

Doc. No. MA035A-RC-Z10 Rev.0

2019年7月4日

日立造船株式会社

Hitz-B52 型 型式証明申請対象キャスクの概要および ヒアリングの主要なコメントとその対応状況

1. 適用

日立造船株式会社は、2018年8月1日に、核原料物質、核燃料物質及び原子炉等の規制に関する法律第43条の26の2の規定に基づき、使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器などの型式証明の申請書を提出した。

申請した特定容器は、国内沸騰水型原子炉の使用済燃料を使用済燃料貯蔵施設にて貯蔵する金属製の乾式キャスク（以下、「金属キャスク（Hitz-B52型）」という）として設計されたものである。

本図書は、金属キャスク（Hitz-B52型）の概要について記載する。

2. 金属キャスク（Hitz-B52 型）の概要

金属キャスク（Hitz-B52 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、使用済燃料の事業所外運搬に用いる輸送容器としての機能を併せ持つ金属製の乾式キャスクである。

金属キャスク（Hitz-B52 型）を用いることにより、使用済燃料貯蔵施設に搬入された後も使用済燃料を別の容器に詰め替えることなく貯蔵を行うことができる。

金属キャスク（Hitz-B52 型）は、キャスク本体、蓋部、バスケット等で構成され、貯蔵建屋内の支持構造物である貯蔵架台を介して床面に固定される。

金属キャスク（Hitz-B52 型）の構造及び仕様をそれぞれ図 1 及び表 1 に示す。

(1) 金属キャスク本体

金属キャスク本体の主要部は、胴、中性子遮蔽材及び外筒等で構成されている。胴は炭素鋼製であり、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が充填されており、その内部には熱伝導性能を向上させるための銅製の伝熱フィンを配置している。また、胴の炭素鋼は、主要なガンマ線遮蔽材となっている。

キャスク本体の取扱い及び貯蔵中の固定のために、上部に 2 対のトラニオン、下部に 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。

一次蓋はステンレス鋼製の円板状であり、ボルトで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、ボルトで金属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。

なお、使用済燃料貯蔵施設への搬入時及び使用済燃料貯蔵施設からの搬出時に、三次蓋がボルトでキャスク本体上面に取り付けられる。

(3) バスケット

バスケットは炭素鋼製のコンパートメントで構成された格子構造であり、個々の使用済燃料がキャスク本体内部の所定の位置に収納される。

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。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。

3. 金属キャスク（Hitz-B52 型）の安全設計に関する評価

金属キャスクに要求される臨界防止、遮蔽、閉じ込め及び除熱の 4 つの安全機能と、これらを維持するために必要な構造強度について、それぞれ評価を実施している。金属キャスク（Hitz-B52 型）に収納する使用済燃料の仕様を表 2 に、収納位置条件を図 2 に示す。

各評価の結果を表 3 に示す。金属キャスク（Hitz-B52 型）は表 3 に示す通り安全機能及び構造強度の設計基準を満たしている。

表 1 金属キャスク (Hitz-B52 型) の仕様

項 目		仕 様
全質量 (使用済燃料集合体を含む)		約 118 t
寸 法	全 長	約 5.5 m
	外 径	約 2.4 m
収 納 体 数		52 体
最 大 崩 壊 熱 量		約 12.8 kW
主 要 材 質	キャスク本体	
	胴 (ガンマ線遮蔽材)	炭素鋼
	外筒 (ガンマ線遮蔽材)	炭素鋼
	ト ラ ニ オ ン	析出硬化型ステンレス鋼
	トラニオンボルト	合金鋼
	中性子遮蔽材	樹脂
	伝 熱 フ ィ ン	銅
	蓋 部 (注1)	
	一 次 蓋	ステンレス鋼
	二 次 蓋	炭素鋼
蓋 ボ ル ト	合金鋼	
バスケット	炭素鋼、ステンレス鋼 (中性子吸収材、伝熱部材を配置)	
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		圧力センサによる蓋間圧力監視

(注 1) 使用済燃料貯蔵施設への搬入時、使用済燃料貯蔵施設からの搬出時には、ゴム O リングをシール材とした三次蓋を装着する。

表 2 使用済燃料の仕様

項目		仕様		
使用済燃料の種類		新型 8×8 燃料	新型 8×8 ジルコニウムライナ 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
	全長	約 4,470 mm 又は 約 4,350 mm	約 4,470 mm	約 4,470 mm 又は 約 4,350 mm
質量		約 270 kg	約 270 kg	約 270 kg 又は 約 260 kg
燃料集合体 1 体の仕様	初期濃縮度	3.00 wt% 以下	3.10 wt% 以下	3.60 wt% 以下
	(注1) 最高燃焼度	40,000 MWd/t 以下	40,000 MWd/t 以下	50,000 MWd/t 以下
	冷却期間	25 年 以上	18 年 以上	15 年 以上
金属キャスク 1 基当たりの仕様	収納体数	52 体	52 体	52 体
	(注2) 平均燃焼度	35,000 MWd/t 以下	38,000 MWd/t 以下	43,000 MWd/t 以下
	崩壊熱量	8.4 kW 以下	10.6kW 以下	12.8 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 3 金属キャスク (Hitz-B52 型) 評価結果

項		目	評価結果	設計基準値
臨界防止	中性子 実効増倍率	乾燥状態	0.36	0.95
		冠水状態	0.85	
遮蔽	表面最大線量当量率		0.77mSv/h	2mSv/h
	表面から 1 m 離れた位置 における最大線量当量率		78 μ Sv/h	100 μ Sv/h
閉じ込め	金属ガスケットの漏えい率		$9.9 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$2.4 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ (注1)
除熱	燃料被覆管 最高温度	新型 8 \times 8 燃料	180 $^{\circ}\text{C}$	200 $^{\circ}\text{C}$
		新型 8 \times 8 ジルコニウム ライナ燃料、 高燃焼度 8 \times 8 燃料	255 $^{\circ}\text{C}$	300 $^{\circ}\text{C}$
	金属キャスク 構成部材 最高温度	胴、蓋部	145 $^{\circ}\text{C}$	375 $^{\circ}\text{C}$
		外部筒	116 $^{\circ}\text{C}$	375 $^{\circ}\text{C}$
		中性子遮蔽材 (樹脂)	129 $^{\circ}\text{C}$	149 $^{\circ}\text{C}$
		金属ガスケット	95 $^{\circ}\text{C}$	130 $^{\circ}\text{C}$
	バスケット格子	236 $^{\circ}\text{C}$	350 $^{\circ}\text{C}$	
構造強度	取扱時	蓋部の応力強さ	61MPa 以下	162MPa
		一次蓋ボルトの 応力	406MPa 以下	852MPa
		上部トラニオンの 応力強さ	541MPa 以下	653MPa
	地震時	下部トラニオンの 応力強さ	282MPa 以下	591MPa

(注 1) 設計貯蔵期間中にキャスク本体内部の負圧が維持できる漏えい率 (標準状態) を示す。

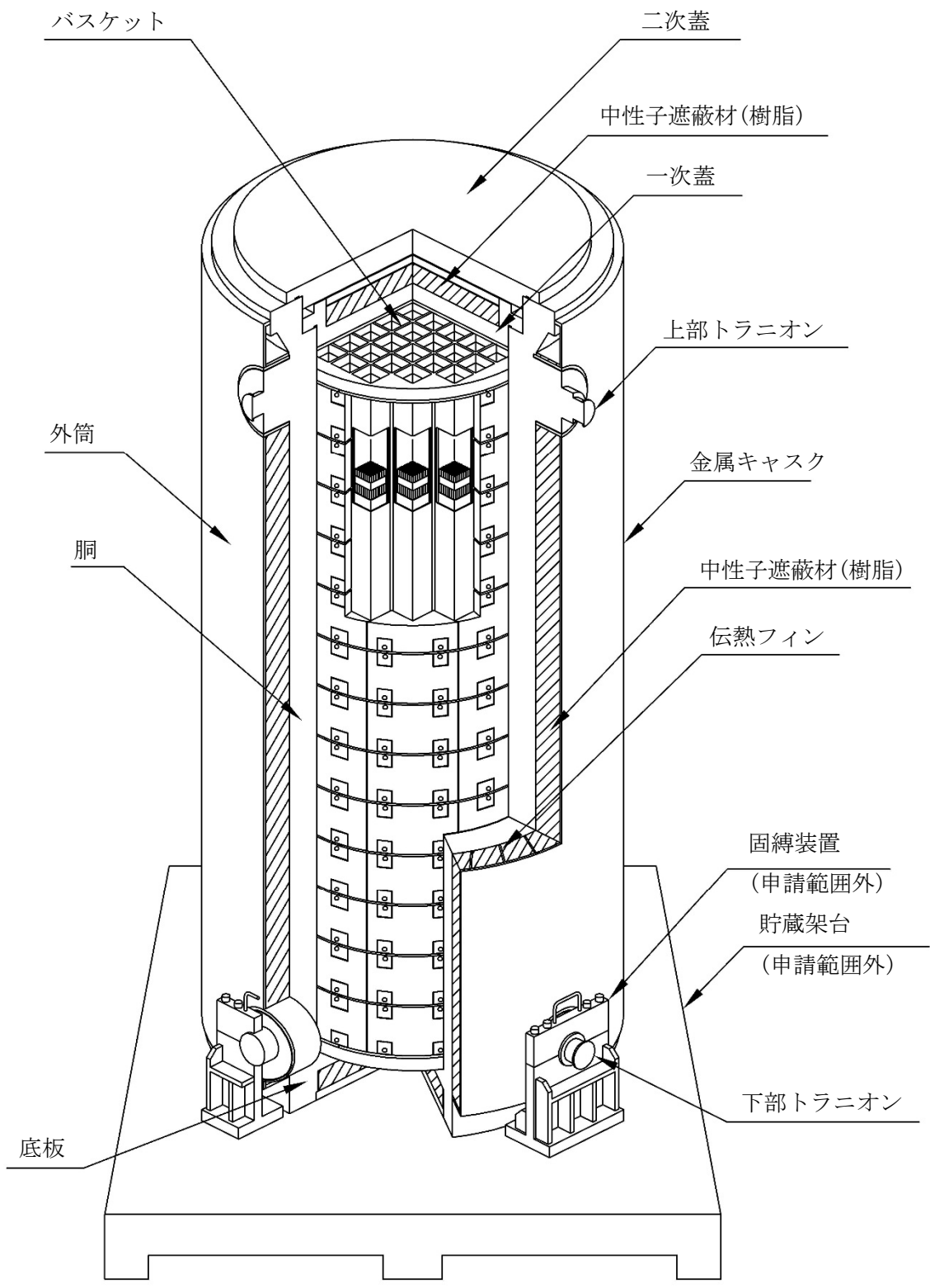
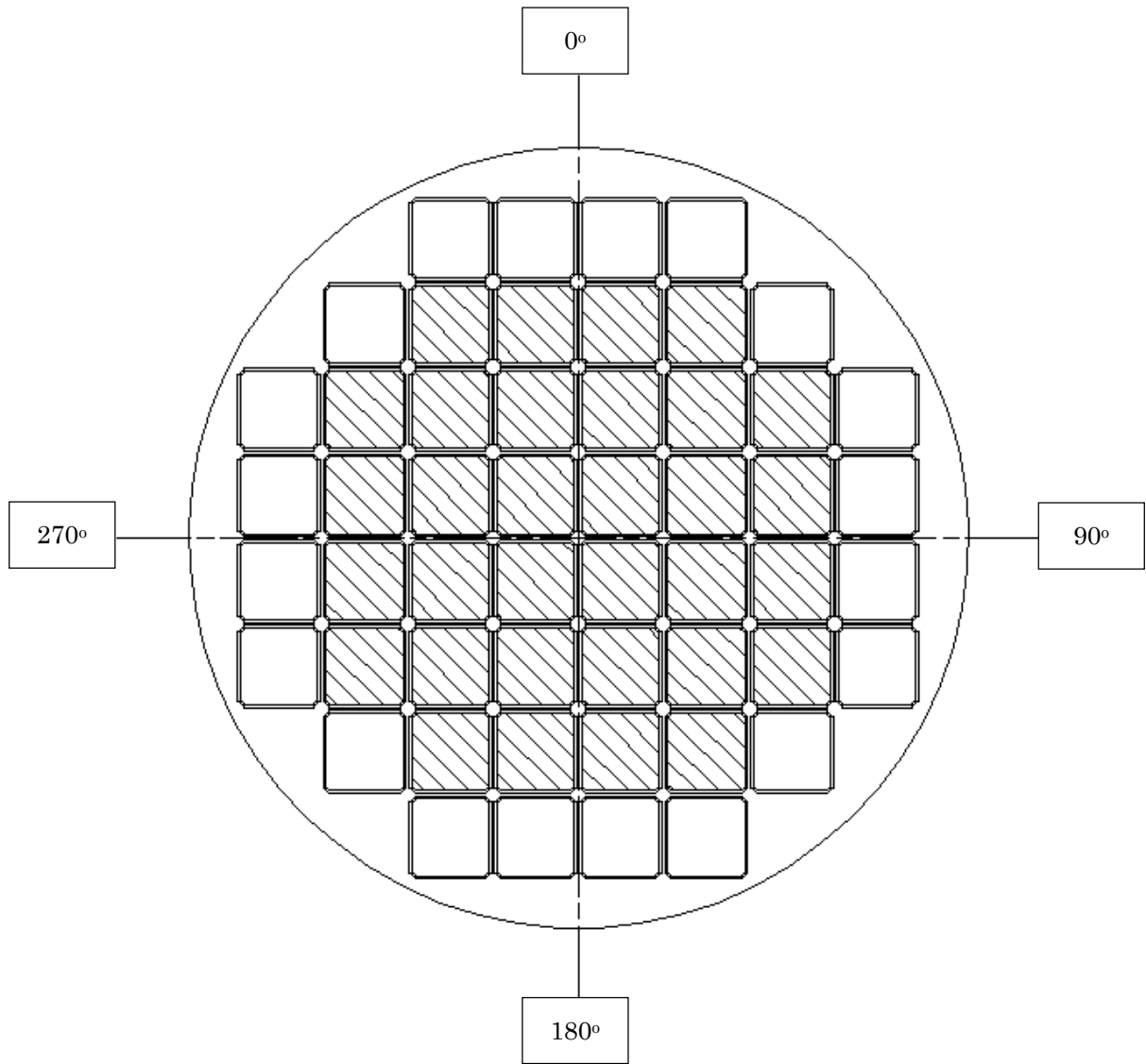



図1 金属キャスク (Hitz-B52 型) 構造図



 : 最高燃焼度の使用済燃料集合体収納位置


 : 平均燃焼度の使用済燃料集合体収納位置

図 2 遮蔽解析における使用済燃料の収納位置条件
 (高燃焼度 8×8 燃料のみを収納する場合) (注)
 (注) 他の燃料は収納条件を指定しない。

4. Hitz-B52 型の型式証明申請ヒアリング 主要なコメントとその対応状況

型式証明申請書の内容説明において、審査側のコメントについては質問管理票にて整理され、管理されている。Hitz-B52 型に対するコメントは、申請書の説明に対して追加の説明を求められたものであり、その内容を表 4 に示す。

これらは、申請書の内容説明において申請者が必要と考えた詳細説明のポイントと審査者が要望する詳細説明のポイントが異なる部分があり、後者の説明を確認のため資料として残す必要があることから、コメントとしてリストに挙げ、書面で回答することになったものである。

表 4 追加説明の内容

No.	項目	内容
(1)	臨界防止設計	解析の条件設定, 評価の保守性についての説明
(2)	遮蔽設計	解析に使用したライブラリ(DLC-23/CASK)の妥当性, 全体モデルからトラニオン部分モデルへの線束引継ぎ計算, 構成材料の密度、組成等の解析条件についての説明
(3)	閉じ込め設計	解析条件の設定根拠, 判定基準についての説明
(4)	除熱設計	伝熱パス, 解析の保守性, 解析モデルの条件設定の考え方, 輪切りモデルと全体モデルの解析結果の差異についての説明
(5)	構造設計	応力の線形化, 評価断面の設定根拠, 荷重条件の詳細, トラニオン及びトラニオンボルトの評価についての説明
(6)	経年変化	評価内容の詳細についての説明
(7)	想定事象に対する安全評価	想定事象として設定した事象の根拠, 評価条件についての説明

次頁以降の(1)～(7)項に、各安全設計に対するコメントへの対応方法及び回答予定を示す。なお、質問 No.の欄に記載のない番号のコメントについては、既に回答済みで完了したもの、ヒアリングで回答内容をご確認いただいているが表現について補足や見直しが必要なもの、または各質問に関連したもので、回答の主旨が同様であり他の質問と合わせて対応が可能と考えているものである。

(1) 臨界防止設計

質問 No.	コメント(要約)	対応	回答予定
71	(収納する燃料の確認事項とした)「～反応度を超えないこと。」の具体的な説明	臨界防止設計に用いたモデルバンドルの無限増倍率と収納する燃料の無限増倍率(設計値)を比較する旨を説明する。	2019年7月
101	(モンテカルロ法による中性子実効増倍率評価について)収束の説明	ヒストリー数と実効増倍率及び統計誤差(標準偏差)の関係を図示し、説明する。	2019年7月

(2) 遮蔽設計

質問 No.	コメント(要約)	対応	回答予定
52, 61	DLC-23/CASK ライブラリを用いる妥当性	MATXSLIB-J33 ライブラリを用いた評価結果を用いて説明する。	2019年7月
56, 69	ピーキングファクターの設定根拠及び保守性	ピーキングファクターの設定根拠、燃料の配置に関する線源強度の保守性及び貯蔵事業者が確認すべき事項について説明する。	2019年7月
59, 60, 64	遮蔽解析結果の詳細説明	トランニオン近傍や頭部及び底部中性子遮蔽材の詳細の評価結果を説明する。	2019年7月
65	均質化に際する解析モデルの考え方、計算結果への影響及び保守性の考え方	二次元中央断面輪切り(XY)モデルの解析結果を用いて影響や保守性を説明する。	2019年7月
64,66	全体モデルからの線束引き継ぎ計算によるトランニオン部の評価結果	全体モデルからトランニオン部分モデルへの線束引継ぎ計算の説明やコンター図を用いてその妥当性評価を説明する。	2019年7月

(3) 閉じ込め設計

無し (コメント回答終了)

(4) 除熱設計

質問 No.	コメント(要約)	対応	回答予定
11	輪切りモデルと全体モデルの解析結果の最高温度の差異の説明	解析条件の違い(輪切りモデルでは燃料の発熱量を保守的に設定)や軸方向の熱移動量の違い(輪切りモデルでは燃料集合体部の軸方向を断熱としている)などから最高温度の差異が生じる理由を説明する。	2019年8月

(5) 構造設計

質問 No.	コメント(要約)	対応	回答予定
18	構造解析における三次蓋有りの場合の熱解析の影響	三次蓋有りの解析結果を示し、その影響を説明する。	2019年7月
45, 102, 103	トラニオンの R 部の評価及びトラニオンボルトの強度評価	トラニオンの R 部の評価及びトラニオンボルトの強度評価について、詳細を説明する。	2019年7月

(6) 経年変化

質問 No.	コメント(要約)	対応	回答予定
93	結露水に対する評価	結露水による隙間腐食について説明する。	2019年7月
94	伝熱フィンと胴の接続部の腐食	異種金属接触腐食の評価について説明する。	2019年7月

(7) 想定事象に対する安全評価

質問 No.	コメント(要約)	対応	回答予定
79,81,98	想定事象に対する評価方法の整理	衝撃加速度や評価部位などの観点から評価方法を整理する。	2019年8月
82	衝撃吸収材とその評価についての説明	衝撃吸収材の圧潰応力の根拠及び評価方法について整理して説明する。	2019年8月
83	貯蔵架台のバネ定数の説明	貯蔵架台のバネ定数の設定根拠を説明する。	2019年8月