

MSF-24P型／MSF-32P型 核燃料輸送物設計変更承認申請の 申請概要について

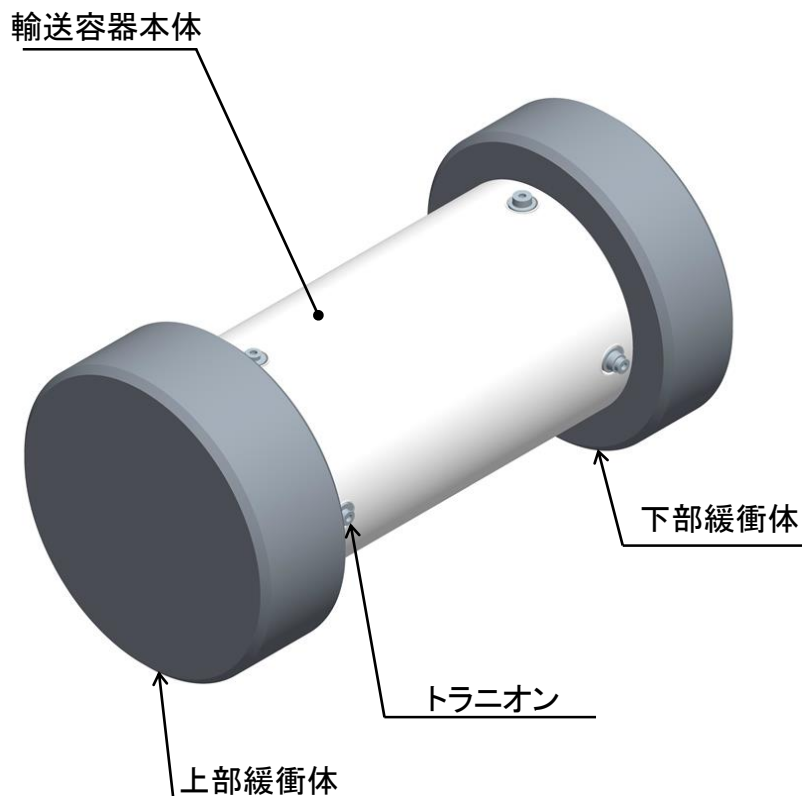
令和4年1月12日
四国電力株式会社

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-24P型／MSF-32P型核燃料輸送物については、原規規発第2011304号および原規規発第2011303号(令和2年11月30日付)により核燃料輸送物設計承認を受けている。
- MSF-24P型／MSF-32P型輸送物の主な仕様は以下の通り。



MSF-24P型輸送物の例

項目	MSF-24P型	MSF-32P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 輸送物総重量	117.7以下 134.4以下	116.6以下 135.5以下
寸法(mm) 外径(緩衝体を含む) 外径(緩衝体を含まず) 全長(緩衝体を含む)	φ 3550 φ 2596 6783	φ 3550 φ 2596 6783
材質 胴 外筒 トランニオン 中性子遮蔽体 一次蓋、二次蓋 一次蓋、二次蓋シール部 三次蓋 三次蓋シール部 バスケット構造材 バスケット中性子吸収材 緩衝体	炭素鋼 炭素鋼 析出硬化系ステンレス鋼 レジン 炭素鋼 金属ガスケット ステンレス鋼 ゴムリング アルミニウム合金 ほう素添加アルミニウム合金 ステンレス鋼及び木材	
収納物 PWR使用済燃料 バーナブルポイズン集合体 (冷却水は収納しない)	24体 12体	32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。)およ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。)の改正内容(令和3年1月1日施行分まで)の反映を行うため、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(別紙1)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(60年)、輸送容器の使用予定回数(10回)および貯蔵予定期間(60年)について追記する。 ⇒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、改めて今回の規則および告示の改正を踏まえ、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」に記載する。(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に係る説明」を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(別紙2)として整理する。 ⇒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。 ⇒軽微な変更

※ 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)実施する。

2. 申請概要(2/2)

法令改正に伴う変更

運用の明確化に係る変更

その他軽微な変更

変更なし

変更前

別紙

(イ)章:核燃料輸送物の説明

(ロ)章:核燃料輸送物の安全解析

A.構造解析

B.熱解析

C.密封解析

D.遮蔽解析

E.臨界解析

F.規則及び告示に対する適合性の評価

(ハ)章:品質マネジメントの基本方針

(ニ)章:輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法

(ホ)章:安全設計及び安全輸送に関する特記事項

参考:輸送容器の製作の方法の概要に関する説明

変更後

別紙1

(イ)章:核燃料輸送物の説明

①

(ロ)章:核燃料輸送物の安全解析

A.構造解析

B.熱解析

C.密封解析

D.遮蔽解析

E.臨界解析

F.核燃料輸送物の経年変化の考慮

G.規則及び告示に対する適合性の評価

②

(ハ)章:輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法

④

(ニ)章:安全設計及び安全輸送に関する特記事項

参考:輸送容器の製作の方法の概要に関する説明

別紙2

③

(イ)章: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

(注)丸数字は前頁の変更内容を示す

3. 主な変更箇所(1/2)

ページ番号 (本申請書の別紙1)	変更内容
(イ)-1	○「A.目的及び条件」において以下の内容を追記 ・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」の追加に伴い以下のとおり記載を変更 ・「F.核燃料輸送物の経年変化の考慮」を追記 ・上記追加に伴う章ずれを反映するとともに記載を適正化
(ロ)-E-25	○「E.7.1 輸送容器の品質管理及び輸送前の密封性能の確認」において品質マネジメントの基本方針に係る説明の削除に伴う章ずれを反映
(ロ)-F 全般	○「(ロ)章F 核燃料輸送物の経年変化の考慮」の追加
(ロ)-G 全般	○「(ロ)章F 核燃料輸送物の経年変化の考慮」の追加に伴う章ずれを反映

※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)である。

なお、設計評価期間とは、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を指し、また、設計貯蔵期間とは、「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を指す。

※2 構造解析における疲労評価において考慮してい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 (本申請書の別紙1)	変更内容
(ハ)章 全般	○品質マネジメントの基本方針に係る説明の削除に伴う章ずれを反映
(ハ)-11	○「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(輸送機能維持確認検査)」の検査頻度を以下のとおり明確化 ・「定期的に行う」→「 <u>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</u> 」
(ニ)-1	○品質マネジメントの基本方針に係る説明の削除に伴う章ずれを反映 ○「(ロ)章F 核燃料輸送物の経年変化の考慮」の追加に伴い、「3.安全設計において自主的に考慮した事項(輸送容器及び収納される使用済燃料の経年変化について)」を削除

※3 検査頻度については、貯蔵期間中における金属キャスクの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キャスクの安全設計及び検査基準:2010)およ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

- 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、以下の①～③のステップで実施した。
 - ① 本輸送物について想定される使用状況およびそれに伴う考慮すべき経年変化の要因について、以下のとおり選定した。

(1)使用状況	(2)経年変化の要因
➤ 構内輸送	➤ 熱的劣化
➤ 貯蔵(保管)	➤ 放射線照射による劣化
➤ 再処理工場への輸送	➤ 化学的劣化
 - ② ①の使用状況および経年変化の要因を踏まえ、本輸送物を構成する部材毎に安全解析における経年変化の考慮の必要性について評価した結果、中性子遮蔽材(レジン)および金属ガスケットについて、経年変化の考慮が必要であることを確認した。
 - ③ ②で抽出された中性子遮蔽材(レジン)および金属ガスケットについて、安全解析における経年変化の考慮の方法を評価した。
- 上記評価において考慮が必要と評価した経年変化については、いずれも承認を受けている従来の核燃料輸送物設計承認において、既に適切に考慮されていることを確認した。
- なお、使用済燃料乾式貯蔵施設内での取扱いを含めた吊上げ回数に対する疲労および輸送中の振動影響に関しては、(ロ)章-Aの構造解析において使用状況を踏まえた評価を実施し、問題ないことを確認している。

(参考)経年変化の評価概要(1/6)

①収納物の経年変化の考慮の必要性の評価概要

収納物 (材料)	経年変化 要因	経年変化の考慮の必要性の評価(概要)
燃料被覆管 (ジルカロイ)	熱	設計貯蔵期間中の燃料被覆管の温度及び周方向応力は水素化物再配向等を防止するための制限値を超えないことから、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量は、炉内の中性子照射量に対して十分低いことから、照射の影響は無視し得る。
	化学	応力腐食割れが発生する化学的雰囲気となっていない。また、残留水分が10 wt%以下の不活性雰囲気にある燃料被覆管の酸化量及び水素吸収量は無視し得るほど小さいため、健全性に影響はない。

(参考)経年変化の評価概要(2/6)

②輸送容器の構成部材の経年変化の考慮の必要性の評価概要

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(概要)
胴 一次蓋 二次蓋 (炭素鋼) 一次蓋ボルト 二次蓋ボルト (ニッケルクロムモ リブデン鋼)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。
	化学	容器内部・蓋間空間は真空乾燥し、不活性ガスであるヘリウムを適切に封入し、不活性雰囲気維持されるため残留水分(10 wt%)を考慮しても腐食の影響はない。大気に触れる部分については、塗装等の防錆措置により腐食を防止する。
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)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。 また、中性子吸収材中のほう素の設計貯蔵期間中の減損割合は無視し得るほど小さいため、臨界防止機能への影響はない。
	化学	容器内部は真空乾燥し、不活性ガスであるヘリウムを適切に封入し、不活性雰囲気維持されるため残留水分(10 wt%)を考慮しても腐食の影響はない。

(参考)経年変化の評価概要(3/6)

②輸送容器の構成部材の経年変化の考慮の必要性の評価概要 ー続きー

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(概要)
トラニオン (析出硬化系ステンレ ス鋼)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。
	化学	内面の中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、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、全面腐食の程度が小さく、内面に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。
外筒及び蓋部中性子 遮蔽材カバー (炭素鋼)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。
	化学	内面の中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、内面に酸素が連続的に供給されないため腐食の影響はない。また、蓋間空間は不活性ガスであるヘリウムを適切に封入し、不活性雰囲気維持されるため、腐食の影響はない。外筒外面については、塗装等の防錆措置により腐食を防止する。

(参考)経年変化の評価概要(4/6)

②輸送容器の構成部材の経年変化の考慮の必要性の評価概要 ー続きー

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(概要)
下部端板 底部中性子遮蔽 材カバー (ステンレス鋼)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。
	化学	内面の中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、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、全面腐食の程度が小さく、内面に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。
中性子遮蔽材 (レジン)	熱・化学	温度及び加熱時間に基づく質量減損量の評価式が示されており、 <u>設計貯蔵期間中の熱的(化学的)影響により質量減損(2 %程度)が発生するため、遮蔽評価上、保守的に2.5 %の質量減損を考慮する。</u>
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な質量減損が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。

(参考)経年変化の評価概要(5/6)

②輸送容器の構成部材の経年変化の考慮の必要性の評価概要 ー続きー

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(概要)
金属ガスケット (アルミニウム/ ニッケル基合金)	熱	文献により設計貯蔵期間中の閉じ込め機能が維持できることを確認している。一方で、核分裂輸送物としては特別の試験条件を踏まえた臨界評価への影響として防水機能の健全性評価を行う必要があるため、構造解析では、これまでの知見に基づき、 <u>設計貯蔵期間(60年間)における経年変化を考慮した金属ガスケットの横ずれ基準値を設定する。</u>
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。
	化学	蓋間空間は不活性ガスであるヘリウムを適切に封入し、不活性雰囲気維持されるため、腐食の影響はない。
伝熱フィン (銅)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	設計貯蔵期間中の中性子照射量では、顕著な機械的特性変化が見られないことが確認されているため、照射の影響は無視し得る。
	化学	中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、酸素が連続的に供給されないため腐食の影響はない。

(参考)経年変化の評価概要(6/6)

②輸送容器の構成部材の経年変化の考慮の必要性の評価概要 ー続きー

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(概要)
三次蓋 (ステンレス鋼)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	保管中は放射線による照射を受けないため、照射による経年変化が生じる環境にない。
	化学	耐食性に優れたステンレス鋼を使用するため、実用上問題となる腐食は生じないが、定期的な外観検査により状態を確認する。
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)	熱	設計用強度・物性値が規定されており、その温度範囲で使用するため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	照射	保管中は放射線による照射を受けないため、照射による経年変化が生じる環境にない。
	化学	メッキ処理等の防錆措置を実施するため、実用上問題となる腐食は生じないが、定期的な外観検査により状態を確認する。
緩衝材 (木材)	熱	保管中は常温環境下に置かれるため、熱による経年変化が生じる環境にない。
	照射	保管中は放射線による照射を受けないため、照射による経年変化が生じる環境にない。
	化学	緩衝材の充填空間はステンレス鋼製のカバープレートに覆われた閉鎖環境であることから、保管中に腐朽しない。