

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 月 日

関西電力株式会社



目次

1. 本申請の経緯および概要	1
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	2
2-1. 工事計画（基本設計方針）の変更内容	3 ~ 4
3. 設計変更による技術基準規則第69条への適合性	5
4. まとめ	6
【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
3. 製造メーカーにおける新規制基準適合のための工事状況について	参考3

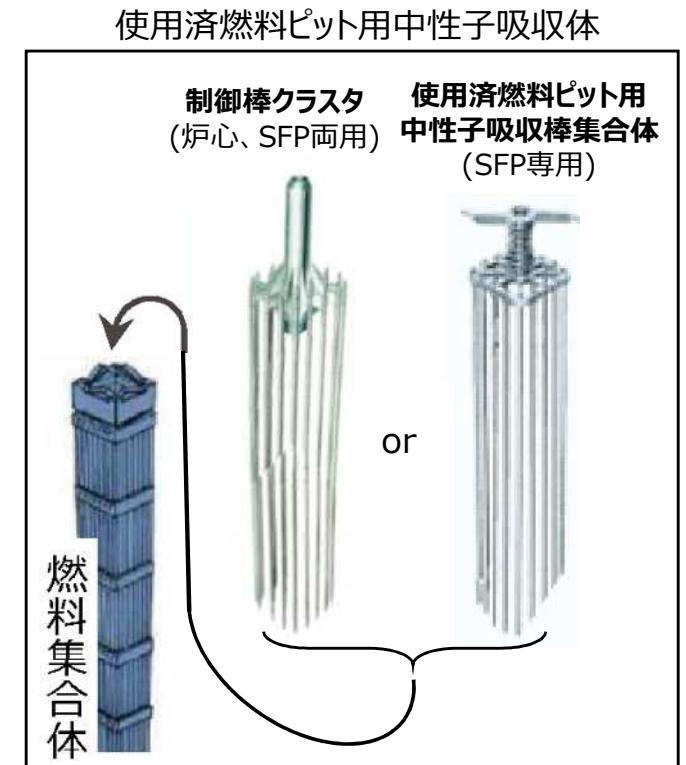
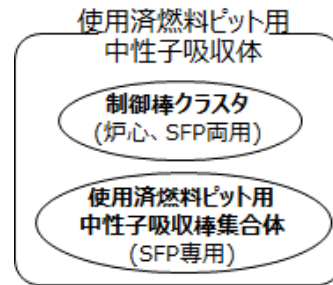
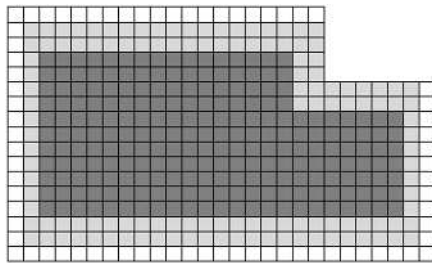
1. 本申請の経緯および概要

- 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>

燃料の使用状態(初期濃縮度および燃焼度)に応じた保管エリアを設定するとともに、使用済燃料ピット用中性子吸収体のクレジットを考慮



		55GWd/t燃料(初期濃縮度約4.6wt%)		48GWd/t燃料(初期濃縮度約4.0wt%)	
		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
な貯蔵可能領域	領域A <input type="checkbox"/>	0GWd/t以上	0GWd/t以上	0GWd/t以上	0GWd/t以上
	領域B <input type="checkbox"/>	20GWd/t以上	0GWd/t以上	15GWd/t以上	0GWd/t以上
	領域C <input type="checkbox"/>	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棒集合体については、当面の使用予定がなくなった。（既存の制御棒クラスタで運用）



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。

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。

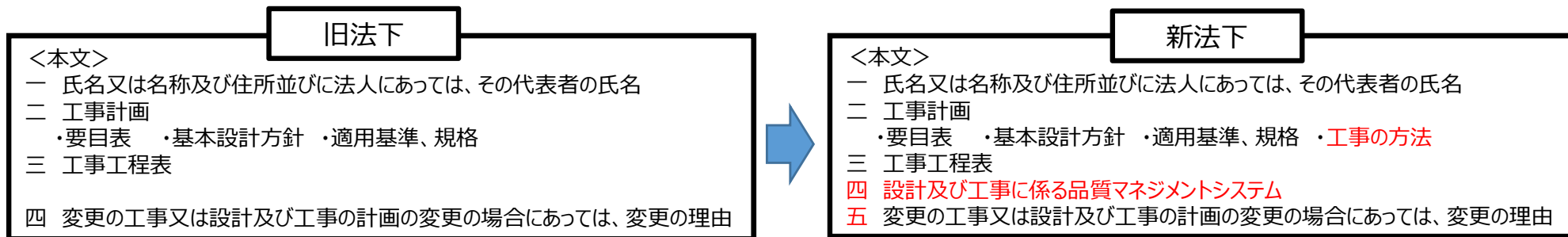


表 本設工認（変認）申請書の構成および記載内容

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ー状にし、これを燃料集合体内の制御棒案内シングルに挿入する。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、制御棒クラスター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。クラスター全長は3,938mm及びクラスター有効長さは3,607mmとし、クラスター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、制御棒クラスター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ー</p> <p>～略～</p> <p>可搬型スプレー設備は、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ーし、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ーする設計とする。使用済燃料ピット内へのスプレー量は、試験により確認する。また、使用済燃料ピットは、可搬型スプレー設備にて、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ー</p> <p>～略～</p> <p>可搬型スプレー設備は、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ーし、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ーする設計とする。使用済燃料ピット内へのスプレー量は、試験により確認する。また、使用済燃料ピットは、可搬型スプレー設備にて、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ー配置において、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>

3. 設計変更による技術基準規則第69条への適合性

本申請はSFPの未臨界性に係る設計を変更することから、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。

- 既工事計画では、代表計算体系（中性子吸収体考慮なし）に対し、領域B、領域Cの燃料条件を変更した体系（中性子吸収体考慮あり）で感度解析を行い、実効増倍率が基準を満足することを確認している。
（代表計算体系の実効増倍率は感度解析の実効増倍率を包絡しており、各領域には、感度解析で設定した燃料も貯蔵可能としている。）
- 使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体については、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は制御棒クラスタと同じであり、解析においては両者を区別せずに評価している。

使用済燃料ラック

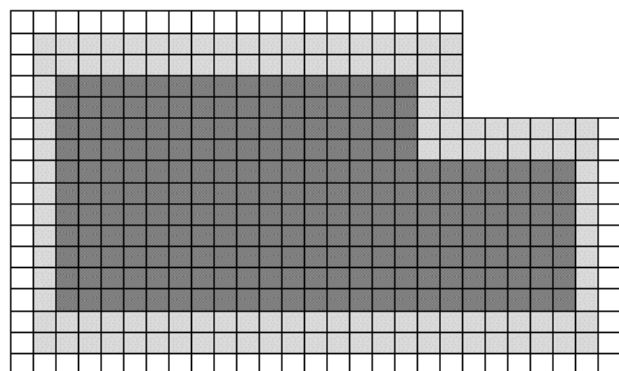


表 感度解析条件および結果（55GWd/t燃料に対しSFP用中性子吸収体を挿入する場合）

	代表計算体系	中性子吸収体の挿入を考慮した計算体系	
領域A □	燃焼度0GWd/t (55GWd/t燃料) 中性子吸収体なし	同左	同左
領域B ■	燃焼度20GWd/t (55GWd/t燃料) 中性子吸収体なし	燃焼度0GWd/t (55GWd/t燃料) 中性子吸収体あり※1	代表計算体系に同じ
領域C ■	燃焼度50GWd/t (55GWd/t燃料) 中性子吸収体なし	同左	燃焼度15GWd/t (55GWd/t燃料) 中性子吸収体あり※1
実効※2 増倍率	0.9575	0.9307	0.9510

※1 制御棒クラスタか、使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体かは区別せず評価
 ※2 不確定性を含まない値

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、制御棒クラスタは既工事計画から変更なく使用する設計とすること、また未臨界性評価結果にも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。**

- 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ダウン型と類似の構造としている。なお、その頭部構造とすることでSNAは制御棒クラスタより軽量となり、SFPラックやSFPクレーン等への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

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※	424体以下※
構 造		<p>単位：mm</p>	<p>単位：mm</p>

※ 設置許可の記載は「約420体以下」。体数は“SFPに貯蔵できる最大値以下”という意図で記載している。(SFPのラック容量の設置許可記載は「燃料集合体 約420体分」)

- 現在、中性子吸収体の製造メーカーは新規制基準適合に係る工事中であり、工事が完了する時期は2021年夏ごろ※となる見通しである。

※出典：2020年2月7日 第335回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2-2

	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			