

柏崎刈羽原子力発電所7号機

耐震設計上重要な機器・配管系の
耐震安全性評価について

平成20年11月4日
東京電力株式会社



東京電力

評価方針

- 基準地震動Ssに対する耐震設計上重要な機器・配管系の安全機能の保持の観点から耐震安全性の評価を実施

【評価対象】

- Sクラス設備及び，B，Cクラス設備のうち，Sクラス設備に波及的破損を生じさせるおそれのある設備。

【評価項目】

- 構造強度評価
- 動的機能維持評価

評価方法

- 構造強度評価

基準地震動 S_s により設備に加わる地震力等によって部材に発生する力（発生値）が材料の許容される強度（評価基準値）以下であることを確認。

- 動的機能維持評価

- 基準地震動 S_s に基づき求めた設備の応答加速度が評価基準値の加速度以下であることを確認。

- 制御棒の地震時挿入性については，基準地震動 S_s に基づく燃料集合体の相対変位が，試験により挿入性が確認された相対変位以下であることを確認。

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価対象

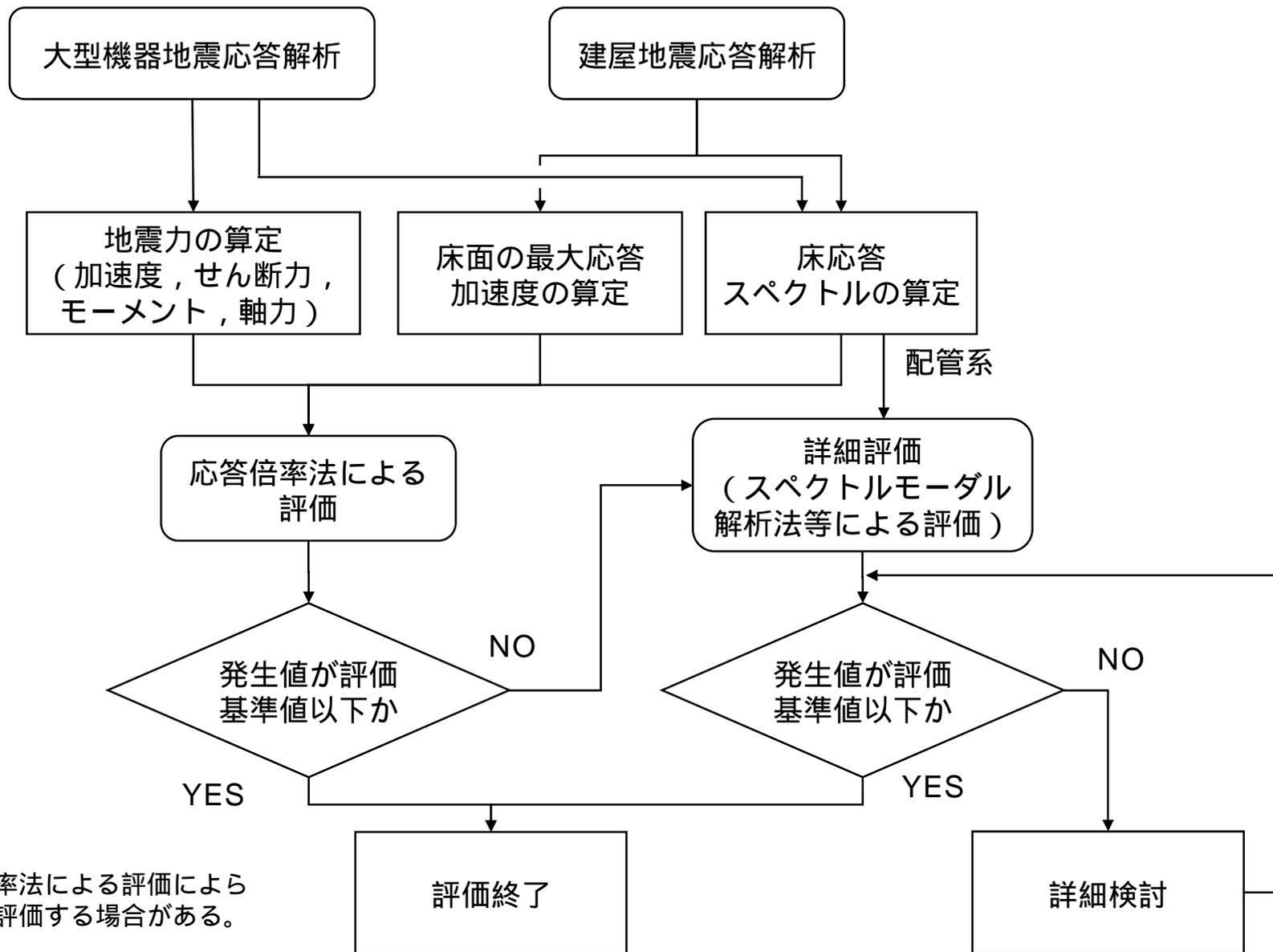
- 原子炉を「止める」，「冷やす」，放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する次の主要な施設

<p>「止める」</p> <ul style="list-style-type: none">・ 制御棒（挿入性）・ 炉心支持構造物	<p>「閉じ込める」</p> <ul style="list-style-type: none">・ 原子炉压力容器・ 主蒸気系配管・ 原子炉格納容器
<p>「冷やす」</p> <ul style="list-style-type: none">・ 残留熱除去系ポンプ・ 残留熱除去系配管	

耐震強化工事を実施した設備

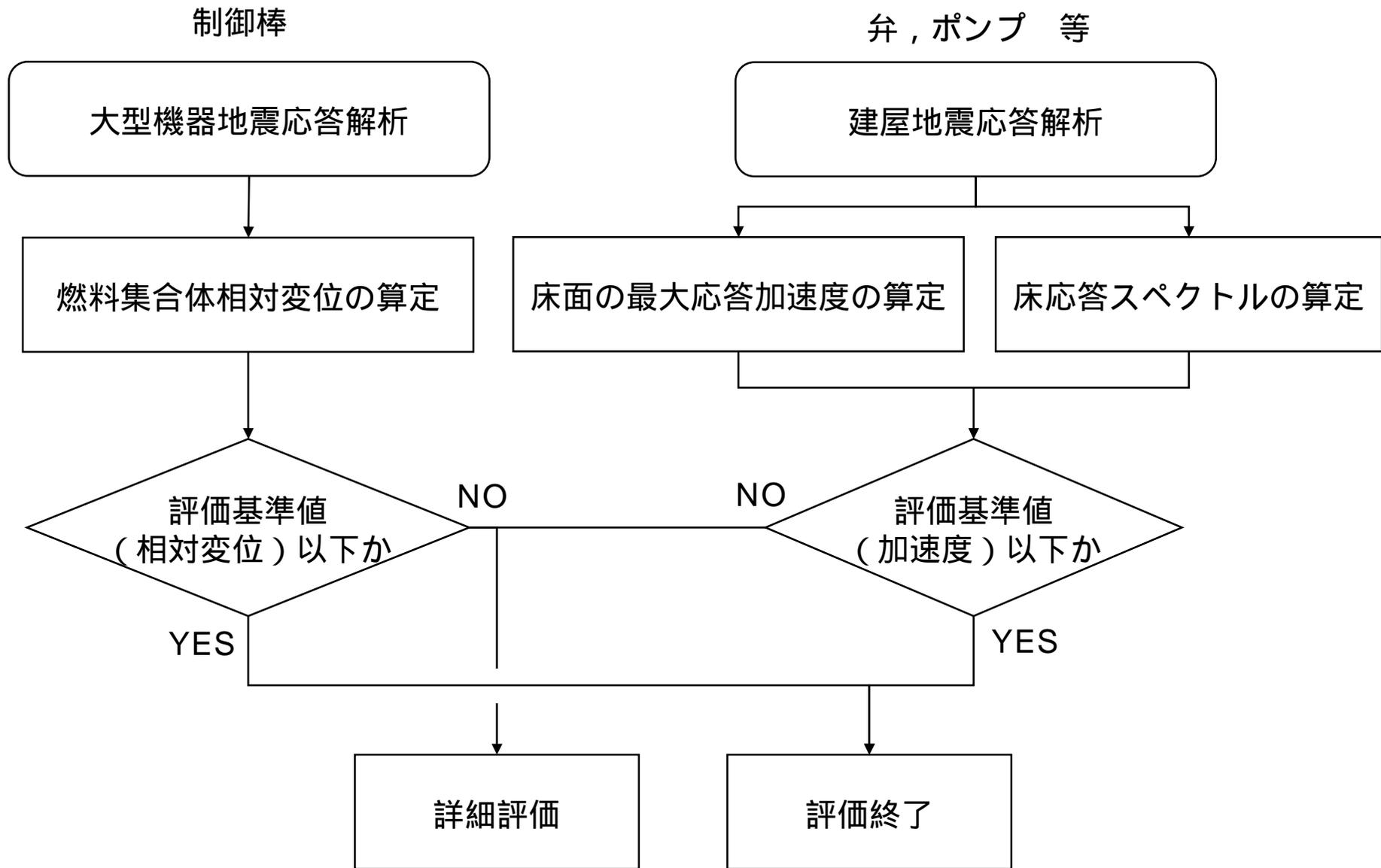
- 基準地震動 S_s に対する耐震安全性評価が現時点で未完了の設備もあることから， S_s による応答値が評価基準値以内であることを類推するための参考として，耐震強化用地震動（原子炉建屋基礎版上で1000Galとなるもの）に対する評価結果を併記する。
- 耐震強化工事を実施した設備については，耐震強化工事実施後の状態で評価を行った。

構造強度評価の流れ



応答倍率法による評価によらず、詳細評価する場合がある。

動的機能維持評価の流れ



応答倍率法による評価

- 設計時の耐震計算書等の既往評価条件と基準地震動 S_s の評価条件の比率（応答比）を算定して、その応答比を既往評価値に乗じることにより、基準地震動 S_s に対する評価対象設備の応答値が、評価基準値を上回らないことを確認する。

応答比

A1：設備の発生応力値を算定するにあたり、せん断力，モーメント，軸力を用いる機器は，基準地震動 S_s による地震力と既往評価の地震力との比を応答比とする

A2：設備の発生応力値を算定するにあたり，水平加速度，鉛直加速度を用いる機器は基準地震動 S_s による床応答スペクトル等と，既往評価で用いた床応答スペクトル等から水平加速度と鉛直加速度の比をそれぞれ求め，大きい方の値を応答比とする

$$\text{応答比} = \text{MAX} \left(\frac{C_H}{C_{H0}}, \frac{C_V}{C_{V0}} \right)$$

C_{H0} ：既往評価による水平加速度

C_H ：基準地震動 S_s による水平加速度

C_{V0} ：既往評価によるの鉛直加速度

C_V ：基準地震動 S_s による鉛直加速度

減衰定数

- 「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版」に規定された値を基本とし，試験等で妥当性が確認された値も用いる。

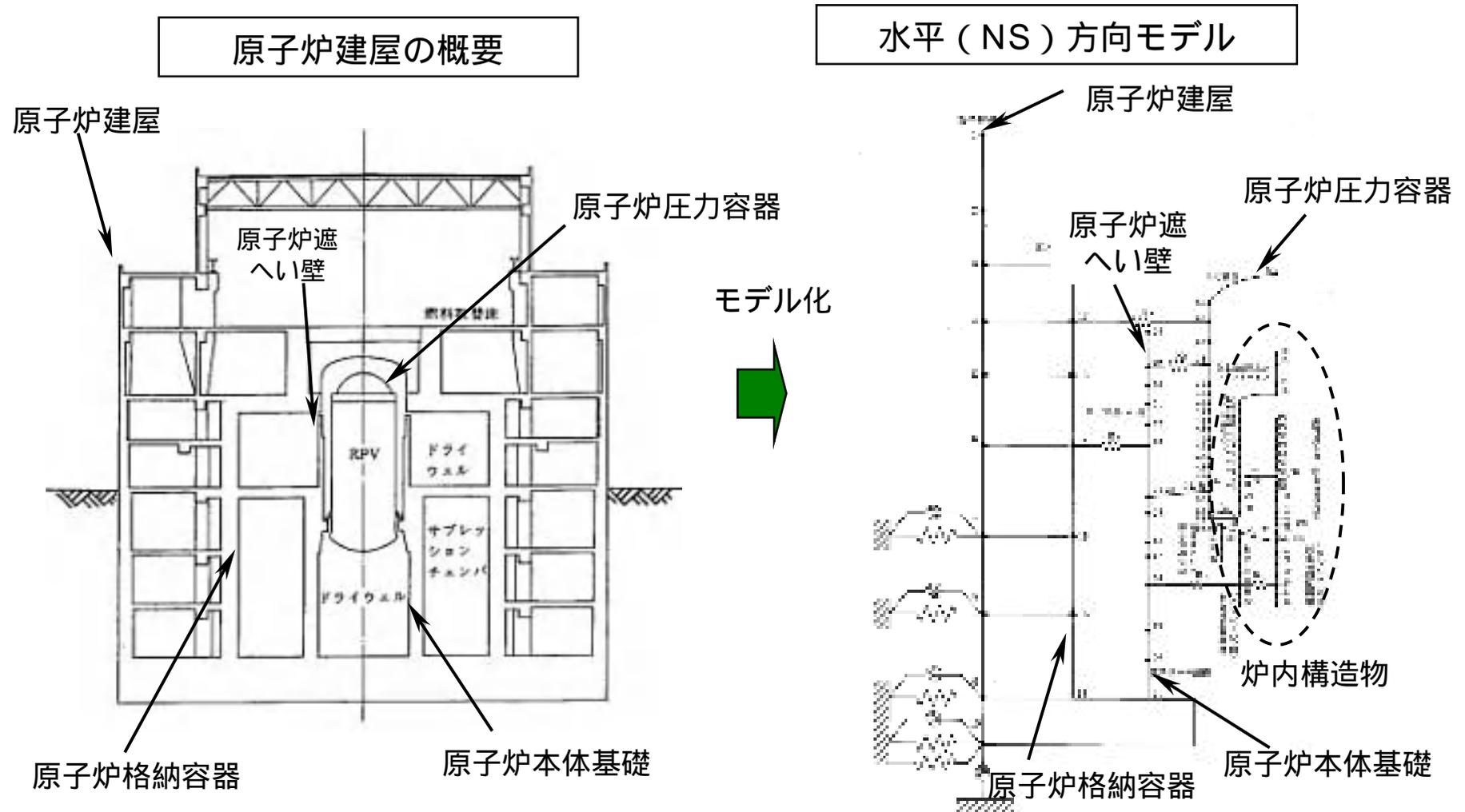
対象施設	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0
ポンプ・ファン等の 機械装置	1.0	1.0
燃料集合体	7.0	1.0
配管系	0.5～3.0	0.5～3.0

上記以外の減衰定数を使用する設備例

- ・ 使用済燃料貯蔵ラック，原子炉建屋天井クレーン，燃料取替機 等

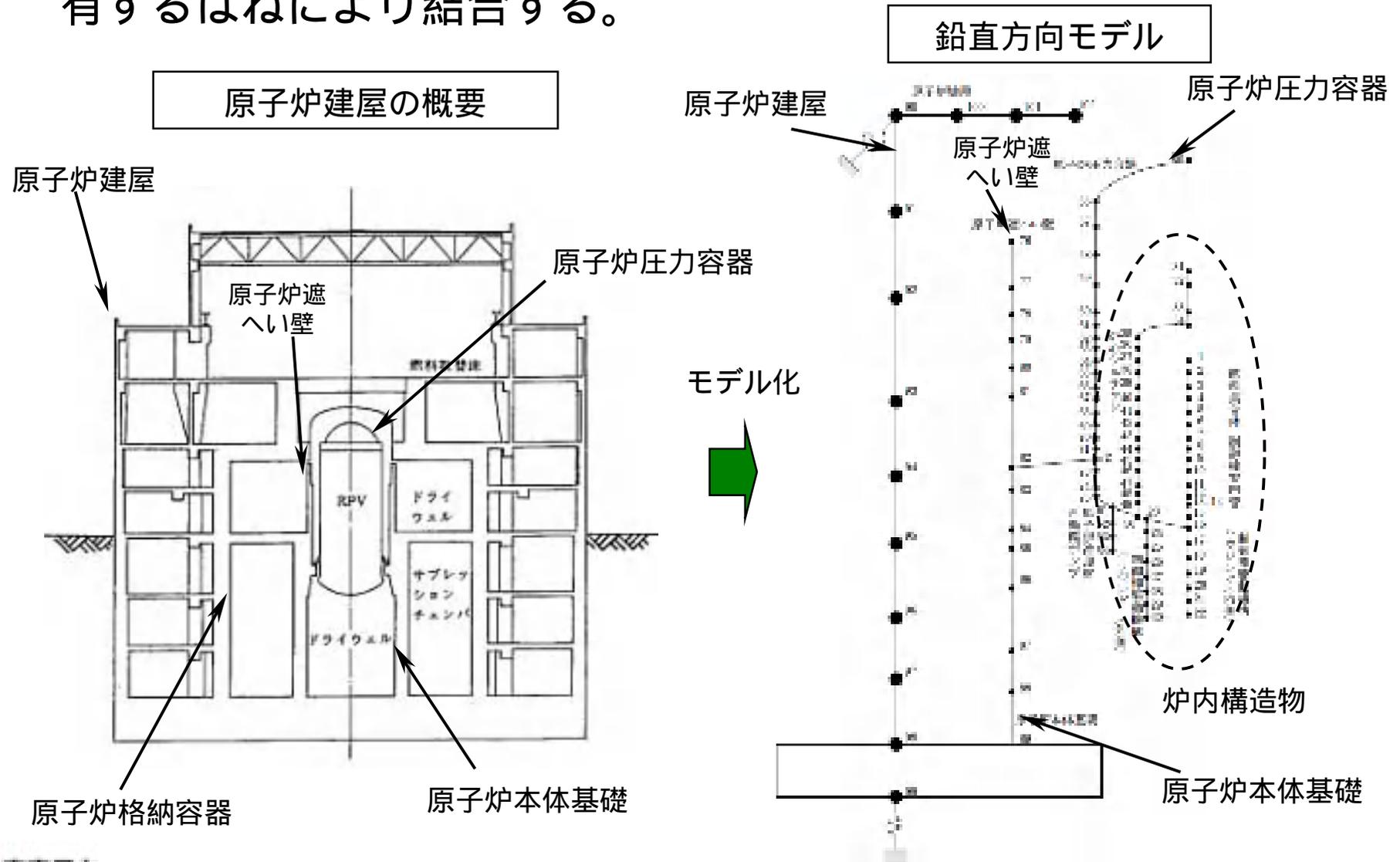
炉内構造物連成解析モデル（水平方向）

- 水平方向は，多質点モデル化し，それぞれの質点間を曲げ，せん断剛性を有するはり，またはばねにより結合する。



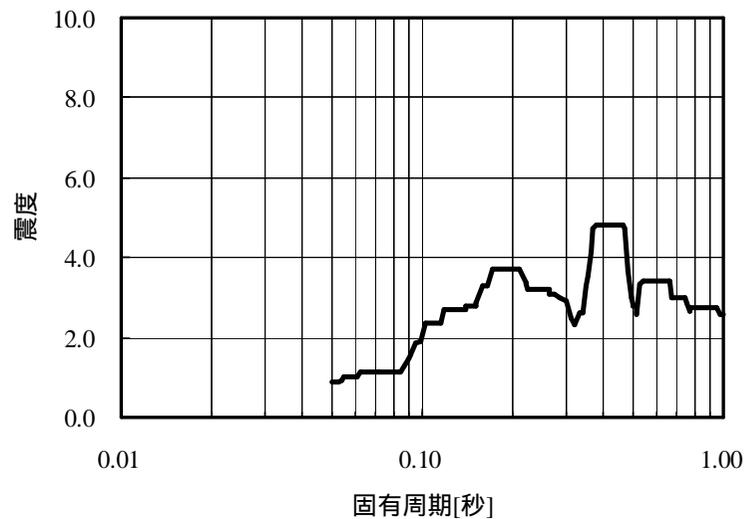
炉内構造物連成解析モデル（鉛直方向）

- 鉛直方向は，質点間を軸剛性（圧縮，引張に対する剛性）を有するばねにより結合する。

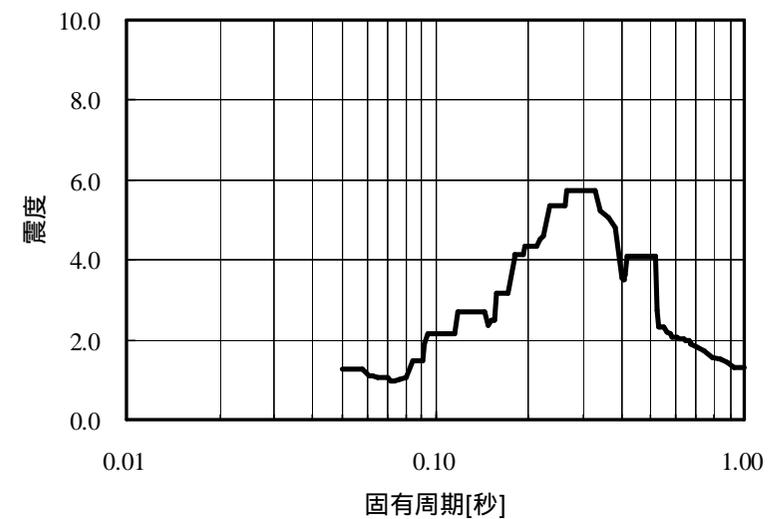


床応答スペクトル

- 建物・構築物，大型機器の地震応答解析で得られた各位置の加速度応答時刻歴を用いて水平方向および鉛直方向について算定
- 算定にあたっては，地盤や建屋の物性等のばらつきが床応答に与える影響を考慮し，「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等を参考に周期軸方向に $\pm 10\%$ 拡幅

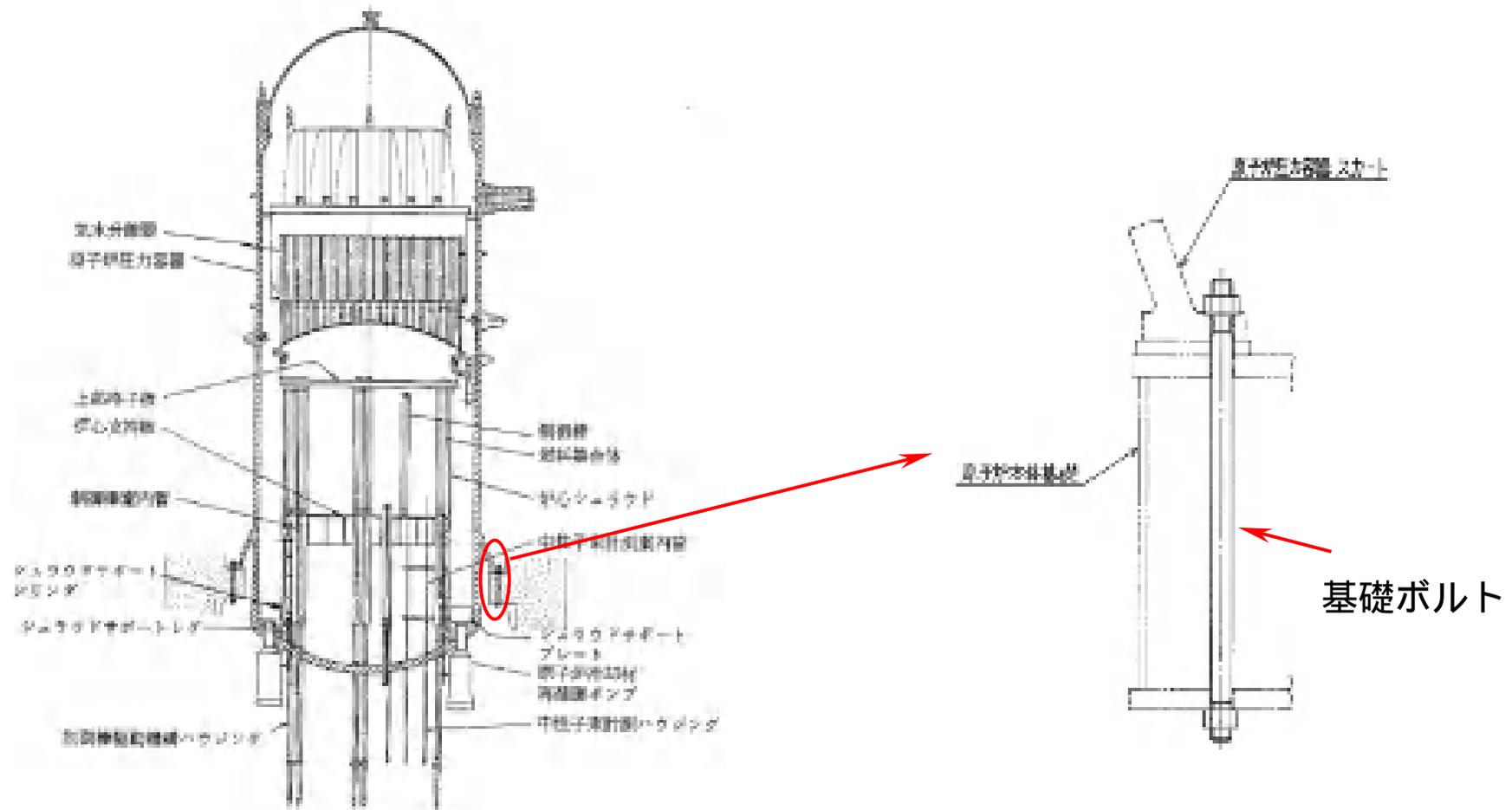


原子炉建屋水平方向 (Ss1 ~ 5包絡)
(T.M.S.L.-8.200m 減衰1.0%)

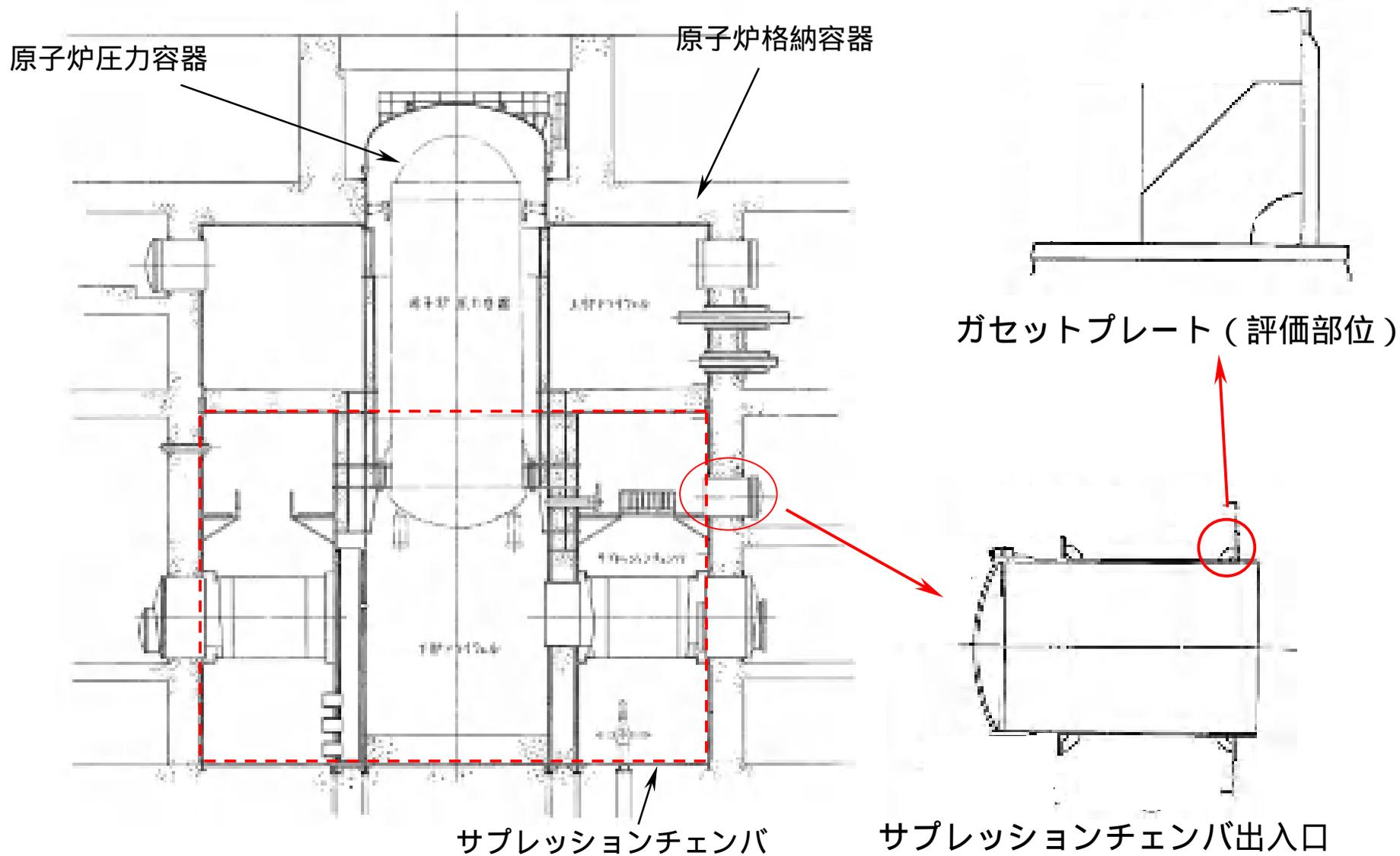


原子炉建屋鉛直方向 (Ss1 ~ 5包絡)
(T.M.S.L.-8.200m 減衰1.0%)

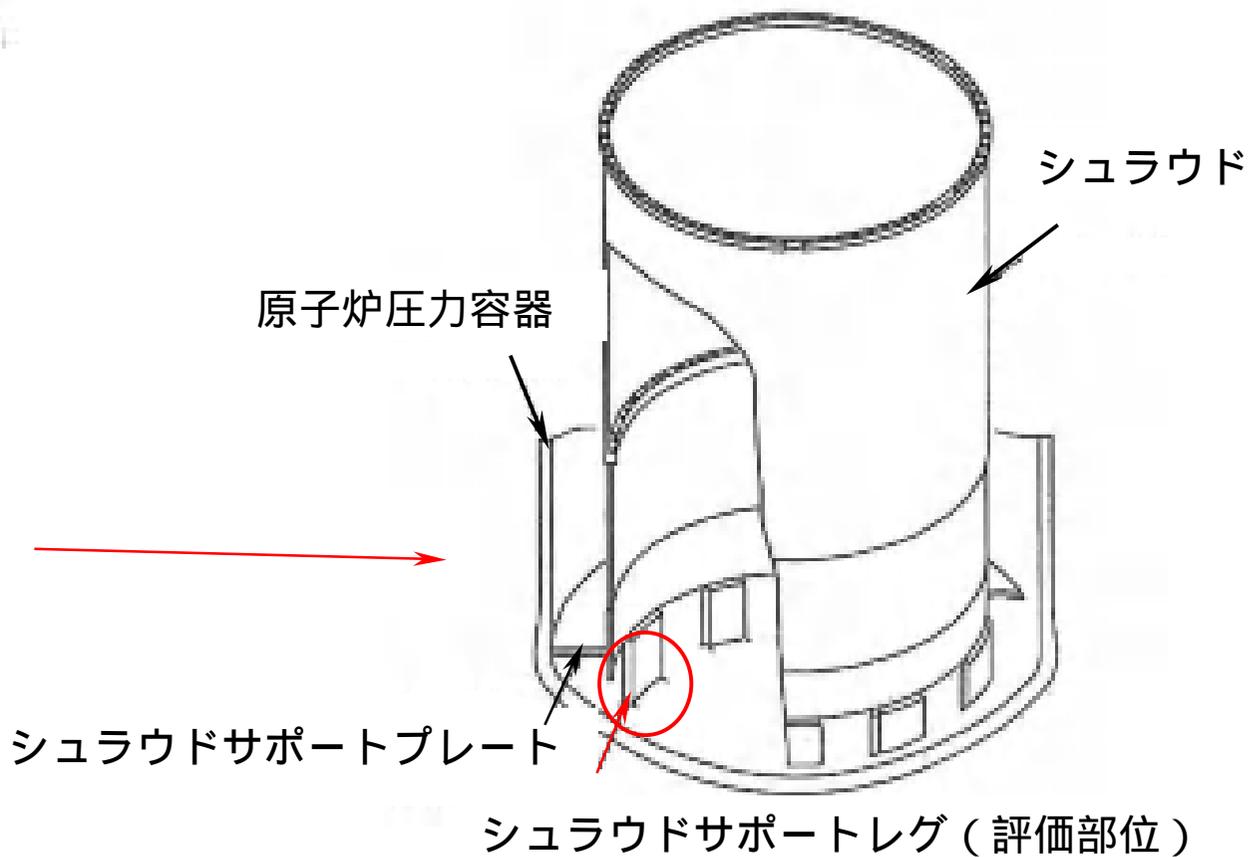
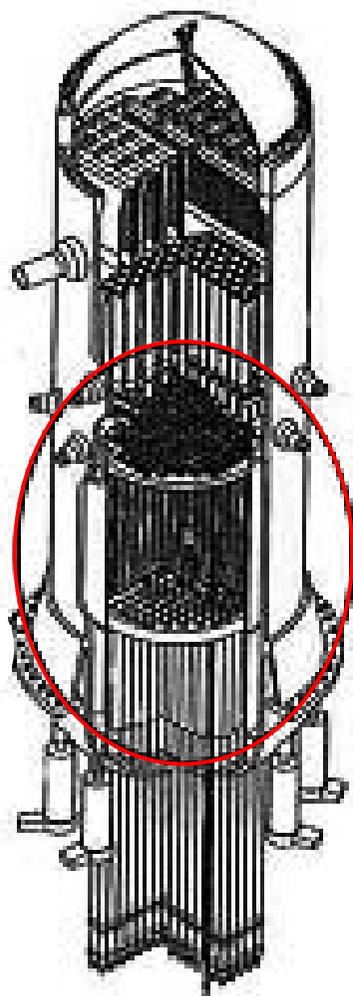
原子炉压力容器（基礎ボルト）



原子炉格納容器（サブプレッションチェンバ出入口）

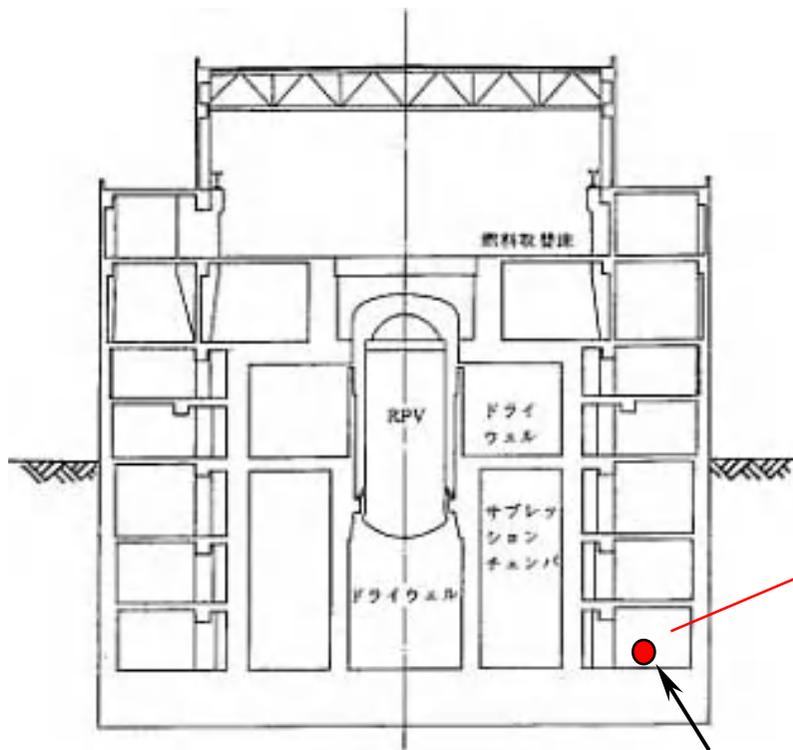


炉心支持構造物（シュラウドサポート）



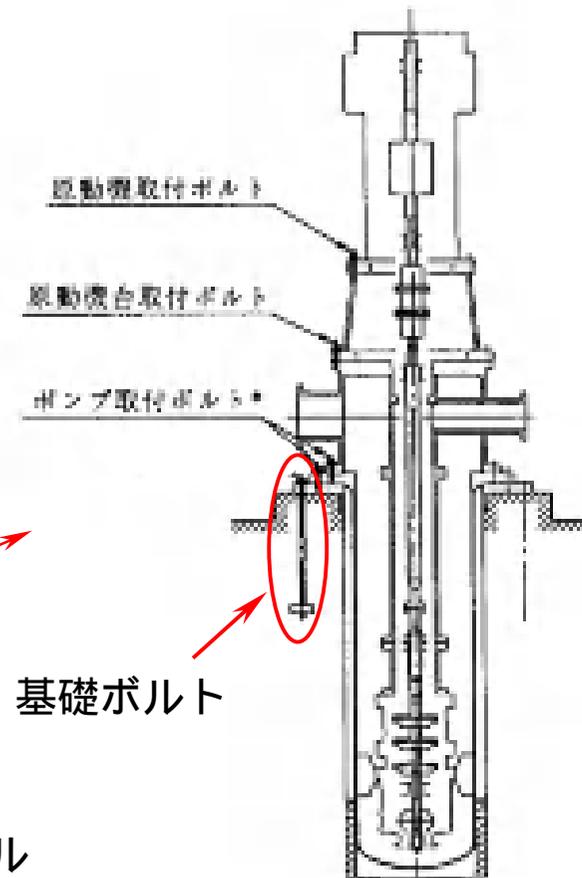
残留熱除去系ポンプ（基礎ボルト）

原子炉建屋模式図



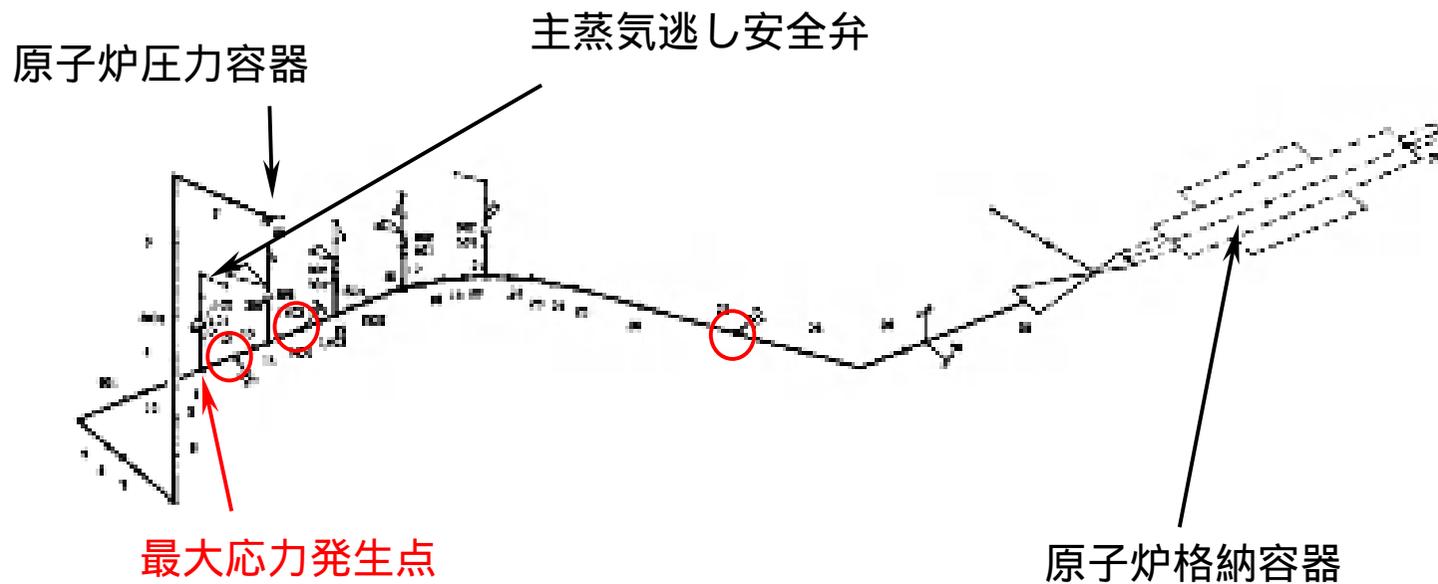
残留熱除去系ポンプ設置レベル

残留熱除去系ポンプ断面図



主蒸気系配管

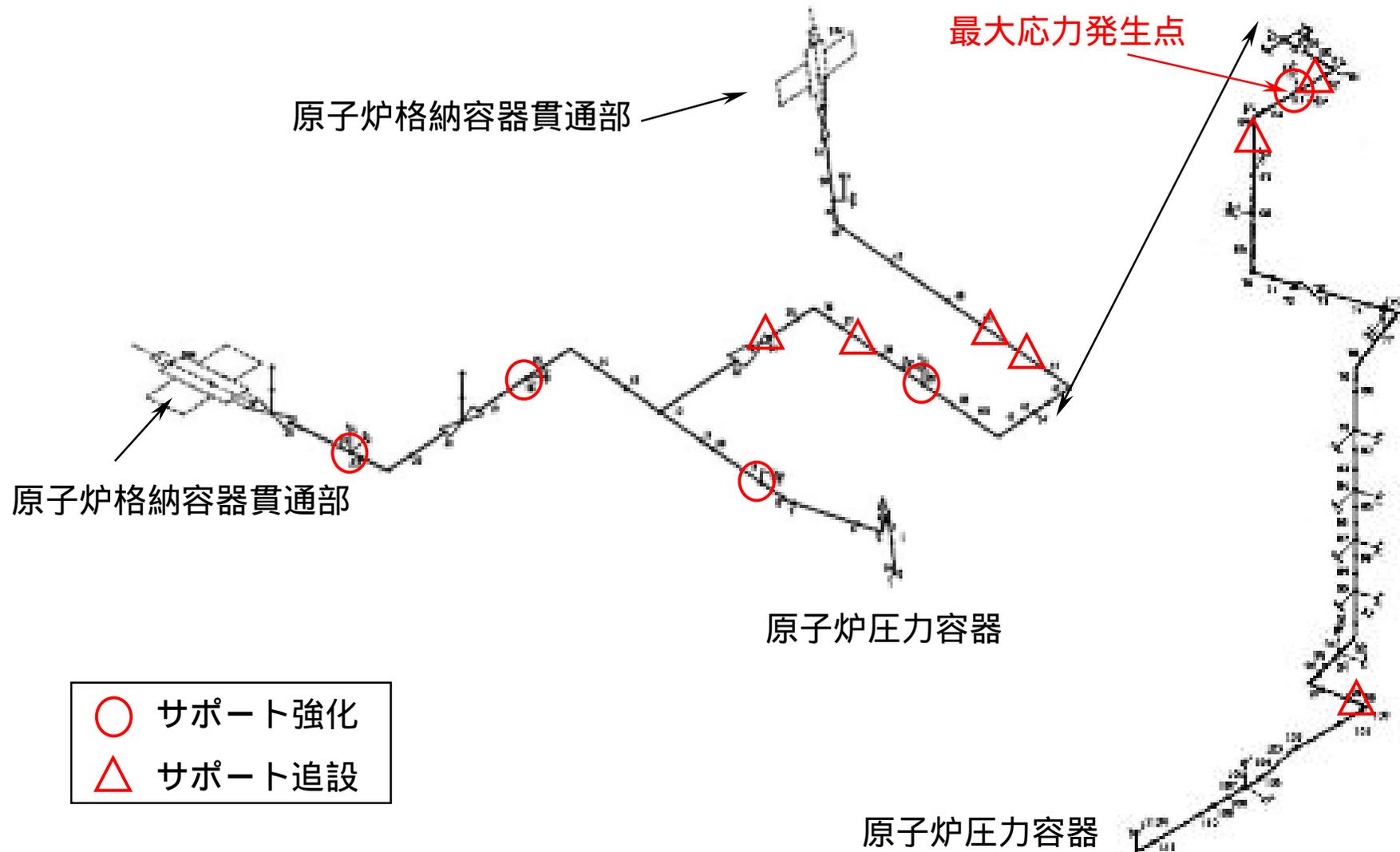
設計時の配管モデルに、耐震強化を行ったサポート情報を示す



- サポート強化
- △ サポート追設

残留熱除去系配管

設計時の配管モデルに，耐震強化を行ったサポート情報を示す



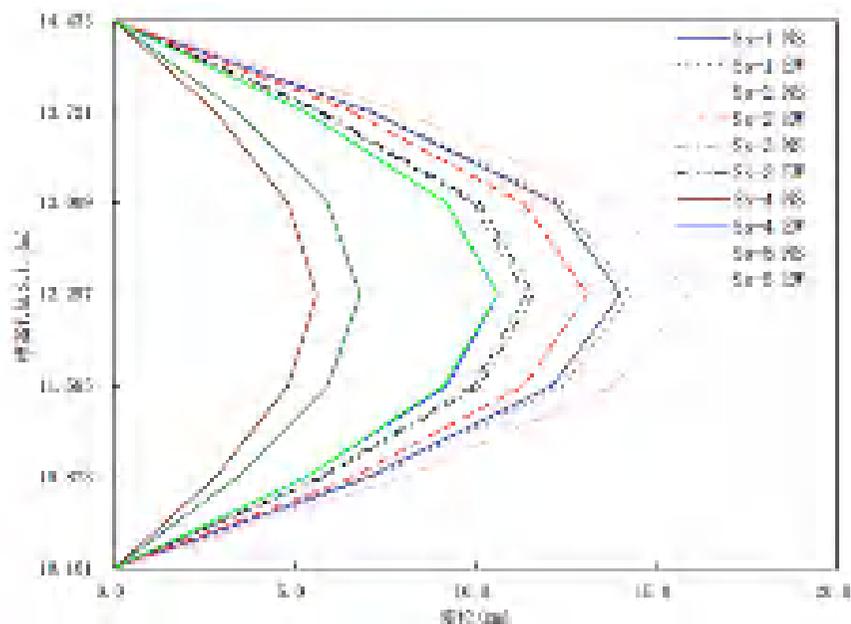
構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	算出値 (MPa)		評価基準値 (MPa)	評価方法 ²
		Ss	耐震強化用地震動 ¹		
原子炉圧力容器	基礎ボルト	評価中	254	499	B
原子炉格納容器	サプレッションチェンバ ⁶ 出入口	24	29	164	B
炉心支持構造物	シュラウドサポート	評価中	63	260	B
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	14	15	350	A2
残留熱除去系配管	配管	206	339	364	B
主蒸気系配管	配管	217	279	374	B

- 1 原子炉建屋基礎版上で約1000ガルの揺れとなるように定めた耐震強化用の参考値
- 2 A2は「加速度による応答比を用いた評価」, Bは「詳細評価」を示す

動的機能維持評価結果（制御棒挿入性）

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)			評価基準値（相対変位） (mm)	評価方法 ²
	新潟県 中越沖地震	Ss	耐震強化用 地震動 ¹		
制御棒 (地震時の挿入性)	7.1	15.9	32.9	40.0 ³	B

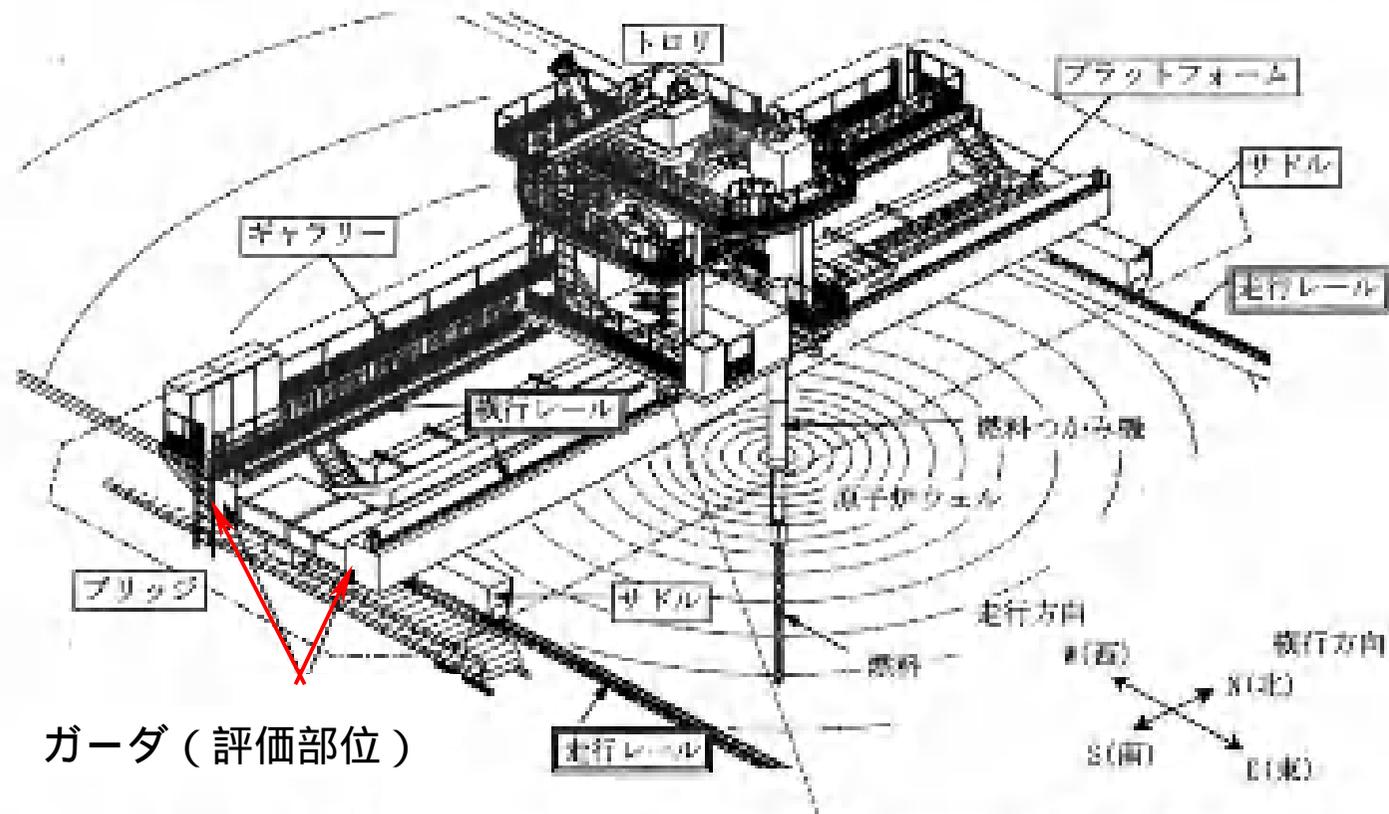


- 1 原子炉建屋基礎版上で約1000ガルの揺れとなるように定めた耐震強化用の参考値
- 2 Bは「詳細評価」を示す
- 3 常温における挿入試験により、規定時間内に制御棒が挿入されたことが確認された燃料変位

建屋-機器連成解析により求めた燃料相対変位（Ss評価）

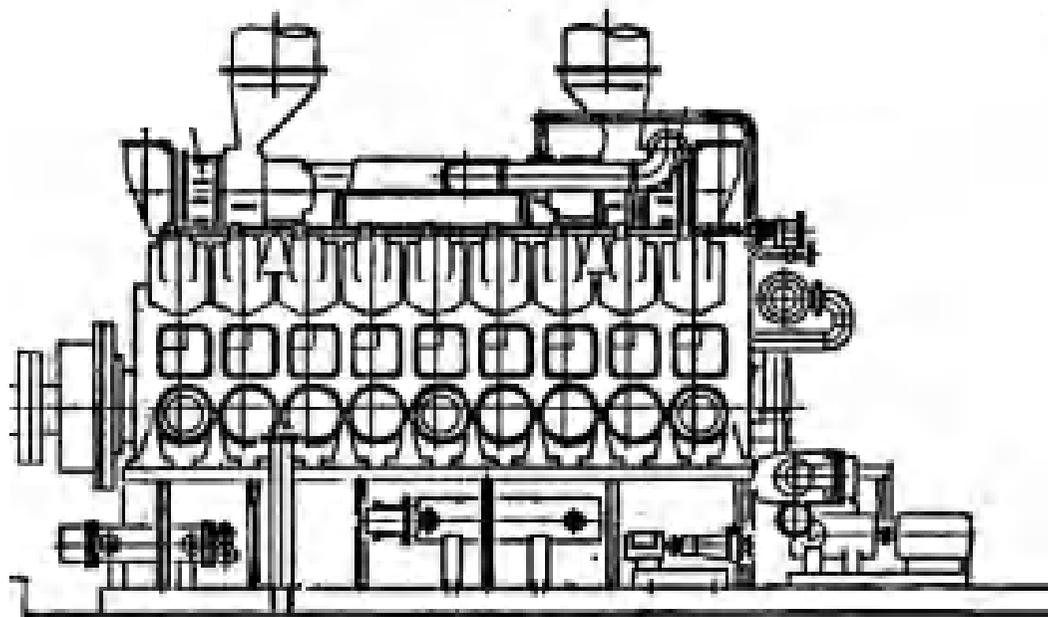
参考資料

(参考) 燃料取替機 (構造物フレーム)

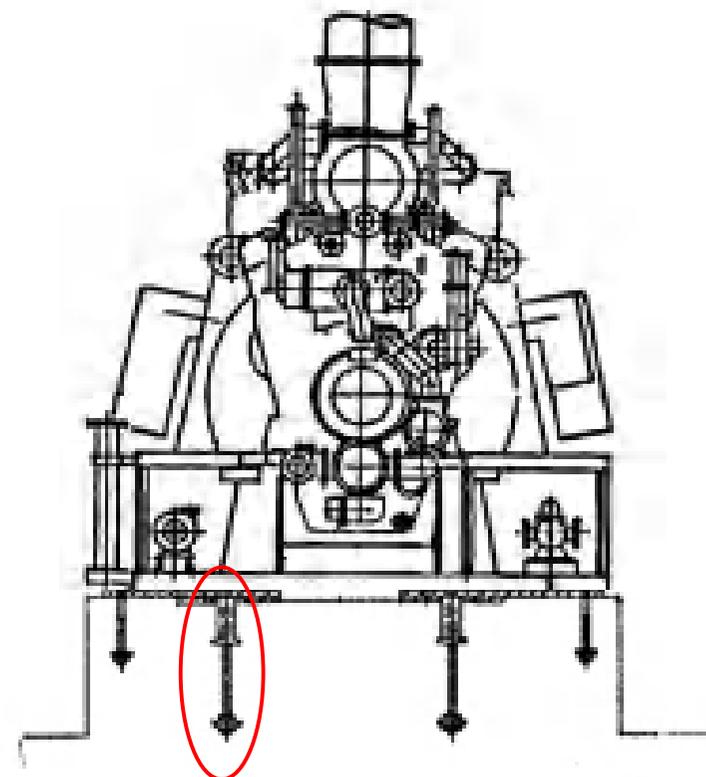


(参考) ディーゼル機関 (基礎ボルト)

ディーゼル機関側面図



ディーゼル機関正面図



基礎ボルト

(参考) 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	算出値 (MPa)		評価基準値 (MPa)	評価 方法 ²
		Ss	耐震強化用地震動 ¹		
燃料取替機	構造物フレーム	評価中	145	275	B
ディーゼル機関	基礎ボルト	評価中	67	225	A2

1 原子炉建屋基礎版上で約1000ガルの揺れとなるように定めた耐震強化用の参考値

2 A2は「加速度による応答比を用いた評価」, Bは「詳細評価」を示す