

高浜発電所 1、2号炉 劣化状況評価
(耐震・耐津波安全性評価)

補足説明資料

平成28年3月3日

関西電力株式会社

目次

1. はじめに	
1.1 高浜 1、2号炉 運転期間延長認可申請の補正申請状況について	1
1.2 新規制基準適合に係る審査(工事計画認可申請)の反映について	2
2. 耐震安全性評価	3
2.1 耐震安全性評価の目的	3
2.2 評価対象機器	3
2.3 耐震安全性評価の評価手順	4
2.4 耐震安全性評価の概要	7
2.5 耐震安全性評価内容および結果	9
2.6 耐震安全性評価のまとめ	21
2.7 延長しようとする期間における要求事項(耐震安全性評価)	21
3. 耐津波安全性評価	22
3.1 耐津波安全性評価の評価手順	22
3.2 耐津波安全性評価結果	24
3.3 耐津波安全性評価結果のまとめ	24
3.4 延長しようとする期間における要求事項(耐津波安全性評価)	24
参考：基準地震動の特性について	25

別紙 1～29

今回提示箇所

【高浜 1号炉】

別紙 1. 蒸気発生器の冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食 割れに対する評価について	28
別紙 2. 原子炉容器の中性子照射脆化（関連温度上昇）に対する 耐震安全性評価について	36
別紙 3. 原子炉容器の中性子照射脆化（上部棚吸収エネルギーの 低下）に対する耐震安全性評価について	45
別紙 4. 主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れ に対する評価について	48
別紙 5. 余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れ に対する評価について	53
別紙 6. 母管の内面からの腐食（流れ加速型腐食）に対する評価 について	
別紙 7. 第 4 抽気系統配管、グラウンド蒸気系統配管及びドレン系 統配管の減肉評価について	60
別紙 8. 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する前まで に行うサポート改造等の設備対策工事、これを反映した 耐震安全性評価について	85
別紙 9. 弁と配管の接続部における疲労割れあるいは接続配管の 腐食（流れ加速型腐食）が抽出された弁に対する地震時 の応答加速度が機能確認済加速度を上回らないとする評 価について	

別紙 10.	バップルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れに対する評価について	92
別紙 11.	制御棒被覆管の摩耗に対する評価について	101
別紙 12.	海水ポンプ、脱気器タンク、燃料取替用水タンク、復水タンクの機器基礎ボルトの腐食に対する評価について	
別紙 13.	後打ちアンカの評価に対する、減肉後の応力比の算定根拠について	119
別紙 14.	浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ並びに、これら施設から耐震安全性評価の評価対象設備とした、抽出根拠、抽出プロセス及び評価について	122
別紙 15.	工事計画認可審査の内容を踏まえ高経年化技術評価の見直しがある場合の見直し前後の相違点について	
別紙 16.	耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）に対する、各々の分子と分母の値（単位含む）について	124

【高浜2号炉】

別紙 17.	主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する評価について	127
別紙 18.	母管の内面からの腐食（流れ加速型腐食）に対する評価について	
別紙 19.	第4抽気系統配管、グラウンド蒸気系統配管、復水系統配管及びドレン系統配管の減肉評価について	
別紙 20.	耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する前までに行うサポート改造等の設備対策工事、これを反映した耐震安全性評価について	131
別紙 21.	原子炉容器サポートの補強材及びボルトの中性子及びγ線照射脆化に対する評価について	
別紙 22.	燃料取替用水タンクの機器基礎ボルトの腐食に対する評価について	
別紙 23.	後打ちアンカの評価に対する、減肉後の応力比の算定根拠について	139
別紙 24.	高浜1号炉の運転期間延長認可申請との相違点について	
別紙 25.	工事計画認可審査の内容を踏まえ高経年化技術評価の見直しがある場合の見直し前後の相違点について	
別紙 26.	耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）に対する、各々の分子と分母の値（単位含む）について	142

<耐津波安全性評価>

【高浜1号炉】

別紙 27.	浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ、並びにこれら施設から耐津波安全性評価の評価対象設備とした、抽出根拠・抽出プロセス及び評価内容について	145
別紙 28.	経年劣化事象として止水材料の劣化を評価対象としない場合の根拠及び妥当性について	147

【高浜2号炉】

別紙 29.	高浜1号炉の運転期間延長認可申請との相違点について	148
--------	---------------------------	-----

本資料は、高浜1・2号機の劣化状況評価における耐震安全性評価および耐津波安全性評価において、評価内容を補足する資料をとりまとめたものである。なお、高経年化対策に関する各機器・構造物毎の劣化状況評価については劣化状況評価書に取りまとめている。

1. はじめに

劣化状況評価における耐震安全性評価とは、耐震安全性に影響する可能性がある経年劣化事象について、評価対象機器・構造物の経年劣化を加味して耐震重要度クラスに応じた地震力を用いた評価を行い、評価対象機器・構造物の機能維持に対する経年劣化事象の影響を評価することをいう。

1.1 高浜1、2号炉 運転期間延長認可申請の補正申請状況について

まず、高浜1、2号炉の運転期間延長認可申請の補正申請状況について述べる。高浜1、2号炉の劣化状況評価における機器の耐震安全性評価については、工事計画認可申請の内容を反映し、Ss基準地震動(Ss-1～Ss-7)による評価の補正を実施している。高浜1、2号炉の工事計画認可申請および運転延長認可申請の補正申請実績および予定について以下に示す。

	H27年						H28年					
	4月	...	7月	...	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
工事計画			▼申請		▼補		補▼	補▼		補▼		
運転延長	申請▼		▼補		▼補			補▼		補▼		

高浜1、2号炉の運転延長認可申請については平成27年4月30日に申請を行い、第1回補正を昨年7月、第2回補正を昨年11月、第3回補正を今年2月に実施している。運転期間延長認可申請の補正内容の詳細を以下に示す。

補正時期	補正内容
第1回補正 (H27.7.3)	1. Ss基準地震動(Ss-1～Ss-7)による耐震安全性評価の補正 ・原子炉格納容器内の主要機器に対する耐震評価の補正
第2回補正 (H27.11.16)	1. 新規基準適合への対応に係る反映(重大事故等時の条件等による追加評価) ・原子炉容器の中性子照射脆化に対する加圧熱衝撃評価に重大事故等時のK ₁ 過渡評価を追加 ・ケーブル・電気ペネトレーション等の重大事故等時環境条件での絶縁性能について確認 2. Ss基準地震動(Ss-1～Ss-7)による耐震安全性評価の補正 ・摩耗や腐食等の劣化を考慮した蒸気発生器、海水ポンプ(基礎ボルト)等の耐震評価の補正 3. 最新知見の反映 ・ケーブルの健全性評価において、ACAガイドを適用した評価を追加(保守管理に関する方針を追加)
第3回補正 (H28.2.29)	1. Ss基準地震動(Ss-1～Ss-7)による耐震安全性評価の補正 ・原子炉補助建屋内の熱交換器、タンク基礎ボルト等の耐震評価の補正 2. 工事計画認可申請により確定した設備仕様等の反映
第4回補正 (H28.4月予定)	1. 耐震安全性評価の補正 工事制評価における燃料集合体の減衰定数見直しに伴い、炉内構造物等の耐震安全性評価(制御棒挿入性等)の見直しを行う。

工事計画認可申請の審査における燃料集合体見直しに伴い、炉内構造物等の耐震安全性評価(制御棒挿入性等)については再評価を実施中であり、4月下旬に第4回補正を実施する予定である。

1.2 新規制基準適合に係る審査（工事計画認可申請）の反映について

劣化状況評価における機器の耐震安全性評価は、工事計画認可申請の耐震性評価と同じ評価条件（床応答曲線等）、評価方法（評価モデル、減衰定数、動的解析方法等）をベースとし、これに想定される劣化を考慮したものとしている。

このため、新規制基準への適合に係る工事計画認可申請の審査状況を踏まえ、必要な反映を行っていく必要がある。

【劣化状況評価の耐震安全性評価に係る新規制基準適合に係る審査からの反映事項】

①RCSループ減衰定数3%の適用確認

工事計画認可申請ではRCSループの減衰定数を3%として評価しており、劣化状況評価における耐震安全性評価においても、RCSのループ減衰定数を3%としている。

（ただし、今後実施する蒸気発生器の加振試験による検証による適用性確認が前提となっている。）

②燃料集合体の減衰定数の変更（10%⇒1%）の反映

工事計画認可申請では燃料集合体の減衰定数を10%から1%に変更して再解析を実施しており、劣化状況評価における耐震安全性評価においても、燃料集合体の減衰定数を10%から1%に変更して、劣化を考慮した炉内構造物や制御棒挿入時間等の再解析を実施中。（評価結果について4月末補正申請予定）

②で示した燃料集合体の減衰定数見直しによる再評価について述べる。

耐震安全性評価において、評価の入力条件として建屋-RCSループ-RV-CI連成モデルを適用している機器（部位）については燃料集合体の減衰定数を10%から1%への変更を反映した再評価の対象となる。再評価対象の機器について以下の表に示す。

経年劣化事象	再評価実施中の機器(部位)
疲労割れ	・原子炉容器(炉心支持金物) ・炉内構造物(下部炉心支持柱、下部炉心支持板、上部炉心支持柱、上部炉心支持板)
中性子照射脆化	・原子炉容器(胴部)
中性子照射による靱性低下	・炉内構造物(炉心そう)
熱時効	・炉内構造物(下部炉心支持柱) ※1
照射誘起型応力腐食割れ	・炉内構造物(パッフルフォーマボルト) ※2
摩耗	・炉内構造物(制御棒クラスタ案内管 ※2、シンプルチューブ) ・制御棒クラスタ被覆管 ※2

※1 下部炉心支持柱に熱時効の発生が想定されるステンレス鋼鑄鋼を用いている高浜1号炉のみ評価対象。

※2 制御棒挿入性評価に係る劣化事象の想定部位。(制御棒クラスタ被覆管については、応力評価の再評価を含む)

上記の項目については評価結果については再評価中であることから、本補足説明資料では劣化を考慮した耐震評価方法についてご説明する。

2. 耐震安全性評価

2.1 耐震安全性評価の目的

機器の材質、環境条件等を考慮し、発生し得る経年劣化事象に対して劣化状況評価を行った結果、保全対策を講じることによっても管理ができないという経年劣化事象は抽出されていない。したがって、耐震性を考慮した場合にも、耐震性に影響を与える経年劣化事象を保全対策により適切に管理することで、耐震安全性の確保が可能であると考えられる。

しかしながら、高経年プラントの耐震性については、上記経年劣化事象の管理の観点からも、技術的評価を実施して安全性を確認しておく必要があると考えられることから、運転期間延長認可申請の劣化状況評価の中で耐震安全性の評価を実施するものである。

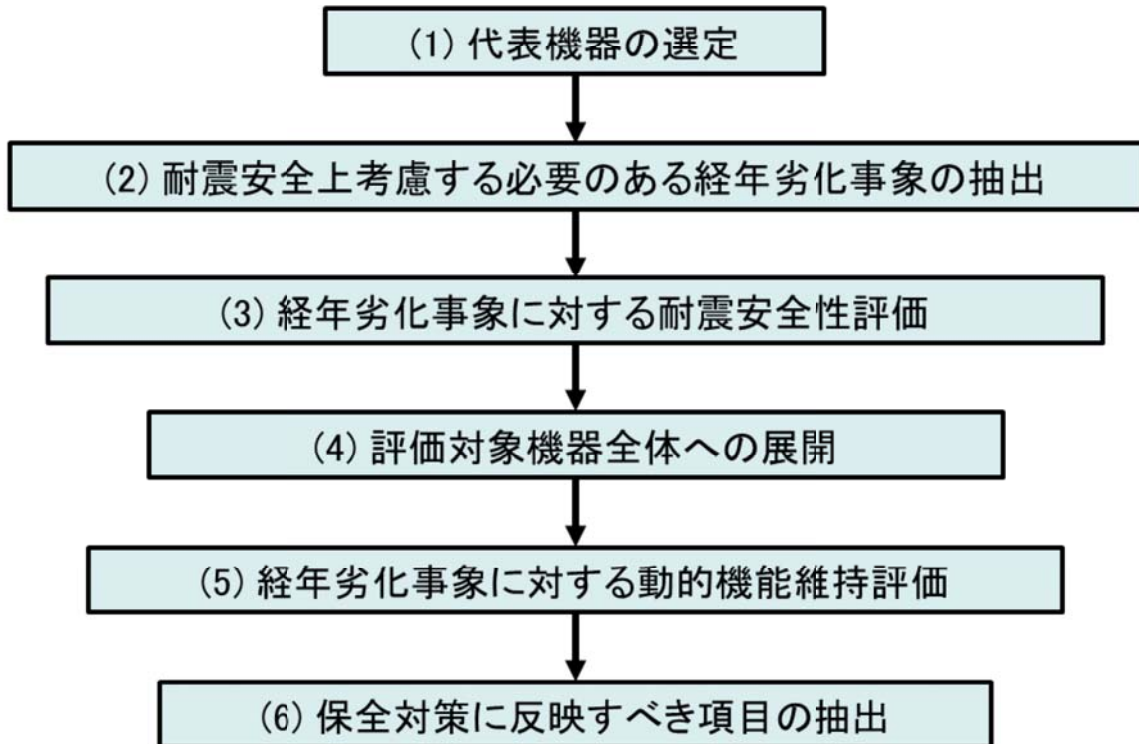
2.2 評価対象機器

評価対象機器は、高経年化対策に関する各機器・構造物の技術評価における評価対象機器と同じとする。(重要度分類審査指針クラス 1、2 および最高使用温度が 95℃を超える、または最高使用圧力が 1900kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器 (浸水防護施設を含む)、並びに常設重大事故等対処設備に属する機器・構造物)

2.3 耐震安全性評価の評価手順

2.3.1 評価手順

耐震安全性評価の評価手順のフローを以下に示す。



- (1) 「技術評価」における代表機器を耐震安全性評価の代表機器として選定する。「技術評価」で行った機器のグループ化において、同一グループ内に「技術評価」の代表機器より耐震重要度上位の機器が存在する場合は、これも代表機器として評価する。
- (2) 想定される経年劣化事象が顕在化した場合、代表機器の振動応答特性、または構造・強度上、影響が「有意」なものを耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出。
- (3) 経年劣化事象ごとに、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1984、JEAG4601-1987、JEAG4601-1991）」等に準じて耐震安全性評価を実施。
評価の基本項目は以下の通りであり、劣化を考慮すること以外の評価手法は工事計画認可申請と同様としている。）
 - ①機器の耐震重要度
 - ②機器に作用する地震力の算定
 - ③60年供用を仮定した経年劣化事象のモデル化
 - ④振動特性解析（地震応答解析）
 - ⑤地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
 - ⑥許容限界との比較
- (4) 代表機器の評価結果を基に評価対象機器全体に対して同様の評価が可能であるかを検討。同様と見なせないものは、耐震安全性評価を実施。
- (5) 経年劣化事象を考慮しても、地震時に動的機能が要求される機器の地震時応答加速度が各機器の機能確認済加速度以下であるかを評価。

以上より保全対策に反映すべき項目を抽出する。

2.3.2 耐震安全性上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

2.3.1 の耐震安全性評価の評価手順のうち、(2) 耐震安全性上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出について、詳細なフローを以下に示す。

劣化状況評価の耐震安全性評価にあたっては、「技術評価」における保全対策等に対する評価を取り入れることとしている。

「技術評価」で想定される経年劣化事象については、

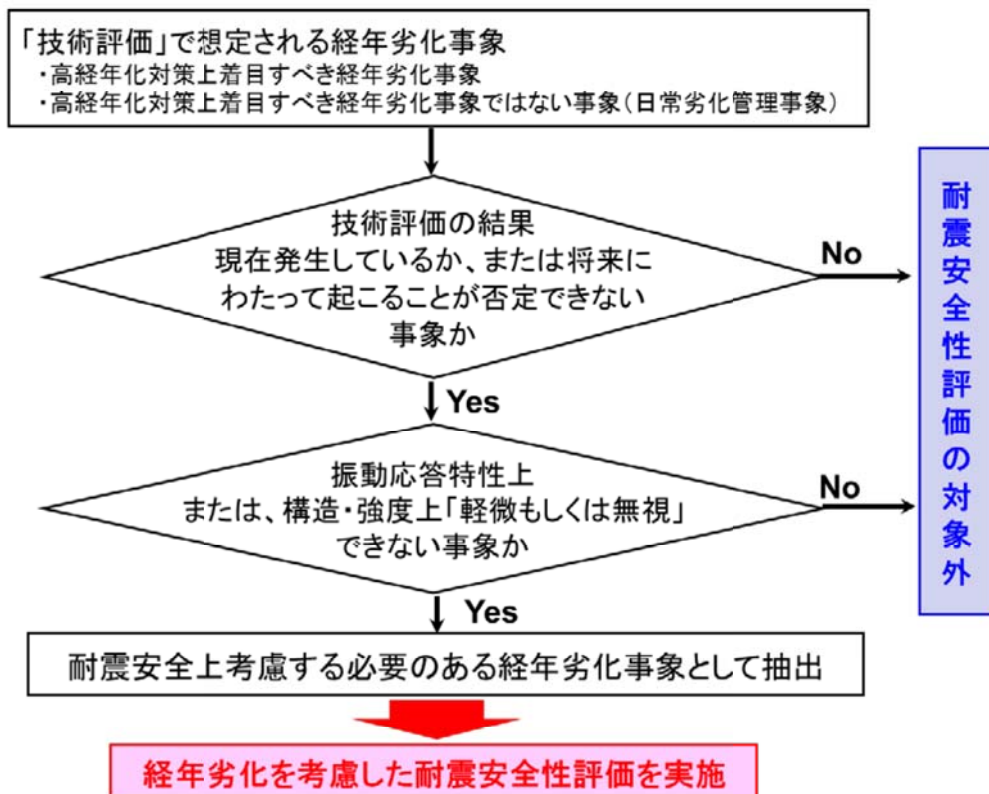
①高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

②高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

③高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

があり、③高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）については、現在発生しておらず、今後発生の可能性がない、または小さい経年劣化事象であることから、耐震安全性評価の対象外とする。

したがって耐震安全性評価にあたっては、①②の事象を評価の対象として、以下のフローに基づき、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を実施する。



2.3.3 評価用地震力

耐震安全性評価に用いる評価用地震力は各機器の耐震重要度に応じて以下の通り選定する。

耐震重要度	評価用地震力
Sクラス	基準地震動Ssにより定まる地震力
	弾性設計用地震動Sdにより定まる地震力と静的地震力の大きい方(弾性設計用地震力)
Bクラス	Bクラス機器に適用される静的地震力 支持構造物の振動と共振のおそれがあるものについては、「Sdによる定まる地震力」の1/2についても考慮
Cクラス	Cクラス機器に適用される静的地震力

2.3.4 評価地震動

高浜1、2号炉の劣化技術評価における耐震安全性評価では、応答スペクトルに基づく地震動評価結果による基準地震動(Ss-1：水平最大加速度 700 cm/s²、鉛直最大加速度 467 cm/s²)、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果による基準地震動および震源を特定せず策定する基準地震動による評価を実施する。

○震源を特定して策定する基準地震動

- ・ 応答スペクトルに基づく地震動評価結果による基準地震動
Ss-1 : 設計用模擬地震波
(水平最大加速度 700cm/s²、鉛直最大加速度 467cm/s²)
- ・ 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果による基準地震動
(上端深さ 3km 断層波)
Ss-2 : FO-A～FO-B～熊川断層
Ss-3 : FO-A～FO-B～熊川断層
Ss-4 : FO-A～FO-B～熊川断層
Ss-5 : 上林川断層

○震源を特定せず策定する基準地震動

- (鳥取県西部地震、北海道留萌支庁南部地震)
Ss-6(EW) : 鳥取県西部地震を考慮した地震動
(賀祥ダム観測波 (EW 方向))
Ss-6(NS) : 鳥取県西部地震を考慮した地震動
(賀祥ダム観測波 (NS 方向))
Ss-7 : 北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動

2.4 耐震安全性評価の概要

2.4.1 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象

2.3.2 に従い抽出された耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象を下表に示す。

機器・構造物	耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象									
	疲労割れ	中性子照射脆化	中性子照射による靱性低下	中性子及びガンマ線照射脆化	熱時効	応力腐食割れ	照射誘起型応力腐食割れ	摩耗	全面腐食	流れ加速型腐食
ポンプ	●	-	-	-	●	-	-	-	-	-
熱交換器	●	-	-	-	-	●	-	-	-	●
ポンプモータ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
容器	●※1	●※1	-	-	-	-	-	-	-	-
配管	●	-	-	-	●	-	-	-	-	●
弁	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-
炉内構造物	●※1	-	●※1	-	●※1, 2	-	●※1	●※1	-	-
ケーブル	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
電気設備	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
タービン設備	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●
コンクリート構造物および鉄骨構造物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
計測制御設備	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
空調設備	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
機械設備	●	-	-	●	-	●	-	●※1	●	-
電源設備	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●

※1 燃料集合体の減衰定数見直しのため、関係する設備の評価について再評価中（今後補正申請予定）。

※2 下部炉心支持柱に、熱時効の発生が想定されるステンレス鋼鋳鋼を用いている高浜1号炉のみ評価対象。

2.4.2 経年劣化事象ごとの耐震安全性評価の内容

技術評価の結果から経年劣化を保守的に想定したうえ、耐震安全性評価※¹を行う。経年劣化事象ごとの耐震安全性評価の内容例について下表に示す。

経年劣化事象	耐震安全性評価の内容例
疲労割れ (1次冷却材管、原子炉容器等)	通常運転時および地震時の疲労累積係数の合計が許容値の1を上回らないことを確認する。 配管の高サイクル熱疲労割れについては、耐震評価のための保守的なき裂を想定し、当該部位における地震時の発生応力を算出してき裂安定限界応力を上回らないことを確認する。
中性子照射脆化 (原子炉容器胴部)	想定き裂に対し、加圧熱衝撃事象に地震を考慮した応力拡大係数を算出し、中性子照射を受けた材料の破壊靱性値を上回らないことを確認する。
中性子照射による靱性低下 (炉内構造物)	想定き裂に対し、地震時の当該部位における応力拡大係数が、中性子照射を受けた材料の破壊靱性値を上回らないことを確認する。
中性子及びガンマ線照射脆化 (原子炉容器サポート)	想定き裂に対し、地震時の当該部位における応力拡大係数が、中性子照射を受けた材料の破壊靱性値を上回らないことを確認する。
熱時効 (1次冷却材管等)	想定き裂に対し、当該部位における地震時のき裂進展力を算出し、熱時効を考慮した材料のき裂進展抵抗を上回らないことを確認する。
応力腐食割れ (熱交換器 廃液蒸発装置)	耐震評価のための保守的なき裂を想定し、当該部位における地震時の発生応力を算出してき裂安定限界応力を上回らないことを確認する。
照射誘起型応力腐食割れ (パッフルフォーマボルト)	全8段のうち2段目～7段目のパッフルフォーマボルト(全体の3/4)が折損したと仮定して、残るパッフルフォーマボルトに生じる地震時の発生応力を算出し、許容値を上回らないことを確認するとともに、地震時の制御棒挿入時間が許容値以下であることを確認する。
摩耗 (制御棒クラスタ案内管 等)	制御棒クラスタ案内管および被覆管については、保全活動の範囲内で発生する可能性のある摩耗量を仮定して、当該部位における地震時の発生応力を算出し、許容応力を上回らないことを確認するとともに、地震時の制御棒挿入時間が許容値以下であることを確認する。 重機器支持構造物については、ヒンジ摺動部に摩耗を仮定して、当該部位における地震時の発生応力を算出し、許容応力を上回らないことを確認する。
全面腐食(基礎ボルト 等)	想定される最大の腐食減肉を仮定して、地震時の発生応力を算出し、許容応力を上回らないことを確認する。
流れ加速型腐食 (配管、熱交換器 等)	保全活動の範囲内で発生する可能性のある減肉を仮定して、地震時の発生応力を算出し、許容応力を上回らないこと、または疲労累積係数が許容値の1を上回らないことを確認する。

※1 JEAG4601「原子力発電所耐震設計技術指針」等に準じて評価を実施

2.4.3 工認で用いた耐震評価手法等の反映について

高浜1、2号炉の新規制基準適合性審査（工認）の耐震評価における最新手法等について、劣化状況評価における耐震安全性評価への主な反映内容を以下に示す。

項目	概要	工認評価における対象設備	劣化状況評価への反映		
			反映	説明	
1	評価モデル	蒸気発生器伝熱管のU字管部の3次元はりモデルの適用	蒸気発生器伝熱管	—	蒸気発生器伝熱管に耐震安全性評価に影響する劣化事象なし
2	時刻歴解析の適用	建屋—ループ連成解析モデルの適用	原子炉容器、蒸気発生器等	○	原子炉容器(疲労)の耐震評価等に反映
		建屋—ループ—RV—CI連成解析モデルの適用	炉内構造物等	○	炉内構造物(疲労、中性子照射脆化)の耐震評価等に反映
		制御棒挿入性評価への適用(燃料集合体)	制御棒クラスタ	○	制御棒クラスタ案内管の摩耗等を考慮した制御棒挿入性評価に反映
3	鉛直方向応答モデル	鉛直動的モデルを新たに採用	炉内構造物	○	炉内構造物(疲労)の耐震評価に反映
4	照射影響の考慮	燃料集合体の耐震性について照射の影響を考慮	燃料集合体 制御棒クラスタ	○	制御棒クラスタ案内管の摩耗等を考慮した制御棒挿入性評価に反映
5	水平2方向/鉛直方向	水平2方向および鉛直方向地震の組合せによる影響を確認	重機器支持脚、タンク等基礎ボルト	○	摩耗や腐食等を考慮した耐震評価に反映
6	重大事故等時の環境評価	重大事故等時の環境を考慮した耐震安全性評価を実施	原子炉容器、1次冷却材管等	○	原子炉容器(中性子照射脆化)、1次冷却材管(熱時効)の耐震評価に反映

上記のように高浜1、2号炉の新規制基準適合性審査の耐震評価における評価手法等について、劣化状況評価における耐震安全性評価に係る項目は評価内容に適切に反映することとしている。

2.5 耐震安全性評価内容および結果

2.5.1 評価結果説明における機器選定

高浜1、2号炉の劣化状況評価における耐震安全性評価結果について、主要な劣化事象ごとに、評価結果が厳しいことが想定される機器や長期保守管理方針の策定にかかる機器等を代表機器に下表のように選定した。

下表に挙げる機器の劣化を考慮した耐震安全性評価内容、結果について次ページより示す。

主な経年劣化事象	代表として選定する機器	選定理由
疲労割れ	原子炉容器※	安全上の重要度なクラス1機器の代表として選定
	原子炉格納容器貫通部伸縮継手	地震時における疲労累積係数の評価結果が厳しい機器
中性子照射脆化	原子炉容器※	中性子照射脆化に対する評価が必要となる機器(き裂を想定したPTS等の評価が必要となる機器)
熱時効	1次冷却材管	発生応力やフェライト量から、評価結果が厳しいことが想定される機器(配管)
照射誘起型応力腐食割れ	炉内構造物(ハッフルフォーマルト)※	制御棒挿入性評価に係る機器
全面腐食(基礎ボルト)	燃料取替用水タンク(基礎ボルト)	基礎ボルトの発生応力が比較的大きいタンクであって、水平2方向+鉛直方向の地震時影響を評価している機器
流れ加速型腐食	2次系配管(ドレン系統配管等)	保守管理に関する方針の策定に係る機器

※ 燃料集合体の減衰定数の変更の影響により、一部の機器の再評価を実施中。

評価結果については今後補正予定。

2.5.2 各機器における耐震安全性評価内容および結果

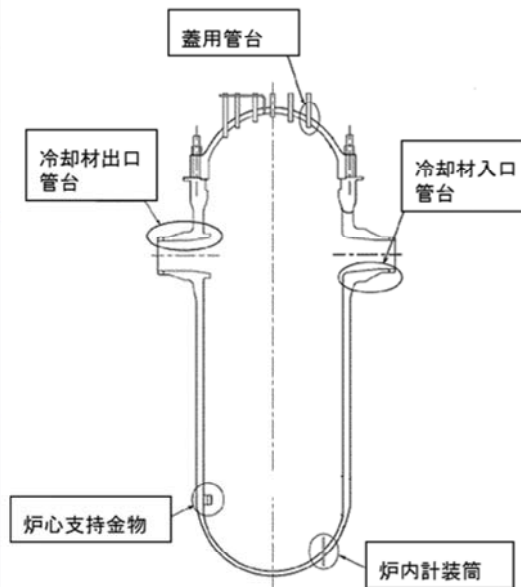
2.5.1 項「評価結果説明における機器選定」で選定した各機器の耐震安全性評価内容および結果を以下に示す。

(1) 原子炉容器の疲労割れを考慮した耐震安全性評価

a. 評価内容

原子炉容器の疲労割れを考慮した耐震安全性評価内容は以下の通り。

経年劣化事象	疲労割れ
想定部位	冷却材入口管台、冷却材出口管台、蓋用管台、炉内計装筒、炉心支持金物
技術評価内容	60年運転時点における疲労評価(通常運転に対する疲労評価)の結果、疲労累積係数が1以下であることを確認している。
耐震安全性評価内容	<p>1. 評価条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ○蓋用管台、冷却材入口管台、冷却材出口管台、炉内計装筒 <ul style="list-style-type: none"> ・建屋-RCSループ-RV連成モデル等を適用。 ・燃料集合体の減衰定数は影響しない。 ○炉心支持金物 <ul style="list-style-type: none"> ・建屋-RCSループ-RV-CI連成モデルを適用。 ・RCSループの減衰定数を3%、燃料集合体の減衰定数を1%として評価。 <p>2. 評価内容</p> <p>60年運転時点の通常運転に対する疲労累積係数に地震時の疲労累積係数を加えた評価を行い、疲労累積係数が1以下であることを確認。</p>



【原子炉容器の地震に対する疲労評価部位】

b. 評価結果

評価結果は以下のとおり。60年までの運転を想定した通常運転時の疲労累積係数にSs地震時の疲労累積係数を加えた場合にも、疲労累積係数が1以下となることを確認しており、耐震安全性評価上問題ない。

	1号炉			2号炉		
	通常運転時※1	地震時(Ss)※2	合計	通常運転時※1	地震時(Ss)※2	合計
冷却材入口管台	0.054	0.000	0.054	0.044	0.000	0.044
冷却材出口管台	0.065	0.001	0.066	0.052	0.001	0.053
蓋用管台	0.129	0.000	0.129	0.153	0.000	0.153
炉内計装筒	0.188	0.006	0.194	0.157	0.004	0.161
炉心支持金物	0.009	0.001※3	0.010	0.007	0.001※3	0.008

※1: 過渡実績を踏まえ今後60年までの運転過渡を保守的に想定した疲労累積係数

(大気中、接液環境中の疲労累積係数のうち大きい値)

※2: Ss地震時の発生応力からの許容繰返し回数に対する評価繰返し数(200回)から求める疲労累積係数

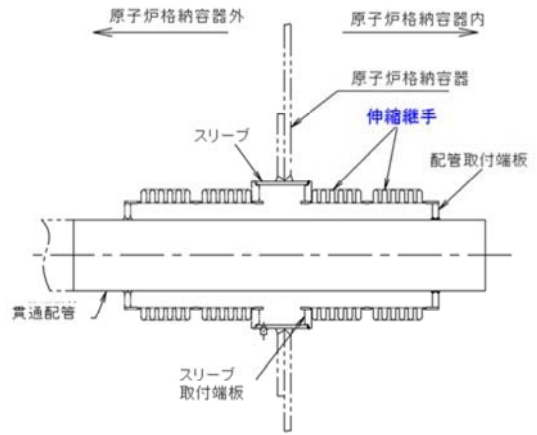
※3: 燃料集合体の減衰定数を10%として評価した値。

(2) 原子炉格納容器配管貫通部の疲労割れに対する評価

a. 評価内容

原子炉格納容器配管貫通部の疲労割れを考慮した耐震安全性評価内容は以下の通り。

経年劣化事象	疲労割れ
想定部位	伸縮式配管貫通部(伸縮継手)
技術評価内容	60年運転時点における疲労評価(通常運転に対する疲労評価)の結果、疲労累積係数が1以下であることを確認している。
耐震安全性評価内容	60年運転時点の通常運転に対する疲労累積係数に地震時の疲労累積係数を加えた評価を行い、疲労累積係数が1以下であることを確認する。



【主蒸気・主給水管貫通部の伸縮継手】

b. 評価結果

評価結果は以下のとおり。60年までの運転を想定した通常運転時の疲労累積係数に S_s 地震時の疲労累積係数を加えた場合にも、疲労累積係数が1以下となることを確認しており、耐震安全性評価上問題ない。

		1号炉	2号炉
疲労累積係数 (許容値1)	通常運転時 ^{※1}	0.008	0.009
	地震時(S_s) ^{※2}	0.200	0.193
	合計	0.208	0.202

※1: 主蒸気配管貫通部の実機過渡を踏まえ今後60年までの運転過渡を想定した疲労累積係数

※2: S_s 地震時の発生応力(内圧含む)からの許容繰返し回数に対する評価繰返し数(200回)から求める疲労累積係数

(3) 原子炉容器（胴部）の中性子照射脆化による関連温度上昇に対する PTS 評価を考慮した耐震安全性評価

a. 評価内容

原子炉容器（胴部）の中性子照射脆化による関連温度上昇に対する耐震安全性評価内容は以下のとおり。

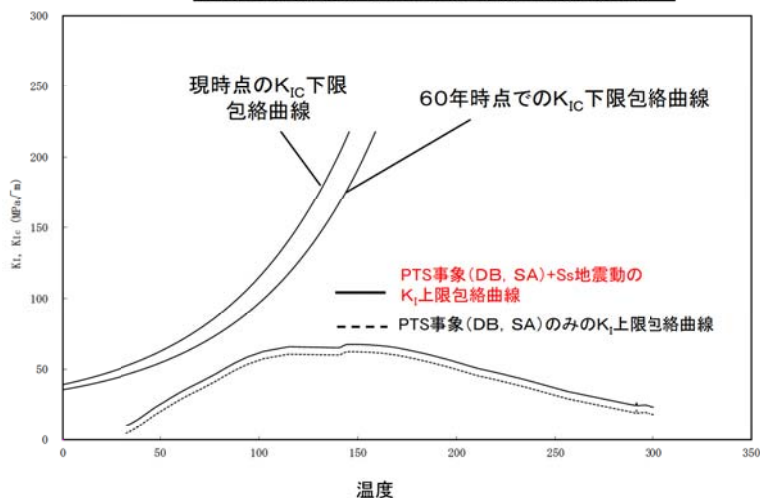
経年劣化事象	中性子照射脆化による関連温度上昇
想定部位	原子炉容器 胴部
技術評価内容	原子炉容器の胴部(炉心領域部)は中性子照射により関連温度(RT_{NDT})が上昇することから、き裂を想定したPTS(加圧熱衝撃)評価により破壊に対する健全性の評価を実施している。 中性子照射脆化による材料靱性低下は、国内脆化予測法を用いて、実測 K_{IC} データを60年運転時点まで温度軸に対してシフトさせ、その予測破壊靱性の下限を包絡した K_{IC} 曲線を設定。 K_{IC} 下限包絡曲線とPTS状態遷移曲線を比較し、 $K_{IC} > K_I$ であることを確認し、脆性破壊が起こらないことを評価している。
耐震安全性評価内容	「技術評価」と同様の手法により、PTS事象発生時に地震荷重を加えた評価を行って健全性を確認する。なお、重大事故等時の環境を考慮した評価を行う。 1. 評価条件 ・建屋-RCSループ-RV-CI連成モデルを適用。 ・RCSループの減衰定数を3%、燃料集合体の減衰定数を1%として評価。 2. 想定き裂の設定 技術評価と同様、想定き裂深さは5mmと10mmの2ケースを設定。 3. K_{IC} 下限包絡曲線と K_I 曲線の算出 技術評価で設定した60年運転時点での K_{IC} 下限包絡曲線と、PTS事象時の荷重に S_s 地震時の荷重を考慮した K_I 曲線を算出する。 4. K_{IC} 下限包絡曲線と K_I 曲線の比較 K_{IC} 下限包絡曲線と K_I 曲線を比較し、 $K_{IC} > K_I$ となることを確認。

b. 評価結果（参考）

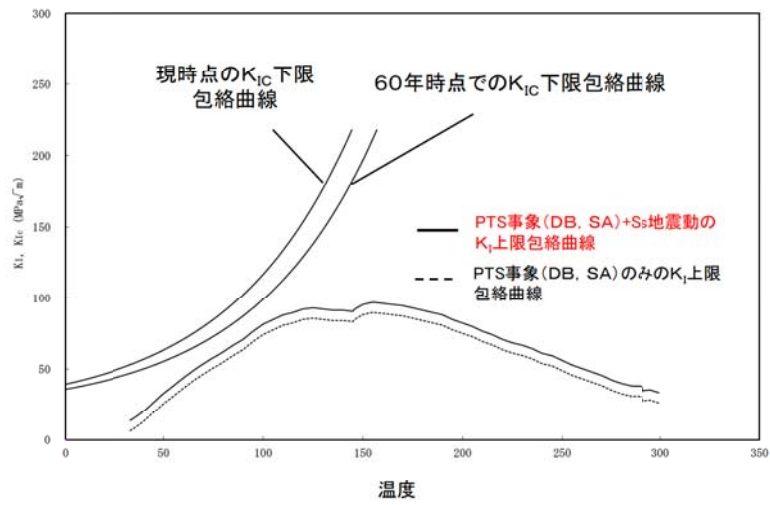
燃料集合体の減衰定数を 10%から 1%に変更した再評価を実施中であり、評価結果について今後補正申請予定である。

参考の評価結果として燃料集合体の減衰定数を 10%として評価した、現申請の高浜 1号炉の評価結果を以下に示す。

想定き裂深さ 5mm の場合の評価結果



想定き裂深さ 10mm の場合の評価結果



上図のように 60 年運転時の原子炉容器胴部の中性子照射による関連温度上昇について地震を考慮した場合にも両曲線が交差することなく、 $K_{IC} > K_I$ となることを確認する。

(4) 1次冷却材管の熱時効を考慮した耐震安全性評価

a. 評価内容

1次冷却材管の熱時効を考慮した耐震安全性評価内容は以下のとおり。

想定劣化事象	熱時効
想定部位	1次冷却材管
技術評価内容	1次冷却材管(2相ステンレス鋼)は、熱時効により材料の靱性が低下する可能性があることから、き裂を想定した破壊力学的手法により構造健全性の評価を行っている。
耐震安全性評価内容	技術評価において、運転状態の荷重条件にSs地震荷重を考慮した評価を実施しており、60年運転時の熱時効について、構造健全性が確保されることを確認している。

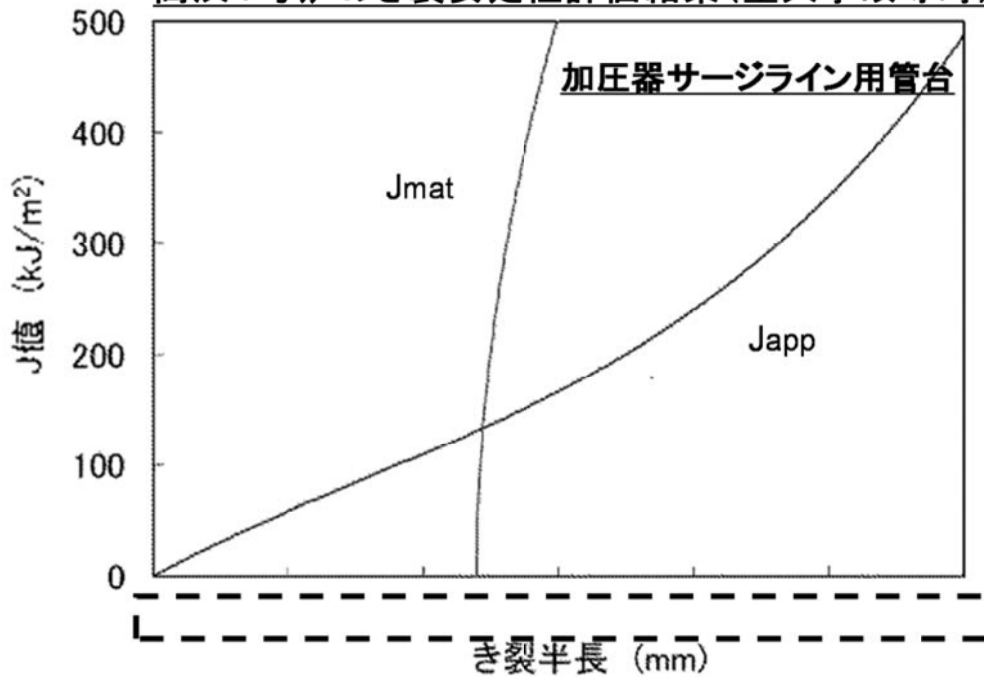
b. 評価結果

高浜1号炉の評価結果を例として示す。

高浜1号炉の評価用選定部位は、加圧器サージライン用管台および6B安全注入ライン用管台を選定した。以下に、選定部位について決定した J_{app} と J_{mat} の値の比較を示す。Ss地震時の荷重を加えて求めたき裂進展力 J_{app} と材料の破壊抵抗 J_{mat} を比較し、各評価部位において $J_{mat} > J_{app}$ であること、交点で J_{mat} の傾きが J_{app} の傾きを上回ることを確認している。また重大事故等時におけるプラント条件を考慮しても、健全であることを確認している。

このことから、1次冷却材管は不安定破壊することなく、熱時効に対して耐震安全性評価上問題ないと評価している。

高浜1号炉のき裂安定性評価結果(重大事故等時)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(5) 経年劣化を考慮した地震時の制御棒挿入性評価

経年劣化を考慮した地震時の制御棒挿入性評価のフローを以下に示す。

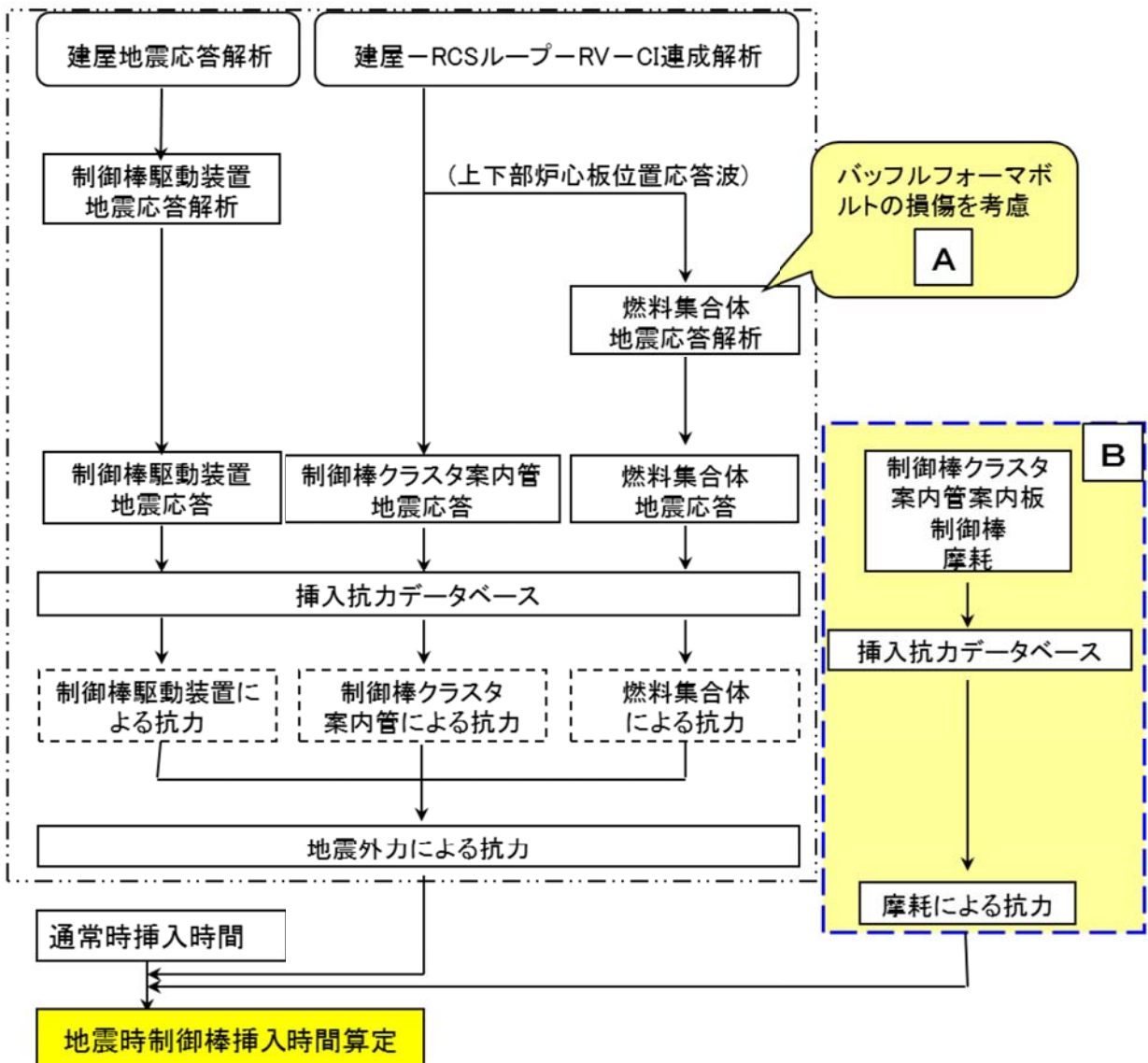
劣化状況評価における制御棒挿入性評価では、工事計画認可申請の評価手法をベースとし、下記の経年劣化をそれぞれ考慮した評価を行う。

A. バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れ

下記フローのA、で示した通り、燃料集合体の地震応答解析においてバッフルフォーマボルトの損傷を考慮した解析を実施することで、地震時の制御棒の挿入時間を評価し、規定時間以内であることを確認する。

B. 制御棒クラスタ案内管(案内板)および被覆管の摩耗

下記フローのB. で示した通り、制御棒クラスタ案内管および被覆管の摩耗を考慮した摩擦による抗力を想定して、地震時の制御棒の挿入時間を評価し。規定時間以内であることを確認する。



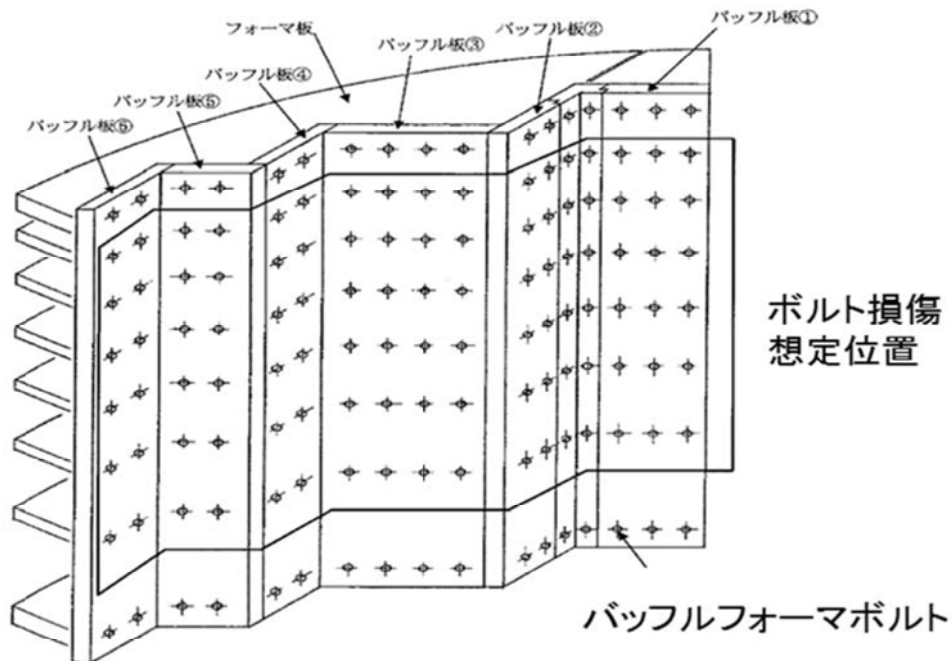
制御棒挿入時間の詳細な評価条件については工認にあわせた評価手法を反映しており、以下の通りである。

	工認を反映した評価手法
評価条件	燃料集合体は照射影響を考慮
解析モデル	建屋-RCSループ-RV-CI連成モデル RCSループの減衰定数:3% 燃料集合体の減衰定数:1%
評価手法	<p>《挿入経路機器の応答解析》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置:スペクトルモデル解析 ・制御棒クスタ案内管:時刻歴手法 ・燃料集合体:時刻歴手法 <p>《地震時挿入抗力の考慮方法》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置:最大抗力一定 ・制御棒クスタ案内管:最大抗力一定 ・燃料集合体:時刻歴手法

制御棒挿入性に係る評価のうちバッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価について述べる。

a. 評価内容

バッフルフォーマボルトの損傷想定位置について概要図を以下に示す。



バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価内容を以下に示す。

経年劣化事象	照射誘起型応力腐食割れ
想定部位	バッフルフォーマボルト
技術評価内容	バッフルフォーマボルトは60年の運転を考慮すると、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性は否定できない。中性子照射量、応力、温度条件等からき裂発生可能性の評価を実施した結果、運転60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数(全体の20%)以下であり、安全に関わる機能を維持できる。
耐震安全性評価内容	<p>1. バッフルフォーマボルトの損傷想定 全8段のうち2～7段の全ボルト損傷を仮定。</p> <p>2. 評価対象部位と評価手法 (地震応答解析は工認と同様の手法を適用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Ss地震時荷重が最大のボルトについて評価し、許容値以内であることを確認する。 ・ボルト損傷を仮定した燃料集合体解析モデルによる時刻歴応答解析により制御棒挿入時間を評価、規定時間以内であることを確認する。

b. 評価結果

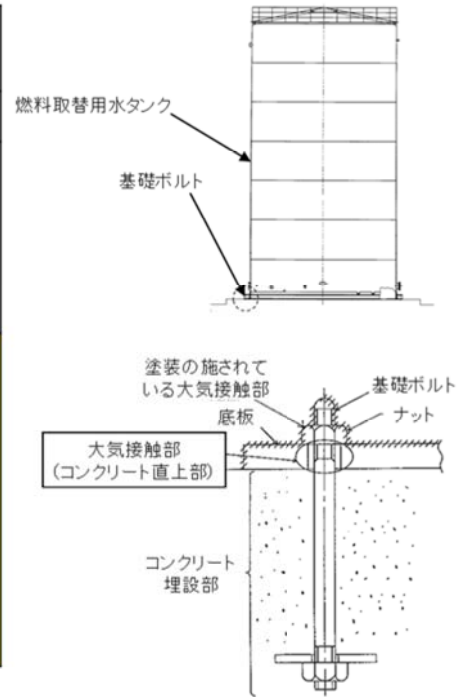
バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した耐震安全性評価(制御棒挿入性評価)については、燃料集合体の減衰定数を10%から1%へ変更した再評価を実施中であり、評価結果について今後補正予定である。

(6) 燃料取替用水タンクの劣化を考慮した耐震安全性評価

a. 評価内容

燃料取替用水タンク（基礎ボルト）の腐食を考慮した耐震安全性評価内容は以下のとおり。

経年劣化事象	腐食
想定部位	基礎ボルト（コンクリート直上部）
技術評価内容	コンクリート直上部は塗装が施されておらず、大気環境下のため腐食による減肉が考えられるが、巡視点検等通常の保全活動により異常がないことを確認している。
耐震安全性評価内容	基礎ボルトの腐食については、暴露試験結果（普通鋼に対する海岸地帯のデータ）をもとに算出した運転開始後60年時点での腐食量（0.3mm）を仮定し耐震安全性評価を実施。また、工事計画認可申請の反映として、水平2方向および鉛直方向地震の組合せによる影響を確認。



b. 評価結果

燃料取替用水タンク（1号炉）の劣化を考慮した耐震安全性評価結果は以下のとおり。60年までの運転を想定した劣化を想定した場合にも、応力比が1以下となることを確認した。また、工事計画認可申請の評価手法反映により、水平2方向および鉛直方向の地震力が加わった場合の評価も実施し、耐震安全性評価上問題ないことを確認している。

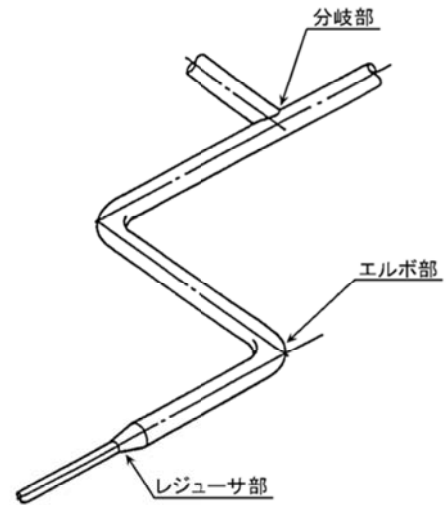
評価地震動 (Ss-1～Ss7)	水平1方向＋鉛直方向 地震動による評価		水平2方向＋鉛直方向 地震動による評価	
	引張応力	せん断応力	引張応力	せん断応力
評価応力				
応力比※	0.70	0.42	0.92	0.60

(7) 2次系配管の流れ加速型腐食を考慮した耐震安全性評価

a. 評価内容

2次系配管の流れ加速型腐食を考慮した耐震安全性評価内容は以下のとおり。

項目	評価内容等
想定される経年劣化事象	流れ加速型腐食
想定部位	エルボ部、分岐部、レジャーサ部等
技術評価内容	高温水または2相流体を内包する炭素鋼配管では、エルボ部、分岐部、レジャーサ部等の流れの乱れが起きる箇所、流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。しかしながら、超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っていくことで機器の健全性は維持できる。
耐震評価内容	炭素鋼配管の腐食については、エルボ部、分岐部、レジャーサ部等の偏流発生部位およびその下流部に周方向および軸方向に一樣減肉を仮定した耐震安全性評価を実施。



流れ加速型腐食が想定される代表的な部位

b. 評価結果

2次系配管の流れ加速型腐食を想定した耐震安全性評価では、周方向及び軸方向一様に必要最小肉厚まで減肉した条件を想定して評価した結果、耐震安全性評価上問題ないことを確認した。なお、一部の第4抽気系統配管、グランド蒸気系統配管、復水系統配管およびドレン系統配管については実測データに基づく肉厚による評価を実施しており、その評価結果を以下に示す。

1号炉

評価対象	減肉評価条件	耐震重要度	応力比*1
第4抽気系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.60
グランド蒸気系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.88
復水系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.84
ドレン系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.94

2号炉

※1: 応力比=1次応力/許容応力

評価対象	減肉評価条件	耐震重要度	応力比*1
第4抽気系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.74
グランド蒸気系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.60
復水系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.88
ドレン系統配管	実測データに基づく肉厚 (周軸方向一様減肉)	C	0.70

系統中の発生応力が許容応力を超えることがないことから、耐震安全性評価上問題ないことを確認した。

ただし今後、必要最小肉厚による管理のみで耐震性を満足できるようにすることを目的とし、耐震性が確認できる限界肉厚に到達する前までに、サポート改造等の設備対策工事を行い、これを反映した耐震安全性評価を実施することとし、長期保守管理方針として策定する。

(8) 動的機能維持に対する評価

a. 評価の考え方

地震時に動的機能維持が要求される機器については、地震時の応答加速度が機器の機能確認済加速度以下であること等を確認しているが、想定される経年劣化を考慮した場合にも動的機能が維持されることを確認する。

なお、制御棒の地震時動的機能維持については別途、制御棒挿入性の評価の中で実施する。

b. 評価

劣化状況評価の結果を踏まえ、動的機能維持が要求される機器において想定される経年劣化事象が機器の振動応答特性へ及ぼす影響は軽微もしくは無視できるものと評価され、地震時の応答加速度が機能確認済加速度を上回ることはないと評価している。

具体的には、想定される劣化事象に対しては、60年の運転を想定した場合でも機器の健全性が確保されると評価している。弁やポンプ、ファン、モータ等は、定期的な保守管理活動による機能維持確保を図っており、経年劣化が機器の振動応答特性へ影響を及ぼすものではないと評価している。

動的機能維持が必要な機器の評価（例）について

①弁

想定される劣化事象として1次冷却系統等の弁の疲労があるが、60年までの運転を想定した地震を考慮した疲労評価により疲労累積係数が1以下であることを確認している。

また主蒸気系統の弁について、配管内面の流れ加速型腐食減肉によるS s地震時の応答影響を考慮しても弁の動的機能が維持されることを確認している。

②ポンプ

想定される経年劣化事象として1次冷却材ポンプや、余熱除去ポンプのケーシング等の疲労や熱時効に対し、60年の運転を想定した評価により健全性が確保されることを確認している。

想定される基礎ボルトの腐食については、60年までの運転を想定した地震を考慮した評価により構造健全性を確認し、支持機能に影響しないことを確認していることから、動的機能が維持されると評価している。

2.5.3 その他の評価について

その他の機器・経年劣化事象の組合せに対する評価についても、耐震安全性に問題のないことを確認した。

2.6 耐震安全性評価のまとめ

経年劣化事象を考慮した場合であってもプラントの耐震安全性に問題ないことを確認した。なお、一部の耐震安全性評価については、今後評価結果がまとまり次第、追加補正申請する予定である。

また、以下の1点については長期保守管理方針として策定する。

No.	内容	実施時期※1
1	<p>配管の腐食(流れ加速型腐食)については、肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*について、耐震性が確認できる肉厚に到達するまでに、サポート改造等の設備対策を行い、これを反映した耐震安全性評価を実施する。なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉傾向の把握およびデータ蓄積を継続して行い、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。</p> <p>*:第4抽気系統配管 グランド蒸気系統配管 復水系統配管 ドレン系統配管</p>	短期

※1:実施時期は以下の期限を示す。

高浜1号炉:「短期」は平成26年11月14日から5年間

高浜2号炉:「短期」は平成27年11月14日から5年間

2.7 延長しようとする期間における要求事項(耐震安全性評価)

以上の評価結果について、原子力規制委員会「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」(以下、審査基準)に規定されている延長しようとする期間における要求事項との対比を下表に示す。ただし、燃料集合体の減衰定数変更による影響のある評価については、今後、評価結果を確認し、耐震安全性上問題ないことを確認する。(4月補正申請予定)

延長しようとする期間における要求事項との対比

審査基準の要求事項	評価内容
○経年劣化事象を考慮した機器・構造物について地震時に発生する応力及び疲労累積係数を評価した結果、耐震設計上の許容限界を下回ることを。	○考慮すべき経年劣化事象に対し地震時の発生応力及び疲労累積係数を評価し、許容限界を下回っていることを確認。
○経年劣化事象を考慮した機器・構造物について地震時に発生する応力、亀裂進展力及び応力拡大係数を評価した結果、想定亀裂(欠陥)に対する破壊力学評価上の許容限界を下回ることを。	○原子炉容器の中性子照射脆化に対する評価(加圧熱衝撃に対する評価等)、1次冷却材管の熱時効に対する評価等において、想定する亀裂に対する破壊力学評価を行って許容限界を下回ることを確認。
○経年劣化事象を考慮した、地震時に動的機能が要求される機器・構造物の地震時の応答加速度を評価した結果、機能確認済加速度以下であること。	○地震時に動的機能が要求される機器(ポンプ、弁等)について、想定される劣化事象が現状保全により管理されており、機器の振動特性に与える影響が軽微または無視できるものであることを確認。 ○制御棒挿入性については、摩耗等の劣化を考慮した場合でも規定時間以内に挿入できることを評価により確認。
○経年劣化事象を考慮した、地震時の燃料集合体の変位を評価した結果、機能確認済相対変位以下であるか又は、同様に制御棒挿入時間を評価した結果、安全評価上の規定時間以下であること。	○想定される経年劣化を考慮した制御棒挿入時間を評価し、安全評価上の規定時間以下であることを確認。

3. 耐津波安全性評価

3.1 耐津波安全性評価の評価手順

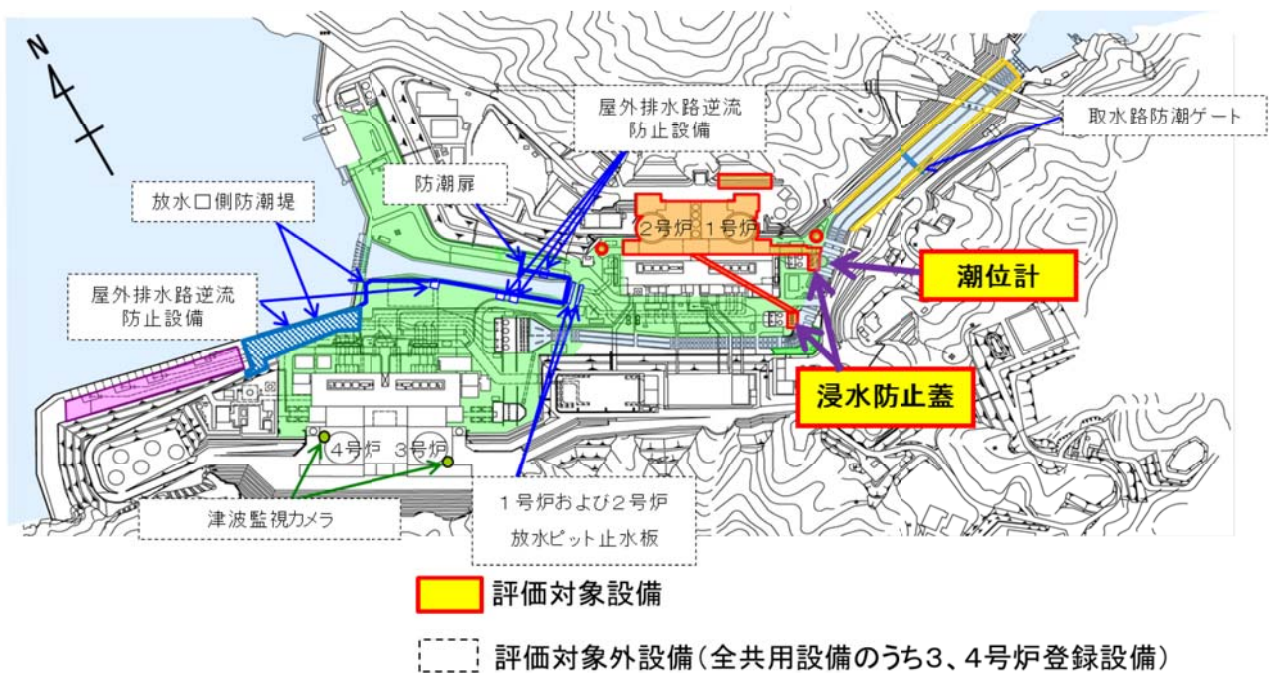
3.1.1 耐津波安全性評価の目的

耐津波安全性に影響を及ぼす可能性がある経年劣化事象について、経年劣化を考慮した耐津波安全性評価を実施し、評価対象設備の機能維持に対する経年劣化事象の影響を評価する。

3.1.2 評価対象設備

「技術評価」の評価対象設備のうち浸水防護施設で、津波による浸水高または波力等による影響を受けると考えられるもの。

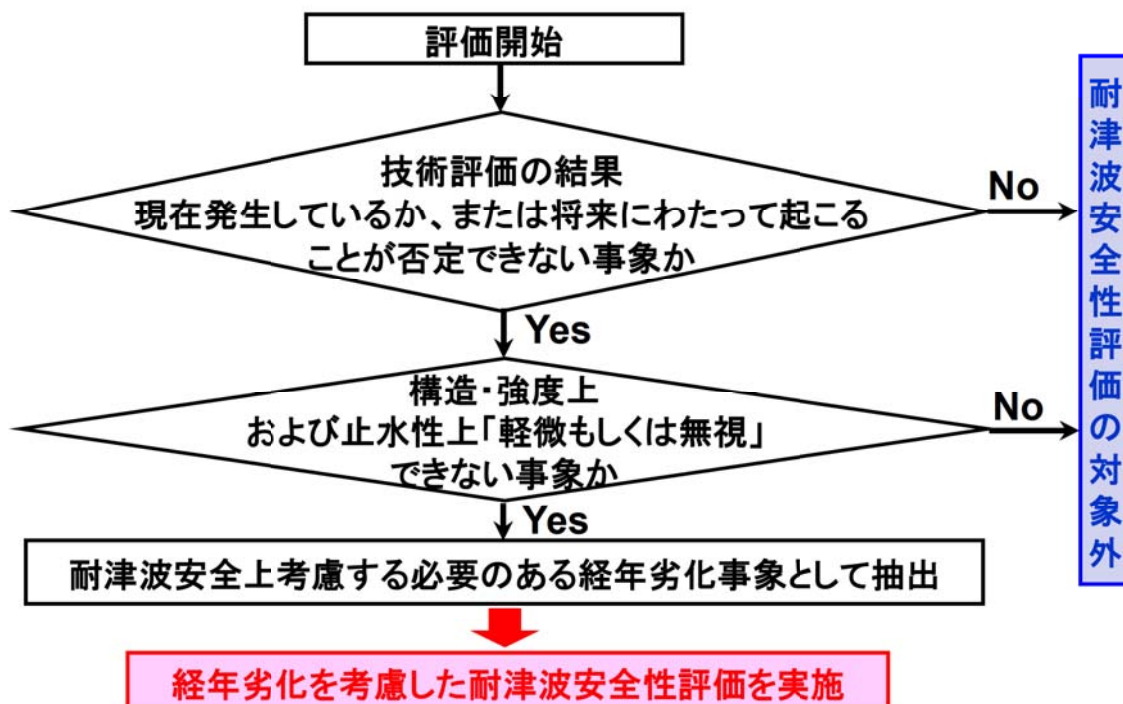
以下に高浜1，2号炉の耐津波安全性評価の対象機器を示す。



3.1.3 評価フロー

劣化技術評価における耐津波安全性評価は、新規制基準への適合に係る評価条件等（基準津波高さ、影響を受ける浸水防護施設等）を踏まえ、これに合せた評価としている。

津波を受ける浸水防護施設に対し、耐津波安全性に影響を及ぼす可能性がある経年劣化事象を抽出し、経年劣化を考慮した耐津波安全性評価を実施している。評価フローを以下に示す。



3.1.4 基準津波高さ

評価に使用する基準津波高さは以下のとおり。

最大水位変動量（初期潮位：T.P.±0.00m）	
水位上昇側(m)	水位下降側(m)
放水路(奥)：T.P.+6.7m	1.2号機海水ポンプ室前面：T.P.-2.3m

3.1.5 津波による影響を受ける浸水防護施設に想定される経年劣化事象

津波による影響を受ける浸水防護施設に想定される経年劣化事象は以下のとおり。

津波の影響を受ける 浸水防護施設※1			想定される劣化事象				備 考
			強度低下 (コンクリート)	鉄骨の腐食 による強度 低下	支持構造物 基礎ボルト の腐食	樹脂劣化 (基礎ボルト)	
浸水防止 設備	コンクリート構 造物および鉄 骨構造物	取水構造物（浸水防止蓋）	—	—※2	—	—	1,2号炉それ ぞれで評価
津波監視 設備	プロセス計測 制御設備	潮位計	—	—	—※2	×	1号炉にて 評価(共用)

※1：浸水防護施設のパッキンは、定期取替品であることから、劣化状況評価対象外とする。

※2：ステンレス鋼製のため腐食は想定されない。

- * 凡例 ○：評価対象（現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できない）
 ×：評価対象から除外（現在発生せず今後も発生の可能性がない、または小さい）
 —：評価対象から除外

3.2 耐津波安全性評価結果

津波の影響を受ける浸水防護施設に想定される経年劣化事象を下表に示す。2.1.3の評価フローに従い抽出された耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象はなかった。

津波の影響を受ける 浸水防護施設			想定される劣化事象				備 考
			強度低下 (コンクリート)	鉄骨の腐食に よる強度低下	支持構造物 基礎ボルト の腐食	樹脂劣化 (基礎ボルト)	
浸水防止 設備	コンクリート構 造物および鉄 骨構造物	取水構造物 (浸水防止蓋)	—	—	—	—	1、2号炉それ ぞれで評価
津波監視 設備	プロセス計測 制御設備	潮位計	—	—	—	—	1号炉にて評価 (共用)

- * 凡例 ■：将来にわたって起こることが否定できないが、構造・強度上および止水上「軽微もしくは無視」できるもの
 —：経年劣化事象が想定されないものおよび今後も発生の可能性がないもの、または小さいもの

3.3 耐津波安全性評価結果のまとめ

耐津波安全性評価上考慮する必要のある経年劣化事象はなく、プラントの耐津波安全性上に問題のないことを確認した。

3.4 延長しようとする期間における要求事項（耐津波安全性評価）

以上の評価結果について、原子力規制委員会「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」（以下、審査基準）に規定されている延長しようとする期間における要求事項との対比を下表に示す。

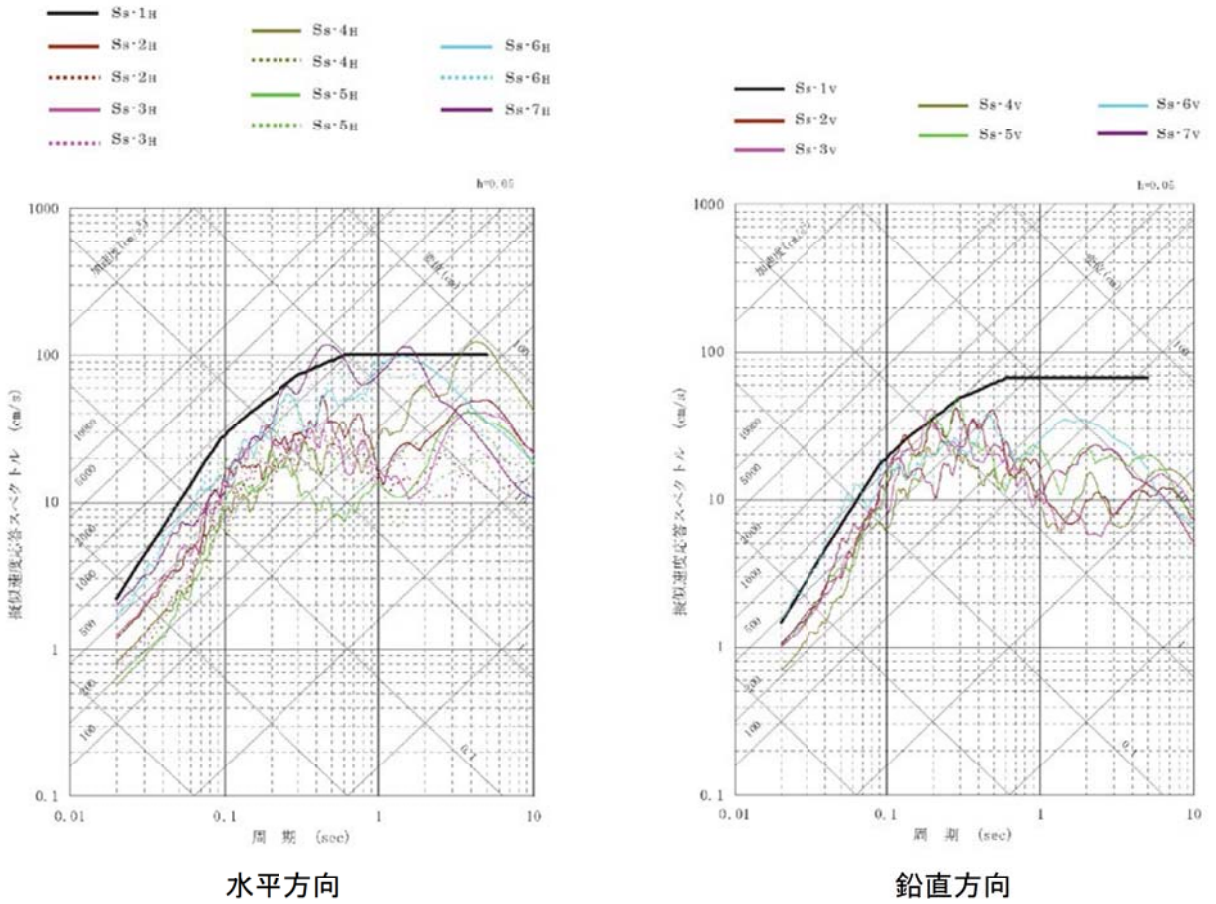
延長しようとする期間における要求事項との対比

審査基準の要求事項	評価内容
○経年劣化事象を考慮した機器・構造物について、津波時に発生する応力等を評価した結果、許容限界を下回ること。	○対象となる機器・構築物について、考慮すべき劣化事象のないことを確認した。（日常保全管理により機能維持を確認）

参考：基準地震動の特性について

基準地震動の特性について、以下に示す。

【加速度応答スペクトル】



別紙

今回提示箇所

【高浜1号炉】

- 別紙 1. 蒸気発生器の冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れに対する評価について
- 別紙 2. 原子炉容器の中性子照射脆化（関連温度上昇）に対する耐震安全性評価について
- 別紙 3. 原子炉容器の中性子照射脆化（上部棚吸収エネルギーの低下）に対する耐震安全性評価について X
- 別紙 4. 主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する評価について
- 別紙 5. 余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れに対する評価について
- 別紙 6. 母管の内面からの腐食（流れ加速型腐食）に対する評価について

- 別紙 7. 第4抽気系統配管、グラウンド蒸気系統配管及びドレン系統配管の減肉評価について
- 別紙 8. 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する前までに行うサポート改造等の設備対策工事、これを反映した耐震安全性評価について

- 別紙 9. 弁と配管の接続部における疲労割れあるいは接続配管の腐食（流れ加速型腐食）が抽出された弁に対する地震時の応答加速度が機能確認済加速度を上回らないとする評価について

- 別紙 10. バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れに対する評価について

- 別紙 11. 制御棒被覆管の摩耗に対する評価について

- 別紙 12. 海水ポンプ、脱気器タンク、燃料取替用水タンク、復水タンクの機器基礎ボルトの腐食に対する評価について

- 別紙 13. 後打ちアングラの評価に対する、減肉後の応力比の算定根拠について

- 別紙 14. 浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ並びに、これら施設から耐震安全性評価の評価対象設備とした、抽出根拠、抽出プロセス及び評価について

- 別紙 15. 工事計画認可審査の内容を踏まえ高経年化技術評価の見直しがある場合の見直し前後の相違点について

- 別紙 16. 耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）に対する、各々の分子と分母の値（単位含む）について

【高浜2号炉】

- 別紙 17. 主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する評価について

- 別紙 18. 母管の内面からの腐食（流れ加速型腐食）に対する評価について

- 別紙 19. 第4抽気系統配管、グラウンド蒸気系統配管、復水系統配管及びドレン系統配管の減肉評価について

- 別紙 20. 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する前までに行うサポート改造等の設備対策工事、これを反映した耐震安全性評価について

- 別紙 21. 原子炉容器サポートの補強材及びボルトの中性子及び γ 線照射脆化に対する評価について
- 別紙 22. 燃料取替用水タンクの機器基礎ボルトの腐食に対する評価について
- 別紙 23. 後打ちアンカの評価に対する、減肉後の応力比の算定根拠について
- 別紙 24. 高浜 1 号炉の運転期間延長認可申請との相違点について
- 別紙 25. 工事計画認可審査の内容を踏まえ高経年化技術評価の見直しがある場合の見直し前後の相違点について
- 別紙 26. 耐震 S クラス、耐震 B クラス及び耐震 C クラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）に対する、各々の分子と分母の値（単位含む）について

<耐津波安全性評価>

【高浜 1 号炉】

- 別紙 27. 浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ、並びにこれら施設から耐津波安全性評価の評価対象設備とした、抽出根拠・抽出プロセス及び評価内容について
- 別紙 28. 経年劣化事象として止水材料の劣化を評価対象としない場合の根拠及び妥当性について

【高浜 2 号炉】

- 別紙 29. 高浜 1 号炉の運転期間延長認可申請との相違点について

<p>タイトル</p>	<p>【別紙1】 蒸気発生器の冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れに対する評価について</p>
<p>説明</p>	<p>蒸気発生器の冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れについては、「美浜2号における評価」に基づき同様の評価を実施する。なお、対象の劣化モードはPWSCCであるが、「美浜2号における評価」においては下記に示すとおり（1）「PWSCC」に加え（2）「低サイクル疲労」による進展も考慮しているため、同様に「低サイクル疲労」による進展も加えた評価を行う。</p> <p>（1）PWSCC進展評価 セーフエンド部の運転中の軸方向応力は表面は引張応力であるが、板厚内で圧縮応力となることから、SCC進展における応力拡大係数$K=0$となる深さの全周内表面欠陥を想定する。</p> <p>（2）低サイクル疲労進展評価 PWSCCによるき裂の進展が停留する応力拡大係数$K=0$を初期欠陥深さとして疲労進展評価を行い、得られた進展量を加えた欠陥深さを評価用の欠陥とする。</p> <p>評価内容および結果を添付-1に示す。</p>

1. 評価仕様

想定する欠陥は、周方向欠陥とする。発電用原子力設備規格維持規格（以下、JSME 維持規格）の EB-1320 の第二段階の欠陥評価に基づき、蒸気発生器入口セーフエンド部の周方向欠陥の健全性評価を実施する。当部位の運転中の応力分布は、引張応力から圧縮応力に変化するため、SCCによる進展は停留すると考えられることから、停留した欠陥深さから疲労によるき裂進展評価を実施する。破壊評価は、評価末期の欠陥に対して、極限荷重法を用いて実施する。評価フローを図1に示す。

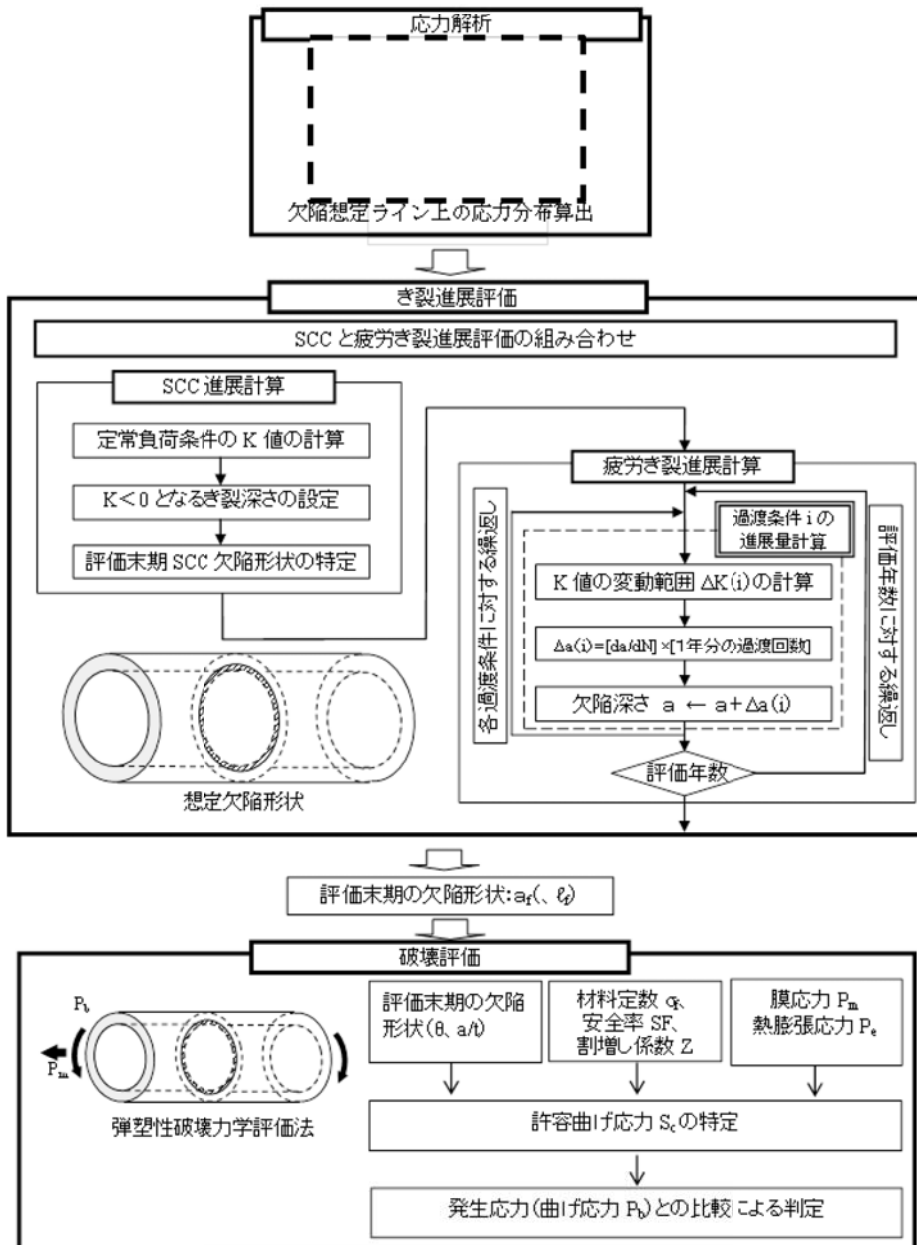


図1 評価フロー

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 解析モデル

セーフエンドの主要形状寸法を表1に、評価対象の構造を図2に示す。評価用荷重条件は、JSME維持規格「添付E-7」より定常負荷条件とする。定常負荷条件で発生する応力は、溶接時残留応力、出力運転時の内圧および熱荷重による応力、機械的荷重による応力である。なお、欠陥想定ライン上の応力分布算出のうち溶接時残留応力は、蒸気発生器管台セーフエンド部のニッケル基合金溶接部の溶接過程を模擬したFEM弾塑性解析により求めたものを用いた。内圧及び熱による応力は定常運転時の内圧と温度よりFEM弾性解析により求めたものを用いた。

表1 主要形状寸法

部位	外径 D_o (mm)	内径 (mm)	板厚 t (mm)
入口管台			

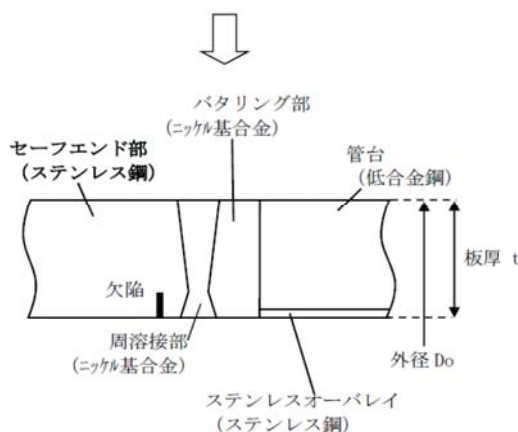
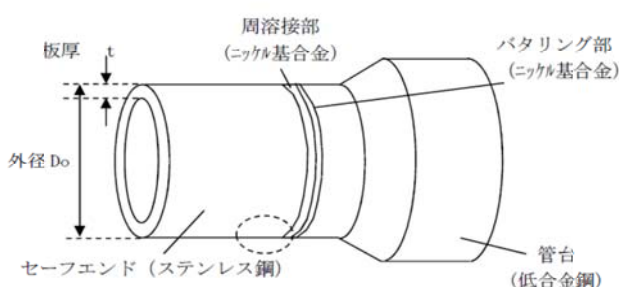


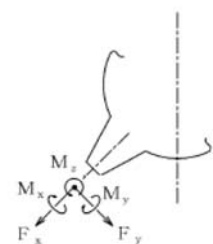
図2 評価対象構造

3. 評価条件

評価に用いた機械的荷重(外荷重)条件を表2、疲労進展評価に考慮した過渡条件を表3、破壊評価に考慮した条件を表4に示す。

表2 荷重条件

荷重の種類	軸力 (kN)			曲げモーメント (kN・m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
自重						
熱膨張						
管台 反力	S_s 地震時					
	S_d 地震時					



(注) Z軸は手前方向である。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表3 疲労進展評価時の過渡条件 (供用状態 A 及び B、並びに 地震荷重)

供用状態	過渡条件	PLM 評価用過渡回数 (プラント供用 60 年想定)	
A	起動		
	停止		
	負荷上昇 (負荷上昇率 5%/min)		
	負荷減少 (負荷減少率 5%/min)		
	90%から 100%へのステップ状負荷上昇		
	100%から 90%へのステップ状負荷減少		
	100%からの大きいステップ状負荷減少		
	定常負荷運転時の変動		
	燃料交換		
	0%から 15%への負荷上昇		
	15%から 0%への負荷減少		
	1 ループ停止		
	1 ループ起動		
	B		負荷の喪失
外部電源喪失			
1 次冷却材流量の部分喪失			
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	
		不注意な冷却を伴うトリップ	
		不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	
1 次冷却系の異常な減圧			
制御棒クラスタの落下			
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動			
1 次冷却系停止ループの誤起動			
タービン回転試験			
1 次系漏えい試験			
地震	S _d *の 1/3 の地震力		

* : プラント使用 60 年到達時点 (SG 取替後の想定使用年数 (39 年) 到達時点) で考慮する回数。
 なお、地震回数は下記のとおり算出した。

- ・ 1/3 S_d 地震の頻度 : 1 回/10 年
 - ・ 地震 1 回あたりの等価繰り返し回数 : []
 - ・ 使用期間 : 39 年
- 以上より、地震回数は、[] ⇒ 安全側に [] と想定した。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 4 破壊評価用条件

供用状態		供用状態 C&D	
温度 T(°C)			
設計応力強さ S _m (MPa)			
流動応力 σ _f (MPa) (=2.7S _m)			
周方向欠陥用 応力	膜応力 P _m (MPa)		
	曲げ応力 P _b (MPa)		
	熱膨張応力 P _c (MPa)		
	地震	S _s (S _s -1)	膜応力 P _m (MPa) 曲げ応力 P _b (MPa)
最大合計	膜応力 P _m (MPa)		
	曲げ応力 P _b (MPa)		
	熱膨張応力 P _c (MPa)		

(注) 供用状態 C&D の膜応力及び曲げ応力は、供用状態 C&D の過渡条件を包絡する圧力（最高使用圧力を 1.1 倍した圧力）に対するものを適用した。

4. SCC による進展評価

SCC によるき裂進展は、JSME 維持規格 EB-4352 の考え方に基づいて実施した。き裂は保守側に全周内表面欠陥とし、溶接部境界から 10mm 以内のステンレス鋼母材部に想定した。SCC 進展評価用応力拡大係数算出式として、JSME 維持規格の EB-4360 に基づき、添付 E-5 5.3(4)a 項の周方向全周内表面欠陥の式を使用する。

$$K = \left[(\sigma_0 + \sigma_p)G_0 + \sigma_1 G_1 \left(\frac{a}{t}\right) + \sigma_2 G_2 \left(\frac{a}{t}\right)^2 + \sigma_3 G_3 \left(\frac{a}{t}\right)^3 + \sigma_4 G_4 \left(\frac{a}{t}\right)^4 + \sigma_{bg} G_{bg} \right] \sqrt{\pi a} \dots \dots \dots (3-1)$$

σ₀, σ₁, σ₂, σ₃, σ₄, σ_p : 板厚方向の応力分布を(3-2)式の四次多項式で与えた時の係数。σ_pは、内圧が円筒内表面の欠陥に働く場合 p, それ以外は 0 とする。

σ_{bg} : 断面曲げ応力

$$\sigma(x) = \sigma_0 + \sigma_1 \left(\frac{x}{t}\right) + \sigma_2 \left(\frac{x}{t}\right)^2 + \sigma_3 \left(\frac{x}{t}\right)^3 + \sigma_4 \left(\frac{x}{t}\right)^4 \dots \dots \dots (3-2)$$

a : 欠陥深さ

t : 板厚

x : き裂表面からの距離 0 ≤ x ≤ t

G₀, G₁, G₂, G₃, G₄, G_{bg} : 管厚比 Ri/t および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。周方向全周表面欠陥に対する表添付 E-5-13 を用いて Ri/t, a/t で補間。

R_i : 内半径

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

なお、当該部においては運転中の板厚内応力分布計算結果（図3）から、内表面の引張応力から圧縮応力に転じ、応力拡大係数 $K < 0$ となる欠陥深さで SCC による進展が停留すると考えられることから、 $K = 0$ となる深さを SCC による進展深さとした（図4）。



図3 運転中の応力分布



図4 き裂深さと応力拡大係数（SCC）

5. 疲労による進展評価

疲労によるき裂進展は、JSME 維持規格 EB-4351 に基づいて実施した。疲労き裂進展速度は、JSME 維持規格の添付 E-2 4.1(2)b 項に示されるオーステナイト系ステンレス鋼の PWR 一次系水質環境中の疲労き裂進展速度線図を用いて評価を実施する。

$$da/dN = 4.35 \times 10^{-13} T_c^{0.63} tr^{0.33} \Delta K^{3.0} / (1-R)^{1.56} \dots \dots \dots (3-3)$$

- ただし、 da/dN : 疲労き裂進展速度 (m/cycle)
 ΔK : 応力拡大係数の範囲 ($\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$)
 ($\Delta K = K_{\text{max}} - K_{\text{min}}$: $R \geq 0$ 、 $\Delta K = K_{\text{max}}$: $R < 0$)
 T_c : 温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 tr : 負荷上昇時間 (秒)
 ($tr < 1$ の場合は $tr = 1$ 、 tr が定義できない場合は $tr = 1000$)
 R : 応力比 = $K_{\text{min}} / K_{\text{max}}$ ($R < 0$ のときは、 $R = 0$ とする)
 K_{min} 、 K_{max} : 応力拡大係数の最小、最大

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

き裂は前章で求めた SCC によるき裂形状から、プラント供用 60 年時点（蒸気発生器取替後 39 年間）までの疲労によるき裂進展を算出した。評価結果を図 5 及び表 5 に示す。



図 5 疲労によるき裂進展評価結果

表 5 プラント供用 60 年時点における欠陥形状

	初期欠陥深さ a ₀ (mm)	疲労欠陥 評価年数	欠陥深さ a (mm)	欠陥角度 2θ (°)
入口管台		39 年		360

6. 破壊評価結果

破壊評価は、JSME 維持規格 EB-4440 に基づいて実施した。破壊評価は、セーフエンド部のオーステナイト系ステンレス鋼管の評価末期の周方向欠陥に対して、弾塑性破壊力学法を用いた。評価方法は「事例規格 周方向欠陥に対する許容欠陥角度の制限の代替規定、NA-CC-002、2005、日本機械学会」にて欠陥角度 $2\theta > 60^\circ$ の欠陥にも適用可能な以下評価式を用いた。なお、安全率 SF については、PLM 耐震評価における欠陥は、実際に生じているものではなく、あくまで想定であることから、JSME 維持規格に記載される周方向欠陥（許容状態 C&D）の評価に使用する SF:1.39 を考慮する必要はないと考えるが、ここでは安全側に考慮することとした。

$$\beta \leq \pi - \theta \text{ の場合 } P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right)$$

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

$$\beta > \pi - \theta \text{ の場合 } P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 - \frac{a}{t} \right) \sin \beta$$

$$\beta = \frac{\pi}{2 - a/t} \left(1 - \frac{a}{t} - \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

$$\text{塑性崩壊の曲げ応力 } P_b' = Z (SF) \left(P_m + P_b + \frac{P_e}{(SF)} \right) - P_m$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

- ただし、 t : 板厚
 a : 評価期間末期の欠陥深さ
 σ_f : 流動応力 (実測降伏点と引張強さの平均、または $2.7S_m$)
 S_m : 設計応力強さ
 β : 周方向欠陥付き管の中立軸に対応する角度
 SF : 安全率 周方向欠陥のとき = 1.39 (許容状態 C&D)
 P_b' : 欠陥形状で表した塑性崩壊曲げ応力
 θ : 周方向欠陥半長に対応する角度 (欠陥角度) = π rad
 P_m : 一次一般膜応力
 P_b : 一次曲げ応力
 P_e : 熱膨脹応力
 Z : Z 係数 (割増し係数)

許容曲げ応力は次式となる。

$$S_c = \frac{1}{SF} \left(\frac{P_b'}{Z} - P_e \right) - P_m \left(1 - \frac{1}{Z \cdot SF} \right)$$

ただし、



前章で求めたプラント供用 60 年時点 (39 年後) のき裂に対する、 S_8 地震時の発生応力及び許容曲げ応力を算出した結果を表 6 に示す。評価部位に作用する曲げ応力は許容曲げ応力以下であることから、SCC に対する耐震安全性は問題ない。

表 6 プラント供用 60 年時点の欠陥形状に対する破壊評価結果

部位	評価き裂 深さ (mm)	安全率	曲げ応力 P_b (MPa)	許容曲げ 応力 S_c (MPa)	応力比 (P_b / S_c)
入口管台		1.39 (供用状態 C&D)			0.53

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙2】 原子炉容器の中性子照射脆化（関連温度上昇）に対する耐震安全性評価について</p>
<p>説明</p>	<p>① PTSでの応力評価部位と応力値 PTS事象のK_1上限包絡曲線は、技術評価書「容器－原子炉容器」に示すとおり、小破断1次冷却材喪失事故（小破断LOCA）、大破断1次冷却材喪失事故（大破断LOCA）、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失に対するK_1曲線を上限包絡したものとなっている。 K_1値は、特別点検の結果を踏まえ、原子炉容器胴部に想定欠陥（長さ[]、深さ5mmの半楕円表面欠陥）を仮定し評価している。</p> <p>② S_s地震時の応力評価部位と応力値 S_s地震による原子炉容器胴部に生じる曲げモーメントとして、最大となる節点（原子炉容器管台ノズル部（図中の[]の[]）を使用している。この曲げモーメントを断面係数[]で除して算出した曲げ応力値（σ_b）は[]になる。</p> <div style="text-align: center; border: 1px dashed black; width: 300px; height: 200px; margin: 20px auto;"></div>

[] 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

③ K_{IC} の算出式とその根拠

K_{IC} はJEAC4206-2007の附属書C「供用状態C, Dにおける加圧水型原子炉圧力容器の炉心領域部に対する非延性破壊防止のための評価方法」に基づき、以下の式で計算する。（技術評価書「容器－原子炉容器」参照）

$$K_{IC} = 20.16 + 129.9 \exp\{0.0161(T - T_p)\} \quad (MPa\sqrt{m})$$

④ K_I 値の評価結果

PTS事象での K_I 上限包絡曲線（上記①）に、 S_s 地震で生じる K_I 値を一律でかさ上げする。 S_s 地震の K_I 値は、原子炉容器胴部に仮定した想定欠陥（長さ l 、深さ5mmの半楕円表面欠陥、母材厚さ t ）に上記②の荷重が作用した場合に生じる値として、ASME Sec. XI App. Aの式を用いて算出した。

PTS事象の K_I 値はJEAC4206-2007でPTS事象の K_I 値算出に引用されているC. B. Buchalet & W. H. Bamfordの応力拡大係数式（附属図C-2000-1及びC-2000-2の係数を使用）を用いて算出しているが、 S_s 地震で生じる K_I 値の算出に対しては規定がないため、JEAC4206-2007の附属書F「応力拡大係数」にて記載のあるASME Sec. XI App. Aの式を使用する。

応力拡大係数を計算する際のき裂寸法は、長さ l 、深さ5mmの半楕円表面欠陥とする。

S_s 地震で生じる K_I 値の算出過程は以下のとおり。

ASME Sec. XI App. A A-3320(b)により、 K_I 値を算出する。想定欠陥のサイズは、

$$\begin{aligned} \text{欠陥深さ} & a = 5 \text{ mm} \approx 0.197 \text{ in} \\ \text{欠陥長さ} & l = \dots \\ \text{母材厚さ} & t = \dots \end{aligned}$$

TABLE A-3320-1（添付－1）において、 $a/t = \dots$ 、 $a/l = \dots$ より、

$$\begin{aligned} M_m &= G_0 = \dots \\ G_1 &= \dots \end{aligned}$$

よって、

$$q_y = \left[\frac{(\sigma_m \cdot M_m + A_p \cdot M_m + \sigma_b \cdot M_b)}{\sigma_{ys}} \right]^2 / 6$$

$$= \dots$$

$$\text{ここで } A_p = 17.16 \text{ MPa} \approx 2.49 \text{ ksi}$$

$$M_b = G_0 - 2(a/t) G_1 = \dots$$

$$\sigma_{ys} = 304.3 \text{ MPa} = 44.1 \text{ ksi}$$

($T_c = 288.6^\circ\text{C}$ におけるJSME S NC1-2005/2007の値)

$$\sigma_m = 0$$

$$Q = 1 + 4.593(a/l)^{1.65} - q_y = \dots$$

※：欠陥面にかかる内圧は、PTS事象とし考慮している小破断LOCA、大破断LOCA、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失時の最高圧力を上回る、最高使用圧力（17.16MPa）を評価に用いている。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

以上より、

$$K_I = [(\sigma_m + A_p)M_m + \sigma_b \cdot M_b] \sqrt{\pi a / Q}$$

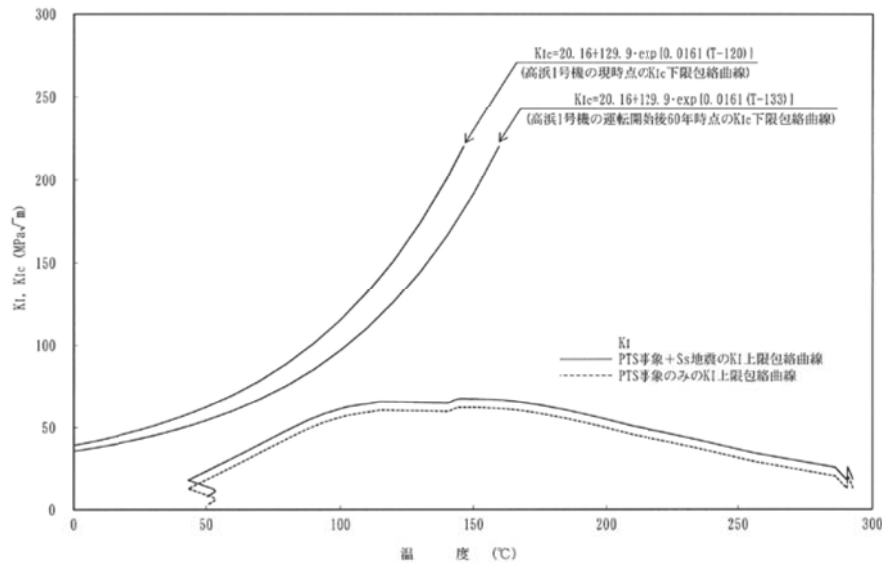
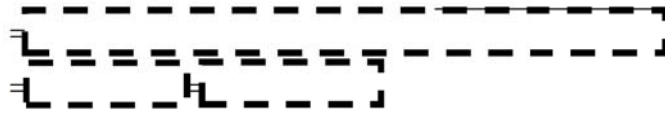


図1 高浜1号機 Ss地震を考慮したPTS評価結果(欠陥深さ5mm)

なお、JEAC4206-2007「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」では、加圧熱衝撃評価を実施するにあたって深さ10mmの想定き裂を設定するように定められている。原子炉容器内表面からの深さ10mm位置での評価結果を以下に示す。

⑤ PTSでの応力評価部位と応力値

PTS事象の K_I 上限包絡曲線は、技術評価書「容器-原子炉容器」に示すとおり、小破断1次冷却材喪失事故(小破断LOCA)、大破断1次冷却材喪失事故(大破断LOCA)、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失に対する K_I 曲線を上限包絡して示したもの。

K_I 値は、原子炉容器胴部に想定欠陥(長さ \square 深さ10mmの半楕円表面欠陥)を仮定し評価している。

⑥ Ss地震時の応力評価部位と応力値

Ss地震による原子炉容器胴部に生じる曲げモーメントとして、最大となる節点(原子炉容器管台ノズル部(図中 \square の \square)を用いる。この曲げモーメントを断面係数 I で除して算出した曲げ応力値(σ_b)は \square になる。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

⑦ K_{IC} の算出式とその根拠

K_{IC} はJEAC4206-2007の附属書C「供用状態C, Dにおける加圧水型原子炉圧力容器の炉心領域部に対する非延性破壊防止のための評価方法」に基づき、以下の式で計算する。（技術評価書「容器－原子炉容器」参照）

$$K_{IC} = 20.16 + 129.9 \exp\{0.0161(T - T_p)\} \quad (MPa\sqrt{m})$$

⑧ K_I 値の評価結果

PTS事象での K_I 上限包絡曲線（上記①）に、 S_s 地震で生じる K_I 値を一律でかさ上げしている。 S_s 地震の K_I 値は、原子炉容器胴部に仮定した想定欠陥（長さ \square 、深さ10mmの半楕円表面欠陥、母材厚さ \square ）に上記②の荷重が作用した場合に生じる値として、ASME Sec. XI App. Aの式を用いて \square と算出した。

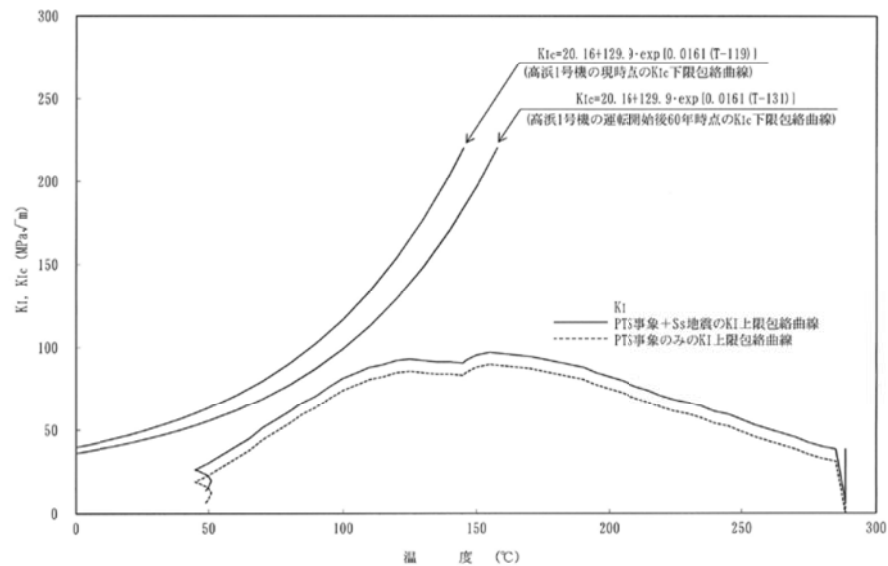


図2 高浜1号機 S_s 地震を考慮したPTS評価結果（欠陥深さ10mm）

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2004 SECTION XI, DIVISION 1

TABLE A-3320-1
COEFFICIENTS G_0 THROUGH G_3 FOR SURFACE CRACK AT POINT 1

		Flaw Aspect Ratio a/t					
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
UNIFORM G_0	0.00	1.1208	1.0969	1.0856	1.0727	1.0564	1.0366
	0.05	1.1461	1.1000	1.0879	1.0740	1.0575	1.0373
	0.10	1.1945	1.1152	1.0947	1.0779	1.0609	1.0396
	0.15	1.2670	1.1402	1.1058	1.0842	1.0664	1.0432
	0.20	1.3654	1.1744	1.1210	1.0928	1.0739	1.0482
	0.25	1.4929	1.2170	1.1399	1.1035	1.0832	1.0543
	0.30	1.6539	1.2670	1.1621	1.1160	1.0960	1.0614
	0.40	2.1068	1.3840	1.2135	1.1448	1.1190	1.0772
	0.50	2.8254	1.5128	1.2693	1.1757	1.1457	1.0931
0.60	4.0420	1.6372	1.3216	1.2039	1.1699	1.1058	
0.70	6.3743	1.7373	1.3610	1.2237	1.1866	1.1112	
0.80	11.991	1.7899	1.3761	1.2285	1.1902	1.1045	
LINEAR G_1	0.00	0.7622	0.6635	0.6826	0.7019	0.7214	0.7411
	0.05	0.7624	0.6651	0.6833	0.7022	0.7216	0.7413
	0.10	0.7732	0.6700	0.6855	0.7031	0.7221	0.7418
	0.15	0.7945	0.6780	0.6890	0.7046	0.7230	0.7426
	0.20	0.8267	0.6891	0.6939	0.7067	0.7243	0.7420
	0.25	0.8706	0.7029	0.7000	0.7094	0.7260	0.7451
	0.30	0.9276	0.7193	0.7073	0.7126	0.7282	0.7468
	0.40	1.0907	0.7584	0.7249	0.7209	0.7338	0.7511
	0.50	1.3501	0.8029	0.7454	0.7314	0.7417	0.7566
0.60	1.7863	0.8488	0.7671	0.7441	0.7520	0.7631	
0.70	2.6125	0.8908	0.7882	0.7588	0.7653	0.7707	
0.80	4.5727	0.9288	0.8063	0.7753	0.7822	0.7792	
QUADRATIC G_2	0.00	0.6009	0.5078	0.5310	0.5556	0.5815	0.6084
	0.05	0.5969	0.5086	0.5313	0.5557	0.5815	0.6084
	0.10	0.5996	0.5109	0.5323	0.5560	0.5815	0.6085
	0.15	0.6088	0.5148	0.5340	0.5564	0.5815	0.6087
	0.20	0.6247	0.5202	0.5364	0.5571	0.5815	0.6089
	0.25	0.6475	0.5269	0.5394	0.5580	0.5817	0.6093
	0.30	0.6775	0.5350	0.5430	0.5592	0.5820	0.6099
	0.40	0.7651	0.5545	0.5520	0.5627	0.5835	0.6115
	0.50	0.9048	0.5776	0.5632	0.5680	0.5869	0.6144
0.60	1.1382	0.6027	0.5762	0.5760	0.5931	0.6188	
0.70	1.5757	0.6281	0.5907	0.5874	0.6037	0.6255	
0.80	2.5997	0.6513	0.6063	0.6031	0.6200	0.6351	
CUBIC G_3	0.00	0.5060	0.4246	0.4480	0.4735	0.5006	0.5290
	0.05	0.5012	0.4250	0.4482	0.4736	0.5006	0.5290
	0.10	0.5012	0.4264	0.4488	0.4736	0.5004	0.5290
	0.15	0.5059	0.4286	0.4498	0.4737	0.5001	0.5289
	0.20	0.5152	0.4317	0.4511	0.4738	0.4998	0.5289
	0.25	0.5292	0.4357	0.4528	0.4741	0.4994	0.5289
	0.30	0.5483	0.4404	0.4550	0.4746	0.4992	0.5291
	0.40	0.6045	0.4522	0.4605	0.4763	0.4993	0.5298
	0.50	0.6943	0.4665	0.4678	0.4795	0.5010	0.5316
0.60	0.8435	0.4829	0.4769	0.4853	0.5054	0.5349	
0.70	1.1207	0.5007	0.4880	0.4945	0.5141	0.5407	
0.80	1.7614	0.5190	0.5013	0.5085	0.5286	0.5487	

GENERAL NOTE: Interpolations in a/t and a/c are permitted.

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

高浜1号機 原子炉容器の中性子照射脆化（関連温度上昇）（PTS評価）に対する耐震安全性評価について

PTS評価において、Ss地震により原子炉容器胴部に生じる曲げモーメントは、現状、原子炉容器モデルの節点にかかる地震荷重の最大値を用いて評価を行っており、実際に中性子照射脆化の影響を受ける部位となっていない。このため、実際の評価対象部位である、炉心領域部を含む胴部の節点における曲げモーメントの最大値を用いて評価を行った。

下記に評価結果を示す。

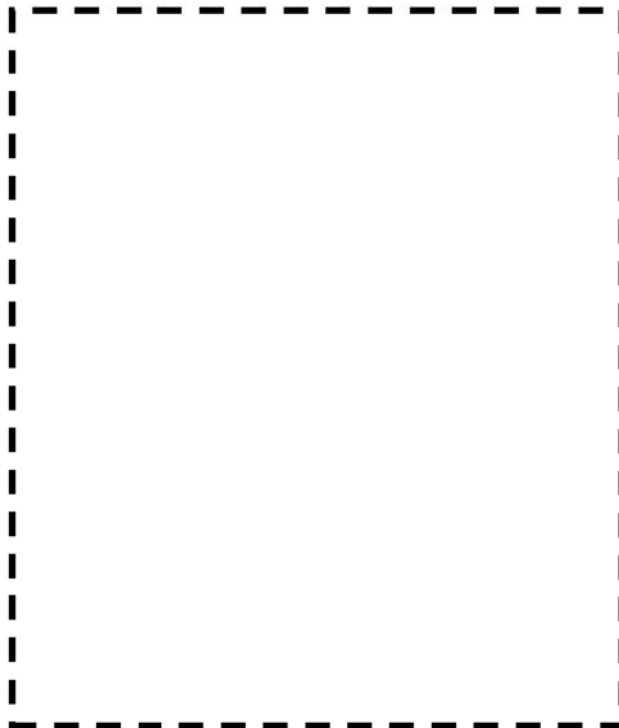
⑨ PTSでの応力評価部位と応力値

PTS事象のK₁上限包絡曲線は、技術評価書「容器-原子炉容器」に示すとおり、小破断1次冷却材喪失事故（小破断LOCA）、大破断1次冷却材喪失事故（大破断LOCA）、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失に対するK₁曲線を上限包絡したものとなっている。

K₁値は、特別点検の結果を踏まえ、原子炉容器胴部に想定欠陥（長さ \square 深さ5mm、10mmの半楕円表面欠陥）を仮定し評価する。

⑩ Ss地震時の応力評価部位と応力値

Ss地震による原子炉容器胴部に生じる曲げモーメントとして、最大となる節点（原子炉容器管台ノズル部（図中 \square の \square ）を用いる。この曲げモーメントを断面係数 \square で除して算出した曲げ応力値（ σ_b ）は \square になる。



\square 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

⑪ K_{IC} の算出式とその根拠

K_{IC} はJEAC4206-2007の附属書C「供用状態C, Dにおける加圧水型原子炉压力容器の炉心領域部に対する非延性破壊防止のための評価方法」に基づき、以下の式で計算する。

(技術評価書「容器-原子炉容器」参照)

$$K_{IC} = 20.16 + 129.9 \exp\{0.0161(T - T_p)\} \quad (MPa\sqrt{m})$$

⑫ K_I 値の評価結果

PTS事象での K_I 上限包絡曲線(上記⑪)に、 S_s 地震で生じる K_I 値を一律でかさ上げしている。 S_s 地震の K_I 値は、原子炉容器胴部に仮定した想定欠陥(長さ[] 深さ5mm、10mmの半楕円表面欠陥、母材厚さ[]に上記②の荷重が作用した場合に生じる値として、ASME Sec. XI App. Aの式を用いて[](5mm)、[](10mm)を算出した。

PTS事象の K_I 値はJEAC4206-2007でPTS事象の K_I 値算出に引用されているC. B. Buchalet & W. H. Bamfordの応力拡大係数式(附属図C-2000-1及びC-2000-2の係数を使用)を用いて算出しているが、 S_s 地震で生じる K_I 値の算出に対しては規定がないため、JEAC4206-2007の附属書F「応力拡大係数」にて記載のあるASME Sec. XI App. Aの式を使用する。

応力拡大係数を計算する際のき裂寸法は、長さ[] 深さ5mm、10mmの半楕円表面欠陥です。

S_s 地震で生じる K_I 値算出過程は以下のとおり。

《想定欠陥深さ5mmの場合》

ASME Sec. XI App. A A-3320(b)により、 K_I 値を算出する。想定欠陥のサイズは、

欠陥深さ $a = 5 \text{ mm} = 0.197 \text{ in}$
 欠陥長さ $l = []$
 母材厚さ $t = []$

TABLE A-3320-1 (添付-1)において、 $a/t = []$ 、 $a/l = []$ より、

$$M_m = G_0 []$$

$$G_1 = []$$

よって、

$$qy = \left[\frac{(\sigma_m \cdot M_m + A_p \cdot M_m + \sigma_b \cdot Mb) / \sigma_{ys}}{6} \right]^2 / 6 = []$$

ここで $A_p = 17.16 \text{ MPa}^* = 2.49 \text{ ksi}$

$$Mb = G_0 - 2(a/t) G_1 []$$

$$\sigma_{ys} = 304.3 \text{ MPa} = 44.1 \text{ ksi}$$

($T_c = 288.6^\circ\text{C}$ におけるJSME S NC1-2005/2007の値)

$$\sigma_m = 0$$

$$Q = 1 + 4.593(a/l)^{1.65} - qy []$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

※：欠陥面にかかる内圧は、PTS事象とし考慮している小破断LOCA、大破断LOCA、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失時の最高圧力を上回る、最高使用圧力（17.16MPa）を評価に用いる。

以上より、

$$K_I = [(\sigma_m + A_p) \cdot M_m + \sigma_b \cdot M_b] \sqrt{(\pi a/Q)}$$

《想定欠陥深さ10mmの場合》

ASME Sec. XI App. A A-3320(b)により、 K_I 値を算出する。想定欠陥のサイズは、

$$\begin{aligned} \text{欠陥深さ} & a = 10 \text{ mm} = 0.394 \text{ in} \\ \text{欠陥長さ} & l = \text{---} \\ \text{母材厚さ} & t = \text{---} \end{aligned}$$

TABLE A-3320-1 (添付-1) において、 $a/t = \text{---}$ 、 $a/l = \text{---}$ より、

$$\begin{aligned} M_m &= G_0 = \text{---} \\ G_1 &= \text{---} \end{aligned}$$

よって、

$$\begin{aligned} q_y &= [(\sigma_m \cdot M_m + A_p \cdot M_m + \sigma_b \cdot M_b) / \sigma_{ys}]^2 / 6 \\ &= \text{---} \\ \text{ここで } A_p &= 17.16 \text{ MPa}^* = 2.49 \text{ ksi} \\ M_b &= G_0 - 2(a/t) G_1 \\ \sigma_{ys} &= 304.3 \text{ MPa} = 44.1 \text{ ksi} \\ & \text{(} T_c = 288.6^\circ\text{C} \text{における JSME S NC1-2005/2007 の値)} \\ \sigma_m &= 0 \\ Q &= 1 + 4.593(a/l)^{1.65} - q_y \end{aligned}$$

※：欠陥面にかかる内圧は、PTS事象とし考慮している小破断LOCA、大破断LOCA、主蒸気管破断事故および2次冷却系からの除熱機能喪失時の最高圧力を上回る、最高使用圧力（17.16MPa）を評価に用いる。

以上より、

$$K_I = [(\sigma_m + A_p) \cdot M_m + \sigma_b \cdot M_b] \sqrt{(\pi a/Q)}$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



図1 高浜1号機のSs地震を考慮したPTS評価結果（評価点変更，欠陥深さ5mm）



図2 高浜1号機のSs地震を考慮したPTS評価結果（評価点変更，欠陥深さ10mm）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

タイトル	<p>【別紙3】 原子炉容器の中性子照射脆化（上部棚吸収エネルギーの低下）に対する耐震安全性評価について</p>
説明	<p>1. 弾塑性破壊力学評価 (1) J_{mat} の算出 欠陥深さ a に対する上部棚破壊靱性 J_{mat} は次式で評価している。 $J_{mat} = M_j \cdot C_1 \cdot \Delta a^{C_2}$ $M_j = 0.863$ [供用状態 A, B] $C_1 = \exp\{0.147 + 2.64 \cdot \log(\text{USE 調整値}) - 0.00087 \cdot T\}$ $C_2 = -0.549 + 0.383 \cdot \log(C_1)$ USE 調整値：60 年運転時点における 1/4t 深さでの値（= $\frac{1}{4}t$） T：評価位置での温度（= $^{\circ}\text{C}$） （出典：JEAC4206-2007 附属書 G G-3200）</p> <p>(2) J_{app} の算出 欠陥深さ a に対するき裂進展力 J_{app} は次式、及び表 1 の評価条件を基に評価している。</p> $J_{app} = 1000 \cdot (K_I')^2 / E'$ $K_I' = \sqrt{\frac{a_e}{a}} \cdot K_I$ $a_e = a + \left(\frac{1000}{6\pi} \right) \cdot \left[\frac{K_I}{\sigma_y} \right]^2$ <p>σ_y：降伏応力 (MPa) $K_I = 0.961(K_{IP}^e + K_{I-S2}^e) + 0.961C \cdot K_{II}^e$ $C = 1.0 - \{-0.159(a/t) + 0.155\}(\sigma_t / \sigma_{total})$ ただし、C の下限は次式とする。 $C = 1.0 - 0.12 \cdot (\sigma_t / \sigma_{total})$</p> <p>$\sigma_t$：欠陥深さ位置の熱応力 (MPa)、 σ_{total}：欠陥深さ位置の応力（S s 地震力含む） (MPa) t：胴部母材厚さ（= $^{\circ}\text{mm}$） K_{IP}^e：内圧応力に対する応力拡大係数 K_{II}^e：熱応力に対する応力拡大係数 K_{I-S2}^e：S s 地震力に対する応力拡大係数 （出典：JEAC4206-2007 附属書 G G-6200）</p> <p>※ K_{IP}^e 及び K_{II}^e は、ASME Code Section XI, Appendix A の解（作用分布応力を多項式近似する場合）により算出する。 K_{I-S2}^e は、ASME Code Section XI, Appendix A の解（作用分応力を線形近似する場合）により算出する。</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表1 評価に使用した各条件

仮想欠陥 ^{※1※2}	内圧 ^{※4}	温度過渡 ^{※3}	地震 ^{※4}
深さ: \square mm (1/4t) 長さ: \square mm (1.5t)	\square (MPa) 一定 (最高使用圧力の 1.1 倍)	\square C/h (停止までの下降率)	\square (MPa) (Ss-1 地震時の曲げ応力)

※1:tは原子炉容器胴部の板厚。

※2:欠陥の想定位置は、回答 10 におけるPTS評価部位(炉心領域モデル④番部位)と同じ位置。

※3:温度過渡から求める α 、 K_{IT} は一定値ではなく過渡に伴う変数となります。 $\Delta a=0\text{mm}$, 1mm, 2mm, 2.5mm, 3mm において、それぞれの、 α 及び K_{IT} の履歴をもとに算出した J_{app} 値の履歴のうち最大値となる J_{app} を評価値としている。

※4: $\Delta a=0\text{mm}$, 1mm, 2mm, 2.5mm, 3mm における、それぞれの、 K_{IP} および K_{I-Ss} を表 2 に示す。

表 2 各想定欠陥深さにおける内圧による応力拡大係数 K_{IP} 及び Ss 地震による応力拡大係数 K_{I-Ss}

Δa [mm]	内圧による応力拡大係数 K_{IP} [MPa \sqrt{m}]	Ss 地震による応力拡大係数 K_{I-Ss} [MPa \sqrt{m}]
0	\square	\square
1	\square	\square
2	\square	\square
2.5	\square	\square
3	\square	\square

(算出に必要な条件)

【RV 寸法】

内半径: \square mm (クラッド[°]内面)、 \square mm (母材内面)

母材板厚: \square mm

【熱伝導率、熱拡散率】

ASME Sec II Part D の Table TCD を使用 (母材: Group C、クラッド[°]: Group J)

【縦弾性係数】

母材: \square $\times 10^{11}$ Pa

【熱膨張係数】

母材: \square $\times 10^{-6}$ mm/mm $^{\circ}$ C

【ポアソン比】

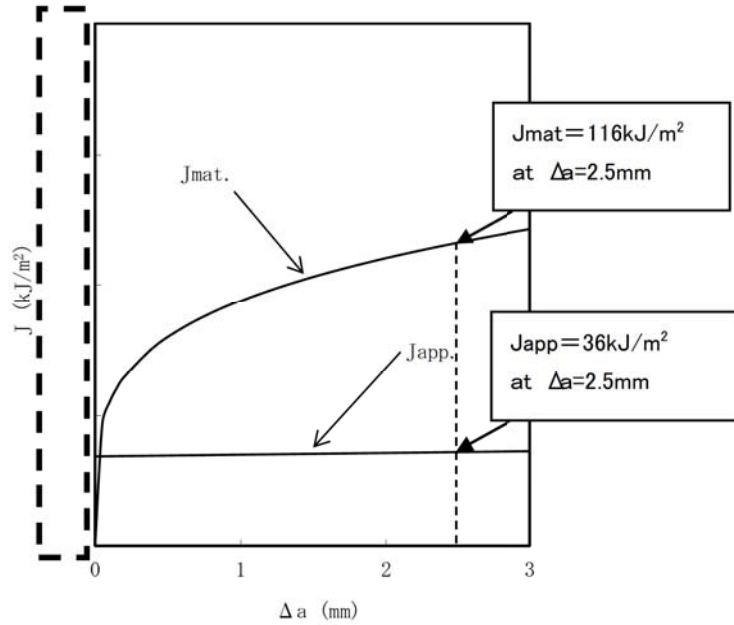
\square

【降伏応力 σ_y 】

\square MPa (母材の低温側配管の冷却材温度 \square $^{\circ}$ C) での値)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(3) 評価結果
評価結果を下図に示す。



高浜1号 S s 地震を考慮した供用状態 A, B に対するき裂安定性評価結果

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

タイトル 【別紙4】
主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する評価について

説明 1. 記号の説明
伸縮継手の疲労評価に用いる記号について、表1に示す。

表1 伸縮継手の疲労評価に用いる記号

記号	単位	定義
b	mm	継手部の波のピッチの2分の1
c	—	継手部の層数
d_p	mm	継手部の有効径（平均径）
E	MPa	最高使用温度におけるJSME S NCI-2005/2007付録図表Part6表1に規定する材料の縦弾性係数
e	mm	継手部の1山当たりの総変位量
e_x	mm	軸方向変位による継手部の1山当たりの変位量
e_y	mm	軸直角方向変位による継手部の1山当たりの変位量
h	mm	継手部の波の高さ
L	mm	継手部の有効長さ
ℓ	mm	中間の管の長さ
N	—	許容繰返し回数
n	—	継手の波数の2倍の値（1波の継手にあつては2）
P	MPa	最高使用圧力
t	mm	継手部の板の厚さ
U	—	疲れ係数
UF	—	疲れ累積係数
W_N	—	1個の継手部の山数
X	mm	軸方向変位量（表3におけるXの2倍（両振幅））
Y	mm	軸直角方向変位量（表3における $\delta y = \sqrt{y^2 + z^2}$ の2倍（両振幅））
δ	mm	全伸縮量
σ	MPa	合計応力
σ_D	MPa	全伸縮量による応力
σ_P	MPa	最高使用圧力による応力

伸縮継手の基本寸法箇所を図1に示す。

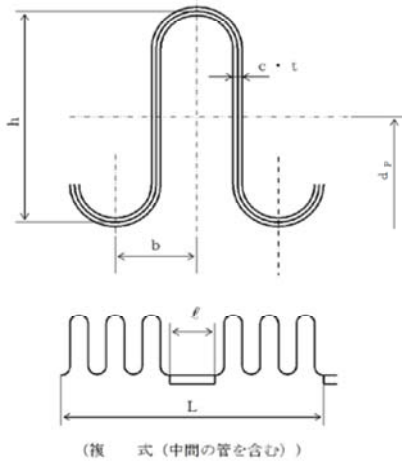


図1 伸縮継手の基本寸法箇所

2. 評価部位

評価する伸縮継手は、技術評価で厳しい系統とし、主蒸気配管はCループ（改造なし）、主給水配管はBループ（改造あり）とする。図2にC-主蒸気配管、図3にB-主給水配管の伸縮継手の模式図を示す。

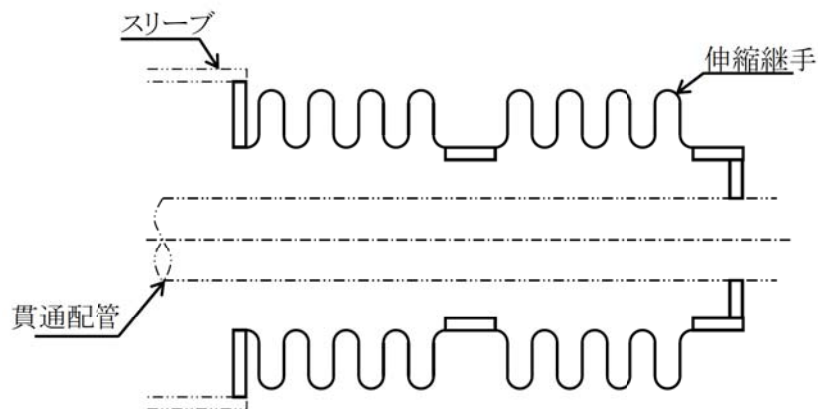


図2 C-主蒸気配管(改造なし)

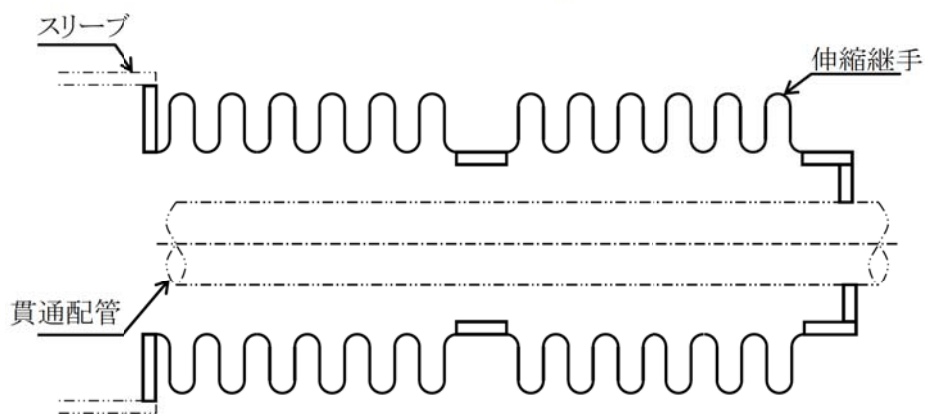


図3 B-主給水配管(改造あり)

評価部位は、図4に示す伸縮継手の頂部とする。

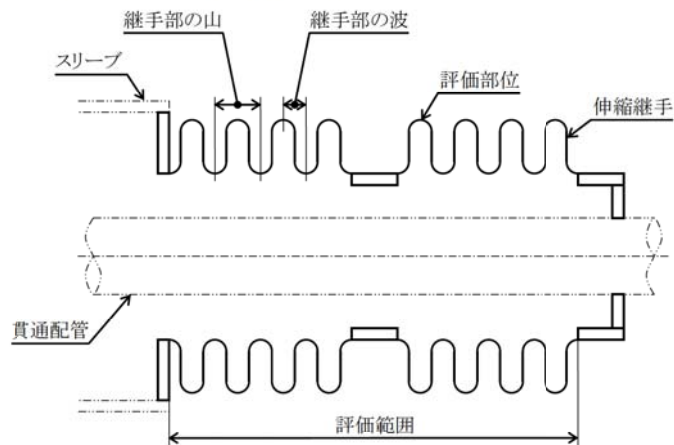


図4 伸縮継手の評価部位

3. 評価内容

(1) 格納容器貫通部の仕様

各格納容器貫通部の仕様について表 2 に示す。

表 2 格納容器貫通部の仕様

配管	原子炉格納容器最高使用圧力 (MPa) P	最高使用温度 (°C)	伸縮継手有効径 (mm) d	継手部の波の高さ (mm) h	継手部の波のピッチの 2分の1 (mm) b	継手部の板の厚さ (mm) t	伸縮継手 1箇の山数 W _s	継手部の層数 c	材料	ヤング率 (MPa) E	複式伸縮継手の長さ (mm)		
											中心間距離 A	中間の管の長さ E	伸縮継手の長さ L
主蒸気配管格納容器貫通部	0.261												
主給水配管格納容器貫通部	0.261												

(2) 地震時の伸縮継手の変位

Ss地震時及びSd地震時の伸縮継手の変位について表 3 に示す。

表 3-1 伸縮継手の変位 (Ss地震時)

ライン名称	地震合計変位 (mm)			
	X	Y	Z	$\delta y = \sqrt{Y^2 + Z^2}$
主蒸気配管格納容器貫通部				
主給水配管格納容器貫通部				

表 3-2 伸縮継手の変位 (Sd地震時)

ライン名称	地震合計変位 (mm)			
	X	Y	Z	$\delta y = \sqrt{Y^2 + Z^2}$
主蒸気配管格納容器貫通部				
主給水配管格納容器貫通部				

注：表 3 に示す座標系は、格納容器半径方向をx方向、鉛直方向をz方向とする右手直交座標系であり、表 1 に示すX、Yとは異なるものである。

(3) 疲れ累積係数 (UF) の算出

地震時の伸縮継手の変位から発生応力を算出し許容繰返し回数を求め、評価用繰返し回数と許容繰返し回数の比 (疲れ累積係数) を算出する。(日本機械学会 設計・建設規格「PVE-3800 伸縮継手」参照)

a. 伸縮継手の変位

(a) 軸方向変位による継手部の 1 山当たりの変位量

$$e_x = \frac{X}{2W_N}$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(b) 軸直角方向変位による継手部の1山当たりの変位量

$$e_y = \frac{3 d_p Y}{2W_N \left\{ L + \ell \left(\frac{\ell}{L} + 1 \right) \right\}}$$

(c) 継手部の1山当たりの総変位量

$$e = e_x + e_y$$

(d) 伸縮継手の全伸縮量

$$\delta = e W_N$$

b. 伸縮継手の応力と許容繰返し回数

(a) 伸縮継手の応力

全伸縮量による応力

$$\sigma_D = \frac{1.5 E t \delta}{n \sqrt{b h^3}}$$

注：ヤング率Eについては、表2における高温時の値ではなく、常温（21℃）におけるヤング率195,000 (MPa)を用いる。

最高使用圧力による応力

$$\sigma_P = \frac{P h^2}{2 t^2 c}$$

発生応力

$$\sigma = \sigma_D + \sigma_P$$

(b) 許容繰返し回数

$$N = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

(c) 疲れ累積係数

$$U F = \Sigma \frac{\text{評価用繰返し回数}}{\text{許容繰返し回数}}$$

4. 評価結果

(1) 地震によるUF評価結果

Ss地震によるUF評価結果を、表4に示す。

表4 Ss地震によるUF評価結果

格納容器貫通部	発生応力 [MPa]	許容繰返し 回数	評価繰返し 回数	UF
主蒸気ライン貫通部				0.200
主給水ライン貫通部				0.005

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

Sd地震によるUF評価結果を、表5に示す。

表5 Sd地震によるUF評価結果

格納容器貫通部	発生応力 [MPa]	許容繰返し 回数	評価繰返し 回数	UF
主蒸気ライン貫通部				0.031
主給水ライン貫通部				0.002

(2) 通常運転時UFとの組合せによる評価結果
通常運転時のUFを加えた結果を表6及び表7に示す。

表6 Ss地震時の通常運転時UFとの組合せによる評価結果

格納容器貫通部	通常運転時	Ss地震時	合計
主蒸気ライン貫通部	0.008	0.200	0.208
主給水ライン貫通部	0.033	0.005	0.038

表7 Sd地震時の通常運転時UFとの組合せによる評価結果

格納容器貫通部	通常運転時	Sd地震時	合計
主蒸気ライン貫通部	0.008	0.031	0.039
主給水ライン貫通部	0.033	0.002	0.035

以上より、主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する耐震安全性に問題はない。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

タイトル	<p>【別紙5】 余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れに対する評価について</p>																																																																														
説明	<p>余熱除去系統配管のアンカーサポートにかかる荷重をもとに、各応力を算出した過程は以下のとおり。サポートの位置を添付-1の系統図、アイソメ図に示す。</p> <p>1. 評価用荷重の算出 配管を3次元梁モデル化してSs、Sd地震時の支持点荷重をスペクトルモーダル解析にて算出する。評価部位はサポートラグ（固定点）であり、隣接する解析ブロックとの境界部になる。この為、両ブロックの解析結果から得られた荷重を合成し、評価用荷重とする。当該アンカーサポートをモデル化し、算出された評価用荷重を用いて評価対象部位の部材力を算出した結果を表1、表2に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 評価用荷重 (Ss : 部材力)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">配管とラグ</th> <th colspan="2">ラグと底板</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表2 評価用荷重 (Sd : 部材力)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">配管とラグ</th> <th colspan="2">ラグと底板</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	方向	配管とラグ		ラグと底板		1次	1次+2次	1次	1次+2次	Fx					Fy					Fz					Mx					My					Mz					方向	配管とラグ		ラグと底板		1次	1次+2次	1次	1次+2次	Fx					Fy					Fz					Mx					My					Mz				
方向	配管とラグ		ラグと底板																																																																												
	1次	1次+2次	1次	1次+2次																																																																											
Fx																																																																															
Fy																																																																															
Fz																																																																															
Mx																																																																															
My																																																																															
Mz																																																																															
方向	配管とラグ		ラグと底板																																																																												
	1次	1次+2次	1次	1次+2次																																																																											
Fx																																																																															
Fy																																																																															
Fz																																																																															
Mx																																																																															
My																																																																															
Mz																																																																															

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 応力の算出

溶接部に発生する応力は、下式で算出する。本評価式は、材料力学に基づく公式をもとにして設定したものであり、設計・建設規格や耐震設計審査指針等に規定されたものではないことから、応力集中係数に係る規定はない。また、支持構造物は、降伏点を許容値としており許容値を厳しくする設計体系となっていることから、発生応力の算出において応力係数を考慮する必要はないと判断している。なお、本評価式により適切な応力が評価できることは、FEM解析により確認し採用しているものである。

$$\sigma_1 = \frac{|Mx| + |Fy| \cdot L}{Z_{wx}} + \frac{|My| + |Fx| \cdot L}{Z_{wy}} + \frac{|Fz|}{A_w}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\left(\frac{Fx}{A_w}\right)^2 + \left(\frac{Fy}{A_w}\right)^2} + \frac{|Mz|}{Z_{wp}}$$

A_w : 溶接部の断面積

Z_{wx} , Z_{wy} , Z_{wp} : 各方向の溶接部の断面係数

L : 荷重作用点から評価部位までの距離

応力評価は、以下の組合せ応力を用いる。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\sigma_2^2}$$

3. 評価仕様

評価に用いたデータを以下に示す。

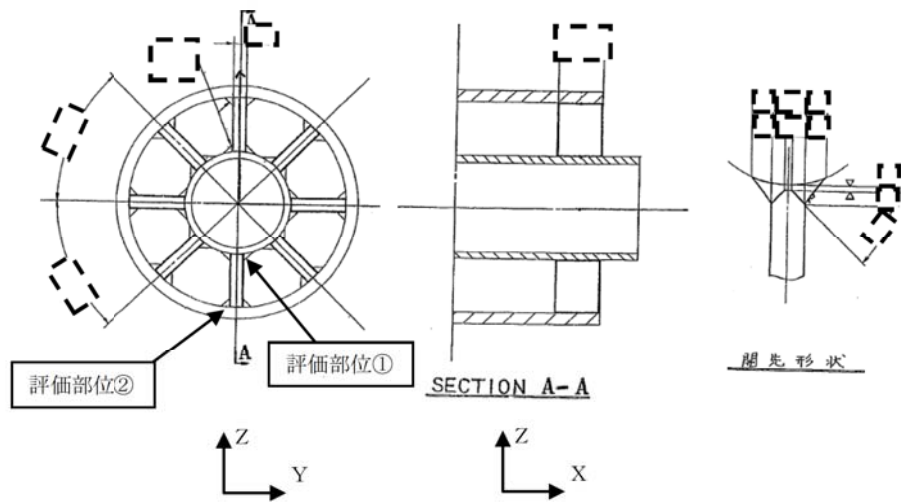


図-1 配管サポートの外形図

表4 諸元表

(単位: mm)

母管 外径	リブの長さ	リブの厚さ	スリーブ外 径	スリーブの厚さ
b_1	a	t_1	b_2	t_2

評価部位	L (mm)	A_w (mm^2)	Z_{wx} (mm^3)	Z_{wy} (mm^3)	Z_{wp} (mm^3)
①配管とラグの 溶接部					
②ラグとプレート の溶接部					

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

4. 評価結果

各部位の許容応力を表5に、評価結果を表6に示す。

表5 許容応力 (MPa)

部 位		リブ (ラグ)	スリーブ (底板)
物 性 値	材 質		
	使用温度(°C)		
	F 値		
1 次応力の許容値			
1 次 + 2 次応力の許容値			

表6 (1/2) 配管とラグの溶接部 (評価部位①)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

表6 (2/2) ラグと底板の溶接部 (評価部位②)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

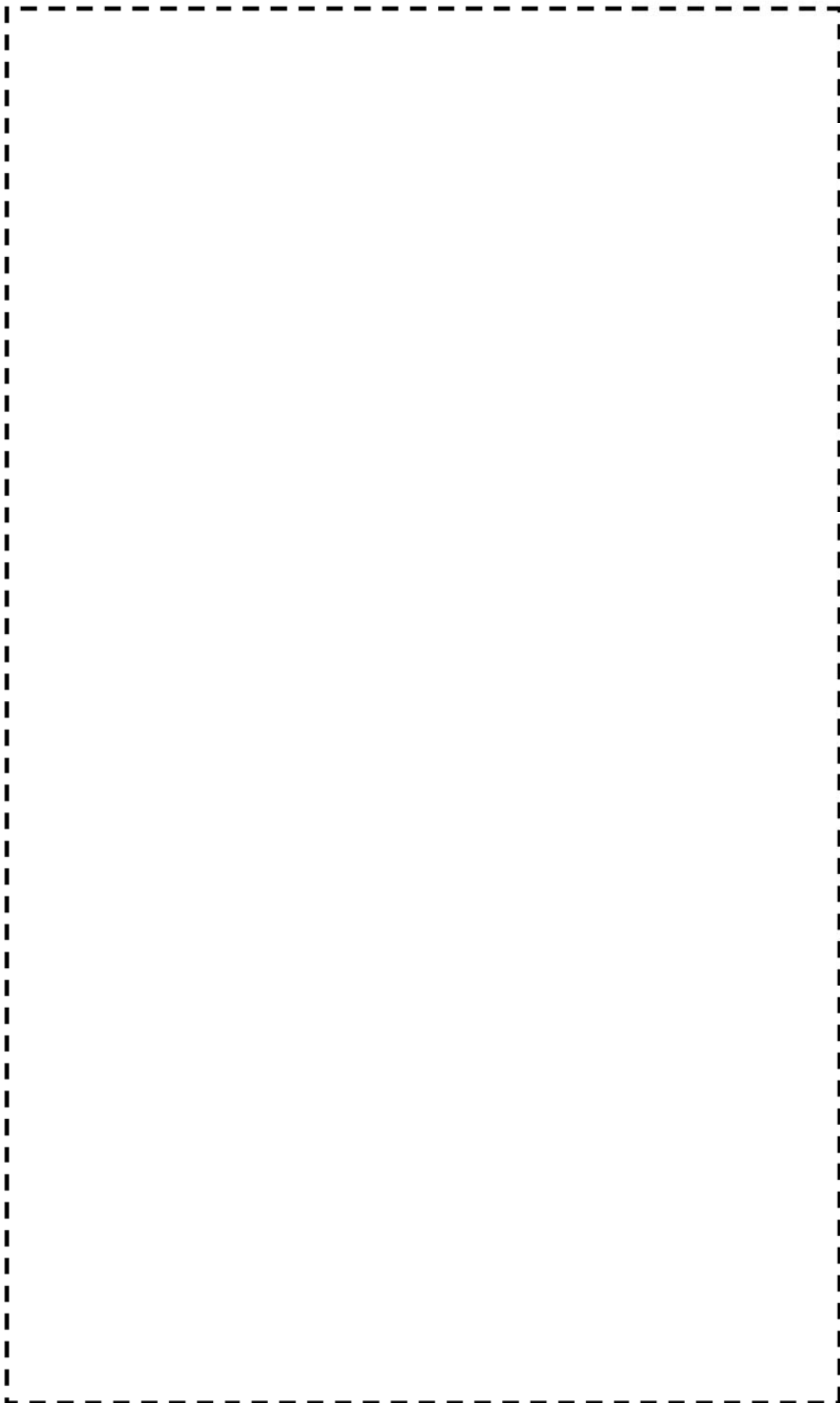
(注1) S_s地震力がS_d地震力および静的地震力より大きく、S_s地震力による評価応力が共用状態C_sの許容応力を下回るため、S_d地震力および静的地震力による評価を省略した。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

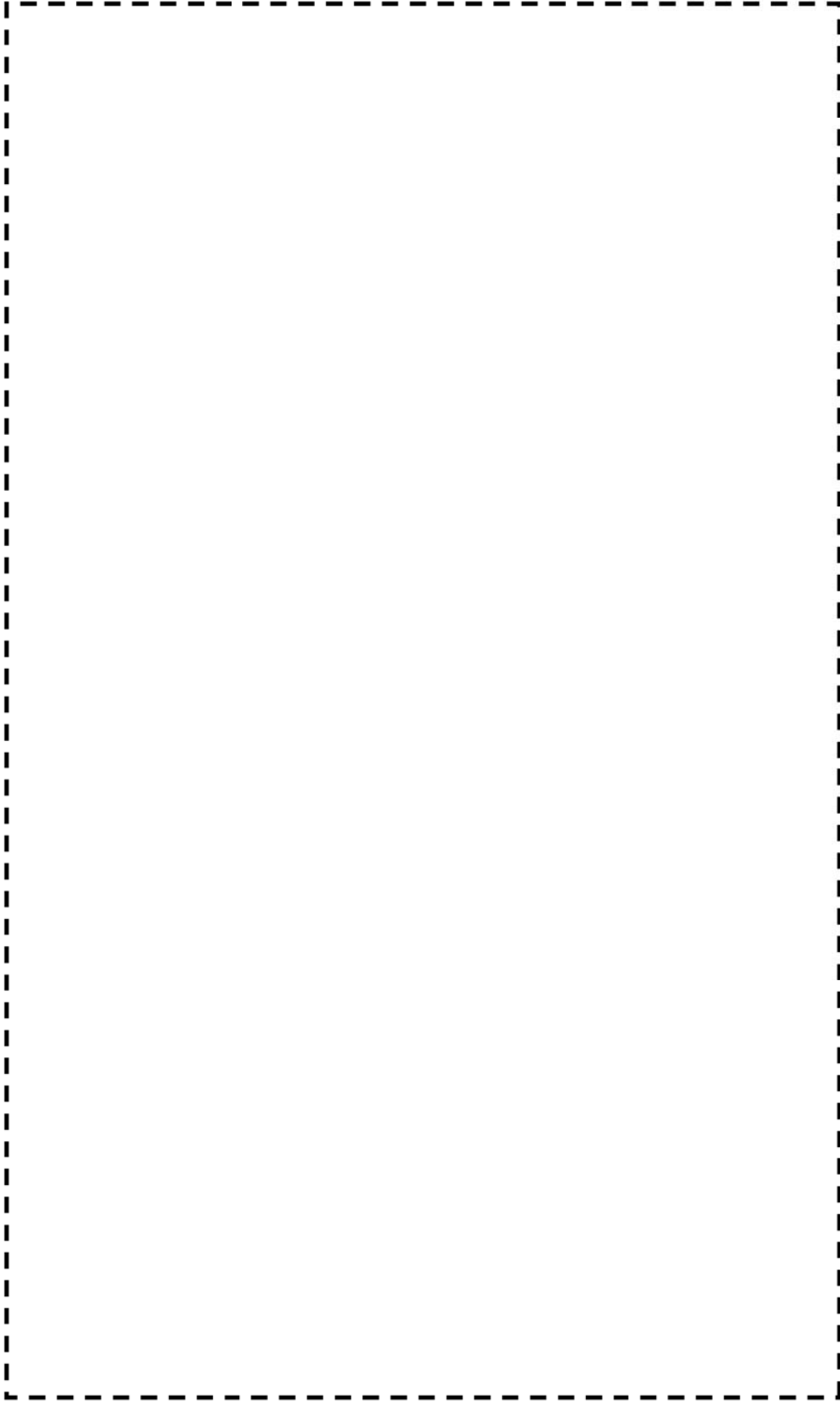
高浜 1 号機 余熱除去系統図 (評価対象パソコンの設置位置)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



高浜 1 号機 余熱除去系統配管 (A-余熱除去クローラ出口配管 (PEN側))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



高浜 1 号機 余熱除去系統配管(B-余熱除去クローラ出口配管(PEN脚))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することではできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙7】 第4抽気系統配管、グランド蒸気系統配管及びドレン系統配管の減肉評価について</p>
<p>説明</p>	<p>1. 第4抽気系統配管、グランド蒸気系統配管、復水系統配管、及びドレン系統配管の評価内容について</p> <p>第4抽気系統配管「第4抽気管（C）」、復水系統配管「第4低圧給水加熱器～脱気器」、ドレン系統配管の「第3低圧給水加熱器ドレン管（C）」「湿分分離器ドレンポンプ吐出管」の4ラインについては、60年時点の予測肉厚による減肉状態を想定した実測データに基づく評価を実施している。また、グランド蒸気系統配管の「グランド蒸気管」については、50年時点の予測肉厚による減肉状態を想定した実測データに基づく評価を実施している。（他のラインはすべて全箇所tsrでモデル化）</p> <p>第4抽気系統配管「第4抽気管（C）」の評価に用いた解析モデルを添付-1 (1/2)に示す。このうち、最も応力比が厳しい箇所となった部位①とその周辺の部位2点（部位②，③）について、評価に用いた実測データに基づく肉厚及びその算出過程を添付-1 (2/2)に示す。</p> <p>復水系統配管「第4低圧給水加熱器～脱気器」の評価に用いた解析モデルを添付-2 (1/2)に示す。このうち、最も応力比が厳しい箇所となった部位①とその周辺の部位3点（部位②～④）について、評価に用いた実測データに基づく肉厚及びその算出過程を添付-2 (2/2)に示す。</p> <p>ドレン系統配管「第3低圧給水加熱器ドレン管（C）」の評価に用いた解析モデルを添付-3 (1/2)に示す。このうち、最も応力比が厳しい箇所となった部位①とその周辺の部位2点（部位②，③）について、評価に用いた実測データに基づく肉厚及びその算出過程を添付-3 (2/2)に示す。</p> <p>また、「湿分分離器ドレンポンプ吐出管」については、評価に用いた解析モデルを添付-4 (1/2)に示し、部位①（応力比Max点）、部位②（減肉率Max点）、部位③（60年時点の肉厚Min点）の3点を明示した。これらの3点について、評価に用いた実測データに基づく肉厚及びその算出過程を添付-4 (2/2)に示す。</p> <p>グランド蒸気系統配管「グランド蒸気管」の評価に用いた解析モデルを添付-5 (1/5)に示す。このうち、最も応力比が厳しい箇所となった部位①（FEM解析実施）とその周辺の部位3点（部位②～④）について、評価に用いた実測データに基づく肉厚及びその算出過程を添付-5 (2/5)に示す。また、FEM解析を実施している部位①は、FEMモデルや入力荷重等について添付-5 (3/5～5/5)に示す。</p>

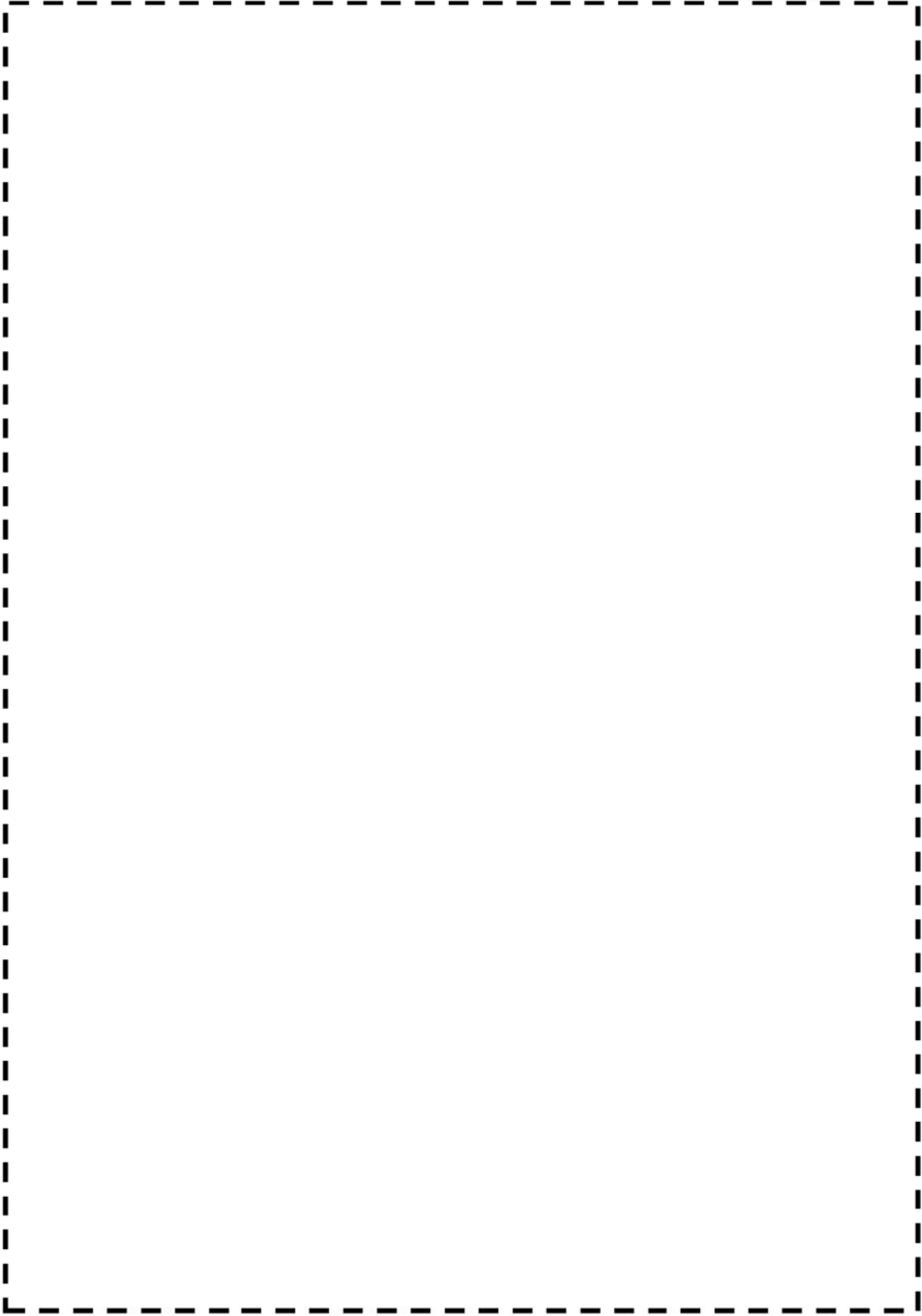
2. 肉厚測定計画について

配管肉厚については、当社社内指針「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、点検計画を立てている。

添付-6に下記のスケルトン図（1/10～5/10）および測定計画（6/10～10/10）を示す。（第27回定検の前の計画であり、第27回定検での測定結果によって測定計画の修正を行うことになる）。

第4抽気系統配管 : 「第4抽気管」
ドレン系統配管 : 「主復水管4/4」
復水系統配管 : 「No.3ヒータドレン管(2/2)」
グラント蒸気系統配管 : 「タービングラント蒸気管」
「高圧車室最終加熱蒸気管」

以 上



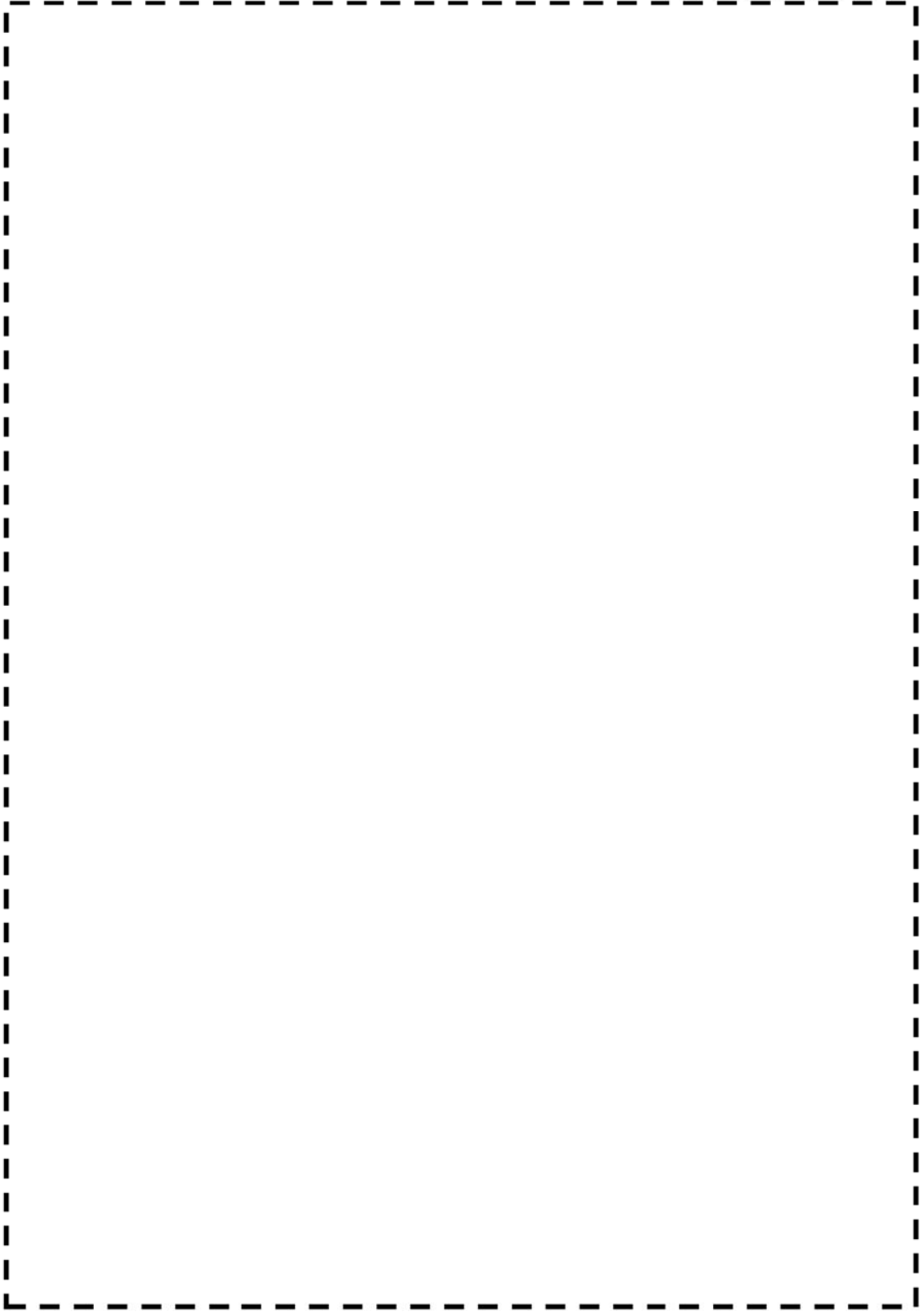
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第4抽気系統配管（第4抽気管（C））

第4抽気系統配管（第4抽気管（C））部位①～③ の実測データに基づく
肉厚算出過程

部位	肉厚(呼び厚さ) (mm)	必要最小肉厚 (mm)	最新測定時期 (年)	最新測定厚さ (mm)	減肉率 ($\times 10^{-4}$ mm/hr)	最新測定-60年の年数 (年)	最新測定-60年の減肉量 (mm)	60年時点の肉厚 (評価条件) (mm)	備考
①	母管側								
	枝管側								
②									
③									

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



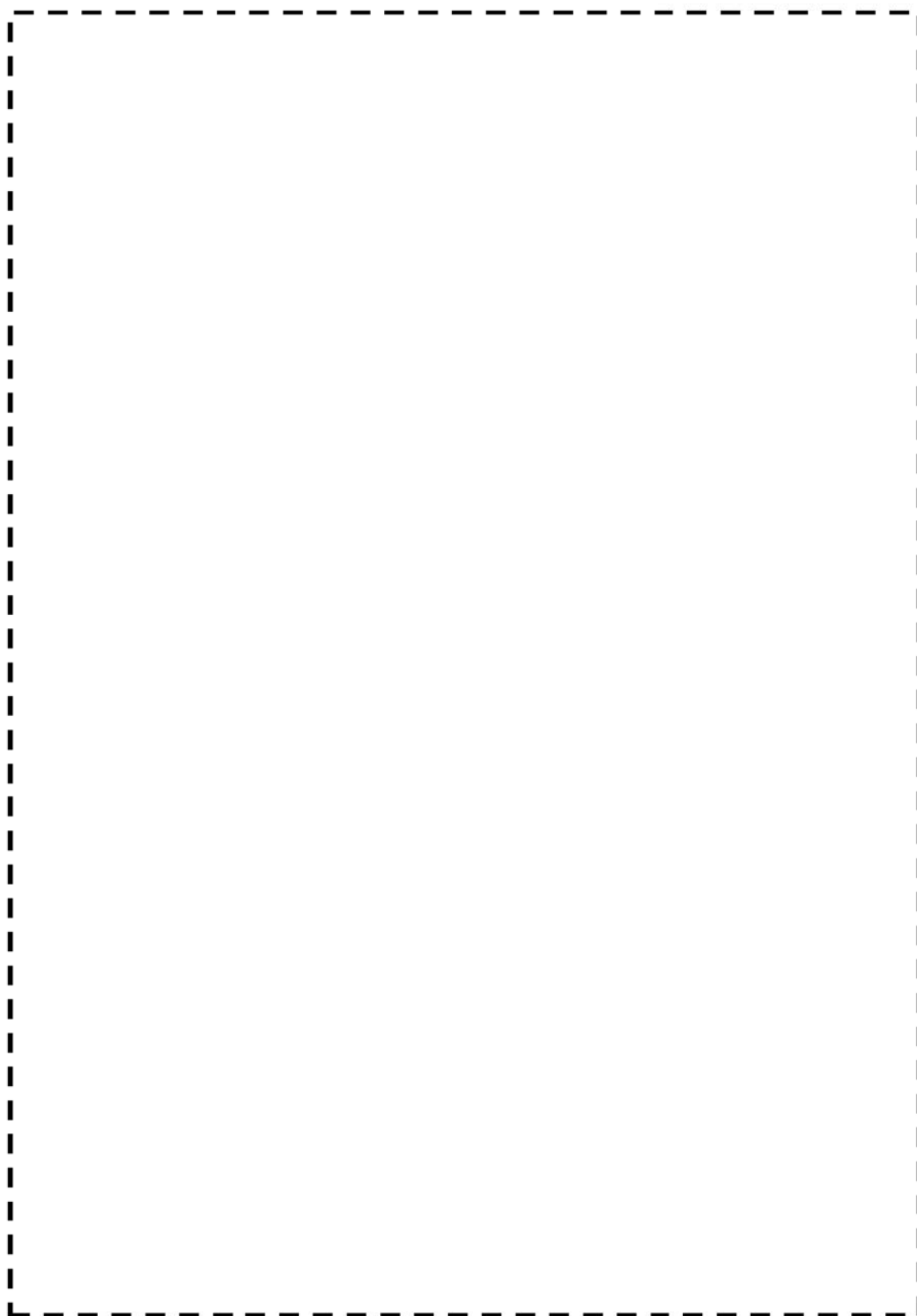
■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

復水系統配管 (第4 低圧給水加熱器～脱気器)

復水系統配管（第4低圧給水加熱器～脱気器）部位①～④ の実測データに基づく
肉厚算出過程

部位	肉厚(呼び厚さ) (mm)	必要最小肉厚 (mm)	最新測定時期 (年)	最新測定厚さ (mm)	減肉率 ($\times 10^{-6}$ mm/hr)	最新測定-60年の年数 (年)	最新測定-60年の減肉量 (mm)	60年時点の肉厚 (評価条件) (mm)	備考
①	母管側								
	枝管側								
②	大径側								
	小径側								
③	大径側								
	小径側								
④									

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



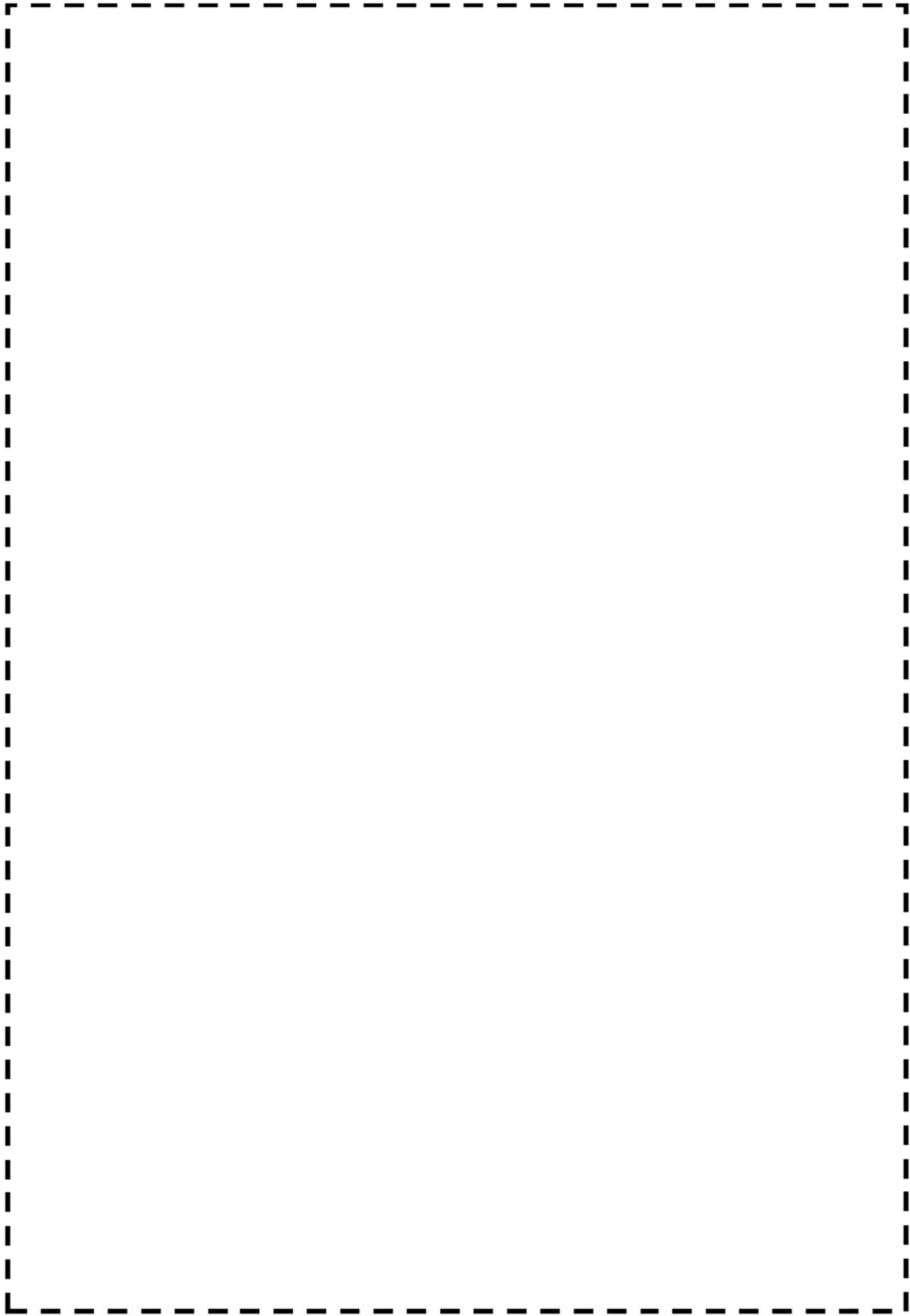
■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ドレン系統配管 (第3低圧給水加熱器ドレン管 (C))

ドレン系統配管（第3低圧給水加熱器ドレン管（C））部位①～③
 の実測データに基づく肉厚算出過程

部位	肉厚(呼び厚さ) (mm)	必要最小肉厚 (mm)	最新測定時期 (年)	最新測定厚さ (mm)	減肉率 ($\times 10^{-4}$ mm/hr)	最新測定-60年の年数 (年)	最新測定-60年の減肉量 (mm)	60年時点の肉厚 (評価条件) (mm)	備考
①									
②									
③									

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



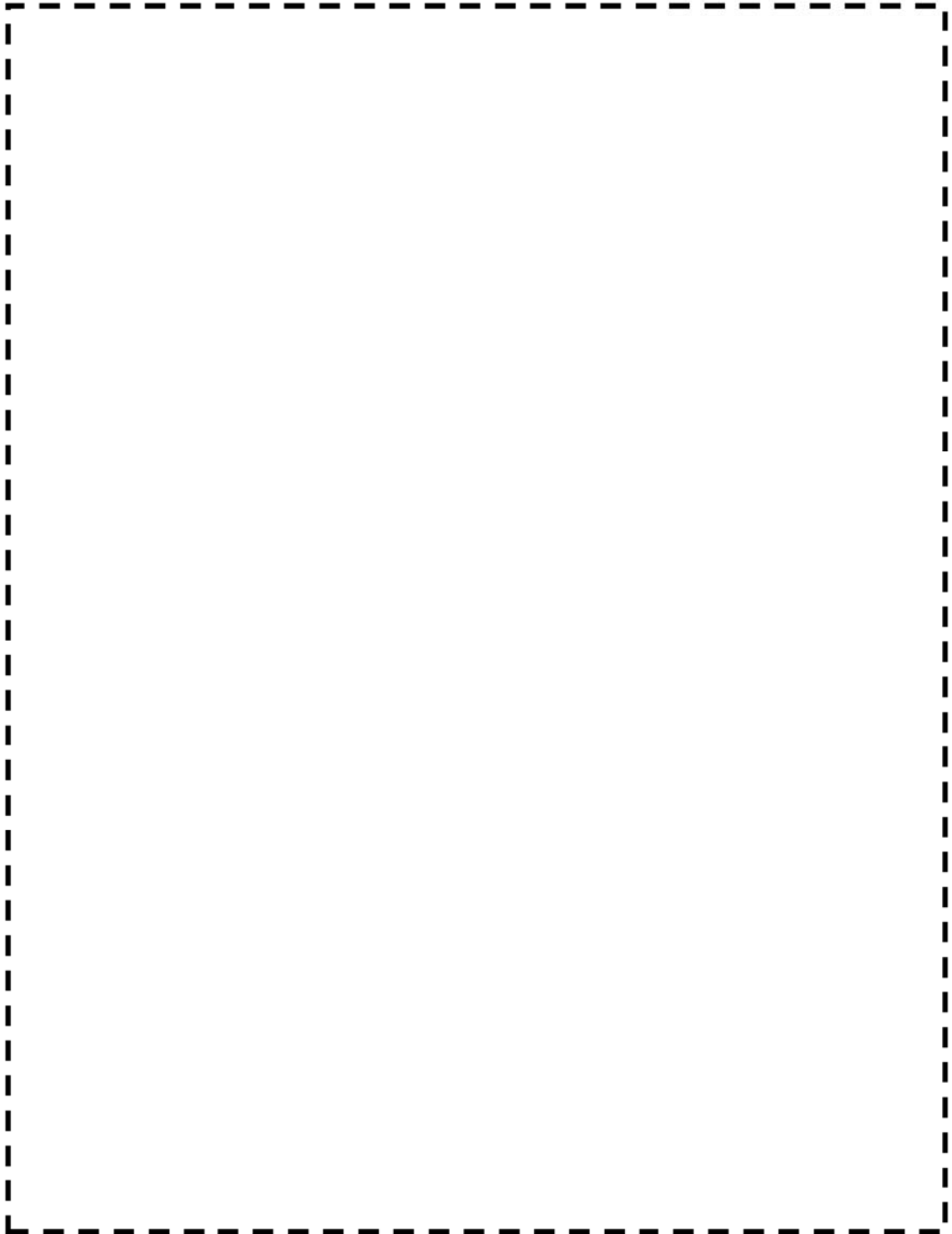
■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ドレン系統配管（湿分分離器ドレンポンプ吐出管）

ドレン系統配管（湿分分離器ドレンポンプ吐出管）部位①～③
 の実測データに基づく肉厚算出過程

部位	肉厚(呼び厚さ) (mm)	必要最小肉厚 (mm)	最新測定時期 (年)	最新測定厚さ (mm)	減肉率 ($\times 10^{-4}$ mm/hr)	最新測定-60年の年数 (年)	最新測定-60年の減肉量 (mm)	60年時点の肉厚 (評価条件) (mm)	備考
①	母管側								
	枝管側								
②、③									

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

グラント蒸気系統配管 (グラント蒸気管)

グラント蒸気系統配管（グラント蒸気管）部位①～④
の実測データに基づく肉厚算出過程

部位	肉厚(呼び厚さ) (mm)	必要最小肉厚 (mm)	最新測定時期 (運転開始後時間(hr))	最新測定厚さ (mm)	減肉率 ($\times 10^{-6}$ mm/hr)	最新測定-50年の時間 (hr)	最新測定-50年の減肉量 (mm)	50年時点の肉厚 (評価条件) (mm)	備考
①	母管側								
	枝管側								
②									
③	母管側								
	枝管側								
④	母管側								
	枝管側								

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

グラウンド蒸気系統配管（グラウンド蒸気管）に対するFEM解析について（部位①）

本FEM解析では、一次要素のソリッドモデルにて解析を行い、ミーゼス応力を算出している。

固定端は偏平を許容しない真円固定としているが、真円固定条件が評価部（3次元梁モデル解析で応力評価上厳しい結果となった部位）に影響を与えない範囲を考慮して、評価部から2D程度（評価する配管の外径の2倍程度）の位置を固定端としている。

また、肉厚方向のメッシュ数を3層としているが、これは曲げにより偏平を生じる解析においてもCクラス配管の耐震評価で対象とする1次応力を適切に評価できることを過去の解析や試解析等により確認しているため、採用したものである。

【部位①】

【FEM入力荷重】

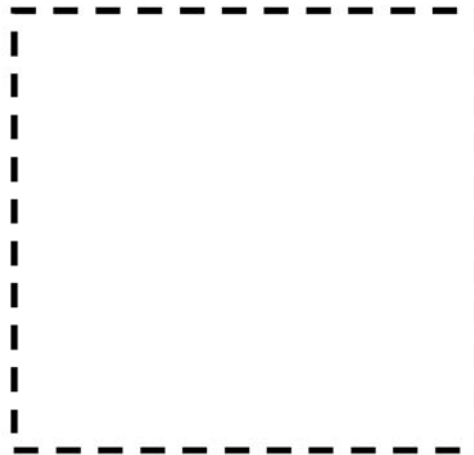
A						
荷重ケース	力 (N)			モーメント (N・m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
自重						
地震 (+Z)						
自重+地震(+Z)						

} 梁モデル解析結果
} FEM入力荷重

C						
荷重ケース	力 (N)			モーメント (N・m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
自重						
地震 (+Z)						
自重+地震(+Z)						

} 梁モデル解析結果
} FEM入力荷重

【FEM解析モデル及び結果】

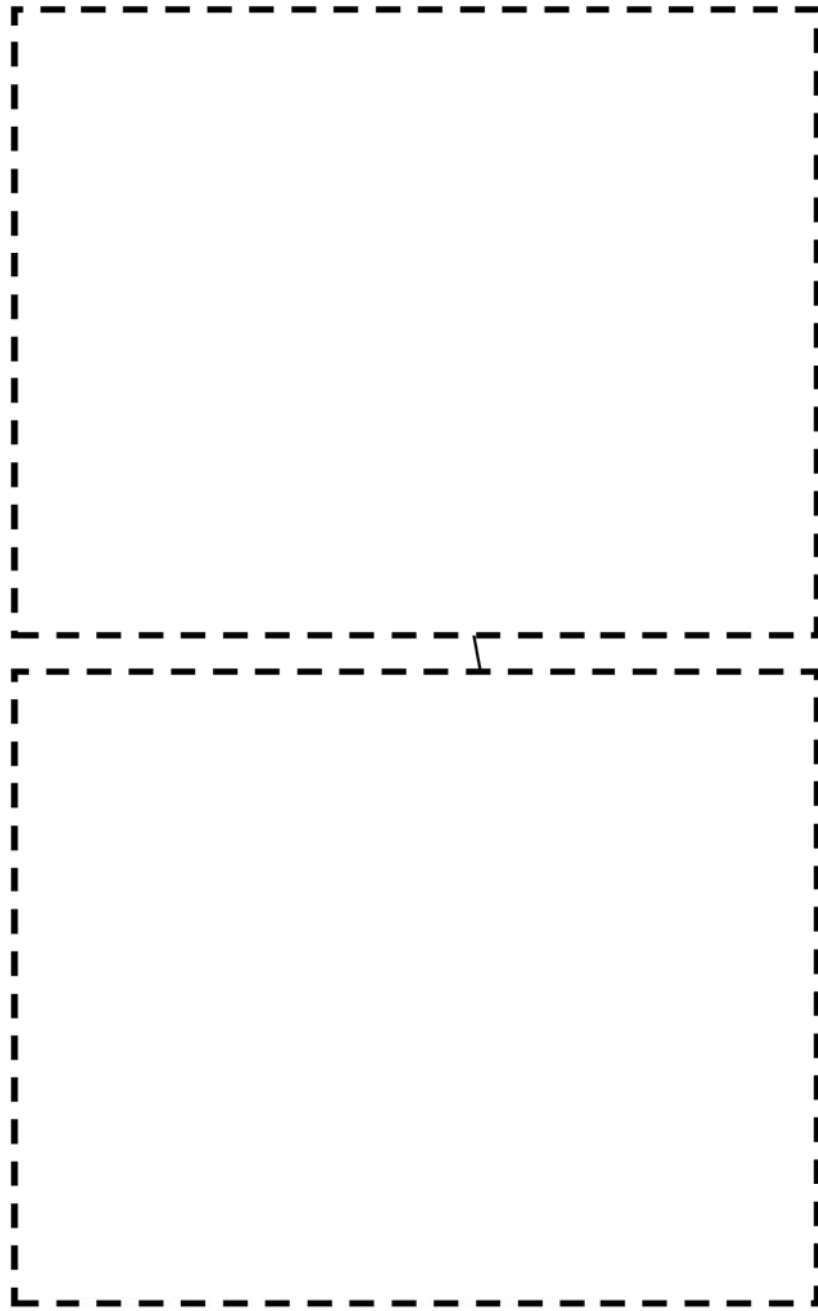


外表面



地震方向	発生応力(MPa)			許容応力 S_y (MPa)	応力比
	内圧	自重+地震 (FEM解析結果)	合計		
Z					0.88

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

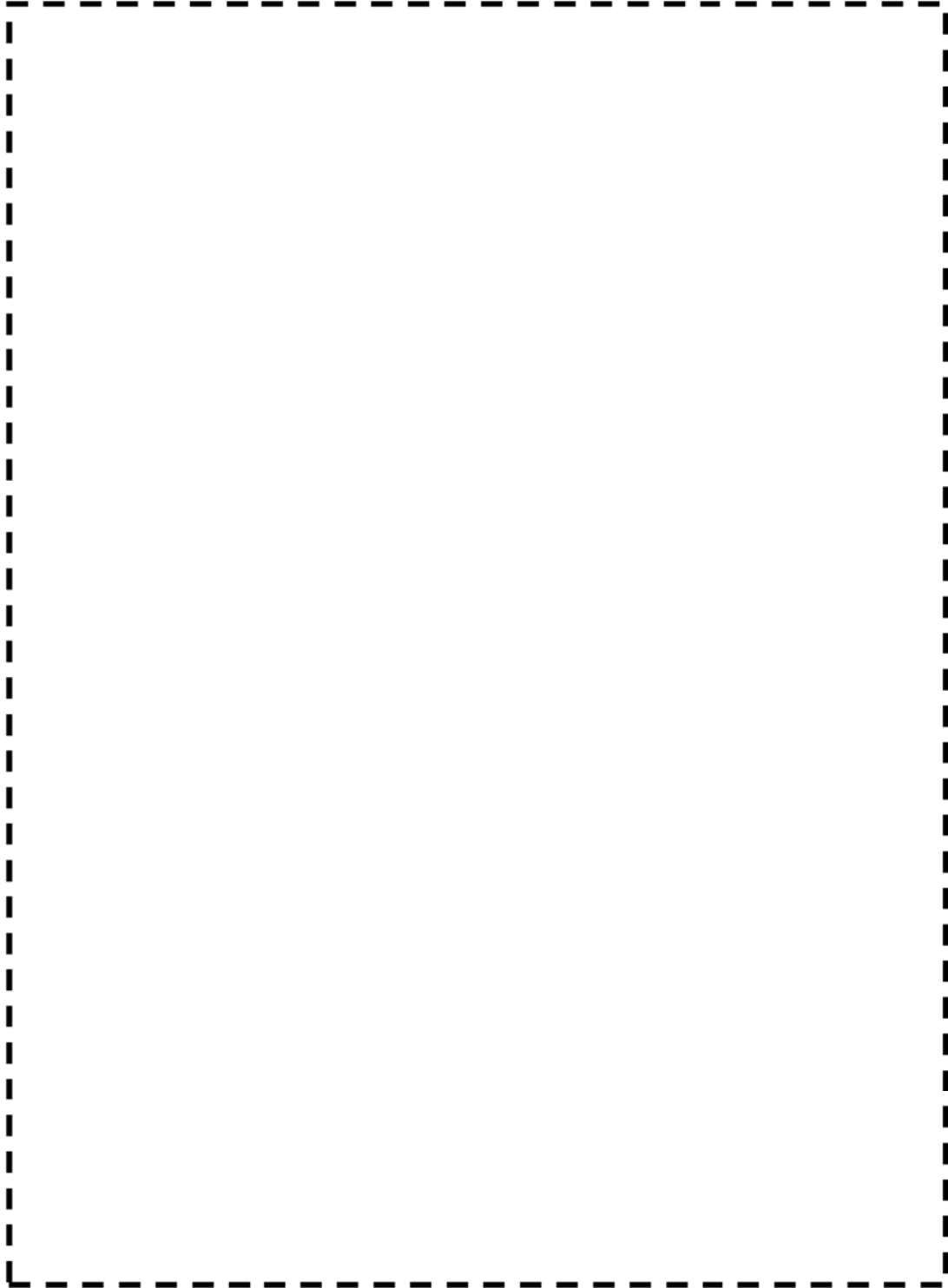


グラウンド蒸気管 部位① メッシュ図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

「第4抽気管(C)」の肉厚測定について

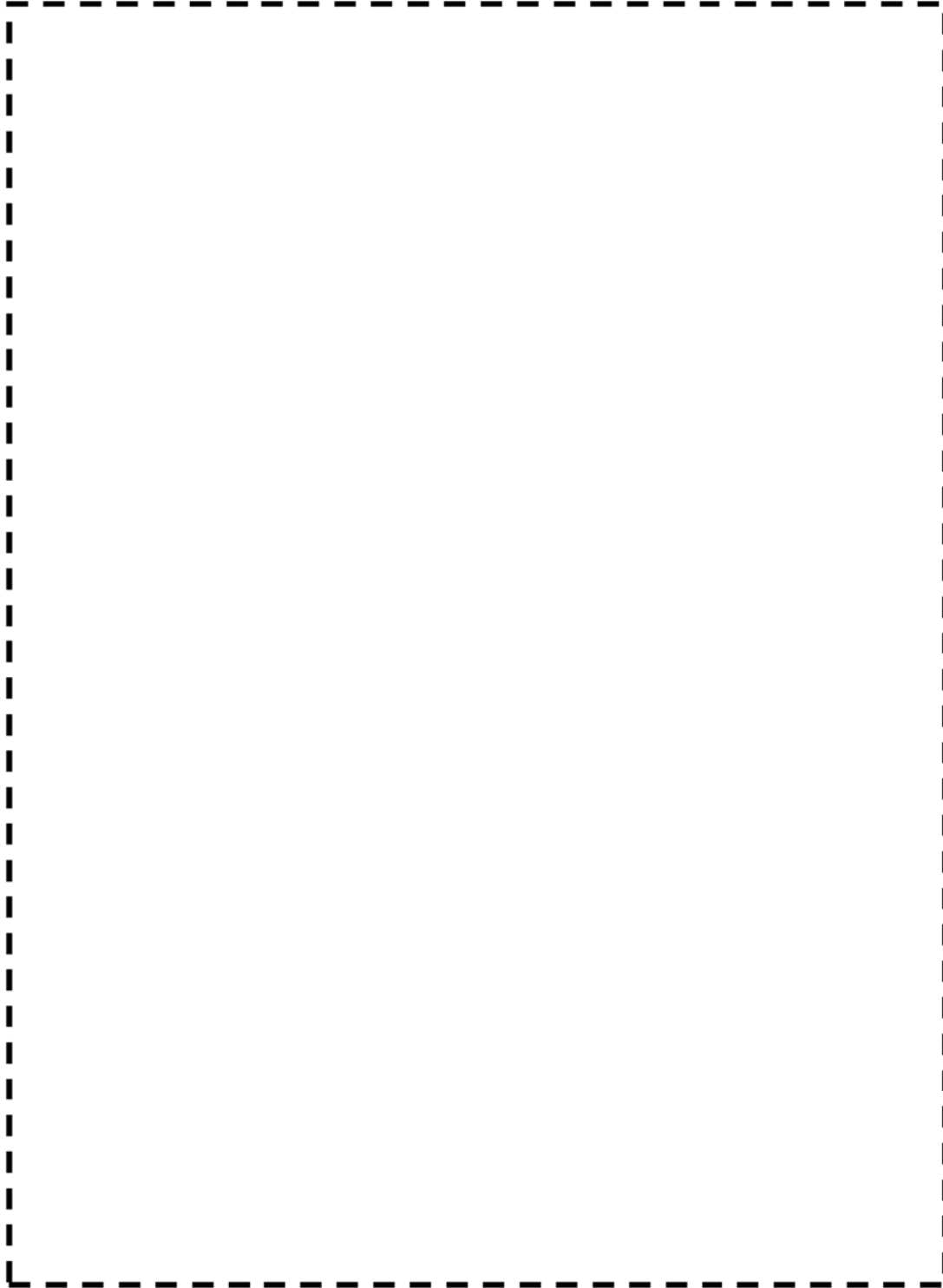
【スケルトン図と部位番号】



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

「第4 低圧給水加熱器～脱気器」の肉厚測定について

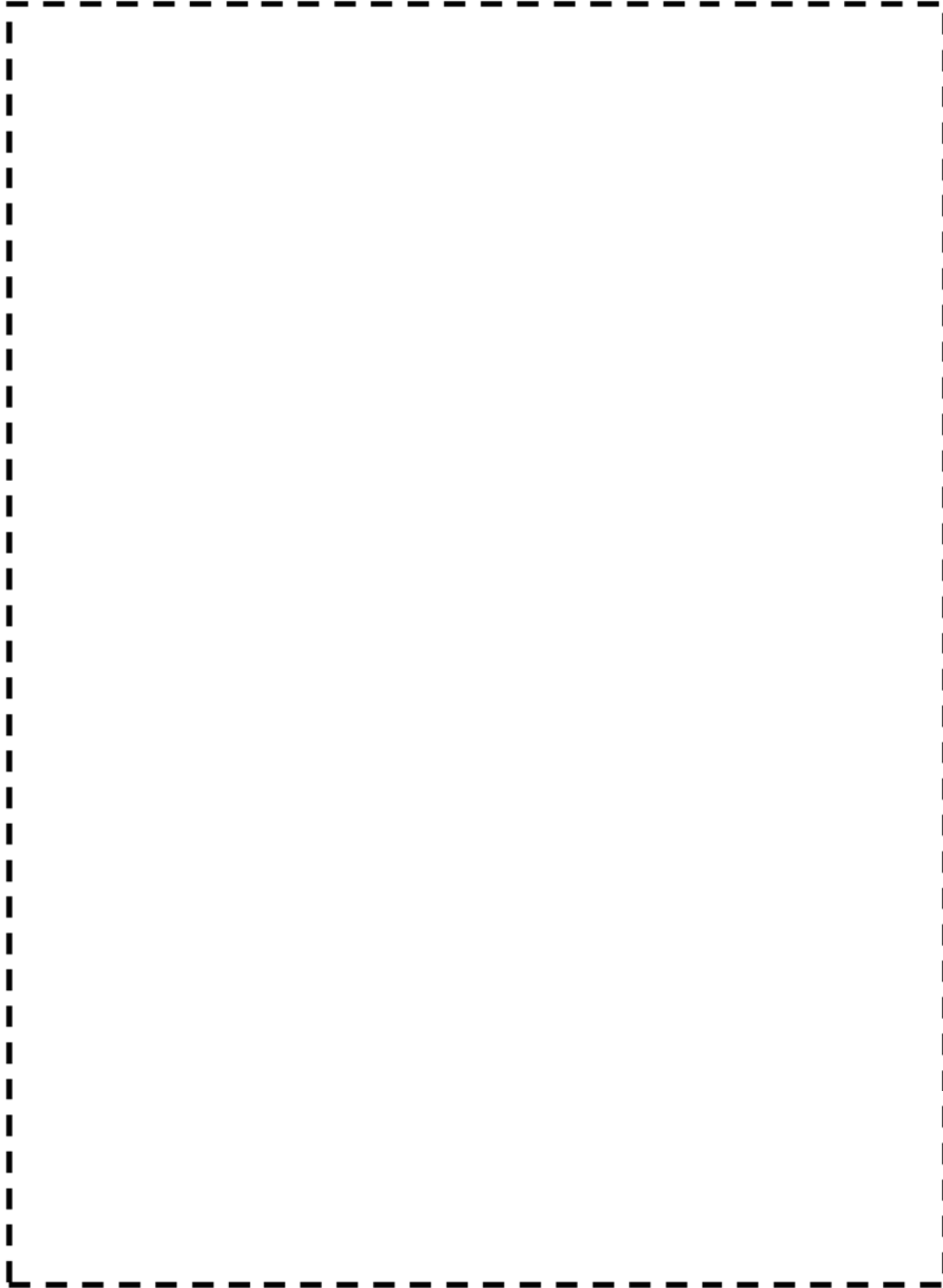
【スケルトン図と部位番号】



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

「第3低圧給水加熱器ドレン管(C)」の肉厚測定について

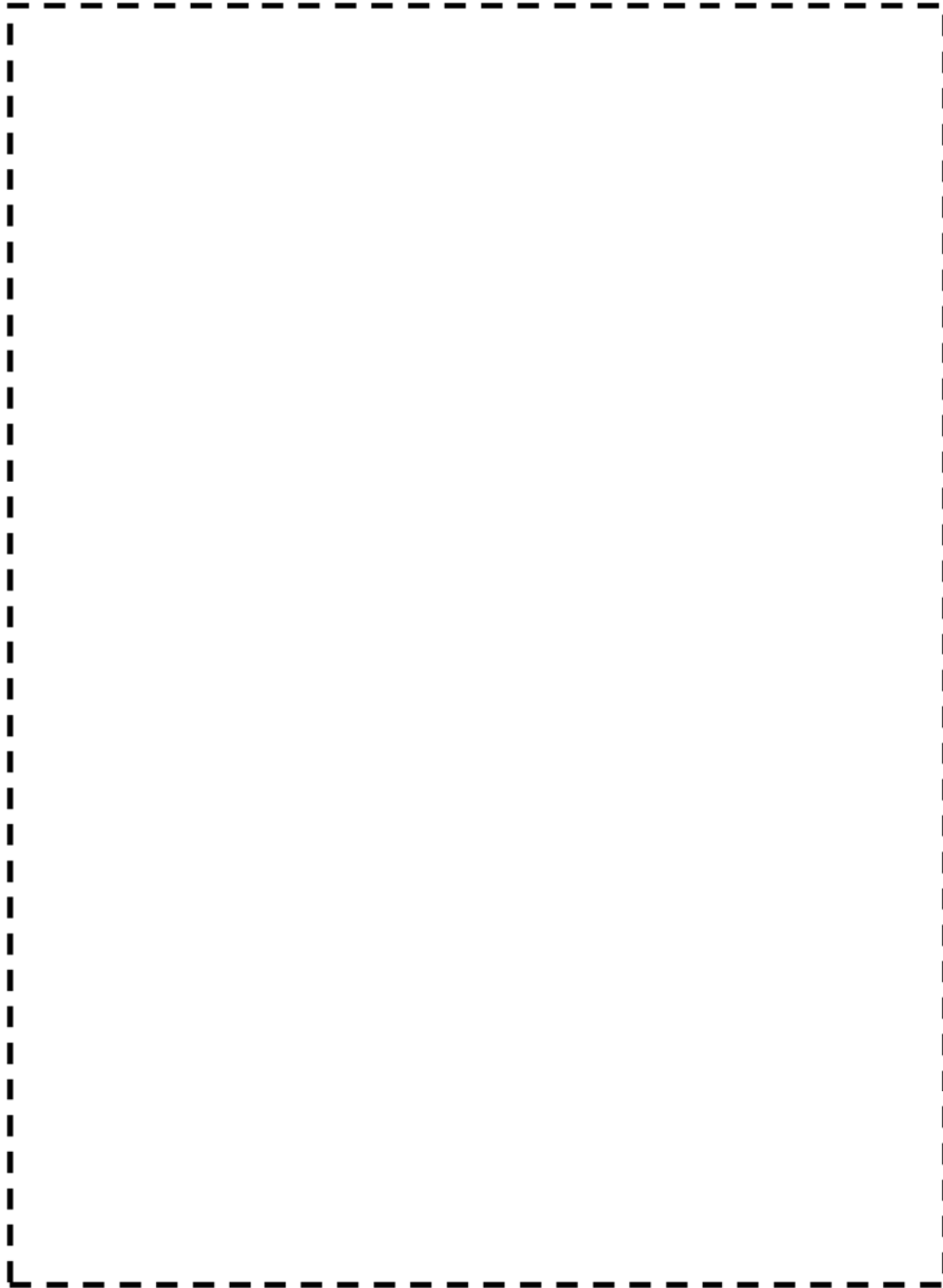
【スケルトン図と部位番号】



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

「グラウンド蒸気管」の肉厚測定について

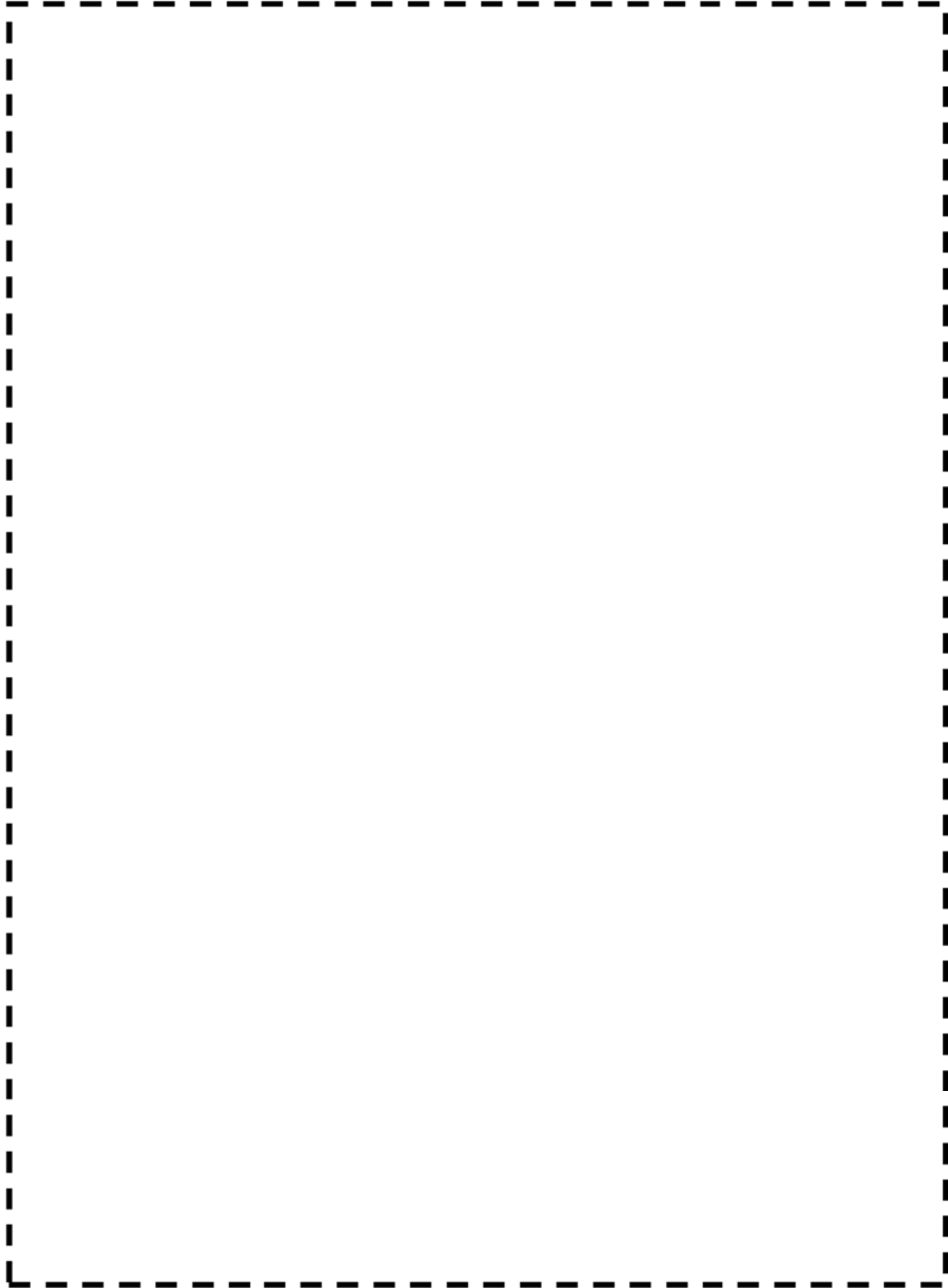
【スケルトン図と部位番号】



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

「グラウンド蒸気管」の肉厚測定について

【スケルトン図と部位番号】



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

【各部位の測定計画】 第4抽気系統配管：「第4抽気管」

スクリーン シフト	観測 点	スクリーン名称	観測 分類	変換 入換 指示 分類	定換 中 指示 分類	定換 出口 指示 分類	観測																								合計	評価
							01 00	02 00	03 00	04 00	05 00	06 00	07 00	08 00	09 00	10 00	11 00	12 00	13 00	14 00	15 00	16 00	17 00	18 00	19 00	20 00	21 00	22 00	22 30	23 00		
<div style="border: 2px dashed black; height: 600px; width: 100%;"></div>																																
<div style="border: 2px dashed black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。 </div>																																

【各部位の測定計画】ドレン系統配管：「主復水管4/4」

スケルトン船	部位名	スケルトン名称	測定分類	定検 入射 角射 分類	定検 中 角射 分類	定検 出口 角射 分類	22年																																											
							01 00	02 00	03 00	04 00	05 00	06 00	07 00	08 00	09 00	10 00	11 00	12 00	13 00	14 00	15 00	16 00	17 00	18 00	19 00	20 00	21 00	22 00	22 01	22 02	22 03	22 04	22 05	22 06	22 07	22 08	22 09	22 10	22 11	22 12	22 13	22 14	22 15	22 16	22 17	22 18	22 19	22 20	22 21	22 22
			[Redacted Content]																																															

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

【各部位の測定計画】 復水系統配管：「No.3ヒータドレン管 (2/2)」

スケルトン物	部位名	スケルトン名称	測定分種	定検入時 測定分種	定検出時 測定分種	測定時刻																													
						01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00
<div style="border: 2px dashed black; width: 100%; height: 100%;"></div>																																			

【各部位の測定計画】 グランド蒸気系統配管：「タービングランド蒸気管」

システム名	種別	システム名	測定対象	測定項目	測定時期	測定回数	測定時間	測定場所	測定装置	測定精度	測定単位	測定範囲	測定条件	測定結果	測定担当者	測定承認者	測定実施日	測定実施時間
-------	----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	--------

測定計画表のメインコンテンツ領域（現在は空欄）																		
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

【各部位の測定計画】 グランド蒸気系統配管：「高圧車室最終加熱蒸気管」

測定分類	定検 入側 指針 分類	定検 中 指針 分類	定検 出側 指針 分類	年度	10年
				91 00	
				92 00	
				93 00	
				94 00	
				95 00	
				96 00	
				97 00	
				98 00	
				99 00	
				10 00	
				11 00	
				12 00	
				13 00	
				14 00	
				15 00	
				16 00	
				17 00	
				18 00	
				19 00	
				20 00	
				21 00	
				22 00	
				22 01	
				22 02	
				23 00	
				23 01	
				23 02	
				23 03	
				23 04	
				23 05	
				23 06	
				23 07	
				23 08	
				23 09	
				23 10	
				23 11	
				23 12	
				24 00	
				24 01	
				24 02	
				24 03	
				24 04	
				24 05	
				24 06	
				24 07	
				24 08	
				24 09	
				24 10	
				24 11	
				24 12	

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙8】 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する前までに行うサポート改造等の設備対策工事、これを反映した耐震安全性評価について</p>
<p>説明</p>	<p>1. 対象配管 60年時点または50年時点の予測肉厚による減肉状態を想定した実測データに基づく評価を実施した以下の5ラインとなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第4抽気系統 : 第4抽気管 (C) ・グラント蒸気系統 : グラント蒸気管 ・復水系統 : 第4 低圧給水加熱器～脱気器 ・ドレン系統 : 第3 低圧給水加熱器ドレン管 (C) 湿分分離器ドレンポンプ吐出管 <p>2. 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する時期 現在まで取得した実測データに基づく評価においては、「耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する時期」は、「第4 抽気管 (C)」「第4 低圧給水加熱器～脱気器」「第3 低圧給水加熱器ドレン管 (C)」「湿分分離器ドレンポンプ吐出管」の4ラインは、運転開始後60年時点となり、「グラント蒸気管」の1ラインは、運転開始後50年時点となる。</p> <p>しかしながら、新たな肉厚測定記録が追加されることで減肉速度が変わり、場合によっては運転開始後60年または50年時点より前になることも考えられる。このため減肉速度の管理など保全活動が煩雑になることを回避するため、早期にサポート改造等の設備対策工事を行い全箇所tsrとした場合でも耐震安全性を確保できるようにすることを「長期保守管理方針」として掲げ、実施時期は「短期（平成26年11月14日から5年間）」としている。</p> <p>3. 対策工事の内容 対策工事案については、スナバの追設またはスプリングハンガ・スプリングサポートの追設としており各ライン毎の追設本数は以下のとおり（ただし、今後詳細設計において仕様変更の可能性がある。）。詳細なサポート設置予定位置については添付-1に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第4 抽気管 (C) : スナバ1本追設 ・グラント蒸気管 : スナバ3本追設 ・第4 低圧給水加熱器～脱気器 : スナバ3本追設, スプリングサポート2本追設 ・第3 低圧給水加熱器ドレン管 (C) : スナバ2本追設 ・湿分分離器ドレンポンプ吐出管 : スナバ6本追設, スプリングハンガ1本追設

4. 対策工事後の耐震安全性評価における解析の条件

5ラインとも 全箇所 t s r モデルでの梁モデル解析による結果は、それぞれ以下のとおり応力比が1以下となり、耐震安全性を満足する結果となる。添付-1 参照

- ・第4抽気管 (C) : 応力比 0.88
- ・グラウンド蒸気管 : 応力比 0.87
- ・第4低圧給水加熱器～脱気器 : 応力比 0.91
- ・第3低圧給水加熱器ドレン管 (C) : 応力比 0.79
- ・湿分分離器ドレンポンプ吐出管 : 応力比 0.94

以 上

第4 抽気系統配管 (第4 抽気管 (C))

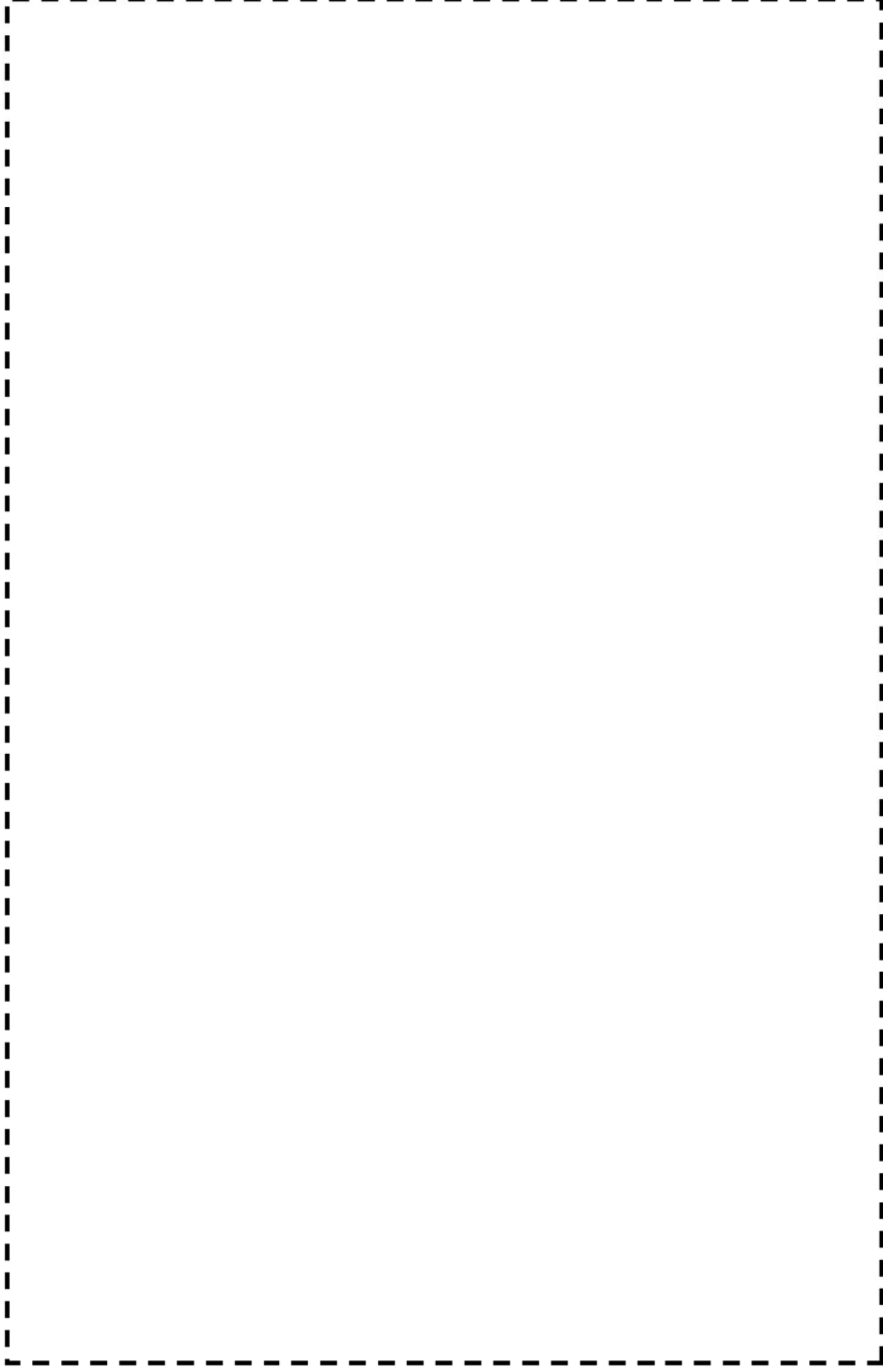
株囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

グラント蒸気系統配管 (グラント蒸気管)

■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

復水系統配管 (第4 低圧給水加熱器～脱気器)

■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



ドレン系統配管 (第3 低圧給水加熱器ドレン管 (C))

■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ドレン系統配管（湿分離器ドレンポンプ吐出管）

■ 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することではできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙10】 バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れに対する評価について</p>
<p>説明</p>	<p>1. ボルト損傷本数と想定箇所</p> <p>技術評価において、原子力安全基盤機構「照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）評価技術」事業で得られた最新知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数（全体の20%）以下との結果が得られているが、本耐震安全性評価では、図1に示すとおり2～7段全てのバッフルフォーマボルト（全バッフルフォーマボルト1,211本のうち121本の損傷を想定）が損傷したと仮定する。</p> <p>図1 バッフルフォーマボルト損傷想定箇所</p> <p>【評価対象部位】</p> <p>他のバッフル板で端が支持されていない③、⑤のバッフル板（地震荷重を全てボルトで受けるため厳しい）のうち、幅が大きくボルト1本あたりの地震荷重が最も大きくなる「バッフル板③」のボルトを評価対象とする。</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 解析モデル及び諸元

(1) 地震応力

バップルフォーマボルトが受ける地震荷重は、図1に記載のバップル板③をはり要素でモデル化し、これを組込んだ炉内構造物耐震評価モデル(図2)を用いて、これを建屋一ループに連成した建屋一ループ—原子炉容器(RV)—炉内構造物(CI)連成モデルによるSs地震時の応答解析を実施し算出する。

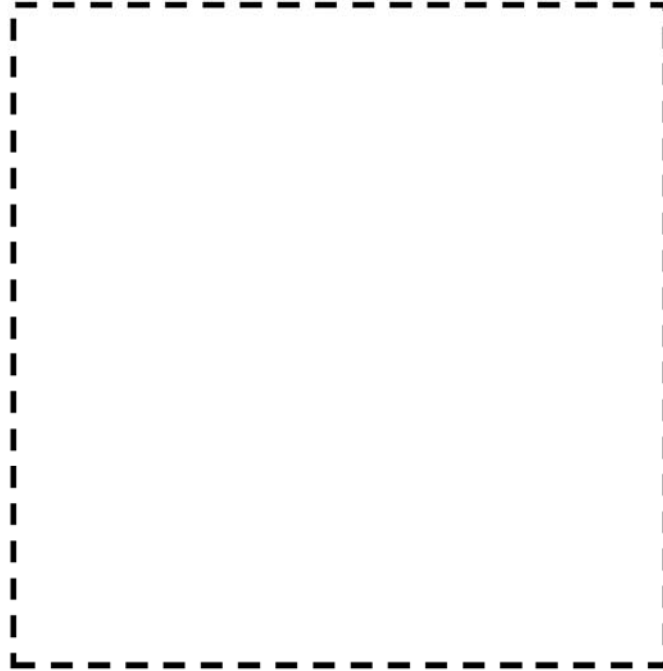


図2 炉内構造物耐震評価モデル

(2) 機械的荷重による応力

機械的荷重として、運転時の差圧によるバップル板荷重を考慮する。評価には最大差圧 2.2 kg/cm^2 を用い、最上段及び最下段のそれぞれ4本のボルトが受ける荷重は、図3に示す斜線部面積に作用する荷重とする。

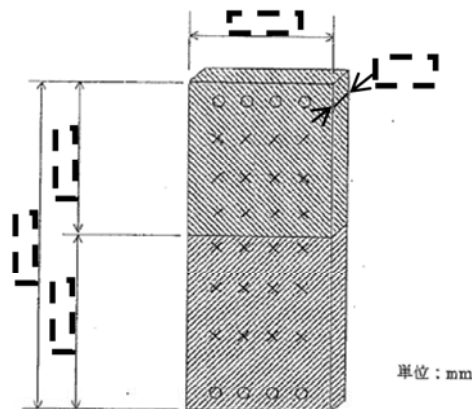


図3 バップルフォーマボルト応力評価モデル

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(3) 許容応力

許容応力については、炉内構造物の許容応力の $D_s (IV_{AS})$ の規定を適用する。

表1 炉内構造物の許容応力

	一次応力強さ(一般膜応力)
$D_s (IV_{AS})$	$\text{Min}(2.4S_m, 2/3S_u)$
材料!	
温度!	

3. 評価内容

(1) 地震応力

算出された最上段及び最下段のボルト1本あたりに作用する地震荷重をもとに、地震応力を算出する。

(2) 機械的荷重による応力

最上段及び最下段のボルト1本に作用する差圧荷重をもとに、機械的荷重による応力(軸方向応力)を算出する。

(3) 地震時の応力(合計)

上記(1)、(2)で求めた応力の合計が許容値を満足することを確認する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

4. 制御棒挿入性評価

バッフルフォーマボルトの照射誘起応力腐食割れに対する評価として実施する、制御棒挿入時間評価の内容は以下のとおり。

(1) 評価仕様

制御棒挿入時間評価は、制御棒クラスタが自重で落下する時に受ける各種の抗力を考慮し、下記の運動方程式を解くことで、最終的に制御棒クラスタの挿入距離と挿入時間を求める。地震時の挿入時間の算出においては、制御棒挿入経路機器である制御棒駆動装置、制御棒クラスタ案内管、燃料集合体（制御棒案内シンプル）の地震応答に対応する制御棒挿入抗力を考慮し、挿入時間を算出する。

バッフルフォーマボルトの照射誘起応力腐食割れに対する評価として実施する制御棒挿入時間評価では、燃料集合体の応答解析において、バッフルフォーマボルトの損傷を仮定した燃料集合体群振動解析モデルにより算出される応答を用いて挿入時間を算出することで、バッフルフォーマボルト損傷の影響を評価する。

なお、地震応答に対応する制御棒挿入抗力は各機器に対する静的抗力測定試験や正弦波加振下での制御棒落下試験結果を基に、機器の応答変位や応答加速度に対応する抗力データを取得している。

制御棒挿入時間解析においては、機器の時刻歴応答解析結果とこれらの抗力データから、解析の各タイムステップにおいて地震外力による抗力を求め、運動方程式に反映し、挿入時間を求める。

図1～3に制御棒挿入時間評価の全体の流れ、制御棒挿入時間評価において考慮する各種抗力、及び制御棒挿入時間解析における抗力の取り扱いを示す。

$$M \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = M \cdot g - (F_f + F_v + F_m + F_u)$$

ここで、

M	:	質 量
x	:	制御棒クラスタ挿入距離
t	:	制御棒クラスタ挿入時間
g	:	重力加速度
F _f	:	流体による抗力
F _v	:	地震外力による抗力
F _m	:	メカニカル抗力
F _u	:	浮 力

(2) 入力条件

①ボルト損傷本数と想定箇所

技術評価において、原子力安全基盤機構「照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術」事業で得られた最新知見を用いて評価した結果、運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は管理損傷ボルト数(全体の20%)以下との結果が得られているが、本耐震安全性評価では、図1に示すとおり2~7段全てのバッフルフォーマボルト(全バッフルフォーマボルト \square 本のうち、 \square 本の損傷を想定)が損傷したと仮定した。(「1. ボルト損傷本数と想定箇所」と同じ)

②挿入経路機器の地震応答

制御棒挿入時間評価の入力となる地震時の制御棒挿入経路機器の最大応答変位を求める。これらの機器応答に対応する地震時の制御棒挿入抗力を求め、挿入時間を算出する。

表1 地震時 制御棒挿入経路機器応答

最大変位 (mm)		
制御棒 駆動装置	制御棒クラスタ 案内管	燃料集合体 (制御棒案内シンプル)

(3) 評価

バッフルフォーマボルトの損傷を考慮した場合も、挿入時間は規定時間を満足することを確認する。

以 上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

制御棒挿入性評価について

制御棒挿入性の評価については、新規制基準への適合に係る工認側で評価手法を見直した再評価を実施中であるため、これに合わせた評価手法として評価の見直しを行う。

	現評価 (H27. 11補正申請)	工認に合せた評価手法反映
評価条件	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA連成モデル FA減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA連成モデル FA減衰率： <u>1%</u>
評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クランク案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クランク案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：スペクトルモーダル解析 ・制御棒クランク案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：最大抗力一定 ・制御棒クランク案内管：最大抗力一定 ・燃料集合体：時刻歴手法

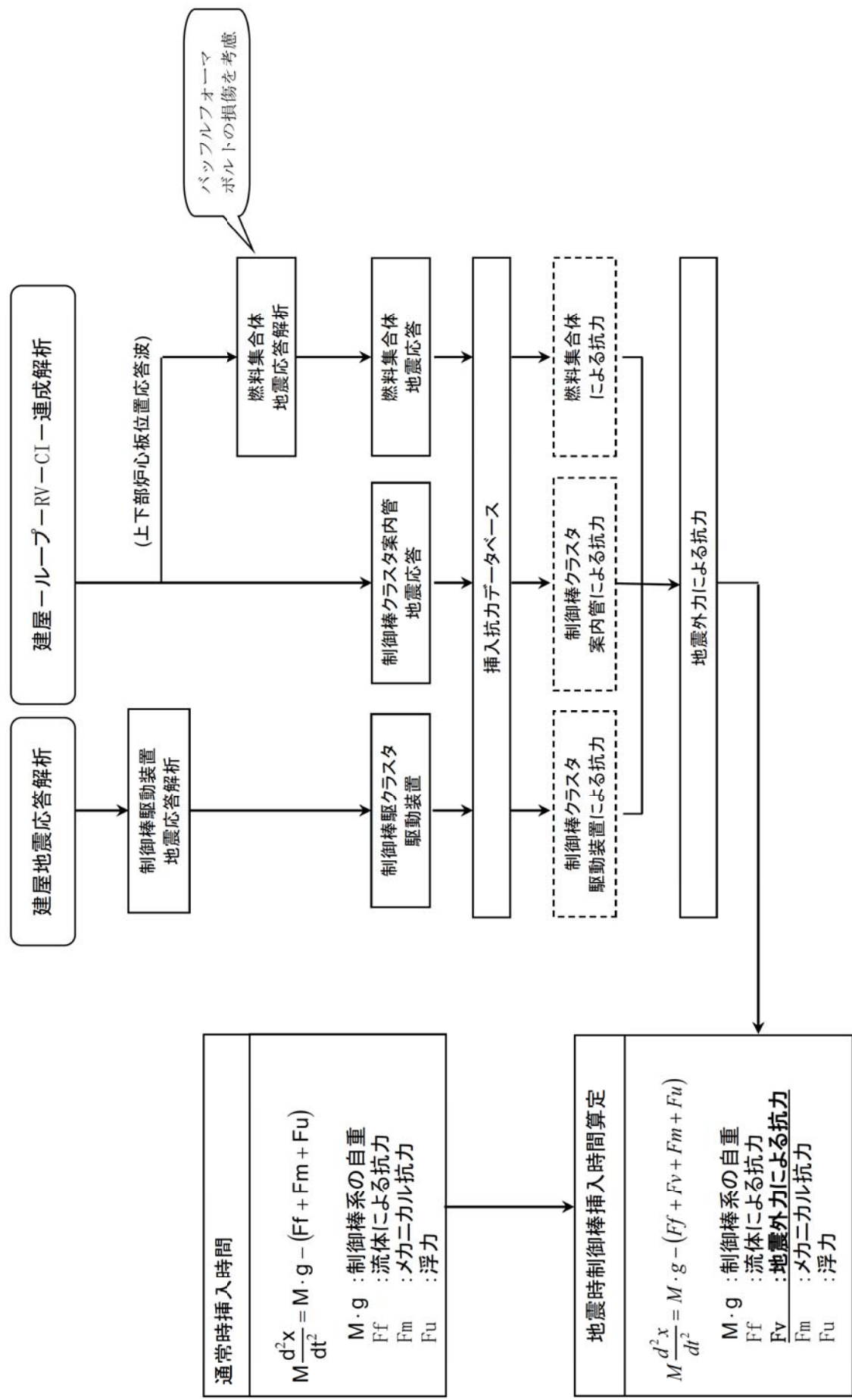


図1 制御棒挿入時間評価の流れ

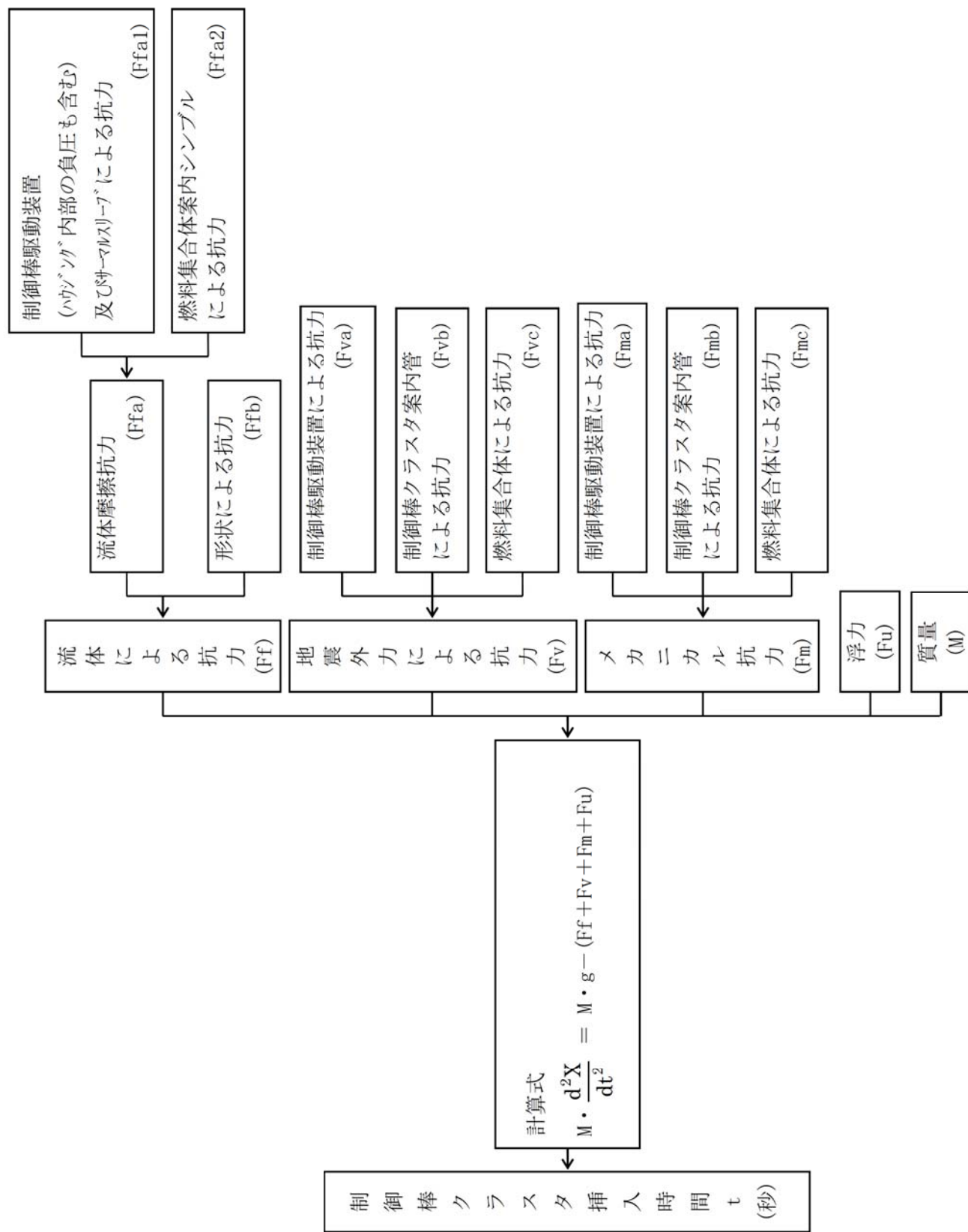
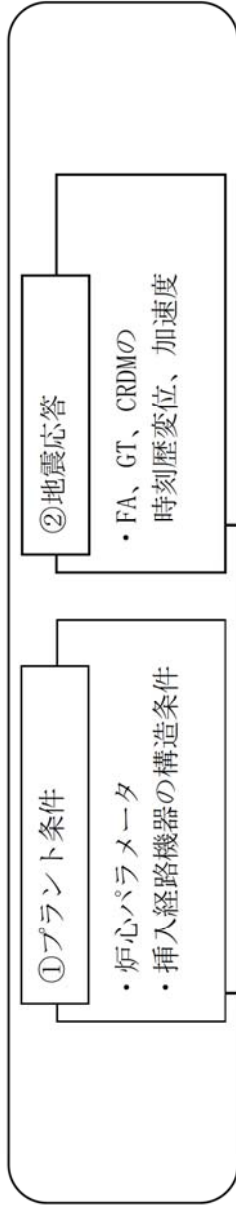
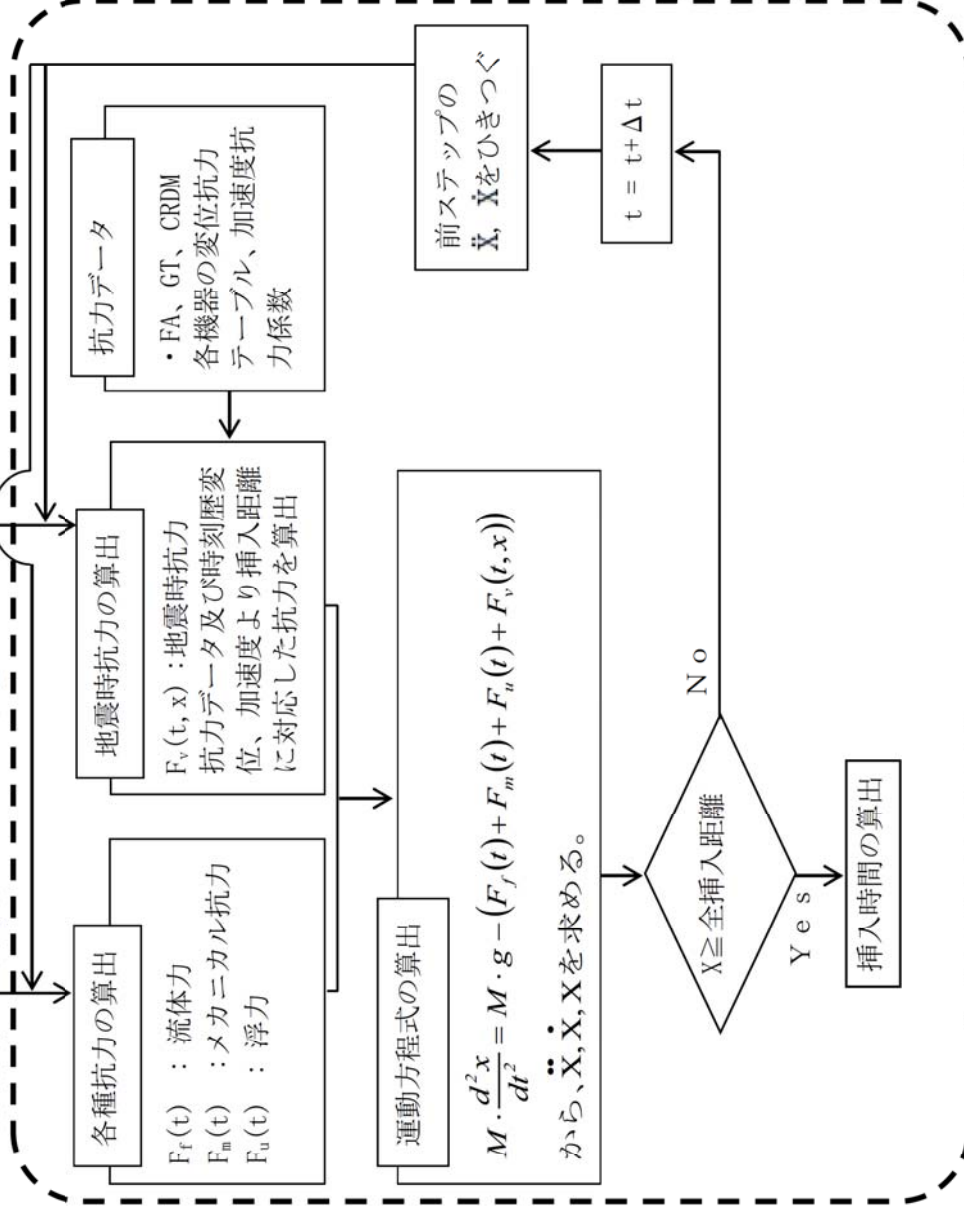


図2 制御棒挿入時間評価において考慮する各種抵抗力

<入力条件>



<制御棒挿入時間解析コードによる計算>



<地震応答及び抗力の取り扱い>

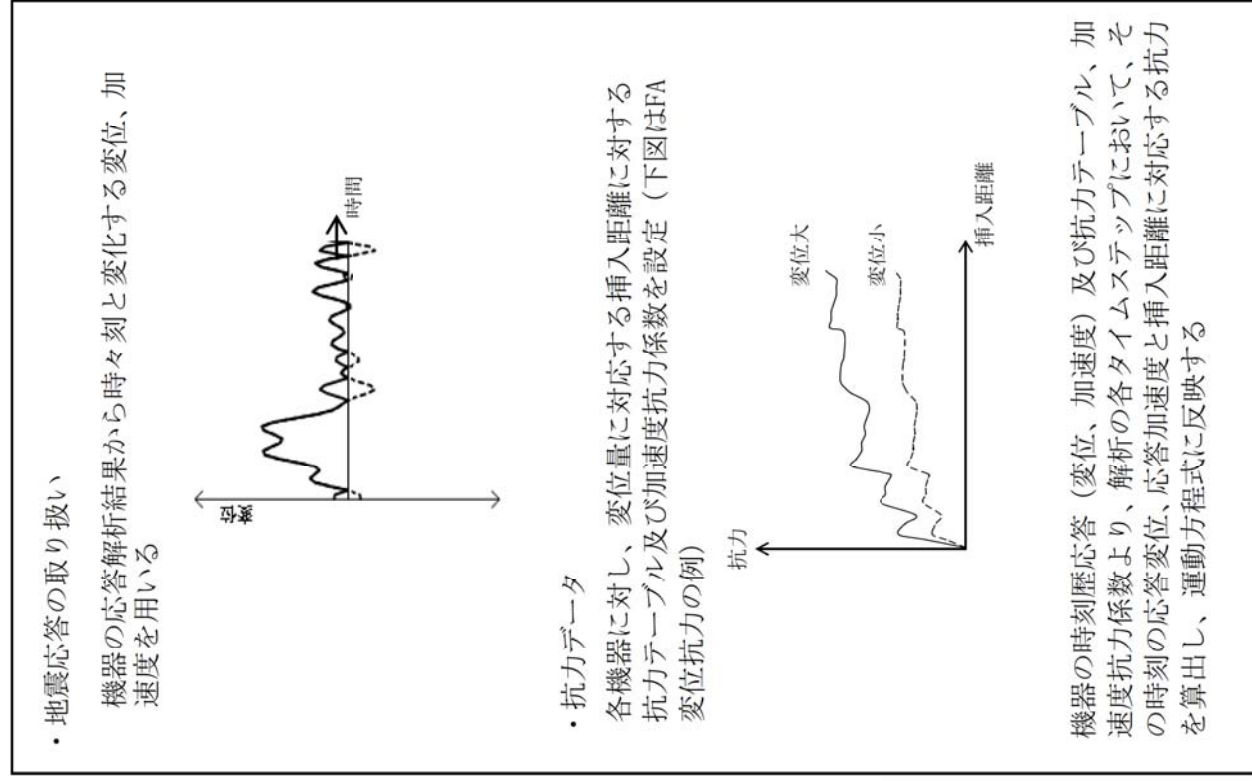


図3 制御棒挿入時間解析における抗力の取り扱い

<p>タイトル</p>	<p>【別紙11】 制御棒被覆管の摩耗に対する評価について</p>
<p>説明</p>	<p>制御棒被覆管の摩耗に対する具体的評価内容（応力評価）について、添付－1に示す。 また、制御棒被覆管の摩耗に対する具体的評価内容（挿入時間の評価）について、添付－2に示す。</p>

制御棒挿入性評価について

制御棒挿入性の評価については、新規制基準への適合に係る工認側で評価手法を見直した再評価を実施中であるため、これに合わせた評価手法として評価の見直しを行う。

	現評価 (H27.11補正申請)	工認に合せた評価手法反映
評価条件	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 (照射影響の考慮有り) Ss-1(700gal)～Ss-7
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA連成モデル FA減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA連成モデル FA減衰率： <u>1%</u>
評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 	《挿入経路機器の応答解析》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：スペクトルモーダル解析 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒駆動装置：最大抗力一定 ・制御棒クラス案内管：最大抗力一定 ・燃料集合体：時刻歴手法

被覆管の摩耗に対する耐震安全性評価

1. 計算方法の概要

制御棒クラスタの被覆管に摩耗を想定した場合の耐震安全性評価については、摩耗なしの場合の計算を実施し、摩耗なしの状態が発生応力が最大となる条件に対して、膜成分は断面積の減少分を、曲げ成分は断面係数の減少を考慮し、評価を実施する。

2. 制御棒クラスタの構造

制御棒クラスタは、1つの制御棒スパイダ及び20本の制御棒から構成される。

制御棒スパイダは、スパイダ本体より放射状に配置したベーン及び円筒形のフィンガから構成される。

制御棒は、ねじによりフィンガと接合され、ピンにより回り止めされている。

制御棒は、中性子吸収材である 眼、 インジウム、 カドミウムの合金をステンレス鋼製の被覆管に挿入し、被覆管両端に端栓を溶接した密封構造となっている。

制御棒には、更にコイルばねが入れられており、中性子吸収材の軸方向の動きを制限している。

構造説明図を図2-1及び図2-2に示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

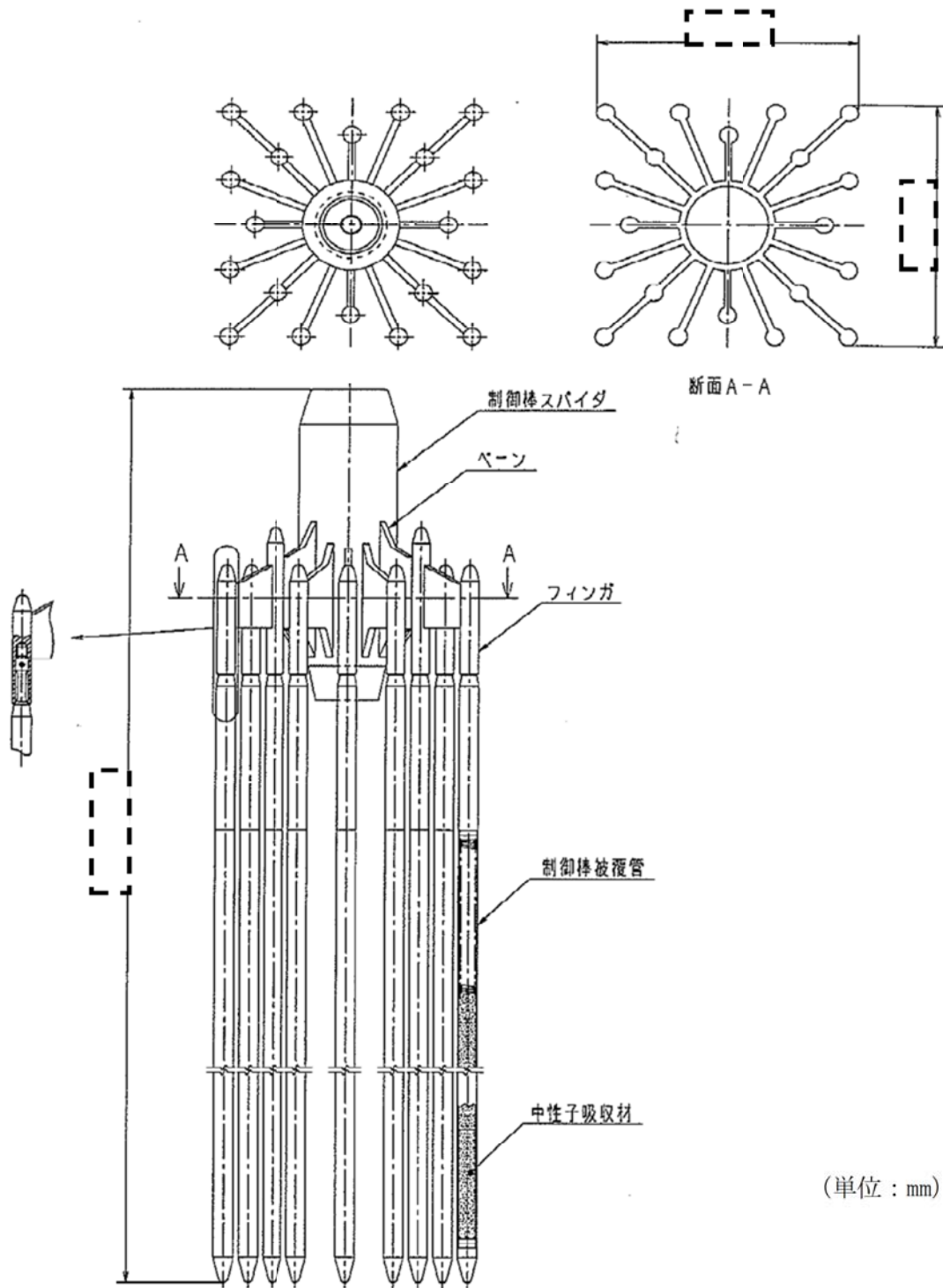


図2-1 15×15型制御棒クラスター構造図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

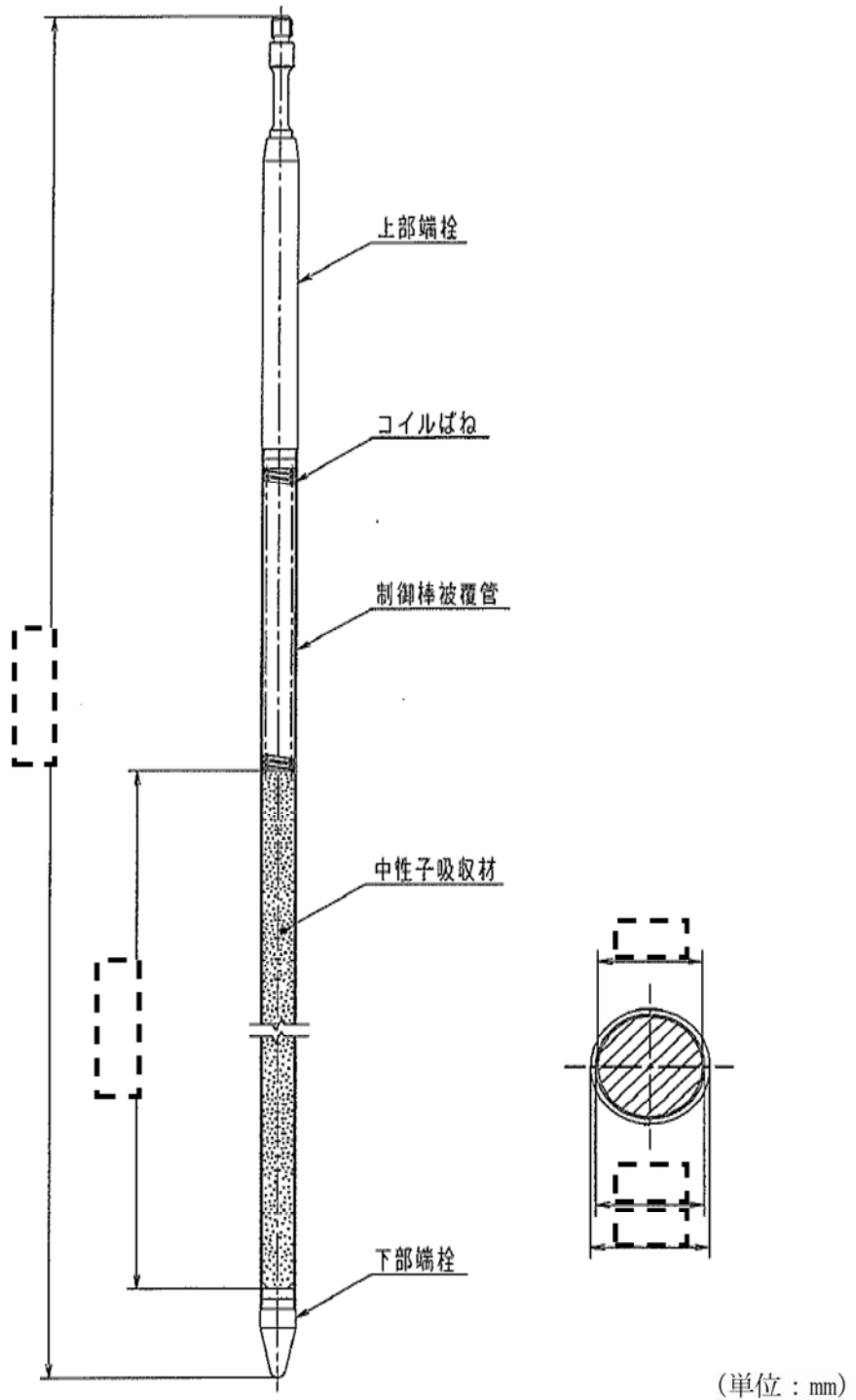


図2-2 15×15型制御棒構造図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3. 地震時応力の算出（解析モデル及び入力条件について）

制御棒クラスタの耐震解析モデルを図3-1に、また、各挿入状態におけるこのはりモデルの支持点位置、荷重及び変位を入力する位置を図3-2に示す。入力条件として、等分布荷重（制御棒クラスタ案内管加速度）又は、強制変位（燃料集合体変位）を与えて計算により求める。

解析モデルの各はりに対する諸数値を表3-1に示す。表3-1に示す諸数値は摩耗なしの場合の数値となる。

水平方向については、制御棒クラスタの挿入位置によって地震荷重が変化するので、次の状態について、制御棒クラスタの応力計算を行う。

(1) 全引抜き状態

制御棒クラスタは制御棒クラスタ案内管内に位置し、ほぼ等間隔で水平方向に支持されている。したがって、制御棒クラスタ案内管の最大応答加速度を制御棒の入力加速度とする。

(2) 全挿入状態

全挿入状態では、制御棒クラスタは燃料集合体内に位置し、燃料集合体の振動変位に追従して変形する。したがって、全挿入状態での地震荷重は燃料集合体変位を強制変位として与える。強制変位は、第2支持格子（上部側から）の変位が最大となる際の変位とする。

(3) 半挿入状態

制御棒クラスタのうち、制御棒クラスタ案内管内に位置している部分については、全引抜き状態の考え方を適用し、制御棒クラスタ案内管の最大応答加速度を制御棒の入力加速度とし、また、燃料集合体内に挿入されている部分については全挿入状態の考え方を適用し、燃料集合体変位を強制変位として与える。

表3-1 計算モデルの各はりに対する諸元

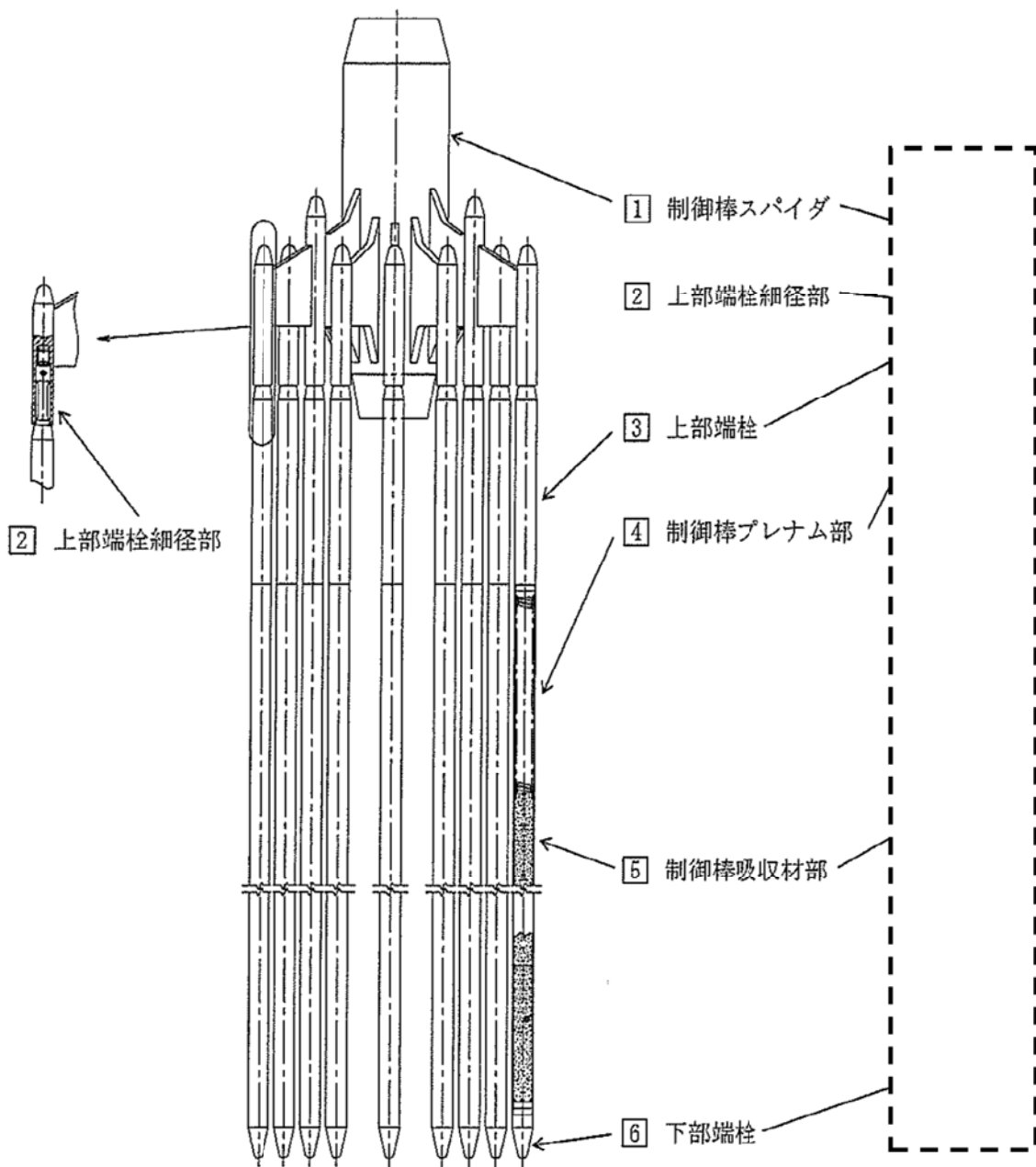
はり 番号	部 材	縦弾性係数 E (MPa)	断面二次モーメント I (mm ⁴)	はり長さ ℓ (mm)	単位長さ質量 $\rho \cdot A$ (kg/mm)	断面積 A (mm ²)
1	制御棒スパイダ					
2	上部端栓細径部					
3	上部端栓					
4	制御棒プレナム部					
5	制御棒吸収材部					
6	下部端栓					

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表3-2 入力条件

荷 重 条 件			S _s 地震波
水平	全引抜き 状 態	動的加速度 (G)	
	全 挿 入 状 態	燃料集合体最大変位 (mm)	
	半 挿 入 状 態	動的加速度 (G)	
		燃料集合体最大変位 (mm)	
鉛 直	動的加速度 (G)		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



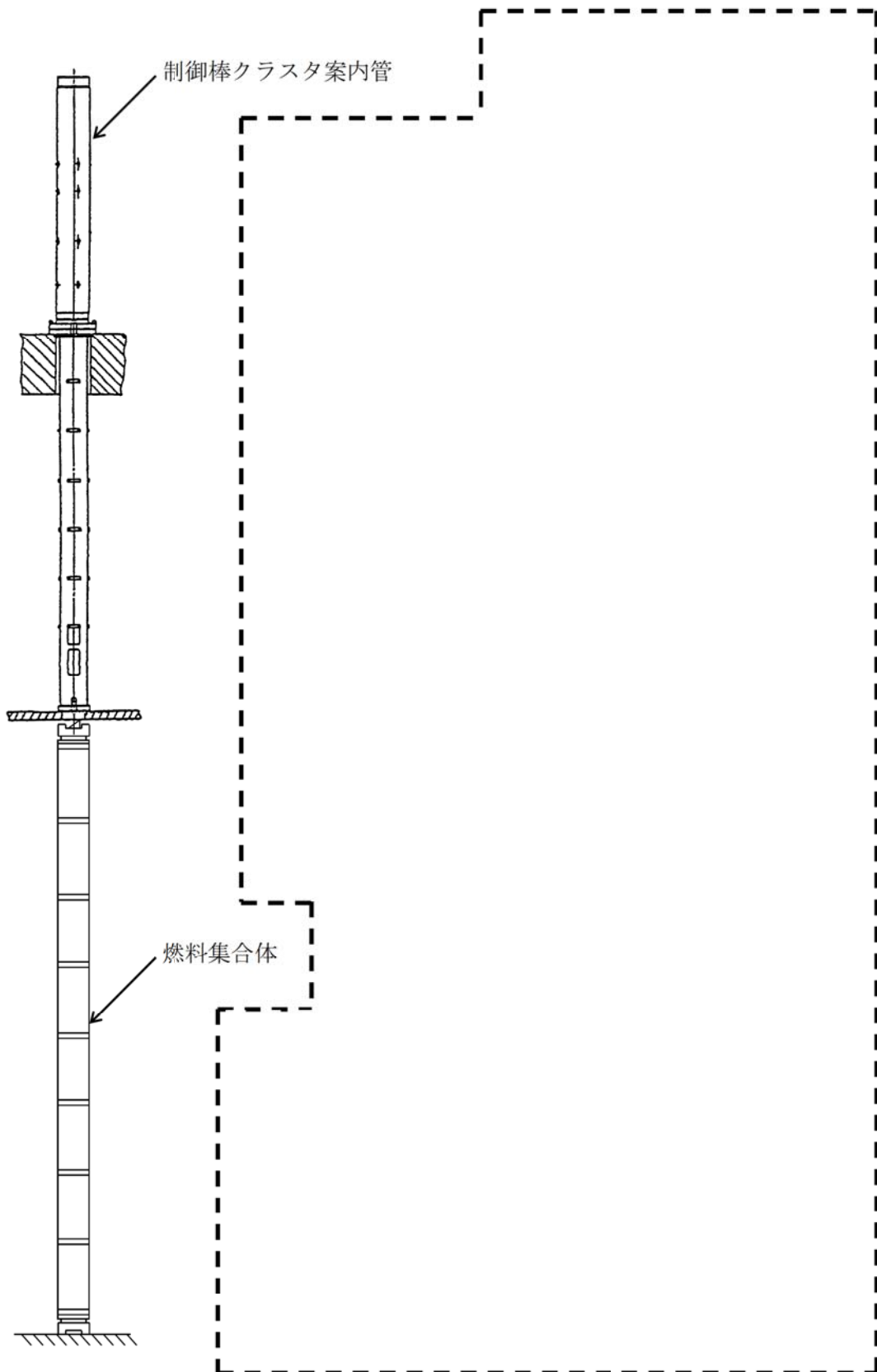
要素数 :
節点数 :



20本の制御棒を1本の
はりでモデル化する。

図3-1 計算モデル (はりモデル要素分割)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

4. 運転時応力（自重及び機械的荷重による応力）の算出について

運転時に制御棒クラスタの被覆管には、自重及び制御棒クラスタ挿入によるスクラム荷重が加わる。軸荷重及び自重による応力は下式により計算する。また、入力となる設計条件を表 4-1 に示す。

$$\sigma_x = \frac{N}{A}$$

ここで、

σ_x : 軸方向応力

N : 軸 荷 重

A : 断 面 積

表 4-1 設計の条件

項 目		数 値
死 荷 重	自 重 (N) (制御棒 1 本当たり)	
機 械 的 荷 重	スクラム荷重 (N) ^(注) (制御棒 1 本当たり)	

(注) 駆動軸質量と制御棒クラスタ質量の和に、制御棒クラスタの挿入時加速度を考慮している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

5. 計算結果

被覆管の摩耗なしの状態での各挿入状態における運転時応力及び地震荷重による応力を表5-1に示す。

表5-1 計算結果まとめ

(単位：MPa)

状態	運転時応力 σ_x	地震時応力 σ_x	
		膜応力	曲げ応力
全引き抜き			
半挿入			
全挿入			

6. 摩耗を考慮した計算

被覆管の摩耗なしの状態に対し、発生応力が最大となる全挿入状態において、膜成分は断面積の減少を、曲げ成分は断面係数の減少を考慮した評価を行う。

被覆管摩耗は、図6-1に示す通り貫通時の被覆管断面積の欠損割合が最も大きな摩耗形状を考慮する。

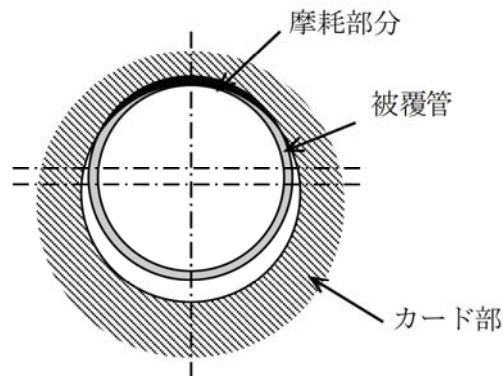


図6-1 評価で想定する被覆管の摩耗形状

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

次に、被覆管貫通摩耗を想定した場合の地震時曲げ応力は、被覆管貫通摩耗を想定したモデルを用いた応力解析より算出する。

図 6-1 に示す被覆管貫通摩耗を想定した場合の解析モデルを用い、強制変位（燃料集合体支持格子変位）を与えて解析を実施し以下のとおり曲げ応力 σ' を算出する。

一方、膜応力は、被覆管断面積の比から、以下のとおり求める。

$$\sigma' \text{ (膜成分)} = \sigma \text{ (膜成分)} \times (A/A')$$

ここで A : 摩耗のない被覆管の断面積

A' : 貫通摩耗ありの断面積

σ' (膜応力) : 被覆管が貫通した場合の地震時膜応力

以上より、被覆管貫通摩耗時の地震荷重による発生応力 (σ_x') は、以下のとおり求める。

$$\sigma_x' \text{ (一次膜+一次曲げ応力)} = \sigma' \text{ (曲げ応力)} + \sigma' \text{ (膜応力)}$$

運転時応力は膜応力であるので、被覆管断面積の比から以下のように求められる。

$$\sigma_x' \text{ (運転時応力)} = \sigma_x \text{ (運転時応力)} \times (A/A')$$

以上の評価結果から、被覆管摩耗に対する応力強さを表 6-1 に示す。また、評価結果のまとめを表 6-2 に示す。表 6-2 より、発生応力は許容値を満足することが確認できる。

表6-1 地震時の被覆管摩耗に対する評価結果

(MPa)

運転時応力 ^(注1)	地震時応力 ^(注1)	合計応力

(注1) 負の数値は圧縮応力、正の数値は引張応力であることを示す。

表6-2 評価結果まとめ

発生応力 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

被覆管に摩耗が存在する時の制御棒挿入性評価

制御棒被覆管の摩耗に対する評価として実施する制御棒挿入時間評価の内容は以下のとおり。

1. 評価仕様

制御棒挿入時間評価は、制御棒クラスタが自重で落下する時に受ける各種の抗力を考慮し、下記の運動方程式を解くことで、最終的に制御棒クラスタの挿入距離と挿入時間を求める。地震時の挿入時間の算出においては、制御棒挿入経路機器である制御棒クラスタ駆動装置、制御棒クラスタ案内管、燃料集合体（制御棒案内シムプル）の地震応答に対応する制御棒挿入抗力を考慮し、挿入時間を算出する。

また、制御棒被覆管の摩耗に対する評価では、制御棒の摩耗及び制御棒クラスタ案内管案内板の摩耗を考慮した挿入抗力を地震時の制御棒挿入抗力に付加し、挿入時間を算出する。評価の全体フローを図2に示す。

$$M \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = M \cdot g - (F_f + F_v + F_w + F_m + F_u)$$

ここで、

M	:	質 量
x	:	制御棒クラスタ挿入距離
t	:	制御棒クラスタ挿入時間
g	:	重力加速度
F _f	:	流体による抗力
F _v	:	地震外力による抗力
F _w	:	摩耗による抗力
F _m	:	メカニカル抗力
F _u	:	浮 力

2. 入力条件

(1) 地震外力による抗力

制御棒挿入時間評価の入力となる地震時の制御棒挿入経路機器の最大応答変位を表1に示す。この最大変位に対応する地震時の制御棒挿入抗力を求め、挿入時間を算出する。

表1 地震時 制御棒挿入経路機器応答

最大変位 (mm)		
制御棒駆動装置	制御棒クラスター案内管	燃料集合体 制御棒案内シムプル

(2) 摩耗による抗力

制御棒に対しては、保守的に制御棒の被覆管の一部が100%摩耗することを仮定する。また、制御棒クラスター案内管の案内板は図1に示す様な摩耗を仮定する。

これらの摩耗条件を組み合わせた場合に最大となる制御棒挿入抗力を、摩耗による抗力として設定する。

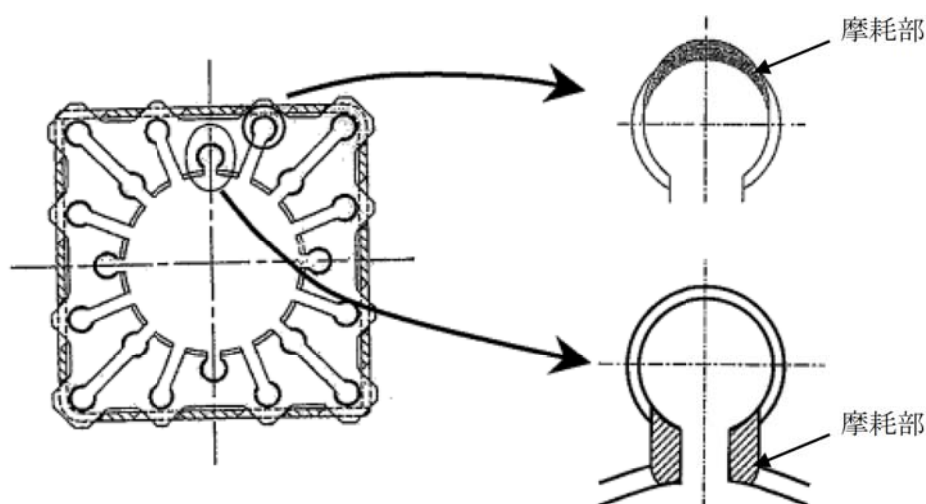


図1 制御棒クラスター案内管 案内板摩耗の仮定

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3. 評価結果

制御棒挿入時間の評価結果を表2に示す。

表2 制御棒クラス挿入時間計算結果

(単位：秒)

	制御棒クラス挿入時間*1	規定時間*2
通常運転時	1.31	1.8
地震時 (制御棒クラス案内管 案内板、制御棒被覆管 摩耗考慮)		

*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2：設置許可申請書 添付10の値

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

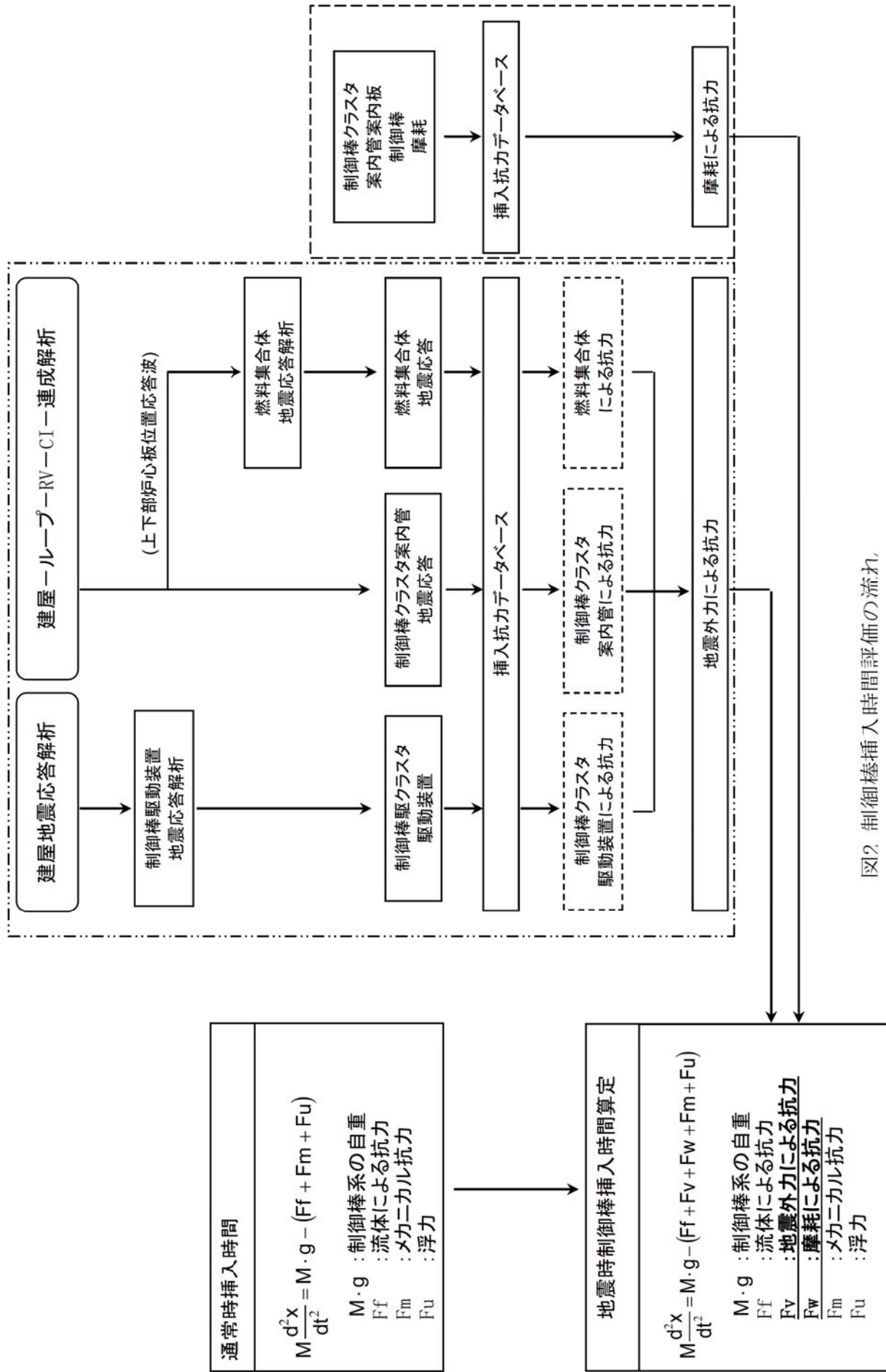


図2. 制御棒挿入時間評価の流れ。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙13】 後打ちアンカの評価に対する、減肉後の応力比の算定根拠について</p>
<p>説明</p>	<p>後打ちアンカについては、メーカーの後打ちアンカ使用基準に基づき最大許容荷重が定められており、この値以上の荷重がボルトに作用しないよう施工している。</p> <p>後打ちアンカの評価にあたっては、ボルトに技術評価により想定される運転開始後 60 年時点での減肉量(半径方向に 0.3mm)を考慮した上で、保守的に最大許容荷重が作用した場合であっても応力比が 1 以下になることを確認している。</p> <p>減肉後の応力比の算定条件及び算定結果を添付-1 に示す。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

減肉後の応力比の算定条件及び算定結果 (引張)

型式	ボルト呼び径	長期最大許容荷重 (N)	短期最大許容荷重*1 (N)	断面積		減肉後発生応力*2 (N/mm ²)	許容応力*3 (N/mm ²)	減肉後の応力比*4
				減肉前 (mm ²)	減肉後 (mm ²)			
メカニカルアンカ	M8	2.3×10^3						0.39
	M10	2.7×10^3						0.28
	M12	4.7×10^3						0.33
	M16	6.9×10^3						0.27
	M20	10.8×10^3						0.26
	M24	13.8×10^3						0.23
ケミカルアンカ	M10	7.4×10^3						0.77
	M12	10.9×10^3						0.77
	M16	20.0×10^3						0.77
	M20	37.8×10^3						0.91
	M24	53.6×10^3						0.90
	M30	88.0×10^3						0.93

*4: 減肉後発生応力/許容応力

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

減肉後の応力比の算定条件及び算定結果 (せん断)

型式	ボルト呼び径	長期最大許容荷重 (N)	短期最大許容荷重*1 (N)	断面積		減肉後発生応力*2 (N/mm ²)	許容応力*3 (N/mm ²)	減肉後の応力比*4
				減肉前 (mm ²)	減肉後 (mm ²)			
メカニカルアンカ	M8	2.5×10^3						0.55
	M10	4.7×10^3						0.64
	M12	7.1×10^3						0.66
	M16	12.5×10^3						0.63
	M20	19.8×10^3						0.63
	M24	26.3×10^3						0.58
ケミカルアンカ	M10	5.1×10^3						0.69
	M12	7.5×10^3						0.69
	M16	13.7×10^3						0.69
	M20	21.3×10^3						0.68
	M24	31.8×10^3						0.69
	M30	61.5×10^3						0.85

*4 : 減肉後発生応力 / 許容応力

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙14】 浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ並びに、これら施設から耐震安全性評価の評価対象設備とした、抽出根拠、抽出プロセス及び評価について</p>
<p>説明</p>	<p>高浜1号の「浸水防護施設」のうち、耐震安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐震安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について 耐震安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。</p> <p>(1) 津波防護施設：該当なし (2) 浸水防止設備：・取水構造物（浸水防止蓋）… a (3) 津波監視設備：・潮位計 … b</p> <p>2. 想定される劣化事象* (1)鉄骨構造物（対象 a） a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし 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） ・腐食 …① ・風などによる疲労 …②</p> <p>(2)計測制御設備（対象 b） a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし 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） ・樹脂の劣化（ケミカルアンカー）③</p> <p>※：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化及び導通不良については、耐震性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略。</p> <p>3. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出 「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～③について、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを下表に整理した。</p>

表1 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

「技術評価」で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2		ステップ3	
経年劣化対策 上層目すべき 経年劣化事象	下記 1)~2)を除く経年劣化事象	○	i	現在発生しておらず、 今後発生する可能性が ないもの、または小さいもの	×	×
			ii	現在発生しているか、 または将来にわたって 起こることが想定でき ないもの	○	振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できない事象 ⑤ 振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象 ■
経年劣化対策 上層目すべき 経年劣化事象 ではない事象	1)	○	ii	現在発生しているか、 または将来にわたって 起こることが想定でき ないもの	○	振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できない事象 ⑤ 振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象 ■ ①
	2)	-	-		-	② ③

○：評価対象として抽出
 -：評価対象から除外
 ×：現在発生しておらず、今後発生する可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外
 ■：振動応答特性上または構造・強度上「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外
 ⑤：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出

以上より、高浜1号の「浸水防護施設」については、◎となる対象は無かったことから、経年劣化を考慮した耐震安全性評価を実施したものはない。

以上

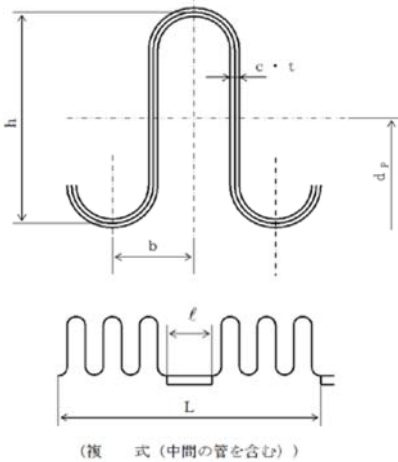
<p>タイトル</p>	<p>【別紙16】 耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）に対する、各々の分子と分母の値（単位含む）について</p>
<p>説明</p>	<p>耐震評価結果を比率で示したもののうち、耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に対し、添付-1の緑色セル内に、元となる「許容値」及び「発生値」を示す。 なお、Sクラスの設備のうち、静的震度により算出した評価値を分子とした応力比はない。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

機種	章	機器名称	部位 非代表設備	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	応力比	疲労累積係数※本字: 環境疲労		
										通常 運転時	地震時	
熱交換器	多管円筒形 熱交換器	1次系冷却水クーラ	伝熱管	内面腐食 (流れ加速型腐食)	S				0.58			
		湿分離加熱器	鋼側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.25			
		第1低圧給水ヒータ	鋼側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.21			
		第2低圧給水ヒータ	鋼側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.34			
蒸気発生器	蒸気発生器	第3低圧給水ヒータ	鋼側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.28			
		第4低圧給水ヒータ	鋼側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.30			
		冷却材出入口管台 セーフエント	冷却材出入口管台	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.53			
		余熱除去系統配管	母管	高サイクル熱疲労割れ (高低温水合流部)	S				0.34			
配管	ステンレス鋼配管	主蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.95			
		主給水系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.24			
		低温再熱蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.42			
		第3抽気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.70			
		第4抽気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.56			
		補助蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.51			
		グランド蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			1.22	0.275		
		復水系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.25			
		ドレン系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.36			
		蒸気発生器ブロワーダウン 系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	C				0.60			
		アンカー	ラグとフレートの溶接部等のサ ポート取付部	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.43			
		炉内構造物	炉内構造物	高圧タービン	バップルフローマポート	照射誘起型応力腐食割 れ	S	一次 一次+二次			1.02	0.004
高圧タービン	主蒸気入口管			腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.76			
高圧タービン	凝縮器伝熱管			腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.78			
高圧タービン	配管			腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.68			
冷却機	冷却機	高圧タービン	海水冷却コイル	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.82			
		高圧タービン	海水冷却コイル	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.15			
		高圧タービン	海水冷却コイル	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.02			
		高圧タービン	海水冷却コイル	腐食(流れ加速型腐食)	C	一次 一次+二次			0.39			

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

機種	章	機器名称	部位 非代表設備	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	応力比	疲労累積係数※本字:標準疲労		
										通常 運転時	地震時	
機械設備	重機サポート	原子炉容器サポート	サポートブラケット	中性子およびγ線照射 脆化	S	補強材			0.36			
		蒸気発生器サポート(支 持脚)	ヒンジ摺動部	摩擦	S	ポルト			0.35			
		1次冷却材ポンプサポー ト(支持脚)	ヒンジ摺動部	摩擦	S	一次 一次十二次				0.20 [0.26]		
	空気圧縮装置	格納容器外制御用空気 圧縮装置	格納容器外制御用空気だ め等(格納容器外制御用 空気だめ、格納容器外制 御用空気乾燥器)	腐食(全面腐食)	S	計器用空気圧縮機 空気だめ				0.58 [0.82]		
		非核燃料炉心構成部品	制御棒クラスタ	摩擦	S	計器用空気乾燥器				0.16		
		濃縮減容設備	濃縮液ポンプ	伝熱管等(加熱器、濃縮液 ポンプ)	B	脱湿塔				0.38		
	基礎ポルト	ポンプ	海水ポンプ	腐食	S	被覆管				0.11		
		熱交換器	脱気器タンク	腐食	C	脱湿管				0.48		
		容器	燃料取替用水タンク	腐食	S	脱湿管				0.01		
			復水タンク	腐食	S	脱湿管				0.14		
		主蒸気系統配管	配管用基礎ポルト	腐食(全面腐食)	S	基礎ポルト				0.11		
			伝熱管	内面からの腐食(流れ加 速型腐食)	S	基礎ポルト				0.07		
		電源設備	非常用ディーゼル機関 付属設備(配管)	母管	内面からの腐食(流れ加 速型腐食)	S	基礎ポルト				-	
				S	基礎ポルト				0.70			
				S	基礎ポルト			0.42				
				S	基礎ポルト			0.67				
				S	基礎ポルト			0.46				
				S	基礎ポルト			0.36				
				S	基礎ポルト			-				
				S	基礎ポルト			0.18				

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙17】 主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する評価について</p>																																																																								
<p>説明</p>	<p>1. 記号の説明 伸縮継手の疲労評価に用いる記号について、表1に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 伸縮継手の疲労評価に用いる記号</p> <table border="1" data-bbox="419 533 1323 1279"> <thead> <tr> <th>記号</th> <th>単位</th> <th>定義</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b</td> <td>mm</td> <td>継手部の波のピッチの2分の1</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>—</td> <td>継手部の層数</td> </tr> <tr> <td>d_p</td> <td>mm</td> <td>継手部の有効径(平均径)</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>MPa</td> <td>最高使用温度におけるJSME S NC1-2005/2007付録図表Part5表1に規定する材料の縦弾性係数</td> </tr> <tr> <td>e</td> <td>mm</td> <td>継手部の1山当たりの総変位量</td> </tr> <tr> <td>e_x</td> <td>mm</td> <td>軸方向変位による継手部の1山当たりの変位量</td> </tr> <tr> <td>e_y</td> <td>mm</td> <td>軸直角方向変位による継手部の1山当たりの変位量</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>mm</td> <td>継手部の波の高さ</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>mm</td> <td>継手部の有効長さ</td> </tr> <tr> <td>ℓ</td> <td>mm</td> <td>中間の管の長さ</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>—</td> <td>許容繰返し回数</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>—</td> <td>継手の波数の2倍の値(1波の継手にあつては2)</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>MPa</td> <td>最高使用圧力</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td>mm</td> <td>継手部の板の厚さ</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>—</td> <td>疲れ係数</td> </tr> <tr> <td>UF</td> <td>—</td> <td>疲れ累積係数</td> </tr> <tr> <td>W_N</td> <td>—</td> <td>1個の継手部の山数</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>mm</td> <td>軸方向変位量(表3におけるXの2倍(両振幅))</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>mm</td> <td>軸直角方向変位量(表3における$\delta y = \sqrt{y^2 + z^2}$の2倍(両振幅))</td> </tr> <tr> <td>δ</td> <td>mm</td> <td>全伸縮量</td> </tr> <tr> <td>σ</td> <td>MPa</td> <td>合計応力</td> </tr> <tr> <td>σ_D</td> <td>MPa</td> <td>全伸縮量による応力</td> </tr> <tr> <td>σ_P</td> <td>MPa</td> <td>最高使用圧力による応力</td> </tr> </tbody> </table> <p>伸縮継手の基本寸法箇所を図1に示す。</p>  <p style="text-align: center;">(複式(中間の管を含む))</p> <p style="text-align: center;">図1 伸縮継手の基本寸法箇所</p>	記号	単位	定義	b	mm	継手部の波のピッチの2分の1	c	—	継手部の層数	d_p	mm	継手部の有効径(平均径)	E	MPa	最高使用温度におけるJSME S NC1-2005/2007付録図表Part5表1に規定する材料の縦弾性係数	e	mm	継手部の1山当たりの総変位量	e_x	mm	軸方向変位による継手部の1山当たりの変位量	e_y	mm	軸直角方向変位による継手部の1山当たりの変位量	h	mm	継手部の波の高さ	L	mm	継手部の有効長さ	ℓ	mm	中間の管の長さ	N	—	許容繰返し回数	n	—	継手の波数の2倍の値(1波の継手にあつては2)	P	MPa	最高使用圧力	t	mm	継手部の板の厚さ	U	—	疲れ係数	UF	—	疲れ累積係数	W_N	—	1個の継手部の山数	X	mm	軸方向変位量(表3におけるXの2倍(両振幅))	Y	mm	軸直角方向変位量(表3における $\delta y = \sqrt{y^2 + z^2}$ の2倍(両振幅))	δ	mm	全伸縮量	σ	MPa	合計応力	σ_D	MPa	全伸縮量による応力	σ_P	MPa	最高使用圧力による応力
記号	単位	定義																																																																							
b	mm	継手部の波のピッチの2分の1																																																																							
c	—	継手部の層数																																																																							
d_p	mm	継手部の有効径(平均径)																																																																							
E	MPa	最高使用温度におけるJSME S NC1-2005/2007付録図表Part5表1に規定する材料の縦弾性係数																																																																							
e	mm	継手部の1山当たりの総変位量																																																																							
e_x	mm	軸方向変位による継手部の1山当たりの変位量																																																																							
e_y	mm	軸直角方向変位による継手部の1山当たりの変位量																																																																							
h	mm	継手部の波の高さ																																																																							
L	mm	継手部の有効長さ																																																																							
ℓ	mm	中間の管の長さ																																																																							
N	—	許容繰返し回数																																																																							
n	—	継手の波数の2倍の値(1波の継手にあつては2)																																																																							
P	MPa	最高使用圧力																																																																							
t	mm	継手部の板の厚さ																																																																							
U	—	疲れ係数																																																																							
UF	—	疲れ累積係数																																																																							
W_N	—	1個の継手部の山数																																																																							
X	mm	軸方向変位量(表3におけるXの2倍(両振幅))																																																																							
Y	mm	軸直角方向変位量(表3における $\delta y = \sqrt{y^2 + z^2}$ の2倍(両振幅))																																																																							
δ	mm	全伸縮量																																																																							
σ	MPa	合計応力																																																																							
σ_D	MPa	全伸縮量による応力																																																																							
σ_P	MPa	最高使用圧力による応力																																																																							

2. 評価部位

評価部位は、図2に示す伸縮継手の頂部とする。

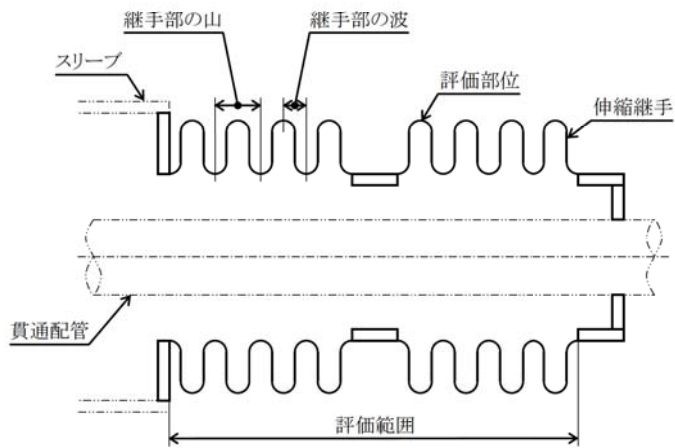


図2 伸縮継手の評価部位

3. 評価内容

(1) 格納容器貫通部の仕様

各格納容器貫通部の仕様について表2に示す。

表2 格納容器貫通部の仕様

配管	原子炉格納容器最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	伸縮継手有効径 (mm)	継手部の差の高さ (mm)	継手部の波のピッチの2分の1 (mm)	継手部の板の厚さ (mm)	伸縮継手1個の山数	継手部の層数	材料	脆性係数 (MPa)	複式伸縮継手の長さ (mm)		
											中心間距離	中間の管の長さ	伸縮継手の長さ
											A	ℓ	L
主蒸気配管格納容器貫通部	0.261												
主給水配管格納容器貫通部	0.261												

(2) 地震時の伸縮継手の変位

Ss地震時及びSd地震時の伸縮継手の変位について表3に示す。

表3-1 伸縮継手の変位 (Ss地震時)

ライン名称	地震合計変位 (mm)			
	X	Y	Z	$\delta y = \sqrt{(Y^2 + Z^2)}$
主蒸気配管格納容器貫通部				
主給水配管格納容器貫通部				

表3-2 伸縮継手の変位 (Sd地震時)

ライン名称	地震合計変位 (mm)			
	X	Y	Z	$\delta y = \sqrt{(Y^2 + Z^2)}$
主蒸気配管格納容器貫通部				
主給水配管格納容器貫通部				

注：表3に示す座標系は、格納容器半径方向をx方向、鉛直方向をz方向とする右手直行座標系であり、表1に示すX、Yとは異なるものである。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(3) 疲れ累積係数 (UF) の算出

地震時の伸縮継手の変位から発生応力を算出し許容繰返し回数を求め、評価用繰返し回数と許容繰返し回数の比 (疲れ累積係数) を算出する。
(日本機械学会 設計・建設規格 「PVE-3800 伸縮継手」 参照)

a. 伸縮継手の変位

(a) 軸方向変位による継手部の 1 山当たりの変位量

$$e_x = \frac{X}{2W_N}$$

(b) 軸直角方向変位による継手部の 1 山当たりの変位量

$$e_y = \frac{3 d_P Y}{2W_N \left\{ L + \ell \left(\frac{\ell}{L} + 1 \right) \right\}}$$

(c) 継手部の 1 山当たりの総変位量

$$e = e_x + e_y$$

(d) 伸縮継手の全伸縮量

$$\delta = e W_N$$

b. 伸縮継手の応力と許容繰返し回数

(a) 伸縮継手の応力

全伸縮量による応力

$$\sigma_D = \frac{1.5 E t \delta}{n \sqrt{b h^3}}$$

最高使用圧力による応力

$$\sigma_P = \frac{P h^2}{2 t^2 c}$$

合計応力

$$\sigma = \sigma_D + \sigma_P$$

(b) 許容繰返し回数

$$N = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

(c) 疲れ累積係数

$$U F = \Sigma \frac{\text{評価用繰返し回数}}{\text{許容繰返し回数}}$$

4. 評価結果

(1)地震によるUF評価結果

Ss地震によるUF評価結果を、表4に示す。

表4 Ss地震によるUF評価結果

格納容器貫通部	発生応力 [MPa]	許容繰返し 回数	評価繰返し 回数	UF
主蒸気ライン貫通部				0.193
主給水ライン貫通部				0.002

Sd地震によるUF評価結果を、表5に示す。

表5 Sd地震によるUF評価結果

格納容器貫通部	発生応力 [MPa]	許容繰返し 回数	評価繰返し 回数	UF
主蒸気ライン貫通部				0.029
主給水ライン貫通部				0.001

(2) 通常運転時UFとの組合せによる評価結果

通常運転時のUFを加えた結果を表6及び表7に示す。

表6 Ss地震時の通常運転時UFとの組合せによる評価結果

格納容器貫通部	通常運転時	Ss地震時	合計
主蒸気ライン貫通部	0.009	0.193	0.202
主給水ライン貫通部	0.040	0.002	0.042

表7 Sd地震時の通常運転時UFとの組合せによる評価結果

格納容器貫通部	通常運転時	Sd地震時	合計
主蒸気ライン貫通部	0.009	0.029	0.038
主給水ライン貫通部	0.040	0.001	0.041

以上より、主蒸気系統伸縮継手及び主給水系統伸縮継手の疲労割れに対する耐震安全性に問題はない。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙20】 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する前までに行うサポート改造等の設備対策工事、これを反映した耐震安全性評価について</p>
<p>説明</p>	<p>1. 対象配管 60年時点または50年時点の予測肉厚による減肉状態を想定した実測データに基づく評価を実施した以下の6ラインになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第4抽気系統 : 第4抽気管 (A) 第4抽気管 (B) 第4抽気管 (C) ・グラント蒸気系統 : グラント蒸気管 ・復水系統 : 第4 低圧給水加熱器～脱気器 ・ドレン系統 : 湿分分離器ドレンポンプ吐出管 <p>2. 耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する時期 現在まで取得した実測データに基づく評価においては、「耐震性が確認できる板厚を下回る厚さに到達する時期」は、「第4抽気管 (B)」「湿分分離器ドレンポンプ吐出管」の2ラインは、運転開始後60年時点となり、「第4抽気管 (A)」「第4抽気管 (C)」「グラント蒸気管」「第4 低圧給水加熱器～脱気器」の4ラインは、運転開始後50年時点となる。</p> <p>しかしながら、新たな肉厚測定記録が追加されることで減肉速度が変わり、場合によっては運転開始後60年または50年時点より前になることも考えられる。このため減肉速度の管理など保全活動が煩雑になることを回避するため、早期にサポート改造等の設備対策工事を行い全箇所tsrとした場合でも耐震安全性を確保できるようにすることを「長期保守管理方針」として掲げ、実施時期は「短期（平成27年11月14日からの5年間）」としている。</p> <p>3. 対策工事の内容 対策工事案については、スナバの追設またはスプリングサポートの追設としておりライン毎の追設本数は以下のとおり（ただし、今後詳細設計において仕様変更の可能性はある）。詳細なサポート設置予定位置については添付-1に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第4抽気管 (A) : スナバ1本追設 ・第4抽気管 (B) : スナバ2本追設 ・第4抽気管 (C) : スナバ2本追設 ・グラント蒸気管 : スナバ3本追設 ・第4 低圧給水加熱器～脱気器 : スナバ2本追設 スプリングサポート2本追設 ・湿分分離器ドレンポンプ吐出管 : スナバ2本追設

4. 対策工事後の耐震安全性評価における解析の条件

6ラインとも 全箇所 t s r での梁モデル解析による結果は、それぞれ以下のとおりであり、応力比が1以下となり、耐震安全性を満足する結果となる。添付-1 参照

- ・第4抽気管 (A) : 応力比 0.58
- ・第4抽気管 (B) : 応力比 0.81
- ・第4抽気管 (C) : 応力比 0.77
- ・グラント蒸気管 : 応力比 0.79
- ・第4 低圧給水加熱器～脱気器 : 応力比 0.93
- ・湿分分離器ドレンポンプ吐出管 : 応力比 0.81

以 上

第4 抽気系統配管 (第4 抽気管 (A))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第4 抽気系統配管 (第4 抽気管 (B))

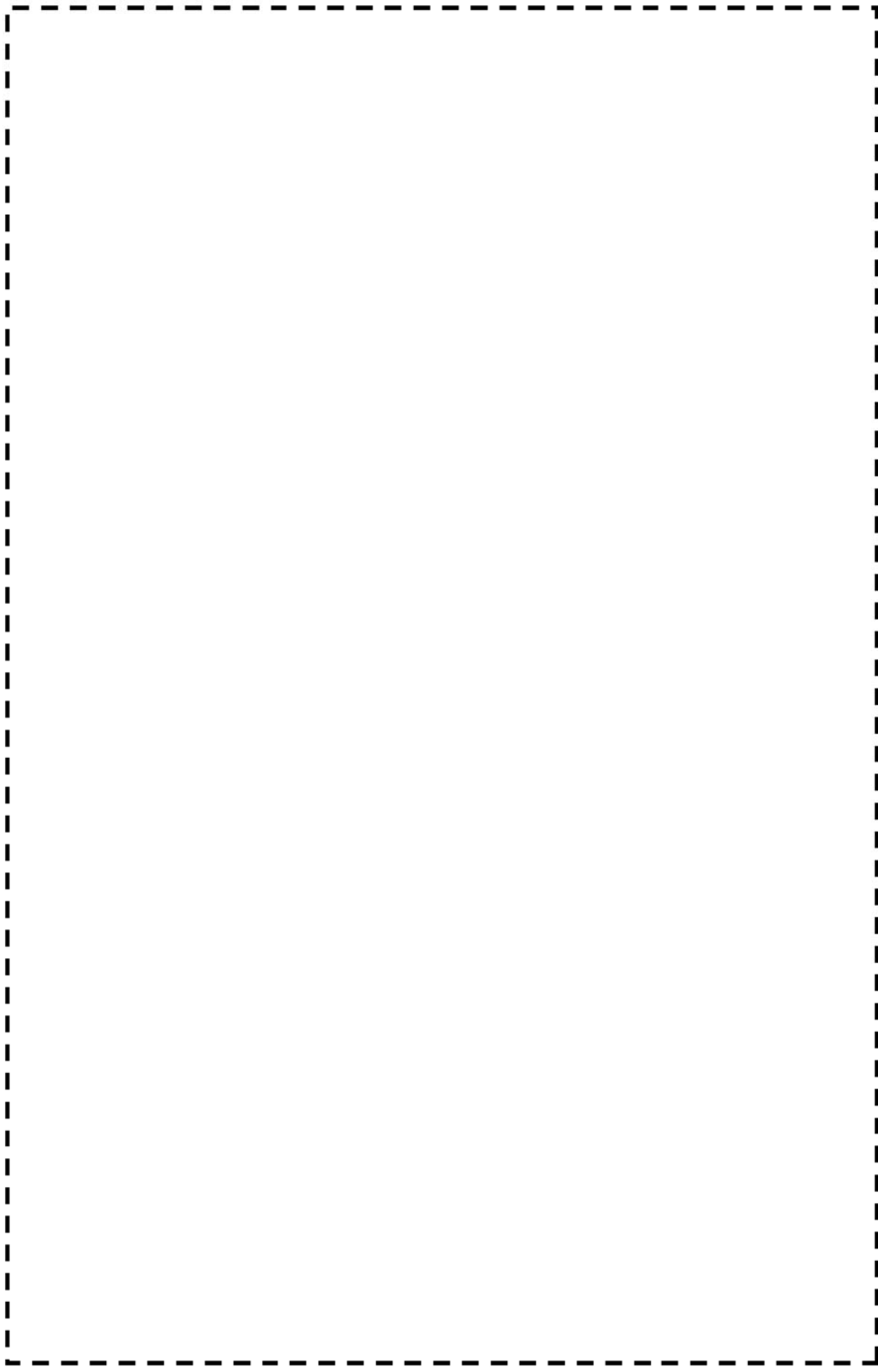
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第4 抽気系統配管 (第4 抽気管 (C))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

グラントド蒸気系統配管 (グラントド蒸気管)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



復水系統配管（第4 低圧給水加熱器～脱気器）

【 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。】

ドレン系統配管（湿分離器ドレンポンプ吐出管）

【 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。】

<p>タイトル</p>	<p>【別紙23】 後打ちアンカの評価に対する、減肉後の応力比の算定根拠について</p>
<p>説明</p>	<p>後打ちアンカについては、メーカーの後打ちアンカ使用基準に基づき最大許容荷重が定められており、この値以上の荷重がボルトに作用しないよう施工されている。</p> <p>後打ちアンカの評価にあたっては、ボルトに技術評価により想定される運転開始後 60 年時点での減肉量(半径方向に 0.3mm)を考慮した上で、保守的に最大許容荷重が作用した場合であっても応力比が 1 以下になることを確認している。</p> <p>減肉後の応力比の算定条件及び算定結果を添付-1に示す。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>

減肉後の応力比の算定条件及び算定結果 (引張)

型式	ボルト呼び径	長期最大許容荷重 (N)	短期最大許容荷重*1 (N)	断面積		減肉後発生応力*2 (N/mm ²)	許容応力*3 (N/mm ²)	減肉後の応力比*4
				減肉前 (mm ²)	減肉後 (mm ²)			
メカニカルアンカ	M8	2.3×10^3						0.39
	M10	2.7×10^3						0.28
	M12	4.7×10^3						0.33
	M16	6.9×10^3						0.27
	M20	10.8×10^3						0.26
	M24	13.8×10^3						0.23
ケミカルアンカ	M10	7.4×10^3						0.77
	M12	10.9×10^3						0.77
	M16	20.0×10^3						0.77
	M20	37.8×10^3						0.91
	M24	53.6×10^3						0.90
	M30	88.0×10^3						0.93

*4: 減肉後発生応力/許容応力

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

減肉後の応力比の算定条件及び算定結果 (せん断)

型式	ボルト呼び径	長期最大許容荷重 (N)	短期最大許容荷重*1 (N)	断面積		減肉後発生応力*2 (N/mm ²)	許容応力*3 (N/mm ²)	減肉後の応力比*4
				減肉前 (mm ²)	減肉後 (mm ²)			
メカニカルアンカ	M8	2.5×10^3						0.55
	M10	4.7×10^3						0.64
	M12	7.1×10^3						0.66
	M16	12.5×10^3						0.63
	M20	19.8×10^3						0.63
	M24	26.3×10^3						0.58
ケミカルアンカ	M10	5.1×10^3						0.69
	M12	7.5×10^3						0.69
	M16	13.7×10^3						0.69
	M20	21.3×10^3						0.68
	M24	31.8×10^3						0.69
	M30	61.5×10^3						0.85

*4 : 減肉後発生応力 / 許容応力

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙26】 耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に係る、比率で示された評価結果（疲れ累積係数を除く）に対する、各々の分子と分母の値（単位含む）について</p>
<p>説明</p>	<p>耐震評価結果を比率で示したもののうち、耐震Sクラス、耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器・配管に対し、添付-1の緑色セル内に、元となる「許容値」及び「発生値」を示す。 なお、Sクラスの設備のうち、静的震度により算出した評価値を分子とした応力比はない。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>

機種	章	機器名称	部位 非代表設備	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	応力比	疲労累積係数※本字:標準疲労	
										通常 運転時	地震時
熱交換器	多管円筒形 熱交換器	1次系冷却水クーラ	伝熱管	内面腐食 (流れ加速型腐食)	S	鋼板			0.58		
		過分凝加熱器	銅側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.25		
		第1低圧給水ヒータ	銅側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.21		
		第2低圧給水ヒータ	銅側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.34		
配管	ステンレス鋼配管	第3低圧給水ヒータ	銅側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.28		
		第4低圧給水ヒータ	銅側耐圧構成品等	腐食(流れ加速型腐食)	C	鋼板			0.30		
		余熱除去系統配管	母管	高サイクル熱疲労割れ (高低温水合流部)	S				0.46		
		主蒸気系統配管	母管	腐食(流れ加速型腐食)	S	一次 一次+二次			0.95		
タービン	高圧タービン	アンカー	ラグとプレート の溶接部等のサ ポート取付部	疲労割れ	S	鋼板			0.53		
									0.68		
									1.12		0.351
									0.77		
									0.39		
									0.70		
									0.85		
									0.25		
									0.60		
									0.74		
									0.52		
									0.60		
0.88											
0.70											
0.77											
0.60											
0.45											
1.23		0.125									
0.60											
0.56											
0.52											
0.58											
0.41											
0.45											
0.15											
0.02											
0.39											

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

機種	章	機器名称	部位 非代表設備	経年劣化事象	耐震 重要度	評価部位	許容値 (MPa)	発生値 (MPa)	疲労累積係数※本字:環境疲労		合計
									通常 運転時	地震時	
機構設備	重機器サポート	原子炉容器サポート	サポートブラケット	中性子およびγ線照射 脆化	S	補強材			0.36		
		蒸気発生器サポート(支 持脚)	ヒンジ摺動部	摩耗	S	ボルト			0.73		
	空気圧縮装置	1次冷却材ポンプサポー ト(支持脚)	ヒンジ摺動部	摩耗	S	一次 一次+二次			0.17		
		格納容器外制御用空気 圧縮装置	格納容器外制御用空気だ め等(格納容器外制御用 空気だめ、格納容器外制 御用空気乾燥器)	腐食(全面腐食)	S	一次+二次			0.54		
	非核燃料炉心構成品	制御棒クラスタ	伝熱管等(加熱器、蒸縮液 ポンプ)	被覆管	摩耗	S	計器用空気圧縮機 空気だめ		0.28		
			廃液蒸発装置	伝熱管等(加熱器、蒸縮液 ポンプ)	応力腐食割れ	B	計器用空気乾燥器 脱湿塔		0.22		
	濃縮減容設備	ポンプ	海水ポンプ	海水ポンプ	腐食	S	被覆管		0.47		
			熱交換器	脱気器タンク	腐食	C	廃液蒸発装置 加熱器伝熱管		0.01		
	基礎ボルト	容器	燃料取替用水タンク	復水タンク	腐食	S	蒸縮液装置 蒸発器副板		0.10		
				基礎ボルト	基礎ボルト	引張荷重	S	基礎ボルト		0.22	
主蒸気系統配管			配管用基礎ボルト	腐食(全面腐食)	S	基礎ボルト		引張荷重		0.10	
			伝熱管	内面からの腐食(流れ加 速型腐食)	S	基礎ボルト		引張荷重		-	
電源設備	付属設備(配管)	母管	母管	腐食(全面腐食)	S	基礎ボルト		0.70			
		母管	母管	腐食(全面腐食)	S	基礎ボルト		0.42			
						基礎ボルト		0.57			
						空気冷却器		0.18			

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<p>タイトル</p>	<p>【別紙27】 浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）のリストアップ、並びにこれら施設から耐津波安全性評価の評価対象設備とした、抽出根拠・抽出プロセス及び評価内容について</p>
<p>説明</p>	<p>高浜1号の「浸水防護施設」のうち、耐津波安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐津波安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について 耐津波安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。</p> <p>(1) 津波防護施設：該当なし[高浜4号炉設備、1・2・3・4号炉共用] (2) 浸水防止設備：・取水構造物（浸水防止蓋）… a (3) 津波監視設備：・潮位計 … b</p> <p>2. 想定される劣化事象* (1)鉄骨構造物（対象 a） a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし 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） ・腐食 …① ・風などによる疲労 …② (2)計測制御設備（対象 b） a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（○事象） 該当なし 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） ・樹脂の劣化（ケミカルアンカー） ③</p> <p>※：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化及び導通不良については、耐津波安全性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略する。</p> <p>3. 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出 「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～③について、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを下表に整理した。</p>

表1 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

「技術評価」で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2	ステップ3	
高経年化対策上 留意すべき 経年劣化事象	下記 1)~2)を除く経年劣化事象	○	i 現在発生しておらず、今後発生の可能性がないもの、または小さいもの	×	
			ii 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○	構造・強度上および止水性上「軽微もしくは無視」できない事象 ◎ 構造・強度上および止水性上「軽微もしくは無視」できる事象 ■
高経年化対策上 留意すべき 経年劣化事象 ではない事象	1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの	○	ii 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの	○	構造・強度上および止水性上「軽微もしくは無視」できない事象 ◎ 構造・強度上および止水性上「軽微もしくは無視」できる事象 ■
	2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象	-	-	② ③	-

○：評価対象として抽出
 -：評価対象から除外
 ×：現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、または小さいものとして評価対象から除外
 ■：構造・強度上および止水性上「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外
 ◎：耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出

以上より、高浜1号の「浸水防護施設」については、◎となる対象は無かったことから、経年劣化を考慮した耐津波安全性評価を実施したものは無い。

以上

<p>タイトル</p>	<p>【別紙28】 経年劣化事象として止水材料の劣化を評価対象としない場合の根拠及び妥当性について</p>
<p>説明</p>	<p>浸水防護施設に使用している止水材料は、定期取替品であることから、高経年化評価対象外としている。なお止水材の取替え頻度は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・取水構造物（浸水防止蓋）：10年 <p style="text-align: right;">以上</p>

<p>タイトル</p>	<p>【別紙29】 高浜1号炉の運転期間延長認可申請との相違点について</p>
<p>説明</p>	<p>高浜1号で、耐津波安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。</p> <p>（1）津波防護施設：該当なし[高浜4号炉設備、1・2・3・4号炉共用] （2）浸水防止設備：取水構造物（浸水防止蓋） （3）津波監視設備：潮位計</p> <p>一方、高浜2号で、耐津波安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。</p> <p>（1）津波防護施設：該当なし[高浜4号炉設備、1・2・3・4号炉共用] （2）浸水防止設備：取水構造物（浸水防止蓋） （3）津波監視設備：該当なし</p> <p>差異が生じている理由は、潮位計は高浜1号と2号の共有設備であることから、工事計画と整合をとり高浜1号の高経年化技術評価書側に記載しているため。</p> <p>なお、取水構造物（浸水防止蓋）については、高浜1号と2号のそれぞれで評価している。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>