

玄海原子力発電所第3号機
燃料体(17行17列A型燃料集合体(ウラン・プルトニウム
混合酸化物燃料))に係る設計及び工事計画認可申請について
(審査会合における指摘事項の回答及び回答方針)

九州電力株式会社
2023年 4月24日

1. 審査会合における指摘事項 2

2. 指摘事項への回答及び回答方針 3

No.	年月日	指摘事項の内容
1	2023年4月4日	資料2-3 P286, 287 強度評価について、本申請のMOX燃料の評価結果であり、参考として現行MOX燃料の状態を示している、又は現行MOXの評価結果を示し、本申請のMOX燃料における変更点が影響ないということを示しているのか、評価方針について明確に説明すること。
2	2023年4月4日	資料2-3 P325 規定値を変更する不純物が、ペレット中に金属として存在するか酸化物として存在するか確認すること。
3	2023年4月4日	資料2-3 P325 ペレットの温度と規定値を変更する不純物の融点との比較及び寸法安定性への影響について、記載すること。（ペレットにおける不純物元素の状態やペレット温度の定義を明確にすること。）
4	2023年4月4日	資料2-3 P268 燃料棒の流動振動への影響において、燃料集合体の使用実績が、現行MOX燃料体であること及び流水試験にて下部端栓の形状変更による影響を確認していることを踏まえて、記載を適正化すること。
5	2023年4月4日	資料2-3 P275 二酸化ウラン燃料集合体と同一の構成部品を使用しているという記載について、下部端栓の形状変更に伴う質量変化によって強度評価に影響が生じないことを踏まえて、記載を適正化すること。
6	2023年4月4日	資料2-3 P330 耐摩耗性において、MOX燃料は二酸化ウラン燃料と同一の形状であるという記載について、大テーパ化するという方針であることがわかるように記載を適正化すること。また具体的な適合性の確認についても流水試験等の結果を踏まえて、記載を適正化すること。

2. 1 本設工認申請書における評価結果について

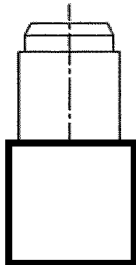
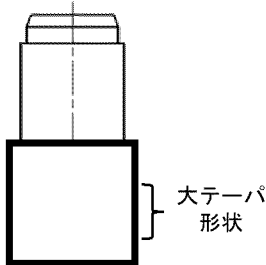
今回申請対象である、玄海3号機のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料体（以下「A型MOX燃料体」という。）は、玄海3号機で使用している現行のA型MOX燃料体（以下「現行A型MOX燃料体」という。）から、「下部端栓の形状の変更（以下、下部端栓大テーパ化）」、「水素含有量規定値の変更」、「不純物含有量規定値の変更」を実施する。

2. 1. 1～2. 1. 3に示すとおり、本申請にあたり、上記変更内容を踏まえ、燃料健全性評価を実施していることから、本設工認申請書における評価結果は、今回申請対象のA型MOX燃料体における評価結果である。

以降、それぞれの変更点及び確認内容について説明する。

2. 1. 1 下部端栓大テーパ化

(1) 変更点

項目		変更前	変更後	概要
燃料要素	下部端栓			燃料棒の振動抑制（フレットング摩耗低減）を図るため、大テーパ形状へ変更。

(2) 確認内容

① 励振力測定による振動抑制（フレットング摩耗低減）効果確認

流水試験により測定された励振力が、下部端栓大テーパ化が適用されている既認可済の48GWd/tウラン燃料と同等であり、期待される振動抑制（フレットング摩耗低減）効果が得られていることを確認した。

② 圧力損失係数測定による、機械的特性等への影響確認

流水試験により測定された圧力損失係数が、既認可済の48GWd/tウラン燃料体から優位な変化がなく、上部ノズル抑えばね機能、スクラム時の健全性、DNB特性、水力振動特性に影響がないことを確認した。

③ 質量変化の影響確認

下部端栓大テーパ化による質量変化は、現行A型MOX燃料と比べ、燃料集合体質量の0.1%未満とわずかであることから、上部ノズル抑えばね機能、輸送及び取扱い時荷重（4G荷重）に影響がないことを確認した。

※枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

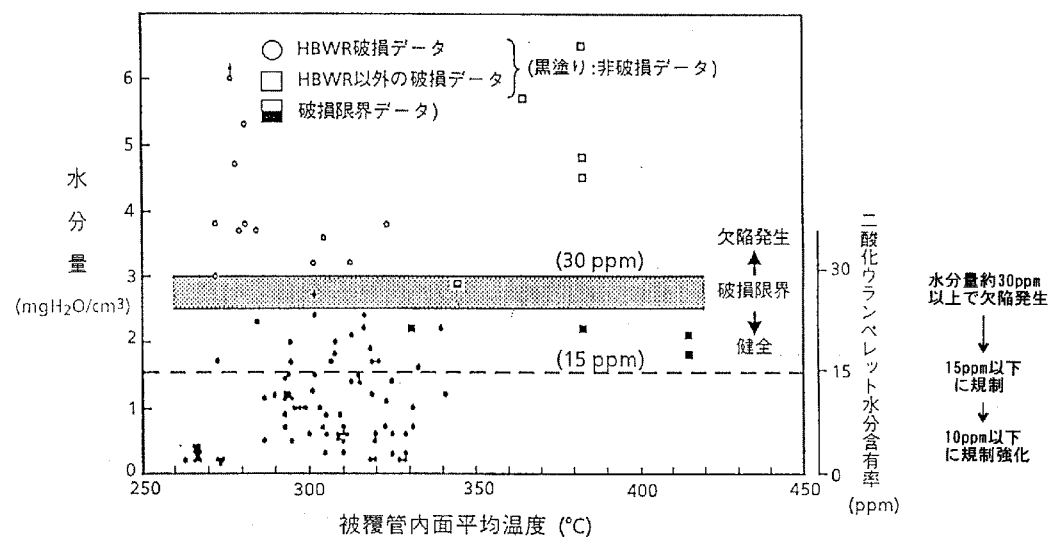
2. 1. 2 水素含有量規定値の変更

(1) 変更点

項目		変更前	変更後	概要
燃料材	組成	水素 \leq <input type="text"/> ppm	\leq <input type="text"/> ppm	MOX燃料体加工に用いる <input type="text"/> <input type="text"/> 規定値の緩和。

(2) 確認内容

ペレットに含まれる水素は燃料健全性（被覆管の機械特性）に影響を及ぼす可能性はあるが、右図に示すとおり、ウランペレットにおいては水分含有量 \leq ppm（水素含有量：約 ppm）では被覆管内面平均温度にかかわらず、ペレットに含まれる水素に起因した破損には至らない。MOX燃料体においても被覆管内面平均温度はウラン燃料体と同等であり、また、被覆材はウラン燃料体とMOX燃料体で同一であることから、ウラン燃料体と同様に、水素含有量規定値を \leq ppmとすることによる、燃料健全性への影響はない。



PWR燃料不具合対策（初期水分濃度と水素脆化欠陥発生の限界）*

* 出典：（財）原子力安全研究協会“軽水炉燃料のふるまい実務テキストシリーズNo.3”，平成25年3月）

※枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

2. 1. 3 不純物含有量規定値の変更

(1) 変更点

項目			変更前	変更後	概要
燃料材	不純物	[]	≦ [] ppm (合計)	≦ [] ppm	MOX燃料体加工に用いる [] [] [] [] 規定値の緩和。
		[]		≦ [] ppm	
		[]		≦ [] ppm	
		[]		≦ [] ppm	

(2) 確認内容

① 中性子経済への影響確認

[] は、熱中性子吸収断面積が大きく、中性子経済に影響を及ぼす可能性はあるが、その影響については、その他の不純物による影響も含めて別途ボロン当量として管理しており、ボロン当量は従来仕様 (≦ [] ppm) から変更しないことから、中性子経済に影響はない。

※枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

②寸法安定性への影響確認

不純物がMOXペレット中に存在することで、その不純物が溶融し寸法安定性に影響する可能性はあるが、であり、4元素合計で最大でもppmと微量であることから、当該不純物元素はMOXペレット中にほぼ全て固溶^{※1}し、安定して存在するため、寸法安定性に影響するものではない。

また、仮に当該元素の一部が金属形態でMOXペレット中に存在した場合、以下のとおり、運転時の異常な過渡変化時のMOXペレット中心最高温度は各元素の金属形態の融点よりも高くなるが、上記の説明のとおり、当該元素の含有量はppmよりも微量であることから、寸法安定性に影響するものではない。

※1：原子が1個1個ばらばらの状態で、金属の結晶格子の中に溶け込むこと。

・不純物 () の融点

元素記号	融点 ^{※2} (金属)
<input type="text"/>	°C
	°C
	°C
	°C

※2：出典：セラミック工学ハンドブック【第2版】 社団法人 日本セラミックス協会編

・MOXペレット中心最高温度（運転時の異常な過渡変化時）：約 2,240 °C

※枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

2. 2 設工認申請書添付資料の記載の適正化について

○申請書 添付資料 7

・ 3. 4. 11 (1) a. 燃料棒の流動振動への影響 (資料2-3 P268)

本申請のMOX燃料体は、流水試験により、フレット磨耗を起因とする漏えいの可能性の低減が図れていることが確認できている旨を記載する。

・ 4. 1 燃料集合体の設計基準 (資料2-3 P275)

下部端栓の形状変更により質量が減少するが、その量は燃料集合体質量の0.1%未満とわずかであることから、二酸化ウラン燃料体と構成部品が同等である旨を記載する。

○申請書 添付資料 8

・ 4. 1. 4. 2 耐摩耗性 (資料2-3 P330)

燃料棒や支持格子の材料及び形状が二酸化ウラン燃料体と同等である旨及び本申請のMOX燃料体は、流水試験により、二酸化ウラン燃料と同様にフレット磨耗を起因とする漏えいの可能性の低減が図れていることが確認できている旨を記載する。

なお、励振力又は圧力損失係数と関連のある上記以外の項目についても、流水試験により影響を確認した旨を追記する。