

1. 設置許可基準規則第 12 条の安全施設で説明を求めている安全機能の重要度分類クラスの見直しの妥当性に関連し、試験研究用等原子炉施設において、耐震重要度分類を変更した設備にあつては、当該設備に期待される安全機能、他設備への影響等の観点から、耐震重要度分類の変更の考え方、同規則第 12 条の安全機能の重要度分類クラスの見直しとの関係を説明すること。

地震荷重と他の荷重の組み合わせをどのように実施しているか説明すること。

(回答)

基準地震動による地震力に対して耐震 S クラスの設備・機器が安全機能を損なわないよう設計することとしている。耐震重要度は、設置許可基準規則の耐震重要度フローに準じて分類し、安全施設のうち、その機能喪失により周辺の公衆に過度(5mSv)の放射線被ばくを与えるおそれのある設備を耐震 S クラスとして見直した結果、後備停止系、補助冷却設備、炉容器冷却設備、原子炉格納施設、非常用空気浄化設備、非常用発電機等の耐震クラスを S クラス(旧 As、A クラス)から B クラスへ見直した。耐震 S クラス以外の設備・機器の損傷が発生した場合、周辺公衆への被ばく量は約 3mSv となり、5mSv を超えないことを評価している。

内部事象と地震動の組み合わせについては、その内部事象と同様な事象が地震によって引起されるおそれがなく、かつ、その事象によって作用する荷重が短時間で終結する場合には、事象と地震動を組み合わせない。ただし、地震動の発生確率が高い B クラスに適用される地震力は事象と組み合わせるものとする。

耐震 S クラス施設が破損しない内部事象と地震との組み合わせにあつては、耐震 B クラスに適用される地震力を組み合わせている。その場合、耐震 S、B クラス施設の安全機能は損なわれないため、安全は確保される。また、耐震 B クラスに適用される地震力を超える地震についても組み合わせている。その場合、耐震 B クラス施設の安全機能は損なわれるが、耐震 S クラス施設の安全機能が損なわれないことにより、原子炉は安全に停止・維持され敷地周辺の公衆の被ばく量は 5mSv を超えることはない。

耐震 S クラス施設が破損する内部事象と地震との組み合わせにあつては、耐震 B クラスに適用される地震力を組み合わせている。その場合、起因事象の耐震 S クラス施設以外の耐震 S クラス施設と B クラス施設の安全機能は損なわれないため、安全は確保される。耐震 S クラス施設の破損は地震によって引起されるものでなく、かつ、その事象によって作用する熱荷重、圧力荷重は自然冷却により短時間で終結する。そのため、耐震 S クラス施設が破損する内部事象と耐震 B クラスに適用される地震力を超える地震は組み合わせしていない。なお、耐震 B クラスに適用される地震力を超える地震が発生した場合の挙動は、13 条に係る追補 1 にて示す。

地震荷重と他の荷重の組み合わせについて、耐震 S クラス施設に対する評価では、基準地震動

Ss 及び弾性設計用地震動 Sd による地震荷重、自重、地震と組み合わせべきプラントの運転状態における圧力荷重、機械的荷重等を組み合わせ評価している。例えば、1 次ヘリウム配管(二重管)の評価では、通常起動等の運転状態Ⅰにおける荷重※、原子炉入口温度制御系異常等の運転状態Ⅱにおける荷重※、中間熱交換器用ヘリウム循環機制動装置故障等の運転状態Ⅲにおける荷重※を考慮し、基準地震動 Ss 及び弾性設計用地震動 Sd による地震荷重と組み合わせ評価している。

耐震 B クラス施設に対する評価では、耐震 B クラスに適用される地震による荷重、自重、当該設備に設定上定められた最高使用圧力による荷重、機械的荷重を組み合わせ評価している。例えば、高温ガス炉第 4 種管、容器の評価では、自重、最高使用圧力による荷重を考慮し、耐震 B クラスに適用される地震による荷重と組み合わせ評価している。

※ 当該運転状態時の圧力荷重、機械的荷重等の組み合わせべき荷重

2. 耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位クラスに属する設備の波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計について、設計上想定する事象の選定、影響の評価等について説明すること。

(回答)

設計上想定する事象の選定について

基準地震動 S_s が発生しても、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないことを確認する。評価対象設備(第4回設工認(令和2年3月30日申請))は、以下のとおりである。耐震重要施設まわりの概要図を第1図に示す。

- 原子炉建家屋根トラス

基準地震動 S_s が発生しても、原子炉建家屋根トラスの損傷及び落下により、Sクラスの使用済燃料貯蔵設備貯蔵プール及び原子炉格納容器内のSクラスの機器・配管系に対して波及的影響を及ぼさないこととする。

- 原子炉格納容器

基準地震動 S_s が発生しても、原子炉格納容器の損傷により原子炉格納容器内のSクラスの機器・配管系及びSクラスの原子炉格納容器貫通部配管に対して波及的影響を及ぼさないこととする。

- 原子炉建家天井クレーン

基準地震動 S_s が発生しても、原子炉建家天井クレーンの損傷及び落下により、Sクラスの使用済燃料貯蔵設備貯蔵プール及び原子炉格納容器内のSクラスの機器・配管系に対して波及的影響を及ぼさないこととする。

- 排気筒

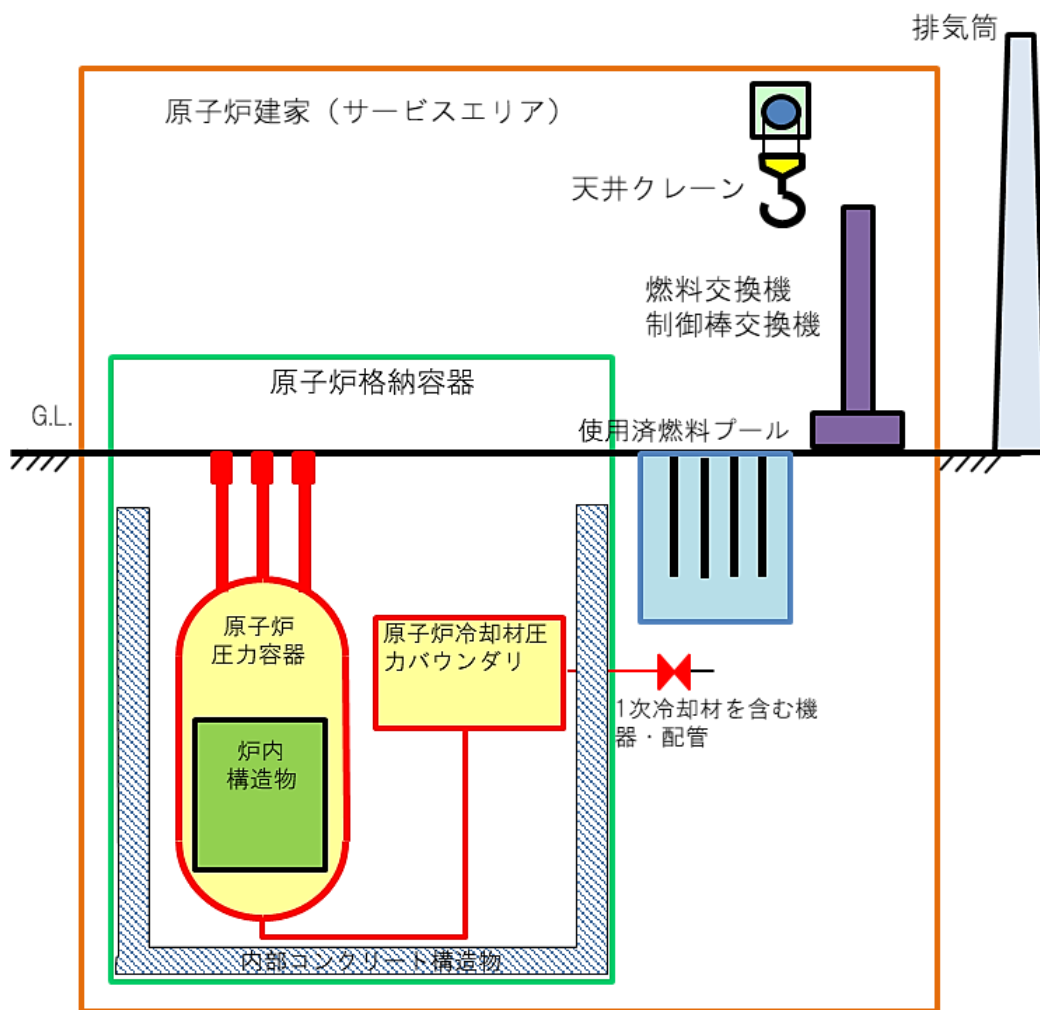
基準地震動 S_s が発生しても、排気筒の損傷及び転倒により、原子炉建家内のSクラスの施設に波及的影響を及ぼさないこととする。

- 燃料交換機

基準地震動 S_s が発生しても、燃料交換機の損傷等により、Sクラスの使用済燃料貯蔵設備貯蔵プールに対して波及的影響を及ぼさないこととする。

- 制御棒交換機

基準地震動 S_s が発生しても、制御棒交換機の損傷等により、Sクラスの使用済燃料貯蔵設備貯蔵プールに対して波及的影響を及ぼさないこととする。



赤：閉じ込め機能の範囲

第 1 図 耐震重要施設まわりの概要図

影響の評価について

影響の評価を以下に示す。

波及的影響に関する解析の方針を第 2 図に示す。波及的影響は、離隔位置確認、耐震解析又は衝突解析により評価する。離隔位置確認では、評価対象施設の損傷等が発生しても、S クラス施設と評価対象施設の設置位置の関係から、S クラス施設の安全機能が損なわれないことを確認する。耐震解析では、評価対象施設の耐震健全性を基準地震動 S_s を用いて確認することにより、S クラス施設が安全機能を損なわないことを確認する。評価対象施設が S クラス施設に接触すること等によって影響を与える可能性がある場合は、評価対象施設と S クラス施設等の相互影響を衝突解析で評価し、S クラス施設の安全機能が損なわれないことを確認する。なお、耐震解析は、保守性が高い簡易評価又は実挙動評価を実施する。以下に、離隔位置確認、簡易評価、実挙動評価及び衝突解析の方法を示す。

1 離隔位置確認

評価対象施設の損傷等が発生しても、S クラス施設と評価対象施設の設置位置の関係から、S クラス施設の安全機能が損なわれないことを確認する。

2 簡易評価

保守的かつ簡易的な評価を実施し、評価対象施設が S クラス施設に影響を与えないことを示すことで、その安全機能を損なわないことを確認する。

3 実挙動評価

3 次元実形状モデルにより、基準地震動 S_s が発生した際の挙動を評価し、評価対象施設が S クラス施設に影響を与えないことを示すことで、その安全機能を損なわないことを確認する。

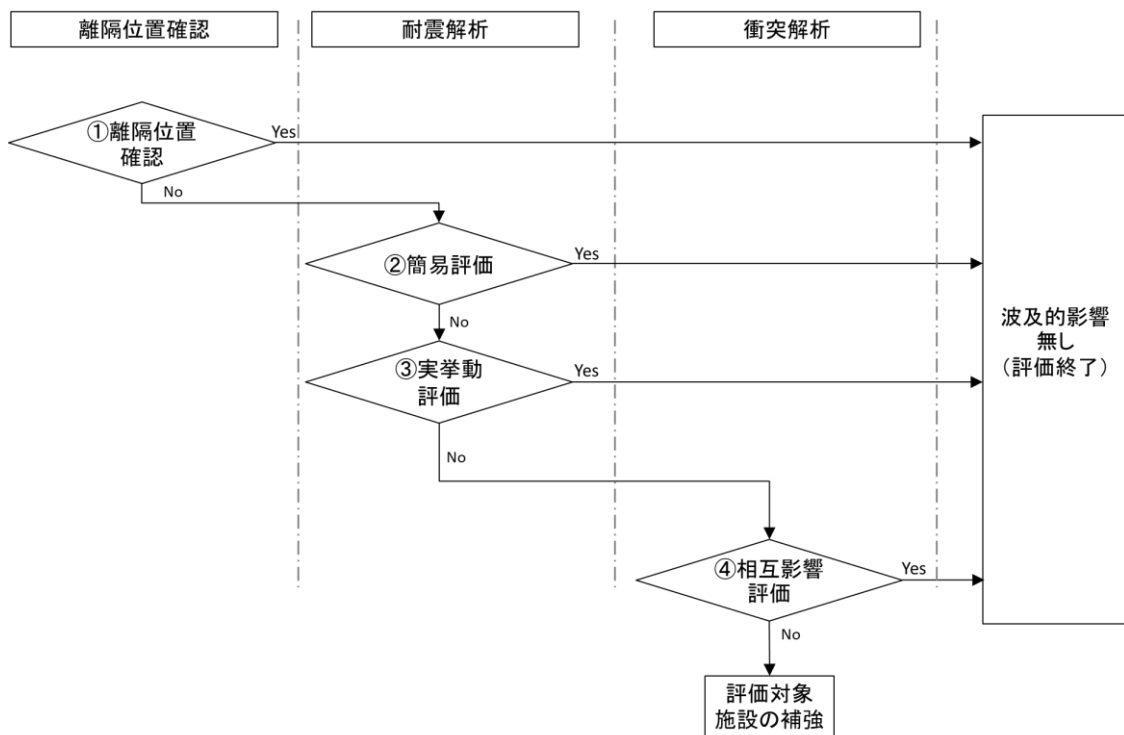
なお、評価対象施設の耐震評価にあたっては塑性変形を考慮する。

4 衝突解析

評価対象施設が損傷、転倒、落下、衝突等により、S クラス施設又は S クラス施設を内包する施設に対して、影響を与える可能性がある場合は、評価対象施設と S クラス施設等の相互影響を評価する。

上記の手法により、基準地震動 S_s が発生しても、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないことを確認した。

なお、原子炉建家屋根トラス、原子炉格納容器及び原子炉建家天井クレーンは簡易評価を用いて、排気筒は実挙動評価を用いて波及的影響評価を実施している。



※評価の順序を限るものではない。

第2図 波及的影響に関する解析の方針

3. 耐震重要施設のうち、動的機器等については、基準地震動による応答に対して、当該設備に要求される機能を保持されることを説明すること。

(回答)

耐震重要施設の機器について、動的機器の機能維持確認の考え方を第1表に示す。なお、制御棒の挿入性については、P.地震-321 から 325 に示す(平成 27 年 4 月 30 日第 55 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合資料)。

第1表 耐震重要施設の動的機器の機能維持確認の考え方

No.	動的機器	考え方
1	制御棒駆動装置(スクラム機能に関するもの)	制御棒駆動装置は、原子炉スクラム信号を起因として、重力により炉心内に落下挿入される。そのため、基準地震動 Ss が発生しても、制御棒の停止機能は、動的機器を用いずに機能が果たされる。
2	原子炉冷却材圧力バウンダリに属する循環機	循環機は、Sクラスの機能として閉じ込め機能を期待している。そのため、基準地震動 Ss が発生しても、動的機器の機能を期待しない。
3	原子炉格納容器バウンダリに属する弁(1次冷却材を含むもの)	弁は、完全固定点又はその近傍に設置されている。そのため、基準地震動 Ss が発生しても、弁の応答加速度は、JEAG4601に記載されている弁駆動部の機能確認済加速度以下であり、動的機器の機能は維持される。

4. 耐震設計において、HTTRに特有の黒鉛ブロック等の構造に係る規格基準や解析手法に基づく設計としているものにあつては、当初許可から基準地震動の見直しや温度条件等の解析条件の変更があつても適用可能なものであることを説明すること。

(回答)

黒鉛ブロック等の構造の設計は、①「高温ガス炉炉心支持黒鉛構造物の構造設計指針」(平成 2 年 12 月科学技術庁原子力安全局(平成 15 年 5 月 30 日改定))、②「高温ガス炉炉心黒鉛構造物の構造設計指針」(平成 2 年 12 月科学技術庁原子力安全局(平成 15 年 5 月 30 日改定))に基づいている。①及び②では、応力評価の方法、構造の規格、設計用データが定められている。

平成 15 年の改定では、SI 単位系の導入、引用 JIS 規格の見直し、告示 501 号より研究炉構造基準へ反映すべき事項の検討及び新たな知見の取り入れの4項目が変更された。いずれも黒鉛ブロック等の評価に影響を及ぼす変更ではない。また、高温ガス炉に係る日本原子力学会、IAEA テクニカル・コミッティ等の国内外での学会等口頭発表、研究・技術をまとめた研究レポート(JAEA-Research 等)を対象として、調査を実施した。その結果、①及び②が適用可能であることを確認した。

耐震解析の手法は、実験により検証された SONATINA-2V¹⁾を用いるものとする。SONATINA-2V の検証では、加速度 250gal、500gal、750gal の地震動による実験と解析の結果は良く一致することを確認した²⁾。本評価の黒鉛ブロック等の解析に用いる原子炉圧力容器における基準地震動の最大加速度は約 670gal であり、検証した地震動の範囲に収まっている。したがって、見直された基準地震動に対しても SONATINA-2V を適用可能である。

参考文献

- 1) 幾島毅 他、「垂直二次元炉心模型による高温ガス炉の炉心耐震試験と解析」、JAERI-1282、日本原子力研究所、1983 年 2 月
- 2) T. Ikushima et al., “A SEISMIC ANALYSIS METHOD FOR A BLOCK COLUMN GAS-COOLED REACTOR CORE”, Nuclear Engineering and Design, Vol. 55, No. 3, December 1979, pp. 331-342.

5. 添八の第 1.4.1 表_クラス別施設について

以下のように、第 1.4.1 表に全てを書き出し切れない施設は、まとめ資料として、図面や系統図を用いて明示する必要がある。

S クラス／バウンダリを構成する機器・配管系／主要設備／②原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器(中間熱交換器等)・配管(1 次ヘリウム配管(二重管)等)・循環機 (1 次ヘリウム循環機等)・弁 (1 次冷却設備の主要弁等)

(回答)

添八の第 1.4.1 表に全てを書き出し切れない施設を、表 1 に示す。表 1 の主要設備の図面を図 1 及び図 2 に示す。

原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器・配管・循環機・弁は、図 1 の赤線で示した箇所である。そのうち、容器は、中間熱交換器、原子炉圧力容器、1 次加圧水冷却器及び補助冷却器があり、青色の下線で示している。配管は、1 次ヘリウム配管(二重管)、1 次ヘリウム主配管(単管)、補助ヘリウム配管(二重管)及び補助ヘリウム主配管(単管)、がある。循環機は、1 次ヘリウム循環機(中間熱交換器用、1 次加圧水冷却器用)及び補助ヘリウム循環機があり、緑色の枠で示している。弁は、1 次ヘリウム主配管(単管)及び補助ヘリウム主配管(単管)の主要弁がある。

原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁を図 2 に示す。1 次冷却材を含む原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁は、1 次ヘリウム純化設備、1 次ヘリウムサンプリング設備及び破損燃料検出装置の原子炉格納容器貫通部配管・弁であり、赤色の枠で示している。1 次冷却材を含まない原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁は、補機冷却水設備、炉容器冷却設備等であり、赤色の枠で囲んでいない設備である。

表 1 全てを書き出し切れない施設

クラス	クラス別施設	主要設備
		適用範囲
S	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	①原子炉圧力容器 ②原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器(中間熱交換器等)・配管(1次ヘリウム配管(二重管)等)・循環機(1次ヘリウム循環機等)・弁(1次冷却設備の主要弁等)
	(iv) その他	①1次ヘリウム純化設備(原子炉格納容器内のもの) ②破損燃料検出系(原子炉格納容器内のもの) ③1次ヘリウムサンプリング設備(原子炉格納容器内のもの) ④原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁(1次冷却材を含む1次ヘリウム純化設備等の原子炉格納容器貫通部配管・弁)
B	(iv) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	①原子炉格納容器 ②原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁(1次冷却材を含まない補機冷却水設備等の原子炉格納容器貫通部配管・弁)



閉じ込め機能の補足説明図

- 閉じ込め機能の一部
- ①原子炉冷却材圧力バウンダリ
 - ②1次ヘリウム純化設備の一部
 - ③1次ヘリウムサンプリング設備の一部
 - ④燃料破損検出系の一部

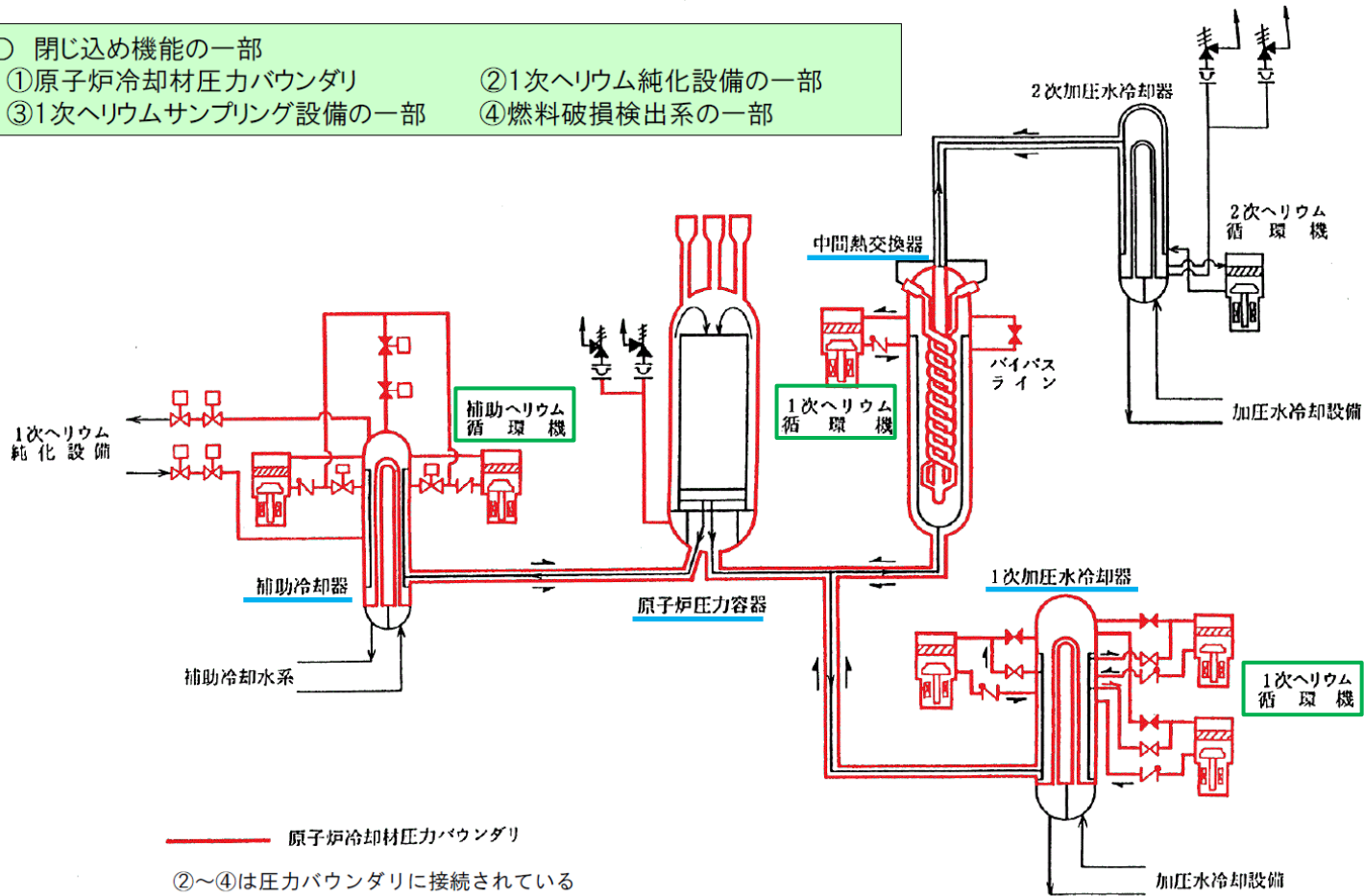


図1 原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器・配管・循環機・弁
地震-358

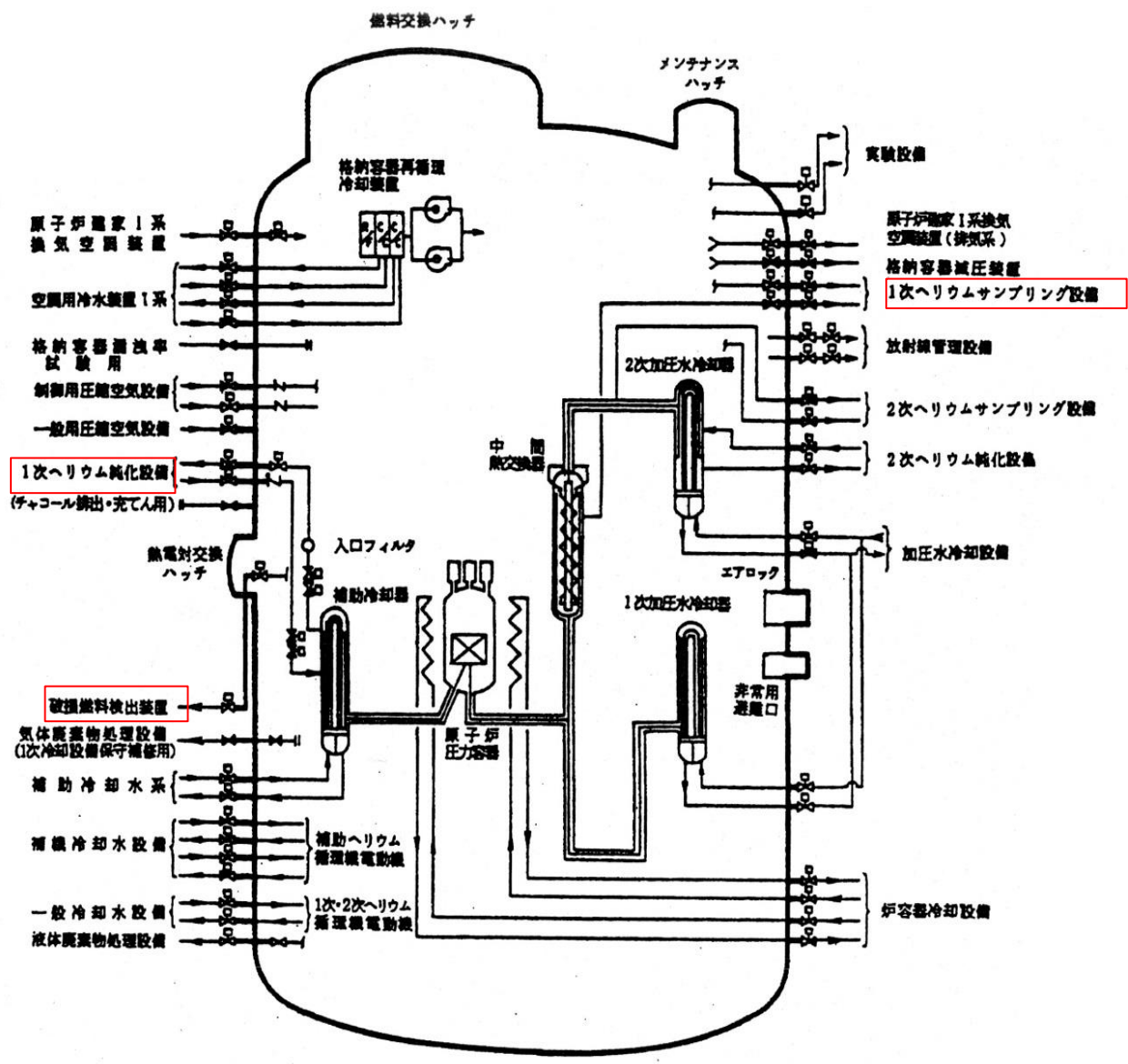


図2 原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁(赤枠:1次冷却材を含むもの)

変更許可申請書に記載している耐震重要度分類の表(第 1.4.1 表)と設工認申請書の評価対象を関係付けるため、第 1.4.1 表中の「クラス別施設」を評価対象設備に記載した。クラス別施設と評価対象設備の関係を第 2 表から第 9 表に示す。

なお、本表は、後段規制の設工認申請書にも記載する。

第 2 表 原子炉本体の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	原子炉圧力容器
		スタンドパイプ
		圧力容器スカート
		圧力容器基礎ボルト
	原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持する施設	サポートポスト(支持機能のみ)
		炉心支持板
		炉心支持格子
B クラス	原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	炉心拘束機構(拘束バンドを除く。)
		固定反射体ブロック
		高温プレナムブロック
		サポートポスト((支持機能のみ)を除く。)
		炉床部断熱層
—	—	炉心拘束機構の拘束バンド
		制御棒案内ブロック(制御棒の挿入性に係る箇所)
		燃料体
		可動反射体ブロック

第3表 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
Sクラス	使用済燃料を貯蔵するための施設	原子炉建家内の使用済燃料貯蔵設備 貯蔵ラック(上蓋を除く。)
Bクラス	使用済燃料を冷却するための施設	プール水冷却浄化設備(プール水冷却に関する部分)
	使用済燃料を貯蔵するための施設	使用済燃料貯蔵建家内使用済燃料貯蔵設備の貯蔵ラック(上蓋を除く。)
	放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により公衆及び放射線業務従事者等に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設	燃料交換機
		燃料出入機
	原子炉建家内附属機器	
	使用済燃料貯蔵建家内附属機器	

第 4 表 原子炉冷却系統施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	中間熱交換器
		1 次加圧水冷却器
		1 次ヘリウム循環機
		1 次ヘリウム配管(二重管)
		1 次ヘリウム主配管(単管)
		1 次冷却設備の主要弁
	その他	補助ヘリウム冷却系(原子炉冷却材圧力バウンダリに属するもの)
		原子炉冷却材圧力バウンダリに接続している配管(原子炉格納容器内のもの)
B クラス	原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	補助ヘリウム冷却系(原子炉冷却材圧力バウンダリ、C クラスに属するものを除く。)
		補助冷却水系
	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な施設	炉容器冷却設備(C クラスに属するものは除く。)
		補機冷却水設備(崩壊熱除去の主要設備に係わるもの)
	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1 次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る施設	1 次ヘリウム純化設備(S、C クラスに属する設備を除く。)
		試料採取設備(S、C クラスに属する設備を除く。)

第 5 表 計測制御系統施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持する施設	制御棒
		制御棒駆動装置
中央制御室の盤		
S クラス設備の補助設備となる電気計装設備		
	その他	放射能検出器容器(1 次冷却材放射能検出器容器)
B クラス	その他	後備停止系駆動装置
	放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が年間の周辺監視区域外の線量当量限度に比べ十分小さいものは除く	放射能検出器容器(S クラスを除く。)
	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	B クラス設備の補助設備となる電気計装設備

第 6 表 放射性廃棄物の廃棄施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
B クラス	放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が年間の周辺監視区域外の線量当量限度に比べ十分小さいものは除く	気体廃棄物処理系
		洗浄廃液ドレン系
		機器ドレン系
		床ドレン系
		使用済燃料貯蔵建家ドレン系

第 7 表 放射線管理施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	—	線量当量率モニタリング設備

第 8 表 原子炉格納施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
S クラス	その他	原子炉格納容器附属設備の 1 次冷却材を内包する配管貫通部
B クラス	原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	原子炉格納容器 サービスエリア(扉)
	放射性物質の放出を伴うような設計基準事故の際にその外部放散を抑制するための設備で上記(iv)以外の施設	非常用空気浄化設備

第 9 表 その他試験研究用等原子炉の附属施設の評価対象設備

耐震重要度分類	クラス別施設	設備機器
B クラス	原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	非常用発電機
		圧縮空気設備
	放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により公衆及び放射線業務従事者等に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設	制御棒交換機
	放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で S クラスに属さない施設	使用済燃料貯蔵建家換気空調設備の一部

申請書 8-1-116

耐震重要度分類を踏まえた機器の設計の成立性が示されているか。

・設備の一部に閉じ込め機能を期待する場合、その一部の Ss 機能維持を確認しているか。

・分類の結果Sクラスとなった設備と下位クラスとの取り合い部分はどのように設計しているか。(例えば、下位クラスによって支持されるSクラス機器(RPV等)、下位クラスに接続するSクラス機器(CV貫通配管等)など。)

申請書の記載に設計成立性について記載を加えるとともに、具体的な確認結果についてはまとめ資料に記載すること。

【回答】

設備の一部に閉じ込め機能を期待する場合、その一部の Ss 機能を維持する設計であること及び耐震重要度分類の下位のクラスに支持される又は接続されるものを含む耐震重要施設が、下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。設計成立性の具体的な確認結果を以下に示す。

○ 設備の一部の閉じ込め機能の機能維持について

設備の一部に閉じ込め機能を期待する設備は、1 次ヘリウム純化設備の一部、1 次ヘリウムサンプリング設備の一部、燃料破損検出装置の一部である。これらの耐震クラスは、S クラスが原子炉格納容器内の機器・配管系であり、B,C クラスが原子炉格納容器外の機器・配管系である。

Sクラスの機器・配管系の Ss 機能維持の具体的な確認結果(第4回設工認(令和2年3月30日申請)の添付書類 4-8)の一部を以下に示す。

なお、全配管の原子炉格納容器外隔離弁は、配管解析のモデルに含まれている。

3.7 Sクラス配管

3.7.1 貫通部配管 P107(CV 外)

(1) アイソメ図

アイソメ図を第 3.1 図に示す。

(2) モデル図

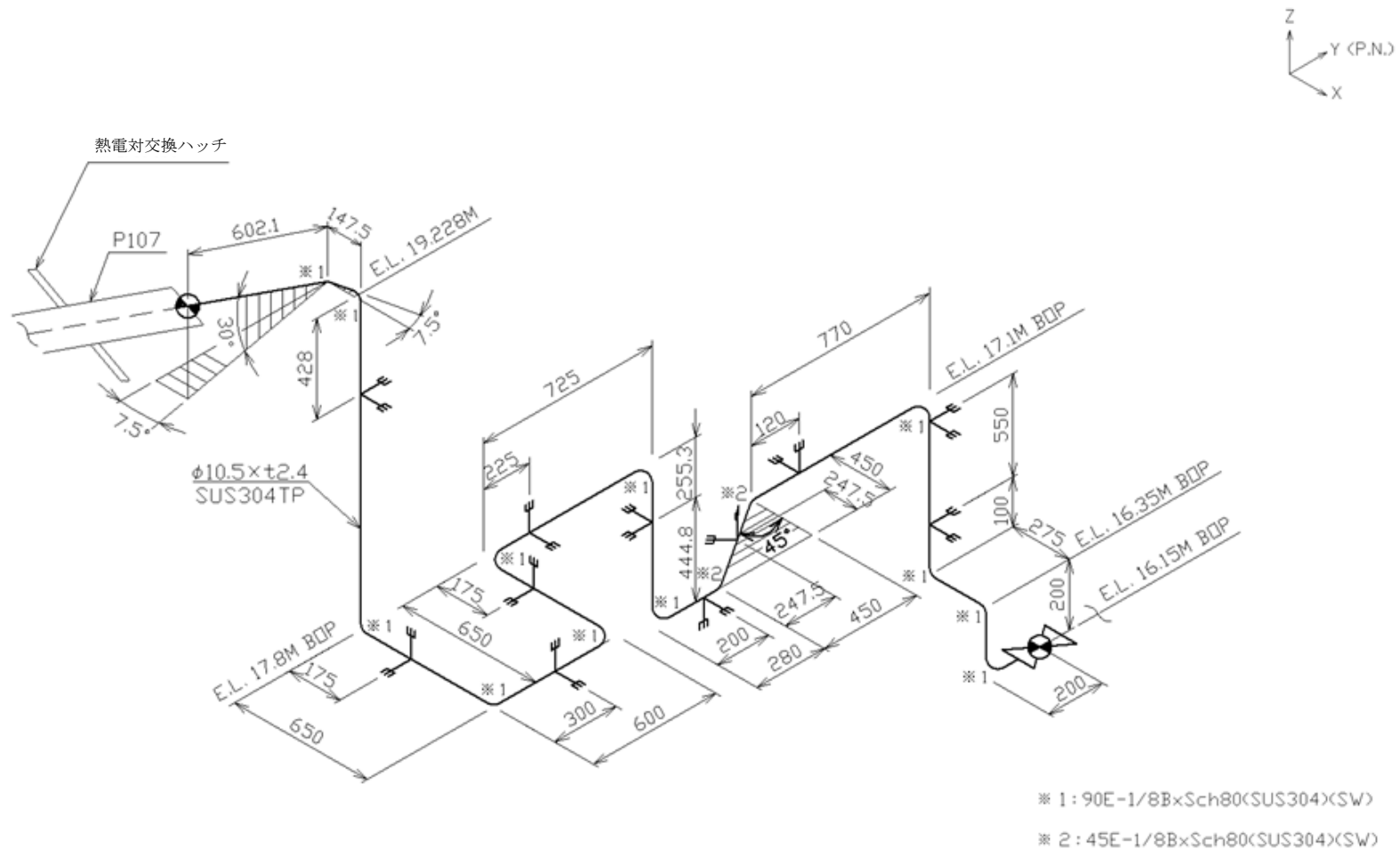
解析モデル図を第 3.2 図に示す。

(3) 配管諸元

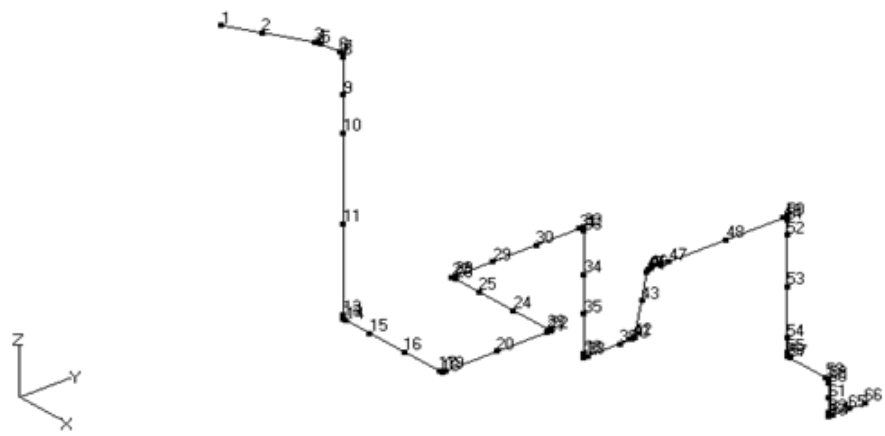
配管諸元を第 3.1 表に示す。

(4) 応力評価結果

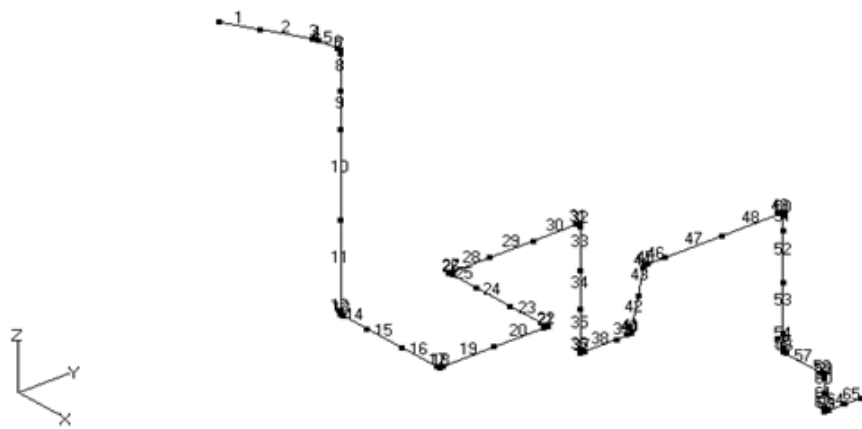
応力評価結果を第 3.2 表及び第 3.3 表に示す。



第 3.1 図 貫通部配管 P107 (CV 外) のアイソメ図



(節点番号)



(要素番号)

第 3.2 図 貫通部配管 P107 (CV 外) の解析モデル図

第 3.1 表 貫通部配管 P107 (CV 外) の配管諸元

節点	外径 (mm)	板厚 (mm)	材質	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	縦弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比	配管 質量 (kg/m)	保温材
1-66	10.5	2.4	SUS304TP	4.7	420	1.67×10^5	0.30	0.5	無し

第 3.2 表 貫通部配管 P107 (CV 外) の応力評価結果(一次応力)(最大値)

節点番号	許容応力状 態	一次応力評価				
		発生応力			評価	
		①内圧 応力	②自重 応力	③地震 応力	計算応力 ①+②+③	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
66	Ⅲ _A S	6	24	23	53	126

第 3.3 表 貫通部配管 P107 (CV 外) の応力評価結果(一次+二次応力)(最大値)

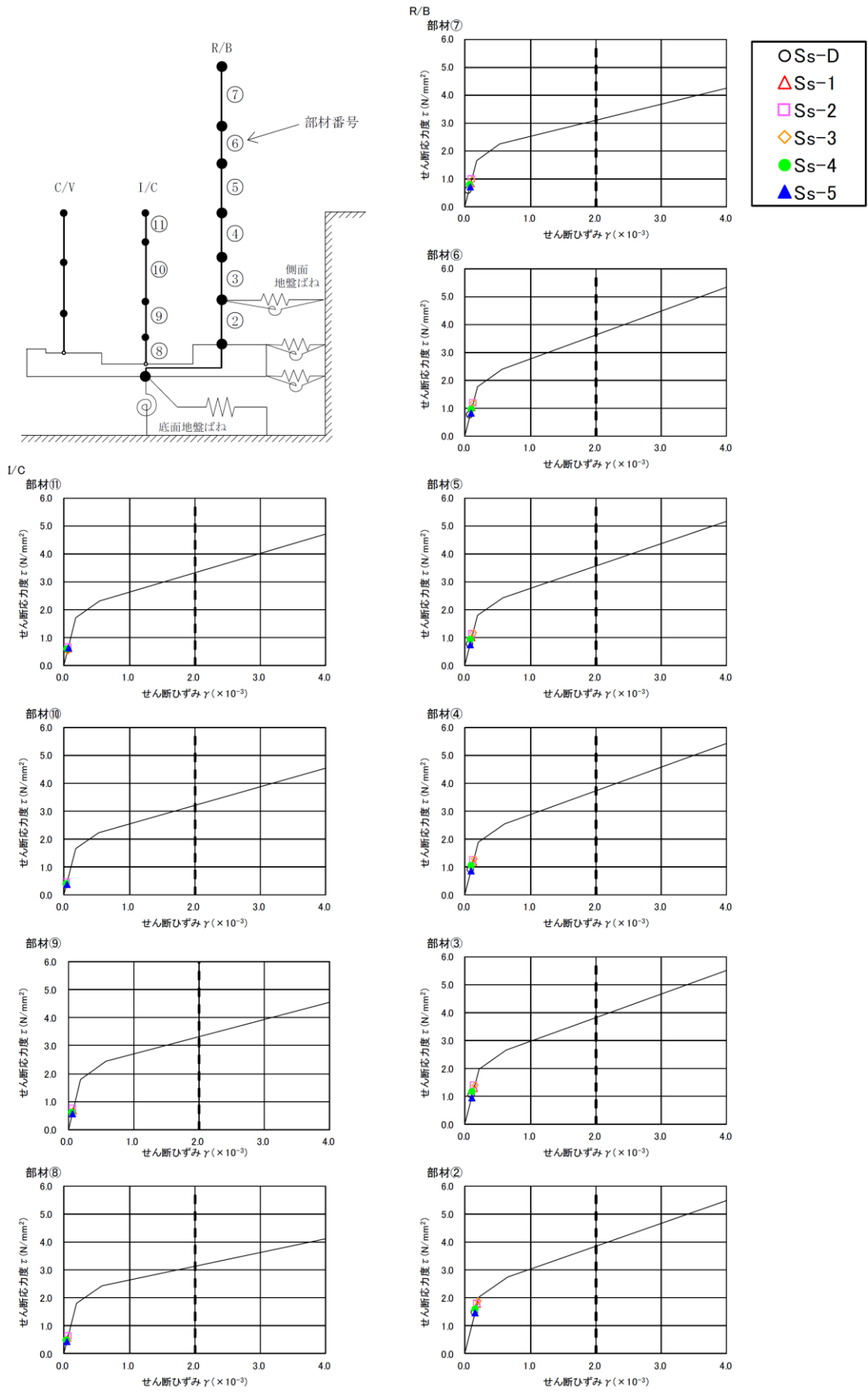
節点番号	許容応力状 態	一次+二次応力評価			
		発生応力		評価	
		①地震応力	②二次応力	計算応力 ①+②	許容応力
		MPa	MPa	MPa	MPa
4	Ⅲ _A S	15	135	150	232

○ 下位クラスによって支持される S クラス機器

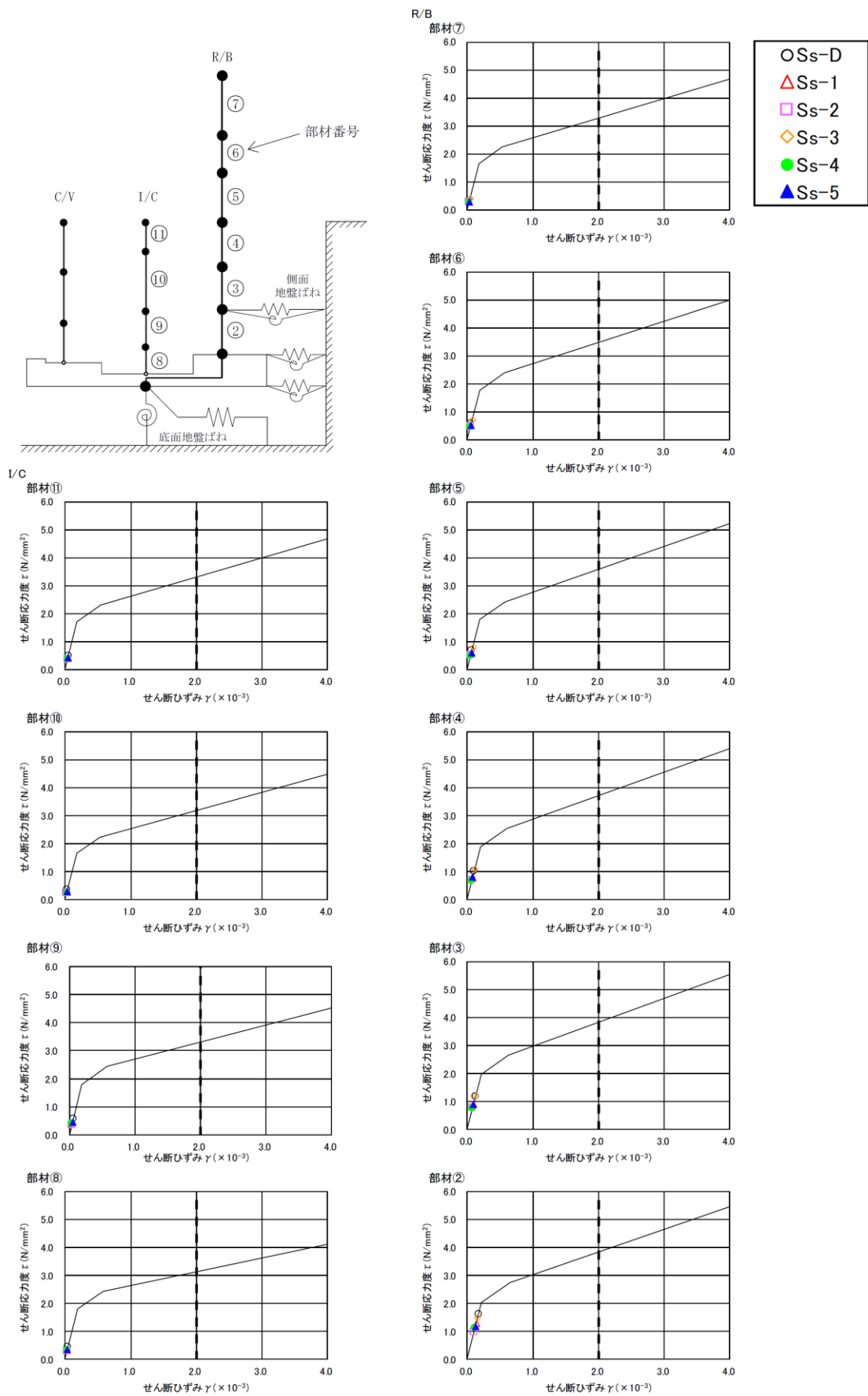
S クラス機器の原子炉圧力容器、機器・配管系等は、下位クラスの原子炉建家又は内部コンクリート構造物によって支持される。これらの下位クラスの設備は、基準地震動 S_s により評価し、耐震余裕を有していることを確認している。具体的な確認結果(第 4 回設工認(令和 2 年 3 月 30 日申請)の添付書類 2-1)の一部を以下に示す。

5.2 地震応答解析結果

基準地震動 S_s による水平方向の最大応答加速度、最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを第 5.7 図から第 5.42 図に、鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を第 5.43 図から第 5.54 図に示す。また、耐震壁のせん断のスケルトンカーブ上の最大応答値を第 5.55 図及び第 5.56 図に示す。せん断ひずみは最大で 0.20×10^{-3} であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認した。



第 5.55 図 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(NS 方向、Ss)



第 5.56 図 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(EW 方向、Ss)

○ 下位クラスに接続される S クラス機器

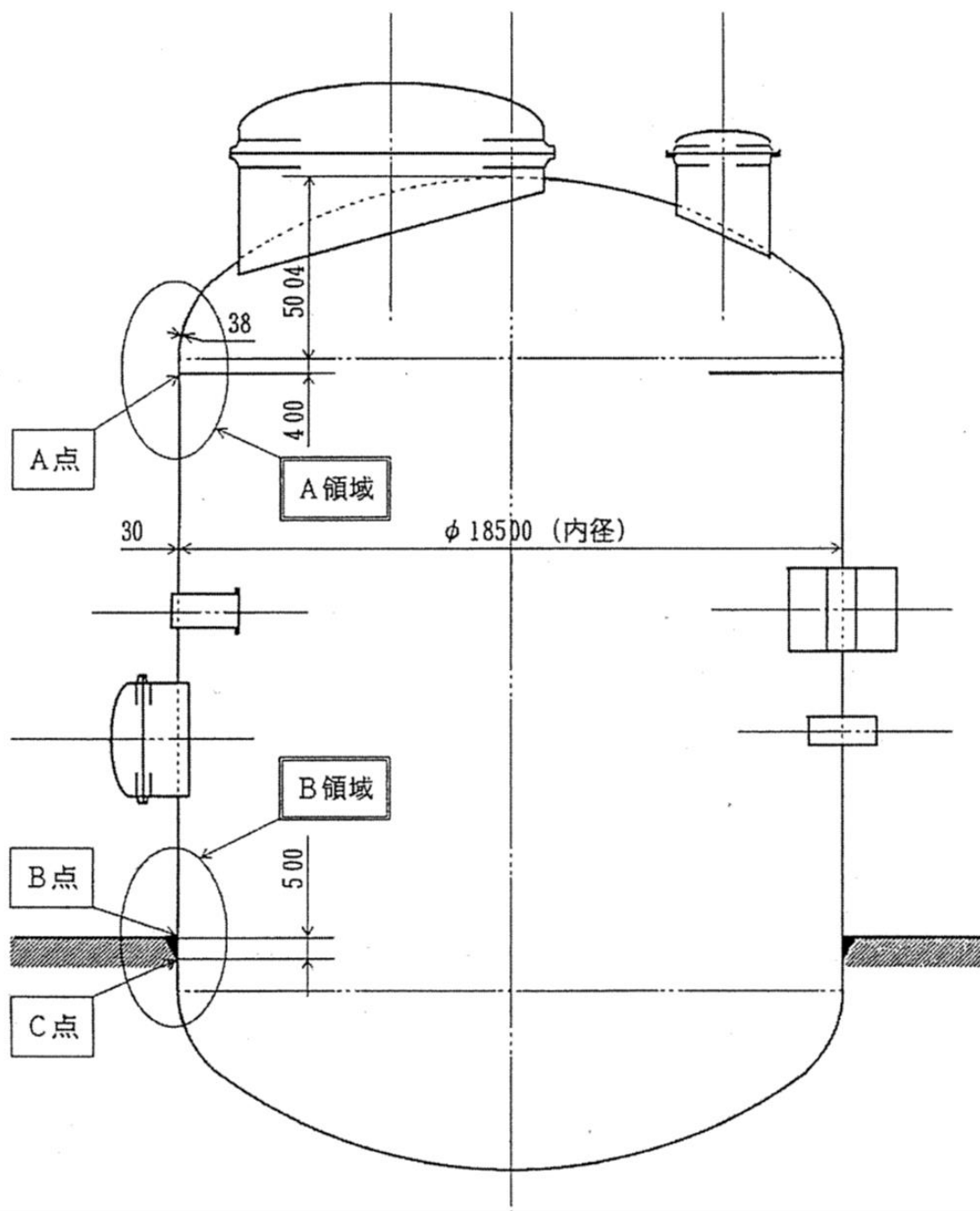
S クラスの機器と接続する下位クラスの機器は、S クラスの配管と接続する B クラスの配管及び S クラスの配管が貫通する原子炉格納容器である。

前者について、両クラスの配管の取り合い部分は完全固定された隔離弁である。前述のとおり、隔離弁は S クラス配管の解析モデルの範囲内である。なお、隔離弁は配管よりも剛性が高いため、配管を評価することで隔離弁が健全であることを確認する。

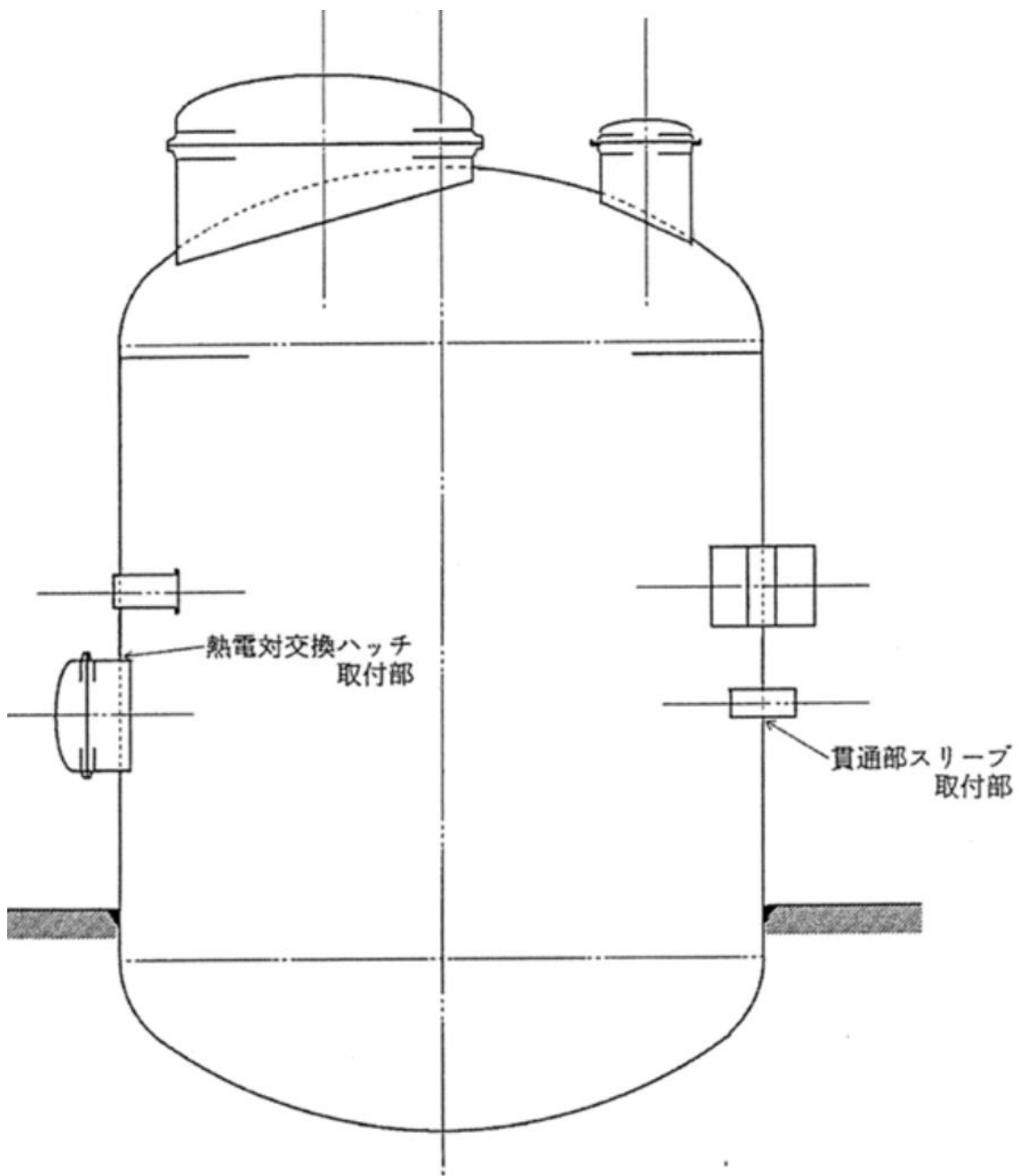
後者について、原子炉格納容器を基準地震動 S_s により評価し、S クラスの原子炉格納容器貫通部配管に対して波及的影響を及ぼすおそれがないことを確認している。具体的な確認結果(第 4 回設工認(令和 2 年 3 月 30 日申請)の添付書類 5-3)の一部を以下に示す。

3. 地震による応力の計算手法

地震による応力の算出は、既に認可された設計及び工事の方法の認可申請書(「I-イ-3 原子炉格納容器本体胴の応力解析書」(設計及び工事の方法の認可(第 1 回申請)平成 3 年 1 月 8 日付け 2 安(原規)第 733 号)及び「I-イ-4 原子炉格納容器附属設備の取付部の応力解析書」(設計及び工事の方法の認可(第 1 回申請)平成 3 年 1 月 8 日付け 2 安(原規)第 733 号))を参考に既往の設工認時と同等の評価により行う。本体胴に係る評価点を第 2.1 図に、附属設備の取付部に係る評価点を第 2.2 図に示す。



第 2.1 図 原子炉格納容器の本体胴の評価点



第 2.2 図 原子炉格納容器の附属設備の取付部

4.2 本体胴の許容応力状態IV_AS

(1) 許容応力強さ

i. 応力強さ及び許容限界値

既往の設工認時の応力強さに保守的に基準地震動 S_s による発生値を足し合わせた応力強さとそれに対応する許容限界値を第 4.2 表、第 4.3 表に示す。

ii. 評価

各計算点は、いずれも荷重の組合せにおける応力強さの許容限界値を満足している。

(2) 許容せん断応力

せん断応力は 8MPa(既往の設工認 3MPa と本評価 5MPa との足し合わせ)、許容値は 169MPa である。

(3) 許容支圧応力

解析対象部位には、評価の対象となる支圧荷重を受ける部位はない。

5.2 附属設備の取付部の許容応力状態IV_AS

(1) 許容応力強さ

i. 応力強さ及び許容限界値

既往の設工認時の応力強さに保守的に基準地震動 S_s による発生値を足し合わせた応力強さとそれに対応する許容限界値を第 5.7 表（一部）、第 5.8 表（一部）に示す。

ii. 評価

各計算点は、いずれも荷重の組合せにおける応力強さの許容限界値を満足している。

(2) 許容せん断応力

せん断応力は 9MPa(既往の設工認 4MPa と本評価 5MPa との足し合わせ)、許容値は 169MPa である。

(3) 許容支圧応力

解析対象部位には、評価の対象となる支圧荷重を受ける部位はない。

第 4.2 表 許容応力状態IVAS における応力強さ(その 1)

領域 \ 応力		一次一般膜応力強さ (MPa)			一次応力強さ (MPa)		
		$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_2 - \sigma_3$	$\sigma_3 - \sigma_1$	$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_2 - \sigma_3$	$\sigma_3 - \sigma_1$
A	内側	-64 (=-55-9)	122	-76 (=-67-9)	-78 (=-69-9)	145 (=136+9)	-77 (=-68-9)
	外側	-64 (=-55-9)	122	-76 (=-67-9)	-78 (=-69-9)	145 (=136+9)	-77 (=-68-9)
B	内側	-64 (=-55-9)	122	-76 (=-67-9)	-68 (=-59-9)	135 (=126+9)	-76 (=-67-9)
	外側	-64 (=-55-9)	122	-76 (=-67-9)	-68 (=-59-9)	135 (=126+9)	-76 (=-67-9)
許容値		S = 131			1.5S = 197		

第 4.3 表 許容応力状態IVAS における応力強さ(その 2)

領域 \ 応力		一次+二次応力強さ (MPa)			
		$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_2 - \sigma_3$	$\sigma_3 - \sigma_1$	最大値と最小値 の差
A	内側	16 (=7+9)	11 (=2+9)	-18 (=-9-9)	35
		-16 (=-7-9)	-10 (=-1-9)	17 (=8+9)	
	外側	16 (=7+9)	11 (=2+9)	-18 (=-9-9)	36
		-16 (=-7-9)	-11 (=-2-9)	18 (=9+9)	
B	内側	16 (=7+9)	11 (=2+9)	-18 (=-9-9)	35
		-16 (=-7-9)	-10 (=-1-9)	17 (=8+9)	
	外側	16 (=7+9)	11 (=2+9)	-18 (=-9-9)	36
		-16 (=-7-9)	-11 (=-2-9)	18 (=9+9)	
許容値		-			3S = 394

第 5.7 表 許容応力状態IVAS における応力強さ(その 1) (一部)

応力計算点		一次一般膜応力強さ (MPa)			一次応力強さ (MPa)		
		$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_2 - \sigma_3$	$\sigma_3 - \sigma_1$	$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_2 - \sigma_3$	$\sigma_3 - \sigma_1$
熱電対交換 ハッチ取付 部	Hi	-103 (=-60-43)	122	-106 (=-63-43)	-97 (=-54-43)	173 (=130+43)	-120 (=-77-43)
		-47 (=-4-43)	-8	54 (=11+43)	-54 (=-11-43)	-57 (=-14-43)	67 (=24+43)
	Ho	-103 (=-60-43)	122	-106 (=-63-43)	-97 (=-54-43)	173 (=130+43)	-120 (=-77-43)
		-47 (=-4-43)	-8	54 (=11+43)	-54 (=-11-43)	-57 (=-14-43)	67 (=24+43)
6B 貫通部ス リーブ取付 部 (荷重作用 点の距離 e=300mm)	Ki	-66 (=-56-10)	122	-77 (=-67-10)	-66 (=-56-10)	134 (=124+10)	-79 (=-69-10)
		-16 (=-6-10)	-9	24 (=14+10)	-16 (=-6-10)	-20 (=-10-10)	26 (=16+10)
	Ko	-66 (=-56-10)	122	-77 (=-67-10)	-66 (=-56-10)	134 (=124+10)	-79 (=-69-10)
		-16 (=-6-10)	-9	24 (=14+10)	-17 (=-7-10)	-17 (=-7-10)	24 (=14+10)
許容値		131			197		

第 5.8 表 許容応力状態 IVAS における応力強さ(その 2) (一部)

応力計算点		一次+二次応力強さ (MPa)			
		$\sigma_1 - \sigma_2$	$\sigma_2 - \sigma_3$	$\sigma_3 - \sigma_1$	最大値と最小値の差
熱電対交換ハッチ 取付部	Hi	-72 (=-29-43)	66 (=23+43)	49 (=6+43)	144
		72 (=29+43)	-66 (=-23-43)	-49 (=-6-43)	
	Ho	48 (=5+43)	-75 (=-32-43)	70 (=27+43)	150
		-48 (=-5-43)	75 (=32+43)	-70 (=-27-43)	
6B 貫通部スリー ブ取付部 (荷重作用点の距 離 e=300mm)	Ki	-29 (=-19-10)	42 (=32+10)	-23 (=-13-10)	84
		29 (=19+10)	-42 (=-32-10)	23 (=13+10)	
	Ko	17 (=7+10)	-45 (=-35-10)	39 (=29+10)	90
		-17 (=-17-10)	45 (=35+10)	-39 (=-29-10)	
許容値		—			394

6. まとめ

評価結果に示すとおり、発生値は、評価基準値を満足している。以上より、原子炉格納容器が原子炉格納容器内の S クラスの機器・配管系及び S クラスの原子炉格納容器貫通部配管に対して波及的影響を及ぼすおそれがないことを確認した。

添付書類八追補 1 8-追 1-1

「耐震重要度分類変更の妥当性」において、「耐震 S クラス以外の設備・機器の損傷が発生した場合、周辺公衆への被ばく量は約 3mSv となり、5mSv を超えないことを評価することで、妥当であることを確認している。」としているが、評価において C クラス設備の機能喪失も考慮しているか。

まとめ資料に機能喪失を想定した系統、機器の説明を加えること。

【回答】

1 次ヘリウム貯蔵供給設備等の設備は、耐震 C クラスである。

HTTR では耐震重要度分類を見直し、耐震 S クラス以外の設備・機器の損傷が発生した場合、周辺公衆への被ばく量は約 3mSv となり、5mSv を超えないことを評価することで、分類の結果が妥当であることを確認している。被ばく評価で機能喪失を想定した系統、機器は、(設置変更許可申請書(令和元年 9 月 26 日申請)の追補 1「耐震重要度分類変更の妥当性」に記載している。

「5. 波及的影響に係る設計方針」に関連して、耐震重要施設に影響を及ぼす施設が、原子炉建家屋根トラス、原子炉格納容器、原子炉建家天井クレーン、排気筒に限定できる理由を説明すること。(スクリーニングの考え方、下位クラスとの接続性についての扱い)

【回答】

基準地震動が発生しても、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。波及的影響の評価対象の考え方及び下位のクラスとの接続性についての扱いを以下に示す。

(1) 波及的影響の評価対象の考え方

第1図及び第2図に耐震重要施設まわりの概要図を示す。耐震重要施設は赤色で示した原子炉冷却材圧力バウンダリ、原子炉冷却材圧力バウンダリに接続する1次冷却材を含む機器・配管系及び使用済燃料貯蔵プールである。耐震重要施設に影響を与えるおそれのある設備は以下のとおり。

- ① 原子炉建家屋根トラス
- ② 天井クレーン
- ③ 原子炉格納容器
- ④ 排気筒
- ⑤ 燃料交換機
- ⑥ 制御棒交換機
- ⑦ 原子炉建家
- ⑧ 内部コンクリート構造物

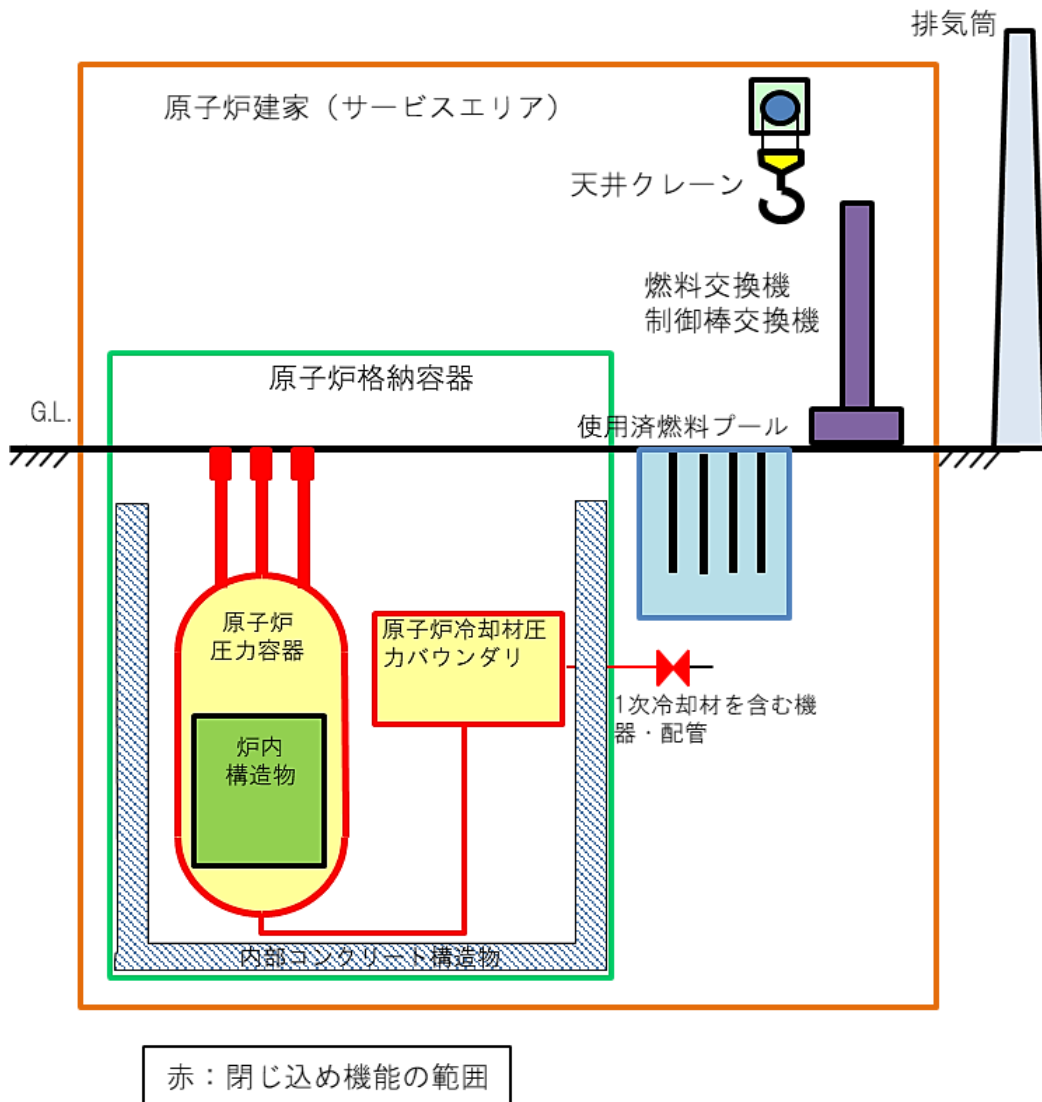
上記の施設のうち、⑦及び⑧は、耐震重要施設の間接支持構造物として基準地震動 S_s による評価を行うため、波及的影響の評価対象から除く。したがって、波及的影響の評価対象は①～⑥である。

(2) 下位クラスとの接続について

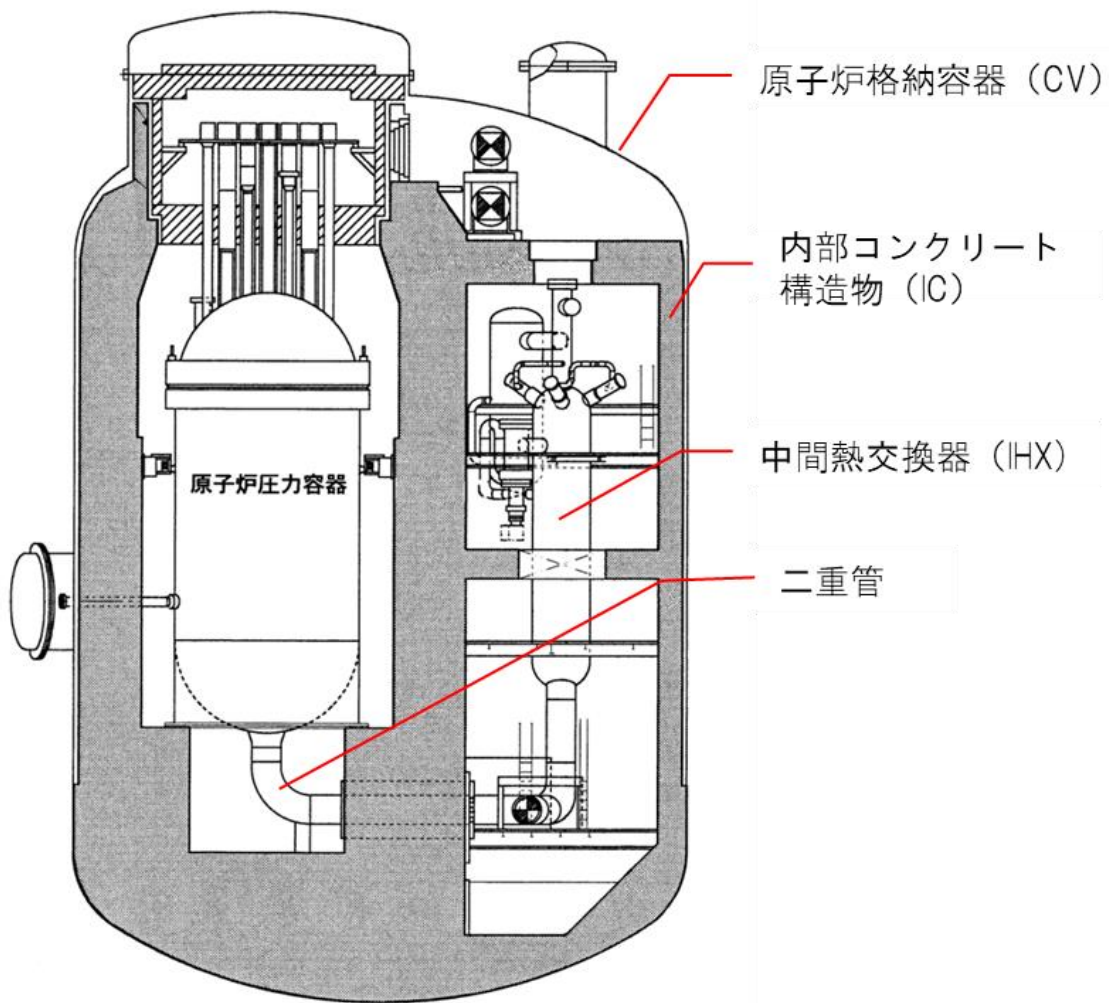
第3図に原子炉格納容器を貫通するSクラス配管と下位クラス配管との接続部の概要図を示す。原子炉冷却材圧力バウンダリに接続する1次冷却材を含む機器・配管系は、Bクラスの原子炉格納容器及び配管に接続する。原子炉格納容器は胴部及びSクラス配管との貫通部を基準地震動により評価し、Sクラスの安全機能を損なわない設計とする。Sクラス配管とBクラス配管は、隔離弁で接続しており、Sクラス配管及び隔離弁を基準地震動により評価し、Sクラスの安全機能を損なわない設計とする。また、隔離弁は完全固定(3方向並進固定、3方

向回転固定)のサポートにて支持されており、B クラス配管の損傷を想定しても、隔離弁が健全であるため、S クラスの安全機能を損なわない。

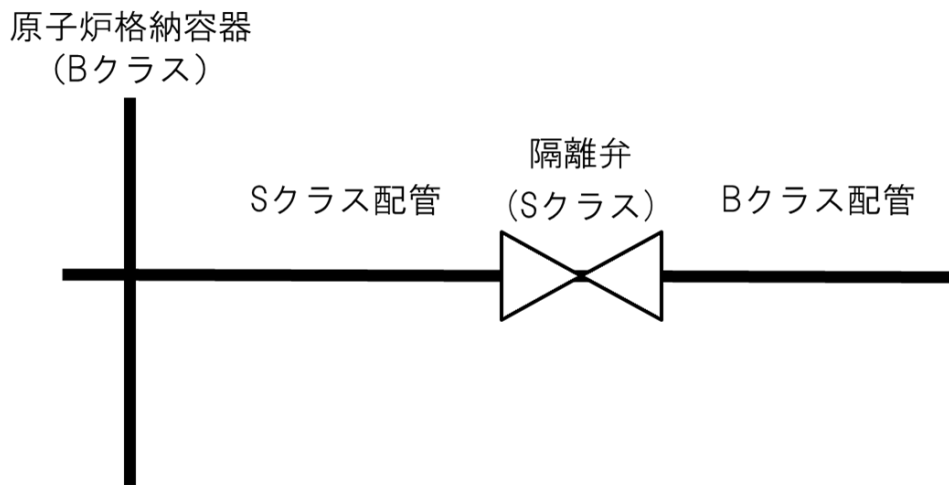
第 4 図に原子炉格納容器を貫通する B クラス配管の概要図を示す。原子炉格納容器を B クラス配管が貫通する場合、原子炉格納容器の配管貫通部、B クラス配管及び隔離弁に対して 1/2Sd を用いて評価する。



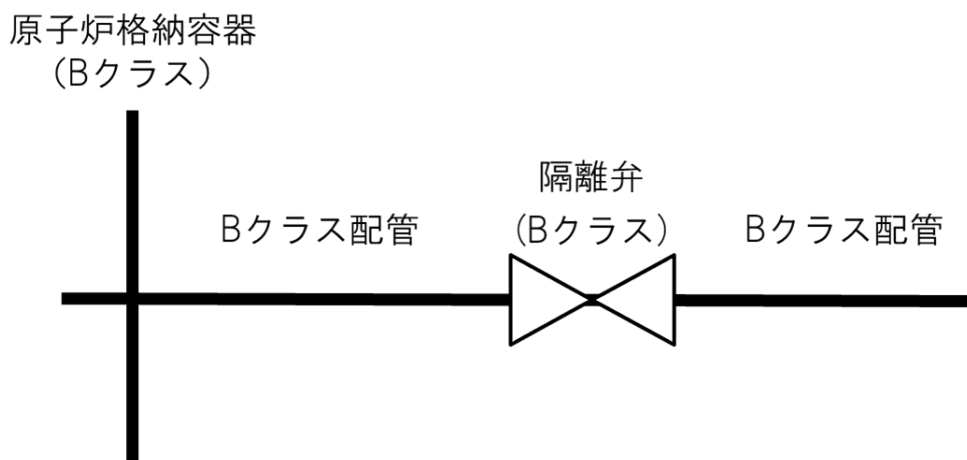
第 1 図 耐震重要施設まわりの概要図(1/2)



第 2 図 耐震重要施設まわりの概要図(2/2)



第 3 図 原子炉格納容器を貫通する S クラス配管と下位クラス配管との接続部の概要図



第 4 図 原子炉格納容器を貫通する B クラス配管の概要図

何故に、旧指針のS1地震動を指標にしているのかが、分かるように説明すること。(旧指針のS1地震動を下回らないようにするのは、どのように考えたからなのか分かるように説明すること。)

【回答】

弾性設計用地震動の設定は、H25 審査ガイド^{※1}において「H18 指針における弾性設計用地震動 Sd の規定と同様」とされ、H18 指針^{※2}において「Sd は、旧指針(S56)における基準地震動 S₁ が耐震設計上果たしてきた役割の一部を担うこととなる」とされている。上記を踏まえ、弾性設計用地震動が設計時に用いた S₁ を下回らない保守的な設定としている。

※1 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド(H25.6.19) 抜粋

<p>3. 耐震重要度分類 耐震重要度分類の定義が下記を踏まえ妥当であることを確認する。また、施設の具体的な耐震重要度分類の妥当性について確認する。</p> <p>3.1 Sクラスの施設</p> <ul style="list-style-type: none">・地震により発生する可能性のある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設・自ら放射性物質を内蔵している施設・当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設・これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、環境への放射線による影響を軽減するために必要な機能を持つ施設・これらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設・地震に伴って発生する可能性のある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設 <p>3.2 Bクラスの施設</p> <ul style="list-style-type: none">・安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスと比べ小さい施設 <p>3.3 Cクラスの施設</p> <ul style="list-style-type: none">・Sクラス施設及びBクラス施設以外の一般産業施設、公共施設と同等の安全性が要求される施設
<p>4. 弾性設計用地震動 弾性設計用地震動の策定方針が下記を踏まえ妥当であることを確認する。なお、基準地震動については、本ガイドの「I. 基準地震動」にて妥当性を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none">・弾性設計用地震動の具体的な設定値及び設定根拠。・弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないような値で工学的判断に基づいて設定すること（「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 平成18年9月19日 原子力安全委員会決定」における弾性設計用地震動 Sd の規定と同様）
<p>5. 地震力の算定法 動的地震力及び静的地震力の各々の算定方針が、下記を踏まえ妥当であることを確認する。</p> <p>5.1 地震応答解析による地震力</p> <p>5.1.1 基準地震動による地震力</p> <ul style="list-style-type: none">・基準地震動による地震力は、基準地震動を用いて水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定すること。なお、建物・構築物と地盤との相互作用、埋込み効果及び周辺地盤の非線形について必要に応じて考慮すること。 <p>5.1.2 弾性設計用地震動による地震力</p> <ul style="list-style-type: none">・弾性設計用地震動による地震力は、弾性設計用地震動を用いて水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定すること。なお、建物・構築

(解説)

Ⅲ. 耐震設計方針について

(1) 弾性設計用地震動 S_d の設定の必要性について

旧指針においては、基準地震動について、施設の建物・構築物及び機器・配管系の重要度に相応し、地震動 S_1 及び地震動 S_2 の2種類に区分して策定することとしていたが、今次改訂においては基準地震動 S_s のみを策定することとした。

施設の耐震安全性を確保するための耐震設計の考え方においては、この基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震安全上重要な施設の安全機能が保持されることが基本である。さらに、この基準地震動 S_s に対する施設の安全機能の保持をより高い精度で確認するために、工学的な観点から基準地震動 S_s と密接に関連付けられる弾性設計用地震動 S_d の設定についても合わせて規定することとしたものである。

(2) 弾性設計用地震動 S_d の設定について

本指針の6. の耐震設計方針で規定した「地震力に対して耐える」ということは、ある地震力に対して施設全体として概ね弾性範囲の設計がなされるということの意味する。この場合、弾性範囲の設計とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。なお、ここでいう許容限界とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体として概ね弾性範囲に留まり得ることで十分である。

Sクラスの各施設は弾性設計用地震動 S_d による「地震力に耐える」ことを求めているが、この弾性設計用地震動 S_d は工学的判断に基づいて設定するものである。弾性限界状態は、地震動が施設に及ぼす影響及び施設の状態を明確に評価することが可能な状態であり、施設が全体的に弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して概ね弾性限界状態に留まることを把握することによって、基準地震動 S_s による地震力に対する施設の安全機能保持の把握を確実なものとする。すなわち、弾性設計用地震動 S_d は、旧指針における基準地震動 S_1 が耐震設計上果たしてきた役割の一部を担うことになる。

弾性設計用地震動 S_d は、施設、もしくはその構成単位ごとに安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率を考慮して、工学的判断から求められる係数を基準地震動 S_s に乗じて設定することとする。ここで、当該係数の設定に当たっては、基準地震動 S_s の策定の際に参照した超過確率を参考とすることができる。

この弾性設計用地震動 S_d の具体的な設定値及び設定根拠について、個別申請ごとに、十分に明らかにすることが必要である。

「燃料体及び可動反射体ブロックに対して弾性設計用地震動 S_d の2分の1を用いて……制御棒の挿入が阻害されないことを確認する。」とあるが、「 S_d の2分の1を用いて」で良い根拠は議論されているのか(突然の説明になっていないか)。

また、許容限界を説明する文章に修正されておらず、「挿入が阻害されない」については、何がどうあれば良いのか分かるように修正のこと。

燃料体及び可動反射体ブロックについて、弾性設計用地震動の2分の1による地震力で設計することの妥当性が分からない。何故に、制御棒の挿入性に影響を与えなければ、弾性設計用地震動の2分の1による地震力で設計して良いことになるのかが分かるように説明すること。

【回答】

耐震重要度分類をもたない炉心構成要素(燃料体、可動反射体ブロック、制御棒案内ブロック)のうち、制御棒案内ブロックは、基準地震動においても制御棒の挿入性を確保するため、ブロック端部に亀裂が生じたとしても過大な破損を生じない必要がある。

一方で、基準地震動においてレストレイントリング、サポートポストが、炉心全体としての形状を維持することで、制御棒の挿入性及び崩壊熱の除去を担保するため、炉心の形状維持に寄与しない燃料体、可動反射体ブロック等の構造は、基準地震動に対して健全性を有する必要はない。

ただし、頻度の高い地震に対して、健全性を有することを確認するため、弾性設計用地震動の2分の1による地震力に対して十分な強度を有することを確認する。

炉心支持黒鉛構造物のうち、サポートポストのみPS-1であり、Sクラスとしているのはなぜか。

「炉心を形成する」という意味では、炉心構成要素も炉心支持黒鉛構造物（PS-2でありBクラス）も直接支持又は間接支持という考え方では同じくらい重要に思われる。サポートポストの重要度を他の黒鉛構造物よりも高く設定（他の黒鉛構造物が低い、ということでもある。）している設計の考え方を説明すること。

（サポートポストは壊れると困るが、他の黒鉛構造物は壊れても困らない又は壊れない？ということか。

【回答】

炉心等を下方で支持しているものは、炉心支持鋼構造物のうち炉心支持板、炉心支持格子及び炉心支持黒鉛構造物のうちサポートポスト（支持機能）であり、炉心等を側方で支持しているものは、炉心支持鋼構造物のうち炉心拘束機構（レストレイントリング）である。これらが健全であれば、炉内に密に配置された炉心支持黒鉛構造物等に部分的にき裂生じたとしても(地震荷重が集中的に生ずるダウエル部等を想定)、炉心形状が維持されるため、制御棒の挿入性が確保されることから、これらを耐震Sクラスとしている。

なお、Sクラスとしているサポートポストが損傷した場合は、炉内ブロックの部分的な落下等により炉心形状を維持できないため、その支持機能をPS-1及びSクラスとしている。

炉心支持鋼構造物のうち、拘束バンドのみ PS-2 であり B クラスとしているのは、拘束バンドの機能を他の炉心支持黒鉛構造物（レストレイントリング）により代替できるから、という理解で良いか。

【回答】

地震時に発生する荷重は、炉心からレストレイントリングを通して圧力容器へと伝わるため、レストレイントリングと原子炉圧力容器が構造健全性を有していれば、炉心形状は維持される。拘束バンドの機能は、冷却材であるヘリウムガスがブロック間を通ることによる漏れ流れ（冷却能力の低下）を抑制するため、ブロック間が広がらないよう通常運転時に炉心を締め付けることである。したがって本機能は通常運転時の強制冷却に必要な機能であり、事故時には不要なため、拘束バンドは PS-2 及び B クラスとしている。

<荷重の組み合わせについて>

- ・申請書添付書類八「1.4.4.2 荷重の種類」において、建物・構築物で考慮する荷重として、「d.地震力、風荷重、積雪荷重」と記載があるが、地震力と考慮する風荷重、積雪荷重とは、茨城県建築基準法施行細則に定める積雪荷重、平成12年建設省告示第1454号に定める風荷重と理解してよいか。（降下火砕物の組み合わせと同様）

<回答>

- ・耐震評価においては、表1の建築基準法施行令(抜粋)に記載のある通り、荷重の組合せは、建築基準法に基づき、常時、積雪時、暴風時及び地震時の荷重を考慮した設計を行っている。設計においては、風荷重は建築基準法施行令、建設省告示を、積雪荷重は茨城県建築基準法施行細則を考慮している。

表1 建築基準法施行令(抜粋)

第八十二条 前条第二項第一号イに規定する保有水平耐力計算とは、次の各号及び次条から第八十二条の四までに定めるところによりする構造計算をいう。

- 一 第二款に規定する荷重及び外力によつて建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力を国土交通大臣が定める方法により計算すること。
- 二 前号の構造耐力上主要な部分の断面に生ずる長期及び短期の各応力度を次の表に掲げる式によつて計算すること。

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	一般の場合	第八十六条第二項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合	備考
長期に生ずる力	常時	G + P	G + P	
	積雪時		G + P + 0.7 S	
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S	建築物の転倒、柱の引抜き等を検討する場合においては、Pについては、建築物の実況に応じて積載荷重を減らした数値によるものとする。
	暴風時	G + P + W	G + P + W	
			G + P + 0.35 S + W	
地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K		

この表において、G、P、S、W及びKは、それぞれ次の力（軸方向力、曲げモーメント、せん断力等をいう。）を表すものとする。

- G 第八十四条に規定する固定荷重によつて生ずる力
- P 第八十五条に規定する積載荷重によつて生ずる力
- S 第八十六条に規定する積雪荷重によつて生ずる力
- W 第八十七条に規定する風圧力によつて生ずる力
- K 第八十八条に規定する地震力によつて生ずる力

<地下水の影響について>

・原子炉建家の最下層は T.P.6.0m としているが(添付八第 2.5.6 図 原子炉 建家断面図 (1)、第 2.5.7 図 原子炉建家断面図(2))、地下水位調査結果を踏まえた解析用地下水位は T.P.9.5m としている(添付六 d.解析用地下水位)。この場合、地下水位が原子炉建家下端よりも高いので、建家への地下水の流入防止対策をどのように考慮しているのか。(湧水サンプポンプのようなものがあるのか)

<回答>

・原子炉建家の外郭コンクリートの最下層部は T.P.6.0m であるものの、原子炉建家の地下3階の床面は T.P.15m(原子炉格納容器の最下部でも T.P. 10.35m)であり、地下水(T.P.9.5m)より上に位置していることから、湧水サンプポンプのような排水のためのポンプは設置していない。また、原子炉建家の外壁面には塗膜として亀裂自閉性樹脂を防水層厚さ 2mm で施工している。

核物質防護情報が含まれるため公開できません。

- ・許可で想定している長周期地震の周期
- ・Sクラス(支持構造物としてのSs機能維持を含む)建家、機器の固有周期(原子炉建家、原子炉容器や配管、冷却器、格納容器など代表的な機器)

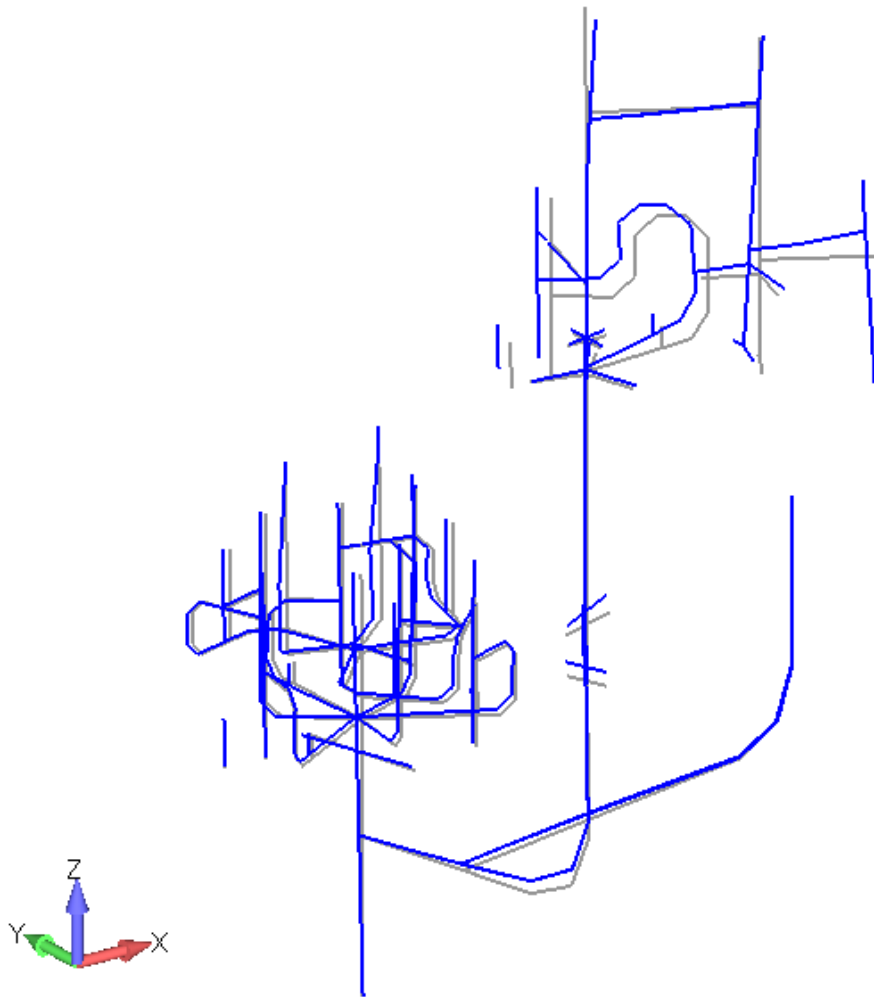
<回答>

①許可で想定している長周期地震の周期

⇒HTTRの建家の固有周期(固有振動数)は、原子炉建家で2～3Hz、使用済燃料貯蔵建家で3～5Hz 程度であり、申請中の設工認申請書に記載しているとおり。機器の耐震設計は、建家との共振を避けるため、建家の固有振動数の3倍程度以上「剛」となる領域にて設計している。これは、耐震クラスに関係なく、全体として考慮している考え方となる。長周期地震が重要となる建物は、ご存知のとおり高層ビル等の背の高い構築物であり、HTTRの建家の高さ程度ではあまり重要にはならない。また、許可書記載の応答スペクトルから、断層波の長周期側は、Ss-D に大きく包絡されており、設計上の裕度は高いと考える。

②Sクラス(支持構造物としてのSs機能維持を含む)建家、機器の固有周期(原子炉建家、原子炉容器や配管、冷却器、格納容器など代表的な機器)

⇒基本は 20Hz 以上での設計となるが、1 次冷却系等は温度が高く熱伸び等を考慮した不動支持方式にて支持しているため、冷却器や循環機等の固有振動数は 10Hz を下回るあたりとなっている。例として主冷系全体モデルと固有振動数を図に示す。



アウトプットセット: FNS_000001 T= 3902.6345
変形(0.207): Total Eigen Mode

解析結果 9.94Hz(1 次モード)

主冷系全体モデル(二重配管、1 次加圧水冷却器、1 次ヘリウム循環機等)

風荷重について、建築基準法の倒壊防止の荷重(損壊防止の荷重×1.6)を採用しない理由を回答すること。

<回答>

・建築基準法(添付資料:「建築物の構造関係技術基準解説書(2015年版)」参照)では、保有水平耐力計算(風圧力Wによる計算)、又は、限界耐力計算(風圧力W×1.6による計算)による構造計算を求めている。また、試験炉規則の要求(添付資料:試験炉規則にて準用する「実用炉設置変更許可基準解釈第4条の規定」として、記載のある「別記2」の抜粋参照)では、耐震計算として保有水平耐力に係る計算が必須となっている。このため、建築基準法上の計算においては、保有水平耐力計算による構造計算を実施することを選択している。

基準地震と火山の荷重組合せの考え方について説明すること。

<回答>

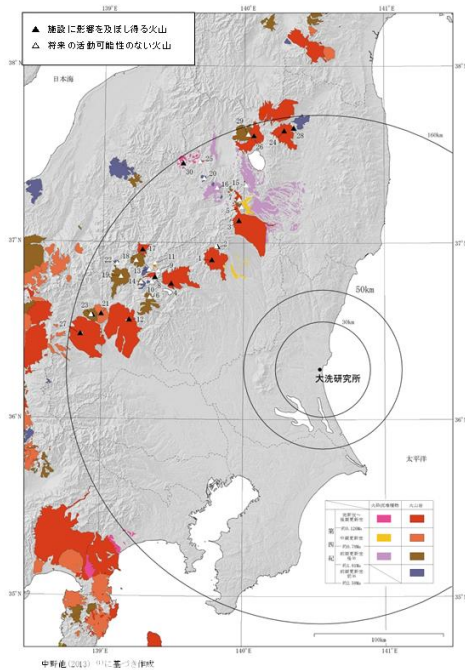
HTTR では、以下の理由により基準地震と火山の組合せを考慮していない。

- ・基準地震動の震源と火山の位置関係には、十分な距離があり独立事象として扱うことが可能である（図1及び図2）。また、各々の発生頻度が十分小さく、同時に発生する確率は極めて低い（表1）。弾性設計用地震と火山事象が同時に発生する頻度においても 10^{-8} を下回る。
- ・多くの火山では、噴火前に震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策・準備を行う。火山灰が堆積した場合の対策として、HTTR では降下火砕物を除去することにより30日程度で荷重影響を排除する。
- ・火山性地震については、火山と大洗研究所の敷地は十分な距離があることから、火山性地震とこれに関連する事象による影響がないため、組合せを考慮する必要はない（図2）。

表1：基準地震と火山の発生頻度

	発生頻度(/年)
基準地震	$10^{-4} \sim 10^{-6}$
弾性設計用地震	$10^{-3} \sim 10^{-5}$
火山	$2.2 \times 10^{-5} \times 1$

※1:HTTR 敷地周辺に降下火災物の有意な堆積が確認された4万5000年前の赤城山の噴火を考慮

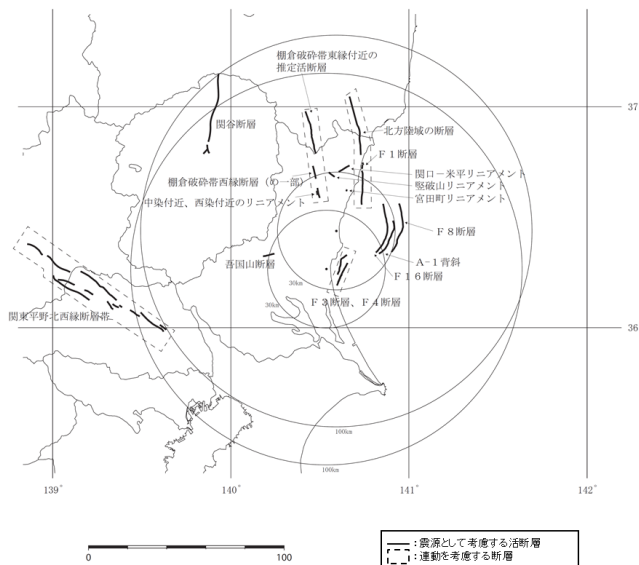


第8.3-1図 地理的領域内の火山地質図

No.	第四紀火山	敷地からの距離(km)	No.	第四紀火山	敷地からの距離(km)
1	高野山	98	16	稲和田カルデラ	133
2	塩原カルデラ	103	17	尾ヶ岳	136
3	新原岳	108	18	アオメ平	136
4	奥平・女峰火山群	110	19	上州武蔵山	140
5	塔のへつりカルデラ群	115	20	博士山	142
6	黒澤山	118	21	千神山	144
7	二岐山	120	22	奈良池カルデラ	146
8	日光白根山	120	23	小野子山	149
9	根ヶ草山	121	24	安達太良山	153
10	鶴ヶ岳	121	25	新子原カルデラ	153
11	鬼怒沼	125	26	磐梯山	154
12	赤城山	126	27	標高山	154
13	四所岳	126	28	笹倉山	154
14	沼上山	127	29	滝澤ヶ岳	156
15	赤津貫引山	127	30	沼尻	157

図1 地理的領域内の火山地質図

検討用地震の選定に用いる内陸地殻内地震の諸元



No.	断層名	長さ(km)	地震規模 M	等価震源距離(km)
1	関谷断層	40	7.5	103
2	関東平野北西縁断層帯	82	8.0	118
3	F3断層、F4断層	17	6.9 ^{*1}	12
4	関ロ-米平リニアメント	6	6.8 ^{*2}	49
5	堅破山リニアメント	4	6.8 ^{*2}	45
6	宮田町リニアメント	1	6.8 ^{*2}	42
7	吾国山断層	6	6.8 ^{*2}	35
8	F8断層	26	7.2	36
9	F16断層	26	7.2	39
10	A-1背斜	19	7.0	31
11	棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動	42	7.5	55
12	F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動	58	7.8	56
13	F11断層	5	6.8 ^{*2}	60

*1 F3断層、F4断層の連動に関する地震動評価においては、地震規模に保守性を考慮している(M6.9-M7.0)。

*2 長さの短い断層については、敷地周辺における震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模を考慮して、M6.8として評価する。

図2 F3,F4等の断層位置図