

高浜発電所1号及び2号発電用原子炉施設の 使用済燃料ピット用中性子吸収体の廃止等 に関する審査概要

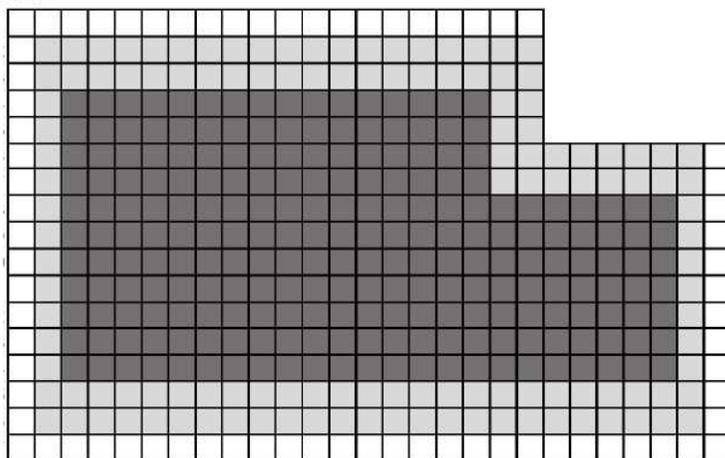
令和4年11月22日
原子力規制庁

1. 申請の概要

- 高浜発電所 1 号及び 2 号発電用原子炉施設では、設置許可基準規則第 5 4 条第 2 項の規定（使用済燃料貯蔵槽（SFP）の水位が異常に低下した場合に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）を満たすため、既許可に基づき以下の措置を講じることとしている。
 - 著しい損傷の進行を緩和するための措置：
 - ・代替注水設備　・スプレー設備　・放水設備
 - 臨界を防止するための設備：
 - ・ラック形状の配慮　・中性子吸収体の設置　・燃料体の配置制限
- 中性子吸収体の設置及び燃料体の配置制限により、燃料入替の工数の増加に伴い作業員の被ばく量が増加するおそれがあることから、本申請では、設置許可基準規則第 5 4 条第 2 項の規定を満たす設計方針を担保しつつ、作業員の被ばく低減等の運用管理面の安全性向上を図るため、これらの措置を廃止することとしている。

【1号炉】

図 燃料貯蔵領域図

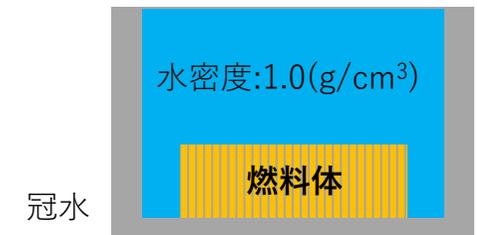
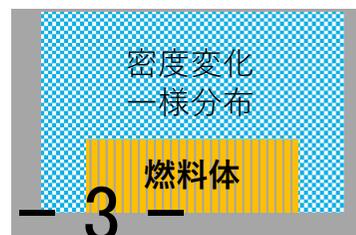
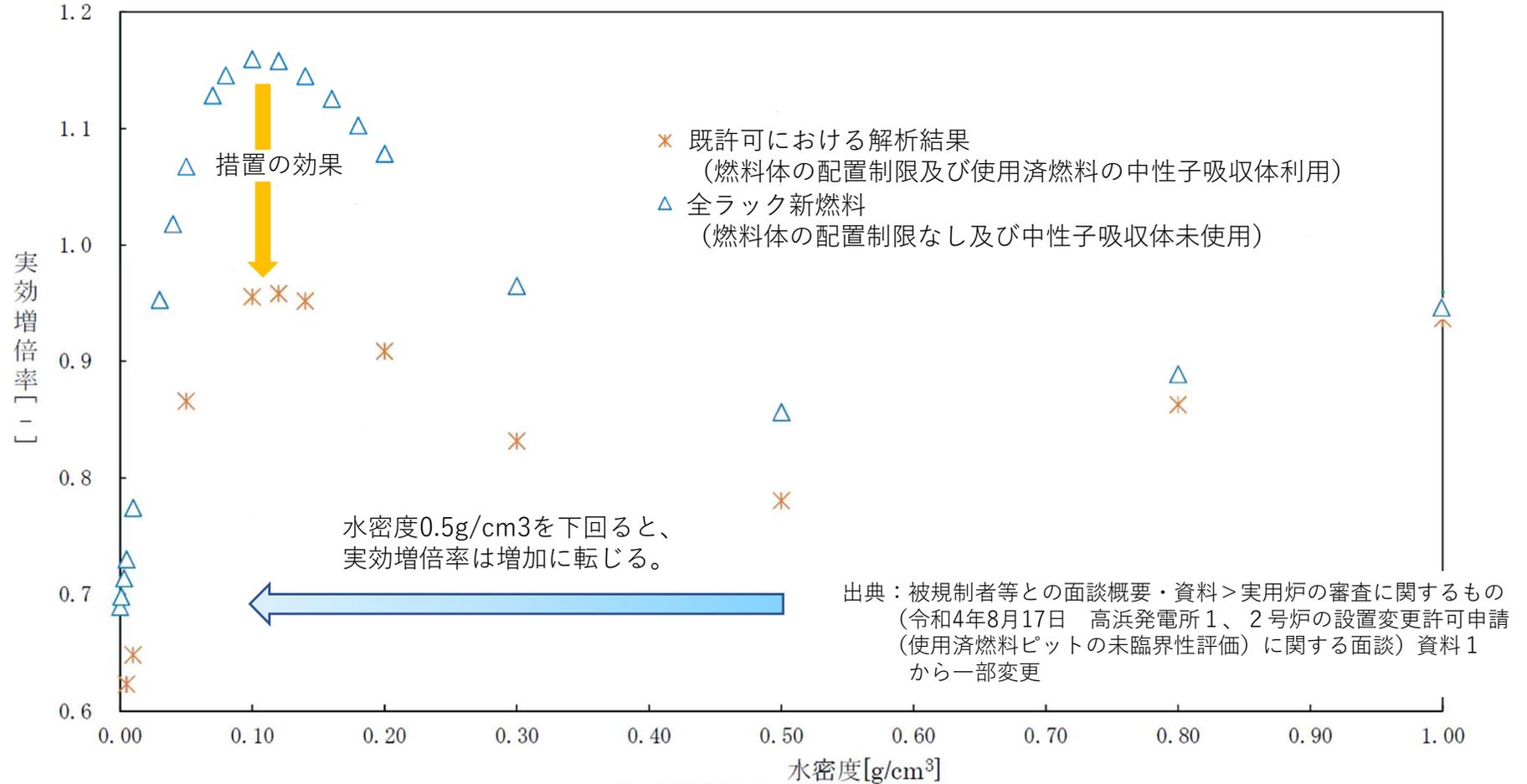


	55GWd/t 燃料 (初期濃縮度約 4.6wt%)		48GWd/t 燃料 (初期濃縮度約 4.0wt%)	
	使用済燃料ピット用 中性子吸収体なし	使用済燃料ピット用 中性子吸収体あり	使用済燃料ピット用 中性子吸収体なし	使用済燃料ピット用 中性子吸収体あり
□領域 A	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上
□領域 B	燃焼度 20GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上	燃焼度 15GWd/t 以上	燃焼度 0GWd/t 以上
■領域 C	燃焼度 50GWd/t 以上	燃焼度 15GWd/t 以上	燃焼度 45GWd/t 以上	燃焼度 10GWd/t 以上

2. 既許可における評価結果

既許可では、SFP内への注水・放水の手順等に示されている設備による水分条件を設定せず、SFP内に一様に分布した水の密度を変化(0.0~1.0g/cm³)させ実効増倍率を評価した。

この評価では、比較的低い水密度において実効増倍率の極大値が発現する状態(以下「中性子最適減速状態」という。)が発現することが確認されたため、中性子吸収体の設置及び燃料体の配置制限を行うことにより、臨界を防止することとした。



3-1. 評価条件（水分条件の見直し）

出典：第1029回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合
(令和4年2月7日) 資料2-1から一部変更

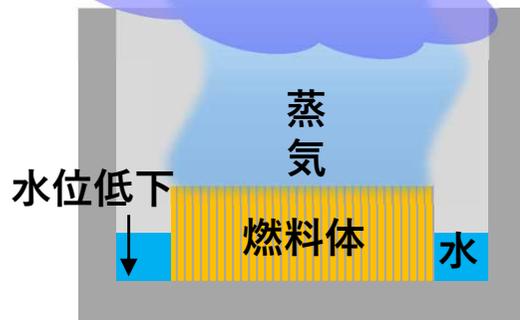
臨界安全評価の水分条件を、既許可における評価条件から、事象進展及び実際の注水対策に即した条件に見直した。

水位異常低下時の事象進展

- 水位の異常低下時には、既許可の設備を使用して、SFPへ注水・放水を実施。
- SFP内は事象の進展により水位が上下し、水位以下の液相部（ピット水）、水位より上の気相部（飽和蒸気）に分かれる。
- 注水・放水により、気相部（飽和蒸気）に水（中性子減速材）が流入する。

【現実的な状態】

注水・放水により流入する水



○ 既許可における評価

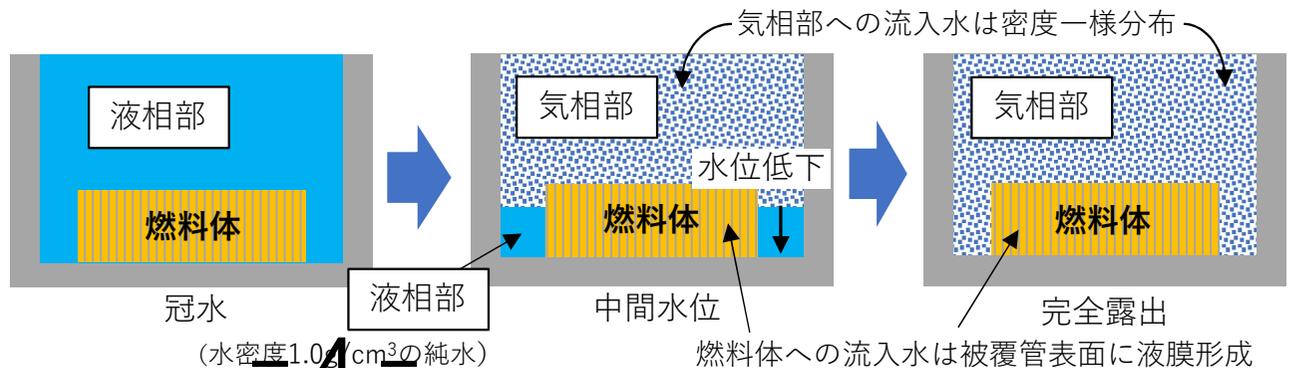
液相部と気相部を区別せず（水位を考慮せず）、SFP内の燃料体が冠水した状態から完全露出した状態までの変化を、**SFP内に一様に分布した水の密度変化**（水密度： $1.0\sim 0.0\text{g/cm}^3$ ）とした評価を実施。



見直し

○ 本申請における事象進展及び実際の注水対策に即した条件の評価

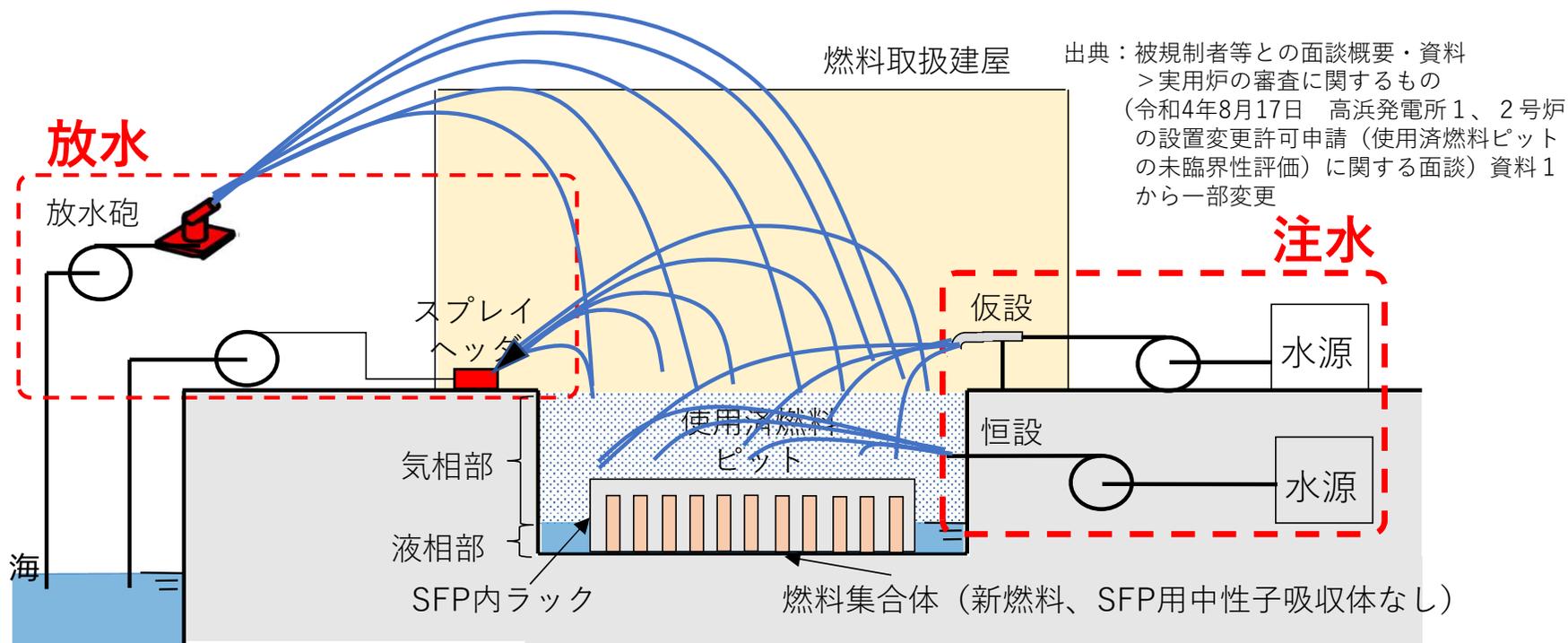
- 現実的な状態を考慮して、水位以下を**液相部**、水位より上を**気相部**とする。
- 気相部への流入水の状態：燃料体外の流入水は同じ径の**水滴が密度一様で分布**し、燃料体内の流入水は燃料棒の全周に**一様に液膜を形成**する条件とする。
- 流入水量：**既許可における設備・手順で注水・放水を行った場合の現実的な流量を反映した条件を「基本ケース」とし**、ポンプの作動台数や風による流入条件の変化等の**不確かさの影響を「感度解析」で確認**する。



(水密度 1.0g/cm^3 の純水)

3-2. 評価条件（気相部への流入水とその不確かさ）

「基本ケース」を既許可の手順等に示されている設備による現実的な流量の水分条件を設定し、当該条件のうち評価結果に不確かさを与える互いに相関性のない複数の条件の影響度を「感度解析」（ケース①～④）で確認した。



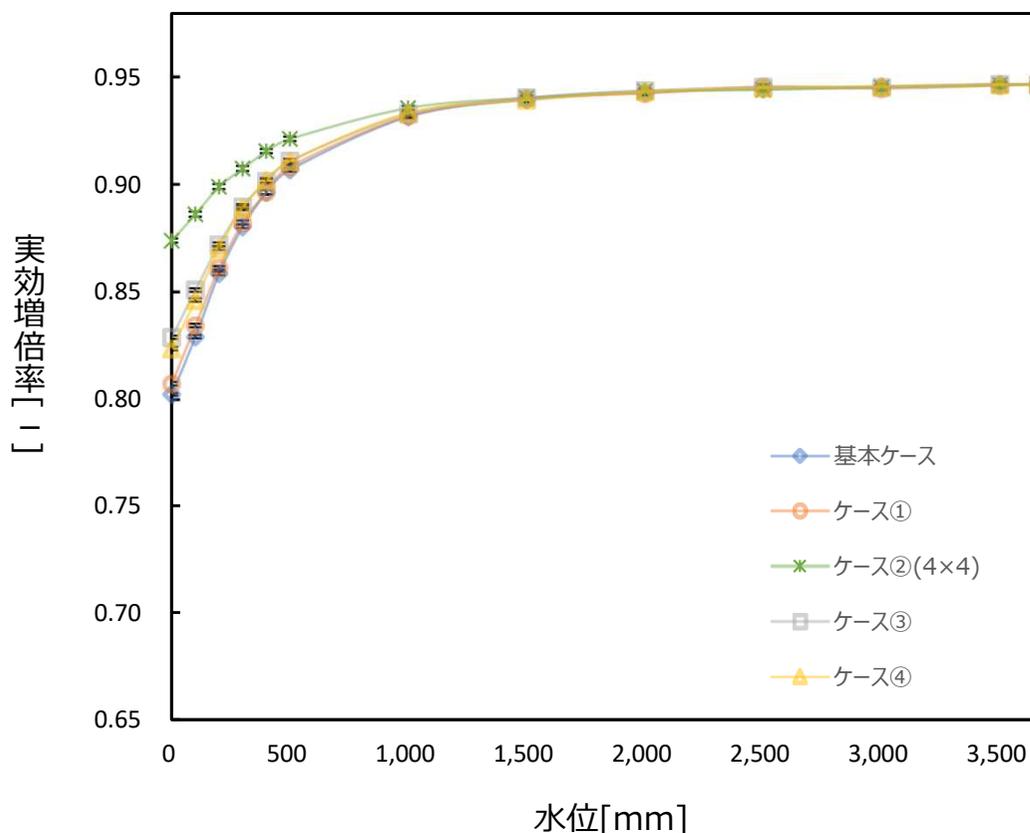
評価条件		基本ケース (既許可手順に示されて いる注水・放水設備の 設計等による現実的な 流量)	ケース① (既許可手順に示されて いる注水・放水設備の ポンプ全台を作動した 流量)	ケース② (外的要因により、現実 的な流量が一部のSFP ラックに集中)	ケース③ (外的要因により、現実 的な流量が燃料体に最 も流入する投影面積)	ケース④ (燃料体外気相部水密度 を実験により確認され た95%確率下限液滴径 に相当する密度)	
燃料条件		新燃料のみ	←	←	←	←	
水分条件	流量	1手順あたり ポンプ1台起動	1手順あたり ポンプ全数起動	1手順あたり ポンプ1台起動	←	←	
	SFPへの流入範囲	SFP全面	←	…9%強増加 一部ラックに集中	SFP全面	←	
	燃料集合体内への流入割合	ラックと燃料体の 断面積比23%	←	…4×4で16/424ラック	ラックの3次元開口形状 最大投影面積比46%	ラックと燃料体の 断面積比23%	
	気相部 水密度 (放水の 液滴径 等)	流入範囲内	燃料集合体内	飽和蒸気密度 0.0006g/cm ³	←	←	←
		燃料集合体外	燃料集合体外	体積分率50%出現の 液滴径を用いた水密度	←	←	体積分率95%確率下限 の液滴径を用いた水密度
流入範囲外		—	—	飽和蒸気密度 0.0006g/cm ³	—	…水密度3.3倍	

4. 評価結果（本申請における事象進展及び注水対策に即した条件の評価）

【評価条件】

基本ケース

- 既許可の手順等に示されている設備による流量条件でS F P全面に注水・放水



出典：第1060回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合
(令和4年7月14日) 資料1-3 図3-1-1から一部変更

不確かさ（感度解析ケース）

ケース①：流量

既許可の注水・放水設備を全て作動した場合の流量
(基本ケースより**9%強増加**)

ケース②：S F Pへの流入範囲

外的要因により、流量が一部のS F Pラックに集中
(424ラック全面 → **16ラックに集中**)

ケース③：燃料体内への流入投影面積

外的要因により、燃料体への流入流量が最大となる投影面積
(流入量は**基本ケースの2倍**)

ケース④：燃料体外の液滴径

実験で確認された95%確率下限液滴径に相当する水密度
(水密度は**基本ケースの3.3倍強**)

【評価結果】

- 実効増倍率は、水位によらず極大点が発現する状態（臨界のおそれがある中性子最適減速状態）になることはなく、**臨界防止の判断基準（0.98※）以下である**ことを確認した。

※ANSI/ANS-57.2, Design Requirements for Light Water Reactor Spent Fuel Storage Facilities at Nuclear Power Plants, Oct 7, 1983, に基づく。