

玄海原子力発電所4号機の高燃焼度燃料の導入に係る 確認結果について

令和8年3月
原子力安全対策課

1 経緯

令和4年12月28日、九州電力株式会社（以下「九州電力」という。）は、玄海原子力発電所4号機で高燃焼度燃料を使用するため、原子力規制委員会に対し、原子炉設置変更許可申請（令和6年6月24日、令和6年9月27日及び令和7年3月27日付けて一部補正）を行った。また、同日、佐賀県及び玄海町に対して、「原子力発電所の安全確保に関する協定」（以下「安全協定」という。）第4条に基づく事前了解願い（令和6年6月24日、令和6年9月27日及び令和7年3月27日付けて一部補正）を提出した。

原子力規制委員会は、審査会合を18回開催し、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。）等に基づく審査を行った結果、法令で定める規定等への適合について確認したことから、令和7年4月30日付けて「九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（3号及び4号発電用原子炉施設の変更）に関する審査書（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第43条の3の6第1項第2号（技術的能力に係るもの）、第3号及び第4号関連）」（以下「審査書」という。）を取りまとめ、原子力委員会及び経済産業大臣への意見聴取を経て、令和7年6月4日に当該設置変更を許可した。

県は、周辺地域住民の安全確保と周辺環境の保全の観点から、当該設置変更許可申請に係る原子力規制委員会の審査状況を注視するとともに、九州電力に補足説明を求め、審査内容を確認してきた。原子力規制委員会の許可以降は、佐賀県原子力安全専門部会（以下「専門部会」という。）の委員のうち、原子力工学及び基礎放射線医学の専門家からの助言を踏まえて、九州電力及び原子力規制委員会（その事務局である原子力規制庁）に詳細を確認するなど、原子力規制委員会の審査結果を丁寧に確認してきた。

2 変更内容(高燃焼度燃料の導入)の概要等

現在、玄海4号機では最高燃焼度48,000Wd/tの燃料(以下「従来燃料」という。)を使用しているが、使用済燃料発生量低減等の観点から、核分裂しやすいウラン235の量が従来燃料より多く、より長い期間使用することができる、最高燃焼度55,000Wd/tの「高燃焼度燃料」を導入するとしている。

従来燃料は、13カ月運転を1サイクルとして約3サイクルの運転期間使用できるものであり、1回の定期検査で約70体の使用済燃料が発生するが、高燃焼度燃料は約4サイクル使用可能であり、炉心内の193体の燃料全てが高燃焼度燃料となると、1回の定期検査で発生する使用済燃料体数が約60体となる見込みである。

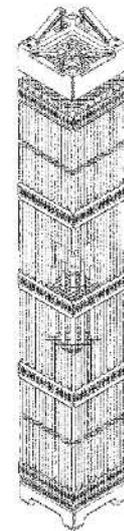
また、最高燃焼度が高くなることに伴い、燃料被覆管の耐食性の向上を図るため、材質をジルカロイ-4から改良ジルコニウム基合金に変更するとしている。

なお、高燃焼度燃料の導入にあたり、燃料の主要構造及び発電所の各種設備や運用方法の変更はない。

○高燃焼度燃料の主要仕様

主要仕様	現行	高燃焼度燃料	備考
燃料集合体 最高燃焼度	48,000MWd/t	55,000MWd/t	高燃焼度化による 燃料使用期間延長
ウラン235濃縮度 (最大)	約4.1wt% (ガドリニア入りペレット は約2.6wt%)	約4.8wt% (ガドリニア入りペレット は約3.2wt%)	ウラン235装荷量増による 燃料使用期間延長
ペレットの 初期密度	理論密度の約95%	理論密度の約97% (ガドリニア入りペレットは 理論密度の約96%)	
燃料被覆材の 種類	ジルカロイ-4	改良ジルコニウム 基合金(注1)	燃料使用期間延長に 対応する耐食性向上
ガドリニア濃度	約6wt%	約10wt%以下	サイクル初期における 反応度抑制及び 炉内の出力分布の平坦化

(注1) 「ジルカロイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金」
又は「ジルコニウム-ニオブ合金にスズ及び鉄を添加したジルコニウム基合金」



【燃料集合体概要図】

図-1 高燃焼度燃料の概要(九州電力)

(第1112回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料2-1より)

表—1 高燃焼度燃料の使用に伴う発電用原子炉施設の主な変更内容
(第1112回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料2-1より)

本文記載箇所	項目	主な変更内容		
本文五号	発電用原子炉の炉心	○高燃焼度燃料の導入に伴う発電用原子炉の炉心に係る設計		
			変更前	変更後
		燃料体の最高燃焼度	48,000MWd/t	55,000MWd/t (注1)
		燃料体の最大挿入量	初装荷炉心 約2.8t(ウラン235) 取替炉心 約2.5t(ウラン235)	初装荷炉心全ウラン量 約89t 炉心全ウラン量 約91t
		制御棒クラスタで制御すべき最大過剰反応度	約0.037ΔK/K	— (注2)
		制御棒クラスタによる最大反応度添加率	—	0.000/s(ΔK/K)/s以下 (注3)
		制御棒クラスタの最大反応度値	—	高温全出力時 0.0012ΔK/K (注3) 高温零出力時 0.0087ΔK/K (注3)
最小限界熱流束比(最小DNBR)	1.80	2.10(注4)		
(注1) 第1～第18領域は既設置許可から変更なし (注2) 3次元核設計手法の採用 (注3) 発電用原子炉施設の設置(変更)許可申請に係る運用ガイドの反映 (注4) 改良統計的熱設計手法(以下、「GSTM」)の採用				
本文記載箇所	項目	主な変更内容		
本文五号	燃料体	(1)高燃焼度燃料の導入に伴う発電用原子炉の炉心に係る設計		
			変更前	変更後
		燃料材の種類	約4.1wt%～約3.4wt% (ガドリニア入り燃料については濃縮度約2.6wt%～約1.9wt%、ガドリニア濃度約6wt%)	約4.8wt%以下(注1) (ガドリニア入り燃料については、濃縮度約3.2wt%以下、ガドリニア濃度約10wt%以下)
		ペレットの初期密度	理論密度の約95%	理論密度の約97%(注1) (ガドリニア入り燃料については、理論密度の約96%)
燃料被覆材の種類	ジルカローイ-4	・ジルカローイ-4の合金成分を調整しニオブ等を添加したジルコニウム基合金(注1) ・ジルコニウム-ニオブ合金にスズ及び鉄を添加したジルコニウム基合金(注1)		
(注1) 第1～第18領域は既設置許可から変更なし				
本文記載箇所	項目	主な変更内容		
本文五号	核燃料物質取扱設備の構造	○高燃焼度燃料を3号炉へ貯蔵しない記載の追加		
			変更前	変更後
	3号炉使用済燃料貯蔵設備に貯蔵する4号炉燃料	7年以上冷却した4号炉の使用済燃料	7年以上冷却した4号炉の使用済燃料(燃料集合体最高燃焼度55,000MWd/tのものを除く。)	
	核燃料物質貯蔵用冷却設備の構造及び冷却能力	○高燃焼度燃料の使用に伴う使用済燃料ピット冷却器の熱負荷増加による変更		
			変更前	変更後
	使用済燃料ピット冷却器の伝熱容量	約5.3MW(1基当たり)	約5.4MW(1基当たり)	
非常用冷却設備	○高燃焼度燃料の使用に伴うほう素の制御能力低下による変更			
		変更前	変更後	
燃料取替用水ピットのほう素濃度	2,500ppm以上	3,100ppm以上		

3 原子力規制委員会の主な審査内容

原子力規制委員会では、以下の内容について、原子炉等規制法等で定める審査基準を満たし、安全上問題ないことを確認している。

以下、本章における項番号は審査書に合致させる。

なお、条番号は断りのない限り实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（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第5号。以下「設置許可基準規則」という。）のものとする。

Ⅲ 発電用原子炉の設置及び運転のための技術的能力

原子炉等規制法第43条の3の6第1項第2号（技術的能力に係る部分に限る。）は、発電用原子炉設置者に発電用原子炉を設置するために必要な技術的能力及び経理的基礎があることを、同項第3号は、重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力その他の発電用原子炉の運転を適確に遂行するに足る技術的能力があることを要求している。

このうち、同項第2号に関して、九州電力は、発電用原子炉施設の設計及び工事並びに運転及び保守のための組織、技術者の確保、経験、品質保証活動、技術者に対する教育・訓練及び有資格者等の選任・配置に係る方針を示している。具体的には、設計及び工事並びに運転及び保守の業務を実施する本店の各部門と本発電所の役割分担を明確化すること、また、1号機及び2号機の高燃焼度燃料並びに3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料を装荷した炉心等の設計及び工事並びに運転及び保守に係る経験を有しており、今後も経験を蓄積すること等の方針に変更がないことを示している。

原子力規制委員会は、審査の結果、既に許可をした方針に変更がないものであることから、本申請が、原子力事業者の技術的能力に関する審査指針（平成16年5月27日原子力安全委員会）に適合するものと判断している。

Ⅳ 設計基準対象施設、重大事故等対処施設及び重大事故等対処に係る技術的能力

原子力規制委員会は、原子炉等規制法第43条の3の6第1項第3号に関して、既に許可をした事項のうち、本申請により変更が必要となる以下の項目について審査を行った結果、設置許可基準規則及び实用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準（原規技発第1306197号（平成25年6月19日原子力規制委員会）。以下「重

大事故等防止技術的能力基準」という。)に適合するものと判断している。

IV-1 地震による損傷の防止(第4条関係)

IV-2 安全施設(第12条関係)

IV-3 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止(第13条関係)

IV-3.1 運転時の異常な過渡変化の拡大の防止

IV-3.2 設計基準事故の拡大の防止

IV-4 炉心等(第15条関係)

IV-4.1 原子炉の特性

IV-4.2 燃料要素の許容損傷限界

IV-4.3 制御棒挿入性及び冷却可能な形状の確保

IV-4.4 流体振動による損傷の防止等

IV-4.5 燃料体の物理的及び化学的性質

IV-4.6 燃料体に加わる負荷

IV-5 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第16条関係)

IV-5.1 燃料体等の取扱施設

IV-5.2 燃料体等の貯蔵施設

IV-6 反応度制御系統及び原子炉停止系統(第25条関係)

IV-6.1 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時の高温状態における
反応度制御

IV-6.2 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時の低温状態における
反応度制御

IV-6.3 設計基準事故時における反応度制御

IV-6.4 制御棒の最大反応度値及び反応度添加率

IV-7 放射性廃棄物の処理施設(第27条関係)

IV-8 重大事故等の拡大の防止等(第37条関係)

IV-8.1 炉心損傷防止対策

IV-8.2 格納容器破損防止対策

IV-8.3 貯蔵槽内燃料体等の損傷防止対策

IV-8.4 運転停止中原子炉内燃料体の損傷防止対策

また、原子力規制委員会は、上記の項目以外に、非常用炉心冷却装置(第19条関係)、計測制御系統施設(第23条関係)、安全保護回路(第24条関係)及び原子炉格納施設(第32条関係)については、本申請における変更の内容を踏まえて、これらの設備の性能に係る評価を行った結果、既に許可をした設計方針を変更する必要がないことを確認している。

なお、原子力規制委員会は、審査に当たっては、4号機の炉心に高燃焼度燃料と従来燃料（既に許可をした最高燃焼度 48,000MWd/t の燃料体をいう。以下同じ。）が混在する形で装荷されることも考慮して、本申請の内容の妥当性を確認している。具体的には、実際の炉心構成を考慮した代表的な燃料装荷パターンを複数設定し、そのそれぞれについて炉心パラメータのばらつきや解析コードの不確定性が適切に考慮されていることを確認するとともに、解析及び評価の条件の設定に当たっては、当該燃料装荷パターンを包絡するように保守的な条件が設定されていることを確認している。

各項目についての審査の概要は以下のとおりとなっている。

IV-1 地震による損傷の防止(第4条関係)

第4条第1項は、設計基準対象施設が、第2項により算定される地震力に十分に耐えることができるものであることを要求している。第3項は、耐震重要施設が、基準地震動による地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものであることを要求している。第5項は、炉心内の燃料被覆材が、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの機能が損なわれるおそれがないものであることを要求している。

九州電力は、従来燃料の耐震設計方針に基づき、高燃焼度燃料を以下のとおり設計するとしている。

1. 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984」を踏まえ、従来燃料と同様に耐震重要度分類上特別な取り扱いとし、基準地震動による地震力及び弾性設計用地震動による地震力に対して、制御棒挿入機能が損なわれるおそれがないよう、また、冷却可能な形状を維持するよう設計する。これにより、高燃焼度燃料が及ぼす波及的影響によって制御棒クラスタ等の耐震重要施設がその安全機能を損なわれるおそれがないよう設計する。
2. 高燃焼度燃料の燃料被覆材を、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に十分に耐える設計とし、かつ、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの機能が損なわれるおそれがない設計とする。

原子力規制委員会は、高燃焼度燃料に関する九州電力の耐震設計方針が、既に許可をした燃料体の耐震設計方針に基づくものであることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-2 安全施設(第12条関係)

第12条第1項は、安全施設が、その安全機能の重要度に応じて安全機能が確保されたものであることを、第3項は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものであることを、第4項は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じて発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものであることを要求している。

九州電力は、既に許可を受けている安全施設に関する設計方針に基づき、高燃焼度燃料を以下のとおり設計するとしている。

1. 高燃焼度燃料の各構成要素が、安全機能として、炉心形状の維持機能(PS-1)、原子炉の緊急停止機能(MS-1)及び核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能(PS-3)を有することから、その安全機能の重要度に応じて、各構成要素の信頼性を確保し、かつ、維持できるよう高燃焼度燃料を設計する。
2. 高燃焼度燃料の設計条件を設定するに当たっては、供用中に想定される圧力、温度、湿度、放射線量等各種の環境条件を考慮して十分安全側の設計条件を設定することにより、当該条件下においても高燃焼度燃料がその安全機能を発揮できるよう設計する。
3. 高燃焼度燃料を、その健全性及び能力を確認するために必要な試験又は検査ができるよう設計する。

また、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器等の安全施設については、高燃焼度燃料を装荷する場合に想定される環境条件を考慮しても、その構造等を変更する必要はないとしている。

原子力規制委員会は、九州電力の設計方針が、既に許可をした安全施設の設計方針に基づくものであることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-3 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止(第13条関係)

IV-3.1 運転時の異常な過渡変化の拡大の防止

第13条第1号は、設計基準対象施設が、運転時の異常な過渡変化時において次に掲げる要件を満たすものであることを要求している。

1. 最小限界熱流束比が許容限界値以上であること。
2. 燃料被覆材が破損しないものであること。
3. 燃料材のエンタルピーが燃料要素の許容損傷限界を超えないこと。
4. 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の1.1倍以下となる

こと。

また、設置許可基準規則解釈第13条は、運転時の異常な過渡変化に対する解析及び評価を「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定。以下「安全評価指針」という。）等に基づいて実施することを要求している。

九州電力は、本申請による変更後においても、安全評価指針に基づき、次に掲げる事象を選定して解析及び評価を行うとしている。

- a. 炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化
 - a-1. 原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き
 - a-2. 出力運転中の制御棒の異常な引き抜き
 - a-3. 制御棒の落下及び不整合
 - a-4. 原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈
- b. 炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化
 - b-1. 原子炉冷却材流量の部分喪失
 - b-2. 原子炉冷却材系の停止ループの誤起動
 - b-3. 外部電源喪失
 - b-4. 主給水流量喪失
 - b-5. 蒸気負荷の異常な増加
 - b-6. 2次冷却系の異常な減圧
 - b-7. 蒸気発生器への過剰給水
- c. 原子炉冷却材圧力又は原子炉冷却材保有量の異常な変化
 - c-1. 負荷の喪失
 - c-2. 原子炉冷却材系の異常な減圧
 - c-3. 出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動

その上で、安全評価指針等に基づき、上記の各事象に対して以下のとおり解析及び評価を実施した結果、本申請による変更後においても4号機の設計基準対象施設が第13条第1号に定める各要件を満たすとしている。

(1) 高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、熱水路係数等の解析及び評価の条件を設定する。併せて、他の発電用原子炉施設における審査実績を踏まえて解析及び評価の手法等を変更する。審査実績を踏まえて変更する主な内容は以下のとおりである。

- ① 最小限界熱流束比の許容限界値を、改良統計的熱設計手法により設定する。
- ② 燃焼が進んだ燃料のペレット/被覆材機械的相互作用を原因とする破損（以下「PCMI破損」という。）のしきい値の目安を、「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象における燃焼の進んだ燃料の取扱いについて」（平成10年4

月13日原子力安全委員会了承。以下「反応度投入事象取扱報告書」という。)に従い設定する。

- ③ 炉心の崩壊熱を、「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針」(昭和56年7月20日原子力安全委員会決定。以下「ECCS性能評価指針」という。)の付録Ⅲに基づき算出した核分裂生成物の崩壊熱及びORIGEN2コードを用いて算出したアクチニドの崩壊熱により設定する。
- ④ 解析条件のうち、「b-2.原子炉冷却材系の停止ループの誤起動」の事象における初期原子炉出力の条件を、原子炉トリップ信号の設定値に基づき、1ループ停止時の最大運転出力である35%に設定する。

(2) 上記(1)の条件及び手法により各事象に対して解析及び評価を実施した結果、

- ① 最小限界熱流束比は、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象が「b-2.原子炉冷却材系の停止ループの誤起動」から「a-2.出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」に変更されるが、当該事象において約1.64であり、許容限界値である1.42を上回る。
- ② 燃料中心最高温度は、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象である「a-2.出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」において約2,300℃であり、燃料材の熔融点(設計上の制限値 2,570℃)を下回るため、燃料被覆材が破損することはない。
- ③ 燃料エンタルピーの最大値は、この判断基準が適用される事象である「a-1.原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き」において約378kJ/kg・UO₂であり、燃料要素の許容損傷限界である712kJ/kg・UO₂を下回る。
また、ピーク出力部燃料エンタルピーの最大値は同事象において約173kJ/kg・UO₂であり、浸水燃料の破裂限界である272kJ/kg・UO₂を下回る。
さらに、ピーク出力部燃料エンタルピー増分の最大値は、同事象において約94kJ/kg・UO₂であり、PCMI破損のしきい値の目安である167kJ/kg・UO₂を下回る。
- ④ 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象である「c-1.負荷の喪失」において約18.5MPa [gage]であり、最高使用圧力の1.1倍である18.88MPa [gage]を下回る。

なお、実際の炉心構成は燃料の燃焼度実績等を考慮して燃料取替時に決定することから、燃料取替時に、熱水路係数等の炉心パラメータが上記解析及び評価の条件から逸脱しないことを実測又は計算により確認するとしている。

原子力規制委員会は、運転時の異常な過渡変化の拡大の防止について、九州電力が、本申請における変更の内容を踏まえた解析及び評価を安全評価指針等に基づき実施した結果、本申請による変更後においても設計基準対象施設が第13条第1号に掲

IV-3.2 設計基準事故の拡大の防止

第13条第2号は、設計基準対象施設が設計基準事故時において次に掲げる要件を満たすものであることを要求している。

1. 炉心の著しい損傷が発生するおそれがないものであり、かつ、炉心を十分に冷却できるものであること。
2. 燃料材のエンタルピーが炉心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の制限値を超えないこと。
3. 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の1.2倍以下となること。
4. 原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力及び原子炉格納容器バウンダリにおける温度が最高使用圧力及び最高使用温度以下となること。
5. 設計基準対象施設が工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものであること。

また、設置許可基準規則解釈第13条は、設計基準事故に対する解析及び評価を安全評価指針、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（昭和57年1月28日原子力安全委員会決定。以下「気象指針」という。）等に基づいて実施することを要求している。

九州電力は、本申請による変更後においても、安全評価指針に基づき、次に掲げる事象を選定して解析及び評価を行うとしている。

- a. 原子炉冷却材の喪失又は炉心冷却状態の著しい変化
 - a-1. 原子炉冷却材喪失
 - a-2. 原子炉冷却材流量の喪失
 - a-3. 原子炉冷却材ポンプの軸固着
 - a-4. 主給水管破断
 - a-5. 主蒸気管破断
- b. 反応度の異常な投入又は原子炉出力の急激な変化
 - b-1. 制御棒飛び出し
- c. 環境への放射性物質の異常な放出
 - c-1. 放射性廃棄物処理施設の破損
 - c-2. 蒸気発生器伝熱管破損
 - c-3. 燃料集合体の落下
 - c-4. 原子炉冷却材喪失
 - c-5. 制御棒飛び出し
- d. 原子炉格納容器内圧力、雰囲気等の異常な変化
 - d-1. 原子炉冷却材喪失

d-2.可燃性ガスの発生

その上で、安全評価指針、気象指針等に基づき、上記の各事象に対して以下のとおり解析及び評価を実施した結果、本申請による変更後においても4号機の設計基準対象施設が第13条第2号に定める各要件を満たすとしている。

(1) 高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、熱水路係数等の解析及び評価の条件を設定する。併せて、他の発電用原子炉施設における審査実績を踏まえて解析及び評価の手法等を変更する。審査実績を踏まえて変更する主な内容は以下のとおりである。

- ① 最小限界熱流束比の許容限界値を、改良統計的熱設計手法により設定する。
- ② 燃焼が進んだ燃料のPCMI破損のしきい値の目安を、反応度投入事象取扱報告書に従い設定する。
- ③ 炉心の崩壊熱を、ECCS性能評価指針の付録Ⅲに基づき算出した核分裂生成物の崩壊熱及びORIGEN2コードを用いて算出したアクチニドの崩壊熱により設定する。
- ④ 放射線分解により発生する水素ガスの生成割合を、他の発電用原子炉施設においても採用実績のある「PWRプラントにおけるLOCA時の水の放射線分解による水素生成割合」（平成11年三菱重工業株式会社）を参照して、炉心水に対して0.4分子/100eV、サンプル水に対し0.3分子/100eVと設定する。

(2) 「c.環境への放射性物質の異常な放出」に係る線量評価の気象条件について、気象指針に基づく検討を行い、長期間の気象状態を代表するものとして、玄海原子力発電所における2016年1月から同年12月までの気象観測による実測値を用いる。

(3) 上記(1)及び(2)の条件及び手法により各事象に対して解析及び評価を実施した結果、

① 炉心は著しい損傷に至ることがなく、かつ、十分な冷却が可能であることについて、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象である「a-1.原子炉冷却材喪失」において、以下のとおりECCS性能評価指針に示されている基準を満たす。

- a. 燃料被覆材温度の最高値は約984℃であり、同指針に基づく基準である1,200℃を下回る。
- b. 燃料被覆材の局所的最大ジルコニウム-水反応量は燃料被覆材厚さの約1%であり、酸化反応が著しくなる前の燃料被覆材厚さの15%以下である。
- c. 全炉心平均ジルコニウム-水反応量は、炉心内の燃料被覆材のジルコ

ニウムの全量の0.3%以下であり、反応に伴い発生する水素の量は原子炉格納容器の健全性確保の見地から十分小さい。

- d. 再冠水開始以降も、炉心の冷却は支障なく継続して行われ、その後は、再循環モードの確立によって、長期にわたる熱除去が可能である。
- ② 燃料エンタルピーの最大値は、この判断基準が適用される事象である「b-1.制御棒飛び出し」において約358kJ/kg・UO₂であり、反応度投入事象取扱報告書に従い設定した基準値である791kJ/kg・UO₂を下回る。また、PCMI破損時の機械的エネルギーの影響を評価した結果、PCMI破損及び浸水燃料の破裂によって発生する機械的エネルギーは、原子炉容器の吸収可能な歪エネルギーに対して十分小さく、原子炉容器の健全性が損なわれることはない。
- ③ 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象である「a-4.主給水管破断」において約18.4MPa [gage]であり、最高使用圧力の1.2倍である20.59MPa [gage]を下回る。
- ④ 原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力及び温度は、この判断基準が適用される事象である「d-1.原子炉冷却材喪失」において約0.308MPa [gage]及び約132℃であり、最高使用圧力である0.392MPa [gage]及び最高使用温度である144℃を下回る。また、「d-2.可燃性ガスの発生」における原子炉格納容器内の水素最大濃度は、事故発生後30日時点で約2.8%であり、可燃限界である4%を下回る。
- ⑤ 敷地等境界外における実効線量は、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象である「c-2.蒸気発生器伝熱管破損」において約0.24ミリシーベルトであり、工場等周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えるものではない。

なお、実際の炉心構成は燃料の燃焼度実績等を考慮して燃料取替時に決定することから、燃料取替時に、熱水路係数等の炉心パラメータが上記解析及び評価の条件から逸脱しないことを実測又は計算により確認している。

また、九州電力は、3号機の設計基準対象施設についても上記(2)の気象条件を用いて「c.環境への放射性物質の異常な放出」の各事象に対する解析及び評価を行った結果、敷地等境界外における実効線量は、解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象である「c-2.蒸気発生器伝熱管破損」において約0.23ミリシーベルトであり、工場等周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えるものではないとしている。

原子力規制委員会は、設計基準事故の拡大の防止について、九州電力が、本申請における変更の内容を踏まえた解析及び評価を安全評価指針等に基づき実施した結

また、設置許可基準規則解釈第15条は、「原子炉固有の出力抑制特性を有する」とは、予想される全ての運転範囲において、原子炉出力の過渡的变化に対し、燃料の損傷を防止又は緩和するため、ドップラ係数、減速材温度係数等を総合した反応度フィードバックが、急速な固有の出力抑制効果を持つことを意味するとしている。さらに、「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」とは、出力振動が発生した場合にあってもそれを容易に制御できることを含むとし、「容易に制御できる」とは、燃料の許容損傷限界を超える状態に至らないよう十分な減衰特性を持ち、又は出力振動を制御し得ることを意味するとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、ドップラ係数が常に負になるよう、また、減速材温度係数が高温出力運転状態で負になるよう炉心を設計することにより、炉心が急速な固有の出力抑制効果を持つよう設計するとしている。

また、設計負荷変化及び外乱に起因する出力振動に対して、出力抑制効果と一次冷却材温度制御設備による制御棒クラスタの自動作動等によって、十分な減衰特性を持つ設計とするとしている。

さらに、キセノンによる出力振動のうち、径方向振動に対しては、出力抑制効果によって十分な減衰特性を持つ設計とするとともに、軸方向振動に対しては、出力抑制効果と制御棒クラスタの手動操作によって、十分な減衰特性を持ち、かつ、制御できる設計とするとしている。

原子力規制委員会は、炉心等に関する九州電力の設計方針が、炉心等の設計基準対象施設を原子炉固有の出力抑制特性を有するよう設計し、また、発電用原子炉の反応度を原子炉制御設備の作動により制御することによって核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有するよう設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-4.2 燃料要素の許容損傷限界

第15条第2項は、炉心が、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に、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ことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第15条は、「燃料の許容損傷限界」の設定について、燃料ペレットの最高温度、燃料被覆材の最高温度、最大熱流束、最小限界熱流束比、燃料ペレットの最大エンタルピー等が判断の基礎となるとし、具体的な評価は「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象に関する評価指針」（昭和59年1月19日原子

力安全委員会決定。以下「反応度投入事象評価指針」という。)等によるとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に、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を踏まえて、燃料要素の許容損傷限界を超えないよう炉心を設計するとしている。具体的には以下のとおり設計するとしている。

1. 最小限界熱流束比が改良統計的熱設計手法により評価した許容限界値である1.42(炉圧9.8MPa [gage]未満では1.30)を満足するよう、通常運転時の最小限界熱流束比が2.19を下回ることのない設計とする。
2. 燃料中心最高温度が燃料材の溶融点(設計上の制限値である2,570℃)未満となるよう、通常運転時の燃料要素最大線出力密度が43.1kW/mを超えることのない設計とする。
3. 燃料材のエンタルピーが反応度投入事象評価指針に基づき設定した許容損傷限界である712kJ/kg・UO₂を超えることのない設計とするとともに、ピーク出力部燃料エンタルピー増分の最大値が反応度投入事象取扱報告書に基づき設定したPCMI破損のしきい値の目安である167kJ/kg・UO₂を超えることのない設計とする。

なお、九州電力が運転時の異常な過渡変化時について解析及び評価を実施した結果は、「IV-3 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止(第13条関係)」にまとめて記載している。

原子力規制委員会は、炉心に関する九州電力の設計方針が、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に、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よう炉心を設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-4.3 制御棒挿入性及び冷却可能な形状の確保

第15条第3項は、燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物が、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ことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第15条は、第15条第3項に規定する「燃料体」とは、燃料要素以外の燃料体の構成要素を意味するとしている。さらに、第3項の要求は、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、燃料体の制御棒挿入性

及び冷却可能な形状が確保される設計であることが求められるとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料のうち燃料要素以外の各構成要素を、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のそれぞれの状態において想定される荷重の組合せに対し、燃料体の制御棒挿入性及び冷却可能な形状が確保できる設計とするとしている。具体的には、高燃焼度燃料の上部ノズル、下部ノズル、制御棒案内シンブル等が必要な構造及び強度を維持することができる設計とするとしている。

また、本申請による変更後においても、高燃焼度燃料以外の減速材等の設計に変更はないとしている。

原子力規制委員会は、高燃焼度燃料等に関する九州電力の設計方針が、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よう高燃焼度燃料等を設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-4.4 流体振動による損傷の防止等

第15条第4項は、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、ポンプ及び弁が、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により損傷を受けないものでなければならないこと等を要求している。

九州電力は、燃料要素を支持する支持格子を適切なばね強度を有するよう設計するとともに、流体振動により隣接する燃料体の支持格子と過大な位置ずれを起こさないよう設計するなど、高燃焼度燃料が流体振動により損傷を受けないよう設計するとしている。

また、本申請による変更後においても、高燃焼度燃料以外の反射材等の設計に変更はないとしている。

原子力規制委員会は、流体振動等に関する九州電力の設計方針が、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により損傷を受けないよう高燃焼度燃料等を設計する方針であること等を確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-4.5 燃料体の物理的及び化学的性質

第15条第5項は、燃料体が、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ことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第15条は、「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」とは、燃料要素の内外圧差、燃料要素及び他の材料の照射、負荷の変化により起こる圧力及び温度の変化、化学的効果、静的及び動的荷重、燃料ペレットの変形並びに燃料要素内封入ガスの組成の変化等をいうとしている。

九州電力は、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として、ペレットの熱膨張、スエリング及び焼きしまり、核分裂生成ガスの放出、燃料被覆材のクリープ変形等の燃料寿命中に生じる諸現象を考慮して、高燃焼度燃料の各構成要素が必要な物理的及び化学的性質を有するよう設計するとしている。具体的には、燃料被覆材の種類を、燃料材等に対して高い耐食性を有するとともに、水素吸収率を低減した材料を採用する等の設計とするとしている。

原子力規制委員会は、高燃焼度燃料に関する九州電力の設計方針が、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よう高燃焼度燃料を設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-4.6 燃料体に加わる負荷

第15条第6項は、燃料体が次の要件を満たすものでなければならないことを要求している。

1. 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。
2. 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。

また、設置許可基準規則解釈第15条は、上記1.の要件は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に、燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能が確保される設計であることが求められるとしている。さらに、上記1.及び2.の具体的な評価は「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」（昭和63年5月12日原子力安全委員会了承）等によるとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料が、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圧力、自重、附加荷重、核分裂生成ガスの放出による燃料被覆材の内圧上昇、熱応力等の荷重に耐えるよう、「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について」等に基づき、次の基準を満足する設計とするとしている。

- (1) 燃料中心最高温度が、燃料材の溶融点未満であること。
- (2) 燃料要素内圧が、通常運転時において、燃料被覆材の外向きのクリープ変形により燃料材と燃料被覆材のギャップが増加する圧力を超えないこと。
- (3) 燃料被覆材応力が、燃料被覆材の耐力以下であること。
- (4) 燃料被覆材に生じる円周方向引張歪の変化量が、各過渡変化に対して1%以下であること。

(5) 累積疲労サイクルが、設計疲労寿命以下であること。

また、輸送中及び取扱中において高燃焼度燃料に著しい変形を生じさせないよう、輸送中又は取扱中に加わる荷重に対して各構成要素が十分な強度を有する設計とするとしている。

原子力規制委員会は、高燃焼度燃料に関する九州電力の設計方針が、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における荷重に耐えるよう設計し、また、輸送中又は取扱中において著しい変形を生じないよう設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-5 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）

IV-5.1 燃料体等の取扱施設

第16条第1項は、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。以下同じ。）が燃料体等を取り扱う能力を有するものとする等ことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第16条は、「燃料体等を取り扱う能力」とは、新燃料の搬入から使用済燃料の搬出までの取り扱いにおいて、関連する機器間を連携し、当該燃料を搬入、搬出又は保管できる能力があることをいうとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料に係る取り扱いとして、4号機の燃料取扱棟内の新燃料貯蔵庫又は使用済燃料ピットへの搬入、燃料取扱棟内から原子炉格納容器内への移送、原子炉格納容器内における燃料取替え、原子炉格納容器内から燃料取扱棟内への移送及び燃料取扱棟内の使用済燃料ピットから構外への搬出が必要になるとしている。

その上で、これらの取り扱いに使用する既設の核燃料物質取扱設備は、その構造等を変更する必要はなく、高燃焼度燃料を取り扱う能力を有するものであるとしている。このほか、燃料体等の取扱施設に関する設計方針については、本申請による変更後においても、既に許可をした設計方針を変更する必要はないとしている。

原子力規制委員会は、燃料体等の取扱施設に関する九州電力の設計方針が、本申請による変更後においても、燃料体等を取り扱う能力を有する設計とする方針であること等を確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-5.2 燃料体等の貯蔵施設

第16条第2項は、燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。以下同じ。）が次の要件等を満たすことを要求している。

1. 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆へ

の影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。また、設置許可基準規則解釈第16条は、「燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合」とは、燃料貯蔵槽等への燃料落下による敷地境界外の実効線量が安全評価指針にある「4.2事故(5)周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」を満たさないことをいうとしている。

2. 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。なお、設置許可基準規則解釈第16条は、「燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有する」とは、発電用原子炉に全て燃料が装荷されている状態で、使用済燃料及び貯蔵されている取替燃料に加えて、1炉心分以上貯蔵することができる容量を確保することをいうとしている。
3. 貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有するものとする。

九州電力は、4号機の炉心に装荷した高燃焼度燃料を4号機の使用済燃料ピットに貯蔵する方針ととしている。なお、高燃焼度燃料を除く4号機の使用済燃料は、本申請による変更後においても、3号機若しくは4号機の使用済燃料ピット又は使用済燃料乾式貯蔵容器に貯蔵する方針に変更はないとしている。

その上で、上記1.の要件に関しては、「IV-3運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止(第13条関係)」に記載したとおり、安全評価指針、気象指針等に基づき解析及び評価を行った結果、高燃焼度燃料の落下による敷地境界外の実効線量は、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えるものではないとしている。

また、上記3.の要件に関しては、4号機の使用済燃料ピット冷却器の伝熱容量を約5.4MWに変更し、当該冷却器等で構成される使用済燃料ピット水浄化冷却設備により、使用済燃料ピットにおいて貯蔵する使用済燃料の崩壊熱を十分に除去することができる設計ととしている。

さらに、上記2.の要件に関しては、4号機の炉心に全て燃料が装荷されている状態で、4号機の使用済燃料ピットを、使用済燃料及び貯蔵されている取替燃料に加えて、1炉心分以上の燃料体等を貯蔵することができる容量を確保する設計に変更はないとしている。このほか、燃料体等の貯蔵施設に関する設計方針については、本申請による変更後においても、既に許可をした設計方針を変更する必要はないとしている。

原子力規制委員会は、燃料体等の貯蔵施設に関する九州電力の設計方針が、本申請による変更後においても、第16条第2項の要件を満たすよう燃料体等の貯蔵施設を設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-6 反応度制御系統及び原子炉停止系統(第25条関係)

IV-6.1 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時の高温状態における反応度制御

第25条第2項第2号は、通常運転時の高温状態において、二以上の独立した反応度制御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が、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を要求している。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としている。

また、設置許可基準規則解釈第25条は、「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」とは、過渡状態が収束した後、キセノン崩壊により反応度が添加されるまでの期間、臨界未満を維持することをいい、さらにそれ以降の長期の臨界未満の維持は、他の系統の作動を期待してよいことをいうとしている。

さらに、第25条第2項第5号は、反応度制御系統に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、同項第2号の規定に適合することを要求している。

九州電力は、高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、反応度制御系統を以下のとおり設計するとしている。

1. 通常運転時の高温状態においては、制御棒制御系及び化学体積制御系により、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設計とする。
2. 運転時の異常な過渡変化時の高温状態においては、「IV-3.1 運転時の異常な過渡変化の拡大の防止」において選定した事象である「b-6.2次冷却系の異常な減圧」の発生時を除いて、制御棒クラスタの炉心への挿入により、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設計とする。
3. 「b-6.2次冷却系の異常な減圧」の発生時においては、制御棒クラスタの炉心への挿入に加えて、非常用炉心冷却設備による燃料取替用水ピットからのほう酸注入により、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設計とする。
4. 過渡状態が収束した後においては、化学体積制御系により、キセノン崩壊による反応度添加を考慮した長期の臨界未満を維持できる設計とする。

具体的には、制御棒制御系及び化学体積制御系について、本申請による変更後においても、制御棒クラスタの構造やほう酸タンクの容量等を変更する必要はないとしている。また、制御棒制御系については、既に許可をした設計方針に基づき、最大反応度値を有する制御棒クラスタ1体が全引抜位置のまま挿入できない場合でも、高温停止状態における核的制限値である反応度停止余裕(0.016ΔK/K)を確保して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設計とされている。

非常用炉心冷却設備である燃料取替用水ピットについては、本申請においてほう素濃度を3,100ppm以上に変更するとしており、本申請による変更後においても、「b-6.2次冷却系の異常な減圧」の発生時に、制御棒制御系とあいまって、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設計とされている。

原子力規制委員会は、反応度制御系統に関する九州電力の設計方針が、通常運転時の高温状態において、二以上の独立した反応度制御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よう設計する方針であること、また、反応度値の最も大きな制御棒クラスタ1体が固着した場合においても十分な反応度停止余裕を有するよう設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-6.2 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時の低温状態における反応度制御

第25条第2項第3号は、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が、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を要求している。

また、設置許可基準規則解釈第25条は、「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」とは、高温臨界未満の状態からキセノン崩壊及び原子炉冷却材温度変化による反応度添加を補償しつつ、低温未臨界状態を達成し、かつ、維持することをいうとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、反応度制御系統を以下のとおり設計とされている。

1. 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は、化学体積制御系によるほう酸注入により、高温臨界未満の状態からキセノン崩壊及び原子炉冷却材温度変化による反応度添加を補償しつつ、低温未臨界状態を達成し、かつ、維持できる設計とする。

具体的には、化学体積制御系について、本申請による変更後においても、ほう酸タンクの容量等を変更する必要はなく、既に許可をした設計方針に基づき、低温停止状態における核的制限値である反応度停止余裕(0.010ΔK/K)を確保して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設計とするとしている。また、全ての制御棒クラスが挿入できない場合においても、化学体積制御系により低温未臨界状態を達成し、かつ、維持することができるよう、キセノン崩壊及び原子炉冷却材温度変化による反応度添加率を考慮して、負の反応度添加速度が0.00018(ΔK/K)/min以上となるように反応度制御能力を有する設計とするとしている。

原子力規制委員会は、反応度制御系統に関する九州電力の設計方針が、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が、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ように設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-6.3 設計基準事故時における反応度制御

第25条第2項第4号は、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が、発電用原子炉を未臨界へ移行することができ、かつ、少なくとも一つが、発電用原子炉を未臨界に維持できることを要求している。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としている。

また、設置許可基準規則解釈第25条は、設計基準事故時における反応度制御系の能力について、原子炉の停止能力を備えた系統の作動が期待できる場合、例えば、加圧水型軽水炉の主蒸気管破断時において反応度制御系が非常用炉心冷却系とあいまって、炉心を臨界未満にでき、かつ、炉心を臨界未満に維持できる場合には、その寄与を考慮してよいとしている。

さらに、第25条第2項第5号は、反応度制御系統に制御棒を用いる場合にあつては、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同項第4号の規定に適合することを要求している。

九州電力は、高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、反応度制御系統を以下のとおり設計するとしている。

1. 設計基準事故時においては、「IV-3.2 設計基準事故の拡大の防止」において選定した事象である「α-5.主蒸気管破断」の発生時を除いて、制御棒クラス

タの炉心への挿入により、発電用原子炉を未臨界に移行し、化学体積制御系によるほう酸注入により、未臨界を維持できる設計とする。

2. 「α-5.主蒸気管破断」の発生時においては、制御棒クラスタの炉心への挿入及び化学体積制御系によるほう酸注入に加えて、非常用炉心冷却設備による燃料取替用水ピットからのほう酸注入により、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設計とする。

具体的には、制御棒制御系及び化学体積制御系について、本申請による変更後においても、制御棒クラスタの構造やほう酸タンクの容量等を変更する必要はないとしている。また、既に許可をした設計方針に基づき、最大反応度値を有する制御棒クラスタ1体が全引抜位置のまま挿入できない場合でも、核的制限値である反応度停止余裕(高温停止状態で $0.016\Delta K/K$ 、低温停止状態で $0.010\Delta K/K$)を確保して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設計とするとしている。

非常用炉心冷却設備である燃料取替用水ピットについては、本申請においてほう酸濃度を3,100ppm以上に変更するとしており、本申請による変更後においても、「α-5.主蒸気管破断」の発生時に、制御棒制御系及び化学体積制御系とあいまって、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設計とするとしている。

原子力規制委員会は、反応度制御系統に関する九州電力の設計方針が、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が、発電用原子炉を未臨界へ移行することができ、かつ、少なくとも一つが、発電用原子炉を未臨界に維持できるよう設計する方針であること、また、反応度値の最も大きな制御棒クラスタ1体が固着した場合においても十分な反応度停止余裕を有するよう設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-6.4 制御棒の最大反応度値及び反応度添加率

第25条第3項は、制御棒の最大反応度値及び反応度添加率が、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ことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第25条は、「制御棒の最大反応度値」の評価に当たっては、原子炉の運転状態との関係で、制御棒の挿入の程度及び配置状態を制限する等、反応度値を制限する装置が設けられている場合には、その効果を考慮して

もよいとしている。さらに「想定される反応度投入事象」とは、安全評価指針及び反応度投入事象評価指針において定めるところによるとしている。

九州電力は、高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、安全評価指針及び反応度投入事象評価指針に基づき、反応度投入事象として「制御棒飛び出し」を想定し、制御棒クラスタの挿入限界の設定及び位置の制限により、その制御棒クラスタのいずれか1体が飛び出した場合においても過大な反応度が添加されない設計とするとしている。具体的には、制御棒クラスタの最大反応度価値が高温全出力時においては $0.0012\Delta K/K$ 以下になるよう、高温零出力時においては $0.0087\Delta K/K$ 以下になるよう設計するとしている。

また、安全評価指針及び反応度投入事象評価指針に基づき、反応度投入事象として「原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き」を想定し、制御棒クラスタの最大引抜速度の制限により、過度の反応度添加率とならない設計とするとしている。具体的には、既に許可をした設計方針に基づき、制御棒クラスタによる最大反応度添加率が $0.00075(\Delta K/K)/s$ 以下になるよう設計するとしている。

上記の設計を行った上で、これらの反応度投入事象に対しては、既に許可をした設計方針に基づき、原子炉トリップ信号により、燃料材の最大エンタルピーや原子炉圧力が顕著に上昇する前に、発電用原子炉を自動的に停止させることにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、また、炉心冷却を損なうような炉心及び炉内構造物の破壊を生じない設計とするとしている。

原子力規制委員会は、制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率に関する九州電力の設計方針が、想定される反応度投入事象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よう制御棒クラスタの最大反応度価値及び反応度添加率を設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-7 放射性廃棄物の処理施設(第27条関係)

第27条第1号は、通常運転時に放射性廃棄物処理施設が、周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を十分に低減できるよう、発電用原子炉施設において発生する放射性廃棄物処理能力を有することを要求している。

設置許可基準規則解釈第27条は、「十分に低減できる」とは、As Low As Reasonably Achievable (ALARA)の考え方の下、工場等として「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」(昭和50年5月13日原子力委員会

決定)が定める線量目標値(50マイクロシーベルト/年)を達成できるものであることをいうとしている。また、当該線量目標値の評価に当たっては、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」(昭和51年9月28日原子力委員会決定。以下「線量目標値評価指針」という。)等に定めるところによることとしている。

九州電力は、本申請における変更の内容を踏まえて、線量目標値評価指針及び気象指針に基づき線量評価を実施した結果、3号機及び4号機の通常運転時に放出される放射性廃棄物を処理する施設は本申請による変更後においても十分な処理能力を有することから、既に許可をした同施設の設計を変更する必要はないとしている。当該評価の主な内容は次のとおりである。

1. 3号機及び4号機の通常運転時に放出される放射性廃棄物による周辺監視区域外の放射性物質の空气中濃度を求めるため、玄海原子力発電所における2016年1月から同年12月までの気象観測による実測値を用いるとともに、敷地周辺の地形等の影響を考慮した風洞実験の実施結果に基づき大気中拡散計算に用いる放射性物質の放出源の有効高さを設定する。
2. 上記1.を踏まえて線量評価を実施した結果、3号機及び4号機の通常運転時に放出される放射性廃棄物による実効線量の合計値は年間約3.1マイクロシーベルトであり、発電所周辺の一般公衆の受ける線量を合理的に達成できる限り低くする方針に基づき、1号機及び2号機が運転を終了する前の通常運転時の線量評価結果(年間約6.6マイクロシーベルト)を考慮した場合でも、工場等として線量目標値を十分に下回る。

なお、3号機及び4号機の通常運転時における気体状及び液体状の放射性廃棄物の放出管理目標値については、既に許可をした値を変更する必要はないとしている。

原子力規制委員会は、放射性廃棄物の処理施設に関する九州電力の設計方針が、周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を十分に低減できる能力を有するよう放射性廃棄物の処理施設を設計する方針であることを確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

なお、発電所から放出される放射性廃棄物により発電所周辺の一般公衆が受ける実効線量について、九州電力が令和4年12月28日に提出した原子炉設置変更許可申請書では、最新の気象条件を用いて、運転中の1~4号機から放出される放射性廃棄物による実効線量を合計で年間約7.7マイクロシーベルトと評価していた。

これに対して、原子力規制庁は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」等は、通常運転時に発生する放射性廃棄物について規定していることから、1、2号機が既に廃止措置に移行していることを踏まえて、3、4号機の通常運転時

に発生する放射性廃棄物について評価を行うべきとしている。

また、原子力規制庁は、廃止措置に移行した1、2号機の寄与を考慮しないことにより、3、4号機の通常運転時に達成すべき努力目標が実質的に緩和されることは、周辺公衆が受ける線量を合理的に達成可能な限り低く抑える観点からは妥当ではないと判断しており、そのため、九州電力は、今回新たに評価された3、4号機の通常運転時の年間被ばく線量約3.1 μ Sv、並びに、既許可の1、2号機の通常運転時の年間被ばく線量約6.6 μ Svが、前者単体の場合、もしくは、両者をともに考慮した場合のいずれの場合でも線量目標値を十分に下回るとする補正書を提出し、原子力規制庁は、これを審査において確認している。

なお、1、2号機から放出される放射性廃棄物により発電所周辺の一般公衆が受ける実効線量について、上記2.の「1号機及び2号機が運転を終了する前の通常運転時の線量評価結果（年間約6.6マイクロシーベルト）」については、既許可の設置変更許可申請書により確認できる。また、運転を終了した後（現時点）の実効線量については、廃止措置計画変更認可申請書（令和8年1月8日付け原子力規制委員会認可）により年間約3.3マイクロシーベルトと評価されていることから、現時点の実効線量は、運転を終了する前（通常運転時）よりも低いことを確認した。

IV-8 重大事故等の拡大の防止等（第37条関係）

IV-8.1 炉心損傷防止対策

第37条第1項は、発電用原子炉施設が、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならないことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第37条は、「炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたもの」とは、想定する事故シーケンスグループのうち炉心の著しい損傷後の原子炉格納容器の機能に期待できるものにあつては、炉心の著しい損傷を防止するための十分な対策が計画されており、かつ、その対策が想定する範囲内で有効性があることを確認することを、想定する事故シーケンスグループのうち炉心の著しい損傷後の原子炉格納容器の機能に期待することが困難なもの（格納容器先行破損シーケンス、格納容器バイパス等）にあつては、炉心の著しい損傷を防止する対策に有効性があることを確認することをいうとしている。さらに、「有効性があることを確認する」とは、次の評価項目を概ね満足することを確認することをいうとしている。

1. 炉心の著しい損傷が発生するおそれがないものであり、かつ、炉心を十分に冷却できるものであること。
2. 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の1.2倍又は限界圧力を下回ること。

3. 原子炉格納容器バウダリにかかる圧力が最高使用圧力又は限界圧力を下回ること。
4. 原子炉格納容器バウダリにかかる温度が最高使用温度又は限界温度を下回ること。

九州電力は、本申請による変更後においても、炉心の著しい損傷を防止するための対策、当該対策に必要な設備及び手順等並びに当該対策の有効性に関する上記1.から4.までの評価項目に係る評価内容を変更する必要はないとしている。

また、当該対策に必要な要員及び燃料等のうち水源に係る評価については、評価の結果が最も厳しくなる「全交流動力電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」において、本申請における変更の内容を踏まえて、重大事故に至るおそれがある事故に対処するための蒸気発生器への注水に必要な水源である復水タンクが、事故発生から約16.5時間後に枯渇すると評価しているが、それまでの間に淡水又は海水を取水源とした復水タンクへの補給を開始することが可能であることから、本申請による変更後においても、重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な水源を確保することができるとしている。このほか、要員及び燃料等に係る評価内容に変更はないとしている。

原子力規制委員会は、本申請による変更後においても、九州電力の炉心損傷防止対策が、設置許可基準規則解釈第37条に定める有効性評価の各評価項目を満足していること、当該対策に必要な要員及び燃料等に係る申請者の計画が十分なものであること等を確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-8.2 格納容器破損防止対策

第37条第2項は、発電用原子炉施設が、重大事故が発生した場合において、原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたものでなければならないことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第37条は、「原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたもの」とは、想定する格納容器破損モードに対して、原子炉格納容器の破損を防止し、かつ、放射性物質が異常な水準で敷地外へ放出されることを防止する対策に有効性があることを確認することをいうとしている。さらに、「有効性があることを確認する」とは、次の評価項目を概ね満足することを確認することをいうとしている。

1. 原子炉格納容器バウダリにかかる圧力が最高使用圧力又は限界圧力を下回ること。

2. 原子炉格納容器バウダリにかかる温度が最高使用温度又は限界温度を下回ること。
3. 放射性物質の総放出量は、放射性物質による環境への汚染の視点も含め、環境への影響をできるだけ小さくとどめるものであること。
4. 原子炉圧力容器の破損までに原子炉冷却材圧力は2.0MPa [gage] 以下に低減されていること。
5. 急速な原子炉圧力容器外の熔融燃料-冷却材相互作用による熱的・機械的荷重によって原子炉格納容器バウダリの機能が喪失しないこと。
6. 原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること。
7. 可燃性ガスの蓄積、燃焼が生じた場合においても、1.の要件を満足すること。
8. 原子炉格納容器の床上に落下した熔融炉心が床面を拡がり原子炉格納容器バウダリと直接接触しないこと及び熔融炉心が適切に冷却されること。
9. 熔融炉心による侵食によって、原子炉格納容器の構造部材の支持機能が喪失しないこと及び熔融炉心が適切に冷却されること。

九州電力は、本申請における変更の内容を踏まえて、上記の評価項目に係る有効性評価を実施した結果、既に許可をした格納容器破損防止対策並びに当該対策に必要な設備及び手順等を変更する必要はないとしている。当該有効性評価の主な内容は次のとおりである。

- (1) 上記3. の評価項目に係る有効性評価の解析条件のうち、燃料体の炉内滞在時間を、炉心に装荷する高燃焼度燃料を1/4ずつ取り替えていく場合を考慮して最長40,000時間に変更する。
- (2) 上記(1)を踏まえて有効性評価を実施した結果、放射性物質の総放出量の解析結果が最も厳しくなる「大破断LOCA時に低圧注入機能、高圧注入機能及び格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故」において、Cs-137の総放出量は事故発生後7日後までの間で約5.5TBq、100日後までを想定した場合でも約6.0TBqであり、解析における不確かさを考慮しても放射性物質による環境への汚染の視点も含め、環境への影響を小さくとどめている。

このほか、格納容器破損防止対策に必要な要員及び燃料等に係る評価の結果に変更はないとしている。

原子力規制委員会は、本申請による変更後においても、九州電力の格納容器破損防止対策が、設置許可基準規則解釈第37条に定める有効性評価の各評価項目を満足していること等を確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

IV-8.3 貯蔵槽内燃料体等の損傷防止対策

第37条第3項は、発電用原子炉施設が、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、使用済燃料貯蔵槽内の燃料体又は使用済燃料（以下「貯蔵槽内燃料体等」という。）の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならないことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第37条は、「貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたもの」とは、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失することにより、使用済燃料貯蔵槽内の水の温度が上昇し、蒸発により水位が低下する事故（以下「想定事故1」という。）及びサイフォン現象等により使用済燃料貯蔵槽内の水の小規模な喪失が発生し、使用済燃料貯蔵槽の水位が低下する事故（以下「想定事故2」という。）に対して、次の評価項目を満足することを確認したものをいうとしている。

1. 燃料有効長頂部が冠水していること。
2. 放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること。
3. 未臨界が維持されていること。

九州電力は、本申請における変更の内容を踏まえて、上記の評価項目に係る有効性評価を実施した結果、既に許可をした想定事故1及び想定事故2への対策並びに当該対策に必要な設備及び手順等を変更する必要はないとしている。当該有効性評価の主な内容は次のとおりである。

- (1) 有効性評価の解析条件のうち、使用済燃料ピットにおいて貯蔵する使用済燃料の崩壊熱の合計値を10.794MWに変更する。
- (2) 上記(1)を踏まえて有効性評価を実施した結果、
 - ① 上記1.及び2.の評価項目に関して、想定事故1及び想定事故2が発生した場合に、使用済燃料ピット水位が燃料有効長頂部の冠水と放射線の遮蔽を維持するために必要な水位まで低下する時間が、初期水位の観点から解析結果が最も厳しくなる想定事故2において約1.3日になるが、事故を検知し、使用済燃料ピット補給用水中ポンプを配備し注水を行うまでに十分な時間余裕があることから、本申請による変更後においても、想定事故1及び想定事故2に対して、使用済燃料ピットは燃料有効長頂部の冠水と放射線の遮蔽が維持される水位を確保することができる。
 - ② 上記3.の評価項目に関して、使用済燃料ピットは通常ほう酸水で満たされているが、純水で満たされた状態で、最も反応度の高い新燃料を設備容量分収容した場合を想定しても、十分な未臨界性を確保できる設計に変更はなく、実効増倍率は使用済燃料ピット内の水の沸騰による水密度の低下に伴って低下することから、本申請による変更後においても、想定事故1及び想定事故

2に対して、未臨界を維持することができる。

このほか、想定事故1及び想定事故2の対策に必要な要員及び燃料等に係る評価の結果に変更はないとしている。

原子力規制委員会は、本申請による変更後においても、九州電力の貯蔵槽内燃料体等の損傷防止対策が設置許可基準規則解釈第37条に定める各評価項目を満足していること等を確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

表—5—1 使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故の評価結果
(第1112回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料2-1参考資料より)

【想定事故1】

項目	結果	
	変更前(4号炉)	変更後(4号炉)
判断基準	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料有効長頂部が冠水していること。 ・放射線の遮へいが維持される水位を確保すること。 ・未臨界が維持されていること。 	
冷却停止から沸騰開始までの時間	約13時間	約13時間
使用済燃料ピット水位が放射線の遮へいが維持できる最低水位まで低下する時間	約2.1日	約2.1日
(使用済燃料ピットへの注水を開始する時間)	(7時間50分)	(7時間50分)
未臨界の維持(実効増倍率)	0.966	0.939

表—5—2 使用済燃料ピットにおける重大事故に至るおそれがある事故の評価結果
(第1112回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料2-1参考資料より)

【想定事故2】

項目	結果	
	変更前(4号炉)	変更後(4号炉)
判断基準	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料有効長頂部が冠水していること。 ・放射線の遮へいが維持される水位を確保すること。 ・未臨界が維持されていること。 	
冷却停止から沸騰開始までの時間	約11時間	約11時間
使用済燃料ピット水位が放射線の遮へいが維持できる最低水位まで低下する時間	約1.4日	約1.3日
(使用済燃料ピットへの注水を開始する時間)	(7時間50分)	(7時間50分)
未臨界の維持(実効増倍率)	0.966	0.939

IV-8.4 運転停止中原子炉内燃料体の損傷防止対策

第37条第4項は、発電用原子炉施設が、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、運転停止中における発電用原子炉内の燃料体（以下「運転停止中原子炉内燃料体」という。）の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならないことを要求している。

また、設置許可基準規則解釈第37条は、「運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたもの」とは、想定する運転停止中事故シナリオグループに対して、次の評価項目を満足することを確認したものをいうとしている。

1. 燃料有効長頂部が冠水していること。
2. 放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること。
3. 未臨界を確保すること（ただし、通常の運転操作における臨界、又は燃料の健全性に影響を与えない一時的かつ僅かな出力上昇を伴う臨界は除く。）。

九州電力は、本申請における変更の内容を踏まえて、上記の評価項目に係る有効性評価を実施した結果、既に許可をした運転停止中原子炉内燃料体の損傷防止対策並びに当該対策に必要な設備及び手順等を変更する必要はないとしている。当該有効性評価の主な内容は次のとおりである。

- (1) 高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で炉心を構成することも考慮して、上記3. の評価項目に係る有効性評価の解析条件のうち、臨界ほう素濃度を2,000ppmに変更する。
- (2) 上記(1)を踏まえて有効性評価を実施した結果、本申請による変更後においても、炉心崩壊熱及び一次系保有水量の観点から解析結果が最も厳しくなる「燃料取出前のミッドループ運転中に余熱除去機能が喪失する事故」及び「燃料取出前のミッドループ運転中に外部電源が喪失するとともに非常用所内交流動力電源が喪失し、原子炉補機冷却機能が喪失する事故」における一次冷却材密度の低下に伴う炉心反応度の評価結果（約-6.6%ΔK/K）に変更はなく、未臨界を確保することができる。

このほか、運転停止中原子炉内燃料体の損傷防止対策に必要な要員及び燃料等に係る評価の結果に変更はないとしている。

原子力規制委員会は、本申請による変更後においても、九州電力の運転停止中原子炉内燃料体の損傷防止対策が設置許可基準規則解釈第37条に定める各評価項目を満足していること等を確認したことから、本申請が設置許可基準規則に適合するものと判断している。

表一7 運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故の評価結果
 (第1112回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料2-1参考資料より)

【反応度の誤投入】

項目	結果	
	変更前(4号炉)	変更後(4号炉)
判断基準	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料有効長頂部が冠水していること。 ・放射線の遮へいが維持される水位を確保すること。 ・未臨界を確保すること。 	
燃料有効長頂部の冠水	炉心は満水が維持されており、燃料有効長頂部が冠水している状態であるとともに、原子炉容器ふたが閉止されている状態であることから、放射線の遮へいを維持できる。	
放射線遮へいの維持		
未臨界の確保	運転員が異常状態を検知し、希釈停止を行うまでに十分な時間余裕があることから未臨界を確保できる。	
	警報発信:約51分 臨界:警報発信から約11分	警報発信:約68分 臨界:警報発信から約16分

V 審査結果

原子力規制委員会は、九州電力が提出した本申請書等を審査した結果、本申請は、原子炉等規制法第43条の3の6第1項第2号(技術的能力に係る部分に限る。)、第3号及び第4号に適合しているものと認めている。

4 専門家からの助言並びに九州電力及び原子力規制委員会への確認

県では、今回の申請内容の確認にあたって、佐賀県原子力安全専門部会（以下「専門部会」という。）の委員のうち、原子力工学又は基礎放射線医学を専門分野とする委員に個別に面談を行い、技術的な助言を求めた。

各委員との個別面談では、県から申請書及び補足説明資料並びに原子力規制委員会がとりまとめた審査書等を提供し、申請概要及び主要な審査項目について説明を行った上で、各委員から専門的な立場からの助言を受け、これを踏まえ、申請書等で示された評価結果等の詳細及び審査書や審査会合で示された審査内容の詳細について、九州電力及び原子力規制委員会の事務局である原子力規制庁に対して確認を行った。

助言を受けた専門部会委員並びに九州電力及び原子力規制庁への主な確認内容は、以下のとおり。

【助言を受けた専門部会委員】

氏名	専門分野
出光 一哉	原子力工学(核燃料工学)
片山 一成	原子力工学(核融合工学)
續 輝久	基礎放射線医学
藤本 望	原子力工学(原子炉工学、原子炉物理)
守田 幸路	原子力工学(原子炉工学、熱流動)

【九州電力への確認内容】

No.	確認事項	回答
1	運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時の解析結果における種々の評価値の増減が、それぞれ燃料の変更に起因する増減なのか、計算コードや想定が変わったことに起因する増減なのかが判然としないため、燃料変更の影響だけが見えるような比較表を示していただきたい。(ex.	<p>本申請にあたり、高燃焼度燃料使用に伴う条件変更に加え、川内原子力発電所での高燃焼度燃料導入時の設置変更許可申請時に採用実績のある評価手法(計算コード含む)を反映し、気象条件を変更した上で評価を行っている。当該評価手法で従来燃料を解析した結果は有しておらず、新たに解析を実施する場合は1年以上の期間がかかる。</p> <p>なお、被ばく評価に関連して、放出放射線量は、評価手法変更の影響を受けず、また、従来燃料と高燃焼度燃料で同等であるため、高燃焼度燃料の使用が実効線量に与える影響は軽微である。</p>

	<p>従来燃料使用時の影響を現在の解析方法で解析する等。)</p> <p>同様に、平常時の被ばく評価及び設計基準事故時の被ばく評価についても、新しい気象条件や計算コードを用いて、従来燃料を使用した場合の被ばく評価結果を示していただきたい。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="2">放出放射エネルギー (Bq/y)</th> </tr> <tr> <th>従来燃料</th> <th>高燃焼度燃料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>希ガス</td> <td>5.2×10^{14}</td> <td>5.2×10^{14}</td> </tr> <tr> <td>ヨウ素131</td> <td>1.5×10^{10}</td> <td>1.5×10^{10}</td> </tr> <tr> <td>ヨウ素133</td> <td>1.8×10^{10}</td> <td>1.8×10^{10}</td> </tr> <tr> <td>液体廃棄物</td> <td>8.5×10^9</td> <td>8.4×10^9</td> </tr> </tbody> </table>	項目	放出放射エネルギー (Bq/y)		従来燃料	高燃焼度燃料	希ガス	5.2×10^{14}	5.2×10^{14}	ヨウ素131	1.5×10^{10}	1.5×10^{10}	ヨウ素133	1.8×10^{10}	1.8×10^{10}	液体廃棄物	8.5×10^9	8.4×10^9
		項目		放出放射エネルギー (Bq/y)															
			従来燃料	高燃焼度燃料															
		希ガス	5.2×10^{14}	5.2×10^{14}															
		ヨウ素131	1.5×10^{10}	1.5×10^{10}															
ヨウ素133	1.8×10^{10}	1.8×10^{10}																	
液体廃棄物	8.5×10^9	8.4×10^9																	
<p>また、炉心に蓄積される放射性物質の量は従来燃料と高燃焼度燃料で同等であるため(微増)、設計基準事故時の実効線量について高燃焼度燃料の影響は軽微である。</p>																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="2">炉心に蓄積する放射性物質による放射エネルギー (Bq)</th> </tr> <tr> <th>従来燃料</th> <th>高燃焼度燃料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>希ガス</td> <td>3.10×10^{19}</td> <td>3.10×10^{19}</td> </tr> <tr> <td>ヨウ素</td> <td>3.23×10^{19}</td> <td>3.23×10^{19}</td> </tr> </tbody> </table>	項目	炉心に蓄積する放射性物質による放射エネルギー (Bq)		従来燃料	高燃焼度燃料	希ガス	3.10×10^{19}	3.10×10^{19}	ヨウ素	3.23×10^{19}	3.23×10^{19}								
項目		炉心に蓄積する放射性物質による放射エネルギー (Bq)																	
	従来燃料	高燃焼度燃料																	
希ガス	3.10×10^{19}	3.10×10^{19}																	
ヨウ素	3.23×10^{19}	3.23×10^{19}																	
2	<p>(設置変更許可とは別に)平常時の被ばく評価について、高燃焼度燃料導入後の発電所敷地周辺で実効線量が最大となる地点と当該線量を明確に示していただきたい。</p>	<p>運転中の3、4号機の被ばく評価については設置許可で、廃止措置中の1、2号機の被ばく評価は廃止措置計画認可で評価している。</p> <p>4号機に高燃焼度燃料を導入した場合の、1、2号機の廃止措置を踏まえた平常時における周辺公衆の実効線量は、廃止措置計画変更認可申請書で示しており、約$4.8 \mu\text{Sv}/\text{年}$で線量目標値$50 \mu\text{Sv}/\text{年}$を十分下回っている。</p> <p>なお、被ばく経路ごとに16方位の実効線量を評価し、方位ごとの各被ばく経路実効線量を合計すると、3号機中心から北東方向が最大となり、約$4.8 \mu\text{Sv}/\text{年}$となる。</p>																	
3	<p>高燃焼度燃料と従来燃料を混在する形で装荷した場合に、燃料種の違いにより燃焼に伴う燃料集合体の形状のゆがみ方に差が生じ、お互いが干渉するようなことは起きないか。</p>	<p>燃料被覆管や中間部支持格子の材質は異なるものの、材質変更による機械特性の差(燃焼に伴う燃料集合体の形状変化等)は設計上適切に考慮されており、互いに干渉することはない。</p>																	

4	高燃焼度燃料導入後の使用済燃料ピットからの直接線及びスカイシャイン線の評価する必要はないか。	<p>地下に設置している使用済燃料貯蔵ピットからの直接線は土により、スカイシャイン線はピット水により十分遮へいされることから、無視できる。</p> <p>なお、高燃焼度燃料を用いた場合のピット水面及び遮蔽壁の線量率は、既許可の設計用線源強度を用いた場合の各線量率を下回ることから、高燃焼度燃料使用による影響はない。</p>
5	1、2号機では、廃止措置第2段階以降、原子炉補助建屋内等で解体LLWの保管が始まるが、設置許可において同建屋からの直接線及びスカイシャイン線の評価する必要はないか。	<p>2026年1月8日に認可を受けた第2段階の廃止措置計画において、解体LLW保管エリアからの直接線及びスカイシャイン線の評価している。</p> <p>保管エリアからの当該線量は年間で最大約0.3 μ Svであり、玄海原子力発電所の既設建屋からの線量を含めても約16 μ Sv/年であり、判断基準である50 μ Sv/年を下回っている。</p>
6	本設置変更許可前に基準地震動が追加されているが、高燃焼度燃料の評価を見直す必要があるのではないか。	<p>震源を特定せず策定する基準地震動Ss-6に係る規制要求はバックフィット案件であるため、高燃焼度燃料のSs-6に対する耐震評価は、経過措置期間内(2029年4月19日以後の最初の定事検終了まで)に適切に対応し、所定の手続きを実施する予定。</p>

【原子力規制庁への確認内容】

No.	確認事項	回答
1	平常時の被ばく評価において、1～4号機からの影響を再評価するのではなく、1、2号機は既許可の評価をそのまま用い、3、4号機のみ再評価しており、申請書には「したがって、1号機及び2号機並びに3号機及び4号機の放射性廃棄物廃棄施設の設計及び管理により、「線量目標値に関する指針」に示される線量目標値の年間50 μ Sv	<p>「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」等は、通常運転時に発生する放射性廃棄物について規定しており、「周辺公衆の受ける線量を低く保つための努力目標」は、実効線量で年間50 μ Svと定められている。</p> <p>九州電力は、1、2号機が既に廃止措置に移行していることを踏まえて、3、4号機の通常運転時に発生する放射性廃棄物について評価を行っている。</p> <p>一方、廃止措置に移行した1、2号機の寄与を考慮しないことにより、3、4号機の通常運転時に達成すべき努力目標が実質的に緩和されることは、周辺公衆が受ける線量を合理的に達成可能な限り低く抑える観点からは妥当ではないことから、既許可の1、2号機</p>

	を下回る。」との記載があるが、どのような数値の比較により年間50 μ Svを下回っていると確認したのか。	の通常運転時の年間約6.6 μ Sv、並びに、今回新たに評価された3、4号機の通常運転時の年間約3.1 μ Svが、後者単体の場合でも、両者をともに考慮した場合でも、いずれの場合でも線量目標値を十分に下回っていることを審査において確認している。
1 更問	<p>1、2号機の評価に廃止措置移行後の3.3 μSvを採用しない理由はあるか。</p> <p>また、廃止措置移行前の1、2号機通常運転時の線量と新たに評価された3、4号機の線量をとともに考慮した場合に線量目標値を上回ることが懸念される時は、追加対策を求めることになるのか。</p> <p>(委員コメント)</p> <p>ALARAの精神に則した審査は大切だが、設置許可申請書と廃止措置計画認可申請書で異なる評価を事業者を求めることはリーズナブルとは言い難い。</p> <p>今回の審査では評価値が目標値に迫るようなことはなかったが、廃止措置中においても既許可の通常運転時の評価値を用いることは、現実とは異なる評価となるため、疑問を感じる。</p>	<p>3、4号機の通常運転時に周辺公衆が受ける線量を合理的に達成可能な限り低く抑える観点からは、1、2号機の評価線量を、廃止措置移行後の3.3 μSvではなく、通常運転時の年間約6.6 μSvを考慮して確認することが妥当。</p> <p>設問にある「ともに考慮した場合に線量目標値を上回ることが懸念される時」については、本件審査の範疇を超えるため、一概に答えることは困難だが、その上で一般論として、指針において、線量目標値とは努力目標であってこれが達成できないことをもって安全上の支障があると解すべきではないとされていること等も踏まえつつ、通常運転時に周辺公衆が受ける線量を合理的に達成可能な限り低く抑える観点からどのような対策が講じられているか、その有効性や妥当性等を含めて確認することになると考えられる。</p>
2	高燃焼度燃料導入後の使用済燃料ピットからの直接線及びスカイシャイン線の評価する必要はないか。	高燃焼度燃料導入後の使用済燃料ピット水面での線量率は、既許可の設計用線源強度による評価を上回らないことから、九州電力は使用済燃料ピットからの直接線及びスカイシャイン線の評価を変更する必要がないとしていることを審査において確認している。
3	1、2号機では、廃止措置第2段階以降、原子炉補助建屋等で解体LLWを保管するが、同建屋からの直接	<p>廃止措置中の原子炉施設の解体や解体廃棄物の保管・廃棄などについては、廃止措置計画に基づいて必要な規制を行うことを基本としている。</p> <p>確認事項にある「同建屋からの直接線及びスカイ</p>

	線及びスカイシャイン線を評価する必要はないか。	シャイン線」については、廃止措置計画の審査においてその評価結果を確認している。
4	本設置変更許可前に基準地震動が追加されているが、高燃焼度燃料の評価を見直す必要はないか。	基準地震動の見直しに伴う高燃焼度燃料の詳細な耐震評価に関しては、今後申請予定の設計及び工事の計画の中で確認する。

5 まとめ

県は、原子力規制委員会の審査内容及び審査結果を審査書等により確認するに当たり、専門部会委員からの助言を踏まえ、九州電力及び原子力規制委員会に聞き取りを行った結果、以下の事項を確認した。

- ・ 高燃焼度燃料の導入にあたり求められる法令上の要求事項
- ・ 原子力規制委員会の審査により、法令上の要求事項に適合することが確認されていること
- ・ 九州電力の計画、並びに、原子力規制委員会の審査内容に不合理な点はないこと

【参考】

玄海原子力発電所4号機における高燃焼度燃料の導入に係る安全性の確認について、原子力規制委員会の審査及びその審査結果に係る県の確認の主な経緯は以下のとおり。

年月日	経緯
令和4年12月28日	九州電力は、玄海原子力発電所4号機の高燃焼度燃料の導入について、県に事前了解願いを提出（国へは設置変更許可申請）
令和5年2月7日 ～令和7年3月4日	原子力規制庁において審査会合（計18回）を実施
令和6年6月24日、 9月27日、 令和7年3月27日	九州電力は、事前了解願い及び設置変更許可申請を一部補正（計3回）
4月30日	原子力規制委員会は、令和7年度第6回原子力規制委員会において審査結果を取りまとめ、原子力委員会及び経済産業大臣への意見聴取の実施を決定 なお、他発電所において過去20年以上の使用実績があるものであり、技術的な新規性は全くないことから、審査書案に対する科学的・技術的意見の募集（パブリックコメント）は実施しないことを決定
5月20日	経済産業大臣回答（「許可することに異存はない。」）
5月22日	原子力委員会答申（「平和の目的以外に利用されるおそれがないものと認められる。」）
6月4日	原子力規制委員会は、令和7年度第13回原子力規制委員会において、設置変更許可を決定（同日、許可）
令和7年7月31日 ～11月21日	専門部会委員との個別面談 （7月31日、10月31日、11月4日、11月21日）
12月25日	県は、九州電力へ審査資料の補足説明を依頼
令和8年1月9日、 2月2日	県は、原子力規制庁へ審査書等に関する確認事項への回答を依頼
1月20日、2月9日	原子力規制庁は、県の確認事項へ回答
1月21日、23日、 26日	九州電力は、県の確認事項に回答