

# 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 コメント管理表及びコメント回答

2023年12月19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表

No.	コメント日	該当条文	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)	16条	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。	#28審査会合 (2023/11/2)	済	臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの各機能設計で両燃料を混載した場合の結果が、それぞれの燃料26体収納された場合の結果に包絡されることを説明した。
2	#22審査会合 (2023/2/7)	16条	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。	#28審査会合 (2023/11/2)	済	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」及びTN12/2型輸送容器の実測値との比較解析に関する参考文献を参考に適用妥当性を説明した。
3	#22審査会合 (2023/2/7)	16条	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。	#28審査会合 (2023/11/2)	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裕度があることを説明した。また、中性子遮蔽材の示差熱分析結果から評価基準値の妥当性を説明した。
4	#22審査会合 (2023/2/7)	5条, 6条	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。	#28審査会合 (2023/11/2)	済	フランジ側面に作用する荷重と作用範囲、及び姿勢の違いによる影響を検討し、設計基準値の妥当性について説明した。
5	#26審査会合 (2023/6/22)	16条	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。	#28審査会合 (2023/11/2)	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、その後の統計指標の変動が安定していることを確認し判断していることを説明した。
6	#26審査会合 (2023/6/22)	16条	閉じ込め	閉じ込め監視構造の説明が概要PPT資料に記載されているが、補足説明資料16-5の別紙4にも追加すること。	#28審査会合 (2023/11/2)	済	閉じ込め監視構造の説明を補足説明資料16-5の別紙4に追加した。



# 審査会合におけるコメント管理表

No.	コメント日	該当条文	区分	コメント内容	回答日	対応状況	備考
7	#28審査会合 (2023/11/2)	16条	経年変化	被覆管応力が100MPa以下を満足する条件と評価結果を示すこと。その際の評価条件は、除熱解析条件と整合性を図ること。	2023/11/19	コメント 対応中	15×15燃料を装荷する場合は、収納燃料に発熱量制限を設けることにより、100MPa以下を満足することを確認した。被覆管温度の評価条件については、除熱解析条件と整合性を図り、三次元モデルの解析により合理的に評価した。
8	#28審査会合 (2023/11/2)	—	—	原因、QMS上の対策、水平展開等について説明すること。	2023/11/19	コメント 対応中	本件事象の発生原因、QMS上の対策、水平展開等についてこれらの概要をまとめた。

# ヒアリングにおけるコメント管理表(1/8)

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-I-202 Rev. 0 22-180-I-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-I-202 Rev. 1 22-180-I-101 Rev. 1	全般	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48G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48G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-I-103 Rev. 1	全般	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-I-103 Rev. 2)
2-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-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-I-103 Rev. 1)
2-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-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-I-103 Rev. 2) 補足説明資料16-4 (22-180-I-104 Rev. 2)
2-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-303 Rev. 1 22-180-I-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-I-103 Rev. 2)
3-1	#2ヒアリング (2023/3/30)	22-180-I-103 Rev. 0	遮蔽	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。	2023/5/29	済	TK-26型のMCNP5コードによる遮蔽評価の方法をとおり説明した。 ・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	補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 1)
3-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-303 Rev. 1	遮蔽	解析結果の妥当性に関する説明で「FMESH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FMESH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-I-103 Rev. 2)
3-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-303 Rev. 1	遮蔽	MCNPの解析結果が、MCNP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。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント添付回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 2)

# ヒアリングにおけるコメント管理票(2/8)

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
3-4	#26審査会合 (2023/6/22)	22-180-I-P202 Rev. 0 22-180-I-103 Rev. 2	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。	2023/7/21	済	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。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント添付回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 3)
3-5	#7ヒアリング (2023/7/21)	22-180-I-302 Rev. 2 22-180-I-103 Rev. 3	遮蔽	上記の説明をグラフを使う等、可能な限り平易な用語を用いて分かりやすく説明すること。	2023/8/29	済	tally fluctuation chartsによる解析結果の妥当性評価について、グラフ等を用いて説明を充実させた。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 3) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 4)
3-6	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-302 Rev. 3 22-180-I-103 Rev. 4	遮蔽	統計指標の変動例の図の (a)meanについて、データに誤差の変動幅を入れるとより理解しやすくなるので追加を検討すること。	2023/10/6	済	統計指標の変動例の図の (a)meanに誤差の変動幅を追加した。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-P302 Rev. 0) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 5)
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。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 1)
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	済	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。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2)
5-1	#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。	2023/8/29	済	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」に示されている4つのエレメントについて、MCNP5コードの開発元であるLANLの文献等を参照してそれらを満足することを確認した。また、TN12/2型輸送キャスクの実測値と解析値を比較した文献からTK-26型への適用が妥当であることを確認した。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 3) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 4)
5-2	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-302 Rev. 3 22-180-I-103 Rev. 4	遮蔽	(c)物理的モデル(エレメント3)の項目は、学会標準では実験データを揃えるところまでであるが、現状ベンチマーク解析までを含めた記載になっている点において、学会標準の内容とは少し異なっている。学会標準は参考なので必ずしも全く同じでなくてもよいが、構成の違いだけであれば揃えることが望ましい。又は、学会標準と説明範囲が異なっていることについて、補足説明を追加すること。	2023/10/6	済	学会標準と説明範囲が異なっていることについて補足説明を追加した。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 4) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 5)
5-3	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-103 Rev. 4	遮蔽	遮蔽機能に関する補足説明資料で、安全解析の保守性として、検出器応答の角度依存性、表面線量当量率(検出器のサイズによる影響)が記載されている。これらの内容についてもう少し詳細に検討できないか、また、これらは解析条件の保守性とは異なるのではないか?以上のことから記載内容を適切に見直しすること。	2023/10/6	済	検出器応答の角度依存性、表面線量当量率(検出器のサイズによる影響)については、解析の保守性とは異なるので文章の構成を見直した。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 4) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 5)
5-4	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-302 Rev. 3 22-180-I-103 Rev. 4	遮蔽	TN12/2型が実際に運用された輸送容器であることを追記すること。	2023/10/6	済	その旨、追記した。	コメント回答資料 (審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 4) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 5)

# ヒアリングにおけるコメント管理票(3/8)

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
5-5	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-302 Rev. 3 22-180-I-103 Rev. 4	遮蔽	遮蔽機能に関する補足説明資料で、「また、安全解析条件に加えて可能な範囲で保守性を排除し実測値を再現する解を算出…」の記載があるが、この趣旨は何か？	2023/10/6	済	本説明資料では説明していないので削除した。	コメント回答資料（審査会合用） (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 4) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 5)
5-6	#9ヒアリング (2023/10/6)	22-180-I-302 Rev. 4 22-180-I-103 Rev. 5	遮蔽	中性子検出器（レムカウンター）のサイズ等が測定値に及ぼす影響について追記すること。	2023/11/2 審査会合用資料に反映	済	中性子検出器（レムカウンター）のサイズ等の影響は、当該論文で考慮している安全解析条件の保守性に包含されることを追記した。	コメント回答資料（審査会合用） (22-180-I-P302 Rev. 0) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 6)
5-7	#28審査会合 (2023/11/2)	22-180-I-103 Rev. 6	遮蔽	中性子検出器（レムカウンター）のサイズの影響、測定の実現性（誤差）等がMCNPコードの適用妥当性判断にどのように考慮されているか追記すること。	2023/11/22	済	当該論文では、測定N数2で測定された結果を基に解析結果と比較していること、また、レムカウンターのサイズの影響及び応答の角度依存性の影響を考慮しても安全解析条件の保守性に包含されることを追記した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 5) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 7)
5-8	#10ヒアリング (2023/11/22)	22-180-I-302 Rev. 5 22-180-I-103 Rev. 7	遮蔽	参考文献に関する説明で「測定N数」という用語が分かり難いので平易な表現に見直しすること。	2023/12/19	本日回答	「測定N数」を「測定回数」に修正した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 6) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 8)
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。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 1)
6-2	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-302 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	済	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性を考慮して設定しており、この値が保守的な設定であることを確認した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2)
6-3	#5ヒアリング (2023/5/29)	22-180-I-302 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。	2023/7/21	済	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極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挿範囲にあることを確認している。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2)
6-4	#7ヒアリング (2023/7/21)	22-180-I-302 Rev. 2 22-180-I-103 Rev. 3	遮蔽 長期健全性	No. 6-2のコメント回答の結果を受けて、遮蔽機能に関する補足説明資料に、レジンの質量減損についてH元素に着目した評価の結果、保守的に設定されていることを追記すること。	2023/8/29	済	現状のレジン質量減損の考慮の仕方が、H元素に着目して保守的な設置となっていることを遮蔽機能に関する補足説明資料、及び材料・構造健全性（長期健全性）に関する説明資料に追記した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 3) 補足説明資料16-3 (22-180-I-103 Rev. 4) 補足説明資料16-6 (22-180-I-106 Rev. 2)
6-5	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-302 Rev. 3 22-180-I-103 Rev. 4 22-180-I-106 Rev. 2	遮蔽 長期健全性	遮蔽解析に考慮している水素減損量の評価値の導出過程を追記すること。	2023/10/6	済	遮蔽解析では、質量減損率を密度全体に対して考慮しており、本中性子遮蔽材の水素の最低保証密度をもとに設定していることを追記した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 4)

# ヒアリングにおけるコメント管理票(4/8)

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
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すこと。	2023/5/12	済	補足説明資料16-1(22-180-I-101)：図9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MCNPで評価した仕様のみを記載し、その代表性(線源強度の検討による)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すこと。	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	遮蔽	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)
9	#2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	#3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	#3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	#3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	#3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	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	全般 (臨界防止)	「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	コメント拝承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	#4ヒアリング (2023/5/12)	同上	全般 (臨界防止)	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	済	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。	コメント回答資料(審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2) 補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev. 3)
13-4	#7ヒアリング (2023/7/21)	22-180-I-302 Rev. 2 22-180-I-102 Rev. 3	全般 (臨界防止)	No.13-3の回答を受けて、26体収納するTK-26型の体系での中性子実効増倍率にも影響がないと考えられる主旨の説明を臨界防止に関する補足説明資料に追記すること。	2023/8/29	済	今回行った燃料集合体4体の配列組合せによる中性子実効増倍率は、TK-26型の冠水状態の値とほぼ同等であり、26体収納はこれらの組合せであると言えることからTK-26型においてもこれらの燃料の相互作用による有意な影響はないと考えられる。	コメント回答資料(審査会合用) (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 3) 補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev. 4)



# ヒアリングにおけるコメント管理票(5/8)

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
13-5	#28審査会合 (2023/11/2)	22-180-I-P302 Rev.0 22-180-I-102 Rev.4	全般 (臨界防 止)	燃料集合体4体のパラメータサーベイ計算において、バスケット格子内の燃料配置の条件が、17×17燃料を冠水状態で26体収納した場合の条件と異なっている。この点の考え方について補足すること。	2023/11/22	済	両燃料間の相互作用の影響のみを評価するためこの配置条件に統一したことを追記した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev.5) 補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev.5)
13-6	#10ヒアリング (2023/11/22)	22-180-I-302 Rev.5 22-180-I-102 Rev.5	全般 (臨界防 止)	17×17燃料を冠水状態で26体収納した場合のバスケット格子内の燃料配置条件の違いによる影響が極僅かであり有意な差異ではないことを追記すること。	2023/12/19	本日回答	17×17燃料を冠水状態で26体収納した場合のバスケット格子内の燃料配置条件の違いによる影響が標準偏差の範囲内であり有意な差異でないことを追記した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev.6) 補足説明資料16-2 (22-180-I-102 Rev.6)
14-1	#3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	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev.1	全般 (除熱)	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	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev.1	全般 (除熱)	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間圧力監視装置、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。	-
15	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-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	コメント拝承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-I-202 Rev.1)
16	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-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-I-202 Rev.1)
17-1	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-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-I-202 Rev.1)
17-2	#4ヒアリング (2023/5/12)	同上	全般 (除熱)	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-I-104_R1)の別紙1の別添3に追加した。	補足説明資料16-4 (22-180-I-104 Rev.1)
18	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-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1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して行った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-I-102 Rev.1)



# ヒアリングにおけるコメント管理票(6/8)

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
19-1	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0 22-180-I-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。	コメント回答資料（審査会合用） (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 0) 補足説明資料16-4 (22-180-I-302 Rev. 2)
19-2	#4ヒアリング (2023/5/12)	22-180-I-202 Rev. 1	除熱	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いか検討すること。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ければ検討すること。	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。	コメント回答資料（審査会合用） (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 1)
20	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0 22-180-I-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	済	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（255℃）以下であることを確認した。	コメント回答資料（審査会合用） (22-180-I-P302 Rev. 0) コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 2) 補足説明資料16-4 (22-180-I-104 Rev. 3)
21-1	#3ヒアリング (2023/4/21)	22-180-I-202 Rev. 0 22-180-I-104 Rev. 0	全般 (除熱、長期健全性)	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。	2023/10/6	済	被覆管周方向応力を100MPa以下とするための対応方針を説明した。	被覆管周方向応力についてのPPT資料
21-2	#10ヒアリング (2023/11/22)	22-180-I-302 Rev. 5 22-180-I-106 Rev. 3	全般 (除熱、長期健全性)	被覆管の腐食厚さを考慮した現実的な条件についても、参考として追加すること。	2023/12/19	本日回答	被覆管の腐食厚さを考慮した現実的な条件で評価した結果でも100MPa以下を満足することを確認した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 6) 補足説明資料16-6 (22-180-I-106 Rev. 4)
21-3	#10ヒアリング (2023/11/22)	22-180-I-302 Rev. 5 22-180-I-106 Rev. 5	全般 (除熱、長期健全性)	被覆管応力の評価に用いた三次元モデルによる被覆管最高温度と除熱機能に関する補足説明資料で評価されている当該温度が異なるので、後者の評価温度を前者の評価温度に変更して当該温度の評価結果を整合させること。	2023/12/19	本日回答	除熱機能に関する補足説明資料の被覆管最高温度を三次元モデルの評価結果に変更した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 6) 補足説明資料16-6 (22-180-I-104 Rev. 6)
22	#4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	コメント拝承して表現を修正した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
23	#4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	コメント拝承して表現を修正した。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
26	#4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。	2023/5/29	済	添付回答資料参照。	概要PPT (22-180-I-202 Rev. 2)
27	#4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)

# ヒアリングにおけるコメント管理票(7/8)

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
28	#5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3.5m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3.5m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（審査会合用） 22-180-I-P202 Rev. 0
29	#5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（審査会合用） 22-180-I-P202 Rev. 0
30	#5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)
31-1	#6ヒアリング (2023/6/29)	22-180-I-203 Rev. 0 22-180-I-107 Rev. 0	アルミバスケット材	B-AL材の概要PPT資料で、TTP線図及びSLP線図の見方について、理解しやすいように説明を補足すること。	2023/8/29	済	当該PPT資料に説明を追加した。	概要PPT（審査会合用） (22-180-I-202 Rev. 1) B-AL材の概要PPT (22-180-I-203 Rev. 1)
31-2	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-203 Rev. 1	アルミバスケット材	文章の説明が図中のどの個所のことを記載しているの分かり難いので、それらの対応が分かるように整理すること。（例えば、p.7の3項目に記載の①と②とTTP線図の対応、p.9及びp.10の説明とSLP線図の対応、並びにp.9及びp.10の記載内容の対応（一部重複している））	2023/10/6	済	説明文と図との対応が分かるように修正した。	概要PPT（審査会合用） (22-180-I-202 Rev. 1) B-AL材の概要PPT (22-180-I-203 Rev. 2)
31-3	#9ヒアリング (2023/10/6)	22-180-I-203 Rev. 2	アルミバスケット材	p.8に記載の「Mg固溶強化の維持の観点では、Mg化合物が最も析出しやすい温度条件に対して評価すると、最大限に安全側の評価となる」の意味が分かり難いので見直すこと。	2023/11/2 審査会合用資料に反映	済	以下のとおり修正した。 「Mg固溶強化の維持の観点では、Mg化合物が最も析出しやすい温度条件で60年間保持すると、最大限に安全側の評価となる」	概要PPT（審査会合用） (22-180-I-202 Rev. 1) 概要PPT 22-180-I-P202 Rev. 0
32-1	#6ヒアリング (2023/6/29)	22-180-I-203 Rev. 0 22-180-I-107 Rev. 0	アルミバスケット材	Mg添加量が上限の1.4mass%の場合、設計貯蔵期間中に析出するかどうか検討し、もし、析出する場合は、析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。	2023/8/29	済	60年後に析出する可能性のあるMgの最大値は、0.1mass%と評価された。Mgを過剰に添加した試料の試験結果から、この析出物による機械的特性への影響がないと評価した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 3) 補足説明資料16-7 (22-180-I-107 Rev. 1)
32-2	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-302 Rev. 3	アルミバスケット材	試験データを150℃で代表しているが、補足説明資料と同様、125℃、175℃の試験データについても掲載すること。	2023/10/6	済	125℃、175℃の試験データについてもPPT資料に追加した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 4)
33-1	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-204 Rev. 0	自然現象	地震による損傷防止の設置許可基準規則への適合性の表で、伝熱フィン以外の部材については参考にする規格が参照されているが、伝熱フィンについてはその記載がない。伝熱フィンについても評価基準が分かるように記載すること。	2023/10/6	済	当該PPT資料に説明を追加した。	概要PPT（4条、5条、6条関連、審査会合用） (22-180-I-P204 Rev. 0) 概要PPT（4条、5条、6条関連） (22-180-I-204 Rev. 1)
33-2	#9ヒアリング (2023/10/6)	22-180-I-204 Rev. 1	自然現象	p.9の同じ表中で、外筒と伝熱フィン共に設計・建設規格を参考にしていることが別々に記載しているが、この違いの意味することが資料中で分かるようにすること。	2023/11/2 審査会合用資料に反映	済	当該PPT資料のp.12の表4-2で、伝熱フィンの基準値が0.45Suであることを追加し、外筒のそれと対比できるように見直した。	概要PPT（4条、5条、6条関連、審査会合用） (22-180-I-P204 Rev. 0)

# ヒアリングにおけるコメント管理票(8/8)

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
34	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-204 Rev. 0	自然現象	下部トラニオン及びその接続部（めねじ部）の評価結果は、評価部位を省略せず全てPPT資料に記載すること。	2023/10/6	済	当該PPT資料に全ての評価結果を記載した。	概要PPT（4条、5条、6条関連、審査会合用） (22-180-I-P204 Rev. 0) 概要PPT（4条、5条、6条関連） (22-180-I-204 Rev. 1)
35	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-204 Rev. 0 22-180-I-109 Rev. 0 22-180-I-110 Rev. 0	自然現象	津波による損傷防止、及び外部からの衝撃による損傷防止に関する資料に記載の設計荷重及び竜巻荷重の値が申請書の記載値と異なっている。この記載値について確認すること。	2023/10/6	済	設計荷重については申請書が正であり、補足説明資料を修正した。また、竜巻荷重については、申請書では、飛来物の衝撃荷重のみを記載していたが、補足説明資料では、飛来物の衝撃荷重に風圧による荷重を加算している。申請書の記載は今後補正申請において記載の適正化を行うこととする。	概要PPT（4条、5条、6条関連、審査会合用） (22-180-I-P204 Rev. 0) 概要PPT（4条、5条、6条関連） (22-180-I-204 Rev. 1) 補足説明資料5-1 (22-180-I-109 Rev. 1) 補足説明資料6-1 (22-180-I-110 Rev. 1)
36-1	#8ヒアリング (2023/8/29)	22-180-I-204 Rev. 0 22-180-I-108 Rev. 0	自然現象	地震による損傷防止に関する資料で、下部トラニオンめねじ部の支圧評価を追加すること。	2023/10/6	済	下部トラニオンの支圧評価を追加した。	(22-180-I-P204 Rev. 0) 概要PPT（4条、5条、6条関連） (22-180-I-204 Rev. 1) 補足説明資料4-1 (22-180-I-108 Rev. 1)
36-2	#9ヒアリング (2023/10/6)	22-180-I-108 Rev. 1	自然現象	下部トラニオンのめねじ側のねじ山の部分に支圧応力が作用するのではないか？支圧応力の評価の要否含めて検討すること。	2023/11/22	済	めねじ側のねじ山の部分に作用する応力評価は支圧ではなく圧縮応力による評価が妥当と考えられるため、圧縮応力の評価で構造健全性に問題ないことを確認した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 5)
37	#9ヒアリング (2023/10/6)	22-180-I-204 Rev. 0 22-180-I-108 Rev. 0	自然現象	トラニオンの評価断面の図が見づらいので適宜見直しすること。	2023/11/2 審査会合用 資料に反映	済	トラニオンの評価断面を示す破線をトラニオン本体まで延ばした。また、マスキング枠を大きく全体を囲むことで図を見やすくした。	概要PPT（4条、5条、6条関連、審査会合用） (22-180-I-P204 Rev. 0) 概要PPT（4条、5条、6条関連） (22-180-I-204 Rev. 1) 補足説明資料4-1 (22-180-I-108 Rev. 1)
38	#10ヒアリング (2023/11/22)	22-180-I-302 Rev. 5	—	被覆管応力が100MPa以下を満足できないこととなった事象についての是正処置の内容を具体的に記載すること。	2023/12/19	本日回答	是正処置の内容を具体的を追記した。	コメント回答資料 (22-180-I-302 Rev. 6)

(審査会合コメント:No.7)

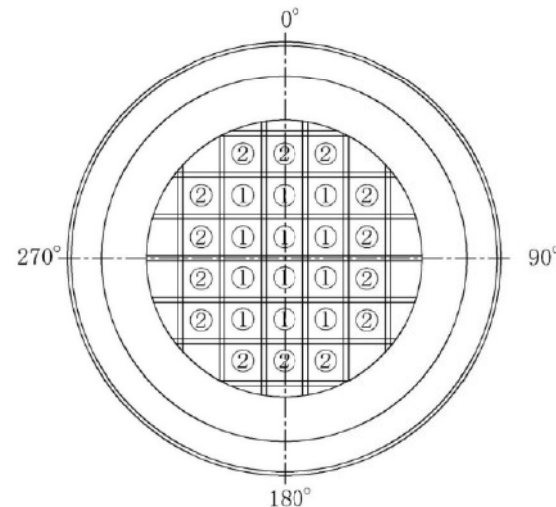
被覆管応力が100MPa以下を満足する条件と評価結果を示すこと。その際の評価条件は、除熱解析条件と整合性を図ること。

(回答1/7)

### 1. 発熱量制限の設定

使用済燃料集合体をTK-26型に収納するにあたり、15×15燃料のみを収納する場合、又は、17×17燃料及び15×15燃料を混載する場合、燃料の発熱量を以下のとおり制限する。なお、17×17燃料のみを収納する場合は、補足説明資料16-4の発熱量と同じである。

- 特定兼用キャスク1基当たりの発熱量: 以下
- 中央部(①)に収納する燃料の発熱量 以下
- 外周部(②)に収納する燃料の発熱量 以下



- ①: 燃焼度が48,000MWd/t以下(17×17燃料)、又は、47,000MWd/t以下(15×15燃料)の使用済燃料集合体の収納位置
- ②: 燃焼度が44,000MWd/t以下(17×17燃料)、又は、43,000MWd/t以下(15×15燃料)の使用済燃料集合体の収納位置

図7-1 燃料の収納条件



## (回答2/7)

## 2. 被覆管の内圧評価

被覆管の内圧は、TK-26型の三次元モデルによる熱解析の結果を用いて以下の方法で評価した。

- (1) 三次元モデルによる熱解析の結果から、最も温度が高くなるバスケット中央部に収納されている燃料集合体の軸方向温度を抽出する。
- (2) 燃料集合体の軸方向①～⑦の断面において(表7-1参照)、その周囲のバスケット格子材の温度を抽出する。
- (3) 上記(2)バスケット格子材の温度を境界条件として、燃料集合体モデルにより被覆管の最高温度を評価する。
- (4) 燃料集合体の各断面における被覆管最高温度を基にして、上記(1)で求めた燃料集合体の軸方向温度分布に合わせて、燃料有効部  及び上部プレナム部  の温度をそれぞれ求める。
- (5) 上記(4)で求めた各領域(i)の温度( $T_i$ )と被覆管内空間体積( $V_i$ )から平均内圧( $P_a$ )を以下の式により求める。

$$P_a = (P_0 \cdot V_0 / T_0) / \sum (V_i / T_i)$$

ここで、

$P_0$ : 初期内圧 (MPa)

$V_0$ : 被覆管内空間体積 ( $\text{mm}^3$ )

$T_0$ : 初期温度 (K)

$V_i$ : 領域iの被覆管内空間体積 ( $\text{mm}^3$ )

$T_i$ : 領域iの被覆管温度 (K)

表7-1 バスケット格子材の温度抽出位置

評価位置

(回答3/7)

### 3. 被覆管の周方向応力評価

#### (1)公称応力

燃料被覆管の周方向応力( $\sigma$ )は、以下に示す薄肉円筒の周方向応力評価式を用いて公称応力条件<sup>(注)</sup>で評価した。また、保守的に被覆管の肉厚が小さいA型燃料で代表して評価した。

$$\sigma = P_a \cdot D_a / 2t$$

ここで、

$P_a$ : 被覆管内圧(MPa)

$D_a$ : 被覆管平均径(mm)

$t$ : 被覆管厚さ(mm)

公称応力条件における被覆管の平均内圧( $P_a$ ) の評価条件及び結果、被覆管周方向応力( $\sigma$ )の評価条件及び結果を、表7-2及び表7-3にそれぞれ示す。表7-3に示すとおり、被覆管周方向応力は100MPa以下であることを確認した。

(注)公称応力とは、被覆管の腐食を考慮しない初期厚さで評価した周方向応力のことであり、参考文献(1)で水素化物再配向による機械的特性が低下しない条件として、周方向応力が公称応力で100MPa以下と評価されている。

(回答4/7)  
(1)公称応力(続き)

表7-2 被覆管内圧の評価条件及び結果(公称応力)

項目	記号(単位)	17×17燃料	15×15燃料	備考
発熱量				17×17燃料:PFを考慮したA型燃料の発熱量
初期内圧				15×15燃料:PFを考慮した制限発熱量
初期温度				供用中のサイクル末期における燃料棒内圧
被覆管内空間体積				供用中定格出力時の被覆管表面温度
初期条件による定数				上部プレナム部及び燃料有効部の合計
$\Sigma(V_i/T_i)$				$P_0 \cdot V_0 = nRT_0$ より、 $nR = P_0 \cdot V_0 / T_0$
被覆管内圧				$P_a = nR / \Sigma(V_i/T_i)$

表7-3 被覆管の周方向応力の評価条件及び結果(公称応力)

	記号(単位)	17×17燃料	15×15燃料	備考	
被覆管内圧	$P_a$ (MPa)				
被覆管最高温度(参考)	$T_{max}$ (°C)				
被覆管厚さ	t (mm)				
被覆管外径	$D_o$ (mm)				A型燃料の条件
被覆管内径	$D_i$ (mm)				
被覆管平均径	$D_a$ (mm)				$D_a = (D_o + D_i) / 2$
被覆管周方向応力	$\sigma$ (MPa)	88.4	99.2	$\sigma = P_a \cdot D_a / 2t$	
制限値	(MPa)	100以下		参考文献(1)による設定値	

(回答5/7)

## (2)現実的な応力(参考)

前記(1)の公称応力に加えて、現実的な条件として被覆管の腐食減肉を考慮した場合の被覆管周方向応力についても参考に評価した。この評価で用いる被覆管の内圧は、燃料集合体の発熱量としてピーキングファクターの保守性を合理化した条件で評価した。

被覆管の腐食量については、参考文献(1)で評価されている48GWd/t燃料の公称応力と腐食を考慮した補正応力の比率の平均値に標準偏差の3倍を考慮して求めた腐食率(初期厚さに対する腐食厚さの比率)として7.5%と設定した。

また、参考文献(2)には、原子炉内から特定兼用キャスク貯蔵状態への環境変化により使用済燃料の温度が低下することで被覆管の内部空間が増加し、それに伴う周方向応力の低下に関する補正係数が0.95と設定されている。本評価ではこの補正係数を用いて現実的な応力を評価した。

現実的な条件における被覆管の平均内圧の評価条件及び結果、被覆管の周方向応力の評価条件及び結果を、表7-4及び表7-5にそれぞれ示す。表7-5に示すとおり、被覆管の周方向応力が100MPa以下を満足していることを確認した。

### <参考文献>

(1)(独)原子力安全基盤機構、「平成18年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(貯蔵燃料長期健全性等確証試験に関する試験最終成果報告書)」、(2007)

(2) I. S. Levy et.al., “Recommended Temperature Limits for Dry Storage of Spent Light Water Reactor Zircaloy-clad Fuel Rods in Inert gas”, Pacific Northwest Laboratory, PNL-6189 (DE87 011996), (1987)



表7-4 被覆管内圧の評価条件及び結果(現実的な応力(参考))

項目	記号(単位)	17×17燃料	15×15燃料	備考
発熱量	Q(kW/体)			17×17燃料:PFを考慮したA型燃料の発熱量 15×15燃料:PFを考慮した制限発熱量
初期内圧	$P_0$ (MPa)			供用中のサイクル末期における燃料棒内圧
初期温度	$T_0$ (°C)			供用中定格出力時の被覆管表面温度
被覆管内空間体積	$V_0$ (mm <sup>3</sup> )			上部プレナム部及び燃料有効部の合計
初期条件による定数	nR (mJ/K)			$P_0 \cdot V_0 = nRT_0$ より、 $nR = P_0 \cdot V_0 / T_0$
$\Sigma(V_i/T_i)$	$\Sigma(V_i/T_i)$ (mm <sup>3</sup> /K)			
被覆管内圧	$P_a$ (MPa)			$P_a = nR / \Sigma(V_i/T_i)$

表7-5 被覆管の周方向応力の評価条件及び結果(現実的な応力(参考))

項目	記号(単位)	17×17燃料	15×15燃料	備考
被覆管内圧	$P_a$ (MPa)			A型燃料の条件
被覆管最高温度(参考)	T (°C)			
被覆管初期厚さ	$t_0$ (mm)			
被覆管初期外径	$D_0$ (mm)			
被覆管の腐食率	$\alpha$ (%)	7.5	7.5	(注)
被覆管腐食減肉厚さ	$\Delta t$ (mm)			$\Delta t = t_0 \times \alpha / 100$
被覆管厚さ(減肉後)	$t'$ (mm)			$t' = t_0 - \Delta t$
被覆管外径(減肉後)	$D_0'$ (mm)			$D_0' = D_0 - 2\Delta t$
被覆管内径	$D_i$ (mm)			$D_i = D_0' - 2t'$
被覆管平均径(減肉後)	$D_a$ (mm)			$D_a = (D_0' + D_i) / 2$
補正係数	a(-)	0.95	0.95	原子炉内から貯蔵状態への温度低下に伴う周方向応力の低下に関する補正係数 <sup>(2)</sup>
被覆管周方向応力	$\sigma$ (MPa)	87.9	99.1	$\sigma = a \cdot P_a \cdot D_a / 2t'$

(注)参考文献(1)の48GWd/t燃料の公称応力と補正応力の比率の平均値に標準偏差の3倍を考慮して求めた初期厚さに対する腐食厚さの比率

(審査会合コメント:No.8)

被覆管応力が100MPa以下を満足できないこととなった事象について、原因、QMS上の対策、水平展開について説明すること。

(回答)

(1)発生事象

被覆管応力の計算条件である初期内圧の設定が適切でないことが分かり、正しい条件で評価した結果、15×15燃料について、制限値である100MPa以下を満足できないことが判明した。

(2)発生原因

被覆管の初期内圧条件は外部から提示を受けているが、その条件が当初提示された条件から後に改訂された。本初期内圧条件を設計・開発文書として識別し管理していなかったため、後に初期内圧条件が改訂されたことに気づけず、被覆管応力の評価見直しができなかった。

(3)対処

制限値である100MPa以下を満足できるように、15×15燃料を収納する場合の設計条件を見直しする。

(4)水平展開(類似の不適合の有無)

本件以外の評価条件について、外部から提示された設計条件が正しく設定されていることを確認した。なお、TK-26型はサイト外貯蔵容器としての型式証明を取得しているが、設計は本申請容器と全く同じであるため今回の不適合に関する対処をとる。

(5)是正処置

設計管理に関する社内規程に、外部から提示された設計条件を設計・開発文書として発行する等、確実に識別し管理することを明記し改訂する(※)。また、本件事象の不適合報告及び是正処置について、社内関係者に対し周知徹底する。

(※)具体的には以下のとおり管理する。

- 外部から提示された設計条件を設計・開発文書として社内文書と同様に文書番号台帳に登録して管理する。
- 上記文書が改訂された場合は、改訂履歴欄に変更内容を記載すると共に、文書番号台帳に反映して管理する。
- 上記文書の作成及び改訂の際、作成、審査、承認の発行手順をとる。



(ヒアリングコメント No.5-8)

参考文献に関する説明で「測定N数」という用語が分かり難いので平易な表現に見直しすること。

(回答)

一般的に中性子レムカウンターは、メーカー及び製品毎に形状が異なり、有感部までの距離や検出器の角度依存性の影響を受ける。

TN12/2型輸送キャスクに関する参考文献(1)において、応答の角度依存性及びサイズの影響により、それぞれ10%程度ずつ容器表面の測定値が低く計測されると考察されているが、容器表面における解析結果は測定値に対して、概ね20%程度、又はそれ以上に上回っており、その影響は、解析条件の保守性に包含される。

測定の再現性(誤差)については、参考文献(1)の実測値は、測定回数2回のばらつきを含め、線量当量率分布の傾向が概ね一致しており、解析値が実測値を上回っていることが確認されている。

また、参考文献(2)において、NFT-38B型及びNFT-14P型輸送容器のベンチマーク解析ではレムカウンターのサイズの影響を考慮した計算結果と実施値の比較が行われている。その解析結果は、測定値の線量当量率分布の傾向と概ね一致していることが確認されている。

上記の内容を補足説明資料16-3 遮蔽機能に関する説明資料に追記した。

(1)H. Taniuchi, and F. Matsuda, “Dose rate measurements and calculation of TN-12/2 packages”, Nuclear Technology, Vol.127, pp.88-101, (1999)

(2)一般社団法人日本原子力学会, 「モンテカルロ法による放射性物質輸送容器の遮蔽安全評価手法の高度化 平成23年度報告書」, (2012)



(ヒアリングコメント No.13-6)

17×17燃料を冠水状態で26体収納した場合のバスケット格子内の燃料配置条件の違いによる影響が極僅かであり有意な差異ではないことを追記すること。

(回答)

今回実施したパラメータサーベイ計算では、バスケット格子内の燃料配置条件を中心偏向配置としている。一方、17×17燃料が26体収納された場合の冠水状態の評価条件では、燃料集合体のバスケット格子内における配置が格子中央配置としている(注)。これは、本パラメータ計算では、17×17燃料及び15×15燃料間の相互作用の影響のみを評価するため、本評価体系で反応度が高くなる中心偏向配置に統一したものである。

(注)17×17燃料が26体収納された場合の冠水状態の評価条件における燃料集合体のバスケット格子内における配置(中心偏向と格子中央)の違いによる中性子実効増倍率の差は0.00031であり、標準偏差(0.00043)の範囲内であることから有意な差異ではない。

上記の内容を補足説明資料16-2 臨界防止機能に関する説明資料に追記した。