

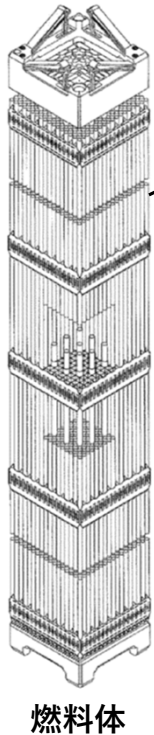
申請の概要及び主な審査内容

令和7年度 第6回原子力規制委員会資料2 抜粋

< 申請の概要 >

- 従来から使用している燃料よりも最高燃焼度が大きい高燃焼度燃料（最高燃焼度55,000MWd/t）※を、4号炉の炉心に装荷する。これに伴い、炉心等の設計の一部を変更する。

< 主な変更点 >



燃料体

※他のPWRプラントにおいても多数の採用実績がある。

高燃焼度燃料を導入しているPWRプラント例

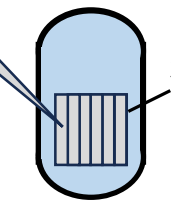
・川内原子力発電所（1,2号炉）・大飯発電所（3,4号炉）

・高浜発電所（1,2号炉）・美浜発電所（3号炉）・伊方発電所（3号炉）

主な仕様	従来から使用している燃料	今後使用する高燃焼度燃料
燃料体最高燃焼度	48,000MWd/t	55,000MWd/t
ウラン235濃縮度	約4.1wt%（約2.6wt%）以下	約4.8wt%（約3.2wt%）以下
ガドリニア濃度	約6wt%	約10wt%以下
燃料ペレットの初期密度	理論密度の約95%（約95%）	理論密度の約97%（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

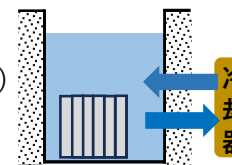
※括弧内は、ガドリニア入りウランペレットの仕様

炉心等の設計の主な変更内容



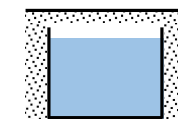
原子炉容器

炉心の熱的制限値
（最小限界熱流束比）
の変更



使用済燃料ピット

既設の使用済燃料
ピット冷却器
に生ずる熱負荷
の変更



燃料取替用水ピット

燃料取替用水
ピットのほう素
濃度の変更

< 審査のポイント >

第1112回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合（2023年2月7日）資料2-1（1/2）から作成

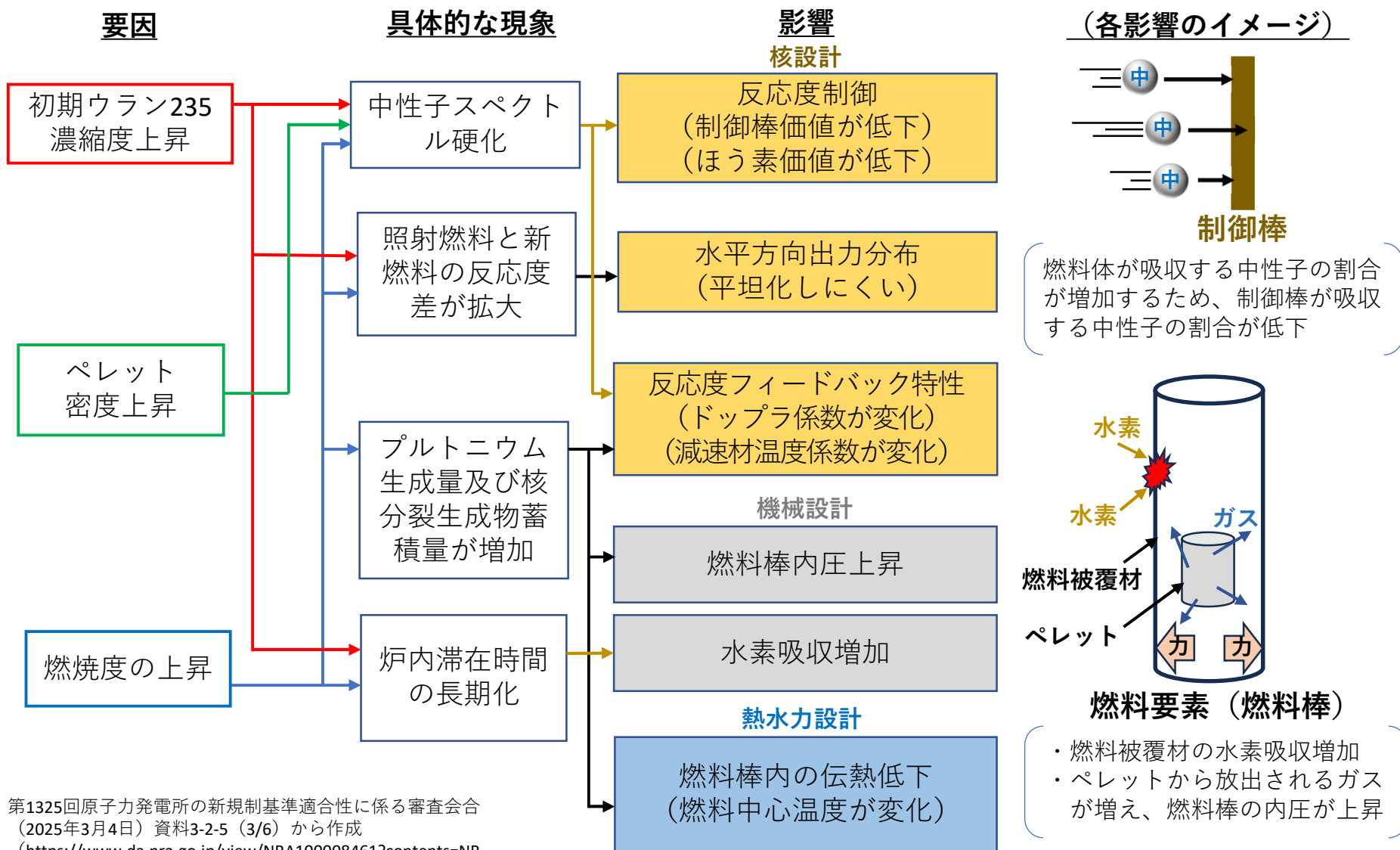
(<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA022011199?contents=NRA022011199-002-011#pdf=NRA022011199-002-011>)

- 新規規制基準を適用する初めての高燃焼度燃料の審査であること、燃料特性は新規規制基準の要求事項に広く関係することから、高燃焼度化に伴う影響を踏まえて、新規規制基準への適合性を網羅的に確認した。
- 解析及び評価については、本申請において新たに採用された手法等はないが、他の発電用原子炉施設における審査実績が適切に反映されているかを確認した。

主な設計及び解析・評価の審査内容（1 / 3）

<燃料の高燃焼度化によって生じる主な現象と主な影響>

- 燃料の高燃焼度化によって生じる主な現象と、炉心特性（核設計、燃料の機械設計、熱水力設計）への主な影響を示す。これらの影響を考慮した炉心の設計等について次頁以降のとおり確認した。



主な設計及び解析・評価の審査内容（2 / 3）

< 主な審査内容（第15条関係（炉心等）） >

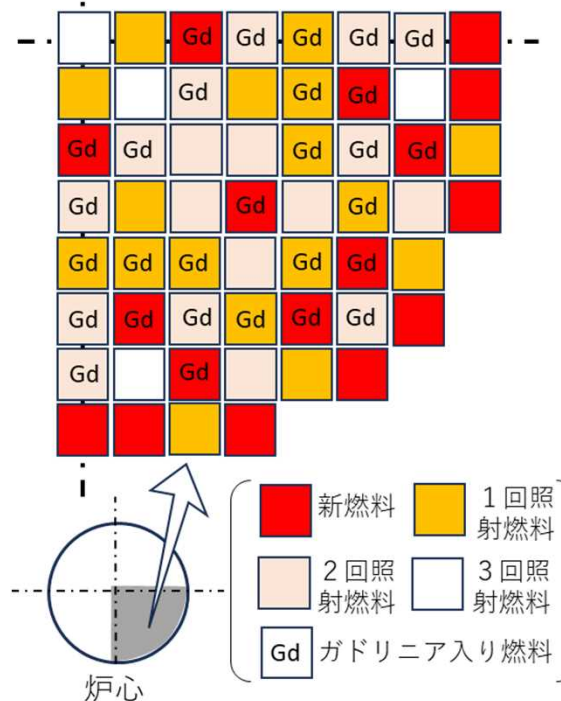
● 高燃焼度燃料について

- ✓ 炉内滞在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ことを確認。例えば、燃料材等に対する高い耐食性を有し、水素吸収率を低減した燃料被覆材を採用することを確認。
- ✓ 制御棒挿入性及び冷却可能な形状の確保、流体振動による損傷の防止、燃料体に加わる負荷等についても確認。

● 高燃焼度燃料を装荷する炉心について

- ✓ 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し、急速な固有の出力抑制効果を持つことを確認。
- ✓ 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に、燃料要素の許容損傷限界を超えないことを確認（過渡変化時の解析及び評価の結果は次頁参照。）。
- ✓ 高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で装荷されることも考慮して、実際の炉心構成を想定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実性が適切に考慮されていることを確認。

< 燃料の装荷パターン（例） >



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) (2022年12月28日) (2/4) から作成
(<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA077005179?contents=NRA077005179-002-001#pdf=NRA077005179-002-002>)

< 主な審査内容（第25条関係（反応度制御系統及び原子炉停止系統）） >

- 高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で装荷されることも考慮して、設計基準事故が発生した場合等においても発電用原子炉を未臨界に移行し、維持できることを確認。
- 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こと等を確認。

主な設計及び解析・評価の審査内容（3 / 3）

< 主な審査内容（第13条関係（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）>

- 高燃焼度燃料と従来燃料が混在する形で装荷されることも考慮して、申請者が運転時の異常な過渡変化・設計基準事故に対する解析及び評価（全27事象）を実施した結果、本申請による変更後においても、安全評価指針等に定める最小限界熱流束比等の各判断基準を満たすとしていることを確認。
- 解析及び評価の手法等については、他の発電用原子炉施設の審査実績が適切に反映されていることを確認。（反映例）
 - ✓ 最小限界熱流束比の許容限界（判断基準）を、改良統計的熱設計手法により算出。
 - ✓ 運転時の異常な過渡変化に関して、「原子炉冷却材系の停止ループの誤起動」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。
 - これにより、最小限界熱流束比に係る解析及び評価の結果が最も厳しくなる事象が、「原子炉冷却材系の停止ループの誤起動」から「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」に変更。
 - ✓ 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文献を参照して設定。

< 解析及び評価の結果（一部判断基準抜粋）>

運転時の異常な過渡変化	解析及び評価の結果	判断基準
最小限界熱流束比	約1.64	> 1.42
燃料中心温度	約2,300℃	< 2,570℃
設計基準事故	解析及び評価の結果	判断基準
燃料被覆材温度	約984℃	≦ 1,200℃
原子炉格納容器健全性	最高圧力：約0.308MPa[gage] 最高温度：約132℃ 水素濃度：約2.8%	≦ 0.392MPa[gage] ≦ 144℃ ≦ 4 %

玄海原子力発電所の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)の一部補正について（2024年6月24日）から作成
(<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA100003258?contents=NRA100003258-003-001#pdf=NRA100003258-003-001>)

その他の主な審査内容

<第4条関係（地震による損傷の防止）>

既に許可をした耐震設計方針に基づき、高燃焼度燃料を設計する方針であることを確認。

- 基準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設計し、かつ、冷却可能な形状を維持するよう設計すること等を確認。
- 高燃焼度燃料の燃料被覆材を、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よう設計すること等を確認。

<第16条関係（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）>

- 既に許可をした燃料体等の取扱施設は高燃焼度燃料を取り扱う能力を有しており、その構造等を変更する必要がないこと等を確認。
- 高燃焼度燃料である使用済燃料は、4号炉の使用済燃料ピットのみに貯蔵し、乾式貯蔵施設には貯蔵しないこと、また、既設の使用済燃料ピット水浄化冷却設備により、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こと等を確認。

<第27条関係（放射性廃棄物の処理施設）>

- 玄海原子力発電所における2016年の気象観測記録等を踏まえて、4号炉に高燃焼度燃料を装荷する場合の線量評価を実施した結果、3号炉及び4号炉の通常運転時における実効線量の合計値は約 $3.1\mu\text{Sv}/\text{年}$ であり、1号炉及び2号炉が運転を終了する前のそれらの線量評価結果（同 $6.6\mu\text{Sv}/\text{年}$ ）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こと等を確認。

<第37条関係（重大事故等の拡大の防止）>

- 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有効性評価を行い、その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 であるとしていること等を確認。
- 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が変更になることを考慮して有効性評価を行い、その結果が最も厳しくなる「想定事故2」において、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約1.3日になるとしているが、事故を検知した後、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等を確認。