

発電用原子炉施設に係る 特定機器の設計の型式証明申請

コメント管理票及びコメント回答 (第十六条関連)

2023年7月21日
トランスニュークリア(株)



TN TOKYO

審査会合におけるコメント管理票

No.	コメント日	区分	コメント内容	回答日	対応状況	備考
1	#22審査会合 (2023/2/7)	全般	17×17燃料、15×15燃料を混載する場合の解析条件の保守性について説明すること。	—	未	次回以降の審査会合で回答する予定。
2	#22審査会合 (2023/2/7)	遮蔽	遮蔽の解析コードとして使用しているMCNP5は、実用炉審査においては実績に乏しいので、適用妥当性についての説明すること。	—	未	次回以降の審査会合で回答する予定。
3	#22審査会合 (2023/2/7)	除熱	中性子遮蔽材の除熱解析結果が基準値に対して余裕代が少ないので、基準値設定の根拠と保守性について説明すること。	—	未	次回以降の審査会合で回答する予定。
4	#22審査会合 (2023/2/7)	自然現象 (津波・竜巻)	津波・竜巻の評価の設計基準値に輸送容器としての0.3m落下時の衝撃荷重を設定しているが、設計基準値の設定の考え方について説明すること。	—	未	自然現象(津波・竜巻)の説明の際に回答する予定。
5	#26審査会合 (2023/6/22)	遮蔽	MCNP5による解析結果の信頼性を確認するために「tally fluctuation charts」で判断しているとのことであるが、具体的な評価内容がわかるように説明を補足すること。		本日回答	次回以降の審査会合で回答する予定。

ヒアリングにおけるコメント管理票(1/5)

No.	コメント日	資料	区分	コメント内容	回答日	対応状況	コメント回答	備考
1-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-1-202 Rev.0 22-180-1-101 Rev.0	全般	39,000MWd/t型燃料の初期濃縮度について、遮蔽機能に関する補足説明資料と概要PPT資料に記載に齟齬がないか確認すること。	2023/5/12	済	両資料の記載に齟齬がないことを確認した。なお、39,000MWd/t型燃料の線源強度計算条件に記載のウラン濃縮度は保守的に低めの設定としたものである。	
1-2	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-1-202 Rev.1 22-180-1-101 Rev.1	同上	39G燃料の濃縮度は一部の初装荷燃料も含むとのことであるが、その場合43G燃料の初期濃縮度の設定と考え方が異なることになるので、設定の考え方について説明すること。	2023/5/29	済	安全機能設計では43G燃料で代表して実施しているが、その設計条件に包絡される範囲で39G燃料の初装荷燃料も含めることとした。	
1-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-1-103 Rev.1	同上	別紙1-2表(3/3)の濃縮度に関する(注4)の記載が分かり難いので再度見直すこと。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	遮蔽解析で代表燃料としている17×17燃料の48,000 MWd/t型の線源強度に包絡される範囲で濃縮度を保守的に小さく設定したことを注記した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.2)
2-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-1-103 Rev.0	遮蔽	ピーキングファクター (PF) の設定根拠、保守性等について説明すること。	2023/5/29	済	OECD/NEAのデータと比較してTK-26型のPFが保守的に設定されていることを説明した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.1)
2-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-1-303 Rev.1	遮蔽	コメントNo.2及びNo.19の回答で、ピーキングファクター (PF) 設定の保守性について、現状遮蔽の補足説明資料に記載されていないが、今後追記するかどうか検討すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	遮蔽及び除熱の補足説明資料にPF設定の保守性について追記した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.2) 補足説明資料16-4 (22-180-1-104 Rev.2)
2-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-1-303 Rev.1 22-180-1-103 Rev.1	遮蔽	コメントNo.2の回答で、ピーキングファクター (PF) の図の左の領域で、OECD/NEAデータが設計PFを超えている箇所がある。それぞれでノード分割幅が異なることが原因か？そうであれば、その旨説明を追加すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	遮蔽の補足説明資料の別紙5にノード分割幅が異なっていること、全体的なPF設定の保守性に影響するものではないことを追記した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.2)
3-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-1-103 Rev.0	遮蔽	MCNPSIによる解析条件、評価方法、及び評価結果の妥当性について説明すること。また、評価結果に統計誤差を併記すること。	2023/5/29	済	TK-26型のMCNPSコードによる遮蔽評価の方法をとり説明した。 ・分散低減方法としてウェイト・ウィンドウを使用 ・ウェイト・ウィンドウ・パラメータの設定に補助コードとしてADVANTGコードを使用 ・TK-26型の表面及び表面から1m離れた位置における線量当量率の分布をFRESHタリーで確認 ・FRESHタリーで最大線量当量率となる箇所を確認し、その評価点に半径5cm又は半径10cmの面検出器を設置して再解析 ・MCNPSコードの10個の統計指標及び全体的な線量当量率分布の連続性により評価結果が妥当であることを判断	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.1)
3-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-1-303 Rev.1	遮蔽	解析結果の妥当性に関する説明で「FRESHタリーによる線量当量率分布の結果とよく合っている」と記載されているが、定量的な記載ができないか検討すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	面検出器による解析結果が対応するFRESHタリーの結果と数%以内の範囲で合っていることを記載した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.2)
3-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-1-303 Rev.1	遮蔽	MCNPSの解析結果が、MCNPSの10個の統計指標を全て満足しない場合、その妥当性をどのように判断しているのか説明を追加すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	tally fluctuation chartsにより、統計指標が「yes」の範囲から「no」の範囲に変化する前後での線量当量率の値が大きく変化しないこと等を確認し判断していることを追記した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.2)
3-4	#2審査会合 (2023/6/22)	22-180-1-303 Rev.2	遮蔽	MCNPSによる解析結果の信頼性を確認するために「tally fluctuation charts」で判断しているとのことであるが、具体的な評価内容がわかるように説明を補足すること。	2023/7/21	本日回答	補足説明資料16-3の別紙1に、別紙1-4図を追加してtally fluctuation charts (最終リストリに至るまでのタリーの統計上重要な値の変動チャート) による評価例を補足追加した。	補足説明資料16-3 (22-180-1-103 Rev.3) 2023年6月22日の#2審査会合で受けたコメント

ヒアリングにおけるコメント管理票(2/5)

No.	コメント日	資料	区分	コメント内容	回答日	対応状況	コメント回答	備考
4-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-103 Rev. 0	遮蔽	解析モデルで、燃料集合体をバスケット格子内で均質化しているとのことであるが、燃料ピンを均質化することによる計算結果への影響について説明すること。	2023/5/29	済	燃料集合体をバスケット格子内で均質化することにより、側部方向の線量当量率に影響しないことを参考文献により説明した。	添付回答資料
4-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-303 Rev. 1	遮蔽	コメントNo. 4-1の回答で、燃料領域を均質化することによる線量当量率への影響について、側面方向だけでなく軸方向への影響の有無についても検討すること。	2023/7/21	本日回答	燃料集合体をバスケット格子内で均質化してモデル化した場合の軸方向の線量当量率は、均質化しない場合のそれより若干保守的な結果となることを参考文献により説明した。	添付回答資料
5	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-103 Rev. 0	遮蔽	MCNP5コードの適用妥当性説明について、原子力学会標準「シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン：2015」を参照しているが、その位置づけを明確にし説明ロジックの筋を通すように見直しすること。	次回以降	—	—	2023年2月7日の422審査会合で受けたコメント
6-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-103 Rev. 0	遮蔽	中性子遮蔽材の質量減損の評価方法について試験データ等を含めて説明すること。	2023/5/29	済	参考文献の評価式により質量減損を評価していること、ガス分析結果から特定の成分が選択的に発生しているのではないことから密度全体で質量減損を考慮していることが妥当であることを説明した。	添付回答資料
6-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-303 Rev. 1	遮蔽 長期健全性	コメントNo. 6-1の回答で、中性子遮蔽材の質量減損を密度全体に対して考慮しているとのことであるが、その妥当性又は保守性について、ガス分析結果と関連付けた説明を検討すること。(例えば、中性子遮蔽に最も寄与する水素に着目した検討等)	2023/7/21	本日回答	中性子遮蔽機能に最も寄与する水素に着目した場合、遮蔽解析で考慮している水素減損量は、ガス分析の結果から評価した水素減損量よりも大きく、中性子遮蔽材の質量減損を密度全体に保守的に□として考慮していることが保守的な設定であることを確認した。	添付回答資料
6-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-303 Rev. 1	遮蔽 長期健全性	コメントNo. 6-1の回答で、LMPによる質量減損のグラフが示されているが、TK-26型中性子遮蔽材のLMPが僅かに外挿になっている可能性がある。質量減損の評価にこの評価式を用いる場合の適用条件の妥当性について説明すること。	2023/7/21	本日回答	TK-26型の使用環境における中性子遮蔽材のLMPは、試験データ範囲から僅かに外挿領域にある。これは、TK-26型の使用条件におけるLMPの評価において、初期温度を熱解析で得られる最高温度143℃から評価基準値である150℃に保守的に切り上げて評価しているためである。なお、中性子遮蔽材の初期温度を143℃として評価すると試験データの内外挿範囲にあることを確認している。	添付回答資料
7	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-101 Rev. 0 22-180-I-103 Rev. 0 22-180-I-202 Rev. 0	全般	バーナブルポイズンの収納位置の説明が分かりづらいので関連する箇所の記載を見直しすること。	2023/5/12	済	補足説明資料16-1(22-180-I-101)：図2でバーナブルポイズンの収納位置を使用済燃料集合体と分けて記載した。 補足説明資料16-3(22-180-I-103)：表1のバーナブルポイズンの冷却期間の解析条件の欄の表記を見直した。 また、別紙1-3表(2/2)の注1の表記を見直した。 概要PPT(22-180-I-202)：貯蔵する使用済燃料集合体の種類の頁からバーナブルポイズンに関する記載を削除した。また、収納物の収納位置でバーナブルポイズンの記載を燃料集合体と別にした。	補足説明資料16-1 (22-180-I-101 Rev. 1) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 1) 概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
8-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-202 Rev. 0	遮蔽	概要PPT(遮蔽)の遮蔽解析条件の欄にはMNPで評価した仕様のみを記載し、その代表性(線量強度の検討による)については注記等で説明した方が分かりやすい。また、バーナブルポイズンの解析条件のうち冷却期間の記載が分かり難いので記載を見直しすること。	2023/5/12	済	当該の遮蔽解析条件の欄には、遮蔽解析の対象燃料である17×17燃料の条件のみを記載するように見直した。また、バーナブルポイズン集合体の冷却期間の記載を見直した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
8-2	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	同上	解析条件に書かれている燃焼度の不等号は不要ではないか検討すること。	2023/5/29	済	不要なので削除した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)

ヒアリングにおけるコメント管理票(3/5)

Nb.	コメント日	資料	区分	コメント内容	回答日	対応状況	コメント回答	備考
9	初ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-103 Rev. 0	遮蔽	別紙1-2表(3/3)でピーキングファクターの記載がないので追加すること。	2023/5/29	済	遮蔽機能に関する説明資料の当該表にピーキングファクターを追記した。なお、当初「その他の条件は別紙1-2表(1/3)及び別紙1-2表(2/3)と同じである。」と注記して省略していたものである。	補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 1)
10	初ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0	全般	TK-26型の概要、収納物仕様、運用条件等については、参考資料として、概要PPT資料の後ろに添付すること。	2023/5/12	済	概要PPT資料の後ろに参考資料として添付した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
11	初ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0	全般 (閉じ込め)	設置許可基準規則(第十六条)に対する適合性の概要の閉じ込め機能に対する設計方針と設計の妥当性の説明は、型式証明申請書の表現と整合させること。	2023/5/12	済	型式証明申請書の表現に合わせて記載を見直した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
12	初ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0	全般 (臨界防止)	臨界防止機能の審査ガイドの内容確認の表の中性子吸収材の効果に対する対応で、非均質性の記載を箇条書きにして詳細に記載すること。	2023/5/12	済	中性子吸収材の非均質性に関する記載を追加した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
13-1	初ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0 22-180-I-102 Rev. 0	全般 (臨界防止)	中性子実効増倍率は、17×17燃料と15×15燃料それぞれを収納した条件で評価されているが、これらの燃料を混載した場合についての評価結果を記載すること。	2023/5/12	済	17×17燃料と15×15燃料それぞれを収納した場合の中性子実効増倍率は同じであり、両者を混載した場合でも同等になる旨追記した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
13-2	初ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	同上	「17×17燃料及び15×15燃料収納時で中性子実効増倍率は同じ」としているが、「同等」等の表現に改めること。	2023/5/29	済	コメント採録して表現を修正した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2) 補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev. 1)
13-3	初ヒアリング (2023/5/12)	同上	同上	17×17燃料と15×15燃料の相互作用について技術的な説明を追加すること。	2023/7/21	本日回答	4体の燃料集合体による6種類の配列について中性子実効増倍率を評価・比較することで、17×17燃料及び15×15燃料の相互作用による反応度への影響の有無を確認した。その結果、これらの燃料間の相互作用により中性子実効増倍率に与える有意な影響はないことを確認した。	補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev. 3)
14-1	初ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0	全般 (除熱)	除熱機能の設置許可基準規則の要求事項及びその対応の表で、TK-26型の外表面温度を測定できる設計とすることが記載されているが、型式証明申請には記載されていないので表記の整合を図ること。	2023/5/12	済	外表面温度を測定について、除熱機能に関する補足説明資料の別紙4-2表に表面温度測定作業に関して例示されていることを注4に追加した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 1)
14-2	初ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	同上	温度測定作業に関する注4の記載を補正申請時に申請書に追記する等の記載に見直すこと。	2023/5/29	済	注4の記載を補正申請時に申請書に追記することと記載を見直した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
14-3	初ヒアリング (2023/5/12)	同上	同上	温度測定ができる設計について、先行のサイト外貯蔵の型式証明申請書に記載されているか？	2023/5/29	済	表面温度測定をする設計についての直接的な記載はなかった。ただし、外表面側部は凹凸が殆どない円筒形状であり熱電対等の接触式の温度測定装置を設置できる設計対応が可能なのは自明である。 なお、使用済燃料貯蔵施設の前提条件において、「貯蔵建屋は、金属キャスクを貯蔵する貯蔵区域、金属キャスクの搬入、及び検査等を行う受入れ区域、及び金属キャスクの蓋閉圧力監視装置、及び表面温度監視装置等の検出器からの信号を表示、記録する表示装置が収容される付帯区域から構成される。」との記載があり表面温度測定することを前提としている。	

ヒアリングにおけるコメント管理票(4/5)

No.	コメント日	資料	区分	コメント内容	回答日	対応状況	コメント回答	備考
15	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-202 Rev. 0	全般 (除熱)	除熱機能の審査ガイドの内容確認の表の貯蔵建屋の除熱評価の確認内容に、型式証明申請書に記載されていない内容が含まれているので削除すること。	2023/5/12	済	コメント挿入して応急復旧の体制についての記載を削除した。これに関連して、遮蔽機能の審査ガイドの内容確認についても同様の記載を削除した。	概要PPT (22-180-1-202 Rev. 1)
16	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-202 Rev. 0	全般 (除熱)	解析に使用した崩壊熱が軸方向燃焼度分布を考慮して最大崩壊熱量(17.2kW/基)を上回る設計発熱量を適用すると記載されているが、保守的な条件設定としているように読めるので表現を適正化すること。	2023/5/12	済	「上回る」という表現は削除した記載に見直した。なお、燃焼度分布の設定には保守性がある。	概要PPT (22-180-1-202 Rev. 1)
17-1	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-202 Rev. 0	全般 (除熱)	概要PPTで配置を適切に考慮した旨記載されているが、その内容がないので追加すること。 解析モデルが適切にモデル化されていることを実形状と比較する等により丁寧に記載すること。	2023/5/12	済	配置については、容器の配列ピッチが3.5mであることを追記した。 モデル化については、実形状と解析モデルの比較を参考資料として追加した。	概要PPT (22-180-1-202 Rev. 1)
17-2	#4ヒアリング (2023/5/12)	同上	同上	実形状と解析モデルを比較した参考資料を補足説明資料16-4にも追加すること。	2023/5/29	済	補足説明資料16-4(16-22-180-1-104_R1)の別紙Iの別添3に追加した。	補足説明資料16-4 (22-180-1-104 Rev. 1)
18	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-102 Rev. 0	臨界防止	臨界防止の説明資料の別紙1で、感度解析について記載されているが、定性的に安全側である傾向が予め分かっている安全側の条件設定をしたのか、或いは計算してみないと分からないので感度解析を実施して安全側の条件を設定したのか、説明方針が分かり難いので適宜見直すこと。 また、別紙1-1表で17×17燃料収納時の感度解析結果が記載されているが、15×15燃料について要否含め検討すること。	2023/5/29	済	別紙Iの感度解析の説明を充実させ、17×17燃料の感度解析結果をベースに行った15×15燃料の感度解析について追加した。	補足説明資料16-2 (22-180-1-102 Rev. 1)
19-1	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-202 Rev. 0 22-180-1-104 Rev. 0	除熱	中性子遮蔽材の評価結果と基準値について、保守性の考え方も含めて説明すること。	2023/5/12	済	中性子遮蔽材の最高温度は底部中性子遮蔽材の結果であること、底部の境界条件を断熱としていることについて回答した。	2023年2月7日の審査会合で受けたコメント。次回審査会合で回答予定。
19-2	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-1-202 Rev. 1	同上	底部断熱条件とすることによる裕度を定量的に評価できなかつたこと。また、中性子遮蔽材の温度基準値の設定根拠として他の文献等の情報がないか検討すること。	2023/5/29	済	底部中性子遮蔽材の評価温度の保守性に対する定量的な評価として、燃焼度分布の設定の保守性を考慮した検討を行った。また、中性子遮蔽材の示差熱分析結果を追加し評価基準値の妥当性を示した。	添付回答資料参照
20	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-202 Rev. 0 22-180-1-104 Rev. 0	除熱	発熱量が最大となる17×17燃料(A型)を代表して除熱解析を行っているが、燃料被覆管の温度が15×15燃料のそれと比較して高いと言えるか検討すること。	2023/7/21	本日回答	発熱量が最大となる17×17燃料(A型)を収納した場合のバスケット格子材の最高温度を境界条件として15×15燃料(A型)の被覆管温度を評価した結果254℃であり、17×17燃料(A型)の温度(259℃)以下であることを確認した。	補足説明資料16-4 (22-180-1-104 Rev. 3)
21	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-1-202 Rev. 0 22-180-1-104 Rev. 0	除熱	被覆管の温度が基準値よりも低いと評価されているが、水素化物再配向の観点では被覆管の周方向応力も確認する必要があるため、合わせて確認すること。	次回以降	-		

ヒアリングにおけるコメント管理票(5/5)

No.	コメント日	資料	区分	コメント内容	回答日	対応状況	コメント回答	備考
22	4/12ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	全般 (除熱、長期健全性)	温度評価した表で、部位の表記を除熱 (p. 24) と長期健全性 (p. 33) で揃えること。また、各部位の材料を追加すること。	2023/5/29	済	コメント採承して表現を修正した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
23	4/12ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-105 Rev. 0	閉じ込め	圧力監視について、必要に応じてHe充填する可能性があるとのことであるが、その考え方も加味して説明すること。	2023/5/29	済	閉じ込め補足説明資料16-5に記載の別紙4の内容を概要PPTに追加した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
24	4/12ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-105 Rev. 0	閉じ込め	圧力監視装置の構造図(例)を追加すること。	2023/5/29	済	閉じ込め補足説明資料16-5に圧力監視装置の構造図(例)を追加した。	補足説明資料16-5 (22-180-I-105 Rev. 1)
25	4/12ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	全般 (除熱、長期健全性)	「範囲に納める」→「範囲に収める」に修正すること。	2023/5/29	済	コメント採承して表現を修正した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
26	4/12ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1 22-180-I-106 Rev. 0	長期健全性	金属ガスケットのLMPに関して、定数Qが20又は14のどちらが妥当であるかの観点で再検討すること。	2023/5/29	済	添付回答資料参照。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
27	4/12ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1 22-180-I-106 Rev. 0	長期健全性	中性子遮蔽材の放射線の線種が吸収線量 (Gy) になっていることについて補足を加えること。	2023/5/29	済	注記を追加した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2) 補 足説明資料16-6 (22-180-I-106 Rev. 1)
28	5/29ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-202 Rev. 2	除熱	除熱設計に関しては、配列ピッチ3.5mlは設計条件となるので、設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件に追記すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	除熱設計に関しては、配列ピッチ3.5mlは設計条件となるので、設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件に追記した。	概要PPT 22-180-I-P202 Rev. 0
29	5/29ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-202 Rev. 2	閉じ込め	閉じ込め設計に関して、周囲温度は設計条件となるので、設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件に追記すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	閉じ込め設計に関して、周囲温度は設計条件となるので、設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件に追記した。	概要PPT 22-180-I-P202 Rev. 0
30	5/29ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-102 Rev. 1	臨界防止	別紙1-1(a)表及び別紙1-1(b)表で、バスケット格子材の幅が2種類記載されているが、当該部材の幅が2種類あることが分からないので、注記等でその旨記載すること。	2023/6/22 審査会合用 資料に反映	済	別紙1-1(a)表及び別紙1-1(b)表で、バスケット格子材の幅が2種類あることを注記に追加した。	補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev. 2)
31	5/29ヒアリング (2023/6/29)	22-180-I-107 Rev. 0	アルミバスケット材	増添加量が上表の1.4%の場合、設計貯蔵期間中に折出するかどうか検討し、もし、折出する場合折出物が材料特性に及ぼす影響の有無について評価すること。	次回以降	—	—	

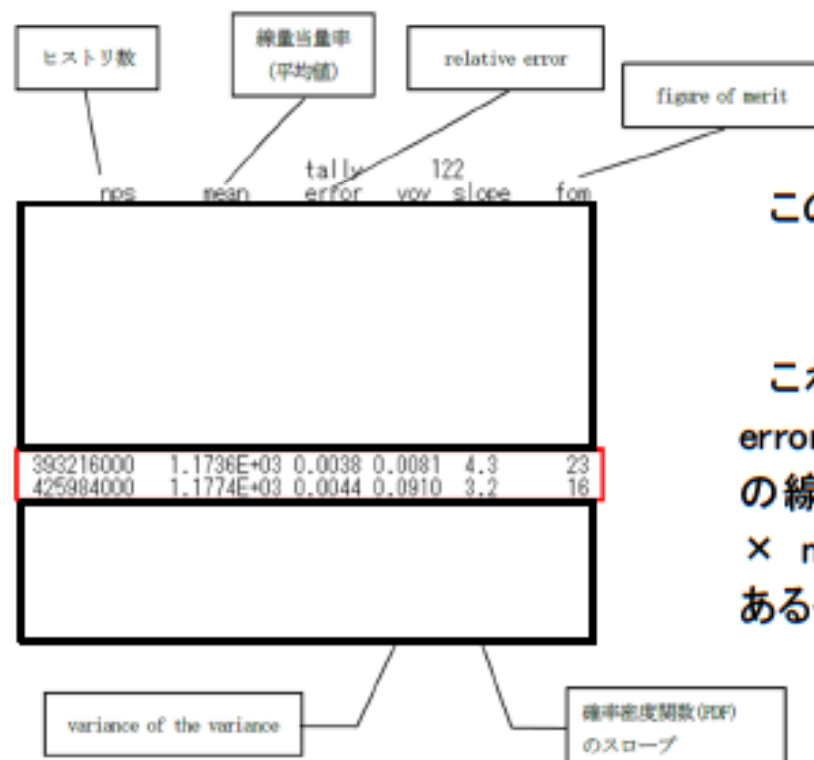
審査会合 No.5

MCNP5による解析結果の信頼性を確認するために「tally fluctuation charts」で判断しているとのことであるが、具体的な評価内容がわかるように説明を補足すること。

(回答)

tally fluctuation chartsは、MCNP5コードの出力データの1つであり、最終ヒストリに至るまでの、タリーの統計上重要な値の変動チャートである。tally fluctuation chartsにおいて、統計指標が「yes」の範囲から「no」の範囲に変化する前後での線量当量率の値が大きく変化しないこと等を確認して、解析結果は信頼性のあるものと判断している。図5-1に17×17燃料(A型)収納時の底部径方向表面の中性子線量当量率(表面の最大値)の評価例を示す。

上記の内容を補足説明資料16-3(22-180-I-103 Rev.3)の別紙1に追記した。



このタリーの統計指標は10個の内、次の4個が「no」である。
relative error の decrease 及び decrease rate
variance of the variance の decrease 及び decrease rate
これはヒストリ数が393216000から425984000の間にrelative errorが0.0038から0.0044に増加したためと考えられる。この時の線量当量率(mean)の変化は3.8でありerror (relative error × mean) 程度である。これより、このタリーの結果は信頼性のあるものと判断している。

*) 17×17燃料(A型)収納時の底部径方向表面の中性子線量当量率(表面の最大値)の例

図5-1 tally fluctuation chartsの例

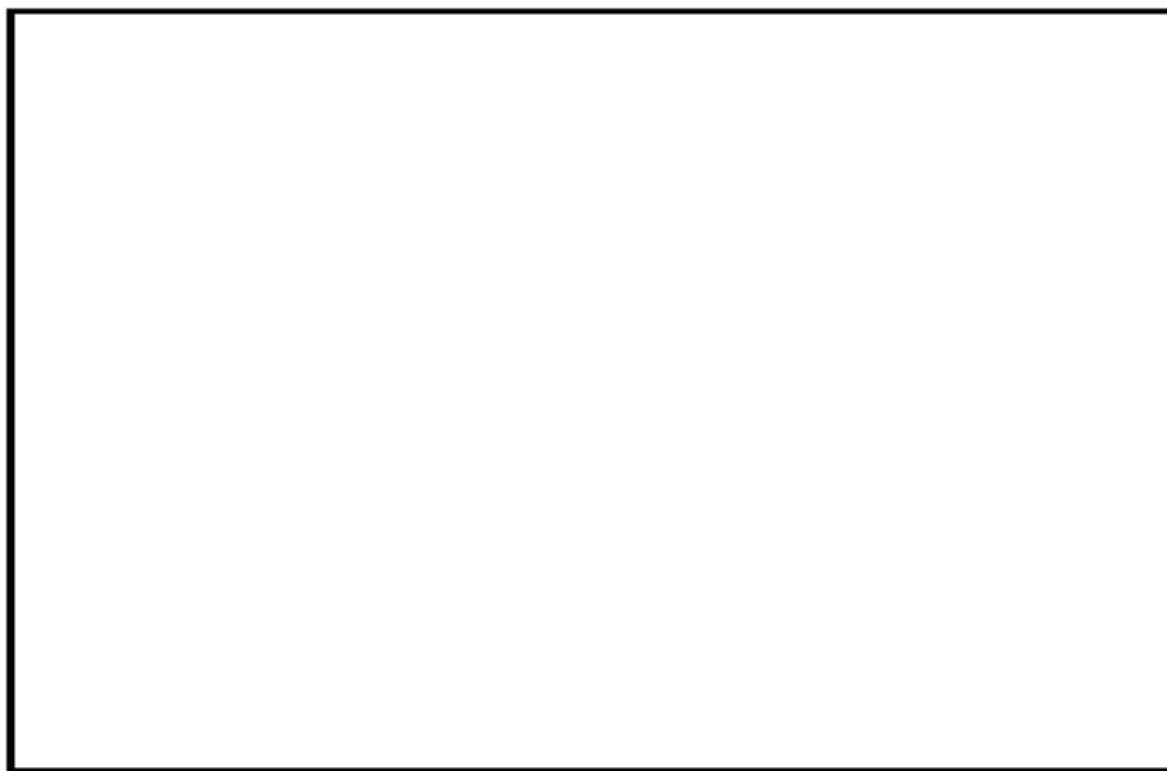
No.2-1

ピーキングファクターの設定根拠、保守性等について説明すること。

(回答)

TK-26型の線源強度の計算に使用したピーキングファクター(PF)は電力事業者から開示された条件である。なお、OECD/NEAから提供されているPWR使用済燃料の軸方向燃焼度分布データベース⁽¹⁾より本申請の燃料と同等の燃料型式 []、かつ遮蔽評価の対象とする燃料と同等の集合体平均燃焼度 [] の使用済燃料の軸方向燃焼度分布を抽出し、本申請で考慮したPFと比較し、TK-26型に適用したPFが保守的であることを確認した。なお、TK-26型に適用したPFは、1に規格化された軸方向燃焼度分布に対して平均値は [] であり、燃料有効部全体で [] 高く評価している。

上記の内容を補足説明資料16-3(22-180-I-103 Rev.1)の別紙5に追記した。



(1)R.J.Cacciapouti, S.Van Volkinbourg, "AXIAL BURNUP PROFILE DATABASE FOR PRESSURIZED WATER REACTORS", YAEC-1937, (1997)



No.3

MCNP5による解析条件、評価方法、及び評価結果の妥当性について説明すること。また、評価結果に統計誤差を併記すること。

(回答)

TK-26型のMCNP5コードによる遮蔽評価の方法は以下の通りである。

- 分散低減方法としてウェイト・ウィンドウを使用
- ウェイト・ウィンドウ・パラメータの設定に補助コードとしてADVANTGコードを使用
- TK-26型の表面及び表面から1m離れた位置における線量当量率の分布をFMESHタリーで確認
- FMESHタリーで最大線量当量率となる箇所を確認し、その評価点に半径5cm又は半径10cmの面検出器*を設置して再解析
- MCNPコードの10個の統計指標及び全体的な線量当量率分布の連続性により評価結果が妥当であることを判断

*)線量当量率の変動が僅かである側面中央の表面及び表面から1m離れた位置における評価では半径10cm、それ以外の評価点では半径5cmとした。

上記の内容を補足説明資料16-3(22-180-I-103 Rev.1)に追記すると共に評価結果に統計誤差を併記した。

No.4-1

解析モデルで、燃料集合体をバスケット格子内で均質化しているとのことであるが、燃料ピンを均質化することによる計算結果への影響について説明すること。

(回答)

TK-26型の遮蔽解析ではバスケット格子内の燃料集合体を均質化している。参考文献(1)で、燃料集合体を詳細にモデル化する場合と均質化する場合の比較計算が行われており、バスケット格子内で燃料集合体を均質化した場合 (Homogeneous model-2) と、燃料集合体を詳細にモデル化した場合 (Detailed model) で、容器側面の表面から1mにおける中性子及びガンマ線の線量当量率に殆ど差がないことが確認されている。よって、TK-26型の遮蔽解析でバスケット格子内で燃料集合体を均質化することに問題はない。

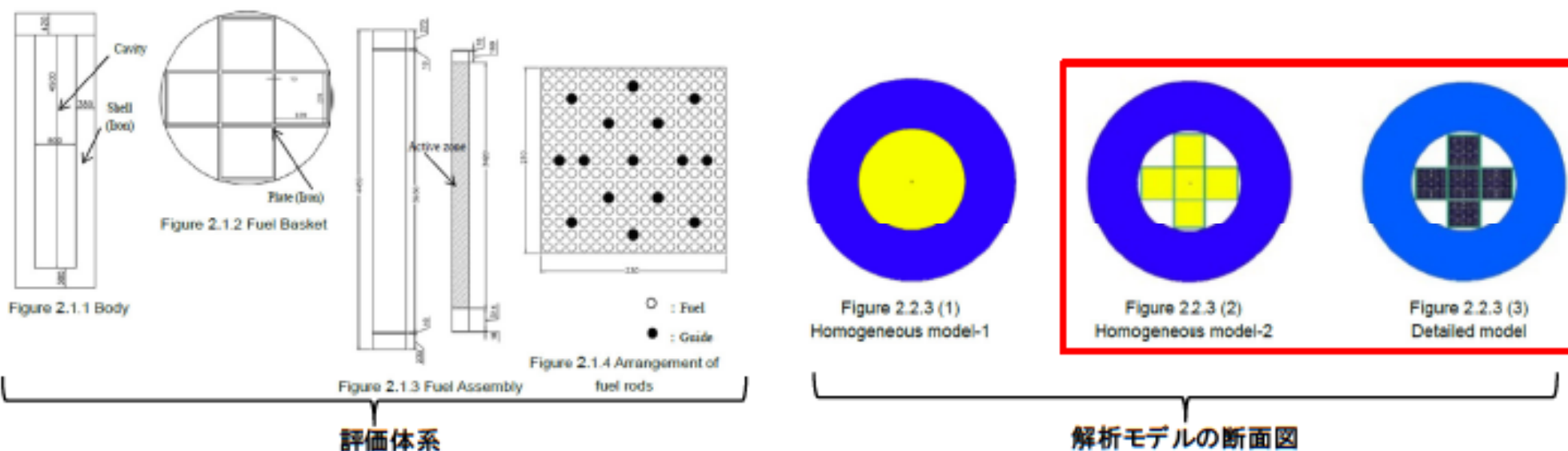


Table 2.2.4 Calculation result

Dose rate [μ Sv/h]	① Homogeneous model-1	② Homogeneous model-2	③ Detail model	Ratio	
				②/①	③/①
Neutron MCNP	387	373	376	0.96	0.97
Gamma MCNP	31	27	26	0.87	0.84
Gamma QAD-CGGP2R	42	39	—	0.93	—

(1) A. Saito, et al., "Study of Analysis Methods of Shielding Calculation Codes for Casks" The 18th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 2016, September 18-23, 2016, Kobe, Japan.



No.4-2

コメントNo.4-1の回答で、燃料領域を均質化することによる線量当量率への影響について、側面方向だけではなく軸方向への影響の有無についても検討すること。

(回答)

参考文献(2)で、模擬的な燃料集合体を詳細にモデル化 (pin-by-pin) する場合とバスケット格子内で均質化する場合の比較計算がMCNPコードで行われており、容器側面方向及び軸方向共に均質化した場合の方が保守的な結果 (Table 3で比率が1.0以上) となることが確認されている。よって、TK-26型の遮蔽解析でバスケット格子内で燃料集合体を均質化することに問題はない。

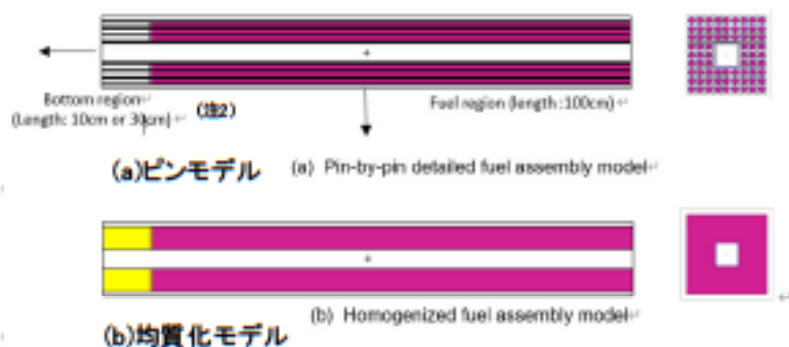


Figure 1. Comparison of fuel assembly model⁽¹⁾

Fig1 燃料集合体モデル

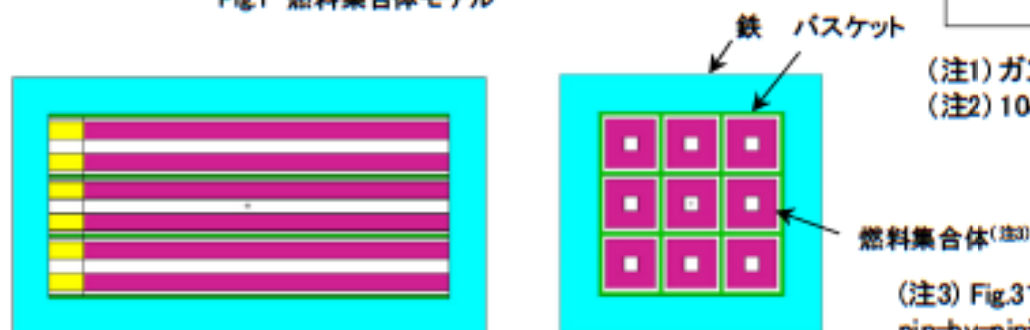


Figure 3. homogenized cask geometry model⁽²⁾

Fig.3 均質化キャスクモデル

Table 3 pin-by-pinモデルに対する均質化モデルの線量率の比(ガンマ線^(注1))
比(=均質化/pin-by-pin)

Table 3 Ratio of dose rate by homogenized model against pin-by-pin model for bundle of FAs calculation (Gamma)
Ratio (= homogenized/ pin-by-pin)

Distance from FA (cm)	AL basket plate			SS basket plate		
	side	Bottom (注2)		side	Bottom (注2)	
		10cm	30cm		10cm	30cm
1	1.03	1.04	1.07	1.03	1.07	1.09
3	1.03	1.04	1.07	1.03	1.06	1.09
10	1.03	1.05	1.08	1.04	1.06	1.09
30	1.03	1.08	1.09	1.04	1.08	1.10
100	1.05	1.10	1.10	1.05	1.11	1.11
300	1.05	-	-	1.06	-	-

(注1) ガンマ線は⁶⁰Coの線源として設定。

(注2) 10cm、30cmは、軸方向底部の構造材領域の長さ。

(注3) Fig.3で燃料集合体が均質化された場合の解析モデルのみ示されているが、pin-by-pinモデルの場合は、Fig.1(a)の燃料モデルを使って評価される。

(2) B. Lee, H. Taniuchi, et al., "Study of Appropriate of Contents of Casks for Monte Carlo Calculation", The 20th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM, 11-15 June 2023, Juan-les-Pins, France.

No.6-1

中性子遮蔽材の質量減損の評価方法について試験データ等を含めて説明すること。

(回答) (1/2)

TK-26型に使用している中性子遮蔽材(以下、「本材料」という。)は、エチレンプロピレン系ゴム(EPDM)を主材にしたものである。参考文献(1)により、本材料は、10,000hまでの加熱試験(図6-1)により、ラーソン・ミラー・パラメータ(LMP)を劣化パラメータとした場合、質量減損率との間に直線的な関係があることが評価されている(図6-2)。この評価式を用いて設計貯蔵期間(60年)における中性子遮蔽材の質量減損を評価した。

なお、本材料の示差熱分析の結果(図6-3)から、本材料は250℃程度までは熱的変化が殆ど生じないことが確認されている。

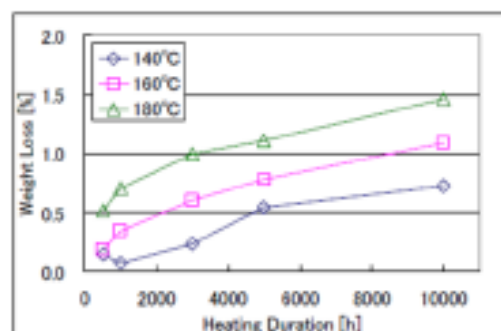


図6-1 長時間加熱による質量減損⁽¹⁾

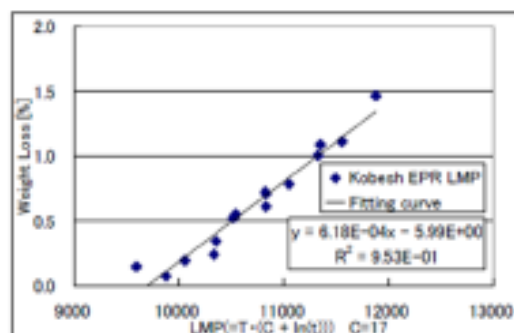


図6-2 LMPによる質量減損評価⁽¹⁾

図6-3 示差熱分析結果

(1) A. Oishi, et al., "Evaluation of Neutron Shielding Materials, TN VYAL B™ and KOBESH EPR™ Resin for Interim Storage Casks" The 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 2013, August 18-23, 2013, San Francisco, CA, USA.

(回答) (2/2)

本材料を140°Cで加熱した際の発生ガス分析結果を表6-1及び表6-2に示す。この結果のとおり発生ガスは一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系のガスが主たる発生ガスである。本材料は、エチレンプロピレン系ゴム (EPDM) を主材にしたものであることから、前頁で評価した質量減損は本材料の密度全体に対して考慮している。

表6-1 GCによる発生ガス分析結果

--

表6-2 GC/MSによる発生ガスの半定量分析結果

--

No.6-2

コメントNo.6-1の回答で、中性子遮蔽材の質量減損を密度全体に対して考慮しているとのことであるが、その妥当性又は保守性について、ガス分析結果と関連付けた説明を検討すること。

(回答)

本材料を140°Cで加熱した際のGCによる発生ガス分析結果をベースに、中性子遮蔽機能に最も寄与するH元素に着目してその減損量を以下のとおり評価した。評価結果を表6-3に示す。なお、本評価では、発生ガスをGCにより測定されたガス成分(表6-1)のみを対象としているが、これは比較的低分子の炭化水素ガスの方がHの含有率が比較的高いことから保守的な評価条件になっていると考えられる。

$$\text{H減損量(g/cm}^3\text{)} = \text{[] (g/cm}^3\text{)} \times \text{[] \%} \times (\text{発生ガス成分の比率}) \times (\text{ガス中のH成分の比率})$$

ここで、[] (g/cm³): 中性子遮蔽材の最低保証密度

[] %: 熱による中性子遮蔽材の質量減損率

一方、TK-26の遮蔽解析では中性子遮蔽材の質量減損率を保守的に[]%に切り上げて、密度全体に対して考慮しているが、その場合のH減損量は、[] (g/cm³)である。

以上より、本材料の質量減損の考慮の仕方は妥当であり、保守的に設定されている。

表6-3 H減損量の評価結果

No.6-3

コメントNo.6-1の回答で、LMPによる質量減損のグラフが示されているが、TK-26型の中性子遮蔽材のLMPが僅かに外挿になっている可能性がある。質量減損の評価にこの評価式を用いる場合の適用条件の妥当性について説明すること。

(回答)

図6-1及び図6-2で評価された中性子遮蔽材の質量減損に関するデータのLMPの最大値は、試験温度180°C、試験時間10,000hより、11,877(=(180+273.15)×(17+ln10,000))である。一方、TK-26の使用条件における温度低下を考慮した場合の中性子遮蔽材のLMPは約[](詳細には[])であることから、試験データの範囲から極僅かに外挿域にある。これは、TK-26型の使用条件における中性子遮蔽材のLMPの評価では、本材料の最高温度が143°Cであるところを、基準値である150°Cに切り上げて保守的に評価し、更に数値を切り上げて丸めたためである。この温度を143°CとしてLMPを評価すると[]となり試験データの内挿範囲となることを確認している。これらの評価点と試験データとの関係を図6-3に示す。なお、上記外挿域は、試験データ範囲の上限LMP値に対して、LMPが[]の場合に[]程度、LMPが[]の場合に[]と極僅かであり、評価式を適用することに問題ないと考えられる。

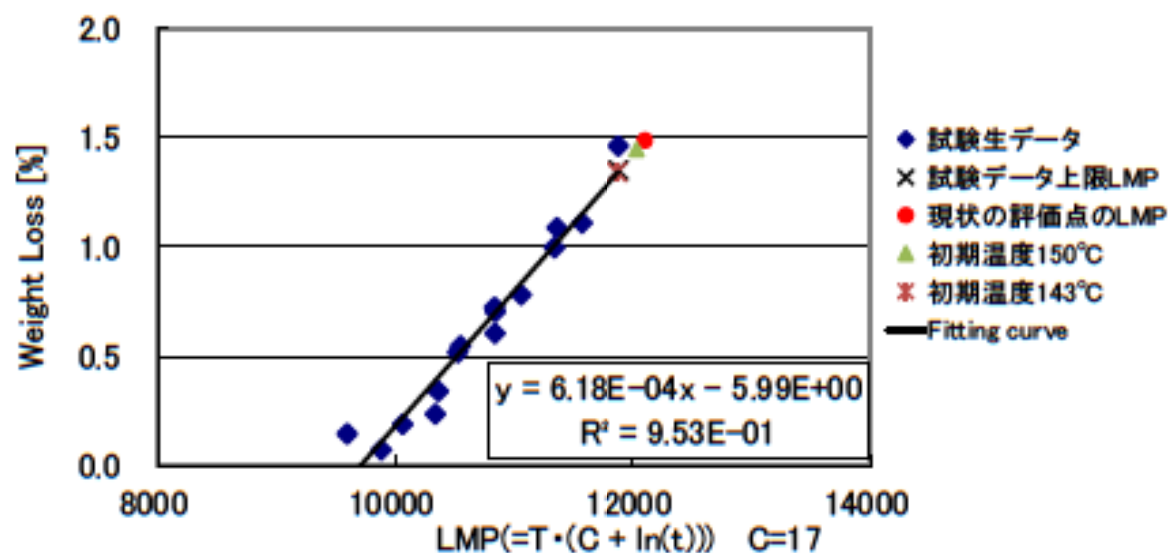


図6-3 LMPによる質量減損評価

No.13-3

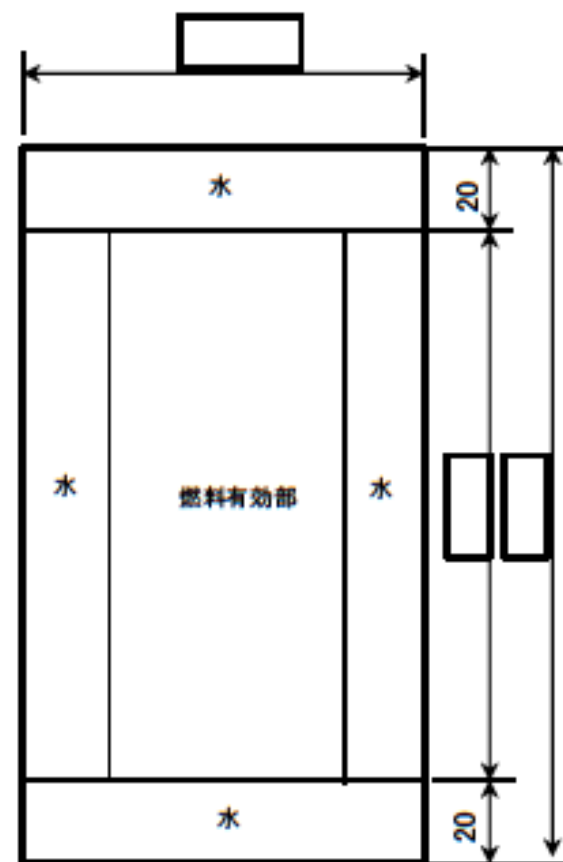
17×17燃料と15×15燃料の相互作用について技術的な説明を追加すること。

(回答)(1/2)

4体の燃料集合体(燃料有効部のみモデル化)による6種類の配列について中性子実効増倍率を評価・比較することで、17×17燃料及び15×15燃料の相互作用による反応度への影響の有無を確認した。評価条件を表13-1、評価モデルの縦断面図を図13-1に示す。

表13-1 評価条件

	評価化条件	備考
燃料有効部長さ	 cm	15×15燃料の燃料有効長は17×17燃料に合わせた
バスケット格子材の幅	 cm	
燃料集合体の配置	中心偏向	
燃料集合体の周囲	1g/cm ³ の水	周囲の水厚さは20cm以上



(単位:cm)

図13-1 評価モデルの縦断面図

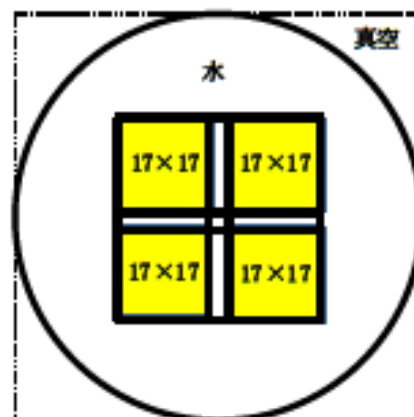
(回答) (2/2)

評価した4体の燃料集合体の配列ケースを図13-2、評価結果を表13-2に示す。4体全てを17×17燃料とした場合のCase 1-1をベースに比較すると、中性子実効増倍率の差は3σの範囲内であり、17×17燃料及び15×15燃料の相互作用により中性子実効増倍率に与える有意な影響はないことが確認された。

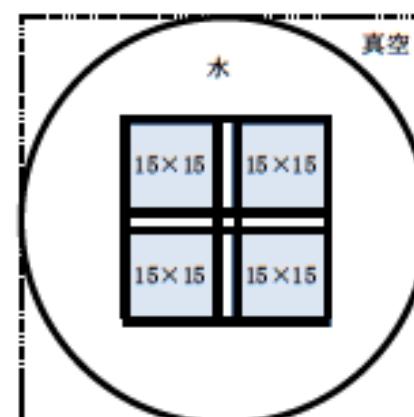
本評価結果を、補足説明資料16-2の別紙5に追加した。

表13-2 評価結果

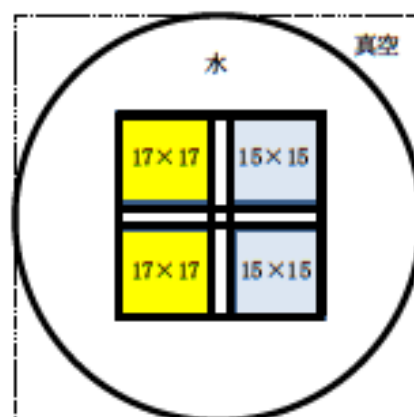
燃料配列 ケース	解析結果			keffの比較	
	keff	σ	keff+3σ	Case 1-1 との差	Case 1-1 との比
Case 1-1				—	—
Case 1-2				-0.00075	0.9992
Case 2-1				-0.00102	0.9989
Case 2-2				-0.00067	0.9993
Case 3-1				0.00062	1.0007
Case 3-2				-0.00073	0.9992



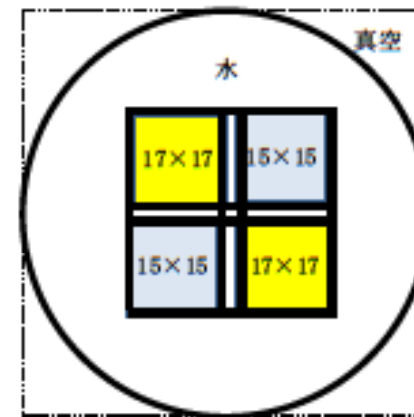
Case 1-1



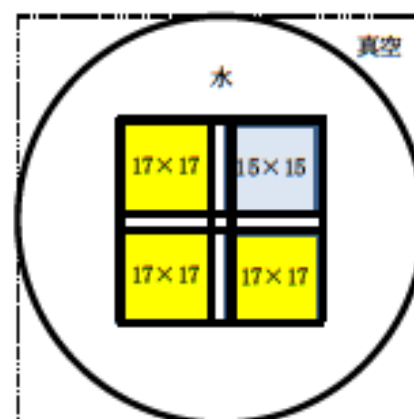
Case 1-2



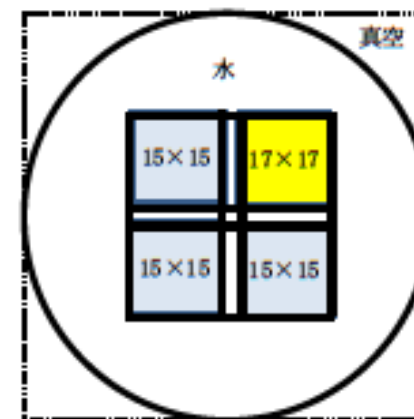
Case 2-1



Case 2-2



Case 3-1



Case 3-2

No.19

中性子遮蔽材の評価結果と基準値について、保守性の考え方も含めて説明すること。

(回答)(1/3)

TK-26型の中性子遮蔽材の温度評価結果を表19-1に示す。この表に示すとおり、中性子遮蔽材の最高温度は底部中性子遮蔽材である。

図19-1に示すように、1に規格化された軸方向燃焼度分布に対し、熱解析で設定しているピーキングファクターの平均値は□である。これを発熱量に換算すると、設計発熱量に対して□以上高く評価している。設計発熱量における底部中性子遮蔽材の温度を周囲温度(50°C)を基準にして推定すると、□°Cとなる。

なお、TK-26型は貯蔵架台の上に縦置きで貯蔵されるが、除熱解析では底部から貯蔵架台への熱の移動を安全側に無視し断熱条件としているために、軸方向燃焼度分布の設定に加えて底部断熱条件により、底部中性子遮蔽材の温度が保守的に高く評価されている。

表19-1 中性子遮蔽材の温度評価結果

		評価結果	基準値
中性子遮蔽材	側部	137°C	150°C ⁽¹⁾
	蓋部	102°C	
	底部	143°C	

(回答) (2/3)



図19-1 軸方向燃焼度分布及び熱解析で考慮したピーキングファクター

(回答) (3/3)

基準値の温度(150°C)は、参考文献(1)に記載されているエチレンプロピレン系ゴムの使用可能温度の上限値である。本文献の抜粋を参考に示す。また、図19-2に本中性子遮蔽材の示差熱分析の結果を示す。この結果から、本材料は250°C程度までは熱的変化が殆ど生じないことが確認されており、基準温度の設定は妥当である。

ゴムの種類 (ASTMによる略称)		エチレン・プロピレンゴム (EPM, EPDM)
化学構造		エチレン・プロピレン・共重合体 (三元共重合体)
主な特徴		耐老化性、耐オゾン性、極性液体に対する抵抗性、電気的性質が良い。
の純比 性質ゴム	重量平均分子量 M_{w} (100°C)	0.86~0.87 40~100
	可能なJIS硬さ範囲	30~90
配合ゴムの物理	引張強さ (kgf/cm ²)	50~200
	伸び (%)	800~1000
	反発弾性	○
	引裂き強さ	△
	耐摩耗性	○
	耐屈曲き裂性	○
	使用可能温度範囲 (°C)	-60~150

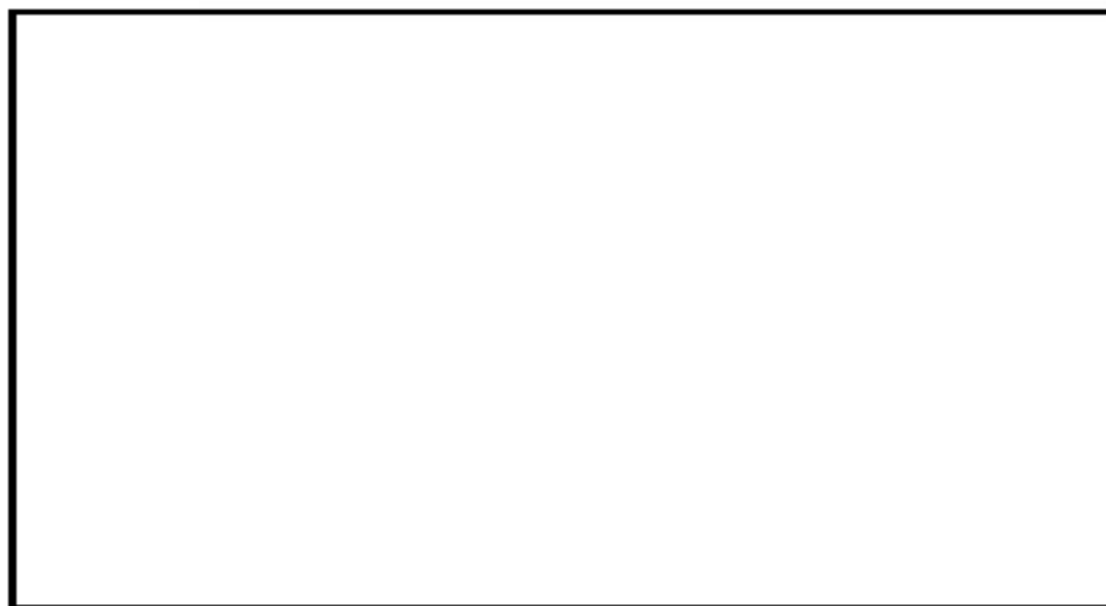


図19-2 示差熱分析結果

<参考文献>

(1) (一社)日本ゴム協会編、「新版 ゴム技術の基礎 改訂版」、(2014)

No.20

発熱量が最大となる17×17燃料(A型)を代表して除熱解析を行っているが、燃料被覆管の温度が15×15燃料のそれと比較して高いと言えるか検討すること。

(回答)

発熱量が最大となる17×17燃料(A型)を対象とした燃料集合体モデルによる除熱解析では、バスケット格子材の最高温度225°Cを境界条件として解析した結果、燃料被覆管の最高温度は255°Cとなっている。保守的にバスケット格子材の最高温度225°Cを境界条件として、15×15燃料(A型)について除熱解析を行った結果、燃料被覆管の最高温度は254°Cとなり、17×17燃料の最高温度に包絡されることを確認した。本検討結果は、補足説明資料16-4 除熱機能に関する補足説明資料の別紙6に追記した。

燃料被覆管の
最高温度：
254°C

(単位：°C)

No.26

金属ガスケットのLMPに関して、定数Cが20又は14のどちらが妥当であるかの観点で再検討すること。

(回答)

金属ガスケットのLMPの定数Cは材料によって決まる定数である。金属ガスケットはニッケル基合金であるコイルスプリング及び内被材、アルミニウム合金である外被材で構成されており、これらの構成材料全体で最適化し設定された定数Cが20であるとされている⁽¹⁾。よって、本型式申請では定数Cが20の場合のLMPによる評価に統一し、型式証明申請書の添付書類一の記載については今後補正申請で補正することとする。

なお、材料・構造健全性(長期健全性)に関する補足説明資料16-6においては、複数の文献による異なる定数Cを用いたLMPの評価例も示すこととし、定数Cが14の場合の記載もそのまま残すこととする。

<参考文献>

(1) (一社)日本原子力学会、「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準:2021 (AESJ-SC-F002:2021)」、(2021)