

No.	2F4-コンクリート鉄骨 10[機械振動 1]Rev. 1	分類：コンクリート構造物												
タイトル	機械振動の評価対象部位を選定した過程及びプラント運転中及びプラント停止後に比較的大きな振動を受ける機器の原動機出力について													
説明	<p>運転中及びプラント停止後に比較的大きな振動を受ける機器の原動機出力を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="399 768 1369 1019"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>仕様（定格出力）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>蒸気タービン（高圧タービン・低圧タービン）</td> <td>1,100MW</td> </tr> <tr> <td>原子炉冷却材浄化系再循環ポンプモータ（CUW）</td> <td>120kW</td> </tr> <tr> <td>残留熱除去系ポンプモータ（RHR）</td> <td>750kW</td> </tr> <tr> <td>燃料プール冷却浄化系冷却ポンプ（FPC）</td> <td>75kW</td> </tr> <tr> <td>非常用ディーゼル機関（A, B 号機）</td> <td>6,767kW</td> </tr> </tbody> </table> <p>常時振動している機器のうち、躯体への影響が最も大きい機器は、原動機出力や 2F 1～3 号炉の実績から、高圧タービン、低圧タービンとなることから、評価対象部位は、タービン発電機架台コンクリートを選定した。</p> <p>プラント停止後の、安定停止の維持に必要な設備のうち、振動を受ける機器であるポンプについては、出力、機器重量がタービン設備に比べ非常に小さく、構造体に与える影響はごく僅かである。</p> <p>また、非常用ディーゼル発電機は、常時振動機器ではないことから、現在までの運転時間における稼働時間も僅かであり、経年劣化の進展は極めて小さいと考えられる。</p> <p>以上より、評価対象部位は、タービン発電機架台コンクリートで問題ないと判断する。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		機器名称	仕様（定格出力）	蒸気タービン（高圧タービン・低圧タービン）	1,100MW	原子炉冷却材浄化系再循環ポンプモータ（CUW）	120kW	残留熱除去系ポンプモータ（RHR）	750kW	燃料プール冷却浄化系冷却ポンプ（FPC）	75kW	非常用ディーゼル機関（A, B 号機）	6,767kW
機器名称	仕様（定格出力）													
蒸気タービン（高圧タービン・低圧タービン）	1,100MW													
原子炉冷却材浄化系再循環ポンプモータ（CUW）	120kW													
残留熱除去系ポンプモータ（RHR）	750kW													
燃料プール冷却浄化系冷却ポンプ（FPC）	75kW													
非常用ディーゼル機関（A, B 号機）	6,767kW													

No.	2F4-コンクリート鉄骨 13 [熱 2]	分類：コンクリート構造物
タイトル	通常運転時の評価点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>原子炉ペデスタルコンクリートと圧力容器支持脚部との接触面におけるコンクリートの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>原子炉圧力容器支持スカート及び原子炉圧力容器部の一部を2次元シェル要素でモデル化し，定常伝熱解析を実施した。解析条件である炉水温度，ドライウエル雰囲気温度および熱伝達率は，2F4号機 工事計画認可申請図書 添付書類IV-3-1-1-5「下鏡及び支持スカートの強度計算書」（以下，「2F4工認図書」と称す）並びに先行号機の条件を考慮して実施した。</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>2F4工認図書における解析モデルと同範囲とし，原子炉圧力容器支持スカート（支持脚リング，支持脚，支持脚フランジ）及び原子炉圧力容器部（下鏡，ダウンカマ部）の一部とした。具体的な対象範囲と解析モデルを添付資料13-①に示す。</p> <p>(2) 前提条件</p> <p>①温度条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炉水温度は，2F4工認図書より，定格出力運転時の温度である276℃とした。 ・支持脚部が接しているドライウエルの空気温度は，同じく2F4工認図書に示されている雰囲気温度より10℃とした。 <p>また，先行号機の2F1号機と2F3号機では，2F1号機 工事計画認可申請図書 添付書類IV-3-2-1-4「支持脚の応力計算書」並びに2F3号機 工事計画認可申請図書 添付書類IV-3-1-1-5「下鏡及び支持スカートの応力計算書」により，当該部における雰囲気温度が38℃であることから，2ケースの計算を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各部の雰囲気温度は，熱伝達率と合わせて表2に示す。 <p>②材料定数</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2F4工認図書においては，温度分布計算に必要な物性値が示されていないことから，使用材料を確認した上で，表1の通り，先行機である1F5号機 工事計画認可申請図書 添付書類Ⅲ-2-23「支持スカートの応力計算書」の物性値を採用した。 	

No.	2F4-コンクリート鉄骨 13 [熱 2]	分類：コンクリート構造物		
説 明 (続 き)	表 1 使用材料と物性値			
		①ライナ	②下鏡	③支持ス カート
	熱伝導率 λ (kcal/mh $^{\circ}$ C)	14.6	37.2	
	比 重 ρ (kg/m 3)	8,030	7,850	
	比 熱 C_p (kcal/kg $^{\circ}$ C)	0.12	0.11	
	③境界条件 (各境界の熱伝達率)			
	・各境界条件は、2F4 工認図書により表 2 の通りとした。			
	表 2 境界条件一覧			
		雰囲気温度 t [$^{\circ}$ C]		熱伝達率 h [kcal/m 2 h $^{\circ}$ C]
		ケース 1	ケース 2	
	境界 1 (容器胴外側保温部)	10	38	1.0
	境界 2 (支持脚外側保温部)	10	38	3.0
	境界 3 (支持脚外側非保温部・受台板部)	10	38	8.0
	境界 5 (エアポケット部)	170.5		4.0
	境界 6 (原子炉圧力容器下鏡部外側)	170.5		4.0
	境界 7 (原子炉圧力容器胴部内側)	276		4,748
	境界 8 (原子炉圧力容器下鏡部内側)	276		10,046
	2. 解析結果			
	温度分布解析の結果、原子炉ペデスタルコンクリートと圧力容器支持脚部との接触面におけるコンクリート部の最高温度は、添付資料 13-②に示す通り約 59 $^{\circ}$ C であり、「原子炉建屋構造設計指針・同解説 (1988)」による、強度上の熱に対するコンクリートの温度制限値 (一般部 65 $^{\circ}$ C、局部 90 $^{\circ}$ C) を下回る結果となった。			
	【添付資料】			
	・2F4-コンクリート鉄骨 13-①：温度分布解析モデル			
	・2F4-コンクリート鉄骨 13-②：温度分布解析結果コンター図			
	以 上			

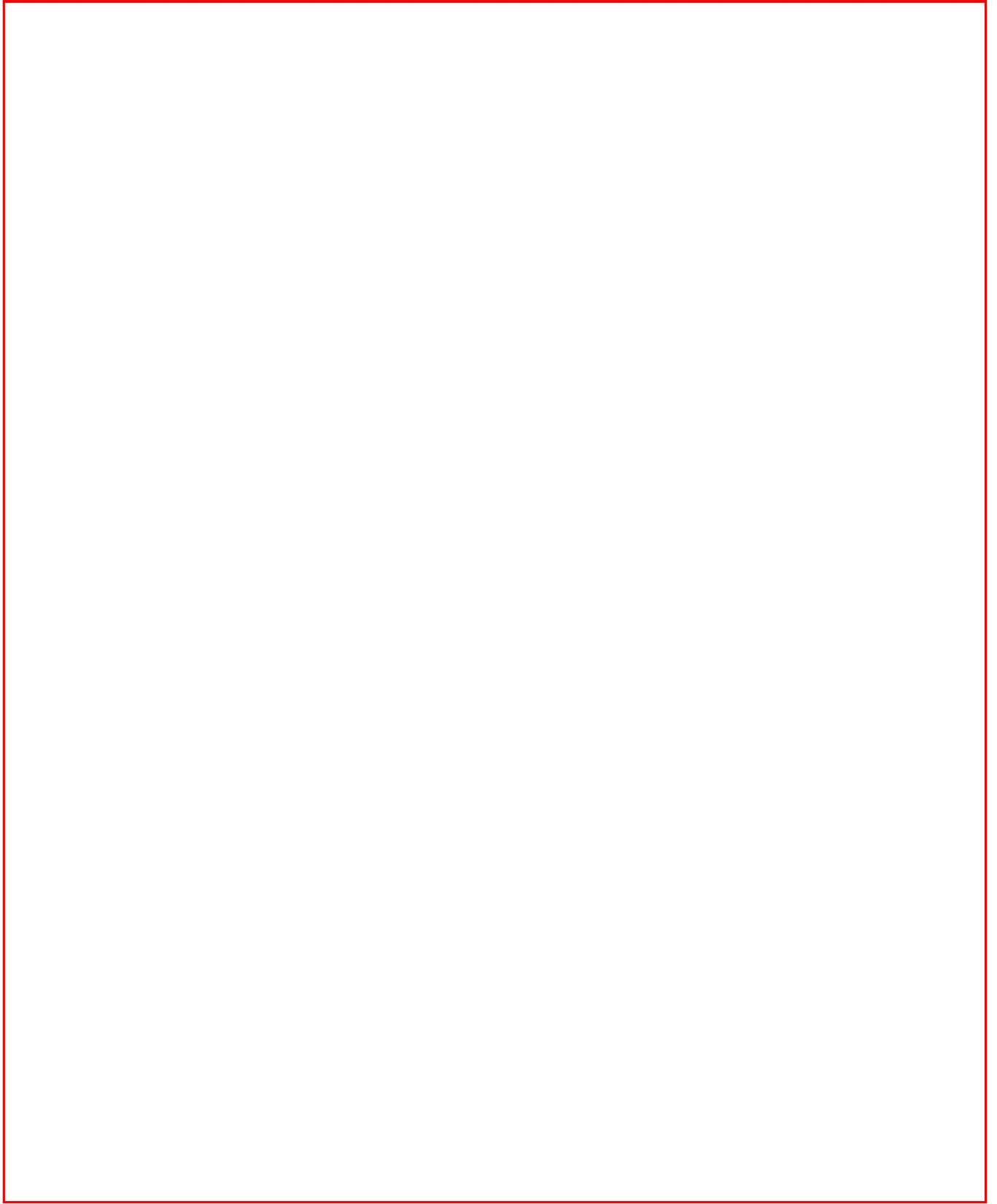


図1 温度分布解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません

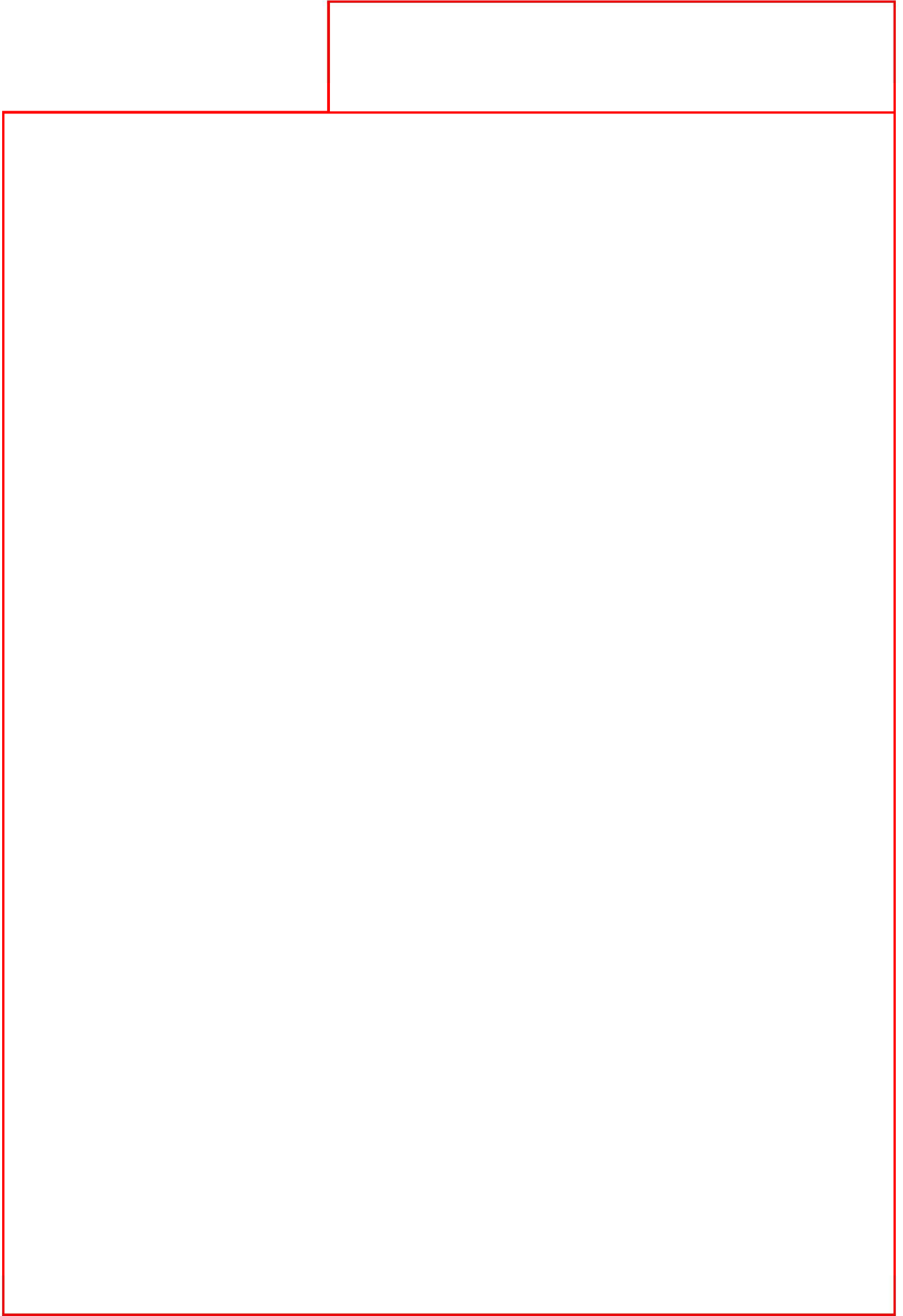
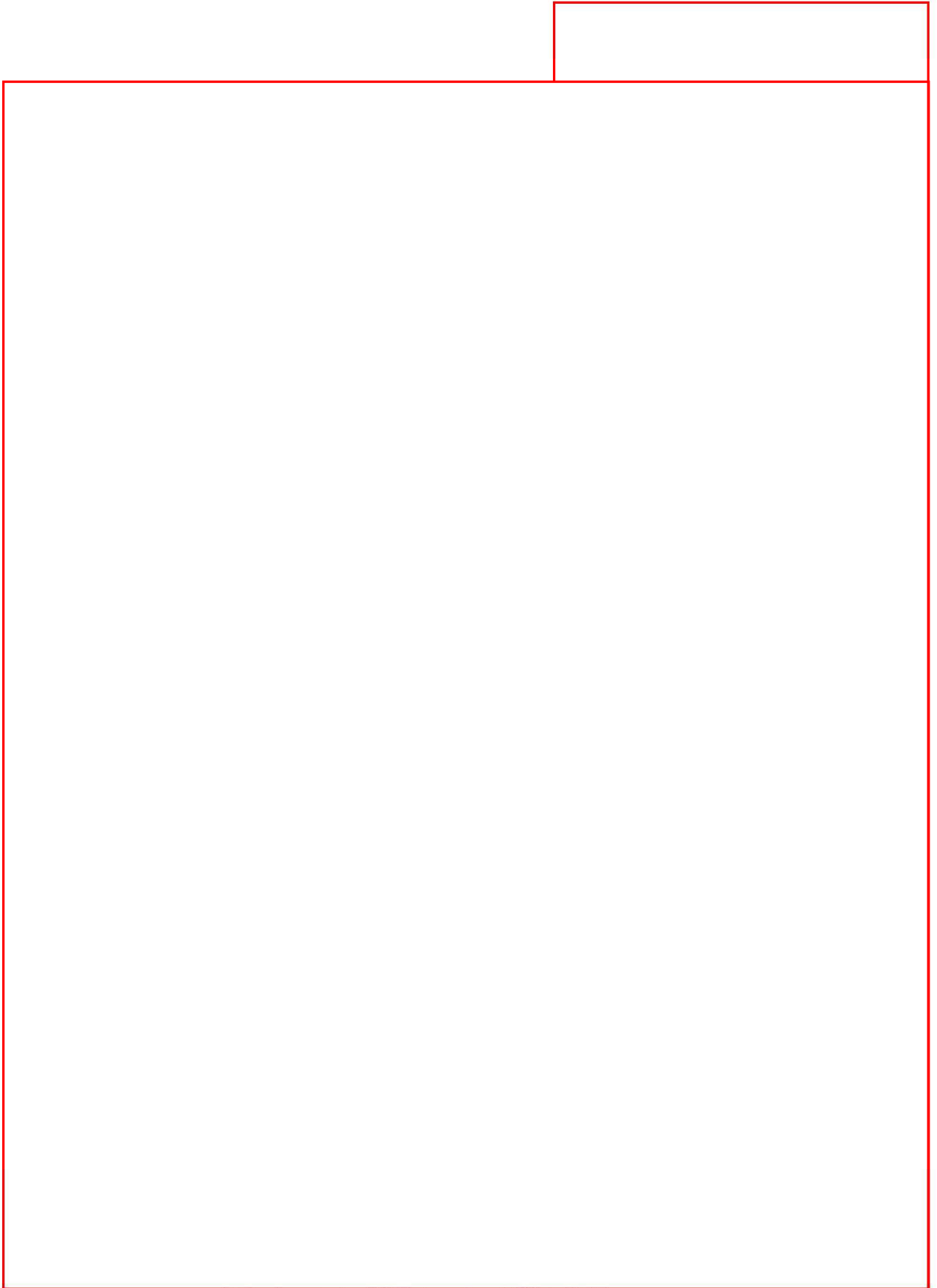


図 2 - 1 温度分布解析結果コンタ図 (1 / 3 : 全体図)

内は商業機密に属しますので公開できません



(2) ケース2 (境界1~3=38℃の場合)

図2-2 温度分布解析結果コンタ図 (2/3 : 下鏡・支持スカート部拡大図)

内は商業機密に属しますので公開できません

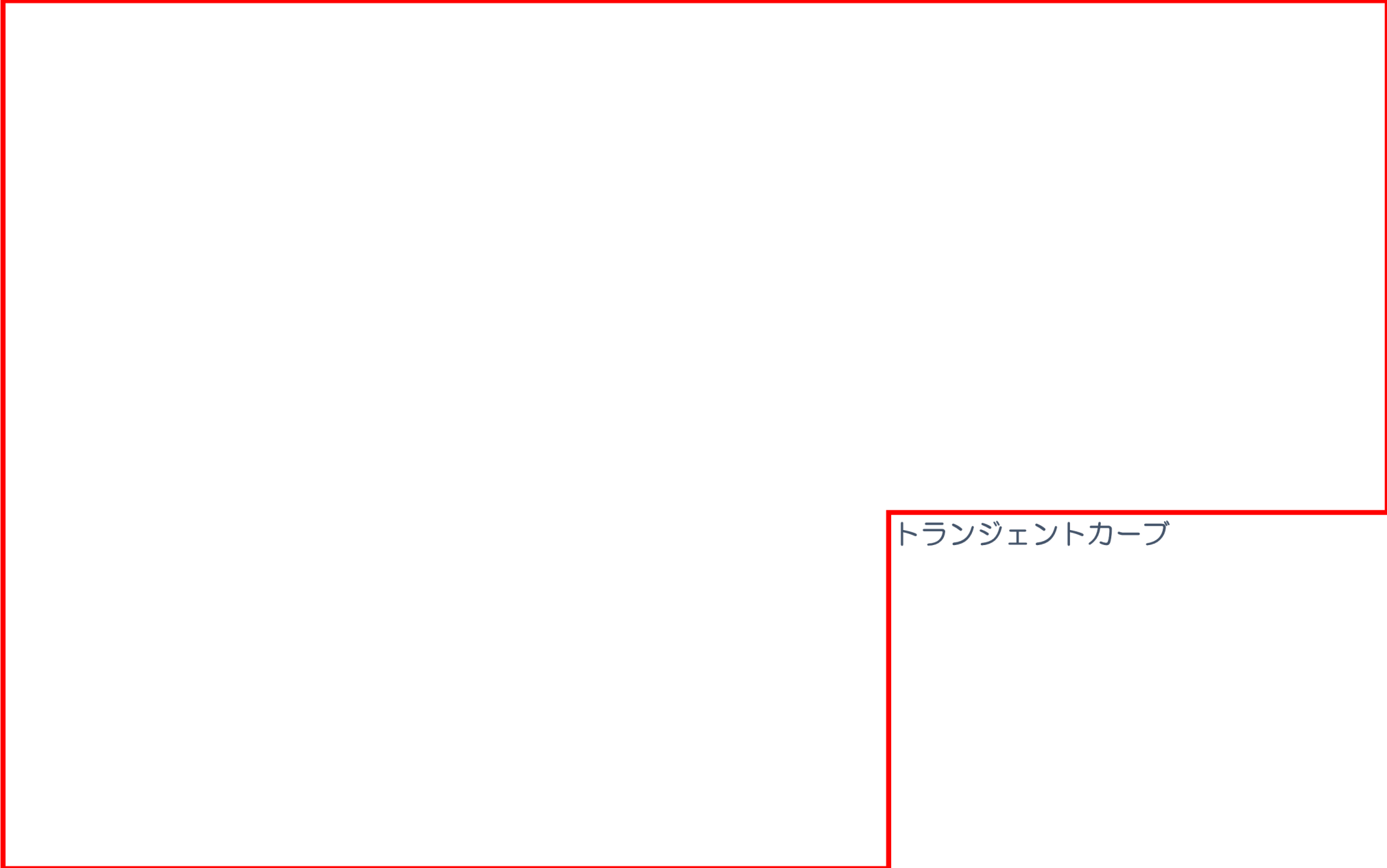


図 2 - 3 温度分布解析結果コンタ図 (3 / 3 : R P V ペデスタル接触面拡大図)

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 14 [熱 3]	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、ドライウェル(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*2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]	分類：コンクリート構造物
<p>説 明</p> <p>(続 き)</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</p> <p>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"> ・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 ・2F4-コンクリート鉄骨 14-②: 温度分布解析結果コンター図 <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



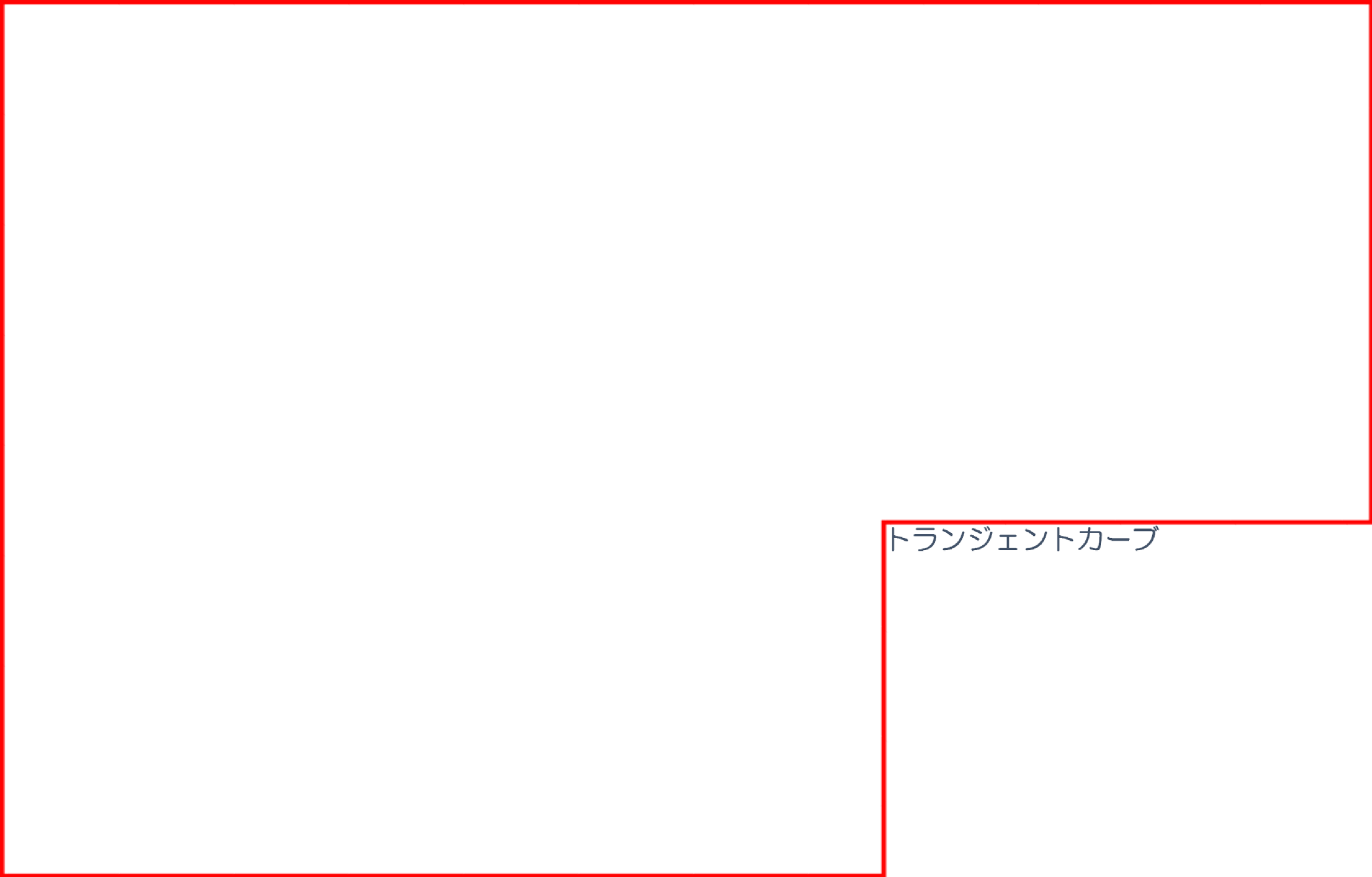
温度分布解析結果コンター図



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 15 [熱 4]	分類：コンクリート構造物												
タイトル	原子炉ペDESTALの温度解析結果及び評価結果について													
説明	<p>原子炉ペDESTALの温度分布解析の結果等について以下に示す。</p> <p>1. 温度分布解析の方法</p> <p>原子炉ペDESTAL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。</p> <p>具体的な対象範囲と解析モデルを添付資料 15-①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 15-①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 15-②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、原子炉ペDESTAL各部の最高温度と 100℃以上となった期間を以下に示す。</p> <table border="1"> <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 rowspan="2">原子炉ペDESTAL</td> <td>上部</td> <td>125℃</td> <td>3日程度</td> </tr> <tr> <td>下部</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>原子炉ペDESTAL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*2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	原子炉ペDESTAL	上部	125℃	3日程度	下部	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											
原子炉ペDESTAL	上部	125℃	3日程度											
	下部	140℃*1	3日程度											

No.	2F4-コンクリート鉄骨 15 [熱 3]	分類：コンクリート構造物
<p>説 明</p> <p>(続 き)</p>	<p>*2: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</p> <p>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"> ・ 2F4-コンクリート鉄骨 15-①: 温度分布解析モデル・トランジェントカーブ ・ 2F4-コンクリート鉄骨 15-②: 温度分布解析結果コンター図 <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ー図



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 16 [熱 5]	分類：コンクリート構造物
タイトル	一次遮蔽コンクリートの目視点検結果及び補修計画並びに補修実績について	
説明	<p>一次遮蔽コンクリートについて、定期的を実施している「建築設備点検業務（平成26,27年度）他5件」による目視点検の結果，補修を要するひび割れは確認されていない。</p> <p>また，過去の目視点検においても補修を要するひび割れは確認されていないことから，補修計画，実績はない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	2F4-コンクリート鉄骨 22[塩分浸透3]Rev. 1	分類：コンクリート構造物																										
タイトル	鉄筋の腐食減量（表 2.3-3）の算定過程（方法，条件，パラメータ）及び結果について																											
説明	<p>鉄筋の腐食減量の勘定過程（方法，条件，パラメータ）及び結果を以下に示す。</p> <p>1. 方法 (1) 拡散方程式により，コンクリート表面からの塩化物イオンの浸透性を予測 (2) 森永式により，コンクリートにひび割れが発生する腐食減量を予測することで鉄筋の腐食減量の評価を実施</p> <p>2. 条件及びパラメータ 条件及びパラメータについては，添付資料 22-①_Rev. 1「塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値勘定の過程及び結果」に示す。</p> <p>3. 結果 運転開始 40 年時点の鉄筋腐食減量が，かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を下回っていることを確認した。 鉄筋の腐食減量の勘定結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="432 1317 1342 1749"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">対象の部位</th> <th colspan="3">鉄筋の腐食減量 ($\times 10^{-4} \text{ g / c m}^2$)</th> </tr> <tr> <th>調査時点</th> <th>運転開始後 40 年時点</th> <th>かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>海水熱 交換機建屋</td> <td>1 階南側 外壁</td> <td>5.3</td> <td>7.3</td> <td>46.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">取水構造物</td> <td>気中帯</td> <td>2.6</td> <td>4.8</td> <td>49.2</td> </tr> <tr> <td>干満帯</td> <td>8.6</td> <td>13.4</td> <td>88.3</td> </tr> <tr> <td>海中帯</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>88.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>[添付資料] ・2F4-コンクリート鉄骨 22-①_Rev. 1：塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値勘定の過程及び結果</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		対象の部位		鉄筋の腐食減量 ($\times 10^{-4} \text{ g / c m}^2$)			調査時点	運転開始後 40 年時点	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点	海水熱 交換機建屋	1 階南側 外壁	5.3	7.3	46.5	取水構造物	気中帯	2.6	4.8	49.2	干満帯	8.6	13.4	88.3	海中帯	0.0	0.0	88.3
対象の部位		鉄筋の腐食減量 ($\times 10^{-4} \text{ g / c m}^2$)																										
		調査時点	運転開始後 40 年時点	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点																								
海水熱 交換機建屋	1 階南側 外壁	5.3	7.3	46.5																								
取水構造物	気中帯	2.6	4.8	49.2																								
	干満帯	8.6	13.4	88.3																								
	海中帯	0.0	0.0	88.3																								

塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値算定過程及び結果

	海水熱交換器建屋	取水構造物			
	1 階南側外壁	気中帯	干満帯	海中帯	
調査時期					
経過年					
Co (kg/m ³)					
Dc (cm ² /年)					
コンクリート密度 (kg/m ³)					
鉄筋径 d (mm)					
かぶり c (mm)					
水セメント比W/C (%/100)					
温度T (°C)					
相対湿度RH (%)					
酸素濃度O (%/100)					
鉄筋位置CL ⁻ 濃度 (%)					
鉄筋位置CL ⁻ 濃度 (kg/m ³)					
鉄筋の腐食減量 (kg/m ³)	調査時点	5.3	2.6	8.6	0.0
	運転開始後40年時点	7.3	4.8	13.4	0.0
	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点	46.5	49.2	88.3	88.3
<p>1. 拡散方程式</p> $C(c,t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{c}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right)$ <p>C(c, t) : 深さc (cm)の鉄筋位置における、時刻t (年)の塩化物イオン濃度 (kg/m³) Co : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³) Dc : 塩化物イオンの拡散係数 (cm²/年) c : コンクリート表面からの距離 (cm) t : 経過時間 (年) erf : 誤差関数</p> <p>2. 森永式</p> <p>(1) 腐食量の算定</p> $V_{1tn} = V_{11tn} \times \frac{V_{12tn}}{V_{12tn}}$ $V_{11tn} = \frac{d}{10 \cdot c^2} \left[0.51 - 6.81 \cdot Cl_{tn} + 44.97 \cdot (W/C)^2 + 60.84 \cdot Cl_{tn} \cdot (W/C)^2 \right]$ $V_{12tn} = \frac{1}{10} (2.59 - 0.05 \cdot T - 6.89 \cdot H - 22.87 \cdot O - 0.89 \cdot Cl_{tn} + 0.14 \cdot T \cdot H + 0.51 \cdot T \cdot O + 0.01 \cdot T \cdot Cl_{tn} + 60.81 \cdot H \cdot O + 3.01 \cdot H \cdot Cl_{tn} + 6.55 \cdot O \cdot Cl_{tn})$ $V_{12tn}' = \frac{1}{10} (0.56528 + 1.2808 \cdot Cl_{tn})$ <p>V1tn : 経過年数tn年における腐食速度 (mg/cm²/年) V11tn : 温度15°C, 湿度69%, 酸素濃度20%における腐食速度 (mg/cm²/年) V12tn : ペーストコーティング鉄筋の腐食速度 (mg/cm²/年) V12tn' : 温度15°C, 湿度69%, 酸素濃度20%におけるペーストコーティング鉄筋の腐食速度 (mg/cm²/年) d : 鉄筋径 (mm) c : かぶり (mm) Cl_{tn} : 経過年数tn年における鉄筋位置の塩化物イオン濃度 (kg/m³) W/C : 水セメント比 (%/100) T : 温度 (°C) H : 湿度に関する項 [H = (RH - 45) / 100] RH : 相対湿度 (%) O : 酸素濃度 (%/100)</p> <p>以上の計算を1年ごとに行い、各経年時点における鉄筋の腐食速度 (mg/cm²) は0年からその時点までV_{1tn}の累計合計で算出される。</p> <p>(2) ひび割れ発生の限界腐食量の算定方法</p> $Q_{cr} = 0.0602 \left(1 + \frac{2c}{d} \right)^{0.85} d$ <p>Q_{cr} : ひび割れ発生時の腐食量 (mg/cm¹) d : 鉄筋径 (mm) c : かぶり (mm)</p>					

No.	2F4-コンクリート鉄骨 24 [塩分浸透 5] Rev. 1	分類：コンクリート構造物																				
タイトル	鉄筋の腐食減量（表 2.3-4）の算定過程（方法，条件，パラメータ）及び結果について																					
説明	<p>鉄筋の腐食減量の勘定過程（方法，条件，パラメータ）及び結果を以下に示す。</p> <p>1. 方法 (1) 拡散方程式により，コンクリート表面からの塩化物イオンの浸透性を予測 (2) 森永式により，コンクリートにひび割れが発生する腐食減量を予測することで鉄筋の腐食減量の評価を実施</p> <p>2. 条件及びパラメータ 条件及びパラメータについては，添付資料 22-① Rev. 1 「塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値勘定の過程及び結果」に示す。</p> <p>3. 結果 運転開始 40 年時点の鉄筋腐食減量が，かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を下回っていることを確認した。 鉄筋の腐食減量の勘定結果を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="406 1317 1369 1644"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">対象の部位</th> <th colspan="3">鉄筋の腐食減量（$\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$）</th> </tr> <tr> <th>調査時点</th> <th>運転開始後 40 年時点</th> <th>かぶりコンクリート にひび割れが 発生する時点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>海水熱 交換器建屋</td> <td>地下 1 階 内壁</td> <td>17.4</td> <td>27.8</td> <td>46.5</td> </tr> <tr> <td>海水配管 ダクト</td> <td>北側ダクト 内壁</td> <td>4.5</td> <td>7.2</td> <td>79.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>[添付資料] ・2F4-コンクリート鉄骨 24-① Rev. 1：塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値勘定の過程及び結果</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>				対象の部位		鉄筋の腐食減量（ $\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ ）			調査時点	運転開始後 40 年時点	かぶりコンクリート にひび割れが 発生する時点	海水熱 交換器建屋	地下 1 階 内壁	17.4	27.8	46.5	海水配管 ダクト	北側ダクト 内壁	4.5	7.2	79.8
対象の部位		鉄筋の腐食減量（ $\times 10^{-4} \text{g/cm}^2$ ）																				
		調査時点	運転開始後 40 年時点	かぶりコンクリート にひび割れが 発生する時点																		
海水熱 交換器建屋	地下 1 階 内壁	17.4	27.8	46.5																		
海水配管 ダクト	北側ダクト 内壁	4.5	7.2	79.8																		

塩分浸透による鉄筋の腐食減量の推定値算定過程及び結果

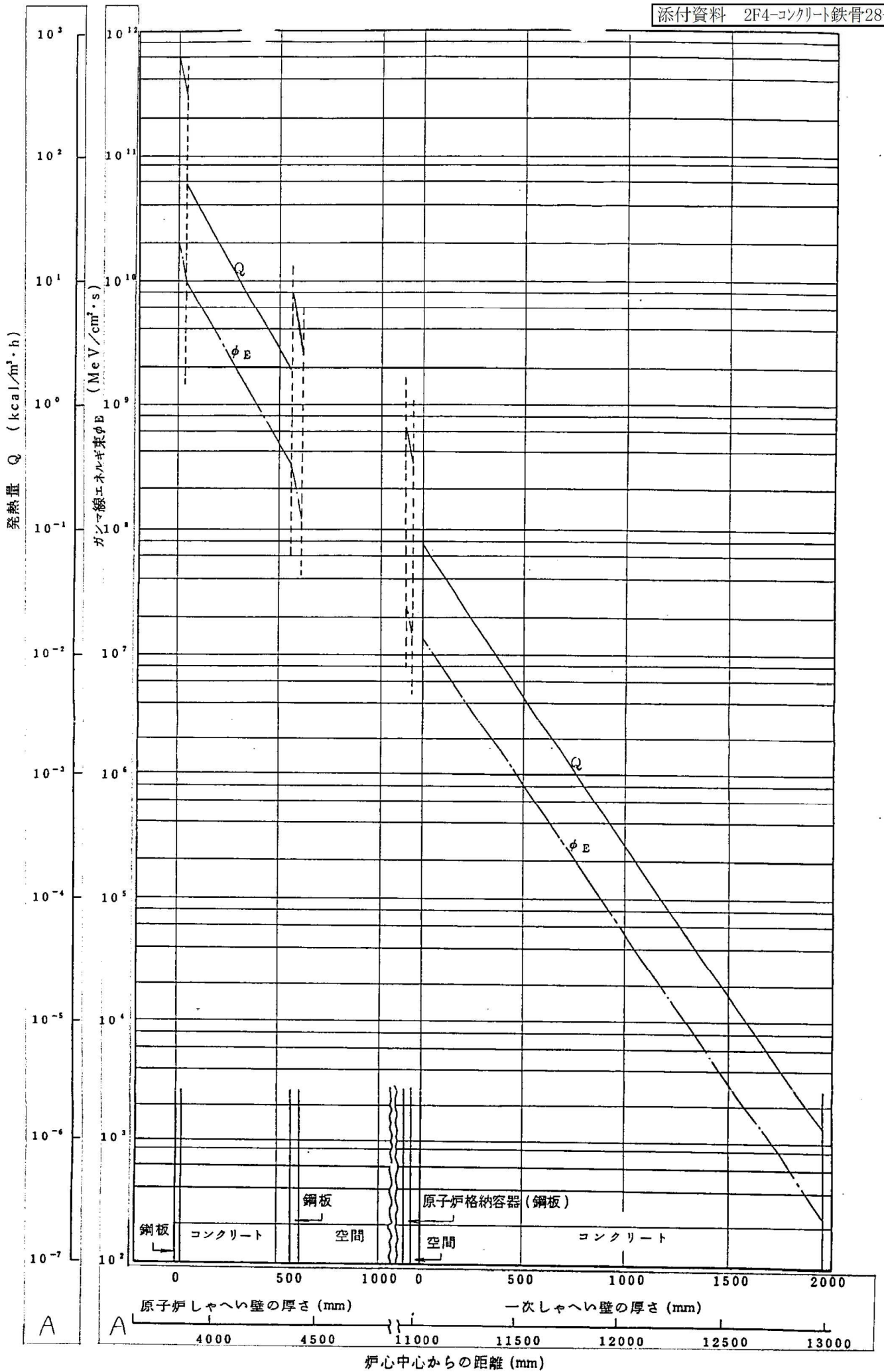
		海水熱交換器建屋	海水配管ダクト
		地下1階内壁	北側ダクト内壁
調査時期			
経過年			
Co (kg/m³)			
Dc (cm²/年)			
コンクリート密度 (kg/m³)			
鉄筋径 d (mm)			
かぶり c (mm)			
水セメント比W/C (%/100)			
温度T (°C)			
相対湿度RH (%)			
酸素濃度O (%/100)			
鉄筋位置Cl⁻濃度 (%)			
鉄筋位置Cl⁻濃度 (kg/m³)			
鉄筋の腐食減量 (kg/m³)	調査時点	17.4	4.5
	運転開始後40年時点	27.8	7.2
	かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点	46.5	79.8
<p>1. 拡散方程式</p> $C(c,t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{c}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right)$		<p>C(c, t) : 深さc(cm)の鉄筋位置における、時刻t(年)の塩化物イオン濃度(kg/m³) Co : コンクリート表面における塩化物イオン濃度(kg/m³) Dc : 塩化物イオンの拡散係数(cm²/年) c : コンクリート表面からの距離(cm) t : 経過時間(年) erf : 誤差関数</p>	
<p>2. 森永式</p> <p>(1) 腐食量の算定</p> $V_{1tn} = V_{11tn} \times \frac{V_{12tn}}{V_{12tn}}$ $V_{11tn} = \frac{d}{10 \cdot c^2} \left[-0.51 - 6.81 \cdot Cl_{tn} + 44.97 \cdot (W/C)^2 + 60.84 \cdot Cl_{tn} \cdot (W/C)^2 \right]$ $V_{12tn} = \frac{1}{10} (2.59 - 0.05 \cdot T - 6.89 \cdot H - 22.87 \cdot O - 0.89 \cdot Cl_{tn} + 0.14 \cdot T \cdot H + 0.51 \cdot T \cdot O + 0.01 \cdot T \cdot Cl_{tn} + 60.81 \cdot H \cdot O + 3.01 \cdot H \cdot Cl_{tn} + 6.55 \cdot O \cdot Cl_{tn})$ $V_{12tn}' = \frac{1}{10} (0.56528 + 1.2808 \cdot Cl_{tn})$		<p>V1tn : 経過年数tn年における腐食速度(mg/cm²/年) V11tn : 温度15°C, 湿度69%, 酸素濃度20%における腐食速度(mg/cm²/年) V12tn : ベースコート鉄筋の腐食速度(mg/cm²/年) V12tn' : 温度15°C, 湿度69%, 酸素濃度20%におけるベースコート鉄筋の腐食速度(mg/cm²/年) d : 鉄筋径(mm) c : かぶり(mm) Cl_{tn} : 経過年数tイオン濃度(kg/m³) W/C : 水セメント比(%/100) T : 温度(°C) H : 湿度に関する項 [H = (RH - 45) / 100] RH : 相対湿度(%) O : 酸素濃度(%/100)</p>	
<p>以上の計算を1年ごとに行い、各経年時点における鉄筋の腐食速度 (mg/cm²) は0年からその時点までV_{1tn}の累計合計で算出される。</p>			
<p>(2) ひび割れ発生の限界腐食量の算定方法</p> $Q_{cr} = 0.0602 \left(1 + \frac{2c}{d} \right)^{0.85} d$		<p>Q_{cr} : ひび割れ発生時の腐食量(mg/cm) d : 鉄筋径(mm) c : かぶり(mm)</p>	

No.	2F4-コンクリート鉄骨 25 [塩分浸透 6] Rev. 2	分類：コンクリート構造物
タイトル	塩分浸透の評価点における目視点検結果及び補修計画，補修実績について	
説明	<p>目視点検については、「原子力発電所建築設備点検マニュアル」及び「原子力発電所土木設備点検マニュアル」に基づき、定期的を実施している。</p> <p>「建築設備点検業務（平成 26, 27 年度）他 5 件」並びに「土木設備点検業務（平成 27 年度）他 3 件」より実施した目視点検の結果，建物については，塩分浸透による鉄筋腐食に起因するひび割れは確認されていないことから，補修計画，実績はない。また，構築物については，塩分浸透による鉄筋腐食に起因するひび割れは確認されていないことから，補修計画はない。</p> <p>なお，過去の補修実績としては，平成 8 年 9 月～平成 9 年 6 月に実施した「土木設備補修工事のうち 4 号機スクリーン室躯体コンクリート補修工事」において，塩分浸透による鉄筋腐食に起因するひび割れを補修している。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	2F4-コンクリート鉄骨 26 [機械振動 2]	分類：コンクリート構造物									
タイトル	機械振動を日常的に監視している方法，判断基準及び結果について										
説明	<p>運転中の回転機器については，運転員による1日/1回のパトロールの他に以下の方法で振動の監視を行っている。</p> <table border="1" data-bbox="338 779 1401 987"> <thead> <tr> <th data-bbox="338 779 667 824">機器</th> <th data-bbox="667 779 1088 824">振動監視方法</th> <th data-bbox="1088 779 1401 824">頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="338 824 667 907">タービン発電機</td> <td data-bbox="667 824 1088 907">常設振動計により、軸振動を連続監視</td> <td data-bbox="1088 824 1401 907">運転中常時</td> </tr> <tr> <td data-bbox="338 907 667 987">主な回転機器</td> <td data-bbox="667 907 1088 987">ポータブル振動計により、軸受近傍部の振動を定期的に測定</td> <td data-bbox="1088 907 1401 987">1~3ヶ月/回 (必要に応じ周期短縮)</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお，振動測定の結果として，タービンについては「運転管理基本マニュアル」関連の「福島第二原子力発電所4号機 警報発生時操作手順書」による管理基準を下回っていること，また，主な回転機器については「原子力発電所状態監視マニュアル」関連の「振動診断の手引き」による管理基準を下回っていることを確認している。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>		機器	振動監視方法	頻度	タービン発電機	常設振動計により、軸振動を連続監視	運転中常時	主な回転機器	ポータブル振動計により、軸受近傍部の振動を定期的に測定	1~3ヶ月/回 (必要に応じ周期短縮)
機器	振動監視方法	頻度									
タービン発電機	常設振動計により、軸振動を連続監視	運転中常時									
主な回転機器	ポータブル振動計により、軸受近傍部の振動を定期的に測定	1~3ヶ月/回 (必要に応じ周期短縮)									

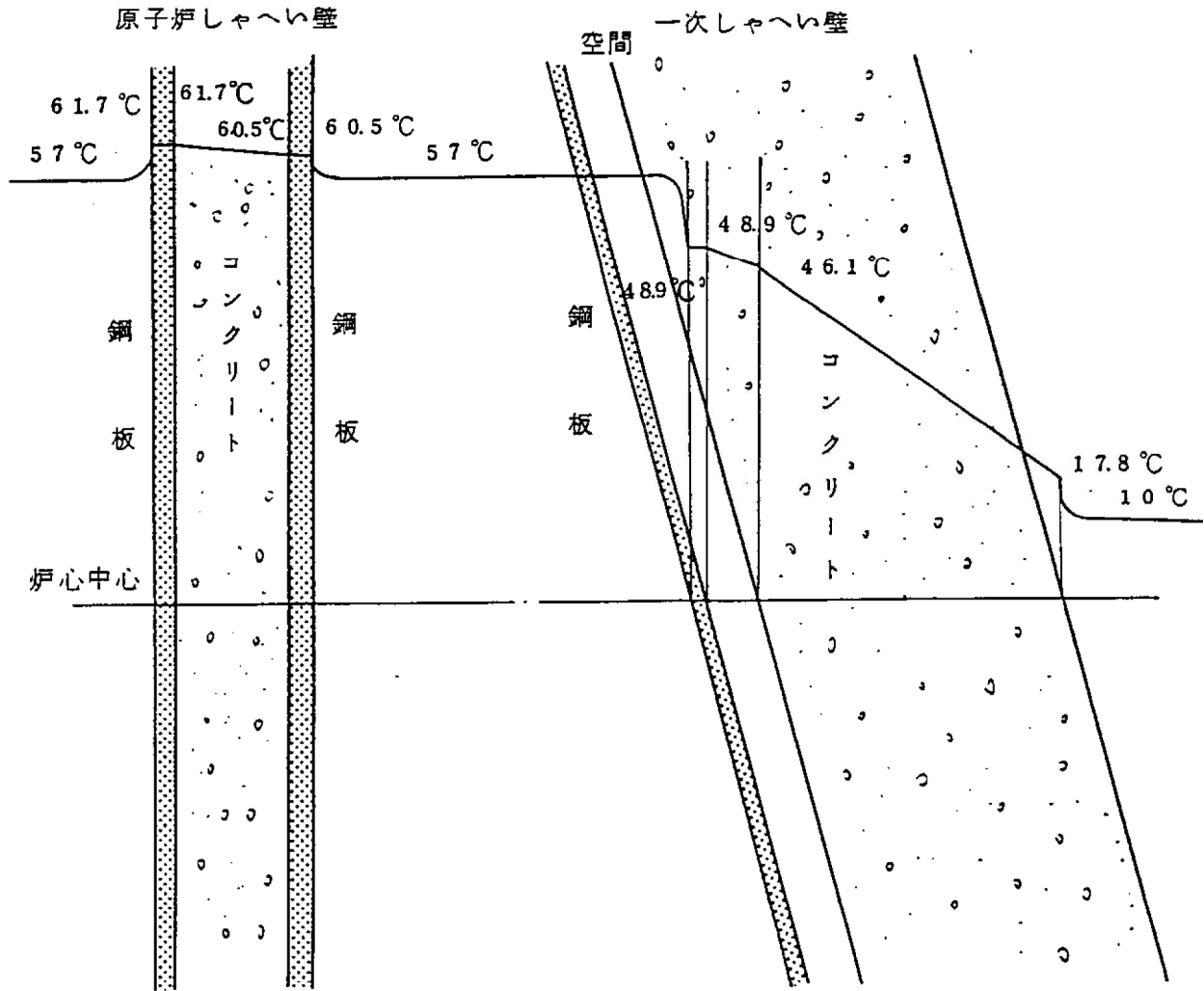
No.	2F4-コンクリート鉄骨 27 [機械振動 3]	分類：コンクリート構造物
タイトル	タービン発電機架台及び比較的大きな振動を受ける機械基礎における目視点検結果及び補修計画並びに補修実績について	
説明	<p>タービン発電機架台及び比較的大きな振動を受ける機械基礎として非常用ディーゼル発電機について、定期的を実施している「建築設備点検業務（平成 26, 27 年度）他 5 件」による目視点検の結果、補修を要するひび割れは確認されていない。</p> <p>また、過去の目視点検においても補修を要するひび割れは確認されていないことから、補修計画、実績はない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

No.	2F4-コンクリート鉄骨 28 [熱 (遮蔽能力) 1]	分類：コンクリート構造物
タイトル	熱による遮蔽能力低下の評価点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>熱による遮蔽能力低下の評価点における温度分布解析の方法等については，2F4 号機工事計画認可申請図書 添付資料IV-4-1「生体しゃへい装置の放射線のしゃへい及び熱除去についての計算書」による。</p> <p>ガンマ線遮蔽コンクリートの炉心領域部におけるガンマ線による熱発生は，SPANコードを用いて遮蔽コンクリートに吸収されたガンマ線エネルギーが全て熱に変換されるとして計算している。</p> <p>遮蔽コンクリート中におけるガンマ線エネルギー束の減衰及び発熱量の計算結果を添付資料 28-①に示す。</p> <p>また，この計算結果を基にした遮蔽コンクリート中の温度分布を添付資料 28-②に示す。</p> <p>全ガンマ線束による発熱を考慮して温度分布解析を行った結果，ガンマ線遮蔽コンクリートの炉心領域部の最高温度は 61.7℃となり，「コンクリート遮へい体設計基準」によるコンクリートの温度制限値（中性子遮蔽 88℃，ガンマ線遮蔽 177℃）を下回った。</p> <p>【添付資料】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2F4-コンクリート鉄骨 28-①：原子炉しゃへい壁及び一次しゃへい壁中におけるガンマ線エネルギー束と発熱量分布 ・2F4-コンクリート鉄骨 28-②：原子炉しゃへい壁及び一次しゃへい壁中の温度分布 <p style="text-align: right;">以上</p>	



原子炉しゃへい壁及び一次しゃへい壁中におけるガンマ線エネルギー束と発熱量分布

原子炉格納容器



原子炉しゃへい壁及び一次しゃへい壁中の温度分布

No.	2F4-コンクリート鉄骨 29 [熱 (遮蔽能力) 2]	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 (エリア放射線モニタ) 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 style="text-align: right;">以上</p>	

No.	2F4-耐震 8	分類：耐震安全性評価（共通）
タイトル	安定停止の維持状態で動的機能維持が必要となる機器とその理由，並びに個別機器ごとの動的機能維持評価の記載方針について	
説明	<p>原子炉の安定停止を維持するため，原子炉冷却材バウンダリの維持や炉心からの崩壊熱の除去等に関する機能は必要であることから，地震時または地震後に動作可能なことを確認するため動的機能維持評価を行う。</p> <p>安定停止維持設備のうち，動的機能維持評価の必要な対象設備は「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（JEAG4601・補-1984）」を参考に抽出している。主な評価対象機器を添付資料 2F4-耐震 8-①に示す。</p> <p>個別機器ごとの動的機能維持の評価では，動的機能維持が必要な機器に対して，発生の可能性が否定できないと評価される経年劣化事象について，以下のいずれかの評価結果により機器の地震時の動的機能が維持されることを確認している。</p> <p>① 技術評価での検討の結果，現在発生しているか，または将来にわたって起こることが否定できない事象であるが，機器の振動応答特性または構造強度への影響が軽微もしくは無視できること。</p> <p>② 運転開始後 40 年時点の経年劣化を考慮した耐震安全性評価を実施し，地震時または地震後の動的機能に影響を与えないこと。</p> <p>添付資料 (1) 2F4-耐震 8-①「安定停止維持状態における動的機能維持評価の対象機器」</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

安定停止維持状態における動的機能維持評価の対象機器

No.	動的機能維持評価の対象機器	評価理由
1	主蒸気系弁	RPVバウンダリを構成する弁のうち、その健全性を維持するため
2	給水系弁	
3	原子炉冷却材浄化系弁	
4	高圧炉心スプレイ系弁	炉心から崩壊熱を除去するため
5	高圧炉心スプレイ系ポンプ	
6	低圧炉心スプレイ系弁	
7	低圧炉心スプレイ系ポンプ	
8	残留熱除去系弁	
9	残留熱除去系ポンプ	
10	非常用補機冷却水ポンプ	
11	非常用ディーゼル機関(A, B号機)	
12	HPCSディーゼル機関	
13	非常用ディーゼル機関(A, B号機)付属設備	
14	HPCSディーゼル機関付属設備	
15	残留熱除去系弁	放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部拡散を抑制するため
16	残留熱除去系ポンプ	
17	可燃性ガス濃度制御系設備	
18	非常用ガス処理系換気ファン	
19	非常用補機冷却水ポンプ	
20	非常用ディーゼル機関(A, B号機)	
21	HPCSディーゼル機関	
22	非常用ディーゼル機関(A, B号機)付属設備	
23	HPCSディーゼル機関付属設備	
24	残留熱除去系弁	使用済み燃料プール水を補給するため
25	残留熱除去系ポンプ	