

HT-200-3

HTTR 設工認 第 4 回申請の再申請(R2.3.30)の
コメントに係る回答

令和 2 年 6 月 24 日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所

高温ガス炉研究開発センター

高温工学試験研究炉部

第 4 回申請の再申請(R2.3.30)に対する確認事項(No.1 R2/6/8):第 4 回第 1 編(耐震性)

第 4 回申請における耐震性の確認、水平方向の解析モデルにおいて用いている側面地盤ばねについては、地震観測シミュレーション解析により、解析モデル②の方が観測記録との整合性が良いため、妥当であるとの説明をされている。この比較結果である添 1-2-1-1-8 第 6 図「最大応答加速度の比較(3.11 地震)」を見ると、解析モデル②は、観測記録点の若干危険側に位置している。解析モデル②の採用が適切である旨の説明をすること。

また、同図の NS 方向と EW 方向において、C/V と R/B の上方の応答が逆転している理由を説明すること。

【回答】

地震応答解析モデルについては、解析モデル①及び②ともに観測記録をおおむね再現できていると考えられるが、最大応答加速度のほか、加速度応答スペクトルにおける各周期の加速度がより観測記録と整合している解析モデル②を採用している(図 1 及び図 2)。また、解析モデル②は建家周辺地盤の状況を考慮し、大地震時に表層地盤(オープンカットの埋土)の側面抵抗を見込まず、基礎浮き上がりの評価に対して保守的なモデル化としている(図 3)。

NS 方向と EW 方向における応答については、入力地震動の加速度応答スペクトルが方向によって異なることと、解析モデル①と②では固有周期、固有モードが若干異なる(1 次固有周期、0.27 秒と 0.29 秒)ため、入力地震動と固有周期、固有モードの組合せによって応答に差が生じたと考える(図 4)。

なお、地震観測シミュレーションについては、平成 30 年 11 月 28 日のヒアリング(HT-140-1)で説明している。

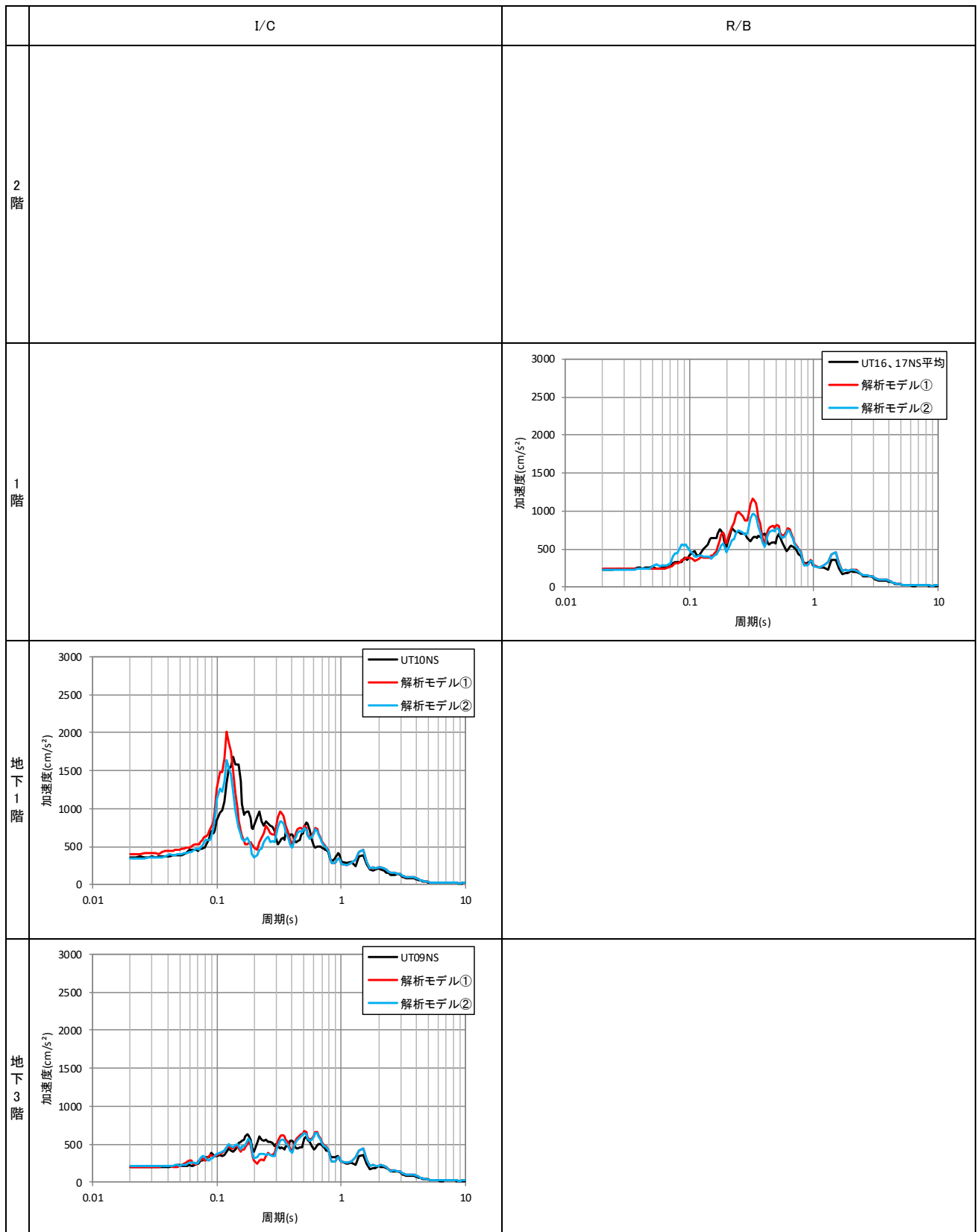


図1 加速度応答スペクトルの比較(3.11地震、NS方向、h=0.05)

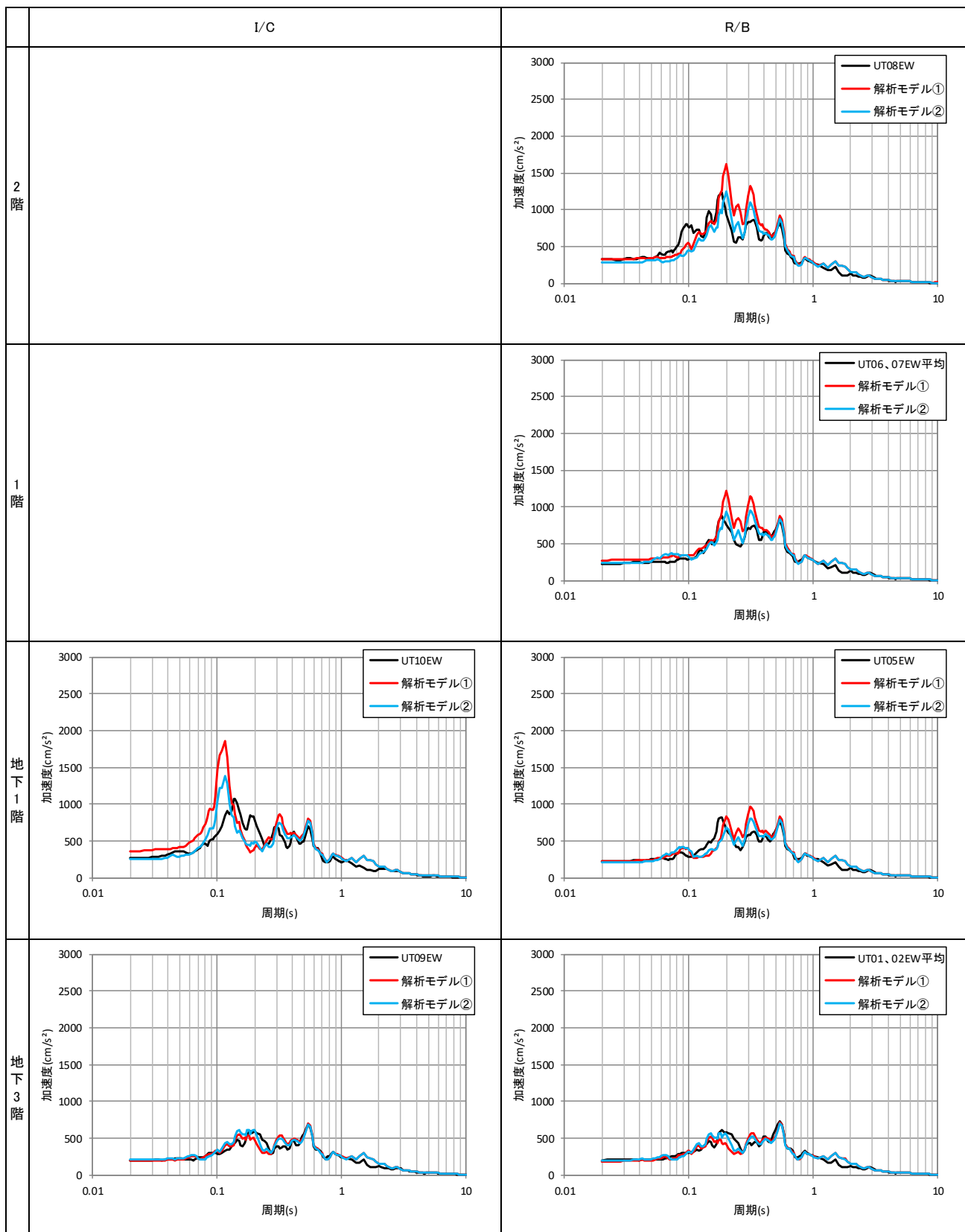


図2 加速度応答スペクトルの比較(3.11地震、EW方向、h=0.05)

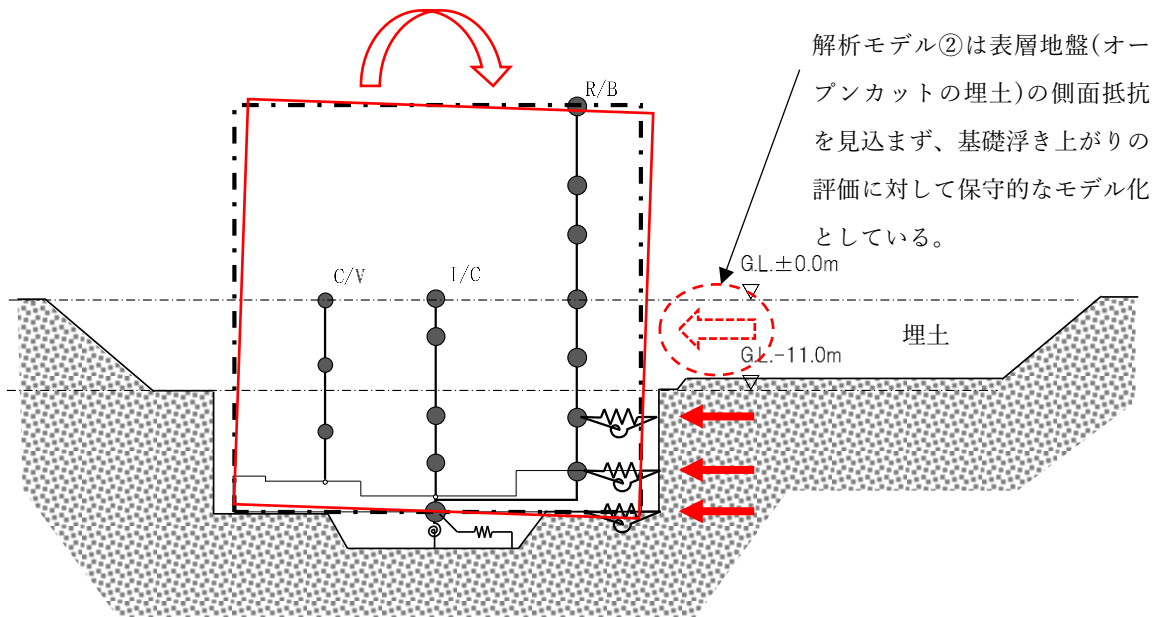


図3 原子炉建家建設時の地盤の掘削状況(NS方向)

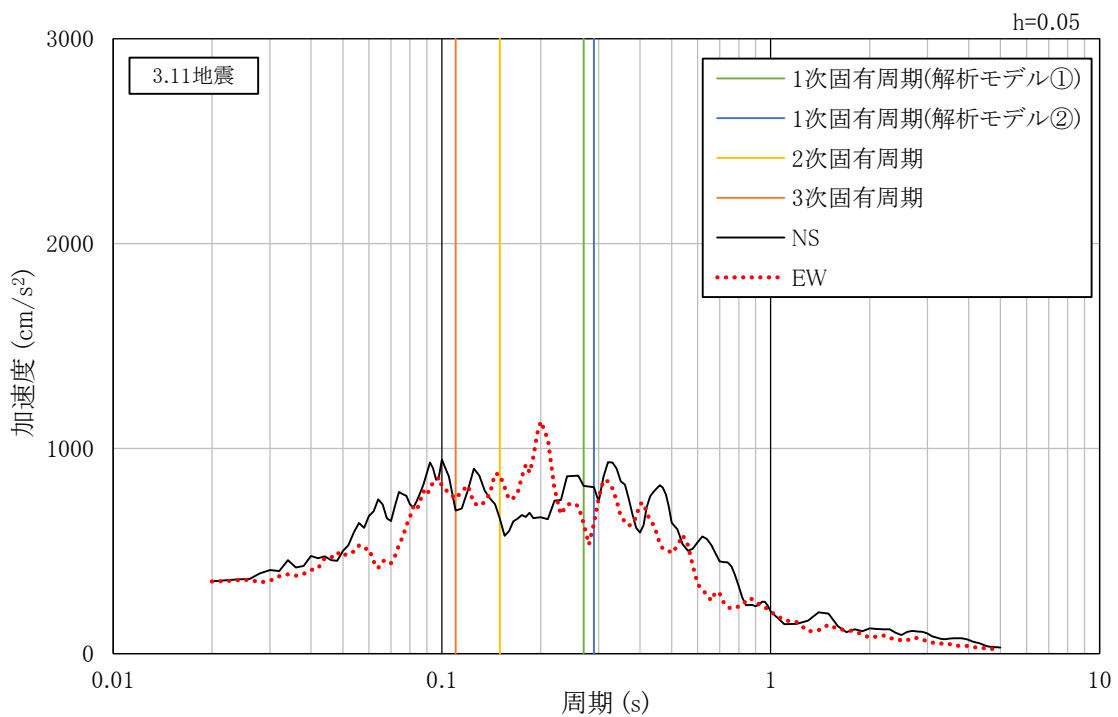


図4 入力地震動の加速度応答スペクトル(3.11地震)

第4回申請の再申請(R2.3.30)に対する確認事項(No.2 R2/6/8):第4回第1編(耐震性)

旧耐震指針では、鉛直地震力は静的地震力としており、新規基準で鉛直地震動に動的地震力を考慮することとしている。鉛直地震動の動的地震力を評価する建家モデルは、今回新たに設定したものであるため、設定の考え方を説明すること。(質点の置き方、ばね定数、減衰定数の設定)

【回答】

鉛直方向の建家解析モデルは、JEAC4601-2015 を踏まえ、質点の位置(質点の置き方)、ばね定数、減衰定数の設定を行っている。

質点の位置(質点の置き方)については、水平方向の解析モデルと同一高さとし、集中質点にてモデル化している。R/B 頂部の質点については、屋根トラス部分の鉛直振動を解析するため、スパン中央部から端部に質点を分けて配置している。

ばね定数については、R/B、C/V 及び I/C の各質点間を結ぶ軸ばねの軸剛性を「構造要素(耐震壁等)の軸断面積」及び「コンクリートの設計基準強度から定められる材料物性」に基づき設定している。屋根トラス部分は屋根の形状・構造に基づき、梁要素でモデル化している。基礎底面位置に設ける鉛直方向の地盤ばねは水平方向と同様に JEAG4601 に基づき、振動アドミタンス理論により算定している。

減衰定数については、JEAG4601に示される各構造形式で慣用的に使用されている値に基づき設定している。R/B 及び I/C(RC 造)は慣用的に 5%とされているが、保守的に 3%を、屋根トラス(S 造)は 2%を、C/V(鋼製格納容器)は 1%を設定している。

下表に鉛直方向の地震応答解析モデルの設定について整理した結果を示す。なお、今回評価の設工認からの変更点については、平成 29 年 10 月 13 日第 222 回審査会合の資料 1 で説明している。

表 鉛直方向の地震応答解析モデルの設定

項目	内容	設工認	今回評価	設定理由
地震 応答 解析	建家 モデル	なし	耐震壁の軸剛性を軸ばねで 表現した多質点系モデル	規則 ¹⁾ を踏まえ新規に実施、現在の規格・基準 ²⁾ に基づき設定
	材料 物性		・コンクリートの圧縮強度 F _c =23.5 N/mm ²	規則 ¹⁾ を踏まえ新規に実施、現在の規格・基準 ³⁾ に基づき設定
	減衰 定数		RC 造: 3% S 造: 2% S 造(鋼製格納容器): 1%	規則 ¹⁾ を踏まえ新規に実施、現在の規格・基準 ^{2),4)} に基づき設定。 RC 構造は減衰定数のばらつきを考慮し ¹⁾ 、保守的に 3%に設定
	底面 ばね		鉛直ばねを考慮 振動アドミタンス理論による	規則 ¹⁾ を踏まえ新規に実施、現在の規格・基準 ^{2),5)} に基づき設定
	側面 ばね		考慮なし	

- 1) 「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
- 2) 「原子力発電所耐震設計技術規程」(日本電気協会 JEAC4601-2015)
- 3) 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(1999 年日本建築学会)
- 4) 「原子力発電所耐震設計技術指針」(日本電気協会 JEAG4601-1987)
- 5) 「原子力発電所耐震設計技術指針」(日本電気協会 JEAG4601-1991 追補版)

第4回申請の再申請(R2.3.30)に対する確認事項(No.4 R2/6/8):第4回第1編(耐震性)

評価対象機器のうち、一部の許容値が建設設工認と異なっているものがあるので(ⅢAS⇒IVAS)、許容値を変更した設計の考え方を説明すること。

【回答】

○ 耐震健全性評価

耐震健全性評価の許容値の設計の考え方は、 S_s を用いた評価では許容応力状態Ⅳ_ASにおける許容値、 S_d 及び $1/2S_d$ を用いた評価で許容応力状態Ⅲ_ASにおける許容値とする。ただし、Sクラスの配管に対しては、 S_s を用いた評価で許容応力状態Ⅲ_ASにおける許容値とする。そのため、Sクラス配管の評価では、 S_d による評価を省略している。

許容応力状態がⅢ_ASからⅣ_ASに変更した設備として、添付書類1-4-4(P.11)の1次ヘリウム純化設備の入口フィルタ等がある。これらの設備は、耐震重要度分類がAクラスからSクラスに変更され、 S_s を用いた評価が新たに必要となる。そのため、 S_s を用いた評価で許容応力状態Ⅳ_ASにおける許容値を用いている。

○ 波及的影響評価

波及的影響評価の許容値の設計の考え方は、許可基準規則に記載している「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ように設計すること」を参考にし、下位のクラスに属するものの転倒等が発生せず耐震重要施設の安全機能に影響がないことを確認する。したがって、耐震健全性評価で用いる許容値を満足できない排気筒、燃料交換機の取付ボルト及び制御棒交換機の取付ボルトの許容値は、部材が実際に破断せず下位のクラスに属するものの転倒等の有無を判断するために、日本機械学会(JSME)等の規格に記載されている引張強さ S_u とする。解析値が引張強さ S_u を下回れば、部材に破断が発生せず下位のクラスに属するものの転倒が発生せず、耐震重要施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはないと考える。なお、JSME等の引張強さ S_u は、ミルシートに記載の引張強さ S_u に対して保守性を有している。

第4回申請の再申請(R2.3.30)に対する確認事項(No.7 R2/6/8):第4回第1編(耐震性)

既設工認の応力値に乗ずる応答倍率をどのように評価しているのか。機器によっては応答の固有周期が異なり、床応答スペクトルの比も異なるので、これをどのように考慮しているのか。また、1次モードの固有周期に対して床応答スペクトル比をかけると推察されるが、高次モードの寄与を考慮したとしても、十分な保守性があるといえるのか説明すること。(高次モードに大きなモーダルウエイトがないことの説明が必要。)

【回答】

HTTR では、設計及び工事の方法の認可(設工認)に関する耐震性評価・波及的影響評価に先立って、平成29年6月29日に応答倍率法による評価の妥当性を説明した。応答倍率法による評価は、規制庁との議論を経て、以下の方法で実施することとなった。

1. 応答倍率法について

応答倍率法は、既往評価で得られた応力評価結果を用いる評価手法であり、固有周期における既往評価時と再評価時の床応答スペクトルの応答比を既往の応力評価結果に乗じることで耐震評価を実施するものである。

応答倍率法の方法は大きく2つあり、既往の耐震評価で得られた「地震時の応力」と「地震時以外の応力」を合わせた全応力に応答比を乗じて発生値を算出する方法(方法1)及び「地震時の応力」のみに応答比を乗じて発生値を算出する方法(方法2)がある。

応答比の算出方法は、評価対象設備の固有周期における再評価時及び既往評価時の水平震度、鉛直震度を用いて、別紙1に示す算出式により算出する。

2. 既に認可が得られた設工認(既往の設工認)について

応答倍率法に用いる既往評価は、既往の設工認の耐震評価結果とする。既往の設工認は、当時の科学技術庁に対して耐震解析の技術的内容や評価結果の妥当性を説明し認可を受けた(平成3年(第1回申請、2安(原規)第733号))～平成5年(第5回申請、5安(原規)第84号))。したがって、既設工認の評価結果を用いることは妥当である。

3. 保守性について

応答比の一般的な算出方法は、評価対象設備の固有周期における水平震度、鉛直震度を、既往評価時及び再評価時の地震動から読み取り算出する。また、配管のような複数の固有周期のモードを有し、複数の固有周期における震度を考慮する必要がある評価対象設備では、各周期のうち最大となる応答比を算出する。また、床置き機器等のような固有周期の1次モードが支配的になる評価対象設備では、固有周期の1次モードから応答比を算出する。一方、HTTRでは、一部「地震時の応力」が支配的になる機器・配管があり、応答倍率法による解析の保守性を担保するために、全ての機器・配管に対して評価対象設備の固有周期を用いず、1次モードから短周期の中で応答比が最大となる周期における震度を読み取り、応答比を算出する(別紙2参照)。

応答倍率法は方法1及び方法2があり、一般的により保守性を有している方法1が採用されている。一方、HTTRでは、方法1及び方法2の両評価を実施し、両評価結果が評価基準値を満足することを確認する(別紙

3 参照)。

上記を考慮した応答倍率法と詳細解析の結果の比較を別紙 4 に示す。別紙 4 の表に示すとおり、HTTR で用いる応答倍率法による解析結果は、詳細解析よりも大きな値となっている。

4. 位相について

応答倍率法による評価では、時刻歴加速度から 1 質点系モデルにて作成した床応答スペクトルを用いる。床応答スペクトルは、1 質点系モデルの各周期における加速度応答の最大値をプロットして作成するため位相の概念は無く、設備の固有周期における加速度応答の最大値を入力値とする。また、応答倍率法による評価では、水平 2 方向の床応答スペクトルを包絡した水平波を用いているため、EW 波と NS 波の加速度応答の最大値を入力値としている。

5. 裕度について

耐震性の評価に用いる許容値は、別紙 5 に示すとおり、実際の材料強度と比べて裕度を有している。そのため、応答倍率法による評価で得られた計算値と許容値を比較し、計算値が許容値を下回れば耐震裕度を有する。

6. 応答倍率法による評価と詳細評価の使い分けについて

応答倍率法による評価は、簡易的かつ保守的な評価である。そのため、まず、建設当時と評価手法が異なるものを除き全ての評価対象設備に対して応答倍率法による評価を実施する。つぎに、応答倍率法による評価で許容値を満足しない評価対象設備に対して詳細評価を実施する。

7. まとめ

既設の機器・配管に対して耐震評価手法として用いる応答倍率法は、既往の設工認の正当性及び評価結果の保守性を有していることから、耐震評価で用いることは妥当である。

一般的な応答比の算出について

応答倍率法による耐震評価で用いる応答比の算出方法を示す。応答比は、分母を既往評価時の床応答スペクトルにおける水平震度と鉛直震度の二乗和平方根(SRSS)より算出し、分子は再評価時の床応答スペクトルより算出する。

$$\frac{\sqrt{C_H^2 + (1+C_V)^2}}{\sqrt{C_{H0}^2 + (1+C_{V0})^2}} \quad : \text{方法 1 の応答比} (\alpha_1)$$

$$\frac{\sqrt{C_H^2 + C_V^2}}{\sqrt{C_{H0}^2 + C_{V0}^2}} \quad : \text{方法 2 の応答比} (\alpha_2)$$

C_H : 再評価時の地震動の水平震度(図 1 参照)

C_V : 再評価時の地震動の鉛直震度(図 1 参照)

C_{H0} : 既往評価時の地震動の水平震度(図 1 参照)

C_{V0} : 既往評価時の地震動の鉛直震度(図 1 参照)

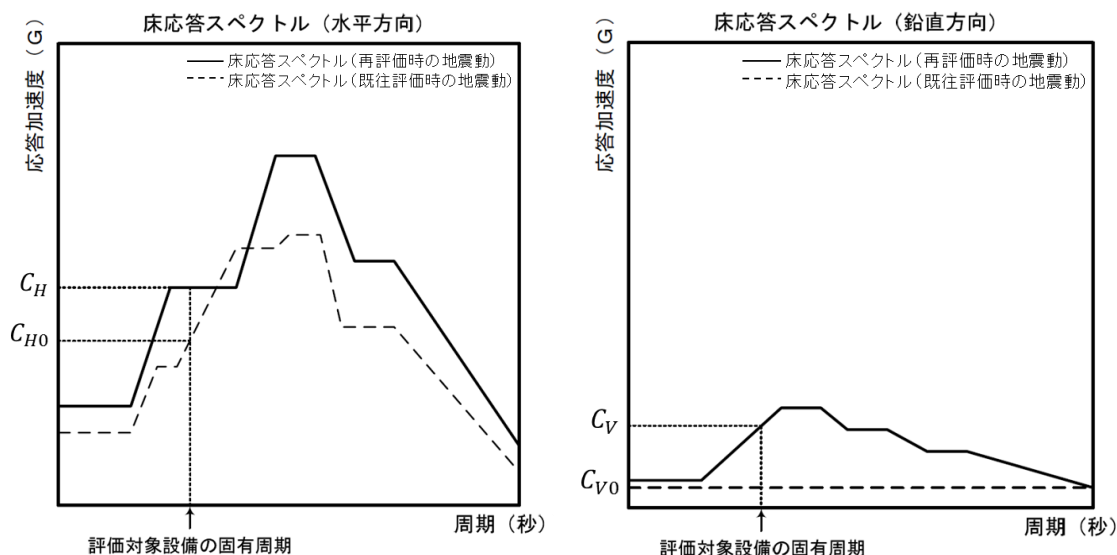


図 1 再評価時と既往評価時の床応答スペクトルの例

保守的な応答比の算出について

応答比は一般的に評価対象設備の固有周期における震度を用いて算出している(図1参照)。なお、複数の固有周期における震度を考慮する必要がある評価対象設備では、各周期のうち最大となる応答比を算出する。すなわち、3つの赤丸の周期の中から最大となる応答比を算出する。一方、HTTR では、応答倍率法による解析の保守性を担保するために、評価対象設備の固有周期を用いず、1次周期から短周期の中で応答比が最大となる周期における震度を用いて応答比を算出する。すなわち、赤の点線で示した中で最大となる応答比を算出する。

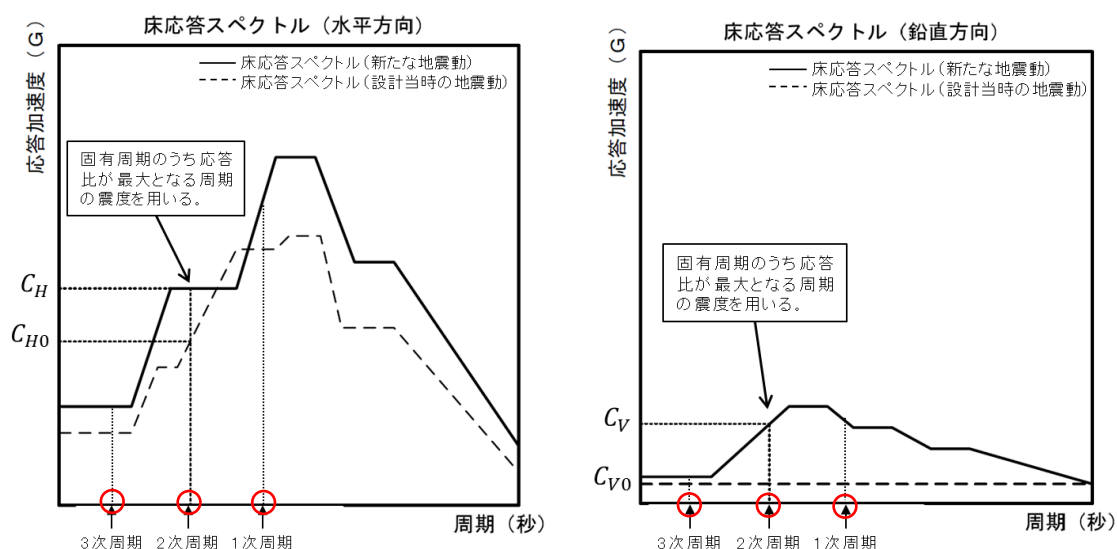


図1 一般的な応答比の算出

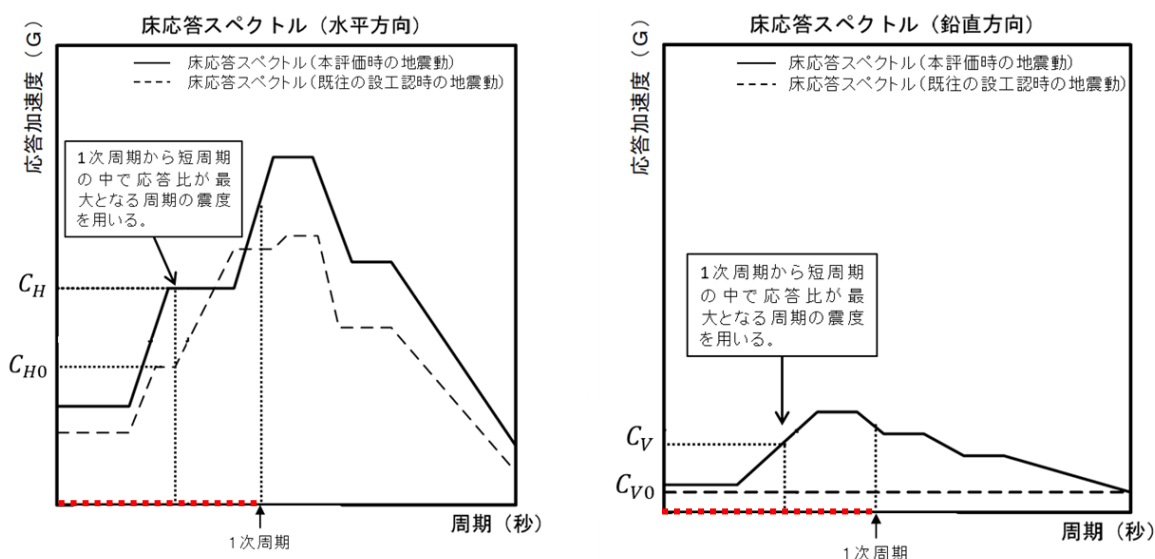


図2 HTTR が用いる応答比の算出

応答倍率法による応力の算出方法について

応答倍率法は、以下の式により発生応力を算出する。

$$\sigma = (\sigma_a + \sigma_b) \times \alpha_1 \quad \text{方法1による算出方法}$$

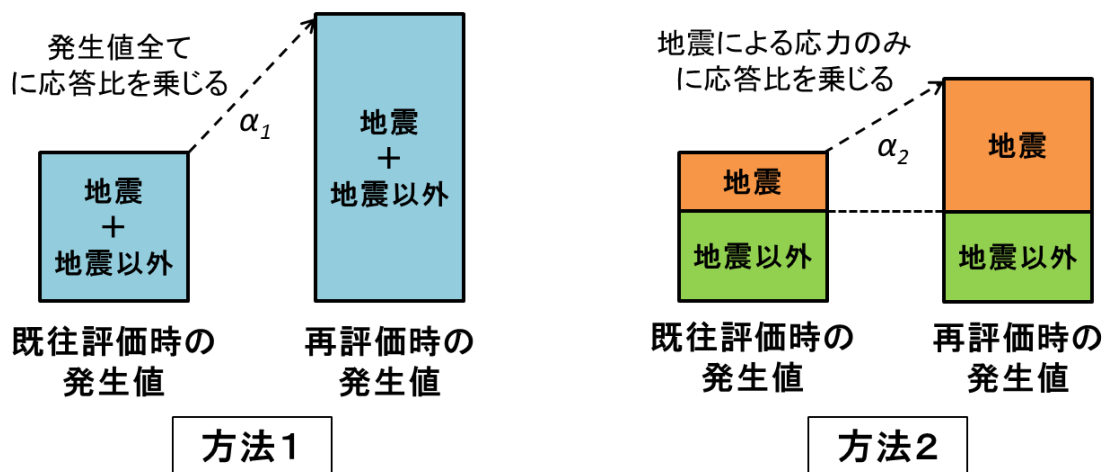
$$\sigma = \sigma_a \times \alpha_2 + \sigma_b \quad \text{方法2による算出方法}$$

ここで、

- σ : 再評価での発生応力
- σ_a : 既往評価での地震時の応力
- σ_b : 既往評価での地震時以外の応力

$$\alpha_1 : \text{方法1の応答比} \quad \frac{\sqrt{C_H^2 + (1+C_V)^2}}{\sqrt{C_{H0}^2 + (1+C_{V0})^2}}$$

$$\alpha_2 : \text{方法2の応答比} \quad \frac{\sqrt{C_H^2 + C_V^2}}{\sqrt{C_{H0}^2 + C_{V0}^2}}$$



応答倍率法のイメージ図

注:地震以外の発生値とは、自重、内圧等による応力である。

詳細解析(スペクトルモーダル解析法)との比較について

HTTR で用いる応答倍率法と詳細解析(スペクトルモーダル解析法)の解析結果の比較を示す。評価に用いた地震動は、平成 24 年 9 月に文部科学省に提出した「HTTR 原子炉施設の健全性確認に関する報告書」の地震動である。

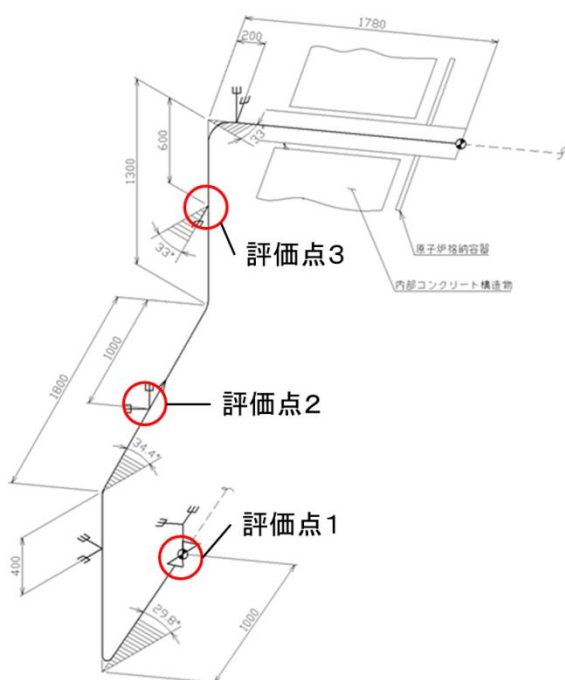


表 1 解析結果の比較(配管)

評価点	分類	詳細解析の結果 [MPa]	応答倍率法の結果 [MPa]
1	1次	23.8	103.3
	1次+2次	21.1	50.4
2	1次	29.3	85.6
	1次+2次	24.5	55.4
3	1次	34.4	60.5
	1次+2次	18.3	27.7

図 1 既設の配管図と評価点(配管)

以上より、HTTR で用いる応答倍率法による解析結果は、詳細解析よりも大きな値となっているため、既設の機器・配管等に対する耐震評価の手法として妥当である。

詳細解析(定式化された評価式を用いた解析法)との比較について

HTTR で用いる応答倍率法と詳細解析(定式化された評価式を用いた解析法)の解析結果の比較を示す。評価に用いた地震動は、平成 24 年 9 月に文部科学省に提出した「HTTR 原子炉施設の健全性確認に関する報告書」の地震動である。

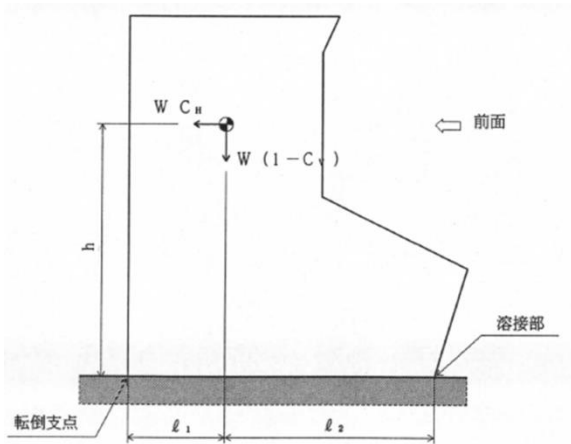


図 2 溶接の場合(盤)

表 2 解析結果の比較(溶接)

評価点	分類	詳細解析の結果 [MPa]	応答倍率法の結果 [MPa]
溶接	組合せ	1.7	16.6

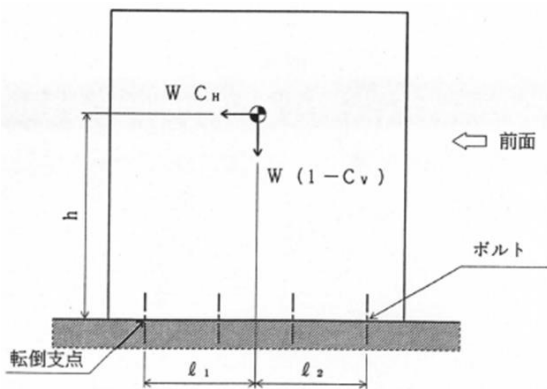


表 3 解析結果の比較(ボルト)

評価点	分類	詳細解析の結果 [MPa]	応答倍率法の結果 [MPa]
ボルト	引張	1.8	14.0
	せん断	0.2	3.5

以上より、HTTR で用いる応答倍率法による解析結果は、詳細解析よりも大きな値となっているため、既設の機器・配管等に対する耐震評価の手法として妥当である。

許容値と材料強度について

材料強度の一般的な特性を示す応力-ひずみ線図を図1に示す。構造材料に加わる荷重により発生する応力は、図のように分類される。熱、内圧等の地震以外の荷重による応答に地震荷重による応答が加わり、地震時の構造材料に発生する応力が得られる。これを許容値と比較して、耐震性評価を行う。耐震性評価の許容値と材料強度の関係は、許容値は設計上の許容応力との余裕(②)に加えて、JSME 等の設計引張強さに対する余裕(①)がある¹⁾。したがって、耐震性評価で得られた計算値が許容値を下回れば耐震余裕度を有している。

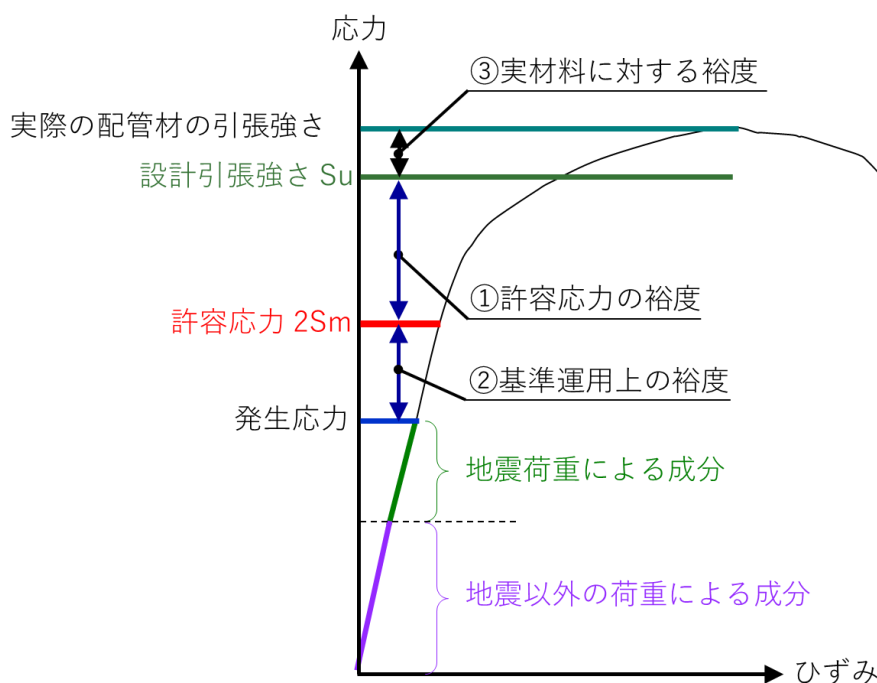


図1 配管の許容応力の例¹⁾

1) 日本機械学会、“中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響評価研究分科会”、2008年6月。

第4回申請の再申請(R2.3.30)に対する確認事項(No.8,9 R2/6/8):第4回第1編(耐震性)

設計当初からの改造工事などにより、機器の固有周期が変わっていることはないのか説明すること。機器の固有周期に変更があれば、単純に床応答スペクトル比を乗じるだけでよいとは判断できないと考えられる。

建設設工認から機器配管系の減衰定数に変更はないのか説明すること。

【回答】

HTTR 原子炉施設の設備、機器等は、設計当初から改造工事等はない。そのため、機器の固有周期、重量等に変更はない。また、建設設工認から機器配管系の減衰定数の変更はない。

第4回申請の一部補正(R2.3.30)に対する確認事項 (No.11 R2/6/12)：第4編 (BDBA)

消防自動車から補給水系配管までの距離が 40m 以内であること及び取水時の消防自動車の停止位置から水源までの距離が 10m 以内であることを図等を用いて説明すること。

【回答】

消防自動車から補給水系配管までの距離は、図1に示すとおり約34mである。また、取水時の消防自動車の停車位置から水源まで距離は、図2に示すとおり約10mである。

なお、消防自動車の停車位置から水源まで実際に10mの消防用吸管を敷設し、揚水可能な長さを有していることを確認している。

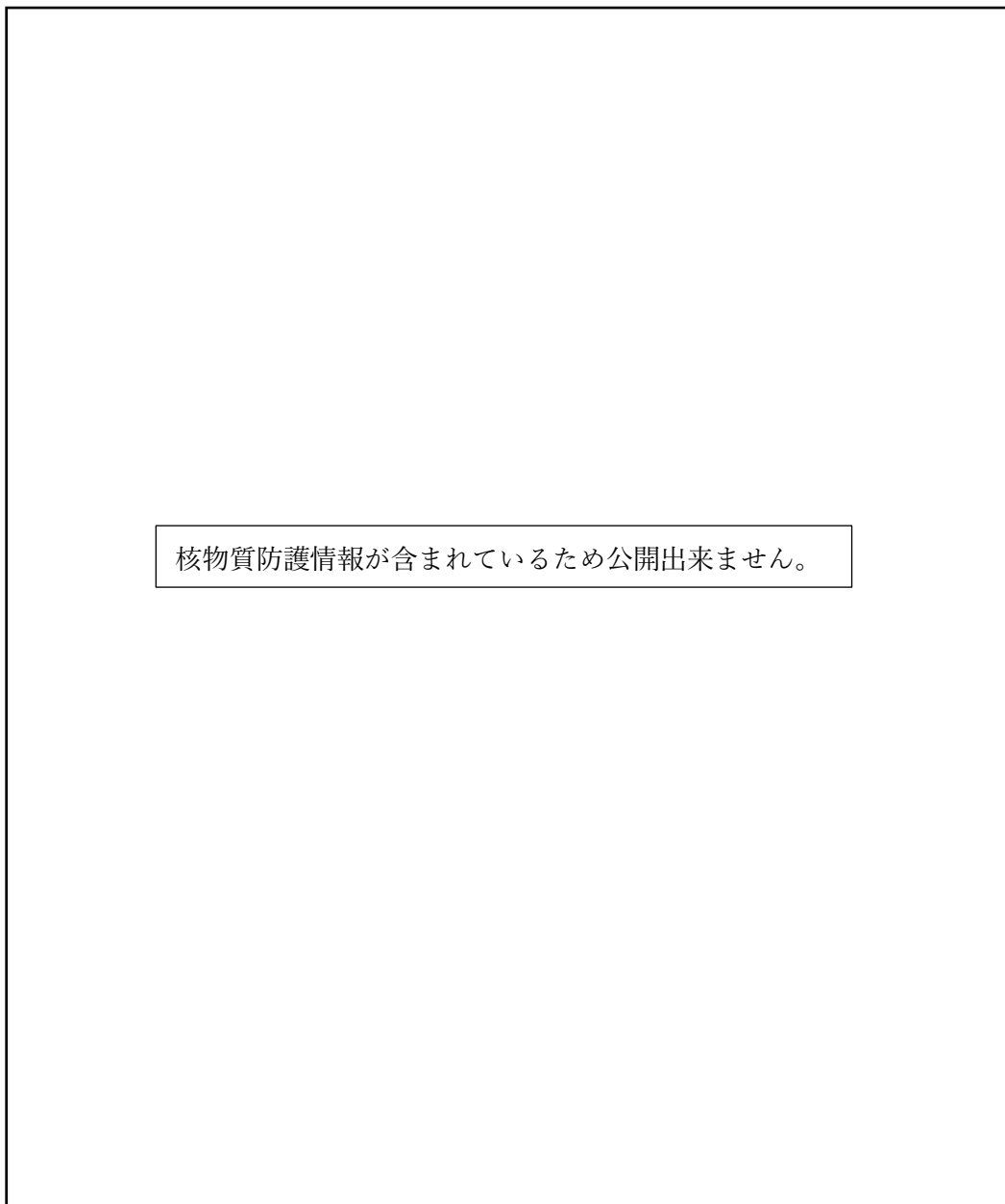


図1 原子炉建家内の緊急注水用ホースの敷設ルート

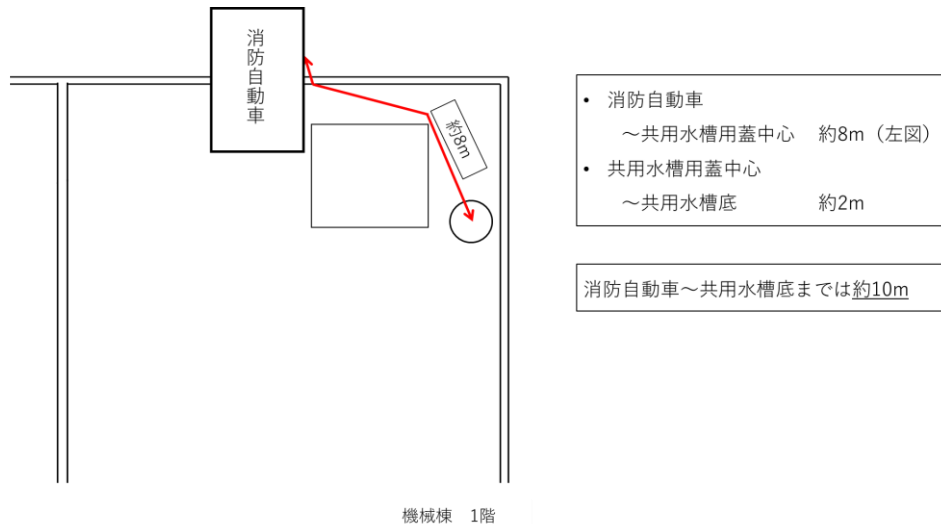


図2 機械棟内の消防用吸管の敷設ルート

第4回申請の一部補正(R2.3.30)に対する確認事項 (No.12 R2/6/12)：第4編 (BDBA)

BDBA発生時に必要となる使用済燃料貯蔵プールへの給水量は1日当たり 1.0m^3 であることを定量的に説明すること。

【回答】

BDBA評価時の使用済燃料貯蔵プールの初期水位から燃料頭頂部までの水の容積は約 11.6m^3 である。事象発生から約15日でプール水温度が 100°C に達し、約19日で使用済燃料の頭頂部までの水位が維持できなくなると評価している。

1日当たり蒸発量は、 11.6m^3 を4日で除算した場合 2.9m^3 である。このため、消防自動車が 1.0m^3 以上水槽を有していれば、1日あたり3回以上の注水を行えば使用済燃料の冠水を維持できることから、消防自動車の水槽の設計仕様を 1.0m^3 以上とした。

本文の消防自動車の設計条件を「使用済燃料貯蔵プールに1日あたり 3.0m^3 給水できること。」とする。

第4回申請の一部補正(R2.3.30)に対する確認事項 (No.13 R2/6/12)：第4編 (BDBA)

使用済燃料貯蔵建家は「一」となっているが、基準地震動による地震力に対して耐震余裕を有することの評価対象としているのであれば、表現を適正化すること。

【回答】

本文の3.1設計条件の「一」を「使用済燃料貯蔵建家」とする。

既設工認の認可番号等を記載し、既設工認の範囲の設計が確認できるようにすること(他の申請も同様)。

【回答】

申請書の当該図で示している範囲の設備・機器のうち、設工認を取得しているものの範囲と許認可番号等を以下に示す。

使用済燃料貯蔵プールへの注水に関する既設工認の範囲を図1に示す。この図は、既設工認のうち以下に記載されている。

- ・ 「第2編核燃料物質の取扱施設及び貯蔵設備(その2)」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

可搬型計器・可搬型発電機による監視に関する既設工認の範囲を図2～図6に示す。既設工認のうち以下に記載されている。

- ・ 「第4編計測制御系統施設(その2)」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

また、後備停止系制御装置盤、炉容器冷却設備系計装盤は、下記に記載されている。

- ・ 「IV-ニ-9 計装の耐震計算書」(設計及び工事の方法の認可(第4回申請)平成4年9月30日付け4安(原規)第312号)

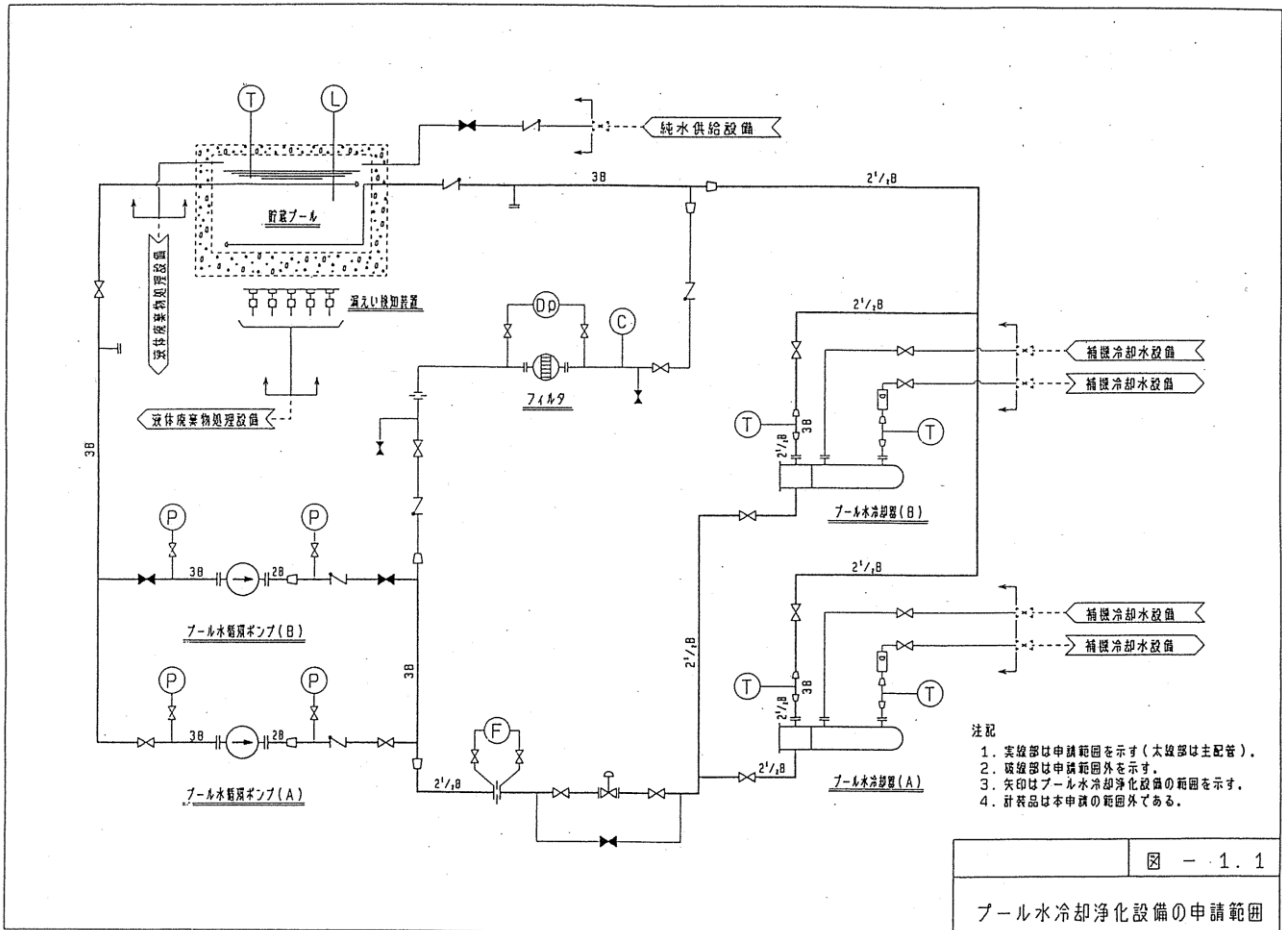


図1 使用済燃料貯蔵プールへの注水に関する既設工認の範囲

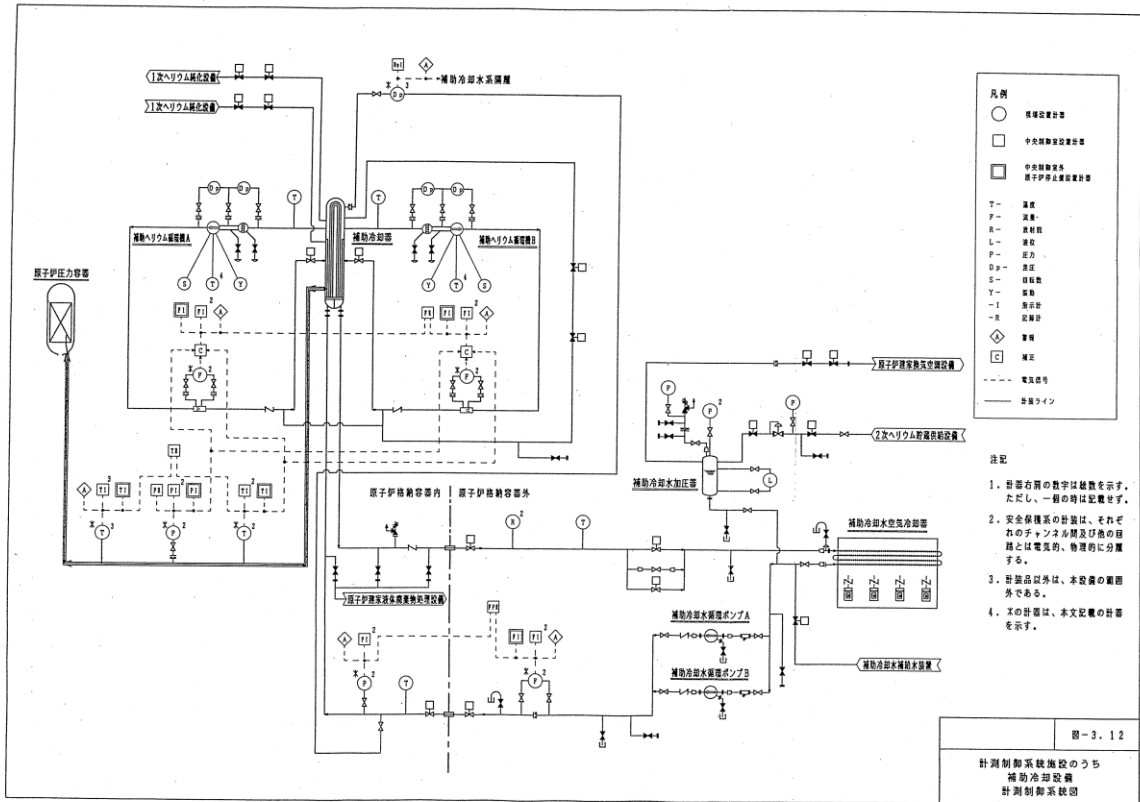


図2 可搬型計器・可搬型発電機による監視に関する既設工認の範囲（補助冷却設備）

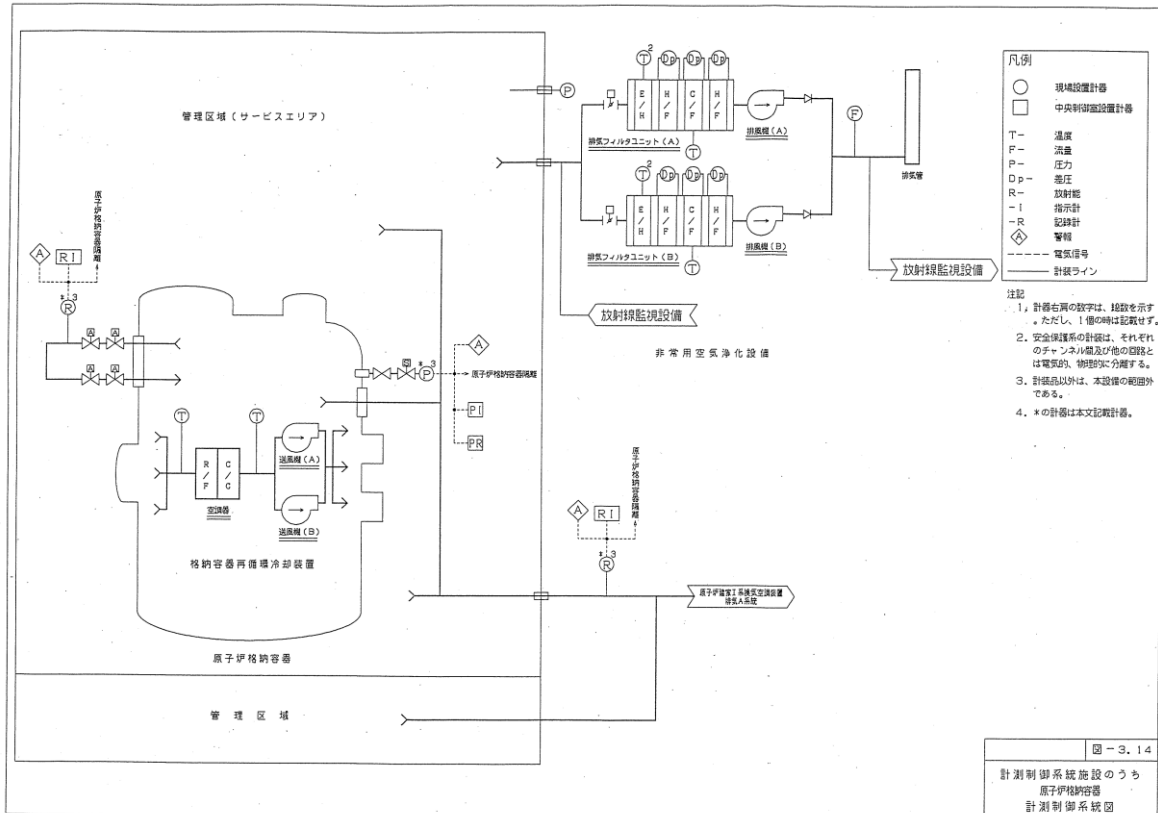


図3 可搬型計器・可搬型発電機による監視に関する既設工認の範囲（原子炉格納容器）

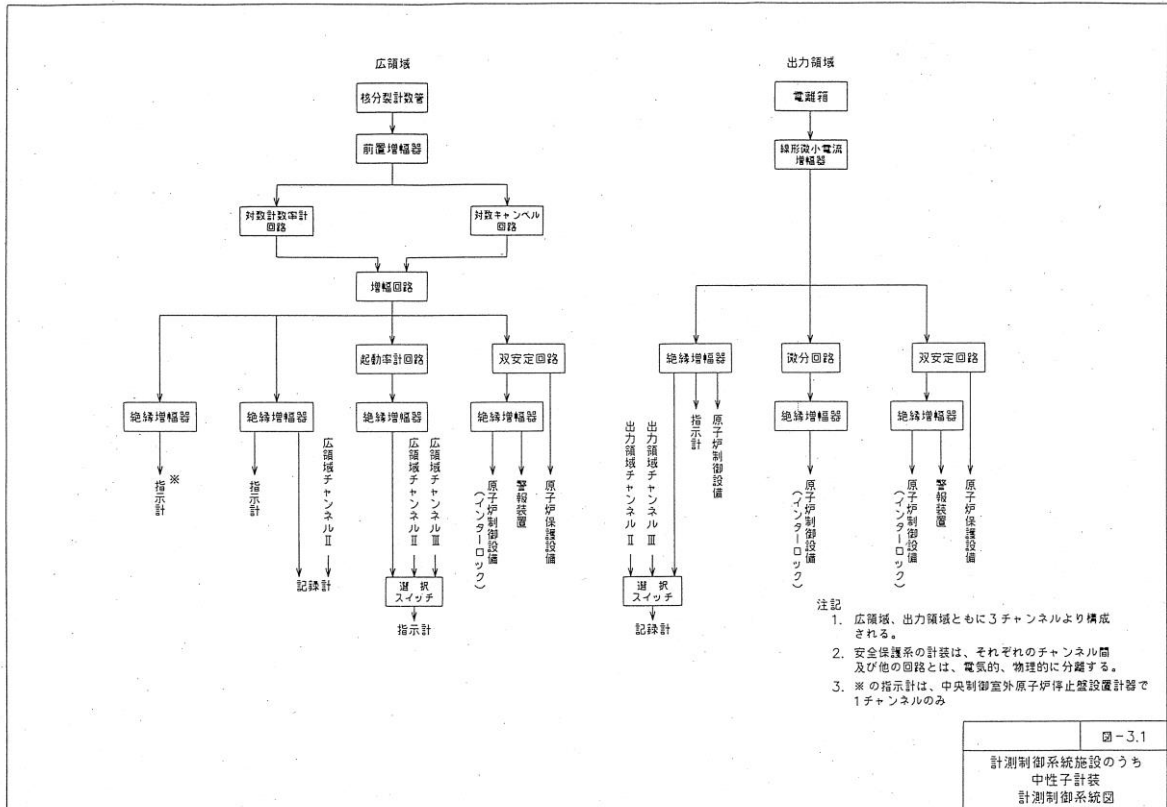


図4 可搬型計器・可搬型発電機による監視に関する既設工認の範囲（中性子計装）

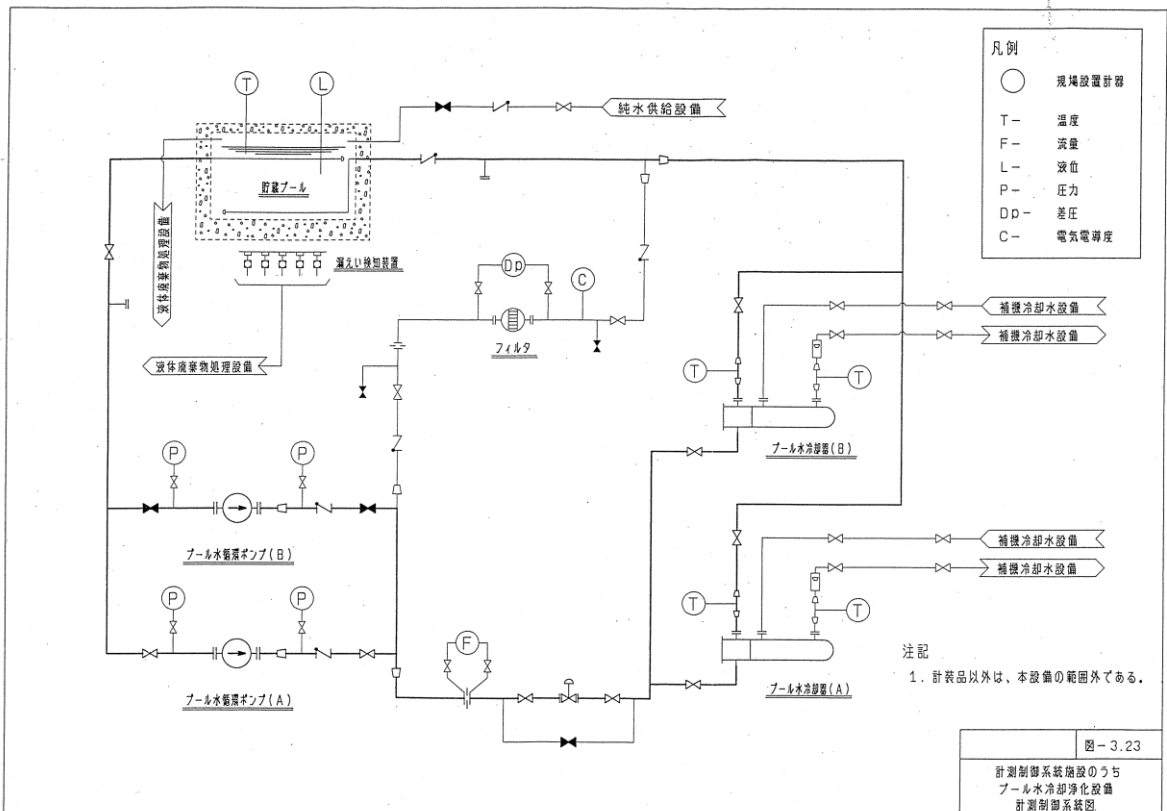


図5 可搬型計器・可搬型発電機による監視に関する既設工認の範囲（プール水冷却浄化設備）

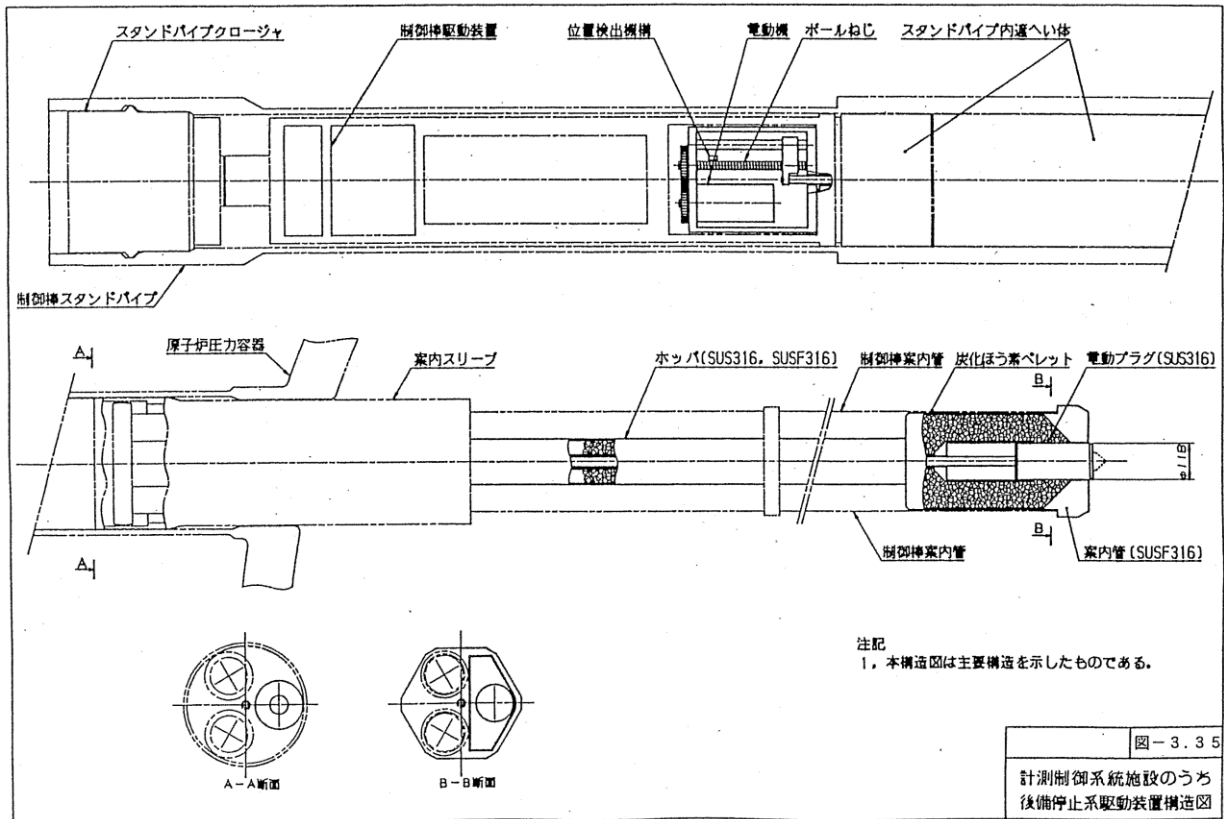


図6 可搬型計器・可搬型発電機による監視に関する既設工認の範囲（後備停止系）

第4回申請の再申請(R2.3.30)に対する確認事項(No.19 R2/6/18):第4回第1編(耐震性)

制御棒の挿入性については、計算上の応力が許容値以下であることを確認しているが、応力の比較のみで制御棒の挿入性が確保できることを、制御棒の挿入機構から説明して下さい。

また、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」にある確認項目のうち、検討されていない項目があればお教え下さい。(制御棒の挿入性のよう、①考え方と②計算値と評価値が確認できるようにまとめて下さい。)

【回答】

○ 制御棒の挿入性の確保について

制御棒の挿入性については、まとめ資料に以下のとおり記載している。

2. 制御棒挿入孔の連続性について

制御棒は、炉心構成要素の一部の制御棒案内ブロックの制御棒挿入孔に挿入される(図4)。HTTRの炉心は、六角柱状の黒鉛ブロック群で構成された積層構造をしている。これら炉心構成要素は、高温プレナムブロックを介して、サポートポストにより支持されている。地震時、サポートポストの支持機能が維持されていれば、制御棒案内ブロック等の炉心構成要素は、高さ方向において元の位置に留まり、制御棒挿入孔が高さ方向で不連続となることはない。そのため、制御棒挿入性上評価すべき問題は、炉心構成要素の水平方向の動きである。

構造上、炉心全ての炉心構成要素の黒鉛ブロックは六角柱状であるとともに、最下段の制御棒案内ブロックは隣接する燃料体ブロックより10cm低くしている。このため、炉心内の黒鉛ブロックは、炉心横断面の方向及び炉心縦断面の方向に拡散するように動く。図5に示すように、縦断面においては、①のブロックが変位した場合、隣接するブロックが10cmの段差をつけているため上下に広がって動き、また、横断面においては、①のブロックが変位した場合、黒鉛ブロックが六角柱状であるため、左右に動きが広がって動く。

地震時において、最も制御棒の挿入が阻害される事象は、制御棒案内ブロックの水平変位量が最大となった時に、制御棒の挿入孔が屈曲することで、挿入される制御棒要素に抵抗力が働くときである。炉心の振動特性は、横からの地震の入力により炉心全体が振動し、周波数が2~5Hzの帯域で、制御棒案内ブロック(カラム)や燃料体ブロック(カラム)が一体となって振動する。この時が、制御棒案内ブロックの水平変位量が最大となる。ここで、炉心形状から静的に制御棒案内ブロックの水平変位量が最大になったとしても、制御棒が挿入されることを静的試験により確認している。(別添資料参照)

また、制御棒案内ブロックに作用する地震荷重に対して、制御棒挿入孔が制御棒を挿入できる形状を維持していることのみを確認する。

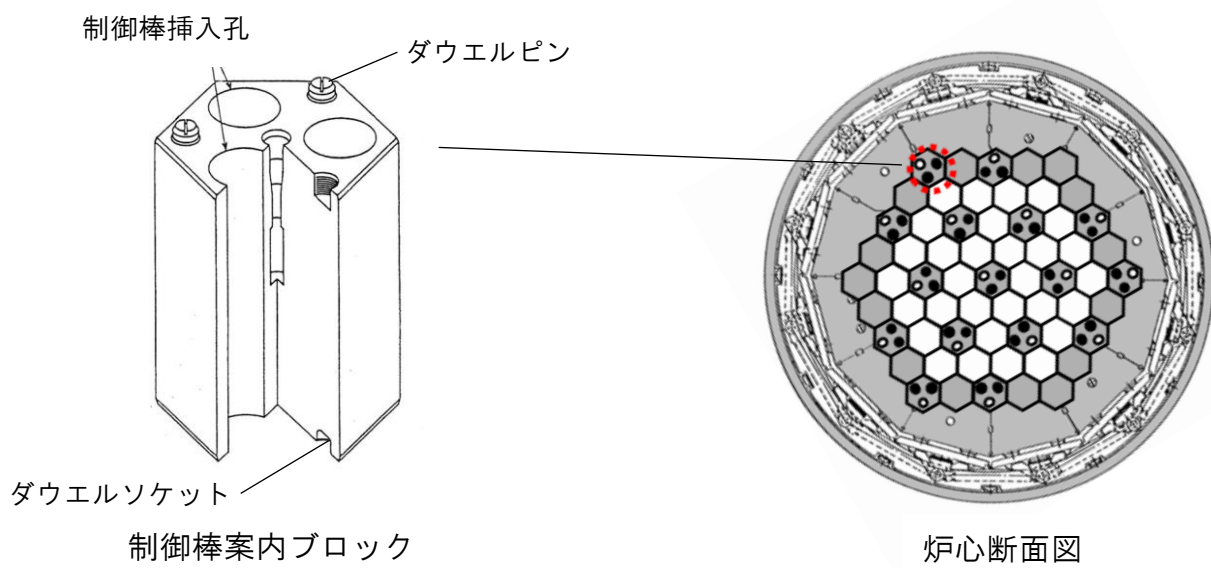


図4 制御棒案内ブロック及び炉心断面図

あるブロックが水平に動くと、高さ方向及び横方向に広がり、制御棒案内ブロックはその上下左右のブロックと一体となって運動する。制御棒挿入孔は、梁のように連続体として水平方向に運動する。

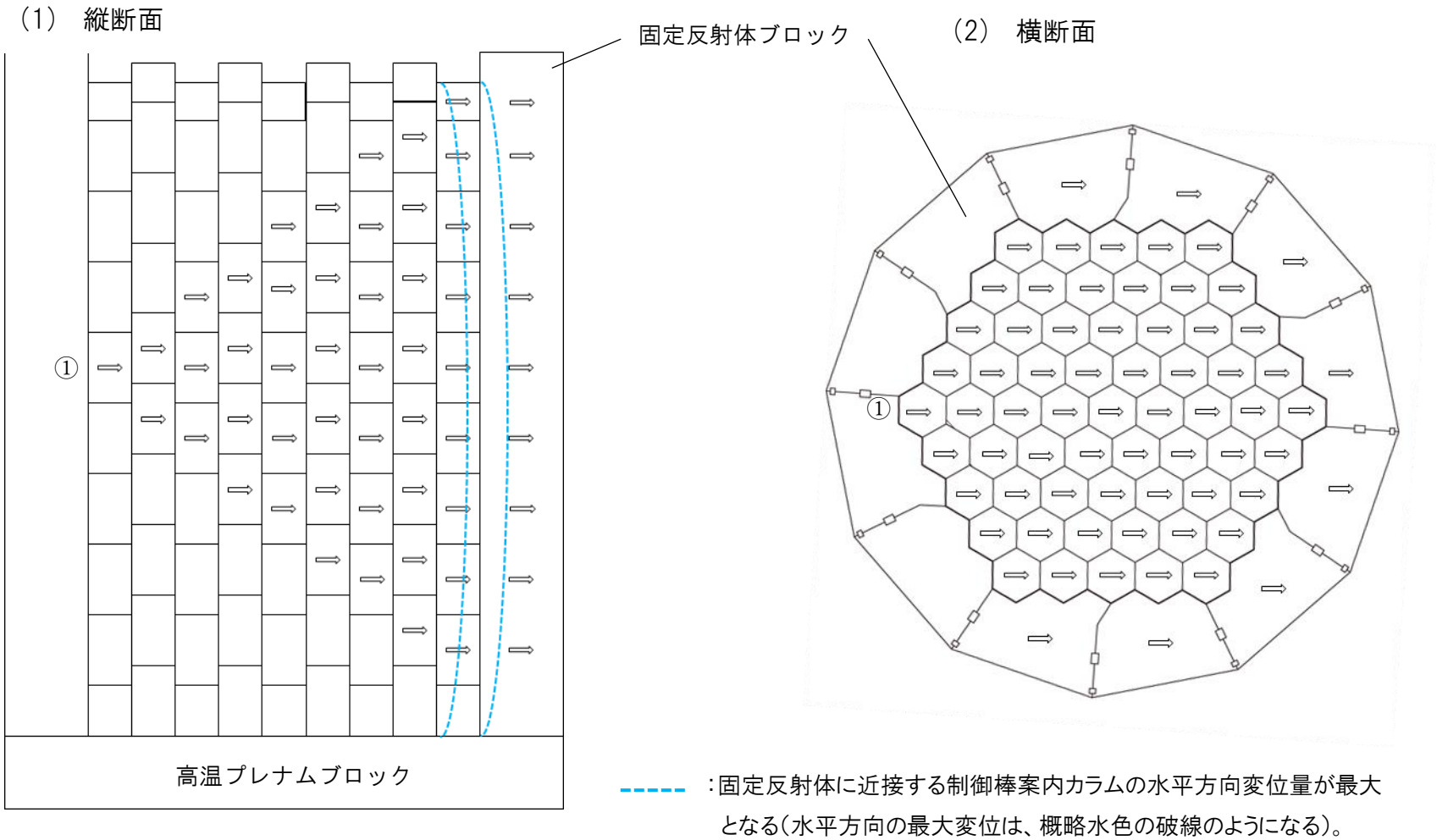


図5 水平方向のブロックの動き

水平方向変位時の制御棒挿入性

制御棒を挿入する際、制御棒挿入孔が弓なりになり変形し、その屈曲点が最も厳しくなる。即ち図1の屈曲角 θ が大きくなる程、制御棒は挿入しづらくなる。

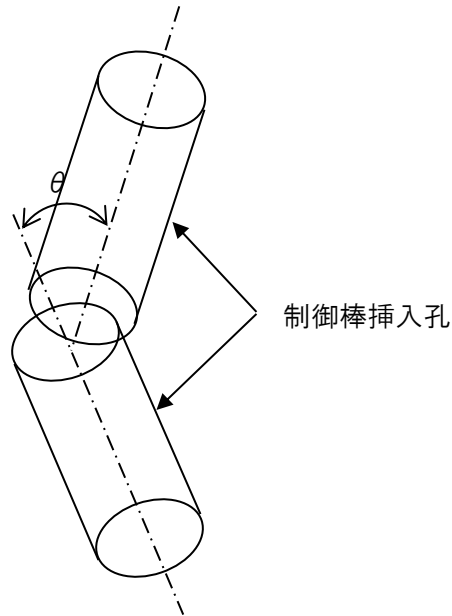


図1 制御棒挿入孔の状態図

屈曲角が物理的に最大となる条件は、拘束バンドが破損し、固定反射体ブロックが最大変位した値に各カラム間ギャップの積算値を加えた時(約 26 mm)である。(図 2)

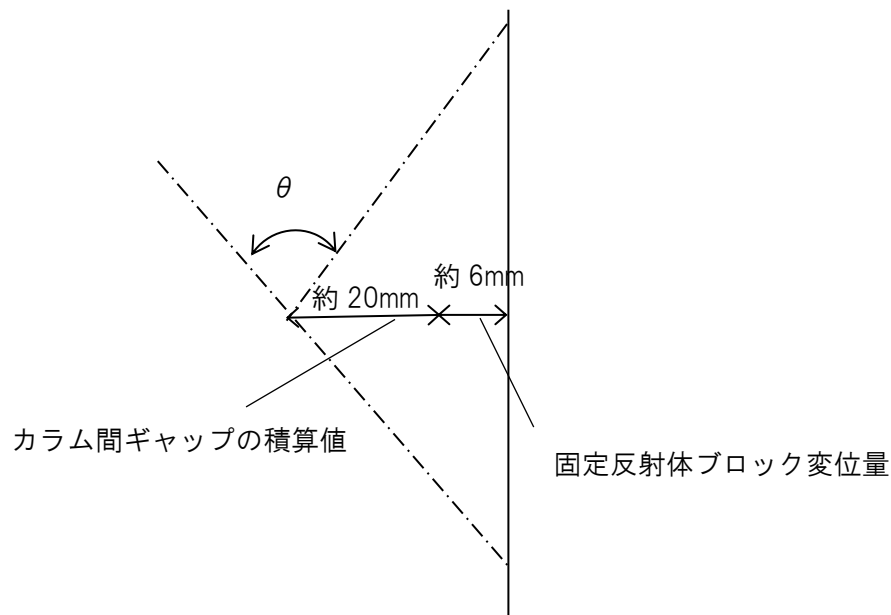


図2 想定される制御棒案内ブロック最大変位

$$\theta \cong 4(D_0 - D)/h \text{ (rad)}$$

- ここで、 D_0 : 挿入孔径(=123mm)
 D : 制御棒の最外径(=113mm)
 h : 制御棒要素長(=304mm)
 θ : 限界挿入孔傾斜角(=0.131rad)

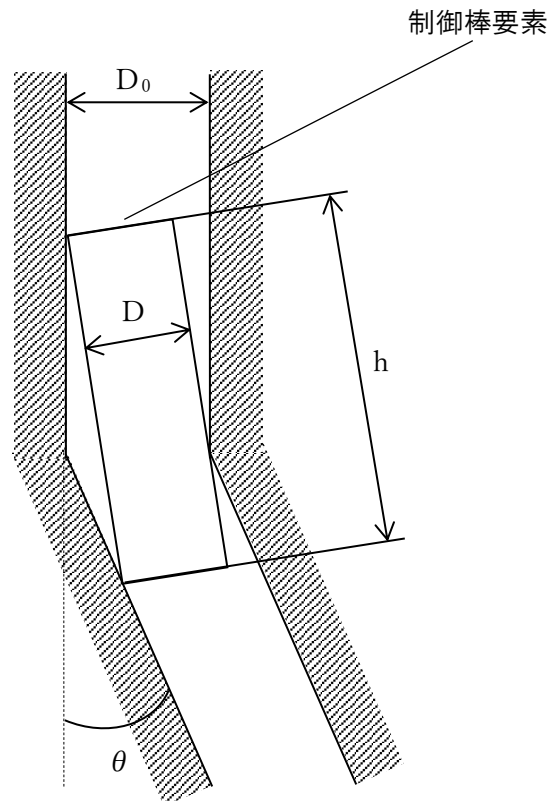


図3 制御棒要素の限界挿入孔傾斜角

図3に幾何学的に制御棒が挿入される限界挿入角(=0.131rad)を示す。また、静的挿入性試験では、最大挿入傾斜角 0.0877(rad)において、制御棒が挿入されたことを確認している。

一方、拘束バンドが破損し、固定反射体ブロックが最大変位した値に各コラム間ギャップの積算値を加えた変位量が約 26 mmの時の傾斜角は約 0.046(rad)である。また、制御棒は1本の連結棒に制御棒要素が連結されており、挿入を妨げないよう可撓性を持たせた構造となっている。(図4参照)

以上のことから、傾斜角約 0.046(rad)は静的試験結果の最大挿入角 0.0877(rad)を下回るため制御棒の挿入性は確保される。

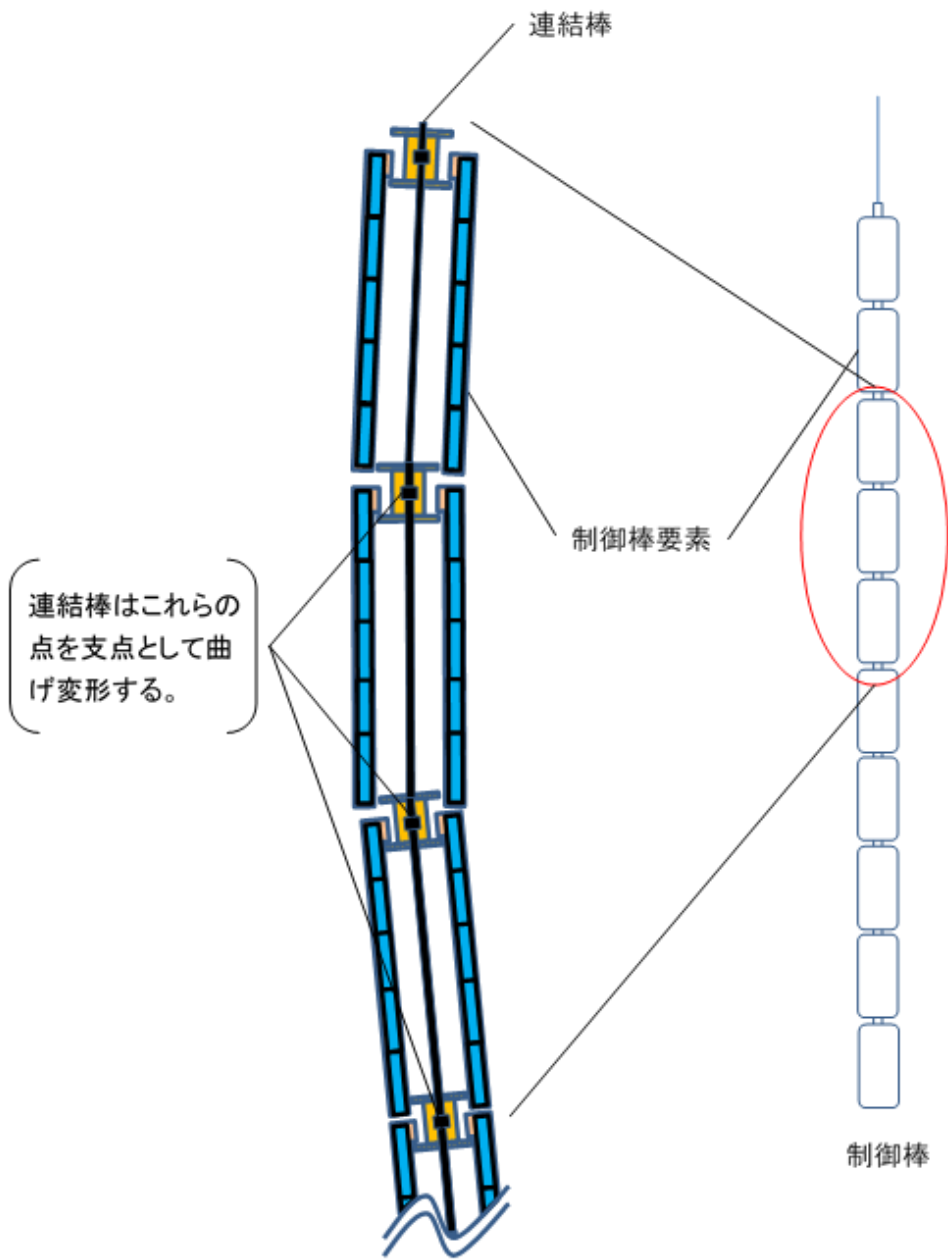


図 4 制御棒変形状況概念図

○「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の確認項目について

当該審査ガイドの確認項目のうち、検討しない項目及びその理由を以下に示す。なお、HTTR の耐震設計方針は、既に許可を取得した原子炉設置変更許可申請書の添付書類八に記載した。

審査ガイドの確認項目のうち、検討しない項目		検討しない理由
耐震重要度分類	Sクラスの施設	当該審査ガイドでは、耐震重要度分類の定義が「実用発電用原子炉設置許可基準規則解釈 別記 2」を踏まえて妥当であることを確認することとなっている。一方、HTTR は「試験炉設置許可基準規則解釈 別記 1「試験研究用等原子炉施設に係る耐震重要度分類の考え方」」に基づき分類する。
荷重の組合せと許容限界	津波防護施設、浸水防止設備等	HTTR 原子炉施設は標高約 36.5m の台地上に設置されており、想定する最大の津波高さ(標高 17.8m)は、HTTR 原子炉施設に到達しない。そのため、HTTR 原子炉施設には、津波防護機能、津波防止機能及び津波監視機能を有する施設はない。

第4回申請の一部補正(R2.3.30)に対する確認事項 (No.20 R2/6/18)：第4編 (BDBA)

夏海湖から消防自動車までの揚水及び消防自動車から使用済燃料貯蔵プールへの注水について、消防自動車のポンプがB-2級以上であれば十分可能であることを具体的に説明すること。

【回答】

夏海湖からの揚水場所の代表位置として示す図1の位置では、消防自動車はT.P.+約32m(国土地理院地図：<https://maps.gsi.go.jp/>)に駐車し、T.P.約+27mの夏海湖から揚水する。消防車の吸水口の高さを約1mとする場合、約6mの高さを揚水する必要がある。このため、設計仕様に「6.5m以上の高さを揚水できること」を追加する。

使用済燃料貯蔵プールへの注水は、地上階に停車させた消防自動車から原子炉建家の地下階にある補給水系配管へ接続して行く。このときプール水位も地下階にあることから、B-2級以上で十分注水可能である。

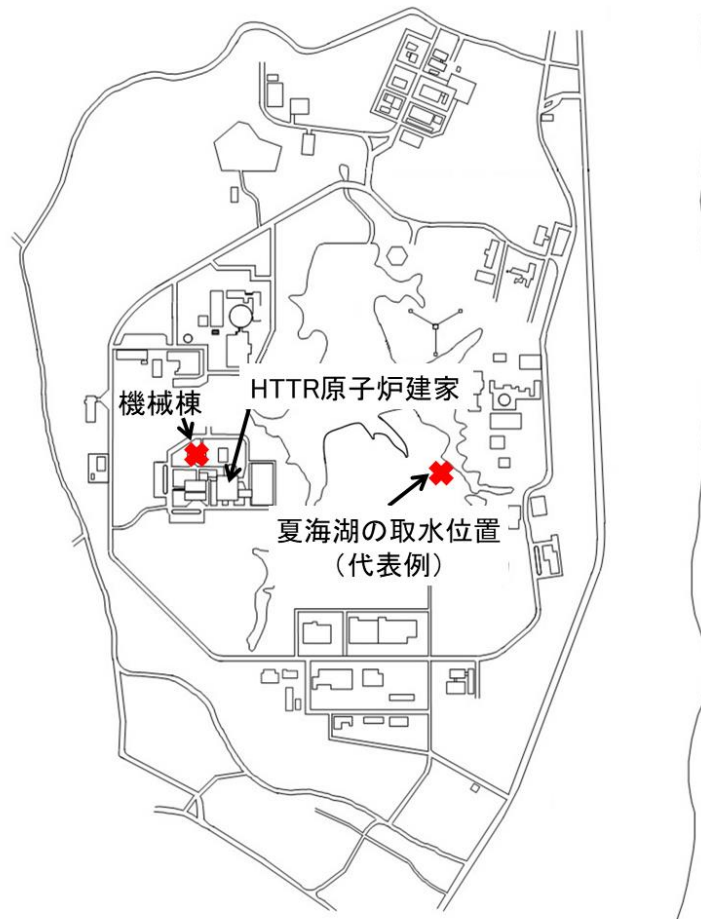


図1 夏海湖の取水位置の代表例

第4回申請の一部補正(R2.3.30)に対する確認事項 (No.21 R2/6/18)：第4編 (BDBA)

目張り等による原子炉建家の気密の改善等の基準適合性の説明に必要な事項は、まず本文において説明すること。

【回答】

本文の3.設計に以下を追記する。

3. 設計

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材等として以下を設ける。

- (1) 使用済燃料貯蔵プールへ注水するための資機材
- (2) 可搬型発電機
- (3) 防護機材
- (4) 原子炉建家からの放射性物質の放散を抑制するための資機材

3.1 設計仕様

(4) その他の資機材

種類	条件
目張り用資機材	・ 原子炉建家外壁等の目張りができること。
防護具	・ 放射性物質に対する呼吸保護具であること。 ・ 放射性物質に対する防護衣であること。
瓦礫撤去用工具	・ 瓦礫撤去に使用できること。

3.2 設計仕様

(4) その他の資機材

種類		数量
目張り用資機材	目張り用テープ	20m
防護具	チャコールフィルタ付き全面マスク、防護服	1 式
瓦礫撤去用工具	ハンマー・ツルハシ・シャベル	2 式