

[Hitz-B52型 技術基準規則（使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則）への適合性説明方針]

技術基準 第五条（使用済燃料の臨界防止）		
使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料が臨界に達するおそれがないようにするため、核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置が講じられたものでなければならない。		
項目	Hitz-B52型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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構造、及び適切な位置に配置された中性子吸収材により臨界を防止する設計とする。 バスケット格子構造は、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を保つ設計とする。 使用済燃料集合体を貯蔵容量最大に収納した条件下で、Hitz-B52 型の使用済燃料貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び Hitz-B52 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、中性子実効増倍率を 0.95 以下となるように設計する。 	<p>左記に同じ。</p> <p>*バスケット構造の違いはあるが、評価内容は同じ。</p>
収納物	高燃焼度 8×8 燃料を対象（新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料は高燃焼度 8×8 燃料で代表）とする。新型 8×8 についても影響を評価。	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混載。
収納条件	技術的に想定されるいかなる条件でも臨界に達しないことを確認するため、配置、形状、中性子遮蔽材の形状、水の影響等の因子を考慮し、実効増倍率が最も高くなる条件を考慮。	左記に同じ。
計算コード	<p>解析コード：SCALE4.4a コードシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料棒単位セル計算には XSDRNPM、臨界解析には臨界解析コード KENO-V.a を使用。 断面積ライブラリとしては SCALE コードシステムの内蔵ライブラリデータである 238 群ライブラリデータを使用。 	左記に同じ。
評価モデル	<ul style="list-style-type: none"> モンテカルロ法を用いた臨界解析コードによって Hitz-B52 型の実形状をモデル化した体系の中性子実効増倍率を評価する。 Hitz-B52 型の周囲を完全反射境界条件とし無限配列を仮定することで、使用済燃料貯蔵施設の最大貯蔵容量に Hitz-B52 型を配置した条件を包絡する設定とした。ここで、Hitz-B52 型の内部は真空又は水で満たされた状態とする。 燃料配置状態、燃料格子板厚、燃料格子内寸の寸法条件について公差を考慮して計算を行う。 	左記に同じ。
評価結果	乾燥状態及び冠水状態の両方について、中性子実効増倍率が ($k_{\text{eff}} + 3\sigma \leq 0.95$) であることを確認。	左記に同じ。
妥当性	ベンチマーク計算により確認。	左記に同じ。

<p>技術基準 第七条（地震による損傷の防止）</p> <p>使用済燃料貯蔵施設は、これに作用する地震力（事業許可基準規則第九条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。</p> <p>2 使用済燃料貯蔵施設は、事業許可基準規則第九条第三項の地震力に対してその基本的安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>		
項目	Hitz-B52 型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
概要	<ul style="list-style-type: none"> 当該型式指定容器等を使用することができる使用済燃料貯蔵施設の範囲としている金属キャスクの貯蔵姿勢及び固定方式において、設計条件として設定する地震力（水平方向加速度 1.40 G、鉛直方向加速度 0.87G）に対して、金属キャスクの構成部材を剛構造とし、発生する応力を弾性状態に留めることで、その基本的安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。 	左記に同じ。
計算コード	ABAQUS 及び応力評価式	左記に同じ。
評価モデル	応力評価は、技術基準規則第十四条の構造評価と同様。	左記に同じ。
評価結果	<p>以下により、Hitz-B52 型は設計条件として設定する地震力に対して基本的安全機能が保持できることを確認。</p> <ul style="list-style-type: none"> S_d*地震力が作用する場合、Hitz-B52 型の各部に発生する応力は金属キャスク構造規格に示す許容応力を満足することを確認。 S_s地震力が作用する場合における応力評価の結果、Hitz-B52 型の各部に発生する応力は金属キャスク構造規格に示す許容応力を満足することを確認。 	左記に同じ。

<p>技術基準 第十一条（閉じ込めの機能）</p> <p>使用済燃料貯蔵施設は、次に掲げるところにより、使用済燃料又は使用済燃料によって汚染された物（以下「使用済燃料等」という。）を限定された区域に閉じ込める機能を保持するように設置されたものでなければならない。</p> <p>一 金属キャスクは、使用済燃料等が外部に漏えいするおそれがない構造であること。</p>		
項目	Hitz-B52 型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
概要	<ul style="list-style-type: none"> 金属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する設計とする。 Hitz-B52 型は、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空間部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金属キャスク外部から隔離する設計とする。さらに、蓋間の圧力を測定することにより、閉じ込め機能について監視が出来る設計とする。 	左記に同じ
計算コード	なし（評価式による漏えい量の計算）	左記に同じ
評価モデル	<ul style="list-style-type: none"> 設計貯蔵期間（60 年）にわたって金属キャスク本体内部圧力が負圧を維持できる漏えい率（以下「基準漏えい率 Q_s」という。）を求める。 蓋間空間のガスは金属キャスク本体内部側にのみ漏えいするものとして漏えい率の計算を行う。 使用する金属ガスケットが設計貯蔵期間を通じて確保可能な漏えい率（以下「金属ガスケットの設計漏えい率 Q_n」という。）は Hitz-B52 型の閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率 Q_s を満足できるものを使用する。 発電所搬出前の気密漏えい検査で確認される漏えい率の判定基準（以下「リークテスト判定基準 Q_t」という。）は、基準漏えい率 Q_s を下回るように設定する。 	左記に同じ
評価結果	<p>以下であることを確認。</p> <p>基準漏えい率 $Q_s >$ リークテスト判定基準 $Q_t >$ 金属ガスケットの設計漏えい率 Q_n</p>	左記に同じ

技術基準 第十二条（火災等による損傷の防止）

使用済燃料貯蔵施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより当該使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能が損なわれるおそれがある場合において、必要に応じて消火設備及び警報設備（自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災及び爆発の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。）が設置されたものでなければならない。

3 安全機能を有する施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない

項目	Hitz-B52 型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
概要	<ul style="list-style-type: none"> 火災又は爆発の影響を受けることにより基本的安全機能が損なわれるおそれがないように、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する設計とするとともに、事業所外運搬に思量される輸送物に課せられる熱試験条件も考慮して、これに耐える材料及び構造を有する設計とする。 	左記に同じ。 ＊先行キャスクは事業許可基準規則をベースに説明、Hitz-B52 型は技術基準規則をベースに説明となるが、内容は同じ。
計算コード	なし	なし
評価モデル	なし	なし
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> 発火性又は引火性物質を使用せず、主な構造材には炭素鋼、ステンレス鋼等の不燃性である金属材料を使用し、その他の材料についても実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用することで、火災又は爆発による損傷を防止する設計とする。 事業所外運搬に使用する輸送物としての機能を持つ金属キャスクであるため、輸送物に課せられる熱試験条件下でもこれに耐える材料及び構造を有する設計とする。 	左記に同じ。

技術基準 第十四条（材料及び構造）

使用済燃料貯蔵施設に属する容器、管及びこれらの支持構造物のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十三条の九第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

- 一 容器等に使用する材料は、次に掲げるところによるものであること。
 - イ 容器等が、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分（使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。）を有すること。
 - ロ 使用済燃料等を閉じ込めるための容器（以下この項において「密封容器」という。）に使用する材料にあつては、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認したものであること。
 - ハ 管及び支持構造物に使用する材料にあつては、当該管及び支持構造物の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認したものであること。
 - ニ 有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。
 - 二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。
 - イ 取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑えること。
 - ロ 密封容器にあつては、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさないこと。また、閉じ込め機能（事業許可基準規則第二条第二項第三号ハに規定する閉じ込め機能をいう。）を担保する部位（ハにおいて「密封シール部」という。）については、変形を弾性域に抑えること。
 - ハ 密封容器にあつては、試験状態において、全体的な塑性変形が生じないこと。また、密封シール部については、変形を弾性域に抑えること。
 - ニ 密封容器及び支持構造物にあつては、取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊が生じないこと。
 - ホ 取扱い時及び貯蔵時において、座屈が生じないこと。
 - 三 密封容器の主要な耐圧部の溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下この号において同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。
 - イ 不連続で特異な形状でないものであること。
 - ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを、非破壊試験により確認したものであること。
 - ハ 適切な強度を有するものであること。
 - ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。
- 2 使用済燃料貯蔵施設に属する容器及び管のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

項目	Hitz-B52 型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
<p>【材料について】 概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分（使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。）を有する材料を使用することを確認する。 ・密封容器に使用する材料にあつては、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認する。 ・容器等に使用する材料は、有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認する。 ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、適切な強度を有する設計とし、適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認することによって、適用基準及び適用規格に適合していることを確認する。 ・バスケットの溶接部は、各種検査により、適用基準及び適用規格に適合していることを確認する。そして金属キャスク構造規格 MCD-2400 の規定に従って、表 MCD-2400-1 に示される溶接方法等の区分に応じ、設計で用いる継手効率に対応する非破壊試験を行い、溶接による割れ 	<p>左記に同じ。 ただし、バスケットの溶接部については適用なし。</p>

	が生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを確認する。	
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> ・容器等に使用する材料が適切であることを確認。 ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部が適切であることを確認。 ・バスケットの溶接部が適切であることを確認。 	左記に同じ。 ただし、バスケットの溶接部については適用なし。
【構造について】 概要	<ul style="list-style-type: none"> ・容器等は、容器等は、取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とすることを確認する。 ・密封容器は、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさない設計とする。また、閉じ込め機能を担保する密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。 ・密封容器は、試験状態において、全体的な塑性変形が生じない設計とする。また、密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。 	左記に同じ。
計算コード	ABAQUS	左記に同じ
評価モデル	<p>評価部位：記載されるすべての部位（密封容器、バスケット、トラニオン、外筒、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー及び下部中性子遮蔽材カバー）を次の条件で ABAQUS により評価。</p> <p>解析モデル：三次元 180° 対称モデル</p> <p>設計条件：設計時（最高使用圧力）</p> <p>供用状態 A：貯蔵時、吊上げ時</p> <p>供用状態 B：貯蔵架台への衝突時</p> <p>供用状態 C：S_d*地震時（貯蔵時（S_d*地震力が作用する場合））</p> <p>供用状態 D：S_s地震時（貯蔵時（S_s地震力が作用する場合））</p> <p>試験時：試験時圧力</p> <p>疲労評価：密封容器及びトラニオンに対し、評価式による評価を実施。</p> <p>座屈評価：評価式による許容応力を算出し、発生応力と比較。</p> <p>溶接部の評価：密封容器の溶接部は適切な非破壊試験を実施することで、母材と同等の評価を行う。バスケット溶接部は、金属キャスク構造規格 MCD-2400 の規定に基づいた溶接効率を考慮する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・評価部位は、先行キャスクとの構造の違いにより、先行キャスクは蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー及び下部中性子遮蔽材カバーを応力評価式にて評価しているが、Hitz-B52 型は、ABAQUS による応力解析にて評価している点が異なる。 ・設計条件は左記に同じ。 ・疲労、座屈評価は左記に同じ。 ・密封容器の溶接部評価は左記に同じ。先行キャスクは、バスケットの溶接の適用なし。
評価結果	<p>設計条件、供用状態 A：密封容器、バスケット、トラニオン、外筒、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー及び下部中性子遮蔽材カバーは取扱い時及び貯蔵時において全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認。</p> <p>供用状態 B：密封容器は破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさない設計であることを確認。また、閉じ込め機能を担保する密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計であることを確認。</p> <p>供用状態 C 及び D：地震力に対する評価は、技術基準規則の第七条の説明に評価を記載。</p> <p>試験時：密封容器は試験状態において全体的な塑性変形が生じない設計とする。また、密封シール部については変形を弾性域に抑える設計であることを確認。</p>	左記に同じ。

技術基準 第十六条 (除熱)		
使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料等の崩壊熱を適切に除去するように設置されたものでなければならない。		
項目	Hitz-B52 型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
概要	燃料被覆管の温度が、設計貯蔵期間を通じて、制限温度を超えないことを確認する。 金属キャスクの主要な構成部材が、制限温度を超えないことを確認する。	左記に同じ。
収納物	高燃焼度 8×8 燃料 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料は高燃焼度 8×8 燃料で代表)、新型 8×8 燃料	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混載。
収納条件	各燃料は混載を行わない。高燃焼度 8×8 燃料及び新型 8×8 燃料は配置の制限を行い、その条件で除熱解析を実施。	収納条件や配置は異なるが、配置を制限する点では同様。
計算コード	ABAQUS	左記に同じ。
評価モデル	全体モデル (二次元軸対称モデル) 輪切りモデル (バスケット、三次元モデル) 燃料集合体モデル (二次元モデル) ・ Hitz-B52 型は軸方向で対称ではないため、輪切りモデルはサポートプレート間ピッチで三次元のモデル化を行っている。 ・ 部材間は、実際は接触しているが解析モデルとしては気体層のギャップを設けるなど、保守的な条件を設定している。 ・ 先行キャスクと比較して、バスケット構造の違いによるモデルの違いがあるが、軸方向への熱移動の考え方は先行キャスクと同じ。	全体モデル (二次元軸対称モデル) 輪切りモデル (バスケット、二次元モデル) 燃料集合体モデル (二次元モデル) ・ 先行のキャスクは軸方向で対称であるので、輪切りモデルは二次元のモデル化を行っている。
評価結果	燃料被覆管及び構成部材は、制限温度を超えないことを確認。	左記に同じ。
妥当性	東海第二乾式貯蔵キャスクは、伝熱試験と解析の比較による以下の結果から、解析結果は十分保守性があることを確認。 ・ バスケット中心温度及び内胴内面の温度は最高使用温度を十分下回ることを確認。 ・ 温度分布は傾向が一致。 Hitz-B52 型は東海第二乾式貯蔵キャスクと類似構造 (チューブ&サポート構造) であることから、この東海第二乾式貯蔵キャスクの確認結果をもって、その妥当性が確認できる。	2D モデルと 3D モデルの比較をもって、2D モデルの保守性を確認。

技術基準 第二十一条 (遮蔽)		
使用済燃料貯蔵施設は、当該使用済燃料貯蔵施設からの直接線及びスカイライン線による事業所周辺の線量が原子力規制委員会の定める線量限度を十分下回るように設置されたものでなければならない。		
項目	Hitz-B52 型の説明	先行で申請されたキャスクの説明
概要	事業所外運搬に使用する輸送容器の機能を持つ金属キャスクであることから、外運搬規則に示されている以下の要求事項を満足する設計とする。 <ul style="list-style-type: none"> ・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 100μSv/h を超えないこと。 	左記に同じ。
収納物	高燃焼度 8×8 燃料 (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料、新型 8×8 燃料は高燃焼度 8×8 燃料で代表)	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混載。
収納条件	各燃料は混載を行わない。高燃焼度 8×8 燃料の最高燃焼度燃料を中心に、平均燃焼度燃料を周囲に配置。	収納条件や配置は異なるが、配置を制限する点では同様。
計算コード	燃焼計算 : ORIGEN2 線量当量率 : DOT3.5	左記に同じ。
評価モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料有効部のガンマ線源強度、中性子源強度を燃焼計算コード ORIGEN2 で算出する。 ・算出した線源強度に基づき、二次元輸送計算コード DOT3.5 (DLC-23/CASK ライブラリ) を使用して線量当量率を求める。 ・線量当量率の解析は、二次元モデルで実施。本体モデルは、キャスク中央付近で二分割している。 ・使用済燃料、バスケット、トラニオン等は構造上の特徴を考慮して、均質化あるいは線束の引継ぎによって評価。 ・Hitz-B52 型は下部トラニオンが全周にわたって存在する (側部中性子遮蔽材が全周にわたって欠損する) と仮定とした本体モデル (トラニオン断面全周モデル) による解析を実施し、トラニオンを無視した本体モデルによる結果と比較し、合計の線量当量率が大きくなるトラニオン断面全周モデルによる解析結果を評価している。 	<p>構造の違いを除いては、左記に同じ。</p> <p>* 下部トラニオン評価の妥当性の説明については、先行キャスクと Hitz-B52 型で相違がある。</p> <p>・Hitz-B52 型は下部トラニオンが全周にわたって存在する (側部中性子遮蔽材が全周にわたって欠損する) と仮定とした本体モデル (トラニオン断面全周モデル) による解析を実施しているが、先行キャスクではこの部分は MCNP による三次元モデルで解析を実施し、二次元モデルでは評価できない局所的な側部中性子遮蔽材の欠損についての妥当性を確認している。</p>
評価結果	以下を満足することを確認。 <ul style="list-style-type: none"> ・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 100μSv/h を超えないこと。 	左記に同じ。
妥当性	妥当性の確認として、使用実績は別紙 5、別ライブラリ (MATXSLIB-J33) による影響評価を別紙 7 に示す。	別ライブラリ (MATXSLIB-J33) による影響評価を示す。