

大飯発電所1,2号炉廃止措置計画認可申請書等 の補正内容について

2019年11月7日

関西電力株式会社



追補（添付書類六） 使用済燃料ピット未臨界性評価の変更（1/4）

【評価条件の見直し】

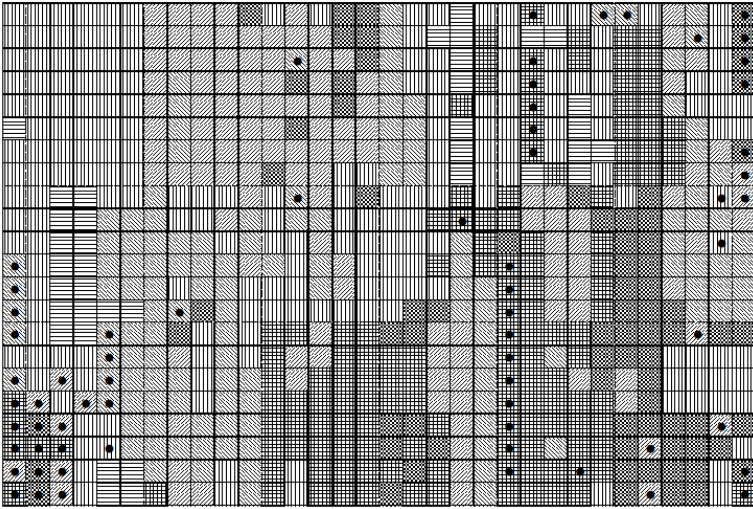
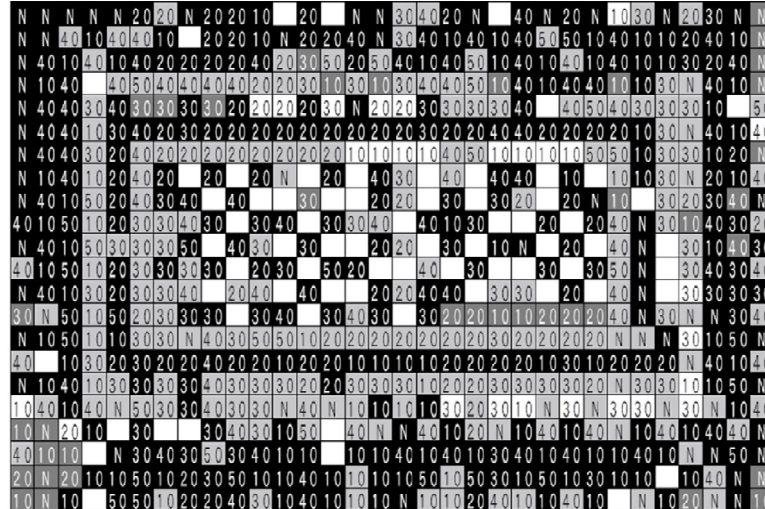
下表のとおり、補正申請において大規模漏えい時のSFP未臨界性に係る評価条件を変更した。変更箇所を赤字で示す。

| 項目 | パラメータ | 計算条件 | |
|-----------|------------------------|--|---|
| | | 当初申請 | 補正申請 |
| 燃料仕様 | (燃料種類) | 55GWd/tウラン燃料 | 48GWd/tウラン燃料 |
| | 燃料 ²³⁵ U濃縮度 | □ wt% | □ wt% |
| | 燃料有効長 | 3,660mm | |
| | 燃料材密度 | 理論密度の97% | 理論密度の95% |
| | 燃料材直径 | 8.19mm | |
| | 燃料被覆材内径、外径 | 内径：8.36mm 外径：9.50mm | |
| | 燃料要素中心間隔 | 12.6mm | |
| ラック仕様 | 厚さ | □ mm | |
| | 内径 | □ mm × □ mm | |
| | 中心間距離 | □ mm × □ mm | |
| | ラック内燃料偏心 | ラック中心に燃料配置 | |
| SFP内水分霧囲気 | ボロン濃度 | 考慮せず | |
| | 水密度条件 | SFP内霧囲気を液相部と気相部液相部に分け、水位を変化液相部水密度:1.0g/cm ³ 、気相部水密度:0.04g/cm ³ | 体系内の水密度をすべての範囲(0~1.0g/cm ³)で一様に变化 |
| 境界条件 | 上部、側面 | 300mmの純水 | |
| | 下部 | 1,000mmのコンクリート | |
| 制御棒仕様 | 制御材 | 考慮せず | |
| | クラスタ有効長さ | □ mm | |
| 燃料配置条件 | 燃料配置 | 使用済燃料704体の貯蔵を仮定（次ページ参照） | 使用済燃料635体の貯蔵を仮定(次ページ参照) |
| | 燃焼度 | 各燃料体等の燃焼度は 10GWd/t単位で切り下げ | |
| | | | 当初申請条件に同じ |

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。

【燃料、制御棒配置の設定】

燃料および制御棒の配置条件については、中性子の体系外への漏えい効果を大きくして実効増倍率を小さくする観点から、基本的に残存反応度が高い燃料を外側に、残存反応度が低い燃料を内側に配置する条件とした。

| | 当初申請 | 補正申請 |
|----------------------------------|---|---|
| <p>燃料 および 制御棒 配置</p> |  <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> :55GWd/Uラン新燃料を貯蔵 :55GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度10GWd/t)を貯蔵 :55GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度20GWd/t)を貯蔵 :55GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度30GWd/t)を貯蔵 :55GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度40GWd/t)を貯蔵 :55GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度50GWd/t)を貯蔵 :48GWd/Uラン新燃料を貯蔵 :48GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度10GWd/t)を貯蔵 :48GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度20GWd/t)を貯蔵 :48GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度30GWd/t)を貯蔵 :48GWd/Uラン燃焼燃料(燃焼度40GWd/t)を貯蔵 |  <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 55GWd/tウラン新燃料 55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度10GWd/t) 55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度20GWd/t) 55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度30GWd/t) 55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度40GWd/t) 55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度50GWd/t) 48GWd/tウラン新燃料 48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度10GWd/t) 48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度20GWd/t) 48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度30GWd/t) 48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度40GWd/t) RCC+55GWd/tウラン新燃料 RCC+55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度10GWd/t) RCC+55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度20GWd/t) RCC+55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度30GWd/t) RCC+55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度40GWd/t) RCC+55GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度50GWd/t) RCC+48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度10GWd/t) RCC+48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度20GWd/t) RCC+48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度30GWd/t) RCC+48GWd/tウラン燃焼燃料(燃焼度40GWd/t) 空ラック |
| <p>燃料貯蔵 体数</p> | <p>燃料貯蔵体数：704体</p> | <p>燃料貯蔵体数：635体 (現時点の貯蔵体数629体に予備新燃料領域6体を追加した体数)</p> |

【未臨界性評価において考慮する不確定性】

- 計算コードに係る不確定性については、使用済燃料ピット仕様及び燃料仕様等を考慮して選定した147ケースの臨界実験に対して、ベンチマーク解析を実施した上で、臨界計算に考慮すべき平均誤差及び標準偏差を評価し、不確定性として考慮している。
- 製作公差に基づく不確定性は評価体系毎で各パラメータに対する感度が異なることから、再評価を実施した。変更箇所を赤字で示す。

| 臨界計算上の不確定性評価項目 | | 不確定性 | | |
|----------------|--------------|--------------|--------|--------|
| | | 記号 | 当初申請 | 補正申請 |
| 計算コードの不確定性 | 平均誤差 | δk | 0.0013 | 0.0013 |
| | 95%信頼度×95%確率 | ϵC | 0.0104 | 0.0104 |
| 製作公差に基づく不確定性 | ラックの内り公差 | ϵW | 0.0020 | 0.0026 |
| | 燃料製作公差 | ϵr | 0.0057 | 0.0069 |
| | ラックの中心間距離公差 | ϵp | 0.0039 | 0.0037 |
| | ラック内燃料偏心 | ϵf | 0.0055 | 0.0043 |
| 統計誤差※1 | | σ | 0.0005 | 0.0006 |
| 不確定性合計※2 | | ϵ | 0.0152 | 0.0154 |

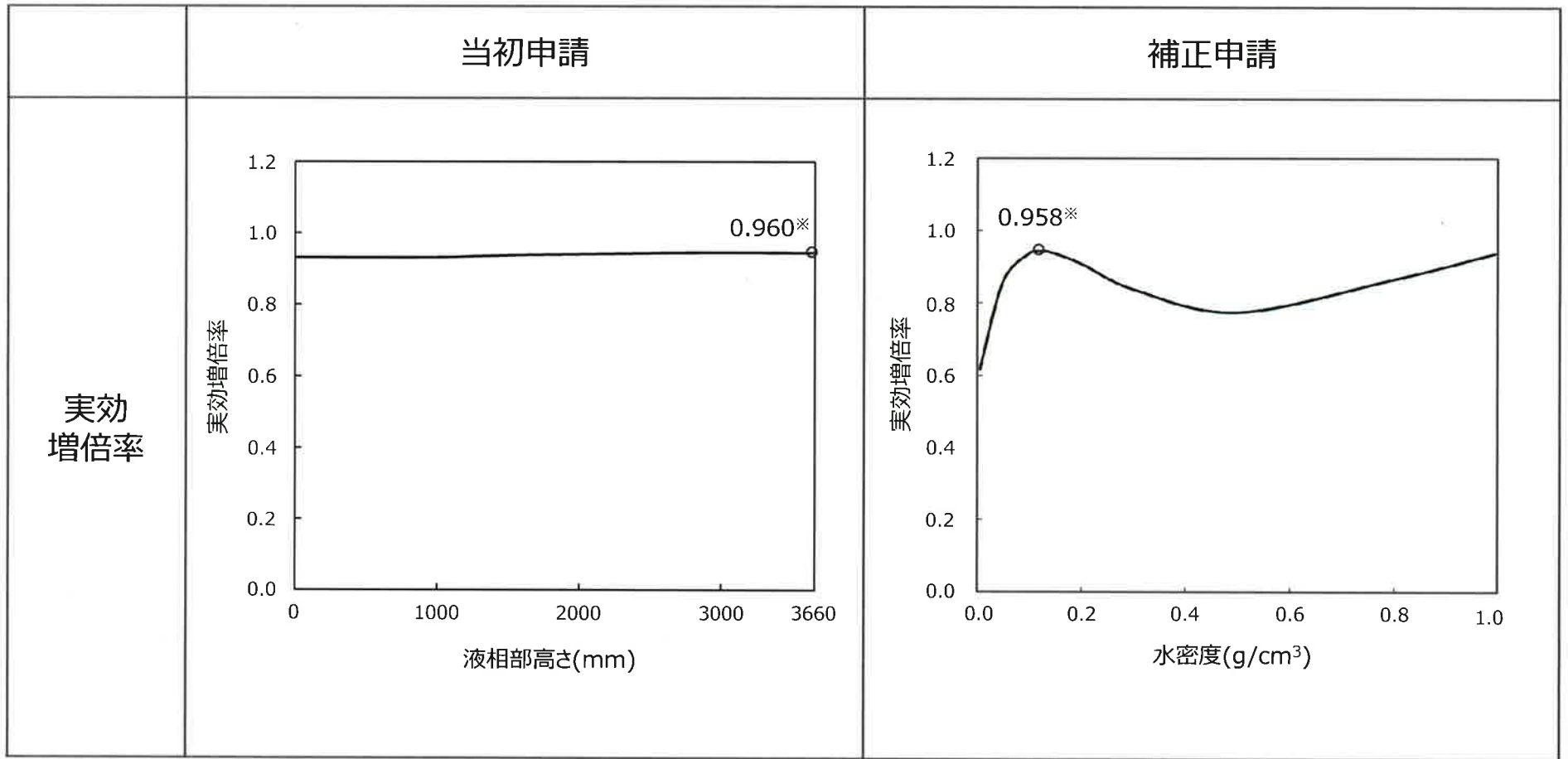
※1：2000世代（各世代の中性子発生数を2000個とする。）計算した場合の統計誤差



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。

【未臨界性評価結果】

当初申請および補正申請の未臨界性評価結果を下図のとおり示す。補正申請評価における実効増倍率（設計条件に基づく計算値に、計算コード、製作公差の不確定性を加えた上限値）は0.958であり、判定基準（0.98以下）を満足している。



※設計条件に基づく計算値に、計算コード、製作公差の不確定性を加えた上限値

廃止措置計画におけるSFP未臨界性評価条件を、制御棒の中性子吸収効果を考慮した条件に変更したため、運用においては制御棒の配置を考慮する必要があることから、保安規定の第168条（使用済燃料の貯蔵）の条文を下表のとおり変更する。変更箇所を赤字で示す。

| 当初申請 | 補正後 |
|---|---|
| <p>(使用済燃料の貯蔵) 第168条 原子燃料課長は、使用済燃料を貯蔵する場合は、次の事項を遵守する。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 各号炉の使用済燃料を表168に定める使用済燃料ピットに貯蔵すること。 (2) 使用済燃料ピットの目につきやすい箇所に燃料貯蔵施設である旨および貯蔵上の注意事項を掲示すること。また、施錠等により取扱者以外の者がみだりに立ち入りできない措置を講じること。 (3) 使用済燃料ピットクレーンを使用すること。 (4) 使用済燃料ピットにおいて燃料が臨界に達しない措置が講じられていることを確認すること。 (5) 使用済燃料ピット内の燃料の配置変更を行う場合は、未臨界が維持できることをあらかじめ確認している条件（初期濃縮度、燃焼度および配置）に基づき移動することで、実効増倍率が不確定性を含めて0.98以下となることを確認し、管理すること。 (6) 使用済燃料の移動に当たっては、誤配置を防止する措置を講じること。 <p>2. 原子燃料課長は、第1項(5)における燃料移動の実施計画を作成し、廃止措置主任者の確認を得て、所長の承認を得る。 (以下略)</p> | <p>(使用済燃料の貯蔵) 第168条 原子燃料課長は、使用済燃料を貯蔵する場合は、次の事項を遵守する。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 各号炉の使用済燃料を表168に定める使用済燃料ピットに貯蔵すること。 (2) 使用済燃料ピットの目につきやすい箇所に燃料貯蔵施設である旨および貯蔵上の注意事項を掲示すること。また、施錠等により取扱者以外の者がみだりに立ち入りできない措置を講じること。 (3) 使用済燃料ピットクレーンを使用すること。 (4) 使用済燃料ピットにおいて燃料が臨界に達しない措置が講じられていることを確認すること。 (5) 使用済燃料ピット内の燃料の配置変更を行う場合は、未臨界が維持できることをあらかじめ確認している条件（初期濃縮度、燃焼度、制御棒の有無および配置）に基づき移動することで、実効増倍率が不確定性を含めて0.98以下となることを確認し、管理すること。 (6) 使用済燃料の移動に当たっては、誤配置を防止する措置を講じること。 <p>2. 原子燃料課長は、第1項(5)における燃料移動の実施計画を作成し、廃止措置主任者の確認を得て、所長の承認を得る。 (以下略)</p> |

(参考) 既許認可実績のあるプラントとの未臨界性評価条件比較

【SFP未臨界性評価条件の変更内容】

下表に示すとおり水密度条件等を変更しているが、他プラントで許認可実績のある条件への変更であり、新規性はない。

＜ステンレス製ラックを採用しているプラントでの未臨界性評価条件＞

| | 高浜1,2号炉 既許可 | 大飯3,4号炉※ 既許可 | 美浜1,2号炉 既廃止措置計画認可 | 高浜1,2号炉 設置変更許可申請中 | 大飯1,2号炉 補正前 | 大飯1,2号炉 補正申請 |
|-----------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|--|
| ラック 構造 | アングル型 SUS製ラック | キャン型 SUS製ラック | アングル型 SUS製ラック | アングル型 SUS製ラック | アングル型 SUS製ラック | アングル型 SUS製ラック |
| 解析コード | SCALE 6.0 | SCALE 6.0 | SCALE 6.0 | SCALE 6.0 | SCALE 6.0 | SCALE 6.0 |
| 評価 条件 | 水密度 条件 | 全ての水密度 0~1.0g/cm ³ | 全ての水密度 0~1.0g/cm ³ | 全ての水密度 0~1.0g/cm ³ | 現実的な水密度 〔液相部:1.0g/cm ³ 〕 〔気相部:0.04g/cm ³ 〕 | 現実的な水密度 〔液相部:1.0g/cm ³ 〕 〔気相部:0.04g/cm ³ 〕 |
| | 制御棒の中性子 吸収効果 | 考慮あり | 考慮なし | 考慮なし | 考慮なし | 考慮あり |
| | 燃烧に伴う反応 度低下効果 | 考慮あり | 考慮あり | 考慮あり | 考慮あり | 考慮あり |
| | 燃料配置 | 領域管理 | 領域管理 | 現実的な燃料配置 (空きラックあり) | 領域管理 | 現実的な燃料配置 (空きラックなし) |

※SFP Aエリアの評価

□ : 補正申請と同じ評価手法を採用しているプラント