	角型鋼管の 大きさ	角型鋼管 の厚さ
b	h	Thp	a	t

表2 諸元表 (2/2)

評価部位	L <sup>(注1)</sup> (mm)	Aw (mm <sup>2</sup> )	Zwx (mm <sup>3</sup> )	Zwy (mm <sup>3</sup> )	Zwp (mm <sup>3</sup> )
配管とパッドの溶接部					
パッドとラグの溶接部					
ラグと底板の溶接部					

(注1) Lは配管心から評価点までの距離であるが、安全側に最長の距離を一律に用いる。

#### 4. 評価結果

各部位の許容応力を表3に、評価結果を表4に示す。評価部位に発生する応力は許容応力以下であることから、耐震安全性評価上問題ない。

表3 許容応力 (MPa)

部 位		パッド <sup>(注1)</sup>	ラグ	底板
物 性 値	材 質	SUS316TP	SS400	SS400
	使用温度 (°C)	177	177	177
	F 値	205	199	190
1次応力の許容値		120 (208)	239	228
1次+2次応力の許容値		118 (409)	398	381

(注1) ( ) 内の値は、完全溶込み溶接部の許容値を示す。

(許容値の算出は添付2参照)

表4 (1/3) 配管とパッドの溶接部 (評価部位①)

1次応力 評価	発生応力	17 MPa
	許容応力	120 MPa
	応力比	0.14
1次+2次 応力評価	発生応力	15 MPa
	許容応力	118 MPa
	応力比	0.13

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

表 4 (2/3) パッドとラグの溶接部 (評価部位②)

1 次応力 評価	発生応力	10 MPa
	許容応力	208 MPa
	応力比	0.05
1 次 + 2 次 応力評価	発生応力	19 MPa
	許容応力	398 MPa
	応力比	0.05

表 4 (3/3) ラグと底板の溶接部 (評価部位③)

1 次応力 評価	発生応力	9 MPa
	許容応力	228 MPa
	応力比	0.04
1 次 + 2 次 応力評価	発生応力	16 MPa
	許容応力	381 MPa
	応力比	0.04

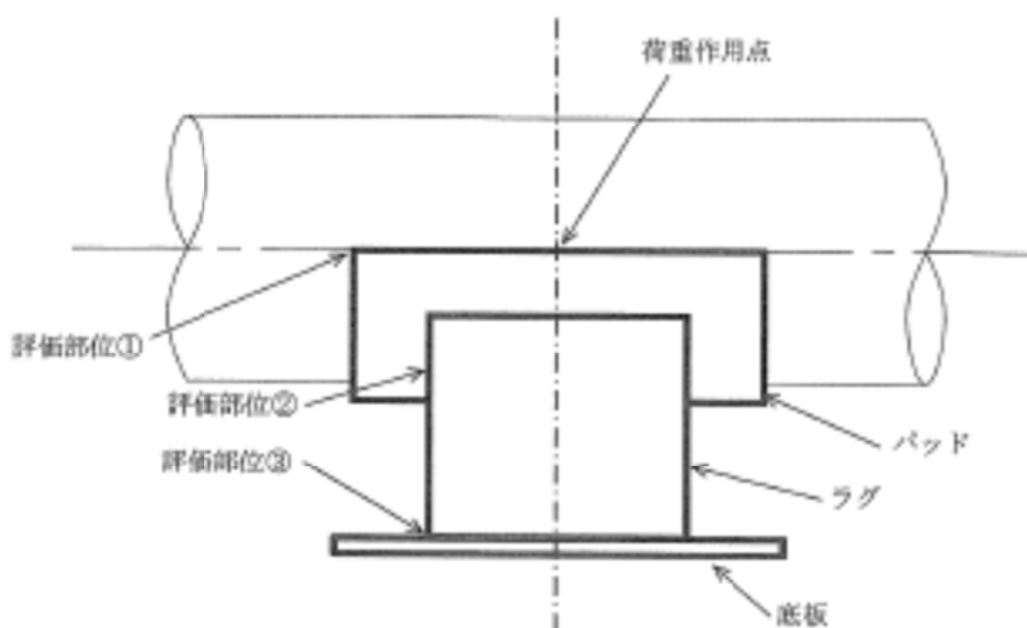
以 上

## 美浜3号炉 余熱除去系統配管サポートの疲労評価について

## 1. 評価対象サポート

美浜3号機については、余熱除去系統配管サポートのうち、3方向の変位及びモーメントを拘束する10個のアンカーサポートについて評価を実施している。その結果、応力比の大きい「サポートP2D-BC006」の評価結果を技術評価側で代表とし、耐震評価については、この「サポートP2D-BC006」に対する評価を行っている。

なお、「サポートP2D-BC006」は、それぞれ図1に示す評価部位に対して、評価を行っている。サポート位置を添付1(3/6)～(6/6)に示す。



評価部位①：配管とパッドの溶接部

評価部位②：パッドとラグの溶接部

評価部位③：ラグと底板の溶接部

図1 サポートP2D-BC006の評価部位

## 2. 技術評価結果及び耐震評価結果について

技術評価書及び耐震評価書に記載している「一次＋二次応力」における応力比の対象サポートと、それぞれの発生値、許容値は以下のとおり。

表1 技術評価結果

(単位:MPa)

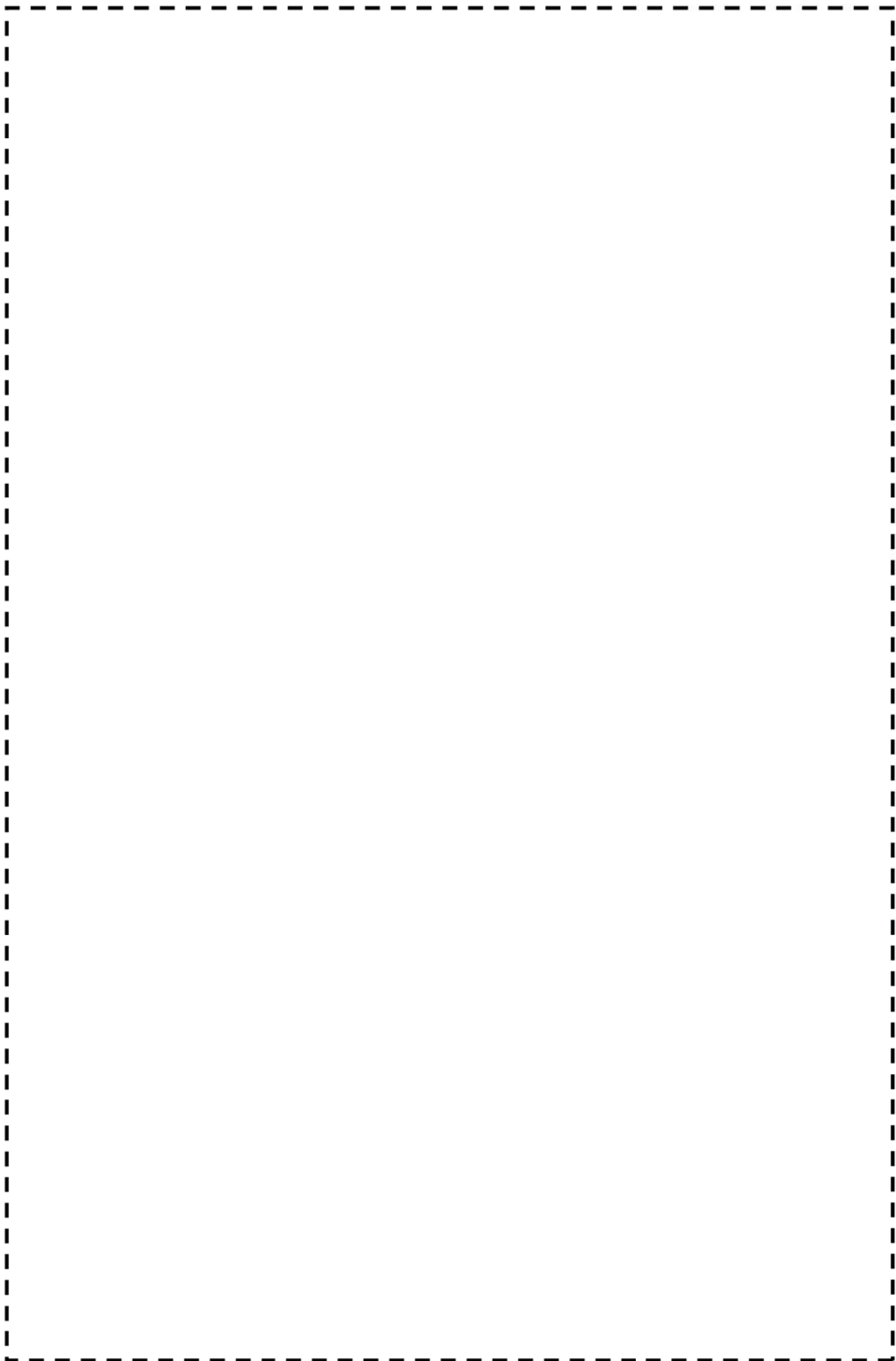
評価部位	応力評価			
	一次＋二次応力	許容応力	応力比	評価
配管とパッド	106	118	0.90	○
パッドとラグ	110	398	0.28	○
ラグと底板	79	381	0.21	○

表2 耐震評価結果

(単位:MPa)

評価部位	応力評価			
	一次＋二次応力	許容応力	応力比	評価
配管とパッド	15	118	0.13	○
パッドとラグ	19	398	0.05	○
ラグと底板	16	381	0.04	○

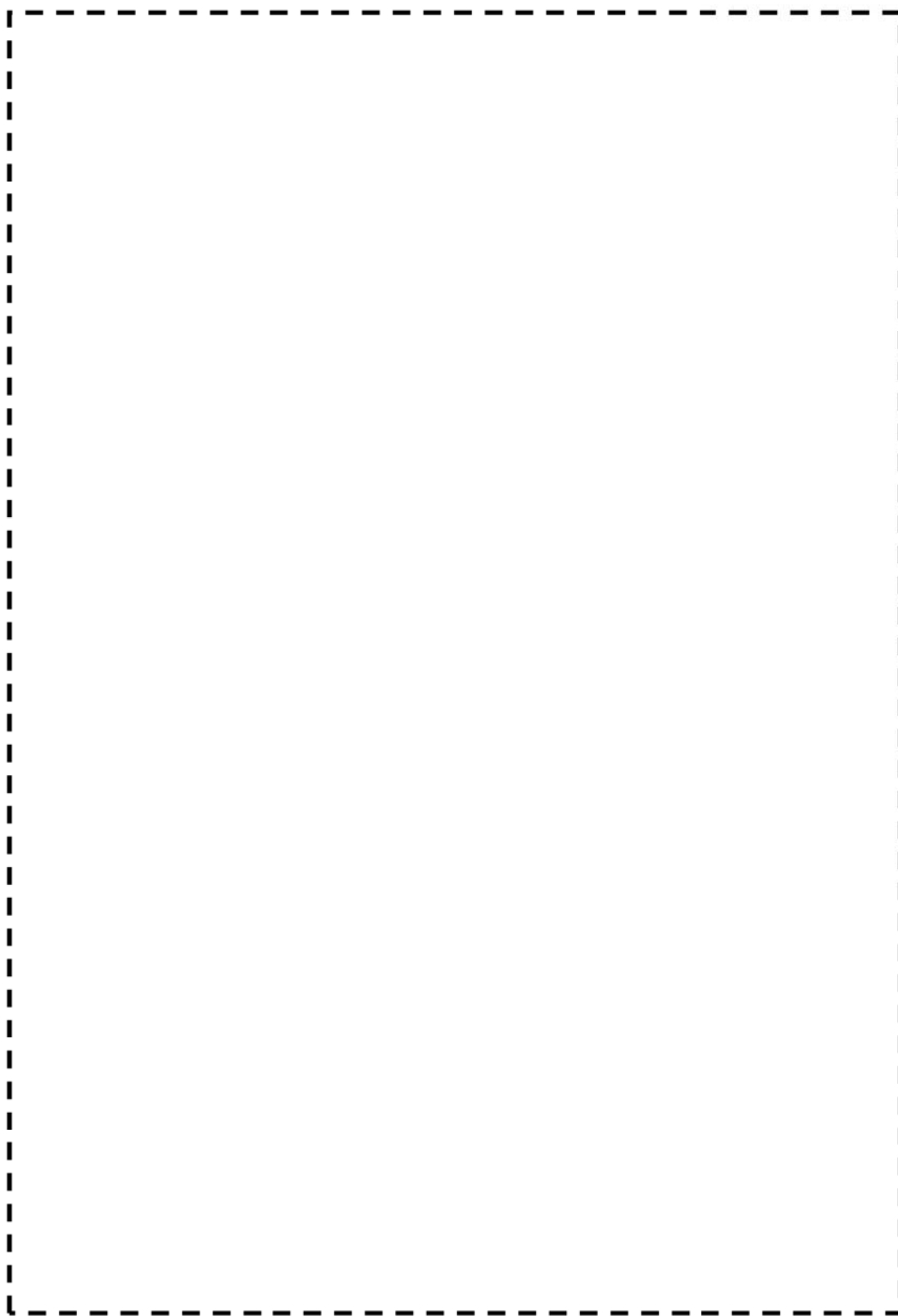
以 上



評価対象アンカーレポートの設置位置

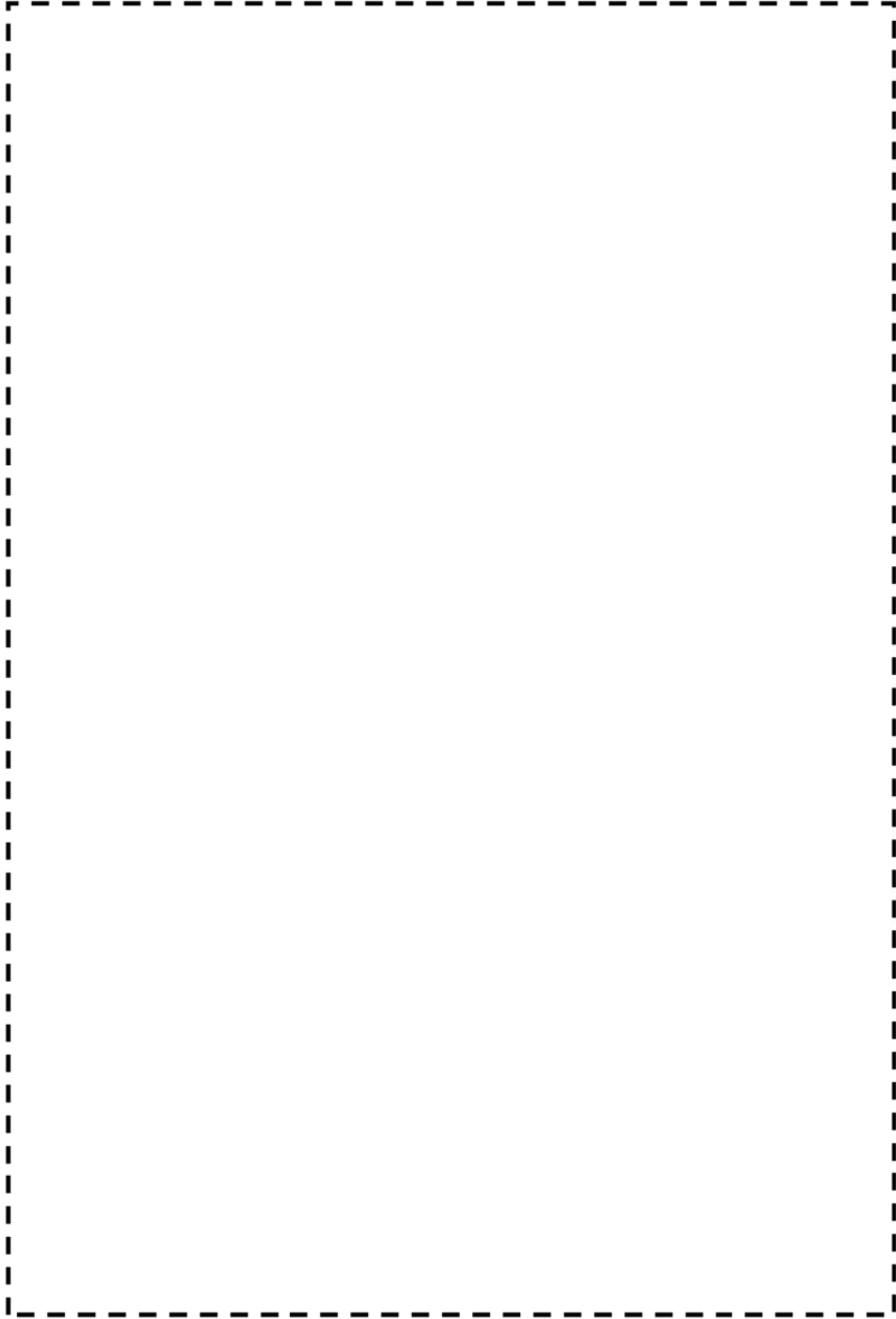
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません





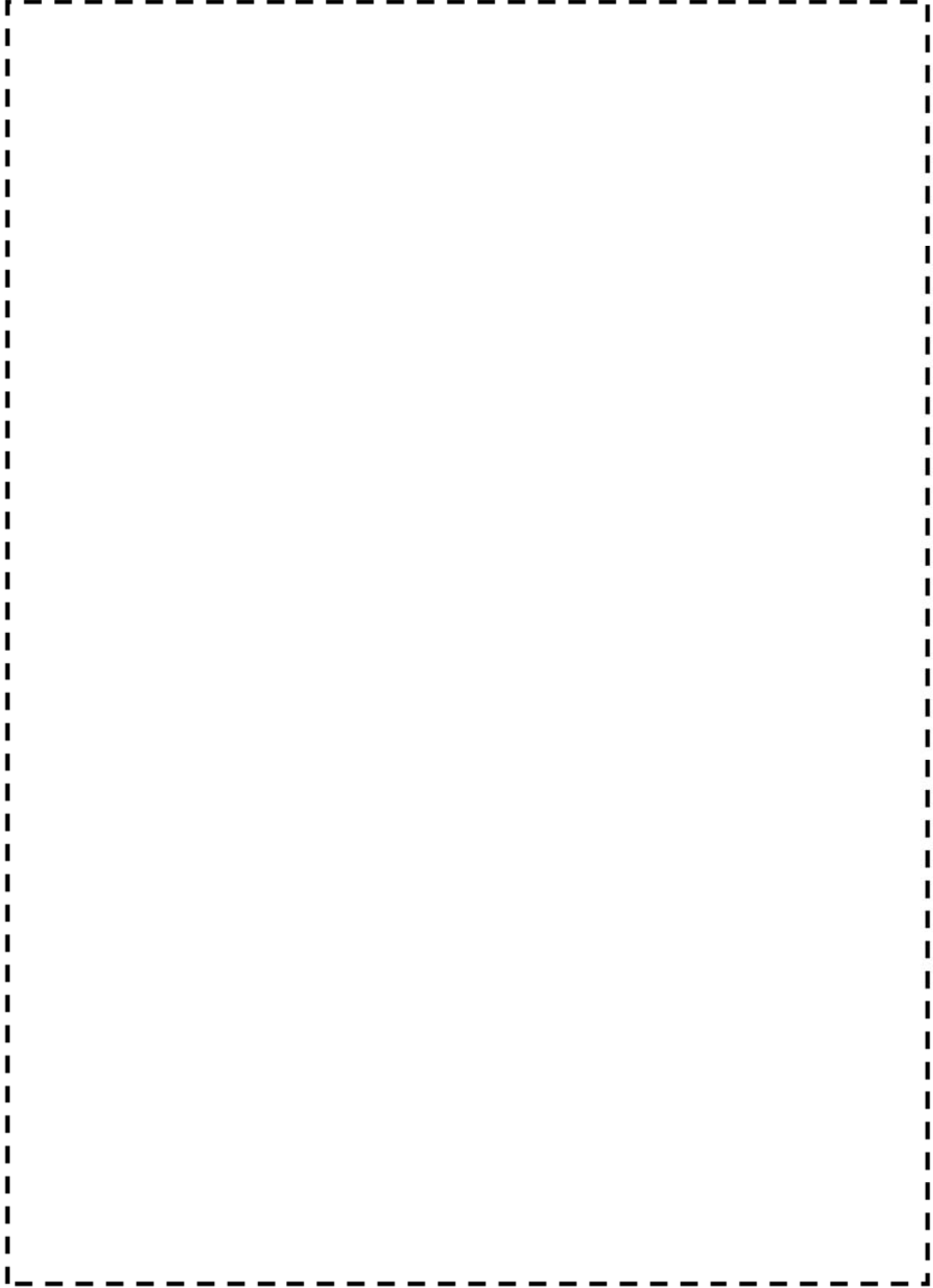
美浜3号機 A-余熱除去ポンプ出口配管 (MCP側)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



美浜3号機 A-余熱除去クーラ出口配管 (PEN側) (1/2)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



美浜3号機 A-余熱除去クーラ出口配管 (PEN側) (2/2)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表1 許容応力の算出

(単位:MPa)

アンカーサポート番号		P2D-BC006		
部 位		パッド	ラグ $t \leq 16$	底板 $16 < t \leq 40$
物 性 値	材 質	SUS316TP	SS400	SS400
	評価温度(°C)	177	177	177
	① Sy (付録図表 Part 5 表 8) (at 使用温度)	154	199	190
	Su (付録図表 Part 5 表 9) (at 使用温度)	440	373	373
	② Sy (at 常温)	205	—	—
	③ 1.35Sy	208	—	—
	④ 0.7Su	308	261	261
	F=min(②, ③, ④) (注1)	205	199	190
	引張許容応力 $f_t = F/1.5$	136	132	127
	曲げ許容応力 $f_b = F/1.5$	136	132	127
	せん断許容応力 $f_s = F/1.5\sqrt{3}$	78	76	73
	一 次 応 力 の 許 容 値	引張許容応力 $1.5f_t$ [1.5 $f_t^*$ ] (注2)	204 [208]	199 [239]
曲げ許容応力 $1.5f_b$ [1.5 $f_b^*$ ] (注2)		204 [208]	199 [239]	190 [228]
せん断許容応力 $1.5f_s$ [1.5 $f_s^*$ ] (注2)		118 [120]	115 [138]	110 [132]
一 次 + 二 次 応 力 の 許 容 値	引張許容応力 $3f_t$	409	398	381
	曲げ許容応力 $3f_b$	409	398	381
	せん断許容応力 $3f_s$ (溶け込み) [1.5 $f_s$ (すみ肉)]	236 [118]	230 [115]	220 [110]

(注1) 使用温度が40°C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の場合のみ。それ以外については、 $F = \min(①, ④)$

(注2) Ss地震の一次応力評価ではJEAG4601の支持構造物規程に従い①, ②の値を「別表第9(付録図表 Part 5 表 8)に定める値の1.2倍の値」と読み替えて算出した値を使用する。

## 配管とパッドの溶接部の評価結果について

本評価において、配管とパッドの溶接部については、表 4 (1/3) のとおり、1 次応力 > 1 次 + 2 次応力となっていることから、その要因を考察する。

表 4 (1/3) 配管とパッドの溶接部 (評価部位①)

1 次応力 評価	発生応力	17 MPa
	許容応力	120 MPa
	応力比	0.14
1 次 + 2 次 応力評価	発生応力	15 MPa
	許容応力	118 MPa

まず、本文の表 1 における評価荷重の内訳は下記の表 1' のとおりである。

表 1' 評価用荷重 (S s)

方向	荷重	
	1 次 (自重 + 慣性力 (片振幅))	1 次 + 2 次 慣性力 + 相対変位 (両振幅) (<内は片振幅の場合の値)
Fx	5 kN	10 kN <5 (kN)>
Fy	5 kN	4 kN <2 (kN)>
Fz	8 kN	16 kN <8 (kN)>
Mx	1 kN・m	2 kN・m <1 (kN・m)>
My	4 kN・m	8 kN・m <4 (kN・m)>
Mz	2 kN・m	4 kN・m <2 (kN・m)>

配管とパッドの溶接部はすみ肉溶接であるため、1 次 + 2 次応力の算出においては、片振幅の評価用荷重を使用することから、具体的には、表 1' の<>内の値を使用して算出している。

また、本サポートは相対変位の荷重/モーメントを受けないため、配管とパッドの溶接部の 1 次 + 2 次応力の算出にあたっては、慣性力による荷重を使用することとなり、つまり、1 次の評価用荷重から『自重』分を減じた値を使用することと等しいため、発生する 1 次 + 2 次応力が 1 次応力より小さくなる結果となっている。

美浜3号炉—耐震—1.5 Rev2

<p>タイトル</p>	<p>余熱除去系統配管の高サイクル熱疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）について。</p>																															
<p>説明</p>	<p>余熱除去系統配管の高サイクル熱疲労割れに対する評価を添付1のフローに従い算出した過程は、以下の通り。</p> <p>1. 発生応力の算出 配管を3次元梁モデル化してSs, Sd地震時の支持点応力を全波包絡FRSによるスペクトルモーダル解析にて算出している。 算出した発生応力を表1に示す。また、評価位置を添付2に示す。</p> <div style="text-align: center;"> <p>表1 発生応力</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3" style="width: 30%;">B-RHR熱交換器 出口合流部(CV外) 10B-sch40</th> <th rowspan="3" style="width: 10%;">地震力</th> <th colspan="5">発生応力(MPa)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Pm</th> <th colspan="3">Pb</th> </tr> <tr> <th>内圧</th> <th>自重</th> <th>熱</th> <th>地震</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ss</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sd</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>2. 判定応力の算出 判定応力Pfは「実断面応力基準<sup>(※1)</sup>」によって、以下に示す式で算出している（添付1⑦参照）。</p> $Pf = Pm + Pb' / Hp$ <p>&lt;記号説明&gt;</p> <p>Pm:内圧によって発生する膜応力(= 0.5Sm)  <math>Pb' = 2\sigma f(2\sin\beta - \sin\theta) / \pi</math>  <math>\beta = [\pi - \theta - (Pm / \sigma f)\pi] / 2</math>  <math>\sigma f = (Sy + Su) / 2</math>  <math>\theta</math>:貫通き裂半角度          Sy:設計降伏点          Su:設計引張強さ          Hp:補正係数(炭素鋼4B以下1.1、その他は1.0)</p> <p>(※1) き裂付き鋼構造物が塑性崩壊により破壊を生じる場合に用いられる評価基準。 (JEAG 4613-1998 「原子力発電所配管破損防護設計技術指針」より抜粋)</p>	B-RHR熱交換器 出口合流部(CV外) 10B-sch40	地震力	発生応力(MPa)					Pm		Pb			内圧	自重	熱	地震	合計	Ss							Sd						
B-RHR熱交換器 出口合流部(CV外) 10B-sch40	地震力			発生応力(MPa)																												
				Pm		Pb																										
		内圧	自重	熱	地震	合計																										
Ss																																
Sd																																

3. 判定応力算出条件

判定応力算出に用いたデータを以下に示す。

表2 判定応力算出条件

項目	単位	B-RHR熱交換器 出口合流部(CV外)
配管口径	(呼径)	
	mm	
配管肉厚	(sch)	
	mm	
配管材料	-	
最高使用温度	℃	
最高使用圧力	MPa	
縦弾性係数( $\times 10^5$ )	MPa	
$\sigma_y$	MPa	
$\sigma_u$	MPa	
Sm	MPa	
$\sigma_f$	MPa	

4. き裂形状の算出

GcとDhからき裂形状を添付-1に示す方法で算出している。算出結果を表3に示す。

表3 評価対象配管のき裂形状 (1gpm漏洩時)

対象配管	臨界流量	き裂面積	き裂長さ	き裂角度
	Gc	A	2c	2θ
	[gpm/mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[度]
B-RHR熱交換器 出口合流部(CV外) 10B-sch40				

5. 評価結果

2項に示す方法で算出した評価結果を表4に示す。

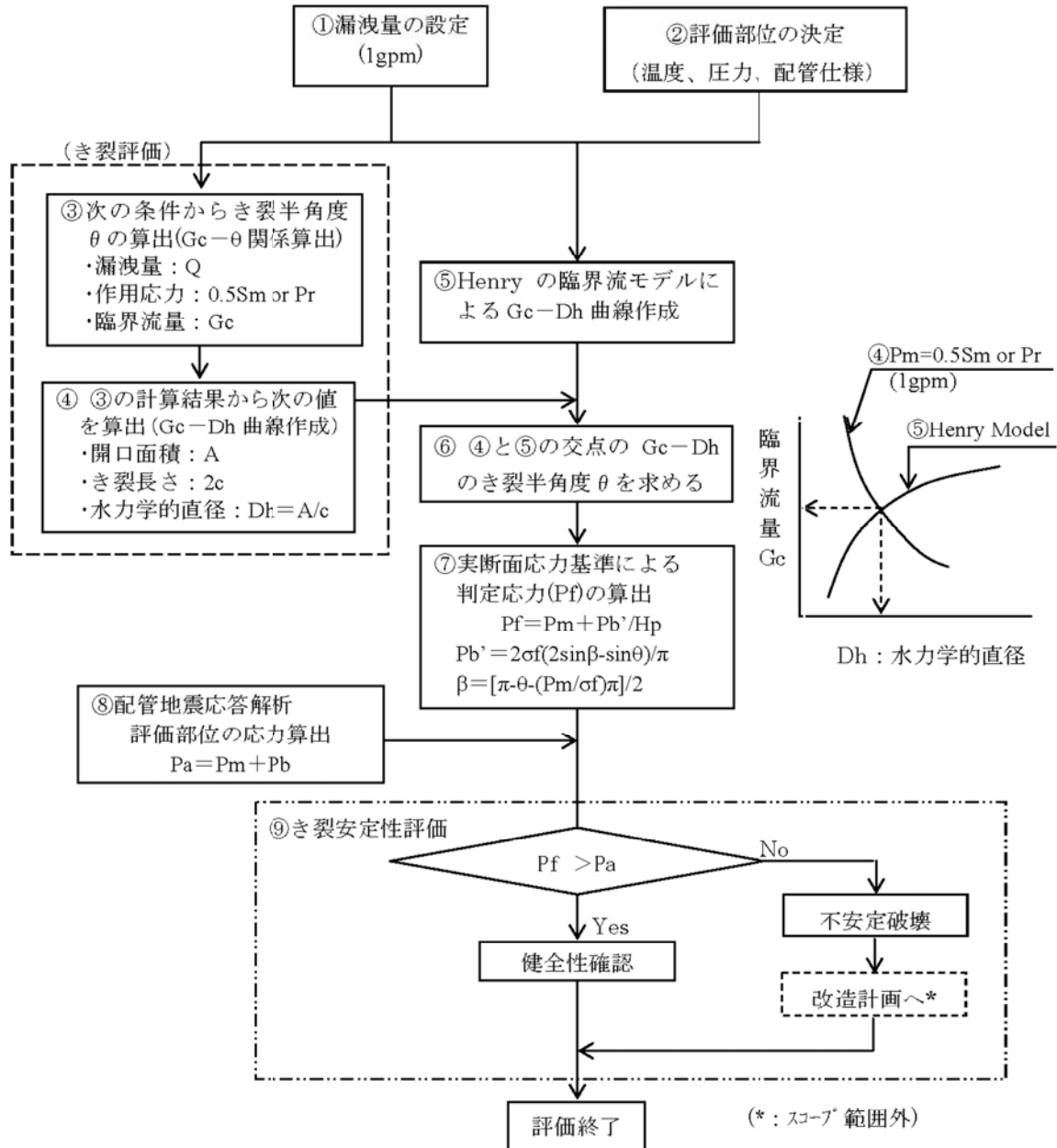
表4 き裂安定性評価結果

B-RHR熱交換器 出口合流部(CV外) 10B-sch40	地震力	発生応力 (MPa)	判定応力 (MPa)	応力比
	Ss			0.44
	Sd			0.44以下

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



地震時のき裂安定性評価フロー



(注記) 記号の内容は以下のとおり。

Gc : 臨界流モデルによる単位面積当りの漏洩量  
 Dh : 水力学的直径 Pf : 判定応力 Pa : 発生応力 Pr : 設計内圧応力  
 Pm : 内圧等による膜応力 Pb' : 曲げ応力  
 σf : 流動応力 Hp : 補正係数 (炭素鋼管 4B 以下 1.1、その他は 1.0)

## ① 漏えい量

き裂安定性評価に用いるき裂開口面積及び判定応力を求めるにあたって、通常の点検パトロールや漏えい検知設備等で、検知可能な漏洩量として1gpmを想定する。

## ② 評価部位の決定

き裂安定性評価の対象は、流況が複雑で疲労が蓄積する可能性がある部位(複雑流況部)であり、耐震上厳しい部位を評価対象として選定し、これらの部位についてき裂を想定した安定性評価を実施する。

## ③ き裂評価における(Gc-Dh)の算出

配管の周方向にスリット状き裂を想定して以下の要領で、最初に漏洩量Q、臨界流量Gc、作用荷重0.5Smを与えてき裂半角度 $\theta$ を求める。

- a. き裂角度を求めるための開口面積をAINとする。

$$AIN \equiv Q / Gc$$

- b. 次式の $A_{total} > AIN$ となるまで $0^\circ \rightarrow \theta$ を増加させて下式のパラメータ計算を実施し、最大の $\theta$ をき裂半角度とする。

$$A_{total} = (A_t + A_b) \alpha$$

$$A_t = \frac{\sigma_t}{E} (\pi R^2) I_t(\theta)$$

$$A_b = \frac{\sigma_b}{E} (\pi R^2) I_b(\theta)$$

なお、き裂先端の塑性域を考慮し、き裂の半角度は $\theta$ に代えて $\theta_{eff}$ を次式で求める。

$$\theta_{eff} = \theta + (K_t + K_b)^2 / (2\pi R \sigma_f^2)$$

<記号説明>

$\theta$  : き裂半角度

$K_t$  : 軸力による応力拡大係数

$K_b$  : 曲げモーメントによる応力拡大係数

$\sigma_f$  : 流動応力

R : 平均半径

$I_t(\theta)$ 、 $I_b(\theta)$  : 無次元量

$\alpha$  : 補正係数(炭素鋼0.9、その他は1.0)

- c. 水力学的直径(Dh)

き裂長さは次式による。また、Dhは $A_{total}$ をき裂長さで除したものの。

$$2c = (D - t) \frac{\theta_{eff} \pi}{180}$$

$$\frac{A_{total}}{c} = Dh \text{を算出}$$

<記号説明>

D : 管外径

t : 板厚

## ④ Gc-Dh曲線

前項のa. からc. を、Gcを変えてパラメータ計算を繰り返すことによりGc-Dh曲線が求められる。

## ⑤ Henryの臨界流モデルによるGc-Dh曲線

Henryのサブクール水モデル(図1参照)を用いて、配管の内外圧力差、流体性状等から、臨界流量Gc (gpm/mm<sup>2</sup>)と水力学直径Dh (mm)の関係曲線を求める。

計算パラメータとしては、漏えい流体の条件(温度、圧力、流体性状等)、外部の状態(外圧の有無)、漏えい流路状態(表面粗さ、流路形状)等を考慮する。

臨界流量Gcは下式により求める。

$$Gc^2 = \left[ \frac{xv_g}{\gamma P} - (v_g - v_{\ell 0}) \frac{dx}{dP} \right]_{exit}^{-1} \quad \left( \frac{dx}{dP} \right)_{exit} = N \frac{dx_E}{dP}$$

## &lt;記号説明&gt;

x : クオリティ (x<sub>E</sub> : 熱平衡時のクオリティ)

v : 比容積(m<sup>3</sup>/kg)

P : 圧力(Pa)

γ : 断熱係数

(添字・・・g : 気相、ℓ : 液相、ℓ<sub>0</sub> : 入口液相条件)

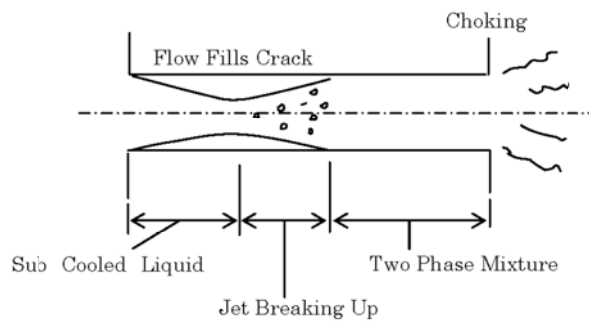


図1 き裂内の流れ(サブクール水)

上記の臨界流量Gc算出式を用いた計算フローを図2に示す。HenryモデルによるGc-Dh曲線は各水学的直径Dhに対する臨界流量Gcを求め、Dhを変えて計算を繰り返すことにより図示することができる。各Dhに対するGcは、漏えい流体の条件より、き裂面入口での状態量(比容積、エンタルピー、エントロピー)を設定、また、臨界圧力Pc(=き裂面出口圧力P<sub>exit</sub>)を仮定することで臨界点(き裂面出口)での状態量を設定し、設定した状態量から上式を用いて臨界流量Gcを算出する。

次に、仮定した臨界圧力Pcが妥当であることの確認のため、臨界流量Gcより求めた圧力損失ΔPから、き裂面入口での圧力P<sub>0</sub>との差、つまり出口面での圧力を求める。この結果と上記で仮定した臨界圧力Pcと一致することを確認する。計算が一致した臨界圧力Pcでの流量がGcとなる。

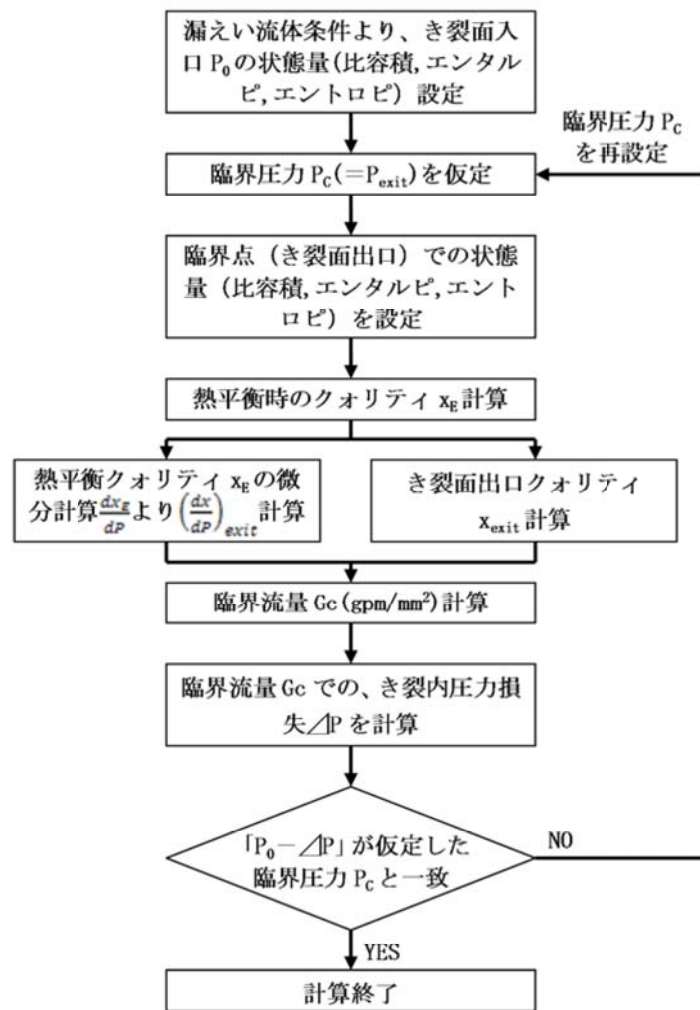


図2 臨界流量Gc計算フロー

⑥ 臨界流量(Gc-Dh)の決定

上記④と⑤のGc-Dh曲線は別々の観点から求められたものであり、下図の如く2本の曲線が描け、交点のGc、Dhは両方の条件を満足する。

この時のGc-Dhのき裂角度、開口面積を、き裂安定性評価に用いる判定応力の算出に使用する。

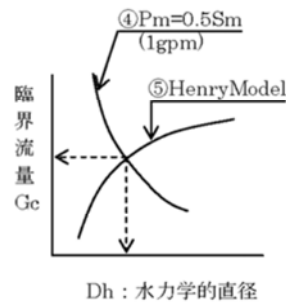


図3 Gc-Dh曲線

⑦ 判定応力の算出

判定応力Pfは「実断面応力基準」によって算出する。この基準は、配管周方向にスリット状開口を想定し、断面のリガメント(開口部以外)の応力が一様な流動応力 $\sigma f$ に達した時に破壊が進行すると仮定したものである。したがって発生応力が流動応力以下であれば、き裂があっても安定していると考えられる。

$$Pf = Pm + Pb' / Hp$$

<記号説明>

Pm：内圧によって発生する膜応力(= 0.5Sm)

$$Pb' = 2 \sigma f (2 \sin \beta - \sin \theta) / \pi$$

$$\beta = [\pi - \theta - (Pm / \sigma f) \pi] / 2$$

$$\sigma f = (Sy + Su) / 2$$

$\theta$ ：貫通き裂半角度

Sy：設計降伏点

Su：設計引張強さ

Hp：補正係数(炭素鋼4B以下1.1、その他は1.0)

⑧ 発生応力

発生応力Paを求める時の作用荷重は「配管破損防護設計技術指針」より次のとおり。

- a. 考慮すべき運転状態は、I, II, III及びI+Ss, Sd地震とするが、実質的にはI, II+Ss, Sd地震が最も厳しいことから、I, II+Ss, Sd地震の評価を実施する。(JEAG-4613はS1で評価するが、本評価はSs, Sd地震で評価を実施する。)
- b. 評価荷重は1次応力で実施するが、安全側に2次応力である熱膨張応力を含める。

$$Pa = Pm + Pb$$

<記号説明>

Pm：各配管の設計条件における計算値を採用(内圧応力)

Pb：曲げ応力(自重応力+熱膨張応力+地震応力\*の合計応力、但しねじり応力は算入不要)

\*：地震慣性応力(片振幅)

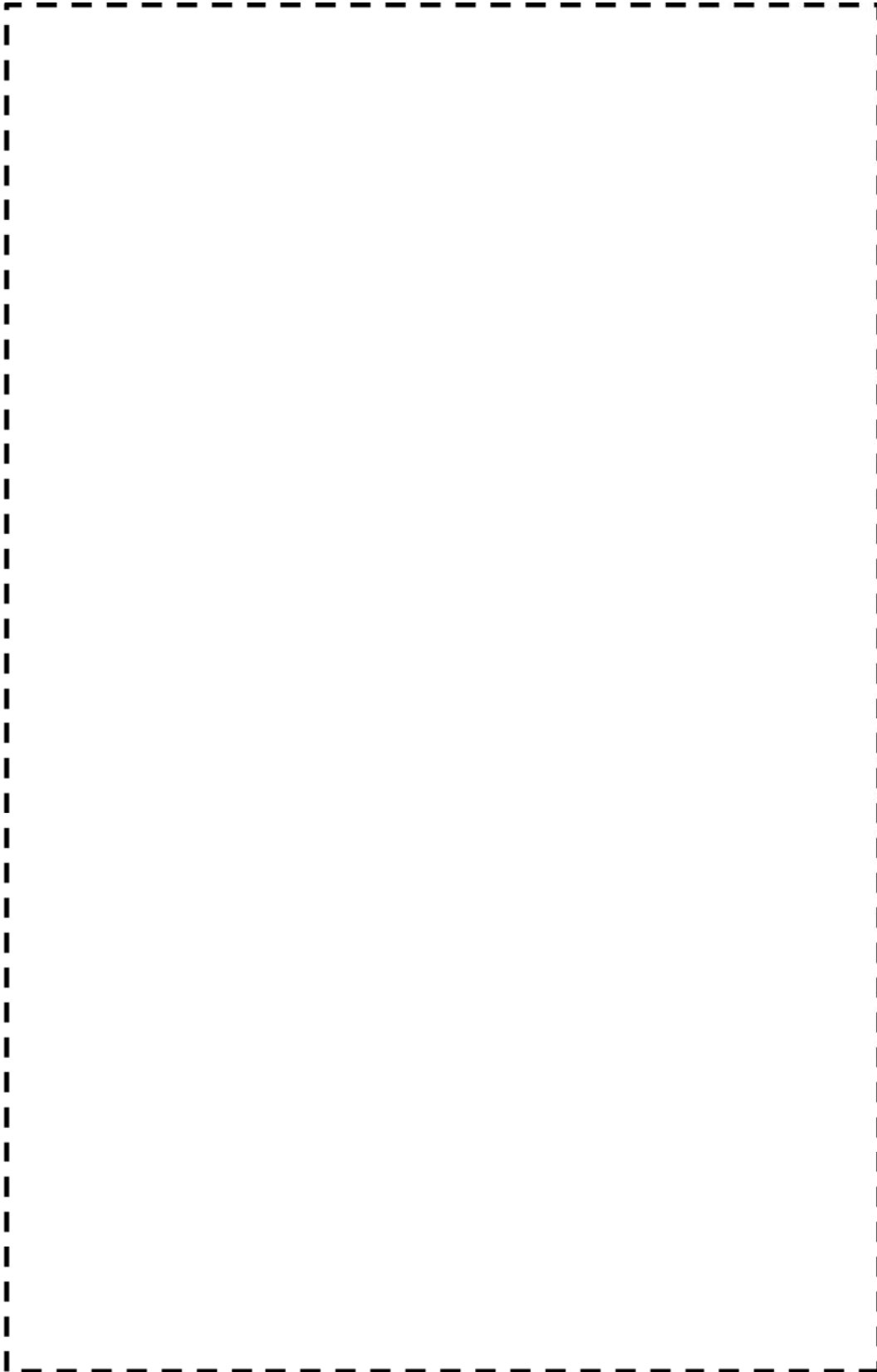
注：発生応力は流動応力となることから応力係数は考慮しない。

⑨ 評価

前項までの算出結果を基に以下を評価する。

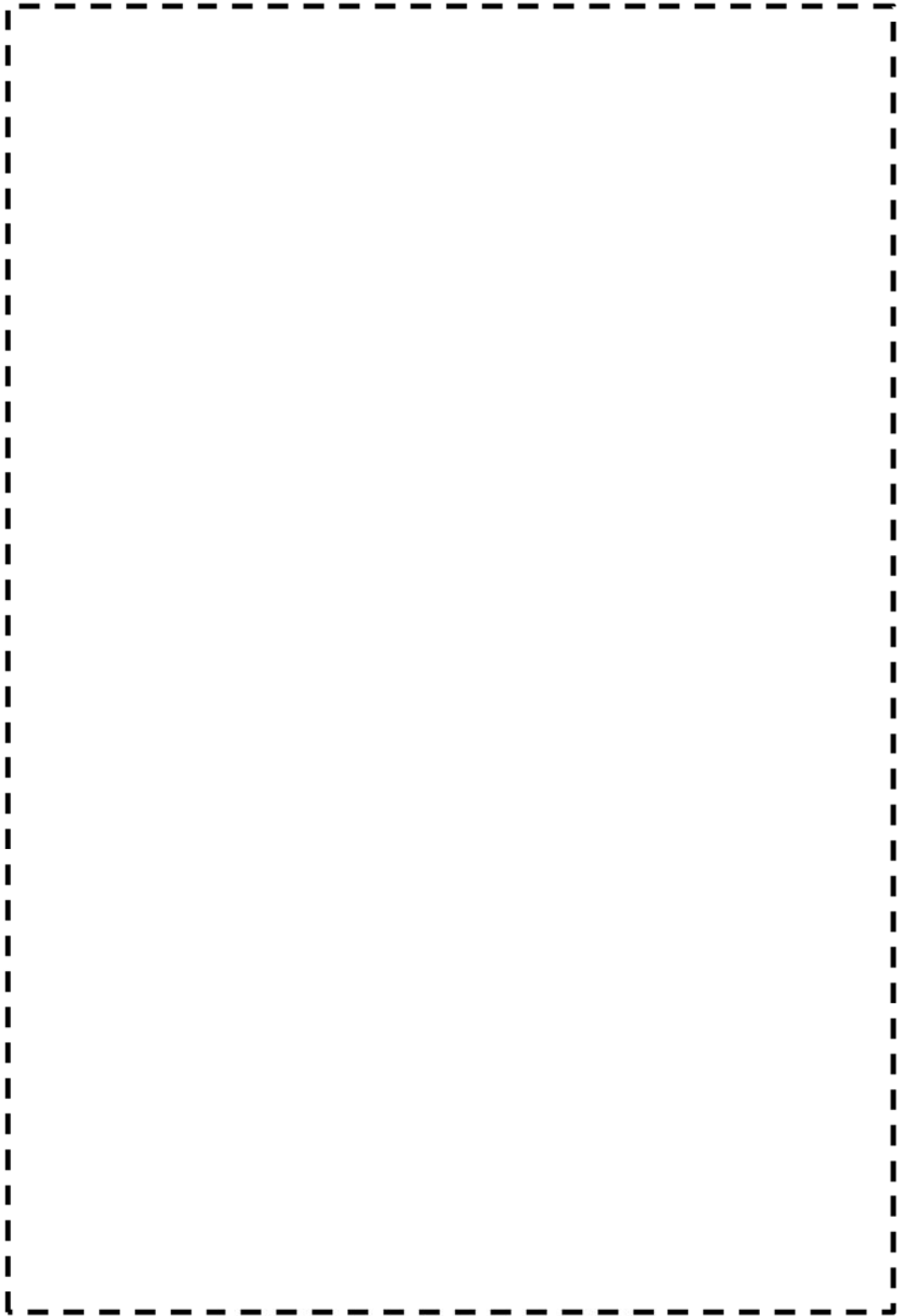
$$Pf > Pa : \text{漏洩}$$

$$Pf \leq Pa : \text{破断}$$



き裂評価対象部位 美浜3号機 B-RHR熱交換器出口合流部(CV外)

枠みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

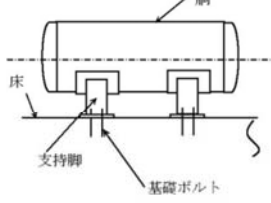
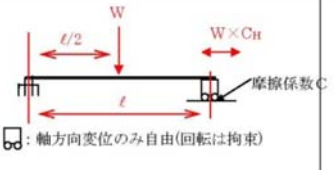
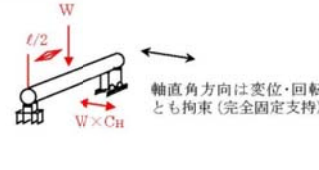
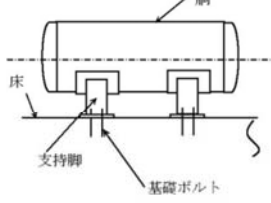
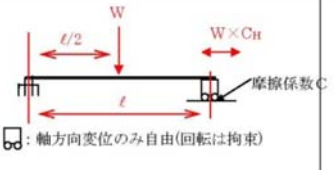
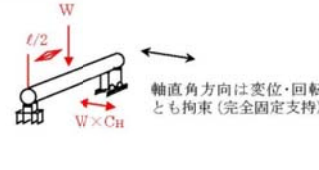
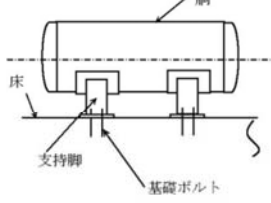
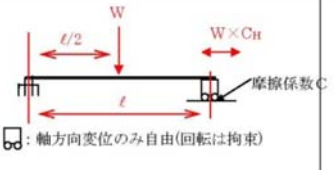
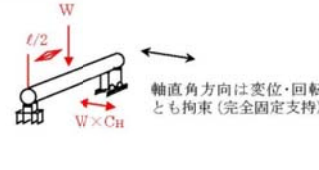


美浜3号機 B-RHR熱交換器出口合流部(CV外)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



美浜3号炉一耐震-25 rev4

<p>タイトル</p>	<p>廃液蒸発装置蒸発器胴板の応力腐食割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）について。</p>										
<p>説明</p>	<p>廃液蒸発装置蒸発器胴板の地震時発生応力が最も大きくなる箇所に、半周の貫通き裂を想定し、地震時の発生応力が安定限界応力を上回らないことを確認する。</p> <p>1. 評価手順</p> <p>(1)地震力</p> <p>廃液蒸発装置は、耐震クラスBであるため、設置エリアに対応する水平静的震度<math>\left[ \frac{1}{2} S_d \right]</math>と、<math>1/2 S_d</math>の水平動的震度<math>\left[ \frac{1}{2} S_d \right]</math>（<math>S_d</math>床応答曲線のピーク値の<math>1/2</math>：添付1参照）の大きい方を用いる。</p> <p>(2)発生応力の算出</p> <p>下記のとおり、地震時の発生応力（地震、内圧、自重）を算出する。</p> <table border="1" data-bbox="470 1025 1305 1899"> <thead> <tr> <th colspan="2">荷重の方向</th> </tr> <tr> <th>軸方向地震時</th> <th>軸直角方向地震時</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">  </td> </tr> <tr> <td>  <p><math>\left[ \text{固定} \right]</math> : 固定, <math>\left[ \text{自由} \right]</math> : 軸方向変位のみ自由(回転は拘束)</p> </td> <td>  <p>軸直角方向は変位・回転とも拘束(完全固定支持)</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>内圧による応力</p> <math display="block">\sigma_{内圧} = \frac{p \times (d_i + 1.2t)}{4 \times t}</math> <p>自重による最大曲げモーメントによる応力 (両端固定支持条件)</p> <math display="block">\sigma_{自重} = \frac{M_a}{Z} = \frac{\frac{1}{8} W \ell}{Z}</math> <p>水平地震荷重による全断面への引張応力</p> <math display="block">\sigma_{地震} = \frac{\frac{1}{2} W \times C_H}{\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)} \quad (\text{但し, } C_H &lt; C \text{ の場合})</math> <p>発生応力: <math>\sigma_{内圧} + \sigma_{自重} + \sigma_{地震}</math></p> </td> <td> <p>内圧による応力</p> <math display="block">\sigma_{内圧} = \frac{p \times (d_i + 1.2t)}{4 \times t}</math> <p>自重による最大曲げモーメント</p> <math display="block">M_a = \frac{1}{8} W \ell \quad (\text{両端固定支持条件})</math> <p>地震荷重による最大曲げモーメント</p> <math display="block">M_b = \frac{1}{8} W \ell C_H \quad (\text{両端固定支持条件})</math> <p>自重と地震荷重による応力</p> <math display="block">\sigma_{自重+地震} = \frac{(M_a + M_b)}{Z}</math> <p>発生応力: <math>\sigma_{内圧} + \sigma_{自重+地震}</math></p> </td> </tr> </tbody> </table> <p>※応力の算出においては、梁モデルを用いた場合により保守的な大きな応力の値が算出できることから、梁モデルを用いた評価を実施している。</p> <p>※評価機器において、重心位置に偏りがある場合でも、材料力学の考えより重心位置をタンクの中心で評価したほうが保守的な評価となることから、評価位置を中心としている。</p>	荷重の方向		軸方向地震時	軸直角方向地震時			 <p><math>\left[ \text{固定} \right]</math> : 固定, <math>\left[ \text{自由} \right]</math> : 軸方向変位のみ自由(回転は拘束)</p>	 <p>軸直角方向は変位・回転とも拘束(完全固定支持)</p>	<p>内圧による応力</p> $\sigma_{内圧} = \frac{p \times (d_i + 1.2t)}{4 \times t}$ <p>自重による最大曲げモーメントによる応力 (両端固定支持条件)</p> $\sigma_{自重} = \frac{M_a}{Z} = \frac{\frac{1}{8} W \ell}{Z}$ <p>水平地震荷重による全断面への引張応力</p> $\sigma_{地震} = \frac{\frac{1}{2} W \times C_H}{\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)} \quad (\text{但し, } C_H < C \text{ の場合})$ <p>発生応力: <math>\sigma_{内圧} + \sigma_{自重} + \sigma_{地震}</math></p>	<p>内圧による応力</p> $\sigma_{内圧} = \frac{p \times (d_i + 1.2t)}{4 \times t}$ <p>自重による最大曲げモーメント</p> $M_a = \frac{1}{8} W \ell \quad (\text{両端固定支持条件})$ <p>地震荷重による最大曲げモーメント</p> $M_b = \frac{1}{8} W \ell C_H \quad (\text{両端固定支持条件})$ <p>自重と地震荷重による応力</p> $\sigma_{自重+地震} = \frac{(M_a + M_b)}{Z}$ <p>発生応力: <math>\sigma_{内圧} + \sigma_{自重+地震}</math></p>
荷重の方向											
軸方向地震時	軸直角方向地震時										
											
 <p><math>\left[ \text{固定} \right]</math> : 固定, <math>\left[ \text{自由} \right]</math> : 軸方向変位のみ自由(回転は拘束)</p>	 <p>軸直角方向は変位・回転とも拘束(完全固定支持)</p>										
<p>内圧による応力</p> $\sigma_{内圧} = \frac{p \times (d_i + 1.2t)}{4 \times t}$ <p>自重による最大曲げモーメントによる応力 (両端固定支持条件)</p> $\sigma_{自重} = \frac{M_a}{Z} = \frac{\frac{1}{8} W \ell}{Z}$ <p>水平地震荷重による全断面への引張応力</p> $\sigma_{地震} = \frac{\frac{1}{2} W \times C_H}{\frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)} \quad (\text{但し, } C_H < C \text{ の場合})$ <p>発生応力: <math>\sigma_{内圧} + \sigma_{自重} + \sigma_{地震}</math></p>	<p>内圧による応力</p> $\sigma_{内圧} = \frac{p \times (d_i + 1.2t)}{4 \times t}$ <p>自重による最大曲げモーメント</p> $M_a = \frac{1}{8} W \ell \quad (\text{両端固定支持条件})$ <p>地震荷重による最大曲げモーメント</p> $M_b = \frac{1}{8} W \ell C_H \quad (\text{両端固定支持条件})$ <p>自重と地震荷重による応力</p> $\sigma_{自重+地震} = \frac{(M_a + M_b)}{Z}$ <p>発生応力: <math>\sigma_{内圧} + \sigma_{自重+地震}</math></p>										

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(3)耐震安全性評価

「正味応力概念」に基づき、半周の貫通き裂を考慮した場合のき裂安定限界応力を算出<sup>※</sup>し、(2)で算出した発生応力がこれを上回らないことを確認する。なお、添付2に示すとおり蒸発器胴板の溶接線と、き裂想定部位は異なることから、Z係数を乗じた弾塑性破壊力学評価は実施していない。また、添付3にNo. 2精留塔の構造図を示す。

※：原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG 4613-1998）に基づく評価方法を用いた。

2. 評価結果

評価結果は表1のとおりであり、応力腐食割れに対する耐震安全性に問題はない。

表1 応力腐食割れに対する耐震安全性評価結果

	想定き裂	耐震安全性評価		
	き裂角度 (°)	地震時応力 (MPa)	き裂安定 限界応力 (MPa)	応力比
軸方向地震	180	-	-	0.15
軸直角方向地震				0.17

【評価に用いたデータ一覧】

項目	単位	記号	数式	インポートデータ または結果
板厚	mm	t	蒸発器組立図より	
き裂角度	°	2θ		
胴外径	mm	D <sub>o</sub>	D <sub>o</sub> +t×2	
胴内径	mm	D <sub>i</sub>	蒸発器組立図より	
内圧	MPa	P	蒸発器組立図より(最高使用圧力:1kg/cm <sup>2</sup> )	
蒸発器重量	kg	W <sub>0</sub>	蒸発器既工認より (蒸発器+#1精留塔+#2精留塔, 洪水時重量)	
設計降伏点	MPa	S <sub>y</sub>	SUS316L, 150°C JSME Part5 表8より	
設計引張強さ	MPa	S <sub>u</sub>	SUS316L, 150°C JSME Part5 表9より	
設計地震力	-	C <sub>H</sub>	PLM耐震条件(動的地震力)より: 原子炉補助建屋 FRS(買点番号:7)のピーク 1/2の値	
外半径	mm	R <sub>o</sub>	D <sub>o</sub> /2	
内半径	mm	R <sub>i</sub>	D <sub>i</sub> /2	
平均半径	mm	R <sub>m</sub>	(外半径+内半径)/2	
支持脚中心間距離	mm	L	蒸発器組立図より	
流動応力(許容応力)	MPa	S <sub>f</sub>	(S <sub>y</sub> +S <sub>u</sub> )/2	
膜応力	MPa	P <sub>m</sub>	P×D <sub>o</sub> /(4×t)	
許容 応力				
き裂半角度	°	θ		
-	rad	α	θ/180×π	
-	rad	β	((π-α)-(P <sub>m</sub> /S <sub>f</sub> )×π)/2	
破壊時曲げ応力	MPa	P <sub>b</sub> '	2×S <sub>y</sub> ×(2sinβ-sinα)/π	
安定限界応力	MPa	P <sub>t</sub>	P <sub>m</sub> +P <sub>b</sub> '	
軸 方向 地震 時				
内圧による応力	MPa	σ <sub>内圧</sub>	P×(D <sub>i</sub> +1.2t)/(4×t)	
自重による曲げモーメントによる応力	MPa	σ <sub>自重</sub>	(W <sub>0</sub> ×9.80665×L/8)/Z	
水平地震力による応力	MPa	σ <sub>地震</sub>	(W <sub>0</sub> ×9.80665×C <sub>H</sub> /2)/(π/4×(D <sub>o</sub> <sup>2</sup> -D <sub>i</sub> <sup>2</sup> ))	
発生応力	MPa	σ <sub>軸</sub>	σ <sub>内圧</sub> +σ <sub>自重</sub> +σ <sub>地震</sub>	
軸 直角 方向 地震 時				
内圧による応力	MPa	σ <sub>内圧</sub>	P×(D <sub>i</sub> +1.2t)/(4×t)	
自重による曲げモーメント	N・mm	M <sub>自重</sub>	W <sub>0</sub> ×9.80665×L/8	
地震による曲げモーメント	N・mm	M <sub>地震</sub>	(W <sub>0</sub> ×9.80665×L/8)×C <sub>H</sub>	
自重と地震による応力	MPa	σ <sub>自重+地震</sub>	(M <sub>自重</sub> +M <sub>地震</sub> )/Z	
発生応力	MPa	σ <sub>軸直角</sub>	σ <sub>内圧</sub> +σ <sub>自重+地震</sub>	
※以下の計算により真円筒での断面係数(Z)を算出した。				
断面係数	Z	mm <sup>3</sup>	π(D <sub>o</sub> <sup>3</sup> -D <sub>i</sub> <sup>3</sup> )/32D <sub>o</sub>	

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

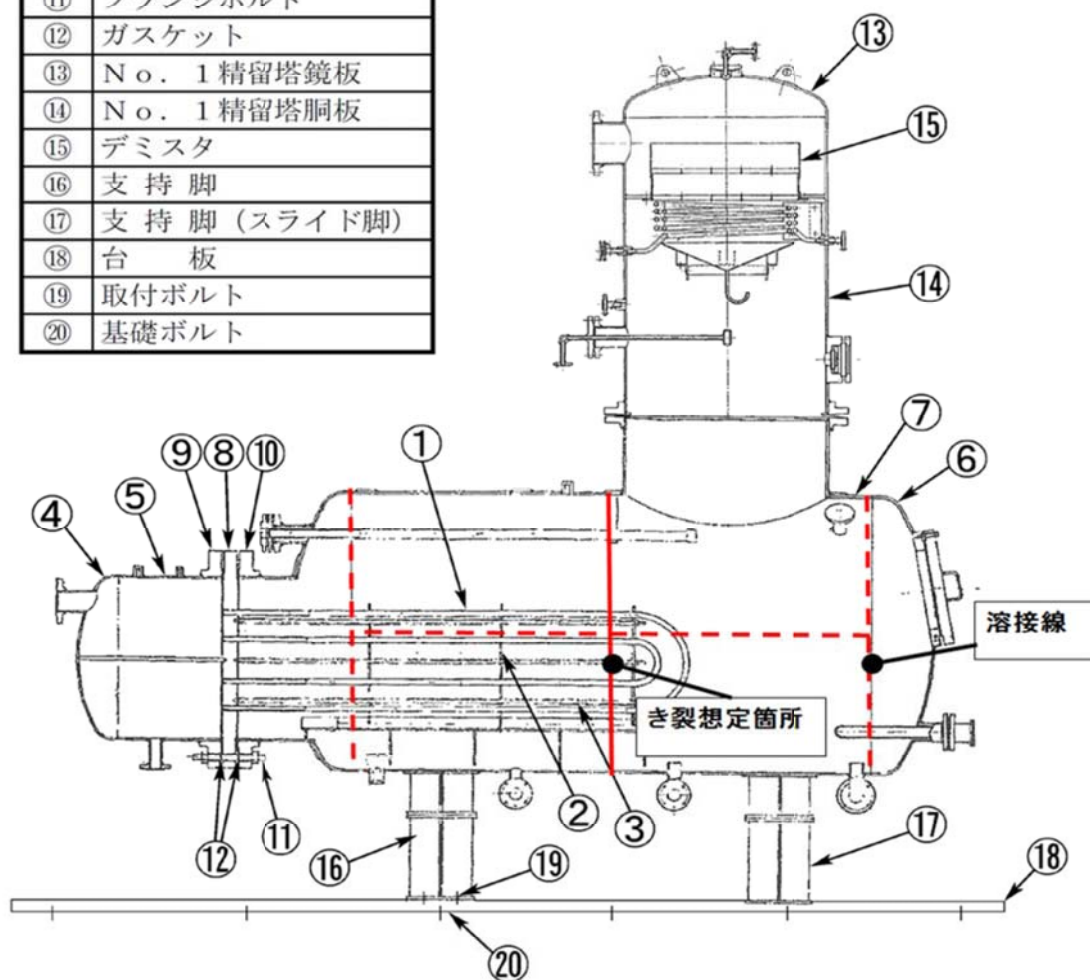


美浜3号機 AB EL.17 水平AB07 (sd波)  
水平方向 減衰1.0%

図1 美浜3号機 原子炉補助建屋 床応答曲線 (全波包絡FRS)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

No.	部 位
①	伝熱管
②	邪魔板
③	支持棒
④	蒸気室鏡板
⑤	蒸気室胴板
⑥	蒸発器鏡板
⑦	蒸発器胴板
⑧	管 板
⑨	蒸気室側フランジ
⑩	蒸発器側フランジ
⑪	フランジボルト
⑫	ガスケット
⑬	No. 1 精留塔鏡板
⑭	No. 1 精留塔胴板
⑮	デミスタ
⑯	支持脚
⑰	支持脚 (スライド脚)
⑱	台 板
⑲	取付ボルト
⑳	基礎ボルト

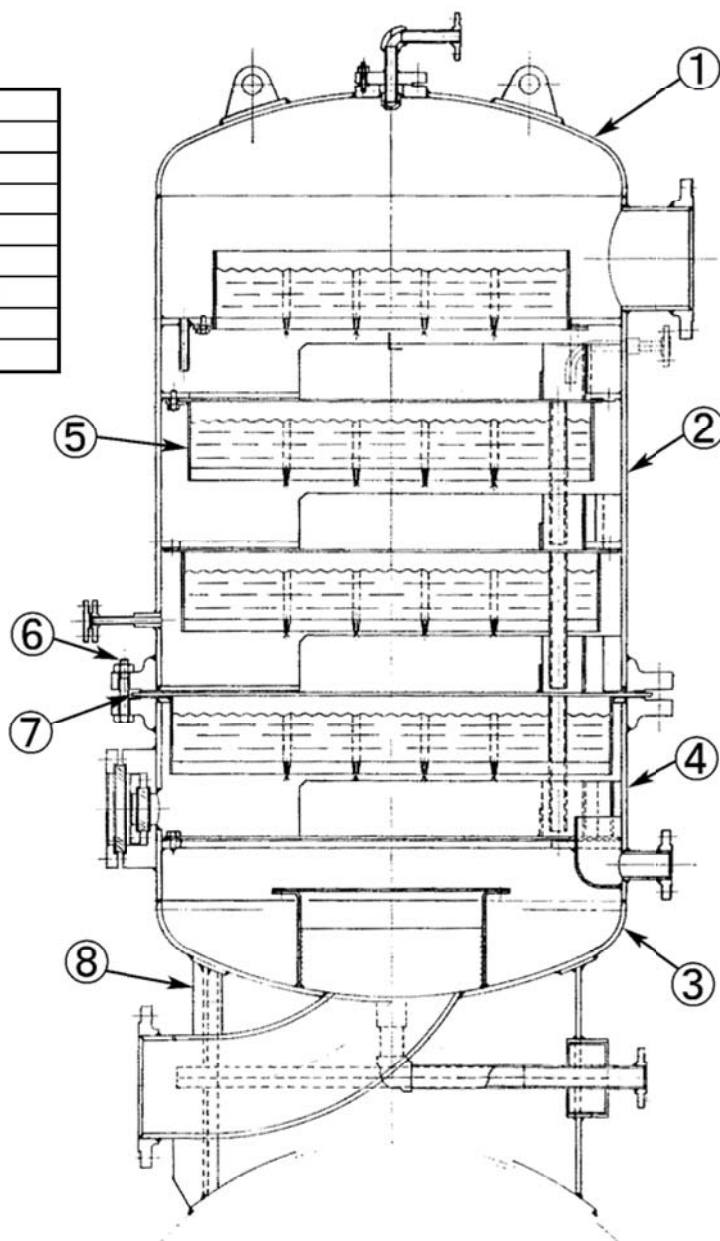


※き裂の想定箇所は2本の支持脚の中間の位置と想定した。

廃液蒸発装置蒸発器胴板の溶接線とき裂想定部位との関係図



No.	部 位
①	上部鏡板
②	上部胴板
③	下部鏡板
④	下部胴板
⑤	デミスタ
⑥	フランジボルト
⑦	ガスケット
⑧	スカート



美浜 3 号炉 廃液蒸発装置 No. 2 精留塔 構造図

○廃液蒸発装置の評価モデルについて

精留塔 No. 1 は蒸発器とフランジにて直接繋がっているのに対し、精留塔 No. 2 は蒸発器と直接繋がってはおらず、蒸発器の上に乗っかっている状態である。

本評価においては、蒸発器、精留塔 No. 1、及び精留塔 No. 2 の重量を合計し、き裂箇所に集中荷重がかかるよう評価を行っている。また、き裂箇所に集中荷重がかかるモデルにて評価しているため、重心が上にずれる影響はない。(重量の観点においても、精留塔 No. 1、No. 2 の各重量が約 2ton であるのに対し、蒸発器の重量は約 9ton と支配的となっている)。

従って、精留塔が 2 つあることは、これまでの評価で既に考慮済であるため、梁モデルの適用ロジックへの影響はない。

なお、実機においては、蒸発器は単体で配置されているのではなく、蒸発器/精留塔に種々の配管が接続されており(最大で精留塔出口の 8B 配管)、接続配管により精留塔は拘束され、胴にねじりを生じるような、精留塔が単独で水平方向に容易に動ける構造にはなっていない。従って、ねじりは考慮する必要はない。

美浜3号炉－耐震－30 rev2

タイトル	蒸気発生器の給水入口管台の疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）について
説明	蒸気発生器の給水入口管台の疲労割れに対する評価の具体的内容について添付に示す。

<<評価仕様>>

評価仕様を表1に示す。

表1 評価仕様

項目		仕様	
給水入口管台	外半径	[Redacted]	
	内半径		
外荷重作用基準線から評価点までの距離			
評価用温度			
Ss地震の評価繰返し回数			200回
Sd地震の評価繰返し回数			300回
給水入口管台の材質			
給水入口管台の設計応力強さ			
給水入口管台の縦弾性係数*1			
応力集中係数	引張		
	曲げ		

\*1

[Redacted]

[Redacted] 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。 [Redacted]



<<評価部位>>

評価部位を図1に示す。疲労累積係数(環境疲労を含む)が最大の評価点を評価する。

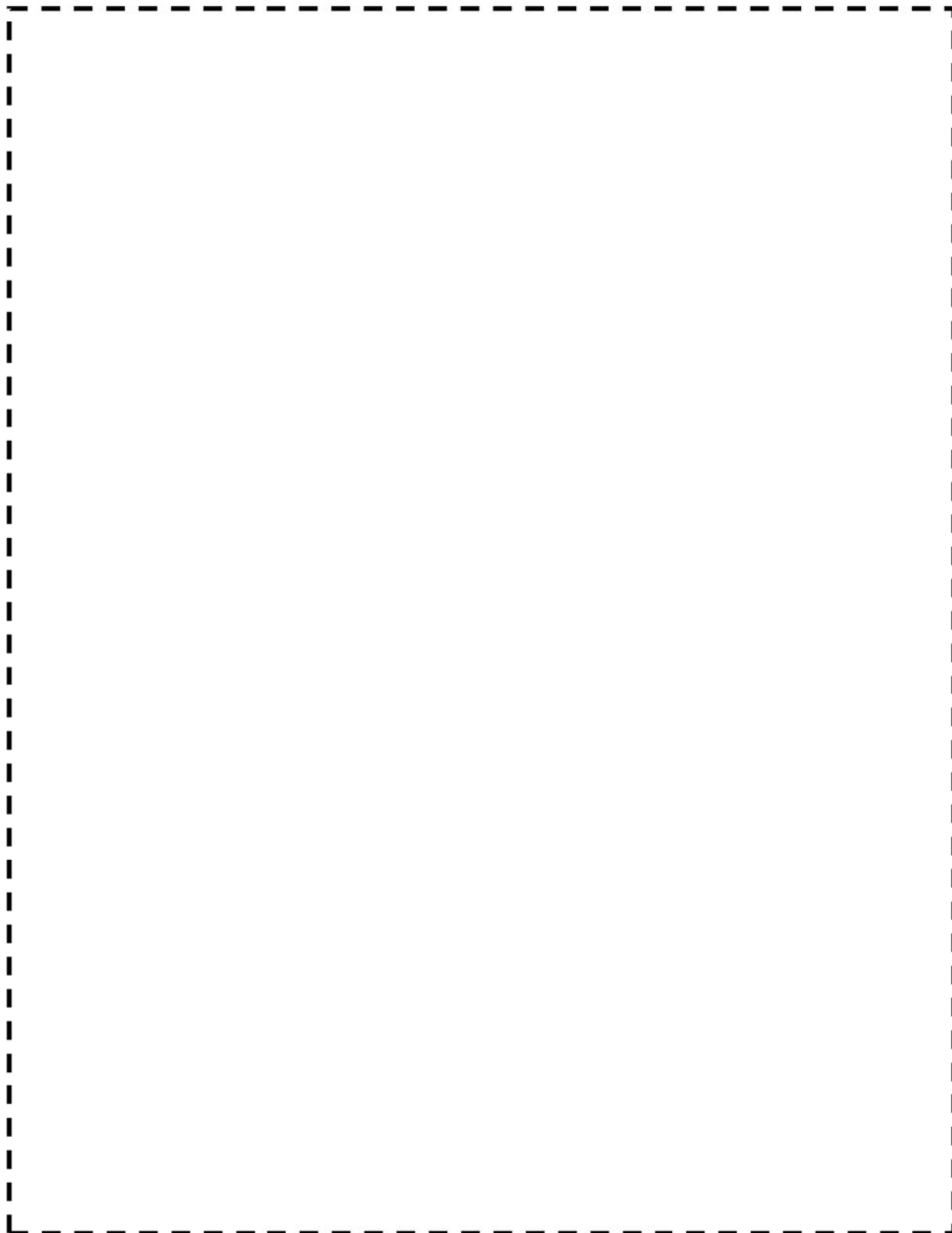


図1 評価部位

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

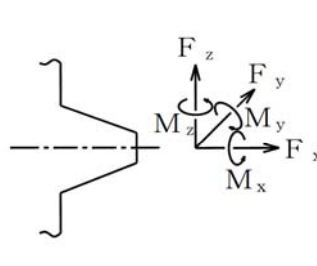
## &lt;&lt;入力(荷重)条件&gt;&gt;

ループ応答解析により算出した給水入口管台の荷重条件を表2に示す。荷重6成分 ( $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_x$ 、 $M_y$ 及び $M_z$ ) の値は、それぞれ全ループを包絡したものである。また、 $S_s$ は、 $S_s$ 地震力 (24波) と静的地震力を包絡した荷重を示す。 $S_d$ も同様に $S_d$ 地震力 (24波) と静的地震力を包絡した荷重を示す。

表2 給水入口管台の荷重条件

地震動	力 [kN]			モーメント [kN・m]		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
S s	82	104	232	51	556	220
S d	39	52	117	25	280	109

\* 包絡荷重：24波および静的地震力それぞれの荷重6成分 ( $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ ) のうち、評価に用いる荷重成分 (Max  $F_x$ 、Max  $F_y$ 、Max  $F_z$ 、Max  $M_x$ 、Max  $M_y$ 、Max  $M_z$ ) を算出し、包絡荷重にて評価を実施した。



また、蒸気発生器の給水入口管台については、工事計画において水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価の評価部位となっていることから、疲労割れに対する耐震安全性評価においても、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行った。水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる影響を考慮した場合の、荷重条件を表3に示す。

表3 給水入口管台の荷重条件 (水平2方向)

地震動	力 [kN]			モーメント [kN・m]		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
S s	95	121	252	55	613	254

\* : 各地震動について2方向の地震荷重をSRSSして荷重を算出し、その上で荷重6成分についてそれぞれ最大値を選定した。

## &lt;&lt;評価方法&gt;&gt;

Ss/Sd地震時の荷重により発生する応力を下式により計算し、繰返しピーク応力強さに対する許容繰返し回数をJSME S NC1-2005/2007 添付4-2 設計疲労線図 表 添付4-2-1を用いて求めたうえで、疲労累積係数を算出する。

- $r_o$  : 給水入口管台の外半径  
 $r_i$  : 給水入口管台の内半径  
 $A$  : 断面積 =  $\pi (r_o^2 - r_i^2)$   
 $I$  : 断面二次モーメント =  $(\pi/4) (r_o^4 - r_i^4)$   
 $F_x, F_y, F_z$  : 力(入力条件)  
 $M_x, M_y$  : モーメント(入力条件)  
 $L$  : 外荷重作用基準線から評価点までの距離  
 $M_y'$  :  $M_y + F_z \times L$

## (一次+二次応力)

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A} + \frac{M_y' \cdot r_i}{I}$$

$$\tau = \frac{M_x \cdot r_i}{2I} + \frac{F_y}{A}$$

$$S_Q : \text{一次+二次応力強さ} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2}$$

$$S_n : \text{一次+二次応力強さの変動幅} = 2S_Q < 3S_m \quad (S_m : \text{設計応力強さ})$$

## (一次+二次+ピーク応力)

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A} \cdot K_T + \frac{M_y' \cdot r_i}{I} \cdot K_B$$

$$\tau = \frac{M_x \cdot r_i}{2I} + \frac{F_y}{A}$$

$$K_T : \text{応力集中係数(引張)}$$

$$K_B : \text{応力集中係数(曲げ)}$$

$$S_F : \text{一次+二次+ピーク応力強さ} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2}$$

$$S_p : \text{一次+二次+ピーク応力強さの最大値と最小値の差} = 2S_F$$

$$S_l : \text{繰返しピーク応力強さ} = \frac{S_p}{2} \quad (\because S_n < 3S_m)$$

## &lt;&lt;評価結果&gt;&gt;

評価結果の例として、Ss地震に対する評価結果を示す。

$$\begin{aligned}
 r_o &: \text{給水入口管台外半径} = \text{---} \text{ mm} \\
 r_i &: \text{給水入口管台内半径} = \text{---} \text{ mm} \\
 L &: \text{モーメントアーム} = \text{---} \text{ mm} \\
 A &: \text{断面積} = \pi (r_o^2 - r_i^2) = \text{---} \text{ mm}^2 \\
 I &: \text{断面二次モーメント} = (\pi/4) (r_o^4 - r_i^4) = \text{---} \text{ mm}^4 \\
 F_x &: 82 \times 10^3 \text{ N} \\
 F_y &: 104 \times 10^3 \text{ N} \\
 M_x &: 51 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 M_y' &: (M_y + F_z \times L) = (556 \times 10^6 + 232 \times 10^3 \times \text{---}) = \text{---} \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

## (1) 一次+二次応力評価

Ss地震時における一次+二次応力強さの変動幅は、次に示すとおり。

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= \frac{F_x}{A} + \frac{M_y' \cdot r_i}{I} = \text{---} \text{ MPa} \\
 \tau &= \frac{M_x \cdot r_i}{2I} + \frac{F_y}{A} = \text{---} \text{ MPa} \\
 S_Q &: \text{一次+二次応力強さ} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2} = \text{---} \text{ MPa} \\
 S_n &: \text{一次+二次応力強さの変動幅} = 2S_Q = \text{---} \text{ MPa} < \text{許容値 } 3S_m = \text{---} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

## (2) 疲労評価

(a) Ss地震時の一次+二次+ピーク応力強さの最大値と最小値の変動幅は以下のとおり。

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= \frac{F_x}{A} \cdot K_T + \frac{M_y' \cdot r_i}{I} \cdot K_B = \text{---} \text{ MPa} \\
 \tau &= \frac{M_x \cdot r_i}{2I} + \frac{F_y}{A} = \text{---} \text{ MPa} \\
 K_T &: \text{応力集中係数(引張)} = \text{---} \\
 K_B &: \text{応力集中係数(曲げ)} = \text{---} \\
 S_F &: \text{一次+二次+ピーク応力強さ} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2} = \text{---} \text{ MPa} \\
 S_p &: \text{一次+二次+ピーク応力強さの最大値と最小値の差} = 2S_F = \text{---} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(b) SS地震時の繰返しピーク応力強さは以下のとおり。

$$S_1 : \text{繰返しピーク応力強さ} = \frac{S_p}{2} = \text{---} \text{ MPa}$$

(c) Ss地震時の疲労累積係数は以下のとおり。

Ss地震時の繰返しピーク応力強さ $S_1$ より地震時応力(JSME S NCI-2005/2007 添付4-2 設計疲労線図表添付4-2-1における応力)を求めると

$$\text{---} \text{ MPa} \times \frac{2.07 \times 10^5 (\text{設計疲労線図の縦弾性係数})}{\text{---}} \Rightarrow 547 \text{ MPa}$$

許容繰返し回数= 1120 となる。従って、Ss地震時の評価繰返し回数= 200 回における疲労累積係数は、 $200/1120 = 0.179$  となる。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

以上の評価結果を表4に示す。

表4 給水入口管台の疲労割れに対するSs地震時の評価結果

評価部位	繰り返しピーク 応力強さ(MPa)	疲労限 (MPa)	疲労累積係数 (許容値1以下)		
			通常運転時	Ss地震時	合計
給水入口管台	547	86	0.317	0.179	0.496

また、Ss地震における繰り返しピーク応力強さが疲労限を超えることからSd地震の評価も実施した。評価結果を表5に示す。

表5 給水入口管台の疲労割れに対するSd地震時の評価結果

評価部位	繰り返しピーク 応力強さ(MPa)	疲労限 (MPa)	疲労累積係数 (許容値1以下)		
			通常運転時	Sd地震時	合計
給水入口管台	276	86	0.317	0.036	0.353

以上より、通常運転時及び地震時の疲労累積係数の合計は許容値の1を下回ることから、耐震安全性評価上問題ない。

また、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果は表6に示すとおりであり、通常運転時及び地震時の疲労累積係数の合計は許容値の1を下回ることから、耐震安全性評価上問題ない。

表6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した評価結果

評価部位	繰り返しピーク 応力強さ(MPa)	疲労限 (MPa)	疲労累積係数 (許容値1以下)		
			通常運転時	地震時	合計
給水入口管台	887	86	0.317	0.646	0.963



美浜3号炉－耐震－3 1 rev2

<p>タイトル</p>	<p>主給水系統配管の疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）について</p>																																				
<p>説明</p>	<p>主給水系統配管の疲労割れに対する評価の具体的内容について以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様 主給水配管の配管仕様を下表に、評価対象配管の系統図を添付1に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 主給水配管の配管仕様</p> <table border="1" data-bbox="399 869 1425 1361"> <thead> <tr> <th rowspan="3">項目</th> <th rowspan="3">単位</th> <th colspan="2">評価対象配管</th> </tr> <tr> <th colspan="2">C主給水配管（CV内）</th> </tr> <tr> <th>節点7500～7545</th> <th>節点7545～7550</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>配管口径</td> <td>mm</td> <td>406.4</td> <td>406.4</td> </tr> <tr> <td>配管肉厚</td> <td>mm</td> <td>21.4</td> <td>40.5</td> </tr> <tr> <td>材質</td> <td>—</td> <td>STPT49</td> <td>STPT49/STPT480</td> </tr> <tr> <td>縦弾性係数</td> <td>MPa</td> <td><math>1.90 \times 10^5</math></td> <td><math>1.90 \times 10^5</math></td> </tr> <tr> <td>最高使用圧力</td> <td>MPa</td> <td>7.48</td> <td>7.48</td> </tr> <tr> <td>最高使用温度</td> <td>℃</td> <td>230</td> <td>230</td> </tr> <tr> <td>設計応力強さ（Sm）</td> <td>MPa</td> <td>154</td> <td>154</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 解析モデル 発生応力の算出に用いた3次元梁モデル解析のモデル図を添付2に示す。</p> <p>3. 入力（荷重）条件 基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdを用いた地震応答解析より得られた次の地震波（時刻歴波）を用いている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新750galSP（1波）</li> <li>・新750galSPを超える断層波（21波）</li> <li>・新750galSPを超える鳥取県西部地震（1波[2ケース]）</li> <li>・新750galSPを超える留萌地震620gal（1波）</li> </ul> <p>また、地震繰返し回数はSs：200回、Sd：300回としている。</p> <p>4. 評価結果 （1）応力の解析結果 地震時に生じる応力の解析結果を以下に示す。</p>	項目	単位	評価対象配管		C主給水配管（CV内）		節点7500～7545	節点7545～7550	配管口径	mm	406.4	406.4	配管肉厚	mm	21.4	40.5	材質	—	STPT49	STPT49/STPT480	縦弾性係数	MPa	$1.90 \times 10^5$	$1.90 \times 10^5$	最高使用圧力	MPa	7.48	7.48	最高使用温度	℃	230	230	設計応力強さ（Sm）	MPa	154	154
項目	単位			評価対象配管																																	
				C主給水配管（CV内）																																	
		節点7500～7545	節点7545～7550																																		
配管口径	mm	406.4	406.4																																		
配管肉厚	mm	21.4	40.5																																		
材質	—	STPT49	STPT49/STPT480																																		
縦弾性係数	MPa	$1.90 \times 10^5$	$1.90 \times 10^5$																																		
最高使用圧力	MPa	7.48	7.48																																		
最高使用温度	℃	230	230																																		
設計応力強さ（Sm）	MPa	154	154																																		

表2 地震時に生じる応力の解析結果

	一次応力						一次+二次応力	
	圧力	自重及び地震	合計	許容値	ねじり	許容値	地震	許容値
Ss*	38.8	248.2	288	462	7	112	816	462
Sd	38.8	120.8	160	346	4	84	382	462

\* : Ss-3 による評価結果

単位:MPa

(2) 地震によるUF評価結果

①Ss 地震によるUF評価

Ss 地震による一次+二次+ピーク応力と繰返しピーク応力強さは次式により算出される。

地震による一次+二次+ピーク応力

$$Sp = (K_2 \cdot C_2 \cdot M) / Z = 897 \text{ (MPa)}$$

繰返しピーク応力強さ

$$Sl = (Ke \cdot Sp / 2) \times (2.07 \times 10^5 \text{ (ヤング率)}) / E = 932 \text{ (MPa)}$$

ここで、

Ke= (割増し係数)

C2= (応力係数)

K2= (応力係数)

M= (モーメント、解析により算出)

Z=2367401 (配管の断面係数)

E=1.90 × 10<sup>5</sup> (材料の使用温度におけるヤング率)

以上より、Ss 地震によるUF評価結果を表3に示す。

表3 Ss 地震によるUF評価結果

節点番号	地震による一次+二次+ピーク応力 (MPa)	繰返しピーク応力強さ (MPa)	地震による疲労累積係数
7500	897	933	0.725

※Ss 地震動評価では、簡易弾塑性評価による Ke ファクターを考慮しており、「一次+二次応力」が大きく Ke ファクターとヤング率(2.07×10<sup>5</sup>/E)の積が2を超えるため、「繰返しピーク応力強さ」が「一次+二次+ピーク応力」を上回る。

②Sd 地震によるUF評価

Sd 地震による一次+二次+ピーク応力と繰返しピーク応力強さは次式により算出される。

地震による一次+二次+ピーク応力

$$Sp = (K_2 \cdot C_2 \cdot M) / Z = 420 \text{ (MPa)}$$

繰返しピーク応力強さ

$$Sl = (Sp / 2) \times (2.07 \times 10^5 \text{ (ヤング率)}) / E = 229 \text{ (MPa)}$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



ここで、

$K2=$  (応力係数)

$C2=$  (応力係数)

$M=$  (モーメント、解析により算出)

$Z=2367401$  (配管の断面係数)

$E=1.90 \times 10^5$  (材料の使用温度におけるヤング率)

以上より、Sd地震によるUF評価結果を表4に示す。

表4 Sd地震によるUF評価結果

節点番号	地震による一次+二次+ピーク応力(MPa)	繰返しピーク応力強さ(MPa)	地震による疲労累積係数
7500	420	229	0.019

※Ss地震動評価では「一次+二次応力」が $3S_m$ に収まっているため簡易弾塑性( $K_e$ ファクター)を考慮していない。

(3) 通常運転時UFとの組合せによる評価結果

通常運転時のUFを加えた結果を表5及び表6に示す。疲労累積係数が許容値の1以下となることを確認しており、主給水系統配管の疲労割れに対する耐震安全性に問題はない。

表5 Ss地震時の通常運転時UFとの組み合わせによる評価結果

節点番号	通常運転時	Ss地震時	合計
7500	0.209	0.725	0.934

表6 Sd地震時の通常運転時UFとの組み合わせによる評価結果

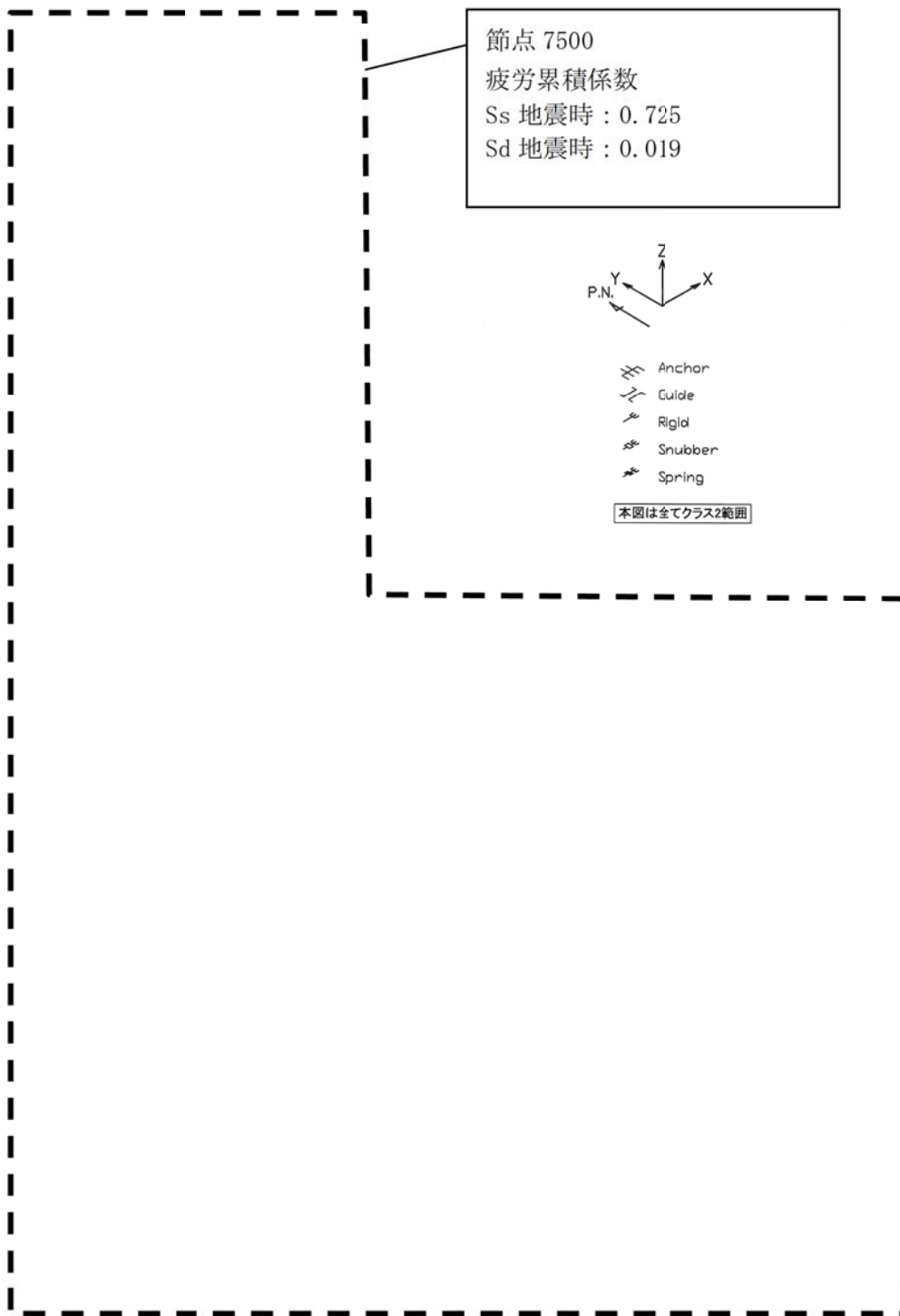
節点番号	通常運転時	Ss地震時	合計
7500	0.209	0.019	0.228

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜 3 号炉 C-1 主給水配管 (C V 内) (系統図)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



美浜 3 号炉 C-主給水配管 (CV内) (解析モデル)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

美浜3号炉－耐津波－1 Rev1

<p>タイトル</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ及び耐津波安全性評価の対象設備の、具体的な抽出根拠・抽出プロセス及び評価内容について。</li> <li>・経年劣化事象として止水材料の劣化を評価対象としない場合の具体的な根拠及び妥当性について。</li> </ul>
<p>説明</p>	<p>美浜3号の「浸水防護施設」のうち、耐津波安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐津波安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について</p> <p>耐津波安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。なお、設備の概要および評価対象外となった設備の選定理由を添付1，2に示す。</p> <p>(1) 津波防護施設：・防潮堤…a 屋外排水路逆流防止設備…b</p> <p>(2) 浸水防止設備：・取水構造物（浸水防止蓋…c 屋外ポンプエリア止水壁…d 水密扉<sup>※1</sup>…e</p> <p style="text-align: right;">※1：浸水防護重点化範囲との境界に位置する原子炉補助建屋の水密扉を対象とする。</p> <p>(3) 津波監視設備：・潮位計…f</p> <p>2. 想定される劣化事象<sup>※2</sup></p> <p>(1) コンクリート構造物（対象a）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性化 …①</li> <li>・塩分浸透 …②</li> </ul> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アルカリ骨材反応 …③</li> <li>・凍結融解 …④</li> <li>・耐火能力低下 …⑤</li> </ul> <p>(2) 鉄骨構造物（対象a, b, c, d, e）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食 …⑥</li> <li>・風などによる疲労 …⑦</li> </ul> <p>(3) 計測制御設備（対象f）</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし</p> <p>b. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（△▲事象）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・樹脂の劣化（ケミカルアンカー）…⑧</li> <li>・腐食（支持構造物）…⑨</li> </ul>

※2：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化及び導通不良については、耐津波安全性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略する。

### 3. 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～⑧について、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを下表に整理した。

表1 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

「技術評価」で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2		ステップ3	
高経年化対策上 留意すべき 経年劣化事象	下記 1)～2)を除く経年劣化事象	○	i	高経年化対策上留意すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの ①②	×	×
			ii	現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○	○ ○ ■
高経年化対策上 留意すべき 経年劣化事象 ではない事象	1) △ 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの (日常劣化管理事象)	○	i	日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの	-	-
			ii	現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○	○ ○ ■
	2) ▲ 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象 (日常劣化管理事象以外)	-	-	③④⑤⑦⑧	-	-

△：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
 ▲：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）  
 ○：評価対象として抽出  
 一：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外  
 ×：高経年化対策上留意すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外  
 ■：構造・強度上および止水性上「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外  
 ◎：耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出

以上より、美浜3号の「浸水防護施設」については、◎となる対象は無かったことから、経年劣化を考慮した耐津波安全性評価を実施したものはない。

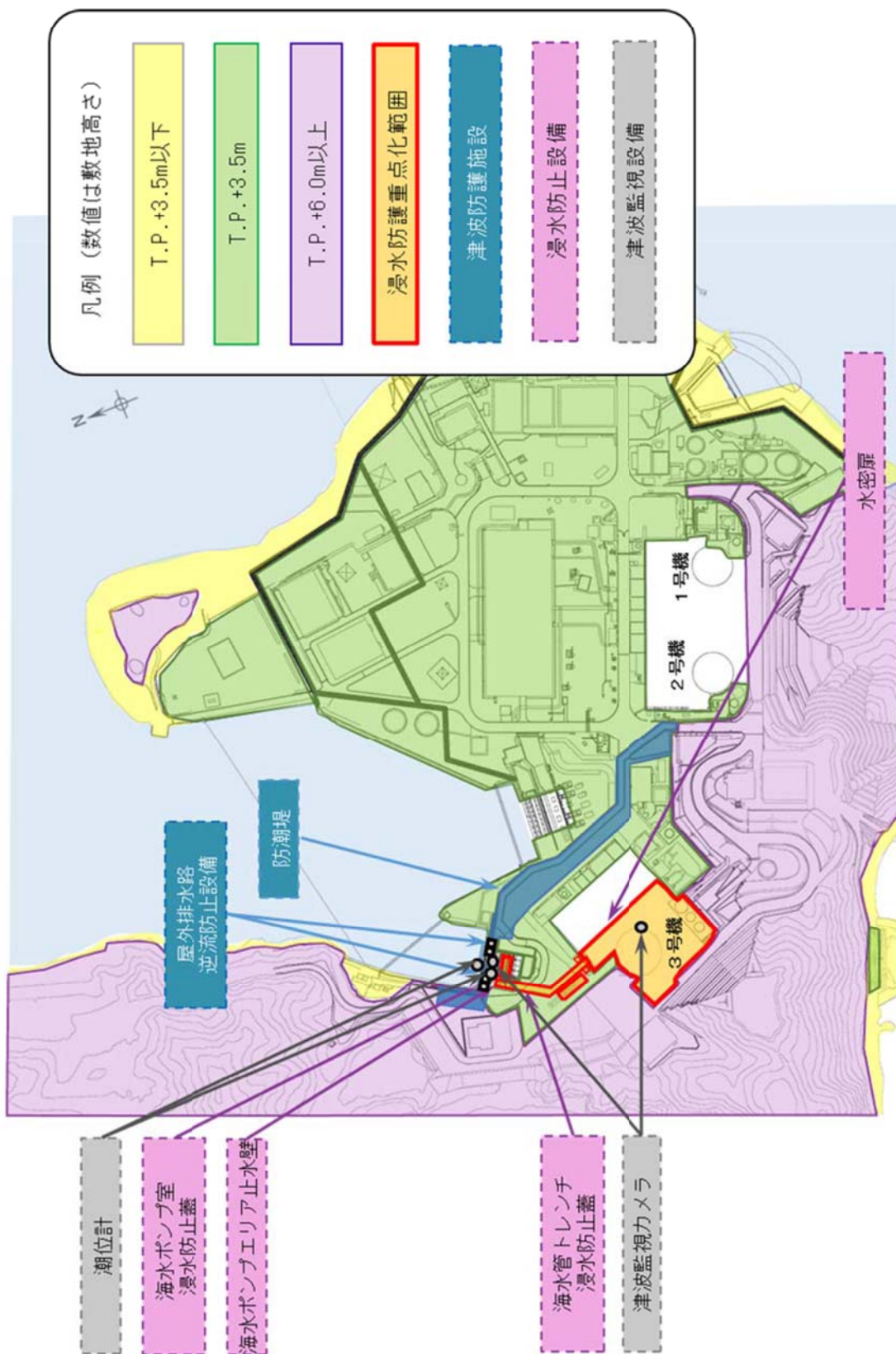
### 4. 浸水防護施設に使用される止水材料の扱い

浸水防護施設に使用している止水材料は、定期取替品であることから、高経年化評価対象外としている。

以上



耐津波安全性評価対象設備の概要



## 美浜 3 号機 耐津波安全性評価対象機器・構築物の選定について

美浜 3 号炉では、審査ガイド等を基に、まずは耐津波安全性評価の対象となる浸水防護施設に属する機器・構築物を選定した。表 1 に 耐津波安全性評価の対象となる機器・構築物を示す。

表 1 美浜 3 号炉における浸水防護施設

機器・構築物			浸水防護施設 の区分
コンクリート ト構築物お よび鉄骨構 造物	コンクリート ト構築物	防潮堤（コンクリート 部）	津波防護施設
	鉄骨構築物	防潮堤（鉄骨部）	津波防護施設
		海水ポンプエリア止水壁	浸水防止設備
		屋外排水路逆流防止設備	津波防護施設
		取水構築物（浸水防止 蓋）	浸水防止設備
		水密扉 <sup>※1</sup>	浸水防止設備
計測制御設 備	制御設備	津波監視カメラ（原子炉 格納容器）	津波監視設備
		津波監視カメラ（海水ポ ンプ室）	津波監視設備
	プロセス計 測制御設備	潮位計（防潮堤）	津波監視設備
		潮位計（海水ポンプ室）	津波監視設備

※ 1：浸水防護重点化範囲との境界に位置する原子炉補助建屋の水密扉を対象とする。

耐津波安全性評価にあたっては、基準津波から求めた入力津波による荷重（浸水高、波力）を受ける機器・構築物が耐津波安全性評価の対象となることから、次の過程により、遡上津波荷重、突き上げ津波荷重を受ける機器・構築物、および浸水津波荷重を受ける機器・構築物のうち止水機能の要求のある機器・構築物を、耐津波安全性の評価対象機器・構築物として抽出した。

①まず、浸水防護施設に属する機器・構築物について、津波影響を受ける場所に設置されているかどうかを検討する。

- ・ 設置高さ<基準津波高さの機器・構築物は、次の過程に進む。
- ・ 設置高さ>基準津波高さの機器・構築物は、津波の影響を受けないため津波評価対象外とする。



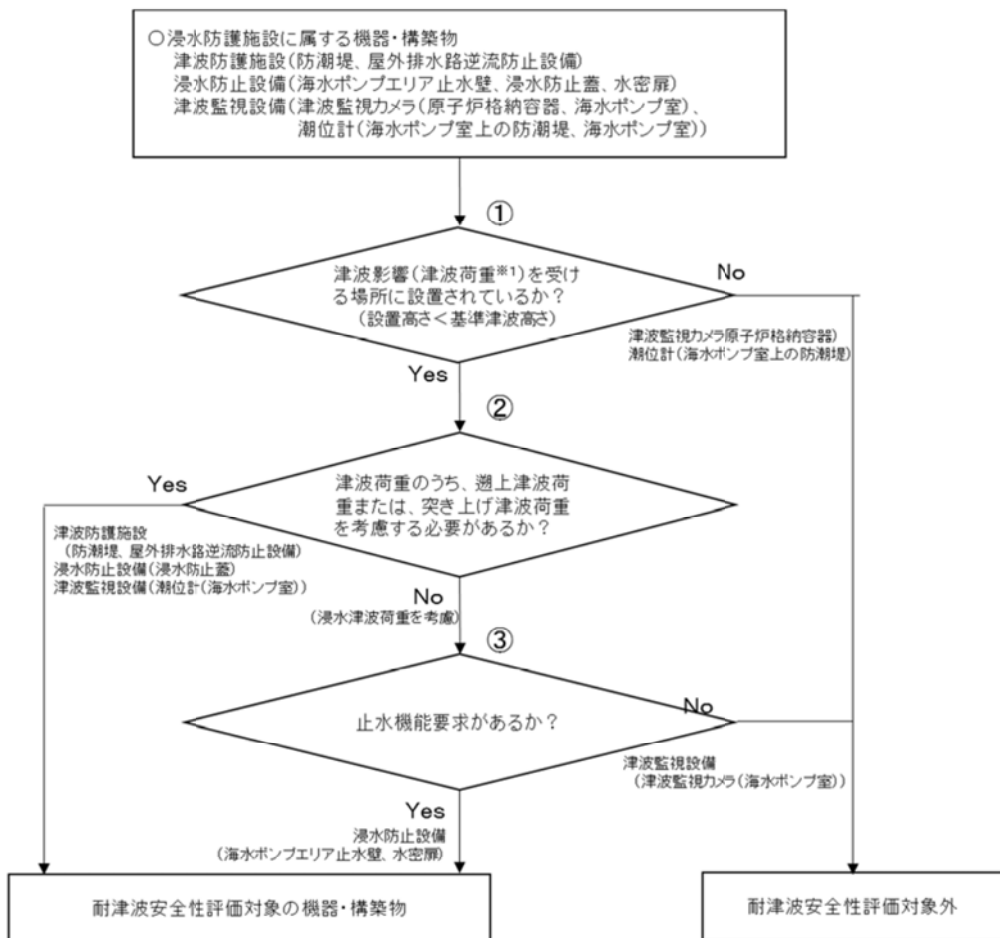
②次に、機器・構築物が受ける荷重について検討する。

- ・津波荷重のうち、遡上津波荷重または、突き上げ津波荷重を考慮する必要がある機器・構築物は、波力を受ける機器・構築物として津波評価対象とする。
- ・津波荷重のうち、浸水津波荷重（静水圧）を受ける機器・構築物は、次の過程に進む。

③さらに、浸水津波荷重（静水圧）を受ける機器・構築物について、止水機能の要求の有無について検討する。

- ・止水機能要求がある機器・構築物は、浸水高を受ける機器・構築物として津波評価対象とする。
- ・止水機能要求がない機器・構築物は、津波評価対象外とする。

以上について、図 1 に選定フローおよび各機器・構築物の選定過程を示す。



※1: 津波荷重は「遡上津波荷重」、「突き上げ津波荷重」および「浸水津波荷重」に分類される

図 2 耐津波安全性の評価対象となる機器・構築物の選定フロー

抽出した結果、以下の機器・構築物については津波影響を受ける場所に設置されていない（設置高さ>基準津波高さ）ことから、対津波安全性評価の対象外とした。

- ・津波監視カメラ（原子炉格納容器）  
設置高さ（E.L. 72.5m）>基準津波による最高水位（T.P.+4.2m）
- ・潮位計（防潮堤）  
設置高さ（E.L. 6.0m）>基準津波による最高水位（T.P.+4.2m）

また、以下の機器・構築物については、支持構造物の下部が浸水津波荷重を受けるものの、静水圧に対し止水機能の要求がないものであることから、耐津波安全性評価の対象外とした。

- ・津波監視カメラ（海水ポンプ室）

以上について、基準津波から求めた入力津波による荷重を受ける機器・構築物の抽出結果を表2に纏めた。

表2 美浜3号炉 耐津波安全性の評価対象となる機器・構築物

浸水防護施設に属する機器・構築物		浸水防護施設 の区分	①機器の設置高さ(最も低い位置) *基準津波最高水位 3号取水口前:T.P.+4.2m	②津波工区で考慮している 水圧荷重の種類	③浸水津波荷重を受ける 機器・構築物の止水機能要求 (有:○、無:×)	耐対津波安全性評価対 象機器・構築物			
コンクリート 構築物 および鉄骨構築物	コンクリート 構築物	防潮堤(コンクリート部)	津波防護施設	E.L.+3.5m(≦T.P.+4.2m)	→	選上津波荷重(波力)	→	○	
	鉄骨構築物	防潮堤(鉄骨部)	津波防護施設	E.L.+3.5m(≦T.P.+4.2m)	→	選上津波荷重(波力)	→	○	
		海水ポンプエリア止水壁	浸水防止設備	E.L.+3.5m(≦T.P.+4.2m)	→	浸水津波荷重(浸水高)	○	○	
		屋外排水路逆流防止設備	津波防護施設	E.L.+1.1m(≦T.P.+4.2m)	→	突き上げ津波荷重(波力)	→	○	
		取水構築物 (海水ポンプ室浸水防止蓋、海水管トレンチ浸水防止蓋)	浸水防止設備	E.L.+3.0m(海水ポンプ室)(≦T.P.+4.2m) E.L.+3.5m(海水管トレンチ)(≦T.P.+4.2m)	→	突き上げ津波荷重(波力)	→	○	
		水密扉 <sup>※1</sup>	浸水防止設備	E.L.+4.0m(≦T.P.+4.2m)	→	浸水津波荷重(浸水高)	○	○	
		計測制御設備	津波監視カメラ	原子炉格納容器に設置	津波監視設備	E.L.72.5m(>T.P.+4.2m) (津波影響を受けない配置)	×	-	-
		海水ポンプ室に設置	津波監視設備	E.L.+3.5m(≦T.P.+4.2m)	→	浸水津波荷重(浸水高)	×	×	※2
	潮位計	海水ポンプ室上の防潮堤に設置	津波監視設備	E.L.+6.0m(>T.P.+4.2m) (津波影響を受けない配置)	×	-	-	×	※2
		海水ポンプ室設置	津波監視設備	E.L.+2.5m(≦T.P.+4.2m)	→	突き上げ津波荷重(波力)	→	○	

※1:浸水防護重点化範囲との境界に位置する原子炉補助建屋の水密扉を対象とする。  
 ※2:工事計画認可申請書の設計方針では、津波影響を受けない配置としているため耐津波強度評価の対象外としている。

参考に、海水ポンプ室での計測制御設備の配置予定図（断面図）を図2に示す。

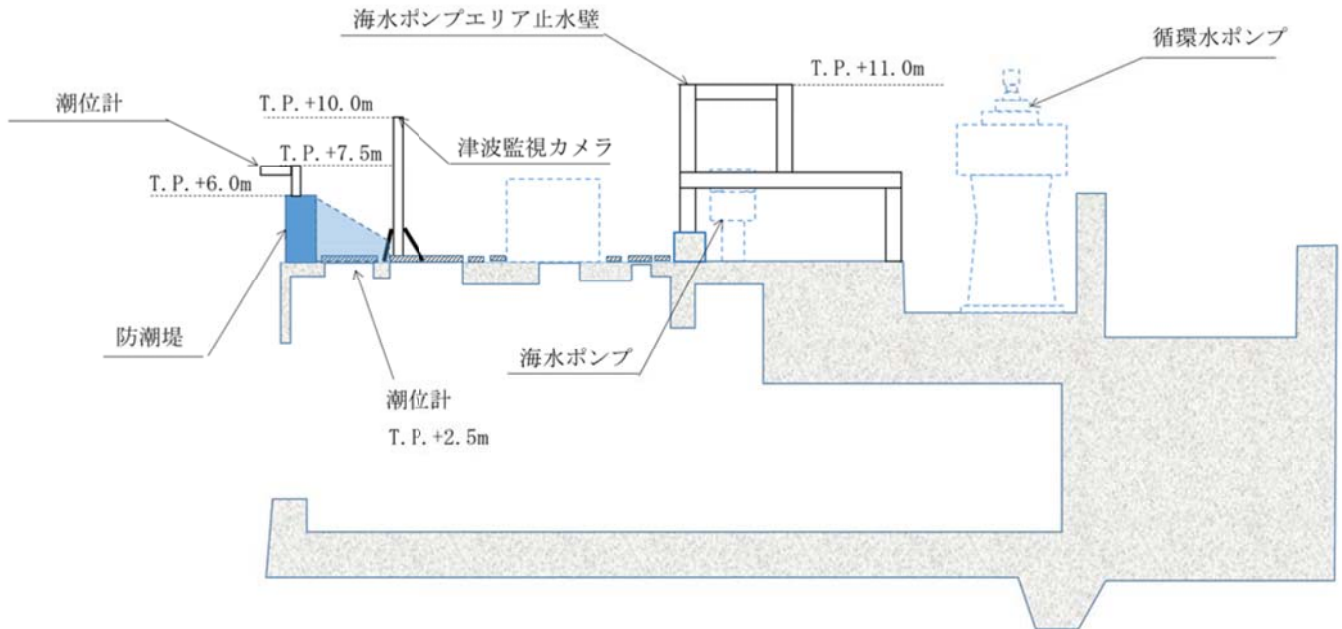


図2 計測制御設備配置予定図（断面図）