

No.	高浜 1－共通－ 5 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、各劣化事象について保全管理の実施状況を整理して提示すること。また、保全計画等による保全の有効性評価の実施状況、及びその活用結果の例について提示すること。</p>	
回 答	<p>機器の保全内容についてはそれぞれ個々に検討しており、具体的には劣化メカニズム整理表やこれまでの保守管理の結果から得られた”機器の部位別に想定される劣化事象”に着目し、保全項目の検討を行い、検討結果に基づく保全内容を担保するために必要な作業、検査項目などを選定しており、高経年化技術評価書においては別冊にて記述しています。</p> <p>これらのことを踏まえ、各日常劣化管理事象に対する保全管理の実施状況を表 1 に提示いたします。これらの点検の結果、異常が認められた場合は、速やかに対策を施すこととしており、高経年化対策上、問題とならない事象と判断しております。</p> <p>また、保全の有効性評価の実施状況の至近の状況およびその活用結果の例については、添付-1の通りとなります。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

表1 (1/2) . 高浜1号炉における日常劣化管理事象に対する保全概要

No.	事象	保全内容の例	備考
1	SCC	定期的に溶接部の超音波探傷検査により有意な欠陥がないことを確認し、漏えい試験により耐圧部の健全性を確認している。	蒸気発生器冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れ
2	靱性低下	日本機械学会 維持規格 (JSME S NA1-2008) に基づく評価では、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は小さい。また、炉心そうについては定期的に水中テレビカメラによる可視範囲の目視確認を実施し、異常のないことを確認している。	炉内構造物炉心そうの中性子照射による靱性低下
3	摩耗	定期的にVベルトの張力管理およびVプーリの目視確認を実施することで、機能を維持している。	空調設備ファンVプーリの摩耗
4	変形	定期的に水平継手面の隙間計測および当り状況の確認を実施し、健全性を維持している。	高圧タービン車室の変形
5	全面腐食	巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することとしている。	低圧ポンプモータフレーム、端子箱およびブラケットの腐食
6	異種金属腐食	定期的な分解点検時の目視確認で腐食やライニングの状況を確認し、その結果に応じて補修等を実施することにより、機器の健全性を維持している。	1次系冷却水クーラ管側耐圧構成品の海水による腐食 (異種金属接触腐食を含む)
7	固着	定期的な注油、各部の目視確認、動作試験を実施することで、健全性を維持している。	メタクラリンク機構 (遮断器) の固着
8	照射クリープ	中性子吸収体によって変形が制限され、また、外観検査にて有意な変形のないことを確認している。	制御棒クラスタ被覆管の照射クリープ
9	高サイクル熱疲労	国内プラントにおける隔離弁の分解点検実績を基に保守的なリーク量を仮定しても熱成層の変動による影響は小さく、問題ないことを確認した。さらに、隔離弁の定期的な分解点検により、弁リークの発生を防止することで、機器の健全性を維持している。	ステンレス鋼配管の高サイクル熱疲労割れ (弁グランドリーク型)
10	孔食他	定期的な目視確認により各部の腐食の有無もしくは塗装の劣化の有無を確認し、腐食の状況により寸法計測を実施し、腐食進行程度の把握を行うことにより機能を維持している。	海水ポンプ主軸、吐出管等接液部の腐食 (孔食他)
11	腐食 (エロージョン)	定期的な弁内面状態の目視確認により、機器の健全性を維持している。	ドレン系統仕切弁弁箱等の腐食 (エロージョン)
12	腐食 (流れ加速)	「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を実施することにより機能を維持している。	主蒸気系統配管、主給水系統配管 母管の腐食 (流れ加速型腐食)
13	スケール付着	定期的な渦流探傷検査信号による閉塞率評価を実施し、スケール付着傾向を監視すると共に、必要に応じてカメラによる目視確認を行うことで傾向を把握している。	蒸気発生器管支持板穴へのスケール付着
14	照射誘起割れ	中性子照射量に応じた取替を行うことで、機能を維持している。	被覆管先端部の照射誘起割れ (外径増加によるクラック)
15	ホワイトメタルの摩耗、剥離	定期的に目視確認、車軸と軸受内面の隙間測定および軸受表面の当り幅を確認し、はく離についても、定期的に目視確認、ホワイトメタル部の浸透探傷検査および超音波探傷検査を実施することで、健全性を維持している。	高圧タービンジャーナル軸受ホワイトメタルの摩耗、はく離
16	テフロン剥離	プラント起動時にスライドサポートの動作状況を確認することで、機能を維持している。	配管スライドサポート スライドプレートのテフロンのはく離

表1 (2/2) . 高浜1号炉における日常劣化管理事象に対する保全概要

No.	事象	保全内容の例	備考
17	伝熱管の損傷	蒸気発生器伝熱管に対しては定期的に全数渦流探傷検査を実施し、健全性を確認している。さらに定期的にスラッジランシングを実施し、管板上のスラッジ除去を実施している。	蒸気発生器伝熱管の損傷
18	流路の減少	定期的な目視確認と清掃により、スクリーン流路の減少につながる異物は適切に取り除かれている。	フィルタスクリーン流路の減少
19	断線	ほう酸水温度の連続監視を行っており、断線が生じた場合には検知し、2トレンのうち健全側に切替えた後、補修している。	化学体積制御系統配管等のヒートトレースの断線
20	真空度低下	定期的な真空度測定を実施することで、健全性を確認することとしている。	メタクラ真空バルブ（遮断器）の真空度低下
21	目詰り	清浄な計器用空気を使用しており、また、分解点検時にフィルターの清掃または取替を実施している	プロセス制御設備フィルター付減圧弁の目詰り
22	中性子およびγ線照射脆化	定期的に原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことをキャビティシール据付時の漏えい検査により確認している。	重機器サポート ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子およびγ線照射脆化
23	減肉	定期的に寸法計測を実施しており、必要に応じて耐火煉瓦の張替を実施し健全性を維持している。	雑固体焼却設備 雑固体焼却炉耐火煉瓦の減肉
24	煉瓦等の割れ	定期的に目視確認により機器の健全性を維持している。	雑固体焼却設備 耐火煉瓦等の割れ
25	特性変化	定期的の実圧または模擬信号での校正試験・調整を実施し、精度が保たれていることを確認している。	プロセス計測制御 伝送器の特性変化
26	導通不良	機器の動作確認時に接点の導通不良による有意な機能低下がないことを確認している	プロセス計測制御 接点の導通不良

保全の有効性評価結果 (H26 年度評価) (2/12)

JEAC4209 項目	MC-15 保全の有効性評価
項目	b-1. 保全データの推移および経年劣化の長期的な傾向監視の実績【点検手入力前データ】
評価方法	点検毎に実施している点検手入力前データの判定結果に基づく保全計画への反映状況を評価する。
評価基準	点検手入力前データ評価結果からの保全計画への反映要否判断が妥当であること。
評価結果	(1) 実施状況確認結果 取りまとめ：保全計画課 実施状況確認期間：1号機～4号機 平成 25 年 12 月 1日～平成 26 年 11 月 30 日
(1)実施状況確認結果	
(2)実施状況確認結果に 基づく評価方法	
(3)評価結果	
(4)改善のための提案	
	(2) 実施状況確認結果に基づく評価方法

4/24

	(3) 評価結果
	(4) 改善のための提案 : なし
備考 (資料番号等)	資料 2 : 点検手入力前データ実績

5/24

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 1－共通－ 6	事象：共通
質 問	<p>(別冊-共通) 日常劣化管理事象について、劣化の傾向を把握するための実施状況(点検手入れ前データの取得状況、状態監視状況等)について提示すること。</p>	
回 答	<p>当社の劣化傾向管理に関しては、劣化トレンドの管理のため状態監視保全及び点検手入れ前データの活用を行っており、具体的には下記の診断等を実施しています。</p> <p>1 状態監視保全 (1) 回転機器の軸受部に対する振動診断 (2) 電気設備や機械的摺動部に対する赤外線サーモグラフィー診断 (3) 軸受に使用されている潤滑油の診断（試運用中）</p> <p>2 点検手入れ前データ (1) A s - f o u n dデータの収集・保全への反映</p> <p>なお、1 (1)、(2)及び2 (1)は社内文書としてマニュアルを定め運用しており、添付－ 1、 2にそれらの実施状況を示します。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>	

簡 品-69

件 名													
平成26年度 発電所運営会議（保守管理会議）の結果について													
所 長 原子力安全統括 副所長(技術) 運営統括長(1/2) <small>(電機)</small> 運営統括長(3/4) 安全・防災室 <small>(電機)</small> 安全・防災室課長 <small>(1/2)</small> <small>(電機)</small> 安全・防災室課長 所長室課長(労働安全) 技術課長 原子燃料課長 放射線管理 第一発電室長 第二発電室長 保全計画課長 次頁有り。	所 管 品質保証室 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>室 長 <small>(3/4) 炉主任</small></th> <th>課 長</th> <th>係 長</th> <th>係</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="background-color: black; height: 40px;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>標記については、平成27年2月2日に開催された発電所運営会議（保守管理会議）の結果をとりまとめましたので上申します。</p> <p>なお、本上申をもって「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209-2007）」の「MC-16 保守管理の有効性評価」で要求される以下の評価の記録として扱います。</p> <p>1. 評価年月日、評価者</p> <p>(1) 評価年月日 平成27年2月2日</p> <p>(2) 評価者 「高浜発電所 発電所運営会議所達」に定める保守管理会議メンバー（31名/34名中）</p> <p>2. 保守管理の有効性について評価した結果およびその根拠（改善内容を含む）</p> <p>(1) 評価結果 JEAC4209 の要求事項に沿ったプロセスが確立され、それに基づき実施されていることから、保守管理は有効に機能していると評価する。</p> <p>(2) 評価の根拠 発電所運営会議（保守管理会議）議事録および会議資料</p> <p>3. その他必要な事項 特になし。</p> <p style="text-align: right;">以上</p> <p>添付資料： 添付-1 発電所運営会議（保守管理会議）議事録 添付-2 発電所運営会議（保守管理会議）会議資料 （保守管理目標の達成状況、保全の有効性評価結果）</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> 品質保証規程7.2.1 <small>(業務に対する要求事項)</small> のレビューの結果 <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block;"> 良好・変更要 </div> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;"> 原子力発電安全 運営委員会付議 要・否 </td> <td style="width: 50%;"> 幹 事 (安全係長) </td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	室 長 <small>(3/4) 炉主任</small>	課 長	係 長	係					品質保証規程7.2.1 <small>(業務に対する要求事項)</small> のレビューの結果 <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block;"> 良好・変更要 </div>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;"> 原子力発電安全 運営委員会付議 要・否 </td> <td style="width: 50%;"> 幹 事 (安全係長) </td> </tr> </table>	原子力発電安全 運営委員会付議 要・否	幹 事 (安全係長)
室 長 <small>(3/4) 炉主任</small>	課 長	係 長	係										
品質保証規程7.2.1 <small>(業務に対する要求事項)</small> のレビューの結果 <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block;"> 良好・変更要 </div>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;"> 原子力発電安全 運営委員会付議 要・否 </td> <td style="width: 50%;"> 幹 事 (安全係長) </td> </tr> </table>	原子力発電安全 運営委員会付議 要・否	幹 事 (安全係長)										
原子力発電安全 運営委員会付議 要・否	幹 事 (安全係長)												

添付3 平成25年度「保全の有効性評価結果」について

定期的な評価のインプット		評価期間	評価結果
分類1	分類2		
a.	保全活動管理指標の監視結果	-	
		u H24. 9. 3~H25.11.30 u H24.12. 1~H25.11.30 u H24.12. 1~H25.11.30 u H24.12. 1~H25.11.30	
b.	保全データの推移及び経年劣化の長期的な傾向監視の実績	u~4u H24.12. 1~H25.11.30	
		u~4u H24.12. 1~H25.11.30	
		u H24. 9. 3~H25.11.30 u H24.12. 1~H25.11.30 u H24.12. 1~H25.11.30 u H24.12. 1~H25.11.30	
c.	トラブルなど運転経験	u~4u H24.12. 1~H25.11.30	
d.	高経年化技術評価及び定期安全レビュー結果	u~4u H24.12. 1~H26. 1.15	
		24.12.1~H25.11.30	
e.	他プラントのトラブル及び経年劣化傾向に係るデータ	u~4u H24.12. 1~H25.11.30	
		u~4u H24.12. 1~H25.11.30	
f.	リスク情報、科学的知見	u H22. 11.23~H25.11.30 第27回定検分) u H23.8.31~H25.11.30 第27回定検分) u H23. 12.13~H25.11.30 第21回定検分) u H23. 3.30~H25.11.30 第20回定検分)	
		u~4u H24.12. 1~H25.11.30	
h.	その他	u H22. 11.25~H25.11.30 第27回定検分) u H23.7.1~H25.11.30 第27回定検分) u H23. 10.25~H25.11.30 第21回定検分) u H23. 3.16~H25.11.30 第20回定検分)	

内は商業機密に属しますので公開できません。

回転機器振動診断マニュアル

目 次

第 1 章 総則	3-1
1. 目的	3-1
2. 適用範囲	3-1
3. 関連する外部文書（法令、民間規格等）	3-1
4. 関係する内部文書（社内標準等）	3-1
5. 用語の定義	3-1
第 2 章 振動診断業務の実施に係る役務	3-3
1. 目的	3-3
2. 役割分担	3-3
3. 実施体制	3-4
第 3 章 振動診断実施に必要な力量	3-5
1. 目的	3-5
2. 必要とする力量	3-5
3. 力量管理	3-5
4. 教育訓練	3-5
第 4 章 振動診断の実施	3-6
1. 目的	3-6
2. 振動診断業務のプロセス	3-6
（1）対象範囲の策定	3-6
（2）振動診断の実施計画	3-6
（3）測定	3-7
（4）評価	3-8
（5）評価結果に基づく対策の実施	3-8
（6）処置（グリスアップ等の軽微は処置は除く）	3-9
（7）振動診断管理基準の管理	3-9
（8）マスターデータの管理	3-10
（9）神童君システムの管理	3-10
第 5 章 振動診断結果の報告	3-11
1. 目的	3-11
2. 振動診断結果の定期的な報告	3-11

赤外線サーモグラフィ診断マニュアル

保修業務ガイド別紙 33

点検手入れ前データ採取業務マニュアル

平成 22 年 12 月 7 日 制 定

原子力事業本部 保修管理グループ

No.	高浜 1－共通－ 7	事象：共通
質 問	<p>(別冊-共通) 日常劣化管理事象について、保全の改善活動により、当該プラントの保全活動が有効に実施されていると評価している根拠(過去10年間の保安活動管理指標等の実績)を提示すること。</p>	
回 答	<p>平成21年1月に、原子力安全保安院(当時)により、プラント毎の特性に応じた個別の検査の充実を含む新しい検査制度が施行され、高浜1号については、平成21年度(第26回定期検査工事)から新検査制度を適用し、それに伴い保安活動管理指標が運用されています。</p> <p>それらを踏まえ、当該プラントの保全活動が有効に実施されていると評価している根拠として、高浜1号炉で評価した保安活動管理指標の詳細について、添付-1の通り提示いたします。</p> <p>また、高浜発電所1号炉の計画外停止回数や事故・故障等の年度推移においても、共用期間の長期化に伴い、トラブル等が増加する明確な傾向は認められていないことを確認しています(劣化状況評価書(本冊)資料2-3、2-4参照)。</p>	

高浜1号機 第26保全サイクル 保全活動管理指標監視結果

1. プラントレベル

項目	目標値	実績値
計画外自動停止回数		
計画外出力変動回数		
工学的安全施設の計画外作動回数		

1. 系統レベル

系統名	要求機能	保全活動管理指標				備考
		MPFF回数	目標値	実績値	備考	

内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜 1 - 低サイクル疲労 - 5 rev3	事象：疲労															
質 問	<p>(別冊-2熱交換器-1多管円筒形熱交換器-49頁) 再生クーラ及び余熱除去クーラの管板の疲労累積係数の算出根拠(解析モデル、材料物性、最大評価点の選定、応力分類、Ke係数、環境評価パラメータ、伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法を含む)を提示すること。</p>																
回 答	<p>再生クーラおよび余熱除去クーラの管板の疲労累積係数の算出根拠を以下に示します。</p> <p>【再生クーラ】</p> <p>1. 解析モデル 添付 1 に解析モデルおよび評価点を示します。</p> <p>2. 材料物性 材料物性値を以下に示します。</p> <table border="1" data-bbox="443 1075 1337 1361"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">使用部位</th> <th colspan="2">設計応力強さ</th> </tr> <tr> <th>S m (MP a)</th> <th>温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="background-color: #cccccc;"></td> <td>290.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 最大評価点の選定 解析モデル上の評価点及び最大評価点の選定結果を、添付 2 に示します。</p> <p>4. 応力分類 評価における荷重の組み合わせを以下に示します。また、応力評価のフローを添付 3 に示します。</p> <table border="1" data-bbox="424 1787 1359 1957"> <thead> <tr> <th>状態</th> <th>荷重の組合せ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>供用状態 A、B</td> <td>内圧 + 熱過渡</td> </tr> </tbody> </table>			材料	使用部位	設計応力強さ		S m (MP a)	温度 (°C)				290.0	状態	荷重の組合せ	供用状態 A、B	内圧 + 熱過渡
材料	使用部位	設計応力強さ															
		S m (MP a)	温度 (°C)														
			290.0														
状態	荷重の組合せ																
供用状態 A、B	内圧 + 熱過渡																

内は商業機密に属しますので公開できません

5. Ke係数および環境評価パラメータ

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

【余熱除去クーラ】

6. 解析モデル

添付5に解析モデルおよび評価点を示します。

7. 材料物性

材料物性値を以下に示します。

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

8. 最大評価点の選定

解析モデル上の評価点及び最大評価点の選定結果を、添付6に示します。

9. 応力分類

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

状態	荷重の組合せ
供用状態A、B	内圧+ボルトの締付力+熱過渡

10. Ke係数および環境評価パラメータ

評価に用いたKe係数および環境評価パラメータ（環境効果補正係数fen）を添付7に示します。

11. 伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法

伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法については添付8に示します。

内は商業機密に属しますので公開できません



再生クーラ 解析モデルおよび評価点

解析モデルは、上記のように中心軸対称として作成している。管側水室の温度条件は充てん水の入口側と出口側で異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。また、管側の入口側と出口側の温度差による影響は、より温度差の大きい胴側（抽出水）と管側入口側の温度差を考慮した評価により確認されている。水室の仕切板、伝熱管はモデルに考慮していないが、仕切版は管板と溶接されていないことから、管板の変形に有意な影響はないと考えている。伝熱管は考慮しない方が管板の剛性が低くなり、保守的な評価になると考えている。

内は商業機密に属しますので公開できません

再生クーラ 最大疲労評価点の選定

(疲れ累積係数除く)

評価点			一次+二次応力強さ	疲れ累積係数
管板部	1	入口		(0.17367)
		出口		
	2	入口		
		出口		
	3	入口		
		出口		
	4	入口		
		出口		
一般部	5	入口		
		出口		
	6	入口		
		出口		
	7	入口		
		出口		
	8	入口		
		出口		
	9	入口		
		出口		
	10	入口		
		出口		
	11	入口		
		出口		

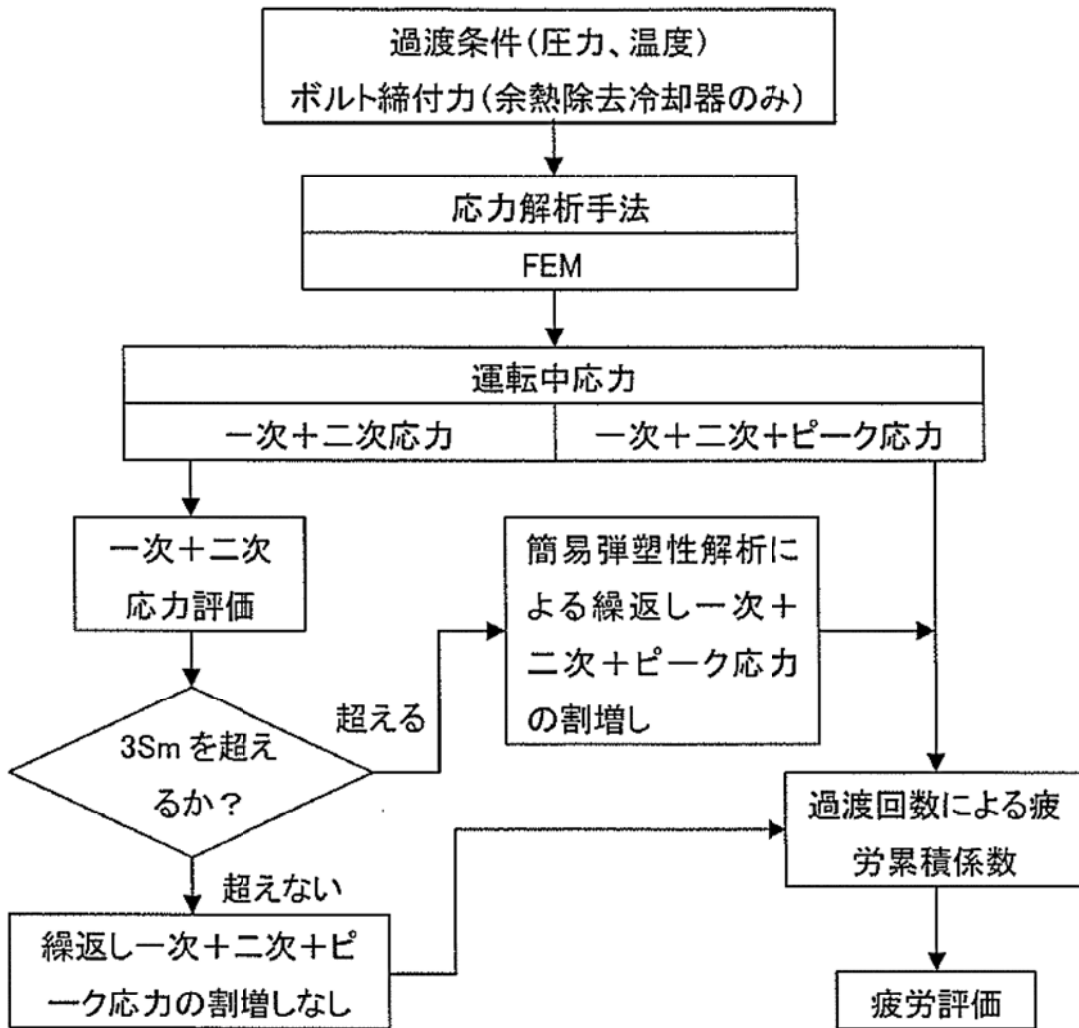
注) 1. ()はそれぞれの部位での最大値を示す。

→通常UF : 0.174

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

内は商業機密に属しますので公開できません

応力評価フロー



Ke係数と環境疲労パラメータ (再生クォーラ) (詳細評価手法)

過渡条件 記号	一次+二次+ ピーク応力強さ		割り増し 係数 KE	繰返しピーク 応力強さ		高過渡 回数 n	許容繰返し 回数 n2	疲労累積係数 U	環境疲労 補正係数 fan	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uan
	smax	sain		補正前 sall	補正後 sall'					
A										
B										

合計: 0.22156
 →環境UF: 0.222

合計: 0.17367
 →通常UF: 0.174

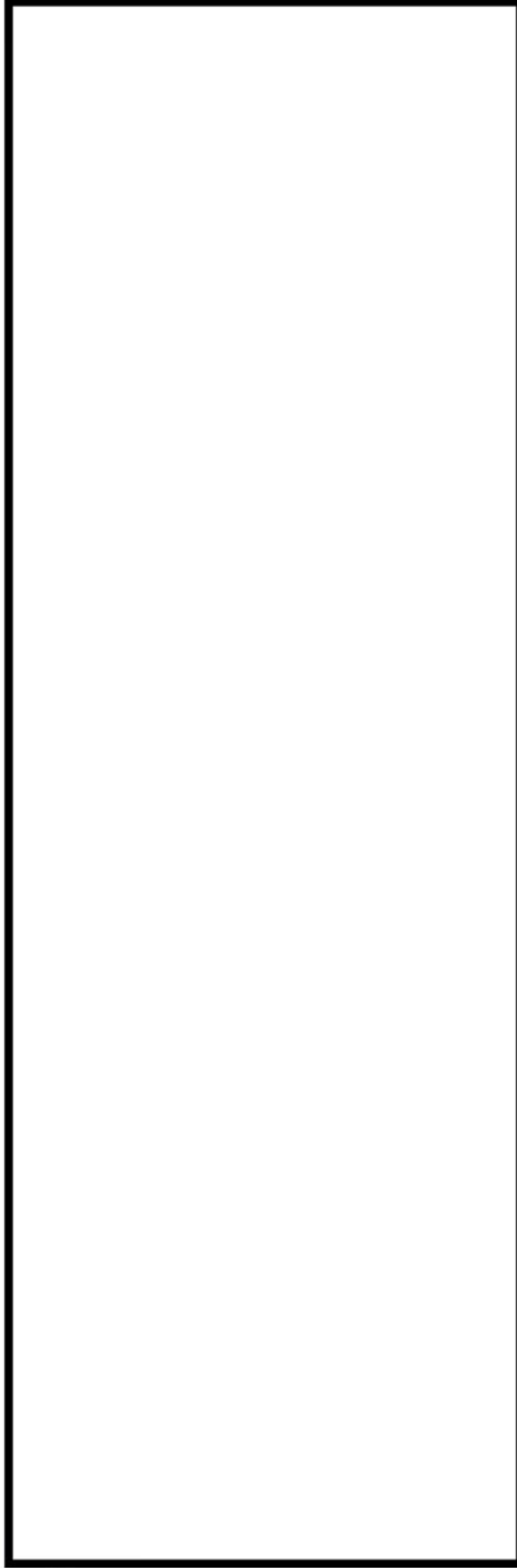
内は商業機密に属しますので公開できません

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

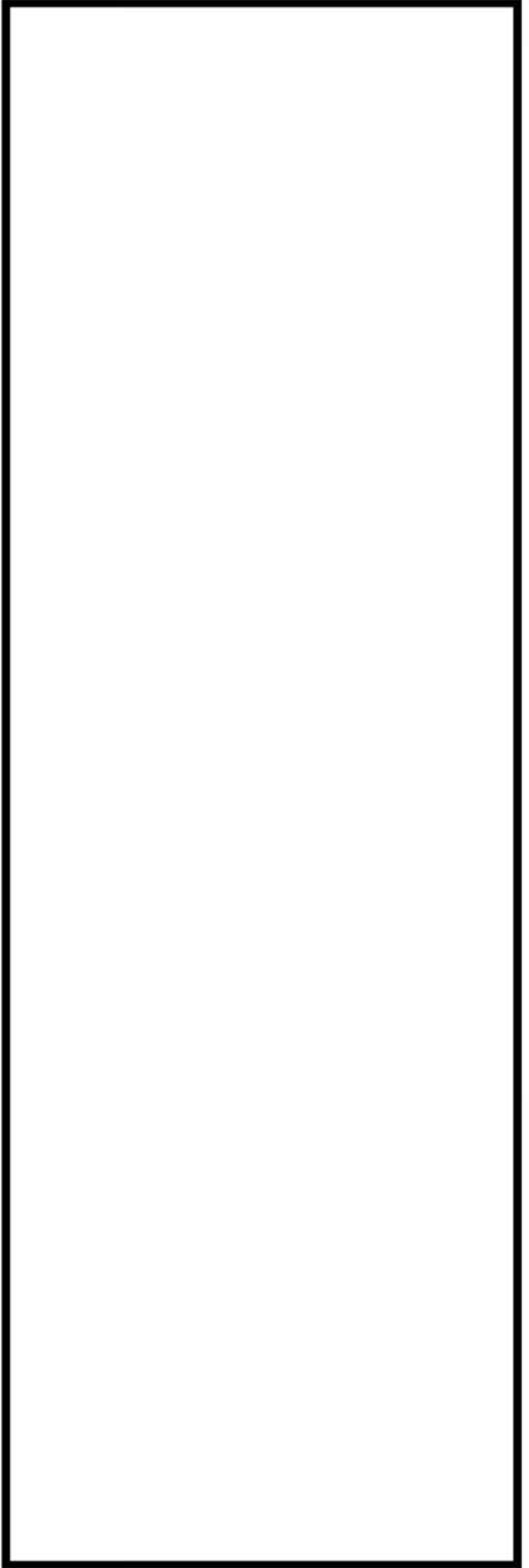
環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

(1) 再生クローラ

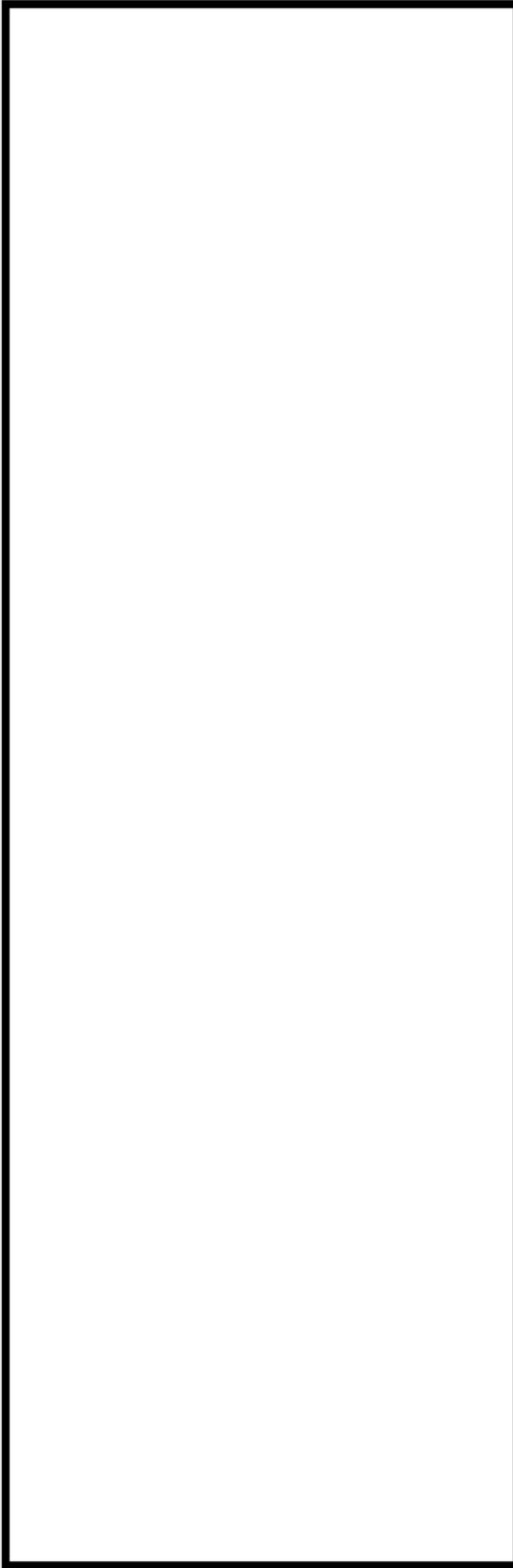
a. 過渡1H1,1F2



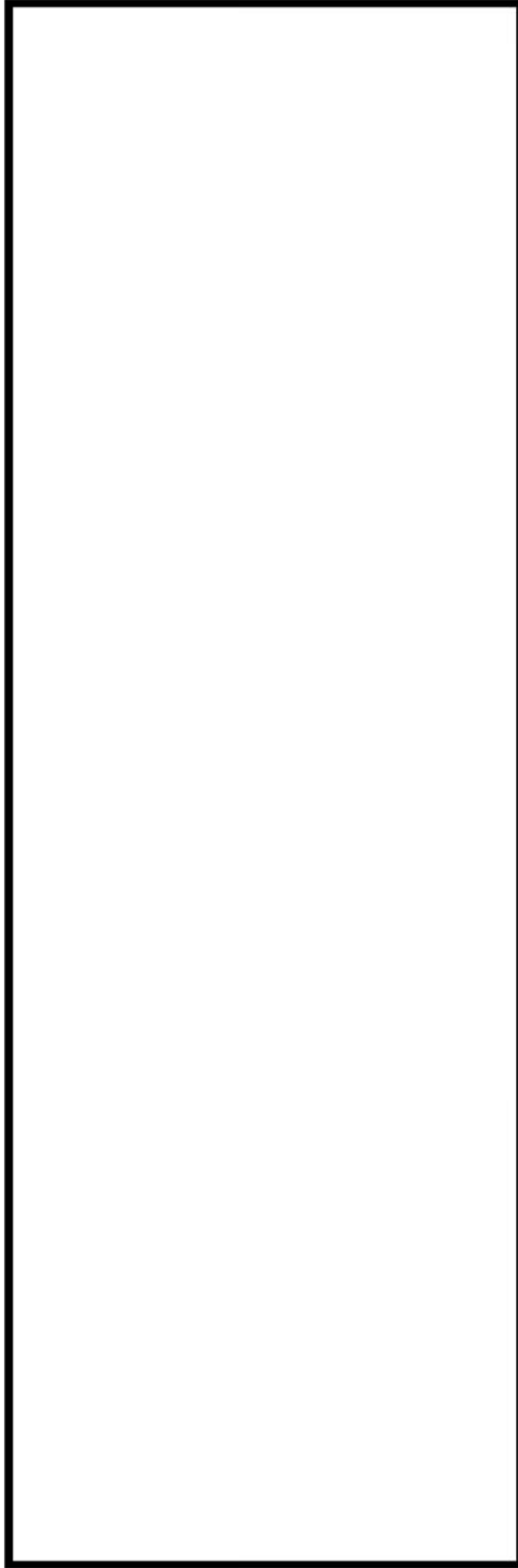
b. 過渡1I1,1G1



c. 過渡NSS,1G1



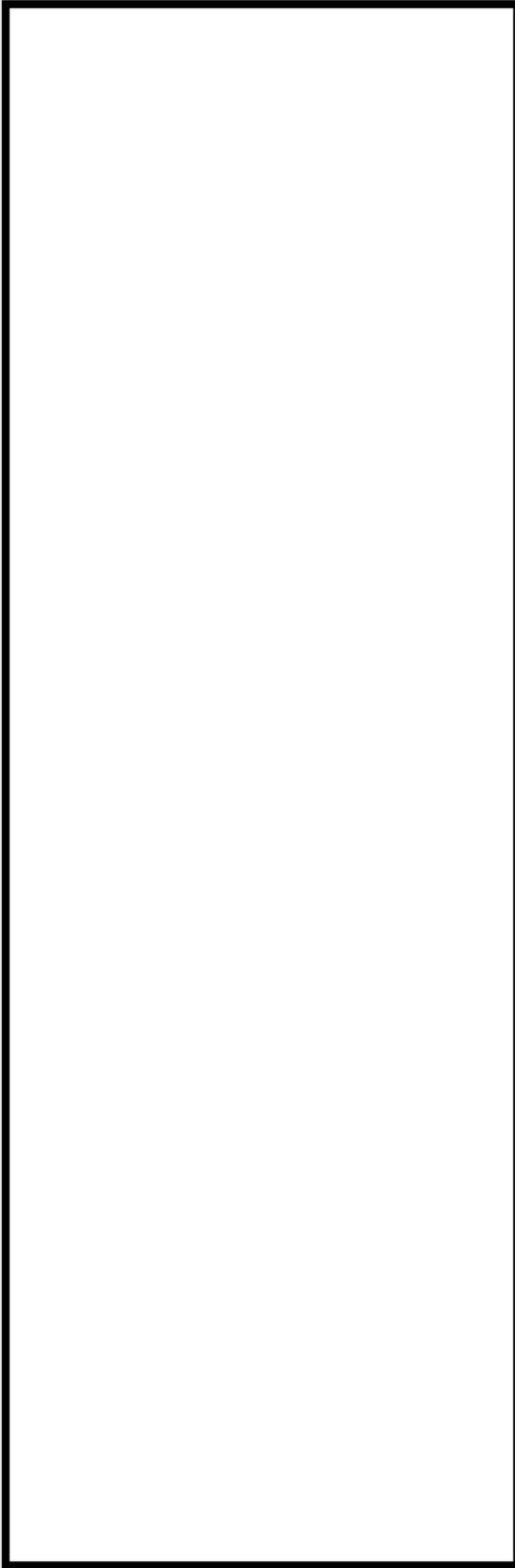
d. 過渡NSS,1D2



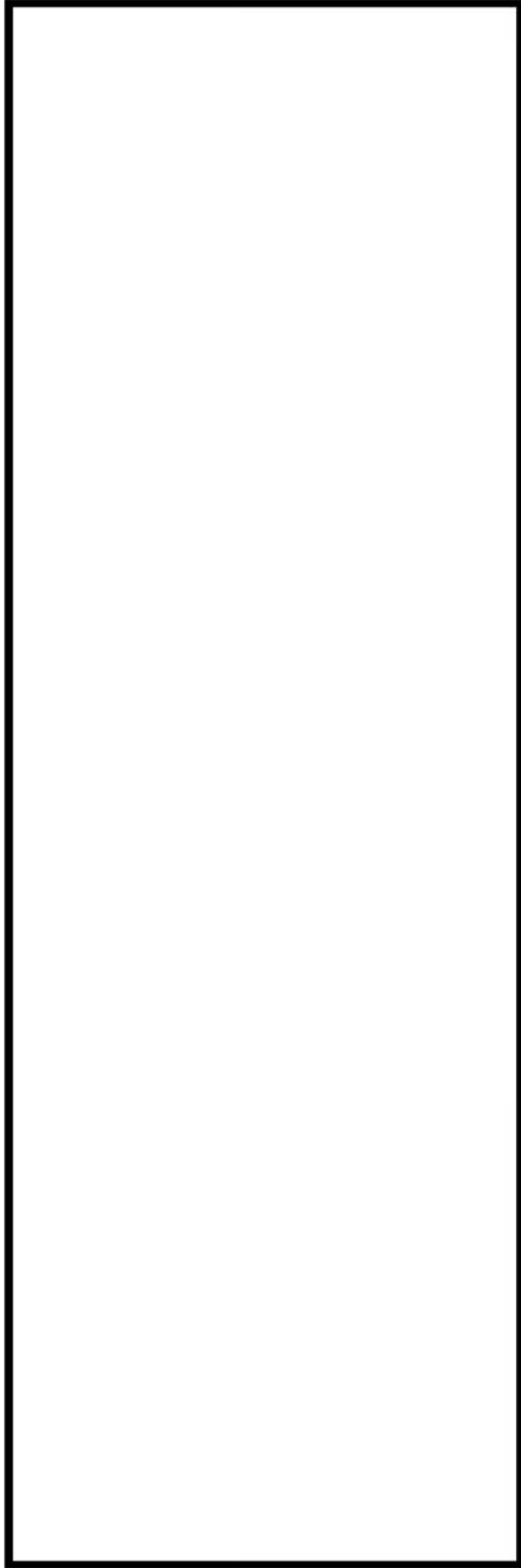
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡NSS,1E1



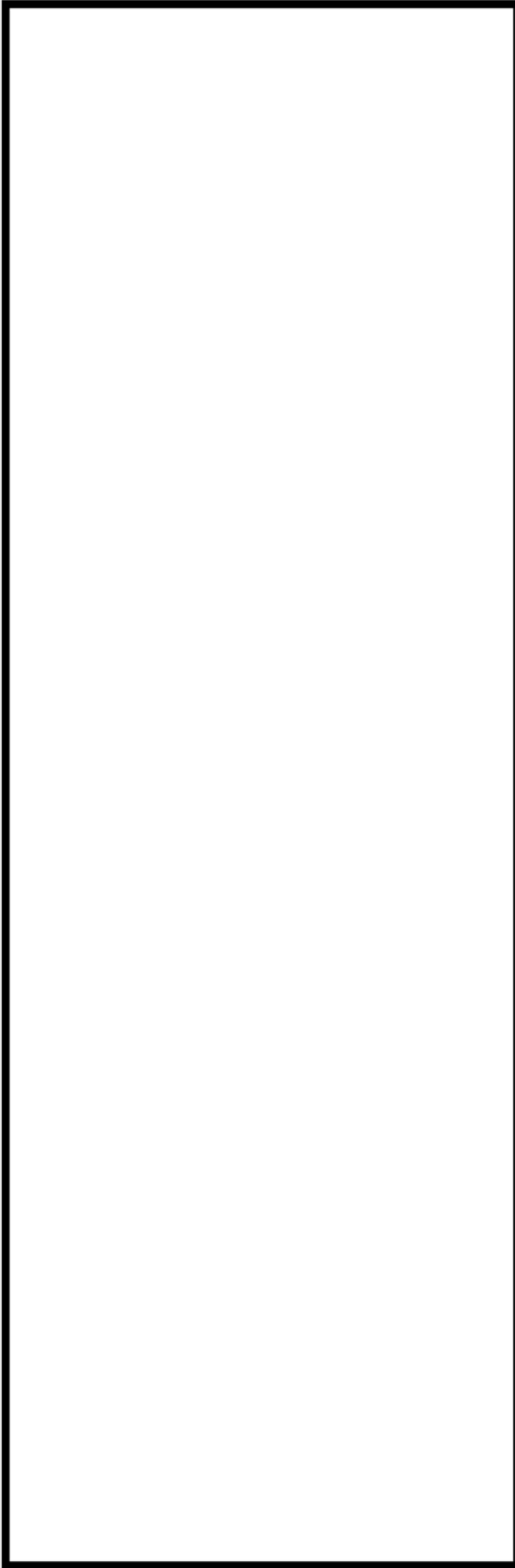
f. 過渡NSS,1H1



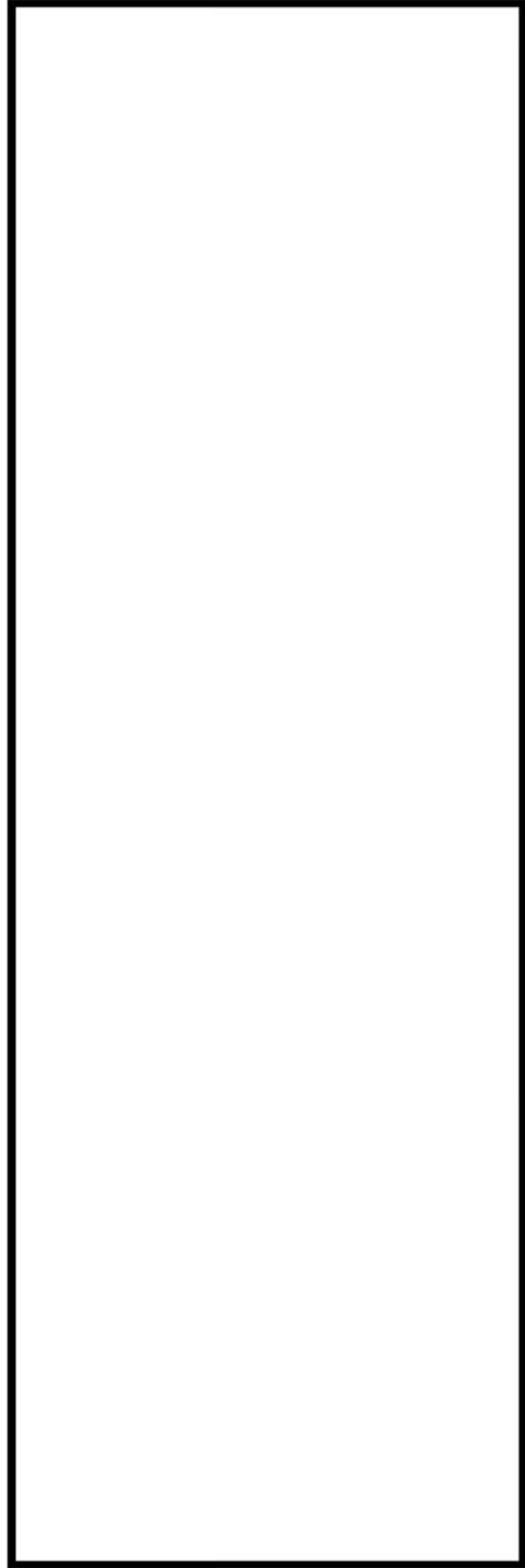
内は商業機密に属しますので公開できません



g. 過渡NSS,1A2



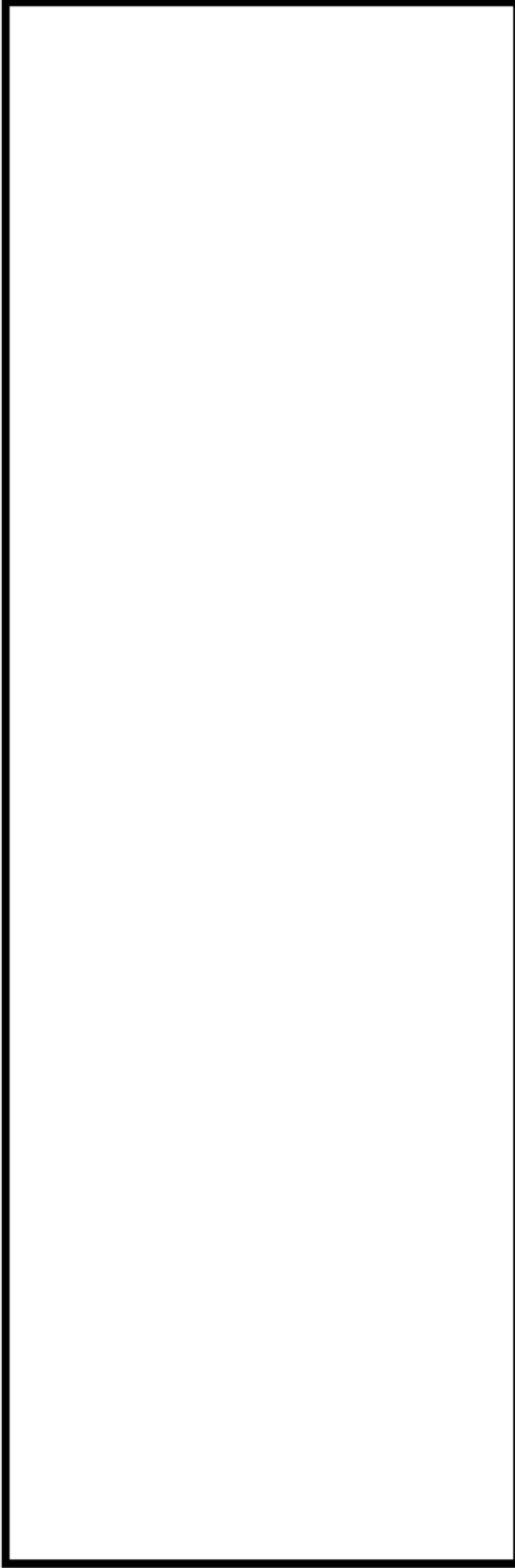
h. 過渡NSS,1B2



内は商業機密に属しますので公開できません

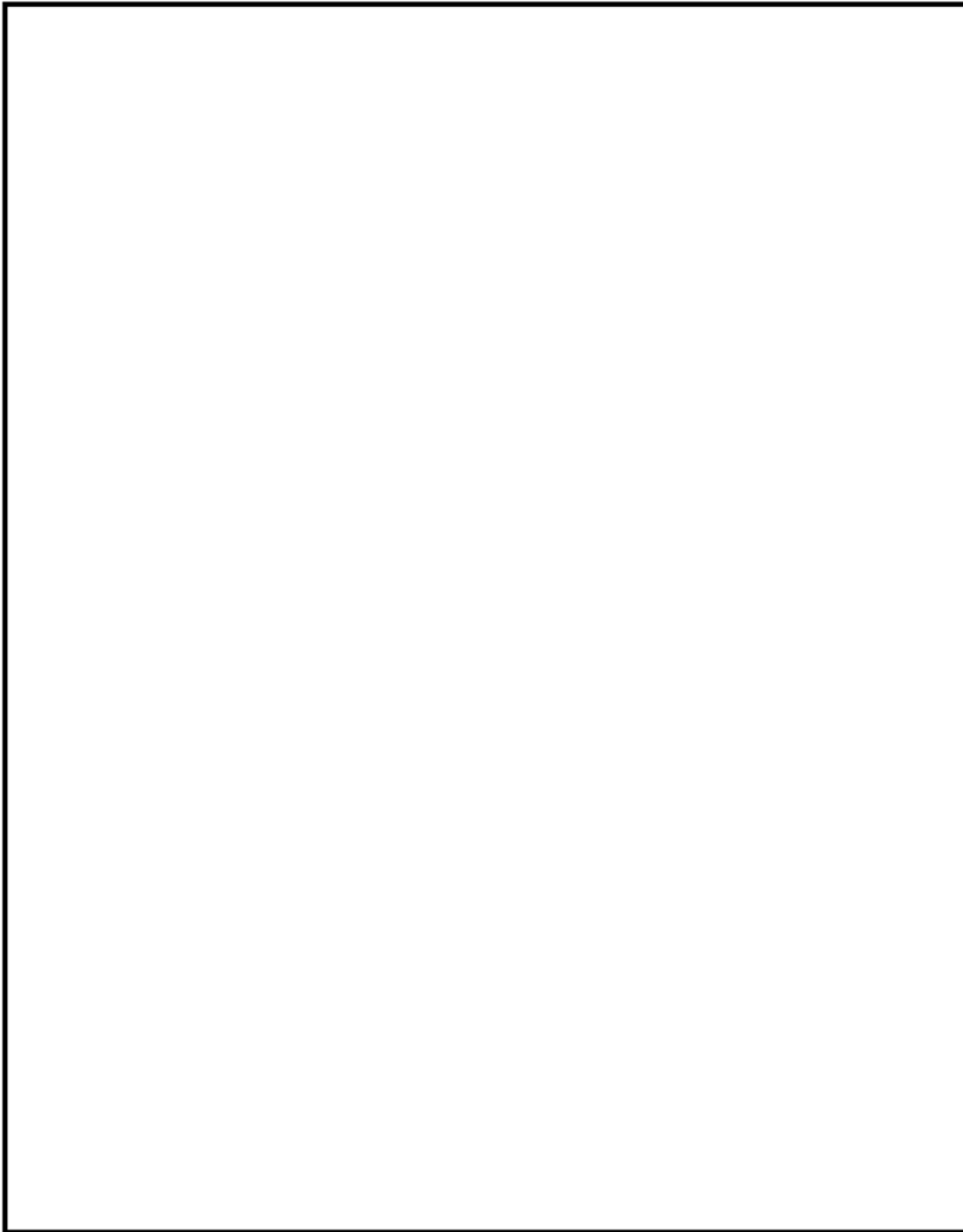


i. 過渡NSS,1C2



内は商業機密に属しますので公開できません





余熱除去クーラ 解析モデルおよび評価点

解析モデルは、上記のように中心軸対称として作成している。管側水室の温度条件は1次冷却水の入口側と出口側で異なるが、入口条件、出口条件それぞれの過渡を入力して評価している。また、管側の入口側と出口側の温度差による影響は、より温度差の大きい胴側（原子炉補機冷却水）と管側入口側の温度差を考慮した評価により確認されている。水室の仕切板、伝熱管はモデルに考慮していないが、仕切板は管板と溶接されていないことから、管板の変形に有意な影響はないと考えている。伝熱管は考慮しない方が管板の剛性が低くなり、保守的な評価になると考えている。

内は商業機密に属しますので公開できません

余熱除去クーラ 最大疲労評価点の選定

(MPa (疲れ評価を除く))

評価点			一次+二次応力強さ	疲れ累積係数	
管板部	1	入口			
		出口			
	2	入口			
		出口			
	3	入口			
		出口			
	4	入口			
		出口			
	5	入口			(0.04896)
		出口			
一般部	6	入口			
		出口			
	7	入口			
		出口			
	8	入口			
		出口			
	9	入口			
		出口			
	10	入口			
		出口			
	11	入口			
		出口			
	12	入口			
		出口			
13	入口				
	出口				
14	入口				
	出口				

注) 1. ()はそれぞれの部位での最大値を示す。

→通常UF : 0.049

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

内は商業機密に属しますので公開できません

Ke係数と環境疲労パラメータ (余熱除去クロー) (詳細評価手法)

過渡条件 記号	一次+二次+ ブロック応力強さ		割増し 係数 RC	繰返しブロック 応力強さ		異過渡 回数 n	許容繰返し 回数 n*	疲労累積係数 u	環境効果 補正係数 fen	環境効果を考慮した 疲労累積係数 uen
	smax	sain		補正前 sall	補正後 sall					
A										
B										
合計: 0.04896										
→通常UF: 0.049										
合計: 0.06001										
→環境UF: 0.069										

内は商業機密に属しますので公開できません

環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

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

余熱除去クォーラ

a. 過渡1C1,NSS

--

b. 過渡1A1,NSS

--

内は商業機密に属しますので公開できません



伝熱管最外周部の穴周りの応力算出法

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

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

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

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

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

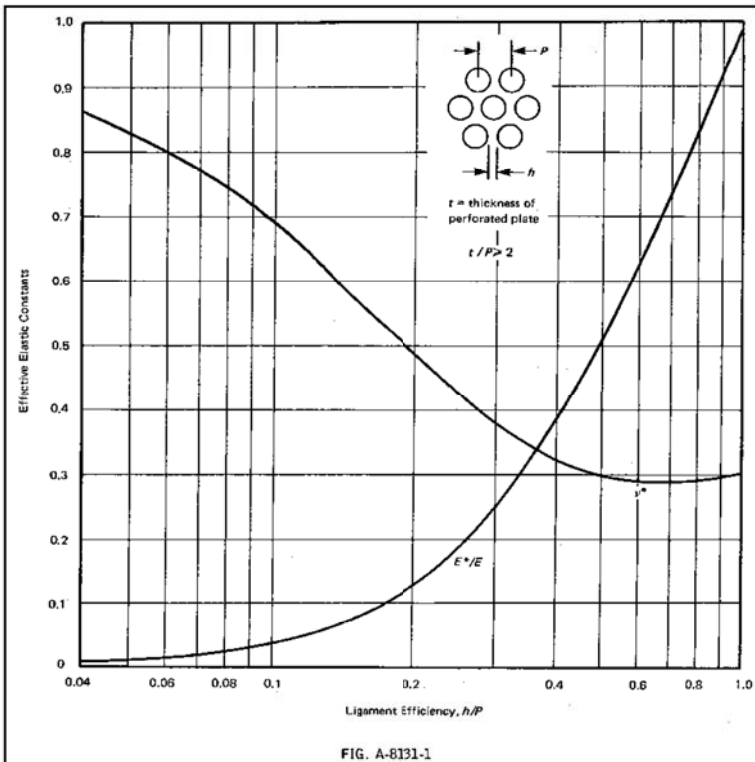


図1 等価縦弾性係数と等価ポアソン比

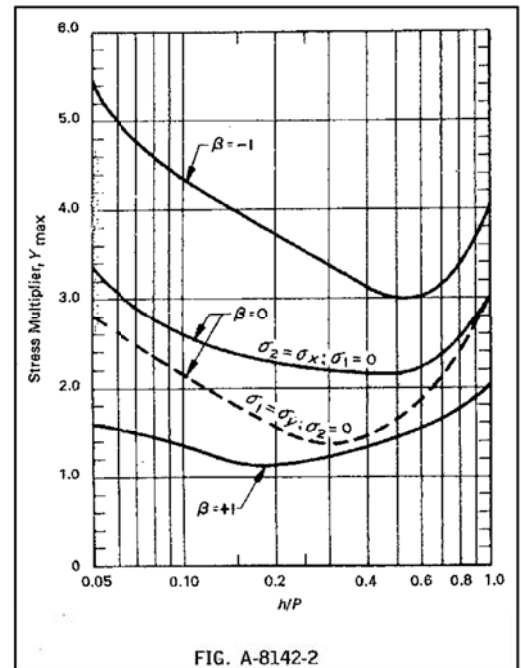


図2 応力指数

表 1 等価縦弾性係数E*と縦弾性係数Eの比、及び等価ポアソン比ν*

		h [mm]	p [mm]	η = h/p	E*/E	ν*
高浜1号機	再生クーラ	[REDACTED]				
	余熱除去クーラ					

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

□ 内は商業機密に属しますので公開できません

No.	高浜1-低サイクル疲労-14 rev1			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 1003 1122">Sm (MPa)</th> <th data-bbox="1003 1025 1358 1122">使用箇所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" data-bbox="416 1122 1003 1200" rowspan="3" style="background-color: #cccccc;"></td> <td data-bbox="1003 1122 1358 1200">ホットレグ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 1200 1358 1272">クロスオーバレグ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 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 (°C)	Sm (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。

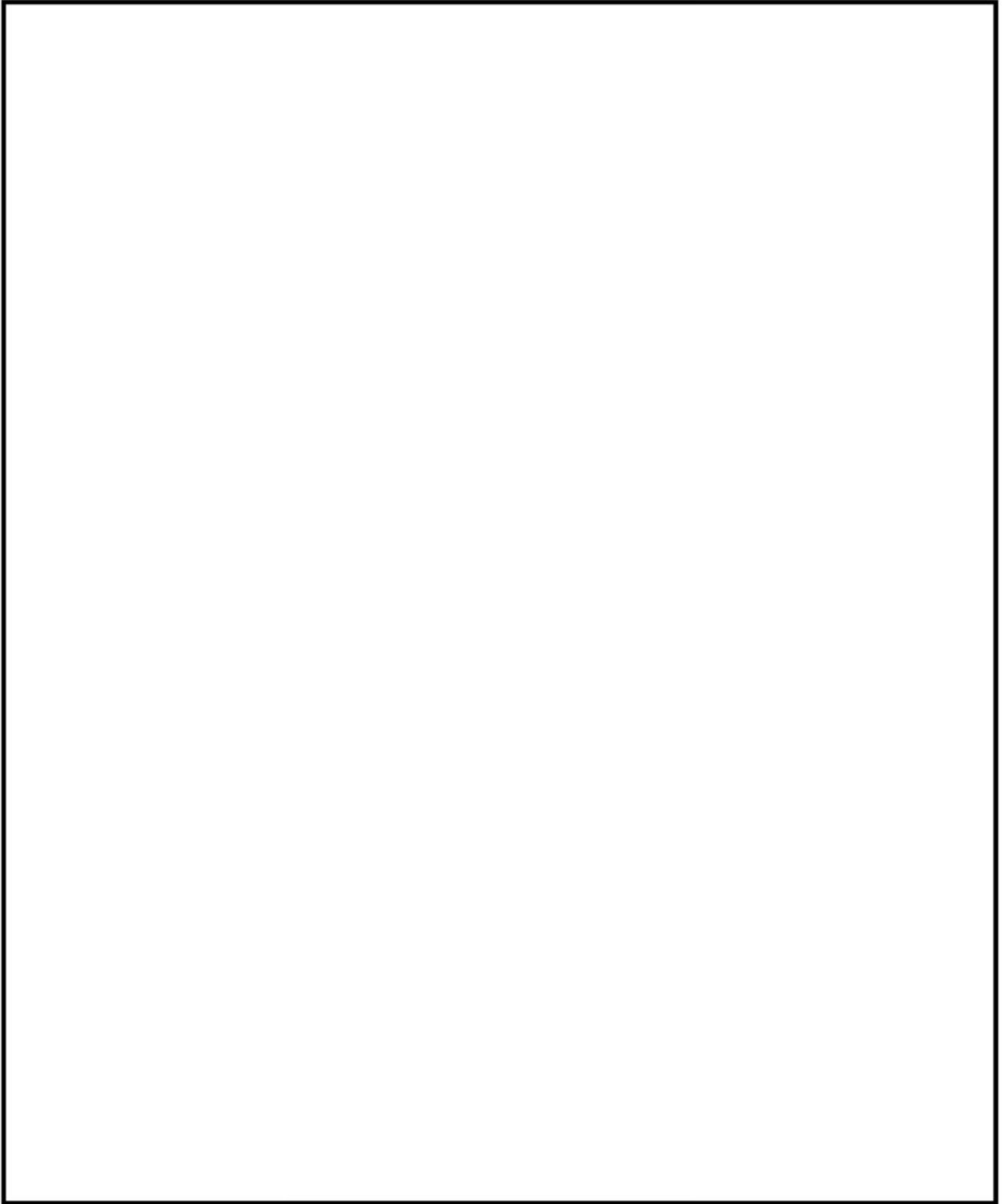
状態	荷重の組み合わせ
供用状態A、B	圧力+機械的荷重+自重+熱膨張荷重+熱過渡

5. Ke係数

評価に用いたKe係数を添付8に示します。

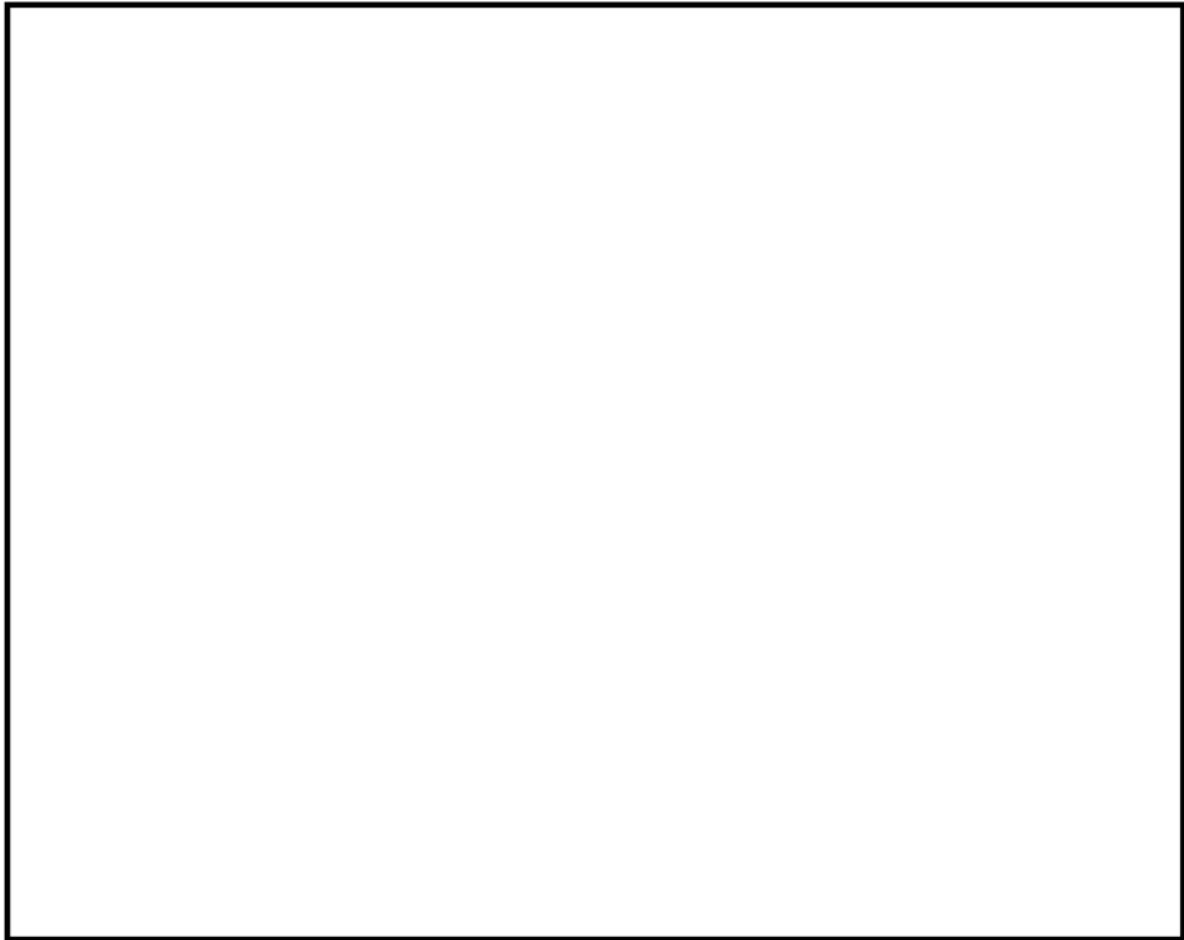
6. 環境評価パラメータ

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

1 次冷却材管は上記のようにループ連成の多質点梁モデルで解析を行っています。多質点梁モデルによる解析の妥当性については、手計算との比較や、PWR 1 次冷却材管の耐震実証試験にて地震応力による各部位の応力実測値と解析結果とを比較し、解析結果が妥当な値となっていることを確認しています。耐震実証試験では地震加速度による配管が変形する応力を検証しており、地震によって各部位の様々な方向の変形が再現できていることから、配管の変形を生じる応力について包括的に検証できていると考えております。

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
ボットレグ	107									0.00027	1.0
	109										
	111										
	112										
	113										
	115										
	117										
クロスオーバーレグ	141									0.00027	1.0
	142										
	146										
	143										
	148										
	145										
147											
149											
151											
152											
153											

→通常 UF : 0.001

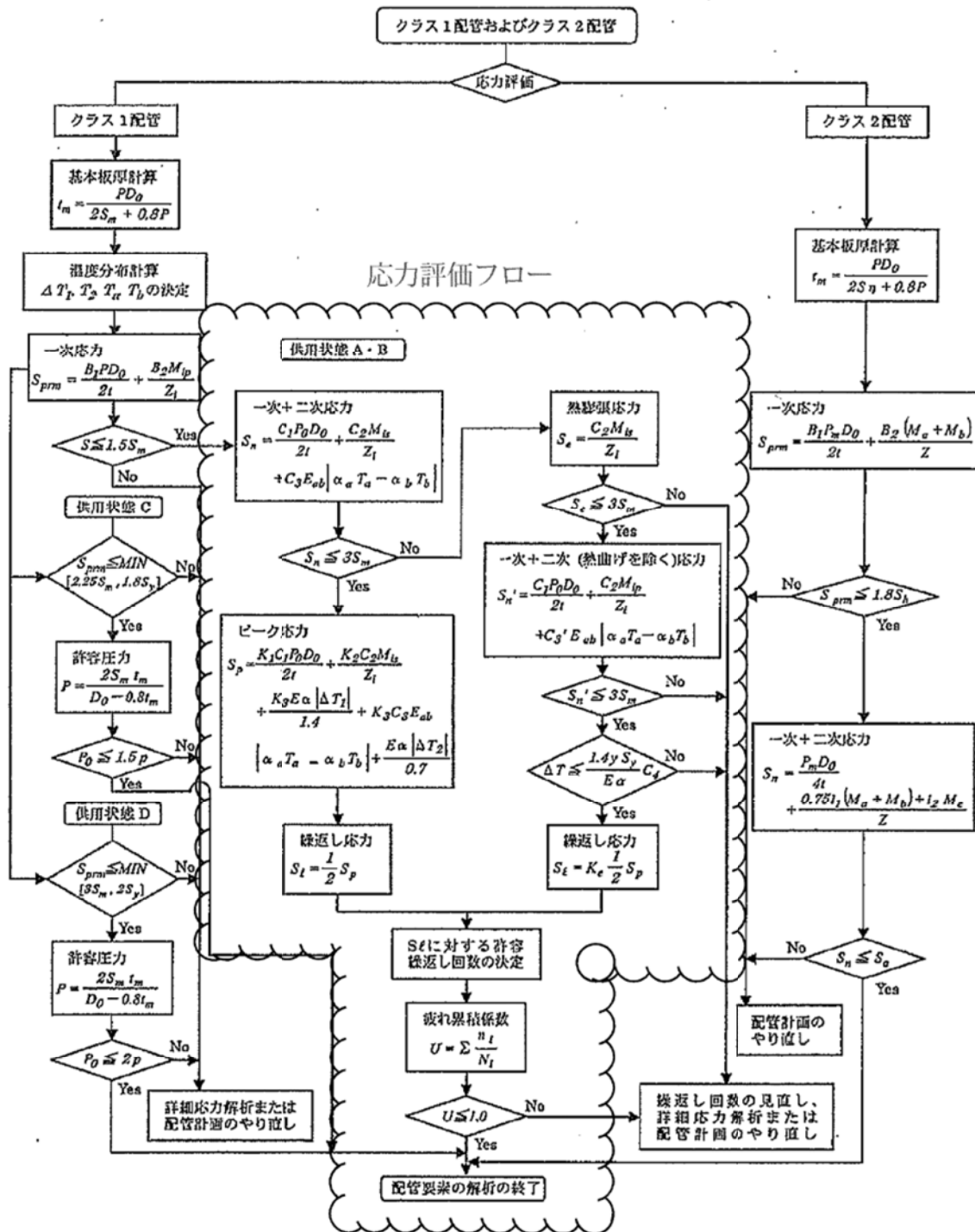
□内は商業機密に属しますので公開できません

第6-2表 疲労累積係数 (2/2)

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
155										1.0
157										
159										
160										
161										
163										
165										
167									0.00139	
181									0.00060	
183										
185										
186										
189										
191										
194										

→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'					

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

合計: 0.00058

(注) ひずみ振幅 $\leq 0.110\%$ (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	割増し 係数 KE	繰返しピーク 応力値		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≦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

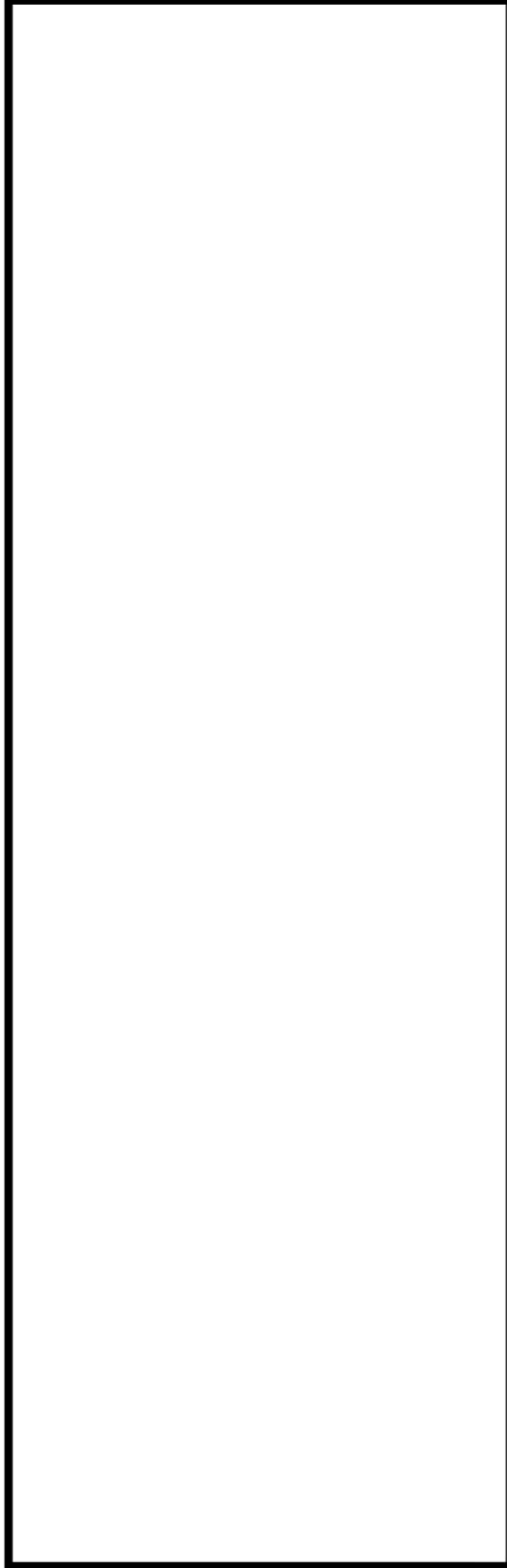
環境効果補正係数 (fen) の算出根拠

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

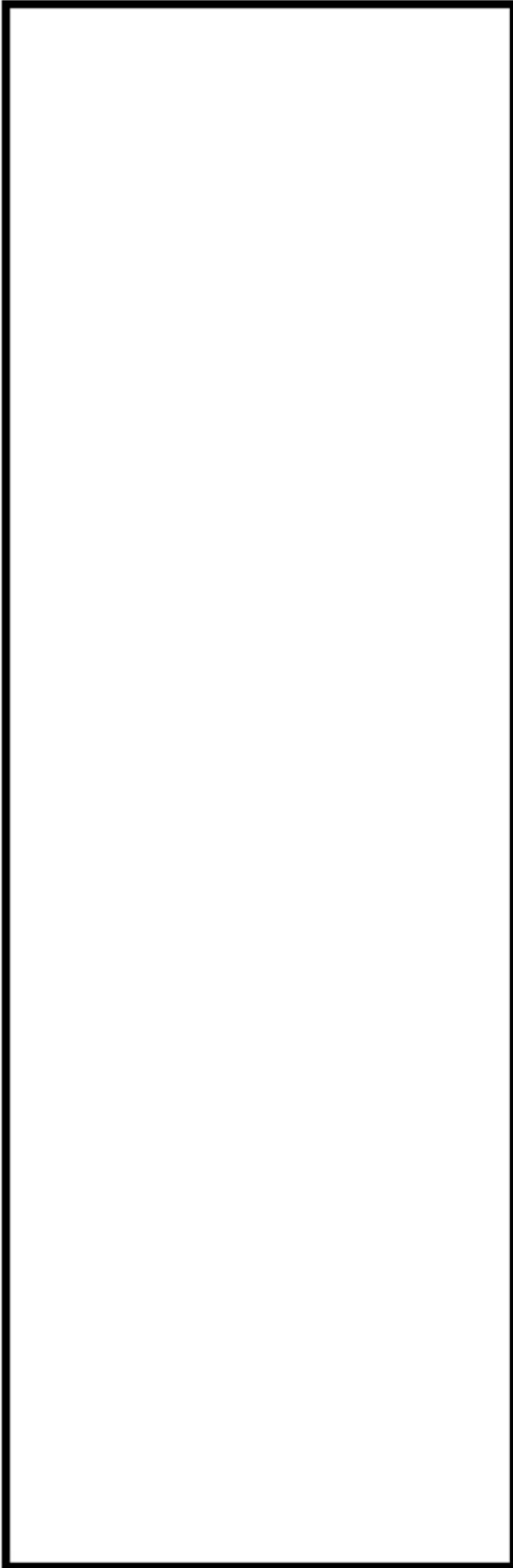
環境疲労評価手法 (JSME S NFI) の EF-20 における ΔT 項が支配的ではないため、EF-3222 により「起動」時の上昇過程に線形としたひずみ速度で評価。



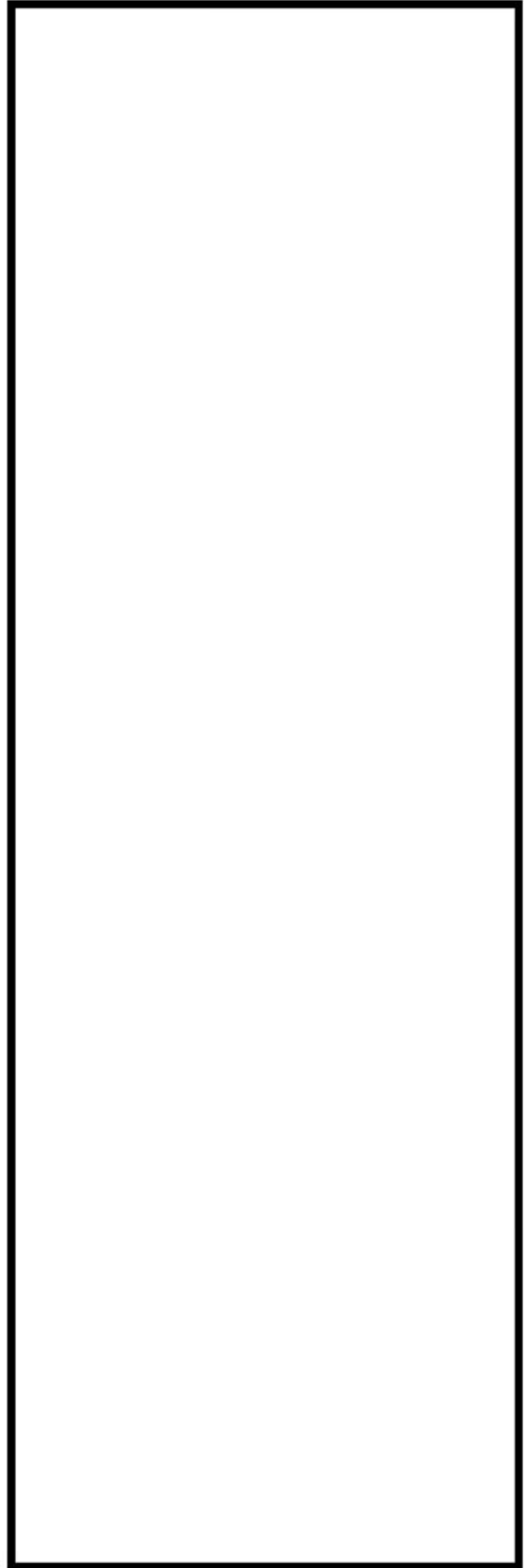
□内は商業機密に属しますので公開できません

(2) クロスオーバーレダ

a. 過渡 2J1,1B1



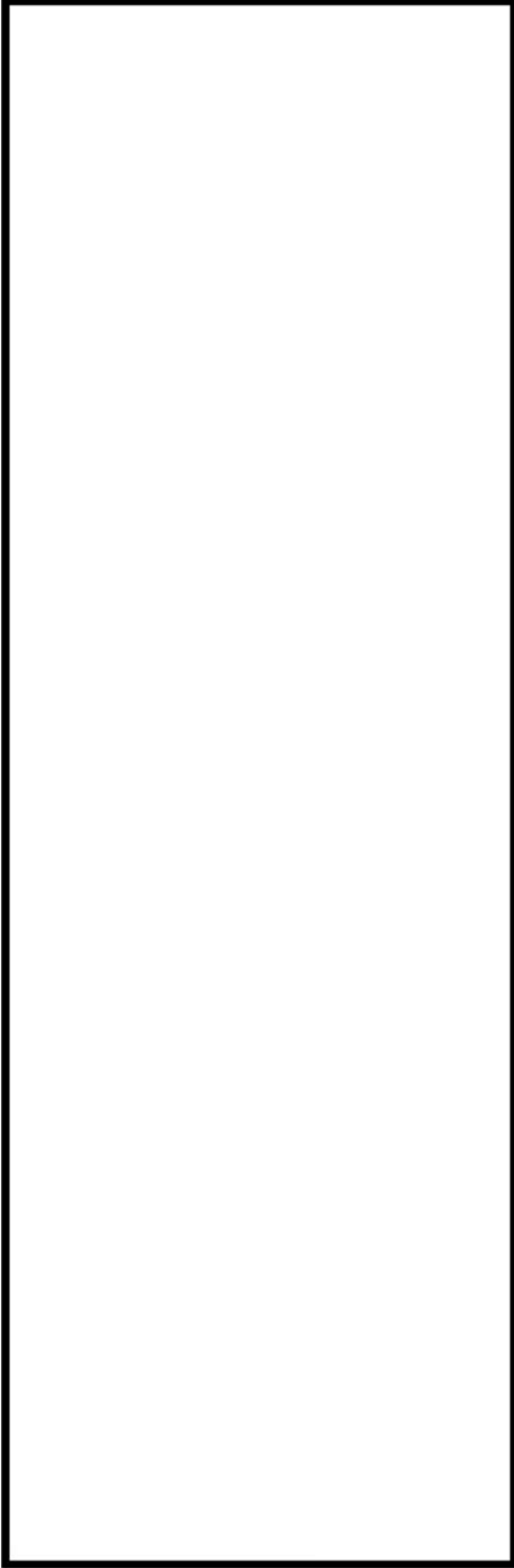
b. 過渡 2J1,2J2



内は商業機密に属しますので公開できません



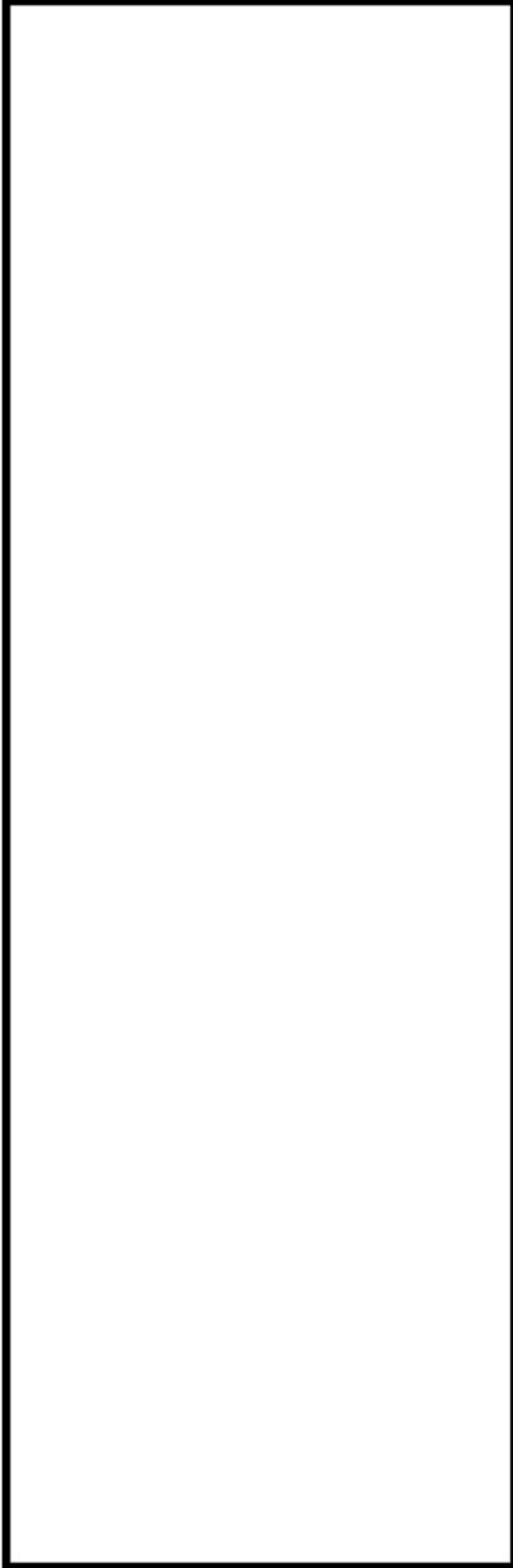
c. 過渡 1A1,2J2



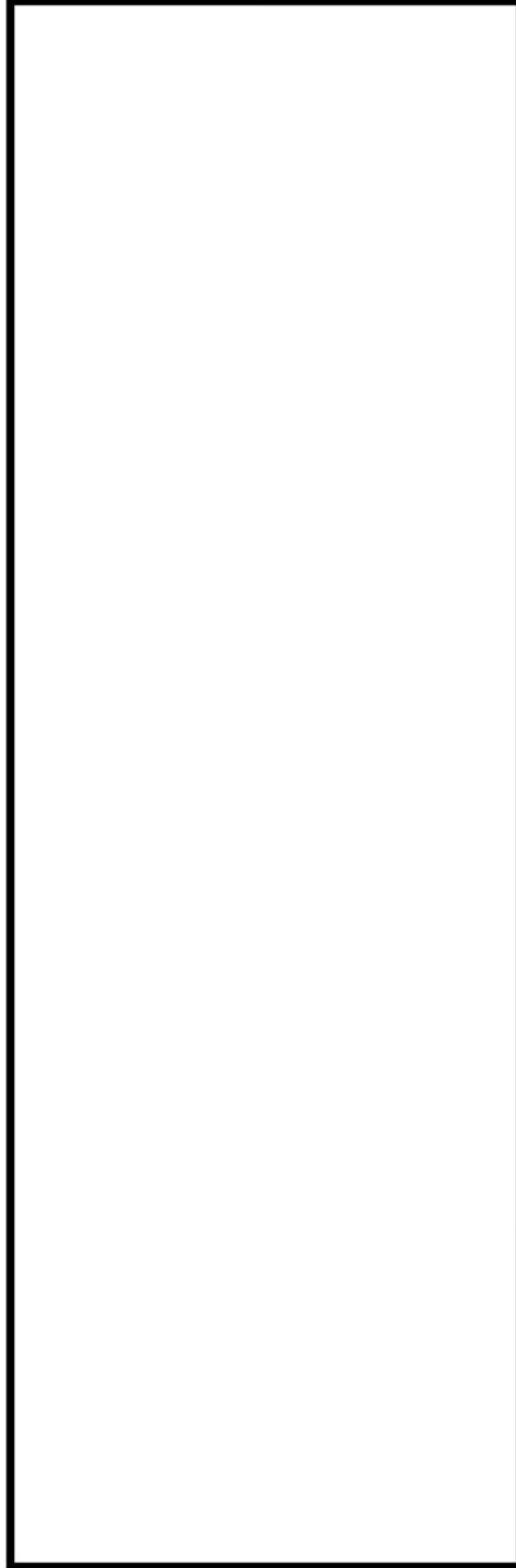
□内は商業機密に属しますので公開できません



(3) コールドレグ
a . 過渡 2J1,1B1



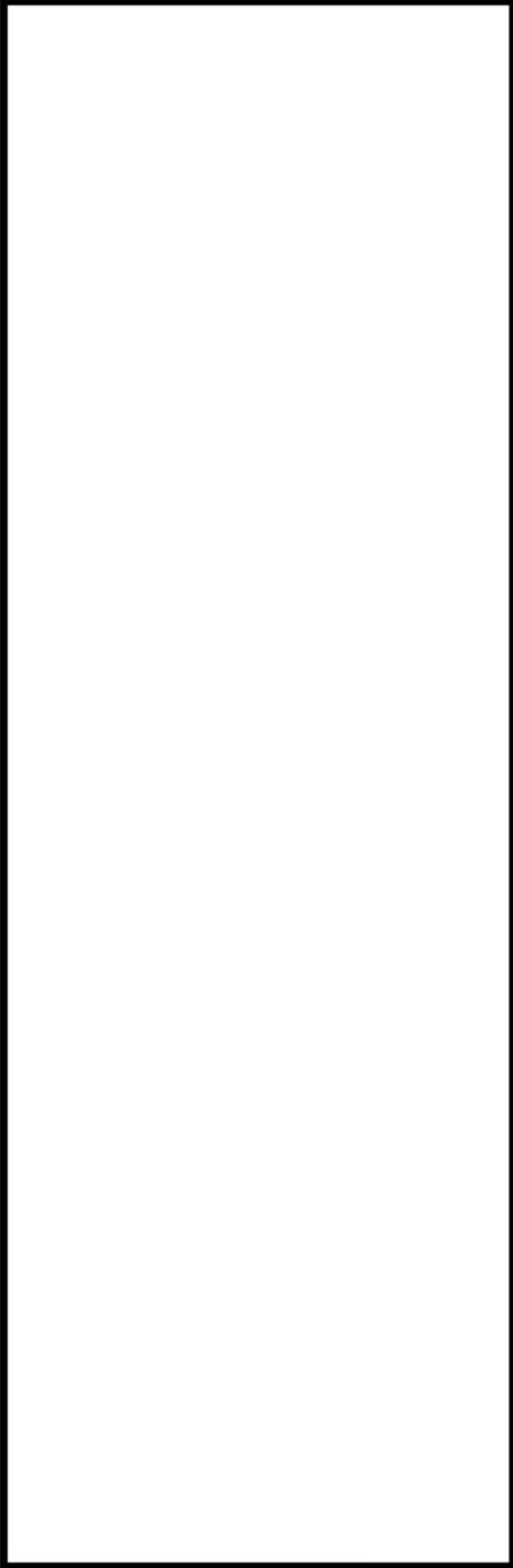
b . 過渡 2J1,2J2



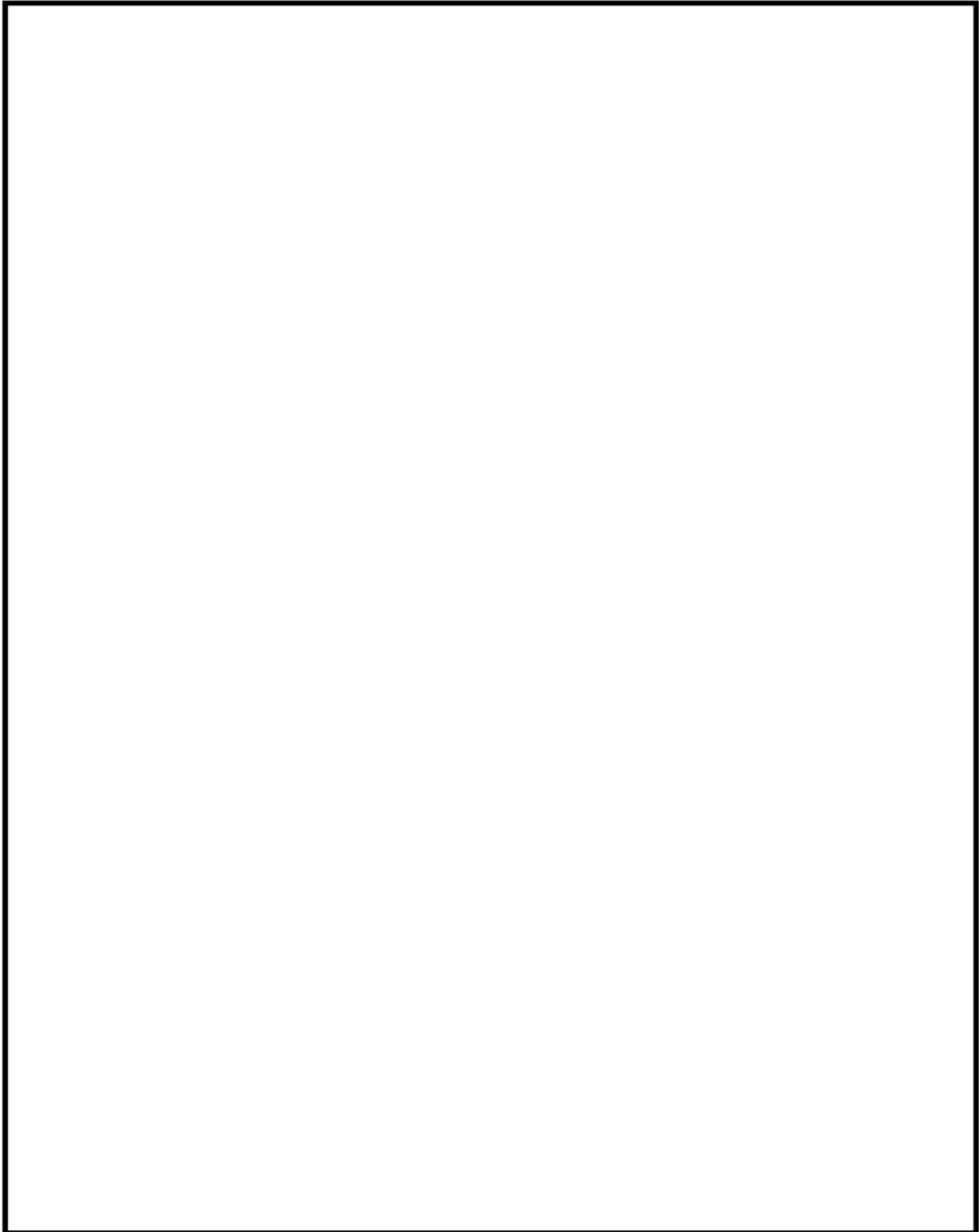
内は商業機密に属しますので公開できません



c. 過渡 1A1,2J2

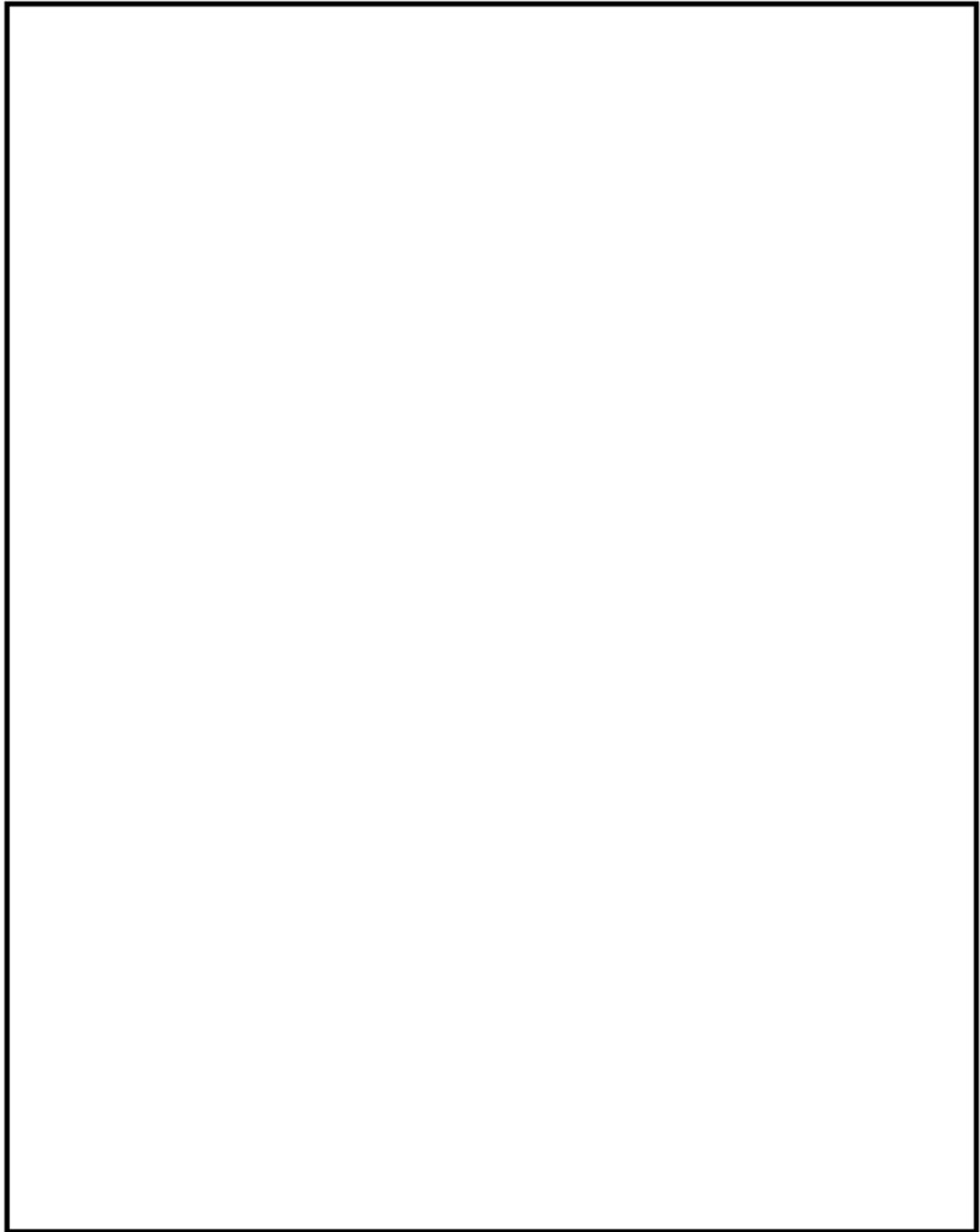


□ 内は商業機密に属しますので公開できません



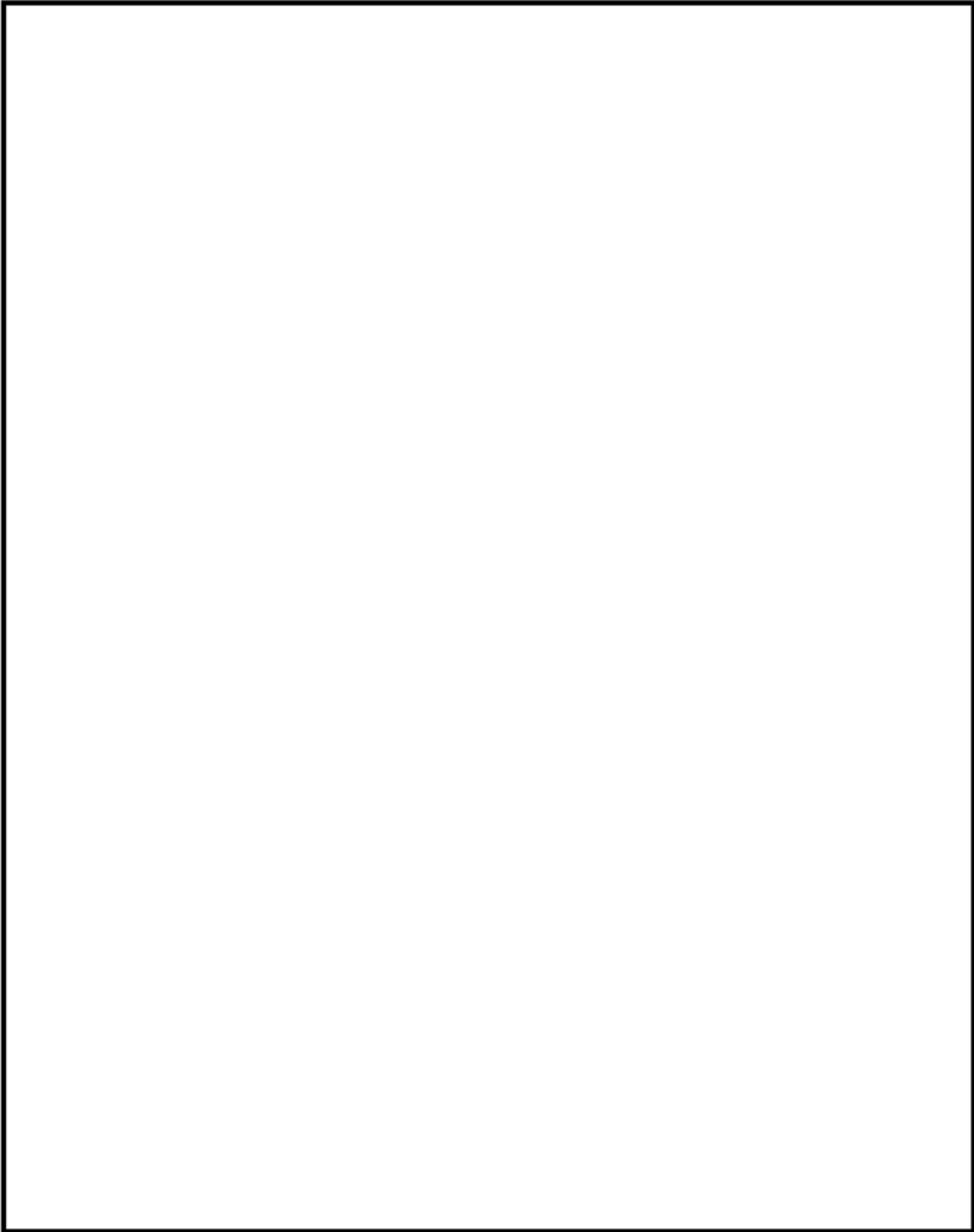
(1) 1次冷却材管（加圧器サージライン用管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



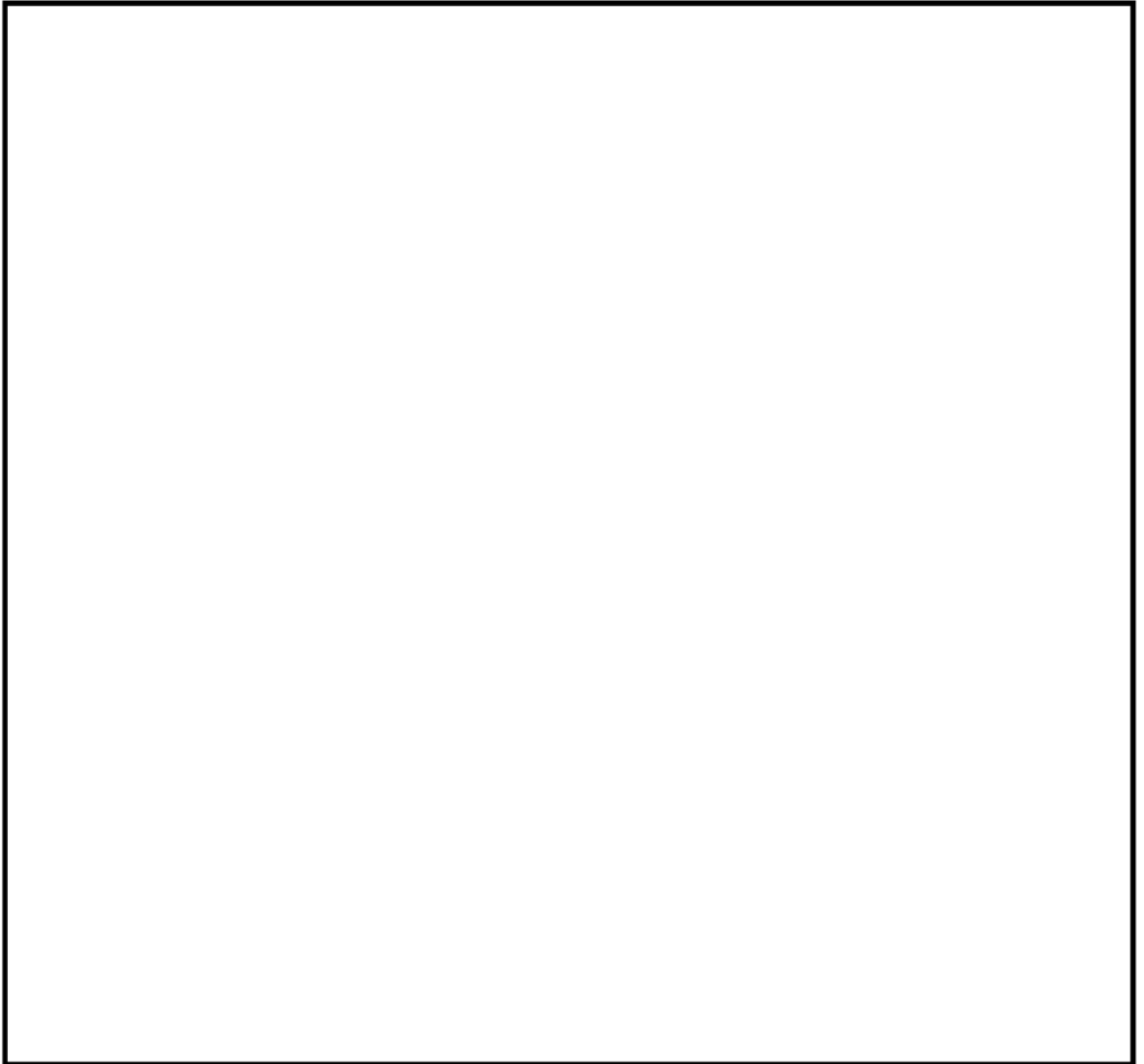
(2) 1次冷却材管（安全注入系ライン用管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



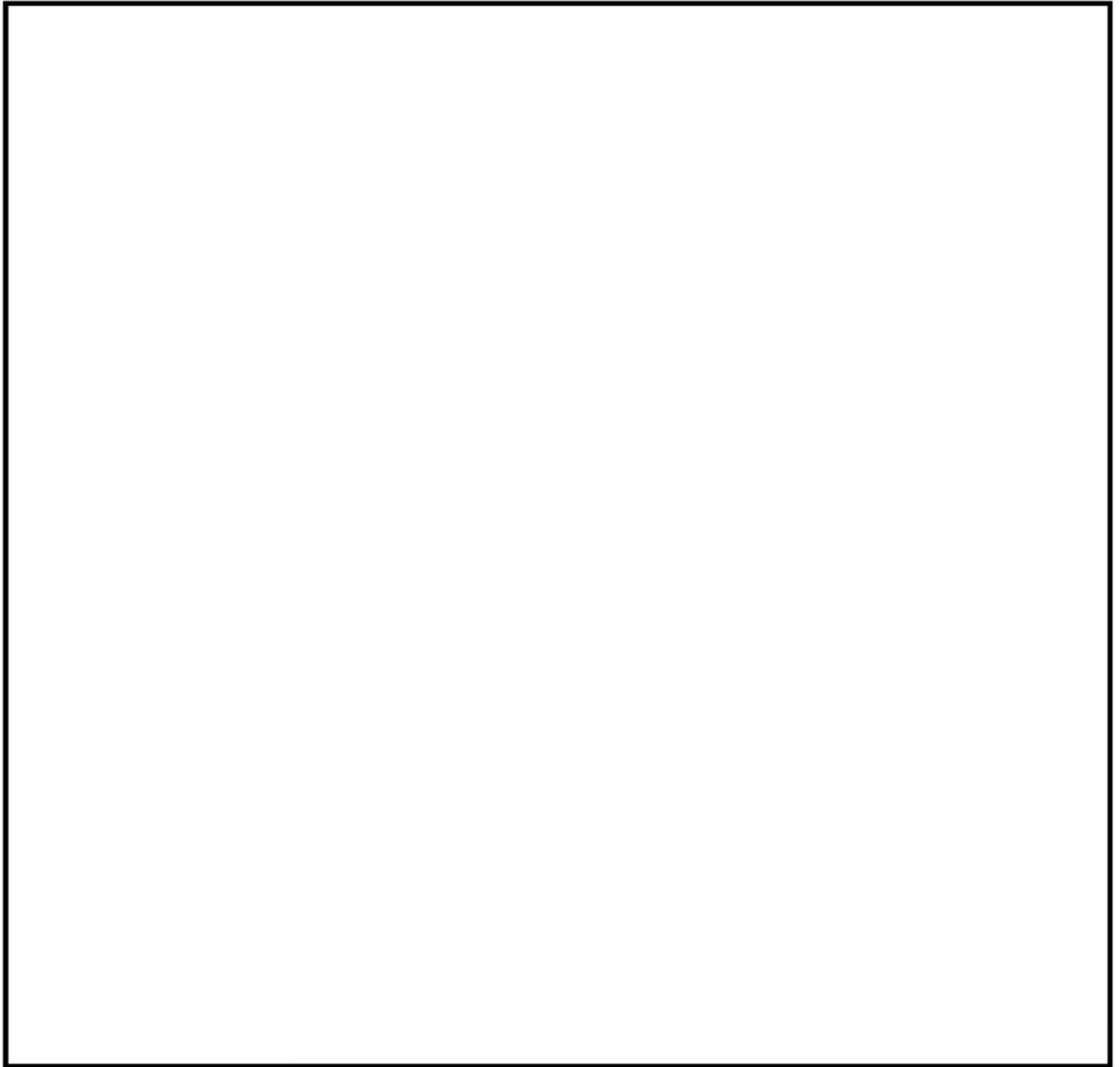
(3) 1次冷却材管（充てん管台） 解析モデル

内は商業機密に属しますので公開できません



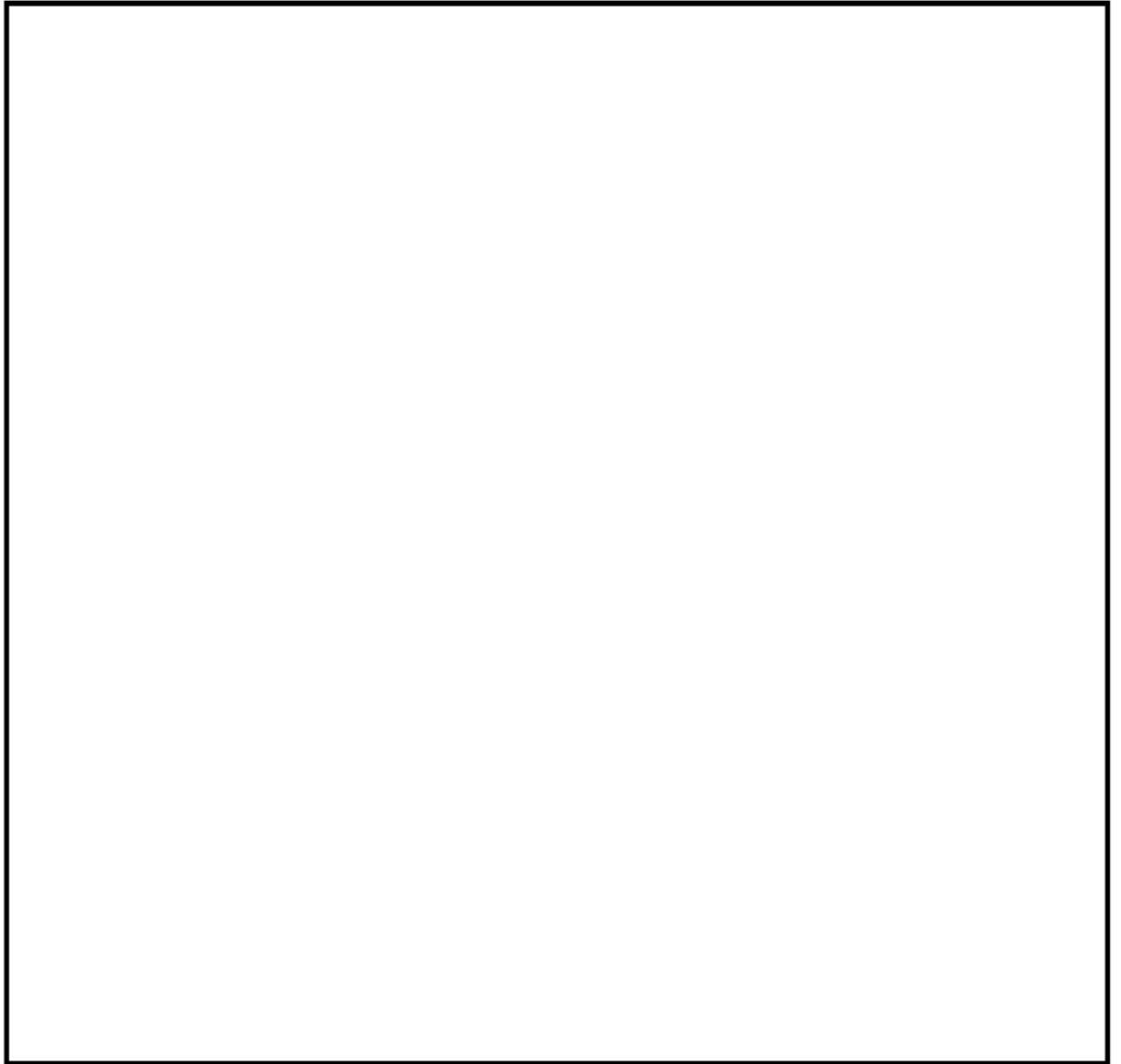
(1) 1次冷却材管（加圧器サージライン用管台） 評価点

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

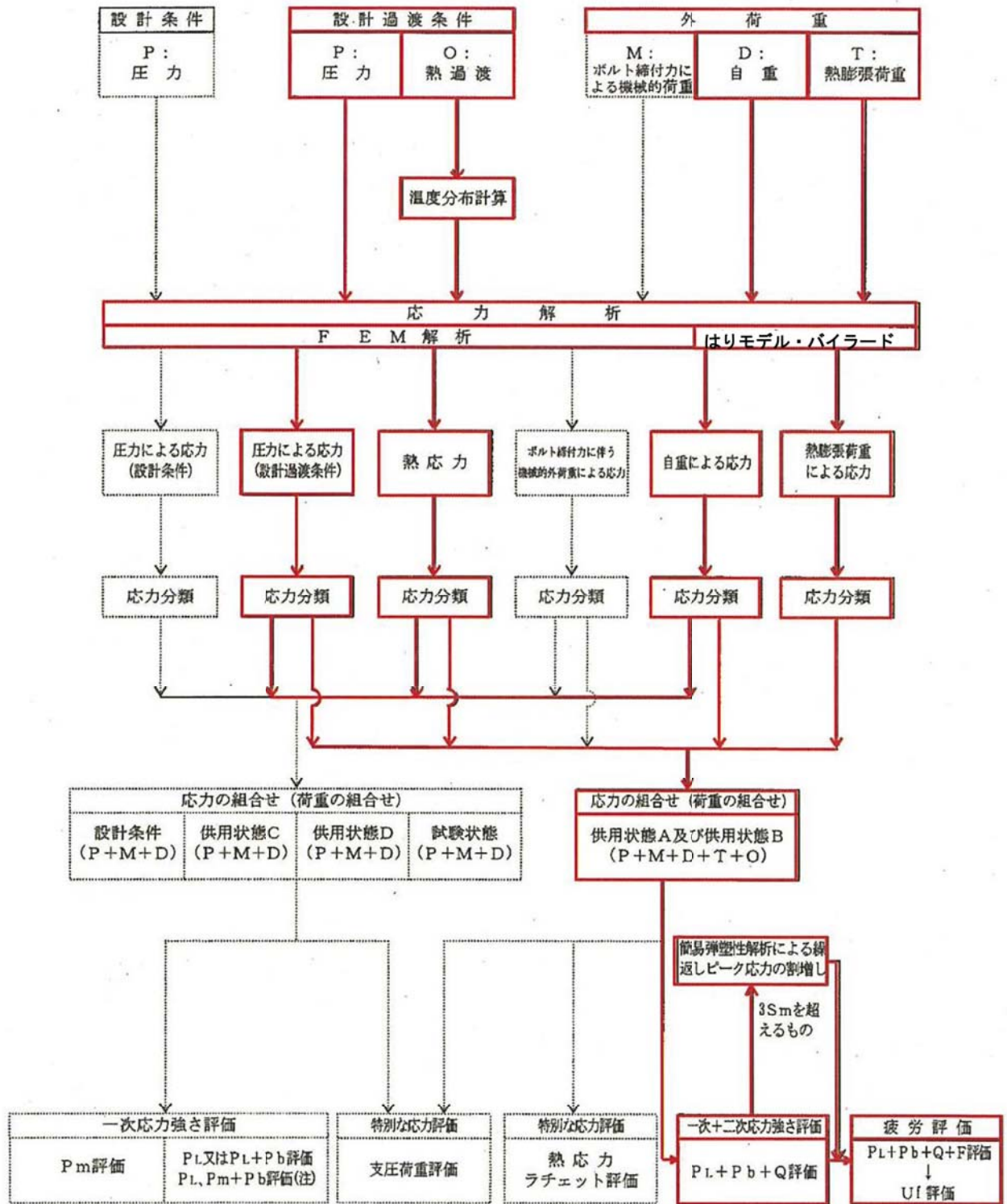
評価点	U(S12)	U(S23)	U(S31)

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	sigma		補正前 sall	補正後 sall'				
A	B		KE			n	n1	U	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		割増し 係数 KE	繰返しピーク 応力強さ		突過値 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	Smin		修正前 S _{all}	修正後 S _{all'}				
A	B		KE			0	10	1.0	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

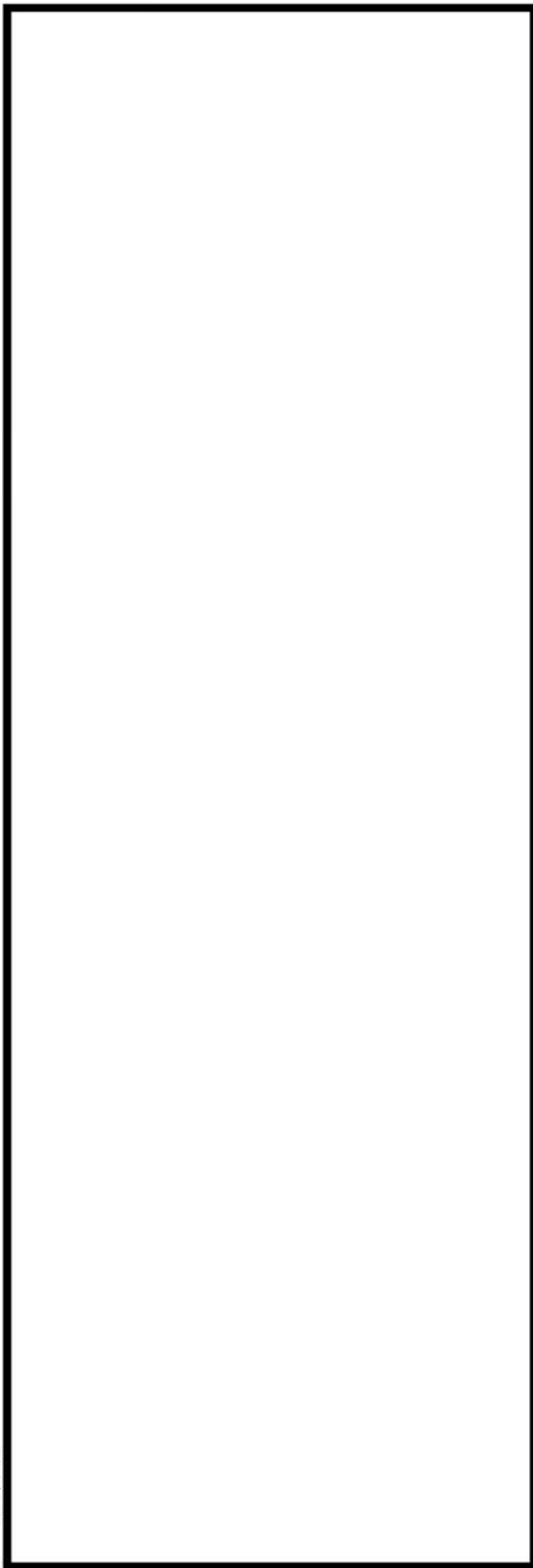
内は商業機密に属しますので公開できません

→環境 UF : 0.033

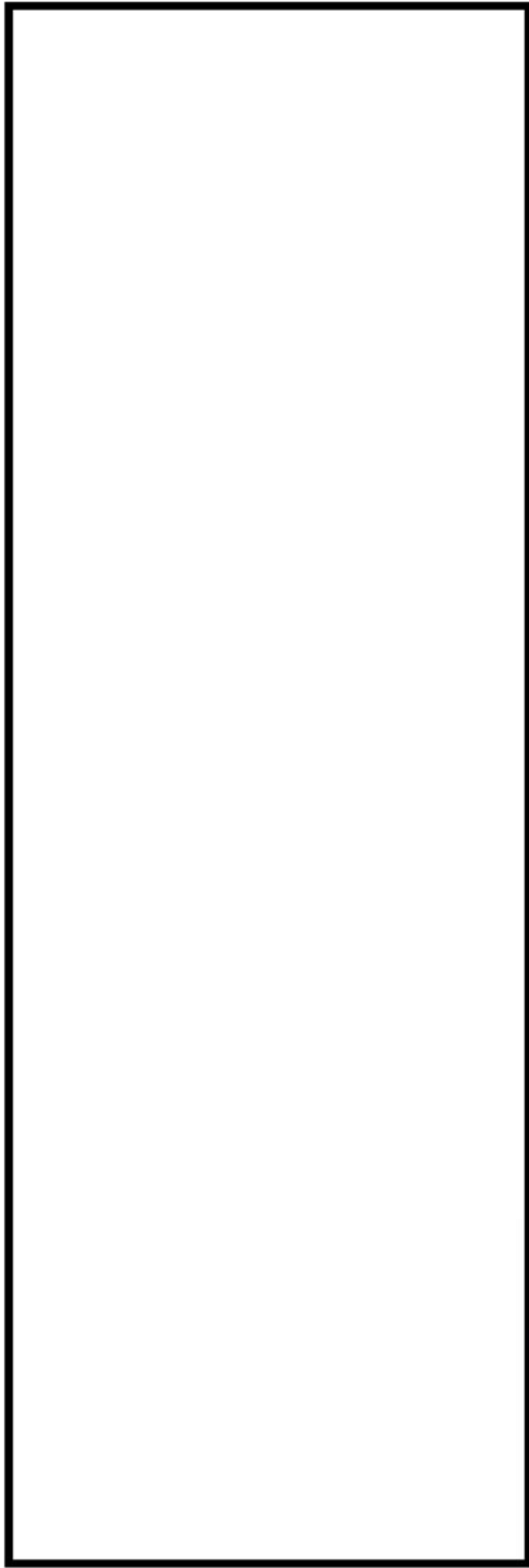
環境補正係数については、各過渡の温度、ひずみ履歴より値を読み取り、環境疲労評価手法に従って算出している。以下に環境補正係数が1を超える過渡の温度、ひずみ履歴を示す。

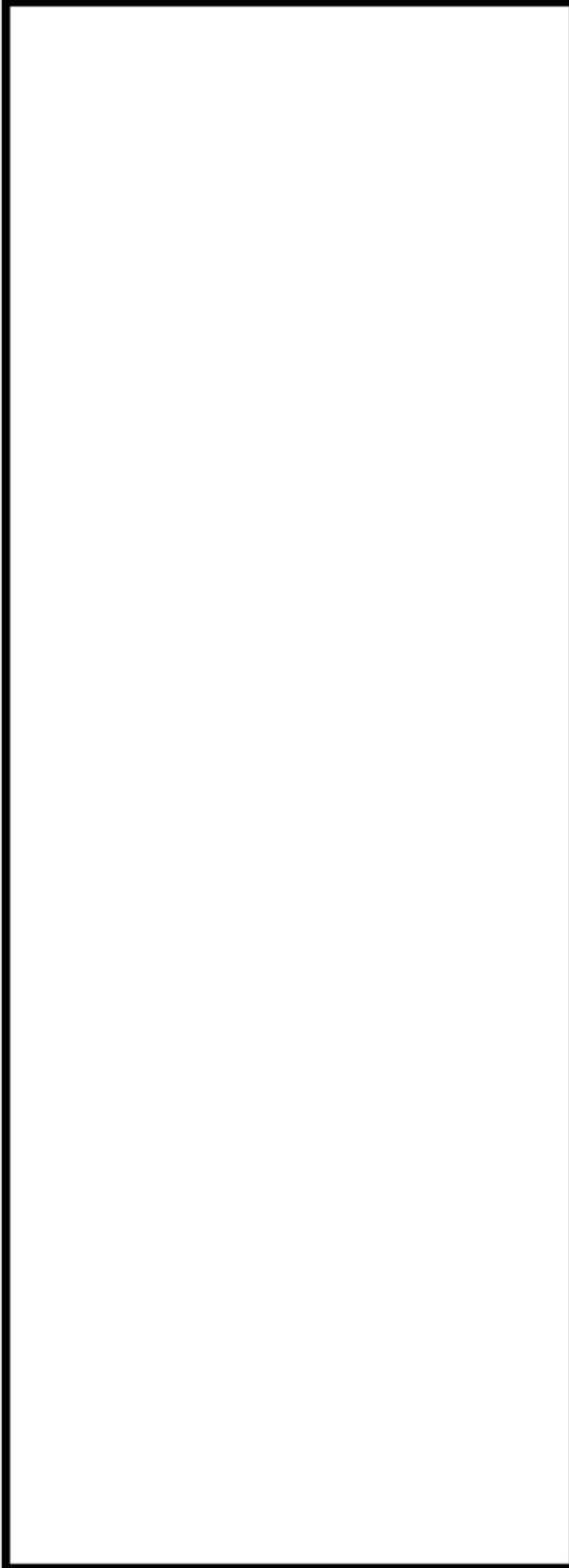
(1) 加圧サージライン用管台

a. 過渡 1A2,NSS

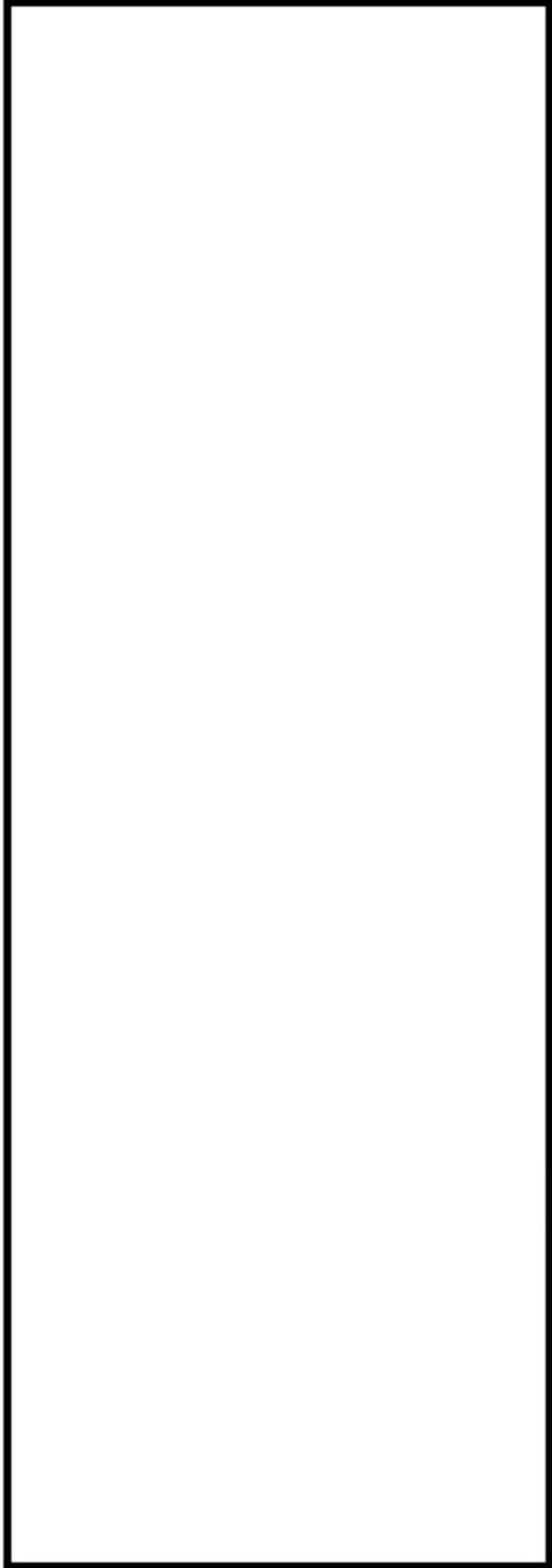


b. 過渡 1A2,2D5





c. 過渡 A2,1L1

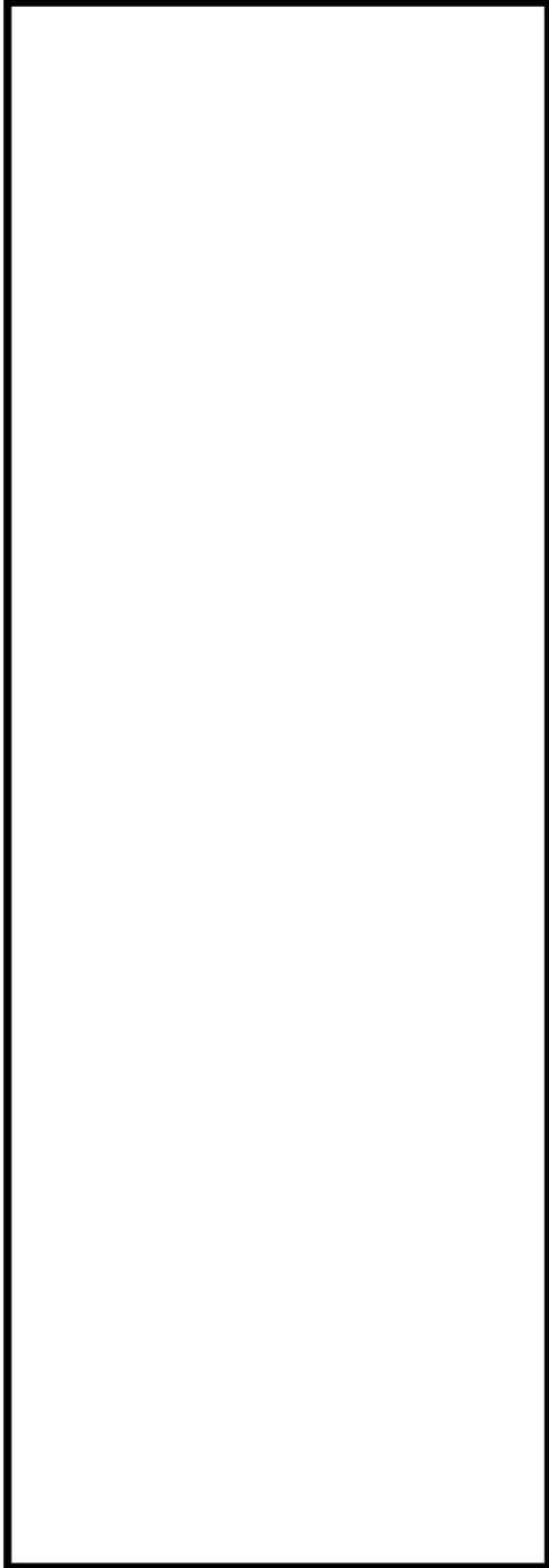


d. 過渡 1A2,1G1

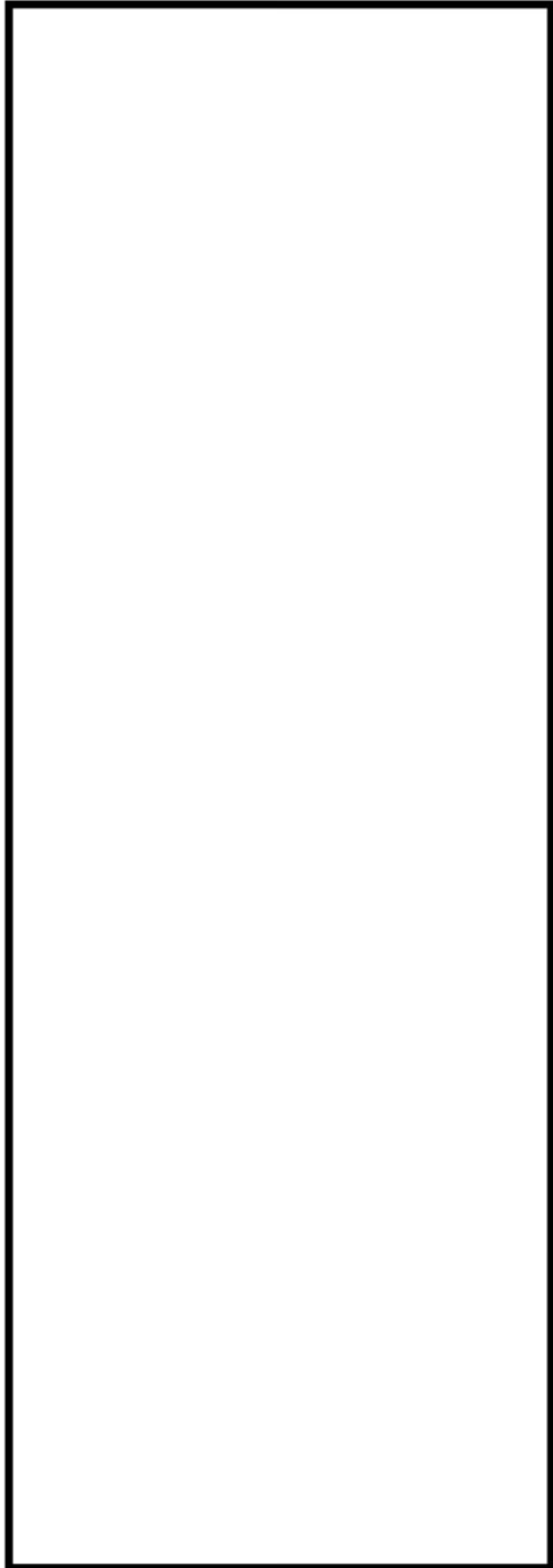
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡 1A2,1D1



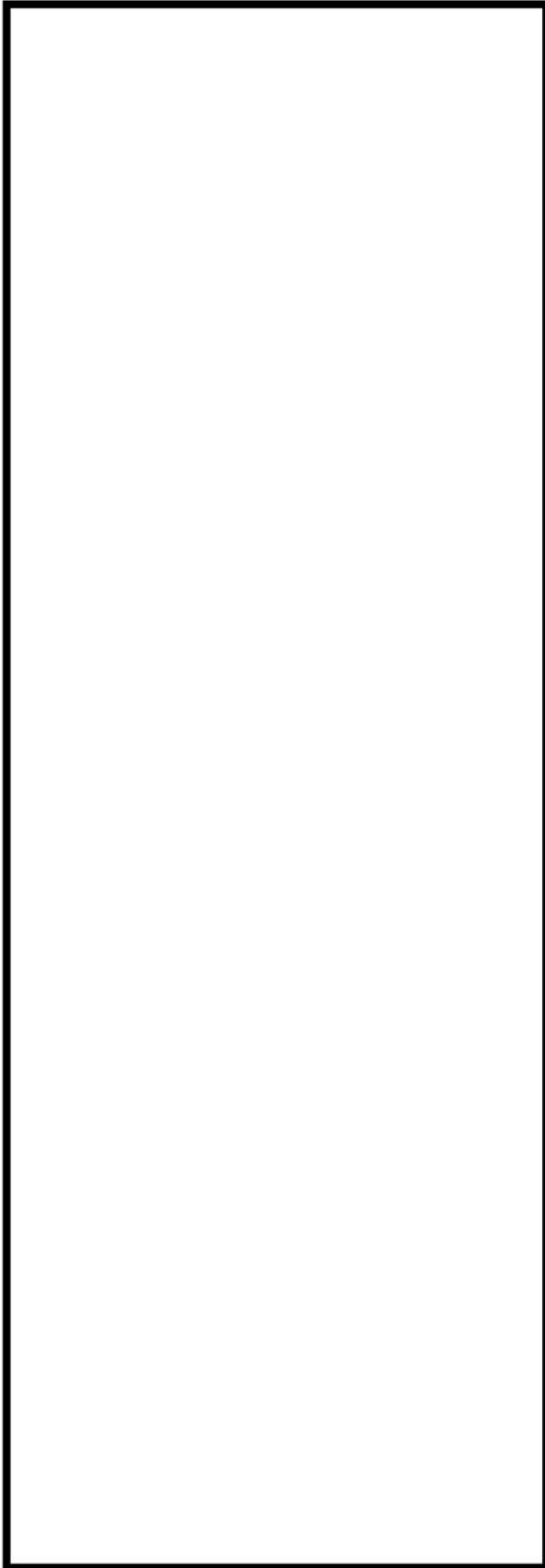
f. 過渡 1B2,1D1



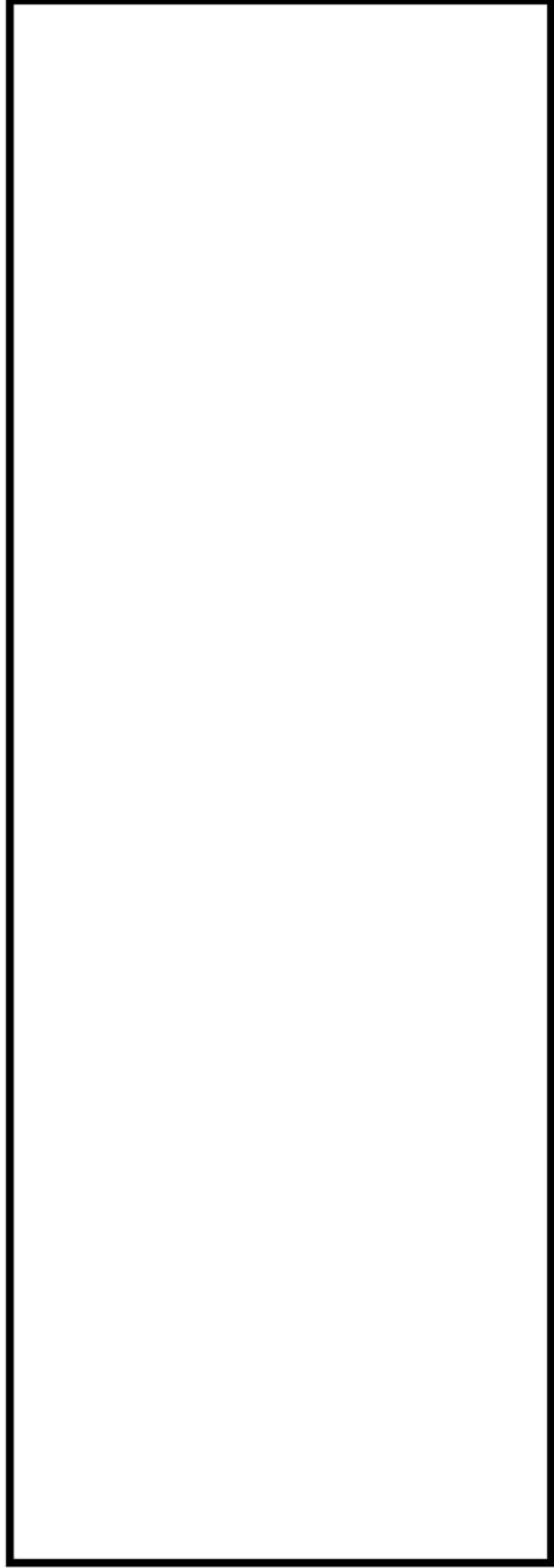
内は商業機密に属しますので公開できません



g. 過渡 1B2,2G1

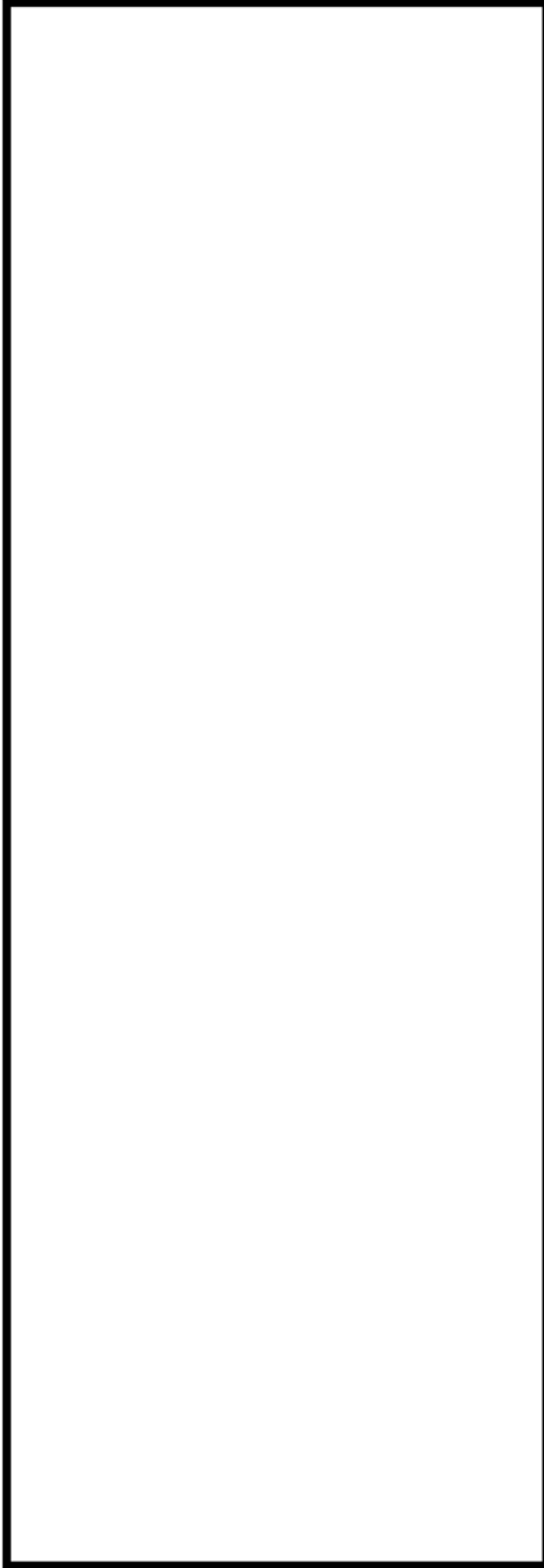


h. 過渡 1B2,2E1



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

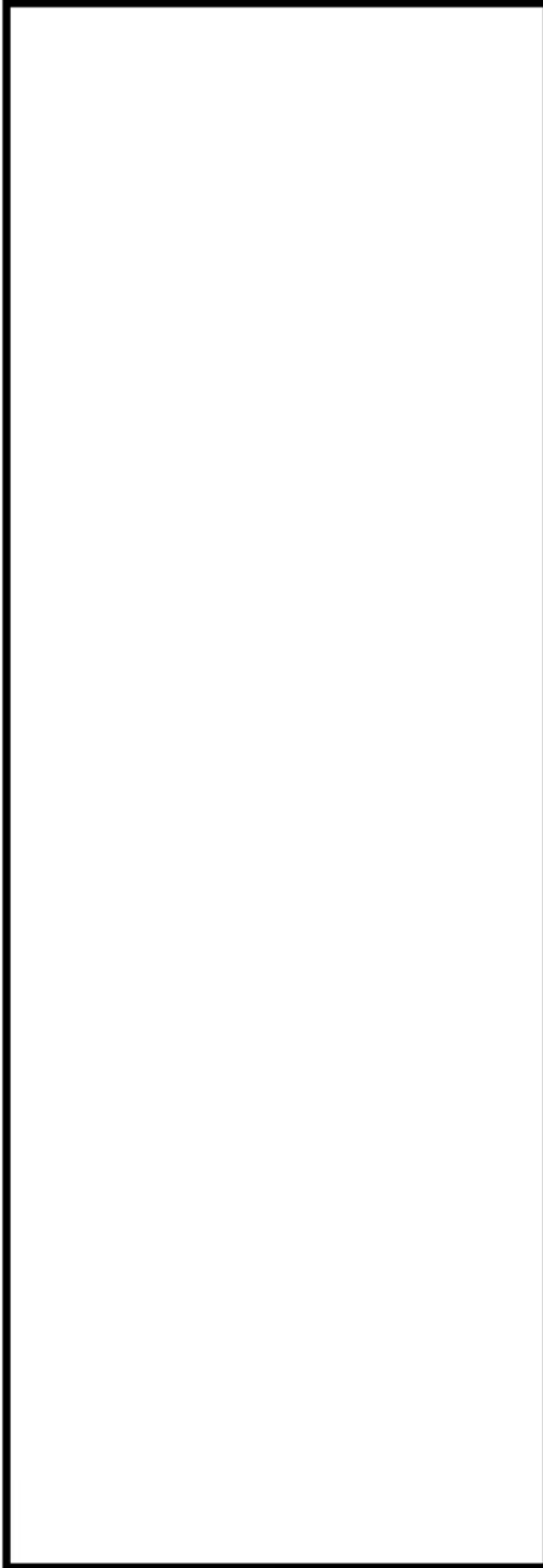


内は商業機密に属しますので公開できません

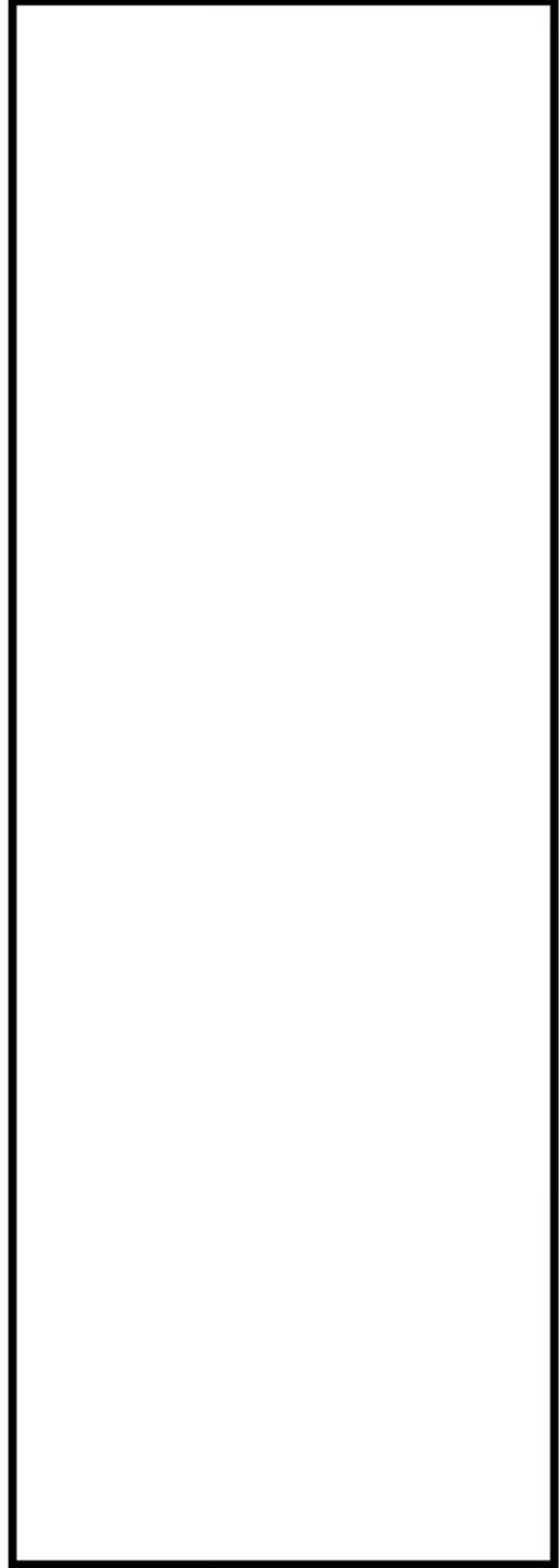


(2) 安全注入系ライン用管台

a. 過渡 2L1,2E1



b. 過渡 2E1,2L1

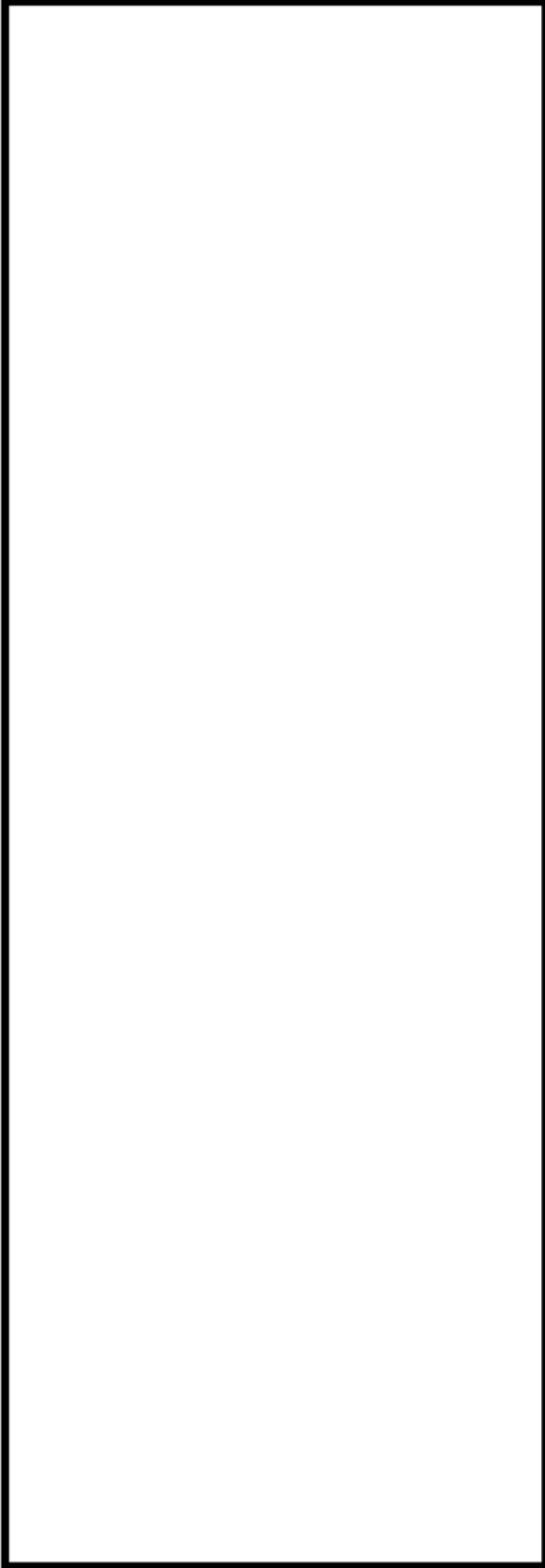


内は商業機密に属しますので公開できません

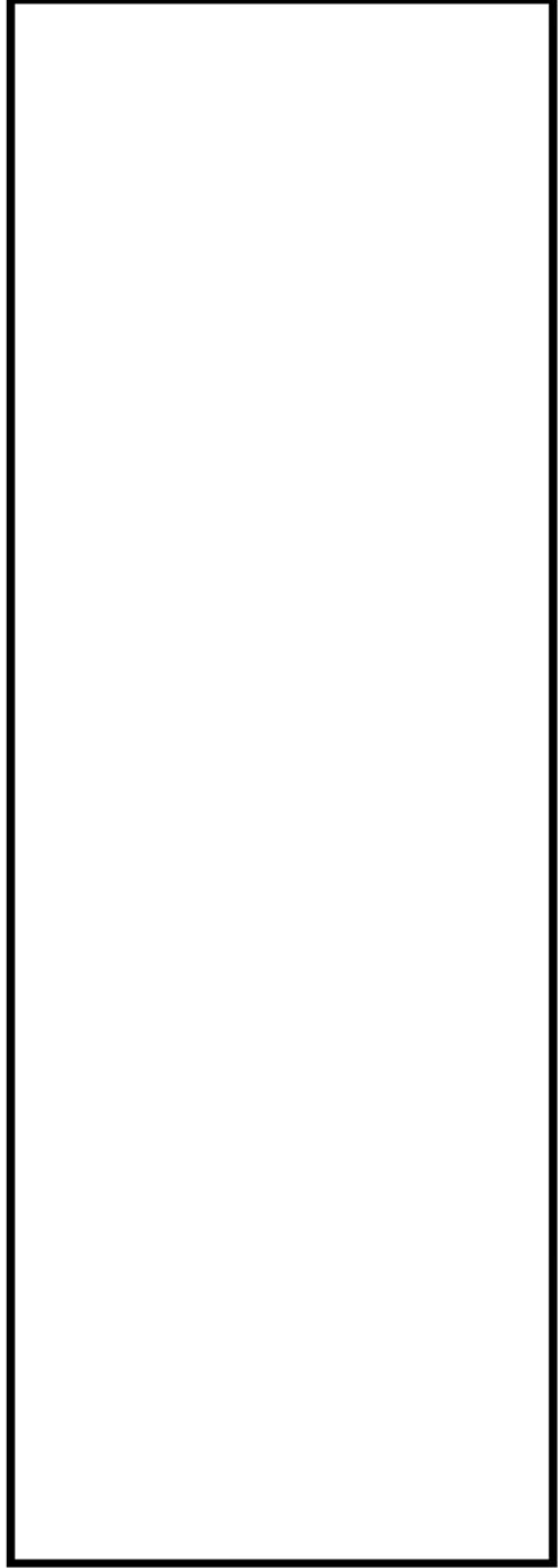


(3) 充てん管台

a. 過渡 201,2J2



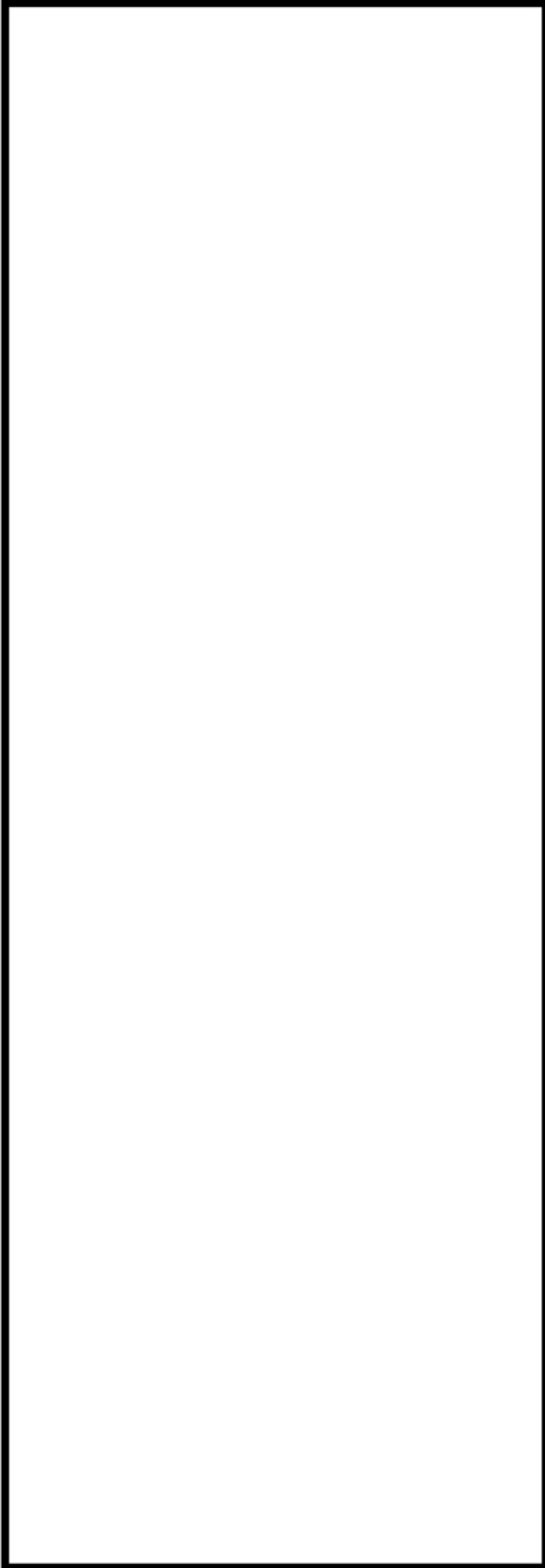
b. 過渡 205,2J2



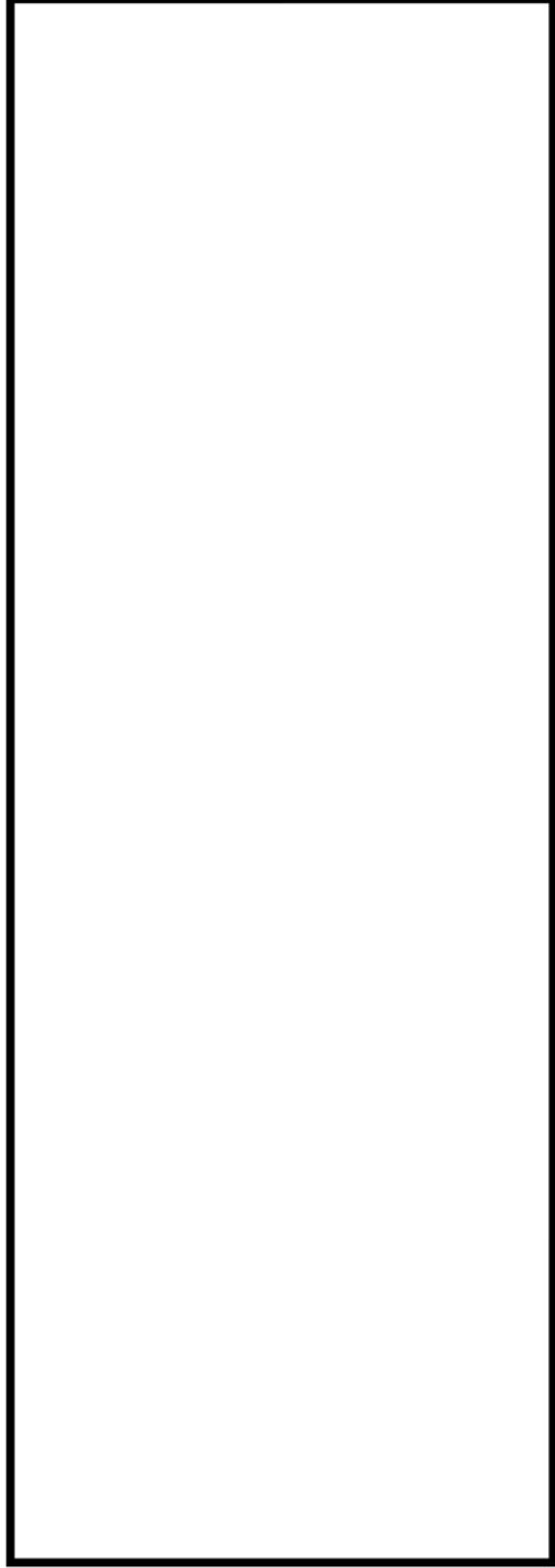
内は商業機密に属しますので公開できません



c. 過渡 2O3,2J2



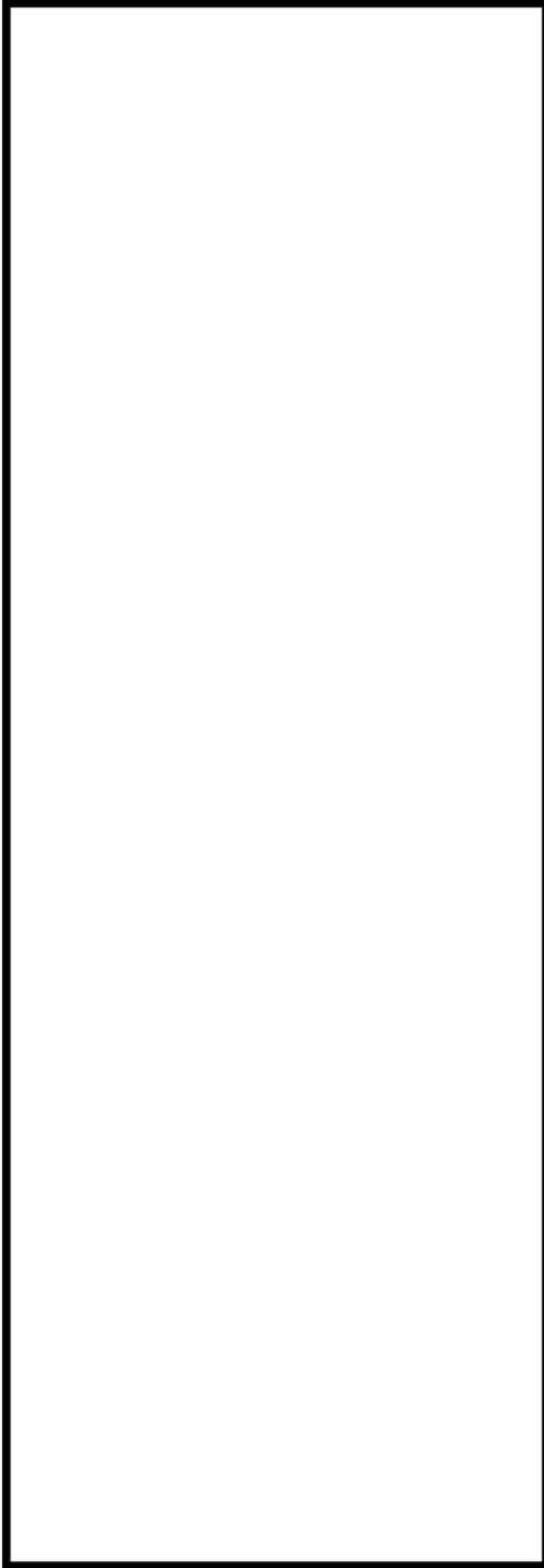
d. 過渡 2N2,2J2



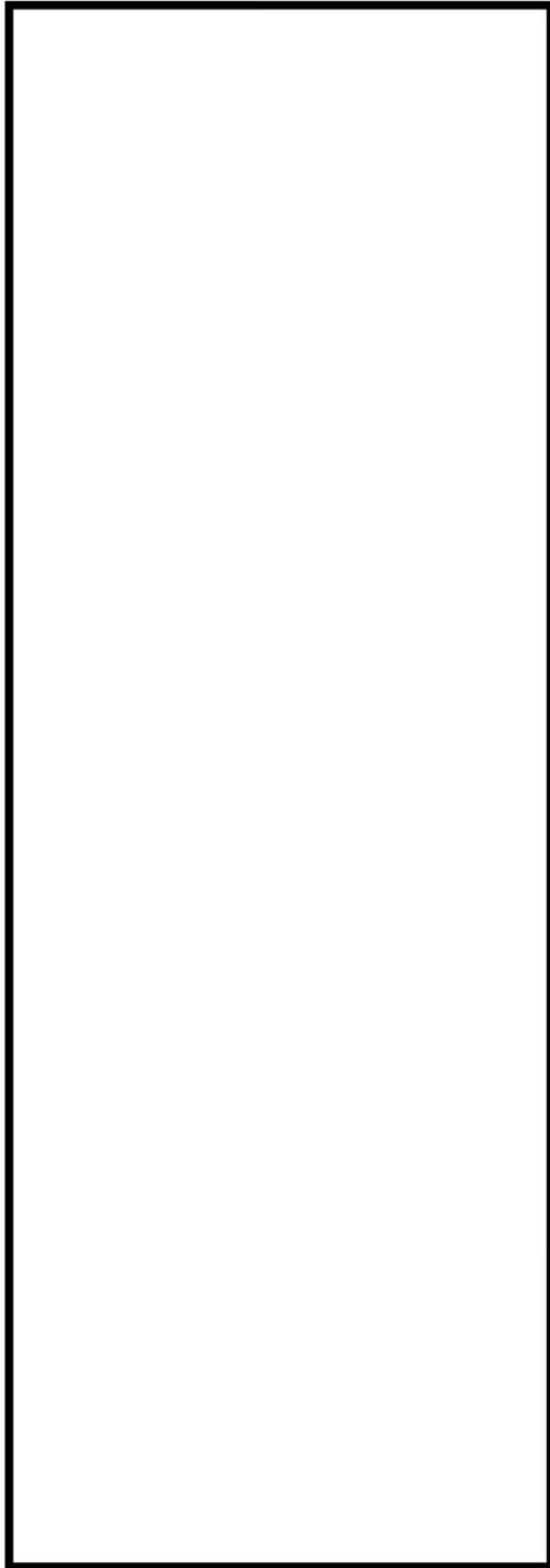
内は商業機密に属しますので公開できません



e. 過渡 2N5,2J2



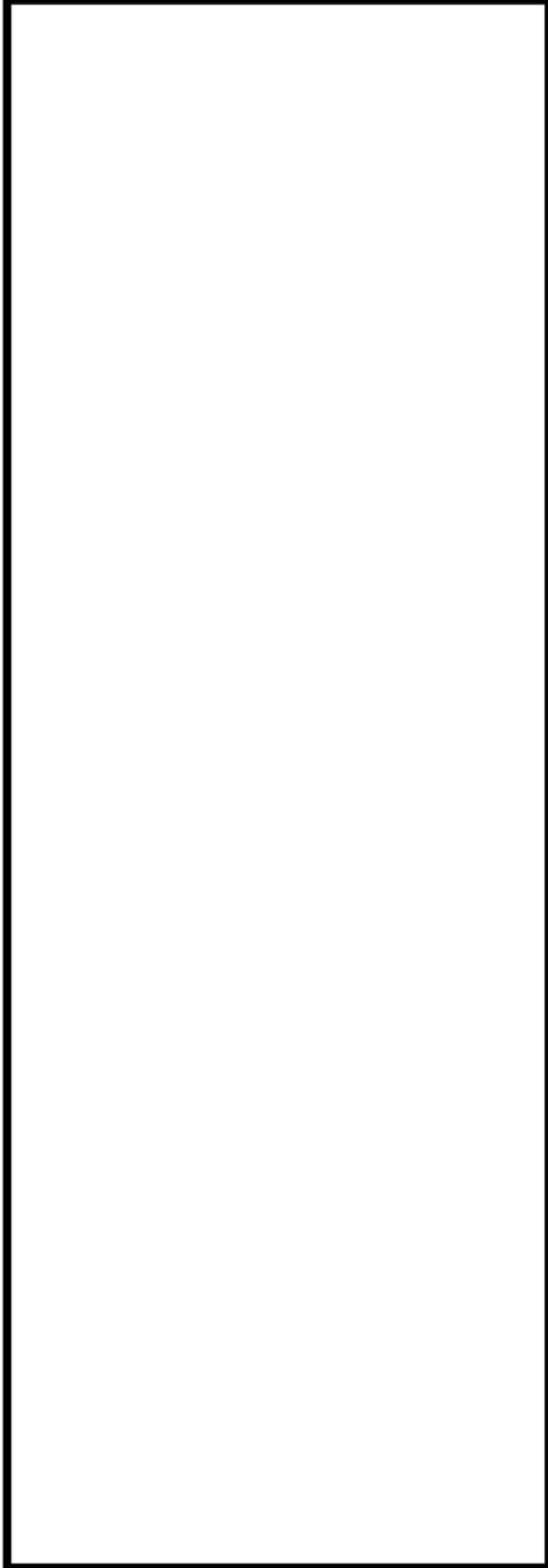
f. 過渡 2O4,2J2



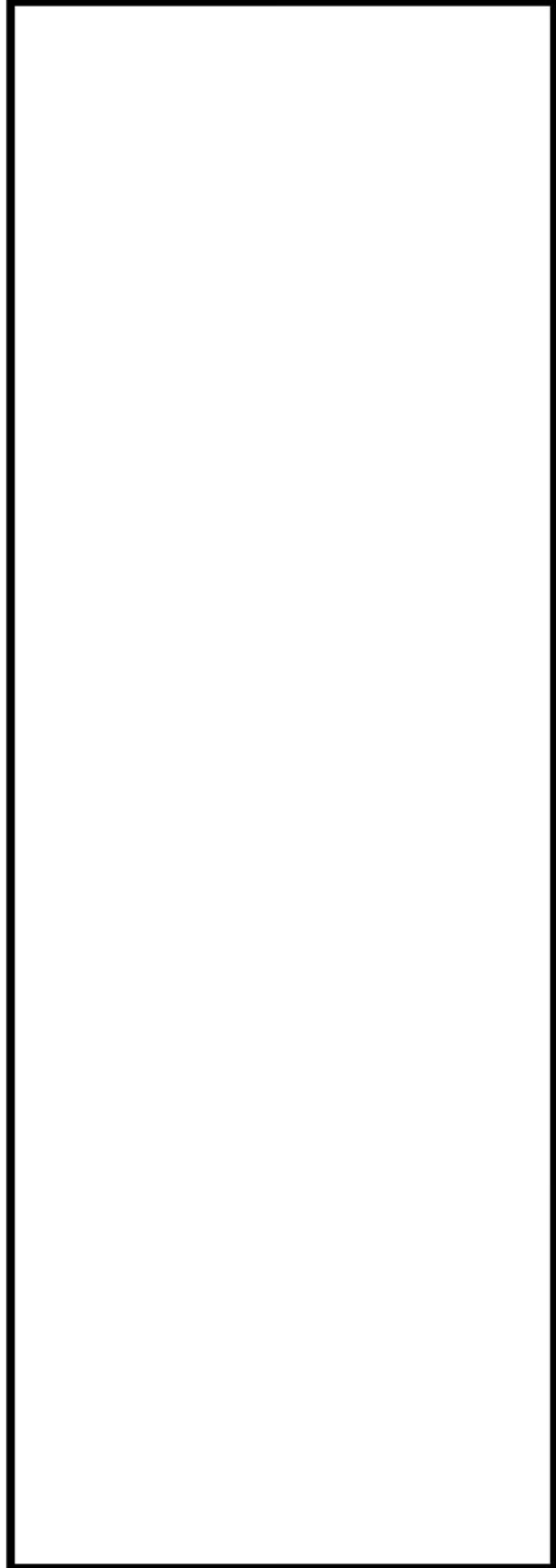
内は商業機密に属しますので公開できません



g. 過渡 2S1,2J2

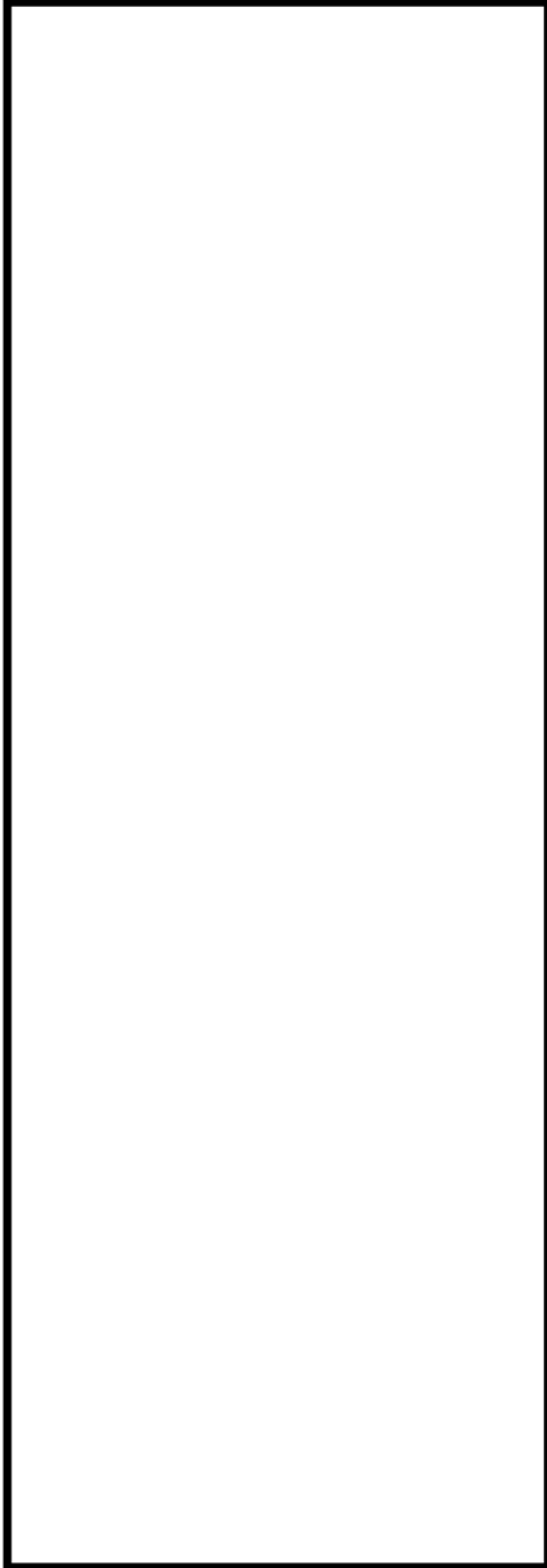


h. 過渡 2S1,1B1

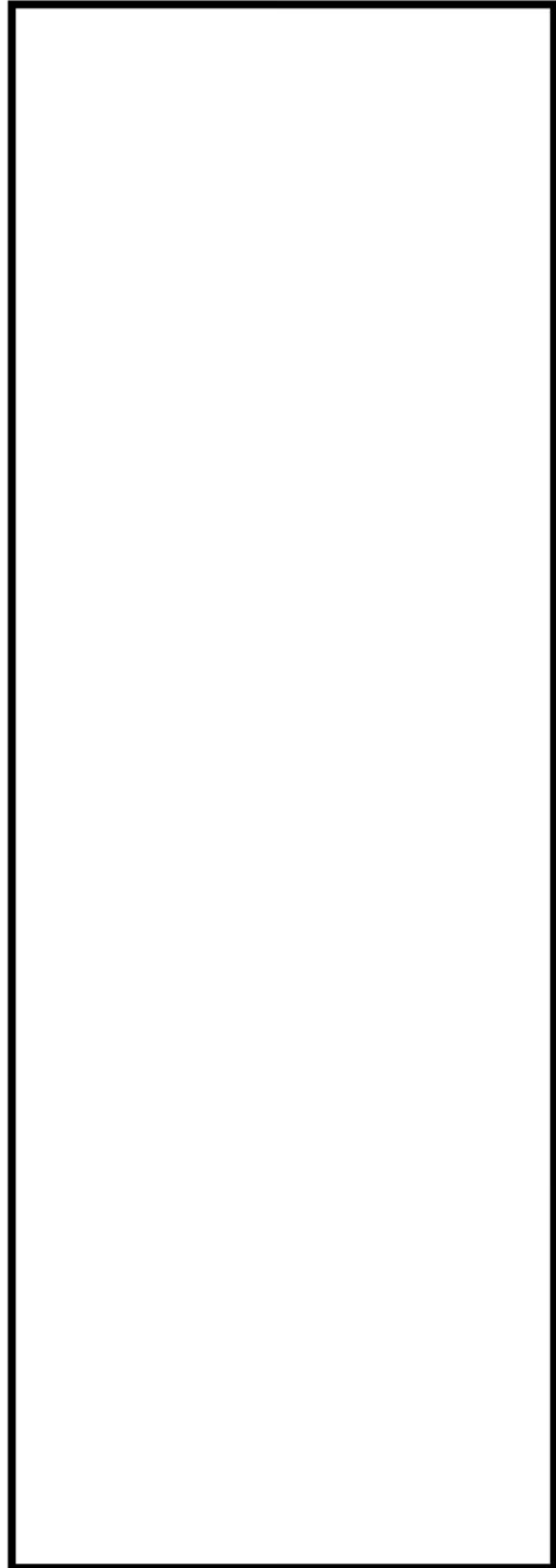


内は商業機密に属しますので公開できません

i. 過渡 2S1,1I1

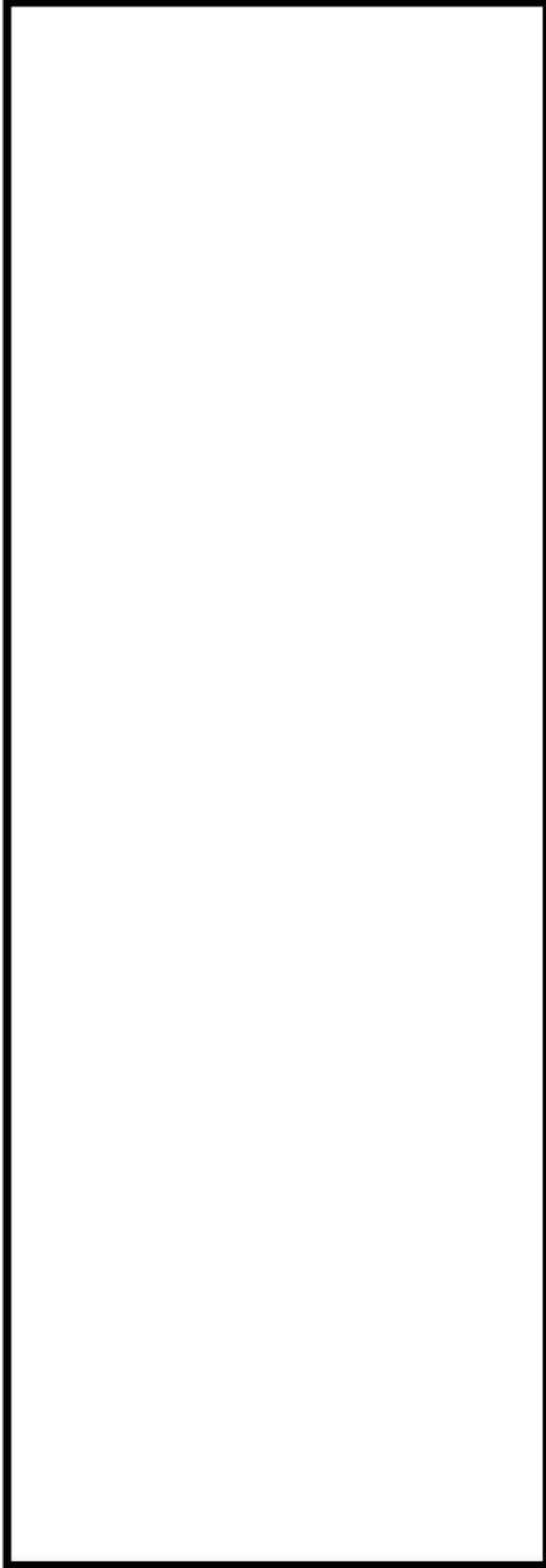


j. 過渡 2S1,NSS

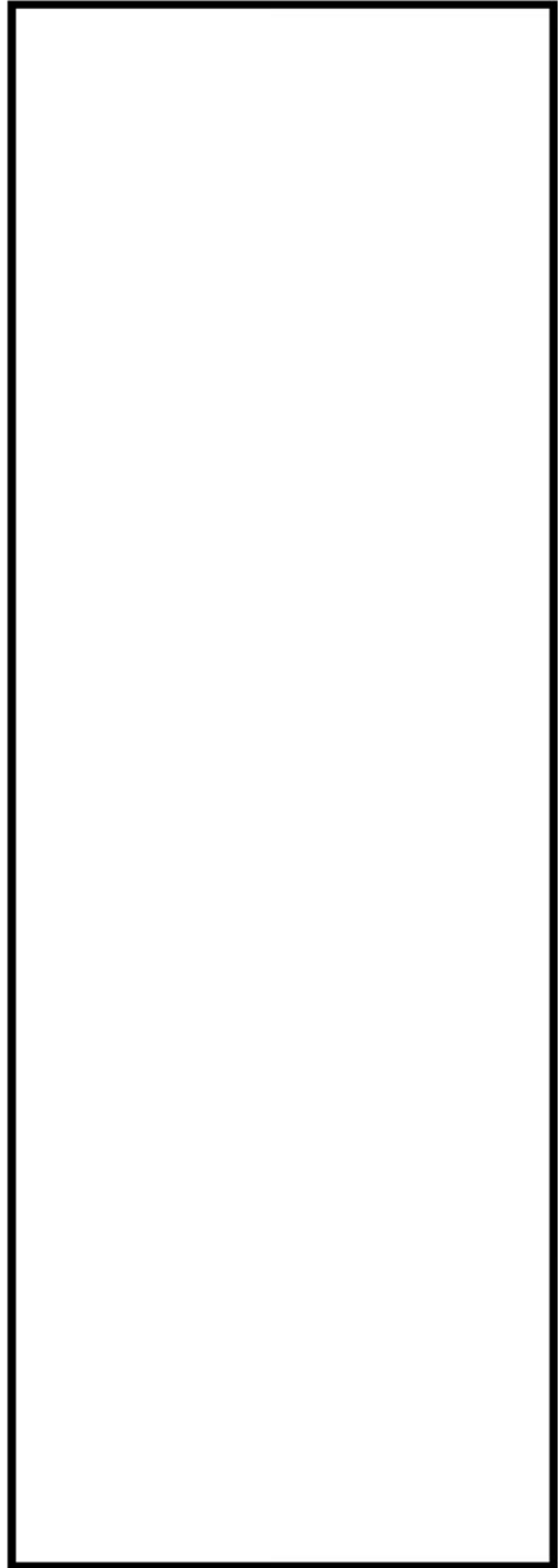


内は商業機密に属しますので公開できません

k. 過渡 2S1,2O4



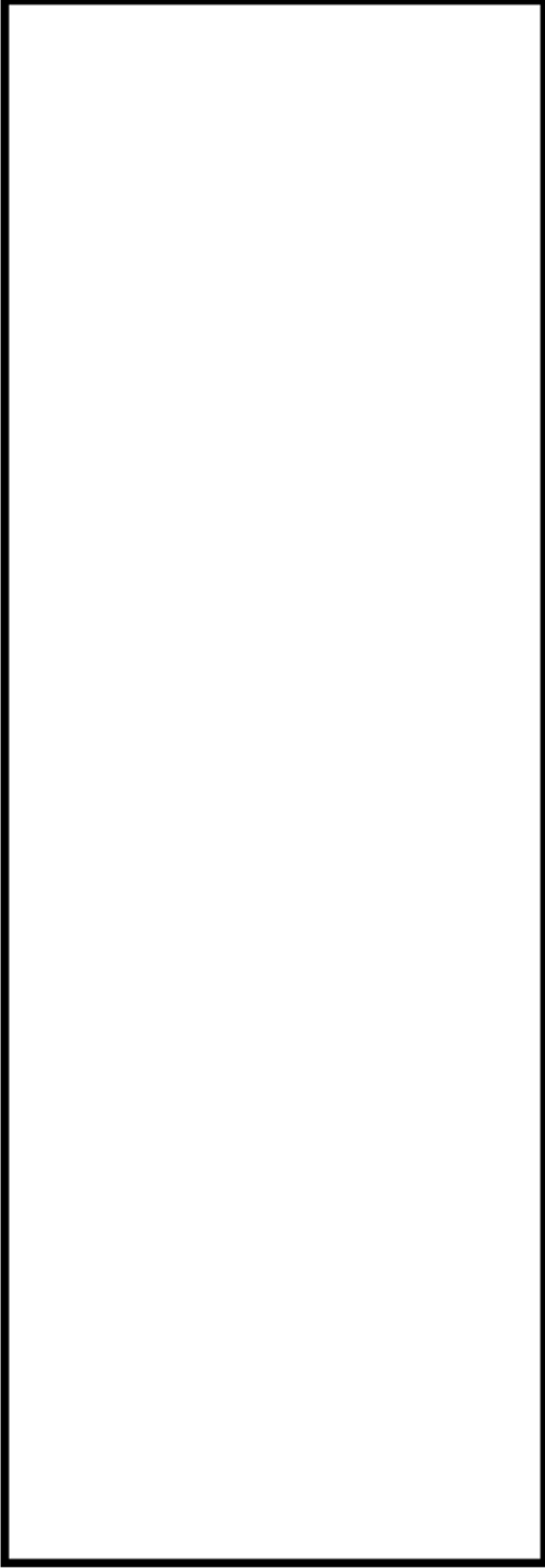
l. 過渡 2S1,2QE



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

