

資料 1-8

Doc No. GK04-SC-Z01 Rev.10

2024年2月8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-B69 型の構造	12
3. Hitz-B69 型の収納条件	26
4. 貯蔵施設の前提条件	33
5. Hitz-B69 型の設計貯蔵期間	35
6. Hitz-B69 型の安全設計	37
7. Hitz-B69 型の蓋間圧力等の監視について	38

別紙 1 Hitz-B69 型のハンドリングフロー例

別紙 2 バスケットの構造について

別紙 3 (欠番)

別紙 4 使用済燃料収納配置の考え方について

別紙 5 Hitz-B69 型の取扱時の構造健全性

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

(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

Hitz-B69型は、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（以下「特定兼用キャスク」という。）である。

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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 型は、次の a. から d. により、特定兼用キャスク単体として、貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び Hitz-P69 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。

a. Hitz-B69 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-B69 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-B69 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。
- d. Hitz-B69 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バスケット格子の板厚、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し、中性子吸収材のほう素添加量を仕様上での下限値とする。
- ⑤燃焼度クレジット（使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下）は考慮しない。
- ⑥乾燥状態の中性子実効増倍率の評価に当たっては、使用済燃料集合体の燃料棒に含まれる可燃性毒物であるガドリニアの存在を無視する。
- ⑦冠水状態の中性子実効増倍率の評価に当たっては、収納対象となる使用済燃料集合体の反応度が最も高くなる条件を包絡できるよう、ガドリニアによる燃焼初期の反応度抑制効果を考慮し、炉心装荷冷温状態での燃料集合体の無限増倍率が 1.3 となる燃料モデル（モデルバンドル）を仮定する。

(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-B69 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-B69 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-B69 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B69 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（レジン）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-B69 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-B69 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、及び貯蔵建屋等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-B69 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B69 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等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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 型を貯蔵する貯蔵建屋等は、特定兼用キャスクの除熱機能を阻害しない設計であり、貯蔵建屋等の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計であること、Hitz-B69 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の壁面温度が、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、貯蔵建屋等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-B69 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-B69 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と保たれる。

(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-B69 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-B69 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-B69 型の方一の閉じ込め機能の異常に対する二次蓋の金属ガスケットの交換や、三次蓋の取り付けに対して、施設側で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-B69 型は、Hitz-B69 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-B69 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。

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-B69 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-B69 型は、以下のように設計する。

イ及びロ

Hitz-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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。

- a. Hitz-B69 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できる設計とする。
- b. Hitz-B69 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-B69 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。

d. Hitz-B69 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バスケット格子の板厚、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し、中性子吸収材のほう素添加量を仕様上の下限值とする。
- ⑤燃焼度クレジット（使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下）は考慮しない。
- ⑥乾燥状態の中性子実効増倍率の評価に当たっては、使用済燃料集合体の燃料棒に含まれる可燃性毒物であるガドリニアの存在を無視する。
- ⑦冠水状態の中性子実効増倍率の評価に当たっては、収納対象となる使用済燃料集合体の反応度が最も高くなる条件を包絡できるよう、ガドリニアによる燃焼初期の反応度抑制効果を考慮し、炉心装荷冷温状態での燃料集合体の無限増倍率が 1.3 となる燃料モデル（モデルバンドル）を仮定する。

(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-B69 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周囲を完全反射条件（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なる。

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-B69 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-B69 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-B69 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B69 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（レジン）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-B69 型の遮蔽機能に関する評価は、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、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-B69 型は、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B69 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等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-B69 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-B69 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歪みが 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-B69 型は、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-B69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-B69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-B69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と保たれる。

(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-B69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-B69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-B69 型の構造

2.1 主要設備

Hitz-B69 型は、軽水減速、軽水冷却、沸騰水型原子炉（以下「BWR」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-B69 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-B69 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-B69 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設置される。

Hitz-B69 型の構造及び仕様をそれぞれ図 1～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。

胴及び底板は炭素鋼製であり、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（レジン）が充填されており、また、胴及び底板の炭素鋼は、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、トラニオンが取り付けられている。

本体のシール部は、シール面の防食を目的としてステンレス鋼の肉盛溶接を行っている。

(2) 蓋部

蓋部は、一次蓋及び二次蓋で構成されている。

一次蓋はステンレス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（レジン）を充填し、また、一次蓋のステンレス鋼は主要なガンマ線遮蔽材となっている。

二次蓋は炭素鋼製の円板状であり、ボルトで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。

二次蓋は炭素鋼製であるため、シール部は、シール面の防食を目的としてステンレス鋼の肉盛溶接を行っている。

(3) バスケット

バスケットは、使用済燃料集合体を収納する炭素鋼製の角パイプ（以下、「コンパー

トメント」という。)を束ねた格子構造であり、コンパートメント間の隙間を保持するスペーサ、これらを束ねると共に径方向の支持となるサポートプレート、ならびにキャスク蓋側に配置される上部格子枠及びキャスク底板側に配置される底部プレートで構成される。バスケット外周のコンパートメントに溶接されたサポートプレートは、周方向に分割されており、クランプという部材で周方向に連結されている。

(以下、クランプ、クランプボス及びクランプボルトによる締結構造を「クランプ構造」という。)また、上部格子枠及び底部プレートは、コンパートメントの軸方向上端及び下端に溶接されたフランジプレート(サポートプレートと同形状)とそれぞれボルトで締結されている。

炭素鋼製の角管状の部材(コンパートメント)を束ねた格子構造であり、炭素鋼又はステンレス鋼製の部材で構成され、特定兼用キャスク本体内部に挿入される。個々の使用済燃料集合体は特定兼用キャスク本体内部でバスケットの所定の格子内に収納される。

また、使用済燃料の未臨界性を維持するために、中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加した材料である中性子吸収材を併せて配置している。また、伝熱性を向上するために、アルミニウム合金製の伝熱ブロックを配置している。

2.2 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、貯蔵用緩衝体、貯蔵用緩衝体アダプター、モニタリングポートカバープレート(貯蔵用)、圧力検出器、温度検出器がある。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. 貯蔵用緩衝体

貯蔵用緩衝体は、貯蔵時において特定兼用キャスクに加わる衝撃を吸収するために取り付けられるものであり、特定兼用キャスクの両端にボルトで取り付けられる。

b. 貯蔵用緩衝体アダプター

貯蔵用緩衝体アダプターは、貯蔵用緩衝体と特定兼用キャスクの間に設置され、特定兼用キャスク本体上部にボルトで取り付けられる。

c. モニタリングポートカバープレート(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検出器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プレート(貯蔵用)が設置される。

d. 圧力検出器

圧力検出器は、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。

e. 温度検出器

温度検出器は、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。

f. 貯蔵架台

貯蔵架台は、貯蔵中に特定兼用キャスクを横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、特定兼用キャスクの両端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トラニオンを用いて、輸送架台に固定される。

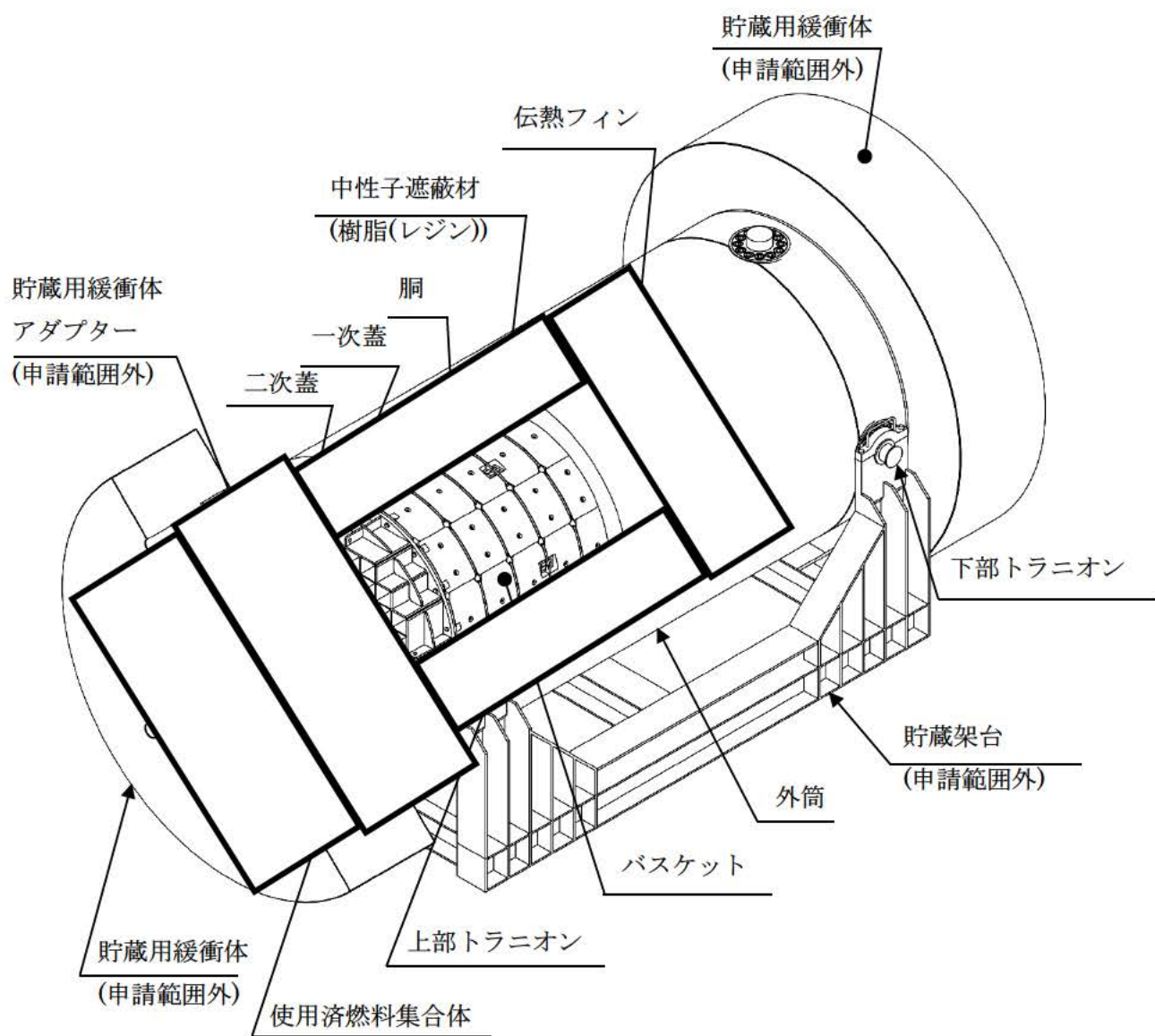


図1 Hitz-B69型構造図
 (蓋部が金属部へ衝突しない設置方法の例 (横置き))



内は商業機密のため、非公開とします。

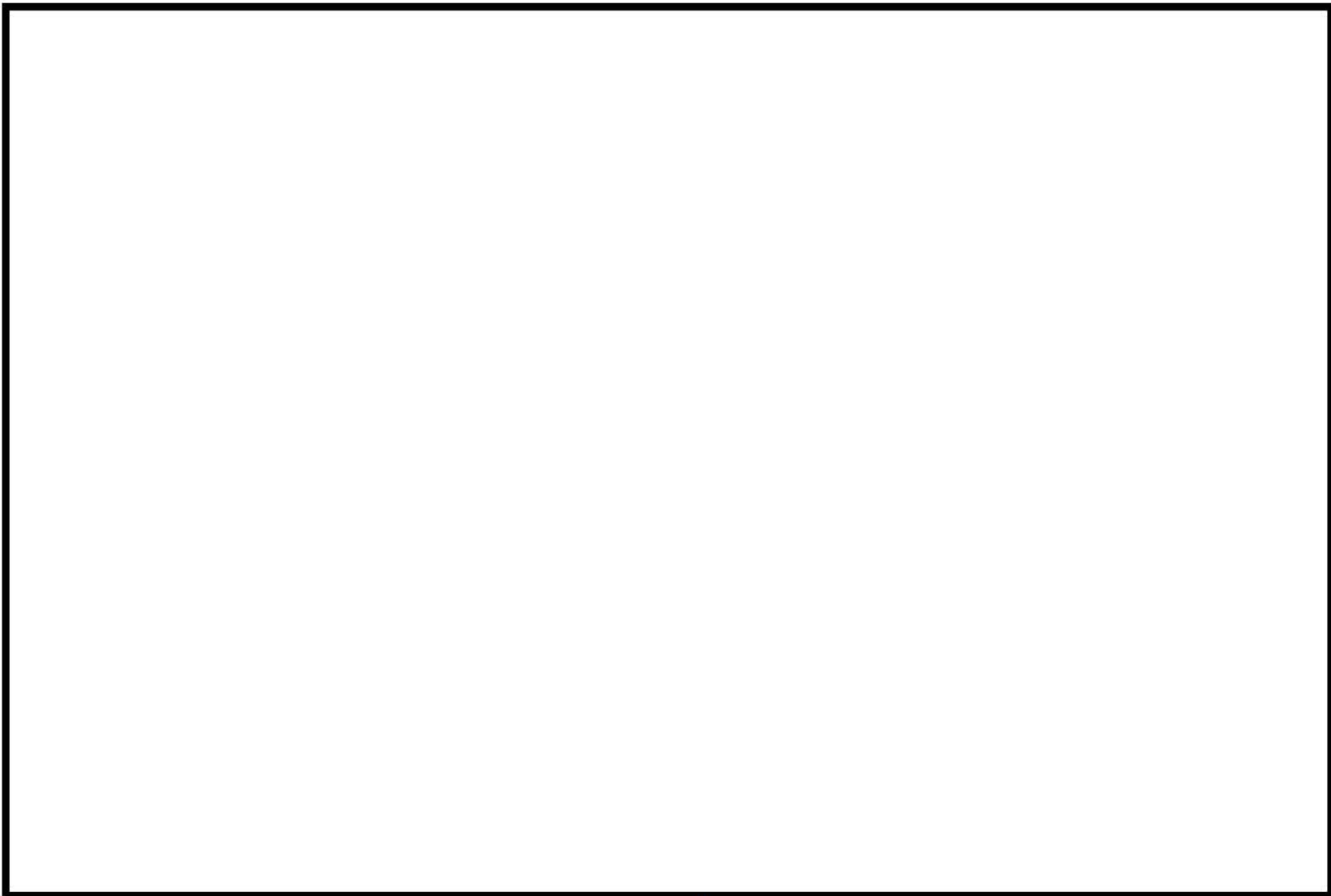


図2 本体縦断面図

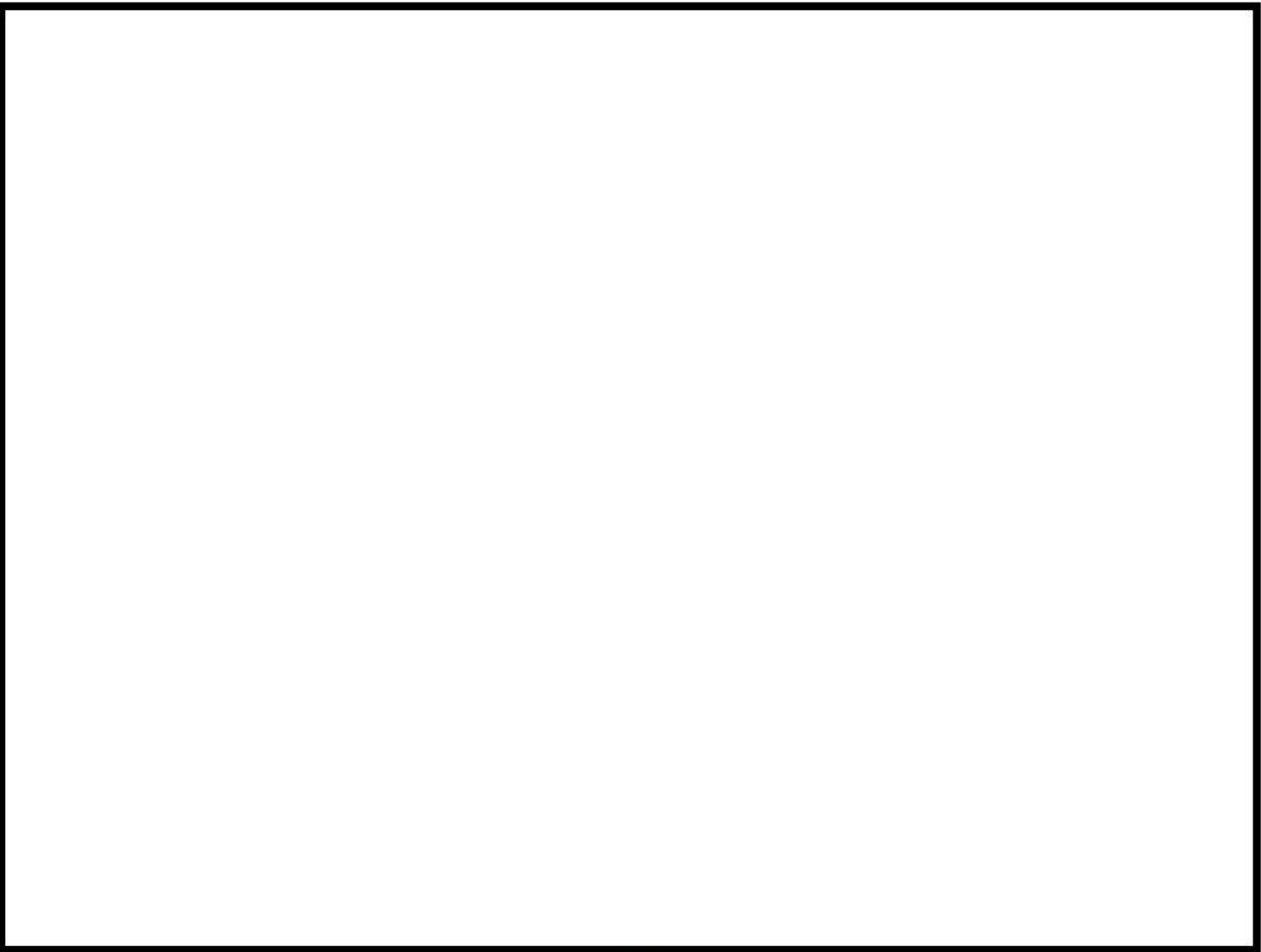


図3 本体横断面図



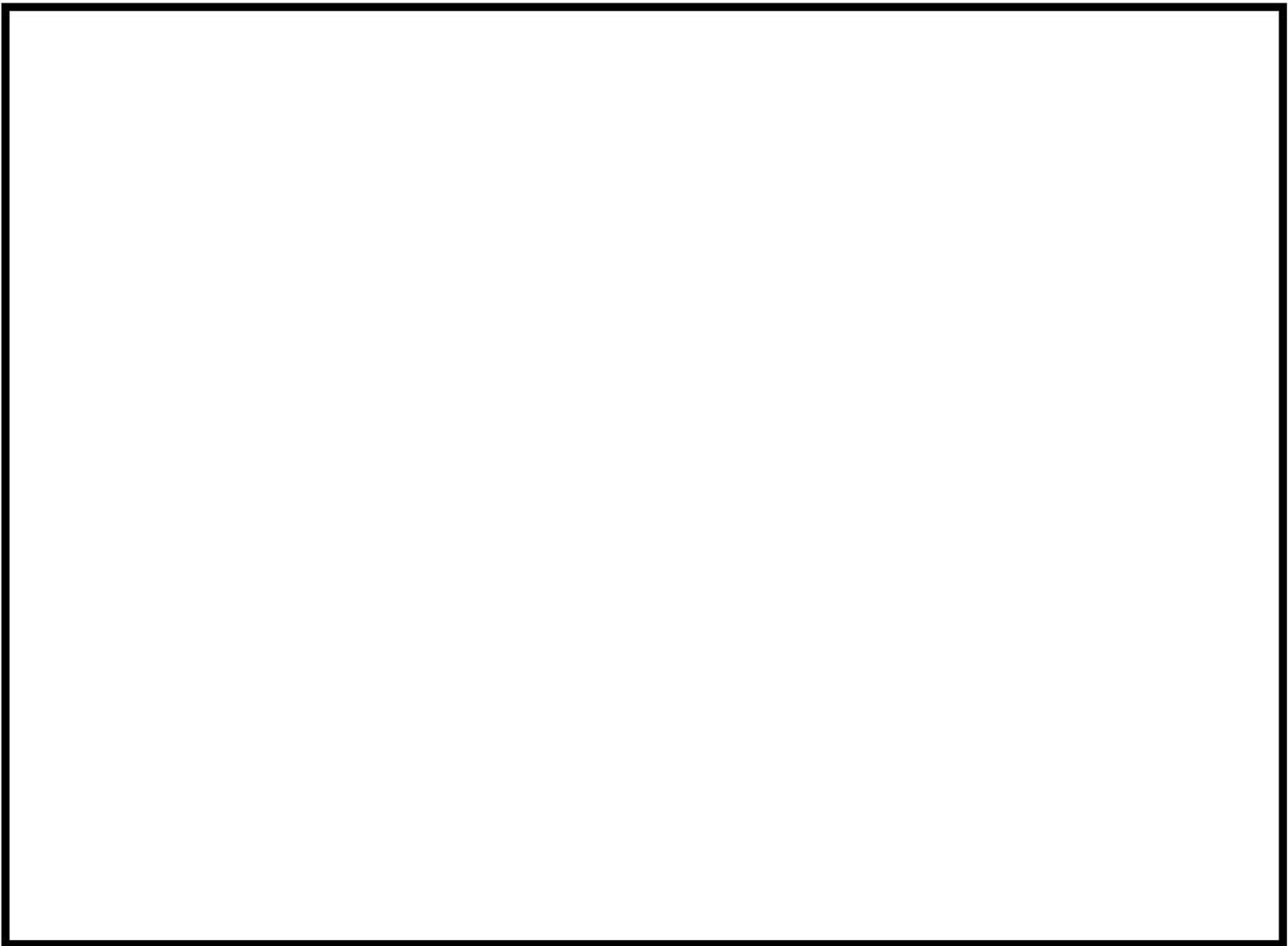


図 4 一次蓋





内は商業機密のため、非公開とします。

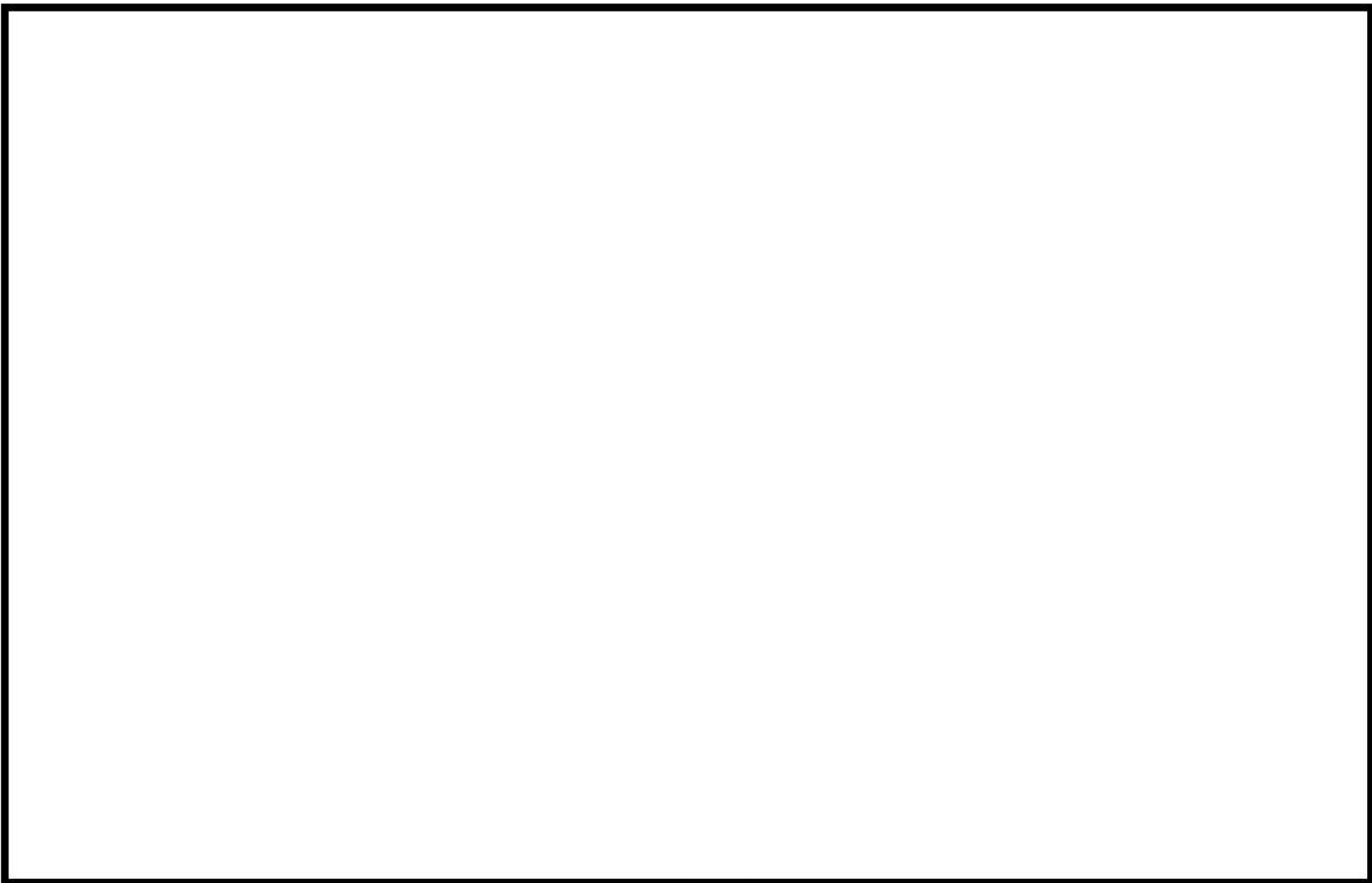


図5 一次蓋貫通孔

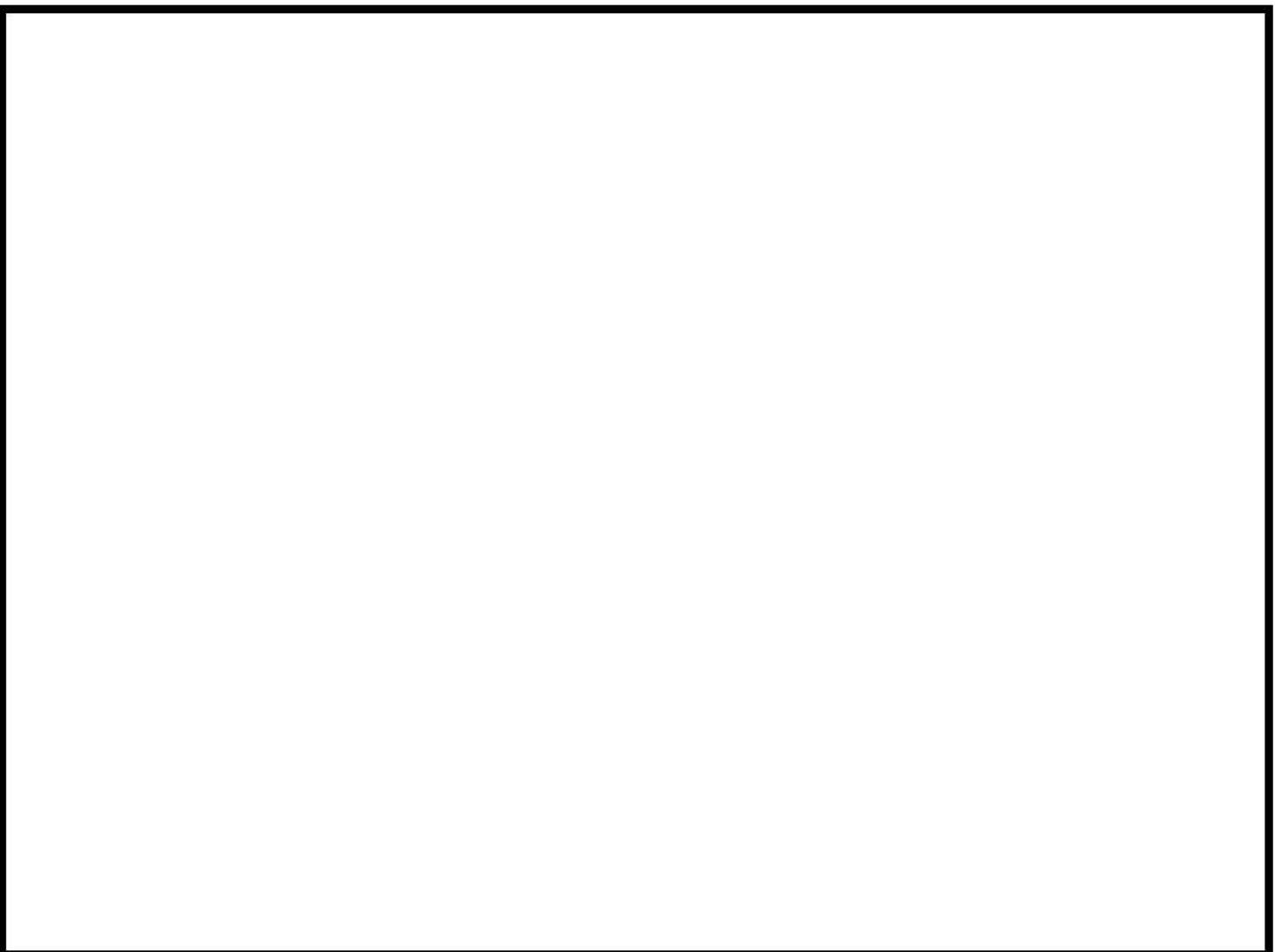


図 6 二次蓋



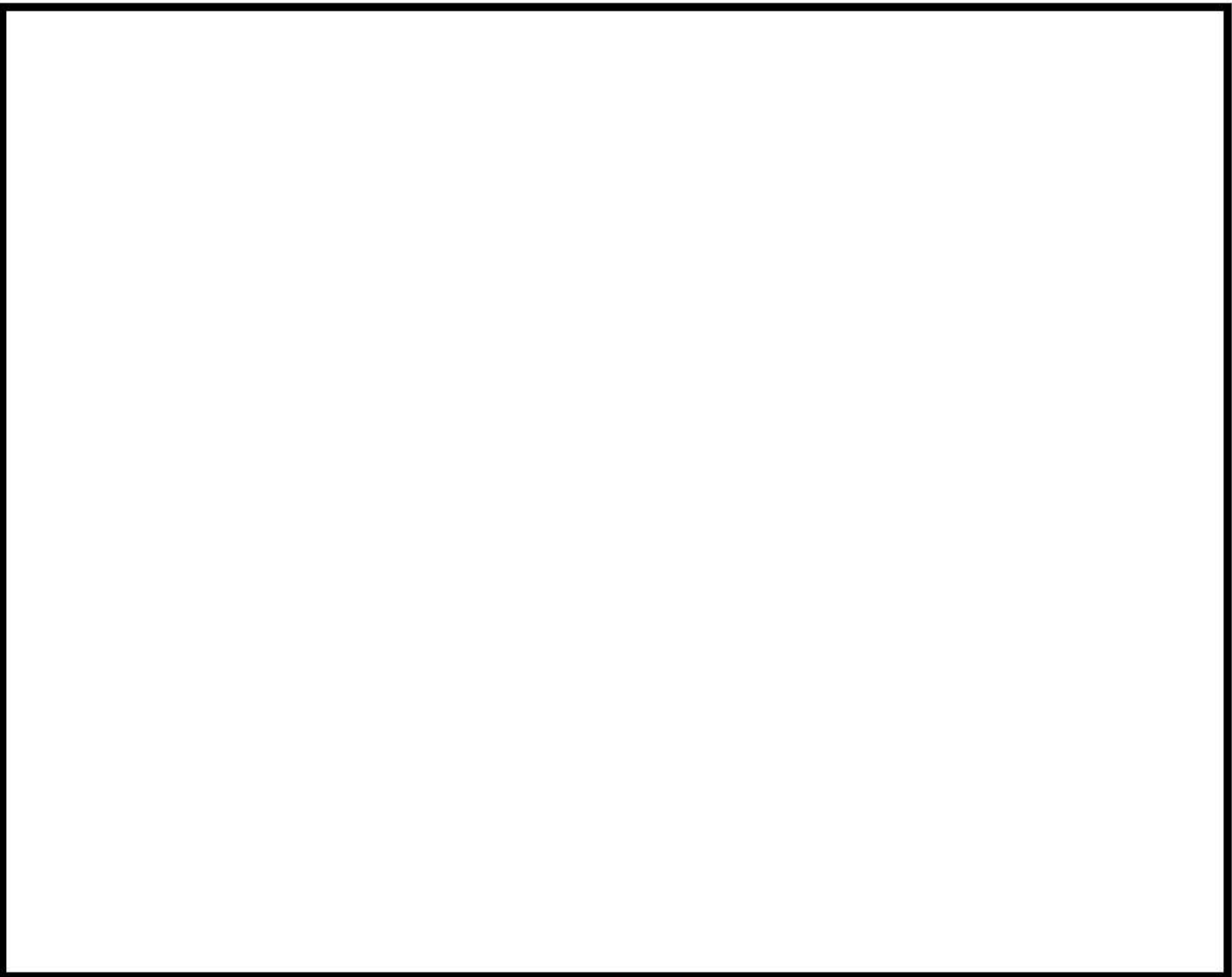


図 7 二次蓋貫通孔



内は商業機密のため、非公開とします。



内は商業機密のため、非公開とします。

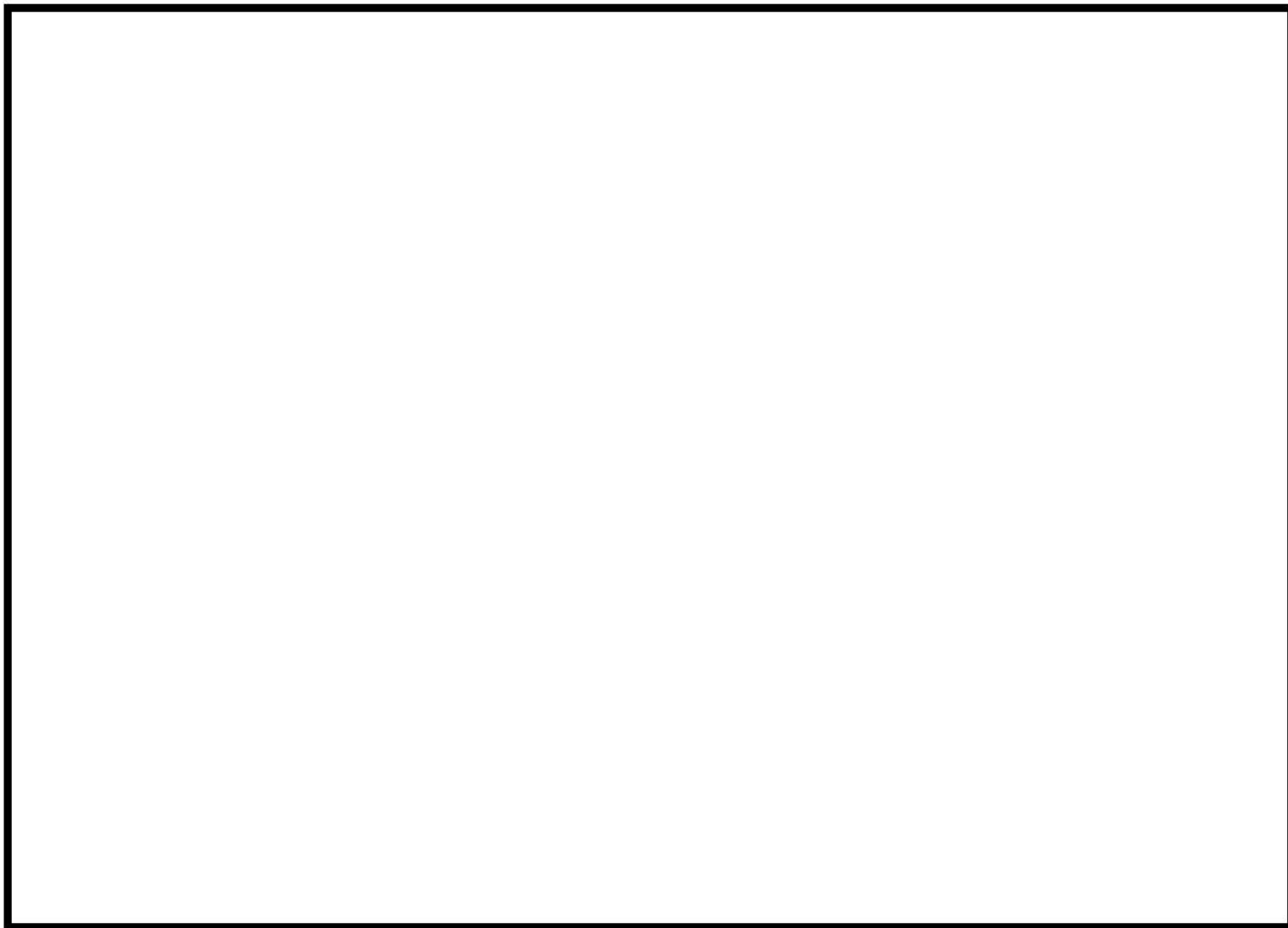


図 8 (1/2) バスケット (1/2)

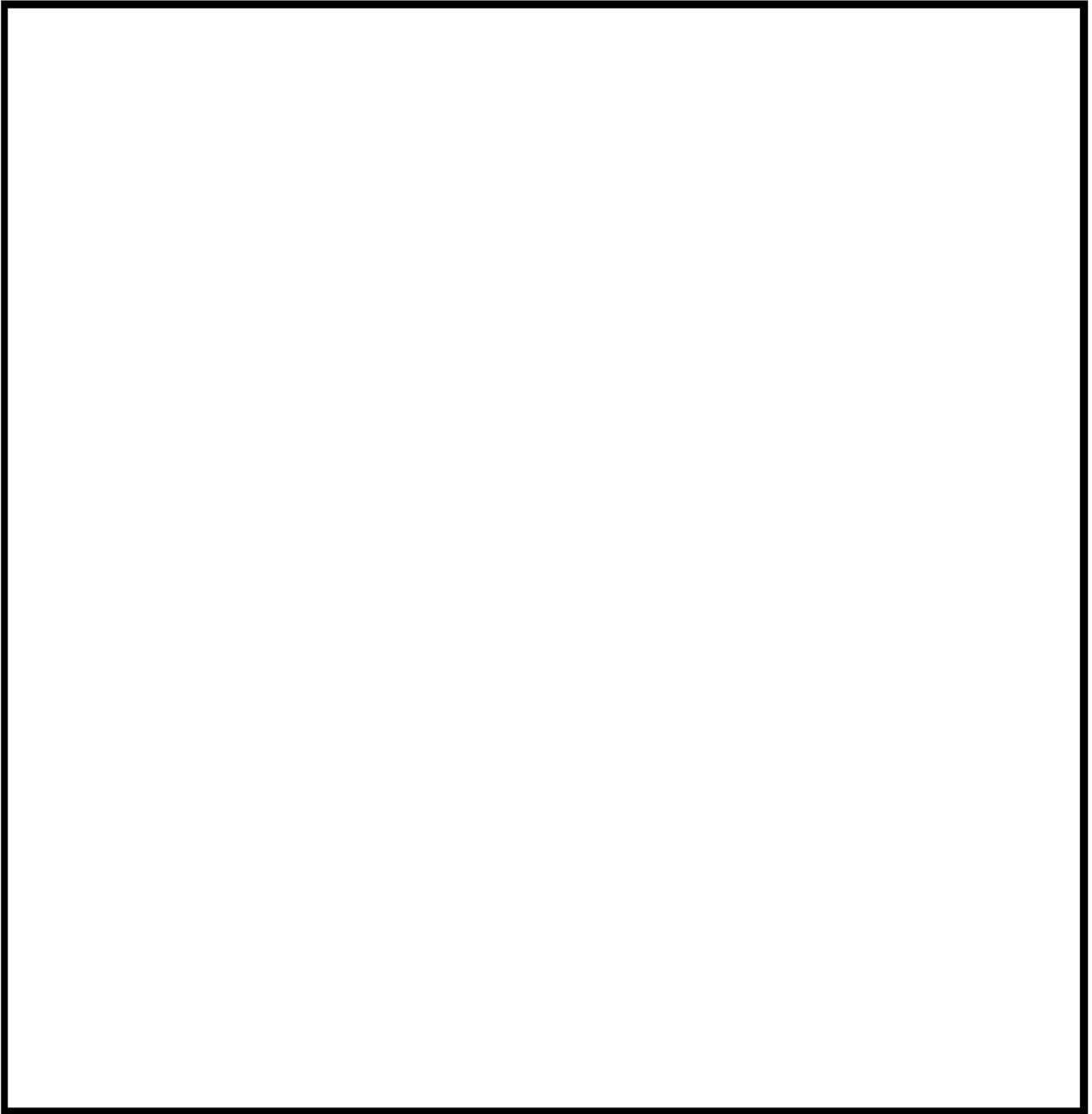


図 8 (2/2) バスケット (2/2)

表 1 Hitz-B69 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 5.4 m
	外径	約 2.5 m
収納体数		69 体
最大崩壊熱量		約 12.8 kW
主 要 材 質	特定兼用キャスク本体	
	胴／底板（ガンマ線遮蔽材）	炭素鋼（GLF1）
	外筒（ガンマ線遮蔽材）	炭素鋼（SGV480）
	トランニオン	析出硬化系ステンレス鋼（SUS630-H1150）
	中性子遮蔽材	樹脂（レジン）
	伝熱フィン	銅（C1020P）
	蓋 部（注 1）	
	一次蓋	ステンレス鋼（SUSF304）
	二次蓋	炭素鋼（SGV480）
	蓋ボルト	合金鋼（SNB23-3）
バスケット	炭素鋼（HZ-SG295HAR）、 ステンレス鋼（SUS304） （中性子吸収材を配置）	
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		圧力検出器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)	—		○	—
	トランニオン (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	コンパートメント (注1)	◎	—	○	—
	サポートプレート (注1)	○		—	
	中性子吸収材 (注3)	◎		—	
	伝熱ブロック (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 1-2「バスケット材料 (HZ-SG295HAR) と設計方針の関係について (Doc No.GK04-SC-Z03)」に基づく。

3. Hitz-B69 型の収納条件

(1) 使用済燃料集合体の仕様及び収納位置条件

Hitz-B69 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。また、Hitz-B69 型の使用済燃料集合体の収納位置条件は図 9-1 から図 9-4 に示すいずれかの条件に適合するものとする。また、図 9-2 及び図 9-4 の収納位置条件においては、使用済燃料集合体の種類及びその収納位置によって、軸方向燃焼度が図 9-5 に示す軸方向燃焼度の条件を満たすことを発電用原子炉設置者により確認された使用済燃料を収納可能とする。

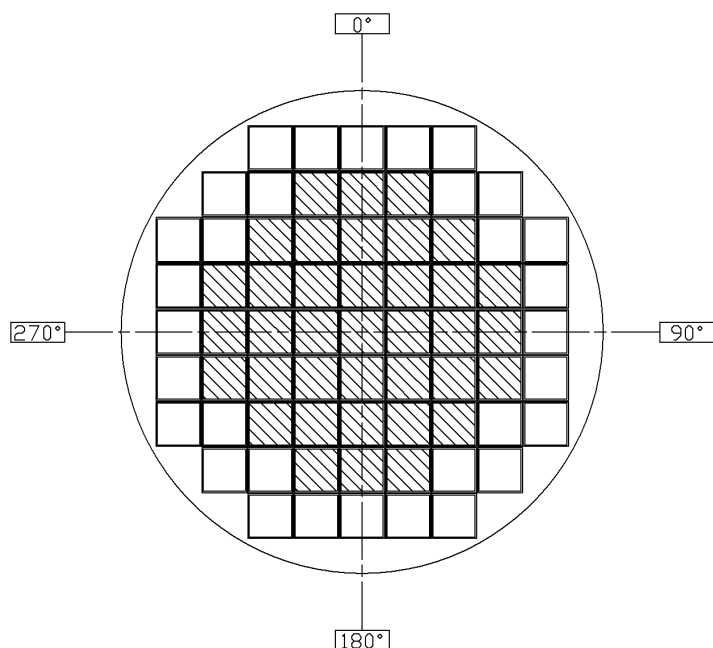
表 3 使用済燃料集合体の仕様（収納条件）

項 目		仕 様			
使用済燃料 集合体の種類		8×8 燃料	新型 8×8 燃料	新型 8×8 ジルコニウムライ 燃料	高燃焼度 8×8 燃料
形 状	集 合 体 幅	約 134 mm	約 134 mm	約 134 mm	約 134 mm
	全 長	約 4,470 mm	約 4,470 mm	約 4,470 mm	約 4,470 mm
質 量		約 280 kg	約 270 kg	約 270 kg	約 270 kg
初期濃縮度 (注 1)		約 2.8 wt%	約 3.1 wt%	約 3.1wt%	約 3.7 wt%
最高燃焼度 (注 2)		30,000 MWd/t	38,000 MWd/t	40,000 MWd/t	48,000 MWd/t
最短冷却期間 (注 3)		34 年	34 年	28 年	20 年

(注 1) 代表的な仕様を示す。

(注 2) 収納する使用済燃料集合体 1 体の燃焼度の平均値の最大値を示す。

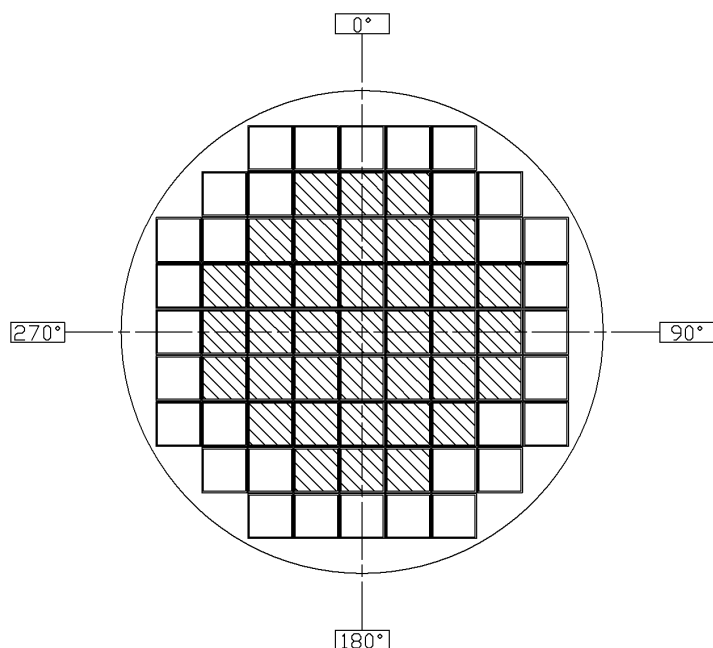
(注 3) 収納する使用済燃料集合体の最短の冷却期間を示す。



- 燃料種類 : 新型 8×8 燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 38,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上
- 燃料種類 : 8×8 燃料又は新型 8×8 燃料
 収納体数 : 32 体
 燃焼度 : 30,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上

特定兼用キャスクー基当たりの平均燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
 特定兼用キャスクー基当たりの崩壊熱量 : 9.5kW 以下

図 9-1 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(1))
 (8×8 燃料及び新型 8×8 燃料を収納する場合)

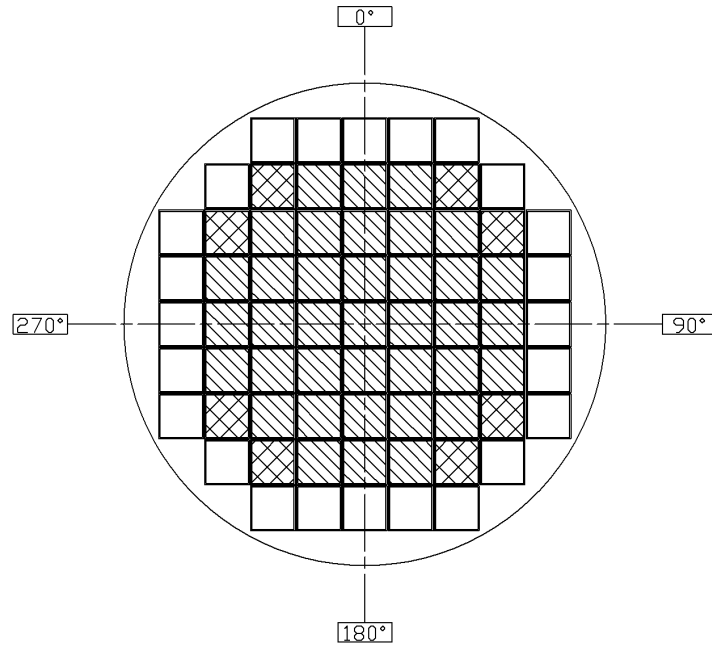





- 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 40,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 28 年以上
- 燃料種類 : 新型 8×8 燃料又は新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 32 体
 燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上 (新型 8×8 燃料)
 30 年以上 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)

特定兼用キャスク一基当たりの平均燃焼度 : 35,000MWd/t 以下

特定兼用キャスク一基当たりの崩壊熱量 : 10.5kW 以下

図 9-2 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(2))
 (新型 8×8 燃料及び新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を収納する場合)

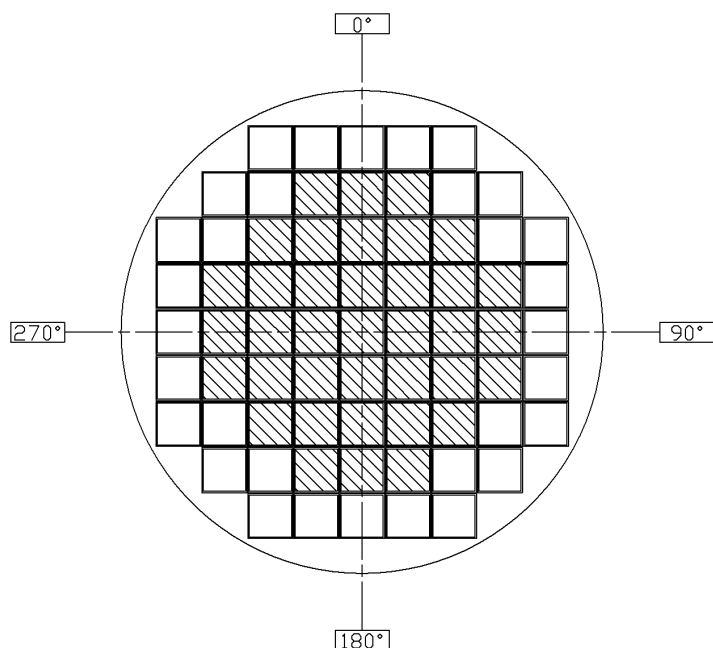




- 
 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料又は高燃焼度 8×8 燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 40,000MWd/t 以下 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 48,000MWd/t 以下 (高燃焼度 8×8 燃料)
 冷却期間 : 28 年以上 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 20 年以上 (高燃焼度 8×8 燃料)
- 
 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 8 体
 燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 30 年以上
- 
 燃料種類 : 新型 8×8 燃料
 収納体数 : 24 体
 燃焼度 : 30,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上

特定兼用キャスク一基当たりの平均燃焼度 : 38,000MWd/t 以下
 (高燃焼度 8×8 燃料の平均燃焼度を 44,000MWd/t 以下とする。)

特定兼用キャスク一基当たりの崩壊熱量 : 12.4kW 以下

図 9-3 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(3))
 (新型 8×8 燃料、新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度 8×8 燃料を収納する
 場合)



- 
 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料又は高燃焼度 8×8 燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 40,000MWd/t 以下 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 48,000MWd/t 以下 (高燃焼度 8×8 燃料)
 冷却期間 : 28 年以上 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 20 年以上 (高燃焼度 8×8 燃料)
- 
 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 32 体
 燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 30 年以上

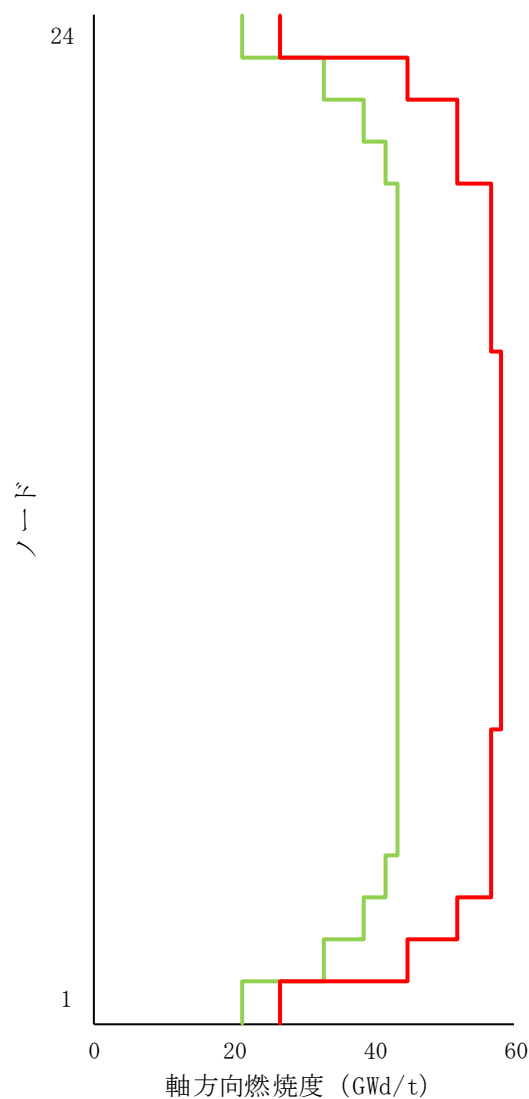
特定兼用キャスク一基当たりの平均燃焼度 : 39,000MWd/t 以下
 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料の平均燃焼度を 33,000MWd/t 以下、
 高燃焼度 8×8 燃料の平均燃焼度を 44,000MWd/t 以下とする。)

特定兼用キャスク一基当たりの崩壊熱量 : 12.8kW 以下

図 9-4 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(4))
 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合)

燃料種類		新型 8×8 ジルコニウムライ 燃料	高燃焼度 8×8 燃料
燃焼度		35GWd/t 以下	48GWd/t 以下
ノード		軸方向燃焼度※ (GWd/t)	
(上部)	24	21.00	26.40
	23	32.90	44.64
	22	38.50	51.84
	21	41.65	51.84
	20	43.40	56.64
	19	43.40	56.64
	18	43.40	56.64
	17	43.40	56.64
	16	43.40	58.08
	15	43.40	58.08
	14	43.40	58.08
	13	43.40	58.08
	12	43.40	58.08
	11	43.40	58.08
	10	43.40	58.08
	9	43.40	58.08
	8	43.40	58.08
	7	43.40	56.64
	6	43.40	56.64
	5	43.40	56.64
4	41.65	56.64	
3	38.50	51.84	
2	32.90	44.64	
(下部)	1	21.00	26.40

— 新型8×8ジルコニウムライ燃料 35GWd/t以下
— 高燃焼度8×8燃料 48GWd/t以下



※：配置(2)又は配置(4)の条件で外周部 32 体の位置に収納する新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び配置(4)の条件で中央部 37 体の位置に収納する高燃焼度 8×8 燃料は、軸方向燃焼度が本図の条件に包含される。

図 9-5 使用済燃料集合体の軸方向燃焼度の条件 (配置(2)又は配置(4)の条件で、
新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料又は高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合)

4. 貯蔵施設の前提条件

Hitz-B69 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-B69 型を貯蔵施設で使用するための前提条件を表 4 に示す。

また、原子炉建屋内及び貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例を別紙 1 に示す。

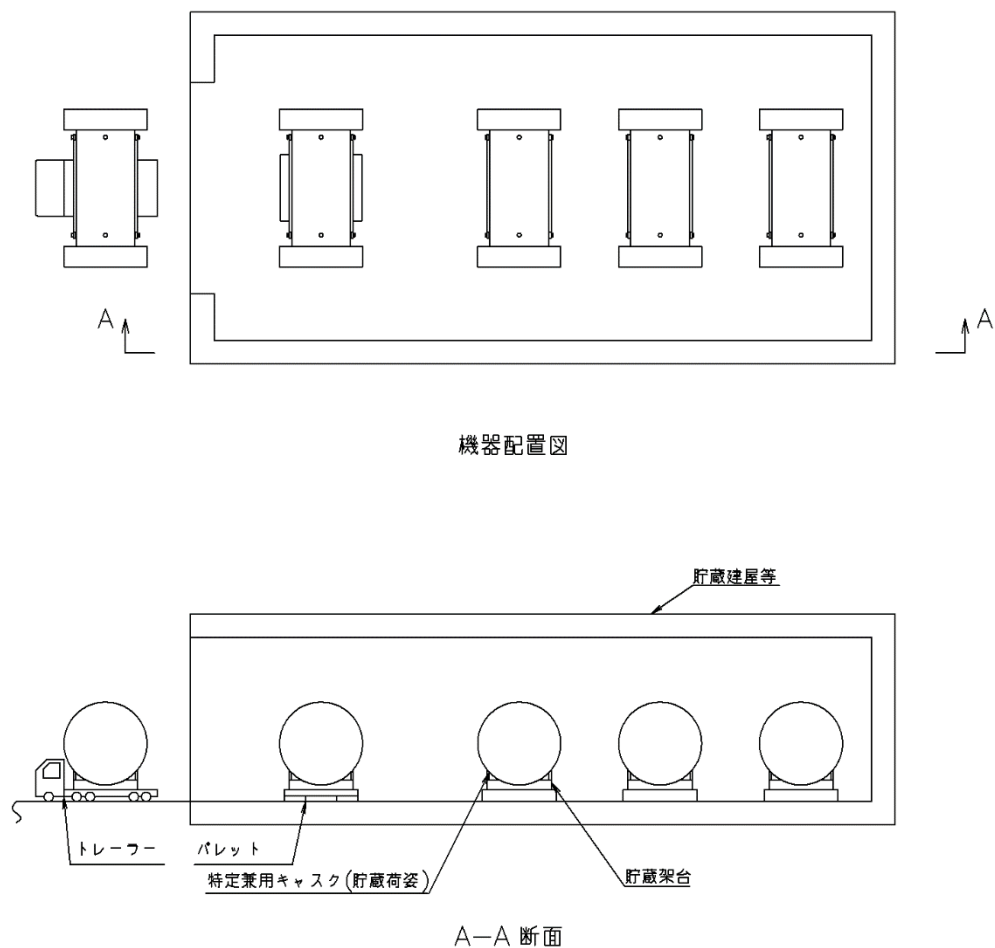


図 10 貯蔵施設概要図（例）

表 4 Hitz-B69 型を貯蔵施設で使用するための前提条件

前提条件		蓋部が金属部へ衝突しない設置方法（横置き）
		貯蔵建屋等内貯蔵
周囲温度	最高	50℃
	最低	-22.4℃
貯蔵建屋等壁面温度	最高	65℃
貯蔵建屋等の材質 （屋根・壁・床）		コンクリート（塗装） （放射率 0.8 以上）

5. Hitz-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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-B69 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-B69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-B69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-B69 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. GK04-SC-E01)」に示す。

(2) Hitz-B69 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. GK04-SC-D01)」に示す。

(3) Hitz-B69 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. GK04-SC-B01)」に示す。

(4) Hitz-B69 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. GK04-SC-C01)」に示す。

(5) Hitz-B69 型の長期健全性

補足説明資料 16-6「材料・構造健全性に関する説明資料(Doc. No. GK04-SC-F01)」に示す。

(6) Hitz-B69 型の取扱時の構造健全性

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 5 に示す。

7. Hitz-B69 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-B69 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-B69 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）許可時の別途確認事項）とする。

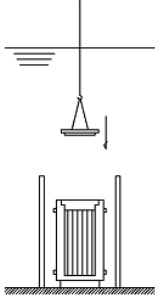
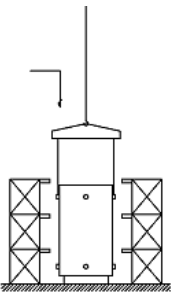
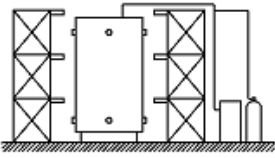
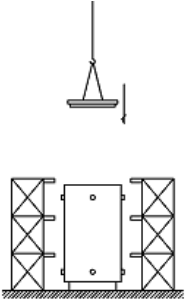
Hitz-B69 型のハンドリングフロー例

1. 概要

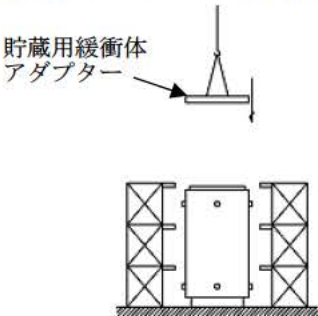
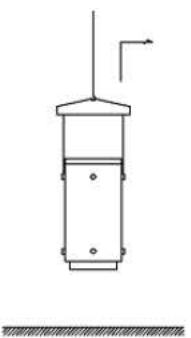
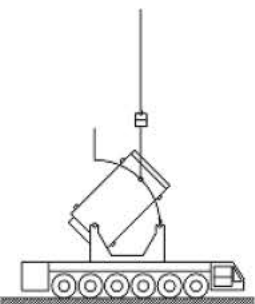
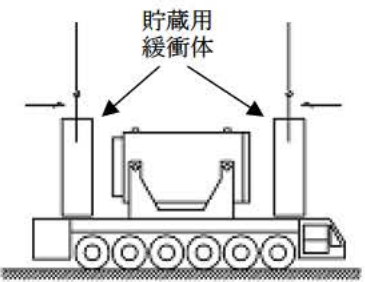
原子炉建屋内及び貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例を以下に示す。

- ・原子炉建屋内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例（別紙 1-1 図参照）
- ・貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例（別紙 1-2 図参照）

＜原子炉建屋における燃料装荷～貯蔵用緩衝体取付け＞

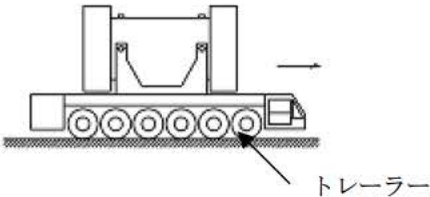
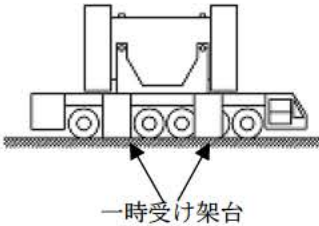
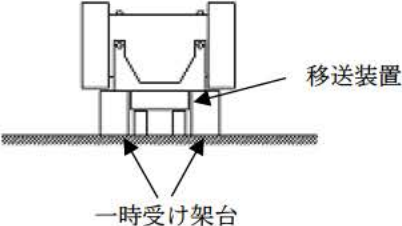
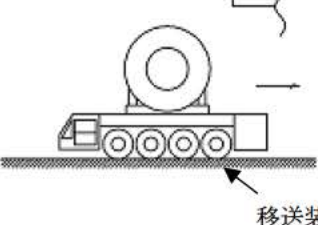
No.	取扱いモード
1-1	<p>• 燃料装荷、一次蓋取付け</p> 
1-2	<p>• 容器吊上げ、移動、吊降し</p> 
1-3	<p>• 排水、真空乾燥、不活性ガス充填、一次蓋密封確認</p> 
1-4	<p>• 二次蓋取付け、蓋間圧力調整、二次蓋密封確認</p> 

別紙 1-1 図 原子炉建屋内における Hitz-B69 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"> 貯蔵用緩衝体アダプター取付け 
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"> 貯蔵用緩衝体取付け 

別紙 1-1 図 原子炉建屋内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例 (2/2)

＜貯蔵施設への搬送～貯蔵＞

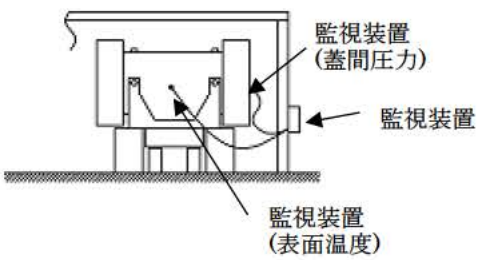
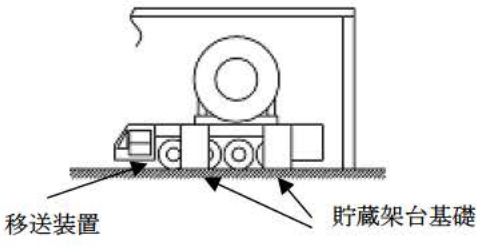
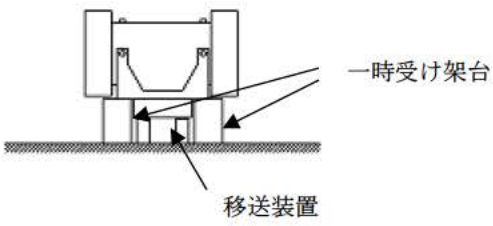
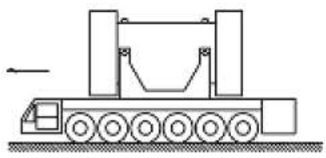
No.	取扱いモード
2-1	<p>・ト ーラーで搬送</p> 
2-2	<p>・一次受け架台へ移送</p> 
2-3	<p>・移送装置へ載せ替え</p> 
2-4	<p>・移送装置での移送</p> 

別紙 1-2 図 貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例 (1/5)

No.	取扱いモード
2-5	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵架台基礎への設置
2-6	<ul style="list-style-type: none"> ・監視装置取り付け

別紙 1-2 図 貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例 (2/5)

＜貯蔵施設における貯蔵～保管建屋へ移送＞

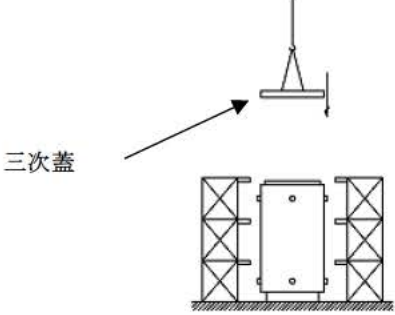

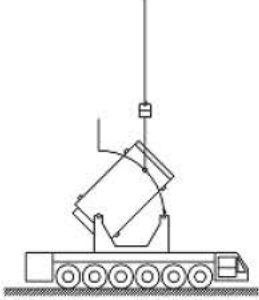
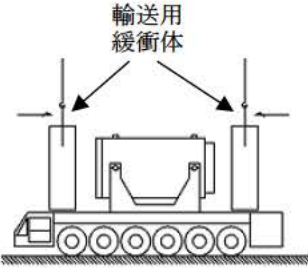
No.	取扱いモード
3-1	<p>・監視装置の取外し</p> 
3-2	<p>・貯蔵架台基礎からの移送</p> 
3-3	<p>・一時受け架台に移送</p> 
3-4	<p>・ト ーラーへの載せ替え、保管建屋に移送</p> 

別紙 1-2 図 貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例 (3/5)

<保管建屋へ移送～輸送用緩衝体取付け>

No.	取扱いモード
3-5	<p>・貯蔵用緩衝体の取り外し</p>
3-7	<p>・立て起こし</p>
3-7	<p>・容器移動</p>
3-8	<p>・貯蔵用緩衝体アダプターの取り外し</p>

別紙 1-2 図 貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例 (4/5)

No.	取扱いモード
3-9	<ul style="list-style-type: none"> • 三次蓋の取り付け、三次蓋密封確認 
3-10	<ul style="list-style-type: none"> • 容器移動 
3-11	<ul style="list-style-type: none"> • 横倒し 
3-12	<ul style="list-style-type: none"> • 輸送用緩衝体の取り付け、搬出 

別紙 1-2 図 貯蔵施設内における Hitz-B69 型のハンドリングフロー例 (5/5)

バスケットの構造について

1. 概要

本資料は、特定兼用キャスクである Hitz-B69 型のバスケット構造について、使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明（M-DPC20002）を受けた類似構造の先行例（Hitz-B52 型）のバスケットとの比較を含め以下に説明する。

2. バスケットの構造概要

Hitz-B69 型のバスケットは、使用済燃料集合体を収納する炭素鋼製の角パイプ（以下、「コンパートメント」という。）、コンパートメント間の隙間に配置する中性子吸収材、コンパートメント間の隙間を保持するスペーサ、これらを束ねると共に径方向の支持構造物となるサポートプレート、並びに特定兼用キャスクの蓋側に配置される上部格子枠及び特定兼用キャスク底板側に配置される底部プレートで構成される。

バスケット外周のコンパートメントに溶接したサポートプレートは周方向に分割しており、クランプという部材で周方向に連結している。（以下、主たる連結部材である「クランプ」とこれを固定するクランプボス及びクランプボルトによる締結構造を「クランプ構造」（図 別 2-7 参照）という。）また、コンパートメントの軸方向両端に溶接されたフランジプレート（サポートプレートと同形状）は、上部格子枠及び底部プレートとそれぞれボルトで締結している。

先行例（Hitz-B52 型）と Hitz-B69 型のバスケットの違いは次のとおりである。

先行例（Hitz-B52 型）のバスケットは、使用済燃料集合体収納部の全長がコンパートメントで構成される。一方で Hitz-B69 型のバスケットは、図 別 2-1 に示すとおり、使用済燃料集合体の収納部を上部格子枠とコンパートメントの組み合わせで構成しており、燃料有効部が収まるように中性子吸収材を配置している。

一般に特定兼用キャスクの質量は、使用済燃料集合体の収納体数が増える（52 体→69 体）と増加する傾向があるが、一方で使用済燃料を含む特定兼用キャスクの取扱重量制限は先行例（Hitz-B52 型）と Hitz-B69 型で大きく変わらない。

このため、Hitz-B69 型は特定兼用キャスク単体としての軽量化が必要であり、その方法としてバスケットの軽量化が有効であると考えられる。

上部格子枠は、燃料有効部より特定兼用キャスク蓋側に位置することから、中性子吸収材を配置する必要がなく、主に使用済燃料集合体の幾何学的配置の保持に特化した構造とすることにより、安全機能を低下させることなく必要な構造強度を確保し、バスケットの軽量化を図ることができる。

なお、中性子吸収材の特定兼用キャスク軸方向の配置は、輸送時における使用済燃料集合体の移動並びに一般及び特別の試験条件下における使用済燃料集合体の上部構造体の

変形を考慮しても中性子吸収材の範囲から燃料有効部が逸脱することはなく、中性子吸収材の適切な配置が維持される設計としており、技術的に想定されるいかなる場合でも未臨界を維持できる構造である。

使用済燃料集合体と中性子吸収材の位置関係を図 別 2-1 に示す。

以上のことから **Hitz-B69** 型のバスケットは、軽量化が期待できる上部格子枠とコンパートメントを組み合わせる構造とした。

バスケットの構造を図 別 2-2～図 別 2-4 に示す。

先行例（**Hitz-B52** 型）と同様に **Hitz-B69** 型のバスケットにも適用しているクランプ構造の考え方については、次項で説明する。

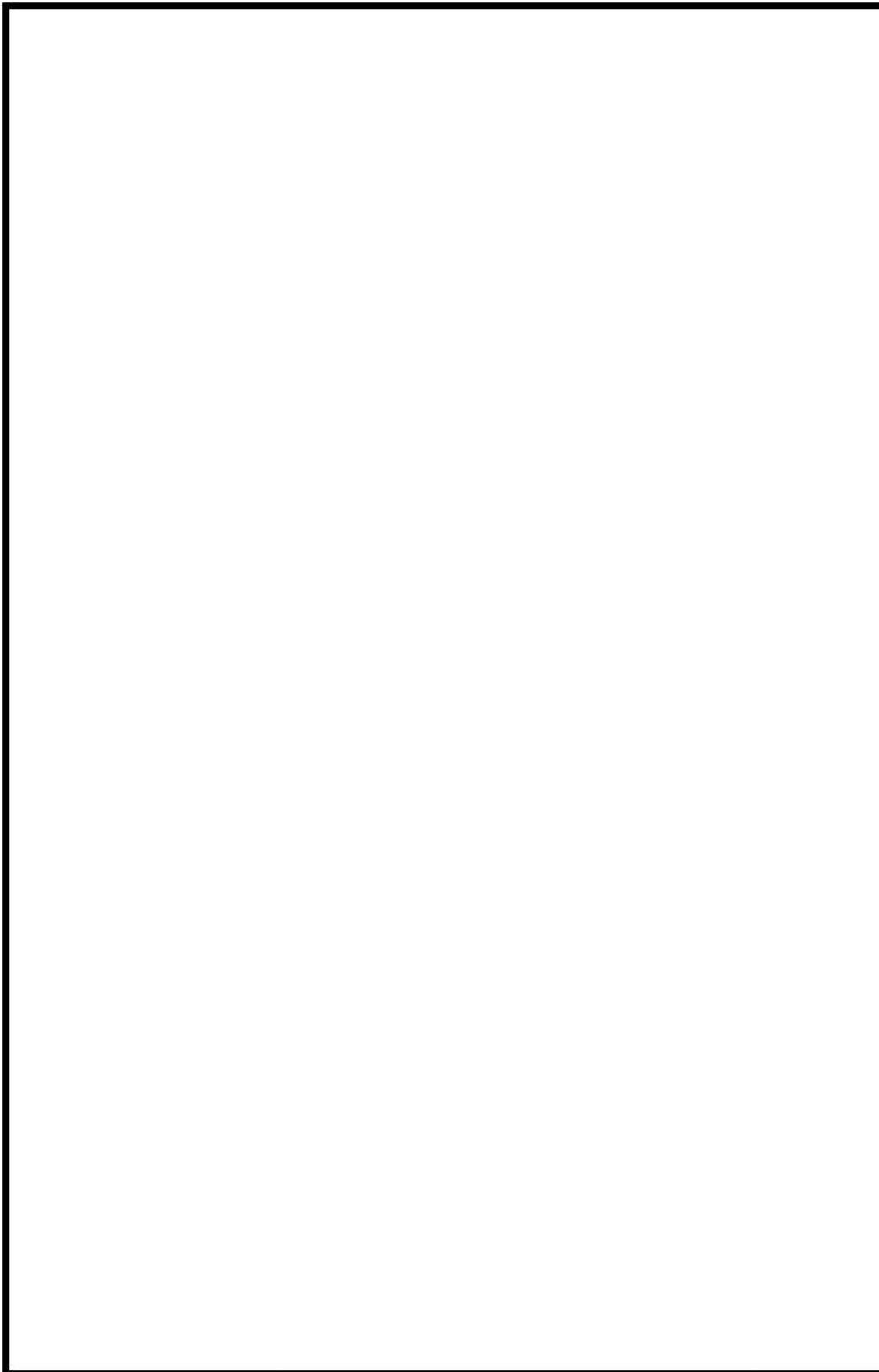



図 別 2-1 使用済燃料集合体と中性子吸収材の位置関係

別紙 2-3

 内は商業機密のため、非公開とします。

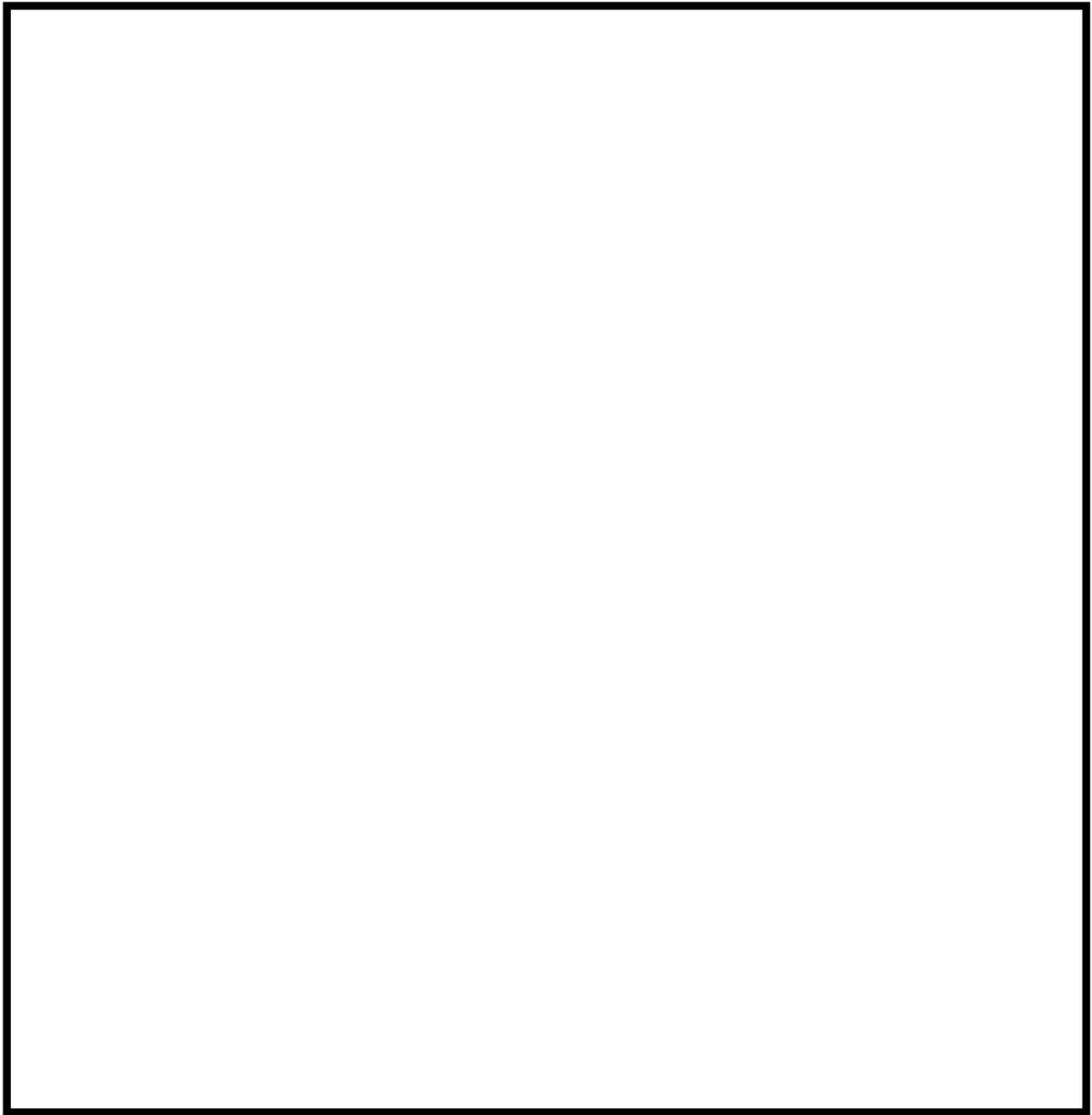



図 別 2-2 バスケットの構造 (1/3)

別紙 2-4

 内は商業機密のため、非公開とします。

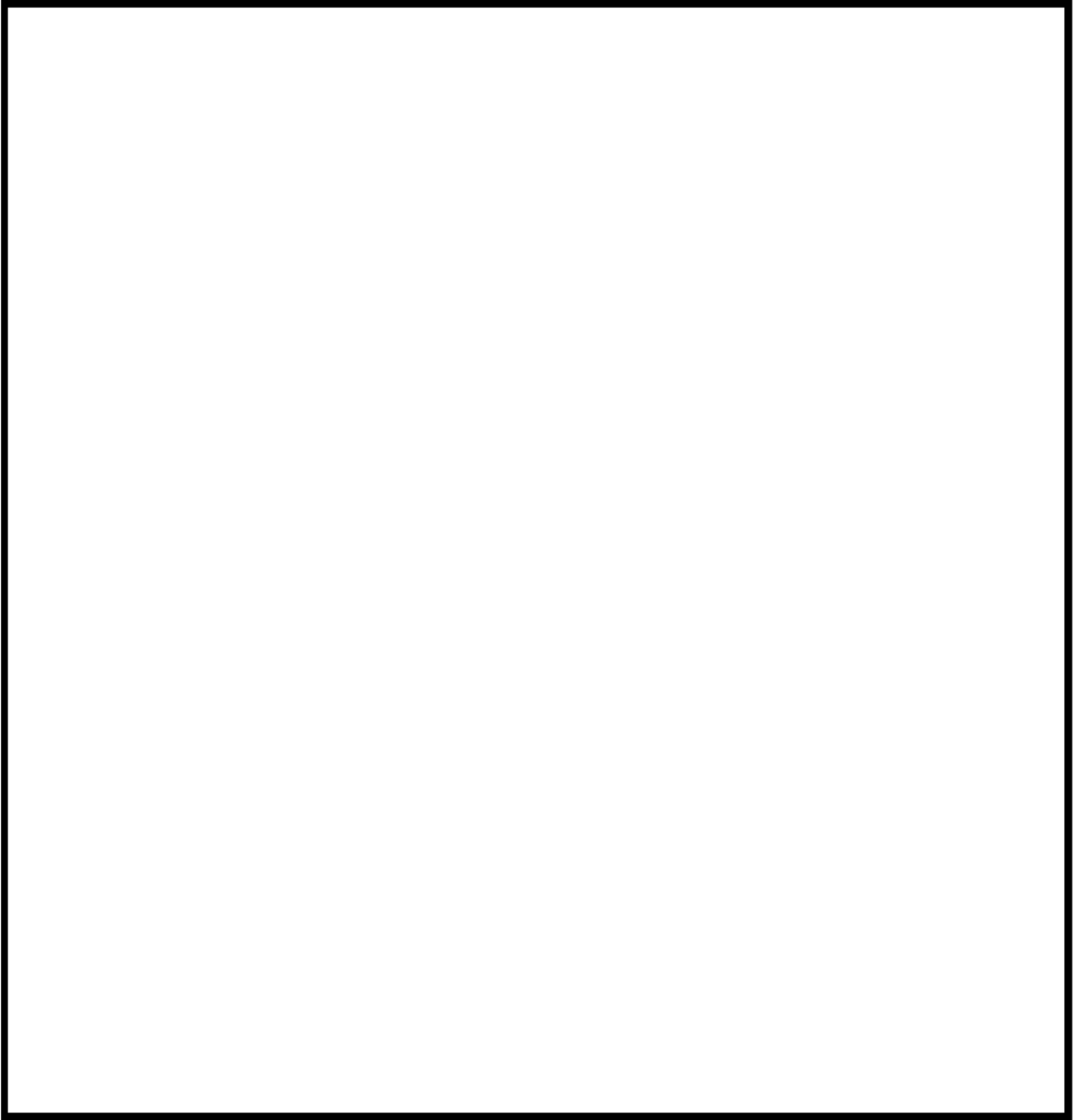


図 別 2-3 バスケットの構造 (2/3)

別紙 2-5

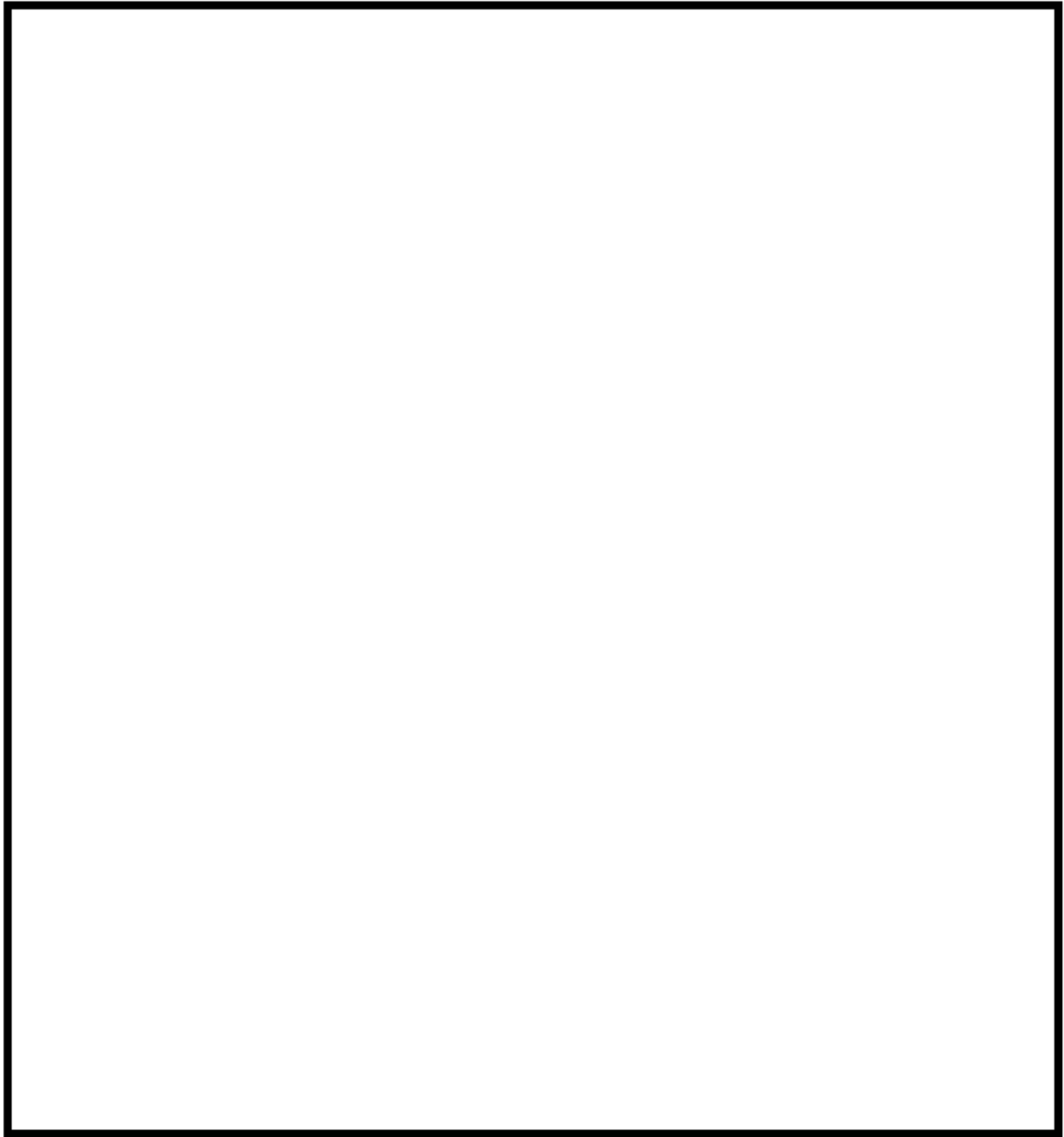


図 別 2-4 バスケットの構造 (3/3)

別紙 2-6

3. クランプ構造について

クランプ構造は、周方向に分割したサポートプレートを連結するための構造であり、クランプ、クランプボス及びクランプボルトで構成され、サポートプレートに溶接されたクランプボスを上下からコの字型のクランプで挟み込み、クランプボスを貫通してクランプボルトで固定する構造である。(図 別 2-7 参照)

クランプ構造は、バスケットを容器本体に挿入する際等の製造時におけるバスケット単体を取り扱う場合において、サポートプレートを介して束ねられたコンパートメントの結束を締めたり緩めたりすることにより、バスケットの外径を調節するといった補助的機能を有しているが、Hitz-B69 型のクランプ構造自体は、臨界防止機能等の安全機能に対し有意な影響を及ぼすものではない。

先行例 (Hitz-B52 型) は、Hitz-B69 型と同じく、クランプ構造でサポートプレートを周方向に連結する構造を適用している。ただし、先行例 (Hitz-B52 型) のクランプ構造は、除熱材であるアルミニウム合金を固定する機能を有しており、Hitz-B69 型のクランプ構造にはその機能がなく、アルミニウム合金はクランプ構造とは別の固定用ボルトでコンパートメントに固定される。

先行例 (Hitz-B52 型) と Hitz-B69 型のクランプ構造は、一部の機能に違いがあるものの目的とする基本的機能及び設計における考え方は同じである。

また、クランプ構造によるサポートプレートの連結によって生じるその他の部材に対する影響については、型式指定審査で詳細を説明することとする。

4. FEM 解析によるバスケットの変形挙動の評価

貯蔵時に比べて輸送時は衝撃加速度が大きくなる傾向があり、バスケットにかかる荷重は輸送時の方が大きくなると考えられる。一部塑性を含む弾性変形を考慮した場合、クランプ構造に負荷が加わる可能性のあることが予備的解析評価で想定されたため、輸送要件の安全解析では、一般の試験条件及び特別の試験条件において、図 別 2-6 に示すとおり、バスケットの変形挙動が臨界防止機能に対して有意な影響を与えないことを FEM 解析で確認している。

この時、クランプ構造は安全機能に影響は与えないもののサポートプレート同士を連結しているものであるため、解析ではクランプ構造全体をばね要素としてモデル化することでその影響を考慮しており、FEM 解析によるバスケットの変形挙動の評価では、瞬間的にバスケットが変形しても中性子吸収材の適切な配置が維持されることを確認 (サポートプレート間の隙間の相対変位は最大でも 1.3mm 程度) している。

また、格子間の隙間が広がることに対する臨界防止機能への影響については、補足説明資料 16-2 別紙 1-2 表に示すとおり、格子間の隙間厚さの感度解析結果において、全ての条件で格子間の隙間厚さの最大が最小を下回っており、格子間の隙間が大きくなるほど中性子実効増倍率が低下することを確認している。

なお、除熱解析において、特定兼用キャスクの本体胴に対してバスケットを中央とする配置は、径方向に本体胴とバスケットが接触しない条件であることから除熱評価上厳しい条件となり、補足説明資料 16-4 図 1-1 に示すとおり、本特定兼用キャスクはバスケットを中央に配置した条件で除熱機能を評価している。

バスケットが特定兼用キャスク内で偏るとバスケットと本体胴が接触し、本体胴への熱伝達が容易になることから、バスケットの変形挙動が除熱機能に対して有意な影響を与えることはない。

5. 外部事象に対するバスケット構造の考え方

容器本体に挿入したバスケットは、本体胴で径方向に保持される。

バスケットと本体胴の隙間は小さく、本体胴による径方向の保持によりバスケットの変形挙動が抑えられることに伴ってクランプ部の相対変位（輸送時の条件下で最大 1.3mm 程度）が抑制されるため、クランプ構造内の隙間等を考慮するとクランプ構造に有意な応力が生じることはない。

クランプ構造がない場合にバスケットが径方向に広がろうとしても貯蔵時の外部事象を想定した荷重条件では、この考え方が成り立つことを予備的解析評価で確認しており、クランプ構造の有無は、安全機能及び安全機能を担保する構造強度に対して有意な影響を与えることはない。

また、地震、津波及び竜巻飛来物の外部事象で想定する最大の加速度 は、輸送要件の FEM 解析におけるバスケットの変形挙動の評価で想定している設計加速度 を大きく下回っており、外部事象におけるバスケットに生じる応力及び変形挙動の評価では、輸送時と同様のクランプ構造をばね要素とした FEM 解析による確認は必要なく、クランプ構造を応力及び変形挙動の評価対象としないモデルを用い、応力評価式による計算で評価することとした。

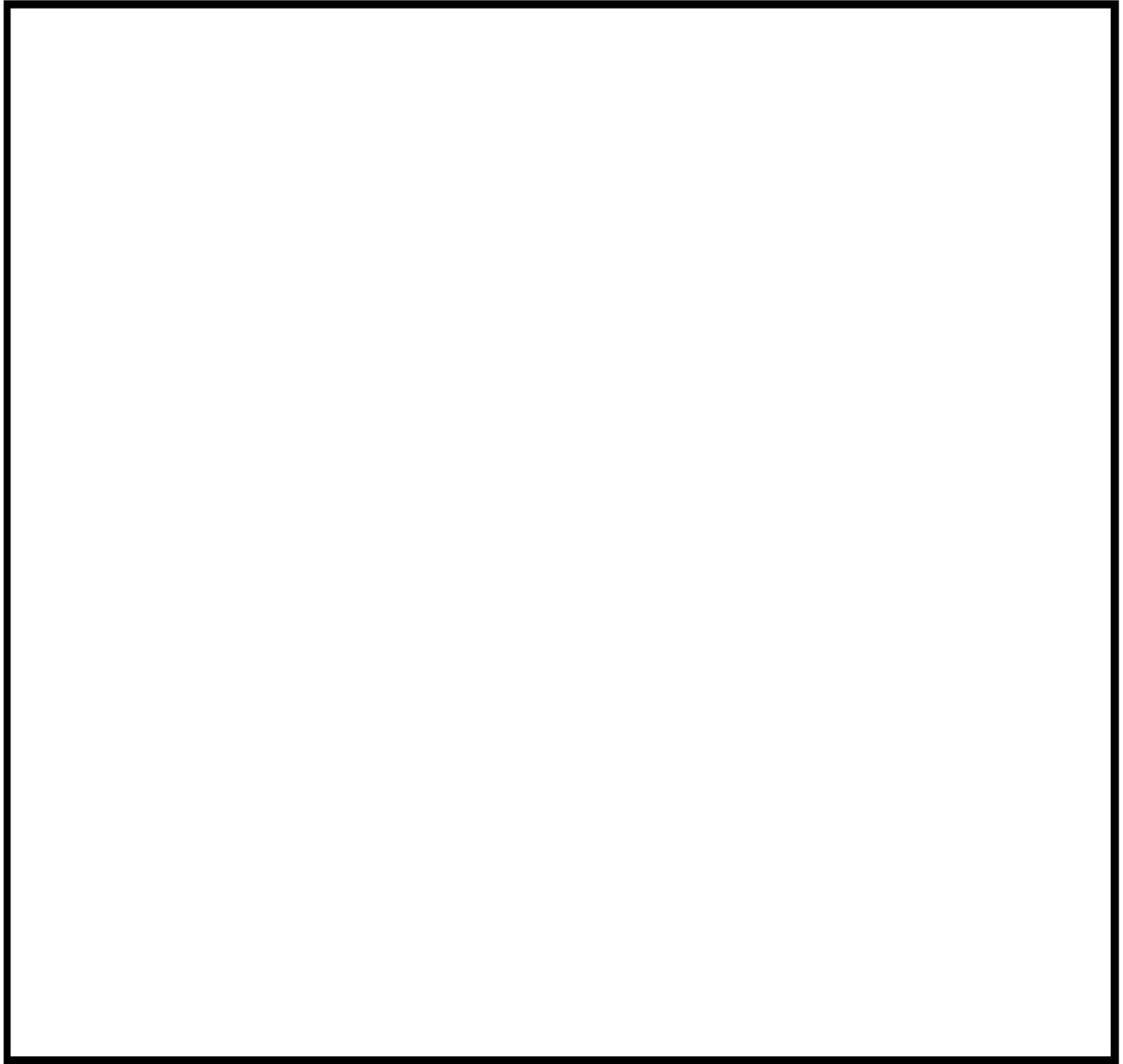
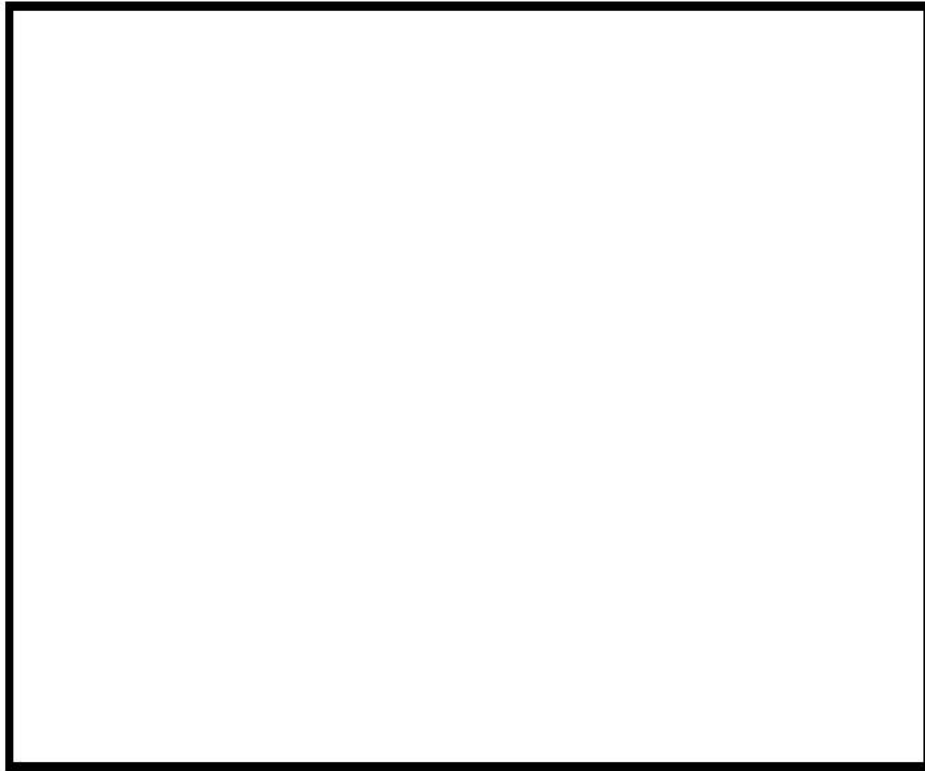


図 別 2-5 クランプ構造の概要

別紙 2-9



a) 水平落下評価モデル（載荷前）



b) 0.3m 水平落下評価モデル

※Max 5.3mm（相対変位 1.3mm）は、9m 水平落下時を含む全解析ケースにおける最大値を示す。

図 別 2-6 FEM による輸送時の水平落下解析モデル例

別紙 2-10



a) クランプ断面図



b) クランプばね反力特性

図 別 2-7 FEM による輸送要件の構造解析に用いたクランプの断面図とばね反力特性

使用済燃料収納配置の考え方について

1. 概要

Hitz-B69型は特定兼用キャスクの基本的安全機能を維持するための除熱の制限に対して、2項で示す収納対象燃料を適切に収納する必要があることから、使用済燃料の収納配置に制限を設けることとする。なお、配置(4)においては、除熱評価による制限だけでなく、遮蔽評価による制限により収納配置に制限を設けている。

2. 対象燃料

貯蔵の対象となる BWR 使用済燃料の種類は表 別 4-1 のとおりである。

表 別 4-1 使用済燃料の種類

使用済燃料の種類		最高燃焼度	冷却期間	燃料被覆管制限温度
a.	8×8 燃料	30,000MWd/t 以下	34 年以上	200℃
b.	新型 8×8 燃料	38,000MWd/t 以下	34 年以上	200℃
c.	新型 8×8 ジルコニウム ライナ燃料	40,000MWd/t 以下	28 年以上	300℃
d.	高燃焼度 8×8 燃料	48,000MWd/t 以下	20 年以上	300℃

3. 収納配置の方針

使用済燃料を収納するにあたり、特定兼用キャスクの基本的安全機能を満足するため、そして種類の異なる燃料の効率的な運用を行うため、各使用済燃料の混載を行う。さらに対象となる使用済燃料は、組み合わせによっては中央部と外周部に燃料被覆管制限温度が異なるものを配置することから、次の基本方針に従って配置を決定している。

- ・高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合、除熱評価で制限値を満足するために、外周部に発熱量が低くなる燃料を混載することとする。(配置(3)及び配置(4))
- ・燃料の種類によって燃料被覆管制限温度が異なるため、燃料被覆管制限温度が低い新型 8×8 燃料もしくは 8×8 燃料を、外周部に配置する。(配置(2)及び配置(3))
- ・効率的な運用のため、燃料被覆管制限温度が低い新型 8×8 燃料及び 8×8 燃料のみ収納できる配置を準備する。(配置(1))
- ・新型 8×8 燃料もしくは 8×8 燃料を外周部に配置する場合において、除熱解析の結果、部分的に燃料被覆管温度が制限値を超えるものは、燃料被覆管制限温度が高い新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料に置き換える。(配置(3))

- ・高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合、遮蔽評価で制限値を満足するために、外周部に線源強度が低くなる燃料を混載することとする。(配置(4))

上記をふまえて、次の 4 つの配置制限を考慮する。それぞれの収納配置を図 別 4-1 から別 4-4 に示す。配置(1)から配置(4)までの、それぞれの収納配置の方針を以下に示す。

<配置(1)>

効率的な運用のため、燃料被覆管制限温度が低い新型 8×8 燃料及び 8×8 燃料のみを収納するための配置である。この収納配置を図 別 4-1 に示す。

新型 8×8 燃料及び 8×8 燃料は燃料被覆管制限温度が同じであることから、収納対象となる燃料のうち、発熱量が高くなる新型 8×8 燃料で 38,000MWd/t 以下のものを中央に配置し、その他を外周部に配置することとする。

なお、外周部は、新型 8×8 燃料と 8×8 燃料のどちらでも収納できるものとする。

<配置(2)>

新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び新型 8×8 燃料を収納するための配置である。この収納配置を図 別 4-2 に示す。

一般的に、特定兼用キャスク中央部のほうが特定兼用キャスク周辺部に比べて温度が高くなるため、燃料被覆管制限温度が高い新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を中央部に収納し、燃料被覆管制限温度が低い新型 8×8 燃料を外周部に配置する。

なお、解析条件としては、外周部に新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を配置するが、新型 8×8 燃料の燃料被覆管制限温度を超えないことを確認することで、外周部は、新型 8×8 燃料と新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料のどちらでも収納できるものとする。

<配置(3)>

高燃焼度 8×8 燃料、新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び新型 8×8 燃料を収納するための配置である。この収納配置を図 別 4-3 に示す。

配置(2)と同様に、特定兼用キャスク中央部に燃料被覆管制限温度が高い高燃焼度 8×8 燃料 (または新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料) を収納し、外周部に新型 8×8 燃料を収納する配置であるが、除熱解析の結果、配置(2)と比べて燃料全体の温度が高くなり、中間部 (配置(2)の外周部の、最も内側の格子部分) では燃料被覆管温度が 200℃を超えることから、中間部には新型 8×8 燃料ではなく、燃料被覆管制限温度が高い新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を収納することとする。

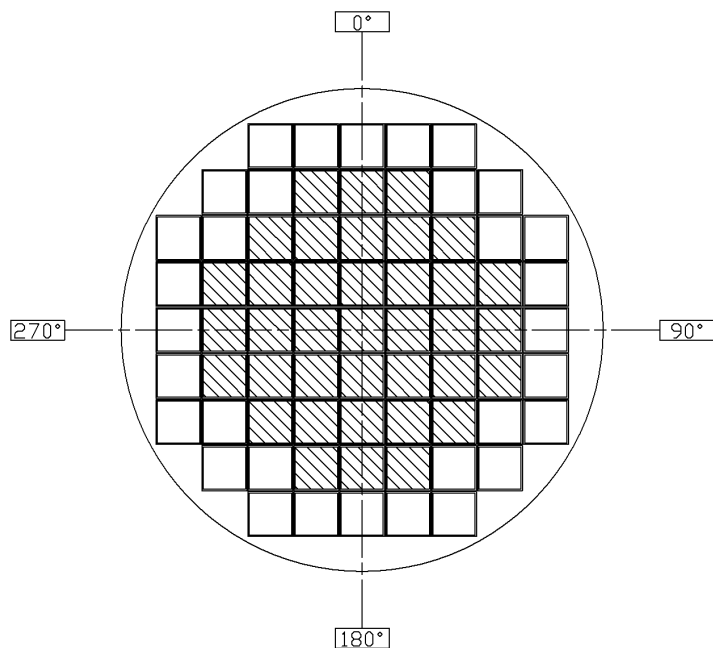
なお、中央部は、高燃焼度 8×8 燃料と新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料のどちらでも収納できるものとする。



<配置(4)>

新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度 8×8 燃料を収納するための配置である。この収納配置を図 別 4-4 に示す。

高燃焼度 8×8 燃料の収納を考えた場合、除熱評価における制限だけでなく、遮蔽評価において、線量当量率が制限値を超えることから、収納する 69 体全数を高燃焼度 8×8 燃料とするのが難しいため、外周部には線源強度や発熱量の低くなる新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を収納する。配置(3)との違いは、外周部にも燃料被覆管制限温度が高い燃料を配置することである。

なお、中央部は、高燃焼度 8×8 燃料と新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料のどちらでも収納できるものとする。

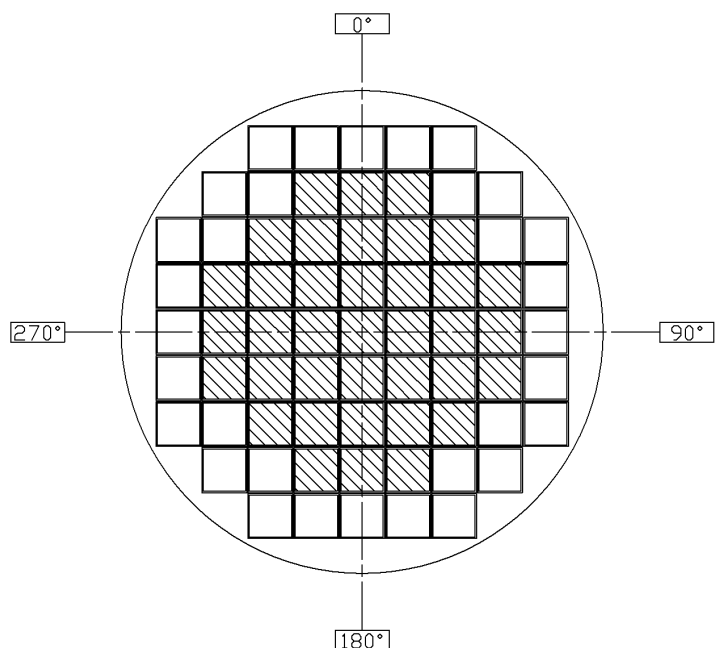


-  燃料種類 : 新型 8×8 燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 38,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上
-  燃料種類 : 8×8 燃料又は新型 8×8 燃料
 収納体数 : 32 体
 燃焼度 : 30,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上

特定兼用キャスクー基当たりの平均燃焼度 : 35,000MWd/t 以下

特定兼用キャスクー基当たりの崩壊熱量 : 9.5kW 以下

図 別 4-1 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(1))
(8×8 燃料及び新型 8×8 燃料を収納する場合)

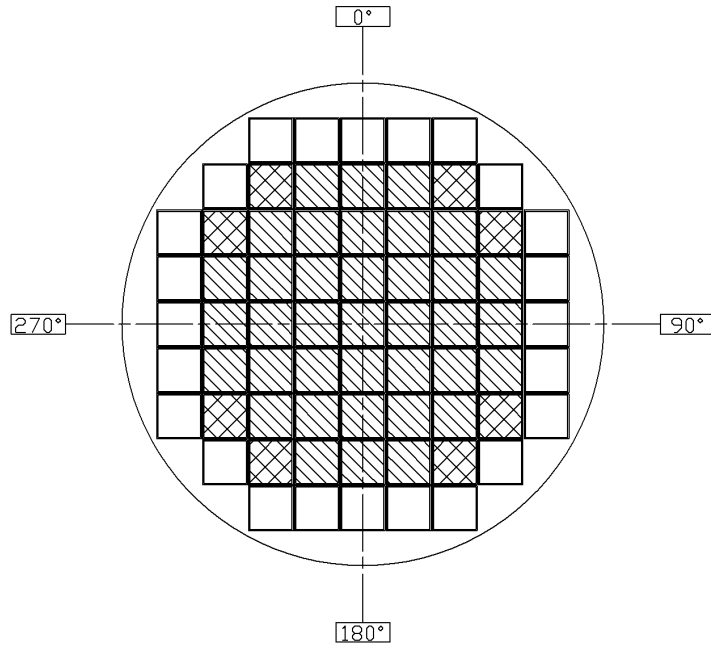





- 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 40,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 28 年以上
- 燃料種類 : 新型 8×8 燃料又は新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 32 体
 燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上 (新型 8×8 燃料)
 30 年以上 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)

特定兼用キャスク一基当たりの平均燃焼度 : 35,000MWd/t 以下

特定兼用キャスク一基当たりの崩壊熱量 : 10.5kW 以下

図 別 4-2 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(2))
 (新型 8×8 燃料及び新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を収納する場合)

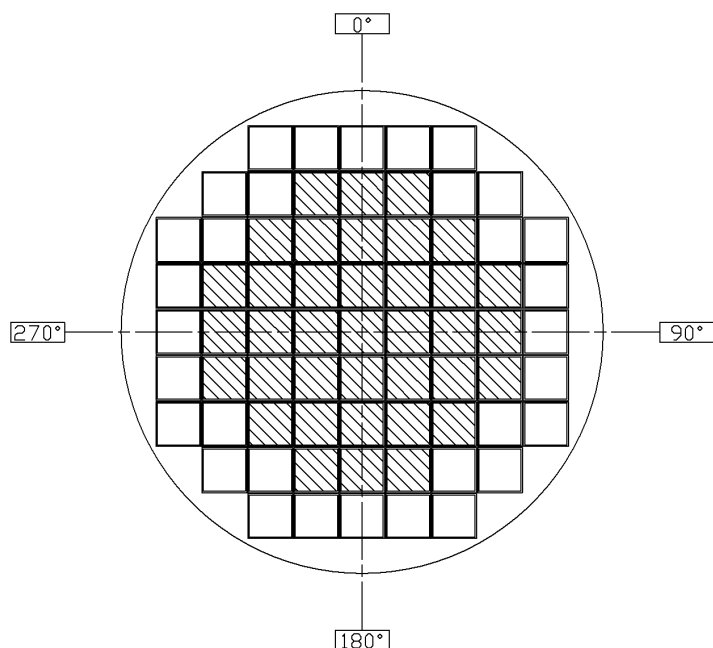




- 
 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料又は高燃焼度 8×8 燃料
 収納体数 : 37 体
 燃焼度 : 40,000MWd/t 以下 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 48,000MWd/t 以下 (高燃焼度 8×8 燃料)
 冷却期間 : 28 年以上 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 20 年以上 (高燃焼度 8×8 燃料)
- 
 燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
 収納体数 : 8 体
 燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 30 年以上
- 
 燃料種類 : 新型 8×8 燃料
 収納体数 : 24 体
 燃焼度 : 30,000MWd/t 以下
 冷却期間 : 34 年以上

特定兼用キャスク一基当たりの平均燃焼度 : 38,000MWd/t 以下
 (高燃焼度 8×8 燃料の平均燃焼度を 44,000MWd/t 以下とする。)

特定兼用キャスク一基当たりの崩壊熱量 : 12.4kW 以下

図 別 4-3 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(3))
 (新型 8×8 燃料、新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合)



- 
燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料又は高燃焼度 8×8 燃料
収納体数 : 37 体
燃焼度 : 40,000MWd/t 以下 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 48,000MWd/t 以下 (高燃焼度 8×8 燃料)
冷却期間 : 28 年以上 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料)
 20 年以上 (高燃焼度 8×8 燃料)
- 
燃料種類 : 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料
収納体数 : 32 体
燃焼度 : 35,000MWd/t 以下
冷却期間 : 30 年以上

特定兼用キャスク一基当たりの平均燃焼度 : 39,000MWd/t 以下
 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料の平均燃焼度を 33,000MWd/t 以下、
 高燃焼度 8×8 燃料の平均燃焼度を 44,000MWd/t 以下とする。)

特定兼用キャスク一基当たりの崩壊熱量 : 12.8kW 以下

図 別 4-4 使用済燃料集合体の収納位置条件 (配置(4))
 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合)

4. 評価の方針

各配置に対する特定兼用キャスクの基本的安全機能の評価方針を表 別 4-2 に示す。

表 別 4-2 基本的安全機能の評価方針

項目	配置(1)	配置(2)	配置(3)	配置(4)
臨界防止	全数 69 体を初期濃縮度が高い高燃焼度 8×8 燃料とした保守的な条件で評価を実施			
遮蔽	配置(4)で代表	配置(4)で代表	配置(4)で代表	線源強度が最高となることから評価条件とする
除熱 (構成部材)	解析を実施 評価は配置(4) で代表	解析を実施 評価は配置(4)で 代表	解析を実施 評価は配置(4)で 代表	発熱量が最大となることから評価条件とする
除熱 (燃料被覆 管) ^(注 1)	評価を実施	評価を実施	評価を実施 新型 8×8 燃料が 最高温度となっ たため、結果を 記載	評価を実施 高燃焼度 8×8 燃 料が最高温度と なったため、結 果を記載
閉じ込め	配置(4)で代表	配置(4)で代表	配置(4)で代表	構成部材温度が最高となることから、評価条件とする

Hitz-B69 型の取扱時の構造健全性

1. 概要

Hitz-B69 型は、自重、内圧、熱荷重等を考慮して設計するとともに、貯蔵施設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-B69 型は、貯蔵施設内等においてトラニオンをクレーンにより吊上げる又は貯蔵架台に固定された状態で貯蔵架台ごと移送されることにより取扱う。また、貯蔵中は横置き姿勢であり、貯蔵建屋等内において貯蔵架台を介して床面に設置される。

2. 吊上げ時の構造強度評価

Hitz-B69 型の各評価部位に対する構造解析フローを別紙 5-1 図に示す。

Hitz-B69 型に発生する応力は、想定される荷重をもとに Hitz-B69 型の実形状をモデル化し、有限要素法に基づく構造解析コード ABAQUS 及び応力評価式を使用して求める。

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-B69 型を垂直姿勢で吊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（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。

（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。ただし、トラニオン以外の部位については保守的に 3G で評価する。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。

2.1 胴、底板及び一次蓋ボルトの構造健全性評価

胴、底板及び一次蓋ボルトについては、有限要素法を用いた ABAQUS コードにより各部位に生じる応力を評価する。

a. 解析モデル

吊上げ時の Hitz-B69 型の解析モデルとして、別紙 5-2 図に示す三次元解析モデルを用いる。本解析モデルは、胴、底板、外筒、底部中性子遮蔽材カバー、一次蓋、蓋部中性子遮蔽材カバー、二次蓋及びトラニオンより構成される。なお、一次蓋及び二次蓋は蓋ボルトにより胴フランジに接続され、蓋と胴フランジとの接触が考慮されている。

b. 荷重条件及び境界条件

胴、底板及び一次蓋ボルトの構造健全性評価における荷重条件は以下のとおり。

- ・ 垂直姿勢で、鉛直方向加速度 $3G$ (29.41995m/s^2) が鉛直下方向に働く。
- ・ 側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材等の非強度部材は相当質量に応じた荷重を考慮して、その荷重受面に分布させる。
- ・ 胴内部圧力、一次二次蓋間圧力、側部中性子遮蔽材部圧力、一次蓋中性子遮蔽材部圧力及び底部中性子遮蔽材部圧力が作用する。
- ・ 温度は貯蔵状態の熱解析結果を使用する。

境界条件として、上部トラニオンの固定位置における節点の軸方向変位、径方向変位、及び鉛直方向変位を拘束する。

荷重条件及び境界条件を別紙 5-3 図に示す。

c. 評価基準

胴、底板及び一次蓋ボルトに発生する応力の評価基準は、金属キャスク構造規格の密封容器の供用状態 A における許容応力を適用する。

i. 胴及び底板

$$P_m \leq S_m$$

$$P_L \leq 1.5S_m$$

$$P_L + P_b + Q \leq 3S_m$$

ここで、

P_m : 一次一般膜応力強さ

P_L : 一次局部膜応力強さ

P_b : 一次曲げ応力強さ

Q : 二次応力強さ

S_m : 設計応力強さ

ii. 蓋ボルト

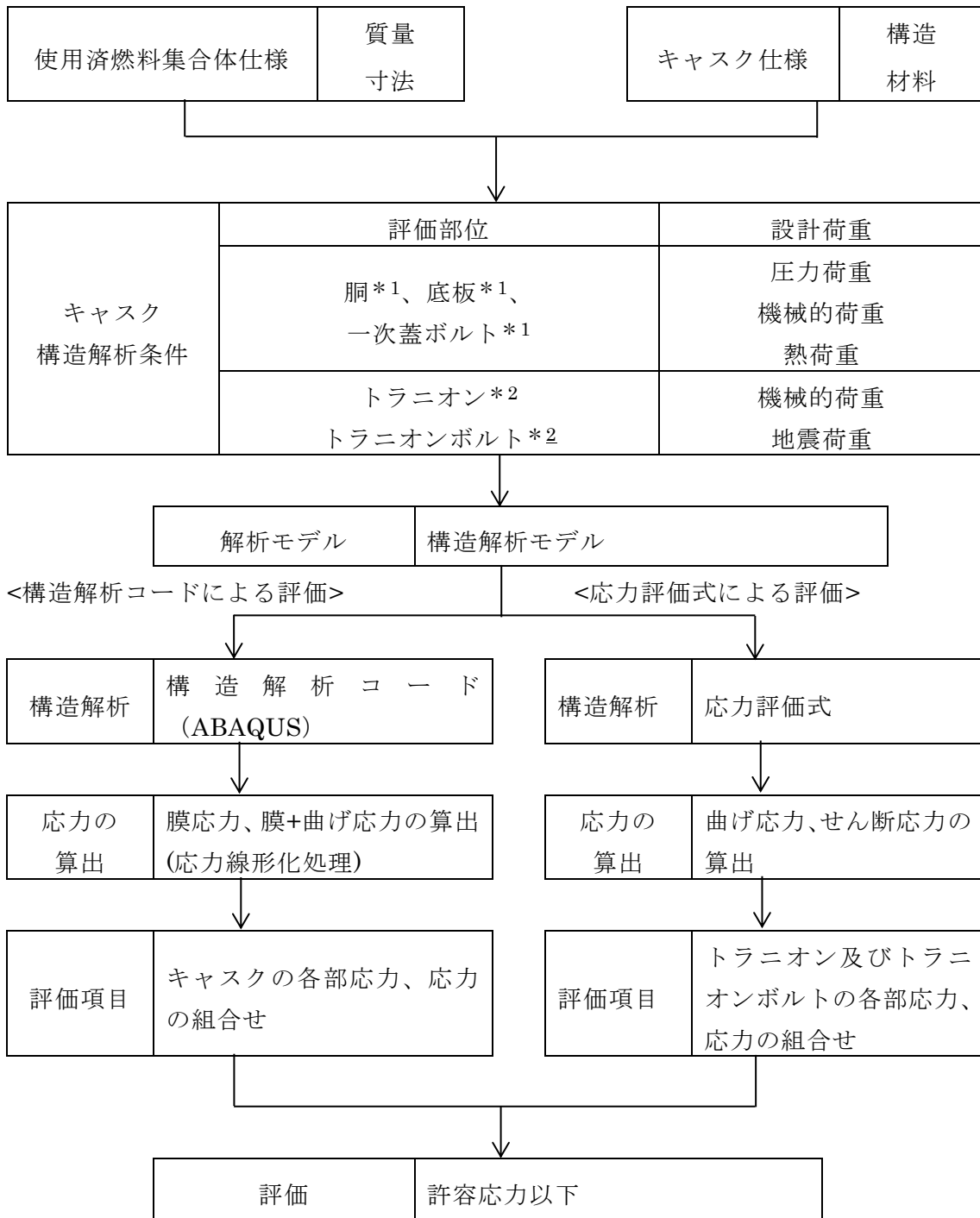
$$(\text{軸方向に垂直な断面の平均引張応力}) \leq 2S_m$$

$$(\text{軸方向に垂直な断面の平均引張応力} + \text{曲げ応力}) \leq 3S_m$$

d. 評価結果

Hitz-B69 型の構造解析の評価断面を別紙 5-4 図に示す。

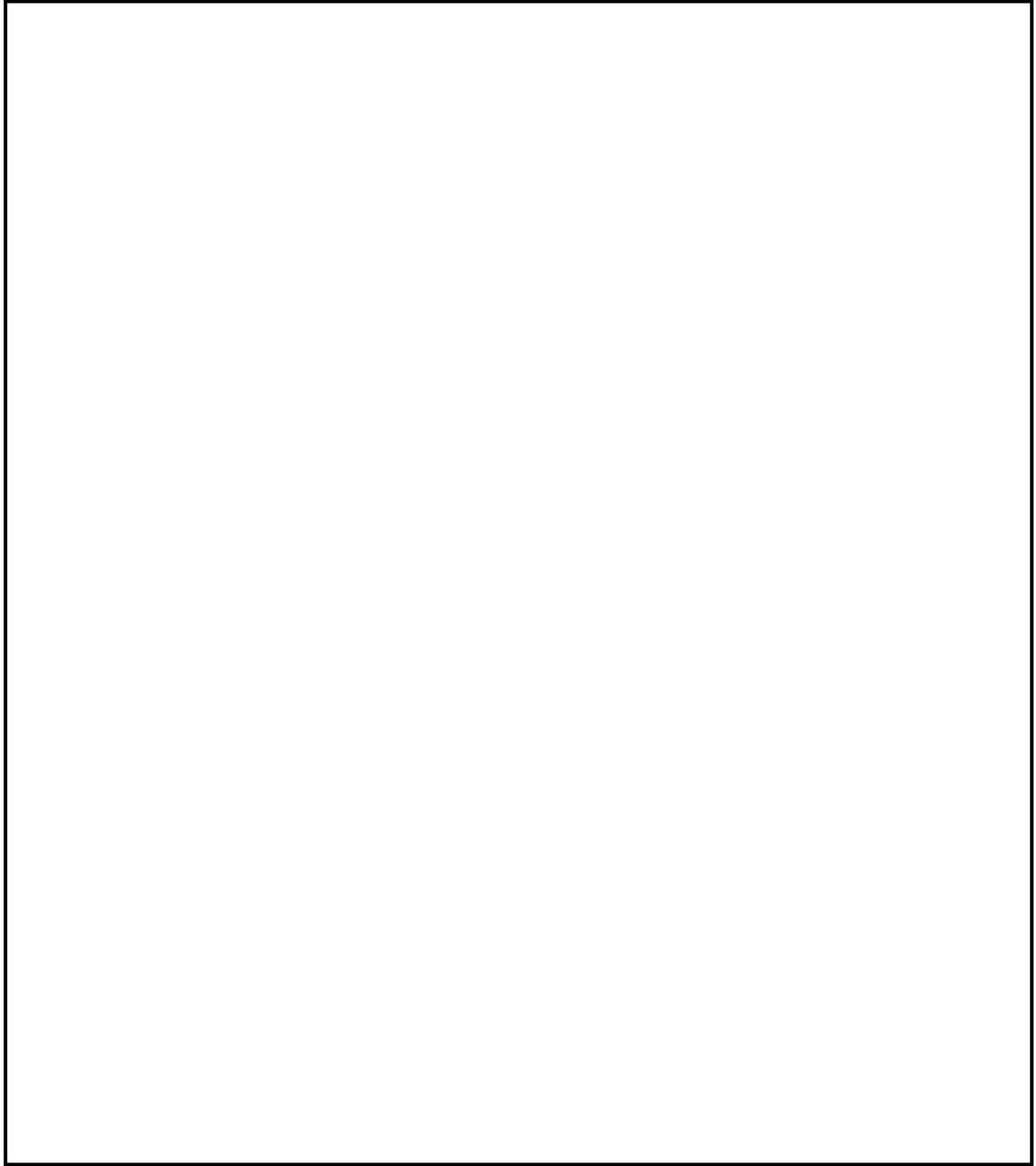
鉛直方向加速度による構造解析の結果、別紙 5-1 表に示すように、胴、底板及び一次蓋ボルトに発生する応力は、金属キャスク構造規格等の供用状態に定められた許容基準以下である。



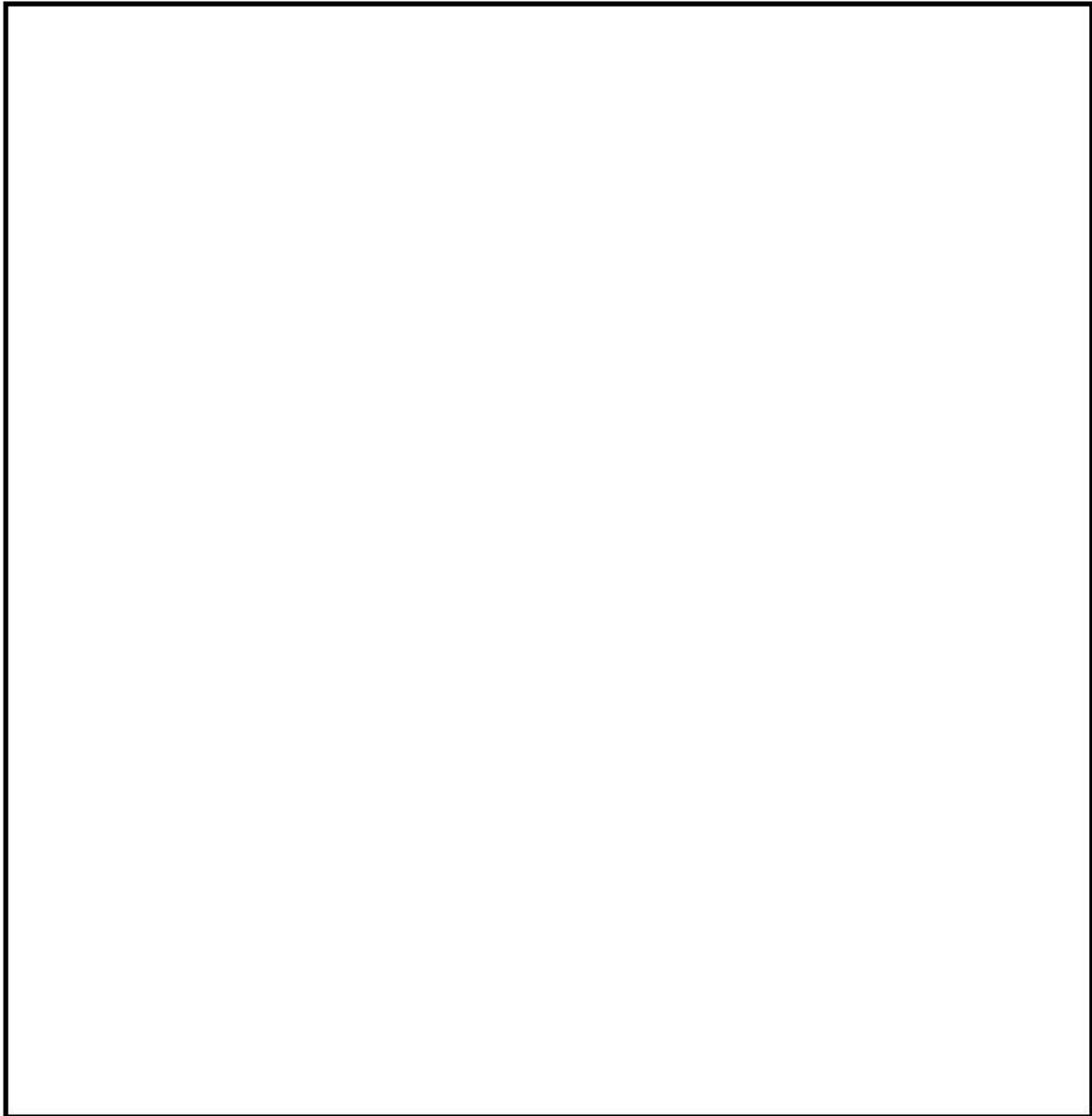
注記*1: 構造解析コードによる評価

*2: 応力評価式による評価

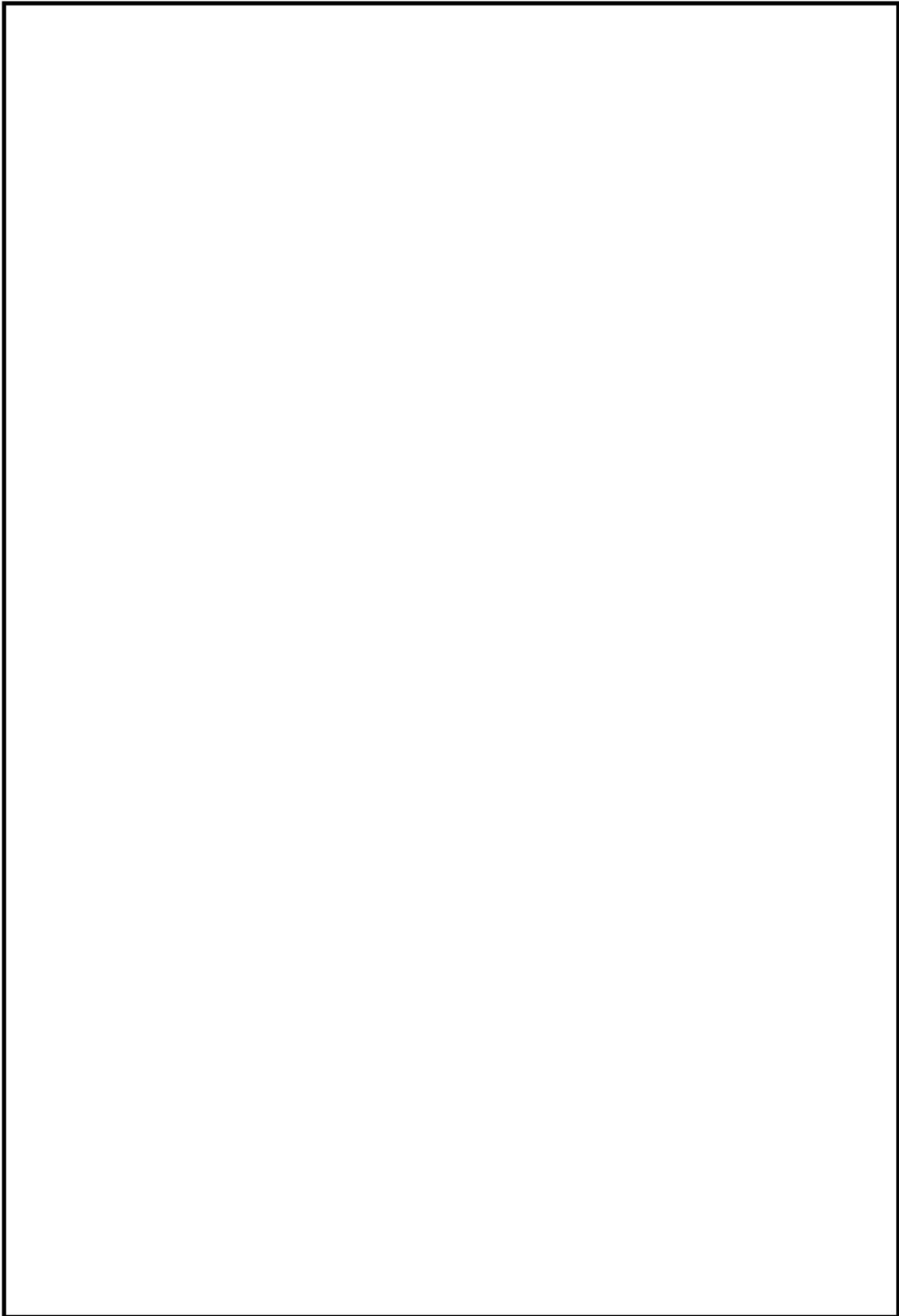
別紙 5-1 図 構造強度解析フロー図



別紙 5-2 図 Hitz-B69 型の三次元解析モデル



別紙 5-3 図 吊上げ時における荷重条件及び境界条件



別紙 5-4 図 キャスクの応力評価位置

別紙 5-1 表 胴、底板及び一次蓋ボルトの応力評価結果

部位	評価断面 (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	計算値 (MPa)	温度 (°C) (注3)	評価基準値 (MPa)
胴	1	P_L	28	145	183
		P_L+P_b+Q	63		366
	2	P_m	8		122
		P_L+P_b+Q	19		366
底板	3	P_L	5	145	183
		P_L+P_b+Q	29		366
	4	P_m	1		122
		P_L+P_b+Q	23		366
	5	P_L	3		183
		P_L+P_b+Q	22		366
一次蓋 ボルト	—	σ_m	207	115	562
	—	$\sigma_m+\sigma_b$	404		843

(注1) 別紙 5-4 図参照

(注2) P_L : 一次局部膜応力強さ、 P_m : 一次一般膜応力強さ、 P_b : 一次曲げ応力強さ

σ_m : 平均引張応力、 $\sigma_m+\sigma_b$: 平均引張応力+曲げ応力、 Q : 二次応力強さ

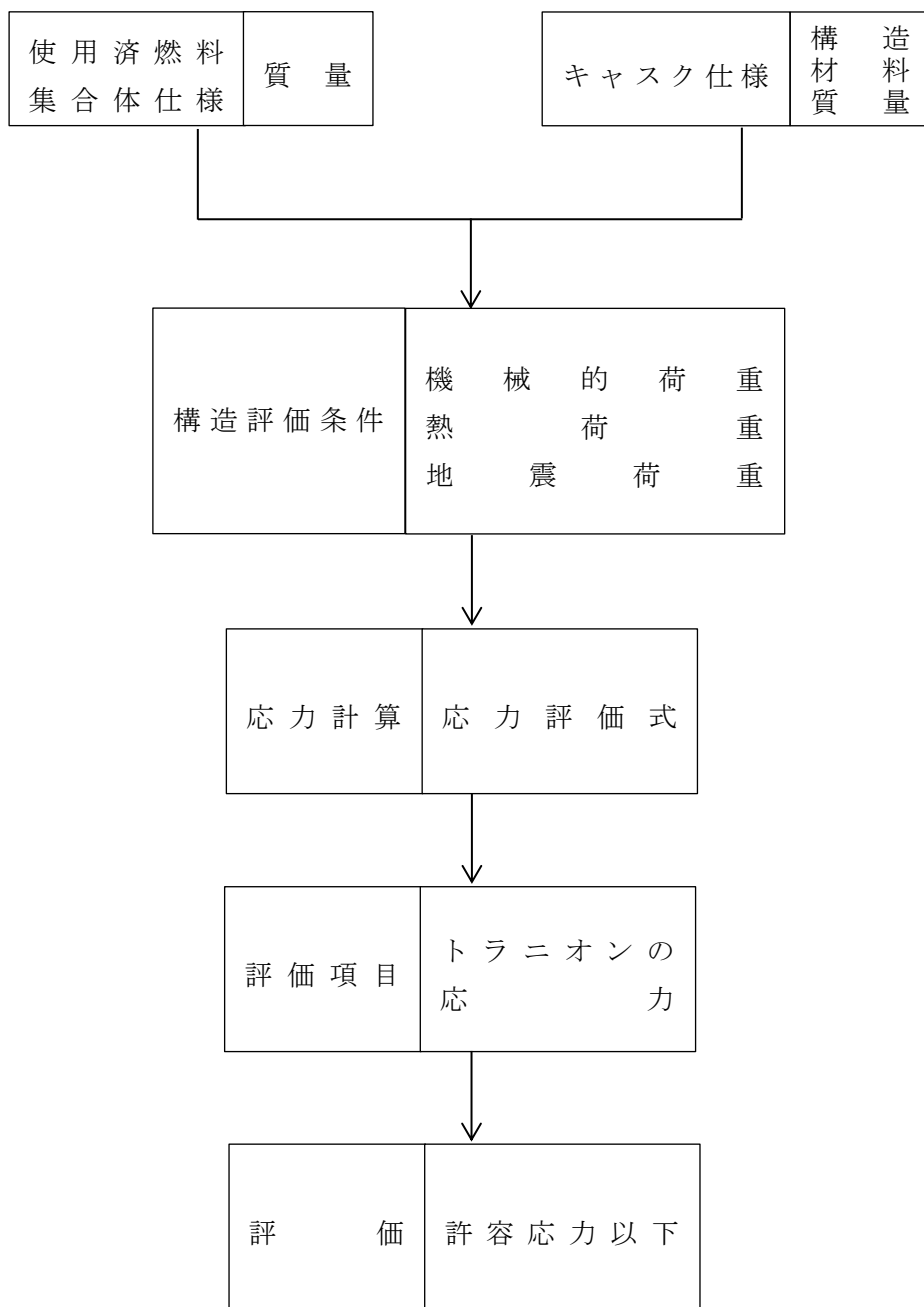
(注3) Hitz-B69 型の除熱解析の結果 (補足説明資料 16-4 「除熱機能に関する説明資料 (GK04-SC-B01) 」) から設定

2.2 トラニオンの構造健全性評価

Hitz-B69 型のトラニオンに対する構造健全性評価フローを別紙 5-5 図に示す。

Hitz-B69 型は、貯蔵建屋等内では貯蔵架台を介して横置き姿勢で設置されるが、一次受け架台への設置時には、上部トラニオンの一対を用いて、Hitz-B69 型をクレーンにより吊上げることで取扱う。

この Hitz-B69 型をトラニオンで吊上げる事象について評価を行う。



別紙 5-5 図 トラニオンの構造健全性評価フロー

a. 評価モデル

Hitz-B69 型のトラニオン本体の評価モデルを別紙 5-6 図に示す。トラニオン本体の応力評価は断面形状の異なる 4 断面 (A-A 断面、B-B 断面、C-C 断面、D-D 断面) で行うこととし、各断面に働くせん断応力と曲げ応力を評価する。

トラニオンボルトの評価モデルを別紙 5-7 図に示す。トラニオンボルトの最小断面は円筒部であり、ここを評価断面としてトラニオンボルトに働く引張応力を評価する。

トラニオン接続部の評価モデルを別紙 5-8 図に示す。トラニオン接続部として、おねじ部とめねじ部に働くせん断応力及びねじの接触面に働く支圧応力を評価する。

b. 荷重条件

Hitz-B69 型は、上部トラニオン 1 対を使用して吊上げる。

吊上げ時に Hitz-B69 型に生じる加速度として、鉛直方向 1.3G (12.74865 m/s²) が作用した場合、別紙 5-6 図に示す上部トラニオン 1 個に作用する荷重 F (N) は次式により求められる。

$$F = \frac{1}{n} WG$$

ここで、

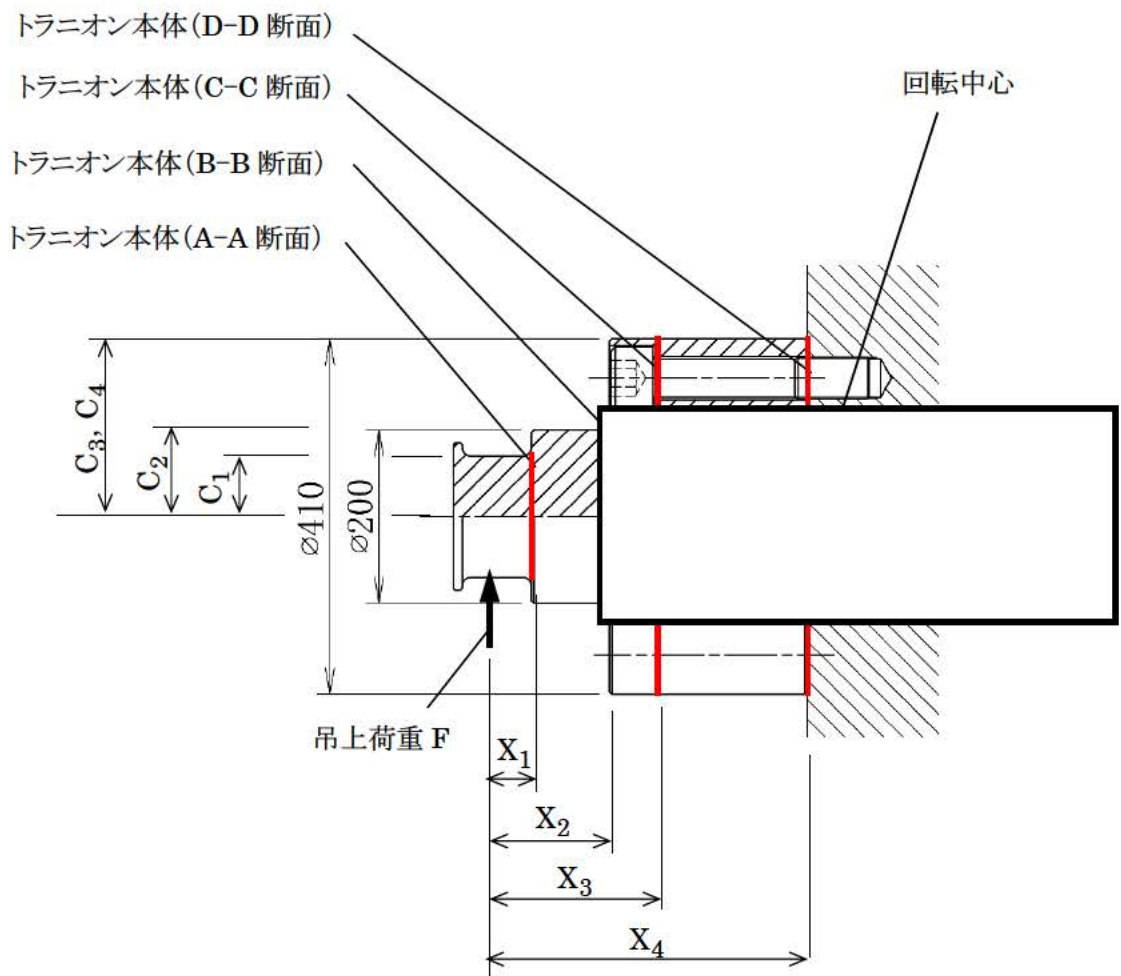
n : トラニオンの数 (= 2)

W : 垂直吊り時のキャスク質量 (=121000kg)

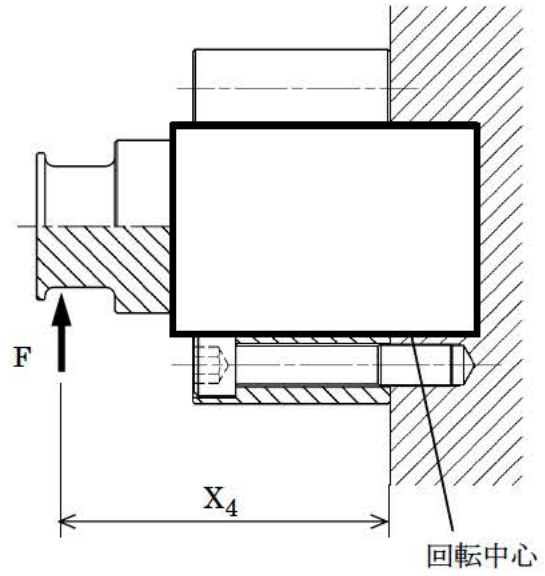
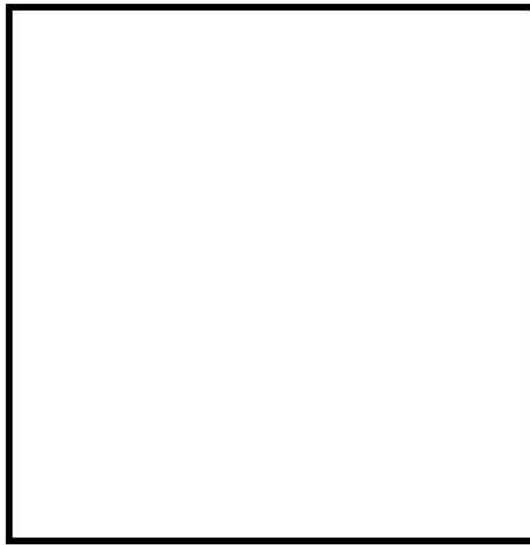
G : 吊上げ時の鉛直方向加速度 (=12.74865 m/s²)

c. 評価方法

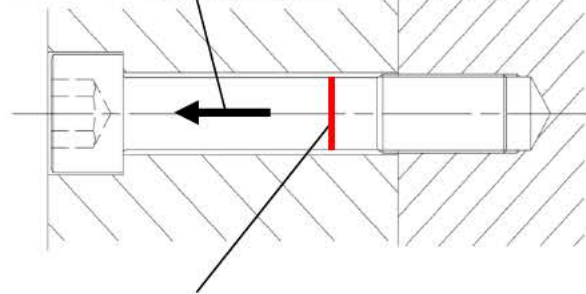
トラニオン本体及びトラニオンボルトの応力評価方法を以下に示す。なお、上部トラニオンは (0°-180°) と (90°-270°) で形状が異なるが、吊上げに使用する上部トラニオン (90°-270°) について評価する。



別紙 5-6 図 上部トランニオン (90°-270°) の評価モデル

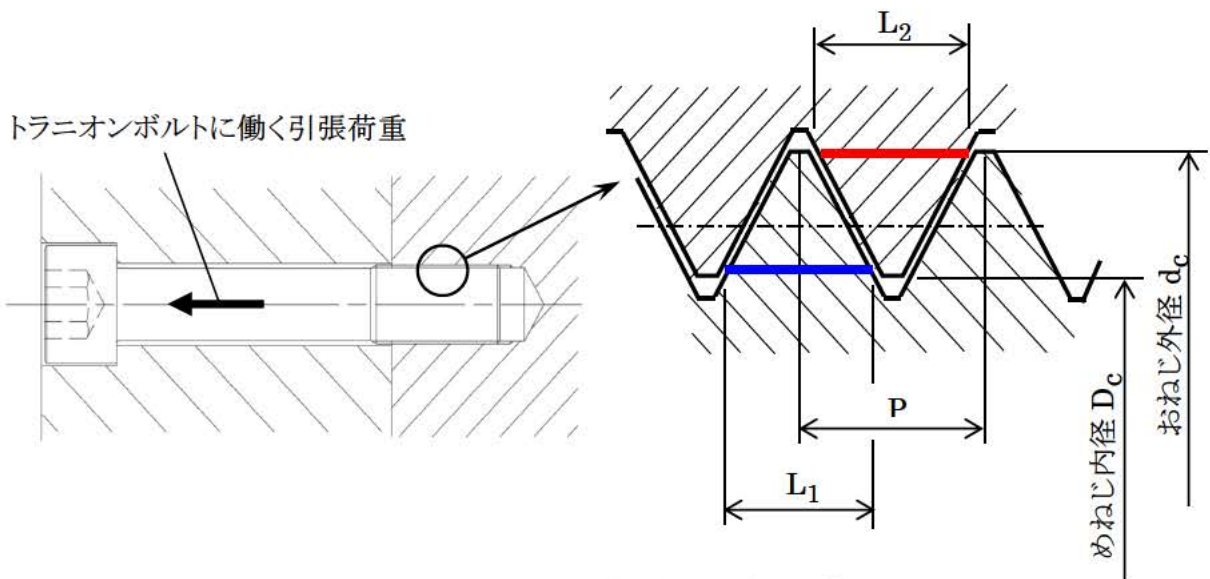


トラニオンボルトに働く引張荷重



評価断面(最小断面)

別紙 5-7 図 トラニオンボルトの評価モデル



別紙 5-8 図 トラニオン接続部の評価モデル

(1) トラニオン本体

(a) せん断応力

別紙 5-6 図に示すトラニオンの各断面に発生するせん断応力 τ (MPa) は次式で与えられる。

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

ここで、

F : 吊上げ時にトラニオン 1 個に働く荷重 (N)

A : トラニオン各断面の断面積

A-A 断面及び B-B 断面

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

C-C 断面及び D-D 断面

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

d_o : トラニオンの外径 (mm)

d_i : トラニオンの内径 (mm)

n_h : トラニオンボルト用の穴数 (-)

d_h : トラニオンボルト用の穴径 (mm)

(b) 曲げ応力

別紙 5-6 図に示すトラニオンの各断面に発生する曲げ応力 σ_b (MPa) は次式で与えられる。

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

$$M = FX$$

ここで、

M : 曲げモーメント (N・mm)

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)

A-A 断面及び B-B 断面

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

C-C 断面及び D-D 断面

$$I = \frac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4 - n_h d_h^4) - \frac{\pi}{4} d_h^2 \sum_i^{n_h} y_i^2$$

y_i : トラニオン中心軸から各ボルト中心軸までの距離 (mm)

(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 s (MPa) は次式で与えられる。

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

(2) トラニオンボルト

a. 一次応力

吊上荷重により別紙 5-7 図の回転中心より下側 6 本 (No.7~12) のトラニオンボルトに引張荷重が作用する。最大引張応力が発生するのは最下段の 2 本 (No.9、10) である。吊上げ荷重により No.9 のトラニオンボルトに発生する引張応力 σ_9 (MPa) は次式で表される。

$$f_9 = \frac{FX_4y_9}{2\{y_c(y_7+y_8+y_9)+(y_7^2+y_8^2+y_9^2)\}}$$

$$\sigma_9 = \phi_s \frac{f_9}{A_s}$$

ここで、

ϕ_s : 内力係数

f_9 : No.9 のトラニオンボルトに作用する引張荷重 (N)

A_s : トラニオンボルト評価断面の断面積 (mm²)

$$A_s = \frac{\pi}{4}d_s^2$$

d_s : トラニオンボルトの円筒部外径 (mm)

F : トラニオン本体に働く吊上げ荷重 (N)

X_4 : モーメントアーム (mm)

y_i : トラニオン中心軸から各ボルト中心軸までの距離 (mm)

y_c : トラニオン中心軸から押込面重心までの距離 (mm)

また、トラニオンボルトには初期締付による引張応力 σ_{sH} が作用しているため、トラニオンボルトにかかる引張応力 s_9 (MPa) は吊上げ荷重による引張応力 σ_9 (MPa) と初期締付による引張応力 σ_{sH} (MPa) との合計値で表される。

$$s_9 = \sigma_9 + \sigma_{sH}$$

σ_{sH} : トラニオンボルトの初期締付による引張応力 (MPa)

(3) トラニオン接続部

a. おねじ部

トラニオン接続部の評価モデルを別紙 5-8 図に示す。No.7~12 のトラニオンボルトに引張荷重が作用したとき、最大引張応力が発生する No.9 のトラニオン接続部（おねじ部）に発生するせん断応力 τ_1 (MPa) は次式で表される。

$$\tau_1 = \frac{F_{b9}}{A_1}$$

$$A_1 = \pi \cdot D_c \cdot L_1 \cdot z$$

ここで、

F_{b9} : 吊上げ荷重により No.9 のトラニオンボルトに作用する引張軸力と
トラニオンボルトの初期締付による引張軸力の合計値 (N)

$$F_{b9} = s_9 \cdot A_s$$

A_s : トラニオンボルトの有効断面積 (mm²)

A_1 : おねじ部のねじ山の断面積 (mm²)

D_c : めねじの内径 (mm)

L_1 : おねじ 1 山あたりのせん断長さ (mm)

$$L_1 = 0.75P$$

P : ねじピッチ (mm)

z : 計画ねじ山数 (-)

b. めねじ部

トラニオン接続部の評価モデルを別紙 5-8 図に示す。No.7~12 のトラニオンボルトに引張荷重が作用したとき、最大引張応力が発生する No.9 のトラニオン接続部（めねじ部）に発生するせん断応力 τ_2 (MPa) は次式で表される。

$$\tau_2 = \frac{F_{b9}}{A_2}$$

$$A_2 = \pi \cdot d_c \cdot L_2 \cdot z$$

ここで、

A_2 : めねじ部のねじ山の断面積 (mm²)

d_c : おねじの外径 (mm)

L_2 : めねじ 1 山あたりのせん断長さ (mm)

$$L_2 = 0.875P$$

z : 計画ねじ山数 (-)

c. ねじ山の接触面

最大引張応力が発生する No.9 のトラニオン接続部（ねじ山の接触面）に発生する支圧応力（接触面圧） σ (MPa) は次式で表される。

$$\sigma = \frac{F_{b9}}{A_3}$$

$$A_3 = \frac{\pi}{4}(d_c^2 - D_c^2) \cdot z$$

ここで、

A_3 : ねじ山の接触面積 (mm²)

D_c : めねじの内径 (mm)

d_c : おねじの外径 (mm)

z : 計画ねじ山数 (-)

d. 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 5-2 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 5-2 表 トラニオンの評価基準

部位		応力の種類	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
トラニオンボルト		引張応力	S_y
トラニオン接続部	おねじ部	せん断応力	f_s
		支圧応力	f_p
	めねじ部	純せん断応力	$0.6S_m$
		支圧応力	S_y

- (注記) f_b : 一次応力における許容曲げ応力 (MPa)
 f_s : 一次応力における許容せん断応力 (MPa)
 f_t : 一次応力における許容引張応力 (MPa)
 $0.6S_m$: 密封容器の純せん断応力に対する許容応力 (MPa)
 f_p : トラニオンの支圧応力に対する許容応力 (MPa)
 S_y : トラニオンボルトの引張応力に対する許容応力 (MPa) 、
密封容器の支圧応力に対する許容応力 (MPa)

(注) Hitz-B69 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. GK04-SC-B01) 」参照) であるトラニオン温度 129℃ から設定した。

e. 評価結果

トラニオンに働く吊上げ荷重の計算条件及び計算結果を別紙 5-3 表に示す。

トラニオンの応力評価結果を別紙 5-4 表から別紙 5-6 表に示す。トラニオン本体、トラニオンボルト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 5-3 表 トラニオンに働く吊上げ荷重の計算条件及び計算結果

トラニオンの数 n (-)	吊上げ時の鉛直方向加速度 G (m/s ²)	キャスク質量 W (kg)	吊上げ荷重 F (N)
2	12.74865	121000	7.72×10 ⁵

別紙 5-4 表 トラニオン各断面に働く応力の計算条件及び計算結果

(a) A-A 断面

吊上げ荷重 F (N)		せん断応力 τ (MPa)	評価基準 (MPa)
7.72×10 ⁵		50.2	227

	曲げ モーメント M (N・mm)	曲げ応力 σ _b (MPa)	評価基準 (MPa)
	4.63×10 ⁷	171.8	394

組合せ応力 s (MPa)	評価基準 (MPa)
192.6	394

(b) B-B 断面

吊上げ荷重 F (N)		せん断応力 τ (MPa)	評価基準 (MPa)
7.72×10^5		56.2	227

	曲げ モーメント M (N·mm)	曲げ応力 σ_b (MPa)	評価基準 (MPa)
	1.16×10^8	215.5	394

組合せ応力 s (MPa)	評価基準 (MPa)
236.5	394

(c) C-C 断面

吊上げ荷重 F (N)	
7.72×10^5	

せん断応力 τ (MPa)	評価基準 (MPa)
12.6	227

	曲げ モーメント M (N·mm)	曲げ応力 σ_b (MPa)	評価基準 (MPa)
	1.54×10^8	47.6	394

組合せ応力 s (MPa)	評価基準 (MPa)
52.4	394

(d) D-D 断面

吊上げ荷重 F (N)	
7.72×10^5	

せん断応力 τ (MPa)	評価基準 (MPa)
11.0	227

	曲げ モーメント M (N·mm)	曲げ応力 σ_b (MPa)	評価基準 (MPa)
	2.92×10^8	61.9	394

組合せ応力 s (MPa)	評価基準 (MPa)
64.8	394

(e) トラニオン中心軸から各ボルト中心軸までの距離

--

別紙 5-5 表 トラニオンボルトに働く応力の計算条件及び計算結果

吊上げ荷重 F (N)	モーメント アーム X ₄ (mm)		No.9 のトラニオンボルトに 作用する引張荷重 f ₉ (N)
7.72×10 ⁵	378		3.21×10 ⁵

	No.9 のトラニオンボルトに 作用する引張応力 σ ₉ (MPa)
	59.9

--

別紙 5-6 表 トラニオン接続部に働く応力の計算条件及び計算結果

(a) おねじ部

--	--	--

吊上げ荷重により No.9 のトラニオンボルトに作用する引張軸力と、トラニオンボルトの初期締付による引張軸力の合計値 F_{b9} (N)	トラニオン接続部 (おねじ部) に発生するせん断応力 τ_1 (MPa)	評価基準 (MPa)
5.90×10^5	84.8	245

(b) めねじ部

--	--	--

吊上げ荷重により No.9 のトラニオンボルトに作用する引張軸力と、トラニオンボルトの初期締付による引張軸力の合計値 F_{b9} (N)	トラニオン接続部 (めねじ部) に発生するせん断応力 τ_2 (MPa)	評価基準 (MPa)
5.90×10^5	67.6	73

(c) 支圧応力

--	--	--	--

吊上げ荷重により No.9 のトラニオンボルトに作用する引張軸力と、トラニオンボルトの初期締付による引張軸力の合計値 F_{b9} (N)	トラニオン接続部 (ねじ山の接触面) に発生する支圧応力 σ (MPa)	評価基準 (MPa)	
		おねじ部	めねじ部
5.90×10^5	113.4	797	183

別紙 5-7 表 トラニオンの評価結果まとめ

(a) トラニオン

評価位置	応力の種類		応力 (注1) (MPa)	評価基準値 (MPa)
A-A 断面	一次応力	せん断	51	227 (f_s)
		曲げ	172	394 (f_b)
		組合せ	193	394 (f_t)
B-B 断面	一次応力	せん断	57	227 (f_s)
		曲げ	216	394 (f_b)
		組合せ	237	394 (f_t)
C-C 断面	一次応力	せん断	13	227 (f_s)
		曲げ	48	394 (f_b)
		組合せ	53	394 (f_t)
D-D 断面	一次応力	せん断	11	227 (f_s)
		曲げ	62	394 (f_b)
		組合せ	65	394 (f_t)

(b) トラニオンボルト

評価位置	応力の種類		応力 (注1) (MPa)	評価基準値 (MPa)
ボルト本体	初期締付応力 + 一次応力	引張	388	839 (S_y)

(c) トラニオン接続部

評価位置	応力の種類		応力 (注1) (MPa)	評価基準値 (MPa)
トラニオン接続部 (おねじ部)	初期締付応力 + 一次応力	せん断	85	245 (f_s)
		支圧	114	797 (f_p)
トラニオン接続部 (めねじ部)	初期締付応力 + 一次応力	純せん断	68	73 ($0.6S_m$)
		支圧	114	183 (S_y)

(注1) 各評価で求めた計算値の小数点 1 桁目を切り上げて整数値にした値。

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)