

資料2

Doc No. MA035B-SC-Z02 Rev.4

2023年6月30日

日立造船株式会社

補足説明資料 16-1

16条

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

目 次

1. 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
2. Hitz-P24 型の構造	12
3. Hitz-P24 型の収納条件	27
4. 貯蔵施設の前提条件	31
5. Hitz-P24 型の設計貯蔵期間	33
6. Hitz-P24 型の安全設計	35
7. Hitz-P24 型の蓋間圧力等の監視について	36

別紙 1 バスケットの構造について

別紙 2 Hitz-P24 型のハンドリングフロー例

別紙 3 取扱い時の構造健全性について

1. 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) 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。

(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。
- 二 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 三 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする。
- 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。
- 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。

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こと。
 - 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。
 - 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。
 - ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 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こと。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。

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。
 - 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。
- 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。

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 μ 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。

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。

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。

(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

Hitz-P24 型は、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に沿って確認する。

(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。
- 二 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 三 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする。
- 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。
- 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。

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こと。
 - 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。
 - 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。
 - ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 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こと。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。

- 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。
 - 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。
- 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100 μ 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。

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には保たれる。

(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。

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。

2. Hitz-P24 型の構造

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、使用済燃料の原子力発電所敷地外への運搬に用いる輸送容器の機能を併せ持つ金属製の特定兼用キャスク（以下「特定兼用キャスク」という。）である。

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図 1 から図 8 及び表 1 に示す。また、それぞれの部材が担保する安全機能について表 2 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。

(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

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と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。

なお、バスケットの構造の詳細については別紙 1 に示す。

(4) その他の設備等

a. 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。

① 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。

② 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。

③ 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の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。

④ 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 つの下部トラン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。

b. 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。

① 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。

② 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。

③ 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。

④ 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。

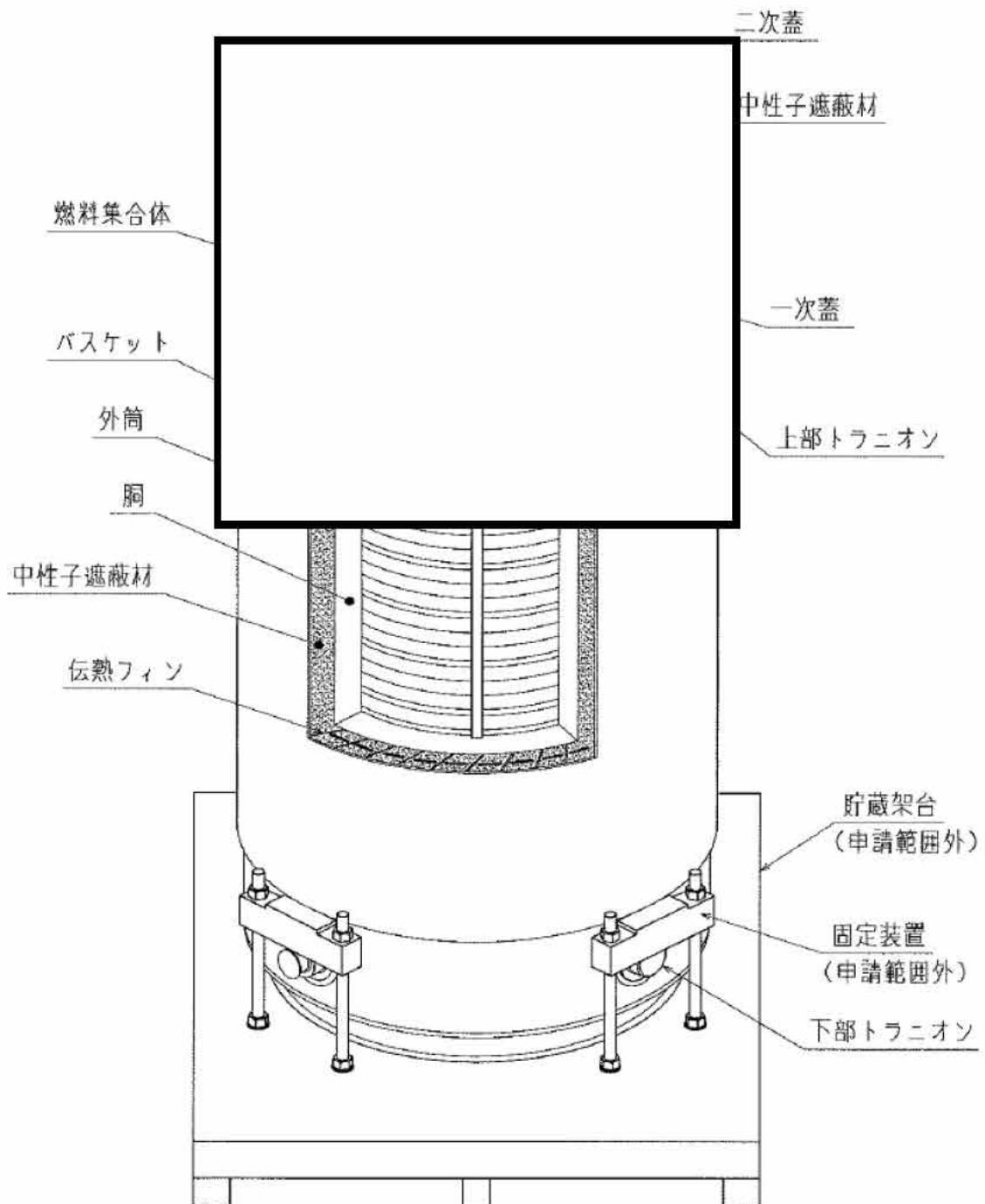


図1 Hit-P24型構造図(基礎等に固定する設置方法(縦置き))



内は商業機密のため、非公開とします。



図 2 本体縦断面図

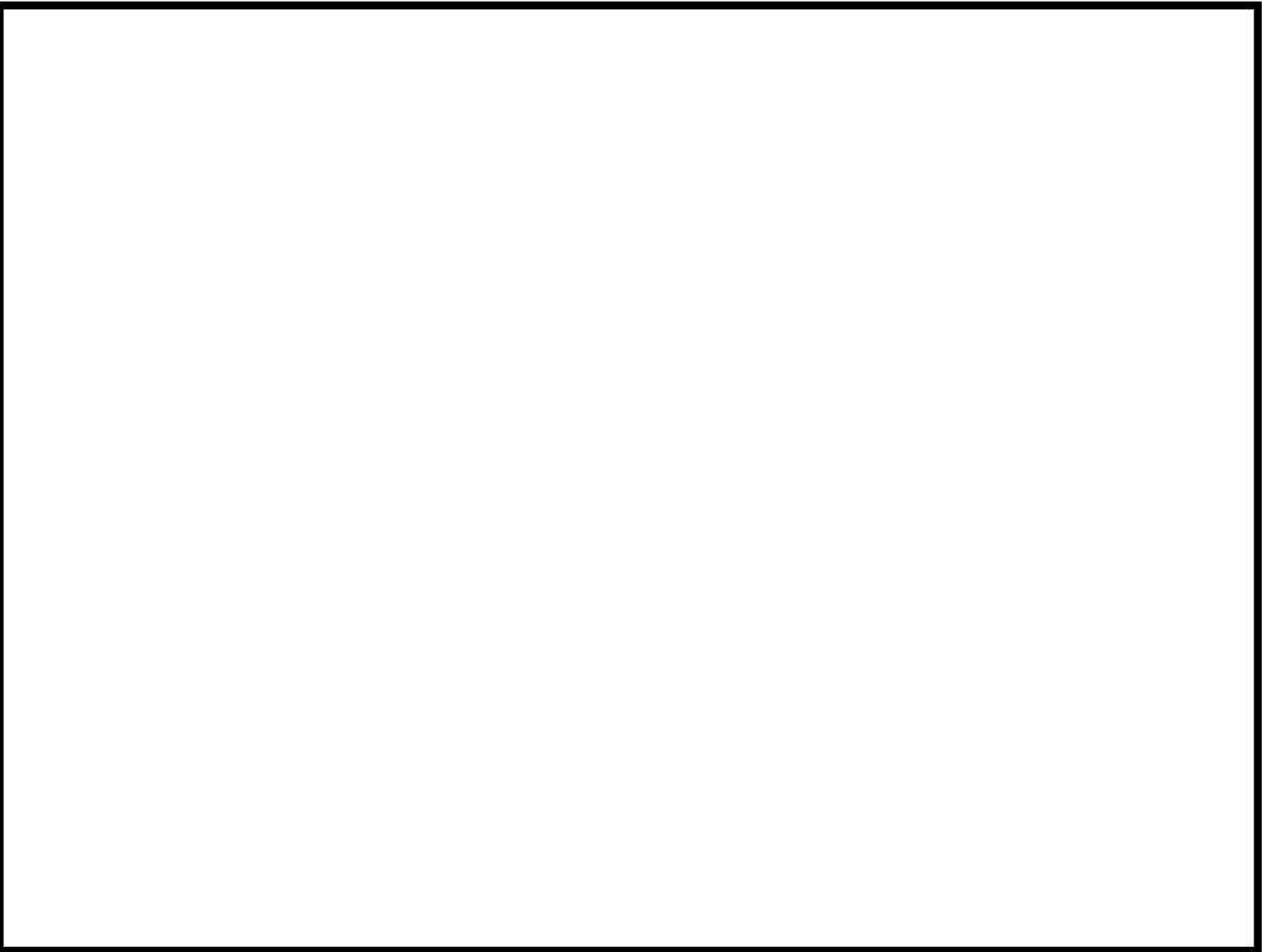


図3 本体横断面図



内は商業機密のため、非公開とします。

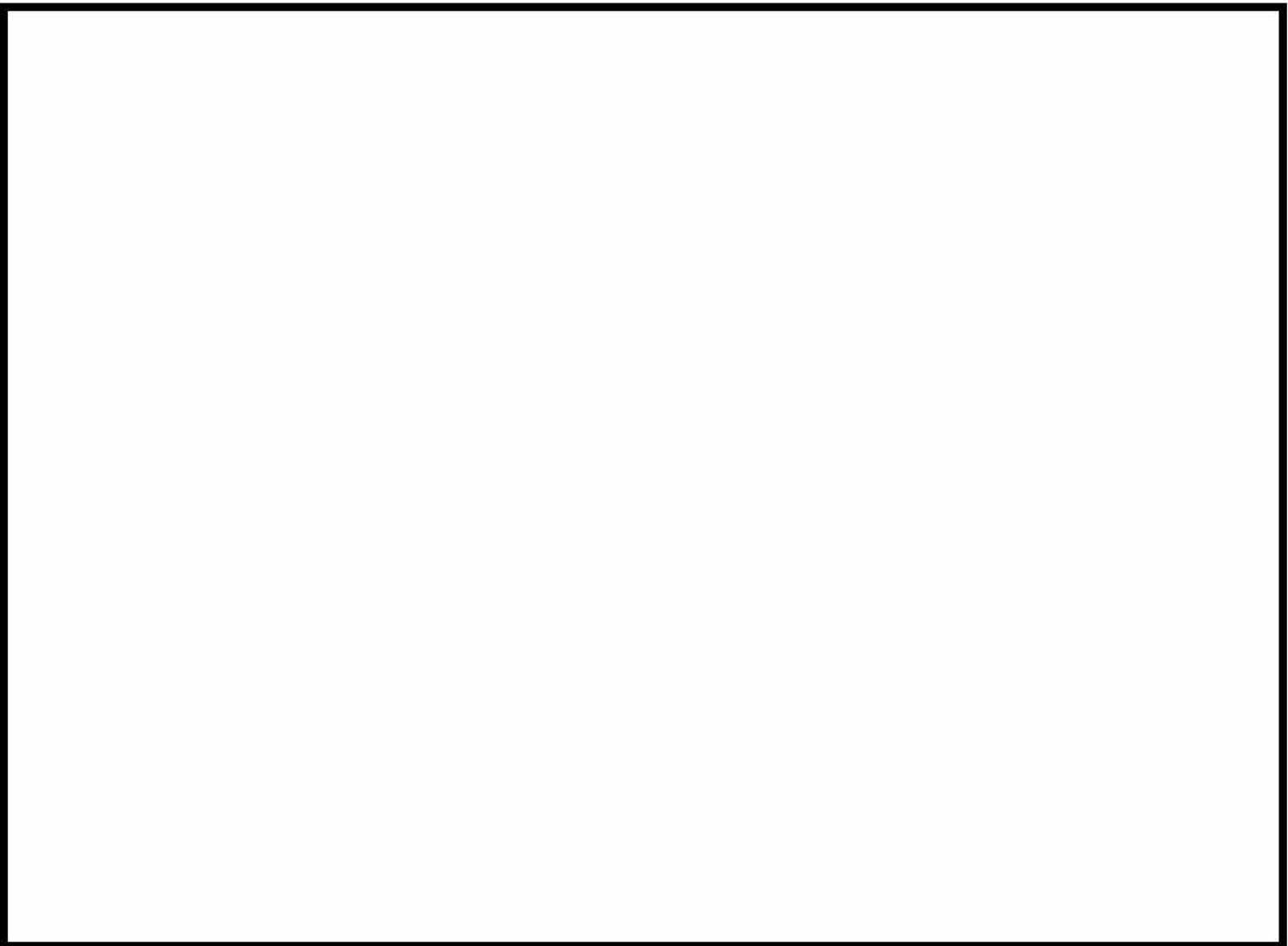


図4 一次蓋



内は商業機密のため、非公開とします。



図 5 一次蓋貫通孔



内は商業機密のため、非公開とします。



図6 二次蓋



内は商業機密のため、非公開とします。

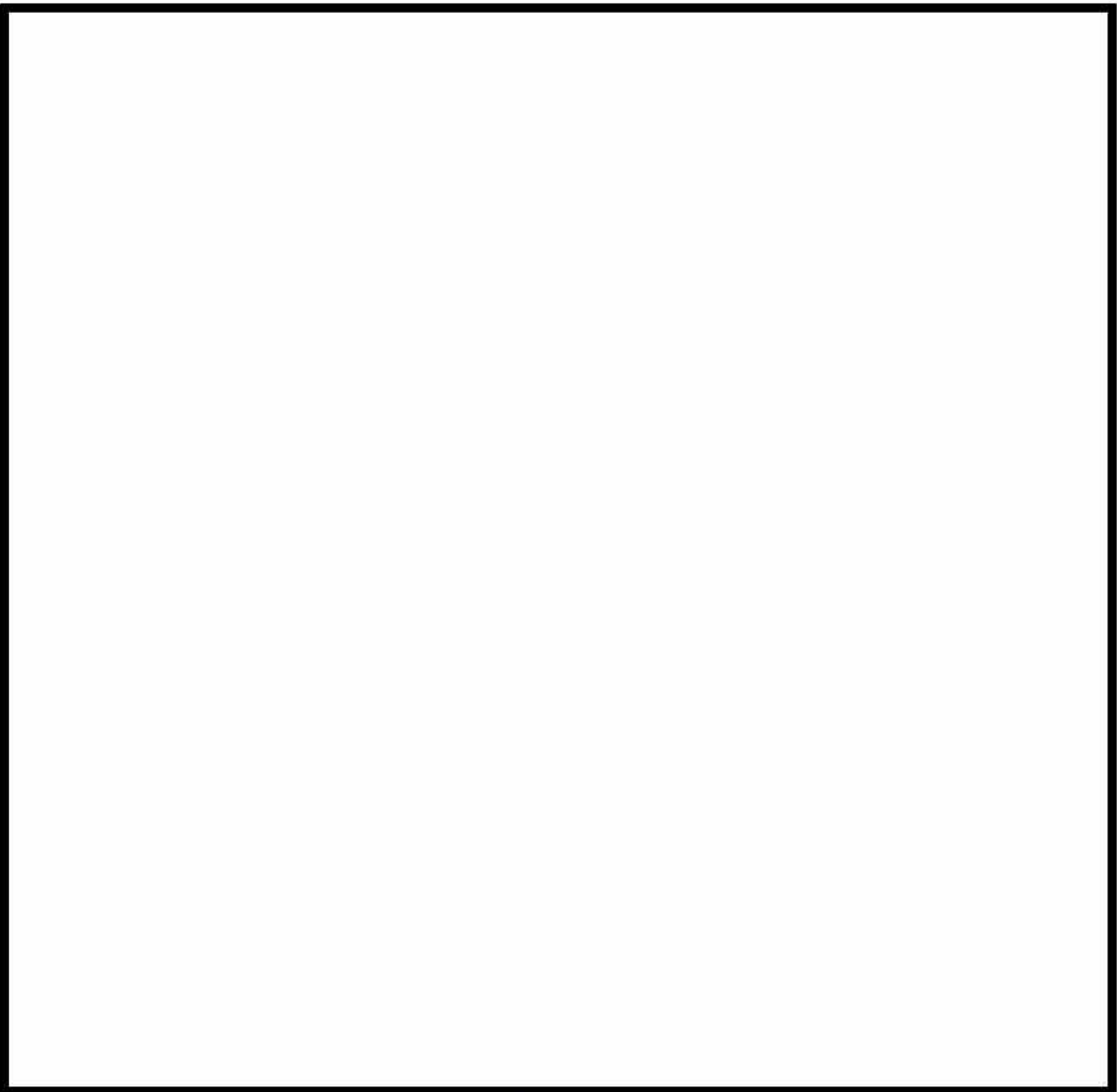


図 7 二次蓋貫通孔

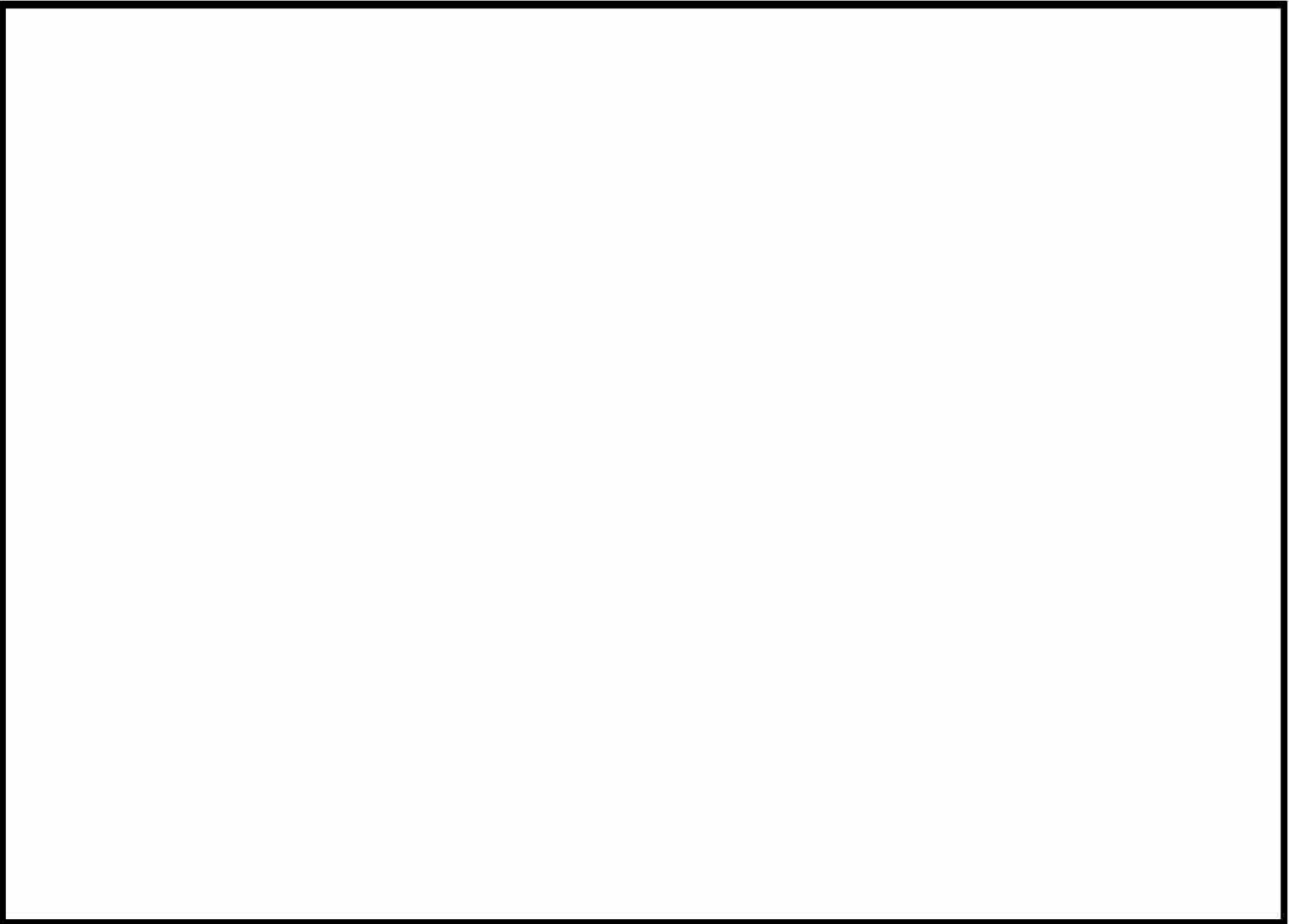


図 8 (1/3) バスケット (1/3)

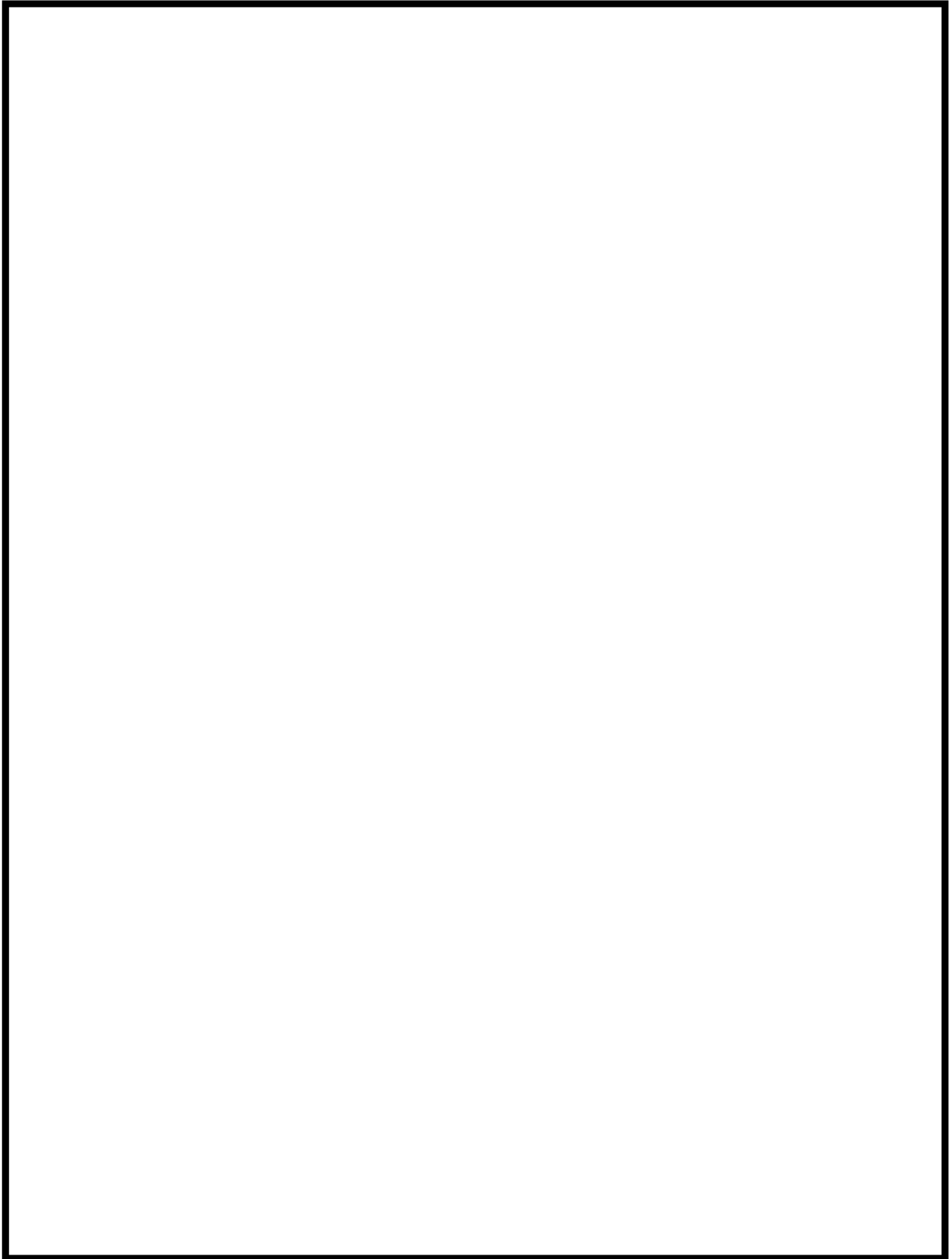


図 8 (2/3) バスケット (2/3)

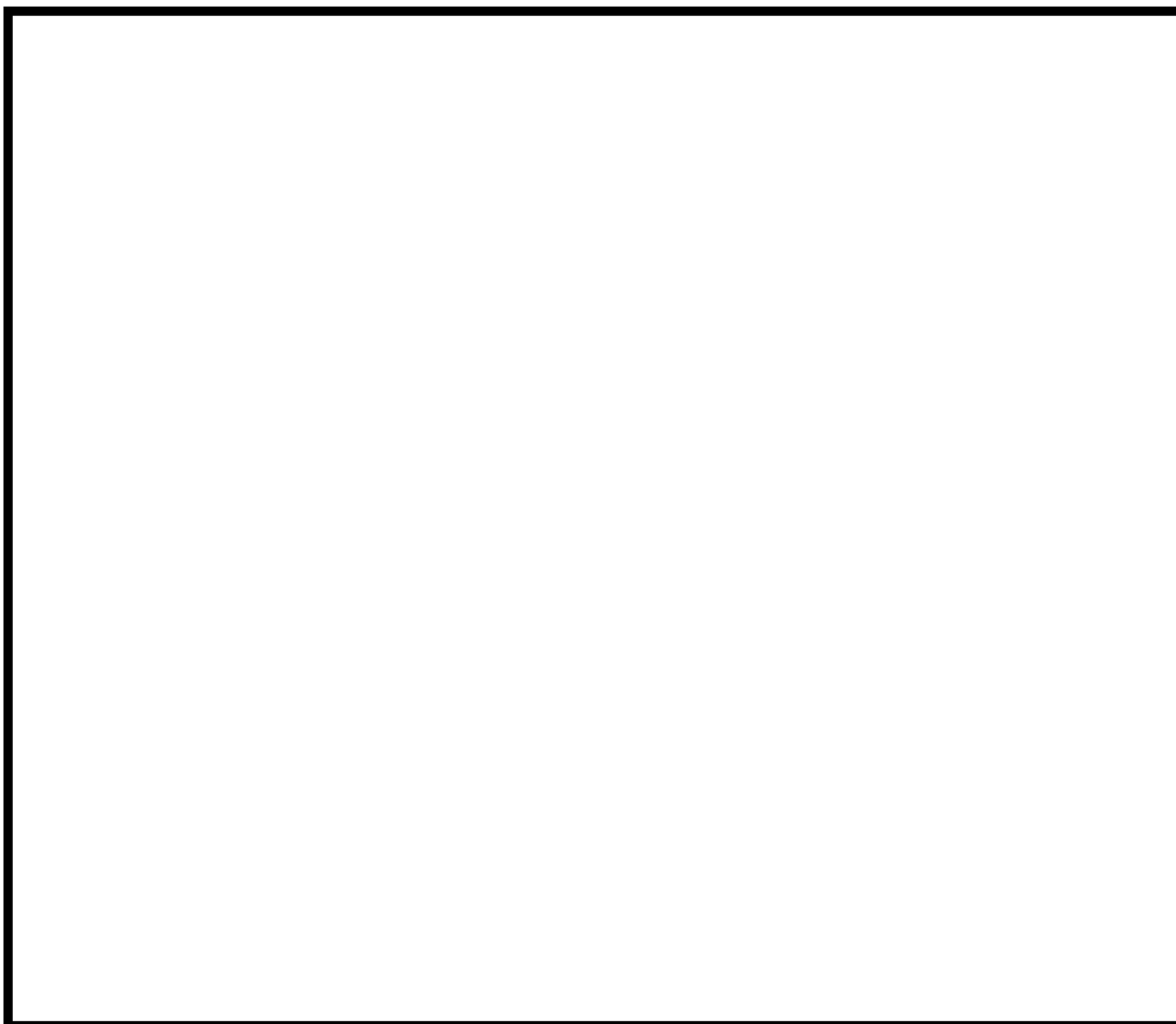


図 8 (3/3) バスケット (3/3)

表 1 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 15.9 kW
主 要 材 質	特定兼用キャスク本体	低合金鋼（ASME SA350M Gr.LF3） 炭素鋼（SM520B） 析出硬化系ステンレス鋼（SUS630-H1150） 樹脂（レジン） 銅（C1020P）
	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（ASME SA350M Gr.LF3） 低合金鋼（ASME SA350M Gr.LF3） 合金鋼（SNB23-2）
	一 次 蓋	
	二 次 蓋	
	蓋 ボ ル ト	アルミニウム合金（HZ-A3004-H112） （中性子吸収材を配置） 析出硬化系ステンレス鋼（SUS630-H1150） 析出硬化系ステンレス鋼（SUS630-H1150） ステンレス鋼（SUS304）
バ ス ケ ッ ト		
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。

表 2 各部材が担保する安全機能

部材		担保する安全機能			
		臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め
特定兼用 キャスク 本体	胴／底板注1)	○	◎	○	◎
	外筒注2)	—		○	—
	トラニオン注1)	—		—	—
	中性子遮蔽材注3)	—		—	—
	伝熱フィン注4)	—		◎	—
蓋部	一次蓋、 一次蓋ボルト注1)	○	◎	○	◎
	中性子遮蔽材注3)	—		—	—
	二次蓋、 二次蓋ボルト注1)	○		○	○
バスケット	バスケットプレート注5)	◎	○	◎	—
	固定金具注1)		○	○	
	中性子吸収材注3)		○	—	
	補助遮蔽材兼 中性子吸収材注3)		◎	—	

注記) ◎：部材が担保する安全機能の内、主要なもの

○：部材が担保する安全機能の内、補助的なもの

—：◎及び○に該当しないもの

注1) 金属キャスク構造規格に基づく。

注2) 金属キャスク構造規格に規定のない部材であるが、同規格の中間胴に基づく。

注3) 構造強度部材ではない。

注4) 構造強度部材ではないが、除熱機能が損なわれないことを確認するため、破断しないことを確認する。

注5) 補足説明資料 1-1「バスケット用アルミニウム合金 (HZ-A3004-H112) について(Doc No. MA035B-SC-Z01)」及び補足説明資料 1-2「バスケット基準値について(Doc No. MA035B-SC-Z04)」に基づく。

3. Hitz-P24 型の収納条件

Hitz-P24 型に収納する使用済燃料集合体の仕様（収納条件）を表 3 に示す。なお、使用済燃料集合体は、表 4 に示す仕様（収納条件）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図 9 に示す。

なお、使用済燃料集合体を Hitz-P24 型に収納するにあたり、A 型と B 型は混載可能である。

表 3 使用済燃料集合体の仕様（収納条件）

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	

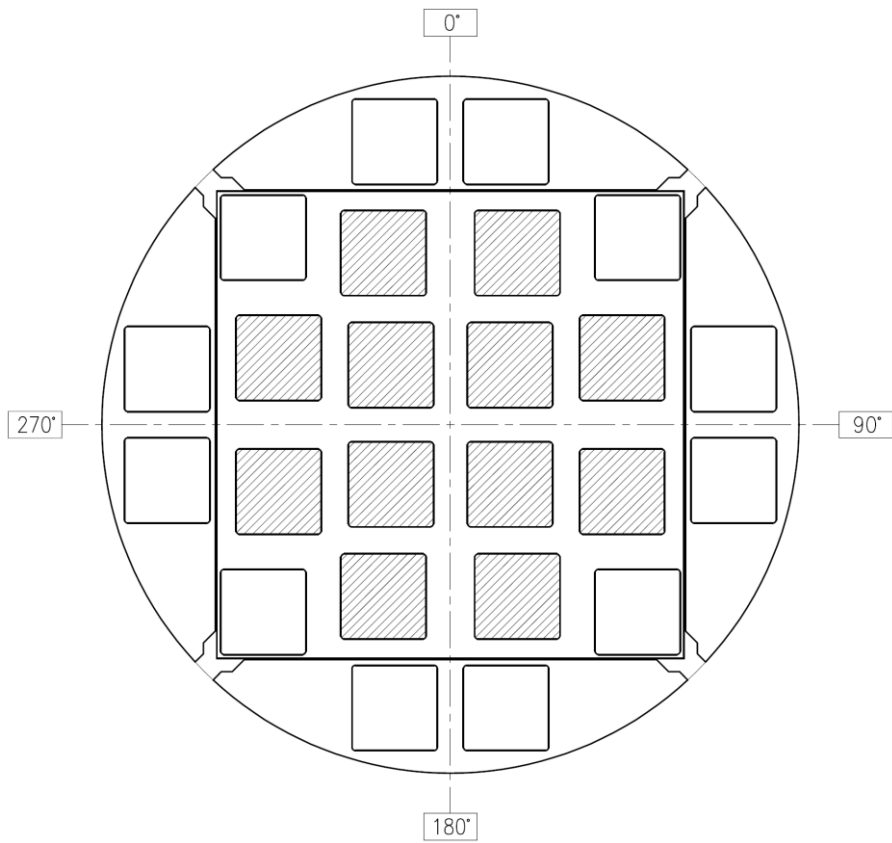
(注 1) 最高燃焼度とは、収納する燃料集合体 1 体の燃焼度の最大値を示す。

(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。

表4 バーナブルポイズン集合体の仕様（収納条件）

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。






 : 平均燃焼度を超える使用済燃料集合体 
 の収納範囲

図 9 使用済燃料集合体の収納位置条件

4. 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）を図 10 に示す。また、Hitz-P24 型を貯蔵施設で使用するための前提条件を表 5 に示す。

また、燃料取扱棟内及び貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例を別紙 2 に示す。

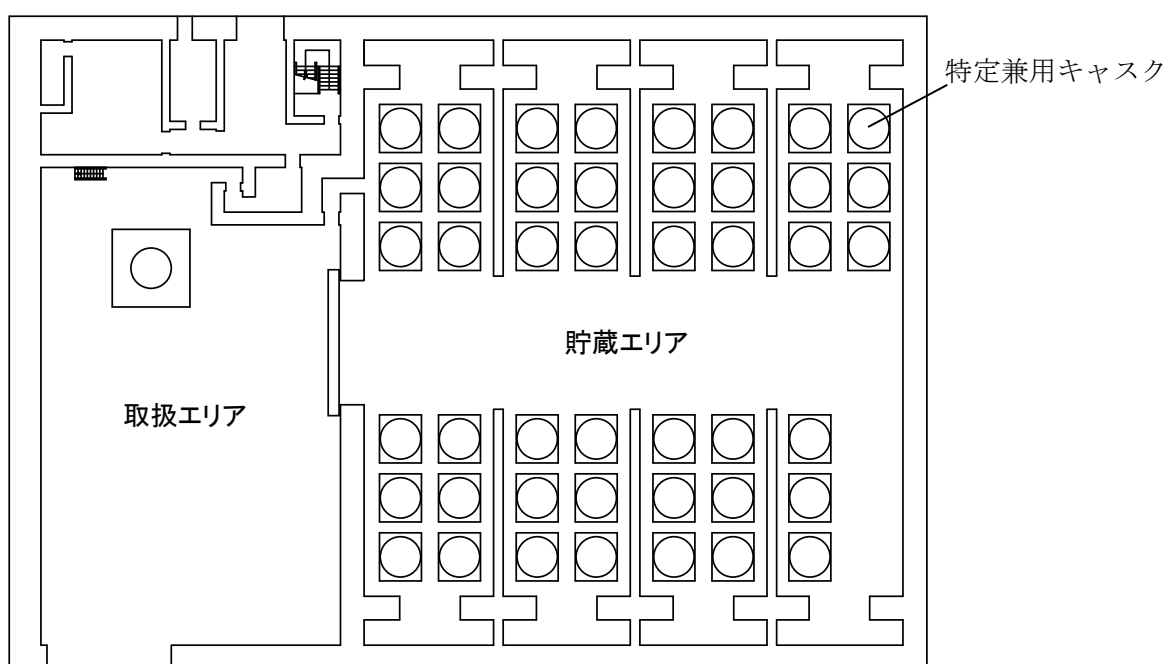


図 10 貯蔵施設概要図（例）

表 5 Hitz-P24 型を貯蔵施設で使用するための前提条件

前提条件		基礎等に固定する 設置方法（縦置き）
		貯蔵建屋内貯蔵
周囲温度	最高	50℃
	最低	-20℃
貯蔵建屋 壁面温度	最高	65℃
貯蔵建屋の材質 (屋根・壁・床)		コンクリート（塗装） (放射率 0.8 以上)

5. Hitz-P24 型の設計貯蔵期間

5.1 要求事項

特定機器の設計の型式証明申請において、特定兼用キャスクの設計貯蔵期間に関する要求事項は、以下のとおりである。

(1) 設置許可基準規則要求事項

a. 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条第 5 項

- ・第 16 条第 2 項第 1 号ハ及び同条第 4 項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。
 - ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
 - ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

(2) 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確認事項

「4.6 設計貯蔵期間」には、以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

設計貯蔵期間は、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

【確認内容】

設計貯蔵期間は、当該設計貯蔵期間中の兼用キャスクの安全機能を評価するに当たり、材料及び構造の経年変化の考慮を行うための前提条件となるため、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

5.2 要求事項への適合性

(1) 設置許可基準規則への適合性

Hitz-P24 型の設計貯蔵期間については、以下のとおり設置許可基準規則に適合している。

a. 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条第 5 項

第 16 条第 2 項第 1 号ハ及び同条第 4 項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。

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

Hitz-P24 型の設計貯蔵期間は 60 年として、型式証明申請書で明確にされている。

(2) 審査ガイドへの適合性

Hitz-P24 型の設計貯蔵期間については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

[確認内容]

設計貯蔵期間は、当該設計貯蔵期間中の兼用キャスクの安全機能を評価するに当たり、材料及び構造の経年変化の考慮を行うための前提条件となるため、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

Hitz-P24 型の設計貯蔵期間は 60 年として、型式証明申請書で明確にされている。また、設計貯蔵期間中の Hitz-P24 型の材料及び構造の健全性については、6. (5) で説明する。

6. Hitz-P24 型の安全設計

3項の使用済燃料の収納条件を踏まえ、設計貯蔵期間（60年）において、Hitz-P24型が有する安全機能（臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め）を維持できる設計とする。

また、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当該環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、その必要とされる強度、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。

各安全機能及び長期健全性に対する要求事項への適合性（安全評価）について、以下に示す。

(1) Hitz-P24 型の臨界防止機能

補足説明資料 16-2 「臨界防止機能に関する説明資料(Doc No. MA035B-SC-E01)」に示す。

(2) Hitz-P24 型の遮蔽機能

補足説明資料 16-3 「遮蔽機能に関する説明資料(Doc No. MA035B-SC-D01)」に示す。

(3) Hitz-P24 型の除熱機能

補足説明資料 16-4 「除熱機能に関する説明資料(Doc No. MA035B-SC-B01)」に示す。

(4) Hitz-P24 型の閉じ込め機能

補足説明資料 16-5 「閉じ込め機能に関する説明資料(Doc No. MA035B-SC-C01)」に示す。

(5) Hitz-P24 型の長期健全性

補足説明資料 16-6 「材料・構造健全性（長期健全性）に関する説明資料(Doc No. MA035B-SC-F01)」に示す。

(6) Hitz-P24 型の取扱い時の構造健全性

安全機能を維持する上での取扱い時の構造健全性について別紙 3 に示す。

7. Hitz-P24 型の蓋間圧力等の監視について

7.1 要求事項

特定機器の設計の型式証明申請において、Hitz-P24 型の蓋間圧力等の監視に関する要求事項は、以下のとおりである。

(1) 設置許可基準規則要求事項

a. 設置許可基準規則第 16 条第 4 項第三号

- ・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。

b. 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条第 4 項

- ・第 16 条第 4 項第 3 号に規定する「放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができる」とは、次項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第 5 条第 1 項第 1 号及び第 2 号並びに第 17 条第 1 項第 1 号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。
- ・貯蔵事業許可基準規則解釈第 17 条第 1 項
第 1 項に規定する「適切に監視することができる」とは、以下の設計をいう。
 - 一 蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

(2) 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確認事項

「2.安全機能の確保 2.4 閉じ込め機能」には、以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

- (1) 設計上想定される状態において、兼用キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができること。

【確認内容】

- (1) 長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

また、「4.自然現象等に対する兼用キャスクの設計 4.4 監視機能」には、以下のよう

【審査における確認事項】

蓋間圧力及び兼用キャスク表面温度について、適切な頻度での監視をすること。

【確認内容】

- (1) 蓋間圧力を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、閉じ込め機能が低下しても、FP ガス等の放出に至る前に、密封シール部の異常を検知できる頻度をいう。頻度の設定に当たっては、設計貯蔵期間中の兼用キャスク発熱量の低下、周囲環境の温度変化及び蓋間圧力の変化を考慮する。
- (2) 兼用キャスク表面温度を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、除熱機能が低下しても、兼用キャスクや燃料被覆管が健全であるうちに異常を検知できる頻度をいう。

7.2 要求事項への適合性

Hitz-P24 型の蓋間圧力等の監視については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

〔確認内容〕

- (1) 長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

上記の内容への適合性については、6. (4) で説明する。

〔確認内容〕

- (1) 蓋間圧力を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、閉じ込め機能が低下しても、FP ガス等の放出に至る前に、密封シール部の異常を検知できる頻度をいう。頻度の設定に当たっては、設計貯蔵期間中の兼用キャスク発熱量の低下、周囲環境の温度変化及び蓋間圧力の変化を考慮する。
- (2) 兼用キャスク表面温度を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、除熱機能が低下しても、兼用キャスクや燃料被覆管が健全であるうちに異常を検知できる頻度をいう。

上記の内容については、型式証明の申請範囲外（設置（変更）許可申請時の別途確認事項）とする。

バスケットの構造について

1. 概要

Hitz-P24 型のバスケットの構造について説明する。

2. 構造の概要

Hitz-P24 型のバスケットの全体構造を別紙 1-1 図に示す。

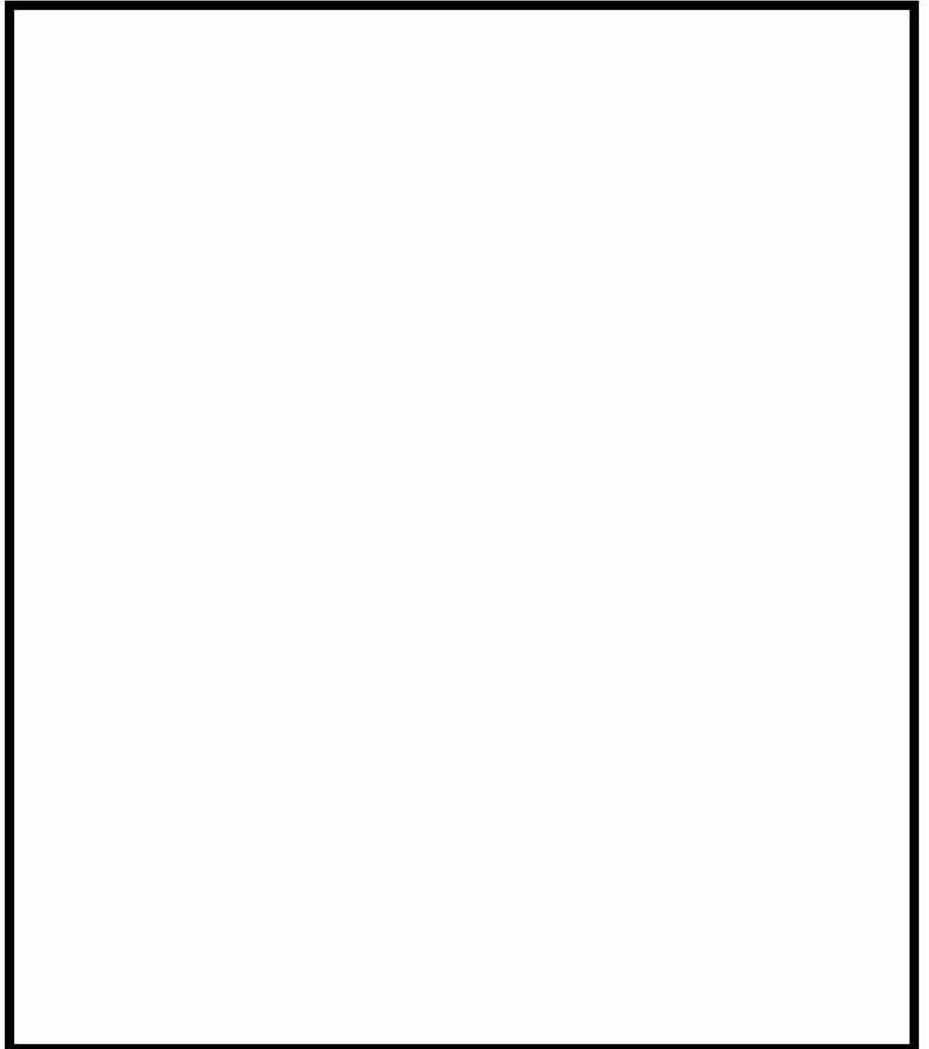
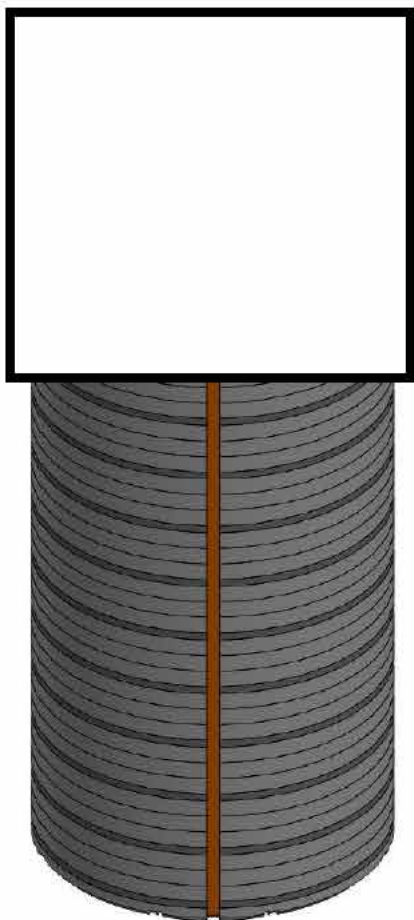
Hitz-P24 型のバスケットは中央の内側部と 90° ごとに 4 つに分割された外側部から構成されている（別紙 1-2 図参照）。外側部は、固定金具により円弧形状の断面の両端部を特定兼用キャスク本体内部面に固定されている。固定金具の構造を別紙 1-3 図に示す。固定された 4 つの外側部により囲まれた空間に内側部が挿入される。挿入された内側部はいずれにも固定されない。

内側部及び外側部は、別紙 1-4 図に示すように、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。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を特定兼用キャスク本体内部の所定の位置に収納する。

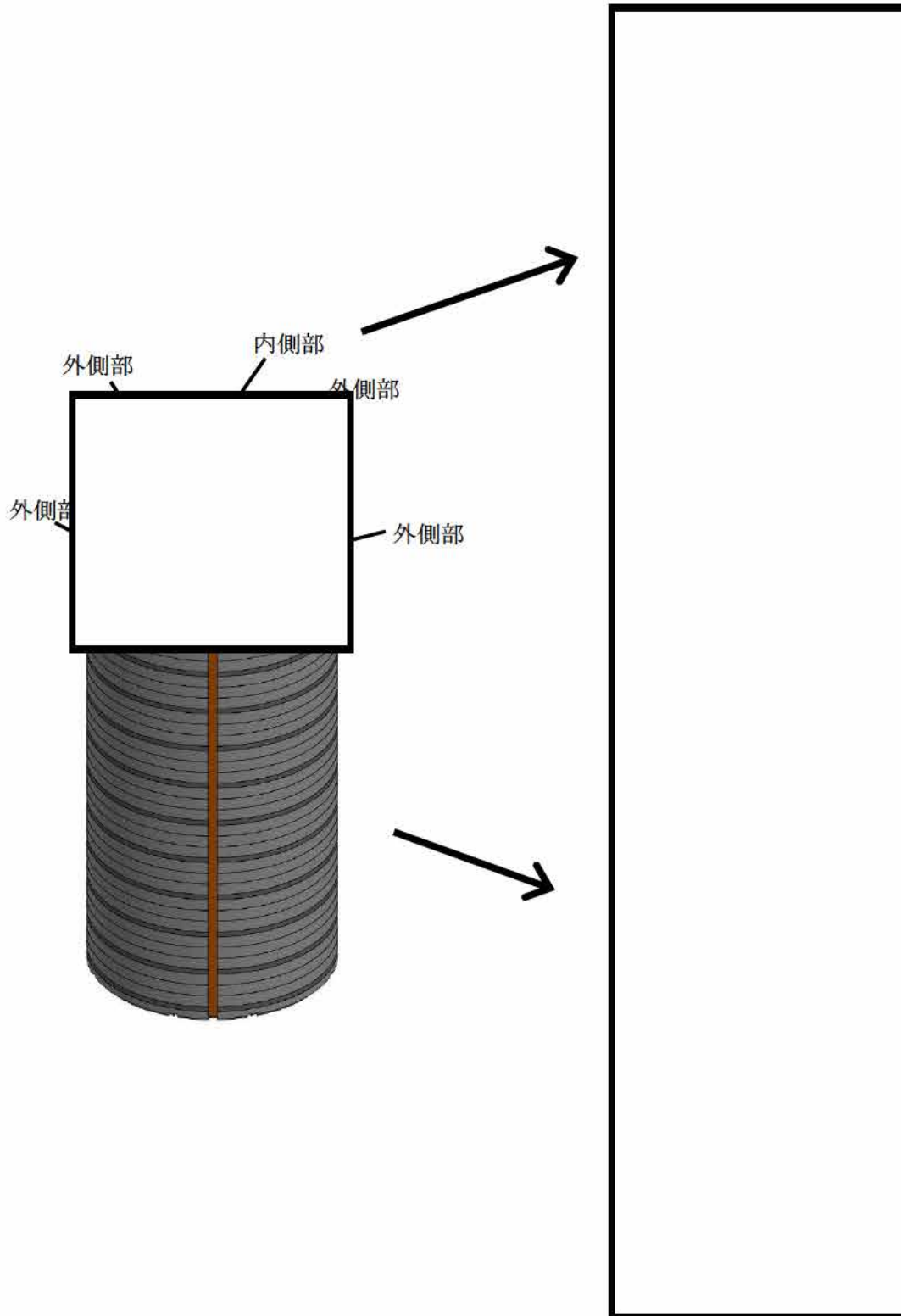
また、軸方向に重ねたプレートは、別紙 1-5 図に示すように、各プレートを軸方向に貫通するタイロッドにより軸方向に拘束されている。また、径方向については、別紙 1-5 図に示すように、複数のプレート間の径方向の変位を拘束するために、リーマピンで位置決めされている。軸方向を拘束するタイロッドと径方向を拘束するリーマピンにより、内側部及び各外側部はそれぞれ一体として取り扱うことができる。

また、使用済燃料集合体の未臨界性を維持するために、
 中性子吸収材を配置している。また、バスケット外周部には部分的に補助遮蔽材を兼ねた中性子吸収材を配置している。

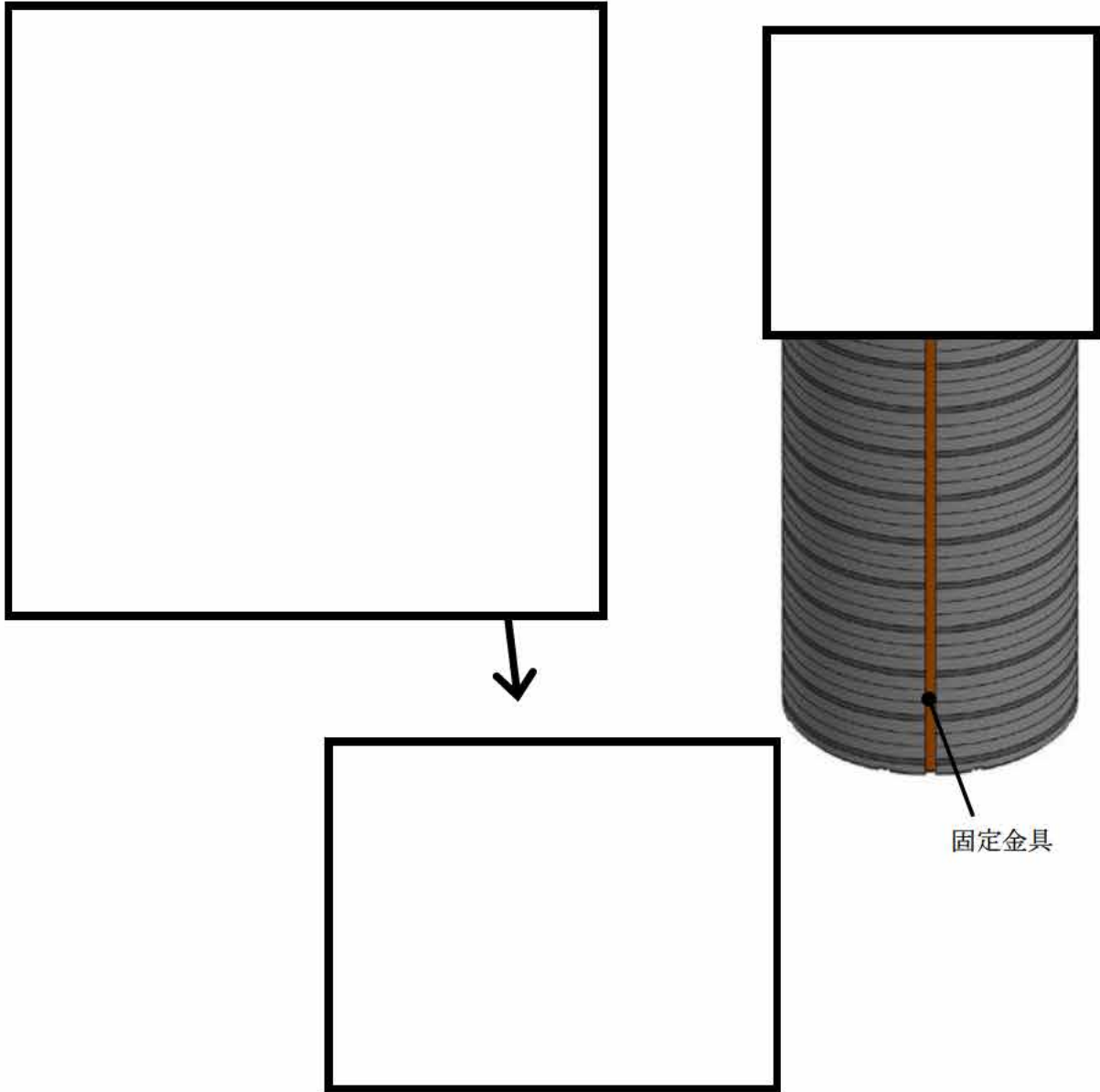
プレートには、別紙 1-4 図及び別紙第 1-6 図に示すように、
があり、それぞれのプレートは、中性子を効率的に減速させることで中性子吸収材による中性子の吸収を促進させる役割
 と、水ギャップ内における中性子吸収材の位置を制限する役割
 を持つ。軸方向最上部及び最下部のプレートには は設けられておらず、中性子吸収材の軸方向位置を制限する役割を有している。



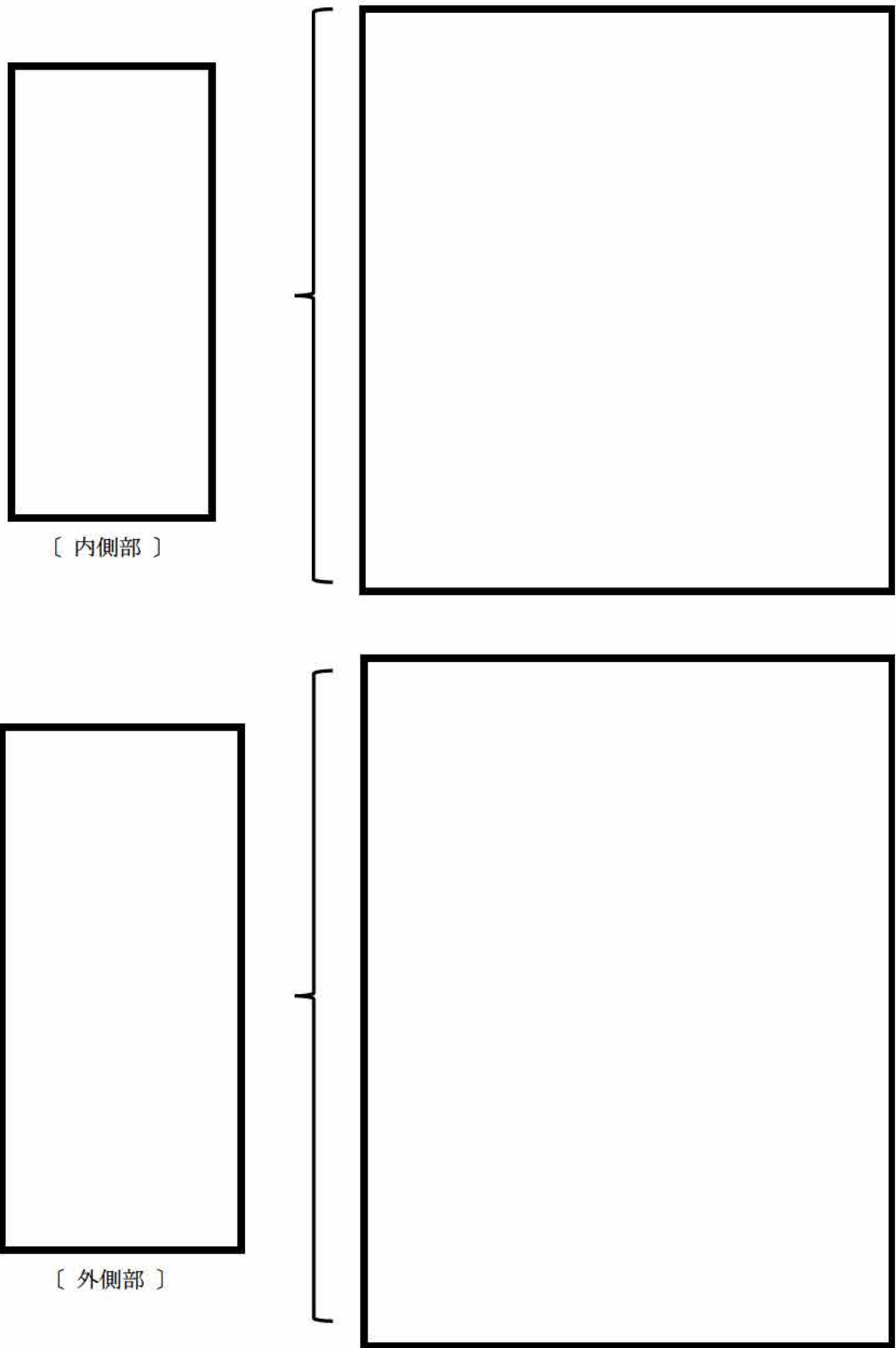
別紙 1-1 図 バスケット全体構造



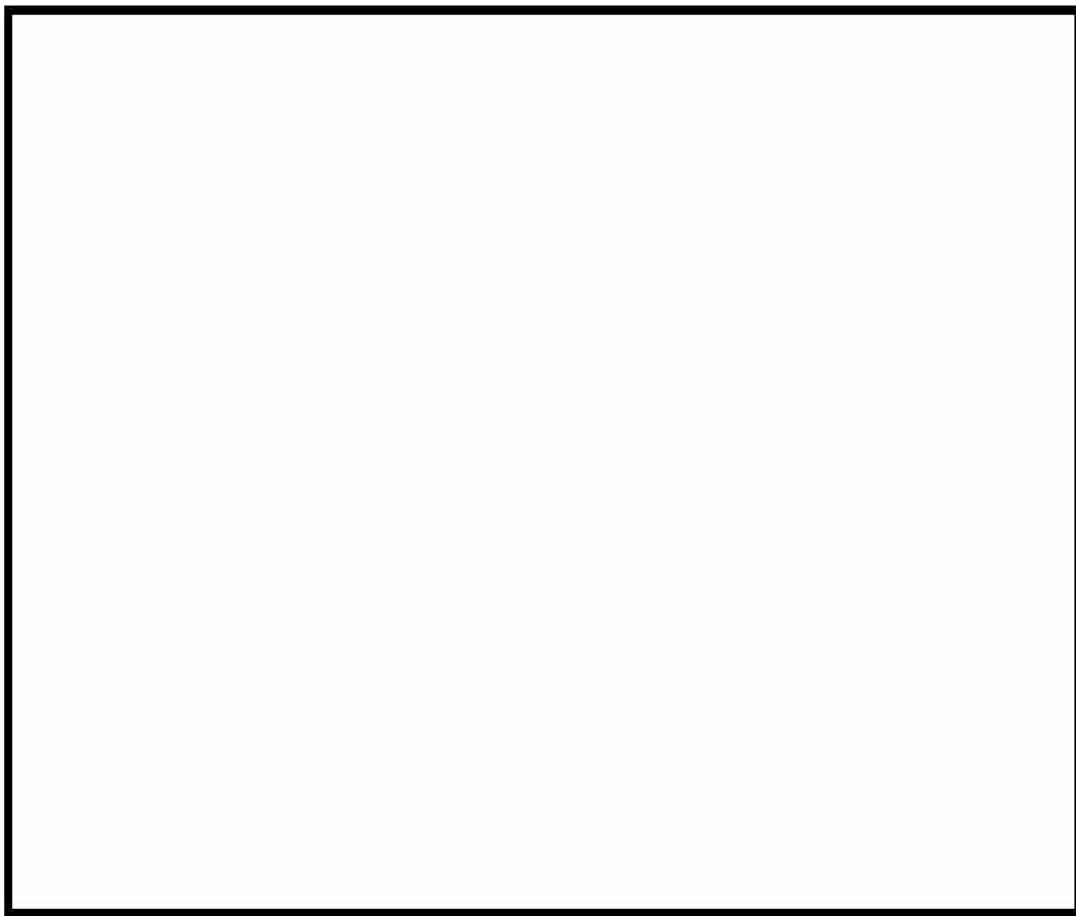
別紙 1-2 図 バスケット内側部及び外側部構造



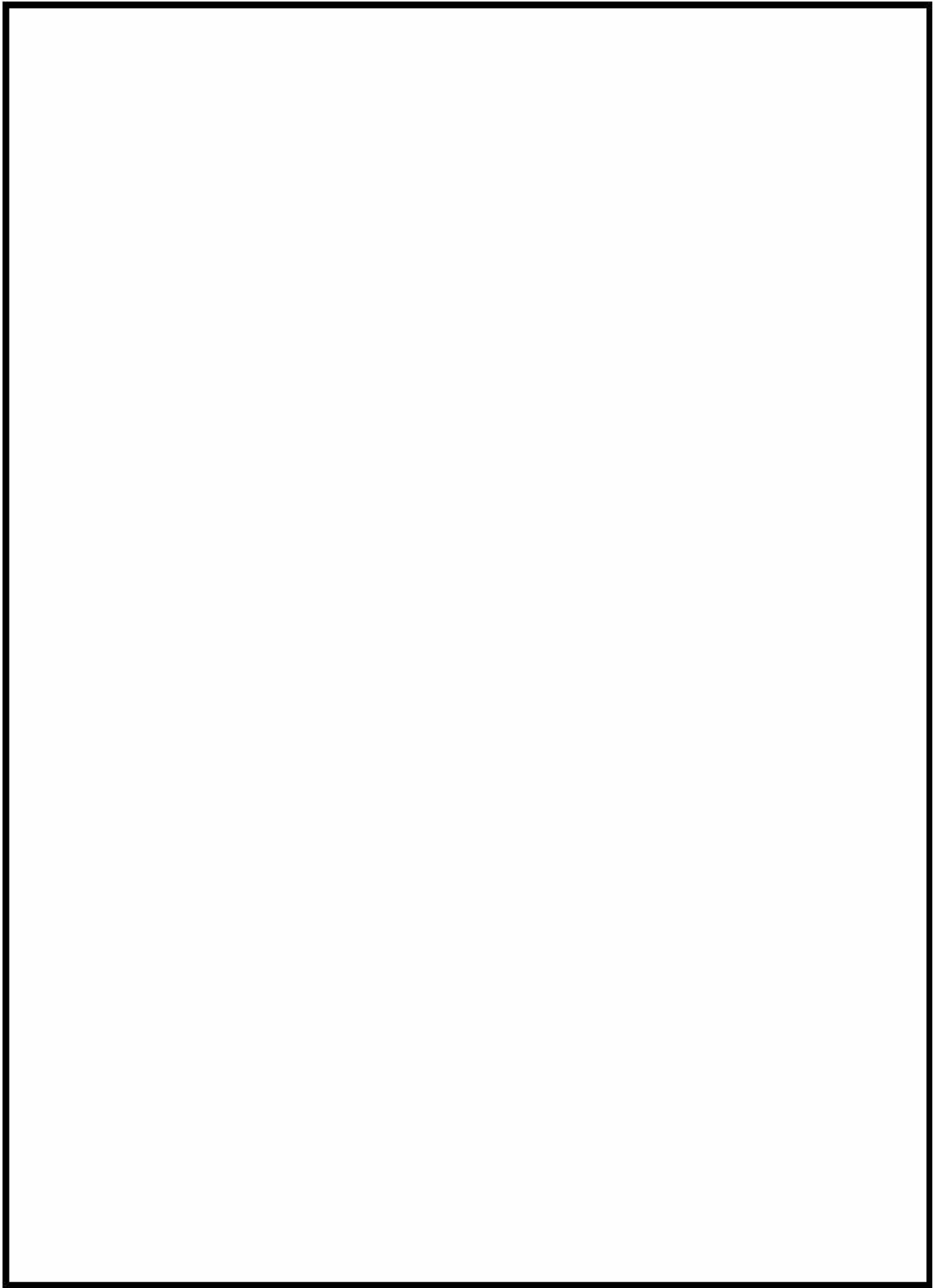
別紙 1-3 図 バスケット外側部の固定金具



別紙 1-4 図 バスケット内側部及び外側部のプレート構造



別紙 1-5 図 タイロッド及びリーマピンの構造



別紙 1-6 図 バスケットプレートの構造

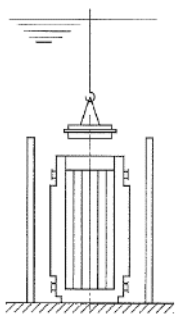
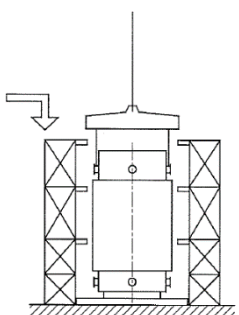
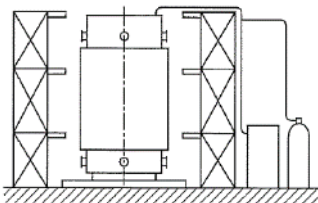
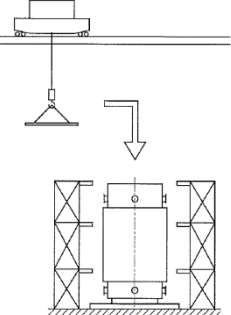
Hitz-P24 型のハンドリングフロー例

1. 概要

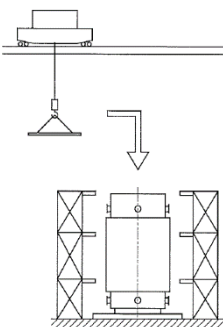
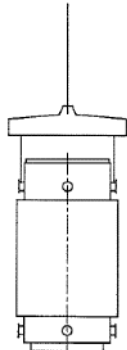
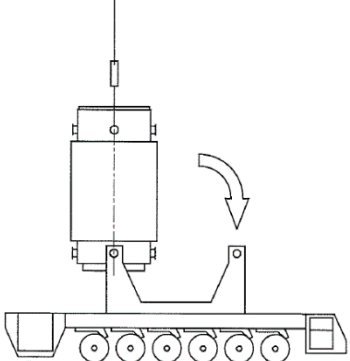
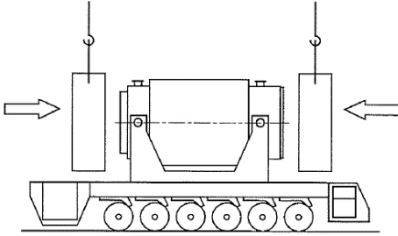
燃料取扱棟内及び貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例を以下に示す。

- ・燃料取扱棟内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例（別紙 2-1 図参照）
- ・貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例（別紙 2-2 図参照）

＜燃料取扱棟における燃料装荷～緩衝体取付け＞

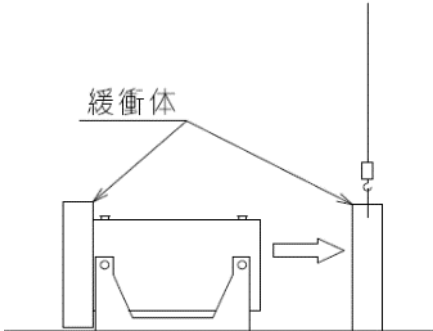
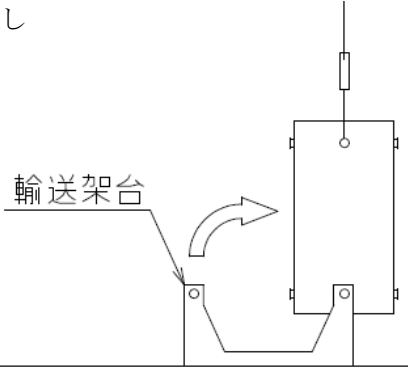
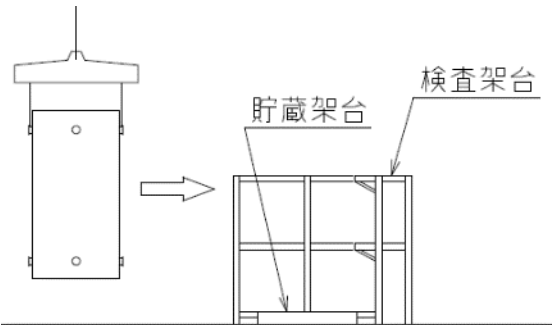
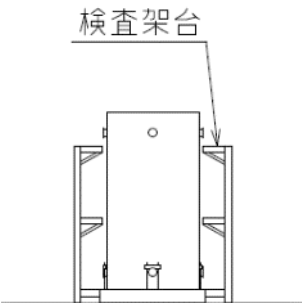
No.	取扱いモード
1-1	<ul style="list-style-type: none"> 燃料装荷、一次蓋取付け 
1-2	<ul style="list-style-type: none"> 容器吊上げ、移動、吊降し 
1-3	<ul style="list-style-type: none"> 排水、真空乾燥、不活性ガス充填、一次蓋密封確認 
1-4	<ul style="list-style-type: none"> 二次蓋取付け、蓋間圧力調整、二次蓋密封確認 

別紙 2-1 図 燃料取扱棟内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例 (1/2)

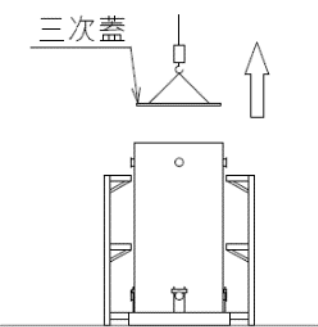
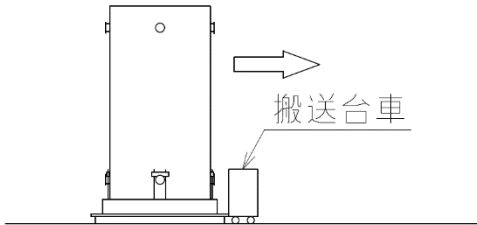
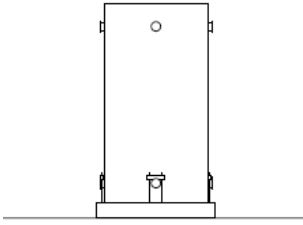
No.	取扱いモード
1-5	<ul style="list-style-type: none"> • 三次蓋取付け、三次蓋密封確認 
1-6	<ul style="list-style-type: none"> • 容器移動 
1-7	<ul style="list-style-type: none"> • 横倒し 
1-8	<ul style="list-style-type: none"> • 緩衝体取付け 

別紙 2-1 図 燃料取扱棟内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例 (2/2)

＜貯蔵施設における緩衝体取外し～貯蔵＞

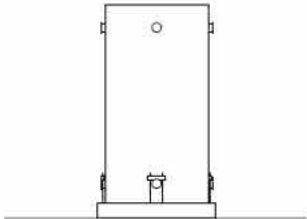
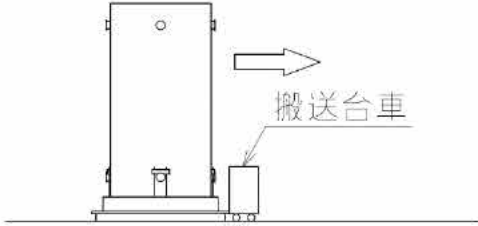
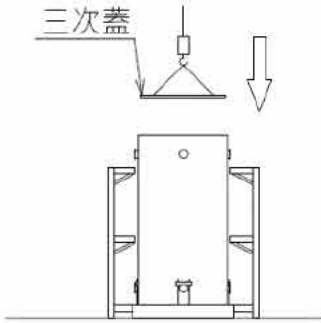
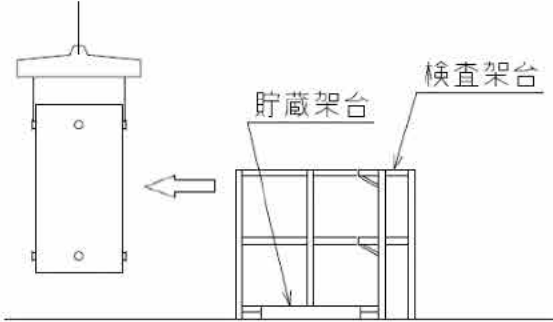
No.	取扱いモード
2-1	<p>・緩衝体取外し</p> 
2-2	<p>・立て起こし</p> 
2-3	<p>・検査架台への移送</p> 
2-4	<p>・貯蔵架台上への設置、下部トラニオンを固定</p> 

別紙 2-2 図 貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例 (1/4)

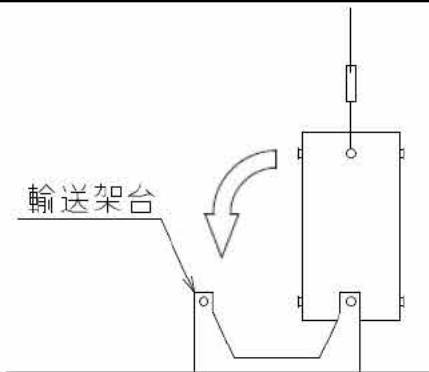
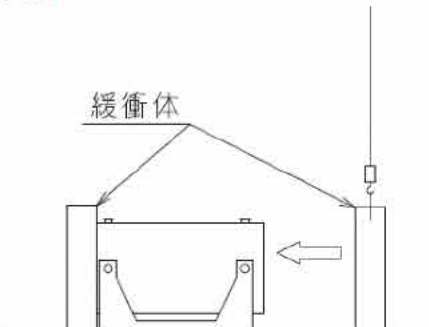
No.	取扱いモード
2-5	<ul style="list-style-type: none"> ・三次蓋取外し、監視装置取付け 
2-6	<ul style="list-style-type: none"> ・容器移動 
2-7	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎ボルトで固定 

別紙 2-2 図 貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例 (2/4)

＜貯蔵施設における貯蔵～緩衝体取付け＞

No.	取扱いモード
3-1	<ul style="list-style-type: none"> 基礎ボルトの取外し 
3-2	<ul style="list-style-type: none"> 容器移動 
3-3	<ul style="list-style-type: none"> 監視装置取外し、三次蓋取付け、三次蓋密封確認 
3-4	<ul style="list-style-type: none"> 容器移動 

別紙 2-2 図 貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例 (3/4)

No.	取扱いモード
3-5	<ul style="list-style-type: none"> ・横倒し 
3-6	<ul style="list-style-type: none"> ・緩衝体取付け 

別紙 2-2 図 貯蔵施設内における Hitz-P24 型のハンドリングフロー例 (4/4)

取扱い時の構造健全性について

1. 概要

Hitz-P24 型は、貯蔵施設内においてトラニオンを天井クレーン等により吊上げて取り扱う。また、貯蔵中は、貯蔵施設内において貯蔵架台を介して床面に設置される。

貯蔵施設における取扱い時の構造強度評価は、取扱いによって発生する加速度として、Hitz-P24 型を垂直姿勢で吊上げる事象を想定し、以下の加速度を考慮して行う。

- ・鉛直方向：1.3G (注)

上記の加速度による構造強度評価の結果を以下に示す。

2. 吊上げ時の構造強度評価

2.1 特定兼用キャスク

吊上げ時の加速度は、補足説明資料 4-1「地震に対する安全機能維持に関する説明資料 (Doc No. MA035B-SC-A01)」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て小さく、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各部に発生する応力は、地震時の安全機能維持評価において発生する応力以下である。

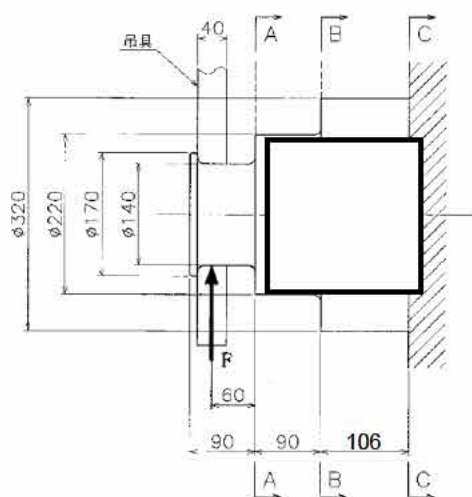
地震時の安全機能維持評価において特定兼用キャスク各部に発生する応力は、十分に小さく、金属キャスク構造規格等の供用状態に定められた許容応力以下である。

(注)貯蔵施設における取扱い時として、クレーン構造規格(平成7年労働省告示第134号)より設定した。なお、輸送時の吊上げ時としては、鉛直方向：3Gの加速度を考慮して評価される。

2.2 上部トラニオン

貯蔵中は、貯蔵施設内において下部トラニオンを用いて貯蔵架台に固定されるため、地震時に上部トラニオンには荷重が作用しない。そこで、吊上げ時の上部トラニオンの構造強度を材料力学の応力評価式を用いて評価し、構造健全性が維持されることを確認する。

吊上げ時のトラニオン評価モデル図を別紙 3-1 図に示す。



(単位：mm)

別紙 3-1 図 吊上げ時のトラニオン評価モデル図

(1) 上部トラニオンに作用する荷重

吊上げ時には 2 個の上部トラニオンを使用するので 1 個のトラニオンに作用する荷重 $F(N)$ は、次式により求められる。

$$F = mG_V/n$$

ここで、 $G_V = 1.3g$

F : 垂直吊り時のトラニオン 1 個に作用する荷重(N)

n : トラニオンの数=2(-)

m : 容器の重量 (垂直吊り時) = $1.203 \times 10^5 (kg)$

G_V : 吊上げ時鉛直方向加速度(m/s^2)

g : 重力加速度= $9.80665 (m/s^2)$

したがって、

$$\begin{aligned} F &= 1.203 \times 10^5 \times 1.3 \times 9.80665 / 2 \\ &= 7.67 \times 10^5 (N) \end{aligned}$$

となる。

(2) 上部トラニオンに発生する応力

a. トラニオン本体

(a) 曲げ応力

別紙 3-1 図に示すトラニオンの断面に発生する曲げ応力 σ_b (MPa) は次式で与えられる。

$$\sigma_b = \frac{MC}{I}$$

$$M = FX$$

ただし、M：曲げモーメント (N・mm)

F：垂直吊り時のトラニオン 1 個に作用する荷重(N)

X：モーメントアーム (mm)

C：中立軸からの距離 (mm)

I：断面二次モーメント (mm⁴)

ここで、 $I = \frac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4)$

d_o ：トラニオン外径 (mm)

d_i ：トラニオン内径 (mm)

(b) せん断応力

別紙 3-1 図に示すトラニオンの断面に発生するせん断応力 τ (MPa) は次式で与えられる。

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)$$

(c) 組合せ応力

上述の曲げ応力 σ_b とせん断応力 τ による組合せ応力 σ (MPa) は次式で与えられる。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

b. トラニオン接続部

(a) せん断応力

トラニオン接続部であるトラニオンおねじ部及び特定兼用キャスク本体胴のめねじ部には吊上げ時の荷重によりせん断応力が生じる。おねじ部及びめねじ部のせん断応力は次式で表される。

$$\tau_1 = \frac{H_1}{W_1 n}$$

$$H_1 = \frac{FX}{\frac{\pi}{4} D_c^2}$$

$$W_1 = 0.75P$$

$$\tau_2 = \frac{H_2}{W_2 n}$$

$$H_2 = \frac{FX}{\frac{\pi}{4} d_c^2}$$

$$W_2 = 0.875P$$

- ここで、 τ_1 : おねじ部せん断応力 (MPa)
 H_1 : おねじ部に作用する周方向単位長さ当りの最大せん断力 (N/mm)
 W_1 : おねじ部 1 山あたりのせん断長さ (mm)
 τ_2 : めねじ部せん断応力 (MPa)
 H_2 : めねじ部に作用する周方向単位長さ当りの最大せん断力 (N/mm)
 W_2 : めねじ部 1 山あたりのせん断長さ (mm)
 F : トラニオンに作用するせん断荷重 (N)
 X : モーメントアーム (mm)
 D_C : めねじ内径 (mm)
 d_C : おねじ呼び径 (mm)
 P : ねじピッチ (mm)
 n : ねじ山数 (—)

2.3 評価基準

トラニオンの評価基準は、金属キャスク構造規格⁽¹⁾のトラニオンにおける供用状態 A の規定に基づき別紙 3-1 表のとおりとする。ただし、トラニオン接続部のめねじ部については、金属キャスク構造規格⁽¹⁾の密封容器の純せん断荷重の供用状態 A における許容応力を適用する。

なお、トラニオン本体及びトラニオン接続部の設計温度は、130℃^(注)である。

別紙 3-1 表 トラニオンの評価基準

(a) トラニオン本体及びトラニオン接続部（おねじ部）

部位	種類	評価基準
トラニオン本体	曲げ応力	f_b
	せん断応力	f_s
	組合せ応力	f_t
トラニオン接続部 (おねじ部)	せん断応力	f_s

(注記) 金属キャスク構造規格⁽¹⁾のトラニオンにおける供用状態 A の許容応力

f_b : 許容曲げ応力 (MPa)

f_s : 許容せん断応力 (MPa)

f_t : 許容引張応力 (MPa)

(b) トラニオン接続部（めねじ部）

部位	種類	評価基準
トラニオン接続部 (めねじ部)	せん断応力	$0.6S_m$

(注記) 金属キャスク構造規格⁽¹⁾の密封容器における供用状態 A の許容応力

$0.6S_m$: せん断応力に対する許容応力 (MPa)

(注) Hitz-P24 型の除熱解析の結果（補足説明資料 16-4 「除熱機能に関する説明資料 (Doc No. MA035B-SC-B01)」参照）であるトラニオン温度 129℃から設定した。

2.4 評価結果

トラニオンの応力評価結果を別紙 3-2 表に示す。トラニオン本体及びトラニオン接続部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。

別紙 3-2 表 トラニオンの応力評価結果

(a) トラニオン本体及びトラニオン接続部（おねじ部）

評価位置	応力の種類	応力 (MPa)	評価基準値 (MPa)
A-A 断面	曲げ応力	171	394
	せん断応力	50	227
	組合せ応力	192	394
B-B 断面	曲げ応力	145	394
	せん断応力	40	227
	組合せ応力	161	394
C-C 断面	曲げ応力	75	394
	せん断応力	17	227
	組合せ応力	81	394
おねじ部	せん断応力	35	227

(b) トラニオン接続部（めねじ部）

評価位置	応力の種類	応力 (MPa)	評価基準値 (MPa)
めねじ部	せん断応力	30	92

3. 参考文献

- (1) (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)