

資料1-1

Doc. No. L5-95JY254 R6

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16条関連)

2021.2.2

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. 指摘事項(コメント)リスト	…17
4. 指摘事項への回答	…20

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)◎:設計方針及び安全性能評価を説明する項目、○: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100μSv/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、対流及びびく射により、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。	本体及び金属ガスケット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スケットを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、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、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
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
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

(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及びP.8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.3~12参照)

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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

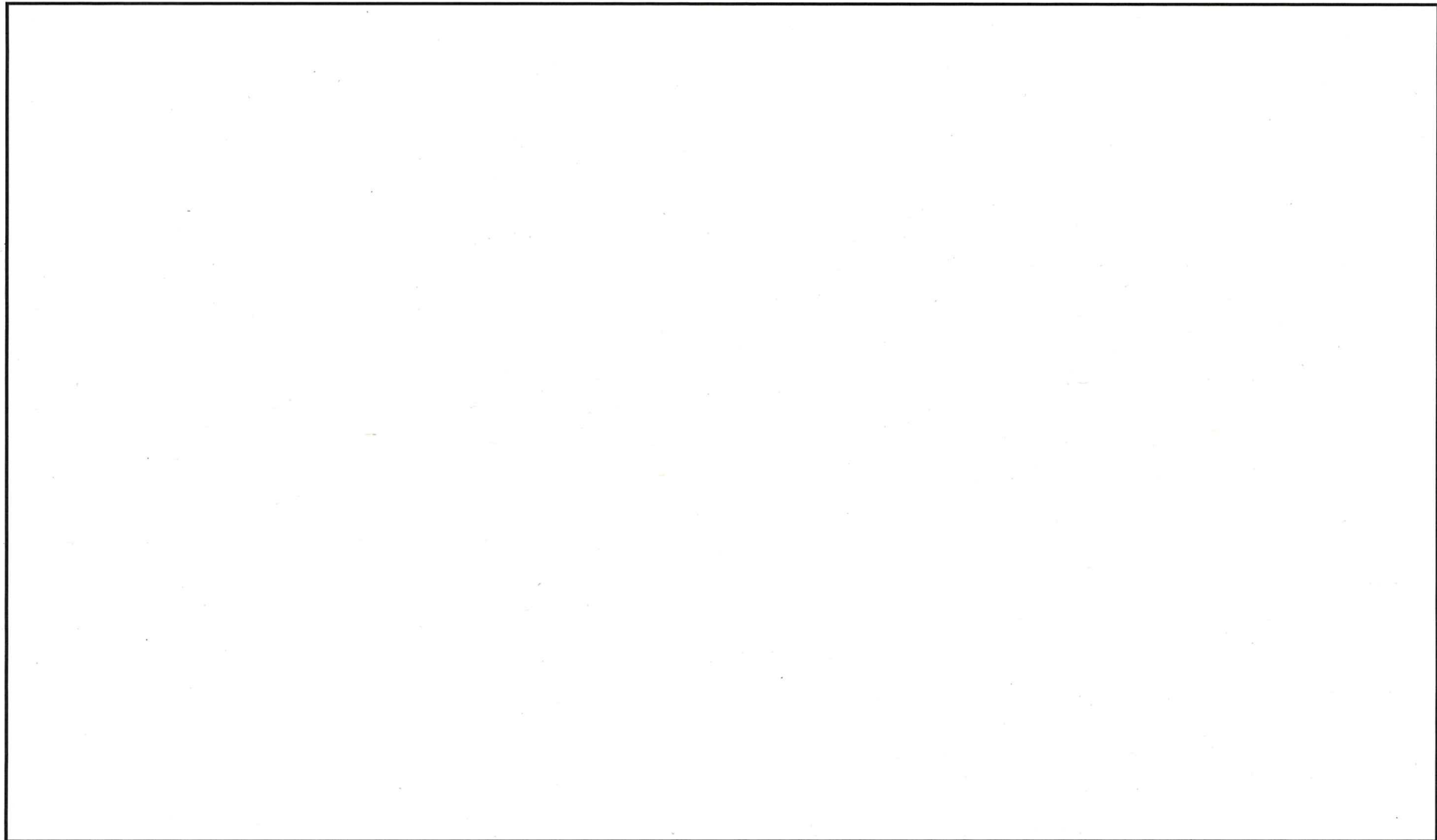
(注1) 設計貯蔵期間中の熱影響により質量減損が生じるため、遮蔽評価において、中性子遮蔽材の質量減損(2.5%)を考慮した評価を実施している。

● 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。

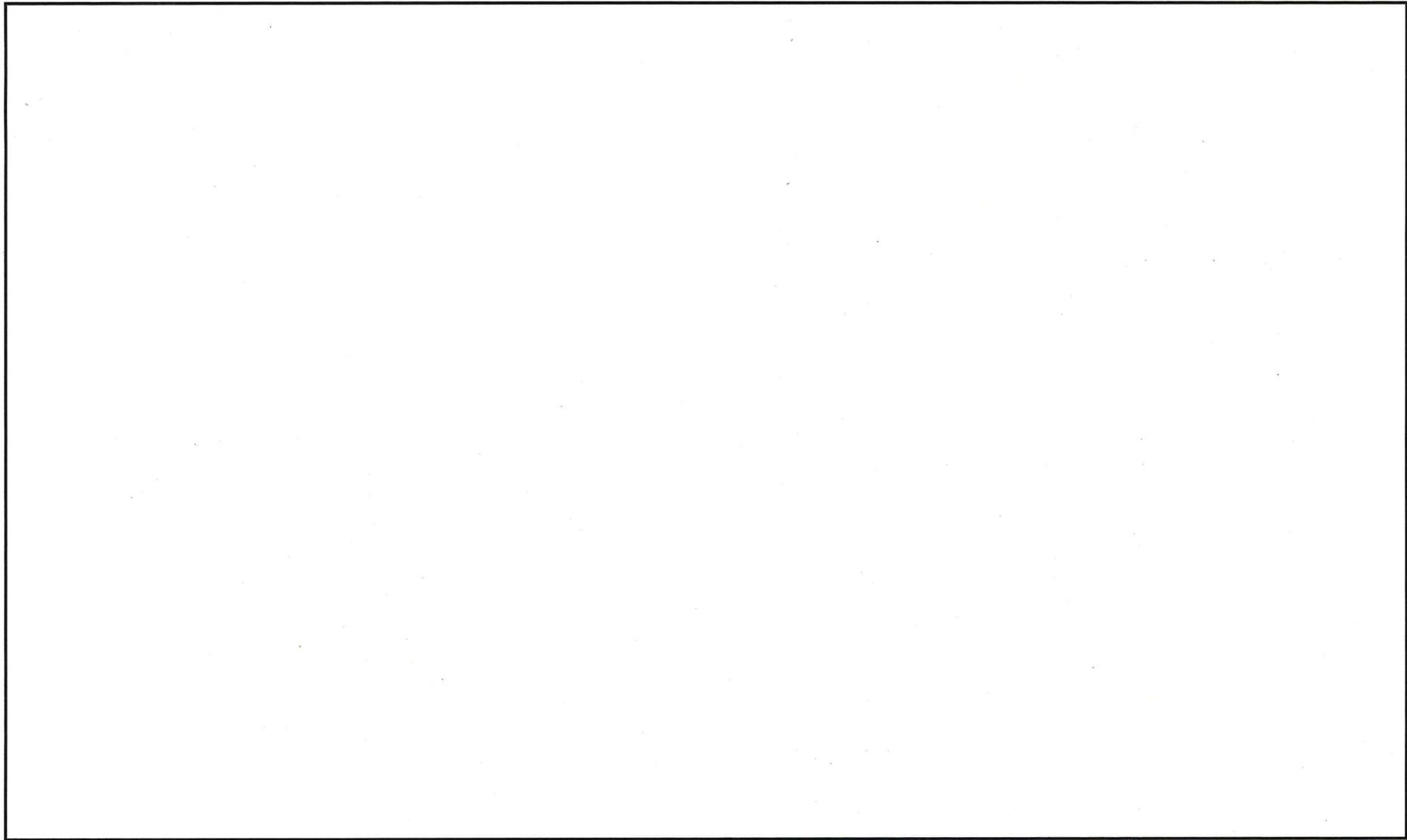
2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

- 緩衝材の経年変化要因と健全性評価の観点 (詳細は資料1-2の別紙1参照)



2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

- 緩衝材の健全性評価 (詳細は資料1-2のP.11参照)



2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)



[Redacted]

について (詳細は資料1-2の別紙4参照)

[Redacted]



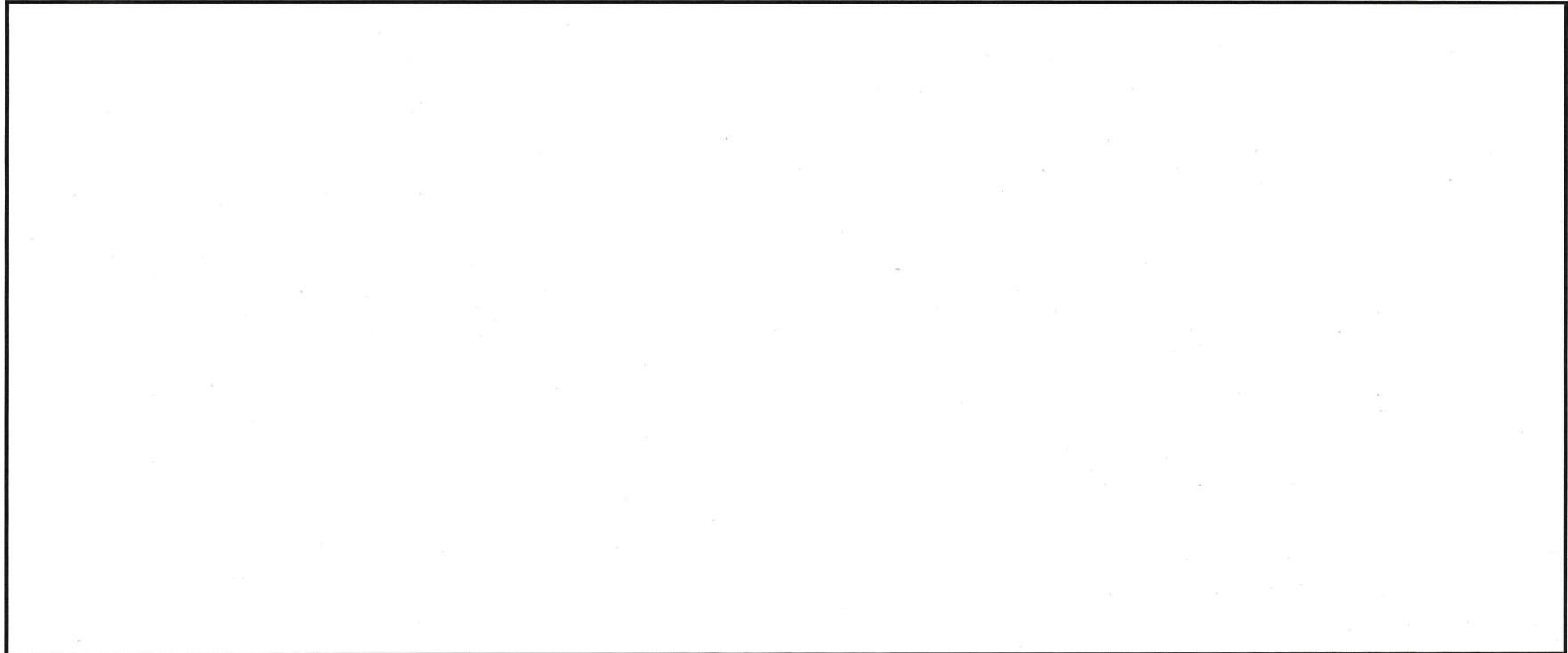
2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)



の考慮について

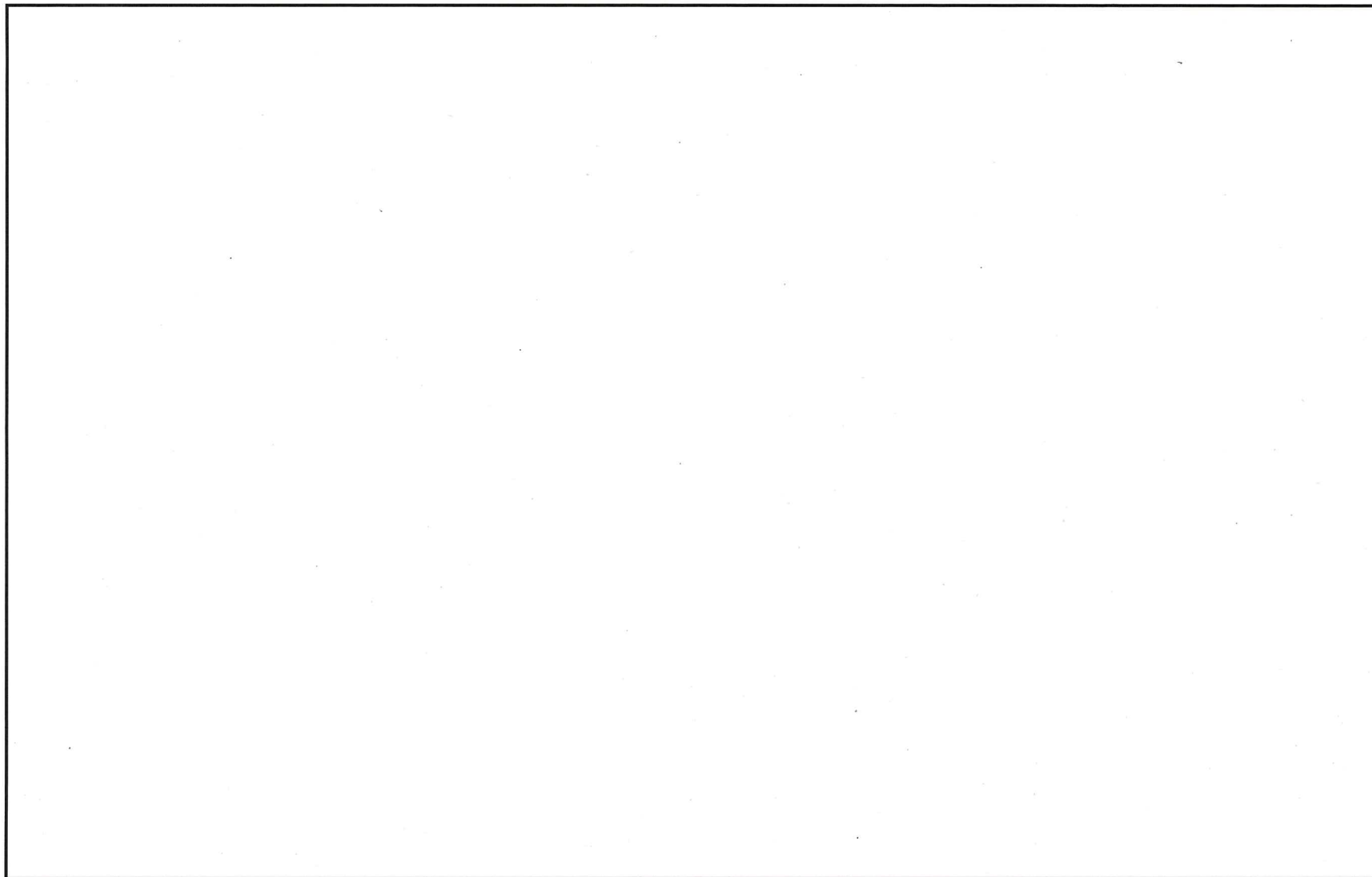
2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

- 後段審査(設置(変更)許可申請)への引継ぎ事項について



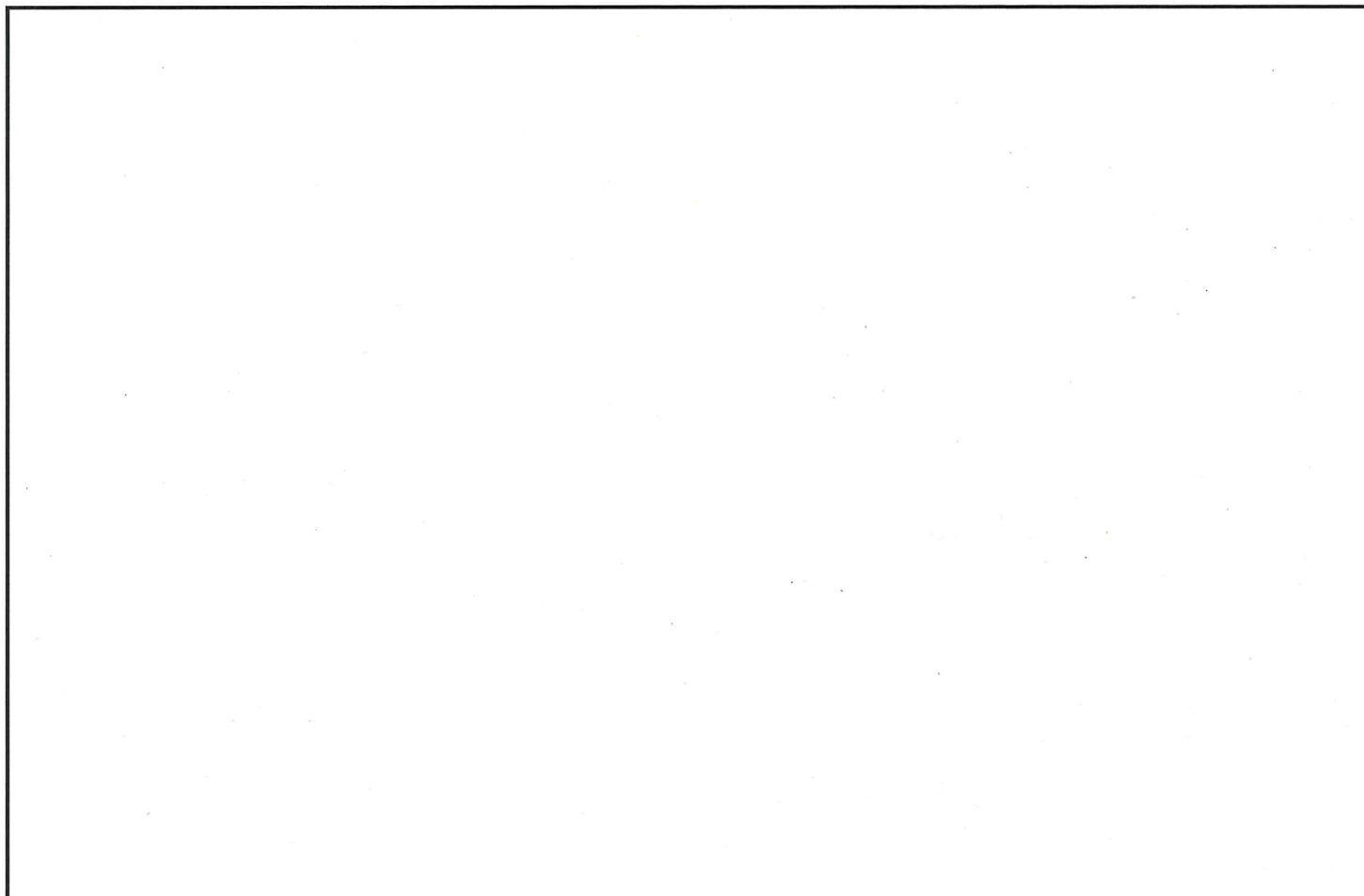
2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

- (参考) について(1/2)



2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

- (参考) について(2/2)



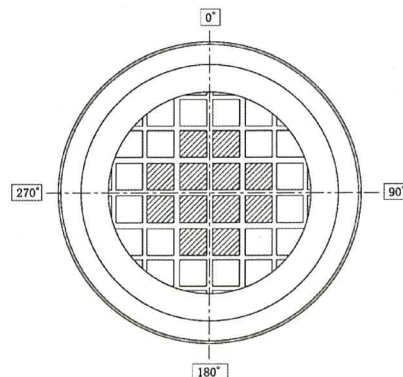
(MSF-24P型の収納条件)



● MSF-24P型の収納物の収納条件(17×17燃料)

下表の制限を全て満足する燃料を収納すること。

燃料集合体の種類と型式		中央部				外周部				
		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	
種類		PWR使用済燃料								
燃料集合体	1体	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)	48,000		39,000		44,000		39,000	
		冷却期間 (年以上)	15	17	15	17	15	17	15	17
	キャスク1基あたり	平均燃焼度 (MWd/t以下)	44,000							
		崩壊熱量 (kW以下)	15.8							
バーナブルポイント集合体 1体		照射期間 (日以下)	2344 (約90,000MWd/t相当)						—	
		冷却期間 (年以上)	15						—	

(注) 本表に示す17×17燃料とP.15に示す15×15燃料はMSF-24P型に混載しないが、48,000MWd/t型と39,000MWd/t型、及びA型とB型は区別なく混載可能である。MSF-24P型への配置上の制約は下のとおり。



-  : 中央部(12体) 燃焼度が48,000MWd/t以下の使用済燃料の収納位置
-  : 外周部(12体) 燃焼度が44,000MWd/t以下の使用済燃料の収納位置

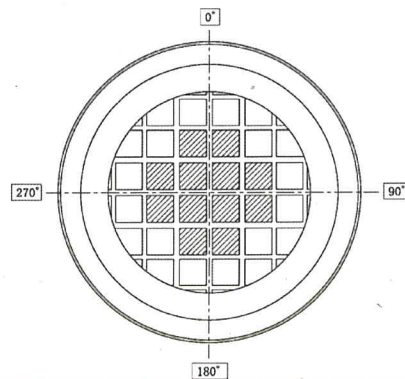
(MSF-24P型の収納条件)



● MSF-24P型の収納物の収納条件(15×15燃料)

下表の制限を全て満足する燃料を収納すること。

燃料集合体の種類と型式		中央部				外周部				
		15×15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	
種類		PWR使用済燃料								
燃料集合体	1体	初期濃縮度 (wt%以下)	4.1		3.5		4.1		3.5	
		最高燃焼度 (MWd/t以下)	48,000		39,000		44,000		39,000	
		冷却期間 (年以上)	15	17	15	17	15	17	15	17
	キャスク1基あたり	平均燃焼度 (MWd/t以下)	44,000							
		崩壊熱量 (kW以下)	15.8							
バーナブルポイズン集合体 1体		照射期間 (日以下)	2671 (約90,000MWd/t相当)						—	
		冷却期間 (年以上)	15						—	

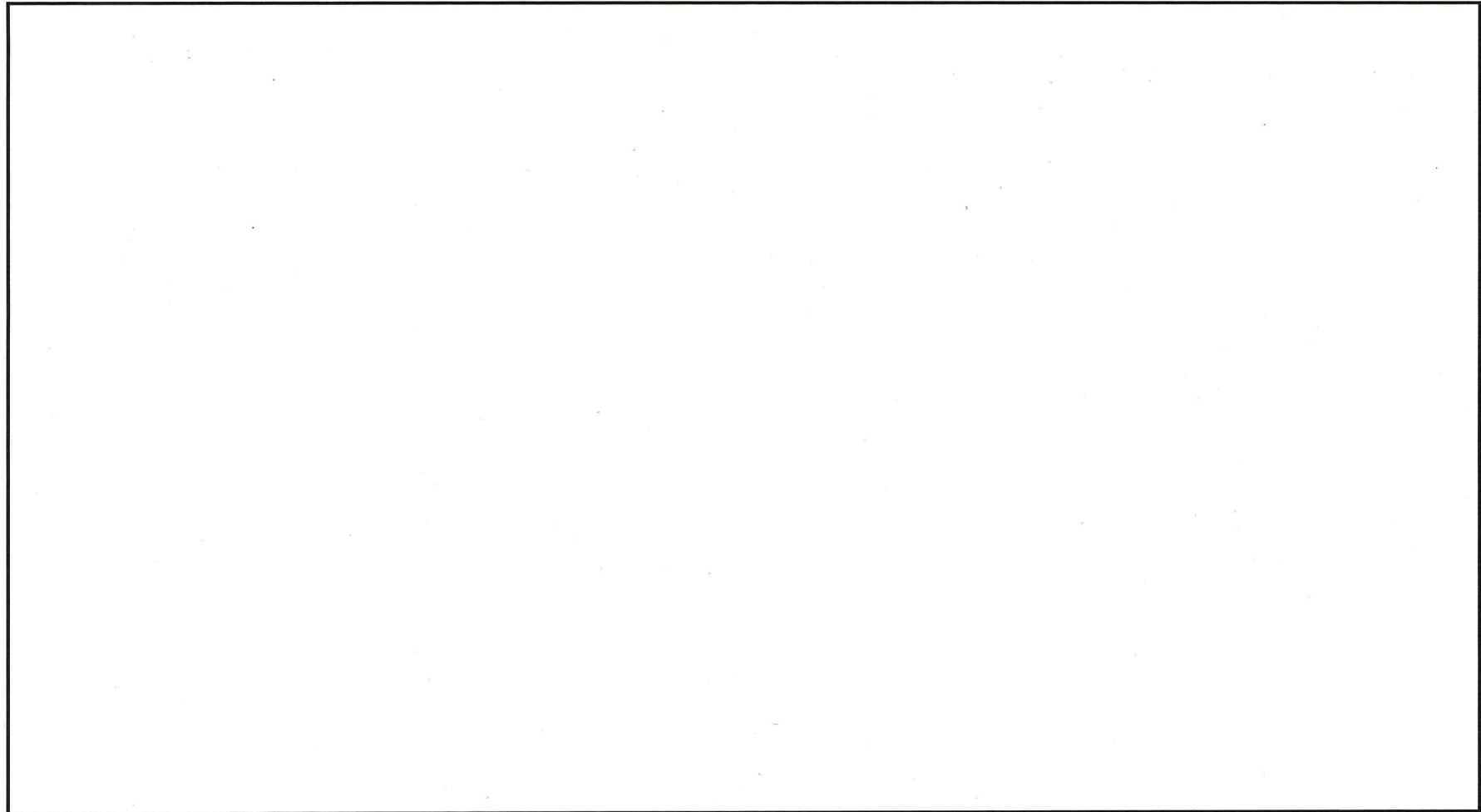
(注) 本表に示す15×15燃料とP.14に示す17×17燃料はMSF-24P型に混載しないが、48,000MWd/t型と39,000MWd/t型、及びA型とB型は区別なく混載可能である。MSF-24P型への配置上の制約は下のとおり。



-  : 中央部(12体) 燃焼度が48,000MWd/t以下の使用済燃料の収納位置
-  : 外周部(12体) 燃焼度が44,000MWd/t以下の使用済燃料の収納位置

2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

● について



3. 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	・(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。

3. 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		
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。

3. 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	今後回答する。	未 (今後回答予定)
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	今後回答する。	未 (今後回答予定)

4. 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)

● 兼用キャスクの定義

- 設置許可基準規則の定義^(注)に基づき、MSF-24P型の事業所外運搬及び原子力発電所内貯蔵に関連する部品又は設備について、兼用キャスクとして定義されるもの、及び型式証明の審査対象とする部品又は設備を明確にした(下表)。

(注) 設置許可基準規則第2条第2項第41号抜粋:

兼用キャスクとは、使用済燃料を工場内に貯蔵する乾式キャスクのうち、使用済燃料の工場等外への運搬に使用する容器に兼用することができるものとして、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第6条又は第7条及び第11条に定める技術上の基準(容器に係るものに限る。)に適合するものをいう。

分類	部品/設備	輸送時(事業所外運搬)	貯蔵時(原子力発電所内貯蔵)
兼用 キャスク	キャスク本体 ^(注1)	◎	◎
	バスケット	◎	◎
	一次蓋	◎	◎
	二次蓋	◎	◎
	モニタリングポートカバープレート ^(注2)	○	—
	輸送用三次蓋	○	—
	貯蔵用三次蓋 ^(注3)	—	○
緩衝体	輸送用緩衝体	○	—
	貯蔵用緩衝体 ^(注4)	—	○
周辺施設	貯蔵架台	—	○
	圧力センサ ^(注5)	—	○
	温度センサ ^(注6)	—	○
	貯蔵建屋	—	○
	クレーン	—	○

型式証明の
審査対象と
する部品又
は設備

(注) 輸送時及び貯蔵時に同一の構造で使用される部品又は設備を「◎」、輸送時又は貯蔵時のいずれかで使用される部品又は設備を「○」、使用されないものを「—」として示す。

(注1) 胴、中性子遮蔽材、外筒等で構成される。

(注2) 輸送時に二次蓋上面に設置される。貯蔵時には圧力センサを設置するため、モニタリングポートカバーは設置しない。

(注3) 貯蔵時に二次蓋上面に設置する圧力センサケーブルの外部への引き出しのために、貯蔵用三次蓋は、輸送用三次蓋に対し、P.8に示す一部改造を行う。

(注4) 貯蔵時に二次蓋上面に設置する圧力センサケーブルの外部への引き出しのために、貯蔵用緩衝体(上部)は、輸送用緩衝体(上部)に対し、一部改造を行う。

(注5) 貯蔵時に一次蓋と二次蓋の蓋間圧力監視のため、二次蓋上面に設置される。(注6) 貯蔵時に兼用キャスク表面温度を監視するために設置される。

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