

玄海原子力発電所 4 号炉における
高燃焼度燃料の使用に伴う設置変更許可申請について
(3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更)
(コメント回答)

2 0 2 3 年 4 月 7 日
九 州 電 力 株 式 会 社

1. 審査会合における指摘事項

2. 申請書の変更理由及び内容について

3. 条文整理表の考え方及び条文整理表

(参考) 設置許可基準規則の要求事項と適合のための設計方針

No.	日時	指摘事項の内容	回答
1	2023年 2月7日	申請書の変更理由及び内容として、高燃焼度燃料の使用に紐づくものとそうでないものを整理すること。	P 3 ~ 1 2
2	2023年 2月7日	適用、申請条文の考え方が分かるように整理すること。 条文整理表の記載内容について充実・整理を図ること。	P 1 3

○設置変更許可申請書の変更理由及び内容（1 / 2）

・本申請において、4号炉の本文五号、3号炉及び4号炉の本文九号、本文十号を変更しており、その内容は以下の①～③のとおりである。

- ①高燃焼度燃料の使用に伴い変更する項目
- ②高燃焼度燃料の使用に伴う再評価に合わせて変更する項目
- ③記載の適正化により変更する項目

・②については、高燃焼度燃料の使用には直接関連せず、高燃焼度燃料の使用に伴う再評価と合わせて変更するものであるため、本申請の変更理由としては「高燃焼度燃料の使用」のみとしている。

①高燃焼度燃料の使用に伴い変更する項目

変更箇所	4号炉の変更項目	3号炉の変更項目
本文五号	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心に係る設計 ・燃料体に係る設計 ・使用済燃料ピット冷却器の伝熱容量 ・燃料取替用水ピットほう素濃度 ・制御設備の反応度制御能力 	—
本文九号	<ul style="list-style-type: none"> ・年間放出量及びγ線実効エネルギー 	同左
本文十号	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料取替用水ピットほう素濃度 ・原子炉運転時間 ・使用済燃料ピット崩壊熱 	<ul style="list-style-type: none"> ・重大事故等対策の有効性評価 (4号炉の評価条件及び評価結果記載の反映)

○設置変更許可申請書の変更理由及び内容 (2 / 2)

②高燃焼度燃料の使用に伴う再評価に合わせて変更する項目

➢①の再評価と合わせて、高燃焼度燃料の使用には直接関連しないものの、新指針、新知見等を取り込んだ項目

変更箇所	4号炉の変更項目	3号炉の変更項目
本文五号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元核設計手法の採用 ・ 改良統計的熱設計手法 (GSTM) の採用 ・ ほう素による負の反応度添加速度の評価方法変更 	—
本文九号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象資料の更新 	同 左
本文十号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改良統計的熱設計手法 (GSTM) の採用 ・ 炉心崩壊熱 (日本原子力学会推奨値及び ORIGEN-2) ・ 蒸気発生器伝熱管施栓率 ・ 「制御棒飛び出し」における解析手法 ・ 反応度投入事象における燃焼の進んだ燃料の取扱い (RIE報告書) の反映 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉冷却材系の停止ループの誤起動事象の原子炉初期出力 ・ 美浜2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象の教訓反映 ・ 水素生成割合 (G値) の見直し ・ 気象資料の更新

③記載の適正化により変更する項目

➢本申請と合わせて変更するが、適合性の確認は不要と考える項目

変更箇所	4号炉の変更項目	3号炉の変更項目
本文五号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運用ガイド及び最新記載の反映 ・ 高燃焼度燃料を3号炉へ貯蔵しない記載の追記 ・ 使用済燃料ピットの遮へい評価対象燃料の補足削除 	—
本文九号	—	—
本文十号	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最新記載の反映 	—

○設置変更許可申請書の変更概要

(4号炉)

本文記載箇所	項目	説明頁	該当条文
本文五号	発電用原子炉の炉心	6	第15条
	燃料体	7	第15条
	核燃料物質取扱設備の構造	8	第16条
	核燃料物質貯蔵用冷却設備の構造及び冷却能力	8	第16条
	非常用冷却設備	8	第25条
	制御設備	9	第25条
	非常用制御設備	9	第25条
本文九号	平常時の被ばく	10	第27条
本文十号	運転時の異常な過渡変化	10	第13条
	設計基準事故	11	第13条
	重大事故等対策の有効性評価	11	第37条

(3号炉)

本文記載箇所	項目	説明頁	該当条文
本文九号	平常時の被ばく	12	第27条
本文十号	設計基準事故	12	第13条
	重大事故等対策の有効性評価	12	第37条

○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 (1 / 4)
(4号炉)

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	<p>【変更項目】①炉心に係る設計 ②3次元核設計手法の採用、改良統計的熱設計手法 (GSTM) の採用 ③運用ガイド及び最新記載の反映</p>			
			変更前	変更後	変更項目
		燃料体の最高燃焼度	48,000MWd/t	55,000MWd/t (注1)	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	①
		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)	—	(注3) ② ③
		制御棒クラスタによる最大反応度添加率	—	0.00075(ΔK/K)/s以下	③
		制御棒クラスタの最大反応度価値	—	高温全出力時 0.0012ΔK/K 高温零出力時 0.0087ΔK/K	(注3) ② ③
		最小限界熱流束比 (最小DNBR)	1.80	2.19	(注4) ②
		<p>(注1) 第1～第18領域は既設置許可から変更なし (注2) 旧手法である1,2次元核設計手法による評価値 (注3) 3次元核設計手法の採用 (注4) 改良統計的熱設計手法 (GSTM) の採用</p>			

○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 (2 / 4)
(4号炉)

本文記載箇所	項目	主な変更内容		
本文五号	燃料体	【変更項目】①燃料体に係る設計		
			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	ジルカロイ-4	<ul style="list-style-type: none"> ・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(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				

○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 (3 / 4)
(4号炉)

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	【変更項目】③高燃焼度燃料を3号炉へ貯蔵しない記載の追記		
			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	【変更項目】①使用済燃料ピット冷却器の伝熱容量		
			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	【変更項目】①燃料取替用水ピットのほう素濃度			
		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	

○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 (4 / 4)
(4号炉)

本文記載箇所	項目	主な変更内容		
本文五号	制御設備	【変更項目】①制御設備の反応度制御能力 ③運用ガイド及び最新記載の反映		
				変更前
	反応度制御能力	a. 制御棒クラスタ 約0.054ΔK/K		a. 制御棒クラスタ 制御する最大過剰反応度は、約0.03ΔK/Kとし、その場合の反応度制御能力は約0.05ΔK/Kとする。
	【変更項目】②ほう素による負の反応度添加速度の評価方法変更			
非常用制御設備			変更前	変更後
	反応度制御能力	ほう素添加による負の反応度添加速度の絶対値は $0.24 \times 10^{-3} (\Delta K / K) / \text{min}$ 以上とする。		停止時実効増倍率 0.99以下 負の反応度添加速度 0.00018(ΔK/K)/min以上

○高燃焼度燃料の使用に伴う評価に係る主な変更内容及び確認結果（1 / 3）
（4号炉）

本文記載箇所	項目	主な変更内容	確認結果
本文九号	平常時の被ばく	<p>【変更項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ①年間放出量及びγ線実効エネルギー ②気象資料の更新 	<p>発電所敷地周辺での平常時の線量評価を行った結果、「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」に示されている線量目標値（50μSv/年）を十分満足していることを確認した。</p>
本文十号	運転時の異常な過渡変化	<p>【変更項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ①燃料取替用水ピットほう素濃度 ②改良統計的熱設計手法（GSTM）の採用 ②炉心崩壊熱（日本原子力学会推奨値及びORIGEN-2） ②反応度投入事象における燃焼の進んだ燃料の取扱い（RIE報告書）の反映 ②原子炉冷却材系の停止ループの誤起動事象の原子炉初期出力 ③最新記載の反映 	<p>運転時の異常な過渡変化について、燃料、原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性が確保されていることを確認した。</p>

○高燃焼度燃料の使用に伴う評価に係る主な変更内容及び確認結果 (2 / 3)
(4号炉)

本文記載箇所	項目		主な変更内容	確認結果
本文十号	設計基準事故	安全解析	【変更項目】 ①燃料取替用水ピットほう素濃度 ②改良統計的熱設計手法 (GSTM) の採用 ②炉心崩壊熱 (日本原子力学会推奨値及びORIGEN-2) ②蒸気発生器伝熱管施栓率 ②「制御棒飛び出し」における解析手法 ②反応度投入事象における燃焼の進んだ燃料の取扱い (RIE報告書) の反映 ②美浜2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象の教訓反映 ②水素生成割合 (G値) の見直し	設計基準事故について、炉心の冷却能力並びに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の健全性が確保されていることを確認した。
		被ばく	【変更項目】 ①原子炉運転時間 ②気象資料の更新 ②美浜2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象の教訓反映	発電所敷地周辺での設計基準事故時の線量評価を行った結果、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に示されている判断基準 (5mSv) を十分満足していることを確認した。
	重大事故等対策の有効性評価		【変更項目】 ①原子炉運転時間 [格納容器過圧破損] ①使用済燃料ピット崩壊熱 [想定事故1, 2] ①燃料取替用水ピットほう素濃度 [反応度の誤投入] ([] 内は変更がある事故シーケンスグループ等)	現行の炉心・燃料体等の損傷防止及び格納容器破損防止のための重大事故等対策が有効であることを確認した。

○高燃焼度燃料の使用に伴う評価に係る主な変更内容及び確認結果 (3/3)
(3号炉)

本文記載箇所	項目	主な変更内容	確認結果
本文九号	平常時の被ばく	【変更項目】 ①年間放出量及びγ線実効エネルギー ②気象資料の更新	発電所敷地周辺での平常時の線量評価を行った結果、「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」に示されている線量目標値(50μSv/年)を十分満足していることを確認した。
本文十号	設計基準事故 被ばく	【変更項目】 ②気象資料の更新	発電所敷地周辺での設計基準事故時の線量評価を行った結果、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に示されている判断基準(5mSv)を十分満足していることを確認した。
	重大事故等対策の有効性評価	【変更項目】 ①4号炉の評価条件及び評価結果記載の反映	現行の炉心・燃料体等の損傷防止及び格納容器破損防止のための重大事故等対策が有効であることを確認した。

【3号炉の変更概要】

- ・高燃焼度燃料の使用に伴い、4号炉の線量評価にて使用する気象資料を更新した。平常時の被ばく評価については発電所全体で評価するため3号炉の評価も必要であり、3号炉も更新した気象資料を用いた。
- ・重大事故等対策の有効性評価においては、評価条件及び評価結果を3、4号炉の申請書で共通の記載としていることから、3号炉の申請書にも反映した。

本申請において、設置許可基準規則の各条文に対する適用対象の考え方及び申請書への影響について以下のとおり再整理した。また、本考え方に基づく条文整理表の詳細を資料1に示す。

適用	○	申請理由に対して申請書の記載への影響を確認すべき条文	
		燃料集合体は設計基準対象施設及び安全施設であることから、設計基準対象施設及び安全施設に対して要求されている条文	第3～6条、第8～10条 第12条
		運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故	第13条
		炉心等	第15条
		燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	第16条
		反応度制御系統及び原子炉停止系統	第25条
		放射性廃棄物の処理施設（平常時の被ばく）	第27条
		工場等周辺における直接線等からの防護	第29条
		放射線からの放射線業務従事者の防護	第30条
		重大事故等対策の有効性評価	第37条
×	×	申請理由に対して申請書の記載への影響を確認不要な条文	
		なお、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設のうち申請書の記載への影響を確認すべき設備関連条文（第17条第1項、第3項等）は、それぞれ第13条及び第37条にて現行の設計で適合性を確認することで、設備設計の適合性も含めて確認できるとして適用対象外と整理	
申請	◎	申請書本文に変更のある条文	
	○	申請書本文に変更はないが、添付書類に変更のある条文	
	●	申請書の変更が無いものの、燃料集合体の仕様に変更となるため、燃料集合体の設計方針を確認する条文（申請書の変更を伴わないものの後段規制における詳細設計に向け、許可段階の設計方針を示すために申請対象と整理）	
	×	申請書に変更が無く、燃料の設計方針に影響が無い条文	

参 考

設置許可基準規則（解釈含む）における高燃焼度燃料の使用に対する要求事項と適合のための設計方針について、「3. 条文整理表の考え方及び条文整理表」の考え方を基に再整理した結果を以下に示す。

要求項目	要求事項	設計方針
第4条 地震による損傷の防止		
燃料被覆材の放射性物質の閉じ込め機能	設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。	<p>(4号炉)</p> <p>通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と、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を組み合わせた荷重条件に対して、炉心内の燃料被覆材の応答が全体的におおむね弾性状態に留まる設計とする。</p>
	炉心内の燃料被覆材は、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なければならない。	<p>(4号炉)</p> <p>通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>なお、燃料の機械設計においては、燃料中心最高温度、燃料要素内圧、燃料被覆材応力、燃料被覆材に生じる円周方向引張歪の変化量及び累積疲労サイクルに対する設計方針を満足するように燃料要素の設計を行うが、上記の設計方針を満足させるための設計に当たっては、これらのうち燃料被覆材への地震力の影響を考慮すべき項目として、燃料被覆材応力及び累積疲労サイクルを評価項目とする。評価においては、内外圧差による応力、ペレットの接触圧による応力、熱応力、地震による応力及び水力振動による応力を考慮し、設計疲労曲線としては、Langer and O'Donnellの曲線を使用する。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止		
外部からの衝撃による損傷の防止	安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。	（4号炉） 燃料集合体は、発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。
第12条 安全施設		
安全施設	安全施設は、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なければならない。	（4号炉） 燃料集合体は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき、それが果たす安全機能の性質に応じて分類し、十分高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計とする。
	安全施設は、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なければならない。	（4号炉） 燃料集合体の設計条件を設定するに当たっては、材料疲労、劣化等に対しても十分な余裕を持って機能維持が可能となるよう、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、十分安全側の条件を与えることにより、これらの条件下においても期待されている安全機能を発揮できる設計とする。
	安全施設は、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、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なければならない。	（4号炉） 燃料集合体は、それら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、必要性及びプラントに与える影響を考慮して、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設計とする。

要求項目	要求事項	設計方針
第13条 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		
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	<p>設計基準対象施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない。</p> <p>一 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。</p> <p>イ 最小限界熱流束比（燃料被覆材から冷却材への熱伝達が低下し、燃料被覆材の温度が急上昇し始める時の熱流束（単位時間及び単位面積当たりの熱量をいう。以下同じ。）と運転時の熱流束との比の最小値をいう。）又は最小限界出力比（燃料体に沸騰遷移が発生した時の燃料体の出力と運転時の燃料体の出力との比の最小値をいう。）が許容限界値以上であること。</p> <p>ロ 燃料被覆材が破損しないものであること。</p> <p>ハ 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。</p> <p>二 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。</p> <p>二 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。</p> <p>イ 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。</p> <p>ロ 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。</p> <p>ハ 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。</p> <p>ニ 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。</p> <p>ホ 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。</p>	<p>（4号炉） 設計基準対象施設は固有の安全性及び安全確保のために設計した設備により安全に運転できることを示すために、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故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）及び「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）等に基づき実施し、要件を満足する設計とする。</p> <p>（3号炉） 設計基準対象施設は固有の安全性及び安全確保のために設計した設備により安全に運転できることを示すために、設計基準事故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）及び「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）等に基づき実施し、要件を満足する設計とする。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第15条 炉心等		
原子炉固有の出力抑制特性	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。	<p>(4号炉)</p> <p>濃縮ウラン燃料、軽水減速、軽水冷却、加圧水型の本発電用原子炉は、低濃縮二酸化ウラン燃料及びガドリニア入り低濃縮二酸化ウラン燃料を使用し、ドップラ係数、減速材温度係数、減速材ボイド係数及び圧力係数を総合した固有の負の反応度フィードバック特性を持たせることにより、固有の出力抑制特性を有する設計とする。</p> <p>具体的には、発電用原子炉は、高温状態以外で臨界としない設計とする。ドップラ係数は、急激な反応度増加があっても十分な出力抑制効果を有するように、常に負になる設計とする。減速材温度係数は、高温出力運転状態で負になる設計とする。減速材ボイド係数及び圧力係数は、減速材温度係数と同様、減速材密度の変化に基づく反応度係数であるが、これらによる反応度が炉心に与える効果は、通常、温度の効果に比べ小さい。</p> <p>これらにより、設計負荷変化及び外乱に起因する反応度変化に対しては、固有の出力抑制特性と原子炉制御設備により原子炉出力の振動が十分な減衰特性を有する設計とするとともに、急激な反応度増加に対しても、固有の出力抑制特性により十分な出力抑制効果を有する設計とする。</p> <p>発電用原子炉に固有の負の反応度フィードバック特性を持たせることにより、キセノンによる原子炉出力分布の空間振動のうち水平方向振動は減衰特性を有する設計とする。軸方向振動は、炉外核計装で軸方向中性子束偏差を計測することにより確実かつ容易に検出でき、制御棒クラスタを操作して、アキシャルオフセットを適正な範囲に維持することによって出力振動を抑制できる設計とする。</p> <p>また、アキシャルオフセットが運転目標値から大きく逸脱した場合には、原子炉制御設備又は原子炉保護設備が作動し、出力低下あるいは原子炉トリップを行うことにより、燃料要素の許容損傷限界を超えない設計とする。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第15条 炉心等 (続き)		
燃料要素の許容損傷限界	<p>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。</p>	<p>(4号炉)</p> <p>(1) 炉心は、それに関連する1次冷却系統、反応度制御系統、原子炉停止系統、計測制御系統、安全保護回路の機能とあいまって、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料要素の許容損傷限界を超えないように以下の基準を満足する設計とする。</p> <p>a. 最小DNBRは、許容限界値以上であること。</p> <p>b. 燃料中心最高温度は、二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること。</p> <p>すなわち、炉心設計においては、炉内出力分布が平坦になるような燃料取替方式を採用するほか、必要に応じてバーナブルポイズン又はガドリニア入り二酸化ウラン燃料を使用する。また、計測制御系統により、原子炉運転中の炉内出力分布を監視できる設計とする。</p> <p>さらに、燃料中心最高温度が二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点を超えるか又は最小DNBRが許容限界値を下回るおそれがある場合には、安全保護回路の作動により発電用原子炉を自動的に停止できる設計とする。</p> <p>(2) 想定される反応度投入過渡事象（原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き）時においては「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」に定める燃料材のエンタルピに関する燃料要素の許容損傷限界及び「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」に定めるPCMI破損しきい値のめやすを超えることのない設計とする。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第15条 炉心等 (続き)		
構造及び強度	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号炉) 炉心を構成する燃料要素以外の燃料体の構成要素及び原子炉容器内で炉心近辺に位置する燃料体以外の構成要素は、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想定される荷重の組合せに対し、発電用原子炉の安全停止及び炉心の冷却を確保するために必要な構造及び強度を維持し得る設計とする。
流体振動	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。	(4号炉) 燃料体は、1次冷却材の挙動により生じる流体振動により損傷を受けない設計とする。

要求項目	要求事項	設計方針
第15条 炉心等 (続き)		
燃料体	<p>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。</p> <hr/> <p>燃料体は、次に掲げるものでなければならない。</p> <p>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圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる荷重に耐えるものとする。</p> <p>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。</p>	<p>(4号炉)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料体は、通常運転時における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、燃料材の変形並びに燃料要素内封入ガスの組成の変化等を考慮して、各構成要素が十分な強度を有し、その機能を保持できる設計とし、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、核分裂生成物の蓄積による燃料被覆材の内圧上昇、熱応力等の荷重に耐える設計とする。 <p>このため、燃料要素は所要の運転期間において、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に、以下の基準を満足できる設計とする。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 燃料中心最高温度は、二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること。 (2) 燃料要素内圧は、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) 燃料被覆材応力は、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は、各過渡変化に対して1%以下であること。 (5) 累積疲労サイクルは、設計疲労寿命以下であること。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料体は、輸送及び取扱中に燃料体に加わる荷重に対して構成部品が十分な強度を有し、燃料体としての機能を阻害することのない設計とする。 <p>また、輸送及び取扱いに当たっては、過度な外力がかからないよう十分な配慮をするとともに、発電所へ搬入後、健全性を確認する。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設		
燃料体等の貯蔵施設	<p>ニ 使用済燃料の貯蔵施設（キャスクを除く。） にあつては、前号に掲げるもののほか、次に掲 げるものであること。</p> <p>ロ 貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融 しないものであつて、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 のとする事。</p>	<p>（4号炉）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料の貯蔵設備は以下のように設計する。 ロ 使用済燃料の貯蔵設備は、使用済燃料ピット水浄化 冷却設備を有する設計とする。使用済燃料ピット水浄 化冷却設備は、使用済燃料ピット水を冷却して、使用 済燃料ピットに貯蔵した使用済燃料からの崩壊熱を十 分除去できる設計とする。使用済燃料ピット水浄化冷 却設備で除去した熱は、原子炉補機冷却水設備及び原 子炉補機冷却海水設備を経て最終的な熱の逃がし場 である海へ輸送できる設計とする。 また、浄化系は、使用済燃料ピット水を適切な水質 に維持できる設計とする。

要求項目	要求事項	設計方針
第25条 反応度制御系統及び原子炉停止系統		
反応度制御設備	<p>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。</p>	<p>(4号炉)</p> <p>反応度制御系統のうち、制御棒制御系は主として負荷変動及び零出力から全出力までの反応度変化を制御し、化学体積制御設備はキセノン濃度変化、高温状態から低温状態までの1次冷却材温度変化及び燃料の燃焼に伴う反応度変化を制御する設計とし、両者の組合せによって所要の運転状態に維持できる設計とする。制御棒制御系は、制御棒クラスタの炉心への挿入により、高温運転状態から速やかに炉心を高温状態で未臨界にすることができる設計とする。</p> <p>化学体積制御設備は、燃料の燃焼、キセノン濃度変化、高温状態から低温状態までの温度変化等による比較的緩やかな反応度変化の制御に使用するが、全制御棒クラスタが挿入不能の場合でも、炉心を高温運転状態から高温状態で未臨界にし、その状態を維持できる設計とする。</p> <p>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する設計とする。さらに、反応度制御系統は以下の能力を有する設計とする。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第25条 反応度制御系統及び原子炉停止系統 (続き)		
反応度制御設備	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>(4号炉)</p> <ul style="list-style-type: none"> 反応度制御系統に含まれる独立した系統の1つである制御棒制御系による反応度制御は、制御棒クラスタの炉心への挿入により、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料要素の許容損傷限界を超えることなく、高温状態で炉心を未臨界にできる設計とする。 また、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。 原子炉運転中は、所要の反応度停止余裕を確保するため、制御棒クラスタの位置が挿入限界を超えないことを監視する。 なお、「2次冷却系の異常な減圧」のように炉心が冷却されるような運転時の異常な過渡変化時には、原子炉トリップ信号による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1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を未臨界にでき、かつ、運転時の異常な過渡変化後において未臨界を維持できる設計とする。 反応度制御系統に含まれる独立した系統の1つである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。

要求項目	要求事項	設計方針
第25条 反応度制御系統及び原子炉停止系統 (続き)		
反応度制御設備	<p>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。</p> <p>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前三号までの規定に適合すること。</p>	<p>(4号炉)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 反応度制御系統に含まれる独立した系統の一つである制御棒制御系は、1次冷却材の喪失その他の設計基準事故時において、原子炉トリップ信号により制御棒クラスタを炉心に挿入することにより、高温状態において炉心を未臨界にできる設計とする。また、反応度制御系統に含まれる独立した系統の一つである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。なお、「主蒸気管破断」のように炉心が冷却されるような設計基準事故時には、原子炉トリップ信号による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1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を未臨界にでき、かつ、設計基準事故後において未臨界を維持できる設計とする。 ・ 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。さらに、低温状態でも化学体積制御設備によるほう酸注入により、十分な反応度停止余裕を有して炉心を未臨界に維持できる設計とする。

要求項目	要求事項	設計方針
第25条 反応度制御系統及び原子炉停止系統 (続き)		
反応度制御設備	<p>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。</p>	<p>(4号炉)</p> <p>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。</p> <p>また、反応度が急激に投入される事象として「原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き」があるが、この場合には制御棒クラスタの引抜最大速度を制限することにより、過度の反応度添加率とならない設計とする。</p> <p>さらに、これら反応度投入事象に対しては「出力領域中性子束高」等による原子炉トリップ信号を設け、燃料材の最大エンタルピ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し、過渡状態を早く終結させることにより、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。</p>

要求項目	要求事項	設計方針
第27条 放射性廃棄物の処理施設		
放射性廃棄物の処理施設	<p>工場等には、次に掲げるところにより、通常運転時において放射性廃棄物（実用炉規則第二条第二項第二号に規定する放射性廃棄物をいう。以下同じ。）を処理する施設（安全施設に係るものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>一 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を処理する能力を有するものとする。</p>	<p>(4号炉) (3号炉)</p> <ul style="list-style-type: none"> 放射性気体廃棄物処理設備の設計に際しては、原子力発電所の運転に伴い周辺環境に放出する放射性気体廃棄物による発電所周辺の一般公衆の被ばく線量を合理的に達成できる限り低く保つ設計とし、「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日原子力安全委員会決定）を満足する設計とする。 放射性液体廃棄物処理設備の設計に際しては、原子力発電所の運転に伴い周辺環境に放出する放射性液体廃棄物による発電所周辺の一般公衆の被ばく線量を合理的に達成できる限り低く保つ設計とし、「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日原子力安全委員会決定）を満足する設計とする。

要求項目	要求事項	設計方針
第37条 重大事故等の拡大の防止等		
炉心の著しい損傷の防止	発電用原子炉施設は、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。	(4号炉) 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、想定した事故シーケンスグループに対して、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じる設計とする。
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の防止	発電用原子炉施設は、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。	(4号炉) (3号炉) 重大事故が発生した場合において、想定した格納容器破損モードに対して、原子炉格納容器破損及び放射性物質の発電所の外への異常な放出を防止するために必要な措置を講じる設計とする。
使用済燃料貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷の防止	発電用原子炉施設は、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。	(4号炉) (3号炉) 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、想定した事故に対して、使用済燃料ピット内に貯蔵されている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る設計とする。
運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷の防止	発電用原子炉施設は、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。	(4号炉) (3号炉) 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、想定した運転停止中事故シーケンスグループに対して、運転停止中における発電用原子炉内の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る設計とする。