

MSF-21P型/MSF-24P型核燃料輸送物の核燃料輸送物設計変更承認申請に係るコメントへの回答について

本資料は、MSF-21P型/MSF-24P型核燃料輸送物の核燃料輸送物設計変更承認申請に関するヒアリングにて受けたコメント及びその回答をまとめたものである。
以下、表1にヒアリングにて受けたコメント及びその回答を記載する。

表1 MSF-21P型/MSF-24P型核燃料輸送物の核燃料輸送物の核燃料輸送物設計変更承認申請のヒアリングにて受けたコメント及び回答一覧

No.	該当箇所		ヒアリングでのコメント	回答	修正の 要否
	MSF-21P	MSF-24P			
1	本文	本文	本文の記載を修正すること。 ・3. 変更内容の1つ目の○について、「設計承認申請書」の後に申請日付/文書番号（補正申請も）の追記 ・3. 変更内容の2つ目の○について、申請書名のカッコ書き不要	左記の通り本文の記載を修正する。	要
2	別記-1～2	別記-1～2	本文別記の記載を修正すること。 ・別記-1の右上に「別記」の付記 ・2.(5)は「輸送容器の概略を示す図」と記載 ・2.(5)について、「設計変更承認申請書」の後に申請日付/文書番号の追記。 また、「以下、申請書という」旨を追記 ・10. は-40℃で確認されていない主旨で記載	左記の通り本文別記の記載を修正する。	要
3	別記-5～6	別記-5	バーナブルポイズンも収納物の1つであることから、添付表-1にバーナブルポイズンを収納することを明確化すること。 また、集合体重量とバーナブルポイズン重量を分けて記載すること。	添付表-1の注記に、バーナブルポイズンを収納すること及びバーナブルポイズンの重量を記載する。 【別添1参照】	要
4	(p)-B-4 ～5	(p)-B-4 ～5	熱解析と参考章において、木材の密度の記載値に差があるため整合をとること。 (解析で用いた仕様を優先すること)	熱解析と参考章における木材の密度は、相違の理由があり、記載はそのままとする。 【別添2参照】	否
5	—	—	⇒他に同様の不整合があれば修正すること。	問題がある不整合はないため、記載はそのままとする。 【別添3参照】	否
6	(p)-D-15	(p)-D-14	遮蔽解析モデルは用いている二次元軸対称モデルの制約から領域を均質化しているとのことであるが、均質化する理由とその保守性（径方向及び軸方向）を追記すること。	遮蔽解析モデルにおいて領域を均質化している理由及び保守性について追記する。 【別添4参照】	要
7	(p)-F全般	(p)-F全般	経年劣化評価に関する記載については至近の認可事例の記載に合わせた上で、特に疲労評価については(ロ)-Fに使用期間中の影響評価を記載すること。	経年劣化評価に関する記載を至近の認可事例に合わせた記載とし、疲労評価については使用期間中の影響評価を記載する。 【別添5参照】	要

枠囲みの内容は、商業機密の観点から公開できません。

No.	該当箇所		ヒアリングでのコメント	回答	修正の 要否
	MSF-21P	MSF-24P			
8	(ロ)-F 全般	(ロ)-F 全般	ドレンパイプのパッキン(ゴム)は燃料装荷後の排水時のみに機能を期待しているとのことだが、そのパッキン(ゴム)が劣化しても、運用に支障が生じないことを説明すること。	別添6に回答を示す。	—
9	(ロ)-F-14	(ロ)-F-14	先行認可事例で、事業者の宿題となった木材の高温による経年劣化に関する知見の充実に関し、期間も経過していることから現在の状況及び今後の計画を説明すること。	別添7に回答を示す。	—
10	(ロ)-F-15, 17	(ロ)-F-15, 17	経年変化の考慮においては他の機能への悪影響のないことの確認もあることから、膨張吸収材に使用する材料を明示すること。	「(イ)-第C.1表 材質」に記載するような直接的に安全解析に関わる部材ではないことから、具体名称は記載しない。 【別添8参照】	否
11	(ハ)-8~9	(ハ)-8~9	発送前検査の判定基準は、一部については検査要領書にて明記することとなっており数値が記載されていないが、記載可能な判定基準値は明示すること。	発送前検査の判定基準について、記載可能な判定基準値を追記する。 【別添9参照】	要
12	(ハ)-14	(ハ)-14	貯蔵期間中の温度範囲を確認しないと、発送前検査において収納物の健全性評価ができないことから、貯蔵期間中検査(貯蔵機能維持検査)における熱検査の判定基準を明示すること。	表面温度検査の合格基準に貯蔵時最高温度条件の場合の外筒表面温度を追記する。 【別添10参照】	要
13	(ハ)-14, 16, 19	(ハ)-14, 16, 19	貯蔵中の遮蔽検査及び熱検査を代表キャスクにて実施することになっているが、代表キャスクを用いることの妥当性を説明すること。	別添11に回答を示す。	—
14	(参)-A-7	(参)-A-7	材料の妥当性を確認することから、伝熱フィンの質別記号を明示すること。質別記号を明示しない場合は仕様値を規定すること。	伝熱フィンに採用している純銅(C1020)の熱伝導率は形状や等級に影響されず、また、形状や等級に続けて定義する機械的性質に係る質別記号も熱伝導率に影響しないため記号は省いている。そのため、記載はそのままとする。 【別添12参照】	否
15	(参)-A-8	(参)-A-8	材料の妥当性を確認することから、金属ガスケットの製品名を明示すること。製品名を明示しない場合は仕様値を規定すること。	金属ガスケットの仕様値(許容漏えい率: $1.0 \times 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下)を追記する。 【別添13参照】	要
16	(参)-B-2	(参)-B-2	容器承認にて代表号機の妥当性確認が出来ない事態にならないよう、代表キャスクに対する伝熱試験でキャスク性能が担保できることを説明すること。または注記を削除し元の記載に戻すこと。	別添14に回答を示す。	否

【コメント 3】

バーナブルポイズンも収納物の1つであることから、添付表-1 にバーナブルポイズンを収納することを明確化すること。

また、集合体重量とバーナブルポイズン重量を分けて記載すること。

回答

拝承。表中の注記の記載を以下の通り見直す。(MSF-24P 型の例を示す。)

表 収納する核燃料物質等の種類、性状、重量及び放射能の量

燃料集合体の種類と形式		中央部 ^(注1)				外周部 ^(注1)			
		17×17 燃料							
		48,000Mwd/t 型		39,000Mwd/t 型		48,000Mwd/t 型		39,000Mwd/t 型	
		A型	B型	A型	B型	A型	B型	A型	B型
項目									
種類		軽水炉 (PWR) 使用済燃料 ^(注2)							
性状		固体 (二酸化ウラン粉末焼結体)							
燃料集合体1体の仕様	集合体重量 (kg 以下)	680							
	ウラン重量 (kg 以下)	□							
	放射能の量 (収納物平均) (PBq 以下)	□							
	初期濃縮度 (wt%以下)	4.2		3.7		4.2		3.7	
	最高燃焼度 (MWd/t 以下)	□							
	冷却日数 (日以上)	□							
輸送容器1基当たりの仕様	収納体数 ^(注1) (体以下)	12				12			
		24							
	平均燃焼度 (MWd/t 以下)	□							
	放射能の量 ^(注3) (PBq 以下)	□							
	最大崩壊熱量 (kW 以下)	15.8							
収納物重量 (トン以下)	16.7 ^(注4)								

- (注 1) 燃料集合体は添付図-2 に示すとおり収納位置が制限される。また、バーナブルポイズン集合体を挿入した燃料集合体の収納位置は中央部に制限される。
- (注 2) 表面から 1 メートルの距離における空気吸収線量率は 1 グレイを超える。
- (注 3) 主要な核種は次のとおりである。

主要な核種	放射能強度 (PBq)
Cs-137	[]
Ba-137m	
Sr-90	
Y-90	
Eu-154	

- (注 4) 収納物重量は、燃料集合体及びバーナブルポイズン集合体 (約 [] kg) の合計値である。(バーナブルポイズン集合体：約 [] kg/体)

【コメント 4】

熱解析と参考章において、木材の密度の記載値に差があるため整合をとること。
(解析で用いた仕様を優先すること)

回答

木材密度の記載値が相違する理由を以下及び表 1 に示す。

熱解析で示した木材の密度は、「A. 5. 3 自由落下」、「A. 6. 1 強度試験・落下試験 I (9 m 落下時)」並びに「A. 10. 4 緩衝材低温時の強度評価」で示した緩衝材の圧潰特性 ((□)-第 A. 20 図、(□)-第 A. 21 図、(□)-第 A. 22 図) や温度と温度係数の関係 ((□)-第 A. 60 図、(□)-第 A. 61 図、(□)-第 A. 62 図) を取得した木材要素試験に適用した素材の密度の平均値である (表 2 参照)。

一方で、参考章で示した木材の密度は、木材要素試験を含め、「A. 10. 1 MSF キャスクの落下試験」に供した落下試験モデル用の緩衝材の素材購入実績を考慮した素材購入条件である。

以上より、熱解析と参考章における記載はそのままとする。

表 1 木材密度の記載値の相違の理由

材料名	(□)章B 熱解析 [kg/m ³]	参考 輸送容器の製作の方法 の概要に関する説明 [g/cm ³]	購入実績を考慮した 素材購入条件 ^{注1)} [g/cm ³]
[Redacted]			

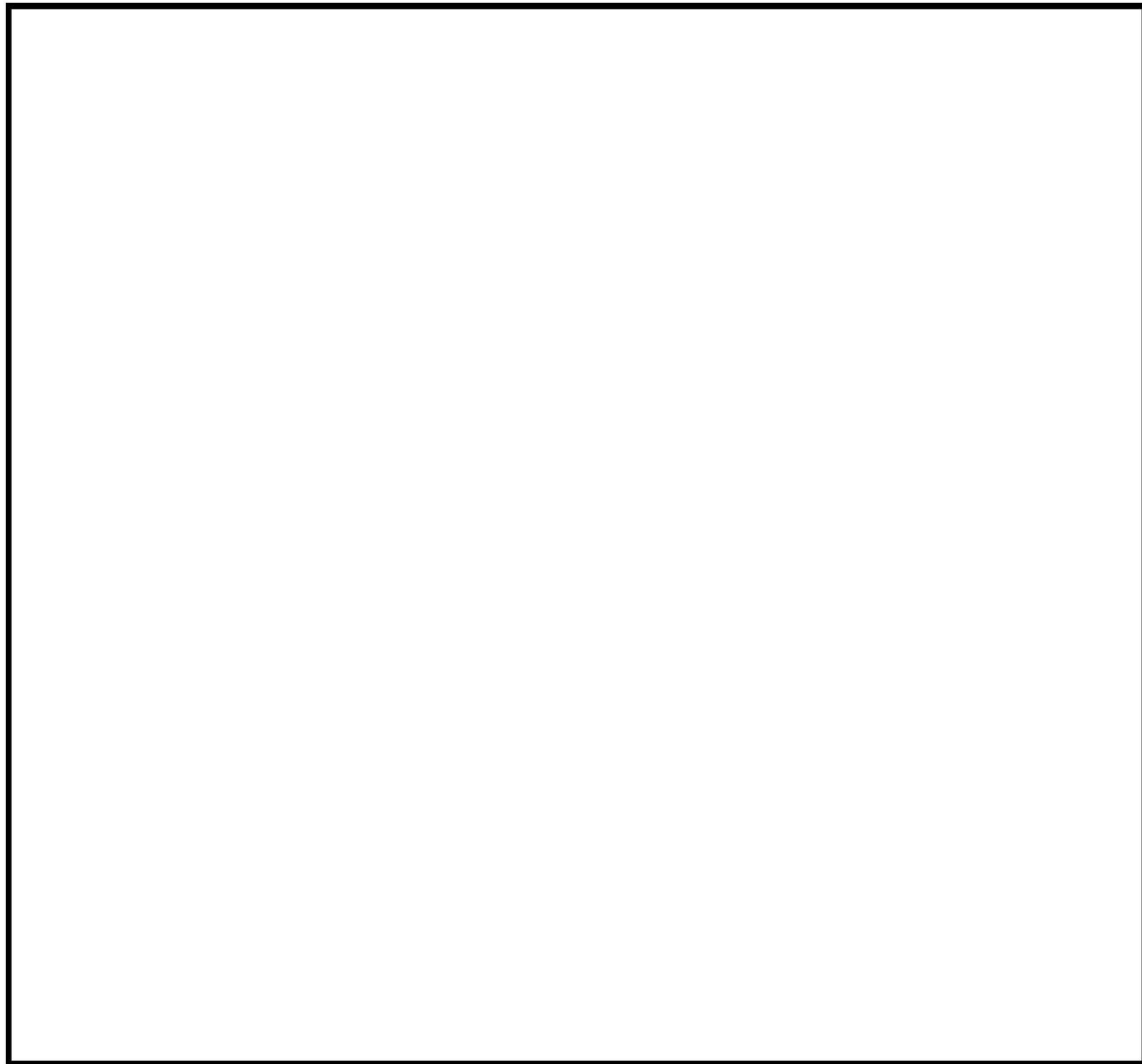
注 1) 木材要素試験及び落下試験モデルに適用した緩衝材の素材。

注 2) 木材要素試験に適用した素材の密度の平均値。

表 2 木材要素試験用素材の平均密度

材料名	(口)章B 熱解析 [kg/m ³]	木材要素試験用 素材の平均密度 [kg/m ³]
[Empty Table Body]		

注 1 : [Empty Box]



【コメント 5】

他に同様の不整合があれば修正すること。

回答

確認の結果、熱解析、遮蔽解析及び臨界解析において、表に示す通り一部の金属材料で製造時のばらつきを考慮し解析結果が保守的になるよう密度を文献値より小さい値で設定しているものや、2つの文献値より算出される二酸化ウランの密度で解析毎の特性を考慮して有効桁数を整理した（切り捨てた）ことによる差異が見られたが、記載している数値に問題は無かった。

以上より記載はそのままとする。

表 解析間の数値差異について

材料名	(ロ)章B 熱解析記載値 (kg/m ³)	(ロ)章D 遮蔽解析記載値 (g/cm ³)	(ロ)章E 臨界解析記載値 (g/cm ³)	相違の理由
炭素鋼	7.85×10 ³	[Redacted]	[Redacted]	遮蔽解析及び臨界解析 における最小密度の考 慮
ステンレス鋼	7.92×10 ³			
トラニオン	7.75×10 ³			
レジン	1.67×10 ³ (注1)			
アルミニウム合金	2.72×10 ³			
インコネル	8.25×10 ³			
二酸化ウラン	[Redacted]		[Redacted]	算出値に対し有効桁数を 整理 (注2) (算出値 : [Redacted])

(注1) : 参考章 輸送容器の製作の方法の概要に関する説明の記載値 : [Redacted] (g/cm³)

(注2) : 熱解析 : 他物性と同じ小数点以下2桁に切り捨て

遮蔽解析 : 55G 燃料の密度を保守側に 48G 燃料と同じ小数点以下3桁に切り捨て

臨界解析 : 切り捨てなし

【コメント 6】

遮蔽解析モデルは用いている二次元軸対称モデルの制約から領域を均質化しているとのことであるが、均質化する理由とその保守性（径方向及び軸方向）を追記すること。

回答

遮蔽解析における二次元(R-Z)モデルで採用している均質化モデルの妥当性について、以下主旨の補足説明を付属資料に追記する。(MSF-24P 型の例を示す)。

(1) 径方向

二次元輸送計算コードでのモデル化の制約上、円筒形状での入力となるため、燃料領域については等価な断面積となる円（円筒）でモデル化し、使用済燃料集合体とバスケットを均質化した物性値を設定している。バスケット外周部は、円周方向に不均一な厚さとなっており、バスケット外周部の密度を密度係数で調整している(図 1)。

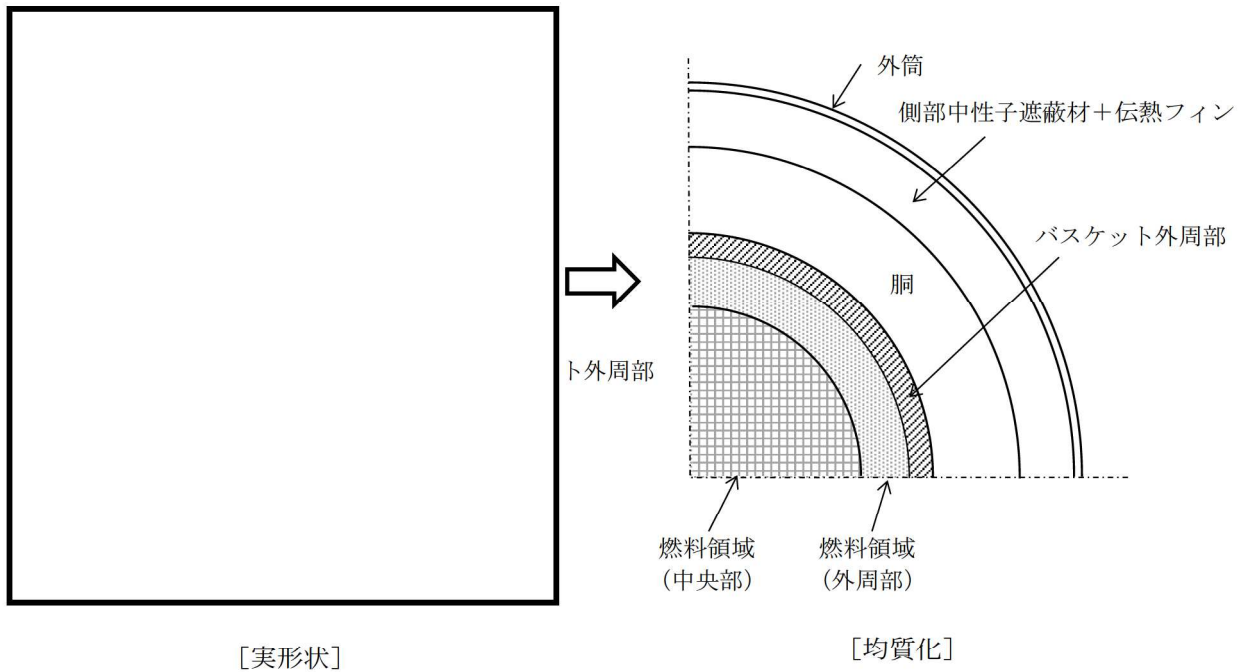
円筒形状での均質化にあたって、水平断面 X-Y モデルにて円周方向の表面から 1 m 離れた位置での最大線量当量率を算出し、円周方向の最大線量当量率を包絡するよう、均質化円筒モデルの密度係数を設定している(図 2)。この密度係数を遮蔽解析で用いることで、実形状の最大線量当量率を包絡する結果を得ることができるため、径方向に対する均質化モデルは妥当である。

(2) 軸方向

二次元輸送計算コードでのモデル化の制約上、燃料集合体領域を軸方向に複数の領域に分けて均質化している。参考文献*)では、MSF-24P(S)型を対象に、燃料集合体ごとにモデル化（以下、「詳細モデル」という。）し、三次元モンテカルロコード MCNP5 を用いて軸方向の線量当量率を評価した結果と本モデルと同様の均質化モデルに対して二次元輸送計算コードで軸方向の線量当量率を評価した結果の比較が図 3 のとおり示されている。比較の結果、均質化モデルと詳細モデルは同等であり、均質化モデルは妥当である。

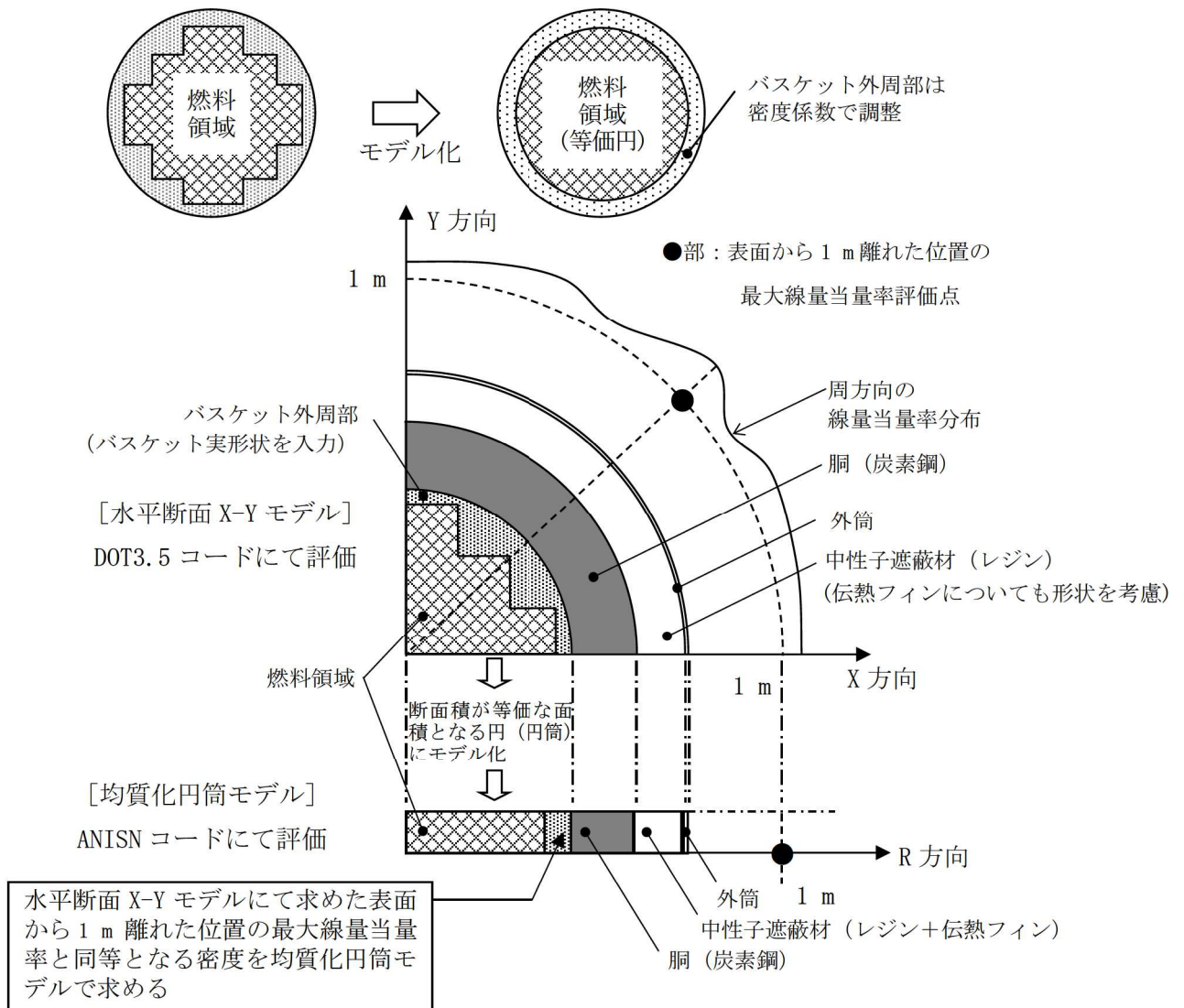
なお、本遮蔽解析でのモデルは、蓋部方向付近の線源であるバーナブルポイズン集合体は放射化線源強度のみを考慮して、構造材としての遮蔽効果は無視しているため保守的な設定となっていること、及び、線源位置についても、(甲)-第 D.1 図に示すとおり、使用済燃料集合体は蓋部及び底部に接した状態でのモデルとしており、線源である使用済燃料集合体から線量当量率評価点までの距離が近い保守的なモデルとなっている。

*) 三菱重工業株式会社、「補足説明資料 26-2 26 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備遮蔽機能に関する説明資料」、L5-95KV262R6、2023 年 4 月 3 日



遮蔽解析モデルへの入力
 二次元モデルの解析では、円筒形状での入力となるため、燃料領域の断面積と等価な面積となる円（円筒）にモデル化している。その際、燃料領域は使用済燃料集合体とバスケットを均質化した物性値を設定した。

図1 燃料領域のモデル化（水平断面）



バスケット外周部の均質化

バスケット外周部は円周方向に不均一な厚さとなっている構造であることから、本体モデルでは下記に示す手法により、バスケット外周部の密度を設定している。

(i) 水平断面 X-Y モデル遮蔽解析

水平断面 X-Y モデルによる表面から 1 m 離れた位置での最大線量当量率を算出する。

※算出位置を表面から 1 m 離れた位置としているのは、表面位置に比べ、基準線量当量率に対する裕度が少ないためである。

(ii) 均質化円筒モデル遮蔽解析

均質化モデルにて、表面から 1 m 離れた位置での線量当量率が (i) で算出した最大線量当量率と同等となるバスケット外周部の密度係数を算出する。

(ii) にて算出したバスケット外周部の密度係数を用いることで、実形状の最大線量当量率を包絡する結果を得ることができる。

図 2 燃料領域及び側部中性子遮蔽材と伝熱フィン領域のモデル化の詳細

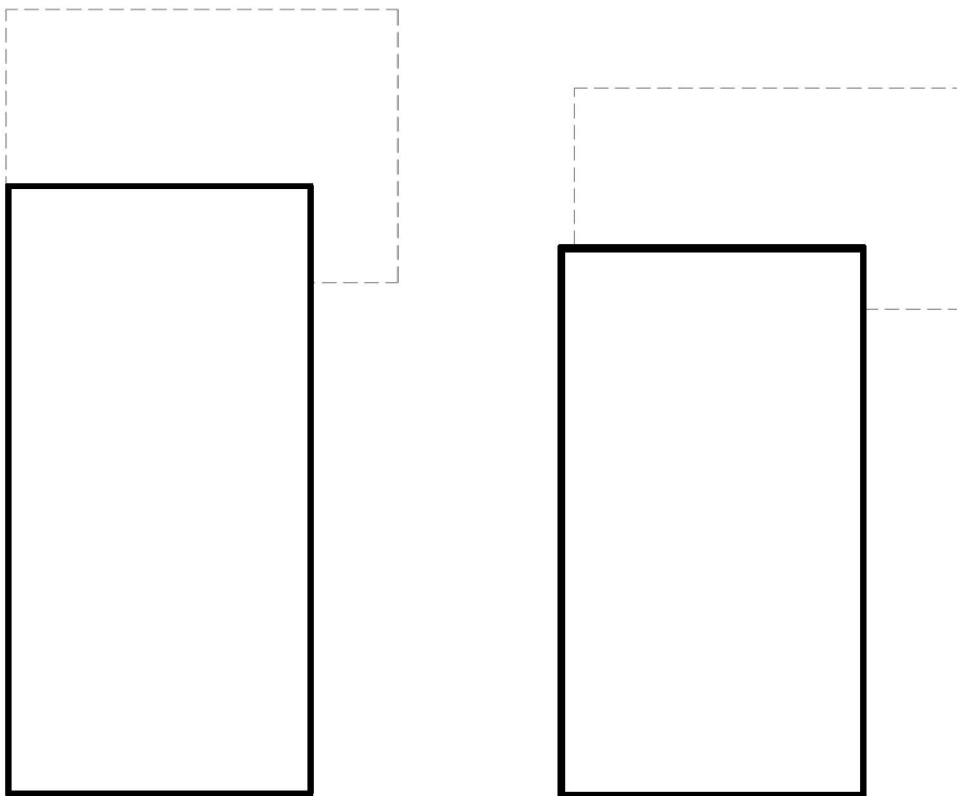
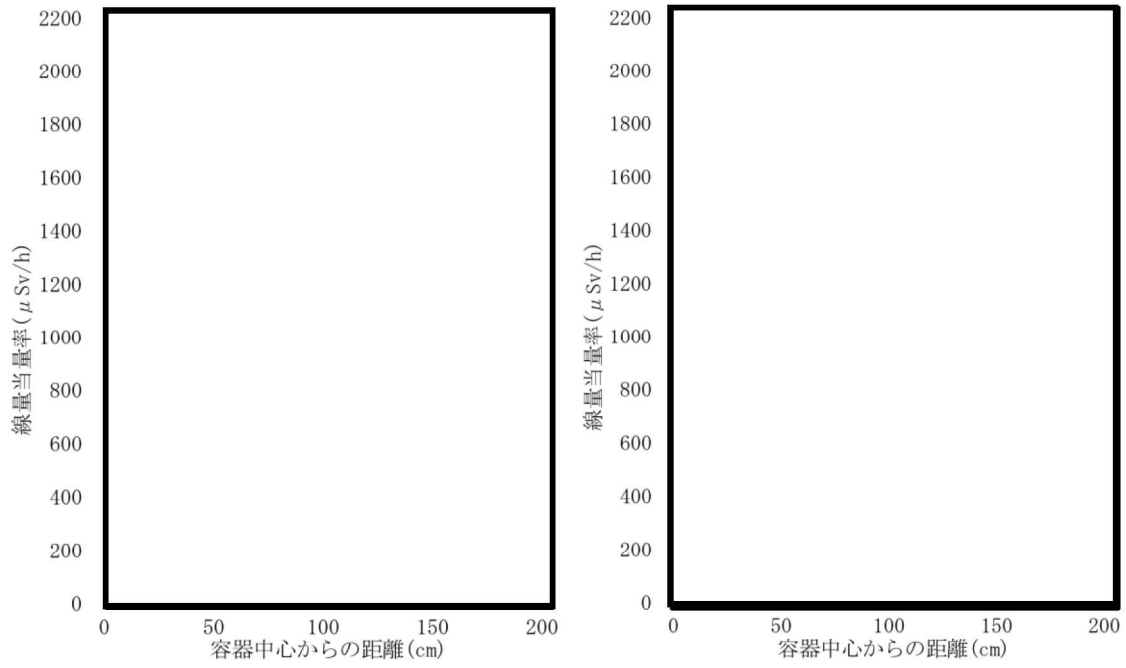


図3 均質化モデル(DOT3.5)と詳細モデル(MCNP5)表面の線量当量率分布の比較
(頭部軸方向・底部軸方向)

【コメント7】

経年劣化評価に関する記載については至近の認可事例の記載に合わせた上で、特に疲労評価については(ロ)-Fに使用期間中の影響評価を記載すること。

回答

(ロ)-F「核燃料輸送物の経年変化の考慮」を、以下のような内容を追記する等で見直す。(MSF-24P型の例を示す)。

「F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価」

- ・疲労評価に関する以下主旨を追加する。

疲労の評価において、上部トラニオンの使用計画回数は輸送回数（10回）×吊上回数（20回）を考慮し200回、三次蓋及び三次蓋ボルトの使用計画回数は輸送回数（80回）×輸送時使用回数（2回（輸送ごと））を考慮し160回の応力発生を考慮する。

- ・安全機能を担う構成部品とその使用材料に関する以下主旨の表を追加する。

表 安全機能を担う構成部品とその使用材料

輸送容器の構成部品	材料
燃料被覆管	ジルカロイ
胴 一次蓋 二次蓋 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバー	炭素鋼
一次蓋ボルト 二次蓋ボルト 三次蓋ボルト 緩衝体ボルト	ニッケルクロムモリブデン鋼
トラニオン	析出硬化系ステンレス鋼
下部端板 底部中性子遮蔽材カバー 三次蓋	ステンレス鋼
バスケットプレート バスケットサポート	アルミニウム合金
中性子吸収材	ほう素添加アルミニウム合金
伝熱フィン	銅
中性子遮蔽材	レジン
金属ガスケット	アルミニウム／ニッケル基合金
緩衝材	木材

- ・各材料の評価の表中に、疲労評価の「行」及び必要性の評価結果の「欄」を追加する。また、熱、遮蔽、化学及び疲労の各項目毎の結論を記載する。
(トラニオン(析出硬化系ステンレス鋼)の例を示す。)(次ページ参照)

「F.3 安全解析における経年変化の考慮内容」

- ・上部トラニオン、三次蓋及び三次蓋ボルトの疲労影響を考慮し、導入部の記載を以下の通りに、見直す。

(㊦)-第 F.3 表から(㊦)-第 F.5 表に示す経年劣化の考慮の必要性の評価結果に基づき、(㊦)章では、バスケット(アルミニウム合金)、中性子遮蔽材(レジン)、金属ガスケット、上部トラニオン、三次蓋及び三次蓋ボルトの経年変化を考慮する。

取扱時に荷重が負荷される上部トラニオンの疲労評価については(㊦)章A「構造解析」のA.4.4.2において、内圧変化による荷重が負荷される三次蓋及び三次蓋ボルトの疲労評価についてはA.5.1.4において実施している。

また、バスケット、中性子遮蔽材及び金属ガスケットについては、以下の通り経年変化を考慮した上で、安全解析を実施している。

表 使用予定期間中継続して使用される輸送容器の構成部材の安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価

構成部材 (材料)	経年変化 要因	経年変化の考慮の必要性の評価	経年変化 の考慮の 必要性
トラニオン (析出硬化系ス テンレス鋼)	熱	<p>高温環境下では組織変化による強度低下及びクリープによる変形が考えられるが、使用予定期間中の最高温度 (132 °C) は、上記の中で最も厳しい条件となるクリープによる変形を考慮する必要のない範囲 (融点(K)の三分の一である 280 °C以下) である。また、設計用強度・物性値が規定^{3), 4)}されている温度範囲において構造健全性を確認しているため、熱的劣化を考慮する必要はない。</p> <p>以上のことから技術基準への適合性を評価する上で熱による経年変化の考慮は必要ない。</p>	無し
	照射	<p>中性子照射量が 10^{17} n/cm² オーダーまでは、顕著な機械的特性変化は見られない⁹⁾ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、使用予定期間中の累積中性子照射量は 5.9×10^{14} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。</p> <p>よって、技術基準への適合性を評価する上で放射線による経年変化の考慮は必要ない。</p>	無し
	化学	<p>トラニオンの内面は中性子遮蔽材 (レジン) に接しており、中性子遮蔽材の熱的劣化により水分が生じる。ここで、淡水中におけるステンレス鋼は不動態膜を形成するため、全面腐食の程度が不動態膜のない炭素鋼と比較して小さく、また、塩化物を含む環境であれば局部腐食が問題となるが¹⁰⁾、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素及び塩化物が連続的に供給されないため腐食の影響はない。</p> <p>以上のことから技術基準への適合性を評価する上で化学的要因による経年変化の考慮は必要ない。</p>	無し
	疲労	<p>取扱時に荷重が負荷され繰り返し応力が発生するため、経年変化についての考慮が必要となる。</p> <p>上部トラニオンに発生する繰り返し応力を、F.2 で示したとおり保守側に設定した使用回数に基づいて疲労評価を行う ((ロ)章 A「構造解析」の A.4.4.2 参照)。</p>	有り

【コメント 8】

ドレンパイプのパッキン（ゴム）は燃料装荷後の排水時のみに機能を期待しているとのことだが、そのパッキン（ゴム）が劣化しても、運用に支障が生じないことを説明すること。

回答

ドレンパイプは、上部にキャスク本体内部に固定するドレンパイプ支持板に接続されている。ドレンパイプのパッキン（ゴム製）は一次蓋側に設置されており、燃料装荷後に一次蓋を閉めることで、一部のつばの部分がドレンパイプ支持板と挟まれるように設置される。（図 1 参照）

燃料装荷時は、パッキンが新品であるため経年劣化の問題は無く、ドレンパイプを用いた排水作業に支障は生じない。一方、キャスク貯蔵後は、パッキンは熱及び放射線によって硬化する等により劣化する可能性がある。

しかしながら、ドレンパイプは図 2 に示すように燃料直上に配置されておらず、また、再冠水時はバルブから低速で注入するため、仮にひび割れ等の傷により再冠水時にパッキンから水が漏れても燃料に大量の水をかけることなく注水可能である。また、ひび割れ等の傷を生じて、パッキンが蓋とドレンパイプ支持板で挟まれているため脱落せず、ドレンパイプを詰まらせることはない。仮にパッキンの一部が脱落してドレンパイプに詰まったとしても、対角位置にあるベントバルブから注水可能であるため、再冠水作業は実施可能である。

以上のことから、ドレンパイプのパッキン（ゴム）が劣化しても、キャスクの運用に支障が生じない。

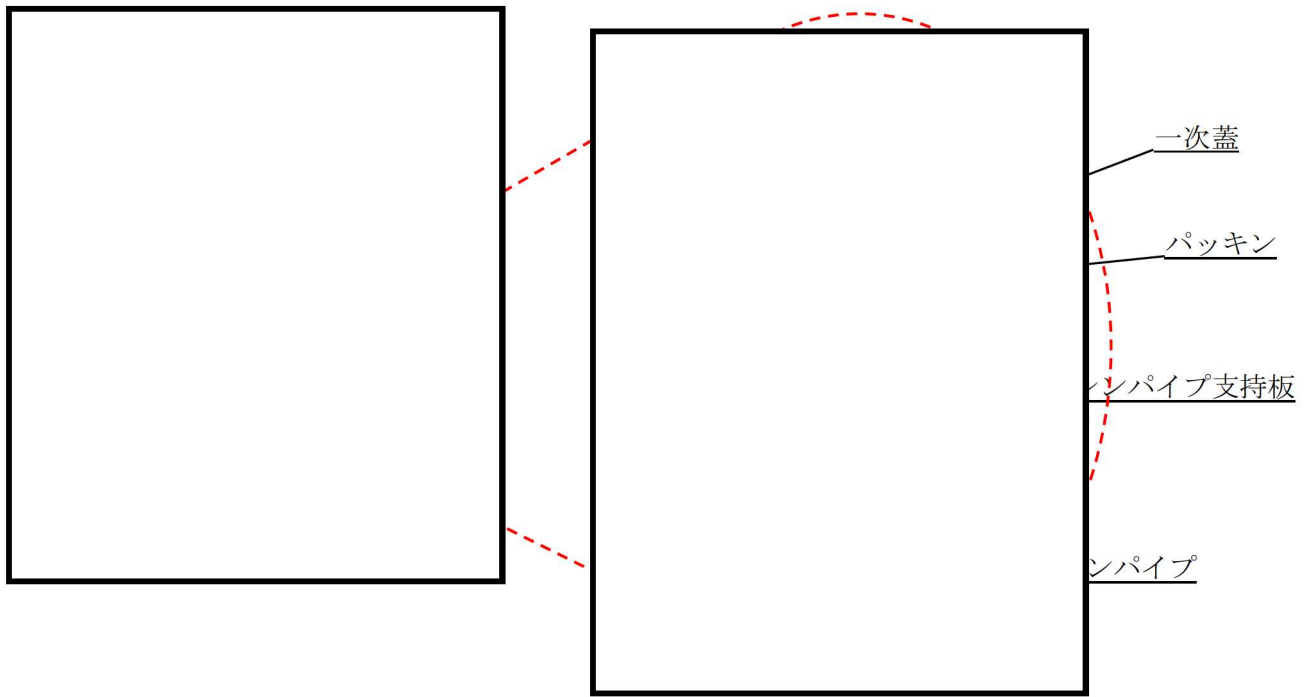


図1 ドレンバルブ接続部

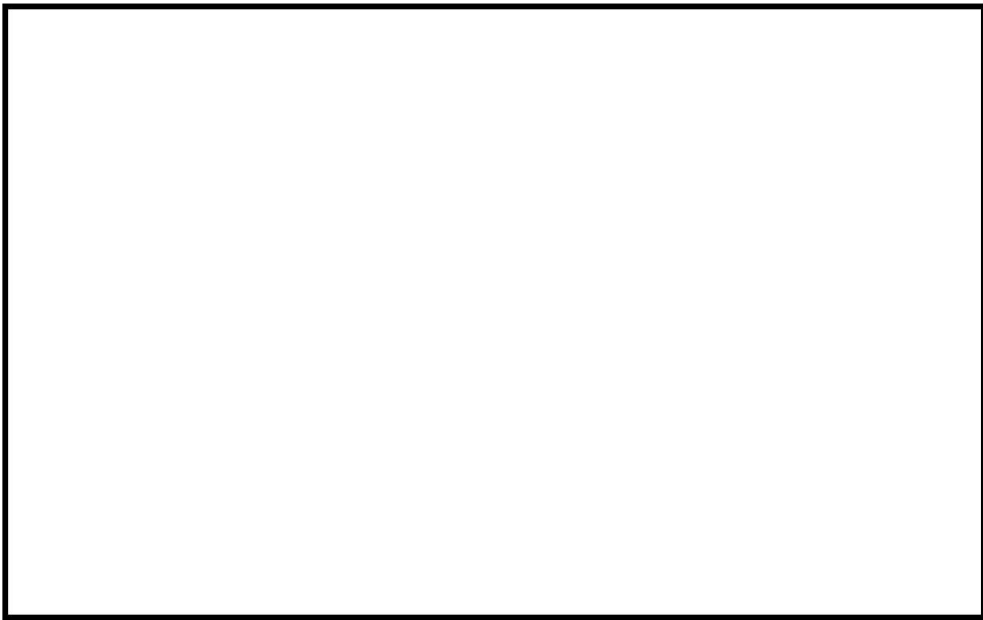


図2 ドレンバルブ位置

【コメント 9】

先行認可事例で、事業者の宿題となった木材の高温による経年劣化に関する知見の充実に関し、期間も経過していることから現在の状況及び今後の計画を説明すること。

回答

○ 現状

2022年4月25日の審査会合以降、電気事業連合会にて業界関係者が広く関与する会議体を設置し、効果的な緩衝体木材の試験計画に関する議論を行っている。

これを踏まえ、電力共通研究として「輸送容器の緩衝体木材の経年変化に関する試験研究（フェーズⅠ）」（2024年度-2025年度）を実施することにしており、現在、この研究計画を立案している段階である。

○ 今後の計画

フェーズⅠでは、木材の経年変化に係る文献調査を実施し、既往知見の整理を行う。また、予備的な試験として、熱処理した木材（経年変化を模擬）を用いて熱処理条件（温度、時間）に対する機械的強度の影響程度の把握や、木材組織の観察への非破壊検査手法の適用確認などを予定している。これらの確認結果を踏まえ、フェーズⅡ、フェーズⅢにおける試験の具体的な計画・要領を策定する。

これらの試験は2030年度までを目途に行い、木材の機械的強度の熱的な経年変化の影響について評価する予定である。

【コメント 10】

経年変化の考慮においては他の機能への悪影響のないことの確認もあることから、膨張吸収材に使用する材料を明示すること。

回答

膨張吸収材の機能は、キャスク供用初期の高温時における中性子遮蔽材（レジン）の熱膨張による外筒応力の抑制である。また、その仕様は、ロ章 F に記載の通り圧縮強度 である。 等、この機能及び仕様を満足し、化学的に安定な材料を使用する。

キャスク供用初期のレジンの熱膨張により外筒に生じる応力には、外筒内空間の内圧及び膨張吸収材の圧縮強度が寄与する。膨張吸収材の圧縮強度は内圧と同程度であり、一般の熱的試験において外筒に発生する応力は構造評価基準に対し十分な余裕（余裕率：3 以上）を有していることから、仮に膨張吸収材が仕様を多少逸脱して膨張吸収材の圧縮強度が 2 倍あったとしても、外筒に変形を生じるようなことはない。

膨張吸収材は、トランニオンボルトやドレンパイプと同様、「(イ)-第 C.1 表 材質」に記載するような直接的に安全解析に関わる部材ではないことから、具体名称を記載していない。

【コメント 11】

発送前検査の判定基準は、一部については検査要領書にて明記することとなっており数値が記載されていないが、記載可能な判定基準値は明示すること。

回答

発送前検査における一部の検査の判定基準を要領書に規定するものとしていたが、記載可能な項目については、下表の通り明示することとする。内部ガス充填量は、充填時の環境温度や収納物の発熱量に応じて設定するため、判定基準を設けることが困難であることから、明示していない。

表 発送前検査の項目、検査方法及び合格基準（抜粋）

No.	検査項目	検査方法	合格基準
9	気密漏えい検査	① 三次蓋密封部の漏えい率を加圧法又は真空法により測定する。 ② 二次蓋密封部の漏えい率をヘリウムリーク試験、加圧法又は真空法により測定する。	① 三次蓋密封部の漏えい率が 2×10^{-3} ref cm^3/s を超えないこと。 ② 二次蓋金属ガスケット密封部の漏えい率が 2.49×10^{-6} $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 、Oリング密封部の漏洩率が 2×10^{-3} ref cm^3/s を超えないこと。
10	圧力測定検査	① 残留水分：構内輸送前検査の圧力測定検査記録により確認する。 ② ガス成分及び充填量：構内輸送前検査の圧力測定検査記録により確認する。 ③ 圧力：輸送容器内部圧力は構内輸送前検査の圧力測定検査記録により確認する。また、二重蓋間圧力は貯蔵期間中検査（貯蔵機能維持確認検査）の二重蓋間圧力検査記録により確認する。	① 輸送容器内部は、残留水分が 10 % を超えないこと。二重蓋間については、水分が除去されていること。 ② 充填ガスが純度 99 % 以上のヘリウムであり、内部ガス充填量が検査要領書に規定する充填量範囲にあること。 ③ 輸送容器内部圧力及び二重蓋間圧力がそれぞれ設計温度で $0.08 \text{ MPa} \cdot \text{abs}$ 以下及び $0.41 \text{ MPa} \cdot \text{abs}$ 以下にあること。また、貯蔵期間中の二重蓋間圧力が $0.105 \text{ MPa} \cdot \text{abs}$ 以上にあることで、残留水分、ガス成分及び充填量並びに輸送容器内部圧力が所定の範囲にある状態で維持されていること。

【コメント 12】

貯蔵期間中の温度範囲を確認しないと、発送前検査において収納物の健全性評価ができないことから、貯蔵期間中検査（貯蔵機能維持検査）における熱検査の判定基準を明示すること。

回答

下表の通り、6.表面温度検査に貯蔵時最高温度条件の場合の外筒表面温度を追記する（MSF-24P 型の例を示す）。

なお、熱検査を代表容器で実施することの妥当性については、【コメント 13】の回答参照。

表 貯蔵期間中検査（貯蔵機能維持確認検査）の項目、検査方法及び合格基準（抜粋）

No.	検査項目	検査方法	合格基準
5	熱検査	<p>①代表容器について温度計にて各部温度を測定するか又は貯蔵期間中の表面温度検査記録を確認する。</p> <p>②代表容器については収納物仕様、貯蔵期間及び貯蔵環境に基づいた表面温度解析値と比較する。</p>	<p>①全容器の発熱量と表面温度の低下傾向が一致すること。</p> <p>②代表容器の測定値又は記録値が解析値（代表容器の総発熱量を解析に入力し得られる外筒の温度）と比較して妥当であること。</p>
6	表面温度検査	表面温度のモニタリング記録により測定値が検査要領書に規定する温度範囲にあることを確認する。	検査要領書に規定する温度範囲（ <input type="text"/> ℃以下）にあること。

【コメント 13】

貯蔵中の遮蔽検査及び熱検査を代表キャスクにて実施することになっているが、代表キャスクを用いることの妥当性を説明すること。

回答

以下の通り、遮蔽機能及び除熱機能上負荷の高いキャスクを代表キャスクとして選定し、また定期的な検査等によりその適切性を確認することができることから、貯蔵中の遮蔽検査及び熱検査を代表キャスクにて実施することは妥当である。以下の主旨にあうよう、熱検査の記載を一部見直す。

(1) 代表キャスクについて

代表キャスクは、金属キャスクの型式毎に、収納物の仕様及び貯蔵時期を考慮して選定する。具体的には、収納する全燃料は燃焼度及び冷却期間を考慮して収納物検査に用いる線源強度及び発熱量が整備されている。またこれらを用いることで、貯蔵されるどのキャスクが遮蔽機能及び除熱機能上最も負荷の高い線源強度や発熱量を有しているかを決定できる。また、通常、これら2項目は一致するため、代表キャスクはキャスク型式毎に1基選定される見込みである。

また、遮蔽機能及び除熱機能上、更に負荷の高い、線源強度及び発熱量が高いキャスクが追加で貯蔵される場合には、代表キャスクを交代又は追加することも考えられる。

(2) 遮蔽性能検査について

キャスクには化学的に安定な材料を用いていることから、供用期間中に外的な損傷等が無ければ、キャスクの遮蔽性能が想定済みのレジンの経年劣化以外の要因で低下することはない。この外的な損傷等は全数のキャスクに対して行う外観検査で担保可能である。つまり線量当量率は、内的な要因である収納物の線源の変化に起因して低下することから、(1)の観点で選定したものを代表キャスクとすることは妥当である。

(3) 除熱性能検査について

キャスクには化学的に安定な材料を用いていることから、供用期間中に外的な損傷等が無ければ、部材の除熱性能が低下することはない。しかしながら、バスケットと本体内面といった発熱量の低下に伴う隙間の変化が考えられる。これに対し、外的な損傷等は外観検査にて、内的な変化は定期的に全数測定するキャスクの表面温度検査で担保可能であることから、(1)の観点で選定したものを代表キャスクとすることは妥当である。

表 貯蔵期間中検査（貯蔵機能維持確認検査）の項目、検査方法及び合格基準（抜粋）

No.	検査項目	検査方法	合格基準
5	熱検査	<p>①代表容器について温度計にて各部温度を測定するか又は貯蔵期間中の表面温度検査記録を確認する。</p> <p>②代表容器については収納物仕様、貯蔵期間及び貯蔵環境に基づいた表面温度解析値と比較する。</p>	<p>①全容器の発熱量と表面温度の低下傾向が一致すること。</p> <p>②代表容器の測定値又は記録値が解析値（代表容器の総発熱量を解析に入力し得られる外筒の温度）と比較して妥当であること。</p>

【コメント 14】

材料の妥当性を確認することから、伝熱フィンの質別記号を明示すること。質別記号を明示しない場合は仕様値を規定すること。

回答

伝熱フィンは胴と外筒間の熱伝導を目的として設置しており、Cu の組成 99.96 %以上が規定されている純銅の C1020 材を採用している。

伝熱フィンに採用している純銅 (C1020) の熱伝導率は形状や等級に影響されないため、板材、ブスバーのいずれの形状や等級も適用可能である。このため、製品形状や等級に係る記号 (P (普通級板), PS (特殊級板), BB (ブスバー)) の記載を省いている。

また、上記の製品形状や等級に続けて定義する機械的性質に係る質別記号 (O, -1/4H 等) も熱伝導率に影響しないため省いている。

なお、伝熱フィンは胴と外筒との限られた空間に配置されており、一般の試験条件において胴と外筒との相対変位は 1mm 未満 (ひずみで 1%未満) と僅かな量に限定されているため、高い引張伸びの特性 (1/4H 材の場合 25%以上) を有している純銅は、破断に至ることはなく伝熱機能は維持される。

【コメント 15】

材料の妥当性を確認することから、金属ガスケットの製品名を明示すること。製品名を明示しない場合は仕様値を規定すること。

回答

参考章に購入する金属ガスケットの仕様値（許容漏えい率： $1.0 \times 10^{-8} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下）を記載するよう見直す。

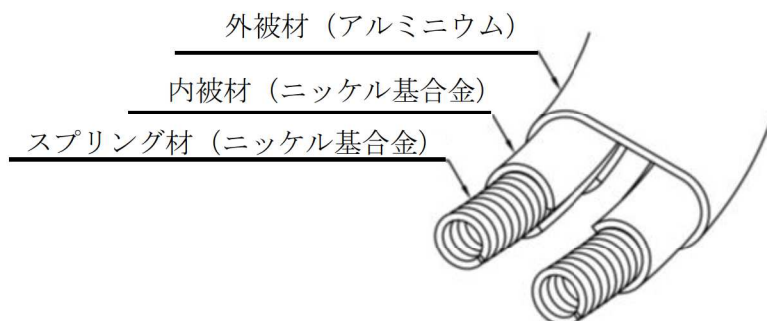
表 特殊材料

使用目的	材料名	適用規格 ^(注)	備考
金属 ガスケット	ニッケル基合金及び アルミニウム (一次蓋及び二次蓋シ ール部)	メーカー標準	ヘリコフレックス又は相当品 コイルスプリング：ニッケル基合金 内側被覆：ニッケル基合金 外側被覆：アルミニウム 許容漏えい率($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)： 1.0×10^{-8} 以下

(注) 記載の規格材料又は相当品を用いる。

この仕様値は、下表の製品にて規定されているものである。なお、両製品は製造元が異なるのみであり、金属ガスケットの性能は同等であることが確認されている(注)。

メーカー	テクネティクス・グループ (国内拠点：テクネティクス・グループ ・ジャパン株式会社)	株式会社バルカー
製品名	ヘリコフレックス®シール	トライパック®



(注) (独)原子力安全基盤機構, 「平成 15 年度 中間貯蔵施設健全性評価手法等調査 報告書 (金属ガスケット及び安全機能材料の経年劣化、落下時の内部収納物挙動に関わるもの)」, (2004)

【コメント 16】

容器承認にて代表号機の妥当性確認が出来ない事態にならないよう、代表キャスクに対する伝熱試験でキャスク性能が担保できることを説明すること。または注記を削除し元の記載に戻すこと。

回答

以下の基本的な考えを踏まえて実施する実機初期号機を用いた伝熱検査によって知見を蓄積し、代表号機による伝熱検査を行うことの妥当性確認が可能となる予定である。

＜基本的な考え方＞

同一設計、同一製造方法で製造された容器の伝熱性能は、伝熱性能の因子である寸法、材料が同じであれば、同じであるといえる。したがって、容器承認検査で寸法、材料が確認された容器に対する伝熱検査は、代表 1 基で行うことは合理的かつ妥当であると考えられる。

代表検査の実施方法は以下の通りである。

- ① N 号機（※）の伝熱検査の結果が良であることの確認
- ② 製造記録の確認から N+n 号機が N 号機と同一設計、同一製造方法であることの確認。
また、N+n 号機の寸法検査、材料検査の結果が N 号機と同等であることの確認。
- ③ ①及び②より、N+n 号機が N 号機と同等の伝熱性能であることの確認。

（※）実際に伝熱試験を実施している代表キャスク

代表号機による伝熱検査実施の可能性を残すため、参考章の伝熱検査における注記は、上記を踏まえた以下主旨の記載に見直す。

「伝熱検査を代表キャスクで実施することの妥当性が初期号機の伝熱検査により確認された場合
に限り、代表キャスク以外のキャスクに対して、日本原子力学会標準「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」に準じ、除熱機能に係る材料検査記録、寸法検査記録、
外観検査記録及び溶接検査記録を確認することにより行う場合がある。」