

美浜3号炉－耐震－4 Rev4

タイトル	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。 イ）耐震バックチェックに関連した耐震補強ケース ロ）新規制基準適合申請に関連した耐震補強ケース ハ）経年劣化事象の評価に関連する耐震補強ケース ニ）イ）、ロ）、ハ）以外の耐震補強ケース
説明	建設後の耐震補強の実績について、次のとおり纏めた。 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。 ○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）） ○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）） ○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）） ○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）） 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。 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のとおり。 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。 ○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） [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。

○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

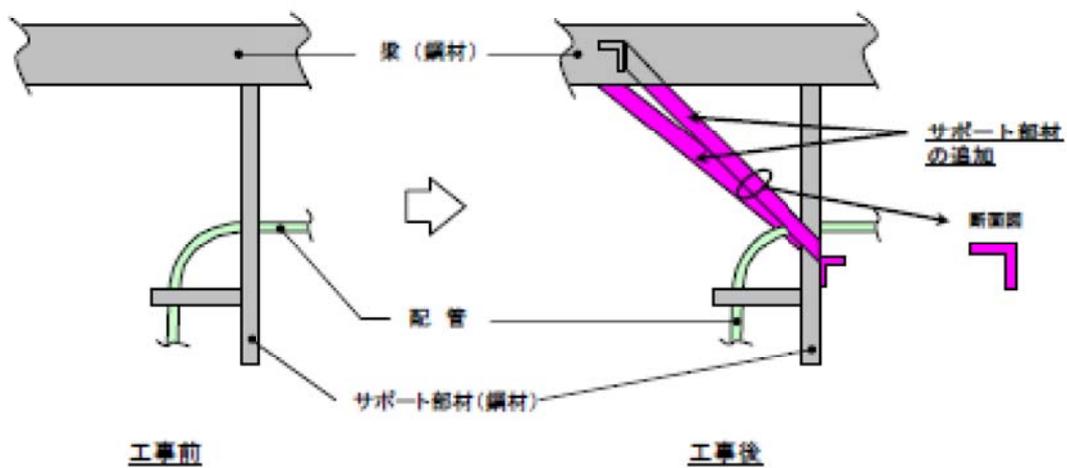
美浜3号機 第22回定検 耐震裕度向上工事 概要

工事概要

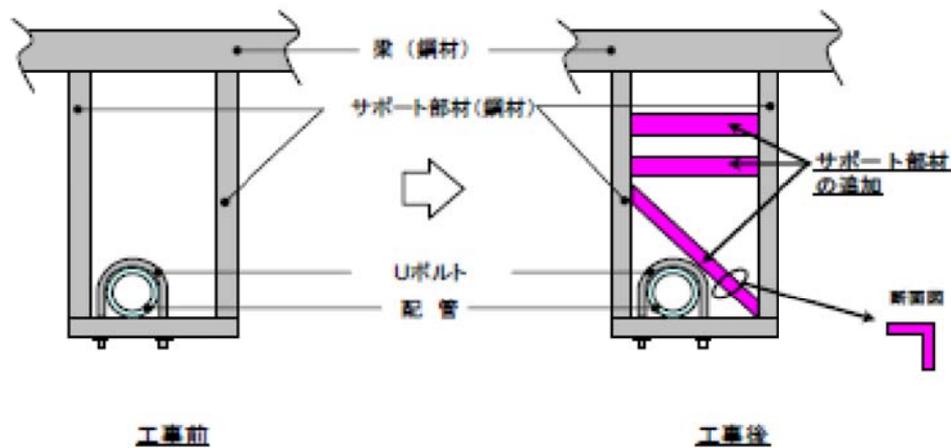
既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉格納容器内にある配管の支持構造物10箇所について、支持部材の追加等を実施した。

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】

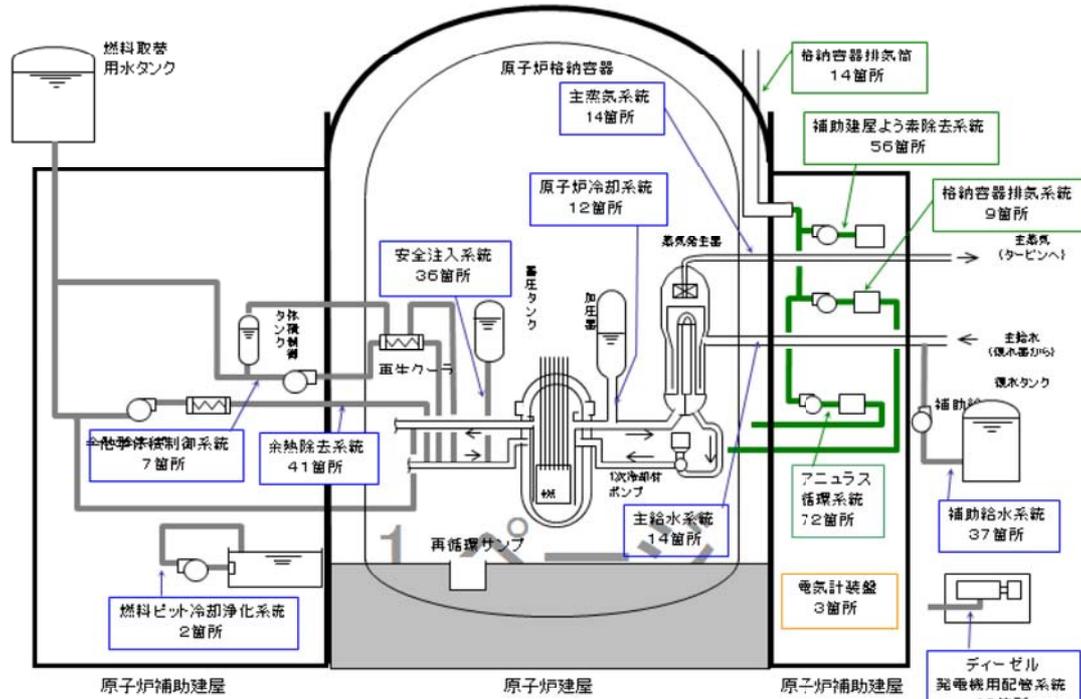


美浜3号機 第23回定検 耐震裕度向上工事 概要

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

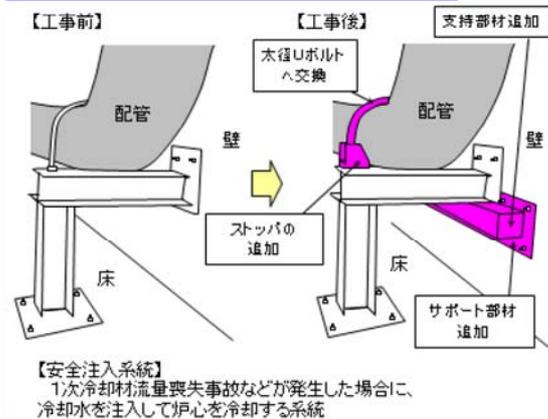
変圧器
2台

蓄電池
2系列

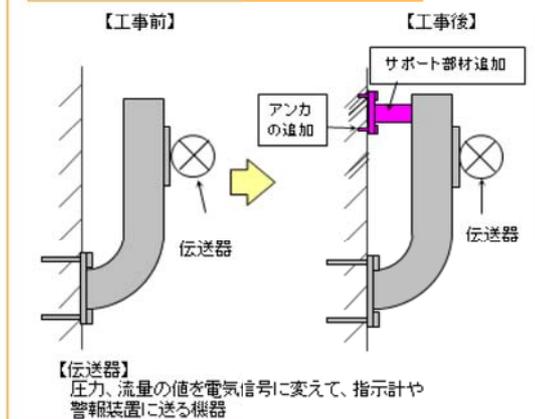
制御建屋
循環ファン
2基

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

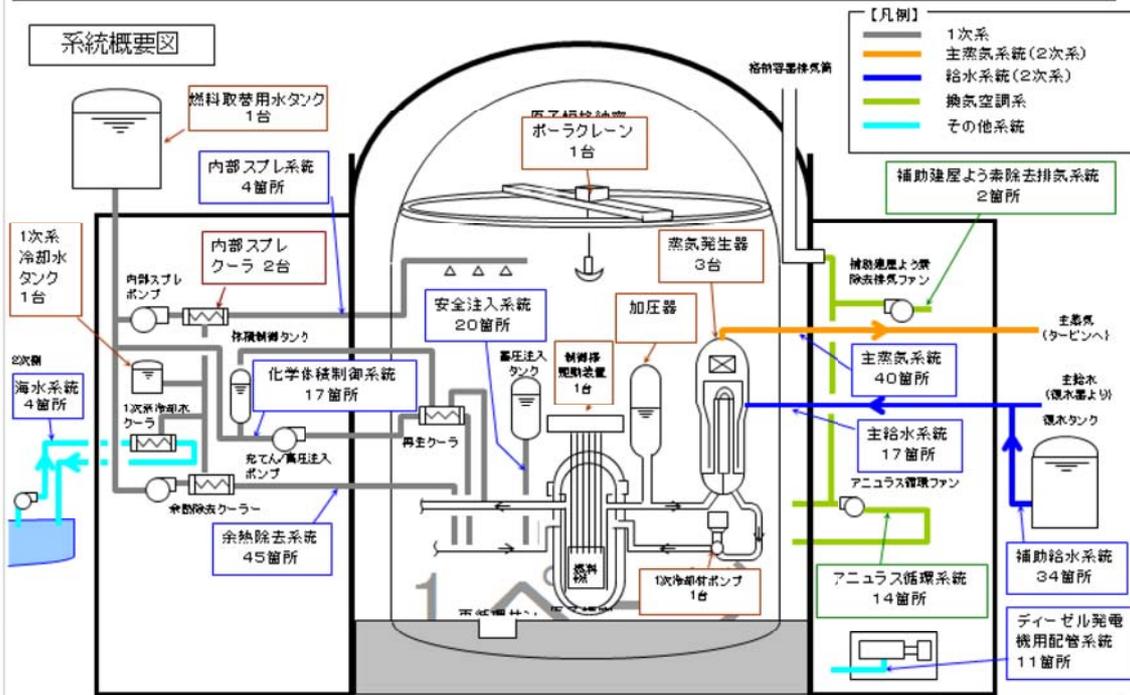


美浜3号機 第24回定検 耐震裕度向上工事 概要

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

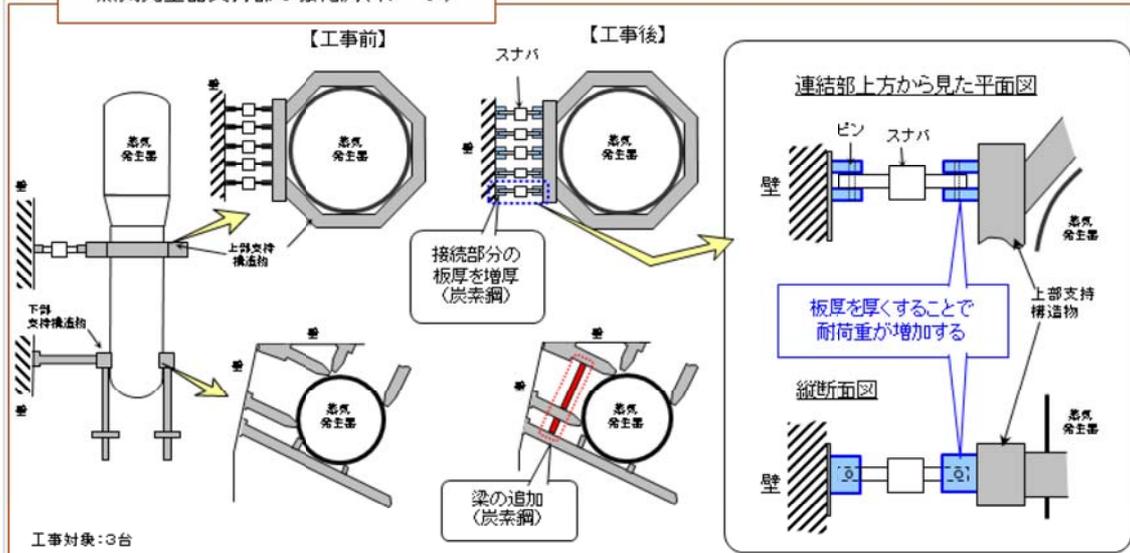
原子炉補助建屋等

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)

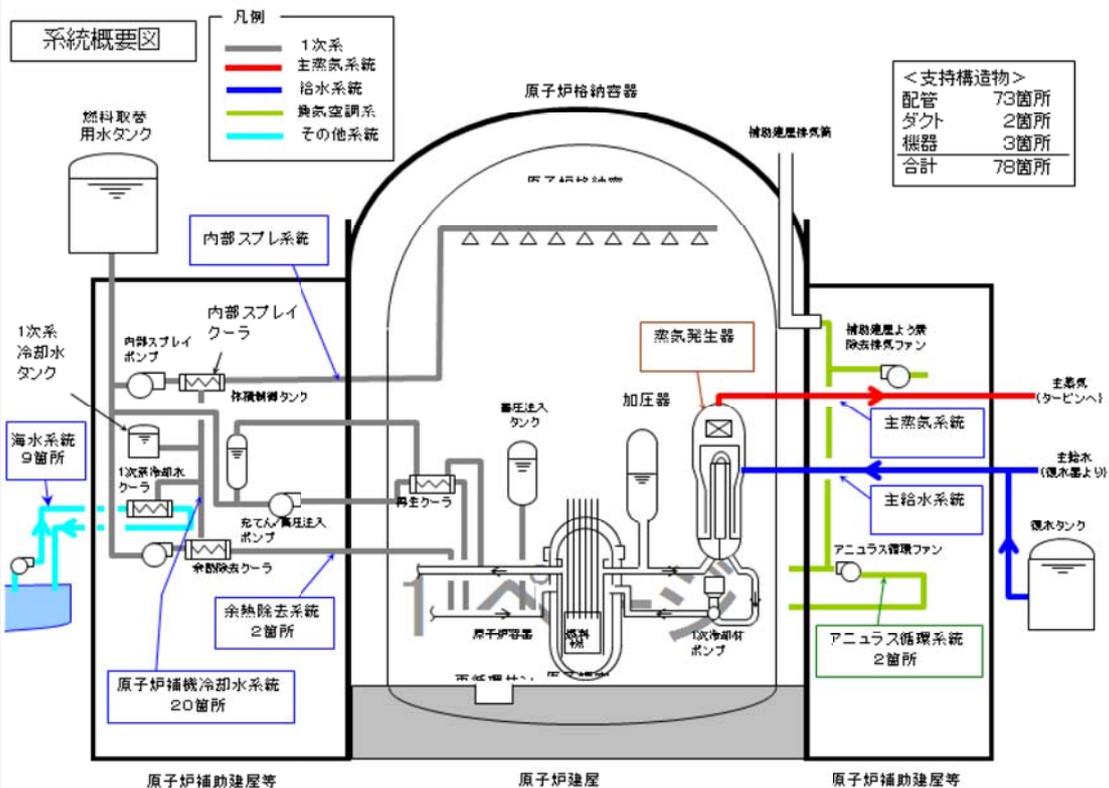


工事対象:3台

図-1 耐震裕度向上工事

工事概要

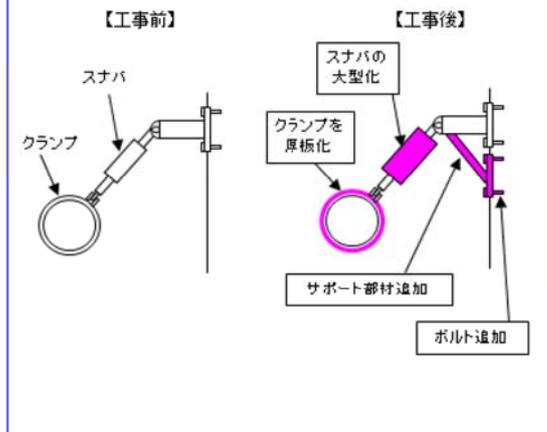
設備の耐震性を一層向上させるため、余熱除去システムや内部スプレイシステムなどの配管、アンニラス循環システムのダクト、蒸気発生器などの機器の支持構造物を強化した。



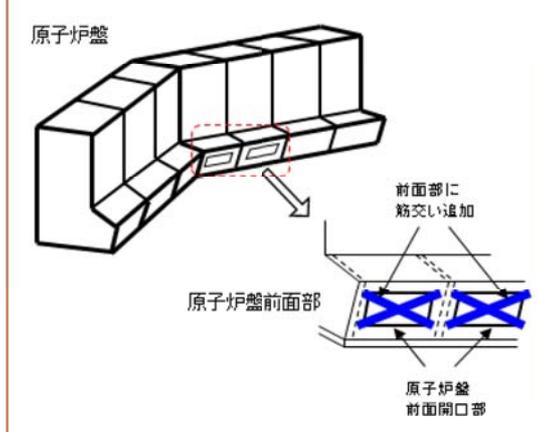
計器用補助空気そう 1台
(原子炉補助建屋)

原子炉盤 1組
(原子炉補助建屋)

配管の支持部の強化例(イメージ)



原子炉盤前面部の補強(イメージ)



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			
抽出水再生クーラ			
制御棒駆動装置			
伸縮継手			
炉内構造物取替	<p>【炉内構造物取替】</p> <p><工事概要></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"> ○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。 ○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。 ○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。 <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 _n	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 Δ ₁	中間の管の長さ ℓ	伸縮継手の長さ L
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

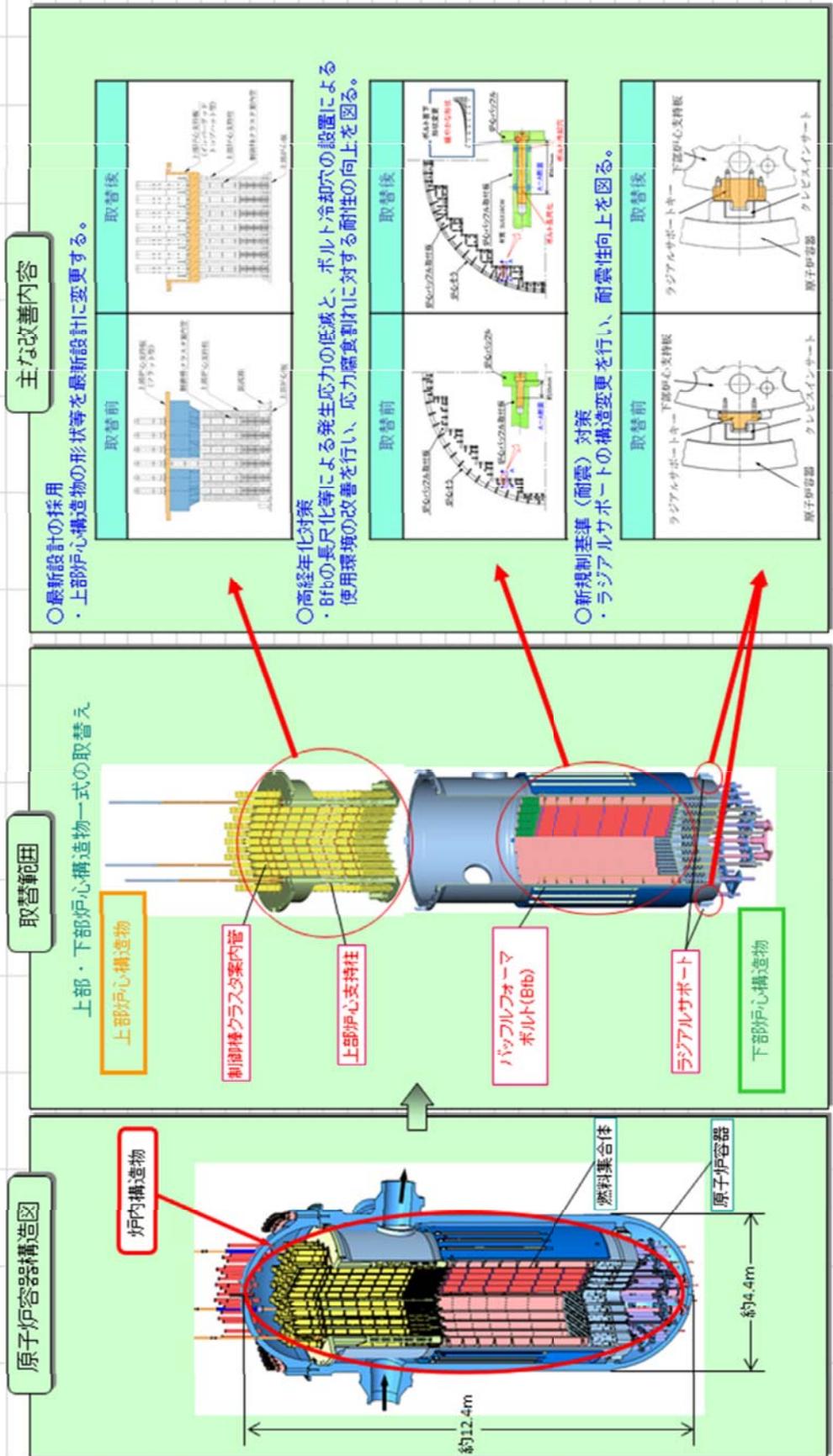
美浜3号炉 炉内構造物取替えについて

【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、高浜発電所の震源地震動は高浜発電所に比べて小さいことから、美浜3号炉については今回取替えを前撮り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撮り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
					ロ
余熱除去系 統配管					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					□
安全注入系 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。

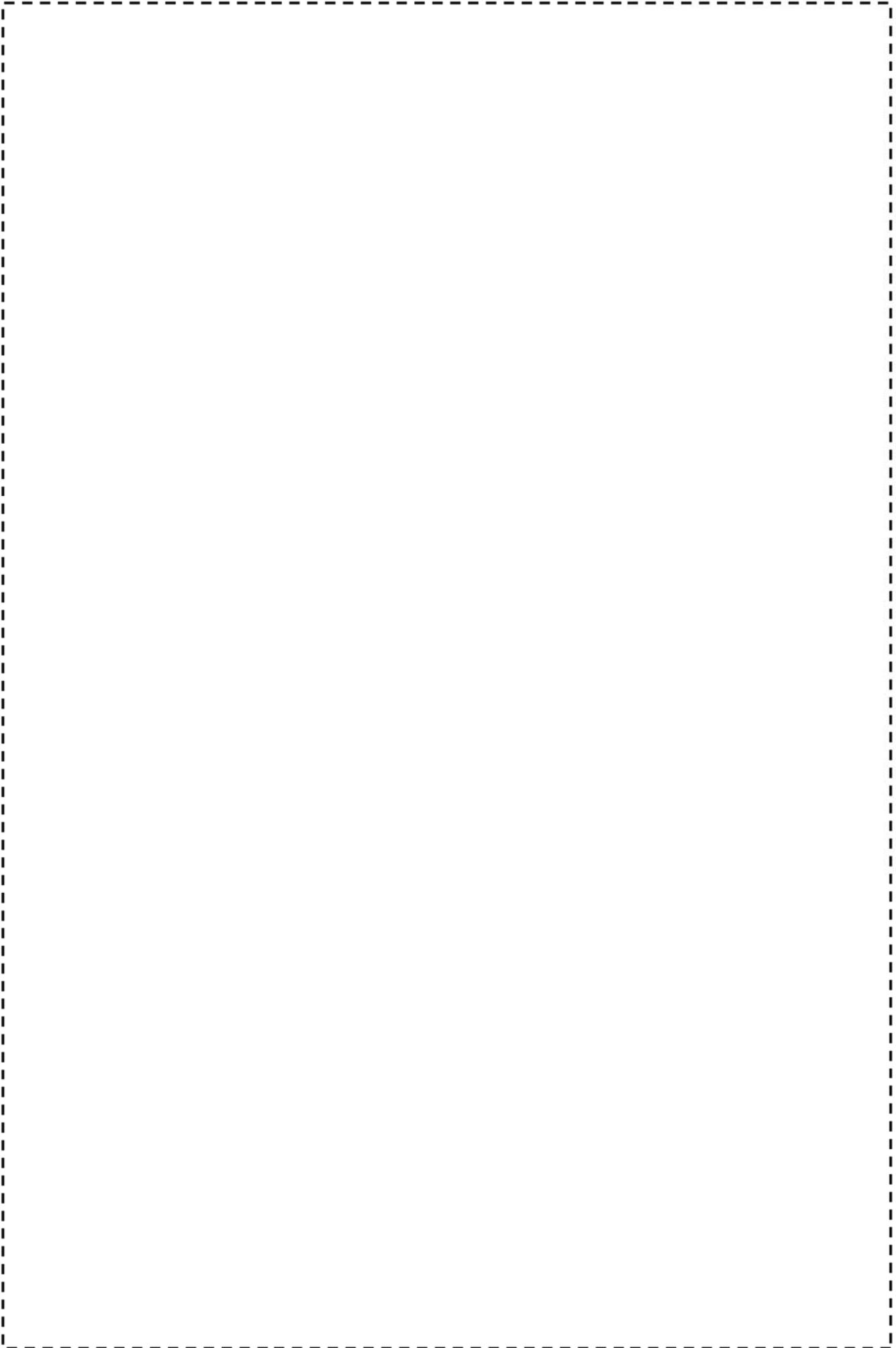


図1 1次冷却系統配管（加圧サーージ配管（ブロック No. RC01））

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。

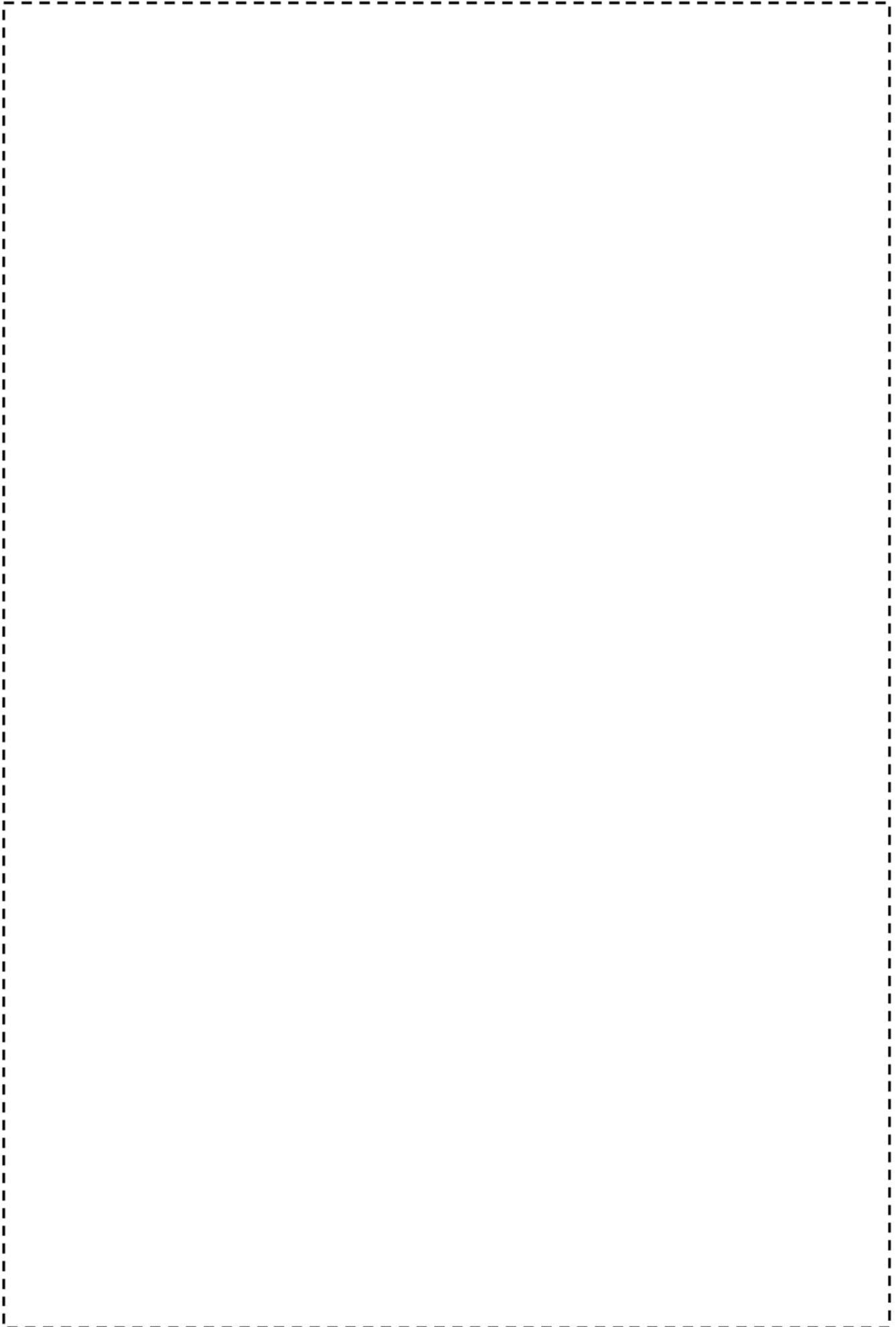


図2 (1/3) 1次冷却系統配管 (加圧器スプレイ+補助スプレイ配管 (ブロック No. RC02))

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。

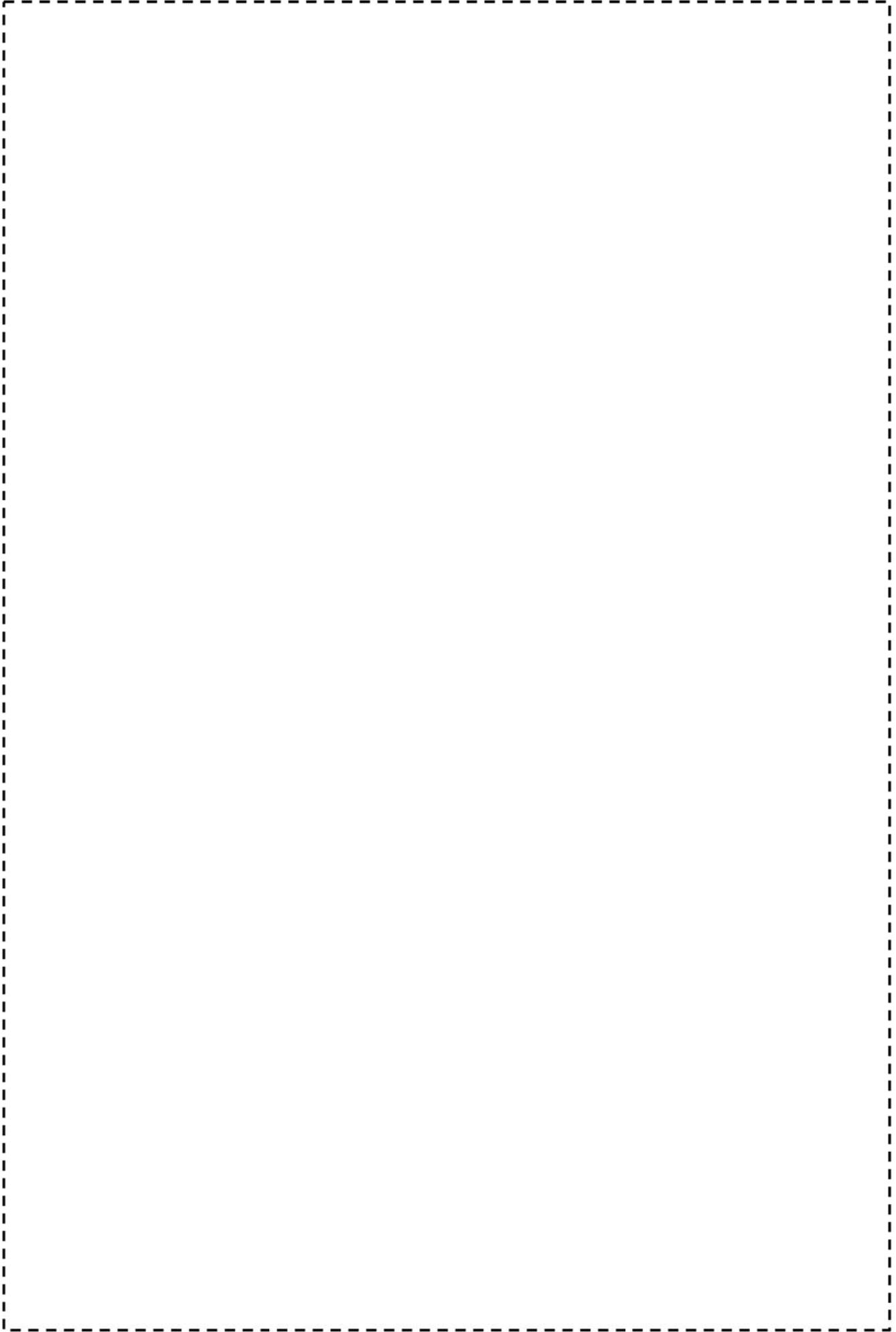


図2 (2/3) 1次冷却系統配管 (加圧器スプレイ+補助スプレイ配管 (ブロック No. RC02))

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。

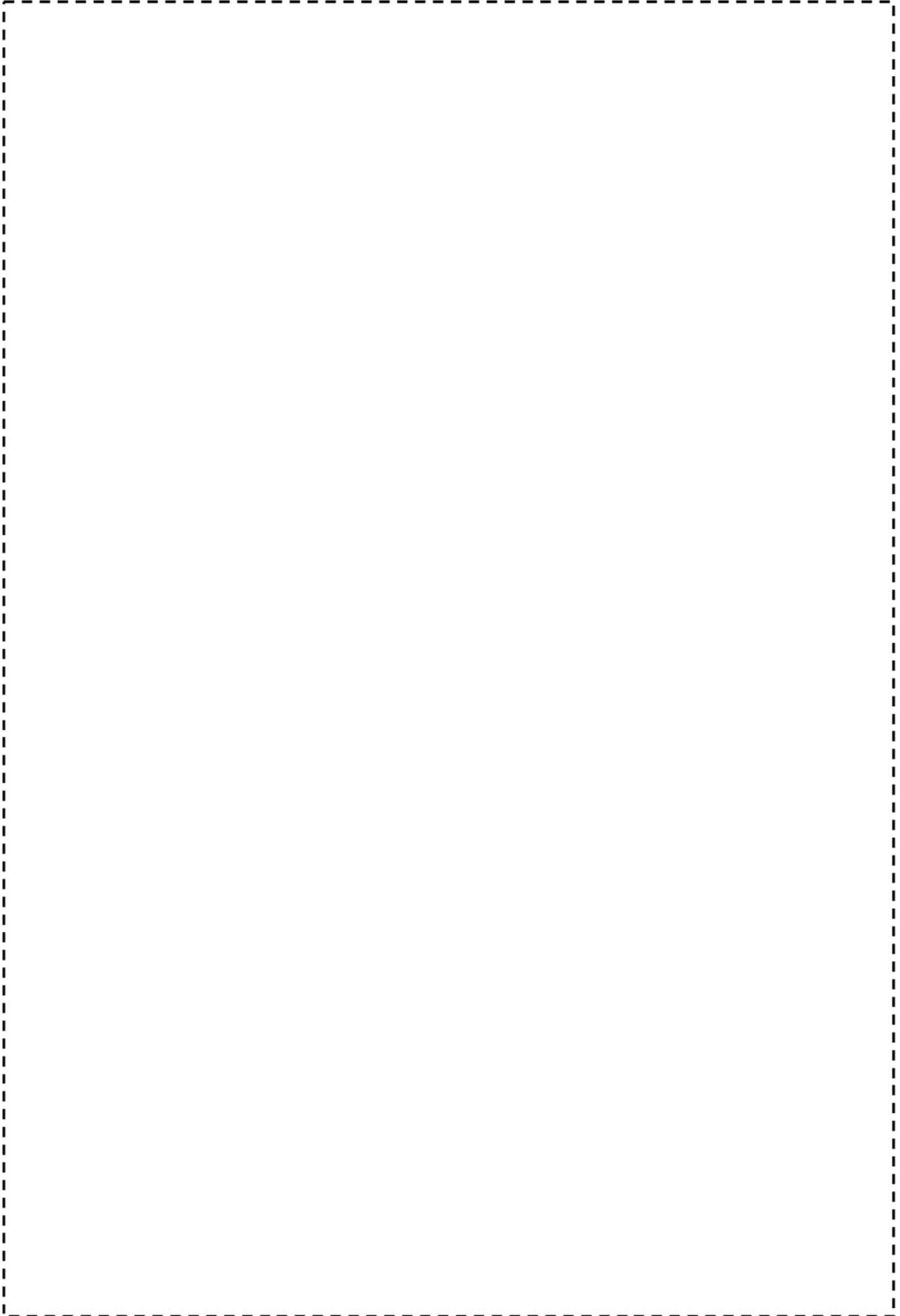


図2 (3/3) 1次冷却系統配管 (加圧器スプレイ+補助スプレイ配管 (ブロック No. RC02))

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。

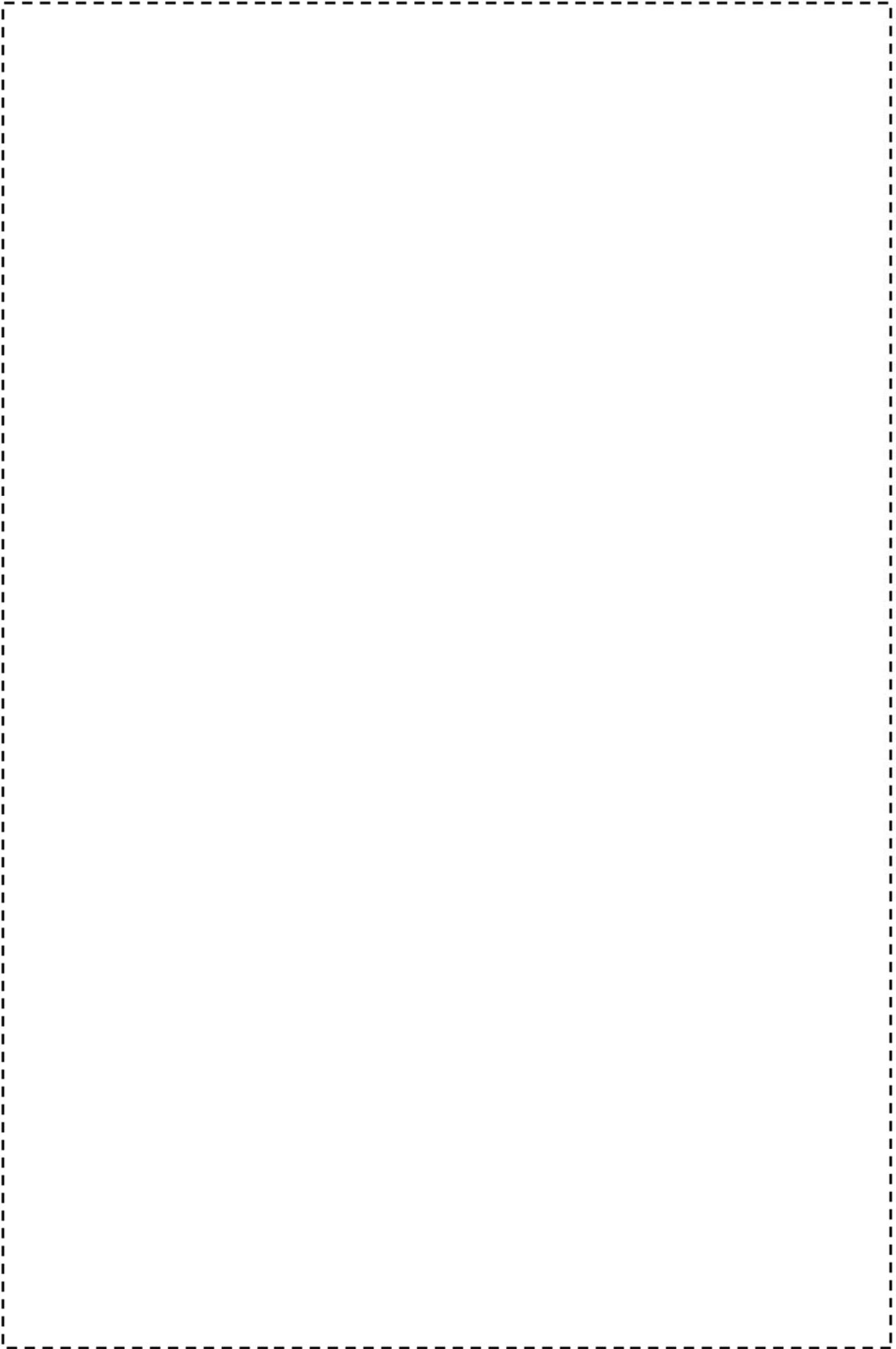


図3 余熱除去系統配管 (A-余熱除去取水配管 (ブロック No. RH01))

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。

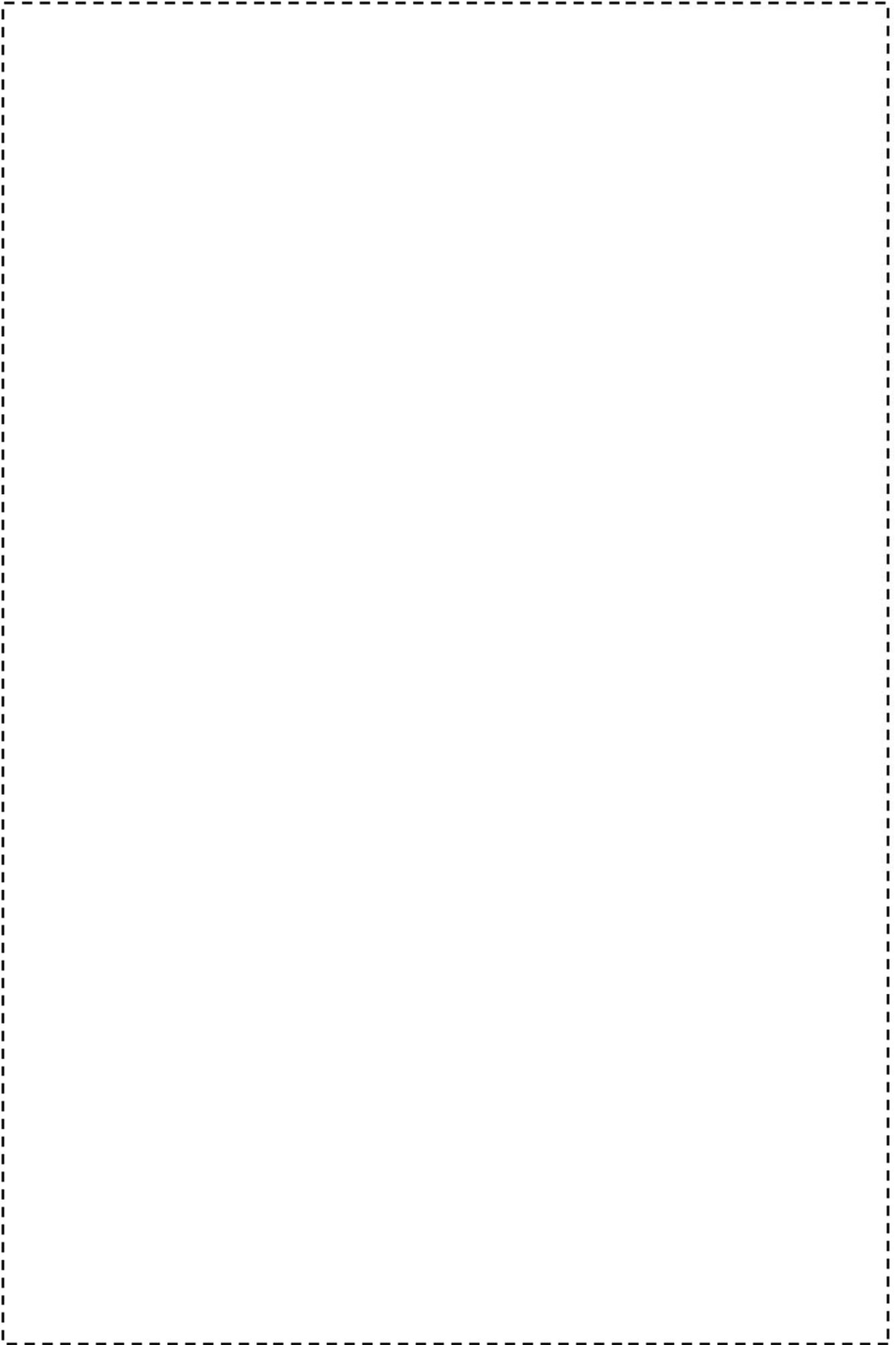


図4 余熱除去系統配管 (B-余熱除去取水配管) (ブロック No. RH07)

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。

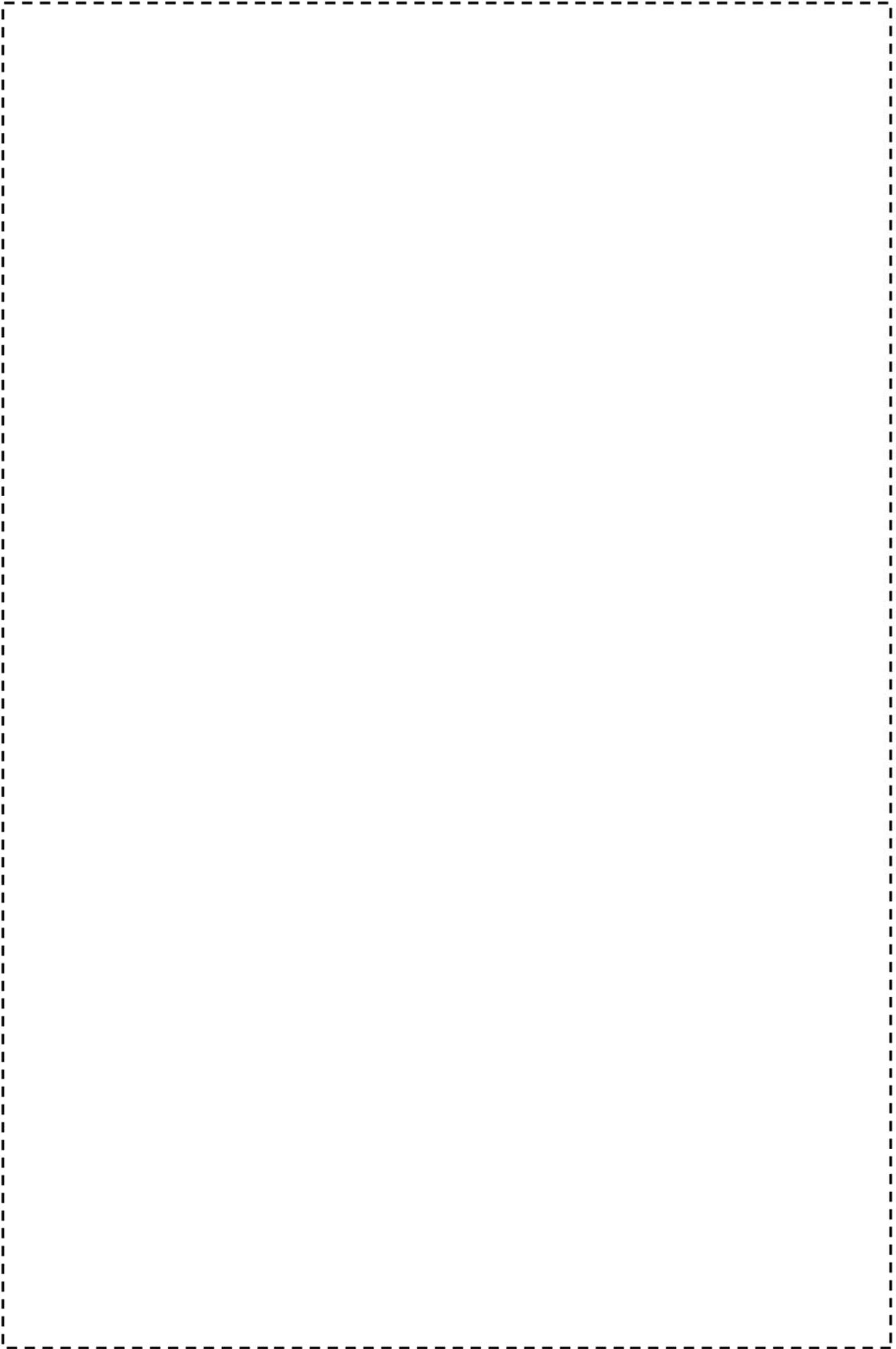


図5 余熱除去系統配管 (A-余熱除去ポンプ出口配管 (ブロック No. RH03))

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。

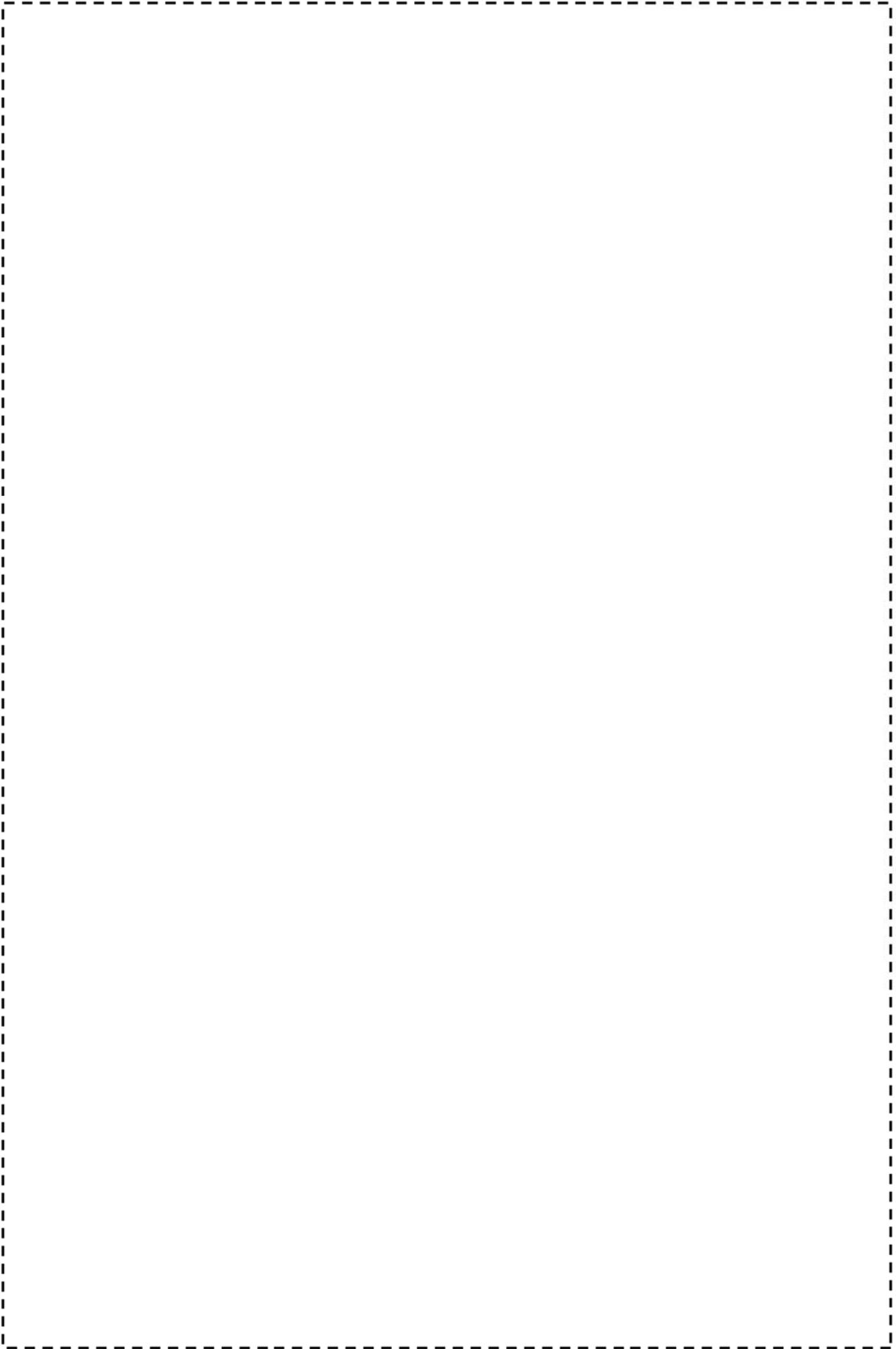


図 6(1/2) 余熱除去系統配管 (A-余熱除去クーララ出口配管 (クーラ側) (ブロック No. RH04, 16))

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。

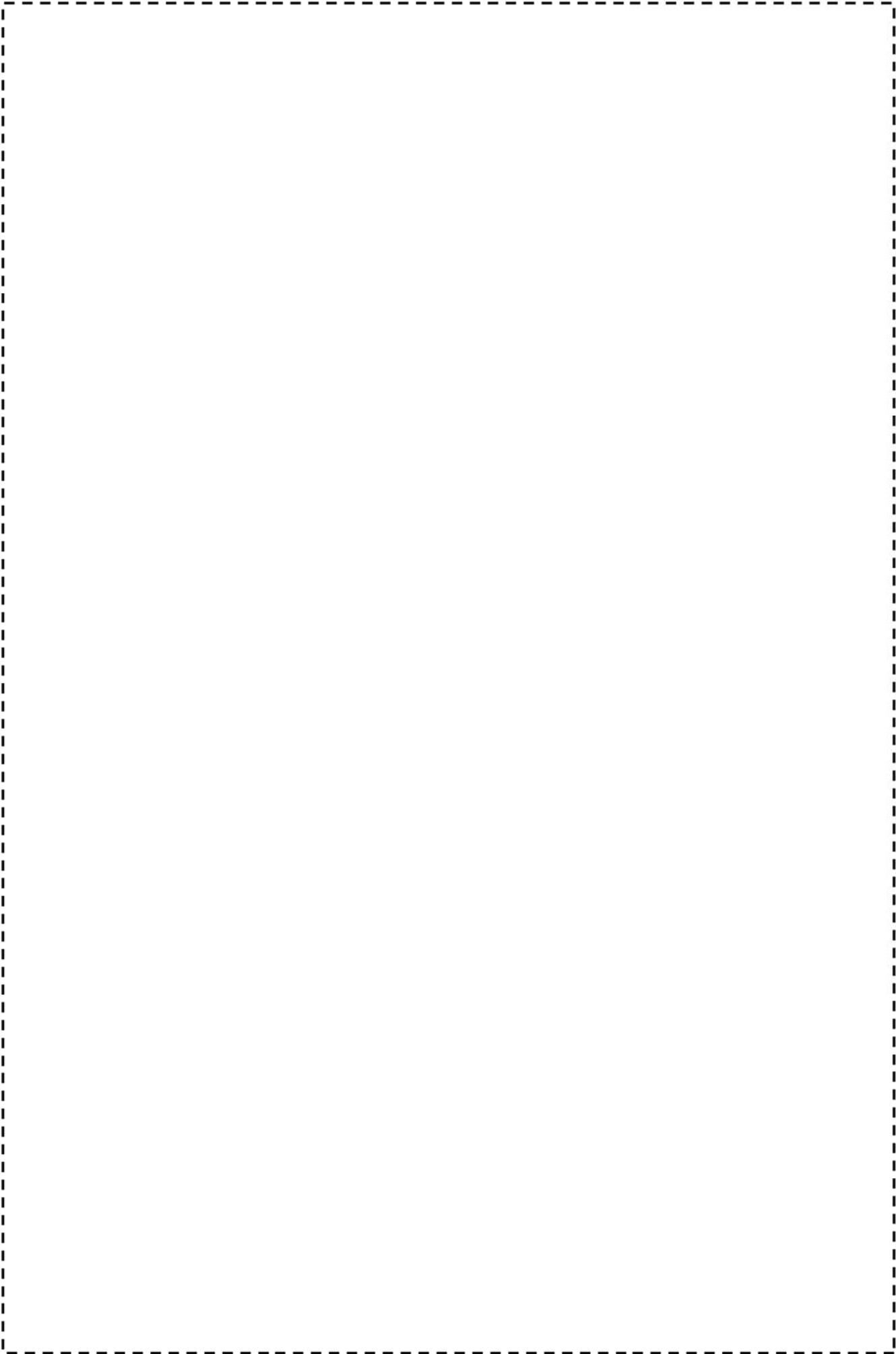


図 6(2/2) 余熱除去系統配管 (A-余熱除去クーラー) 出口配管 (クーラー側) (ブロック No. RH04, 16)

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。

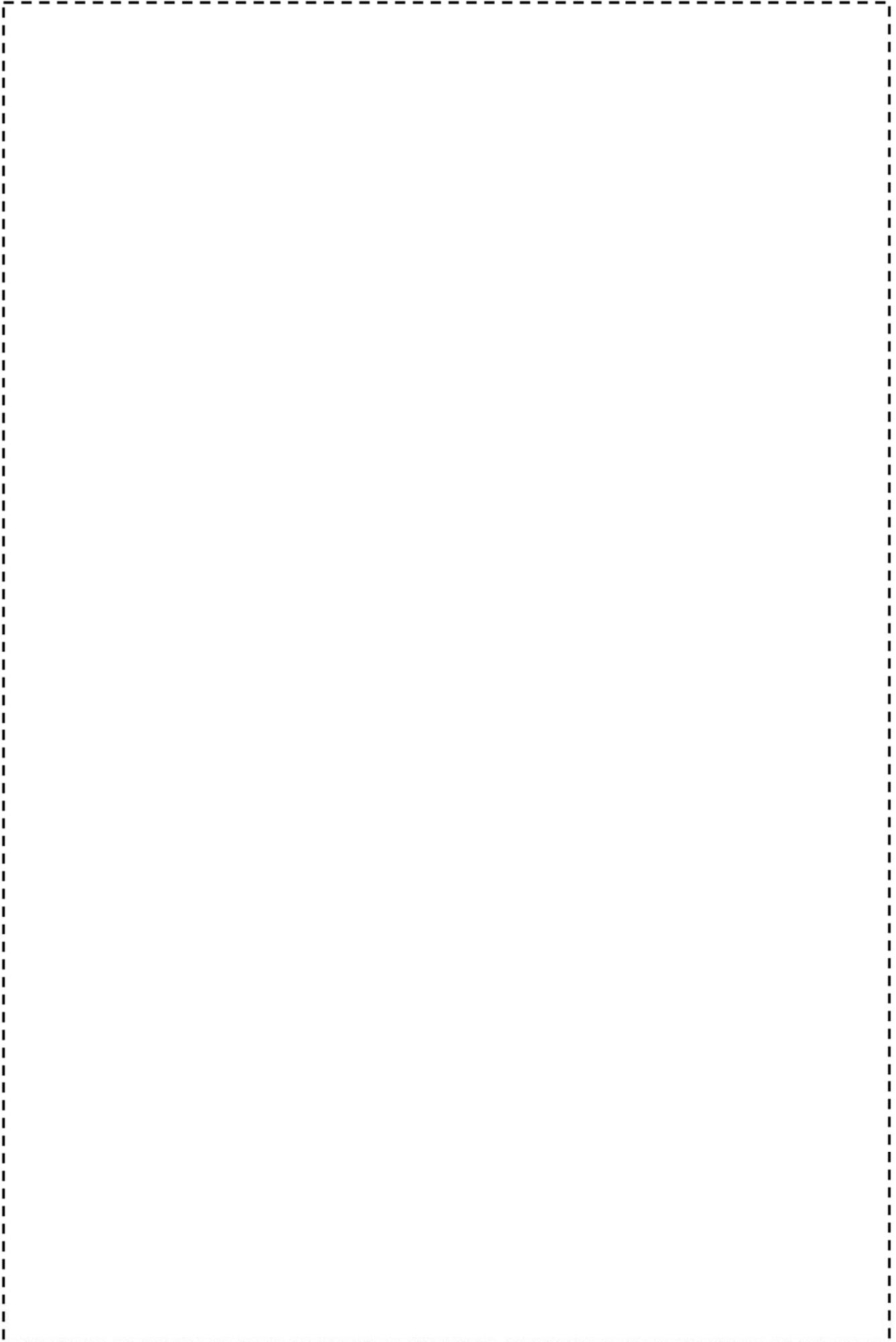


図7 余熱除去系統配管 (B-余熱除去クーラ出口配管 (クーラ側) (ブロック No. RH11, 12))

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。

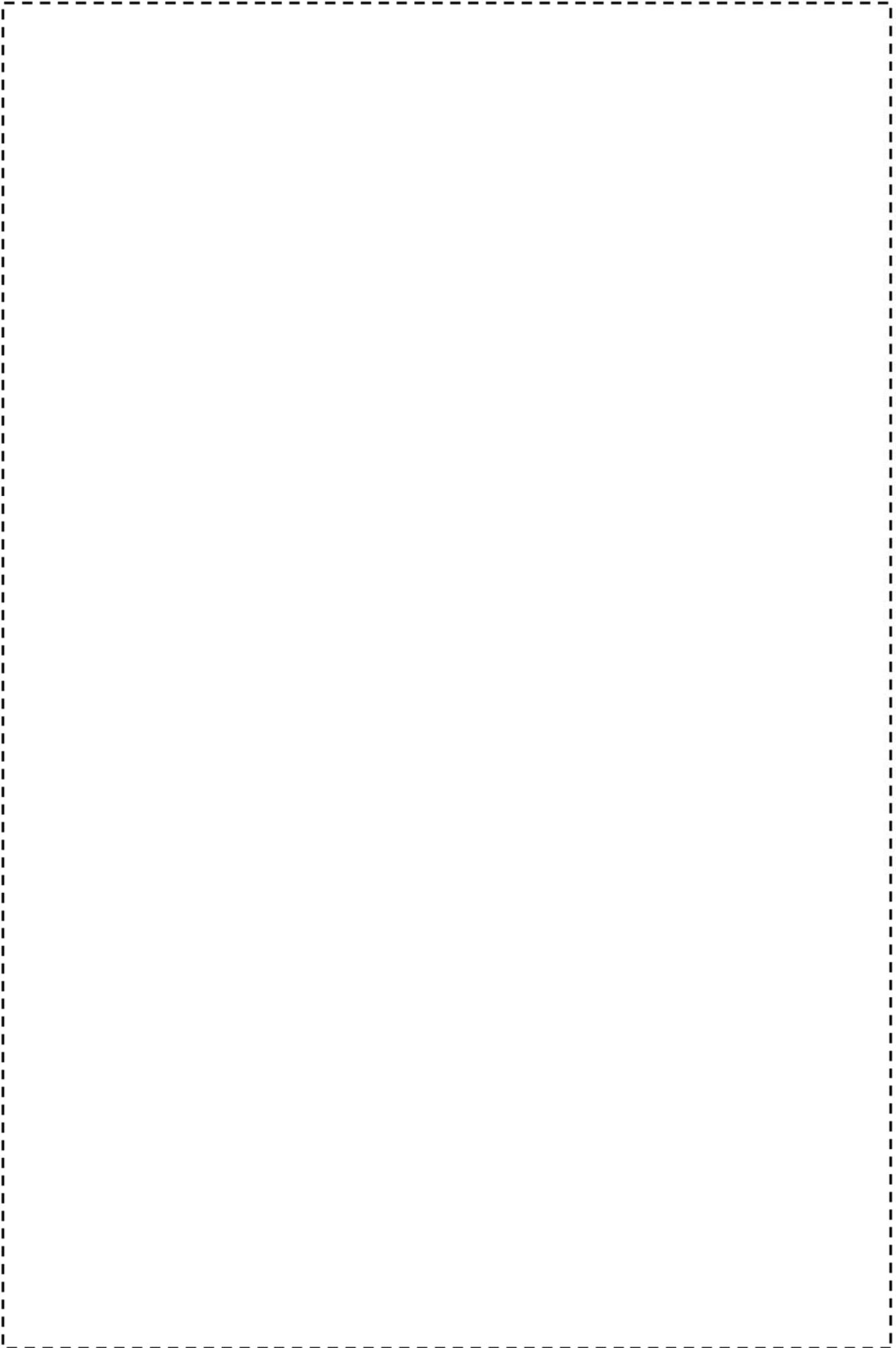


図8 安全注入系統配管 (B-蓄圧注入配管 (ブロック No. SI01b))

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。

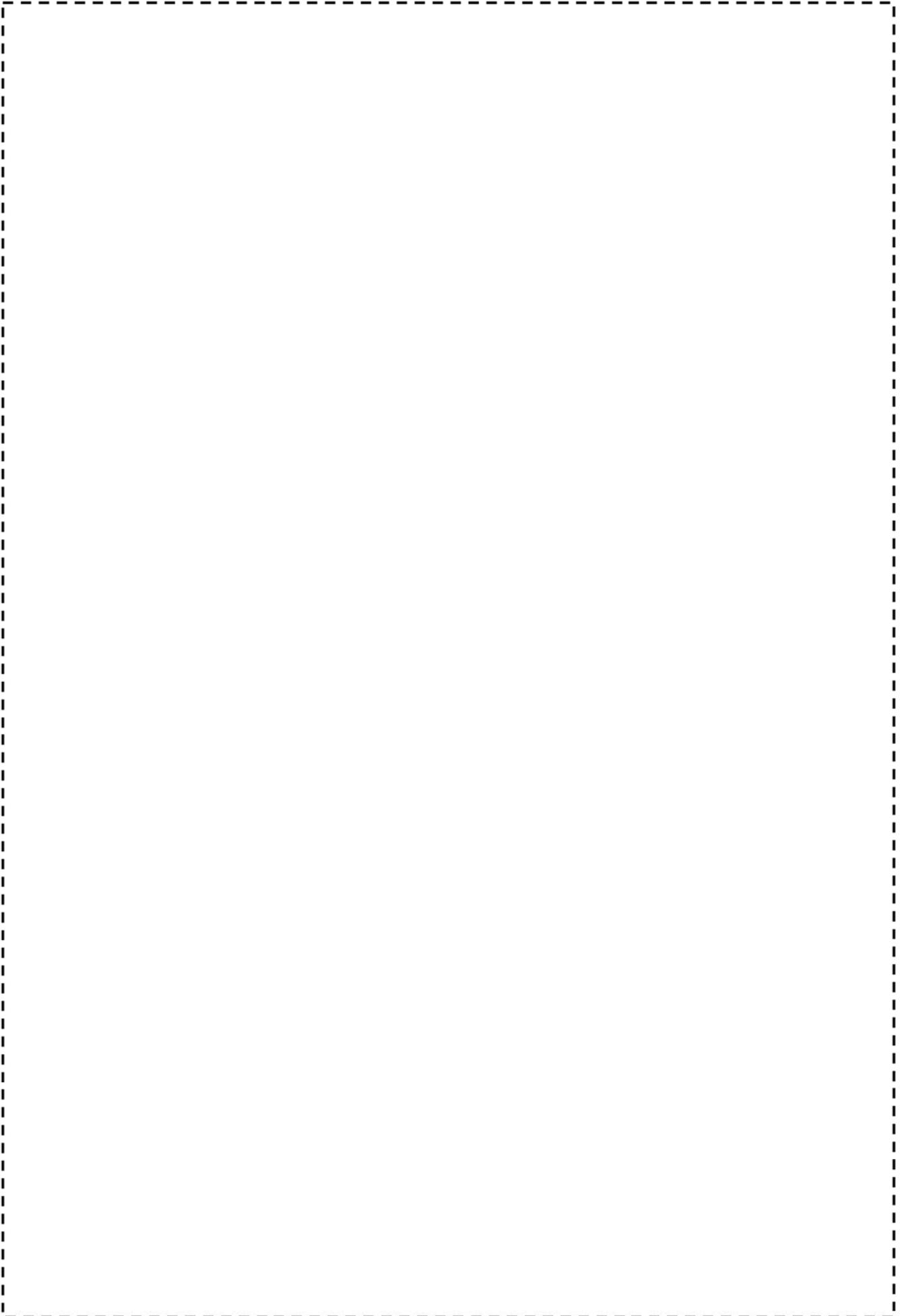


図9 主蒸気系統配管 (A-主蒸気配管 (CV内)) (ブロック No. MS01a)

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。

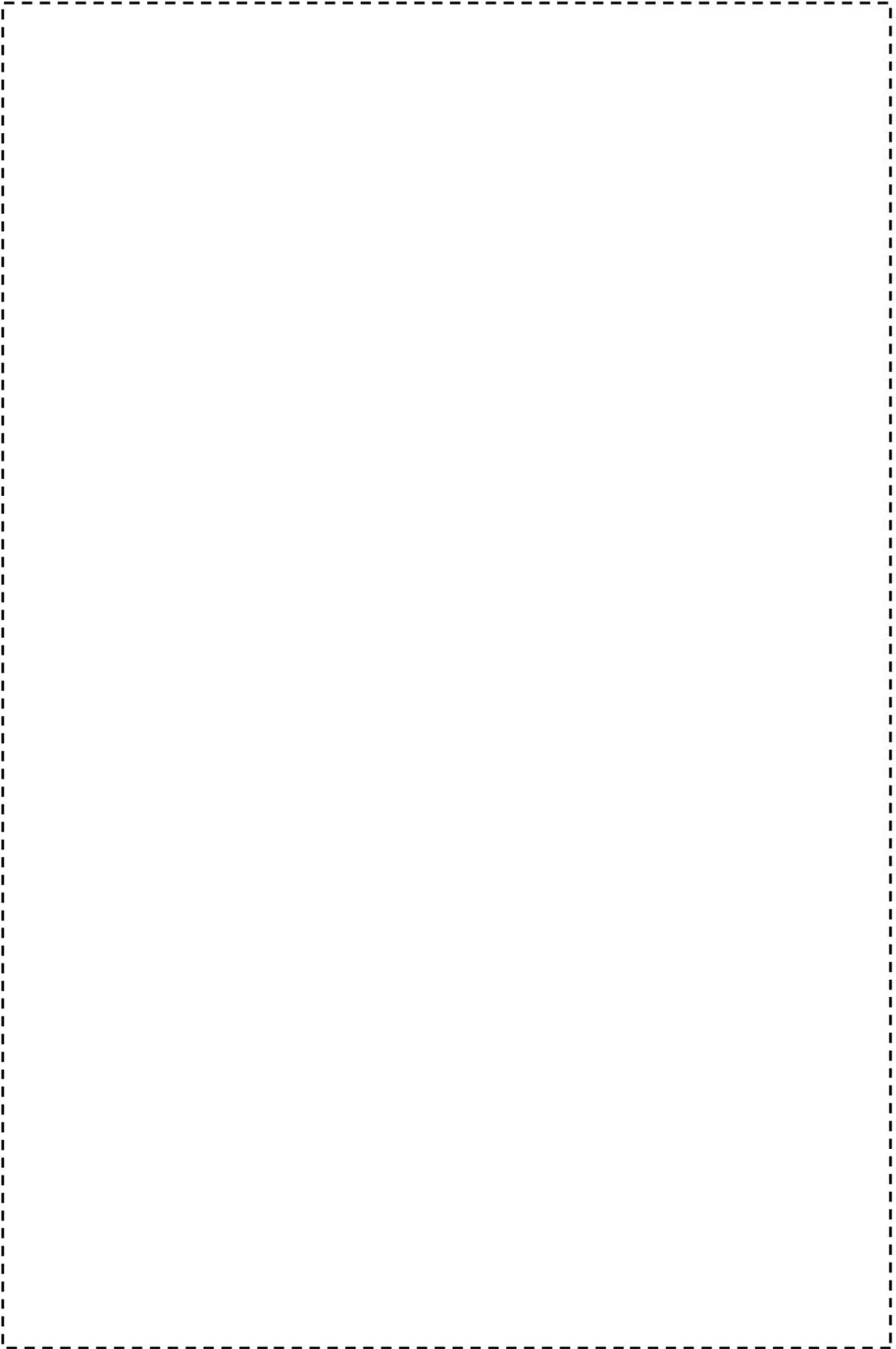


図 12 主蒸気系統配管 (A-主蒸気配管 (CV 外) (ブロック No. MS02a))

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。

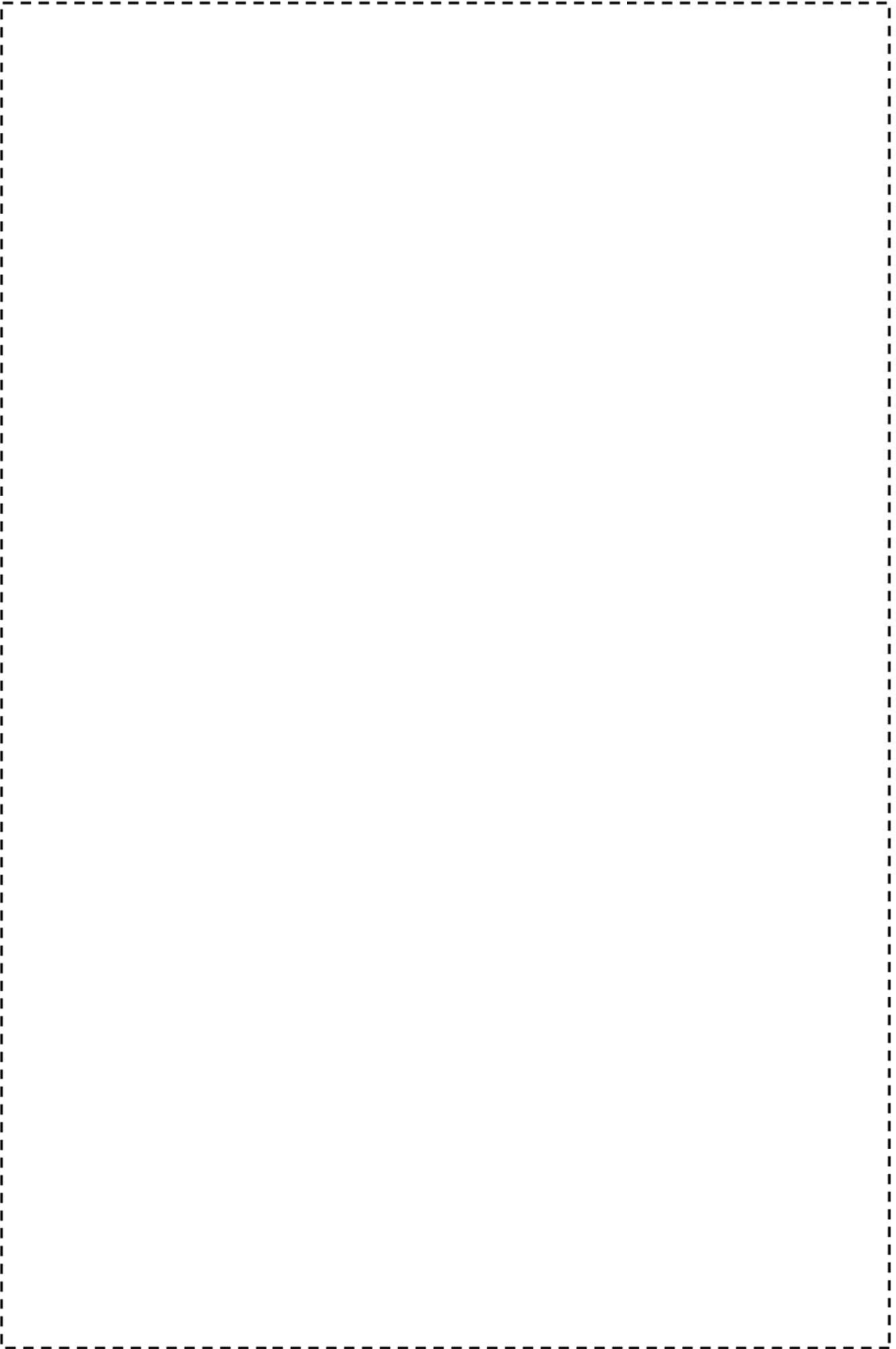


図13 主蒸気系統配管 (B-主蒸気配管 (CV外) (ブロック No. MS02b))

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 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。

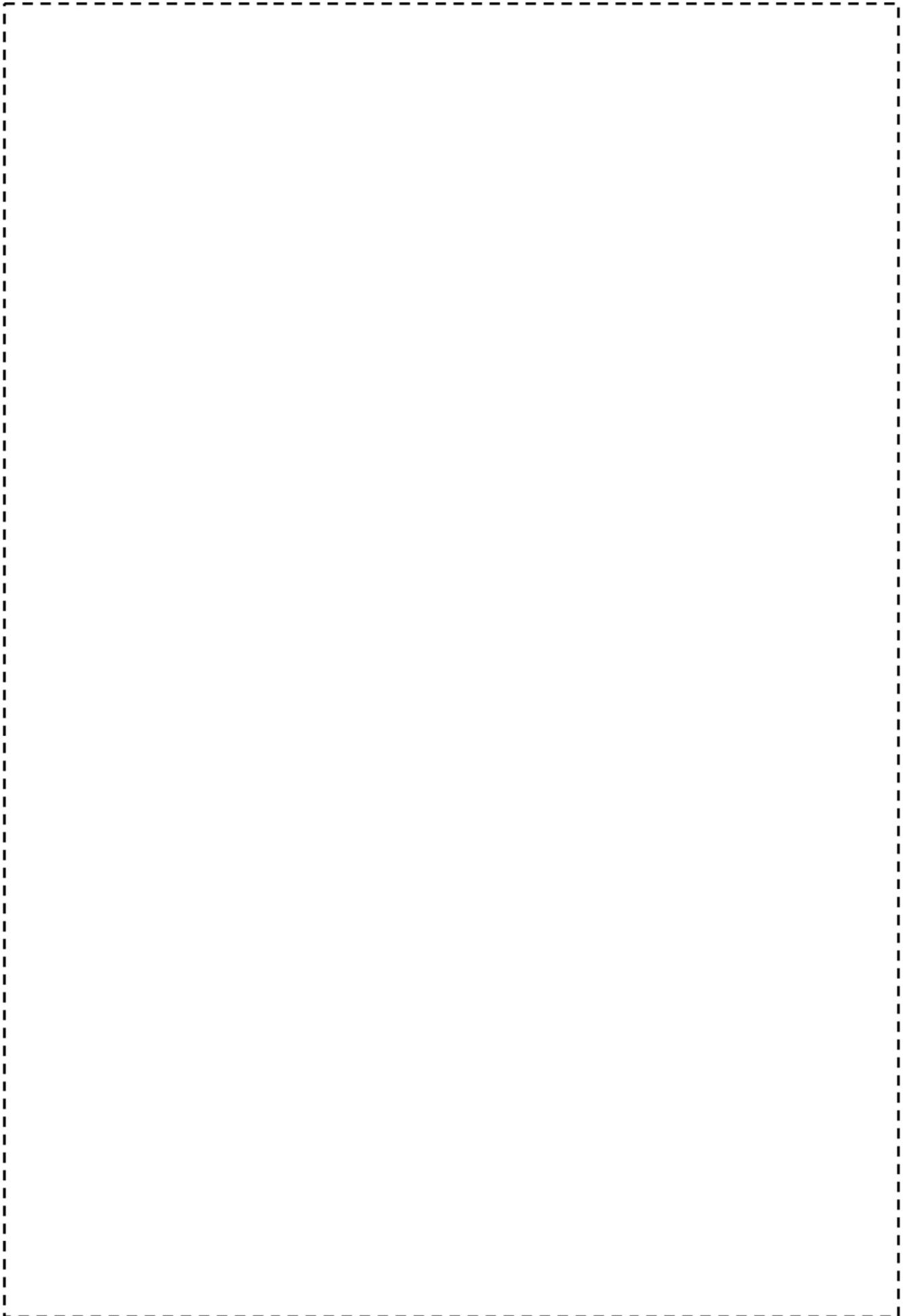


図 22 B-SGBD 配管 (PEN#233、CV 外) (ブロック No. BD233o)

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。

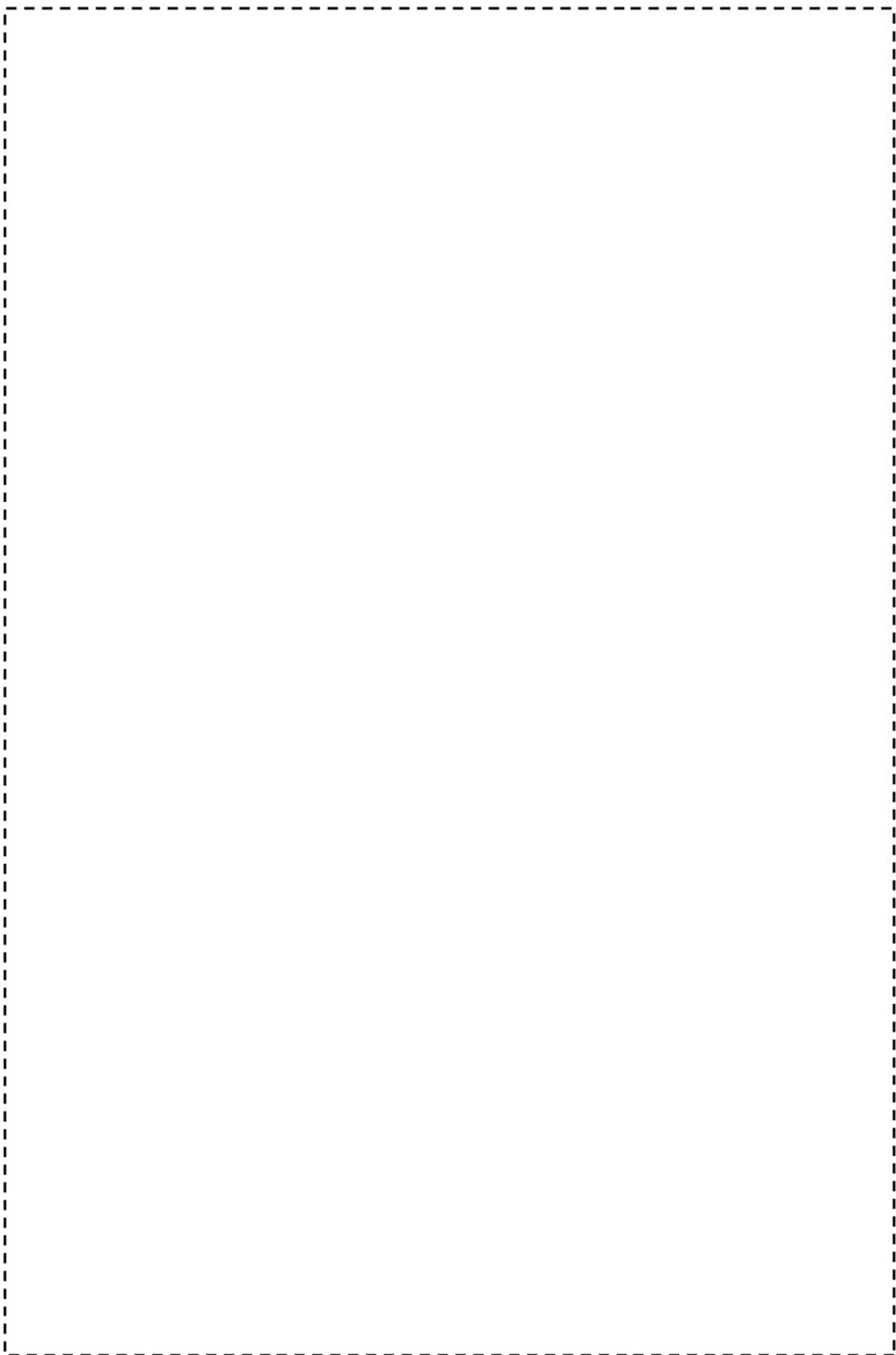


図 24 (2/2) 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (ブロック No. CS05))

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。

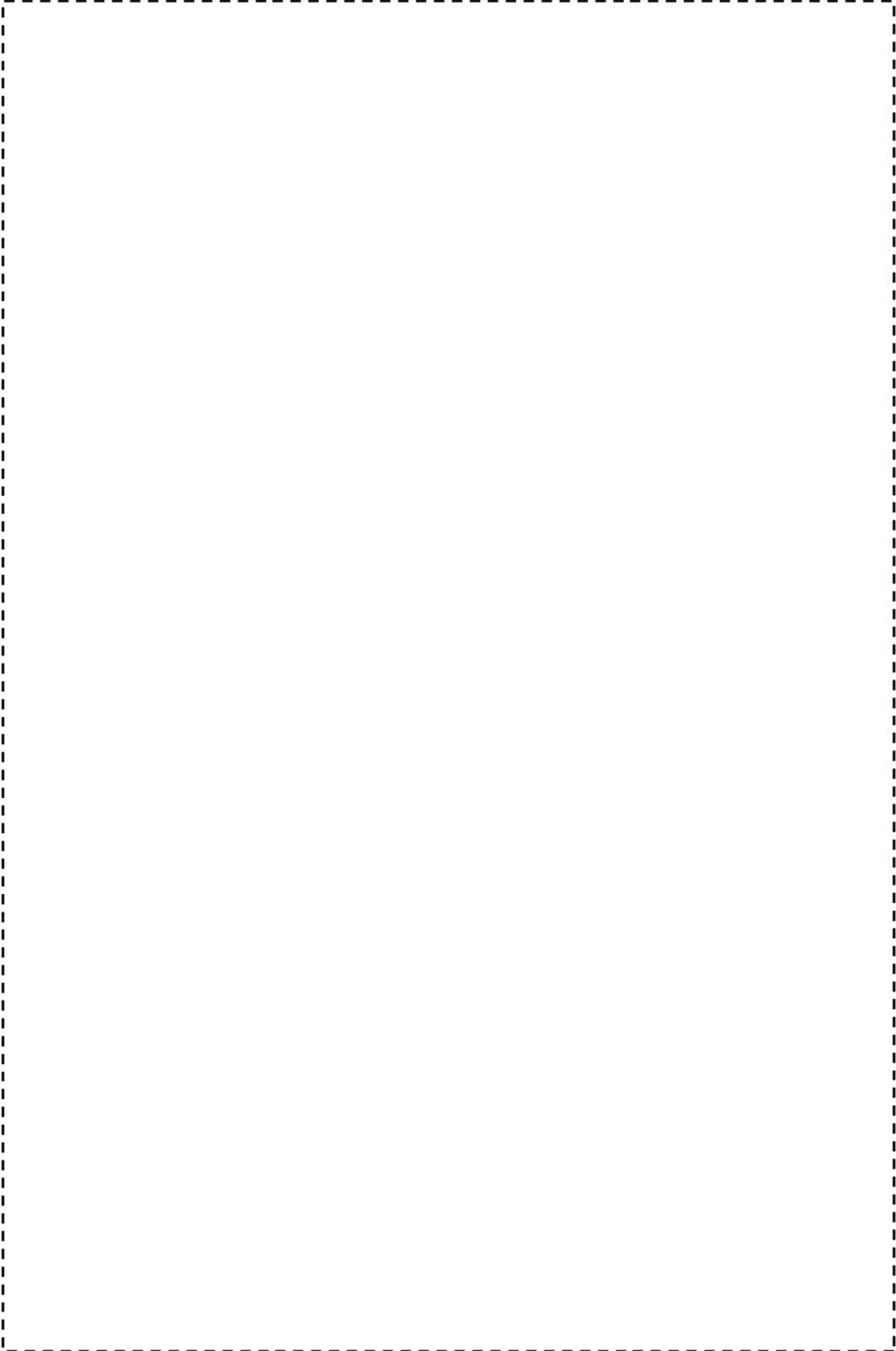


図 25 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (CV 内) (ブロック No. CS07))

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。

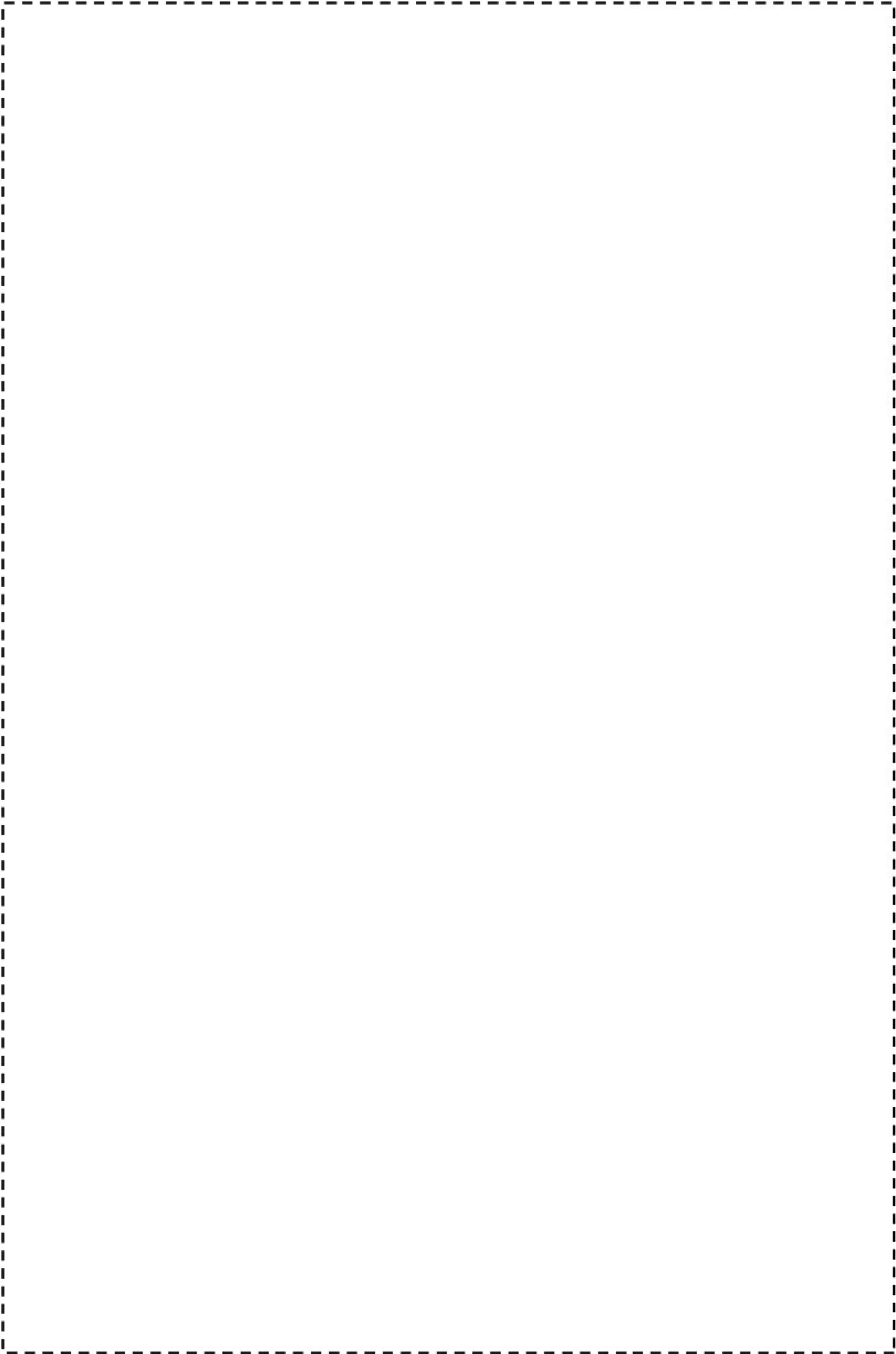


図 26 化学体積制御系統配管 (抽出配管 (CV 外) (ブロック No. CS08))

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。

美浜3号機 耐震補強工事 (炭素鋼配管関連)

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期	ケース
グラント蒸気系統配管					ハ
補助蒸気系統配管					
第6 高圧ヒータドレン管					

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。

■ 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)

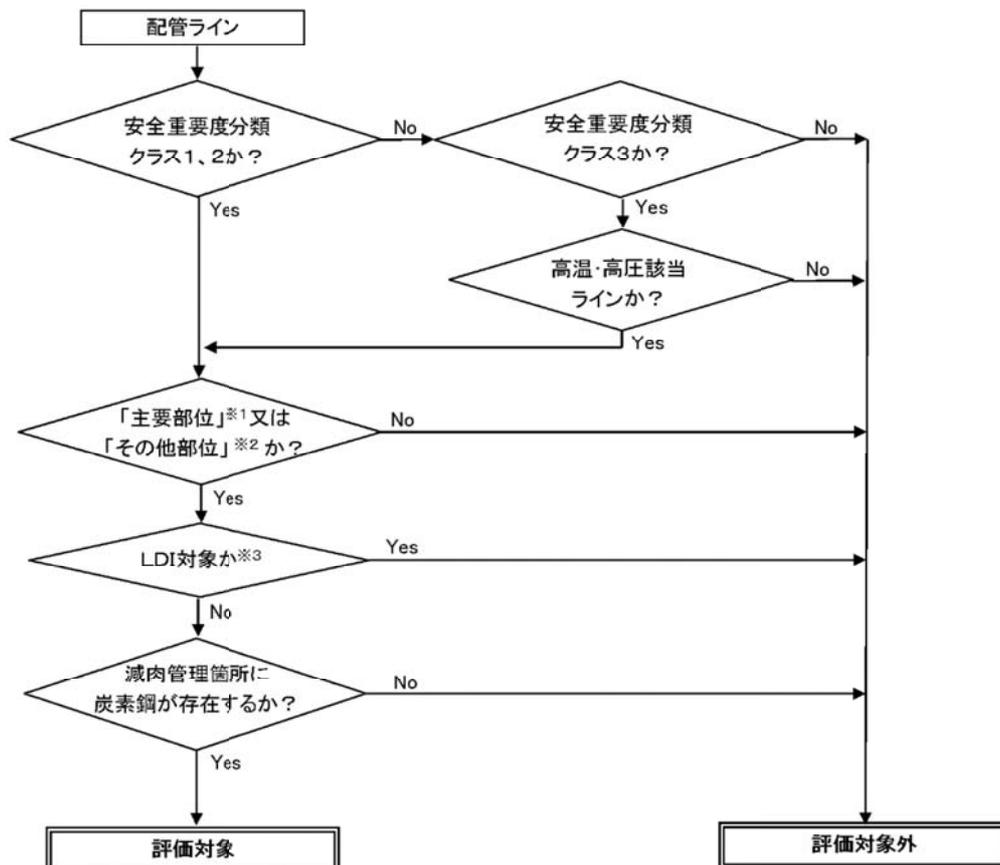
※第23回定検(平成20年度)時にサポータ追設工事を実施済

■ 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 6 rev3

タイトル	母管の内面からの腐食（流れ加速型腐食）に対する耐震安全性評価について
説明	<p>1. 評価対象ラインの抽出について 美浜3号炉の劣化状況評価における「母管の内面からの腐食（流れ加速型腐食）」に対する耐震安全性評価は、発電用原子力設備規格加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格（以下「技術規格」という。）等を踏まえて策定した当社の管理指針「2次系配管肉厚の管理指針」に規定する検査対象系統を基に、評価対象ラインを選定し、耐震安全性評価を実施している。選定フローを添付1に示す。</p> <p>2. 評価対象ライン数 その結果、評価対象として抽出され評価を行ったライン数は、系統分類毎にそれぞれ以下の通り。 主蒸気系統配管：7ライン 低温再熱蒸気系統配管：1ライン 第2抽気系統配管：1ライン 第3抽気系統配管：1ライン 第4抽気系統配管：3ライン 主給水系統配管：11ライン 復水系統配管：7ライン ドレン系統配管：26ライン 補助蒸気系統配管：2ライン グランド蒸気系統配管：1ライン 蒸気発生器ブローダウン系統配管：3ライン</p> <p>3. 評価結果 各評価仕様〔各評価用地震、想定減肉（必要最小肉厚or実測データ）、解析手法（梁モデル解析orFEM解析）〕とともに、各ラインの評価結果を添付2に示す。</p> <p>4. 評価モデル 評価対象ラインのうち、劣化状況評価書に厳しいラインとして代表で記載した応力比の、対象箇所を含む解析モデル図を添付3に示す。 また、FEM解析を行ったラインの例として、主蒸気系統配管のうち湿分分離器加熱蒸気管のFEM解析について添付4に示す。</p> <p>5. PLM30評価結果との相違 PLM30とPLM40との評価結果の相違について添付5に示す。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

配管内面からの腐食（流れ加速型腐食）評価対象ラインの抽出フロー



※ 1 : 当社社内指針「2次系配管肉厚の管理指針」において、減肉が発生する可能性があるとし点検対象として選定している部位（「発電用原子力設備規格加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格」の流れ加速型腐食（FAC）による試験対象系統、液滴衝撃エロージョン（LDI）による試験対象系統の試験対象箇所にあたる部位）

※ 2 : 当社社内指針「2次系配管肉厚の管理指針」において、2次系冷却水が常時流れる系統のうち主要部位に該当しない偏流発生部位

※ 3 : 液滴衝撃エロージョン（LDI）については、減肉が発生したとしても局所的であり、応答特性・強度に影響がないことから対象外とし、流れ加速型腐食（FAC）のみを耐震評価対象としているもの

以 上

美浜3号機 PLM40耐震評価 流れ加速型腐食に対する配管評価結果一覧

系統分類	耐震クラス	配管名称	評価用地震	全箇所tsrモデル					
				梁モデル評価			FEM評価		
				応力値/ 許容応力	応力比	評価	応力値/ 許容応力	応力比	評価
主蒸気系統	C	湿分離器加熱蒸気管	C	172/160	1.08	×	137/160	0.86	○
	S	A-主蒸気配管 (CV内)	Sd	1次	135/167	0.81	C	-	
				1次+2次	151/335	0.45	C		
			Ss※1	1次	213/351	0.61	C		
				1次+2次	330/335	0.99	C		
	S	B-主蒸気配管 (CV内)	Sd	1次	129/167	0.77	C	-	
				1次+2次	136/335	0.41	C		
			Ss※2	1次	199/351	0.57	C		
				1次+2次	276/335	0.82	C		
	S	C-主蒸気配管 (CV内)	Sd	1次	132/167	0.79	C	-	
				1次+2次	137/335	0.41	C		
			Ss※2	1次	204/351	0.58	C		
				1次+2次	281/335	0.84	C		
	S	A-主蒸気配管 (CV外)	Sd	1次	174以下/183	0.95以下	C	-	
				1次+2次	234以下/335	0.70以下	C		
			Ss※3	1次	174/363	0.48	C		
				1次+2次	234/335	0.70	C		
	S	B-主蒸気配管 (CV外)	Sd	1次	156/183	0.85	C	-	
				1次+2次	190/335	0.57	C		
			Ss※3	1次	191/351	0.54	C		
				1次+2次	411/335	1.23	×		
	S	C-主蒸気配管 (CV外)	Sd	1次	144/183	0.79	C	-	
				1次+2次	177/367	0.48	C		
			Ss※3	1次	190/363	0.52	C		
1次+2次				377/363	1.03	×			
			1次+2次	UF:0.012	C				

評価書に記載した系統毎の代表設備及びその評価結果

※1: Ss-3Iによる評価

※2: Ss-6による評価

※3: 全波包絡FRSを用いた評価

美浜3号機 PLM40耐震評価 流れ加速型腐食に対する配管評価結果一覧

系統分類	耐震クラス	配管名称	評価用地震	全箇所tsrモデル						
				梁モデル評価			FEM評価			
				応力値/ 許容応力	応力比	評価	応力値/ 許容応力	応力比	評価	
低温再熱蒸気系統	C	低温再熱蒸気配管(高圧排気管)	C	52/207	0.25	○	-			
第2抽気系統	C	第2抽気管	C	6/216	0.03	○	-			
第3抽気系統	C	第3抽気管	C	100/183	0.55	○	-			
第4抽気系統	C	第4抽気管(A)	C	64/195	0.33	○	-			
	C	第4抽気管(B)	C	72/195	0.37	○	-			
	C	第4抽気管(C)	C	125/195	0.64	○	-			
主給水系統	C	給水ブースタポンプ吸込管(A)	C	204/189	1.08	×	112/189	0.59	○	
	C	給水ブースタポンプ吸込管(B)	C	187/189	0.99	○	-			
	C	給水ブースタポンプ吸込管(C)	C	148/189	0.78	○	-			
	C	主給水ポンプ～第6高圧給水加熱器	C	73/237	0.31	○	-			
	C	第6高圧給水加熱器～神船取合い	C	101/230	0.44	○	-			
	S	A-主給水配管 (CV内)	Sd	1次	132/230	0.57	○	-		
				1次+2次	158/460	0.34	○	-		
	Ss※1	1次	219/380	0.58	○	-				
			1次+2次	343/460	0.75	○	-			
	S	B-主給水配管 (CV内)	Sd	1次	163/230	0.71	○	-		
				1次+2次	224/460	0.49	○	-		
	Ss※2	1次	272/380	0.72	○	-				
			1次+2次	442/460	0.96	○	-			
	S	C-主給水配管 (CV内)	Sd	1次	158/230	0.69	○	-		
				1次+2次	215/460	0.47	○	-		
			Ss※1	1次	281/380	0.74	○	-		
				1次+2次	463/460	1.01	×	-		
					UF:0.575		○	-		
	S	A-主給水配管 (CV外)	Sd	1次	165/230	0.72	○	-		
				1次+2次	207/460	0.45	○	-		
Ss※4	1次	235/380	0.62	○	-					
		1次+2次	392/460	0.85	○	-				
S	B-主給水配管 (CV外)	Sd	1次	140/230	0.61	○	-			
			1次+2次	266/460	0.58	○	-			
		Ss※3	1次	189/380	0.50	○	-			
			1次+2次	598/460	1.30	×	-			
				UF:0.463		○	-			
S	C-主給水配管 (CV外)	Sd	1次	197/230	0.86	○	-			
			1次+2次	226/460	0.49	○	-			
		Ss※3	1次	305/380	0.80	○	-			
1次+2次	453/460		0.98	○	-					

評価書に記載した系統毎の代表設備及びその評価結果
 ※1: Ss-3を用いた評価
 ※2: Ss-4を用いた評価
 ※3: Ss-23を用いた評価
 ※4: 全波包絡FRSを用いた評価

美浜3号機 PLM40耐震評価 流れ加速型腐食に対する配管評価結果一覧

系統分類	耐震クラス	配管名称	評価用地震	全箇所tsrモデル					
				梁モデル評価			FEM評価		
				応力値/許容応力	応力比	評価	応力値/許容応力	応力比	評価
復水系統	C	復水ポンプ～グラコン～復水ブースタポンプ～第1低圧給水加熱器	C	110/206	0.53	○	-		
	C	第1低圧給水加熱器～第2低圧給水加熱器(A)	C	53/192	0.28	○	-		
	C	第1低圧給水加熱器～第2低圧給水加熱器(B)	C	53/192	0.28	○	-		
	C	第1低圧給水加熱器～第2低圧給水加熱器(C)	C	53/192	0.28	○	-		
	C	第2低圧給水加熱器～第3低圧給水加熱器(A)	C	79/106	0.42	○	-		
	C	第2低圧給水加熱器～第3低圧給水加熱器(B)	C	139/186	0.75	○	-		
	C	第2低圧給水加熱器～第3低圧給水加熱器(C)	C	161/186	0.87	○	-		
ドレン系統	C	第6高圧給水加熱器ドレン管(A)(常用)	C	186/172	1.08	×	130/172	0.76	○
	C	第6高圧給水加熱器ドレン管(B)(常用)	C	140/172	0.81	○	-		
	C	第4低圧給水加熱器ドレン管(A)	C	81/183	0.44	○	-		
	C	第4低圧給水加熱器ドレン管(B)	C	91/183	0.50	○	-		
	C	第4低圧給水加熱器ドレン管(C)	C	81/183	0.44	○	-		
	C	第3低圧給水加熱器ドレン管(A)(常用)	C	123/185	0.66	○	-		
	C	第3低圧給水加熱器ドレン管(B)(常用)	C	128/185	0.69	○	-		
	C	第3低圧給水加熱器ドレン管(C)(常用)	C	179/185	0.97	○	-		
	C	低圧給水加熱器ドレンポンプ吐出管(A)	C	102/191	0.53	○	-		
	C	低圧給水加熱器ドレンポンプ吐出管(B)	C	97/191	0.51	○	-		

 評価書に記載した系統毎の代表設備及びその評価結果

美浜3号機 PLM40耐震評価 流れ加速型腐食に対する配管評価結果一覧

系統分類	耐震 クラス	配管名称	評価用 地震	全箇所tsrモデル					
				梁モデル評価			FEM評価		
				応力値/ 許容応力	応力比	評価	応力値/ 許容応力	応力比	評価
ドレン系統	C	低圧給水加熱器ドレンポンプ吐出管(C)	C	75/191	0.39	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレン管(1A)	C	64/160	0.40	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレン管(2A)	C	62/160	0.39	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレン管(3A)	C	86/160	0.54	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレン管(1B)	C	60/160	0.38	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレン管(2B)	C	66/160	0.41	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレン管(3B)	C	73/160	0.46	○	-		
	C	湿分離加熱器ドレンタンクドレン管(A, B) (常用)	C	146/160	0.91	○	-		
	C	湿分離器ドレン管(1A)	C	46/178	0.26	○	-		
	C	湿分離器ドレン管(2A)	C	41/178	0.23	○	-		
	C	湿分離器ドレン管(3A)	C	50/178	0.28	○	-		
	C	湿分離器ドレン管(1B)	C	68/178	0.38	○	-		
	C	湿分離器ドレン管(2B)	C	122/178	0.69	○	-		
	C	湿分離器ドレン管(3B)	C	95/178	0.53	○	-		
	C	湿分離器ドレンポンプ吸込管(常用)	C	188/189	0.99	○	-		
	C	湿分離器ドレンポンプ吐出管	C	217/178	1.22	×	87/178	0.49	○

 評価書に記載した系統毎の代表設備及びその評価結果

美浜3号機 PLM40耐震評価 流れ加速型腐食に対する配管評価結果一覧

系統分類	耐震クラス	配管名称	評価用地震	全箇所tsrモデル						
				梁モデル評価			FEM評価			
				応力値/ 許容応力	応力比	評価	応力値/ 許容応力	応力比	評価	
グラント蒸気系統	C	グラント蒸気管	C	152/176	0.86	○	-			
補助蒸気系統	C	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)	C	132/172	0.77	○	-			
	C	スチームコンバータ外ドレン管	C	76/178	0.43	○	-			
蒸気発生器 ブローダウン 系統 ^{※1,3}	S	AループSGBD配管 PEN#279CV外 CVBD内	Sd	1次	87以下/183	0.48以下	○	-		
				1次+2次	253以下/262	0.97以下	○	-		
			S _s ^{※3}	1次	87/363	0.24	○	-		
				1次+2次	253/262	0.97	○	-		
	S ^{※2}	AループSGBD配管 PEN#279CV外 CVBD外	Sd	1次	109以下/158	0.67以下	○	-		
				1次+2次	87以下/317	0.27以下	○	-		
			S _s ^{※3}	1次	109/315	0.35	○	-		
				1次+2次	87/317	0.27	○	-		
	S	BループSGBD配管 PEN#233CV外 CVBD内	Sd	1次	79/183	0.43	○	-		
				1次+2次	159/367	0.43	○	-		
			S _s ^{※3}	1次	95/363	0.26	○	-		
				1次+2次	326/367	0.89	○	-		
	S ^{※2}	BループSGBD配管 PEN#233CV外 CVBD外	Sd	1次	136/183	0.74	○	-		
				1次+2次	225/367	0.61	○	-		
			S _s ^{※3}	1次	271/363	0.75	○	-		
				1次+2次	495/367	1.35	×	-		
					UF: 0.090		○	-		
	S	CループSGBD配管 PEN#230CV外 CVBD内	Sd	1次	89以下/183	0.49以下	○	-		
1次+2次				319以下/367	0.87以下	○	-			
S _s ^{※3}			1次	89/363	0.25	○	-			
			1次+2次	319/367	0.87	○	-			
S ^{※2}	CループSGBD配管 PEN#230CV外 CVBD外	Sd	1次	109以下/183	0.60以下	○	-			
			1次+2次	123以下/367	0.34以下	○	-			
		S _s ^{※3}	1次	109/363	0.3	○	-			
			1次+2次	123/367	0.34	○	-			

評価書に記載した系統毎の代表設備及びその評価結果

※1: 断続運転評価では、各系統について、CVBD内(Sクラス)

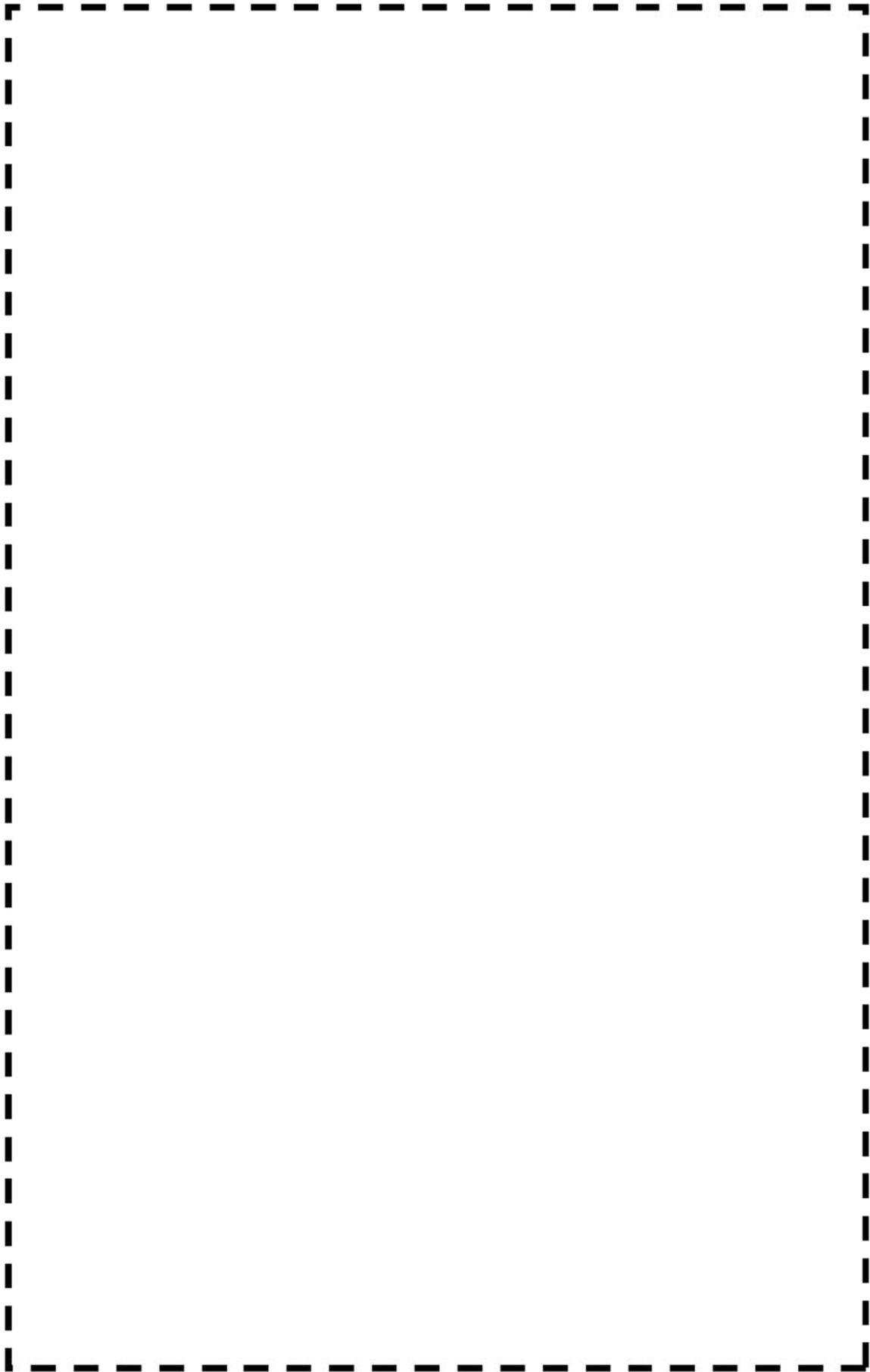
およびCVBD外(Cクラス)の評価を行っている。

※2: Cクラス範囲については、保守的にSクラスと同等の評価を行っている。

※3: 全波包絡FRSを用いた評価

主蒸気系統配管 (湿分離器加熱蒸気管)

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。



主蒸気系統配管(A-主蒸気配管 (CV内)) 【Ss地震】

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。

主蒸気系統配管(A-主蒸気配管(CV外)) 【Sd地震】

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。

主蒸気系統配管(B-主蒸気配管 (CV外)) 【Ss地震】

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。

低温再熱蒸気系統配管(低温再熱蒸気配管(高圧排気管))

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。

第2抽気系統配管 (第2抽気管)

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。

第3 抽気系統配管 (第3 抽気管)

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。

第4抽気系統配管 (第4抽気管 (C))

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。

主給水系統配管（給水ブースタポンプ吸込管（A））

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。

主給水系統配管(C-主給水配管(CV内)) 【Ss地震】

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。

主給水系統配管(B-主給水配管 (CV外)) 【Sd地震】

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。

主給水系統配管(B-主給水配管 (CV外)) 【Ss地震】

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。

主給水系統配管(C-主給水配管(CV外)) 【Sd地震】

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。

主給水系統配管(C-主給水配管(CV外)) 【Ss地震】

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。

復水系統配管（第2低圧給水加熱器～第3低圧給水加熱器（C））

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。

ドレン系統配管 (第6 高圧給水加熱器ドレン管 (A) (常用))

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。

グラウンド蒸気系統配管 (グラウンド蒸気管)

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。

蒸気発生器ブローダーダウンシステム配管 (AグループSGBD配管 PEN#279CV外 CVBD内) 【Sd地震】

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。

蒸気発生器ブローダウン系統配管(BループSGBD配管 PEN#233CV外 CVBD外) 【Sd地震】

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。

蒸気発生器ブローダウン系統配管(BループSGBD配管 PEN#233CV外 CVBD外) 【Ss地震】

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。

主蒸気系統配管（湿分分離器加熱蒸気管）に対するFEM解析について

主蒸気系統配管（湿分分離器加熱蒸気管）のFEM解析では、一次要素のソリッドモデルにて解析を行い、ミーゼス応力を算出している。

固定端は偏平を許容しない真円固定としているが、真円固定条件が評価部（3次元梁モデル解析で応力評価上厳しい結果となった部位）に影響を与えない範囲を考慮して、評価部から2D程度（評価する配管の外径の2倍程度）の位置を固定端としている。

また、板厚方向のメッシュ数を3層としているが、これは曲げにより偏平を生じる解析においてもCクラス配管の耐震評価で対象とする1次応力を適切に評価できることを過去の解析や試解析等により確認しているため、採用したものである。

【FEM入力荷重】

A		力 (N)			モーメント (N・m)		
荷重ケース		X	Y	Z	X	Y	Z
自重							
地震 (+X)							
自重+地震(+X)							

梁モデル解析結果

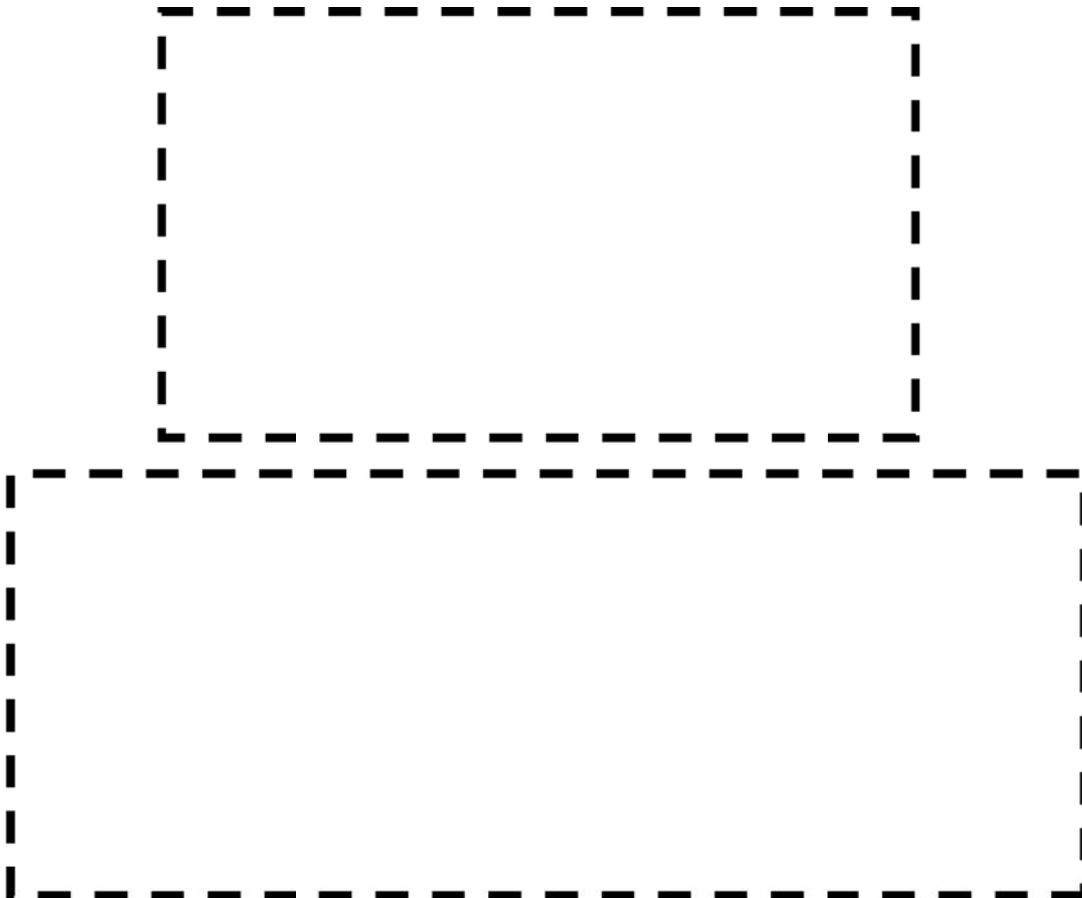
FEM入力荷重

B		力 (N)			モーメント (N・m)		
荷重ケース		Y	Z	X	Y	Z	X
自重							
地震 (+X)							
自重+地震(+X)							

梁モデル解析結果

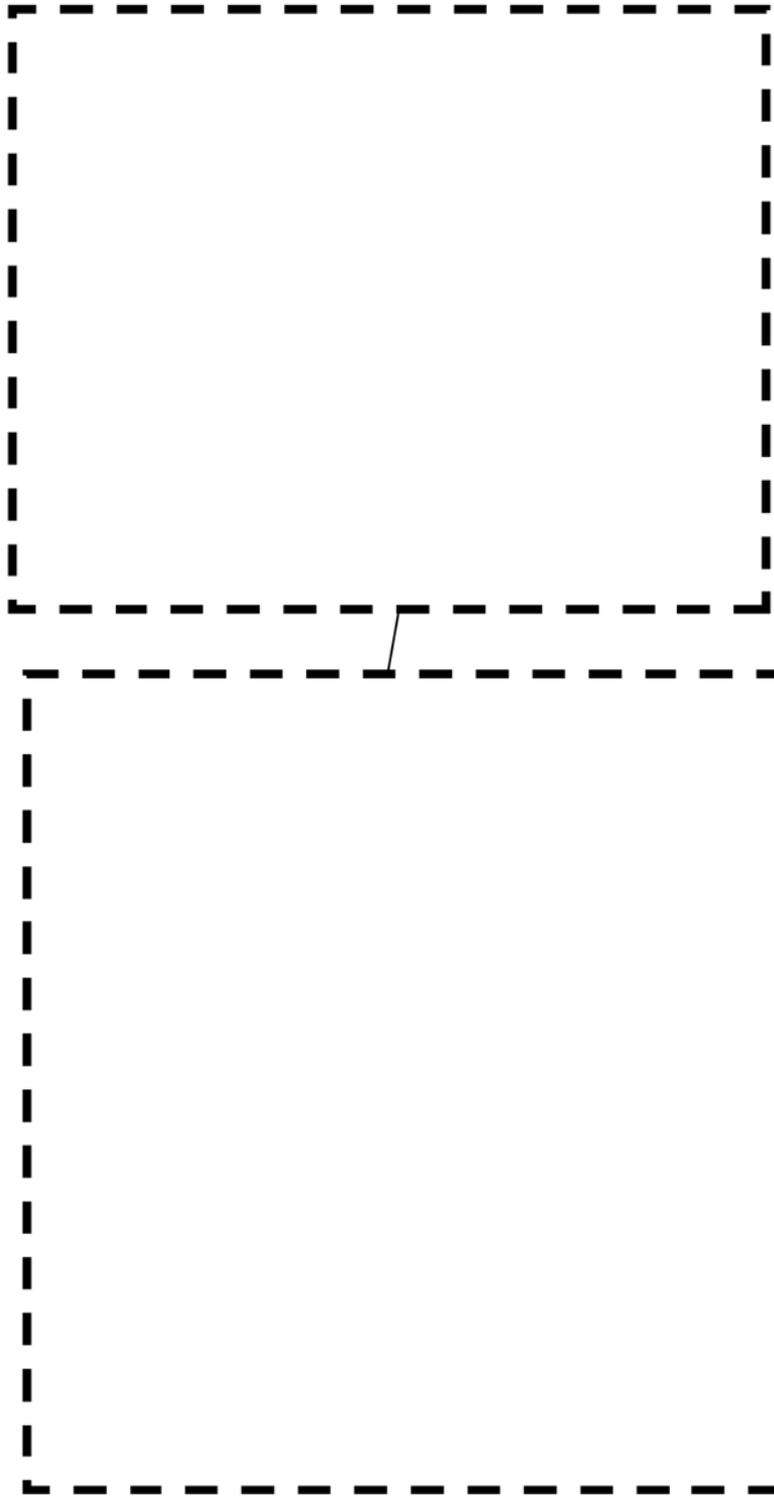
FEM入力荷重

【FEM解析モデル及び結果】



地震方向	発生応力(MPa)			許容応力 S_y (MPa)	応力比
	内圧	自重+地震 (FEM解析結果)	合計		
X					0.86

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。



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。

1. 第3抽気管における PLM30 と PLM40 との評価結果の相違について

第3抽気系統の評価において、同じラインが対象であるが、PLM30では応力比0.76、PLM40では0.55と下がっていることから、その要因について検討した。検討結果は以下のとおり。

(1) 評価モデル

PLM40では復水器内配管をモデル化範囲に含めて復水器取合い部周辺のモデルを変更したことが発生応力に差が出た一因と考えられる。

<モデル化範囲>

PLM30：復水器側と配管側の取合い部である復水器管台を固定点（6軸拘束）とした。

PLM40：復水器管台は配管としてモデル化し、復水器貫通部を固定点（6軸拘束）とした。

(2) サポートモデルの精緻化

上記に加えてサポートのモデル化を以下のように見直したため、発生応力や最大応力点に影響が出たものと考えられる。

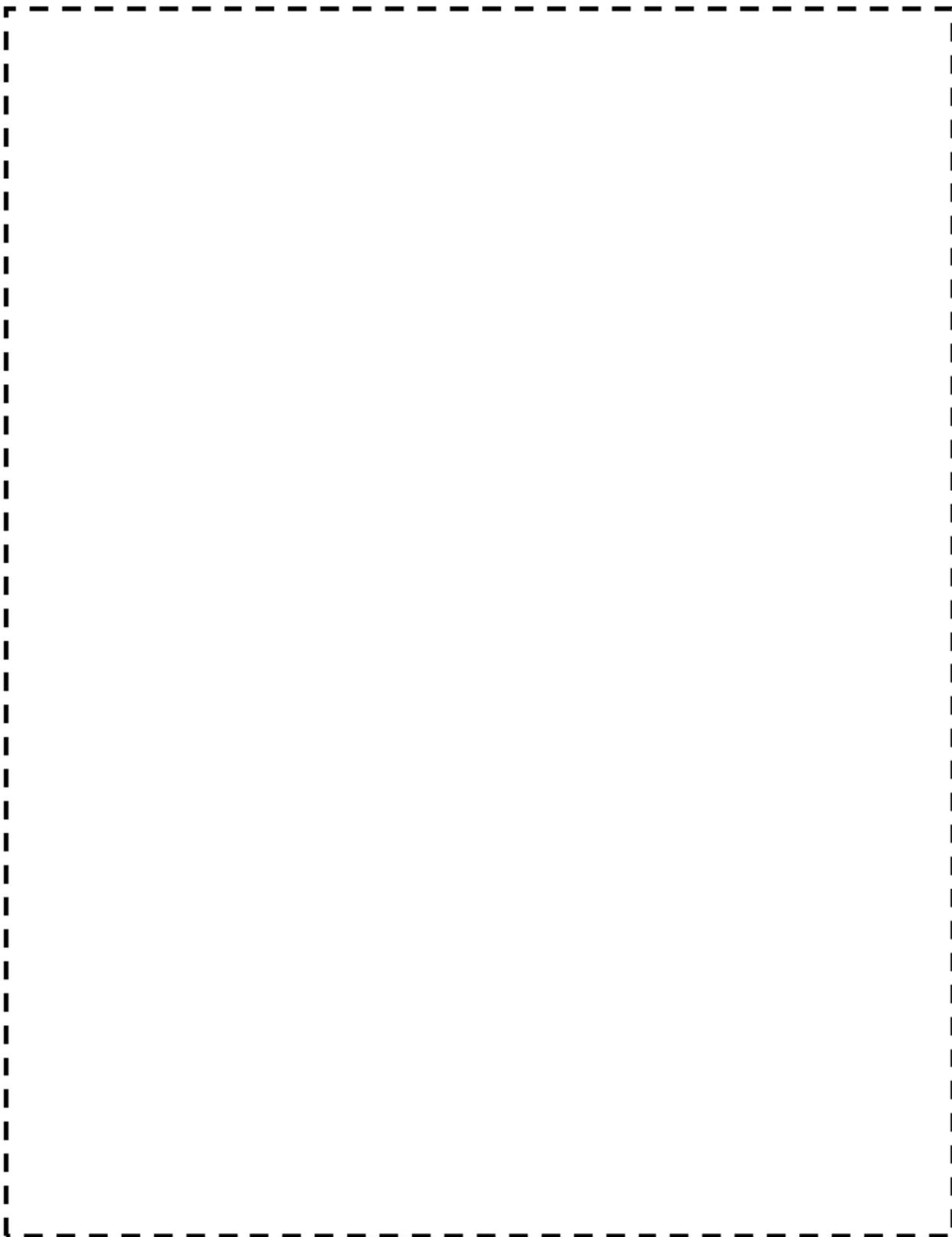
<アズビルト調査反映>

PLM30：サポートの取付位置、取付角度、拘束条件等は建設時図面に基づいて入力。

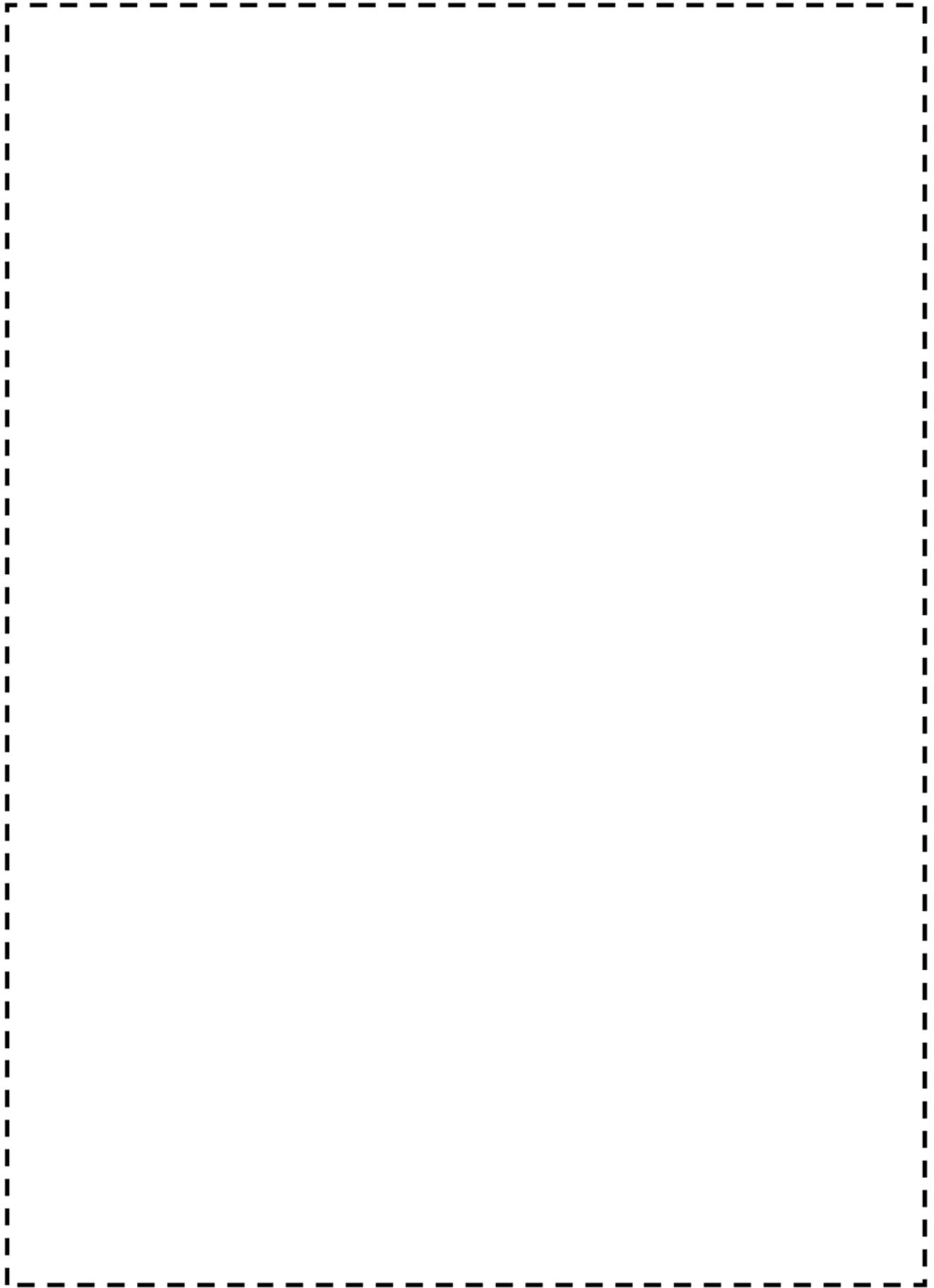
PLM40：サポートの取付位置、取付角度、拘束条件等はアズビルト調査結果に基づいて入力。

なお、PLM30以降にルート変更やサポート追設などの変更はない。（一部炭素鋼の取替え修繕あり）。

以上の検討結果をスケルトン図にまとめたものを添付5（2/6）に示す。また、詳図を添付5（3/6）に示す。



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。



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。

2. ドレン系統配管における PLM30 と PLM40 との評価結果の比較について

第 6 高圧給水加熱器ドレン管における、PLM30 と PLM40 での評価結果を下記の表にまとめた。

表 第 6 高圧給水加熱器ドレン管におけるの PLM30 と PLM40 での応力比

		PLM30		PLM40
		tsr	実測	tsr
PLM30 チャンピオンのライン (第 6 高圧給水加熱器ドレン管 (B)) ※長計にてサポート追設実施	PLM30 の 応力最大点	1.71	0.36	0.34
PLM40 チャンピオンのライン (第 6 高圧給水加熱器ドレン管 (A))	PLM40 の 応力最大点	0.62	—	0.76 (FEM) *1 1.08 (梁)

*1：評価ポイントについては添付 5 (6 / 6) 参照

評価に差が出た主な要因について以下のとおり検討した。

(1) サポートモデルの精緻化

サポートのモデル化を以下のように見直したため、発生応力や最大応力点に影響が出たものと考えられる。

<アズビルト調査反映>

PLM30：サポートの取付位置、取付角度、拘束条件等は建設時図面に基づいて入力。

PLM40：サポートの取付位置、取付角度、拘束条件等はアズビルト調査結果に基づいて入力。

(2) 詳細な解析条件の適用 (震度)

耐震評価の実施に際し、設置位置に則した震度を適用したため、発生応力や最大応力点に影響が出ていると考えられる。

PLM30：配管レベルにより適用震度を決定。(サポート設置位置による震度より 1 階層上の震度が適用される場合がある)

PLM40：機器及びサポート設置位置により適用震度を決定。

(3) 工事反映

第 6 高圧給水加熱器ドレン管(B)については、長計のサポート追設の影響が主と考えられる。(なお、第 6 高圧給水加熱器ドレン管(A)については、PLM30 以降にルート変更やサポート追設などの変更はない。)

(4) ドレン系統配管 (第 6 高圧ヒータドレン管) (A) の評価結果について

ドレン系統配管 (第 6 高圧ヒータドレン管) (A) の応力値が、PLM30 (応力比 0.62) から PLM40 (応力比 0.76 (FEM)) と増加していることについて、その要因を検討した。検討結果は以下のとおり。

①アズビルト調査によるサポートモデルの精緻化

アズビルト調査を踏まえて、評価部位（ヘッダー部分岐部）の形状を下記のとおり見直し、モデル化要領（応力係数）を変更した評価を行っている。

PLM30：ティーとして評価→応力係数 

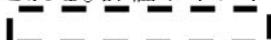
PLM40：管台として評価→応力係数 

そのため、アズビルト調査によるサポートモデルの精緻化については、PLM30 に比べて PLM40 の方が発生応力が大きくなる影響を及ぼすと考えられる。

（添付5 (6/6) 参照）

②レベルによる適用震度の違い

耐震評価の実施に際し、設置位置に則した震度を適用したため、発生応力や最大応力点に影響が出ていると考えられる。評価ポイントにおける適用震度（階数）は下記のとおり。

PLM30：適用震度 

PLM40：適用震度 

そのため、レベルによる適用震度の違いについては、PLM30 に比べて PLM40 の方が発生応力が小さくなる影響を及ぼすと考えられる。

③その他

上記①②以外の影響はほとんどないと考えられる。

④まとめ

以上より、①の要因による増加分が②による減少分を上回っており、そのため、PLM40 での評価結果が PLM30 に比べて厳しいものとなったことと推定される。

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。

ドレン系統配管 (第6 高圧給水加熱器ドレン管 (A) (常用))

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－30 rev3

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		
	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

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。

<<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。

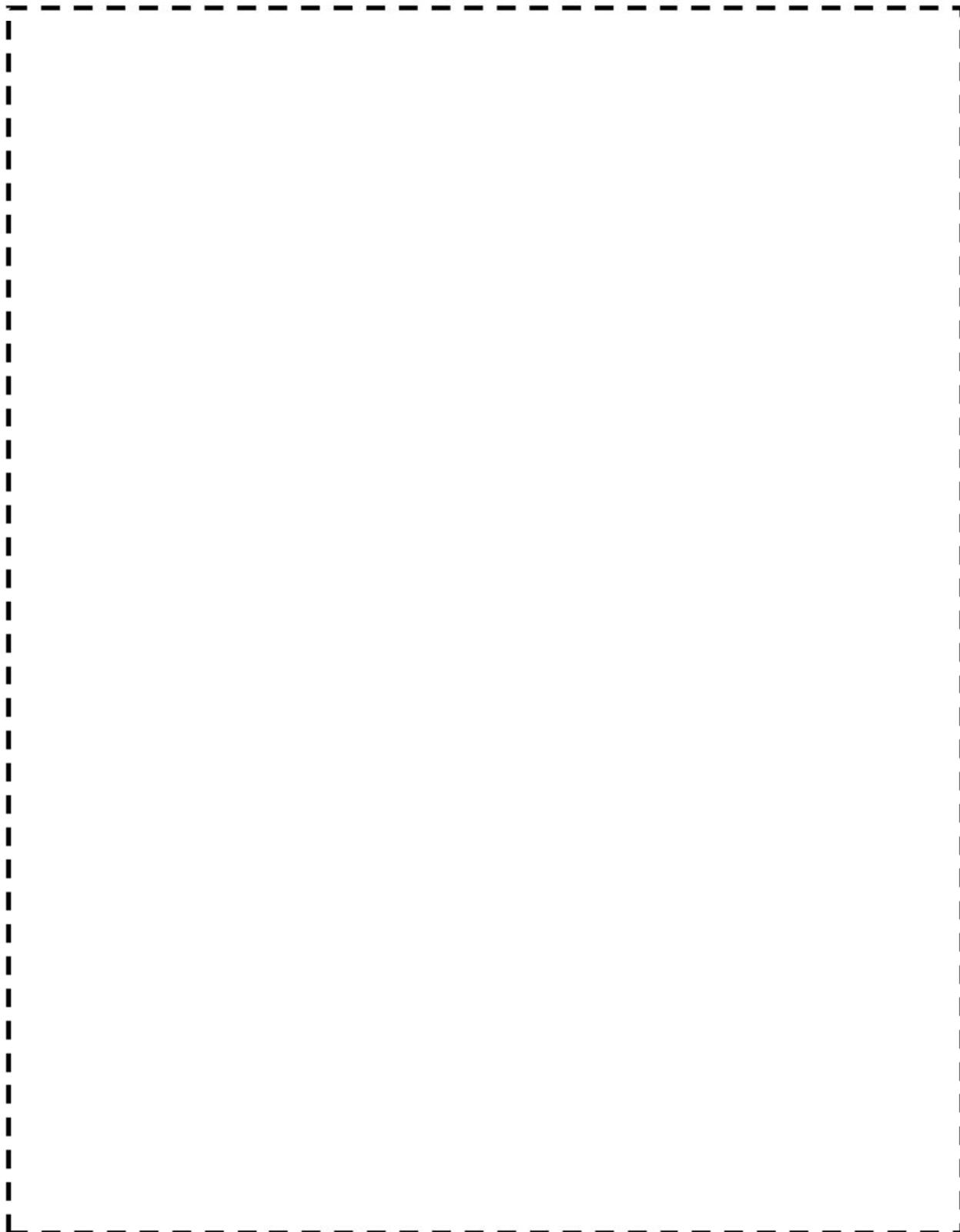


図1 評価部位

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。

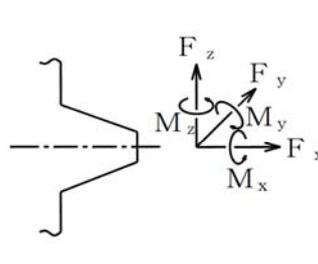
<<入力(荷重)条件>>

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。

<<評価方法>>

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)

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

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

$$K_T : \text{応力集中係数(引張)}$$

$$K_B : \text{応力集中係数(曲げ)}$$

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

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

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

<<評価結果>>

1. 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。

2. また、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。

$$\begin{aligned}
 r_o &: \text{給水入口管台外半径} = \text{ } \text{mm} \\
 r_i &: \text{給水入口管台内半径} = \text{ } \text{mm} \\
 L &: \text{モーメントアーム} = \text{ } \text{mm} \\
 A &: \text{断面積} = \pi (r_o^2 - r_i^2) = \text{ } \text{mm}^2 \\
 I &: \text{断面二次モーメント} = (\pi/4)(r_o^4 - r_i^4) = \text{ } \text{mm}^4 \\
 F_x &: 95 \times 10^3 \text{ N} \\
 F_y &: 121 \times 10^3 \text{ N} \\
 M_x &: 55 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 M_y' &: (M_y + F_z \times L) = (613 \times 10^6 + 252 \times 10^3 \times \text{ }) = \text{ } \text{N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

(1) 一次+二次応力評価

一次+二次応力強さの変動幅は、次に示すとおり。

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

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

$$S_0: \text{一次+二次応力強さ} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau^2} = \text{ } \text{MPa}$$

$$S_n: \text{一次+二次応力強さの変動幅} = 2S_0 = \text{ } \text{MPa} > \text{許容値} 3S_m = \text{ } \text{MPa}$$

(2) 疲労評価

(a) 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。

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

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

$$K_T: \text{引張応力集中係数} = \text{ } \text{MPa}$$

$$K_B: \text{曲げ応力集中係数} = \text{ } \text{MPa}$$

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

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

(b) 繰返しピーク応力強さは以下のとおり。

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

$$K_e: \text{割増し係数} = \text{ } \text{ (JSME S NC1-2005/2007 PVB-3315より)}$$

(c) 疲労累積係数は以下のとおり。

繰返しピーク応力強さ S_1 より地震時応力 (JSME S NC1-2005/2007 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、

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

これより、許容繰返し回数 = 310 となる。従って、評価繰返し回数 = 200 回における

疲労累積係数は、 S_s 地震時の疲労累積係数 = $\frac{200}{310} = 0.646$ 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。

<<評価結果のまとめ>>

まず、Ss地震における評価結果を表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 rev4

<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="397 831 1423 1326"> <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>1.90×10^5</td> <td>1.90×10^5</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"> ・750gal（1波） ・750galを超える断層波（21波） ・750galを超える鳥取県西部地震（1波[2ケース]） ・750galを超える留萌地震620gal（1波） <p>また、地震繰返し回数はSs：200回、Sd：300回としている。</p> <p>ループ応答解析により算出した主給水配管の荷重条件を表2に示す。</p> <p style="text-align: center;">表2 主給水配管の荷重条件</p> <table border="1" data-bbox="501 1906 1294 2078"> <thead> <tr> <th rowspan="2">地震動</th> <th colspan="3">モーメント [N・mm]</th> </tr> <tr> <th>Mx</th> <th>My</th> <th>Mz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ss^{*1}</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sd</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：Ss-3による算出結果</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	1.90×10^5	1.90×10^5	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	地震動	モーメント [N・mm]			Mx	My	Mz	Ss ^{*1}				Sd			
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	1.90×10^5	1.90×10^5																																																	
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																																																	
地震動	モーメント [N・mm]																																																			
	Mx	My	Mz																																																	
Ss ^{*1}																																																				
Sd																																																				

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。

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。

表3 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*2	自重及び地震	合計	許容値	ねじり	許容値	地震	許容値
Ss*1	38.8	248.2	288	462	7	112	816	462
Sd	38.8	120.8	160	346	4	84	382	462

*1 : Ss-3 による評価結果

単位:MPa

*2 : 圧力の算出は、以下のとおり。

$$S=B1 \cdot P \cdot D0 / (2 \cdot t) = 38.8 \text{ (MPa)}$$

ここで、

B1 =  (応力係数)

P = 8.17 (MPa) (負荷喪失時の圧力)

D0 = 406.4 (mm) (管の外径)

t = 21.4 (mm) (管の厚さ)

(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

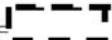
$$Sp = (K_2 \cdot C_2 \cdot M) / Z = 897 \text{ (MPa)}$$

繰返しピーク応力強さ

$$S1 = (Ke \cdot Sp / 2) \times (2.07 \times 10^5) / E = 932 \text{ (MPa)}$$

ここで、

Ke =  (割増し係数)

C2 =  (応力係数)

K2 =  (応力係数)

M =  (N・mm) (モーメント、解析により算出)

Z = 2367401 (mm³) (配管の断面係数)

E = 1.90 × 10⁵ (MPa) (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4に示す。

表4 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(2.07×10⁵/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

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

繰返しピーク応力強さ

$$S_1 = (S_p / 2) \times (2.07 \times 10^5) / E = 229 \text{ (MPa)}$$

ここで

K_2 (応力係数)

C_2 (応力係数)

M (N・mm) (モーメント、解析により算出)

$Z=2367401 \text{ (mm}^3\text{)}$ (配管の断面係数)

$E=1.90 \times 10^5 \text{ (MPa)}$ (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5に示す。

表5 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

※Sd 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6及び表7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6 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

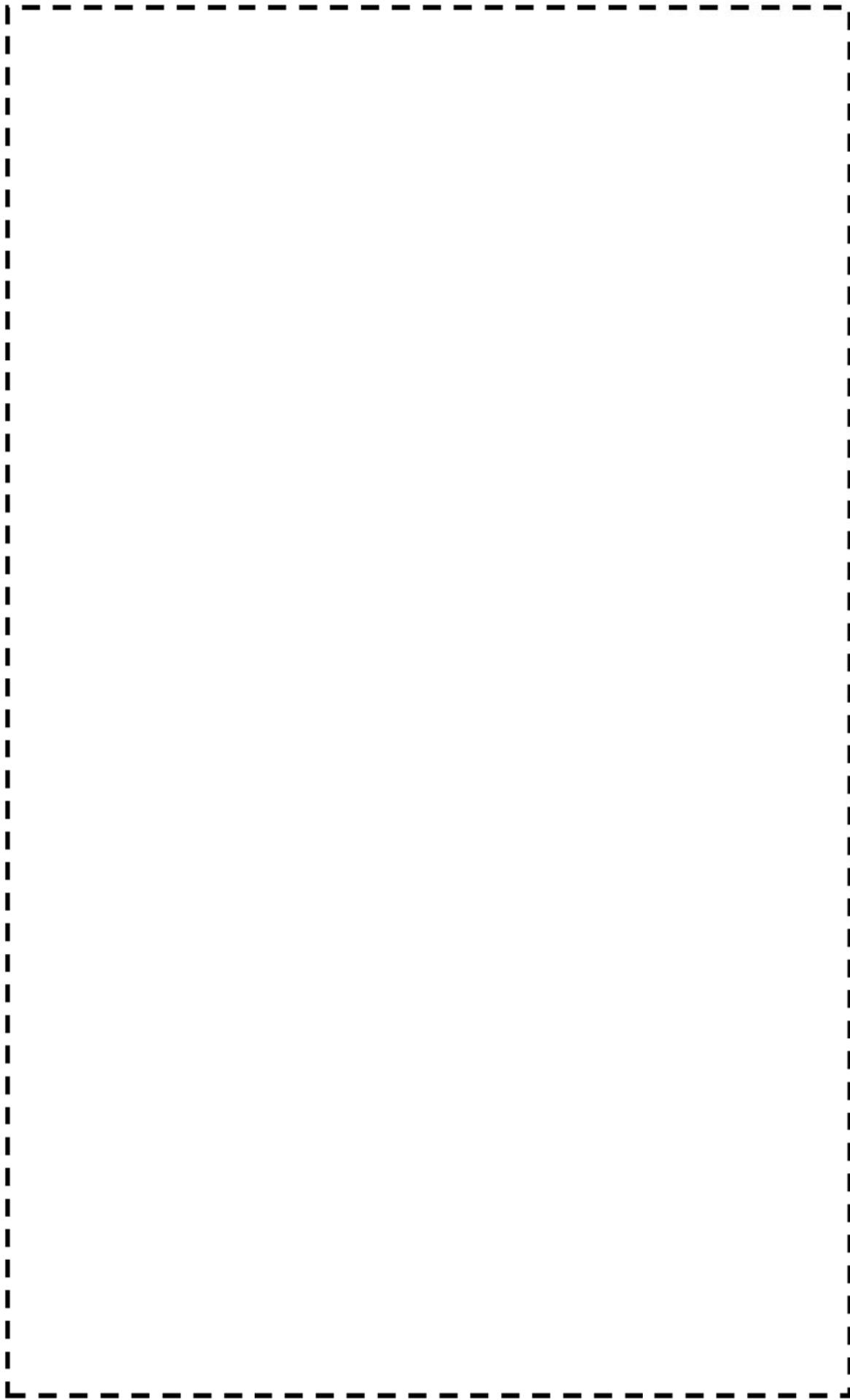
節点番号	通常運転時	Ss 地震時	合計
7500	0.209	0.725	0.934

表7 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

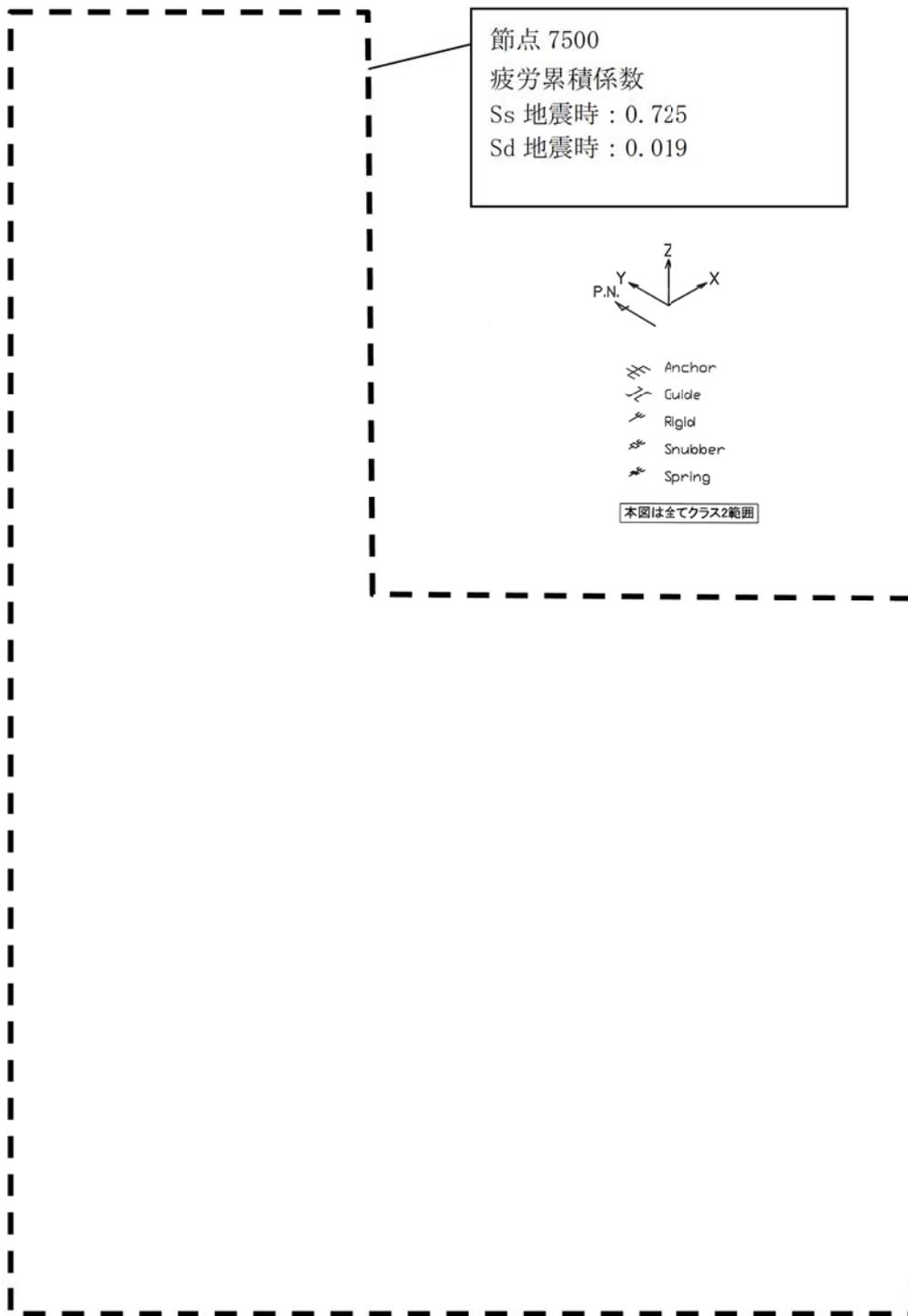
以上

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 Rev3

<p>タイトル</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。
<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 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、施設の概要を添付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^{※1}）… c ※1：海水ポンプ室浸水防止蓋および海水管トレンチ浸水防止蓋。 屋外ポンプエリア止水壁… d 水密扉^{※2}… e ※2：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^{※3}：潮位計（海水ポンプ室）… f ※3：津波監視カメラ（原子炉格納容器、海水ポンプ室）、潮位計（防潮堤）については、耐津波安全性評価対象外。</p> <p>2. 想定される劣化事象^{※4}</p> <p>(1) コンクリート構造物（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"> ・中性化 …① ・塩分浸透 …② <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"> ・アルカリ骨材反応 …③ ・凍結融解 …④ ・耐火能力低下 …⑤ <p>(2) 鉄骨構造物（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"> ・腐食 …⑥（a, d, e） ・風などによる疲労 …⑦ <p>(3) 計測制御設備（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>

- 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)
- ・樹脂の劣化 (ケミカルアンカ) …⑧
 - ・腐食 (支持構造物) …⑨

※4: 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
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	下記 1)～2)を除く経年劣化事象	○	i	高経年化対策上着目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	○
高経年化対策上着目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)	—	③④⑤⑦⑧		—

△: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)
 ▲: 高経年化対策上着目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: 高経年化対策上着目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
 ×: 高経年化対策上着目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

浸水防護施設の概要

