

高浜発電所 原子炉設置変更許可申請

蒸気発生器取替え、蒸気発生器保管庫設置及び保修
点検建屋設置に係る設置許可基準規則の適合性及び
審査会合における指摘事項の回答について

【SGRのDB設計関係】

- 1. 審査会合におけるコメント内容 ⇒ 2
- 2. コメントの回答 ⇒ 3 ~ 6
- 3. 設置許可基準規則の適合性の整理 ⇒ 7
 - 3-1. 設置許可基準規則第15条の適合性 ⇒ 8 ~ 9
 - 3-2. 設置許可基準規則第17条の適合性 ⇒ 10 ~ 12
 - 3-3. 設置許可基準規則第21条の適合性 ⇒ 13
 - 3-4. 設置許可基準規則第22条の適合性 ⇒ 14
 - 3-5. 設置許可基準規則第23条の適合性 ⇒ 15 ~ 16
 - 3-6. 設置許可基準規則第25条の適合性 ⇒ 17 ~ 18
 - 3-7. まとめ ⇒ 19

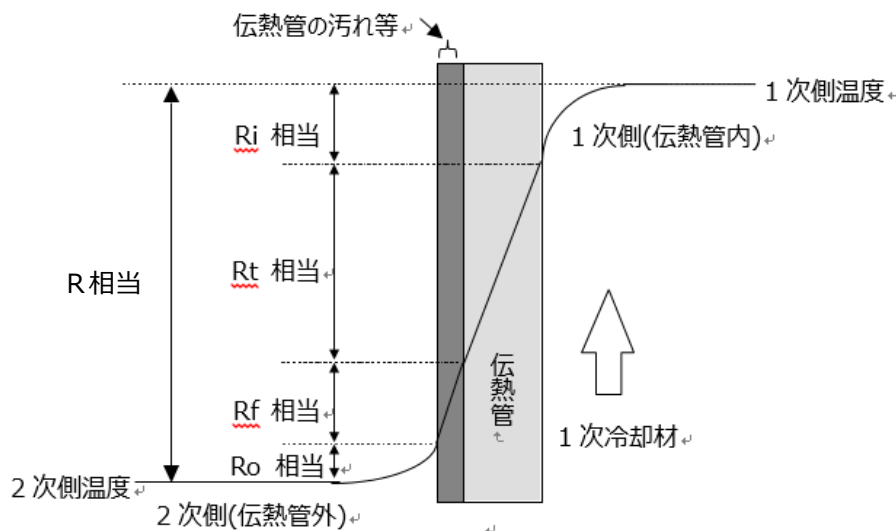
2023年6月15日実施の審査会合における指摘事項の回答

No	指摘事項の内容	回答頁
1	熱貫流率の導出に必要なパラメータについて記載を充実すること	3
2	テーパ角の変更に伴う圧損の変更について説明を充実すること	4 5
3	管支持板管穴形状の変更がどのように強度変更につながるかについて説明を充実すること	6
4	SG保管庫の保管能力について、廃棄物等の保管形態を加味しても保管可能なものかの説明を充実すること	7/4ヒアリング説明
5	本文五号のヌ.の記載について、放射性物質を取扱うことに係る考え方の説明を充実すること	7/4ヒアリング説明
6	2006年から2019年の変更に伴い、どのような傾向があるのか（風速、風向、大気安定度等）説明すること	7/4ヒアリング説明

- ・熱貫流率(U)は、3つの熱抵抗（管内熱抵抗(Ri)、伝熱管熱抵抗(Rt)、管外熱抵抗(Ro)）と、管の汚れ係数(Rf)の総和の逆数で表される。各抵抗のパラメータは表-1のとおり。
- ・伝熱管材料変更に伴う熱伝導率低下による伝熱管熱抵抗、および伝熱面積の増加（本数、長さの増）に伴う管外熱抵抗がそれぞれ増加する。
- ・伝熱能力は、伝熱面積(A)と熱貫流率(U)との積で求められ、表-2のとおり取替え前後で伝熱能力は変わらない設計としている。

表-1 高浜3、4号機SG取替え前後の各熱抵抗比較

<式> $U = 1/R (R = Ri + Rt + Ro + Rf)$	現 状 (51F型SG)	取替後 (54F II 型SG)
伝熱管熱抵抗 R_t ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		
汚れ係数 R_f ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		
管内熱抵抗 R_i ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		
管外熱抵抗 R_o ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		
総熱抵抗 R ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)		



伝熱管の熱抵抗のイメージ図

表-2 高浜3、4号機SG取替え前後の熱伝達能力比較

	現 状 (51F型SG)	取替後 (54F II 型SG)
熱貫流率 U ($W / m^2 \cdot ^\circ C$)		
伝熱面積 A (m^2)		
伝熱能力 $U \cdot A$ ($W / ^\circ C$)		

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。

(各値を端数処理して記載しているため、本編記載の式等で計算しても表中の値と一致しないことがある)

1. 伝熱管長さの延長と水室管台部のテーパ角変更他による圧力損失差について

1次側の圧損が変化する要因を表-1に示す。

伝熱管は直管長で [] の延長による圧損の増加と、本数4本増による圧損のわずかな低下により、伝熱管部での圧損は [] 程度増加する。

一方、1次側水室管台を図-1に示すとおり変更しており、入口管台部で [] 程度、出口管台部で [] 程度の圧損が低減する。

これらの設計改良に伴う1次側圧力損失差は [] 程度であり、表-2のとおり取替え前と同等となる。

表-1 1次側圧損が変化する要因

		現 状	取替後	差 (圧損影響)
水室鏡	材料	炭素鋼鋳鋼 (GSC3相当)	低合金鋼鋼板 (SQV2A)	[] (低減)
	(テーパ角※)	[]	[]	
伝熱管	本数	3,382本	3,386本	+4本 (低減)
	直管長	[]	[]	[] (増加)
1次側圧損 (MPa)		[]	[]	同等

表-2 1次側圧損の増減結果

		圧損の増減
SG 取替 による 影響	SG入口管台部での 圧損の増減 (P_1)	[] (取替前後の1次側圧損は同等)
	伝熱管部での1次側圧損の増 減 ($P_2 + P_3 + P_4$)	
	SG出口管台部での 1次側圧損の増減 (P_5)	
	合 計	

※：水室鏡の管台テーパ角変更の製造イメージについて

炭素鋼鋳鋼製水室鏡から低合金鋼の鋼板曲げ（ノズル部は押出し成形）成形の水室鏡に製造方法を変更した際、成形後の [] から冷却材管台内面のテーパ角を見直し。

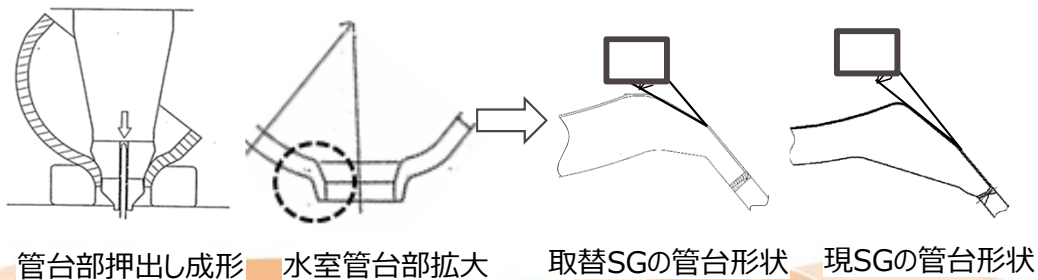


図-1 水室管台部のイメージ図

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。

2. SG1次側圧損計算の考え方

SG器内1次側の圧損は次式により求められる。

$$P_{SG} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

P₁ : SG入口管台圧損

【①入口管台テーパ部での漸次拡大圧損】

テーパ角が大きくなり水室入口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数が増加し、**わずかに圧損が増加**

【②管台部から水室内部への急拡大圧損】

テーパ角が大きくなり水室入口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数と流速が低下し、**圧損が低下**

P₂ : 伝熱管入口圧損

【水室内部から伝熱管入口への急縮小圧損】

伝熱管本数が増加し流路面積が大きくなったことから、流速が低下し、
わずかに圧損が低下

P₃ : 伝熱管圧損

【伝熱管部の摩擦圧損】

伝熱管本数の増加で管内通過流速は低下するが、
伝熱管直管長の増加による影響が大きいため、**圧損が増加**

P₄ : 伝熱管出口圧損

【伝熱管出口から水室内部への急拡大圧損】

伝熱管本数が増加し流路面積が大きくなったことから、流速が低下し、
わずかに圧損が低下

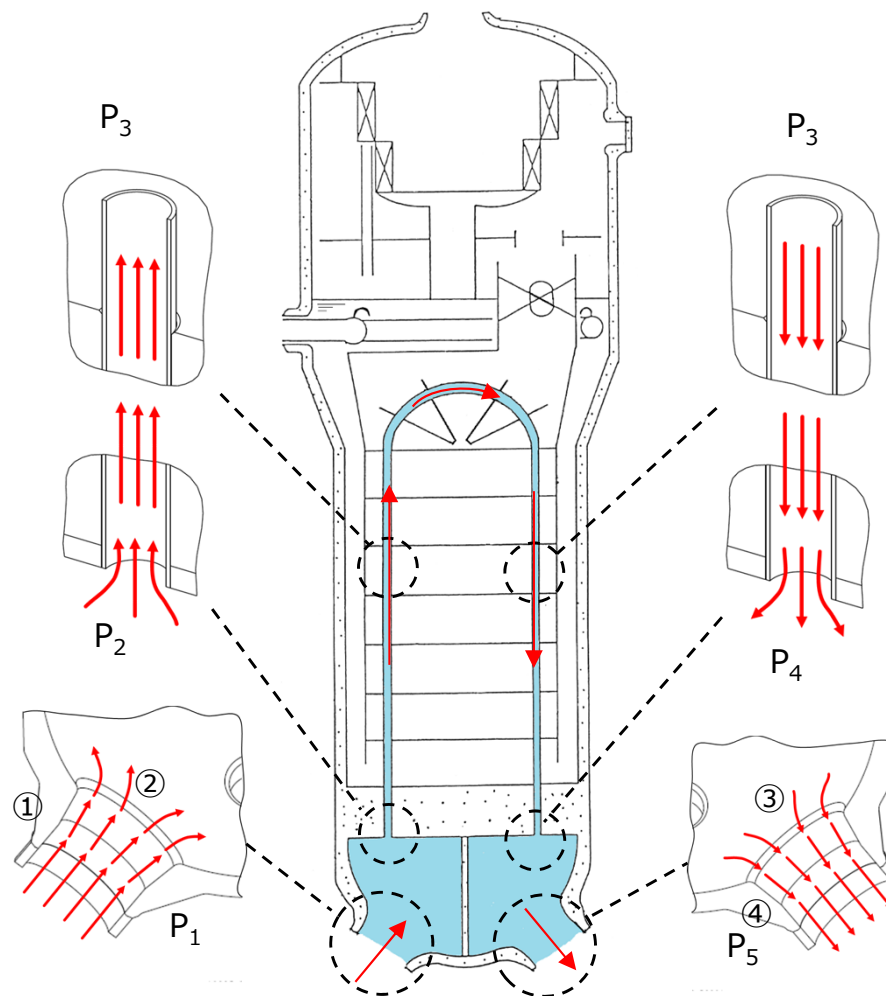
P₅ : SG出口管台圧損

【③水室内部から管台部への急縮小圧損】

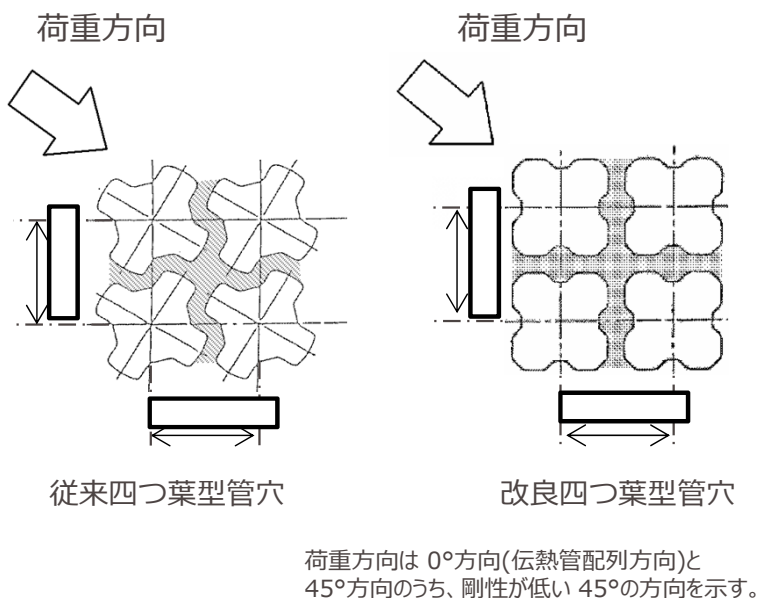
テーパ角が大きくなり、水室出口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数と流速が低下し、**圧損が低下**

【④出口ノズルテーパ部での漸次縮小圧損】

テーパ角が大きくなり、水室入口部の流路面積が大きくなったことから、
圧損係数が増加し、**わずかに圧損が増加**

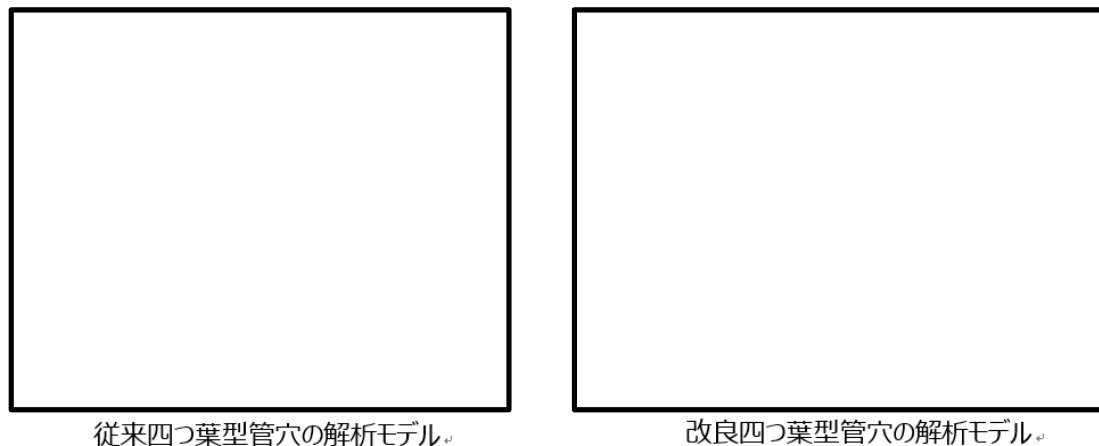


従来型のリガメント部（図－1左図のハッチング部）は複雑に屈曲した構造であるが、改良型のリガメント部（図－1右図のハッチング部）は格子状の構造であり、水平方向の荷重に対して、曲げ荷重が生じ難い構造に変更している。FEM解析により、0°方向(伝熱管配列方向)と45°方向のうち剛性の低い45°方向に対しリガメントの強度を求めた結果、**水平方向荷重に対する耐荷重は、表－1に示すとおり約1.9倍** **向上することを確認している。**



図－1 SG 取替え前後の管支持板管穴形状比較図

図－2 管支持板リガメント部の一部モデル化



表－1 管支持板の強度比較

	単位長さ当たり耐荷能力 (kg/mm)
改良四つ葉型	
従来四つ葉型	

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. 設置許可基準規則の適合性の整理

条文 (設置許可基準)		関係性		
		蒸気発生器取替え	蒸気発生器保管庫設置	保守点検建屋設置
第15条	炉心等	● (4項) P8,9	×	×
第17条	原子炉冷却材圧力バウンダリ	● (1項1号、3号) ○ (1項2号) P10~12	×	×
第21条	残留熱を除去することができる設備	○ P13	×	×
第22条	最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備	○ (1項1号) P14	×	×
第23条	計測制御系統施設	○ P15,16	×	×
第25条	反応度制御系統及び原子炉停止系統	○ (2項2号~4号) P17,18	×	×

- : 本申請の適用条文のうち、今回の申請の中で適合性を説明する必要がある条文
(既許可の設計方針を取替・新設する設備に対して新たに適用するもの)
 - : 本申請の適用条文のうち、既許可の設計方針にて申請対象設備の適合性を確認できる条文
 - ×
- × : 本申請と関係性のない適用外の条文

○設置許可基準規則第十五条

第十五条 炉心等

- 1 設計基準対象施設は、原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、発電用原子炉の反応度を制御することにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有するものでなければならない。
- 2 炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に発電用原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉冷却系統、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより燃料要素の許容損傷限界を超えないものでなければならない。
- 3 燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、停止後に炉心の冷却機能を維持できるものでなければならない。
- 4 燃料体及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁は、一次冷却材又は二次冷却材の循環、沸騰その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる温度変動により損傷を受けないものでなければならない。
- 5 燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。
- 6 燃料体は、次に掲げるものでなければならない。
 - 一 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとする。
 - 二 輸送中又は取扱中において、著しい変形を生じないものとする。

蒸気発生器取替えに係る第15条の適合性及び対応

蒸気発生器取替えに係る第15条（炉心等）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性
第15条	1項 設計基準対象施設は、原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、原子炉の反応度を制御することにより、核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有する設計とする。	原子炉固有の出力抑制特性等への要求であることから、関係しない。	×
	2項 炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に原子炉の運転に支障が生ずる場合において、1次冷却系統、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能とあわせて機能することにより、燃料要素の許容損傷限界を超えない設計とする。	炉心への要求であることから、関係しない。	×
	3項 燃料体、減速材、反射材及び炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後に炉心の冷却機能を維持できる設計とする。	燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物への要求であることから、関係しない。	×
	4項 燃料体、炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに1次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁は、1次冷却材又は2次冷却材の循環、沸騰その他の1次冷却材又は2次冷却材の挙動により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合その他の1次冷却材又は2次冷却材の挙動により生ずる温度変動により損傷を受けない設計とする。	蒸気発生器は、1次冷却材又は2次冷却材の循環、沸騰等により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合等により生ずる温度変動により損傷を受けない設計とする。	●
	5項 燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持する設計とする。		
	6項 燃料体は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における原子炉内の圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとし、輸送中又は取扱中において、著しい変形を生じない設計とする。	燃料体への要求であることから、関係しない。	×

蒸気発生器取替えに係る第15条（炉心等）の対応は以下の通り。

・蒸気発生器は、多数のU字型伝熱管で構成された機器であり、管の外側を流れる水・蒸気による流力弾性振動の発生により伝熱管が疲労損傷しない※¹こと及び蒸気発生器給水入口管台における温度変動により疲労損傷が発生しない※²設計とする。（詳細は設工認でご説明予定）

※¹：「日本機械学会 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（JSME S NC1-2012）に基づく

※²：「日本機械学会基準 配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」（JSME S 017-2003）に基づく

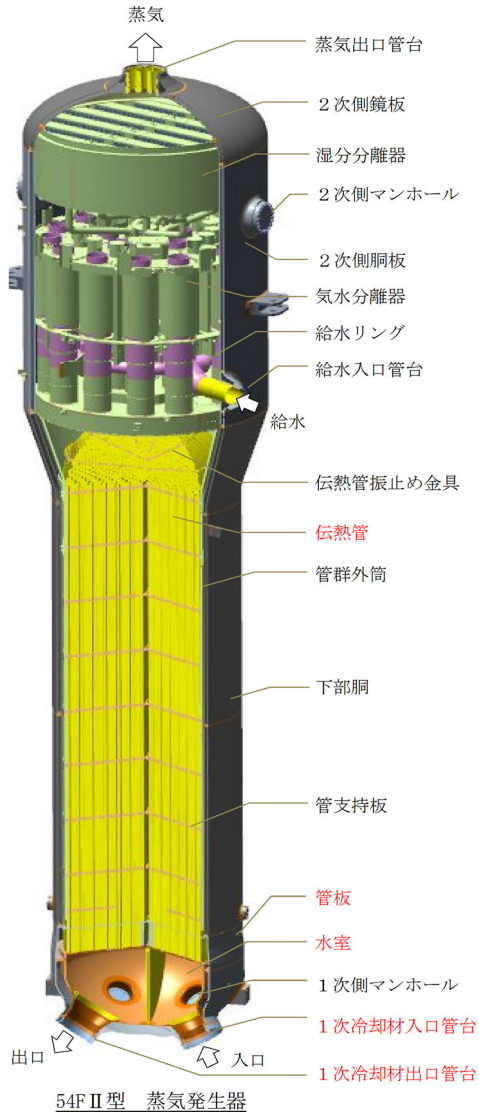
○設置許可基準規則第十七条

第十七条 原子炉冷却材圧力バウンダリ

- 1 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。
 - 一 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるものとする。
 - 二 原子炉冷却材の流出を制限するため隔離装置を有するものとする。
 - 三 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬時的破壊が生じないよう、十分な破壊じん性を有するものとする。
 - 四 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有するものとする。

蒸気発生器取替えに係る第17条（原子炉冷却材圧力バウンダリ）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性
第17条	1項1号 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐える設計とする。	<u>蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリは、異常な冷却材の漏えい又は破損の発生する可能性が極めて小さくなるよう材料選定、耐震設計、過圧防止等の考慮を払った設計とする。</u>	●
	1項2号 原子炉冷却材の流出を制限するために隔離装置を有する設計とする。	本号は、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に適用されるものであり、本申請において取替えを行う蒸気発生器にも適用される。 ただし、既許可の設計方針において、原子炉冷却材圧力バウンダリとならない部分からの異常な漏えいが生じた場合において、原子炉冷却材の喪失を停止させるため、配管系の通常運転時の状態及び使用目的を考慮し、適切な隔離弁を設けた設計としており、本申請における蒸気発生器取替えは、既許可の適切な隔離範囲の中での取替えであることから既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。	○
	1項3号 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬時的破壊が生じないよう、十分なじん性を有する設計とする。	<u>蒸気発生器は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時、保守時、試験時及び事故時において原子炉冷却材圧力バウンダリが脆性的挙動を示さず、かつ、急速な伝播型破断を生じないように、フェライト系鋼材で製作する機器に対しては、切欠じん性を考慮した材料選択、設計、製作及び運転に留意するものとする。</u>	●
	1項4号 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有する設計とする。	原子炉冷却材漏えい検出装置に対する要求であることから、関係しない。	×



(1項) 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリは、異常な冷却材の漏えい又は破損の発生する可能性が極めて小さくなるよう材料選定、耐震設計、過圧防止等の考慮を払った設計とする。(蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリは、水室(1次冷却材出入口管台含む)・管板・伝熱管)

部位	材料と特性
水室(1次冷却材出入口管台含む)・管板	強度・じん性に優れたフェライト系鋼材の低合金鋼鋼板及び低合金鍛鋼
伝熱管	耐食性に優れた高ニッケル基合金TT690

- 蒸気発生器の破損や過度の変形を防止するため、通常運転時の蒸気発生器の器内圧力、温度を包絡するように、最高使用圧力、最高使用温度を設定し、通常運転時、異常状態及び過渡状態を含め、種々の圧力、温度変動に対して蒸気発生器の運転寿命として十分と考えられる回数の変動を想定の上で、これらの圧力、熱、また地震等による荷重や自重に対して、一次応力や二次応力の評価、並びに疲労損傷防止のための疲れ評価を行う。(詳細は設工認でご説明予定)
- 蒸気発生器は耐震Sクラスとし、耐震設計において適用する地震動による地震力に対し、蒸気発生器の安全機能が保持されること確認する。(詳細は設工認でご説明予定)
- 過圧防止のため1次冷却材系統には、適切な容量の逃がし弁、安全弁を設置済みである。

(3項) 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないよう、十分なじん性を有する設計とする。

- 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリの材料は規制当局により技術評価された民間規格(日本産業規格、発電用原子力設備規格等)に基づいて製造されたものを使用する。
- 蒸気発生器の原子炉冷却材圧力バウンダリのうちフェライト系鋼材で製作する部分は、非延性破壊防止の観点から、技術基準規則等に基づき破壊じん性を確認し、適切な温度で使用するものとする。
- また、製作段階において、フェライト系鋼材に対しては破壊じん性試験を行い、脆性的挙動を示さないことを確認する。

○設置許可基準規則第二十一条

第二十一条 残留熱を除去することができる設備

1 発電用原子炉施設には、発電用原子炉を停止した場合において、燃料要素の許容損傷限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するために必要なパラメータが設計値を超えないようにするため、原子炉圧力容器内において発生した残留熱を除去することができる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

蒸気発生器取替えの第二十一条（残留熱を除去することができる設備）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性
第21条 1項	原子炉施設には、原子炉を停止した場合において、燃料要素の許容損傷限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するために必要なパラメータが設計値を超えないようにするため、原子炉容器内において発生した残留熱を除去することができる設備を設ける設計とする。	本条文は、残留熱を除去することができる設備に適用されるものであり、本申請において取替える蒸気発生器にも適用される。 ただし、蒸気発生器は、原子炉の炉心からの核分裂生成物崩壊熱と他の残留熱を、原子炉停止後初期の段階にて除去する設計としており、本申請における蒸気発生器取替えは、取替前の蒸気発生器と伝熱性能・系統構成を変更しないことから、既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。	○

○設置許可基準規則第二十二條

第二十二條 最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備

- 1 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。
 - 一 原子炉圧力容器内において発生した残留熱及び重要安全施設において発生した熱を除去することができるものとする。
 - 二 津波、溢水又は工場等内若しくはその周辺における発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるものに対して安全性を損なわないものとする。

蒸気発生器取替えの第二十二條（最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性
第22条	最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備は、原子炉容器内において発生した残留熱及び重要安全施設において発生した熱を除去することができる設計とする。	本号は、最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備に適用されるものであり、本申請において取替える蒸気発生器は原子炉で発生する熱を復水器まで輸送するための設備の一部であることから適用される。 ただし、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時、原子炉で発生した熱は、復水器を経て最終的な熱の逃し場である海へ放出されるか、又は、大気へ放出される設計としており、本申請における蒸気発生器取替えは、取替前の蒸気発生器と伝熱性能・系統構成を変更しないことから、既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。	○
	最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備（原子炉補機冷却水設備及び原子炉補機冷却海水設備）は、津波、溢水若しくはその周辺における原子炉施設の安全性を損なわせる原因となる恐れがある事象であって人為によるものに対して安全性を損なうことのない設計とする。	原子炉補機冷却設備及び原子炉補機冷却海水設備への要求であることから、関係しない。	×

○設置許可基準規則第二十三条

第二十三条 計測制御系統施設

- 1 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、計測制御系統施設を設けなければならない。
 - 一 炉心、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリ並びにこれらに関連する系統の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御できるものとする。
 - 二 前号のパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内で監視できるものとする。
 - 三 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータは、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視できるものとする。
 - 四 前号のパラメータのうち、発電用原子炉の停止及び炉心の冷却に係るものについては、設計基準事故時においても二種類以上監視し、又は推定することができるものとする。
 - 五 発電用原子炉の停止及び炉心の冷却並びに放射性物質の閉じ込めの機能の状況を監視するために必要なパラメータは、設計基準事故時においても確実に記録され、及び当該記録が保存されるものとする。

蒸気発生器取替えに係る第23条の適合性

蒸気発生器取替えに係る第23条（計測制御系統施設）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性	
第23条	1項1号	<p>本条文は、計測制御系統施設に適用されるものであり、本申請において取替える蒸気発生器に係る計測制御設備にも適用される。</p> <p>ただし、蒸気発生器に係る計測制御設備は、蒸気発生器2次側圧力及び水位を適切な範囲に維持制御し監視等できる設計としており、本申請における蒸気発生器取替えは、計測範囲や設定値の変更はなく、また、検出器の取替を伴わないことから、既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。</p>	○	
	1項2号			計測制御系は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において炉心中性子束、制御棒クラスタ位置、1次冷却材圧力、温度、流量及び水位、蒸気発生器2次側圧力及び水位、原子炉格納容器内圧力及び温度等の重要なパラメータを適切な範囲に維持制御し監視できる設計とする。
	1項3号			設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講じるために必要な、原子炉格納容器内圧力、温度、1次冷却材圧力、1次冷却材温度、高圧及び低圧安全注入流量、補給水流量、原子炉格納容器内水素ガス濃度等のパラメータは、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり連続監視、記録できる設計とする。
	1項4号			前号のパラメータのうち、原子炉の停止及び炉心の冷却に係るものについては、設計基準事故時においても加圧器水位、1次冷却材圧力・温度及びサブクール度により監視し、又は推定することができる設計とする。
	1項5号			原子炉の停止及び炉心の冷却並びに放射性物質の閉じ込めの機能の状態を監視するために必要なパラメータは、設計基準事故時においても、確実に記録及び保存できる設計とする。

○設置許可基準規則第二十五条

第二十五条 反応度制御系統及び原子炉停止系統

- 1 発電用原子炉施設には、反応度制御系統（原子炉停止系統を含み、安全施設に係るものに限る。次項において同じ。）を設けなければならない。
- 2 反応度制御系統は、計画的な出力変化に伴う反応度変化を燃料要素の許容損傷限界を超えることなく制御できる能力を有し、かつ、次に掲げるものでなければならない。
 - 一 制御棒、液体制御材その他反応度を制御するものによる二以上の独立した系統を有するものとする。
 - 二 通常運転時の高温状態において、二以上の独立した系統がそれぞれ発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できるものであり、かつ、運転時の異常な過渡変化時の高温状態においても反応度制御系統のうち少なくとも一つは、燃料要素の許容損傷限界を超えることなく発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度価値を加えることができる。
 - 三 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における低温状態において、反応度制御系統のうち少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。
 - 四 一次冷却材喪失その他の設計基準事故時において、反応度制御系統のうち少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界へ移行することができ、かつ、少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度価値を加えることができる。
 - 五 制御棒を用いる場合にあっては、反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても第二号から前号までの規定に適合すること。
- 3 制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象（発電用原子炉に反応度が異常に投入される事象をいう。）に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、かつ、炉心の冷却機能を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の損壊を起こさないものでなければならない。
- 4 制御棒、液体制御材その他の反応度を制御する設備は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。

蒸気発生器取替えに係る第25条の適合性

○蒸気発生器取替えの第25条（反応度制御系統及び原子炉停止系統）の適合性は以下の通り。

条文	設計方針	条文適合性の説明	関係性	
第25条	1項	反応度制御系統としては、制御棒クラスタの位置を制御することによって反応度を制御する制御棒制御系と、1次冷却材中のほう素濃度を調整することによって反応度を制御する化学体積制御設備の原理の異なる2つの系統を設け、通常運転時に生じることが予想される反応度変化を制御するのに十分な反応度制御能力を有する設計とする。	蒸気発生器取替えに伴い、新たに反応度制御系統を設けるものではないことから、関係しない。	×
	2項1号	反応度制御系統は、制御棒制御系による制御棒クラスタの炉心への挿入と、化学体積制御設備による1次冷却材中へのほう酸注入の原理の異なる2つの独立した系統を設ける。		
	2項2号	化学体積制御設備による反応度制御は、1次冷却材中へのほう酸注入により、キセノン濃度変化に対しても高温状態で十分未臨界を維持できる設計とする。	本申請において蒸気発生器を取替えることで1次冷却材保有水量が増加することから、関係する化学体積制御系統に適用される。 ただし、化学体積制御系統は1次冷却材中へのほう酸注入ができる設計としており、本申請における蒸気発生器取替えにより必要なほう酸水量が58.9m ³ から61.0m ³ に増加するものの、既設ほう酸タンクの設備容量（160m ³ ）で十分な容量を有していることから、既許可の設計方針にて申請対象設備の基準適合性が確認できる。	○
	2項3号	化学体積制御設備による反応度制御は、1次冷却材中へのほう酸注入により、キセノン濃度変化に伴う反応度変化及び高温状態から低温状態までの反応度変化を制御し、低温状態で炉心を未臨界に維持できる設計とする。		
	2項4号	化学体積制御設備は、キセノン濃度変化及び1次冷却材温度変化による反応度変化がある場合には、1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を未臨界に維持できる設計とする。		
	2項5号	制御棒クラスタは、最も反応度価値の大きい制御棒クラスタ1本が、全引抜位置のまま挿入できないときでも、高温状態で十分な反応度停止余裕を有して炉心を未臨界にできる設計とする。	制御棒への要求であることから、関係しない。	×
	3項	反応度が大きく、かつ、急激に投入される事象として「制御棒飛び出し」があるが、零出力から全出力間の制御棒クラスタの挿入限界を設定することにより、制御棒クラスタの位置を制限し、制御棒クラスタ1本が飛び出した場合でも過大な反応度が添加されない設計とする。		
	4項	制御棒クラスタ、液体制御材その他の反応度を制御する設備は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な耐放射線性、寸法安定性、耐熱性、核性質、耐食性及び化学的安定性を保持する設計とする。	蒸気発生器取替えに伴い、新たに反応度制御系統を設けるものではないことから、関係しない。	×

高浜発電所3号炉及び4号炉蒸気発生器取替え、高浜発電所3号炉及び4号炉共用蒸気発生器保管庫設置及び1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉共用保修点検建屋設置に関して、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第15条、第17条、第21条～第23条、第25条に適合していることを確認した。