

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 (第十六条関連)

2022.2.8
日立造船株式会社

目次

1. 設置許可基準規則への適合性の概要
 2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）
 3. 指摘事項（コメント）リスト
 4. 今後の説明スケジュール
-
- 参考 1. Hitz-P24型の概要（構造・収納条件等）
- 参考 2. 承認を受けたキャスクとの違い（Hitz-B52型・MSF-24P(S)型）

1. 設置許可基準規則への適合性の概要

1. 設置許可基準規則への適合性の概要

● 設置許可基準規則での要求事項に対する評価項目概要

設置許可基準規則		特定兼用キャスク安全機能				長期健全性	構造強度	波及的影響
		臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め			
第三条								
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～第三十六条								

◎ : 設計方針及び安全評価を説明する項目

□ : 申請の範囲外

◻ : 本資料で説明する事項

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（臨界防止機能）

- ◆ 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第十六条第2項第一号八）（臨界防止機能）
- 設置許可基準規則の要求事項

設置許可基準規則^(注1)の要求事項に対するHitz-P24型の臨界防止設計の方針を下表に示す。

規則等	要求事項	臨界防止設計の方針	特記事項
設置許可基準規則 ^(注1) 第十六条第2項第一号八	燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。	中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。	Hitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。
貯蔵事業許可基準規則解釈 ^(注2) 第3条	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。	Hitz-P24型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及びHitz-P24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も臨界を防止する設計とする。	Hitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。
	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。	バスケットプレートは、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及び構造とすることで、構造健全性を維持できる設計とする。	詳細は長期健全性の資料で別途説明。
	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。	Hitz-P24型が無限に配列した体系（完全反射）とすることでHitz-P24型相互の中性子干渉を考慮。	Hitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。

(注1) 「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」

(注2) 「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

(注3) 使用済燃料貯蔵施設の特定期間として型式証明を受けたHitz-B52型（M-DPC20002）を示す。

(注4) 発電用原子炉施設に係る特定機器として型式証明を受けたMSF-24P(S)型（C-SE-2110271）を示す。

ただし、MSF-24P(S)型に関する記載は公開情報に基づくものである。

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（臨界防止機能）

● 設置許可基準規則の要求事項（続き）

規則等	要求事項	臨界防止設計の方針	特記事項
貯蔵事業 許可基準 規則解釈 (注2)第3 条	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 <ul style="list-style-type: none"> 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 滑動等によるキャスクの配置の変化に伴う中性子実効増倍率の増加 事故時にバスケット及び使用済燃料集合体の変形(破損) 	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。なお、Hitz-P24型は床等に固定するため、滑動等は生じず、配置の変化はない。 <ul style="list-style-type: none"> Hitz-P24型が無限に配列した体系（完全反射） 水ギャップ(*)、バスケット格子内のり等の寸法公差 バスケット格子内の使用済燃料の配置、中性子吸収材及びバスケット内側部の配置 (*) バスケットプレートに設けられた、冠水時に水で満たされるスペース	Hitz-B52型（M-DPC20002(注3)）と同様、滑動等が生じない設計。Hitz-P24型の設計に特有の中性子吸収材及びバスケット内側部の配置、寸法設定について影響評価を実施。 上記以外の基本的な考え方はHitz-B52型（M-DPC20002(注3)）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271(注4)）と同様。
	②中性子吸収材の効果 <ul style="list-style-type: none"> 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 	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。なお、ほう素の均質性は製造管理により担保。 <ul style="list-style-type: none"> 中性子吸収材の濃度（ほう素添加量） 中性子吸収材の寸法公差 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、保守的に評価しても 10^{-6} 程度であるため無視。	MSF-24P(S)型（C-SE-2110271(注4)）と同様。
			Hitz-B52型（M-DPC20002(注3)）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271(注4)）と同様。 なお、ほう素の減損割合は長期健全性の資料で別途説明。

(注2)「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

(注3) 使用済燃料貯蔵施設の特定期間として型式証明を受けたHitz-B52型（M-DPC20002）を示す。

(注4) 発電用原子炉施設に係る特定期間として型式証明を受けたMSF-24P(S)型（C-SE-2110271）を示す。

ただし、MSF-24P(S)型に関する記載は公開情報に基づくものである。

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（臨界防止機能）

● 設置許可基準規則の要求事項（続き）

規則等	要求事項	臨界防止設計の方針	特記事項
貯蔵事業許可基準規則解釈（注2）第3条	③減速材(水)の影響	冠水状態（水密度1.0g/cm ³ ）を考慮。	Hitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。
	④燃焼度クレジット	採用しない。	MSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様に新燃料（燃焼度0GWd/t）として評価。
	使用済燃料をキャスクに収納するにあたっては、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。	型式証明申請の範囲外とする。	—
設置許可基準規則解釈別記4第16条第5項 ^(注5)	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計貯蔵期間は60年とする。 Hitz-P24型は、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、クリープ、応力腐食割れ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確保する設計とする。 	Hitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。詳細は長期健全性の資料で別途説明。

（注2）「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

（注3）使用済燃料貯蔵施設の特定容器として型式証明を受けたHitz-B52型（M-DPC20002）を示す。

（注4）発電用原子炉施設に係る特定機器として型式証明を受けたMSF-24P(S)型（C-SE-2110271）を示す。

ただし、MSF-24P(S)型に関する記載は公開情報に基づくものである。

（注5）「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の解釈」

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（臨界防止機能）

● 審査ガイドの確認内容

審査ガイド^(注)の確認内容に対するHitz-P24型の臨界防止設計の方針を下表に示す。

確認内容		臨界防止設計の方針	先行型式との比較
配置・形状	特定兼用カスクの配置	・無限配列（完全反射境界）	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
	バスケットの形状	・実効増倍率が最大となるようバスケット（水ギャップ、格子内のり等）の製造公差を考慮 【バスケット内の部材の配置】 ・実効増倍率が最大となる中性子吸収材の配置を考慮 ・実効増倍率が最大となるバスケット内側部の配置を考慮	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
	バスケット格子内の燃料集合体配置	・実効増倍率が最大となる使用済燃料の偏りを考慮	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
中性子吸収材の効果	製造公差	・実効増倍率が最大となる、下限値のほう素添加量に設定 ・実効増倍率が最大となる、最小値の寸法に設定	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
	原子個数密度の減少	・ほう素の減損が無視できることを確認	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
減速材（水）の影響		・乾燥状態から冠水状態までを考慮 ・容器内・外の水密度の影響を考慮 ・容器内の水位変動の影響を考慮	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
解析コード及びデータライブラリ	臨界計算コード	・SCALE6.2.1 (KENO-V.a)	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型と同じ
	断面積ライブラリ	・ENDF/B-VIIに基づく252群ライブラリ	

(注記) 黄色着色箇所は、Hitz-P24型に特有の考慮を含む事項。

(注) 「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式カ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（第十六条）（臨界防止機能）

- 臨界評価における解析モデル（配置・形状）

解析モデルは以下のとおり、特有のバスケット構造も含め、配置・形状等を適切に考慮し、実効増倍率が最大となる保守的な条件とする。

項目		寸法条件	
		乾燥状態	冠水状態
バスケット水ギャップ	幅（下図a）	最大	最小
	長さ（下図b）	最大	最大
中性子吸収材 （ほう素添加アルミニウム合金、 ほう素添加ステンレス鋼）	厚さ（下図c）	最小	最小
	長さ（下図d）	最小	最小
バスケット格子内のり		最大	最大

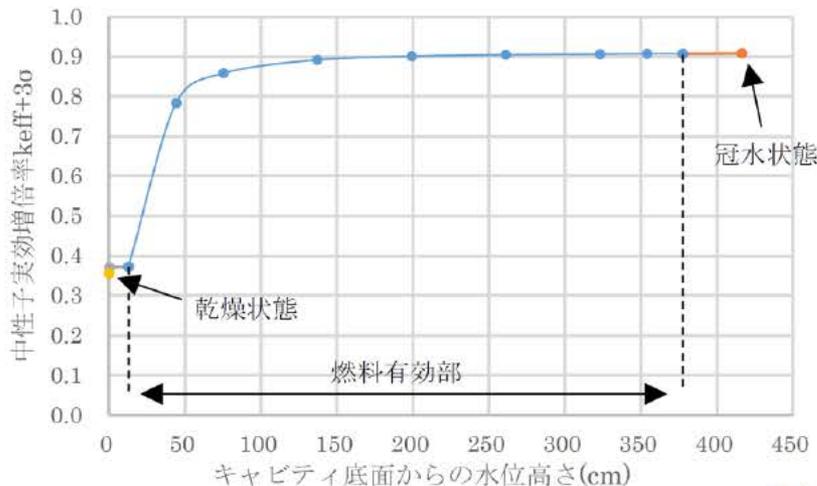
項目	配置条件
中性子吸収材配置	厚さ方向（下図e）：中性子吸収材間距離を最小 長さ方向（下図f）：中性子吸収材間距離を最大
バスケット内側部の配置	Hitz-P24型の中心



2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（臨界防止機能）

● 減速材（水）の影響

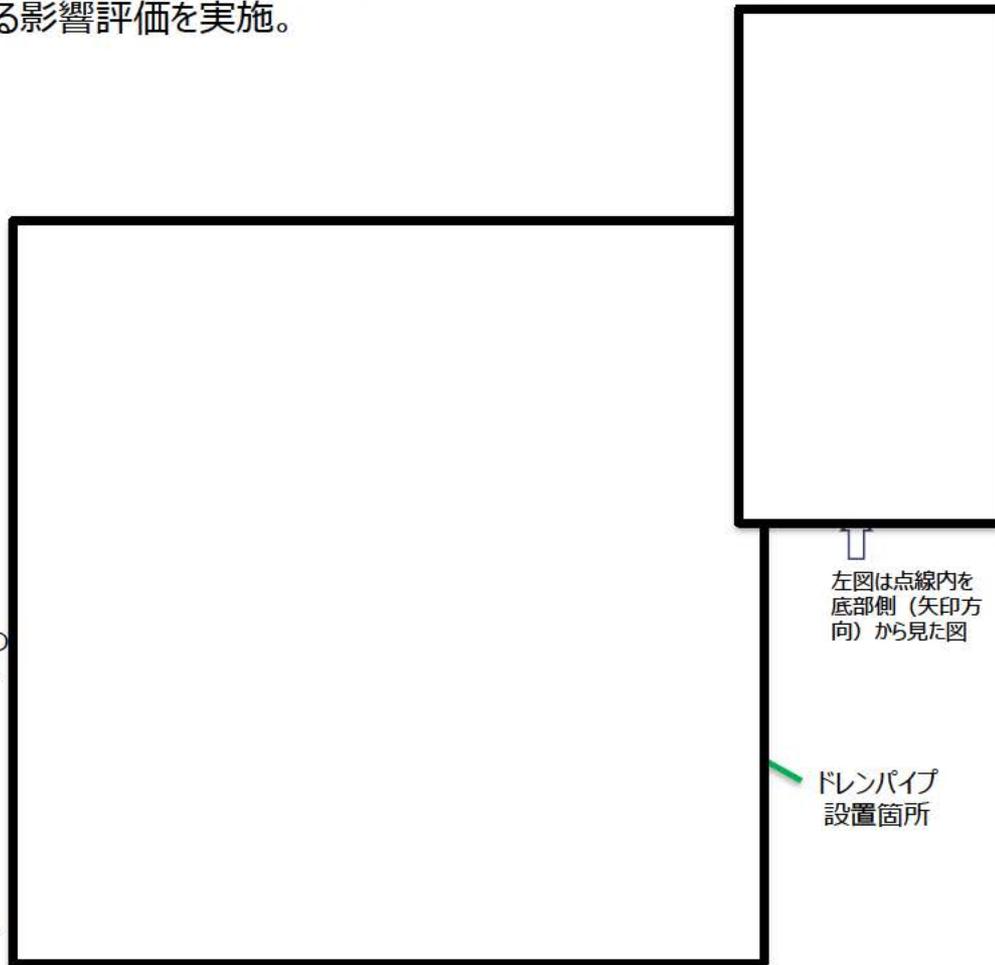
- Hitz-P24型のバスケットは、注排水時に格子内や水ギャップにおいて水位差が生じない設計としている。
- 設計を踏まえ水位一様の条件で、水位変動による影響評価を実施。
- 冠水状態に包絡されることを確認。



Hitz-P24型の水位変動による影響評価結果

最底部の
プレート

底部側のバスケットプレートに溝が設けてあり、ドレンパイプからの注排水時にバスケット（格子、水ギャップ）内で水位差が生じない構造になっている。



左図は点線内を
底部側（矢印方
向）から見た図

ドレンパイプ
設置箇所

バスケット構造図（底部側）
※黄色矢印は排水時の水の流れの例

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（臨界防止機能）

● 臨界評価結果

Hitz-P24型の貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及びHitz-P24型に使用済燃料集合体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		評価結果（注1）	評価基準
中性子実効増倍率	冠水状態	0.908	0.95以下
	乾燥状態	0.356	

（注1）統計誤差（ σ ）の3倍（ 3σ ）を加えた値である。

以上のとおり、技術的に想定される状態においても、燃料体等が臨界に達するおそれはない。したがって、Hitz-P24型の臨界防止機能に係る設置許可基準規則の要求事項を満足している。

設置（変更）許可申請において別途確認を要する条件

- 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（第十六条）（除熱機能）

◆ 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項第二号)（除熱機能）

● 設置許可基準規則の要求事項

設置許可基準規則^(注1)の要求事項に対するHitz-P24型の除熱設計の方針を下表に示す。

規則等	要求事項	除熱設計の方針	特記事項
設置許可基準規則 ^(注1) 第16条第4項第二号	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	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する。	基本的な考え方はHitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。
貯蔵事業許可基準規則解釈 ^(注2) 第6条	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	燃料被覆管の温度に制限値を設定し、燃料被覆管の温度が制限値以下となる設計とする。	基本的な考え方はHitz-B52型（M-DPC20002 ^(注3) ）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271 ^(注4) ）と同様。ただし、バスケット構造の差異を考慮した除熱解析モデル化。
	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される値以下に維持できる設計であること	特定兼用キャスク各部の温度に制限値を設定し、特定兼用キャスク各部の温度が制限値以下となる設計とする。	
	貯蔵建屋は、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、貯蔵建屋の吸排気口は積雪等により閉塞しない設計であること	型式証明申請の範囲外とする。	—

(注1)「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」

(注2)「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

(注3) 使用済燃料貯蔵施設の特定容器として型式証明を受けたHitz-B52型（M-DPC20002）を示す。

(注4) 発電用原子炉施設に係る特定機器として型式証明を受けたMSF-24P(S)型（C-SE-2110271）を示す。

ただし、MSF-24P(S)型に関する記載は公開情報に基づくものである。

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（除熱機能）

● 設置許可基準規則の要求事項（続き）

規則等	要求事項	除熱設計の方針	特記事項
貯蔵事業許可基準規則解釈(注2)第17条第1項	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	型式証明申請の範囲外とする。	—
	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	型式証明申請の範囲外とする。	—
	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	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。	Hitz-B52型（M-DPC20002(注3)）及びMSF-24P(S)型（C-SE-2110271(注4)）と同様。
設置許可基準規則解釈(注5)別記4第16条第5項	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 設計貯蔵期間は60年である。 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。 	詳細は長期健全性の資料で説明。

(注2)「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

(注3) 使用済燃料貯蔵施設の特定容器として型式証明を受けたHitz-B52型（M-DPC20002）を示す。

(注4) 発電用原子炉施設に係る特定機器として型式証明を受けたMSF-24P(S)型（C-SE-2110271）を示す。

ただし、MSF-24P(S)型に関する記載は公開情報に基づくものである。

(注5)「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の解釈」

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（除熱機能）

● 審査ガイドの確認内容

審査ガイド^(注)の確認内容に対するHitz-P24型の除熱設計の方針を下表に示す。

確認内容		除熱設計の方針	先行型式との比較
使用済燃料の崩壊熱評価	燃焼計算コード	・ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) (ライブラリ：PWRU50)	承認を受けたMSF-24P(S)型と同じ
	評価条件	・崩壊熱量が保守的になるように燃焼度、濃縮度、冷却期間等を設定	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
兼用キャスク各部の温度評価	伝熱解析コード	・ABAQUS	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型と同じ
	評価条件	・使用済燃料の崩壊熱、周囲温度等を設定	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
	モデル化	・Hitz-P24型の実形状を適切にモデル化 (軸方向二次元軸対称全体モデル及び半径方向輪切りモデル)	承認を受けたHitz-B52型の考え方と同じ
	安全機能及び構造強度の維持	・安全機能を維持する構造健全性及び性能を維持できる温度を制限値（設計基準値）に設定	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
燃料被覆管の温度評価	伝熱解析コード	・ABAQUS	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型と同じ
	評価条件	・使用済燃料の崩壊熱、境界条件となるバスケットの温度を設定	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
	モデル化	・使用済燃料集合体の実形状を適切にモデル化 (径方向断面二次元でモデル化)	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ
	クリープ破損及び機械的特性の低下の防止	・燃料被覆管の構造健全性を維持できる温度（設計基準値）を制限値に設定	承認を受けたHitz-B52型・MSF-24P(S)型の考え方と同じ

(注記) 黄色着色箇所は、Hitz-P24型に特有の考慮を含む事項。

(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（第十六条）（除熱機能）

- 兼用キャスク各部の温度評価のモデル化

Hitz-P24型の実形状を適切に考慮し、特定兼用キャスク各部の温度を保守的に評価できるモデル化とする。



Hitz-B52型と異なる構造		温度評価のモデル化	特記事項
バスケット	①内側部、外側部の分割構造	内側部と外側部間のギャップはヘリウムの熱伝導及び放射により伝熱するモデル化	Hitz-B52型のバスケットと本体胴間のモデル化と同じ
	②外側部を本体胴へ固定	外側部と本体胴間にギャップを設けてヘリウムの熱伝導及び放射により伝熱するモデル化	Hitz-B52型の構成部材間のモデル化と同じ
	③プレートを軸方向に重ねた構造	各部温度を保守的に評価できるようにプレート間のギャップを考慮したモデル化	Hitz-P24型の設計を考慮したモデル化

2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（除熱機能）

● 除熱評価結果

Hitz-P24型の貯蔵施設における除熱評価を実施し、特定兼用キャスク各部及び燃料被覆管の温度が設計基準値を下回ることを確認した。

主な評価部位		評価結果（℃）	設計基準値（℃）
Hitz-P24型	胴・底板	156	375
	一次蓋	124	375
	一次蓋ボルト	108	350
	中性子遮蔽材	138	149
	金属ガスケット	107	130
	バスケット	171	250
	伝熱フィン	129	200
燃料被覆管		203	275

以上のとおり、燃料被覆管及び特定兼用キャスク各部の温度は設計基準値以下であり、Hitz-P24型は使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計である。したがって、Hitz-P24型の除熱機能に係る設置許可基準規則の要求事項を満足している。

● 設置（変更）許可申請において別途確認を要する条件

- 除熱機能の評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度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。貯蔵建屋の吸排気口は、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-11℃以上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。

3. 指摘事項（コメント）リスト

3. 指摘事項（コメント）リスト

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	2021/11/11 審査会合	特定機器を使用することができる原子炉施設の条件の記載については、条件が明確に記載されていないものがあるので、今後審査の中で整理して説明すること。	全般	臨界防止機能、除熱機能に係る条件については、資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）」の説明で回答する。 ⇒P.12、17参照	臨界防止機能、除熱機能に対する条件については、2/8審査会合で回答予定。
2	2021/11/11 審査会合	評価に用いた解析のコードについて、それぞれの適用性について、検証の方法や適用性を整理して説明すること。既許可で使用したコードであっても、バージョンや核定数の違いがある場合はそれを含めて適用性を説明すること。	4条,5条, 6条,16条	臨界防止機能の評価にはSCALEコードシステム（SCALE6.2.1）（臨界計算はKENO-V.a、断面積ライブラリはENDF/B-VIIに基づく252群の多群断面積ライブラリ）を用いている。 SCALEコードシステムについては、Hitz-P24型の評価条件に類似する複数の臨界実験ベンチマーク解析を実施して、適用性を確認している。 除熱機能評価では、崩壊熱計算にORIGEN2（ORIGEN2.2UPJ）、温度計算にABAQUSを用いている。 ORIGEN2については、ANS標準崩壊熱データにより検証され、Hitz-P24型に収納する使用済燃料と同等の冷却条件における適用性を確認している。 ABAQUSについては、Hitz-P24型と同等の伝熱形態を有する兼用キャスクの伝熱試験により検証され適用性が確認されている。	臨界防止機能、除熱機能の評価に用いた解析コードについては、2/8審査会合で回答予定。

3. 指摘事項（コメント）リスト

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	2021/11/11 審査会合	バスケットは複雑な構造をしているので、バスケットプレート及びバスケットを支持する部分にどのように力が伝わっていくか説明すること。	4条,5条, 6条,16 条	バスケット構造の詳細については、資料1-1の中の「参考 1. Hitz-P24型の概要（構造・収納条件等）」に示す。（P.30～34参照） バスケットは内側部と外側部に分割されており、それぞれアルミニウム合金製のプレートを軸方向に重ねた構造である。プレートはタイロッドで軸方向に連結されており、径方向はリーマピンで位置決めされている。 内側部は外側部に囲まれた空間に挿入される（固定はされていない。）。内側部が径方向に移動する場合は、外側部に平面で支持される構造であり、内側部（燃料集合体含む）の荷重は外側部に伝達される。 外側部は本体胴に支持され、また固定金具により径方向には本体胴に固定されており、外側部（燃料集合体含む）の荷重は内側部から伝達されるものも含めて、本体胴に直接伝達するか、固定金具を介して本体胴に伝達する。	2/8審査会合で回答予定。
4	2021/11/11 審査会合	地震、津波、竜巻の評価では、一部の部材の応力評価結果のみが示されているが、基準要求事項としては、告示の条件に対してキャスクの安全機能が損なわれないことであるので、4つの安全機能を担保するキャスクの部材の応力評価結果を示し、安全機能の維持の成立性を定量的に説明すること。また、設計基準値の考え方も説明すること。 さらに、津波、竜巻については、外運搬規則の0.3m落下の衝突荷重と比較している考え方や適切性についても説明すること。	4条,5条, 6条	今後回答する。	未 （今後回答予定）

3. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
5	2021/11/11 審査会合	臨界評価における「技術的に想定されるいかなる場合」について、例えば燃料装荷時の満水状態や、排水時の水位変化などの状態をすべて考慮して臨界防止できることの説明をすること。	16条	Hitz-P24型への燃料装荷から貯蔵施設への搬入、搬出、燃料取出しまでのハンドリングフローを整理し、各取扱いモードにおけるHitz-P24型の条件を踏まえた臨界防止機能の成立性を確認しており、例えば燃料装荷時の満水状態や、排水時の水位変化などの状態等の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中性子実効増倍率が0.95以下となる設計となっていることを確認している。 詳細は、資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）」の説明の中で回答する。 ⇒P.9～12参照	2/8審査会合で回答予定。
6	2021/11/11 審査会合	金属ガスケットの長期健全性について、公開知見などのような技術的根拠を使ったのかを明確にした上で説明すること。	16条	今後回答する。	未 (今後回答予定)
7	2021/11/11 審査会合	バスケット用アルミニウム合金の設計用強度を決めるまでの一連の流れについて、以下の点を明確にすること。 ・考え方、評価方法を含め国内でどのような許認可実績を持っているか ・評価方法、評価結果を使うにあたって具体的にどのような検証がなされてきているか ・今回本申請にこの考え方を適用することについて、どのように適用性を整理し、どのような根拠があるか	全般	今後回答する。	未 (今後回答予定)

4. 今後の説明スケジュール

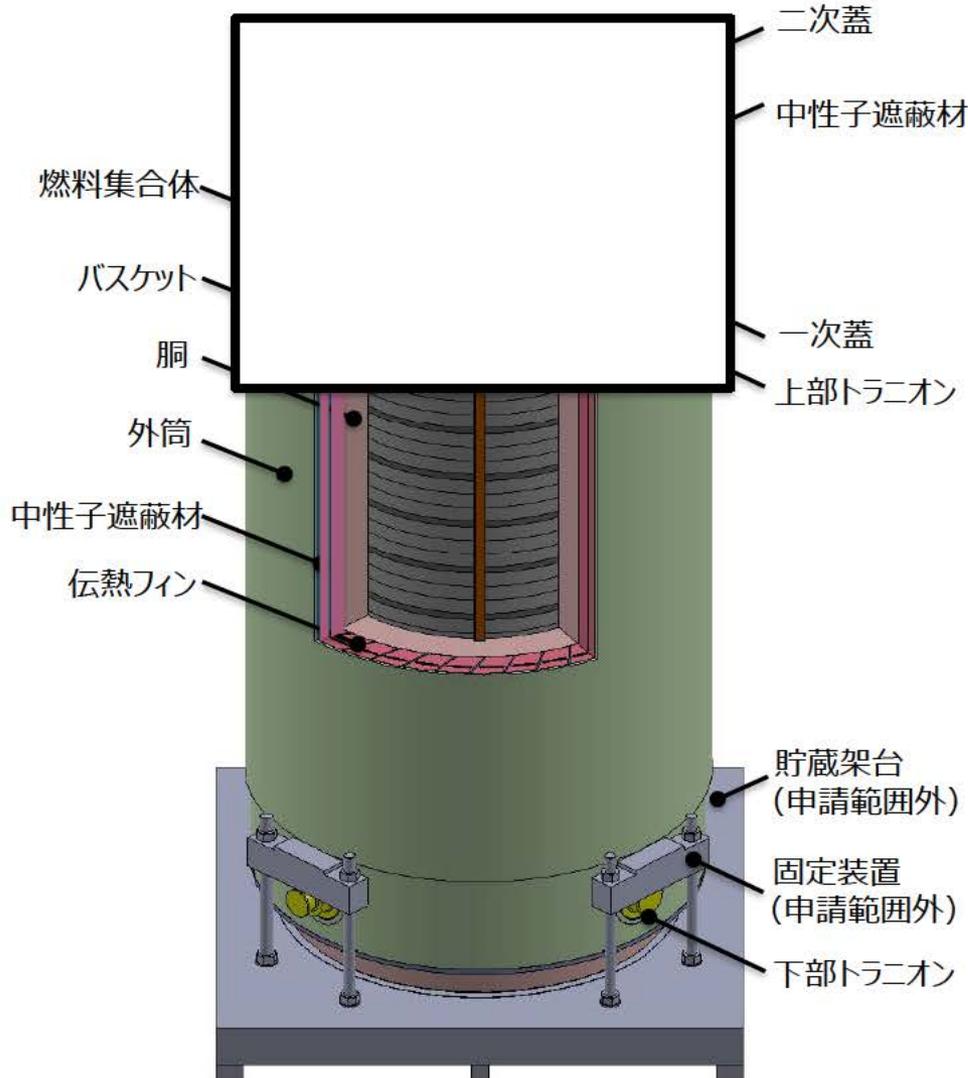
4. 今後の説明スケジュール

- 審査での説明スケジュールを以下に示す。

条項	2021年度		2022年度	
	9月～12月	1月～3月	4月～6月	7月～9月
全般	▼9/16申請			▽補正
型式証明申請の概要	 ▼11/11 審査会合			
バスケット用材料 アルミニウム合金の説明				
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				
		▼2/8 審査会合		

参考 1. Hitz-P24型の概要（構造・収納条件等）

● Hitz-P24型の概要



Hitz-P24型構造図

項目	範囲又は条件
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
特定兼用キャスクの貯蔵姿勢	基礎等に固定する設置方法（縦置き）
特定兼用キャスクの固定方法	下部トラニオン固定
全質量	119t以下 （使用済燃料集合体を含む）
寸法	全長：約5.0m 外径：約2.7m
収納体数	24体

使用済燃料貯蔵施設の特定容器として型式証明を受けたHitz-B52型（M-DPC20002）とバスケットを除き、類似の設計である。

Hitz-P24型に特有の構造（バスケット以外）は以下のとおりである。

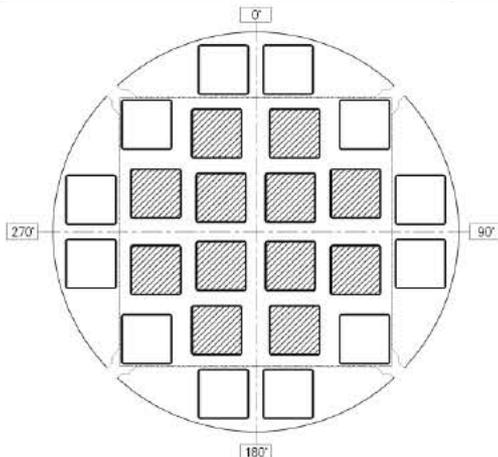
- ・トラニオンがねじ込み式である
- ・側部レジンの径方向に膨張代を設けている

 内は商業機密のため、非公開とします。

参考 1. Hitz-P24型の概要（構造・収納条件等）

● Hitz-P24型の収納物の仕様（収納条件）

使用済燃料集合体の種類と型式（注1）			中央部		外周部	
			17×17燃料（PWR使用済燃料）			
			A型	B型	A型	B型
燃料集合体	1体当たり	初期濃縮度（wt%以下）	[Redacted]			
		最高燃焼度（MWd/t以下）	48,000		44,000	
		冷却期間（年以上）	15	17	15	17
	特定兼用キャスク 1基当たり	平均燃焼度（MWd/t以下）	44,000			
		最大崩壊熱量（kW以下）	15.9			
バーナブルポイズン集合体 1体当たり	照射期間（日以下）	[Redacted]				
	冷却期間（年以上）（注2）					



（注1） A型燃料とB型燃料は区別なく混載することが可能。

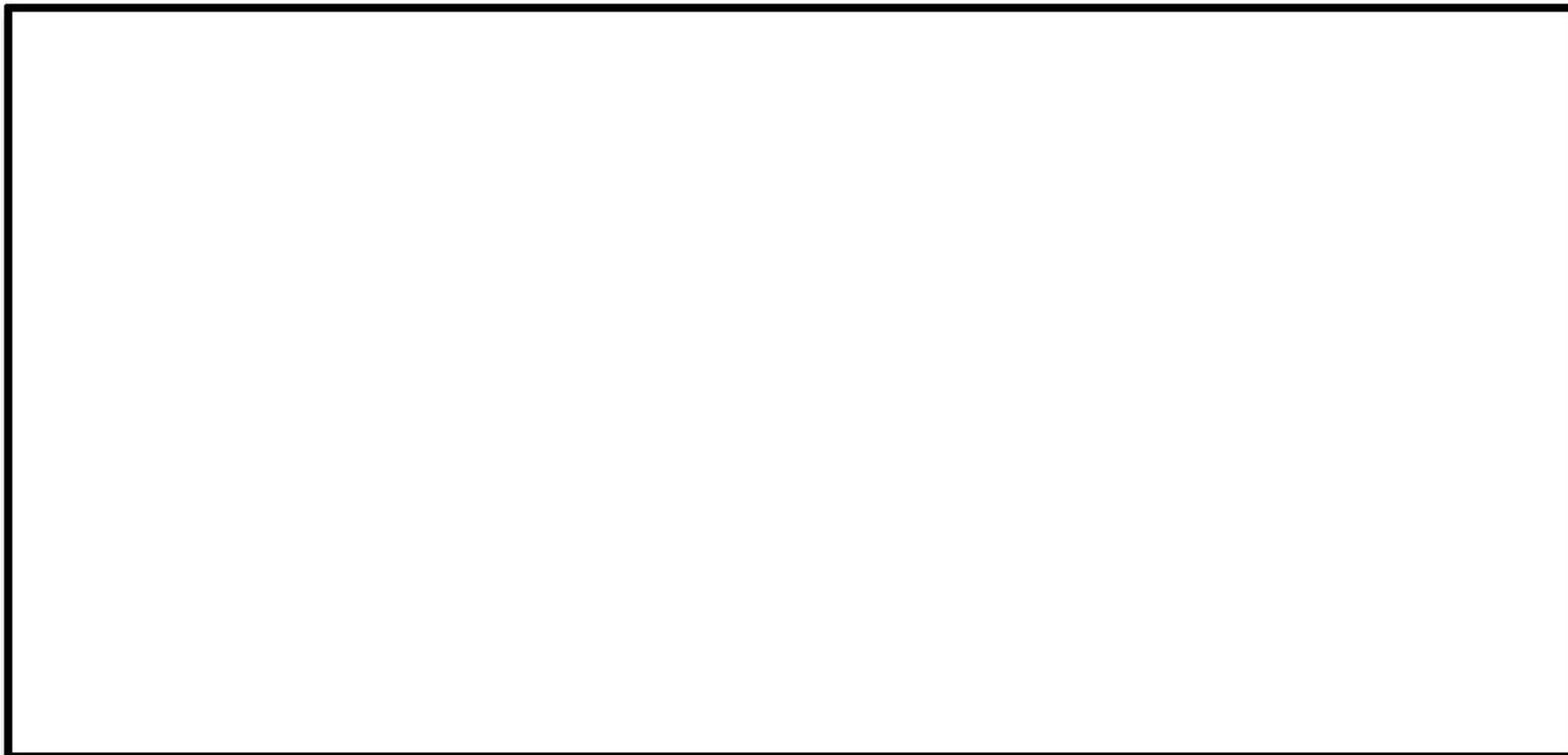
（注2） [Redacted]

- : 中央部（12体） 最高燃焼度以下の使用済燃料集合体 [Redacted] の収納範囲
- : 外周部（12体） 平均燃焼度以下の使用済燃料集合体の収納範囲

[Redacted] 内は商業機密のため、非公開とします。

- 本体の構造

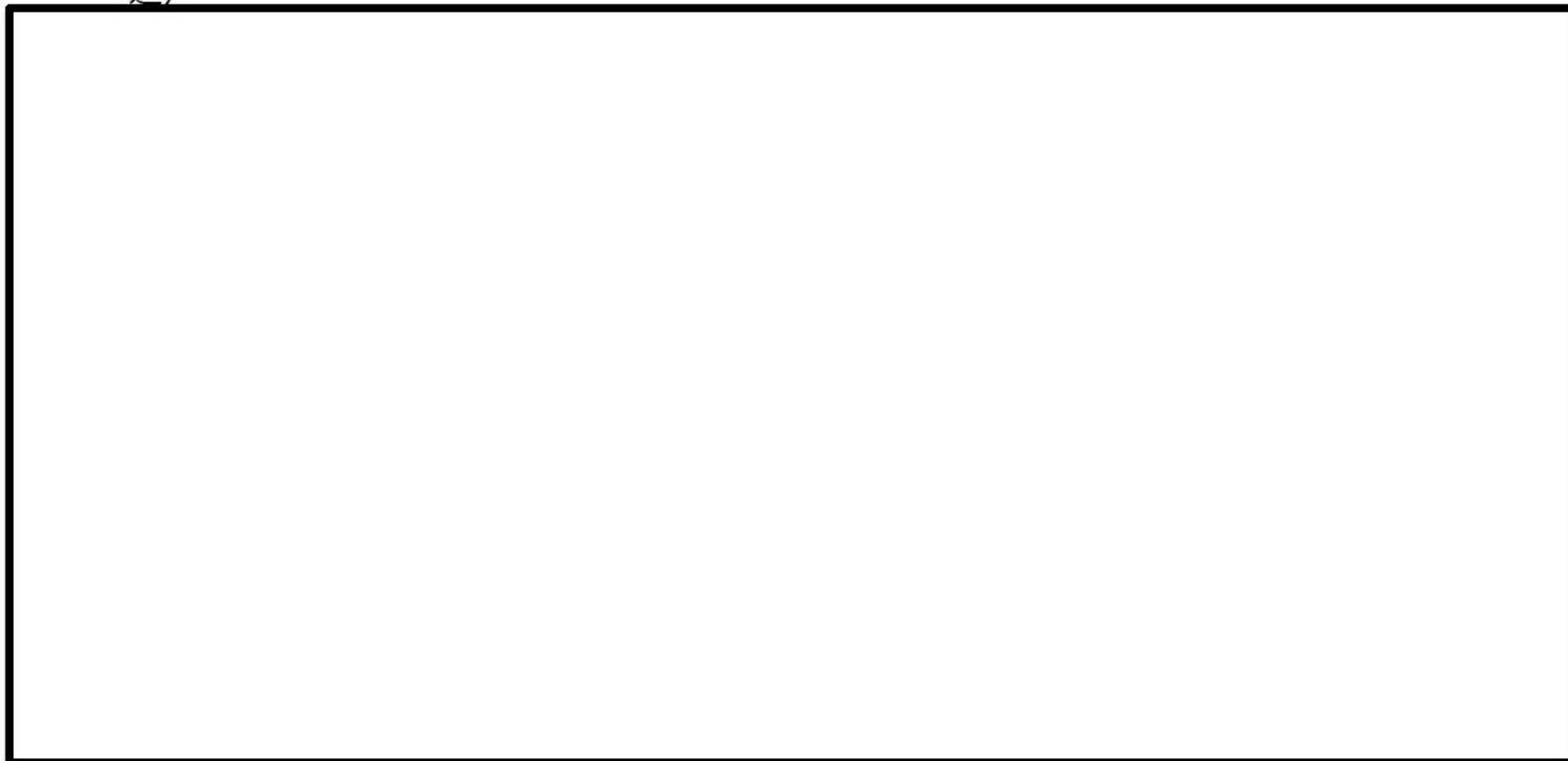
- キャスク本体の主要部は、胴（■）、底板（■）、中性子遮蔽材（■）及び外筒（■）等で構成されている。（Hitz-B52型と同様の構造）
- 胴及び底板は低合金鋼製であり、密封容器として設計されている。また、胴と外筒の間及び底板には主要な中性子遮蔽材として樹脂（レジン）が充填されており、また、胴及び底板の低合金鋼は、主要なガンマ線遮蔽材となっている。（Hitz-B52型と同様の構造）



本体縦断面図

内は商業機密のため、非公開とします。

- 本体の構造（つづき）
 - 胴と外筒の間には、伝熱フィン（■）が設けられている。（Hitz-B52型と同様の構造）
 - キャスク本体の取り扱い及び貯蔵中の固定のために、上部及び下部にそれぞれ2対のトラニオン（■）が取り付けられている。（）であり、Hitz-B52型と異なる）
 - 側部中性子遮蔽材には、径方向に膨張代としてスペーサ（■）を設けている。（Hitz-B52型と異なる構造）

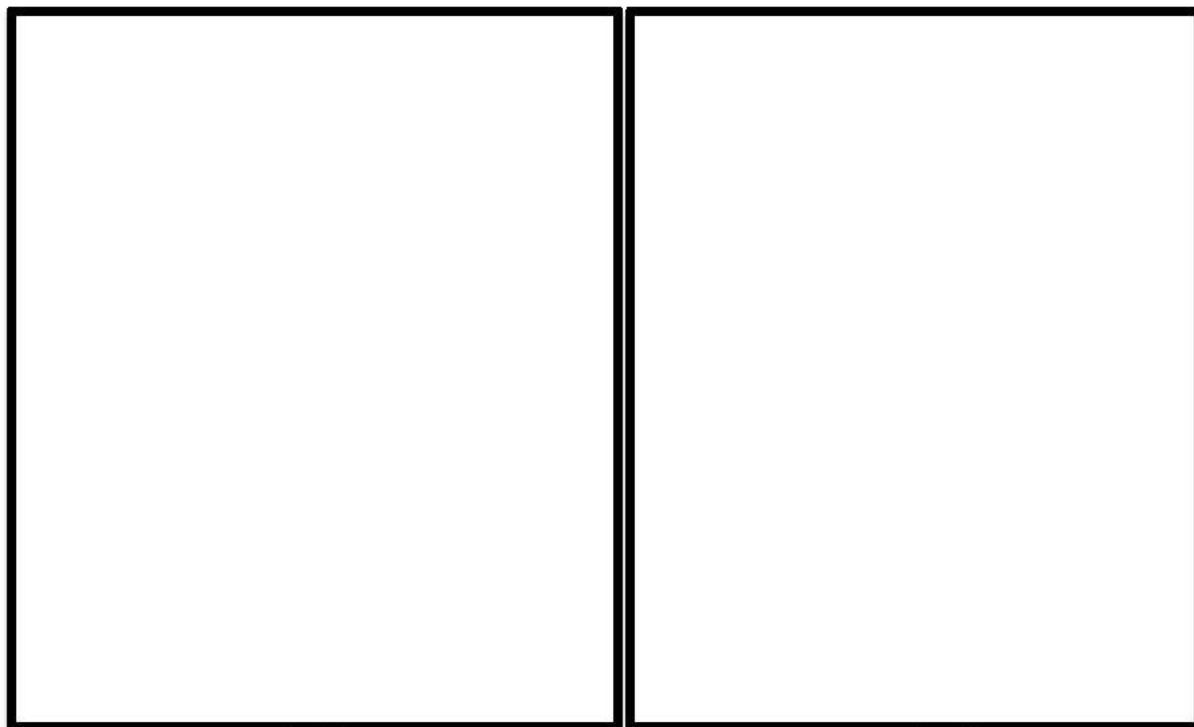


本体横断面図

内は商業機密のため、非公開とします。

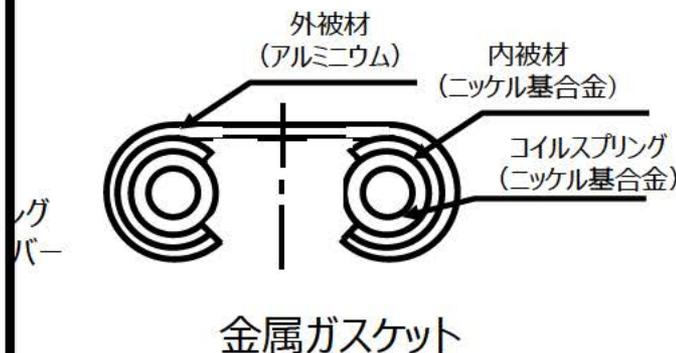
● 蓋部の構造（Hitz-B52型と同様の構造）

- 蓋部は、一次蓋（■）及び二次蓋（■）で構成されており、低合金鋼製の円板状で、ボルトでキャスク本体上面に取り付けられ、主要なガンマ線遮蔽材となっている。
- 一次蓋は、胴及び底板と共に閉じ込め境界を形成している。一次蓋には主要な中性子遮蔽材（■）として樹脂（レジン）が充填されている。
- 二次蓋には、蓋間にヘリウムを充填するため及び蓋間の圧力を測定するための貫通孔が設けられており、モニタリングポートバルブが設置されている。貯蔵時には、その外側にモニタリングポートカバーが取り付けられる。
- 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。



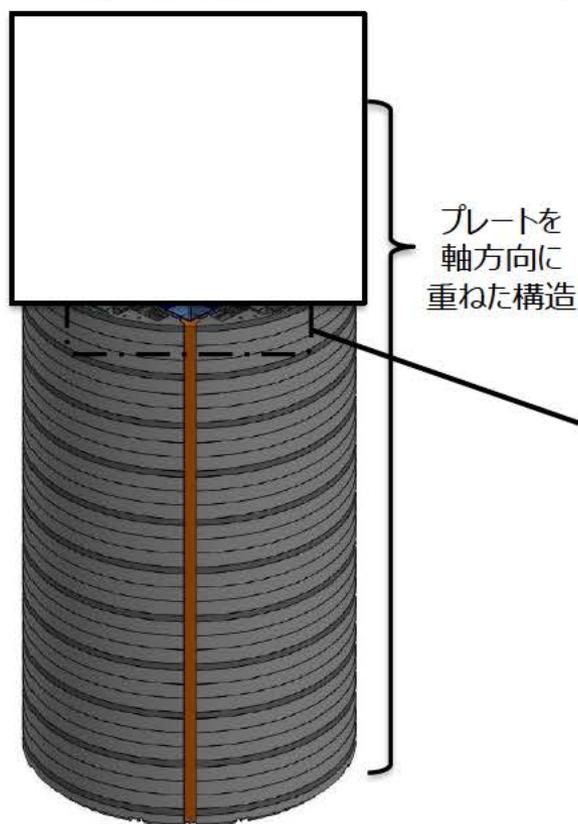
一次蓋

二次蓋

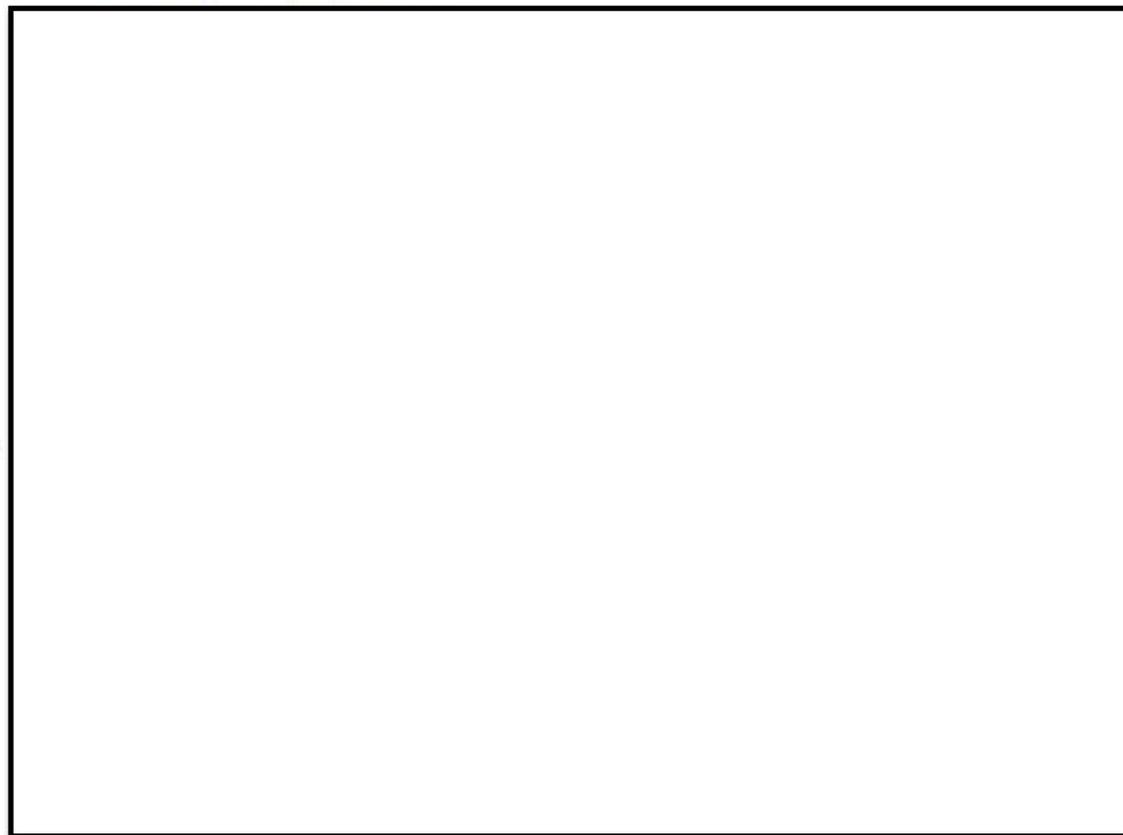


□内は商業機密のため、非公開とします。

- バスケットの構造（全体の構造について）
 - 個々の使用済燃料集合体が、バスケットの所定の格子内に収納される。
 - バスケットは**内側部（■及び■）と外側部（■及び■）に分割（詳細はP.42参照）**されており、それぞれアルミニウム合金製の**プレート**を軸方向に重ねた構造（詳細はP.41参照）であり、タイロッド（■）で軸方向に連結されており、径方向はリーマピン（■）で位置決めされている。
 - ほう素を添加したアルミニウム合金等の**中性子吸収材（■及び■）**をプレートに設けたスリットに配置（詳細はP.43参照）することにより、臨界に達することを防止する設計とする。

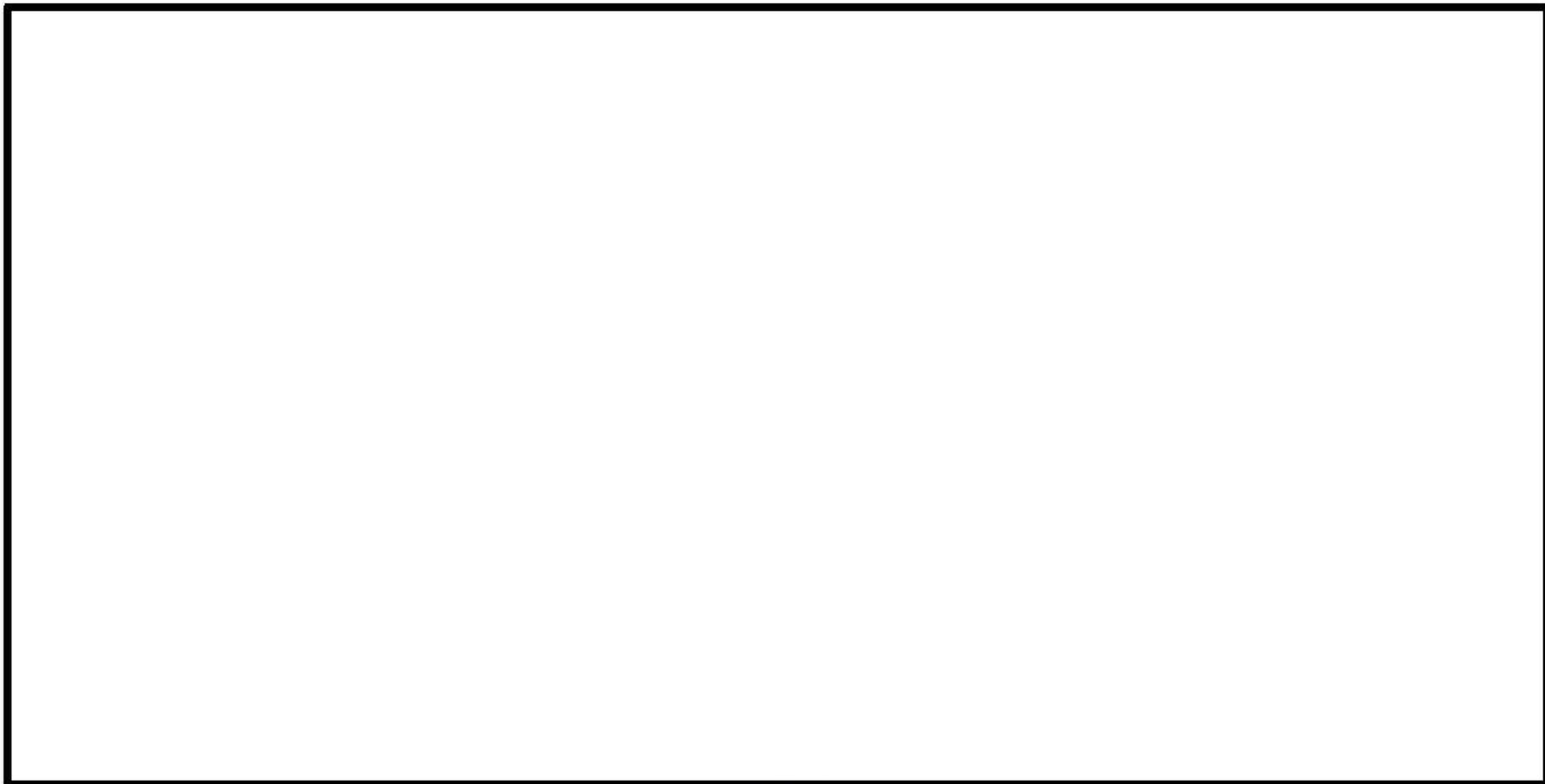


バスケット構造図



バスケット詳細図

- バスケットの構造（プレート^①を軸方向に重ねた構造）
 - 断面形状の異なるアルミニウム合金製のプレート①（■及び■）及びプレート②（■及び■）を軸方向に重ねた構造であり、軸方向に重ねたプレートは、タイロッド（■）で軸方向に連結されており、径方向はリーマピン（■）で位置決めされている。（Hitz-P24型に特有の構造）

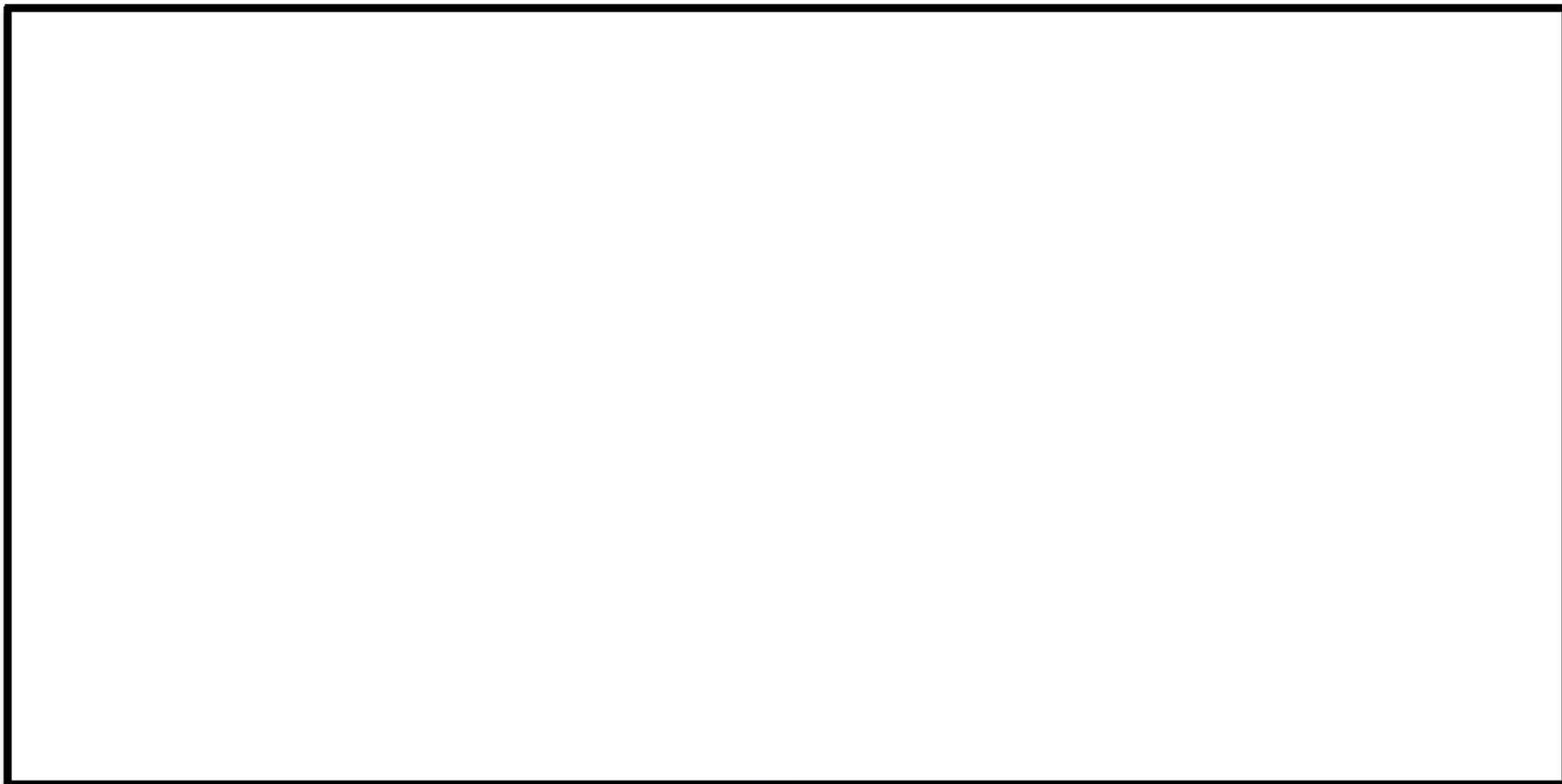


バスケット

□内は商業機密のため、非公開とします。

参考 1. Hitz-P24型の概要（構造・収納条件等）

- バスケットの構造（内側部（■及び■）と外側部（■及び■）に分割された構造）
 - 外側部（■及び■）は、固定金具（■）によりキャスク本体内部面に固定されており、固定された4つの外側部により囲まれた空間に内側部（■及び■）が挿入される。（Hitz-P24型に特有の構造）



バスケット

□内は商業機密のため、非公開とします。

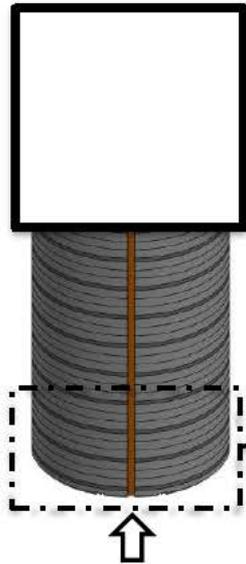
- バスケットの構造（中性子吸収材（■及び■）をプレートに設けたスリットに配置）
 - プレートには [] があり、それぞれのプレートは、中性子を効率的に減速させることで中性子吸収材による中性子の吸収を促進させる役割 [] と、水ギャップ（■）内における中性子吸収材の位置を制限する役割 [] を持つ。（Hitz-P24型に特有の構造）
 - 最上部及び最底部のプレートにはスリットは設けられておらず、中性子吸収材の軸方向位置を制限する役割を持つ。（Hitz-P24型に特有の構造）

バスケット

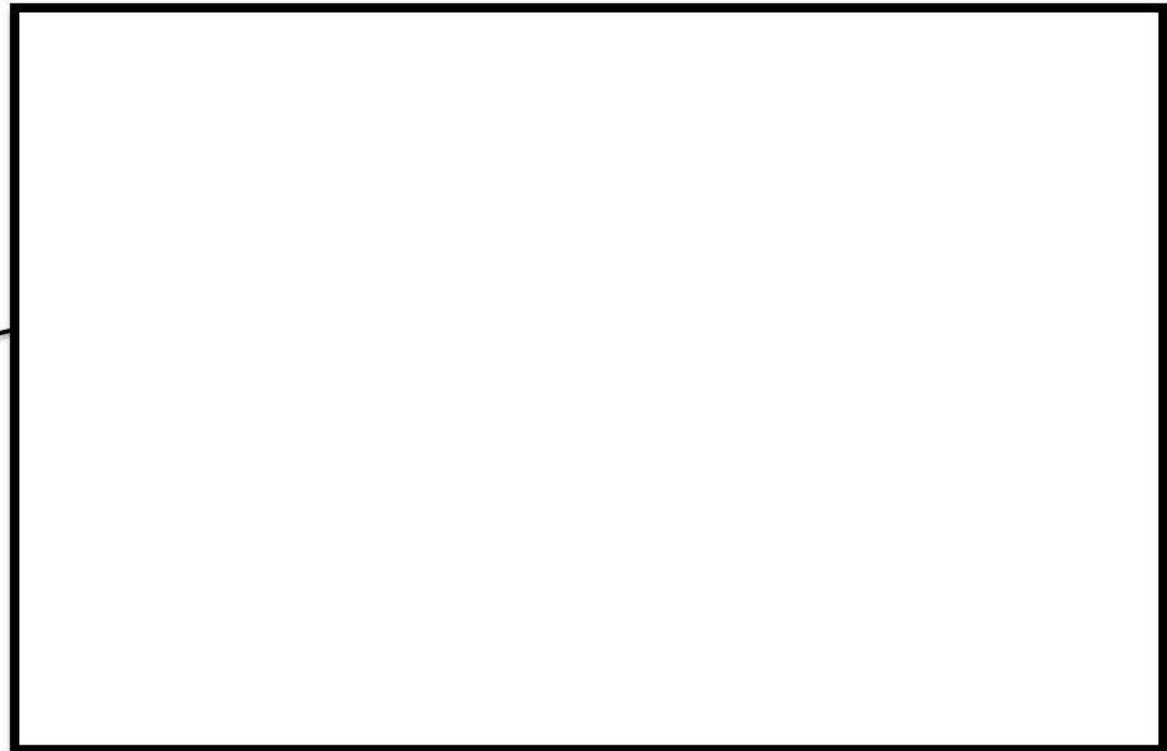
[] 内は商業機密のため、非公開とします。

- バスケットの構造（排水時の水の流れ）

- 底部側のバスケットプレートに溝が設けてあり、ドレンパイプからの排水時にバスケット（格子、水ギャップ）内で水位差が生じず、また、適切に真空乾燥できる構造となっている。



右図は点線内を底部側
(矢印方向) から見た図

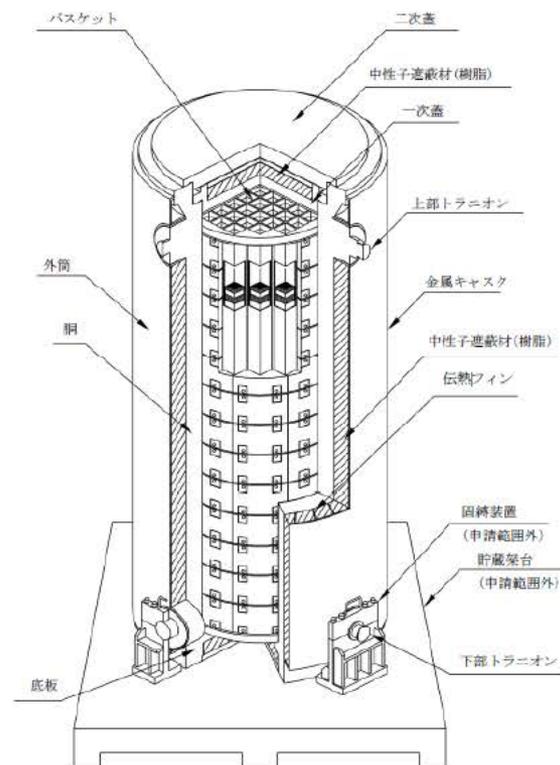
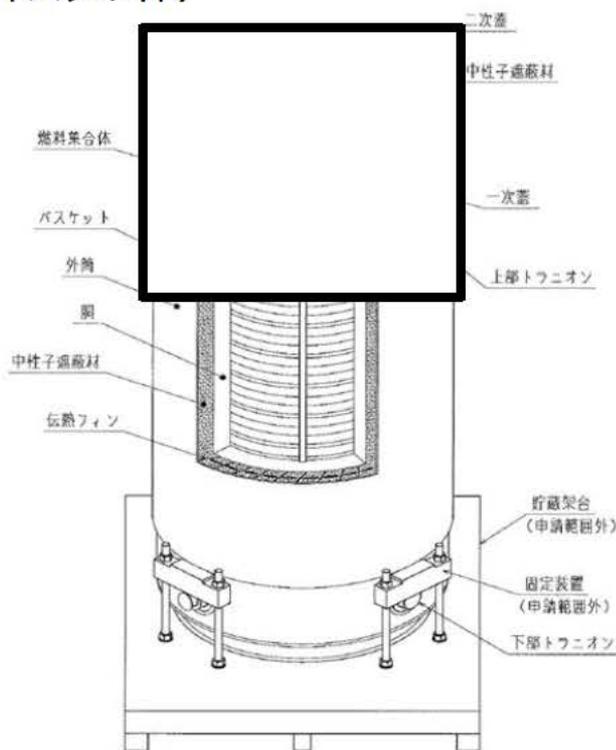


バスケット構造図（底部側）
※黄色矢印は排水時の水の流れの例

バスケット

参考 2. 承認を受けたキャスクとの違い (Hitz-B52型・MSF-24P(S)型)

● 構造の比較 (キャスク本体)



項目	Hitz-P24型	Hitz-B52型
胴/底板	・低合金鋼 (レジンカバーはステンレス鋼)	・炭素鋼
外筒	・炭素鋼	・炭素鋼
一次蓋/二次蓋	・低合金鋼	・鍛造ステンレス鋼 (一次蓋)、炭素鋼 (二次蓋)
外筒	・炭素鋼	・炭素鋼
伝熱フィン	・銅	・銅
バスケット	・炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金 (除熱用)、 ほう素添加アルミニウム合金 (中性子吸収材)	・アルミニウム合金、 ほう素添加アルミニウム合金 (中性子吸収材)

- 構造の比較 (バスケット)



項目	Hitz-P24型	Hitz-B52型
構造	<p> プレート (アルミ合金製) を軸方向に連結 ・内側部と外側部に分割され、外側部は本体へ固定 ・中性子吸収材 (B-Al, B-SUS) はプレートに設けたスリットに挿入 ・水ギャップを設置 (PWR用では一般的な構造) </p>	<p> ・炭素鋼製のコンパートメント (角チューブ) 、スペーサ及びサポートプレートで構成された格子構造 ・バスケットは一体組立構造で容器本体に挿入 ・中性子吸収材 (B-Al) はコンパートメント間に設置されたスペーサによる間隙に配置 ・水ギャップなし (BWR用では一般的な構造) </p>

参考 2. 承認を受けたキャスクとの違い（臨界防止機能）

● 臨界防止設計の方針の比較

確認内容		臨界防止設計の方針			差異
		Hitz-P24型	Hitz-B52型	MSF-24P(S)型	
配置・形状	特定兼用キャスクの配置	・無限配列（完全反射境界）	・無限配列（完全反射境界）	・無限配列（完全反射境界）	考え方は同じ
	バスケットの形状	・実効増倍率が最大となるようバスケット（水ギャップ、格子内のり等）の製造公差を考慮 【バスケット内の部材の配置】 ・実効増倍率が最大となる中性子吸収材の配置を考慮 ・実効増倍率が最大となるバスケット内側部の配置を考慮	・実効増倍率が最大となるようバスケット（格子内のり等）の製造公差を考慮	・実効増倍率が最大となるようバスケット（水ギャップ、格子内のり等）の製造公差を考慮	考え方は同じ
	バスケット格子内の燃料集合体配置	・実効増倍率が最大となる使用済燃料の偏りを考慮	・実効増倍率が最大となる使用済燃料の偏りを考慮	・実効増倍率が最大となる使用済燃料の偏りを考慮	考え方は同じ
中性子吸収材の効果	製造公差	・実効増倍率が最大となる、下限値のほう素添加量に設定 ・実効増倍率が最大となる、最小値の寸法に設定	・実効増倍率が最大となる、下限値のほう素添加量に設定 ・実効増倍率が最大となる、最小値の寸法に設定	・実効増倍率が最大となる、下限値のほう素添加量に設定 ・実効増倍率が最大となる、最小値の寸法に設定	考え方は同じ
	原子個数密度の減少	・ほう素の減損が無視できることを確認	・ほう素の減損が無視できることを確認	・ほう素の減損が無視できることを確認	考え方は同じ

参考 2. 承認を受けたキャスクとの違い（臨界防止機能）

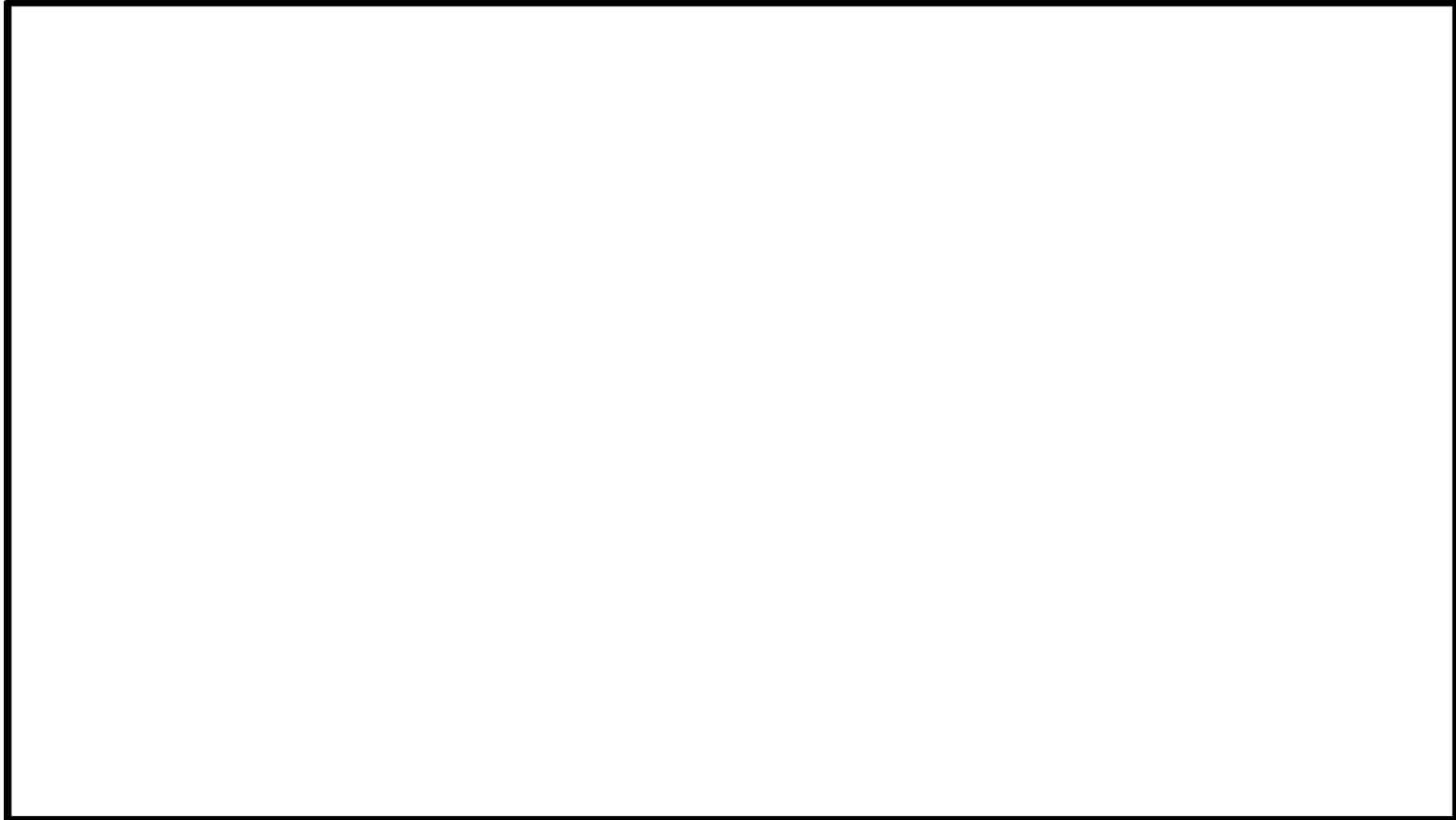
● 臨界防止設計の方針の比較

確認内容		臨界防止設計の方針			差異
		Hitz-P24型	Hitz-B52型	MSF-24P(S)型	
減速材（水）の影響		<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥状態から冠水状態までを考慮 ・容器内・外の水密度の影響を考慮 ・容器内の水位変動の影響を考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥状態から冠水状態までを考慮 ・容器内の水密度の影響を考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥状態から冠水状態までを考慮 ・容器内・外の水密度の影響を考慮 ・容器内の水位変動の影響を考慮 	考え方は同じ
解析コード及び データライブラリ	コードシステム	SCALE6.2.1	SCALE4.4a	SCALE6.2.1	MSF-24P(S)と同じ
	臨界計算	KENO-V.a	KENO-V.a	KENO-VI	Hitz-B52と同じ
	共鳴計算	BONAMI CENTRM PMC	BONAMI NITAWL- II	BONAMI CENTRM PMC	MSF-24P(S)と同じ
	均質化 群定数計算	—	XSDRNPM	—	MSF-24P(S)と同じ (均質化せず)
	断面積ライブラリ	252群ライブラリ (ENDF/B-VIIベース)	238群ライブラリ (ENDF/B-Vベース)	252群ライブラリ (ENDF/B-VIIベース)	MSF-24P(S)と同じ

(注) 解析コード及びライブラリについては、ベンチマーク解析を実施し妥当性を確認している。

- 臨界設計方針の比較

臨界解析モデルの比較



Hitz-P24型

Hitz-B52型

参考 2. 承認を受けたキャスクとの違い（除熱機能）

● 除熱設計の方針の比較

確認内容		除熱設計の方針			差異
		Hitz-P24型	Hitz-B52型	MSF-24P(S)型	
使用済燃料の崩壊熱評価	燃焼計算コード	・ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) (ライブラリ: PWRU50)	・ORIGEN2 (ORIGEN2-82) (ライブラリ: BWR-U)	・ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) (ライブラリ: PWRU50)	BWR燃料用であるHitz-B52Bとは同じコードだがバージョン及びライブラリが異なる。PWR燃料用であるMSF-24 P(S)型とは同じコード（バージョン含む）及びライブラリである。
	評価条件	・崩壊熱量が保守的になるように燃焼度、濃縮度、冷却期間等を設定	・崩壊熱量が保守的になるように燃焼度、濃縮度、冷却期間等を設定	・崩壊熱量が保守的になるように燃焼度、濃縮度、冷却期間等を設定	考え方は同じ
兼用キャスク各部の温度評価	伝熱解析コード	・ABAQUS	・ABAQUS	・ABAQUS	同じ
	評価条件	・使用済燃料の崩壊熱、周囲温度等を設定	・使用済燃料の崩壊熱、周囲温度等を設定	・使用済燃料の崩壊熱、周囲温度等を設定	考え方は同じ
	モデル化	・Hitz-P24型の実形状を適切にモデル化 (二次元全体モデル及び二次元輪切りモデル)	・Hitz-B52型の実形状を適切にモデル化 (二次元全体モデル及び三次元輪切りモデル)	・MSF-24P型の実形状を適切にモデル化 (三次元全体モデル)	考え方は同じ (二次元モデルと三次元モデルの違いあり) ただし、設計の違いをそれぞれ考慮してモデル化
	安全機能及び構造強度の維持	・安全機能を維持する構造健全性及び性能を維持できる温度を制限値に設定	・安全機能を維持する構造健全性及び性能を維持できる温度を制限値に設定	・安全機能を維持する構造健全性及び性能を維持できる温度を制限値に設定	考え方は同じ (使用している材料の違いによる制限温度の違いあり)

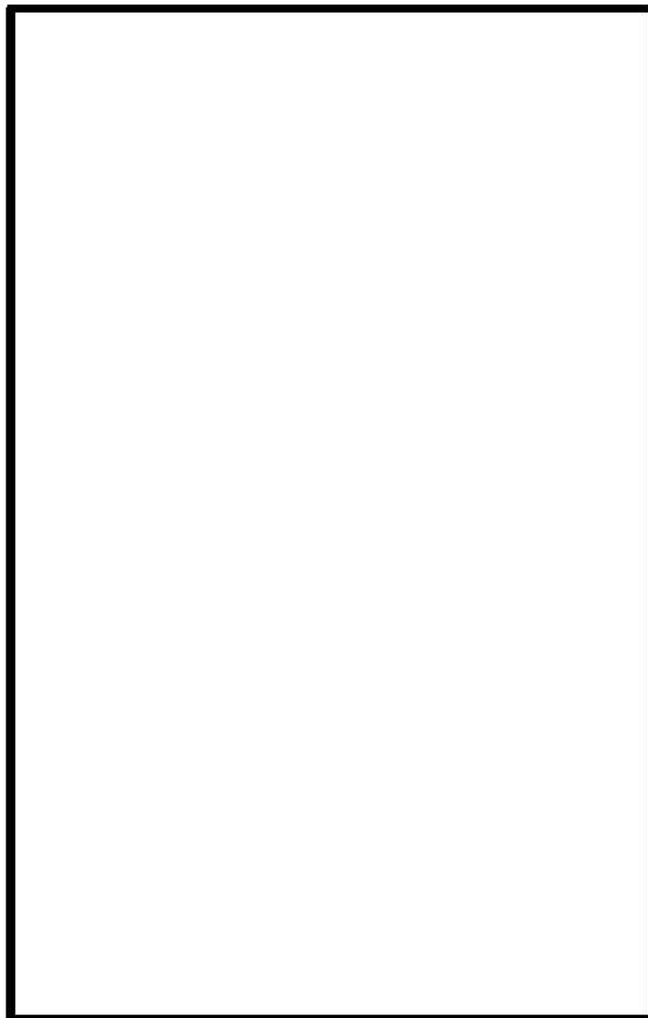
参考 2. 承認を受けたキャスクとの違い（除熱機能）

● 除熱設計の方針の比較

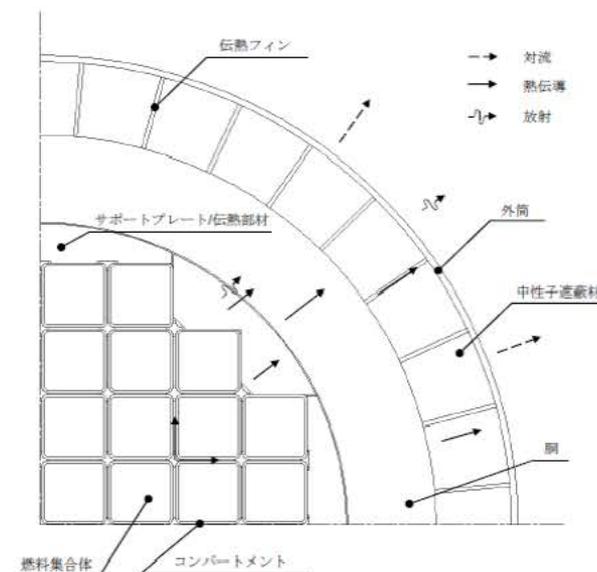
確認内容		除熱設計の方針			差異
		Hitz-P24型	Hitz-B52型	MSF-24P(S)型	
燃料被覆管の温度評価	伝熱解析コード	・ABAQUS	・ABAQUS	・ABAQUS	同じ
	評価条件	・使用済燃料の崩壊熱、境界条件となるバスケットの温度を設定	・使用済燃料の崩壊熱、境界条件となるバスケットの温度を設定	・使用済燃料の崩壊熱、境界条件となるバスケットの温度を設定	考え方は同じ
	モデル化	・使用済燃料集合体の実形状を適切にモデル化（径方向断面二次元でモデル化）	・使用済燃料集合体の実形状を適切にモデル化（径方向断面二次元でモデル化）	・使用済燃料集合体の実形状を適切にモデル化（径方向断面二次元でモデル化）	考え方は同じ
	クリープ破損及び機械的特性の低下の防止	・燃料被覆管の構造健全性を維持できる温度を制限値に設定	・燃料被覆管の構造健全性を維持できる温度を制限値に設定	・燃料被覆管の構造健全性を維持できる温度を制限値に設定	考え方は同じ （制限値はPWR燃料用のMSF-24 P型と同じ）

● 除熱設計方針の比較

伝熱形態の比較



Hitz-P24型



Hitz-B52型

- 除熱設計方針の比較

輪切りモデルの比較



Hitz-P24型
(二次元輪切りモデル)

Hitz-B52型
(三次元輪切りモデル)



地球と人のための技術をこれからも

日立造船はつないでいきます。かけがえのない自然と私たちの未来を。

Hitz
Hitachi Zosen

日立造船株式会社 <https://www.hitachizosen.co.jp/>

無断複製・転載禁止 日立造船株式会社