

使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の
型式証明申請書（Hitz-B52型）に関する設計方針概要

目 次

| | | |
|------|-------------------------|---|
| I | 概要 | 1 |
| II | 安全設計に関する説明 | 1 |
| II-1 | 使用済燃料の臨界防止（許可基準規則第3条関係） | 1 |
| II-2 | 遮蔽等（許可基準規則第4条関係） | 3 |
| II-3 | 閉じ込めの機能（許可基準規則第5条関係） | 3 |
| II-4 | 除熱（許可基準規則第6条関係） | 4 |
| II-5 | 地震による損傷の防止（許可基準規則第9条関係） | 5 |
| II-6 | 金属キャスク（許可基準規則第15条関係） | 6 |

I 適用

本書は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第43条の26の2の規定に基づき日立造船株式会社が提出した「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申請書」に係る特定容器等（Hitz-B52型）について、「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年規制委員会規則第24号。以下「許可基準規則」という。）の要求に対する設計方針をまとめたものである。

II 安全設計に関する説明

II-1 使用済燃料の臨界防止（許可基準規則第3条関係）

Hitz-B52型は、使用済燃料が臨界に達するおそれがないよう次の方針に基づき臨界防止設計を行う。

- a. Hitz-B52型は、その内部のバスケットの幾何学的な配置及び中性子を吸収する材料により、使用済燃料集合体を収納した条件下で、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率が0.95以下となるよう設計する。
- b. 臨界防止機能の一部を構成する金属キャスク内部のバスケットは、設計貯蔵期間60年間における放射線照射影響、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、技術的に想定されるいかなる場合でも臨界防止上有意な変形を起こさない設計とする。金属キャスク内部のバスケットにより、適切な使用済燃料集合体間隔を保持し、使用済燃料集合体を相互に近接しないよう、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持する構造とし、設計貯蔵期間60年間を通じてバスケットの構造健全性が保たれる設計とする。
- c. 使用済燃料集合体を収納した金属キャスクを、使用済燃料貯蔵施設への搬入から搬出までの全工程において、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮し、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率が0.95以下となるよう設計する。
- d. 未臨界性に有意な影響を与える以下の因子を考慮した設計とする。

(a) 配置・形状

貯蔵区域内の金属キャスクの配置、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料集合体の配置等において適切な安全裕度を考慮する。

金属キャスク相互の中性子干渉を考慮して完全反射条件（無限配列）としていることから、金属キャスクの滑動は考慮しない。

(b) 中性子吸収材の効果

以下の事項等について適切な安全裕度をもって考慮する。

製造公差（濃度、非均質性、寸法等）

中性子吸収に伴う原子個数密度の減少

(c) 減速材（水）の影響

使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するにあたり冠水することを設計上適切に考慮する。

(d) 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。なお、冠水状態の解析では、可燃性毒物による燃焼初期の反応度抑制効果を適切に考慮する。

1. 金属キャスク単体として臨界を防止するための設計方針

- (1) 金属キャスクの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。
- (2) 中性子を有効に吸収するボロンを偏在することなく添加した材料をバスケット格子間に配置する。
- (3) 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。
- (4) 臨界評価において、未臨界性に有意な影響を与える因子について以下のとおり考慮し、中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。
 - ① 金属キャスク周囲を完全反射条件（無限配列）とする。
 - ② バスケットの板厚、内のりの寸法公差や中性子吸収材の製造公差を考慮する。
 - ③ 原子力発電所において、使用済燃料集合体を金属キャスクに収納する際に冠水することを考慮して、乾燥状態及び冠水状態で評価する。
 - ④ 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、乾燥状態では金属キャスク中心側に偏向して配置し、冠水状態では格子中央に配置する。
 - 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。なお、冠水状態での解析では、可燃性毒物による反応度抑制効果を適切に考慮する。
- (5) 上記（1）から（4）により、金属キャスク単体として、使用済燃料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。

2. 金属キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止

金属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、申請書のとおり、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界評価において、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、上記1.における臨界評価と同様に考慮するとしており、金属キャスクの境界条件を完全反射条件（無限配列）としていることから、金属キャスク相互の中性子干渉による影響は考慮している。

これらのことから、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮し、複数の金属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。

II-2 遮蔽等（許可基準規則第4条関係）

Hitz-B52型は、使用済燃料貯蔵施設の事業所周辺及び管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所の線量を低減するため、使用済燃料集合体から放出される放射線を遮蔽し、金属キャスクとして輸送されることも考慮した線量以下となるように、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、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、金属キャスク表面及び金属キャスク表面から1mの位置における線量当量率は、それぞれ2mSv/h以下、100 μ Sv/h以下となるよう設計する。

Hitz-B52型が設置される使用済燃料貯蔵施設の事業所周辺及び管理区域その他事業所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放出される放射線を遮蔽し、金属キャスクとして輸送されることも考慮した線量以下となるように遮蔽する設計とする。

Hitz-B52型は、使用済燃料集合体から放出される放射線を金属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、中性子遮蔽材にはレジンを用いる。中性子遮蔽材は、設計貯蔵期間60年間における熱による遮蔽性能の低下を考慮する。

Hitz-B52型の外部の放射線量が十分低くなることを確認するため、実績のある燃焼計算コード及び放射化計算式を用いて求めた使用済燃料集合体の線源強度及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を入力条件とし、実績のある遮蔽計算コード及び核データライブラリを用いて、各部の線量当量率を評価する。

II-3 閉じ込めの機能（許可基準規則第5条関係）

Hitz-B52型は、使用済燃料等を限定された区域に適切に閉じ込めるため、次の方針に基づき閉じ込め設計を行う。

- a. Hitz-B52型は、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不活性雰囲気と保つとともに負圧に維持する設計とする。
- b. Hitz-B52型は、蓋部を一次蓋、二次蓋の多重の閉じ込め構造とし、一次蓋と二次蓋との空間部を正圧に維持することにより、使用済燃料集合体を内封する空間を金属キャスク外部から隔離する設計とする。また、一次蓋と二次蓋との空間部の

圧力を測定することにより、閉じ込め機能について監視できる設計とする。金属キャスクの構造上、漏えいの経路となり得る蓋及び蓋貫通孔のシール部には金属ガスケットを用いることにより長期にわたって閉じ込め機能を維持する設計とする。

- c. Hitz-B52 型は、貯蔵期間中及び貯蔵終了後において、収納された使用済燃料集合体の検査等のために一次蓋を開放しないことを前提としているため、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対して、二次蓋の閉じ込め機能に異常がある場合には、二次蓋の金属ガスケットを交換し、一次蓋の閉じ込め機能に異常がある場合には、金属キャスクに蓋を追加装着できる構造を有すること等、閉じ込め機能の修復性を考慮した設計とする。

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-B52型は、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不活性雰囲気を保つとともに負圧に維持する設計とするとしている。使用済燃料集合体を内封する空間からの漏えい経路となり得る金属キャスクの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、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ように金属ガスケットの漏えい率を設定する。

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-B52型は、蓋部を一次蓋及び二次蓋による多重の閉じ込め構造とし、その蓋間をあらかじめ正圧とし圧力障壁を形成することにより、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設計とする。

3. 金属キャスクの閉じ込め機能の修復性に関する考慮

Hitz-B52型は、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対して、二次蓋に漏えいが認められた場合には、金属キャスク内部が負圧に維持されていること及び一次蓋の健全性を確認の上、二次蓋の金属ガスケットを交換し閉じ込め機能を修復する。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付け、三次蓋の気密漏えい検査等運搬に必要な措置を講じ、搬出できるように設計する。

II-4 除熱（許可基準規則第6条関係）

Hitz-B52 型は、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、次の方針に基づき除熱設計を行う。

- a. Hitz-B52 型は、使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、使用済燃料集合

体の崩壊熱を金属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。

燃料被覆管の温度は、設計貯蔵期間 60 年間を通じて使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、燃料被覆管の累積クリープ量が 1%を超えない温度、照射硬化の回復現象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合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なるように制限する。

- b. Hitz-B52 型は、基本的安全機能を維持する観点から、設計貯蔵期間 60 年間を通じてその構成部材の健全性が保たれる温度範囲にあるよう設計する。

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-B52型は、動力を用いずに使用済燃料集合体の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料集合体から発生する崩壊熱を伝導、対流及び放射により金属キャスク外表面に伝え、周囲の空気等に伝達し、除熱する設計としている。

また、金属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は、使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、燃料被覆管の累積クリープ歪みが1%を超えない温度、照射硬化の回復により機械的特性が著しく低下しない温度及び水素化合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に制限する設計としている。

使用済燃料集合体の燃料被覆管の温度が、使用済燃料集合体の種類ごとの燃料被覆管の制限温度以下となることを確認するため、実績のある線源計算コードを用いて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入力条件とし、除熱評価を行う。

2. 金属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-B52型は、金属キャスクの基本的安全機能を維持する観点から、金属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している。

金属キャスク構成部材の温度が制限温度以下となることを確認するため、実績のある線源計算コードを用いて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入力条件とし、金属キャスクの基本的安全機能を維持する上で重要な構成部材の温度を評価する。

II-5 地震による損傷の防止（許可基準規則第9条関係）

Hitz-B52 型は、「**基本的安全機能を確保するうえで重要な施設**」として、耐震設計上の重要度は S クラスに分類される。この耐震評価における設計条件として、基準地震動相当となる地震動を設定する（以下「設計地震動」とする。）。

HitzB-52 型は、設計地震動による地震力に対して、概ね弾性状態に留まる範囲で耐

え得る設計とする。

Hitz-B52型は、以下のとおり、耐震重要度分類、荷重の組合せ及び許容限界を設定する方針としている。

① 耐震重要度分類

Hitz-B52型は、地震により発生するおそれがある機器の安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から「基本的安全機能を確保する上で必要な施設」に分類し、更に、耐震設計上の重要度をSクラスに分類し、その重要度に応じた地震力に十分耐えることができるように設計する。

② 地震力の算定

Hitz-B52型の耐震評価における設計条件として、使用済燃料貯蔵施設の基準地震動相当となる設計地震動を設定する。Hitz-B52型は剛体として、設計震度を機器に作用させて地震力を算定する。

③ 荷重の組合せ

設計地震動による地震力と組み合わせる荷重は、常時作用している荷重に加え、貯蔵時の状態で作用している荷重又は金属キャスク取り扱い時の状態で作用している荷重とする。

④ 許容限界

上記③の荷重と設計地震動による地震力との組合せに対する評価においては、塑性域に達するひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界のひずみに対して十分な余裕を有し、Hitz-B52型の基本的安全機能に影響を及ぼすことがない限度に応力、荷重等を制限する値を許容限界とする。

Hitz-B52型は設定する地震力に対して、概ね弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする。

II-6 金属キャスク（許可基準規則第15条関係）

Hitz-B52型は、基本的安全機能を維持する上で重要な金属キャスクの構成部材について、設計貯蔵期間60年間における温度、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、その必要とされる強度、性能を維持し、必要な安全機能を失うことのない設計とする。

また、Hitz-B52型は、金属キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料集合体の腐食、クリープ、応力腐食割れ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とともに封入して貯蔵する設計とする。また、金属キャスク表面の必要な箇所には、塗装による防錆措置を講ずる。

Hitz-B52 型は、基本的安全機能を維持する上で重要な構成部材には、設計貯蔵期間 60 年間における温度、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することにより、その必要とされる強度、性能を維持し、必要な安全機能を失うことのない設計としている。

また、金属キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料集合体の腐食、クリープ、応力腐食割れ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とともに封入し、金属キャスク表面の必要な箇所には、塗装による防錆措置を講じる。