

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

設置許可基準規則への適合性について (第3条・第4条・第16条関連)

2021.2.24

三菱重工業株式会社

枠囲いの内容は商業機密のため、非公開とします。

1. 設置許可基準規則への適合性概要	…2
2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)	…3
3. 設置許可基準規則への適合性(第3条)	…7
4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)	…9
5. 指摘事項(コメント)リスト	…15
6. 指摘事項への回答	…18

1. 設置許可基準規則への適合性概要

● 設置許可基準規則の要件と審査事項

設置許可基準規則		兼用キャスクの安全機能				構造強度	波及的影響	長期健全性	その他
		臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め				
第三条	設計基準対象施設の地盤	—	—	—	—	—	—	—	○
第四条	地震による損傷の防止	—	—	—	—	◎	○	—	—
第五条	津波による損傷の防止	—	—	—	—	◎	—	—	—
第六条	外部からの衝撃による損傷の防止	—	—	—	—	◎	—	—	—
第七条									
第八条	火災による損傷の防止	—	—	—	—	—	—	—	○
第九条～第十一条									
第十二条	安全施設	—	—	—	—	—	—	—	○
第十三条～第十五条									
第十六条	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	◎	◎	◎	◎	—	—	◎	—
第十七条～第二十八条									
第二十九条	工場等周辺における直接線等からの防護	—	—	—	—	—	—	—	○
第三十条	放射線からの放射線業務従事者の防護	—	—	—	—	—	—	—	○
第三十一条～第三十六条									

(注)◎:設計方針及び設計方針の妥当性(安全評価結果)を説明する項目、○:設計方針を説明する項目、:申請の範囲外。

:本資料でのご説明事項

2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

● 設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求項目		要件	設計方針	設計方針の妥当性 (安全評価結果)
条・項	安全機能			
第2項 一号 ハ	臨界防止	燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。	臨界を防止する構造により、貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態及び使用済燃料を収納する際の冠水状態において、臨界を防止する設計とする。	乾燥状態及び冠水状態における臨界評価により、中性子実効増倍率は0.95を下回ることから臨界に達するおそれはない。
第4項 一号	遮蔽	使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。	ガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とする。	使用済燃料を線源とした遮蔽評価により、通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率が2mSv/h以下、及び表面から1m離れた位置における線量当量率が100 μ Sv/h以下となることから適切な遮蔽能力を有している。
第4項 二号	除熱	使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。	熱伝導、対流及びふく射により、使用済燃料の崩壊熱を適切に除熱できる設計とする。	使用済燃料を熱源とした除熱評価により、貯蔵状態の燃料被覆管及びMSF-24P型の構成部材の温度が健全性を維持できる温度以下となることから崩壊熱を適切に除去できる。
第4項 三号	閉じ込め	使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。	本体及び金属ガasketを使用した一次蓋により、使用済燃料を収納する空間を設計貯蔵期間を通じて負圧に維持するとともに、一次蓋と二次蓋の蓋間を正圧とし、圧力障壁を形成することにより放射性物質を適切に閉じ込める設計とする。また、蓋間空間の圧力を測定することで閉じ込め機能を監視できる構造とする。	設計貯蔵期間中にMSF-24P型内部を負圧に維持できる基準漏えい率を評価し、基準漏えい率に対し十分漏えい率の小さい金属ガasket用いることから放射性物質を適切に閉じ込めることができる。また、蓋間空間の圧力を監視できる構造であり、閉じ込め機能を監視できる。
解釈 別記4 第16条 第5項	長期健全性 (経年変化の考慮)	兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。	設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して信頼性を有する材料及び構造とし、貯蔵用緩衝体の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を維持する設計とする。	使用環境における温度、放射線照射、腐食に係る長期健全性評価により、経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を維持できる。

(注)上表に記載していない要件は、型式証明申請の範囲外である。

:本資料でのご説明事項

2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(解釈別記4 第16条5項) (兼用キャスクの長期健全性)

● 長期健全性維持の設計方針

設計方針

- MSF-24P型は、主要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して信頼性を有する材料及び構造とし、貯蔵用緩衝体の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を維持する設計とする。

設計方針の妥当性確認(健全性評価)

- 設計貯蔵期間中の温度、放射線及びその環境下において、MSF-24P型の兼用キャスクの主要な構成部材の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性が維持されることを確認した(文献・試験データによる確認)。

＜兼用キャスク構成部材及び使用済燃料の経年変化要因と設計対応＞(詳細は資料1-2の別紙1参照)

- 兼用キャスクの構成部材及び使用済燃料について、設計特性上考慮すべき経年変化要因^(注)を下表に示す。
- 兼用キャスクの構成部材及び使用済燃料については、安全機能(安全機能部材)及び構造強度(構造強度部材)への影響について、経年変化の影響を防止するための設計対応(防食措置等)を踏まえ、経年変化を考慮する必要の有無を判定する。
- 設計対応を考慮した上でも経年変化による安全機能及び構造強度への影響が生じることが考えられるものについては、経年変化の影響を考慮して設計及び評価を行う。

経年変化要因	兼用キャスク構成部材及び使用済燃料に対して考慮すべき項目
温度(熱)	低温又は高温での材料組成・材料組織の変化、強度・延性・脆性・クリープ・その他物性値の変化及び質量減少
放射線照射	ガンマ線及び中性子照射による材料組成・材料組織の変化及び強度・延性・脆性・その他物性値の変化
腐食	全面腐食、隙間腐食、応力腐食割れ、異種材料接触部の化学反応及びジルカロイにおける水素吸収・酸化

(注)(出典)(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:2010(AESJ-SC-F002:2010)」,(2010).

2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

● 審査ガイドの要求事項

審査ガイド^(注)の要求事項に対するMSF-24P型の長期健全性維持における考慮を下表に示す。
これらを考慮した設計方針及び設計方針の妥当性確認結果をP.6に示す。

要求事項(確認内容)	長期健全性維持における考慮
安全機能を維持する上で重要な兼用キャスクの構成部材は最低使用温度における低温靱性を考慮したものであること。	安全機能を維持する上で重要なMSF-24P型の構成部材は、最低使用温度における低温靱性を考慮した上で、その必要とされる強度、性能を維持するように設計する。
設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及び当該環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化の影響を設計入力値又は設計基準値の算定に際し考慮すること。必要に応じて防食措置等が講じられていること。	MSF-24P型は、主要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化の影響を設計入力値又は設計基準値に考慮する。また、キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、塗装等による防錆処理を講ずる。
兼用キャスク内部の不活性環境を維持し、温度を制限される範囲に収めることにより、兼用キャスクに収納される使用済燃料の経年変化を低減又は防止する設計であること。	MSF-24P型は、キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料の腐食等を防止するために、使用済燃料集合体を不活性ガスであるヘリウムとともに封入して貯蔵する。経年変化要因に対して、主要な構成部材の健全性を維持することで不活性環境を維持し、温度を制限される範囲に収めることにより、使用済燃料の健全性を維持する設計とする。

(注)「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」

2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

● 兼用キャスクの健全性評価 (詳細は資料1-2のP.3~11参照)

(1) 温度影響

MSF-24P型構成部材は、最低使用温度において低温脆化しない材料を用いるとともに、各部位の最高温度において文献等に規定される健全性を維持できる範囲内であるため、熱による経年変化の影響はない。

主要な評価部材		温度(°C)	基準値(°C)
MSF-24P型 構成部材	胴、外筒、一次蓋、二次蓋	140	350
	中性子遮蔽材 ^(注1)	135	149
	金属ガasket	115	130
	バスケット(バスケットプレート)	185	250
	伝熱フィン	120	200
使用済燃料(燃料被覆管)		215	275

(注1) 設計貯蔵期間中の熱影響により質量減損が生じるため、遮蔽評価において、中性子遮蔽材の質量減損(2.5%)を考慮した評価を実施している。

(2) 放射線の照射影響

設計貯蔵期間中のMSF-24P型構成部材及び使用済燃料の照射量は、文献等に規定される特性変化がみられない範囲内であるため、照射による経年変化の影響はない。

主要な評価部材		中性子照射量(n/cm ²) ^(注1)	基準値(n/cm ²)
MSF-24P型 構成部材	胴、外筒、一次蓋、二次蓋	6.9×10^{14}	$< 10^{16}$
	中性子遮蔽材	1.6×10^{14}	$< 10^{15}$
	金属ガasket	2.5×10^{14}	$< 10^{19}$
	バスケット(バスケットプレート)	1.5×10^{15}	$< 10^{16}$
	伝熱フィン	1.6×10^{14}	$< 10^{16}$
使用済燃料(燃料被覆管)		1.5×10^{15}	$< 10^{21 \sim 22}$

(注1) 貯蔵初期の中性子が減衰せず設計貯蔵期間中一定であると仮定して保守的に算出した設計貯蔵期間中の累積値。

(3) 腐食による影響

兼用キャスク外面のうち、大気に触れる部分は塗装等による防錆措置により腐食を防止する。また、MSF-24P型の内部及び一次蓋と二次蓋の間には不活性ガスであるヘリウムを封入する設計としており、使用済燃料の腐食の影響はない。

● 設計方針の妥当性

以上のとおり、MSF-24P型の主要な構成部材の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計としている。

3. 設置許可基準規則への適合性(第3条)

● 設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要

設置許可基準規則		設置許可基準規則の解釈 別記4 第3条	設計方針
要求項目			
条・項	事項		
第1項	地盤の支持	<p>設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。)及び兼用キャスクにあっては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。)が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤により十分に支持されなくてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。</p>	<p>MSF-24P型は、貯蔵用緩衝体の装着により、地盤の十分な支持がなく、地盤に変形や変位が生じてもその安全機能が損なわれない蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法により貯蔵する設計とする。</p>
第2項	地盤の変形	<p>耐震重要施設及び兼用キャスクは、変形した場合においてもその安全機能が損なわれないおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	
第3項	地盤の変位	<p>耐震重要施設及び兼用キャスクは、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤に変位が生じてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。</p>	

 :本資料でのご説明事項

3. 設置許可基準規則への適合性(第3条)

設計基準対象施設の地盤(第三条第1項から第3項)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-24P型は、地盤の十分な支持がなく、地盤に変形や変位が生じてもその安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

[発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-24P型は、地盤の十分な支持がなく、地盤に変形や変位が生じてもその安全機能が損なわれるおそれがない設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

具体的な設計方針

- MSF-24P型は、貯蔵用緩衝体の装着により、地盤の十分な支持がなく、地盤に変形や変位が生じてもその安全機能が損なわれない蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法により貯蔵する設計とする。

● 後段審査(設置(変更)許可申請)への引継ぎ事項について

- MSF-24P型を設置する貯蔵施設において、貯蔵用緩衝体の装着により、蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法により貯蔵する設計とすることを設置(変更)許可への引継ぎ事項とする。

(参考)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抜粋
別表 兼用キャスクの設置方法に応じた評価の例

設置方法	地盤、基礎、支持部等の評価	蓋部の金属部への衝突評価	兼用キャスク本体評価	備考
①輸送荷姿 			-	
②蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法 			○ (加速度)	
③蓋部の金属部への衝突が生じる設置方法 	-	○ (速度)	○ (加速度)	

4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)

● 設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

設置許可基準規則		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第4条第2項	設計方針
要求項目				
条・項	事項			
第6項	兼用キャスクの地震力に対する安全機能維持	<p>兼用キャスクは、次のいずれかの地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの</p> <p>二 基準地震動による地震力</p>	<p>「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」ことを満たすために、兼用キャスクの設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 第6項地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。ただし、(中略)、輸送荷姿以外の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により兼用キャスク蓋部が金属部へ衝突しない方法により設置する場合は、第6項地震力による兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能が損なわれるおそれがないものとする。</p> <p>二 兼用キャスクについては、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第6項地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該兼用キャスクに要求される機能を保持すること。また、上記により求められる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、当該兼用キャスクに要求される機能に影響を及ぼさないこと。ただし、兼用キャスクの閉じ込め機能を担保する部位は、上記の荷重条件に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。</p> <p>三 (略)</p>	<p>MSF-24P型は、兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定める地震力に対して、貯蔵用緩衝体の装着により、蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法により貯蔵する設計とする。</p> <p>また、MSF-24P型は、兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定める地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>

(注)上表に記載していない要件は、型式証明申請の範囲外である。

:本資料でのご説明事項

4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)

地震による損傷の防止(第四条第6項)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-24P型は、第6項地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

[発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-24P型は、第6項地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

具体的な設計方針

- MSF-24P型は、兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定める地震力に対して、貯蔵用緩衝体の装着により、蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法により貯蔵する設計とする。
- また、MSF-24P型は、兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定める地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

設計方針の妥当性確認(安全評価)

- 兼用キャスク告示で定める加速度による地震力に対して、MSF-24P型の構造健全性評価を実施し、地震時にMSF-24P型の安全機能が損なわれないことを確認した。

● 後段審査(設置(変更)許可申請)への引継ぎ事項について

- 設置(変更)許可申請時において、地震時、周辺施設からの波及的影響により、MSF-24P型の安全機能を損なわないこと(設置許可基準規則解釈別記4第4条第2項三号)の確認を行うことを引継ぎ事項とする。

4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)

● 審査ガイドの要求事項

審査ガイド^(注)の要求事項に対するMSF-24P型の設計への考慮を下表に示す。
これらを考慮した設計方針の妥当性確認結果をP.12~14に示す。

項目	要求事項(確認事項又は確認内容)	設計における考慮
基本方針 (審査ガイド ^{4.3.1.1})	兼用キャスクを基礎等に固定しない場合、兼用キャスク告示第1条に定める加速度による地震力に対して安全機能が維持される設計であること。	兼用キャスク告示第1条に定める加速度(水平2300Gal、鉛直1600Gal)による地震力に対してMSF-24P型の構造健全性評価を行い、安全機能が維持されることを確認する。
	周辺施設からの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。	後段審査(設置(変更)許可申請)への引継ぎ事項とする。
荷重及び荷重の組合せ (審査ガイド ^{4.3.1.2})	兼用キャスクに作用する地震力と地震力以外の荷重を適切に組み合わせていること。	兼用キャスクに作用する地震力に加え、兼用キャスクに作用する地震力以外の荷重として、供用中に作用する荷重を適切に組み合わせる。
許容限界 (審査ガイド ^{4.3.1.3})	兼用キャスクの許容限界は、安全上適切と認められる規格等に基づき設定すること。また、密封境界部がおおむね弾性範囲となる許容限界としていること。バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない許容限界としていること。	許容限界は、日本機械学会 使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(JSME S FA1-2007)(以下、「金属キャスク構造規格」等の安全上適切と認められる規格等を基に設定する。また、密封境界部及びバスケットの許容限界は、弾性範囲内とする。
静的解析及び地震応答解析 (審査ガイド ^{4.3.1.4})	第6項地震力による兼用キャスクの安全機能の評価に際しては、兼用キャスクの設置方法に応じて、静的解析又は地震応答解析を行っていること。また、設置方法及び適用する地震力の種類に応じて、適切な解析モデル及び解析手法を設定していること。	第6項地震力による兼用キャスクの安全機能の評価は、静的震度(兼用キャスク告示第1条に定める加速度)に基づき算定した地震力を基に実施する。
耐震性評価 (審査ガイド ^{4.3.1.5})	第6項地震力と地震力以外の荷重を組み合わせ、その結果得られる応力等が、許容限界を超えていないこと。また、密封境界部以外の部位に塑性ひずみが生ずる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に対して十分な余裕を有すること。	地震力に加え、兼用キャスクに作用する地震力以外の荷重として、貯蔵時に作用する荷重を組み合わせた結果得られる応力が、許容限界を満足することを確認する。また、密封境界部以外の部位に塑性ひずみが生じる場合には、その量が破断延性限界に対して十分な余裕があることを確認する。

(注)「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」

4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)

● 地震力に対する安全評価について(1/3)

(1) 地震力に対する安全評価の概要 (詳細は資料1-4のP.8、P.11~19参照)

地震力に対するMSF-24P型の構造健全性評価を行い、構造健全性が維持されることで安全機能が維持されることを確認する。構造健全性評価の評価部位は、安全機能を担保する兼用キャスク本体(胴、外筒、下部端板、伝熱フィン、中性子遮蔽材カバー、一次蓋、二次蓋、貯蔵用三次蓋、蓋ボルト)、バスケット、及び兼用キャスクを支持するトラニオンとする。また、構造健全性評価は、金属キャスク構造規格等を基に、下表のとおり実施する。

構造健全性評価対象		地震力	評価方法
兼用 キャスク 本体	胴、外筒、下部端板、 中性子遮蔽材カバー、 一次蓋、二次蓋、 貯蔵用三次蓋、蓋ボルト	兼用キャスク告示 で定める加速度 による地震力 ・水平2300Gal(23m/s ²) ・鉛直1600Gal(16m/s ²)	地震時にMSF-24P型に生じる加速度が、事業所外運搬規則に規定される0.3m落下時にMSF-24P型に生じる衝撃加速度に対して小さいことを示す(下図参照) ^(注1) 。
	伝熱フィン		
バスケット			地震時にMSF-24P型のトラニオン ^(注2) に生じる応力を応力評価式により算出し、評価基準を満足することを示す。
トラニオン			

(注1)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、「事業所外運搬規則」という)で定められる0.3m落下時において、MSF-24P型は、金属キャスク構造規格に基づき構造健全性が維持される設計としている。0.3m落下時の許容限界は、金属キャスク構造規格の供用状態Bの評価基準(弾性範囲ベースの基準)であり、S_s地震力が作用する場合の供用状態Dの評価基準(構造部材を破損させないとする基準)に対して、保守側の基準である。

(注2)MSF-24P型は、横置き姿勢で貯蔵され、上部トラニオン及び下部トラニオンにより貯蔵架台に固縛される。

4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)

● 地震力に対する安全評価について(2/3)

(2) 兼用キャスク本体及びバスケットの構造健全性 (詳細は資料1-4のP.11~P.17、別紙1参照)

- 0.3m落下時に胴、外筒、下部端板、中性子遮蔽材カバー、一次蓋、二次蓋、三次蓋及び蓋ボルトに生じる応力は、CRUSHコードにより算出した衝撃加速度を入力条件とした構造解析モデル(ABAQUSコード)により算出し、伝熱フィン及びバスケットに生じる応力は、応力評価式により算出した^(注)。
- 地震時にMSF-24P型に生じる加速度は、0.3m落下時にMSF-24P型に生じる衝撃加速度に対して小さく、地震時において、兼用キャスク本体及びバスケットの構造健全性は維持される。また、密封境界部及びバスケットは弾性範囲に留まる。

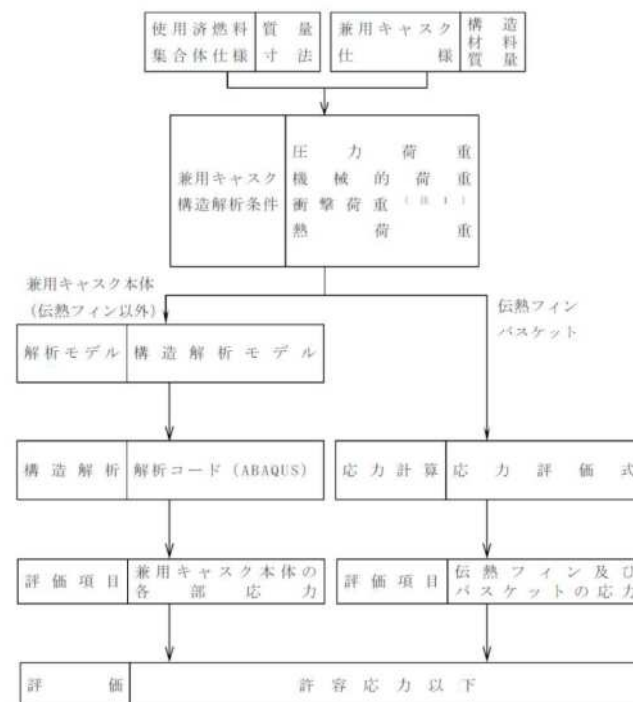
(注)0.3m落下時の応力は、地震力に加え、供用中に作用する荷重(圧力荷重、熱荷重等)を組み合わせる算出している。なお、貯蔵中に作用する地震力以外の荷重は、0.3m落下時の荷重と同じである。

地震時の加速度	評価基準(CRUSHコードによる計算値)
水平 23 m/s ² 鉛直 16 m/s ²	0.3m水平落下 200 m/s ² 0.3m垂直落下 255 m/s ²

0.3m落下時の構造健全性評価結果^(注)

評価部位	応力の種類	応力	評価基準(MPa)
一次蓋	P_L+P_b	65	186 (1.5 S_m)
二次蓋	P_L+P_b	34	186 (1.5 S_m)
三次蓋	P_L+P_b+Q	85	411 (3 S_m)
胴	P_L	66	186 (1.5 S_m)
外筒	曲げ ²	87	156 (f_b)
下部端板	曲げ ²	63	136 (f_b)
中性子遮蔽材カバー	曲げ ²	67	136 (f_b)
一次蓋密封シール部	P_L+P_b+Q	96	185 (S_y)
二次蓋密封シール部	P_L	67	185 (S_y)
一次蓋ボルト	$\sigma_m+\sigma_b$	590	843 (3 S_m)
二次蓋ボルト	$\sigma_m+\sigma_b$	596	846 (3 S_m)
三次蓋ボルト	$\sigma_m+\sigma_b$	468	846 (3 S_m)
伝熱フィン	応力強さ	6	63 (S_m)
バスケット	σ_c	12	36 (S_m)

(注)0.3m水平落下及び0.3m垂直落下(頭部・底部)における各評価部位の応力のうち、最も余裕率の小さい結果を記載。0.3m落下時の許容限界は、供用状態Bの評価基準(弾性範囲の基準)であり、地震時の評価基準(供用状態D)に比べ保守的な基準である。



(注1)落下時の衝撃加速度は、CRUSHコードにより算出する。

0.3m落下時の構造健全性評価フロー

4. 設置許可基準規則への適合性(第4条)

● 地震力に対する安全評価について(3/3)

(3)トラニオンの構造健全性 (詳細は資料1-4のP.17~P.19、別紙2参照)

- 地震時にトラニオンに生じる応力は、作用する荷重が大きくなる下部トラニオンを対象とし、応力評価式により算出した^(注)。
- トラニオンに生じる応力は、金属キャスク構造規格の評価基準を満足しており、トラニオンの構造健全性は維持される。

(注)トラニオンに生じる応力は、地震力に加え、供用中に作用する荷重(熱荷重)を組み合わせる算出している。



トラニオンの応力計算モデル^(注)

地震時のトラニオンの構造健全性評価結果^(注1)

評価位置 ^(注2)		応力の種類	応力	評価基準(MPa)
トラニオン 本体	断面A-A	応力強さ	185	591 (1.5 f_t *)
	断面B-B	応力強さ	252	591 (1.5 f_t *)
接続部		支圧	209	412 (1.5 f_p *)

(注1)各評価部位の応力のうち、最も余裕率の小さい結果を記載。

(注2)評価位置は左図参照。

(4)解析コードの検証 (※詳細は資料1-4のP.20~25参照)

地震時の兼用キャスク本体及びバスケットの構造健全性評価に用いた0.3m落下時の衝撃加速度計算に用いるCRUSHコード、及び0.3m落下時の応力計算に用いるABAQUSコードは、MSF-24P型のリファレンスモデルである落下試験結果により検証され適用性を確認している。また、これらのコードは技術的な特殊性、新規性は無く、許認可で使用実績があるコードである。

● 設計方針の妥当性

以上のとおり、地震時にMSF-24P型の構造健全性は維持されることから、第6項地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがない設計である。したがって、MSF-24P型の地震に対する設計方針は妥当である。

5. 指摘事項(コメント)リスト (1/3)

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
1	2020/6/8 審査会合	型式証明の審査範囲を明確にするために、以下事項について説明すること。 (1-1)輸送容器と輸送荷姿の仕様・構造・評価上の差異 (1-2)縦置き姿勢で設置する方法における緩衝体の設置有無	全般	<ul style="list-style-type: none"> ・(1-1)構造及び安全機能上の輸送容器との差異を踏まえ、「輸送荷姿」として申請している貯蔵方式の分類を「蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法」に適正化し、同設置方法の要求事項を満足する設計とする。また、本貯蔵方法の名称は、「蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法(横置き)」とする。 ・(1-2)各設置方法の概要、及び縦置き姿勢で設置する方法における緩衝体の有無及び緩衝体の位置づけを示す。 	2020/8/6審査会合で説明。
1'	2020/8/6 審査会合	兼用キャスクの定義を整理すると共に、型式証明での審査事項及び後段申請での確認事項を明確にすること。	全般	兼用キャスクの定義、及び型式証明の審査対象とする部品又は設備、並びに型式証明の審査事項及び後段申請での確認事項を明確にした。本整理結果を踏まえ、申請範囲として申請している「基礎等に固定する設置方法(縦置き②)の貯蔵架台」については本申請の審査対象設備から除くこととする。	2020/9/29審査会合で説明。
1''	2020/8/6 審査会合	縦置き②による設置方法における基本設計方針を示すとともに、型式証明と後段申請の範囲を明確にすること。	全般	基礎等に固定する設置方法設置方法(縦置き②)の基本設計方針及び耐震評価方針、並びに耐震評価における型式証明での審査事項及び後段申請での確認事項を示す。	2020/9/29審査会合で説明。
1'''	2020/9/29 審査会合	型式証明における申請範囲と審査対象を明確に分けて整理を行うこと。また、今後、後段審査との関係において詳細設計の評価を行うための必要となる条件を具体化すること。	全般	今後回答する。	未 (今後回答予定)
2	2020/6/8 審査会合	型式証明での確認事項と設置(変更)許可段階での確認事項の整理表を作成すること。	全般	・型式証明での確認事項(説明事項)と設置(変更)許可申請における確認事項の整理表を示す。	2020/8/6審査会合で説明。

5. 指摘事項(コメント)リスト (2/3)

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
3	2020/6/8 審査会合	17×17燃料と15×15燃料の同一キャスクへの混載について説明すること。また、A型とB型の混載について整理して説明すること。	16条	17×17燃料と15×15燃料は同一キャスクに混載しない。また、A型とB型については同一キャスクに混載する。安全評価では、17×17燃料及び15×15燃料でそれぞれ厳しい条件となる燃料(48,000MWd/t型(A型))を代表燃料として設定しており、安全評価は、A型とB型を混載することを包絡した評価条件としている。	2021/1/14審査会合で説明。
4	2020/6/8 審査会合	緩衝体について、材料としていたる木材の長期健全性を、使用期間中の検査の考え方も含めて説明すること。	16条	MSF-24P型は、貯蔵用緩衝体の装着により蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法とする基本設計方針である。緩衝体の緩衝材(木材)の長期健全性については、経年変化要因を踏まえ、型式指定申請時にその詳細を説明する予定である。	次回審査会合で説明予定。
5	2020/11/19 審査会合	臨界評価における評価条件について、特定兼用キャスクへの燃料装荷から貯蔵施設への搬入、搬出、燃料取出までの一連の手順を踏まえた上で、最も厳しい条件をどのような考え方で設定したのか説明すること。	16条	MSF-24P型への燃料装荷から貯蔵施設への搬入、搬出、燃料取出までの一連の作業フローを整理するとともに、各様態におけるMSF-24P型内部及び外部の条件について感度解析を実施し、設計方針の妥当性確認として実施した安全評価の条件が最も厳しいことを確認した。	2021/1/14審査会合で説明。
6	2020/11/19 審査会合	基準漏えい率、リークテスト判定基準及び金属ガスケットの漏えい率の関係を整理し、閉じ込め機能の成立性について説明すること。	16条	閉じ込め機能の基本設計方針の妥当性確認として、使用する金属ガスケットの性能(設計漏えい率)により閉じ込め機能の成立性を示すこととする。また、基準漏えい率については、設置(変更)許可申請への引継ぎ事項とし、事業者殿において、貯蔵開始前の気密漏えい検査の基準値(リークテスト判定基準)が基準漏えい率を下回るように設定頂くものとする。	2021/1/14審査会合で説明。

5. 指摘事項(コメント)リスト (3/3)

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
6'	2021/1/14 審査会合	リークテスト判定基準について、事業者の運用上の目安であるとのことであるが、それ以外の運用上の管理値も含めて、どのような形で、電気事業者が行う特定兼用キャスクの使用に係る設置(変更)許可申請への引き継ぎ事項として整理すべきか再検討すること。	16条	指摘事項(No.6)への回答として、設計貯蔵期間経過後にMSF-24P型内部が大気圧となる漏えい率として、基準漏えい率を設置(変更)許可申請への引継ぎ事項とし、電気事業者において、貯蔵開始前の気密漏えい検査の基準値(リークテスト判定基準)が基準漏えい率を下回るように設定頂くものとしていた。しかしながら、電気事業者の設置(変更)許可申請書では、基準漏えい率を適用した具体的な記載がないことを踏まえ、設置(変更)許可申請への引継ぎ事項とせず、参考値として示すこととする。	次回審査会合で説明予定。
7	2020/11/19 審査会合	型式証明における評価において、後段規制の型式指定、設置変更許可等に引き継ぐべき施設設計の条件について説明すること。	16条	型式証明における評価のうち、設置(変更)許可申請において確認する事項を資料1-7に整理した。なお、型式指定では、型式証明申請で示した全ての施設設計条件について、同一又はその範囲内にあることを確認する。	2021/1/14審査会合で説明。
8	2021/1/14 審査会合	MCNP5コードを遮蔽解析に使用することの妥当性について、許認可審査における使用実績や根拠としている文献の妥当性等も含め、系統立てて再度説明すること。	16条	MCNP5コードをMSF-24P型の遮蔽解析に適用することの妥当性について再整理した。①から③の観点で適用性に問題ないことを確認しており、本型式証明での適用は妥当であると判断している。 ①MSF-24P型について許認可実績が豊富なDOT3.5コード結果(既認可値)との比較により同様の結果が得られていること ②核燃料物質の輸送容器体系や使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽解析に対して本コードの国内許認可実績を有すること ③使用済燃料貯蔵容器体系での遮蔽ベンチマーク試験による妥当性検証がなされていること	次回審査会合で説明予定。

6. 指摘事項への回答

指摘事項 (No.4)

緩衝体について、材料としている木材の長期健全性を、使用期間中の検査の考え方も含めて説明すること。

(回答)

MSF-24P型は、貯蔵用緩衝体の装着により蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法とする基本設計方針である。緩衝体の緩衝材(木材)の長期健全性については、以下に示す経年変化要因を踏まえ、型式指定申請時にその詳細を説明する予定である。

6. 指摘事項への回答

指摘事項(No.6')

リークテスト判定基準について、事業者の運用上の目安であるとのことであるが、それ以外の運用上の管理値も含めて、どのような形で、電気事業者が行う特定兼用キャスクの使用に係る設置(変更)許可申請への引き継ぎ事項として整理すべきか再検討すること。

(回答)

指摘事項(No.6)への回答として、設計貯蔵期間経過後にMSF-24P型内部が大気圧となる漏えい率として、基準漏えい率を設置(変更)許可申請への引継ぎ事項とし、電気事業者において、貯蔵開始前の気密漏えい検査の基準値(リークテスト判定基準)が基準漏えい率を下回るように設定頂くものとしていた。しかしながら、電気事業者の設置(変更)許可申請書では、下表のとおり基準漏えい率を適用した具体的な記載がないことを踏まえ、設置(変更)許可申請への引継ぎ事項とせず、参考値として示すこととする。

使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に係る設置(変更)許可申請書記載事項例(注)

分類	主な該当章	記載事項(閉じ込め機能関連の主な抜粋)
本文	五 発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備 二 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備 (2)核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力 a. 構造	使用済燃料乾式貯蔵容器は、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とするとともに、(略)。
添付書類八	1.12 原子炉設置変更許可申請に係る安全設計の方針 1.12.12 発電用原子炉設置変更許可申請(平成30年5月25日申請)に係る安全設計の方針 1.12.12.1 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成25年6月19日制定平成31年4月2日一部改正)に対する適合	第十六条 4 について 三 使用済燃料乾式貯蔵容器は、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とする。
	4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 4.1 燃料取扱及び貯蔵設備 4.1.1 通常運転時等 4.1.1.2 設計方針	(9)使用済燃料乾式貯蔵容器は、(中略)、閉じ込め機能を周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により適切に監視することができる設計とする。また、使用済燃料を乾式貯蔵容器蓋間圧力を適切な頻度で監視する設計とする。 (14)使用済燃料乾式貯蔵施設 使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、二重の蓋及び金属ガスケットにより漏えいを防止し、設計貯蔵期間中の貯蔵容器内部圧力を負圧に維持できる構造とする。(中略) 使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋間圧力は、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により監視し、(略)。

(注) (出典)四国電力株式会社、「伊方発電所原子炉設置変更許可申請書(3号原子炉施設の変更)の一部補正」、(2020)。

6. 指摘事項への回答

指摘事項 (No.8)

MCNP5 コードを遮蔽解析に使用することの妥当性について、許認可審査における使用実績や根拠としている文献の妥当性等も含め、系統立てて再度説明すること。

(回答)

MCNP5コードをMSF-24P型の遮蔽解析に適用することの妥当性について、下表のとおり再整理した。①から③の観点で適用性に問題ないことを確認しており、本型式証明での適用は妥当と判断している。

- ①MSF-24P型について許認可実績が豊富なDOT3.5コード結果(既認可値)との比較により同様の結果が得られていること
- ②核燃料物質の輸送容器体系や使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽解析に対して本コードの国内許認可実績を有すること
- ③使用済燃料貯蔵容器体系での遮蔽ベンチマーク試験による妥当性検証がなされていること

適用妥当性の観点	適用妥当性確認内容	備考(詳細説明)
①既許認可値との比較 (DOT3.5コードによる解析値との比較)	<ul style="list-style-type: none"> ・同じMSF-24P型で、許認可実績の豊富な二次元SN輸送計算コードDOT3.5を使用して評価した設計承認申請書の解析値^(注1)と、今回のMCNP5コードの解析値を比較した。 ・許認可実績を有する解析コードの評価値と比較して、コードの特性による差異の他は概ね同様の結果が得られるため、使用済燃料貯蔵容器体系での遮蔽評価へのMCNP5コードの適用性は問題ない。 	資料1-5のP.27参照 資料1-5の別紙5参照
②MCNP5コードの国内許認可実績	<ul style="list-style-type: none"> ・MCNP5コードによる核燃料物質の輸送容器体系の許認可実績として、S300型輸送容器の設計承認申請^(注2)がある。 ・MCNP5コードによる使用済燃料貯蔵容器体系での遮蔽評価は、上記設計承認実績例と線源条件及び遮蔽体構造が同等であり、新規性はない。 ・MCNPコードは使用済燃料乾式貯蔵建屋の許認可での使用実績*もあり、MCNPコードは広く遮蔽解析に使用できる汎用計算コードである。 *: 既認可ではMCNP4Cを使用しているが、主な差異はプログラム言語であり物理・数学モデルは同じ 	資料1-5のP.27-28参照
③MCNP5コードの妥当性検証	<ul style="list-style-type: none"> ・MCNP5コードによる使用済燃料貯蔵容器体系での遮蔽ベンチマーク解析結果が測定値と同様の傾向であることが、日本原子力学会に設立された研究機関、規制当局及びメーカー等により構成された委員会において内容及び適用範囲等について議論され取り纏められた文献^(注3)に示されている。 	資料1-5のP.28-29参照

(注1) (出典) 四国電力株式会社、「核燃料輸送物設計承認申請書」、原燃発第18-78号、(2018)。

(注2) (出典) 国立大学法人東京工業大学、「核燃料輸送物設計承認申請書」、東工大研 第4-3号、(2016)。

(注3) (出典) 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」、(2013)。

MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**

無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社