

資料1-1

Doc. No. L5-95LC203 R2

# 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[MSF-28P型] 設置許可基準規則への適合性について

2023.4.14

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:臨界)	…5
3. 設置許可基準規則への適合性(第16条:閉じ込め)	…11
4. 今後のご説明スケジュール	…17

# 1. 設置許可基準規則への適合性(概要)

## ● 設置許可基準規則での要求事項に対する評価項目概要

下表のうち、主要な説明事項となる第四条～第六条、第十六条の説明方針を次葉以降に示す。

設置許可基準規則		特定兼用キャスクの安全機能				構造強度	長期健全性
		臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め		
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(竜巻)	—	—	—	—	◎	—
第七条～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～三十六条							

(注)◎:審査説明事項、:申請の範囲外

# 1. 設置許可基準規則への適合性(概要)

## ● 設置許可基準規則適合性説明に係る安全評価方法

- MSF-28P型と先行キャスク(MSF-24P(S)型)における規則適合性説明の安全評価方法の差異は下表のとおり。
- 本申請の地震、津波、竜巻、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め、長期健全性に係る安全評価方法及び解析コードは、先行キャスク(MSF-24P(S)型)と同じである。

設置許可基準規則	項目	MSF-28P型		先行キャスク(MSF-24P(S)型)
		安全評価説明事項(摘要)	安全評価方法・解析コード	
4条	地震	告示地震力による地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないことを、構造強度評価(応力評価)により示す。	応力評価式 <sup>(注1)</sup>	左記と同じ
5条	津波	告示津波による津波荷重に対してその安全性が損なわれるおそれがないことを、構造強度評価(応力評価)により示す。		
6条	竜巻	告示竜巻による竜巻荷重に対してその安全性が損なわれるおそれがないことを、構造強度評価(応力評価)により示す。		
16条	臨界防止	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がないことを示す。	SCALE6.2.1(KENO-VI)	左記と同じ
	遮蔽	使用済燃料を線源とした遮蔽評価により、通常貯蔵時の特定兼用キャスク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以下となることを示す。	・線源強度:ORIGEN2 ・線量当量率:MCNP5	・線源強度:左記と同じ ・線量当量率:MCNP5 DOT3.5
	除熱	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特定兼用キャスク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ことを示す。	・崩壊熱量:ORIGEN2 ・温度:ABAQUS	左記と同じ
	閉じ込め	金属ガasketの漏えい率が設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク内部を負圧に維持できる性能(基準漏えい率)以上であることから放射性物質を適切に閉じ込めることを示す。	閉じ込め評価式	左記と同じ
	長期健全性	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、適切な材料・構造であること、及び使用済燃料被覆管の著しい腐食又は変形を防止できることを示す。	文献・試験データによる確認	左記と同じ

(注1)構造強度評価における許容応力はJSME金属キャスク構造規格を準拠。

# 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に対する適合性の概要(まとめ)

要求項目		要件	設計方針(摘要)	設計方針の妥当性 (安全評価結果摘要)
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に冠水状態になること等、技術的に想定されるいかなる場合でも、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、通常貯蔵時の特定兼用キャスク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。	動力を用いずに使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料の崩壊熱を特定兼用キャスクの外面に伝え、周囲空気等に伝達し除熱する設計とする。	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特定兼用キャスク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。	蓋シール部に金属ガスケットを用いることにより、使用済燃料を内封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、一次蓋及び二次蓋の二重の閉じ込め構造とし、蓋間を正圧に維持することにより、圧力障壁を形成し、使用済燃料を内封する空間を外部から隔離する設計とする。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設計とする。	設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク内部を負圧に維持できる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、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化に対して十分な信頼性を有する材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持することで使用済燃料の健全性を確保する設計とする。	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。

## 2. 設置許可基準規則への適合性(16条: 臨界)

### 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第2項一号ハ) (臨界防止機能)

#### 《設計方針》

##### [安全設計に関する方針]

MSF-28P型は、燃料体等が臨界に達す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-28P型は、燃料体等が臨界に達す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

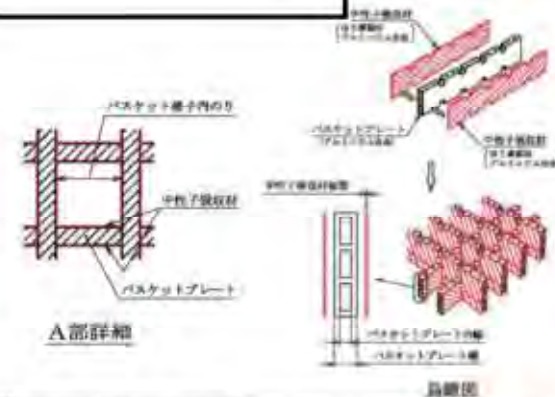
- 使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するための断面形状が中空状であるバスケットプレート、及び中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加した中性子吸収材を適切な位置に配置することにより、臨界を防止する。
- バスケットプレートは、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するために必要な構造健全性を維持する。
- MSF-28P型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及びMSF-28P型に使用済燃料集合体を収納する際に冠水状態になること等、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。

#### 設計方針の妥当性確認(安全評価)

- MSF-28P型に使用済燃料を収納する際の冠水状態・乾燥状態における臨界評価を実施し、中性子実効増倍率が0.95を下回ることを確認した。

#### 後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- 使用済燃料集合体を収納するに当たり、臨界防止機能に関する評価で考慮した因子についての条件又は範囲を逸脱しないよう必要な措置が講じられること。



## 2. 設置許可基準規則への適合性(16条: 臨界)

### ● 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-28P型の臨界防止設計への考慮を下表に示す。  
これらを考慮した設計及び安全評価結果をP.7~10に示す。

項目	要求事項(確認内容)	臨界防止設計における考慮
配置・形状	兼用キャスクの配置、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料集合体の配置等における適切な安全裕度の考慮	以下の項目について、中性子実効増倍率が最も大きくなる条件を適用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ MSF-28P型が無限に配列した体系(完全反射)(*)</li> <li>➢ バスケットプレート幅、バスケット格子内のり等の寸法公差</li> <li>➢ バスケット格子内の使用済燃料の配置</li> </ul>
	兼用キャスクが滑動する場合の兼用キャスク配置の変化の適切な考慮	(*) 完全反射の考慮により特定兼用キャスクの滑動を考慮しても配置制限は必要ない。
	設計貯蔵期間中を通じてのバスケットの構造健全性維持	バスケットプレートは設計貯蔵期間を通じて使用済燃料集合体を所定の幾何学的位置に維持するために必要な構造健全性を維持する構造とする。
中性子吸収材の効果	以下についての適切な安全裕度の考慮 ・製造公差(濃度・非均質性・寸法等)	以下の項目について、中性子実効増倍率が最も大きくなる条件を適用。 ほう素の均質性は製造管理により担保。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 中性子吸収材の濃度(ほう素添加量)</li> <li>➢ 中性子吸収材の寸法公差</li> </ul>
	・中性子吸収に伴う原子個数密度の減少	設計貯蔵期間経過後の中性子吸収材に含まれるほう素の減損割合は、 $10^{-3}$ 程度であり無視し得る。
減速材(水)の影響	使用済燃料を収納する際に冠水することの適切な考慮	冠水状態(水密度 $1.0\text{g/cm}^3$ )を考慮
解析コード及びデータライブラリ	検証され適用性が確認されていること	臨界解析で使用するSCALEコードシステムは、MSF-28P型を構成する燃料体及び構造物を模擬した多数の臨界実験のベンチマーク解析により検証され適用性を確認している。
バスケットの状態	バスケットの塑性変形が想定される場合に未臨界性が維持されること	貯蔵時、貯蔵施設内での取扱い時、及び設計上考慮すべき自然現象(地震、津波及び竜巻)に対してもバスケットに塑性変形が生じない。

(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(16条: 臨界)

### ● 臨界防止機能の安全評価について

#### (1) 臨界解析評価条件(収納物仕様)

解析に用いる収納物仕様は、収納物のうち反応度の高い17×17燃料 48,000MWd/t型(A型)及び15×15燃料 48,000MWd/t型(A型)<sup>(注)</sup>とし、以下のとおりとする。

- ・収納する使用済燃料のウラン濃縮度は照射により減損しているが、新燃料(燃焼度クレジット無し: 燃焼度0MWd/t)とする。
- ・初期濃縮度は、収納する使用済燃料の濃縮度上限値とする。
- ・中性子吸収効果のあるバーナブルポイズン集合体を無視する。

<sup>(注)</sup>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。  
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。

[収納物仕様: 17×17燃料]

項目		キャスク収納位置制限			臨界解析条件		
		領域A	領域B	領域C	領域A	領域B	領域C
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 <sup>(注)</sup>	≤4.2wt%			4.2wt%		
	最高燃焼度 <sup>(注)</sup>	[ ]			0MWd/t		
	冷却期間 <sup>(注)</sup>				—		
バーナブル ポイズン集合体 1体の仕様	最高燃焼度	[ ]			—		
	冷却期間				—		
配置		[ ]			[ ]		

<sup>(注)</sup>キャスク収納位置制限に示す燃料集合体1体の仕様は、48,000MWd/t型の仕様を代表として記載する。



## 2. 設置許可基準規則への適合性(16条: 臨界)

### ● 臨界防止機能の安全評価について

#### (1) 臨界解析評価条件(収納物仕様)

[収納物仕様: 15×15燃料]

項目		キャスク収納位置制限			臨界解析条件		
		領域A	領域B	領域C	領域A	領域B	領域C
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 <sup>(注)</sup>	≤ 4.1wt%			4.1wt%		
	最高燃焼度 <sup>(注)</sup>				0MWd/t		
	冷却期間 <sup>(注)</sup>				—		
冷却期間	—						
バーナブル ポイズン集合体 1体の仕様	最高燃焼度				—		
	冷却期間				—		

(注) キャスク収納位置制限に示す燃料集合体1体の仕様は、48,000MWd/t型の仕様を代表として記載する。

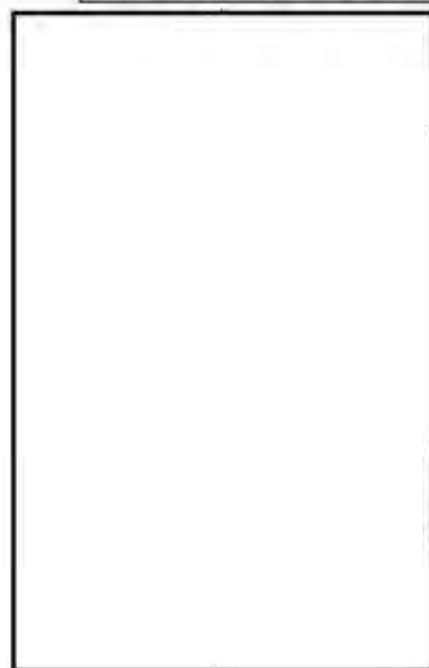
## 2. 設置許可基準規則への適合性(16条: 臨界)

### ● 臨界防止機能の安全評価について

#### (2) 臨界解析評価条件(解析モデル)

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。

- ・特定兼用キャスク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。  
(貯蔵用三次蓋及び貯蔵用緩衝体は無視しており、横置き状態及びたて置き状態でモデルは共通。)
- ・MSF-28P型が無限に配列した体系(完全反射)とする。(これによりMSF-28P型の滑動等による配置制限は不要。)
- ・バスケット格子内での燃料の偏りを考慮し、中性子実効増倍率が最も大きくなる配置とする。
- ・バスケットプレート及び中性子吸収材は寸法公差を考慮し中性子実効増倍率が最も大きくなる寸法とする。
- ・中性子吸収材のほう素添加量は仕様上の下限値とする。(設計貯蔵期間経過後のほう素の減損割合は10°程度であり、無視し得る)
- ・側部、蓋部、底部中性子遮蔽材は無視する。



縦断面図

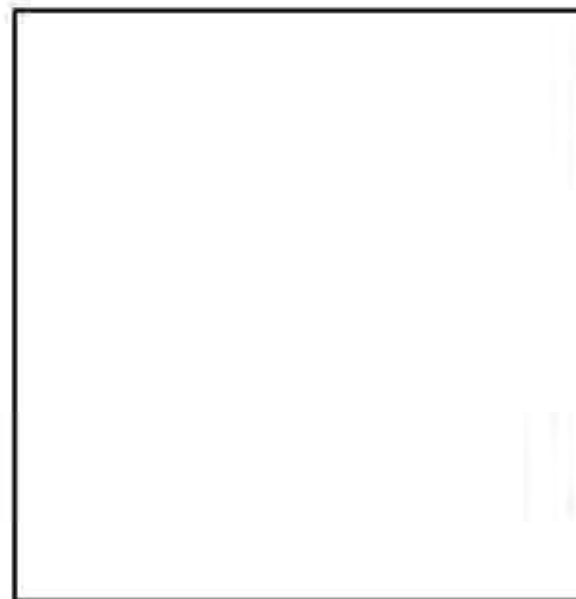
貯蔵用三次蓋及び貯蔵用緩衝体は無視(真空)

MSF-28P型内雰囲気及び使用済燃料集合体構造材  
乾燥状態：真空  
冠水状態：水密度1.0g/cm<sup>3</sup>  
(1.0g/cm<sup>3</sup>とした場合に  
中性子実効増倍率は最大)

中性子遮蔽材は無視(真空)

#### 臨界解析モデル

(代表として冠水状態の図を記載)



燃料領域横断面図

MSF-28P型外雰囲気は真空

格子内での燃料の偏りを考慮  
(17×17燃料、15×15燃料ともに)  
乾燥状態：外周部、中央部  
ともに中心偏向  
冠水状態：外周部は外周に、  
中央部は中心偏向

MSF-28P型周囲を完全反射とすることで無限配列としてモデル化

バスケットプレート及び中性子吸収材の寸法は、寸法公差を考慮

## 2. 設置許可基準規則への適合性(16条: 臨界)

### ● 臨界防止機能の安全評価について

#### (3) 臨界解析評価条件(解析コード及び検証)

臨界解析には、米国のオークリッジ国立研究所(ORNL)で開発された公開のSCALEコードシステムを用い、中性子実効増倍率の計算には同コードシステムに含まれるKENO-VIコードを用いる。

SCALEコードシステムは、米国NRCにより認証された標準解析コードであり、国内外の臨界解析の分野で幅広く使用されている。SCALEコードシステムに対しては、MSF-28P型を構成する燃料体及び構造物を模擬した多数の臨界実験のベンチマーク解析を実施し、その妥当性を確認している。

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である。

#### (4) 臨界解析評価結果

乾燥状態に加え、最も厳しい条件となるMSF-28P型に使用済燃料を収納する際の冠水状態における臨界評価を実施し、中性子実効増倍率が0.95を下回ることを確認した。

項目		17×17燃料収納時	15×15燃料収納時	評価基準
中性子実効増倍率※	冠水状態	0.931	0.931	0.95以下
	乾燥状態	0.403	0.397	

※統計誤差( $\sigma$ )の3倍( $3\sigma$ )を加味した値である。

### ● 設計方針の妥当性

以上のとおり、設計上想定される状態において、燃料体等が臨界に達するおそれはない。したがって、MSF-28P型の臨界防止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(16条:閉じ込め)

#### 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項三号) (閉じ込め機能)

##### 《設計方針》

##### [安全設計に関する方針]

MSF-28P型は、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-28P型は、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

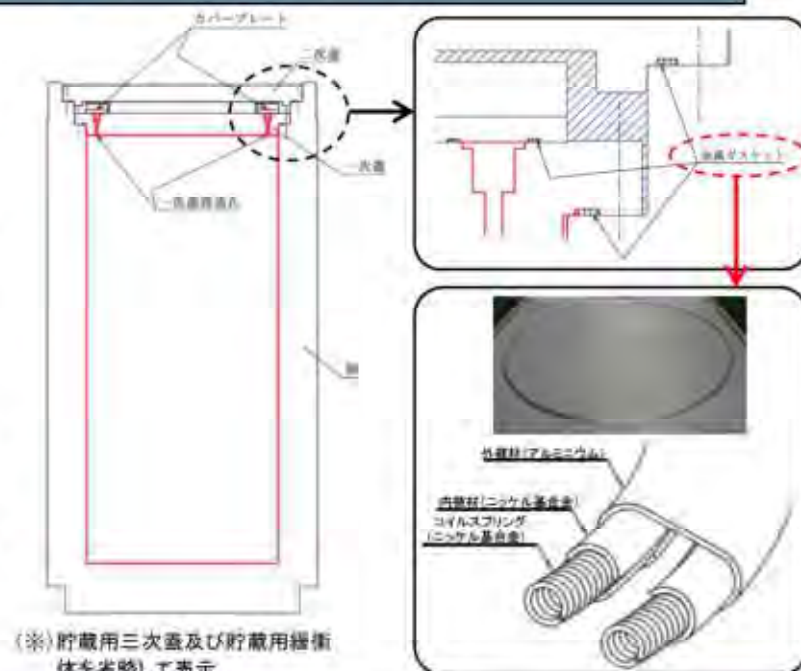
- 使用済燃料を限定された区域に閉じ込めるため、特定兼用キャスクの蓋及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを用いることにより、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持する設計とする。
- 一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、蓋間を正圧に維持することにより圧力障壁を形成し、使用済燃料集合体を内封する空間を特定兼用キャスク外部から隔離する設計とする。
- 蓋間空間の圧力を測定することで閉じ込め機能を監視できる設計とする。

##### 設計方針の妥当性確認(安全評価)

- 蓋間空間に充填されるヘリウムガスが設計貯蔵期間を通じて圧力一定とした条件にて特定兼用キャスク内部に漏えいするとともに燃料棒からの核分裂性ガスの放出を仮定し、設計貯蔵期間経過後に大気圧となるように求めた基準漏えい率を算出する。MSF-28P型に用いる金属ガスケットの性能は、基準漏えい率及び基準漏えい率を下回るように設定するリークテスト判定基準に対し小さい漏えい率であることを確認した。

##### 後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- 万一の閉じ込め機能の異常に対する修復性の考慮がなされていること。



(※) 貯蔵用三次蓋及び貯蔵用緩衝体を省略して表示

閉じ込め構造図

### 3. 設置許可基準規則への適合性(16条:閉じ込め)

#### ● 審査ガイドの要求事項

審査ガイド<sup>(注)</sup>の要求事項に対するMSF-28P型の閉じ込め設計への考慮を下表に示す。  
これらを考慮した設計及び安全評価結果をP.13～16に示す。

項目	要求事項(確認内容)	閉じ込め設計における考慮
閉じ込め構造及び監視	金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、蓋間圧力を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。	一次蓋と二次蓋の二重構造とし、蓋及び蓋貫通孔のシール部には金属ガスケットを使用する。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。
負圧維持	設計貯蔵期間中、兼用キャスク内部の負圧を維持できること。	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。
密封境界部の漏えい率	密封境界部の漏えい率は、兼用キャスク内部の負圧を維持できること。また、使用する金属ガスケット等のシール部は当該漏えい率以下であること。	密封境界部の漏えい率は、設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク内部の負圧を維持できる漏えい率とし、金属ガスケットは、その漏えい率を満足するものを使用する。
閉じ込め機能評価	密封境界部の漏えい率が、設計貯蔵期間、内部初期圧力、自由空間容積、初期の蓋間圧力、蓋間の容積、温度等を条件として、適切な評価式を用いて求めること。	密封境界部の漏えい率は、設計貯蔵期間、内部初期圧力、自由空間容積、初期の蓋間圧力、蓋間の容積、温度等を条件として、漏えい孔中の流れの形態を考慮した適切な評価式を用いる。
兼用キャスクの衝突評価	転倒等による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。また、使用済燃料を取り出すために、一次蓋及び二次蓋が開放でき、使用済燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、かつ、使用済燃料集合体の過度な変形を生じないこと。	(型式証明申請の範囲外)
閉じ込め機能の修復性	閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料貯蔵槽への移送を行うこと、これらの実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮がなされていること。	(型式証明申請の範囲外)

(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」

### 3. 設置許可基準規則への適合性(16条:閉じ込め)

#### ● 閉じ込め機能の安全評価について

##### (1) 閉じ込め機能評価条件(収納物仕様)

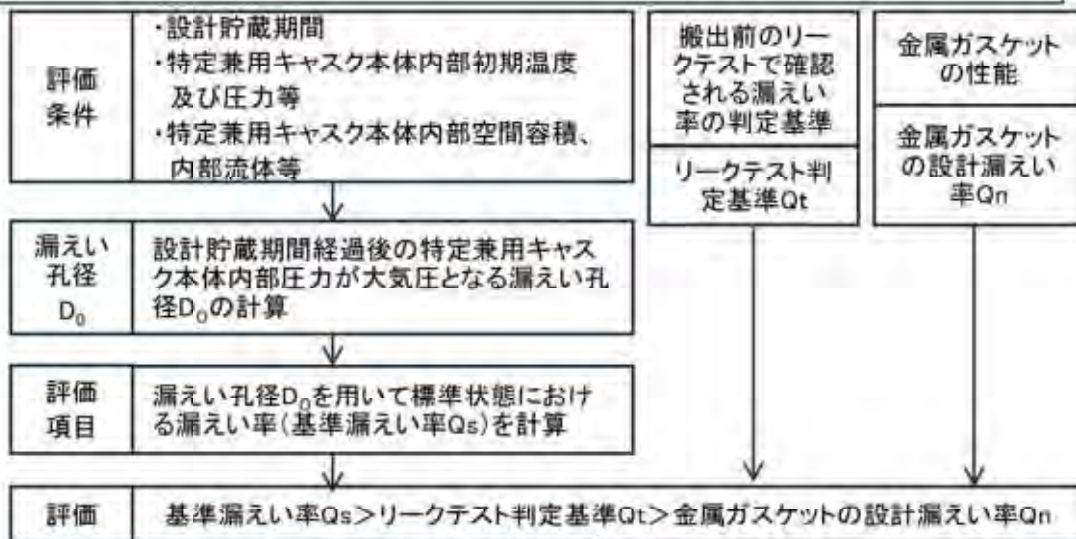
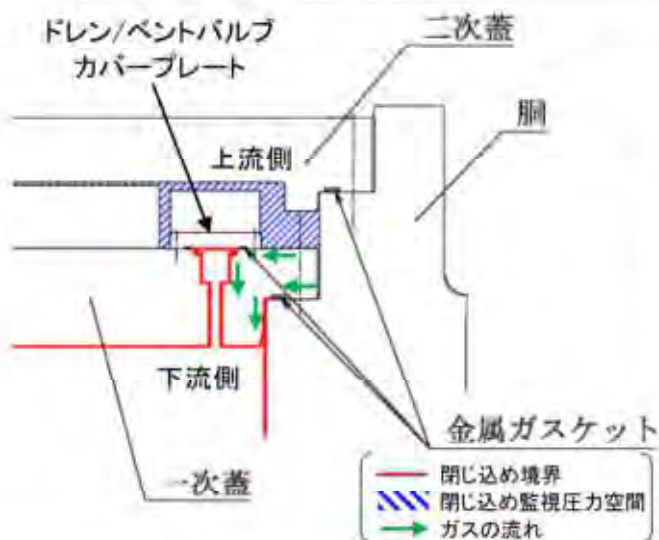
評価に用いる収納物仕様は、燃料棒の温度が最も高く、燃料棒内圧が大きくなり、基準漏えい率を算出する上で安全側となる、基礎等に固定する設置方法の17×17燃料 48,000MWd/t型(A型)収納時とし、以下のとおりとする。

- ・燃料棒からの核分裂生成ガスの放出(0.1%破損)を仮定する。
- ・特定兼用キャスク本体の内部体積が小さくなるようにバーナブルポイズン集合体の存在を考慮する。

##### (2) 閉じ込め評価概要

設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク本体内部が大気圧となる基準漏えい率を算出(流体力学の基礎式による)し、基準漏えい率及び基準漏えい率を下回るように設定したリークテスト判定基準よりも漏えい率の小さい金属ガスケットを用いることを確認する。基準漏えい率の算出では、以下のとおり保守的な条件とする。

- ・設計貯蔵期間中に蓋間空間に充填されているヘリウムガス圧力は低下するが、設計貯蔵期間を通じて貯蔵開始時の圧力で一定とした条件で特定兼用キャスク本体内部側にのみに漏えいするものとする。
- ・設計貯蔵期間中に蓋間空間及び特定兼用キャスク本体内部の温度は低下するが、設計貯蔵期間を通じて貯蔵開始時の温度で一定とした条件とする。



(閉じ込め機能評価フロー)

# 3. 設置許可基準規則への適合性(16条:閉じ込め)

## ● 閉じ込め機能の安全評価について

### (3) 閉じ込め評価条件(内部圧力の算出式)

基準漏えい率は、ボイル・シャルルの式で与えられる特定兼用キャスク本体内部圧力の時間変化を基に、設計貯蔵期間経過後の特定兼用キャスク本体内部圧力が大気圧となるためのシール部の標準状態(大気圧、25°C)での漏えい率として算出される。本手法は、技術的な特殊性及び新規性は無く、許認可で使用実績がある手法である。

(ボイル・シャルルの式)

$$\frac{dP_d}{dt} = \frac{Q}{V_d} \times \frac{T_d}{T}$$

$$Q = L \cdot P_a$$

$$L = (F_c + F_m) \cdot (P_a - P_g)$$

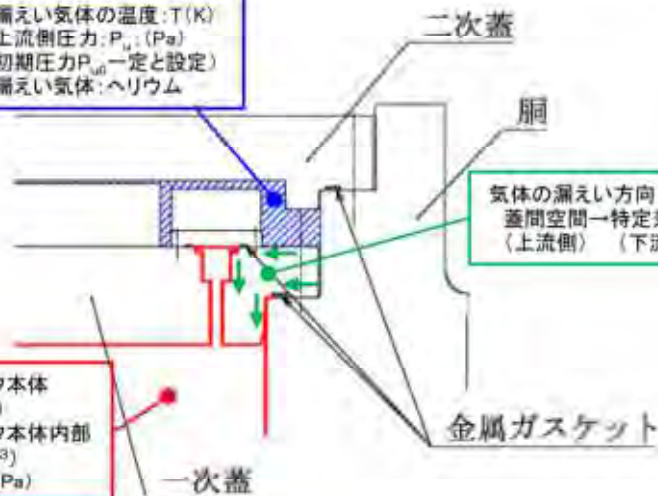
$$F_c = \frac{\sqrt{2 \pi \cdot R_g}}{6} \times \frac{D_0^3 \sqrt{T}}{a \cdot P_g}$$

$$F_m = \frac{\pi}{128} \times \frac{D_0^4}{a \cdot \mu}$$

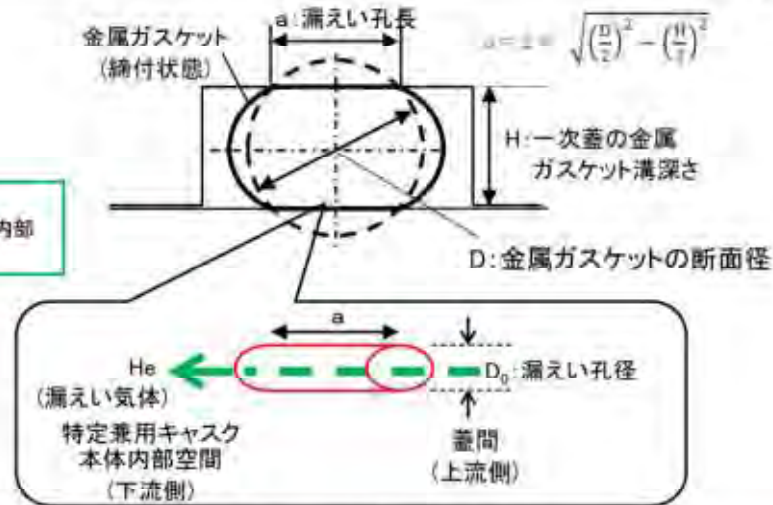
dPd : 特定兼用キャスク本体内部圧力の変化 (Pa)  
 dt : 時間変化 (s)  
 Q : 漏えい率 (Pa・m<sup>3</sup>/s)  
 Td : 特定兼用キャスク本体内部温度 (K)  
 Vd : 特定兼用キャスク本体内部の空間容積 (m<sup>3</sup>)  
 T : 漏えい気体の温度 (K)  
 L : 圧力Paにおける体積漏えい率 (m<sup>3</sup>/s)  
 Pa : 流れの平均圧力 (Pa) [Pa = (Pu+Pd)/2]  
 Fc : 連続流のコンダクタンス係数 (m<sup>3</sup>/(Pa・s))  
 Fm : 自由分子流のコンダクタンス係数 (m<sup>3</sup>/(Pa・s))

Pu : 上流側(蓋間)の圧力 (Pa)  
 Pd : 下流側(特定兼用キャスク本体内部)の圧力 (Pa)  
 D0 : 漏えい孔径 (m)  
 a : 漏えい孔長 (m)  
 μ : 漏えい気体の粘性係数 (Pa・s)  
 M : 漏えい気体の分子量 (kg/mol)  
 Rg : ガス定数 (J/(mol・K))

- ・漏えい気体の温度: T (K)
- ・上流側圧力: Pu (Pa)
- ・初期圧力 P<sub>g0</sub> 一定と設定
- ・漏えい気体: ヘリウム



- ・特定兼用キャスク本体内部温度: Td (K)
- ・特定兼用キャスク本体内部空間容積: Vd (m<sup>3</sup>)
- ・下流側圧力: Pd (Pa)



(金属ガスケット部及び漏えい孔長)

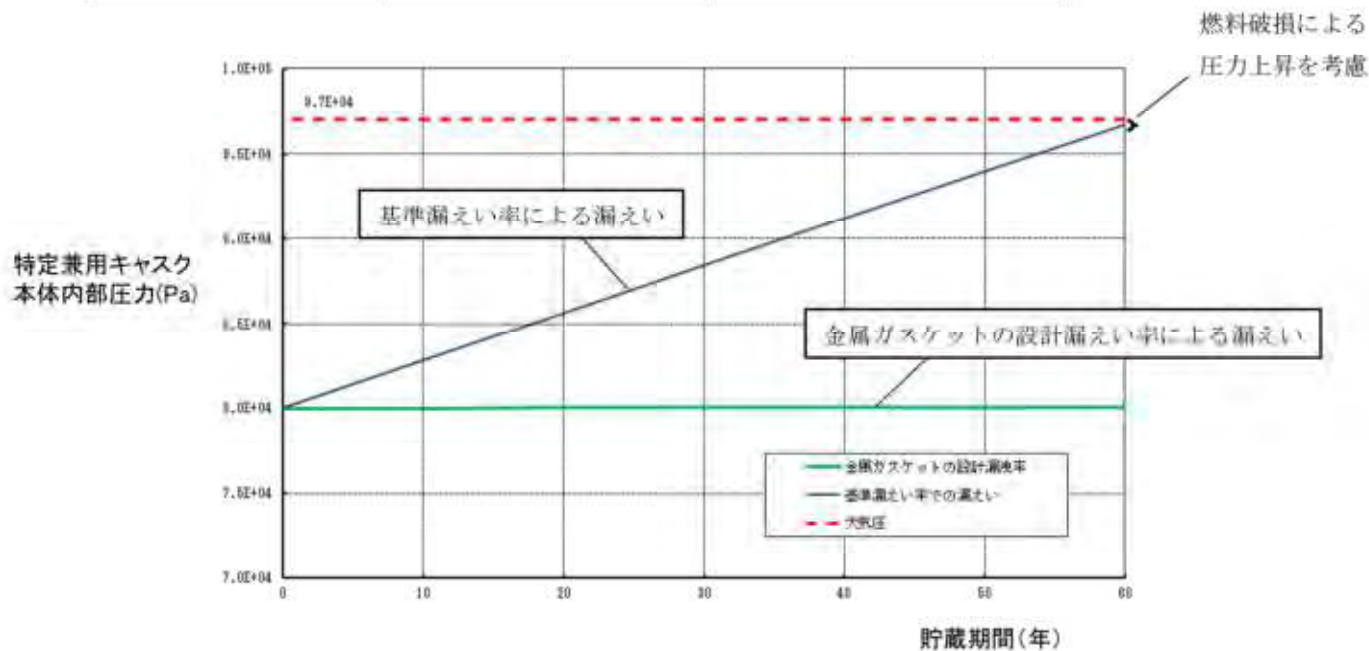
### 3. 設置許可基準規則への適合性(16条:閉じ込め)

#### ● 閉じ込め機能の安全評価について

##### (4) 閉じ込め評価結果

MSF-28P型に用いる金属ガスケットの漏えい率は基準漏えい率、及び基準漏洩率を下回るように設定したリークテスト判定基準に対し、小さいことを確認した。

基準漏えい率 (Pa・m <sup>3</sup> /s)	リークテスト判定基準 (Pa・m <sup>3</sup> /s)	金属ガスケットの性能 (Pa・m <sup>3</sup> /s)
2.87 × 10 <sup>-6</sup>	1.90 × 10 <sup>-6</sup>	1.0 × 10 <sup>-8</sup> 以下



特定兼用キャスク本体内部圧力の経時変化



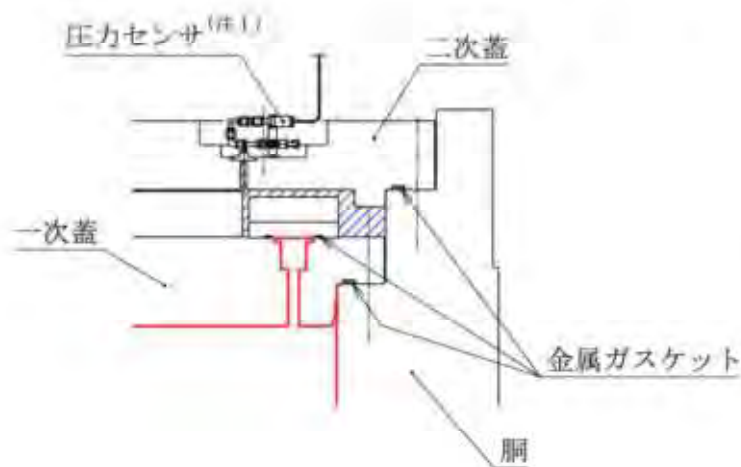
### 3. 設置許可基準規則への適合性(16条:閉じ込め)

#### ● 閉じ込め機能の安全評価について

##### (5) 閉じ込め機能の監視構造

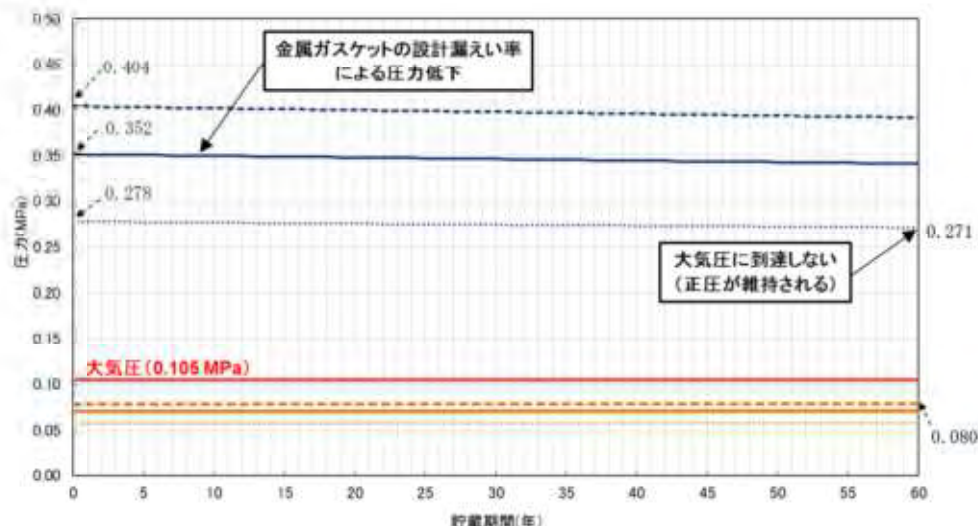
- 二次蓋に貫通部を設け、圧力センサ(圧力計)を設置する構造とし、蓋間空間の圧力を測定することにより閉じ込め機能を監視できる構造とする。
- 蓋間空間の圧力が金属ガスケットの設計漏えい率により低下(注)しても、蓋間圧力は、設計貯蔵期間中に有意な圧力低下は生じず、正圧(大気圧)以上が維持される。

(注) 蓋間空間のガスが金属ガスケットの設計漏えい率で一次蓋側(兼用キャスク内部)及び二次蓋側(兼用キャスク外部)の二方向から同時に漏えいすることを想定。



(注1) 圧力センサの取付位置は限定しない。

閉じ込め機能の監視構造



金属ガスケットの設計漏えい率による蓋間圧力の経時変化の例

#### ● 設計方針の妥当性

以上のとおり、設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク本体内部を負圧に維持できる設計としている。また、一次蓋と二次蓋の間の圧力を監視できる構造している。したがって、MSF-28P型の閉じ込め機能に係る設計方針は妥当である。

## 4. 今後のご説明スケジュール

- 審査でのご説明スケジュールを以下に示す。

条項	2022年度		2023年度	
	1月-3月	4月-6月	7月-9月	10月-12月
全般	申請 ▼ 12/28	審査会合 ▼ 2/7		認可希望 ▼ 8/E
4条 地震による損傷の防止 5条 津波による損傷の防止 6条 外部からの衝撃による損傷の防止		■		
16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設		■		
コメント回答				

**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