

発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の 型式証明申請の概要 [MSF-76B型]

2023.1.18

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. 特定機器(MSF-76B型)の概要	…2
2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造	…4
3. 収納物の収納条件	…11
4. MSF-76B型を使用することができる範囲又は条件	…13
5. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)	…15
6. 安全評価方法	…23
7. 安全評価結果の概要	…24
8. 今後のご説明スケジュール	…26

1. 特定機器(MSF-76B型)の概要

- 特定機器の名称及び型式 : MSF-76B型
- 最大貯蔵能力 (特定兼用キャスク1基当たり)
 - BWR使用済燃料集合体 : 76体
 - 最大崩壊熱量 : 14.2kW
- 貯蔵する使用済燃料の種類 : BWR使用済燃料集合体(ウラン燃料)^(注1)
 使用済燃料の種類の詳細、最高燃焼度及び冷却期間を
 下表に示す。

	種類	最高燃焼度	冷却期間
a.	8×8燃料	30,000MWd/t以下	35年以上
b.	新型8×8燃料	38,000MWd/t以下	35年以上
c.	新型8×8ジルコニウムライナ燃料	40,000MWd/t以下	22年以上
d.	高燃焼度8×8燃料	50,000MWd/t以下	22年以上

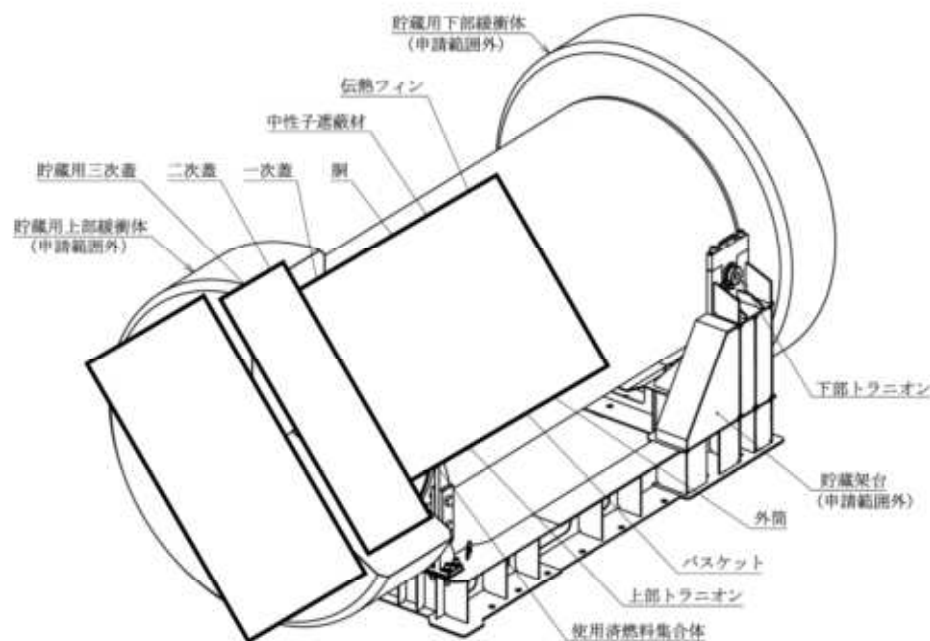
(注1)使用済燃料を収納するに当たり、使用済燃料集合体の燃焼度及び冷却期間に応じて収納位置が制限される。

1. 特定機器(MSF-76B型)の概要

● MSF-76B型の概要、設計方針

- BWR使用済燃料を貯蔵する機能とともに、原子力発電所敷地外への運搬に使用する輸送機能を有し、核燃料輸送物(BM型輸送物)としての技術上の基準(注1)を満足する設計とする。
- 蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)で貯蔵し、安全機能(臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能、閉じ込め機能)を有するように設計し、自然現象(地震、津波、竜巻)に対して安全機能を維持できる設計とする。
- MSF-76B型の構成部材について、設計貯蔵期間中の経年変化に対して十分な信頼性を有する材料を選択し、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、特定兼用キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、防錆措置を施す設計とする。
- 自重、内圧、熱荷重等に加え、貯蔵施設内での取扱時の荷重を考慮しても、安全機能を維持できる設計とする。

(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及び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技術上の基準に係る細目等を定める告示に規定される基準。



蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)

MSF-76B型の概要図

2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

- 使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明変更申請(原規規発第1907048号 令和元年7月5日認可)(MSF-52B型)との仕様・構造の差異を下表に示す。
- MSF-76B型は、MSF-52B型を基に設計したキャスクであり、構造・材質は同等である。

項目	仕様(貯蔵時)		差異の理由等		
	MSF-76B型	先行キャスク(MSF-52B型)			
種類	鍛造キャスク(鋼-レジン遮蔽体タイプ)	左記と同じ	—		
貯蔵姿勢	横置き	たて置き	設置場所の相違		
容量	76体(BWR使用済燃料集合体)	52体(BWR使用済燃料集合体)	収納体数増加		
全質量	122ton	116ton	収納体数増加に伴うキャスク形状の差異		
寸法	全長:5.5m、外径:2.6m	全長:5.6m、外径:2.5m			
最大崩壊熱量	14.2 kW/基	13.7 kW/基	収納燃料の仕様による差異		
収納燃料 (燃焼度と冷却期間)	8×8燃料:30000MWd/t以下、35年以上 新型8×8燃料:38000MWd/t以下、35年以上 新型8×8ジルコニウムライフ燃料: 40000MWd/t以下、22年以上 高燃焼度8×8燃料:50000MWd/t以下、22年以上	— 新型8×8燃料:40000MWd/t以下、22年以上 新型8×8ジルコニウムライフ燃料: 40000MWd/t以下、12年以上 高燃焼度8×8燃料:50000MWd/t以下、12年以上	8×8燃料を追加		
設計貯蔵期間	60年	左記と同じ	—		
主要材質	本体及び蓋部	胴、一次蓋、二次蓋	炭素鋼	左記と同じ	—
		貯蔵用三次蓋	炭素鋼	—	設置方法の違いによる部品追加
		外筒	炭素鋼	左記と同じ	—
		トラニオン	析出硬化系ステンレス鋼		
		中性子遮蔽材	レジン		
		伝熱フィン	銅		
	蓋ボルト	ニッケルクロムモリブデン鋼			
	バスケット	バスケットプレート	炭素鋼		
中性子吸収材		ほう素添加アルミニウム合金			
シール材	金属ガスケット	左記と同じ	—		
閉じ込め監視	圧力センサによる蓋間(一次二次蓋間)圧力監視	左記と同じ	—		

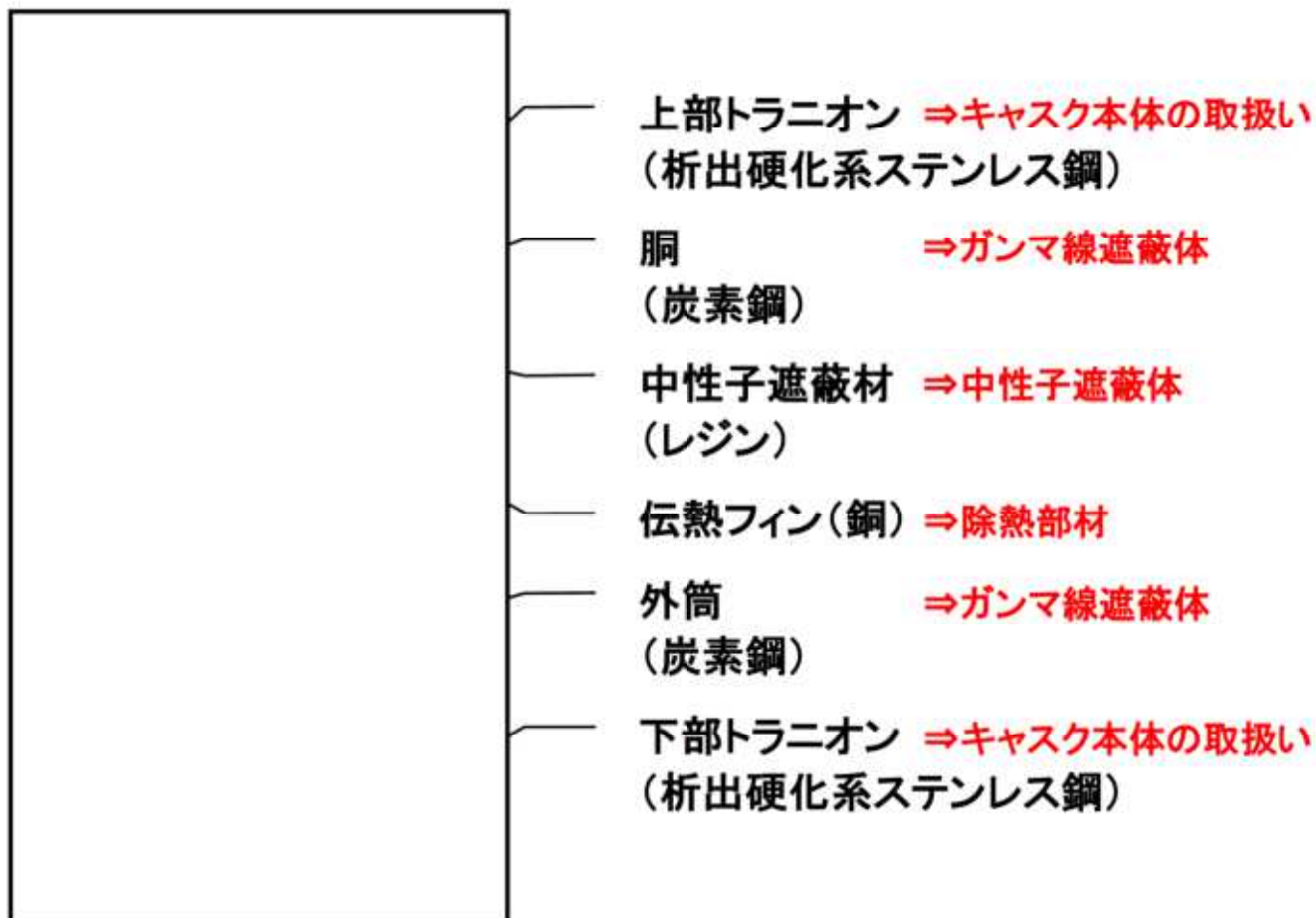
2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

- MSF-52B型との構造の比較図を以下に示す。
- MSF-76B型は、MSF-52B型を基に設計したキャスクである。
- MSF-76B型は、主な変更として、

2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

● 特定兼用キャスク本体(胴部)

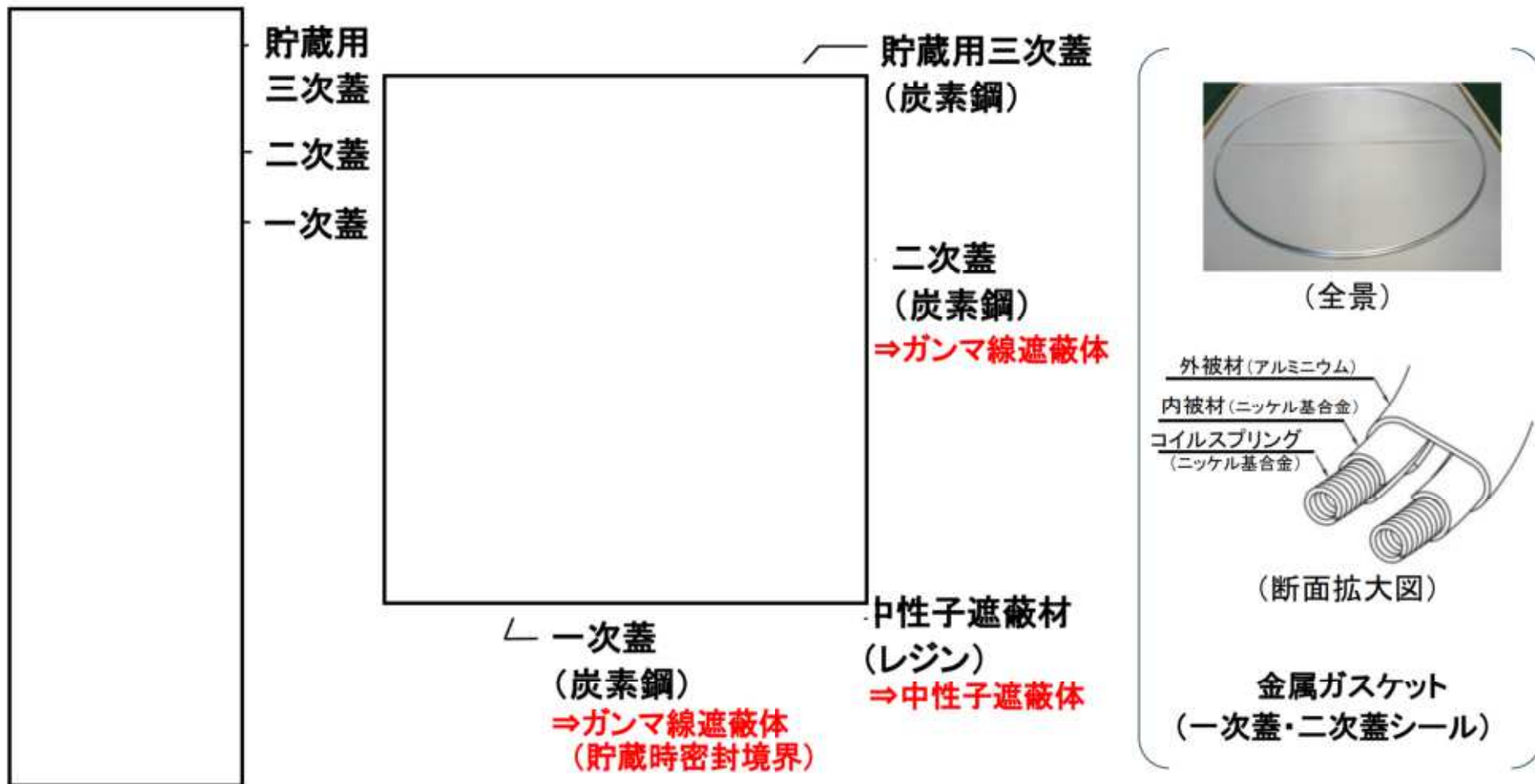
胴、中性子遮蔽材、外筒及びトラニオン等で構成される。



2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

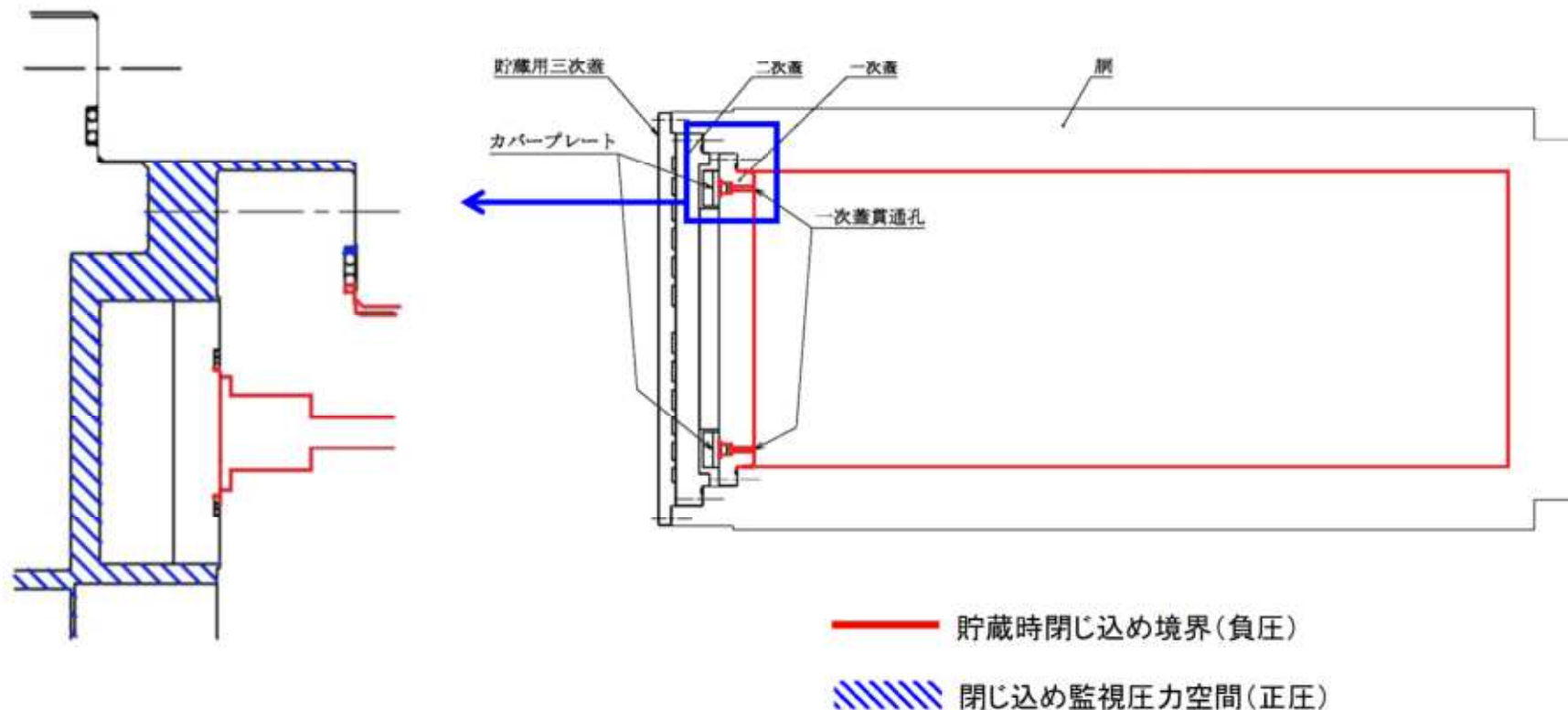
● 特定兼用キャスク本体(蓋部)(1/3)

一次蓋、二次蓋及び貯蔵用三次蓋で構成されており、ボルトで特定兼用キャスク本体上面に取り付けられる。シール部には金属ガスケット(一次蓋・二次蓋)が取り付けられる。



2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

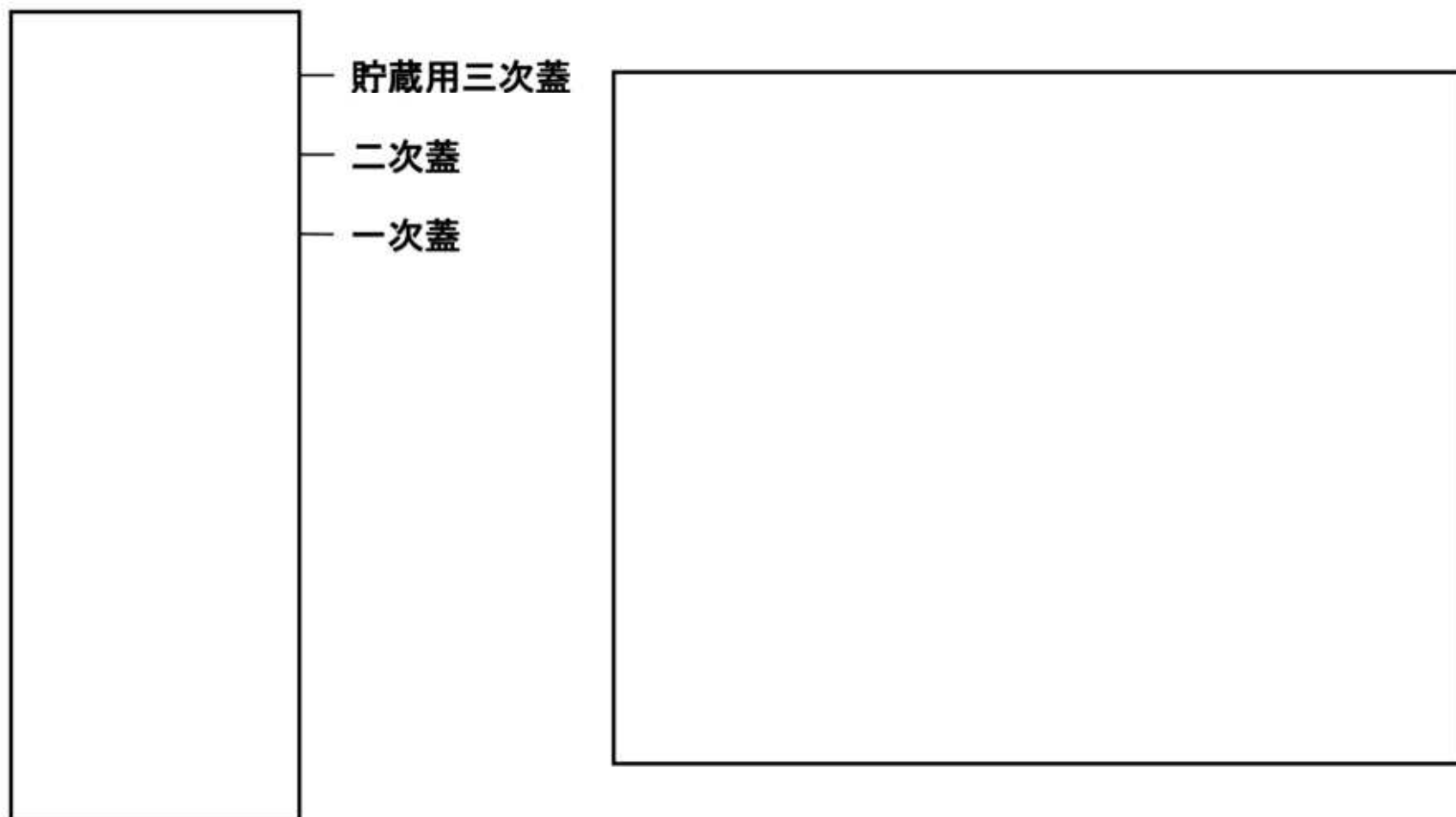
● 特定兼用キャスク本体(蓋部) (2/3)



2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

● 特定兼用キャスク本体(蓋部) (3/3)

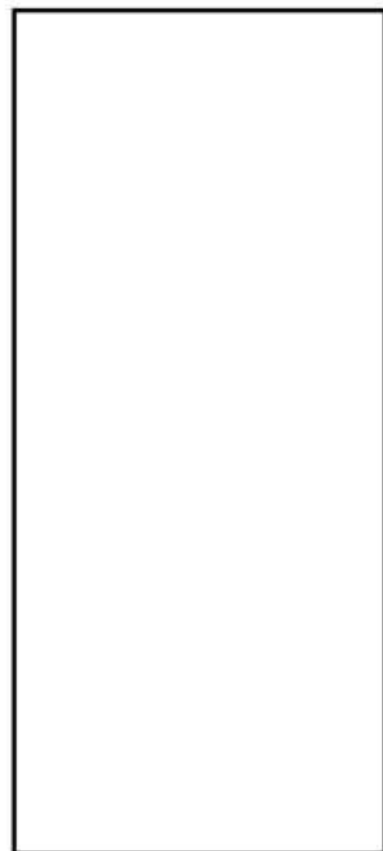
貯蔵用三次蓋は、原子力発電所敷地外への運搬(輸送時)に用いられる三次蓋と同等の構造^(注1)であり、ボルトで特定兼用キャスク本体上面に取り付けられる。



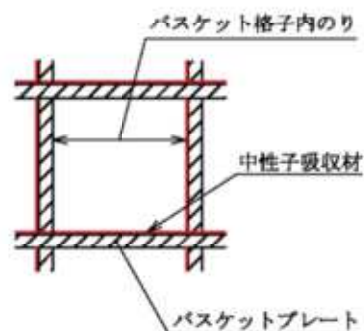
2. 特定機器(MSF-76B型)の仕様・構造

● バスケット

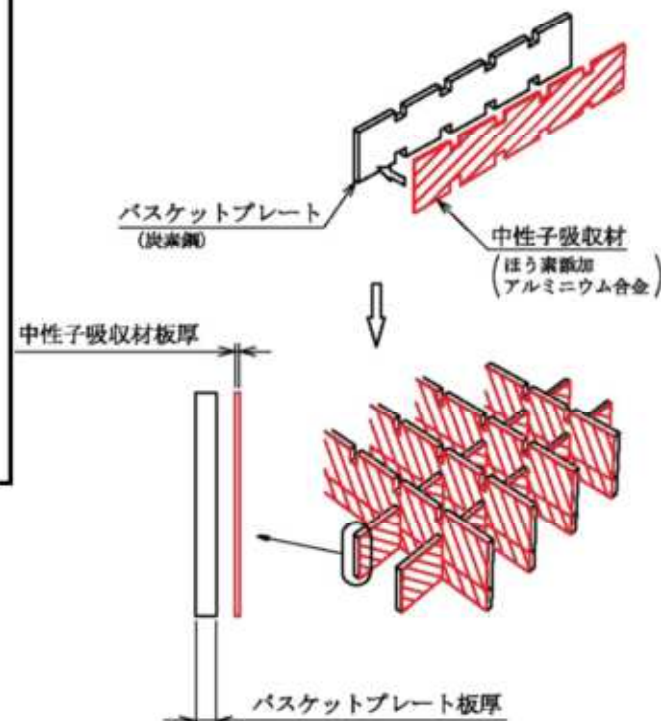
個々の使用済燃料集合体が、特定兼用キャスク本体内部に配置されたバスケットの所定の格子内に収納される。



- ・炭素鋼製の板で構成された格子構造
- ・中性子吸収材を配置



A部詳細



鳥瞰図

3. 収納物の収納条件

● 燃料収納配置



➢ 燃料収納配置は、新型8×8ジルコニウムライナ燃料と高燃焼度8×8燃料を収納する場合(配置(1))と新型8×8燃料と8×8燃料を収納する場合(配置(2))の2ケースがあり、下表及び次頁に示す制限を満足する燃料を収納可能である。

● 収納条件 配置(1)

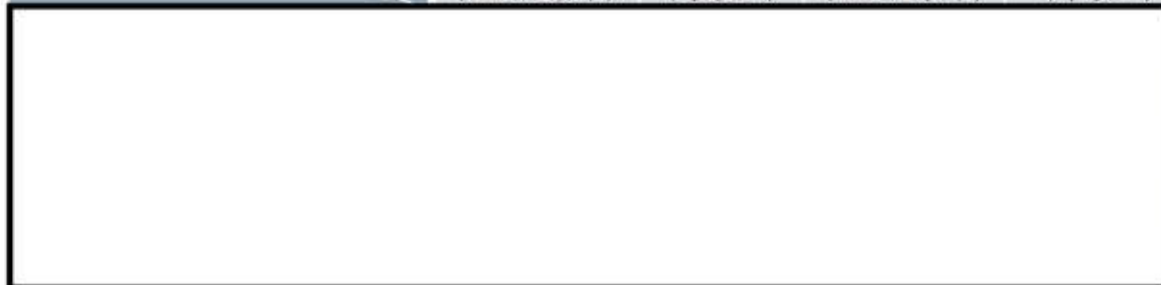
種類	BWR使用済燃料	
型式	新型8×8ジルコニウムライナ燃料	高燃焼度8×8燃料
初期濃縮度(wt%以下)	3.09	3.66
最高燃焼度(MWd/t以下)	40,000	50,000

項目	特定兼用キャスク1基当たりの仕様
崩壊熱量(kW以下)	14.2

領域	燃料集合体の型式		高燃焼度8×8燃料	
	新型8×8 ジルコニウムライナ燃料		最高燃焼度 (MWd/t以下)	冷却期間 (年以上)
			最高燃焼度 (MWd/t以下)	冷却期間 (年以上)



[燃料の収納配置図: 配置(1)]



3. 収納物の収納条件

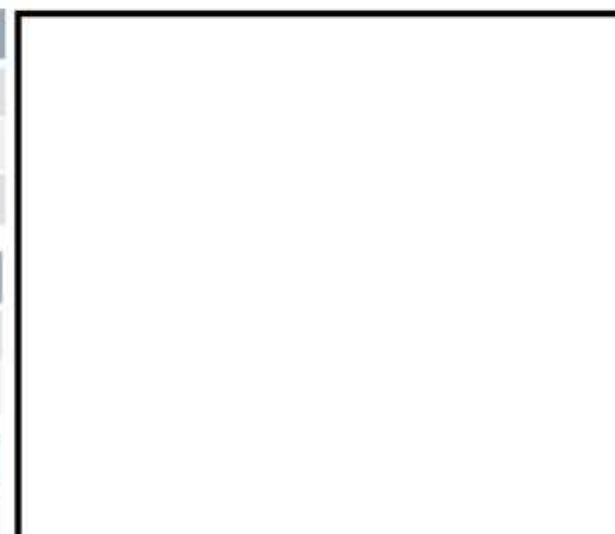
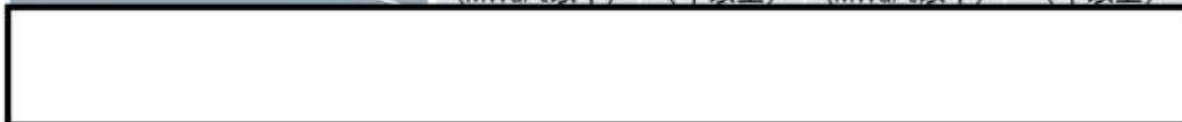
● 収納条件 配置(2)



種類	BWR使用済燃料	
型式	8×8燃料	新型8×8燃料
初期濃縮度(wt%以下)	2.80	3.09
最高燃焼度(MWd/t以下)	30,000	38,000

項目	特定兼用キャスク1基当たりの仕様
平均燃焼度(MWd/t以下)	□
崩壊熱量(kW以下)	8.4

領域	燃料集合体の型式		新型8×8燃料	
	8×8燃料	新型8×8燃料	最高燃焼度 (MWd/t以下)	冷却期間 (年以上)
	最高燃焼度 (MWd/t以下)	冷却期間 (年以上)	最高燃焼度 (MWd/t以下)	冷却期間 (年以上)



[燃料の収納配置図: 配置(2)]

4. MSF-76B型を使用することができる範囲又は条件

● 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

- 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。
- MSF-76B型を使用することができる発電用原子炉施設の範囲は、発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明変更申請（原規規発第2206025号 令和4年6月2日認可）（MSF-24P(S)型）に対して、貯蔵場所を貯蔵建屋内のみとしたこと、貯蔵姿勢を横置きのみとしたこと及び周囲温度を変更したことを除き、他条件は同一である。

項目	MSF-76B型	MSF-24P(S)型
特定兼用キャスクの設計貯蔵期間	60年以下	左記と同じ
特定兼用キャスクの貯蔵場所	貯蔵建屋内	貯蔵建屋内又は屋外
特定兼用キャスクの貯蔵姿勢	蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き) —	蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き) 基礎等に固定する設置方法(たて置き)
特定兼用キャスクの設置方式	貯蔵架台上に設置	左記と同じ
特定兼用キャスクの固定方式	トラニオン固定	
特定兼用キャスクの線量当量率	表面:2mSv/h以下 表面から1m位置:100 μ Sv/h以下	
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 $^{\circ}$ C 最高温度:50 $^{\circ}$ C[横置き(貯蔵建屋内貯蔵)] — —	最低温度:-20 $^{\circ}$ C 最高温度:45 $^{\circ}$ C[横置き(貯蔵建屋内貯蔵)] 最高温度:50 $^{\circ}$ C[たて置き(貯蔵建屋内貯蔵)] 最高温度:38 $^{\circ}$ C[横置き(屋外貯蔵)]
貯蔵状態における貯蔵建屋壁面温度	最高温度:65 $^{\circ}$ C	左記と同じ
地震力	加速度 水平2300Gal及び鉛直1600Gal 又は 速度 水平2m/s及び鉛直1.4m/s	
津波荷重の算出条件	浸水深:10m、流速:20m/s、漂流物質量:100t	
竜巻荷重の算出条件	風速:100m/s、設計飛来物:申請書本文第1表	

4. MSF-76B型を使用することができる範囲又は条件

● 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

- ▶ MSF-76B型を使用することができる発電用原子炉施設の条件は、先行キャスク(MSF-24P(S)型)と同一（たて置きを申請範囲外とすること除く）である。

項目	先行キャスク：MSF-24P(S)型	MSF-76B型
共通事項	<p>①蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)の場合 供用状態Dの事象に対して、貯蔵用緩衝体は、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部材が許容基準を満足するために必要な緩衝性能を有すること。</p> <p>②基礎等に固定する設置方法(たて置き)の場合 特定兼用キャスクの設置場所の地盤は特定兼用キャスクを十分に支持することができる地盤であること。</p>	<p>左記と同じ (②は申請範囲外)</p>
使用済燃料収納時の措置	<p>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な措置、並びに、遮蔽機能及び除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度及び冷却期間に応じた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な措置が講じられること。</p>	<p>左記と同じ</p>
遮蔽	<p>貯蔵建屋の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下した場合においても、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。</p>	
除熱	<p>貯蔵建屋は、特定兼用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。</p> <p>特定兼用キャスク周囲温度及び貯蔵建屋壁面温度が、前頁に示した最高温度以下であること。さらに、貯蔵建屋内の周囲温度が異常に上昇しないことを監視できること。</p>	
閉じ込め	<p>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。</p>	
波及的影響	<p>地震時に貯蔵施設における周辺施設等からの波及的影響により、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないこと。</p>	
竜巻	<p>設計竜巻により特定兼用キャスクに衝突し得る設計飛来物の条件が、申請書本文第1表に示す設計飛来物の条件に包絡されていること。</p>	
その他	<p>設計及び工事の計画の認可の申請までに輸送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。</p>	

5. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

● 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

5. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

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-76B型は、兼用キャスク告示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

[発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-76B型は、兼用キャスク告示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

- ✓ 兼用キャスク告示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。
- ✓ 特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する部位は、おおむね弾性状態に留まるようにし、臨界防止機能を担保するバスケットプレートは、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能が維持される設計とする。

設計方針の妥当性確認(安全評価)

- ✓ 兼用キャスク告示に定める地震力(加速度又は速度)に対する構造健全性評価により構造健全性が維持されるため、地震力作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

● 後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- 地震時に貯蔵施設における周辺施設等からの波及的影響によりMSF-76B型の安全機能が損なわれないこと。

5. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

津波による損傷の防止(第五条第2項)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-76B型は、兼用キャスク告示に定める津波に対して安全機能が維持される設計とする。

[発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-76B型は、兼用キャスク告示に定める津波に対して安全機能が維持される設計とするため、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

- MSF-76B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に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よる荷重が同時に作用する荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する部位は、おおむね弾性状態に留まるようにし、臨界防止機能を担保するバスケットプレートは、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能が維持される設計とする。

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津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重が同時に作用する荷重条件に対する構造健全性評価により構造健全性が維持されるため、津波荷重作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

● 後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- なし

5. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

外部からの衝撃による損傷の防止(第六条第4項一号)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-76B型は、兼用キャスク告示に定める竜巻に対して安全機能が維持される設計とする。

[発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-76B型は、兼用キャスク告示に定める竜巻に対して安全機能が維持される設計とするため、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

- MSF-76B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に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荷重及び設計飛来物の衝突による荷重を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する部位は、おおむね弾性状態に留まるようにし、臨界防止機能を担保するバスケットプレートは、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能が維持される設計とする。

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竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突による荷重を組み合わせた荷重条件に対する構造健全性評価により構造健全性が維持されるため、特定兼用キャスクの安全機能が維持される。

● 後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- 貯蔵施設における設計竜巻によりMSF-76B型に衝突し得る設計飛来物の条件が、MSF-76B型で想定する設計飛来物の条件に包絡されていること。

6. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

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-76B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-76B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

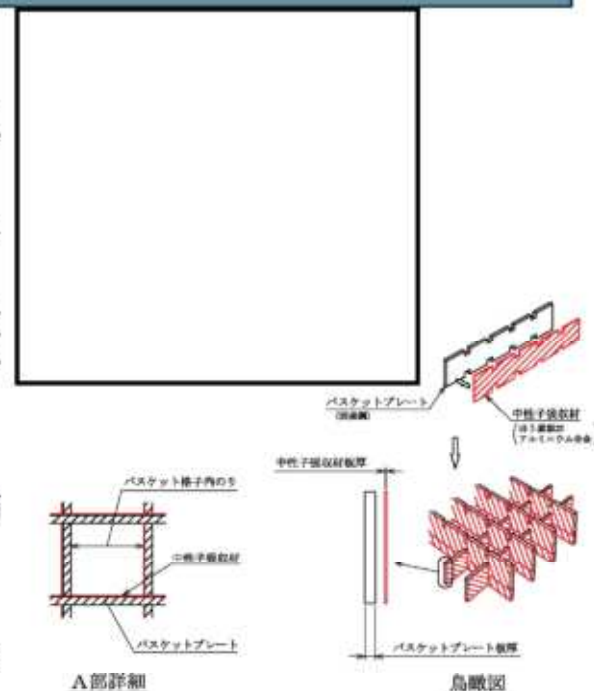
- 使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するためのバスケットプレート、及び中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加した中性子吸収材を適切な位置に配置することにより、臨界を防止する。
- バスケットプレートは、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するために必要な構造健全性を維持する。
- MSF-76B型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及びMSF-76B型に使用済燃料集合体を収納する際に冠水状態になること等、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。

設計方針の妥当性確認(安全評価)

- MSF-76B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。



6. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項一号) (遮蔽機能)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-76B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-76B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

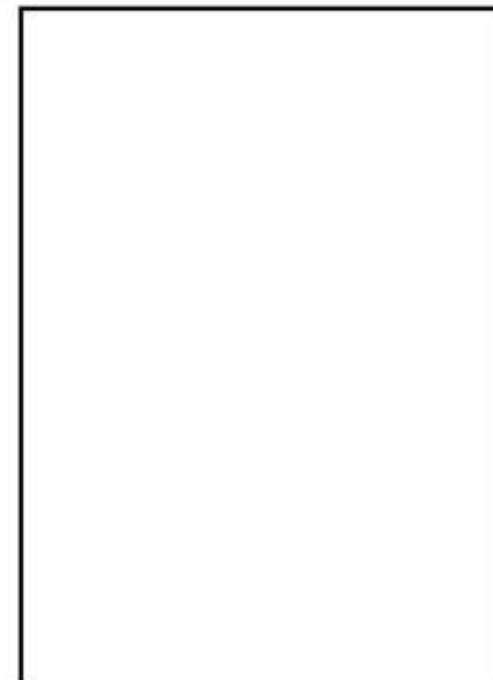
- 使用済燃料集合体からの放射線を特定兼用キャスク及び蓋部のガンマ線遮蔽材(鋼製)及び中性子遮蔽材(レジン)により遮蔽する。
- 設計貯蔵期間中における中性子遮蔽材の熱による遮蔽性能の低下を考慮しても、特定兼用キャスク表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、特定兼用キャスク表面から1m離れた位置における線量当量率を100 μ Sv/h以下となる設計とする。

設計方針の妥当性確認(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100 μ Sv/h以下となることを確認した。

後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- 遮蔽評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度及び冷却期間に応じた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な措置が講じられること。
- 貯蔵建屋の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下した場合においても、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。



遮蔽解析モデル図

6. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項二号) (除熱機能)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-76B型は、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計とする。

[発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針]

MSF-76B型は、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去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

- 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表面に伝え、周囲空気等に伝達することにより除熱する設計とし、使用済燃料の健全性及び特定兼用キャスクの安全機能を有する構成部材の健全性を維持するために、使用済燃料及び特定兼用キャスクの温度を制限される値以下に維持する。
- 使用済燃料及び特定兼用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、特定兼用キャスク外表面の温度を測定できる設計とする。

設計方針の妥当性確認(安全評価)

- 使用済燃料を熱源とした貯蔵状態の伝熱評価を実施し、燃料被覆管及び特定兼用キャスクを構成する部材の健全性を維持できる温度を超えないことを確認した。

後段審査(設置(変更)許可)で別途確認される事項

- 除熱評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度及び冷却期間に応じた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な措置が講じられること。
- 貯蔵建屋は、特定兼用キャスクの除熱機能を阻害しない設計であること。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。
- 特定兼用キャスクの周囲温度が、50℃以下であること。また、貯蔵建屋壁面温度が65℃以下であること。さらに、貯蔵建屋内の周囲温度が異常に上昇しないことを監視できること。

伝熱経路図

熱解析モデル図

6. 設置許可基準規則への適合状況(逐条)

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項三号)

《設計方針》

[安全設計に関する方針]

MSF-76B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-76B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

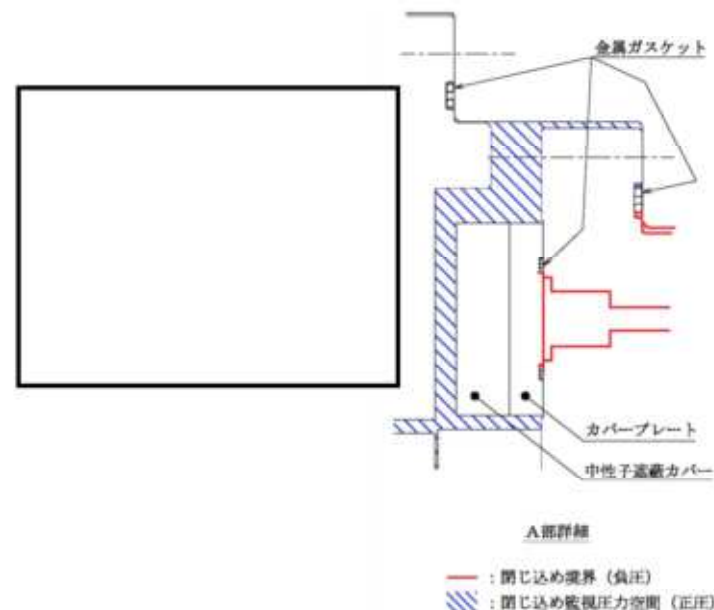
- 使用済燃料を限定された区域に閉じ込めるため、特定兼用キャスクの蓋及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを用いることにより、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持する設計とする。
- 一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、蓋間を正圧に維持することにより圧力障壁を形成し、使用済燃料集合体を内封する空間を特定兼用キャスク外部から隔離する設計とする。
- 蓋間空間の圧力を測定することで閉じ込め機能を監視できる設計とする。

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-76B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。



6. 安全評価方法

● 設置許可基準規則適合性説明に係る安全評価方法

- MSF-76B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-76B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 ^(注1)	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100 μ Sv/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。

7. 安全評価結果の概要

● 安全機能の評価結果

➤ 評価結果は設計基準値を満足していることから、特定兼用キャスクの安全機能（臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め）は維持される。

項目		評価結果	設計基準値
臨界防止	中性子実効増倍率	乾燥状態	0.38
		冠水状態	0.82
遮蔽 ^(注1)	表面最大線量当量率		2 mSv/h
	表面から1m離れた位置における最大線量当量率		100 μSv/h
除熱	燃料被覆管最高温度	8×8燃料 新型8×8燃料	185°C
		新型8×8ジルコニウムライネ燃料 高燃焼度8×8燃料	255°C
		兼用キャスク構成部材最高温度	300°C
	兼用キャスク構成部材最高温度	胴、外筒、蓋部	145°C
		中性子遮蔽材(レジン)	140°C
		金属ガスケット	115°C
バスケット		245°C	
閉じ込め	金属ガスケットの漏えい率	$1.86 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$2.61 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

(注1)長期健全性評価の結果として、設計貯蔵期間中の熱による中性子遮蔽材の質量減損量を考慮。

7. 安全評価結果の概要

● 自然現象に関する安全機能維持評価結果

➤ 自然現象(地震・津波・竜巻)に対して、トラニオン及び安全機能を担保する構成部材に発生する応力は許容応力以下であり、トラニオンの構造健全性及び特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

項目	評価部位	評価結果	設計基準値
地震	トラニオン	193MPa	410MPa
	バスケットプレート	7MPa	280MPa
	外筒	31MPa	282MPa
	伝熱フィン	2MPa	177MPa
	一次蓋密封シール部	27MPa	185MPa
	一次蓋ボルト	265MPa	846MPa
津波	バスケットプレート	26MPa	421MPa
	外筒	58MPa	246MPa
	伝熱フィン	2MPa	177MPa
	一次蓋密封シール部	31MPa	185MPa
	一次蓋ボルト	361MPa	846MPa
竜巻	同上	(注1)	

(注1) 竜巻荷重(8.64×10⁹N)は津波荷重(9.04×10⁹N)より小さく、津波時の評価に包絡される。

8. 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	▼12/28申請		▽8/E 認可希望	
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