

分類 2

RS-5225286 Rev. 0

2020年9月11日

東芝エネルギーシステムズ株式会社

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（TS-69B型）に関する設計方針概要

この技術資料は当社の所有財産であり  
未出願特許情報、ノウハウ等の機密  
情報を含んでおりますので、この技術  
資料に記載された技術情報の一部また  
は全部を第三者に開示されることが  
ないよう、お願いします。

**東芝エネルギーシステムズ株式会社**

パワーシステム事業部

## 目 次

I	適用 .....	1
II	特定容器等の設計 .....	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） .....	2
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	金属キャスク（許可基準規則第 15 条関係） .....	5

## 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 の規定に基づき東芝エネルギーシステムズ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（TS-69B 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 特定容器等の設計

### II-1 使用済燃料の臨界防止（許可基準規則第 3 条関係）

#### TS-69B 型の臨界防止機能に関する設計方針

TS-69B 型は、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するためのバスケット格子及び適切な位置に配置された中性子吸収材により臨界に達することを防止する設計とする。

また、使用済燃料集合体を貯蔵容量最大に収納した条件下で、TS-69B 型の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、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率が 0.95 以下となるように設計する。

バスケット格子は、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するために必要な構造健全性を保つ設計とする。

#### 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

TS-69B 型は、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、以下のように設計されている。臨界評価では、TS-69B 型及び燃料集合体の実形状を三次元でモデル化し、燃料棒単位セル計算を輸送解析コード XSDRNPM、中性子実効増倍率の計算を臨界解析コード KENO-V. a で行う SCALE コードシステム(4. 4a)を用いて評価されている。

- (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に組み込む。
- (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 以下に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 [ ] する。

③バスケットの板厚、内りの寸法公差や中性子吸収材の製造公差を考慮する。

④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。

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に対する考慮

TS-69B型は、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されている。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されている。

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はない。

## II-2 遮蔽等(許可基準規則第4条関係)

### TS-69B型の遮蔽機能に関する設計方針

TS-69B型は、使用済燃料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、TS-69B型は、事業所外運搬に使用する輸送容器の機能を持つため、「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則(平成30年6月8日施行)」に示されている以下の要求事項を満足する設計とする。

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

さらに、設計貯蔵期間中におけるTS-69B型の中性子遮蔽材の遮蔽機能の低下を考慮しても、これらの要求事項を満足するように設計する。

TS-69B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底板を含む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ている。また、設計貯蔵期間60年間における金属キャスクの中性子遮蔽材の熱による遮蔽性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、 $100 \mu\text{Sv/h}$  以下となるように設計されている。線量当量率は、燃焼計算コード ORIGEN2 を用いて線源強度を求め、金属キャスクの実形状を軸方向断面に二次元でモデル化し、二次元輸送計算コード DOT3.5 により評価されている。

## II-3 閉じ込めの機能（許可基準規則第 5 条関係）

### TS-69B 型の閉じ込め機能に関する設計方針

TS-69B 型は、使用済燃料等を限定された区域に閉じ込めるため、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を収納する空間（以下「金属キャスク内部」という。）を負圧に維持する設計とする。また、TS-69B 型は、一次蓋と二次蓋の間（以下「蓋間」という。）を正圧とすることにより形成される圧力障壁及び一次蓋による二重の閉じ込め構造により、使用済燃料等を閉じ込める設計とする。さらに、蓋間の圧力を測定することにより、閉じ込め機能が確保されていることを監視できる設計とする。

なお、一次蓋と二次蓋から構成される閉じ込め機能が喪失した場合であっても、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。

#### 1. 使用済燃料等を内封する空間を負圧に維持するための設計方針

TS-69B 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一次蓋、二次蓋及びそれらの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している。

#### 2. 使用済燃料等を収納する空間を容器外部から隔離するための設計方針

TS-69B 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している。

#### 3. 閉じ込めの機能の修復性に関する考慮

TS-69B 型は、二次蓋に漏えいが認められた場合には、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ことが可能である。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であっても、三次蓋を取り付けて輸送可能な設計としている。

## II-4 除熱（許可基準規則第 6 条関係）

### TS-69B 型の除熱機能に関する設計方針

TS-69B 型は、使用済燃料集合体の健全性及び基本的安全機能を有する構成部材の健全性を維持するために、使用済燃料等の崩壊熱を除去する設計とする。

燃料被覆管の温度は、設計貯蔵期間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及び燃料被覆管のフープ応力が 70MPa 以下となる温度以下とするため、貯蔵する使用済燃料の種類ごとに以下の制限が設けられる。

・ 新型 8×8 燃料	200℃以下
・ 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料	300℃以下
・ 高燃焼度 8×8 燃料	300℃以下

また、TS-69B 型の主要な構成部材の温度は、基本的安全機能及び構造強度を維持する観点から以下の制限を設ける。

・ 胴、外筒及び蓋部	350℃以下
・ 中性子遮蔽材	149℃以下
・ 金属ガスケット	130℃以下
・ バスケット格子	350℃以下

#### 1. 使用済燃料の温度を制限される値以下に維持するための設計方針

TS-69B 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、対流及び輻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、TS-69B 型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、燃焼計算コード ORIGEN2 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、TS-69B 型の実形状を軸方向断面、径方向断面にそれぞれ二次元で、燃料集合体の実形状を径方向断面に二次元でモデル化し、伝熱解析コード ABAQUS を用いて除熱評価を行っている。

## 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

TS-69B 型は、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、燃焼計算コード ORIGEN2 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している。

### II-5 金属キャスク（許可基準規則第 15 条関係）

#### TS-69B 型の長期健全性に関する設計方針

TS-69B 型は、基本的安全機能を維持する上で重要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境並びにその環境下での腐食等の経年変化に対して十分に信頼性のある材料を選定し、それらの構成部材に必要とされる強度、性能を維持し、必要な安全機能を損なうことのない設計とする。

また、TS-69B 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等を防止するために、使用済燃料集合体を不活性ガスであるヘリウムガスとともに封入して貯蔵する設計とする。また、金属キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、塗装等による防錆措置を講ずる。

TS-69B 型は、基本的安全機能を維持する上で重要な構成部材について、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、必要な安全機能を損なうことのない設計としている。

また、基本的安全機能を有する構成部材の健全性を保つ観点から、使用済燃料集合体を不活性ガスであるヘリウムガスとともに封入して貯蔵する設計とする。また、金属キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、塗装等による防錆措置を講ずる。