

高浜発電所 1、2号機

使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体の削除
に係る設計及び工事計画変更認可申請について

2020年 6月 2日

関西電力株式会社



目次

1. 申請の概要、申請理由および経緯	1 ~ 3
2. 設計及び工事計画変更認可申請書の構成および記載内容	4
2 - 1. 工事計画（基本設計方針）の変更内容	5 ~ 6
2 - 2. 設置許可との整合性	7
3. 技術基準規則第69条への適合性	8
4. まとめ	9
【参考】	
1. 現時点の使用済燃料ピットの未臨界性	参考 1
2. 制御棒クラスタ及び使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体の仕様及び構造 ..	参考 2

1. 申請の概要、申請理由および経緯 (1 / 3)

【申請概要】

SFP未臨界性維持のための使用済燃料ピット用中性子吸収体として、制御棒クラスタ若しくは使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を使用する設計から、制御棒クラスタのみを使用する設計へ変更する。

	変更前	変更後
SFP未臨界性維持のため使用する設備	<p>使用済燃料ピット用中性子吸収体</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒クラスタ <p>若しくは</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体 	<p>使用済燃料ピット用中性子吸収体</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒クラスタ

【申請理由】

当面の使用予定がなくなった使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を工事計画から削除することとし、基本設計方針の変更を行う。

1. 申請の概要、申請理由および経緯 (2 / 3)

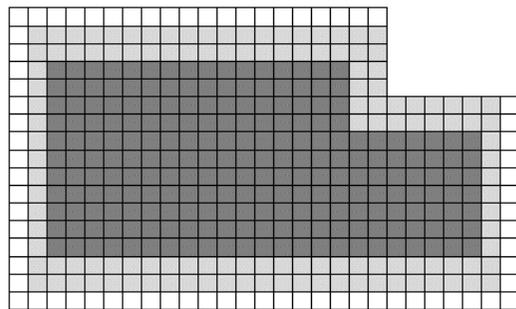
(申請経緯)

- 高浜1,2号機の既工事計画では、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下、技術基準規則）第69条のうち、SFP未臨界性に係る要求への適合のため、使用済燃料ピット用中性子吸収体として「制御棒クラスタ若しくは使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体※」を使用する設計とし、平成28年6月10日に認可を得ている。

※ 使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体とは、制御棒クラスタと同じ仕様の制御材を有する、SFP内でのみ使用する簡易的な中性子吸収体である。

<既工事計画の内容>

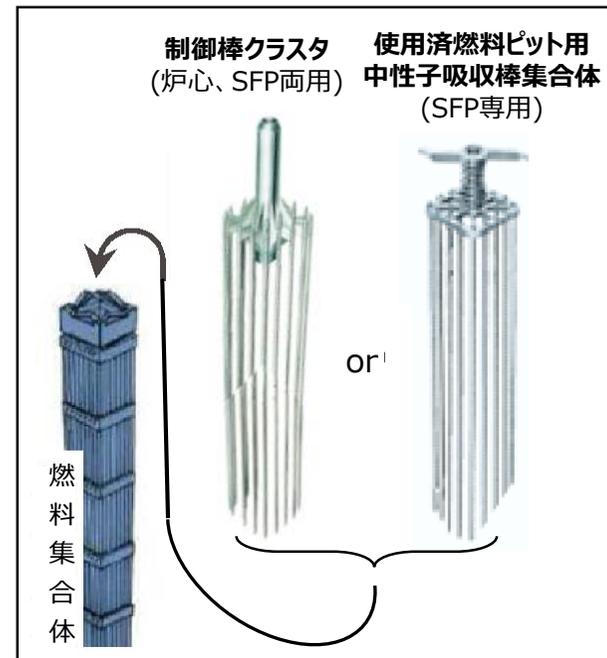
燃料の燃焼度および使用済燃料ピット用中性子吸収体の挿入の有無により貯蔵エリアを管理する。



		55GWd/t燃料		48GWd/t燃料	
		SFP用中性子吸収体なし	SFP用中性子吸収体あり	SFP用中性子吸収体なし	SFP用中性子吸収体あり
な貯蔵燃焼可能領域	領域A □	0GWd/t以上	0GWd/t以上	0GWd/t以上	0GWd/t以上
	領域B ■	20GWd/t以上	0GWd/t以上	15GWd/t以上	0GWd/t以上
	領域C ■	50GWd/t以上	15GWd/t以上	45GWd/t以上	10GWd/t以上

図 既工事計画における各領域での貯蔵可能な燃料の条件

使用済燃料ピット用中性子吸収体



1. 本申請の概要、申請理由および経緯（3 / 3）

（続き）

- 現在、未臨界性評価条件のうち水密度条件について、試験等により得られた知見を基に精緻化し、使用済燃料ピット用中性子吸収体のクレジットを不要とする設置変更許可を申請中であるが、許可時期が見通せない状況にある。
- 従って、再稼働に当たっては既工事計画ベースで使用前検査を受検する可能性があるが、使用済燃料ピット用中性子吸収体のうち使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体については、現在、製造メーカーが新規規制基準適合に係る工事を実施中であるため、再稼働時点で調達されない可能性があり、当面の期間は使用されないこととなった。

	2019年	2020年	2021年
製造メーカーの新規制基準適合に係る工事			

2. 設計及び工事計画変更認可申請書の構成および記載内容

- 今回の変更内容、及び「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の改正内容（2020年4月1日施行）を踏まえ、関連する工事計画の項目および必要な添付書類を整理。

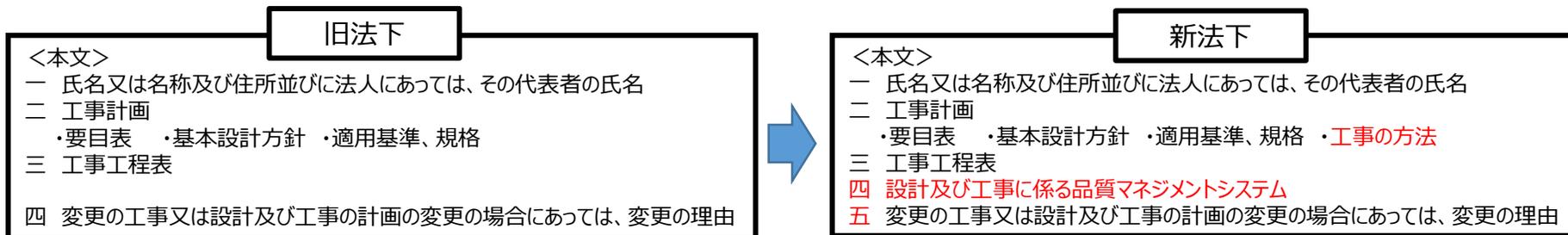


表 本設工認（変認）申請書の構成および記載内容

申請書本文および添付書類		本設工認（変認）申請の内容	
本文	氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名		代表者の氏名等を記載。
	工事計画	核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の基本設計方針	制御棒クラスタ若しくは使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を使用する設計から、制御棒クラスタのみを使用する設計へ変更。
	工事工程表		本設工認（変認）申請の工程を記載。
	設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する事項		本設工認（変認）申請に係る設計プロセス等を記載。
	変更の理由		変更の理由を記載。
添付資料	資料1	発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	本設工認(変認)で変更した基本設計方針と発電用原子炉設置変更許可申請書との整合性を記載。
	資料13	耐震性に関する説明書	使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体に係る記載削除。
	資料17	設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書	基本設計方針の変更に伴い、使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体に係る設計プロセスを削除。
	資料19	燃料取扱設備、新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことに関する説明書	使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を使用しない設計としても使用済燃料ピットの未臨界が維持できることを確認。 (使用済燃料ピット用中性子吸収体を制御棒クラスタに記載変更。)
	資料48	設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書	本設工認（変認）申請に係る設計プロセス等を記載。

	変更前	変更後
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	<p>2. 燃料貯蔵設備</p> <p>～略～</p> <p>また、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えいにより使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット出口配管下端未満かつ水位低下が継続する場合に、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び制御棒クラスタ若しくは使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体（以下「使用済燃料ピット用中性子吸収体」という。）配置において貯蔵領域を設定することにより、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止する設計とする。</p> <p>貯蔵領域は以下の方針に基づき、外周領域、中間領域及び中央領域を設計する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・領域の数を可能な限り少なくする。 ・低燃焼度の燃料を貯蔵する領域では、使用済燃料ピット用中性子吸収体の挿入なしで炉心から取り出した燃料が貯蔵できる容量を確保する。 ・貯蔵領域において、最も反応度の高い燃料体等が当該領域の全てのラックに貯蔵された状態で未臨界を維持する。 <p>～略～</p> <p>各領域には、“初期濃縮度約4.6wt%、使用済燃料ピット用中性子吸収体なし”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：20GWd/t以上、中央領域：50GWd/t以上”、“初期濃縮度約4.6wt%、使用済燃料ピット用中性子吸収体あり”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：0GWd/t以上、中央領域：15GWd/t以上”、“初期濃縮度約4.0wt%、使用済燃料ピット用中性子吸収体なし”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：15GWd/t以上、中央領域：45GWd/t以上”、“初期濃縮度約4.0wt%、使用済燃料ピット用中性子吸収体あり”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：0GWd/t以上、中央領域：10GWd/t以上”を貯蔵する設計とする。</p> <p>燃料体等又は使用済燃料ピット用中性子吸収体の移動に際しては、未臨界が維持できることをあらかじめ確認している配置に基づき移動することを保安規定に定めて、臨界を防止できるよう管理する。</p>	<p>2. 燃料貯蔵設備</p> <p>～略～</p> <p>また、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えいにより使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット出口配管下端未満かつ水位低下が継続する場合に、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び制御棒クラスタ配置において貯蔵領域を設定することにより、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止する設計とする。</p> <p>貯蔵領域は以下の方針に基づき、外周領域、中間領域及び中央領域を設計する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・領域の数を可能な限り少なくする。 ・低燃焼度の燃料を貯蔵する領域では、制御棒クラスタの挿入なしで炉心から取り出した燃料が貯蔵できる容量を確保する。 ・貯蔵領域において、最も反応度の高い燃料体等が当該領域の全てのラックに貯蔵された状態で未臨界を維持する。 <p>～略～</p> <p>各領域には、“初期濃縮度約4.6wt%、制御棒クラスタなし”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：20GWd/t以上、中央領域：50GWd/t以上”、“初期濃縮度約4.6wt%、制御棒クラスタあり”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：0GWd/t以上、中央領域：15GWd/t以上”、“初期濃縮度約4.0wt%、制御棒クラスタなし”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：15GWd/t以上、中央領域：45GWd/t以上”、“初期濃縮度約4.0wt%、制御棒クラスタあり”の条件下で“外周領域：0GWd/t以上、中間領域：0GWd/t以上、中央領域：10GWd/t以上”を貯蔵する設計とする。</p> <p>燃料体等又は制御棒クラスタの移動に際しては、未臨界が維持できることをあらかじめ確認している配置に基づき移動することを保安規定に定めて、臨界を防止できるよう管理する。</p>

(続き)

変更前	変更後
<p>使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体は、20本の中性子吸収棒をクラスタ状にし、これを燃料集合体内の制御棒案内シムルに挿入する。各中性子吸収棒は、中性子吸収材をステンレス鋼管に入れた構造で、制御棒クラスタと同様に中性子吸収材の材料に銀－インジウム－カドミウム合金を使用し、外径を11.2mm、被覆管厚さを0.5mmとする。クラスタ全長は3,938mm及びクラスタ有効長さは3,607mmとし、クラスタたて及び横の長さは共に155.7mmとする。</p> <p>使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体は、使用済燃料ピットにおける圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、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。また、流路孔を有し、制御棒クラスタより軽量とすることで、燃料体等の冷却性、使用済燃料ピットラック及び使用済燃料ピットクレーンの耐震性並びに使用済燃料ピットへの波及的影響の観点から、悪影響を及ぼさない設計とする。</p>	<p>(削除)</p>
<p>4. 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備 (3) 使用済燃料ピットへのスプレイ</p> <p>～略～</p> <p>可搬型スプレイ設備は、燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、できる限り環境への放射性物質の放出を低減することにより大気への拡散を抑制するため、使用済燃料ピットの全面に向けてスプレイし、使用済燃料ピットに貯蔵している燃料体等からの崩壊熱による蒸散量を上まわる量を使用済燃料ピット内へスプレイする設計とする。使用済燃料ピット内へのスプレイ量は、試験により確認する。また、使用済燃料ピットは、可搬型スプレイ設備にて、使用済燃料ピットラック及び燃料体等を冷却し、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び使用済燃料ピット用中性子吸収体配置において、いかなる一様な水密度であっても実効増倍率は不確定性を含めて0.98以下で臨界を防止できる設計とする。</p>	<p>4. 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備 (3) 使用済燃料ピットへのスプレイ</p> <p>～略～</p> <p>可搬型スプレイ設備は、燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、できる限り環境への放射性物質の放出を低減することにより大気への拡散を抑制するため、使用済燃料ピットの全面に向けてスプレイし、使用済燃料ピットに貯蔵している燃料体等からの崩壊熱による蒸散量を上まわる量を使用済燃料ピット内へスプレイする設計とする。使用済燃料ピット内へのスプレイ量は、試験により確認する。また、使用済燃料ピットは、可搬型スプレイ設備にて、使用済燃料ピットラック及び燃料体等を冷却し、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び制御棒クラスタ配置において、いかなる一様な水密度であっても実効増倍率は不確定性を含めて0.98以下で臨界を防止できる設計とする。</p>

設置許可では、使用済燃料ピット用中性子吸収体を使用することを記載し、使用済燃料ピット用中性子吸収体として制御棒クラスタ若しくは使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体と記載している。変更後の工事の計画は、使用済燃料ピット用中性子吸収体として制御棒クラスタを使用するものであり、設置許可と整合している。

申請書添付資料1「発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書」（一部抜粋）

設置変更許可申請書（本文）	設置変更許可申請書（添付書類八）該当事項	設計及び工事の計画 該当事項	整合性
<p>燃料貯蔵設備の使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットの冷却機能喪失、使用済燃料ピットの注水機能喪失、使用済燃料ピット水の小規模な漏えいが発生した場合において、燃料の貯蔵機能を確保できる設計とする。</p> <p>また、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えいにより使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット出口配管下端未満かつ水位低下が継続する場合に、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び①制御棒クラスタと同等の反応度抑制効果を有する中性子吸収体（以下「<u>使用済燃料ピット用中性子吸収体</u>」という。）配置においてスプレイや蒸気条件においても臨界を防止できる設計とする。</p>	<p>4.1.2 重大事故等時</p> <p>4.1.2.1 概要</p> <p>使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットの冷却機能喪失、使用済燃料ピットの注水機能喪失、使用済燃料ピット水の小規模な漏えいが発生した場合において、燃料の貯蔵機能を確保する設計とする。</p> <p>また、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えいにより使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット出口配管下端未満かつ水位低下が継続する場合に、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び①<u>使用済燃料ピット用中性子吸収体</u>配置においてスプレイや蒸気条件においても臨界を防止する設計とする。</p> <p>～ 略 ～</p> <p>第 4.1.2.1 表 燃料の取扱設備及び貯蔵設備（重大事故等時）の設備仕様</p> <p>(1) 使用済燃料ピット</p> <p>～略（ピットの仕様等を記載）～</p> <p>使用済燃料ピット用中性子吸収体</p>	<p>2. 燃料貯蔵設備</p> <p><中略></p> <p>使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットの冷却機能喪失、使用済燃料ピットの注水機能喪失、使用済燃料ピット水の小規模な漏えいが発生した場合において、燃料の貯蔵機能を確保する設計とする。</p> <p>また、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えいにより使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット出口配管下端未満かつ水位低下が継続する場合に、臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置及び①<u>制御棒クラスタ</u>配置において貯蔵領域を設定することにより、スプレイや蒸気条件においても臨界を防止する設計とする。</p>	<p>整合性に 関する説明</p> <p>工事の計画の①は、使用済燃料ピット用中性子吸収体である、制御棒クラスタまたは使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体のうち、制御棒クラスタを使用することとしており、設置変更許可申請書(本文)の①に整合している。</p>
	<p>a. <u>制御棒クラスタ</u></p> <p>～略（仕様等を記載）～</p> <p>b. <u>使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体</u></p> <p>～略（仕様等を記載）～</p>		

3. 技術基準規則第69条への適合性

本申請はSFP未臨界性に係る設計を変更するものであるため、変更後の設計が技術基準規則第69条に適合していることを以下のとおり確認した。

＜冷却性・遮蔽性に係る評価への影響＞

- 使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体は、既工事計画においても冷却性、遮蔽性に係る要求への適合に当たりその機能に期待していないことから、今回の設計変更は冷却性・遮蔽性に係る評価に影響を与えるものではない。

＜未臨界性に係る評価への影響＞

- 既工事計画および今回設工認の添付資料 1 9（燃料取扱設備、新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質が臨界に達しないことに関する説明書）における評価結果に関するページを以下に示す。
 使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体は、未臨界性評価に影響のある中性子吸収棒の寸法や制御材の仕様を制御棒クラスタと同じとしており、解析においては両者を区別せず評価していたことから、今回の設計変更に当たっては中性子吸収体の表記が変わるのみで、評価結果に変更はない。

既工事計画

	大規模漏えい時の 使用済燃料ピットの 未臨界性評価の 計算体系	評価ケース (網掛け部のみ大規模漏えい時の使用済燃料ピットの 未臨界性評価の計算体系から条件を変更)			
		①	②	③	
		領域 A	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t
領域 B	55GWd/t 燃料	55GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	
	使用済燃料ピット用 中性子吸収体なし	使用済燃料ピット用 中性子吸収体あり	使用済燃料ピット用 中性子吸収体なし	使用済燃料ピット用 中性子吸収体あり	
領域 C	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 15GWd/t	燃焼度 0GWd/t	
実効増倍率	0.9575	0.9307	0.9542	0.9235	

	大規模漏えい時の 使用済燃料ピットの 未臨界性評価の 計算体系	評価ケース (網掛け部のみ大規模漏えい時の使用済燃料ピットの 未臨界性評価の計算体系から条件を変更)			
		④	⑤	⑥	
		領域 A	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t
領域 B	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 20GWd/t	
領域 C	55GWd/t 燃料	55GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	
	使用済燃料ピット用 中性子吸収体なし	使用済燃料ピット用 中性子吸収体あり	使用済燃料ピット用 中性子吸収体なし	使用済燃料ピット用 中性子吸収体あり	
領域 C	燃焼度 50GWd/t	燃焼度 15GWd/t	燃焼度 45GWd/t	燃焼度 10GWd/t	
実効増倍率	0.9575	0.9510	0.9485	0.9451	

今回の設工認

	大規模漏えい時の 使用済燃料ピットの 未臨界性評価の 計算体系	評価ケース (網掛け部のみ大規模漏えい時の使用済燃料ピットの 未臨界性評価の計算体系から条件を変更)			
		①	②	③	
		領域 A	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t
領域 B	55GWd/t 燃料	55GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	
	制御棒クラスタなし	制御棒クラスタあり	制御棒クラスタなし	制御棒クラスタあり	
領域 C	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 15GWd/t	燃焼度 0GWd/t	
実効増倍率	0.9575	0.9307	0.9542	0.9235	

	大規模漏えい時の 使用済燃料ピットの 未臨界性評価の 計算体系	評価ケース (網掛け部のみ大規模漏えい時の使用済燃料ピットの 未臨界性評価の計算体系から条件を変更)			
		④	⑤	⑥	
		領域 A	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t	燃焼度 0GWd/t
領域 B	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 20GWd/t	燃焼度 20GWd/t	
領域 C	55GWd/t 燃料	55GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	48GWd/t 燃料	
	制御棒クラスタなし	制御棒クラスタあり	制御棒クラスタなし	制御棒クラスタあり	
領域 C	燃焼度 50GWd/t	燃焼度 15GWd/t	燃焼度 45GWd/t	燃焼度 10GWd/t	
実効増倍率	0.9575	0.9510	0.9485	0.9451	

以上のことから、使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を削除しても、冷却性・遮蔽性に係る評価に影響がないこと、未臨界性に係る評価結果に変更がないことから、技術基準規則第69条に適合している。

4. まとめ

- 高浜1, 2号機における既工事計画で使用済燃料ピットの未臨界性維持のために使用することとしていた「使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体」を削除した場合でも、既工事計画で確認した使用済燃料ピットの未臨界性評価結果に影響がないことを確認し、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に適合することを確認した。

【参考2】 制御棒クラスタおよび使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体の仕様及び構造

参考2

- 制御棒クラスタと使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体（SNA）は、以下の点が異なるが、未臨界性評価に影響のある中性子吸収棒の寸法や材質は同等である。

① 頭部構造

SNAの頭部構造は他の内挿物（バーナブルポイズン等）で実績のあるホールドダウン型と類似の構造としている。そうすることでSNAは制御棒クラスタより軽量となり、SFPラックやSFPクレーン等に対する設備影響評価は制御棒クラスタによる評価で包絡される。

② 上部端栓細径部直径

SNAは制御棒クラスタより太径であり、地震による発生応力は制御棒クラスタよりも小さく許容応力に対する余裕は大きい。

表 制御棒クラスタおよび使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体の仕様等比較

		制御棒クラスタ	使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体
仕 様	クラスタあたりの制御棒本数	20体	←
	制御棒有効長さ	3,607mm	←
	中性子吸収材直径	11.2mm	←
	中性子吸収材の材料	銀・インジウム・カドミウム(約80%,15%,5%)合金	←
	被覆管厚さ	0.5mm	←
	被覆管材料	ステンレス鋼製	←
	頭部	スパイダータイプ	ホールドダウンタイプと類似の構造
	質 量	約75kg	約73kg
	上部端栓細径部直径	4.7mm	11.2mm
体数		424体以下	←
構 造		<p>単位：mm</p>	<p>単位：mm</p>