

美浜3号炉－低サイクル疲労－6 r e v 1

<p>タイトル</p>	<p>再生クーラ及び余熱除去クーラの疲労累積係数の算出根拠について (2-1-53頁)</p>																				
<p>説明</p>	<p>再生クーラおよび余熱除去クーラの管板の疲労累積係数の算出根拠を以下に示す。</p> <p>【再生クーラ】</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="475 855 1311 1055"> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>ABAQUS Ver. 6.7</td> </tr> <tr> <td>要素種類</td> <td></td> </tr> <tr> <td>要素次数</td> <td></td> </tr> <tr> <td>節点数</td> <td></td> </tr> <tr> <td>要素数</td> <td></td> </tr> </table> <p>解析モデル図は添付1に示す。</p> <p>2. 材料物性 材料物性値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="445 1211 1337 1496"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">使用部位</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>S_m (MPa)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>290.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定 解析モデル上の評価点は、構造不連続部等において応力が大きくなる評価断面を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。 解析モデル上の評価点及び最大評価点の選定結果を、添付2に示す。</p>	解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.7	要素種類		要素次数		節点数		要素数		材料	使用部位	設計応力強さ		S _m (MPa)	温度 (°C)				290.0
解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.7																				
要素種類																					
要素次数																					
節点数																					
要素数																					
材料	使用部位	設計応力強さ																			
		S _m (MPa)	温度 (°C)																		
			290.0																		

4. 応力分類

評価における荷重の組み合わせを以下に示す。また、応力評価のフローを添付3に示す。

状態	荷重の組合せ
供用状態 A、B	圧力+熱過渡荷重

5. Ke係数および環境評価パラメータ

評価に用いたKe係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数fen）を添付4に示す。

【余熱除去クーラ】

6. 解析モデル

疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。

解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.7
要素種類	
要素次数	
節点数	
要素数	

解析モデル図は添付5に示す。

7. 材料物性

材料物性値を以下に示す。

材料	使用部位	設計応力強さ	
		Sm (MPa)	温度 (°C)
			95.0
			95.0
			200.0

8. 最大評価点の選定

解析モデル上の評価点は、構造不連続部等において応力が大きくなる評価断面を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。

解析モデル上の評価点及び最大評価点の選定結果を、添付6に示す。

9. 応力分類

評価における荷重の組み合わせを以下に示す。また、応力評価のフローを添付 3 に示す。

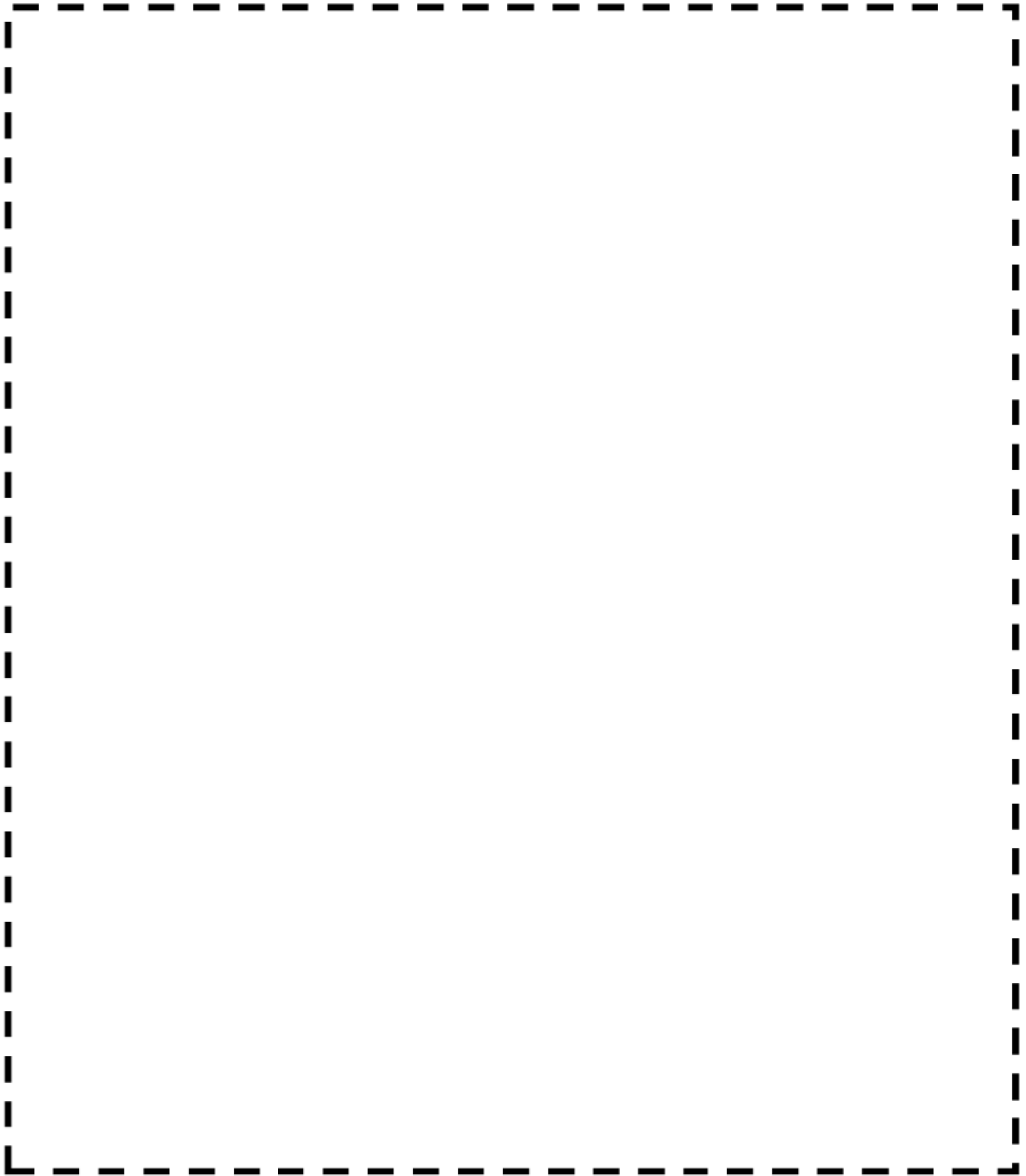
状態	荷重の組合せ
供用状態 A、B	圧力+ボルトの締付力+熱過渡荷重

10. Ke 係数および環境評価パラメータ

評価に用いた Ke 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f_{en} ）を添付 7 に示す。

11. 伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法

伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法については添付 8 に示す。



再生クーラ 解析モデルおよび評価点

解析モデルは、上記のように中心軸対称として作成している。温度条件は充てん水の入口側と出口側で水室の温度条件が異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。

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

再生クーラ 最大疲労評価点の選定

(MPa (疲れ累積係数除く))

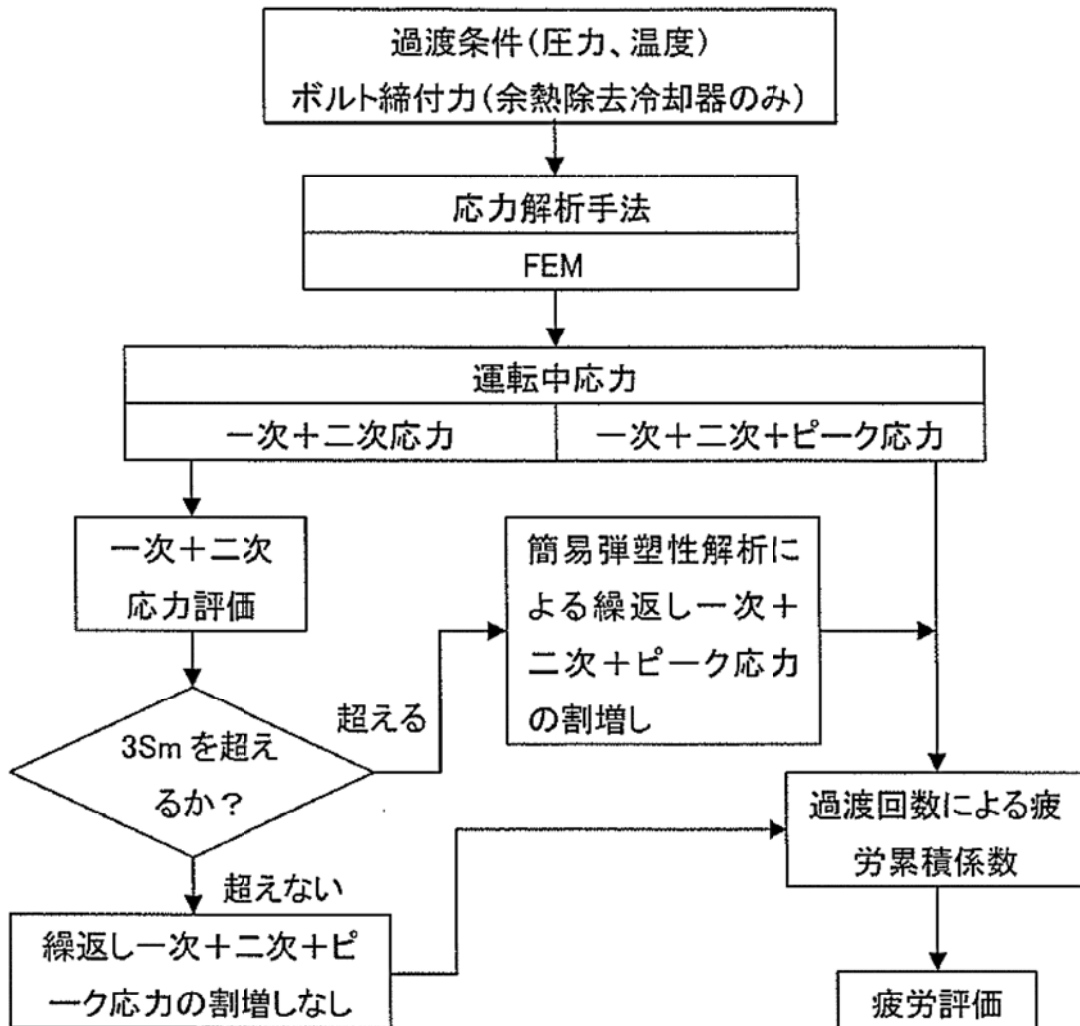
評価点			一次+二次応力強さ		疲れ累積係数		
			$P_1 + P_b + Q$	許容値	部位	U.F	許容値
管板部	1	入口					
		出口					
	2	入口					
		出口					
	3	入口					
		出口					
	4	入口					
		出口					
一般部	5	入口					
		出口					
	6	入口					
		出口					
	7	入口					
		出口					
	8	入口					
		出口					
	9	入口					
		出口					
	10	入口					
		出口					
11	入口						
	出口						

→通常UF : 0.165

- 注) 1. *印は、 $3S_m$ を超えているため JSME S NC1 PVB-3300 を適用する。
 2. ()はそれぞれの部位における最大値である。
 3. 評価点における入口と出口とは評価に用いる過渡の入口側と出口側のことを示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

応力評価フロー



Ke 係数と環境疲労パラメータ (再生クォーラ) (詳細評価手法: 評価断面9)

過渡条件 記号	一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数 KE	繰返しピーク 応力強さ		突過波 回数 n	許容繰返し 回数 n*	疲労累積係数 u	環境効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
A										
B										
合計: 0.20891										
→環境UF: 0.210										

合計: 0.16451

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0 \downarrow

→通常UF: 0.165

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

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

(1) 再生クレー

a. 過渡1H1 [起動] - 1F2 [抽出流量50%減少及び復帰 (抽出流量50%復帰)]



b. 過渡1I1 [停止] - 1G1 [抽出流量100%増加及び復帰 (抽出流量100%増加)]

c. 過渡NSS-1G1[抽出流量100%増加及び復帰(抽出流量100%増加)]

d. 過渡NSS-1D2[充てん流量50%減少及び復帰(充てん流量50%復帰)]

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

e. 過渡NSS-1E1[充てん流量50%増加及び復帰(充てん流量50%増加)]

f. 過渡NSS-1H1[起動]

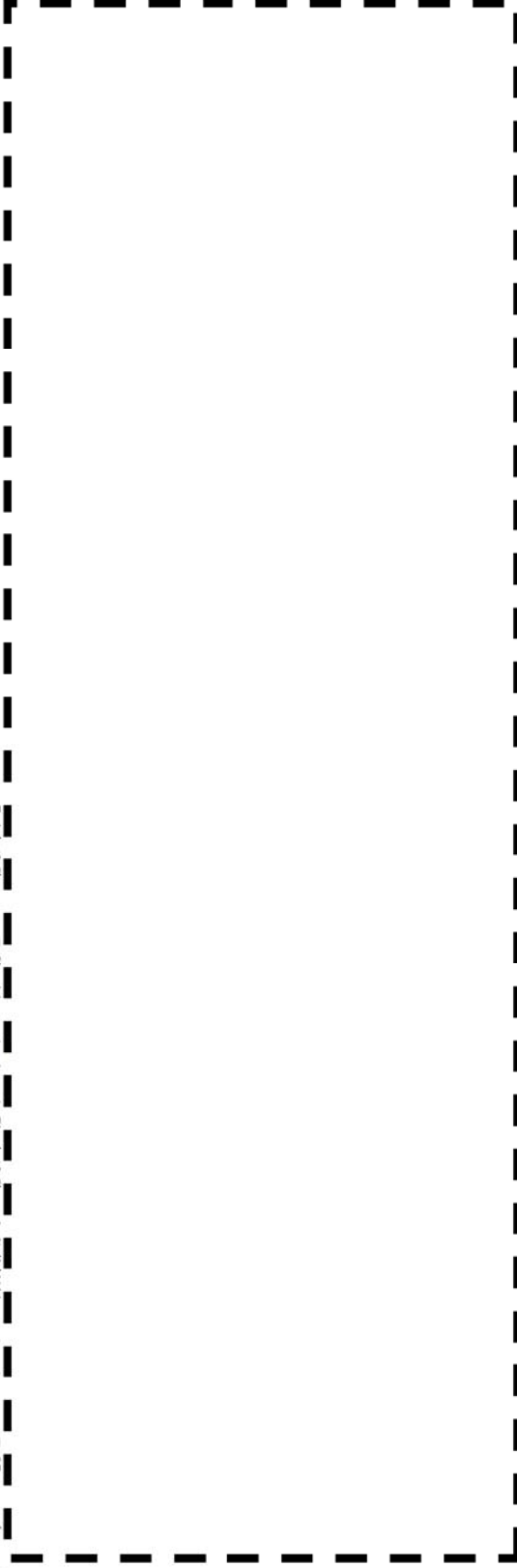
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

g. 過渡NSS-1A2[抽出ライン隔離及び復帰(抽出復帰)]

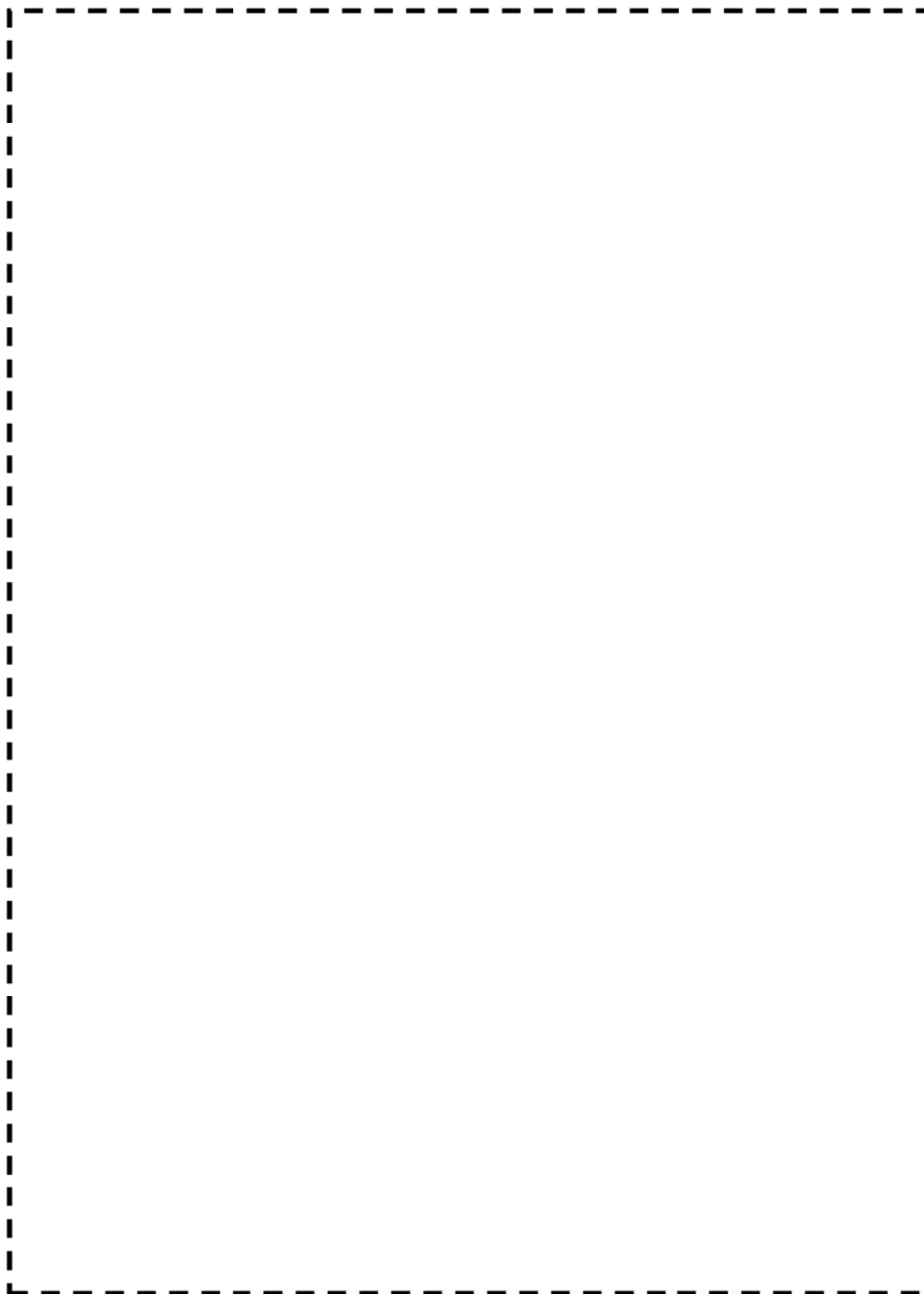
h. 過渡NSS-1B2[充てんライン隔離及び復帰(保守)(充てん復帰)]

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

i. 過渡NSS, IC2[充てんライン隔離及び復帰(安全注入時)(充てん復帰)]



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



余熱除去クーラ 解析モデルおよび評価点

解析モデルは、上記のように中心軸対称として作成している。温度条件は1次冷却水の入口側と出口側で水室の温度条件が異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。

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

余熱除去クーラ 最大疲労評価点の選定

(MPa (疲れ評価を除く))

評価点			一次+二次応力強さ		疲れ累積係数		
			P_L+P_b+Q	許容値	部位	U.F	許容値
管板部	1	入口					
		出口					
	2	入口					
		出口					
	3	入口					
		出口					
	4	入口					
		出口					
	5	入口					
		出口					
一般部	6	入口					
		出口					
	7	入口					
		出口					
	8	入口					
		出口					
	9	入口					
		出口					
	10	入口					
		出口					
	11	入口					
		出口					
	12	入口					
		出口					
13	入口						
	出口						
14	入口						
	出口						

注) 1. *印は、 $3S_m$ を超えているため JSME S NC1 PVB-3300 を適用する。 →通常UF : 0.032

2. () はそれぞれの部位における最大値である。

3. 評価点における入口と出口とは評価に用いる過渡の入口側と出口側のことを示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

Ke係数と環境疲労パラメータ (余熱除去クォータ) (詳細評価手法)

過渡条件 記号	一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数 KE	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数 n	許容繰返し 回数 n*	疲労累積係数 u	環境効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt					
A										
B										
1B1										
NSS										
合計: 0.03121										
合計: 0.04328										

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0↓

→通常UF: 0.032

→環境UF: 0.044

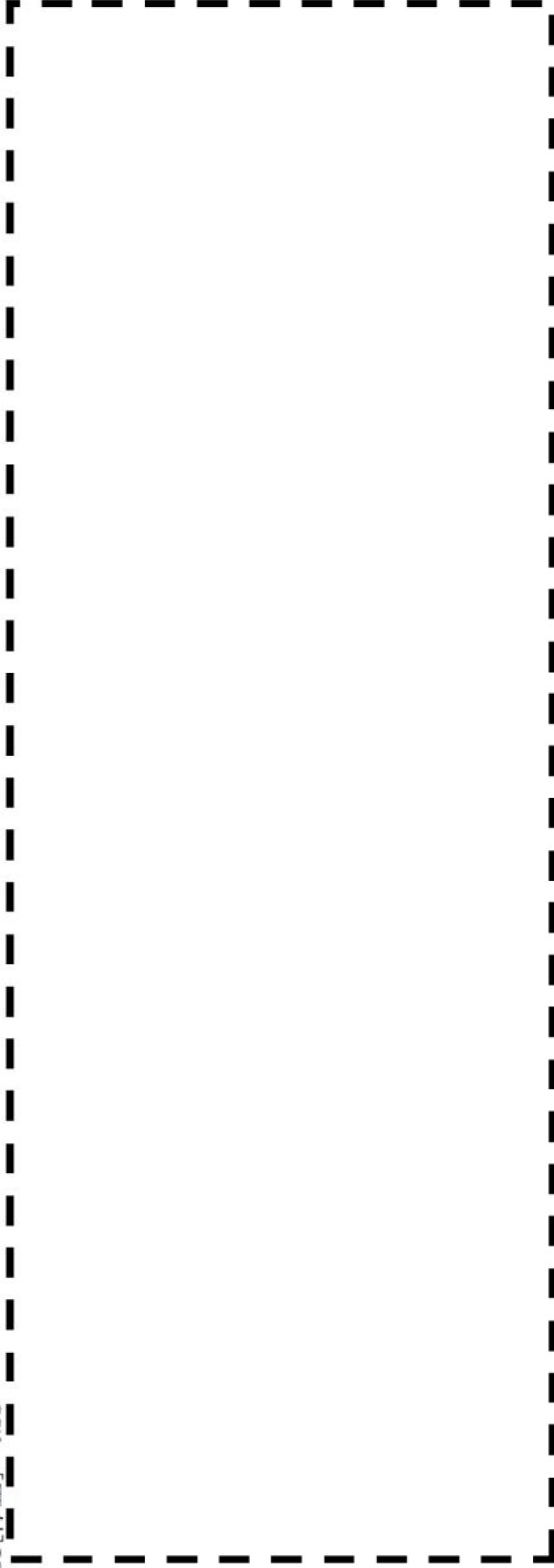
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

余熱除去クーラ

a. 過渡IB1[停止]-NSS



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

伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法

管板は穴明き部を簡易的に評価するため、ASME「ARTICLE A-8000 STRESSES IN PERFORATED FLAT PLATES」に基づき等価中実円板にモデル化して評価している。

ここで、管板を等価中実円板としてモデル化するために縦弾性係数及びポアソン比は図1のグラフ (A-8131-1) に基づき補正している。等価縦弾性係数と縦弾性係数の比、及び等価ポアソン比を表1に示す。

また、応力集中については図2に示す応力指数のグラフ (A-8142-2) からYmaxを読み取り、式(1)の通り発生応力に応力指数を掛け合わせている。なお、読み取りに必要なβは等価中実円板の半径方向応力と周方向応力の比となるので、Ymaxの値は解析モデルの要素ごとに変わる値となる。

$$S = Y_{max}(p/h)\sigma_1 + P \dots \dots \text{式(1)}$$

S: 応力強さ、Ymax: 応力指数、p: 管穴ピッチ、h: リガメント幅、σ1: 主応力、P: 圧力

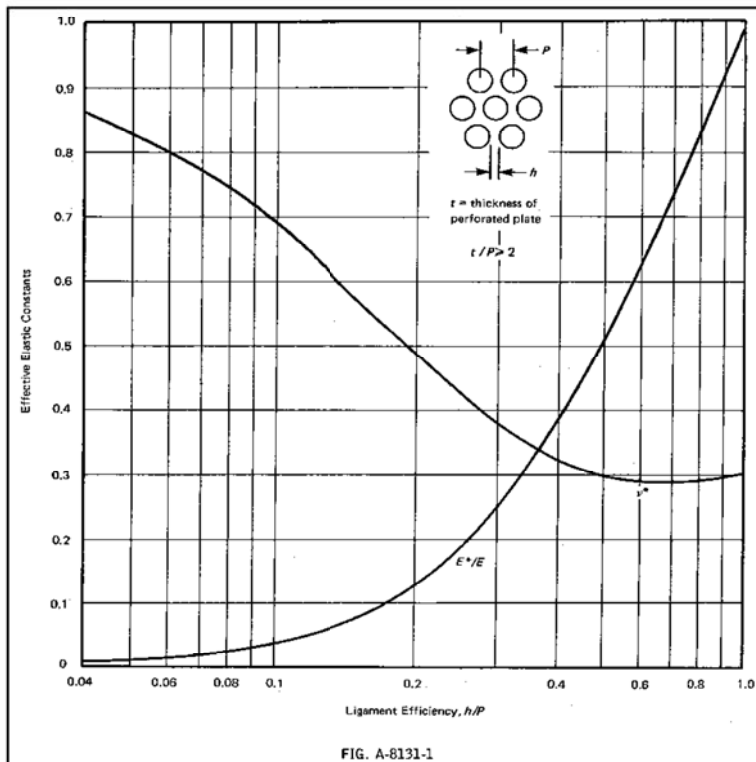


図1 等価縦弾性係数と等価ポアソン比

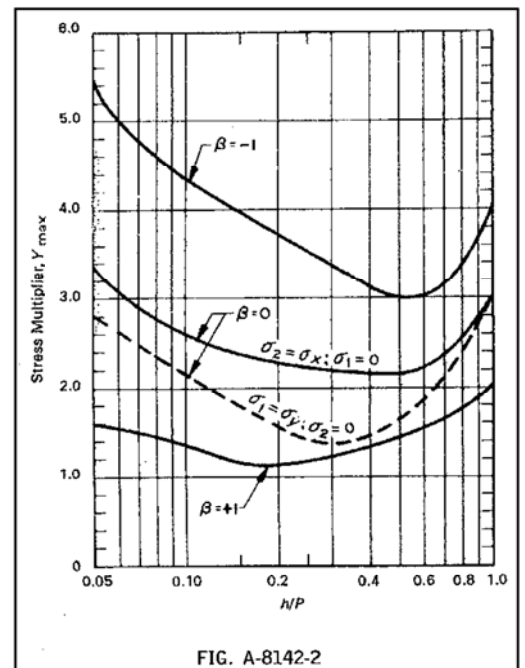


図2 応力指数

表1 等価縦弾性係数E*と縦弾性係数Eの比、及び等価ポアソン比ν*

		h [mm]	p [mm]	η = h/p	E*/E	ν*
美浜3号機	再生クーラ					
	余熱除去クーラ					

η: リガメント効率、E*: 等価縦弾性係数、E: 縦弾性係数、ν*: 等価ポアソン比

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

管板周りの疲労評価における解析モデルの妥当性について

○仕切板の影響について

余熱除去クーラ及び再生クーラ水室の入口側と出口側の仕切板は、管板と溶接等で接合されてはいないため、管板に対する仕切板の熱伸び等による有意な影響はないと考えられる。そのため、水室の仕切板はモデルに考慮していない。

○管側水室の温度条件について

管側水室の温度条件は1次冷却材の入口と出口側で異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。理由を以下に示す。

余熱除去クーラ及び再生クーラの管板周りにおいては、胴側と水室側の温度差により管板が曲がろうとするため、管板と胴の境界周辺の構造不連続部に大きな応力が発生する。

図1に、胴側が低温流体、水室側が高温流体の場合のイメージ図を示す。仕切板を考慮した場合は図1(a)のように、胴側との温度差が大きくなる水室入口側は管板の半分の領域に接するため、管板の熱曲げによる応力は主にこの領域で発生する。

一方、疲労評価では図1(b)のように仕切板を考慮せず、管板全体が最大温度差を受けるモデルとすることで、管板の変形が大きくなり、管板の熱曲げによる応力が大きく評価される。

したがって、図1(b)の方が熱過渡による疲労評価として厳しい評価となる。

ここで、水室側において入口側と出口側が隣り合う部分（管板と仕切板の交差部周辺）では、入口側と出口側の温度差により熱応力は生じるが、温度差は胴側一水室入口側より小さいこと、及び曲げの生じる方向が管板全体の曲げとは異なることから、管板全体への影響は小さいと考える。

以上から管側水室の入口側と出口側の温度差による影響は、より温度差の大きい胴側と管側入口側の温度差を考慮した評価により確認されていると判断し、解析モデルに考慮していない。

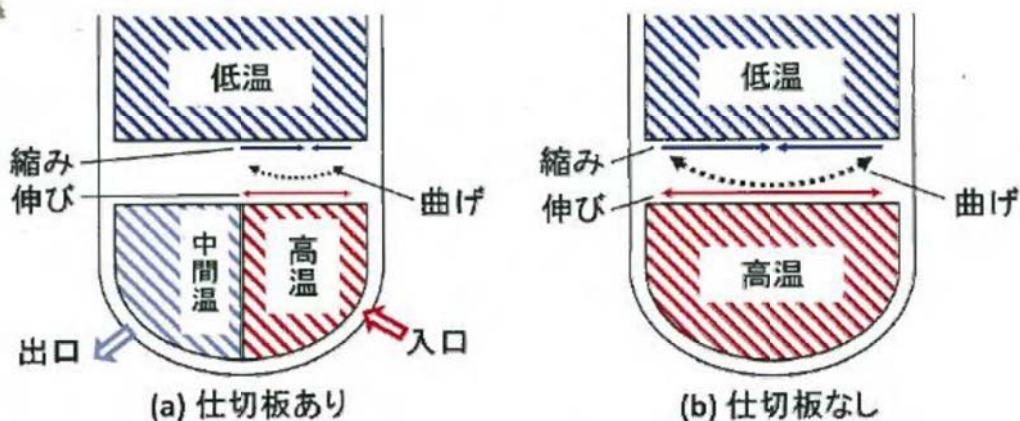


図1: 管板周りのイメージ図

美浜3号炉-低サイクル疲労-7 rev 1

タイトル	蒸気発生器本体管板及び給水入口皆台の疲労累積係数の算出根拠について (2-2-24頁)																								
説明	<p>蒸気発生器本体管板及び給水入口管台の疲労累積係数の算出根拠は以下の通りである。</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="459 815 1299 1099"> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>ABAQUS Ver. 6.3-1</td> </tr> <tr> <td>要素種類</td> <td></td> </tr> <tr> <td>要素次数</td> <td></td> </tr> <tr> <td>節点数</td> <td></td> </tr> <tr> <td>要素数</td> <td></td> </tr> </table> <p>解析モデルを添付1に示す。</p> <p>2. 材料物性値 材料物性値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="416 1249 1366 1518"> <thead> <tr> <th rowspan="2">使用箇所</th> <th rowspan="2">材料</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>S_m (MPa)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>給水入口管台</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>管板及び管板廻り</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定 解析モデル上の評価点は、構造不連続部等において応力が大きくなる評価断面を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。</p> <p>管板及び管板廻りについては、設計・建設規格による評価において疲労累積係数が最大となる評価点が、ニッケル基合金の内張りにより接液しないため、内張りを施していない接液部で疲労累積係数が最大となる評価点の疲労累積係数を用いて環境疲労評価を実施している。</p> <p>また、給水入口管台については、熱成層による影響を考慮して最大となる環境疲労評価を示している。</p> <p>解析モデル上の評価結果及び最大評価点の選定結果を、添付2に示す。</p>	解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.3-1	要素種類		要素次数		節点数		要素数		使用箇所	材料	設計応力強さ		S _m (MPa)	温度 (°C)	給水入口管台				管板及び管板廻り			
解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.3-1																								
要素種類																									
要素次数																									
節点数																									
要素数																									
使用箇所	材料	設計応力強さ																							
		S _m (MPa)	温度 (°C)																						
給水入口管台																									
管板及び管板廻り																									

4. 応力分類

評価における荷重の組み合わせを以下に示す。また、応力評価のフローを添付3に示す。

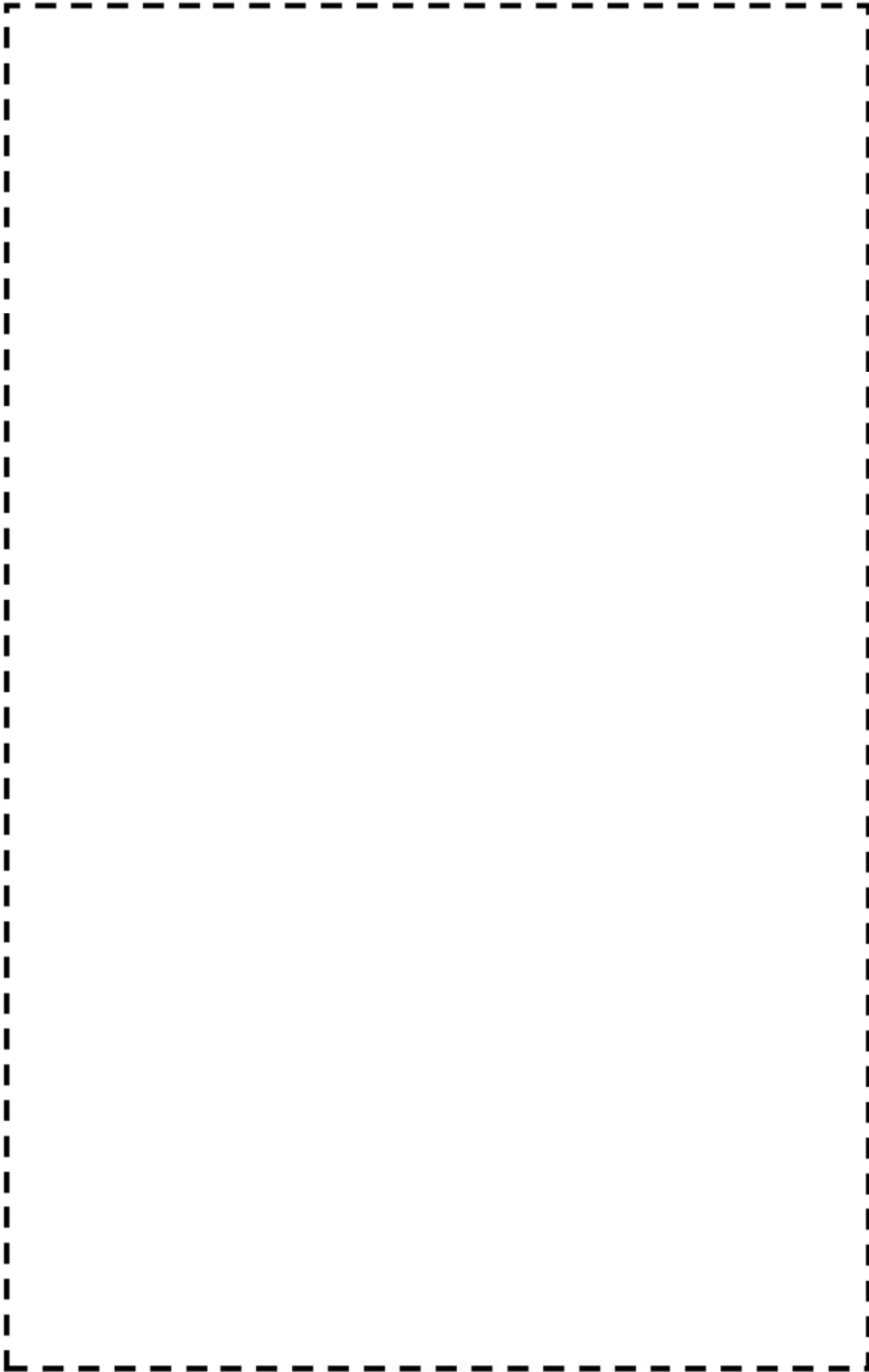
状態	荷重の組合せ
供用状態A, B	圧力、機械的荷重、自重、熱膨張荷重、熱過渡

5. Ke係数および環境パラメータ

評価に用いたKe係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数fen）を添付2、4に示す。

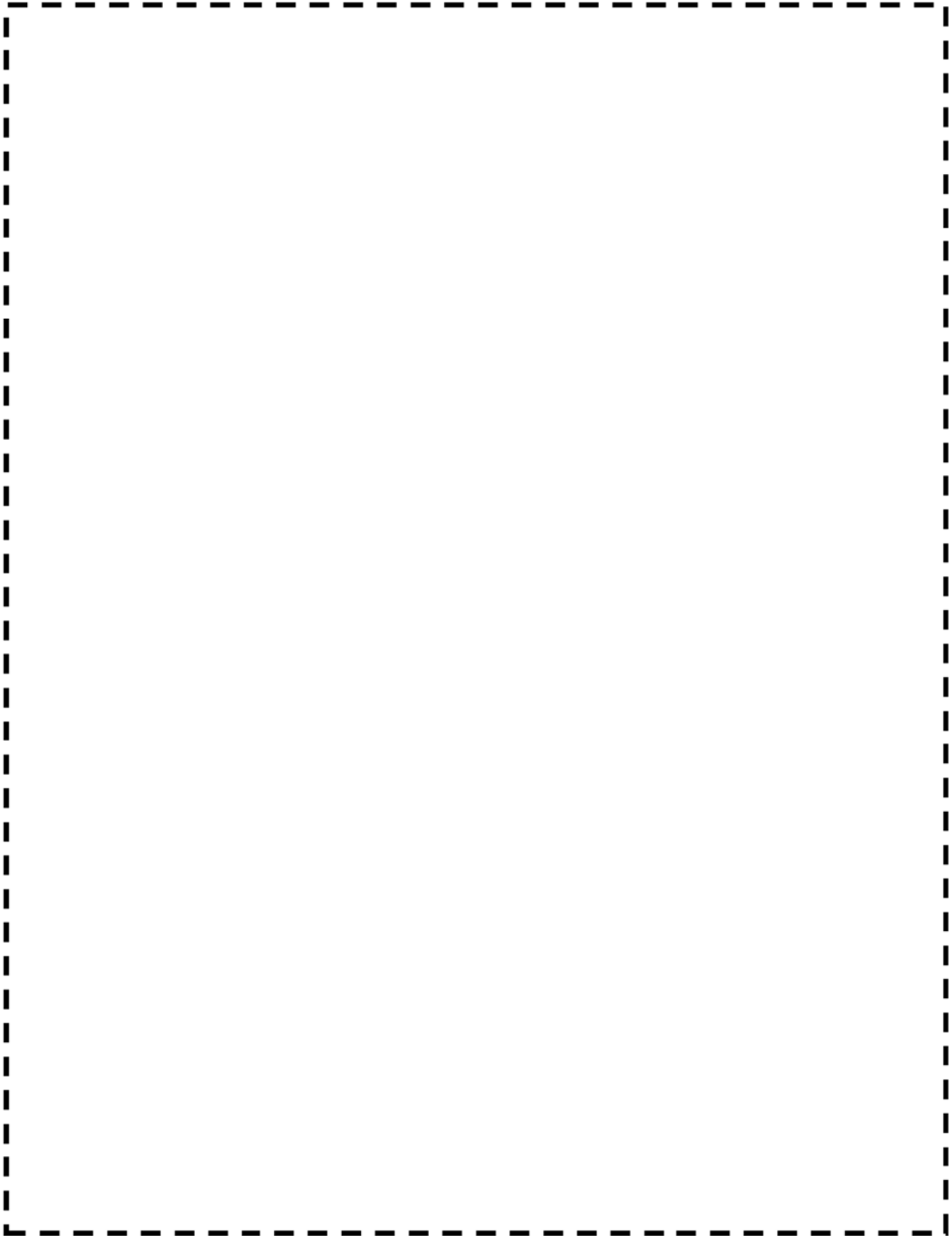
なお、評価に用いた溶存酸素濃度は、主給水の管理基準より $\frac{1}{2}$ とした。

評価に用いた材料中の硫黄含有量は、原子炉压力容器部品に用いる場合の規格値より0.025%とした。



蒸気発生器本体 管板及び管板廻り 解析モデル

「 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません 」

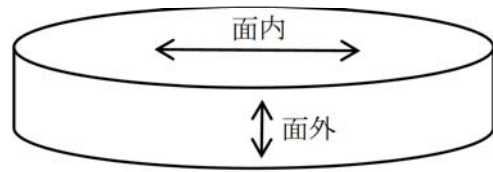


蒸気発生器本体 給水入口管台 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

管板部の伝熱管穴周りの応力算出

管板のモデル化は、管板の穴明き部を簡易的に評価するため、等価中実円板に置き換えてモデル化を行っている。



等価中実円板とは、寸法が多孔板と同一で変位が等しくなるように、縦弾性係数及びポアソン比を修正した中実円板である。管板（多孔板部）は次のとおり等価剛性を考慮する。

1) 面内方向の E^*/E 及び ν^* は、文献「Effective Elastic Constants for Thick Perforated Plates With Square and Triangular Penetration Patterns」Table2 及び Table3 より

- E^* : 等価縦弾性係数
- E : 縦弾性係数
- ν^* : 等価ポアソン比

	η	0.3		0.4
管穴ピッチ方向	E^*/E	0.420		0.525
	ν^*	0.173		0.216
管穴対角方向	E^*/E	0.239		0.380
	ν^*	0.529		0.433

- リガメント効率 : $\eta = h/p =$
- 管穴ピッチ : $p =$
- 最小リガメント : $h =$

から、管穴ピッチ方向と管穴対角方向を平均し、 $E^*/E =$ $\nu^* =$ となる。

2) 面外方向の E^*/E は、面積比より $E^*/E = 1 - [(\pi \cdot r^2)/p^2] =$ となる。

- 等価伝熱管内半径 : $r =$
- 管穴ピッチ : $p =$

面外方向 ν^* は、中実と変わりなく、 $\nu^* = 0.3$ となる。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

管板部の伝熱管周りの応力算出 (補足説明)

管台の配列について

多孔板の等価剛性を求める手法としてASME「ARTICLE A-8000 STRESSES IN PERFORATED FLAT PLATES」が存在するが、適用条件として管穴配列が正三角形であることが必要である。しかしながら、美浜3号炉の蒸気発生器の看板の管穴配列は図1に示すとおり、正四角形であることからASMEは適用できない。

そこで、適用条件として管穴配列が正四角形の場合も記載されている文献「Effective Elastic Constants for Thick Perforated Plates With Square and Triangular Penetrations Patterns」* (適用条件となる管穴配列は図2参照) を適用しています。

*T. Slot, W. J. O' Donnell: Effective Elastic Constants for Thick Perforated Plates With Square and Triangular Penetrations Patterns, Journal of Engineering for Industry, 1971

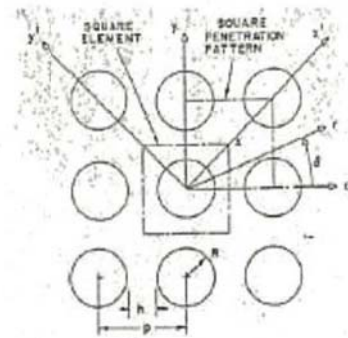


図2 適用条件となる管穴配列
(正三角形の場合)



図1 評価対象機器の管穴配列

管板周りの疲労評価における解析モデルの妥当性について

○仕切板の影響について

蒸気発生器の入口側と出口側の仕切板は、管板と溶接等で接合されていないため、管板に対する仕切板の熱伸び等による有意な影響はないと考えられる。そのため、水室の仕切板はモデルに考慮していない。

○管側水室の温度条件について

管側水室の温度条件は1次冷却材の入口と出口側で異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。理由を以下に示す。

蒸気発生器の管板周りにおいては、胴側と水室側の温度差により管板が曲がろうとするため、管板と胴の境界周辺に大きな応力が発生する。

図1に、胴側が低温流体、水室側が高温流体の場合のイメージ図を示す。仕切板を考慮した場合は図1(a)のように、胴側との温度差が大きくなる水室入口側は管板の半分の領域に接するため、管板の熱曲げによる応力は主にこの領域で発生する。

一方、疲労評価では図1(b)のように仕切板を考慮せず、管板全体が最大温度差を受けるモデルとすることで、管板の変形が大きくなり、管板の熱曲げによる応力が大きく評価される。

したがって、図1(b)の方が熱過渡による疲労評価として厳しい評価となる。

ここで、水室側において入口側と出口側が隣り合う部分（管板と仕切板の交差部周辺）では、入口側と出口側の温度差により熱応力は生じるが、温度差は胴側一水室入口側より小さいこと、及び曲げの生じる方向が管板全体の曲げとは異なることから、管板全体への影響は小さいと考える。

以上から管側水室の入口側と出口側の温度差による影響は、より温度差の大きい胴側と管側入口側の温度差を考慮した評価により確認されていると判断し、解析モデルに考慮していない。

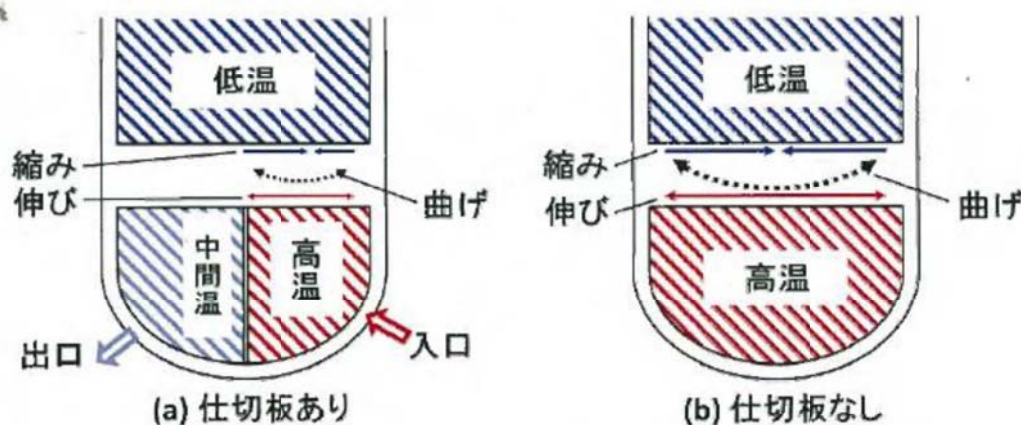
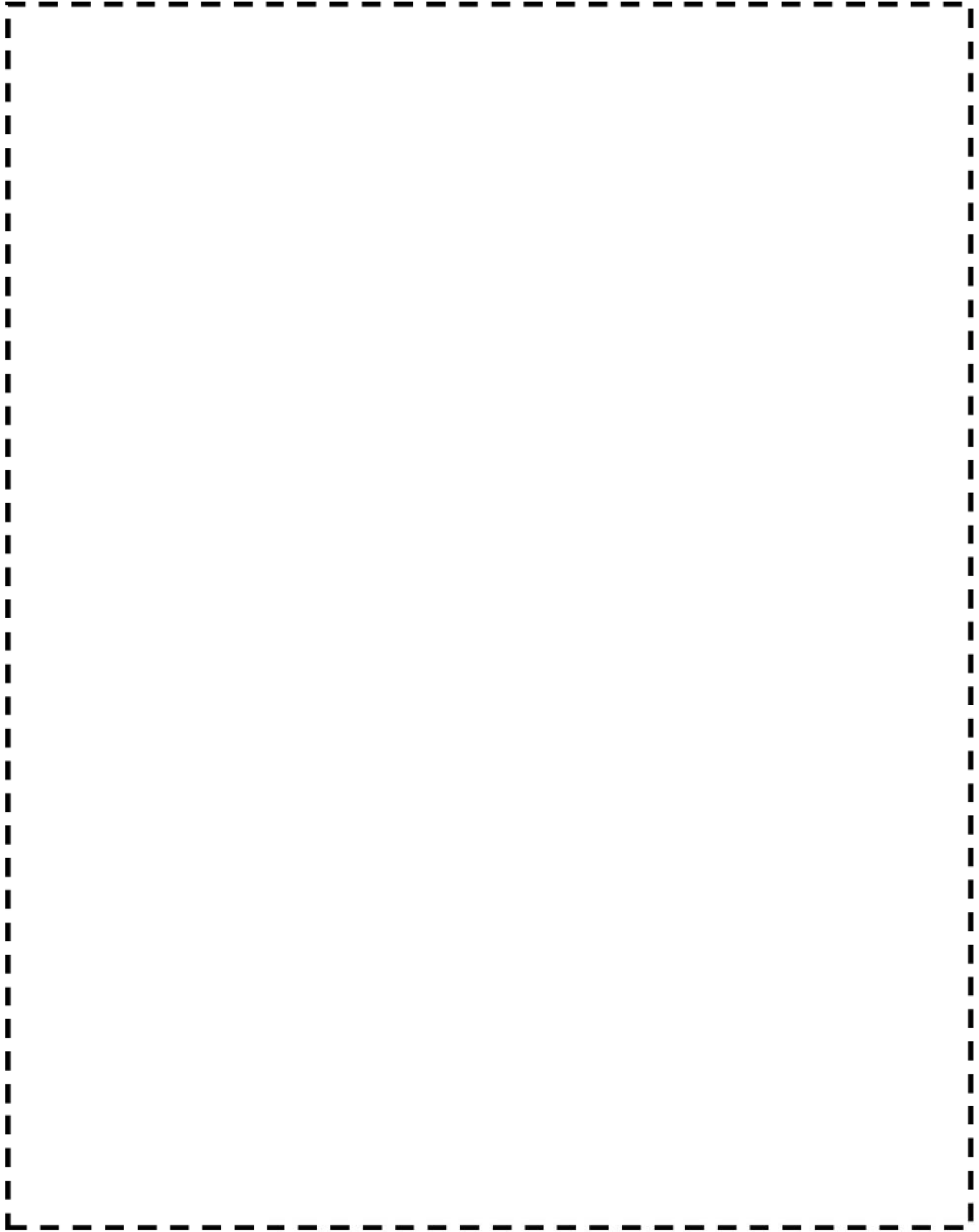
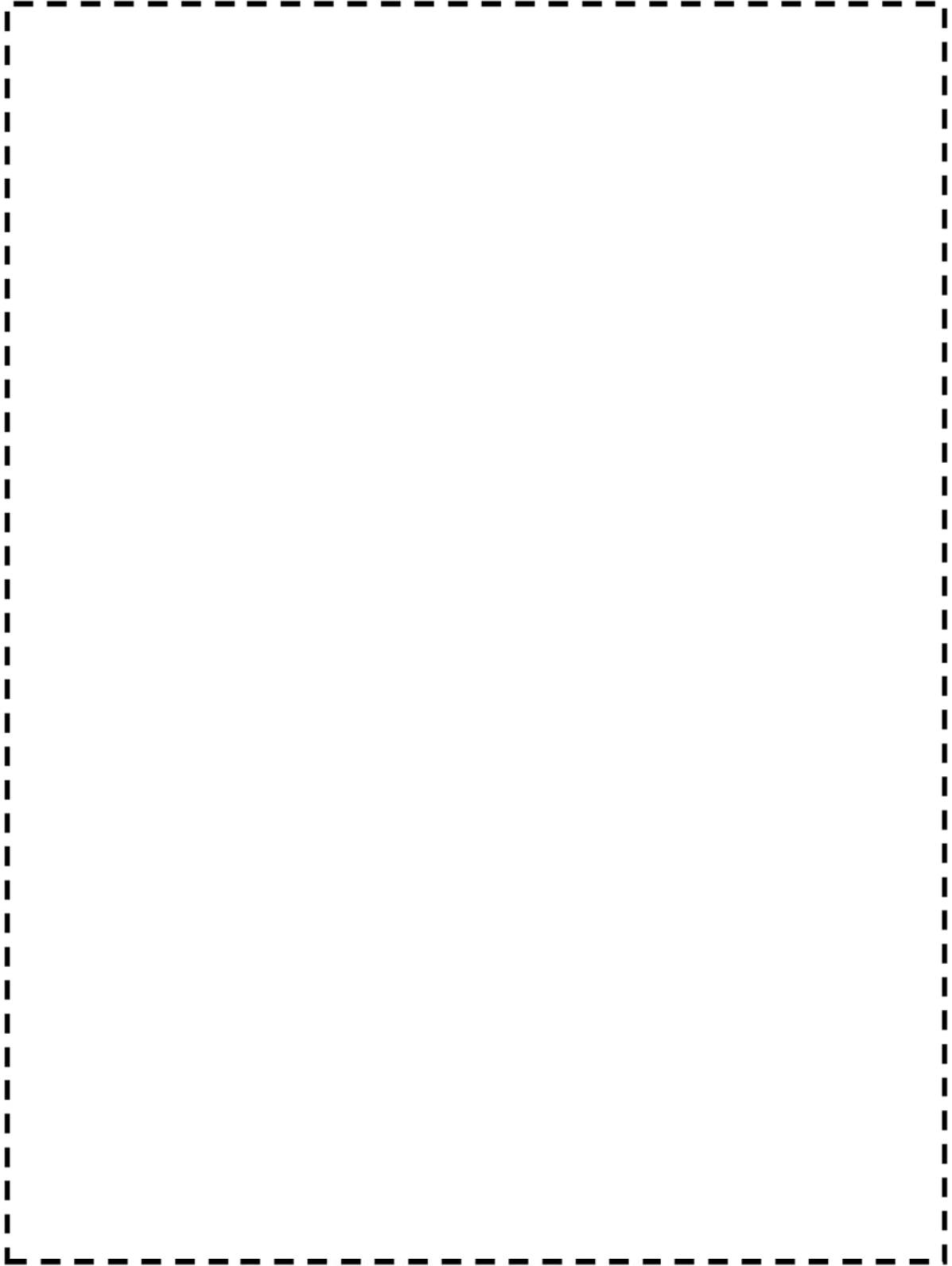


図1: 管板周りのイメージ図



蒸気発生器本体 管板及び管板廻り 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



蒸気発生器本体 給水入口管台 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

蒸気発生器本体 最大疲労評価点の選定 (1 / 2)
管板および管板廻り

評価点	材 質	接液	Uf
			0.09479

→通常Uf : 0.095

疲労累積係数(最大)
(ただし、非接液)

蒸気発生器本体 最大疲労評価点の選定 (2 / 2)
給水入口管台

評価点	材 質	接液	Uf
			0.07266

→通常Uf : 0.073

疲労累積係数(最大)
(接液する評価点)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

蒸気発生器本体 疲労評価結果 管板及び管板廻り (評価点: 1次側 R/R*=1.0)

評価点 - P1 SIDE R/R* = 1.0

応力強さ (単位: MPa)					繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
<div style="border: 2px dashed black; height: 400px; width: 100%;"></div>							
疲労累積係数 =							0.09479

Ke : 割増し係数

ALT : 繰返しピーク応力強さ

ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値

N : 設計繰返し回数

N* : 許容繰返し回数

→通常UF:0.095

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

蒸気発生器本体 疲労評価結果 給水入口管台 (評価点: 7)

評価点 - 7
(S12)

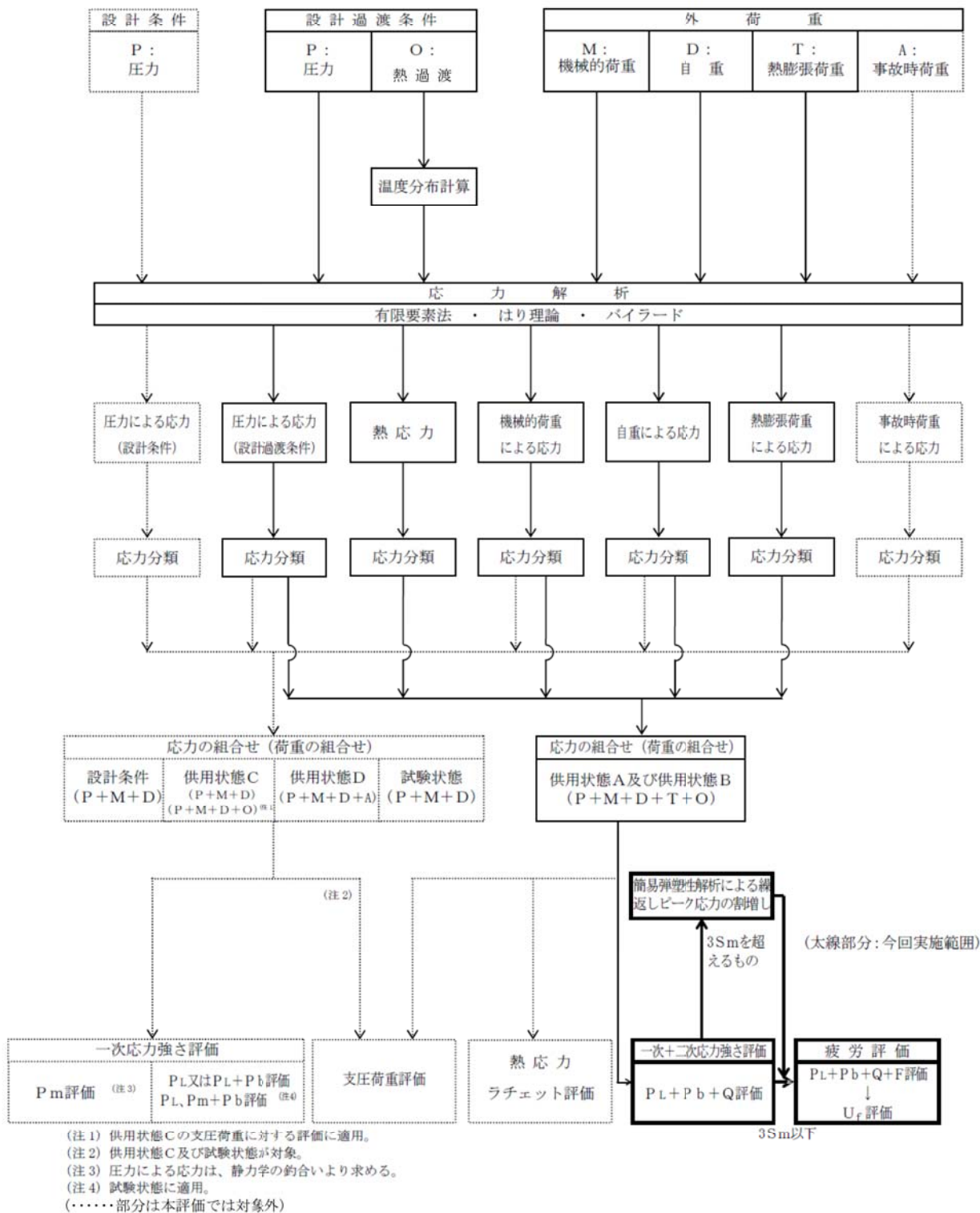
応力強さ (単位: MPa)					繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	
<div style="border: 2px dashed black; height: 600px; width: 100%;"></div>							
疲労累積係数 =							0.07266

Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

→通常UF:0.073

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

応力評価フロー



K e 係数と環境疲労パラメータ (管板及び管板回り 評価点①) (詳細評価手法)

過渡条件記号		一次+二次+ピーク応力強さ		割り増し係数	繰返しピーク応力強さ		実過渡回数	許容繰返し回数	疲労累積係数	環境効果補正係数	環境効果を考慮した疲労累積係数
A	B	smax	smin	KE	補正前 salt	補正後 salt'	n	n*	u	fen	uen
										合計 :	0.09313

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.042\%$ (salt' ≤ 86.9) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.094

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

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える、Uf が大きい過渡の温度、ひずみ履歴を6例示す。

a. 過渡2J1[1次系漏えい試験]－2E1[1次冷却系の異常な減圧]

b. 過渡2J1[1次系漏えい試験]－2K1[2次系漏えい試験]

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

c. 過渡1A1[起動(温度上昇率 $55.6^{\circ}\text{C}/\text{h}$)]-1D1[負荷減少(負荷減少率 $5\%/\text{min}$)]

d. 過渡1C1[負荷上昇(負荷上昇率 $5\%/\text{min}$)]-2B1[外部電源喪失]

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

e. 過渡1C1[負荷上昇(負荷上昇率5%/min)]-1K1[15%から0%への負荷減少]

f. 過渡NSS-1A1[起動(温度上昇率55.6°C/h)]

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

Ke係数と環境疲労パラメータ (給水入口管台 評価点③) (詳細評価手法)

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin	KE	補正前 salt	補正後 salt'	n	n*	u	fen	uen
合計 : 0.31635											

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.042\%$ (salt' ≤ 86.9) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.317

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

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える、U f が大きい過渡の温度、ひずみ履歴を6例示す。

a. 過渡IA1 [起動(温度上昇率 $55.6^{\circ}\text{C}/\text{h}$)] - 2T1 [運転状態IIにおける冷水注入]

b. 過渡2T1 [運転状態IIにおける冷水注入] - IN1 [運転状態IIにおける冷水注入]

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

c. 過渡1B1[停止(温度上昇率 $55.6^{\circ}\text{C}/\text{h}$)]-1N1[運転状態IIにおける冷水注入]

d. 過渡1N1[運転状態IIにおける冷水注入]-1N1[運転状態IIにおける冷水注入]

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

e. 過渡IN1[運転状態II]における冷水注入]-2E1[1次冷却系の異常な減圧]

f. 過渡IN1[運転状態II]における冷水注入]-NSS

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉－低サイクル疲労－9 r e v 2

タイトル	原子炉容器冷却材出入口管台等の疲労累積係数の算出根拠について (4-1-18頁)							
説明	<p>原子炉容器冷却材入口管台等の疲労累積係数の算出根拠は以下のとおりである。</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="475 808 1331 1592"><tr><td>解析プログラム</td><td>ABAQUS Ver. 6.3-1</td></tr><tr><td>要素種類</td><td rowspan="4" style="border: 2px dashed black;"></td></tr><tr><td>要素次数</td></tr><tr><td>要素数</td></tr><tr><td>節点数</td></tr></table> <p>解析モデル図は添付1に示す。</p> <div data-bbox="435 1630 1362 1962" style="border: 2px dashed black; height: 148px;"></div>	解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.3-1	要素種類		要素次数	要素数	節点数
解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.3-1							
要素種類								
要素次数								
要素数								
節点数								

2. 材料物性値

各部位の設計応力強さを以下に示す。

(単位：MPa)

使用箇所	材料	温 度	
		288.6℃	322.8℃
冷却材出入口管 台セーフエンド			
冷却材出入口管 台、上部胴、 上部胴フランジ			
炉内計装筒 セーフエンド			
下部胴、下部鏡			
炉内計装筒、 炉心支持金物			
上蓋フランジ			
上蓋			
スタッドボルト			
蓋用管台			

3. 最大評価点の選定

解析モデル上の評価点は、構造不連続部等において応力が大きくなる評価断面を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。

解析モデル上の評価結果及び最大評価点の選定結果を、添付2に示す。

4. 応力分類

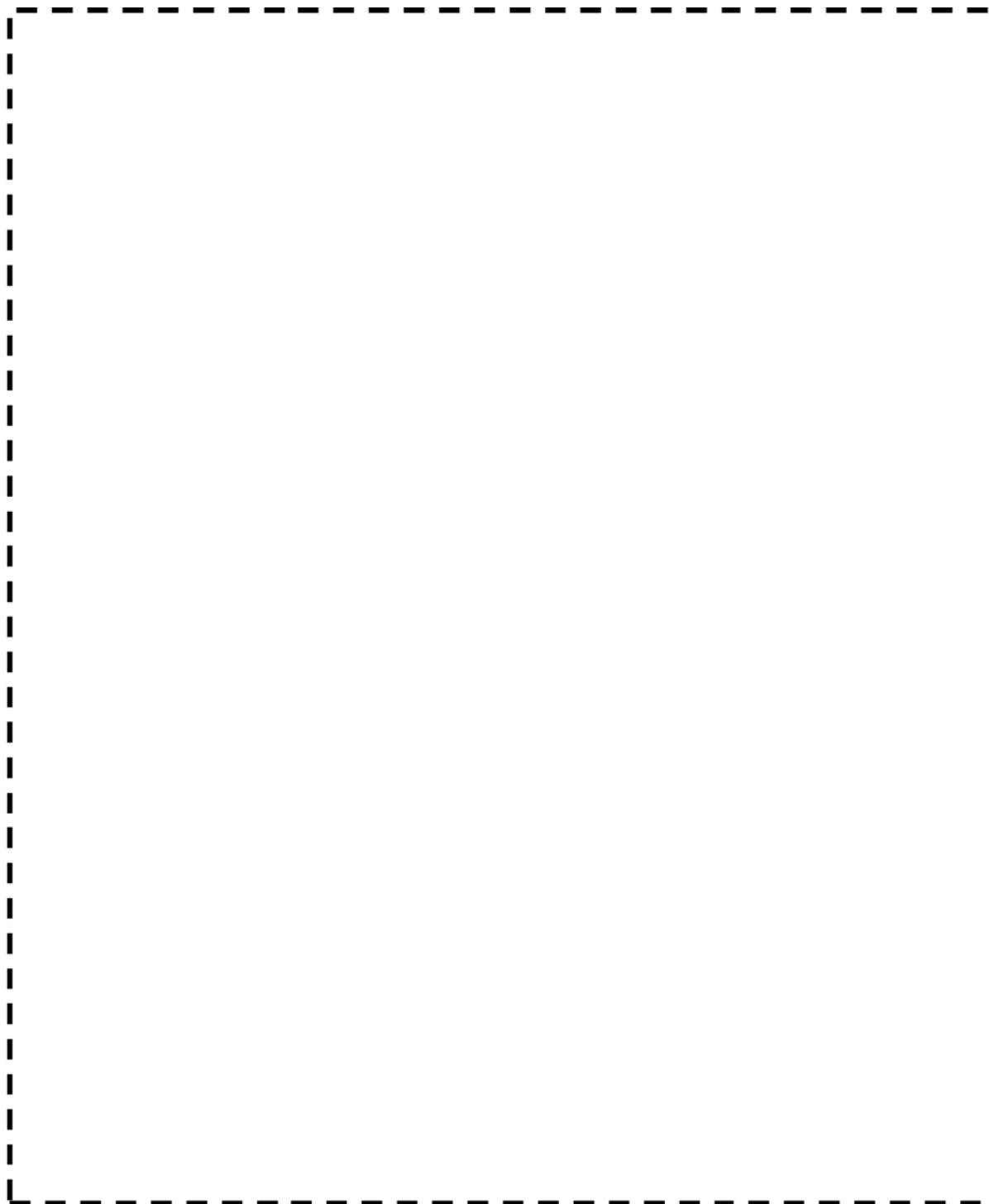
評価における荷重の組み合わせを以下に示します。また、応力フローを添付3に示す。

状態	荷重の組み合わせ	
供用状態 A, B	ボルト以外	圧力+機械的荷重+自重 +熱膨張荷重+熱過渡荷重
	ボルト	圧力+熱過渡荷重+機械的荷重

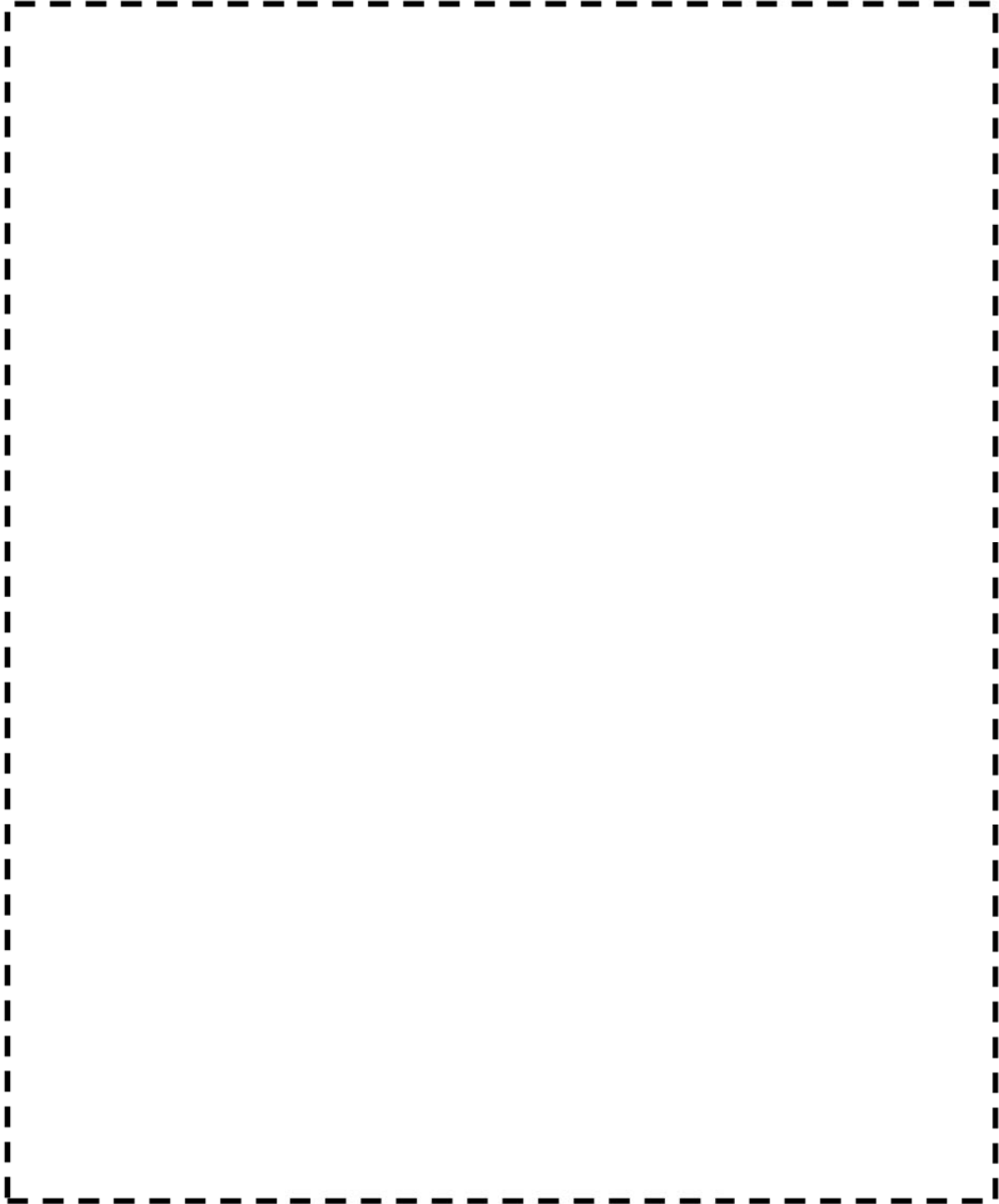
5. Ke係数および環境パラメータ

評価に用いたKe係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数fen）を添付4に示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

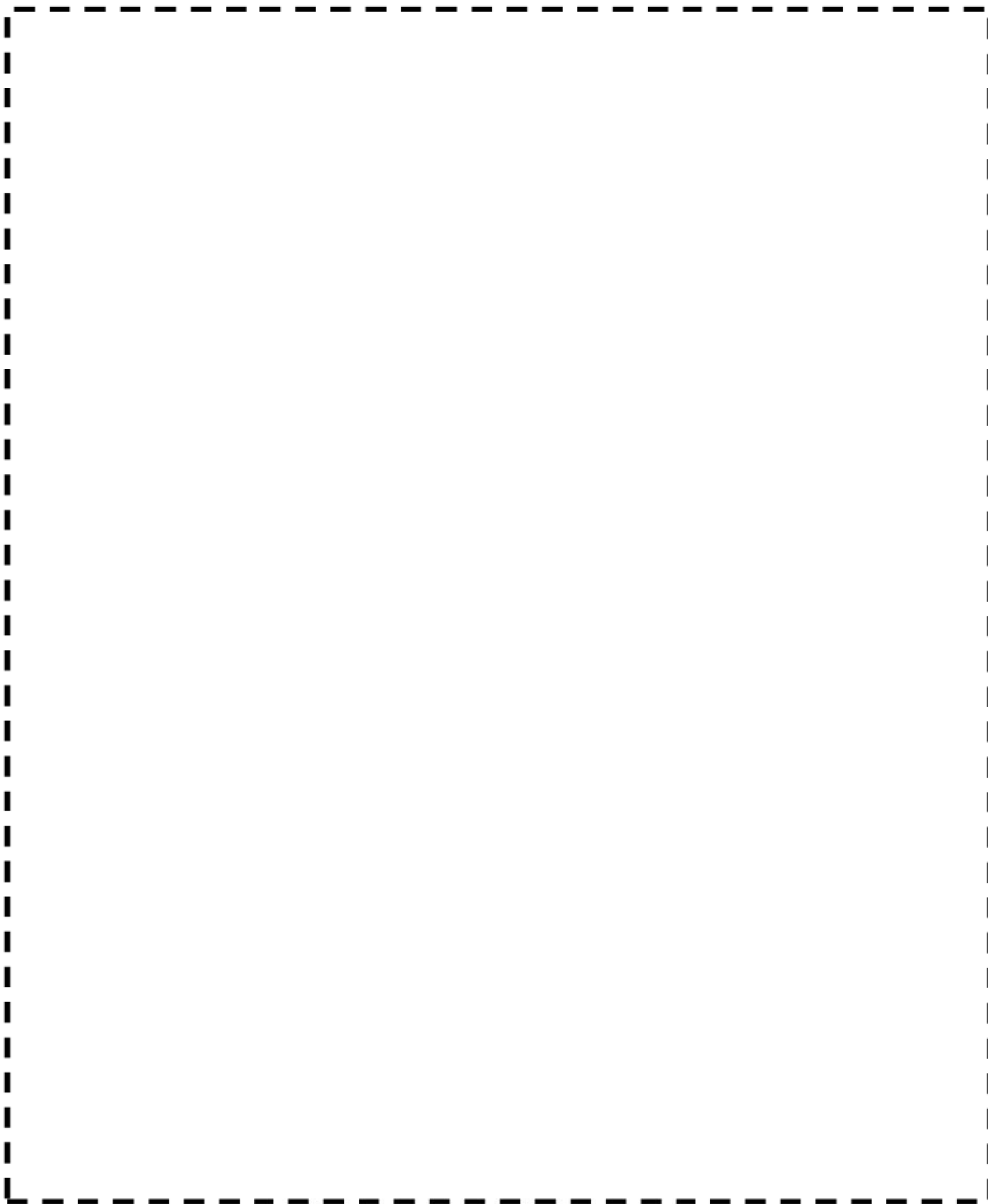


原子炉容器 入口管台 解析モデル



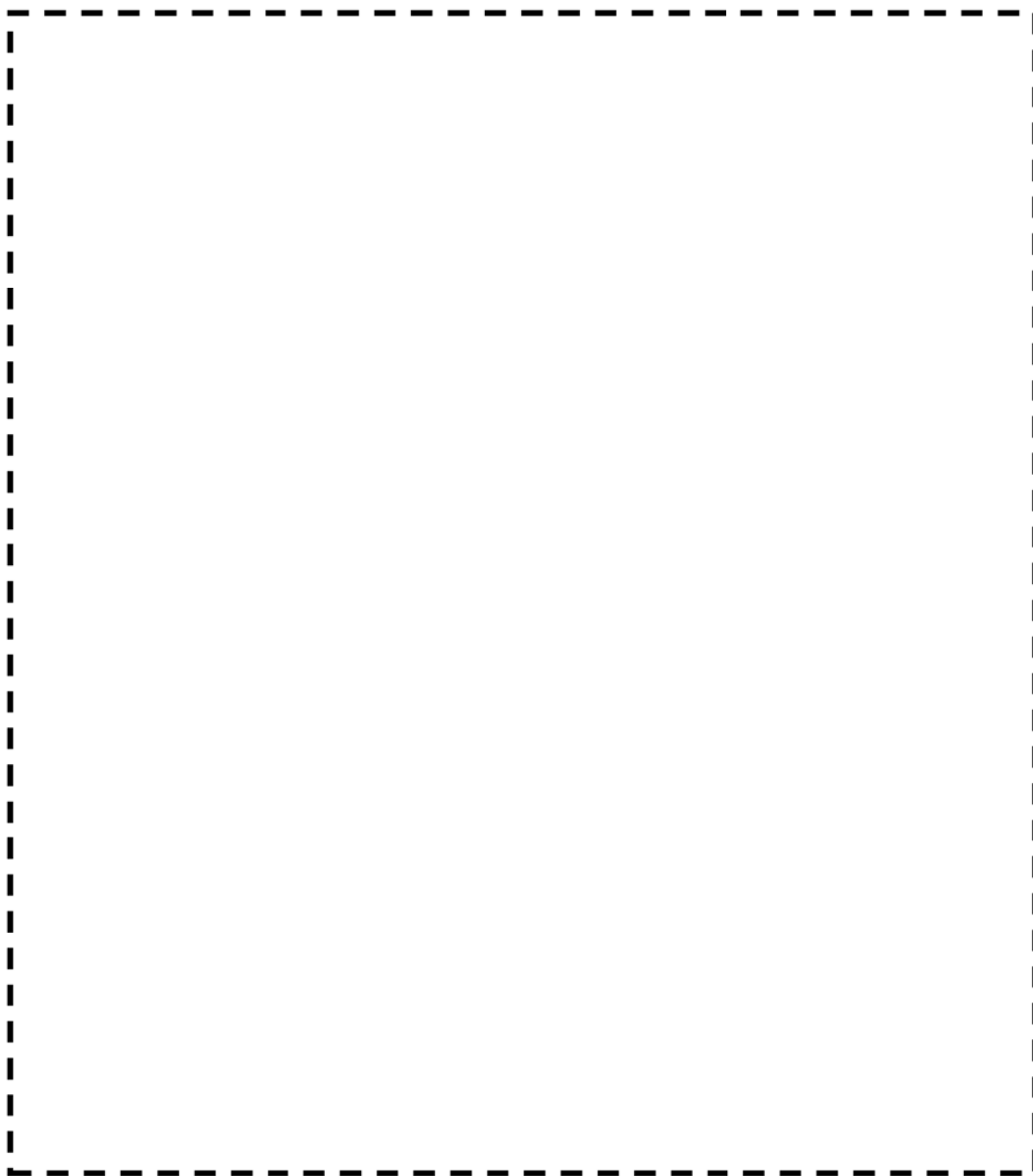
原子炉容器 出口管台 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 蓋用管台 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



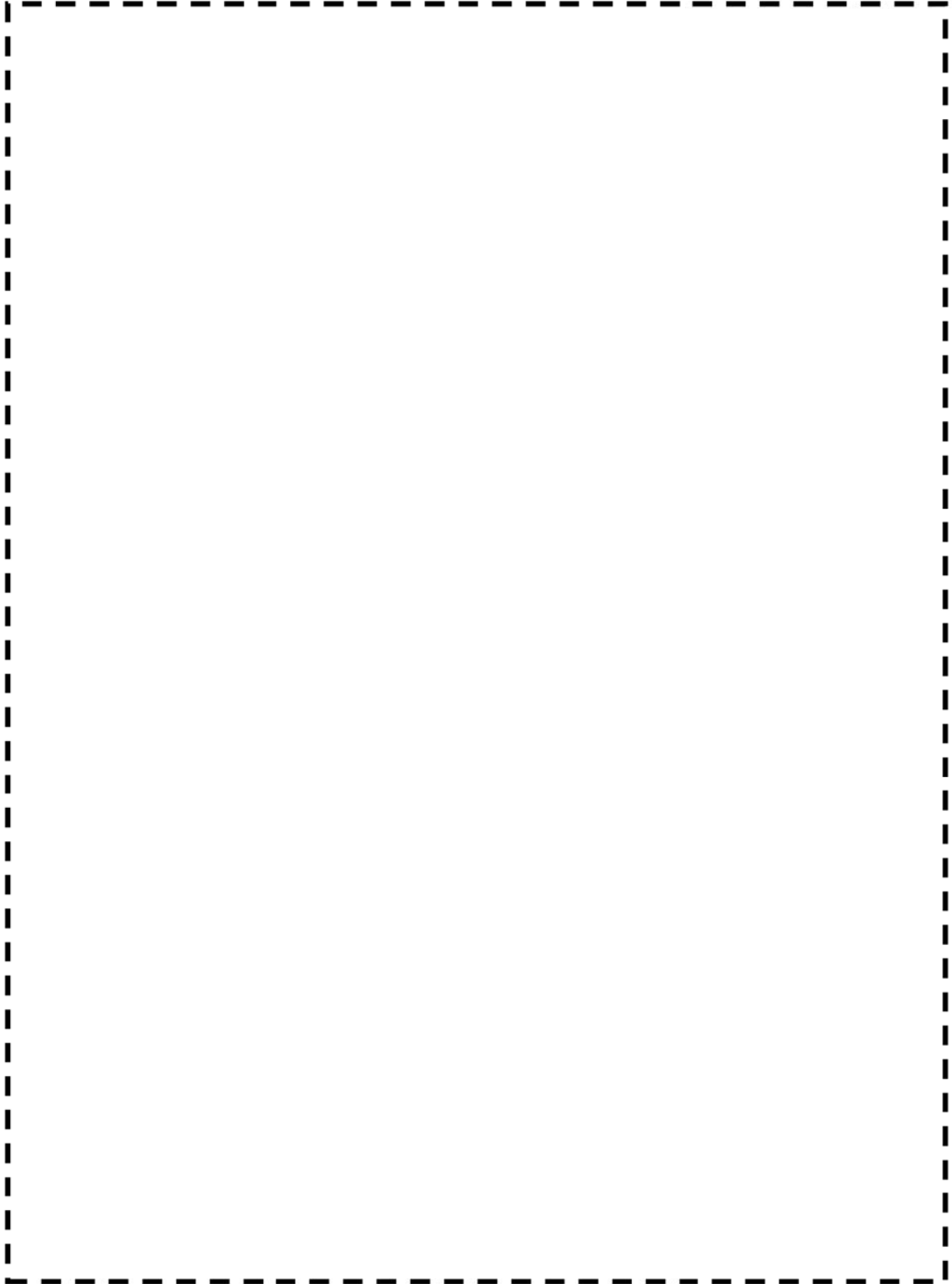
原子炉容器 炉内計装筒 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



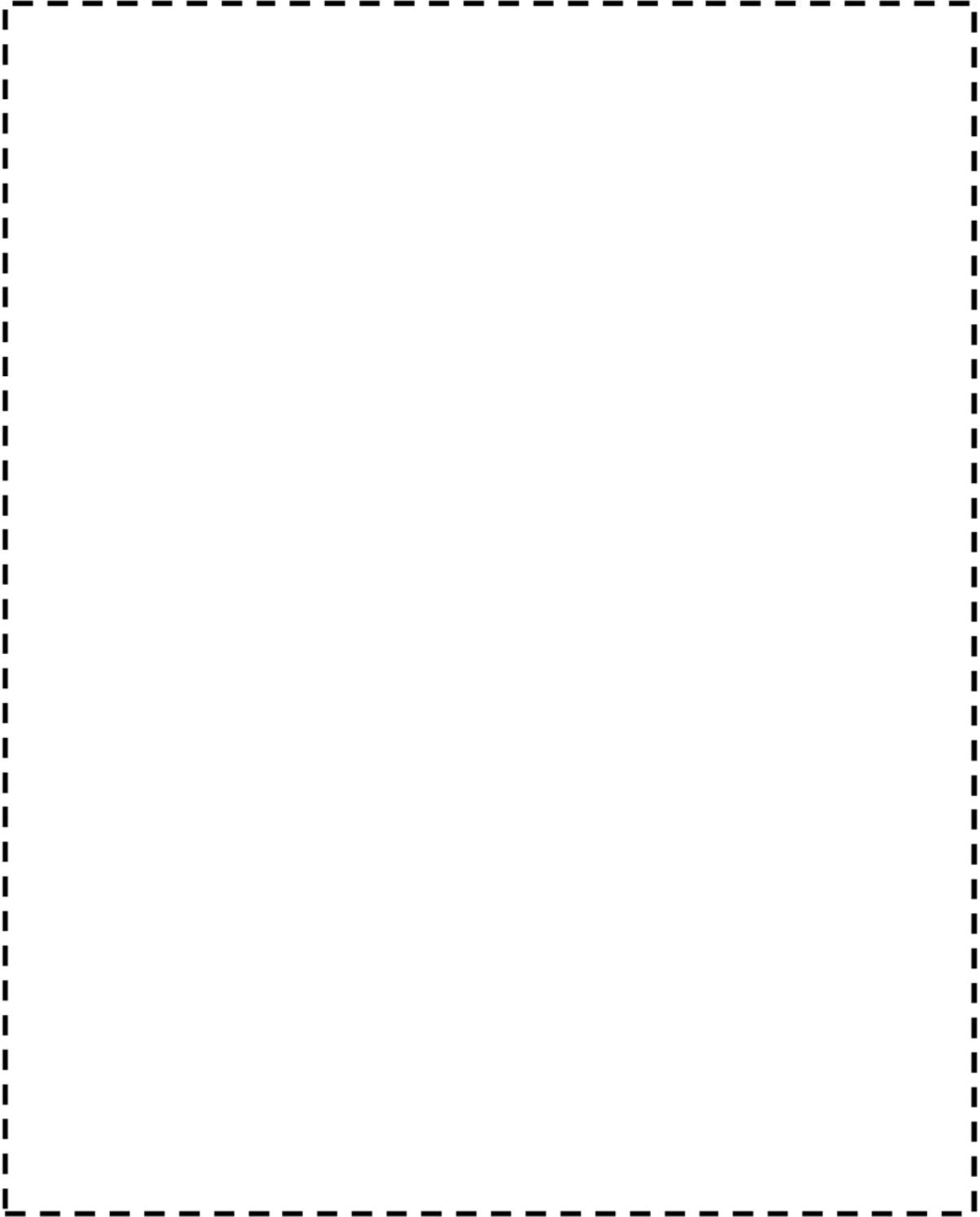
原子炉容器 上部蓋、上部胴フランジ及びスタッドボルト 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



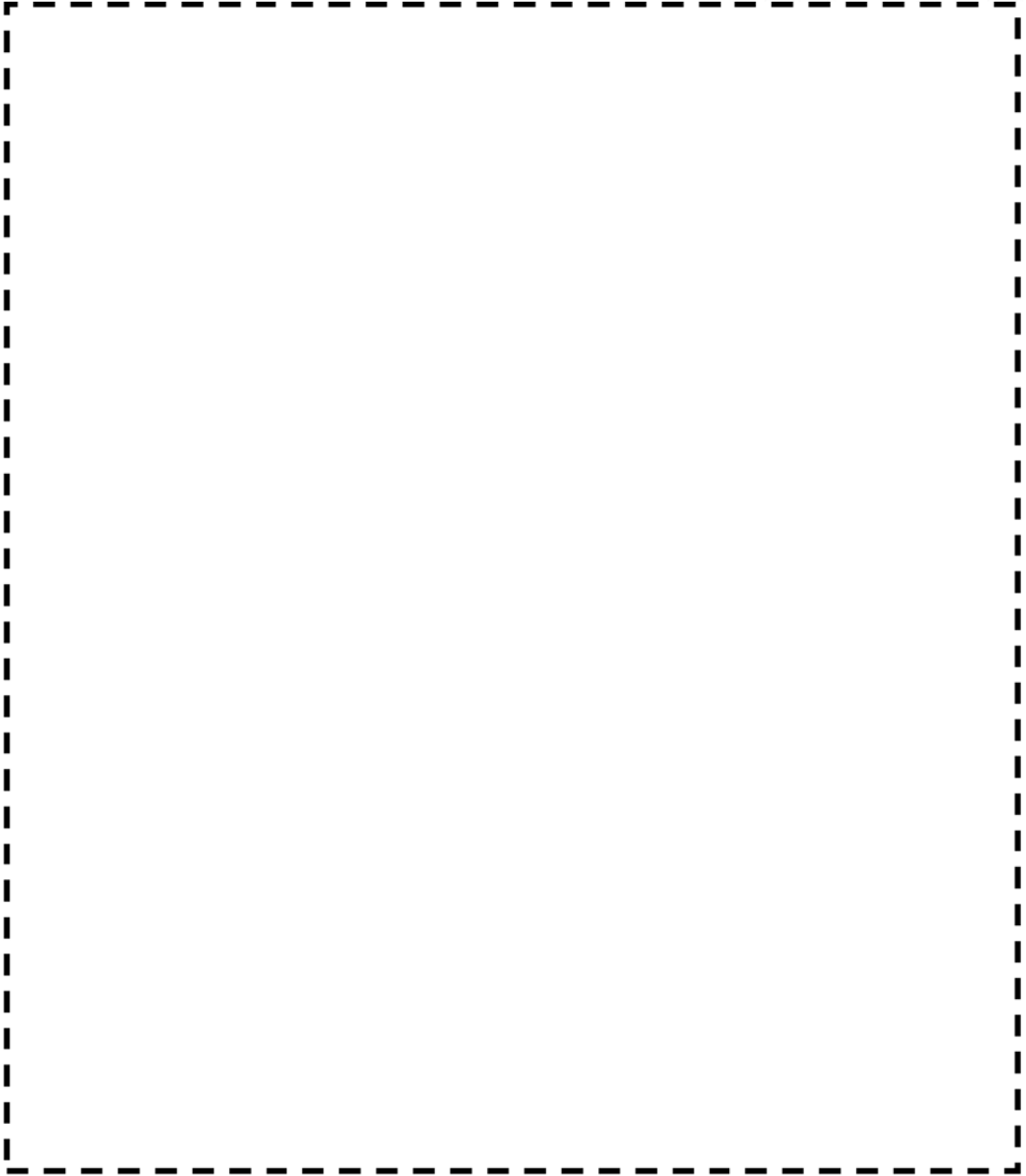
原子炉容器 下部胴、下部鏡接続部 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 炉心支持金物 解析モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 入口管台 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

原子炉容器 入口管台 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9L			
10L			
9C			
10C			
11L			
12L			
11C			
12C			
13L			
14L			
13C			
14C			

許容値 $U_f = 1.0$

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

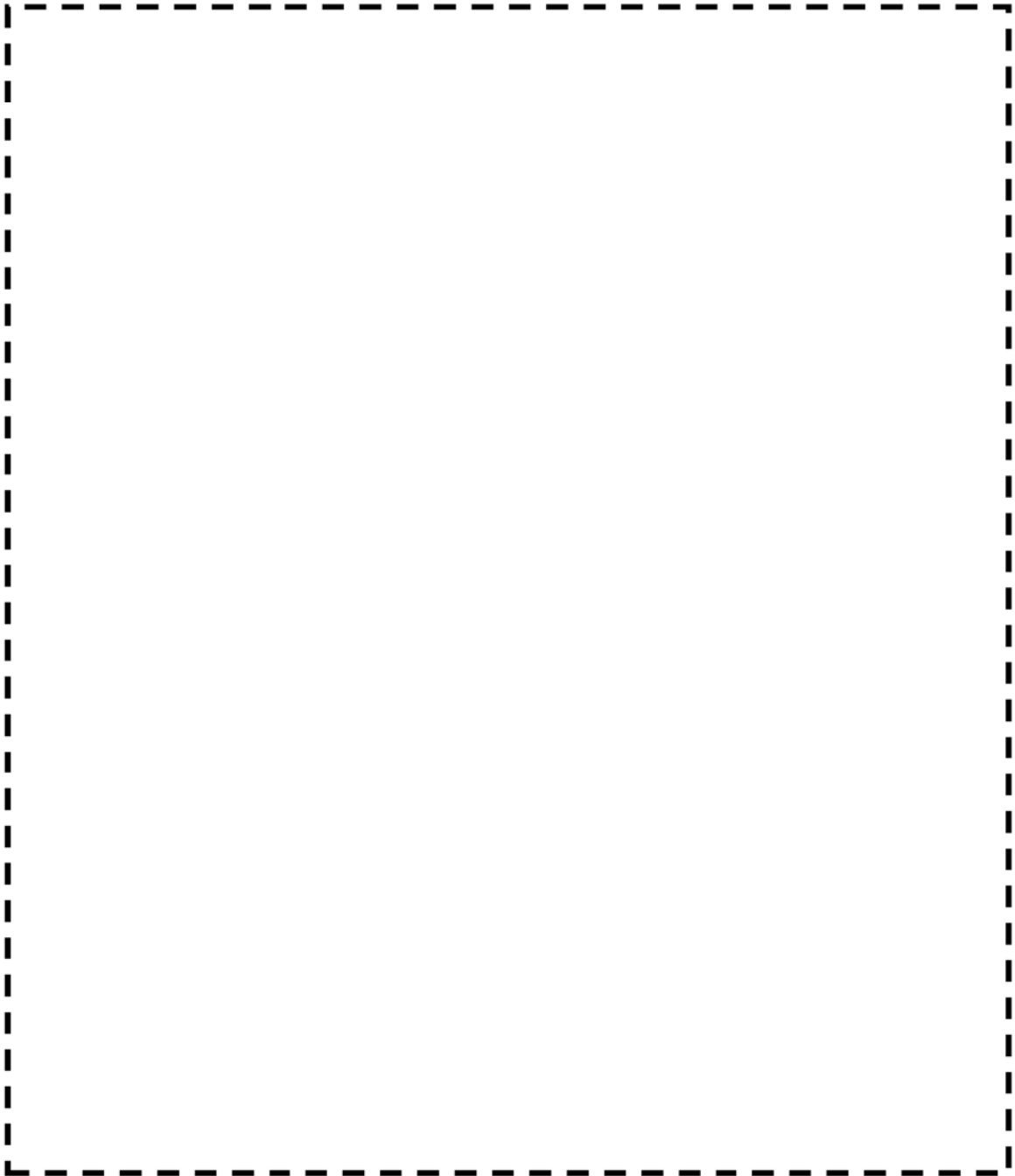
入口管台 疲労評価結果 (評価点 : 9L)

応力強さ (単位 : MPa)					繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
疲労累積係数 =							0.03799

Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

→通常UF : 0.038

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 出口管台 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

原子炉容器 出口管台 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9L			
10L			
9C			
10C			
11L			
12L			
11C			
12C			
13L			
14L			
13C			
14C			

許容値 $U_f = 1.0$

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

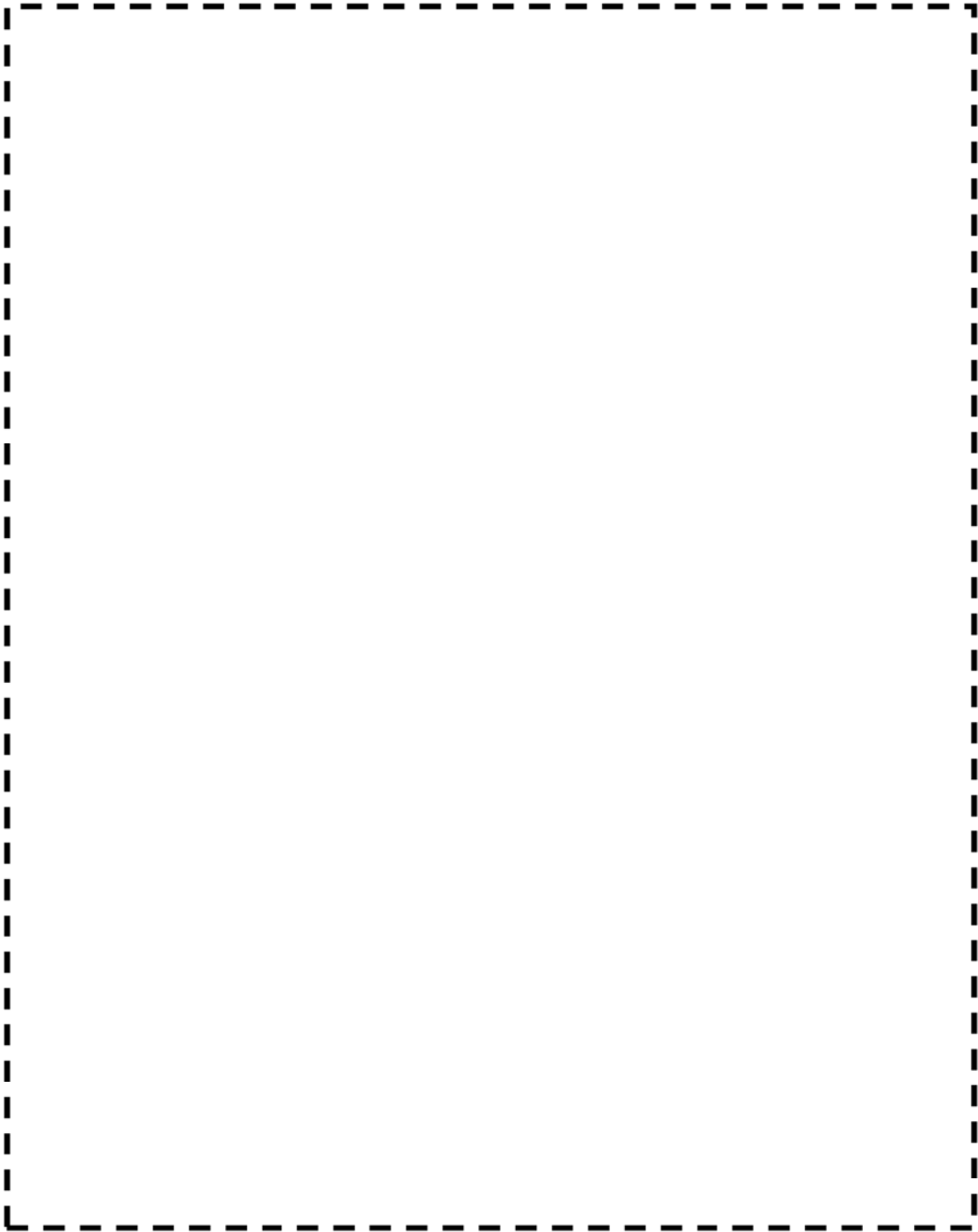
出口管台 疲労評価結果 (評価点: 9L)

応力強さ (単位: MPa)					繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
							疲労累積係数 = 0.04678

- Ke : 割増し係数
- ALT : 繰返しピーク応力強さ
- ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
- N : 設計繰返し回数
- N* : 許容繰返し回数

→通常UF: 0.047

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 蓋用管台 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

原子炉容器 蓋用管台 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

許容値 $U_f = 1.0$

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

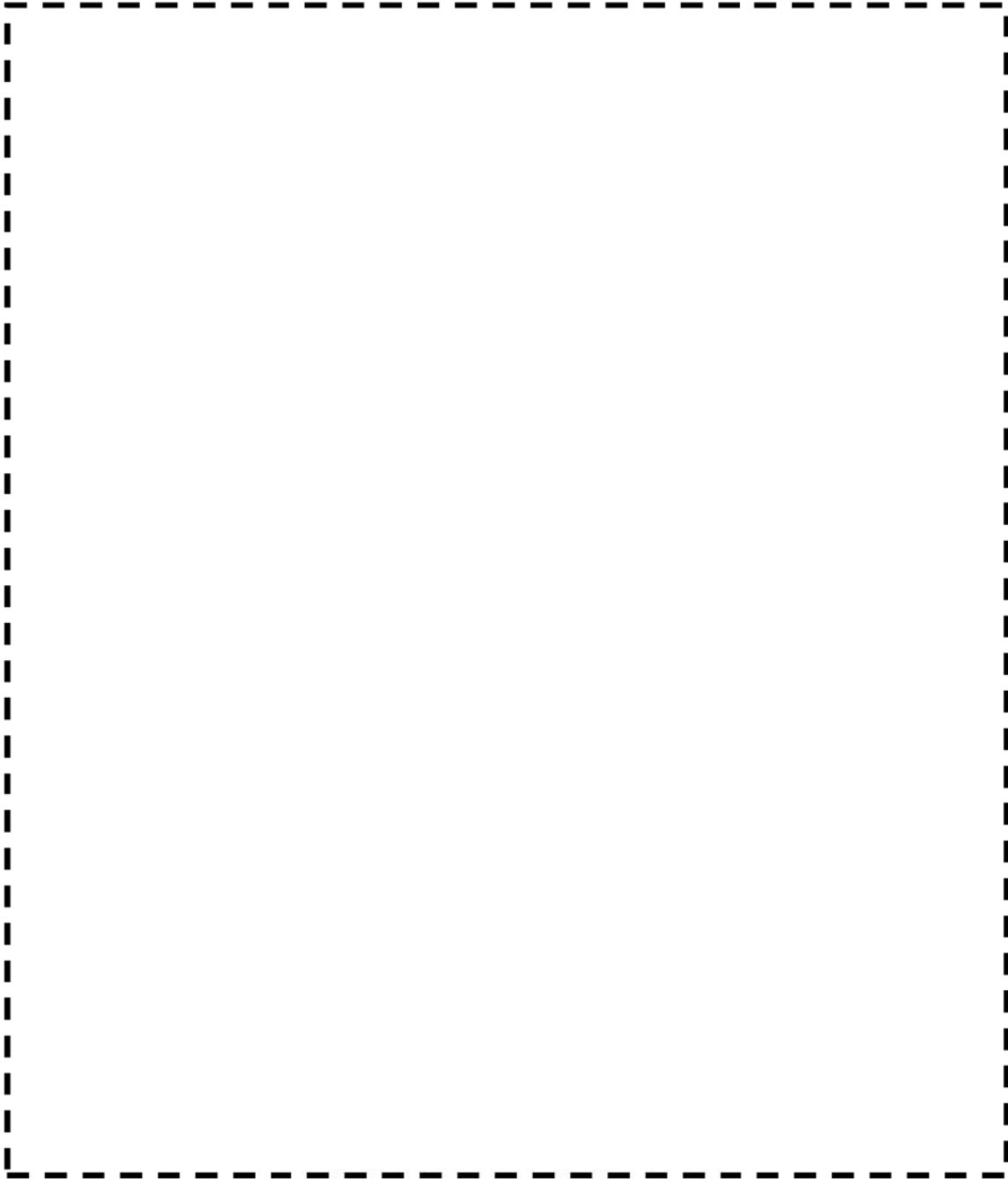
蓋用管台 疲労評価結果 (評価点 : 6)

応力強さ (単位 : MPa)					繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
疲労累積係数 = 0.11259							

Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT' : ALTに(195000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

→通常UF : 0.113

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 炉内計装筒 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

原子炉容器 炉内計装筒 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

許容値 $U_f = 1.0$

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

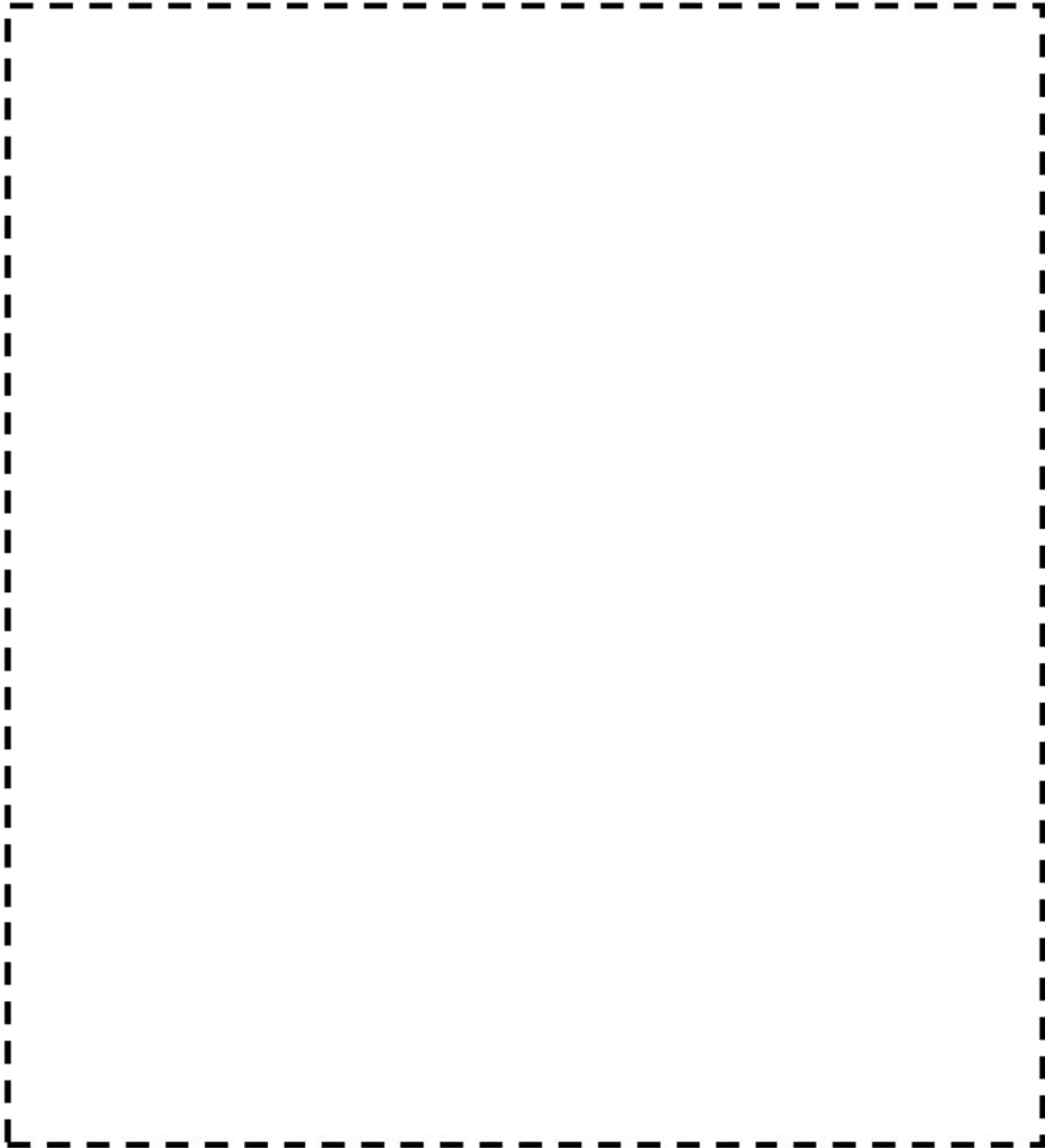
炉内計装筒 疲労評価結果 (評価点: 10)

応力強さ (単位: MPa)					繰返し回数		疲労係数
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
<div style="border: 1px dashed black; height: 400px; width: 100%;"></div>							
疲労累積係数 =							0.13906

Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT' : ALTに(195000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

→通常UF: 0.140

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 上部蓋、上部胴フランジ及びスタッドボルト 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

原子炉容器 上部蓋、上部胴フランジ及びスタッドボルト 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

許容値 $U_f = 1.0$

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

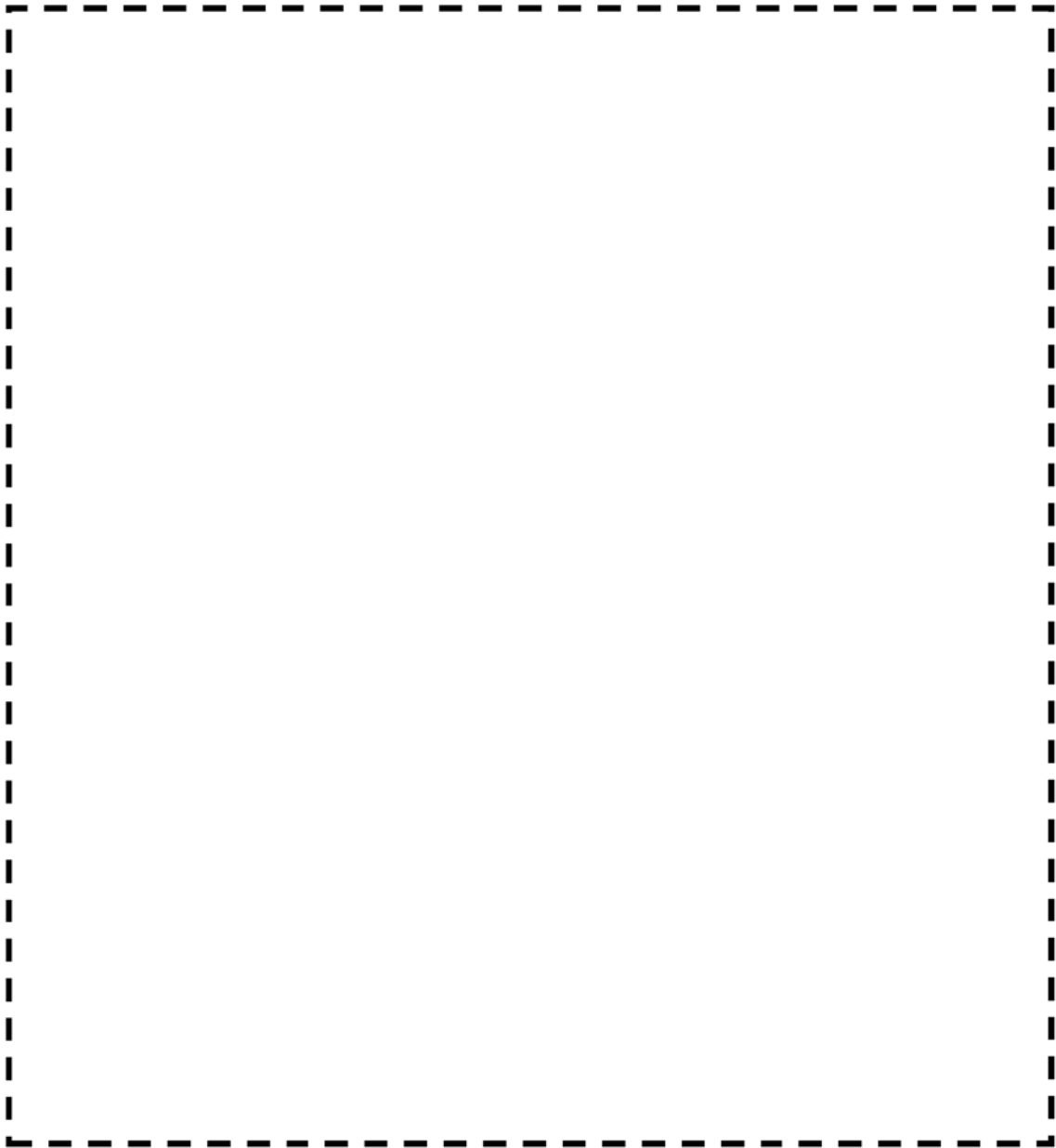
上部蓋 疲労評価結果 (評価点 : 2)

応力強さ (単位 : MPa)					繰返し回数		疲労係数 (=N/N*)
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	
疲労累積係数 =							0.01040

→通常UF : 0.011

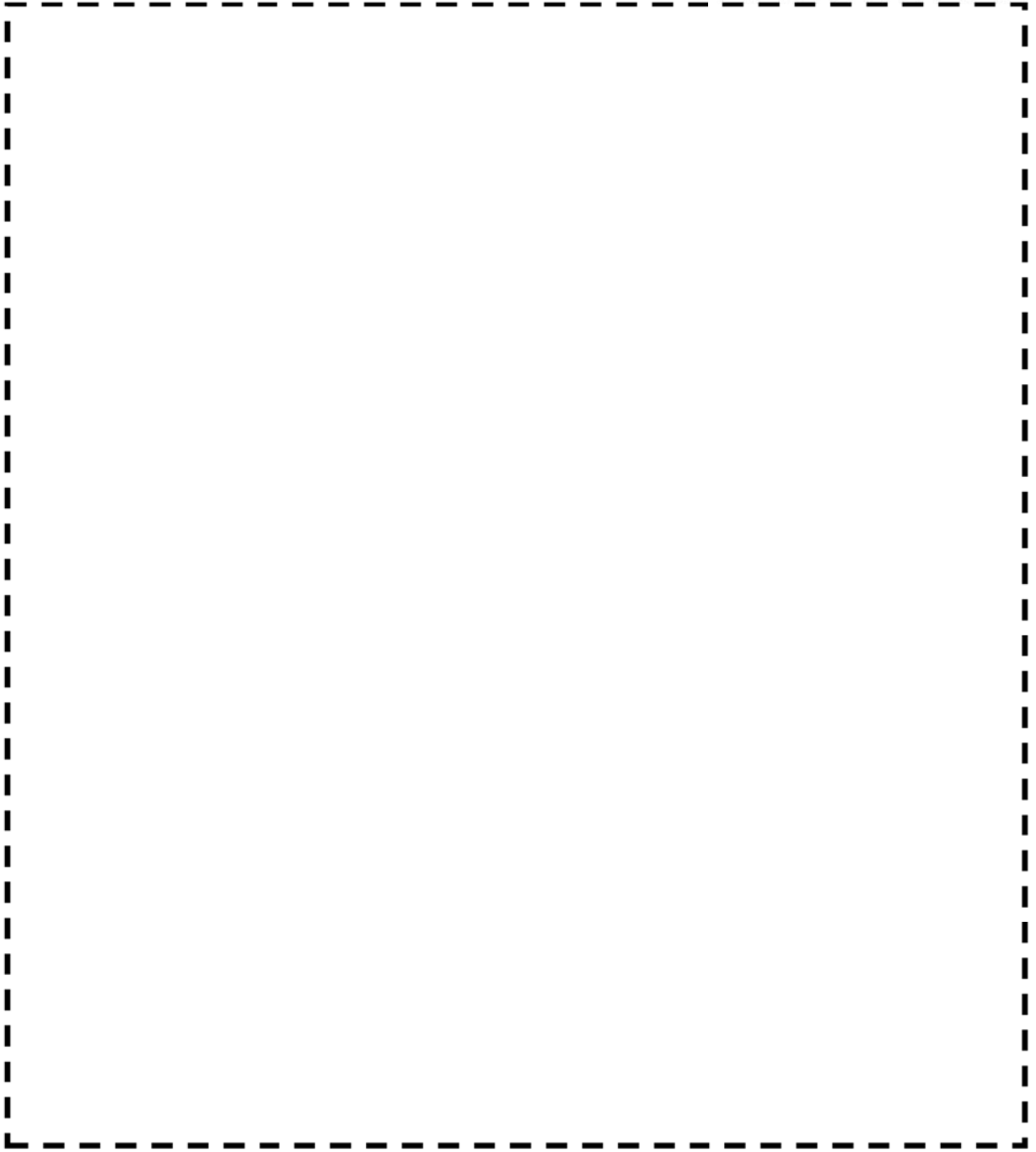
Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 下部胴、下部鏡接続部 評価点

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



原子炉容器 炉心支持金物 評価点

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

炉心支持金物 最大評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

許容値 $U_f = 1.0$

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

炉内支持金物 疲労評価結果 (評価点 : 3)

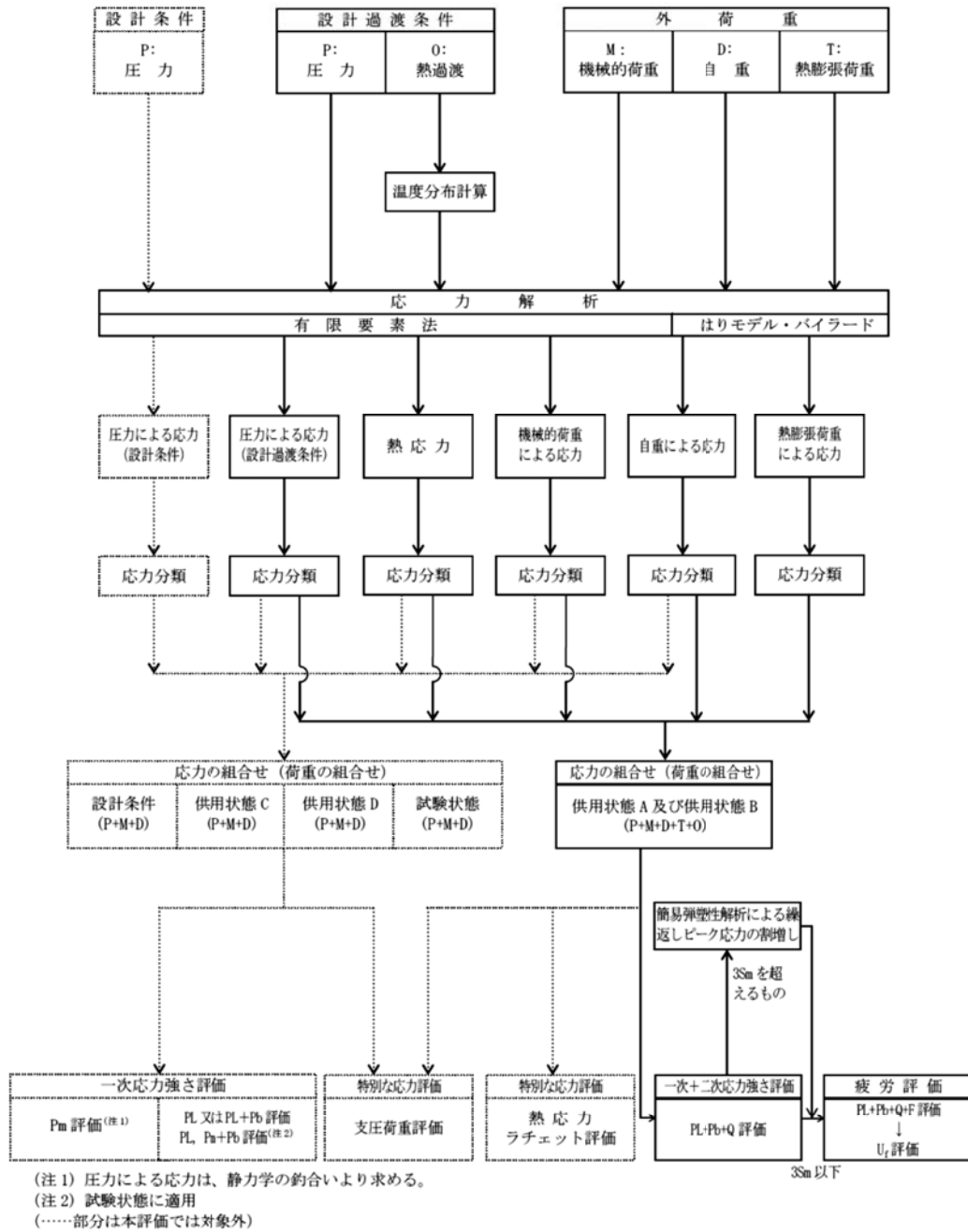
応力強さ (単位 : MPa)			繰返し回数		疲労係数		
極大値	極小値	Ke	ALT	ALT'	N	N*	(=N/N*)
疲労累積係数 = 0.00595							

→通常UF : 0.006

- Ke : 割増し係数
 ALT : 繰返しピーク応力強さ
 ALT' : ALTに(207000)/(材料の使用温度における縦弾性係数)を乗じて得た値
 N : 設計繰返し回数
 N* : 許容繰返し回数

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

応力評価フロー (ボルト以外)

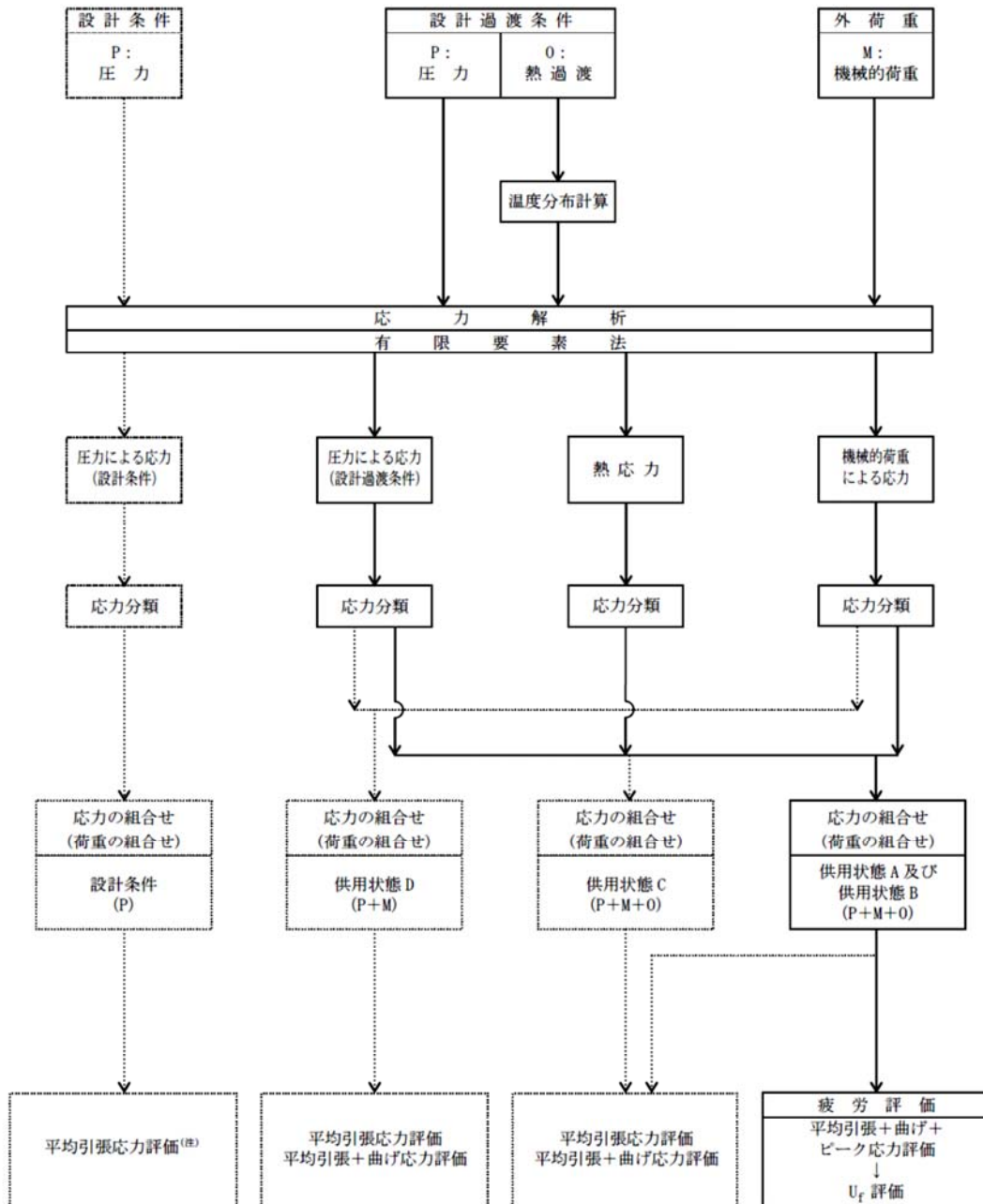


(注1) 圧力による応力は、静力学の釣合いより求める。

(注2) 試験状態に適用

(……部分は本評価では対象外)

応力評価フロー (ボルト)



(注) 圧力による応力は、静力学の釣合いより求める。

K e 係数と環境疲労パラメータ (詳細評価手法)

【入口管台】

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
				KE							
合計 :											0.00000

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.001

【出口管台】

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
				KE							
合計 :											0.00000

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.001

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

【蓋用管台】

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
<div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">合計： 0.00174</div>											

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.002

【炉内計装筒】

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ		実過渡 回数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
<div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">合計： 0.00530</div>											

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (salt' ≤ 214.5) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.006

+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

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える、U f が大きい過渡の温度、ひずみ履歴をそれぞれ6例示す。

【蓋用管台】

a. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2D5[100%からの原子炉トリップ(Ⅲ)不注意な冷却とSIを伴うトリップ(正常ループ)]

b. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2G1[出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動]

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

c. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-1L1[1ループ停止/1ループ起動(I)停止(停止ループ)]

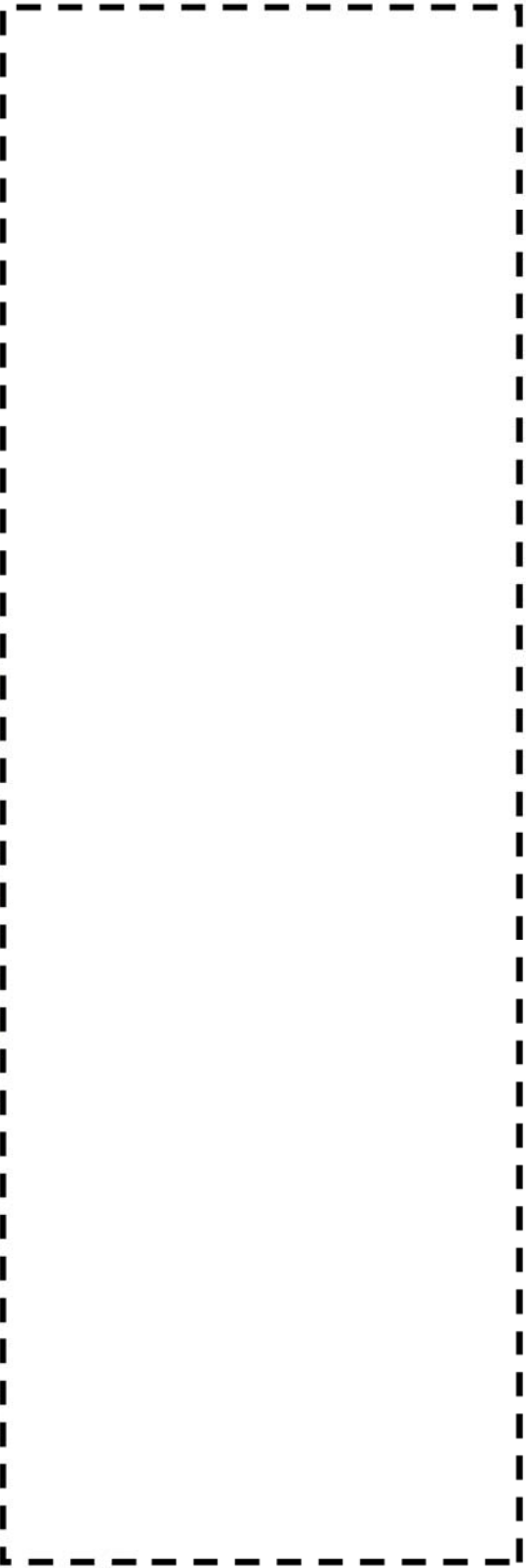
d. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2D4[100%からの原子炉トリップ(III)不注意な冷却とSIを伴うトリップ(冷却ループ)]

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

e. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2D1[100%からの原子炉トリップ(I)不注意な冷却を伴わないトリップ]



f. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2G1[出力運転中の非常用炉心冷却系の誤作動]



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

【炉内計装筒】

a. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2D4[100%からの原子炉トリップ(Ⅲ)不注意な冷却とSIを伴うトリップ(冷却ループ)]

b. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2G1[出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動]

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

c. 過渡2J1[1次系漏えい試験(加圧)]-2H1[1次系冷却系停止ループの誤起動(起動ループ)]

d. 過渡III[燃料交換]-IC1[負荷上昇(負荷上昇率5%/min)]

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

e. 過渡1A1[起動] - 1C1[負荷上昇(負荷上昇率5%/min)]

f. 過渡NSS - 1C1[負荷上昇(負荷上昇率5%/min)]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉—低サイクル疲労—15

タイトル	余熱除去ポンプ入口弁の疲労累積係数の算出根拠について (6-1.1-42頁)
説明	<p>余熱除去ポンプ入口弁の疲労累積係数の算出根拠は以下の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 解析モデル JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300による評価を実施しており、解析モデルに該当するものはない。 評価パラメータを添付に示す。2. 材料物性 材質：[REDACTED] ヤング率：1.78×10^5 (MPa) 熱膨張係数：1.844×10^{-5} (mm/mm・℃)3. 最大評価点の選定 JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300の規格計算をしているため該当するものはない。4. 応力分類 荷重の組合せ：圧力, 配管反力, 熱による応力 (JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300によって規定されている)5. Ke係数 簡易弾塑性解析を実施していないため該当なし。6. 環境評価パラメータ 添付参照のこと。

設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った応力解析結果を表1に示す。
また、設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った疲労累積係数と、環境疲労評価手法による環境疲労累積係数の算出結果を表2に示す。

表1 応力解析結果

評 価	弁箱に生ずる応力はすべて許容応力以下であるので、強度は十分である。

表2 疲労累積係数・環境疲労評価結果

運転状態	速度の組合せ		S _{p1} (MPa)	S ₁₁ (MPa)	S ₁₂ (MPa)	N	N*	N/N*	Δt ₁ (sec)	Δt ₂ (sec)	Δt (sec)	E (MPa)	ε̇ (%/sec)	ε̇* (-)	T1 (℃)	T2 (℃)	T (℃)	T* (℃)	Fen (-)	Fen×N/N*	
	加熱速度	冷却速度																			
起動時及び停止時 1次系循環い試験(注1)																					
起動時及び停止時 以外																					
																			ΣFen×N/N*	0.15251	

→通常UF : 0.006

→環境UF : 0.153

注) Sp1:ピーク応力強さの変動幅(MPa)、
N/N*:疲労累積係数、
ε̇:ひずみ速度(%/s)、
T*:温度依存パラメータ、

N:繰り返し回数(回)、
Δt:過度継続時間(s)、
ε̇*:ひずみ速度依存パラメータ、
Fen:環境効果補正係数、

N*:許容繰り返し回数(回)、
E:縦弾性係数(MPa)、
T:温度(℃)、
Fen×N/N*:環境疲労累積係数

を示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

環境効果補正係数 (F_{en}) の算出根拠

環境疲労補正係数については、環境疲労評価手法の簡易評価手法によって算出している。

例として起動時及び停止時の過渡の組み合わせ F_{en} の導出の過程を説明する。

環境疲労評価手法 EF-2320 (オーステナイト系ステンレス鋼及びこれらの溶接部) より、PWRプラント環境 (鋳鋼) では、下記のように定まる。

$$\ln(F_{en}) = (C - \dot{\epsilon}^*) \times T^*$$

$$C = 3.910$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(49.9) : [\dot{\epsilon} > 49.9] (\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(\dot{\epsilon}) : [0.00004 \leq \dot{\epsilon} \leq 49.9] (\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) : [\dot{\epsilon} < 0.00004] (\%/s)$$

$$T^* = 0.000782 \times T : [T \leq 325] (^{\circ}C)$$

$$T^* = 0.254 : [T > 325] (^{\circ}C)$$

ここで、

$$\dot{\epsilon} = \text{-----}$$

$$\dot{\epsilon} < 0.00004 (\%/s)$$

であるから、 $\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) = -10.126631$


$$T = \text{-----}$$

$$\text{であるので、} T^* = \text{-----}$$

したがって、

$$F_{en} = \text{-----}$$

美浜3号炉—低サイクル疲労—16

タイトル	抽出水第1しゃ断弁の疲労累積係数の算出根拠について (6-1.2-36頁)
説明	<p>抽出水第1しゃ断弁の疲労累積係数の算出根拠は以下の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 解析モデル JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300による評価を実施しているため解析モデルに該当するものはない。 評価パラメータは添付参照2. 材料物性 材質： ヤング率：1.78×10^5 (MPa) 熱膨張係数：1.844×10^{-5} (mm/mm・°C)3. 最大評価点の選定 JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300の規格計算をしているため該当するものはない。4. 応力分類 荷重の組合せ：圧力, 配管反力, 熱による応力 (JSME S NC-1 2005/2007 VVB-3300によって規定されている)5. Ke係数 簡易弾塑性解析を実施していないため該当なし。6. 環境評価パラメータ 添付参照

設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った応力解析結果を表1に示す。
また、設計・建設規格のVVB-3300（弁の応力評価）に従った疲労累積係数と、環境疲労評価手法による環境疲労累積係数の算出結果を表2に示す。

表1 応力解析結果

評 価	非箱に生ずる応力はすべて許容応力以下であるので、強度は十分である。
-----	-----------------------------------

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。

表2 疲労累積係数・環境疲労評価結果

環境UF	0.02534	環境UF	0.53490
→0.026		→0.535	

注) Spi: ピーク応力強さの変動幅(MPa)、
 N/N*: 疲労累積係数、
 $\dot{\epsilon}$: ひずみ速度(%/s)、
 T*: 温度依存パラメータ、
 を示す。

N: 繰り返し回数(回)、
 Δt : 過度継続時間(s)、
 $\dot{\epsilon}^*$: ひずみ速度依存パラメータ、
 Fen: 環境効果補正係数、

N*: 許容繰り返し回数(回)、
 E: 縦弾性係数(MPa)、
 T: 温度(°C)、
 Fen×N/N*: 環境疲労累積係数

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。

環境効果補正係数 (F_{en}) の算出根拠

環境疲労補正係数については、環境疲労評価手法の簡易評価手法によって算出している。

例として起動時及び停止時の過渡の組み合わせ $F_{en} = \left[\quad \right]$ の導出の過程を説明する。

環境疲労評価手法 EF-2320 (オーステナイト系ステンレス鋼及びこれらの溶接部) より、PWRプラント環境 (鋳鋼) では、下記のように定まる。

$$\ln(F_{en}) = (C - \dot{\epsilon}^*) \times T^*$$

$$C = 3.910$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(49.9) : [\dot{\epsilon} > 49.9] (\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(\dot{\epsilon}) : [0.00004 \leq \dot{\epsilon} \leq 49.9] (\%/s)$$

$$\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) : [\dot{\epsilon} < 0.00004] (\%/s)$$

$$T^* = 0.000782 \times T : [T \leq 325] (^{\circ}C)$$

$$T^* = 0.254 : [T > 325] (^{\circ}C)$$

ここで、

$$\left[\begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \dot{\epsilon} < 0.00004 (\%/s) \end{array} \right]$$

であるから、 $\dot{\epsilon}^* = \ln(0.00004) = -10.126631$

$$T = \left[\text{---} \right]$$

であるので、 $T^* = \left[\text{---} \right]$

したがって、

$$F_{en} = \left[\text{---} \right]$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

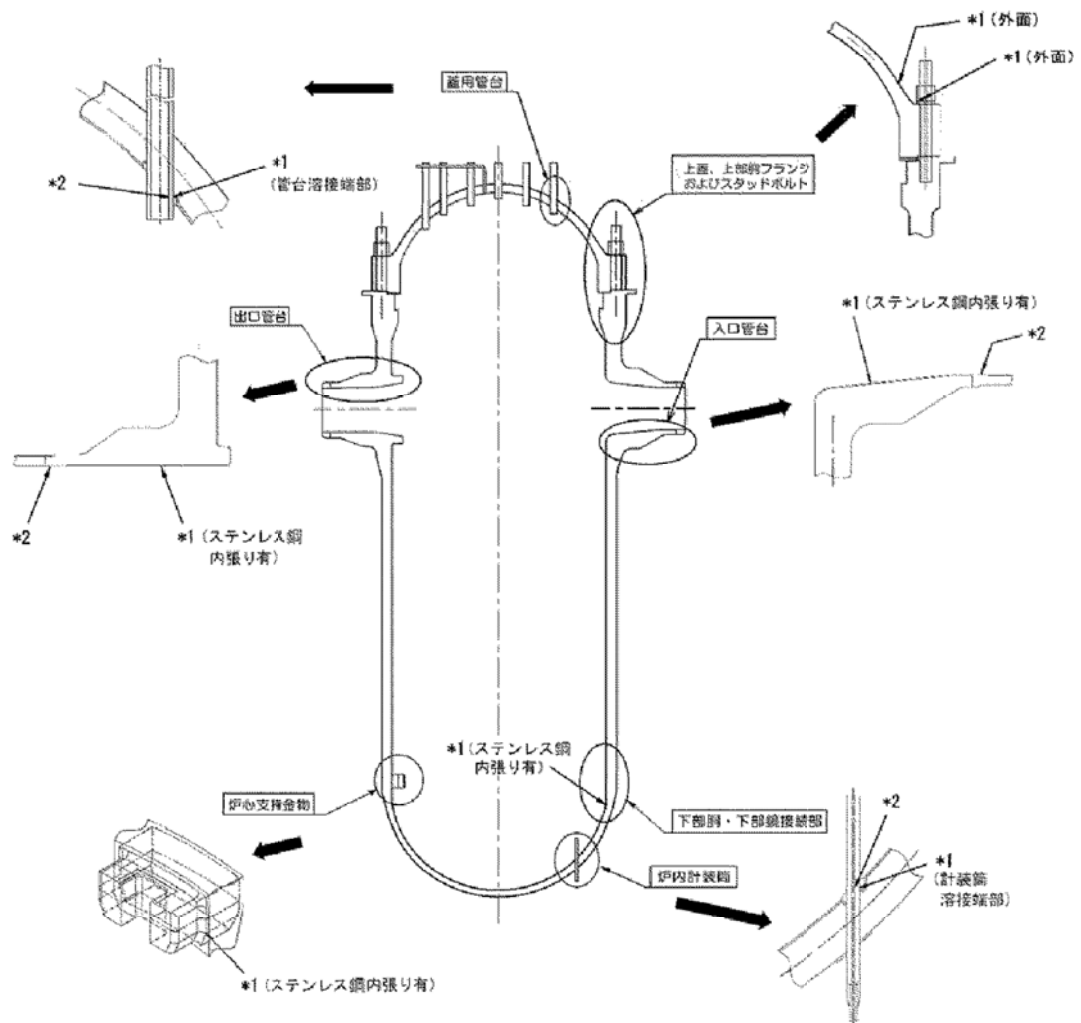
美浜3号炉—低サイクル疲労—18

<p>タイトル</p>	<p>原子炉容器の評価対象部位の抽出の考え方及び抽出理由について (断続運転別冊—共通)</p>																		
<p>説明</p>	<p>疲労評価対象部位には、強度評価上厳しくなる以下の部位等を対象としており、設計時に評価されている部位となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造不連続部（支持構造物取付部を含む） ・材料不連続部 <p>美浜3号炉の原子炉容器については、設計時に考慮した部位（建設時の工認で評価されている部位）に加えて、構造不連続部及び材料不連続部に着目し、その後の設計知見の拡充により他プラントの工認で評価されている箇所も考慮してPLMの評価対象部位としている。</p> <p>評価対象部位とその抽出理由を下表に示す。</p> <p style="text-align: center;">美浜3号炉 原子炉容器疲労評価対象部位</p> <table border="1" data-bbox="424 1048 1362 1453"> <thead> <tr> <th>PLM評価部位</th> <th>抽出理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>冷却材入口管台</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>冷却材出口管台</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>蓋用管台</td> <td>構造、材料不連続部</td> </tr> <tr> <td>炉内計装筒</td> <td>構造、材料不連続部</td> </tr> <tr> <td>上蓋、上蓋フランジ及び上部胴フランジ</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>下部胴・下部鏡接続部</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> <tr> <td>炉心支持構造物</td> <td>構造、材料不連続部</td> </tr> <tr> <td>スタッドボルト</td> <td>建設時工認評価部位</td> </tr> </tbody> </table> <p>建設時工認資料及び美浜3号機高経年化技術評価書の抜粋を添付—1に示す。</p>	PLM評価部位	抽出理由	冷却材入口管台	建設時工認評価部位	冷却材出口管台	建設時工認評価部位	蓋用管台	構造、材料不連続部	炉内計装筒	構造、材料不連続部	上蓋、上蓋フランジ及び上部胴フランジ	建設時工認評価部位	下部胴・下部鏡接続部	建設時工認評価部位	炉心支持構造物	構造、材料不連続部	スタッドボルト	建設時工認評価部位
PLM評価部位	抽出理由																		
冷却材入口管台	建設時工認評価部位																		
冷却材出口管台	建設時工認評価部位																		
蓋用管台	構造、材料不連続部																		
炉内計装筒	構造、材料不連続部																		
上蓋、上蓋フランジ及び上部胴フランジ	建設時工認評価部位																		
下部胴・下部鏡接続部	建設時工認評価部位																		
炉心支持構造物	構造、材料不連続部																		
スタッドボルト	建設時工認評価部位																		

目 次

	頁
1 原子炉容器の上部蓋フランジ，上部胴フランジ接続部及び スタッドボルトナット	1
1-1 形状及び寸法	1
2 解析モデル	2
3 最高使用圧力に対する応力評価	3
4 二次応力の判定	6
5 ピーク応力の判定	7
6 二次応力計算結果	8
7 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅	28
8 疲労累積損傷係数	38
2 冷却材入口管台	44
2-1 形状及び寸法	44
2 解析モデル	45
3 冷却材入口管台に働く荷重	46
4 最高使用圧力に対する応力評価	47
5 二次応力の判定	48
6 ピーク応力の判定	49
7 二次応力計算結果	50
8 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅	68
9 疲労累積損傷係数	77
3 冷却材出口管台	82
3-1 形状及び寸法	82
2 解析モデル	83

	頁
3. 冷却材出口管台に働く荷重	84
4. 最高使用圧力に対する応力評価	85
5. 二次応力の判定	86
6. ピーク応力の判定	87
7. 二次応力計算結果	88
8. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅	106
9. 疲労累積損傷係数	115
4 原子炉容器の下部胴，下部鏡接続部	120
4-1 形状及び寸法	120
2. 解析モデル	121
3. 最高使用圧力に対する応力評価	122
4. 二次応力判定	123
5. ピーク応力判定	124
6. 二次応力計算結果	125
7. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅	133
8. 疲労累積損傷係数	137
5 制御棒駆動装置アダプター	139
5-1 形状及び寸法	139
2. 解析モデル	140
3. 最高使用圧力(175MPa)+冷シバ×(0.004cm)による応力強さ	141
4. 二次応力の判定	143
5. ピーク応力の判定	144
6. 二次応力計算結果	145
7. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅	165
8. 疲労累積損傷係数	175

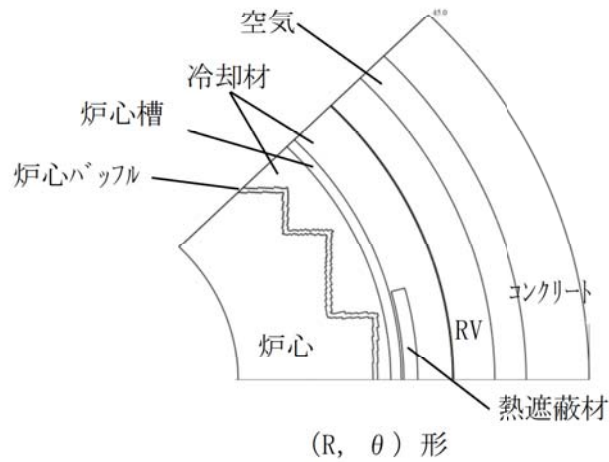


美浜3号機高経年化技術評価書抜粋

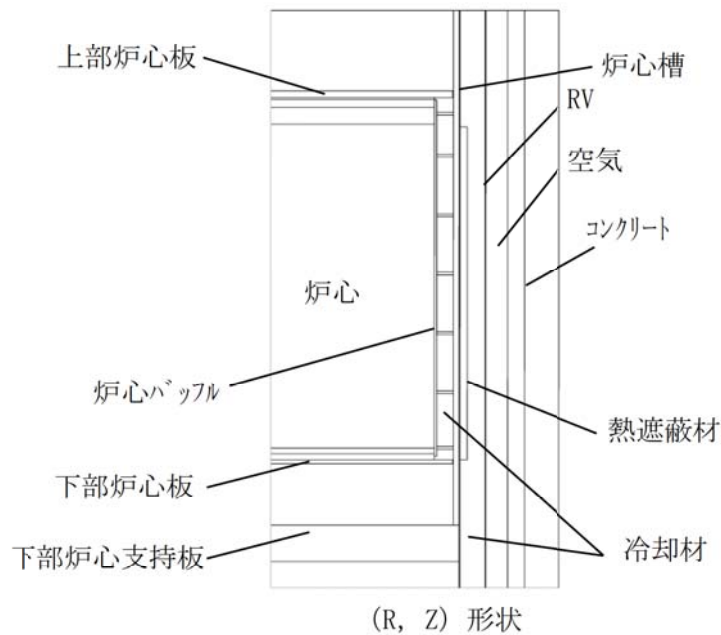
美浜3号炉-IASCC-3 Rev.1

<p>タイトル</p>	<p>炉内構造物各部における運転開始後60年時点での中性子照射量について。</p>
<p>説明</p>	<p>中性子照射量は、炉内構造物主要部位における中性子束 ($E > 0.1 \text{ MeV}$) を2次元輸送計算コードDORT (ver1.5.11) により算出し、運転時間を掛けることで中性子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、入力パラメータは以下のとおりである。</p> <div data-bbox="475 857 1347 1211" data-label="Diagram"> <pre> graph LR A[①物性値 (密度, 組成)] --- B[DORT コード] C[②遮蔽形状] --- B D[③線源スペクトルおよび線源分布] --- B E[④核分裂により発生する中性子スペクトル] --- B B --- F[中性子束 (n/cm²/s)] </pre> </div> <p>炉内構造物主要部位における中性子束は、以下の手順で算出している。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 代表中性子束 (ϕ_{\max}) として、炉心の水平断面形状 (R, θ 計算) や垂直断面形状 (R, Z 計算) を用いて、炉内構造物において最大となる中性子束を算出する。 (2) 炉心の水平断面形状 (R, θ 計算) より算出した水平方向の補正係数 (f_r, f_θ) と垂直断面形状 (R, Z 計算) より算出した軸方向の補正係数 (f_z) を用いて、代表中性子束 (ϕ_{\max}) を補正することで炉内構造物主要部位における中性子束分布を算出する。 $\phi(r, \theta, z) = \phi_{\max} \times f_r \times f_\theta \times f_z$ <p> $\phi(r, \theta, z)$: 中性子束分布 ϕ_{\max} : 代表中性子束 f_r : 半径方向の補正係数 f_θ : 周方向の補正係数 f_z : 軸方向の補正係数 </p>

炉内構造物主要部位における水平断面形状の評価では、下図（R, θ 計算）に示すような形状を入力して、水平方向の補正係数を算出している。



また、炉内構造物主要部位における垂直断面形状（R, Z計算）の評価では、下図に示すような形状を入力して、軸方向の補正係数（fz）を算出している。



以上により算出した炉内構造物主要部位における中性子束に対し、炉内構造物取替から運転開始60年時点での運転時間約14万時間 [] を乗じ、炉内構造物主要部位における中性子照射量を算出した結果を表1に示す。合わせてIASCC発生感受性が発生する中性子照射量（ $1 \times 10^{21} \text{n/cm}^2$ ）に達する時期についても表1に示す。また、中性子照射量が最大となる位置を添付1に示す。

なお、本解析で用いている解析コードについては、炉内構造物の取替前の原子炉容器の監視試験実施時の照射量の評価にも用いており、監視試験片の中性子照射量の実測値と解析から求めた中性子照射量に大きな相違がないことを確認している。

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1 美浜3号炉 炉内構造物主要部位の中性子照射量
およびIASCC感受性が発生するまでの時間

部位	運転開始後60年時点 の中性子照射量 (n/cm ²)	中性子照射量が 1×10 ²¹ n/cm ² に 達するまでの時間 (万時間)
バップルフォーマボルト		
炉心バップル		
炉心バップル取付板		
バレルフォーマボルト		
炉心槽		
下部炉心板		
下部燃料集合体案内ピン		
熱遮蔽材		
熱遮蔽材固定用ボルト		
上部炉心支持板		
上部炉心支持柱		
上部炉心板		
下部炉心支持柱		
下部炉心支持板		

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



図 中性子照射量が最大となる位置図


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

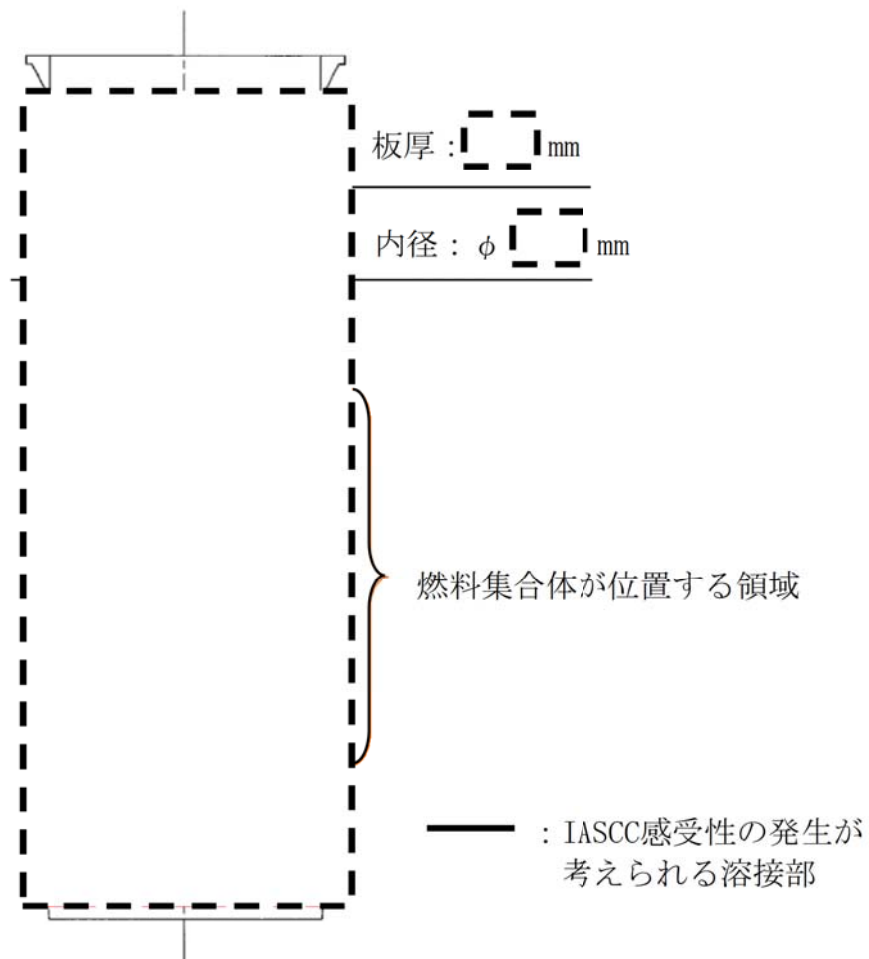
美浜3号炉-IASCC-12


タイトル	炉心槽溶接部の応力がバッフルフォーマボルト首下部の応力より低いとする根拠について。
説明	<p>炉心槽については、運転中の炉心そう溶接部に発生する応力を評価するため、溶接残留応力や機械荷重・熱応力を考慮したFEM解析を実施している。各応力の評価方法を以下に示す。また、添付-1に炉心槽の材質、板厚、溶接方法を示す。</p> <p>①溶接残留応力を算出 材料の弾塑性を考慮した非定常熱伝導解析、弾塑性解析により、炉心槽溶接部残留応力を評価</p> <p>②機械荷重・熱応力を算出</p> <ul style="list-style-type: none">・機械荷重条件：下部炉心構造物の自重、燃料集合体の自重、炉心槽内外差圧を設定・温度条件：CFD解析により求めたフォーマ領域冷却材温度分布を考慮して求めた炉心槽の温度分布を設定 <p>上記の通り炉心槽溶接部の発生応力を算出した結果、運転初期で約 [] MPaと評価している。</p> <p>一方、バッフルフォーマボルトは運転初期で約 [] MPaと評価していることから、炉心槽に発生する応力はバッフルフォーマボルト以下であると判断している。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

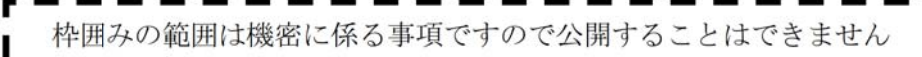
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

炉心そのの材質、板厚、溶接方法について

- 材質：
- 板厚等：下図に示す。



開先形状	溶接方法
	



美浜3号炉—熱時効—6 rev.1

タイトル	(5-4-17頁) 母管溶接部の超音波探傷検査部位の選定の妥当性について
説明	<p>母管及び管台の溶接部の供用期間中検査（超音波探傷検査）の検査部位の選定は維持規格に基づき実施している。</p> <p>維持規格においては、経年劣化を確認するため定点サンプリング方式を採用している。当該部においては、経年劣化事象を考慮して相対的に経年変化に厳しい条件にあると考えられる部位を優先して選定することが望ましいとの考えに則って、以下の溶接継手を優先して選定することとしている。</p> <ul style="list-style-type: none">①容器と各管との溶接継手②構造不連続部の継手 <p>また、部位として選定した構造不連続部の継手が特定の系統および口径の継手に偏らないようにするため、その継手数を比例配分により求めるよう定めている。（維持規格参照）</p> <p>選定箇所および検査部位は、社内文書（添付1）にて決定しており、具体的には添付2に示す。</p> <p>母管の熱時効に対する健全性評価において選定した箇所は、添付2に示す供用期間中検査の対象箇所である。そのうちの定点サンプリング箇所と一致しない部位もあるが、維持規格に従って検査対象部位を決定しており、母管の熱時効に対する健全性評価において選定した箇所も含めて、現状保全にて健全性が確認できていると考える。</p> <p>なお、プラント建設時に実施した検査は当時のメーカー基準に基づいて実施したものであり、現在実施している供用期間中検査とは適用規格や検査手法が異なる。</p>



美浜発電所3号機（25回定検以降）

クラス1,2,3 機器供用期間中検査における定点の選定について

決 裁

審 査

原子炉保修課 原子炉B係

機械技術 アドバイザー

	課 長	係 長	班 長	係
捺 印				

【合議】
技術課長



標記については、添付1の通り定点を選定していたが、今回、24回定検までの改造工事等を反映し、クラス1,2,3機器供用期間中検査における定点を下記の通り整理した。

記

1. 定点の選定について

『維持規格』（JSME S NA1-2002）※に基づき、定点を選定し整理した。基本的に系統毎・口径毎等に応じて比例配分等を行い選定している。

詳細については、添付2,5の通り。なお、既供覧との相違は改訂履歴の通り。

※ 既決裁済の公文書「21原原B公-1」（添付-3）の通り、現検査間隔中の対応として、検査プログラムの非破壊試験の範囲、程度及び方法については維持規格2002年版を適用し、それ以外については維持規格2008年版を適用している。

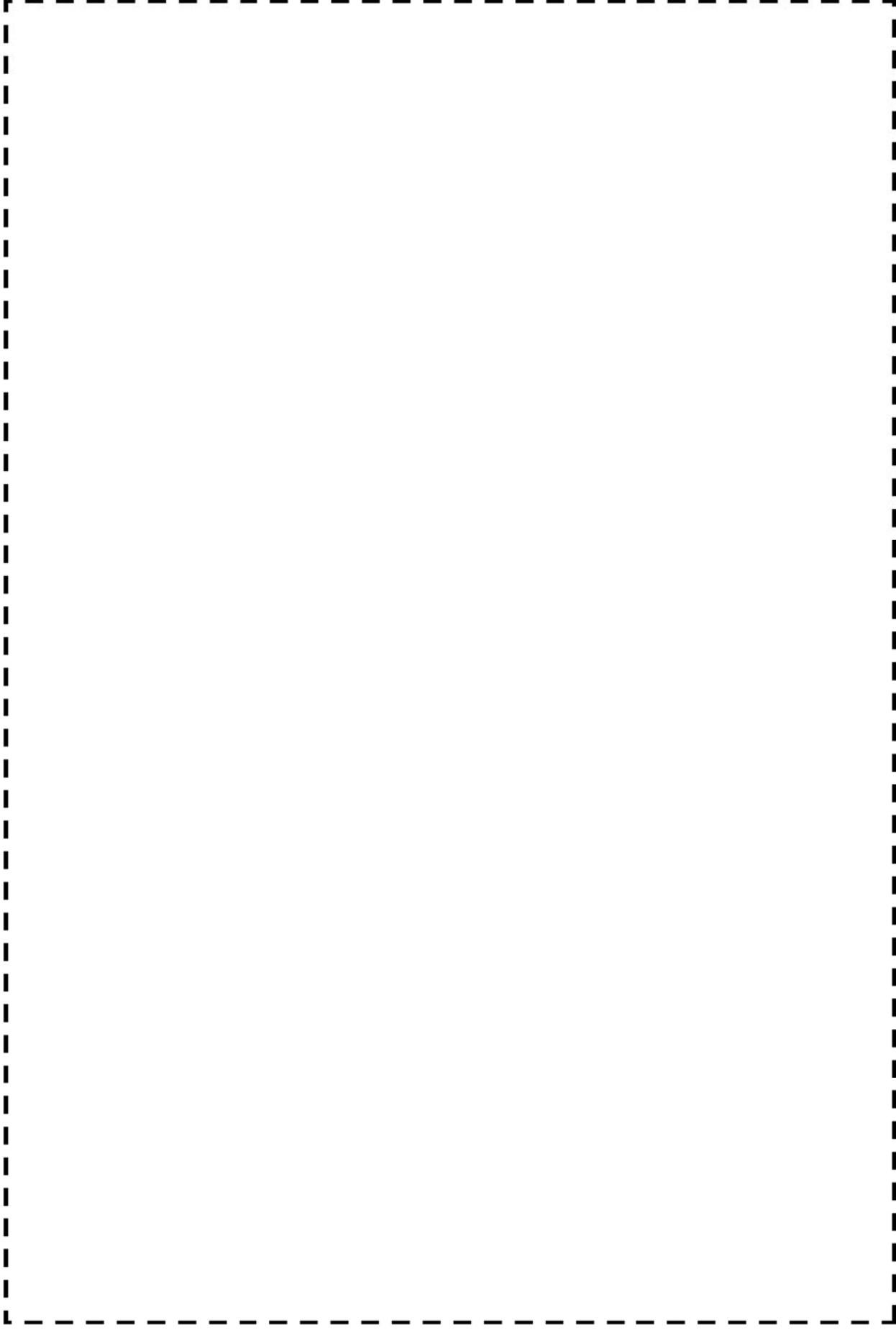
2. その他

以降改造工事等により検査対象箇所に変更が生じれば、適宜改訂することとする。

－ 以 上 －

[添付資料]

- 添付1 21原原B供-20
- 添付2 定点選定要領
- 添付3 21原原B公-1
- 添付4 24回1次系機器供用期間中検査工事報告書
- 添付5 定点サンプリング資料
- 添付6 法令等適合性チェックシート



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

美浜3号炉－40年目追加評価－4 rev. 1

<p>タイトル</p>	<p>熱時効評価における30年目と40年目評価対象部位の差異について (劣化状況評価書-40年目追加評価-4)</p>												
<p>説明</p>	<p>美浜3号炉の30年目の高経年化技術評価では、1次冷却材管で2相ステンレス鋼を使用し、熱時効が想定される部位（母管、エルボ）に対して、フェライト量と応力の双方の条件を考慮し、代表点を選定した。 この結果、ホットレグ直管部を選定した。</p> <p style="text-align: center;">美浜3号炉 30年目熱時効評価対象部位一覧</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>評価部位</th> <th>選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ホットレグ直管部</td> <td>フェライト量、荷重が総合的に高い</td> </tr> </tbody> </table> <p>一方、40年目の劣化状況評価では、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」に基づき、1次冷却材管の2相ステンレス鋼を使用している部位に対して、フェライト量、応力の観点から最も厳しくなる評価点を選定している。 この結果、フェライト量最大としてクロスオーバレグRCP側90°エルボ、応力最大としてホットレグ直管部、エルボの曲率部で応力が大きく評価が厳しくなる部位としてSG入口50°エルボを選定した。</p> <p>30年目評価、40年目評価ともにフェライト量と応力に着目して厳しくなる評価点を代表とするという考えは共通であるが、40年目評価ではフェライトと応力による厳しい部位をそれぞれ抽出することで部位の選定理由をより明確化した。</p> <p style="text-align: center;">美浜3号炉 40年目熱時効評価対象部位一覧</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>評価部位</th> <th>選定理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>クロスオーバレグRCP側90°エルボ</td> <td>フェライト量最大</td> </tr> <tr> <td>ホットレグ直管部</td> <td>応力最大</td> </tr> <tr> <td>SG入口50°エルボ</td> <td>エルボの曲率部で応力が大きい</td> </tr> </tbody> </table>	評価部位	選定理由	ホットレグ直管部	フェライト量、荷重が総合的に高い	評価部位	選定理由	クロスオーバレグRCP側90°エルボ	フェライト量最大	ホットレグ直管部	応力最大	SG入口50°エルボ	エルボの曲率部で応力が大きい
評価部位	選定理由												
ホットレグ直管部	フェライト量、荷重が総合的に高い												
評価部位	選定理由												
クロスオーバレグRCP側90°エルボ	フェライト量最大												
ホットレグ直管部	応力最大												
SG入口50°エルボ	エルボの曲率部で応力が大きい												