

No.	高浜2－熱時効－1 rev3	事象：2相ステンレス鋼の熱時効									
質 問	<p>(別冊-共通)                  高浜発電所2号炉劣化状況評価書におけるステンレス鋼の熱時効について、高浜発電所2号炉高経年化技術評価書(40年目)[冷温停止状態が維持されることを前提とした評価]以降の最新知見等の反映により評価方法及び/又は評価結果に変更があった場合はその内容及び変更根拠を提示すること。</p>										
回 答	<p>高浜発電所2号炉劣化状況評価書では、高浜2号炉の新技術基準への適合に係る工事計画認可申請書の記載を反映して内容の修正を行っています。</p> <p>熱時効に係る評価のうち、高経年化対策上着目すべき劣化事象としている評価について、評価方法及び/又は評価結果に変更があった対象は以下に示すものとなっています。</p> <table border="1" data-bbox="406 987 1348 1256"> <thead> <tr> <th data-bbox="406 987 719 1032">設備</th> <th data-bbox="719 987 1034 1032">部位</th> <th data-bbox="1034 987 1348 1032">変更内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="406 1032 719 1144">ポンプ(1次冷却材ポンプ)</td> <td data-bbox="719 1032 1034 1144">ケーシング</td> <td data-bbox="1034 1032 1348 1144">基準地震動見直しによる評価見直し。(添付1参照)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="406 1144 719 1256">配管(1次冷却材管)</td> <td data-bbox="719 1144 1034 1256">母管</td> <td data-bbox="1034 1144 1348 1256">基準地震動見直しによる評価見直し。(添付2参照)</td> </tr> </tbody> </table>		設備	部位	変更内容	ポンプ(1次冷却材ポンプ)	ケーシング	基準地震動見直しによる評価見直し。(添付1参照)	配管(1次冷却材管)	母管	基準地震動見直しによる評価見直し。(添付2参照)
設備	部位	変更内容									
ポンプ(1次冷却材ポンプ)	ケーシング	基準地震動見直しによる評価見直し。(添付1参照)									
配管(1次冷却材管)	母管	基準地震動見直しによる評価見直し。(添付2参照)									

## 1次冷却材ポンプケーシングの熱時効評価変更内容について

高浜2号炉の1次冷却材ポンプのケーシングの熱時効評価については、工事計画認可申請（H27.7.3申請）を踏まえて、適用する基準地震動の変更を行っております。このため評価に用いた地震時応力が変更になっており、評価の見直しを行っております。

ただし変更後も1次冷却材管と発生応力及びフェライト量の比較を行い、1次冷却材ポンプの熱時効評価が1次冷却材管に包絡されることを確認しており、評価結果に変更はありません。

変更後の1次冷却材ポンプケーシングと1次冷却材管の発生応力とフェライト量の比較を表1に示します。

表1 1次冷却材ポンプケーシング熱時効評価結果

部位	Ss地震時応力 (MPa)	フェライト量 (%)	使用温度 (°C)
1次冷却材ポンプケーシング (吐出ノズル)	約111	約16.0	289
1次冷却材管 (コールドレグ直管)	約111	約17.0	289

応力の詳細評価について表2に示します。

表2 1次冷却材ポンプケーシングの応力値の詳細

評価部位	内圧による応力	曲げ応力				軸力による応力				合算値 (MPa)
		自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	
1次冷却材ポンプケーシング										

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

## 1 次冷却材配管の熱時効評価変更内容について

高浜 2 号炉の 1 次冷却材管の母管および管台の熱時効評価については、工事計画認可申請 (H27.7.3申請) を踏まえて、適用する基準地震動の変更を行っております。このため評価に用いた地震時応力が変更になっており、評価の見直しを行っております。

変更後の地震応力条件 (Ss地震動) を適用した上で、発生応力及びフェライト量の比較を行い、応力最大部位とフェライト量最大部位についてき裂安定性評価を行った結果、評価部位が不安定破壊することはなく、健全性評価上問題とならないことを確認しています。

### (1) 評価対象部位の選定

表 2 に 1 次冷却材管の評価部位とフェライト量と応力 (Ss地震動による地震応力を含む) の一覧を示します。応力最大部位としてホットレグ直管、フェライト量最大部位としてコールドレグ直管を選定しました。また、応力とフェライトの組合せを考慮して SG 入口 50° エルボ、クロスオーバーレグ直管 (垂直管)、エルボの曲率部で応力の高い部位として SG 出口 40° エルボを選定しました。

ただし、クロスオーバーレグ直管 (垂直管) は、配管寸法、温度条件が同じであり、フェライト量と応力条件がほぼ包絡されるコールドレグ直管の評価で代表させます。

表 2 評価対象部位一覧

評価部位	フェライト量 [%]	使用温度 [°C]	応力 [MPa]	選定
ホットレグ直管	約 12.3	322.8	約 173	○*1
SG 入口 50° エルボ	約 13.8	322.8	約 128	△*1
SG 出口 40° エルボ	約 11.9	288.6	約 155	△*2
クロスオーバーレグ直管 (垂直管)	約 15.5	288.6	約 118	△*1,3
コールドレグ直管	約 17.0	288.6	約 111	○*1

\* 1 : フェライト量、応力の組合せを考慮して選定した箇所

\* 2 : エルボで応力大であるため選定した箇所

\* 3 : コールドレグ直管の評価で代表させる

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

応力は供用状態A, Bの内圧、自重・熱膨張荷重、地震荷重(Ss)を考慮して算出し、熱時効評価対象部位の詳細な応力値を表 3 に示す。

表 3 熱時効対象部位の応力詳細

評価部位	内圧による応力 (MPa)	曲げ応力				軸力による応力				合算値 (MPa)
		自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	自重 (MPa)	熱 (MPa)	地震 (MPa)	合計 (MPa)	
ホットレグ直管										173
SG入口50°エルボ										128
SG出口40°エルボ										155
コールドレグ直管										111

(2) き裂進展力の決定

き裂安定性評価に用いる想定き裂は既評価と同じとし、表 4 に示すものとする。

表 4 き裂安定性評価用想定き裂

	き裂長さ (mm)	板厚 (mm)
ホットレグ直管		
SG入口50°エルボ		
SG出口40°エルボ		
コールドレグ直管		

評価用き裂と表 5 に示す評価条件を入力条件(Ss地震動による荷重を含む)として、FEM(有限要素法)解析により、き裂進展力(Japp)を求める。なお、各き裂長さにおけるJappは、以下のとおり。

き裂長さ	ホットレグ直管 (kJ/m <sup>2</sup> )	SG 入口 50°エルボ (kJ/m <sup>2</sup> )	SG 出口 40°エルボ (kJ/m <sup>2</sup> )	コールドレグ直管 (kJ/m <sup>2</sup> )
1 t				
3 t				
5 t				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

表5 評価条件 (1/2)

	ホットレグ直管				SG入口 50° エルボ																																
形状																																					
内径 [mm]																																					
外径 [mm]																																					
き裂形状	周方向貫通き裂(き裂長さ: 1t、3t、5t の3種類)																																				
荷重																																					
内圧 <sup>(注)</sup> [MPa]																																					
軸力 [kN]	自重		熱		地震		合計																														
曲げモーメント* [kN・m]	自重		熱		地震		合計																														
	My	Mz	My	Mz	My	Mz	My	Mz																													
物性値																																					
ヤング率 [MPa]																																					
ポアソン比	ν=0.3(弾性域)、ν=0.5(塑性域)																																				
応力-ひずみ関係	<p>フェライト量が低い非時効材の応力-ひずみ線図を用いる。本評価データは電共研「1次冷却材管の時効劣化に関する研究 (STEP1)」で得られた知見を参考にしている。本電共研では2つの試験片について引っ張り試験を実施し、結果がほぼ同等であったことから1つの試験片のデータを用いて応力-ひずみ線図を導出した。Japp値は応力-ひずみ線図の下部の面積に比例するため、強度が低い非時効材を用いることはより安全側の評価となります。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8">化学成分%</th> <th rowspan="2">Cre/Nie</th> <th>フェライト量</th> </tr> <tr> <th>C</th><th>S</th><th>Mn</th><th>Cr</th><th>Ni</th><th>MO</th><th>Cb(Nb)</th><th>N</th> <th>F%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								化学成分%								Cre/Nie	フェライト量	C	S	Mn	Cr	Ni	MO	Cb(Nb)	N	F%										
化学成分%								Cre/Nie	フェライト量																												
C	S	Mn	Cr	Ni	MO	Cb(Nb)	N		F%																												

(注) 評価用圧力は、負荷喪失時のピーク圧力とする。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

表5 評価条件(2/2)

	SG 出口 40° エルボ	コールドレグ直管																																	
形状																																			
内径 [mm]																																			
外径 [mm]																																			
き裂形状	周方向貫通き裂(き裂長さ: 1t, 3t, 5t の3種類)																																		
荷重																																			
内圧 <sup>(注)</sup> [MPa]																																			
軸力 [kN]	自重	熱	地震	合計	自重	熱	地震	合計																											
曲げモーメント *[kN・m]	自重	熱	地震	合計	自重	熱	地震	合計																											
	My	Mz	My	Mz	My	Mz	My	Mz																											
物性値																																			
ヤング率 [MPa]																																			
ポアソン比	ν=0.3(弾性域)、ν=0.5(塑性域)																																		
応力-ひずみ関係	<p>フェライト量が低い非時効材の応力-ひずみ線図を用いる。本評価データは電共研「1次冷却材管の時効劣化に関する研究(STEP1)」で得られた知見を参考としている。本電共研では2つの試験片について引っ張り試験を実施し、結果がほぼ同等であったことから1つの試験片のデータを用いて応力-ひずみ線図を導出した。Japp値は応力-ひずみ線図の下部の面積に比例するため、強度が低い非時効材を用いることはより安全側の評価となります。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="9">化学成分%</th> <th colspan="2">フェライト量</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>Ni</th> <th>MO</th> <th>Cb(Nb)</th> <th>N</th> <th>Cre/Nie</th> <th colspan="2">F%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		化学成分%									フェライト量		C	Si	Mn	Cr	Ni	MO	Cb(Nb)	N	Cre/Nie	F%												
化学成分%									フェライト量																										
C	Si	Mn	Cr	Ni	MO	Cb(Nb)	N	Cre/Nie	F%																										

(注) 評価用圧力は、負荷喪失時のピーク圧力とする。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

(3) 材料のき裂進展抵抗 ( $J_{mat}$ )

き裂進展抵抗値  $J_{mat}$  は、既評価と同じである。

電共研「1次冷却材管等の時効劣化に関する研究 (STEP III) (その2)」で改良された脆化予測モデル (H3Tモデル: Hyperbolic-Time, Temperature Toughness) を用いて、評価部位のフェライト量を基に決定する (算出方法は ASME PVP2005-71528 参照)。  $J_{Ic}$ 、  $J_6$  はデータの下限值 ( $-2\sigma$ ) を用いて算出した下記の値とした。

	ホットレグ 直管	SG 入口 50° エルボ	SG 出口 40° エルボ	コールドレグ 直管
$J_{Ic}$ [kJ/m <sup>2</sup> ]				
$J_6$ [kJ/m <sup>2</sup> ]				

電共研「1次冷却材管等の時効劣化に関する研究 (STEP III) (その2)」では最大で [ ] で時効させた材料データを用いて脆化予測モデルを作成しており、この条件で  $J_{Ic}$ 、  $J_6$  も飽和傾向であることを確認した。

なお、 [ ] は [ ] で換算した場合、約80年運転相当の時間 (稼働率80%想定) である。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

(4) き裂安定性評価結果

変更後の地震応力条件 (Ss地震動) を適用した応力状態においても、図1-1、1-2、1-4においては  $J_{mat}$  と  $J_{app}$  が  $J_{Ic}$  以下の低い  $J$  値で交差しており、 $J_{app} < J_{Ic}$  であることが確認できるため、延性き裂は発生しないと判断できる。また、図1-3においても  $J_{mat}$  と  $J_{app}$  の交点においては、 $J_{mat}$  の傾きが  $J_{app}$  の傾きを上回ることから、不安定破壊は起こらないと判断できる。

以上より健全性が確認できたと判断する。

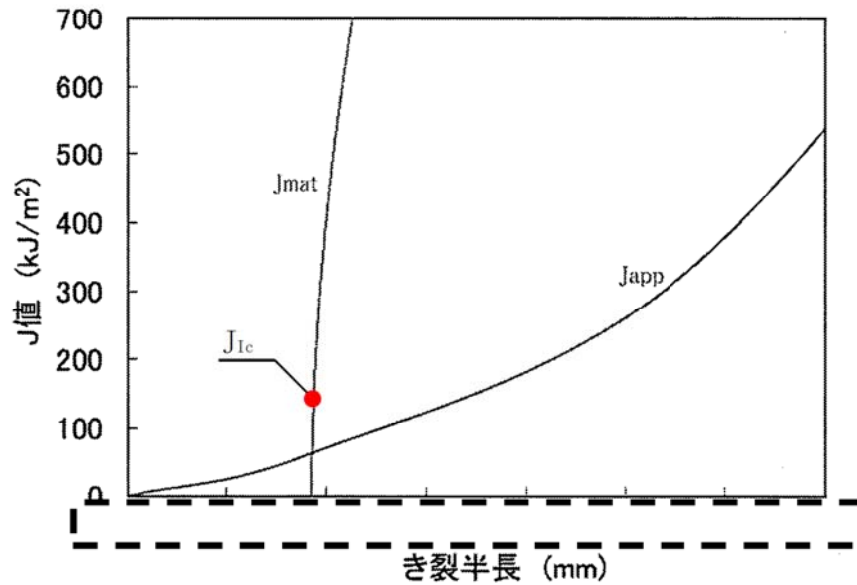


図1-1 ホットレグ直管

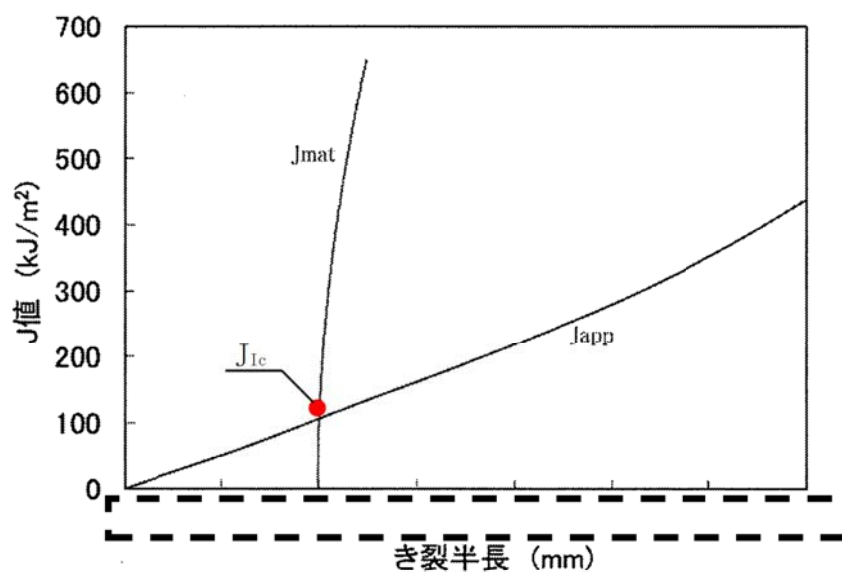


図1-2 SG入口50°エルボ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



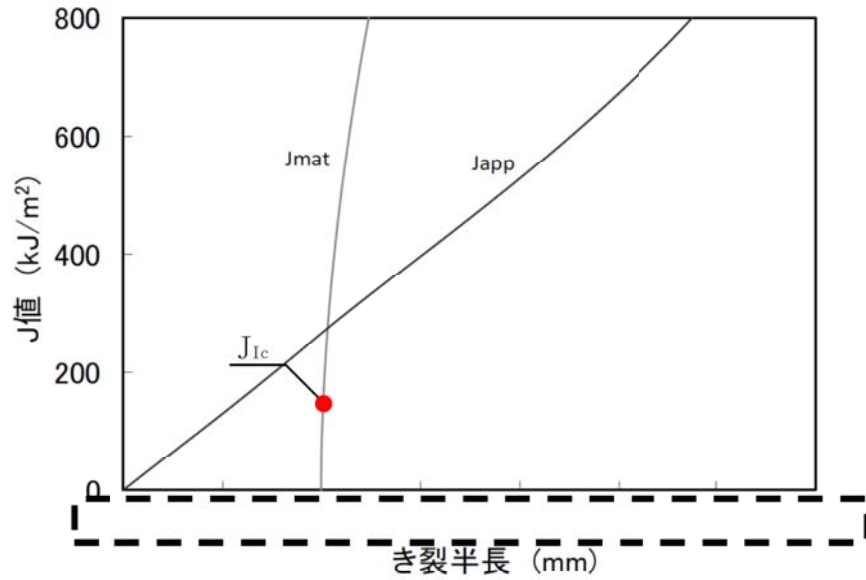


図1-3 SG出口40° エルボ

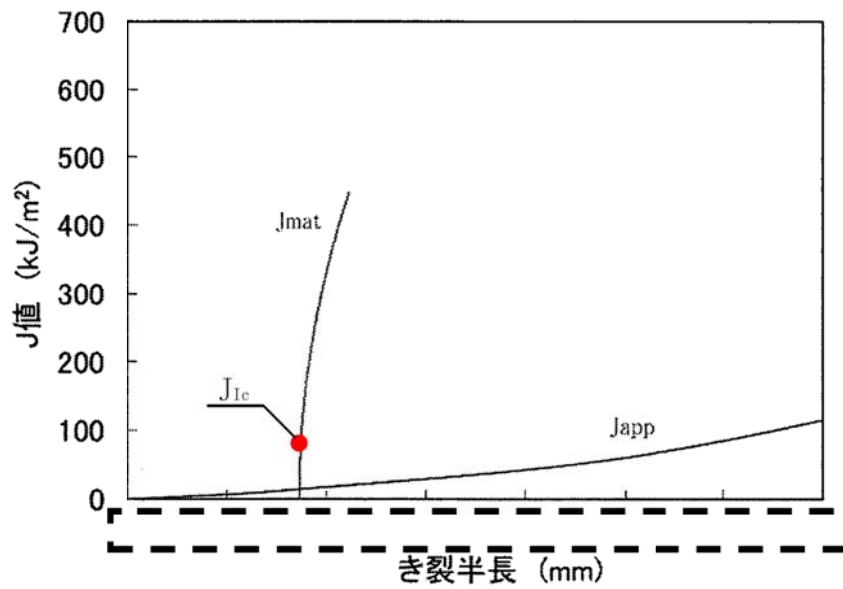


図1-4 コールドレグ直管

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

No.	高浜 2－耐震－ 1 Rev. 1	事象：耐震
質 問	(本冊/別冊-16耐震) 高浜 1 号炉の運転期間延長認可申請との相違点を整理し提示すること。	
回 答	<p>高浜 1 号炉と高浜 2 号炉の運転期間延長認可申請において、耐震評価に差異が生じ得る理由は、以下のとおり分類される。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 評価対象設備の差             <ol style="list-style-type: none"> <li>①1・2号共用設備 1・2号共用設備については1号側で評価している。</li> <li>②設備仕様の差 1号側と2号側で、設備構造の違いや材質の違いがある場合、差が生じる場合がある。</li> <li>③代表設備・部位の差 技術評価側の評価結果の差等により代表設備・部位に差が生じる場合がある。</li> </ol> </li> <li>2. 劣化想定レベルの差             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 技術評価側の評価結果の差等により、劣化想定レベルの差異が生じ、耐震評価結果に影響する場合がある（技術評価側の評価結果によらず、劣化状態を固定して想定して耐震評価を行っている場合は影響しない）。</li> </ol> </li> <li>3. 地震応答の差             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 入力 of 差 1号と2号で、サポート位置や設置位置の差により入力が異なる場合は差が生じる。</li> <li>② 応答 of 差 設備構造の違いや材質の違いによる差、サポート位置や配管ルートに差がある場合は応答に差が生じる。</li> <li>③ 評価手法 of 差 片側のプラントに対してのみ、詳細評価手法を用いた場合等は結果に差が生じる。</li> </ol> <p>高浜 1 号と高浜 2 号の高経年化技術評価（耐震）について、耐震安全性評価の対象（◎事象）の評価項目及び評価結果を比較した一覧表を添付－ 1 に示し、差が生じている理由（結果的に差が生じていない場合も生じ得た理由を含む）を上記説明の 1 ①～③、2 ①、3 ①～③で分類し「1 号と 2 号の差」欄に記載した。</p> <p>また、「評価用地震動」の欄に、各耐震安全性評価についてSs1-7（Bクラス設備はSd1-7）を、どのように扱い評価した結果であるかを、以下のとおり識別した。</p> <p>全波包絡FRS：8波を全て包絡したFRSにより評価を実施した結果</p> <p>全波包絡荷重：8波それぞれで、荷重6成分（Fx、Fy、Fz、Mx、My、Mz）のうち評価に用いる荷重成分で（Max Fx1-7、Max Fy1-7、Max Fz1-7、Max Mx1-7、Max My1-7、Max Mz1-7）を算出し、8波包絡荷重にて評価を実施した結果</p> <p>Ss-○：Ss1-7個々に評価を行い、最も厳しい結果が得られた地震動による評価結果</p> <p style="text-align: right;">以 上</p> </li></ol>	

高浜1/2号炉 耐震評価結果 (1/3)

構種	章	機器名称 ※補綴・代り機器除外	部位	経年劣化備考	耐震 重要度	評価部位		高浜1号				高浜2号				1号と2号の 差	評価用地震動 高浜1号 高浜2号		
						部	位	耐震 重要度	発生機 (MPa)	反応比	弾性係数 /MPa	弾性係数 /MPa	弾性係数 /MPa	弾性係数 /MPa	弾性係数 /MPa			弾性係数 /MPa	弾性係数 /MPa
ポンプ	ターボポンプ	余熱除去ポンプ	ケーシング	疲労割れ	S	Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1次冷却材ポンプ	1次冷却材ポンプ	ケーシング	疲労割れ	S	Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
総交換器	多量用換形 総交換器	同生クーラ	管板	疲労割れ	S	Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	高気圧蒸気 総交換器	管板	管板	疲労割れ	S	Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	原子炉蒸気 総交換器	管板	管板	疲労割れ	S	Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
配管	加圧器	加圧器本体	スプレイング用管台等(スプレイング用管台、ワーシ管台)	疲労割れ	S	Sd	0.190	0.001	0.191	S	Sd	0.190	0.001	0.191	S	Sd	0.190	0.001	0.191
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	増設ベネ	固定式配管(高気圧)	伸縮継手	伸縮継手	疲労割れ	S	Sd	0.000	0.000	0.000	S	Sd	0.000	0.000	0.000	S	Sd	0.000	0.000
						Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
						Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
						Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	ステンレス鋼配管	加圧器ケーシング配管	母管	疲労割れ	S	Sd	0.000	0.000	0.000	S	Sd	0.000	0.000	0.000	S	Sd	0.000	0.000	
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
	銅配管	主給水系統配管	母管	疲労割れ	S	Sd	0.000	0.000	0.000	S	Sd	0.000	0.000	0.000	S	Sd	0.000	0.000	
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
					Sd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
					Ss	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				

[ ]内は水平2方向および鉛直地震力の組合わせによる影響評価結果

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

高浜 1 / 2号炉 耐震評価結果 (2/3)

機種	部	構造成造 ※外周は機種以外	部位	経年劣化事項	耐震 重要度	詳細部位	高浜1号				高浜2号				1号と2号の 差	詳細用地震動	
							耐震 重要度	新構造 (MPa)	発生 (MPa)	応力比 (%)	選定 地盤時	選定 地盤時	選定 地盤時	選定 地盤時			
配管		炉内配管	炉内配管		C		0.25 0.28				0.25 0.28				3D		
		炉外配管	炉外配管		C		0.69 0.74				0.69 0.74				3D		
民衆関係	1次冷却材管	1次冷却材管	1次冷却材管		C		0.48 0.88				0.48 0.88				3D		
			1次冷却材管		C		0.84				0.84					3D	
			1次冷却材管		C		0.87				0.87					3D	
			1次冷却材管		C		0.57 0.52				0.57 0.52					3D	
			1次冷却材管		C		1.07				1.07					3D	
			1次冷却材管		C		0.01 0.01 0.11 0.01				0.01 0.01 0.11 0.01					3D	
			1次冷却材管		C		0.08 0.00				0.08 0.00					3D	
			1次冷却材管		C		0.46 0.18				0.46 0.18					3D	
			1次冷却材管		C		0.18 0.19				0.18 0.19					3D	
			1次冷却材管		C		0.13 0.02				0.13 0.02					3D	
			1次冷却材管		C		0.00 0.00				0.00 0.00					3D	
			1次冷却材管		C		0.75 0.52				0.75 0.52					1D 3D	
			1次冷却材管		C		0.63 0.12				0.63 0.12					3D	
			1次冷却材管		C		0.11 0.11				0.11 0.11					3D	
			井	アンカー	アンカー	アンカー		C		0.14 0.17 0.14 0.17			0.14 0.17 0.14 0.17				3D
アンカー		C					0.21 0.21			0.21 0.21					3D		
アンカー		C					0.18 0.18			0.18 0.18					3D		
アンカー		C					0.11 0.11			0.11 0.11					3D		
アンカー		C					0.04 0.04			0.04 0.04					3D		
アンカー		C					0.14 0.17			0.14 0.17					3D		
アンカー		C					0.14 0.17			0.14 0.17					3D		
アンカー		C					0.14 0.17			0.14 0.17					3D		
炉内構造物	炉内構造物	炉内構造物	炉内構造物		C		0.21 0.21			0.21 0.21				3D			
			炉内構造物		C		0.09 0.09			0.09 0.09					3D		
			炉内構造物		C		0.48 0.88			0.48 0.88					3D		
			炉内構造物		C		0.84			0.84					3D		
			炉内構造物		C		0.87			0.87					3D		
			炉内構造物		C		0.57 0.52			0.57 0.52					3D		
			炉内構造物		C		1.07			1.07					3D		
			炉内構造物		C		0.01 0.01 0.11 0.01			0.01 0.01 0.11 0.01					3D		
			炉内構造物		C		0.08 0.00			0.08 0.00					3D		
			炉内構造物		C		0.46 0.18			0.46 0.18					3D		
			炉内構造物		C		0.18 0.19			0.18 0.19					3D		
タービン	タービン	タービン	タービン		C		0.14 0.17 0.14 0.17			0.14 0.17 0.14 0.17				3D			
			タービン		C		0.21 0.21			0.21 0.21					3D		
			タービン		C		0.18 0.18			0.18 0.18					3D		
			タービン		C		0.11 0.11			0.11 0.11					3D		
空調設備	空調設備	空調設備	空調設備		C		0.04 0.04			0.04 0.04				3D			
			空調設備		C		0.14 0.17			0.14 0.17					3D		

[ ]内は水平2方向および鉛直地震力の組合わせによる影響評価結果

枠組みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

高浜 1 / 2 号炉 耐震評価結果 ( 3 / 3 )


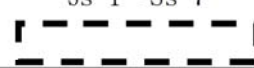

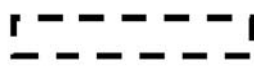

機種	章	機器名称 ※が麗(代機種除外)	部位	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	高浜1号			高浜2号			1号と2号の 差	評価用地震動					
							評定 重要度	評定 重要度	評定 重要度	評定 重要度	評定 重要度	評定 重要度		高浜1号	高浜2号				
機械設備	蒸気発生器サポート	蒸気発生器サポート(変圧サポート)	サポートラケット	中性子および糖類計 腐化	S S <sub>6</sub>	補修材	S S <sub>6</sub>	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)	発生過 (MPa)		
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
電気設備	蒸気発生器サポート	蒸気発生器サポート(変圧サポート)	ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
			ボルト	腐食	S S <sub>6</sub>	ボルト	S S <sub>6</sub>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

[ ]内は水平2方向および鉛直地震力の組合わせによる影響評価結果

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

No.	高浜2-耐震-4 Rev.2	事象：耐震												
質問	<p>工事計画認可審査の内容を踏まえた高経年化技術評価の見直しがある場合、以下の事項について、見直し前後の相違点を整理し提示すること。</p> <p>イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係 ロ) 評価条件・手法 ハ) 評価結果</p>													
回答	<p>工事計画認可申請の審査の内容を踏まえて、高経年化技術評価における耐震安全性評価の見直しを行うものは、以下のとおり。</p> <p>1. 制御棒挿入性評価</p> <p>高浜2号機の新規制基準への適合に係る工事計画認可申請側で評価手法を見直した再評価を行っており、劣化事象を考慮した耐震安全性評価においても、これに合わせた評価手法として、評価の見直しを行う。</p> <p>イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係</p> <p>① 制御棒クラス案内管（案内板）の摩耗を考慮した制御棒挿入性評価 ② 制御棒被覆管の摩耗を考慮した制御棒挿入性評価 ③ バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した制御棒挿入性評価</p> <p>※①、②については、案内板及び被覆管の摩耗を重畳させた評価を実施</p> <p>ロ) 評価条件・手法（相違点比較）</p> <table border="1" data-bbox="400 1305 1426 1980"> <thead> <tr> <th></th> <th>現評価（H27.11 補正申請）</th> <th>工認に合せた評価手法反映</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>評価条件</td> <td>燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7</td> <td>燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7</td> </tr> <tr> <td>解析モデル</td> <td>建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%</td> <td>建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：<u>1%</u></td> </tr> <tr> <td>評価手法</td> <td>                     《挿入経路機器の応答解析》                      ・制御棒駆動装置：時刻歴手法                      ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法                      ・燃料集合体：時刻歴手法                      《地震時挿入抗力の考慮方法》                      ・制御棒駆動装置：時刻歴手法                      ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法                      ・燃料集合体：時刻歴手法                 </td> <td>                     《挿入経路機器の応答解析》                      ・制御棒駆動装置：<u>スペクトルモーダル解析</u>                      ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法                      ・燃料集合体：時刻歴手法                      《地震時挿入抗力の考慮方法》                      ・制御棒駆動装置：<u>最大抗力一定</u>                      ・制御棒クラス案内管：<u>最大抗力一定</u>                      ・燃料集合体：時刻歴手法                 </td> </tr> </tbody> </table>			現評価（H27.11 補正申請）	工認に合せた評価手法反映	評価条件	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7	解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>	評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置： <u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置： <u>最大抗力一定</u> ・制御棒クラス案内管： <u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法
	現評価（H27.11 補正申請）	工認に合せた評価手法反映												
評価条件	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7												
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>												
評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置： <u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置： <u>最大抗力一定</u> ・制御棒クラス案内管： <u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法												

ハ) 評価結果

		挿入時間*1		規定時間
		現評価 (H27.11 補正申請)	工認手法反映	
評価 条件	評価地震動	Ss-1~Ss-7 	Ss-1~Ss-7 	1.8 秒
	照射条件	照射後条件	照射後条件	
地震時挿入時間		1.43		
制御棒クラスタ案内管（案内板）及び被覆管の摩耗を考慮した地震時挿入時間		1.45		
バップルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した地震時挿入時間		1.46		

\*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

\*2：挿入時間の下段のカッコ内は評価地震動を示す。

2. 炉内構造物等の耐震安全性評価

工事計画認可申請側の評価を踏まえ、燃料集合体の減衰定数を10%から1%へ変更することに伴い、原子炉容器－炉内構造物の連成モデルによる評価を行っている以下の評価について、応力評価及び疲労累積係数の評価の見直しを行う。

イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係

No.	評価対象機器（部位）	経年劣化事象
①	原子炉容器（炉心支持金物）	低サイクル疲労
②	原子炉容器（胴部）	中性子照射脆化
③	炉内構造物（上部炉心支持板、上部炉心支持柱、下部炉心支持板、下部炉心支持柱）	低サイクル疲労
④	炉内構造物（シンプルチューブ）	摩耗
⑤	炉内構造物（炉心そう）	中性子照射による靱性低下
⑥	制御棒クラスタ（被覆管）	摩耗

ロ) 評価条件・手法（相違点比較）

	現評価（H27.11 補正申請）	工認に合せた評価手法反映
評価条件	Ss-1(700gal)~Ss-7	Ss-1(700gal)~Ss-7
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>







枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ) 評価結果

① 原子炉容器（炉心支持金物）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
FA 減衰率：10%での評価結果 	0.007	0.001	0.008
FA 減衰率：1%での評価結果 	0.007	0.001	0.008

② 原子炉容器（胴部）の中性子照射脆化を考慮した影響評価（関連温度上昇）

	応力拡大係数	
	き裂深さ 10mm	き裂深さ 5mm
FA 減衰率：10%での評価結果 	$K_{IC} > K_I$ 	$K_{IC} > K_I$ 
FA 減衰率：1%での評価結果 	$K_{IC} > K_I$ 	$K_{IC} > K_I$ 



③ 炉内構造物（上部炉心支持板、上部炉心支持柱、下部炉心支持板、下部炉心支持柱）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

		疲労累積係数（許容値 1 以下）		
		通常運転時	地震時	合計
FA 減衰率 10%での評 価結果	上部炉心支持板	0.160	0.000	0.160
	上部炉心支持柱	0.023	0.001	0.024
	下部炉心支持板	0.020	0.025	0.045
	下部炉心支持柱	0.001	0.006	0.007
FA 減衰率 1%での評 価結果	上部炉心支持板	0.160	0.000	0.160
	上部炉心支持柱	0.023	0.001	0.024
	下部炉心支持板	0.020	0.025	0.045
	下部炉心支持柱	0.001	0.006	0.007

④ 炉内構造物（シンプルチューブ）の摩耗を考慮した影響評価

	発生応力（1次膜+1次曲げ）		
	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
FA 減衰率：10%での評価結果			0.02
FA 減衰率：1%での評価結果			0.02

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

⑤ 炉内構造物（炉心そう）の中性子照射による靱性低下を考慮した影響評価

	応力拡大係数		
	発生値 (MPa√m)	許容値 (MPa√m)	応力比
FA 減衰率：10%での評価結果	7.5	51	0.15
FA 減衰率：1%での評価結果	7.6	51	0.15

⑥ 制御棒クラスタ（被覆管）の摩耗を考慮した影響評価

	発生応力（1次膜+1次曲げ）		
	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
FA 減衰率：10%での評価結果			0.47
FA 減衰率：1%での評価結果			0.48

3. 工事計画を踏まえ、影響評価を行うもの

工事計画において、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組合せた耐震計算に対して、設備の構造特性等により水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性がある部位を抽出し、影響評価を行った結果、耐震性に影響がなく従来の設計手法で対応可能であることが確認されているが、高経年化技術評価の耐震安全性評価においても、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認した。

イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係

No.	評価対象機器（部位）	経年劣化事象
①	蒸気発生器（給水入口管台）	低サイクル疲労
②	1次冷却材ポンプ（支持脚）	低サイクル疲労
③	炉心支持構造物（下部炉心支持柱）	低サイクル疲労
④	復水タンク（基礎ボルト）	腐食（大気接触部）
⑤	加圧器スプレイ配管	低サイクル疲労

ロ) 評価条件・手法

高経年化評価対象設備のうち、工事計画において設備の構造特性等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性がある部位であり、水平2方向+鉛直方向地震力の影響評価が行われた部位であって、耐震評価に影響する劣化事象が想定される部位について、影響評価を行った。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ) 評価結果

① 蒸気発生器（給水入口管台）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平 1 方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.658	0.000	0.658
水平 2 方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.658	0.000	0.658

② 1 次冷却材ポンプ（支持脚）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平 1 方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.185	0.001	0.186
水平 2 方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.185	0.001	0.186

③ 炉心支持構造物（下部炉心支持柱）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平 1 方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.001	0.006	0.007
水平 2 方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.001	0.030	0.031

※FA 減衰率：1%を考慮した再評価結果。

④-1 復水タンク（基礎ボルト）の腐食を考慮した影響評価【引張荷重\*1】

	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
水平1方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果			0.67
水平2方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果			0.68

\*1：せん断荷重との組合せを考慮した評価

④-2 復水タンク（基礎ボルト）の腐食を考慮した影響評価【せん断荷重】

	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
水平1方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果			0.24
水平2方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果			0.34

⑤ 加圧器スプレイ配管の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値1以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平1方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.267	0.001	0.268
水平2方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.267	0.001	0.268

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

No.	高浜2-耐震-5 Rev.1	事象：耐震
質 問	<p>(別冊-16耐震)</p> <p>耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）について、各々の分子と分母の値を単位とともに提示すること。また、分子については、その算出に用いた地震力の種別（S s、S d、静的等）を提示すること。</p>	
回 答	<p>耐震評価結果を比率で示したもののうち、耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に対し、添付-1の緑色セル内に、元となる「許容値」及び「発生値」を示す。</p> <p>なお、Sクラスの設備のうち、静的震度により算出した評価値を分子とした応力比はない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	

機種	章	機器名称	部位 非代表設	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	疲労累積係数※本字:理論疲労			
									通常 運転時	地震時		
								応力比				
熱交換器	多管円筒形 熱交換器	1次系冷却水クーラ	伝熱管	内面腐食 (流れ加速型腐食)	S				0.58			
		湿分離加熱器	胴側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	銅板			0.25			
		第1低圧給水ヒータ	胴側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	銅板			0.21			
		第2低圧給水ヒータ	胴側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	銅板			0.34			
配管	ステンレス鋼配管	第3低圧給水ヒータ	胴側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	銅板			0.28			
		第4低圧給水ヒータ	胴側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	銅板			0.30			
		余熱除去系統配管	母管	高サイクル蒸気劣化 (高低温水合流部)	S				0.46			
		主蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.95			
炭素鋼配管	主給水系統配管	低温再熱蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.53			
		第3抽気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.68			
		第4抽気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				1.12	0.351		
		補助蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.66			
		グラント蒸気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.77			
		復水系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.39			
		ドレン系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.70			
		蒸気発生器ブロータウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.85			
		アンカー	ラグとプレートの溶接部等のサ ポート取付部	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.57			
		配管サポート	ラグとプレートの溶接部	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.25			
		炉内構造物	高圧タービン	蒸気発生器ブロータウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.60	
				アンカー	ラグとプレートの溶接部	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.74	
ドレン系統配管	母管			腐食(流れ加速型腐食)	C				0.52			
グラント蒸気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管			腐食(流れ加速型腐食)	C				0.60			
タービン	高圧タービン	蒸気発生器ブロータウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.88			
		アンカー	ラグとプレートの溶接部	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.70			
		ドレン系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.77			
		グラント蒸気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.60			
炉内構造物	高圧タービン	蒸気発生器ブロータウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.45			
		アンカー	ラグとプレートの溶接部	腐食(流れ加速型腐食)	S				1.23	0.125		
		ドレン系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.60			
		グラント蒸気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.56			
タービン	高圧タービン	蒸気発生器ブロータウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.52			
		アンカー	ラグとプレートの溶接部	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.58			
		ドレン系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.41			
		グラント蒸気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.45			
炉内構造物	高圧タービン	蒸気発生器ブロータウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.60			
		アンカー	ラグとプレートの溶接部	腐食(流れ加速型腐食)	S				0.15			
		ドレン系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.02			
		グラント蒸気系統配管 (実測データに基づく肉厚)	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.39			

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

機種	章	機器名称	部位 非代表設	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	応力比	疲労累積係数※大字:過渡疲労	
										通電時	地震時
機械設備	重機器サポート	原子炉容器サポート	サポートブラケット	中性子およびγ線照射脆化	S	補強材			0.36		
		蒸気発生器サポート(支脚)	ヒンジ摺動部	摩耗	S	ボルト			0.73		
		1次冷却材ポンプサポート(支脚)	ヒンジ摺動部	摩耗	S	蒸気発生器支持脚	一次		0.17		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	ヒンジ摺動部	摩耗	S	1次冷却材ボフ支持脚	一次十二次		0.54		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機	一次		0.13		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機	一次十二次		0.28		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.22		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.11		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.48		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.01		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.10		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.22		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			0.10		
		格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	格納容器外制御用空気をため、格納容器外制御用空気を乾燥器) 被覆管	摩耗	S	計器用空圧縮機			-		
電源設備	基礎ボルト	海水ポンプ	海水ポンプ	腐食	S	基礎ボルト			0.70		
		熱交換器	熱交換器	腐食	C	基礎ボルト			-		
		燃料取替用水タンク	燃料取替用水タンク	腐食	S	基礎ボルト	引張荷重		0.42		
		復水タンク	復水タンク	腐食	S	基礎ボルト	せん断荷重		0.67		
		主蒸気系統配管	配管用基礎ボルト	腐食(全面腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重		[0.68]		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	せん断荷重		[0.34]		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重		0.57		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	せん断荷重		-		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重		0.18		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	せん断荷重		-		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重		0.18		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	せん断荷重		-		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	引張荷重		0.18		
		伝熱管	母管	内面からの腐食(流れ加速型腐食)	S	基礎ボルト	せん断荷重		-		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

No.	高浜2-耐震-14 Rev.1	分類：配管																																														
質問	余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）を提示すること。																																															
回答	<p>余熱除去系統配管のアンカーサポートにかかる荷重をもとに、各応力を算出した過程は以下のとおりです。また、サポートの位置を添付-1の系統図、アイソメ図に示します。</p> <p>1. 評価用荷重の算出</p> <p>配管を3次元梁モデル化してSs、Sd地震時の支持点荷重をスペクトルモーダル解析にて算出しています。評価部位はサポートラグ（固定点）であり、隣接する解析ブロックとの境界部になります。この為、両ブロックの解析結果から得られた荷重を合成し、評価用荷重としています。算出された評価用荷重は表1、表2のとおりです。</p> <p style="text-align: center;">表1 評価用荷重 (Ss)</p> <table border="1" data-bbox="564 936 1193 1317"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">荷重</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表2 評価用荷重 (Sd)</p> <table border="1" data-bbox="564 1395 1193 1776"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">荷重</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		方向	荷重		1次	1次+2次	Fx			Fy			Fz			Mx			My			Mz			方向	荷重		1次	1次+2次	Fx			Fy			Fz			Mx			My			Mz		
方向	荷重																																															
	1次	1次+2次																																														
Fx																																																
Fy																																																
Fz																																																
Mx																																																
My																																																
Mz																																																
方向	荷重																																															
	1次	1次+2次																																														
Fx																																																
Fy																																																
Fz																																																
Mx																																																
My																																																
Mz																																																



## 2. 応力の算出

溶接部に発生する応力は、下式で算出しています。本評価式は、材料力学に基づく公式をもとにして設定したものであり、設計・建設規格や耐震設計審査指針等に規定されたものではないことから、応力集中係数に係る規定はありません。また、支持構造物は、降伏点を許容値としており許容値を厳しくする設計体系となっていることから、発生応力の算出において応力係数を考慮する必要はないと判断しています。なお、本評価式により適切な応力が評価できることは、FEM解析により確認し採用しているものです。

$$\sigma_1 = \frac{|Mx| + |Fy| \cdot L}{Z_{wx}} + \frac{|My| + |Fx| \cdot L}{Z_{wy}} + \frac{|Fz|}{A_w}$$

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

$A_w$  : 溶接部の断面積

$Z_{wx}$  ,  $Z_{wy}$  ,  $Z_{wp}$  : 各方向の溶接部の断面係数

$L$  : 荷重作用点から評価部位までの距離

応力評価は、以下の組合せ応力を用います。

- ・ すみ肉溶接部

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

- ・ 溶け込み溶接部

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

3. 評価仕様

評価に用いたデータを以下に示します。

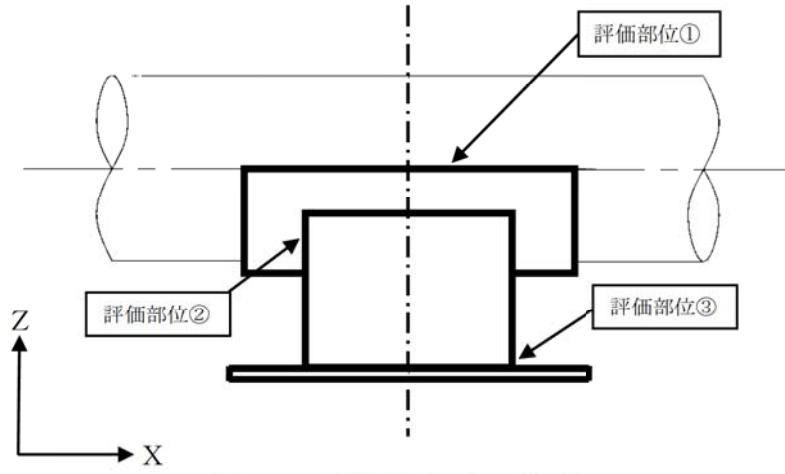


図-1 配管サポートの外形図

表4 諸元表

(単位：mm)

パッドの幅 (母管外径)	パッドの長さ	パッドの すみ肉溶接の脚長	角型鋼管の 配管方向長さ	角型鋼管の 配管直交長さ	角型鋼管の 厚さ
$b_1$	$h_1$	$t_{sp}$	$a_1$	$a_2$	$t$

評価部位	$L^{(注1)}$ (mm)	$A_w$ ( $mm^2$ )	$Z_{wx}$ ( $mm^3$ )	$Z_{wy}$ ( $mm^3$ )	$Z_{wp}$ ( $mm^3$ )
①配管とパッド の溶接部					
②パッドとラグ の溶接部					
③ラグとプレー トの溶接部					

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

4. 評価結果

各部位の許容応力を表5に、評価結果を表6に示します。発生応力は許容応力を超えることはなく、耐震安全上問題ない。

表5 許容応力 (単位：MPa)

部 位		パッド	ラグ	プレート
物 性 値	材 質	SUS316	STKR400	SS400
	使用温度(°C)	177	177	177
	F 値	205	174	190
1次応力の許容値		120	209	228
1次+2次応力の許容値		118	349	381

表6 (1/3) 配管とパッドの溶接部 (評価部位①)

1次応力 評価	S <sub>s</sub> <sup>(注1)</sup>	発生応力	
		許容応力	
1次+2次 応力評価	S <sub>s</sub> <sup>(注1)</sup>	発生応力	
		許容応力	

表6 (2/3) パッドとラグの溶接部 (評価部位②)

1次応力 評価	S <sub>s</sub> <sup>(注1)</sup>	発生応力	
		許容応力	
1次+2次 応力評価	S <sub>s</sub> <sup>(注1)</sup>	発生応力	
		許容応力	

表6 (3/3) ラグとプレートの溶接部 (評価部位③)

1次応力 評価	S <sub>s</sub> <sup>(注1)</sup>	発生応力	
		許容応力	
1次+2次 応力評価	S <sub>s</sub> <sup>(注1)</sup>	発生応力	
		許容応力	

(注1) S<sub>s</sub>地震力がS<sub>d</sub>地震力および静的地震力より大きく、S<sub>s</sub>地震力による評価応力が共用状態C<sub>s</sub>の許容応力を下回るため、S<sub>d</sub>地震力および静的地震力による評価を省略した。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

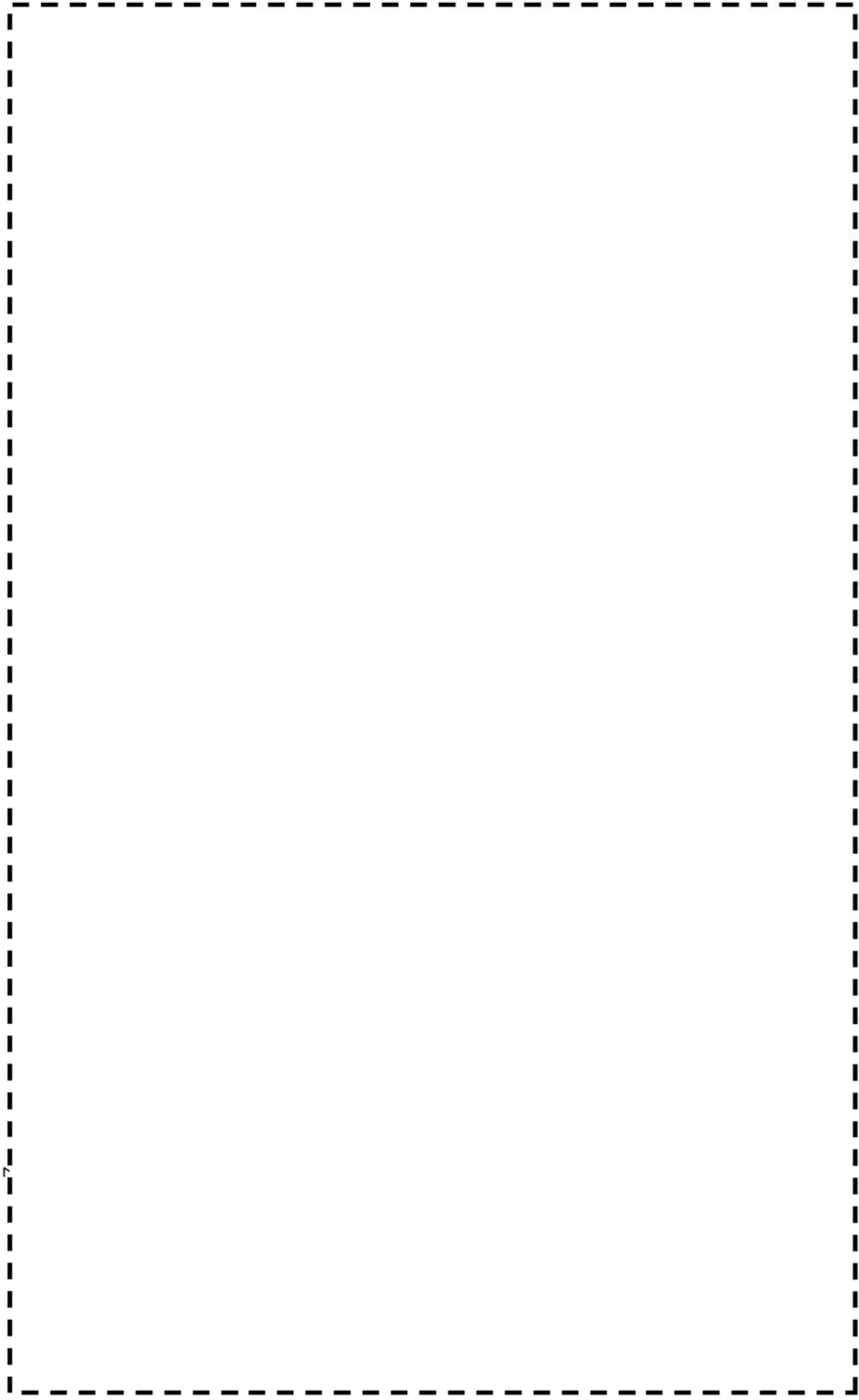
評価対象アンカーサポートの設置位置

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



高浜2号機 余熱除去系統配管(A-余熱除去クーラ出口配管(PEN側))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



高浜2号機 余熱除去系統配管(B-余熱除去クローラ出口配管(PEN側))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

高浜 2 号機 余熱除去系統配管サポートの疲労評価について

1. 評価対象サポート

高浜 2 号機については、余熱除去系統配管サポートのうち、3 方向の変位及びモーメントを拘束する 1 1 個のアンカーサポートについて評価を実施しています。その結果、これまでは、応力比の大きい [ ] 及び [ ] の評価結果を技術評価側に記載していたが、[ ] の改造により、耐震評価については、応力比の大きい [ ] に対する評価を行っています。

なお、[ ] と [ ] は、それぞれ図 1 に示す評価部位に対して、評価を行っています。

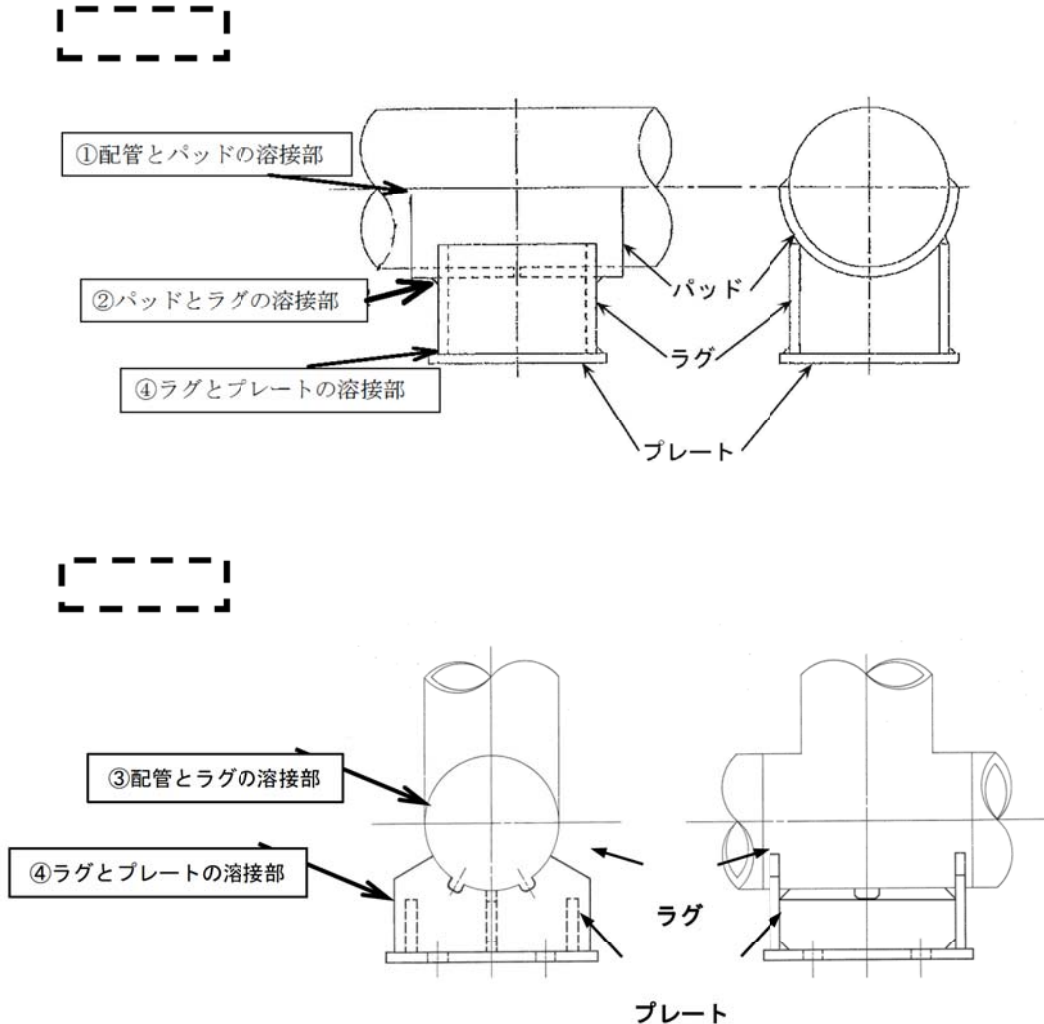


図 1 [ ] 及び [ ] の評価部位

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 技術評価結果及び耐震評価結果について

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

高浜 2 号 技術評価

評価項目			
①配管とパッドの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比	0.58	
②パッドとラグの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比	0.26	
③配管とラグの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比		0.54
④ラグとプレートの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比	0.23	0.11

耐震評価は技術評価において応力比の厳しい [ ] を評価対象とした



高浜 2 号 耐震評価

評価項目			
①配管とパッドの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比	0.56	
②パッドとラグの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比	0.58	
③配管とラグの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比		
④ラグとプレートの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比	0.45	

以 上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



許容応力の算出

(単位:MPa)

アンカーサポート番号		パッド	ラグ	底板
部 位				
物 性 値	材 質			
	評価温度(°C) (注1)			
	① Sy (付録図表 Part 5 表 8) (at 使用温度)			
	Su (付録図表 Part 5 表 9) (at 使用温度)			
	② Sy (at 常温)			
	③ 1.35Sy			
	④ 0.7Su			
	F=min (②, ③, ④) (注2)			
	引張許容応力 ft=F/1.5			
	曲げ許容応力 fb=F/1.5			
せん断許容応力 fs=F/1.5√3				
一 次 応 力 の 許 容 値	引張許容応力 1.5ft [1.5ft*] (注3)			
	曲げ許容応力 1.5fb [1.5fb*] (注3)			
	せん断許容応力 1.5fs [1.5fs*] (注3)			
一 次 + 二 次 応 力 の 許 容 値	引張許容応力 3ft			
	曲げ許容応力 3fb			
	せん断許容応力 3fs (溶け込み) [1.5fs(すみ肉)]			

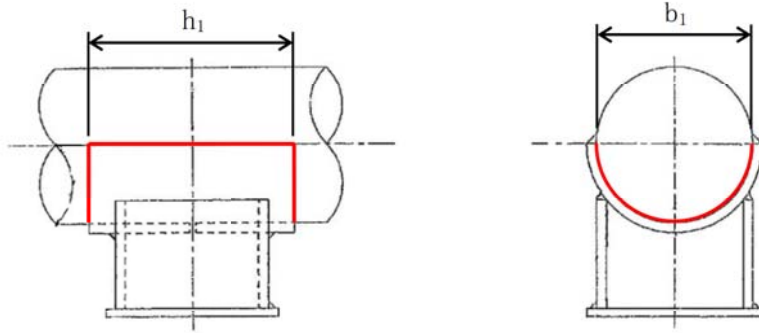
(注1) 評価温度は安全側を考慮して RHR 運転温度の 177°C を一律に使用した。

(注2) 使用温度が 40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金の場合のみ。それ以外については、 $F = \min (①, ④)$

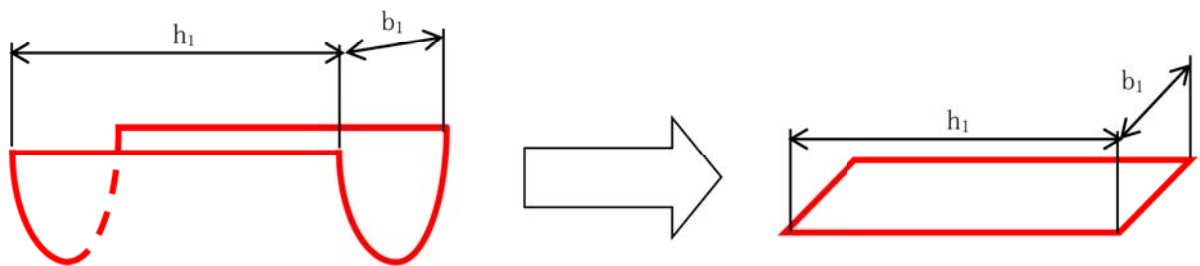
(注3) Ss 地震の一次応力評価では JEAG4601 の支持構造物規程に従い①, ②の値を「別表第9 (付録図表 Part 5 表 8) に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値を使用する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

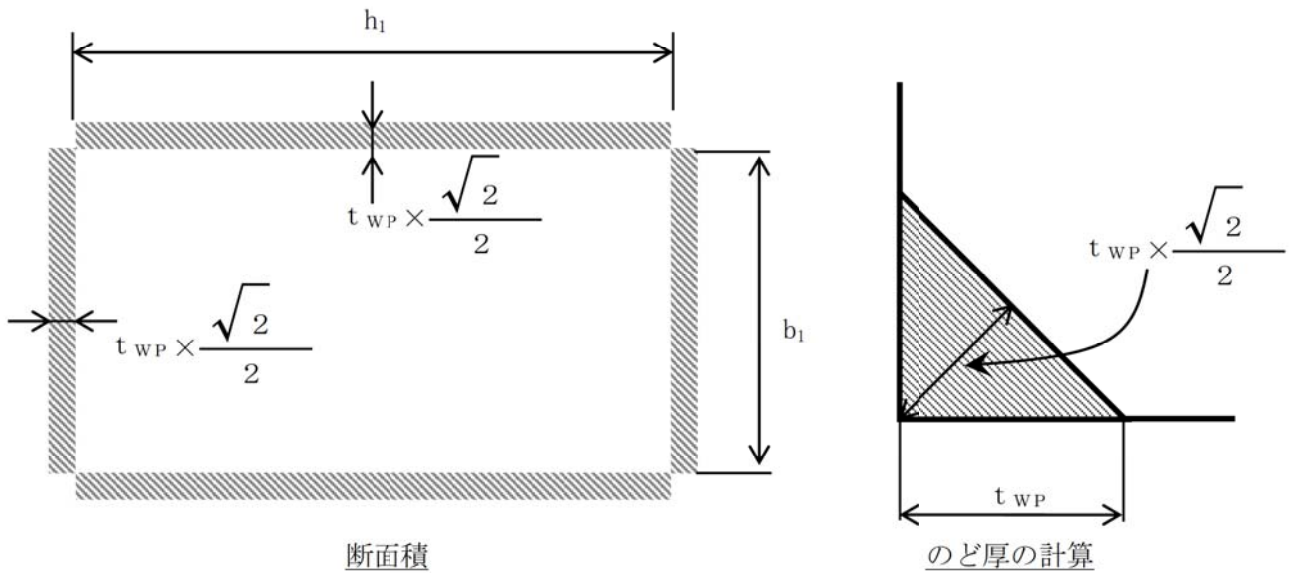
<溶接部の断面積計算例>



1. 溶接部の保守的なモデル化



2. 断面積 (Aw) の計算



$$A_w = h_1 \times t_{WP} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2 + b_1 \times t_{WP} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2$$

$$= \boxed{\phantom{0}} \times \boxed{\phantom{0}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2 + \boxed{\phantom{0}} \times \boxed{\phantom{0}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2 \approx \boxed{\phantom{0}} \phantom{0}}$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。