

Doc No. P 営（原） 23-001

令和 5 年 6 月 23 日

原子力規制委員会 殿

大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 7 番 89 号

日 立 造 船 株 式 会 社

取 締 役 社 長 三 野 禎 男

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書

本文及び添付書類の一部補正について

令和3年9月16日付け Doc No. P 営（原） 008をもって申請しました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書の本文及び添付書類を下記のとおり一部補正いたします。

記

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書の本文及び添付書類を別添 1 及び別添 2 のとおり補正する。

以 上

別添 1

本文の一部補正

本文を以下のとおり補正する。

頁	行	補正前	補正後
2	上 13	(1) 特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針	(1) 特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針 <u>Hitz-P24 型は、次の a. から d. により、特定兼用キャスク単体として、使用済燃料を収納した条件下で、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、技術的に想定されるいかなる場合でも、核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。</u>
2	上 16	…幾何学的配置に維持できる設計とする。	…幾何学的配置に維持する設計とする。
2	上 17 ～18	…ほう素を偏在することなく添加した材料をバスケットの構成部材に使用する設計とする。	…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設計とする。
2	上 19 ～20	c. Hitz-P24 型のバスケットは、臨界防止上有意な変形を起こさず、設計貯蔵期間 60 年間を通じて構造健全性が保たれる設計とする。	c. Hitz-P24 型のバスケットは、 <u>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を有する材料を選定し、必要とされる強度及び性能を維持することで、臨界防止上有意な変形を起こさず、設計貯蔵期間 60 年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が保たれる設計とする。</u>
2	下 8～ 10	…中性子実効増倍率が最大となるように、乾燥状態及び冠水状態ともに特定兼用キャスク中心側に偏向して配置する。	…中性子実効増倍率が最大となる配置とする。

頁	行	補正前	補正後
2	下 4	⑤使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下は考慮しない。	⑤燃焼度クレジット（使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下）は考慮しない。また、使用済燃料集合体には可燃性毒物としてガドリニアを添加した燃料棒が含まれる場合があるが、中性子実効増倍率の評価にあたってはガドリニアの存在を無視する。 ⑥バーナブルポイズン集合体は考慮しない。
2	下 1～ 3	e. 上記 a.から d.により、特定兼用キャスク単体として、使用済燃料集合体が冠水状態となること等の技術的に想定されるいかなる場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。	(削除)
3	上 1	(2) 特定兼用キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止	(2) 特定兼用キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止のための設計方針
3	上 3～ 4	…上記における特定兼用キャスク単体による臨界防止評価において、…	…上記(1)特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針において、…
3	上 6	…中性子干渉による影響は考慮しており、…	…中性子干渉による影響は考慮され、…
3	下 8～ 9	…特定兼用キャスクについて動力を用いないで使用済燃料等の崩壊熱を適切に除去するため、…	…特定兼用キャスクについて動力を用いないで使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、…
3	下 2～ 3	…燃料被覆管の温度においては、…	…燃料被覆管の温度について…

頁	行	補正前	補正後
4	上 4～ 5	…当該燃料被覆管の温度について、燃料被覆管の累積クリープ歪みが…	…当該燃料被覆管の温度については、 <u>燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の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…</u>
4	上 6～ 7	…水素化物の再配向により燃料被覆管の機械的特性が低下しない温度以下となるように特定兼用キャスクを設計する。	…水素化物の再配向により燃料被覆管の機械的特性が低下しない温度以下とし、 <u>使用済燃料集合体の健全性が維持される温度以下となるように特定兼用キャスクを設計する。</u>
4	上 14 ～15	…構成部材の健全性が保たれる温度以下となる設計とする。	…構成部材の健全性が保たれる温度以下となる設計とする。 <u>また、Hitz-P24 型は、使用済燃料集合体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。</u>
4	下 14 ～15	…使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる設計とする。	…使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる設計とする。 <u>負圧に維持できる設計により当該空間が不活性雰囲気</u> <u>に保たれる。</u>
4	下 9	…その蓋間を正圧に維持することにより…	… <u>一次蓋と二次蓋との間の空間部（以下「蓋間」という。）</u> <u>を正圧に維持することにより…</u>
4, 5	下 1～ 6, 上 1	(3) 特定兼用キャスクの閉じ込め機能の修復性に関する考慮 Hitz-P24 型は、万一の特定兼用キャスクの閉じ込め機能の異常に対して、二次蓋の閉じ込め機能の異常が認められた場合には、使用済燃料集合体を内封する空間が負圧に維持されていること及び一次蓋が健全であることを確認のうえ、二次蓋の金属ガスケットを交換し、閉じ込め	<u>また、Hitz-P24 型は、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。</u>

頁	行	補正前	補正後
5	上5～ 9	<p>機能を修復できる設計とする。また、一次蓋の閉じ込め機能に異常があると考えられる場合には、三次蓋を取り付け、貯蔵建屋の外へ搬出できる設計とする。</p> <p>(1) Hitz-P24型は、発電用原子炉施設内の特定兼用キャスクを用いた使用済燃料の貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）内の床等に固定した状態で、耐震評価において設計条件として設定した、水平方向 2300Gal、鉛直方向 1600Gal の加速度により作用する地震力に対して安全機能が維持できるよう特定兼用キャスクの本体胴等を設計する。</p>	<p>(1) <u>地震による損傷の防止に関する構造</u></p> <p>a. <u>Hitz-P24型は、地盤の十分な支持を想定し、縦置きで貯蔵架台に固定された特定兼用キャスクを基礎等に固定する設計とする。また、Hitz-P24型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と「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にかわらず判断するために用いる地震力等を定める告示」（以下「兼用キャスク告示」という。）に定める地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの貯蔵架台に固定する支持部（下部トラニオン）は、破断延性限界に十分な余裕を有することで、特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクの安全機能に影響を及ぼさない設計とする。</u></p> <p>b. <u>Hitz-P24型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。</u></p>

頁	行	補正前	補正後
5	上 10 ～13	(2) Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクを設置した施設への津波の遡上を前提とし、浸水深 10m、流速 20m/s による波力及び津波による漂流物質量 100t による衝突荷重に対して安全機能が維持できるよう特定兼用キャスクの本体胴等を設計する。	(2) <u>津波による損傷の防止に関する構造</u> a. <u>Hitz-P24 型は、兼用キャスク告示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が損なわれるおそれがない設計とする。</u> b. <u>Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。</u>
5	上 14 ～15	(3) Hitz-P24 型は、最大風速 100m/s の竜巻及び想定される飛来物に対して、安全機能が維持できるよう特定兼用キャスクの本体胴等を設計する。	(3) <u>竜巻による損傷の防止に関する構造</u> a. <u>Hitz-P24 型は、兼用キャスク告示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が損なわれない設計とする。Hitz-P24 型に衝突し得る設計飛来物は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を踏まえて、飛来物の種類、寸法、質量及びその最大速度を設定する。</u> b. <u>Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じな</u>

頁	行	補正前	補正後
5	下 7	(3) Hitz-P24 型は、三次蓋を取り付けて輸送できる構造を有する設計とする。	<p><u>い設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。</u></p> <p>(削除)</p>
5	下 5～ 6	(4) Hitz-P24 型は、貯蔵施設への搬入、貯蔵及び搬出にかか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。	<p><u>(3) Hitz-P24 型は、自重、内圧、外圧、熱荷重等に加え、貯蔵施設への搬入、貯蔵及び搬出にかかる特定兼用キャスクの取扱いにより生じる荷重を考慮しても、安全機能を維持できる設計とする。</u></p> <p><u>(4) Hitz-P24 型は、バスケットの構造部材に、アルミニウム合金である HZ-A3004-H112 を使用している。HZ-A3004-H112 は、(一社)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」等に規定されていない材料であることから、設計貯蔵期間におけるバスケットの使用環境を考慮して定めた適用範囲内で使用する。HZ-A3004-H112 の設計用強度は、設計貯蔵期間中の熱ばく露 (過時効条件 : 200℃→100℃×60 年) に伴う強度低下 (Mg 固溶量の低下、Mn 系分散相の粗大化、その他不純物元素の影響など) を考慮するため、計算材料科学の計算結果に基づいて化学成分を調整 (Mg 添加量を低減) した機械試験用供試材に過時効熱処理を施し、その材料試験から取得した材料特性より保守的に設定している。Hitz-P24 型のバスケットは、保守的に設定した設計用強度を許容応力に用いることにより、設計貯蔵期間中の経年変化を考慮したバスケットの構造健全性を維持する設計とする。また、HZ-A3004-H112 は、バスケットの使用温度</u></p>



頁	行	補正前	補正後
			<u>範囲において、延性を失わず脆性破壊が生じないことをシャルピー衝撃試験及び破壊靱性試験により確認しており、靱性不足による破壊に対して十分な余裕を有している。</u>
6	上 15	なお、使用済燃料集合体を Hitz-P24 型へ収納するに当たり、…	使用済燃料集合体を Hitz-P24 型へ収納するに当たり、…
6	上 17	…バーナブルポイズン集合体を挿入した状態で Hitz-P24 型へ収納する場合がある。	…バーナブルポイズン集合体を挿入した状態で Hitz-P24 型へ収納する場合がある。 <u>使用済燃料集合体及びバーナブルポイズン集合体の収納位置条件を第 2 図に示す。</u> <u>なお、17×17 燃料 (A 型) と 17×17 燃料 (B 型) は混載可能である。</u>
6	下 3～ 4	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)	<u>特定兼用キャスクの設置方法</u> 基礎等に固定する設置方法 <u>特定兼用キャスクの設置方式</u> <u>貯蔵架台上に設置</u> <u>特定兼用キャスクの貯蔵姿勢</u> 縦置き
7	上 3	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 100 $\mu$ Sv/h 以下	<u>特定兼用キャスク表面における線量当量率</u> <u>2mSv/h 以下</u> 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 100 $\mu$ Sv/h 以下
7	上 4	貯蔵施設における特定兼用キャスク周囲温度 最低温度 -11 $^{\circ}$ C	貯蔵施設における特定兼用キャスク周囲温度 最低温度 <u>-20<math>^{\circ}</math>C</u>
7	上 6	貯蔵施設における貯蔵建屋等壁面温度 最高温度 65 $^{\circ}$ C	貯蔵施設における貯蔵建屋壁面温度 最高温度 65 $^{\circ}$ C

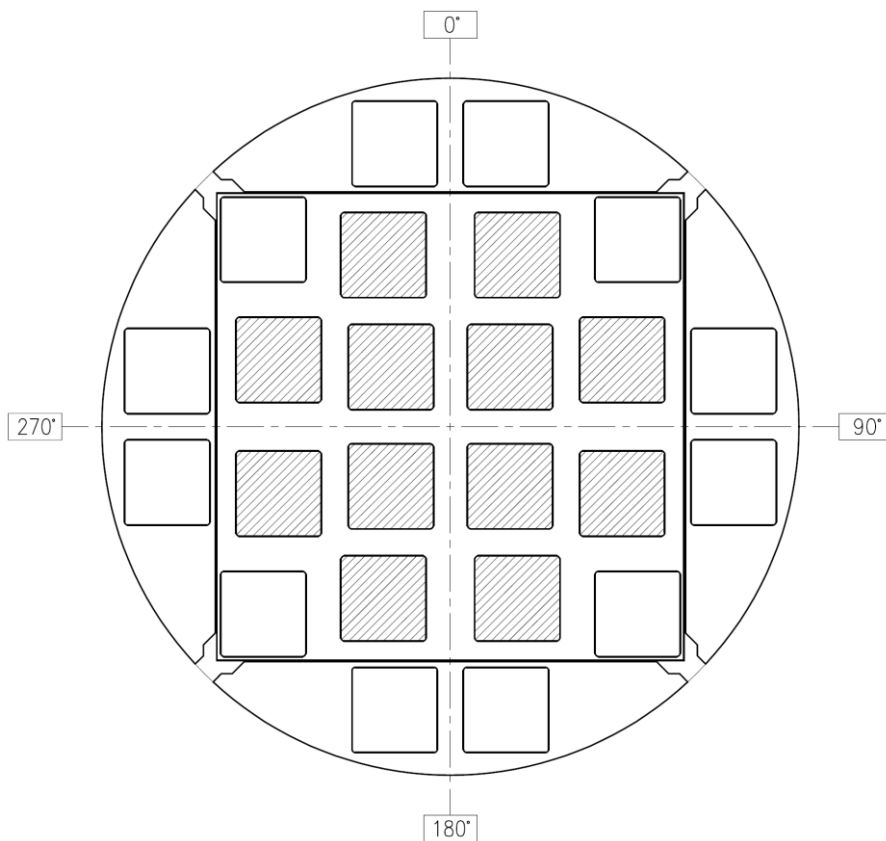
頁	行	補正前	補正後
7	上 7～ 8	地震力 加速度 水平 2300Gal 鉛直 1600Gal (注) 速度 水平 2m/s 鉛直 1.4m/s (注)	地震力 加速度 水平 2300Gal 鉛直 1600Gal (注 1) 速度 水平 2m/s 鉛直 1.4m/s (注 1)
7	上 9～ 11	津波荷重の算出条件 浸水深 10m (注) 流速 20m/s (注) 漂流物質量 100t (注)	津波荷重の算出条件 浸水深 10m (注 1) 流速 20m/s (注 1) 漂流物質量 100t
7	上 12	竜巻荷重の算出条件 風速 100m/s (注)	竜巻荷重の算出条件 風速 100m/s (注 1) <u>設計飛来物 第 1 表のとおり (注 2)</u>
7	上 13 ～14	(注) 「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に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	(注 1) 兼用キャスク告示に規定される値 <u>(注 2) 兼用キャスク告示に定める竜巻によって、特定兼用キャスクに衝突し得る飛来物</u>
7	下 11 ～12	イ. Hitz-P24 型を含めた特定兼用キャスク周囲温度及び貯蔵施設における貯蔵建屋等壁面温度が、前項に示したそれぞれの最高温度以下であること。	<u>イ. Hitz-P24 型の設置場所の地盤は、Hitz-P24 型を十分に支持することができる地盤であること。</u> <u>ロ. Hitz-P24 型に使用済燃料集合体を収納するに当たっては、特定兼用キャスクの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、特定兼用キャスクの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。</u> <u>ハ. Hitz-P24 型は、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。</u> <u>ニ. Hitz-P24 型を貯蔵する貯蔵建</u>

頁	行	補正前	補正後
7	下 5～ 10	<p>ロ. Hitz-P24 型を使用した場合、貯蔵施設の貯蔵架台が、前項に示した地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計であること。</p> <p>ハ. 火災等、津波及び外部からの衝撃については、貯蔵施設で想定される条件において Hitz-P24 型の安全機能が損なわれないこと。</p> <p>ニ. 貯蔵施設の設計想定事象を選定し、設計想定事象が発生した場合において、Hitz-P24 型の安全機能が損なわれないこと。</p>	<p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>ホ. Hitz-P24 型を含めた特定兼用キャスク周囲温度及び貯蔵施設における貯蔵建屋壁面温度が、前項に示したそれぞれの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。</u></p> <p><u>ヘ. Hitz-P24 型の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。</u></p> <p><u>ト. 地震時の周辺施設からの波及的影響によって、Hitz-P24 型の安全機能が損なわれないこと。</u></p> <p><u>チ. 竜巻により Hitz-P24 型に衝突し得る設計飛来物の条件が、前項に示した設計飛来物の条件に包絡されていること。</u></p>
7	下 1～ 4	<p>発電用原子炉施設の設計及び工事の計画の認可の申請までに別途確認しなければならない事項等の条件は以下のとおりである。</p> <p>ホ. 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の規定に基づく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>	<p><u>リ. 原子炉等規制法第四十三条の三の九第 1 項に基づく設計及び工事の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 項の規定に基づく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。</u></p>

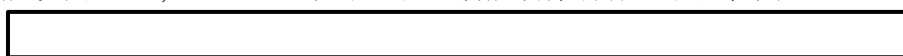
頁	行	補正前	補正後
8	上 2	第 1 図 Hitz-P24 型構造図 (添付書類一 第 1-1 図)	第 1 表 設計飛来物条件 (添付書類一 第 1-15 表)  第 1 図 Hitz-P24 型構造図 (添付書類一 第 1-1 図)
8	上 3	第 2 図 貯蔵施設概要図 (例) (添付書類一 第 1-3 図)	第 2 図 使用済燃料集合体の収納 位置条件 (添付書類一 第 1-3 図)  第 3 図 貯蔵施設概要図 (例) (添付書類一 第 1-4 図)
9		第 1 図 Hitz-P24 型構造図	(別紙 1-1 の記載を追加する。)  第 1 図 Hitz-P24 型構造図
10		第 2 図 貯蔵施設概要図 (例)	(別紙 1-2 の記載を追加する。)  第 3 図 貯蔵施設概要図 (例)

第 1 表 設計飛来物条件

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 4.2×0.3×0.2	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	51	30	60	34
最大鉛直速度 (m/s)	33	34	20	40	23



 : 燃焼度が 48,000MWd/t 以下の使用済燃料集合体の収納範囲



 : 燃焼度が 44,000MWd/t 以下の使用済燃料集合体の収納範囲

第 2 図 使用済燃料集合体の収納位置条件

添付書類の一部補正

添付書類を以下のとおり補正する。

頁	行	補正前	補正後
添付書類一 全頁	上 1 ~ 下 1	(記載変更)	(別紙 2 の記載に変更する。)
添付書類二 全頁	上 1 ~ 下 1	(記載変更)	(別紙 3 の記載に変更する。)



別紙 2

別添 1

添付書類一 特定機器の安全設計に関する説明書

## 目 次

1. Hitz-P24 型の概要	1-1
1.1 申請対象部品及び設備	1-1
1.2 その他設備等	1-2
2. 設計方針及び設計条件	1-4
2.1 基本設計方針	1-4
2.2 安全機能に係る設計方針	1-4
2.2.1 臨界防止機能に係る設計方針	1-4
2.2.2 遮蔽機能に係る設計方針	1-5
2.2.3 除熱機能に係る設計方針	1-5
2.2.4 閉じ込め機能に係る設計方針	1-5
2.2.5 構造強度に係る設計方針	1-6
2.3 自然現象等に対する特定兼用キャスクの安全機能に係る設計方針	1-6
2.3.1 地震に対する設計方針	1-6
2.3.2 津波に対する設計方針	1-6
2.3.3 竜巻に対する設計方針	1-7
2.4 長期健全性に関する設計方針	1-7
2.5 設計条件	1-7
2.6 貯蔵施設的前提条件	1-8
3. 特定機器型式証明申請に係る要求事項に対する適合性	1-9
4. 安全設計に関する構造及び評価	1-53
4.1 臨界防止機能	1-53
4.2 遮蔽機能	1-54
4.3 除熱機能	1-55
4.4 閉じ込め機能	1-56
4.5 構造強度	1-58
4.6 自然現象等に対する安全機能に関する評価	1-59
4.6.1 地震	1-59
4.6.2 津波	1-59
4.6.3 竜巻	1-60
4.7 長期健全性	1-61

5. 参考文献 ..... 1-99

別添 1-1 バスケット用材料 アルミニウム合金 (HZ-A3004-H112) に関する説明書

## 1. Hitz-P24 型の概要

### 1.1 申請対象部品及び設備

Hitz-P24 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、使用済燃料の工場等外への運搬に用いる輸送容器としての機能を併せ持つ特定兼用キャスクである。

Hitz-P24 型を用いることにより、発電用原子炉施設内の特定兼用キャスクを用いた使用済燃料の貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）へ搬入して貯蔵を行うとともに、貯蔵期間中及び貯蔵終了後において、Hitz-P24 型の蓋等を開放することなく工場等外へ運搬することができる。

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスク本体、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固定される。

Hitz-P24 型の構造及び仕様をそれぞれ第 1-1 図及び第 1-1 表に示す。

#### (1) 特定兼用キャスク本体

特定兼用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。

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、胴と外筒の間には主要な中性子遮蔽材として樹脂が充填されており、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。

特定兼用キャスク本体の取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。

#### (2) 蓋部

蓋部は、一次蓋及び二次蓋で構成されている。

一次蓋は低合金鋼製の円板状であり、ボルトで特定兼用キャスク本体上面に取り付けられ、閉じ込め境界が形成される。一次蓋には主要な中性子遮蔽材として樹脂を充填し、また一次蓋の低合金鋼は、主要なガンマ線遮蔽材となっている。

二次蓋は低合金鋼製の円板状であり、ボルトで特定兼用キャスク本体上面に取り付けられる。

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

Hitz-P24 型のバスケット構造を第 1-2 図に示す。

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。外側部は、固定金具により特定兼用キャスク本体内部に固定されており、固定された 4 つの外側部により囲まれた空間に内側部が挿入される。これらのプレートに格子状に穴を設けることで、個々の使用済燃料集合体が特定兼用キャスク本体内部の所定の位置に収納される。なお、軸方向に

重ねたプレートは、タイロッドで軸方向に固定されており、径方向はリーマピンで位置決めされている。

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。があり、それぞれのバスケットプレートは、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。

#### (4) 使用済燃料集合体の仕様及び収納位置条件

Hitz-P24 型に収納する使用済燃料集合体の仕様を第 1-2 表に示す。なお、使用済燃料集合体は、第 1-3 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 Hitz-P24 型へ収納する場合がある。

Hitz-P24 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 1-3 図に示す。使用済燃料集合体を Hitz-P24 型に収納するにあたり、17×17 燃料 (A 型) と 17×17 燃料 (B 型) は混載可能である。

## 1.2 その他設備等

### (1) 貯蔵関連部品及び設備

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、モニタリングポートカバー (貯蔵用)、圧力監視装置、温度監視装置がある。また、特定兼用キャスクは貯蔵時に貯蔵架台上に設置して貯蔵される。

#### a. モニタリングポートカバー (貯蔵用)

二次蓋には、一次蓋と二次蓋で形成される空間の圧力を監視するための圧力監視装置を取り付けるための窪みが設けられており、この窪みを塞ぐためにモニタリングポートカバー (貯蔵用) が設置される。

#### b. 圧力監視装置 (圧力センサ)

圧力監視装置 (圧力センサ) は、貯蔵中の一次蓋と二次蓋の間の空間部の圧力を監視するために、二次蓋外面に設置される。

#### c. 温度監視装置 (温度センサ)

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

#### d. 貯蔵架台

貯蔵架台は、貯蔵中に特定兼用キャスクを縦置き状態に保持するために、特定兼用キャスクと床面の間に設置される。貯蔵中は、特定兼用キャスクの 4 つの下部トラニ

オンを用いて特定兼用キャスクは貯蔵架台に固定される。

(2) 輸送関連部品及び設備

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、輸送用緩衝体、三次蓋、モニタリングポートカバープレート（輸送用）がある。また、特定兼用キャスクは輸送時に輸送架台上に設置して輸送される。

a. 輸送用緩衝体

輸送用緩衝体は、輸送中に特定兼用キャスクに加わる落下時等の衝撃を吸収するために取り付けられるものであり、特定兼用キャスク本体上部及び下部にボルトで取り付けられる。

b. 三次蓋

三次蓋は、特定兼用キャスク本体上面にボルトで取り付けられる。三次蓋は、輸送時の閉じ込め機能を維持するために、シール部にゴム製の O リングが取り付けられる。

c. モニタリングポートカバープレート（輸送用）

モニタリングポートカバープレート（輸送用）は、二次蓋の窪みを塞ぐために設置される。モニタリングポートカバープレート（輸送用）は、シール部に O リングが取り付けられる。

d. 輸送架台

輸送架台は、輸送中に特定兼用キャスクを横置き状態に保持し、輸送車両等に固定するために用いられる。輸送中の特定兼用キャスクは、特定兼用キャスクの上部及び下部トラニオンの一対ずつを用いて、輸送架台に固定される。

## 2. 設計方針及び設計条件

### 2.1 基本設計方針

Hitz-P24 型は、PWR 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、使用済燃料の工場等外への運搬に使用する輸送容器の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、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収納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収納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収納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機能である安全機能を有する設計とし、地震、津波、竜巻等の自然現象に対して安全機能が維持される設計とする。

Hitz-P24 型は、地盤の十分な支持を想定し、縦置きで貯蔵架台に固定された特定兼用キャスクを基礎等に固定する設計とする。なお、周辺施設（貯蔵架台等の貯蔵関連設備、計装設備、機器・配管系、貯蔵施設等及び基礎）の基本設計方針は、本文五に示す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に従うものとし、本申請の特定兼用キャスクの使用に係る発電用原子炉施設の設置（変更）許可申請時において示されるものとする。

また、Hitz-P24 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

### 2.2 安全機能に係る設計方針

#### 2.2.1 臨界防止機能に係る設計方針

Hitz-P24 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バスケット格子構造、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設計とする。

Hitz-P24 型のバスケットは、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を有する材料を選定し、必要とされる強度及び性能を維持することで、臨界防止上有意な変形を起こさず、設計貯蔵期間 60 年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が保たれる設計とする。

Hitz-P24 型は、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、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。

### 2.2.2 遮蔽機能に係る設計方針

Hitz-P24 型は、設置される工場等の周辺及び管理区域その他工場等内の人が立ち入る場所の線量を低減できるように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する。また、Hitz-P24 型は、工場等外への運搬に使用する輸送容器の機能を持つため、「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」に示されている以下の要求事項を満足する設計とする。

- ・表面における最大線量当量率が 2mSv/h を超えないこと。
- ・表面から 1m 離れた位置における最大線量当量率が 100μSv/h を超えないこと。

さらに、設計貯蔵期間 60 年間に於ける Hitz-P24 型の中性子遮蔽材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても、これらの要求事項を満足する設計とする。

### 2.2.3 除熱機能に係る設計方針

Hitz-P24 型は、使用済燃料集合体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、使用済燃料集合体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 60 年間を通じて、燃料被覆管のクリーブ破損及び燃料被覆管の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ブひずみが 1%を超えない温度、照射硬化の回復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に以下の制限を設ける。

- ・ 17×17 燃料 (A 型及び B 型) 275°C 以下<sup>(1)</sup>

また、Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクの安全機能を維持する観点から、特定兼用キャスクの温度を構成部材の健全性が保たれる温度以下に制限する設計とする。Hitz-P24 型の主要な構成部材の温度は、特定兼用キャスクの安全機能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°C 以下<sup>(2) (3)</sup>
- ・ 中性子遮蔽材 149°C 以下<sup>(4)</sup>
- ・ 金属ガスケット 130°C 以下<sup>(5)</sup>
- ・ バスケット 250°C 以下 (別添 1-1 参照)

さらに、Hitz-P24 型は、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。

### 2.2.4 閉じ込め機能に係る設計方針

Hitz-P24 型は、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 60 年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。負圧に維持できる設計により当該空間が不活性雰囲気中に保たれる。また、Hitz-P24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間の空間部（以下「蓋間」という。）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。さらに、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。

### 2.2.5 構造強度に係る設計方針

Hitz-P24型は、自重、内圧、熱荷重等を考慮し、(社)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」<sup>(2)</sup>（以下「金属キャスク構造規格」という。）又は(社)日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」<sup>(3)</sup>（以下「設計・建設規格」という。）に基づき設計する。

## 2.3 自然現象等に対する特定兼用キャスクの安全機能に係る設計方針

### 2.3.1 地震に対する設計方針

Hitz-P24型は、地盤の十分な支持を想定し、縦置きで貯蔵架台に固定された特定兼用キャスクを基礎等に固定する設計とする。また、Hitz-P24型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と「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にかわらず判断するために用いる地震力等を定める告示」（以下「兼用キャスク告示」という。）に定める地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの貯蔵架台に固定する支持部（下部トラニオン）は、破断延性限界に十分な余裕を有することで、特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクの安全機能に影響を及ぼさない設計とする。

Hitz-P24型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

### 2.3.2 津波に対する設計方針

Hitz-P24型は、兼用キャスク告示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が損なわれるおそれがない設計とする。

Hitz-P24型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

### 2.3.3 竜巻に対する設計方針

Hitz-P24 型は、兼用キャスク告示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が損なわれない設計とする。Hitz-P24 型に衝突し得る設計飛来物は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を踏まえて、飛来物の種類、寸法、質量及びその最大速度を設定する。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

## 2.4 長期健全性に関する設計方針

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクの構成部材について、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十分な信頼性のある材料を選定し、必要とされる強度、性能を維持することで、使用済燃料集合体の健全性を確保し、安全機能を維持するように設計する。

Hitz-P24 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集合体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収納して貯蔵する設計とする。また、特定兼用キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、塗装等による防錆措置を講ずる。

## 2.5 設計条件

### (1) Hitz-P24 型の設計条件

Hitz-P24 型の設計条件は以下のとおりである。

- a. 設計貯蔵期間は 60 年とする。
- b. 特定兼用キャスクの貯蔵場所は貯蔵建屋内とする。
- c. 特定兼用キャスクの設置方法は、基礎等に固定する設置方法（縦置き）とする。
- d. 特定兼用キャスクの固定は、床面に固定された貯蔵架台を介した下部トラニオンによる固定方式とする。
- e. 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 119t とする。
- f. 特定兼用キャスクの主要寸法は、全長約 5.0m 及び外径約 2.7m とする。
- g. 特定兼用キャスクの最大崩壊熱量は 15.9kW/基とする。

- h. 特定兼用キャスクの表面放射率は0.8とする。
- i. 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。
- j. 貯蔵施設における特定兼用キャスク周囲の最低温度及び最高温度は、それぞれ-20 $^{\circ}$ C及び50 $^{\circ}$ Cとする。
- k. 貯蔵施設における貯蔵建屋壁面最高温度は65 $^{\circ}$ Cとする。
- l. 貯蔵施設における貯蔵建屋壁面放射率は0.8とする。
- m. 貯蔵施設における特定兼用キャスク配列ピッチ寸法は3.5m以上とする。
- n. 貯蔵施設における地震による水平方向及び鉛直方向の加速度は、それぞれ2300Gal及び1600Galとする。また、地震による水平方向及び鉛直方向の速度は、それぞれ2m/s及び1.4m/sとする。
- o. 貯蔵施設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。
- p. 貯蔵施設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1-15表のとおりとする。

## (2) 使用済燃料集合体の条件

Hitz-P24型に収納される使用済燃料集合体の条件は以下のとおりである。

- a. 特定兼用キャスクに収納される使用済燃料集合体の仕様は、第1-2表に示すとおりとする。
- b. 特定兼用キャスクに収納され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。
- c. 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1-3図に示すとおり収納位置が制限される。
- d. 使用済燃料集合体は、第1-3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1-3図に示すとおり収納位置が制限される。

## 2.6 貯蔵施設の前提条件

Hitz-P24型を使用することができる貯蔵施設の概要図(例)を第1-4図に示す。貯蔵施設は、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、特定兼用キャスクの受入れに使用する設備及び貯蔵建屋からなり、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。

### 3. 特定機器型式証明申請に係る要求事項に対する適合性

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 Hitz-P24 型の「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」に対する適合性を以下に示す。

なお、本申請に関係しない第三章 重大事故対処施設以降の条文は省略する。また、本章において用いる用語の定義は、同規則第二条「定義」に従い、それぞれ各号の定めるところによる。

(適用範囲)

第一条 この規則は、実用発電用原子炉及びその附属施設について適用する。

適合のための設計方針

Hitz-P24 型は、法等の関連法規の要求を満足するとともに、適切と認められる規格及び基準等によって設計する。

(設計基準対象施設の地盤)

第三条 設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力（設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）及び兼用キャスクにあつては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。）が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあつては、地盤により十分に支持されなくてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。

2 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

3 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあつては、地盤に変位が生じてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(地震による損傷の防止)

第四条 設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。

2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。

3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）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。

4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊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。

5 炉心内の燃料被覆材は、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの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。

6 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

7 兼用キャスクは、地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊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。

適合のための設計方針

1 について

型式証明申請の範囲外とする。

2 について

型式証明申請の範囲外とする。

3 について

型式証明申請の範囲外とする。

4 について

型式証明申請の範囲外とする。

5 について

型式証明申請の範囲外とする。

6 について

Hitz-P24 型は、地盤の十分な支持を想定し、縦置きで貯蔵架台に固定された特定兼用キャスクを基礎等に固定する設計とする。また、Hitz-P24 型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第一号に規定する地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの貯蔵架台に固定する支持部（下部トラニオン）は、破断延性限界に十分な余裕を有することで、特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクの安全機能に影響を及ぼさない設計とする。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

なお、地震時、周辺施設等からの波及的影響により Hitz-P24 型の安全機能が損なわれるおそれがないことについては、設置（変更）許可申請時に別途確認されるものとする。

7 について

型式証明申請の範囲外とする。



(津波による損傷の防止)

第五条 設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）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。

2 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

#### 適合のための設計方針

1 について

型式証明申請の範囲外とする。

2 について

Hitz-P24 型は、第一号に規定す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が損なわれるおそれがない設計とする。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 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。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

4 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

5 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。

6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発

二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災

7 前項の規定は、兼用キャスクについて第三項の規定の例によることを妨げない。

#### 適合のための設計方針

1 について

型式証明申請の範囲外とする。

2 について

型式証明申請の範囲外とする。

3 について

型式証明申請の範囲外とする。

4 について

- 一 Hitz-P24 型は、第一号に規定す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が損なわれない設計とする。Hitz-P24 型に衝突し得る設計飛来物は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を踏まえて、飛来物の種類、寸法、質量及びその最大速度を設定する。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

- 二 型式証明申請の範囲外とする。

5 について

型式証明申請の範囲外とする。

6 について

型式証明申請の範囲外とする。

7 について

型式証明申請の範囲外とする。

(発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止)

第七条 工場等には、発電用原子炉施設への人の不法な侵入、発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第二十四条第六号において同じ。）を防止するための設備を設けなければならない。

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(火災による損傷の防止)

第八条 設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）及び消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備（安全施設に属するものに限る。）は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(溢水による損傷の防止等)

第九条 安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水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。

2 設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(誤操作の防止)

第十条 設計基準対象施設は、誤操作を防止するための措置を講じたものでなければならない。

2 安全施設は、容易に操作することができるものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(安全避難通路等)

第十一条 発電用原子炉施設には、次に掲げる設備を設けなければならない。

- 一 その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路
- 二 照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明
- 三 設計基準事故が発生した場合に用いる照明（前号の避難用の照明を除く。）及びその専用の電源

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。



(安全施設)

第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。

- 2 安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、当該系統を構成する機械又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるよう、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものでなければならない。
- 3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものでなければならない。
- 4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。
- 5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわないものでなければならない。
- 6 重要安全施設は、二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない。ただし、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合は、この限りでない。
- 7 安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止)

第十三条 設計基準対象施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない。

- 一 運転時の異常な過渡変化時において次に掲げる要件を満たすものであること。
  - イ 最小限界熱流束比（燃料被覆材から冷却材への熱伝達が低下し、燃料被覆材の温度が急上昇し始める時の熱流束（単位時間及び単位面積当たりの熱量をいう。以下同じ。）と運転時の熱流束との比の最小値をいう。）又は最小限界出力比（燃料体に沸騰遷移が発生した時の燃料体の出力と運転時の燃料体の出力との比の最小値をいう。）が許容限界値以上であること。
  - ロ 燃料被覆材が破損しないものであること。
  - ハ 燃料材のエンタルピーが燃料要素の許容損傷限界を超えないこと。
  - ニ 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の一・一倍以下となること。
- 二 設計基準事故時において次に掲げる要件を満たすものであること。
  - イ 炉心の著しい損傷が発生するおそれがないものであり、かつ、炉心を十分に冷却できるものであること。
  - ロ 燃料材のエンタルピーが炉心及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するための制限値を超えないこと。
  - ハ 原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力の一・二倍以下となること。
  - ニ 原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力及び原子炉格納容器バウンダリにおける温度が最高使用圧力及び最高使用温度以下となること。
  - ホ 設計基準対象施設が工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものであること。

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(全交流動力電源喪失対策設備)

第十四条 発電用原子炉施設には、全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまでの間、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、発電用原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作するとともに、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備が動作することができるよう、これらの設備の動作に必要な容量を有する蓄電池その他の設計基準事故に対処するための電源設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(炉心等)

第十五条 設計基準対象施設は、原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、発電用原子炉の反応度を制御することにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有するものでなければならない。

2 炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に発電用原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉冷却系統、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより燃料要素の許容損傷限界を超えないものでなければならない。

3 燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、発電用原子炉を安全に停止し、かつ、停止後に炉心の冷却機能を維持できるものでなければならない。

4 燃料体及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁は、一次冷却材又は二次冷却材の循環、沸騰その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる流体振動又は温度差のある流体の混合その他の一次冷却材又は二次冷却材の挙動により生ずる温度変動により損傷を受けないものでなければならない。

5 燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。

6 燃料体は、次に掲げるものでなければならない。

一 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとする。

二 輸送中又は取扱中において、著しい変形を生じないものとする。

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下この条において「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。）を設けなければならない。

- 一 燃料体等を取り扱う能力を有するものとする事。
- 二 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。
- 三 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする事。
- 四 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事。
- 五 燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できるものとする事。

2 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（安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。）を設けなければならない。

- 一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものである事。
  - 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事。
  - 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事。
  - ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。

二 使用済燃料の貯蔵施設（キャスクを除く。）にあっては、前号に掲げるもののほか、次に掲げるものである事。

- イ 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事。
- ロ 貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有するものとする事。
- ハ 使用済燃料貯蔵槽（安全施設に属するものに限る。以下この項及び次項において同じ。）から放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであって、使用済燃料貯蔵槽から水が漏れいした場合において水の漏れいを検知することができるものとする事。

ニ 燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれないものとする事。

3 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を測定できる設備を設けなければならない。

- 一 使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、それを原子炉制御室に伝え、又は異常が生じた水位及び水温を自動的に制御し、並びに放射線量を自動的に抑制することができるものとする事。

- 二 外部電源が利用できない場合においても温度、水位その他の発電用原子炉施設の状態を示す事項（以下「パラメータ」という。）を監視することができるものとする  
こと。
- 4 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。
  - 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  
こと。
  - 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  
こと。
  - 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  
こと。

#### 適合のための設計方針

##### 1 について

型式証明申請の範囲外とする。

##### 2 について

一 Hitz-P24 型は、以下のように設計する。

イ 型式証明申請の範囲外とする。

ロ 型式証明申請の範囲外とする。

ハ Hitz-P24 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

##### (1) 特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針

Hitz-P24 型は、次の a.から d.により、特定兼用キャスク単体として、使用済燃料を収納した条件下で、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、技術的に想定されるいかなる場合でも、核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。

a. Hitz-P24 型は、内部に格子状のバスケットを設け、バスケットの格子の中に使用済燃料集合体を収納することにより、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持する設計とする。

b. Hitz-P24 型は、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設計とする。

c. Hitz-P24 型のバスケットは、設計貯蔵期間 60 年間の経年変化に対して十分な信頼性を有する材料を選定することで、必要とされる強度及び性能が設計貯蔵期間 60 年間を通じて維持され、臨界防止上有意な変形を起こさず、構造健全性が保たれる設計とする。

- d. Hitz-P24 型の臨界評価において、中性子実効増倍率が 0.95 以下となるように設計する。この際、未臨界性に有意な影響を与える因子については以下のとおりとする。
- ①乾燥状態及び冠水状態で臨界評価を実施する。
  - ②バスケット格子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配置とする。
  - ③特定兼用キャスク周囲を完全反射条件（無限配列）とする。
  - ④バスケットの格子内のり等の寸法公差や中性子吸収材の製造公差を考慮する。
  - ⑤燃焼度クレジット（使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下）は考慮しない。また、使用済燃料集合体には可燃性毒物としてガドリニアを添加した燃料棒が含まれる場合があるが、中性子実効増倍率の評価に当たってはガドリニアの存在を無視する。
  - ⑥バーナブルポイズン集合体は考慮しない。
- (2) 特定兼用キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止のための設計方針

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止について、中性子実効増倍率が 0.95 以下となるように設計する。上記(1)特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針において、特定兼用キャスクの境界条件を完全反射条件（無限配列）として臨界評価することから、特定兼用キャスク相互の中性子干渉による影響は考慮され、複数の特定兼用キャスクが接近する等の技術的に想定されるいかなる場合でも核燃料物質が臨界に達するおそれがない設計とする。

なお、Hitz-P24 型に使用済燃料集合体を収納するに当たっては、特定兼用キャスクの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が講じられることについては、設置（変更）許可申請時に別途確認されるものとする。

二 型式証明申請の範囲外とする。

3 について

型式証明申請の範囲外とする。

4 について

一 Hitz-P24 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-P24 型は、使用済燃料集合体から放出される放射線を特定兼用キャスクの本体胴及び蓋部により遮蔽する設計とし、ガンマ線遮蔽材には十分な厚みを有する鋼製の材料を用い、中性子遮蔽材には樹脂を用いる。設計貯蔵期間 60 年間における中性子遮蔽材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても、特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から 1m の位置における線量当量率は、それぞれ 2mSv/h 以下及び 100 $\mu$ Sv/h 以下となる設計とする。

Hitz-P24 型の遮蔽機能に関する評価は、収納する使用済燃料集合体の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、遮蔽評価の結果が厳しくなる入力条件を設定したうえで、線源強度を求める。特定兼用キャスクの実形状を二次元でモデル化し、特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から 1m の位置における線量当量率を求め、上記に示す線量当量率の基準を満足することを確認する。

なお、Hitz-P24 型に使用済燃料集合体を収納するに当たっては、特定兼用キャスクの遮蔽機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の種類、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、及び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については、設置（変更）許可申請時に別途確認されるものとする。

二 Hitz-P24 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクについて動力を用いないで使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料集合体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設計とする。

Hitz-P24 型は、以下のとおり使用済燃料集合体の温度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方針とする。

(1) 使用済燃料集合体の温度を制限される値以下に維持するための設計方針

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクに収納する使用済燃料集合体の燃料被覆管の温度について使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、除熱評価の結果が厳しくなる入力条件を設定したうえで求めた使用済燃料集合体の崩壊熱量及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を考慮した除熱評価を行い、当該燃料被覆管の温度については、燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の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り燃料被覆管の機械的



性が低下しない温度以下とし、使用済燃料集合体の健全性が維持される温度以下となるように特定兼用キャスクを設計する。

(2) 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ための設計方針

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクについて、特定兼用キャスクの安全機能を維持する観点から、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、除熱評価の結果が厳しくなる入力条件を設定したうえで求めた使用済燃料集合体の崩壊熱量及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を考慮した除熱評価を行い、特定兼用キャスクの温度を構成部材の健全性が保たれる温度以下となる設計とする。

また、Hitz-P24 型は、使用済燃料集合体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。

なお、Hitz-P24 型に使用済燃料集合体を収納するに当たっては、特定兼用キャスクの除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の種類、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、並びに Hitz-P24 型を貯蔵する貯蔵建屋は、特定兼用キャスクの除熱機能を阻害しない設計であり、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、Hitz-P24 型を含めた特定兼用キャスク周囲温度及び貯蔵施設における貯蔵建屋壁面温度が、2.5 に示したそれぞれの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については、設置（変更）許可申請時に別途確認されるものとする。

三 Hitz-P24 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

(1) 使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持するための設計方針

Hitz-P24 型は、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、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 60 年間を通じて、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる設計とする。負圧に維持できる設計により当該空間が不活性雰囲気中に保たれる。

(2) 使用済燃料集合体を内封する空間を容器外部から隔離するための設計方針

Hitz-P24 型は、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して、特定兼用キャスクの蓋部を一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、その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。

また、Hitz-P24型は、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。

なお、Hitz-P24型の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については、設置(変更)許可申請時に別途確認されるものとする。

(原子炉冷却材圧力バウンダリ)

第十七条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。

- 一 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるものとする。
- 二 原子炉冷却材の流出を制限するため隔離装置を有するものとする。
- 三 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないよう、十分な破壊じん性を有するものとする。
- 四 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有するものとする。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(蒸気タービン)

第十八条 蒸気タービン（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）  
は、当該蒸気タービンが損壊し、又は故障した場合においても、発電用原子炉施設の  
安全性を損なわないものでなければならない。  
2 蒸気タービンには、当該蒸気タービンが損壊し、又は故障した場合においても発電  
用原子炉施設の安全性を損なわないよう、その運転状態を監視できる設備を設けな  
ければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(非常用炉心冷却設備)

第十九条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、非常用炉心冷却設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

- 一 一次冷却材を喪失した場合においても、燃料被覆材の温度が燃料材の熔融又は燃料体の著しい損傷を生ずる温度を超えて上昇することを防止できるものとする。
- 二 一次冷却材を喪失した場合においても、燃料被覆材と冷却材との反応により著しく多量の水素を生じないものとする。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(一次冷却材の減少分を補給する設備)

第二十条 発電用原子炉施設には、通常運転時又は一次冷却材の小規模漏えい時に発生した一次冷却材の減少分を補給する設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(残留熱を除去することができる設備)

第二十一条 発電用原子炉施設には、発電用原子炉を停止した場合において、燃料要素の許容損傷限界及び原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持するために必要なパラメータが設計値を超えないようにするため、原子炉圧力容器内において発生した残留熱を除去することができる設備(安全施設に属するものに限る。)を設けなければならない。

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備)

第二十二条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

- 一 原子炉圧力容器内において発生した残留熱及び重要安全施設において発生した熱を除去することができるものとする。
- 二 津波、溢水又は工場等内若しくはその周辺における発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるものに対して安全性を損なわないものとする。

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。



(計測制御系統施設)

第二十三条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、計測制御系統施設を設けなければならない。

- 一 炉心、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリ並びにこれらに関連する系統の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御できるものとする。
- 二 前号のパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内で監視できるものとする。
- 三 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータは、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視できるものとする。
- 四 前号のパラメータのうち、発電用原子炉の停止及び炉心の冷却に係るものについては、設計基準事故時においても二種類以上監視し、又は推定することができるものとする。
- 五 発電用原子炉の停止及び炉心の冷却並びに放射性物質の閉じ込めの機能の状況を監視するために必要なパラメータは、設計基準事故時においても確実に記録され、及び当該記録が保存されるものとする。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(安全保護回路)

第二十四条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、安全保護回路（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。

- 一 運転時の異常な過渡変化が発生する場合において、その異常な状態を検知し、及び原子炉停止系統その他系統と併せて機能することにより、燃料要素の許容損傷限界を超えないようにできるものとする。
- 二 設計基準事故が発生する場合において、その異常な状態を検知し、原子炉停止系統及び工学的安全施設を自動的に作動させるものとする。
- 三 安全保護回路を構成する機械若しくは器具又はチャンネルは、単一故障が起きた場合又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合において、安全保護機能を失わないよう、多重性を確保するものとする。
- 四 安全保護回路を構成するチャンネルは、それぞれ互いに分離し、それぞれのチャンネル間において安全保護機能を失わないように独立性を確保するものとする。
- 五 駆動源の喪失、系統の遮断その他の不利な状況が発生した場合においても、発電用原子炉施設をより安全な状態に移行するか、又は当該状態を維持することにより、発電用原子炉施設の安全上支障がない状態を維持できるものとする。
- 六 不正アクセス行為その他の電子計算機に使用目的に沿うべき動作をさせず、又は使用目的に反する動作をさせる行為による被害を防止することができるものとする。
- 七 計測制御系統施設の一部を安全保護回路と共用する場合には、その安全保護機能を失わないよう、計測制御系統施設から機能的に分離されたものとする。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(反応度制御系統及び原子炉停止系統)

第二十五条 発電用原子炉施設には、反応度制御系統（原子炉停止系統を含み、安全施設に係るものに限る。次項において同じ。）を設けなければならない。

- 2 反応度制御系統は、計画的な出力変化に伴う反応度変化を燃料要素の許容損傷限界を超えることなく制御できる能力を有し、かつ、次に掲げるものでなければならない。
  - 一 制御棒、液体制御材その他反応度を制御するものによる二以上の独立した系統を有するものとする。
  - 二 通常運転時の高温状態において、二以上の独立した系統がそれぞれ発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できるものであり、かつ、運転時の異常な過渡変化時の高温状態においても反応度制御系統のうち少なくとも一つは、燃料要素の許容損傷限界を超えることなく発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度値を加えることができる。
  - 三 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における低温状態において、反応度制御系統のうち少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に移行し、及び未臨界を維持できること。
  - 四 一次冷却材喪失その他の設計基準事故時において、反応度制御系統のうち少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界へ移行することができ、かつ、少なくとも一つは、発電用原子炉を未臨界に維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備その他の発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合に作動する設備の作動に伴って注入される液体制御材による反応度値を加えることができる。
  - 五 制御棒を用いる場合にあっては、反応度値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても前三号の規定に適合すること。
- 3 制御棒の最大反応度値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象（発電用原子炉に反応度が異常に投入される事象をいう。）に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、かつ、炉心の冷却機能を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉圧力容器内部構造物の損壊を起こさないものでなければならない。
- 4 制御棒、液体制御材その他の反応度を制御する設備は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(原子炉制御室等)

第二十六条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉制御室（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。

- 一 設計基準対象施設の健全性を確保するために必要なパラメータを監視できるものとする。
  - 二 発電用原子炉施設の外の状況を把握する設備を有するものとする。
  - 三 発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができるものとする。
- 2 発電用原子炉施設には、火災その他の異常な事態により原子炉制御室が使用できない場合において、原子炉制御室以外の場所から発電用原子炉を高温停止の状態に直ちに移行させ、及び必要なパラメータを想定される範囲内に制御し、その後、発電用原子炉を安全な低温停止の状態に移行させ、及び低温停止の状態を維持させるために必要な機能を有する装置を設けなければならない。
- 3 一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障その他の異常が発生した場合に発電用原子炉の運転の停止その他の発電用原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく原子炉制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるよう、次の各号に掲げる場所の区分に応じ、当該各号に定める設備を設けなければならない。
- 一 原子炉制御室及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍 工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に原子炉制御室において自動的に警報するための装置
  - 二 原子炉制御室及びこれに連絡する通路並びに運転員その他の従事者が原子炉制御室に出入りするための区域 遮蔽壁その他の適切に放射線から防護するための設備、気体状の放射性物質及び原子炉制御室外の火災により発生する燃焼ガスに対し換気設備を隔離するための設備その他の適切に防護するための設備

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(放射性廃棄物の処理施設)

第二十七条 工場等には、次に掲げるところにより、通常運転時において放射性廃棄物（実用炉規則第二条第二項第二号に規定する放射性廃棄物をいう。以下同じ。）を処理する施設（安全施設に係るものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。

- 一 周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を十分に低減できるよう、発電用原子炉施設において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有するものとする。
- 二 液体状の放射性廃棄物の処理に係るものにあつては、放射性物質を処理する施設から液体状の放射性廃棄物が漏えいすることを防止し、及び工場等外へ液体状の放射性廃棄物が漏えいすることを防止できるものとする。
- 三 固体状の放射性廃棄物の処理に係るものにあつては、放射性廃棄物を処理する過程において放射性物質が散逸し難いものとする。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(放射性廃棄物の貯蔵施設)

第二十八条 工場等には、次に掲げるところにより、発電用原子炉施設において発生する放射性廃棄物を貯蔵する施設（安全施設に係るものに限る。）を設けなければならない。

- 一 放射性廃棄物が漏えいし難いものとする事。
- 二 固体状の放射性廃棄物を貯蔵する設備を設けるものにあつては、放射性廃棄物による汚染が広がらないものとする事。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(工場等周辺における直接線等からの防護)

第二十九条 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。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(放射線からの放射線業務従事者の防護)

第三十条 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（実用炉規則第二条第二項第七号に規定する放射線業務従事者をいう。以下同じ。）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。
- 二 放射線業務従事者が運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、迅速な対応をするために必要な操作ができるものとする。
- 2 工場等には、放射線から放射線業務従事者を防護するため、放射線管理施設を設けなければならない。
- 3 放射線管理施設には、放射線管理に必要な情報を原子炉制御室その他当該情報を伝達する必要がある場所に表示できる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。



(監視設備)

第三十一条 発電用原子炉施設には、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、当該発電用原子炉施設及びその境界付近における放射性物質の濃度及び放射線量を監視し、及び測定し、並びに設計基準事故時における迅速な対応のために必要な情報を原子炉制御室その他当該情報を伝達する必要がある場所に表示できる設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(原子炉格納施設)

第三十二条 原子炉格納容器は、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設が損壊し、又は故障した場合において漏えいする放射性物質が公衆に放射線障害を及ぼさないようにするため、想定される最大の圧力、最高の温度及び適切な地震力に十分に耐えることができ、かつ、適切に作動する隔離機能と併せて所定の漏えい率を超えることがないものでなければならない。

2 原子炉格納容器バウンダリを構成する設備は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないように、十分な破壊じん性を有するものでなければならない。

3 原子炉格納容器を貫通する配管には、隔離弁（安全施設に属するものに限る。次項及び第五項において同じ。）を設けなければならない。ただし、計測装置又は制御棒駆動装置に関連する配管であって、当該配管を通じての漏えい量が十分許容される程度に抑制されているものについては、この限りでない。

4 主要な配管（事故の収束に必要な系統の配管を除く。）に設ける隔離弁は、設計基準事故時に隔離機能の確保が必要となる場合において、自動的、かつ、確実に閉止される機能を有するものでなければならない。

5 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより隔離弁を設けなければならない。

一 原子炉格納容器に近接した箇所に設置するものとする。

二 原子炉格納容器内に開口部がある配管又は原子炉冷却材圧力バウンダリに接続している配管のうち、原子炉格納容器の外側で閉じていないものにあつては、原子炉格納容器の内側及び外側にそれぞれ一個の隔離弁を設けるものとする。ただし、その一方の側の設置箇所における配管の隔離弁の機能が、湿気その他隔離弁の機能に影響を与える環境条件によって著しく低下するおそれがあると認められるときは、貫通箇所の外側であつて近接した箇所に二個の隔離弁を設けることをもつて、これに代えることができる。

三 原子炉格納容器を貫通し、貫通箇所の内側又は外側において閉じている配管にあつては、原子炉格納容器の外側に一個の隔離弁を設けるものとする。ただし、当該格納容器の外側に隔離弁を設けることが困難である場合においては、原子炉格納容器の内側に一個の隔離弁を適切に設けることをもつて、これに代えることができる。

四 前二号の規定にかかわらず、配管に圧力開放板を適切に設けるときは、原子炉格納容器の内側又は外側に通常時において閉止された一個の隔離弁を設けることをもつて、前二号の規定による隔離弁の設置に代えることができる。

五 閉止後において駆動動力源が喪失した場合においても隔離機能が失われないも

のとする事。

- 6 発電用原子炉施設には、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設が損壊し、又は故障した際に生ずる原子炉格納容器内の圧力及び温度の上昇により原子炉格納容器の健全性に支障が生ずることを防止するため、原子炉格納容器内において発生した熱を除去する設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。
- 7 発電用原子炉施設には、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設が損壊し、又は故障した際に原子炉格納容器から気体状の放射性物質が漏えいすることにより公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合は、放射性物質の濃度を低減させるため、原子炉格納施設内の雰囲気浄化系（安全施設に係るものに限る。）を設けなければならない。
- 8 発電用原子炉施設には、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設が損壊し、又は故障した際に生ずる水素及び酸素により原子炉格納容器の健全性を損なうおそれがある場合は、水素及び酸素の濃度を抑制するため、可燃性ガス濃度制御系（安全施設に係るものに限る。）を設けなければならない。

#### 適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(保安電源設備)

第三十三条 発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。

- 2 発電用原子炉施設には、非常用電源設備（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。
- 3 保安電源設備（安全施設へ電力を供給するための設備をいう。）は、電線路、発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないように、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。
- 4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、当該設計基準対象施設において受電可能なものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するものでなければならない。
- 5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならない。
- 6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。
- 7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。
- 8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(緊急時対策所)

第三十四条 工場等には、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常が発生した場合に適切な措置をとるため、緊急時対策所を原子炉制御室以外の場所に設けなければならない。

2 緊急時対策所及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍には、有毒ガスが発生した場合に適切な措置をとるため、工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に緊急時対策所において自動的に警報するための装置その他の適切に防護するための設備を設けなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(通信連絡設備)

第三十五条 工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置（安全施設に属するものに限る。）及び多様性を確保した通信連絡設備（安全施設に属するものに限る。）を設けなければならない。

2 工場等には、設計基準事故が発生した場合において発電用原子炉施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多様性を確保した専用通信回線を設けなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

(補助ボイラー)

第三十六条 発電用原子炉施設には、設計基準事故に至るまでの間に想定される使用条件に応じて必要な蒸気を供給する能力がある補助ボイラー（安全施設に属するものに限る。次項において同じ。）を設けなければならない。

2 補助ボイラーは、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

型式証明申請の範囲外とする。

## 4. 安全設計に関する構造及び評価

### 4.1 臨界防止機能

#### (1) 臨界防止機能に関する構造

Hitz-P24 型の内部には、格子状のバスケットが設けられており、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バスケット格子の構造健全性を保つことで臨界を防止する。また、バスケットの適切な位置に中性子吸収材を配置することで臨界を防止する。

#### (2) 臨界解析

臨界解析フローを第 1-5 図に示す。

臨界解析では、Hitz-P24 型及び燃料集合体の実形状を三次元でモデル化し、共鳴計算を共鳴処理コードである BONAMI、CENTRM 及び PMC、中性子実効増倍率の計算を臨界解析コード KENO-V.a で行う SCALE コードシステム (6.2.1) を用いる。また、断面積ライブラリには、SCALE コードシステムの内蔵ライブラリデータのひとつである 252 群ライブラリデータを使用して中性子実効増倍率を求め、その値が解析コードの精度等を考慮して、0.95 以下となることを確認する。

臨界解析に用いる使用済燃料集合体の仕様を第 1-4 表に、臨界解析条件を第 1-5 表に示す。臨界解析の対象とする使用済燃料は 17×17 燃料 (A 型) で代表し、新燃料を仮定して評価する。燃料集合体には可燃性毒物としてガドリニアを添加した燃料棒が含まれる場合があるが、中性子実効増倍率の評価に当たってはガドリニアの存在を無視する。また、バーナブルポイズン集合体は考慮しない。

使用済燃料集合体を Hitz-P24 型に 24 体収納した状態を設定し、Hitz-P24 型相互の中性子干渉を考慮して、Hitz-P24 型が無限に配列している体系とする。さらに、バスケット格子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配置するとともに、バスケットの格子内のり等の寸法条件について公差を考慮し、中性子吸収材はほう素添加量を仕様上の下限値とするなど、安全裕度を見込むこととする。なお、設計貯蔵期間経過後の中性子吸収材中のほう素の減損割合は非常に小さいため、これを無視する。

上記条件に基づく解析の結果、第 1-6 表に示すように、統計誤差として標準偏差の 3 倍を考慮した中性子実効増倍率は 0.95 以下を満足している。



## 4.2 遮蔽機能

### (1) 遮蔽機能に関する構造

Hitz-P24 型は、使用済燃料集合体からの放射線を特定兼用キャスク本体及び蓋部により遮蔽する。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樹脂を用いる。

### (2) 遮蔽解析

遮蔽解析フローを第 1-6 図に示す。

遮蔽解析では、二次元輸送計算コード DOT3.5 (断面積ライブラリ: MATXSLIB-J33) を用いて線量当量率を評価する。線量当量率評価に用いる線源強度は、収納する使用済燃料集合体の種類、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に、燃焼計算コード ORIGEN2 (断面積ライブラリ: PWRU50) を用いて求める。

使用済燃料集合体及びバーナブルポイズン集合体の線源強度計算条件を第 1-7 表に示す。線源強度の計算には、使用済燃料集合体の平均燃焼度に対する軸方向の燃焼度の比を包含する燃焼度分布 (以下「ピーキングファクター」という。) を考慮する。線源強度計算に使用したピーキングファクターを第 1-7 図に示す。また、バーナブルポイズン集合体は、構造材としての遮蔽効果は無視し、線源強度のみを考慮する。線源強度の計算結果を第 1-8 表に示す。

線量当量率の評価は、17×17 燃料 (A 型) 及び 17×17 燃料 (B 型) を対象として実施する。

線量当量率の評価に当たっては、第 1-3 図に示す使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納位置条件を考慮し、第 1-8 図に示す使用済燃料の収納位置条件とする。また、設計貯蔵期間中における Hitz-P24 型の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、第 1-6 表に示すように、表面及び表面から 1m 離れた位置における線量当量率は、それぞれ 2mSv/h 及び 100µSv/h 以下を満足している。

### 4.3 除熱機能

#### (1) 除熱機能に関する構造

Hitz-P24 型は、使用済燃料から発生する崩壊熱を伝導、対流、放射により Hitz-P24 型の外表面に伝え、周囲の空気等に伝達する。特定兼用キャスク本体側部の中性子遮蔽材には熱伝導率の低い樹脂が用いられているので、伝熱フィンを設けることにより必要な除熱機能を確保する。

#### (2) 除熱解析

除熱解析フローを第 1-9 図に示す。

除熱解析は、Hitz-P24 型の実形状を軸方向断面、径方向断面にそれぞれ二次元で、燃料集合体の実形状を径方向断面に二次元でモデル化し、有限要素法コード ABAQUS を用いて行う。

除熱解析条件を第 1-9 表に示す。収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等を考慮し、除熱評価の結果が厳しくなるような条件を設定し、燃焼計算コード ORIGEN2 を用いて求めた崩壊熱量、及び第 1-10 図に示す使用済燃料の燃焼度に応じた収納配置を入力条件として、燃料被覆管及び安全機能を維持するうえで重要な構成部材の温度を評価する。燃料被覆管は貯蔵する使用済燃料の種類ごとに定める制限温度、構成部材はその健全性に影響を与えない温度以下となることを確認する。

保守的な温度評価を行うために、蓋部及び底部の温度は、軸方向断面の二次元モデル、それ以外の構成部材の温度は径方向断面の二次元モデルで評価し、燃料被覆管の温度は、燃料集合体の径方向断面の二次元モデルで評価する。また、構成部材の温度評価に当たっては、第 1-7 表に示す使用済燃料のピーキングファクターを考慮して、最大崩壊熱量を上回る崩壊熱量を設定するとともに、特定兼用キャスク本体底部を断熱条件とし、さらに、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。除熱解析では、代表として崩壊熱量の大きい 17×17 燃料 (A 型) を対象とする。

上記条件に基づく解析の結果、第 1-6 表に示すように、燃料被覆管は制限温度を満足している。また、構成部材の温度は、その健全性に影響を与えない温度以下である。

#### 4.4 閉じ込め機能

##### (1) 閉じ込め機能に関する構造

Hitz-P24 型の閉じ込め構造を第 1-11 図に、シール部詳細を第 1-12 図に示す。

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスク本体及び蓋部により使用済燃料集合体を収納する空間を特定兼用キャスク外部から隔離し、設計貯蔵期間を通じて負圧に維持する。Hitz-P24 型は、蓋部を一次蓋、二次蓋の二重閉じ込め構造とし、その蓋間をあらかじめ正圧として圧力障壁を形成することにより、放射性物質を特定兼用キャスク内部に閉じ込める。また、使用済燃料集合体を収納する空間に通じる一次蓋貫通孔にはシール部を設ける。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。

金属ガスケットの漏えい率は、設計貯蔵期間を通じて、蓋間に充填されているヘリウムガスが蓋間の圧力を一定とした条件下で使用済燃料集合体を内封する空間側に漏えいし、かつ、燃料被覆管からの核分裂生成ガスの放出を仮定しても、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できるように設定し、その漏えい率を満足していることを貯蔵開始前の漏えい率検査により確認する。また、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する。蓋間の圧力に異常が生じた場合でも、あらかじめ特定兼用キャスク内部を負圧に維持するとともに、蓋間の圧力を正圧としているので、内部の気体が外部に漏えいすることはない。

##### (2) 閉じ込め評価

閉じ込め評価フローを第 1-13 図に示す。

閉じ込め評価では、設計貯蔵期間を通じて Hitz-P24 型内部の負圧が維持できる漏えい率を求める。

漏えい率は、シールされる流体、シール部温度及び漏えいの上流側と下流側の圧力に依存する。したがって、特定兼用キャスク内部圧力変化は、蓋間圧力と内部圧力の圧力差の下で、ある漏えい率を持つシール部を通じて特定兼用キャスク内部へ流入する気体の漏えい量を積分することによって求められる。

Hitz-P24 型の閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率は、設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク本体内部の負圧が維持できる漏えい率として定義され、使用する金属ガスケットが確保可能な設計漏えい率、及び貯蔵開始前の漏えい率検査の判定基準として確認可能な漏えい率（リークテスト判定基準）を上回るものでなければならない。

基準漏えい率を求めるに当たり設定した評価条件を第 1-10 表に示す。蓋間圧力は一定とし、蓋間空間のガスが特定兼用キャスク内部側にのみ漏えいするものとして漏えい率の計算を行う。また、大気圧は、気象変化による圧力変動を考慮した値として  $9.7 \times 10^4 \text{ Pa}$  とする。特定兼用キャスク内部圧力の算定に当たっては、使用済燃料の破損率として、米国の使用済燃料の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率

(約 0.01%) と日本の軽水炉における運転中の漏えい燃料発生率 (約 0.01%以下) を考慮し、保守的な値として 0.1%とする<sup>(6)</sup>。

閉じ込め評価の結果、第 1-6 表に示すように、金属ガスケットの漏えい率は、基準漏えい率以下を満足している。なお、貯蔵開始前の漏えい率検査では、一次蓋及び蓋貫通孔のカバープレートシール部の漏えい率の合計がリークテスト判定基準を満足することを確認する。

## 4.5 構造強度

### (1) 構造

Hitz-P24 型は、自重、内圧、熱荷重等を考慮して設計するとともに、貯蔵建屋内での取扱い時の荷重等を考慮しても構造健全性を維持する設計とする。

Hitz-P24 型は、貯蔵建屋内等においてトラニオンをクレーン等により吊り上げて取り扱う。また、貯蔵中は縦置き姿勢であり、貯蔵建屋内で貯蔵架台を介して床面に設置される。

### (2) 構造解析

貯蔵建屋における取り扱い時の構造強度評価は、取り扱いによって発生する加速度として、Hitz-P24 型を垂直姿勢で吊り上げる事象を想定し、以下に示す加速度を考慮して行う。

・鉛直方向：1.3G

上記の加速度は、4.6.1 項に示す地震時の安全機能維持評価における加速度に比べ小さく、また、加速度以外の荷重条件は同じであるため、特定兼用キャスクの上部トラニオン以外の各部に発生する応力は、地震時の安全機能評価において発生する応力以下である。地震時の安全機能維持評価において特定兼用キャスク各部に発生する応力は、十分に小さく、金属キャスク構造規格等の供用状態に定められた許容応力以下である。

上部トラニオンについては、吊上げ時に作用する荷重は地震時より大きいため、吊上げ時に発生する応力を応力評価式にて算出し、構造健全性を評価する。評価の結果、第 1-6 表に示すように、吊上げ時に上部トラニオンに生じる応力は評価基準を満足しており、構造健全性は維持される。

## 4.6 自然現象等に対する安全機能に関する評価

### 4.6.1 地震

#### (1) 地震に対する構造

Hitz-P24 型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と兼用キャスク告示に示す地震力を組み合わせた荷重条件に対して、支持性能が確保され、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

#### (2) 構造解析

Hitz-P24 型は第 1-1 図に示すように下部トラニオンにより貯蔵架台に固定され、縦置き姿勢で貯蔵される。したがって、地震時の下部トラニオンの構造健全性を評価する。Hitz-P24 型の自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第 1-11 表に示す地震時に Hitz-P24 型に生じる加速度による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、トラニオンに生じる応力を応力評価式にて算出し、構造健全性を評価する。

また、Hitz-P24 型の地震時における密封境界部、外筒、バスケット及び伝熱フィンの機能維持評価フローを第 1-14 図に示す。Hitz-P24 型の自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第 1-11 表に示す地震時に Hitz-P24 型に生じる加速度による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、密封境界部（一次蓋密封シール部及び一次蓋ボルト）及び外筒については有限要素法を用いた ABAQUS コードにより、また、バスケット及び伝熱フィンについては応力評価式により応力を計算し、構造健全性評価を行う。

上記条件に基づく評価の結果、第 1-12 表に示すように、地震時にトラニオンに生じる応力は評価基準を満足しており、構造健全性は維持される。また、地震時の密封境界部、外筒、バスケット及び伝熱フィンの応力は評価基準を満足しており、安全機能は維持される。

### 4.6.2 津波

#### (1) 津波に対する構造

Hitz-P24 型は、兼用キャスク告示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が損なわれるおそれがない設計とする。

#### (2) 構造解析

Hitz-P24 型は、津波及び漂流物の衝突による荷重として第 1-11 表に示す評価条件に基づき、構成部材の応力を評価し、設計基準値以下となることを確認する。津波荷重が Hitz-P24 型に作用した場合の機能維持評価フローを第 1-15 図に示す。

津波荷重として、浸水深に基づく津波波力並びに流速及び漂流物質量に基づく漂流物衝突による荷重が同時に作用するとし、Hitz-P24 型に発生する津波荷重を算定する。津波波力の算定には、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」に示される評価式を、また、漂流物衝突荷

重の算定には、「道路橋示方書・同解説 I 共通編、IV 下部構造編」に示される評価式を用いる。また、安全機能維持評価では、津波荷重と供用中に Hitz-P24 型に作用する荷重を組み合わせる。

上記条件に基づく評価の結果、津波荷重 ( $5.75 \times 10^3$  kN) を包絡する設計荷重 ( $2.37 \times 10^4$  kN) (第 1-13 表参照) が作用しても、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材に発生する応力は、第 1-14 表に示すように、設計基準値以下であり、安全機能が損なわれるおそれはない。

#### 4.6.3 竜巻

##### (1) 竜巻に対する構造

Hitz-P24 型は、兼用キャスク告示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が損なわれない設計とする。

##### (2) 構造解析

Hitz-P24 型は、竜巻及び設計飛来物の衝突による荷重として第 1-11 表に示す評価条件に基づき、構成部材の応力を評価し、設計基準値以下となることを確認する。竜巻荷重が Hitz-P24 型に作用した場合の機能維持評価フローを第 1-15 図に示す。

竜巻荷重として、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に基づき、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせた複合荷重を考慮し、Hitz-P24 型に発生する竜巻荷重を算定する。なお、設計飛来物については、「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 5 種類とする。設計飛来物の条件を第 1-15 表に示す。設計飛来物による衝突荷重は、設計飛来物の圧潰挙動を無視した Riera の式を適用する。また、安全機能維持評価では、竜巻荷重と供用中に Hitz-P24 型に作用する荷重を組み合わせる。

上記条件に基づく評価の結果、竜巻荷重 ( $8.55 \times 10^3$  kN) は、前項の設計荷重 ( $2.37 \times 10^4$  kN) より小さいため、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材に発生する応力は、第 1-14 表に示すように、設計基準値以下であり、安全機能が損なわれるおそれはない。また、Hitz-P24 型の設計飛来物が直接衝突する部位は、設計飛来物による衝突荷重により破断しない板厚であるため、特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

#### 4.7 長期健全性

使用済燃料の貯蔵中に構成部材が経年変化する要因としては、放射線照射、熱及び腐食が考えられるため、これら要因に対する構成部材の設計貯蔵期間における健全性評価を以下に示す。

##### (1) 特定兼用キャスク本体及び蓋部（金属ガスケットを除く）の長期健全性

Hitz-P24 型本体及び蓋部（金属ガスケットを除く）の主要な構成部材は、胴、外筒、一次蓋、二次蓋、蓋ボルト、トラニオン、中性子遮蔽材及び伝熱フィンである。

##### (a) 放射線照射による経年変化

###### イ. 胴、外筒、一次蓋、二次蓋、蓋ボルト

胴、外筒、一次蓋、二次蓋、蓋ボルトに使用する材質は低合金鋼、炭素鋼又はニッケルクロムモリブデン鋼であり、中性子照射量が  $10^{16}$  (n/cm<sup>2</sup>) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(7)</sup>、使用環境はその範囲内である。

###### ロ. トラニオン

トラニオンに使用する材質は析出硬化系ステンレス鋼であり、中性子照射量が  $10^{17}$  (n/cm<sup>2</sup>) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(8)</sup>、使用環境はその範囲内である。

###### ハ. 中性子遮蔽材

中性子遮蔽材に使用する材質は樹脂であり、約  $4 \times 10^4$  (Gy) までのガンマ線照射量、又は  $10^{15}$  (n/cm<sup>2</sup>) までの中性子照射量が、質量減損に影響を与えることはないことが示されており<sup>(9)</sup>、使用環境はその範囲内である。

###### ニ. 伝熱フィン

伝熱フィンに使用する材質は銅である。伝熱フィンは構造強度部材ではないため、照射による強度変化を考慮する必要はない。なお、中性子照射量が  $10^{16}$  (n/cm<sup>2</sup>) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(10)</sup>、使用環境はその範囲内である。

##### (b) 熱による経年変化

###### イ. 胴、外筒、一次蓋、二次蓋、蓋ボルト

胴、外筒、一次蓋、二次蓋、蓋ボルトの温度は 160°C 以下であり材質変化することはない。また、クリープによる変形を考慮すべき温度は融点（絶対温度）の 1/3 に相当する約 300°C を超える場合であり、クリープを考慮する必要はない<sup>(11)(12)</sup>。

###### ロ. トラニオン

トラニオンの温度は 130°C 以下であり材質変化することはない。また、クリープによる変形を考慮すべき温度は融点（絶対温度）の 1/3 に相当する約 280°C を超える場合であり、クリープを考慮する必要はない<sup>(11)</sup>。

###### ハ. 中性子遮蔽材



遮蔽解析では、(財)原子力発電技術機構「平成14年度リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(金属キャスク貯蔵技術確証試験)報告書」<sup>(13)</sup>に記載されている樹脂の質量減損式を用いて、設計貯蔵期間経過後の熱による樹脂の質量減損量を評価し、質量減損量を考慮した遮蔽計算を行っている。

## ニ. 伝熱フィン

構造強度部材ではないため、熱による強度変化を考慮する必要はない。なお、伝熱フィンの温度は130℃以下であり、材質変化することはない。

## (c) 腐食による経年変化

### イ. 胴、外筒、一次蓋、二次蓋、蓋ボルト

胴内面、一次蓋及び二次蓋内面は、胴内及び蓋間にヘリウムガスを封入し、不活性ガス雰囲気維持されるため、腐食の影響はない。

また、胴外面及び外筒内面並びに胴底板及び一次蓋の中性子遮蔽材設置部は、中性子遮蔽材の熱による経年変化に伴い水が生じるが、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため、腐食による影響はない。

なお、大気に触れる部分については、塗装又はメッキによる防錆措置を施す。

### ロ. トラニオン

トラニオンに使用する析出硬化系ステンレス鋼は大気に触れるが、耐食性に優れた材料であり、腐食の影響はない。

### ハ. 中性子遮蔽材

中性子遮蔽材は樹脂であり腐食することはない。なお、熱により化学的に経年変化するため、(b)「熱による経年変化」に示すとおり樹脂の質量減損量を評価し、質量減損量を考慮した遮蔽計算を行っている。

## ニ. 伝熱フィン

伝熱フィンは胴と外筒との間に取付けられており、中性子遮蔽材の熱による経年変化に伴い水が生じるが、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、また、胴外面と外筒内面の低合金鋼及び炭素鋼が中性子遮蔽材の熱による経年変化に伴い生じる水と選択的に結合し腐食することから、腐食による影響はない。

## (2) 金属ガasketの長期健全性

### (a) 放射線照射による経年変化

金属ガasketに使用する材質はニッケル基合金及びアルミニウム合金であり、中性子照射量がそれぞれ $10^{17}$  (n/cm<sup>2</sup>) 及び $10^{19}$  (n/cm<sup>2</sup>) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(14)</sup><sup>(15)</sup>、使用環境はその範囲内である。

### (b) 熱による経年変化

(財)電力中央研究所による試験において、第1-16図に示す形状及び寸法の金属ガasketの塑性変形率と閉じ込め機能の温度・時間依存性は、以下のラーソン・ミラー・パラメータ(LMP)により表されることが第1-17図により確認されている<sup>(16)</sup>。

$$LMP = T \times (C + \log(t))$$

ここで、

T : 温度 (K)

C : LMP の定数

t : 時間 (h)

なお、第 1-17 図の塑性変形率の定義は、第 1-18 図に示すとおりである。

上記より、金属ガスケットの長期閉じ込め機能は、閉じ込め機能が維持できる限界の LMP を求め、ある温度における限界時間を予測する手法により評価することができる。第 1-19 図に示すとおり、Hitz-P24 型に用いる金属ガスケットについての LMP の定数  $C=20$ <sup>(16)</sup> とした場合の漏えい率と LMP の関係から、初期の閉じ込め機能 ( $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  以下) を保持できる限界の LMP は、アルミニウム被膜 (ガスケット C) の場合は  $11.0 \times 10^3$  である。また、上式で定数  $C=14$ <sup>(17)</sup> とした場合は、初期の閉じ込め機能 ( $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  以下) を保持できる限界の LMP は、約  $8.0 \times 10^3$  である。Hitz-P24 型の金属ガスケット部温度は  $110^\circ\text{C}$  以下であり、設計貯蔵期間である 60 年の条件で求められる LMP は、LMP の定数 C を 20 あるいは 14 とするいずれの場合においても、初期の閉じ込め機能を保持できる限界の LMP を下回る。したがって、金属ガスケットは設計貯蔵期間に対して健全性を維持できる。

### (c) 腐食による経年変化

一次蓋の金属ガスケット及び二次蓋の金属ガスケットの内側はヘリウムガス雰囲気であり、腐食の影響はない。また、二次蓋の金属ガスケットの外側は大気と接触するが、使用環境より厳しい塩水噴霧環境においても金属ガスケットの漏えい率に変化がないことが確認されている<sup>(18)</sup>。

## (3) バスケットの長期健全性

バスケットの主要な構成部材は、バスケットプレート、固定金具、リーマピン、タイロッド及び中性子吸収材である。

### (a) 放射線照射による経年変化

バスケットプレートに使用する材質はアルミニウム合金であり、中性子照射量が  $10^{19} \text{ (n/cm}^2\text{)}$  までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(15)</sup><sup>(19)</sup><sup>(20)</sup>、使用環境はその範囲内である。

中性子吸収材に使用する材質はほう素添加アルミニウム合金であり、保守的に Hitz-P24 型に収納する使用済燃料集合体の全中性子束を用いて評価しても、設計貯蔵期間経過後の中性子吸収材中のほう素の減損割合は  $10^{-5}$  程度であり、劣化は無視し得るレベルである。

固定金具に使用する材質はステンレス鋼であり、中性子照射量が  $10^{17} \text{ (n/cm}^2\text{)}$  までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(8)</sup>、使用環境はその範囲内である。

リーマピン及びタイロッドに使用する材質は析出硬化系ステンレス鋼であり、中性子照射量が  $10^{17}$  (n/cm<sup>2</sup>) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており<sup>(8)</sup>、使用環境はその範囲内である。

#### (b) 熱による経年変化

バスケット各部の温度は 180℃以下であり、バスケットに使用されるステンレス鋼及び析出硬化系ステンレス鋼が材質変化することはない。クリープによる変形を考慮すべき温度は融点（絶対温度）の 1/3 に相当する約 280℃を超える場合であり、クリープを考慮する必要はない<sup>(11)</sup>。

バスケットに使用しているアルミニウム合金の HZ-A3004-H112 は、別添 1-1 に設計用強度・物性値が規定されており、設計貯蔵期間においてバスケットの使用環境が規定されている温度範囲内であるため、熱による経年変化に対して特別な配慮は不要である。

なお、HZ-A3004-H112 の設計用強度は、設計貯蔵期間中の熱ばく露（過時効条件：200℃→100℃×60 年）に伴う強度低下（Mg 固溶量の低下、Mn 系分散相の粗大化、その他不純物元素の影響など）を考慮するため、計算材料科学の計算結果に基づいて化学成分を調整（Mg 添加量を低減）した機械試験用供試材に過時効熱処理を施し、その材料試験から取得した材料特性より保守的に設定している。

また、バスケットにアルミニウム合金である HZ-A3004-H112 を使用するにあたっては、設計貯蔵期間における設計用強度を保証するために、別添 1-1 に示す製造管理規定を満足するように製造管理を行う。

アルミニウム合金は、0.1%から 1.0%程度のクリープひずみが予め付与されている場合において、クリープひずみが材料の機械的特性に影響を与えないことが示されている<sup>(9)</sup>。Hitz-P24 型のバスケットは、第 1-2 図に示すとおり内側部と外側部に分割されており、それぞれプレートを軸方向に重ねた構造であり、貯蔵中にバスケットに生じる熱応力により有意なクリープひずみは発生しない。また、貯蔵中にバスケットに生じる機械的荷重の内、長期荷重はバスケットの自重のみであり、発生する応力は極めて小さい（1MPa 以下）。設計貯蔵期間経過後のクリープひずみが 0.1%に到達するためには 10MPa 以上の応力環境下に置かれ続ける必要があるが、バスケットプレートに発生する応力は 10MPa に対して十分な安全裕度がある。以上より、クリープが設計上の制約条件とならない。

バスケットに使用しているアルミニウム合金の HZ-A3004-H112 は、バスケットの使用温度範囲において、延性を失わず脆性破壊が生じないことをシャルピー衝撃試験及び破壊靱性試験で確認しており、靱性不足による破壊に対して十分な余裕を有していることから、破壊靱性に対する特別な配慮は不要である。

また、中性子吸収材に含まれる炭化ほう素は熱に対する安定性を有しているた

め、臨界防止機能への影響はない<sup>(21)</sup>。

(c) 腐食による経年変化

バスケットが設置される胴内にヘリウムガスを封入し、不活性ガス雰囲気は維持されるため、腐食の影響はない。

第 1-1 表 Hitz-P24 型の仕様

項 目		仕 様
全質量 (使用済燃料集合体を含む)		約 119 t
寸 法	全 長	約 5.0 m
	外 径	約 2.7 m
収 納 体 数		24 体
最 大 崩 壊 熱 量		約 15.9kW
主 要 材 質	特定兼用キャスク本体	低合金鋼 炭素鋼 析出硬化系ステンレス鋼 樹脂 銅
	胴/底板 (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 (注1)	低合金鋼 低合金鋼 合金鋼
	一 次 蓋	
二 次 蓋 蓋 ボ ル ト		
バ ス ケ ッ ト	アルミニウム合金 (注2) (中性子吸収材を配置) 析出硬化系ステンレス鋼 析出硬化系ステンレス鋼 ステンレス鋼	
バスケットプレート		
リ ー マ ピ ン		
タ イ ロ ッ ド		
固 定 金 具		
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) 工場等外への搬出時には、ゴム O リングをシール材とした三次蓋を装着する。

(注 2) バスケットに使用するアルミニウム合金の材料名称は HZ-A3004-H112 である (別添 1-1 参照)。

第 1-2 表 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	
		A 型	B 型
形 状	集 合 体 幅	約 214 mm	
	全 長	約 4,100 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 )		
	最 高 燃 焼 度 ( 注 1 )	48,000 MWd/t 以下	
	冷 却 期 間	15 年以上	17 年以上
特定兼用キヤスク 1 基当たりの仕様	収 納 体 数	24 体	
	平 均 燃 焼 度 ( 注 2 )	44,000 MWd/t 以下	
	崩 壊 熱 量	15.9 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 1-3 表 バ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 4,000 mm	
質 量		約 29 kg 以下	
照 射 期 間		□	
冷 却 期 間		15 年又は 17 年以上 (注 1)	
特定兼用キャスク 1 基当たりの 収 納 体 数		□	

(注 1) 組み合わせる使用済燃料集合体の冷却期間以上とする。

第 1-4 表 臨界解析に用いる使用済燃料集合体の仕様

項目	単位	17×17 燃料 (A 型)
燃 料 材 質	—	二酸化ウラン
被 覆 管 材 質	—	ジルカロイ-4
燃 料 密 度	%理論密度	□
ペ レ ッ ト 直 径	cm	
燃 料 有 効 長	cm	
燃 料 棒 配 列	—	17×17
燃 料 集 合 体 当 た り の 燃 料 棒 本 数	本	264
初 期 濃 縮 度	wt%	□



第 1-5 表 臨界解析条件

項目		条件	
		乾燥状態	冠水状態
使用済燃料の種類		17×17 燃料 (A 型)	
濃縮度		4.2wt%	
収納体数		24 体	
バスケット格子内の燃料配置		Hitz-P24 型中心偏向配置	
主要な 寸法条件	バスケット格子内のり	最大	最大
	中性子吸収材板厚	最小	最小
	胴内径	最小	
ほう素添加量		仕様上の下限値	
Hitz-P24 型内雰囲気		真空	冠水 (水密度 1.0g/cm <sup>3</sup> )
Hitz-P24 型外雰囲気		真空	真空
Hitz-P24 型配列		無限配列 (完全反射境界条件)	
バーナブルポイズン集合体		無し	
中性子遮蔽材 (樹脂)		真空中に置換	
バスケット固定金具		本体側 : 胴の材質と同じ低合金鋼に置換 バスケット側 : バスケットの材質と同じアルミニウム合金に置換	

第 1-6 表 Hitz-P24 型評価結果

項 目		評 価 結 果		設 計 基 準 値	
		A 型	B 型		
臨 界 防 止	中 性 子 実 効 増 倍 率	乾 燥 状 態	0.36		0.95 以下
		冠 水 状 態	0.91		
遮 蔽	表 面 最 大 線 量 当 量 率		1.5mSv/h	1.4mSv/h	2 mSv/h 以下
	表 面 か ら 1 m 離 れ た 位 置 に お け る 最 大 線 量 当 量 率		84 $\mu$ Sv/h	85 $\mu$ Sv/h	100 $\mu$ Sv/h 以下
除 熱	燃 料 被 覆 管 最 高 温 度	17 $\times$ 17 燃 料	203 $^{\circ}$ C		275 $^{\circ}$ C
	構 成 部 材 最 高 温 度	胴、蓋 部	156 $^{\circ}$ C		350 $^{\circ}$ C
		外 筒	122 $^{\circ}$ C		350 $^{\circ}$ C
		中 性 子 遮 蔽 材 (樹 脂)	138 $^{\circ}$ C		149 $^{\circ}$ C
		金 属 ガ ス ケ ッ ト	107 $^{\circ}$ C		130 $^{\circ}$ C
		バ ス ケ ッ ト 格 子	171 $^{\circ}$ C		250 $^{\circ}$ C
閉 じ 込 め	金 属 ガ ス ケ ッ ト の 漏 え い 率		1.70 $\times 10^{-6}$ Pa $\cdot$ m <sup>3</sup> /s	2.31 $\times 10^{-6}$ Pa $\cdot$ m <sup>3</sup> /s <sup>(注1)</sup>	
構 造 強 度	取 扱 い 時	上 部 ト ラ ニ オ ン 組 合 せ 応 力	192MPa		394MPa

(注1) 設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク本体内部の負圧が維持できる漏えい率（標準状態）を示す。金属ガスケットの設計漏えい率は、約 $1 \times 10^{-8}$  Pa  $\cdot$  m<sup>3</sup>/sであり、基準漏えい率を下回る。

第 1-7 表 使用済燃料の崩壊熱量及び線源強度計算条件

項 目			17×17 燃料	
			A 型	B 型
最高燃焼度 (MWd/t)			48,000	
平均燃焼度 (MWd/t)			44,000	
比 出 力 (MW/t)				
照射 期間 (日)	使用済燃料	最高燃焼度		
	集合体	平均燃焼度		
	バーナブルポイズン集合体			
濃 縮 度 (wt%)			4.0	
冷 却 期 間 (年)			15	17
ウラン重量 (kg/体)				
ピーキングファクター (PF) (注 1)				

(注 1) ノードは燃料有効部を軸方向に  したものである。

第 1-8 表 ガンマ線及び中性子の線源強度

(Hitz-P24 型 1 基当たり)

項 目		17×17 燃料		
		A 型	B 型	
ガンマ線	燃料有効部 (photons/s)		$1.072 \times 10^{17}$	$1.006 \times 10^{17}$
	構造材放射化 (注 1) ( $^{60}\text{Co}$ : TBq)	上部ノズル部	$1.889 \times 10^1$	$3.071 \times 10^1$
		上部プレナム部	$5.505 \times 10^1$	$9.643 \times 10^1$
		燃料有効部	$4.352 \times 10^2$	$3.491 \times 10^2$
		下部プレナム部	$4.148 \times 10^0$	$1.679 \times 10^1$
		下部ノズル部	$2.070 \times 10^1$	$3.432 \times 10^1$
中性子	燃料有効部 (n/s) (注 2)		$1.108 \times 10^{10}$	$1.029 \times 10^{10}$

(注 1) 燃料集合体及びバーナブルポイズン集合体からの放射化ガンマ線源強度の合計値


(注 2) 中性子増倍の効果を考慮した値

第 1-9 表 除熱解析条件

項目		解析条件	
燃料集合体のピーキングファクター		第 1-7 表に示す ピーキングファクターを考慮	
燃料集合体の収納位置		第 1-10 図に示す収納位置ごと の崩壊熱量を設定	
境界条件	対流環境温度		50℃
	放射環境温度		65℃
	放射率	特定兼用キャスク表面	0.8
		貯蔵建屋の天井、床面	0.8
	特定兼用キャスク側面の放射形態係数		0.142 (注 1)
	特定兼用キャスク端面（蓋）の放射形態係数		0.667

(注 1) 特定兼用キャスク配列ピッチ寸法 3.5m から算出される値を示す。

第 1-10 表 閉じ込め評価条件

項目		評価条件
圧力	特定兼用キャスク内部（初期）	$8.0 \times 10^4 \text{Pa}$
	蓋間空間（初期）	$4.1 \times 10^5 \text{Pa}$
	大気圧	$9.7 \times 10^4 \text{Pa}$ <sup>(注 1)</sup>
空間容積	特定兼用キャスク内部 <sup>(注 2)</sup>	
	蓋間空間	
温度	特定兼用キャスク内部 <sup>(注 3)</sup>	203℃
	漏えい気体 <sup>(注 4)</sup>	-20℃
内部気体		ヘリウム
設計貯蔵期間		60 年

- (注 1) 収納された使用済燃料の破損率（0.1%）による圧力上昇を別途考慮する。
- (注 2) 特定兼用キャスク内部の全空間容積から燃料集合体及びバスケットの容積を除いた空間容積を示す。
- (注 3) 保守的に燃料被覆管最高温度と同じ値に設定した値を示す。
- (注 4) 特定兼用キャスク周囲最低温度を示す。

第 1-11 表 地震、津波及び竜巻の評価条件

事象	評価条件
地震	水平加速度 2300Gal (注 1) 鉛直加速度 1600Gal (注 1)
津波	浸水深 10m (注 1) 流速 20m/s (注 1) 漂流物質量 100t (注 2)
竜巻	最大風速 100m/s (注 1) 設計飛来物 第 1-15 表のとおり

(注 1) 兼用キャスク告示に定められる評価条件

(注 2) 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 別記 4 第 5 条の 2 の一に定められる評価条件

第 1-12 表 地震時の応力評価結果

項目		評価結果	設計基準値
トラニオン		302MPa	591MPa
トラニオン接続部		36MPa	175MPa
閉じ込め	一次蓋密封シール部	23MPa	231MPa
	一次蓋ボルト	260MPa	913MPa
臨界防止	バスケット	2MPa	87MPa
遮蔽・除熱	外筒	58MPa	340MPa
除熱	伝熱フィン	1 MPa	86MPa



第 1-13 表 津波荷重及び竜巻荷重と設計荷重の比較

項目	作用荷重 (kN)	設計荷重 (kN)
津波荷重 (津波漂流物の衝突 (波力を含む))	$5.75 \times 10^3$	$2.37 \times 10^4$
竜巻荷重 (設計飛来物の衝突 (竜巻による荷重を含む))	$8.55 \times 10^3$	

第 1-14 表 設計荷重作用時の応力評価結果

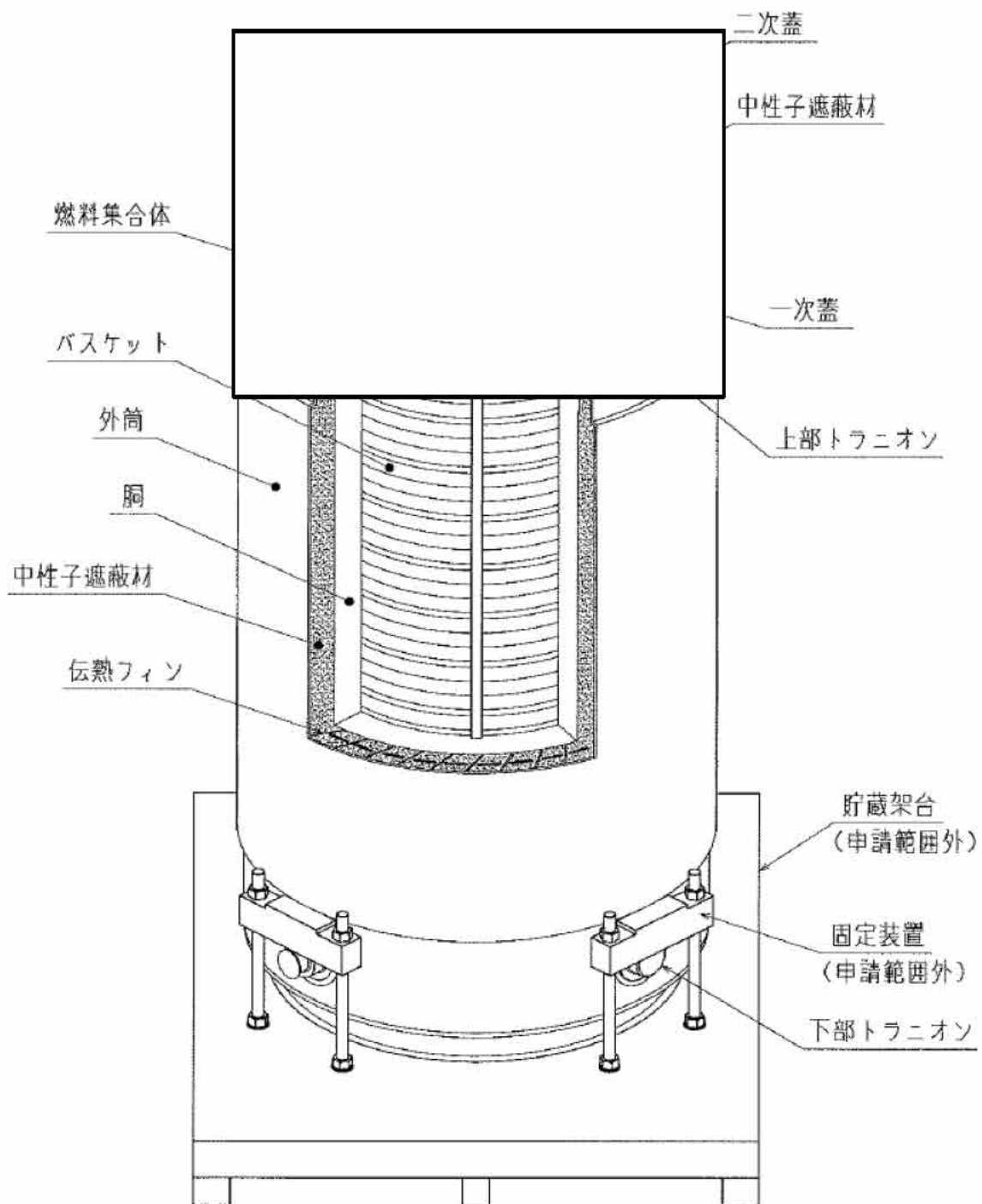
項目		評価結果	設計基準値
閉じ込め	一次蓋密封シール部	75MPa	230MPa
	一次蓋ボルト	405MPa	913MPa
臨界防止	バスケット	8MPa	57MPa
遮蔽・除熱	外筒	36MPa	187MPa

(注記 1) 漂流物の衝突位置では局所的に外筒が塑性変形することに伴い、伝熱フィンも局所的に塑性変形が生じる可能性があるが、伝熱フィンは外筒よりも大きな延性を有するため、伝熱フィンが破断することはない。

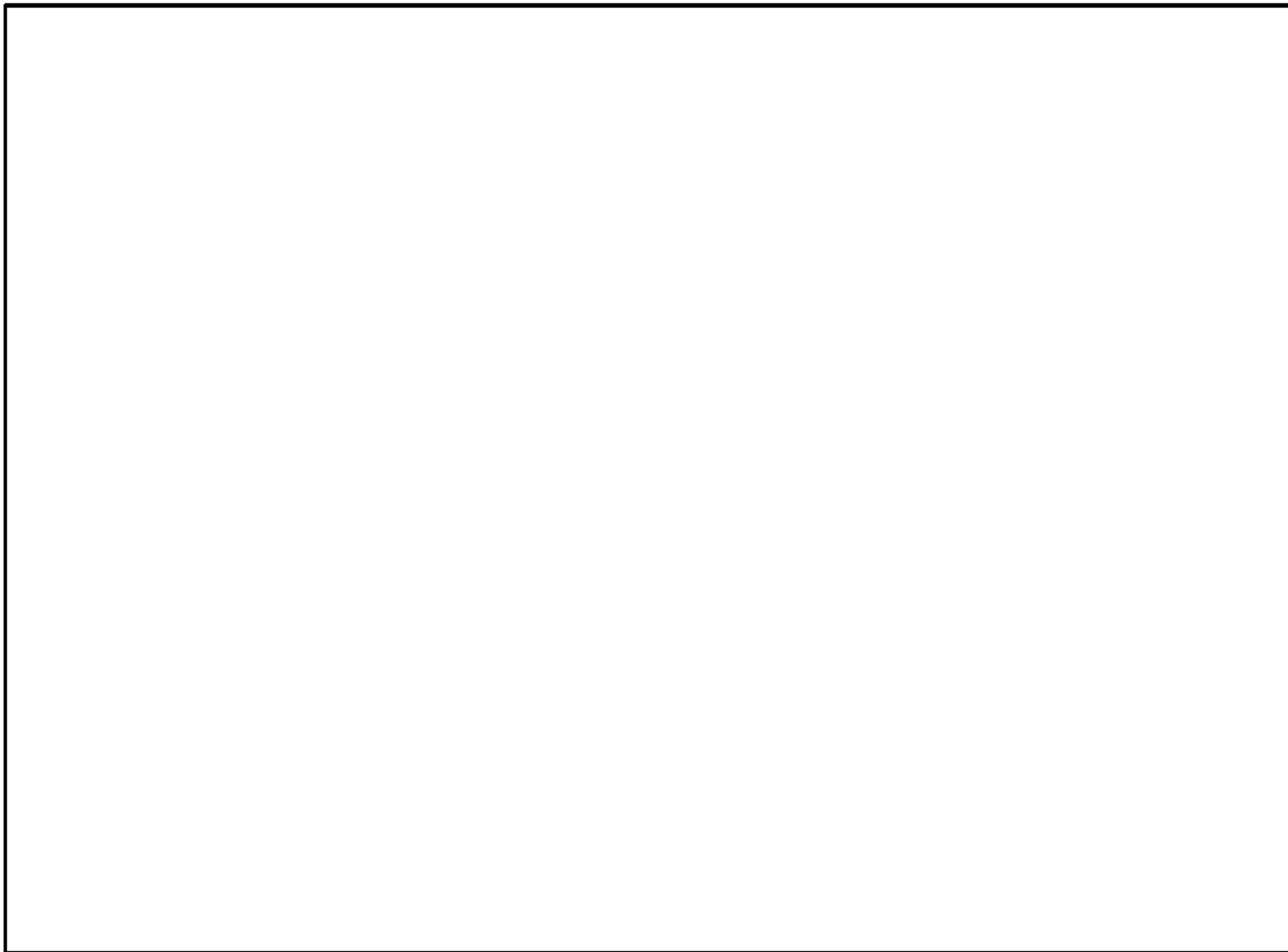
第 1-15 表 設計飛来物条件 (注 1)

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 4.2×0.3×0.2	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	51	30	60	34
最大鉛直速度 (m/s)	33	34	20	40	23


(注 1) 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド 解説表 4.1

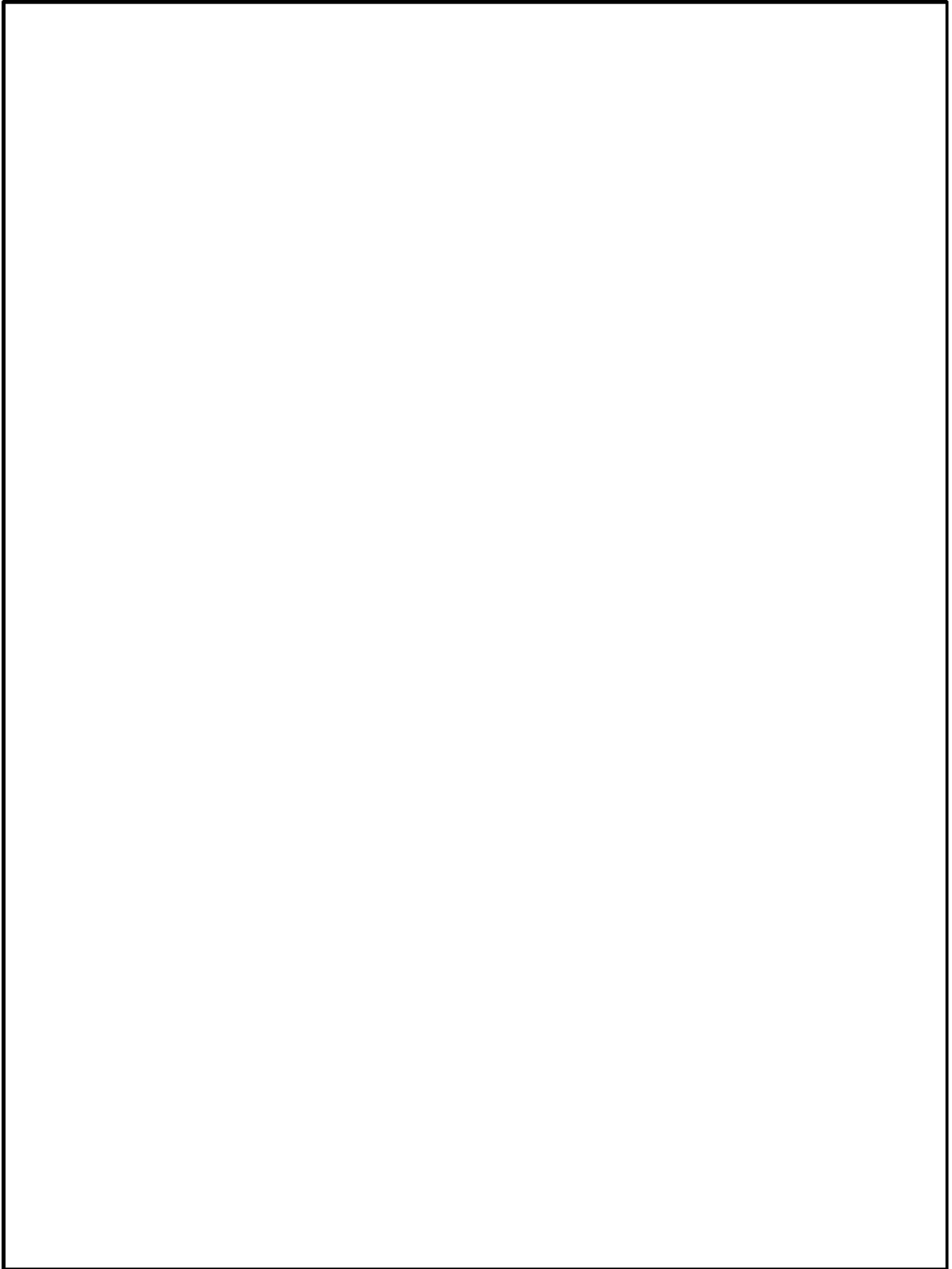


第 1-1 図 Hitz-P24 型構造図



第 1-2 図 (1/3) バスケット (1/3)

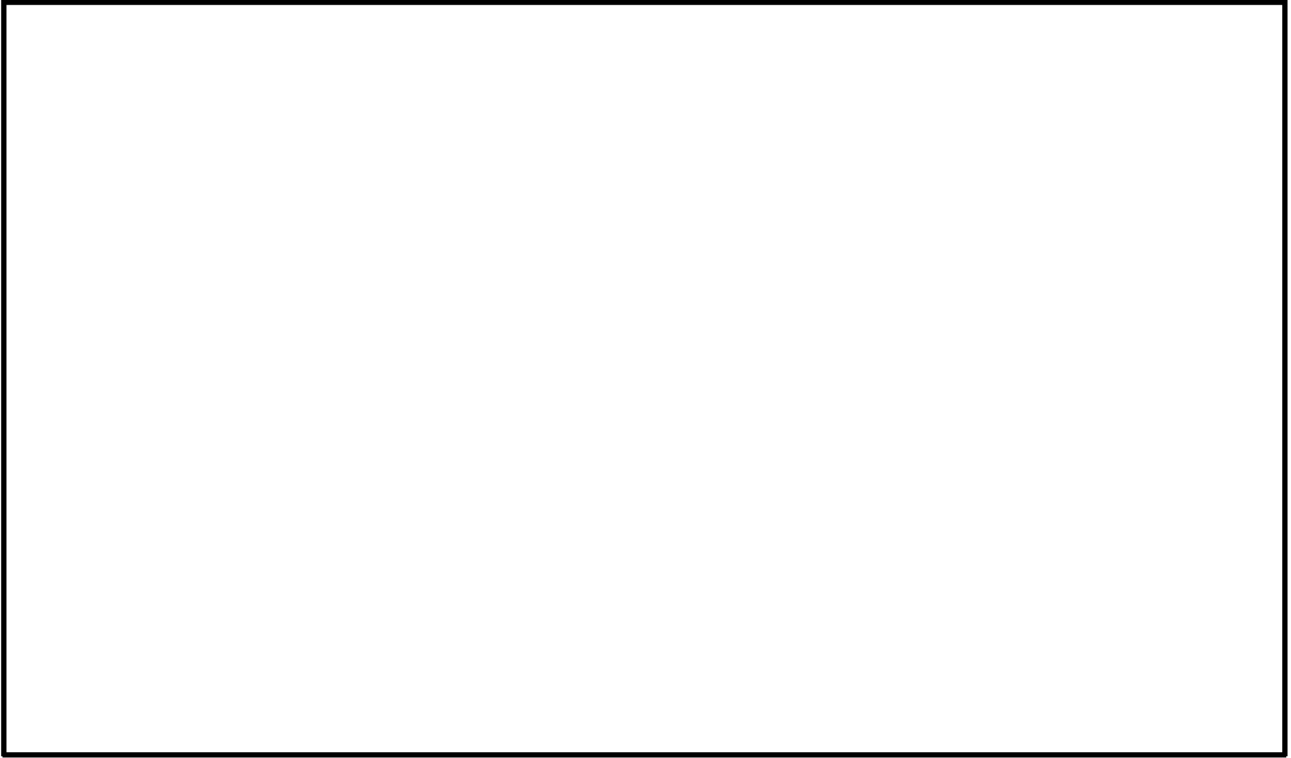
 内は商業機密のため、非公開とします。



第 1-2 図 (2/3) バスケット (2/3)

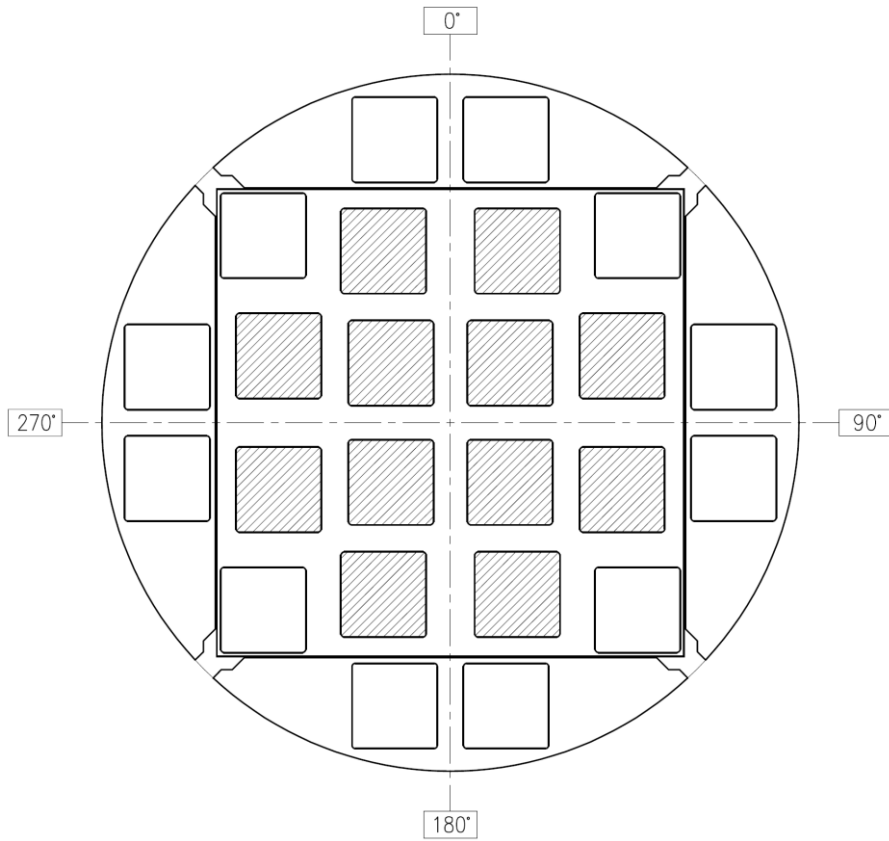
1-82

内は商業機密のため、非公開とします。



第 1-2 図 (3/3) バスケット (3/3)



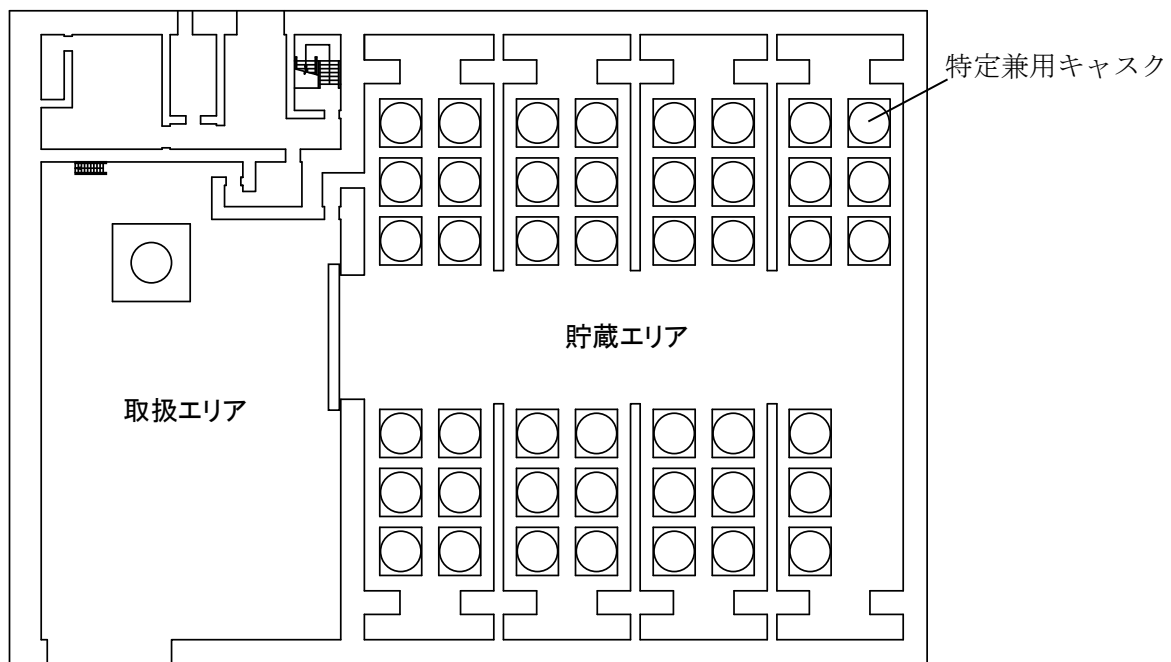


 : 燃焼度が 48,000MWd/t 以下の使用済燃料集合体の収納範囲



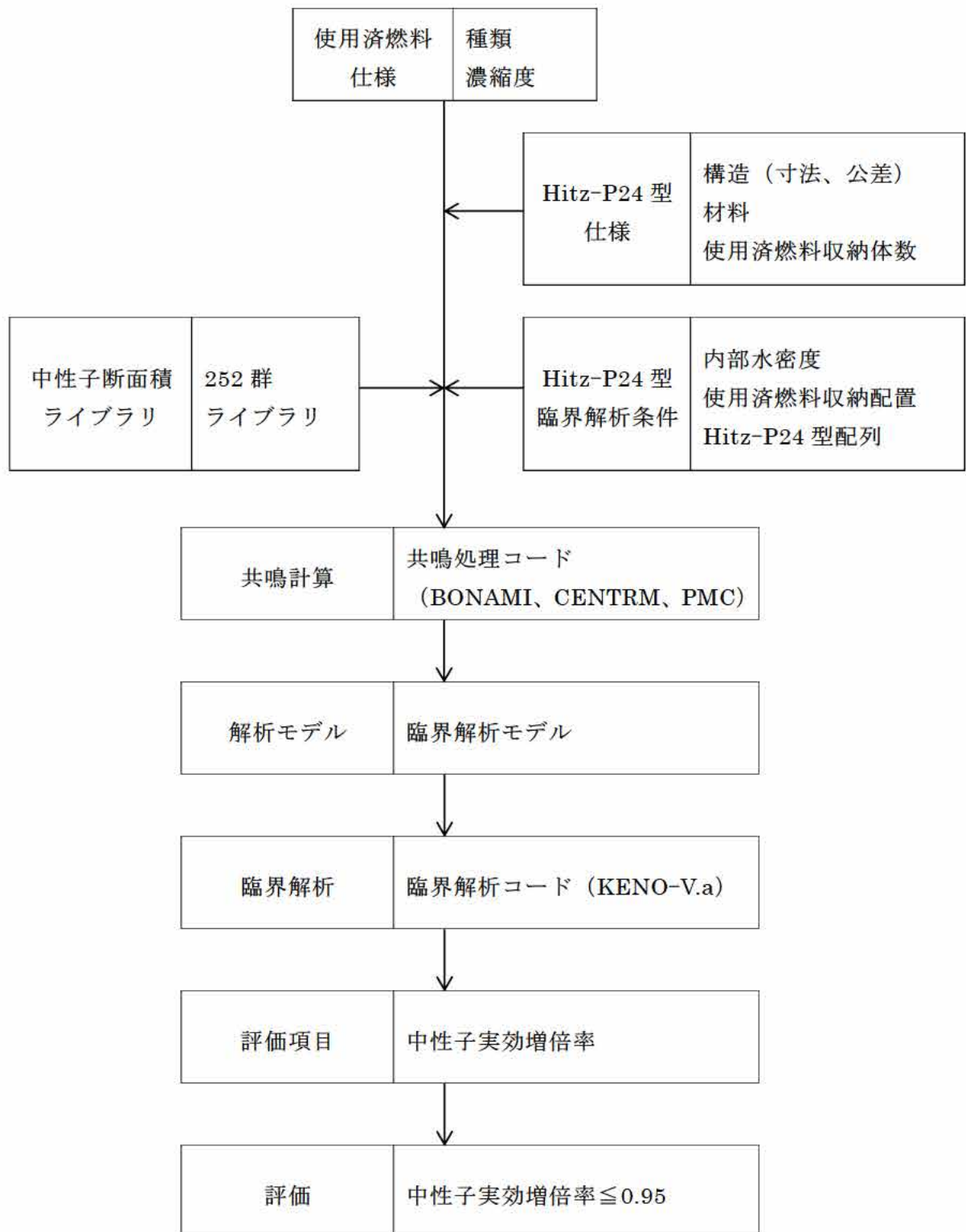
 : 燃焼度が 44,000MWd/t 以下の使用済燃料集合体の収納範囲

第 1-3 図 使用済燃料集合体の収納位置条件

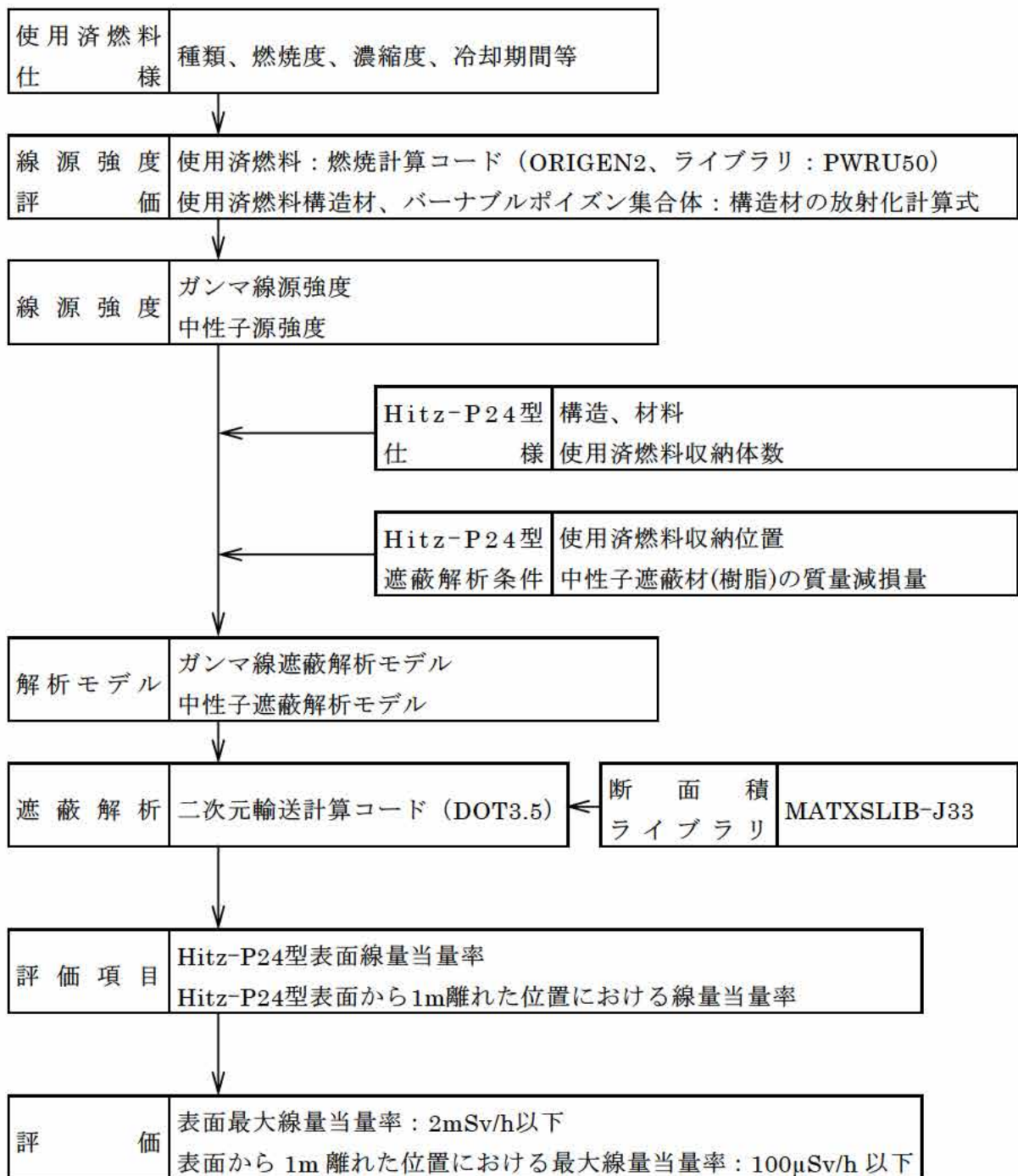


第 1-4 図 貯蔵施設概要図 (例)

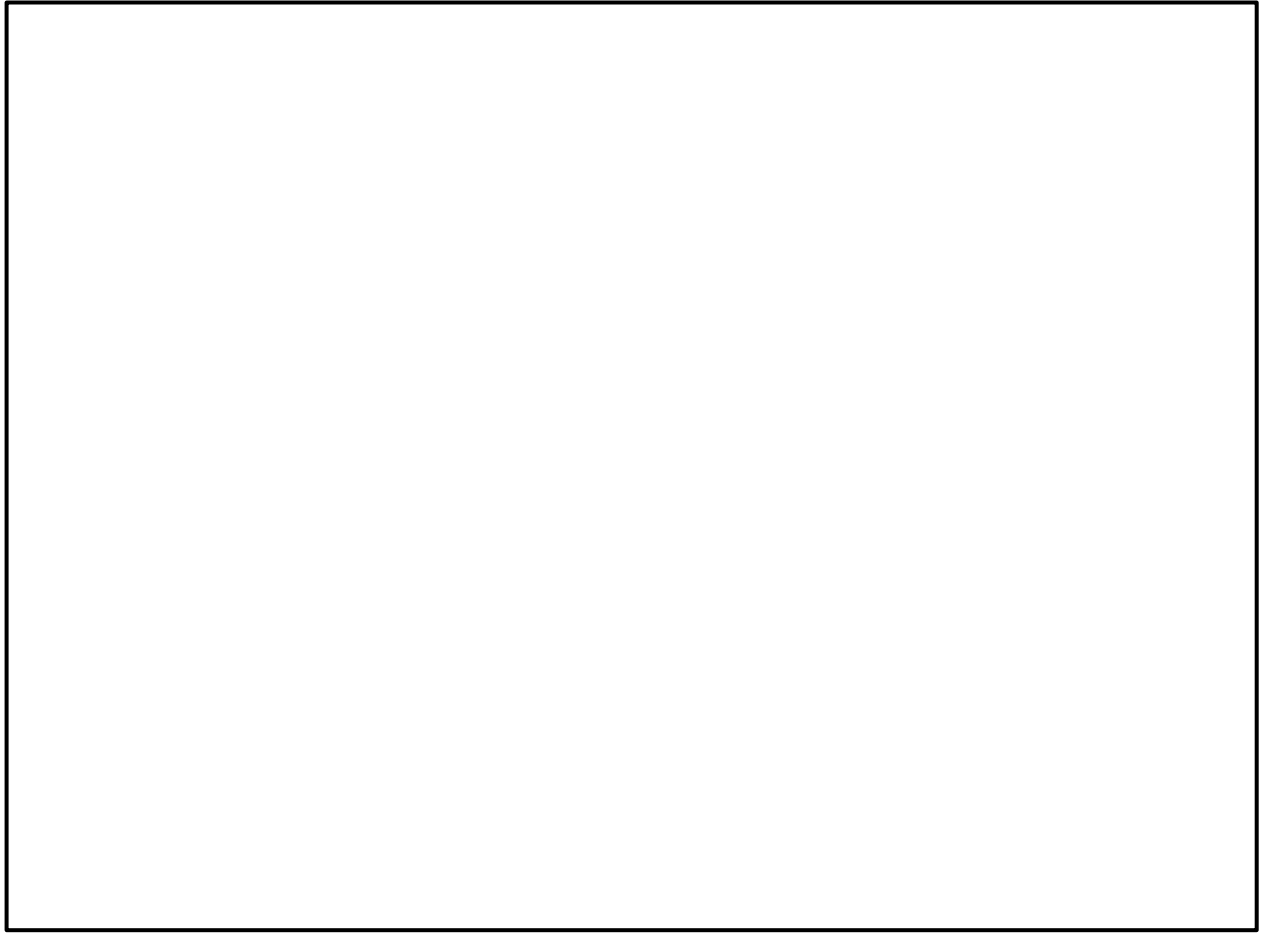




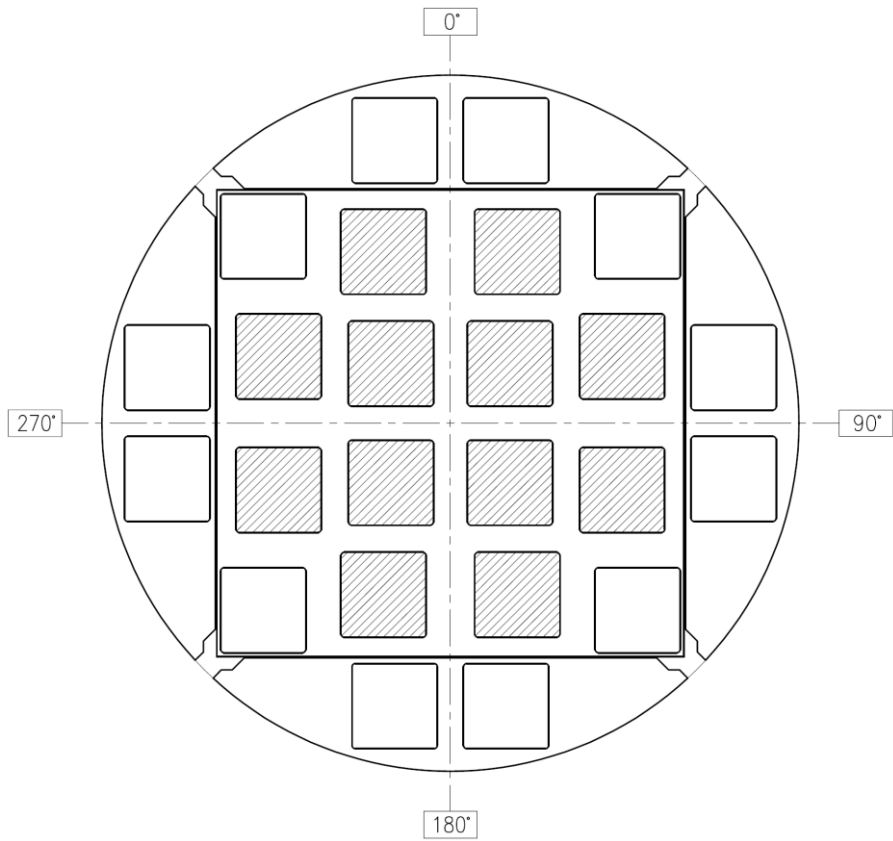
第 1-5 図 臨界解析フロー図




第 1-6 図 遮蔽解析フロー図




第 1-7 図 線源強度計算に使用したピーキングファクター

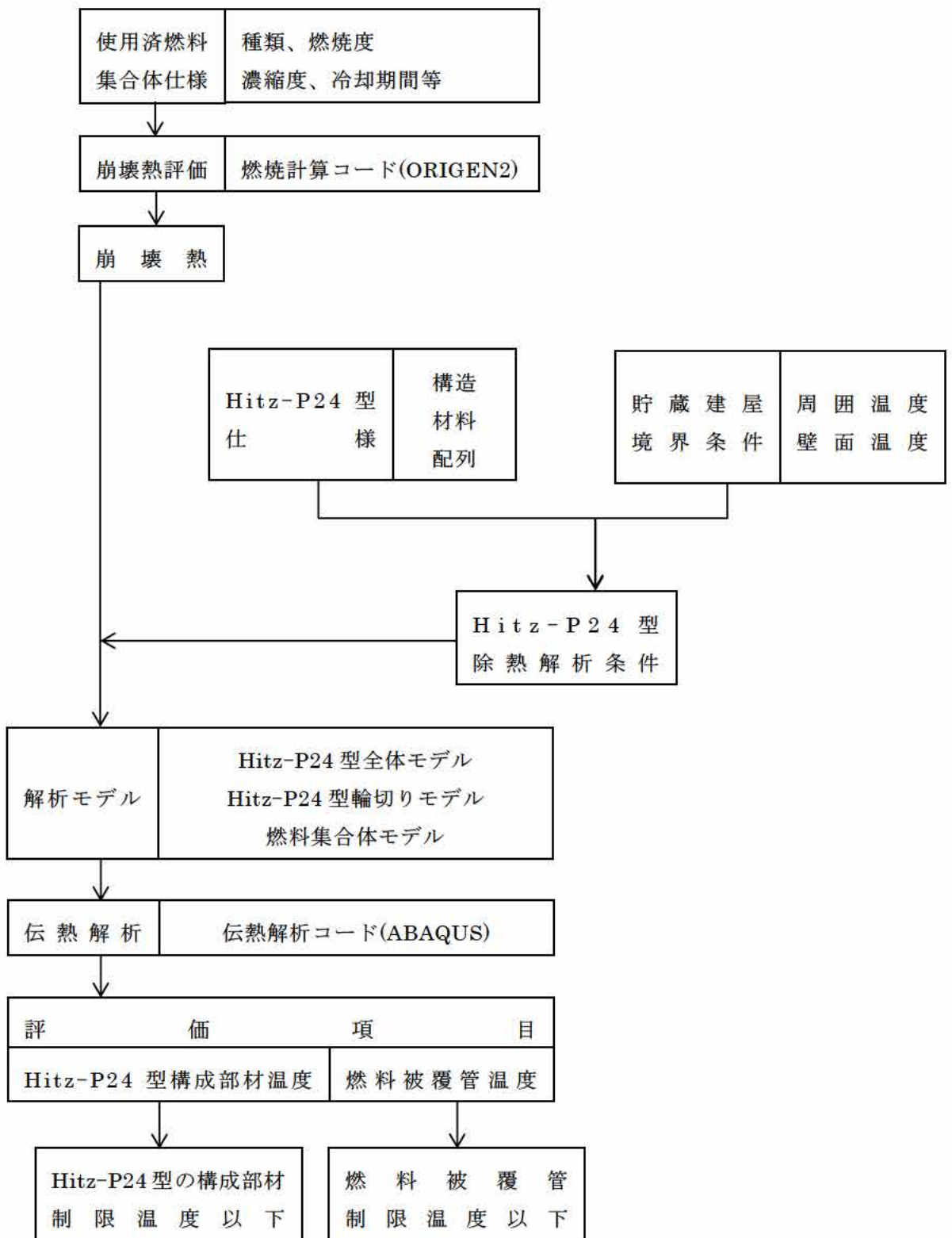


 : 燃焼度が 48,000MWd/t の使用済燃料集合体の収納範囲

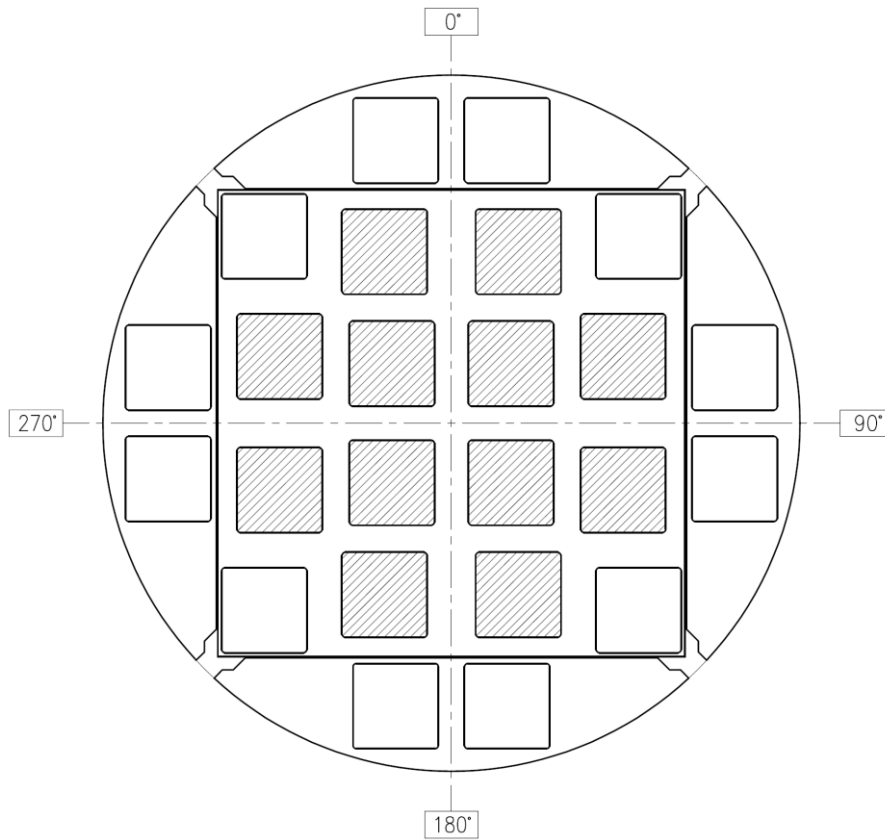




 : 燃焼度が 44,000MWd/t の使用済燃料集合体の収納範囲

第 1-8 図 遮蔽解析における使用済燃料集合体の収納位置条件

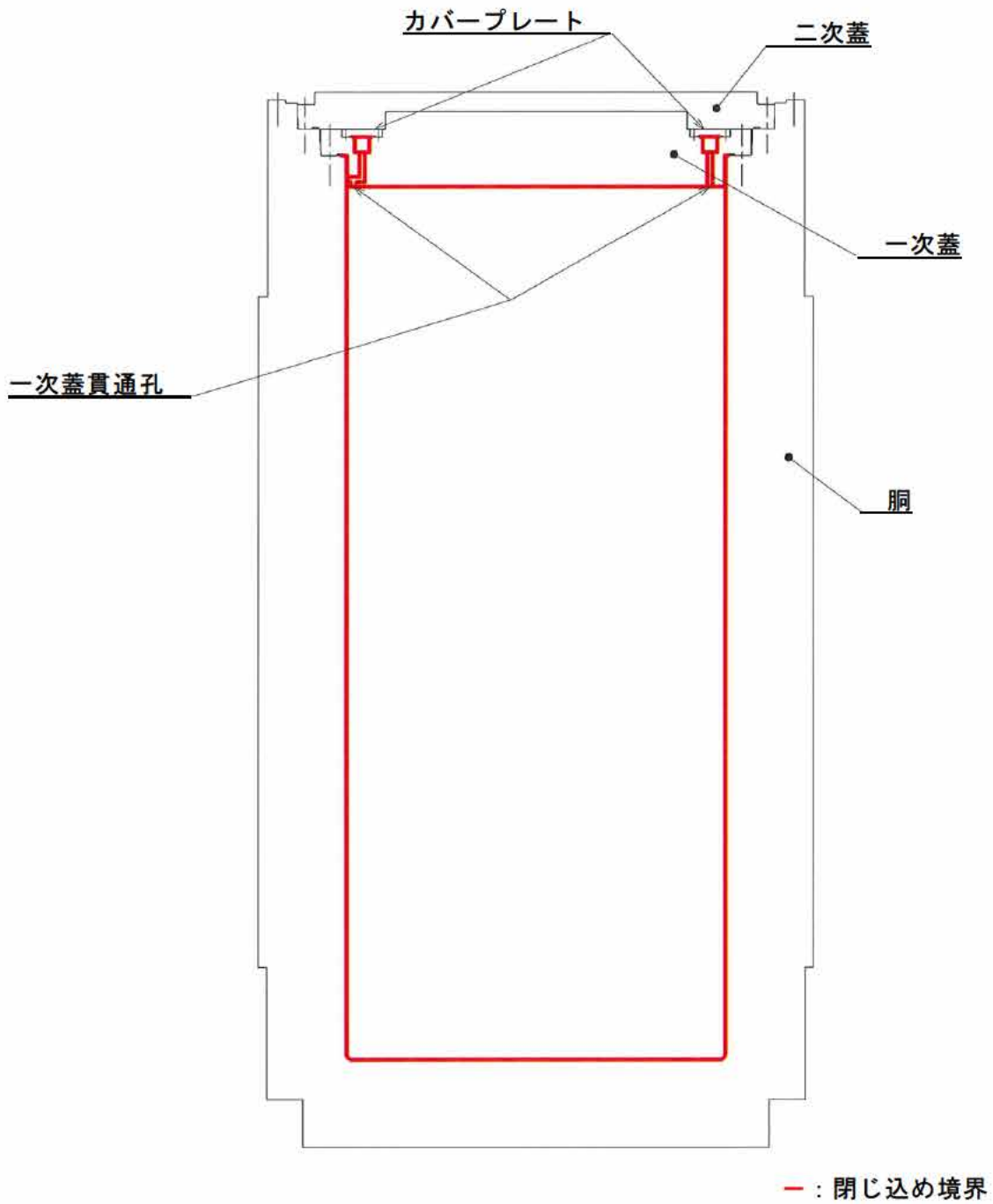


第 1-9 図 除熱解析フロー図

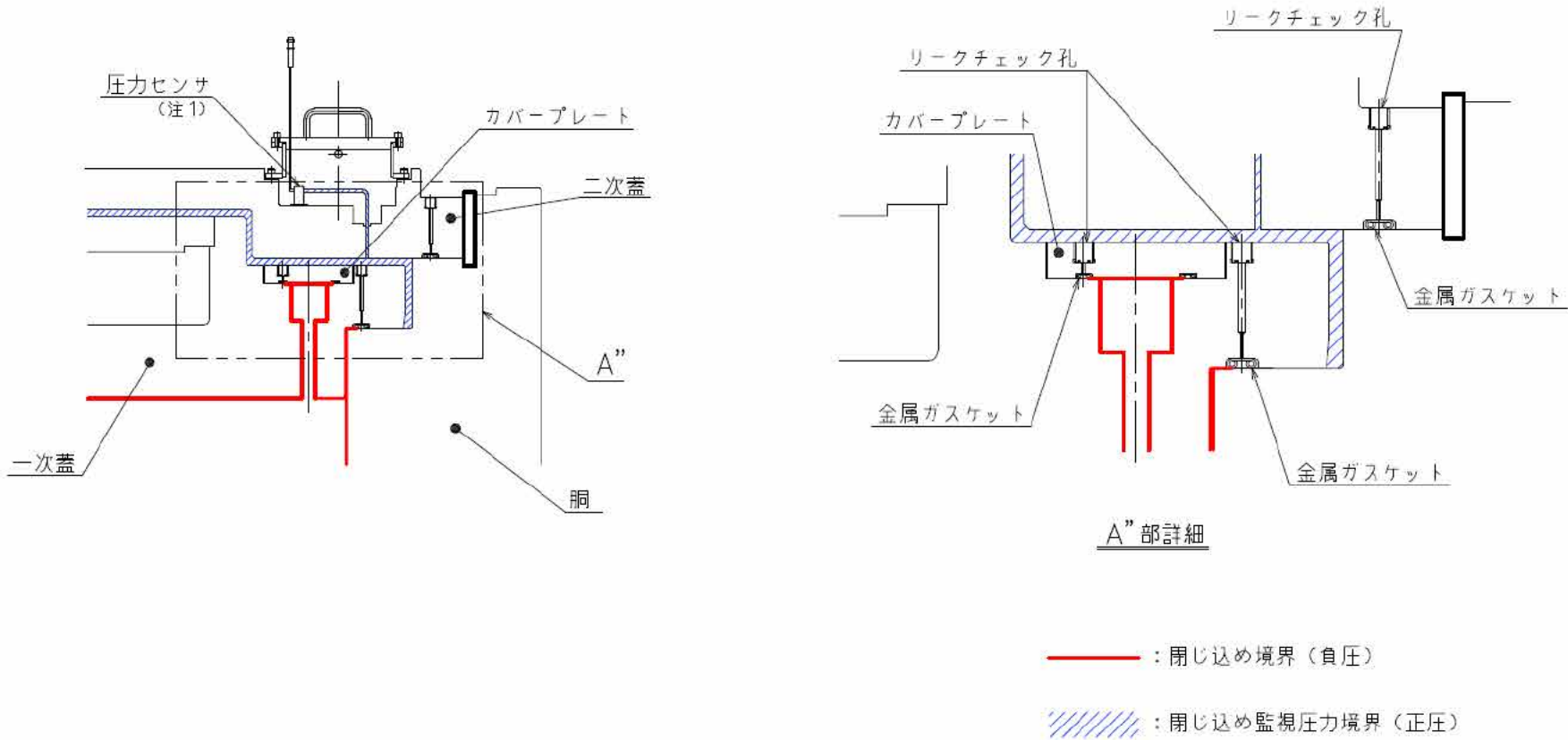


-  : 燃焼度 48,000MWd/t に相当する崩壊熱量  
 (中央に収納される燃料集合体 (12 体))
-  : 特定兼用キャスク 1 基当たりの崩壊熱量が、燃焼度 44,000MWd/t に相当する崩壊熱量 (24 体分) と等しくなるように調整した崩壊熱量  
 (外周に収納される燃料集合体 (12 体))

第 1-10 図 除熱解析における使用済燃料の収納位置と崩壊熱量設定条件



第 1-11 図 Hitz-P24 型の閉じ込め構造

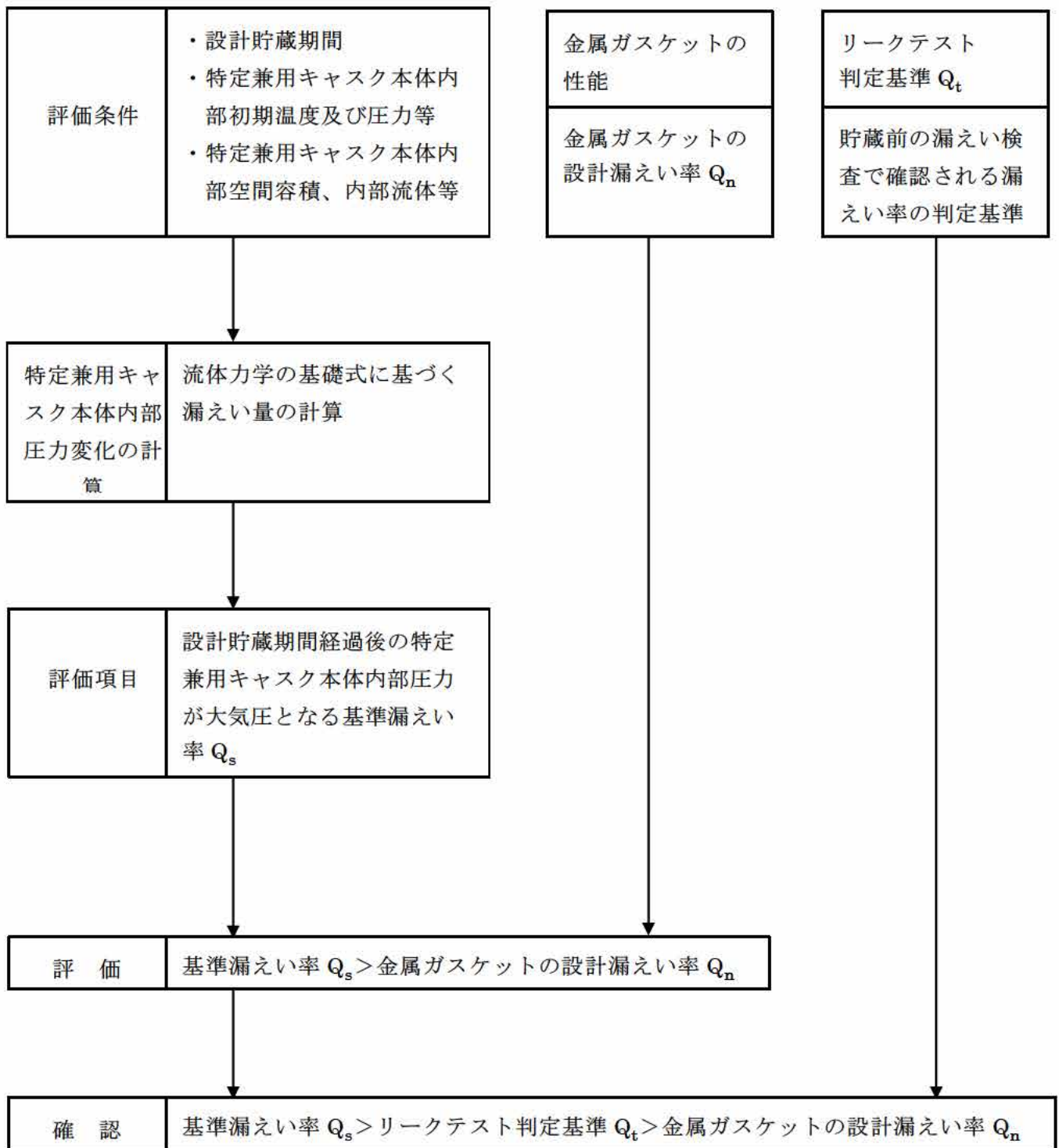


(注1) 圧力センサの取付位置は限定しない。

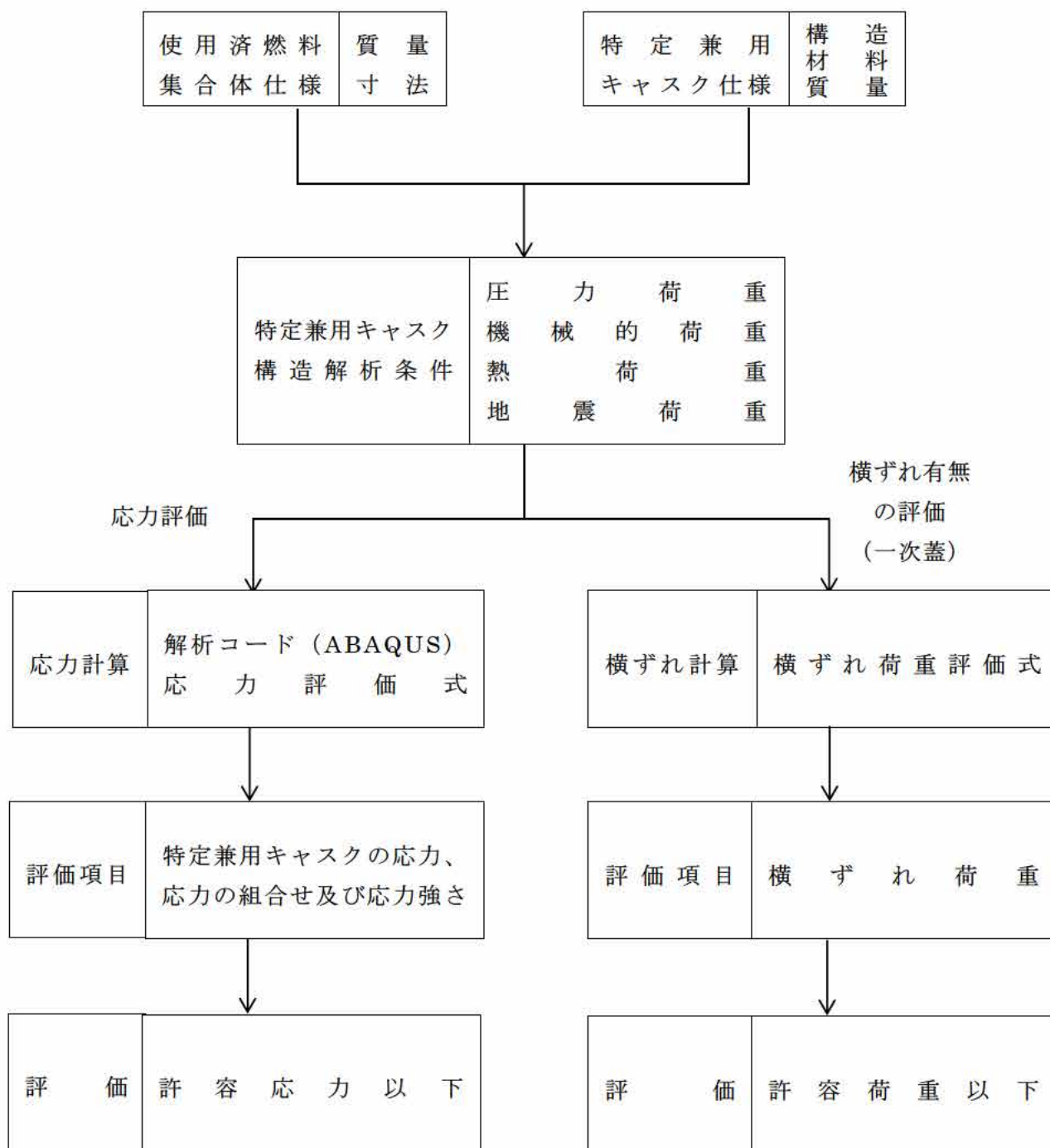
第 1-12 図 Hitz-P24 型のシール部詳細

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

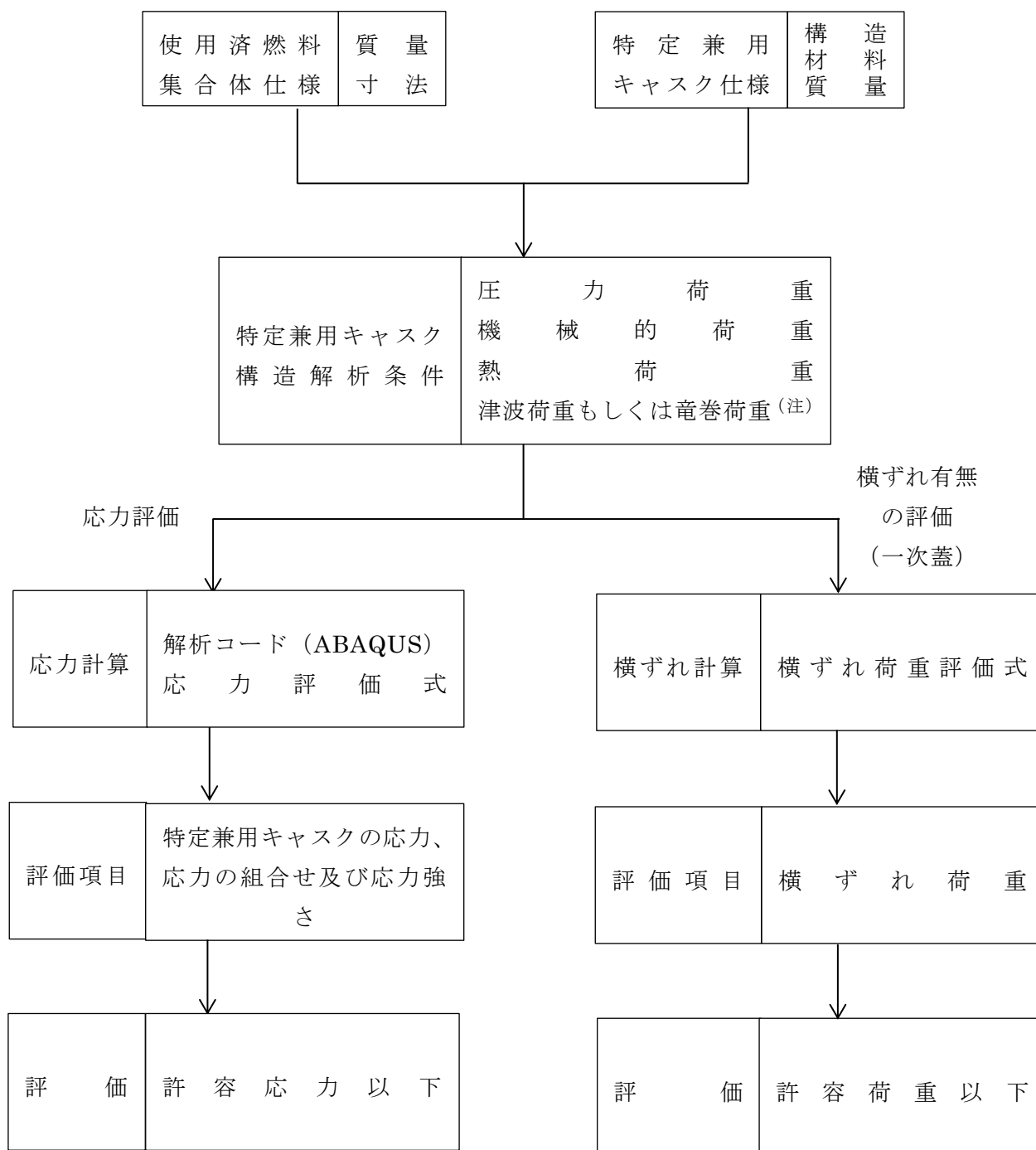




第 1-13 図 閉じ込め評価フロー図

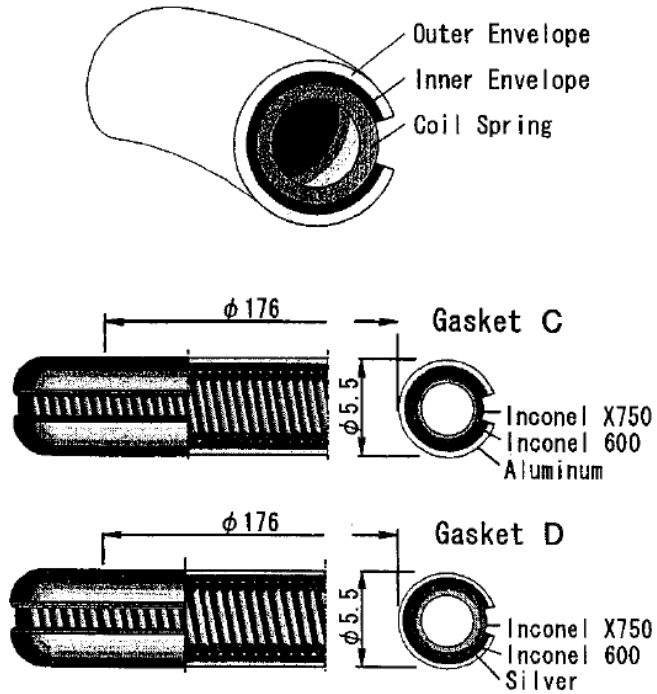


第 1-14 図 地震時の Hitz-P24 型の機能維持評価フロー

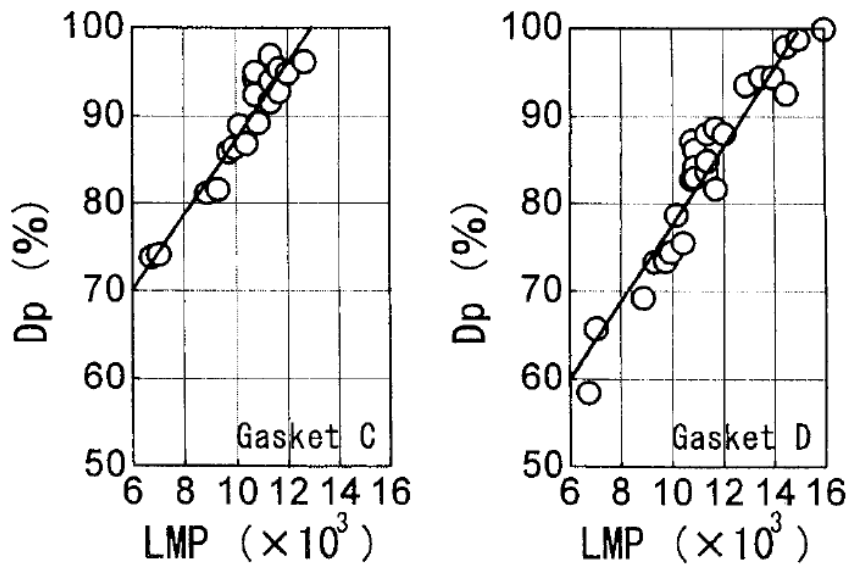


(注) 閉じ込め機能を担う密封境界部（一次蓋密封シール部及び一次蓋ボルト）、臨界防止機能を担うバスケット、及び、一次蓋の横ずれ有無の評価においては、津波荷重もしくは竜巻荷重を包絡する設計荷重を作用させる。

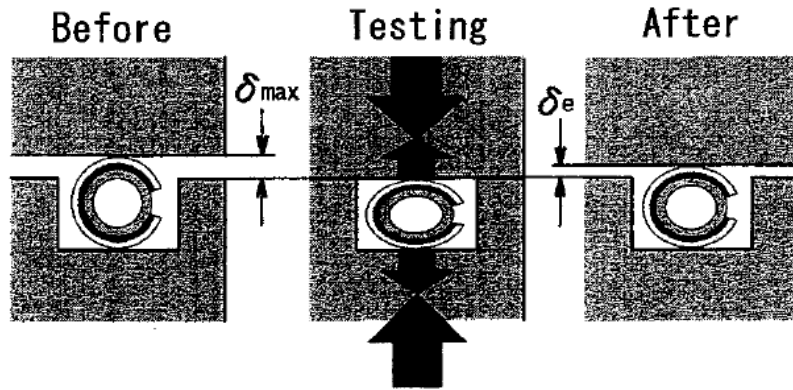
第 1-15 図 津波荷重及び竜巻荷重作用時の Hitz-P24 型の機能維持評価フロー



第 1-16 図 供試ガスケットの形状・寸法 (16)

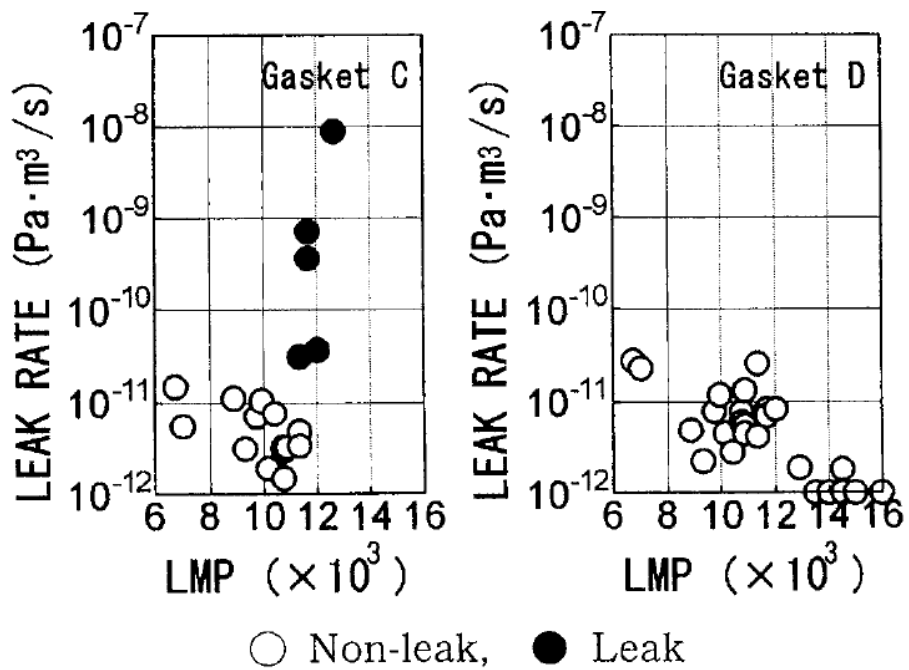


第 1-17 図 塑性変形率  $D_p$  と LMP の関係 (16)



$$D_p (\%) = \frac{\delta_{\max} - \delta_e}{\delta_{\max}} \times 100$$

第 1-18 図 塑性変形率の定義 (16)



第 1-19 図 漏えい率と LMP の関係 (定数 C=20) (16)

## 5. 参考文献

- (1) (独) 原子力安全基盤機構、「平成 18 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(貯蔵燃料長期健全性等確証試験に関する試験最終成果報告書)」、(2007)
- (2) (社) 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(2007年版)(JSME S FA1-2007)」、(2007)
- (3) (社) 日本機械学会、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む))<第 I 編 軽水炉規格>(JSME S NC1-2005/2007)」、(2007)
- (4) BISCO PRODUCTS, Inc., “NS-4-FR Fire Resistant Neutron and/or Gamma Shielding Material”, (1986)
- (5) (財) 電力中央研究所、「平成 21 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(中間貯蔵設備等長期健全性等試験) 報告書」、(2010)
- (6) (社) 日本原子力学会、「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準: 2010 (AESJ-SC-F002: 2010)」、(2010)
- (7) K. Farrell, et al., “An evaluation of low temperature radiation embrittlement mechanisms in ferritic alloys”, *Journal of Nuclear Materials*, Vol.210, (1994)
- (8) 土肥謙次ら、「304 ステンレス鋼の SCC 特性に及ぼす中性子照射効果(その 2) - 熱鋭敏化材の SCC 感受性に及ぼす照射影響 -」、(財) 電力中央研究所、(1997)
- (9) (独) 原子力安全基盤機構、「平成 15 年度 金属キャスク貯蔵技術確証試験報告書 最終報告」、(2004)
- (10) S. J. Zinkle, G. L. Kulcinski, “Low-Load Microhardness Changes in 14-MeV Neutron Irradiated Copper Alloys”, *The use of small scale specimens for testing irradiated material*, ASTM STP 888, (1986)
- (11) ステンレス協会、「ステンレス鋼便覧(第 3 版)」、日刊工業新聞社、(1995)
- (12) (社) 日本金属学会、「金属便覧(改訂 6 版)」、丸善(株)、(2000)
- (13) (財) 原子力発電技術機構、「平成 14 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書」、(2003)
- (14) T. S. Byun, K. Farrell, “Tensile properties of Inconel 718 after low temperature neutron irradiation”, *Journal of Nuclear Materials*, Vol.318, (2003)
- (15) H. Yoshida, et al., “Reactor irradiation effects on Al 1100”, *Proc. Jpn. Congr. Mater. Res.*, Vol.24, (1981)
- (16) 加藤治、伊藤千浩、三枝利有、「使用済燃料貯蔵キャスクの長期密封性能評価手法の開発」、*日本原子力学会誌*, Vol.38, No.6, (1996)
- (17) (一財) 電力中央研究所、「使用済核燃料貯蔵の基礎」、ERC 出版、(2014)

- (18) 小崎明朗、「使用済燃料貯蔵中の耐久性に関する海外動向他」、(株)日本原子力情報センター主催セミナー「使用済燃料貯蔵技術の現状と課題」、(1998)
- (19) K. Farrell, “Microstructure and Tensile Properties of Heavily Irradiated 5052-O Aluminum Alloy”, *Journal of Nuclear Materials*, Vol.97, (1981)
- (20) J. A. Dunlap, et al., “Effect of Irradiation in a Spallation Neutron Environment on Tensile Properties and Microstructure of Aluminum Alloys 5052 and 6061”, *Effects of Radiation on Materials: 17th Int. Sympo.*, ASTM STP 1270, (1996)
- (21) 吉村壽次、「化学辞典 (第2版)」、森北出版(株)、(2009)

別添 1-1

バスケット用材料 アルミニウム合金（HZ-A3004-H112）に関する説明書



## 目 次

1. 概要 .....	別添 1-1-1
2. 適用範囲 .....	別添 1-1-2
3. 材料規定 .....	別添 1-1-3
3.1 材料名称 .....	別添 1-1-3
3.2 化学成分 .....	別添 1-1-3
3.3 設計応力強さ .....	別添 1-1-3
3.4 許容引張応力 .....	別添 1-1-3
3.5 設計降伏点 .....	別添 1-1-3
3.6 設計引張強さ .....	別添 1-1-3
3.7 縦弾性係数 .....	別添 1-1-3
3.8 線膨張係数 .....	別添 1-1-3
4. 製造管理規定 .....	別添 1-1-7

## 1. 概要

本書は、Hitz-P24 型のバスケットに適用するアルミニウム合金 (HZ-A3004-H112) に関する材料規定および製造管理規定について説明するものである。

## 2. 適用範囲

本材料およびこれを使用するバスケットの適用範囲について以下に規定する。

- (1) バスケットの最高使用温度は 250℃以下とする。
- (2) バスケットの輸送中および貯蔵中の使用環境は不活性ガス雰囲気とする。
- (3) バスケットの設計貯蔵期間は 60 年以下とする。
- (4) 設計貯蔵期間内であってもバスケットは再使用しない。
- (5) バスケットは耐圧構造としない。
- (6) バスケットは溶接部がない構造とする。
- (7) 本材料はボルト材として使用しない。

### 3. 材料規定

本材料規定は、設計貯蔵期間における熱による経年変化を考慮した設計評価に適用するものである。

#### 3.1 材料名称

規定名称は表 3.1 に示す。

#### 3.2 化学成分

化学成分は表 3.2 による。

#### 3.3 設計応力強さ

設計応力強さは表 3.3 の規定による。

#### 3.4 許容引張応力

許容引張応力は表 3.4 の規定による。

#### 3.5 設計降伏点

設計降伏点は表 3.5 の規定による。

#### 3.6 設計引張強さ

設計引張強さは表 3.6 の規定による。

#### 3.7 縦弾性係数

縦弾性係数は表 3.7 の規定による。

#### 3.8 線膨張係数

線膨張係数は表 3.8 の規定による。

表 3.1 材料名称の規定

材料の名称	記号	質別
バスケット用材料 アルミニウム合金 (HZ-A3004-H112)	HZ-A3004	H112

表 3.2 化学成分の規定

材料名称	化学成分 (質量%)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	その他		Al
							個々	合計	
HZ-A3004	0.15 以下	0.7 以下	0.05 以下	1.1 ~1.5	1.0 ~1.3	0.05 以下	0.05 以下	0.15 以下	残部

表 3.3 材料の各温度における設計応力強さ  $S_m$  (注1) (注2)

(単位 : MPa)

材料 名称	温度 (°C)											
	-40 ~40	50	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275
HZ-A3004	52	52	52	52	52	52	47	42	36	31	27	23

(注1) 各温度の間における値は、比例法によって算出する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

表 3.4 材料の各温度における許容引張応力  $S$  (注1) (注2)

(単位 : MPa)

材料 名称	温度 (°C)											
	-40 ~40	50	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275
HZ-A3004	47	46	46	46	45	38	28	20	15	11	8	6

(注1) 各温度の間における値は、比例法によって算出する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

表 3.5 材料の各温度における設計降伏点  $S_y$  (注1) (注2)

(単位 : MPa)

材料 名称	温度 (°C)											
	-40 ~40	50	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275
HZ-A3004	78	78	78	78	78	78	78	78	74	67	59	49

(注1) 各温度の間における値は、比例法によって算出する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

表 3.6 材料の各温度における設計引張強さ  $S_u$  (注1) (注2)

(単位 : MPa)

材料 名称	温度 (°C)											
	-40 ~40	50	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275
HZ-A3004	166	162	162	162	159	151	138	122	106	92	79	69

(注1) 各温度の間における値は、比例法によって算出する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

表 3.7 材料の各温度における縦弾性係数 (注1)

(単位 :  $\times 10^3$ MPa)

材料 名称	温度 (°C)											
	20	50	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275
HZ-A3004	73.4	72.9	72.7	72.5	72.0	71.4	70.7	69.9	69.1	68.1	67.1	65.9

(注1) 各温度の間における値は、比例法によって算出する。

表 3.8 材料の各温度における線膨張係数 (注1)

(単位 :  $\times 10^{-6}$ mm/mm°C)

材料 名称	区分 (注2)	温度 (°C)											
		20	50	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275
HZ -A3004	A	22.9	23.6	23.9	24.1	24.6	24.9	25.3	25.8	26.2	26.6	27.0	27.4
	B	22.9	23.4	23.5	23.6	23.8	24.0	24.2	24.5	24.7	24.9	25.1	25.3

(注1) 各温度の間における値は、比例法によって算出する。

(注2) 区分 A は瞬時線膨張係数、区分 B は常温から各温度までの平均線膨張係数を示す。

#### 4. 製造管理規定

本規定は、材料の製造管理に関する規定である。

##### 4.1 化学成分

化学成分は、表 3.2 による。

分析方法は JIS H1305:2005「アルミニウム及びアルミニウム合金の発光分光分析法」による。

分析試料は溶湯試料とする。

##### 4.2 製造フロー

製造は、図 4.1 に示す製造フローによる。

##### 4.3 質別

質別は、JIS H0001:1998 における H112 とする。

##### 4.4 機械的性質

機械的性質は、表 4.1 による。

##### 4.5 寸法ならびに許容差

寸法は、表 4.2～表 4.4 による。

##### 4.6 品質管理

図 4.1 の製造フローの各段階において、表 4.5 に示す品質管理を行う。



表 4.1 機械的性質

引張強さ MPa	耐力 MPa	伸び %
180 以上	84 以上	15 以上

表 4.2 材料の幅寸法ならびにその許容差

幅 mm	
1300 以上～1500 以下 -0/+8	1500 を超え～1800 以下 -0/+10

表 4.3 材料の長さ寸法ならびにその許容差

長さ mm	
1300 以上～1500 以下 -0/+8	1500 を超え～1800 以下 -0/+10

表 4.4 材料の厚さ寸法ならびにその許容差

厚さ mm				
40 を超え～ 50 以下 ±1.3	50 を超え～ 55 以下 ±1.5	55 を超え～ 70 以下 ±1.9	70 を超え～ 75 以下 ±2.3	75 を超え～ 100 以下 ±2.8

表 4.5 品質管理表 (注1)

製造工程 (注2)	管理項目		材料保証 (規定)	製造管理 (参考)
①合金の溶解	材料特性 (初期材)	化学成分(溶湯)	○	—
⑤検査		機械的性質	○	—
		寸法	○	—
		外観	○	—
③熱間圧延	製造条件	質別	○	—

(注1) 設計貯蔵期間における設計用強度の特性保証に係る品質管理一覧である。

(注2) 製造工程は図 4.1 の製造フローに対応する。

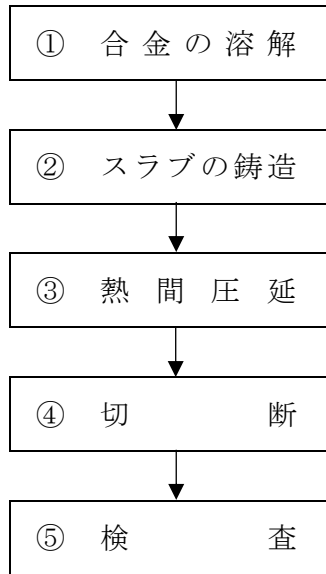


図 4.1 製造フロー

別添 2

添付書類二 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する  
説明書

## 目 次

1. 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響	2-1
1.1 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認	2-1
1.2 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の 確認結果	2-12

## 1. 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響

### 1.1 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認

Hitz-P24 型は、地盤の十分な支持を想定し、縦置きで貯蔵架台に固定された特定兼用キャスクを基礎等に固定する設計とする。Hitz-P24 型を発電用原子炉施設において使用した場合に発電用原子炉施設の安全性を損なうような影響を及ぼさない設計とする。

以下、Hitz-P24 型を発電用原子炉施設において使用した場合に発電用原子炉施設の安全性を損なうような影響を及ぼさないことを、「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」の各条に沿って確認する。

なお、添付書類一の 3. 「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」に対する適合性において型式証明申請書の範囲外とした条文は、確認対象から除くものとする。

(地震による損傷の防止)

- 第四条 設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。
- 1 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。
- 2 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）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。
- 3 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊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。
- 4 炉心内の燃料被覆材は、基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの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。
- 5 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
- 6 兼用キャスクは、地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊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。

#### 特定兼用キャスクを使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認

1 から 5 について

Hitz-P24 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。

6 について

Hitz-P24 型は、地盤の十分な支持を想定し、縦置きで貯蔵架台に固定された特定兼用キャスクを基礎等に固定する設計とする。また、Hitz-P24 型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第一号に規定する地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの貯蔵架台に固定する支持部（下部トラニオン）は、破断延性限界に十分な余裕を有することで、特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクの安全機能に影響を及ぼさない設計とする。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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

限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

#### 7 について

Hitz-P24 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。

(津波による損傷の防止)

第五条 設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）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。

2 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

特定兼用キャスクを使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認

1 について

Hitz-P24 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。

2 について

Hitz-P24 型は、第一号に規定す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が損なわれるおそれがない設計とする。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。



(外部からの衝撃による損傷の防止)

- 第六条 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。
- 2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
  - 3 安全施設(兼用キャスクを除く。)は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。)に対して安全機能を損なわないものでなければならない。
  - 4 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もの
    - 二 想定される森林火災
  - 5 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。
  - 6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象に対して安全機能を損なわないものでなければならない。
    - 一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発
    - 二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災
  - 7 前項の規定は、兼用キャスクについて第三項の規定の例によることを妨げない。

#### 特定兼用キャスクを使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認

1 から 3 について

Hitz-P24 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。

4 について

一 Hitz-P24 型は、第一号に規定す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が損なわれない設計とする。Hitz-P24 型に衝突し得る設計飛来物は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を踏まえて、飛来物の種類、寸法、質量及びその最大速度を設定する。

Hitz-P24 型は、上記の荷重条件に対して、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密封境界部は、おおむね弾性状態に留まる設計とし、臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じない設計とする。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、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

二 Hitz-P24 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。

5 から 7 について

Hitz-P24 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。

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

- 第十六条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下この条において「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。）を設けなければならない。
- 一 燃料体等を取り扱う能力を有するものとする事。
  - 二 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。
  - 三 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする事。
  - 四 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事。
  - 五 燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できるものとする事。
- 2 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（安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。）を設けなければならない。
- 一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものである事。
    - 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事。
    - 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事。
    - ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。
  - 二 使用済燃料の貯蔵施設（キャスクを除く。）にあつては、前号に掲げるもののほか、次に掲げるものである事。
    - イ 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事。
    - ロ 貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであつて、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有するものとする事。
    - ハ 使用済燃料貯蔵槽（安全施設に属するものに限る。以下この項及び次項において同じ。）から放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであつて、使用済燃料貯蔵槽から水が漏れいした場合において水の漏れいを検知することができるものとする事。
    - ニ 燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれないものとする事。
- 3 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量を測定できる設備を設けなければならない。
- 一 使用済燃料貯蔵槽の水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、それを原子炉制御室に伝え、又は異常が生じた水位及び水温を自動的に制御し、並びに放射線量を自動的に抑制することができるものとする事。
  - 二 外部電源が利用できない場合においても温度、水位その他の発電用原子炉施設の状態を示す事項（以下「パラメータ」という。）を監視することができるものとする事

4 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。

- 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。
- 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。
- 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。

#### 特定兼用キャスクを使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認

##### 1 について

Hitz-P24 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。

##### 2 について

一 Hitz-P24 型は、以下のように設計する。

イ及びロ Hitz-P24 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。

ハ Hitz-P24 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

##### (1) 特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針

Hitz-P24 型は、次の a. から d. により、特定兼用キャスク単体として、使用済燃料を収納した条件下で、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、技術的に想定されるいかなる場合でも、核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。

- a. Hitz-P24 型は、内部に格子状のバスケットを設け、バスケットの格子の中に使用済燃料集合体を収納することにより、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持する設計とする。
- b. Hitz-P24 型は、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設計とする。
- c. Hitz-P24 型のバスケットは、設計貯蔵期間 60 年間の経年変化に対して十分な信頼性を有する材料を選定することで、必要とされる強度及び性能が設計貯蔵期間 60 年間を通じて維持され、臨界防止上有意な変形を起こさず、構造健全性が保たれる設計とする。
- d. Hitz-P24 型の臨界評価において、中性子実効増倍率が 0.95 以下となるように設計する。この際、未臨界性に有意な影響を与える因子については以下のとおりとする。

①乾燥状態及び冠水状態で臨界評価を実施する。

②バスケット格子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配置とする。

③特定兼用キャスク周囲を完全反射条件（無限配列）とする。

④バスケットの格子内のり等の寸法公差や中性子吸収材の製造公差を考慮する。

⑤燃焼度クレジット(使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下)は考慮しない。また、使用済燃料集合体には可燃性毒物としてガドリニアを添加した燃料棒が含まれる場合があるが、中性子実効増倍率の評価に当たってはガドリニアの存在を無視する。

⑥バーナブルポイズン集合体は考慮しない。

(2) 特定兼用キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止のための設計方針

Hitz-P24型は、特定兼用キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止について、中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。上記(1)特定兼用キャスク単体として臨界を防止するための設計方針において、特定兼用キャスクの境界条件を完全反射条件(無限配列)として臨界評価することから、特定兼用キャスク相互の中性子干渉による影響は考慮され、複数の特定兼用キャスクが接近する等の技術的に想定されるいかなる場合でも核燃料物質が臨界に達するおそれがない設計とする。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

二 Hitz-P24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。

3 について

Hitz-P24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。

4 について

一 Hitz-P24型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-P24型は、使用済燃料集合体から放出される放射線を特定兼用キャスクの本体胴及び蓋部により遮蔽する設計とし、ガンマ線遮蔽材には十分な厚みを有する鋼製の材料を用い、中性子遮蔽材には樹脂を用いる。設計貯蔵期間60年間における中性子遮蔽材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても、特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から1mの位置における線量当量率は、それぞれ2mSv/h以下及び100μSv/h以下となる設計とする。

Hitz-P24型の遮蔽機能に関する評価は、収納する使用済燃料集合体の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、遮蔽評価の結果が厳しくなる入力条件を設定したうえで、線源強度を求める。特定兼用キャスクの実形状を二次元でモデル化し、特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から1mの位置における線量当量率を求め、上記に示す線量当量率の基準を満足することを確認する。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

二 Hitz-P24型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクについて動力を用いないで使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料集合体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設計とする。

Hitz-P24 型は、以下のとおり使用済燃料集合体の温度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方針とする。

(1) 使用済燃料集合体の温度を制限される値以下に維持するための設計方針

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクに収納する使用済燃料集合体の燃料被覆管の温度について使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、除熱評価の結果が厳しくなる入力条件を設定したうえで求めた使用済燃料集合体の崩壊熱量及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を考慮した除熱評価を行い、当該燃料被覆管の温度については、燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の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り燃料被覆管の機械的特性が低下しない温度以下とし、使用済燃料集合体の健全性が維持される温度以下となるように特定兼用キャスクを設計する。

(2) 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ための設計方針

Hitz-P24 型は、特定兼用キャスクについて、特定兼用キャスクの安全機能を維持する観点から、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、除熱評価の結果が厳しくなる入力条件を設定したうえで求めた使用済燃料集合体の崩壊熱量及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を考慮した除熱評価を行い、特定兼用キャスクの温度を構成部材の健全性が保たれる温度以下となる設計とする。

また、Hitz-P24 型は、使用済燃料集合体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。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

三 Hitz-P24 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

(1) 使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持するための設計方針

Hitz-P24 型は、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、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 60 年間を通じて、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる設計とする。負圧に維持できる設計により当該空間が不活性雰囲気中に保たれる。

(2) 使用済燃料集合体を内封する空間を容器外部から隔離するための設計方針

Hitz-P24 型は、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して、特定兼用キャスクの蓋部を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間の空間部（以下「蓋間」という。）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。

また、Hitz-P24 型は、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。

以上より、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

## 1.2 特定機器を使用することにより発電用原子炉施設に及ぼす影響の確認結果

確認の結果、Hitz-P24型を発電用原子炉施設において使用した場合に、発電用原子炉施設の安全性を損なうような影響を及ぼすおそれはない。