

資料1-1

Doc. No. L5-95JY256 R0

# 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・第29条・第30条関連)

2020.10.26

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一覧	…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29条・第30条)	…9
4. 指摘事項(コメント)リスト	…15
5. 指摘事項への回答	…17

# 1. 設置許可基準規則への適合性一覧

## ● 設置許可基準規則の要件に対する適合性説明概要

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)

要求項目		主たる要件	設計方針
条・項	記載事項		
第16条 燃料体の取扱施設及び貯蔵施設			
第2項	燃料体等の貯蔵施設	<p>発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設を設けなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。</li> <li>イ 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。</li> </ul>	(型式証明申請の範囲外)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>ロ 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。</li> </ul>	(型式証明申請の範囲外)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。</li> </ul>	MSF-24P型は、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。
第4項	キャスク	<p>キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一 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。</li> </ul>	<p>MSF-24P型は、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とする。 【P.4～P.8参照】</p> <p style="color: red; text-align: right;"><b>本資料でのご説明事項</b></p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>二 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。</li> </ul>	<p>MSF-24P型は、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去する設計とする。 【今後説明予定】</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>三 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。</li> </ul>	<p>MSF-24P型は、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。</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。

## 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(第16条第4項一号) (兼用キャスクの遮蔽機能)

#### 《設計方針》

##### [安全設計に関する方針]

MSF-24P型は、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とする。

##### [発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-24P型は、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とするため、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

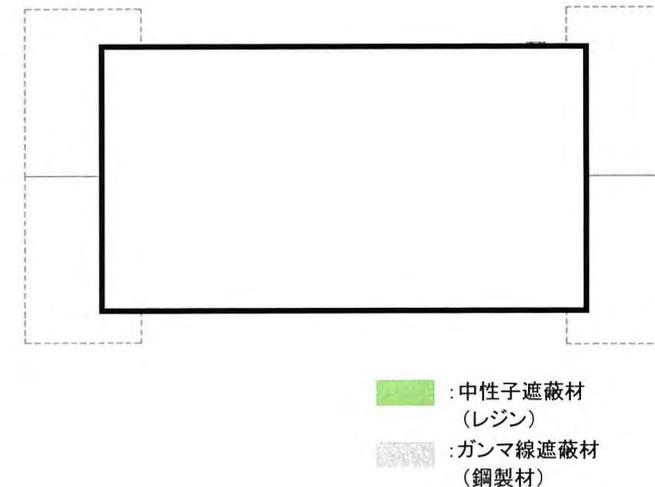
- 使用済燃料集合体からの放射線をガンマ線遮蔽材(鋼製)及び中性子遮蔽材(レジン)により遮蔽する。
- 通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下となる設計とする。

#### 安全評価

- 使用済燃料を線源として遮蔽評価を実施し、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 $\mu$ Sv/h以下となることを確認した(P.5~8参照)。

#### 設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件

- なし



遮蔽解析モデル図(横置きの例)

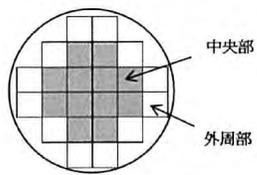
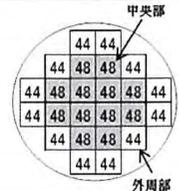
## 2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

### ● 遮蔽機能の安全評価について

#### (1) 遮蔽解析評価条件(収納物仕様) (詳細は資料1-2のP.4~11、別紙1参照)

解析に用いる収納物仕様は、収納物のうち放射線源強度の高い17×17燃料 48,000MWd/t型(A型)及び15×15燃料 48,000MWd/t型(A型)とし、以下のとおりとする。

- ・中央部、外周部ともに最高燃焼度を設定する。
- ・使用済燃料の軸方向燃焼度分布を考慮して、線源強度を計算する。
- ・初期濃縮度は、収納する使用済燃料の濃縮度下限値とする。
- ・バーナブルポイズン集合体は放射化による線源強度については考慮するが、構造材の遮蔽効果は無視する。

項目		キャスク収納位置制限		遮蔽解析条件		
		中央部	外周部	中央部	外周部	
燃料集合体 1体の仕様	種類	48,000MWd/t型(A型・B型) 39,000MWd/t型(A型・B型)		48,000MWd/t型 (A型)		
	初期 濃縮度	17×17燃料収納時	≤4.2wt%			
		15×15燃料収納時	≤4.1wt%			
	燃焼度	最高	≤48GWd/t	≤44GWd/t	48GWd/t	44GWd/t
		MSF-24P型1基あたり平均	≤44GWd/t		(46GWd/t)	
冷却期間		A型: ≥15年、B型: ≥17年		15年		
バーナブル ポイズン集合体 1体の仕様	最高燃焼度	≤90GWd/t	—	90GWd/t	—	
	冷却期間	≥15年	—	15年	—	
配置						

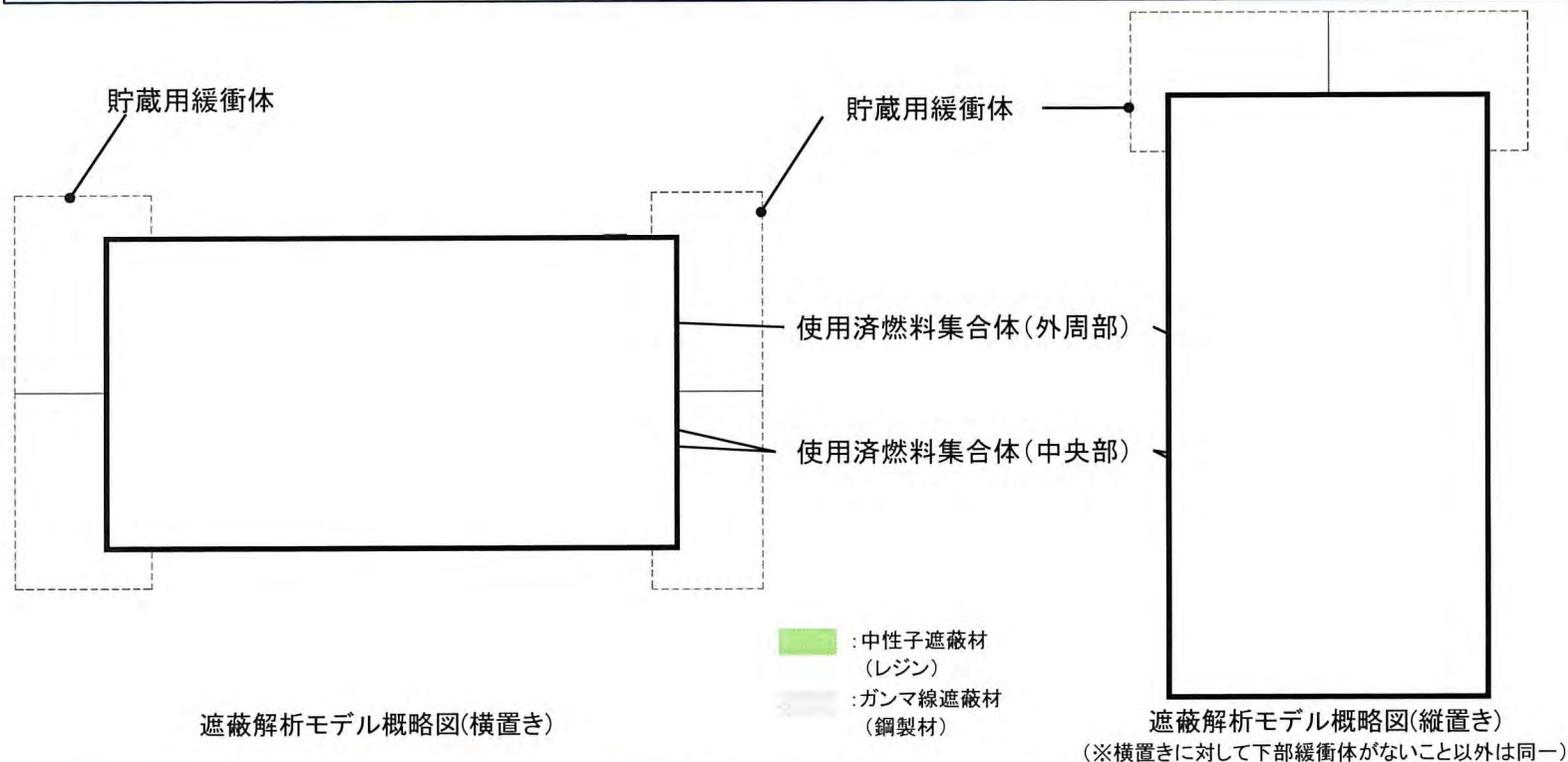
## 2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

### ● 遮蔽機能の安全評価について

#### (2) 遮蔽解析評価条件(解析モデル)(詳細は資料1-2のP.6、12~15及び別紙1参照)

解析モデルは、以下のとおり配置・形状等を適切に考慮し、保守的な条件とする。

- ・貯蔵方式は、横置き及び縦置き(いずれも貯蔵架台は含まない)とする。
- ・MSF-24P型及び使用済燃料集合体の実形状を三次元でモデル化する。  
(貯蔵用緩衝体は構造体としては無視し、評価点距離としては考慮する)
- ・洞内での燃料集合体の軸方向の移動を考慮し、安全側に燃料集合体が一次蓋及び洞底部へ接した状態でモデル化する。
- ・各部寸法はノミナル値とするが、各構成部材のマイナス側の寸法公差を原子個数密度の設定で考慮する。
- ・設計貯蔵期間中の熱影響による中性子遮蔽材(レジン)の質量減損(2.5%)を考慮する。



## 2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

### ● 遮蔽機能の安全評価について

#### (3) 遮蔽解析評価条件(解析コード及び検証) (詳細は資料1-2のP.26～36参照)

##### ① 線源強度評価に用いる解析コード

遮蔽解析評価のうち線源強度評価には、米国のオークリッジ国立研究所(ORNL)で開発された公開のORIGEN2コード、ライブラリはORIGEN2コードに内蔵されるPWRU50及びPWRUを用いる。

ORIGEN2コードは、コード配布時に同梱されたサンプル問題の再現により計算機能が適正であることを確認している。また米国原子力学会(ANS)において、ANS標準崩壊熱との比較及び使用済燃料中のウラン、プルトニウム、アメリシウムなどの組成の実測値との比較により妥当性の確認を行っている。

また、本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、ライブラリである。

##### ② 遮蔽解析に用いる解析コード

遮蔽解析評価のうち線量当量率評価には、米国ロスアラモス国立研究所(LANL)で開発されたMCNP5コードを用いる。ライブラリは、ガンマ線評価ではEPDL97を基に作成されたMCPLIB84(LANLにて整備されたもの)、中性子評価ではJENDL-3.3を基に作成されたFSXLIB-J33(日本原子力研究所にて整備されたもの)を用いる。

MCNP5コード及びライブラリは、ベンチマーク解析によって妥当性の確認及び計算機能が適正であることを確認している。

また、本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、ライブラリである。

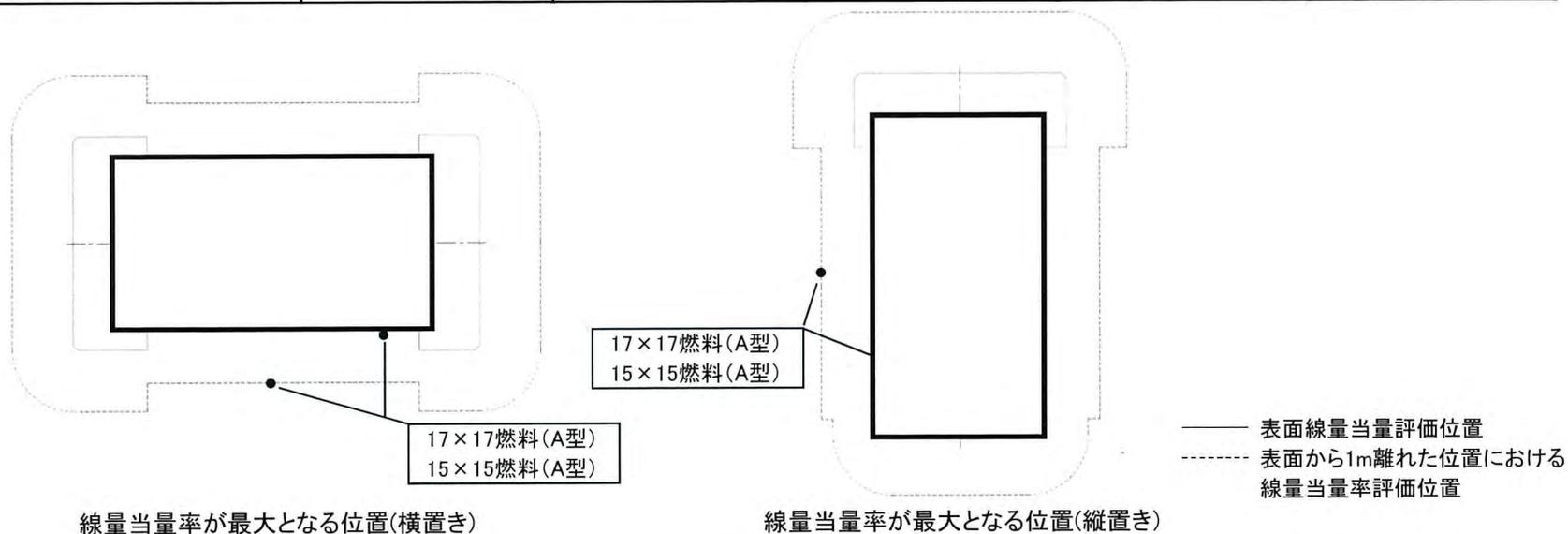
## 2. 設置許可基準規則への適合性(第16条)

### ● 遮蔽機能の安全評価について

#### (4) 遮蔽解析評価結果 (詳細は資料1-2のP.16~24、別紙4参照)

横置き及び縦置きにおける遮蔽評価を実施し、基準を下回ることを確認した。

項目	横置き		縦置き		評価基準
	17×17燃料収納時	15×15燃料収納時	17×17燃料収納時	15×15燃料収納時	
表面線量当量率	0.79 mSv/h	0.81 mSv/h	1.6 mSv/h	1.7 mSv/h	2 mSv/h以下
表面から1m離れた位置における線量当量率	85 μSv/h	83 μSv/h	85 μSv/h	83 μSv/h	100 μSv/h以下



### ● 設計方針の妥当性

以上のおり、MSF-24P型表面及び表面から1m離れた位置における線量当量率は、基準を満足することから、MSF-24P型は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設計である。したがって、MSF-24P型の遮蔽機能に係る設計方針は妥当である。

### 3. 設置許可基準規則への適合性(第29条・第30条)

要求項目		主たる要件	設計方針
条・項	記載事項		
第29条 工場等周辺における直接線等からの防護			
第1項	工場等周辺における直接線等からの防護	設計基準対象施設は、通常運転時において発電用原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の空間線量率が十分に低減できるものでなければならない。	<p>MSF-24P型は、通常運転時において発電用原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の空間線量率が十分に低減できるよう、通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100μSv/h以下となる設計とする。</p> <p>空間線量率の評価については、型式証明申請の範囲外とするが、工場等周辺における空間線量率を評価するための評価条件となる、MSF-24P型の遮蔽機能データ及び設置(変更)許可申請時における適用の確認方法を示す。</p> <p>【P.11,13,14参照】</p> <p style="text-align: right;"><b>本資料でのご説明事項</b></p>
第30条 放射線からの放射線業務従事者の防護			
第1項	放射線量の低減	設計基準対象施設は、外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場合には、次に掲げるものでなければならない。 一 放射線業務従事者が業務に従事する場所における放射線量を低減できるものとする。	<p>MSF-24P型は、放射線業務従事者が業務に従事する場所における放射線量を低減できるよう、通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100μSv/h以下となる設計とする。</p> <p>放射線業務従事者が業務に従事する場所における放射線量の評価については、型式証明申請の範囲外とするが、放射線従事者が業務に従事する場所における放射線量を評価するための評価条件となる、MSF-24P型の遮蔽機能データ及び設置(変更)許可申請時における適用の確認方法を示す。</p> <p>【P.12~14参照】</p> <p style="text-align: right;"><b>本資料でのご説明事項</b></p>

(注)上表に記載していない要件は、型式証明申請の対象外である。

# (参考) 第29条、第30条のソースターム条件について

「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」より抜粋

## 2.2 遮蔽機能

### 【確認内容】

#### 3) 敷地境界における実効線量

##### ② ソースターム

① 兼用キャスクの遮蔽機能データ又は兼用キャスク表面から1m離れた位置における線量当量率が100 $\mu$ Sv/hとなるよう放射線源強度を規格化したものを用いること。ここで、放射線源強度を規格化して用いる場合は、中性子100%又はガンマ線100%のいずれか保守的な線量評価とすること。また、中性子及びガンマ線の表面エネルギースペクトルは、保守的な線量評価となるものを使用すること。

付表 ソースターム条件比較

ソースターム条件	条件設定	特 徴
① 遮蔽機能データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>第16条遮蔽解析で得られる兼用キャスク表面を通過する放射線束データ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵建屋の合理的な遮蔽設計が可能となる。</li> <li>ただし、貯蔵する兼用キャスク型式が限定される(兼用キャスク型式毎に29条及び30条の適合性の確認が必要)</li> </ul>
② 包絡条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>兼用キャスクから1m離れた位置におけるガンマ線及び中性子が線量当量率が100<math>\mu</math>Sv/hとなるように線源強度をそれぞれ規格化。</li> <li>エネルギースペクトルは包絡スペクトル<sup>(注1)</sup>とする。</li> </ul> <p>(注1) 国内の種々の乾式キャスクの外表面スペクトルを包絡するよう設定された保守側なスペクトル                      ※原子力安全研究協会「使用済燃料中間貯蔵施設の直接線・スカイシャイン線量の評価手法について〔金属キャスク方式〕」(平成12年3月)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵建屋側に設計裕度があるため、基準線量当量率(表面から1m離れた位置:100<math>\mu</math>Sv/h以下)を満足する兼用キャスクであれば適合性に問題無い。(29条及び30条の適合性の確認が基本的に不要)<sup>(注2)</sup></li> </ul> <p>(注2) 包絡スペクトルの包絡性(コンクリート中の減衰率)の確認は必要となる</p>

### 3. 設置許可基準規則への適合性(第29条・第30条)

#### 工場等周辺における直接線等からの防護(第29条第1項)

##### 《設計方針》

##### [安全設計に関する方針]

MSF-24P型は、通常運転時において発電用原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の空間線量率が十分に低減できるよう、通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下となる設計とする。

##### [発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

空間線量率の評価については、MSF-24P型が発電用原子炉施設に与える影響評価の範囲外とする。

#### 設計方針

- 通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下となる設計とする。

#### 設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件

- 設置(変更)許可申請時に工場等周辺における空間線量率を評価するための評価条件となる、MSF-24P型の遮蔽機能データは、第16条の適合性評価にて実施する遮蔽解析で得られるMSF-24P型表面を通過する放射線束とする(P.13～14参照)。

### 3. 設置許可基準規則への適合性(第29条・第30条)

#### 放射線からの放射線業務従事者の防護(第30条第1項一号)

##### 《設計方針》

##### [安全設計に関する方針]

MSF-24P型は、放射線業務従事者が業務に従事する場所における放射線量を低減できるよう、通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下となる設計とする。

##### [発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

放射線業務従事者が業務に従事する場所における放射線量の評価については、MSF-24P型が発電用原子炉施設に与える影響評価の範囲外とする。

##### 設計方針

- 通常貯蔵時のMSF-24P型表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、MSF-24P型表面から1m離れた位置における線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下となる設計とする。

##### 設置(変更)許可申請において別途確認を要する条件

- 設置(変更)許可申請時に放射線従事者が業務に従事する場所における放射線量を評価するための評価条件となる、MSF-24P型の遮蔽機能データは、第16条の適合性評価にて実施する遮蔽解析で得られるMSF-24P型表面を通過する放射線束とする(P.13~14 参照)。

### 3. 設置許可基準規則への適合性(第29条・第30条)

#### (1) 遮蔽機能データの概要及び設置(変更)許可申請時における適用の確認方法

- 第29条及び第30条の遮蔽評価に用いる遮蔽機能データは、第16条の適合性評価にて実施する遮蔽解析で得られるMSF-24P型を通過する放射線束とする。(第16条の評価の詳細は資料1-2参照)
- 設置(変更)許可申請時に実施する第29条及び第30条の遮蔽評価では、MSF-24P型  をもって、遮蔽機能データが適切に使用されていることを確認する。

### 3. 設置許可基準規則への適合性(第29条・第30条)

(2) 第29条、第30条の遮蔽評価に用いる遮蔽機能データ

- 貯蔵方式及び収納物仕様の異なる計4つの遮蔽機能データを型式証明申請書に含める。

貯蔵方式	横置き貯蔵		縦置き貯蔵	
収納物仕様	17×17燃料	15×15燃料	17×17燃料	15×15燃料
遮蔽機能データ	○ (A型燃料で代表) <sup>(注)</sup>	○ (A型燃料で代表) <sup>(注)</sup>	○ (A型燃料で代表) <sup>(注)</sup>	○ (A型燃料で代表) <sup>(注)</sup>

(注) A型燃料の代表性については第16条の遮蔽適合性にて説明

(3) 遮蔽機能データ適用の確認対象とする

- 

と比較確認する。

## 4. 指摘事項(コメント)リスト (1/2)

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(P.3～P.10)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P.11に示す。	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(P.4～P.9)。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P.10～P.27に示す。	2020/9/29審査会合で説明。
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P.19～P.31に示す。	2020/8/6審査会合で説明。

## 4. 指摘事項(コメント)リスト (2/2)

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(臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め)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。	次回審査会合で説明予定。
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	今後回答する。	未 (今後回答予定)

## 5. 指摘事項への回答

### 指摘事項(No.3)

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。

### (回答)

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(臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め)における代表燃料及びその選定理由を下表に示す。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。

安全評価における代表燃料の選定理由

安全評価	代表燃料		選定理由	
			48,000MWd/t型と39,000MWd/t型の選定理由	A型とB型の選定理由
臨界防止	17×17燃料	48,000MWd/t型(A型)	臨界評価では新燃料(燃焼度0GWd/t)とするため、燃焼度は考慮不要であり、初期濃縮度の高い48,000MWd/t型を選定	A型、B型共に臨界解析で考慮する条件は同じであり、A型を選定(P.18参照)
	15×15燃料	48,000MWd/t型(A型)		A型の方がB型よりもペレット直径が大きく反応度が高いA型を選定(P.18参照)
遮蔽	17×17燃料	48,000MWd/t型(A型)	線源強度は燃焼度が高い方が大きくなるため48,000MWd/t型を選定	冷却期間が短く、線量当量率に与える影響が支配的な燃料有効部ガンマ線源強度及び中性子源強度が大きいA型を選定(P.19～21参照)
	15×15燃料	48,000MWd/t型(A型)		
除熱	17×17燃料	48,000MWd/t型(A型)	崩壊熱量は燃焼度が高い方が大きくなるため48,000MWd/t型を選定	冷却期間が短く、崩壊熱量が大きいA型を選定(P.22参照)
	15×15燃料	48,000MWd/t型(A型)		
閉じ込め	17×17燃料	48,000MWd/t型(A型)	燃料棒内圧は燃料棒温度が高い方が大きくなるため48,000MWd/t型を選定	燃料棒内圧は燃料棒温度が高い方が大きくなるためA型を選定
	15×15燃料	48,000MWd/t型(A型)		

## 5. 指摘事項への回答

### ● 臨界防止評価における燃料型式(A型又はB型)の代表性

臨界防止評価では、評価に用いる燃料型式(A型又はB型)を以下のとおり選定している。

- 17×17燃料については、A型、B型ともに臨界解析で考慮する条件は同じであるため、A型を対象とした。
- 15×15燃料については、A型の方がB型よりもペレット直径が大きく反応度が高いため、A型を対象とした。

#### 臨界評価に使用する燃料集合体の仕様比較

17×17燃料 (48,000MWd/t型)

項目	A型	B型
燃料材質	二酸化ウラン	左記と同じ
被覆管材質	ジルコニウム	左記と同じ
燃料密度		左記と同じ
燃料棒直径		左記と同じ
ペレット直径		左記と同じ
被覆管肉厚	0.057cm	左記と同じ
燃料有効長		左記と同じ
燃料棒ピッチ		左記と同じ
初期濃縮度	4.2wt%	左記と同じ

15×15燃料 (48,000MWd/t型)

項目	A型	B型
燃料材質	二酸化ウラン	左記と同じ
被覆管材質	ジルコニウム	左記と同じ
燃料密度		左記と同じ
燃料棒直径		左記と同じ
ペレット直径		
被覆管肉厚	0.062cm	0.066cm
燃料有効長		左記と同じ
燃料棒ピッチ		左記と同じ
初期濃縮度	4.1wt%	左記と同じ

## 5. 指摘事項への回答

### ● 遮蔽評価における燃料型式(A型又はB型)の代表性(1/3)

遮蔽評価では、燃料型式の代表性として以下を確認している。

- MSF-24P型の線量当量率結果に支配的な燃料有効部ガンマ線源強度及び中性子源強度について、A型が高いこと。
- 許認可実績のある解析コード(DOT3.5)による線量当量率評価結果について、A型収納時がB型収納時を包絡又は同等の結果となっていること。

各燃料型式のMSF-24P型1基当たりの線源強度<sup>(注1)</sup>

#### 17×17燃料(48,000MWd/t型)収納時

線源強度	A型 (15年冷却)	B型 (17年冷却)
燃料有効部ガンマ線 (photons/s/基)	$1.073 \times 10^{17}$	$1.007 \times 10^{17}$
構造材放射化ガンマ線 ( <sup>60</sup> Co TBq/基) <sup>(注2)</sup>	$5.922 \times 10^2$	$6.024 \times 10^2$
燃料有効部中性子 (n/s/基) <sup>(注3)</sup>	$1.205 \times 10^{10}$	$1.120 \times 10^{10}$

#### 15×15燃料(48,000MWd/t型)収納時

線源強度	A型 (15年冷却)	B型 (17年冷却)
燃料有効部ガンマ線 (photons/s/基)	$1.062 \times 10^{17}$	$9.967 \times 10^{16}$
構造材放射化ガンマ線 ( <sup>60</sup> Co TBq/基) <sup>(注2)</sup>	$4.438 \times 10^2$	$4.984 \times 10^2$
燃料有効部中性子 (n/s/基) <sup>(注3)</sup>	$1.266 \times 10^{10}$	$1.175 \times 10^{10}$

(注1) 中央部12体の燃焼度を48,000MWd/t、外周部12体の燃焼度を44,000MWd/tとしたMSF-24P型1基当たりの線源強度。

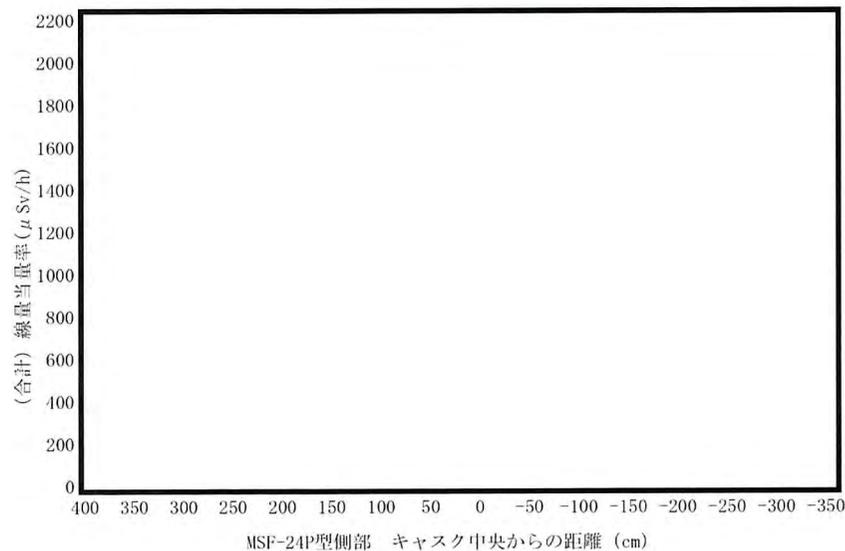
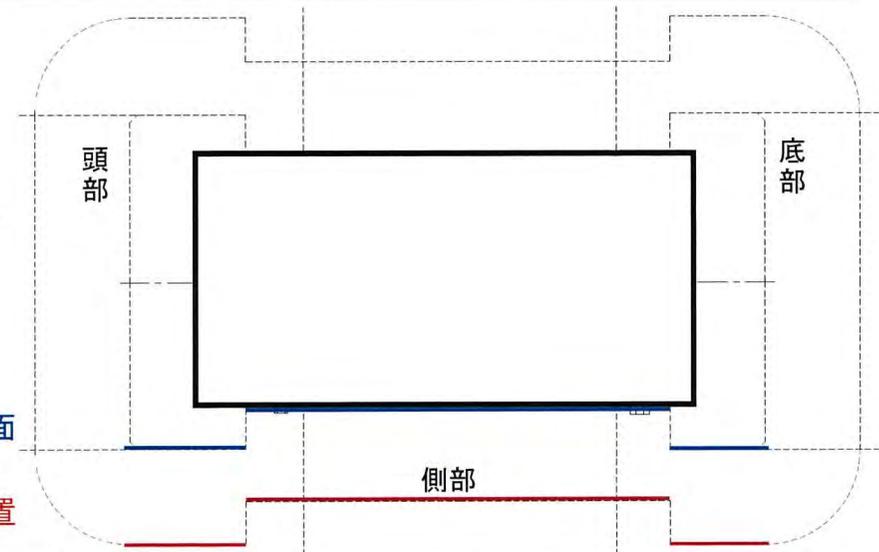
(注2) バーナブルポイズン集合体の放射化線源を考慮した値。構造材放射化ガンマ線のMSF-24P型外面の線量当量率結果への影響は局所的(燃料集合体端部(ノズル・プレナム部)近傍の評価点)である。

(注3) 実効増倍率を考慮した全中性子源強度。

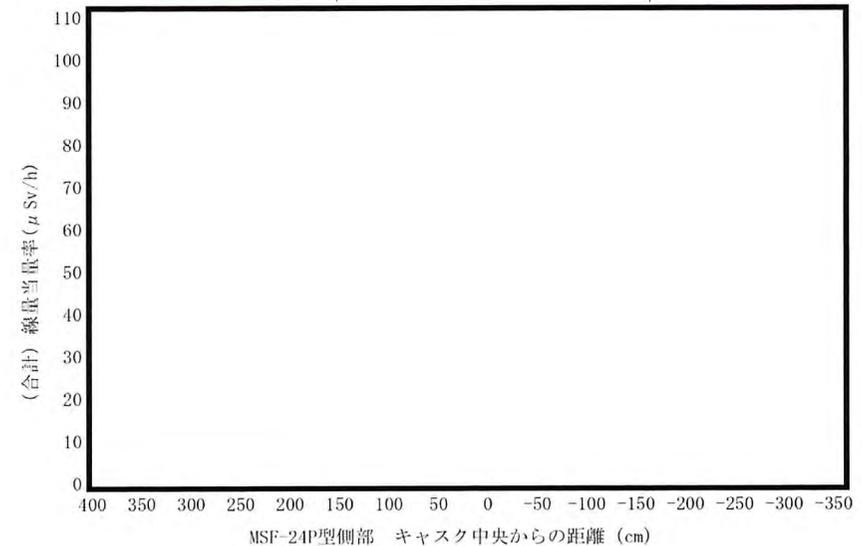
## 5. 指摘事項への回答

### ● 遮蔽評価における燃料型式(A型又はB型)の 代表性について(2/3)

- 許認可実績のある解析コード(DOT3.5)による17×17燃料収納時の線量当量率評価結果について、A型収納時がB型収納時を包絡又は同等の結果となっている。



17×17燃料(A型/B型)収納時の線量当量率評価結果  
(横置き、MSF-24P型表面位置)

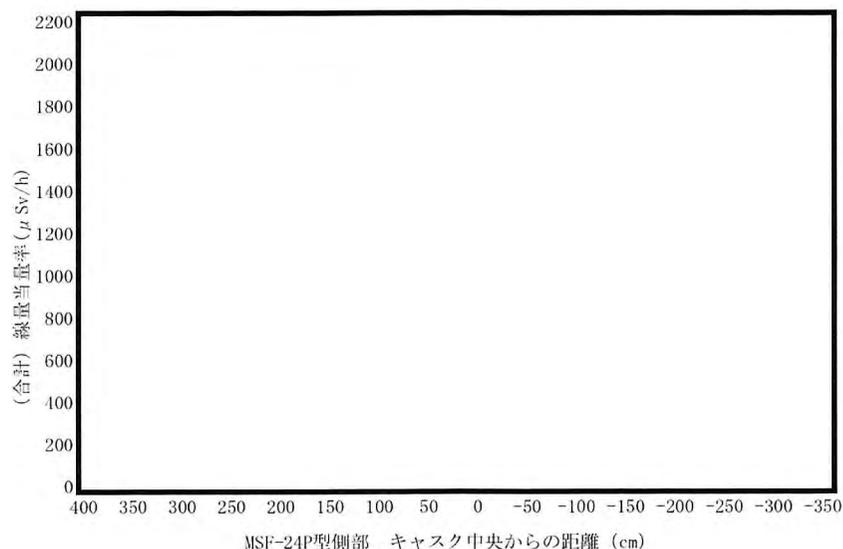
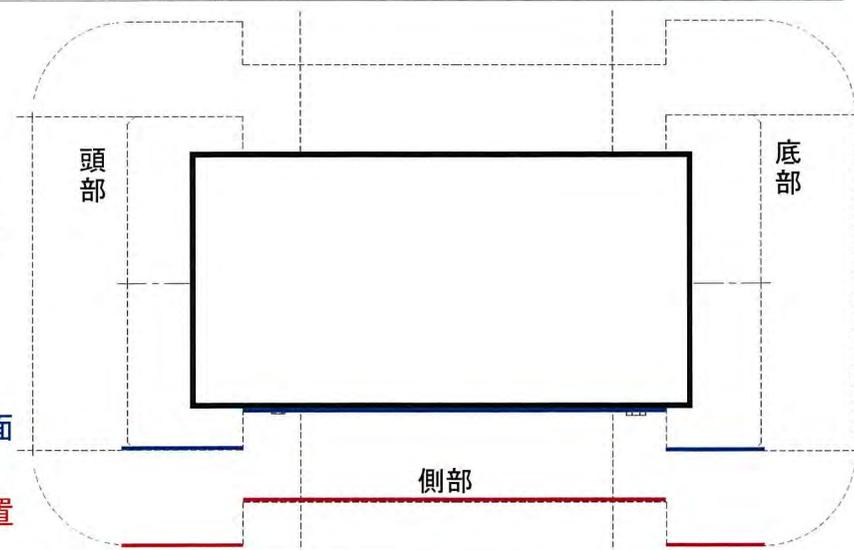


17×17燃料(A型/B型)収納時の線量当量率評価結果  
(横置き、MSF-24P型表面から1m離れた位置)

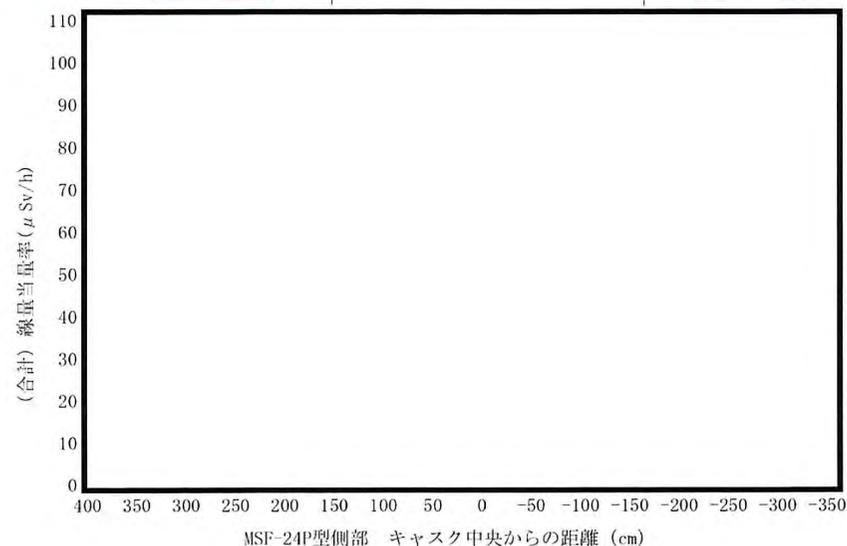
## 5. 指摘事項への回答

### ● 遮蔽評価における燃料型式(A型又はB型)の 代表性について(3/3)

- ▶ 許認可実績のある解析コード(DOT3.5)による15×15燃料収納時の線量当量率評価結果について、A型収納時がB型収納時を包絡又は同等の結果となっている。



15×15燃料(A型/B型)収納時の線量当量率評価結果  
(横置き、MSF-24P型表面位置)



15×15燃料(A型/B型)収納時の線量当量率評価結果  
(横置き、MSF-24P型表面から1m離れた位置)

## 5. 指摘事項への回答

### ● 除熱評価における燃料型式(A型又はB型)の代表性

除熱評価では、評価に用いる燃料型式(A型又はB型)を以下のとおり選定している。

- ▶ 冷却期間が短く、崩壊熱量が大きいA型を対象とした。

除熱評価(崩壊熱量計算)に使用する燃料集合体の緒元比較

17×17燃料(48,000MWd/t型)

項目	A型	B型
最高燃焼度	48,000MWd/t	左記と同じ
平均燃焼度 <sup>(注1)</sup>	44,000MWd/t	左記と同じ
照射期間 <sup>(注2)</sup>	<input type="text"/>	左記と同じ
濃縮度	<input type="text"/>	左記と同じ
冷却期間	15年	17年
燃料集合体1体あたりの崩壊熱量	754.0 W	719.2 W

15×15燃料(48,000MWd/t型)

項目	A型	B型
最高燃焼度	48,000MWd/t	左記と同じ
平均燃焼度 <sup>(注1)</sup>	44,000MWd/t	左記と同じ
照射期間 <sup>(注2)</sup>	<input type="text"/>	左記と同じ
濃縮度	<input type="text"/>	左記と同じ
冷却期間	15年	17年
燃料集合体1体あたりの崩壊熱量	755.0 W	720.3 W

(注1)平均燃焼度とは、MSF-24P型1基当たりに収納される使用済燃料集合体の燃焼度の平均値を示す。

(注2)照射期間は、平均燃焼度に対応する。

**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