

川内1号機及び2号機 設置許可段階において耐震工事を実施する可能性のある設備に対する  
既許可の設計方針が変更不要であることの確認について

## 1. 概要

川内1, 2号機の標準応答スペクトルに基づく基準地震動（以下「Ss-3」という。）の追加に伴う施設への影響について、新規制基準適合性設工認以降の既設工認申請書に評価結果が記載された施設を網羅的に確認した結果、いずれの施設についても、認可実績のある評価手法の適用及び支持構造物の追設等が可能であることから、耐震安全性を満足する見通しであり、既許可の設計方針を変更する必要はないことを確認した。

本資料では、耐震工事の可能性のある設備を抽出し、耐震安全性を満足する見通しを有することを定量的に示すことで、既許可の設計方針が変更不要であることを説明する。

## 2. 耐震工事の可能性のある設備の抽出

川内1, 2号機の新規制基準適合性設工認以降の既設工認申請書に評価結果が記載された施設を網羅的に確認し、耐震工事の可能性のある設備を抽出した。検討フローを図1に、抽出した設備を表1に示す。

なお、川内1号と2号では建設時に適用した耐震指針が異なる（川内1号：旧指針\*前プラント、川内2号：旧指針\*後プラント）ことから、抽出結果に差異が生じている。

※発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和53年9月原子力委員会決定）

## 3. 耐震安全性の見通しに係る検討

### 3.1 検討方針

耐震性を確保する支持構造物の設計は主に地震動レベルにより決定されることから、地震動レベルが大きい玄海3, 4号機の支持構造物は、川内1, 2号機に比べ、より耐震性の高い支持構造物を有する設計となっている。

このことから、川内1, 2号機の耐震安全性を満足する見通しの確認のために、玄海3, 4号機の同様設備（川内1, 2号機の設備本体の基本仕様と大きな差がない設備）を参考に検討を行う。

### 3.2 検討方法

表1に示す耐震工事の可能性のある設備について、川内1, 2号機の設備と玄海3, 4号機の設備に同様設備があれば、川内1, 2号機の設備は玄海3, 4号機の支持構造物と同様の仕様に改造することが可能との前提に基づき、以下の通り検討した。検討フローを図1に、検討イメージを別紙1に示す。

(1) 川内1, 2号機の設備と同様設備が、玄海3, 4号機にあるかを確認。

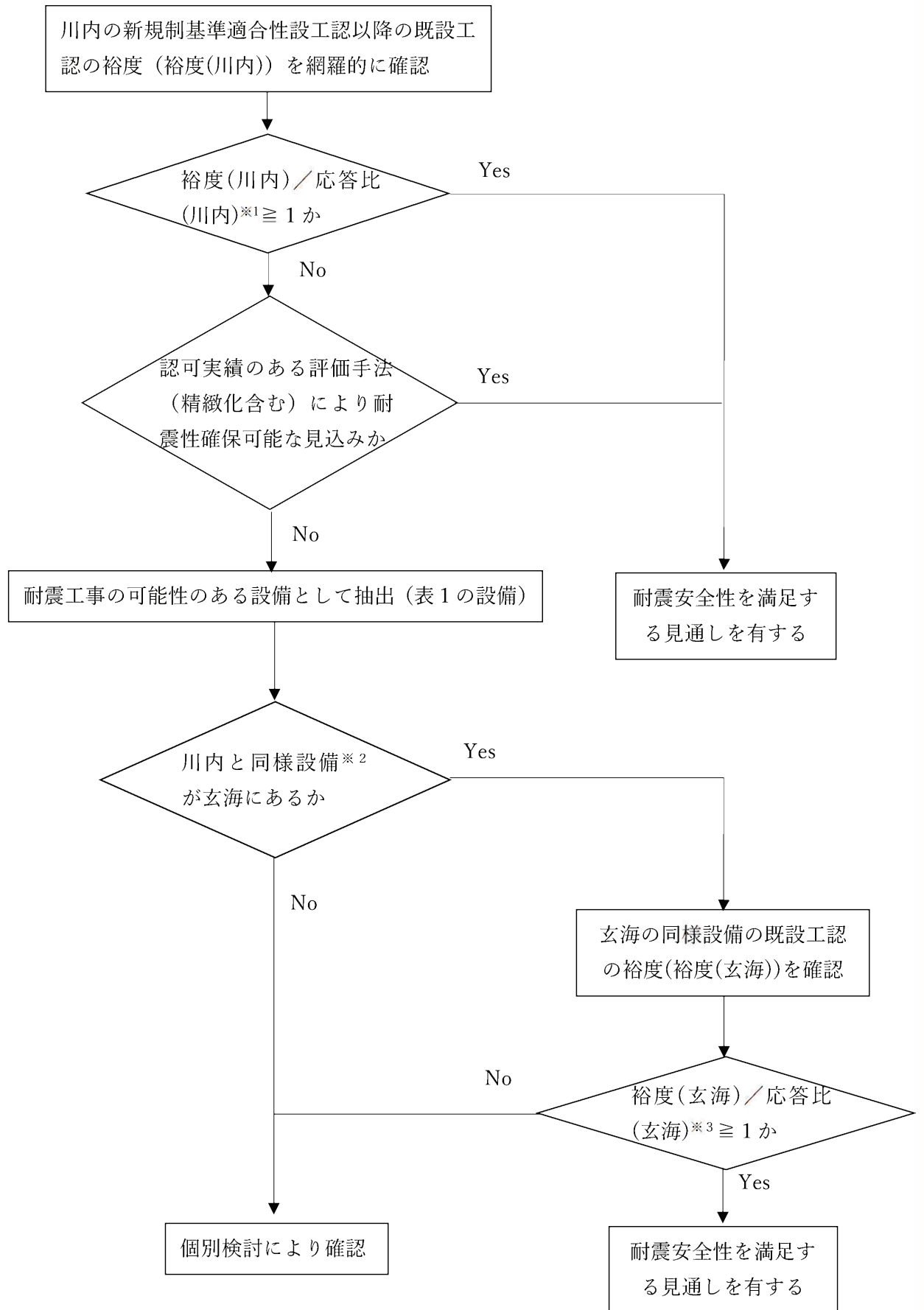
- (2) 玄海3, 4号機の同様設備の既設工認の基準地震動(以下「Ss-1~5」という。))に基づく既設工認の裕度(裕度(玄海))を確認。
- (3) 玄海3, 4号機の設備の1次固有周期における応答比(玄海3, 4号機のSs-1~5の包絡波と川内1, 2号機のSs-3の応答スペクトル比: 応答比(玄海))を算出。
- (4) 裕度(玄海)と応答比(玄海)を比較し、「裕度(玄海) / 応答比(玄海)  $\geq 1$ 」の場合は、見通しを有する。1未満の場合は、個別検討を実施する。

なお、復水タンク、燃料取替用水タンク、障壁及び配管については、以下の理由により、玄海3, 4号機に同様設備がないことから、個別検討を実施する。

- ・復水タンク及び燃料取替用水タンクの理由  
最小裕度部位が容器本体の胴板部であり、胴板部に対する耐震工事を実施した同様設備が玄海にないこと。
- ・障壁の理由  
最小裕度部位が溝形鋼の水平はりであり、同様設備が玄海にないこと。
- ・配管の理由  
敷設ルートが多種多様であること。

#### 4. 検討結果

検討結果を表1に示す。検討の結果、いずれの設備も耐震安全性を満足する見通しが得られたことから、既許可の設計方針が変更不要であることを確認した。



- ※1 応答比（川内）：川内新  $S_s$  ( $S_s-3$ ) と川内既設工認の  $S_s$  ( $S_s-1,2$ ) の応答スペクトル比
- ※2 同様設備：設備本体の基本仕様に大きな差がない設備
- ※3 応答比（玄海）：川内新  $S_s$  ( $S_s-3$ ) と玄海既設工認の  $S_s$  ( $S_s-1\sim 5$ ) の応答スペクトル比

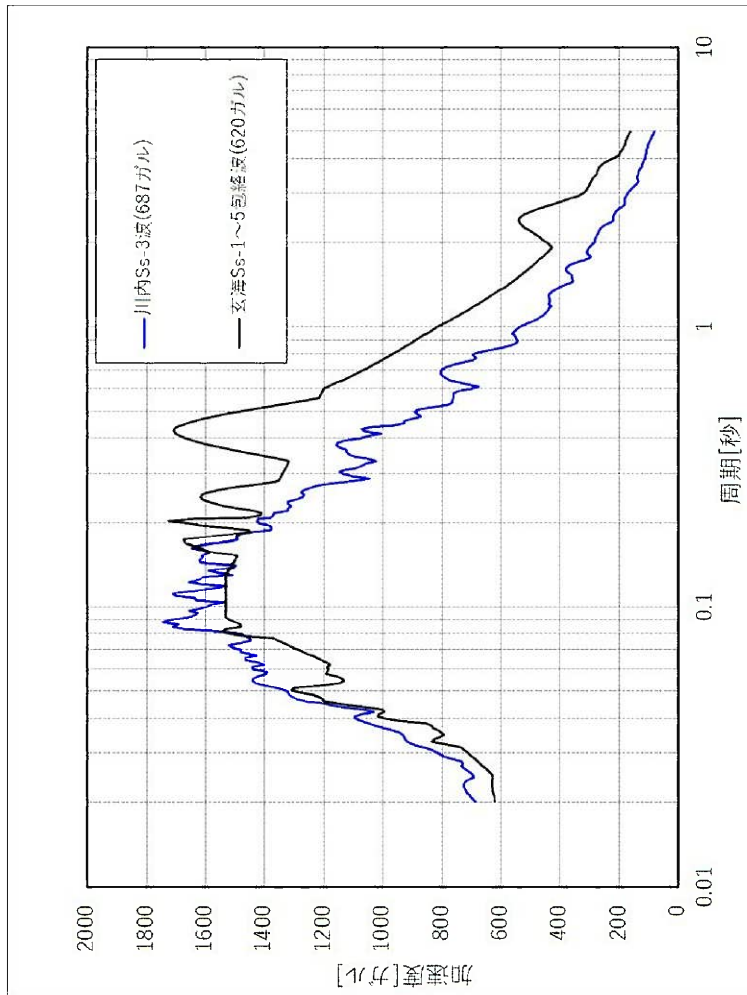
図1 検討フロー

表 1 耐震工事の可能性がある設備\*に対する耐震安全性の見通し

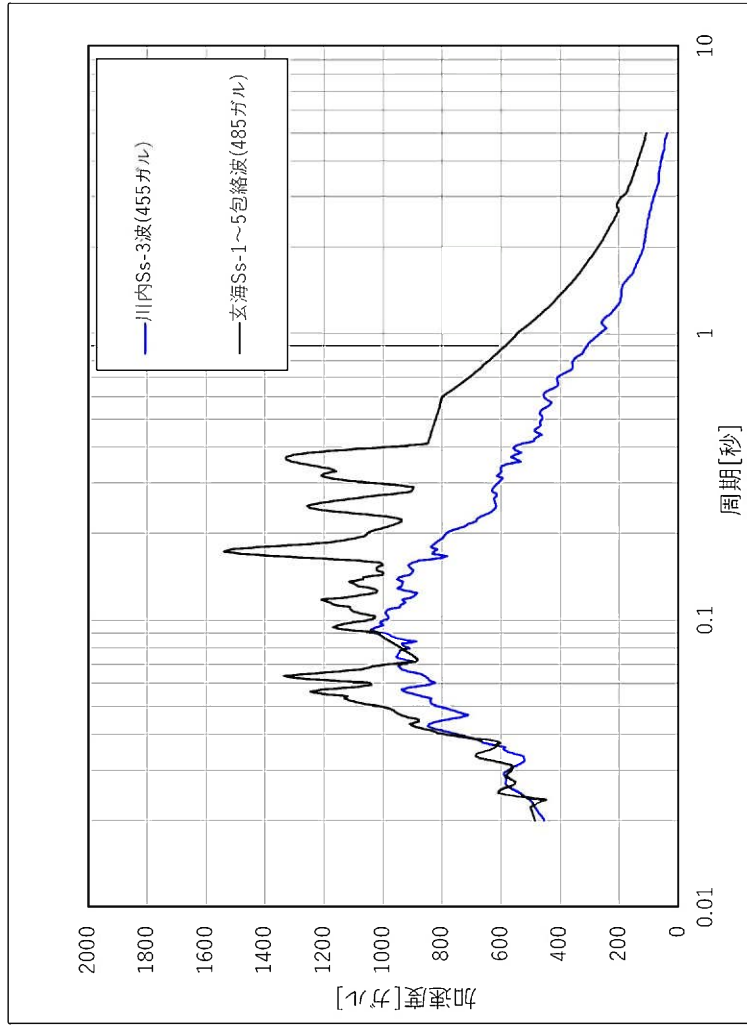
耐震工事の可能性がある設備* (抽出結果)					耐震安全性の見通しに係る検討				
プラント	設備	Ss 評価区分	1次固有周期 (s)	既設工認の最小裕度	裕度(玄海) 玄海 3, 4 号機の 同様設備の現行裕度	応答比(玄海) <sup>(注7)</sup> 玄海 3, 4 号機の同様設備の1次固有周期の最大応答スペクトル比	裕度(玄海)/応答比(玄海) ≥ 1	耐震安全性の見通しの有無	備考
川内 1 号機	復水タンク	Sクラス	水平：0.122 鉛直：剛	1. 0 5 (胴板)	— <sup>(注5)</sup>	— <sup>(注5)</sup>	— <sup>(注5)</sup>	個別検討の結果、 <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	別紙 2 参照
	燃料取替用水タンク	Sクラス	水平：0.134 鉛直：剛	1. 0 0 (胴板)	— <sup>(注5)</sup>	— <sup>(注5)</sup>	— <sup>(注5)</sup>	個別検討の結果、 <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	別紙 2 参照
	冷却材混床式脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.067 鉛直：剛	1. 1 4 (支持脚)	冷却材混床式脱塩塔 <u>4. 3 4 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 6</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
	使用済燃料ピット脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.070 鉛直：剛	1. 0 4 (支持脚)	使用済燃料ピット脱塩塔 <u>4. 9 2 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 4</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
	ほう酸蒸留水脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.069 鉛直：剛	1. 1 2 (支持脚)	冷却材陽イオン脱塩塔 <u>2. 9 4 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 7</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
	ほう酸回収装置陽イオン脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.069 鉛直：剛	1. 0 8 (支持脚)	冷却材陽イオン脱塩塔 <u>2. 9 4 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 7</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
	ほう酸回収装置混床式脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.069 鉛直：剛	1. 0 8 (支持脚)	冷却材陽イオン脱塩塔 <u>2. 9 4 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 7</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
川内 2 号機	障壁	波及的影響 <sup>(注2)</sup>	水平：0.093 鉛直：0.060	1. 0 1 (はり)	— <sup>(注6)</sup>	— <sup>(注6)</sup>	— <sup>(注6)</sup>	個別検討の結果、 <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	別紙 3 参照
	廃液蒸留水脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.076 鉛直：剛	1. 0 8 (支持脚)	冷却材陽イオン脱塩塔 <u>2. 9 4 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 7</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
	廃液蒸留水モニタ脱塩塔	溢水源 <sup>(注1)</sup>	水平：0.076 鉛直：剛	1. 0 8 (支持脚)	冷却材陽イオン脱塩塔 <u>2. 9 4 (支持脚)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 0 7</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
	よう素除去薬品タンク	Sクラス	水平：剛 鉛直：剛	1. 0 4 (基礎ボルト)	よう素除去薬品タンク <u>2. 5 4 (基礎ボルト)</u>	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1~5 包絡波 <u>1. 1 1</u>	○	玄海と同等の支持構造とすることで <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	
川内 1/2 号機	配管	Sクラス	— <sup>(注3)</sup>	— <sup>(注4)</sup>	— <sup>(注4)</sup>	— <sup>(注4)</sup>	— <sup>(注4)</sup>	個別検討の結果、 <u>耐震安全性を満足する見通しを有する</u>	別紙 4 参照

※設備については、床応答曲線 (FRS) を用いた詳細設計ではなく、解放基盤表面における基準地震動の応答スペクトルの超過割合を用いた概略検討のため、今後の詳細設計により変更となる可能性がある。

注 1：溢水源としない設備として、Ss 評価を実施。 注 2：外部火災対策として設置。波及的影響を与えない設備として、Ss 評価を実施。 注 3：配管については、固有周期が一定ではないため。 注 4：標準支持間隔法を適用する低温配管については、支持構造物の追設等の可能性を否定できず、敷設ルートが多種多様であるため、個別検討を実施。 注 5：最小裕度部位が容器本体の胴板部であり、胴板部に対する耐震工事を実施した同様設備がないため、個別検討を実施。 注 6：最小裕度部位が溝形鋼の水平はりであり、同様設備がないため、個別検討を実施。 注 7：川内 Ss-3 と玄海 Ss-1~5 包絡波の応答スペクトル (図 2) の比を示す。



水平方向



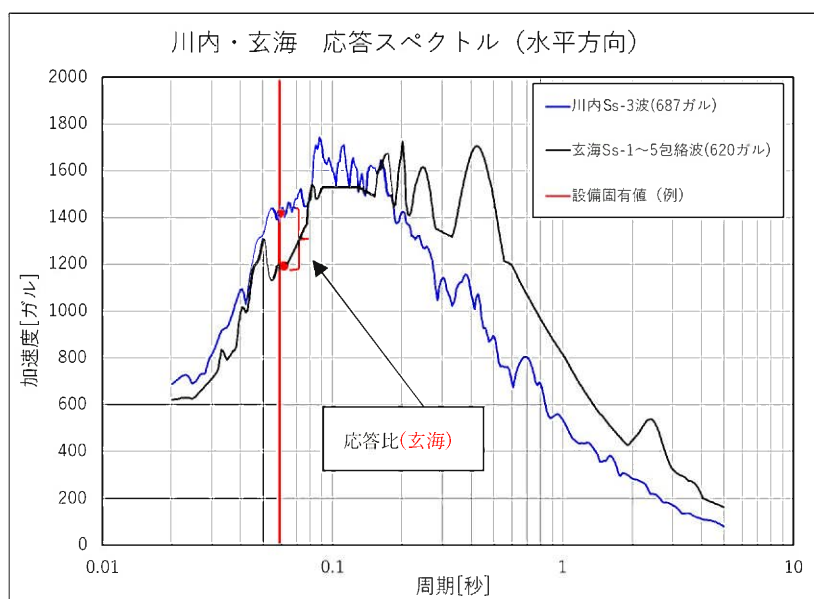
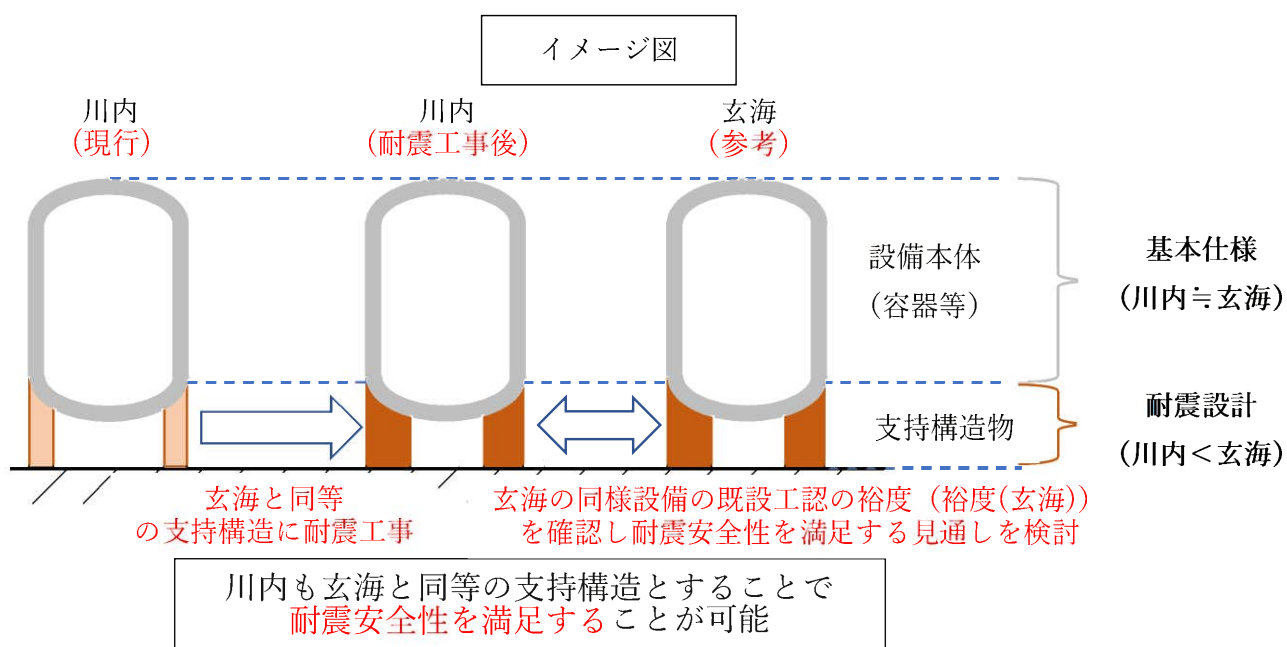
鉛直方向

図2 川内Ss-3波と玄海Ss-1~5包絡波の応答スペクトル



耐震安全性の見通しに係る検討イメージ

- (1) 支持構造物の設計は地震動レベルにより決定される ⇒  $S_s$  が大きい方が耐震性の高い支持構造
- ⇩
- (2) 現行の基準地震動における設備の固有値での地震動レベルが大きい玄海 3, 4号機で耐震性を確保している設備については、川内も玄海と同等の支持構造とすることで耐震性が確保できる
- ⇩
- (3) 川内の設備と同様設備が玄海にあるかを確認し、玄海と同様設備の既設工認の裕度（裕度（玄海））と、川内の  $S_s$ -3 と玄海の既設工認の  $S_s$  ( $S_s$ -1~5) の応答スペクトルの比（応答比（玄海））を比較することで、耐震安全性を満足する見通しを得る



## ○平底たて置円筒容器（復水タンク及び燃料取替用水タンク）の概略検討について

## 1. 概要

平底たて置円筒容器である復水タンク及び燃料取替用水タンクについては、最小裕度部位が容器本体の胴板部であり、**胴板部に対する耐震工事を実施した同様設備が玄海にない**ことから、胴板の座屈評価について、個別検討を実施する。なお、設置許可段階においては、建屋応答解析を実施した後に得られる床応答曲線（FRS）が得られていないため、解放基盤表面における基準地震動を用いた概略検討を実施する。

## 2. 検討内容

胴板部の座屈評価に対する補強としては、円筒部に対しリング補強材の設置が有効であることが既往知見において示されており、同様の構造の採用が考えられる。ここでは、タンクに対する裕度向上効果を確認するため、以下のとおり試解析を行った。

①タンク形状：胴板補強（補強リングを 8 本設置）

②評価方法：既設工認にて実績のある静的弾塑性座屈解析手法（**既設工認では JEAG 式を用いて評価**）

③入力条件：Ss-3 と、Ss-1 及び Ss-2 の包絡波の応答スペクトルを比較し応答スペクトル比を算出。

既設工認において、タンクの評価に用いた FRS に、算出した応答スペクトル比を乗じ、概略検討に用いる概略検討用 FRS を作成する。

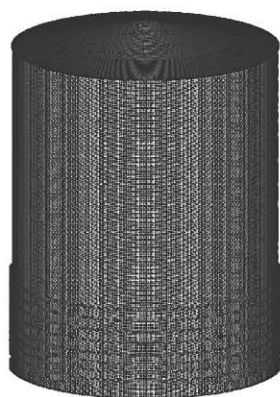


図 3 FEM モデル図（例：燃料取替用水タンク）

3. **耐震安全性**の見通し

試解析の結果、いずれのタンクも裕度 1 以上を満足する結果が得られたことから、**耐震安全性を満足する見通し**を有する。

設備	裕度向上効果を踏まえた試解析後の裕度
復水タンク	1. 3 3
燃料取替用水タンク	1. 0 1

## 4. その他

概略検討に用いた解析コード：ABAQUS（既設工認にて原子炉格納容器に適用）

## ○障壁の概略検討について

## 1. 概要

障壁については、最小裕度部位は溝形鋼の水平はりであり、同様設備がないことから、個別検討を実施する。

## 2. 検討内容

溝形鋼の水平はり部に対し、図 4 に示すように鋼板(緑色)を溶接し、BOX 化すること(左右を鋼板(青色)で塞ぐ)で裕度向上を図る。なお、BOX 化後の形状は、同一設備の一部にて採用している構造である。

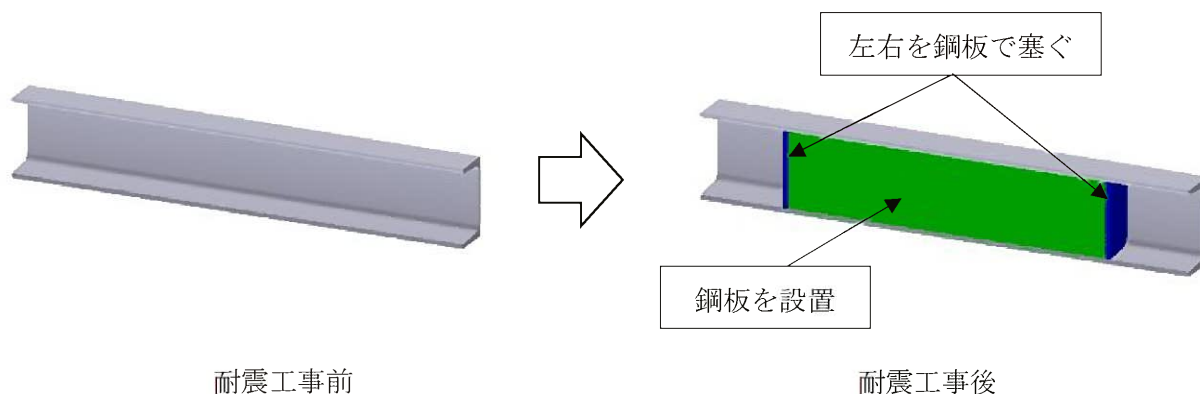


図 4 障壁の耐震工事のイメージ

## 3. 耐震安全性の見通し

障壁の最小裕度部位の評価応力は、曲げ応力( $\sigma = M/Z$ )であり、断面係数  $Z$  を大きくすることで応力低減を図ることが可能である。具体的には、BOX 化することによって、弱軸の断面係数が 3.27 倍(採用済みと同じ厚さ 6mm の鋼板を溶接の場合)となる。よって、曲げモーメント  $M$  が 1 次固有周期の最大応答スペクトル比である 1.24 倍を考慮しても、断面係数  $Z$  (3.27 倍)のほうが大きいことから、耐震安全性を満足する見通しを有する。



## ○配管の概略検討について

## 1. 概要

配管については、敷設ルートが多種多様であることから、個別検討を実施する。

## 2. 検討内容

図5に示すように、既設のサポートの間にサポートを追設する等により裕度向上を図る。なお、サポートの追設等は、これまでも実績のある工事である。

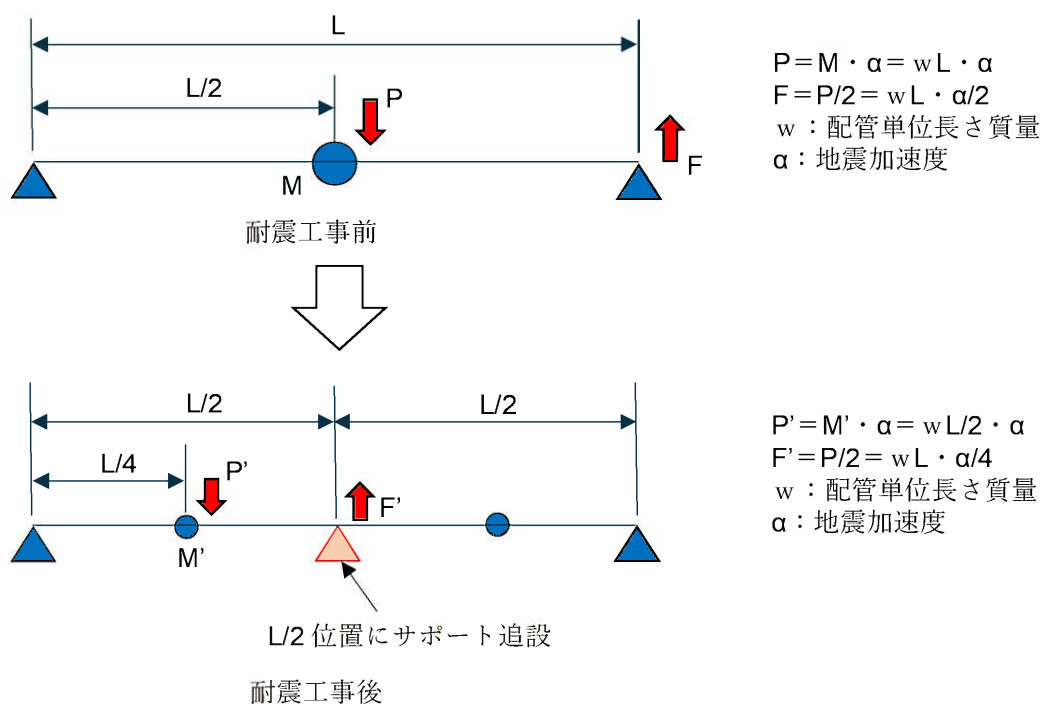


図5 配管の耐震工事のイメージ

## 3. 耐震安全性の見通し

配管については、サポートを追設する等により、サポート荷重の低減が可能である。例えば、図5のようにサポート支持間隔を1/2にする場合、サポート荷重は1/2程度となる。また、サポートの追設により固有振動数が剛側となり、応答加速度の低減効果も見込まれるため、実際には更なる荷重低減が可能である。必要により更にサポート支持間隔を短くする等により対応可能であることから、耐震安全性を満足する見通しを有する。