

核燃料輸送物設計変更承認申請について (MSF-21P型/MSF-24P型)

2023年10月5日
九州電力株式会社

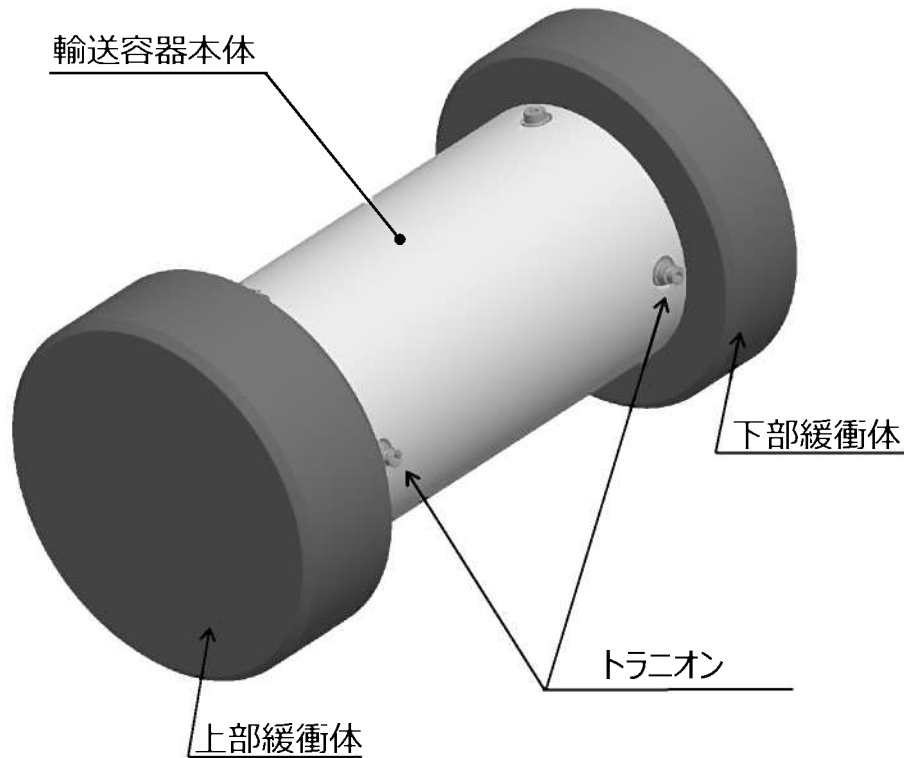
枠囲みの内容は、商業機密の観点から公開できません。

目次

- 1. 核燃料輸送物の概要 ⇒ 2
- 2. 申請概要 ⇒ 3
- 3. 主な変更箇所 ⇒ 5
- 4. 経年変化の考慮 ⇒ 7

1. 核燃料輸送物の概要

- MSF-21P型／MSF-24P型核燃料輸送物（以下、「本核燃料輸送物」という）は、軽水炉型原子力発電所（PWR）の使用済燃料を、原子力発電所から再処理工場に輸送することを目的とするものである。
- 本核燃料輸送物については、原規規発第20122313号及び原規規発第20122314号（令和2年12月23日付）により、核燃料輸送物設計承認を受けている。
- 本核燃料輸送物の主な仕様は以下の通り。



MSF-21P型（輸送状態）

項目	MSF-21P型	MSF-24P型
輸送物の種類	BM型核分裂性輸送物	
重量（トン）		
輸送容器総重量	118.2以下	117.7以下
輸送物総重量	131.2以下	134.4以下
寸法（mm）		
外径（緩衝体を含む）	φ3550	φ3550
外径（緩衝体含まず）	φ2530	φ2596
全長（緩衝体を含む）	6753	6783
材質		
胴	炭素鋼	
外筒	炭素鋼	
中性子遮蔽材	レジン	
一次蓋、二次蓋	炭素鋼	
一次蓋、二次蓋シール部	金属ガスケット	
三次蓋	ステンレス鋼	
三次蓋シール部	ゴムリング	
バスケット構造材	アルミニウム合金	
バスケット中性子吸収材	ほう素添加アルミニウム合金	
緩衝体	ステンレス鋼及び木材	
収納物		
PWR使用済燃料	21体	24体
バーナブルポイズン集合体	最大9体	最大12体

2. 申請概要 (1 / 2)

- 本申請においては、核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（以下、「規則」という）及び核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示（以下、「告示」という）の改正を踏まえ、既承認申請書別紙（輸送容器の設計及び核燃料物質等を当該輸送容器に収納した場合の核燃料輸送物の安全性に関する説明書）について以下の変更を行う。
 - ✓ (イ)章「核燃料輸送物の説明」において、使用予定年数、輸送容器の使用予定回数および貯蔵予定期間について追記。 ⇒ **変更①**
 - ✓ 従来、核燃料輸送物の経年変化に関しては、(ホ)章「安全設計及び安全輸送に関する特記事項」に自主的に記載していたが、規則および告示の改正を踏まえ、改めて使用予定期間中の経年変化の評価を行い、その結果を(ロ)章F「核燃料輸送物の経年変化の考慮」（追加）および(ロ)章G「規則及び告示に対する適合性の評価」（従来の(ロ)章F）に記載。なお、従来の(ホ)章に記載していた経年変化に係る説明は削除。また、(ロ)章A「構造解析」に疲労評価を追記。（詳細は7ページにて説明） ⇒ **変更②**
 - ✓ 従来の(ハ)章「品質マネジメントの基本方針」を削除し、その内容を別紙2「輸送容器に係る品質管理の方法等（設計に係るものに限る。）に関する説明書」（追加）に記載。 ⇒ **変更③**
- また、上記変更に合わせて、(ハ)章「輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法」において貯蔵期間中検査の実施頻度を明確化する。 ⇒ **変更④**
- その他、上記の変更に伴う章ずれ等を含めた記載の適正化を行う。

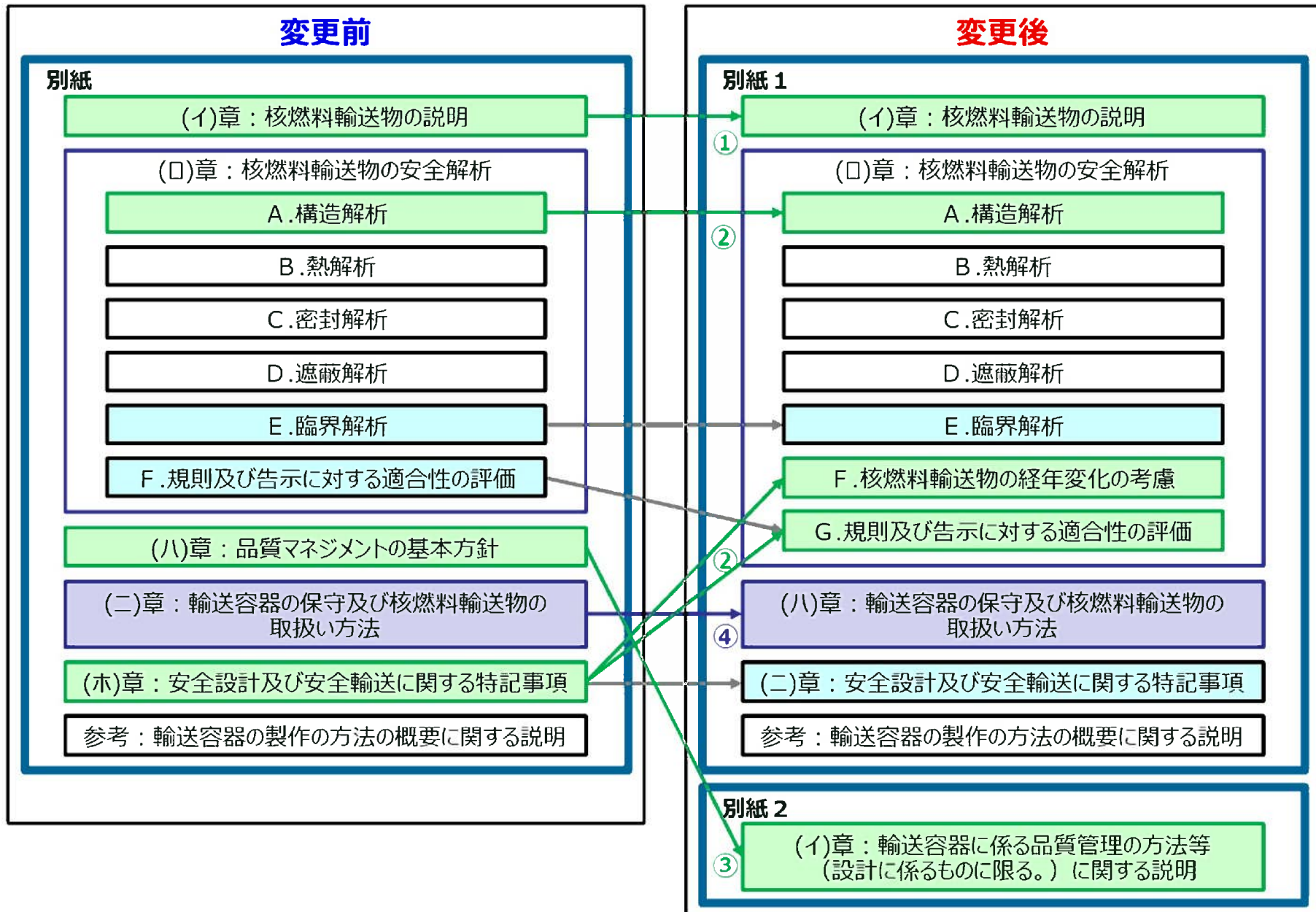
2. 申請概要 (2/2)

規則及び告示の改正に伴う変更

貯蔵期間中検査に係る運用の明確化

記載の適正化

変更なし



3. 主な変更箇所（1 / 2）

ページ番号（今回申請）		主な変更内容
MSF-21P	MSF-24P	
別紙 1	(イ) - 1	「A. 目的及び条件」に、以下の内容を追加 <ul style="list-style-type: none"> ・ 使用予定年数 : 60年（設計評価期間）※1 ・ 輸送容器の使用予定回数 : 10回※2 ・ 貯蔵予定期間 : 60年（設計貯蔵期間）※1
	(ロ) - 1,2	「(ロ)章F 核燃料輸送物の経年変化の考慮」の追加に伴い、「F. 核燃料輸送物の経年変化の考慮」を追加
	(ロ) - A - 53	「3. 使用計画回数」において、疲労評価に係る「輸送時吊上回数」の設定の説明を追加
	(ロ) - A - 73	「A.5.1 熱的試験 A.5.1.4 許容応力との比較」に、疲労強度についての評価を追加
	(ロ) - E - 37	(ロ) - E - 25

- ※ 1 当該輸送容器に使用済燃料を収納していると想定する最大の期間（発電所での取扱・貯蔵および貯蔵後の輸送を含む設計上の考慮期間）。
- なお、使用予定年数は、金属キャスク構造規格等で定められる輸送容器を設計するにあたり考慮する期間であり、本申請における輸送容器としての評価期間（設計評価期間）に対応し、また、貯蔵予定期間は、「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」で定められる兼用キャスクを設計するにあたり考慮する期間であり、本申請における兼用キャスクとしての評価期間（設計貯蔵期間）に対応している。
- ※ 2 当該輸送容器の再利用を想定し、構造解析において考慮する輸送回数を輸送容器の使用予定回数として設定。

3. 主な変更箇所（2 / 2）

ページ番号（今回申請）		主な変更内容
MSF-21P	MSF-24P	
別紙 1	(ロ)－F 全般	新規作成（従来の「(ホ)章 安全設計及び安全輸送に関する特記事項」に記載していた経年変化の考慮に関する内容を含む）
	(ロ)－G 全般	経年変化の考慮に関する記載を追加 規則第6条への適合性を明確化
	(ハ)章 全般	貯蔵期間中検査の運用を明確化のため記載を変更
	(ハ)－10	「A.5.2 構内輸送前及び貯蔵期間中に実施する検査」において、「貯蔵期間中検査」の検査頻度を、以下の通り明確化 ・「定期的に行う」⇒「1年に1回以上（遮蔽性能検査および熱検査については10年に1回以上）※ ³ 実施する。」
	(二)章 全般	「(ロ)章F 核燃料輸送物の経年変化の考慮」の追加に伴い、経年変化の考慮に関する記載を削除
別紙 2	(イ)章 全般	当社の品質マネジメントシステムの最新の状況を反映

※ 3 検査頻度については、貯蔵期間中における金属カスクのFMEA（故障モード・影響解析手法）に基づく故障確率の評価（日本原子力学会標準 使用済燃料中間貯蔵施設用金属カスクの安全設計及び検査基準：2010）及び従来の輸送容器の点検頻度実績を参考に設定。

4. 経年変化の考慮（1 / 2）

- 本申請における経年変化の考慮の概要を以下に示す。経年変化の考慮については、申請ガイドに基づき、以下①～③のステップで経年変化の考慮評価を実施した。

① 考慮すべき経年変化の要因を特定

- ・熱的劣化　・放射線照射による劣化　・化学的劣化　・疲労による劣化

② 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価

- ・ 使用予定期間（60年）及び、使用予定回数（10回）を設定。
- ・ ①の経年変化の要因を踏まえ、本輸送物を構成する部材毎に技術基準への適合性を評価する上で、安全解析における経年変化の考慮の必要性を評価。
（燃料被覆管、胴、一次蓋、二次蓋、バスケット、トラニオン、外筒等、中性子遮蔽材、金属ガスケット、伝熱フィン、三次蓋及び緩衝材）
 - ⇒ バスケット、金属ガスケット：熱的劣化の考慮が必要。
 - ⇒ 中性子遮蔽材（レジン）：熱的劣化及び化学的劣化の考慮が必要。
 - ⇒ その他の部材：経年変化の考慮は不要。
 - ⇒ 上部トラニオン、三次蓋及び三次蓋ボルト：
構造解析で使用状況（取扱時荷重、内圧変化荷重）を踏まえ疲労評価し、安全性を確認。

③ 安全解析における経年変化の考慮内容の評価

- ・ ②で抽出されたバスケット、中性子遮蔽材（レジン）及び金属ガスケットの安全解析における経年変化の考慮方法を評価。⇒ 技術上の基準に適合していることを確認。

4. 経年変化の考慮 (2 / 2)

構成部材(材料)	経年変化の考慮の方法	規則及び告示への適合性
バスケット (アルミニウム合金)	<ul style="list-style-type: none"> 高温環境下での組織変化による強度低下(過時効の効果含む)に加え、高温環境下での応力が長期作用する場合はクリープによる変形が考えられる。 構造解析において、(0)章A.10.5に示す、高温での60年間の熱ばく露後の材料特性を反映した設計用強度・物性値を使用した。 	<ul style="list-style-type: none"> BM型輸送物に係る一般及び特別の試験条件に対して、バスケット(アルミニウム合金)の熱的劣化による影響を考慮した強度評価を実施し、規則第6条の基準に適合していることを確認した。
中性子遮蔽材 (レジン)	<ul style="list-style-type: none"> 高温環境下では、主に含有する水分が放出されることにより、質量減損が生じる可能性がある。 本輸送容器のレジンの使用環境(貯蔵開始時の最高温度が、保守的に60年継続すると想定)での質量減損量が約2%程度と評価されるため、熱的劣化及び化学的劣化として、遮蔽解析では、保守的に2.5%の質量減損を考慮した。 	<ul style="list-style-type: none"> 通常輸送時並びにBM型輸送物に係る一般及び特別の試験条件に対して、遮蔽解析では左記のレジンの質量減損を含め保守的な条件を設定し、輸送物の表面又は表面から1 m離れた位置における線量当量率を評価した結果、規則第5条第7号及び第8号並びに規則第6条第2号及び第3号に示される技術基準を満足していることを確認した。
金属ガスケット (アルミニウム/ ニッケル基合金)	<ul style="list-style-type: none"> 高温環境下では、ニッケル基合金製のコイルスプリング並びにニッケル基合金及びアルミニウム製の被覆材のリラクゼーションに伴い、落下時に密封性能が低下する可能性がある。 本輸送容器の金属ガスケットの使用環境(貯蔵開始時の最高温度が60年間継続すると想定)での密封性能の低下を考慮しても保証できる漏えい率を用いて、15m浸漬における1か月間の浸水量を基に臨界解析を実施した。 	<ul style="list-style-type: none"> 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件に対して、構造解析では二次蓋の横ずれ量が左記の基準値を満足するため、二次蓋の防水機能が健全であることを確認した。 上記評価を踏まえ、臨界解析では基準値に対応する輸送容器内部への微量の浸水を含め保守的な条件を設定し、実効増倍率を評価した結果、規則第11条第2号に示される技術基準を満足していることを確認した。

参 考

【参考】 先行他社との主な差異（1 / 2）

- 今回申請と同型の輸送容器（MSF-24P）にて、既に規則等の改正を踏まえた設計変更承認を得ている先行他社（四国電力株式会社）との主な差異は、以下の通り。

今回申請			今回申請と先行他社の申請との主な差異内容	差異理由
別紙	章	頁		
1	(イ)	24	第C.1表中の伝熱フィン材料の製造記号「P」を削除	同化学成分・同強度を選定した上で、調達性の拡大
		24	第C.1表中の伝熱フィン材料のJIS適用材料(JIS H3140 C1020)追加	同上
	43	第A.4表中の伝熱フィン材料の製造記号「P- 」を同上削除	同上	
	(ロ)-A	73	三次蓋及び三次蓋ボルトの使用計画回数（160回）	当社における計画を反映 ・使用計画回数160回 = 輸送回数80回（貯蔵可能数40基 × 余裕2倍） × 貯蔵前後輸送2回
(ロ)-F	4	第F.2表中の燃料被覆管の最高温度における周方向応力（94MPa）	当社の状況を反映（先行他社：3ループ、今回申請：4ループ）	

【参考】 先行他社との主な差異（2 / 2）

今回申請			今回申請と先行他社の申請との主な差異内容	差異理由
別紙	章	頁		
1	参考-A	2	一次蓋製作手順（(2)蓋部中性子遮蔽材カバー組立溶接 ⇔ (3)蓋板の [] を入替え）	先行他社用輸送容器の製造状況を反映（容器承認準備対応で、製品に影響なし）
		5	第A.1図中の一次蓋製作手順（組立溶接 ⇔ [] を入替え）	同上
		5	第A.1図中のトランオンへの [] を最終組立時に実施	同上
			第A.1表中の伝熱フィン材料の製造記号「P-[]」を削除	同化学成分・同強度を選定した上で、調達性の拡大
		7	第A.1表中の伝熱フィン材料のJIS適用材料(JIS H3140 C1020)追加	同上
		第A.1表中の三次蓋蓋板ステンレス鋼への破壊靱性試験要求(注2)の削除	先行他社用輸送容器の製造状況を反映（容器承認準備対応で、製品に影響なし）	
	参考-B	2	第B.1表中の伝熱検査を代表キャスクで実施する旨を注記する	検査合理化に関する記載の充実化
2		-	全般の記載	当社の最新の保安規定の記載内容を反映

【参考】申請状況

