

HITACHI



この資料及びこの資料に基づ
く計算書並びに記録等の出力
を複写、第三者へ開示または
公開しないようお願い致します

資料1-1

Doc No. FRO-TA-0065/REV.0

第4回 特定兼用キャスクの設計の型式証明等に係るヒアリング
(2020年9月7日)

発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明申請 (設置許可基準規則への適合性、審査会合コメント回答)

2020年9月7日
日立GEニュークリア・エナジー株式会社

内は商業機密のため非公開



目次

1. 設置許可基準規則への適合性
2. コメントリスト
3. 今後の説明の進め方

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



要求事項		主たる要件	設計方針及びその妥当性
条・項	記載事項		
第十六条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設			
第2項	兼用 キャスク	燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。	兼用キャスクは、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。
第4項		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。	兼用キャスクは、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設計とする。
		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。	使用済燃料からの崩壊熱を適切に除去することができる設計とする。
		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。	兼用キャスクは、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とする。

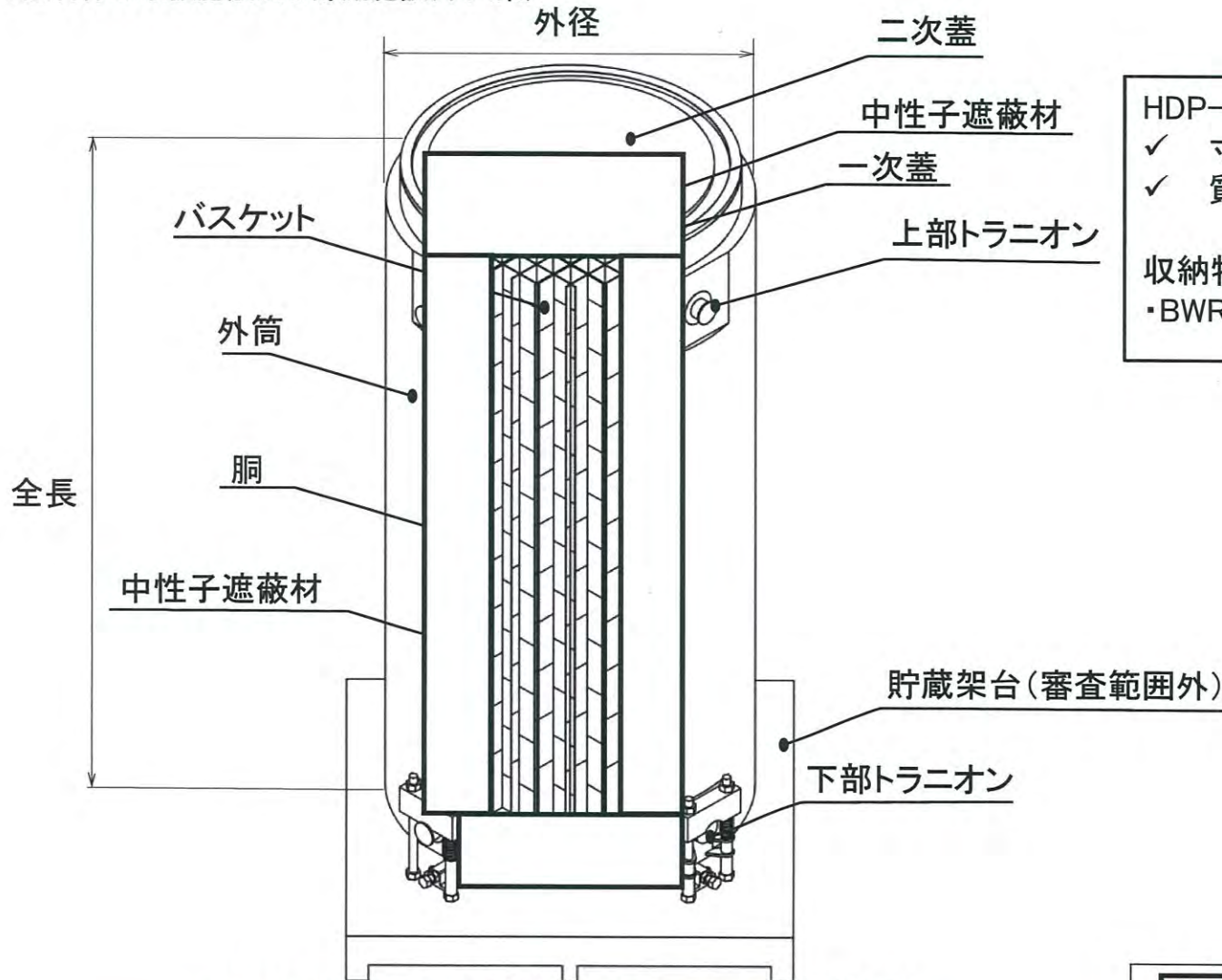
1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条)

【兼用キャスクの構造】



HDP-69BCH(B)型の形状
 ✓ 寸法:(外径)2.5m(全長)5.2m
 ✓ 質量:約119t(使用済燃料を含む)
 収納物
 ・BWR使用済燃料:69体/基

HDP-69BCH(B)型構造図(たて置き貯蔵時)

□ 内は商業機密のため非公開

1. 設置許可基準規則への適合性について

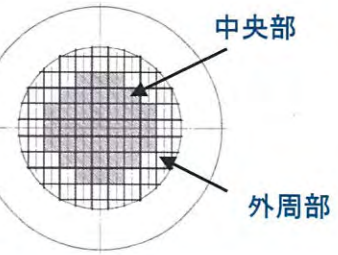
この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条)

【兼用キャスクの収納制限】

			キャスク収納制限、配置制限						
			配置(i)		配置(ii)		配置(iii)		
			中央部	外周部	中央部	外周部	中央部	外周部	
収納物仕様	使用済燃料 1体の仕様	燃料タイプ	新型8×8ジルコニウムライケ燃料、 高燃焼度8×8燃料		高燃焼度 8×8燃料	新型8×8ジルコニウムライケ燃料、 高燃焼度8×8燃料		新型8×8燃料	
		初期濃縮度(wt%)	≤3.7		≤3.7		≤3.1		
		最高燃焼度(GWd/t)	≤40	≤34	≤48	≤40	≤34	≤29	
		冷却期間(年)	18≥		20≥	22≥	28≥		
	キャスク 1基当たり	平均燃焼度(GWd/t)	≤34		≤40		≤29		
		最大崩壊熱量(kW)	≤12.1		≤13.8		≤8.4		
	配置								



1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号ハ、16条解釈別記4 16条第1項)

【兼用キャスクの臨界防止機能】

《設計方針》

HDP-69BCH(B)型は、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。

説明方針: 設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を所定の配置に維持できること。

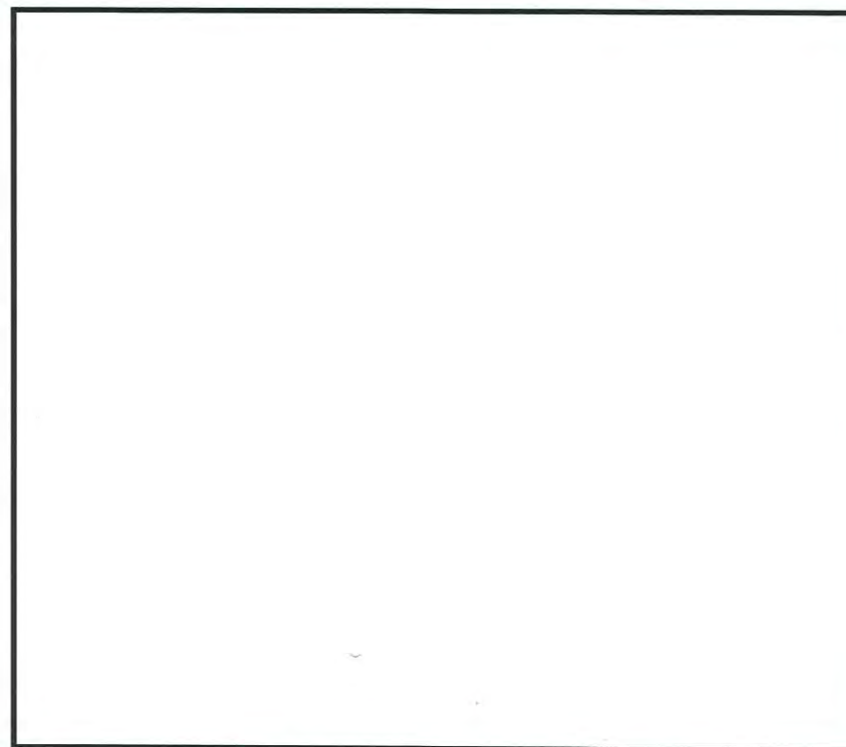
兼用キャスクに使用済燃料を収納する際の冠水状態において、中性子実効増倍率が0.95を下回ること。

【臨界防止構造】:

- ・兼用キャスク内のバスケットは、格子構造とし、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を所定の配置に維持できる構造とする。
- ・また、中性子吸収材であるほう素を含有するバスケットを用いる。

【評価方法】:

- ・最も厳しい条件となる兼用キャスクに使用済燃料を収納する際の冠水状態における臨界評価を実施し、中性子実効増倍率が0.95以下となることを次ページ以降で説明する。



【HDP-69BCH(B)のバスケット構造図】



内は商業機密のため非公開

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

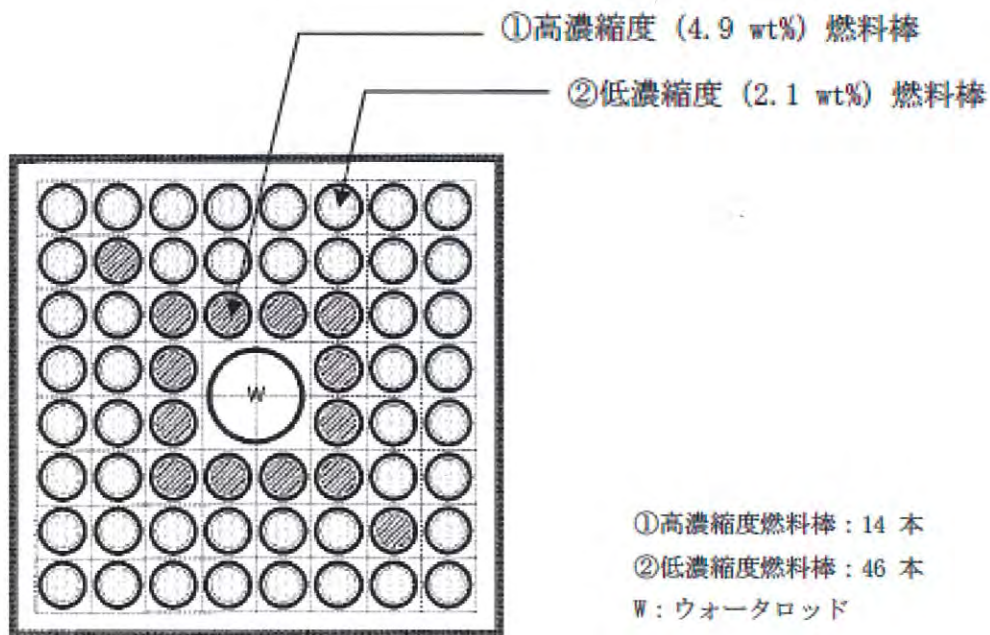


燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号ハ、16条解釈別記4 16条第1項)

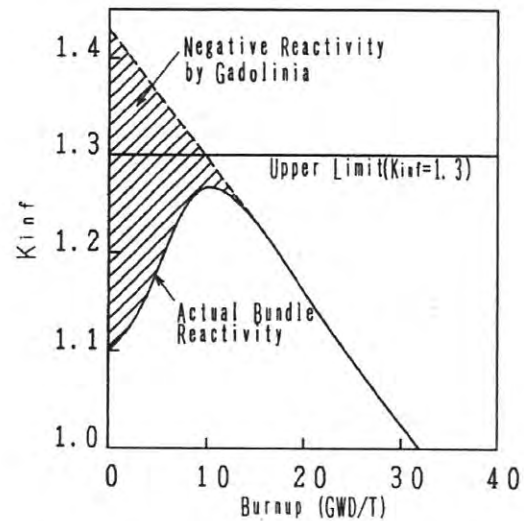
臨界評価条件(収納物仕様)

【兼用キャスクの臨界防止機能】

- ✓ 保守的な評価となるように、最も反応度の高い(濃縮度の大きい)高燃焼度8×8燃料を69体収納する配置とする。
- ✓ 冠水時の臨界評価では、炉心冷温状態における無限増倍率が1.3となる仮想のモデルバンドルを用いる。
- ✓ 乾燥時にはガドリニアの存在を無視し、初期濃縮度の最大値、燃焼度は0GWd/tとする。



【高燃焼度8×8燃料モデルバンドル】



上図に示すように、一般的なBWR 燃料では、ガドリニアは、ほぼ1サイクル照射で燃え尽きるように設計され、燃料としての反応度のピークは10 GWd/t程度の燃焼度で現れる。炉心装荷冷温状態での無限増倍率が1.3を超えることがない使用済燃料を収納する

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI

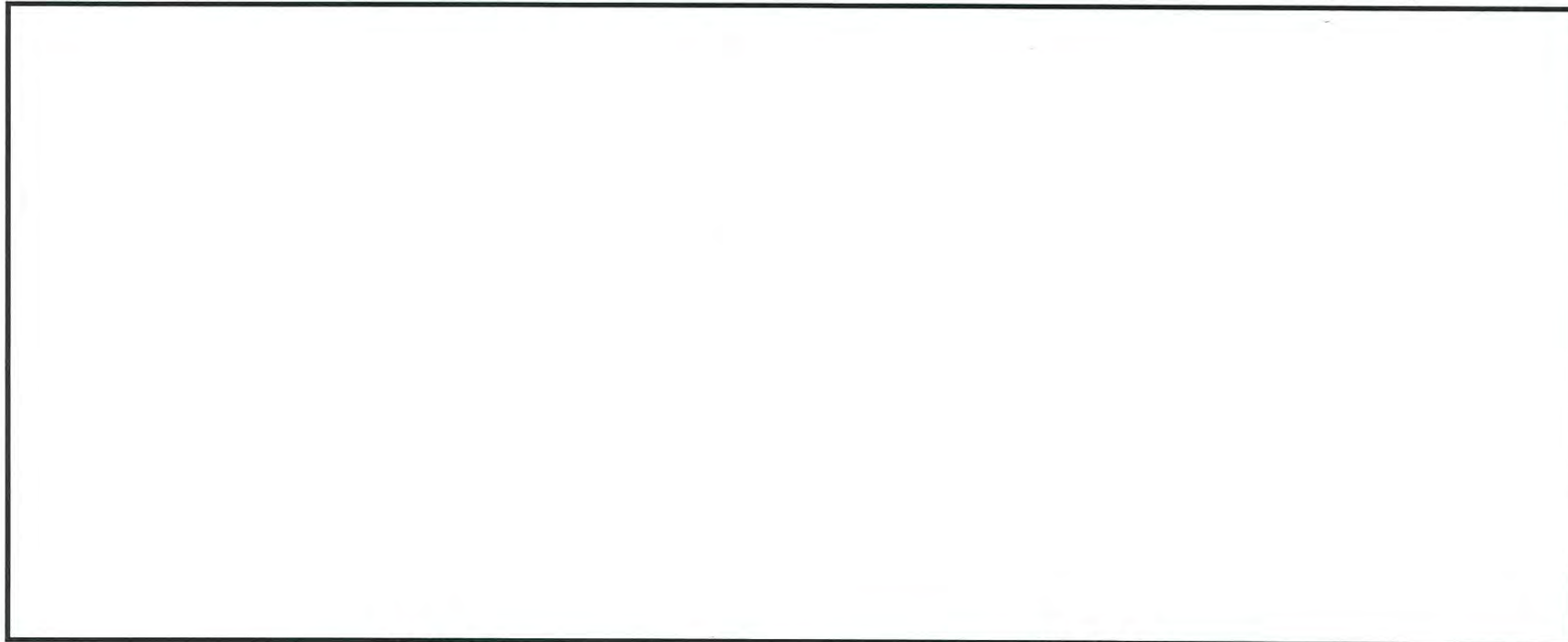


燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号ハ、16条解釈別記4 16条第1項)

【兼用キャスクの臨界防止機能】

臨界評価条件(解析モデル)

- ✓ 解析モデルは、以下のとおり配置・形状等適切に考慮し、保守的な条件とする。
 - ・バスケット格子内での使用済燃料等の偏り等を考慮し、実効増倍率が最も大きくなる配置とする。
 - ・バスケットプレートの製造公差は実効増倍率が最も大きくなる寸法とする。
 - ・バスケットプレートのほう素添加量は、仕様上の下限値とする。
 - ・中性子遮蔽材は無視する。
 - ・兼用キャスクが無限に配列した体系(完全反射境界)とする。



横断面図

縦断面図

【臨界解析モデル(冠水時(乾燥時))】



内は商業機密のため非公開

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号ハ、16条解釈別記4 16条第1項)

【兼用キャスクの臨界防止機能】

臨界評価手法

- ✓ 前ページまでの収納物仕様及び解析モデルを用いて、SCALEコードシステムを用い、実効増倍率の計算には同じコードシステム内に含まれるKENO-V.aコードにより評価する。
- ✓ 上記解析コードを用いる評価手法には技術的な特殊性・新規性はない(いずれも許認可で使用実績のあるコード)

臨界評価結果

- ✓ 最も厳しい条件となる兼用キャスクに使用済燃料を収納する際の冠水状態における臨界評価を実施し、中性子実効増倍率が0.95以下となることを確認した。

中性子実効増倍率		基準
冠水状態	0.89	≤0.95
乾燥状態	0.41	

《設計方針の妥当性》
以上より、兼用キャスクは想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が0.95以下となる設計としていることから、兼用キャスクの臨界防止機能に係る設計方針は妥当である。

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第4項一号、16条解釈別記4 16条第2項)

【兼用キャスクの遮蔽機能】

《設計方針》

HDP-69BCH(B)型は、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設計とする。

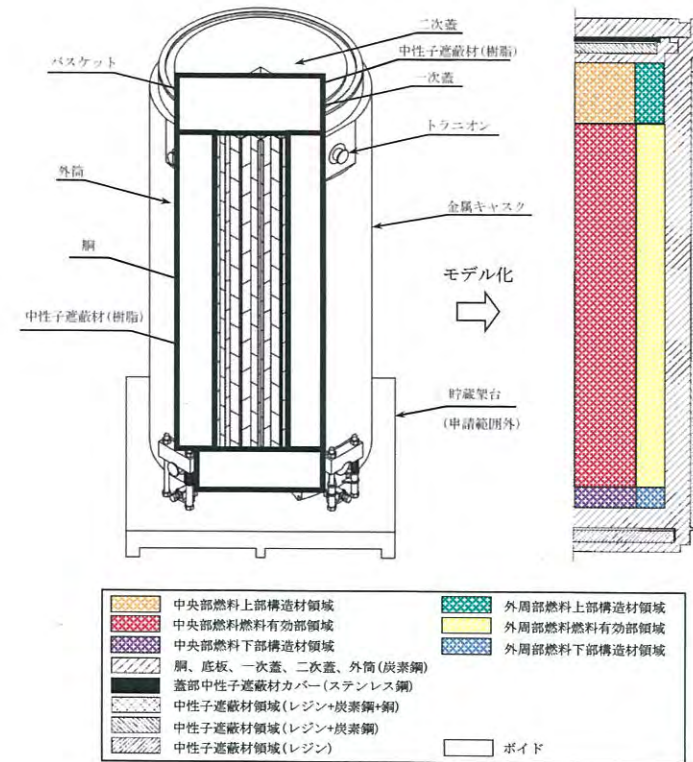
説明方針: 兼用キャスクは、ガンマ線遮蔽及び中性子遮蔽機能を有した構造であること。
使用済燃料を線源とした遮蔽評価を実施し、兼用キャスク表面の線量当量率が2mSv/h以下及び表面から1m離れた位置における線量当量率が100 μ Sv/h以下となること

【遮蔽構造】:

・兼用キャスクは、使用済燃料からの放射線を兼用キャスク本体及び蓋部により遮蔽する。

【評価方法】:

・使用済燃料を線源として遮蔽解析を実施し、兼用キャスク表面の線量当量率が2mSv/h以下及び表面から1m離れた位置における線量当量率が100 μ Sv/h以下となることを次ページ以降で説明する。



【遮蔽材の配置】

内は商業機密のため非公開

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第4項一号ハ、16条解釈別記4 16条第1項)

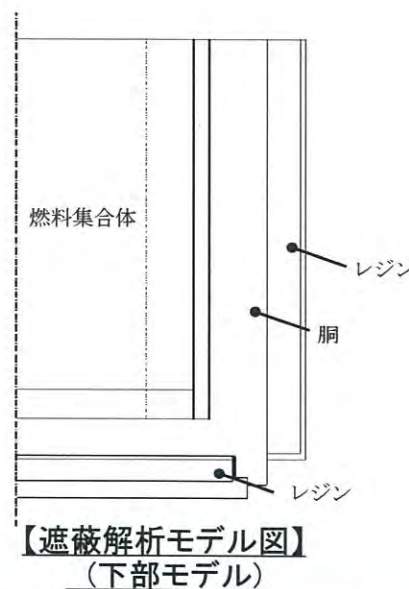
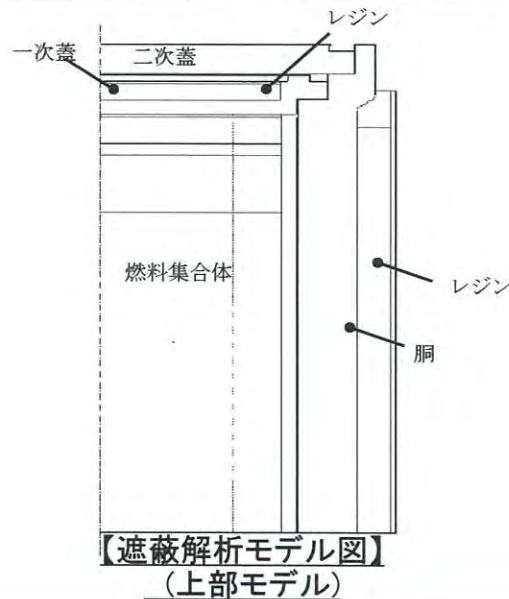
遮蔽評価条件(収納物仕様)

【兼用キャスクの遮蔽機能】

- ✓ 使用済燃料の燃焼度は、中央部に最高燃焼度の燃料、外周部に平均燃焼度の燃料を配置している
- ✓ 使用済燃料の収納条件、配置(i)と配置(ii)を個別に評価し、厳しい値を確認する。
- ✓ チャンネルボックスは、放射化線源強度のみ考慮し、構造材としての遮蔽効果を無視している。
- ✓ 使用済燃料の線源強度を算出する際には、HDP-69BCH(B)型が収納対象とする使用済燃料の軸方向の燃焼度分布を包絡できるように設定したもから線源強度を保守的に算出する。

遮蔽評価条件(解析モデル)

- ✓ 解析モデルは、以下のとおり配置・形状等適切に考慮し、保守的な条件とする。
 - ・解析モデルの各種寸法は公称値でモデル化するが、マイナス側の寸法公差(最小厚さ)は原子個数密度で考慮する。
 - ・材料密度は、最小密度を使用する。
 - ・設計貯蔵期間中の熱影響による中性子遮蔽材(レジン)の質量減損を考慮する。



1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第4項一号、16条解釈別記4 16条第2項)

遮蔽評価手法

【兼用キャスクの遮蔽機能】

- ✓ 使用済燃料の線源強度計算は、ORIGEN2コード、兼用キャスクの線量当量率の解析にはDOT3.5コードを使用して評価する。
- ✓ 上記解析コードを用いる評価手法には技術的な特殊性・新規性はない(いずれも許認可で使用実績のあるコード)

遮蔽評価結果

最大線量当量率	評価結果	基準値
表面	1.1 mSv/h	≤ 2 mSv/h
表面から1m離れた位置	81 μ Sv/h	≤ 100 μ Sv/h

《設計方針の妥当性》

以上より、兼用キャスク表面の線量当量率が2mSv/h以下及び表面から1m離れた位置における線量当量率は100 μ Sv/h以下であり、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により適切に遮蔽することから、兼用キャスクの遮蔽機能に係る設計方針は妥当である。

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づき計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第4項二号、16条解釈別記4 16条第3項)

【兼用キャスクの除熱機能】

《設計方針》

HDP-69BCH(B)型は、使用済燃料からの崩壊熱を適切に除去することができる設計とする。

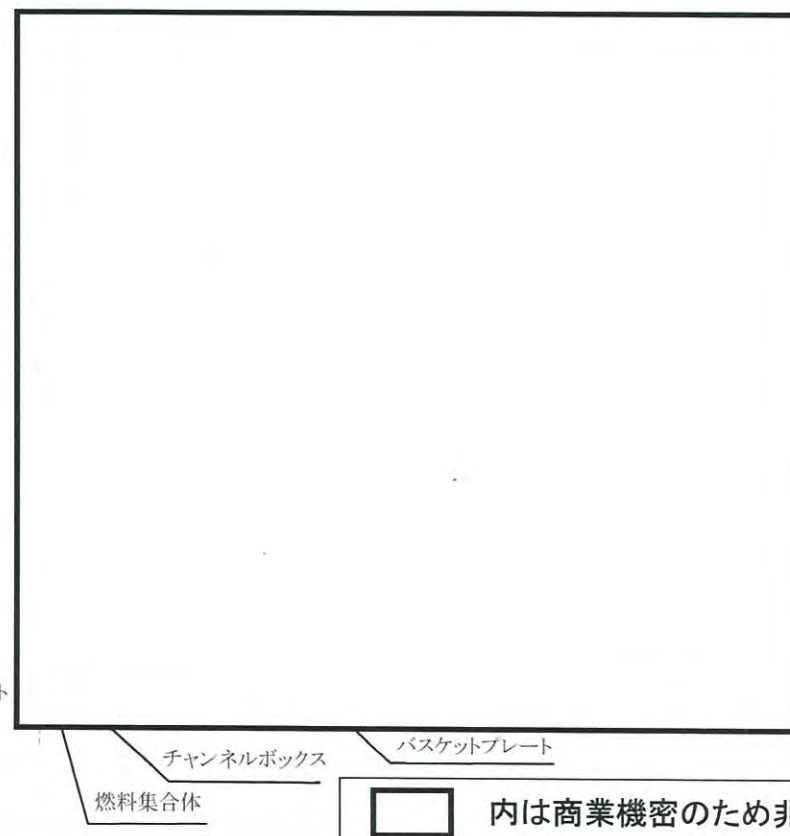
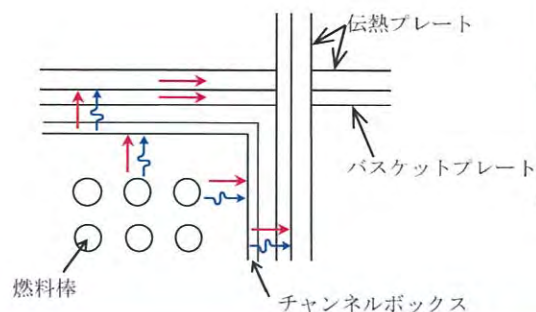
説明方針: 兼用キャスクは、使用済燃料から発生する崩壊熱を兼用キャスク外表面に伝え周囲の空気等に伝達する構造であること。使用済燃料を線源とした伝熱評価を実施し、燃料被覆管及び兼用キャスク構造部材の健全性を維持できる温度を超えないこと。

【除熱構造、伝熱構造】:

兼用キャスクは、使用済燃料から発生する崩壊熱を熱伝導及びふく射により兼用キャスク外表面に伝え、対流及びふく射により周囲の空気等に伝達する。兼用キャスク本体側部の中性子遮蔽材には熱伝導率の低いレジンをを用いるため、伝熱フィンを設けることにより必要な伝熱性能を確保する。

【評価方法】:

燃料被覆管及び兼用キャスク構造部材の健全性が維持できる温度を超えないこと。



内は商業機密のため非公開

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づき計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第4項二号、16条解釈別記4 16条第3項)

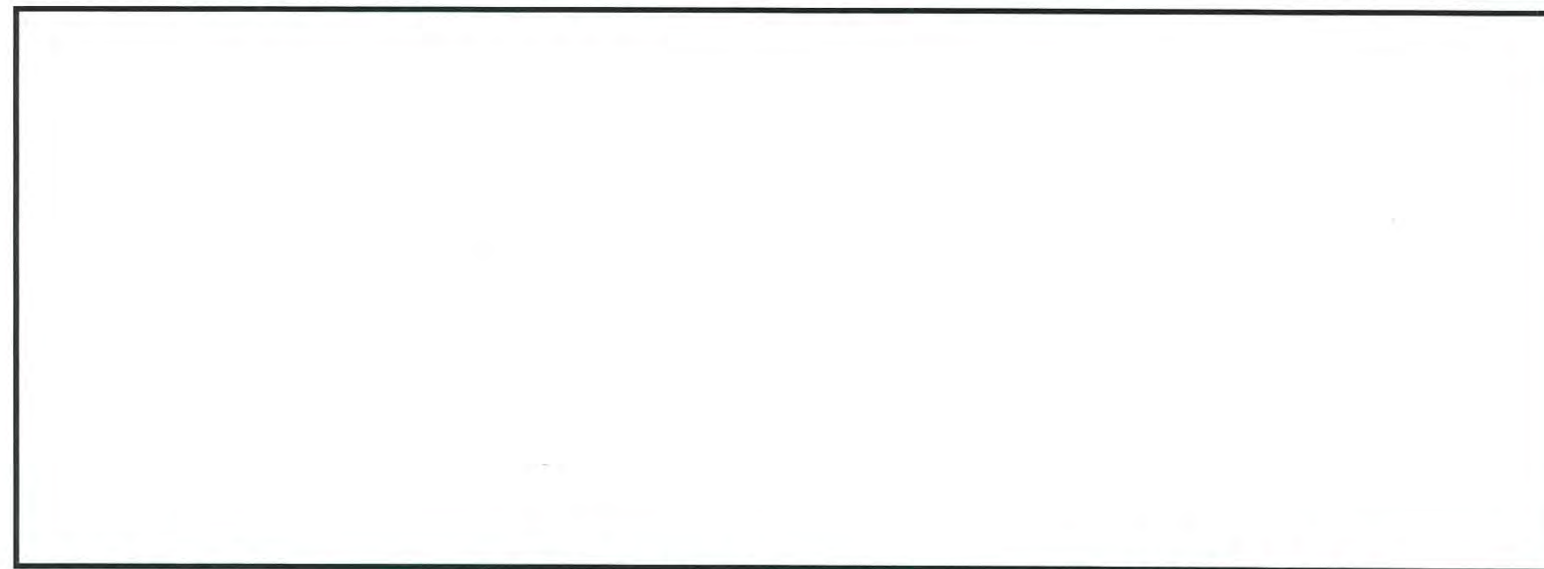
【兼用キャスクの除熱機能】

除熱評価条件(収納物仕様)

- ✓ 使用済燃料の収納条件、配置(i)と配置(ii)を個別に評価し、各部の温度を確認する。また、配置(iii)も一部評価し、燃料被覆管の温度を確認する。
- ✓ 燃料温度を高く評価できるよう、中央部に燃焼度の大きい燃料を配置する。
- ✓ 発熱量には、使用済燃料の発熱量(最大崩壊熱量)よりも大きな発熱量(設計崩壊熱量)を適用する。

除熱評価条件(解析モデル)

- ✓ 解析モデルは、以下のとおり配置・形状等適切に考慮し、保守的な条件とする。
 - ・解析モデルは、軸方向全体モデル、径方向輪切りモデル、燃焼集合体モデルを用いて、各部の温度を評価する。
 - ・兼用キャスク本体内のバスケット及びバスケット内の使用済燃料は、温度を高め評価するよう、空間の中央に配置する。
 - ・燃料集合体モデルは、軸方向への熱移動を考慮しない二次元モデルとする。



軸方向全体モデル

径方向輪切りモデル

燃料集合体モデル

【除熱解析モデル要素分割図】



内は商業機密のため非公開

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第4項二号、16条解釈別記4 16条第3項)

【兼用キャスクの除熱機能】

除熱評価手法

- ✓ 使用済燃料の崩壊熱計算はORIGEN2コード、兼用キャスクの各部及び燃料被覆管の温度解析にはABAQUSコードを使用して評価する。
- ✓ 上記解析コードを用いる評価手法には技術的な特殊性・新規性はない(いずれも許認可で使用実績のあるコード)

除熱評価結果

項目		評価結果	設計基準値
燃料被覆管 最高温度 (°C)	新型8×8燃料	196	200
	新型8×8ジルコニウムライナ燃料 高燃焼度8×8燃料	262	300
兼用キャスク 構成部材 最高温度 (°C)	胴、外筒、蓋部	142	350
	中性子遮蔽材(樹脂)	128	150
	金属ガスケット	90	130
	バスケットプレート	251	300

《設計方針の妥当性》

以上より、兼用キャスクに収納した燃料集合体及び兼用キャスク構成部材の温度は設計基準値以下であり、兼用キャスクは、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出する設計としており、兼用キャスクの除熱機能に係る設計方針は妥当である。

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号イ及び第4項三号、16条解釈別記4 16条第4項)

【兼用キャスクの閉じ込め機能】

《設計方針》

HDP-69BCH(B)型は、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設計とする。

説明方針: 評価期間中に兼用キャスク内部を負圧に維持できる漏えい率を評価し、当該漏えい率よりも小さい金属ガスケットを使用する設計であること。

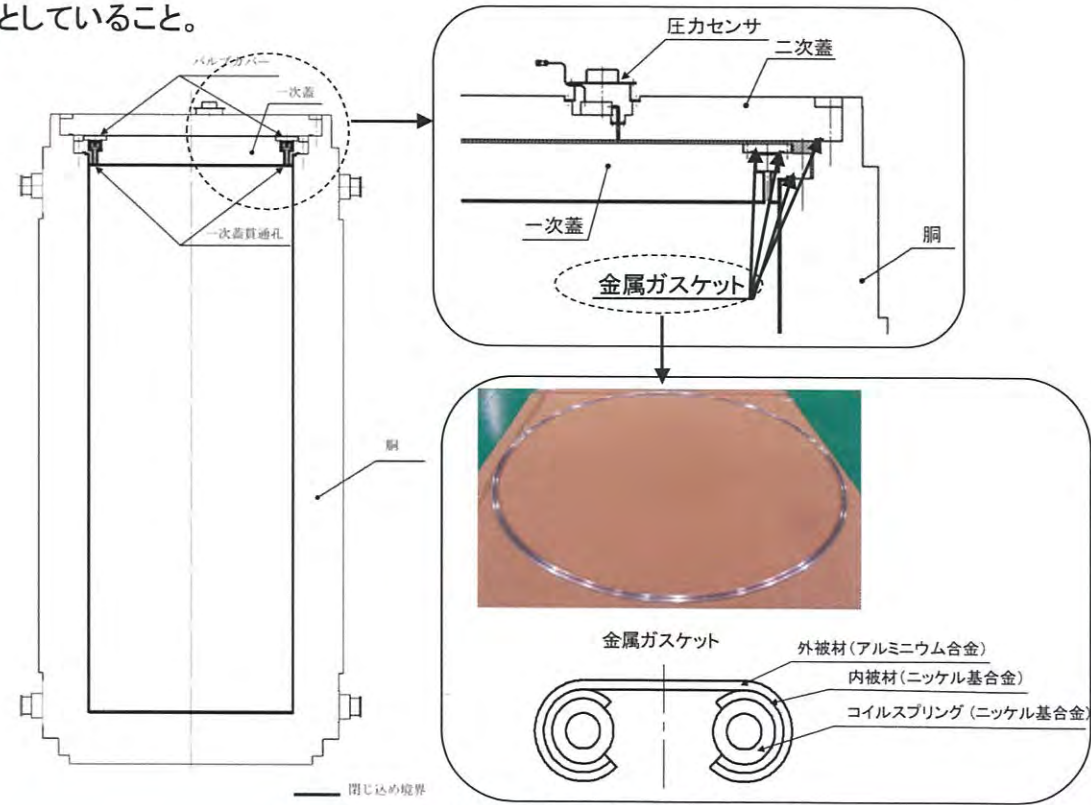
一次蓋と二次蓋の間の圧力を監視できる構造としていること。

【閉じ込め構造】:

- 兼用キャスク内部を設計貯蔵期間を通じて負圧に維持する。一次蓋と二次蓋の蓋間を正圧とし圧力障壁を形成することにより、放射性物質を兼用キャスク内部に閉じ込める。蓋及び蓋貫通孔のシール部は、金属ガスケットを使用し、設計貯蔵期間中に兼用キャスク内部を負圧に維持できる漏えい率(以下「基準漏えい率」という。)を満足するものを使用する。
- 蓋間の空間圧力を測定することにより閉じ込め機能を監視する。

【評価方法】:

- 蓋間の空間に充填されているヘリウムガスが兼用キャスク内部に漏えいするとともに、燃料棒からの核分裂生成ガス放出を仮定しても、兼用キャスク内部を負圧に維持可能な基準漏えい率を求める。
- 基準漏えい率よりも漏えい率の小さい金属ガスケットを用いることを確認する。



【HDP-69BCH(B)の型じ込め構造】

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号イ及び第4項三号、16条解釈別記4 16条第4項)

閉じ込め計算条件、計算式

【兼用キャスクの閉じ込め機能】

- ✓ ボイル・シャルルの式及びクヌッセンの式(工学式)を用い、設計貯蔵期間(60年)経過後の兼用キャスク本体内部圧力が大気圧となる漏えい率(基準漏えい率)を算出する。
- ✓ 基準漏えい率は、以下のとおり保守的な条件を設定し計算する。
 - ・設計貯蔵期間中に、蓋間の圧力に充填されているヘリウムガスは減少していくが、本評価では保守的に蓋間圧力を貯蔵開始時の圧力が一定とした条件下で、兼用キャスク内部に漏えいするものとする。
 - ・設計貯蔵期間中に、蓋間の空間の温度は低下していくが、本評価では保守的に蓋間温度を貯蔵開始時の温度で一定とした条件下で、兼用キャスク内部に漏えいするものとする。
 - ・燃料棒からの核分裂生成ガスの放出(0.1%破損)を仮定する。

ボイル・シャルルの式

$$\frac{dPd}{dt} = \frac{Q}{Vd} \cdot \frac{Td}{T}$$

クヌッセンの式

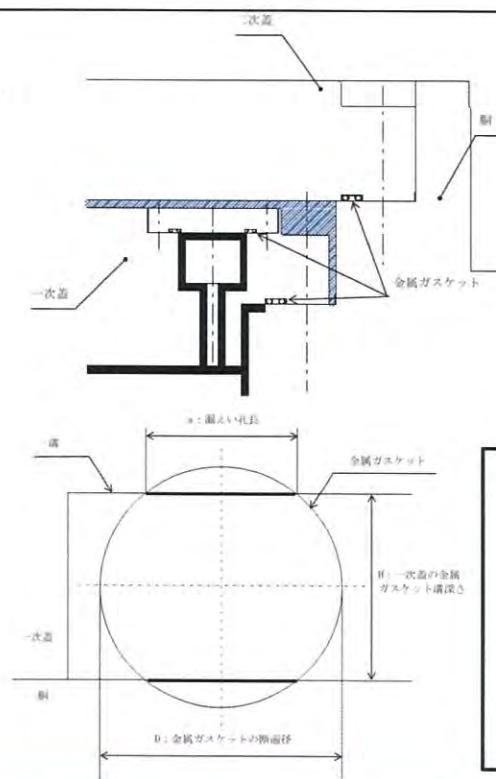
$$Q = L \cdot Pa$$

$$L = (Fe + Fm) \cdot (Pu - Pd)$$

$$Fe = \frac{\pi}{128} \times \frac{D_0^4}{a \cdot \mu}$$

$$Fm = \frac{\sqrt{2} \pi \cdot R_0}{6} \times \frac{D_0^3 \sqrt{T}}{a \cdot Pa}$$

- Q : 漏えい率 (Pa・m³/s)
- L : 流れの平均圧力Paにおける体積漏えい率 (m³/s)
- Fe : 連続流のコンダクタンス係数 (m³/(Pa・s))
- Fm : 自由分子流のコンダクタンス係数 (m³/(Pa・s))
- Pu : 上流側の圧力 (Pa)
- Pd : 下流側の圧力 (Pa)
- D₀ : 漏えい孔径 (m)
- a : 漏えい孔長 (m)
- Pa : 流れの平均圧力 (Pa)、Pa=(Pu+Pd)/2
- μ : 漏えいガスの粘性係数 (Pa・s)
- T : シール部の代表温度 (=漏えいガスの温度) (K)
- M : 漏えいガスの分子量 (kg/mol)
- R₀ : 気体定数 (J/(mol・K))



- ・兼用キャスクの一次蓋二次蓋間圧力、ガス温度 : 貯蔵開始時から一定
- ・兼用キャスク本体内部圧力 : 貯蔵開始時に約0.08 MPa 60年後に大気圧 (燃料棒からの核分裂生成ガス放出(0.1%破損)考慮)

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(十六条第2項一号イ及び第4項三号、16条解釈別記4 16条第4項)

【兼用キャスクの閉じ込め機能】

閉じ込め評価結果

✓ 設計貯蔵期間(60年)を通じて、兼用キャスク内部を負圧に維持可能な基準漏えい率を求め、基準漏えい率よりも漏えい率の小さい金属ガスケットを用いる設計であることを確認した。

基準漏えい率 (Pa・m ³ /s)	金属ガスケットの性能 (Pa・m ³ /s)
2.4 × 10 ⁻⁶	約10 ⁻¹⁰

《設計方針の妥当性》

以上より、設計貯蔵期間中に兼用キャスク内部を負圧に維持できる漏えい率(基準漏えい率)を評価し、基準漏えい率よりも漏えい率の小さい金属ガスケットを用いる設計としていること、一次蓋と二次蓋の圧力を監視できる構造としていることから、兼用キャスクの閉じ込め機能に係る設計方針は妥当である。

1. 設置許可基準規則への適合性について

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



燃料体の取扱施設及び貯蔵施設(16条解釈別記4 16条第5項)

【兼用キャスクの材料及び構造】

説明方針: 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うえで、使用済燃料の健全性を確保することを説明する。

【評価方法】

- 設計貯蔵期間(60年)における温度、放射線及びキャスク内部環境下における兼用キャスク各部部材及び使用済燃料が健全であることを文献等により確認する。

【熱的影響】

- 使用済燃料及び兼用キャスクの構成部材温度が文献等に示される温度以下であることから、熱による経年変化は考慮する必要はない

【放射線の照射影響】

- 設計貯蔵期間の中性子照射量が文献等に示される機械的特性変化が見られない範囲内であることから、照射による経年変化は考慮する必要はない

【化学的影響】

- 兼用キャスク内部及び一次蓋と二次蓋の間に不活性ガス(He)を封入する設計、また、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、腐食環境にない。

評価部位		評価結果(°C)	基準値(°C)
胴、底板、外筒、蓋		142	350
中性子遮蔽材		128	150
金属ガスケット		90	130
バスケットプレート		251	300
使用済燃料	新型8×8燃料	196	200
	新型8×8ジルコニウムライナ燃料	262	300
	高燃焼度8×8燃料		

評価部材	評価結果(n/cm ²)	基準値(n/cm ²)
胴、底板、外筒、蓋	<10 ¹⁵	<10 ¹⁶
中性子遮蔽材	<10 ¹⁴	<10 ¹⁵
金属ガスケット	<10 ¹⁴	<10 ¹⁷
バスケットプレート	<10 ¹⁶	<10 ¹⁷

* 使用済燃料の設計貯蔵期間中の中性子照射量は、炉内の照射量に比べて小さい

以上のとおり、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うえで、使用済燃料の健全性を確保する設計としている。

2. コメントリスト

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
1	2020/6/8 審査会合	申請対象に、三次蓋、貯蔵架台は含まれるか等、考え方を明確にすること。	第四条	<p>本型式証明申請の対象には、輸送荷姿に圧力監視装置を取り付けるために輸送用緩衝体、三次蓋等を一部改造した付属品、及びそれらと同等の機能を有する貯蔵用緩衝体を装着した状態を含めるものとする。</p> <p>一方、貯蔵架台は本申請の対象外として、設置(変更)許可申請にて確認いただく。ただし、トラニオンを固定する貯蔵方式では、トラニオンを貯蔵架台に固定するための構造物(以下「固定装置」という)及び貯蔵架台が健全であることを前提として、トラニオンの地震時の構造健全性の評価方法を申請対象とする。</p> <p>【詳細は4～8ページに示す】</p>	8/6 審査会合 で説明
2	2020/6/8 審査会合	緩衝体付きの方式の申請の方法として、型式証明と設置(変更)許可の間では、代表的又は制限となる緩衝体の具体的設計の条件を取り合う等、申請対象の区分けの方法は複数考えられる。それを踏まえて、型式証明での緩衝体の申請方法を明確にすること。	全般	<p>緩衝体付きの方式では、輸送荷姿の性能を評価条件として、型式証明の範囲で兼用キャスクの許可範囲が完結するものとし、後段の設置(変更)許可で確認する範囲について明確にした。</p> <p>本型式証明での説明範囲と申請対象及び設置(変更)許可で確認いただく範囲等の詳細については、2020年6月8日の審査会合資料2-1を修正した資料を用いてご説明する。</p> <p>【詳細は9～16ページに示す】</p>	
3	2020/6/8 審査会合	輸送荷姿を含め型式証明/設置(変更)許可で確認する範囲のすみ分けについて明確にすること。	全般	<p>【詳細は9～16ページに示す】</p>	

2. コメントリスト(つづき)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
4	2020/6/8 審査会合	安全評価について説明する際は、核燃料輸送物設計承認を受けた類似キャスクと同様である旨の説明のみではなく、設置許可基準規則への適合性の観点で明確に説明をすること。	第五、六条	次回以降の審査会合にて、従来認可を受けた類似キャスクの説明を引用して、設置許可基準規則への適合性の観点で、本申請の安全評価についてご説明する。	次回審査会合で説明予定
5	2020/6/8 審査会合	配置(i)~(ii)の燃料収納条件は、中央部、外周部それぞれに複数タイプの燃料が記載されているが、どちらかの燃料のみ収納できるのか、混載可能なのか。また、配置(iii)は1種類のタイプのみ収納するのか。安全評価の代表性を含めて説明すること。 また、初期濃縮度の記載の考え方について説明すること。	第十六条	<p>新型8×8ジルコニウムライナ燃料と高燃焼度8×8燃料の構造健全性を維持できる温度(以下「被覆管制限温度」という)は同一であり、申請した配置(i)~(ii)の収納条件であれば、キャスクの4つの安全機能を維持でき、被覆管制限温度の範囲に収まるため、混載可能である。</p> <p>新型8×8燃料の被覆管制限温度は、他の燃料タイプに比べて低い。収納する位置を温度が低い外周部に限定して他の燃料タイプと混載する方法もあるが、本型式証明で申請する配置(iii)は新型8×8燃料を単独で多く収納するために設定した収納条件である。</p> <p>配置(i)、(ii)、(iii)の4つの安全機能の評価は、収納燃料の初期濃縮度、崩壊熱量、線源強度の入力条件の大小から代表評価を決定するか、又は配置ごとの評価結果からより厳しい方の結果で代表するかのいずれかとしている。</p> <p>なお、初期濃縮度は、燃料仕様の概要では、燃料タイプごとに値が異なることを示すために設置(変更)許可申請の記載を例に「約」とした。一方、今後提示する安全解析の入力条件となる初期濃縮度は、詳細値を記載する。</p> <p>【詳細は17~22ページに示す】</p>	8/6 審査会合で説明

2. コメントリスト(つづき)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
6	2020/8/6 審査会合	外運搬規則に定める車両運搬時の荷姿である輸送荷姿を構成する貯蔵用付属品(輸送用緩衝体、三次蓋及びモニタリングポートカバープレート)と今回申請されたものとは、一部がそれぞれ改造されていることから、外運搬規則の要求事項に対する適合性説明時に用いた評価結果の引用には考慮が必要と考えられる。このことを踏まえ、改造による特定兼用キャスクの安全機能への影響について説明すること	全般	貯蔵用として想定する付属品は、貯蔵用緩衝体、三次蓋及びモニタリングポートカバープレートである。圧力監視装置の信号線を通すために三次蓋及びモニタリングポートカバープレートを貫通させるが、貯蔵時の特定兼用キャスクの閉じ込め境界に影響を及ぼさないため、改造による兼用キャスクの安全機能への影響はない。 特定兼用キャスクの貯蔵用付属品の詳細設計と安全機能の評価結果については、型式指定又は工認にて確認いただく。	次回審査会合で説明予定 (本日説明)
7	2020/8/6 審査会合	後段の型式指定の申請範囲を考慮した上で、上記の改造されている特定兼用キャスク貯蔵用付属品の申請範囲を明確にすること	全般	【詳細は23～27ページに示す】	次回審査会合で説明予定 (本日説明)
8	2020/8/6 審査会合	閉じ込め機能の評価について、貯蔵時と輸送時では健全性の判断に用いる指標が異なることから、今後は、貯蔵時と輸送時の評価手法の差異を含めて、閉じ込め機能の成立性を説明すること	第十六条	貯蔵時は一次蓋の金属ガスケット部、輸送時は三次蓋のゴムOリング部がシール部となる。輸送時の特別の試験条件では、密封境界の内部が正圧となることを想定して、漏えい試験時のガス漏えい率に基づいて放射性物質の放出率を算出し、外運搬規則に定められる基準を満足することを確認する。 一方、貯蔵時の場合、設計貯蔵期間60年の間に密封境界の内部が負圧を維持できる基準漏えい率を定義し、金属ガスケットの漏えい率が基準漏えい率を満足することを確認する。 【詳細は28ページに示す】	次回審査会合で説明予定 (本日説明)
9	2020/8/6 審査会合	地震時の評価について、トラニオンの固定方法の適用範囲を示すこと	第四条	(今後詳細をご説明する)	次回以降の審査会合で回答予定

2. コメントリスト(つづき)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
10	2020/8/6 審査会合	特定兼用キャスクの評価で示されている使用済燃料体の燃焼度と電力事業者の管理値には、燃焼度計算に用いる計算機プログラムの違いによる差異が生じるため、特定兼用キャスクへの使用済燃料集合体の収納体数等の収納条件検討における、この相違への考慮の考え方を説明すること	第十六条	<p>HDP-69BCH(B)型は線源強度を算出する際に軸方向燃焼度分布を想定するためにピーキングファクター(PF)を設定している。PFの設定に当たっては、貯蔵対象となる燃料が装荷された国内BWRプラントの燃料の軸方向燃焼度分布を包絡できるように設定している。</p> <p>電力事業者殿の燃焼度管理は、測定値ではなく解析値であり、解析に用いる計算機プログラムの誤差を有する。一方、本申請の安全機能評価において、燃焼度の影響が大きい除熱評価と遮蔽評価では、上記の通り保守的に設定したPFを基にした軸方向燃焼度分布で解析を実施している。電力事業者殿の計算機プログラムによる燃焼度解析値に想定される誤差は、PFが有する保守性に包絡されることを確認している。</p> <p>【詳細は29～30ページに示す】</p>	次回審査会合で説明予定 (本日説明)

2.1 コメント回答(コメントNo.6, 7)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



- 貯蔵方式①は、兼用キャスク蓋部が金属部へ衝突しない方法により設置する場合として、下表のNo.2に示す輸送用緩衝体を装着した場合の緩衝体を通した放熱量、および、緩衝性能を、兼用キャスクの安全機能評価条件として申請する。
- 型式証明申請では、安全機能評価のうち設計方針、評価基準、評価方法、評価条件を確認いただく。

No.	用途	定義	兼用キャスクへの装着を想定する付属品	本型式証明の申請対象	後段審査での確認内容		
					設置(変更)許可	型式指定	工認
1	事業所外運搬	輸送荷姿	<ul style="list-style-type: none"> 輸送用緩衝体(外運搬規則に適合する緩衝体を示す) 三次蓋 モニタリングカバープレート 	申請対象外	申請対象外	外運搬規則への適合性を説明	申請対象外*2
2	原子炉発電所敷地内貯蔵	兼用キャスク蓋部が金属部へ衝突しない方法により設置する状態	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵用緩衝体(輸送用緩衝体、及び、輸送時に装着する三次蓋、モニタリングポートカバー等の付属品に対して、圧力監視装置を取り付けるために一部改造*1したのものを含む。) 	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝体を通した放熱量、および、緩衝性能を、貯蔵用緩衝体の安全機能評価条件として申請対象とする。 放熱量は、兼用キャスクに対して最も厳しい条件として、輸送用緩衝体及び輸送時に装着する付属品を装着した状態での放熱量とする。 緩衝性能は、兼用キャスクに対して最も厳しい条件として、事業所外運搬時の輸送荷姿用の設計加速度とする。 	貯蔵用緩衝体の設計方針、評価基準、評価方法、評価条件が型式証明を受けた範囲の設計とすること	①型式証明において成立性説明で示した輸送用緩衝体及び付属品を装着した状態での安全機能評価結果 又は、 ②上記①に加えて、型式証明を受けた設計方針に基づき設計した貯蔵用緩衝体の設計例がある場合は、成立性の例として、貯蔵用緩衝体を装着した状態での安全機能評価結果	①設置(変更)許可及び型式指定の設計方針に基づき詳細設計した貯蔵用緩衝体とその安全機能評価結果 又は、 ②型式指定にて貯蔵用緩衝体の例として説明したものと同一であること

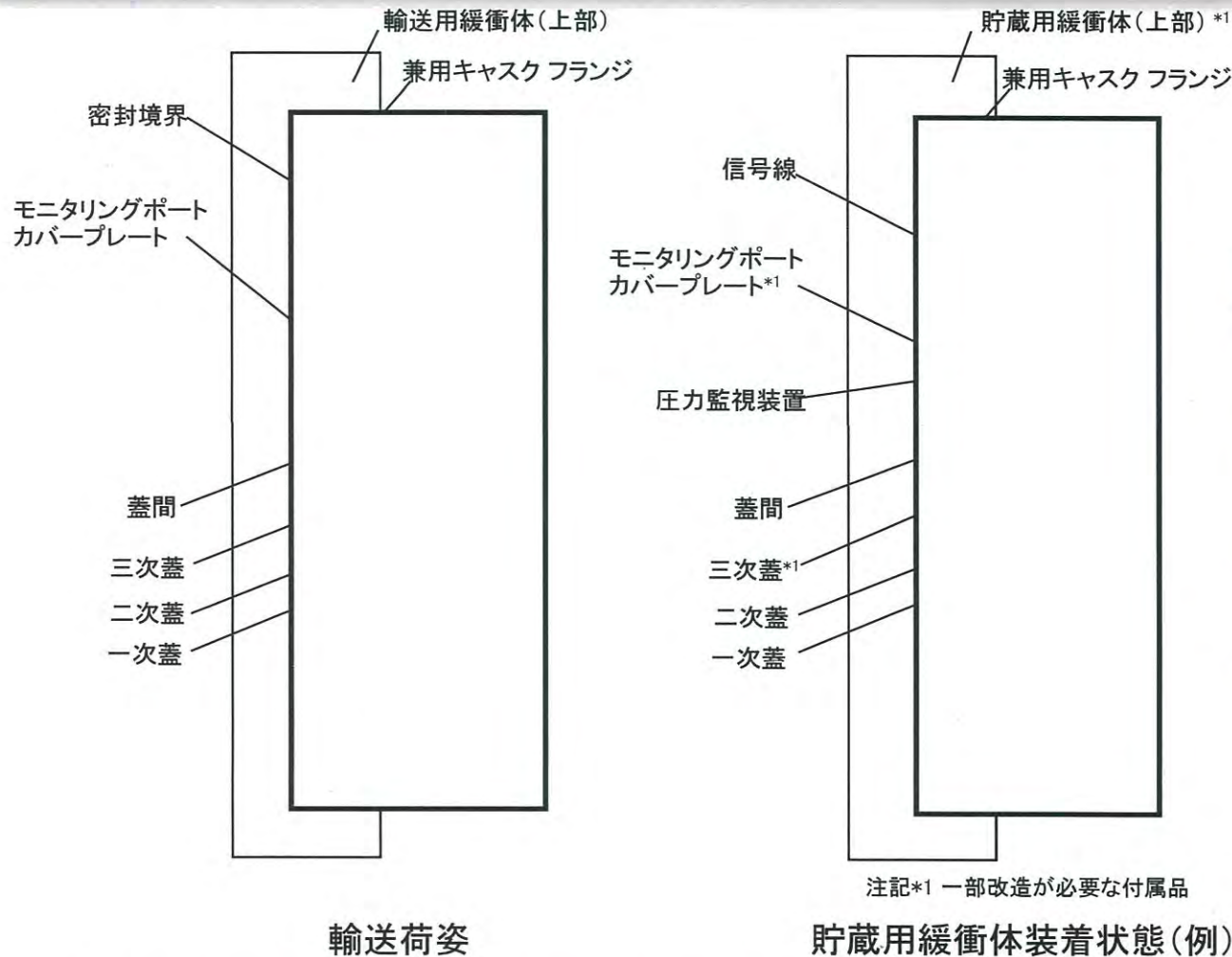
注記*1 一部改造の例として、二次蓋のモニタリングポートカバープレート内に圧力監視装置を取り付け、圧力監視装置からの信号線を、モニタリングポートカバープレート及び三次蓋のシール部を貫通させて、三次蓋外側まで引き出し、さらに当該信号線を輸送用緩衝体の缶体の内側に取り付けて、缶体とフランジの隙間を通して緩衝体外側まで引き出すように、モニタリングポートカバープレート、三次蓋及び輸送用緩衝体の缶体の一部を改造

注記*2 外運搬規則の技術基準への適合性は、事業者殿が工認の申請時に核燃料輸送物設計承認を取得していることで確認される

2. 1 コメント回答(コメントNo.6, 7)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



一部改造する付属品の 安全機能評価への影響

安全機能	安全機能への影響
臨界防止	評価条件に関係なし。
遮蔽	貫通部を通したストリーミングの影響の可能性があるが軽微と考える。
除熱	貫通部を通した熱伝導(熱伝達)の影響の可能性があるが軽微と考える。
閉じ込め	貯蔵時の密封境界部への影響はないため閉じ込め機能への影響はない。

貯蔵用緩衝体装着状態で装着する付属品の輸送荷姿からの一部改造の例と安全機能評価への影響



内は商業機密のため非公開

2.1 コメント回答(コメントNo.6, 7)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



- ✓ 型式証明申請での安全機能評価の成立性説明は、兼用キャスク(トラニオン)を基礎等に固定するたて置き(貯蔵方式⑦)の条件と、緩衝体等の装着により蓋部が金属部に衝突しない方法(貯蔵方式①)の条件にて示すものとする。
- ✓ 貯蔵方式①の成立性説明において、適宜緩衝体等の付属品を装着した状態での評価結果を示すものとする。

貯蔵姿勢・緩衝体等の装着に対する安全機能評価の代表性・成立性(1)*1

固定方式	兼用キャスクを基礎等に固定する方法		緩衝体等の装着により蓋部が金属部に衝突しない方法
兼用キャスクの貯蔵姿勢	たて置き(貯蔵方式⑦) 	よこ置き(貯蔵方式⑧) 	よこ置き(貯蔵方式①)
緩衝体等の装着	無し	無し	有り
臨界防止機能	<ul style="list-style-type: none"> 以下の評価条件から最大の中性子実効増倍率を評価 濃縮度の高い高燃焼度8×8燃料を69体収納 使用済燃料から発生する中性子が兼用キャスクの外側に漏れないよう完全反射境界を設定 兼用キャスク内部が真空/冠水の場合をそれぞれ評価 燃料配置は、バスケット中心に燃料を偏向させた配置 トラニオンを基礎等に固定するため、兼用キャスクの転倒等は生じない(バスケットの塑性変形は生じない) 	<ul style="list-style-type: none"> たて置きの評価条件と同じ*1 	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝体等を考慮せずにモデル化することでたて置きと評価条件は同じ 兼用キャスクの転倒等を想定してバスケットの塑性変形を考慮しても、その影響は小さい(輸送時の評価結果)。
遮蔽機能	<ul style="list-style-type: none"> 配置(i)(ii)の線源強度でそれぞれ兼用キャスク表面、表面から1mの線量当量率を評価 容器中央部に燃焼度の高い燃料を収納 	<ul style="list-style-type: none"> たて置きの評価条件と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝体等による遮蔽効果を見れば、たて置きの評価条件と同じ

注記*1 で示す範囲は、安全機能評価の代表性・成立性を示すために必要なケース

2.1 コメント回答(コメントNo.6, 7)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



貯蔵姿勢・緩衝体等の装着に対する安全機能評価の代表性・成立性(2)*1

固定方式	兼用キャスクを基礎等に固定する方法		緩衝体等の装着により蓋部が金属部に衝突しない方法
兼用キャスクの貯蔵姿勢	たて置き(貯蔵方式⑦) 	よこ置き(貯蔵方式⑧) 	よこ置き(貯蔵方式①)
緩衝体等の装着	無し	無し	有り
除熱機能	<ul style="list-style-type: none"> 配置(i)(ii)の設計崩壊熱量でそれぞれ兼用キャスク各部の温度を評価 貯蔵建屋等の屋内に設置 	<ul style="list-style-type: none"> たて置きの評価条件をよこ置きに変更した場合にたて置きの方が保守的である評価例を示す。 コンクリートモジュール等の内部に設置 	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝体等の装着による熱抵抗の影響を考慮 コンクリートモジュール等の内部に設置
閉じ込め機能	<ul style="list-style-type: none"> トランシオンを基礎等に固定する方法によるたて置きの除熱機能の評価結果を包絡する温度・圧力条件で工学式による漏えい率の評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> たて置きの評価条件と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝体等を装着したよこ置きの除熱機能の評価結果を包絡する温度・圧力条件で工学式による漏えい率の評価を行う。

注記*1 で示す範囲は、安全機能評価の代表性・成立性を示すために必要なケース

2.1 コメント回答(コメントNo.6, 7)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



○ 型式証明では、緩衝体を装着した状態での安全機能評価方法、型式指定では安全機能評価結果を申請対象とする

安全機能	型式証明での説明内容	型式指定での説明内容	備考
臨界防止	— (緩衝体を装着しない条件で評価)	— (緩衝体を装着しない条件で評価)	—
遮蔽	— (緩衝体を装着しない条件で評価)	— (緩衝体を装着しない条件で評価)	—
除熱	<ul style="list-style-type: none"> 除熱評価方法 輸送用緩衝体を装着した状態での緩衝体を通した放熱量が除熱評価の条件であること 	①型式証明で示した方法及び条件での除熱評価結果と、それ以上の放熱量を有する緩衝体であれば評価基準を満足することの説明 又は ②上記①の結果に加えて、成立性説明として、放熱量条件を満足するよう設計した貯蔵用緩衝体を装着した状態での除熱評価結果の例	外運搬時の除熱機能については、輸送荷姿での除熱評価を別途提示し、外運搬規則に適合することを示す。
閉じ込め	— (除熱評価の結果に基づいて評価)	— (除熱評価の結果に基づいて評価)	—
地震	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝体を装着した状態での転倒時の衝撃加速度による安全機能評価方法 輸送荷姿での設計加速度が評価条件であること 	①型式証明で示した方法及び条件での安全機能評価結果 又は ②上記①の結果に加えて、成立性説明として、設計加速度を満足するよう設計した貯蔵用緩衝体を装着した状態での評価結果の例	外運搬時の緩衝機能については、輸送荷姿での一般の試験条件、特別の試験条件での構造健全性評価結果を別途提示し、外運搬規則に適合することを示す。
波及的影響	<ul style="list-style-type: none"> 埋没時*1の除熱評価方法 輸送用緩衝体を装着した状態での緩衝体を通した放熱量が除熱評価の条件であること 	①型式証明で示した方法及び条件での埋没時*1の除熱評価結果と、それ以上の放熱量を有する緩衝体であれば評価基準を満足することの説明 又は ②上記①の結果に加えて、成立性説明として、放熱量条件を満足するよう設計した貯蔵用緩衝体を装着した状態での除熱評価結果の例	—

注記*1 周辺施設の損傷で生じるがれきや地盤の不等沈下時の土砂による兼用キャスク埋没

2.2 コメント回答(コメントNo.8)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



○ 貯蔵時と輸送時の評価手法や評価条件等は以下のようになっており、それぞれの閉じ込め機能を維持

項目	輸送時		貯蔵時	輸送時との相違
	一般の試験条件	特別の試験条件		
評価方法	兼用キャスク内部の核分裂性ガスが外に漏えいする計算を行い、放射性物質の漏えい率が輸送法令に規定された判定基準値以下であることを確認	同左	一次蓋-二次蓋間に充填されたHeガスが胴内に漏えいする計算を行い、キャビティ内圧が負圧を維持できる基準漏えい率を計算。その基準漏えい率を満足するように、金属ガスケットを使用する設計	輸送時には外部への漏えい、貯蔵時には内部への漏えいを仮定。
評価式	クヌッセンの式 ボイル・シャルルの式	同左	同左	
密封境界	三次蓋 (ゴムOリング)	同左	一次蓋 (金属ガスケット)	貯蔵時の閉じ込め境界には長期使用を考慮して金属ガスケット
燃料破損率	0.1%	100%	0.1%	
圧力条件	上流側	兼用キャスク内部: 大気圧上限	兼用キャスク内部: FPガス放出を考慮した圧力	漏えいの方向(圧力差)が異なる
	下流側	兼用キャスク外部: 大気圧下限	兼用キャスク外部: 大気圧下限	
評価期間	1時間当たり	1週間当たり	設計貯蔵期間	
評価結果	放射性物質の漏えい率は一般の試験条件の判定基準値以下	放射性物質の漏えい率は特別の試験条件の判定基準値以下	基準漏えい率は、金属ガスケットが確保可能な閉じ込め機能及び貯蔵開始前の気密漏えい検査の判定基準として確認可能な漏えい率(リークテスト判定基準)を上回る	

2.3 コメント回答(コメントNo.10)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI

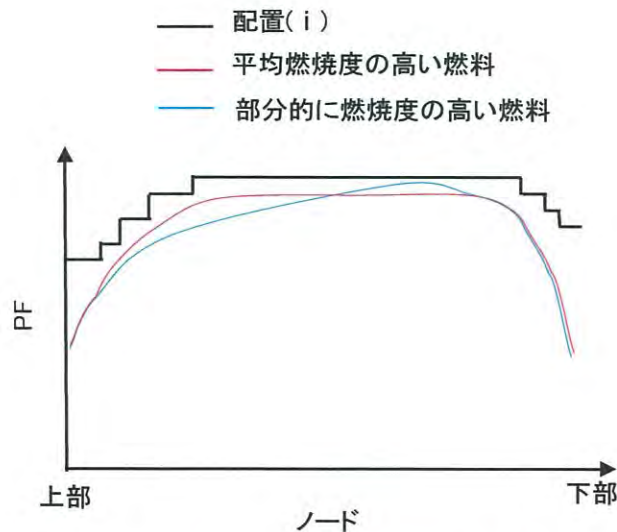


✓ 使用済燃料の軸方向燃焼密度とピーキングファクター(PF)の設定について

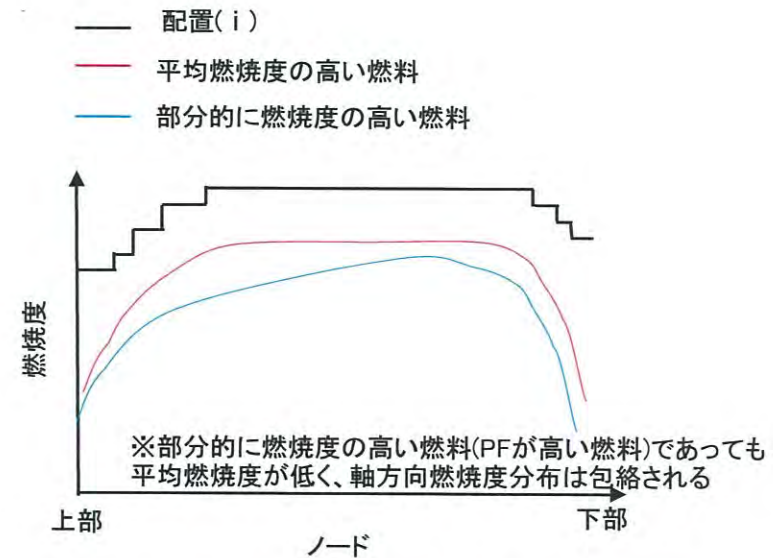
- ・配置(i)は、収納対象とする代表燃料の使用済燃料のピーキングファクター(PF) *1を包絡するようなPFを条件として設定する。この場合、平均燃焼度は低くても部分的にPFの高い燃料も含めて包絡するため、収納対象燃料の燃焼度分布を十分保守的に包絡する条件となっている。

注記*1: 平均燃焼度に対する各ノードの燃焼度の比

$$(\text{各ノードのPF}) = (\text{各ノードの燃焼度}) \div (\text{燃料の平均燃焼度})$$



配置(i)のPF概略図



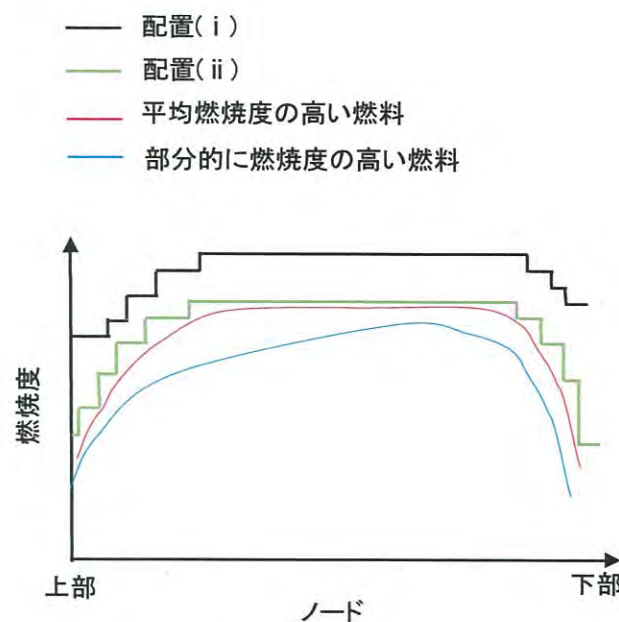
配置(i)の軸方向燃焼度分布概略図

2.3 コメント回答(コメントNo.10)

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



- ・配置(ii)は、HDP-69BCH(B)型で収納対象とする使用済燃料の軸方向燃焼度分布を包絡する軸方向燃焼度分布を条件として設定する。(PFは軸方向燃焼度分布から設定)
- ・設定した軸方向燃焼度分布は、燃料1体当たりの平均燃焼度で約 %の保守性をもった条件となっており、燃焼度の計算誤差は、評価上の保守性に包含される。



配置(ii)の軸方向燃焼度分布概略図



内は商業機密のため非公開

3. 今後の説明の進め方

この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します

HITACHI



- 設置許可基準規則への適合性について、設計方針に基づき、4つの安全機能(第十六条)、津波(第五条)、竜巻(第六条)を条文ごとにご説明している。
- 地震(第四条)と、輸送荷姿の一部の評価(除熱評価等)は、今後ご説明する。
- 地震(第四条)の緩衝体を装着した状態、津波(第五条)、竜巻(第六条)に対する安全機能維持について、既認可の同一構造の設計承認の評価結果を引用してご説明する。

HDP-69BCH(B)型 型式証明審査工程

項目	工程
1. 申請	▼申請
2. ヒアリング	▼概要 ▼申請対象 ▼第十六条、 第五条、六条 ▼第四条、他 輸送荷姿の一部の評価
3. 審査会合	↓ ↓ ↓ ↓
4. 型式証明申請書 補正申請	▽補正申請

HITACHI



この資料及びこの資料に基づ
く計算書並びに記録等の出力
を複写、第三者へ開示または
公開しないようお願い致します

END

**発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明申請
(設置許可基準規則への適合性、審査会合コメント回答)**

日立GEニュークリア・エナジー株式会社