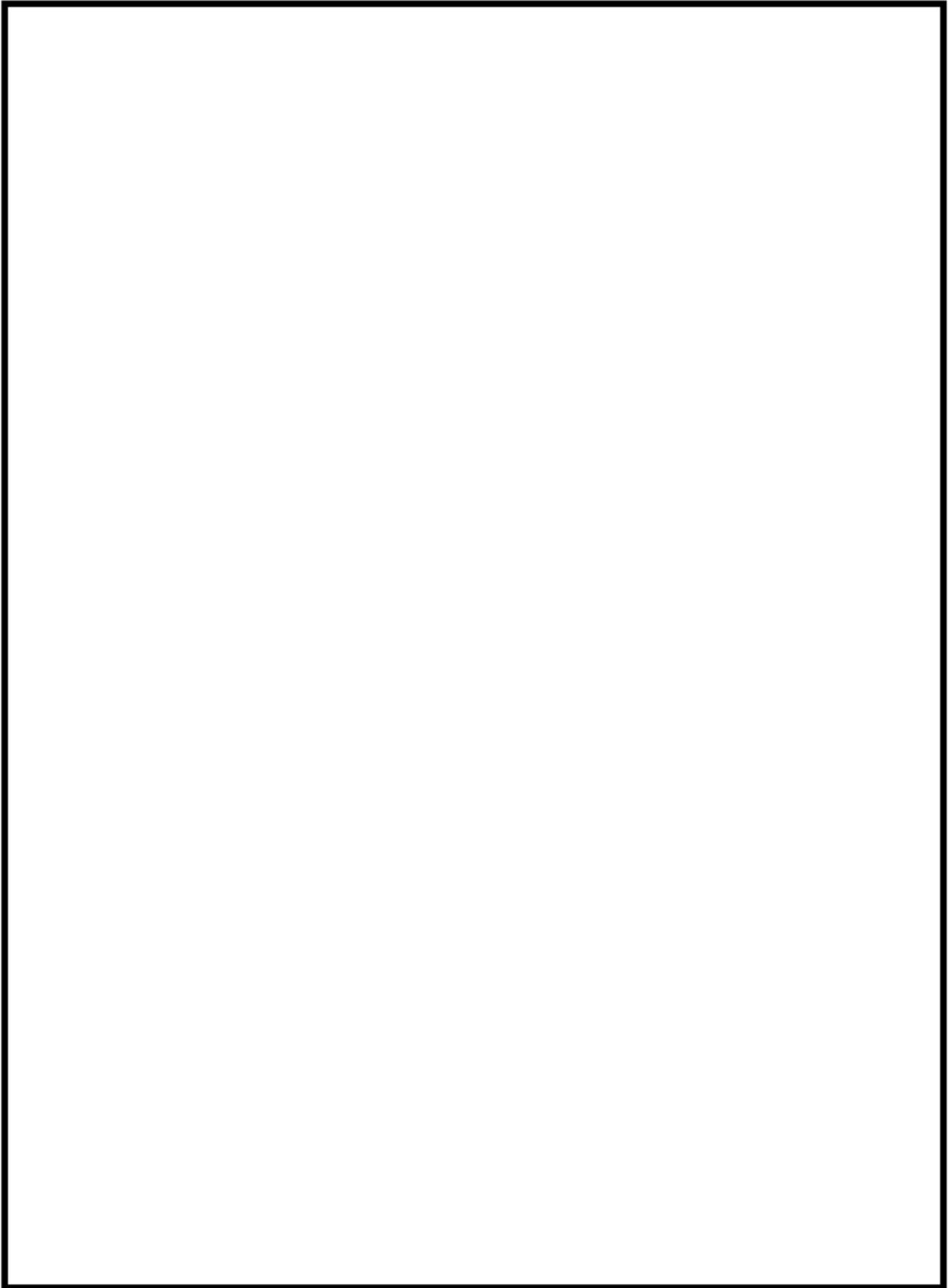


No.	高浜2－特別点検（原子炉格納容器）－8 rev4
質 問	<p>（添付2）          非破壊試験（VT-4）の判定基準「原子炉格納容器の構造健全性または機密性に影響を与える恐れのある塗膜の劣化や腐食」の判断基準又は限界見本を提示すること。</p>
回 答	<p>「高浜1－特別点検（原子炉格納容器）－8 rev4」の回答と同様です。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

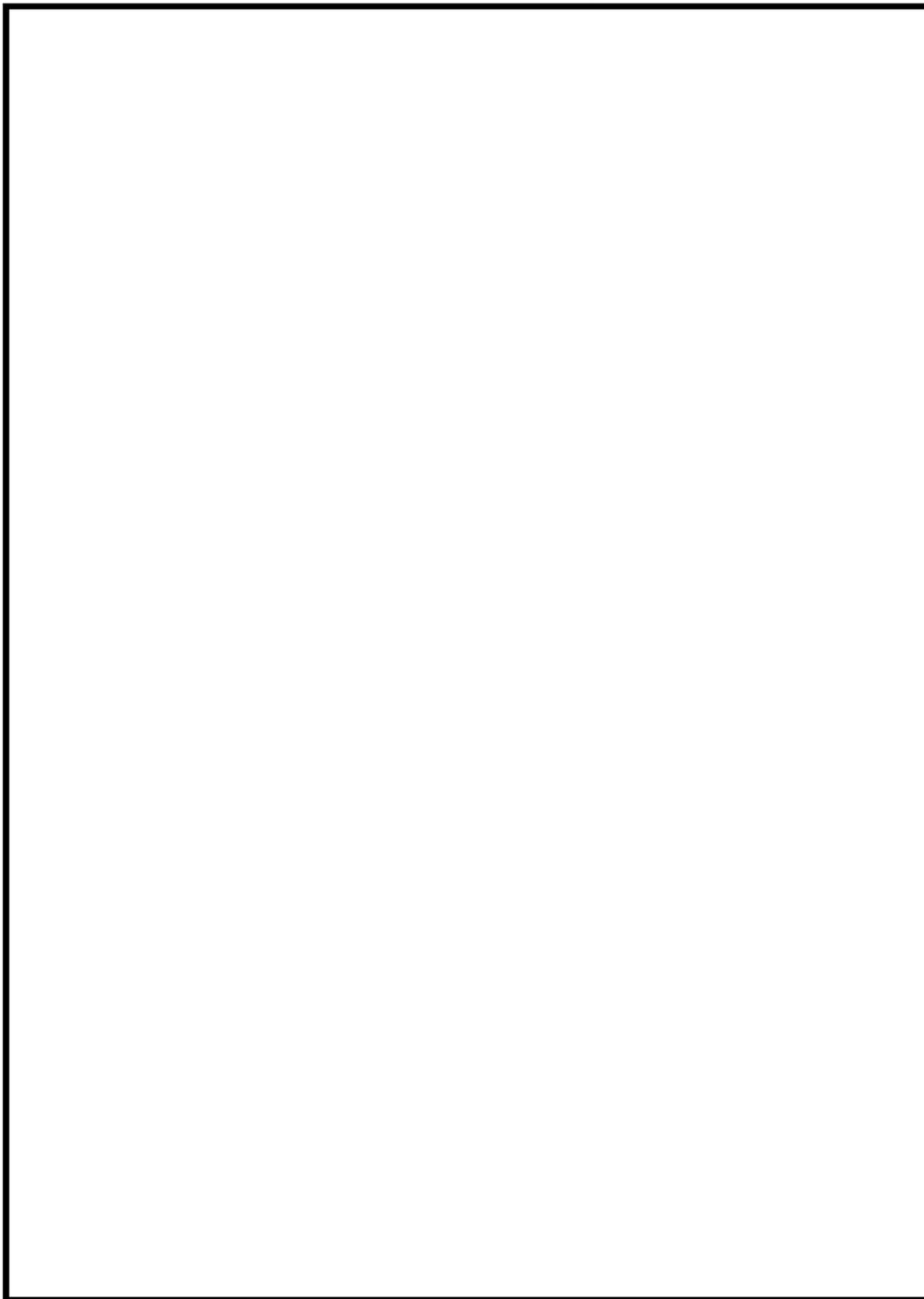
No.	高浜 2－低サイクル疲労－ 2	事象：疲労
質 問	<p>(本冊-4.2.3経年劣化事象の抽出-30頁)          運転経験により建設時考慮されていない有意な低サイクル応力変動(熱成層等)が把握された部位およびそれを抽出したプロセスを整理して提示すること。</p>	
回 答	<p>「高浜 1－低サイクル疲労－ 2」の回答と同様です。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜 2 - 低サイクル疲労 - 4	事象：疲労												
質 問	<p>(別冊-1ポンプ-2一次冷却材ポンプ-10頁)                  一次冷却材ポンプケーシングの疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke 係数、環境評価パラメータを含む)を提示すること。</p>													
回 答	<p>1 次冷却材ポンプケーシングの疲労累積係数の算出根拠を以下に示します。</p> <p>1. 解析モデル                  添付 1 に解析モデルを示します。</p> <p>2. 材料物性                  材料物性値を以下に示します。</p> <table border="1" data-bbox="467 902 1329 1122"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>S<sub>m</sub> (MP a)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: 2px solid black;"></td> <td></td> <td>288.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定                  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 に示します。</p> <p>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、応力評価のフローを添付 3 に示します。</p> <table border="1" data-bbox="432 1503 1367 1675"> <thead> <tr> <th>状態</th> <th>荷重の組合せ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>供用状態 A, B</td> <td>圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過度荷重</td> </tr> </tbody> </table> <p>5. Ke 係数                  評価に用いた Ke 係数を添付 4 に示します。</p> <p>6. 環境評価パラメータ                  評価に用いた環境評価パラメータ (環境効果補正係数 fen) を添付 4 に示します。</p>		材料	設計応力強さ		S <sub>m</sub> (MP a)	温度 (°C)			288.6	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+熱過度荷重
材料	設計応力強さ													
	S <sub>m</sub> (MP a)	温度 (°C)												
		288.6												
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+熱過度荷重													



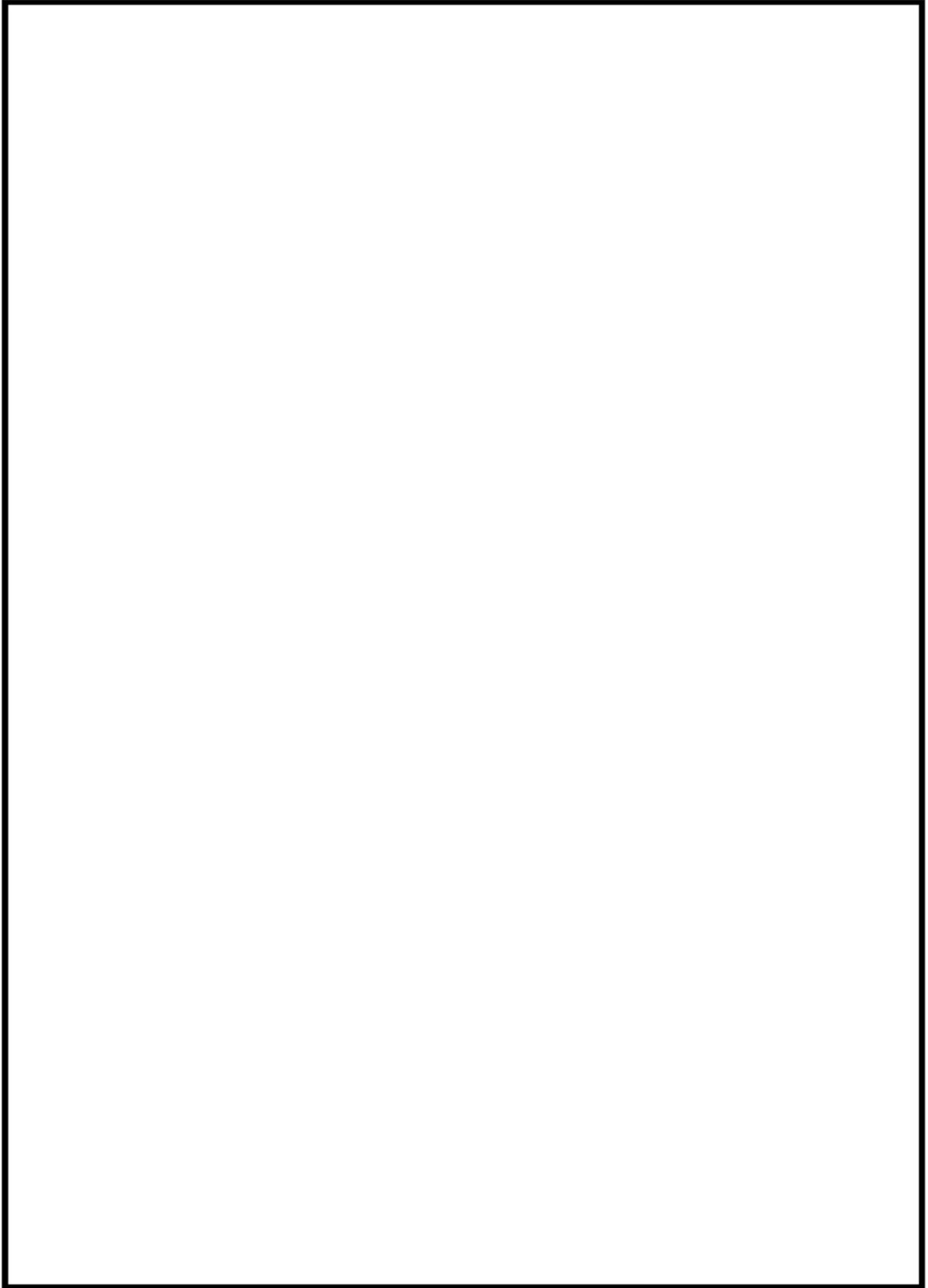
1次冷却材ポンプケーシング 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



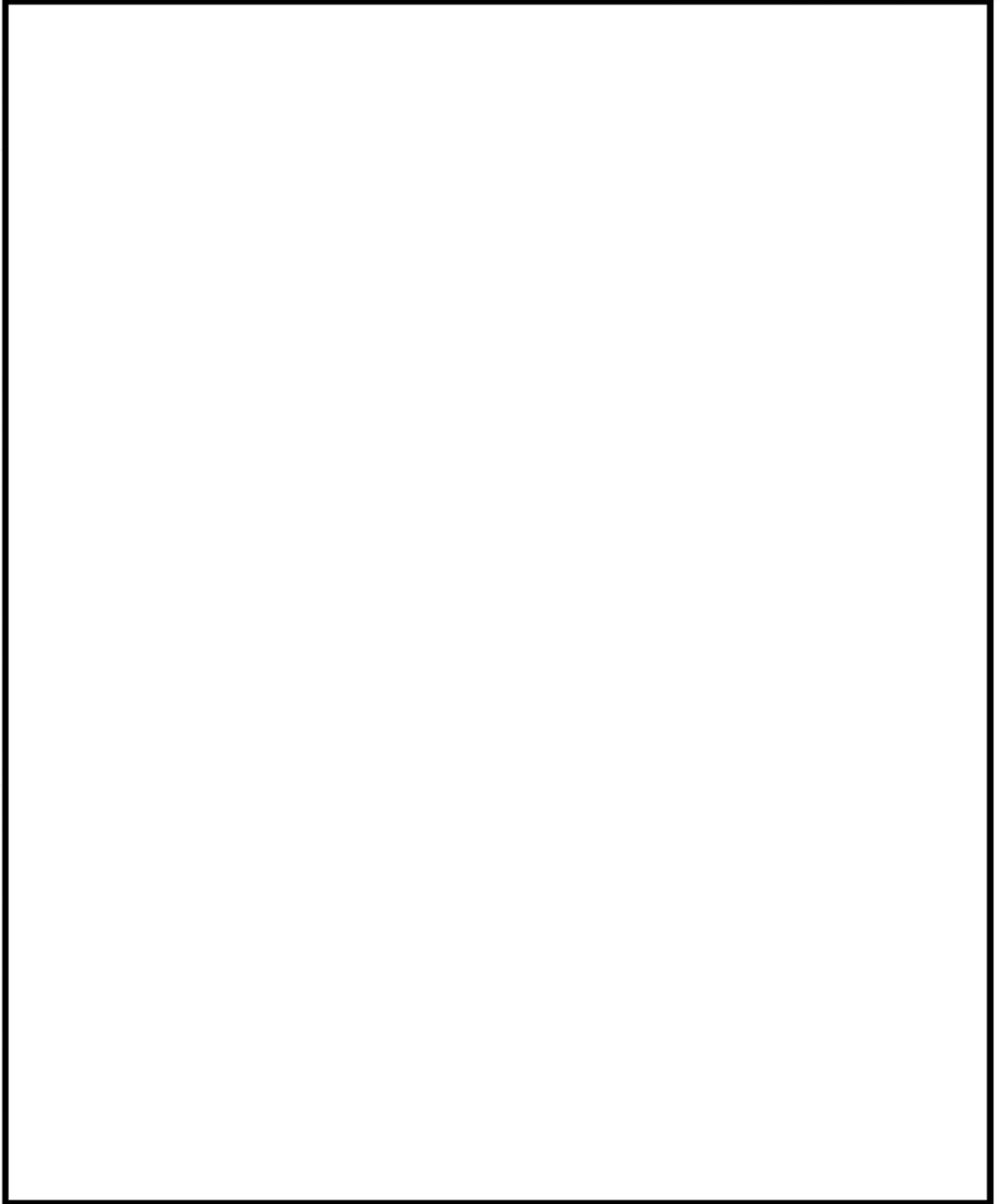
1次冷却材ポンプケーシング 評価点 (1/5)

内は商業機密に属しますので公開できません



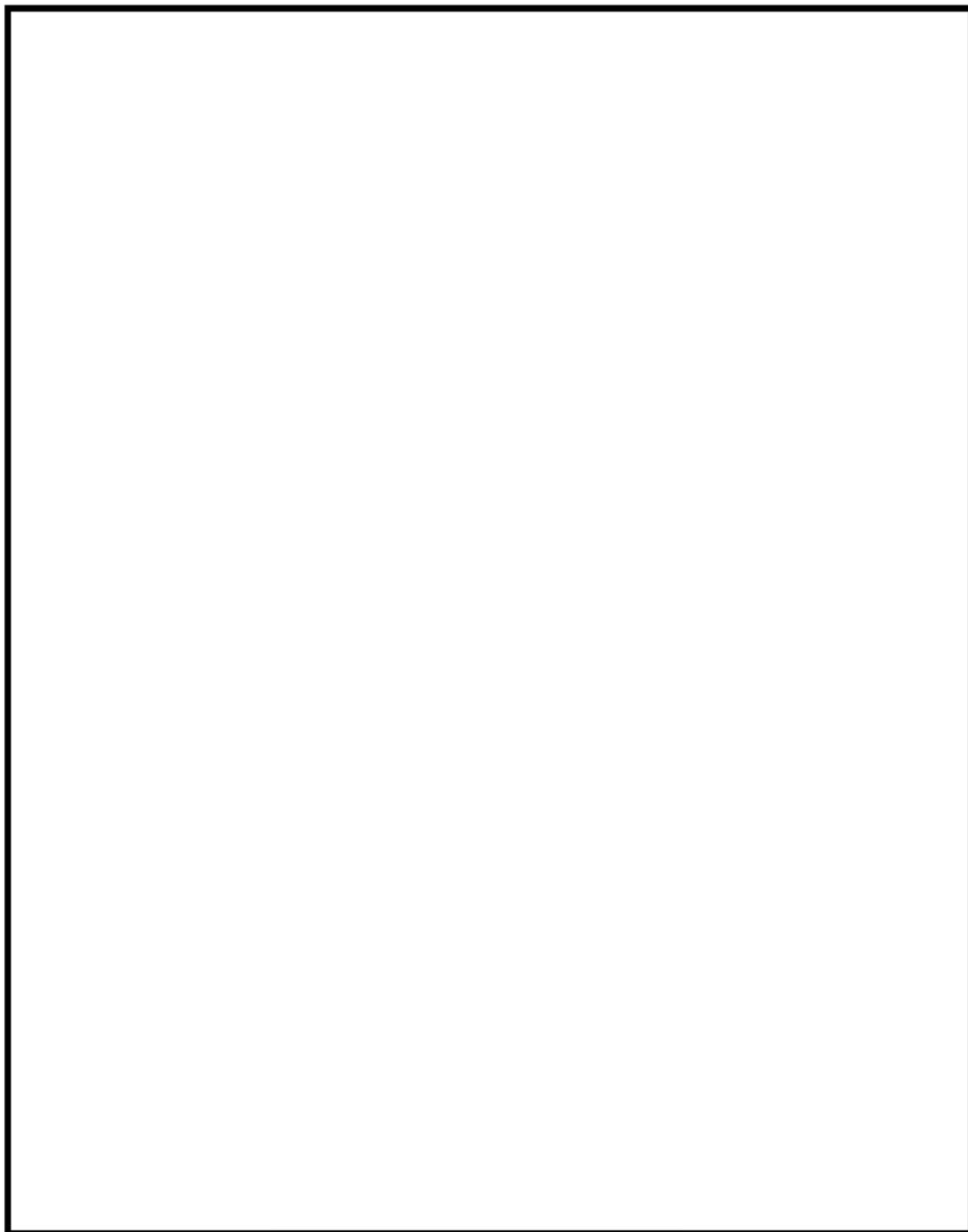
1次冷却材ポンプケーシング 評価点 (2/5)

内は商業機密に属しますので公開できません

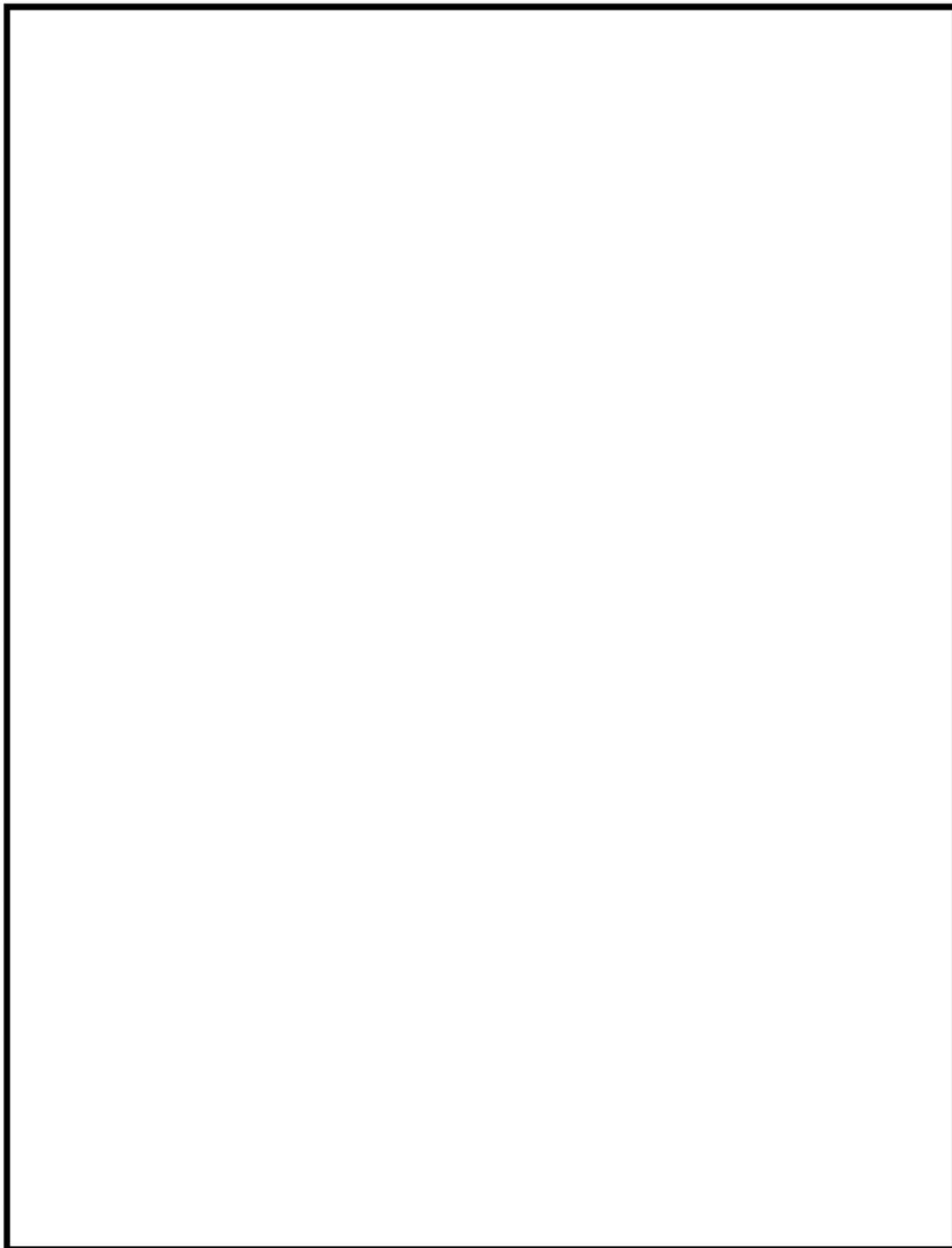


1次冷却材ポンプケーシング 評価点 (3/5)

内は商業機密に属しますので公開できません



1次冷却材ポンプケーシング 評価点 (4/5)



1次冷却材ポンプケーシング 評価点 (5/5)

内は商業機密に属しますので公開できません

1次冷却材ポンプケーシング 最大疲労評価点の選定 (吸込ノズル)

Location		Usage Factor		
		S1-S2	S2-S3	S3-S1
45542	IN			0.00010
45606	OUT			
48704	IN			
48728	OUT			
60234	IN			
62173	OUT			
61057	IN			
58036	OUT			

吸込ノズル疲労評価結果 (評価点 : 48704)

STRESS INTENSITY				NUMBER OF CYCLES		USAGE
MAXIMUM	MINIMUM	KE	ALT	N	N*	FACTOR
TOTAL =						0.00010
→通常 UF : 0.001						

内は商業機密に属しますので公開できません

## 1次冷却材ポンプケーシング 最大疲労評価点の選定 (吐出ノズル)

Location		Usage Factor		
		S1-S2	S2-S3	S3-S1
6003	IN		0.01728	
6016	OUT			
57367	IN			
58927	OUT			
60337	IN			
58858	OUT			
60786	IN			
59125	OUT			
559977	IN			
559150	OUT			

吐出ノズル疲労評価結果 (評価点: 6003)

STRESS INTENSITY				NUMBER OF CYCLES		USAGE
MAXIMUM	MINIMUM	KE	ALT	N	N*	FACTOR

TOTAL = | 0.01728 |

→通常 UF : 0.018

内は商業機密に属しますので公開できません

## 1次冷却材ポンプケーシング 最大疲労評価点の選定 (支持脚 (1))

Location		Usage Factor		
		S1-S2	S2-S3	S3-S1
57546	IN			
58075	OUT			
59214	IN			
58270	OUT			
59813	IN			
59101	OUT			
61124	IN			
58316	OUT			
557546	IN			
558075	OUT			
559310	IN			
558071	OUT			

## 1 次冷却材ポンプケーシング 最大疲労評価点の選定 (支持脚 (2))

Location		Usage Factor		
		S1-S2	S2-S3	S3-S1
57825	IN			
61374	OUT			
59238	IN			
58921	OUT			
59737	IN			
58792	OUT			
59889	IN			
58507	OUT			

1次冷却材ポンプケーシング 最大疲労評価点の選定 (支持脚 (3))

Location		Usage Factor		
		S1-S2	S2-S3	S3-S1
557825	IN	0.18478		
561374	OUT			
559238	IN			
558921	OUT			
559737	IN			
558792	OUT			
559889	IN			
558507	OUT			

支持脚 (3) 疲労評価結果 (評価点 : 561374)

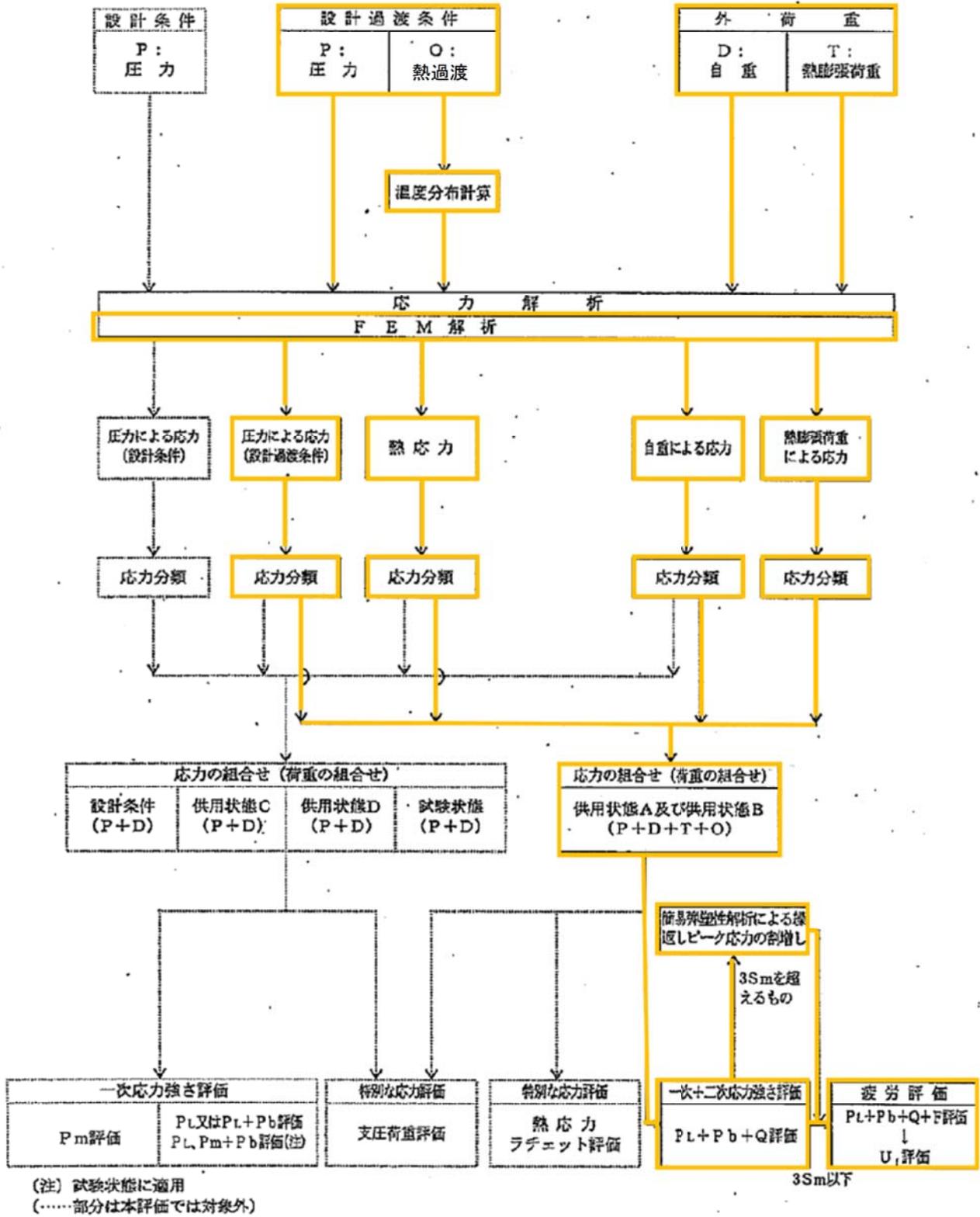
STRESS INTENSITY				NUMBER OF CYCLES		USAGE FACTOR
MAXIMUM	MINIMUM	KE	ALT	N	N*	

TOTAL = 0.18478

→通常 UF : 0.185

内は商業機密に属しますので公開できません

応力評価フロー



K e 係数と環境疲労パラメータ (吸込ノズル 評価点 48704) (詳細評価手法)

過酷条件 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		実過被 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		XE	補正前 salt					
<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>											
合計 :										0.00033	

→環境 UF : 0.001

内は商業機密に属しますので公開できません

Ke 係数と環境疲労パラメータ (吐出ノズル 評価点 6003) (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					
										合計 :	0.26537

→環境 UF : 0.267

内は商業機密に属しますので公開できません

Ke 係数と環境疲労パラメータ (支持脚 評価点 59737) (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
A	B	smax	smin		補正前 salt	補正後 salt'					
										合計:	0.10381

→環境 UF : 0.104

内は商業機密に属しますので公開できません

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) 吸込ノズル

a. 過渡 2I1,2D3



b. 過渡 2I1,2G1



(2) 吐出ノズル

a. 過渡 2D3,1A1



b. 過渡 1B1,1A1



c. 過渡 1B1,2I1



d. 過渡 2G1,2I1



e. 過渡 2I2,2I1



(3) 支持脚

a. 過渡 2D3,1A1



b. 過渡 1B1,1A1



c. 1B1,2I1



d. 2G1,2I1



e. 2I2,2I1



No.	高浜 2 - 低サイクル疲労 - 5	事象：疲労															
質 問	<p>(別冊-2熱交換器-1多管円筒形熱交換器-49頁)  再生クーラ及び余熱除去クーラの管板の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数、環境評価パラメータ、伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法を含む)を提示すること。</p>																
回 答	<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します。</p> <p><b>【再生クーラ】</b></p> <p>1. 解析モデル  添付 1 に解析モデルおよび評価点を示します。</p> <p>2. 材料物性  材料物性値を以下に示します。</p> <table border="1" data-bbox="443 1077 1337 1361"> <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<sub>m</sub> (MP a)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="background-color: #cccccc;">[Redacted]</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及び最大評価点の選定結果を、添付 2 に示します。</p> <p>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、応力評価のフローを添付 3 に示します。</p> <table border="1" data-bbox="422 1789 1359 1960"> <thead> <tr> <th>状態</th> <th>荷重の組合せ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>供用状態 A、B</td> <td>内圧 + 熱過渡</td> </tr> </tbody> </table>			材料	使用部位	設計応力強さ		S <sub>m</sub> (MP a)	温度 (°C)	[Redacted]			290.0	状態	荷重の組合せ	供用状態 A、B	内圧 + 熱過渡
材料	使用部位	設計応力強さ															
		S <sub>m</sub> (MP a)	温度 (°C)														
[Redacted]			290.0														
状態	荷重の組合せ																
供用状態 A、B	内圧 + 熱過渡																

内は商業機密に属しますので公開できません

5. 環境評価パラメータ

評価に用いたK e 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f<sub>en</sub>）を添付4に示します。

【余熱除去クーラ】

6. 解析モデル

添付5に解析モデルおよび評価点を示します。

7. 材料物性

材料物性値を以下に示します。

材料	使用部位	設計応力強さ	
		S <sub>m</sub> (MP a)	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及び最大評価点の選定結果を、添付6に示します。

9. 応力分類

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

状態	荷重の組合せ
供用状態A、B	内圧+ボルトの締付力+熱過渡

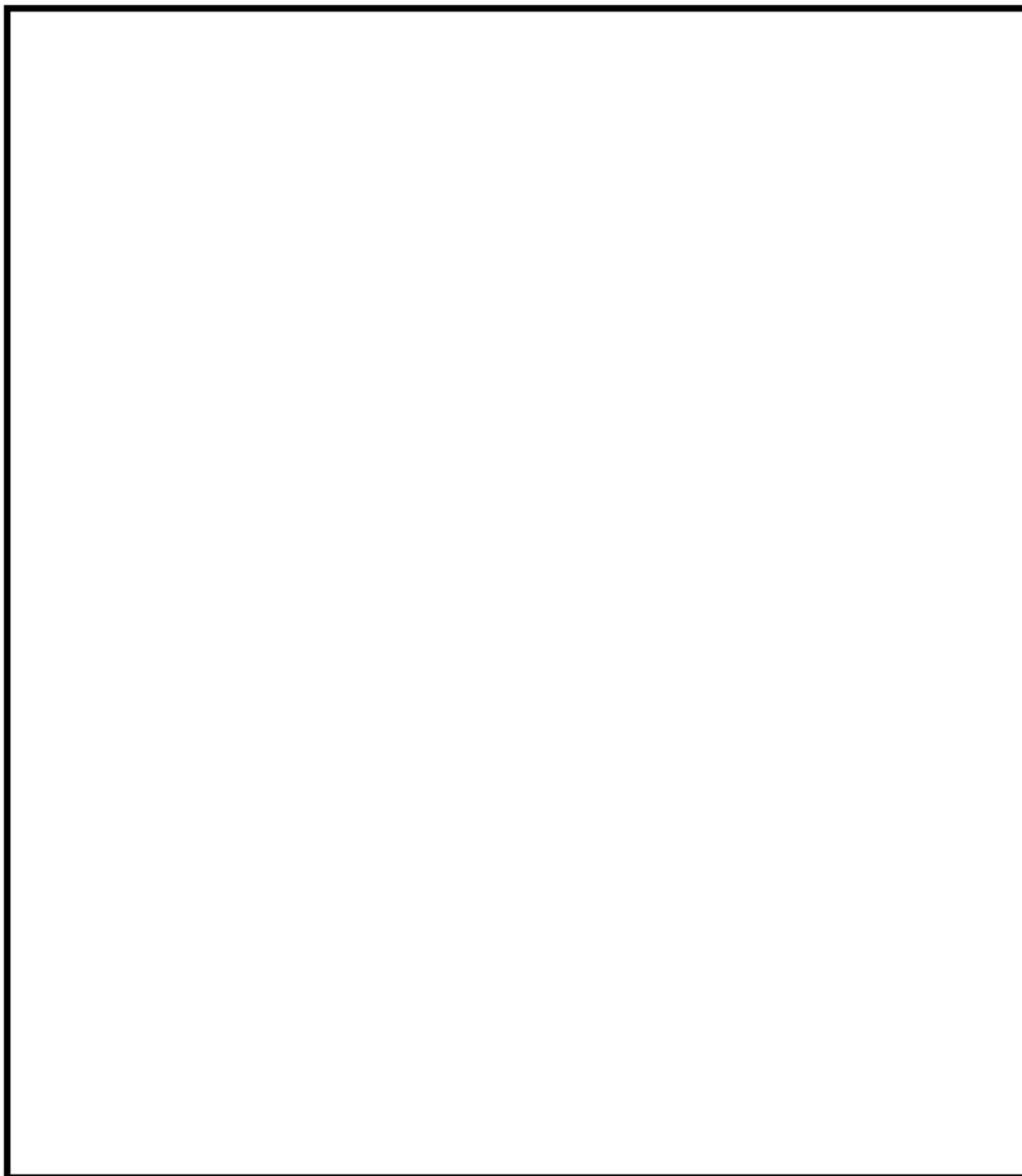
10. K e 係数および環境評価パラメータ

評価に用いたK e 係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数 f<sub>en</sub>）を添付7に示します。

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に示します。

内は商業機密に属しますので公開できません



再生クーラ 解析モデルおよび評価点

内は商業機密に属しますので公開できません

再生クーラ 最大疲労評価点の選定

評価点			一次+二次応力強さ	疲れ累積係数
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	(0.16331)	
		出口		
	10	入口		
出口				
11	入口			
	出口			

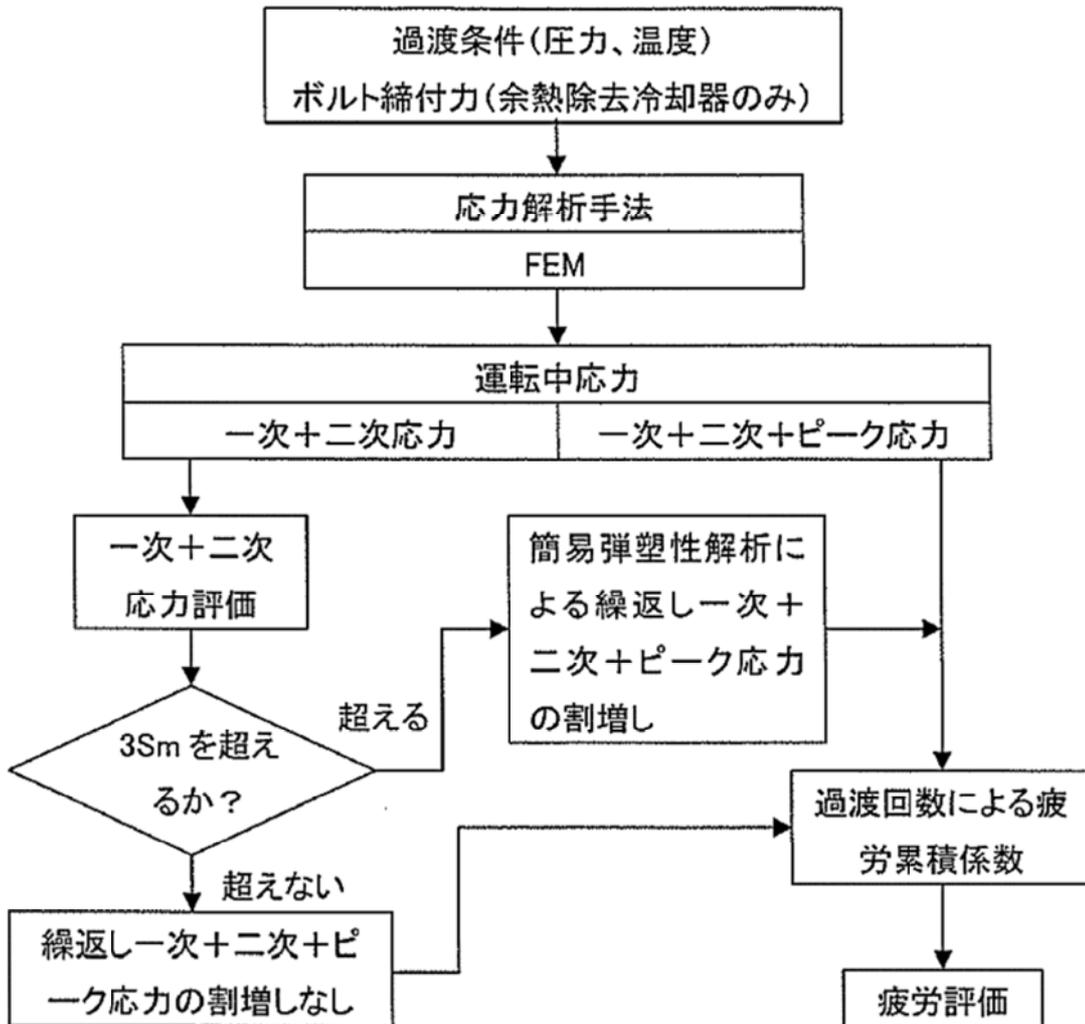
注) 1. ( )はそれぞれの部位での最大値を示す。

→通常UF : 0.164

2. 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。

内は商業機密に属しますので公開できません

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)

過渡条件 記号	一次+二次+ ヒーク応力係数		KE	繰返しヒーク 応力係数		過渡 係数	許容繰返し 回数	疲労累積係 数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
	SBAX	SBIN		修正前 Sait	修正後 Sait'				
A	B								

合計: 0.20933

合計: 0.16331

→環境UF: 0.209

→通常UF: 0.164

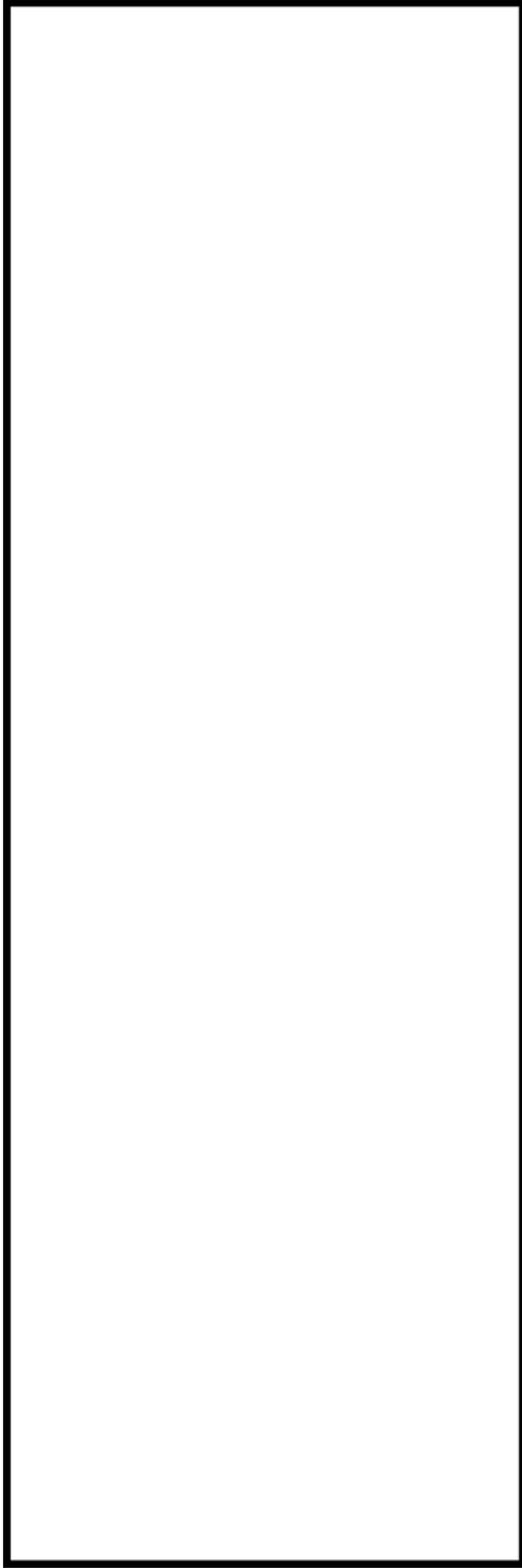
内は商業機密に属しますので公開できません

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

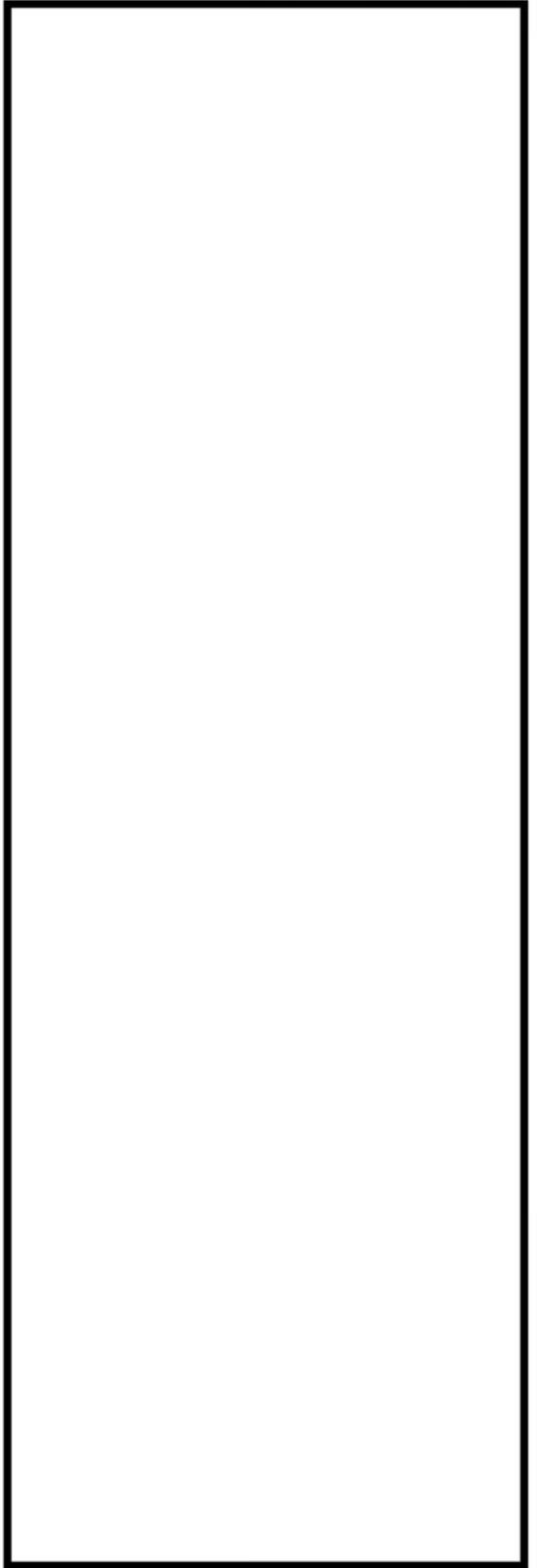
環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

再生クォーラ

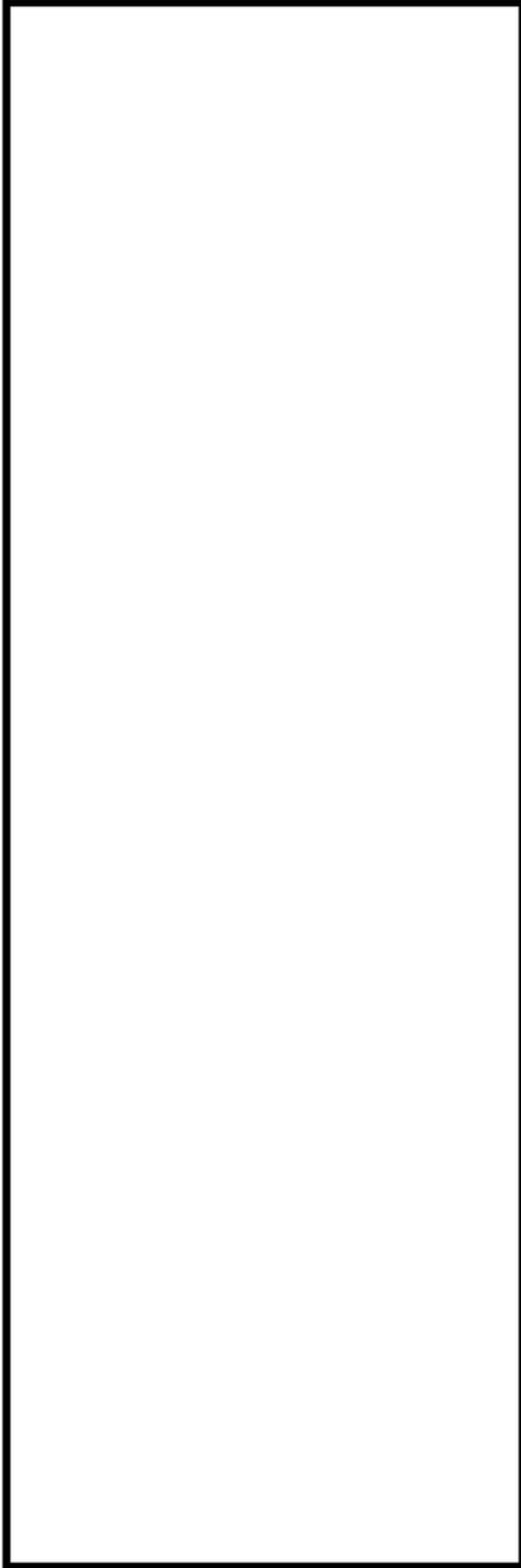
a. 過渡1H1,1F2



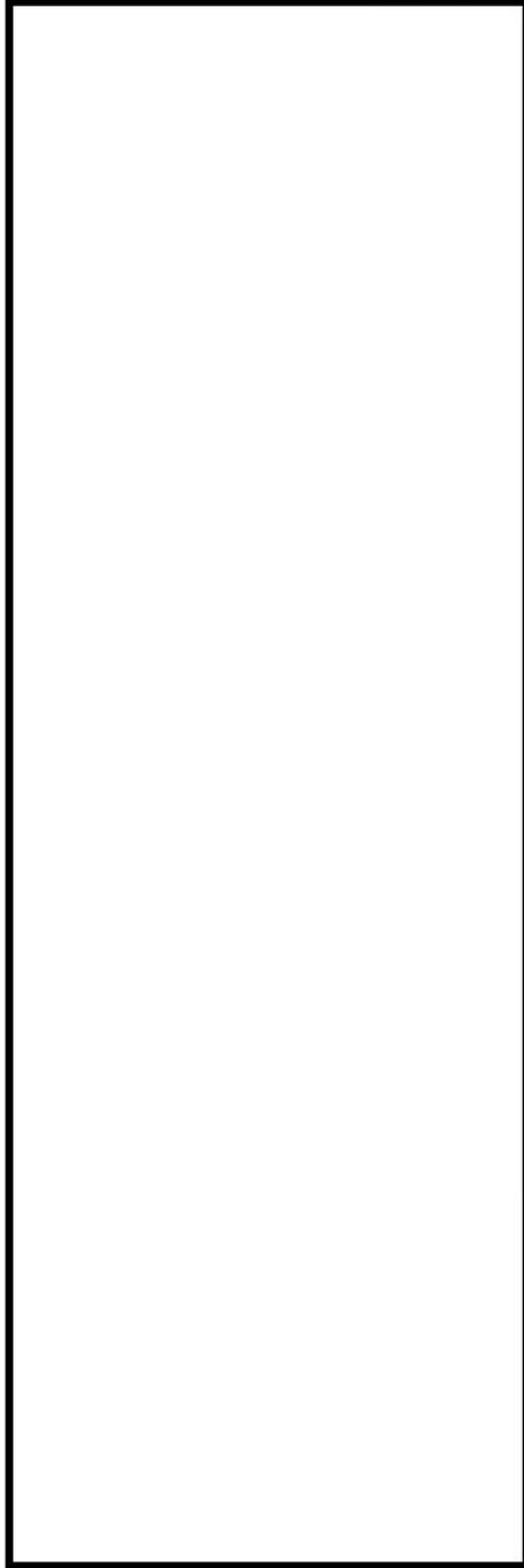
b. 過渡1H1,1G1



c. 過渡NSS,1G1



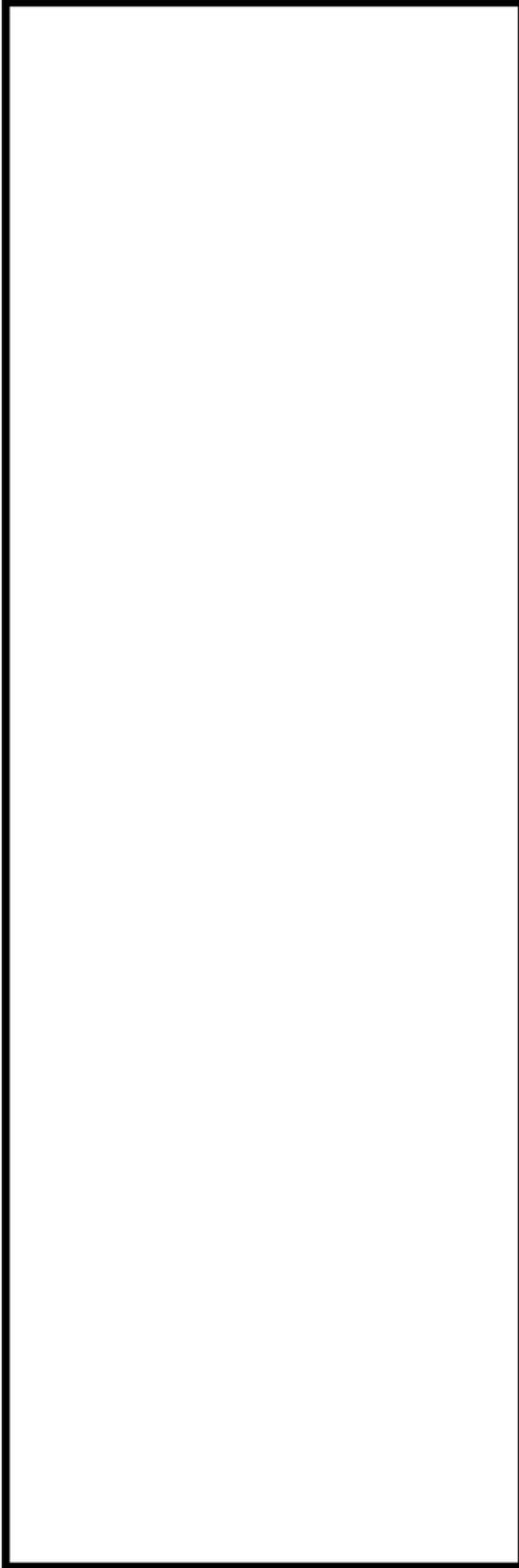
d. 過渡NSS,1D2



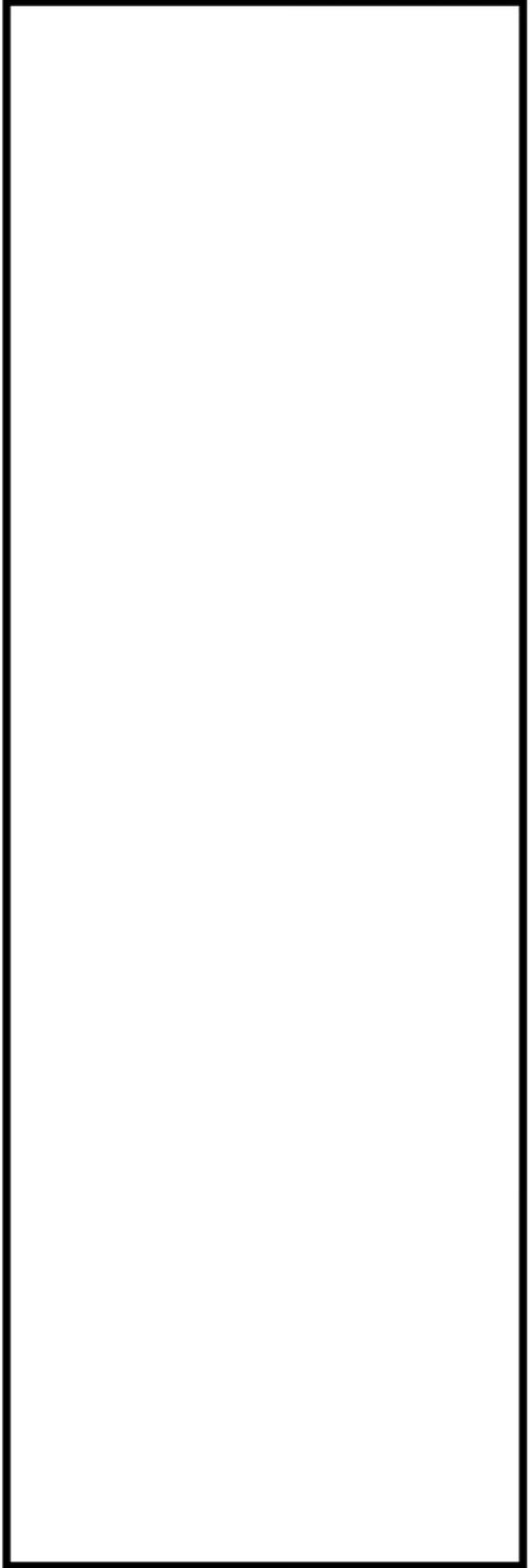
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡NSS,1E1



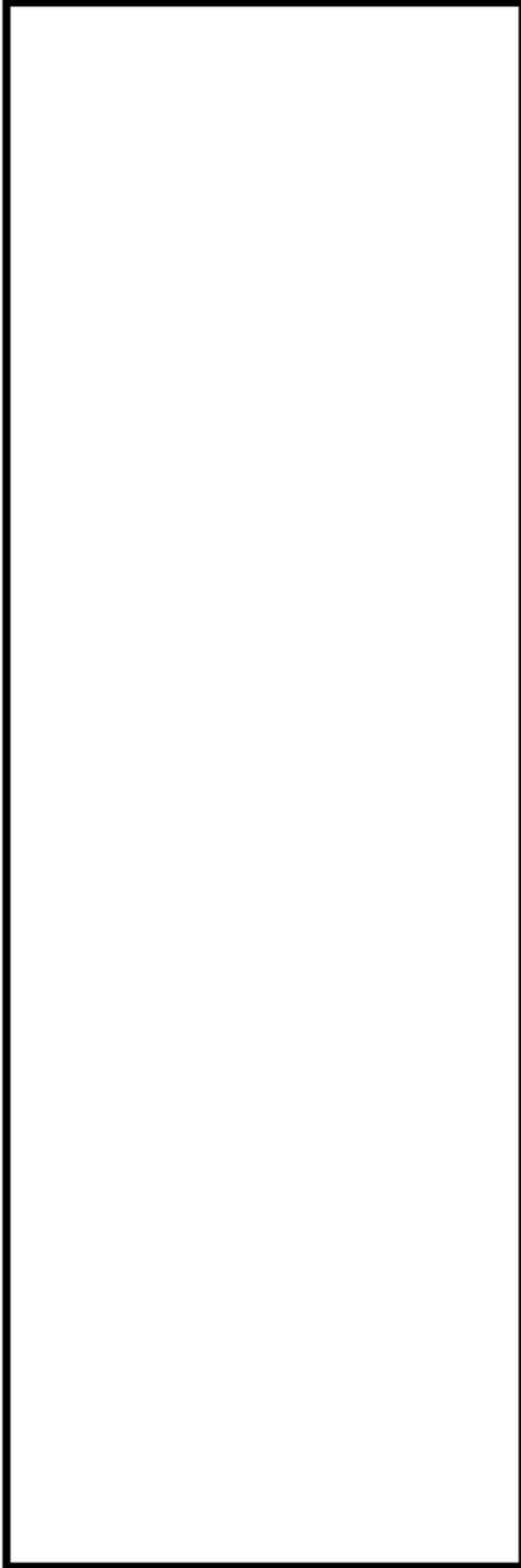
f. 過渡NSS,1H1



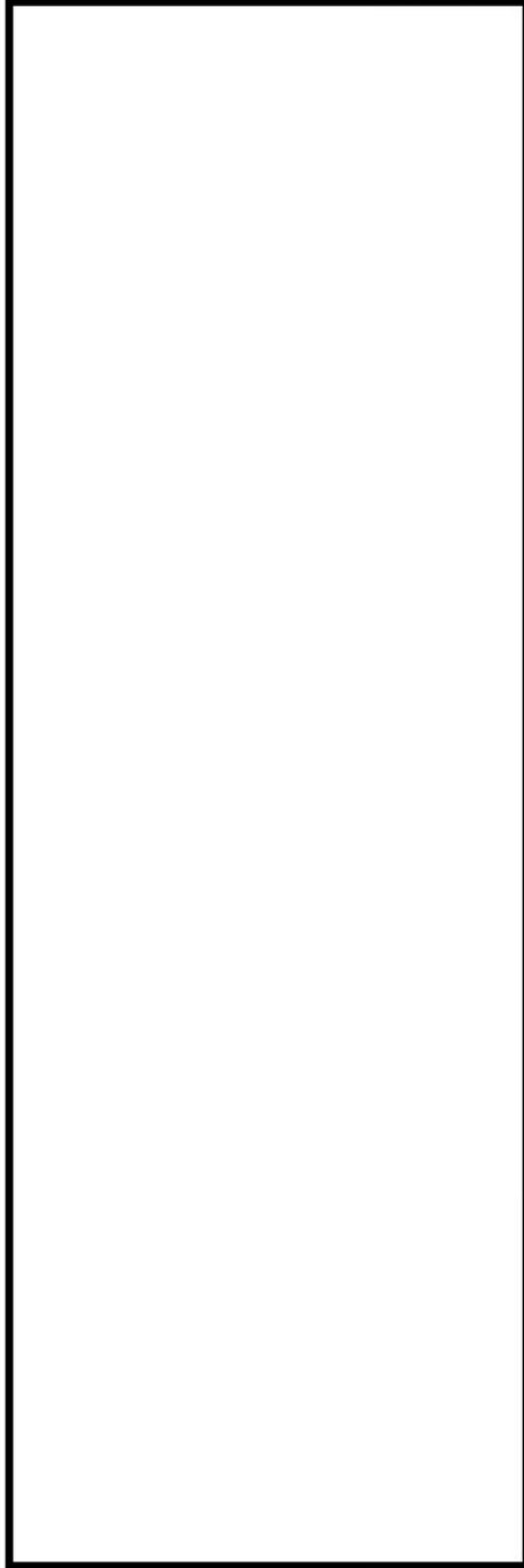
内は商業機密に属しますので公開できません



g. 過渡NSS,1A2



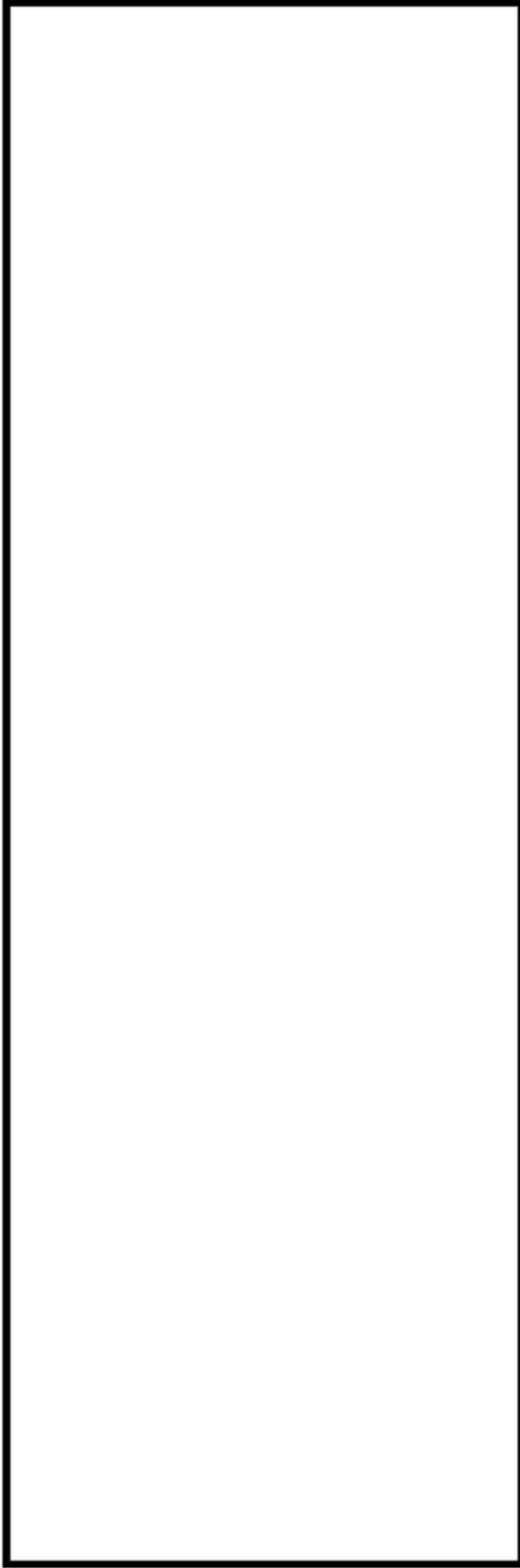
h. 過渡NSS,1B2



内は商業機密に属しますので公開できません

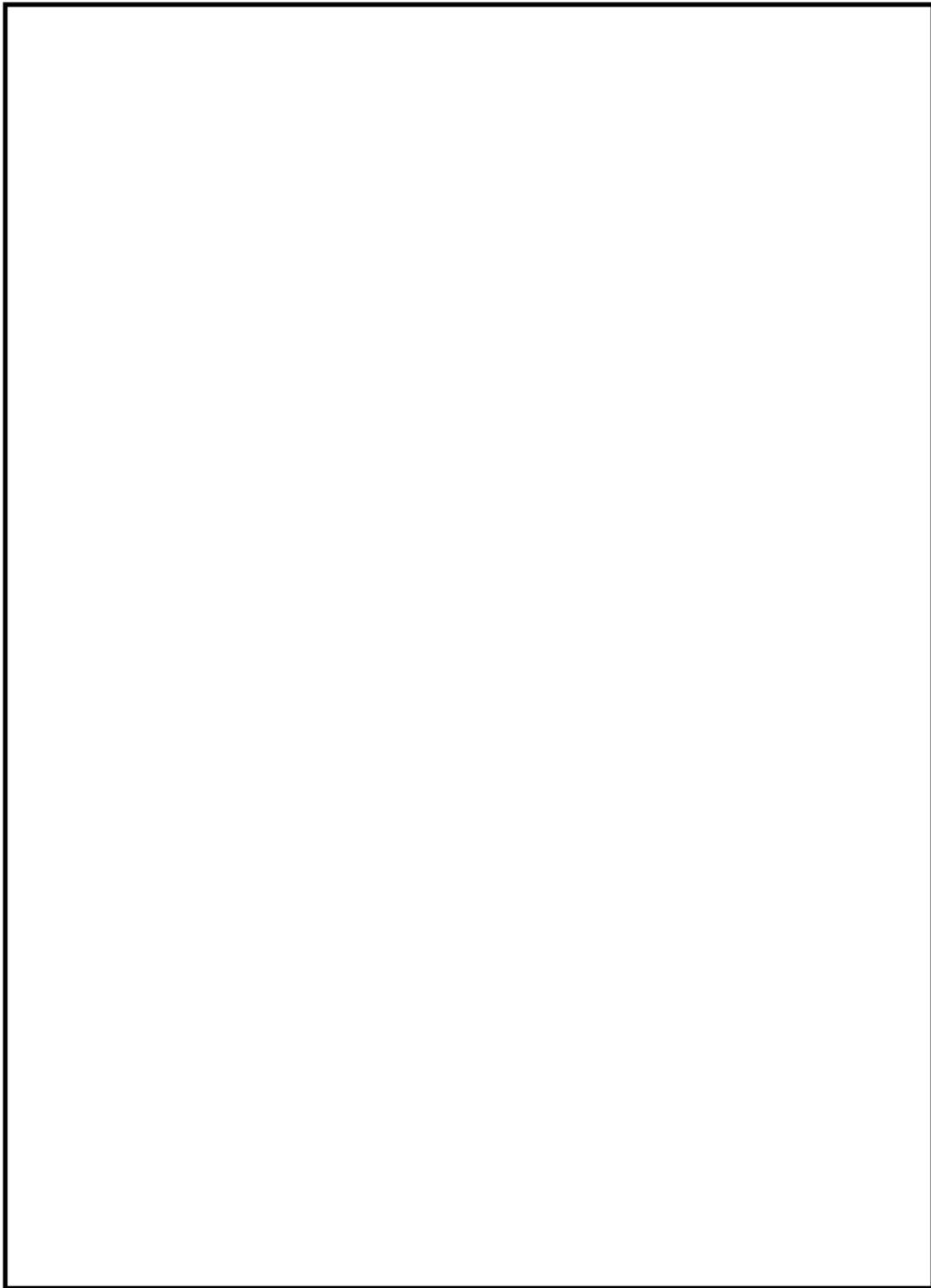


i. 過渡NSS,1C2



内は商業機密に属しますので公開できません





余熱除去クーラ 解析モデルおよび評価点



Ke係数と環境疲労パラメータ (余熱除去クーラ) (詳細評価手法)

過渡条件 記号	一次+二次+ ピーク応力強さ		割増し 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	環境効果を考慮した 疲労累積係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
	smax	sn/n		補正前 sall	補正後 sall'					
A										
B										
合計: 0.03730										
合計: 0.05187										

→通常UF: 0.038

→環境UF: 0.052

内は商業機密に属しますので公開できません

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。

余熱除去クォーラ

a. 過渡1C1,NSS

--

b. 過渡1A1,NSS

--

内は商業機密に属しますので公開できません

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おります。

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) に基づき補正しております。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に示します。

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おります。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りますので、Ymaxの値は解析モデルの要素ごとに変わる値となります。

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

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

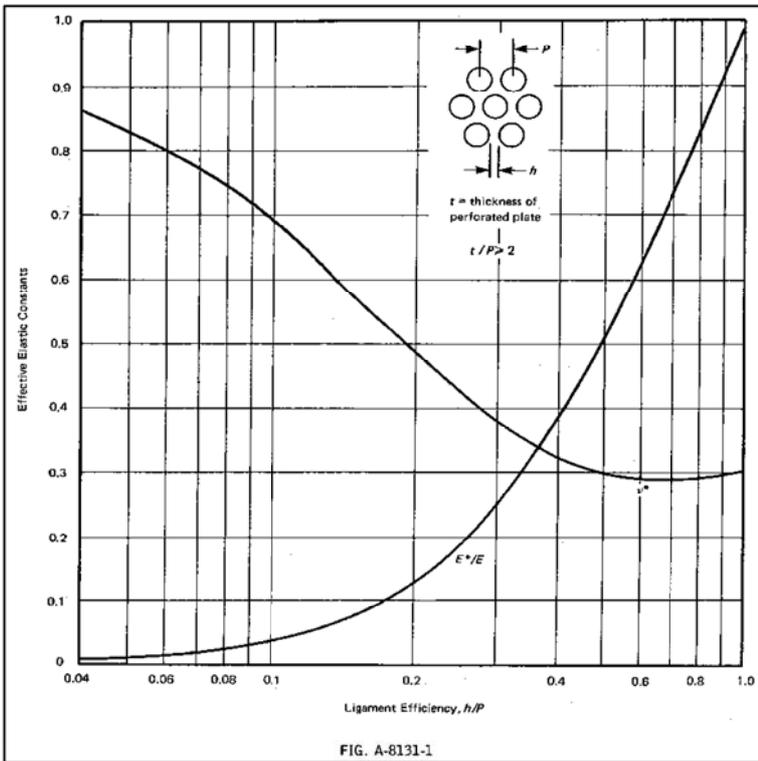


図1 等価縦弾性係数と等価ポアソン比

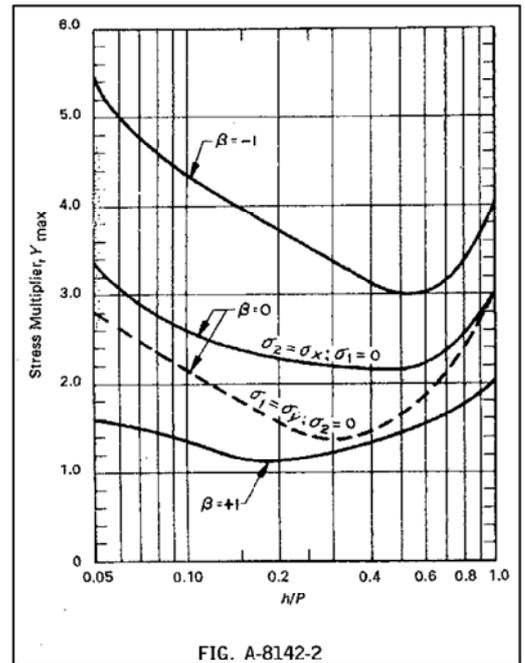


図2 応力指数

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*
高浜1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

 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 2 - 低サイクル疲労 - 7 rev1	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-2熱交換器-2蒸気発生器-21頁)          給水入口管台において、熱成層現象の想定と根拠、熱過渡・応力評価の方法及び評価結果を提示すること。</p>	
回 答	<p>蒸気発生器給水入口管台では、プラント起動・停止時等における低温水の微小給水および停止により、熱成層の発生・消滅が繰返される可能性があることから、熱成層の発生を想定した環境疲労評価を行っています。</p> <p>環境疲労評価における熱成層現象の想定と根拠、熱過渡・応力評価の方法及び評価結果を添付 1 に示します。</p> <p>なお、高浜 2 号機の給水入口管台のサーマルスリーブは差込構造となっています（高浜 1 号機は溶接構造）。当該部分はH23年度に目視にて健全性を確認しております。（添付 2）</p>	

高浜 2 号炉 蒸気発生器給水入口管台の環境疲労評価 (熱成層考慮)

1. 概要

本資料は、蒸気発生器給水入口管台の環境疲労評価の結果についてまとめたものである。  
その結果、環境疲労累積係数 (以降 環境 U. F. と記す) は  $0.658 < 1.0$  であり、問題ないことを確認した。

## 2. 評価方針

### 2.1 適用規格・基準

- 1) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」  
(JSME S NC1-2005/2007、以降「設計・建設規格」と記す。)
- 2) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法」  
(JSME S NF1-2009、以降「環境疲労評価手法」と記す。)

### 2.2 評価手法

#### (1) 環境疲労評価手法

環境疲労評価は、環境疲労評価手法に従って評価を行うものとし、設計・建設規格に基づき算出したU. F. に環境効果補正係数 (Fen) を掛け合わせるにより求める。

$$\text{環境U. F.} = \text{U. F.} \times \text{Fen}$$

## 3. 給水入口管台の疲労評価条件

### 3.1 解析モデル化の方法

給水入口管台の環境疲労評価対象部位を図1に示す。

熱成層応力の解析は3次元の有限要素法解析により行う。

#### (1) 熱成層応力の解析モデル

熱成層応力の解析においては、評価部位周辺を3次元モデルでモデル化した有限要素法解析により行う。

管台及び管台近傍の配管を3次元ソリッド要素でモデル化し、その箇所からアンカーサポートまでをはり要素でモデル化する。

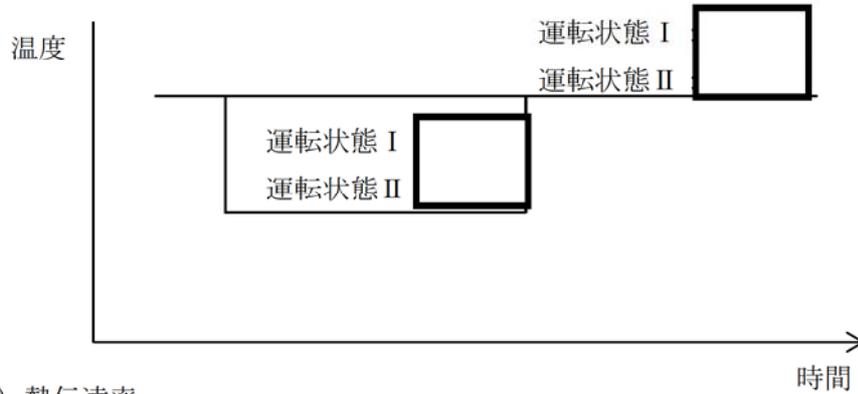
解析に使用したモデルを図2, 3, 4に示す。

#### (2) 解析コード

解析コードはABAQUS Ver. 6.3を使用する。

(3) 過渡条件

熱成層の発生・消滅過程は、安全側にステップ状に発生・消滅するものとする。



(4) 熱伝達率

熱成層による応力の解析に用いる熱伝達率は、以下に示すとおり流量及び温度から給水管台部を領域分けして設定している。

単位 :  $W/(m^2 \cdot K)$

領域 (注)			I	II	III	IV
運転状態 I	熱成層	上部	[Redacted]			
	なし	下部				
	熱成層	上部				
	あり	下部				
運転状態 II	熱成層	上部				
	なし	下部				
	熱成層	上部				
	あり	下部				

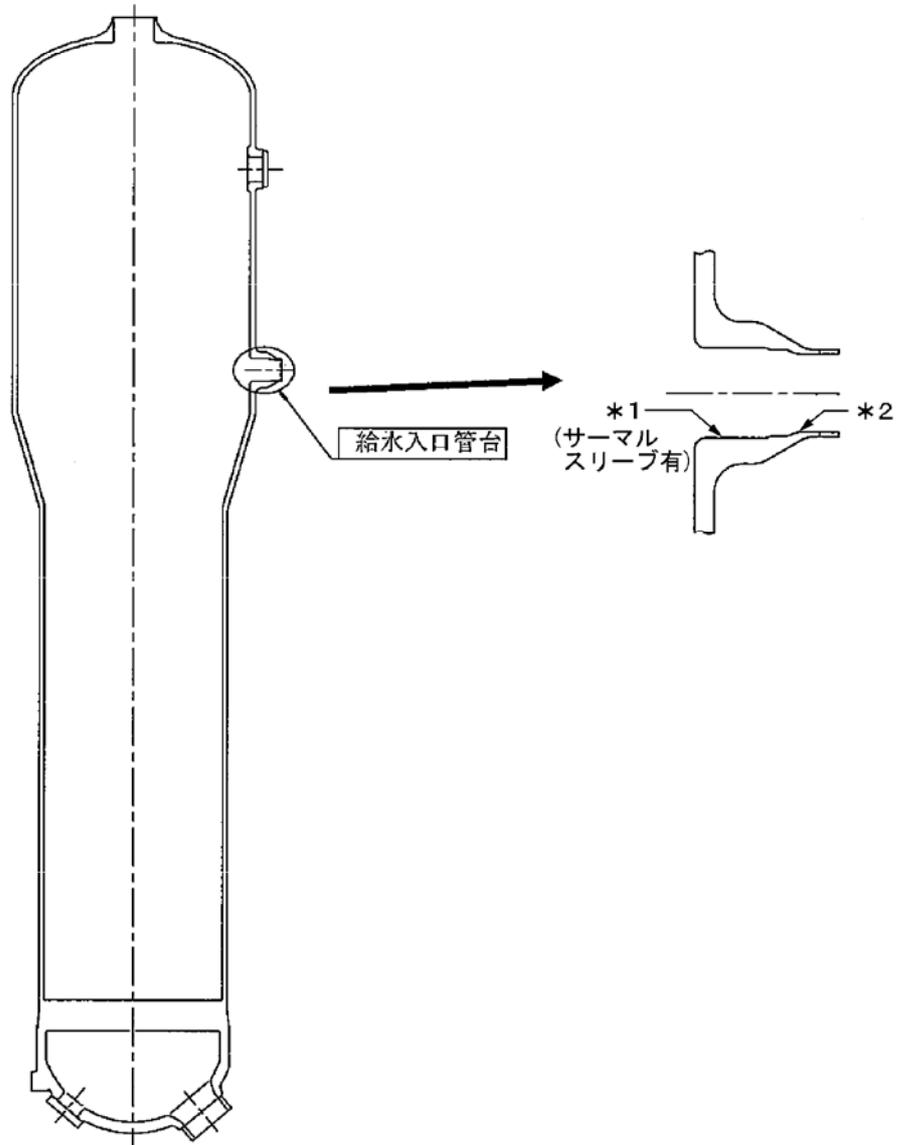
(注) 熱伝達率の領域分けは下図のとおりである。



(5) 物性値

熱成層による応力の解析に用いる材料の物性値は表 1 に示すとおりである。

[Redacted] 内は商業機密に属しますので公開できません



\* 1 : 「設計・建設規格」に基づく疲労評価対象部位(最大)

(非接液部の場合は ( ) 内に理由を記載)

\* 2 : 「環境疲労評価手法」に基づく疲労評価対象部位(最大) (接液部が対象)

図1 高浜2号炉 蒸気発生器給水入口管台の疲労割れ評価対象部位

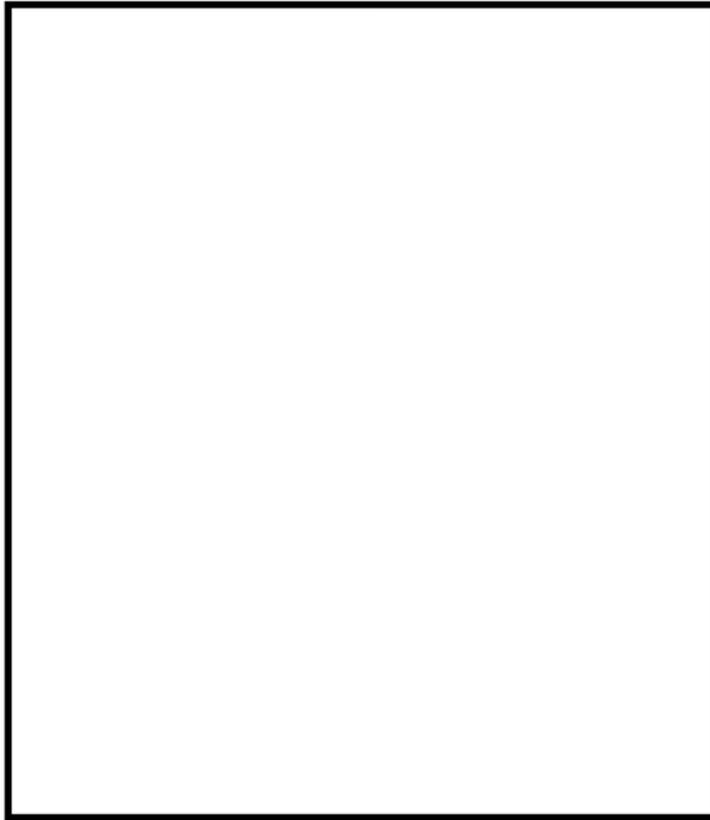


図2 解析モデル (全体図)

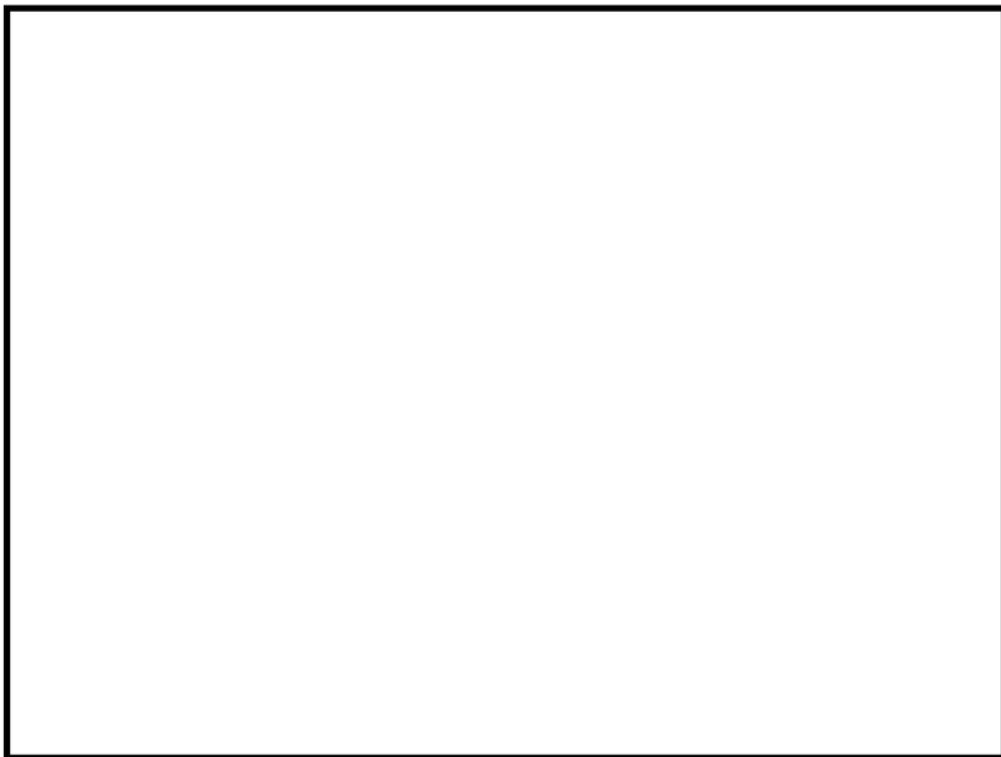


図3 解析モデル (断面図)

内は商業機密に属しますので公開できません



\* 1 : 接液部のうち熱成層による熱応力の影響が大きいと判断される箇所

図 4 解析モデル (拡大図)

内は商業機密に属しますので公開できません

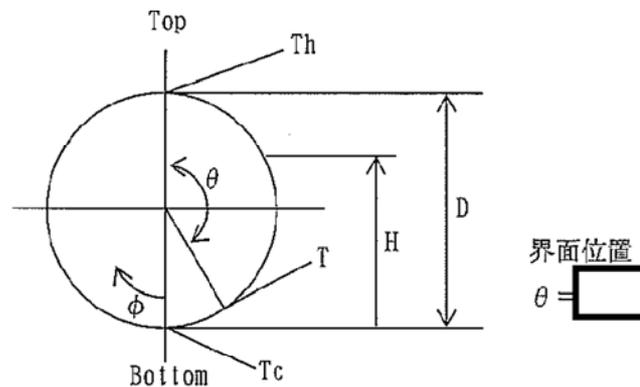
表1 材料物性値

部位	主給水管	給水入口管台	上部胴
材料			
熱伝導率 (W/mK)			
熱容量 ( $\times 10^3$ kJ/m <sup>3</sup> K)			
熱膨脹率 ( $\times 10^{-6}$ mm/mm $^{\circ}$ C)			
縦弾性係数 (MPa)			
ポアソン比 (-)			

(注) 上記物性値は蒸気発生器2次側の定格出力運転時の温度 (276.9 $^{\circ}$ C) における値であり、解析上は温度依存性を考慮してそれぞれの時刻の温度に基づく値を使用している。

(6) 温度プロファイル

熱成層界面位置は過去に実機プラントの給水管を計測しており、その際の検討結果より、水平配管頂部からの角度を設定している。



[ ] 内は商業機密に属しますので公開できません

### 3.2 過渡条件

#### (1) 過渡回数

これまでの運転実績に基づく運転開始後60年時点での推定過渡回数で評価を実施する。

#### (2) 温度条件

低温水の微小給水・給水停止の繰返しによる熱成層の発生・消滅を評価する。

### 4. 評価結果

熱成層を考慮した環境疲労評価結果を表2に、過渡記号を表3に示す。

以上

表2 給水入口管台環境疲労評価結果(環境U. F. が最大となる評価点)

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 :	0.65720

→ 環境Uf:0.658

表3 過渡記号

記号	過渡事象
1C1	負荷上昇(15%から100%出力)
1G1	100%からの大きいステップ状負荷減少
1N1*	運転状態Ⅰにおける冷水注入
2B1	外部電源喪失
2D3	100%からの原子炉トリップ 不注意な冷却を伴うトリップ
2D5	100%からの原子炉トリップ 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ
2E1	1次冷却系の異常な減圧
2G1	出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動
2T1*	運転状態Ⅱにおける冷水注入

\* : 熱成層の発生を考慮している過渡

内は商業機密に属しますので公開できません

高浜2号機 第27回定検

蒸気発生器2次側構造物保全計画策定に向けた調査（取替SG） 報告書抜粋

4.2 給水内管サーマルスリーブ

給水内管サーマルスリーブ内面先端部を目視調査した結果、有意な腐食・傷・変形は認められなかった。また、給水管台とサーマルスリーブ外面の隙間（サーマルスリーブ外面のスペーサ4箇所周辺）についても、目視調査した結果、有意な腐食・傷・変形は認められなかった。給水内管サーマルスリーブ内面先端部の撮影写真を図4-2-1、サーマルスリーブ外面のスペーサの撮影写真を図4-2-2に示す。

なお、高浜2号機の給水内管サーマルスリーブはCr-Mo鋼製であるため、基本的には経年劣化が想定される箇所ではないが、今回材質改善による対策の効果を確認する目的で供用期間の長い高浜2号機を代表プラントとして調査を実施したものである。今回の調査にて現時点（SGR後12.5万時間経過時点）で顕著な減肉傾向がないことを確認したことにより、改めてCr-Mo鋼製給水内管サーマルスリーブにおいては流れ加速型腐食（FAC）による減肉を経年劣化モードとして想定する必要性が小さいことが示された。

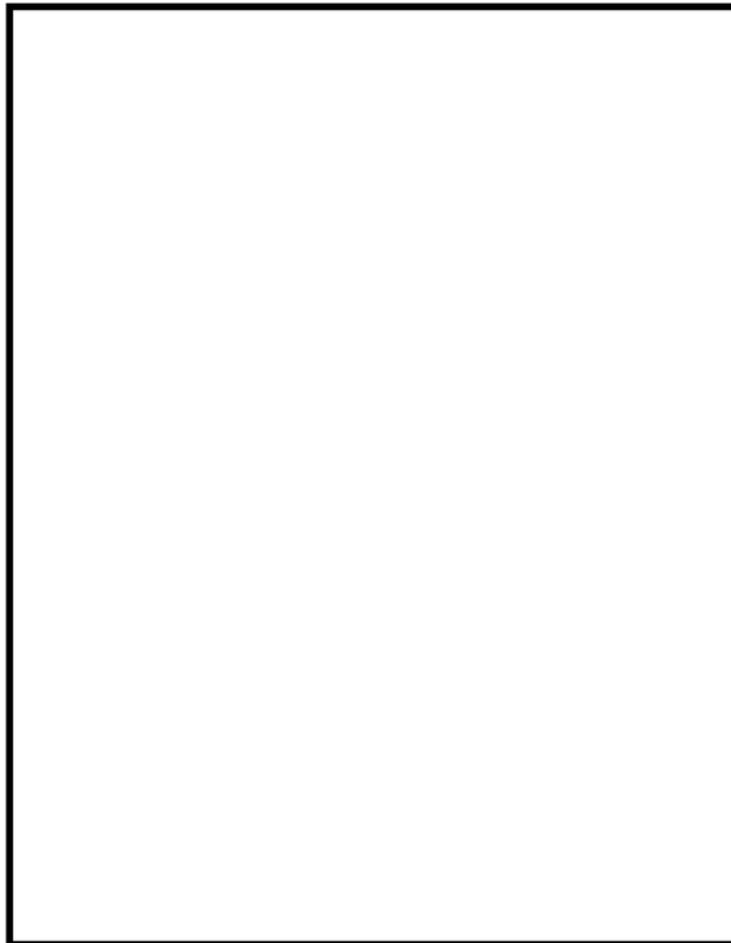


図4-2-1 給水内管サーマルスリーブ内面の目視調査結果

本調査にてA-SGのサーマルスリーブ他の目視点検を実施した。その結果サーマルスリーブには有意な腐食、傷、変形が認められず、写真に示すようにサーマルスリーブの位置ずれ、外れも認められない。このため、サーマルスリーブの長期健全性は問題ないと考えられる。

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2－低サイクル疲労－8	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-6頁)          出入口管台等の疲労割れに係る評価対象部位の抽出の妥当性についての説明を提示すること。</p>	
回 答	<p>疲労評価対象部位は、強度評価上厳しくなる以下の部位を対象としています。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造不連続部（支持構造物取付部含む）</li> <li>・材料不連続部</li> </ul> <p>なお、原子炉容器については、工認で評価されている部位に加えて、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ます。</p> <p>添付資料：建設時工認資料、原子炉容器上蓋取替工事工認資料及び高浜2号炉高経年化技術評価書（抜粋）</p>	

目 次

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 形状及び寸法
  - 2 解析モデル
  - 3. 最高使用圧力に対する応力評価
  - 4. 二次応力の判定
  - 5. ピーク応力の判定
  - 6. 二次応力計算結果
  - 7. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
  - 8. 疲労累積損傷係数

2 冷却材入口管台

- 2-1 形状及び寸法
  - 2. 解析モデル
  - 3. 冷却材入口管台に働く荷重
  - 4. 最高使用圧力に対する応力評価
  - 5. 二次応力の判定
  - 6. ピーク応力の判定
  - 7. 二次応力計算結果
  - 8. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
  - 9. 疲労累積損傷係数

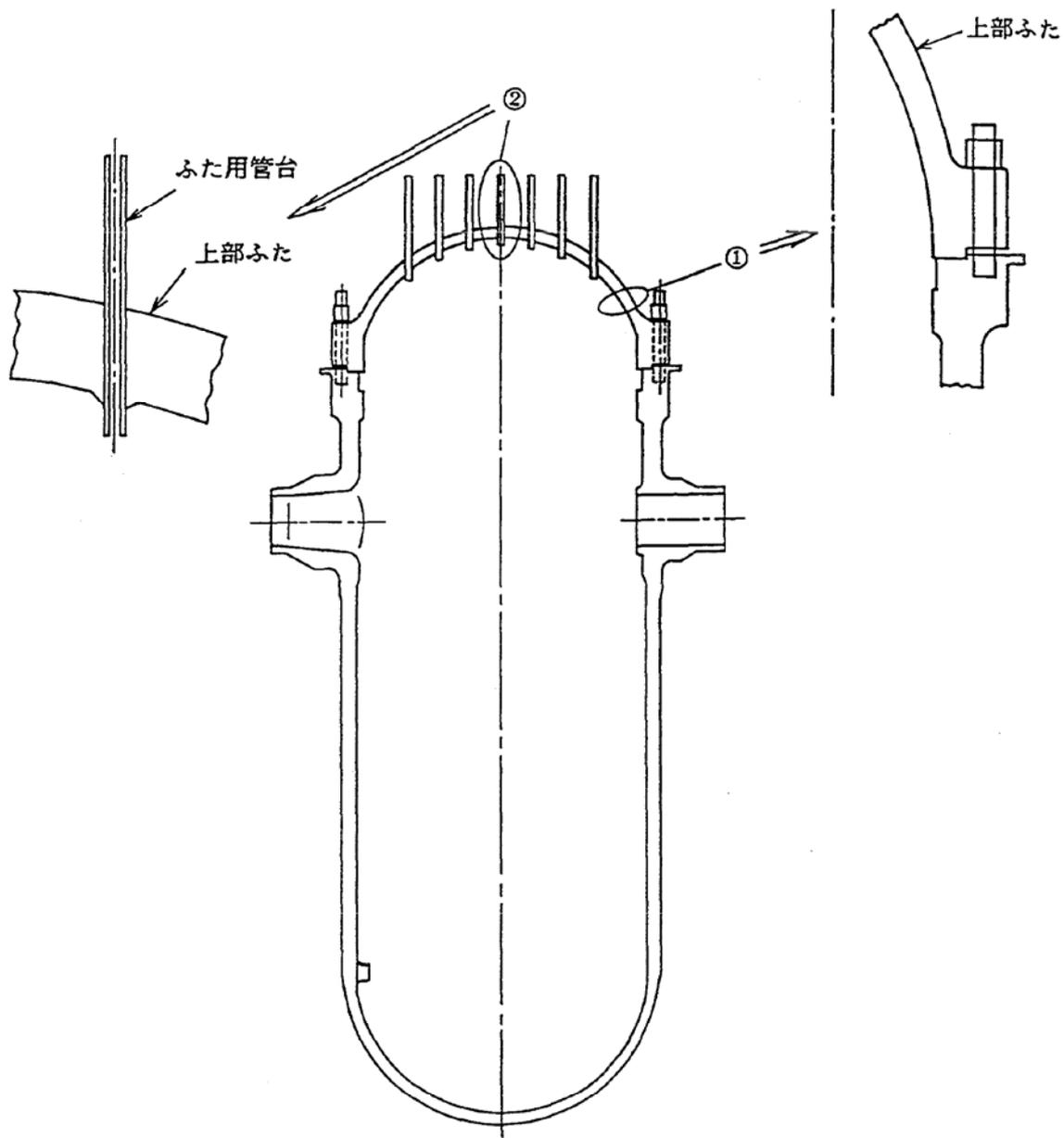
3 冷却材出口管台

- 3-1 形状及び寸法
  - 2. 解析モデル

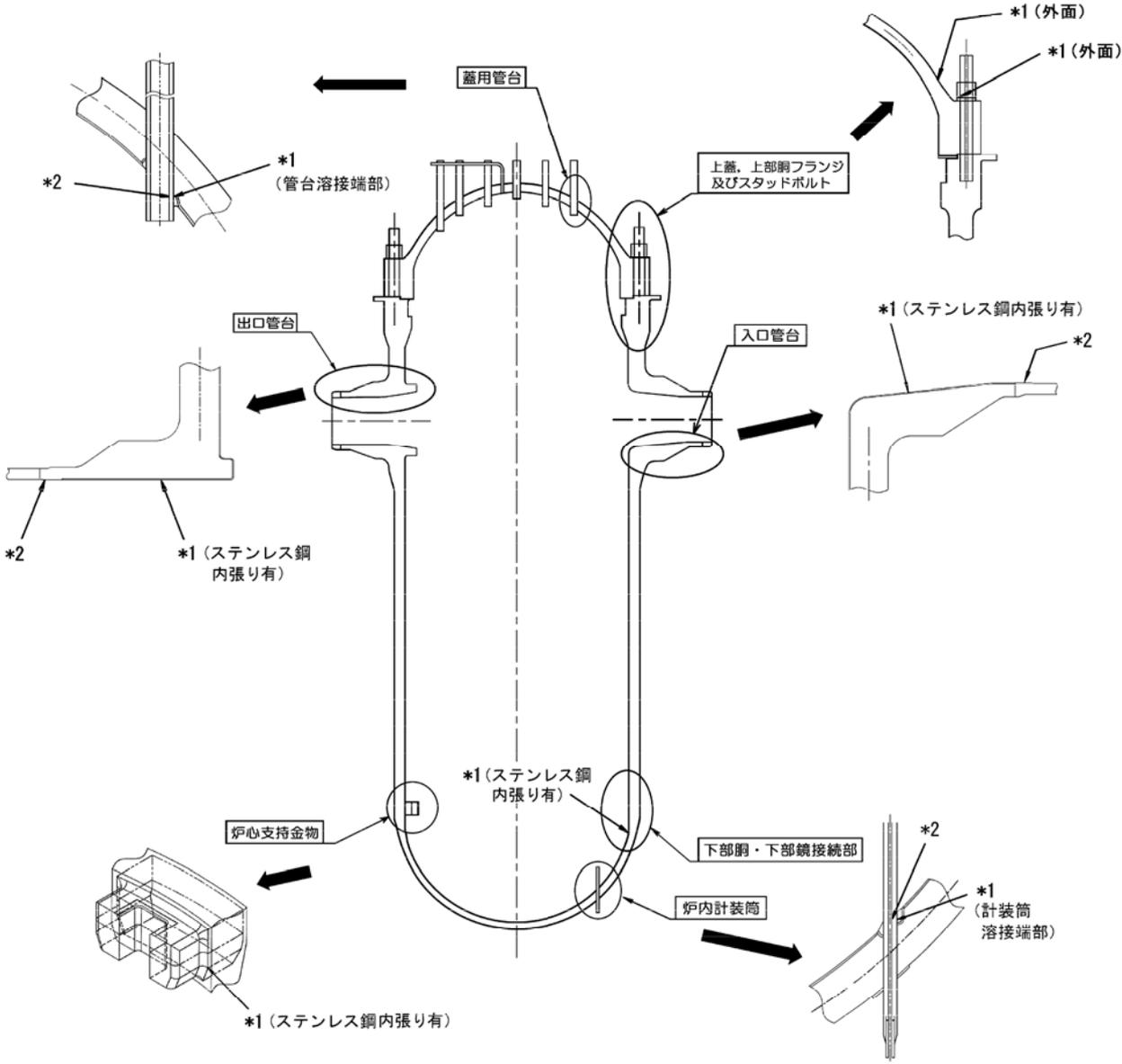
3. 冷却材出口管台に働く荷重
4. 最高使用圧力に対する応力評価
5. 二次応力の判定
6. ピーク応力の判定
7. 二次応力計算結果
8. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
9. 疲労累積損傷係数

#### 4 原子炉容器の下部胴，下部鏡接続部

- 4-1 形状及び寸法
2. 解析モデル
3. 最高使用圧力に対する応力評価
4. 二次応力判定
5. ピーク応力判定
6. 二次応力計算結果
7. 各過渡条件におけるピーク応力の全振幅
8. 疲労累積損傷係数



原子炉容器上蓋取替工事工認評価部位



高経年化技術評価における評価部位

No.	高浜2-低サイクル疲労-10rev1	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-4容器-3.2機械ペネトレーション-30頁) 余熱除去クーラ出口・余熱除去ポンプ入ロライン貫通部の疲労累積係数の算出根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>余熱除去クーラ出口・余熱除去ポンプ入ロライン貫通部 配管解析から当該部位に加わる負荷を算出し、材料力学公式(参考文献 Formulas for Stress and Strain Raymond J. Roark他著)とPVB-3130の応力集中係数にかかわる規定を用いて疲労評価を行っています。疲労評価部位は端板と配管との境界部分であり、応力集中係数は4を考慮しています。</p>	

配管貫通部の基本寸法箇所と仕様 (形状、材料) を図 1、表 1 に示す。

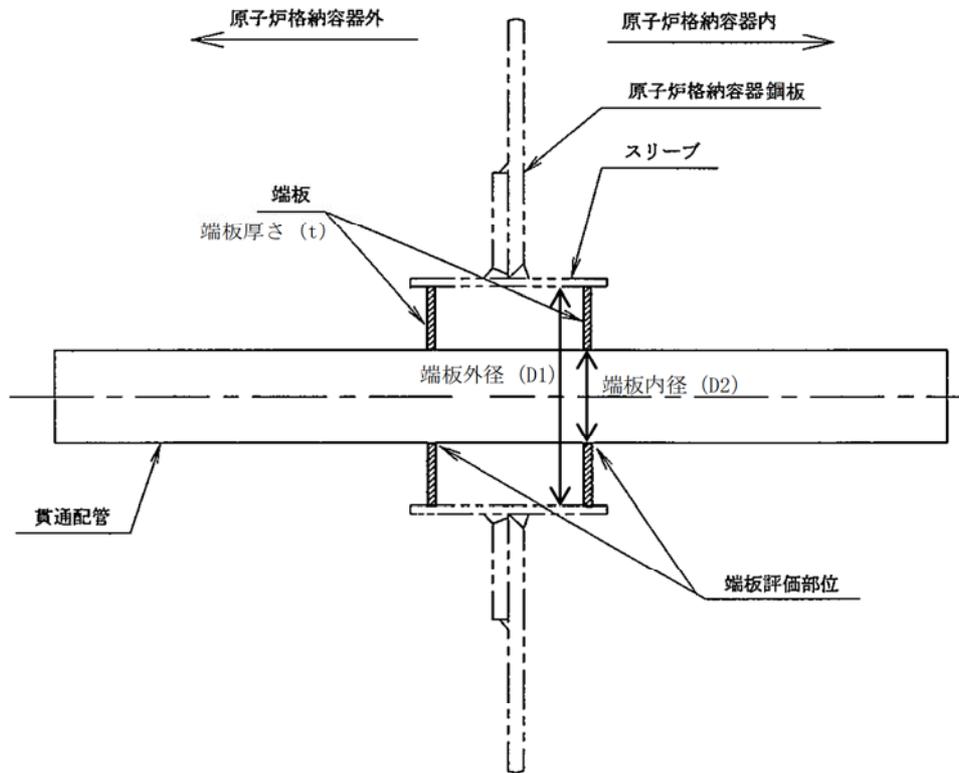


図 1 余熱除去クーラ出口・余熱除去ポンプ入ロライン貫通部の基本寸法箇所

表 1 余熱除去クーラ出口・余熱除去ポンプ入ロライン貫通部の仕様

格納容器最高 使用圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	端板外径 (mm) D <sub>1</sub>	端板内径 (mm) D <sub>2</sub>	端板板厚 (mm) t	端板材料	材料の最高使用 温度における 縦弾性係数 (MPa)
[Redacted]						

配管解析からの負荷と貫通部の仕様を用いて材料力学公式によって評価部位の最大発生応力が求まる。その応力に対応する許容回数を疲労線図 (JSME S NC1-2005/2007) から算出し、以下の式により疲労累積係数 (U<sub>f</sub>) が算出される。

$$U_f = \frac{n}{N}$$

ここで、n=過渡による負荷回数、N=発生応力で許容される回数

	ピーク応力 強さ (MPa)	過渡による 負荷回数 (n)	許容回数 (N)	U <sub>f</sub>
固定式端板	[Redacted]			0.356

[Redacted] 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 2 - 中性子照射脆化 - 1	事象：中性子照射脆化
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-23頁)  「内表面」及び「内表面から板厚tの1/4深さ」に係る、2015年4月時点及び運転開始後60年時点の中性子照射量の計算過程について提示すること。</p>	
回 答	<p>「内表面」及び「内表面から板厚tの1/4深さ」に係る、2015年4月時点及び運転開始後60年時点の中性子照射量の計算過程について添付 1 に示します。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

中性子照射量算出要領

評価時期における原子炉容器内表面および原子炉容器内表面から板厚tの1/4t深さ位置での中性子照射量fは、第4回監視試験により得られた中性子照射量f<sub>1</sub>及び定格負荷相当年数EFPY<sub>1</sub>を用いて算出した中性子束に対し、原子炉容器内表面のリードファクタLF及び板厚方向の減衰係数を考慮し、評価時点での定格負荷相当年数EFPY<sub>2</sub>を乗じて算出する。

$$f = \underbrace{f_1 \div \text{EFPY}_1}_{\text{カプセル位置での中性子束}} \div \underbrace{\text{LF}}_{\text{内表面位置での中性子束}} \times \underbrace{\exp(-0.24 \times t \div 4 \div 25.4)}_{\text{1/4t深さ位置での中性子束}} \times \text{EFPY}_2$$

評価時期における1/4t深さ位置での中性子照射量

高浜2号炉の中性子照射量算出に用いる値を下表に示す。

表 中性子照射量算出に用いる値

記号	算出に用いる値
f <sub>1</sub> (×10 <sup>19</sup> n/cm <sup>2</sup> )	□
EFPY <sub>1</sub>	□
EFPY <sub>2</sub>	(2015年4月時点) (運転開始後60年時点)
LF	□
t (mm)	□

2015年4月時点及び運転開始後60年時点における原子炉容器内表面での中性子照射量fは以下となる。

- ① 原子炉容器内表面：2015年4月時点

f = □  
≒ □

- ② 原子炉容器内表面：運転開始後60年時点

f = □  
≒ □

2015年4月時点及び運転開始後60年時点における原子炉容器内表面から板厚tの1/4t深さ位置での中性子照射量fは以下となる。

- ③ 原子炉容器内表面から板厚tの1/4t深さ位置：2015年4月時点

f = □  
≒ □

- ④ 原子炉容器内表面から板厚tの1/4t深さ位置：運転開始後60年時点

f = □  
≒ □

以上

No.	高浜 2 - 中性子照射脆化 - 2	事象：中性子照射脆化																					
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-25頁) 国内脆化予測法 (JEAC4201-2007/2013追補版 (案)) で評価がなされているが、JEAC4201-2007/2010追補版と比較して、その評価の妥当性について提示すること。</p>																						
回 答	<p>電気技術規程「原子炉構造材の監視試験方法 (JEAC4201)」は、発電用軽水炉原子炉压力容器用鋼材の中性子照射による機械的性質の変化を定期的に調査し評価するための監視試験方法について規定しているもので、1970年の初版制定以降、新しい知見等を加えて改定が実施されています。</p> <p>2013追補版では、近年採取された比較的照射量の高い監視試験データを反映することにより、JEAC4201附属書Bに記載されている中性子照射による関連温度移行量の予測が、特に高照射領域においてJEAC4201-2007/2010追補版と比べて改善しております。</p> <p>このため、JEAC4201-2007/2013追補版が高浜 2 号機の評価を行なうに際して現在最も予測精度の高い手法であると判断しました。</p> <p>参考に、JEAC4201-2007/2010追補版およびJEAC4201-2007/2013追補版を用いて評価した高浜 2 号炉関連温度予測値を示します。</p> <p style="text-align: center;"><u>JEAC4201-2007/2013追補版を用いて評価した関連温度の予測値</u></p> <table border="1" data-bbox="528 1211 1227 1442"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評 価 時 期</th> <th rowspan="2">中性子照射量*1 (<math>\times 10^{19}n/cm^2</math>) [E &gt; 1 MeV]</th> <th colspan="2">関 連 温 度*2 (°C)</th> </tr> <tr> <th>母 材</th> <th>溶接金属</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>運転開始後 60年時点</td> <td>4.67</td> <td>50</td> <td>37</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><u>JEAC4201-2007/2010追補版を用いて評価した関連温度の予測値</u></p> <table border="1" data-bbox="528 1561 1227 1792"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評 価 時 期</th> <th rowspan="2">中性子照射量*1 (<math>\times 10^{19}n/cm^2</math>) [E &gt; 1 MeV]</th> <th colspan="2">関 連 温 度*2 (°C)</th> </tr> <tr> <th>母 材</th> <th>溶接金属</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>運転開始後 60年時点</td> <td>4.67</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">*1:内表面から板厚 t の 1 / 4 t 深さでの中性子照射量 *2:内表面から板厚 t の 1 / 4 t 深さでの予測値</p> <p style="text-align: right;">以上</p>			評 価 時 期	中性子照射量*1 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E > 1 MeV]	関 連 温 度*2 (°C)		母 材	溶接金属	運転開始後 60年時点	4.67	50	37	評 価 時 期	中性子照射量*1 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E > 1 MeV]	関 連 温 度*2 (°C)		母 材	溶接金属	運転開始後 60年時点	4.67		
評 価 時 期	中性子照射量*1 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E > 1 MeV]	関 連 温 度*2 (°C)																					
		母 材	溶接金属																				
運転開始後 60年時点	4.67	50	37																				
評 価 時 期	中性子照射量*1 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E > 1 MeV]	関 連 温 度*2 (°C)																					
		母 材	溶接金属																				
運転開始後 60年時点	4.67																						

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 2 - 中性子照射脆化 - 3	事象：中性子照射脆化
質 問	<p>(別冊-4容器-1原子炉容器-25頁)                  2015年4月時点及び運転開始後60年時点の関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測の計算過程及び計算に用いた数値を提示すること。</p>	
回 答	<p>2015年4月時点及び60年時点の関連温度及び上部棚吸収エネルギーの予測はJEAC4201-2007/2013追補版に従って評価しています。評価結果の算出過程を添付資料に示します。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

## 1. 関連温度の算出

## 1.1 関連温度算出の詳細な要領

RTNDTの予測値(RTNDT調整値)は次の通り算出する。

$$RTNDT調整値 = RTNDT初期値 + \Delta RTNDT予測値 \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\Delta RTNDT予測値 = \Delta RTNDT計算値 + MR \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

RTNDT初期値 : 照射前の試験により決定したRTNDT(°C)

$\Delta RTNDT$ 計算値 : 以下のように設定する。

$\Delta RTNDT$ 計算値(°C)はJEAC4201-2007/2013追補版の附属書表B-2100-1(PWRの場合)より、公称照射温度から適用表を選択し、中性子束、Cu含有量、Ni含有量及び中性子照射量又はEFPYにより比例法及び対数補間にて算出する。なお、中性子照射量  $f$  ( $\times 10^{19}n/cm^2$ 、 $E > 1MeV$ )は、容器内面からの深さを  $a$ (mm)とすると次式で与えられる。

$$f = f_0 \cdot \exp(-0.24a/25.4) \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

ここで、 $f_0$ : 容器内面での中性子照射量( $\times 10^{19}n/cm^2$ 、 $E > 1MeV$ )

MR : マージン(°C)であり、22°Cである。

しかしながら、監視試験による $\Delta RTNDT$ の実測値が(1.2)式で求まる $\Delta RTNDT$ 予測値を上回った場合は実測値を包絡するようにMRを定め直す。

当該材料に対して2個以上の監視試験による $\Delta RTNDT$ の実測値がある場合、そのデータを用いて以下の様に $\Delta RTNDT$ 予測値を求め、それと(1.1)式を用いてRTNDT調整値を求める。

$$\Delta RTNDT予測値 = [\Delta RTNDT計算値 + Mc] + MR \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

$\Delta RTNDT$ 計算値 : 附属書表B-2100-1より求めた $\Delta RTNDT$ 計算値(°C)

Mc : 実測値で補正する場合に用いるマージン(°C)であり、次式で求める。ただし、 $[\Delta RTNDT計算値 + Mc]$ が負となる場合は、 $[\Delta RTNDT計算値$

+M<sub>C</sub>] を0とする。

$$M_C = \frac{\sum_{i=1}^n \{(\Delta RT_{NDT} \text{実測値})_i - (\Delta RT_{NDT} \text{計算値})_i\}}{n} \dots\dots (1.5)$$

ここで、 $n$  : 監視試験データ数  
 $(\Delta RT_{NDT} \text{実測値})_i$  : 第  $i$  回監視試験より得られた  
 $\Delta RT_{NDT}$ の実測値(°C)

この場合、(1.4)式のマージンM<sub>R</sub>は18°Cとすることができる。  
 ただし、監視試験による $\Delta RT_{NDT}$ の実測値が(1.4)式で求まる $\Delta RT_{NDT}$ 予測値  
 を上回った場合は実測値を包含するようにM<sub>R</sub>を定め直す。

本脆化予測法の適用範囲を以下に示す。

	(母材及び溶接金属)
・ 材料のCu含有量 (mass%)	0.25以下
・ 材料のNi含有量 (mass%)	0.5~1.1
・ 材料のP含有量 (mass%)	0.025以下
・ 中性子照射量 (n/cm <sup>2</sup> 、E>1MeV)	1.0×10 <sup>17</sup> ~1.3×10 <sup>20</sup>
・ 中性子束 (n/cm <sup>2</sup> /s、E>1MeV)	1.0×10 <sup>7</sup> ~1.0×10 <sup>12</sup>
・ 公称照射温度 (°C)	270~290

[注記]

- ・ Cu含有量が0.04mass%以下の場合は、Cu含有量は0.04mass%として関連温度移行量を予測する。

## 1.2 関連温度算出結果

関連温度の算出に用いる各部材の化学成分及び公称照射温度を添付表-1、各時期(照射前～第4回監視試験時点, 2015年4月時点 [ ] 及び運転開始後60年時点 [ ])における中性子照射量, 中性子束,  $RT_{NDT}$ 実測値を添付表-2に示す。

添付表-1 各部材の化学成分及び公称照射温度

部材	化学成分 (mass%)			公称照射温度 (°C)
	Cu	Ni	P	
母材 (熱影響部)	0.10	0.57	0.010	[ ]
溶接金属	0.13	0.84	0.012	

添付表-2 各時期における中性子照射量, 中性子束,  $RT_{NDT}$ 実測値

監視試験回次 及び評価時期	中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E>1MeV]	中性子束 ( $\times 10^{10}n/cm^2/s$ ) [E>1MeV]	$RT_{NDT}$ 実測値 (°C)		
			母材	熱影響部	溶接金属
0	—	—	-30	-69	-53
1	0.31	[ ]	-13	-60	-33
2	2.15		11	-7	4
3	3.54		18	-25	8
4	5.63		40	-20	27
2015年4月時点*1	2.90		—	—	—
運転開始後60年時点*1	4.67		—	—	—

\*1 : 1/4T位置

[ ] 内は商業機密に属しますので公開できません

1.1項に従い添付表-1及び2のデータを用いて算出した $\Delta RT_{NDT}$ 計算値を添付表-3に示す。

添付表-3 各時期における $\Delta RT_{NDT}$ 計算値

監視試験回次 及び評価時期	$\Delta RT_{NDT}$ 計算値 (°C)		
	母材	熱影響部	溶接金属
1			
2			
3			
4			
2015年4月時点*			
運転開始後60年時点*			

\* : 1/4T位置

1.1項に従い添付表-2及び3のデータを用いて算出した $M_C$ 及び $M_R$ を添付表-4に示す。

添付表-4 各部材における $M_C$ 及び $M_R$

部材	$M_C$	$M_R$
母材		
熱影響部		
溶接金属		

ここで、(1.1)式及び(1.4)式に従い、関連温度の算出式をまとめると、以下の通り。

$RT_{NDT}$ 調整値

$$= RT_{NDT}初期値 + [\Delta RT_{NDT}計算値 + M_C] + M_R \dots\dots\dots (1.6)$$

1.1項に従い添付表-2~4のデータを用いて、(1.6)式より2015年4月時点 [ ] 及び運転開始後60年時点 [ ] における内表面から板厚 $t$ の $1/4t$ 深さでの関連温度を算出した結果を以下に示す。

2015年4月時点

母材	40 (°C) ≒	[ ]
熱影響部	3 (°C) ≒	
溶接金属	28 (°C) ≒	

[ ] 内は商業機密に属しますので公開できません

運転開始後60年時点

母材	50 (°C) ≒	<input type="text"/>
熱影響部	13 (°C) ≒	
溶接金属	37 (°C) ≒	

内は商業機密に属しますので公開できません

## 2. 上部棚吸収エネルギーの算出

## 2.1 上部棚吸収エネルギー算出の詳細な要領

USEの予測値(USE調整値)は次の通り算出する。

$$\text{USE調整値 (J)} = \text{USE初期値} \times (1 - \Delta \text{USE予測値}/100) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

USE初期値 : 照射前の試験により決定したUSE (J)

$$\Delta \text{USE予測値 (\%)} = C_0 + [CF_U] \cdot [FF_U]_{(f)} + M_U \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$C_0$  : 母材(含む熱影響部)については-0.95、溶接金属については-2.78

$[CF_U]$  : 化学成分 (mass%) による係数

母材(含む熱影響部)

$$[CF_U] = 5.23 + 9.36 \cdot (0.5 + 0.5 \cdot \tanh\{(Cu - 0.087)/0.034\}) \\ \times (1 + 0.59 \cdot Ni) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

溶接金属

$$[CF_U] = 9.78 + 3.96 \cdot (0.5 + 0.5 \cdot \tanh\{(Cu - 0.086)/0.045\}) \\ \times (1 + 3.63 \cdot Ni) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Cu : 銅の含有量 (mass%)

Ni : ニッケルの含有量 (mass%)

$[FF_U]_{(f)}$  : 中性子照射量  $f$  ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ,  $E > 1MeV$ ) による係数

$$\text{母材(含む熱影響部)} \quad [FF_U]_{(f)} = f^{(0.349 - 0.068 \log f)} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{溶接金属} \quad [FF_U]_{(f)} = f^{(0.234 + 0.015 \log f)} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$f = f_0 \cdot \exp(-0.24a/25.4) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$f_0$  : 容器内面での中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ,  $E > 1MeV$ )

$a$  : 容器内面からの深さ (mm)

MU : 以下のように設定する。

- 1) 当該の材料に対して監視試験による $\Delta USE$ の実測値が2個未満の場合

$$MU = 2\sigma_{\Delta U} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$\sigma_{\Delta U}$  :  $\Delta USE$ に関する標準偏差(%)

母材(含む熱影響部)については6.9%、溶接金属については7.5%。

ただし、監視試験(第1回)による $\Delta USE$ の実測値が(2.2)式で求まる $\Delta USE$ 予測値を上回った場合は実測値を包含するようにMUを定め直す。

- 2) 当該の材料に対して監視試験による $\Delta USE$ の実測値が2個以上の場合

$$MU = \frac{\sum_{i=1}^n \{(\Delta USE \text{実測値})_i - (G_0 + [CF_U] \cdot [FF_U]_{(fi)})\}}{n} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$(\Delta USE \text{実測値})_i$  : 第*i*回監視試験より得られた $\Delta USE$ の実測値(%)

$n$  : 監視試験データ数

ただし、監視試験による最大の $\Delta USE$ の実測値が(2.2)式で求まる $\Delta USE$ 予測値を上回った場合は実測値を包含するようにMUを定め直す。

国内USE予測式の適用範囲を以下に示す。

	母材	溶接金属
・ 材料のCu含有量 (mass%)	0.25以下	0.20以下
・ 材料のNi含有量 (mass%)	0.5~1.0	0.5~1.1
・ 材料のP含有量 (mass%)	0.020以下	0.016以下
・ 中性子照射量 (n/cm <sup>2</sup> 、E>1MeV)	1.0×10 <sup>17</sup> ~1.2×10 <sup>20</sup>	
・ 公称照射温度(°C)	274~310	

## 2.2 上部棚吸収エネルギー算出結果

上部棚吸収エネルギーの算出に用いる各部材の化学成分及び公称照射温度を添付表-5、各時期(照射前～第4回監視試験時点, 2015年4月時点 [ ] 及び運転開始後60年時点 [ ])における中性子照射量, USE実測値を添付表-6に示す。

添付表-5 各部材の化学成分及び公称照射温度

部材	化学成分 (mass%)			公称照射温度 (°C)
	C u	N i	P	
母材 (熱影響部)	0.10	0.57	0.010	[ ]
溶接金属	0.13	0.84	0.012	

添付表-6 各時期における中性子照射量, USE実測値

監視試験回次 及び評価時期	中性子照射量 ( $\times 10^{19}n/cm^2$ ) [E>1MeV]	USE実測値 (J)		
		母材	熱影響部	溶接金属
0	—	141	196	172
1	0.31	133	172	162
2	2.15	110	144	117
3	3.54	122	161	133
4	5.63	124	179	154
2015年4月時点*1	2.90	—	—	—
運転開始後60年時点*1	4.67	—	—	—

\*1 : 1/4T位置

ここで、(2.1)式及び(2.2)式に従い、上部棚吸収エネルギーの算出式をまとめると、以下の通り。

$$\text{USE調整値} = \text{USE初期値} \times (1 - (C_0 + [CF_u] \cdot [FF_u]_{(f)} + M_U) / 100) \dots\dots\dots (2.10)$$

[ ]内は商業機密に属しますので公開できません

2.1項に従い添付表-5及び6のデータを用いて $[CF_U]$ 、 $[FF_U]_{(f)}$ 及び $M_U$ を算出し、(2.10)式より2015年4月時点 $\square$ 及び運転開始後60年時点 $\square$ における上部棚吸収エネルギーを算出した結果を以下に示す。

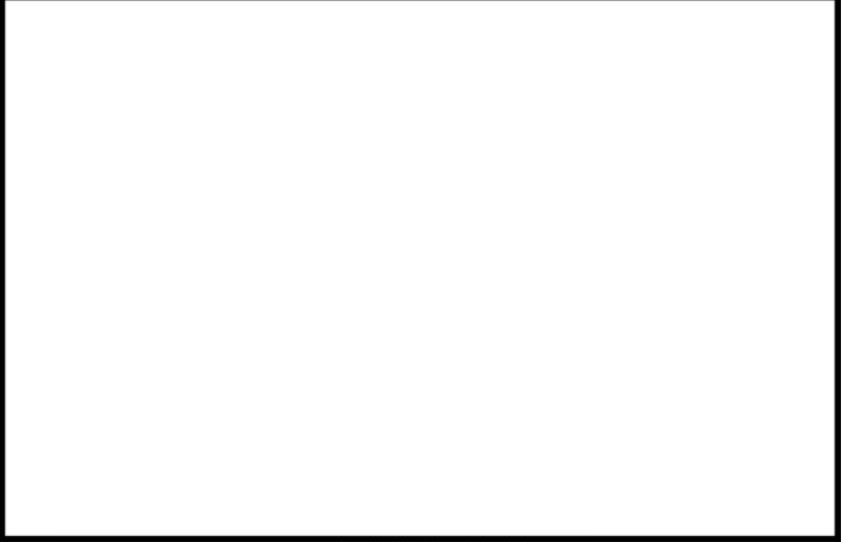
2015年4月時点

母材	108 (J)	$\doteq$	$141 \times (1 - ((-0.95) + \square))$	/100)
熱影響部	141 (J)	$\doteq$	$196 \times (1 - ((-0.95) + \square))$	/100)
溶接金属	113 (J)	$\doteq$	$172 \times (1 - ((-2.78) + \square))$	/100)

運転開始後60年時点

母材	104 (J)	$\doteq$	$141 \times (1 - ((-0.95) + \square))$	/100)
熱影響部	136 (J)	$\doteq$	$196 \times (1 - ((-0.95) + \square))$	/100)
溶接金属	106 (J)	$\doteq$	$172 \times (1 - ((-2.78) + \square))$	/100)

$\square$ 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2-IASCC-1	事象：IASCC
質 問	<p>(別冊-7炉内構造物-41頁)                  バッフルフォーマボルトのIASCCについて、最新知見を用いて評価した60年時点でのボルトの損傷本数を提示すること。</p>	
回 答	<p>バッフルフォーマボルトのIASCCについて、原子力安全基盤機構「照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術」事業で得られた最新知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点(約 <input type="text"/> 万時間)でのボルトの損傷本数は全数の約 <input type="text"/> % (<input type="text"/> 本程度)であると評価しています。                  なお、高浜2号炉については炉内構造物の取替を計画しています。</p> <div style="text-align: center;">  <p>累積損傷本数(%)</p> <p>運転時間(時間)</p> <p><u>バッフルフォーマボルトの累積損傷本数の予測</u>                  (バッフルフォーマボルト材のIASCC発生しきい線を用いた予測)</p> </div>	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2-IASCC-2	事象：IASCC
質 問	<p>(別冊-7炉内構造物-41頁)                  バッフルフォーマボルトのIASCCについて、最新知見を用いて行った損傷本数評価の妥当性確認の内容を提示すること。</p>	
回 答	<p>「高浜1-IASCC-2」の回答と同様です。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜 2 - I A S C C - 3	事象 : I A S C C
質 問	<p>(別冊-7炉内構造物-46頁)                  バッフルフォーマボルトについて、日本機械学会維持規格(JSME S NA1-2008)に基づく試験の方法及び実施時期を提示すること。</p>	
回 答	<p>「高浜 1 - I A S C C - 3」の回答と同様です。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

No.	高浜2－その他の経年劣化事象－12	事象：流れ加速型腐食－4						
質 問	<p>(別冊-15電源設備-1.2ディーゼル機関-102頁)</p> <p>空気冷却器伝熱管の内面の腐食（流れ加速型腐食）について、銅合金の伝熱管での流れ加速型腐食の発生の評価内容及び渦流探傷試験の実施状況（検査頻度、検査結果等）を提示すること。</p>							
回 答	<p>空気冷却器伝熱管には銅合金を使用しており、内部流体が海水であるため、保護皮膜破壊により流れ加速型腐食が発生する可能性が考えられます。</p> <p>しかしながら、潰食発生限界流速と伝熱管内の流速を比較し、流れ加速型腐食発生の可能性を評価すると、表1に示すとおり伝熱管内の流速は、潰食発生限界流速に対して十分小さく、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さいと考えられます。</p> <p>表1 高浜2号炉 空気冷却器伝熱管の流速と潰食発生限界流速との比較</p> <table border="1" data-bbox="480 987 1279 1124"> <thead> <tr> <th data-bbox="480 987 684 1084">管側流速</th> <th data-bbox="684 987 1035 1084">潰食発生限界流速 (流水中における流速)</th> <th data-bbox="1035 987 1279 1084">流速／潰食発生 限界流速</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="480 1084 1035 1124"></td> <td data-bbox="1035 1084 1279 1124">約2／5</td> </tr> </tbody> </table> <p>しかしながら、内部流体が海水であるため、貝等の異物が海水に混入した場合、流れ加速型腐食が発生する場合があります。海水への混入物の大きさ、形態、付着状態は不確定であり、管壁との隙間の局所的な流速の増大については一律で定量的な評価が困難であります。</p> <p>このため、現状保全として、定期的に漏えい検査を実施し、健全性を確認しています。また、定期的に渦流探傷検査を実施し、有意な減肉のないことを確認しています。</p> <p>したがって、今後も現状保全を継続することで、機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと評価しています。</p> <p>空気冷却器伝熱管の渦流探傷検査としては、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">          </span>の頻度で渦流探傷検査を行っています。</p> <p>渦流探傷検査の確認範囲は伝熱管内面全体としており、判定基準は推定減肉率が<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">    </span>%未満であることおよびプローブの入管が不可でないこととしています。</p> <p>点検結果の例として、至近の検査記録を添付－1に示します。なお、これまでに空気冷却器伝熱管の補修を実施した実績はありません。</p>		管側流速	潰食発生限界流速 (流水中における流速)	流速／潰食発生 限界流速			約2／5
管側流速	潰食発生限界流速 (流水中における流速)	流速／潰食発生 限界流速						
		約2／5						

          内は商業機密に属しますので公開できません

1.3a 安全検査員		機械技術 アビイサー		関西電力	課長	係長	班長	作業長	係		
<p>関西電力(株)高浜発電所 2号機</p> <p>工事件名：<u>1次系冷却水クーラ他停止時点検工事（第1回）のうち</u>  <u>1次系冷却水クーラ他細管停止時検査工事（第1回）</u></p> <p style="text-align: center;"><b>総括報告書</b></p> <p style="text-align: center;"><u>工事コード：131P001414</u></p>											
作成認可権	現場代理人		品管（審査）		安全管理		異物管理		放射線管理	作責・作成	
	配布先	関西電力				控	発行				
							図書番号	OB/TA2 13-006			
						作成		平成25年11月15日			
1					1	原本保管					

渦流探傷検査記録		検査員
プラント名	高浜発電所 第2号機	検査員
機器名	2A空気冷却器 D41818-A1(AR)右側	
検査期間	H25.10.30	
使用機器		
検査範囲	直管部全長	
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>・推定減肉率 <input type="checkbox"/> 未満であること</li> <li>・プローブ不入管は不合格（「想定事象の処置」にもかかわらず、探傷プローブが挿入できないものについては不合格。）</li> </ul>	
許容疵検数	<input type="checkbox"/> / 折流毎， 全体 <input type="checkbox"/>	
既施検本数	0本	
結果	<p>1. 検査本数</p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <p>2. 検査結果</p> <p>(1) 判定基準以上の減肉指しを検出せず。</p> <p>(2) 70D-7不入管はなし。</p>	
判定結果	良	

内は商業機密に属しますので公開できません