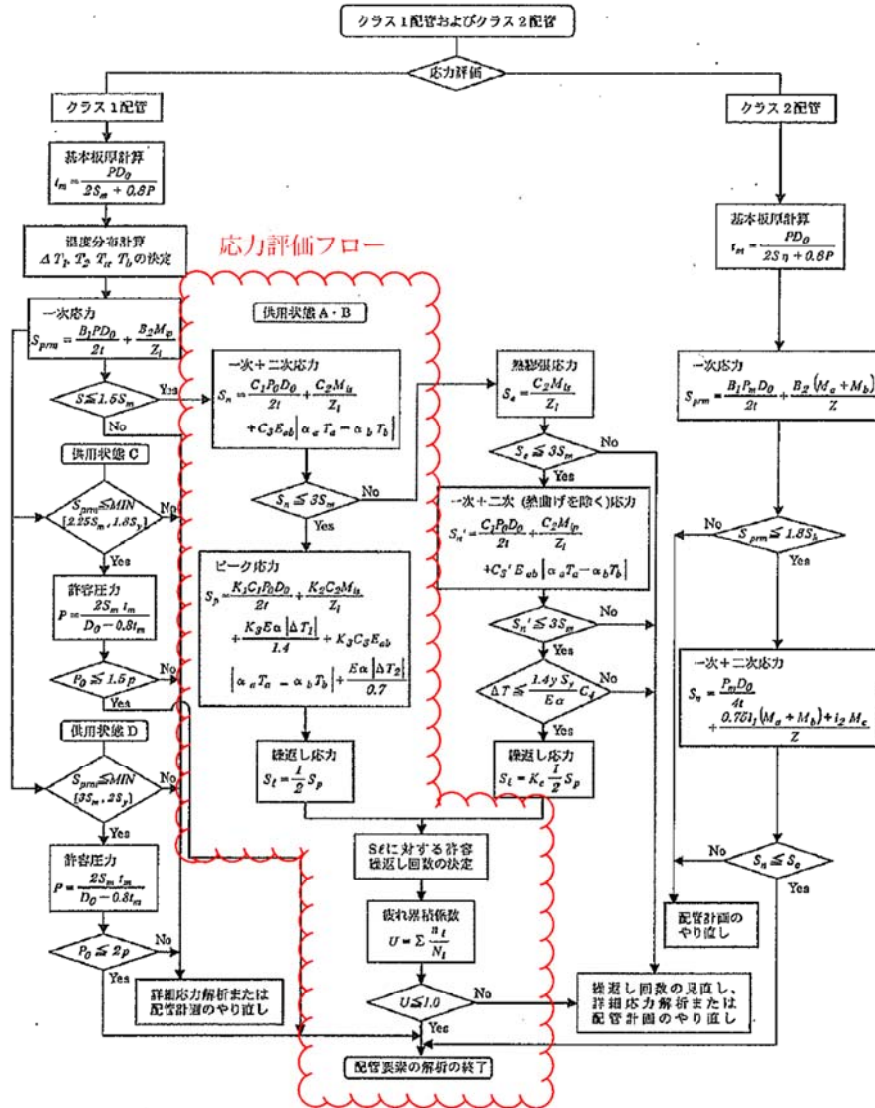


No.	高浜 2－共通－ 4	事象：共通
質 問	<p>(別冊-共通)          冷温停止を踏まえた評価で対象となる機器のうち、断続運転を前提とした場合よりも冷温停止の方が運転状態が厳しくなる機器及びその運転状態を提示すること。</p>	
回 答	<p>「高浜 1－共通－ 8」の回答と同様です。</p>	

No.	高浜2-低サイクル疲労-11	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-5配管-1ステンレス鋼配管-30頁)          加圧器サージ配管および加圧器スプレ配管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)を提示すること。</p>	
回 答	<p>加圧器サージ配管および加圧器スプレ配管は設計・建設規格による疲労評価と環境疲労評価手法による疲労評価を実施しております。設計・建設規格による疲労評価では、熱成層現象を考慮していませんが、環境疲労評価手法による疲労評価は熱成層現象を考慮しており、評価モデル等は2者で異なります。</p> <p>加圧器サージ配管および加圧器スプレ配管の熱成層を考慮した評価については「高浜2-低サイクル疲労-12」で説明することとし、ここでは設計・建設規格による疲労評価について説明します。</p> <p><b>【加圧器サージ配管】</b></p> <p>1. 応力分類          応力評価フローチャート(添付1参照)          荷重の組合せ：内圧、自重、熱、機械的荷重(設計・建設規格による)</p> <p>2. 材料物性値          ヤング率：<math>1.72 \times 10^5</math> (MPa)          熱膨張係数：<math>1.751 \times 10^{-5}</math> (mm/mm・℃)</p> <p>3. 解析モデルおよび測定点(添付2参照)          配管各部位に考慮する応力係数は設計・建設規格のPPB-3000 クラス1配管に定める応力係数に従って設定しています。</p> <p>4. 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3に示します。</p> <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><b>【加圧器スプレ配管】</b></p> <p>6. 応力分類          応力評価フローチャート(添付1参照)          荷重の組合せ：内圧、自重、熱、機械的荷重(設計・建設規格による)</p>	

- |  |   |
|--|---|
|  | <p>7. 材料物性値<br/>ヤング率：<math>1.73 \times 10^5</math> (MPa)<br/>熱膨張係数：<math>1.743 \times 10^{-5}</math> (mm/mm・°C)</p> <p>8. 解析モデルおよび測定点 (添付5 参照)<br/>配管各部位に考慮する応力係数は設計・建設規格のPPB-3000 クラス<br/>1 配管に定める応力係数に従って設定しています。</p> <p>9. 最大評価点の選定<br/>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<br/>す。</p> <p>10. Ke係数<br/>評価に用いたKe係数を添付7 に示します。</p> |
|--|---|



(備考) クラス2配管の解析手順には管の機械的荷重により生じるモーメント  $M_b$  を含む場合の式のみを記載した

解説図 PPB-3511-1 配管要素の解析手順

I-解説 5-8

応力評価フローチャート



節点番号 (602)  
U.F. max 0.004

加圧器サージ配管 解析モデルおよび測定点

内は商業機密に属しますので公開できません

## 加圧器サージ配管 最大疲労評価点の選定

節点番号	ピーク 応力強さ (MPa)	繰返しピーク 応力強さ (MPa) (注)	疲労累積 係 数	許容値
			0.00340	1.0

→通常UF:0.004

(注) : 本表に示す繰返しピーク応力強さは、疲労解析による繰返しピーク応力強さに  
 $(1.95 \times 10^5 / \text{材料の使用温度における縦弾性係数})$  を乗じて得た値である。

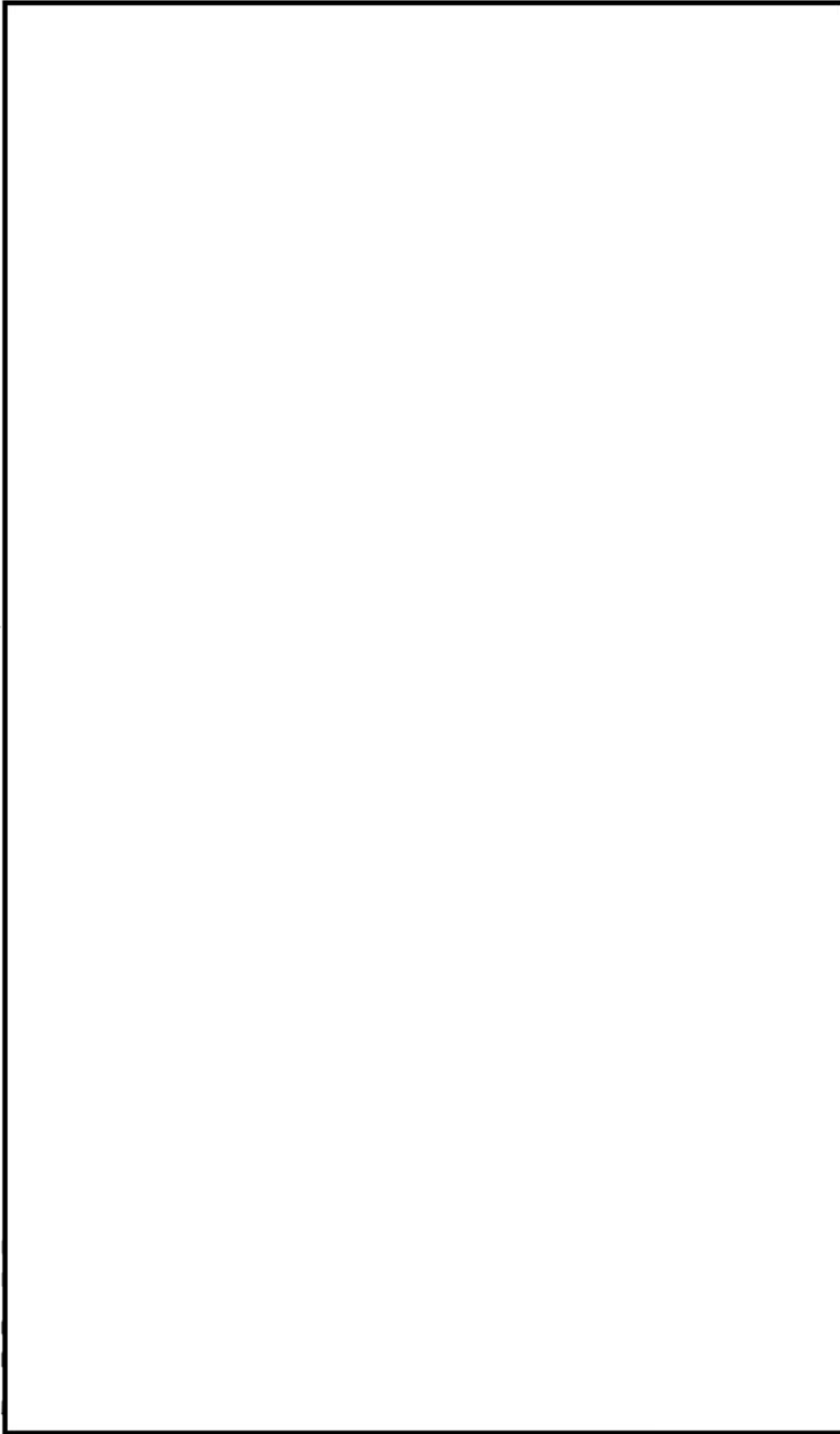
内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器サージ配管 疲労評価結果 (測定点: 502) (1/3)

LOAD SET				NUMBER OF CYCLES				[BLM1]			
I	J	SP	SN	KE	ALT	NC	NJ	N	[RATED]	N*	U

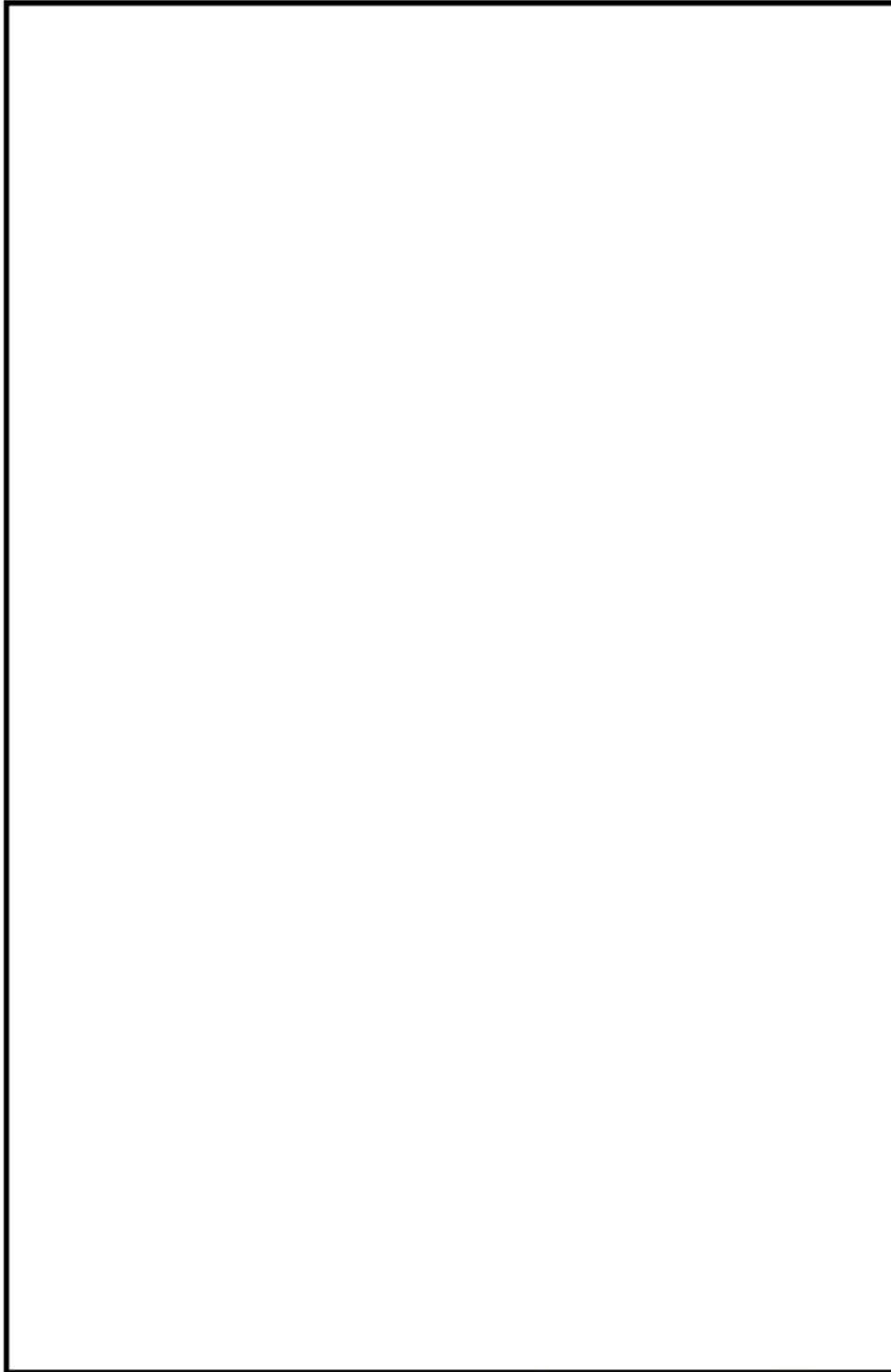
内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器サージ配管 疲労評価結果 (測定点: 502) (2/3)



内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器サージ配管 疲労評価結果 (測定点: 502) (3/3)



CUMULATIVE USAGE FACTOR = 0.00340

→通常UF:0.004

内は商業機密に属しますので公開できません

節点番号 (144)  
U.F. max 0.028  
(加圧器スプレ配管)

加圧器スプレ配管 解析モデルおよび測定点

内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器スプレ配管 最大疲労評価点の選定

節点番号	ピーク 応力強さ (MPa)	繰返しピーク 応力強さ (MPa) (注)	疲労累積 係 数	許容値
			0.02274	1.0

→通常UF:0.023

(注) : 本表に示す繰返しピーク応力強さは、疲労解析による繰返しピーク応力強さに  
( $1.95 \times 10^5$ /材料の使用温度における縦弾性係数) を乗じて得た値である。

内は商業機密に属しますので公開できません



加圧器スプレ配管 疲労評価結果 (測定点: 144) (1/2)

LOAD SET				NUMBER OF CYCLES				EQUIV			
I	J	SP	SN	KE	ALT	NI	KI	N	NATED	N*	U

内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器スプレ配管 疲労評価結果(測定点:144) (2/2)



CUMULATIVE USAGE FACTOR = 0.02274

→通常UF:0.023

No.	高浜2ー低サイクル疲労ー12	事象：疲労
質 問	<p>(別冊-5配管-1ステンレス鋼配管-30頁)                  加圧器サージ配管および加圧器スプレ配管において、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。</p>	
回 答	<p>添付1に加圧器サージ配管の評価結果を、添付2に加圧器スプレ配管の評価結果をそれぞれ示します。</p>	

高浜 2 号機 加圧器サージ配管の環境疲労評価(熱成層考慮)

1. 概要

本資料は、熱成層を考慮した加圧器サージ配管の環境疲労評価(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)に基づく)の結果についてまとめたものである。

なお、本配管は熱成層の発生が想定されることから、熱成層の発生・消滅を評価上考慮するため、FEMモデルを用いて環境疲労評価を実施した。

その結果、環境疲労累積係数(以降 環境U. F. と記す)は $0.002 < 1.0$ 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。

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

(2) 使用コード

温度分布、応力計算に使用する解析コードは、ANSYSである。

### 3. 加圧器サージ配管の疲労評価条件

#### 3.1 解析モデル化の方法

解析モデルの範囲は、1次冷却材管管台（溶接位置）から加圧器管台（溶接位置）までとする。

解析に使用した解析モデル及び熱成層を考慮した環境疲労評価点を図1に示す。  
また、解析に用いる配管等の物性値を表1に示す

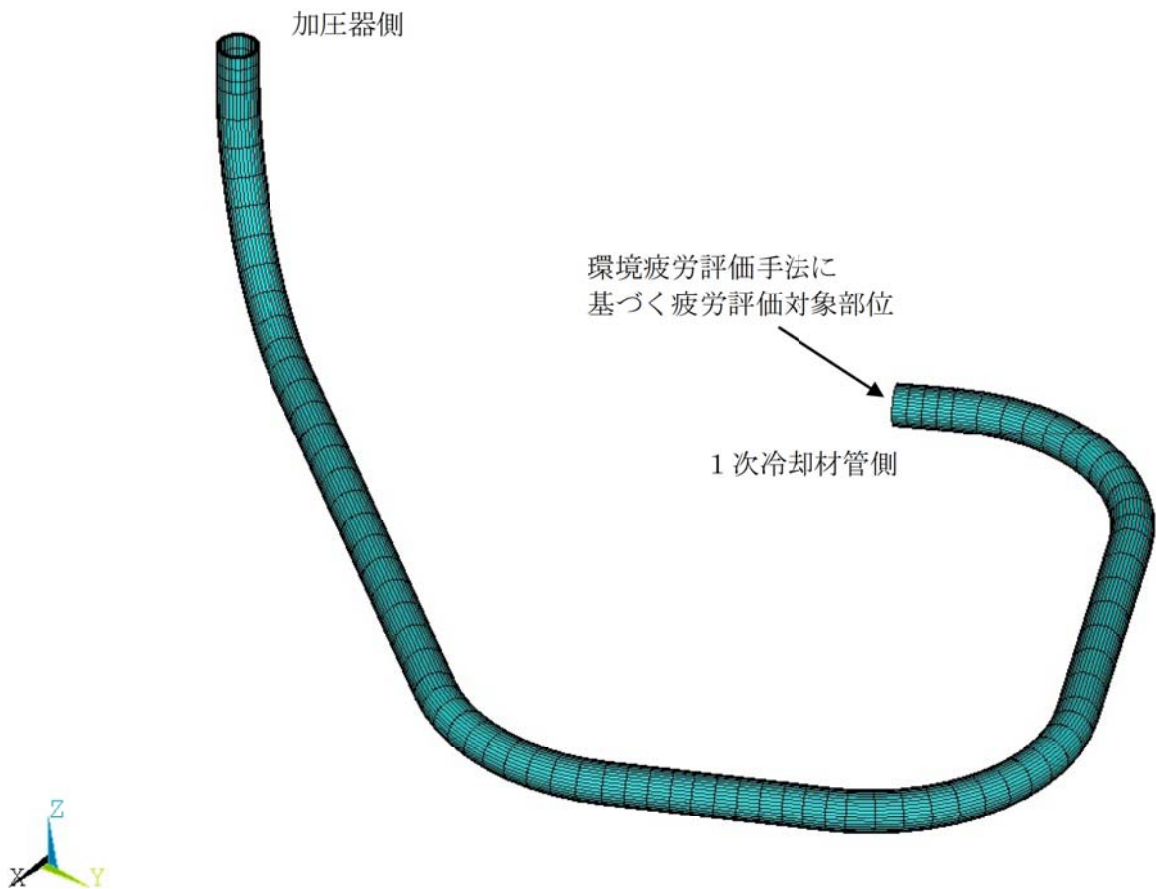


図1 解析モデル及び熱成層を考慮した環境疲労評価点

表 1 加圧器サージ配管及び水の物性値

項目	
呼径、sch (口径×肉厚)	
材料	
縦弾性係数 注) (MPa)	
ポアソン比	
比熱 注) (kJ/kg・°C)	
熱膨張係数 注) (×10 <sup>-6</sup> mm/mm°C)	
密度 注) (kg/m <sup>3</sup> )	
熱伝導率 注) (W/m・°C)	
動粘性係数 注) (mm <sup>2</sup> /s)	
プラントル数 注)	

注) 上記物性値は、345°Cにおける値であり、解析上は温度依存型の値を使用している。

\*1 設計・建設規格

\*2 伝熱工学資料 改訂 第4版 (日本機械学会)

### 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) 過渡条件

サージ流量の変動により熱成層が発生すると考えられることから、図2に示す4つの状態を想定し、時刻毎に内部流体及び温度プロファイル(管壁面温度)を変化させることで解析を実施した。

内は商業機密に属しますので公開できません

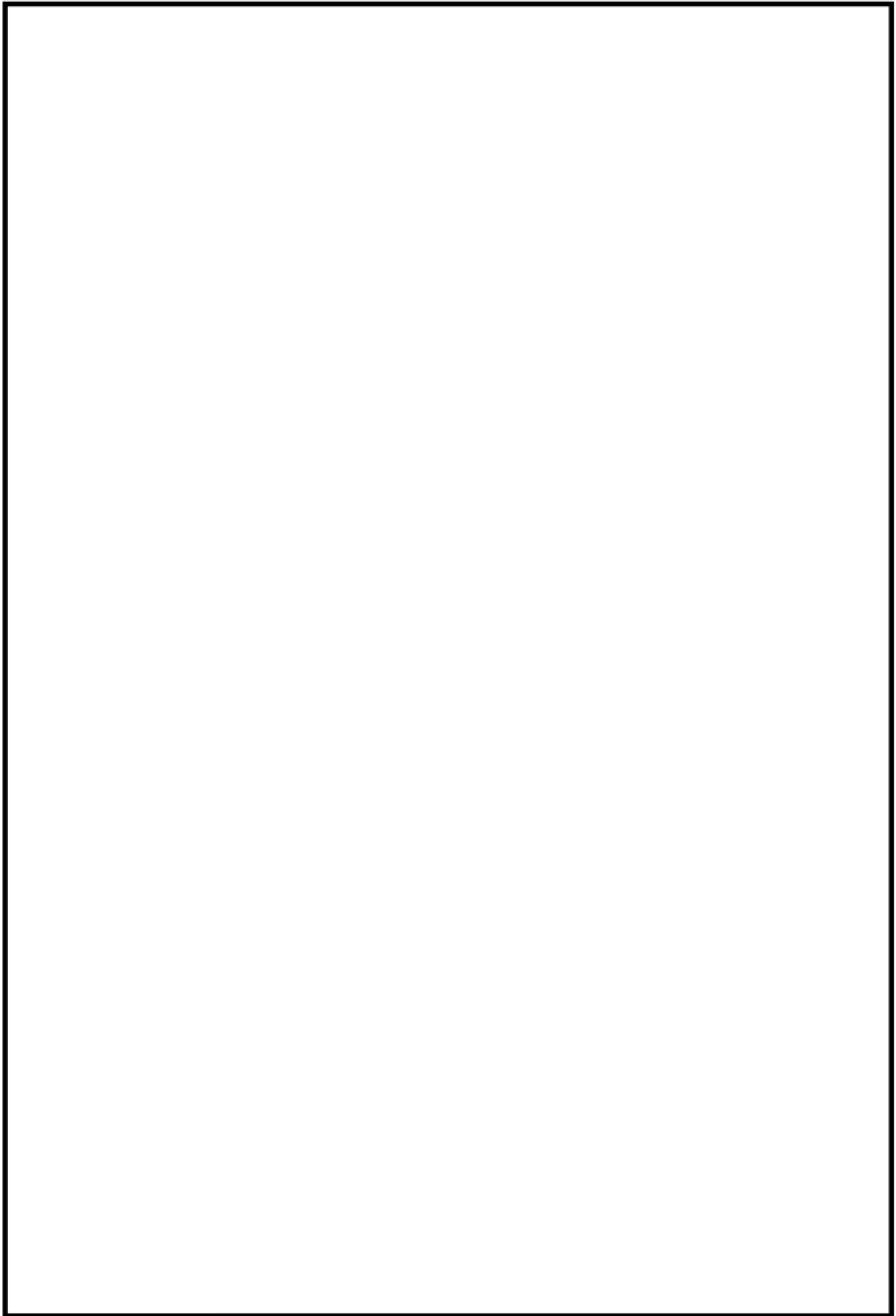


図2 熱成層条件

内は商業機密に属しますので公開できません



4. 評価結果

評価結果を表2に示す。

表2 加圧器サージ配管環境疲労評価結果

過渡 記号 A	過渡 記号 B	応力強さ 強さ (MPa)		割増 係数 ke	ヒール 強さ (MPa) salt	ひずみ 振幅 salt'	実過渡 回数 n	許容繰 返し回数 n*	疲労損 傷係数 u	環境効 果係数 fen	環境中疲労 損傷係数 uen	
		smax	smin									
										total	0.00064	0.00111

→環境UF0.002

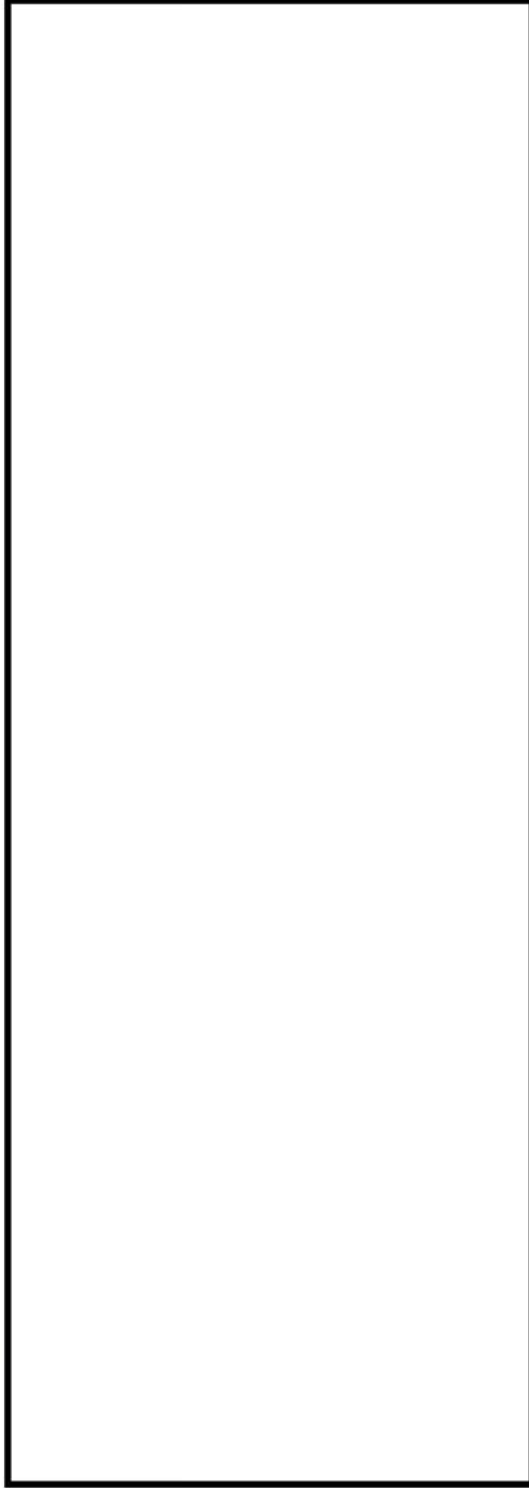
内は商業機密に属しますので公開できません

(過渡記号の説明)

- 1A1 起動
- 1B1 停止
- 1C1 負荷上昇 (負荷上昇率5%/min)
- 1D1 負荷減少 (負荷減少率5%/min)
- 1G1 100%からの大きいステップ状負荷減少
- 1J1 1ループ停止
- 1U3 起動時の冷却注入-3
- 1U5 起動時の冷却注入-5
- 1V1 起動時の冷却注入-1
- 1V3 起動時の冷却注入-3
- 1V5 起動時の冷却注入-5
- 1W1 停止時の冷却注入-1 (2.66MPa迄)
- 1W3 停止時の冷却注入-3 (2.66MPa迄)
- 1W5 停止時の冷却注入-5 (2.66MPa迄)
- 1X1 停止時の冷却注入-1 (2.66MPa迄)
- 1X2 停止時の冷却注入-2 (2.66MPa迄)
- 1X3 停止時の冷却注入-3 (2.66MPa迄)
- 1X4 停止時の冷却注入-4 (2.66MPa迄)
- 1X5 停止時の冷却注入-5 (2.66MPa迄)
- 1X6 停止時の冷却注入-6 (2.66MPa迄)
- 1Y1 停止時の冷却注入-1 (2.66MPa以下)
- 1Y3 停止時の冷却注入-3 (2.66MPa以下)
- 1Y5 停止時の冷却注入-5 (2.66MPa以下)
- 1Z1 停止時の冷却注入-1 (2.66MPa以下)
- 2A1 負荷の喪失
- 2B1 外部電源喪失
- 2C1 1次冷却材流量の部分喪失
- 2D1 100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴わないトリップ)
- 2D2 100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴うトリップ)
- 2D3 100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却とS Iを伴うトリップ)
- 2E1 1次冷却材の異常な減圧 (一般)
- 2F1 制御棒クラスタの落下
- 2G1 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動
- 2H1 1次冷却系停止ループの誤起動
- 2I1 1次系漏えい試験

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。



a. 過渡2D3, 2D3

□内は商業機密に属しますので公開できません

高浜 2 号炉 加圧器スプレ配管の環境疲労評価(熱成層考慮)

## 1. 概要

本資料は、熱成層を考慮した加圧器スプレ配管の環境疲労評価(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)に基づく)の結果についてまとめたものである。

なお、本配管は熱成層の発生が想定されることから、熱成層の発生・消滅を評価上考慮するため、FEMモデルを用いて環境疲労評価を実施した。

その結果、環境疲労累積係数(以降 環境U.F. と記す)は $0.267 < 1.0$ 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。

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

## (2) 使用コード

温度分布、応力計算に使用する解析コードは、ANSYSである。

## 3. 加圧器スプレ配管の疲労評価条件

## 3.1 解析モデル

解析モデル化の範囲は、加圧器スプレ配管（加圧器スプレ管台～1次冷却材管のスプレ管台）と加圧器補助スプレ配管とする。

熱成層が発生すると考えられる範囲（頂部水平配管部）及び補助スプレ配管合流部についてはソリッド要素を、また熱成層は生じないと判断される範囲については、はり要素を用いてモデル化する。

解析に使用したソリッド要素を含む解析モデルを図1に示す。

解析に用いた配管仕様を表1に、内部流体の物性値を表2に示す。

表1 配管仕様

項目	単位	加圧器 スプレ配管	加圧器補助 スプレ配管 (補助スプレ弁 まで)	加圧器補助 スプレ配管 (補助スプレ弁 以降)
呼径・Sch	[Redacted]			
材質				
外径×厚さ				
最高使用圧力				
縦弾性係数				
ポアソン比				
熱膨張係数				
密度				
熱伝導率				
比熱				
設計応力強さ (Sm)				

注) 上記材料特性は345℃の物性値であり、解析上は温度依存型の物性値を使用している。

上記材料特性はJSME S NC1-2005/2007及び伝熱工学資料改訂第5版参照。

内は商業機密に属しますので公開できません

表 2 内部流体の物性値

項目	水	蒸気
密度 (kg/m <sup>3</sup> )		
熱伝導率 (mW/m・°C)		
動粘性係数 (mm <sup>2</sup> /s)		
プラントル数		

注) 上記材料特性は345°Cの物性値であり、解析上は温度依存型の物性値を使用している。  
上記材料特性は伝熱工学資料改訂第5版参照。

### 3.2 過渡条件

#### (1) 過渡回数

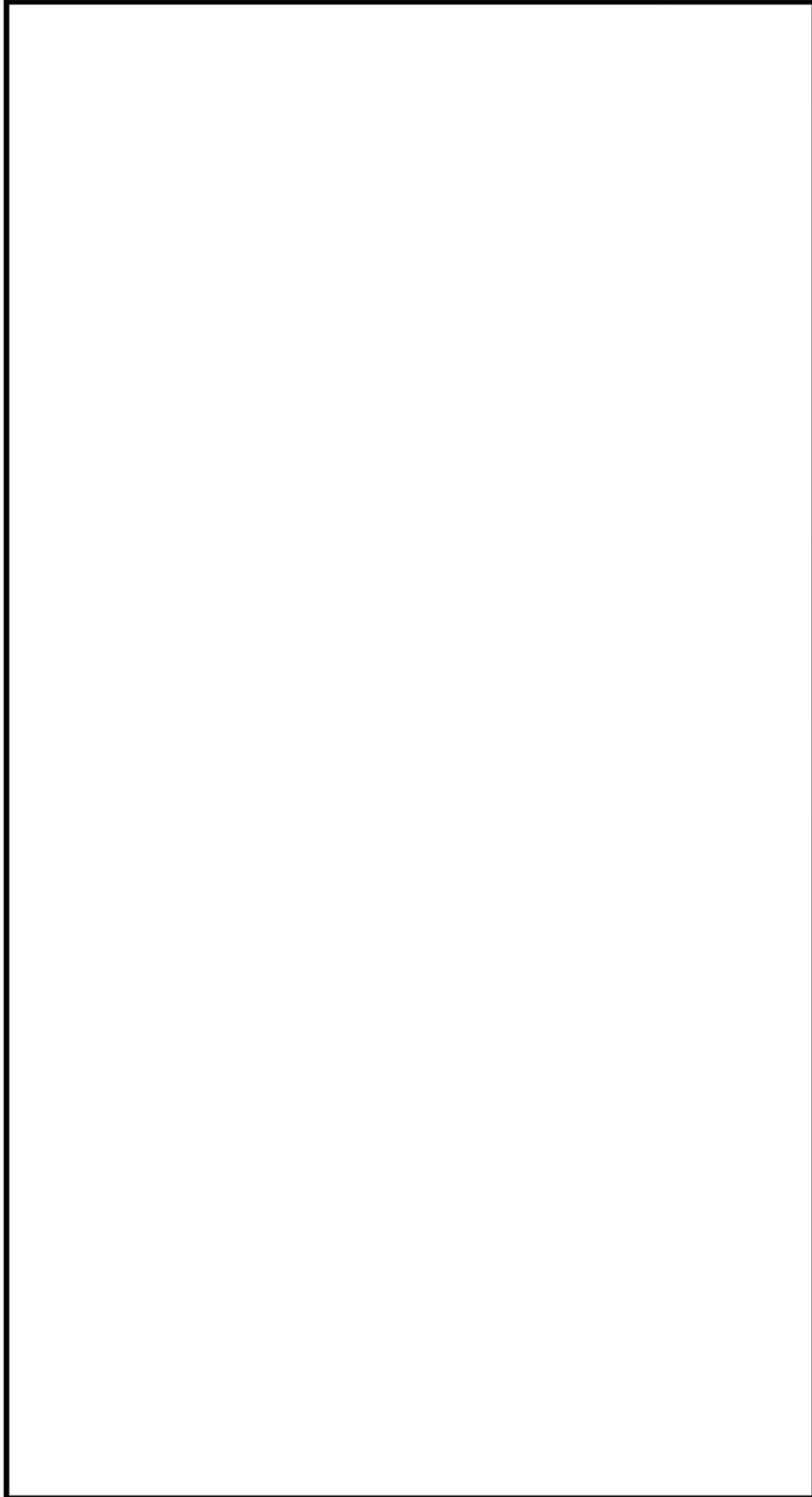
これまでの運転実績に基づく運転開始後60年時点での推定過渡回数で評価を実施する。

#### (2) 過渡条件

常時はスプレ弁バイパスラインからのバイパス流 (2gpm) と加圧器側からの蒸気の逆流により熱成層が発生しているものとして、加圧器から水平配管部の領域を気相部と液相に分けて評価を行う。(図 2 参照)

スプレ水が注入されると熱成層が消滅するものとする。

内は商業機密に属しますので公開できません

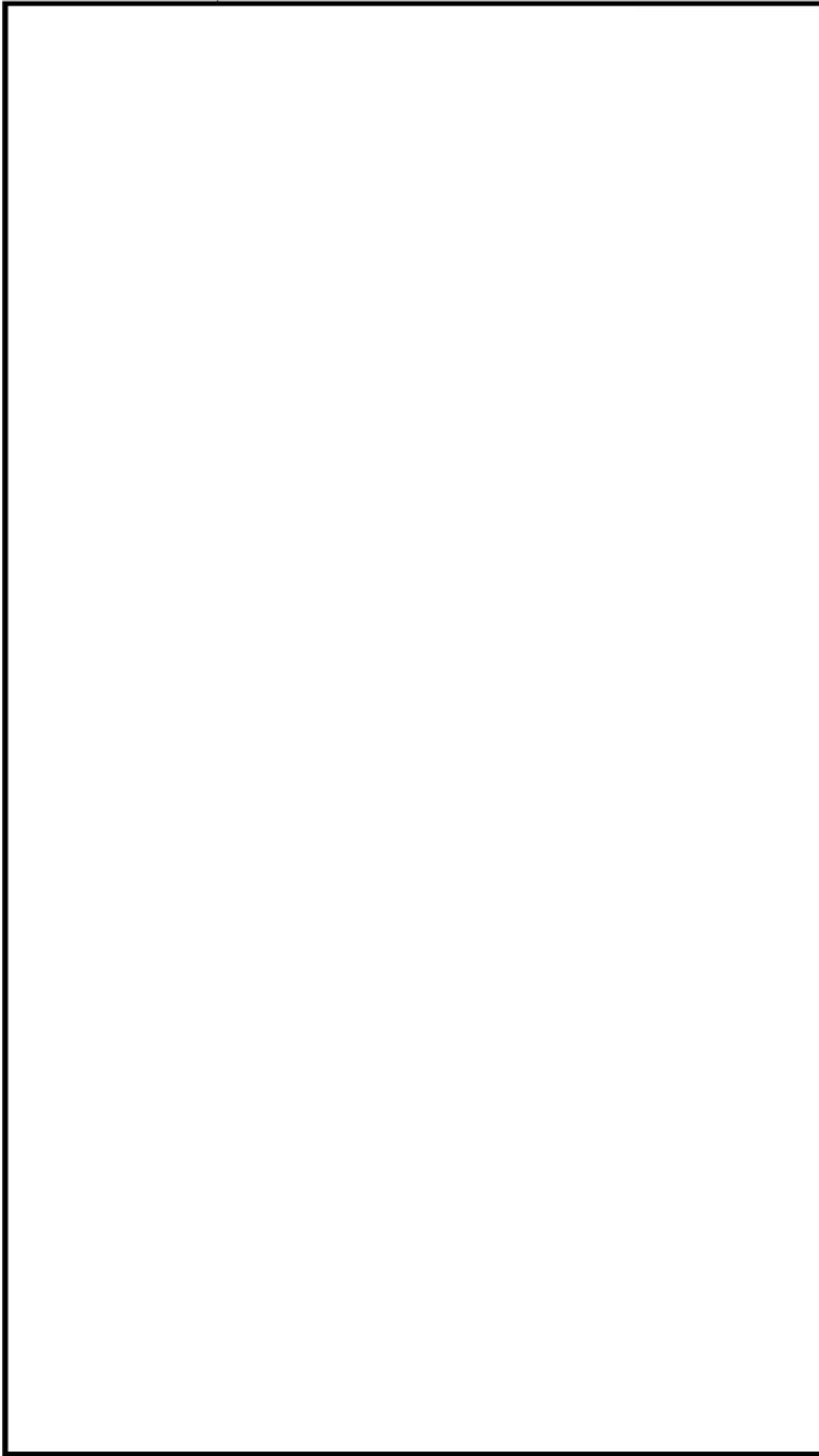


内は商業機密に属しますので公開できません



図 1 解析モデル





内は商業機密に属しますので公開できません



図2 加圧器スプレ配管水位

4. 評価結果

熱成層を考慮した環境疲労評価点を図 3 に示す。また、評価結果を表 3 に示す。

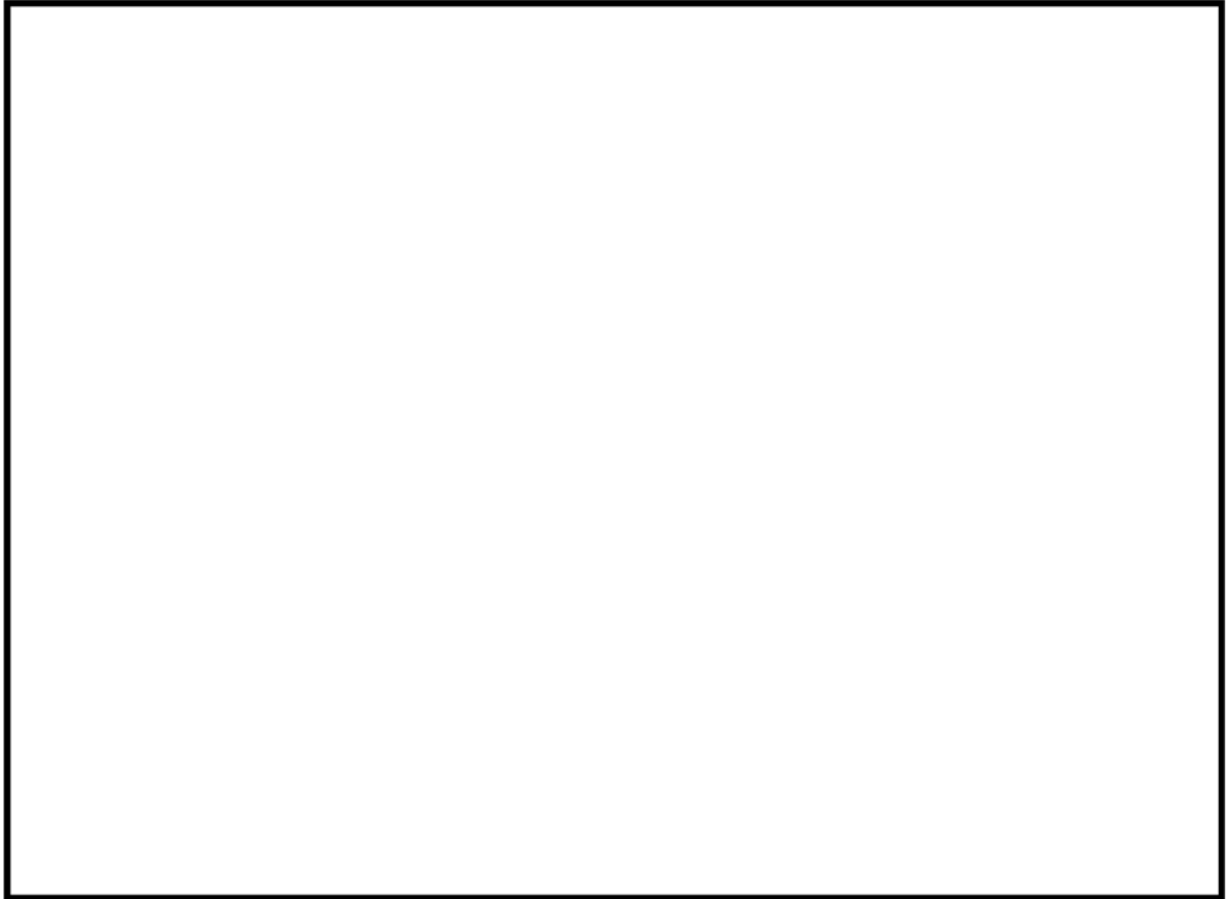


図 3 加圧器スプレ配管の環境疲労評価

内は商業機密に属しますので公開できません

表 3 加圧器スプレ配管環境疲労評価結果(1/2)

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	突過渡 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	salt'	n	n*	u	fen	uen
1A3	2E2									
1A3	1A7									
2E2	1A7									
1B2	1B2									
1A7	2A1									
1A7	2H1									
1A7	1G1									
1A7	1F1									
1A7	1E1									
1A7	1D1									
1J2	1D1									
1E1	1D1									
1C1	1D1									
1C1	1I1									
1I1	1I1									
1I1	1J1									
1I1	2G1									
1I1	1C1									
1J1	1C1									
1D1	1C1									
1D1	1J2									
1D1	1A1									
1G1	1A1									
1F1	1A1									
1A1	1A1									
1A1	2B1									
1A1	2D2									
1A1	2G1									
1A1	2E1									
1A1	2D3									
1A1	2F1									
1A1	2D1									
1A1	2B1									
1A1	2G1									

内は商業機密に属しますので公開できません

表 3 加圧器スプレ配管環境疲労評価結果(2/2)

1A1	2D1
1A1	1A3
2I1	1A3
2I1	2D2
2I1	2F1
2I1	2D3
2I1	2I1
2A1	2I1
2H1	2I1
2C1	2I1

合計: 0.26620

→環境UF0.267

- 1A1 起動 1B1 停止 (温度上昇率, 下降率 55.6℃/h)
- 1A3 起動時の冷水注入 2
- 1A7 起動時の冷水注入 6
- 1B2 停止時の冷水注入 1 (2.66 MPa 迄)
- 1C1 負荷上昇 (負荷上昇率 5%/min)
- 1D1 負荷減少 (負荷減少率 5%/min)
- 1E1 90%から100%へのステップ状負荷上昇
- 1F1 100%から90%へのステップ状負荷減少
- 1G1 100%からの大きいステップ状負荷減少
- 1I1 ほう素濃度の均一化
- 1J1 1 ループ停止
- 1J2 1 ループ起動
- 2A1 負荷の喪失
- 2B1 外部電源喪失
- 2C1 1 次冷却材流量の部分喪失
- 2D1 100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴わないトリップ)
- 2D2 100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却を伴うトリップ)
- 2D3 100%からの原子炉トリップ (不注意な冷却と S I を伴うトリップ)
- 2E1 1 次冷却材系の異常な減圧 (一般)
- 2E2 1 次冷却材系の異常な減圧 (加圧器補助スプレイの誤操作)
- 2F1 制御棒クラスタの落下
- 2G1 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動
- 2H1 1 次冷却系停止ループの誤起動
- 2I1 1 次系漏洩試験

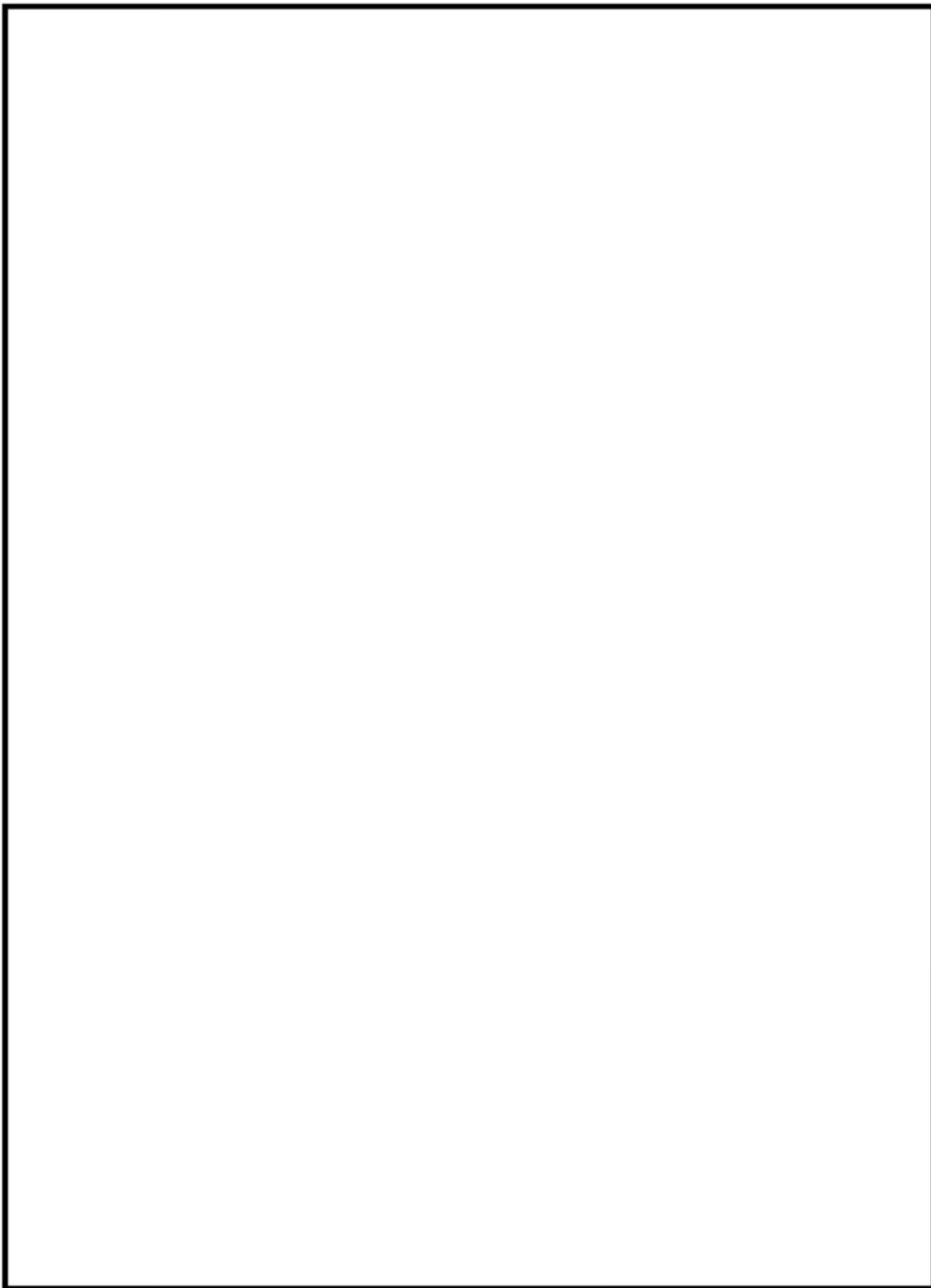
□ 内は商業機密に属しますので公開できません

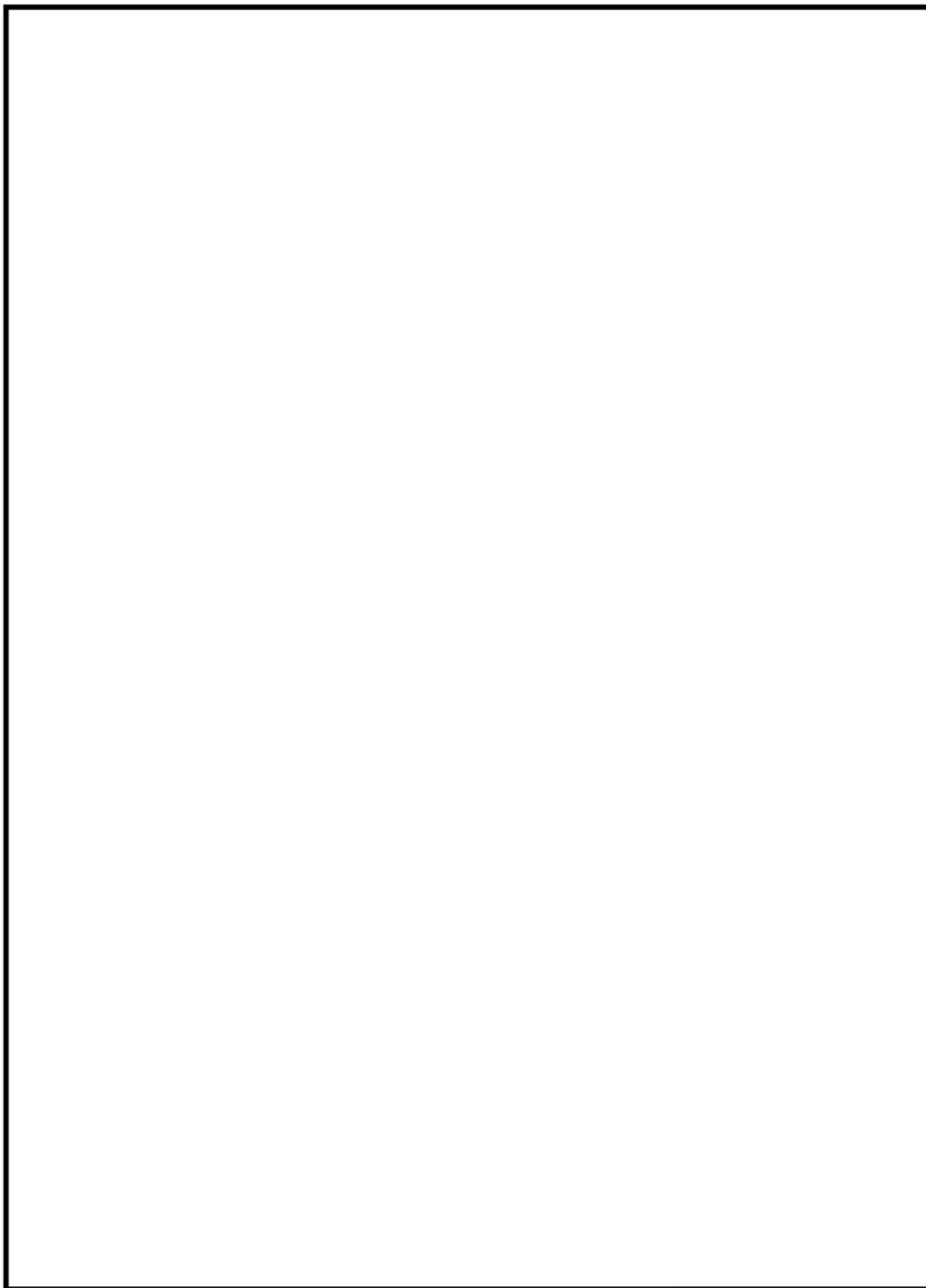
環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

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、U f が大きい過渡の温度、ひずみ履歴を 6 例示す。

a . 過渡 1A3, 2E2

b . 過渡 1A3, 1A7

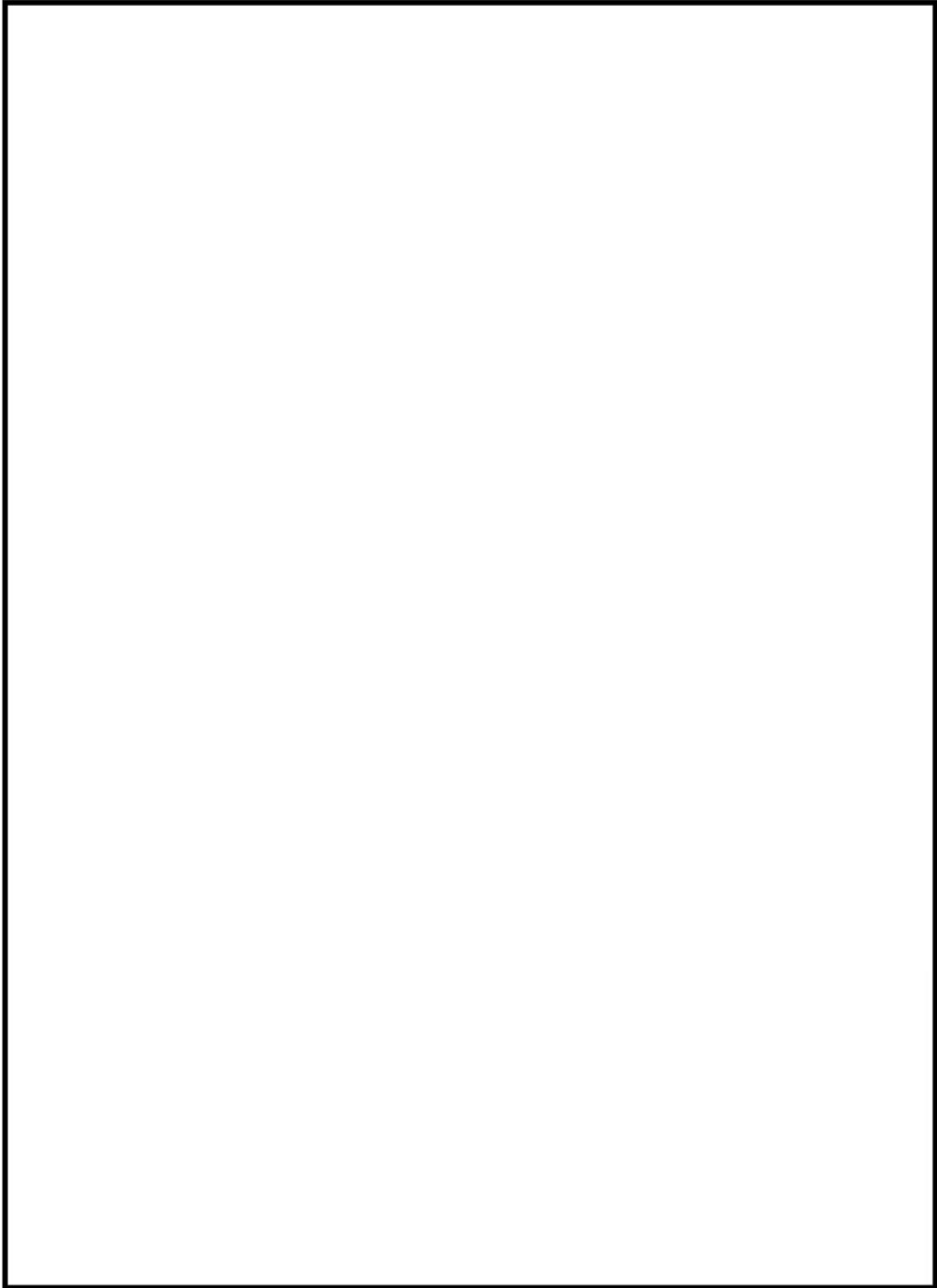




c. 過渡2E2, 1A7

d. 過渡1B2, 1B2

□内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡1A7, 2A1

f. 過渡1A7, 2H1

□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-14	事象：疲労															
質 問	<p>(別冊-5 配管-4 一次冷却材管-10 頁)</p> <p>一次冷却材管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 次冷却材管の疲労累積係数の算出根拠は以下の通りです。</p> <p><b>【1 次冷却材管】</b></p> <p>1. 解析モデル 解析モデルを添付1に示します。</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="416 1025 1361 1420"> <thead> <tr> <th data-bbox="416 1025 738 1122">材 料</th> <th data-bbox="738 1025 863 1122">温度 (°C)</th> <th data-bbox="863 1025 1007 1122">Sm (MPa)</th> <th data-bbox="1007 1025 1361 1122">使用箇所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" rowspan="3" style="background-color: #cccccc;">[Redacted]</td> <td data-bbox="1007 1122 1361 1200">ホットレグ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1007 1200 1361 1279">ホットレグ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1007 1279 1361 1420">クロスオーバレグ コールドレグ</td> </tr> </tbody> </table> <p><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内は商業機密に属しますので公開できません</p> <p>3. 最大評価点の選定 (添付2参照) 評価範囲を全て計算してもっとも厳しいものを記載しています。</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="424 1800 1353 1973"> <thead> <tr> <th data-bbox="424 1800 683 1883">状態</th> <th data-bbox="683 1800 1353 1883">荷重の組み合わせ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="424 1883 683 1973">供用状態A、B</td> <td data-bbox="683 1883 1353 1973">圧力+機械的荷重+配管の熱膨張荷重+熱過渡</td> </tr> </tbody> </table>			材 料	温度 (°C)	Sm (MPa)	使用箇所	[Redacted]			ホットレグ	ホットレグ	クロスオーバレグ コールドレグ	状態	荷重の組み合わせ	供用状態A、B	圧力+機械的荷重+配管の熱膨張荷重+熱過渡
材 料	温度 (°C)	Sm (MPa)	使用箇所														
[Redacted]			ホットレグ														
			ホットレグ														
			クロスオーバレグ コールドレグ														
状態	荷重の組み合わせ																
供用状態A、B	圧力+機械的荷重+配管の熱膨張荷重+熱過渡																



5. Ke 係数

評価に用いたKe 係数を添付4に示します。

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。

【管台】

1. 解析モデル

解析モデルを添付5に示します。

2. 材料物性

材料物性値を以下に示します。

材 料	温度 (°C)	Sm (MPa)	使用箇所
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	加圧器サージ管管台
			安全注入管台 充てん管台
			加圧器サージ管管台
			安全注入管台 充てん管台

[Redacted] 内は商業機密に属しますので公開できません

3. 最大評価点の選定

解析モデル上の評価点及び評価点の最大評価点の選定結果を、添付6に示します。

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、応力評価のフローを添付7に示します。

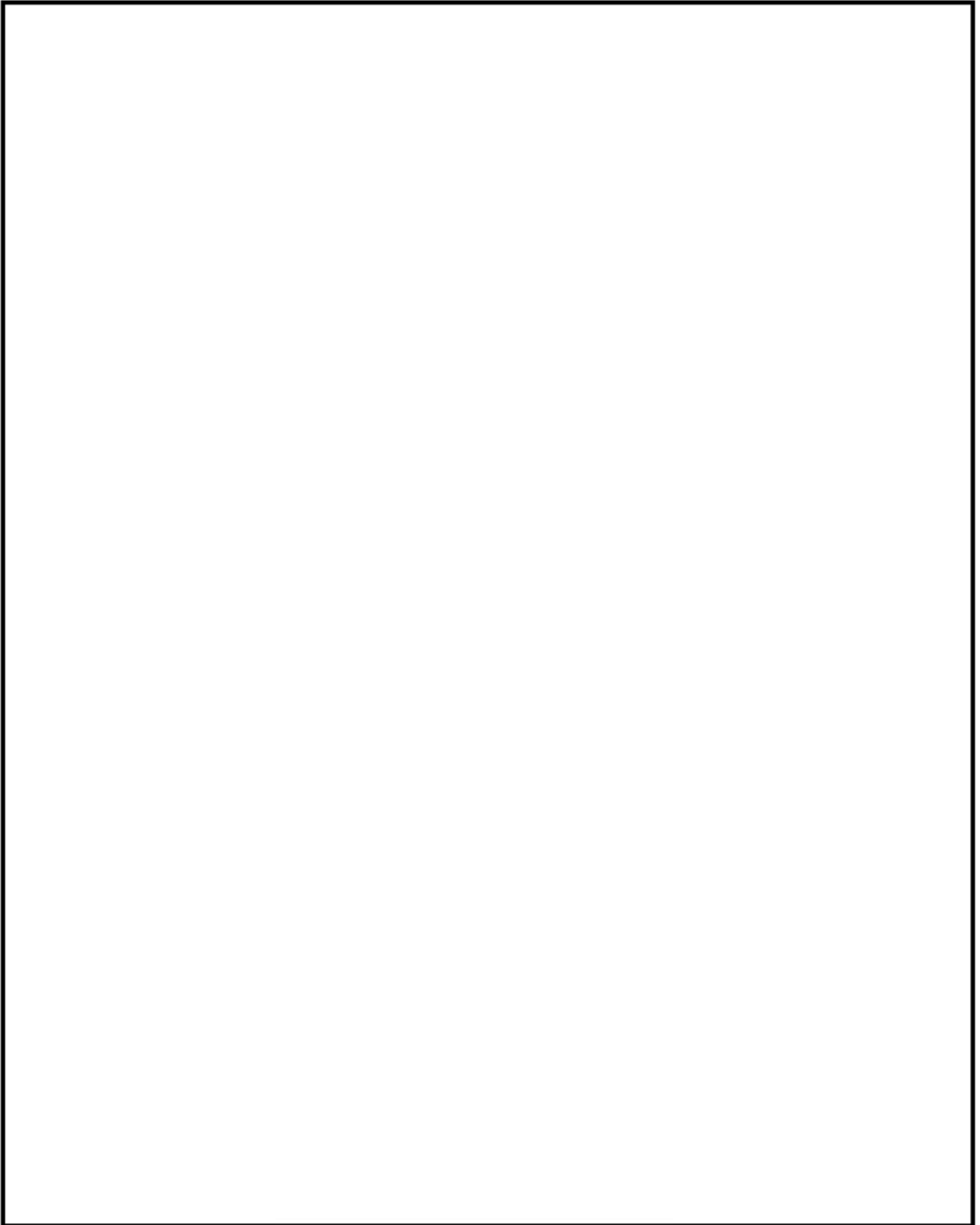
状態	荷重の組み合わせ
供用状態A、B	圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過渡

5. Ke係数

評価に用いたKe係数を添付8に示します。

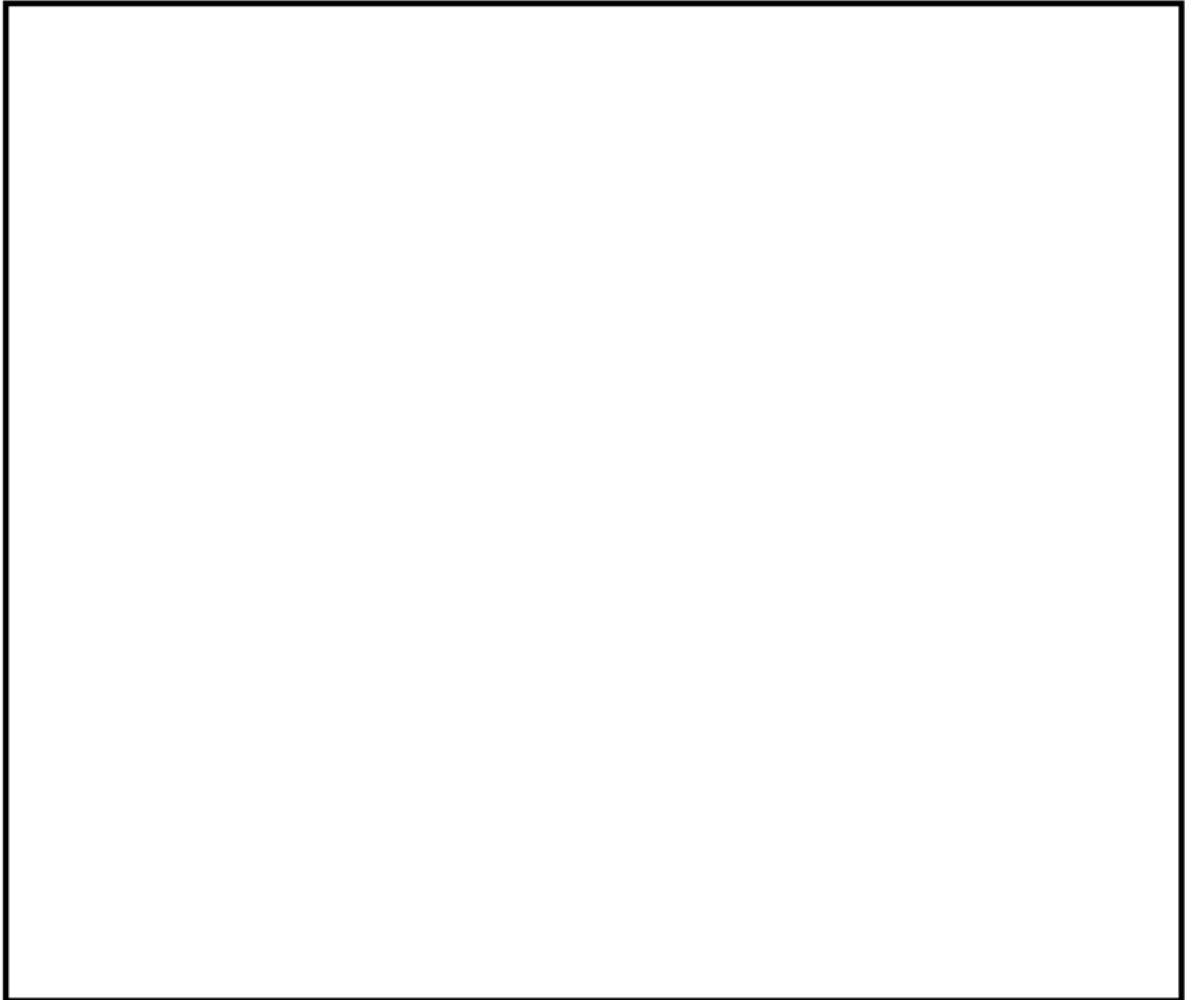
6. 環境評価パラメータ

評価に用いた環境評価パラメータ（環境効果補正係数  $f_{en}$ ）を、添付8に示します。



1次冷却材管 形状及び評価点

内は商業機密に属しますので公開できません



1次冷却材管 ループ解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません

第6-2表 疲労累積係数 (1/2)

評価部位	節点番号	圧力による 応力 (MPa)	外荷重による 応力 (MPa)	板厚方向熱形 温度差による 応力 (MPa)	構造上の 不連続による 熱応力 (MPa)	板厚方向 非線形温度差 による応力 (MPa)	ピーク応力 S P (MPa)	繰返しピーク 応力強さ ALT (MPa)	繰返しピーク 応力強さ ALT (MPa)	疲労累積係数	許容値
ホットレグ	107									0.00026	1.0
	109										
	111										
	112										
	110										
	113										
	116										
	114										
	117										
	118										
クロスオーバーレグ	141									0.00026	1.0
	142										
	146										
	143										
	148										
	145										
	147										
	149										
	151										
	150										
153											

→通常 UF : 0.001

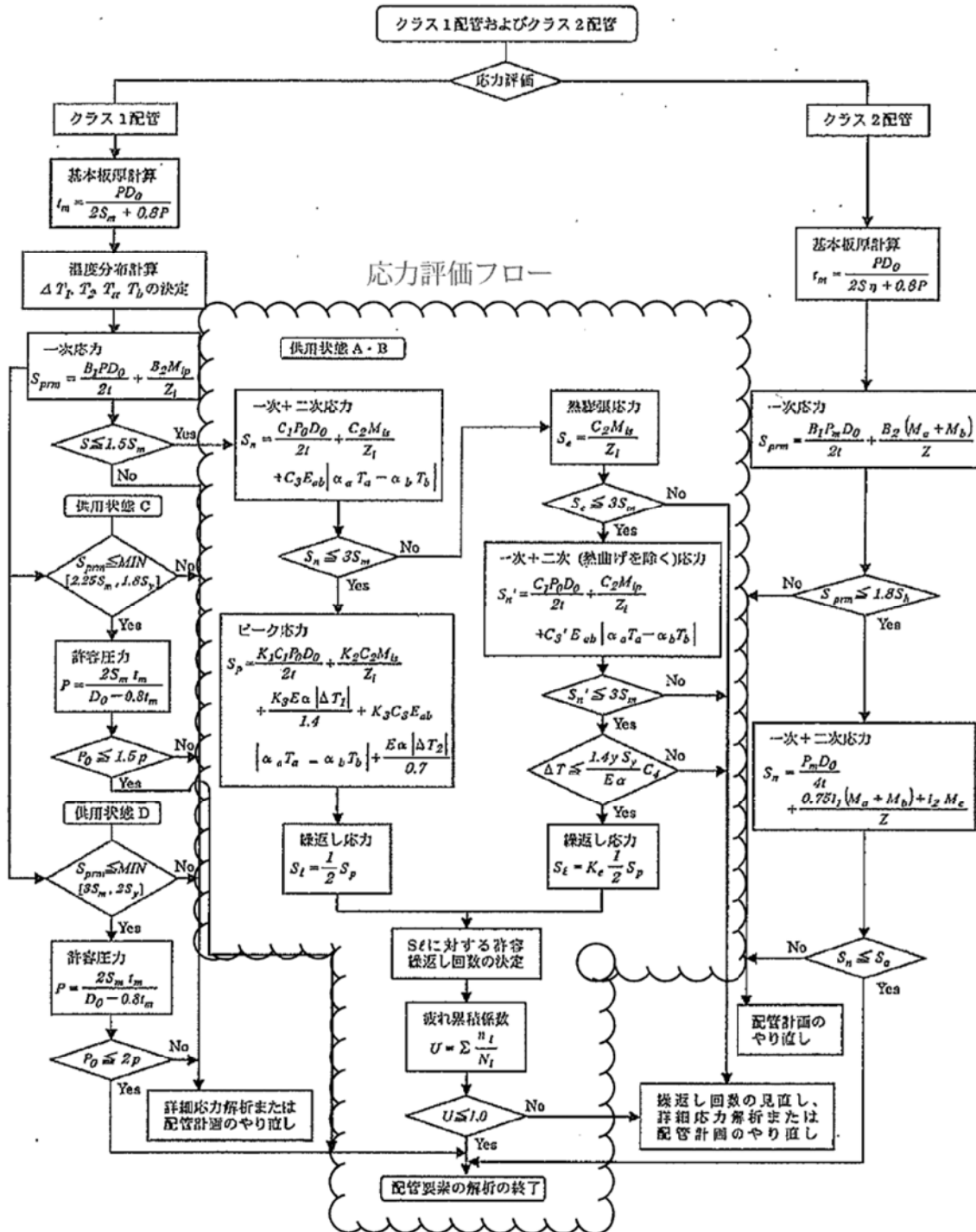
□内は商業機密に属しますので公開できません

第 6-2 表 疲労累積係数 (2/2)

評価部位	節点番号	圧力による 応力 (MPa)	外荷重による 応力 (MPa)	板厚方向線形 温度差による 応力 (MPa)	構造上の 不連続による 熱応力 (MPa)	板厚方向 非線形温度差 による応力 (MPa)	ピーク応力 S p (MPa)	繰返しピーク 応力強さ ALT (MPa)	繰返しピーク 応力強さ ALT (MPa)	疲労累積係数	許容値		
クロスオーバーレグ	154										1.0		
	157												
	159												
	160												
	161												
	163												
	165												
	167												
	181									0.00194			
	183									0.00047			
	185												
	187												
	189												
	190												
	194												
	コールドレグ												

→ クロスオーバーレグ 通常 UF : 0.002  
コールドレグ 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



(備考) クラス 2 配管の解析手順には管の機械的荷重により生じるモーメント  $M_b$  を含む場合の式のみを記載した

解説図 PPB-3511-1 配管要素の解析手順

応力評価フローチャート

Ke 係数と環境評価パラメータ (ホットレグ) (詳細評価手法)

過渡条件番号		一次+二次+ ピーク応力 sp	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	原据効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
A	B			修正前 salt	修正後 salt'					
									合計:	0.00067

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

→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係数と環境評価パラメータ (クロスオーバーレグ) (詳細評価手法)

通称条件番号		一次+二次+ピーク応力 sp	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 nt	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			補正前 salt	補正後 salt'					

<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

合計: 0.01526

(注) ひずみ振幅 ≤ 0.110% (salt' ≤ 234.5) の場合、fen=1.0

→環境 UF : 0.016

内は商業機密に属しますので公開できません

Ke係数と環境評価パラメータ (コールドレグ) (詳細評価手法)

過渡条件番号		一次+二次+ ピーク応力 sp	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 修正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uec
A	B			補正前 sall	補正後 sall'					
										合計: 0.00339

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

→環境 UF : 0.004

内は商業機密に属しますので公開できません

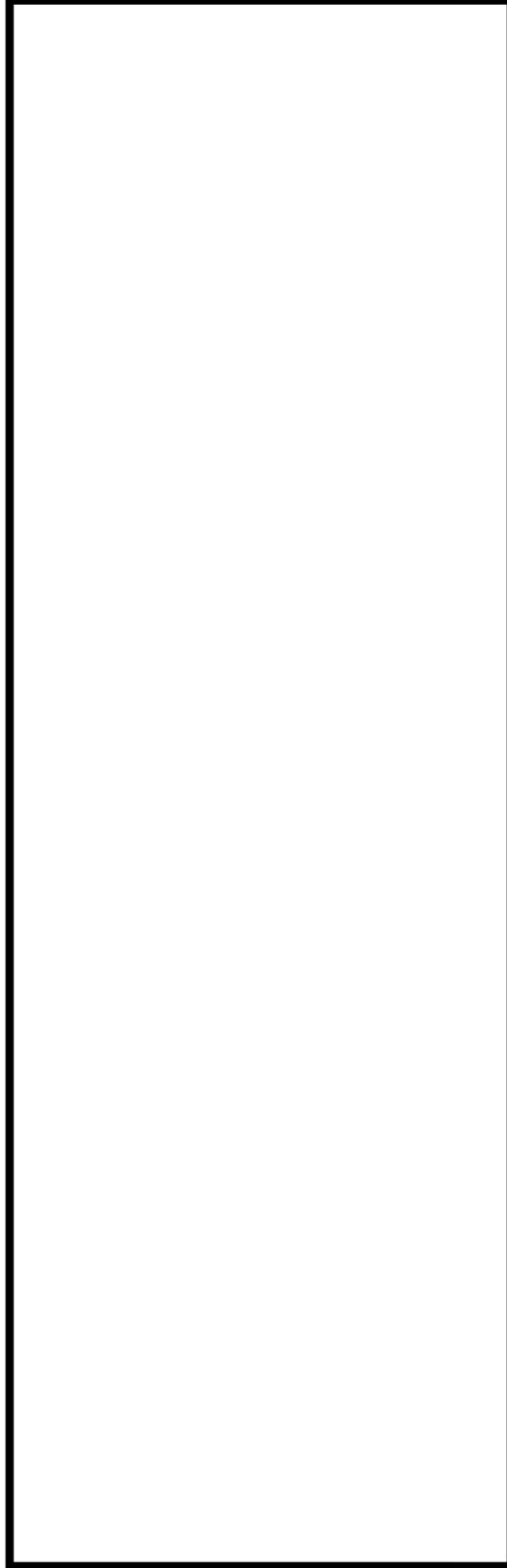
環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

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) ホットレグ

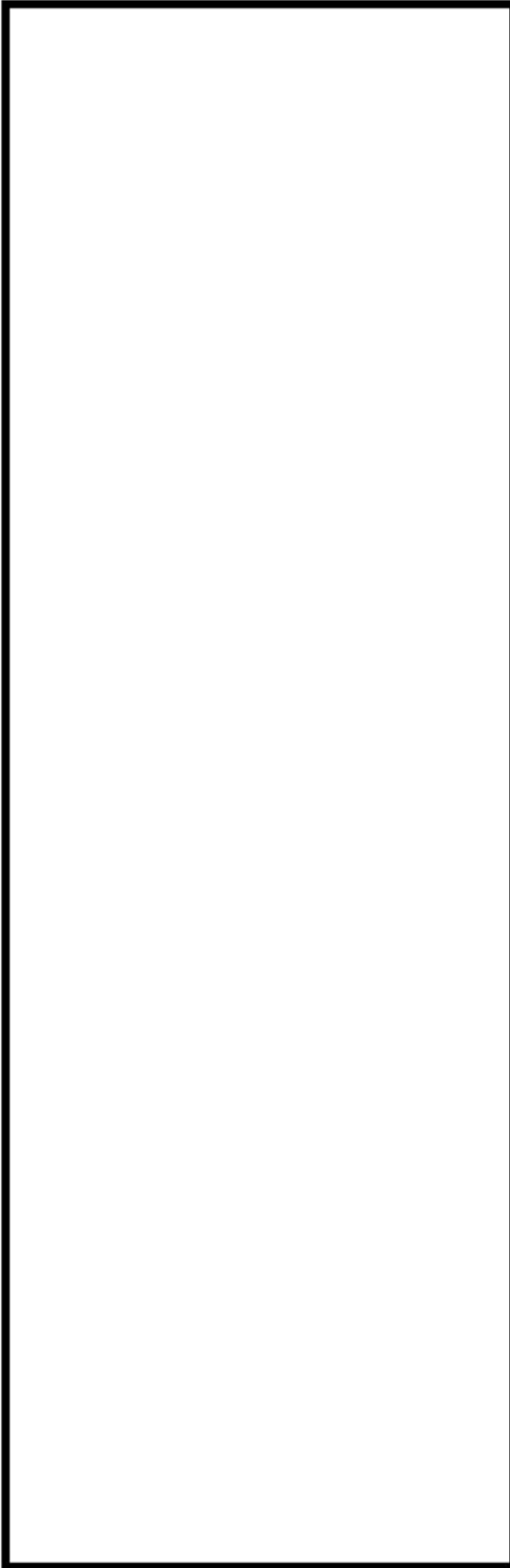
a. 過渡 2H1,1I1~2F1,1I1

環境疲労評価手法 (JSME S NFI) の EF-20 における  $\Delta T$  項が支配的ではないため、EF-3222 により「起動」時の上昇過程に線形としたひずみ速度で評価。

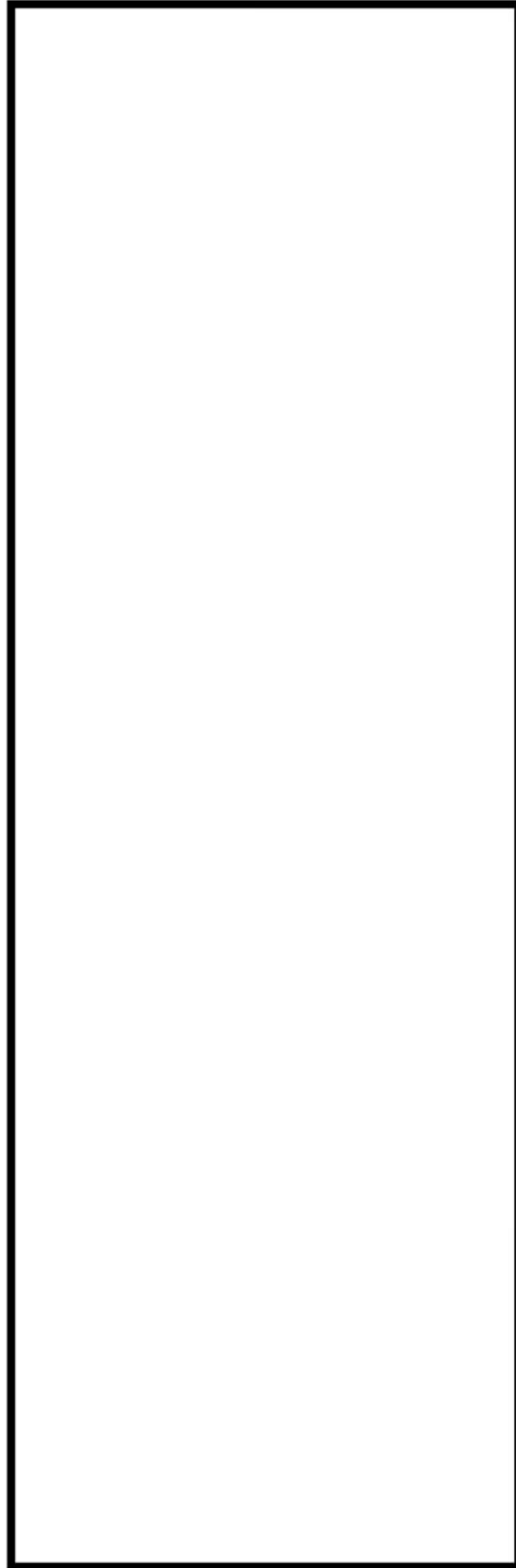


(2) クロスオーバーバーレダ

a. 過渡 2J1,1B1

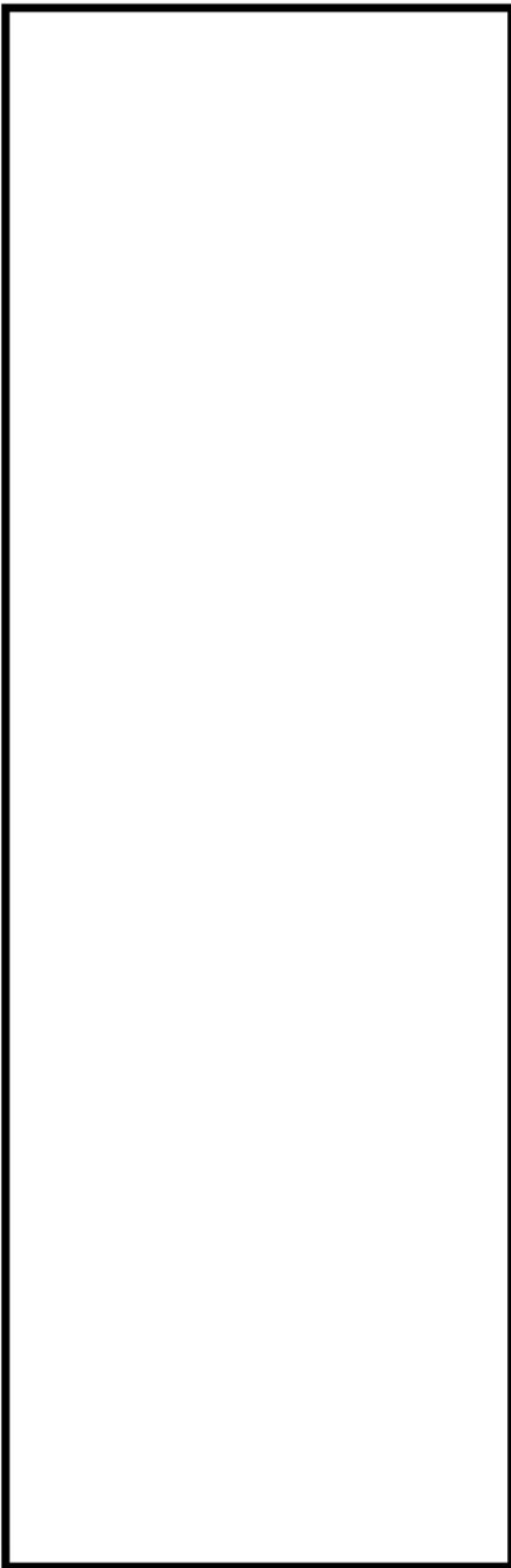


b. 過渡 1A1,1B1

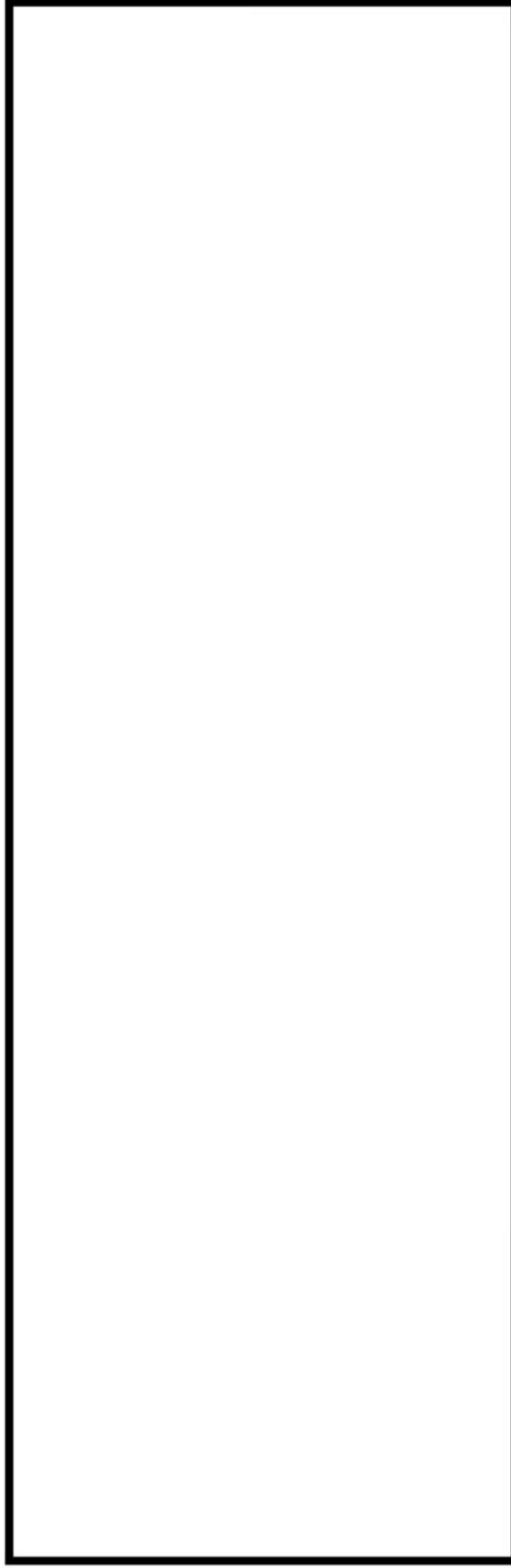


内は商業機密に属しますので公開できません





c. 過渡 1A1,2J2

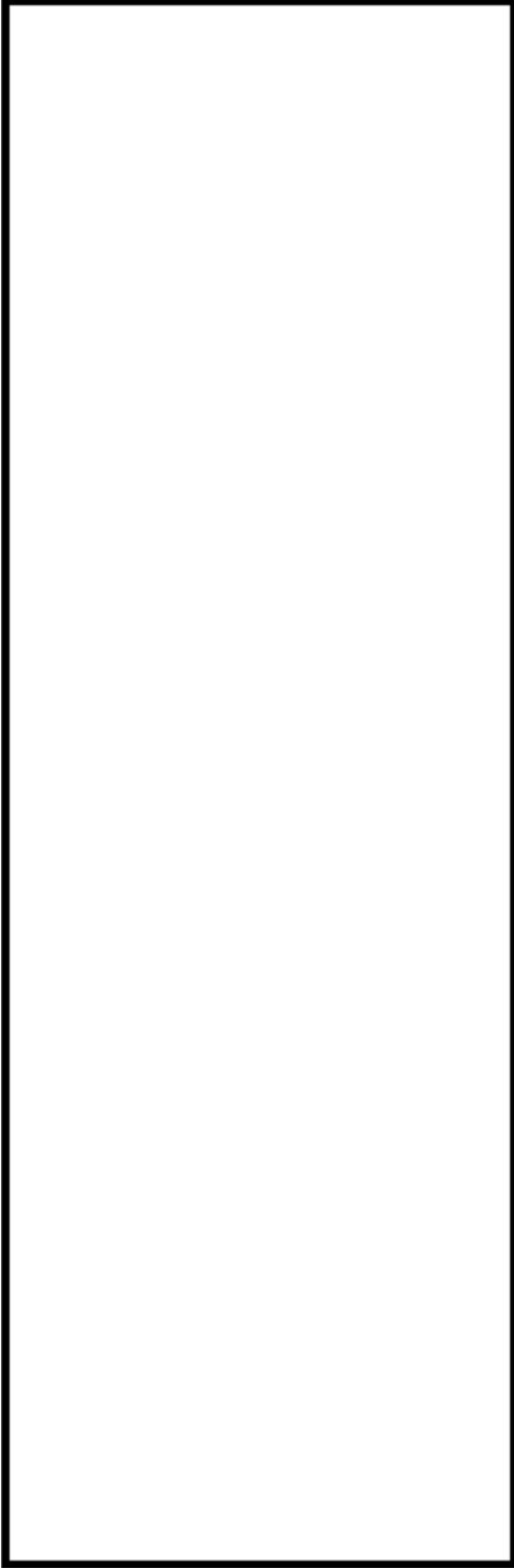


d. 過渡 2B1,2D5

内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡 2B1,1I1

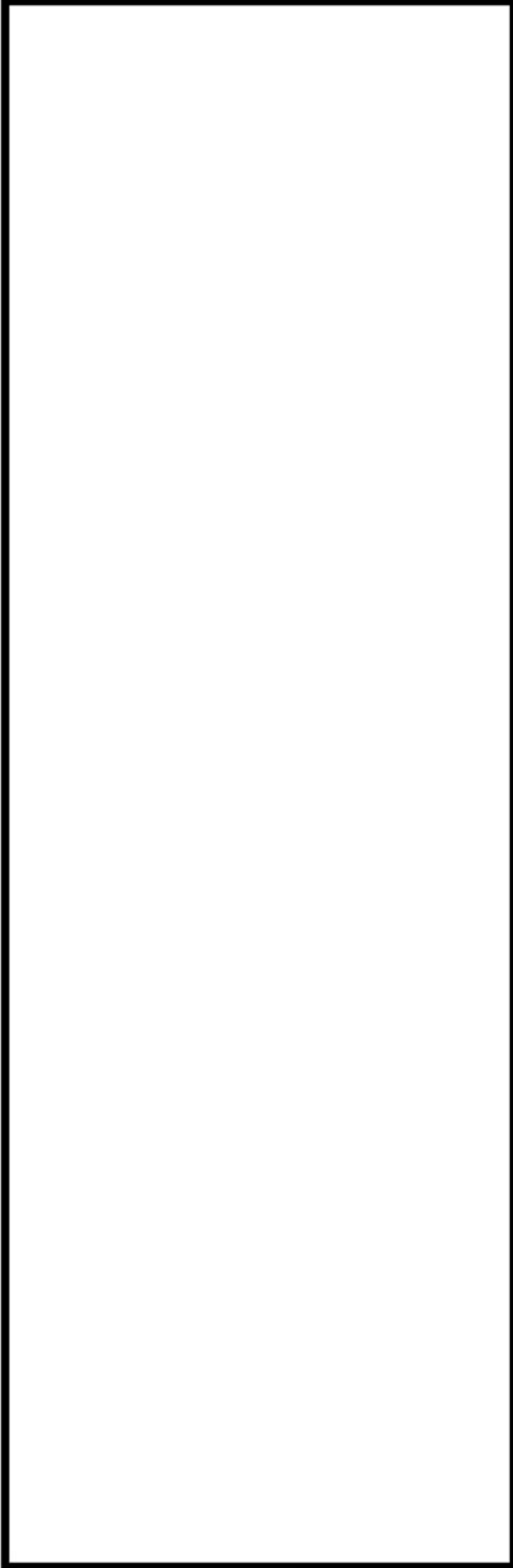


□ 内は商業機密に属しますので公開できません

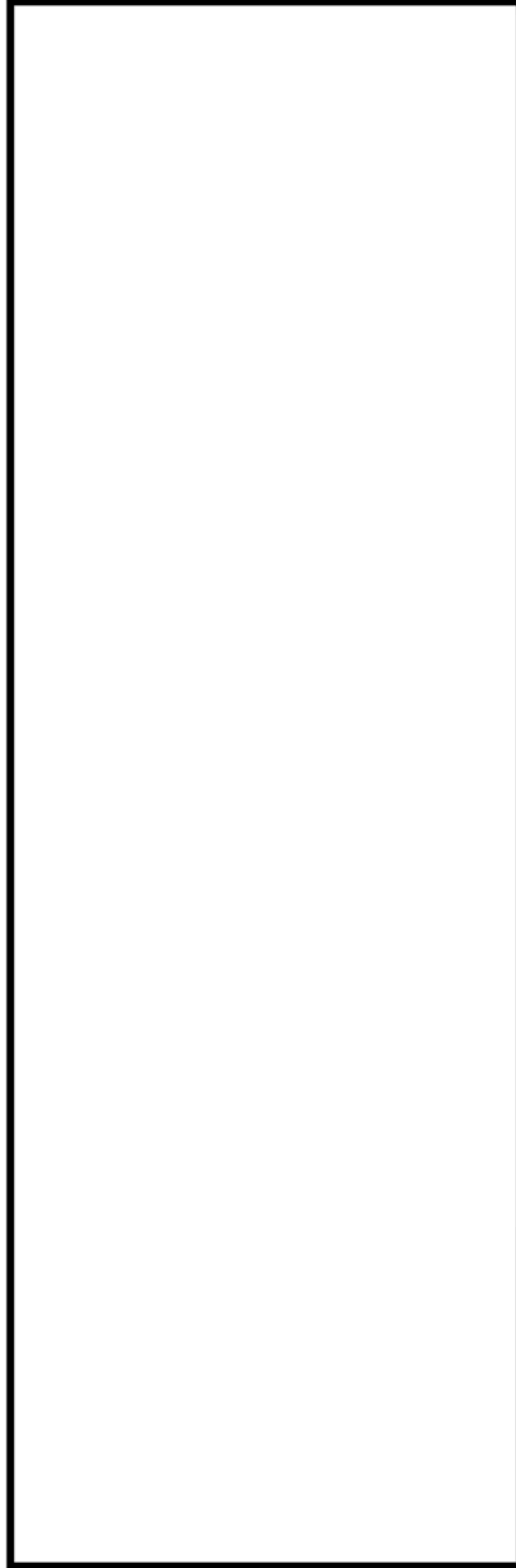


(3) コールドレグ

a. 過渡 2J1,1B1



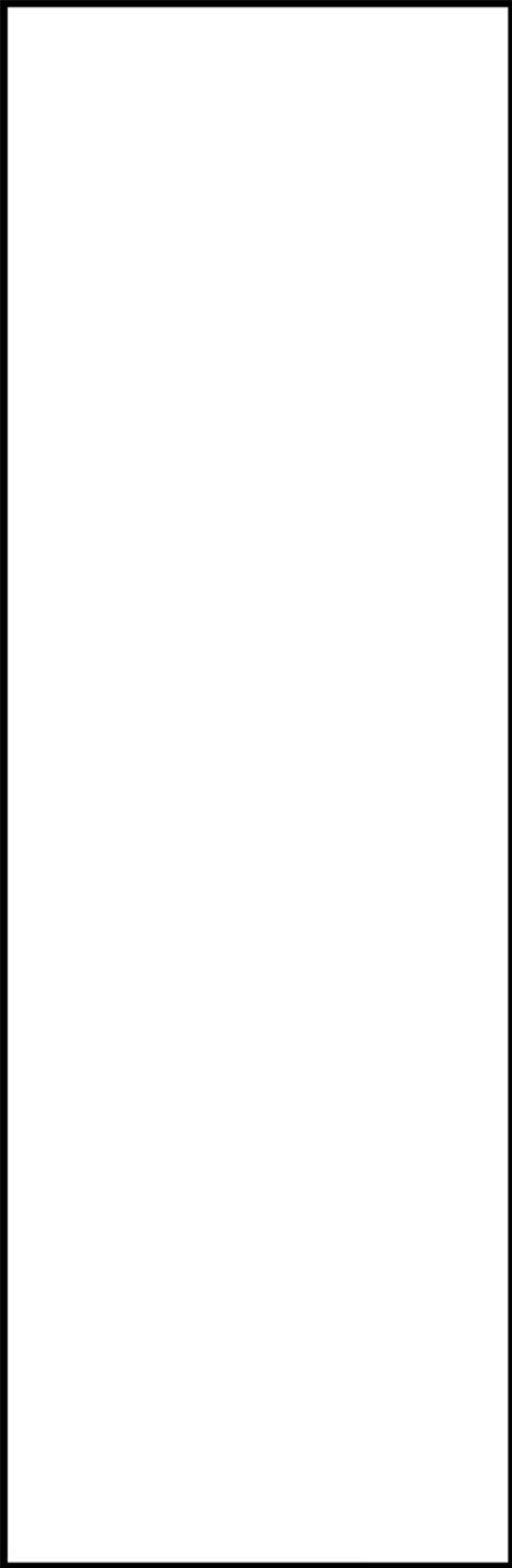
b. 過渡 1A1,1B1



内は商業機密に属しますので公開できません



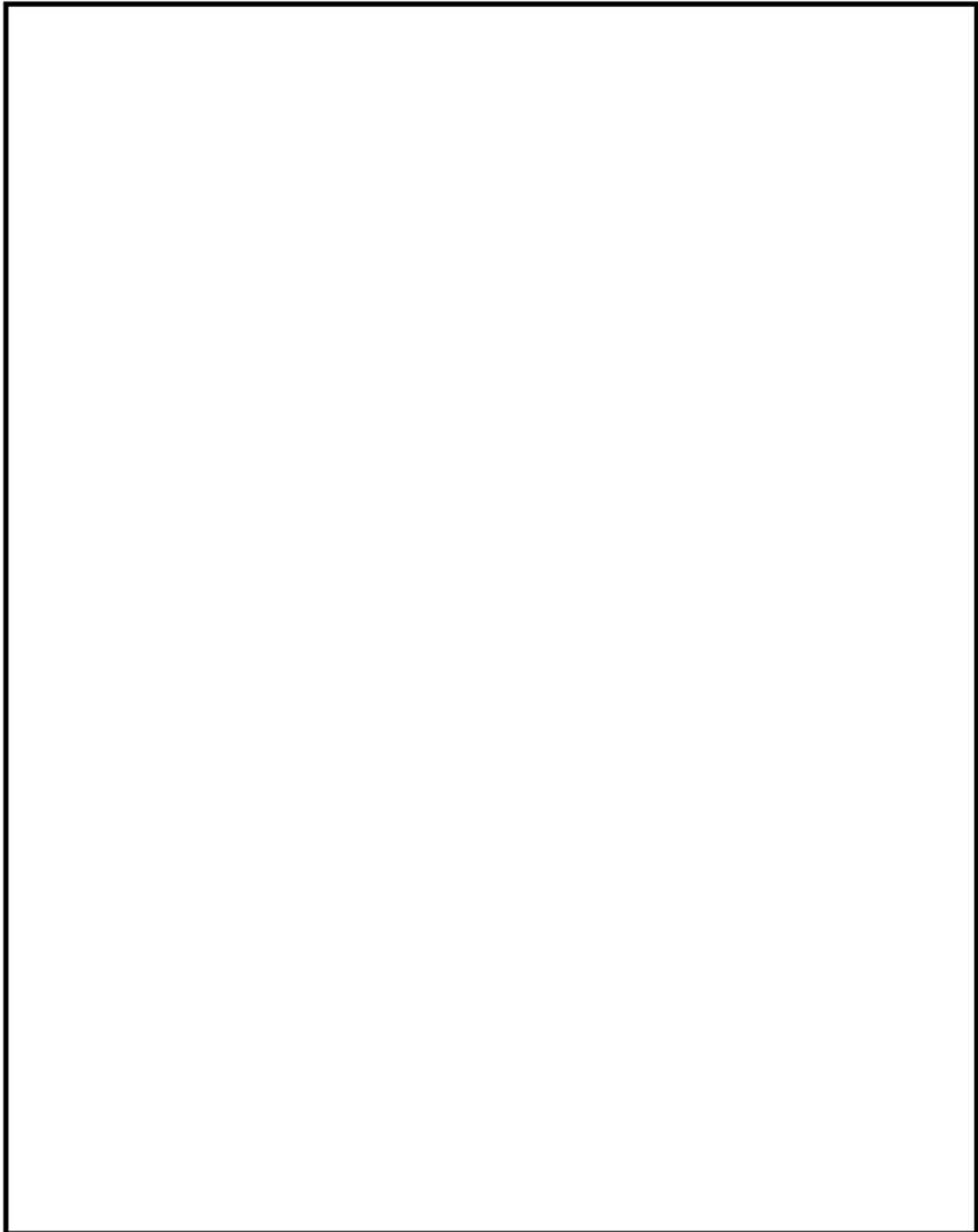
c. 過渡 1A1,2J2



内は商業機密に属しますので公開できません

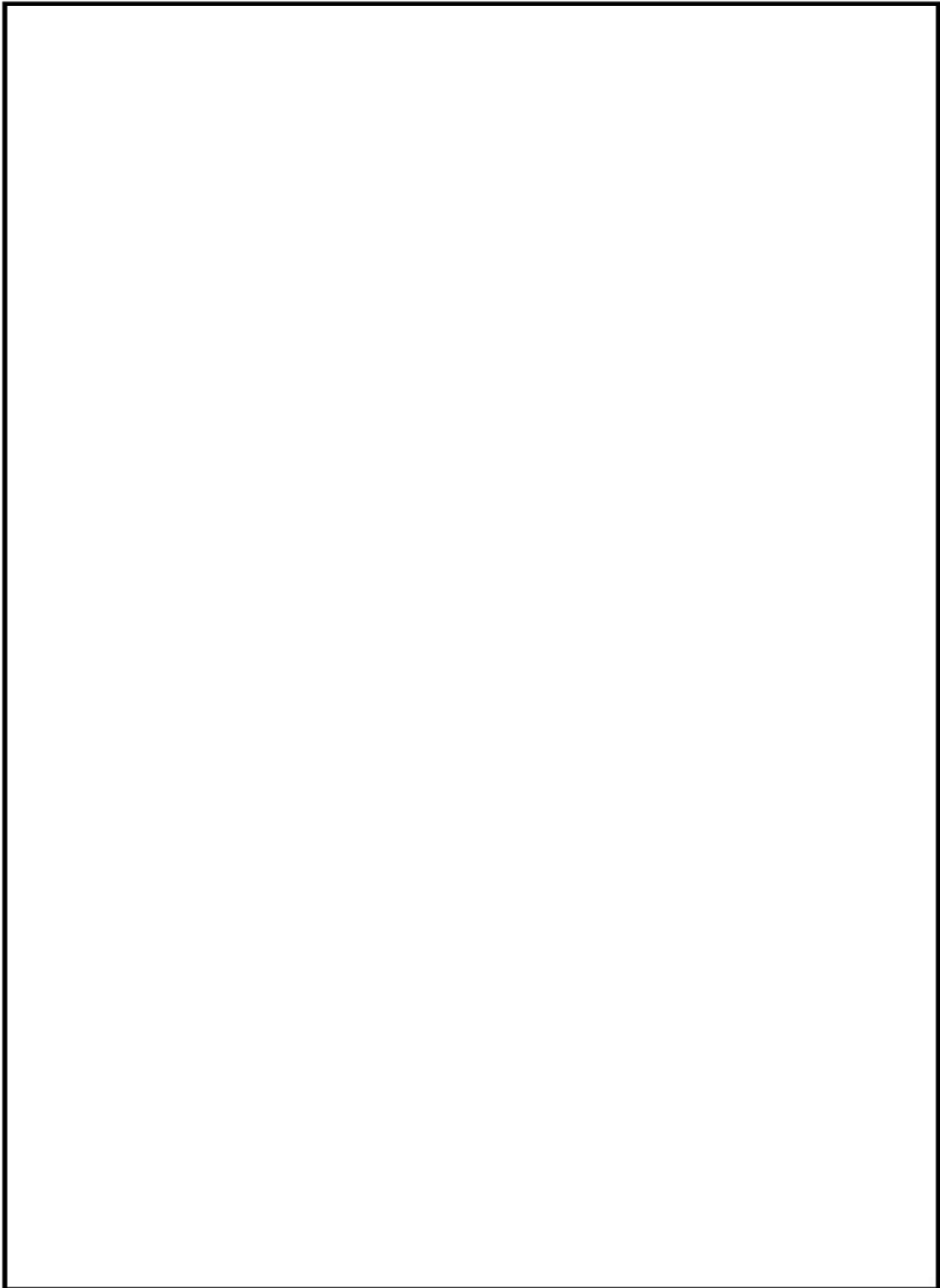






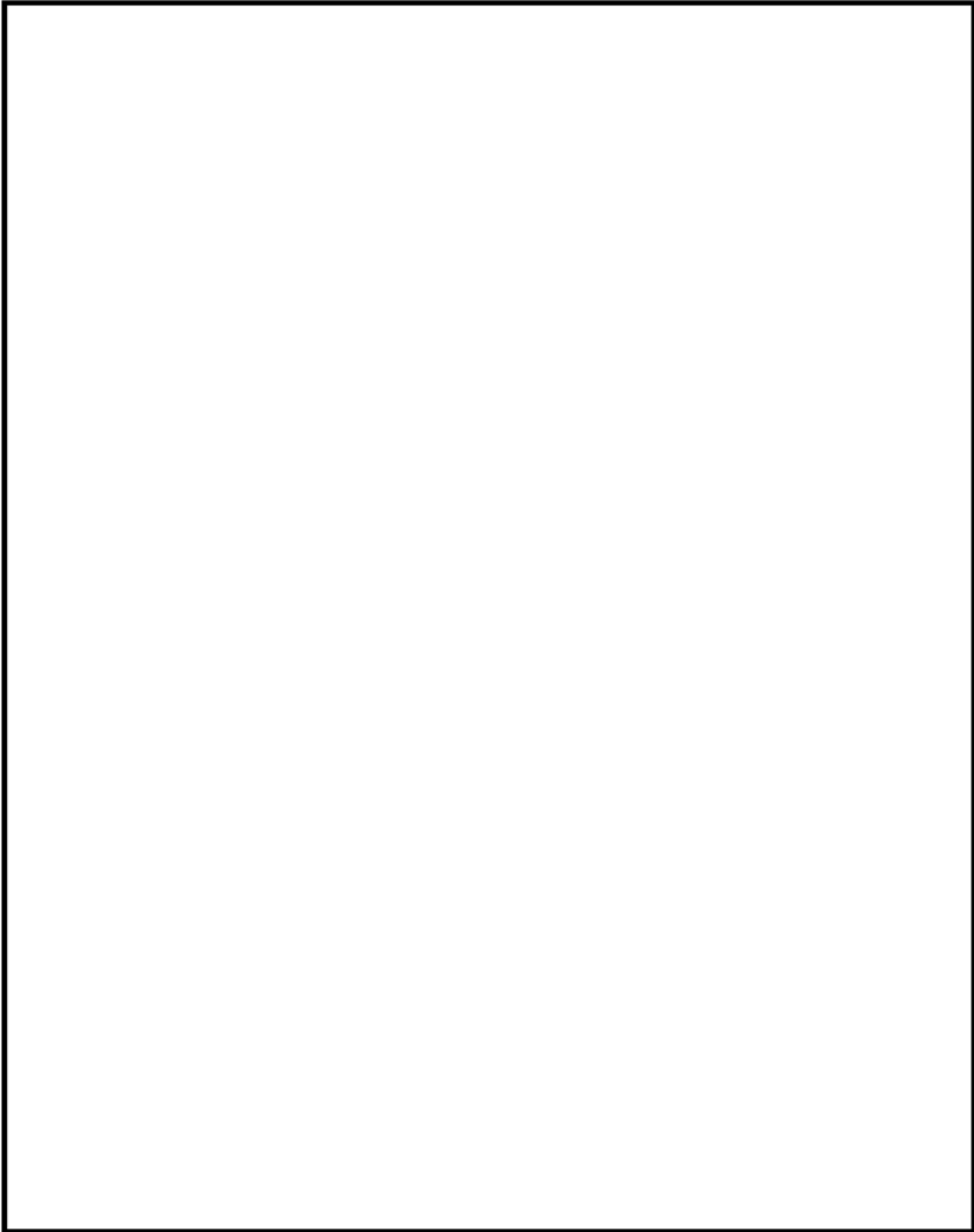
(1) 1次冷却材管（加圧器サージ管管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



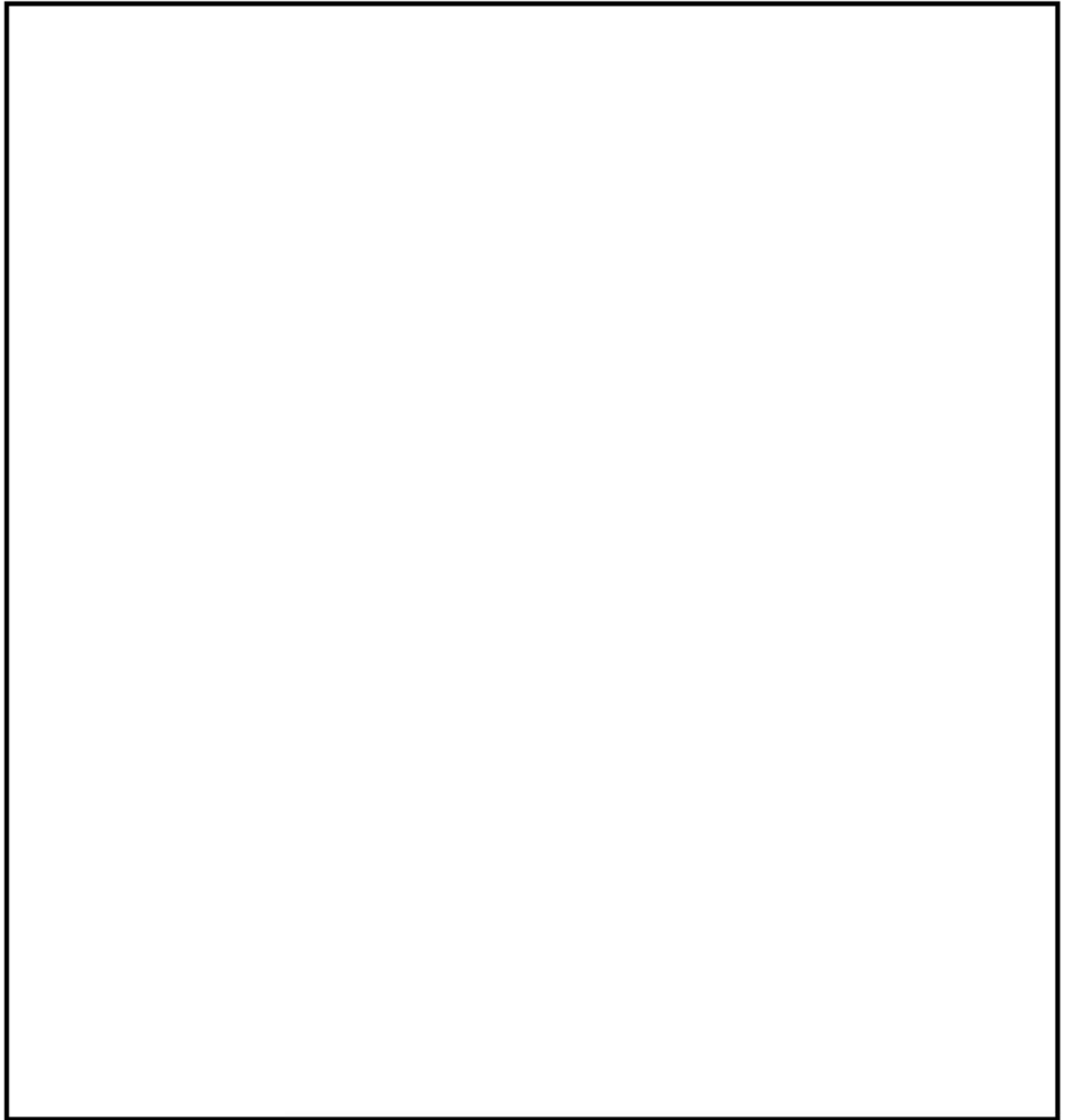
(2) 1次冷却材管 (安全注入管台) 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



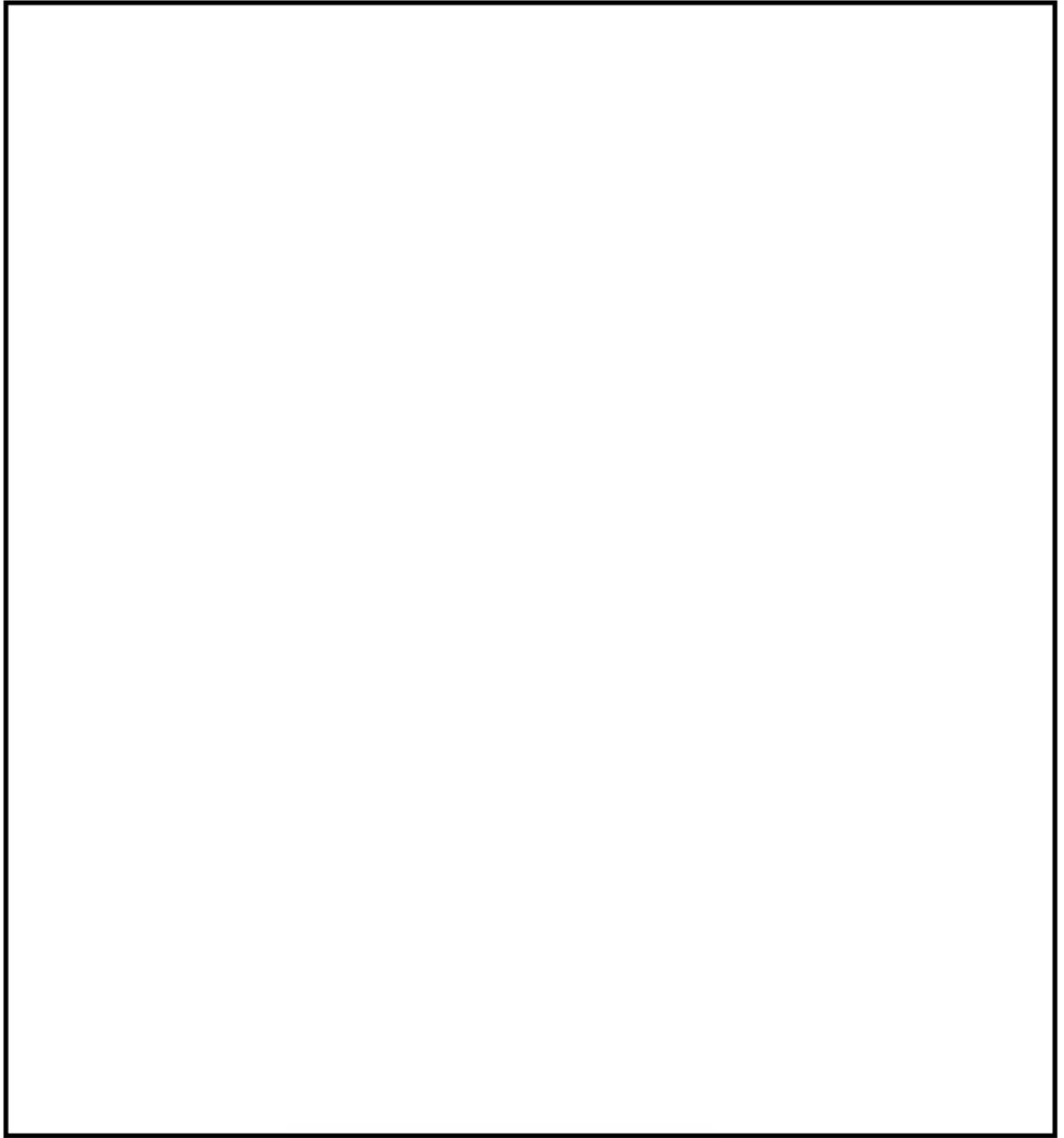
(3) 1次冷却材管（充てん管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



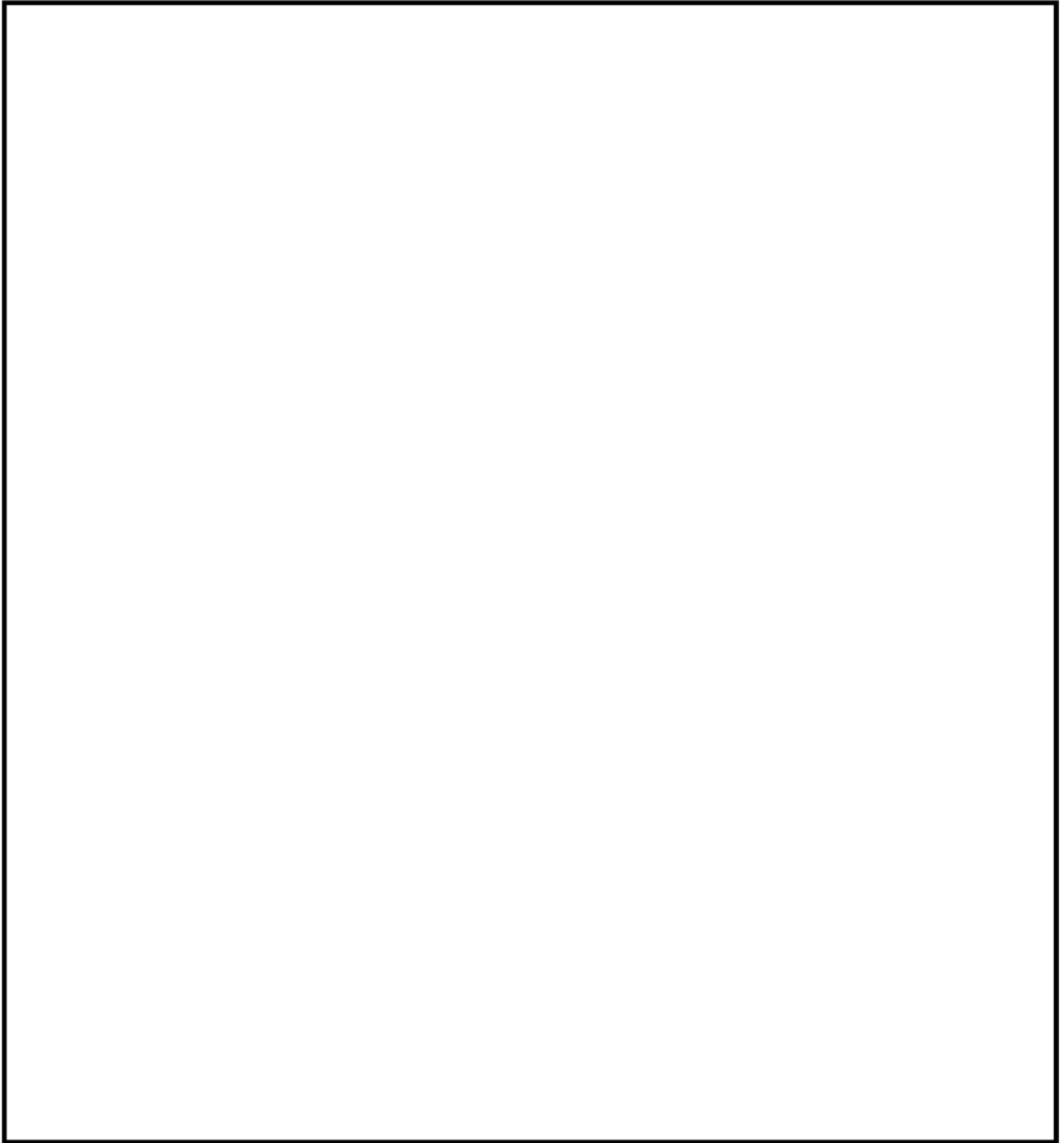
(1) 1次冷却材管（加圧器サージ管管台） 評価点

内は商業機密に属しますので公開できません



(2) 1次冷却材管 (安全注入管台) 評価点

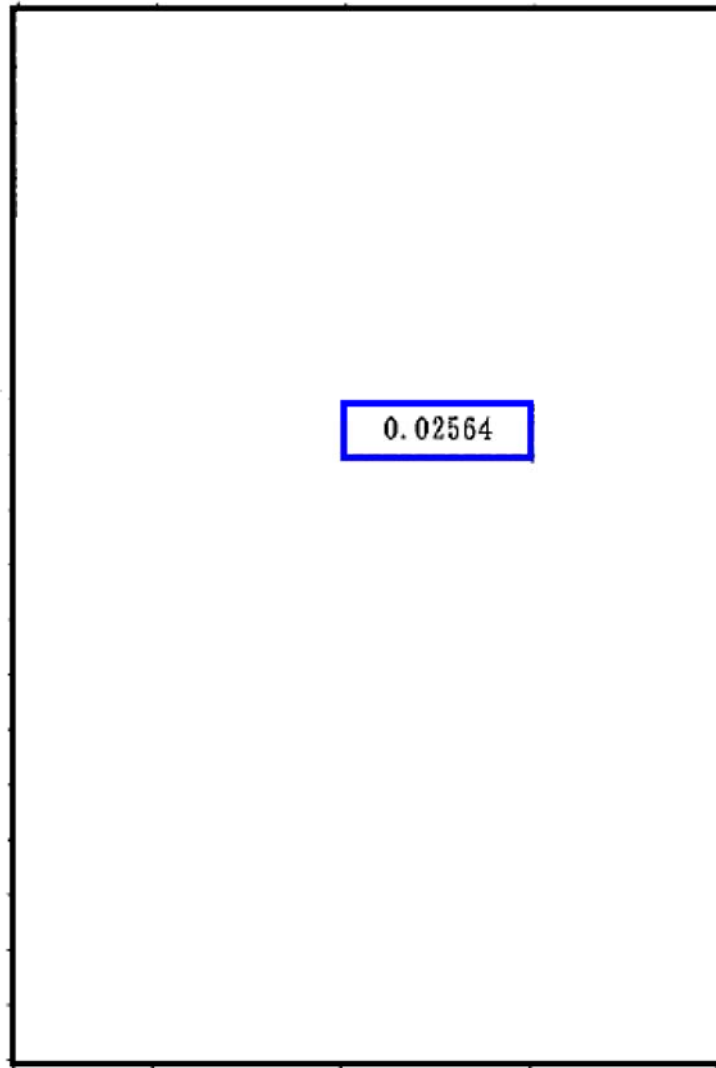
内は商業機密に属しますので公開できません



(3) 1次冷却材管（充てん管台） 評価点

内は商業機密に属しますので公開できません

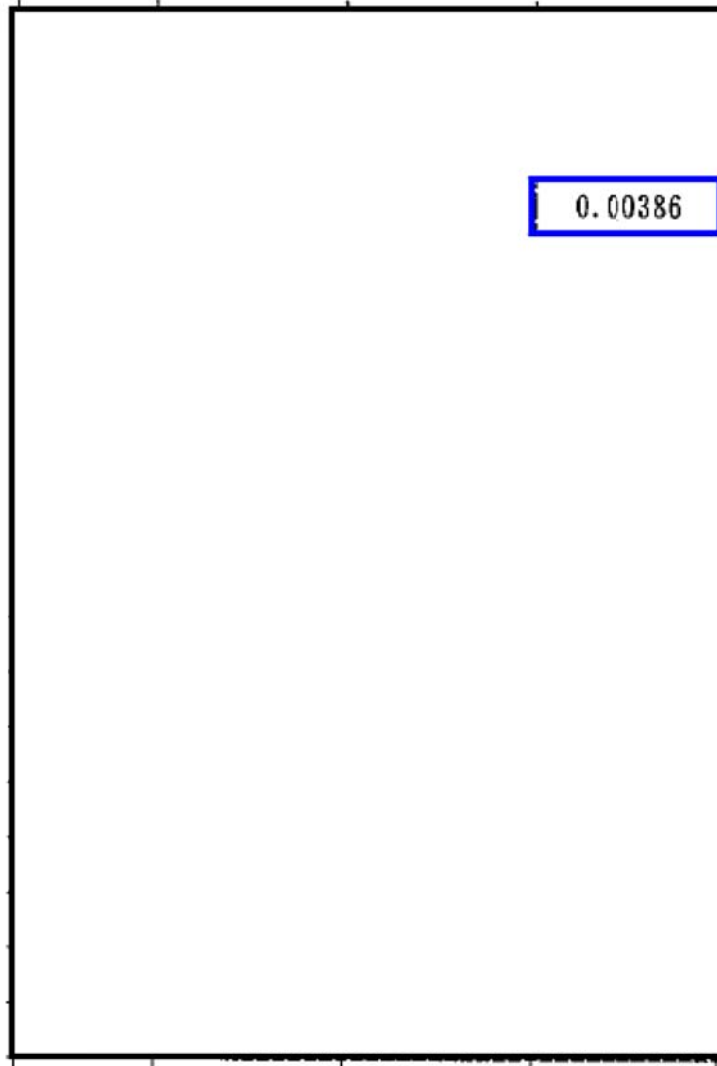
(1) 1次冷却材管（加圧器サージ管管台） 最大疲労評価点の選定



→通常 UF : 0.026

内は商業機密に属しますので公開できません

(2) 1次冷却材管 (安全注入管台) 最大疲労評価点の選定

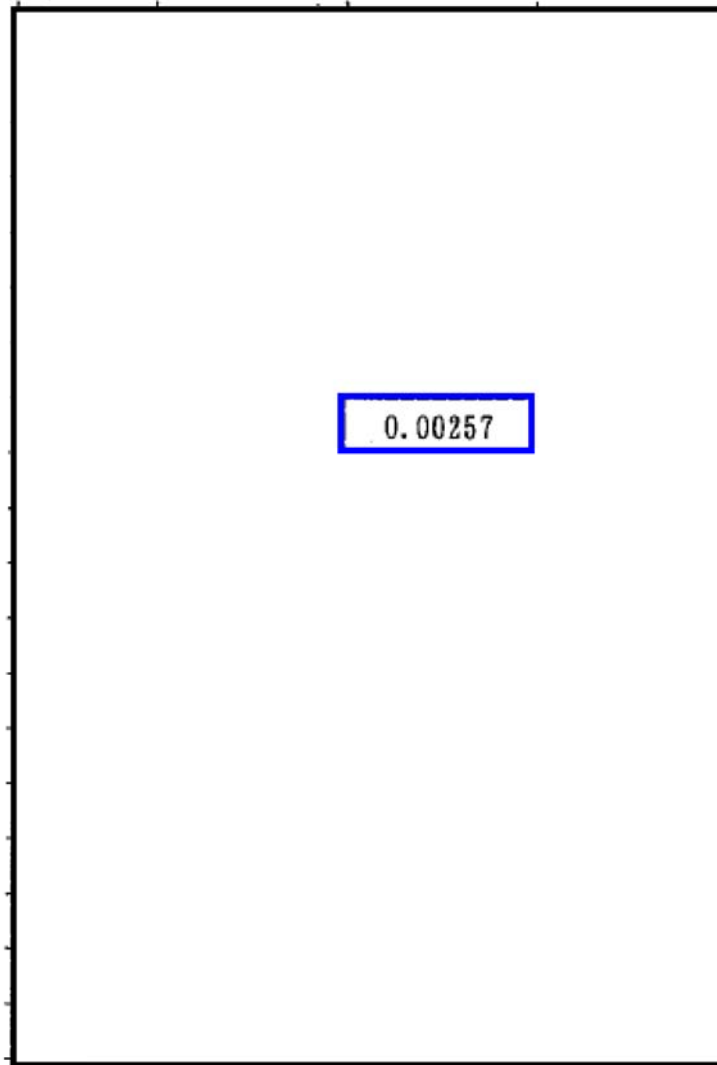


→通常 UF : 0.004

内は商業機密に属しますので公開できません



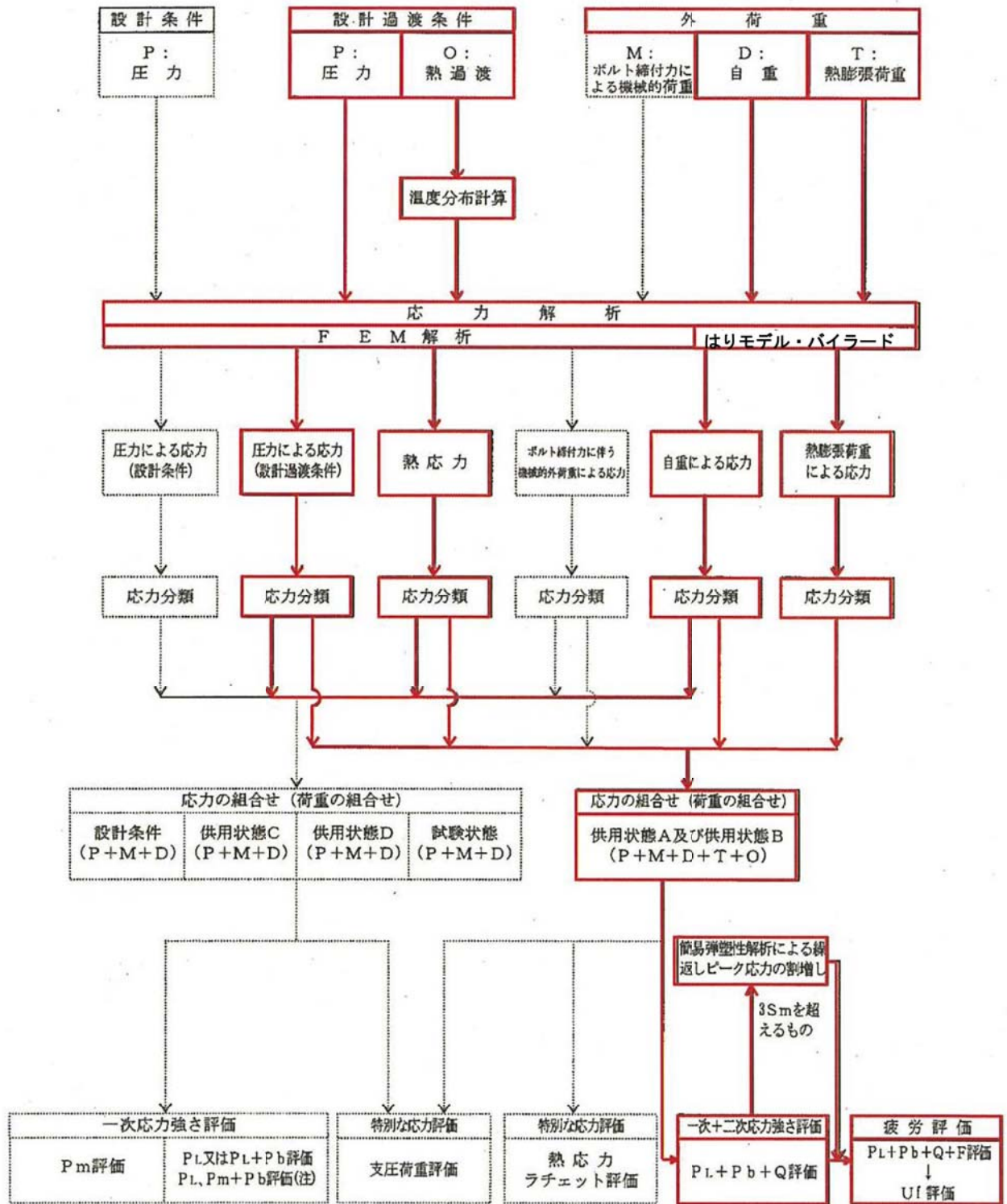
(3) 1次冷却材管 (充てん管台) 最大疲労評価点の選定



→通常 UF : 0.003

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



(注) 試験状態に適用  
 (.....部分は本評価では対象外)

(1) Ke係数と環境疲労パラメータ (加圧器サージ管管台) (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		実周波 数	許容繰返し 回数	疲労累積係数	累積効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
	Smax	snin		補正前 Srel	補正後 Srel'					
A	B		NC			n	inf	U	fen	uen

合計: 0.14681

→環境 UF: 0.147

内は商業機密に属しますので公開できません

(2) Ke係数と環境疲労パラメータ (安全注入管台) (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		変遷係 数	許容繰返し 回	疲労累積係数	環境効果を考慮した 疲労累積係数
	SMEZ	SBIH		SBI1	SBI1 補正係				
A			KE			n	n#	..u	fen
B									
合計: 0.01336									

→環境UF: 0.014

内は商業機密に属しますので公開できません

(4) Ke係数と環境疲労パラメータ (充てん管台) (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	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	soin		補正前 sall	補正後 sall'					
										合計:	0.01987

内は商業機密に属しますので公開できません

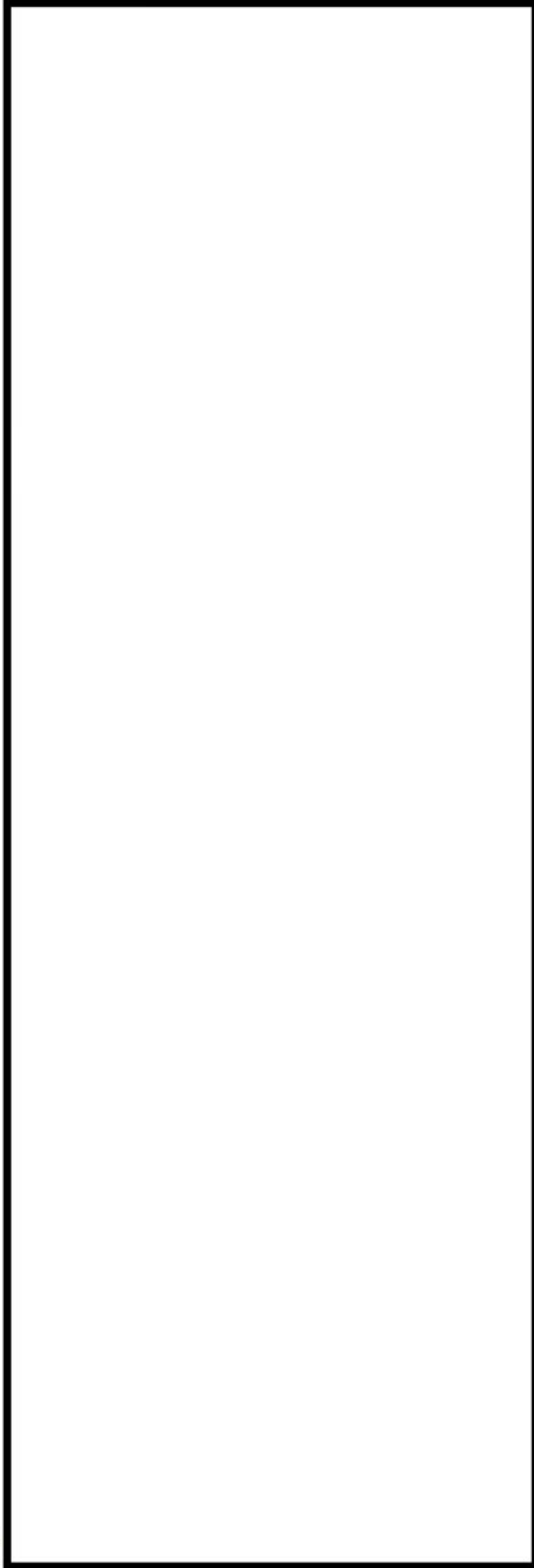
→環境 UF : 0.020

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

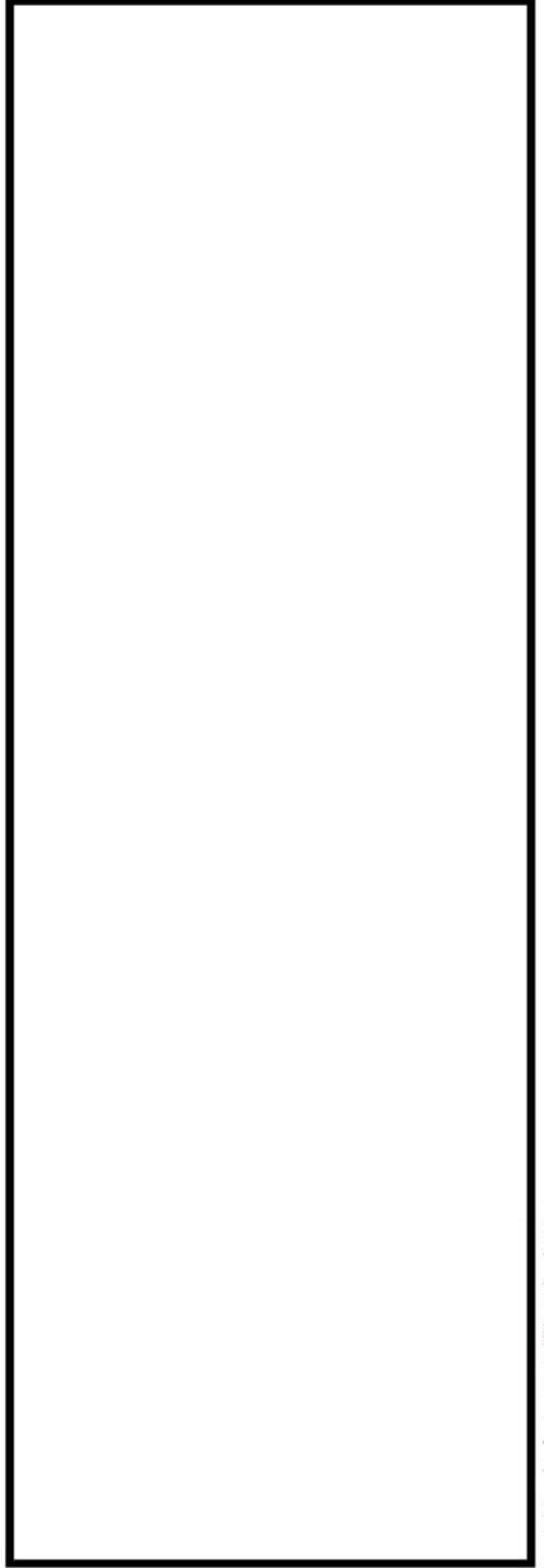
環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

(1) 加圧器サージ管管台

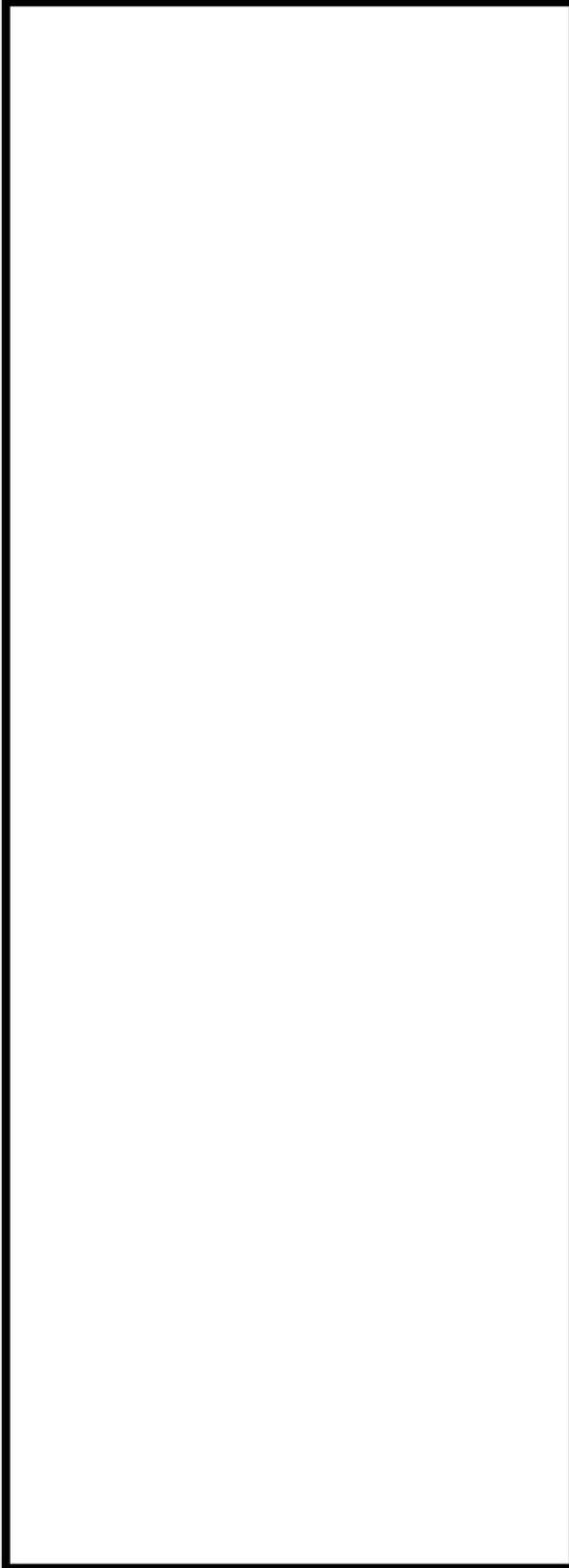
a. 過渡 2G1,1B2



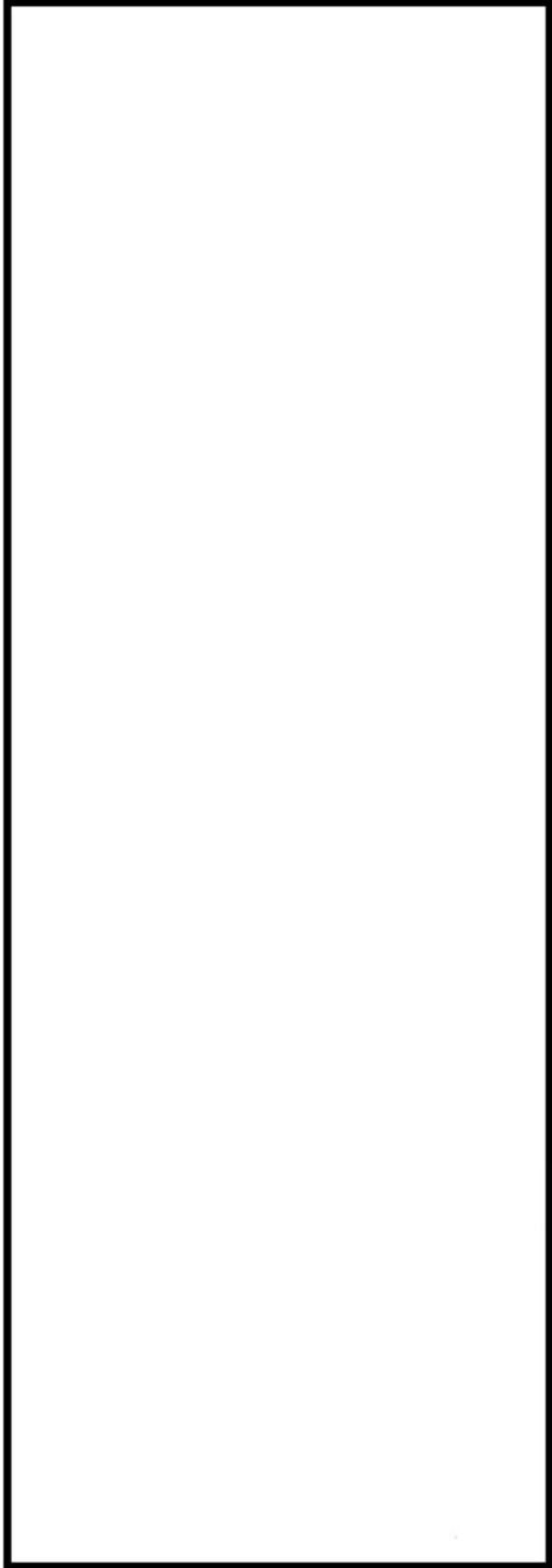
b. 過渡 2D5,1B2



c. 過渡 1L1,1B2



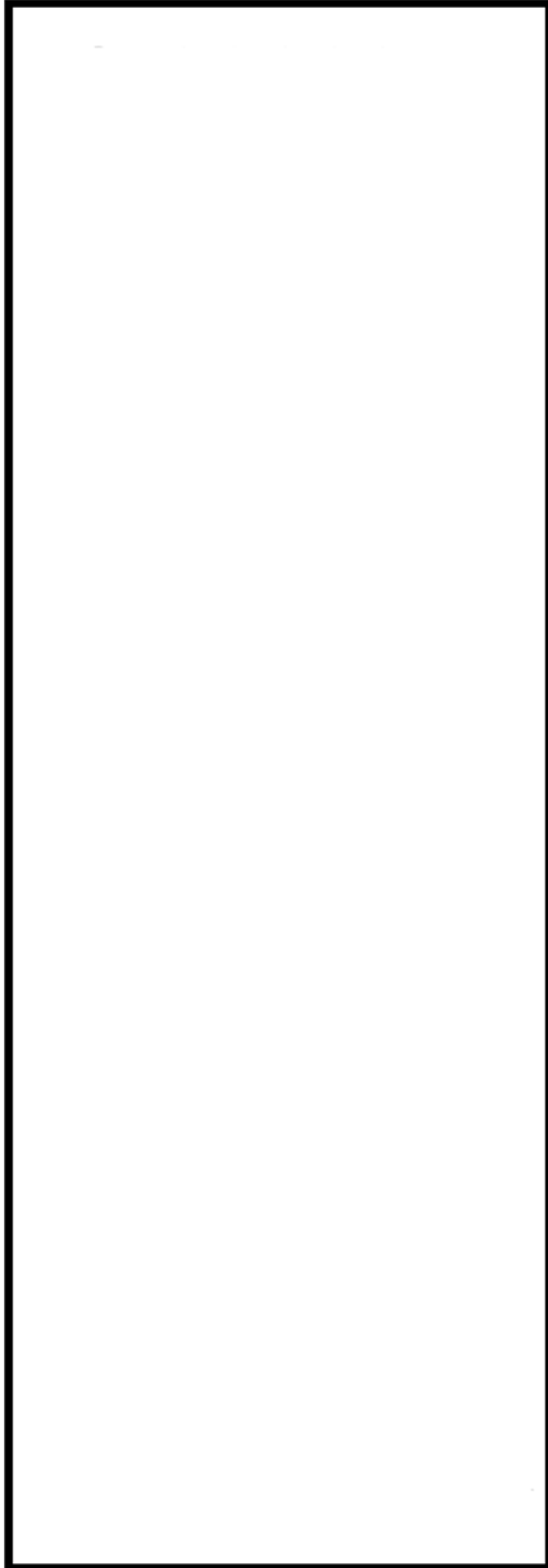
d. 過渡 1D1,1B2



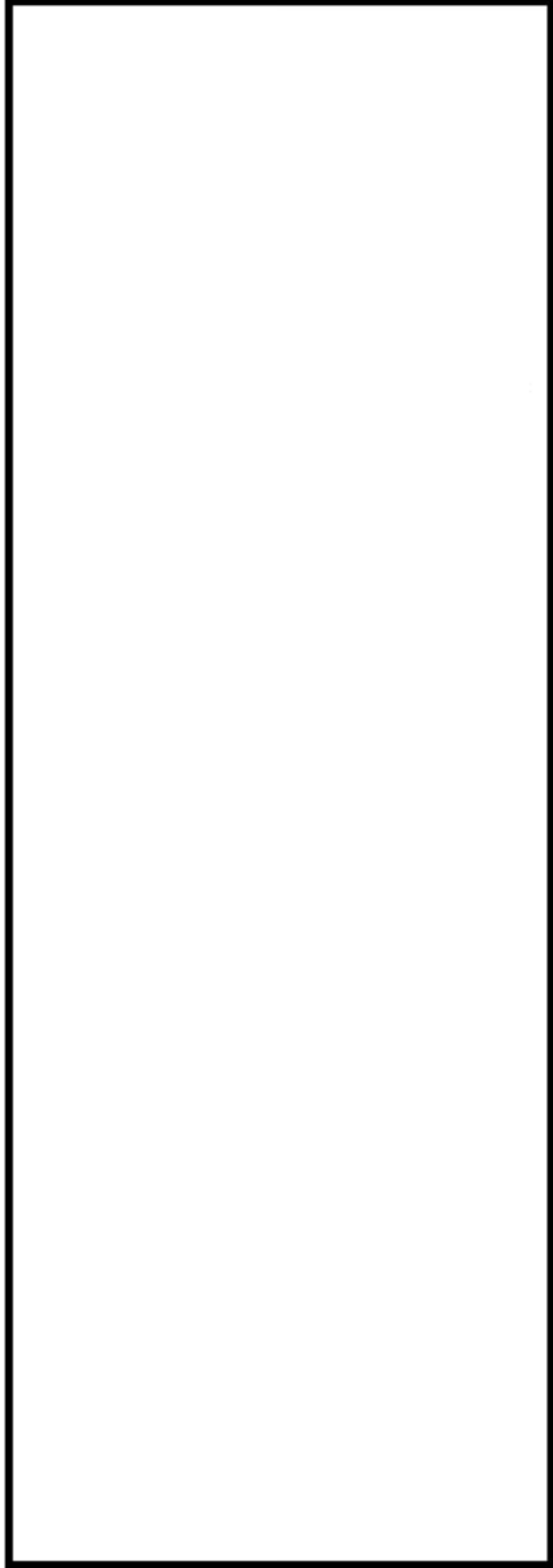
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡 1G1,1B2

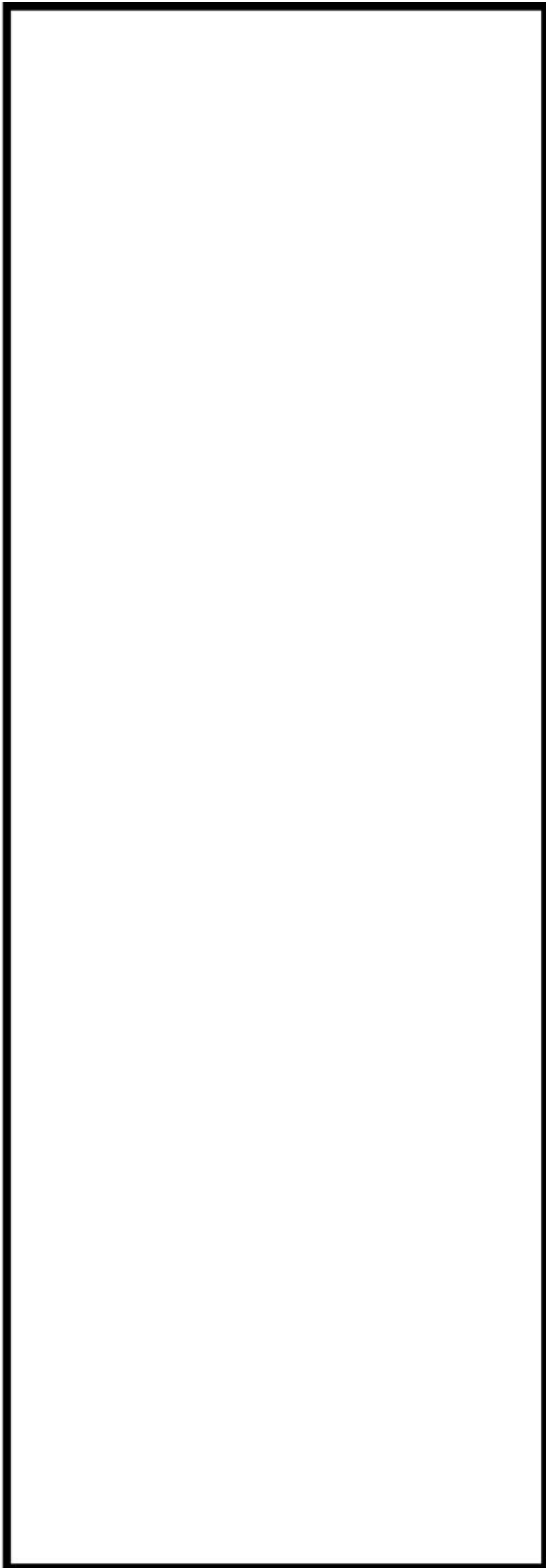


f. 過渡 2A1,1B2

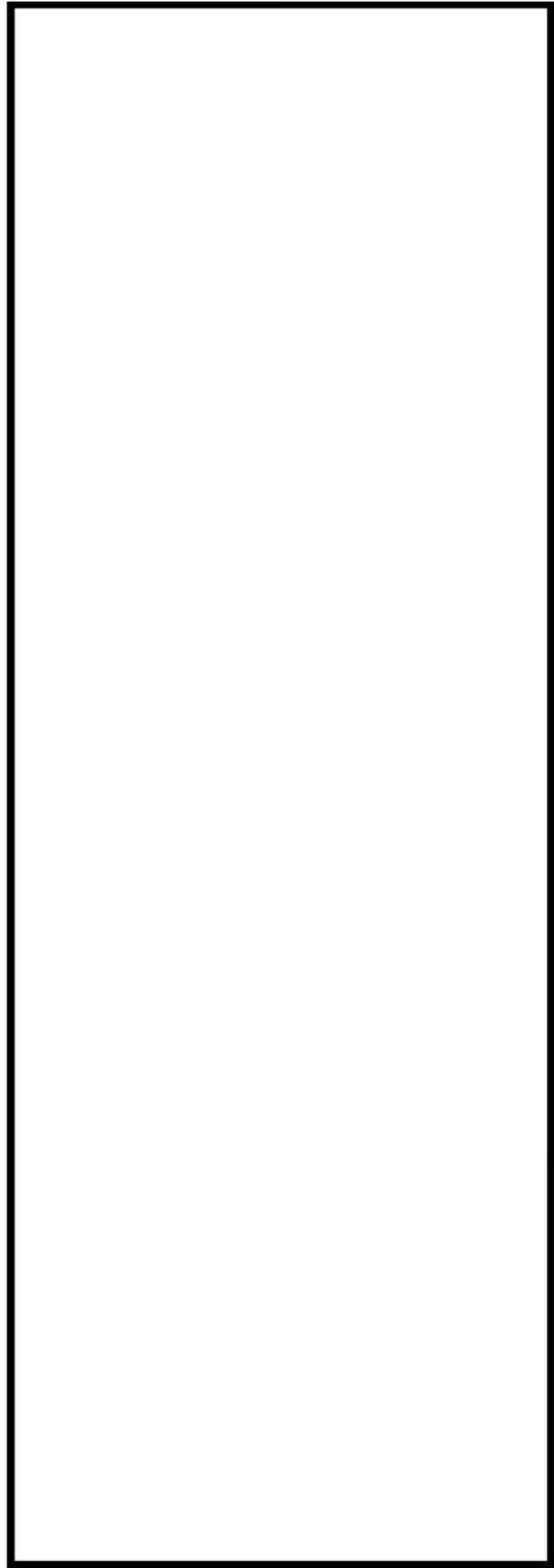


内は商業機密に属しますので公開できません





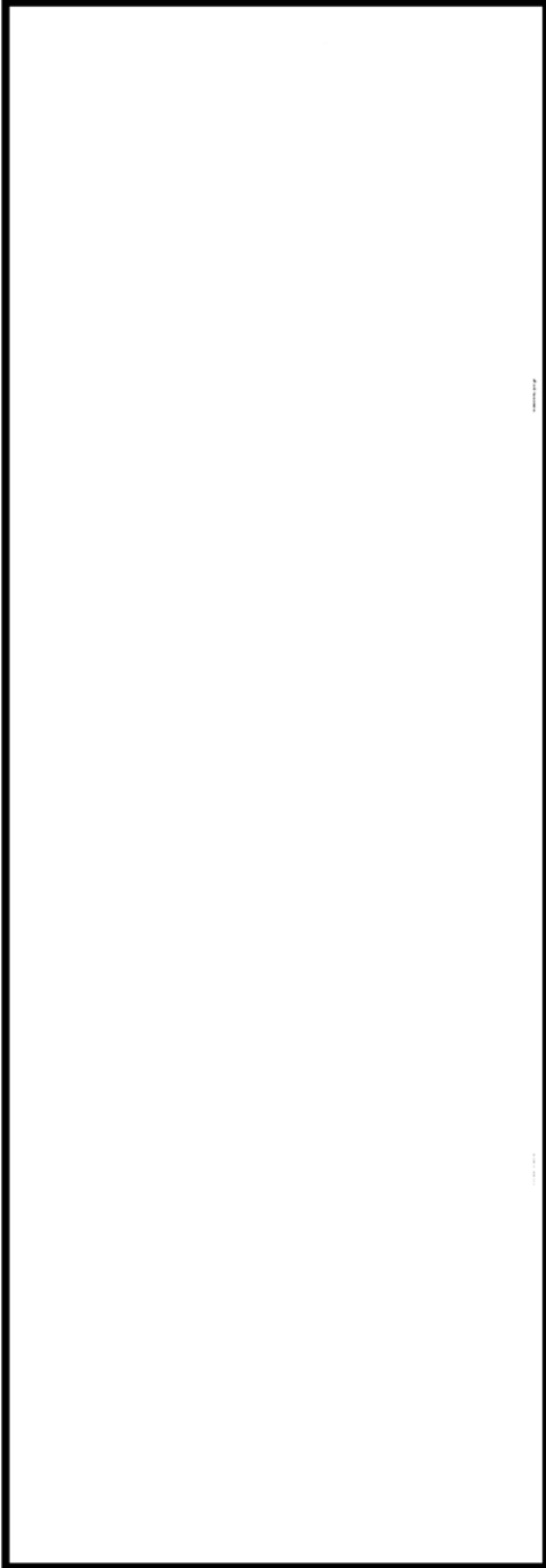
g. 過渡 2B1,1B2



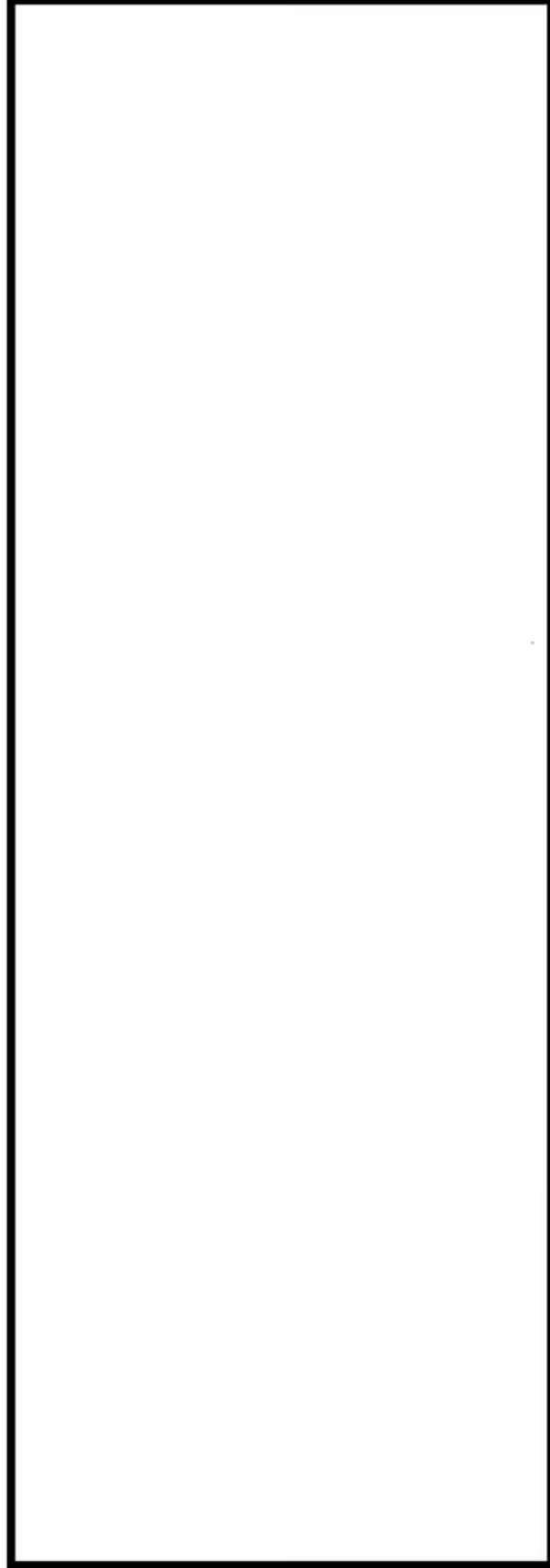
h. 過渡 2J2,1B2

内は商業機密に属しますので公開できません

i. 過渡 2H2,1B2

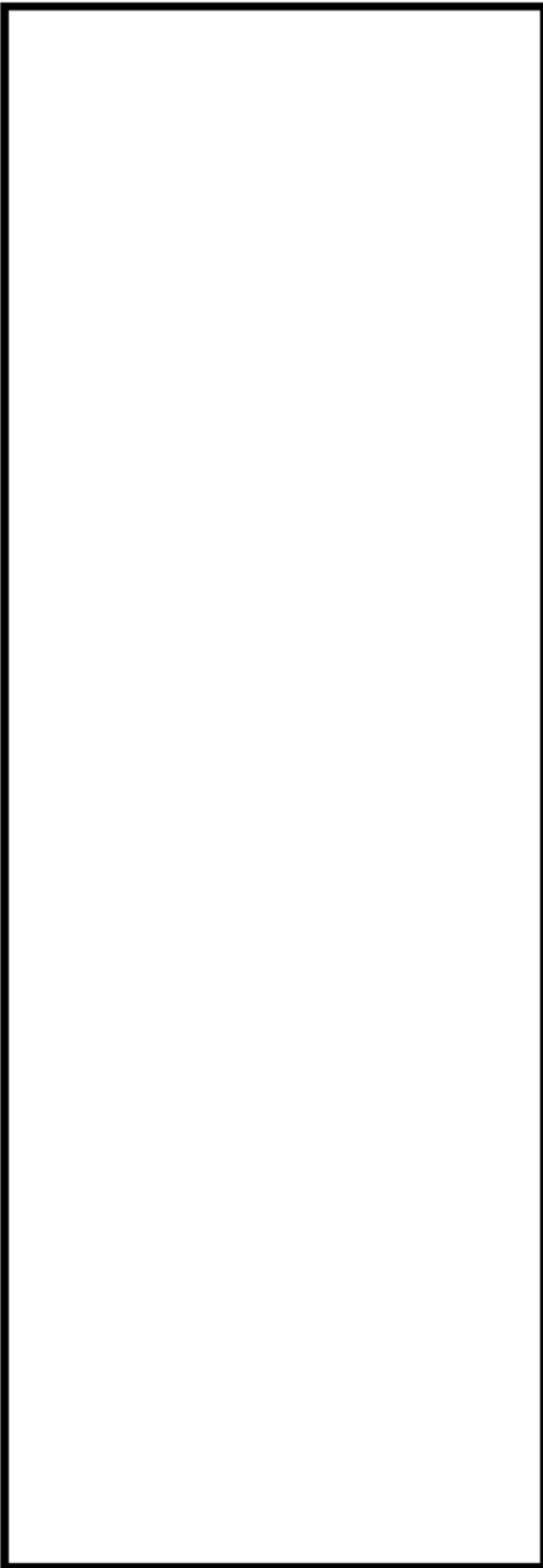


j. 過渡 1M1,1B2



内は商業機密に属しますので公開できません

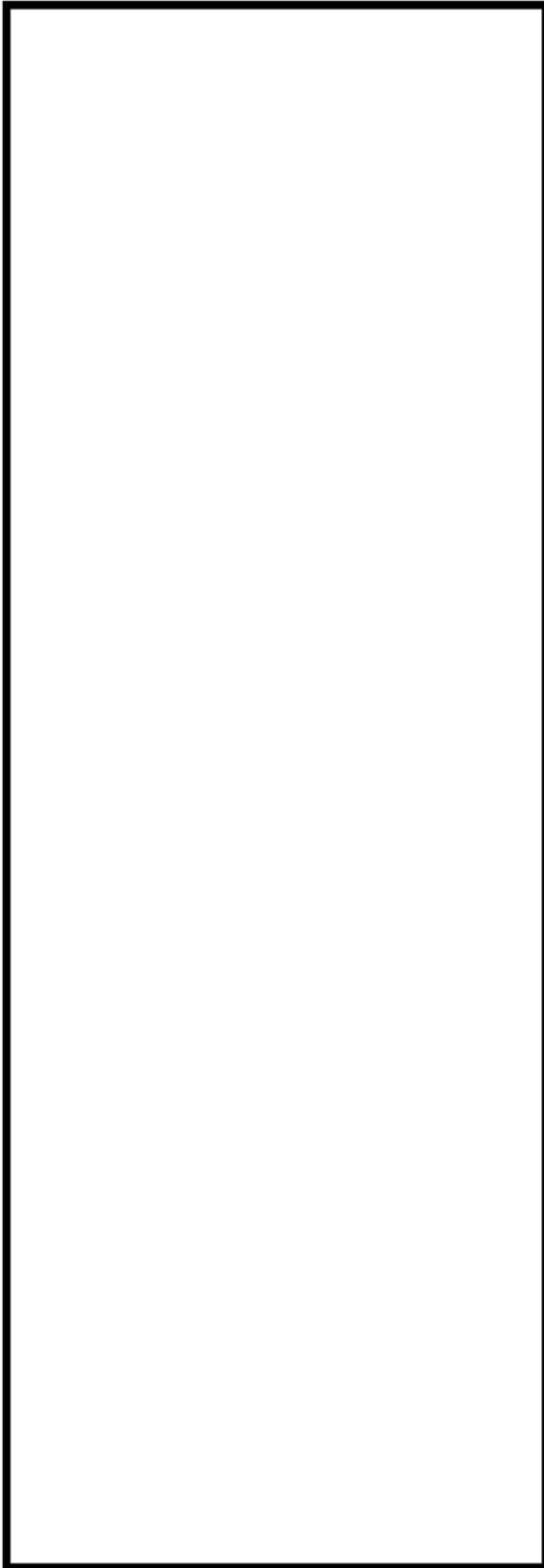




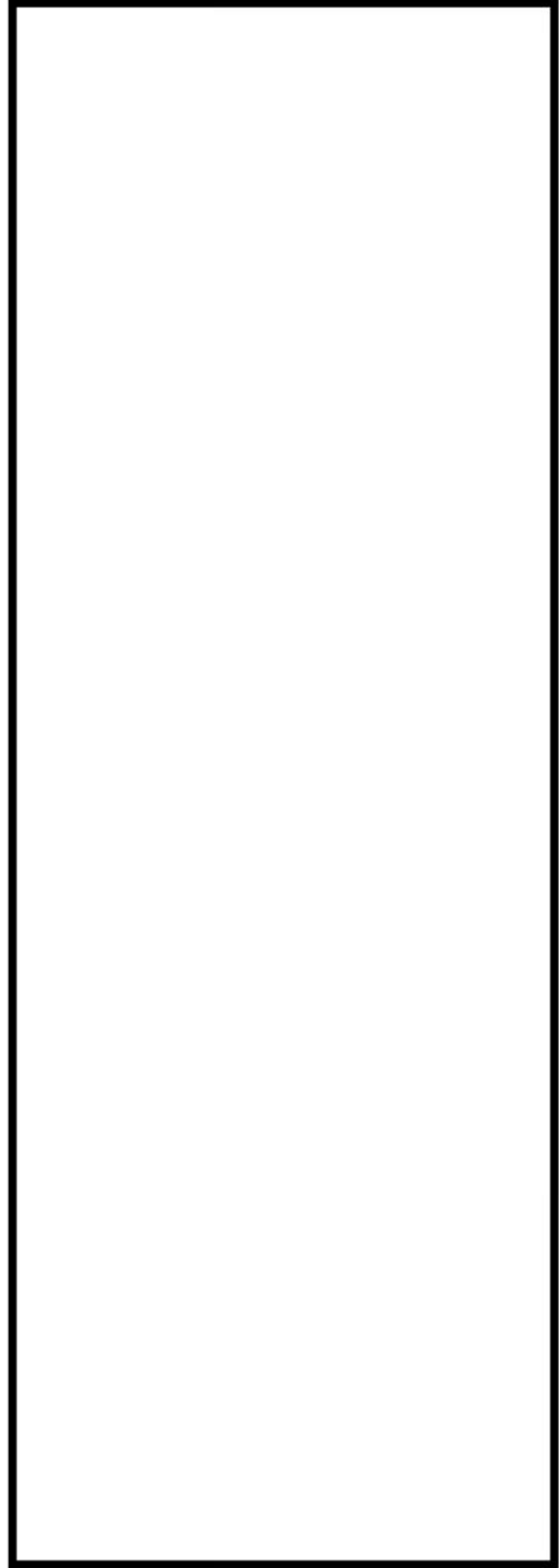
k. 過渡 1M1,1A2

内は商業機密に属しますので公開できません

(2) 安全注入管台  
a. 過渡 2L1,2E1



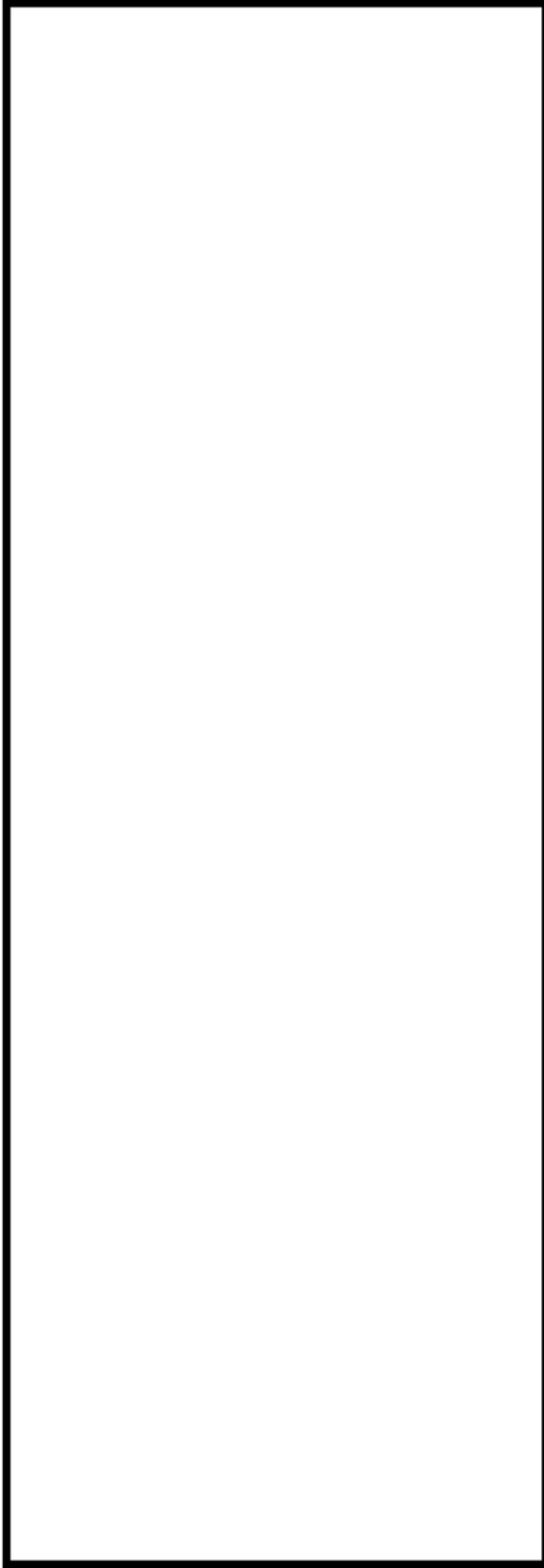
b. 過渡 2E1,2L1



内は商業機密に属しますので公開できません

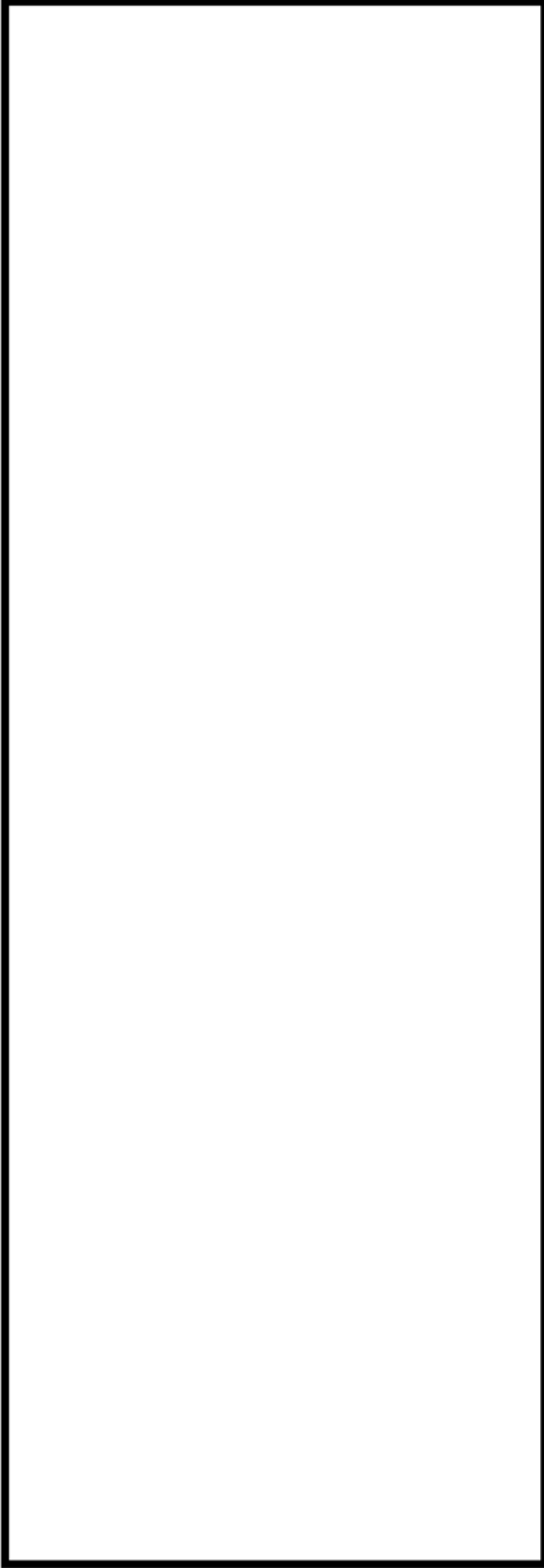


c. 過渡NSS,2D4

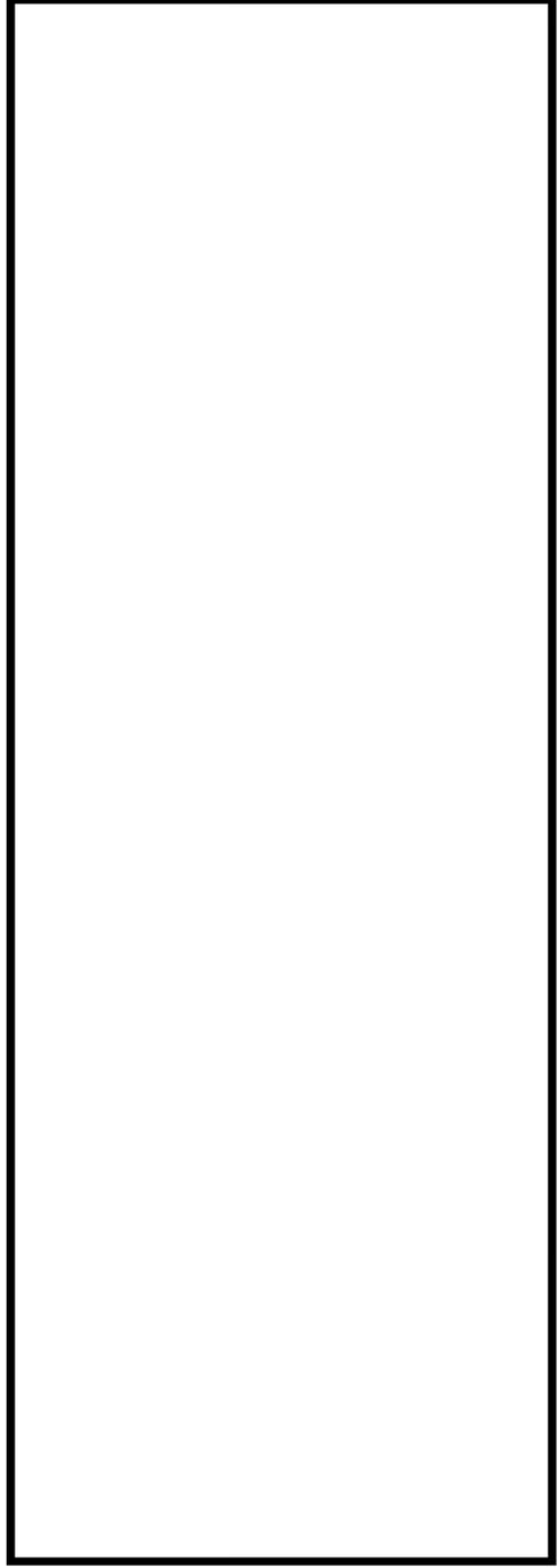


内は商業機密に属しますので公開できません

(3) 充てん管台  
a. 過渡 201,1I1



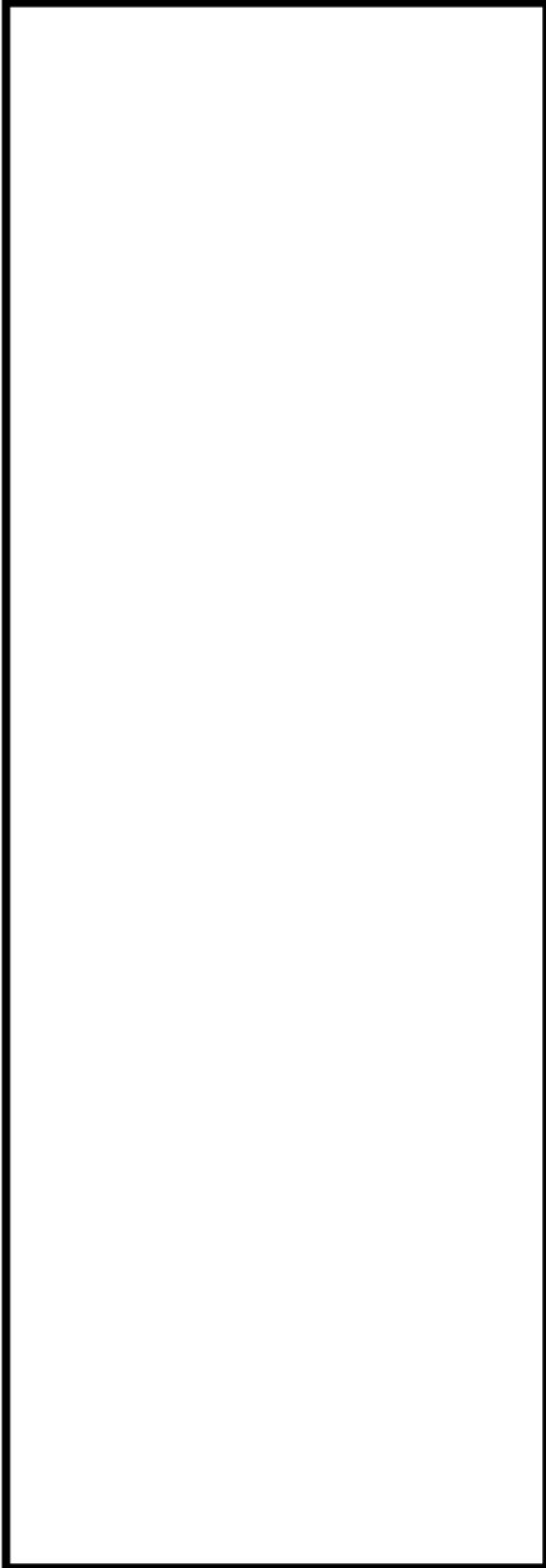
b. 過渡 205,1I1



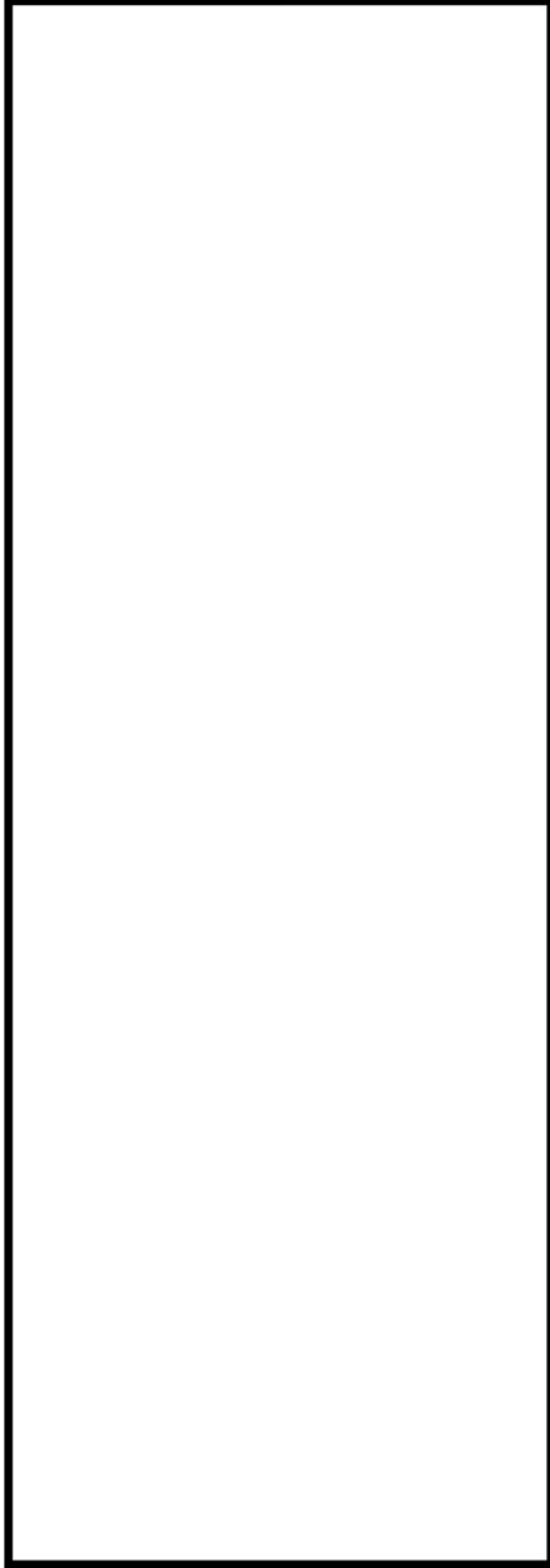
内は商業機密に属しますので公開できません



c. 過渡 2O3,1I1

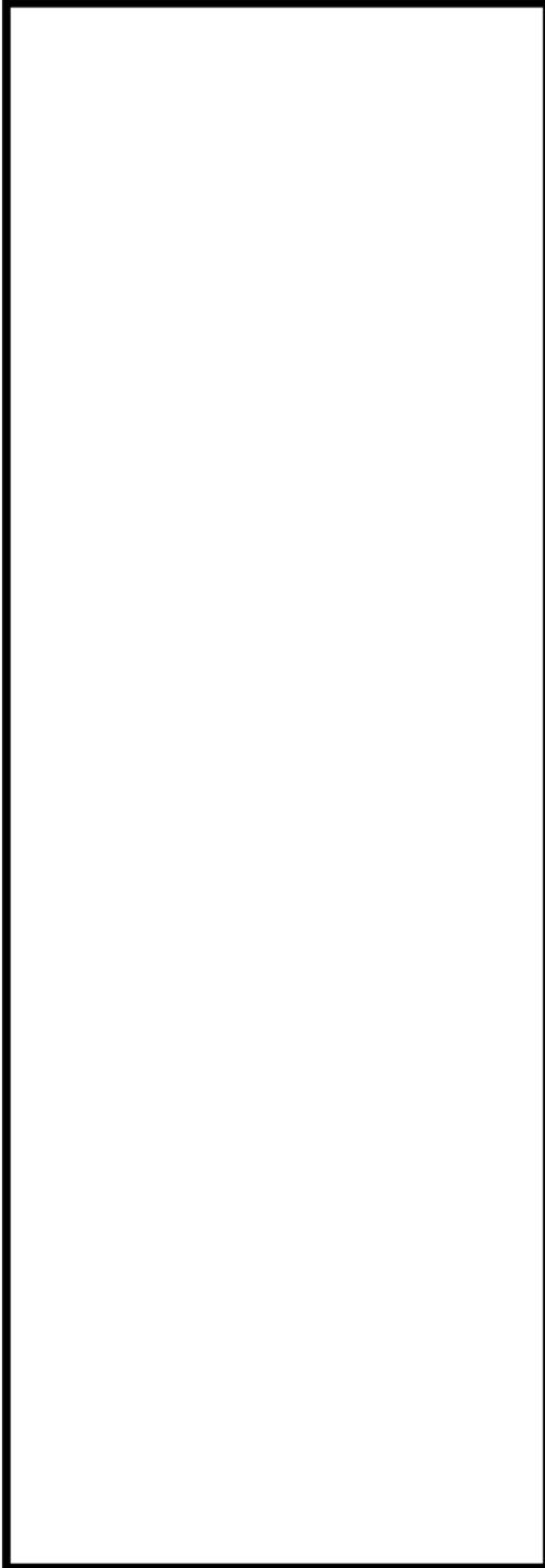


d. 過渡 2N1,1I1

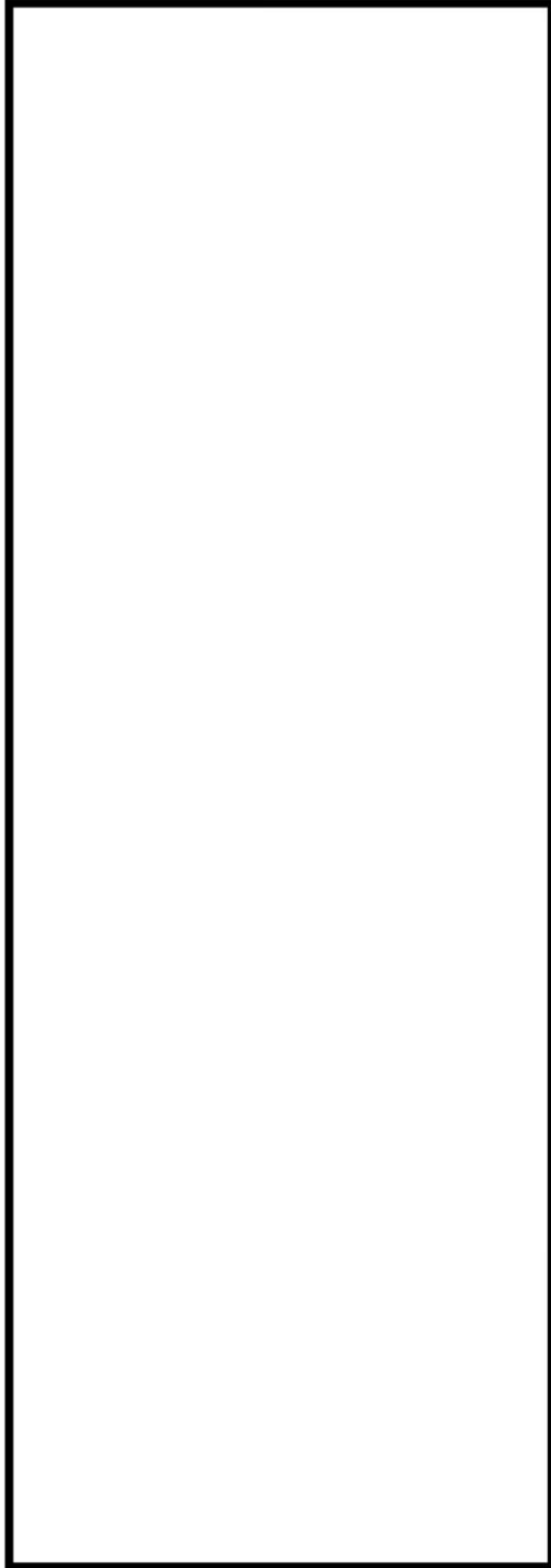


内は商業機密に属しますので公開できません

e. 過渡 2N5,1I1



f. 過渡 2O4,1I1

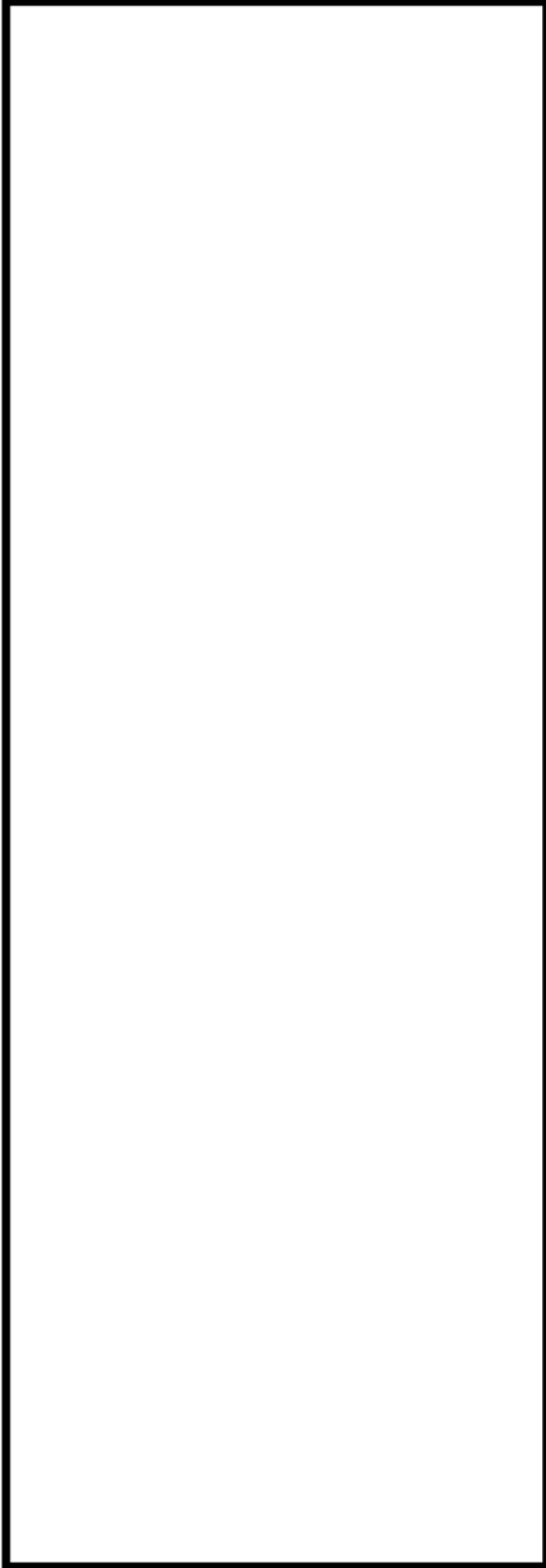


内は商業機密に属しますので公開できません

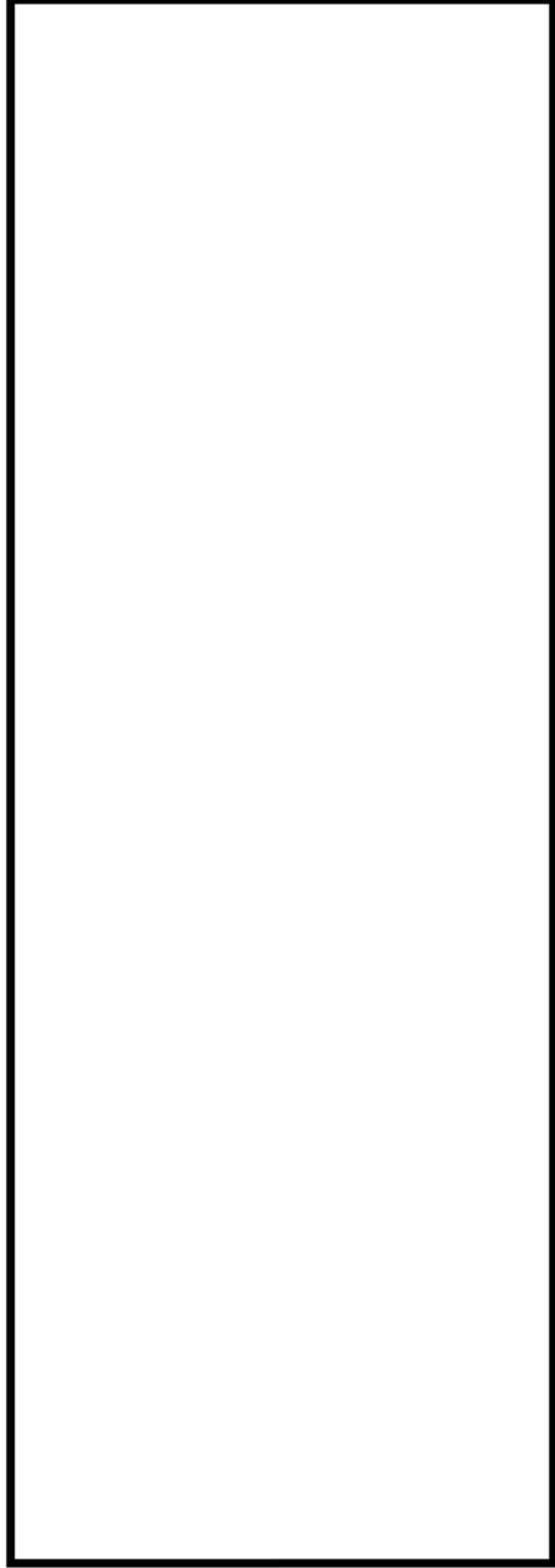




g. 過渡 2S1,1I1



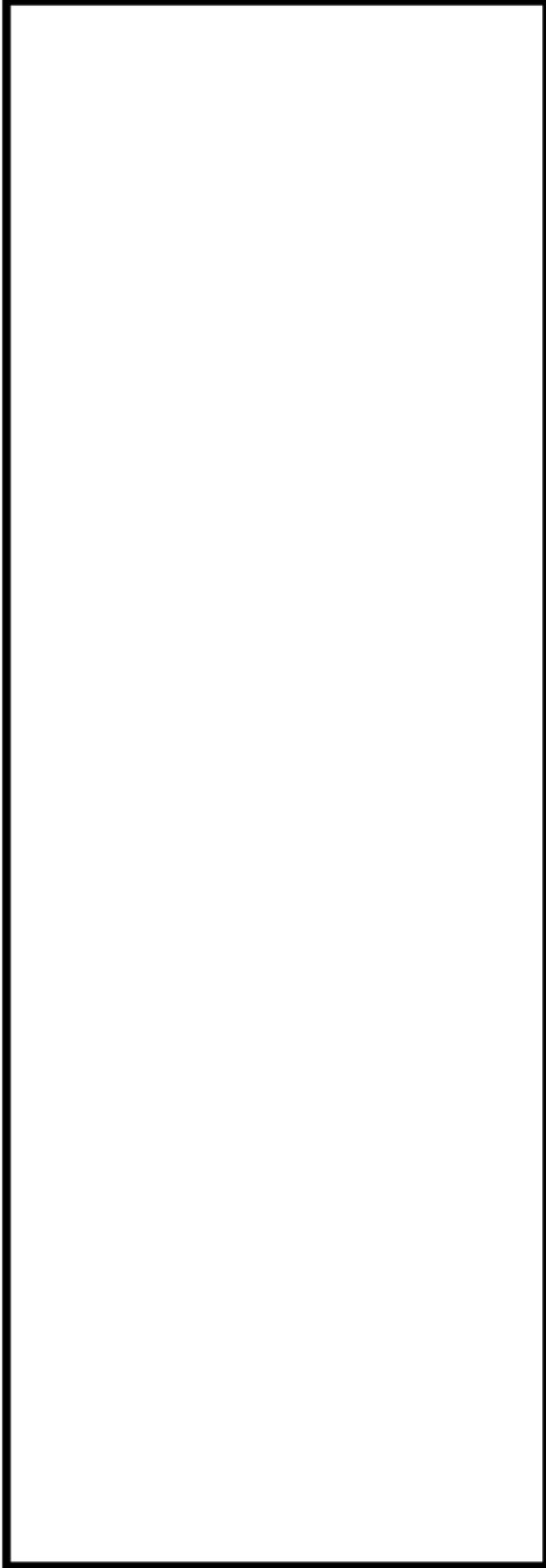
h. 過渡 2S1,1B1



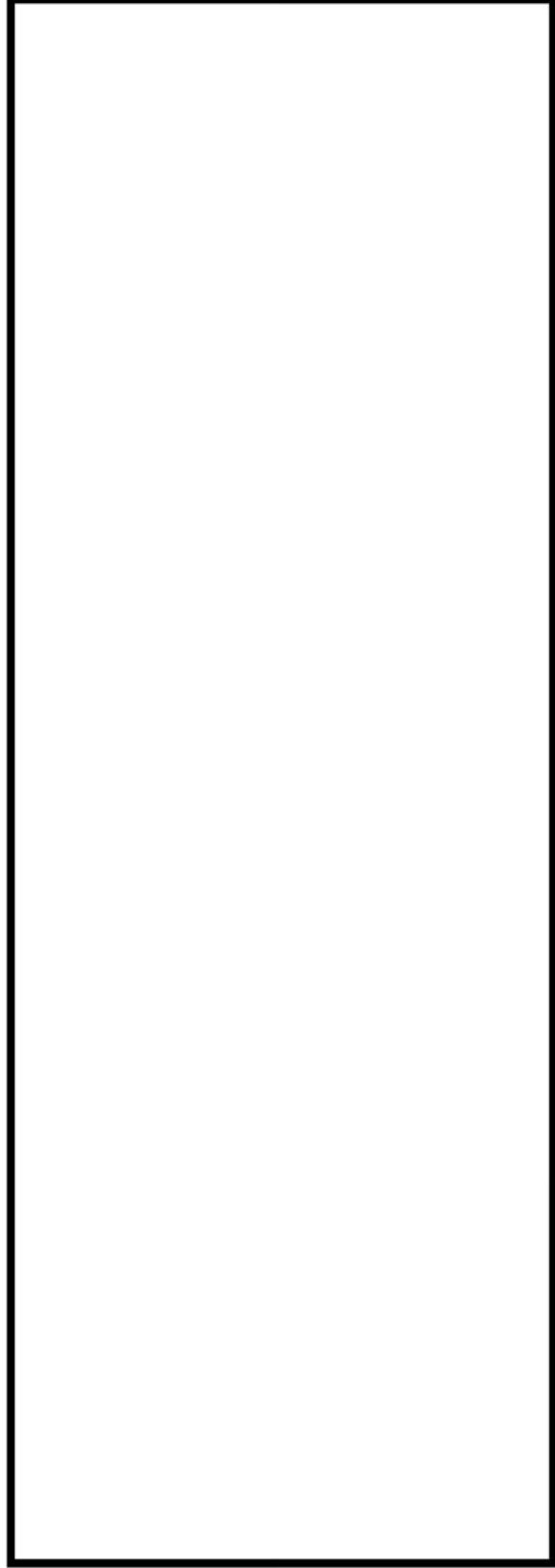
内は商業機密に属しますので公開できません



i. 過渡 2S1,2J2

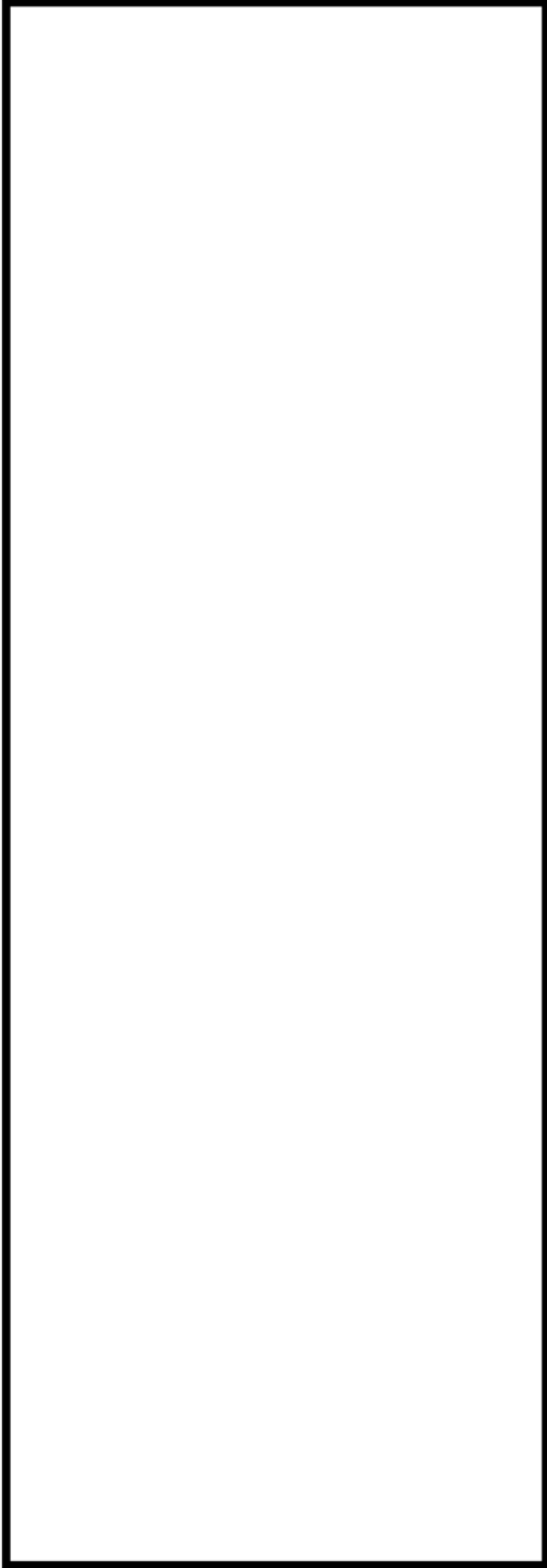


j. 過渡 2S1,NSS

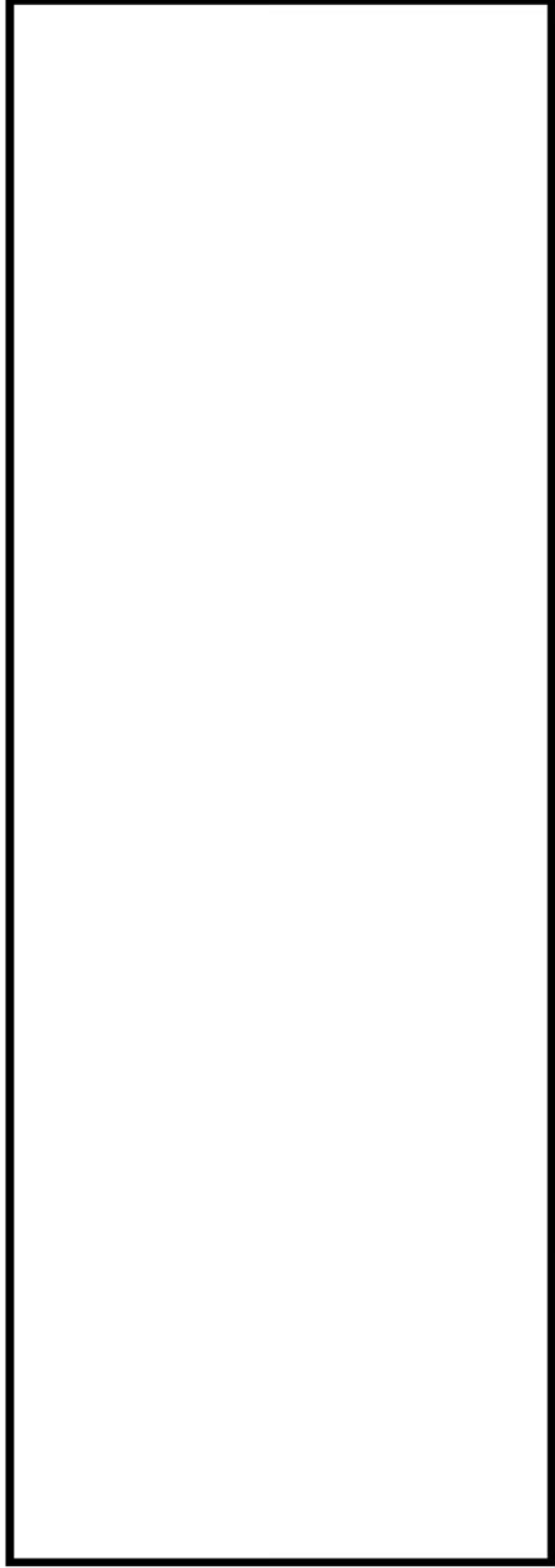


内は商業機密に属しますので公開できません

k. 過渡 2S1,2O4



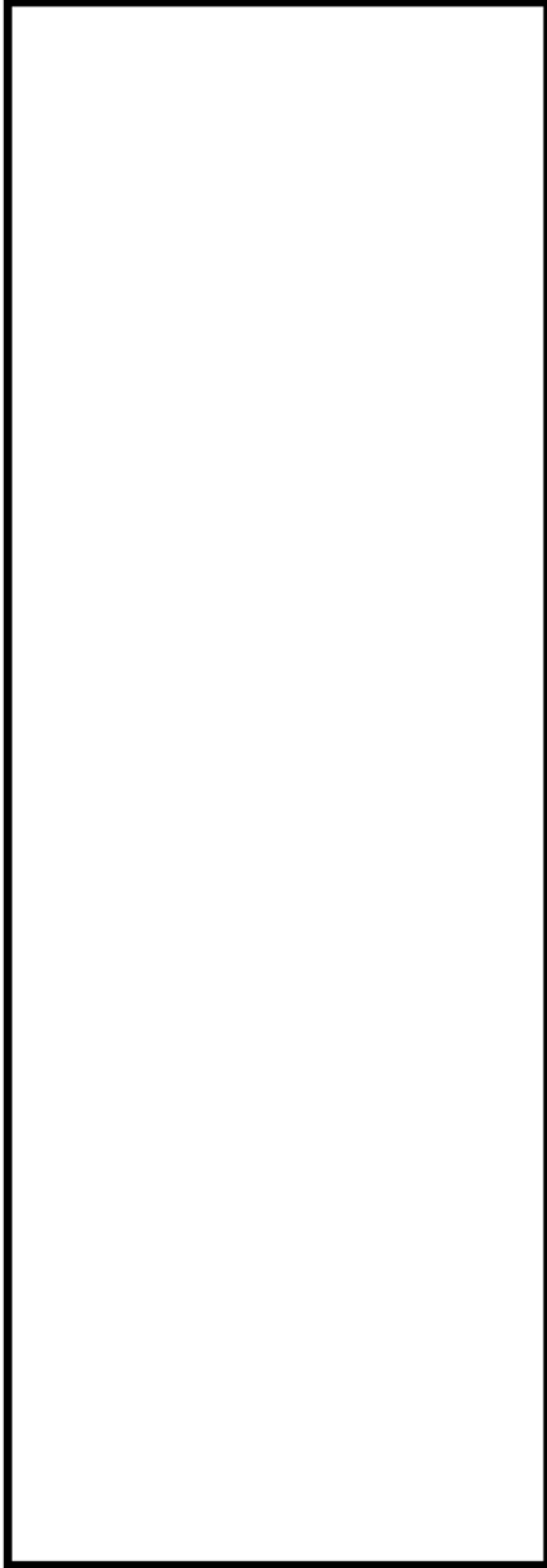
l. 過渡 2S1,2QE





内は商業機密に属しますので公開できません



m. 過渡 2S1,2E1



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 rev2	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>※ </p> <p style="text-align: right;">以上</p> <p style="text-align: center;">内は商業機密に属しますので公開できません</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

$$f = \square$$

- ② 原子炉容器内表面：運転開始後60年時点

$$f = \square$$

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

$$f = \square$$

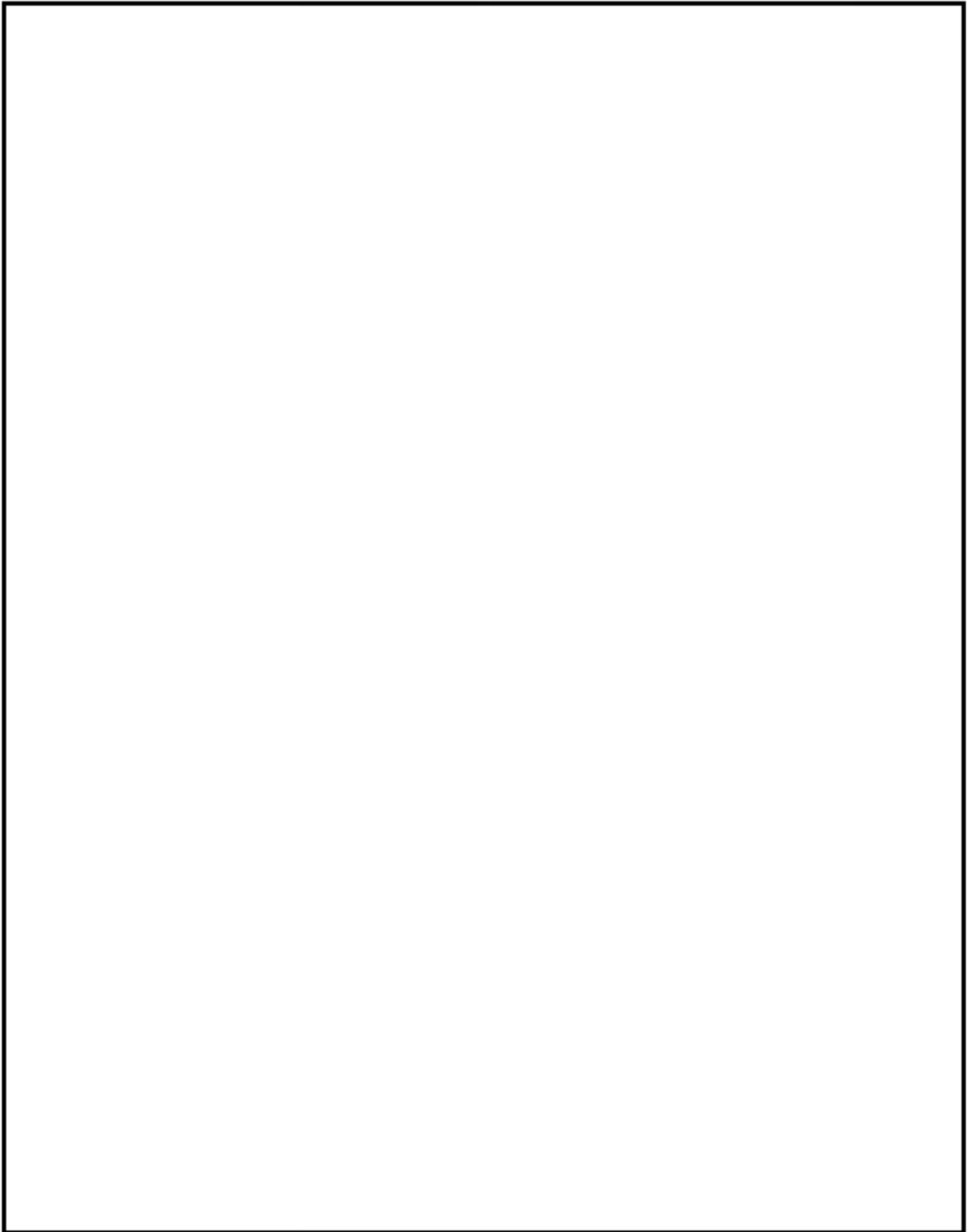
- ④ 原子炉容器内表面から板厚tの1/4t深さ位置：運転開始後60年時点

$$f = \square$$

以上

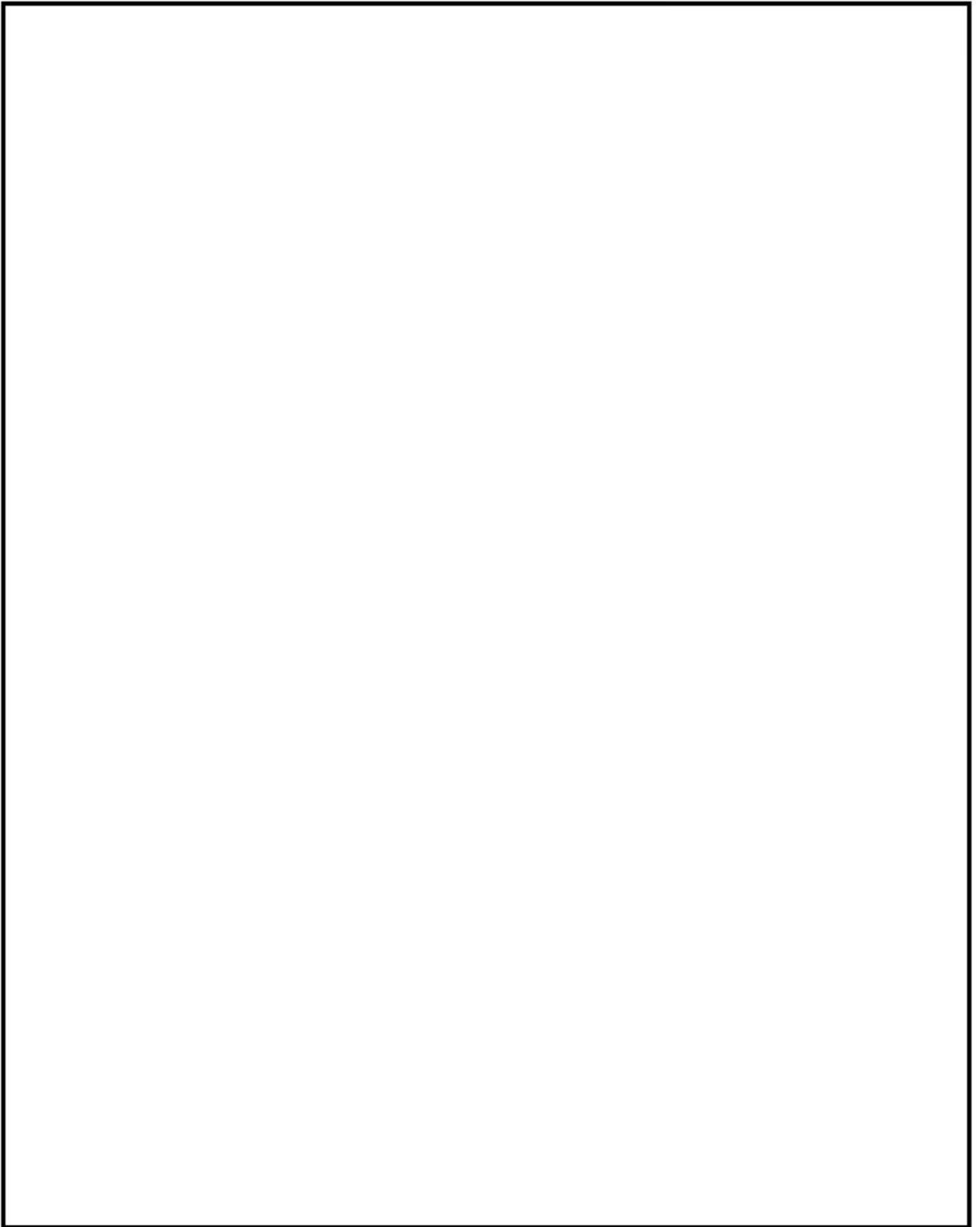
No.	高浜2-コンクリート鉄骨-2	事象：中性化
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-13頁)                  2014年に実施した温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定位置並びに測定結果及び中性化の評価対象の選定過程を提示すること。</p>	
回 答	<p>2014年に実施した温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定位置並びに測定結果及び中性化の評価対象の選定過程は以下のとおりです。</p> <p>1. 測定位置                  添付-1「温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の測定位置図」に示すとおり。</p> <p>2. 測定結果                  添付-2「測定結果および各構造物の中性化に係る環境条件の影響度」に示すとおり。</p> <p>3. 中性化の評価対象の選定過程                  中性化の評価対象は、温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定結果等に基づく中性化に及ぼす影響度の大きさと、中性化深さの測定結果に基づき選定しています。</p> <p>(1) 中性化に及ぼす影響度の大きさ                  設置環境として、対象構造物から仕上げが無い箇所があるものを選定し、屋内と屋外に分類します。屋内については、温度、相対湿度および二酸化炭素濃度の測定結果等に基づく中性化に及ぼす影響度が最も大きい内部コンクリートを、屋外については、対象となる構造物が取水構造物のみであることから、取水構造物を評価対象として選定しました。なお、中性化に及ぼす影響度については、各環境条件が入力値となる森永式を引用した、環境条件による係数により算出しています。その算出結果は、添付-2に示すとおりです。</p> <p>(2) 中性化深さの測定結果                  対象構造物の中性化深さを測定した結果、その値が最も大きいタービン建屋を評価対象に選定しました。</p> <p>添付-1 温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の測定位置図                  添付-2 測定結果および各構造物の中性化に係る環境条件の影響度</p>	


温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の測定位置図

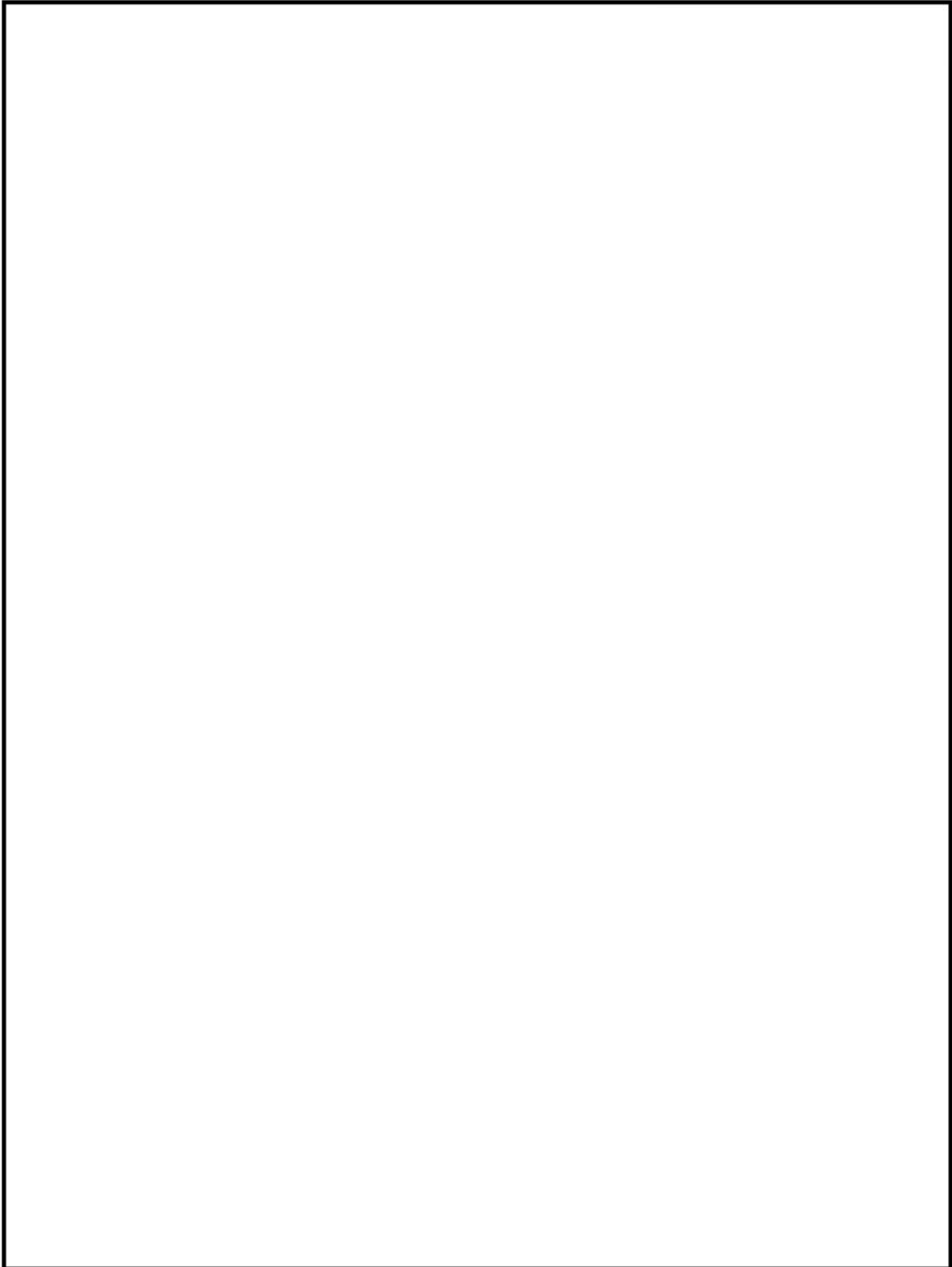


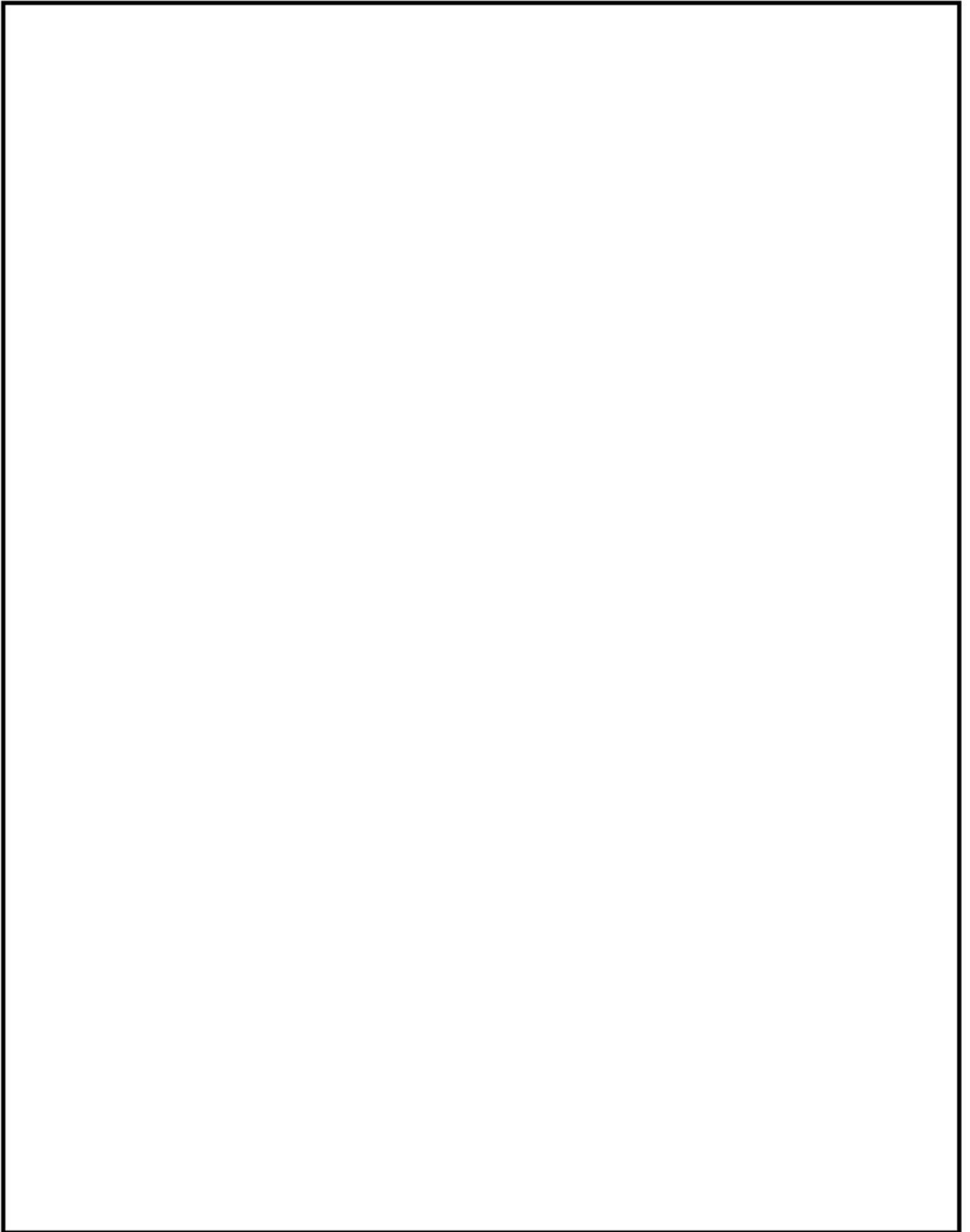
内は防護情報に属するため公開できません



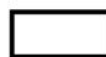
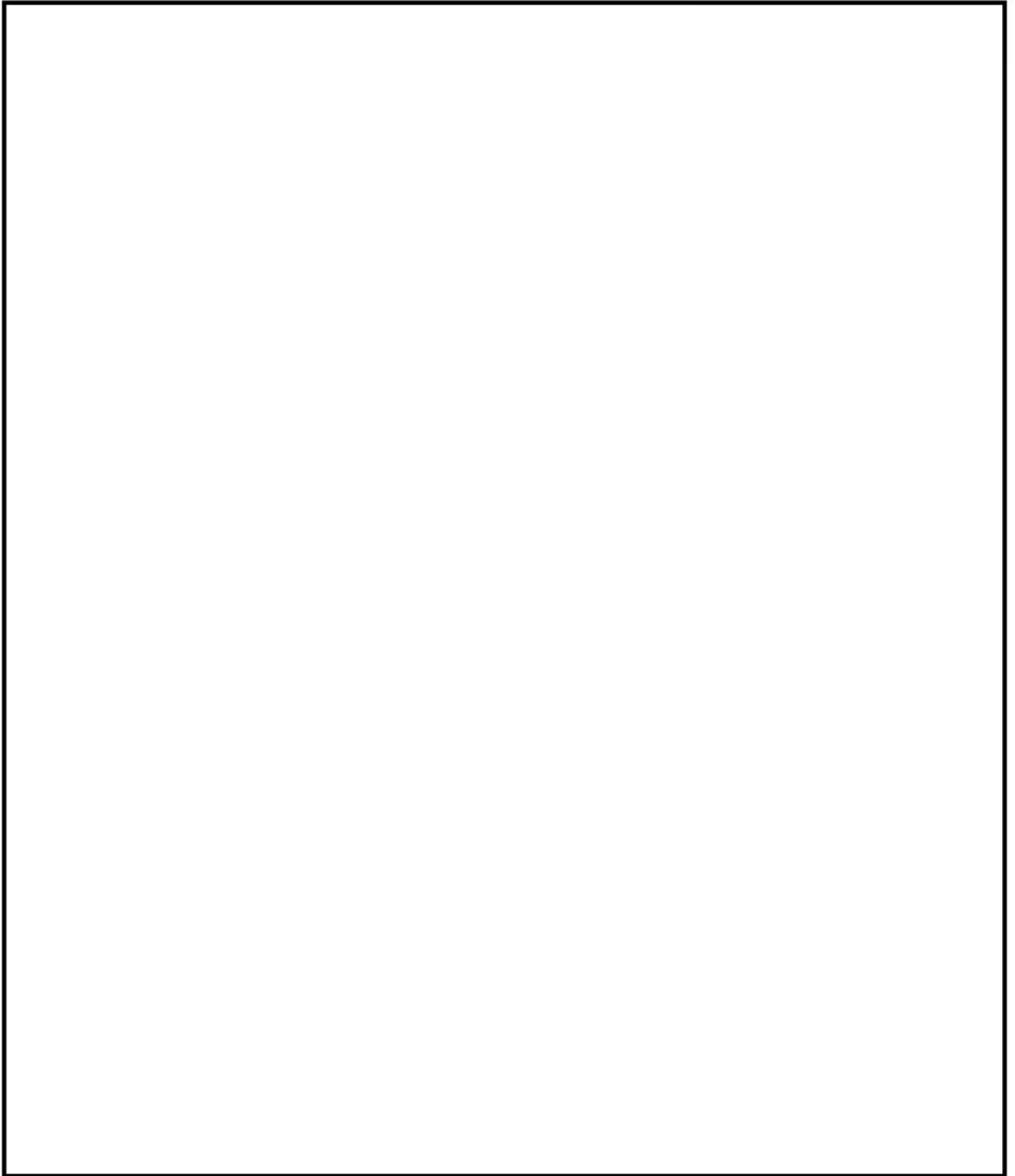


 内は防護情報に属するため公開できません





内は防護情報に属するため公開できません



内は防護情報に属するため公開できません

測定結果および各構造物の中性化に係る環境条件の影響度

構造物	対象の部位	測定結果に基づく環境条件 (平均値) の入力値			環境条件による 影響度※1	備考	
		温度 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素濃度 (ppm)			
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁					補正実施	
	内部コンクリート					補正実施	
	基礎マット						
原子炉補助建屋	外壁						
	内壁及び床						
	使用済み燃料プール						
	基礎マット						
タービン建屋	内壁及び床						
	基礎マット						
	タービン架台						補正実施
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物							

※森永式における環境条件による係数 (下記赤部) から算出

$$x = \sqrt{C} \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022T) \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (4.6 \cdot w/c/100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

$x$  : 中性化深さ (mm)  
 $T$  : 温度 (°C)  
 $t$  : 材齢 (日)  
 $C$  : 炭酸ガス濃度 (%)  
 (1%=10,000ppm)

$RH$  : 湿度 (%)  
 $w/c$  : 水セメント比 (%)  
 $R$  : 中性化比率

□ 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜2-コンクリート鉄骨-7	事象：中性化
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-28頁)          中性化の評価点の選定過程を提示すること。</p>	
回 答	<p>中性化の評価点については、以下の選定過程に基づいて選定しています。</p> <p>中性化の代表構造物のうち、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 内部コンクリートについては、塗装などのコンクリート表面仕上げがない上部を、</li> <li>・ タービン建屋については、特別点検における中性化深さの実測値が最大であった内壁および床を、</li> <li>・ 取水構造物については、海水によりコンクリート表面が湿潤とならず、空気環境の影響を受ける気中帯を、</li> </ul> <p>それぞれ評価点として選定しました。</p>	

No.	高浜2-コンクリート鉄骨-8	事象：中性化																											
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-29頁)                  表2.3-3に示す調査時点及び運転開始後60年経過時点の中性化深さの推定値について、算定の過程(推定式、条件、パラメータ)及び結果を提示すること。なお、推定値による評価は、測定値に比べて保守的となっているとする根拠を提示すること。</p>																												
回 答	<p>調査時点および運転開始後60年経過時点の中性化深さの算定過程は添付一1に示すとおりです。なお、推定値による評価は、調査時点における推定値がいずれの結果とも測定値を上回っているため、測定値に比べて保守的となっている。高浜2号炉にて中性化深さを評価した結果は以下に示すとおり。</p> <table border="1" data-bbox="421 987 1366 1442"> <thead> <tr> <th rowspan="3" style="text-align: center;">\</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">中性化深さ (cm)</th> <th rowspan="3" style="text-align: center;">鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">測定値 (調査時点の運転開始後経過年)</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">推定値<sup>※1</sup></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">調査時点 (中性化速度式)</th> <th style="text-align: center;">運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">内部コンクリート (上部)</td> <td style="text-align: center;">0.2 (39年)</td> <td style="text-align: center;">3.3 (森永式)</td> <td style="text-align: center;">4.0 (森永式)</td> <td style="text-align: center;">6.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">タービン建屋 (内壁および床)</td> <td style="text-align: center;">1.8 (39年)</td> <td style="text-align: center;">3.2 (岸谷式)</td> <td style="text-align: center;">3.9 (岸谷式)</td> <td style="text-align: center;">8.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">取水構造物 (気中帯)</td> <td style="text-align: center;">0.3 (39年)</td> <td style="text-align: center;">2.2 (岸谷式)</td> <td style="text-align: center;">2.7 (岸谷式)</td> <td style="text-align: center;">8.55</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：岸谷式、森永式および中性化深さの実測値に基づく<math>\sqrt{t}</math>式による評価結果のうち最大値を記載</p> <p>添付一1 中性化深さの推定の過程および結果</p>				\	中性化深さ (cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)	推定値 <sup>※1</sup>		調査時点 (中性化速度式)	運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)	内部コンクリート (上部)	0.2 (39年)	3.3 (森永式)	4.0 (森永式)	6.0	タービン建屋 (内壁および床)	1.8 (39年)	3.2 (岸谷式)	3.9 (岸谷式)	8.0	取水構造物 (気中帯)	0.3 (39年)	2.2 (岸谷式)	2.7 (岸谷式)	8.55
\	中性化深さ (cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)																									
	測定値 (調査時点の運転開始後経過年)	推定値 <sup>※1</sup>																											
		調査時点 (中性化速度式)	運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)																										
内部コンクリート (上部)	0.2 (39年)	3.3 (森永式)	4.0 (森永式)	6.0																									
タービン建屋 (内壁および床)	1.8 (39年)	3.2 (岸谷式)	3.9 (岸谷式)	8.0																									
取水構造物 (気中帯)	0.3 (39年)	2.2 (岸谷式)	2.7 (岸谷式)	8.55																									

中性化深さの推定値算定の過程及び結果

: 中性化深さの推定に必要なパラメータ  
 : 推定結果

1. 岸谷式

	内部コンクリート 上部	タービン建屋 内壁および床	取水構造物 気中帯	備考
W/C:水セメント比(%)				
α:劣化外力係数				
β:仕上げ材による係数				
γ:セメントによる係数				
運転開始後40年経過 時点の推定値(cm)		3.2	2.2	
運転開始後60年経過 時点の推定値(cm)		3.9	2.7	

岸谷式 
$$t = \frac{7.2}{R^2 \cdot (4.6 \cdot w - 1.76)^2} \cdot x^2$$

t: 深さ x まで中性化する期間(年)      R: 中性化比率 (R=α×β×γ)  
x: 中性化深さ (cm)      α: 劣化外力の区分による係数  
w: 水セメント比 (比)      β: 仕上げ材による係数  
γ: セメントによる係数

2. 森永式

	内部コンクリート 上部	タービン建屋 内壁および床	取水構造物 気中帯	備考
W/C:水セメント比(%)				
R:仕上材の中性化率				
二酸化炭素濃度(%)				
T:温度(°C)				
RH:湿度(%)				
運転開始後40年経過 時点の推定値(cm)	3.3			
運転開始後60年経過 時点の推定値(cm)	4.0			

森永式 
$$x = \sqrt{\frac{C}{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022 \cdot T) \cdot (4.6 \cdot w/c/100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

x: 中性化深さ(mm)      c: 二酸化炭素濃度 (%)  
R: 中性化比率      RH: 相対湿度 (%)  
w/c: 水セメント比 (%)      T: 温度 (°C)  
t: 材齢 (日)

3. √t式

	内部コンクリート 上部	タービン建屋 内壁および床	取水構造物	備考
中性化 実測深さ(cm)	0.2	1.8	0.3	
運転開始後60年経過 時点の推定値(cm)				

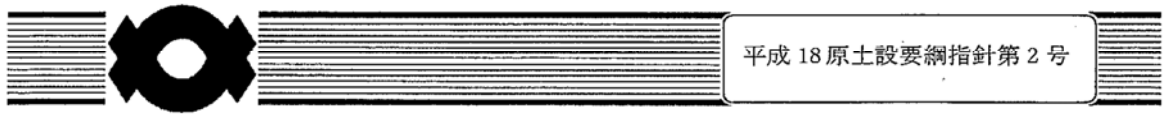
√t式 
$$x = A \cdot \sqrt{t}$$

x: 中性化深さ(mm)  
t: 中性化期間 (年)  
A: 中性化速度係数 (中性化実測深さと中性化期間により算出)

内は商業機密に属しますので公開できません



No.	高浜2-コンクリート鉄骨-9	事象：中性化
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-30頁)  「鉄筋腐食に起因する有害なひび割れなどは発見されていない。」とする根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>「原子力発電所建築設備点検要綱指針」および「原子力発電所土木設備点検要綱指針」に基づき、定期的に点検を実施した結果、鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れなどは確認されておりません。</p> <p>点検結果を、添付-3「平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書(抜粋)」、添付-4「高浜発電所 土木設備点検 高浜発電所2号機報告書(抜粋)」に示します。</p> <p><b>【参考】</b>  鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れは、コンクリート中に多くの塩化物を含むケースでは、主筋に沿って生じる。ひび割れ部分からはさびが流出し、コンクリート表面を汚すことが多い。鋼材の腐食が激しい場合にはコンクリートの剥落もある。</p> <p>出典：日本コンクリート工学協会 コンクリート診断技術  日本コンクリート工学協会 コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-</p> <p>添付-1 原子力発電所建築設備点検要綱指針(抜粋)  添付-2 原子力発電所土木設備点検要綱指針(抜粋)  添付-3 平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書(抜粋)  添付-4 高浜発電所 土木設備点検 高浜発電所2号機 報告書(抜粋)</p>	



平成18原土設要綱指針第2号

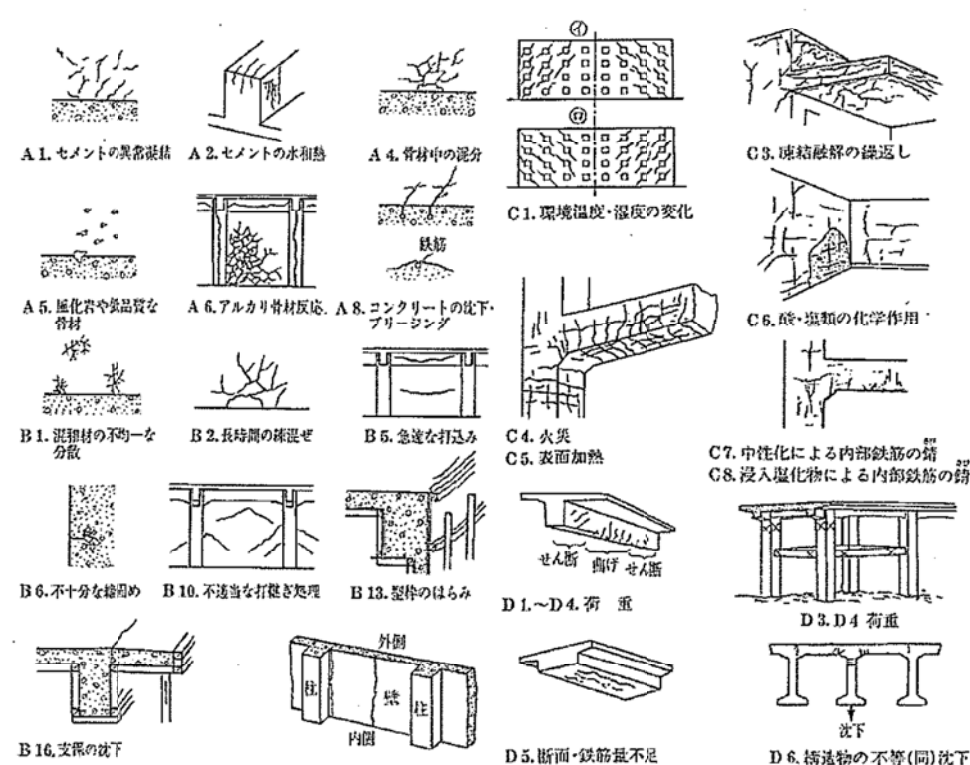
## 原子力発電所建築設備点検要綱指針

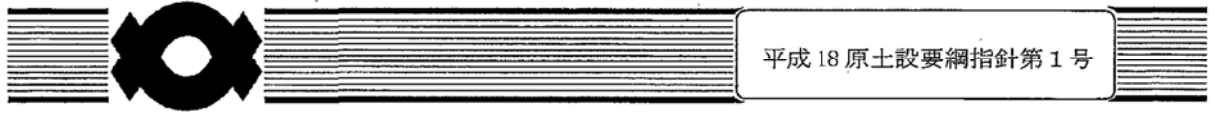
平成19年 2月28日 制 定

平成26年 2月24日 最終改正

目視点検によるコンクリート構造物の劣化の評価基準

別表-4

	内容
<p>評価基準</p>	<p>ひび割れ発生位置やパターン、その他の変状から、構造安全性や耐久性への影響を評価する。評価にあたっては、下記例および下欄の文献を参照する。</p>  <p>A 1. セメントの異常凝結 A 2. セメントの水和熱 A 4. 骨材中の混分 C 1. 環境温度・湿度の変化 C 3. 凍結融解の繰返し</p> <p>A 5. 風化岩や高品質な骨材 A 6. アルカリ骨材反応 A 8. コンクリートの比下・ブリージング 鉄筋 C 4. 火災 C 5. 表面加熱 C 6. 酸・塩類の化学作用</p> <p>B 1. 混和材の不均一な分散 B 2. 長時間の凍混ぜ B 5. 急激な打込み C 7. 中性化による内部鉄筋の錆 C 8. 浸入塩化物による内部鉄筋の錆</p> <p>B 6. 不十分な締めめ B 10. 不適当な打継ぎ処理 B 13. 型枠のはらみ D 1.~D 4. 荷重 D 3. D 4 荷重</p> <p>B 16. 支保の沈下 外側 内側 D 5. 断面・鉄筋量不足 D 6. 構造物の不等(同)沈下</p> <p>ひび割れの発生位置・パターン例 (日本コンクリート工学協会:コンクリート診断技術 基礎編:図 2.2.6-1 より転載)</p>
<p>参照文献</p>	<p>日本コンクリート工学協会:コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 同上 :コンクリート診断技術 基礎編 日本建築学会 :原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説</p>

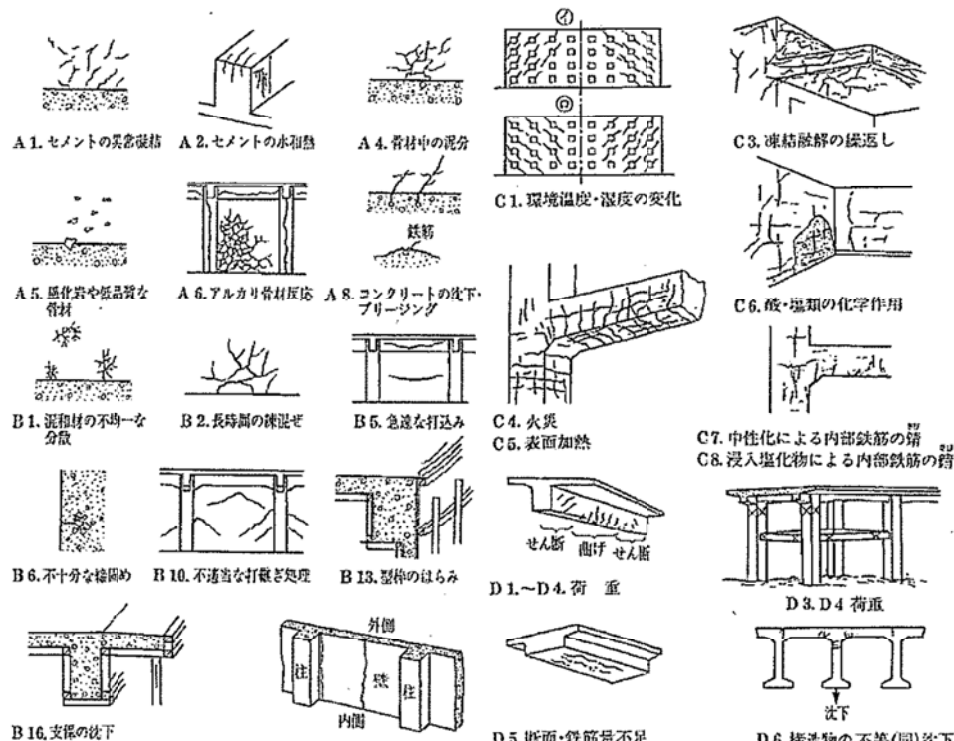


## 原子力発電所土木設備点検要綱指針

平成19年 2月28日 制定

平成26年 2月24日 最終改正

目視点検によるコンクリート構造物の劣化の評価基準

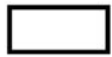
	内容
<p>評価基準</p>	<p>ひび割れの発生位置やパターン、錆汁の有無、その他の変状から、構造安全性や耐久性への影響を評価する。評価にあたっては、下記例および下欄の文献を参照する。</p>  <p>A 1.セメントの異常凝結 A 2.セメントの水和熱 A 4.骨材中の泥分 C 1.環境温度・湿度の変化 C 3.凍結融解の繰返し</p> <p>A 5.風化岩や低品質な骨材 A 6.アルカリ骨材反応 A 8.コンクリートの収下・プリージング 鉄筋 C 6.酸・塩類の化学作用</p> <p>B 1.泥和材の不均一な分散 B 2.長時間の練混ぜ B 5.急速な打込み C 4.火災 C 5.表面加熱 C 7.中性化による内部鉄筋の錆 C 8.浸入塩化物による内部鉄筋の錆</p> <p>B 6.不十分な締固め B 10.不適当な打継ぎ処理 B 13.型枠のはらみ D 1.~D 4.荷重 D 3. D 4 荷重</p> <p>B 16.支保の沈下 外側 内側 D 5.断面・鉄筋量不足 D 6.構造物の不等(同)沈下</p> <p>ひび割れの発生位置・パターン例 (日本コンクリート工学協会:コンクリート診断技術 基礎編:図 2.2.6-1 より転載)</p>
<p>参考文献</p>	<p>日本コンクリート工学協会:コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 日本コンクリート工学協会:コンクリート診断技術 基礎編 土木学会:原子力発電所屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン</p>

点検調査記録用紙(様式9-1)		点検調査記録用紙 (Aクラス建物)						
施設名称	高浜発電所	2号機	2号機定子伊達屋 (R/B)	A クラス	点検年月日	平成 26 年 6 月 25 日	点検者	関西電力株
建設名称 (履歴番号)			( 3 )					



内は商業機密に属しますので公開できません

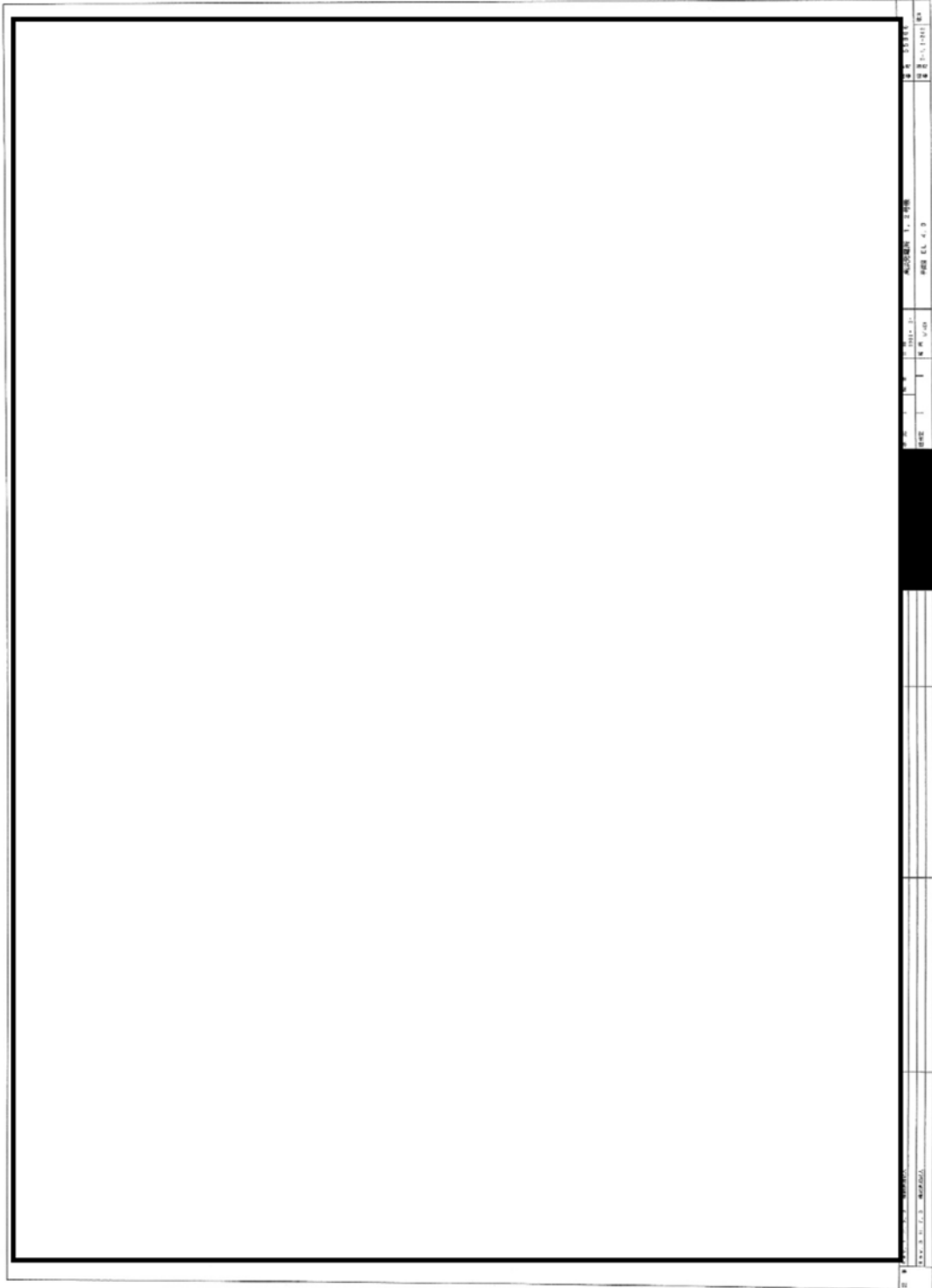
点検調査記録用紙(指式)		点検調査記録用紙 (Bクラス建物)							
架電所名称	高浜発電所	2号機	架電名称 (架電番号)	2号機タービン建屋 (2)	Bクラス	点検年月日	平成26年7月1日	点検者	関西電力



内は商業機密に属しますので公開できません

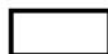
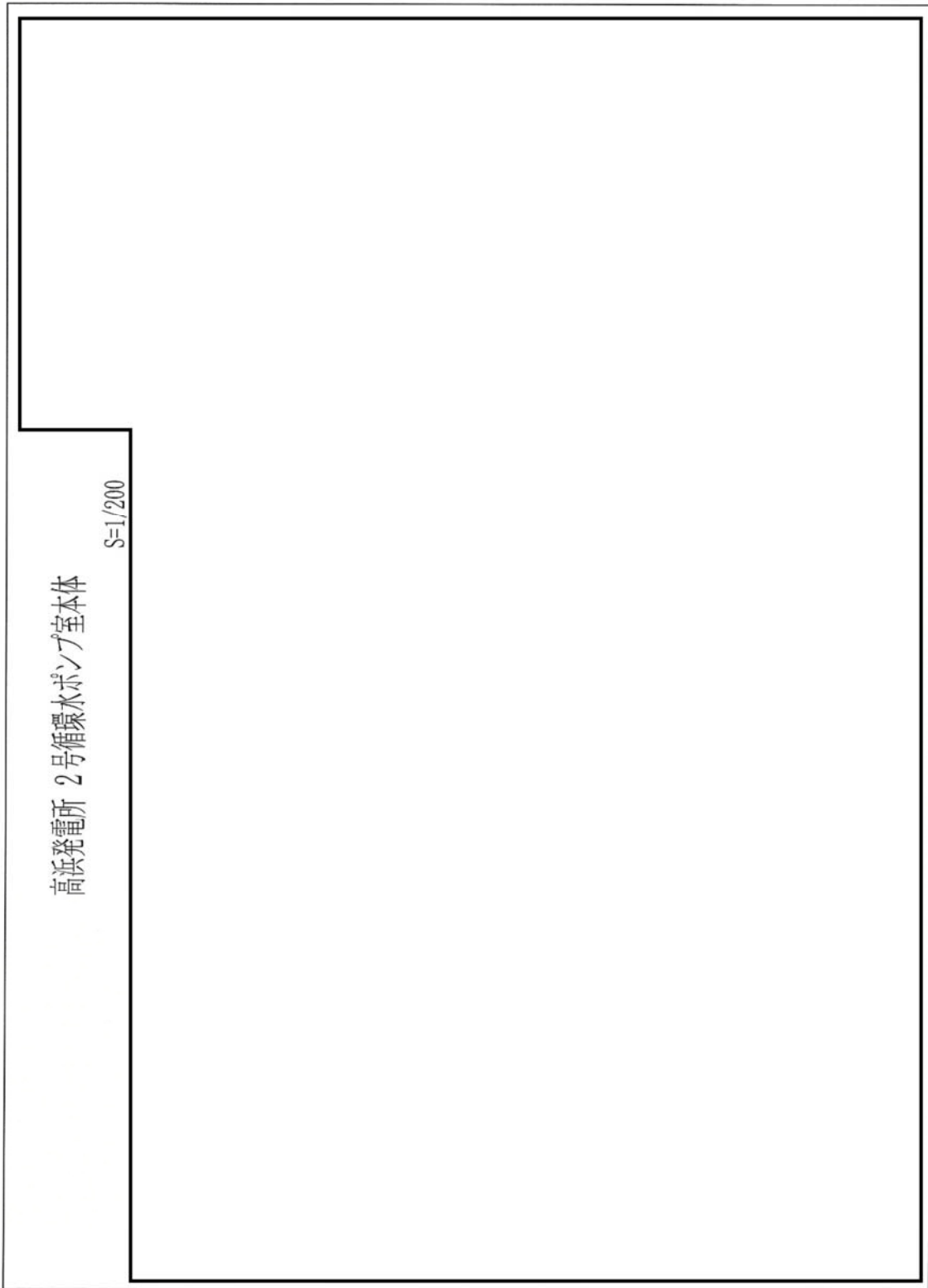




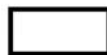
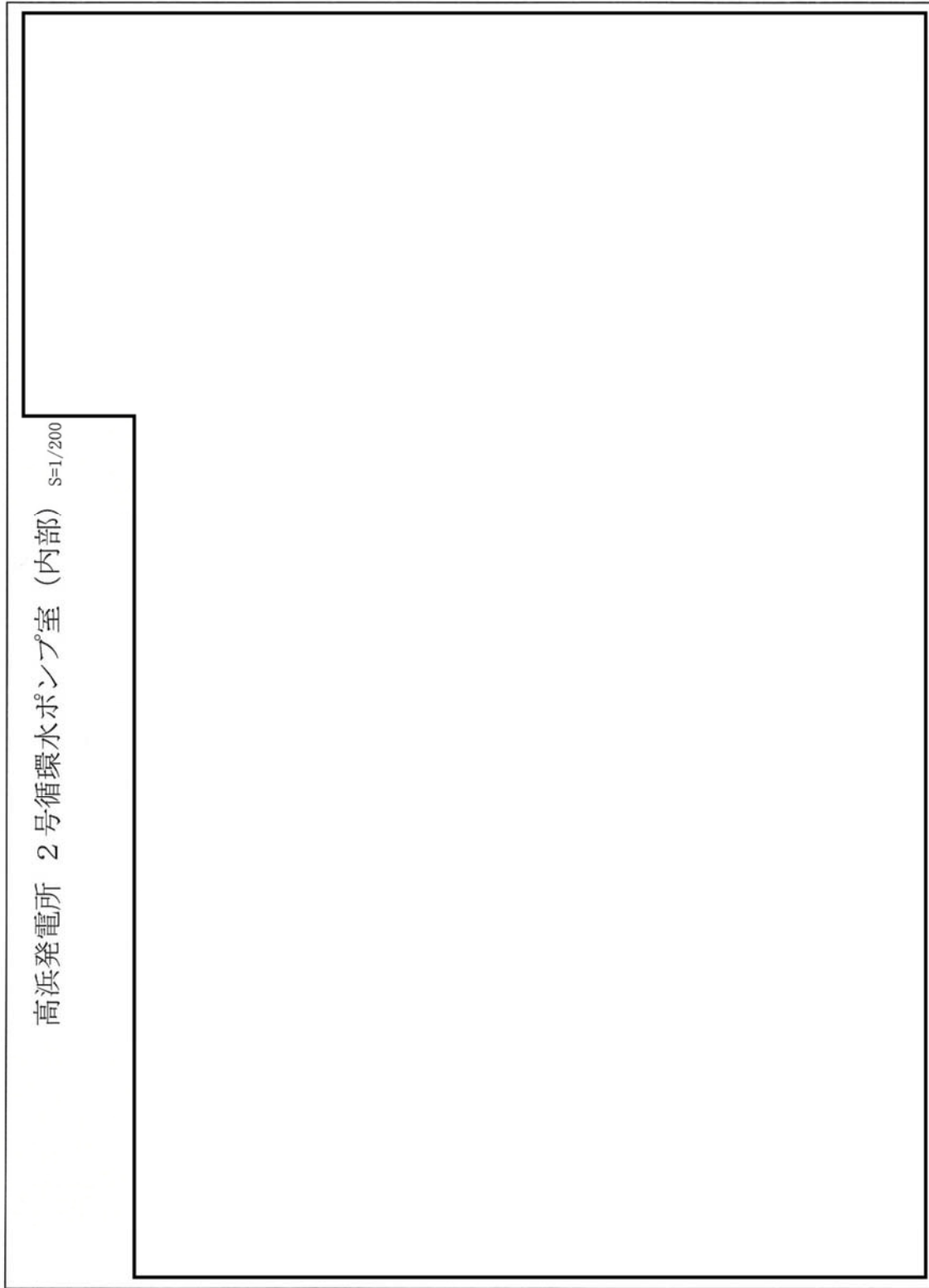


内は防護情報に属するため公開できません





内は防護情報に属するため公開できません



内は防護情報に属するため公開できません

No.	高浜2-コンクリート鉄骨-12	事象：塩分浸透
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-32頁)  「鉄筋腐食に起因する有害なひび割れなどは発見されていない。」とする根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>「原子力発電所土木設備点検要綱指針」に基づき、定期的に点検を実施した結果、鉄筋腐食に起因する事象は確認されておりません。  点検結果を、添付-2「高浜発電所 土木設備点検 高浜発電所2号機 報告書(抜粋)」に示します。</p> <p><b>【参考】</b>  鉄筋腐食に起因すると判断されるひび割れは、コンクリート中に多くの塩化物を含むケースでは、主筋に沿って生じる。ひび割れ部分からはさびが流出し、コンクリート表面を汚すことが多い。鋼材の腐食が激しい場合はコンクリートの剥落もある。</p> <p>出典：日本コンクリート工学協会 コンクリート診断技術  日本コンクリート工学協会 コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-</p> <p>添付-1 原子力発電所土木設備点検要綱指針(抜粋)  添付-2 高浜発電所 土木設備点検 高浜発電所2号機 報告書(抜粋)</p>	

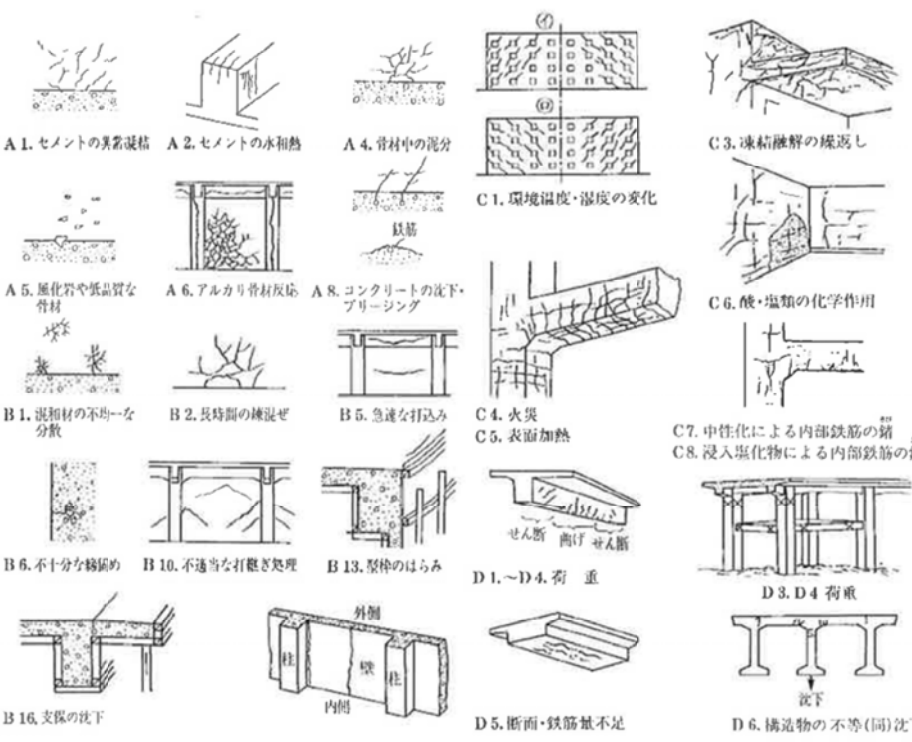


## 原子力発電所土木設備点検要綱指針

平成19年 2月28日 制 定

平成26年 2月24日 最終改正

目視点検によるコンクリート構造物の劣化の評価基準

	内容
<p>評価基準</p>	<p>ひび割れの発生位置やパターン、錆汁の有無、その他の変状から、構造安全性や耐久性への影響を評価する。評価にあたっては、下記例および下欄の文献を参照する。</p>  <p>A 1.セメントの異常凝結 A 2.セメントの水和熱 A 4.骨材中の混分 C 3.凍結融解の繰返し A 5.黒化岩や低品質な骨材 A 6.アルカリ骨材反応 A 8.コンクリートの沈下・プリージング C 1.環境温度・湿度の変化 C 6.酸・塩類の化学作用 B 1.混和材の不均一な分散 B 2.長時間の練混ぜ B 5.急速な打込み C 4.火災 C 7.中性化による内部鉄筋の錆 B 6.不十分な締固め B 10.不適当な打継ぎ処理 B 13.型枠のはらみ C 5.表面加熱 C 8.浸入塩化物による内部鉄筋の錆 B 16.支保の沈下 D 1.~D 4.荷重 D 3. D 4 荷重 D 5.断面・鉄筋量不足 D 6.構造物の不等(同)沈下</p> <p>ひび割れの発生位置・パターン例 (日本コンクリート工学協会:コンクリート診断技術 基礎編:図 2.2.6-1 より転載)</p>
<p>参考文献</p>	<p>日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術 基礎編 土木学会：原子力発電所屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン</p>

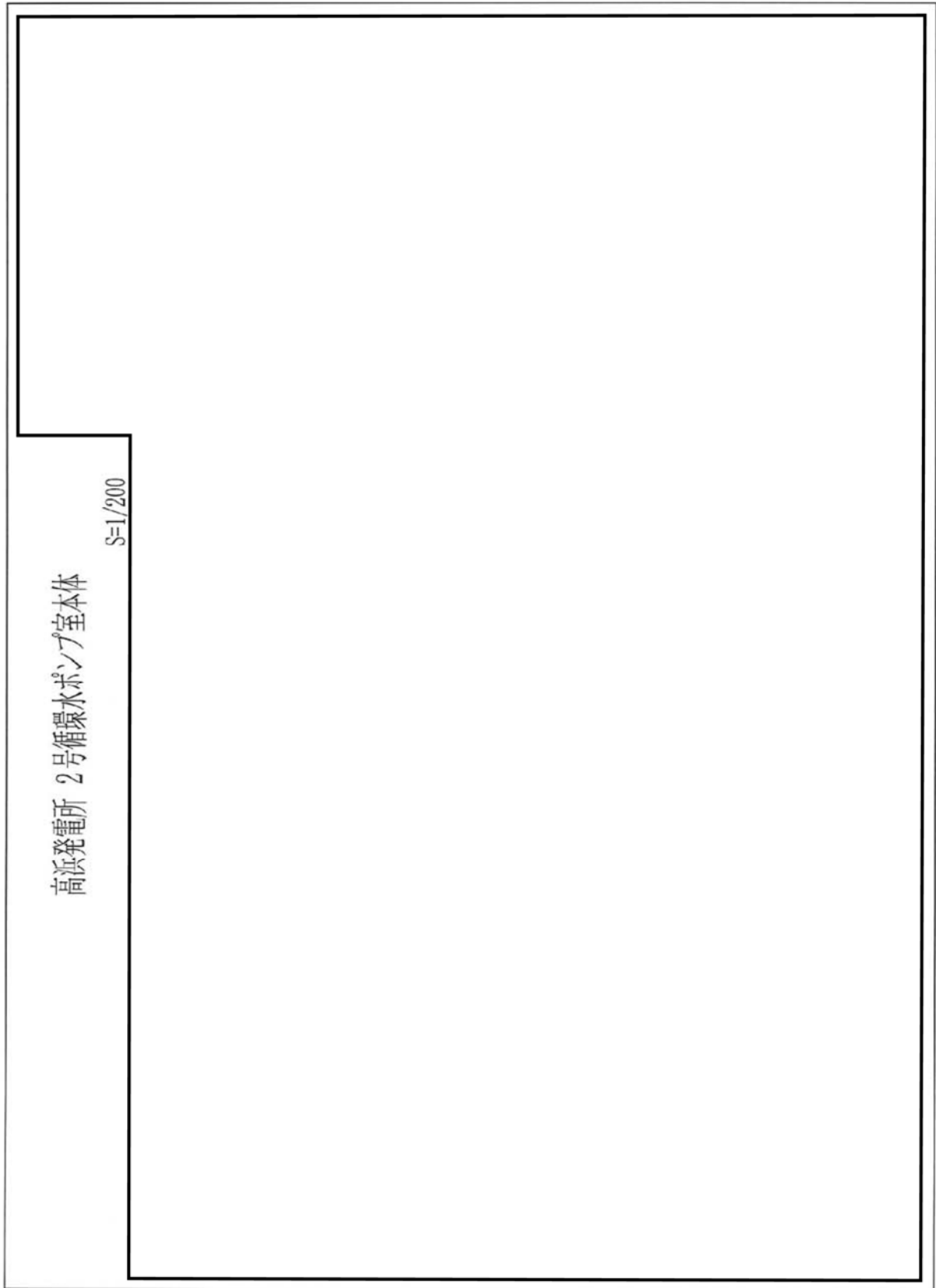




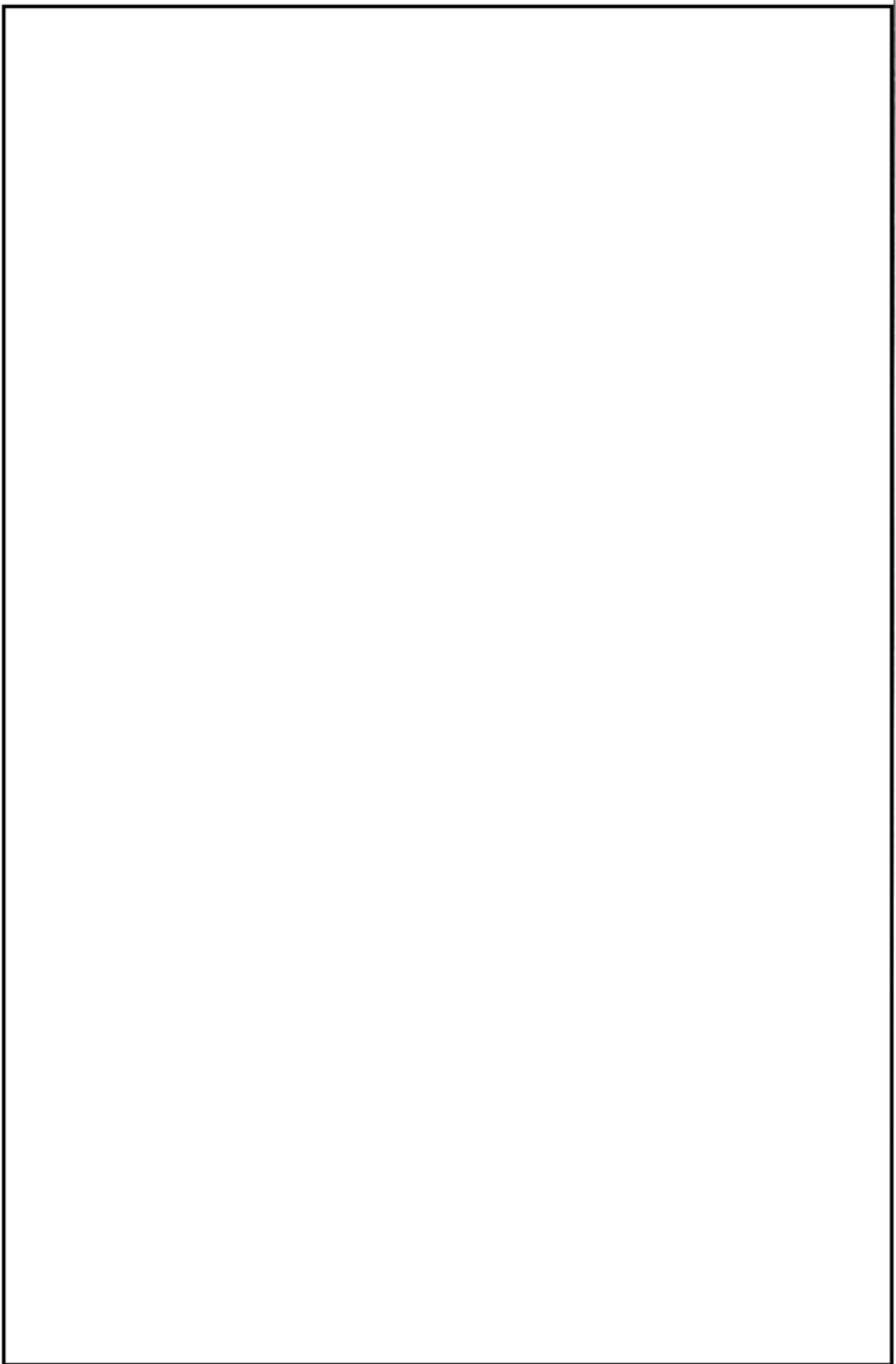
2014年度 高浜発電所 保全計画書 (1u)

区分	大項目	中・小項目	備考	点検箇所	設備 種類	設備 名称	種別	操作 リンク	所化詳細		設備仕様 リンク	設備仕様 リンク	設備仕様 リンク	種別別項目					種別 年度	種別 内容	種別 年度	種別 内容	種別 年度	種別 内容			
									(A) 緊急対応 の要	(B) 次年度 の要				(C) 本年度 の要	(D) 年度 の要	(E) 年度 の要	(F) 年度 の要	(G) 年度 の要							(H) 年度 の要	(I) 年度 の要	(J) 年度 の要

内は商業機密に属しますので公開できません



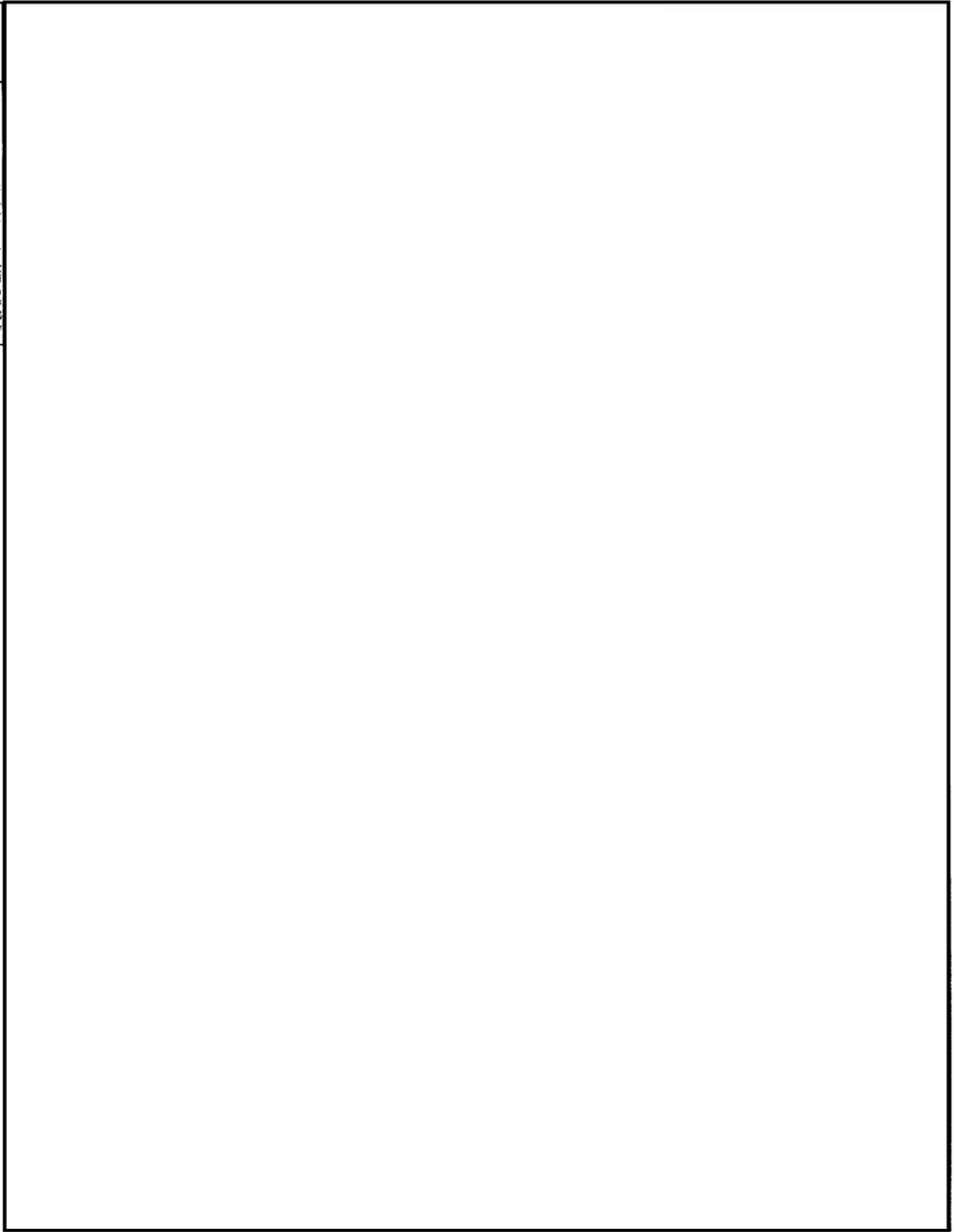
高浜発電所 2号循環水ポンプ室 (内部) S=1/200



 内は防護情報に属するため公開できません

高浜発電所 2号循環水ポンプ室 (内部) S=1/200

高浜発電所1,2川海水路トンネル点検図 8/9



地質	アーチ	水路 仕上 状況	水路断面図	修繕経歴	写真番号	特記事項	(余白)	点検状況	追加距離	設備名称 (延長)	設備 仕様 メーカー 呼称番号 (延長)
	側壁 インバート						左アーチ ハ				

内は防護情報に属するため公開できません

No.	高浜2-コンクリート鉄骨-18	事象：熱（遮蔽能力低下）
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-39頁)          有意な欠陥がないことを示す根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>「原子力発電所建築設備点検要綱指針」に基づき、定期的に点検を実施した結果、遮蔽能力に支障をきたす可能性のある事象は確認されておりません。点検結果を、添付-1「平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書（抜粋）」に示します。</p> <p>添付-1 平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書（抜粋）</p>	

点検調査記録用紙(様式8-1)		点検調査記録用紙 (Aクラス建物)							
発電所名称	浦浜発電所	2号機	測定名称 (測定番号)	2号機原子炉建屋(R/B) ( 3 )	A クラス	点検年月日	平成26年6月25日	点検者	関係電力團

内は商業機密に属しますので公開できません





No.	高浜 2－その他の経年劣化事象－ 1 5	事象：中性子照射による靱性低下 － 1
質 問	<p>(別冊-7炉内構造物-27頁)</p> <p>炉心そうの目視確認について、頻度、範囲等の詳細を提示すること。また、「万一有意な欠陥が存在すると仮定した場合でも不安定破壊しないことを確認している」ことの詳細を提示すること。</p>	
回 答	<p>炉心そうに対して実施している水中テレビカメラによる目視確認については、「高浜 1－その他の経年劣化事象－ 2 0」を参照願います。</p> <p>万一有意な欠陥が存在すると仮定した場合でも不安定破壊しないことを確認している」ことの詳細について、以下に示します。</p> <p>想定欠陥は、日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) を準用し、深さを板厚の1/4、長さは板厚の1.5倍の表面欠陥を周方向に仮定した (図 1)。</p> <p>平板中の半楕円表面き裂の応力拡大係数Kを求めるRaju-Newmanの式 (Raju, I. S. and Newman, J. C., Jr., NASA Technical Paper 1578, 1979.) を用いて想定欠陥の応力拡大係数Kを算出した結果、<span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;"> </span>MPa√mとなった。</p> <p>一方、図 2 中のJ<sub>IC</sub>最下限値14 kJ/m<sup>2</sup>から、換算式により破壊靱性値K<sub>IC</sub>を求めると51 MPa√mとなる。</p> <p>以上より、想定欠陥の応力拡大係数は、破壊靱性値を下回っており、不安定破壊は生じないことを確認した。</p> $K_{IC} = \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)}} \times J_{IC}$ <p>E：縦弾性係数 (173000 N/mm<sup>2</sup> at 350°C)  ν：ポアソン比 (0.3)  J<sub>IC</sub>：破壊靱性値の下限 (14 kJ/m<sup>2</sup> at 350°C)</p>	

 内は商業機密に属しますので公開できません

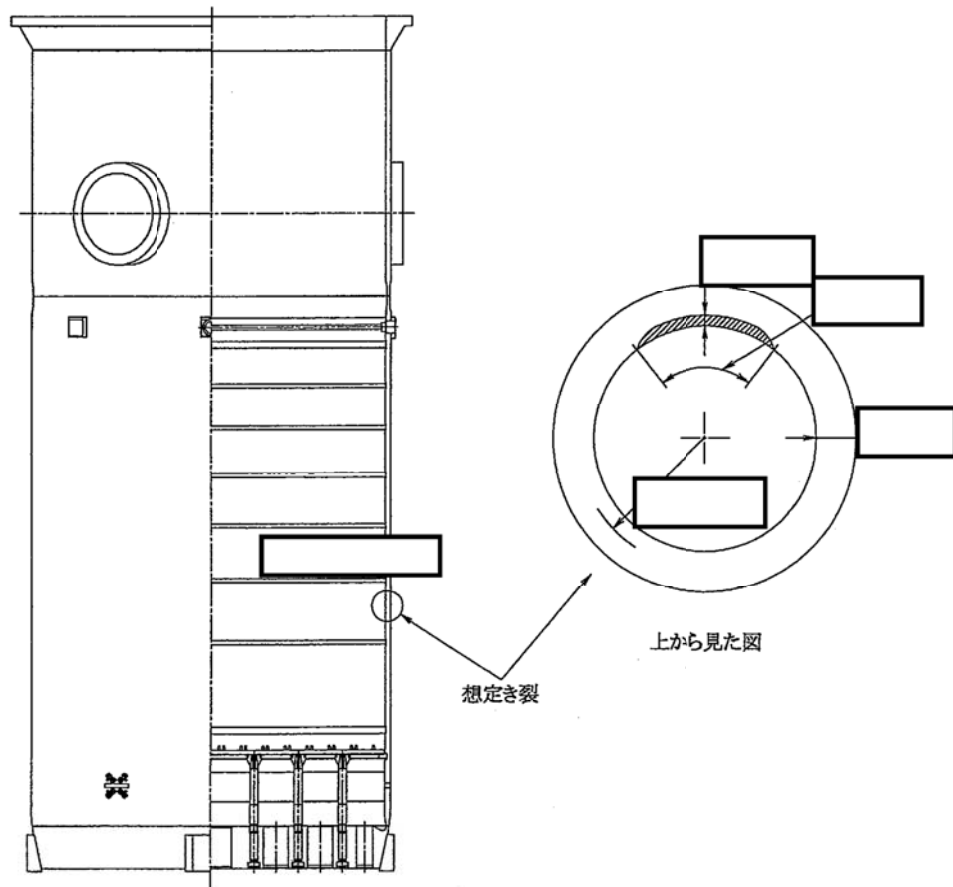


図1 高浜2号炉 中性子照射による靱性低下に対する炉心そのの想定き裂

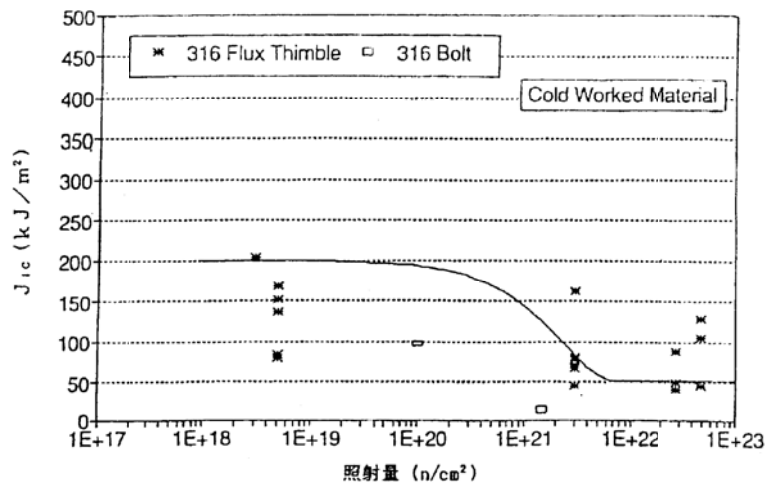


図2 破壊靱性値 $J_{1c}$ と照射量の関係

[出典：発電設備技術検査協会「プラント長寿命化技術開発」報告書]

内は商業機密に属しますので公開できません