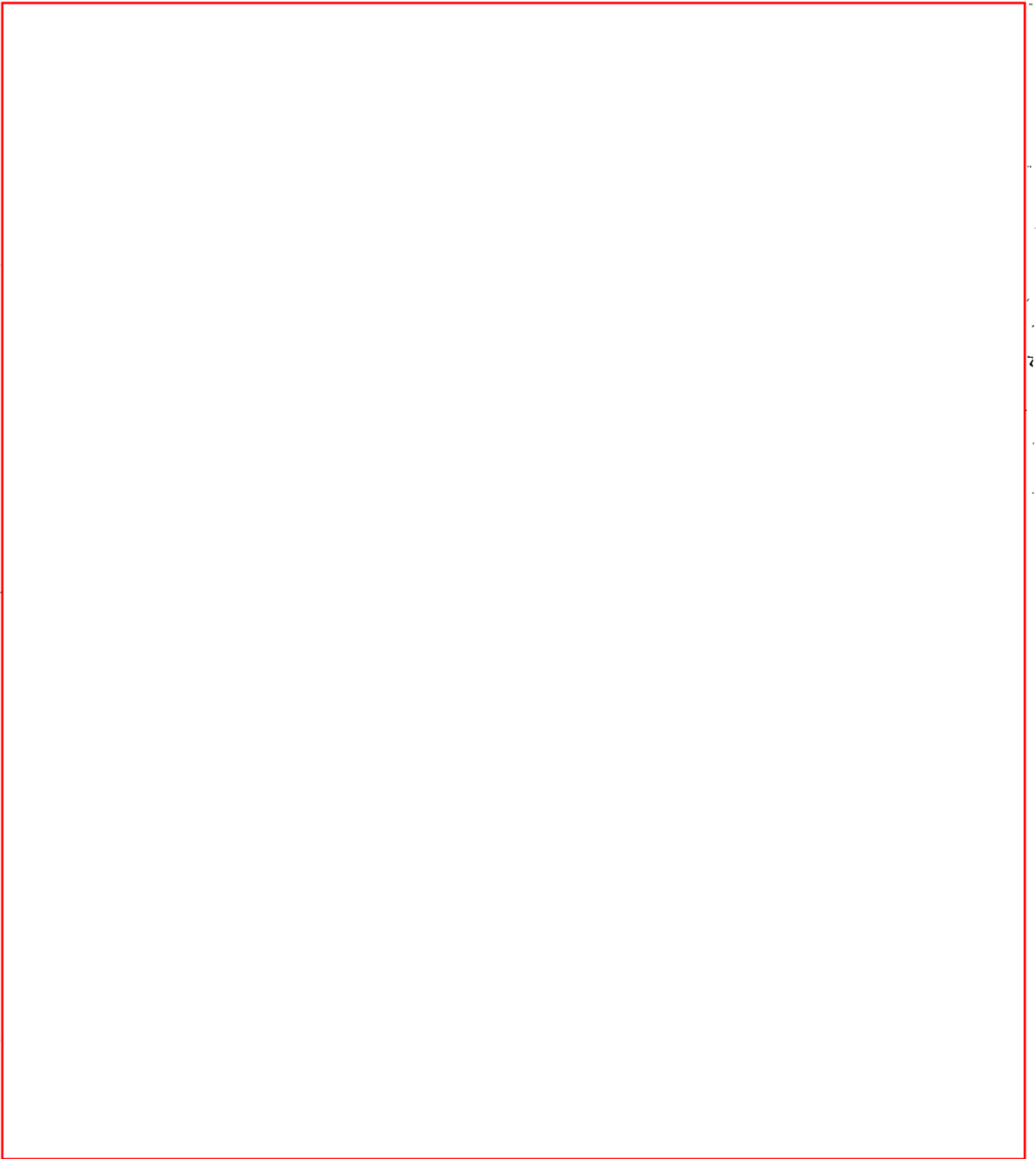


No.	2F4-IASCC10_Rev. 1	分類：機械設備（制御棒）
タイトル	熱中性子照射量により定めた運用基準の内容，並びに制御棒の取替運用基準である $1.5 \times 10^{21}$ n/cm <sup>2</sup> （熱中性子）到達時の高速中性子照射量について	
説明	<p>ボロン・カーバイド型制御棒の取替基準（運用基準）は、「照射に伴う制御材 <sup>10</sup>B の減損（<sup>10</sup>B の流出も考慮）により相対価値が 10%減少したときの核的寿命」と「<sup>10</sup>B の (n, α) 反応により生成された He ガスによる制御材被覆管内圧上昇の観点から決まる機械的寿命」から決めていたが，IASCC による制御材被覆管のひびから <sup>10</sup>B の流出が確認されたため（当社では過去 1F で発生），これを抑制するため上述の寿命に達する前の <math>1.5 \times 10^{21}</math> n/cm<sup>2</sup>としている。</p> <p>制御棒の累積照射量は，熱中性子の累積照射量を計算しており，高速中性子の照射量については計算していないが，炉心内の平均中性子束から算出した高速中性子束と熱中性子束の比率は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速中性子束/熱中性子束 約 3.4</li> <li>・高速中性子束 約 <math>1.2 \times 10^{14}</math> cm<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup> （出典：工認）</li> <li>・熱中性子束 約 <math>3.5 \times 10^{13}</math> cm<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup> （出典：工認）</li> </ul> <p>制御棒が挿入されるチャンネルボックス外側の領域は沸騰のない減速材のみの領域であることから，高速中性子束と熱中性子束の比率は炉心平均値よりも低くなると考えられるが，現状の取替基準である <math>1.5 \times 10^{21}</math> n/cm<sup>2</sup>（熱中性子照射量）は，IASCC の感受性に影響が現れる <math>5.0 \times 10^{20}</math> n/cm<sup>2</sup>（高速中性子照射量）を超える照射量であると評価している。</p> <p>しかしながら，これまでの使用実績や点検結果から制御棒の制御能力及び動作性に影響する IASCC は確認されておらず，このことから今後も現状保全を継続していくことで制御棒の健全性を確認できると考える。</p> <p><b>【添付資料】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2F4-IASCC10-①：1 F 炉水中トリチウム濃度</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	



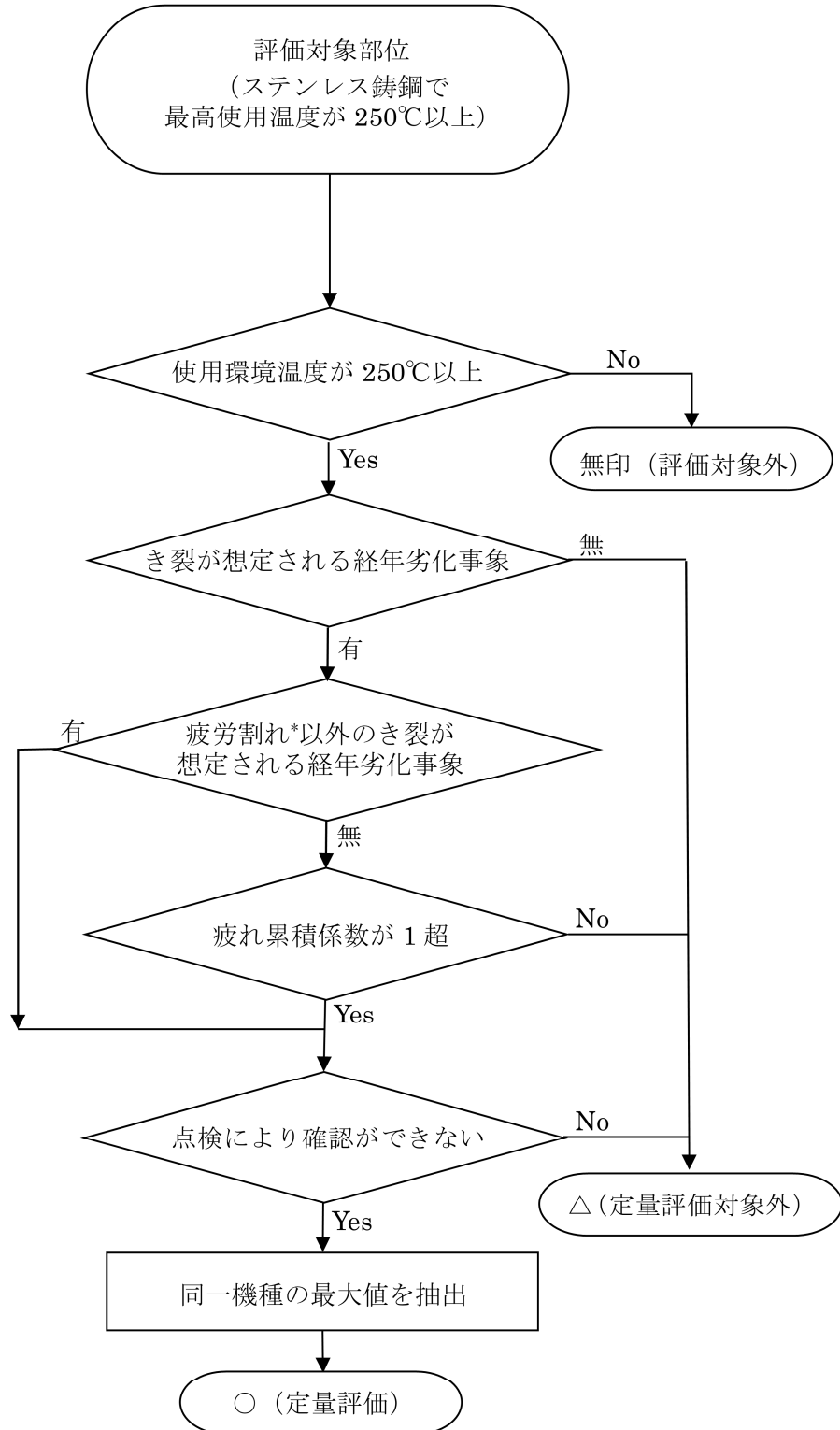
No.	2F4-IASCC12_Rev. 1	分類：機械設備（制御棒）
タイトル	<p>ボロン・カーバイド型制御棒の被覆管，タイロッド，上部ハンドルのローラ取付部及びハンドル-シース溶接部に IASCC が発生しても制御棒の機能上問題とならない理由とその根拠について</p>	
説明	<p>福島第二3号炉において発見されたボロン・カーバイド型制御棒の上部ハンドルのローラ取付部近傍及び上部ハンドルーシース溶接部近傍の IASCC と推定されるひびは，局所的なひびであり，主要部品は問題ないことから制御棒の機能上問題とならない。</p> <p>また，定期検査毎に実施している以下の試験，検査において制御棒の機能に影響を及ぼしていないことを確認している。</p> <p>① 停止余裕検査において，最大値を有する制御棒を全引抜きし，原子炉は未臨界であることを確認することにより，制御棒の制御能力に影響を及ぼしていないことを確認している。</p> <p>② 制御棒駆動機構機能検査及び制御棒駆動機構摩擦測定試験において，制御棒の挿入，引抜き速度の確認及び駆動水圧の差圧を測定することにより，制御棒の動作性に影響を及ぼしていないことを確認している。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	2F4-IASCC13_Rev. 1	分類：機械設備（制御棒）
タイトル	現時点における制御棒の健全性及び冷温停止中における IASCC の発生・進展の可能性の評価内容について	
説明	<p>現時点における制御棒の中性子照射量（熱中性子）は、最大で約 <math>1.2 \times 10^{21} \text{n/cm}^2</math> であり、IASCC の感受性に影響が現れる <math>5.0 \times 10^{20} \text{n/cm}^2</math> を超えるものの、これまでの使用実績や点検結果から制御棒の制御能力及び動作性は良好である。</p> <p>また、震災後の制御棒の健全性確認において、照射量の高いものを含む 4 本の制御棒の外観点検を行い、異常のないことを確認していることから、IASCC の発生の可能性は小さいと評価する。</p> <p>当面の冷温停止期間中において制御棒は、高速中性子照射をほとんど受けることはなく、ステンレス鋼の照射劣化が進行する状態ではないため、有意な IASCC の進展の可能性も小さいと評価する。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 1_Rev. 2	分類：共通
タイトル	ステンレス鋳鋼製機器における熱時効劣化評価対象部品の抽出プロセスについて	
説明	<p>社内マニュアル「高経年化技術評価マニュアル」を準拠し評価書を作成している。</p> <p>熱時効の評価対象部位については、作成された評価書より、各設備の表 1-1 グループ化及び代表機器の選定表にある最高使用温度が 250 ℃以上の機器を抽出し、それらの機器について、各設備の表 2. 1-1 主要部位の使用材料表よりステンレス鋳鋼の部品を抽出し「評価対象部位」とした。</p> <p>なお、非常用ディーゼル機関の過給器（ノズル）は、ステンレス鋳鋼製であり高温環境の部材であるが、「日本原子力学会標準原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」表 F. 4-実施時期を定めた劣化傾向評価が必要な経年劣化事象の抽出結果（2 相ステンレス鋼の熱時効）において、対象機器は原子炉冷却材バウンダリ、炉心支持構造物を想定していること、点検が容易で一式取替が可能であり、かつ過去に不具合が無いこと、及び運転時間が 30 分／月程度と比較的短いことから、評価対象外とした。</p> <p>評価対象部位からの定量評価対象機器の抽出については、「日本原子力学会標準原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」C. 5（2 相ステンレス鋼の熱時効）C. 5. 2（評価対象）を元に作成した添付資料①熱時効のスクリーニングフローより抽出し、抽出された対象部位に対し評価を行った。その評価結果を添付資料②に示す。</p> <p>本スクリーニングフローにおける亀裂の想定有無については「日本原子力学会標準原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」C. 5（2 相ステンレス鋼の熱時効）C. 5. 2（評価対象）において「亀裂の原因となる経年劣化事象の発生が想定される。」と規定されていることから、経年劣化事象による亀裂（応力腐食割れ、低サイクル疲労割れ）が想定される否かについて検討を行っている。なお、亀裂の想定が不要とする主な理由は下記の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ステンレス鋳鋼においては、フェライト相が応力腐食割れの感受性を持たないため、応力腐食割れの発生が抑制される。また、溶接等による鋭敏化が起こりにくく、応力腐食割れ発生の可能性は無い（引用元：BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン 社団法人 火力原子力発電技術協会）。</li> </ul>	

No.	2F4-2相ステンレス鋼の熱時効 1_Rev.2	分類：共通
<p>説 明 (続 き)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低サイクル疲労割れについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける機器について、建設時に工事計画認可にて定量評価を実施しており、PLM においても定量評価を実施し、許容値を満たすことを確認している。それ以外の機器・部位については、工事計画認可時の評価対象ではなく、疲労評価上、有意な温度差・圧力差が生じないことから、低サイクル疲労割れの発生の可能性は小さい。</li> <li>・負荷荷重・応力が小さいことから、亀裂の発生・進展の可能性が小さい。</li> <li>・熱時効の評価対象部位について、過去に応力腐食割れ及び低サイクル疲労割れに起因する不具合事例がない。</li> </ul> <p>また、対象機器の一部については定期的な目視点検または浸透探傷検査を実施し、亀裂が無いことを確認している。</p> <p>内在欠陥に対する確認として、<b>プラントの起動・停止時等に伴い温度・圧力変化に伴い大きな応力を受ける原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出入口弁については、告示 501 号に従い使用前検査として放射線透過試験についても実施しており</b>、JIS G 0581 により許容条件を満足していることを確認している。</p> <p>また、告示 501 号にて放射線透過試験の検査要求の無い機器の一部についても、使用前に放射線透過検査または浸透探傷検査を実施することで機器の健全性を確認している。</p> <p>各機器の検査実績等については、「2F-4-2相ステンレス鋼の熱時効-3,4」を参照のこと。</p> <p><b>【添付資料】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2F4-熱時効 1-①：熱時効スクリーニングフロー</li> <li>・2F4-熱時効 1-②_Rev.2：2F4 熱時効の劣化評価に関する評価対象部位の抽出結果一覧</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

熱時効スクリーニングフロー



\*：低サイクル疲労割れ

表 2 F 4 熱時効の劣化評価に関する評価対象部位の抽出結果一覧

評価書分類	対象機器	対象部位	評価*1	最高使用温度℃	使用環境温度℃	き裂が想定される経年劣化事象	疲労割れ以外	累積疲労係数	備考
ターボポンプ	原子炉冷却材浄化系再循環ポンプ	羽根車	△	302		無し	—	—	
		ケーシング	△	302		無し	—	—	
		リアカバー	×	302		—	—	—	40℃程度のバージ水と接液しているため250℃未満
仕切弁	原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出口弁 B35-M0-F002A/B	弁箱	△	302		疲労割れ	無し	1以下	
		弁ふた	△	302		無し	—	—	
		弁体	△	302		無し	—	—	
	原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁 (代表以外) B35-M0-F001A/B	弁箱, 弁ふた, 弁体	△	302		疲労割れ	無し	—	累積疲労係数については、代表機器と同様の形状及び環境条件であることから、疲労割れ発生の可能性は十分に小さい。
	残留熱除去系停止時冷却ライン入口弁 (代表以外) E12-F023A/B	弁箱, 弁ふた, 弁体	△	302		無し	—	—	
	残留熱除去系注入元弁 (停止時冷却ライン) (代表以外) E12-F030A/B	弁箱, 弁ふた, 弁体	△	302		無し	—	—	
玉型弁	原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン 原子炉冷却材浄化系入口弁 G33-M0-F001	弁箱	△	302		疲労割れ	無し	1以下	
		弁ふた	△	302	無し	—	—		
炉内構造物	燃料支持金具	中央燃料支持金具	△	302	無し	—	—		
	制御棒案内管	ベース	△	302	無し	—	—		
機械設備	制御棒	落下速度リミッタ	△	302	無し	—	—		
	制御棒駆動機構	コレットピストン, コレットリテナチューブ	×	302	—	—	—	66℃以下の冷却水流路に設置されているため250℃未満	
	非常用ディーゼル機関本体	過給機 (ノズル)	△	常温**2	—	—	—	**2:当該部の温度は約500℃	

   内は商業機密に属しますので公開できません

\*1: 熱時効スクリーニングフローによるスクリーニング結果を下記の通り記載

○: 定量評価, △: 定量評価対象外, ×: 評価対象外



No.	2F4-2相ステンレス鋼の熱時効 2_Rev. 2	分類：共通
タイトル	ステンレス鋳鋼製機器の熱時効劣化評価対象部品の使用温度，フェライト量及び作用応力について	
説明	<p>ステンレス鋳鋼製機器の熱時効劣化評価対象部品の使用温度，フェライト量及び作用応力について以下に示す。なお，各部位のフェライト量については ASTM A800 に基づき材料成績表より算出した。</p> <p>(1) 原子炉冷却材浄化系再循環ポンプの羽根車及びケーシング</p> <p>① 使用温度（最高使用温度）：<input type="text"/>℃（<input type="text"/>℃）再循環ポンプ吸込温度</p> <p>② フェライト量</p> <p>A 号機ケーシング：<input type="text"/>%</p> <p>A 号機羽根車：<input type="text"/>%</p> <p>B 号機ケーシング：<input type="text"/>%</p> <p>B 号機羽根車：<input type="text"/>%</p> <p>③ 発生応力：－</p> <p>(2) 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出口弁（仕切弁）の弁箱，弁ふた，弁体</p> <p>① 使用温度（最高使用温度）：<input type="text"/>℃（<input type="text"/>℃）再循環ポンプ吸込温度</p> <p>② フェライト量</p> <p>A 号機 弁箱／弁ふた／弁体：<input type="text"/>%／<input type="text"/>%／<input type="text"/>%</p> <p>B 号機 弁箱／弁ふた／弁体：<input type="text"/>%／<input type="text"/>%／<input type="text"/>%</p> <p>③ 発生応力：<input type="text"/>MPa（内訳：一次応力＋二次応力（<input type="text"/>）＋地震 Ss による応力（<input type="text"/>） （添付資料-①：PLR ポンプ出口弁配管における計算必要厚さの最大値の組合せにより算出）</p> <p>④ 累積疲労係数：<input type="text"/> 添付資料-②</p> <p>(3) 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁（仕切弁，代表弁以外）の弁箱，弁ふた，弁体</p> <p>① 使用温度（最高使用温度）：<input type="text"/>℃（<input type="text"/>℃）再循環ポンプ吸込温度</p> <p>② フェライト量</p> <p>A 号機 弁箱／弁ふた／弁体：<input type="text"/>%／<input type="text"/>%／<input type="text"/>%</p> <p>B 号機 弁箱／弁ふた／弁体：<input type="text"/>%／<input type="text"/>%／<input type="text"/>%</p> <p>③ 発生応力：<input type="text"/>MPa（内訳：一次応力＋二次応力（<input type="text"/>）＋地震 Ss による応力（<input type="text"/>） （添付資料-①：PLR ポンプ入口弁配管における計算必要厚さの最大値の組合せにより算出）</p> <p>④ 累積疲労係数：代表機器と同様の形状及び環境条件であることから，疲労割れ発生の可能性は十分に小さい。</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 2_Rev. 2	分類：共通
説明 (続 き)	<p>(4) 原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁            (玉型弁) の弁箱, 弁ふた</p> <p>① 使用温度 (最高使用温度) : <input type="text"/> °C ( <input type="text"/> °C ) 再循環ポンプ吸込温度</p> <p>② フェライト量            弁箱/弁ふた : <input type="text"/> % / <input type="text"/> %</p> <p>③ 発生応力 : <input type="text"/> MPa (内訳 : 一次応力 + 二次応力 ( <input type="text"/> ) + 地震 Ss による応力 ( <input type="text"/> )            (添付資料-① : CUW 当該弁の出入口配管における計算必要厚さの最大値の組合せにより算出)</p> <p>④ 累積疲労係数 : <input type="text"/> 添付資料-②</p> <p>(5) 残留熱除去系停止時冷却ライン入口弁 (仕切弁, 代表弁以外) の弁箱, 弁ふた,            弁体</p> <p>① 使用温度 (最高使用温度) : <input type="text"/> °C ( <input type="text"/> °C ) 再循環ポンプ吸込温度</p> <p>② フェライト量            A 号機 弁箱/弁ふた/弁体 : <input type="text"/> % / <input type="text"/> % / <input type="text"/> %            B 号機 弁箱/弁ふた/弁体 : <input type="text"/> % / <input type="text"/> % / <input type="text"/> %</p> <p>③ 発生応力 : <input type="text"/> MPa (内訳 : 一次応力 + 二次応力 ( <input type="text"/> ) + 地震 Ss による応力 ( <input type="text"/> )            (添付資料-① : PLR 当該弁の出入口配管における計算必要厚さの最大値の組合せにより算出)</p> <p>(6) 残留熱除去系注入元弁 (停止時冷却ライン) (仕切弁, 代表弁以外) の弁箱,            弁ふた, 弁体</p> <p>① 使用温度 (最高使用温度) : <input type="text"/> °C ( <input type="text"/> °C ) 再循環ポンプ吸込温度</p> <p>② フェライト量            A 号機 弁箱/弁ふた/弁体 : <input type="text"/> % / <input type="text"/> % / <input type="text"/> %            B 号機 弁箱/弁ふた/弁体 : <input type="text"/> % / <input type="text"/> % / <input type="text"/> %</p> <p>③ 発生応力 : <input type="text"/> MPa (内訳 : 一次応力 + 二次応力 ( <input type="text"/> ) + 地震 Ss による応力 ( <input type="text"/> )            (添付資料-① : PLR 当該弁の出入口配管における計算必要厚さの最大値の組合せにより算出)</p> <p>(7) 炉内構造物の中央燃料支持金具, 制御棒案内管 (ベース)</p> <p>① 使用温度 (最高使用温度) : <input type="text"/> °C ( <input type="text"/> °C ) 炉内構造物の設計温度</p> <p>② フェライト量            中央燃料支持金具 : <input type="text"/> % ~ <input type="text"/> %            制御棒案内管 (ベース) : <input type="text"/> % ~ <input type="text"/> %</p> <p>③ 発生応力 : -</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-2相ステンレス鋼の熱時効 2_Rev. 2	分類：共通
<p>説明 (続 き)</p>	<p>(8) 制御棒の落下速度リミッタ</p> <p>① 使用温度 (最高使用温度) : <input type="text"/> °C ( <input type="text"/> °C ) 炉内構造物の設計温度</p> <p>② フェライト量 制御棒の落下速度リミッタ : <input type="text"/> % ~ <input type="text"/> %</p> <p>③ 発生応力 : -</p> <p><del>(9) 非常用ディーゼル機関本体の過給機 (ノズル)</del></p> <p><del>① 使用温度 (最高使用温度) : 約 <input type="text"/> °C ( <input type="text"/> °C 以下 )</del> 定期検査の検査記録 (過給機 排気ガス温度平均)</p> <p><del>② フェライト量 (JIS 規格の上限値と下限値より算出)</del> <del>過給機 (ノズル) : <input type="text"/> % ~ <input type="text"/> %</del></p> <p><del>③ 発生応力 : -</del></p> <p><b>【添付資料】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2F4-熱時効 2-① : 応力評価結果一覧表</li> <li>・ 2F4-熱時効 2-② : 累積疲労係数評価結果一覧表</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

系統名称	機器分類	機器番号	評価点	共用状態	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)			疲労評価	備考			
					一次応力	許容応力	一次+二次応力	地震(Ss)による一次+二次応力	許容応力	疲れ累積係数				
原子炉再循環系	弁	MO-F001A (入口弁)		(A, B)						-	吸込側			
				Cs						-		-		
				Ds						-		-		
	弁	MO-F002A (出口弁)		(A, B)						-		-	-	吸込側
				Cs						-		-		
				Ds						-		-		
原子炉冷却材浄化系	弁	MO-F001	(A, B)	-	-	吸込側								
			Cs	-	-									
			Ds	-	-									
	弁	MO-F001	(A, B)	-	-		吐出側							
			Cs	-	-									
			Ds	-	-									
残留熱除去系	弁	F023A	(A, B)	-	-	RHR側								
			Cs	-	-									
			Ds	-	-									
	弁	F030A	(A, B)	-	-		RHR側							
			Cs	-	-									
			Ds	-	-									

\* 1: 評価書記載の最大評価点のみ表示

\* 2: 太字部補足説明資料記載箇所

内は商業機密に属しますので公開できません

## 累積疲労係数評価結果一覧

評価書 大分類	評価書 小分類	評価対象	評価手法	環境疲労評価手法 に基づく疲れ 累積係数	地震動による 疲れ累積係数 (Ss地震動)	合計 (許容値1以下)
弁	仕切弁	原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出口弁		0.068	0.000	0.068
弁	玉型弁	原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁		0.793	0.001	0.794

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
タイトル	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象とした部品の現状保全の具体的内容及び製造時の検査内容について	
説明	<p>高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象とした部品</p> <p>1. 原子炉冷却材浄化系再循環ポンプ（インペラ，ケーシング）</p> <p>(1) 製造時の検査内容</p> <p>母材部（溶接部該当なし）</p> <p>a. 材料検査（インペラ，ケーシング） 判定基準：JIS 規格による 判定結果：合格</p> <p>b. 放射線透過試験（ケーシング） 判定基準：JIS G 0581 判定結果：合格</p> <p>c. 浸透探傷検査（インペラ，ケーシング） 判定基準：メーカー社内規定による 判定結果：合格</p> <p>(2) 現状保全の内容</p> <p>母材部（溶接部該当なし）</p> <p>a. 外観点検（インペラ，ケーシング） 判定基準：表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのある傷，割れ，変形，腐食，浸食がないこと。（社内基準：定期事業者検査要領書） 判定結果：合格</p> <p>b. 浸透探傷検査（インペラ） 判定基準：JSME 設計・建設規格による 判定結果：合格</p> <p>(3) 検査頻度 安定停止維持状態：255 M（1 M = 1 ヶ月） 運転中：51 M</p> <p>(4) 過去の補修・取替実績 実績無</p>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
説明 (続 き)	<p>(5) 供用期間中検査            着目すべき劣化事象ではない原子炉冷却材浄化系再循環ポンプは供用期間中検査の検査対象機器ではない。</p> <p>2. 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁 (弁箱, 弁ふた, 弁体)</p> <p>(1) 製造時の検査内容            母材部 (溶接部該当なし)</p> <p>a. 材料検査 (弁箱, 弁ふた, 弁体)            判定基準：JIS 規格による            判定結果：合格</p> <p>b. 放射線透過試験 (弁箱 (開先部含む), 弁ふた, 弁体)            判定基準：JIS G 0581 (弁箱, 弁ふた, 弁体)                              : JIS Z 3106 (弁箱開先部)            判定結果：合格</p> <p>c. 浸透探傷検査 (弁箱, 弁ふた, 弁体)            判定基準：告示 501 号による            判定結果：合格</p> <p>d. 寸法・外観検査 (弁箱, 弁ふた, 弁体)            判定基準：メーカー社内規定            判定結果：合格</p> <p>e. 浸透探傷検査及び寸法検査 (弁箱突合わせ溶接開先部)            判定基準：メーカー社内規定による            判定結果：合格</p> <p>(2) 現状保全の内容            母材部 (弁箱, 弁ふた, 弁体)            溶接部 (弁ふたバックシート部)</p> <p>a. 外観点検 (弁箱, 弁ふた, 弁体)            判定基準：表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのある傷, 割れ, 変形, 腐食, 浸食がないこと。(社内基準：定期事業者検査要領書)            判定結果：合格</p> <p>b. 浸透探傷検査 (弁体, 弁ふたバックシート部)            判定基準：JIS 規格, JSME 設計・建設規格, 溶接規格, 告示 501 号, 電気工作物の溶接の技術基準の解釈による            判定結果：合格</p> <p>(3) 検査頻度            安定停止維持状態：長期保管設備 (対象外)            運転中：10 定検毎</p>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
説明 (続 き)	<p>(4) 過去の補修・取替実績</p> <p>実績有：弁体（点検時の擦り合わせにより，弁体の落ち込みが確認されたため取替を行った）</p> <p>：弁ふた（ボンネットバックシートに割れが確認されたためバックシートの取替を行った）</p> <p>(5) 供用期間中検査</p> <p>供用期間中検査については，適用規格が日本電気協会規定 JEAC4205（ランダムサンプリング方式）から日本機械学会 維持規格 JSME S NA1（定点サンプリング方式）となり現在は，定点サンプリング方式として実施している。定点サンプリング機器選定時に過去の損傷発生部位を優先し選定することとしていたが，損傷発生部位はなく定点の意図から至近の検査機器を定点サンプリング対象機器としている。</p> <p>a. 検査方法：JSME S NA1</p> <p>b. 検査範囲：B-M-2 弁本体の内表面</p> <p>c. 判定基準：VT-3</p> <p>d. 判定結果：合格</p> <p>原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁と出口弁は同型であり，出口弁を点検対象としている。また，供用期間中検査で弁の検査範囲は弁箱，弁ふたである。</p> <p><b>【現状の定点サンプリングで点検対象の機器】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁（代表以外） B35-M0-F001B</li> <li>・原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁 G33-M0-F001</li> <li>・残留熱除去系停止時冷却ライン入口弁（代表以外） E12-F023B</li> <li>・残留熱除去系停止時冷却注入元弁（代表以外） E12-F030B</li> </ul> <p><b>【過去にランダムサンプリングで点検を実施した機器】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁（代表以外） B35-M0-F001A</li> <li>・原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出口弁 B35-M0-F002B</li> <li>・残留熱除去系停止時冷却ライン入口弁（代表以外） E12-F023A</li> <li>・残留熱除去系注入元弁（停止時冷却ライン）（代表以外） E12-F030A</li> </ul>	



No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
<p>説 明 (続 き)</p>	<p>3. 残留熱除去系停止時冷却ライン入口弁（弁箱，弁ふた，弁体）</p> <p>(1) 製造時の検査内容</p> <p>母材部（溶接部該当なし）</p> <p>a. 材料検査（弁箱，弁ふた，弁体） 判定基準：JIS 規格による 判定結果：合格</p> <p>b. 放射線透過試験（弁箱（開先部含む），弁ふた，弁体） 判定基準：JIS G 0581（弁箱，弁ふた，弁体） ： JIS Z 3104（弁箱開先部） 判定結果：合格</p> <p>c. 浸透探傷検査（弁箱，弁ふた，弁体） 判定基準：告示 501 号による 判定結果：合格</p> <p>d. 耐圧・漏えい試験（弁箱） 判定基準：メーカー社内規定による 判定結果：合格</p> <p>e. 浸透探傷検査及び寸法検査（弁箱溶接開先部） 判定基準：メーカー社内規定による 判定結果：合格</p> <p>(2) 現状保全の内容</p> <p>母材部（弁箱，弁ふた，弁体） 溶接部（弁ふたバックシート部）</p> <p>a. 外観点検（弁箱，弁ふた，弁体） 判定基準：表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのある傷，割れ，変形， 腐食，浸食がないこと。（社内基準：定期事業者検査要領書） 判定結果：合格</p> <p>b. 浸透探傷検査（弁体，弁ふたバックシート部） 判定基準：JIS 規格，JSME 設計・建設規格，溶接規格 判定結果：合格</p> <p>(3) 検査頻度 安定停止維持状態：なし（弁の状態を監視し，異常を検知した場合に実施） 運転中：10 定検毎</p> <p>(4) 過去の補修・取替実績 実績無</p>	

No.	2F4-2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev.2	分類：共通
<p>説明 (続 き)</p>	<p>(5) 供用期間中検査 「2. 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁（弁箱，弁ふた，弁体）」(5) 供用期間中検査 参照</p> <p>4. 残留熱除去系注入元弁（停止時冷却ライン）（弁箱，弁ふた，弁体）</p> <p>(1) 製造時の検査内容 母材部（溶接部該当なし）</p> <p>a. 材料検査（弁箱，弁ふた，弁体） 判定基準：JIS 規格による 判定結果：合格</p> <p>b. 放射線透過試験（弁箱（開先部含む），弁ふた，弁体） 判定基準：JIS G 0581-1968（弁箱，弁ふた，弁体） ： JIS Z 3104-1968（弁箱開先部） 判定結果：合格</p> <p>c. 浸透探傷検査（弁箱，弁ふた，弁体） 判定基準：告示 501 号による 判定結果：合格</p> <p>d. 耐圧・漏えい試験（弁箱） 判定基準：メーカー社内規定による 判定結果：合格</p> <p>e. 浸透探傷検査及び寸法検査（弁箱溶接開先部） 判定基準：メーカー社内規定による 判定結果：合格</p> <p>(2) 現状保全の内容 母材部（弁箱，弁ふた，弁体） 溶接部（弁ふたバックシート部）</p> <p>a. 外観点検（弁箱，弁ふた，弁体） 判定基準：表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのある傷，割れ，変形， 腐食，浸食がないこと。（社内基準：定期事業者検査要領書） 判定結果：合格</p> <p>b. 浸透探傷検査（弁体，弁ふたバックシート部） 判定基準：JIS 規格，告示 501 号，電気工作物の溶接の技術基準の解釈に よる。 判定結果：合格</p> <p>(3) 検査頻度 安定停止維持状態：長期保管設備（対象外） 運転中：10 定検毎</p>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
説 明 (続 き)	<p>(4) 過去の補修・取替実績 実績無</p> <p>(5) 供用期間中検査 「2. 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁（弁箱，弁ふた，弁体）」(5) 供用期間中検査 参照</p> <p><del>5. 非常用ディーゼル機関本体（過給機（ノズル））</del></p> <p><del>(1) 現状保全の内容</del>  <del>母材部（溶接部なし）</del>            a. <del>外観点検</del>  <del>判定基準：表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのある傷，割れ，変形，腐食，浸食がないこと。（社内基準：定期事業者検査要領書）</del>  <del>判定結果：合格</del></p> <p><del>(2) 検査頻度</del>  <del>119 M（1 M = 1か月）</del></p> <p><del>(3) 過去の補修・取替実績</del>  <del>実績無</del></p> <p><del>(4) 供用期間中検査</del>  <del>維持規格で要求がある設備ではない非常用ディーゼル機関本体（過給機（ノズル））は供用期間中検査の検査対象機器ではない。</del></p> <p>5. 燃料支持金具（中央燃料支持金具）</p> <p>(1) 製造時の検査内容</p> <p>a. 材料検査 判定基準：JIS 規格による 判定結果：合格</p> <p>b. 寸法・外観検査 判定基準：メーカー社内規定による 判定基準：合格</p> <p>(2) 現状保全の内容 目視試験 判定基準：JSME 維持規格による</p>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
説明 (続 き)	<p>(3) 検査頻度            安定停止維持状態：実施予定なし            (冷温停止状態で炉内における劣化や照射量が有意に進展する状態でないため)            運転中：10年</p> <p>6. 制御棒案内管（ベース）</p> <p>(1) 製造時の検査内容</p> <p>a. 材料検査            判定基準：JIS規格による            判定結果：合格</p> <p>b. 寸法・外観検査            判定基準：メーカー社内規定による            判定結果：合格</p> <p>(2) 現状保全の内容            目視試験            判定基準：JSME 維持規格</p> <p>(3) 検査頻度            安定停止維持状態：実施予定なし            (冷温停止状態で炉内における劣化や照射量が有意に進展する状態でないため)            運転中：10年</p> <p>7. 制御棒（落下速度リミッタ）</p> <p>(1) 製造時の検査内容</p> <p>a. 材料検査            判定基準：JIS規格による            判定結果：合格</p> <p>b. 放射線透過試験            判定基準：製造メーカー社内基準による            判定結果：合格</p> <p>c. 浸透探傷検査            判定基準：製造メーカー社内基準による            判定結果：合格</p>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 4_Rev. 2	分類：共通
<p>説明 (続 き)</p>	<p>(2) 現状保全の内容</p> <p>a. 外観点検 (取出制御棒)</p> <p>判定基準：機器の変形・部品の破損，脱落及び機器表面における異常がないこと。機器表面のひびについては，機器の健全性に影響を及ぼすものがないこと。</p> <p>判定結果：点検実績なし</p> <p>(3) 検査精度</p> <p>安定停止維持状態：長期保管設備 (対象外)</p> <p>運転中：15 EFPY 以上の取出制御棒</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	2F4-2相ステンレス鋼の熱時効5	分類：共通
タイトル	<p>高経年化対策上着目すべき経年劣化事象とした部品について冷温停止状態が維持される場合にステンレス鋳鋼の熱時効に起因する経年劣化事象の発生及び進展が想定されないとする具体的内容について</p>	
説明	<p>ステンレス鋳鋼使用部位に対する熱時効評価及び亀裂の想定が不要とする主な理由については、2F4-2相ステンレス鋼の熱時効1にて評価を行っている。</p> <p>2F4熱時効に関する評価対象として抽出された部位について、冷温停止状態が維持される場合にステンレス鋳鋼の熱時効に起因する経年劣化事象の発生及び進展が想定されない具体的内容を下記に示す。</p> <p>(1) 原子炉冷却材浄化系再循環ポンプのケーシング、羽根車</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ステンレス鋳鋼においては、フェライト相が応力腐食割れの感受性を持たないため応力腐食割れの発生が抑制される。また、溶接等による鋭敏化が起こりにくく、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。（引用元：BWR炉内構造物点検評価ガイドライン 社団法人 火力原子力発電技術協会）</li> <li>・ 原子炉冷却材浄化系循環ポンプについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける機器ではなく、建設時における工事計画認可においても定量評価対象外となっていることから、低サイクル疲労割れの発生の可能性は小さいと考える。</li> <li>・ ケーシングについては目視点検、羽根車については目視点検並びに浸透探傷検査を定期的実施し、亀裂がないことを確認している。</li> </ul> <p>(2) 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出口弁及び原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁の弁箱、弁ふた及び弁体（原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁は除く）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ステンレス鋳鋼においては、フェライト相が応力腐食割れの感受性を持たないため、応力腐食割れの発生が抑制される。また、溶接等による鋭敏化が起こりにくく、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。（引用元：BWR炉内構造物点検評価ガイドライン 社団法人 火力原子力発電技術協会）</li> </ul>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 5	分類：共通
<p>説 明 (続 き)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低サイクル疲労割れについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける弁箱について、PLMにおいても定量評価を実施し、許容値を満たすことを確認している。 また、疲労評価上、弁箱が弁ふた及び弁体よりも厳しいと考えられることから、弁ふた及び弁体（原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁は除く）についても低サイクル疲労割れの発生の可能性は小さいと考える。</li> <li>・ 弁箱は目視点検、弁体（原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁は除く）、弁ふた（バックシート部）は目視点検と浸透探傷検査を定期的実施し、亀裂がないことを確認している。</li> </ul> <p>(3) 原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ入口弁、残留熱除去系停止時冷却ライン入口弁、残留熱除去系注入元弁（停止時冷却ライン）の弁箱、弁ふた及び弁体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ステンレス鋳鋼においては、フェライト相が応力腐食割れの感受性を持たないため、応力腐食割れの発生が抑制される。また、溶接等による鋭敏化が起こりにくく、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。（引用元：BWR炉内構造物点検評価ガイドライン 社団法人 火力原子力発電技術協会）</li> <li>・ 低サイクル疲労割れについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける弁箱として、PLMでは原子炉再循環系原子炉再循環ポンプ出口弁及び原子炉冷却材浄化系原子炉再循環系統ライン原子炉冷却材浄化系入口弁を代表として定量評価を実施し、許容値を満たすことを確認している。また、疲労評価上、弁箱が弁体及び弁ふたよりも厳しいと考えられることから、弁体及び弁ふたについても低サイクル疲労割れの発生の可能性は小さいと考える。</li> <li>・ 弁箱は目視点検、弁体、弁ふた（バックシート部）は目視点検と浸透探傷検査を定期的実施し、亀裂がないことを確認している。</li> </ul>	

No.	2F4- 2相ステンレス鋼の熱時効 5	分類：共通
<p>説明 (続 き)</p>	<p>(4) 炉内構造物における制御棒案内管のベース及び制御棒駆動機構の中央燃料支持金具</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ステンレス鋳鋼においては、フェライト相が応力腐食割れの感受性を持たないため、応力腐食割れの発生が抑制される。また、溶接等による鋭敏化が起こりにくく、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。(引用元：BWR炉内構造物点検評価ガイドライン 社団法人 火力原子力発電技術協会)</li> <li>・ 当該部位に発生する応力は自重が主であり、劣化による亀裂は想定されないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象としている。</li> </ul> <p>(5) 燃料支持金具の落下速度リミッタ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ステンレス鋳鋼においては、フェライト相が応力腐食割れの感受性を持たないため、応力腐食割れの発生が抑制される。(引用元：BWR炉内構造物点検評価ガイドライン 社団法人 火力原子力発電技術協会)</li> <li>・ 当該部位に発生する応力は燃料集合体の自重が主であり、劣化による亀裂は想定されないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象としている。</li> <li>・ 15 EFPY以上の取出制御棒について目視点検を実施することとしている。(現状は点検実績無し)</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	



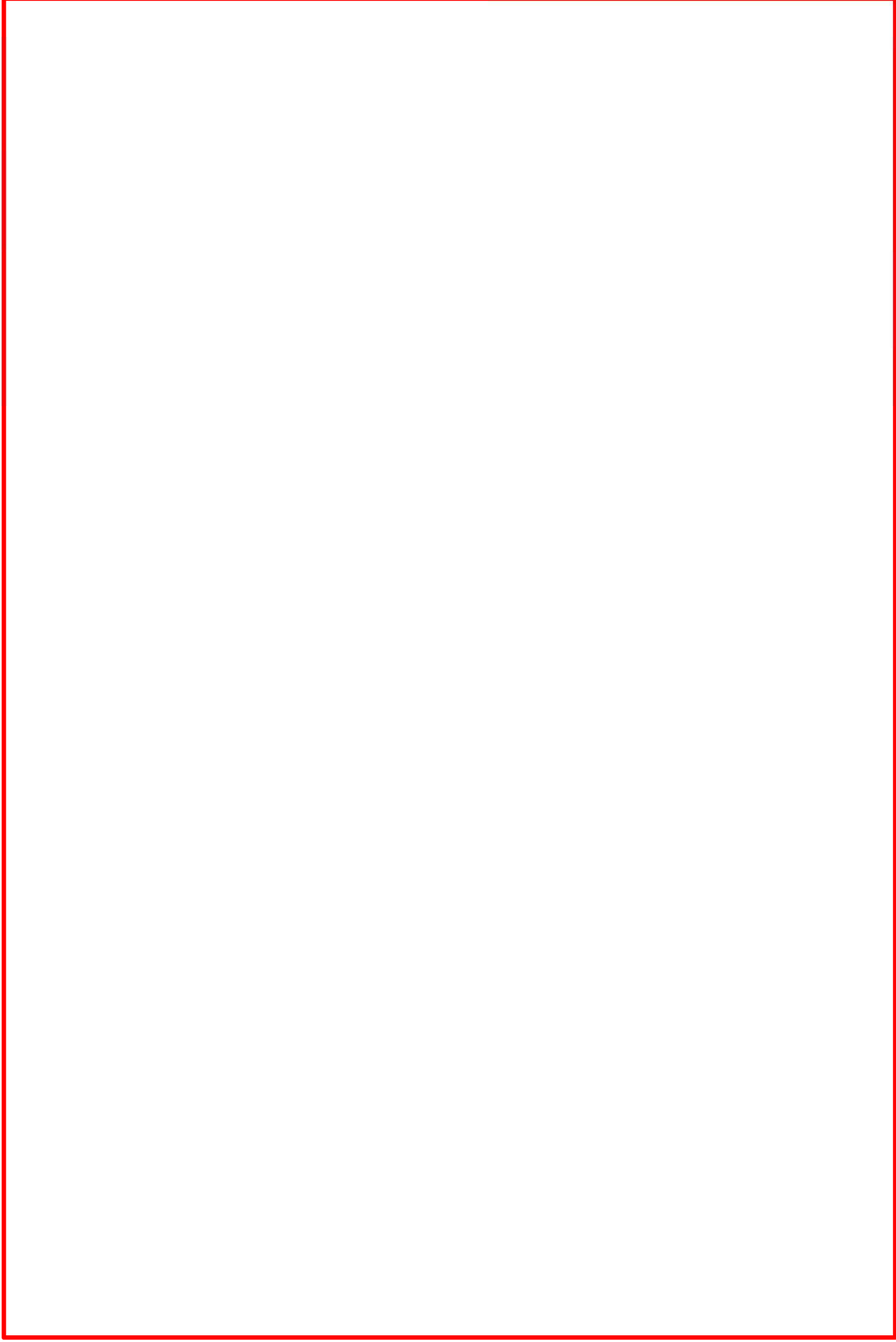
No.	2F4-コンクリート鉄骨 14 [熱 3] _Rev. 1	分類：コンクリート構造物									
タイトル	サプレッションチェンバの水温上昇の影響を受けた部位における温度分布解析の方法、条件、過程及び結果について										
説明	<p>サプレッションチェンバの水温上昇の影響を受けた部位における温度分布解析の方法等について以下に示す。</p> <p>1. 温度分布解析の方法</p> <p>水温上昇の影響を受けた可能性のある部位である基礎マットについて、原子炉格納容器の中心を軸心とした2次元シェル要素でモデル化し、本事象時において計測された温度実測値を用いて非定常伝熱解析を実施した。</p> <p>なお、解析コードは“FINAS (Version 19.0)”を使用した。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>モデル化の範囲は、基礎マット、原子炉ペDESTAL及び中間スラブとした。具体的な対象範囲と解析モデルを添付資料 14-①に示す。</p> <p>(2) 解析用温度条件</p> <p>本事象時において計測された温度実測値を用い、温度トランジェントカーブは RPV スカート基部温度、ドライウエル (D/W) 温度、サプレッションチェンバ (S/C) 温度とし、これを温度分布解析の入力条件とした。</p> <p>添付資料 14-①に温度分布トランジェントカーブを示す。</p> <p>2. 解析結果</p> <p>添付資料 14-②に、代表的な時刻における温度コンター図を示す。</p> <p>また、基礎マットにおける最高温度と 100℃以上となった期間を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="379 1592 1385 1715"> <thead> <tr> <th>場所</th> <th>部位</th> <th>表面の最高温度</th> <th>コンクリート内部で 100℃以上となった期間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>基礎マット</td> <td>上面</td> <td>140 ℃*1</td> <td>3 日程度</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">*1:実測値 (139 ℃) を切り上げた温度</p> <p>3. 評価</p> <p>基礎マットの部材表面は、熱の影響を受けた可能性はあるものの、その期間は短期間であり、既往文献<sup>2</sup>に示される「175 ℃, 7 日間」という条件では強度低下はみられていないことや、コンクリート表面は鋼板で覆われており、水分逸散も生じないと考えられることから、コンクリートの健全性に影響はないと判断する。</p>			場所	部位	表面の最高温度	コンクリート内部で 100℃以上となった期間	基礎マット	上面	140 ℃*1	3 日程度
場所	部位	表面の最高温度	コンクリート内部で 100℃以上となった期間								
基礎マット	上面	140 ℃*1	3 日程度								

No.	2F4-コンクリート鉄骨 14 [熱 3] _Rev. 1	分類：コンクリート構造物
<p>説 明 (続 き)</p>	<p>なお、既往文献*2における、加熱後の圧縮強度と弾性係数の変化について添付資料 14-③に示す。</p> <p>*2:川口徹, 高橋久雄: 高温 (175℃) を受けたコンクリートの強度性状 セメント・コンクリート, No. 449, 1984. 7 長尾覚博, 中根淳: 高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実 験的研究日本建築学会構造系論文集, 第 457 号, 1994. 3</p> <p>【添付資料】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2F4-コンクリート鉄骨 14-①: 温度分布解析モデル・トランジェントカーブ</li> <li>・ 2F4-コンクリート鉄骨 14-②: 温度分布解析結果コンター図</li> <li>・ 2F4-コンクリート鉄骨 14-③: 加熱後のコンクリート圧縮強度と弾性係数の変化</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

トランジェントカーブ

温度分布解析モデル

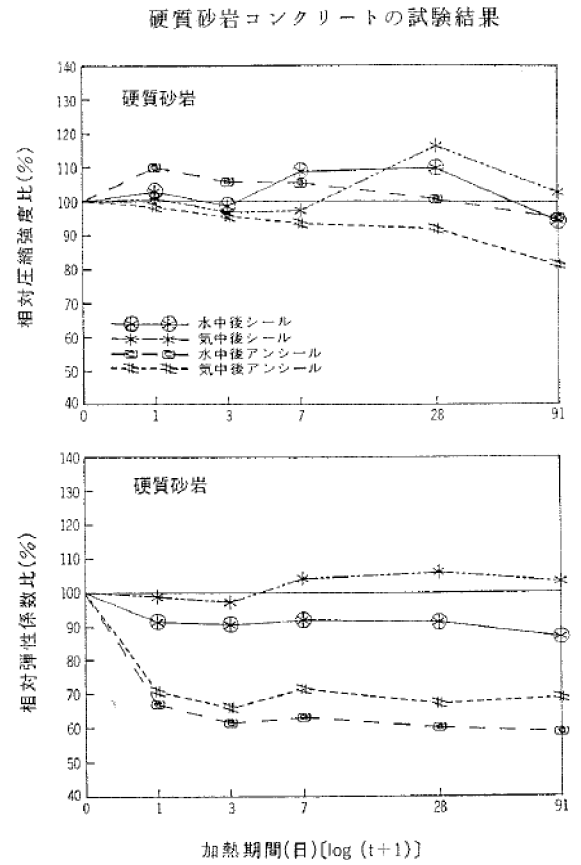
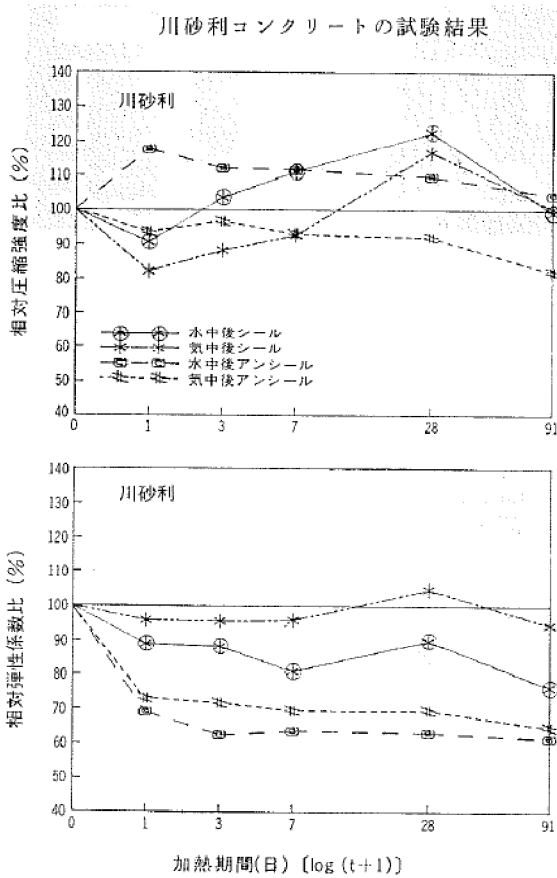
内は商業機密に属しますので公開できません



温度分布解析結果コンタ-図

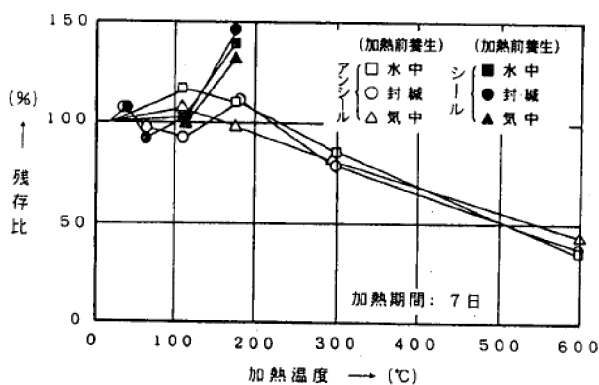


内は商業機密に属しますので公開できません

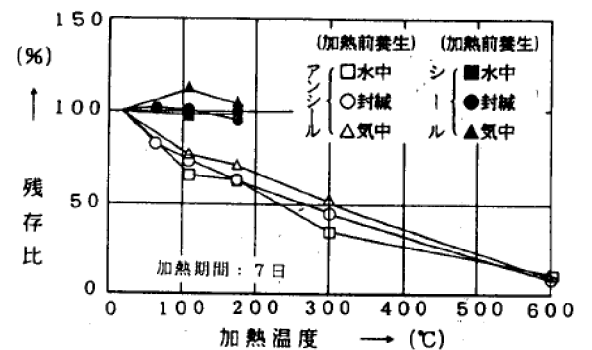


(出典) 川口徹, 高橋久雄: 高温 (175°C) を受けたコンクリートの強度性状  
セメント・コンクリート, No. 449, 1984.7

加熱温度および加熱前養生条件と  
圧縮強度との関係



加熱温度および加熱前養生条件と  
弾性係数との関係

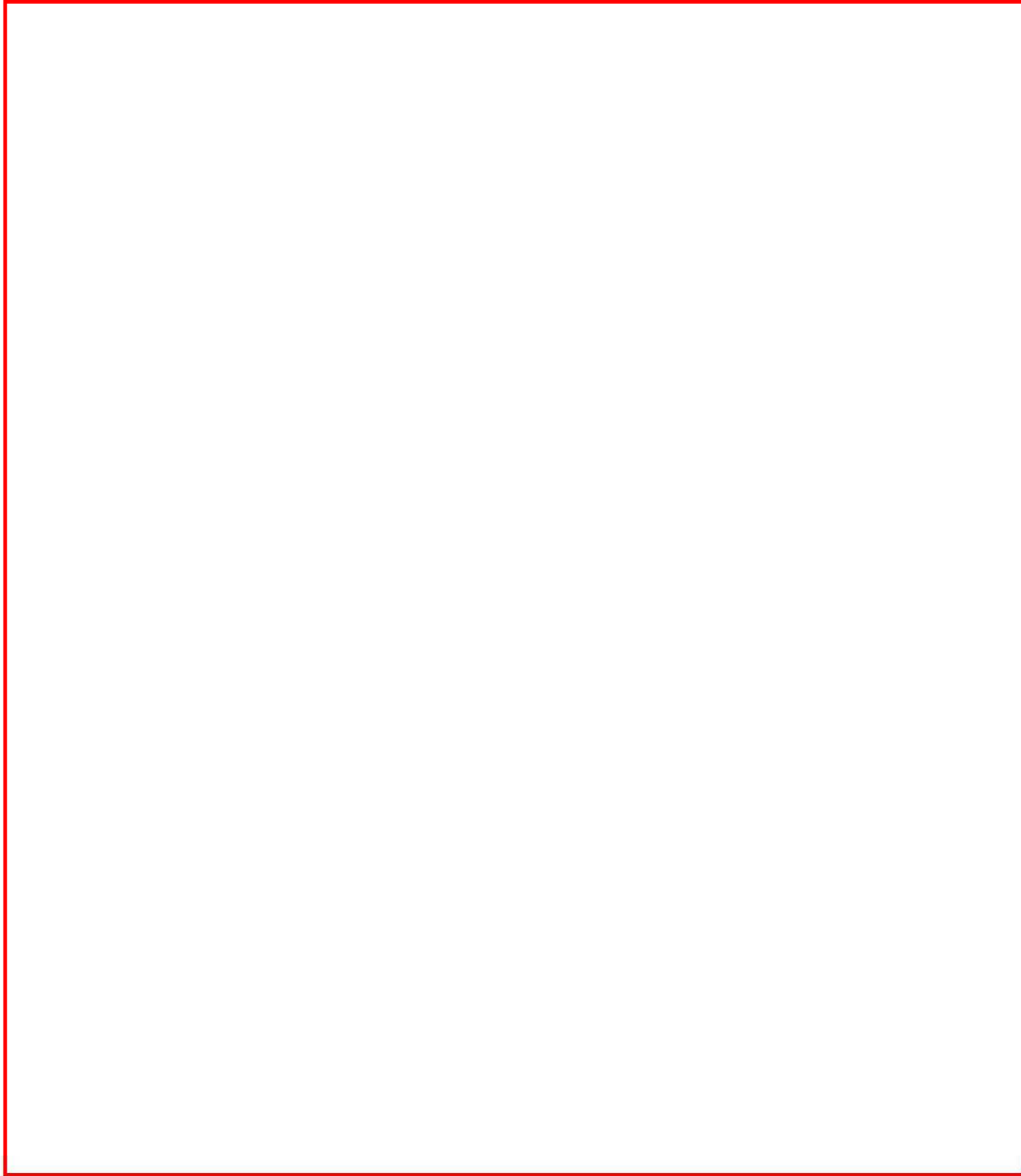














(出典) 長尾覚博, 中根淳: 高温履歴を受けるコンクリートの物性に関する実験的研究  
日本建築学会構造系論文集, 第457号, 1994.3

加熱後のコンクリート圧縮強度と弾性係数の変化

No.	2F4-コンクリート鉄骨 17 [放射線照射 1]	分類：コンクリート構造物
タイトル	放射線照射量の解析方法，条件，過程及び結果について	
説明	<p>1. 解析方法</p> <p>原子炉ペDESTALコンクリート上部の放射線照射量は，原子炉圧力容器周囲（原子炉圧力容器，原子炉ペDESTAL，熱遮へい壁，原子炉格納容器，1次遮へい壁）を評価モデルとして，輸送計算コード DORT（2次元 Sn 法）により，各部における中性子束（<math>E &gt; 0.1\text{MeV}</math>）及びガンマ線線量率を算出し，運転時間を掛けることで中性子，ガンマ線照射量を求めている。</p> <p>DORT コードは，米国のオークリッジ国立研究所で開発された中性子輸送方程式を数値的に解くコードであり，入力パラメーターは以下のとおりである。</p> <div data-bbox="391 1008 1396 1400" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <pre> graph LR     A[① 物性値 (密度, 組成)] --&gt; DORT[DORT コード]     B[② 遮蔽形状] --&gt; DORT     C[③ 線源スペクトル及び線源分布] --&gt; DORT     D[④ 核分裂により発生する中性子スペクトル] --&gt; DORT     DORT --&gt; E[中性子束 (n/cm²/s) ガンマ線線量率 (rad/s)]           </pre> </div> <p>2. 評価条件</p> <p>(1) 評価モデル</p> <p>評価モデルは，2次元 RZ 体系とする。評価モデルを添付資料 17-①に示す。</p> <p>(2) 線源分布</p> <p>線源分布は，固定線源問題として評価を行う。固定線源問題とは，線源となる領域（ここでは炉心燃料部）の線源強度とエネルギースペクトルを設定し，その線源に基づく中性子束，ガンマ線束の分布を評価する手法である。</p> <p>(3) 線源設定</p> <p>線源設定は，2F4 の定格運転時の炉心出力分布形状から設定する。なお，添付資料 17-②の図 1 に示すように線源領域を，軸（鉛直）方向は等間隔 24 節点（ノード），径方向は中心部 1 領域，その周囲に燃料集合体 1 層ずつ 6 領域の合計 7 領域に分割し，線源形状は軸方向（図 2），径方向（図 3）に分布を持つものとする。</p>	

No.	2F4-コンクリート鉄骨 17 [放射線照射 1]	分類：コンクリート構造物									
説明 (続 き)	<p data-bbox="363 324 526 353">3. 解析結果</p> <p data-bbox="363 365 1407 517">原子炉格納容器内における定格運転時の中性子束分布を添付資料 17-③の図 1 に、ガンマ線線量率分布を図 2 に示す。コンクリート躯体部分（原子炉ペデスタル又は 1 次遮へい壁内面）における中性子束，ガンマ線線量率が最大となる部位は，図中に示す通りいずれも原子炉ペデスタル上面であった。</p> <p data-bbox="363 566 695 595">4. 40 年時点における評価</p> <p data-bbox="363 607 1407 759">解析結果により得られた原子炉ペデスタルコンクリート上部における中性子束及びガンマ線線量率に対し，運転開始後 40 年時点における定格負荷運転年数 (EFPY=17.45 年*) を乗じ，原子炉ペデスタルコンクリートが受ける照射量を算出した結果を下表に示す。</p> <p data-bbox="387 770 1337 799">計算過程は，17.45 年=17.45×365×24×3600=550303200 秒より以下の通り。</p> <p data-bbox="387 810 1321 840">中性子照射量：3.49×10<sup>6</sup> (n/cm<sup>2</sup>/s) ×550303200 (s) ≒1.92×10<sup>15</sup> (n/cm<sup>2</sup>)</p> <p data-bbox="387 851 1294 880">ガンマ線照射量：2.32×10<sup>-3</sup> (rad/s) ×550303200 (s) ≒1.28×10<sup>6</sup> (rad)</p> <table border="1" data-bbox="363 927 1401 1055"> <thead> <tr> <th data-bbox="363 927 710 969">項目</th> <th data-bbox="710 927 1054 969">解析結果</th> <th data-bbox="1054 927 1401 969">40 年時点の評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="363 969 710 1012">中性子照射量</td> <td data-bbox="710 969 1054 1012">3.49×10<sup>6</sup> (n/cm<sup>2</sup>/s)</td> <td data-bbox="1054 969 1401 1012">1.92×10<sup>15</sup> (n/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 1012 710 1055">ガンマ線照射量</td> <td data-bbox="710 1012 1054 1055">2.32×10<sup>-3</sup> (rad/s)</td> <td data-bbox="1054 1012 1401 1055">1.28×10<sup>6</sup> (rad)</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="411 1099 1407 1171">*：運転開始後 40 年時点における定格負荷運転年数の予測値は，運開 (S62.8.25) から現時点 (H27.8.25) の 28 年をもとに次の式により算定。</p> <p data-bbox="467 1182 1337 1211">(試運転以降の累積発電機電力量) ÷ (定格電気出力×365 日×24 時間)</p> <p data-bbox="451 1223 1407 1294">40 年時点までは安定停止の維持を継続するため，現時点 (H27.8.25) と同様とする。</p> <p data-bbox="371 1384 512 1413">【添付資料】</p> <ul data-bbox="395 1424 1305 1536" style="list-style-type: none"> <li>・2F4-コンクリート鉄骨 17-①：評価モデル・材質マップ</li> <li>・2F4-コンクリート鉄骨 17-②：線源領域分割イメージ・軸径方向線源分布</li> <li>・2F4-コンクリート鉄骨 17-③：中性子束，ガンマ線線量率束分布図</li> </ul> <p data-bbox="1321 1585 1407 1615" style="text-align: right;">以 上</p>		項目	解析結果	40 年時点の評価	中性子照射量	3.49×10 <sup>6</sup> (n/cm <sup>2</sup> /s)	1.92×10 <sup>15</sup> (n/cm <sup>2</sup> )	ガンマ線照射量	2.32×10 <sup>-3</sup> (rad/s)	1.28×10 <sup>6</sup> (rad)
項目	解析結果	40 年時点の評価									
中性子照射量	3.49×10 <sup>6</sup> (n/cm <sup>2</sup> /s)	1.92×10 <sup>15</sup> (n/cm <sup>2</sup> )									
ガンマ線照射量	2.32×10 <sup>-3</sup> (rad/s)	1.28×10 <sup>6</sup> (rad)									



 圧力容器、格納容器	 ステンレススチール	 CRガレット等	 コアポット	 下部タイプレート等
 炉心 (0%void)	 炉心 (20%void)	 炉心 (40%void)	 炉心 (55%void)	 炉心 (70%void)
 プレーム等	 上部タイプレート	 スチーム等	 ショット	 セパレータ等
 水蒸気	 鉄筋コンクリート	 水	 空気	 コアポット

評価モデル・材質マップ



内は商業機密に属しますので公開できません



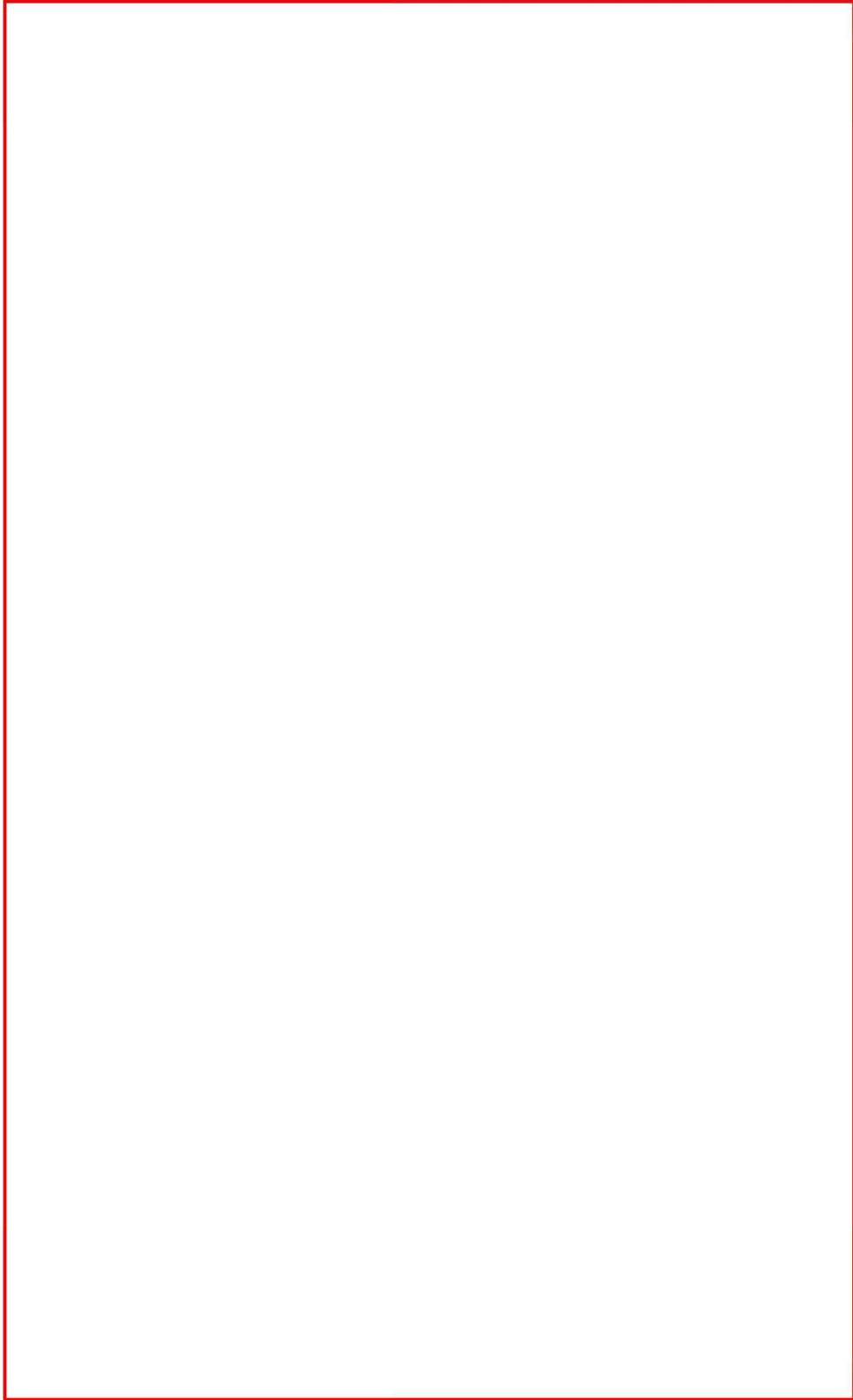


図1 線源領域分割イメージ

 内は商業機密に属しますので公開できません



図2 軸方向線源分布

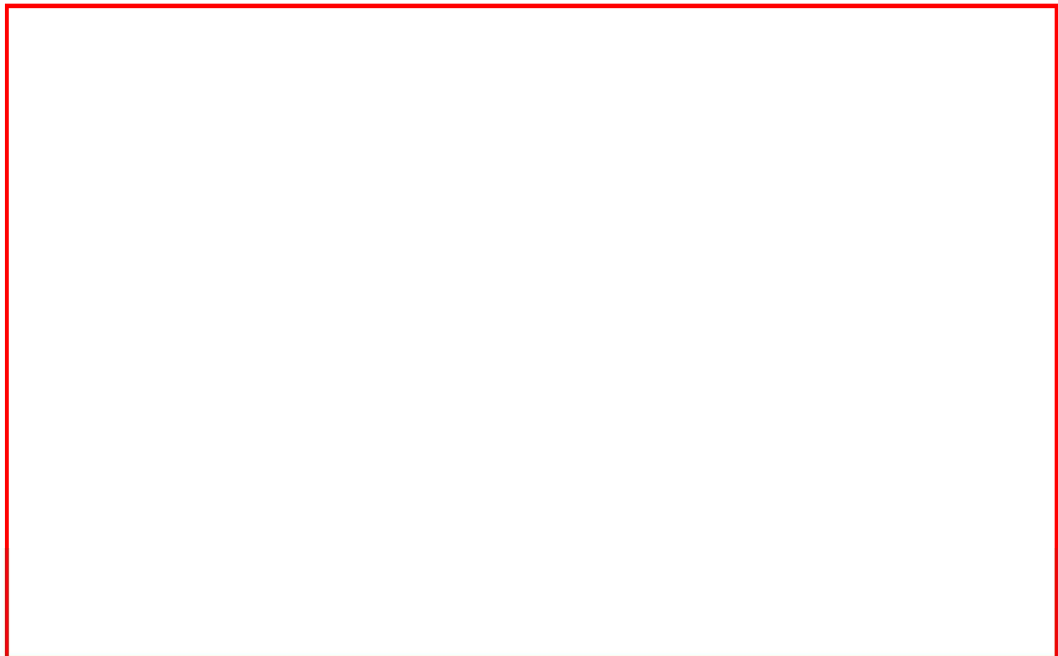


図3 径方向線源分布（平均値）



内は商業機密に属しますので公開できません

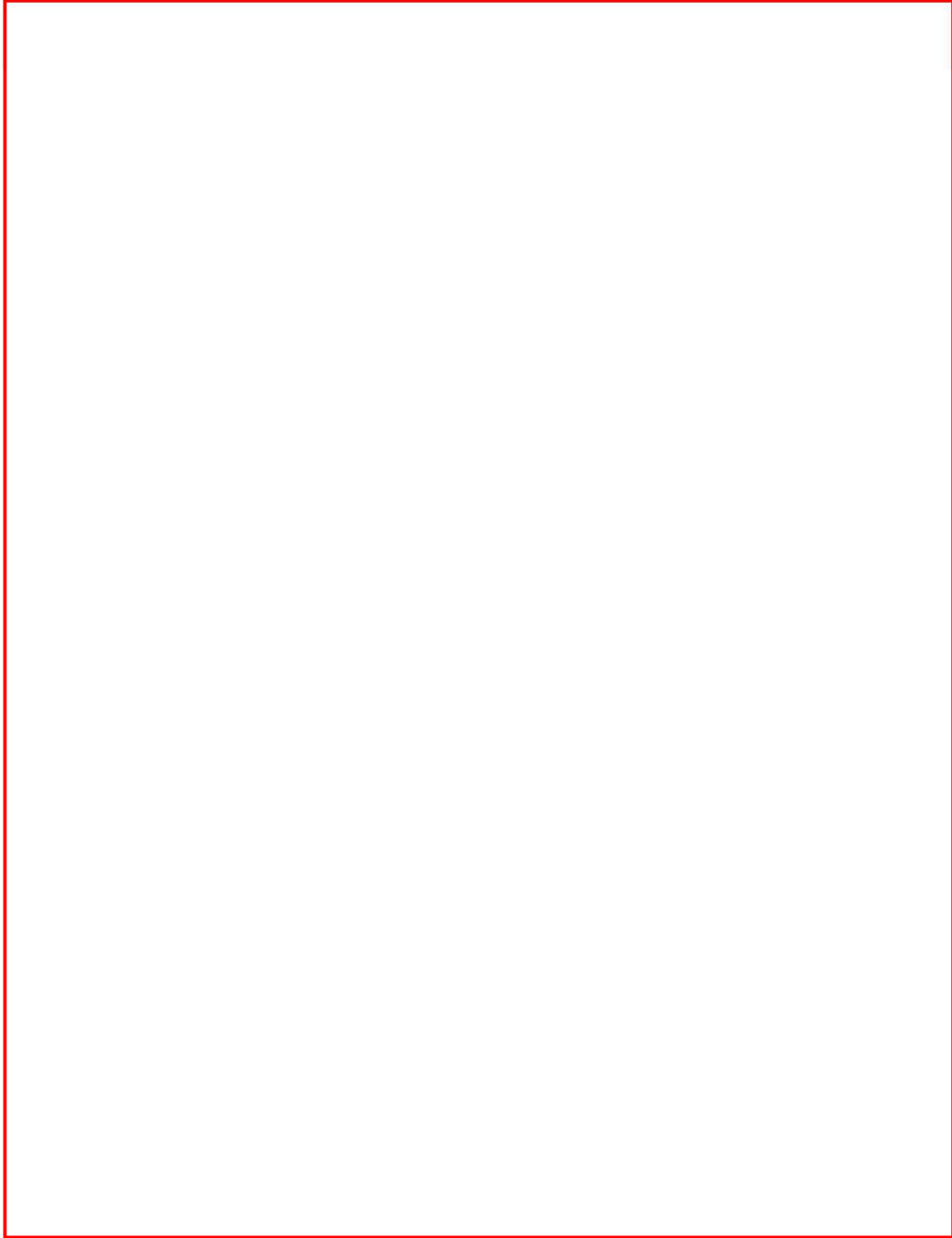


図1 中性子束分布図 ( $n/cm^2/s$ )

 内は商業機密に属しますので公開できません

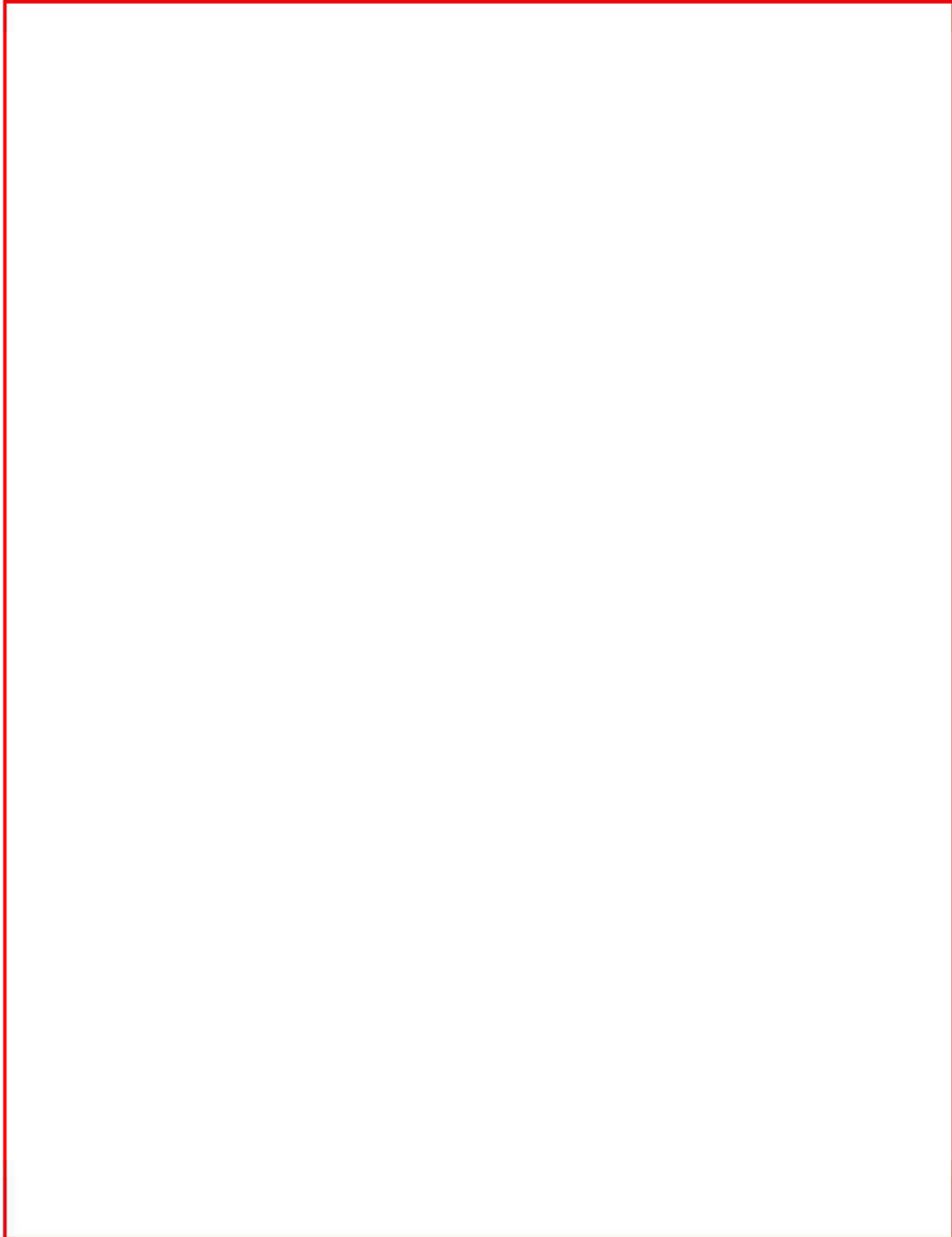


図2 ガンマ線線量率分布図(rad/s)



内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-コンクリート鉄骨 29[熱(遮蔽能力)2]_Rev. 1	分類：コンクリート構造物
タイトル	放射線量の監視方法，判断基準及び結果について	
説明	<p>放射線量の監視方法，判断基準については，「放射線管理基本マニュアル」関連の「放射線管理区域管理業務ガイド」に基づいており，建屋内に設置された放射線監視装置（エリアモニタ）から伝送される計測値を中央操作室において連続監視すると共に，毎日の計測値を記録に取り纏め，傾向監視を行い，判断している。</p> <p>その結果，日常的に監視している放射線量について，異常な兆候は確認されていない。</p> <p>なお，通常時におけるエリアモニタの警報設定値と傾向監視によるアクションレベルについて添付資料 29-①に示す。</p> <p><b>【添付資料】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2F4-コンクリート鉄骨 29-①：エリアモニタ警報設定値・アクションレベル一覧</li> </ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

エリアモニタ警報設定値

単位：mSv/h

測定場所	警報設定値
非管理区域	
通路	
作業エリア	
事故時監視モニタ	
T I P 機器室	

アクションレベル一覧

測定項目	アクションレベル
エリアモニタ	

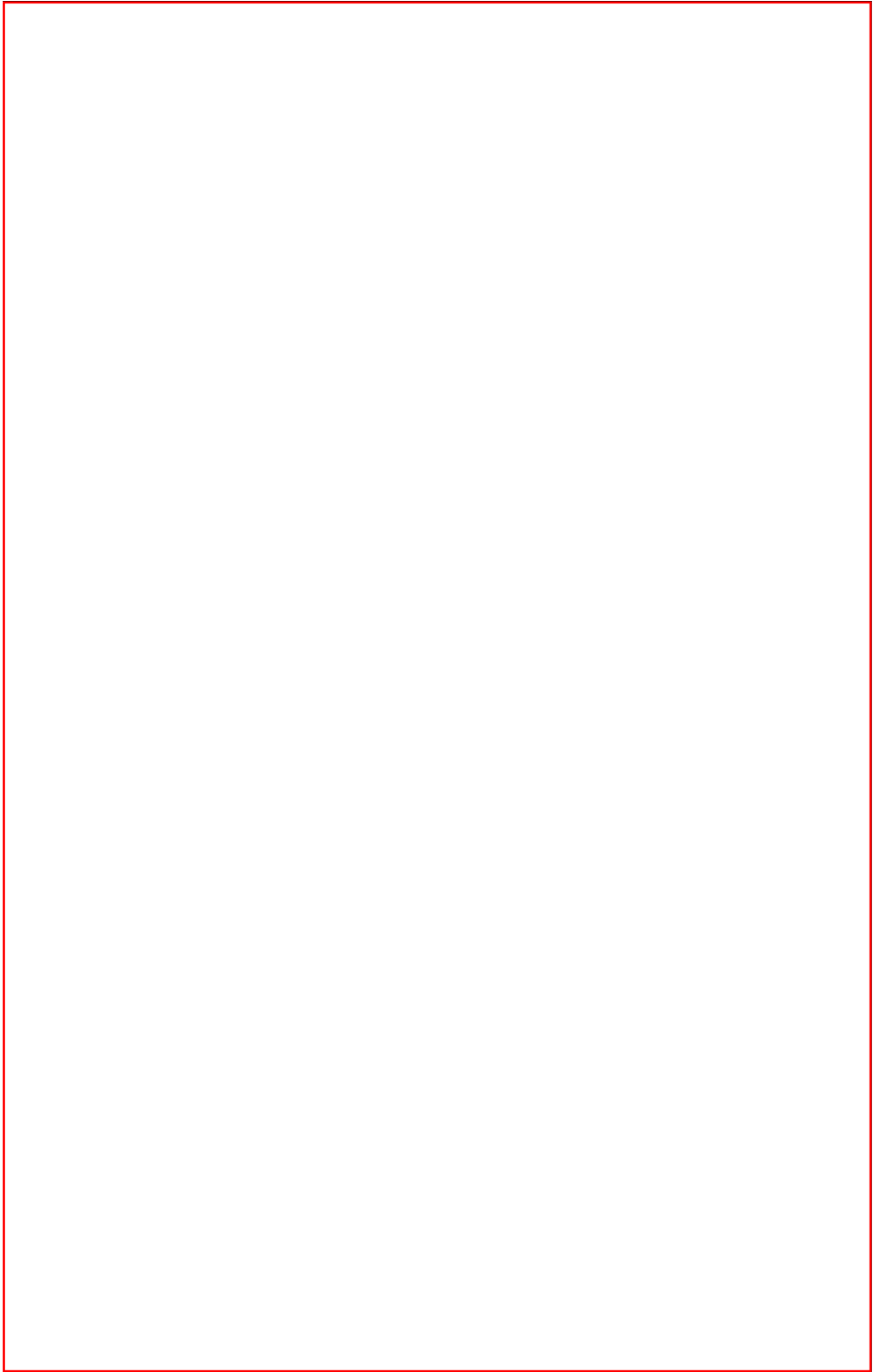
No.	2F4-耐震 6_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（共通）														
タイトル	<p>高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象として、「②現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、運転を断続的に行うことを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられるが、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象」の区分（耐震安全性評価の対象とし、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として扱うもの）を適用しない理由について</p>															
説明	<p>高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象のうち、「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、運転を断続的に行うことを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられるが、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合には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」については▲事象として整理している。</p> <p>これらの事象は、安定停止維持状態においては、プラント通常運転時の起動・停止に伴う熱・圧力過渡、放射線、機械振動等による劣化の発生・進展の要因がなく、劣化の発生・進展が想定されないため、耐震安全性に有意な影響を与えるものではないと判断し、耐震安全性評価の対象外としている。</p> <p>具体的な事象と内容については、以下のとおり。</p> <table border="1" data-bbox="363 1149 1402 1675"> <thead> <tr> <th data-bbox="371 1149 719 1193">経年劣化事象</th> <th data-bbox="727 1149 1394 1193">想定不要の理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="371 1205 719 1261">粒界型応力腐食割れ</td> <td data-bbox="727 1205 1394 1261">安定停止維持状態においては高温状態とならないため</td> </tr> <tr> <td data-bbox="371 1272 719 1350">流れ加速型腐食（エロージョン・コロージョン）</td> <td data-bbox="727 1272 1394 1350">安定停止維持状態においては内部流体の温度・流速が低いため</td> </tr> <tr> <td data-bbox="371 1361 719 1429">配管サポートの機能低下</td> <td data-bbox="727 1361 1394 1429">プラントの起動・停止時の配管熱移動による撓動がなく、使用温度も低いため</td> </tr> <tr> <td data-bbox="371 1440 719 1507">照射スウェリング</td> <td data-bbox="727 1440 1394 1507">安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため</td> </tr> <tr> <td data-bbox="371 1518 719 1585">照射クリープ</td> <td data-bbox="727 1518 1394 1585">安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため</td> </tr> <tr> <td data-bbox="371 1597 719 1664">SRNM 検出器の機械的損傷</td> <td data-bbox="727 1597 1394 1664">安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため</td> </tr> </tbody> </table>		経年劣化事象	想定不要の理由	粒界型応力腐食割れ	安定停止維持状態においては高温状態とならないため	流れ加速型腐食（エロージョン・コロージョン）	安定停止維持状態においては内部流体の温度・流速が低いため	配管サポートの機能低下	プラントの起動・停止時の配管熱移動による撓動がなく、使用温度も低いため	照射スウェリング	安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため	照射クリープ	安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため	SRNM 検出器の機械的損傷	安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため
経年劣化事象	想定不要の理由															
粒界型応力腐食割れ	安定停止維持状態においては高温状態とならないため															
流れ加速型腐食（エロージョン・コロージョン）	安定停止維持状態においては内部流体の温度・流速が低いため															
配管サポートの機能低下	プラントの起動・停止時の配管熱移動による撓動がなく、使用温度も低いため															
照射スウェリング	安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため															
照射クリープ	安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため															
SRNM 検出器の機械的損傷	安定停止維持状態においては有意な中性子照射がないため															


No.	2F4-耐震 6_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（共通）						
説 明  (続 き)	<p>また、前記と同じ事象であるが、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象のうち、「①想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難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」については△事象として整理している。</p> <p>具体的な事象と内容については、以下のとおり。</p>							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="363 611 879 645">経年劣化事象</th> <th data-bbox="887 611 1409 645">想定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="363 656 879 723">粒界型応力腐食割れ</td> <td data-bbox="887 656 1409 723">炉に燃料がある状態で評価していることから高温状態を想定しているため</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 734 879 842">流れ加速型腐食（エロージョン・コロージョン）</td> <td data-bbox="887 734 1409 842">炉に燃料がある状態で評価していることから高温状態を想定及び材質（炭素鋼）により劣化事象を想定しているため</td> </tr> </tbody> </table>		経年劣化事象	想定理由	粒界型応力腐食割れ	炉に燃料がある状態で評価していることから高温状態を想定しているため	流れ加速型腐食（エロージョン・コロージョン）	炉に燃料がある状態で評価していることから高温状態を想定及び材質（炭素鋼）により劣化事象を想定しているため
	経年劣化事象	想定理由						
	粒界型応力腐食割れ	炉に燃料がある状態で評価していることから高温状態を想定しているため						
	流れ加速型腐食（エロージョン・コロージョン）	炉に燃料がある状態で評価していることから高温状態を想定及び材質（炭素鋼）により劣化事象を想定しているため						
<p>なお、安定停止期間中は進展しない事象であるが、評価上は保守的に40年時点まで事象が進展するものとして、△事象に分類し評価を行っているものは以下のとおり。</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="363 1032 879 1066">経年劣化事象</th> <th data-bbox="887 1032 1409 1066">想定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="363 1077 879 1155">炭素鋼製機器（熱交換器、RPV等）・配管等の腐食（配管減肉）</td> <td data-bbox="887 1077 1409 1155">安定停止維持状態においても腐食（配管減肉）が否定できないため</td> </tr> </tbody> </table>		経年劣化事象	想定理由	炭素鋼製機器（熱交換器、RPV等）・配管等の腐食（配管減肉）	安定停止維持状態においても腐食（配管減肉）が否定できないため			
経年劣化事象	想定理由							
炭素鋼製機器（熱交換器、RPV等）・配管等の腐食（配管減肉）	安定停止維持状態においても腐食（配管減肉）が否定できないため							
<p>炉内構造物の IASCC 評価の亀裂進展については、中性子照射量が亀裂発生のしきい値を超えた時点から運開後40年目までとし、しきい値を超過した時点から震災時点まではプラント運転中の亀裂進展が支配的であるためプラント運転中のみ亀裂が進展し、震災時点から40年時点まではプラント停止期間が長期になることから、保守的に全期間亀裂が進展するものとして、△事象に分類し評価を行っている。</p>								
<p>以 上</p>								

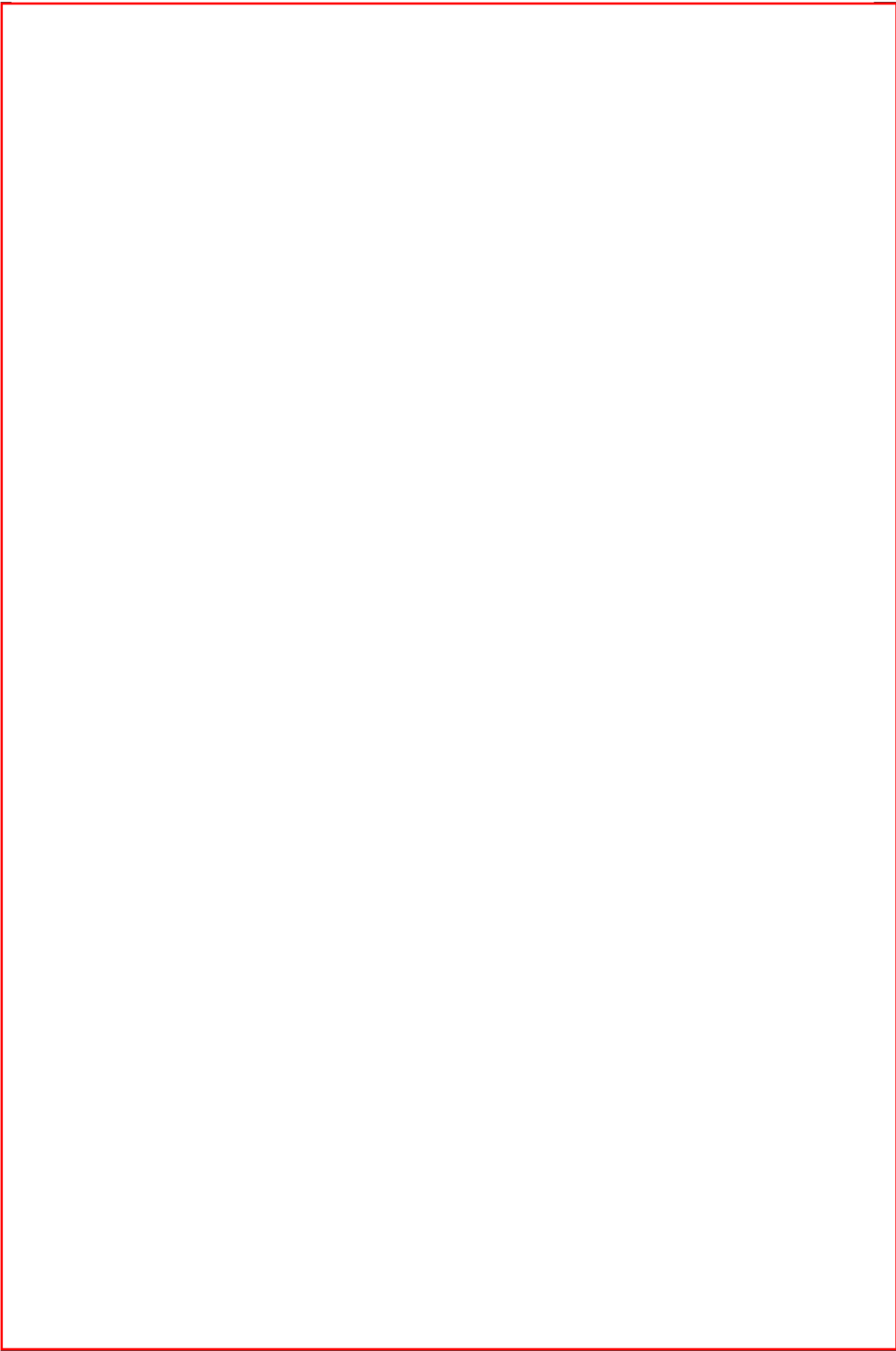



No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
タイトル	炉心シュラウドの疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）	
説明	<p>シュラウドの疲労割れに対する評価は、各部位に対して Ss 地震動による疲労評価を実施しており、耐震評価書にはもっとも厳しい評価結果である評価点 <input type="text"/> の値を記載している。</p> <p>以下に具体的な評価内容を示す。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>(1) 評価対象位置</p> <p>炉心シュラウドの評価位置は、福島第二原子力発電所 4 号機工事計画届出申請書本文及び添付書類（届出 24）のうち、添付資料「IV-2-1-1」における以下の評価点とする。</p> <p>(i) H3 溶接補修部（工認での評価点 <input type="text"/>）</p> <p>(ii) H4 溶接補修部（工認での評価点 <input type="text"/> 及び <input type="text"/>）</p> <p>炉心シュラウドの形状・寸法・材料・評価点を図 1 に示す。</p> <p>(2) 解析モデル</p> <p>解析モデルは、亀裂除去加工部を考慮して以下の 2 モデルとし、ひびの除去加工箇所である研削部を工認記載の研削寸法とした 3 次元ソリッドモデルを採用した。</p> <div data-bbox="422 1310 1141 1388" style="border: 1px solid red; height: 35px; width: 450px; margin: 10px 0;"></div> <p>解析モデルの詳細を図 2 に示す。</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
<p>説明 (続 き)</p>	 <p data-bbox="507 1899 1270 1933">図1 炉心シュラウドの形状・寸法・材料・評価点（単位：mm）</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
説明 (続き)	 <p>図2 3次元ソリッド解析モデル</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）																				
説明 (続 き)	<p data-bbox="363 324 1152 398">(3)物性値の条件          評価に用いる物性値は、運転温度 <input type="text"/> °C に対する値を用いる。</p> <p data-bbox="363 443 657 477">(4)入力条件（耐震条件）</p> <p data-bbox="406 483 903 517">① 地震時等価繰返し回数 <math>N_e</math> [回] : <input type="text"/></p> <p data-bbox="406 524 975 598">② 地震荷重：Ss 地震荷重          評価に用いる Ss 地震荷重の値を表 1 に示す。</p> <p data-bbox="790 642 975 676">表 1 荷重条件</p> <table border="1" data-bbox="437 678 1329 846"> <thead> <tr> <th data-bbox="437 678 667 719">地震荷重</th> <th data-bbox="667 678 794 719">単位</th> <th data-bbox="794 678 975 719">H3 補修部</th> <th data-bbox="975 678 1145 719">H4 補修部</th> <th data-bbox="1145 678 1329 719">備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="437 719 667 761"></td> <td data-bbox="667 719 794 761">kN</td> <td colspan="2" data-bbox="794 719 1145 761"></td> <td data-bbox="1145 719 1329 761"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="437 761 667 804"></td> <td data-bbox="667 761 794 804">kN</td> <td colspan="2" data-bbox="794 761 1145 804"></td> <td data-bbox="1145 761 1329 804"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="437 804 667 846"></td> <td data-bbox="667 804 794 846">kN・m</td> <td colspan="2" data-bbox="794 804 1145 846"></td> <td data-bbox="1145 804 1329 846"></td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="440 943 1318 1760" style="border: 1px solid red; height: 365px; margin-top: 20px;"></div>		地震荷重	単位	H3 補修部	H4 補修部	備考		kN					kN					kN・m			
地震荷重	単位	H3 補修部	H4 補修部	備考																		
	kN																					
	kN																					
	kN・m																					

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）						
説明 (続 き)	<p>2. 応力計算</p> <p>2.1 応力集中係数</p> <p>応力集中係数を表 2 に示す。</p> <p style="text-align: center;">表 2 応力集中係数</p> <table border="1" data-bbox="496 483 1270 568"> <tr> <td data-bbox="496 483 754 524"></td> <td data-bbox="754 483 1013 524">H3 補修部</td> <td data-bbox="1013 483 1270 524">H4 補修部</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 524 754 568">応力集中係数</td> <td data-bbox="754 524 1013 568" style="border: 2px solid red;"></td> <td data-bbox="1013 524 1270 568" style="border: 2px solid red;"></td> </tr> </table> <p>2.2 外荷重による応力</p> <p>応力の計算には、計算機コード <span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span> を用いた。応力計算モデル及び仮定した境界条件は図 2 の通りである。</p> <p>これにより求められた一次+二次応力及び一次+二次+ピーク応力について、各応力評価点での応力及び応力振幅を表 3 に示す。</p>			H3 補修部	H4 補修部	応力集中係数		
	H3 補修部	H4 補修部						
応力集中係数								

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
説明 (続 き)	<p style="text-align: center;">表 3-1 一次+二次応力強さの評価</p> <p style="text-align: right;">(単位：MPa)</p> <div style="border: 2px solid red; height: 400px; width: 100%; margin: 10px 0;"></div>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
<p>説明 (続 き)</p>	<p>表 3-2 一次+二次+ピーク応力強さの評価 (単位：MPa)</p> <div data-bbox="422 421 1343 1214" style="border: 2px solid red; height: 354px; width: 577px; margin: 10px auto;"></div>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 14	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
説明 (続 き)	<p>3. 疲労評価</p> <p>3.1 繰返しピーク応力強さ <math>S_\ell</math> の算出</p> <p>疲労解析に用いる繰返しピーク応力強さを、一次+二次+ピーク応力の応力差範囲 (<math>S_p</math>) から、次式により求める。</p> $S_\ell = \frac{S_p}{2}$ <p>ただし、一次+二次応力の応力差最大範囲 (<math>S_n</math>) が、<math>3S_m</math> を超える応力評価点については、繰返しピーク応力強さの割増しを行う。</p> <p>3.2 補正繰返しピーク応力強さ <math>S_\ell'</math> の算出</p> <p>3.1 項より求めた <math>S_\ell</math> に対して、設計・建設規格 添付 4-2 3.2(1) に示される次式の補正を行う。</p> $S_\ell' = S_\ell \times \frac{E_0}{E}$ <p><math>E_0 = 1.95 \times 10^5</math> MPa (設計・建設規格 添付 4-2 に示された縦弾性係数)  <math>E = 1.76 \times 10^5</math> MPa (運転温度 ( <input type="text"/> °C ) に対する縦弾性係数)</p> <p>3.3 疲労累積係数の算出</p> <p>疲労累積係数の算出に当たっては、<math>S_\ell'</math> に対応する許容繰返し回数 <math>N_a</math> を用い、前1項(4)①に示した通り地震時等価繰返し回数 <math>N_c</math> を <input type="text"/> 回とする。設計・建設規格 CSS-3113 または CSS-3320 に従い、<math>S_s</math> 地震による疲労累積係数 <math>U_{ss}</math> を下式により算出し、許容値である 1.0 以下であることを確認する。</p> $U_{ss} = \frac{\text{}}{N_a}$ <p>なお、繰返しピーク応力強さが <input type="text"/> MPa 以下の評価点については、設計疲労線図として、設計・建設規格 表 添付 <input type="text"/> を用いる。</p> <p>4. 評価結果</p> <p>炉心シュラウドの疲労評価結果を表 4 に示す。</p> <p><math>S_s</math> 地震動による疲労累積係数は許容値である 1.0 以下であり、耐震安全性に問題がないことを確認した。</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません



説明  
(続き)

表 4 炉心シユラウドの疲労評価結果

解析モデル	評価部位	評価点	応力差	$S_n$ (MPa)	$3 \cdot S_m$ (MPa)	$S_p$ (MPa)	$K_e^{*1}$	$S_f^{*2}$ (MPa)	$S_f^{*3}$ (MPa)	$N_a^{*4}$	$N_c$	$U^{*5}$
	H3補修部											0.5429
	H4補修部											
	H4補修部											

注記 \*1 :  $S_n < 3 \cdot S_m$  の場合、 $K_e = 1.0$

$$S_n \geq 3 \cdot S_m \text{ の場合、 } K_e = a \cdot \frac{S_n}{3 \cdot S_m} + A_0 \cdot \left( 1 - \frac{1}{K} \right) + 1 - a$$

\*2 :  $S_f = K_e \times (S_p / 2)$

\*3 :  $S_f' = S_f \times (E_0 / E)$

\*4 :  $N_a = N_2 \times \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^{\frac{\log S_f / S_f'}{\log S_p / S_p'}}$

\*5 :  $U = N_c / N_a$

以上

□ 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
タイトル	上部格子板の靱性低下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	<p>上部格子板のうち中性子照射量が大きいグリッドプレートに対して，照射誘起型応力腐食割れが発生するものと仮定し，日本機械学会論文集（A編）<input type="text"/>に基づいて破壊評価を実施している。</p> <p>以下，想定欠陥サイズ（評価部位/初期亀裂の幾何条件），欠陥進展解析（亀裂進展評価），破壊評価の諸条件ならびに評価方法を示す。</p> <p>1. 評価部位/初期亀裂の幾何条件</p> <p>グリッドプレート（下格子）に設定する亀裂の想定位置について，下格子の切欠き下面に対して上向きに設定する（図 1 参照）。評価モデルは図 2 の範囲とし，亀裂深さ（板厚方向：<math>a</math>）<input type="text"/> 亀裂長さ（鉛直方向：<math>l</math>）<input type="text"/> mm の<input type="text"/>亀裂とする。</p> <div data-bbox="683 1104 1093 1413" data-label="Image"> </div> <p>図 1 上部格子板 亀裂想定位置（単位：mm）</p> <div data-bbox="670 1585 1088 1944" data-label="Image"> </div> <p>図 2 評価モデル（単位：mm）</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）										
<p>説明 (続 き)</p>	<p>また、グリッドプレートの寸法条件は工事計画認可申請書（第 5 回申請 IV-3-1-3-1-4：以下、「建設工認」）の記載値と同じとする。長さについては荷重条件が厳しい最長の寸法（<input type="text"/> mm）とする。</p> <p>なお、本評価の想定亀裂寸法（長さ <input type="text"/> mm）については、「炉心シュラウド（JANSI-VIP-06-第 5 版）」等の炉内構造物の SCC 評価において記載のある「欠陥が検出されていない範囲における欠陥の想定寸法」を用いる。</p> <p>想定亀裂深さ（板厚方向:a）は保守的に横方向に <input type="text"/> 亀裂とする。</p> <p>2. 亀裂進展評価</p> <p>2.1 初期亀裂の発生条件</p> <p>日本機械学会 発電用原子力設備規格 維持規格(2008 年版) JSME S NA1-2008（以下「維持規格」）解説 整理番号 IJG-B-3「IASCC 発生のしきい照射量」を拠り所として、グリッドプレート材質が <input type="text"/> であることから高速中性子照射量（以下、「照射量」）が <input type="text"/> n/m<sup>2</sup> に達した時点で初期亀裂を設定する。</p> <p>なお、照射量が IASCC 発生のしきい値を超えて亀裂が発生し始めると想定した年数は、下記 2.2.1 に示す中性子束 <input type="text"/> n/m<sup>2</sup>/s より <input type="text"/> EFPY となる。</p> <p>2.2 亀裂進展速度式</p> <p>初期亀裂発生後の亀裂進展速度については、2.1 項における中性子照射量を考慮して、「維持規格 E-2 4.2 SCC き裂進展速度線図(4)」に示される炉内構造物用オーステナイト系ステンレス鋼の SCC き裂進展速度線図(表添付 E-2-SA-1)を用いて算出する。</p> <p>2.2.1 中性子束</p> <p>照射量を得るための高速中性子束条件について、保守的に固定値を適用している。</p> <p>中性子束は、図 2 に示す下格子切欠き部の初期亀裂想定位置 <input type="text"/> <input type="text"/> より低い位置、かつ、最近接の値として、<input type="text"/> <input type="text"/> n/m<sup>2</sup>/s を適用している。</p> <p>2.2.2 亀裂先端電流密度変化に対する定数 n</p> <p>亀裂想定位置近傍の環境要因を考慮する n 値を算出するパラメータを表 1 に示す。</p> <p style="text-align: center;">表 1 表添付 E-2-SA-1 における n 値算定パラメータ</p> <table border="1" data-bbox="405 1774 1359 1944"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>設定値(単位)</th> <th>留意事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>初期鋭敏化度 EPR<sub>0</sub></td> <td><input type="text"/> (C/m<sup>2</sup>)</td> <td rowspan="3"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>導電率 κ</td> <td><input type="text"/> (μ S/m)</td> </tr> <tr> <td>腐食電位 φ</td> <td><input type="text"/> (mV)</td> </tr> </tbody> </table>		パラメータ	設定値(単位)	留意事項	初期鋭敏化度 EPR <sub>0</sub>	<input type="text"/> (C/m <sup>2</sup> )	<input type="text"/>	導電率 κ	<input type="text"/> (μ S/m)	腐食電位 φ	<input type="text"/> (mV)
パラメータ	設定値(単位)	留意事項										
初期鋭敏化度 EPR <sub>0</sub>	<input type="text"/> (C/m <sup>2</sup> )	<input type="text"/>										
導電率 κ	<input type="text"/> (μ S/m)											
腐食電位 φ	<input type="text"/> (mV)											

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
<p>説明 (続き)</p>	<p>2.2.3 亀裂先端ひずみ速度補正係数 C 維持規格 表添付 E-2-SA-1 より照射量を代入して C 値を算出する。</p> <p>2.3 評価期間 亀裂進展評価の評価期間は運転開始後 40 年までの期間とする。また、2.1 項及び 2.2 項に示すとおり、亀裂進展開始の時期及び亀裂進展速度は照射量に依存する。2.2.1 項の中性子束に乗じる期間は、以下の 3 期間の内訳を考慮して設定した。</p> <p>期間 I：運転開始(1987. 8. 25)～震災時(2011. 3. 11)＝17. 45 EFPY 期間 II：震災時(2011. 3. 11)～PLM 評価時点(2015. 8. 25)＝安定停止期間 4. 46 暦年 期間 III：PLM 評価時点(2015. 8. 25)～運転開始後 40 年(2027. 8. 25) ＝安定停止期間 12 暦年</p> <p>よって、評価期間は期間 I の停止時期を除いた <math>17. 45 + 4. 46 + 12. 00 = 33. 91</math> 年となる。ただし、安定停止期間中は高速中性子束を <math>0n/(m^2 \cdot s)</math> とし、震災以降の停止期間は長期になることから、保守的に亀裂が進展するとして評価する。</p> <p>2.4 荷重条件及び応力 亀裂進展速度を得るための応力拡大係数の計算式に代入する応力値について、建設工認の方法に基づきグリッドプレートを両端固定はりとなし算定する。なお、亀裂進展評価では地震荷重を除いた「自重」の作用荷重を考慮するのでモーメント成分は図 2 の <math>M_1</math> 方向とする。</p> <p>自重によりグリッドプレートに作用する荷重 <math>w_v</math> を次式により求める。</p> <div style="border: 2px solid red; width: 150px; height: 25px; margin: 10px auto;"></div> <p>このとき、最大の曲げモーメント <math>M_1</math> は次式から得られる。</p> <div style="border: 2px solid red; width: 220px; height: 45px; margin: 10px auto;"></div> <p>以上の <math>M_1</math> により発生する曲げ応力 <math>\sigma_1</math> を用いて応力拡大係数を計算する。<math>\sigma_1</math> は小数点以下第 <span style="border: 1px solid red; padding: 0 5px;">  </span> 位を切上げて <span style="border: 1px solid red; padding: 0 5px;">  </span> MPa となる。</p> <div style="border: 2px solid red; width: 130px; height: 45px; margin: 10px auto;"></div>	

   内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
<p>説明</p> <p>(続 き)</p>	<p>ここで各計算式の記号及び設定値は以下のとおりとする。</p> <p>t：グリッドプレート板厚：<input type="text"/> mm</p> <p>h：グリッドプレート高さ：<input type="text"/> mm</p> <p>L：最長グリッドプレート長さ：<input type="text"/> mm</p> <p>L2：ビーム端部からの長さ：<input type="text"/> mm</p> <p><math>\gamma</math>：材料の比重量：<input type="text"/> kg/mm<sup>3</sup></p> <p>hb：切欠き部の高さ：<input type="text"/> mm</p> <p>2.5 応力拡大係数</p> <p>2.5.1 応力拡大係数 (<math>K_I</math>) 算出式の出典</p> <p>日本機械学会論文集（A編）<input type="text"/></p> <p><input type="text"/>に記載の<input type="text"/>を用いて求める。</p> <p><input type="text"/></p> <p>ここで各計算式の記号及び設定値は以下のとおりとする。</p> <p><math>K_t</math>：切欠き部の応力集中係数：<input type="text"/></p> <p><math>\sigma_n</math>：曲げ応力値：<input type="text"/> MPa</p> <p><math>\rho</math>：切欠き先端の曲率半径：<input type="text"/> mm</p> <p>c：発生したき裂長さ（初期亀裂長さ）：<input type="text"/> mm</p> <p>2.5.2 亀裂の応力拡大係数の簡便評価式の適用限界</p> <p>日本機械学会論文集（A編）<input type="text"/></p> <p><input type="text"/>の適用限界は、<input type="text"/>より亀裂長さが小さければ適用可能である。</p> <p><input type="text"/></p> <p>ここで各計算式の記号及び設定値は以下のとおりとする。</p> <p>q：<input type="text"/></p> <p><math>\rho</math>：切欠き先端曲率半径：<input type="text"/> mm</p> <p>t：切欠き深さ：<input type="text"/> mm</p> <p>以上のC*を算出した結果、亀裂長さが十分小さいことから日本機械学会論文集（A編）<input type="text"/></p> <p><input type="text"/>は適用可能である。</p>	

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
説明 (続 き)	<p>2.6 亀裂進展計算のプロセス 初期亀裂から各ステップの時間間隔（以下，TimeStep/ΔT）積算が評価期間に達するまで，亀裂進展計算を繰り返すことにより，亀裂進展後の亀裂寸法を求める。</p> <p>3. 破壊評価 前述の亀裂進展評価によって得られた亀裂寸法（2.4項）を想定し，Ss地震動による地震荷重（以下，Ss荷重条件）が作用した場合の応力拡大係数<math>K_I</math>を求めて，日本機械学会論文集（A編）<input type="text"/>による破壊靱性評価を実施する。 なお，応力拡大係数算出に用いる応力値は，保守的な評価となるよう予め応力集中係数の影響を考慮した応力値を用いて算出する。</p> <p>3.1 荷重条件及び応力 応力拡大係数の計算式に代入する応力値について，2.4項と同様に建設工認の方法に基づきグリッドプレートを両端固定はりとなし算定する。</p> <p>3.1.1 水平力による応力拡大係数算出に用いる応力値 本来，この応力は，亀裂に寄与するものではなく無視できるが，評価に保守性を持たせるため，水平力による応力値を用いる。その応力値は<input type="text"/>に設定する。水平力により発生する膜応力<math>\sigma_m</math>を用いて応力拡大係数を計算した。ここで，<math>\sigma_m</math>は<input type="text"/>MPaに設定した。</p> <p>また，上記の水平力による応力計算は1ピッチ単位で計算を行い，水平力は燃料集合体<input type="text"/>体による値なので，1ピッチ当たり最大<input type="text"/>体分に相当する水平力がグリッドプレートに作用すると想定する。</p> <div style="border: 1px solid red; width: 100px; height: 40px; margin: 10px 0;"></div> <p>ここで，計算式の記号及び設定値は以下のとおりとする。 H：地震の水平力：<input type="text"/> N</p> <p>3.1.2 鉛直方向曲げモーメントによる応力拡大係数算出に用いる応力 鉛直方向曲げモーメントによる応力拡大係数は，以下で算出した応力を使用して求める。</p> <p>(1) 自重によりグリッドプレートに作用する荷重<math>W_v</math>を次式により求める。</p> <div style="border: 1px solid red; width: 100px; height: 20px; margin: 10px 0;"></div> <p>このとき，最大の曲げモーメント<math>M_1</math>は次式から得られる。</p> <div style="border: 1px solid red; width: 150px; height: 40px; margin: 10px 0;"></div>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）
説明 (続 き)	<p>以上の <math>M_1</math> により発生する曲げ応力 <math>\sigma_1</math> を用いて応力拡大係数を計算します。<math>\sigma_1</math> は小数点以下第 <input type="text"/> 位を切上げて <input type="text"/> MPa となる。</p> <p><input type="text"/></p> <p>ここで各計算式の記号及び設定値は以下のとおりとする。</p> <p>t : グリッドプレート板厚 : <input type="text"/> mm  h : グリッドプレート高さ : <input type="text"/> mm  L : 最長グリッドプレート長さ : <input type="text"/> mm  L2 : ビーム端部からの長さ : <input type="text"/> mm  <math>\gamma</math> : 材料の比重量 : <input type="text"/> kg/mm<sup>3</sup>  hb : 切欠き部の高さ : <input type="text"/> mm</p> <p>(2) Ss 地震荷重によりグリッドプレートに作用する荷重 <math>W_v</math> を次式により求める。</p> <p><input type="text"/></p> <p>このとき、最大の曲げモーメント <math>M_{1s}</math> は次式から得られる。</p> <p><input type="text"/></p> <p>以上の <math>M_{1s}</math> により発生する曲げ応力 <math>\sigma_{1s}</math> を用いて応力拡大係数を計算し、<math>\sigma_{1s}</math> は小数点以下第 <input type="text"/> 位を切上げて <input type="text"/> MPa となる。</p> <p><input type="text"/></p> <p>ここで各計算式の記号及び設定値は以下のとおりとする。</p> <p>t : グリッドプレート板厚 : <input type="text"/> mm  h : グリッドプレート高さ : <input type="text"/> mm  L : 最長グリッドプレート長さ : <input type="text"/> mm  L2 : ビーム端部からの長さ : <input type="text"/> mm  <math>\gamma</math> : 材料の比重量 : <input type="text"/> kg/mm<sup>3</sup>  hb : 切欠き部の高さ : <input type="text"/> mm  Cv : 鉛直震度 (Ss) : <input type="text"/></p> <p>3.2 応力拡大係数  3.1 項の応力に基づく応力拡大係数 <math>K_I</math> の算出方法は 2.5 項と同じとする。</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 15_Rev. 1	分類：耐震安全性評価（炉内構造物）																				
説明 (続 き)	<p data-bbox="389 327 619 358">3.3 破壊靱性評価</p> <p data-bbox="456 367 1406 479">中性子照射を受けたステンレス鋼の破壊靱性値 <math>K_{IC}</math> は、発電設備技術検査協会「プラントの長寿命化技術開発に関する調査報告書」における照射ステンレス鋼の破壊靱性値の下限値 (BWR) より <math>43.2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}</math> を適用する。</p> <p data-bbox="389 528 619 560">3.4 破壊評価結果</p> <p data-bbox="456 568 1406 721">破壊評価の結果を表3に示す。Ss地震時における応力拡大係数 <math>K_I</math> は破壊靱性値 <math>K_{IC}</math> を下回ることから、上部格子板の（40年時における最大の亀裂を想定する）照射誘起型応力腐食割れに対する耐震健全性に問題はないと判断している。</p> <p data-bbox="596 770 1152 801">表3 破壊評価結果（40年時点，Ss地震荷重）</p> <table border="1" data-bbox="405 804 1359 1140"> <thead> <tr> <th data-bbox="405 804 927 846">項目</th> <th data-bbox="927 804 1141 846">単位</th> <th data-bbox="1141 804 1359 846">評価値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="405 846 927 889">水平力による発生応力 <math>\sigma_m</math></td> <td data-bbox="927 846 1141 889">MPa</td> <td data-bbox="1141 846 1359 889" rowspan="5"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 889 927 931"><math>M_1</math>による発生応力 <math>\sigma_1</math></td> <td data-bbox="927 889 1141 931">MPa</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 931 927 974"><math>M_1</math>による発生応力 <math>\sigma_{1s}</math></td> <td data-bbox="927 931 1141 974">MPa</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 974 927 1016">切欠き部の高さ <math>h_b</math></td> <td data-bbox="927 974 1141 1016">mm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1016 927 1059">想定亀裂長さ(図2) <math>l</math></td> <td data-bbox="927 1016 1141 1059">mm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1059 927 1102">応力拡大係数 <math>K_I^*</math></td> <td data-bbox="927 1059 1141 1102"><math>\text{MPa}\sqrt{\text{m}}</math></td> <td data-bbox="1141 1059 1359 1102">5.8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="405 1102 927 1140">照射ステンレス破壊靱性値 <math>K_{IC}</math></td> <td data-bbox="927 1102 1141 1140"><math>\text{MPa}\sqrt{\text{m}}</math></td> <td data-bbox="1141 1102 1359 1140">43.2</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="413 1146 772 1178">*: (小数点以下第 <span style="border: 1px solid red; padding: 0 2px;"> </span> 位を端数処理)</p>		項目	単位	評価値	水平力による発生応力 $\sigma_m$	MPa		$M_1$ による発生応力 $\sigma_1$	MPa	$M_1$ による発生応力 $\sigma_{1s}$	MPa	切欠き部の高さ $h_b$	mm	想定亀裂長さ(図2) $l$	mm	応力拡大係数 $K_I^*$	$\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$	5.8	照射ステンレス破壊靱性値 $K_{IC}$	$\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$	43.2
項目	単位	評価値																				
水平力による発生応力 $\sigma_m$	MPa																					
$M_1$ による発生応力 $\sigma_1$	MPa																					
$M_1$ による発生応力 $\sigma_{1s}$	MPa																					
切欠き部の高さ $h_b$	mm																					
想定亀裂長さ(図2) $l$	mm																					
応力拡大係数 $K_I^*$	$\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$	5.8																				
照射ステンレス破壊靱性値 $K_{IC}$	$\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$	43.2																				
以上																						

 内は商業機密に属しますので公開できません





No.	2F4-耐震 17	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
タイトル	後打ちアンカの評価について、許容荷重とボルトの発生応力及び許容応力の関係（引張荷重，せん断荷重）について	
説明	<p>後打ちメカニカルアンカ及び後打ちケミカルアンカは，長期及び短期の発生荷重に対して，プラント建設時の仕様基準に基づき，発生荷重が設計許容荷重以下となるよう施工されている。</p> <p>耐震安全性評価においては，各後打ちアンカボルト径に応じて設定された設計許容荷重がアンカボルトに作用するものと仮定して，設計許容荷重を発生応力に置き換えて評価している。</p> <p>具体的には，発生荷重（設計許容荷重）を経年劣化事象であるアンカボルトの腐食を考慮したアンカボルト断面積で除した値を発生応力として評価している。</p> <p>引張荷重，せん断荷重ともに上記の方法にて評価しており，耐震安全性評価書にはせん断荷重よりも大きい引張荷重の評価結果を記載している。</p> <p>許容応力は上記の後打ちアンカボルトに対する考慮すべき荷重の考え方に則り、ボルト材の健全性を確認するためJEAG4601の「2.8 支持構造物の許容応力」のうち、地震により生じる応力に対する許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S、Ⅳ<sub>A</sub>Sを適用して設定している。</p> <div style="border: 2px solid red; height: 500px; width: 100%;"></div> <p>このため，本評価における許容応力は耐震安全性評価書に記載の通り「日本機械学会設計・建設規格JSME S NC-1 Part5 表8、9 より求まる値」としている。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 18	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
タイトル	後打ちメカニカルアンカの評価における設計許容荷重の設定根拠及び減肉後の応力評価の算定根拠（プラント設計時の耐震条件含む）について	
説明	<p>後打ちアンカについては、プラント設計時の後打ちアンカ使用基準により設計許容荷重を定めており、この値以上の荷重が後打ちアンカに作用しないよう施工されている。</p> <p>後打ちアンカの評価にあたっては、保守的に設定したプラント運転開始後 40 年間の腐食量（半径方向に 0.3mm）を考慮した上で、設計許容荷重を発生応力と仮定して、設計・建設規格に基づく許容応力以下になることを確認している。</p> <p>プラント設計時に考慮されていない基準地震動 <math>S_s</math> に対しては、プラント設計時に適用した基準地震動 <math>S_2</math> と基準地震動 <math>S_s</math> における設計用地震力の変動を考慮した評価を行い、耐震安全性を確認している。</p> <p>上記の設計用地震力の変動を考慮した評価の具体的方法は、プラント設計時に適用した基準地震動 <math>S_2</math> と基準地震動 <math>S_s</math> との設計用地震力の比率が最も大きいフロアに設置されている機器を代表機器として、基準地震動 <math>S_s</math> による発生荷重がプラント設計時の設計許容荷重以下であることを確認している。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	2F4-耐震 19	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
タイトル	<p>詳細耐震安全性評価の対象機器の選定結果（表 3.14-5, 7, 9, 13）の耐震重要度 B 及び C の機器における詳細安全性評価対象の絞り込み手順について</p>	
説明	<p>詳細耐震安全性評価の対象機器の選定にあたり、評価対象機器の基礎ボルトで柔構造の機器については、図 3.14.1「基礎ボルト評価対象の絞込み」を実施せずに詳細耐震安全性評価を実施している。</p> <p>柔構造であり、耐震重要度 B 及び C の機器で詳細安全性評価を実施した機器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉冷却材浄化系再生熱交換器</li> <li>・復水貯蔵タンク</li> </ul> <p>上記以外の耐震重要度 B 及び C の機器における詳細安全性評価対象の選定にあたっては、図 3.14-1 基礎ボルト評価対象の絞込み手順に記載の通り、対象設備の抽出を行っている。その結果、詳細評価が必要となる機器は抽出されていない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																													
タイトル	詳細耐震安全性評価の結果（表 3.14-6）の低圧炉心スプレイ系ポンプ，（表 3.14-8）の残留熱除去冷却系熱交換器における機器付基礎ボルトの腐食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	<p>① 低圧炉心スプレイ系ポンプ</p> <p>工認「たて軸ポンプ（耐震設計上の重要度分類 A<sub>S</sub>及び A クラス）の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，低圧炉心スプレイ系ポンプにおける機器付基礎ボルトに対して，腐食時に地震を受けた場合の健全性の評価を実施した。ただし，せん断力及び転倒モーメントは，工認時の結果に震度比を乗じることで求める。</p> <p>低圧炉心スプレイ系ポンプ（基礎ボルト）の評価内容を以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>(1) 機器構造</p> <p>低圧炉心スプレイ系ポンプは，立形ポンプであり，ボルトで十分剛な基礎に固定されているものとする。添付資料 2F4-耐震 20-①に外形図を示す。</p> <p>(2) 計算条件</p> <p>せん断力及び転倒モーメントは，工認時の解析コードによる地震応答計算結果に震度比を乗じることで求める。</p> <p>(3) 耐震条件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耐震重要度</td> <td>—</td> <td>S</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>据付設置建屋</td> <td>—</td> <td>R/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>据付設置位置</td> <td>—</td> <td>O. P 0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>固有周期（水平方向）</td> <td>—</td> <td rowspan="12" style="border: 2px solid red;"></td> <td>s</td> </tr> <tr> <td>固有周期（鉛直方向）</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>水平方向設計震度*2</td> <td>C<sub>H</sub></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>鉛直方向設計震度*2</td> <td>C<sub>V</sub></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ポンプ振動による震度</td> <td>C<sub>p</sub></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>水平方向設計震度（工認）</td> <td>C<sub>H</sub>（工認）</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ポンプ振動による震度（工認）</td> <td>C<sub>p</sub>（工認）</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルトに働くせん断力</td> <td>Q<sub>b</sub>（工認）</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>地震及びポンプ振動による転倒モーメント</td> <td>M（工認）</td> <td>kg・mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：鉛直方向については，剛構造とみなした *2：設計震度については，動的地震力（S<sub>s</sub>, S<sub>i</sub>）及び静的地震力の最大値とする</p>			項目	記号	入力値	単位	耐震重要度	—	S	—	据付設置建屋	—	R/B	—	据付設置位置	—	O. P 0	mm	固有周期（水平方向）	—		s	固有周期（鉛直方向）	—	—	水平方向設計震度*2	C <sub>H</sub>	—	鉛直方向設計震度*2	C <sub>V</sub>	—	ポンプ振動による震度	C <sub>p</sub>	—	水平方向設計震度（工認）	C <sub>H</sub> （工認）	—	ポンプ振動による震度（工認）	C <sub>p</sub> （工認）	—	ボルトに働くせん断力	Q <sub>b</sub> （工認）	kg	地震及びポンプ振動による転倒モーメント	M（工認）	kg・mm
項目	記号	入力値	単位																																												
耐震重要度	—	S	—																																												
据付設置建屋	—	R/B	—																																												
据付設置位置	—	O. P 0	mm																																												
固有周期（水平方向）	—		s																																												
固有周期（鉛直方向）	—		—																																												
水平方向設計震度*2	C <sub>H</sub>		—																																												
鉛直方向設計震度*2	C <sub>V</sub>		—																																												
ポンプ振動による震度	C <sub>p</sub>		—																																												
水平方向設計震度（工認）	C <sub>H</sub> （工認）		—																																												
ポンプ振動による震度（工認）	C <sub>p</sub> （工認）		—																																												
ボルトに働くせん断力	Q <sub>b</sub> （工認）		kg																																												
地震及びポンプ振動による転倒モーメント	M（工認）		kg・mm																																												

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説明 (続 き)	(4) 評価条件 荷重, 応力算出に用いた評価条件を以下に示す。			
	項目	記号	入力値	単位
	ボルト径	d		—
	ボルト半径当たり腐食量	c	0.3	mm
	重量	W		kg
	ボルトのピッチ円直径	D		mm
	ボルトの本数	n		—
	引張力の作用するボルトの評価本数	n <sub>f</sub>		—
	2. 評価方法			
	(1) せん断応力			
	ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。			
	せん断力			
	$Q_b = Q_b(\text{工認}) \cdot \left( \frac{C_H + C_P}{C_H(\text{工認}) + C_P(\text{工認})} \right)$			
	せん断応力			
	$\tau_b = \frac{Q_b + 2M_P / D}{A_b \cdot n}$			
	ここでボルトの断面積は,			
	$A_b = \frac{\pi}{4} (d - 2c)^2$			
	また, ポンプ回転により働くモーメント M <sub>p</sub> は, ポンプと原動機のベースが共通のため, ボルトについては作用しない。			

  内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
<p>説明 (続 き)</p>	<p>(2) 引張応力 同一ピッチ円上の各ボルトの引張力は支点から正比例した力が作用するものとし、最も厳しい条件として支点から最も離れたボルトについて計算する。</p> <p>引張力</p> $F_b = \frac{M - W \cdot (1 - C_p - C_v) \cdot \frac{D}{2}}{\frac{3}{8} \cdot n_f \cdot D}$ <p>ここで、転倒モーメントは</p> $M = M(\text{工認}) \cdot \left( \frac{C_H + C_P}{C_H(\text{工認}) + C_P(\text{工認})} \right)$ <p>引張応力</p> $\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$	

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																																				
説明 (続 き)	<p>3. 評価結果</p> <p>(1) 応力計算について 上記計算によって求められた算出応力を以下に示す。</p> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 13</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 10</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 許容応力について JEAG4601-1987 6.6.3 (3)その他機器 a. ポンプ・ブロー類 (a)立形ポンプ (iii)評価方法 ②基礎ボルトの応力評価の評価式に基づき、許容応力を算出する。 以下に算出に用いる評価条件及び算出結果を示す。</p> <p>(条件)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルト材質</td> <td>—</td> <td rowspan="2" style="border: 2px solid red;"></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルト径</td> <td>d</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>評価用温度</td> <td>—</td> <td>100</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計降伏点</td> <td><math>S_y</math></td> <td rowspan="2" style="border: 2px solid red;"></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計引張強さ</td> <td><math>S_u</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>f_{ts} = 444</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>f_{sb} = 341</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 結論 上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 13</math></td> <td><math>f_{ts} = 444</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 10</math></td> <td><math>f_{sb} = 341</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table>		応力	算出応力	単位	引張	$\sigma_b = 13$	MPa	せん断	$\tau_b = 10$	MPa	項目	記号	入力値	単位	ボルト材質	—		—	ボルト径	d	—	評価用温度	—	100	°C	ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa	ボルト材の設計引張強さ	$S_u$	MPa	応力	許容応力	単位	引張	$f_{ts} = 444$	MPa	せん断	$f_{sb} = 341$	MPa	応力	算出応力	許容応力	単位	引張	$\sigma_b = 13$	$f_{ts} = 444$	MPa	せん断	$\tau_b = 10$	$f_{sb} = 341$	MPa
応力	算出応力	単位																																																				
引張	$\sigma_b = 13$	MPa																																																				
せん断	$\tau_b = 10$	MPa																																																				
項目	記号	入力値	単位																																																			
ボルト材質	—		—																																																			
ボルト径	d		—																																																			
評価用温度	—	100	°C																																																			
ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa																																																			
ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa																																																			
応力	許容応力	単位																																																				
引張	$f_{ts} = 444$	MPa																																																				
せん断	$f_{sb} = 341$	MPa																																																				
応力	算出応力	許容応力	単位																																																			
引張	$\sigma_b = 13$	$f_{ts} = 444$	MPa																																																			
せん断	$\tau_b = 10$	$f_{sb} = 341$	MPa																																																			

内は商業機密に属しますので公開できません



No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
-----	-----------	-------------------

説明  
(続き)

② 残留熱除去冷却系熱交換器

工認「2 脚支持横置 1 胴熱交換器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、残留熱除去冷却系熱交換器における機器付基礎ボルトに対して腐食時に、地震を受けた場合の健全性の評価を実施した。

残留熱除去冷却系熱交換器（基礎ボルト）の評価内容を以下に示す。

1. 評価仕様

(1) 機器構造

残留熱除去冷却系熱交換器は、横置円筒形容器であり、2 個の脚のうち 1 個は胴の長手方向にスライドできる構造となる。添付資料 2F4-耐震 20-②に構造図を示す。

(2) 解析モデル

本評価の解析モデルを以下に示す。

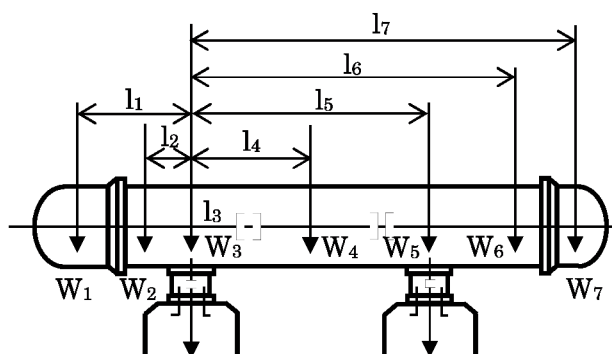


図 2-1 解析モデル

(3) 耐震条件

項目	記号	入力値	単位
耐震重要度	—	S	—
据付設置建屋	—	Hx/B	—
据付設置位置	—	O. P 11, 200	mm
固有周期（水平方向）	—		s
固有周期（鉛直方向）	—		—
水平方向設計震度*2	$C_H$		—
鉛直方向設計震度*2	$C_V$		—

\*1：鉛直方向については、剛構造とみなした

\*2：設計震度については、動的地震力 ( $S_s, S_1$ ) 及び静的地震力の最大値とする

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説明 (続 き)	(4) 評価条件 荷重, 応力算出に用いた評価条件を以下に示す。			
	項目	記号	入力値	単位
	ボルト径	d		—
	ボルト半径当たり腐食量	c	0.3	mm
	静荷重 (i=1)	$W_1$		kg
	静荷重 (i=2)	$W_2$		kg
	静荷重 (i=3)	$W_3$		kg
	静荷重 (i=4)	$W_4$		kg
	静荷重 (i=5)	$W_5$		kg
	静荷重 (i=6)	$W_6$		kg
	静荷重 (i=7)	$W_7$		kg
	第1脚より各荷重までの距離(i=1)	$l_1$		mm
	第1脚より各荷重までの距離(i=2)	$l_2$		mm
	第1脚より各荷重までの距離(i=3)	$l_3$		mm
	第1脚より各荷重までの距離(i=4)	$l_4$		mm
	第1脚より各荷重までの距離(i=5)	$l_5$		mm
	第1脚より各荷重までの距離(i=6)	$l_6$		mm
	第1脚より各荷重までの距離(i=7)	$l_7$		mm
	基礎から脚つけ根部までの高さ	$h_1$		mm
	基礎から胴の中心までの高さ	$h_2$		mm
	熱交換器の運転時重量	$W_0$		kg
	脚の重量	$W_s$		kg
	脚中心間距離	$l_0$		mm
	脚底板と基礎台との縦弾性係数比	s		—
	脚1個あたりのボルトの本数	n		—
	引張りを受けるボルトの本数	$n_1$	—	
	脚底板の長手方向に対する長さ	a	mm	
	脚底板の横方向に対する長さ	b	mm	
	脚底板端面からボルト中心までの距離	$d_1$	mm	

 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
<p>説明 (続 き)</p>	<p>2. 評価方法  長手方向地震及び鉛直方向地震が作用する場合  (1) せん断応力</p> $\tau_b = \frac{C_H \cdot W_0}{n \cdot A_b}$ <p>ここで、ボルトの軸断面積は</p> $A_b = \frac{\pi}{4} (d - 2c)^2$ <p>(2) 引張応力  長手方向地震及び鉛直方向地震により脚底部に作用する曲げモーメントは</p> $M = \frac{1}{2} \cdot C_H \cdot W_0 \cdot h_1$ <p>鉛直荷重は</p> $P_s = (R_1 + W_s)(1 - C_v) - P_l$ <p>である。  ここで、第2脚の反力は</p> $R_2 = \sum_{i=1}^{j_1} W_i \cdot l_i / l_0$ <p>第1脚の反力は</p> $R_1 = \sum_{i=1}^{j_1} W_i - R_2$ <p>第1脚付け根部に作用する鉛直荷重（偶力）は</p> $P_l = C_H \cdot (W_0 - W_s) \cdot \frac{h_2 - \frac{1}{2}h_1}{l_0}$ <p>今、曲げモーメントと圧縮荷重の比を</p> $e = M / P_s$ <p>とすると、eが負の場合、ボルトに引張力が作用し、この引張力は次のようにして求められる。</p>	

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
-----	-----------	-------------------

説明  
(続き)

今、中立軸の位置  $X_n$  を

$$X_n^3 + 3\left(e - \frac{a}{2}\right) \cdot X_n^2 - \frac{6s \cdot A_b \cdot n_1}{b} \cdot \left(e + \frac{a}{2} - d_1\right) \cdot (a - d_1 - X_n) = 0$$

より求めると、ボルトに作用する引張力は

$$F_b = \frac{P_s \cdot \left(e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3}\right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}}$$

となる。

したがって、ボルトに生じる引張応力は次のようになる。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b \cdot n_1}$$

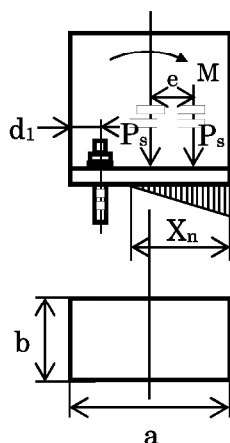


図 2-2 基礎部に作用する外荷重により生じる荷重の関係

### 3. 評価結果

#### (1) 応力計算について

上記計算によって求められた算出応力を以下に示す。

(結果)

応力	算出応力	単位
引張	$\sigma_b = 163$	MPa
せん断	$\tau_b = 119$	MPa

No.	2F4-耐震 20	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																											
説明 (続き)	<p>(2) 許容応力について            JEAG4601-1987 6.6.3 (1)容器 e.横置円筒形容器 (c)評価方法 ③基礎ボルトの応力評価の評価式に基づき、許容応力を算出する。            以下に算出に用いる評価条件及び算出結果を示す。</p> <p>(条件)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルト材質</td> <td>—</td> <td rowspan="2"></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルト径</td> <td>d</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>評価用温度</td> <td>—</td> <td>70</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計降伏点</td> <td>S<sub>y</sub></td> <td rowspan="2"></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計引張強さ</td> <td>S<sub>u</sub></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td>f<sub>ts</sub> = 439</td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td>f<sub>sb</sub> = 346</td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 結論            上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td>σ<sub>b</sub> = 163</td> <td>f<sub>ts</sub> = 439</td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td>τ<sub>b</sub> = 119</td> <td>f<sub>sb</sub> = 346</td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>4. 添付資料            (1) 2F4-耐震 22-①「低圧炉心スプレイ系スプレイポンプ 外形寸法図 (LPCS)」            (2) 2F4-耐震 22-②「残留熱除去機器冷却系熱交換器 構造図」</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		項目	記号	入力値	単位	ボルト材質	—		—	ボルト径	d	—	評価用温度	—	70	°C	ボルト材の設計降伏点	S <sub>y</sub>		MPa	ボルト材の設計引張強さ	S <sub>u</sub>	MPa	応力	許容応力	単位	引張	f <sub>ts</sub> = 439	MPa	せん断	f <sub>sb</sub> = 346	MPa	応力	算出応力	許容応力	単位	引張	σ <sub>b</sub> = 163	f <sub>ts</sub> = 439	MPa	せん断	τ <sub>b</sub> = 119	f <sub>sb</sub> = 346	MPa
項目	記号	入力値	単位																																										
ボルト材質	—		—																																										
ボルト径	d		—																																										
評価用温度	—	70	°C																																										
ボルト材の設計降伏点	S <sub>y</sub>		MPa																																										
ボルト材の設計引張強さ	S <sub>u</sub>		MPa																																										
応力	許容応力	単位																																											
引張	f <sub>ts</sub> = 439	MPa																																											
せん断	f <sub>sb</sub> = 346	MPa																																											
応力	算出応力	許容応力	単位																																										
引張	σ <sub>b</sub> = 163	f <sub>ts</sub> = 439	MPa																																										
せん断	τ <sub>b</sub> = 119	f <sub>sb</sub> = 346	MPa																																										

内は商業機密に属しますので公開できません

内は商業機密に属しますので公開できません

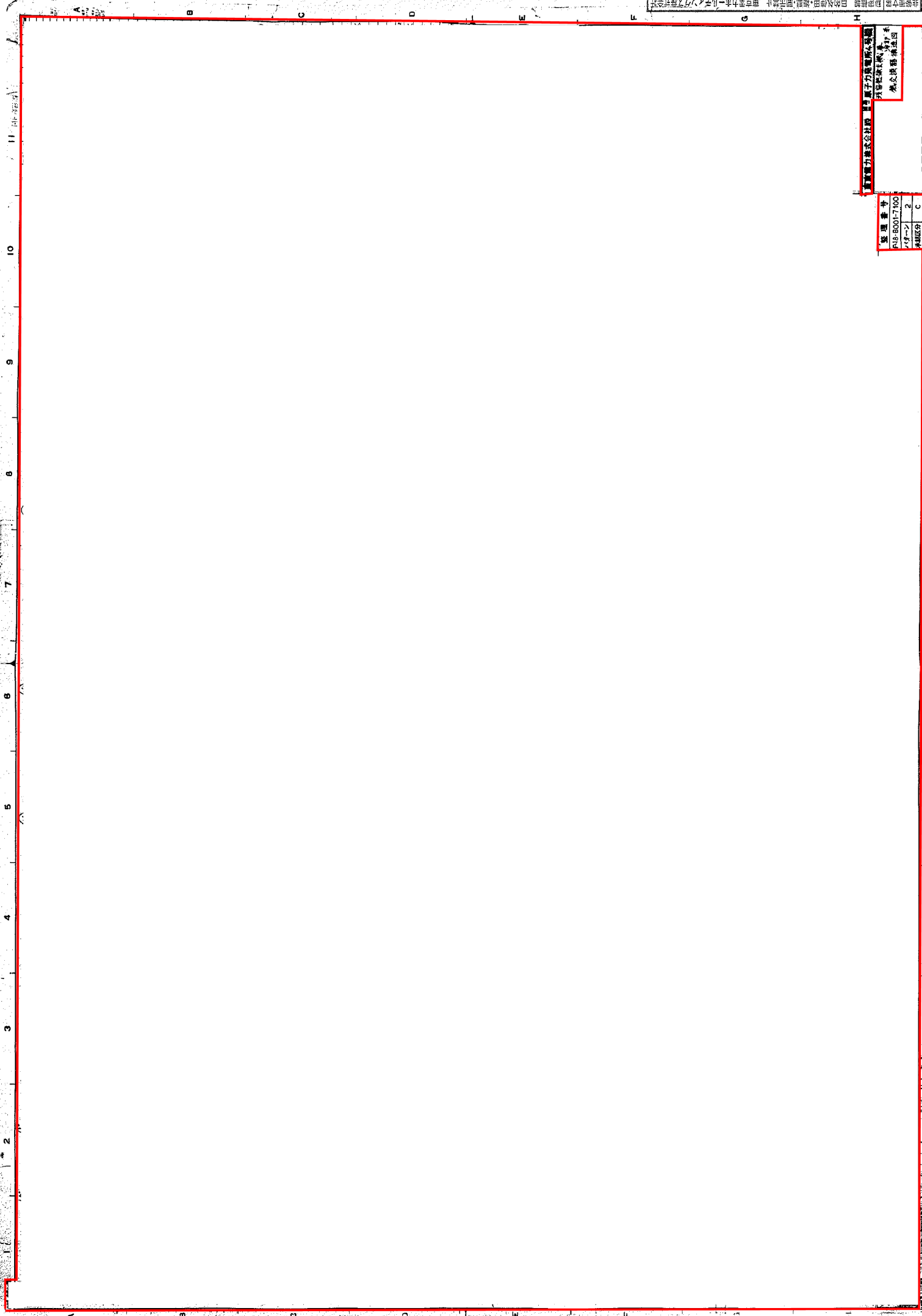
東京電力株式会社 福島第二原子力発電所 4号機

低圧炉心スプレッドシステム  
外形寸法図 (LPC5)

整理番号
E21-C001-7100
パターン
2
承認区分
C

添付資料：2F4耐震20-②

内は商業機密に属しますので公開できません



案 照 号	APB-B001-7100
パター	2
棟区分	C

東京電力株式会社 電力事業本部 電力事業部 電力事業部 電力事業部  
 電力事業部 電力事業部 電力事業部 電力事業部  
 電力事業部 電力事業部 電力事業部 電力事業部

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
タイトル	<p>詳細耐震安全性評価の結果（表 3. 14-10）の中央制御室サージタンク及びコントロール建屋電気品室サージタンクにおける機器付基礎ボルトの腐食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>	
説明	<p>① 中央制御室サージタンク          JEAC4601-2008「5. 2. 3 四脚たて置円筒形容器」に基づき，中央制御室サージタンクにおける機器付基礎ボルトに対して，腐食時に地震を受けた場合の健全性の評価を実施した。          中央制御室サージタンク（基礎ボルト）の評価内容を以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>(1) 機器構造          中央制御室サージタンクは，4脚たて置円筒形容器であり，ボルトで十分剛な基礎に固定されているものとする。添付資料 2F4-耐震 21-①に外形図を示す。</p> <p>(2) 解析モデル          本評価の解析モデルを以下に示す。</p>	



説明  
(続き)

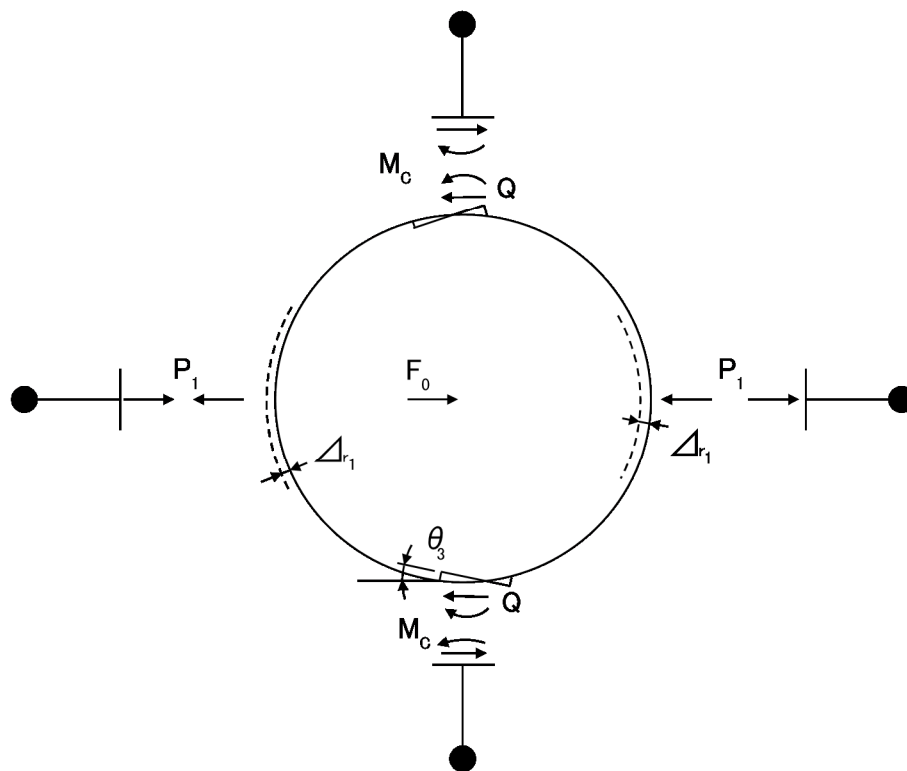
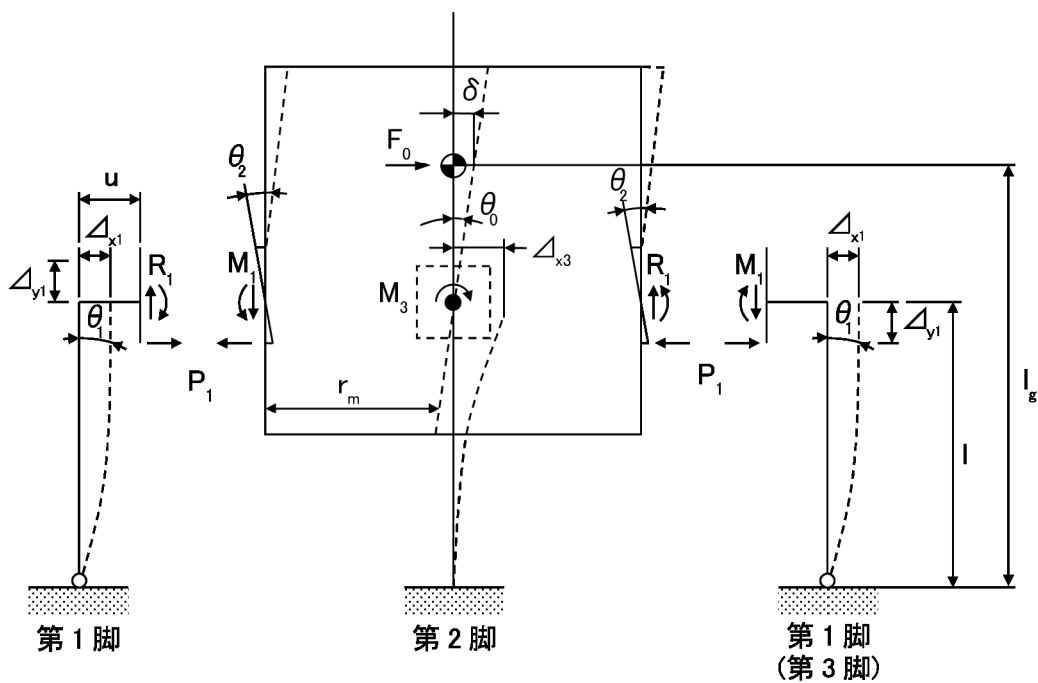


図 1-1 脚下端が第 1 脚は単純支持，第 2 脚は固定されている場合の変形モード

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説明 (続 き)	(3) 耐震条件			
	項目	記号	入力値	単位
	耐震重要度	—	S	—
	据付設置建屋	—	C/B	—
	据付設置位置	—	0. P 18, 000	mm
	固有周期（水平方向）	—		s
	固有周期（鉛直方向）	—		—
	水平方向設計震度*2	$C_H$		—
	鉛直方向設計震度*2	$C_V$		—
	*1：鉛直方向については、剛構造とみなした			
	*2：設計震度については、動的地震力（ $S_s$ , $S_1$ ）及び静的地震力の最大値とする			
	(4) 評価条件			
	荷重，応力算出に用いた評価条件を以下に示す。			
	項目	記号	入力値	単位
	ボルト径	d		—
	ボルト半径当たり腐食量	c	0. 3	mm
	運転時質量	$m_0$		kg
	引張りを受けるボルトの本数	$n_1$		—
	ボルトとコンクリートとの弾性係数比	s		—
	胴の内径	$D_i$		mm
	胴の板厚	t		mm
	胴の縦弾性係数	E		MPa
	脚の縦弾性係数	$E_s$		MPa
	脚のせん断弾性係数	$G_s$		MPa
	脚の断面積	$A_s$		mm <sup>2</sup>
	脚の半径方向軸に対する有効せん断断面積	$A_{sr}$		mm <sup>2</sup>
	脚の周方向軸に対する有効せん断断面積	$A_{st}$		mm <sup>2</sup>
	脚の半径方向軸に対する断面2次モーメント	$I_{sr}$		mm <sup>4</sup>
	脚の周方向軸に対する断面2次モーメント	$I_{st}$		mm <sup>4</sup>
	脚のねじりモーメント係数	$J_s$		mm <sup>4</sup>
	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の1/2(胴の周方向)	$C_1$		mm
	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の1/2(胴の軸方向)	$C_2$		mm

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説 明 (続 き)	項目	記号	入力値	単位
	基礎から容器上部重心までの距離	$l_g$		mm
	脚の長さ	$l$		mm
	脚の中立軸間の距離	$l_c$		mm
	脚底板の半径方向幅	$a$		mm
	脚底板の周方向幅	$b$		mm
	脚底板端面からボルト中心までの半径方向の距離	$d_1$		mm
	脚底板端面からボルト中心までの周方向の距離	$d_2$		mm
参考文献 (1) (2) による算出値を以下に示す。				
項目	記号	入力値	単位	
アタッチメントパラメータ軸方向の補正係数	$k_1$		—	
アタッチメントパラメータ周方向の補正係数	$k_c$		—	
胴の脚つけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数	$K_l$		N/mm	
胴の脚つけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ばね定数	$K_c$		N/mm	
胴の脚つけ根部における半径方向荷重に対する局部ばね定数	$K_r$		N/mm	
2. 評価方法				
評価方法については、水平方向地震力（X 方向、Z 方向）で厳しい結果となるもののみ記載している。				
(1) 釣合方程式				
脚下端が第 1 脚は単純支持、第 2 脚は固定の場合について、釣合方程式を示す。				
水平力の釣合より				
$2P_1 + 2Q = F_0 \quad \dots \textcircled{1}$				
転倒モーメントの釣合より				
$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (l_g - l) \quad \dots \textcircled{2}$				
ここで、				
$r_m = (D_i + t) / 2$				

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
<p>説明 (続 き)</p>	<p>第1脚の水平方向変位量<math>\Delta_{x1}</math>、傾き角<math>\theta_1</math>、鉛直方向変位量<math>\Delta_{y1}</math>は次による。</p> $\Delta_{x1} = \frac{P_1 l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{sr}} + l\theta_1 \quad \dots \textcircled{3}$ $P_1 l + M_1 = R_1 u \quad \dots \textcircled{4}$ $\Delta_{y1} = \frac{R_1 l}{A_s E_s} \quad \dots \textcircled{5}$ <p>ここで、</p> $u = \frac{l_c}{2} - r_m$ <p>胴の半径方向局部変位量<math>\Delta_{r1}</math>と局部傾き角<math>\theta_2</math>は、次による。</p> $\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E} \quad \dots \textcircled{6}$ $\theta_2 = \frac{K_l M_1}{r_m^3 \beta_l^2 E} \quad \dots \textcircled{7}$ <p>ここで、</p> $\beta_l = k_l \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}, \quad \beta_1 = \frac{C_1}{r_m}, \quad \beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$ <p>第2脚の傾き角<math>\theta_0</math>と水平方向変位量<math>\Delta_{x3}</math>は、次による。</p> $\theta_0 = -\frac{M_3 l}{E_s I_{sr}} + \frac{Q l^2}{2E_s I_{sr}} \quad \dots \textcircled{8}$ $\Delta_{x3} = \frac{Q l^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q l}{G_s A_{st}} - \frac{M_3 l^2}{2E_s I_{sr}} \quad \dots \textcircled{9}$ <p>第1脚と胴の傾き角の釣合より</p> $\theta_1 + \theta_2 - \theta_0 = 0 \quad \dots \textcircled{10}$ <p>第2脚のねじり角と胴の局部傾き角は等しいことから</p> $\theta_3 = \frac{(Q u - M_c) l}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} \quad \dots \textcircled{11}$ <p>ここで、</p> $\beta_c = k_c \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}, \quad \beta_1 = \frac{C_1}{r_m}, \quad \beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
説明 (続 き)	<p>脚と胴の水平方向変位の釣合より</p> $\triangle_{x1} + \triangle_{r1} = \triangle_{x3} + u\theta_3 \quad \dots \textcircled{12}$ <p>さらに、鉛直方向変位の釣合より</p> $\triangle_{y1} - u\theta_1 - r_m\theta_0 = 0 \quad \dots \textcircled{13}$ <p>式①～式⑬から <math>P_1</math>, <math>Q</math>, <math>R_1</math>, <math>M_3</math> を求める。</p> <p>(2) せん断応力            水平方向地震力 (<math>Z</math> 方向) が作用した場合</p> $\tau_b = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{2A_b} + \frac{Qu - M_c}{A_b(b - 2d_2)}$ <p>ボルトの断面積は、</p> $A_b = \frac{\pi}{4}(d - 2c)^2$ <p>ここで、</p> $M_l = \frac{\left( \frac{l^3}{12E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{m_0 g u l}{4E_s I_{st}}}{\left( \frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left( \frac{l}{E_s I_{st}} + \frac{K_l}{r_m^3 \beta_l^2 E} \right) - \left( \frac{l^2}{2E_s I_{st}} \right)^2}$ $P = \frac{\frac{m_0 g}{4} u - M_l}{2E_s I_{st}} l^2 \cdot \frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E}$ $R_2 = \frac{m_0 g C_Y}{4}$ $M_{l2} = \frac{\left( \frac{l^3}{12E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{R_2 u l}{E_s I_{st}}}{\left( \frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left( \frac{l}{E_s I_{st}} + \frac{K_l}{r_m^3 \beta_l^2 E} \right) - \left( \frac{l^2}{2E_s I_{st}} \right)^2}$	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
説明 (続 き)	$P_2 = \frac{(R_2 u - M_{I2}) l^2}{\frac{2E_s I_{st}}{l^3} + \frac{l}{3E_s I_{st}} + \frac{K_r}{G_s A_{sr}} + \frac{r_m E}{r_m E}}$ <p>(3) 引張応力            水平方向地震力 (X 方向) が作用した場合</p> $M_{x1} = \left[ \left\{ \left  \frac{1}{\sqrt{2}} (Rl + M_1 - R_1 u) \right  +  (P - P_2) l + (M_l - M_{I2}) - (R - R_2) u  \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (Ql - M_3) \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ $R_{x1} = R - R_2 - \frac{R_1}{\sqrt{2}}$ <p>ここで,</p> $R = \frac{m_0 g}{4}$ <p><math>R_{x1}</math> は負のため, ボルトに生じる引張力は次により求める。            中立軸の位置 <math>X_n</math> を次式により求め,</p> $X_n^3 + 3 \left( e - \frac{a}{2} \right) X_n^2 - \frac{6sA_b n_1}{b} \left( e + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_n) = 0$ <p>ボルトに生じる引張力</p> $F_b = \frac{R_{x1} \left( e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}}$ <p>から, ボルトに生じる引張応力を次式により求める。</p> $\sigma_b = \frac{F_b}{n_1 A_b}$	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																																							
説明 (続き)	<p>3. 評価結果</p> <p>評価結果については、水平方向地震力（X 方向, Z 方向）で厳しい結果のみ記載している。</p> <p>(1) 応力計算について</p> <p>上記計算によって求められた算出応力を以下に示す。</p> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 154</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 18</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 許容応力について</p> <p>JEAG4601-1987 6.6.3 (1)容器 d.4 脚たて置円筒形容器 (c)評価方法 (ii)応力の評価 ③基礎ボルトの応力評価の評価式に基づき、許容応力を算出する。</p> <p>以下に算出に用いる評価条件及び算出結果を示す。</p> <p>(条件)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルト材質</td> <td>—</td> <td></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルト径</td> <td>d</td> <td></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>評価用温度</td> <td>—</td> <td>70</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計降伏点</td> <td><math>S_y</math></td> <td></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計引張強さ</td> <td><math>S_u</math></td> <td></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>f_{ts} = 450</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>f_{sb} = 346</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 結論</p> <p>上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 154</math></td> <td><math>f_{ts} = 450</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 18</math></td> <td><math>f_{sb} = 346</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table>			応力	算出応力	単位	引張	$\sigma_b = 154$	MPa	せん断	$\tau_b = 18$	MPa	項目	記号	入力値	単位	ボルト材質	—		—	ボルト径	d		—	評価用温度	—	70	°C	ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa	ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa	応力	許容応力	単位	引張	$f_{ts} = 450$	MPa	せん断	$f_{sb} = 346$	MPa	応力	算出応力	許容応力	単位	引張	$\sigma_b = 154$	$f_{ts} = 450$	MPa	せん断	$\tau_b = 18$	$f_{sb} = 346$	MPa
応力	算出応力	単位																																																							
引張	$\sigma_b = 154$	MPa																																																							
せん断	$\tau_b = 18$	MPa																																																							
項目	記号	入力値	単位																																																						
ボルト材質	—		—																																																						
ボルト径	d		—																																																						
評価用温度	—	70	°C																																																						
ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa																																																						
ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa																																																						
応力	許容応力	単位																																																							
引張	$f_{ts} = 450$	MPa																																																							
せん断	$f_{sb} = 346$	MPa																																																							
応力	算出応力	許容応力	単位																																																						
引張	$\sigma_b = 154$	$f_{ts} = 450$	MPa																																																						
せん断	$\tau_b = 18$	$f_{sb} = 346$	MPa																																																						

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
説明 (続 き)	<p>② コントロール建屋電気品室サージタンク</p> <p>JEAC4601-2008「5.2.3 四脚たて置円筒形容器」に基づき、コントロール建屋電気品室サージタンクにおける機器付基礎ボルトに対して腐食時に、地震を受けた場合の健全性の評価を実施した。</p> <p>コントロール建屋電気品室サージタンク（基礎ボルト）の評価内容を以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>(1) 機器構造</p> <p>コントロール建屋電気品室サージタンクは、4脚たて置円筒形容器であり、ボルトで十分剛な基礎に固定されているものとする。添付資料 2F4-耐震 21-②に外形図を示す。</p> <p>(2) 解析モデル</p> <p>本評価の解析モデルを以下に示す。</p>	



No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
説明 (続 き)	<p>図 2-1 脚下端が第1脚は単純支持，第2脚は固定されている場合の変形モード</p>	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説明 (続 き)	(3) 耐震条件			
	項目	記号	入力値	単位
	耐震重要度	—	S	—
	据付設置建屋	—	C/B	—
	据付設置位置	—	0. P 12, 200	mm
	固有周期（水平方向）	—		s
	固有周期（鉛直方向）	—		—
	水平方向設計震度*2	$C_H$		—
	鉛直方向設計震度*2	$C_V$		—
	*1：鉛直方向については、剛構造とみなした			
	*2：設計震度については、動的地震力（ $S_s$ , $S_1$ ）及び静的地震力の最大値とする			
	(4) 評価条件			
	荷重，応力算出に用いた評価条件を以下に示す。			
	項目	記号	入力値	単位
	ボルト径	d		—
	ボルト半径当たり腐食量	c	0. 3	mm
	運転時質量	$m_0$		kg
	引張りを受けるボルトの本数	$n_1$		—
	ボルトとコンクリートとの弾性係数比	s		—
	胴の内径	$D_i$		mm
	胴の板厚	t		mm
	胴の縦弾性係数	E		MPa
	脚の縦弾性係数	$E_s$		MPa
	脚のせん断弾性係数	$G_s$		MPa
	脚の断面積	$A_s$		mm <sup>2</sup>
	脚の半径方向軸に対する有効せん断断面積	$A_{sr}$		mm <sup>2</sup>
	脚の周方向軸に対する有効せん断断面積	$A_{st}$		mm <sup>2</sup>
	脚の半径方向軸に対する断面2次モーメント	$I_{sr}$		mm <sup>4</sup>
	脚の周方向軸に対する断面2次モーメント	$I_{st}$		mm <sup>4</sup>
	脚のねじりモーメント係数	$J_s$		mm <sup>4</sup>
	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の1/2(胴の周方向)	$C_1$		mm
	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の1/2(胴の軸方向)	$C_2$		mm

 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説明 (続 き)	項目	記号	入力値	単位
	基礎から容器上部重心までの距離	$l_g$		mm
	脚の長さ	$l$		mm
	脚の中立軸間の距離	$l_c$		mm
	脚底板の半径方向幅	$a$		mm
	脚底板の周方向幅	$b$		mm
	脚底板端面からボルト中心までの半径方向の距離	$d_1$		mm
	脚底板端面からボルト中心までの周方向の距離	$d_2$		mm
参考文献 (1) (2) による算出値を以下に示す。				
項目	記号	入力値	単位	
アタッチメントパラメータ軸方向の補正係数	$k_1$		—	
アタッチメントパラメータ周方向の補正係数	$k_c$		—	
胴の脚つけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数	$K_l$		N/mm	
胴の脚つけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ばね定数	$K_c$		N/mm	
胴の脚つけ根部における半径方向荷重に対する局部ばね定数	$K_r$		N/mm	
2. 評価方法				
評価方法については、水平方向地震力（X方向，Z方向）で厳しい結果となるもののみ記載している。				
(1) 釣合方程式				
脚下端が第1脚は単純支持，第2脚は固定の場合について，釣合方程式を示す。				
水平力の釣合より				
$2P_1 + 2Q = F_0 \quad \dots \textcircled{1}$				
転倒モーメントの釣合より				
$2M_1 - 2M_3 + 2R_1 r_m = F_0 (l_g - l) \quad \dots \textcircled{2}$				
ここで，				
$r_m = (D_i + t) / 2$				

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
<p>説明 (続き)</p>	<p>第1脚の水平方向変位量<math>\Delta_{x1}</math>、傾き角<math>\theta_1</math>、鉛直方向変位量<math>\Delta_{y1}</math>は次による。</p> $\Delta_{x1} = \frac{P_1 l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{P_1 l}{G_s A_{sr}} + l\theta_1 \quad \dots \textcircled{3}$ $P_1 l + M_1 = R_1 u \quad \dots \textcircled{4}$ $\Delta_{y1} = \frac{R_1 l}{A_s E_s} \quad \dots \textcircled{5}$ <p>ここで、</p> $u = \frac{l_c}{2} - r_m$ <p>胴の半径方向局部変位量<math>\Delta_{r1}</math>と局部傾き角<math>\theta_2</math>は、次による。</p> $\Delta_{r1} = \frac{K_r P_1}{r_m E} \quad \dots \textcircled{6}$ $\theta_2 = \frac{K_l M_1}{r_m^3 \beta_l^2 E} \quad \dots \textcircled{7}$ <p>ここで、</p> $\beta_l = k_l \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}, \quad \beta_1 = \frac{C_1}{r_m}, \quad \beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$ <p>第2脚の傾き角<math>\theta_0</math>と水平方向変位量<math>\Delta_{x3}</math>は、次による。</p> $\theta_0 = -\frac{M_3 l}{E_s I_{sr}} + \frac{Q l^2}{2E_s I_{sr}} \quad \dots \textcircled{8}$ $\Delta_{x3} = \frac{Q l^3}{3E_s I_{sr}} + \frac{Q l}{G_s A_{st}} - \frac{M_3 l^2}{2E_s I_{sr}} \quad \dots \textcircled{9}$ <p>第1脚と胴の傾き角の釣合より</p> $\theta_1 + \theta_2 - \theta_0 = 0 \quad \dots \textcircled{10}$ <p>第2脚のねじり角と胴の局部傾き角は等しいことから</p> $\theta_3 = \frac{(Q u - M_c) l}{G_s J_s} = \frac{K_c M_c}{r_m^3 \beta_c^2 E} \quad \dots \textcircled{11}$ <p>ここで、</p> $\beta_c = k_c \sqrt[3]{\beta_1 \beta_2^2}, \quad \beta_1 = \frac{C_1}{r_m}, \quad \beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
説明 (続 き)	<p>脚と胴の水平方向変位の釣合より</p> $\triangle_{x1} + \triangle_{r1} = \triangle_{x3} + u\theta_3 \quad \dots \textcircled{12}$ <p>さらに、鉛直方向変位の釣合より</p> $\triangle_{y1} - u\theta_1 - r_m\theta_0 = 0 \quad \dots \textcircled{13}$ <p>式①～式⑬から <math>P_1</math>, <math>Q</math>, <math>R_1</math>, <math>M_3</math> を求める。</p> <p>(2) せん断応力            水平方向地震力 (Z 方向) が作用した場合</p> $\tau_b = \frac{\sqrt{Q^2 + (P + P_2)^2}}{2A_b} + \frac{Qu - M_c}{A_b(b - 2d_2)}$ <p>ボルトの断面積は、</p> $A_b = \frac{\pi}{4}(d - 2c)^2$ <p>ここで、</p> $M_l = \frac{\left( \frac{l^3}{12E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{m_0 g u l}{4E_s I_{st}}}{\left( \frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left( \frac{l}{E_s I_{st}} + \frac{K_l}{r_m^3 \beta_l^2 E} \right) - \left( \frac{l^2}{2E_s I_{st}} \right)^2}$ $P = \frac{\frac{m_0 g}{4} u - M_l}{\frac{2E_s I_{st}}{\frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E}}}$ $R_2 = \frac{m_0 g C_Y}{4}$ $M_{l2} = \frac{\left( \frac{l^3}{12E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \frac{R_2 u l}{E_s I_{st}}}{\left( \frac{l^3}{3E_s I_{st}} + \frac{l}{G_s A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m E} \right) \left( \frac{l}{E_s I_{st}} + \frac{K_l}{r_m^3 \beta_l^2 E} \right) - \left( \frac{l^2}{2E_s I_{st}} \right)^2}$	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
説明 (続 き)	$P_2 = \frac{(R_2 u - M_{I2}) l^2}{\frac{2E_s I_{st}}{l^3} + \frac{l}{3E_s I_{st}} + \frac{K_r}{G_s A_{sr}} + \frac{r_m E}{r_m E}}$ <p>(3) 引張応力            水平方向地震力 (X 方向) が作用した場合</p> $M_{x1} = \left[ \left\{ \left  \frac{1}{\sqrt{2}} (Rl + M_1 - R_1 u) \right  +  (P - P_2) l + (M_l - M_{I2}) - (R - R_2) u  \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} (Ql - M_3) \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ $R_{x1} = R - R_2 - \frac{R_1}{\sqrt{2}}$ <p>ここで,</p> $R = \frac{m_0 g}{4}$ <p><math>R_{x1}</math> は負のため, ボルトに生じる引張力は次により求める。            中立軸の位置 <math>X_n</math> を次式により求め,</p> $X_n^3 + 3 \left( e - \frac{a}{2} \right) X_n^2 - \frac{6sA_b n_1}{b} \left( e + \frac{a}{2} - d_1 \right) (a - d_1 - X_n) = 0$ <p>ボルトに生じる引張力</p> $F_b = \frac{R_{x1} \left( e - \frac{a}{2} + \frac{X_n}{3} \right)}{a - d_1 - \frac{X_n}{3}}$ <p>から, ボルトに生じる引張応力を次式により求める。</p> $\sigma_b = \frac{F_b}{n_1 A_b}$	

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																																					
説明 (続き)	<p>3. 評価結果</p> <p>評価結果については、水平方向地震力（X 方向, Z 方向）で厳しい結果のみ記載している。</p> <p>(1) 応力計算について</p> <p>上記計算によって求められた算出応力を以下に示す。</p> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 149</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 18</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 許容応力について</p> <p>JEAG4601-1987 6.6.3 (1)容器 d.4 脚たて置円筒形容器 (c)評価方法 (ii)応力の評価 ③基礎ボルトの応力評価の評価式に基づき、許容応力を算出する。</p> <p>以下に算出に用いる評価条件及び算出結果を示す。</p> <p>(条件)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルト材質</td> <td>—</td> <td rowspan="2"></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルト径</td> <td>d</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>評価用温度</td> <td>—</td> <td>70</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計降伏点</td> <td><math>S_y</math></td> <td rowspan="2"></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計引張強さ</td> <td><math>S_u</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>f_{ts} = 174</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>f_{sb} = 134</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 結論</p> <p>上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 149</math></td> <td><math>f_{ts} = 174</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 18</math></td> <td><math>f_{sb} = 134</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table>			応力	算出応力	単位	引張	$\sigma_b = 149$	MPa	せん断	$\tau_b = 18$	MPa	項目	記号	入力値	単位	ボルト材質	—		—	ボルト径	d	—	評価用温度	—	70	°C	ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa	ボルト材の設計引張強さ	$S_u$	MPa	応力	許容応力	単位	引張	$f_{ts} = 174$	MPa	せん断	$f_{sb} = 134$	MPa	応力	算出応力	許容応力	単位	引張	$\sigma_b = 149$	$f_{ts} = 174$	MPa	せん断	$\tau_b = 18$	$f_{sb} = 134$	MPa
応力	算出応力	単位																																																					
引張	$\sigma_b = 149$	MPa																																																					
せん断	$\tau_b = 18$	MPa																																																					
項目	記号	入力値	単位																																																				
ボルト材質	—		—																																																				
ボルト径	d		—																																																				
評価用温度	—	70	°C																																																				
ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa																																																				
ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa																																																				
応力	許容応力	単位																																																					
引張	$f_{ts} = 174$	MPa																																																					
せん断	$f_{sb} = 134$	MPa																																																					
応力	算出応力	許容応力	単位																																																				
引張	$\sigma_b = 149$	$f_{ts} = 174$	MPa																																																				
せん断	$\tau_b = 18$	$f_{sb} = 134$	MPa																																																				

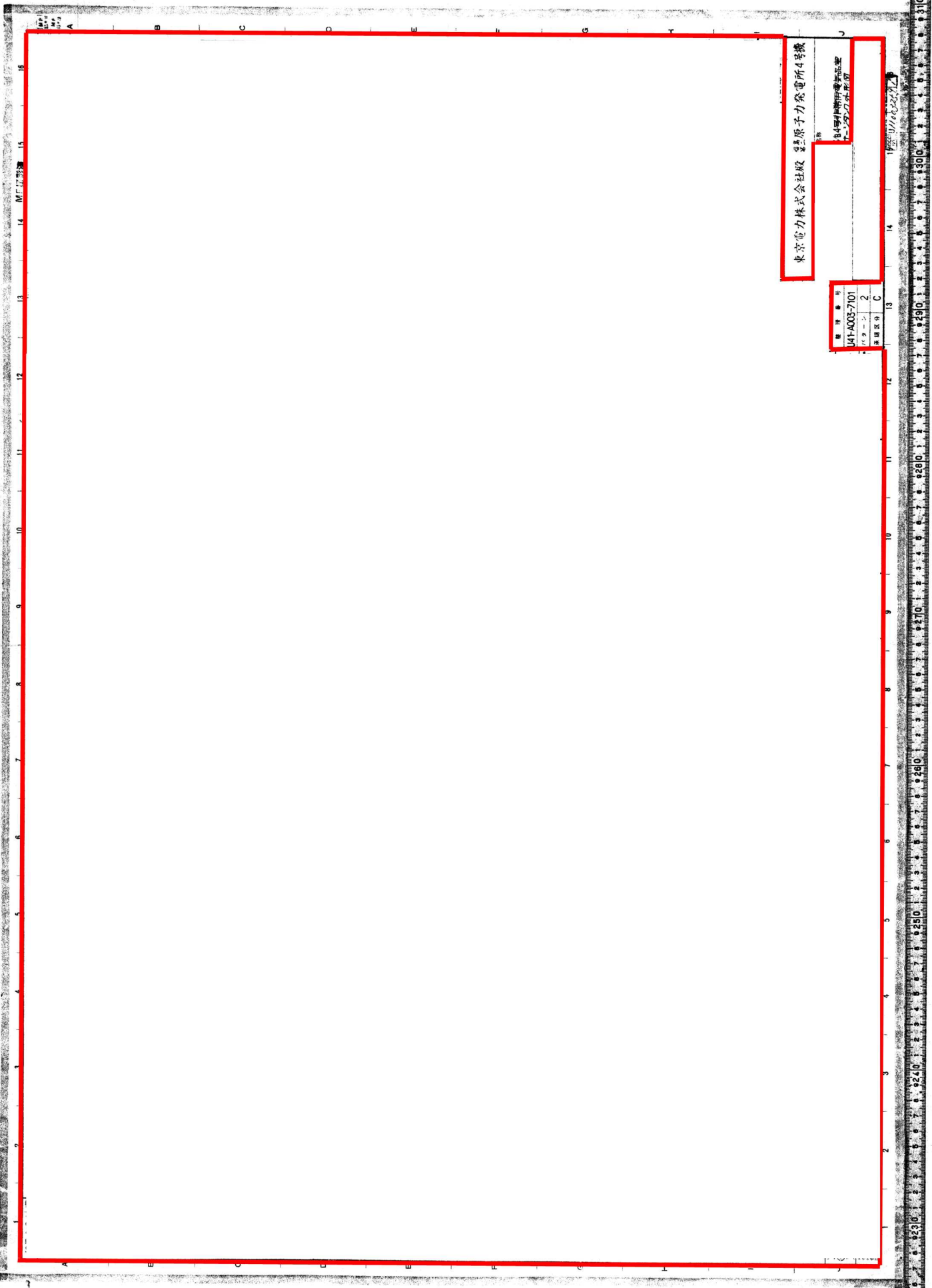
内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 21	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
	<p data-bbox="359 324 534 358">4. 添付資料</p> <p data-bbox="422 369 1165 403">(1) 2F4-耐震 21-①「C/B4 号中央制御室サージタンク外形図」</p> <p data-bbox="422 414 1220 448">(2) 2F4-耐震 21-②「C/B4 号非常用電気品室サージタンク外形図」</p> <p data-bbox="359 492 518 526">5. 参考文献</p> <p data-bbox="391 537 1412 649">(1) Bijlaard, P.P : Stresses from Radial Loads and External Moments in Cylindrical Pressure Vessels, The Welding Journal, 34(12), Research Supplement, 1955.</p> <p data-bbox="391 660 1412 772">(2) Wichman, K.R. et al. : Local Stress in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107/August 1965.</p> <p data-bbox="1348 817 1412 851" style="text-align: right;">以上</p>	





内は商業機密に願いますので公開できません



東京電力株式会社 豊原原子力発電所4号機

豊原原子力発電所  
燃料サイクル管理

機軸番号  
M1-A003-7101  
ステージ 2  
東館区画 C

1/2000000000

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
タイトル	<p>詳細耐震安全性評価の結果（表 3.14-12（3/3））の非常用ディーゼル発電機（A）室給気フィルタユニット及び同（B）室給気フィルタユニットにおける機器付基礎ボルトの腐食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>	
説明	<p>① 非常用ディーゼル発電機（A）室給気フィルタユニット</p> <p>工認 認可 5「IV-2-8-2-3 コントロール建屋中央制御室換気空調系 4 号中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算書」に基づき、中央制御室サージタンクにおける機器付基礎ボルトに対して、腐食時に地震を受けた場合の健全性の評価を実施した。</p> <p>非常用ディーゼル発電機（A）室給気フィルタユニット（基礎ボルト）の評価内容を以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様</p> <p>(1) 機器構造</p> <p>非常用ディーゼル発電機（A）室給気フィルタユニットは、箱型のフィルタ装置であり、ボルトで十分剛な基礎に固定されているものとする。添付資料 2F4-耐震 22-①に外形図を示す。</p> <p>(2) 解析モデル</p> <p>本評価の解析モデルを以下に示す。</p> <div data-bbox="683 1361 1077 1758" style="text-align: center;"> </div> <p>図 1-1 解析モデル</p>	

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説 明 (続 き)	(3) 耐震条件			
	項目	記号	入力値	単位
	耐震重要度	—	S	—
	据付設置建屋	—	R/B	—
	据付設置位置	—	0. P 12, 200	mm
	固有周期（水平方向）	—		s
	固有周期（鉛直方向）	—		—
	水平方向設計震度*2	C <sub>H</sub>		—
	鉛直方向設計震度*2	C <sub>V</sub>		—
	*1：鉛直方向については、剛構造とみなした			
	*2：設計震度については、動的地震力（S <sub>s</sub> , S <sub>i</sub> ）及び静的地震力の最大値とする			
	(4) 評価条件			
	荷重，固有周期・応力算出に用いた評価条件を以下に示す。			
	項目	記号	入力値	単位
	ボルト径	d		—
	ボルト半径当たり腐食量	c	0.3	mm
	据付面に作用する重量	W		kg
	ボルトの本数	N		—
	引張力の働くボルトの評価本数	N <sub>t</sub>		—
	据付面から重心までの距離	h		mm
	ボルト間の距離	l		mm
	重心位置とボルト間の距離	l <sub>1</sub>		mm
	2. 評価方法			
	(1) せん断応力			
	ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。			
	せん断力			
	$Q_s = W \cdot C_H$			
	せん断応力			
	$\tau_b = \frac{Q_s}{A_b \cdot N}$			
	ここでボルトの断面積は，			
	$A_b = \frac{\pi}{4} (d - 2c)^2$			

 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																										
説明 (続 き)	<p>(2) 引張応力            ボルトに対する引張力は図 1-1 でボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。</p> <p>引張力</p> $F_t = \frac{W \cdot \{C_H \cdot h - (1 - C_V) \cdot l_1\}}{l}$ <p>引張応力</p> $\sigma_b = \frac{F_t}{A_b \cdot N_t}$ <p>3. 評価結果            (1) 応力計算について            上記計算によって求められた算出応力を以下に示す。</p> <p>(結果)</p> <table border="1" data-bbox="418 1048 1347 1176"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 172</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 27</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 許容応力について            JEAG4601-1987 6.6.3 (3)その他機器 a. ポンプ・ブロー類 (b)横形ポンプ (iii)評価方法 ②基礎ボルトの応力評価の評価式に基づき、許容応力を算出する。            以下に算出に用いる評価条件及び算出結果を示す。</p> <p>(条件)</p> <table border="1" data-bbox="418 1496 1347 1749"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルト材質</td> <td>—</td> <td></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルト径</td> <td>d</td> <td></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>評価用温度</td> <td>—</td> <td>50</td> <td>℃</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計降伏点</td> <td><math>S_y</math></td> <td></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計引張強さ</td> <td><math>S_u</math></td> <td></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(結果)</p> <table border="1" data-bbox="418 1827 1347 1955"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>f_{ts} = 475</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>f_{sb} = 366</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table>		応力	算出応力	単位	引張	$\sigma_b = 172$	MPa	せん断	$\tau_b = 27$	MPa	項目	記号	入力値	単位	ボルト材質	—		—	ボルト径	d		—	評価用温度	—	50	℃	ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa	ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa	応力	許容応力	単位	引張	$f_{ts} = 475$	MPa	せん断	$f_{sb} = 366$	MPa
応力	算出応力	単位																																										
引張	$\sigma_b = 172$	MPa																																										
せん断	$\tau_b = 27$	MPa																																										
項目	記号	入力値	単位																																									
ボルト材質	—		—																																									
ボルト径	d		—																																									
評価用温度	—	50	℃																																									
ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa																																									
ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa																																									
応力	許容応力	単位																																										
引張	$f_{ts} = 475$	MPa																																										
せん断	$f_{sb} = 366$	MPa																																										

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）													
説明 (続 き)	<p data-bbox="395 324 507 358">(3) 結論</p> <p data-bbox="443 365 1406 439">上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1" data-bbox="403 443 1361 568"> <thead> <tr> <th data-bbox="403 443 738 488">応 力</th> <th data-bbox="738 443 986 488">算出応力</th> <th data-bbox="986 443 1238 488">許容応力</th> <th data-bbox="1238 443 1361 488">単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="403 488 738 526">引 張</td> <td data-bbox="738 488 986 526"><math>\sigma_b = 172</math></td> <td data-bbox="986 488 1238 526"><math>f_{ts} = 475</math></td> <td data-bbox="1238 488 1361 526">MPa</td> </tr> <tr> <td data-bbox="403 526 738 568">せん断</td> <td data-bbox="738 526 986 568"><math>\tau_b = 27</math></td> <td data-bbox="986 526 1238 568"><math>f_{sb} = 366</math></td> <td data-bbox="1238 526 1361 568">MPa</td> </tr> </tbody> </table>			応 力	算出応力	許容応力	単位	引 張	$\sigma_b = 172$	$f_{ts} = 475$	MPa	せん断	$\tau_b = 27$	$f_{sb} = 366$	MPa
応 力	算出応力	許容応力	単位												
引 張	$\sigma_b = 172$	$f_{ts} = 475$	MPa												
せん断	$\tau_b = 27$	$f_{sb} = 366$	MPa												

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）
-----	-----------	-------------------

説明  
(続き)

② 非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気フィルタユニット

工認 認可 5「IV-2-8-2-3 コントロール建屋中央制御室換気空調系 4 号中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算書」に基づき、中央制御室サージタンクにおける機器付基礎ボルトに対して、腐食時に地震を受けた場合の健全性の評価を実施した。

非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気フィルタユニット（基礎ボルト）の評価内容を以下に示す。

1. 評価仕様

(1) 機器構造

非常用ディーゼル発電機 (B) 室給気フィルタユニットは、箱型のフィルタ装置であり、ボルトで十分剛な基礎に固定されているものとする。添付資料 2F4-耐震 22-②に外形図を示す。

(2) 解析モデル

本評価の解析モデルを以下に示す。

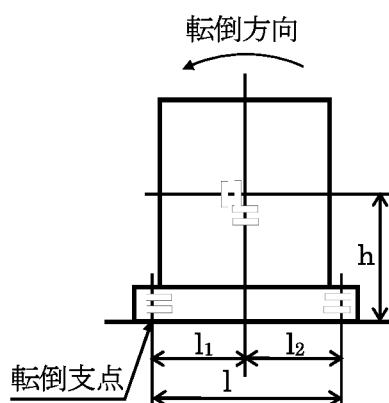


図 2-1 解析モデル

(3) 耐震条件

項目	記号	入力値	単位
耐震重要度	—	S	—
据付設置建屋	—	R/B	—
据付設置位置	—	O. P 12, 200	mm
固有周期 (水平方向)	—		s
固有周期 (鉛直方向)	—		—
水平方向設計震度*2	$C_H$		—
鉛直方向設計震度*2	$C_V$		—

\*1：鉛直方向については、剛構造とみなした

\*2：設計震度については、動的地震力 ( $S_s$ ,  $S_i$ ) 及び静的地震力の最大値とする

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）		
説明 (続 き)	(4) 評価条件 荷重, 固有周期・応力算出に用いた評価条件を以下に示す。			
	項目	記号	入力値	単位
	ボルト径	d		—
	ボルト半径当たり腐食量	c	0.3	mm
	据付面に作用する重量	W		kg
	ボルトの本数	N		—
	引張力の働くボルトの評価本数	$N_t$		—
	据付面から重心までの距離	h		mm
	ボルト間の距離	l		mm
	重心位置とボルト間の距離	$l_1$		mm
	2. 評価方法			
	(1) せん断応力			
	ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。			
	せん断力			
	$Q_s = W \cdot C_H$			
	せん断応力			
	$\tau_b = \frac{Q_s}{A_b \cdot N}$			
	ここでボルトの断面積は、			
	$A_b = \frac{\pi}{4} (d - 2c)^2$			
	(2) 引張応力			
	ボルトに対する引張力は図 2-1 でボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。			
	引張力			
	$F_t = \frac{W \cdot \{C_H \cdot h - (1 - C_v) \cdot l_1\}}{l}$			
	引張応力			
	$\sigma_b = \frac{F_t}{A_b \cdot N_t}$			

  内は商業機密に属しますので公開できません

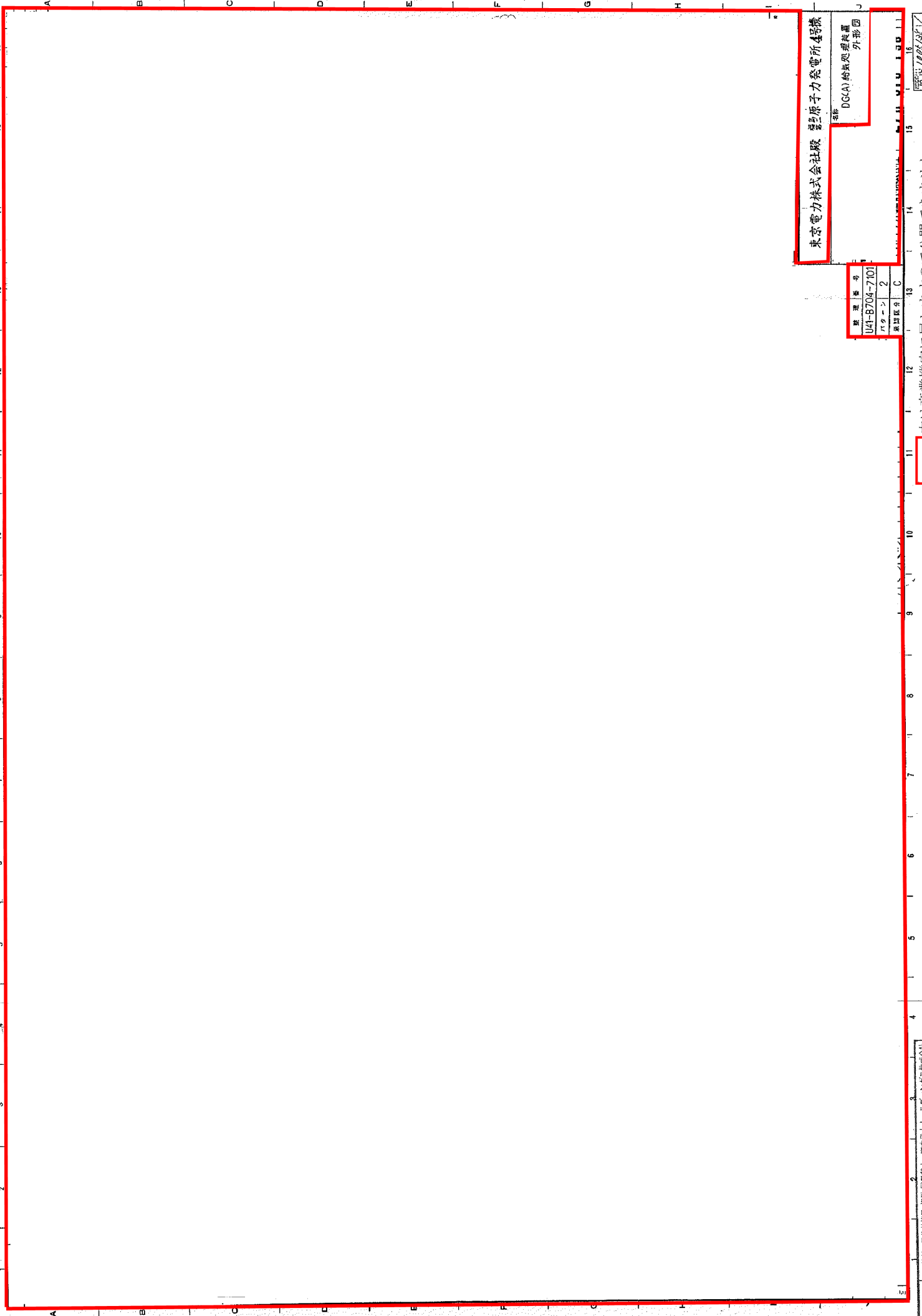


No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																																				
説明 (続き)	<p>3. 評価結果</p> <p>(1) 応力計算について 上記計算によって求められた算出応力を以下に示す。</p> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 421</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 90</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 許容応力について JEAG4601-1987 6.6.3 (3)その他機器 a. ポンプ・ブロー類 (b)横形ポンプ (iii)評価方法 ②基礎ボルトの応力評価の評価式に基づき、許容応力を算出する。 以下に算出に用いる評価条件及び算出結果を示す。</p> <p>(条件)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルト材質</td> <td>—</td> <td rowspan="2"></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ボルト径</td> <td>d</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>評価用温度</td> <td>—</td> <td>50</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計降伏点</td> <td><math>S_y</math></td> <td rowspan="2"></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>ボルト材の設計引張強さ</td> <td><math>S_u</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>f_{ts} = 475</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>f_{sb} = 366</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) 結論 上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 421</math></td> <td><math>f_{ts} = 475</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 90</math></td> <td><math>f_{sb} = 366</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table>		応力	算出応力	単位	引張	$\sigma_b = 421$	MPa	せん断	$\tau_b = 90$	MPa	項目	記号	入力値	単位	ボルト材質	—		—	ボルト径	d	—	評価用温度	—	50	°C	ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa	ボルト材の設計引張強さ	$S_u$	MPa	応力	許容応力	単位	引張	$f_{ts} = 475$	MPa	せん断	$f_{sb} = 366$	MPa	応力	算出応力	許容応力	単位	引張	$\sigma_b = 421$	$f_{ts} = 475$	MPa	せん断	$\tau_b = 90$	$f_{sb} = 366$	MPa
応力	算出応力	単位																																																				
引張	$\sigma_b = 421$	MPa																																																				
せん断	$\tau_b = 90$	MPa																																																				
項目	記号	入力値	単位																																																			
ボルト材質	—		—																																																			
ボルト径	d		—																																																			
評価用温度	—	50	°C																																																			
ボルト材の設計降伏点	$S_y$		MPa																																																			
ボルト材の設計引張強さ	$S_u$		MPa																																																			
応力	許容応力	単位																																																				
引張	$f_{ts} = 475$	MPa																																																				
せん断	$f_{sb} = 366$	MPa																																																				
応力	算出応力	許容応力	単位																																																			
引張	$\sigma_b = 421$	$f_{ts} = 475$	MPa																																																			
せん断	$\tau_b = 90$	$f_{sb} = 366$	MPa																																																			

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	2F4-耐震 22	分類：耐震安全性評価（基礎ボルト）																																						
説明 (続き)	<p>③ 評価条件の見直し 非常用ディーゼル発電機（A）室給気フィルタユニット（基礎ボルト）の評価条件の見直しを行った評価内容を以下に示す。</p> <p>1. 評価仕様 (1) 評価条件 非常用ディーゼル発電機（A）室給気フィルタユニットの評価においては、現在の機器状態に合わせた基礎ボルトの本数に見直し、これに併せて現在の機器に合わせた重心位置に見直した。 以下に見直した評価条件を示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>入力値</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボルトの本数</td> <td>N</td> <td rowspan="4" style="border: 2px solid red;"></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>引張力の働くボルトの評価本数</td> <td><math>N_t</math></td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>固有周期（水平方向）</td> <td>—</td> <td>s</td> </tr> <tr> <td>据付面から重心までの距離</td> <td>h</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 評価結果 (1) 応力計算について 上記の見直した評価条件を考慮し、再計算した算出応力を以下に示す。 (結果)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 294</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 87</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 結論 上記の結果から、ボルトに発生する応力が許容応力を満足することを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>応力</th> <th>算出応力</th> <th>許容応力</th> <th>単位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>引張</td> <td><math>\sigma_b = 294</math></td> <td><math>f_{ts} = 475</math></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>せん断</td> <td><math>\tau_b = 87</math></td> <td><math>f_{sb} = 366</math></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table> <p>④ 添付資料 (1) 2F4-耐震 22-①「DG(A)給気処理装置外形図」 (2) 2F4-耐震 22-②「DG(B)給気処理装置外形図」</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		項目	記号	入力値	単位	ボルトの本数	N		—	引張力の働くボルトの評価本数	$N_t$	—	固有周期（水平方向）	—	s	据付面から重心までの距離	h	mm	応力	算出応力	単位	引張	$\sigma_b = 294$	MPa	せん断	$\tau_b = 87$	MPa	応力	算出応力	許容応力	単位	引張	$\sigma_b = 294$	$f_{ts} = 475$	MPa	せん断	$\tau_b = 87$	$f_{sb} = 366$	MPa
項目	記号	入力値	単位																																					
ボルトの本数	N		—																																					
引張力の働くボルトの評価本数	$N_t$		—																																					
固有周期（水平方向）	—		s																																					
据付面から重心までの距離	h		mm																																					
応力	算出応力	単位																																						
引張	$\sigma_b = 294$	MPa																																						
せん断	$\tau_b = 87$	MPa																																						
応力	算出応力	許容応力	単位																																					
引張	$\sigma_b = 294$	$f_{ts} = 475$	MPa																																					
せん断	$\tau_b = 87$	$f_{sb} = 366$	MPa																																					

内は商業機密に属しますので公開できません

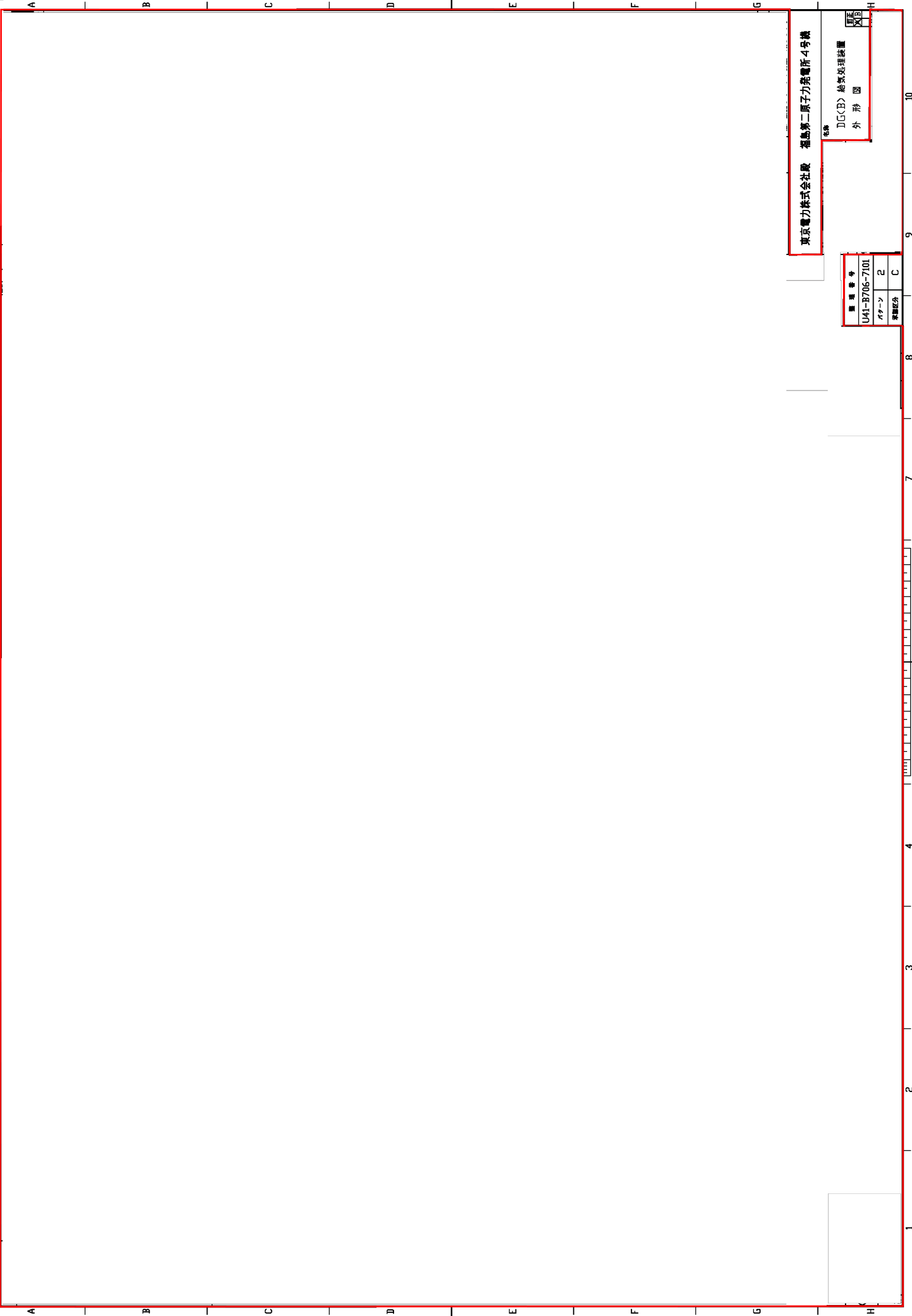


東京電力株式会社 原子力発電所管理

名称 DG(A) 給気処 昇降器 外形図

製造番号	U41-B704-7101
パターン	2
承認区分	C

内は商業機密に属しますので公開できません 添付資料：2F4-耐震22-②



東京電力株式会社 福島第二原子力発電所4号機

DG(B) 給気処理装置  
外形図

製造番号
U41-B706-7101
バージョン
2
承認区分
C

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

A B C D E F G H