

高浜発電所

1号炉及び2号炉

(使用済燃料ピットの未臨界性評価の変更)

申請書記載内容に関する補足説明

2022年7月

関西電力株式会社

1. はじめに

2019年6月14日 設置変更許可申請（2022年5月13日補正申請）における申請書記載内容について以下の通り補足する。

2. 申請書記載内容に関する補足

(1) ラック形状に関する記載について

本文五号「二. (2) (ii) a. 構造」において、54条2項の臨界防止要求に係る設計に関し、「臨界にならないよう配慮したラック形状」と記載している。これは、後段規制※において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条件として、ラック形状が必要であることを明確にするためである。

本文五号「二. (2) (ii) a. 構造」(2022. 5. 13 補正申請) 抜粋

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及び燃料配置において、使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための手順等で想定される注水及び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。

※ 高浜1号機 既工認添付資料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（2016年6月10日認可版抜粋）

第2表 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条件

		計算条件	備考
(燃料体)		15×15型ウラン燃料	—
燃料 ²³⁵ 濃縮度		□	4.60wt%に濃縮度公差を見込んだ値
燃料材密度		理論密度の97%	(注1)
燃料材直径		9.29mm	(注1)
燃料被覆材	内径	9.48mm	(注1)
	外径	10.72mm	(注1)
燃料要素中心間隔		14.3mm	(注1)
燃料有効長		3,660mm	公称値3,642mmを延長
貯蔵領域	領域A	燃焼度 0MWd/t の燃料を貯蔵	—
	領域B	燃焼度 20,000MWd/t の燃料を貯蔵	
	領域C	燃焼度 50,000MWd/t の燃料を貯蔵	
(ラック)		—	配置は第5図参照
ラックタイプ		アングル型	—
ラックの中心間距離		□	(注1)
材 料		ステンレス鋼	—
厚 さ		□	(注2)
内のり		□	(注1)
(使用済燃料ピット内の水分条件)		純水	残存しているほう素は考慮しない
密 度		0.0~1.0g/cm ³	—

ラック形状に係る条件

(注1) 製作公差に基づく不確定性として考慮する計算条件
 (注2) 中性子吸収効果を少なくするため下限値を使用

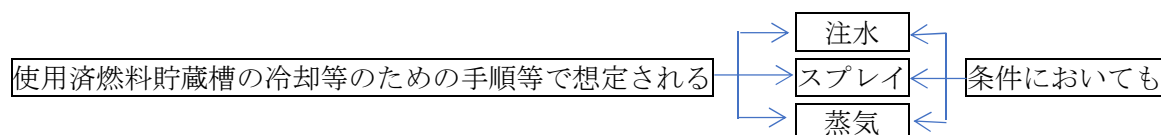
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

なお「二. (2) (ii) a. 構造」に記載している臨界防止に係る記載と、設置許可基準規則との関連性を参考 1 に示す。

(2) 臨界防止に係る記載について

a. 補正申請時の考え方

今回申請（補正後）における臨界防止に係る記載として、本文五号及び添付書類八に「～使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための手順等で想定される注水及びスプレイや蒸気条件においても臨界を防止できる～」と記載している。各語句の修飾関係は以下の通りであり、「使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための手順等で想定される」が修飾しているのは「注水及びスプレイや蒸気条件」である。また、「条件」は、「注水」、「スプレイ」、「蒸気」を、それぞれ後ろから修飾している。



b. 記載の適正化に向けての考え方

「使用済燃料貯蔵槽の冷却のための手順等で想定される」の記載が「注水（条件）」、「スプレイ（条件）」及び「蒸気条件」を3つとも修飾していることが正確に読み取れるように、「～使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための手順等で想定される注水、スプレイ及び蒸気条件においても臨界を防止できる～」と変更することを検討する。

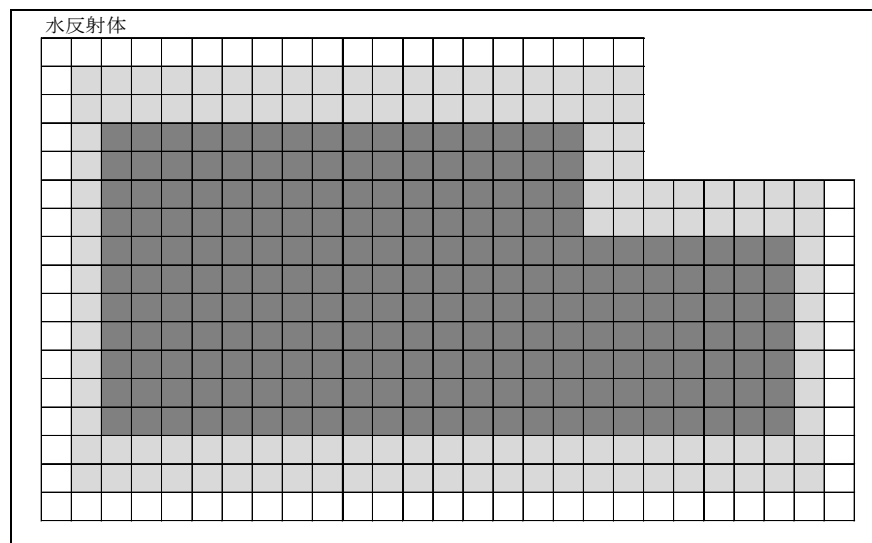
(3) 燃料配置に係る記載について

既許可（2016. 4. 20 許可）及び補正申請（2022. 5. 13 申請）における、臨界防止のための「燃料配置」に係る本文五号での記載を第 1-1 表に、添付書類八での記載を第 1-2 表に示す。

- ・ 本文五号の「燃料配置」とは、燃料の種類や燃焼度等を踏まえた配置を意味している。本記載は広義の意味で記載しており、参考 2 に示すように、燃焼度等による配置制限を設けていないプラントにおいても同様に記載している。
- ・ 添付書類八では、本文五号で示す広義の意味での「燃料配置」について、より具体的に、どのような燃料配置に対して未臨界を維持できる設計とするかを記載している。既許可では「燃料の初期濃縮度、燃焼度及び使用済燃料ピット用中性子吸収体の有無の条件による貯蔵領域を設定し、その領域で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」と記載しており、今回の補正申請では「最も反応度

の高い新燃料が全てのラックに貯蔵された状態」と記載している。

ここで、既許可での燃料貯蔵領域設定に当たっては第1図に示すように、48 GWd/t ウラン燃料（初期濃縮度 約 4.0%）と 55GWd/t ウラン燃料（初期濃縮度 約 4.6%）の燃料仕様毎に貯蔵可能な条件を設定するため、燃料配置条件の一つとして「燃料の初期濃縮度」を添付書類八に記載していたが、今回評価では最も反応度の高い 55GWd/t 通常ウラン燃料の新燃料を敷き詰めた状態で評価することから、「燃料の初期濃縮度」に係る記載は不要となる。



	55GWd/t 燃料 (初期濃縮度約 4.6wt%)		48GWd/t 燃料 (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	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 A	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上
■領域 B	燃焼度 20GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 15GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上
■領域 C	燃焼度 50GWd/t 以上	燃焼度 15GWd/t 以上	燃焼度 45GWd/t 以上	燃焼度 10GWd/t 以上

第1図 既許可の3領域管理における燃料貯蔵条件

第 1-1 表 本文五号における「燃料配置」に係る記載

(下線部：既許可からの変更箇所)

既許可 (2016. 4. 20 許可)	補正申請 (2022. 5. 13 申請)
<p>二. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力</p> <p>(ii) 使用済燃料貯蔵設備</p> <p>a. 構造</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、<u>燃料配置及び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</u>（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ー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>二. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力</p> <p>(ii) 使用済燃料貯蔵設備</p> <p>a. 構造</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及び<u>燃料配置</u>において、<u>使用済燃料貯蔵槽の冷却等</u>のための手順等で想定される注水及びスプレーや蒸気条件においても臨界を防止できる設計とする。</p>

第1-2表 添付書類八における「燃料配置」に係る記載

(下線部：既許可からの変更箇所)

既許可(2016.4.20許可)	補正申請 (2022.5.13申請)
<p>4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設</p> <p>4.1 燃料の取扱設備及び貯蔵設備</p> <p>4.1.2 重大事故等時</p> <p>4.1.2.1 概要</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滿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、<u>燃料配置及び使用済燃料ピット用中性子吸収体配置</u>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>具体的に記載</p> <p><u>燃料配置及び使用済燃料ピット用中性子吸収体配置</u>については、燃料の初期濃縮度、燃焼度及び使用済燃料ピット用中性子吸収体の有無の条件による貯蔵領域を設定し、その領域で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できる設計とする。</p>	<p>4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設</p> <p>4.1 燃料の取扱設備及び貯蔵設備</p> <p>4.1.2 重大事故等時</p> <p>4.1.2.1 概要</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滿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及び<u>燃料配置</u>において、<u>使用済燃料貯蔵槽の冷却等</u>のための手順等で想定される注水及び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>具体的に記載</p> <p><u>具体的には、以下の条件で評価し、制御棒クラスト等の中性子吸収効果を考慮せずには未臨界を維持できる設計とする。</u></p> <p>・<u>燃料配置については、最も反応度の高い新燃料が全てのラックに貯蔵された状態で評価する。</u></p> <p>(～略～)</p>

(4) 最適評価手法に係る記載について

a. 補正申請時の考え方

補正申請（2022.5.13申請）における添付書類八 4.1.2.1項での最適評価手法に係る記載を第2表に示す。

赤線部は今回評価の概要・考え方を記載したものであり、重大事故等対応のため整備している手順や設備等に基づき設定する基本ケース、および各パラメータに対し発生する不確かさ影響を考慮した感度解析ケースでも未臨界が維持できることを確認する旨を記載している。

青線部は今回未臨界性評価で設定する具体的条件を記載したものである。既許認可解析における設定から変更したものを抜粋して記載しており、後段規制においてこれら設定を考慮した解析が行われることを確実にするため記載したものである。

b. 記載の適正化に向けての考え方

評価の考え方に関する記載については後段規制に引き継ぐ事項のみ記載する観点で見直すこととし、また評価条件に係る記載と明確に区別して読み取れるよう、以下のように変更することを検討する。

【評価の考え方】

「具体的には、以下の条件で評価し、燃料及び水の状態について、最確値若しくは保守的な値に不確かさの影響を考慮しても、未臨界を維持できる設計とする。」

【評価条件】（気相部の水分条件についてのみ適正化する。）

「・気相部においては、スプレー等による液滴のほか、燃料集合体内の液膜を想定するとともに、塩素による中性子吸収を考慮する。」

(5) 制御棒クラスタ等の中性子吸収効果に係る記載について

a. 補正申請時の考え方

第2表に示す「制御棒クラスタ等」の“等”については、制御棒クラスタ以外の内挿物を指して記載したものである。

重大事故等時において実機使用済燃料ピットに存在しうるものに対する、今回評価における中性子吸収効果の考慮有無について第3表に示す。

b. 記載の適正化に向けての考え方

今回申請にて制御棒クラスタを使用済燃料ピットの未臨界維持に係る設備から削除しており、未臨界性評価において制御棒クラスタ等を考慮しないことは明白であるため、「制御棒クラスタ等の中性子吸収効果を考慮せずに」を削除することを検討する。

第2表 補正申請書（2022. 5. 13 申請）添付書類八 4. 1. 2. 1 項における記載

～略～

具体的には、以下の条件で評価し、制御棒クラスタ等の中性子吸収効果を考慮せずに未臨界を維持できる設計とする。

- ・ 燃料配置については、最も反応度の高い新燃料が全てのラックに貯蔵された状態で評価する。
- ・ 水の状態については、液相部と気相部の2相に分け、水位変化を踏まえて評価する。
- ・ 評価には最適評価手法を採用し、重大事故等時における使用済燃料ピットへの注水・放水手順による流量等のパラメータに現実的な条件を設定した場合、⁽¹⁾ 及び各パラメータに対し発生する不確かさの影響を考慮した場合⁽²⁾でも未臨界が維持されることを確認することとし、海水を水源とする対策については、塩素による中性子吸収を考慮する。
- ・ 燃料集合体内に液膜が形成されることを想定するとともに、気相部空間中の水密度は試験等で得られた知見を踏まえ設定する。

- (1) 基本ケースを指す。
 (2) 感度解析ケースを指す。

第3表 54条2項に係る未臨界性評価における中性子吸収効果の考慮有無

中性子吸収物質	既許可 (2016. 4. 20 許可)	補正申請 (2022. 5. 13 申請)
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	○	×
ピット水に残存するほう素	×	×
バーナブルポイズン	×	×
プラグングデバイス	×	×
海水由来の塩素（気相部）	×	○

【凡例】○：考慮する、×：考慮しない

(6) 今回申請の理由について

a. 補正申請時の考え方

今回申請の理由について、「四、変更の理由」に以下の通り記載している。これは、設置許可本文における該当箇所の記載を一部変更する、という意図で記載している。

(申請書記載)

四、変更の理由
1号炉及び2号炉の使用済燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備を一部変更する。

「本文五号 二. (2) (ii)使用済燃料貯蔵設備」

「本文五号二. (3) (iii)使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備」

b. 記載の適正化に向けての考え方

今回の申請理由がより明確に読み取れるよう、以下のように変更することを検討する。

(記載の適正化に向けた検討)

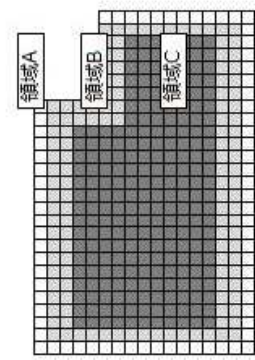
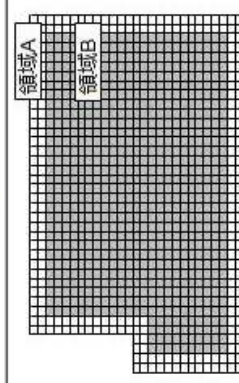
四、変更の理由
1号炉及び2号炉の使用済燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に関して、未臨界管理を簡素化するため、一部変更する。

(参考1) 本文五号 二.(2) (ii) a. 構造での臨界防止に係る記載と設置許可基準規則との関連性

既許可 (2016.4.20 許可)	補正申請 (2022.5.13 申請)	設置許可基準規則
<p>二. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力</p> <p>(ii) 使用済燃料貯蔵設備</p> <p>a. 構造</p> <p>使用済燃料貯蔵設備は、想定されるいかなる状態においても燃料が臨界に達することのない設計とする。</p> <p>(～略～)</p> <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>臨界防止に関する記載がない理由</p> <p>5 4 条 1 項で考慮する想定事故 2 における未臨界性評価については、SFP (SF ラック含む) の燃料貯蔵機能が確保されれば、可搬型代替注水設備により燃料の崩壊熱に伴う蒸散量を上回る水量を注水することで燃料の冠水状態が維持されるため、1 6 条要求に係る評価により未臨界が維持されることが担保されることから、臨界防止に関する記載を省略している。</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滿かつ水位低下が継続する場合には、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と同等の反応度抑制効果を有する中性子吸収体 (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>臨界防止に係る事項のみ記載している理由</p> <p>5 4 条 2 項およびその解釈に係る要求機能のうち、燃料体等の著しい損傷の進行の緩和、および放射性物質の放出低減について SFP (SF ラック) に期待する機能はないため、本パラグラフでは臨界防止に係る事項のみ記載している。</p>	<p>二. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備</p> <p>(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力</p> <p>(ii) 使用済燃料貯蔵設備</p> <p>a. 構造</p> <p>使用済燃料貯蔵設備は、想定されるいかなる状態においても燃料が臨界に達することのない設計とする。</p> <p>(～略～)</p> <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>【第十六条 2 項】</p> <p>発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設 (安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。) を設けなければならない。</p> <p>一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。</p> <p>(～略～)</p> <p>ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。</p> <p>二 (～略～)</p> <p>【第五十四条】</p> <p>第五十四条 発電用原子炉施設には、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合において貯蔵槽内燃料体等を冷却し、放射線を遮蔽し、及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p> <p>2 発電用原子炉施設には、使用済燃料貯蔵槽からの大量の水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合において貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、及び臨界を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p> <p><規則54条に係る解釈 (抜粋) ></p> <p>1 第 1 項に規定する「使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合」とは、本規程第 3 7 条 3 ー 1 (a) 及び (b) で定義する想定事故 1 及び想定事故 2 において想定する使用済燃料貯蔵槽の水位の低下をいう。</p> <p>3 第 2 項に規定する「貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷の進行を緩和し、及び臨界を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備をいう。</p> <p>a) スプレイ設備として、可搬型スプレイ設備 (スプレイヘッド、スプレイヤイン及びポンプ車等) を配備すること。</p> <p>b) スプレイ設備は、代替注水設備によって使用済燃料貯蔵槽の水位が維持できない場合でも、燃料損傷を緩和できるものであること。</p> <p>c) 燃料損傷時に、できる限り環境への放射性物質の放出を低減するための設備を整備すること。</p>

(参考2) 各プラントにおける SFP 未臨界性維持に係る設計方針の記載比較

「臨界にならないよう配慮したラック形状、燃料配置・・・」は、全プラント共通の記載である。

	高浜 1、2 号炉 (既許可)	高浜 1、2 号炉 (今回申請)	大飯 3、4 号炉 (既許可)	美浜 3 号炉 (既許可)	高浜 3、4 号炉 (既許可)										
本文五号	<p>二. (3)(iii) b. 使用済燃料ピット水位の異常低下時における~~~</p> <p>(略)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、スプレイや蒸気条件においても未臨界を維持でき、(略)</p>	<p>二. (3)(iii) b. 使用済燃料ピット水位の異常低下時における~~~</p> <p>(略)臨界にならないよう配慮したラック形状及び燃料配置において、スプレイや蒸気条件においても未臨界を維持でき、(略)</p>	同左	同左	同左										
未臨界性評価での燃料配置条件	 <p>領域A：新燃料を貯蔵 領域B：20GWd/t燃焼燃料を貯蔵 領域C：50GWd/t燃焼燃料を貯蔵</p>	<p>新燃料敷き詰め</p>	<p>AIリア</p>  <p>領域A：新燃料を貯蔵 領域B：20GWd/t燃焼燃料を貯蔵</p>	<p>BIリア</p> <p>新燃料敷き詰め</p>	<p>AIリア</p> <p>BIリア</p> <p>新燃料敷き詰め</p> <p>新燃料敷き詰め</p>										
配置制限	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">貯蔵可能な燃焼度*</th> </tr> <tr> <td>55GWd/t燃料</td> <td>中性子吸収体なし</td> </tr> <tr> <td>0GWd/t以上</td> <td>中性子吸収体あり</td> </tr> <tr> <td>20GWd/t以上</td> <td>0GWd/t以上</td> </tr> <tr> <td>50GWd/t以上</td> <td>0GWd/t以上</td> </tr> </table> <p>□ 領域A ■ 領域B ■ 領域C</p>	貯蔵可能な燃焼度*		55GWd/t燃料	中性子吸収体なし	0GWd/t以上	中性子吸収体あり	20GWd/t以上	0GWd/t以上	50GWd/t以上	0GWd/t以上	なし	なし	なし	なし
貯蔵可能な燃焼度*															
55GWd/t燃料	中性子吸収体なし														
0GWd/t以上	中性子吸収体あり														
20GWd/t以上	0GWd/t以上														
50GWd/t以上	0GWd/t以上														

* 55GWd/t燃料の条件のみ記載