

No.	高浜 1－共通－ 4 Rev. 1	事象：共通
質 問	<p>(別冊-共通) 日常劣化管理事象について、保全管理の実施に当たっての内容を明記した社内文書(文書体系を含む)及び社内実施体制を提示すること。</p>	
回 答	<p>原子力発電所の保全では、系統・機器・構造物の経年劣化が徐々に進行して最終的に故障に至ることのないよう、定期的な検査や点検等により経年劣化の兆候を早期に検知し、必要な処置を行い、事故・故障を未然に防止しています。</p> <p>当社は、運転監視、巡視点検、定期的な検査および点検により設備の健全性を確認し、経年劣化等の兆候が認められた場合には詳細な調査および評価を行い、補修、取替等の保全を実施しています。特に長期の使用によって発生する経年劣化事象については、点検により経年的な変化の傾向を把握し、故障に至る前に計画的な保全を実施しています。</p> <p>具体的には、国が技術的な妥当性を評価し、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第 8 1 条第 1 項（当時は第 1 1 条第 1 項）に掲げる保守管理に係る要求事項を満たすものとなった「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209-2007）」に基づき、<u>保安規定(第120条 保守管理計画)</u>を定めています。</p> <p><u>また、保安規定に従い、保守管理を含む保安活動に必要な手順を所定の手続きに従って作成されるQMS文書として定めており、保守管理に関する社内文書としては添付－1に示す通り策定しています。また、添付－2の体制に従い保守管理を実施しています。</u></p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

QMS社内標準体系図



(経営監査室)

(大飯発電所)

(高浜発電所)

(美浜発電所)

(プラント運営部門他)

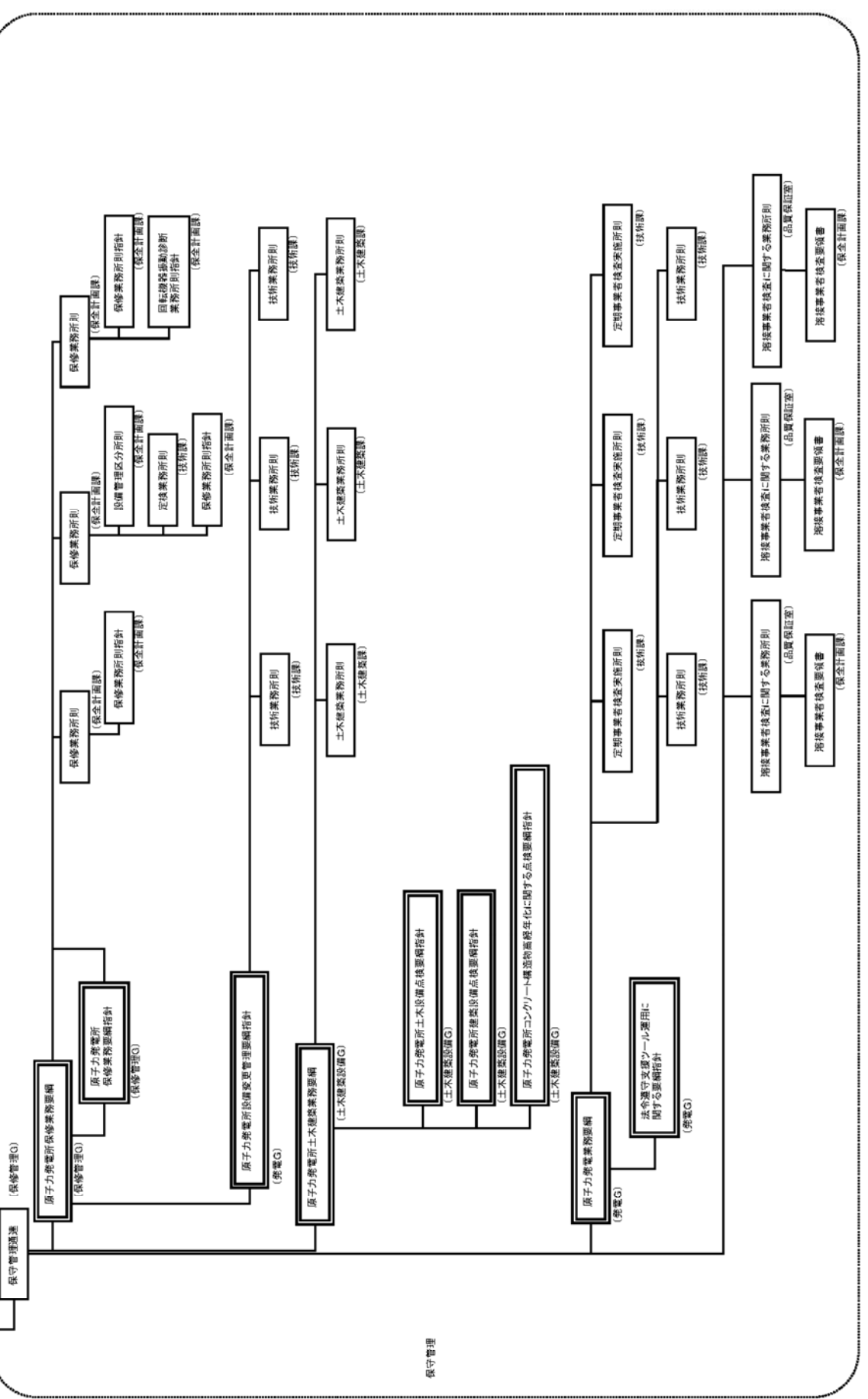
- 原子力事業本部(原子燃料部門を除く)、環境モニタリングセンター、原子力運転サポートセンター、総務室、購買室、土木建築室、能力開発センター、原子力研修センター、原子燃料サイクル室(サイクル標準G)

(原核部門)

- 原子力事業本部(原子燃料部門)、原子燃料サイクル室(サイクル標準Gを除く)

原子力発電設備保安規定

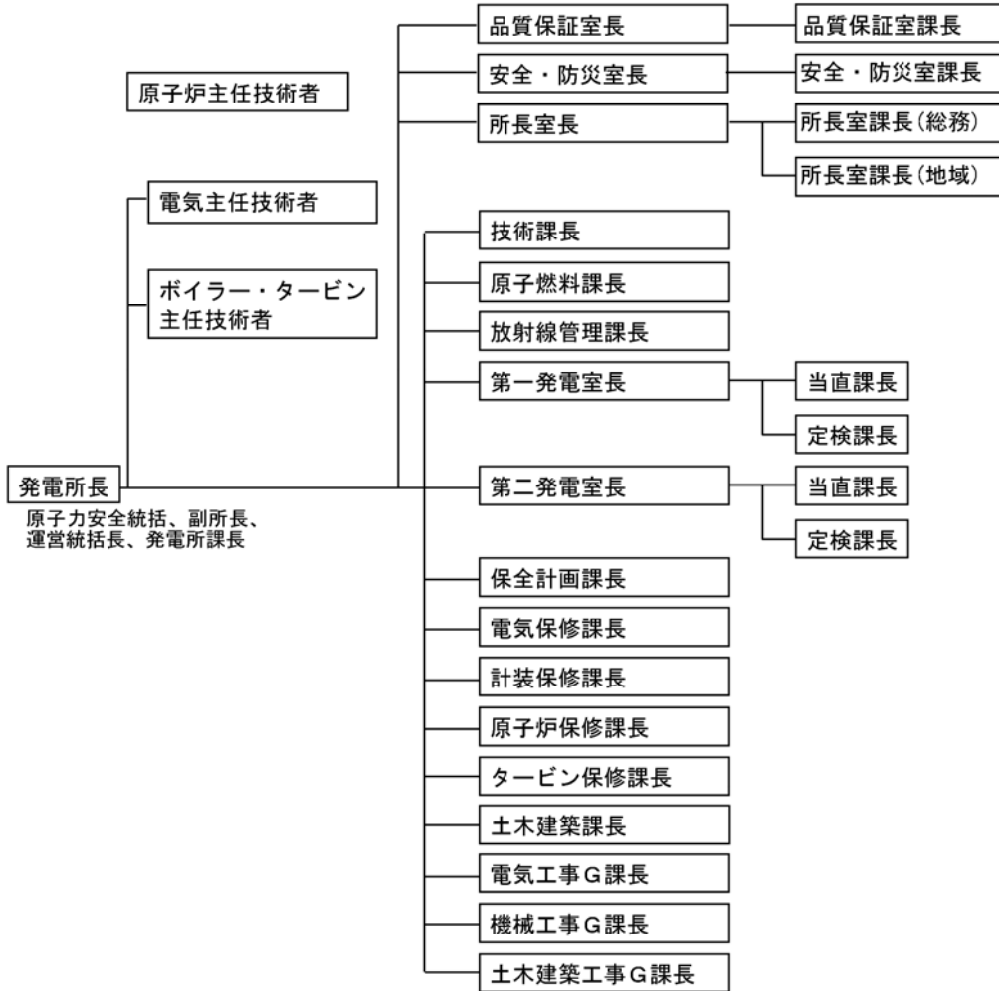
原子力発電の安全に係る品質保証規程



保守管理

関西電力社内文書
「原子力発電の安全に係る品質保証規程」より抜粋

(高浜、大飯発電所)



G : 「グループ」の略

高浜発電所原子炉施設保安規定 5条 (保安に関する職務) より抜粋

- ・ 保全計画課長は、原子炉施設の保守、修理の総括に関する業務を行う。
- ・ 電気保修課長は、原子炉施設の電気設備に係る保守、修理 (電気工事グループ課長所管業務を除く。) に関する業務を行う。
- ・ 計装保修課長は、原子炉施設の計装設備に係る保守、修理 (電気工事グループ課長所管業務を除く。) に関する業務を行う。
- ・ 原子炉保修課長は、原子炉施設の機械設備 (タービン設備を除く。) に係る保守、修理 (機械工事グループ課長所管業務を除く。) に関する業務を行う。
- ・ タービン保修課長は、原子炉施設の機械設備 (タービン設備) に係る保守、修理 (機械工事グループ課長所管業務を除く。) に関する業務を行う。
- ・ 土木建築課長は、原子炉施設の土木設備および建築物に係る保守、修理 (機械工事グループ課長および土木建築工事グループ課長の所管業務を除く。) に関する業務を行う。

No.	高浜 1－共通－ 8 Rev. 1	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>冷温停止を踏まえた評価（燃料が炉心に装荷された状態のものを含む）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およびその運転状態について、下記の通り提示いたします。</p> <p>○余熱除去ポンプモータ（固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下） 冷温停止時には断続運転を前提とした場合と比べ年間の運転時間が長くなりますが、固定子コイルおよび口出線・接続部品の劣化は当該モータ運転年数が長いほど進展するため、当該劣化事象は断続運転を前提とした場合より厳しくなると考えられます。</p> <p>しかしながら、機器の運転年数に基づき絶縁診断の周期を短縮することとしているため、冷温停止を前提とした場合においても、現状保全（定期的に絶縁診断を実施していくとともに、機器の運転年数と絶縁診断に基づいた取替を実施）を継続することで健全性を維持できると判断しています。</p> <p>○充てん/高圧注入ポンプ（主軸のフレットィング疲労割れ） 冷温停止時には化学体積制御系統の流量を低下させるため、充てん/高圧注入ポンプの吐出流量が低下するが、ポンプ回転数が同じ場合、主軸にかかる応力は吐出流量が少ないほど大きくなるため、当該劣化事象は断続運転を前提とした場合より厳しくなると考えられます。</p> <p>しかしながら、ポンプ流量が少なくなることを考慮しても、ポンプの曲げ応力振幅は疲労限に対し小さく、主軸のフレットィング疲労割れ発生の可能性は小さいことを確認しており、健全性を維持できると判断しています。さらに、当該ポンプ主軸については、<u>フレットィング疲労対策の応力緩和溝が設けられたもの</u>に取替を行なっています。</p> <p>また、当該経年劣化事象は、以上を踏まえて、運転を前提とした評価と同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない（▲事象）と判断しています。</p>	

○充てん水流量制御弁（弁体、弁座等の腐食（エロージョン））

冷温停止中は運転中と比べて原子炉圧力が低くなるため、当該制御弁は弁前後で差圧が大きい状態で使用されます。このためキャビテーションが起りやすい状況となっているため当該劣化事象は断続運転を前提とした場合より厳しくなると考えられます。

しかしながら、当該弁に関して、冷温停止状態を踏まえた（厳しくなる劣化傾向を踏まえた）保全を行なうこととしており、現状保全を継続することで健全性を維持できると判断しています。

また、当該経年劣化事象は、以上を踏まえて、運転を前提とした評価と同様、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない（△事象）と判断しています。

以上

No.	高浜1-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1-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>【加圧器サージ配管】</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：1.72×10^5 (MPa) 熱膨張係数：1.751×10^{-5} (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>【加圧器スプレ配管】</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>	

7. 材料物性値

ヤング率： 1.73×10^5 (MPa)

熱膨張係数： 1.743×10^{-5} (mm/mm・°C)

8. 解析モデルおよび測定点 (添付 5 参照)

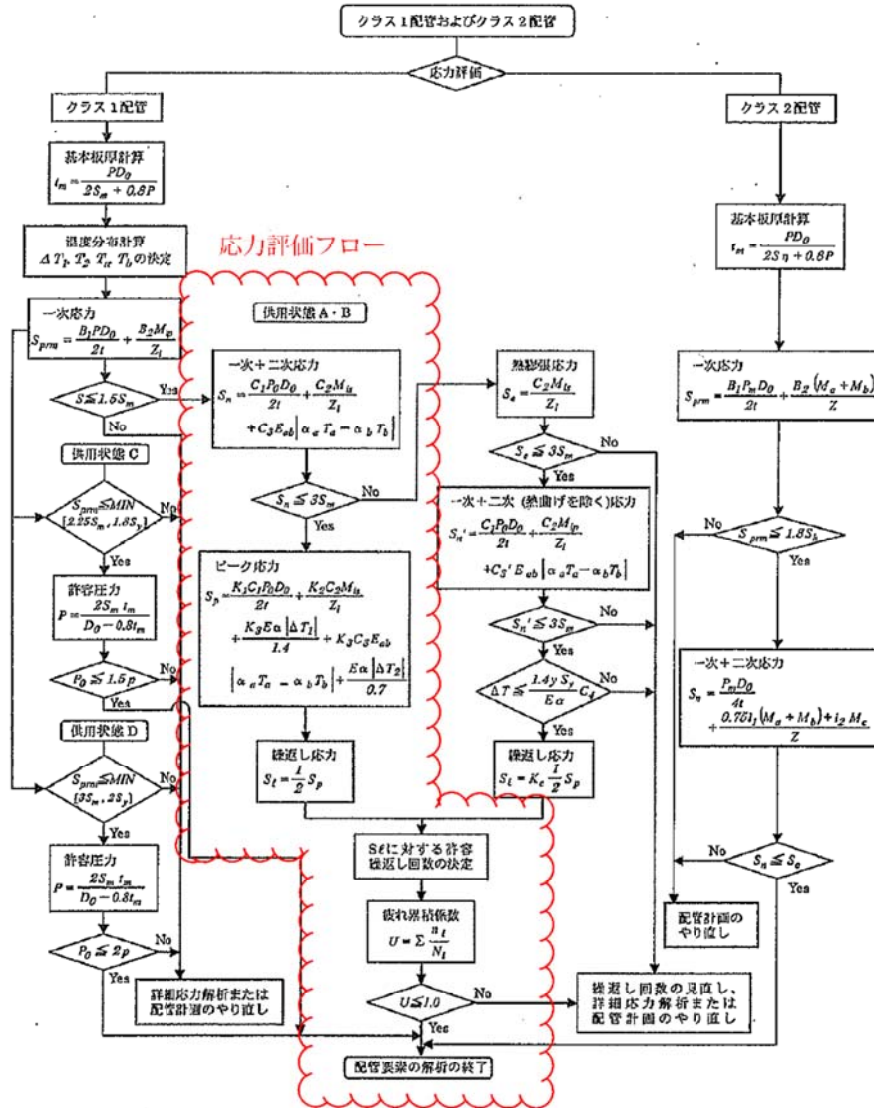
配管各部位に考慮する応力係数は設計・建設規格のPPB-3000 クラス
1 配管に定める応力係数に従って設定しています。

9. 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。

10. Ke係数

評価に用いたKe係数を添付 7 に示します。

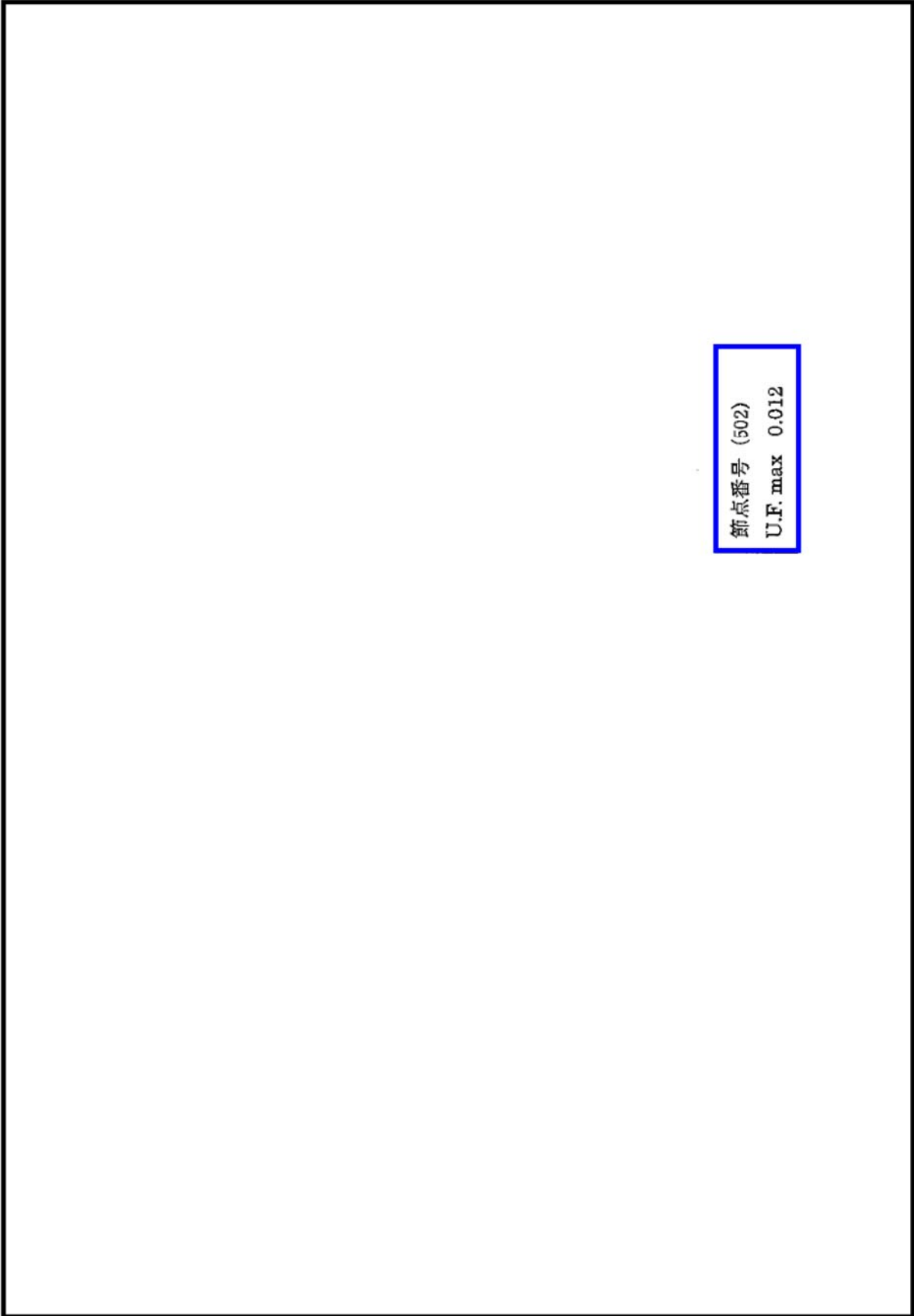


(備考) クラス2配管の解析手順には管の機械的荷重により生じるモーメント M_b を含む場合の式のみを記載した

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 (502)
U.F. max 0.012

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
			0.01152	1.0

→通常UF:0.012

(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
(1.95×10^5 /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

加圧器サージ配管 疲労評価結果 (測定点: 502) (1/4)

LOAD SET				NUMBER OF CYCLES		ELIM					
I	J	SP	SN	KE	ALT	NI	NT	N	NATE	N*	U

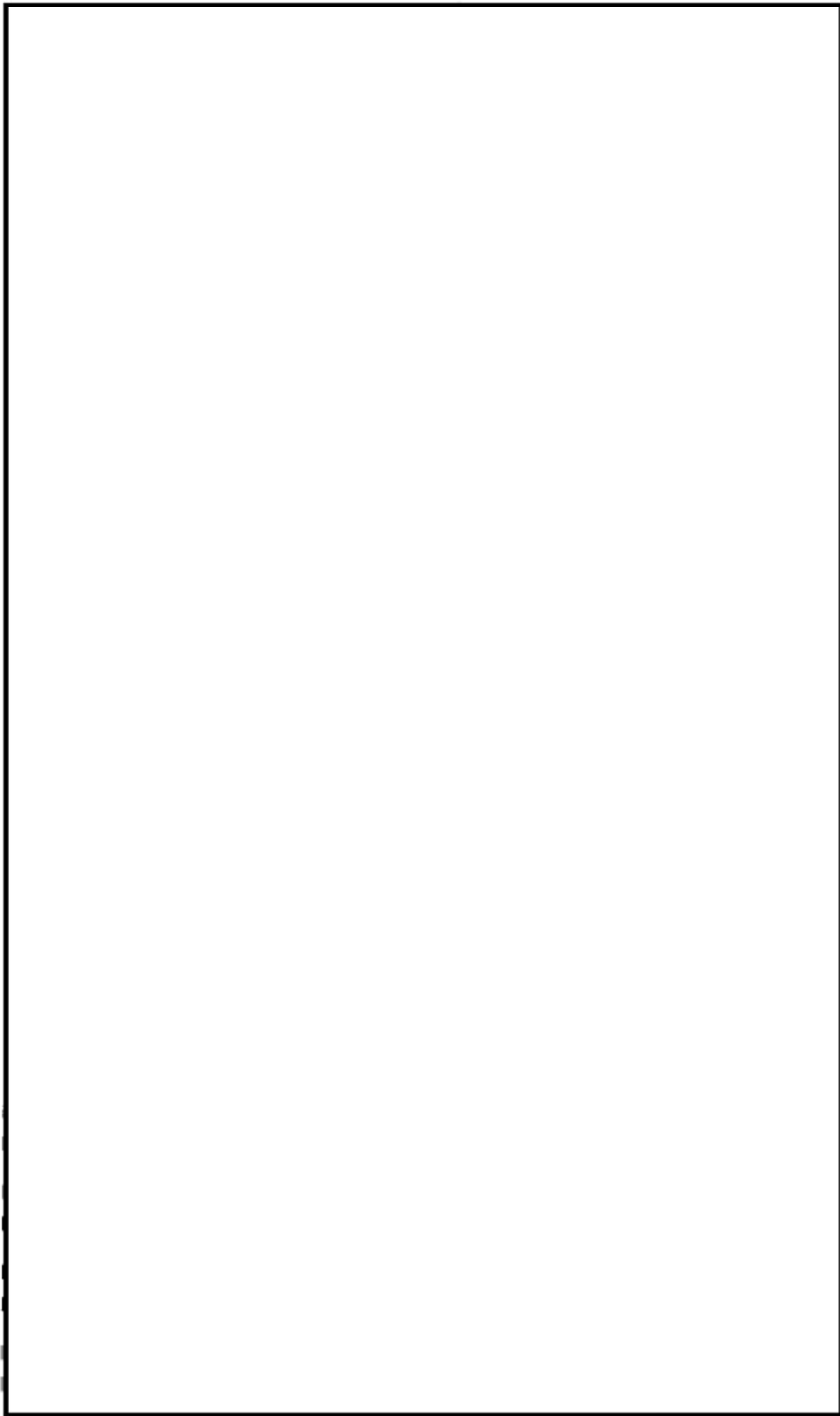
内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器サージ配管 疲労評価結果 (測定点 : 502) (2 / 4)



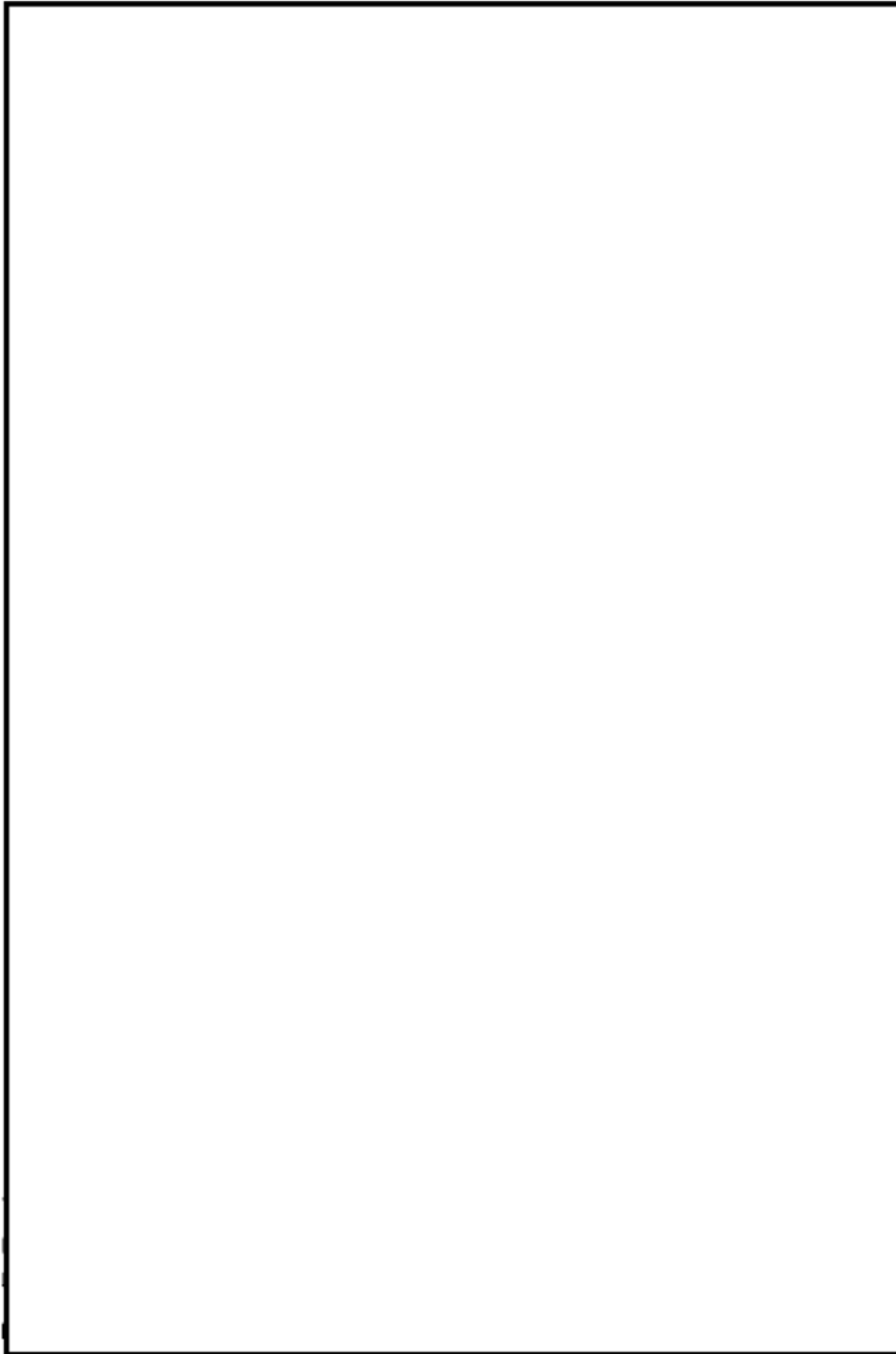
内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器サージ配管 疲労評価結果 (測定点: 502) (3/4)



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) (4 / 4)



CUMULATIVE USAGE FACTOR = 0.01152

→通常UF:0.012

内は商業機密に属しますので公開できません

節点番号 (146)
U.F. max 0.026
(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
			0.02512	

→通常UF:0.026

(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
(1.95×10^5 /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。

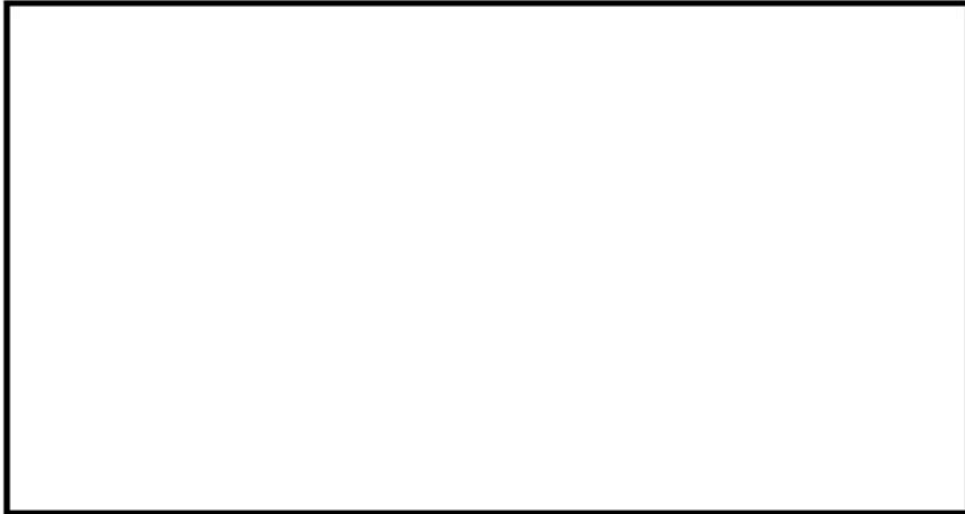
内は商業機密に属しますので公開できません

加圧器スプレ配管 疲労評価結果 (測定点: 146) (1/2)

LOAD SET				NUMBER OF CYCLES				[BLIMI]			
I	J	SP	SN	KE	ALT	NI	NJ	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 : 146) (2 / 2)



CUMULATIVE USAGE FACTOR = 0.02512

→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

No.	高浜 1ー低サイクル疲労ー 1 2	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 1 号炉 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。

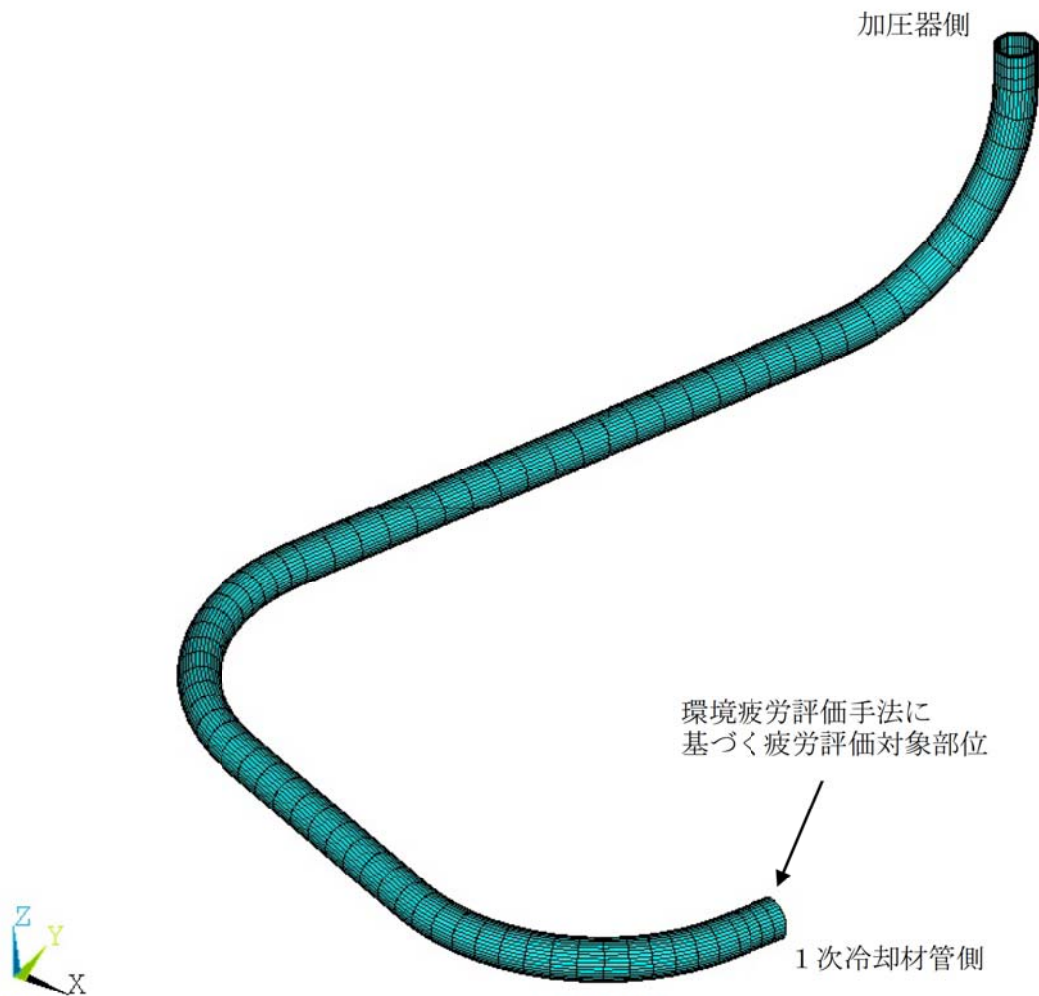


図1 解析モデル及び熱成層を考慮した環境疲労評価点

表1 加圧器サージ配管及び水の物性値

項目	加圧器サージ配管	水
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) ($\times 10^{-6}$ mm/mm°C)		
密度 注) (kg/m ³)		
熱伝導率 注) (W/m・°C)		
動粘性係数 注) (mm ² /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。

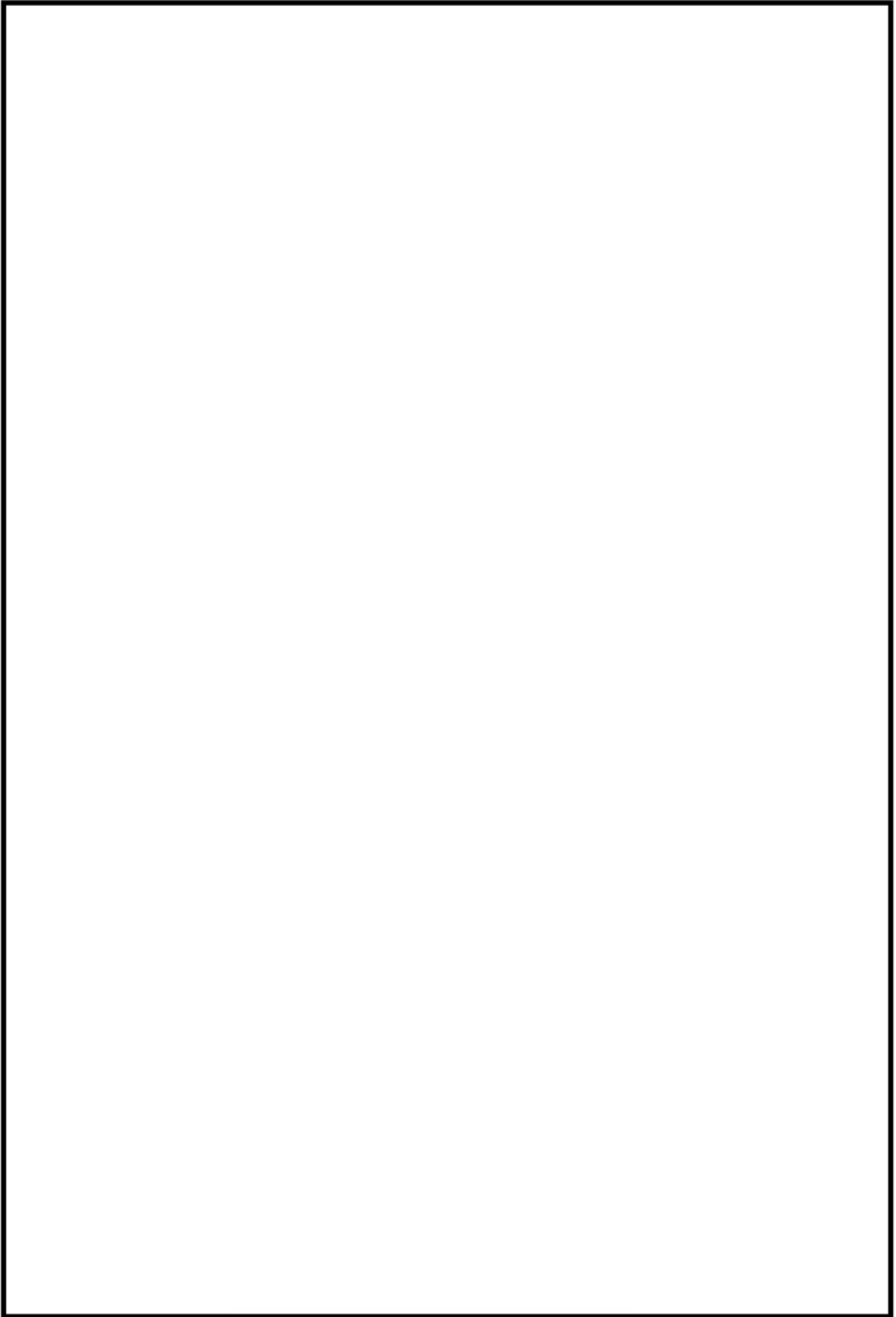


図2 熱成層条件

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

total 0.00086 0.00158

→環境UF0.002

内は商業機密に属しますので公開できません

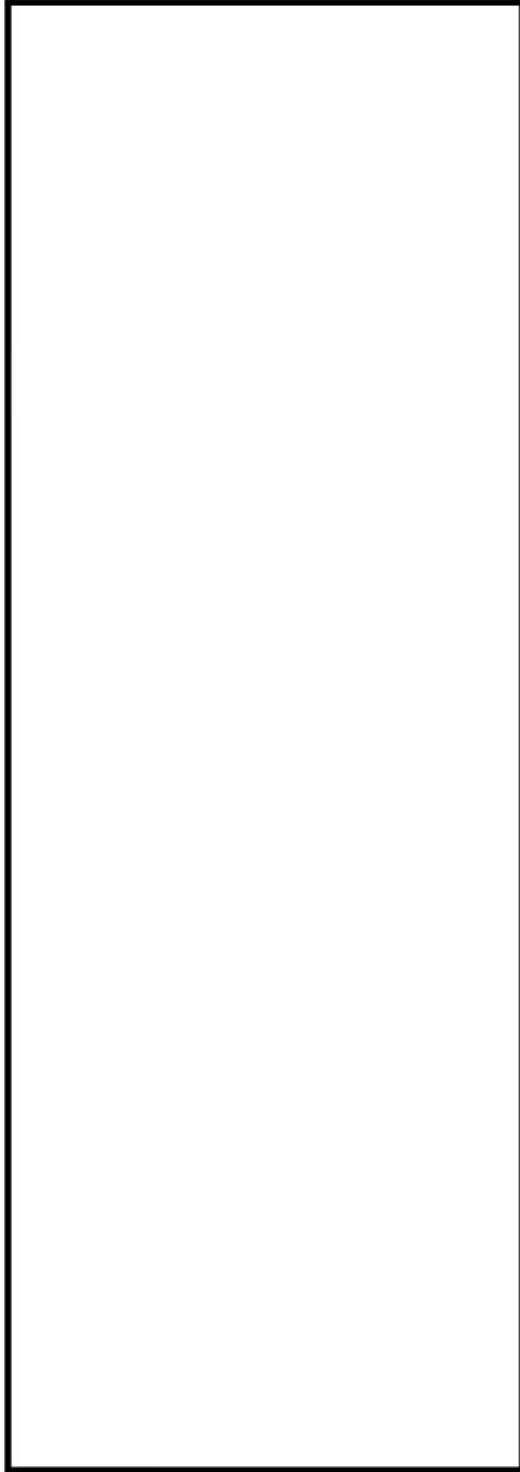
(過渡記号の説明)

- 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)
- 1W6 停止時の冷却注入-6 (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)
- 1X6 停止時の冷却注入-6 (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)
- 1Z3 停止時の冷却注入-3 (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SI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 1 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 $0.404 < 1.0$ 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 ³)		
熱伝導率 (mW/m・°C)		
動粘性係数 (mm ² /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

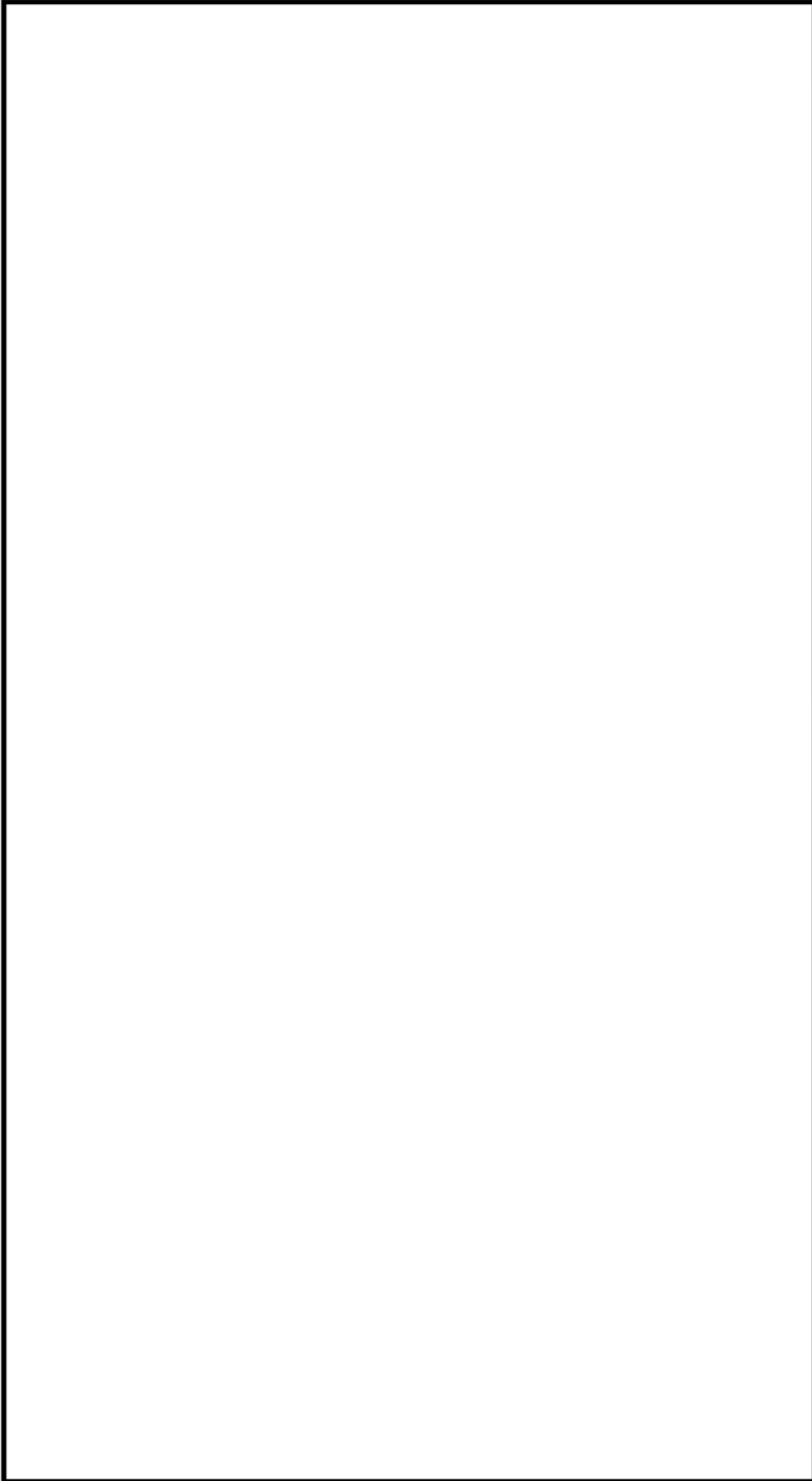
これまでの運転実績に基づく運転開始後60年時点での推定過渡回数で評価を実施する。

(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)

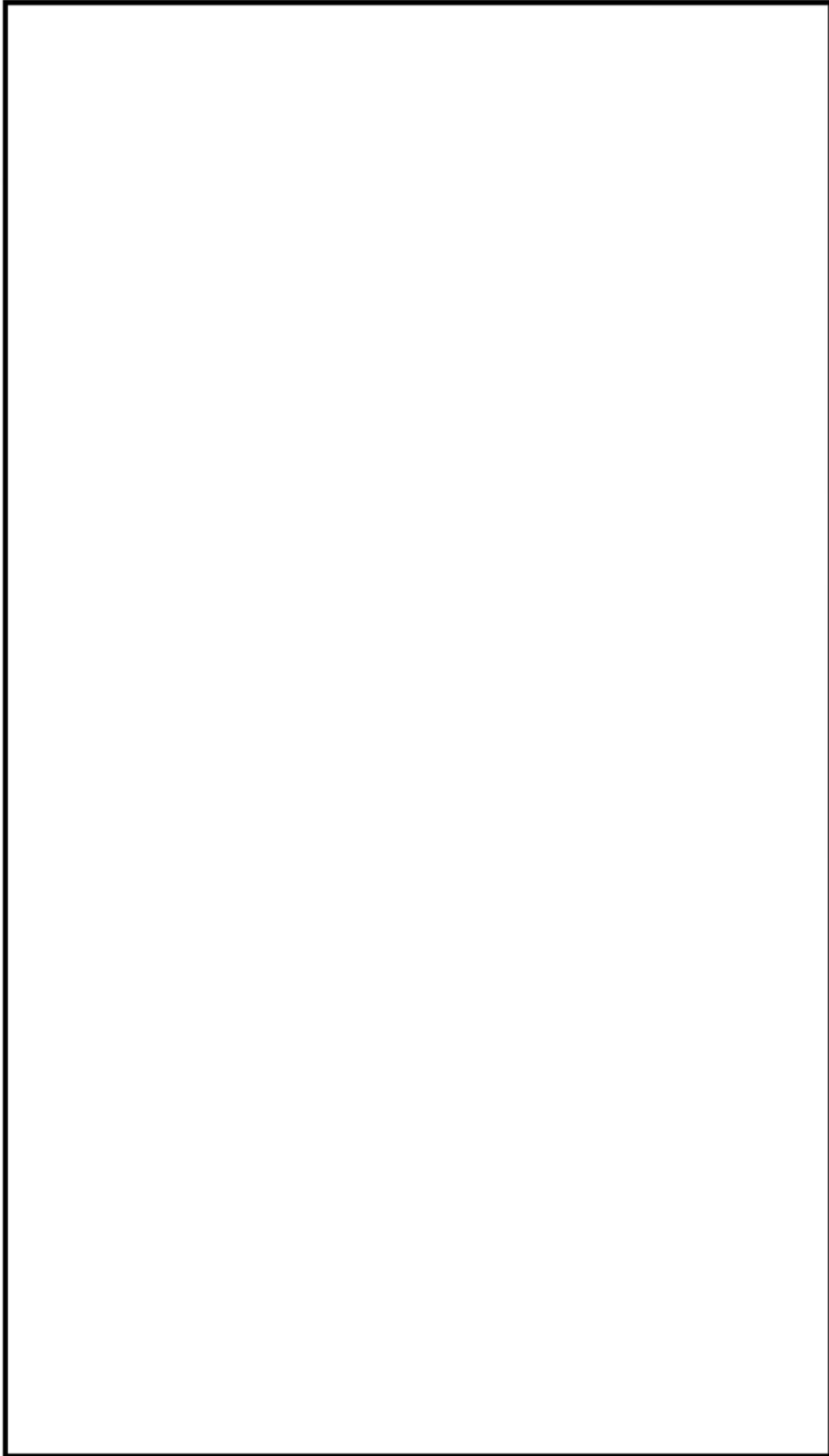
スプレ水が注入されると熱成層が消滅するものとする。

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。

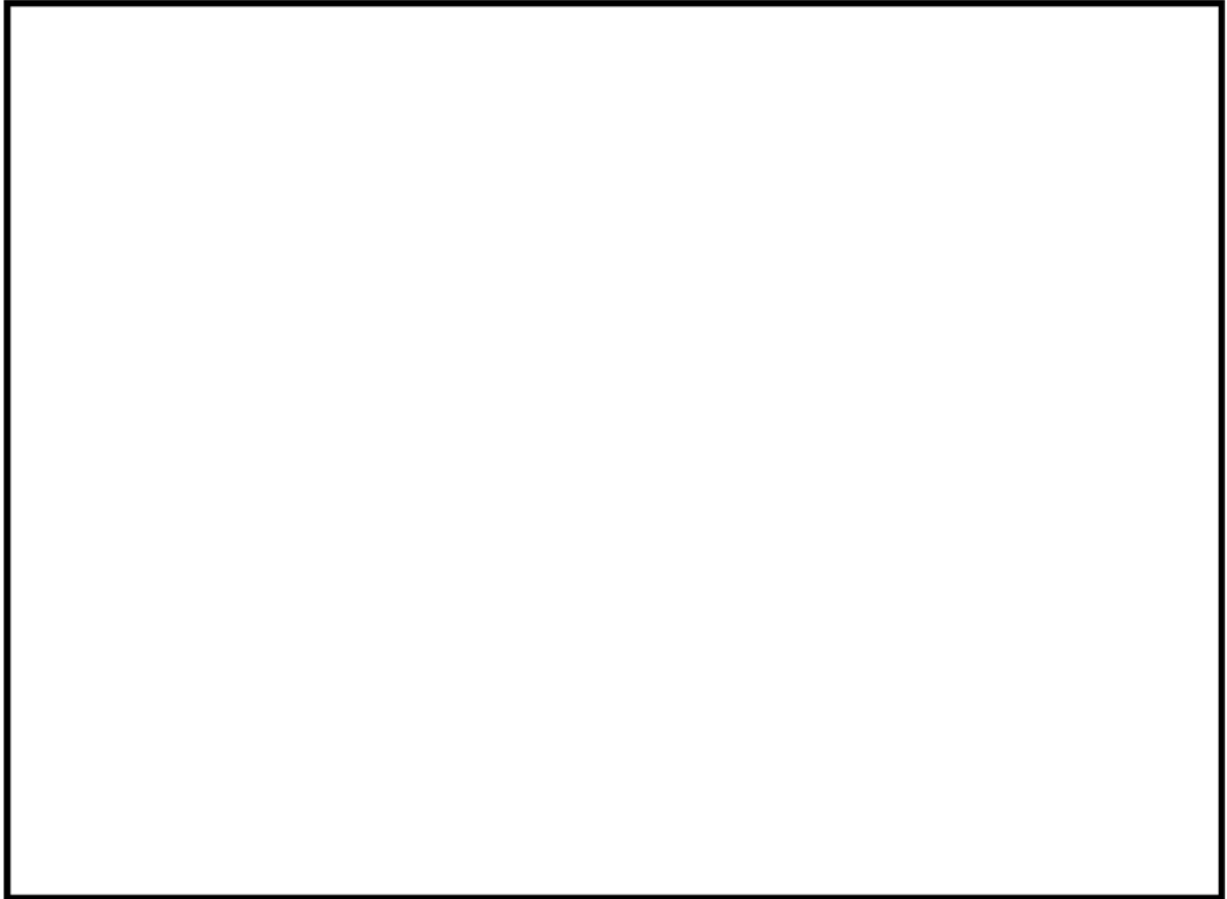


図 3 加圧器スプレ配管の環境疲労評価

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

1I1	2D1	
1I1	2D2	
1I1	2F1	
1I1	2D3	
1I1	1A3	
1I1	2E1	
1I1	2I1	
2A1	2I1	
2H1	2I1	
2C1	2I1	

合計： 0.40331

→環境UF0.404

- 1A1 起動 1B1 停止 (温度上昇率, 下降率 5.6 °C/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SI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

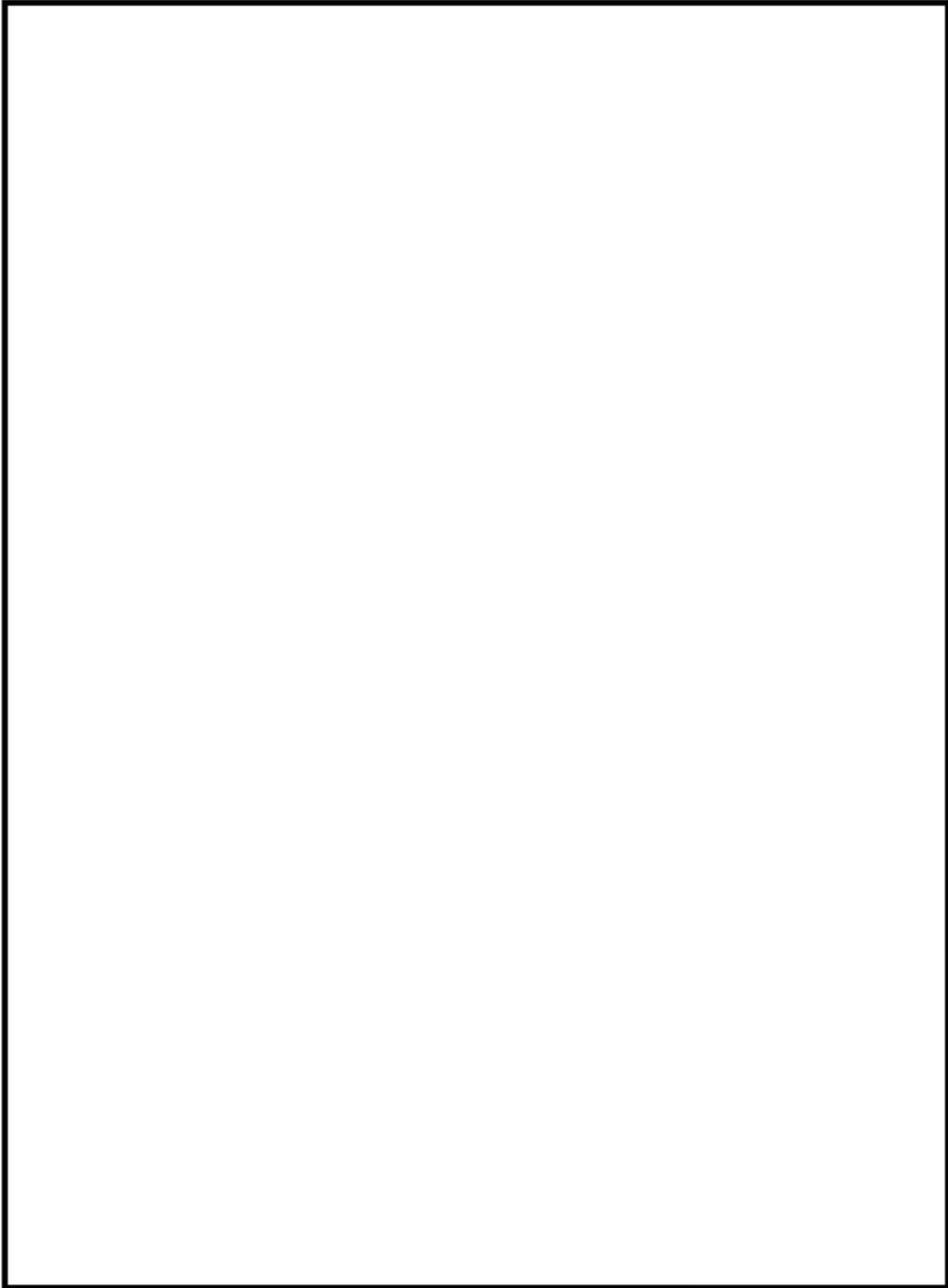
環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

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、Uf 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

内は商業機密に属しますので公開できません

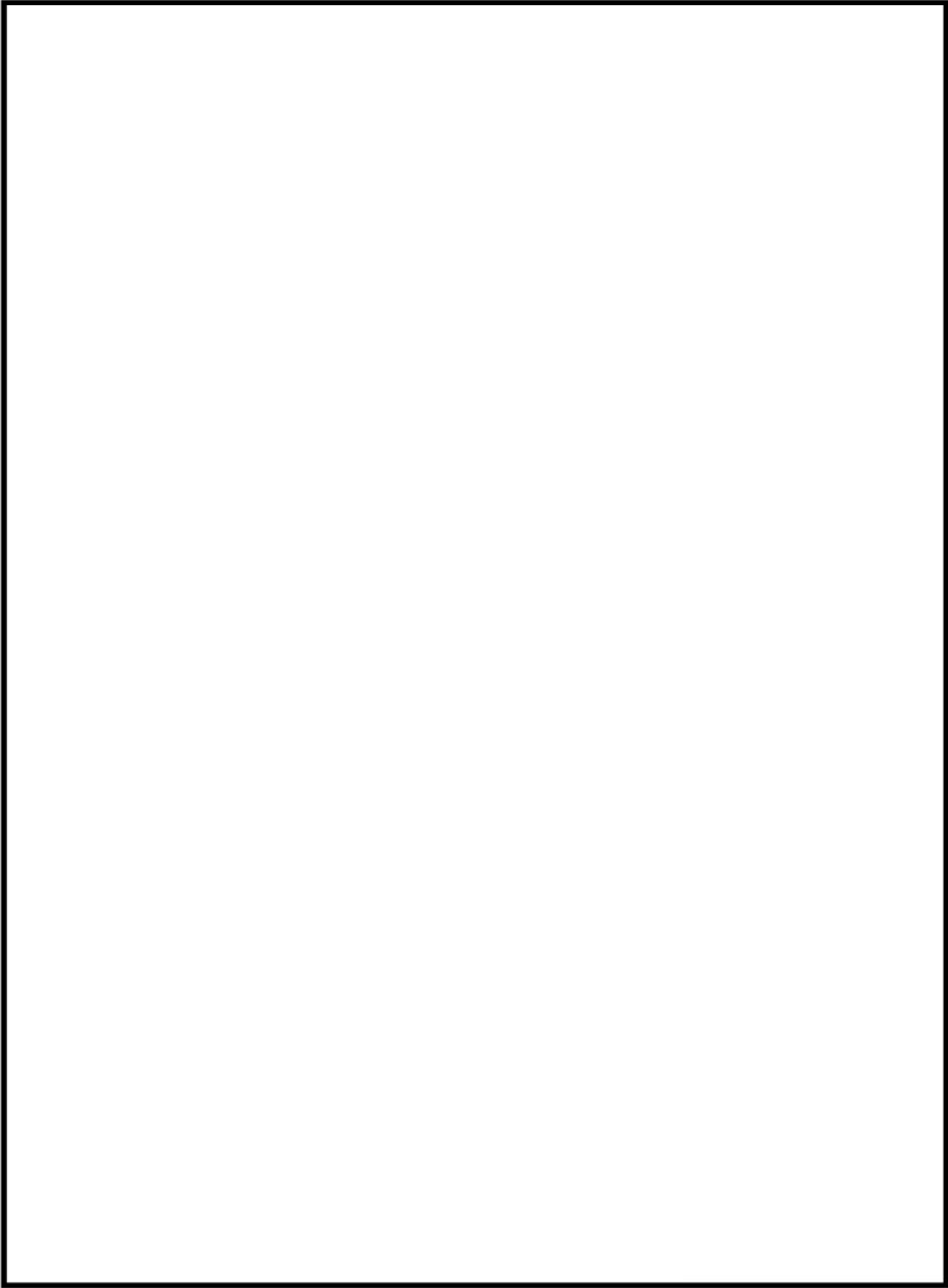


c. 過渡2E2, 1A7

d. 過渡1A1, 1B2

内は商業機密に属しますので公開できません





e . 過渡2I1, 1A1

f . 過渡1J2, 2A1

内は商業機密に属しますので公開できません



No.	高浜1ー低サイクル疲労ー14	事象：疲労															
質 問	<p>(別冊-5 配管-4 一次冷却材管-10 頁) 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>【1 次冷却材管】</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 1358 1339"> <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 1358 1122">使用箇所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" data-bbox="416 1122 1007 1200" rowspan="3" style="background-color: #cccccc;"></td> <td data-bbox="1007 1122 1358 1200">ホットレグ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1007 1200 1358 1272">クロスオーバレグ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1007 1272 1358 1339">コールドレグ</td> </tr> </tbody> </table> <p> 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 1720 1350 1890"> <thead> <tr> <th data-bbox="424 1720 684 1805">状態</th> <th data-bbox="684 1720 1350 1805">荷重の組み合わせ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="424 1805 684 1890">供用状態A、B</td> <td data-bbox="684 1805 1350 1890">圧力+機械的荷重+配管の熱膨張荷重+熱過渡</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>			材 料	温度 (°C)	Sm (MPa)	使用箇所				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														
			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																

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 ($^{\circ}\text{C}$)	S_m (MPa)	使用箇所
			加圧器サージライン用 管台
			安全注入系ライン用管 台
			充てん管台

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。

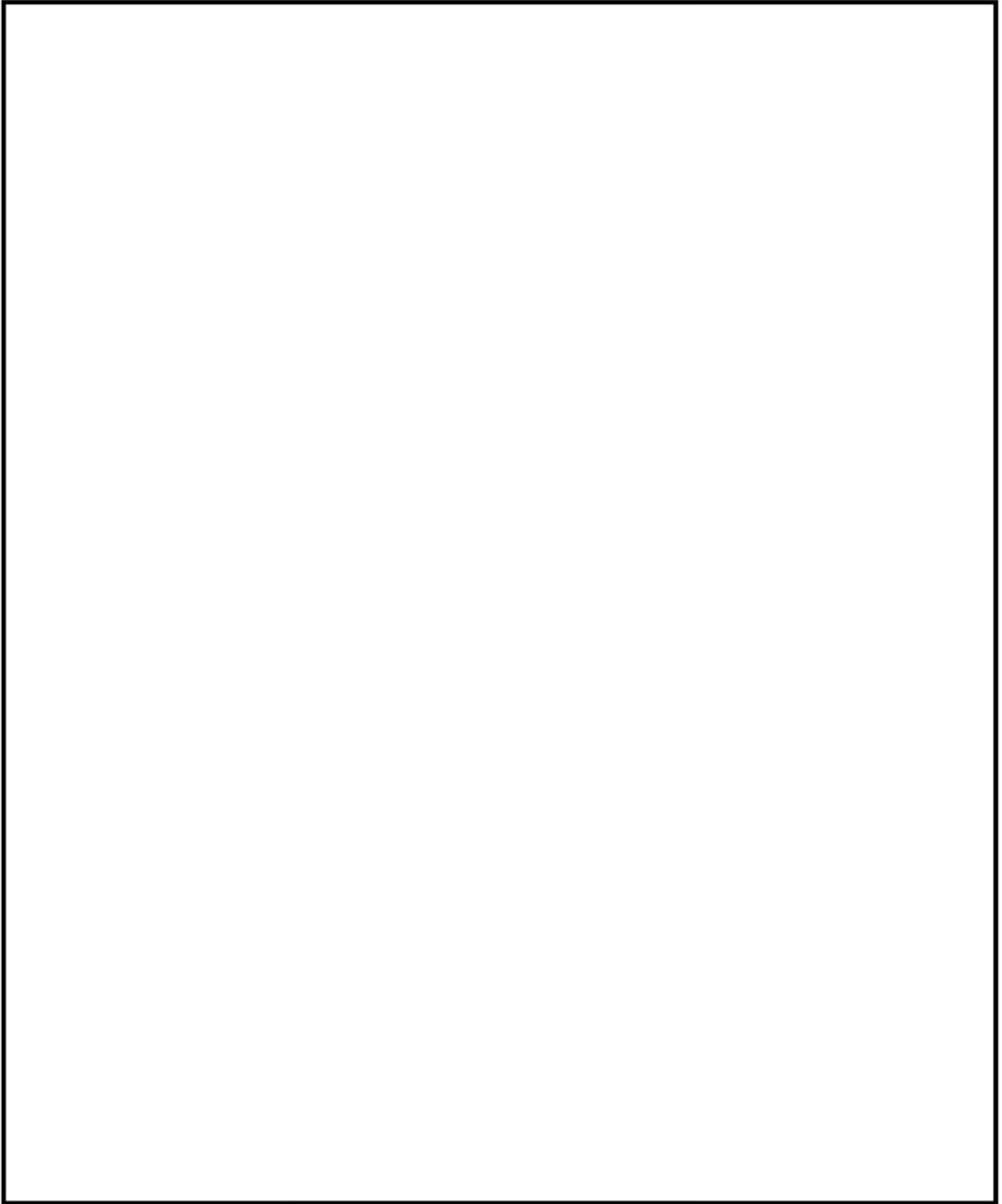
状態	荷重の組み合わせ
供用状態A、B	圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過渡

5. K_e 係数

評価に用いた K_e 係数を添付8に示します。

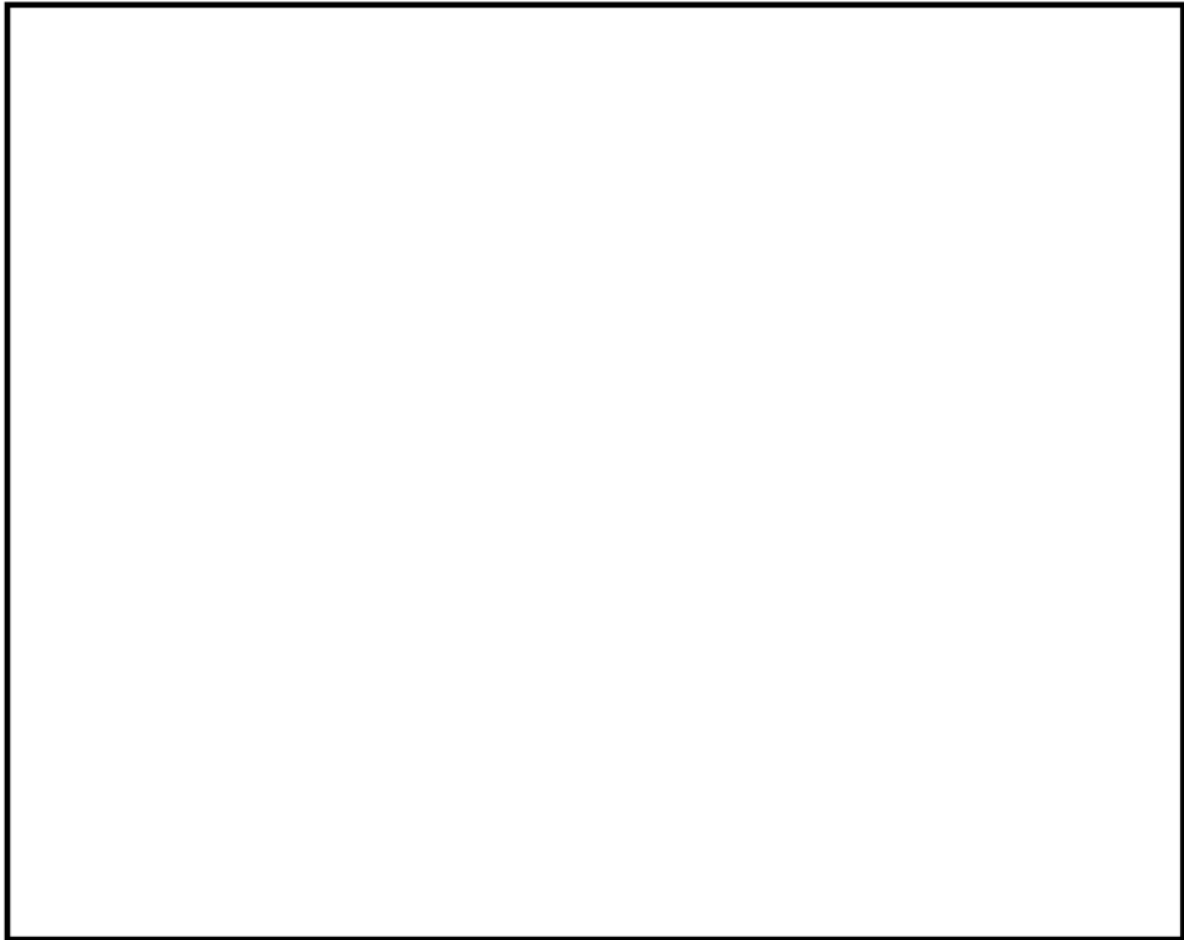
6. 環境評価パラメータ

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5-2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
ボットレク										0.00027	1.0
クロスオーバーレク											1.0

→通常 UF : 0.001

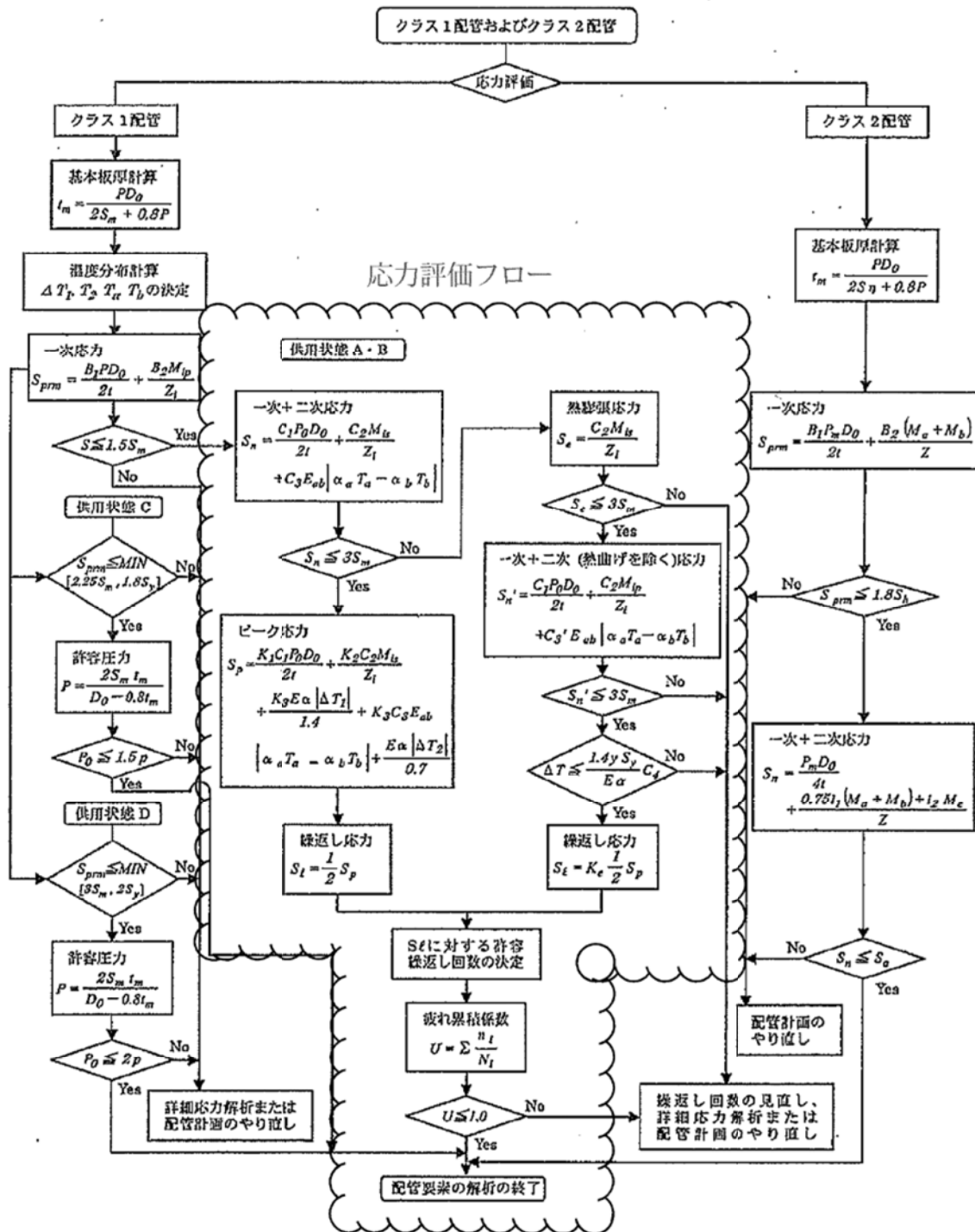
☐内は商業機密に属しますので公開できません

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	155										1.0	
	157											
	159											
	160											
	161											
	163											
	165											
	167									0.00139		
	181									0.00060		
	183											
	185											
	186											
	189											
	191											
	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 nF	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 sall	補正後 sall'					

合計: 0.00058

(注) ひずみ振幅 ≤ 0.110% (sall' ≤ 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)

試験条件番号		一次+二次+ピーク応力 sp	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 nF	疲労累積係数 q	環境効果補正係数 fca	環境効果を考慮した疲労累積係数 ucb
A	B			補正前 salt	補正後 salt'					

合計: 0.01075

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

→環境 UF : 0.011

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 fea	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
A	B			補正前 sall	補正後 sall'					
合計:										0.00435

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

→環境 UF : 0.005

内は商業機密に属しますので公開できません

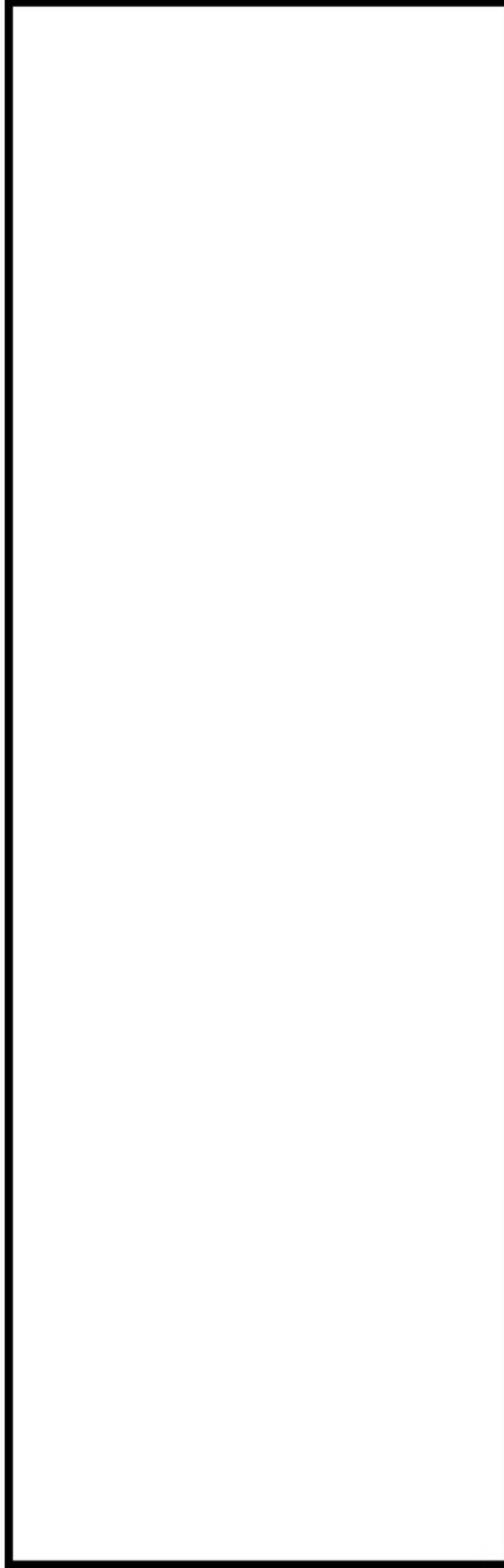
環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

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

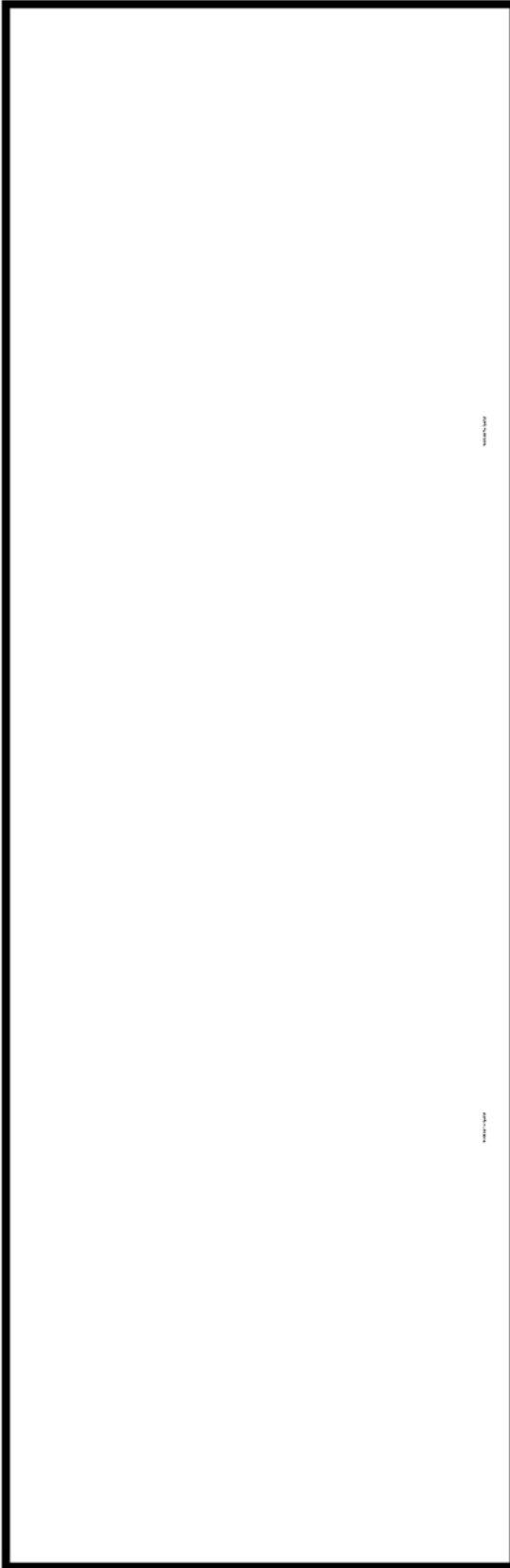
環境疲労評価手法 (JSME S NFI) の EF-20 における ΔT 項が支配的ではないため、EF-3222 により「起動」時の上昇過程に線形としたひずみ速度で評価。



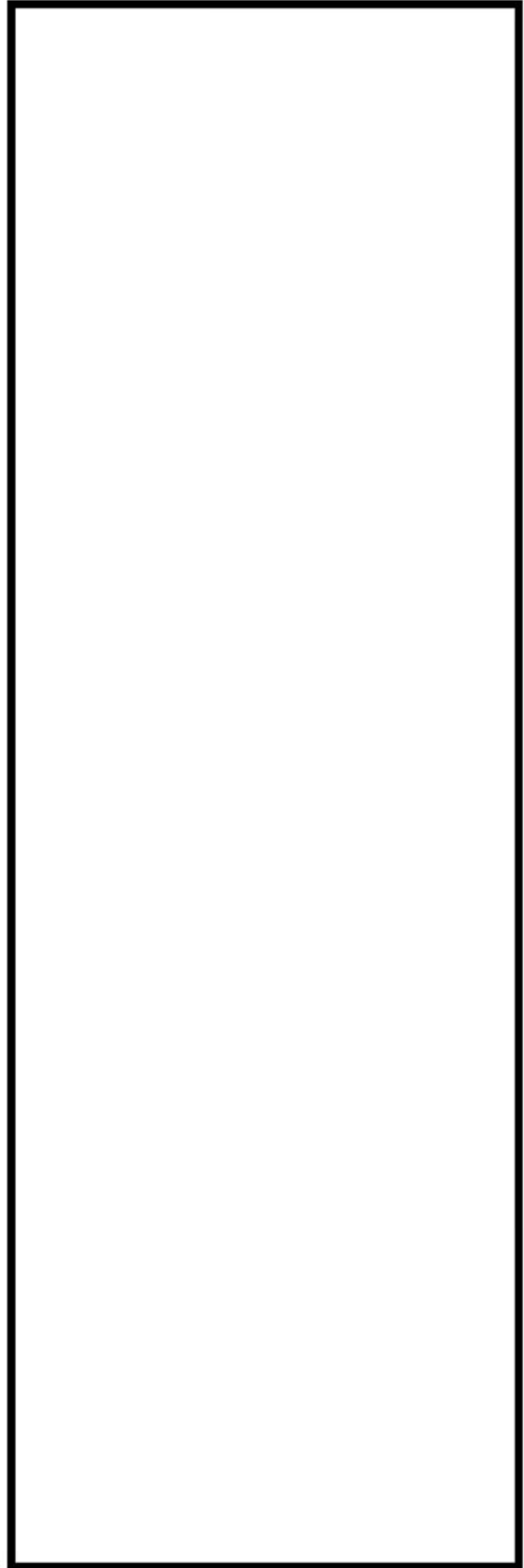
□内は商業機密に属しますので公開できません

(2) クロスオーバーレダ

a. 過渡 2J1,1B1

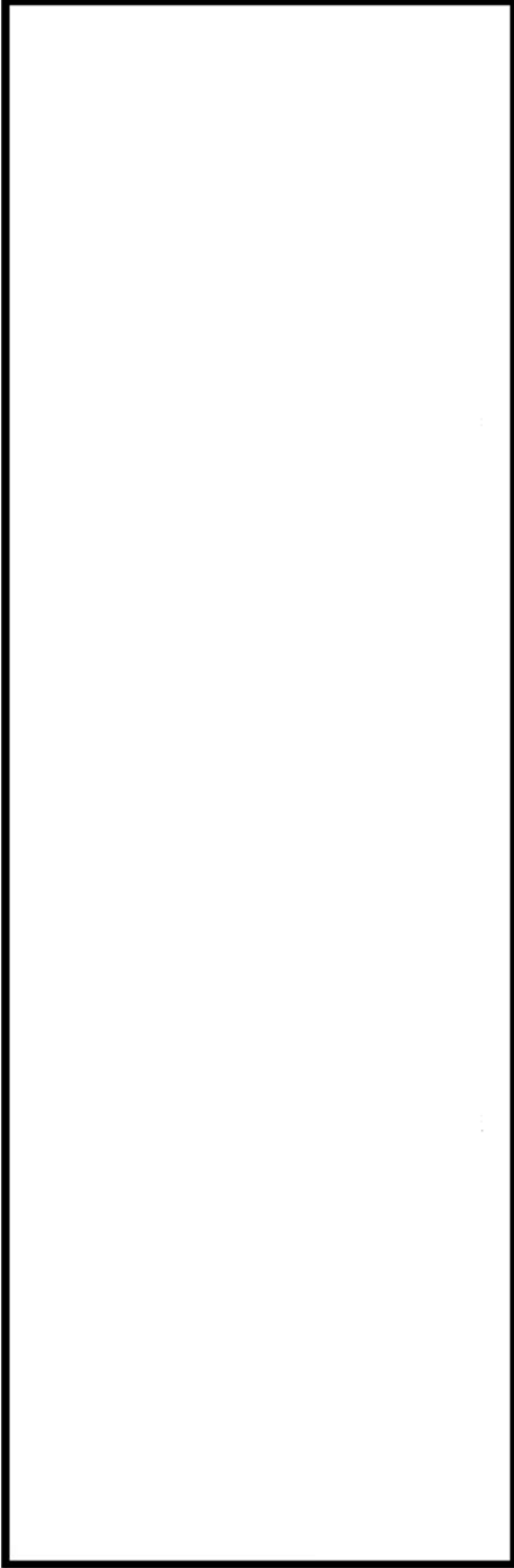


b. 過渡 2J1,2J2



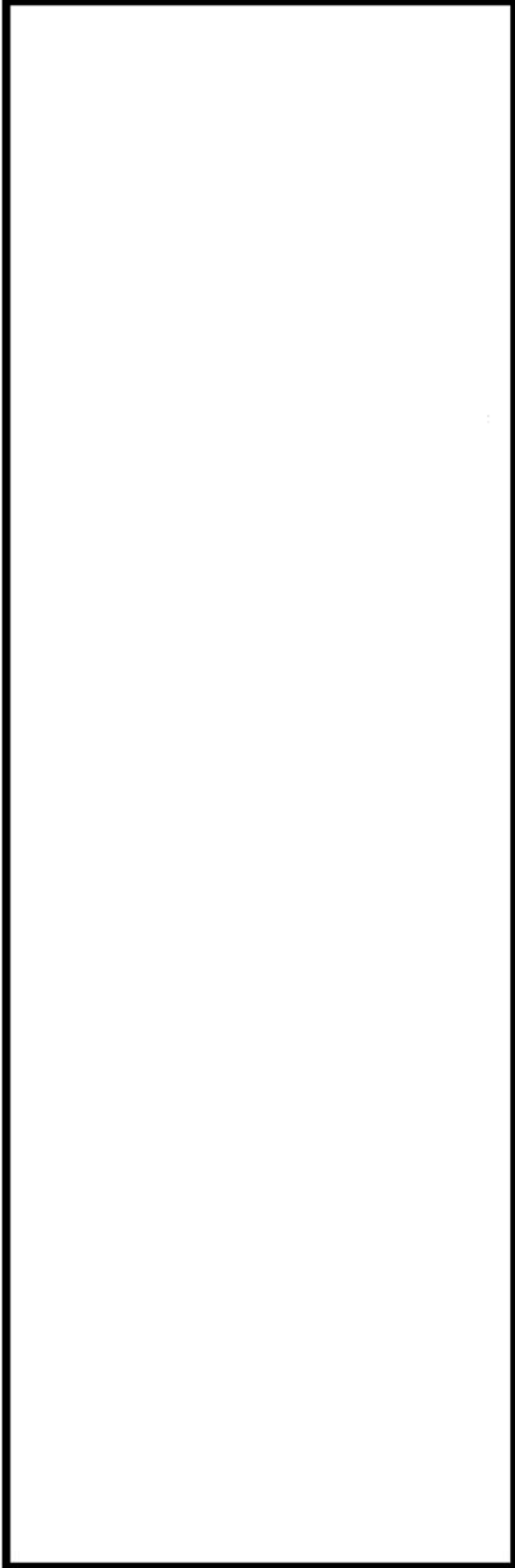
内は商業機密に属しますので公開できません

c. 過渡 1A1,2J2

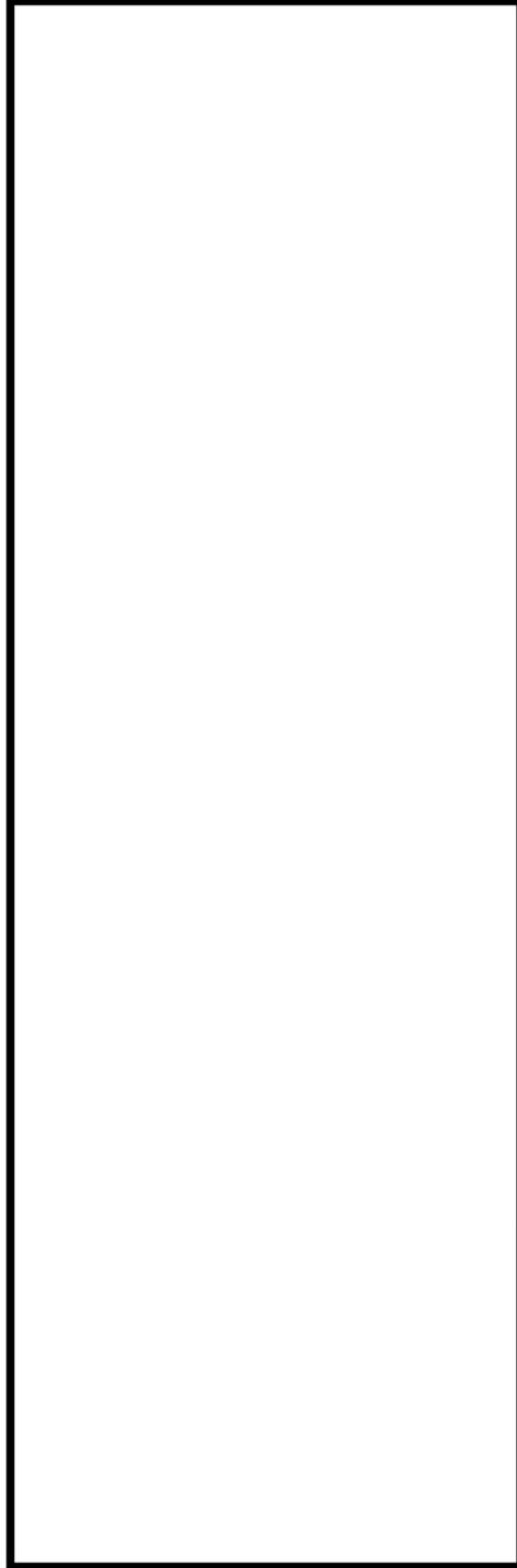


□ 内は商業機密に属しますので公開できません

(3) コールドレグ
a . 過渡 2J1,1B1



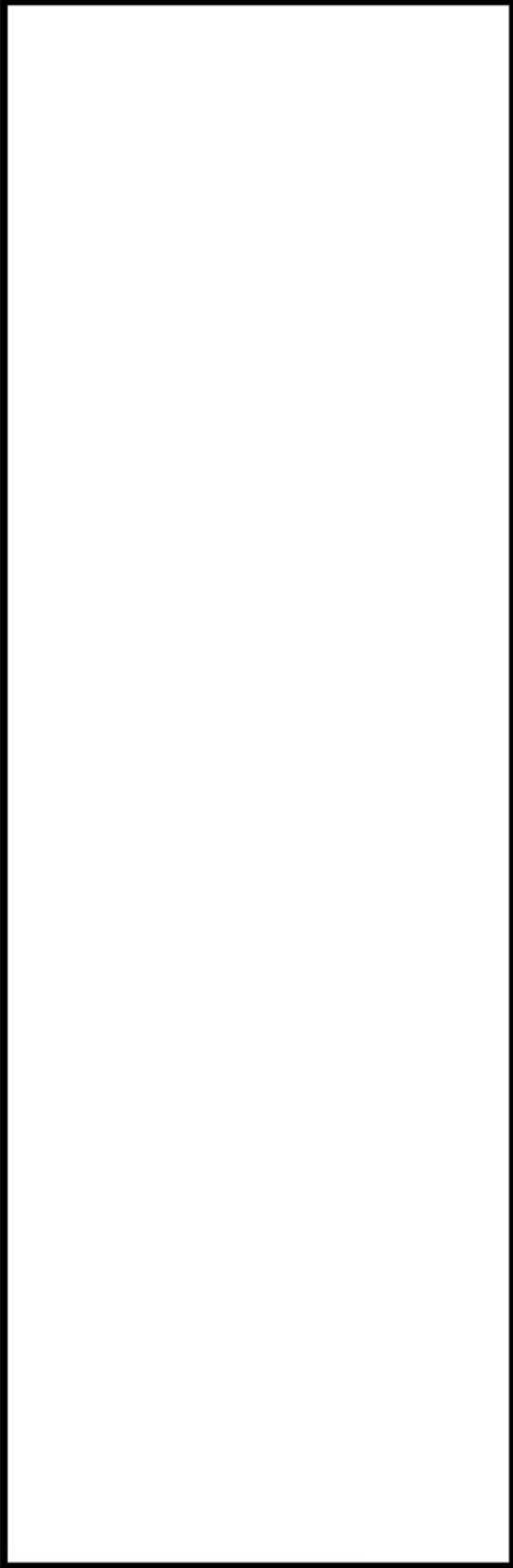
b . 過渡 2J1,2J2



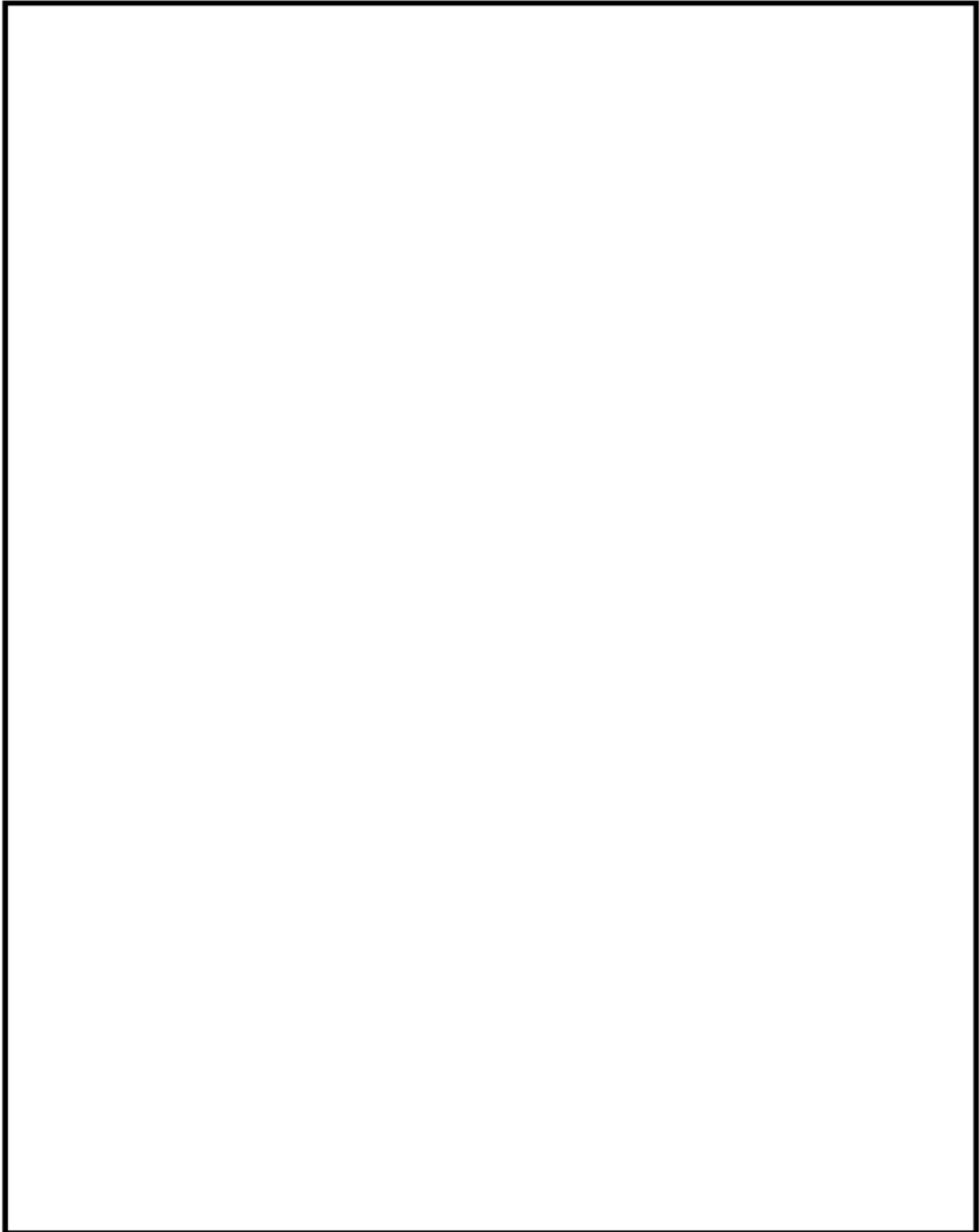
内は商業機密に属しますので公開できません



c. 過渡 1A1,2J2

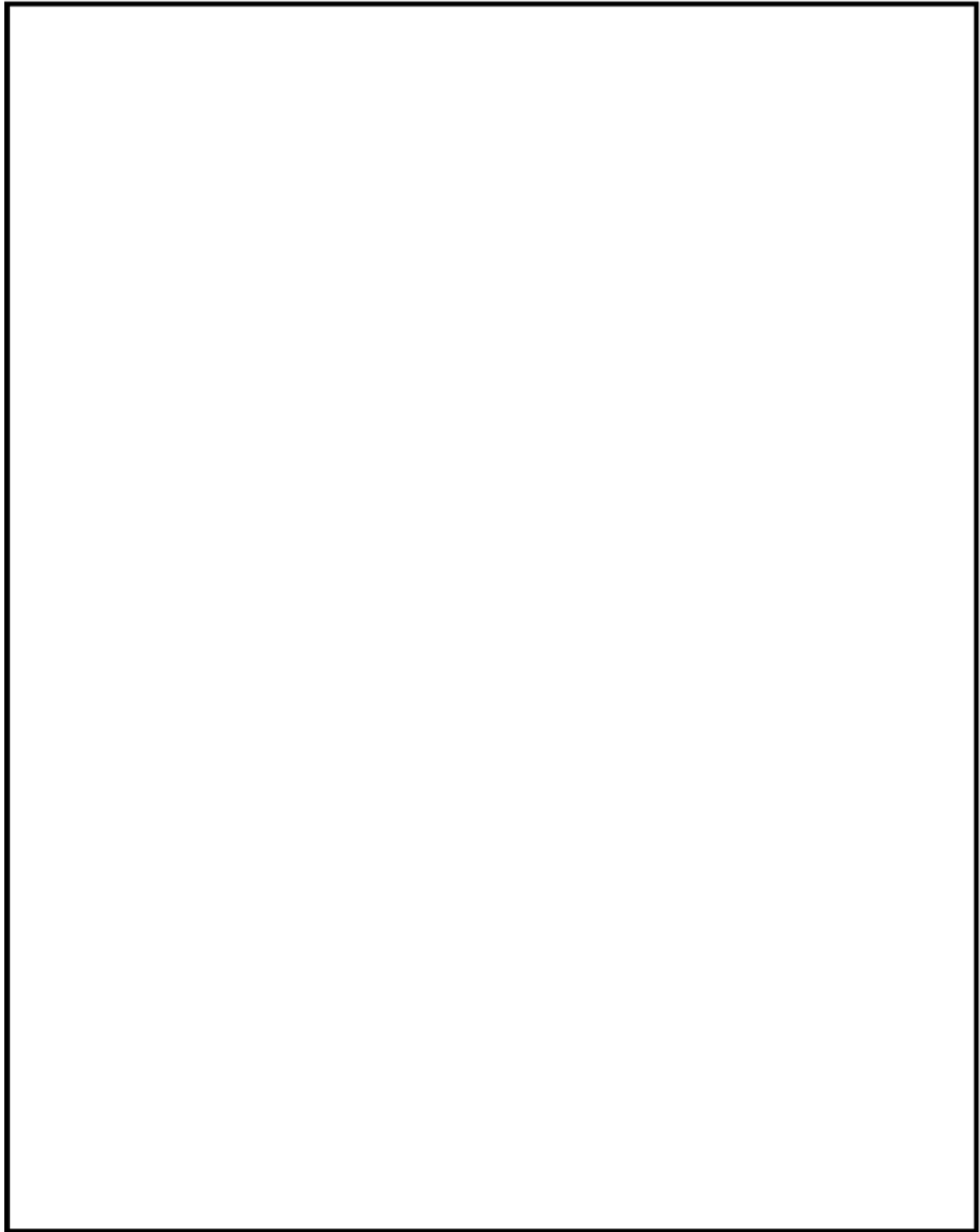


□ 内は商業機密に属しますので公開できません



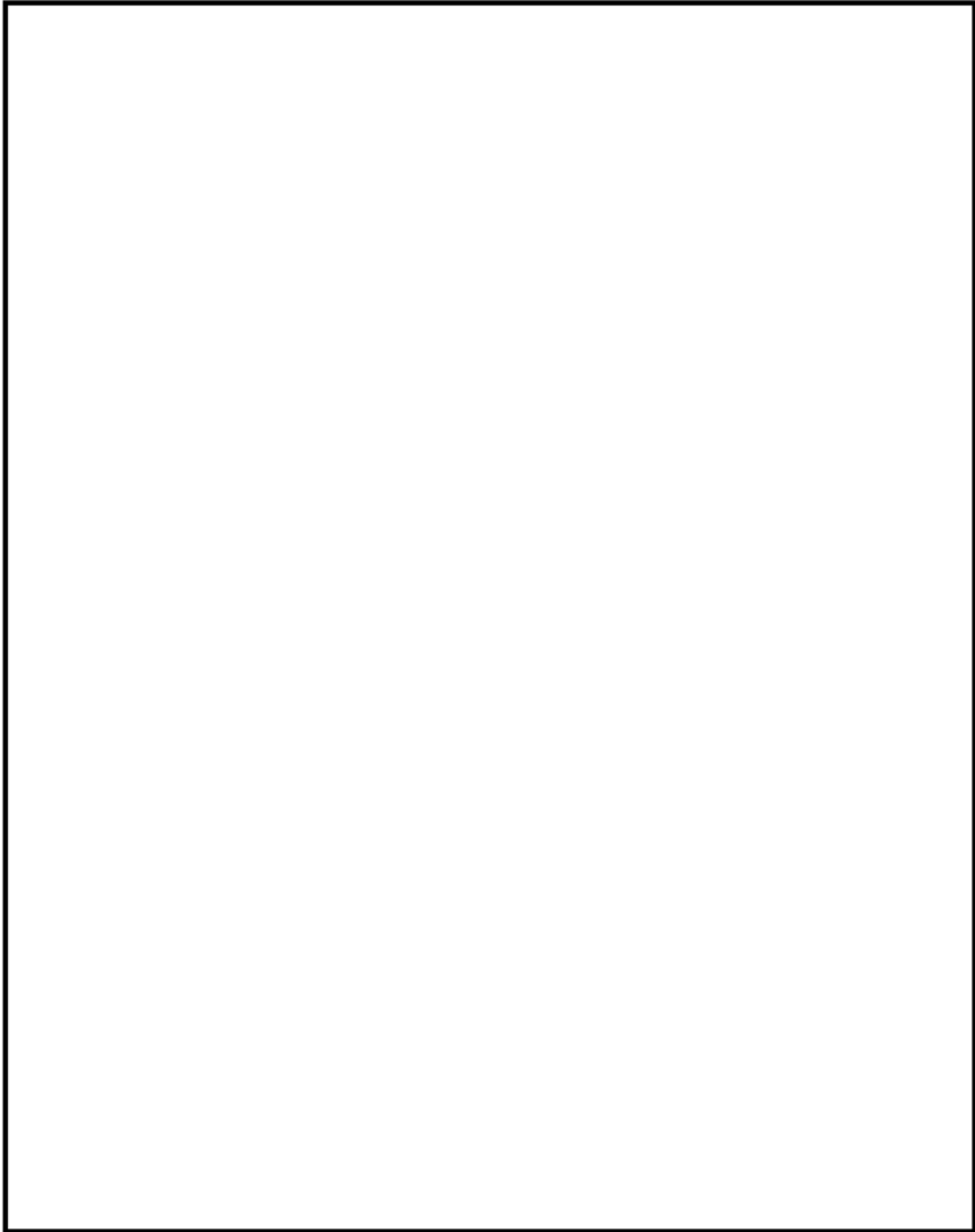
(1) 1次冷却材管（加圧器サージライン用管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



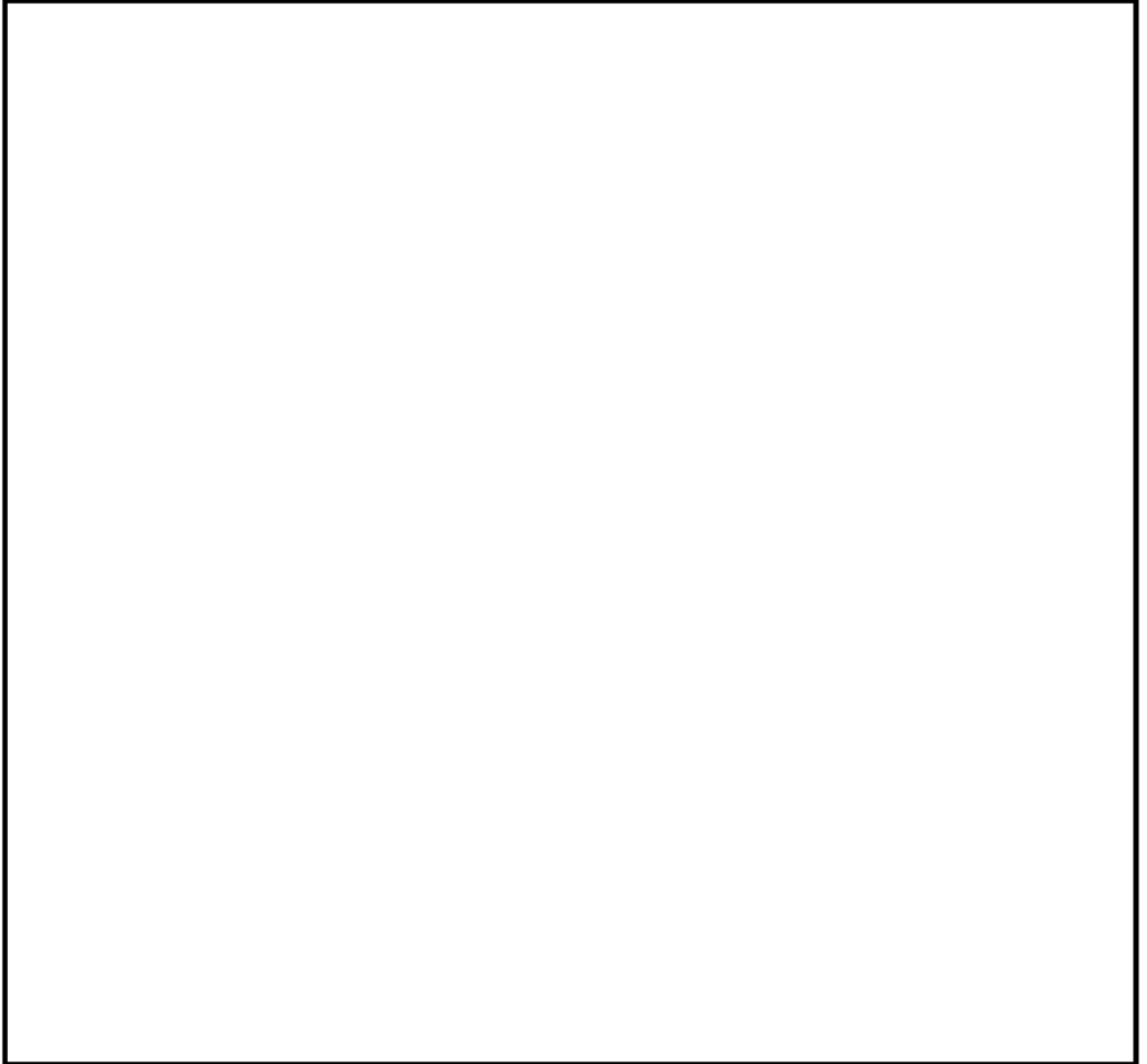
(2) 1次冷却材管（安全注入系ライン用管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



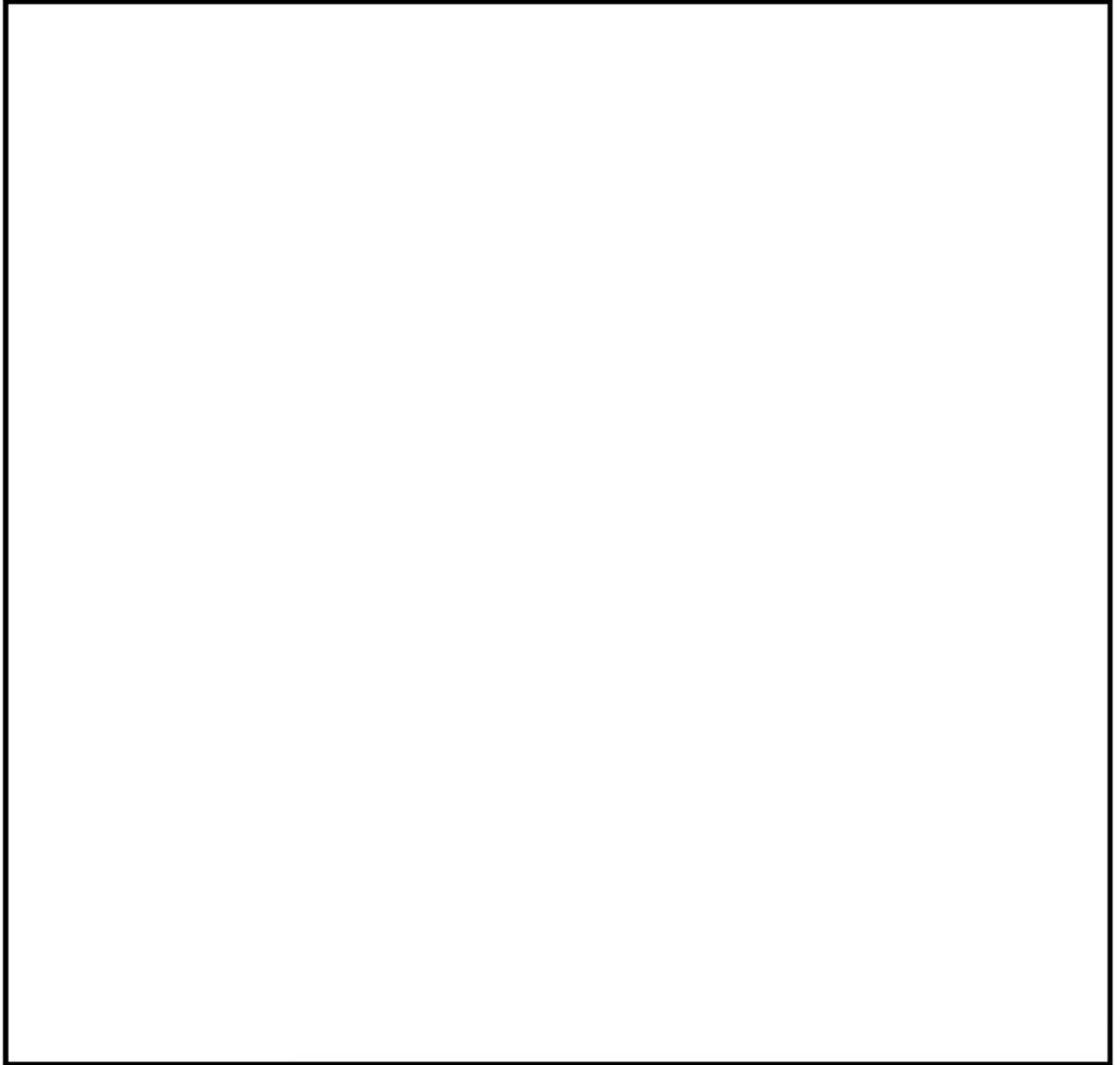
(3) 1次冷却材管（充てん管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



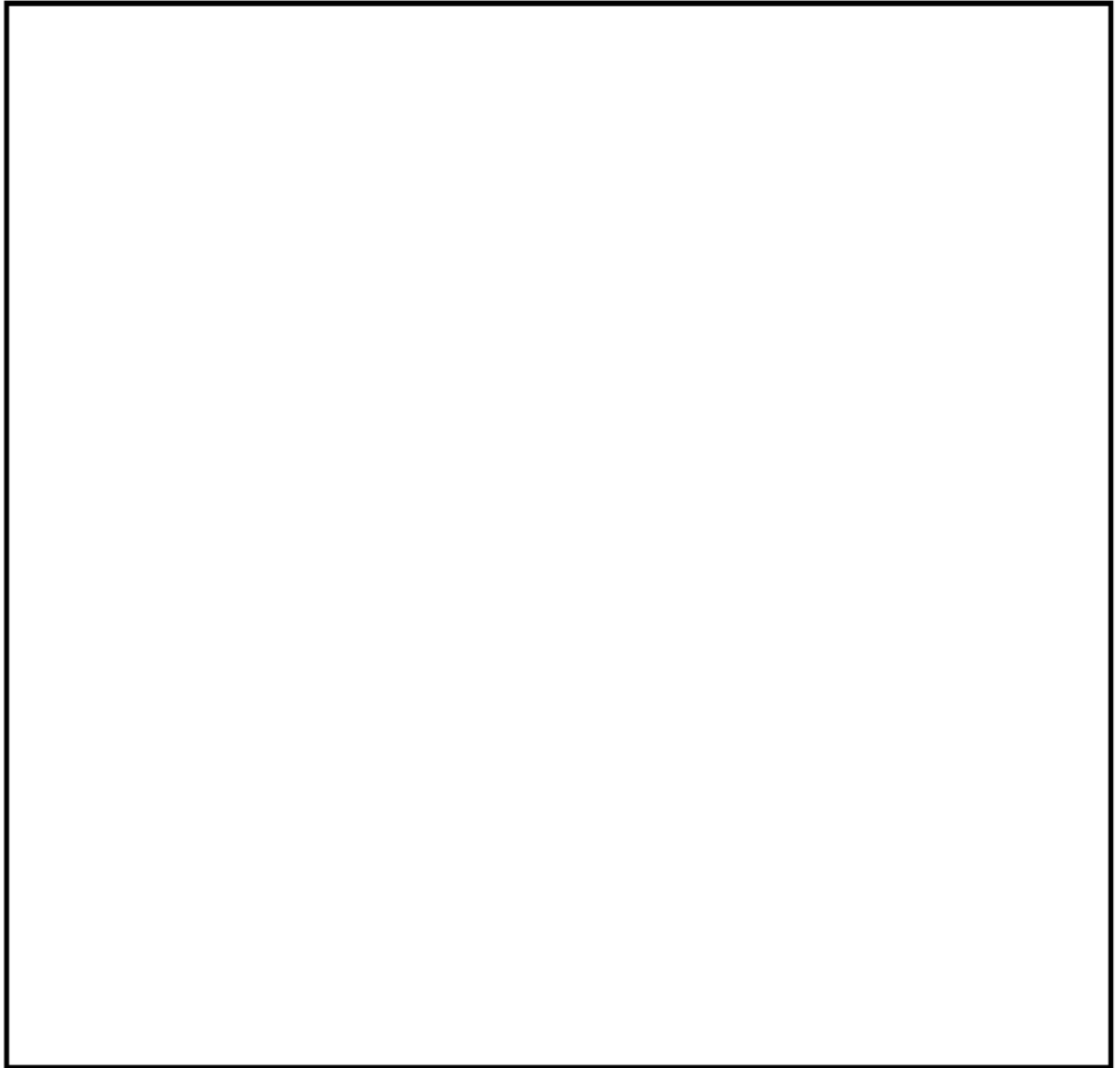
(1) 1次冷却材管（加圧器サージライン用管台） 評価点

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（安全注入系ライン用管台） 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 (加圧器サージライン用管台) 最大疲労評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
			0.17836

→通常 UF : 0.179

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 (安全注入系ライン用管台) 最大疲労評価点の選定

評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)
			0.00550

→通常 UF : 0.006

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

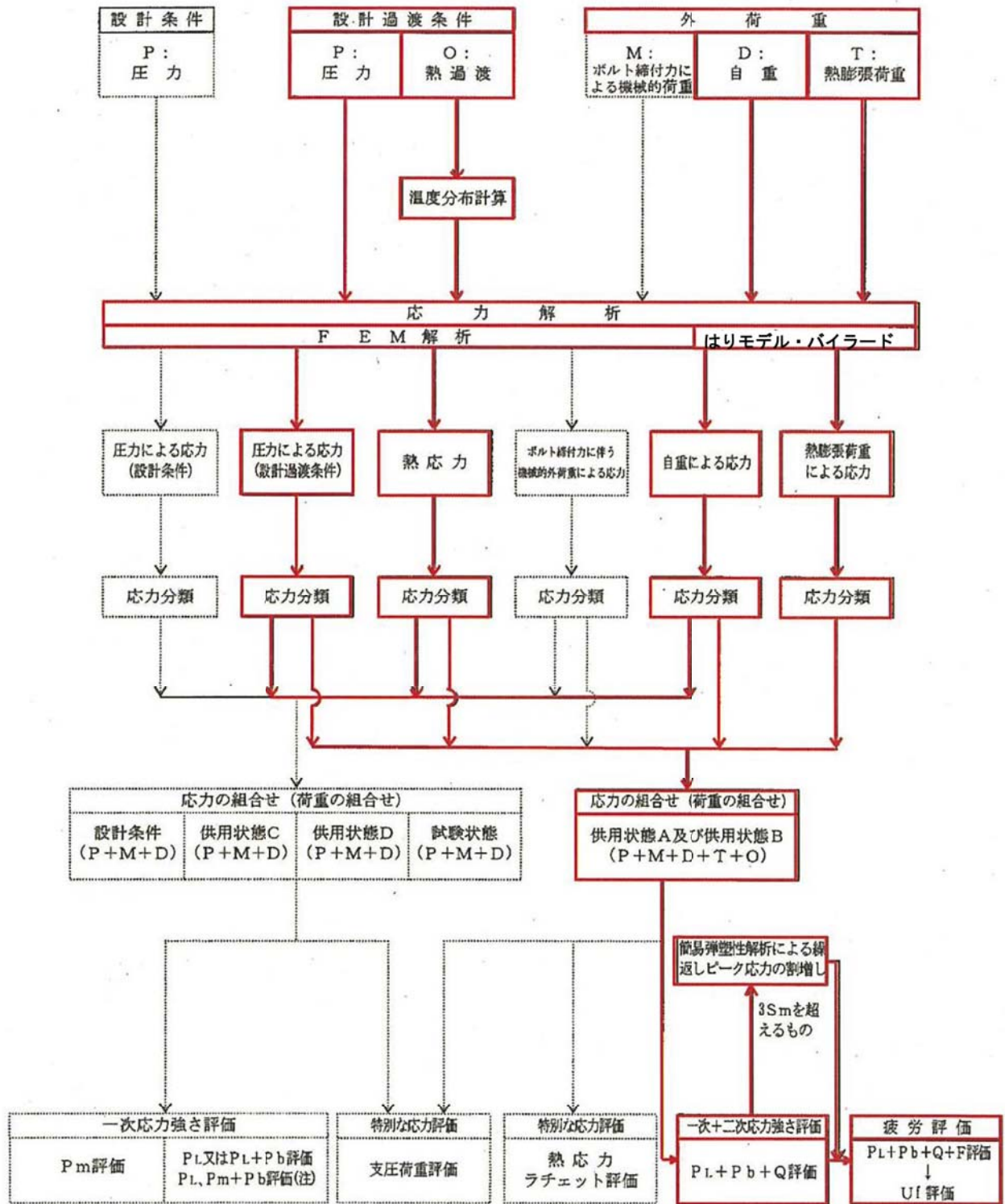
評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)

0.00375

→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

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 (加圧器サージライン用管台) (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		変位 回数	圧密繰返し 回数	疲労累積係数	環境疲労を考慮した 疲労累積係数	
	index	smib		補正前 sall	補正後 sall'					
A	B		KE			n	n1	u	fen	uen
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>										
									合計:	0.46403

→環境 UF : 0.465

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 (安全注入系ライン用管台) (詳細評価手法)

過渡条件 番号	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		突過確 回数	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
	smax	smia		修正前 sell	修正後 sell'				
A	B		KE			0	11	0.3	1.0
合計 : 0.01865									

→環境UF : 0.019

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	割り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ	異過渡 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
								合計 : 0.03224

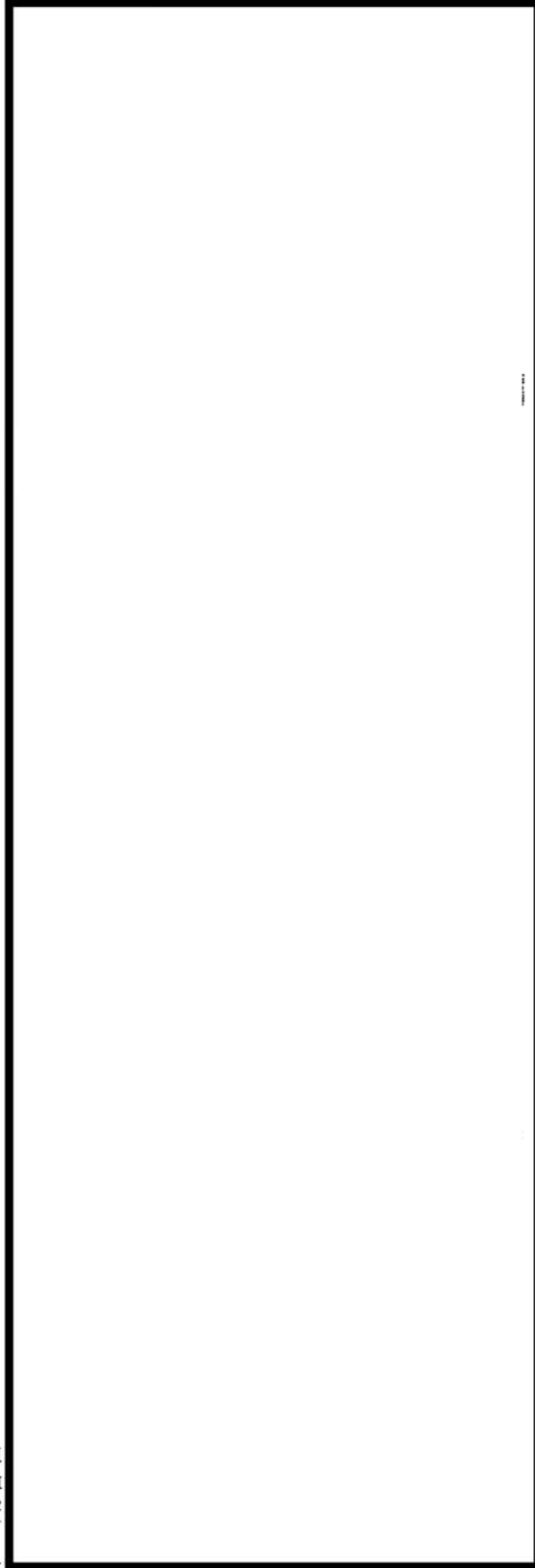
内は商業機密に属しますので公開できません

→環境 UF : 0.033

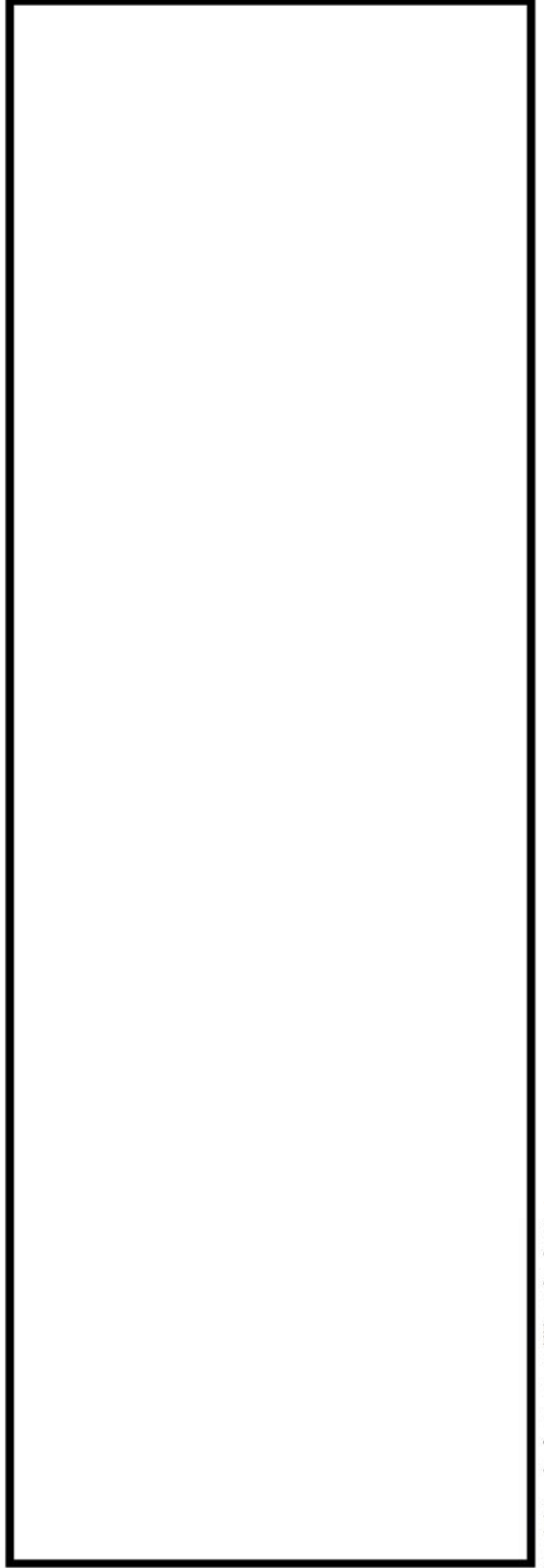
環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

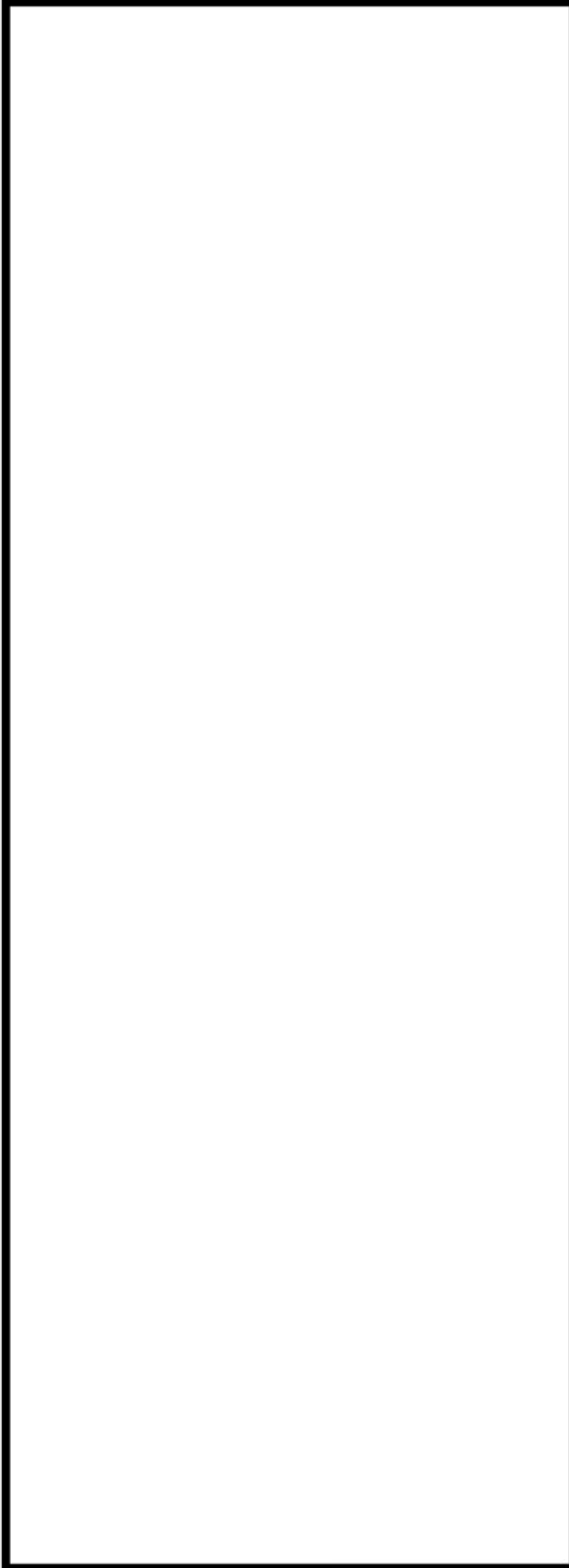
(1) 加圧サージライン用管台

a. 過渡 1A2,NSS

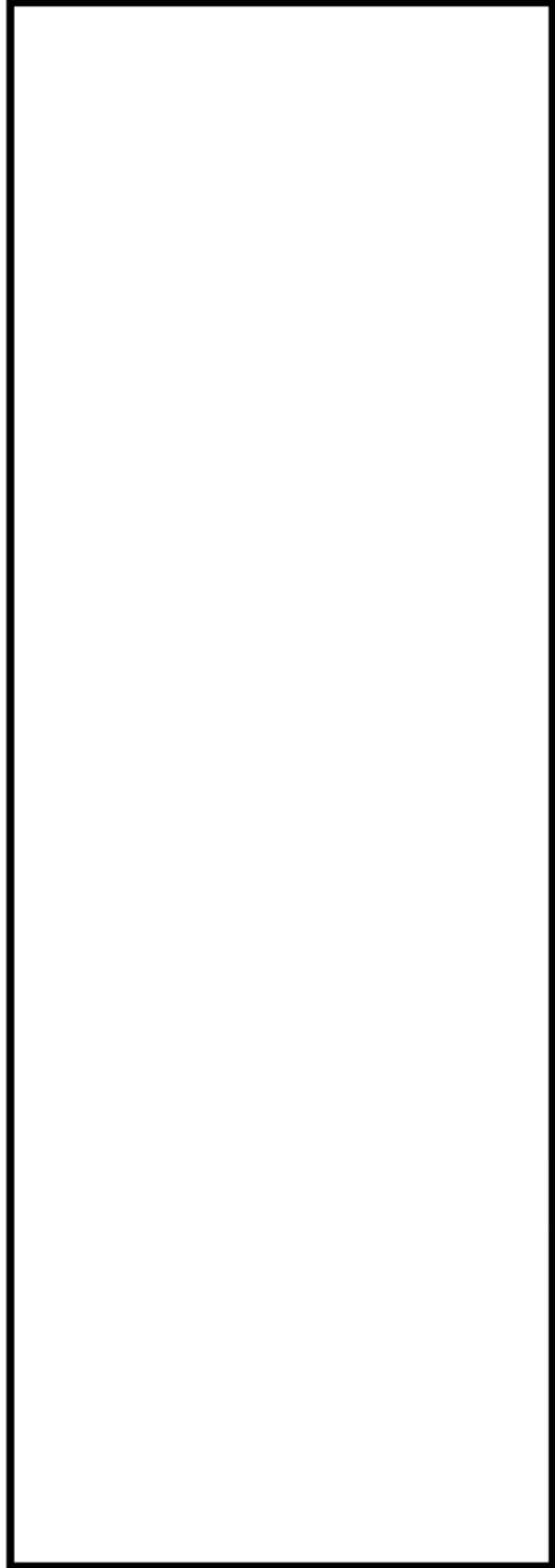


b. 過渡 1A2,2D5





c. 過渡 A2,1L1

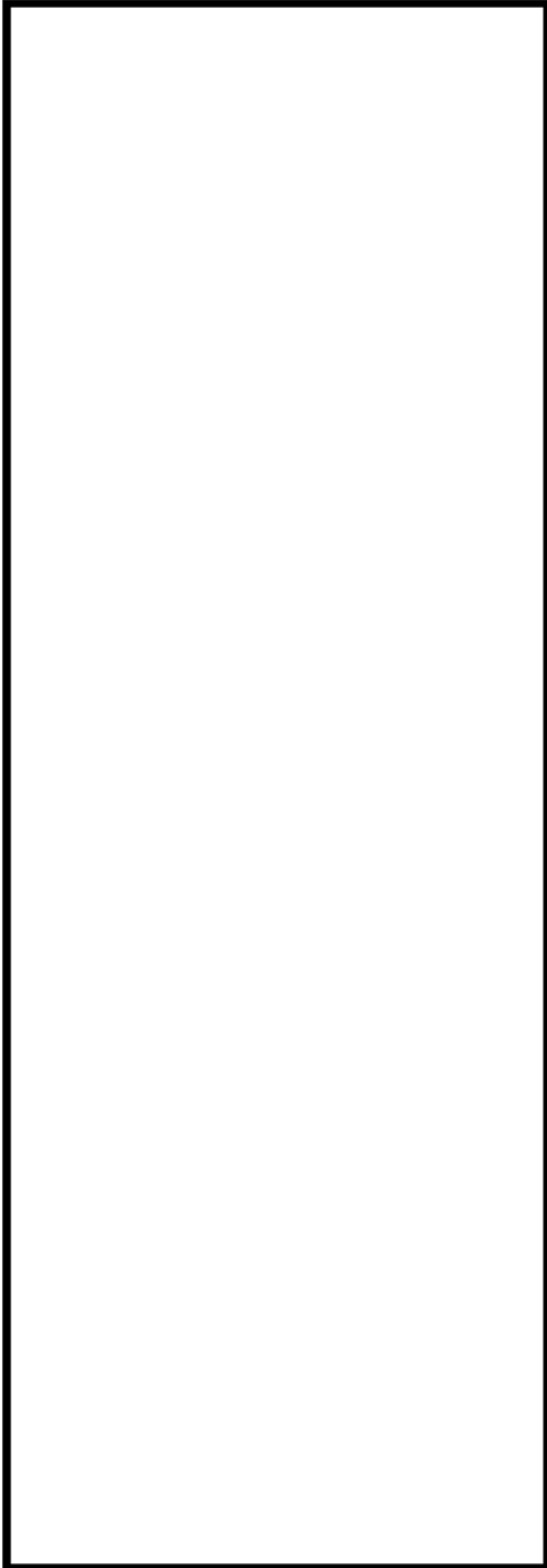


d. 過渡 1A2,1G1

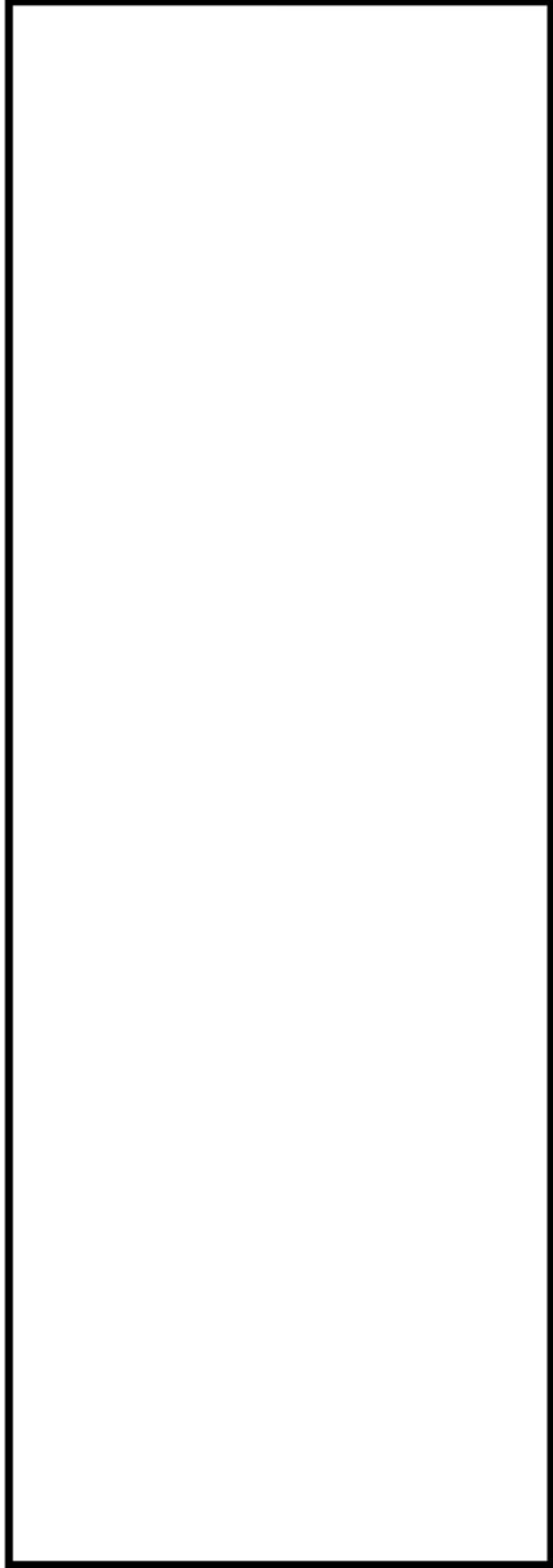
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡 1A2,1D1

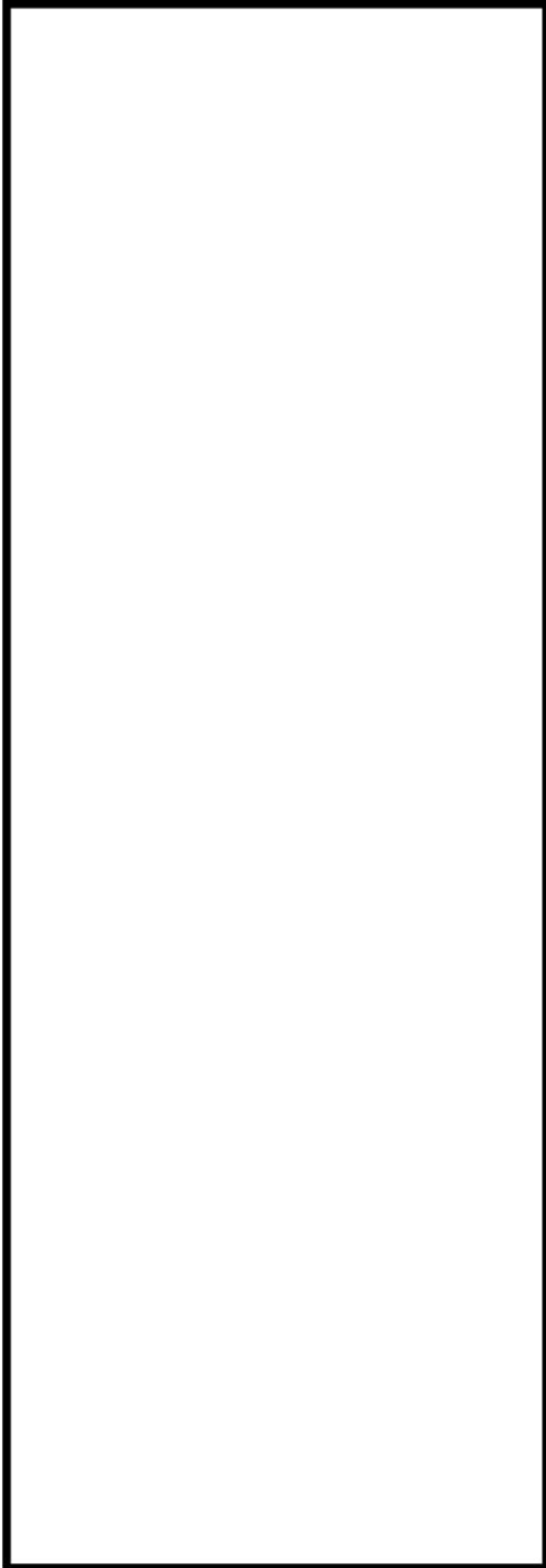


f. 過渡 1B2,1D1

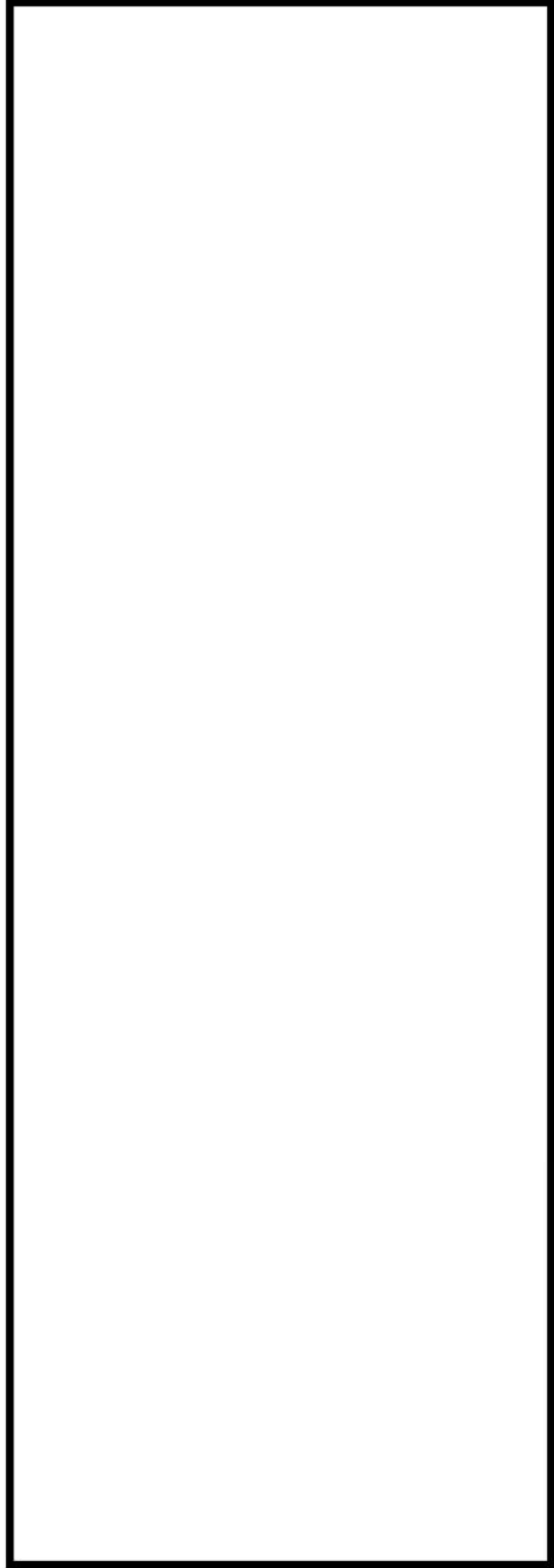


内は商業機密に属しますので公開できません

g. 過渡 1B2,2G1

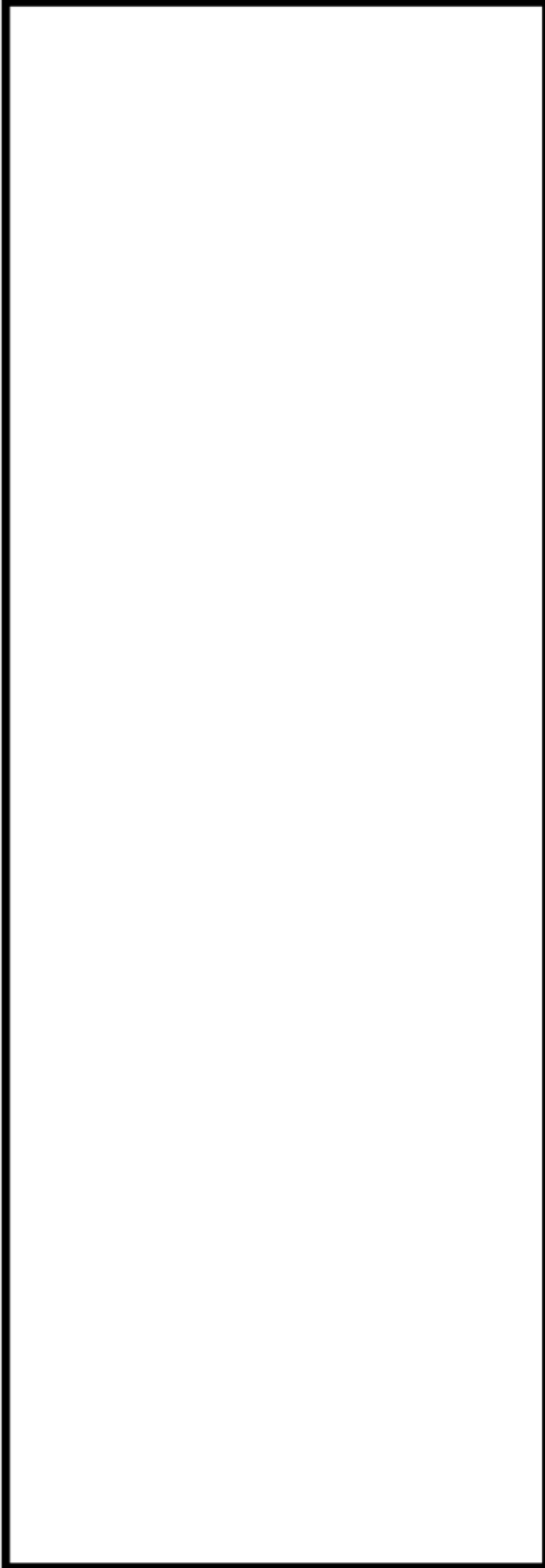


h. 過渡 1B2,2E1



内は商業機密に属しますので公開できません

i. 過渡 1B2,1M1

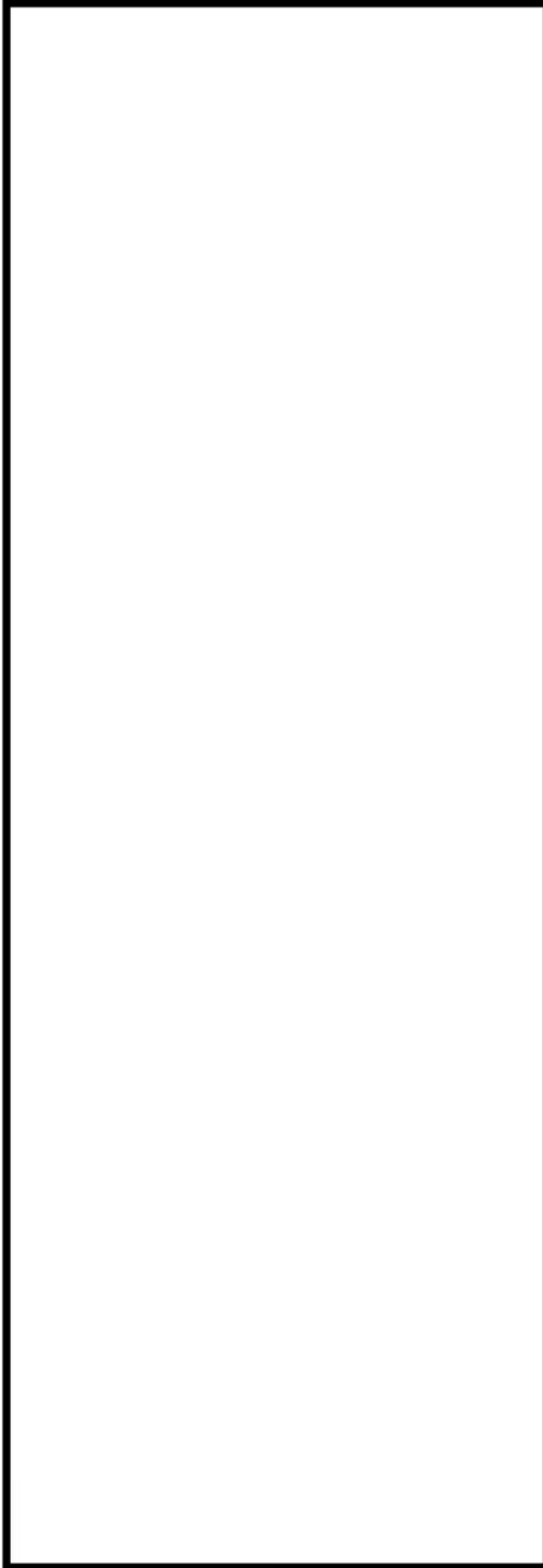


内は商業機密に属しますので公開できません

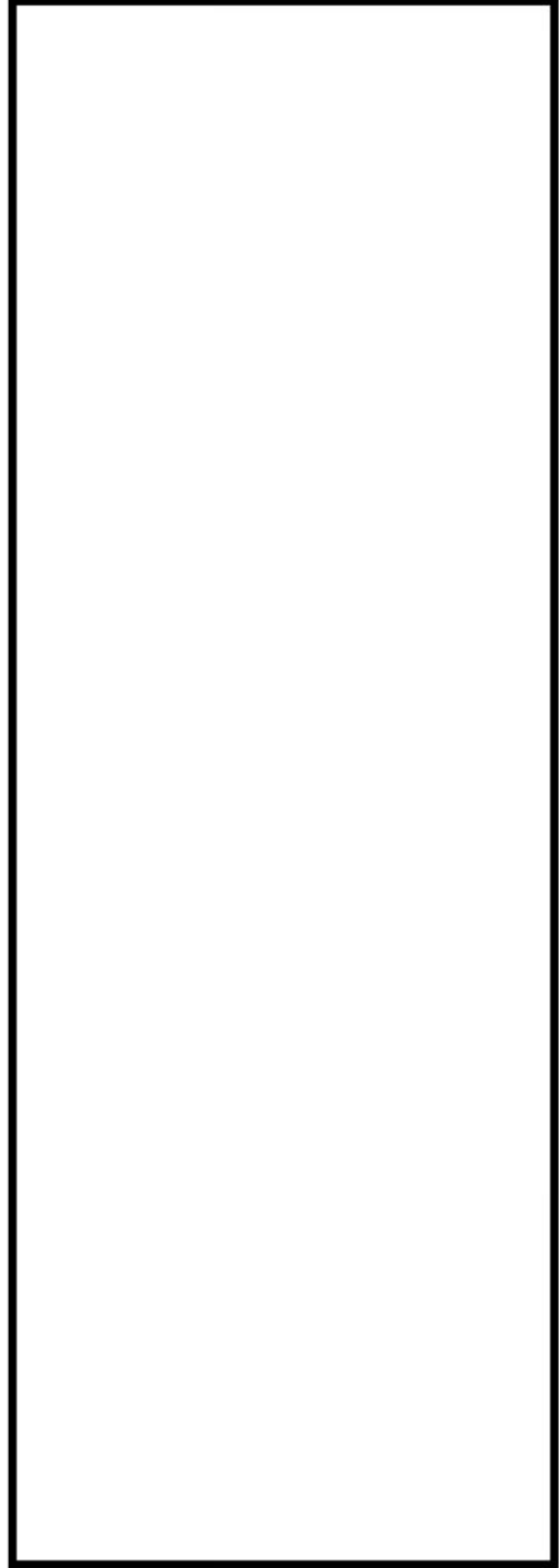


(2) 安全注入系ライン用管台

a. 過渡 2L1,2E1



b. 過渡 2E1,2L1

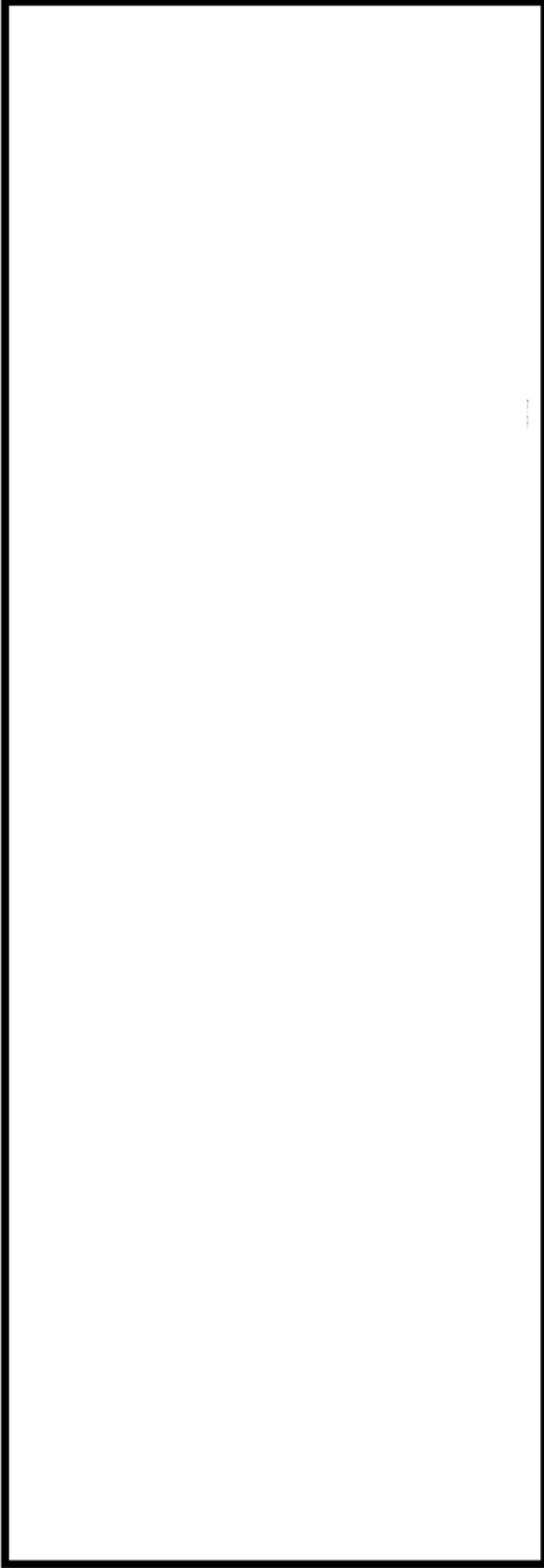


内は商業機密に属しますので公開できません

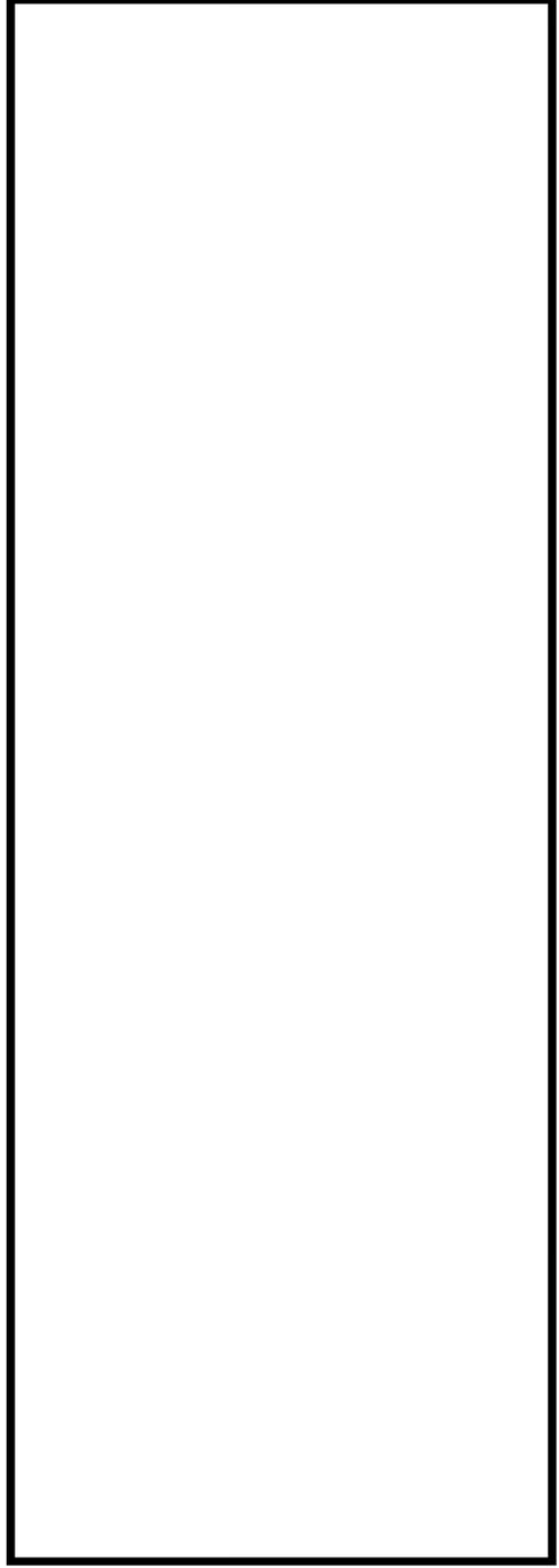


(3) 充てん管台

a. 過渡 201,2J2



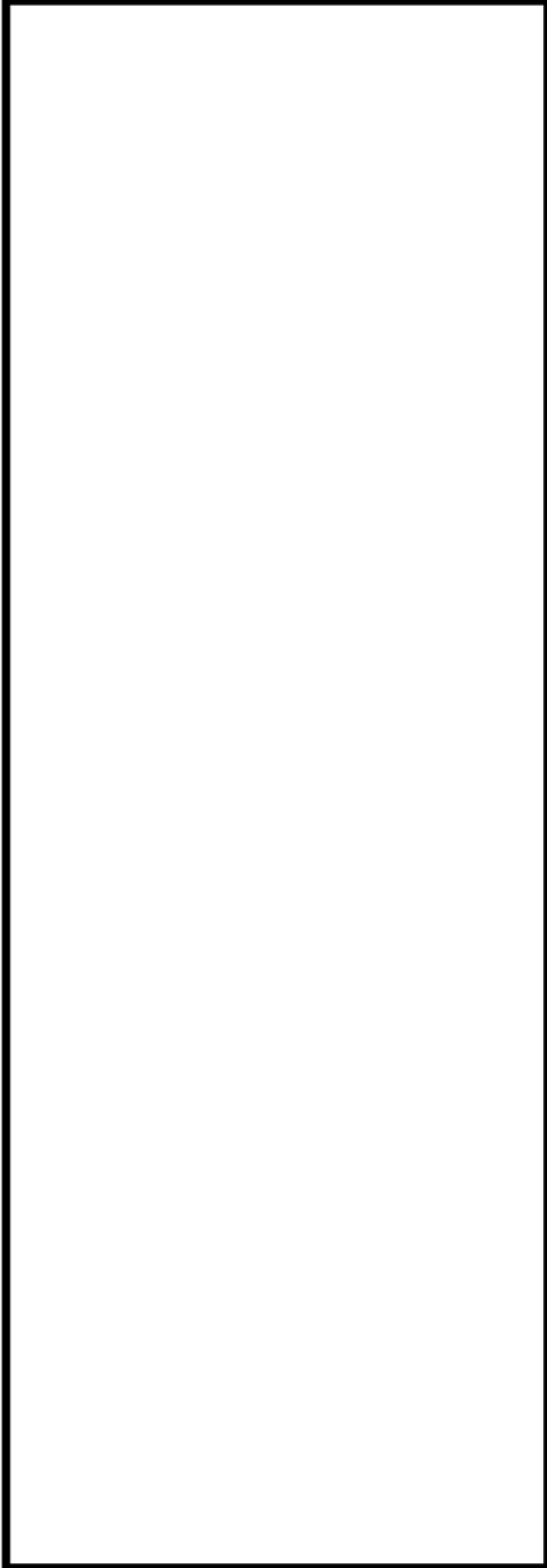
b. 過渡 205,2J2



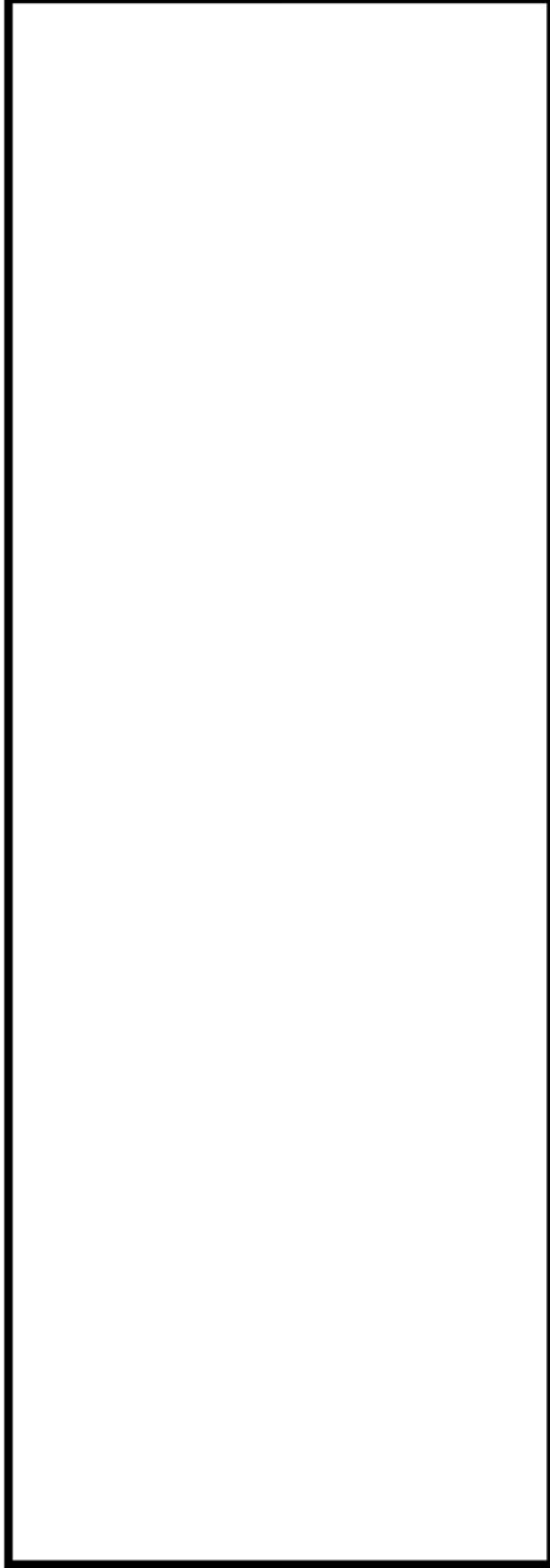
内は商業機密に属しますので公開できません



c. 過渡 2O3,2J2



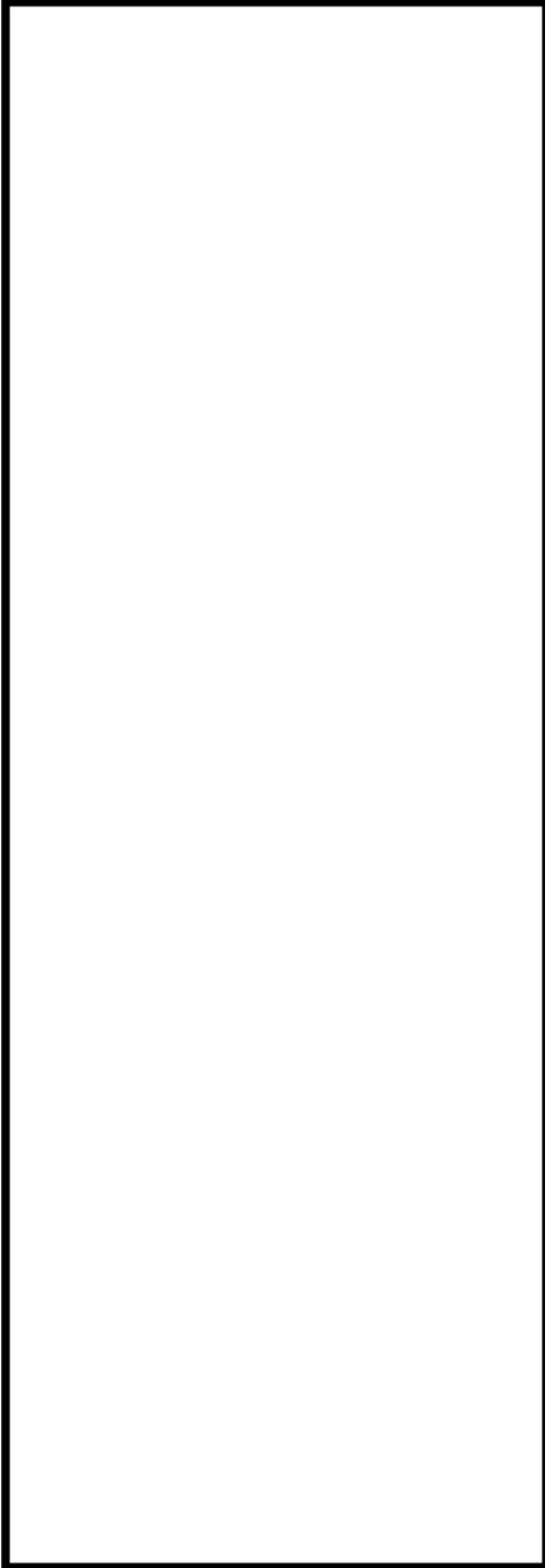
d. 過渡 2N2,2J2



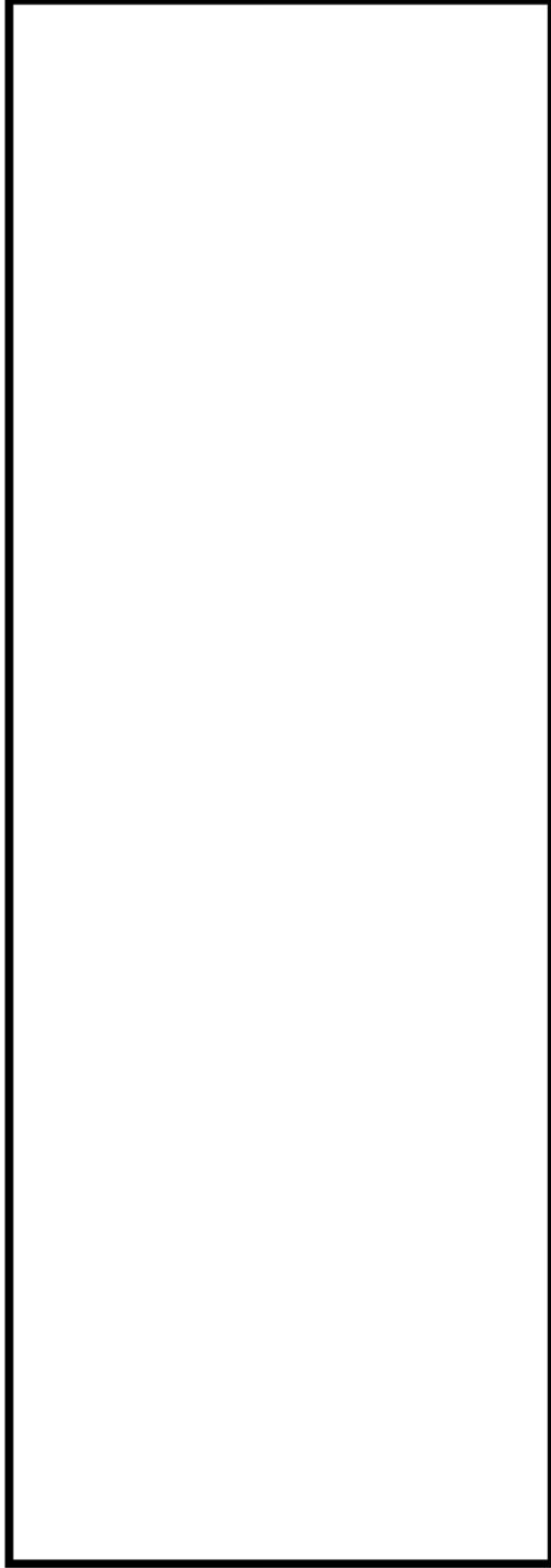
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡 2N5,2J2



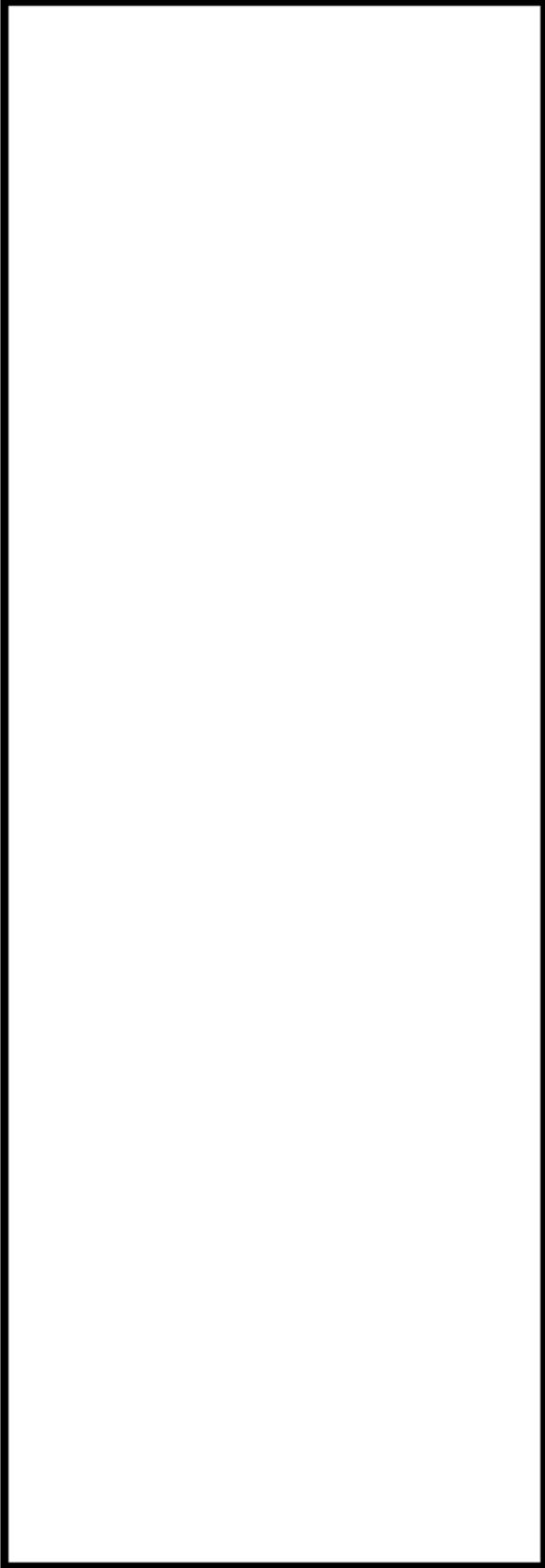
f. 過渡 2O4,2J2



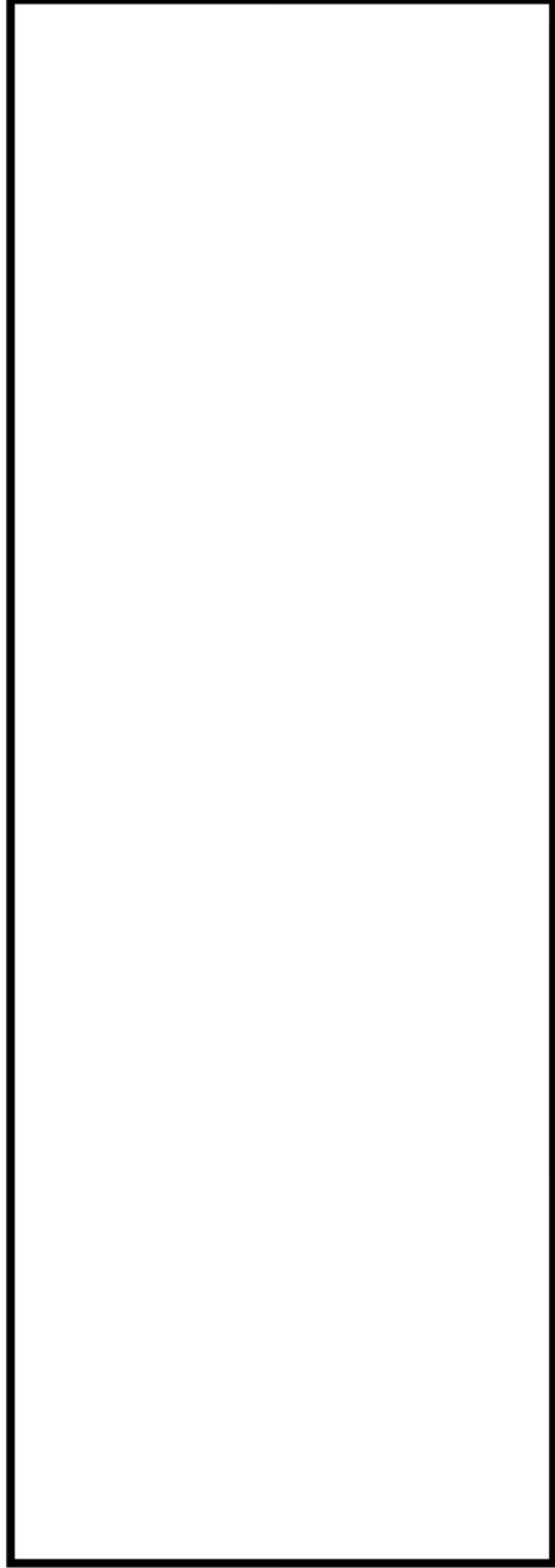
内は商業機密に属しますので公開できません



g. 過渡 2S1,2J2



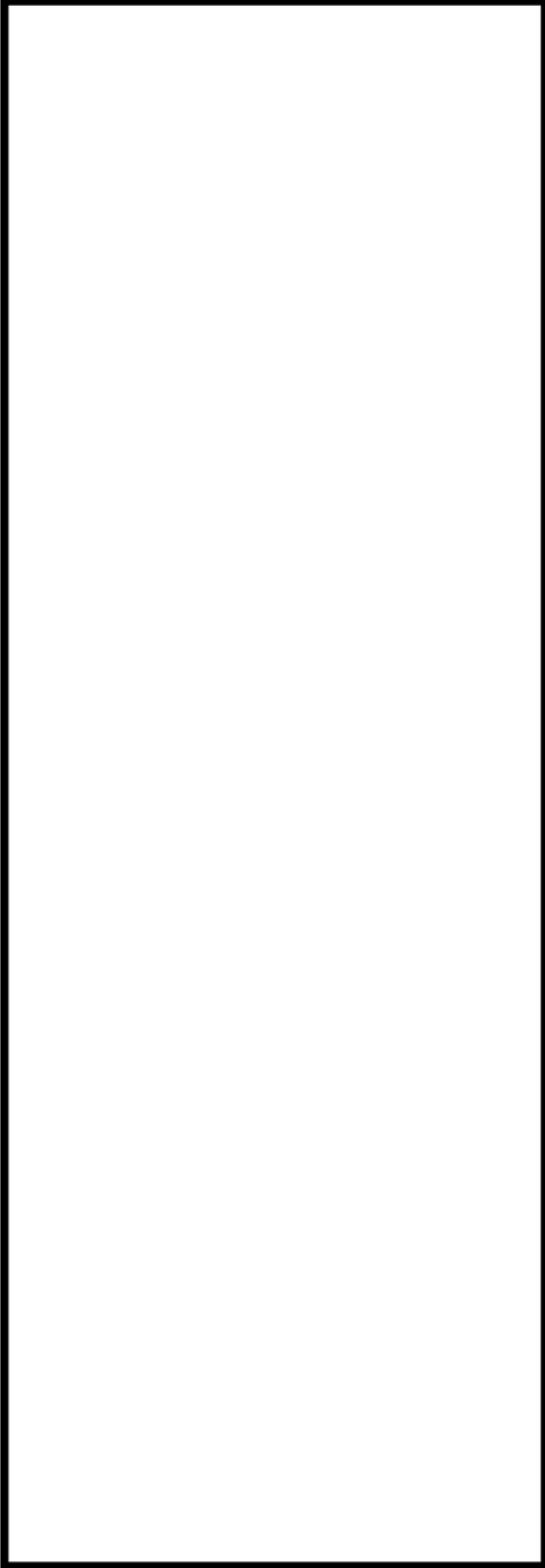
h. 過渡 2S1,1B1



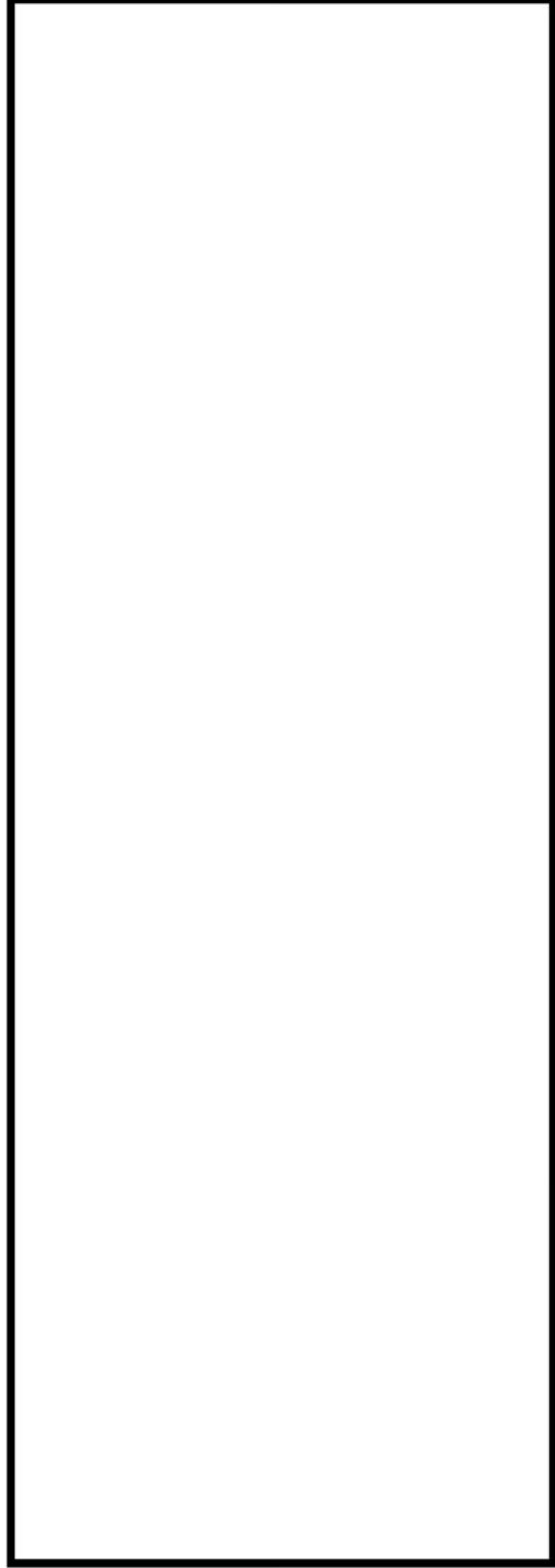
内は商業機密に属しますので公開できません



i. 過渡 2S1,1I1

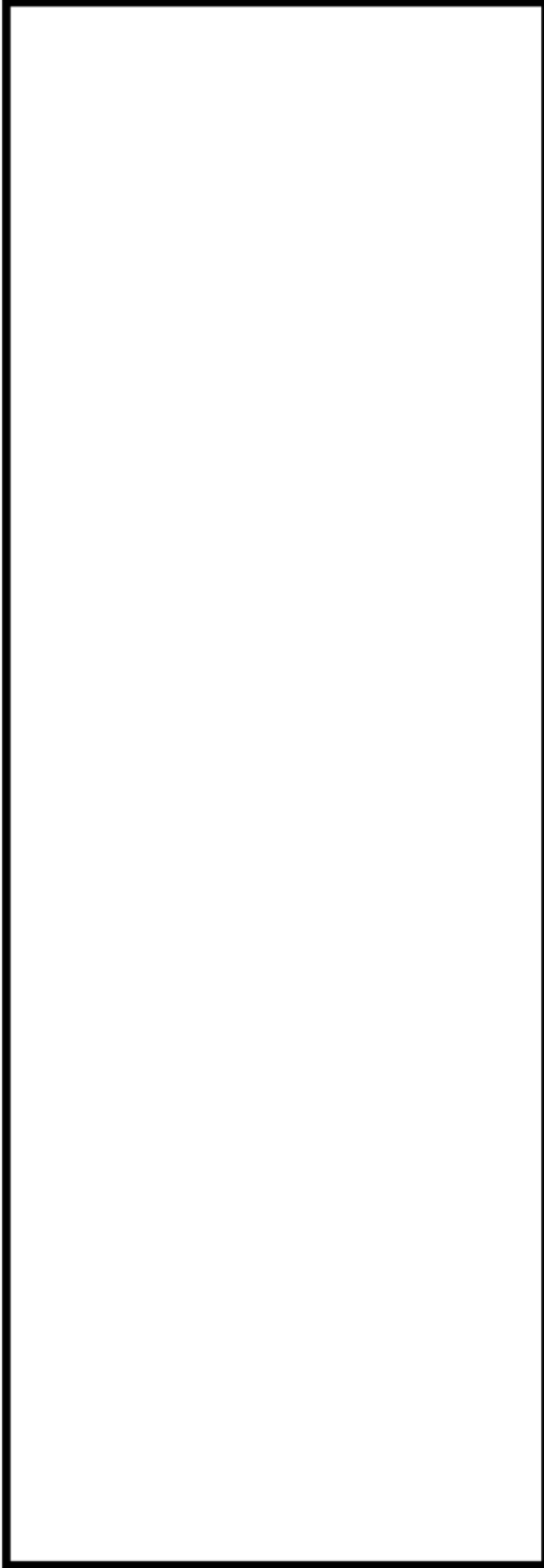


j. 過渡 2S1,NSS

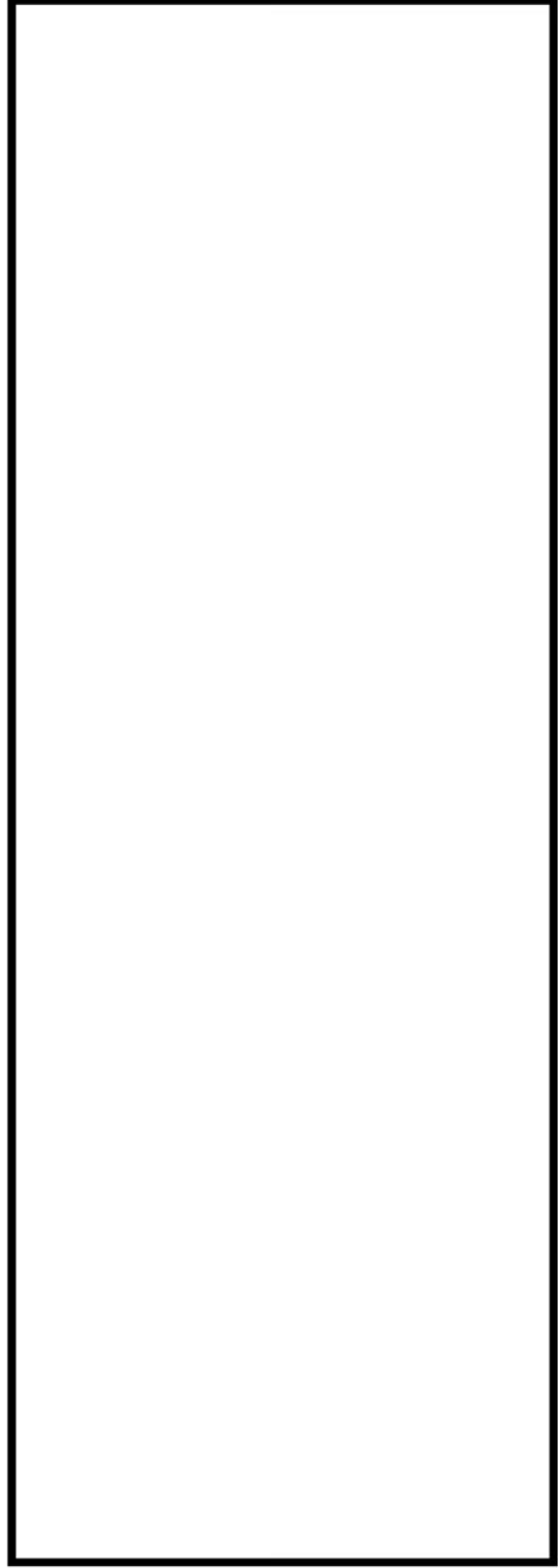


内は商業機密に属しますので公開できません

k. 過渡 2S1,2O4



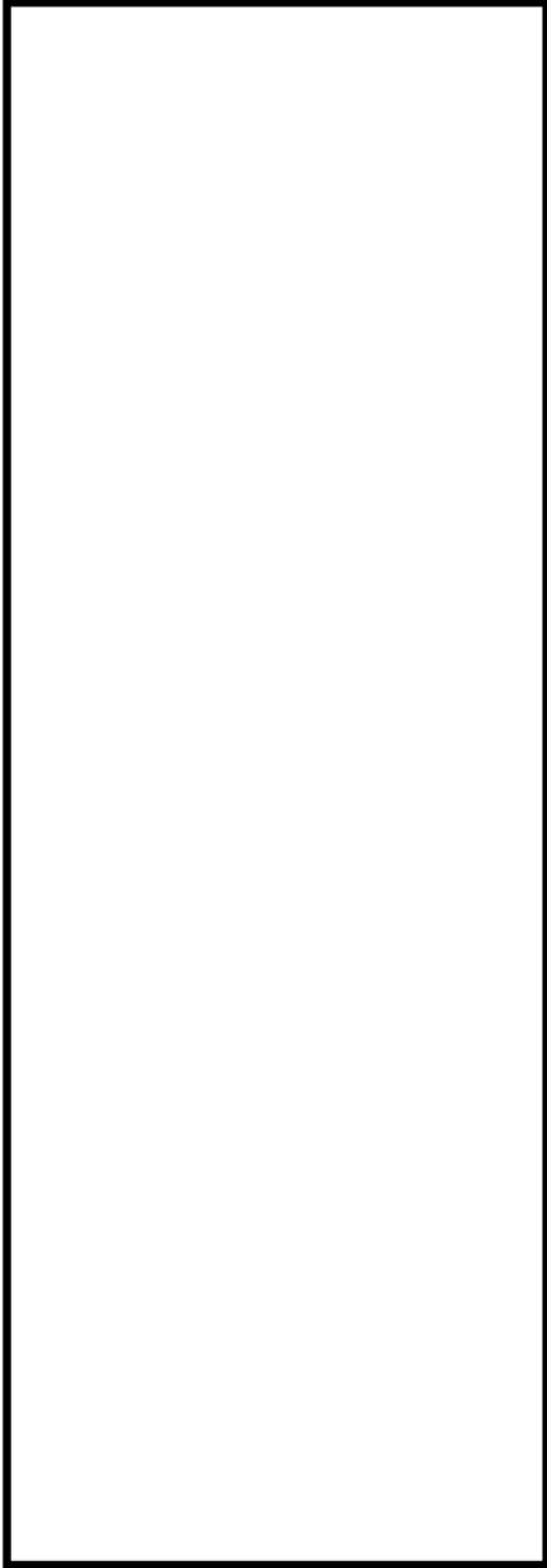
l. 過渡 2S1,2QE




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 1 - 中性子照射脆化 - 1 rev2	事象：中性子照射脆化
質 問	(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。	
回 答	「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。 ※  以上	

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f₁及び定格負荷相当年数EFPY₁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EFPY₂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 1 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 ₁ (× 10 ¹⁹ n/cm ²)	□
EFPY ₁	□
EFPY ₂	(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

$$f = \square \div \square$$

- ② 原子炉容器内表面：運転開始後60年時点

$$f = \square \div \square$$

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

$$f = \square \div \square$$

- 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

$$f = \square \div \square$$

以上


No.	高浜 1 - I A S C C - 2 rev2	事象： I A S C C
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>バッフルフォーマボルトの損傷本数評価については、バッフル構造をモデル化した応力解析結果と、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に基づき設定したIASCC発生しきい線との比較により損傷可能性を評価しています。</p> <p>応力解析手法については、国内外の学会に解析内容を発表しており、有識者の評価を得ております。なお、応力解析におけるスウェリング量については、米国の実験炉EBR-II炉心の中性子反射体要素(SUS304材)から採取したデータを基に作成したdpaレイト補正Foster-Flinn式を用いて評価しています。本評価式は照射量、dpaレイト(照射速度)、温度のスウェリング量への影響を定式化したものとなっています。クリープ量については、国プロ「照射誘起型応力腐食割れ(IASCC)評価技術」事業において示された照射下クリープ評価式を用いた評価を行っています。本評価式は、Halden炉での照射下クリープデータに基づき作成されたものです。</p> <p>IASCC発生しきい線については、原子力安全基盤機構「照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術」事業で得られたバッフルフォーマボルト材のIASCC発生試験結果の下限を取って設定しています。</p> <p>以上のことから、今回実施したバッフルフォーマボルトの損傷本数評価は妥当であると判断しています。</p> <p>なお、上記の評価手法については、原子力安全推進協会にて「PWR炉内構造物点検評価ガイドライン[バッフルフォーマボルト]第2版」として規格化されており、平成26年3月に正式発行されています。</p> <p>また、高浜1号炉と同時期に建設された米国のW社製3ループプラント※で、且つバッフルフォーマボルトの点検実績があるSurry1.2u、Farley1.2u、Robinson2uのバッフルフォーマボルト点検結果と、高浜1号炉のIASCC評価結果との比較を実施した結果、実機の損傷本数と損傷本数評価結果がおおむね整合していることを確認しています。(表1、図1参照)</p> <p>※ </p>	

表1. 米国3ループプラント・バッフルフォーマボルト点検結果

	Surry1u	Surry2u	Farley1u	Farley2u	Robinson2u
営業運転開始日	1972. 12. 22	1973. 5. 1	1977. 12. 1	1981. 7. 30	1971. 3. 7
点検時間	28EFPY	28EFPY	16. 6EFPY	15. 1EFPY	31. 4EFPY
損傷本数 (高浜1号炉 評価結果 ^{*1)}					

※1. 各プラントの点検時間における評価損傷本数

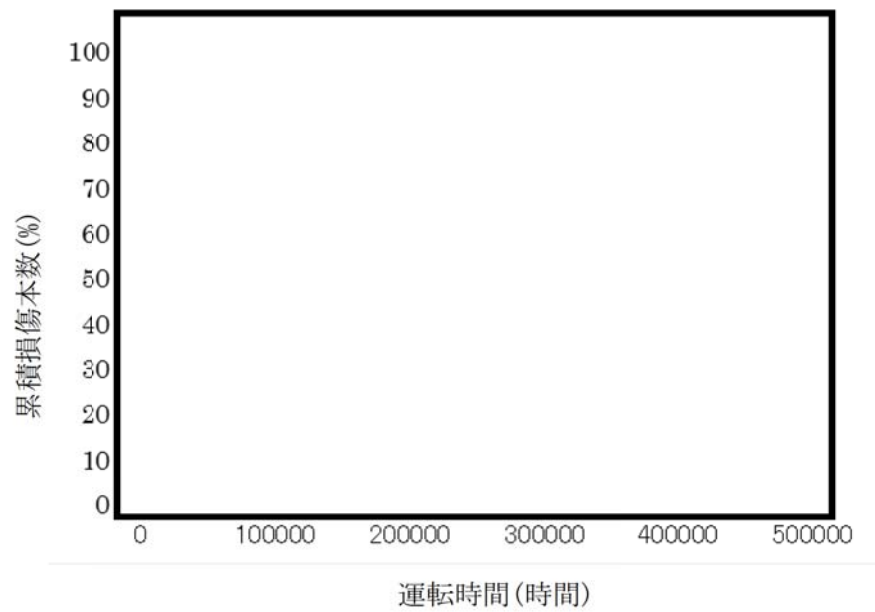


図1. 高浜1号炉 IASCC評価結果と米国点検実績の比較

以上

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 1 - 絶縁低下 - 6	事象：絶縁低下
質 問	<p>(別冊-4容器-3.3電気ペネトレーション-15頁) ビッグテイル型、ブッシング型、三重同軸型電気ペネトレーションについて、これまでに取替実績がある場合は、その型式、取替理由、機器数、取替時期を提示すること。</p>	
回 答	<p>高浜 1 号炉では、これまでに電気ペネトレーションの取替実績はありません。</p>	

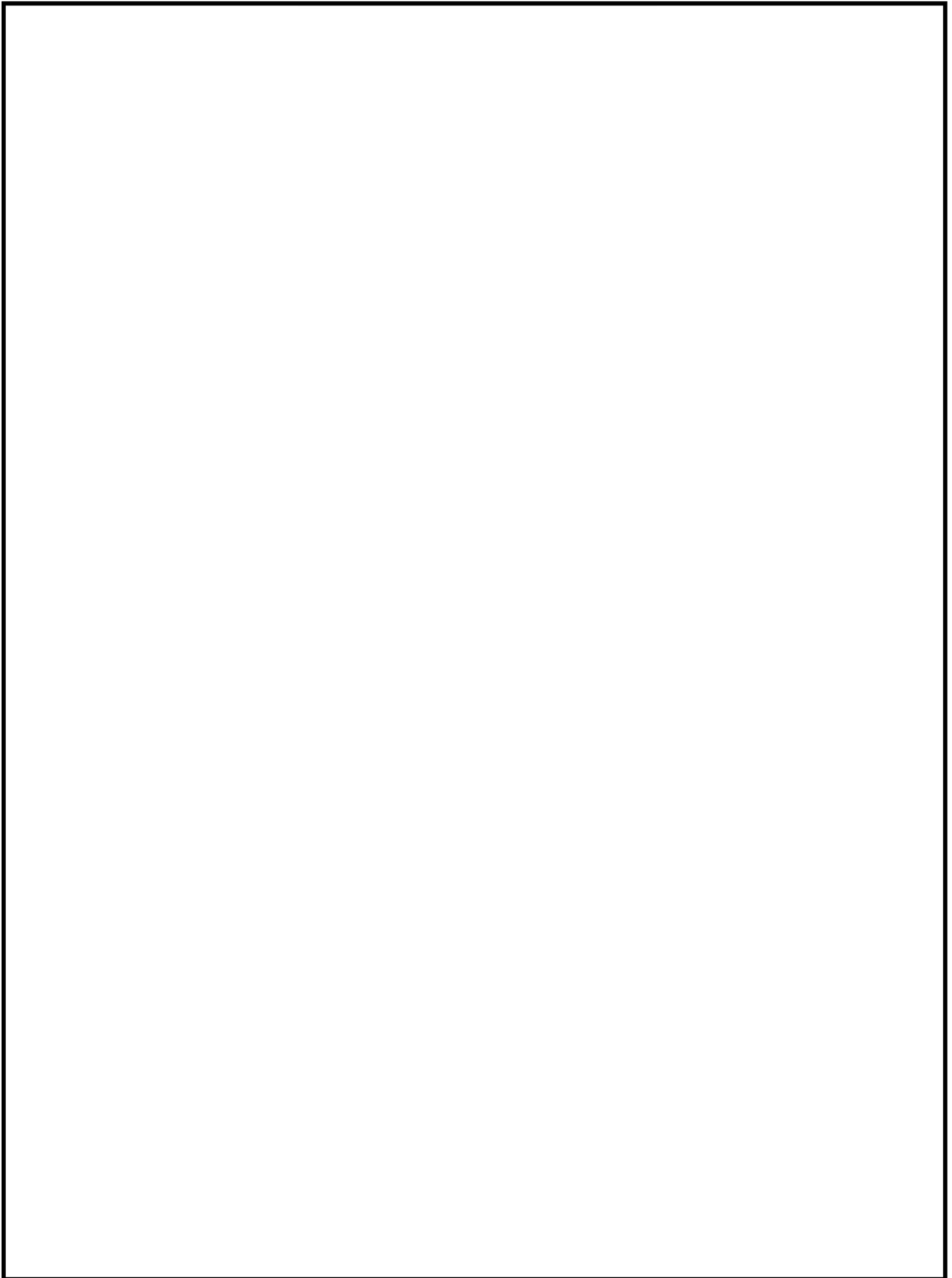
No.	高浜1-絶縁低下-17 rev1	事象：絶縁低下																			
質 問	<p>(別冊-6弁-2.1電動装置-21頁) 表2.3-3の加速熱劣化の試験条件に関し、以下についての説明を提示すること。 ①試験条件が高浜1号炉の環境条件に余裕をみた75℃-60年間の運転を包絡していることの根拠 ②試験条件を設定する際に考慮した部位、材料、その材料の活性化エネルギー、及び活性化エネルギーの値の根拠</p>																				
回 答	<p>① 各部の試験条件は、下表に示すように、高浜1号炉の環境条件に余裕をみた75℃-60年間の運転を包絡しており、運転年数60年相当以上の健全性を確認しています。</p> <table border="1" data-bbox="406 840 1348 1276"> <thead> <tr> <th>対象部位</th> <th>加速熱劣化試験条件</th> <th>75℃換算</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">固定子コイル (ポリイミド/ ポリイミド)</td> <td rowspan="2">[]</td> <td>28153日 (77年)</td> <td rowspan="2">29548日 (80年)</td> </tr> <tr> <td>1395日 (3年)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">固定子コイル (エポキシ樹脂)</td> <td rowspan="2">[]</td> <td>20941日 (57.3年)</td> <td rowspan="2">22057日 (60.4年)</td> </tr> <tr> <td>1116日 (3.1年)</td> </tr> <tr> <td>口出線・接続部品*3 (シリコンゴム)</td> <td>[]</td> <td>21972日 (60.1年)</td> <td>同左</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1：駆動装置一式で加熱する前に予め当該部位に加えた熱劣化条件 *2：駆動装置一式に加えた熱劣化条件 *3：試験の都合上、*2の試験条件に加え、固定子コイルと同じ試験条件 [] も実施しているが、*2の試験条件で60年を包絡しているため、記載を省略した。</p> <p>②試験条件を設定する際に考慮した部位、材料、活性化エネルギー、およびその根拠は以下のとおりです。</p> <ul style="list-style-type: none"> 固定子コイル：ポリイミド/ポリイミド、 []、メーカーデータ (なお、 [] はポリイミドの活性化エネルギーで、ポリイミドの活性化エネルギー [] であるが、保守的なポリイミドの活性化エネルギーを使用して算出することとしている。) エポキシ樹脂、 []、メーカーデータ 口出線・接続部品：シリコンゴム、 []、メーカーデータ <p style="text-align: right;">以 上</p>			対象部位	加速熱劣化試験条件	75℃換算	合計	固定子コイル (ポリイミド/ ポリイミド)	[]	28153日 (77年)	29548日 (80年)	1395日 (3年)	固定子コイル (エポキシ樹脂)	[]	20941日 (57.3年)	22057日 (60.4年)	1116日 (3.1年)	口出線・接続部品*3 (シリコンゴム)	[]	21972日 (60.1年)	同左
対象部位	加速熱劣化試験条件	75℃換算	合計																		
固定子コイル (ポリイミド/ ポリイミド)	[]	28153日 (77年)	29548日 (80年)																		
		1395日 (3年)																			
固定子コイル (エポキシ樹脂)	[]	20941日 (57.3年)	22057日 (60.4年)																		
		1116日 (3.1年)																			
口出線・接続部品*3 (シリコンゴム)	[]	21972日 (60.1年)	同左																		

[] 内は商業機密に属しますので公開できません

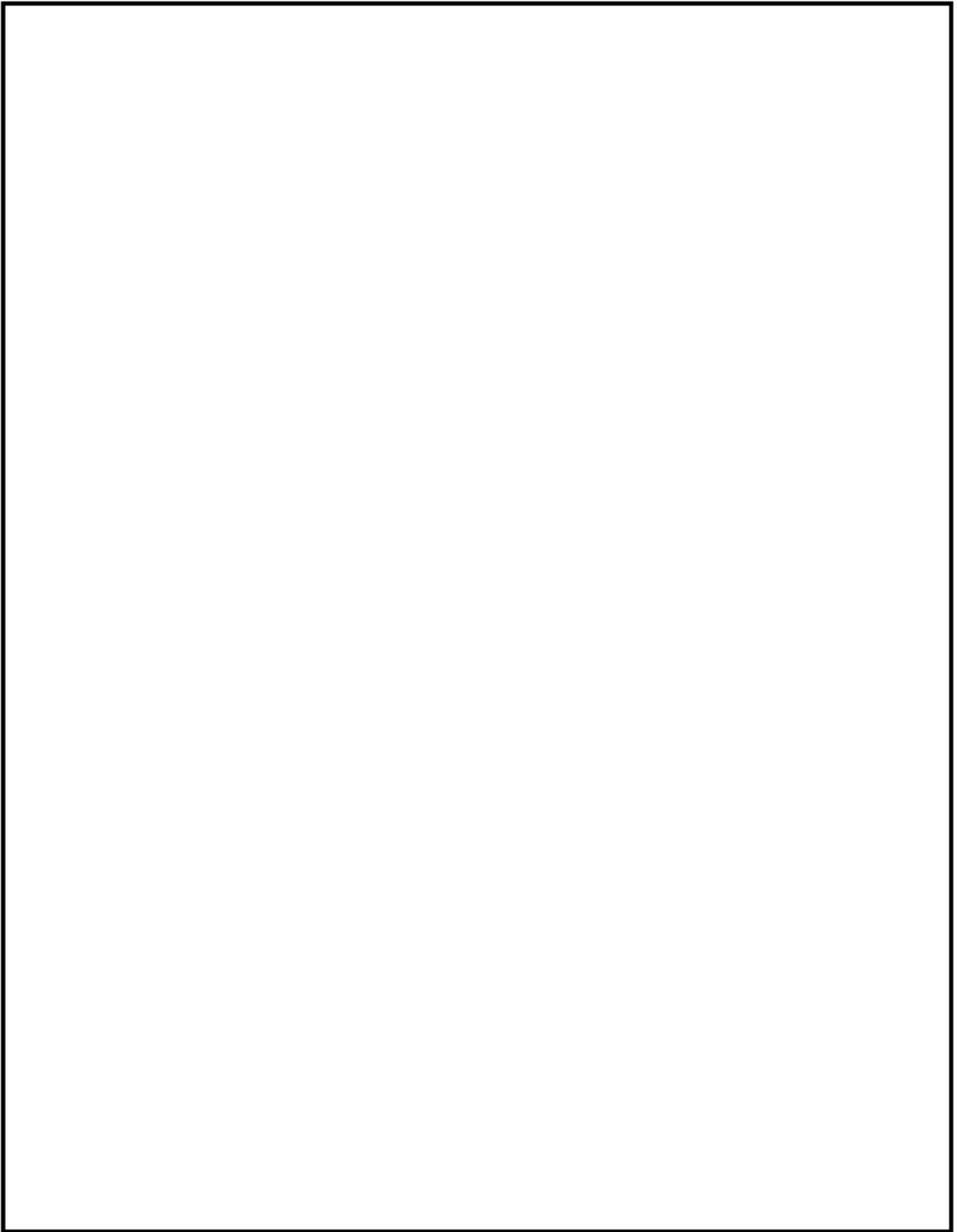
No.	高浜 1－絶縁低下－ 2 2	事象：絶縁低下
質 問	<p>(別冊-6弁-2.1電動装置-21頁) 設計基準事故時雰囲気環境下において機能要求のある弁電動装置について、これまでに取替実績がある場合は、その型式、取替理由、機器数、取替時期を提示すること。</p>	
回 答	<p>高浜 1 号炉では、これまで設計基準事故時雰囲気環境下において機能要求のある弁電動装置についての取替実績はありません。</p>	

No.	高浜1-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外部遮蔽壁（屋内面）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原子炉補助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>	

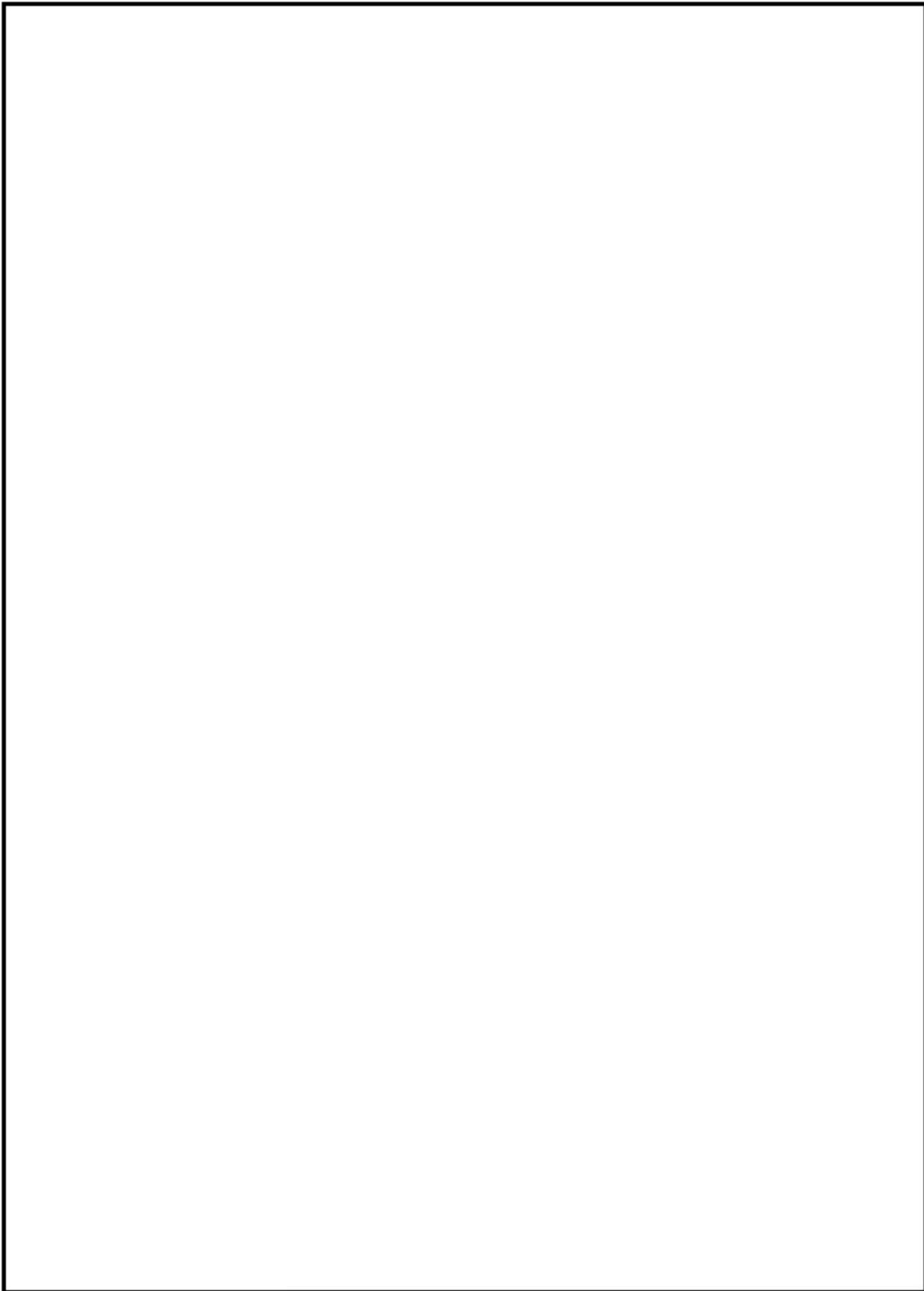
温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の測定位置図

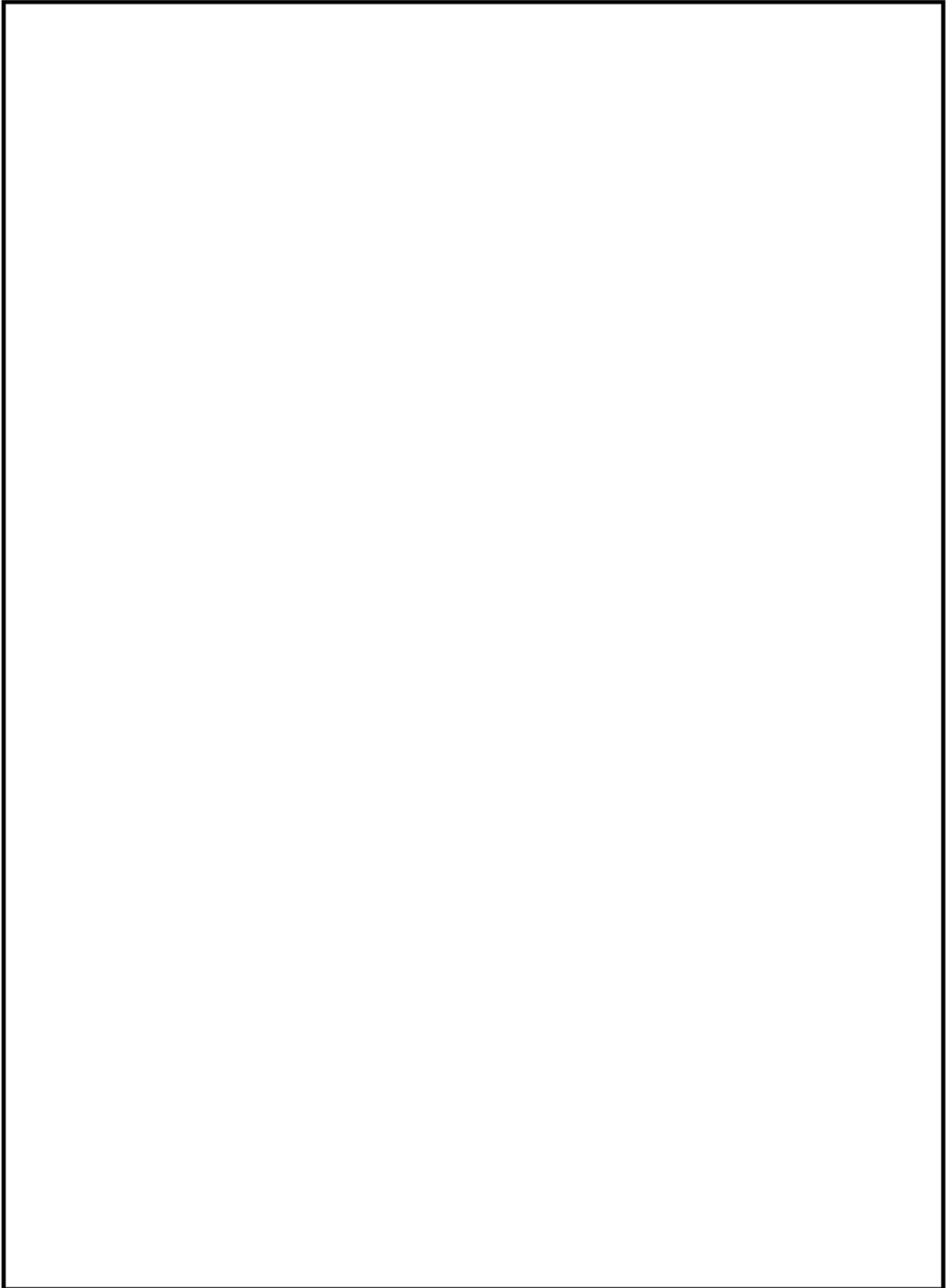


内は防護情報に属するため公開できません

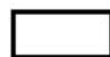
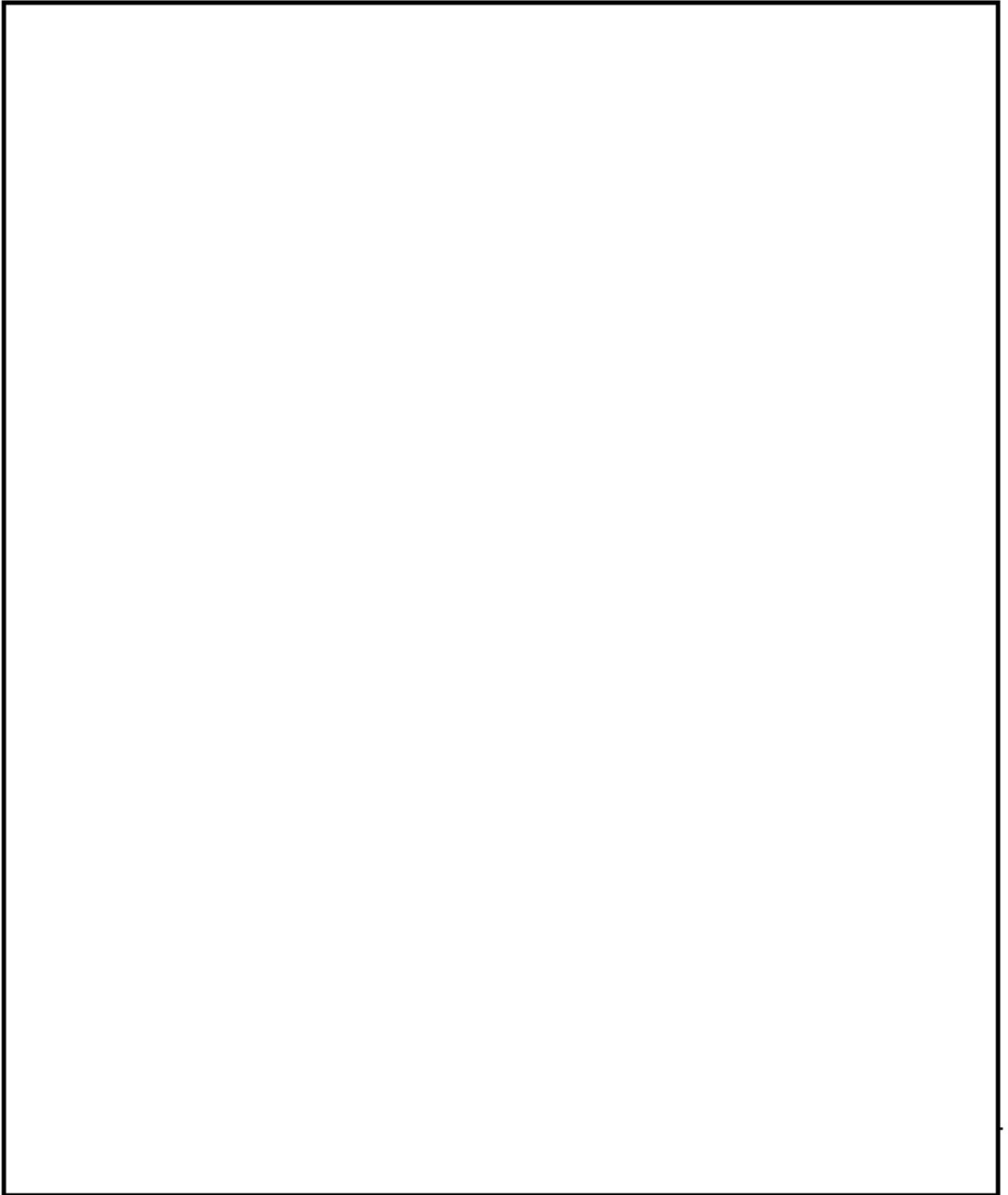


内は防護情報に属するため公開できません





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

対象のコンクリート構造物	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*	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	内壁及びび床					
	基礎マット					
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	タービン架台					補正実施

※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 1 -コンクリート鉄骨- 7	事象：中性化
質 問	(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。	
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"> ・外部遮蔽壁については、塗装などのコンクリート表面仕上げがない屋内面を、 ・原子炉補助建屋については、特別点検における中性化深さの実測値が最大であった基礎マットを、 ・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、 <p>それぞれ評価点として選定しました。</p>	

No.	高浜1-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1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="421 990 1370 1447"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="3">中性化深さ (cm)</th> <th rowspan="3">鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (cm)</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">測定値 (調査時点の運転開始後経過年)</th> <th colspan="2">推定値^{※1}</th> </tr> <tr> <th>調査時点 (中性化速度式)</th> <th>運転開始後60年経過時点 (中性化速度式)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部遮蔽壁 (屋内面)</td> <td>0.2 (40年)</td> <td>3.8 (森永式)</td> <td>4.7 (森永式)</td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>原子炉補助建屋 (基礎マット)</td> <td>3.4 (40年)</td> <td>4.3 (岸谷式)</td> <td>5.3 (岸谷式)</td> <td>10.0</td> </tr> <tr> <td>取水構造物 (気中帯)</td> <td>0.1 (40年)</td> <td>2.2 (岸谷式)</td> <td>2.7 (岸谷式)</td> <td>8.75</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\sqrt{t}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 ^{※1}		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)	外部遮蔽壁 (屋内面)	0.2 (40年)	3.8 (森永式)	4.7 (森永式)	7.0	原子炉補助建屋 (基礎マット)	3.4 (40年)	4.3 (岸谷式)	5.3 (岸谷式)	10.0	取水構造物 (気中帯)	0.1 (40年)	2.2 (岸谷式)	2.7 (岸谷式)	8.75
	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 ^{※1}																											
		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)																										
外部遮蔽壁 (屋内面)	0.2 (40年)	3.8 (森永式)	4.7 (森永式)	7.0																									
原子炉補助建屋 (基礎マット)	3.4 (40年)	4.3 (岸谷式)	5.3 (岸谷式)	10.0																									
取水構造物 (気中帯)	0.1 (40年)	2.2 (岸谷式)	2.7 (岸谷式)	8.75																									

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

	外部遮蔽壁	原子炉補助建屋	取水構造物	備考
	屋内面	基礎マット	気中帯	
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)		4.3	2.2	
運転開始後60年経過時点の推定値(cm)		5.3	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

	外部遮蔽壁	原子炉補助建屋	取水構造物	備考
	屋内面	基礎マット	気中帯	
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)	3.8			
運転開始後60年経過時点の推定値(cm)	4.7			

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

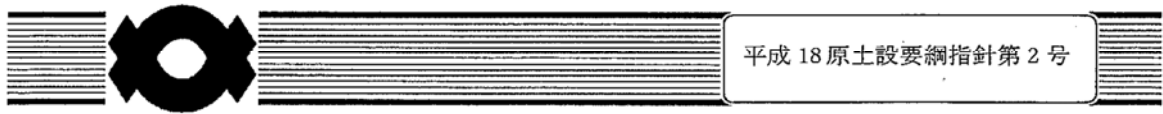
	外部遮蔽壁	原子炉補助建屋	取水構造物	備考
	屋内面	基礎マット	気中帯	
中性化実測深さ(cm)	0.2	3.4	0.1	
運転開始後60年経過時点の推定値(cm)				

√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 1 - 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1号機報告書(抜粋)」に示します。</p> <p>【参考】 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1号機 報告書(抜粋)</p>	



平成18原土設要綱指針第2号

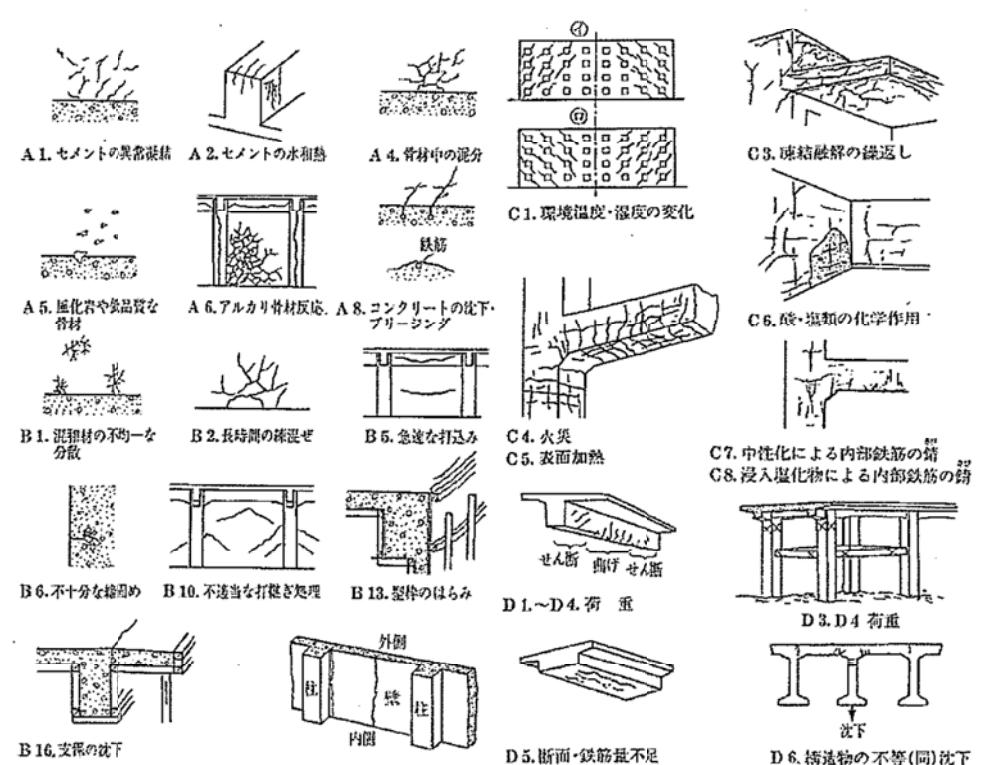
原子力発電所建築設備点検要綱指針

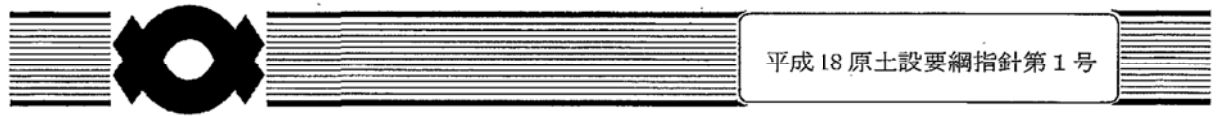
平成19年 2月28日 制 定

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>A1. セメントの異常凝結 A2. セメントの水和熱 A4. 骨材中の混分 C1. 環境温度・湿度の変化 C3. 凍結融解の繰返し</p> <p>A5. 風化岩や高品質な骨材 A6. アルカリ骨材反応 A8. コンクリートの沈下・プリージング 鉄筋 C4. 火災 C5. 表面加熱 C6. 酸・塩類の化学作用</p> <p>B1. 混和材の不均一な分散 B2. 長時間の凍混ぜ B5. 急激な打込み C7. 中柱化による内部鉄筋の錆 C8. 浸入塩化物による内部鉄筋の錆</p> <p>B6. 不十分な締りめ B10. 不適当な打継ぎ処理 B13. 型枠のほらみ D1.~D4. 荷重 D3. D4 荷重</p> <p>B16. 支保の沈下 外側 内側 D5. 断面・鉄筋量不足 D6. 橋渡物の不等(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>

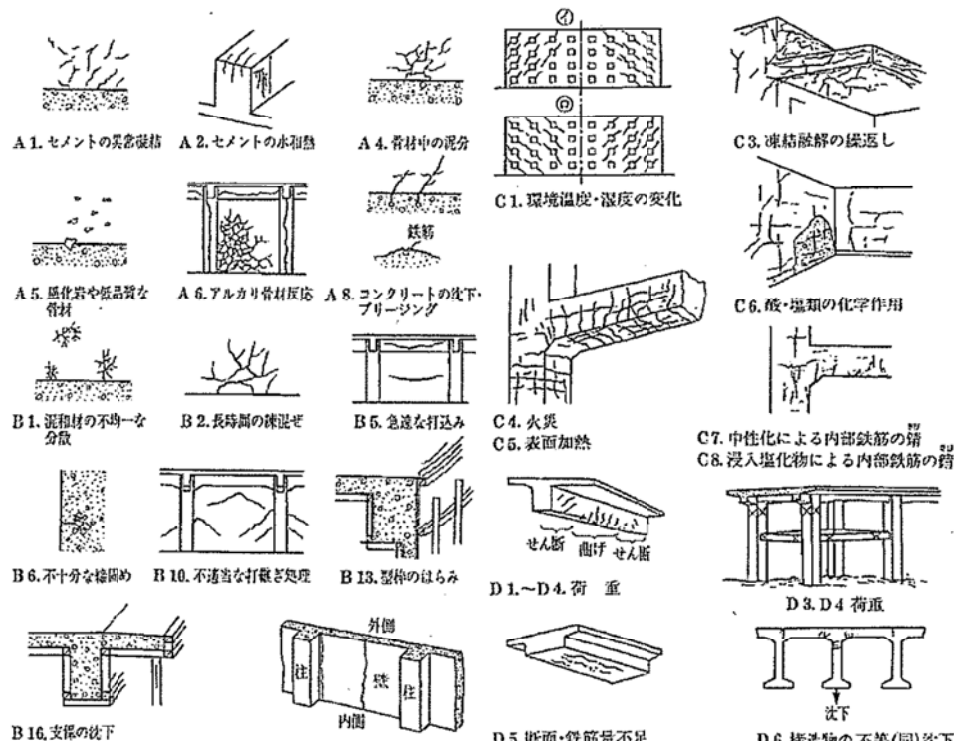


原子力発電所土木設備点検要綱指針

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 注 梁 柱 注 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 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8-1)		点検調査記録用紙 (Aクラス建物)				調査機関
調査名称	高浜原発所	1号機	1号機原子炉建屋 (R/B)	A クラス	点検年月日	平成 24 年 6 月 21 日
1号機	建屋名称 (廻り番号)				点検者	
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; min-height: 400px;"></div>						


内は商業機密に属しますので公開できません

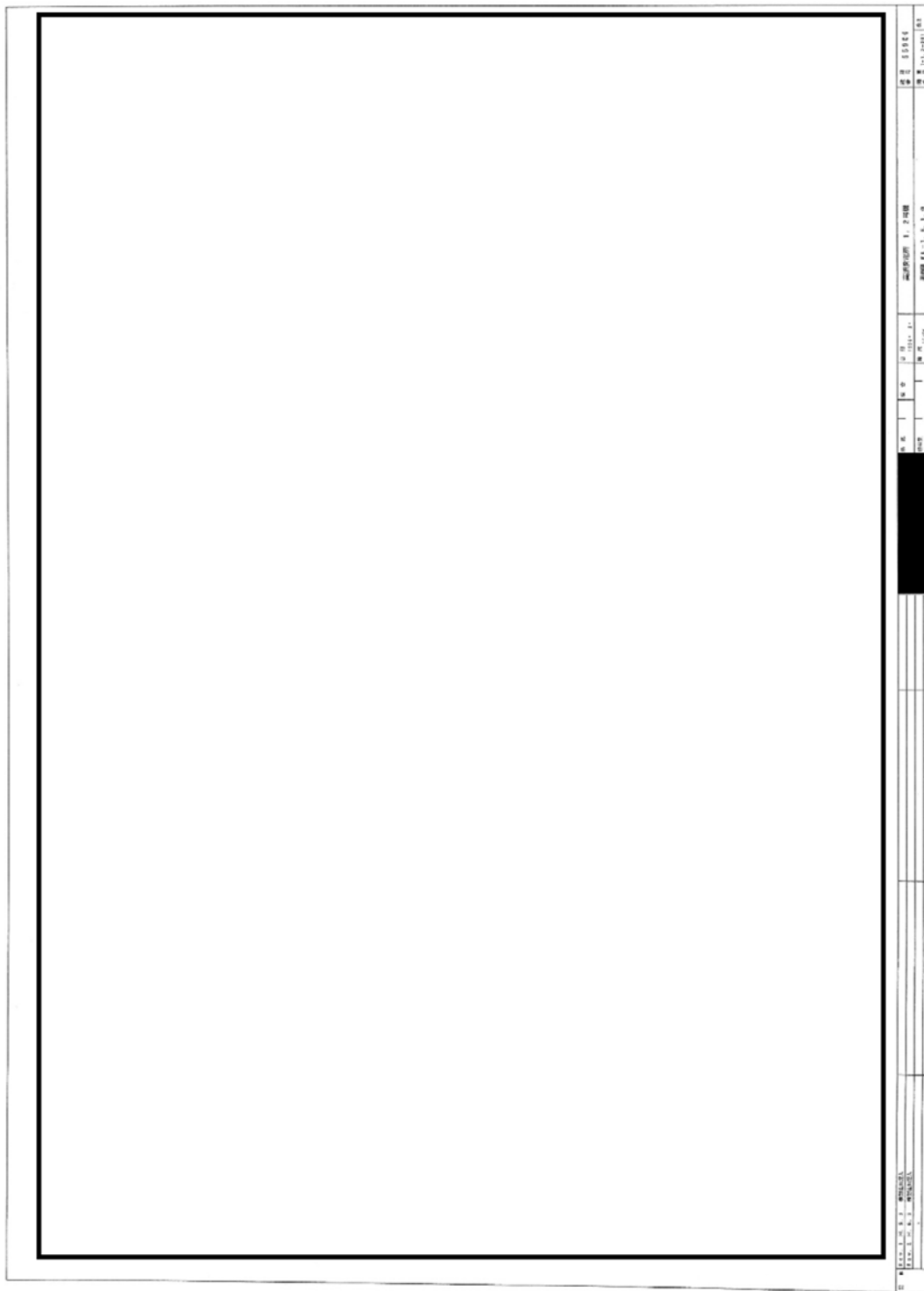
点検調査記録用紙(様式B-1)		点検調査記録用紙 (Aクラス建物)						
発電所名称	1号機	建屋名称 (建屋番号)	1号機原子炉補助建屋(A/B) ()	A クラス	点検年月日	平成 16 年 6 月 27 日	点検者	測定電力値



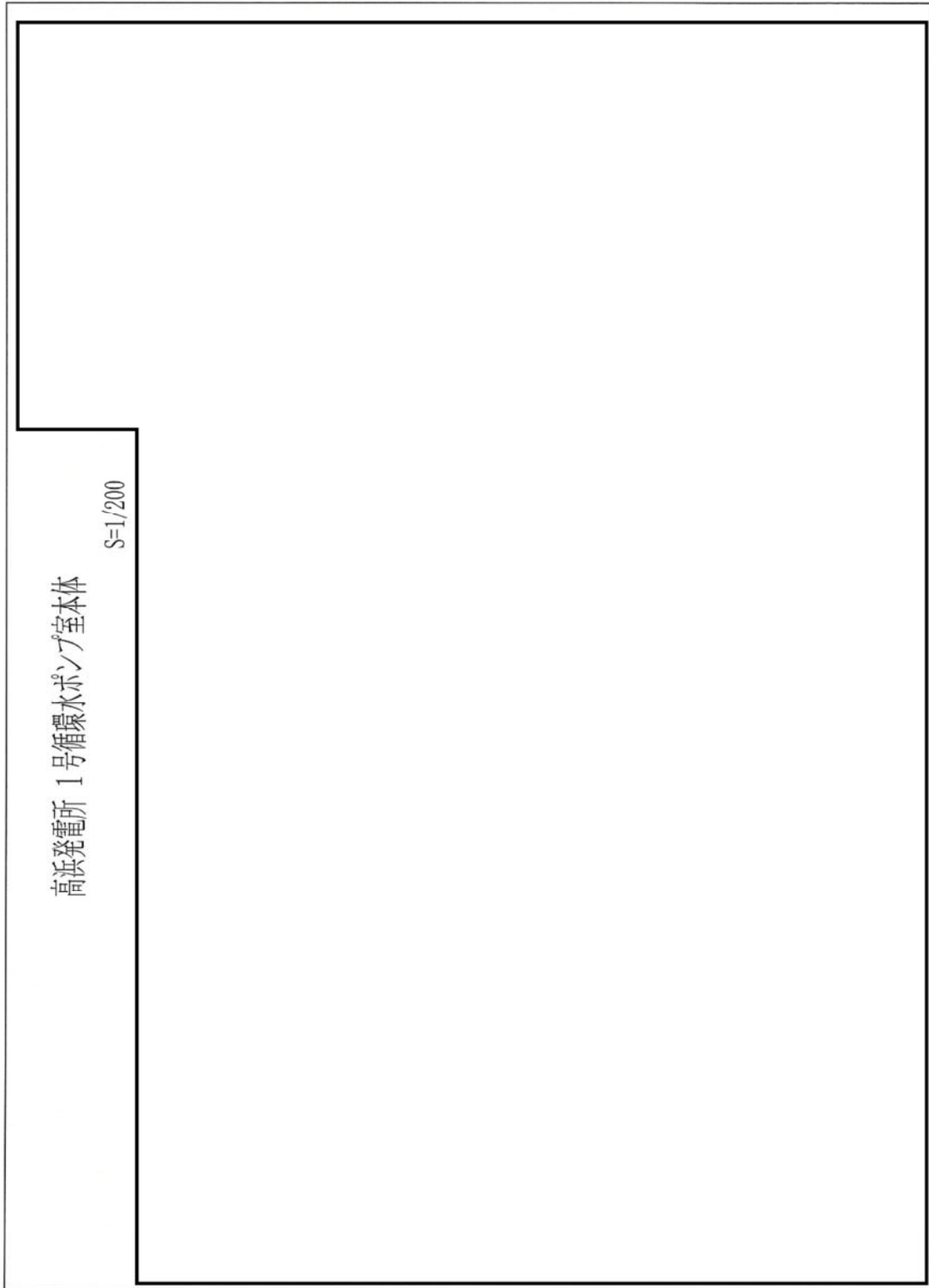
内は商業機密に属しますので公開できません


				1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1
				1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1
				1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1	1100-1-1 1100-1-1 1100-1-1

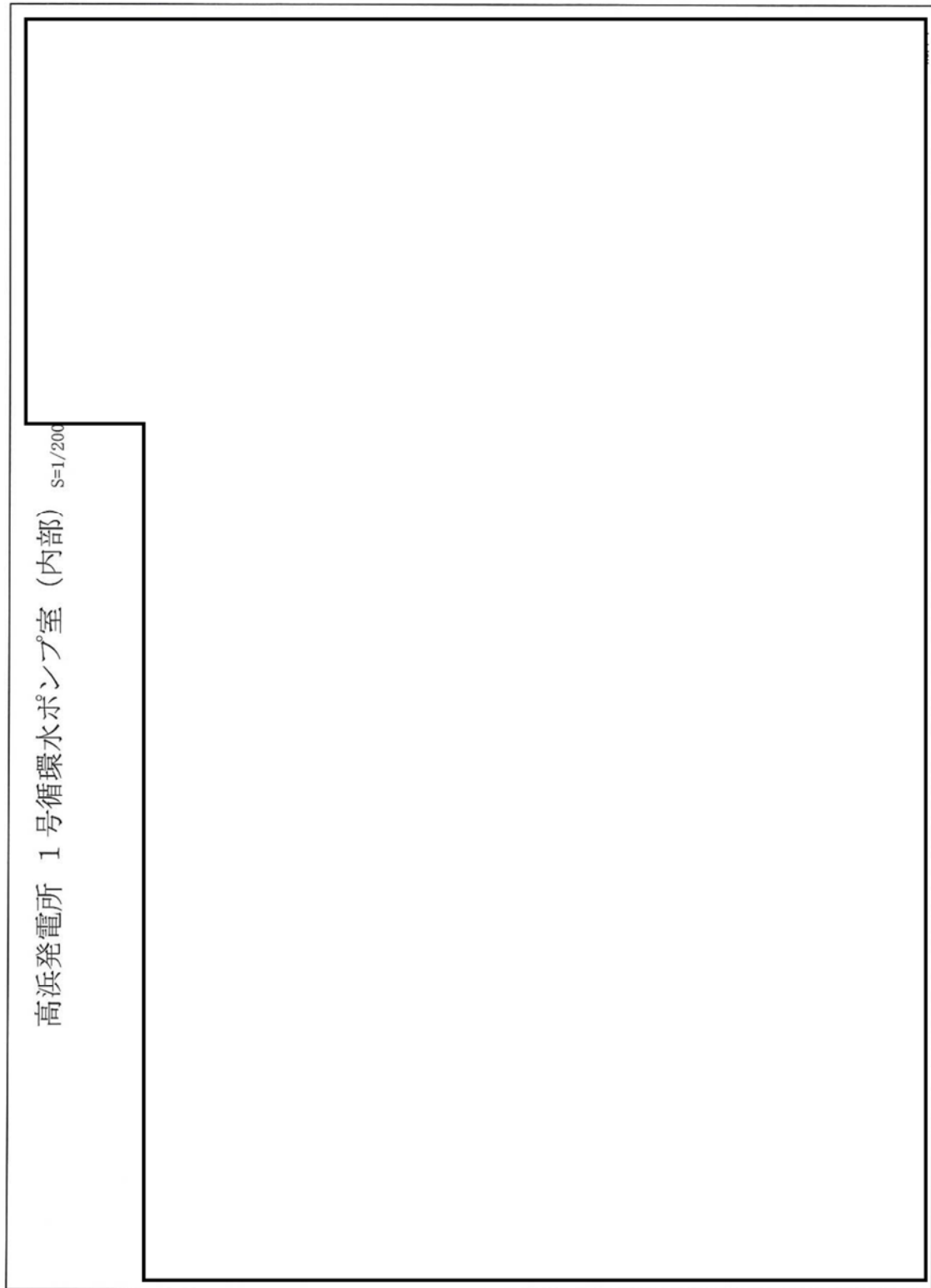
 内は防護情報に属するため公開できません



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

No.	高浜 1 - コンクリート鉄骨 - 1 2	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1号機 報告書(抜粋)」に示します。</p> <p>【参考】 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1号機 報告書(抜粋)</p>	

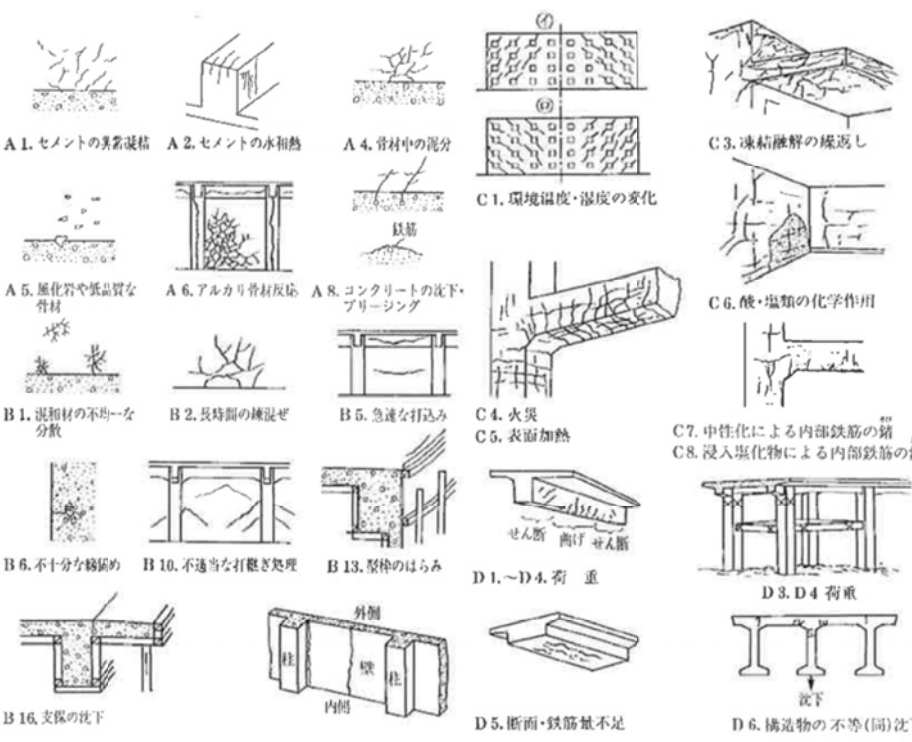


原子力発電所土木設備点検要綱指針

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 (1ウ)

区分	大項目	中・小項目	原 則		品目種類	品目箇所	設備 種類	設備 名称	設備 内容	種別	種別 番号	種別 内容	種別 年度	種別 工事 内容	種別 工事 名称
			大項目	中・小項目											
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; min-height: 500px;"></div>															



内は商業機密に属しますので公開できません

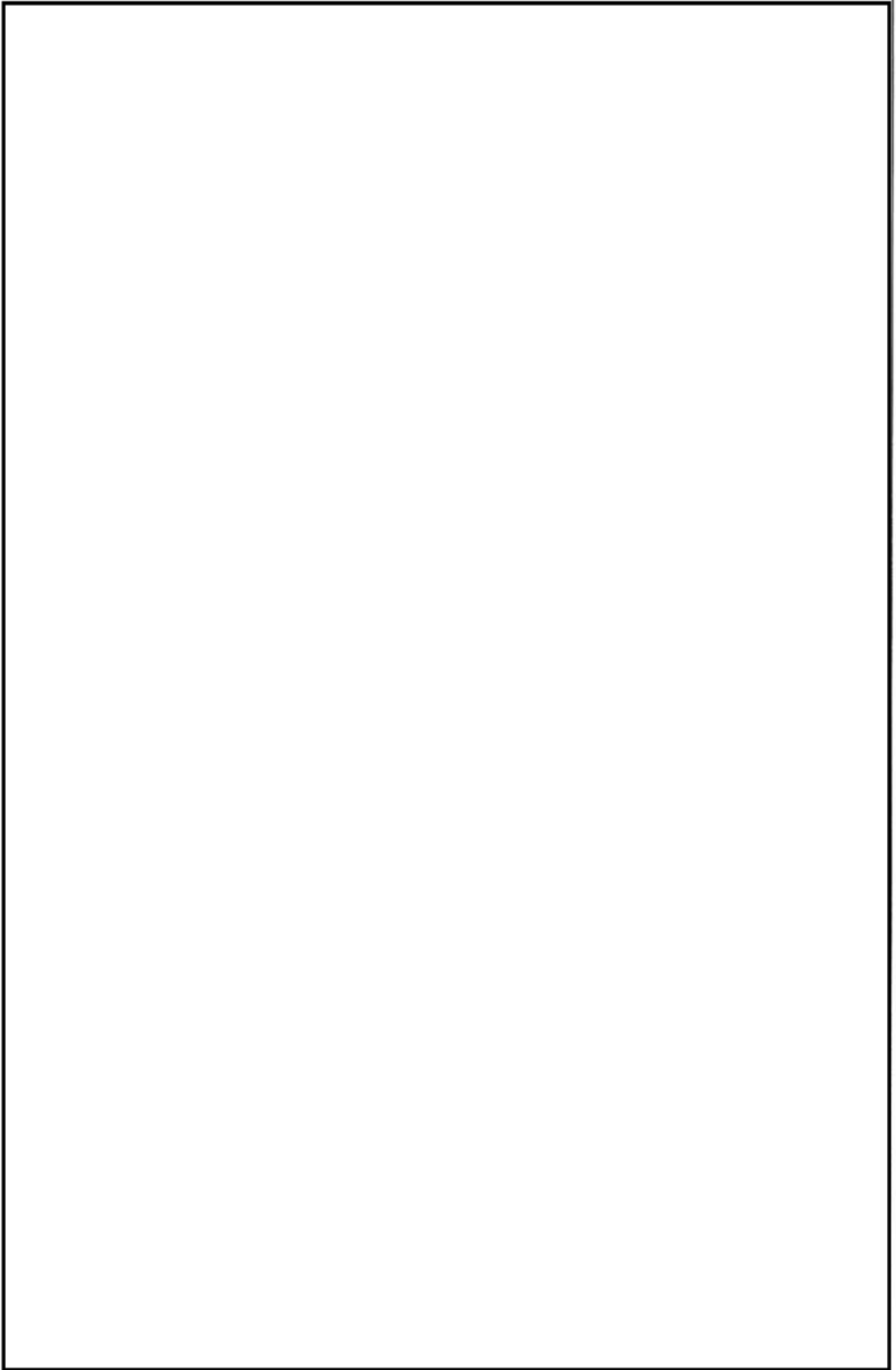
高浜発電所 1号循環水ポンプ室本体


S=1/200



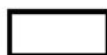
内は防護情報に属するため公開できません

高浜発電所 1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 1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

地質		5/9		高浜発電所1,2海水路トンネル点検図	
アーチ 水路上 仕上 状況	側壁 インバート	本路断面図			
修繕経歴		写真番号			
特記事項		点検状況			
(余白)		(余白)			
左アーチ ハシ		左側壁 ハシ			
インバート		右側壁 ハシ			
右アーチ		(余白)			
追加距離		設備 仕上 アーチ			
		設備名称 (延長) 架設番号 (延長)			

内は防護情報に属するため公開できません

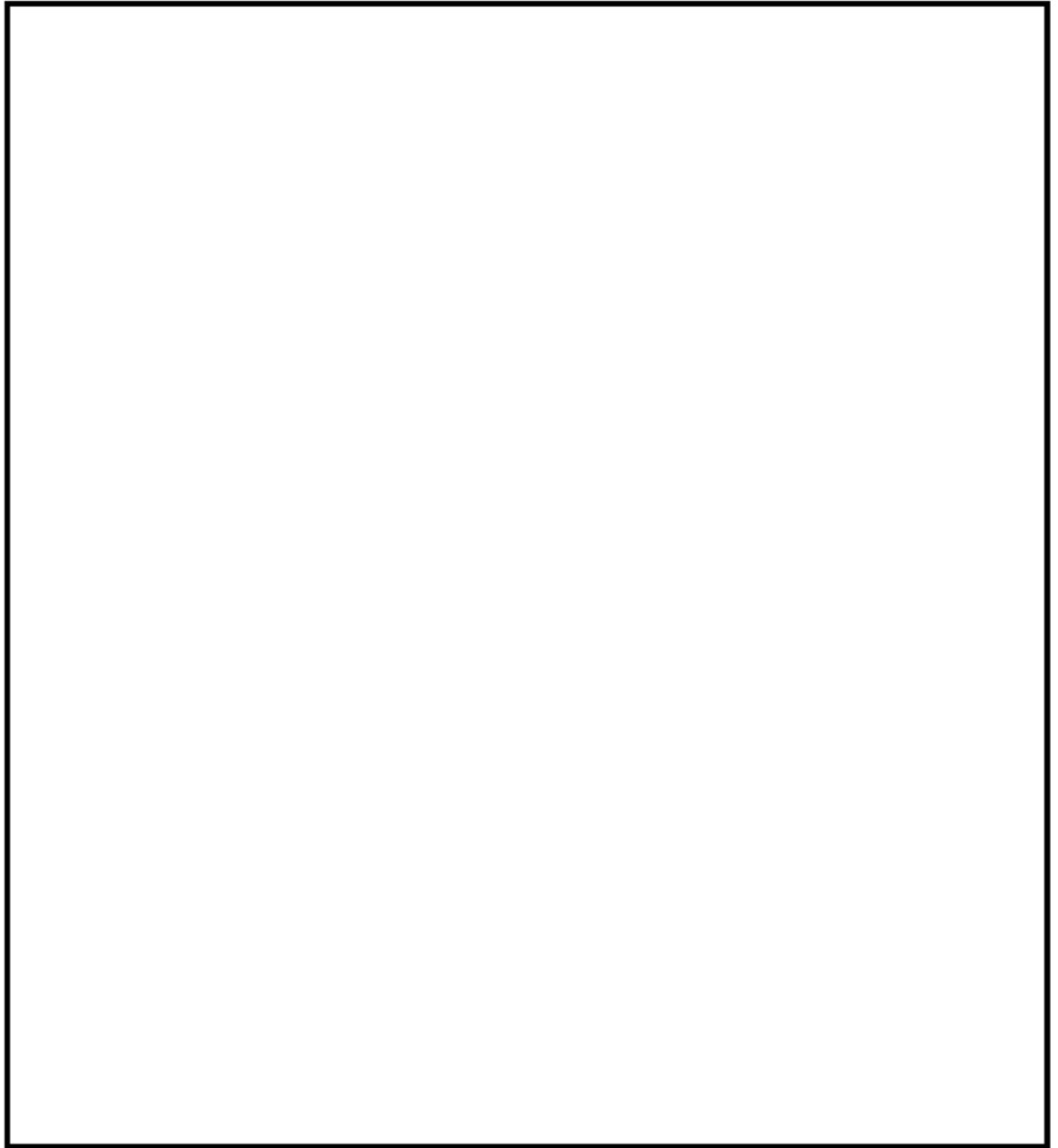
No.	高浜 1 -コンクリート鉄骨- 1 8	事象：熱（遮蔽能力低下）
質 問	<p>(別冊-11コンクリート構造物-39頁) 有意な欠陥がないことを示す根拠を提示すること。</p>	
回 答	<p>「原子力発電所建築設備点検要綱指針」に基づき、定期的に点検を実施した結果、遮蔽能力に支障をきたす可能性のある事象は確認されておりません。点検結果を、添付-1「平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書（抜粋）」に示します。</p> <p>添付-1 平成26年度 高浜発電所 建物点検報告書（抜粋）</p>	

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)							
発着所名称	高浜発電所	1号機	建屋名称 (建屋番号)	1号機原子炉建屋 (R/B)	A クラス	点検年月日	平成 24 年 6 月 24 日	点検者	岡田 龍太郎



内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 1－その他の経年劣化事象－20	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、日本機械学会 維持規格に規定されているVT-3として定期的[]に実施しています。VT-3では、炉心そうに有意な異常(過度の変形、部品の破損等)がないことを確認しています。炉心そうの可視範囲について添付資料に示します。</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、[]MPa√mとなった。</p> <p>一方、図2中のJ_{IC}最下限値14 kJ/m²から、換算式により破壊靱性値K_{IC}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/mm² at 350°C) ν：ポアソン比 (0.3) J_{IC}：破壊靱性値の下限 (14 kJ/m² at 350°C)</p> <p>[]内は商業機密に属しますので公開できません</p>	



高浜1号炉 炉心そう可視範囲概要

内は商業機密に属しますので公開できません

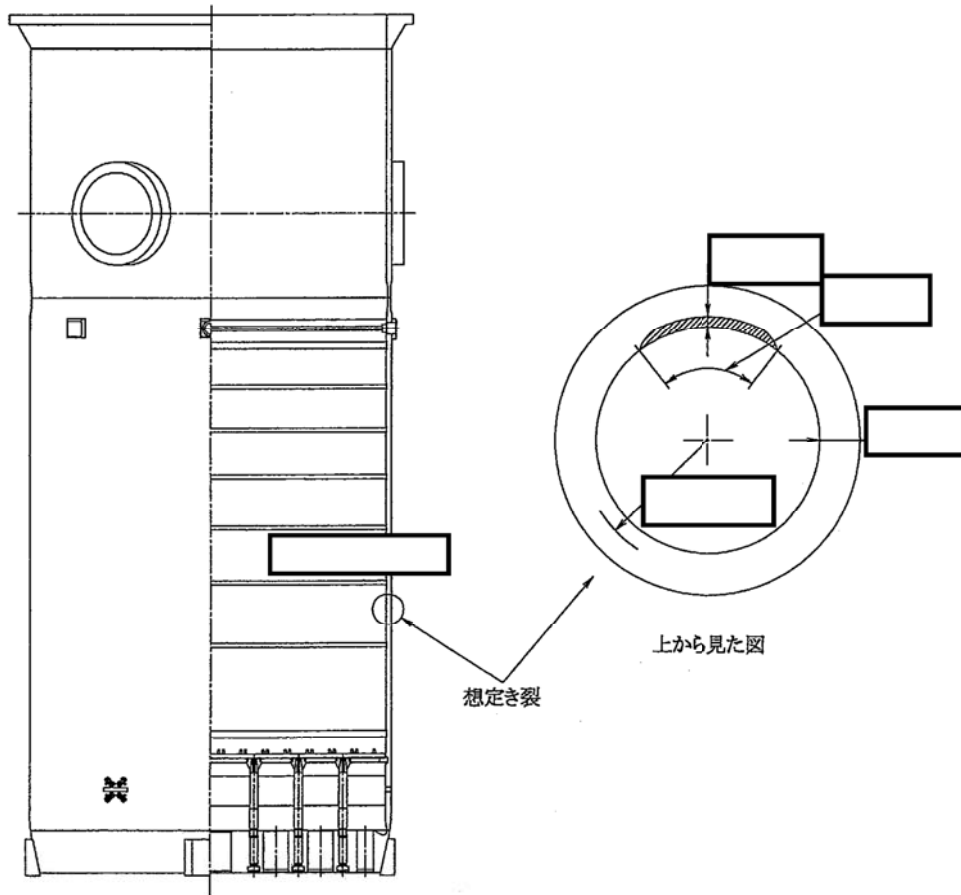


図1 高浜1号炉 中性子照射による靱性低下に対する炉心そのの想定き裂

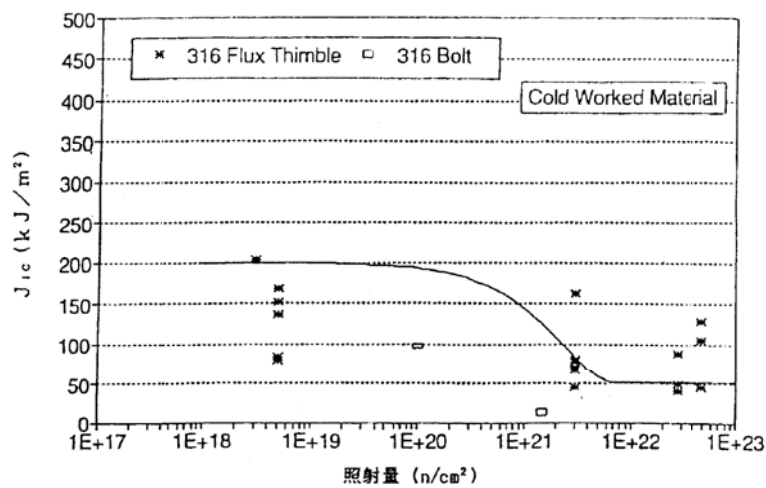


図2 破壊靱性値 J_{1c} と照射量の関係

[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]

No.	高浜 1－その他の経年劣化事象－ 2 1	事象：腐食（全面腐食）－ 1								
質 問	<p>(別冊-13空調設備-4冷凍機-13頁)</p> <p>蒸発器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼または鋳鉄使用部の腐食について、使用環境（温度、溶存酸素濃度等）における腐食の可能性について具体的に説明すること。また、分解点検時の目視確認の頻度及び至近の記録を提示すること。</p>									
回 答	<p>チラーユニットの蒸発器管側耐圧構成品（管板、水室）および冷水系統の炭素鋼または鋳鉄使用部位については、内部流体が純水であるため、長期使用により腐食が発生する可能性があると考えており、具体的な評価内容を添付 1 に示します。</p> <p>チラーユニットの使用環境は下表に示します。</p> <table border="1" data-bbox="523 952 1230 1193"> <tr> <td>冷 媒</td> <td>フルオロカーボン（R－1 2 3）</td> </tr> <tr> <td>冷 水</td> <td>純水（溶存酸素濃度：最大約 8 ppm）</td> </tr> <tr> <td>設 置 場 所</td> <td>屋内</td> </tr> <tr> <td>周 囲 温 度</td> <td>約 4 0℃</td> </tr> </table> <p>蒸発器管側耐圧構成品である管板および水室については、の頻度で分解点検を行い、目視確認を実施しています。</p> <p>冷水系統の炭素鋼又は鋳鉄使用部位である冷水ポンプについては の頻度で分解点検を実施し目視確認を実施しています。確認範囲は、ケーシング内面の全ておよび羽根車全体としています。また、冷水ポンプ取り外し部から目視確認が可能な範囲のポンプ出入口配管部の目視確認を実施し、有意な腐食がないことを確認しております。</p> <p>至近の点検記録を添付 2 に示します。</p>		冷 媒	フルオロカーボン（R－1 2 3）	冷 水	純水（溶存酸素濃度：最大約 8 ppm）	設 置 場 所	屋内	周 囲 温 度	約 4 0℃
冷 媒	フルオロカーボン（R－1 2 3）									
冷 水	純水（溶存酸素濃度：最大約 8 ppm）									
設 置 場 所	屋内									
周 囲 温 度	約 4 0℃									

内は商業機密に属しますので公開できません。

(4) 蒸発器管側耐圧構成品および冷水系統の炭素鋼または鋳鉄使用部位の腐食
(全面腐食)

チラーユニットの蒸発器管側接液部(管板、水室)および冷水系統(配管、冷水ポンプケーシング、冷水ポンプ羽根車、冷水サージタンク胴板、冷水サージタンク底板、冷水サージタンク天板)には、炭素鋼または鋳鉄を使用しており、内部流体が純水であるため、長期使用により腐食が発生する可能性がある。

図2.2-Bに示す酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響(防食技術便覧:腐食防食協会編)に示すように腐食の可能性は否定できない。

現状保全として、定期的な系統機器分解点検時に目視確認を実施し、有意な腐食のないことを確認している。

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。

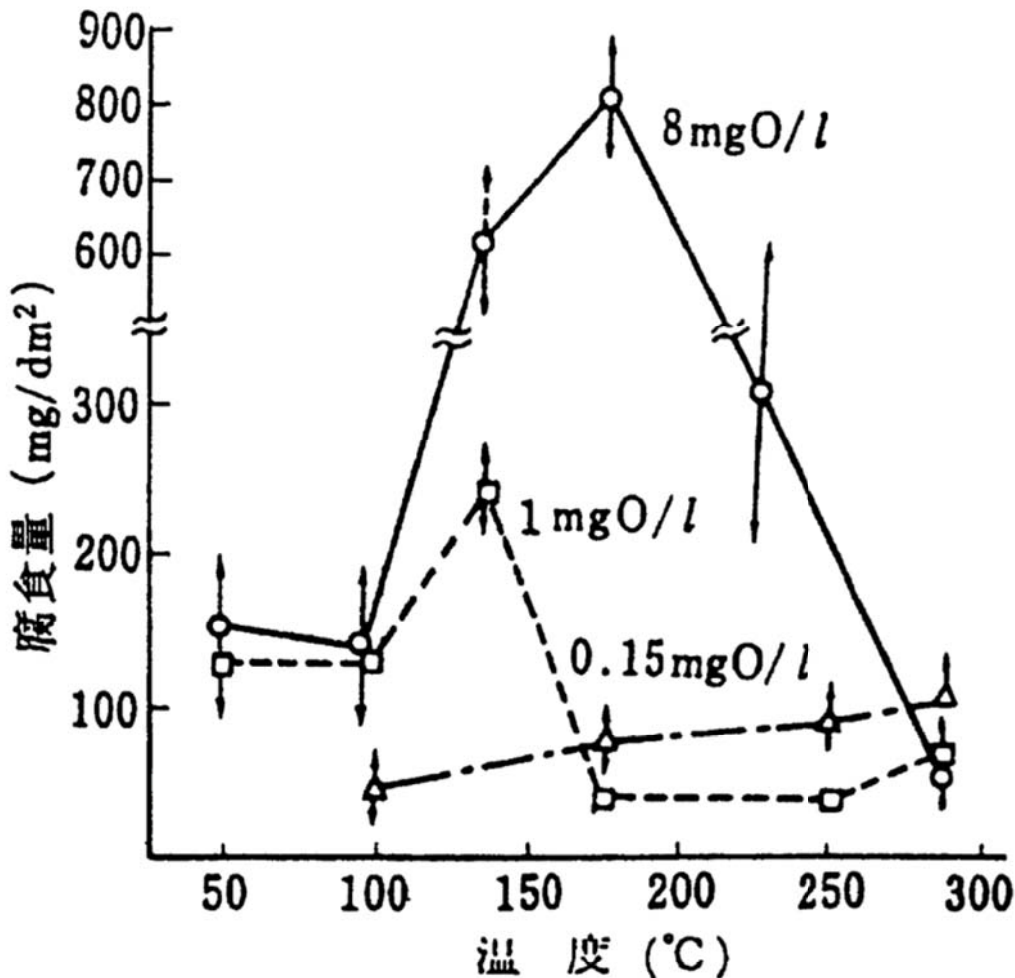


図2.2-B 酸素含有水中における炭素鋼の腐食に及ぼす影響、200hr
[出典:「防食技術便覧」腐食防食協会編]

A クラス		電氣保修課				課長		係長		班長		係長						
		課長 係長 班長 作業長 係				関電												
		関西電力(株) 高浜発電所 1号機 (第27回 定期点検工事)				機械技術 アドバイザー		品質管理 係										
		工事件名 <u>チラーユニット定期点検工事</u>				保全指針変更 要否検討内容 保全計画課 確認												
		総括報告書 兼定期点検工事記録																
												工事コード101P005958M170						
確 認	定検等管理委託会社				課長		受託責任者		定検管理員				<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; text-align: center;"> 23年4月27日 高浜事業所 </div>					
作 成 認 可 機	発行				高浜事業所		品質保証課長		安全課長		電氣課長		電氣係長		電氣作業			
							技術課長		機械課長		機械係長		機械作業					
配 付 先	関電												合計		作成日		平成23年4月27日	
															文書番号		T01-27-機B-0122-E	
	1												1		原紙保管		機械課機械B係	

高浜事業所

1Aチラーユニット熱交換器点検チェックシート				関電 (定検査理員)		品管		作責	
(凝縮器・蒸発器・本体・バイパス装置)				[Redacted]					
確認欄：チェック済=✓ 該当なし= -				[Redacted]					
実施年月日		平成 23 年 1 月 31 日		実施者		[Redacted]			
区分	作業項目	結果		処置		備考			
		良	否	取替	修正				
熱縮器	水室カバー外面目視点検	✓	—	—	—				
	水室カバー内面目視点検	✓	—	—	✓	防汚塗装実施			
	伝熱管目視点検(清掃、手入れ状態確認)	✓	—	—	—				
	伝熱管渦流探傷検査	✓	—	—	—				
	管板面目視点検(清掃、手入れ状態確認)	✓	—	—	✓	防汚塗装実施			
	植込みボルト目視点検	✓	—	—	—				
蒸発器	亜鉛板	✓	—	✓	—	計画取替			
	水室カバー外面目視点検	✓	—	—	✓	外面塗装実施			
	水室カバー内面目視点検	✓	—	—	—				
	伝熱管目視点検(清掃、手入れ状態確認)	✓	—	—	—				
	伝熱管渦流探傷検査					今回施工範囲外			
	管板面目視点検(清掃、手入れ状態確認)	✓	—	—	—				
本体	植込みボルト目視点検	✓	—	—	—				
	内部目視点検	✓	—	—	—				
	エリミネーター目視点検	✓	—	—	—				
	バツフルの目視点検	✓	—	—	—				
	覗き窓点検	✓	—	✓	—	計画取替(11ピン)			
破裂板点検	✓	—	✓	—	計画取替(破裂板)				
バイパス装置	動作確認	✓	—	—	—				
	グラウンドの漏れ確認	✓	—	—	—				
	全閉の位置確認	✓	—	—	—				
	全開の位置確認	✓	—	—	—				
備考									

(記録用紙)冷水ポンプ本格-4

1A冷水ポンプ 外観点検記録		関電 (定検管理員)	品管	作責
		[Redacted]		
点検年月日:平成 23年 / 月 2/日				
判定基準:各部に異常のないこと。				
部品名	数量	点検結果	点検者	備考
・ポンプ本体	1式	✓	[Redacted]	
・ポンプベース	1式	✓	[Redacted]	
・配管フランジ(吸込・吐出)	1式	✓	[Redacted]	
・配管サポート	1式	✓	[Redacted]	
・カップリング	1式	✓	[Redacted]	
・潤滑油量	1式	✓	[Redacted]	
・メカニカルシール	1式	✓	[Redacted]	
<以下余白>				

点検結果 ✓:異常なし(良好) ▲:異常あり(手直し要) /:該当なし

[Redacted] 高浜事業所