

資料 1-1

Doc No. L5-95JY259 R0

2021年8月2日

三菱重工業株式会社

補足説明資料

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  
設計方針等の概要

枠囲みの範囲は、商業機密のため、非公開とします。

無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 特定機器の構造及び設備	2
2.2 MSF-24P 型の概要	5
2.3 設計方針及び設計条件	15
3. 設置許可基準規則への適合性 (安全設計に関する説明)	22
3.1 地震による損傷の防止 (第4条第6項)	22
3.2 津波による損傷の防止 (第5条第2項)	25
3.3 外部からの衝撃による損傷の防止 (第6条第4項・第5項)	27
3.4 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設 (第16条)	29
4. 特定機器を使用することができる発電用原子炉施設の範囲又は条件	40

## 1. 概要

本資料は、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 24P 型）における設計方針が、設置許可基準規則に適合していることを示した次の補足説明資料の概要を示したものである。

### ＜補足説明資料一覧＞

#### (1) 第4条 地震による損傷の防止

- ・補足説明資料 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(L5-95JY230)
- ・補足説明資料4-1 地震に対する安全機能維持に関する説明資料(L5-95JY231)

#### (2) 第5条 津波による損傷の防止

- ・補足説明資料 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(L5-95JY230)
- ・補足説明資料5-1 津波に対する安全機能維持に関する説明資料(L5-95JY235)

#### (3) 第6条 外部からの衝撃による損傷の防止

- ・補足説明資料 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(L5-95JY230)
- ・補足説明資料6-1 竜巻及びその他外部事象に対する安全機能維持に関する説明資料(L5-95JY236)

#### (4) 第16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

- ・補足説明資料16-1 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(L5-95JY210)
- ・補足説明資料16-2 臨界防止機能に関する説明資料(L5-95JY211)
- ・補足説明資料16-3 遮蔽機能に関する説明資料(L5-95JY212)
- ・補足説明資料16-4 除熱機能に関する説明資料(L5-95JY213)
- ・補足説明資料16-5 閉じ込め機能に関する説明資料(L5-95JY214)
- ・補足説明資料16-6 材料・構造健全性（長期健全性）に関する説明資料(L5-95JY215)

#### (5) 安全設計全般に係る設計方針

- ・補足説明資料 蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法における安全機能維持に関する説明資料(L5-95JY233)

#### (6) その他

- ・補足説明資料 設置（変更）許可申請時における確認事項(L5-95JY220)

無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社

## 2. 基本方針

### 2.1 特定機器の構造及び設備【申請書本文四.に相当】

#### (1) 構造

MSF-24P型は、軽水減速、軽水冷却、加圧水型原子炉（以下「PWR」という。）で発生した使用済燃料を貯蔵する機能を有するとともに、使用済燃料の原子力発電所敷地外への運搬に使用する輸送容器の機能を併せ持ち、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第百条第1項第二号に規定する金属製の特定兼用キャスク（以下「特定兼用キャスク」という。）である。MSF-24P型は、使用済燃料が臨界に達することを防止する機能（以下「臨界防止機能」という。）、特定兼用キャスクに封入された使用済燃料からの放射線を遮蔽する機能（以下「遮蔽機能」という。）、特定兼用キャスクに封入された使用済燃料の崩壊熱を除去する機能（以下「除熱機能」という。）、及び特定兼用キャスクに封入された使用済燃料を閉じ込める機能（以下「閉じ込め機能」という。）といった安全性を確保するために必要な安全機能を有する構造とする。

MSF-24P型は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律、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、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等の関連法規の要求を満足するとともに、原則として、現行国内法規に基づく規格及び基準等によって設計する。

#### イ. 使用済燃料の臨界防止に関する構造

MSF-24P型は、断面形状が中空状であるバスケットプレートの幾何学的な配置及び中性子を吸収する材料により、技術的に想定されるいかなる場合においても臨界に達することのない構造とする。

#### ロ. 放射線の遮蔽に関する構造

MSF-24P型は、使用済燃料集合体からの放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により遮蔽できる構造とする。

#### ハ. 使用済燃料等の除熱に関する構造

MSF-24P型は、安全機能を維持する観点から、使用済燃料の崩壊熱を特定兼用キャスク表面に伝え、周囲空気等に伝達することにより除去できる構造とする。

#### ニ. 使用済燃料等の閉じ込めに関する構造

MSF-24P型は、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料集合体を封入する空間を不活性雰囲気中に保つとともに負圧に維持できる構造とする。また、MSF-24P型は、一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造により、使用済燃料集合体を封入する空間を特定兼用キャスク外部から隔離するとともに、その蓋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設計とする。

#### ホ. その他の主要な構造

MSF-24P型は、イからニに加え、次の方針に基づき安全設計を行う。

- ① 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に対して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で貯蔵する設計とする。

- ② MSF-24P型は、安全機能を維持する上で重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当該環境下での腐食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し、必要な安全機能を失うことのない設計とする。
- ③ MSF-24P型は、使用済燃料集合体の健全性及び安全機能を有する構成部材の健全性を保つ観点から、使用済燃料集合体を不活性ガスであるヘリウムガスとともに封入して貯蔵する設計とする。
- ④ MSF-24P型は、自重、内圧、外圧、熱荷重並びに地震、津波及び竜巻による荷重等の条件に対し、十分耐え、かつ、安全機能を維持できる設計とする。
- ⑤ MSF-24P型は、特定兼用キャスク貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）への搬入、貯蔵及び貯蔵施設からの搬出にかかる特定兼用キャスクの移動の際に想定される特定兼用キャスクの取扱いにより生じる荷重等に対して、安全機能を維持できる設計とする。

(2) 主要な設備及び機器の種類

特定兼用キャスク

種類	鍛造キャスク（鋼-樹脂遮蔽体タイプ）
全質量（使用済燃料集合体を含む）	約120t
寸法	
全長	約5.2m
外径	約2.6m

(3) 貯蔵する使用済燃料の種類及びその種類毎の最大貯蔵能力

イ. 使用済燃料の種類

PWR使用済燃料集合体（ウラン燃料）

17×17燃料 48,000Mwd/t型（A型）

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	48,000Mwd/t以下
冷却期間	15年以上

17×17燃料 48,000Mwd/t型（B型）

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	48,000Mwd/t以下
冷却期間	17年以上

17×17燃料 39,000Mwd/t型（A型）

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	39,000Mwd/t以下
冷却期間	15年以上

17×17燃料 39,000Mwd/t型（B型）

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	39,000Mwd/t以下
冷却期間	17年以上

15×15燃料 48,000Mwd/t型 (A型)	
収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	48,000Mwd/t以下
冷却期間	15年以上
15×15燃料 48,000Mwd/t型 (B型)	
収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	48,000Mwd/t以下
冷却期間	17年以上
15×15燃料 39,000Mwd/t型 (A型)	
収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	39,000Mwd/t以下
冷却期間	15年以上
15×15燃料 39,000Mwd/t型 (B型)	
収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	39,000Mwd/t以下
冷却期間	17年以上

なお、使用済燃料集合体をMSF-24P型へ収納するに当たり、使用済燃料集合体の燃焼度に応じて収納位置が制限される。その際、17×17燃料と15×15燃料は混載されないが、48,000Mwd/t型及び39,000Mwd/t型、並びにA型及びB型は混載可能である。また、使用済燃料集合体は、バーナブルポイズン集合体を挿入した状態でMSF-24P型へ収納する場合がある。

ロ、最大貯蔵能力

特定兼用キャスク 1 基当たりの貯蔵能力	
PWR使用済燃料集合体	24体
最大崩壊熱量	15.8kW

## 2.2 MSF-24P 型の概要【申請書添付書類-1.に相当】

MSF-24P 型を用いることにより、貯蔵施設に搬入された後も使用済燃料集合体を別の容器に詰め替えることなく貯蔵を行うことができる。

MSF-24P 型は、キャスク本体、蓋部、バスケット等で構成され、貯蔵施設内において貯蔵架台を介して床面に設置される。

MSF-24P 型の構造及び仕様をそれぞれ第1図及び第1表に示す。

### (1) キャスク本体

キャスク本体の主要部は、胴、中性子遮蔽材及び外筒等で構成されている。

胴は、炭素鋼製であり、密封容器として設計されている。胴と外筒の間には主要な中性子遮蔽材としてレジンが充填されており、胴の炭素鋼は、主要なガンマ線遮蔽材となっている。

キャスク本体の取扱い及び貯蔵中の固定のために、上部に2対のトラニオン、下部に2対のトラニオンが取り付けられている。

### (2) 蓋 部

蓋部は、一次蓋、二次蓋及び貯蔵用三次蓋で構成されている。

一次蓋は炭素鋼製の円板状であり、ボルトでキャスク本体上面に取り付けられ、閉じ込め境界が構成される。一次蓋には主要な中性子遮蔽材としてレジンが充填されており、また、一次蓋の炭素鋼は、主要なガンマ線遮蔽材となっている。

二次蓋は炭素鋼製の円板状であり、ボルトでキャスク本体上面に取り付けられる。

貯蔵用三次蓋はステンレス鋼製の円板状であり、ボルトでキャスク本体上面に取り付けられる。

一次蓋及び二次蓋のシール部には、長期にわたって閉じ込め機能を維持するために金属ガスケットが取り付けられている。

### (3) バスケット

MSF-24P 型のバスケット構造を第2図に示す。

バスケットは、断面形状が中空状のアルミニウム合金製のバスケットプレートから構成された格子構造であり、個々の使用済燃料集合体がキャスク本体内部に配置されたバスケットの所定の格子内に収納される。また、使用済燃料の未臨界性を維持するために、中性子吸収材を併せて配置している。

### (4) 貯蔵用関連部品・設備（申請範囲外）

貯蔵時に特定兼用キャスクに取り付けられる部品として、貯蔵用緩衝体、圧力センサ（圧力計）及び温度センサ（温度計）がある。また、特定兼用キャスクは、貯蔵架台上に設置して貯蔵される。

a. 貯蔵用緩衝体

貯蔵用緩衝体は、鋼製等の部材に緩衝材を充填したものであり、特定兼用キャスクに加わる衝撃を吸収するため、キャスク本体上部及びキャスク本体下部にボルトで取り付けられる。

b. 圧力センサ（圧力計）

圧力センサ（圧力計）は、貯蔵中の一次蓋と二次蓋との空間部（以下「蓋間」という。）の圧力を監視するために特定兼用キャスクに設置される。

c. 温度センサ（温度計）

温度センサ（温度計）は、貯蔵中の特定兼用キャスクの表面温度を監視するために、特定兼用キャスクの外表面に設置される。

d. 貯蔵架台

特定兼用キャスクは、鋼製等の貯蔵架台上に設置された状態で貯蔵される。特定兼用キャスクの貯蔵架台への固縛は、90° 方向及び270° 方向の上部及び下部トラニオンを使用する。

(5) 輸送用関連部品・設備（申請範囲外）

輸送時に特定兼用キャスクに取り付けられる部品として、モニタリングポートカバー、輸送用三次蓋及び輸送用緩衝体がある。また、特定兼用キャスクは、輸送架台上に設置して輸送される。

a. モニタリングポートカバー

二次蓋には、蓋間にヘリウムを充填するための貫通孔と、この空間の圧力を検出するための貫通孔が設けられており、それぞれの貫通孔にはモニタリングポートバルブが設置されている。輸送時には、その外側にモニタリングポートカバープレートが取り付けられる。モニタリングポートカバーのシール部にはOリングが設けられている。

b. 輸送用三次蓋

輸送時には、貯蔵時に取り付けられた貯蔵用三次蓋に代えて輸送用三次蓋がボルトにより取り付けられる。輸送用三次蓋のシール部には二重のOリングが設けられており、この二重のOリングの内側Oリングにより輸送中の密封境界が形成される。

c. 輸送用緩衝体

輸送時には、貯蔵時に取り付けられた貯蔵用緩衝体に代えて輸送用緩衝体がボルトにより取り付けられる。輸送用緩衝体は、鋼製等の部材に緩衝材を充填したものであり、特定兼用キャスクに加わる



衝撃を吸収するため、キャスク本体上部及びキャスク本体下部にボルトで取り付けられる。

#### d. 輸送架台

特定兼用キャスクは、鋼製等の輸送架台上に設置された状態で輸送される。特定兼用キャスクの輸送架台への固縛は、90° 方向及び270° 方向の上部及び下部トラニオンを使用する。

#### (6) 使用済燃料集合体の仕様及び収納位置条件

MSF-24P 型に収納する使用済燃料集合体の仕様を第2表に示す。

なお、使用済燃料集合体は、第3表に示す仕様のバーナブルポイズン集合体を挿入した状態でMSF-24P 型へ収納する場合がある。

MSF-24P 型に収納する使用済燃料集合体及びバーナブルポイズン集合体を挿入する使用済燃料集合体の収納位置条件を第3図に示す。使用済燃料集合体をMSF-24P 型に収納するにあたり、17×17 燃料と15×15 燃料は混載しないが、48,000Mwd/t 型と39,000Mwd/t 型、及びA型とB型は混載可能である。

第1表 MSF-24P 型の仕様

項 目		仕 様
全質量 (使用済燃料集合体を含む)		約 120 t
寸 法	全 長	約 5.2 m
	外 径	約 2.6 m
収 納 体 数		24 体
最 大 崩 壊 熱 量		15.8 kW
主 要 材 質	キャスク本体	炭素鋼 炭素鋼 析出硬化系ステンレス鋼 レジン (エポキシ系樹脂) 銅
	胴 (ガンマ線遮蔽材)	
	外筒 (ガンマ線遮蔽材)	
	ト ラ ニ オ ン 中 性 子 遮 蔽 材	
	伝 熱 フ ィ ン	
	蓋 部	炭素鋼 炭素鋼 ステンレス鋼 ニッケルクロムモリブデン鋼
	一 次 蓋	
	二 次 蓋	
貯 蔵 用 三 次 蓋 蓋 ボ ル ト		
バスケット	アルミニウム合金 <sup>(注1)</sup> ほう素添加アルミニウム合金	
バスケットプレート 中 性 子 吸 収 材		
内 部 充 填 ガ ス		ヘリウムガス
シ ー ル 材		金属ガスケット
閉 じ 込 め 監 視 方 式		圧力センサ(圧力計)による蓋間圧力監視

(注1) バスケットプレートに使用するアルミニウム合金の材料名称はMB-A3004-H112である。

第2表(1/2) 使用済燃料集合体の仕様

項 目		仕 様			
使用済燃料集合体の種類		17×17 燃料			
		48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型	
		A型	B型	A型	B型
形 状	集 合 体 幅	約 214 mm			
	全 長	約 4100 mm			
質 量		約 680 kg			
燃料集合体1体の仕様	初 期 濃 縮 度 (集合体平均)	4.2 wt%以下		3.7 wt%以下	
	最高燃焼度 <sup>(注1)</sup>	48,000 MWd/t		39,000 MWd/t	
	冷 却 期 間	15年以上	17年以上	15年以上	17年以上
特定兼用キャスク1基当たりの仕様	収 納 体 数	24 体			
	平均燃焼度 <sup>(注2)</sup>	44,000 MWd/t 以下			
	崩 壊 熱 量	15.8 kW 以下			

(注1) 最高燃焼度とは、収納する燃料集合体1体の燃焼度の最大値を示す。

(注2) 平均燃焼度とは、収納する全燃料集合体に対する燃焼度の平均値を示す。

第2表(2/2) 使用済燃料集合体の仕様

項 目		仕 様			
使用済燃料集合体の種類		15×15 燃料			
		48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型	
		A型	B型	A型	B型
形 状	集 合 体 幅	約 214 mm			
	全 長	約 4100 mm			
質 量		約 670 kg			
燃料集合体1体の仕様	初 期 濃 縮 度 (集合体平均)	4.1 wt%以下		3.5 wt%以下	
	最高燃焼度 <sup>(注1)</sup>	48,000 MWd/t		39,000 MWd/t	
	冷 却 期 間	15年以上	17年以上	15年以上	17年以上
特定兼用キャスク1基当たりの仕様	収 納 体 数	24 体			
	平均燃焼度 <sup>(注2)</sup>	44,000 MWd/t 以下			
	崩 壊 熱 量	15.8 kW 以下			

(注1) 最高燃焼度とは、収納する燃料集合体1体の燃焼度の最大値を示す。

(注2) 平均燃焼度とは、収納する全燃料集合体に対する燃焼度の平均値を示す。

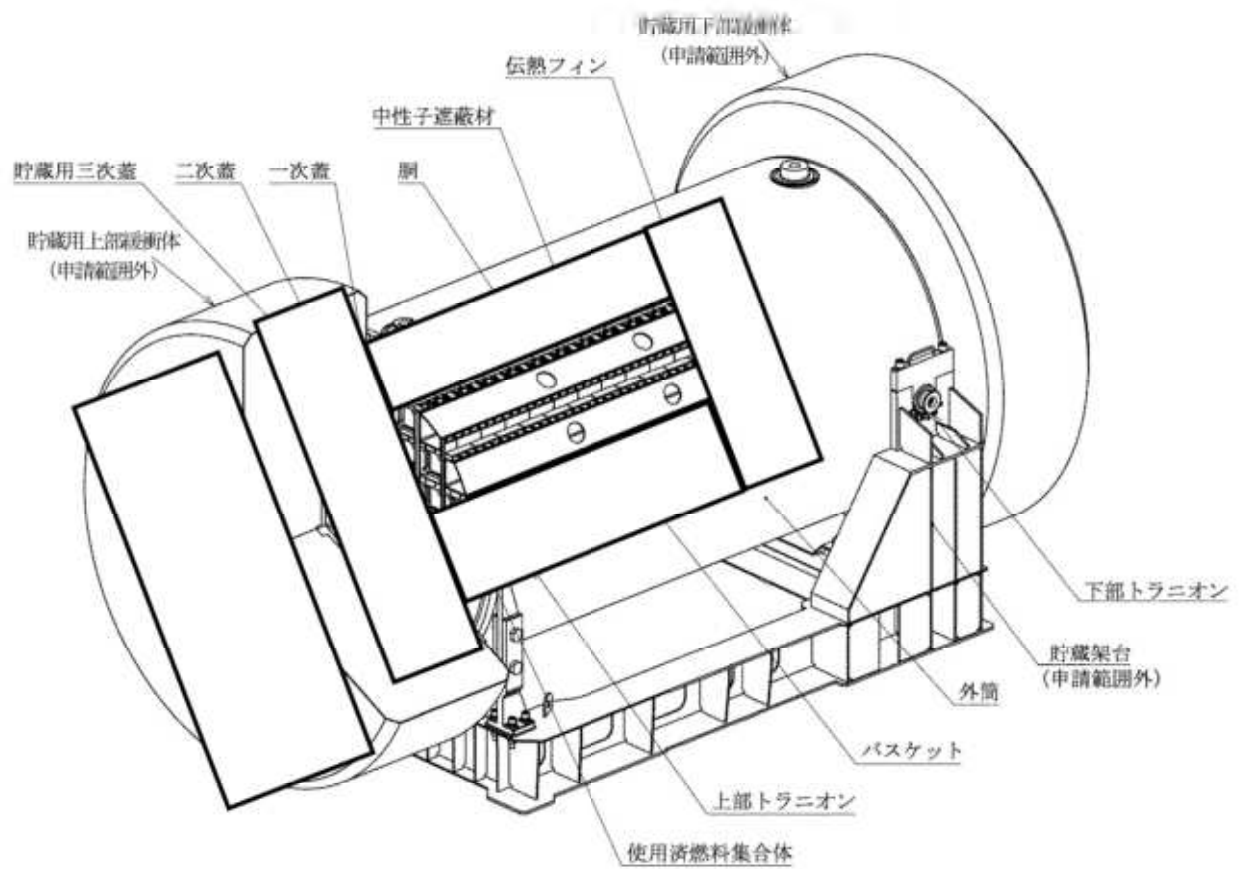
第3表(1/2) パーナブルポイズン集合体の仕様

項 目		仕 様
バーナブルポイズン集合体の種類		17×17 燃料用
		A型                  B型
形 状	集 合 体 幅	約 161 mm
	全 長	約 4000 mm
質 量		約 29 kg
照 射 期 間		2,344 日以下 (約 90,000Mwd/t 相当)
冷 却 期 間		15 年以上
特定兼用キャスク 1 基当たりの 収 納 体 数		12 体以下

第3表(2/2) パーナブルポイズン集合体の仕様

項 目		仕 様
バーナブルポイズン集合体の種類		15×15 燃料用
		A型                  B型
形 状	集 合 体 幅	約 156 mm
	全 長	約 4000 mm
質 量		約 26 kg
照 射 期 間		2,671 日以下 (約 90,000Mwd/t 相当)
冷 却 期 間		15 年以上
特定兼用キャスク 1 基当たりの 収 納 体 数		12 体以下

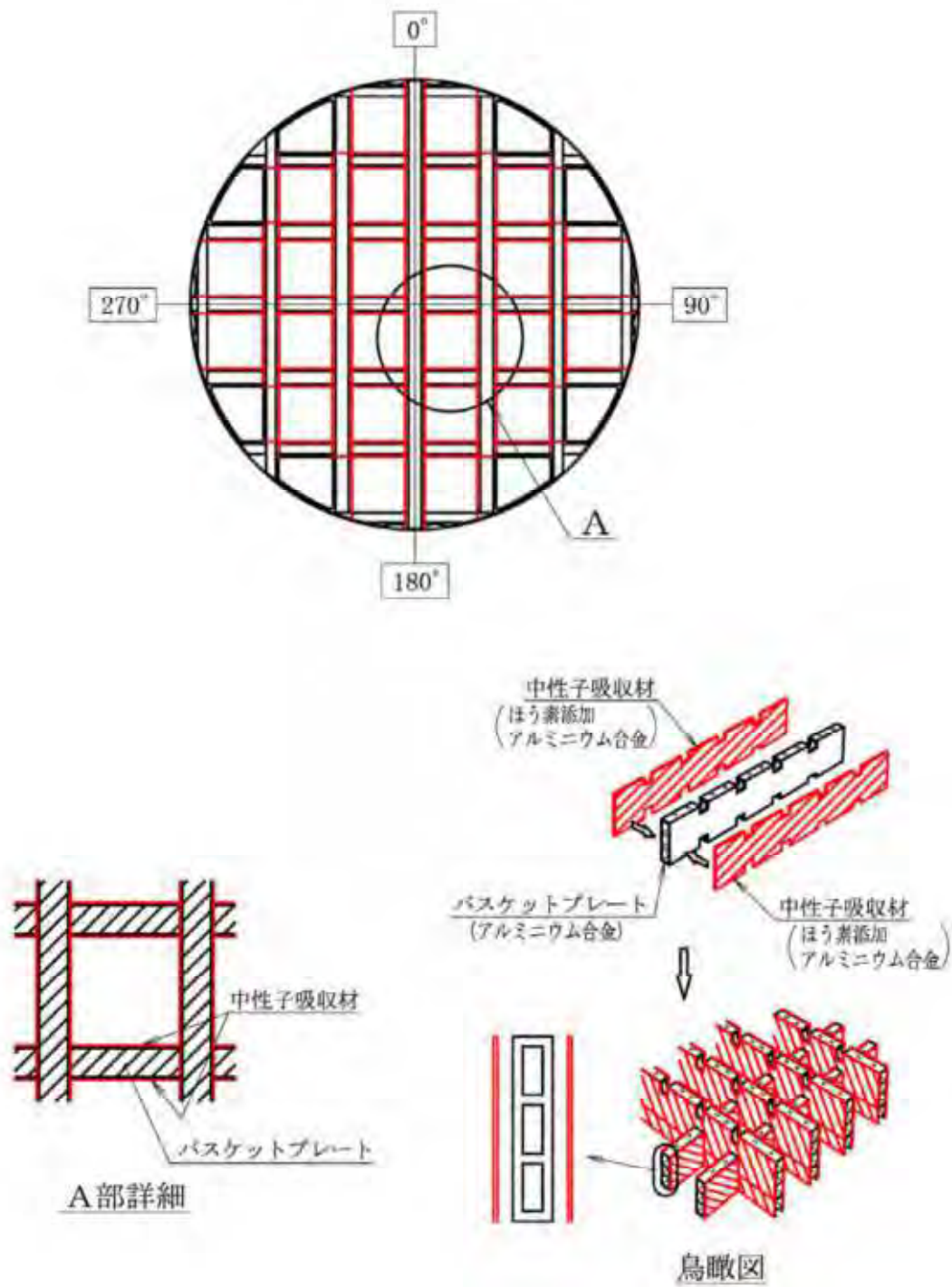
無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社



第1図 MSF-24P型構造図（蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法（横置き））

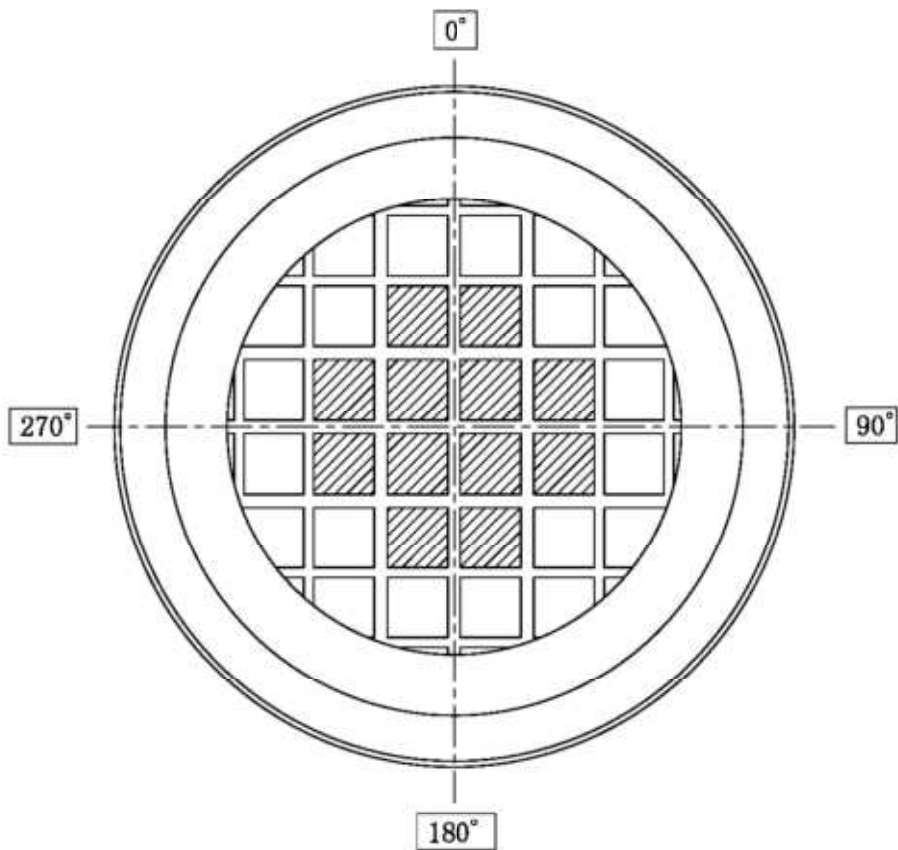
無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社


□内は商業機密のため、非公開とします。




第2図 MSF-24P型バスケット構造図

無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社



 : 燃焼度が 48,000Mwd/t 以下の使用済燃料集合体の収納位置



 : 燃焼度が 44,000Mwd/t 以下の使用済燃料集合体の収納位置

第3図 使用済燃料集合体の収納位置条件



## 2.3 設計方針及び設計条件【申請書添付書類一 2.に相当】

### (1) 基本設計方針

MSF-24P 型は、PWR で発生した使用済燃料集合体を原子力発電所敷地内に貯蔵する機能を有するとともに、使用済燃料集合体の原子力発電所敷地外への運搬に使用する容器に兼用することができる機能を併せ持つ設計とする。また、その設計貯蔵期間において、それ自体で特定兼用キャスクの有する安全機能（臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能及び閉じ込め機能）を維持できる設計とする。

また、MSF-24P 型は、周辺施設（特定兼用キャスクの支持部、計装設備、機器・配管系、貯蔵建屋等及び基礎）に支持性能や防護機能等の特段の機能を期待せず、蓋部の金属部への衝突に対して、貯蔵用緩衝体の装着により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で貯蔵する設計とする。ただし、MSF-24P 型の設計仕様を超える事象が想定される場合は、補完機能を持たせるよう周辺施設の設計がなされるものとし、その安全性は設置(変更)許可申請にて審査されるものとする。

MSF-24P 型は、原則として、現行国内法規に基づく以下の規格及び基準等によって設計する。ただし、外国の規格及び基準による場合又は規格及び基準で一般的でないものを適用する場合には、それらの規格及び基準の適用の根拠、国内法規に基づく規格及び基準との対比並びに適用の妥当性を明らかにする。

- ・日本産業規格（JIS）
- ・日本機械学会規格（JSME）
- ・日本原子力学会標準（AESJ）等

### (2) 安全機能に係る設計方針

#### a. 臨界防止機能に関する設計方針

MSF-24P 型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び MSF-24P 型に使用済燃料集合体を収納する際の冠水状態において、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し、臨界を防止する。

MSF-24P 型は、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、及び適切な位置に配置された中性子吸収材により臨界を防止する構造とする。

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設計とする。

#### b. 遮蔽機能に関する設計方針

MSF-24P 型は、使用済燃料集合体からの放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により遮蔽する設計とし、設計貯蔵期間中における MSF-24P 型の中性子遮蔽材の遮蔽機能の低下を考慮しても、以下を満足する設計とする。

- ・特定兼用キャスク表面の最大線量当量率を 2mSv/h 以下とする。

- ・特定兼用キャスク表面から1m離れた位置における最大線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下とする。

#### e. 除熱機能に関する設計方針

MSF-24P型は、使用済燃料の健全性及び安全機能を有する構成部材の健全性を維持するために、使用済燃料の崩壊熱を除去する設計とする。

燃料被覆管の温度は、設計貯蔵期間を通じて、燃料被覆管のクリープ破損及び機械的特性の低下を防止する観点から、燃料被覆管の累積クリープ量が1%を超えない温度、照射硬化回復現象により燃料被覆管の機械的特性が著しく低下しない温度及び水素化物の再配向による燃料被覆管の機械的特性の低下が生じない温度以下とするため、貯蔵する使用済燃料の種類ごとに以下の制限を設ける。

- |                                |        |
|--------------------------------|--------|
| ・17×17燃料 48,000MWd/t型 (A型及びB型) | 275℃以下 |
| ・17×17燃料 39,000MWd/t型 (A型及びB型) | 275℃以下 |
| ・15×15燃料 48,000MWd/t型 (A型及びB型) | 275℃以下 |
| ・15×15燃料 39,000MWd/t型 (A型及びB型) | 275℃以下 |

また、MSF-24P型の主要な構成部材の温度は、安全機能及び構造強度を維持する観点から以下の制限を設ける。

- |            |        |
|------------|--------|
| ・胴、外筒及び蓋部  | 350℃以下 |
| ・中性子遮蔽材    | 149℃以下 |
| ・金属ガスケット   | 130℃以下 |
| ・バスケットプレート | 250℃以下 |

#### d. 閉じ込め機能に関する設計方針

MSF-24P型は、使用済燃料集合体を限定された区域に閉じ込めるため、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料集合体を封入する空間を負圧に維持する設計とする。また、MSF-24P型は、一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、一次蓋と二次蓋との空間部を正圧に維持することにより、使用済燃料集合体を封入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。さらに、MSF-24P型は、蓋間の圧力を測定することにより、閉じ込め機能について監視ができる設計とする。

加えて、MSF-24P型の密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おおむね弾性範囲内に留まる設計とする。

#### e. 長期健全性に関する設計方針

MSF-24P型は、安全機能を維持するうえで重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当該環境下での腐食等の経年変化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持するように設計する。また、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ガスとともに封入して貯蔵する設計とする。なお、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。

### (3) 自然現象に対する特定兼用キャスクの安全機能維持に係る設計方針

#### a. 地震に対する設計方針

MSF-24P 型は、本文五. に示す地震力 による蓋部の金属部への衝突に対して、貯蔵用緩衝体の装着により、その安全機能が損なわれるおそれがない蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法で貯蔵する。また、MSF-24P 型は、本文五. に示す地震力に対して、安全機能が維持される設計とする。

#### b. 津波に対する設計方針

MSF-24P 型は、本文五. に示す津波荷重の算出条件により算出される津波荷重に対して、安全機能が維持される設計とする。

#### c. 竜巻及びその他外部事象に対する設計方針

MSF-24P 型は、本文五. に示す竜巻荷重の算出条件により算出される竜巻荷重に対して、安全機能が維持される設計とする。また、MSF-24P 型は、想定される自然現象（地震、津波、竜巻及び森林火災を除く）が発生した場合においても安全機能が維持される設計とする。

### (4) 設計条件

#### a. MSF-24P 型の設計条件

MSF-24P 型の設計条件は以下のとおりである。

- ① 設計貯蔵期間は 60 年とする。
- ② 特定兼用キャスクの貯蔵場所は貯蔵建屋内又は屋外とする。
- ③ 特定兼用キャスクの貯蔵姿勢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。
- ④ 特定兼用キャスクは、貯蔵架台に胴上部及び下部トラニオンを設置する。
- ⑤ 特定兼用キャスクの全質量（使用済燃料集合体を含む）は約 120t とする。
- ⑥ 特定兼用キャスクの主要寸法は、全長約 5.2m 及び外径約 2.6m とする。
- ⑦ 特定兼用キャスクの最大崩壊熱量は 15.8kW/基とする。
- ⑧ 特定兼用キャスク表面及び表面から 1m 離れた位置における最大線量当量率は、それぞれ 2mSv/h 以下及び 100 $\mu$ Sv/h 以下とする。
- ⑨ 貯蔵状態における特定兼用キャスク周囲の最低温度は、 $-20^{\circ}\text{C}$ 、最高温度は、 $45^{\circ}\text{C}$ （貯蔵建屋内貯蔵の場合）及び  $38^{\circ}\text{C}$ （屋外貯蔵の場合）とする。
- ⑩ 貯蔵状態における貯蔵建屋壁面最高温度は  $65^{\circ}\text{C}$  とする（貯蔵建屋内貯蔵の場合）。

- ⑩ 貯蔵状態における水平方向及び鉛直方向の地震力(加速度)は、それぞれ 2300G 及び 1600G とする。また、貯蔵状態における水平方向及び鉛直方向の地震力(速度)は、それぞれ 2m/s 及び 1.4m/s とする。
- ⑪ 貯蔵状態における津波荷重の算出条件は、浸水深 10m、流速 20m/s 及び漂流物質量 100t とする。
- ⑫ 貯蔵状態における竜巻荷重の算出条件となる風速は、100m/s とする。また、特定兼用キャスクに衝突し得る設計飛来物の条件は、第 4 表のとおりとする。

#### b. 使用済燃料集合体の条件

MSF-24P 型に収納する使用済燃料集合体の条件は以下のとおりである。

- ① 特定兼用キャスクに収納する使用済燃料集合体の仕様は、第 2 表に示すとおりとする。
- ② 特定兼用キャスクに収納する使用済燃料集合体は、燃料被覆管の健全性が確認されたものであることとする。
- ③ 特定兼用キャスクには、貯蔵する使用済燃料集合体の仕様、及び特定兼用キャスクの最大崩壊熱量等を満足するように使用済燃料集合体が収納されるとともに、第 3 図に示すとおり収納位置が制限される。
- ④ なお、使用済燃料集合体は、第 3 表に示す仕様のバーナブルポイズン集合体を挿入した状態で収納される場合がある。その場合、第 3 図に示すとおり収納位置が制限される。

#### (5) 貯蔵施設の前提条件

##### a. 貯蔵建屋内貯蔵

MSF-24P 型を使用することができる貯蔵施設(貯蔵建屋内貯蔵)の概要図(例)を第 4 図に示す。貯蔵施設は、発電用原子炉施設内に設置され、貯蔵用緩衝体を装着した特定兼用キャスク、特定兼用キャスクを床面に設置するための貯蔵架台、特定兼用キャスクを取り扱うための取扱設備(第 4 図の例では橋形クレーン)等からなり、貯蔵用緩衝体を装着した特定兼用キャスク及び貯蔵架台は貯蔵建屋に収容される。

##### b. 屋外貯蔵

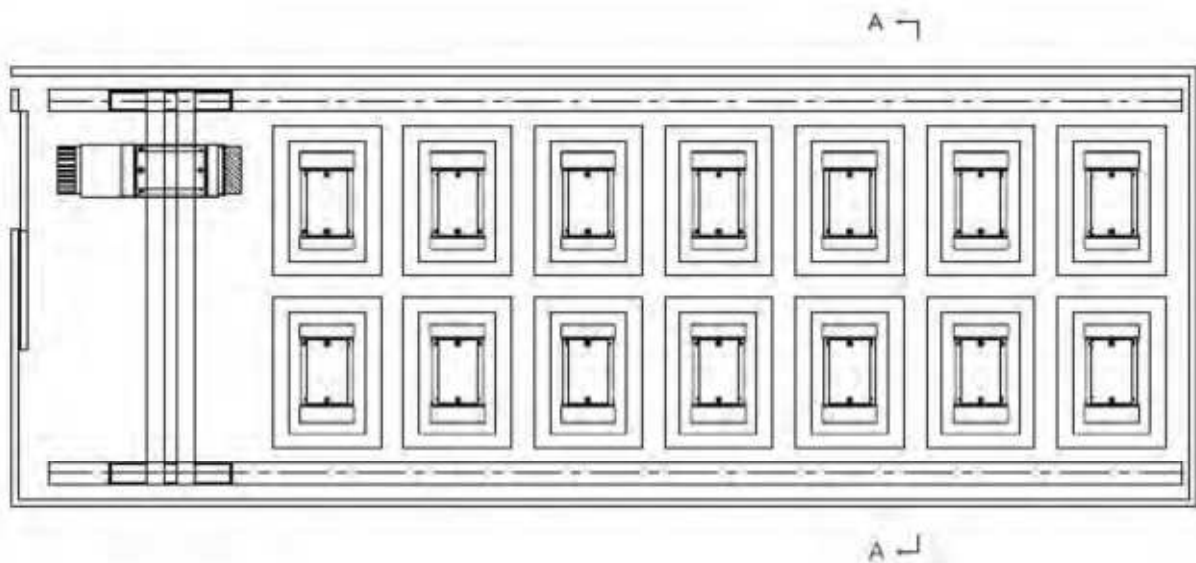
MSF-24P 型を使用することができる貯蔵施設(屋外貯蔵)の概要図(例)を第 5 図に示す。貯蔵施設は、発電用原子炉施設内に設置され、貯蔵用緩衝体を装着した特定兼用キャスク、特定兼用キャスクを床面に設置するための貯蔵架台、特定兼用キャスクを取り扱うための取扱設備(第 5 図の例では移動式クレーン)等からなり、各設備は屋外に設置される。

第4表 設計飛来物条件<sup>(注1)</sup>

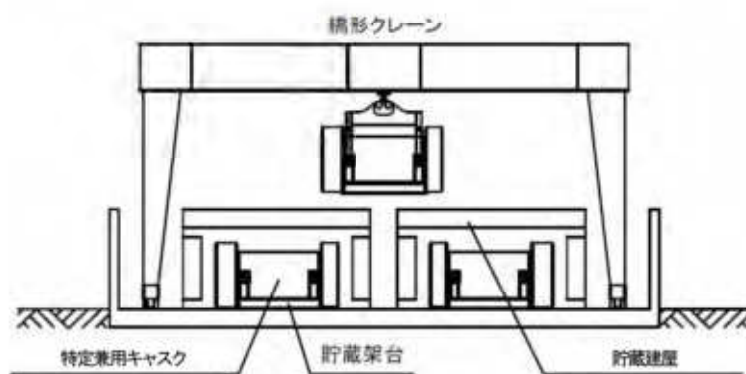
飛来物の種類	棒状物		板状物	塊状物	
	鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック
寸法(m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×奥行 5×1.9×1.3
質量(kg)	8.4	135	540	2300	4750
最大水平速度(m/s)	49	57 <sup>(注2)</sup>	30	60	34
最大鉛直速度(m/s)	33	38 <sup>(注2)</sup>	20	40	23

(注1) 「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(以下「竜巻影響評価ガイド」という。)」の解説表4.1に示される飛来物である。

(注2) 竜巻影響評価ガイドの解説表4.1に示される速度(水平51 m/s、鉛直34 m/s)に対し保守側な設定とした。

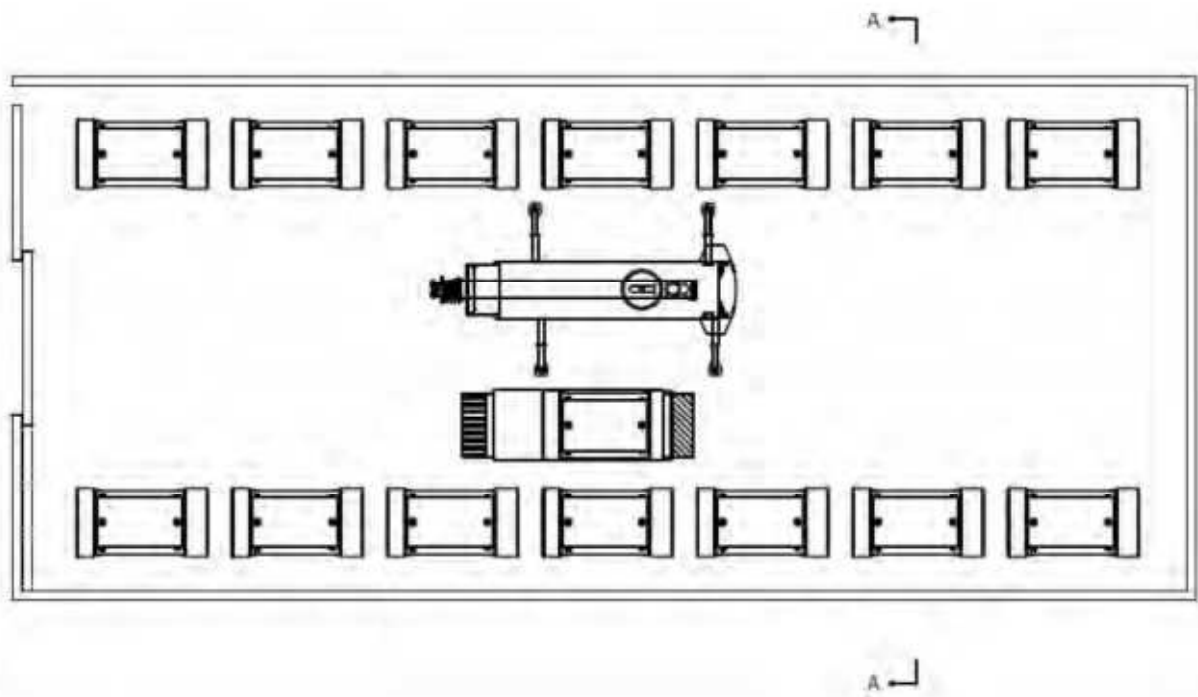


(1) 機器配置図

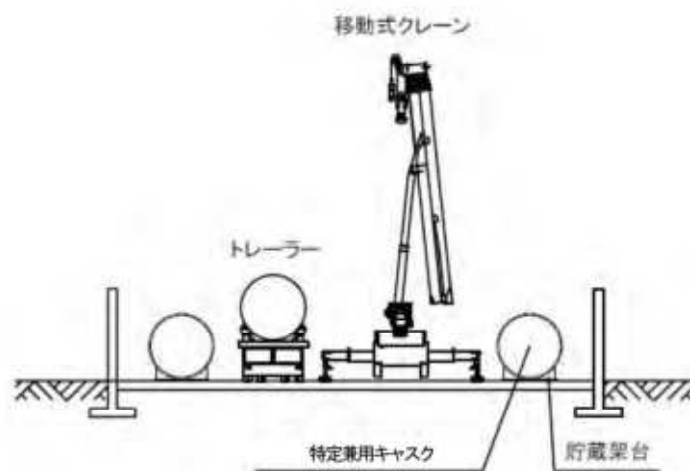


(2) A-A 断面図

第4図 特定兼用キャスク貯蔵施設概要図 (貯蔵建屋内貯蔵の例)



(1) 機器配置図



(2) A-A 断面図

第5図 特定兼用キヤスク貯蔵施設概要図（屋外貯蔵の例）

### 3. 設置許可基準規則への適合性（安全設計に関する説明）【申請書添付書類 = 3. 及び 4. に相当】

発電用原子炉施設に使用する特定機器の設計の型式証明申請に係る安全設計の方針について、設計基準対象施設である MSF-24P 型の設置許可基準規則（解釈を含む）に対する適合性を以下に示す。

#### 3.1 地震による損傷の防止（第 4 条第 6 項）

##### a. 設置許可基準規則第 4 条第 6 項

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。

- 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に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
- 二 基準地震動による地震力

##### b. 設置許可基準規則解釈別記 4 第 4 条第 2 項

第 4 条第 6 項に規定する「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。

- 一 第 6 項に規定する地震力（以下「第 6 項地震力」という。）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、輸送荷姿により設置する場合は第 6 項地震力によって安全機能が損なわれるおそれがないものとし、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。
- 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。
- 三 兼用キャスクは、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。この波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに、第 6 項地震力を適用すること。また、上記の「兼用キャスクは、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」を満たすために、少なくとも次に示す事項について、兼用キャスクがその安全機能を損なわないことを確認すること。



- ・設置地盤、地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ・兼用キャスク間の相互影響
- ・兼用キャスクと周辺施設との相互影響（周辺施設の損傷、転倒、落下等による兼用キャスクへの影響を含む。）

c. 設置許可基準規則解釈別記4第4条第3項第1号

第6項地震力の設定に当たっては、以下の方針によること。

一 第1号に規定する「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化な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、次のとおりとする。

- ・兼用キャスクが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地震力等を定める告示（平成31年原子力規制委員会告示第2号。以下「兼用キャスク告示」という。）第1条によるものとする。
- ・水平地震力及び鉛直地震力については、同時に不利な方向の組合せで作用させること。

d. 兼用キャスク告示第1条

設置許可基準規則第4条第6項第1号の原子力委員会が別に定める地震力は、次の表に掲げる加速度及び速度による地震力とする。

加速度	水平2300Gal及び鉛直1600Gal
速度	水平2m/s及び鉛直1.4m/s

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よる特定兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対して、貯蔵用緩衝体の装着により、その安全機能が損なわれるおそれが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。

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、安全機能が維持される設計とする。

耐震性評価に用いる荷重及び荷重の組合せとして、兼用キャスク告示で定める地震力（加速度）について水平地震力と鉛直地震力を同時に不利な方向の組合せで作用させることに加え、供用中に作用する荷重（圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重）を組み合わせることとしている。また、安全上適切と認められる規格等で妥当性が確認されている値を許容限界とすることに加え、上記によ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すること、及び特定兼用キャスクの密封境界部についてはおおむね弾性状態に留まる値を許容限界とした。上記条件に基づく耐震性評価の結果、MSF-24P型を支持するトラニオンに加え、MSF-24P型の安全機能を担保する構成部材が許容限界を満足することから、地震力に対して安全機能が維持されることを確認した。

なお、設置許可基準規則解釈別記4第4条第2項第3号に示される周辺施設からの波及的影響評価については、型式証明申請の範囲外である。

### 3.2 津波による損傷の防止（第5条第2項）

#### a. 設置許可基準規則第5条第2項

兼用キャスク及びその周辺施設は、次のいずれかの津波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。

- 一 兼用キャスクが津波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津波として原子力規制委員会が別に定めるもの

#### 二 基準津波

#### b. 設置許可基準規則解釈別記4第5条第1項第1号

第5条第2項の津波の設定に当たっては、以下の方針によること。

- 一 第1号に規定する「兼用キャスクが津波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津波として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、兼用キャスク告示第2条によるものとする。

#### c. 設置許可基準規則解釈別記4第5条第2項第1号

第5条第2項に規定する「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」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。

- 一 兼用キャスク告示第2条に定める津波に対する兼用キャスクの設計については、次のとおりとする。
  - ・津波の遡上波の波力及び漂流物の衝突に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。
  - ・上記の「漂流物の衝突」については、質量100トンの漂流物の衝突とすること。
  - ・上記の波力及び衝突による荷重については、同時に作用させること。

#### d. 兼用キャスク告示第2条

設置許可基準規則第5条第2項第1号の原子力規制委員会が別に定める津波は、浸水深が10メートルで、流速が20メートル毎秒である津波とする。

MSF-24P型は、兼用キャスクが津波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津波として原子力規制委員会が別に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突に対して、安全機能が維持される設計とする。

津波荷重が作用した場合の評価に用いる津波荷重は、兼用キャスク告示で定める津波による作用力とし、浸水深に基づく津波波力及び質量100トンの漂流物の衝突による漂流物荷重を同時に作用させるとともに、

供用中に作用する荷重（圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重）を組み合わせることとしている。また、安全上適切と認められる規格等で妥当性が確認されている値等を許容限界とし、貯蔵用緩衝体による津波荷重のエネルギー吸収を無視するとともに、貯蔵用緩衝体の構造体としての剛性を考慮しない条件として機能維持評価を実施した。上記条件に基づく機能維持評価の結果、MSF-24P 型の安全機能を担保する構成部材が許容限界を満足することから、津波に対して安全機能が維持されることを確認した。

### 3.3 外部からの衝撃による損傷の防止（第6条第4項・第5項）

#### a. 設置許可基準規則第6条第4項

兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

- 一 兼用キャスクが竜巻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竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

#### 二 想定される森林火災

#### b. 設置許可基準規則第6条第5項

前項の規定は、兼用キャスクについて第一項の規定の例によることを妨げない。

#### ・設置許可基準規則第6条第1項

安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

#### c. 設置許可基準規則解釈別記4第6条第2項第1号

第6条第4項に規定する「自然現象」については、以下のとおりとする。

- 一 第1号に規定する「兼用キャスクが竜巻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竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの」

については、次のとおりとする。

- ・兼用キャスク告示第3条によるものとする。
- ・竜巻による飛来物の衝突に対して、その安全機能を損なわないものであること。

#### d. 兼用キャスク告示第3条

設置許可基準規則第6条第4項第1号の原子力規制委員会が別に定める竜巻は、風速が百メートル毎秒である竜巻とする。

MSF-24P型は、兼用キャスクが竜巻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竜巻として原子力規制委員会が別に定める竜巻による飛来物の衝突に対して、安全機能が維持される設計とする。

また、MSF-24P型は、想定される自然現象（地震、津波、竜巻及び森林火災を除く）が発生した場合においても安全機能が維持される設計とする。

竜巻荷重が作用した場合の評価に用いる竜巻荷重は、兼用キャスク告示で定める竜巻による作用力とし、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物<sup>(2)</sup>による衝撃荷重を組み合わせた複合荷重とし、供用

中に作用する荷重（圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重）を組み合わせることとしている。また、安全上適切と認められる規格等で妥当性が確認されている値等を許容限界とし、貯蔵用緩衝体による竜巻荷重のエネルギー吸収を無視するとともに、貯蔵用緩衝体の構造体としての剛性を考慮しない条件として機能維持評価を実施した。上記条件に基づく機能維持評価の結果、MSF-24P型の安全機能を担保する構成部材が許容限界を満足することから、竜巻に対して安全機能が維持されることを確認した。

（注）設計飛来物は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの解説表4.1に示される飛来物とする。

### 3.4 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条）

#### (1) 臨界防止（第2項一号ハ）

##### a. 設置許可基準規則第16条第2項一号ハ

- ・燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。

##### b. ②設置許可基準規則解釈別記4第16条1項

- ・第16条第2項第1号ハに規定する「臨界に達するおそれがない」とは、第5項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第3条に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

##### ・貯蔵事業許可基準規則解釈第3条

- 一 使用済燃料貯蔵施設における金属キャスクは単体として、使用済燃料を収納した条件下で、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であること。
- 二 金属キャスク内部のバスケット（金属キャスク内に収納される使用済燃料を所定の幾何学的配置に維持するための構造物をいう。以下同じ。）が臨界防止機能の一部を構成する場合には、設計貯蔵期間を通じてバスケットの構造健全性が保たれる設計であること。
- 三 使用済燃料貯蔵施設は、当該施設内における金属キャスク相互の中性子干渉を考慮し、技術的に想定されるいかなる場合でも臨界を防止する対策が講じられていること。
- 四 臨界評価において、以下の事項を含め、未臨界性に有意な影響を与える因子が考慮されていること。

##### ①配置・形状

貯蔵エリア内の金属キャスクの配置、バスケットの形状、バスケット格子内の燃料集合体の配置等において適切な安全裕度を考慮すること。

金属キャスクが滑動する可能性がある場合には、滑動等による金属キャスクの配置の変化に伴う中性子実効増倍率の増加についても適切に考慮されていること。

事故時にバスケット及び使用済燃料集合体の変形（損傷）する可能性がある場合には、臨界解析においてもこの変形（損傷）が適切に考慮されていること。

##### ②中性子吸収材の効果

中性子吸収材の効果に関して、以下の事項等が適切な安全裕度をもって考慮されていること。

- a) 製造公差（濃度、非均質性、寸法等）
- b) 中性子吸収に伴う原子個数密度の減少

##### ③減速材（水）の影響

使用済燃料を金属キャスクに収納するに当たり当該使用済燃料が冠水することが、設計上適切

に考慮されていること。

④燃焼度クレジット

燃焼度クレジット（臨界評価において、使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下を考慮することをいう。）を採用する場合には、以下の事項を含め、適切な安全裕度を有する設計であることが確認されていること。

- a) 燃料集合体の燃焼度及び同位体組成並びにそれらの分布の計算精度
- b) 貯蔵する燃料集合体の燃焼度等の管理

五 使用済燃料を金属キャスタに収納するに当たっては、臨界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。

MSF-24P 型は、MSF-24P 型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及びMSF-24P 型に使用済燃料集合体を収納する際の冠水状態において、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し、臨界を防止する。

MSF-24P 型は、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アルミニウム合金製のバスケットプレート、及び適切な位置に配置された中性子吸収材（ほう素添加アルミニウム合金）により臨界を防止する構造とする。

また、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設計であり、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、構造健全性が維持されることを確認している。

MSF-24P 型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態及び冠水状態での臨界評価を実施した。

臨界解析では、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し、解析コードとして SCALE コードシステムを用い、中性子実効増倍率の計算を臨界解析コード KENO-VIで行う。収納する使用済燃料集合体には可燃性毒物としてガドリニウムを添加した燃料棒が含まれる場合があるが、臨界解析では、中性子吸収効果のあるガドリニウムの存在を無視し、収納する使用済燃料集合体の濃縮度上限値を保守的に切り上げた値を用いるとともに、すべて通常のウラン新燃料とした（燃焼度クレジットは採用しない）。

また、MSF-24P 型相互の中性子干渉を考慮して、無限に配列した体系（完全反射）としており、MSF-24P 型の滑動を考慮しても MSF-24P 型の配置制限は必要ない。さらに、バスケット内の使用済燃料集合体は、中性子実効増倍率が最大となるように MSF-24P 型に配置するとともに、バスケットプレート、バスケット格子内のり、中性子吸収材の寸法条件については、製作公差を考慮し、中性子実効増倍率が最も大きくなる寸法としている。中性子吸収材中のほう素の均質性は製造管理により担保し、ほう素添加量は仕様上の下限値としている。なお、中性子吸収に伴う中性子吸収材の原子個数密度の減少については、無視し得る程度であり考慮していない。

上記条件に基づく解析の結果、中性子実効増倍率（モンテカルロ法による計算の統計誤差（ $3\sigma$ ）を加えたもの）は、乾燥状態及び冠水状態において 0.95 以下を満足することを確認した。

なお、貯蔵事業許可基準規則解釈第 3 条第 1 項第 5 号に示される使用済燃料集合体を収納するにあたっての

無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社



臨界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を講じることについては、型式証明申請の範囲外である。

c. 設置許可基準規則解釈別記4第16条5項

- ・第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該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。ここで、「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」とは、以下を満たす設計をいう。
- ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
- ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

MSF-24P型の設計貯蔵期間は60年である。また、MSF-24P型は、安全機能を維持するうえで重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を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持する設計である。

(2) 遮蔽 (第4項一号)

a. 設置許可基準規則第16条第4項一号

- ・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。

b. 設置許可基準規則解釈別記4第16条2項

第16条第4項第1号に規定する「適切な遮蔽能力を有する」とは、第5項に規定するもののほか、以下をいう。

- ・貯蔵事業許可基準規則解釈第4条第1項第3号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすこと。

・貯蔵事業許可基準規則解釈第4条第1項第3号

三 使用済燃料を金属キャスクに収納するに当たっては、遮蔽機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた当該使用済燃料の配置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。

- ・兼用キャスク表面の線量当量率が1時間当たり2ミリシーベルト以下であり、かつ、兼用キャスク表面から1メートル離れた位置における線量当量率が1時間当たり100マイクロシーベルト以下であること。

- ・貯蔵建屋（工場等内において兼用キャスクを収納する建物をいう。以下この条において同じ。）を設置する場合には、当該貯蔵建屋の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下したときにおいても、工場等周辺の実効線量は周辺監視区域外における線量限度を超えないこと。

なお、当該貯蔵建屋が損傷したときからその遮蔽機能の応急の復旧が完了するまでの間は、第29条に規定する「通常運転時」には当たらない。

MSF-24P型は、使用済燃料集合体からの放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により遮蔽する設計とし、設計貯蔵期間中におけるMSF-24P型の中性子遮蔽材の遮蔽機能の低下を考慮しても特定兼用キャスク表面の線量当量率を2mSv/h以下、かつ、特定兼用キャスク表面から1メートル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。ガンマ線遮蔽材には、鋼製の材料を用い、中性子遮蔽材には、水素を多く含有するレジンを用いる。

特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から1メートル離れた位置における線量当量率は、MSF-24P型の実形状を適切にモデル化し、使用済燃料集合体の放射線源強度を条件として二次元輸送計算コードDOT3.5及び三次元輸送計算コードMCNP5を使用して求める。線量当量率評価に用いる放射線源強度は、使用済燃料の型式、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に燃焼計算コードORIGEN2を使用して求める。

放射線源強度の評価に当たっては、中性子について実効増倍率を考慮するとともに、使用済燃料の軸方向

の燃焼度分布を考慮する。また、線量当量率の評価に当たっては、使用済燃料の燃焼度に応じた収納位置を考慮するとともに、設計貯蔵期間中における中性子遮蔽材の熱による遮蔽性能の低下を考慮する。上記条件に基づく解析の結果、特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から1メートル離れた位置における最大線量当量率は、それぞれ2mSv/h以下及び100 $\mu$ Sv/h以下を満足することを確認した。

なお、型式指定申請においては、線量当量率評価に二次元輸送計算コードDOT3.5又は三次元輸送計算コードMCNP5のうちいずれかを選択して用いる。また、MCNP5コードを適用する場合の適用条件として、ORIGEN2コード(断面積ライブラリ:PWRU/PWRU50)により求めた放射線源強度及びMCNP5コード(断面積ライブラリ:MCPLIB84/FSXLIB-J33)を用いた線量当量率評価を組み合わせた手法とする。

また、設置許可基準規則解釈別記4第16条2項に示される貯蔵建屋を設置する場合において、当該貯蔵建屋の損傷による工場等周辺の実効線量への影響、及び貯蔵事業許可基準規則解釈第4条第1項第3号に示される使用済燃料集合体の配置の条件又は範囲を逸脱しないよう必要な措置を講じることについては、型式証明申請の範囲外である。

c) 設置許可基準規則解釈別記4第16条5項

・第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該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。ここで、「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」とは、以下を満たす設計をいう。

- ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
- ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

MSF-24P型の設計貯蔵期間は60年である。また、MSF-24P型は、安全機能を維持するうえで重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を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持する設計である。

### (3) 除熱 (第4項二号)

#### a. 設置許可基準規則第16条第4項二号

- ・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。

#### b. 設置許可基準規則解釈別記4第16条3項

- ・第16条第4項第2号に規定する「崩壊熱を適切に除去することができる」とは、第5項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第6条並びに第17条第1項第2号(貯蔵建屋を設置する場合に限る。)及び第3号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

##### ▶ 貯蔵事業許可基準規則解釈第6条

第6条に規定する「崩壊熱を適切に除去できるもの」とは、以下の設計をいう。

- 一 使用済燃料の温度を、被覆管のクリープ破損及び被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される値以下に維持できる設計であること。
- 二 金属キャスクの温度を、基本的安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持できる設計であること。
- 三 貯蔵建屋(使用済燃料貯蔵施設において金属キャスク等を収納する建物をいう。以下同じ。)は、金属キャスクの除熱機能を阻害しない設計であること。また、貯蔵建屋の給排気口は積雪等により閉塞しない設計であること。
- 四 使用済燃料を金属キャスクに収納するに当たっては、除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた配置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。

##### ▶ 貯蔵事業許可基準規則解釈第17条第1項

第1項に規定する「適切に監視することができる」とは、以下の設計をいう。

- 二 貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇しないことを監視できること。
- 三 使用済燃料及び金属キャスクの温度が制限される値以下に維持されていることを評価するために必要なデータを測定等により取得できること。

MSF-24P型は、使用済燃料から発生する崩壊熱を熱伝導及びふく射により特定兼用キャスクの外表面に伝え、対流及びふく射により周囲の空気等に伝達し除熱する構造とし、使用済燃料の健全性及び安全機能を有する構成部材の健全性を維持するために、使用済燃料の崩壊熱を除去する設計とする。

収納する使用済燃料集合体の燃料被覆管の温度は、設計貯蔵期間を通じて、燃料被覆管のクリープ破損及び機械的特性の低下を防止する観点から、燃料被覆管の累積クリープひずみが1%を超えない温度、照射硬化の回復現象により燃料被覆管の機械的特性が著しく低下しない温度及び水素化物の再配向による燃料被覆管の機械的特性の低下が生じない温度以下とするため、貯蔵する使用済燃料の種類ごとに以下の制限を設ける。

- ・17×17燃料 48,000Mwd/t型 (A型及びB型) 275℃以下

- ・17×17 燃料 39,000MWd/t 型 (A型及びB型) 275℃以下
- ・15×15 燃料 48,000MWd/t 型 (A型及びB型) 275℃以下
- ・15×15 燃料 39,000MWd/t 型 (A型及びB型) 275℃以下

また、MSF-24P 型の主要な構成部材の温度は、安全機能及び構造強度を維持する観点から、以下の制限を設ける。

- ・胴、外筒及び蓋部 350℃以下
- ・中性子遮蔽材 149℃以下
- ・金属ガasket 130℃以下
- ・バスケットプレート 250℃以下

MSF-24P 型の構成部材の温度は、使用済燃料の崩壊熱、外部からの入熱及び周囲温度等を条件として、MSF-24P 型の実形状を三次元でモデル化し、伝熱解析コード ABAQUS を使用して求める。また、燃料被覆管の温度は、使用済燃料の崩壊熱とバスケットの温度を条件として、燃料集合体の径方向断面の二次元モデルを用い、伝熱解析コード ABAQUS を使用して求める。使用済燃料の崩壊熱は、使用済燃料集合体の型式、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に燃焼計算コード ORIGEN2 を使用して求め、使用済燃料の燃焼度に応じた収納位置を入力条件として、燃料被覆管及び主要な構成部材の温度を評価する。構成部材の温度評価に当たっては、使用済燃料の軸方向の燃焼度分布を考慮して、最大崩壊熱を上回る崩壊熱を設定するとともに、燃料被覆管の温度評価に当たっては、軸方向を断熱条件とするなど、十分な保守性を見込むこととする。上記条件に基づく解析の結果、燃料被覆管及び MSF-24P 型の主要な構成部材の温度は制限温度以下となることを確認した。

なお、貯蔵事業許可基準規則解釈第 6 条三号に示される貯蔵建屋の除熱設計、及び同第 6 条四号に示される使用済燃料の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないよう必要な措置については型式証明申請の範囲外である。

また、貯蔵事業許可基準規則解釈第 17 条第 1 項に示される貯蔵建屋内の雰囲気温度の監視、並びに使用済燃料及び MSF-24P 型の温度が制限される値に維持されることを評価するために必要なデータの測定等についても型式証明申請の範囲外である。

e. 設置許可基準規則解釈別記4第16条5項

- ・第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該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。ここで、「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」とは、以下を満たす設計をいう。
  - ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
  - ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

MSF-24P 型の設計貯蔵期間は 60 年である。また、MSF-24P 型は、安全機能を維持するうえで重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を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持する設計である。

(4) 閉じ込め (第4項三号)

a. 設置許可基準規則第16条第4項三号

- ・使用済燃料が内包する放射性物質を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。

b. 設置許可基準規則解釈別記4第16条第4項

- ・第16条第4項第3号に規定する「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」とは、次項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第5条第1項第1号及び第2号並びに第17条第1項第1号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

- ・貯蔵事業許可基準規則解釈第5条第1項

第5条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込めることができるもの」とは、以下の設計をいう。

- 一 金属キャスクは、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料等を内封する空間を負圧に維持できる設計であること。
- 二 金属キャスクは、多重の閉じ込め構造を有する蓋部により、使用済燃料等を内封する空間を容器外部から隔離できる設計であること。
- 三 金属キャスクは、貯蔵期間中及び貯蔵終了後において、収納された使用済燃料の検査等のために金属製の乾式キャスクの蓋等を開放しないことを前提としているため、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対して、蓋を追加装着できる構造を有する設計とすること等、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。

- ・貯蔵事業許可基準規則解釈第17条第1項

第1項に規定する「適切に監視することができる」とは、以下の設計をいう。

- 一 蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

MSF-24P型は、使用済燃料集合体を限定された区域に閉じ込めるため、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料集合体を封入する空間を負圧に維持する設計とする。また、MSF-24P型は、一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、一次蓋と二次蓋との空間部（以下「蓋間」という。）を正圧に維持することにより、使用済燃料集合体を封入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。さらに、MSF-24P型は、蓋間圧力を測定することにより、閉じ込め機能について監視ができる設計とする。

一次蓋及び二次蓋の蓋及び蓋貫通孔のシール部には、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から金属ガスケットを用いる。金属ガスケットは、設計貯蔵期間中、MSF-24P型の内部が負圧を維持できるものを使用する。MSF-24P型の使用済燃料を封入する空間は、設計貯蔵中を通じて、蓋間に充填されているヘリウムが蓋間圧力を初期圧力で一定とした条件において、使用済燃料を封入する空間側にのみ金属ガスケットの設計

漏えい率により漏えいするものとし、かつ、使用済燃料の破損（破損率 0.1%）によるガス放出による圧力上昇を考慮しても、負圧に維持できることを確認した。

なお、貯蔵事業許可基準規則解釈第5第1項条三号に示される閉じ込め機能の異常に対する具体的な対応方法は、型式証明申請の範囲外であるが、閉じ込め機能異常が生じた場合の設計上の考慮を行っている。

④ 設置許可基準規則解釈別記4第16条5項

- ・第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該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。ここで、「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」とは、以下を満たす設計をいう。
  - ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
  - ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

MSF-24P 型の設計貯蔵期間は 60 年である。また、MSF-24P 型は、安全機能を維持するうえで重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を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持する設計である。



(5) 長期健全性（解釈別記4第16条第5項）

e. 設置許可基準規則解釈別記4第16条5項

- ・第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該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。ここで、「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」とは、以下を満たす設計をいう。
  - ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
  - ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

MSF-24P型の設計貯蔵期間は60年である。

MSF-24P型は、安全機能を維持するうえで重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十分な信頼性のある材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持するように設計する。

また、MSF-24P型は、特定兼用キャスク本体内面、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設計とする。なお、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。

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要因に対する影響について、MSF-24P型の構成部材の温度及び放射線照射量を条件として、経年変化要因とその評価の観点に基づき、文献及び試験データに基づき評価した。評価結果より、経年変化要因に対して、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。

4. 特定機器を使用することができる発電用原子炉施設の範囲又は条件【申請書本文 五に相当】

㉔. 特定機器を使用することができる発電用原子炉施設の範囲の限定

以下に示す条件により設計された特定兼用キャスクを使用することができる貯蔵施設であること。

特定兼用キャスクの設計貯蔵期間	60年以下
特定兼用キャスクの貯蔵場所	貯蔵建屋内又は屋外
特定兼用キャスクの貯蔵姿勢	蓋部の金属部への衝突が生じない
特定兼用キャスクの設置方式	設置方法 貯蔵架台上に設置
貯蔵状態における特定兼用キャスク周囲温度	最低温度 -20℃ 最高温度 45℃ <sup>(注1)</sup> 38℃ <sup>(注2)</sup>
貯蔵状態における貯蔵建屋壁面温度 <sup>(注1)</sup>	最高温度 65℃
地震力	加速度 水平 2300gal 及び 鉛直 1600gal <sup>(注3)</sup> 又は 速度 水平 2m/s 及び 鉛直 1.4m/s <sup>(注3)</sup>
津波荷重の算出条件	浸水深 10m <sup>(注3)</sup> 流速 20m/s <sup>(注3)</sup> 漂流物質量 100 t
竜巻荷重の算出条件	風速 100m/s <sup>(注3)</sup>

(注1) 貯蔵建屋内で貯蔵する場合

(注2) 屋外で貯蔵する場合

(注3) 兼用キャスクが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地震力等を定める告示に規定される値

㉕. 特定機器を使用することができる発電用原子炉施設の条件

発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請時に別途確認を要する条件は以下のとおりである。

イ. 蓋部の衝突に対して、特定兼用キャスクの蓋部に生じる荷重が、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への適合性説明で示す特別の試験条件のうち落下試験 I（9m落下）において蓋部に生じる荷重以下であり、かつ、安全機能を担保する部材が日本機械学会 使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格に規定される供用状態Dの許容基準を満足する緩衝性能を有する貯蔵用緩衝体を装着すること。

ロ. 特定兼用キャスクの除熱機能を阻害せず、MSF-24P型を含めた特定兼用キャスク周囲温度が、前項に示

した最高温度以下であること。また、貯蔵建屋内で貯蔵する場合において、貯蔵建屋壁面温度が、前項に示した最高温度以下であること。

- ハ、設計竜巻により特定兼用キャスクに衝突し得る飛来物（設計飛来物）の条件が、特定兼用キャスクで想定する設計飛来物の条件に包絡されていること。
- 三、原子炉等規制法第四十三条の三の九第1項に基づく工事計画の認可の申請までに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二十一条第2項の規定による容器の設計に関する原子力規制委員会の承認を受けること。