

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
1	2023年6月19日	高経年化技術評価書 本冊	44	長期施設管理方針に炭素鋼について「設備対策を行った場合は」と記載されているが、現時点での設備対策の優先度や時期が決まっていれば説明すること。	現時点で、具体的な設備対策の計画については策定しておらず、いずれの箇所についても机上検討の段階となっている。今後、机上検討を踏まえて、現場確認や減肉管理の状況、許認可手続きの要否を確認した上で、実施時期の具体的検討を行っていく予定としている。	7月25日	7月25日
2	2023年6月19日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価)	2.5、2.6	耐震安全性評価に適用する基準地震動について震源を特定しない地震動(標準応答スペクトルによるSs-6)の扱いを含めて提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—2のとおり。	7月25日	7月25日
3	2023年6月19日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価)	3.2.20	表3.2-15の湿分離加熱器の流れ加速型腐食に対する評価の具体的内容(評価仕様、解析モデル、入力(荷重)条件、評価結果)を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—3のとおり。	8月15日	8月15日
3-1	2023年9月25日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉—耐震安全性評価—3	3.2.20	内圧による応力の算出式の出典(例えば、修正Lameの式など)を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—3-1のとおり。	10月11日	10月11日
4	2023年6月19日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価)	3.4.42	原子炉容器の胴中性子照射脆化に対する評価について、耐圧・漏えい検査時における線形破壊力学に基づく評価(炉心領域円筒胴のKICとKI(運転開始後60年時点)の関係の図示を含む)を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—4のとおり。	7月25日	7月25日
4-1	2023年9月25日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉—耐震安全性評価—4	3.4.42	耐圧・漏えい検査時の応力拡大係数として検査時の温度・圧力ではなく、PTS状態遷移曲線を適用する根拠(「設工認資料 原子炉容器の脆性破壊防止に関する説明書」との関係を含む)を提示すること。	耐圧・漏えい検査時における線形破壊力学に基づく評価については、運転開始後60年時点の試験状態においても脆性破壊は起こらないことを示すために、「運転開始後60年時点におけるRV板厚1/4t位置の破壊靱性遷移曲線(K _{IC} カーブ)」及び設工認の試験状態の破壊靱性に対する評価で設定した「耐圧・漏えい検査時の起動・停止時におけるPTS状態遷移曲線(K _{IC} カーブ)」を提示した(コメントNo.4にて回答済)。 線形破壊力学を用いて設定した運転開始後60年時点の耐圧・漏えい検査時の温度・圧力制限曲線を玄海3号炉—耐震安全性評価—4-1のとおり示す。	10月11日	10月11日
4-2	2023年10月11日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉— 耐震安全性評価—4-1	—	BWRの評価手法を参考に、耐圧・漏えい試験時における運転開始後60年時点のKI及びKICの関係を示すこと。	玄海3号炉—耐震安全性評価—4-2のとおり。		
5	2023年6月19日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価)	3.10.23	表3.10-20の高圧タービン主蒸気入口管の流れ加速型腐食に対する評価の具体的内容(評価仕様、解析モデル、入力(荷重)条件、評価結果)を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—5のとおり。	7月25日	7月25日
5-1	2023年9月25日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉—耐震安全性評価—5	3.10.23	許容応力の算出根拠を提示すること。また添付資料—1の解析モデル図に高圧タービン入口と蒸気加減弁の位置を記載すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—5-1のとおり。	10月11日	10月11日
5-2	2023年10月11日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉— 耐震安全性評価—5-1	—	「コメント回答資料5-1」のタイトルを適正化すること。 また、許容応力としてJSMEのSy値を引用しているが、JSMEやSyを引用することの根拠を説明すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—5-2のとおり。 また、玄海3号炉—耐震安全性評価—5-1のタイトル等も修正した。	10月23日	10月23日
6	2023年6月19日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価)	3.13.30	表3.13-19の凝縮器伝熱管の流れ加速型腐食に対する評価の具体的内容(評価仕様、解析モデル、入力(荷重)条件、評価結果)を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—6のとおり。	7月25日	7月25日
7	2023年6月19日	補足説明資料 別紙4	4-3	表4-3の評価用荷重算出に係る(注3)記載の時刻歴解析(CV内)とスペクトル解析(CV外)の具体的適用内容(方法)を提示すること。	CV内は主蒸気主給水管の応答に対し1次冷却設備の影響をうけるため、1次冷却設備及び建屋と主蒸気主給水管を連成した解析モデルを用いて、サポート間を分布質量としている。またサポートは設計ばね定数として時刻歴解析にて荷重を算出している。 CV外は、CV内と異なり主蒸気主給水管単体で解析モデルを策定することが可能であり、固定点(端板から固定点まで)を1つの解析範囲とし、各サポート間(1スパン)に集中質量(1マス)を設定している。またサポート剛性は十分に剛な値とした上で、スペクトルモード解析により荷重を算出している。	8月15日	8月15日
7-1	2023年9月25日	補足説明資料 別紙4	—	CV内の時刻歴解析とCV外のスペクトル解析による端板荷重の算出過程を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—7-1のとおり。	10月11日	10月11日
8	2023年6月19日	補足説明資料 別紙8	8-1	1(1)想定欠陥で亀裂の想定部位は下部炉心構上部胴と下部胴の溶接部としていることから、溶接手法の種別及び溶接部と亀裂の位置関係を提示(拡大図示)すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—8のとおり。	7月25日	7月25日

玄海原子力発電所3号炉 高経年化技術評価に係るヒアリング
コメント反映整理表<耐震安全性評価>

2024年1月10日 九州電力㈱

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
8-1	2023年9月25日	補足説明資料 別紙8	—	「溶接金属中の亀裂」を想定しているが、母材側に想定した場合の評価条件との差異があれば提示すること。	本評価においては、亀裂位置を溶接部としているが、溶接金属と母材を同等とみなして評価を実施しているが、評価上差異が生じる箇所はない。	10月11日	10月11日
8-2	2023年9月25日	補足説明資料 別紙8	8-4	別紙8の表8-2の地震による応力:15.9MPaが補足説明資料(照射誘起応力腐食割れ)の別紙4の「水平2方向を考慮して√2倍して算出した地震による応力:19MPa」と整合しない(19/√2=13.4)理由を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—8-2のとおり。	10月11日	10月11日
8-3	2023年10月11日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉— 耐震安全性評価—8-1	—	コメント回答資料8-1について、溶接部の残留応力の影響などを踏まえ、溶接部と母材が同等の評価をできる妥当性を説明すること。	当該溶接部は完全溶け込み溶接であり、溶接部継手効率が1.00となる検査を適用(設計・建設規格2005/2007 表CSS-3150-1参照)しているため、母材と同等の扱いとして評価している。 なお、設計・建設規格による評価においては溶接残留応力は考慮されていない。 溶接残留応力を考慮した評価については、維持規格に基づき、照射誘起型応力腐食割れの補足説明資料に記載している。	10月23日	10月23日
9	2023年6月19日	補足説明資料 別紙12	12-6	添付—2の主給水ポンプタービン低圧駆動蒸気管(B)のFEM評価の具体的内容を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—9のとおり。	7月25日	7月25日
10	2023年6月19日	補足説明資料 別紙12	12-30	添付—6(3/3)の表下の注記※2が該当する表中項に※2を記載すること。	添付—6(3/3)の表には注記※2が該当する設備はないため、注記※2を削除する。 [補足説明資料 3号炉 高経年化技術評価(耐震安全性評価) 別紙12 p.30]	7月25日	7月25日
11	2023年6月19日	補足説明資料 別紙17	17-1	2.(3)b.高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(▲▲事象)で、腐食(ケミカルアンカ)を抽出しない理由を提示すること。	津波監視カメラのケミカルアンカについては、アンカボルトの材質が炭素鋼であり、腐食が想定される(△事象)。大気接触部については、腐食を想定した場合、断面減少による剛性低下は有意であるため、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象として抽出しており、耐震安全性評価を実施している。 基礎ボルトの型式(ケミカルアンカ、メカニカルアンカ)を区別するとともに、津波監視カメラのケミカルアンカ(M16)も評価対象となっているため、補足説明資料を修正する。 [補足説明資料 3号炉 高経年化技術評価(耐震安全性評価) 別紙17 p.12]	7月25日	7月25日
12	2023年6月19日	補足説明資料 別紙17	17-1	2.(3)b.高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(▲▲事象)で、腐食(基礎ボルト)を◎事象に区分しない理由を提示すること。	取水ビット水位の基礎ボルト(メカニカルアンカ)及び津波監視カメラの基礎ボルト(ケミカルアンカ)のうち材質が炭素鋼の基礎ボルトについては、腐食を想定しており、コメントNo.11のとおり、耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象(◎事象)として抽出し、耐震安全性評価を実施している。 基礎ボルトの型式(ケミカルアンカ、メカニカルアンカ)を区別するとともに、取水ビット水位のメカニカルアンカ(M12)及び津波監視カメラのケミカルアンカ(M16)も評価対象となっているため、補足説明資料を修正する。 [補足説明資料 3号炉 高経年化技術評価(耐震安全性評価) 別紙17 p.12] なお、取水ビット水位のうち電波レベル計の基礎ボルト(メカニカルアンカ)については、材質がステンレス鋼であるため、想定される経年劣化事象はない。基礎ボルトの技術評価において、ステンレス鋼を記載しない方針としているが、分り易さの観点からステンレス鋼についても追記する方針とする。	7月25日	7月25日
13	2023年9月25日	補足説明資料 別紙16	—	CRDMGTFAに係る応答解析、挿入時間解析の入力、挿入抗力の考慮について、川内1号炉の扱いとの比較表を提示すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—13のとおり。	10月11日	10月11日
13-1	2023年10月11日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉— 耐震安全性評価—13	—	制御棒挿入性評価について、川内の手法との比較を補足説明資料に追加すること。併せて「従来の手法」が何を指すのか明確にし、整理すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—13-1のとおり。 なお、補足説明資料に追加する。	10月23日	10月23日
13-2	2023年10月11日	補足説明資料	—	「表16 制御棒挿入性に係る耐震安全性評価結果」の内容を適正化すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—13-2のとおり。	10月23日	10月23日
14	2023年9月25日	—	—	高経年化技術評価書に記載している代表系統の値より、非代表系統の値の方が大きい箇所がないかを説明すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—14のとおり。	10月11日	10月11日
15	2023年10月11日	高経年化技術評価書 別冊 (耐震安全性評価) 玄海3号炉— 耐震安全性評価—4-1	—	耐圧漏えい試験の運用方法(運転に関するマニュアル及び試験時の温度・圧力の上昇レートがわかる資料等)について、現地確認の際に提示すること。	耐圧漏えい試験の運用方法(運転に関するマニュアル及び試験時の温度・圧力の上昇レートがわかる資料等)について、現地確認の際に提示し説明した。	12月21日	12月21日

玄海原子力発電所3号炉 高経年化技術評価に係るヒアリング
コメント反映整理表<耐震安全性評価>

2024年1月10日 九州電力㈱

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
16	2023年11月2日 (審査会合)	補足説明資料 別紙20	—	耐震安全性評価における代表機器のうち、高経年化技術評価書に記載している代表系統の値より、非代表系統の値の方が大きい箇所がある場合、評価書へ併記すること。(低サイクル疲労:固定式配管貫通部端板、1次冷却材系統配管)	玄海3号炉—耐震安全性評価—16のとおり。	12月6日	12月6日
17	2023年12月6日	玄海3号炉—耐震安全性評価—16	—	耐震安全性評価で追加した内容は、技術評価にも反映すること	技術評価については、経年劣化として疲労が想定される箇所のうち厳しい箇所を代表として記載している。耐震安全性評価では、技術評価で代表とした箇所に対して耐震性を考慮した評価を実施している。 川内での対応においては、耐震安全性評価における代表機器のうち、技術評価で記載している代表系統の値より、非代表系統の値の方が大きい箇所が確認されたことから、それを耐震安全性評価に追加したものである。 技術評価では、着目すべき劣化事象において適切な代表系統を抽出しており、耐震性を考慮した代表選定ではないことから、耐震安全性評価で追加した系統を技術評価に反映することは不要と考えるため、現状のままとしていた。なお、本対応については、先行する川内も同様である。	12月15日	12月15日
17-1	2023年12月15日	玄海3号炉—耐震安全性評価—17	—	耐震安全性評価で追加した内容について、技術評価へ記載すること。	低サイクル疲労の補足説明資料の本文及び別紙7に追加した。 [補足説明資料 3号炉 高経年化技術評価(低サイクル疲労)p19.20 別紙7]		
18	2023年12月6日	玄海3号炉—耐震安全性評価—16	—	1次冷却系統配管の疲労割れの評価について、技術評価と耐震安全性評価の値の差異について説明すること。	玄海3号炉—耐震安全性評価—18のとおり。	12月15日	12月15日
19	2023年12月6日	玄海3号炉—耐震安全性評価—16	—	端板の疲労割れの評価について、耐震安全性評価で追加した内容の計算過程は補足説明資料の別紙4にも反映すること。	端板の疲労割れの評価を補足説明資料の別紙4に追加した。 [補足説明資料 3号炉 高経年化技術評価(耐震安全性評価) 別紙4]	12月15日	12月15日
20	2023年12月22日	補足説明資料 別紙1	—	耐震安全性評価に反映した工事を示すこと。	補足説明資料の別紙1に追加した。 [補足説明資料 3号炉 高経年化技術評価(耐震安全性評価) 別紙1]		

<p>タイトル</p>	<p>BWR の評価手法を参考に、耐圧・漏えい試験時における運転開始後60年時点の K_I 及び K_{IC} の関係を示すこと。</p>
<p>説明</p>	<p>1. 中性子照射脆化を考慮した耐震安全性評価の評価対象</p> <p>本資料では、中性子照射脆化を考慮した原子炉容器について、耐圧漏えい試験時に地震が発生した場合の健全性を確認する。評価対象は、中性子照射脆化に係る技術評価において代表としている原子炉容器胴部（炉心領域部）とする。</p> <p>評価対象である原子炉容器胴部において、線形破壊力学に基づく評価を実施するにあたり、円筒部に対する想定欠陥の方向（軸方向、周方向）及び地震荷重の有無を考慮する。ここで、円周方向応力（軸方向欠陥想定）及び軸方向応力（円周方向欠陥想定）の熱応力はほぼ同等であるが、内圧による応力は、円周方向応力の方が2倍大きくなる。よって、耐圧漏えい試験時においては、軸方向想定欠陥を用いた評価は周方向想定欠陥を用いた評価に比べ保守的となる。そのため、軸方向想定欠陥を用いた評価を以下の2ケースにて実施する。</p> <p>ケース1：軸方向欠陥＋地震荷重なし（内圧＋熱応力のみ） ケース2：軸方向欠陥＋地震荷重あり（内圧＋熱応力＋地震荷重）</p> <p>なお、JEAC4206 附属書 A の解説において、「炉心領域胴については、地震荷重により発生する応力は軸方向応力であり、非延性破壊防止評価上支配的な応力（円周方向応力）と応力の方向が異なること並びに胴の断面係数は非常に大きく、その発生応力は非常に小さいことから、地震荷重の影響は無視できると考えられる。」と記載されている。本解説の通り、地震荷重により発生する軸方向応力は非常に小さいことから、軸方向欠陥への影響はなく、ケース1とケース2は同一の結果となる。</p> <p>2. 耐圧漏えい試験時の加熱・冷却制限曲線</p> <p>本項では、原子炉容器胴部（炉心領域部）について、現行運転管理(30EFPY)及び運転開始後60年時点(50.5EFPY)の関連温度を算出し、耐圧漏えい試験時における加熱制限曲線（図1）及び冷却制限曲線（図2）を設定する。最低温度要求の制限線については、耐圧漏えい試験時の場合、以下のとおりとなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・26℃の制限線（加熱・冷却時） <p>供用前耐圧試験圧力の20%以下の圧力（$\leq 3.89\text{MPa}$）が負荷される状態における温度制限であり、原子炉容器の最低使用温度に計測誤差を見込み、設定している。</p>

- ・28℃の制限線（加熱時）及び27℃の制限線（冷却時）

供用前耐圧試験圧力の20%を上回る圧力（>3.89MPa）が負荷される状態における温度制限であり、JEAC4206 表FB-4100-1に基づき設定される金属温度を、運用値であるRCS温度に換算して計測誤差を見込み、設定している。

また、図1及び図2に至近（第16回）の定期事業者検査における耐圧漏えい試験の温度及び圧力の実績を示す。

3. 耐圧漏えい試験時の K_{Ic} 下限包絡曲線と K_I の関係

原子炉容器胴部（炉心領域部）について、線形破壊力学評価上最も厳しい条件となる供用状態C,Dに対し、JEAC4206 付属書Cに定められた加圧熱衝撃（PTS）評価手法及び技術基準規則解釈別記-1に基づく評価を実施している。本項では、耐圧漏えい試験時の K_I を算出し、現行運転管理（30EFPY）及び運転開始後60年時点（50.5EFPY）の K_{Ic} 下限包絡曲線の関係を示す（図3）。また、図3に至近（第16回）の定期事業者検査における耐圧漏えい試験の圧力に基づく K_I 及び温度の実績を示す。

K_{Ic} 下限包絡曲線については、JEAC4206-2007 付属書A「A-3222 材料の破壊靱性(1)」にて示される $K_{Ic}=36.48+22.78\exp[0.036(T-RT_{NDT})]$ を用いており、「A-3225 許容基準」に基づく K_{Ic} と K_I の関係より、耐圧漏えい試験における圧力・温度制限の要求を満足することを確認する。

図3より、 $K_{Ic}>K_I$ を満足することから、原子炉容器の中性子照射を考慮した耐震安全性評価の結果、問題ないことを確認した。

以上

試験時の加熱制限曲線

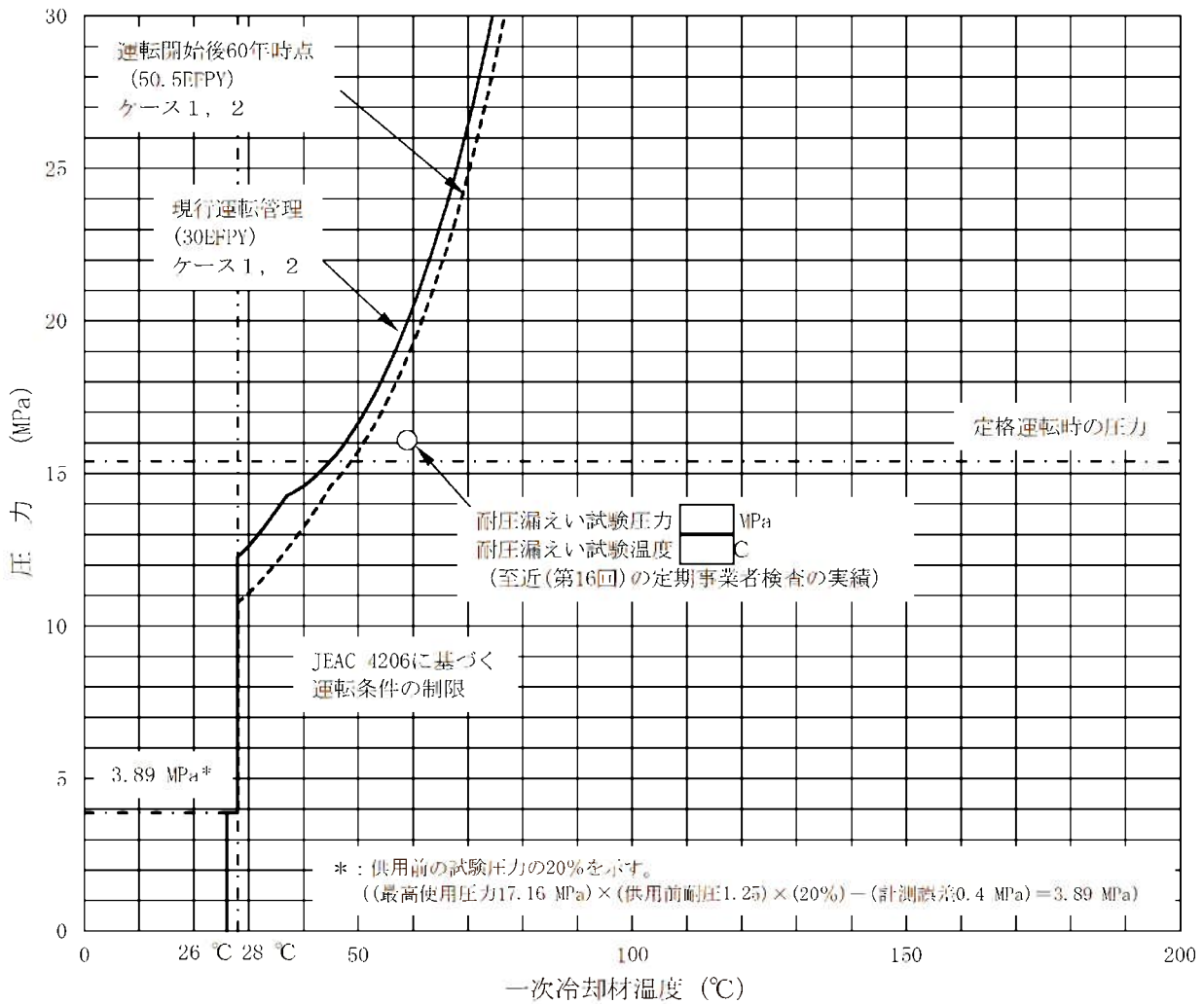


図1 試験時の加熱制限曲線

①評価条件

適用期間	50.5 EFPY	30EFPY
適用加熱率	27.8 °C/h 以下	27.8 °C/h 以下
安全率(A)	1.5	1.5
安全率(B)	1.0	1.0
破壊靱性	K _{IC}	K _{IC}
RT _{NDT} (1/4)	2°C	-4°C
RT _{NDT} (3/4)	-9 °C	-11°C

②計測誤差

計測誤差(P)	0.4 MPa	0.4 MPa
計測誤差(T)	5 °C	5 °C

上記のグラフは、①による評価結果に対して②を見込んだ値を示すものである。

安全率A : 供用状態A, Bでの一次応力による応力拡大係数に係る安全率

安全率B : 供用状態A, Bでの二次応力による応力拡大係数に係る安全率

内は機密に係る事項ですので公開できません。

試験時の冷却制限曲線

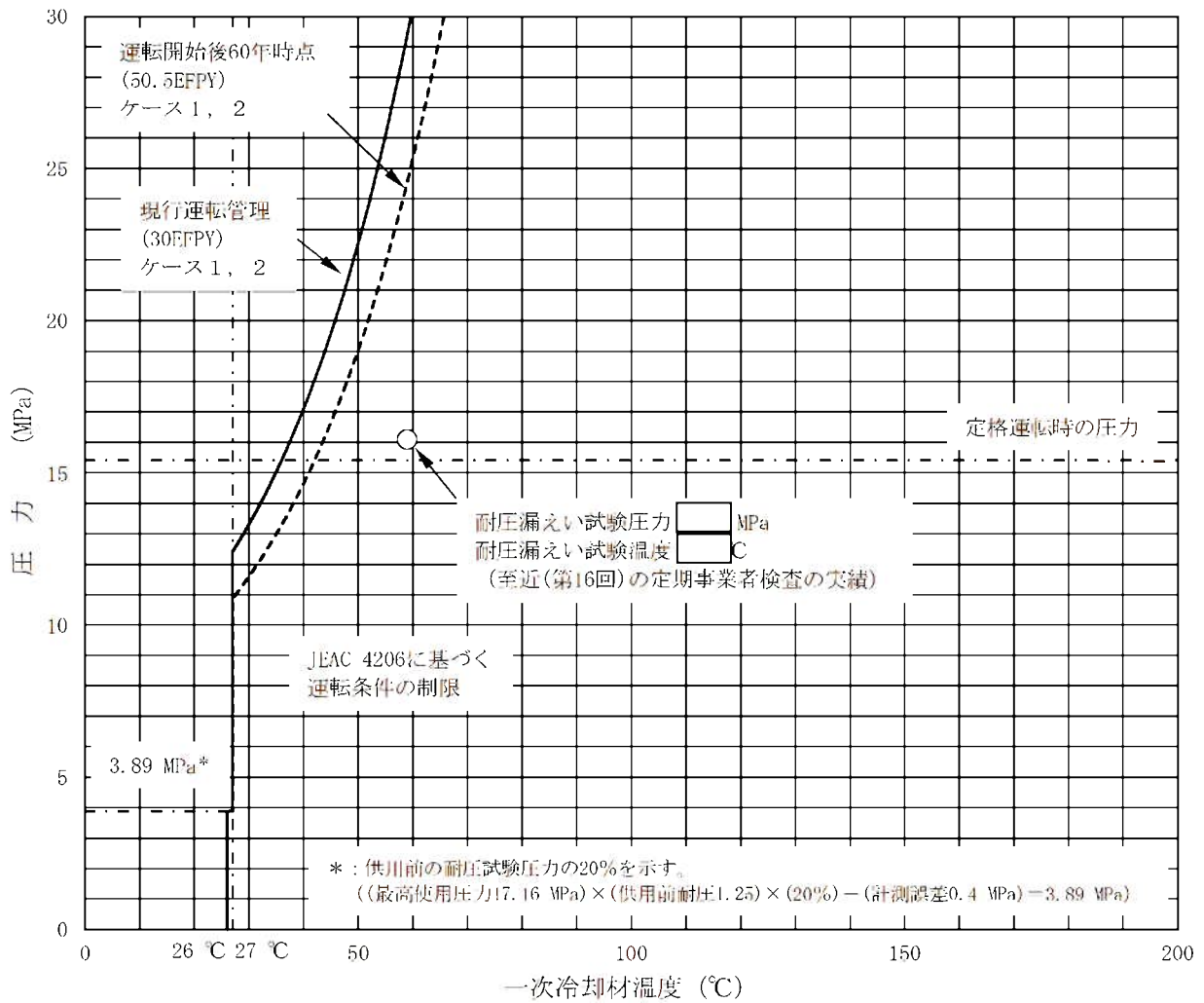


図2 試験時の冷却制限曲線

①評価条件

適用期間	50.5 EFPY	30EFPY
適用加熱率	27.8 °C/h 以下	27.8 °C/h 以下
安全率(A)	1.5	1.5
安全率(B)	1.0	1.0
破壊靱性	K _{IC}	K _{IC}
RT _{NDT} (1/4)	2°C	-4°C
RT _{NDT} (3/4)	-9 °C	-11°C

②計測誤差

計測誤差(P)	0.4 MPa	0.4 MPa
計測誤差(T)	5 °C	5 °C

上記のグラフは、①による評価結果に対して②を見込んだ値を示すものである。

安全率 A : 供用状態 A, B での一次応力による応力拡大係数に係る安全率

安全率 B : 供用状態 A, B での二次応力による応力拡大係数に係る安全率

□ 内は機密に係る事項ですので公開できません。

耐圧漏えい試験時の K_{Ic} 下限包絡曲線と実績の K_I 評価点

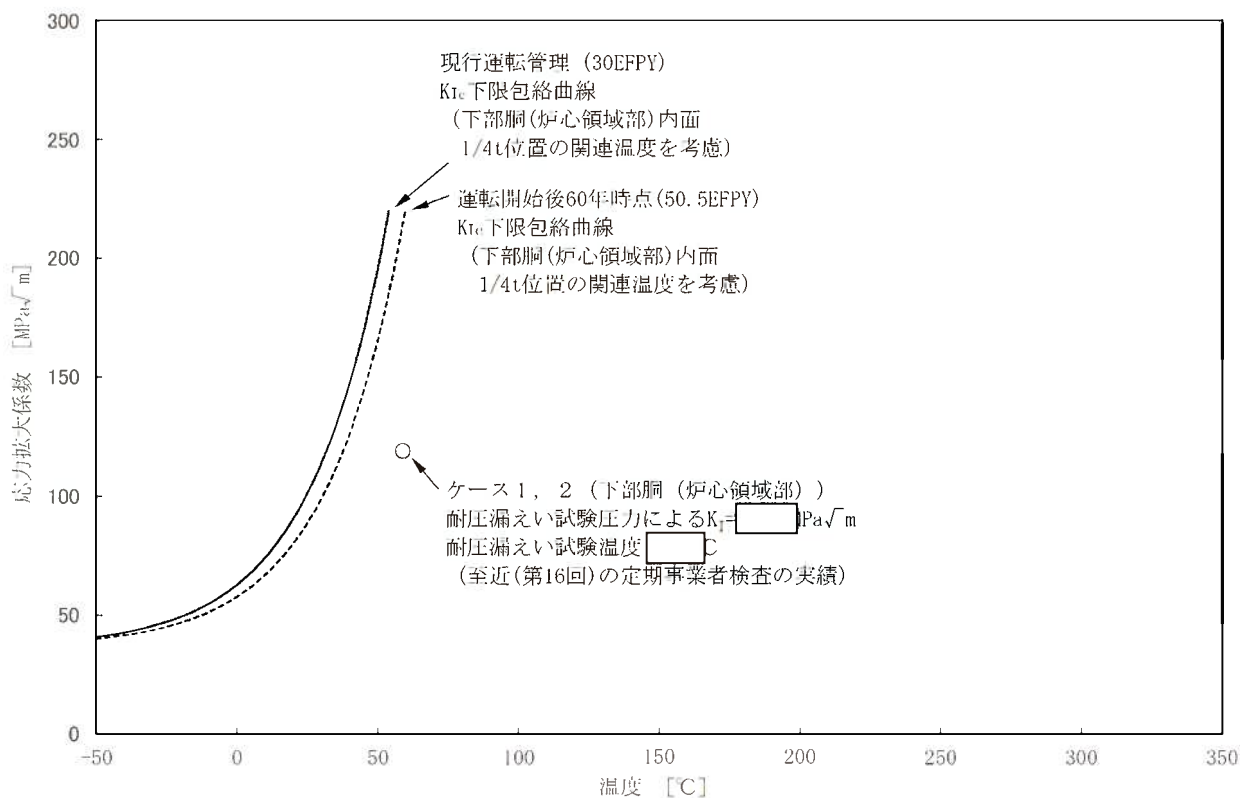


図3 原子炉容器における K_{Ic} 下限包絡曲線と耐圧漏えい試験実績の K_I 評価点

[] 内は機密に係る事項ですので公開できません。

玄海原子力発電所3号炉
高経年化技術評価
(低サイクル疲労)

補足説明資料

2024年●月●日
九州電力株式会社

表7(2/2) 代表機器以外の機器についての評価結果一覧

評価対象機器、部位			疲労累積係数 (許容値：1以下)	
			設計・建設規格による解析	環境疲労評価手法による解析
配管	ステンレス鋼配管	加圧器サージ配管	0.004	0.002 ^{*2}
		加圧器スプレイ配管	0.011	0.105 ^{*2}
		補助スプレイ配管 ^{*4}	0.026	0.004 ^{*2}
	炭素鋼配管	主給水系統配管 (原子炉格納容器貫通部～ 蒸気発生器給水管台)	0.002	0.016
	1次冷却材管	ホットレグ	0.001	0.010
		クロスオーバーレグ	0.002	0.008
		コールドレグ	0.001	0.005
		加圧器サージ管台	0.010	0.047
		蓄圧タンク注入管台	0.009	0.034
		充てん管台	0.003	0.023
弁	仕切弁	余熱除去ラインループ高 温側出口弁弁箱	0.005	0.126
	玉形弁	抽出ライン止弁弁箱	0.034	0.485
	スイング逆止弁	蓄圧タンク出口第二逆止 弁弁箱	0.095	0.693
	リフト逆止弁	加圧器補助スプレイ逆止 弁弁箱	0.008	0.051
炉内 構造物	炉心支持構造物	上部炉心支持板	0.004	0.029
		上部炉心支持柱	0.001	0.001
		上部炉心板	0.001	0.003
		下部炉心板	0.001	0.002
		下部炉心支持柱	0.003	0.028
		下部炉心支持板	0.001	0.007
		炉心槽下部接続部	0.001	0.001
重 機 器 サ ホ ー ト	加圧器	加圧器スカート溶接部	0.194	— ^{*3}

*2：熱成層による発生応力を含めた解析であり、3次元有限要素法を用いた評価である。また、熱成層を考慮した応力評価の結果最も厳しい箇所について評価しており、設計・建設規格の疲労評価対象箇所と異なる。

*3：非接液部。

*4：通常時の疲労累積係数と地震時の疲労累積係数を合計した際に加圧器スプレイ配管を上回る疲労累積係数となることから記載する。

5.2 現状保全

代表機器以外の現状保全を表8に示す。なお、低サイクル疲労の予防保全の観点から行っている工事はない。

表8(1/2) 代表機器以外の現状保全

評価対象機器、部位			現状保全内容	検査範囲 / 頻度	至近の検査実績	検査結果
ポンプ	余熱除去ポンプ	ケーシング	目視確認	1回/4定検	第16回定期検査	良
	1次冷却材ポンプ	ケーシング	①ケーシング内面の目視確認(VT-3) ②漏えい検査(VT-2)	①100%/10年(1台) ②毎定検	①第14回定期検査 ②第16回定期検査	良
熱交換器	再生熱交換器	管板部	漏えい検査(VT-2)	100%/10年	第16回定期検査	良
	余熱除去冷却器	管板部	漏えい検査(VT-2)	1回/10定検	第16回定期検査	良
	蒸気発生器	管板廻り	①溶接部の超音波探傷検査 ②内張りの目視確認 ③漏えい検査(VT-2)	①25%/10年 ②毎定検 ③毎定検	①②③第16回定期検査	良
		給水入口管台	漏えい検査(VT-2)	1回/10年	第16回定期検査	
容器	加圧器	スプレイライン用管台	①溶接部の超音波探傷検査 ②溶接部の浸透探傷検査 ③漏えい検査(VT-2)	①25%/10年 ②25%/10年 ③毎定検	①第16回定期検査 ②第一回定期検査 ③第16回定期検査	良
		サージ用管台			①第16回定期検査 ②第16回定期検査 ③第16回定期検査	
	機械ペネトレーション	主蒸気ライン貫通部端板	原子炉格納容器漏えい率検査	2回/3定検	第16回定期検査	良
配管	ステンレス鋼配管	余熱除去系統出口配管(1次冷却材管高温側余熱除去管台～余熱除去ポンプ入口内隔離弁)	①溶接部の超音波探傷検査 ②溶接部の浸透探傷検査 ③漏えい検査(VT-2)	①25%/10年 ②25%/10年 ③毎定検	①第16回定期検査 ②第14回定期検査 ③第16回定期検査	良
		余熱除去系統出口配管(余熱除去ポンプ入口内隔離弁～原子炉格納容器貫通部)	①溶接部の浸透探傷検査 ②漏えい検査(VT-2)	①7.5%/10年 ②100%/10年	①第16回定期検査 ②第13回定期検査	良
		加圧器サージ配管	①溶接部の超音波探傷検査 ②漏えい検査(VT-2)	①25%/10年 ②毎定検	①第14回定期検査 ②第16回定期検査	良
		加圧器スプレイ配管			①第16回定期検査 ②第16回定期検査	良
		補助スプレイ配管	①溶接部の浸透探傷検査 ②漏えい検査(VT-2)	①25%/10年 ②毎定検	①第16回定期検査 ②第16回定期検査	良

<p>タイトル</p>	<p>加圧器スプレイ配管およびサージ配管等の疲労累積係数の算出根拠について</p>													
<p>説明</p>	<p>加圧器スプレイ配管、補助スプレイ配管およびサージ配管の疲労累積係数の算出根拠を以下に示す。</p> <p>1. 解析モデル 疲労累積係数の算出に用いた解析情報を以下に示す。</p> <p>【通常疲労】</p> <table border="1" data-bbox="424 855 1355 1326"> <tr> <td data-bbox="424 855 600 1010">解析プログラム</td> <td data-bbox="600 855 1355 1010">(加圧器サージ配管) MSAP(配管)Ver. PC1. 0 (加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管) MSAP(配管)Ver. PC1. 0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1010 600 1164">要素種類</td> <td data-bbox="600 1010 1355 1326" rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1164 600 1243">要素数</td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1243 600 1326">節点数</td> </tr> </table> <p>【熱成層を考慮した環境疲労】</p> <table border="1" data-bbox="424 1422 1355 1933"> <tr> <td data-bbox="424 1422 600 1576">解析プログラム</td> <td data-bbox="600 1422 1355 1576">(加圧器サージ配管) ANSYS 2019 (加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管) ANSYS Ver. 15. 0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1576 600 1731">要素種類</td> <td data-bbox="600 1576 1355 1933" rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1731 600 1774">要素次数</td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1774 600 1852">要素数</td> </tr> <tr> <td data-bbox="424 1852 600 1933">節点数</td> </tr> </table> <p>解析モデルを添付 1 に示す。</p>	解析プログラム	(加圧器サージ配管) MSAP(配管)Ver. PC1. 0 (加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管) MSAP(配管)Ver. PC1. 0	要素種類		要素数	節点数	解析プログラム	(加圧器サージ配管) ANSYS 2019 (加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管) ANSYS Ver. 15. 0	要素種類		要素次数	要素数	節点数
解析プログラム	(加圧器サージ配管) MSAP(配管)Ver. PC1. 0 (加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管) MSAP(配管)Ver. PC1. 0													
要素種類														
要素数														
節点数														
解析プログラム		(加圧器サージ配管) ANSYS 2019 (加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管) ANSYS Ver. 15. 0												
要素種類														
要素次数														
要素数														
節点数														



2. 材料物性

材料物性を以下に示す。

使用箇所	温度 (°C)	S m (MPa)	使用材料
加圧器サージ配管	360	113	SUS316TP
加圧器スプレイ配管	343	114	SUS316TP
補助スプレイ配管	343	114	SUS316TP

3. 最大評価点の選定

通常疲労における解析モデル上の評価点は、構造不連続部等の応力が大きくなる点を抽出しており、その中から疲労累積係数が最大となる点を選定している。解析モデル上の評価結果及び最大評価点の選定結果を、添付 2 に示す。

また、加圧器サージ配管、スプレイ配管および補助スプレイ配管は、熱成層による影響を考慮しており、接液部位で、加圧器サージ配管、加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管ともに 1 次 + 2 次 + ピーク応力が最大となる点について、環境疲労評価を実施している。

解析モデル上の評価結果及び最大評価点の選定結果を、添付 4 に示す。

4. 応力分類

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

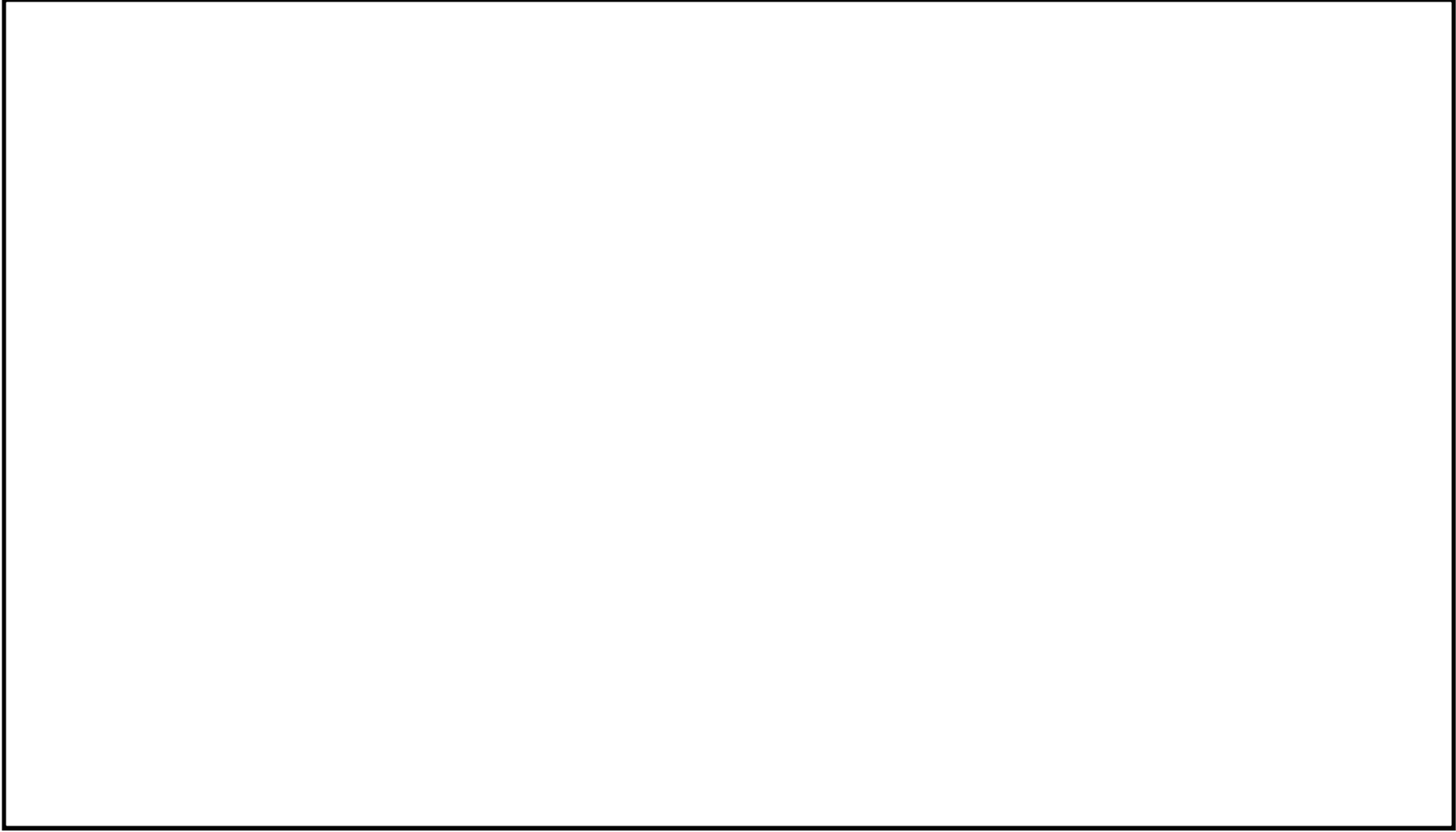
状態	荷重の組み合わせ
供用状態 A, B	【通常疲労】 圧力 + 熱膨張荷重 + 熱過渡 【熱成層を考慮した環境疲労】 圧力 + 自重 + 熱膨張荷重 + 熱過渡

5. K e 係数


環境疲労評価において用いた K e 係数を添付 4 に示す。

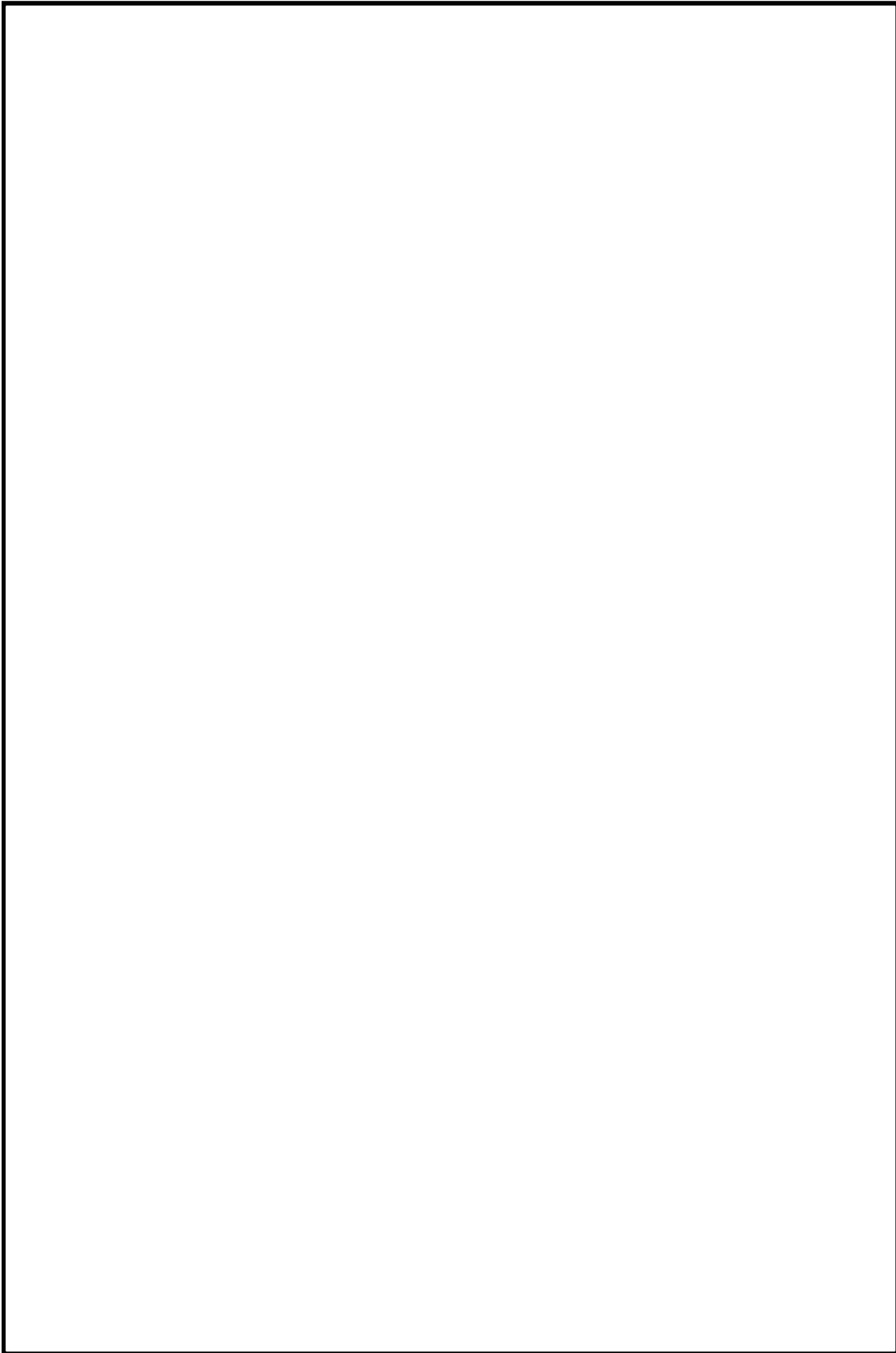
6. 環境評価パラメータ

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 4 に示す。




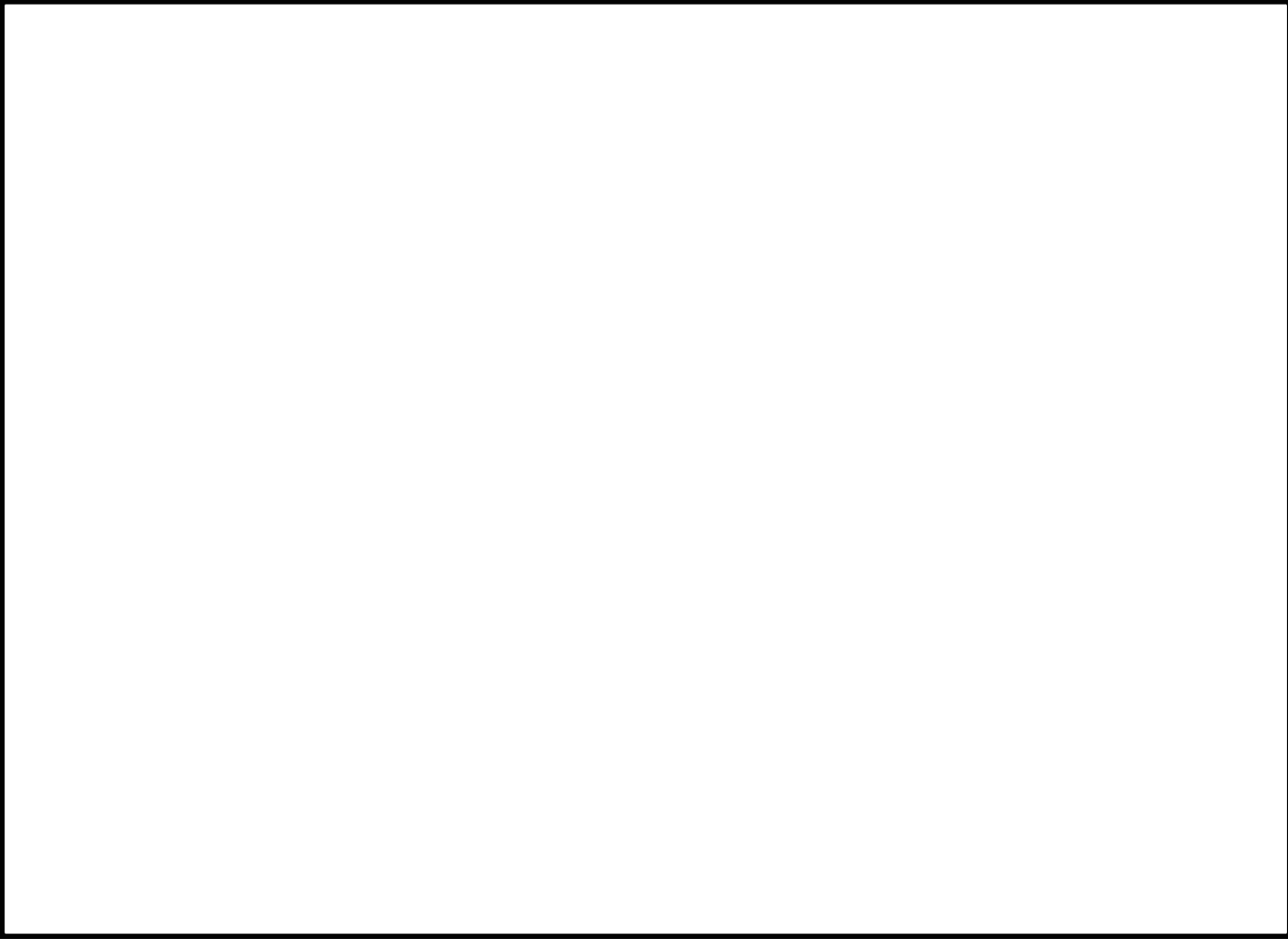
加圧器サージ配管 解析モデル (1 / 2)

 は商業機密に属しますので公開できません。




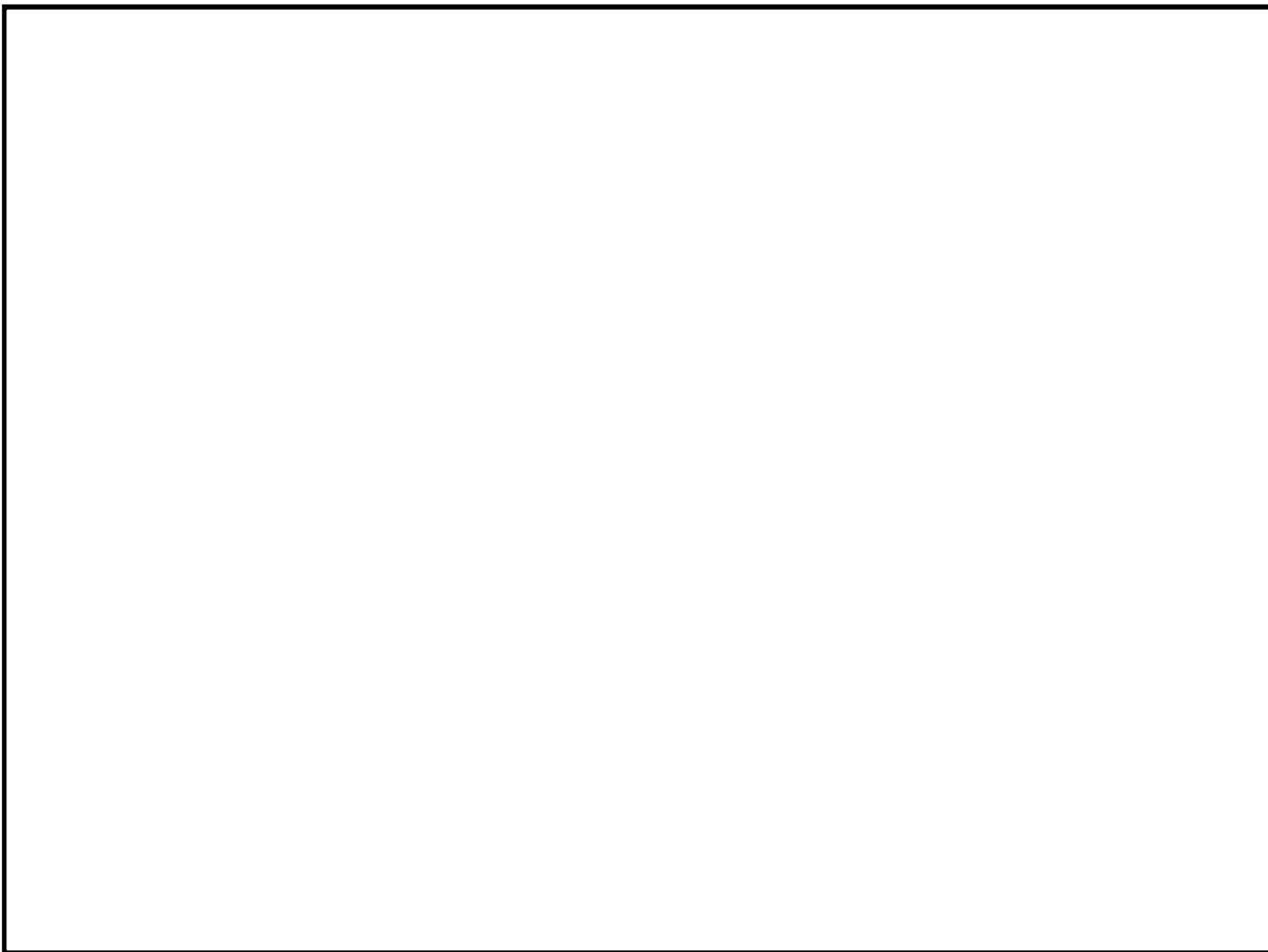
加圧器サージ配管 解析モデル (2 / 2)

 は商業機密に属しますので公開できません。




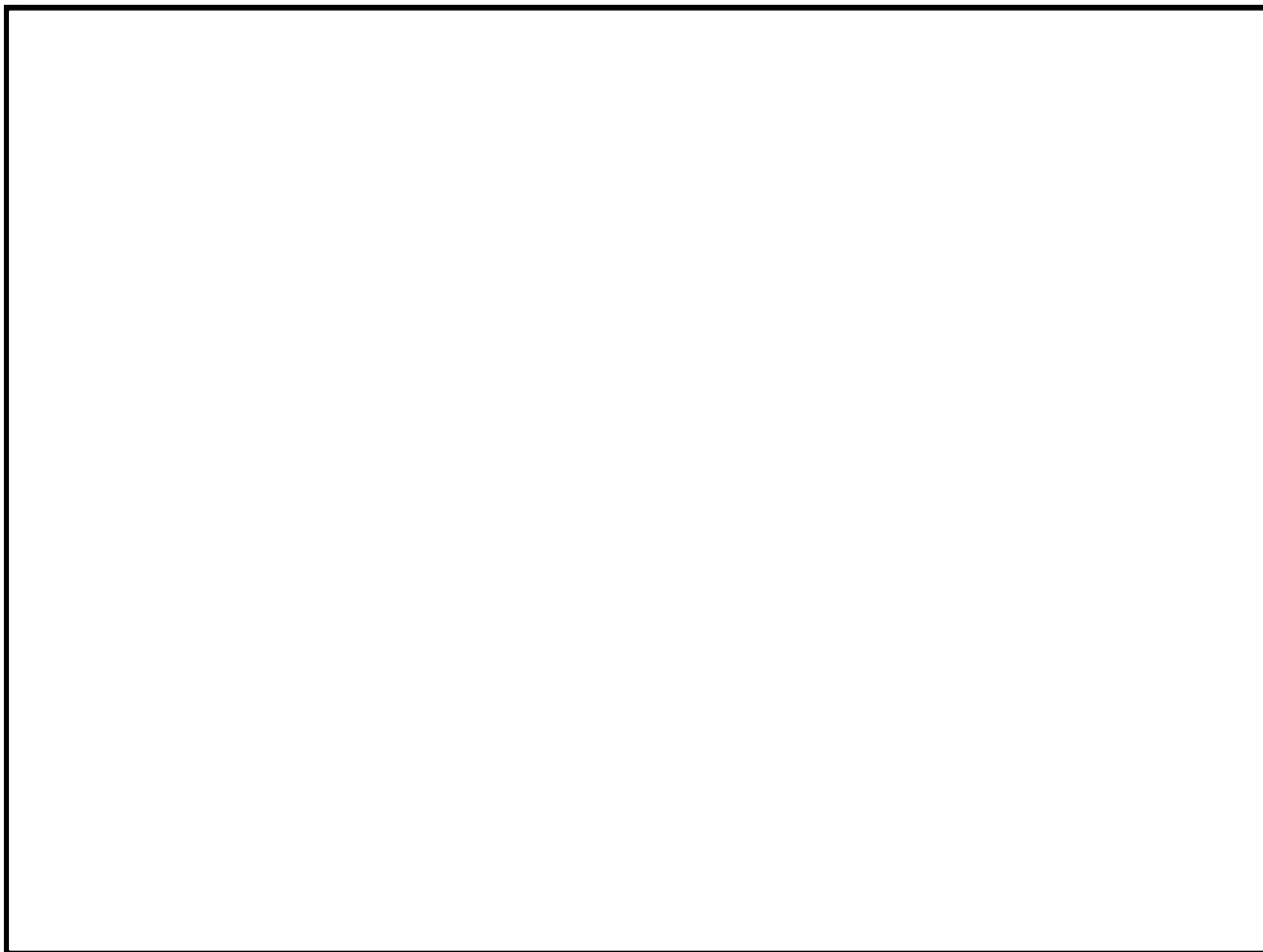
加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (1 / 7)

 は商業機密に属しますので公開できません。




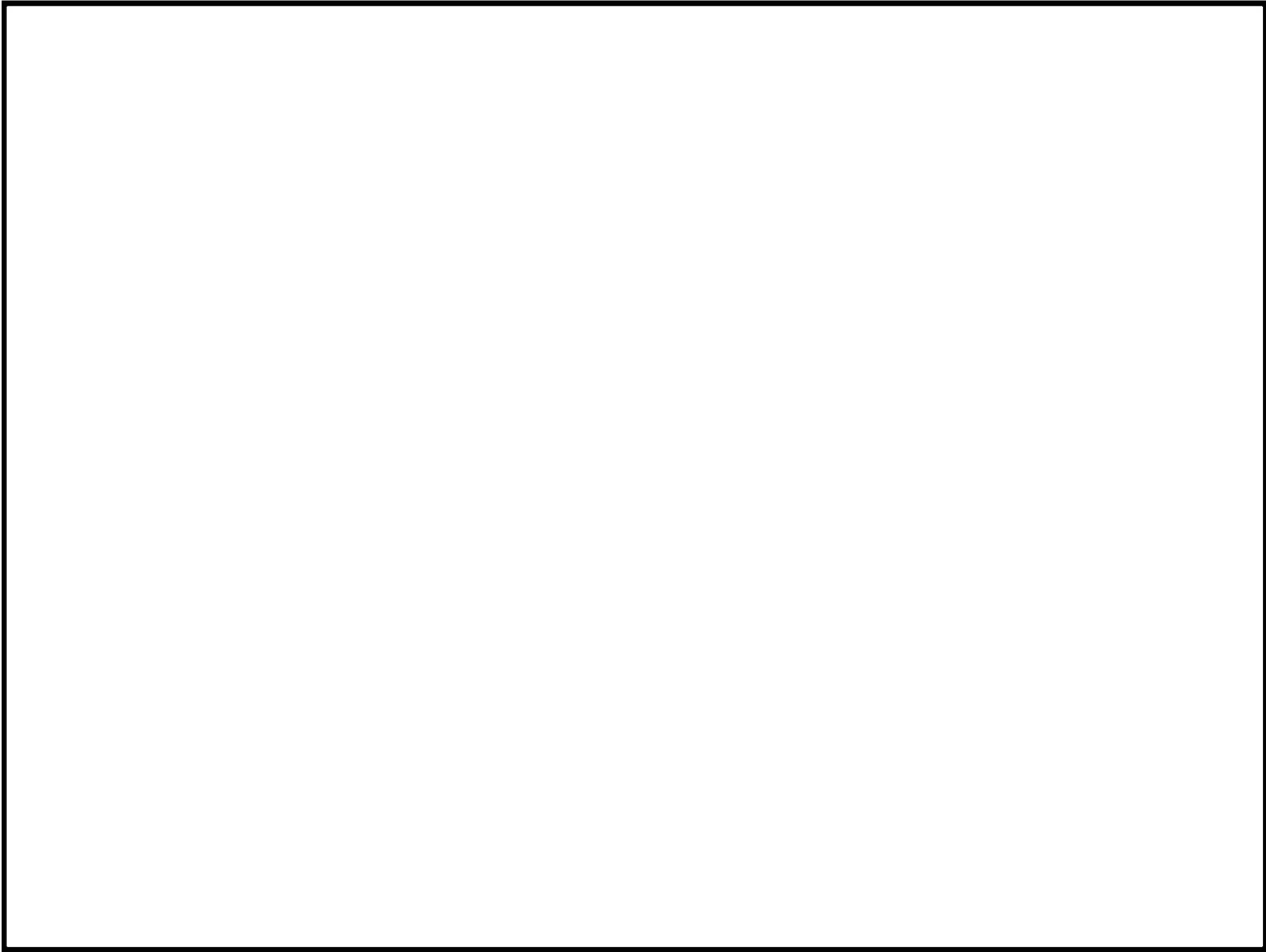
加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (2 / 7)

 は商業機密に属しますので公開できません。




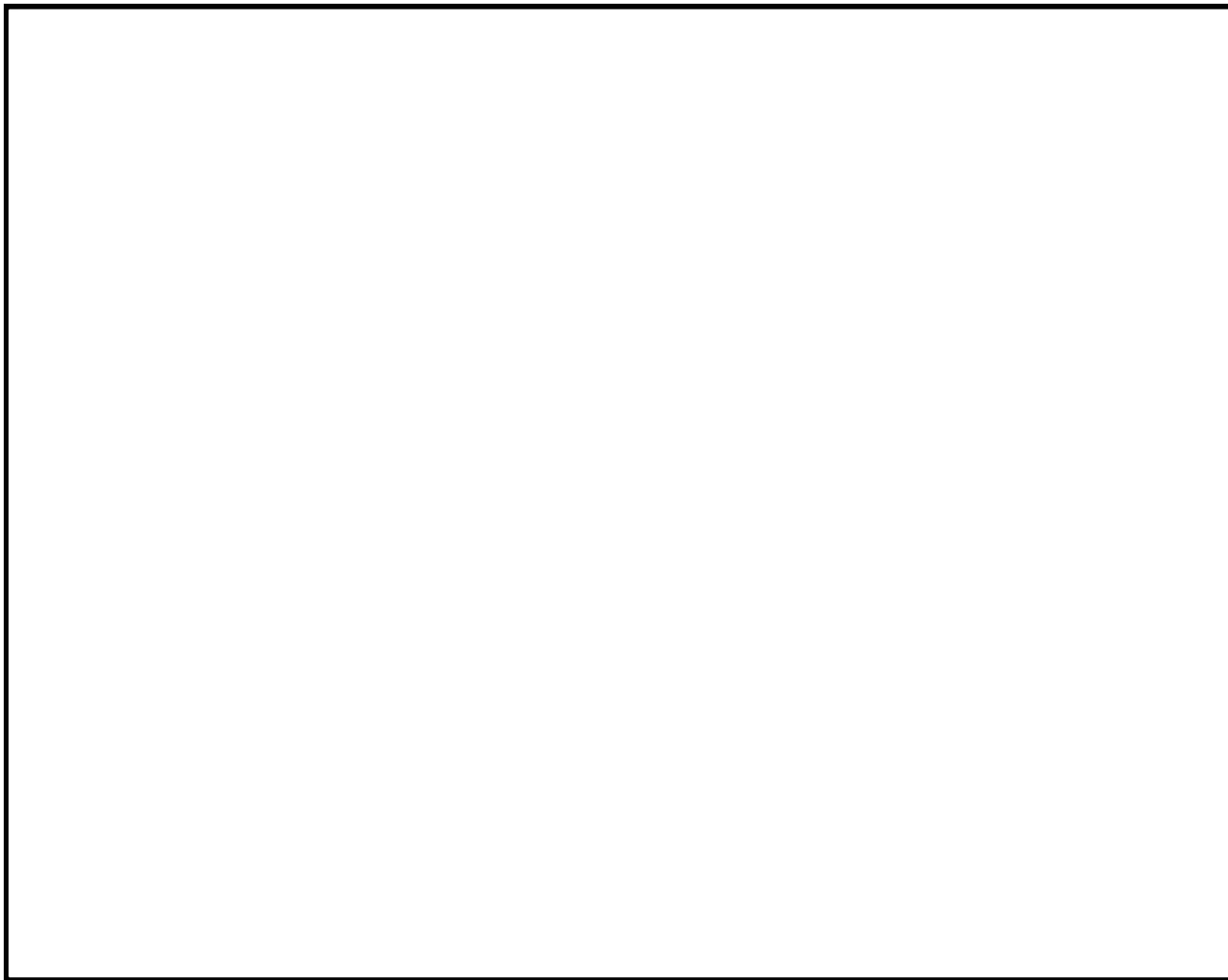
加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (3 / 7)

 は商業機密に属しますので公開できません。




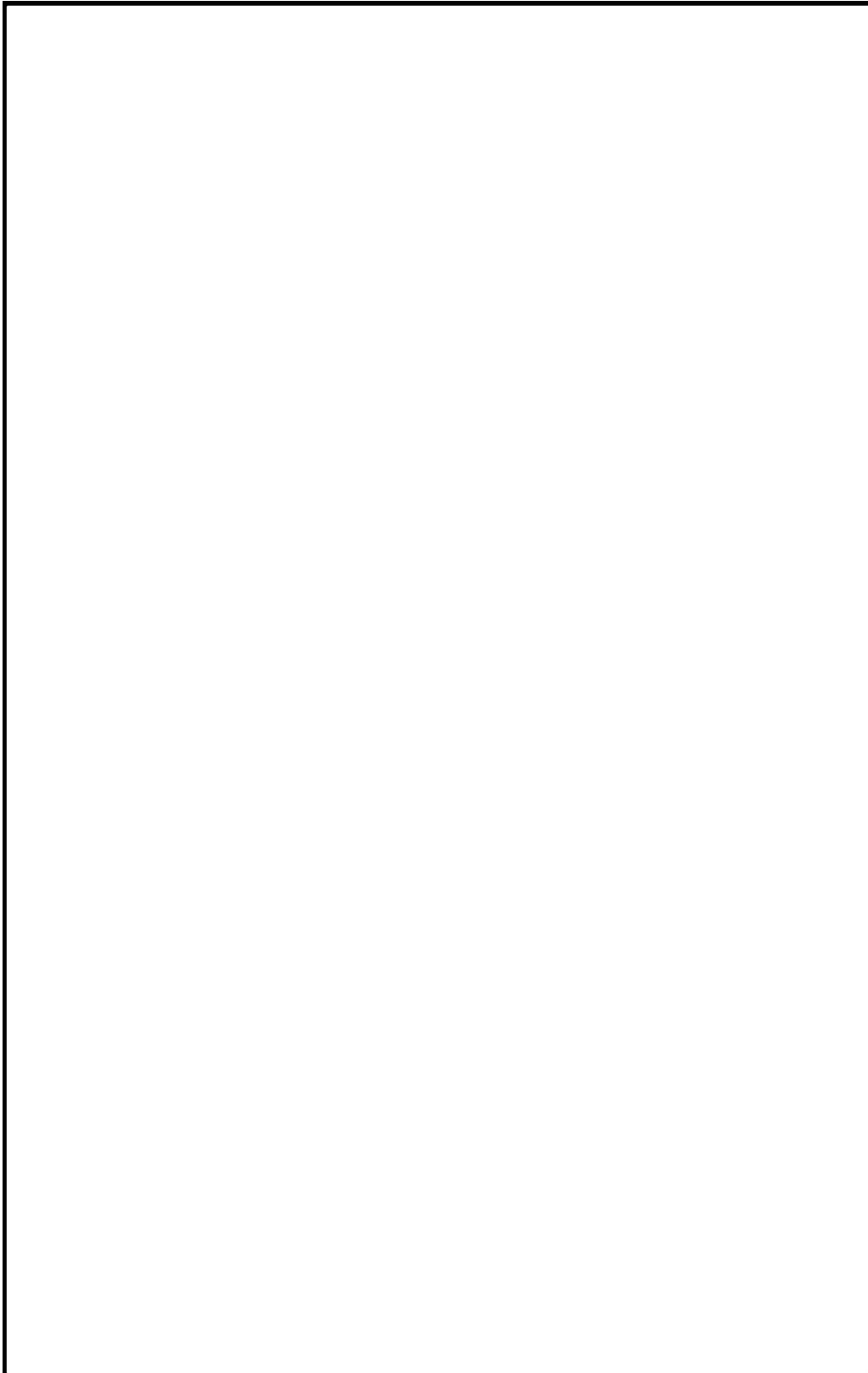
加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (4 / 7)

 は商業機密に属しますので公開できません。



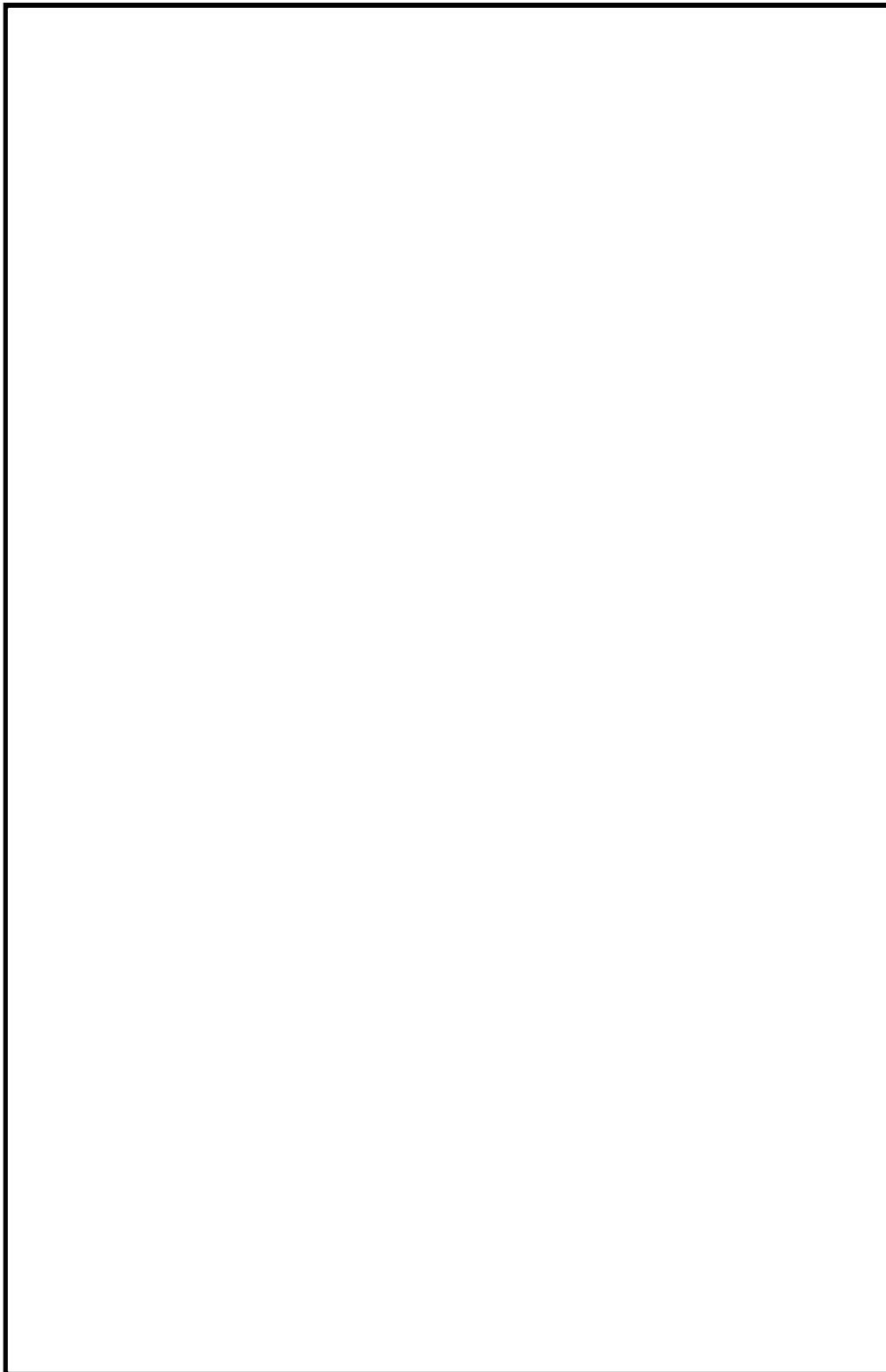
加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (5 / 7)

 は商業機密に属しますので公開できません。




加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (6 / 7)

は商業機密に属しますので公開できません。



加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 解析モデル (7 / 7)

 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	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 (MPa)	繰返しピーク 応力強さ (MPa) (注)	疲労累積 係 数	許容値
1101	22.5	33.8	242.8	0.0	210.4	510	288	0.00174	1.0
102	23.2	44.5	220.7	0.0	210.4	499	282	0.00182	
600	23.2	39.7	220.7	0.0	210.4	494	279	0.00160	
104	23.2	37.3	220.7	0.0	210.4	492	278	0.00151	
105	23.2	32.3	220.7	0.0	210.4	487	275	0.00134	
108	23.2	61.2	220.7	0.0	210.4	516	291	0.00272	
603	23.2	68.0	220.7	0.0	210.4	523	295	0.00321	
110	23.2	65.0	220.7	0.0	210.4	520	293	0.00295	
803	20.5	33.2	220.7	0.0	210.4	485	274	0.00120	
804	20.5	25.2	220.7	0.0	210.4	477	269	0.00090	
608	22.2	35.3	220.7	0.0	210.4	489	276	0.00133	
116	23.2	41.5	220.7	0.0	210.4	495	279	0.00148	
117	22.2	44.7	220.7	0.0	210.4	498	281	0.00158	
119	22.2	56.0	220.7	0.0	210.4	510	288	0.00203	
1102	22.5	42.9	242.8	0.0	210.4	519	293	0.00196	

(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。

→通常UF : 0.004

加圧器スプレイ配管および補助スプレイ配管 最大評価点の選定

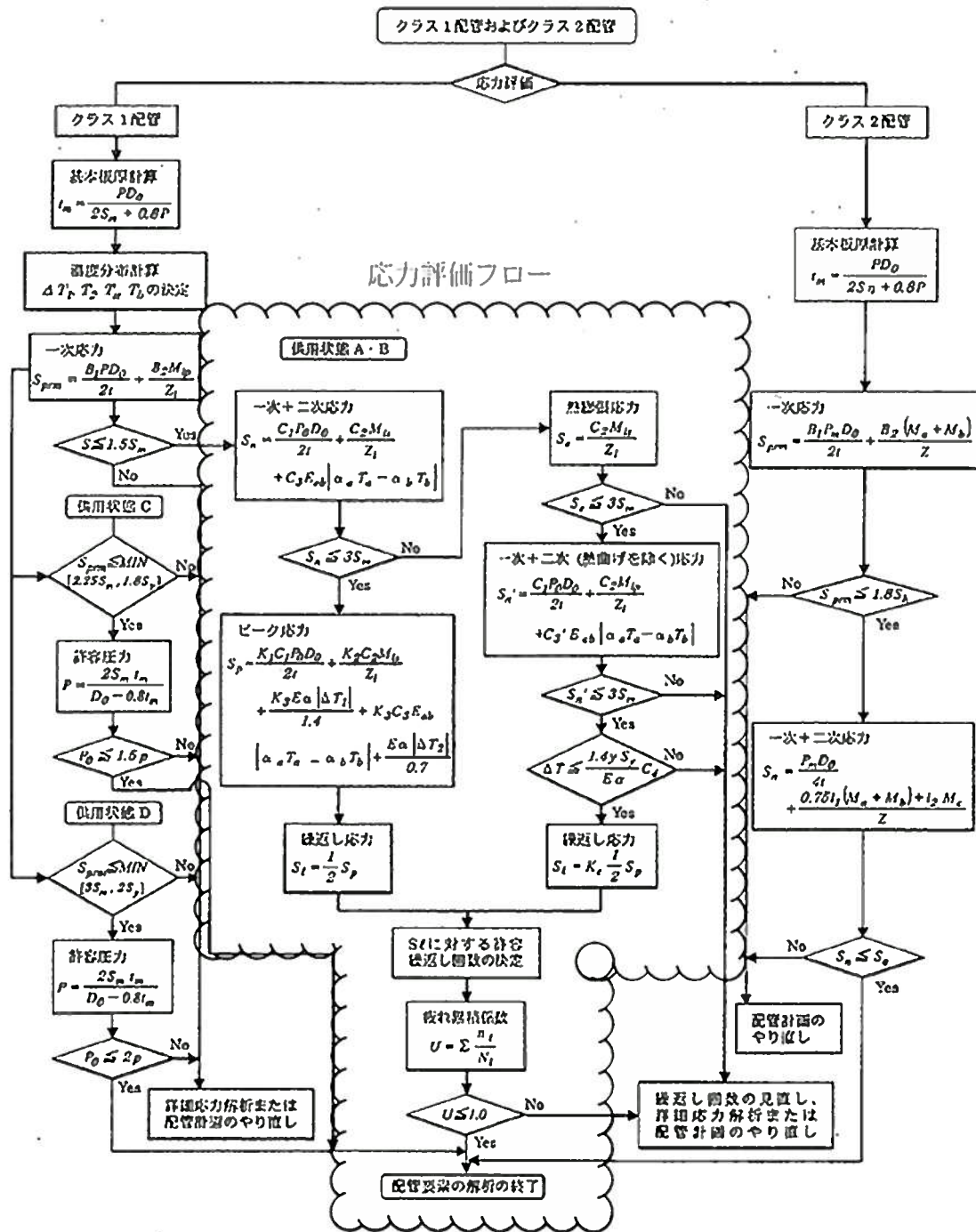
節点番号	圧力による 応力 (MPa)	外荷重による 応力 (MPa)	板厚方向線形温 度差による応力 (MPa)	構造上の不連続 による熱応力 (MPa)	板厚方向非線形 温度差による応力 (MPa)	ピーク 応力 (MPa)	繰返しピーク 応力強さ (MPa) (部)	疲労累積 係 数	許容値
123	91.3	258.2	7.5	0.0	2.9	360	202	0.00015	1.0
125	91.3	275.9	7.5	0.0	2.9	378	233	0.00019	
126	109.3	317.0	7.5	0.0	2.9	437	337	0.00071	
128	109.3	310.1	7.5	0.0	2.9	430	325	0.00058	
143	91.3	263.2	7.5	0.0	2.9	365	211	0.00016	
254	55.6	90.3	356.4	0.0	155.7	658	331	0.01002	
1203	18.1	8.5	416.1	0.0	164.0	607	342	0.01007	
260	44.6	12.2	274.1	0.0	119.6	451	252	0.00008	
261	32.7	77.0	360.6	0.0	187.6	658	369	0.00057	
267	239.4	72.0	253.7	285.9	48.0	900	450	0.02506	
269	239.4	58.1	253.7	285.9	48.0	886	443	0.02308	
191	91.3	273.0	7.5	0.0	2.9	375	228	0.00018	
192	109.3	314.6	7.5	0.0	2.9	436	333	0.00066	
194	109.3	308.1	7.5	0.0	2.9	428	321	0.00054	
207	91.3	267.8	7.5	0.0	2.9	370	219	0.00017	

(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。

→通常UF:

0.011 (加圧器スプレイ配管)

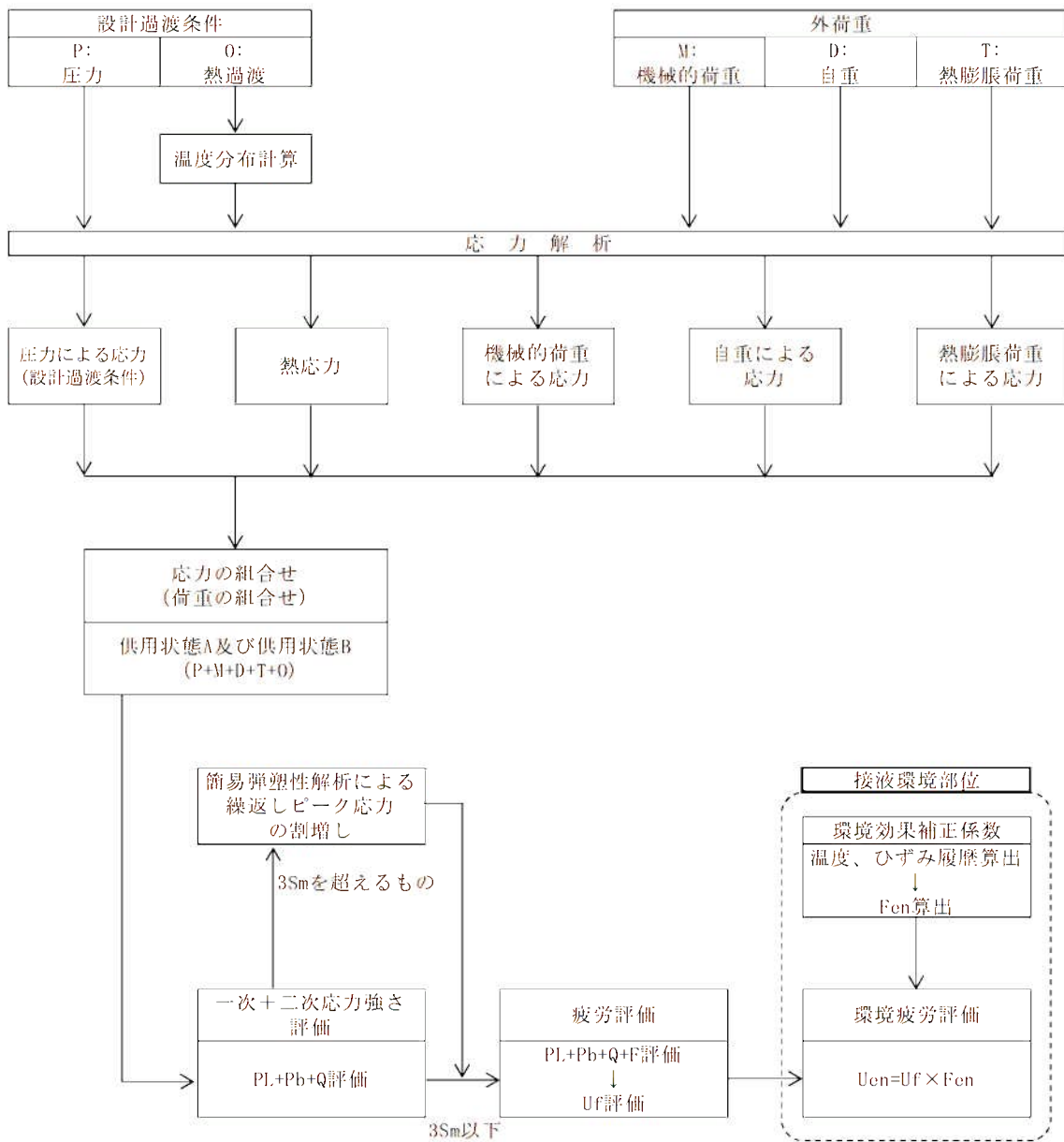
0.026 (補助スプレイ配管)



(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 (通常疲労)



備考：機械的荷重は作用しない。

応力評価フロー（熱成層を考慮した環境疲労）

Kc係数と環境疲労パラメータ (詳細評価手法)

【加圧器サージ配管】

過渡 記号 A	過渡 記号 B	応力強さ 強さ(MPa)		割増 係数 ke	Kc-応力 強さ(MPa) sslt*	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 uetn
		σmax	σmin							
2e1	2h1	108.8	-481.5	1.30	408.1	2	14400	0.00014	6.882	0.00088
2e1	1j1	108.8	-482.1	1.00	398.1	2	72400	0.00003	7.235	0.00090
2g3	1g1	57.6	-327.0	1.00	305.5	2	285000	0.00000	1.000	0.00000
2g1	1g1	55.2	-327.0	1.00	304.2	2	283000	0.00000	1.000	0.00000
1y1	1g1	16.1	-327.0	1.00	193.4	4	1010000	0.00000	1.000	0.00000
1y1	2e1	16.1	-312.1	1.00	185.0	2	1160000	0.00000	1.000	0.00000
1y1	2g3	16.1	-311.1	1.00	183.2	2	1200000	0.00000	1.000	0.00000
1y1	2h1	16.1	-385.8	1.00	170.2	15	1530000	0.00001	1.000	0.00001
1y1	2e1	16.1	-388.4	1.00	169.7	4	1550000	0.00000	1.000	0.00000
1y1	1j3	16.1	-378.1	1.00	165.8	4	1670000	0.00000	1.000	0.00000
1y1	2e1	16.1	-375.5	1.00	164.5	7	1710000	0.00000	1.000	0.00000
1e1	1x1	9.2	-273.4	1.00	159.2	60	1800000	0.00003	1.000	0.00003
1e1	1x3	9.2	-270.8	1.00	157.8	60	1860000	0.00003	1.000	0.00003
1e1	1x5	9.2	-320.7	1.00	152.1	60	2290000	0.00003	1.000	0.00003
1y1	1x5	16.1	-343.8	1.00	144.0	22	2300000	0.00001	1.000	0.00001
1e1	1x5	9.2	-243.8	1.00	142.2	38	3030000	0.00001	1.000	0.00001
1e1	1x3	9.2	-232.2	1.00	140.1	60	3270000	0.00002	1.000	0.00002
1e1	1e1	9.2	-231.6	1.00	135.7	600	3750000	0.00013	1.000	0.00013
1y3	1e1	6.9	-231.6	1.00	134.4	60	3910000	0.00002	1.000	0.00002
1y5	1e1	1.1	-231.6	1.00	131.2	60	4340000	0.00001	1.000	0.00001
2i1	1e1	0.8	-231.6	1.00	131.0	50	4370000	0.00001	1.000	0.00001
1a1	1e1	0.5	-231.6	1.00	130.7	60	4410000	0.00001	1.000	0.00001
1b1	1e1	0.5	-231.6	1.00	130.7	39	4410000	0.00001	1.000	0.00001
1b1	1x3	0.5	-228.2	1.00	128.8	21	4700000	0.00000	1.000	0.00000
1z1	1x3	-2.5	-228.2	1.00	126.5	30	5110000	0.00001	1.000	0.00001
1z1	1y1	-2.5	-227.2	1.00	125.2	21	5410000	0.00000	1.000	0.00000
1z3	1y1	-6.1	-227.2	1.00	123.2	30	5380000	0.00001	1.000	0.00001
1z3	2g1	-6.1	-221.0	1.00	121.1	2	6630000	0.00000	1.000	0.00000
1z3	1d1	-6.1	-220.8	1.00	121.0	12	6660000	0.00000	1.000	0.00000
1z5	1d1	-7.8	-220.8	1.00	120.0	60	6890000	0.00001	1.000	0.00001
1z4	1d1	-12.8	-220.8	1.00	118.7	60	8250000	0.00001	1.000	0.00001
1z2	1d1	-13.8	-220.8	1.00	118.7	60	8250000	0.00001	1.000	0.00001
1z0	1d1	-13.8	-220.8	1.00	118.0	60	8200000	0.00001	1.000	0.00001
1z0	1d1	-14.1	-220.8	1.00	118.5	60	8340000	0.00001	1.000	0.00001
1y0	1d1	-14.1	-220.8	1.00	118.5	60	8340000	0.00001	1.000	0.00001
1z4	1d1	-14.2	-220.8	1.00	118.5	60	8340000	0.00001	1.000	0.00001
1z2	1d1	-14.7	-220.8	1.00	118.2	60	8470000	0.00001	1.000	0.00001
1y4	1d1	-14.8	-220.8	1.00	118.1	60	8510000	0.00001	1.000	0.00001
1y2	1d1	-16.3	-220.8	1.00	115.2	60	8870000	0.00001	1.000	0.00001
1y6	1d1	-16.5	-220.8	1.00	115.2	60	8910000	0.00001	1.000	0.00001
1y4	1d1	-21.3	-220.8	1.00	112.5	60	1040000	0.00001	1.000	0.00001
2b1	1d1	-20.3	-220.8	1.00	107.4	15	13100000	0.00000	1.000	0.00000
1y2	1d1	-31.7	-220.8	1.00	103.2	60	17300000	0.00000	1.000	0.00000
1d1	1d1	-31.9	-220.8	1.00	103.5	358	1740000	0.00005	1.000	0.00005
1d1	1f1	-31.9	-214.7	1.00	103.1	8	23600000	0.00000	1.000	0.00000
1d1	1x5	-31.9	-211.7	1.00	101.2	60	24300000	0.00000	1.000	0.00000
1d1	1w1	-31.9	-211.7	1.00	101.2	60	24300000	0.00000	1.000	0.00000
1d1	1y5	-31.9	-205.7	1.00	98.0	60	70500000	0.00000	1.000	0.00000
1d1	1x3	-31.9	-194.9	1.00	91.2	60	-----	0.00000	1.000	0.00000
								total	0.00073	0.00169

(注) σの振幅≦0.110% (sslt*≦214.5) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.002

【加圧器スプレイ配管 (評価点B)】

過渡条件 記号		一次+二次+ ピーク応力強さ		利り増し 係数	繰返しピーク 応力強さ	実働 回数	許容繰返し 回数	疲労係数係数	環境効果 補正係数	環境効果を考慮した 疲労係数係数
A	B	max	min	SE	alt ²	n	n*	u	fen	uen
9E3	9E3	290.0	-609.9	2.00	1008.0	3	513	0.00863	7.334	0.00316
1E5	1E5	314.0	-611.0	1.40	545.8	60	4290	0.01399	3.745	0.06234
1E7	1E7	153.0	-419.0	1.30	415.2	60	13200	0.04431	3.591	0.01303
1E3	1E6	118.4	-390.3	1.00	264.3	60	69900	0.00064	3.203	0.00205
1E6	1E9	89.6	-362.2	1.00	225.2	60	165000	0.00044	3.172	0.00141
1E0	1E9	69.5	-338.5	1.00	249.6	60	294000	0.00023	1.546	0.00052
1E9	3E1	58.4	-348.9	1.00	220.5	7	323000	0.00002	3.207	0.00007
1E0	1E5	66.4	-351.1	1.00	223.4	53	334000	0.00013	2.833	0.00042
1E7	1E9	51.1	-351.1	1.00	203.8	7	563000	0.00001	1.000	0.00001
1E7	3E1	51.1	-346.5	1.00	207.2	3	623000	0.00000	1.000	0.00000
1E7	3E1	51.1	-343.1	1.00	205.3	3	670000	0.00000	1.000	0.00000
1E7	1E1	51.1	-340.8	1.00	203.3	4	709000	0.00001	1.000	0.00001
1E7	1E1	51.1	-339.1	1.00	203.0	2	735000	0.00000	1.000	0.00000
1E7	1E1	51.1	-338.3	1.00	203.3	4	730000	0.00001	1.000	0.00001
1E7	1E1	51.1	-338.0	1.00	203.7	4	735000	0.00001	1.000	0.00001
1E7	1E1	51.1	-338.8	1.00	203.7	35	733000	0.00005	1.000	0.00005
1E9	1E1	30.6	-338.0	1.00	202.4	60	741000	0.00003	1.000	0.00003
1E3	1E1	15.0	-339.8	1.00	199.3	60	929000	0.00007	1.000	0.00007
1E5	1E1	11.1	-336.8	1.00	187.0	60	897000	0.00007	1.000	0.00007
1E1	1E1	3.0	-338.8	1.00	191.9	60	1030000	0.00003	1.000	0.00003
2E1	1E1	0.2	-338.8	1.00	181.3	53	1040000	0.00006	1.000	0.00006
1E3	1E1	-1.5	-338.0	1.00	190.6	60	1070000	0.00003	1.000	0.00003
1E4	1E1	-5.9	-338.8	1.00	187.5	60	1110000	0.00005	1.000	0.00005
1E4	1E1	-6.8	-338.0	1.00	187.0	60	1130000	0.00005	1.000	0.00005
1E4	1E1	-23.7	-338.8	1.00	173.0	60	1320000	0.00005	1.000	0.00005
1E5	1E1	-22.9	-338.0	1.00	177.2	60	1390000	0.00005	1.000	0.00005
1E1	1E1	-24.5	-338.8	1.00	175.2	250	1370000	0.00013	1.000	0.00013
1E1	1E1	-28.5	-338.5	1.00	173.3	873	1330000	0.00023	1.000	0.00023
1E1	1E2	-24.5	-338.4	1.00	175.3	3	1387000	0.00000	1.000	0.00000
1E1	1E1	-32.5	-338.3	1.00	173.7	1773	1330000	0.00123	1.000	0.00123
1E1	1E1	-34.5	-338.3	1.00	173.6	4	1330000	0.00000	1.000	0.00000
1E1	1E1	-37.0	-338.3	1.00	173.5	884	1330000	0.00004	1.000	0.00004
1E1	1E1	-31.0	-338.3	1.00	173.2	540	1440000	0.00017	1.000	0.00017

1E1	1A5	-31.0	-333.4	1.00	170.4	60	1530000	0.00004	1.000	0.00004
1E1	1B4	-31.0	-311.8	1.00	158.3	60	1340000	0.00003	1.000	0.00003
1E1	1E4	-31.0	-310.0	1.00	157.3	60	1250000	0.00003	1.000	0.00003
1E1	1E5	-31.0	-333.4	1.00	152.7	60	4130000	0.00004	1.000	0.00004
1E1	1E6	-31.0	-355.3	1.00	126.9	60	4500000	0.00001	1.000	0.00001
1E1	1A4	-31.0	-335.4	1.00	169.7	60	13700000	0.00000	1.000	0.00000
1E1	1E3	-31.0	-317.4	1.00	165.1	60	18300000	0.00000	1.000	0.00000
1E1	1E0	-31.0	-311.5	1.00	101.8	60	32300000	0.00000	1.000	0.00000
1E1	1E7	-31.0	-303.8	1.00	38.3	60	153000000	0.00000	1.000	0.00000
1E1	1E0	-31.0	-190.7	1.00	90.1	60	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計 :										0.10431

(注) 2次配管径φ0.1105 (salt'≧14.5) の場合、fen=1.0

→環境UF : 0.105

【補助スプレイ配管 (評価点D)】

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
2E2	1B2	652.0	-58.8	1.60	633.0	2	2460	0.00081	3.520	0.00286
1B8	1B2	340.9	-58.8	1.00	225.2	58	364000	0.00016	3.801	0.00061
1B8	1A7	340.9	-53.1	1.00	222.0	2	398000	0.00001	3.381	0.00002
1B9	1A7	287.1	-53.1	1.00	191.7	58	1030000	0.00006	1.000	0.00006
1B9	1B3	287.1	-52.1	1.00	190.1	2	1060000	0.00000	1.000	0.00000
1B4	1B3	247.9	-52.1	1.00	168.1	58	1590000	0.00004	1.000	0.00004
1B4	1A6	247.9	-48.9	1.00	166.3	2	1650000	0.00000	1.000	0.00000
1B8	1A6	214.6	-48.9	1.00	147.7	58	2600000	0.00002	1.000	0.00002
1B8	1A5	214.6	-45.2	1.00	144.7	2	2840000	0.00000	1.000	0.00000
1B3	1A5	192.9	-45.2	1.00	132.6	58	4140000	0.00001	1.000	0.00001
1B3	1B4	192.9	-40.7	1.00	129.4	2	4610000	0.00000	1.000	0.00000
1B0	1B4	173.2	-40.7	1.00	118.5	58	7540000	0.00001	1.000	0.00001
1B0	1A4	173.2	-39.6	1.00	116.6	2	8300000	0.00000	1.000	0.00000
111	1A3	58.1	-41.1	1.00	55.9	60	-----	0.00000	1.000	0.00000
合計 :										0.00363

→環境UF : 0.004

玄海原子力発電所 3 号炉
高経年化技術評価
(耐震安全性評価)

補足説明資料

2024年●月●日

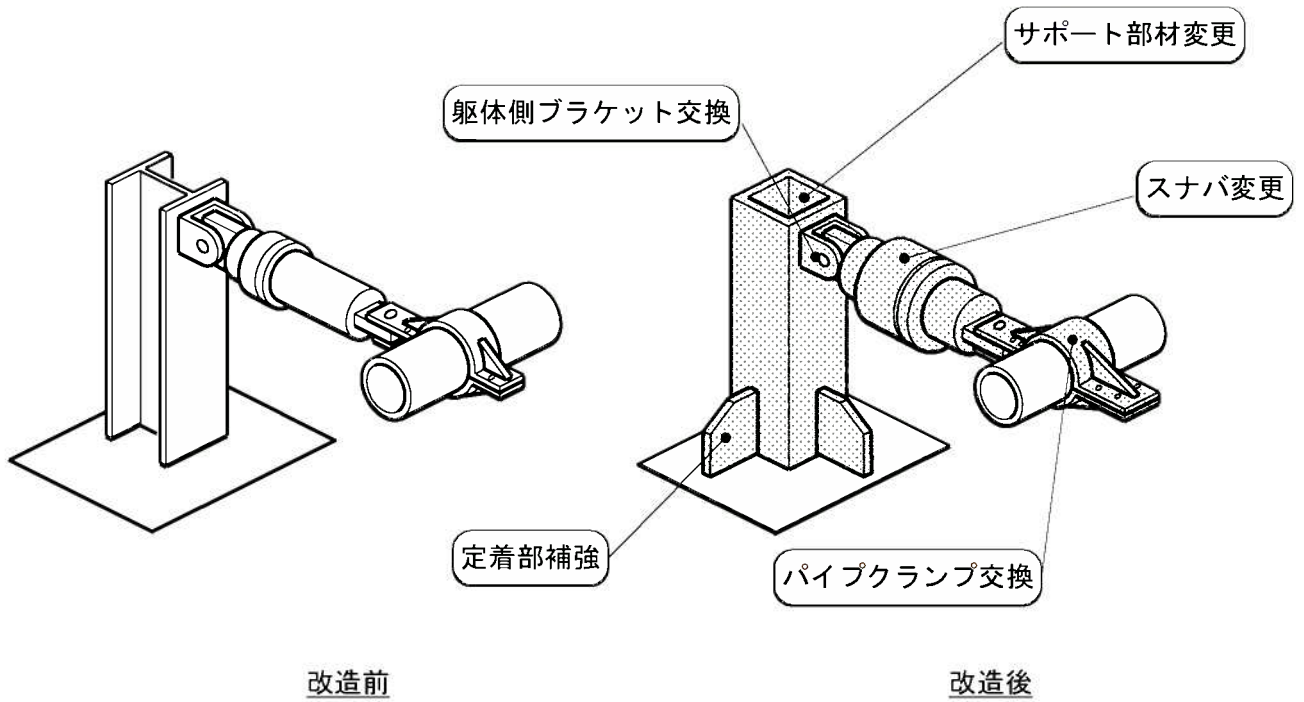
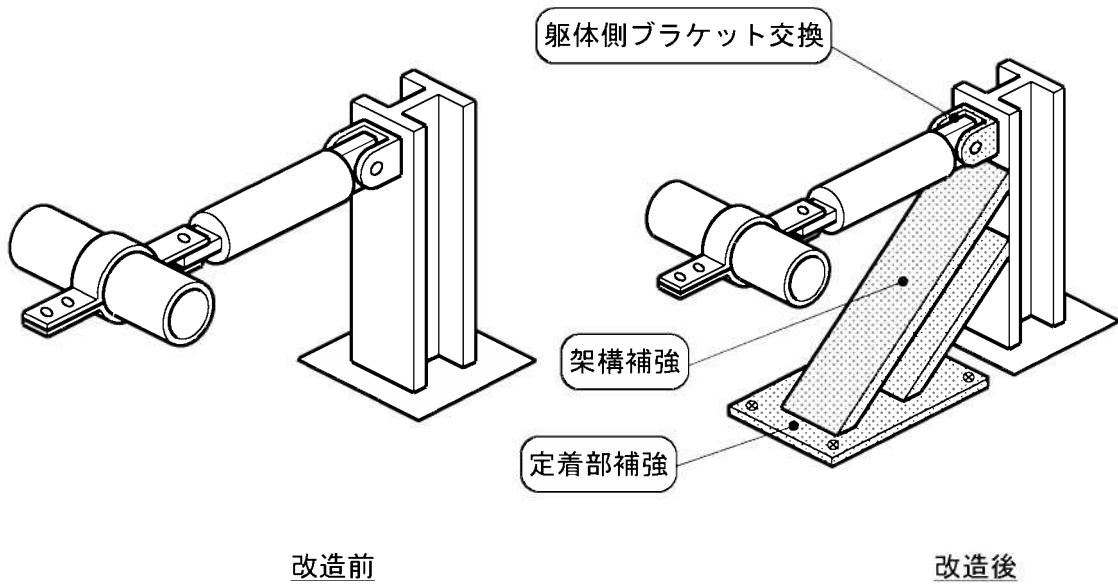
九州電力株式会社

タイトル	建設後の耐震補強の実績について						
説明	<p>高経年化技術評価にかかる建設後の耐震補強の実績について以下に示す。なお、耐震補強工事の時期や優先度については、可能な限り早期の定期検査に併せて実施することを基本としているが、現場確認や推定余寿命の状況、許認可手続きの要否等を総合的に踏まえた上で、実施時期を決定している。</p> <p>高経年化技術評価においては第 15 回定検までの工事实績に加え、添付一 3、添付一 4 に示す第 16 回定検の耐震補強工事を反映している。また、耐震補強ではない工事としては第 16 回定検の原子炉容器出入口管台溶接部計画保全工事及び第 17 回定検の原子炉容器上部ふた取替工事を反映している。</p> <p>1. 耐震設計審査指針改訂後の耐震バックチェックに関連して実施した耐震補強（以下、「耐震 BC による耐震補強」という。）について概要を添付-1 に示す。</p> <p style="text-align: center;">表 1-1 耐震 BC による耐震補強の概要</p> <table border="1" data-bbox="429 1048 1361 1355"> <thead> <tr> <th data-bbox="429 1048 657 1088">種別</th> <th data-bbox="657 1048 1094 1088">内容</th> <th data-bbox="1094 1048 1361 1088">実施時期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="429 1088 657 1355">配管類</td> <td data-bbox="657 1088 1094 1355">配管支持構造物の強化工事 (原子炉冷却系統、安全注入系統、余熱除去系統、主蒸気系統、主給水系統、格納容器スプレイ系統)</td> <td data-bbox="1094 1088 1361 1355">第 11 回定検 (2008 年度)</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 新規制基準適合申請に関連した耐震補強について、添付一 2 に示す。</p> <p>3. 経年劣化事象の評価に関連した耐震補強について、添付一 3 に示す。</p> <p>4. 新規制基準適合申請以降の耐震補強について、添付一 4 に示す。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	種別	内容	実施時期	配管類	配管支持構造物の強化工事 (原子炉冷却系統、安全注入系統、余熱除去系統、主蒸気系統、主給水系統、格納容器スプレイ系統)	第 11 回定検 (2008 年度)
種別	内容	実施時期					
配管類	配管支持構造物の強化工事 (原子炉冷却系統、安全注入系統、余熱除去系統、主蒸気系統、主給水系統、格納容器スプレイ系統)	第 11 回定検 (2008 年度)					

耐震補強工事概要

機器名	補強箇所	補強時期
1次冷却材系統配管	[加圧器スプレイ配管] ・リジット×6 支持装置改造 ・リジット×4 架構改造 [加圧器逃がし配管] ・リジット×2 支持装置改造 ・スナバ×1 支持装置改造 ・スナバ×1 架構改造 ・スナバ×3 支持装置改造、架構改造	第11回定期検査 (2008年)
安全注入系統配管	[A-蓄圧タンク出口配管] ・リジット×1 架構改造 [安全注入設備配管] ・スナバ×1 架構改造 [D-蓄圧タンク出口配管] ・リジット×2 架構改造	
余熱除去系統配管	[A-余熱除去取水配管] ・リジット×1 架構改造 [B-余熱除去取水配管] ・リジット×1 架構改造	
主蒸気系統配管	[A-主蒸気配管] ・リジット×1 支持装置改造 ・リジット×1 支持装置改造、架構改造 ・スナバ×1 支持装置改造 [B-主蒸気配管] ・リジット×1 支持装置改造 ・リジット×1 支持装置改造、架構改造 ・スナバ×1 支持装置改造 [C-主蒸気配管] ・リジット×1 架構改造 ・リジット×1 支持装置改造 ・リジット×1 支持装置改造、架構改造 ・リジット×1 支持装置改造、架構改造、 定着部改造 ・スナバ×1 支持装置改造	

機器名	補強箇所	補強時期
主蒸気系統配管	[D-主蒸気配管] ・リジット×1 架構改造 ・リジット×1 支持装置改造 ・リジット×1 支持装置改造、架構改造 ・リジット×1 支持装置改造、架構改造、 定着部改造 ・スナバ×1 支持装置改造 [タービン動補助給水ポンプ蒸気入口配管] ・リジット×1 支持装置改造	第11回定期検査 (2008年)
主給水系統配管	[B-主給水配管] ・スナバ×1 架構改造 [C-主給水配管] ・スナバ×1 架構改造 [D-主給水配管] ・スナバ×2 架構改造	
格納容器スプレイ 系統配管	[スプレイリング入口配管] ・リジット×2 架構改造	
使用済燃料ピット クレーン	<転倒防止金具他の換装> ・トロリ転倒防止金具、ブリッジ転倒防止金具の 材質を SS41 から SM490A に変更 ・転倒防止金具取付ボルト（六角ボルト）の材質 を SS41 から SCM435H に変更	プラント運転中 (2009年)



<耐震補強例：配管サポート補強等の一般例>

新規制基準適合申請に関連した耐震補強工事概要 (配管以外)

機器	工事概要
原子炉補機冷却水冷却器	支持脚取付部の胴当板拡張 支持脚に補強板追設
余熱除去冷却器	支持脚取付部の胴当板拡張 固定脚基礎ボルト追設 ・補強前 <input type="checkbox"/> × <input type="checkbox"/> 本 (SS400) ・補強後 <input type="checkbox"/> × <input type="checkbox"/> 本 (SS400) + <input type="checkbox"/> × <input type="checkbox"/> 本 (SNB7) + <input type="checkbox"/> × <input type="checkbox"/> 本 (SNB7)
蒸気発生器	アイプレート t = <input type="checkbox"/> (SM490B) × <input type="checkbox"/> 枚追設 倒れ防止リブ t = <input type="checkbox"/> (SM490B) × <input type="checkbox"/> 枚追設 浮き上がり防止金物追設 t = <input type="checkbox"/> (SM490B) × <input type="checkbox"/> 枚追設 六角ボルト <input type="checkbox"/> (SNB23-3) × <input type="checkbox"/> 本追設 吊りボルト <input type="checkbox"/> (SNB23-3) × <input type="checkbox"/> 本追設 Uリンク用ピン <input type="checkbox"/> (SNB23-3) × <input type="checkbox"/> 本追設
洗浄排水処理装置	蒸発器支持脚 (ラグ) 取り付け部の胴当板拡張 蒸発器・加熱器支持脚 (ラグ) に補強板追設 (各 <input type="checkbox"/> 枚) 蒸発器支持脚 (ラグ) に固定材追設 (<input type="checkbox"/> か所) 蒸発器・加熱器支持脚 (ラグ) 取付ボルト材料変更 コンデンサ支持脚取付ボルト材料変更

は商業機密に属しますので公開できません。

新規制基準適合申請に関連した耐震補強工事概要 (配管)

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
主蒸気 系統配管	A ループ主蒸気配 管	メカニカル スナバ	全て改造	第 13 回定期検査 (2010 年～2018 年)
			支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		サドル	支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		ピン	支持装置改造	
			架構改造	
	B ループ主蒸気配 管	メカニカル スナバ	全て改造	
			支持装置改造	
			定着部改造	
		サドル	支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		ピン	支持装置改造	
			架構改造	
	C ループ主蒸気配 管	メカニカル スナバ	全て改造	
			支持装置改造	
架構改造				
定着部改造				
サドル		架構改造		
		定着部改造		
ピン		支持装置改造		
		架構改造		
		定着部改造		
ロッド レストレイント		全て改造		

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
主蒸気 系統配管	D ループ主蒸気配 管	メカニカル スナバ	全て改造	第 13 回定期検査 (2010 年～2018 年)
			支持装置改造	
			定着部改造	
		オイルスナバ	全て改造	
		サドル	架構改造	
			定着部改造	
		ピン	架構改造	
			定着部改造	
	ロッド レストレイント	架構改造		
		定着部改造		
	タービン動補助 給水ポンプ蒸気 入口連絡配管	ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		ラグ	全て改造	
主給水 系統配管	A ループ主給水配 管	サドル	全て改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
		オイルスナバ	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
		メカニカル スナバ	全て改造	
			架構改造	
			定着部改造	

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
主給水 系統配管	B ループ主給水配 管	サドル	全て改造	第 13 回定期検査 (2010 年～2018 年)
			架構改造	
			定着部改造	
		オイルスナバ	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
		メカニカル スナバ	全て改造	
		C ループ主給水配 管	ロッド レストレイント	
	支持装置改造			
	架構改造			
	サドル		全て改造	
	オイルスナバ		全て改造	
	メカニカル スナバ		全て改造	
			支持装置改造	
	サドル		支持装置改造	
	D ループ給水気配 管	ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
		サドル	全て改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		オイルスナバ	全て改造	
			支持装置改造	
架構改造				
メカニカル スナバ		全て改造		

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
1次冷却材 系統配管	加圧器 スプレイ配管	メカニカル スナバ	全て改造	第13回定期検査 (2010年～2018年)
			支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
		ピン	全て改造	
			支持装置改造	
		サドル	架構改造	
			定着部改造	
		スプリング	支持装置改造	
		Uバンド	架構改造	
			定着部改造	
	加圧器 サージ配管	メカニカル スナバ	全て改造	
		ロッド レストレイント	全て改造	
	加圧器逃がしタ ンク入口配管	ピン	支持装置改造	
			全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
		スプリング	定着部改造	
			全て改造	
			支持装置改造	
架構改造				
ロッド レストレイント	全て改造			
	サドル	架構改造		
加圧器上部配管 ユニット	メカニカル スナバ	全て改造		
		全て改造		
	ロッド レストレイント	支持装置改造		
		定着部改造		

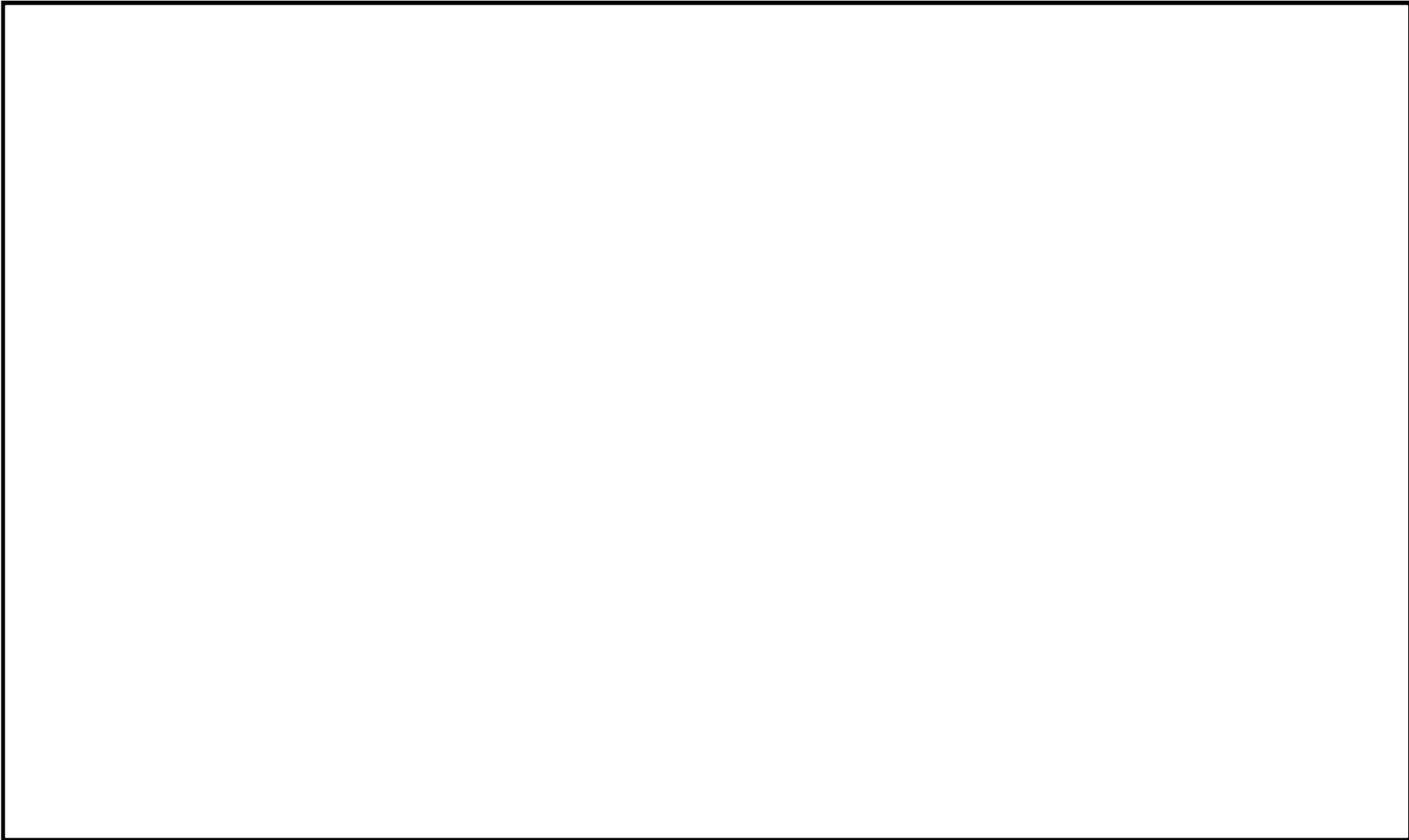
機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
格納容器 スプレイ 系統	A, B, C スプレイリ ング入口配管	U ボルト	支持装置改造	第 13 回定期検査 (2010 年～2018 年)
			架構改造	
		ラグ	架構改造	
			定着部改造	
	D スプレイリング 入口配管	ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			定着部改造	
		ラグ	架構改造	
			定着部改造	
			サドル	
	スプレイヘッダ B 配管	ロッド レストレイント	支持装置改造	
			定着部改造	
	スプレイヘッダ C 配管	ロッド レストレイント	支持装置改造	
			定着部改造	
スプレイヘッダ D 配管	ロッド レストレイント	支持装置改造		
安全注入 系統配管	3A 蓄圧タンク 出口配管	ピン	支持装置改造	
		サドル	支持装置改造	
		オイルスナバ	支持装置改造	
			架構改造	
	ロッド レストレイント	全て改造		
		3B 蓄圧タンク 出口配管	ピン	支持装置改造
			サドル	支持装置改造
				架構改造
	ロッド レストレイント	全て改造		
		メカニカル スナバ	架構改造	
	支持装置改造			
	3C 蓄圧タンク 出口配管	ピン	全て改造	
		サドル	支持装置改造	
オイルスナバ		支持装置改造		

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期	
安全注入 系統配管	3D 蓄圧タンク 出口配管	ピン	支持装置改造	第 13 回定期検査 (2010 年～2018 年)	
		サドル	支持装置改造		
		ロッド レストレイント	支持装置改造		
			全て改造		
	A, B ループ 高低温側 入口配管	ラグ	支持装置改造		
			架構改造		
			定着部改造		
	C, D ループ 高低温側 入口配管	ロッド レストレイント	支持装置改造		
			架構改造		
	余熱除去 系統配管	B ループ高温側出 入口配管	メカニカル スナバ		全て改造
					支持装置改造
					架構改造
定着部改造					
オイルスナバ			全て改造		
			支持装置改造		
			架構改造		
サドル	全て改造				
ロッド レストレイント	支持装置改造				
	架構改造				
ピン	全て改造				
スプリング	支持装置改造				


機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
余熱除去 系統配管	Cループ高温側出 入口配管	メカニカル スナバ	全て改造	第13回定期検査 (2010年～2018年)
			支持装置改造	
			架構改造	
		ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		オイルスナバ	全て改造	
		サドル	全て改造	
			架構改造	
			定着部改造	
		スプリング	支持装置改造	
	格納容器スプレ イ系統～余熱除 去系統連絡配管	ラグ	全て改造	
		Uボルト	架構改造	
	定着部改造			
	3A 余熱除去冷却 器入口配管	ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
	3B 余熱除去冷却 器入口配管	ロッド レストレイント	支持装置改造	
			定着部改造	
	3B 余熱除去ポン プ出口配管	ロッド レストレイント	全て改造	
	3A 余熱除去ポン プ入口配管	ロッド レストレイント	全て改造	
			支持装置改造	
		オイルスナバ	支持装置改造	
		メカニカル スナバ	支持装置改造	
		ラグ	架構改造	
	定着部改造			
	3B 余熱除去ポン プ入口配管	ロッド レストレイント	全て改造	
支持装置改造				
オイルスナバ		全て改造		
		支持装置改造		
ラグ		支持装置改造		
		架構改造		

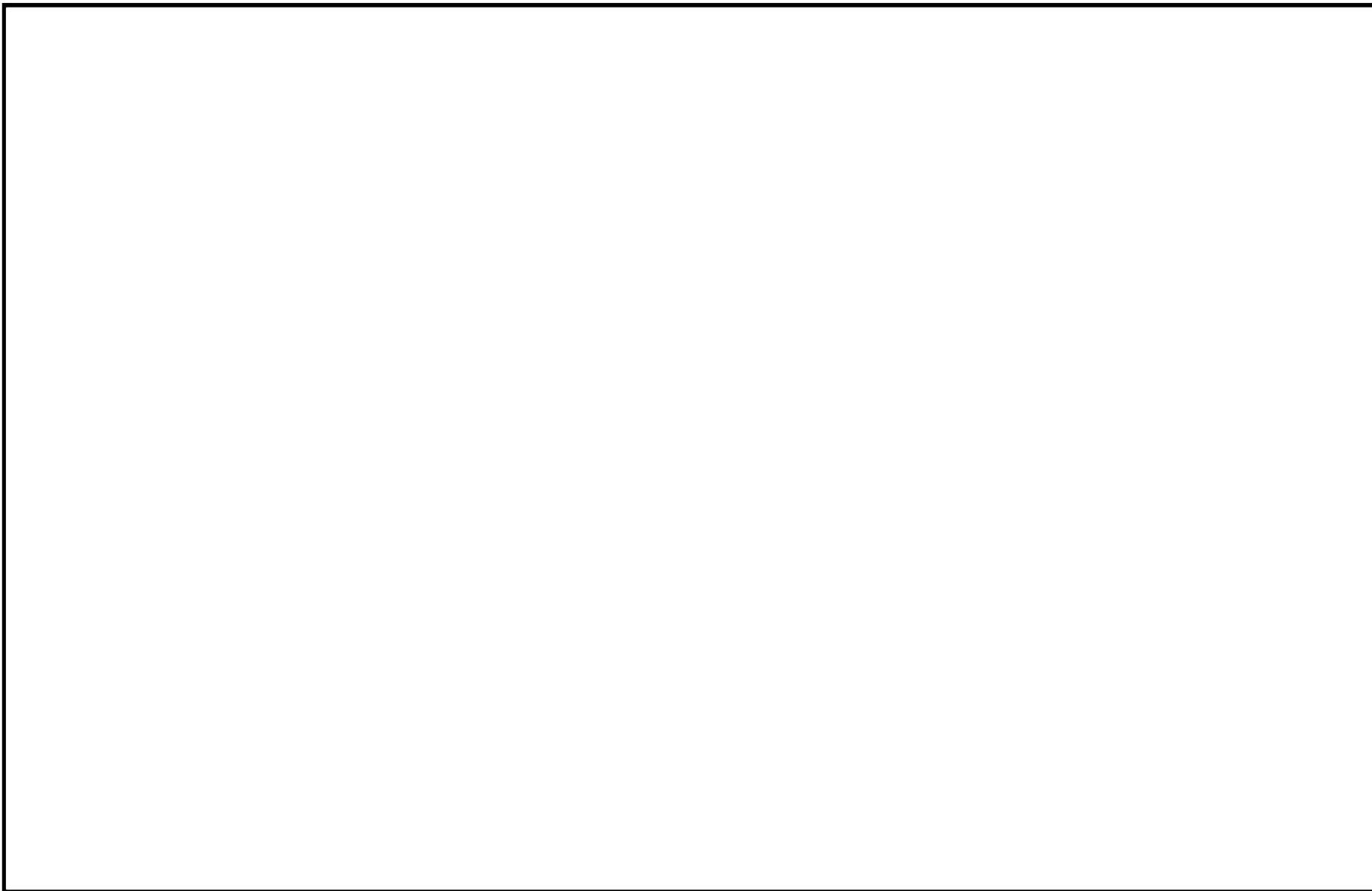
玄海3号機 経年劣化事象（配管の流れ加速型腐食）の評価に関連する耐震補強工事

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
2次系復水系統配管	第5 低圧給水加熱器 ～脱気器	スナバ	追設（3台）	第16回定期検査 （2022年）
2次系ドレン系統配管	湿分分離加熱器第1段 ドレンタンクドレン管（A）	スナバ	追設（2台）	第16回定期検査 （2022年）
	湿分分離加熱器第1段 ドレンタンクドレン管（C）	スナバ	追設（1台）	第16回定期検査 （2022年）
タービングラウンド 蒸気系統配管	グラウンド蒸気管	スナバ	追設（14台）	第16回定期検査 （2022年）
補助蒸気系統配管	スチームコンバータードレン管3 （制御弁（LCV-6758）以降）	スナバ	追設（2台）	第16回定期検査 （2022年）




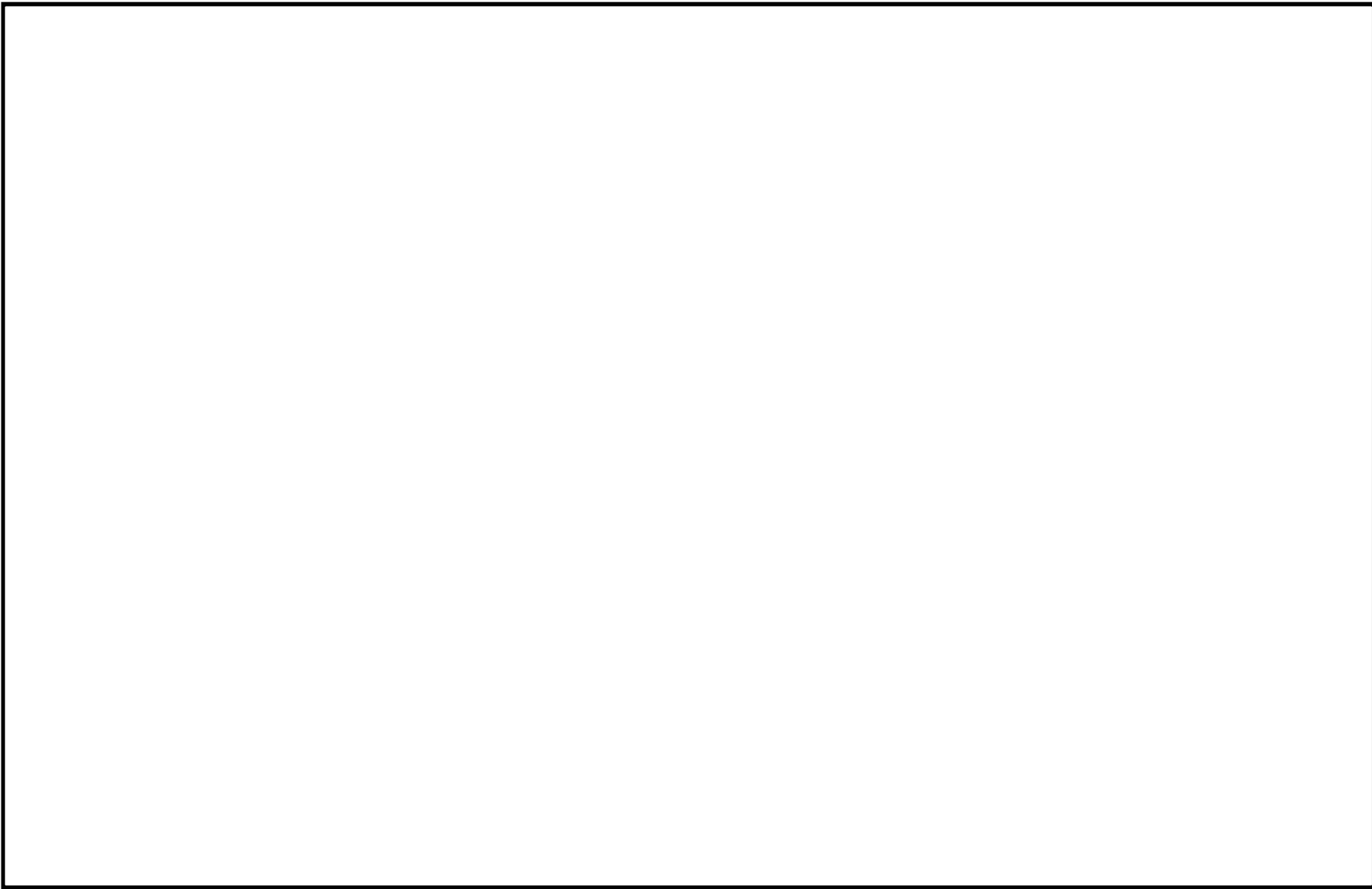
2次系復水系統（第5低圧給水加熱器～脱気器）

 は商業機密に属しますので公開できません。




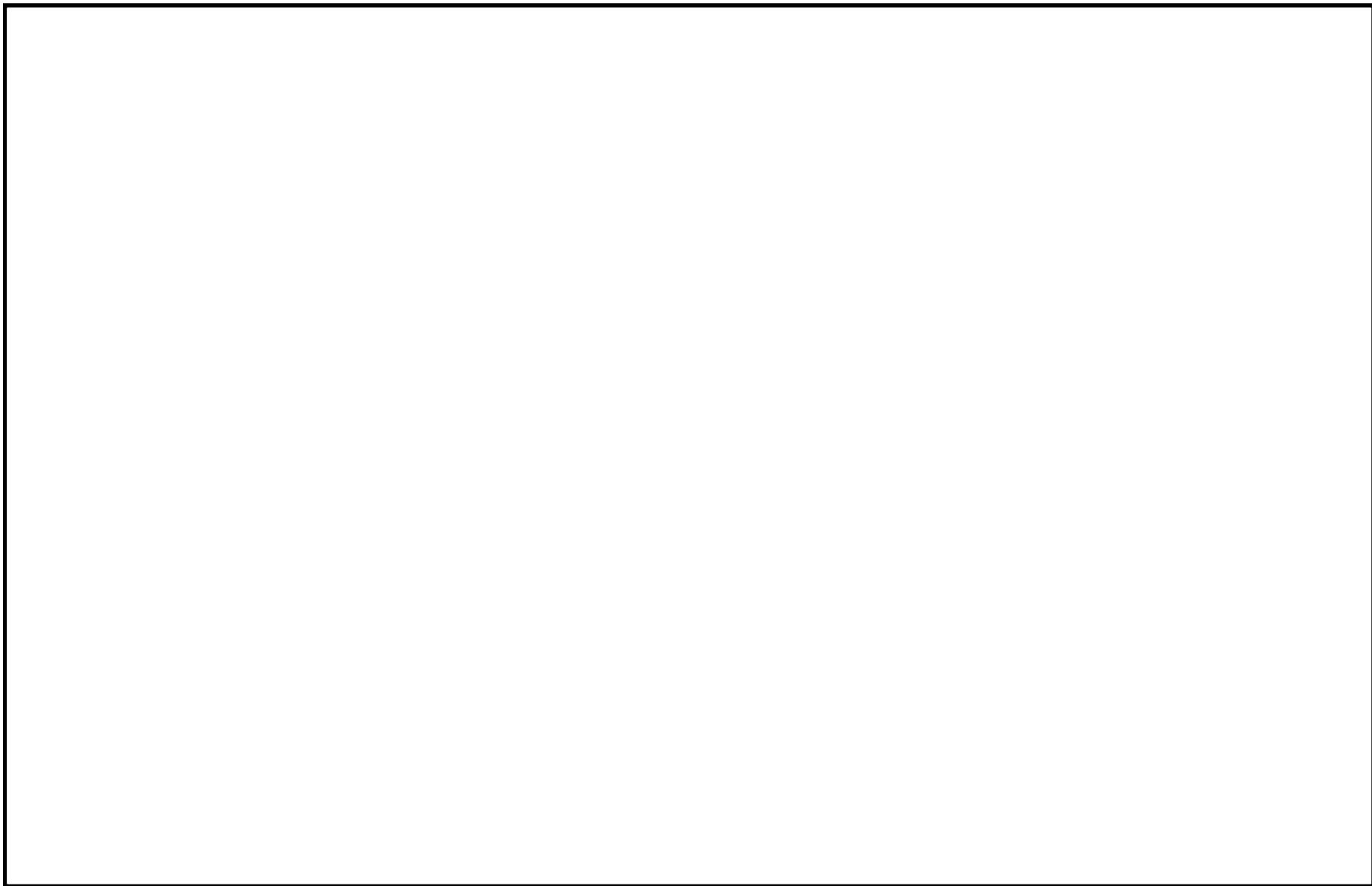
2次系ドレン系統（湿分分離加熱器第1段ドレンタンクドレン管（A））

 は商業機密に属しますので公開できません。




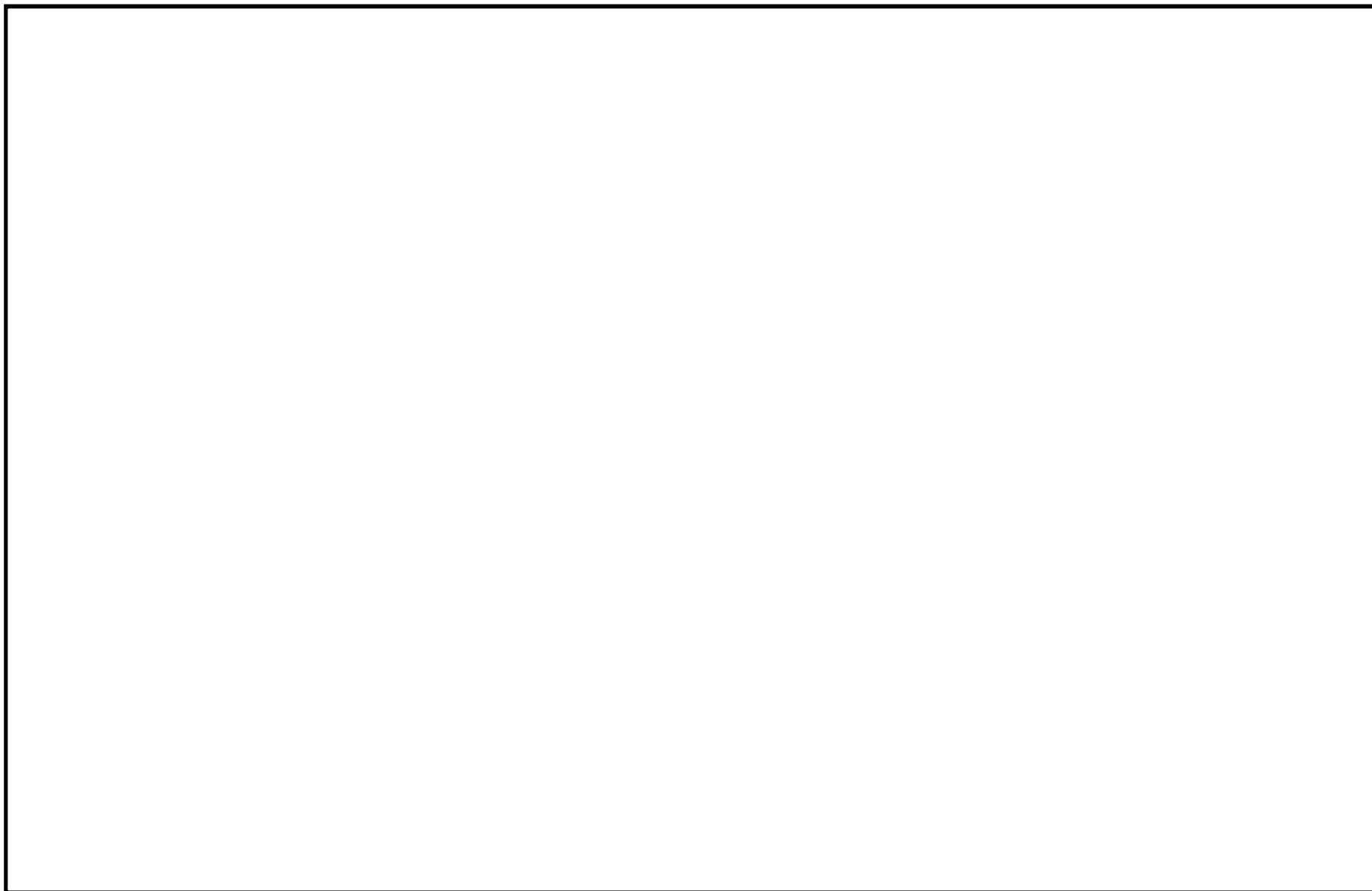
2次系ドレン系統（湿分分離加熱器第1段ドレンタンクドレン管（C））

 は商業機密に属しますので公開できません。




タービンランド蒸気系統（ランド蒸気管）

 は商業機密に属しますので公開できません。



補助蒸気系統（スチームコンバータドレン管3（制御弁（LCV-6758）以降））

 は商業機密に属しますので公開できません。

玄海3号機 新規制基準適合申請以降の耐震補強工事（配管）

機器名	補強箇所	サポート種別	補強内容	補強時期
1次冷却材 系統配管	加圧器 スプレイ配管	ロッド レストレイント	支持装置改造	第16回定期検査 (2022年)
		ピン	架構改造	
			定着部改造	
メカニカルスナバ	支持装置改造			