

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  
を複製、第三者へ開示または  
公開しないようお願い致します

Doc No. FRE-TA-0180/REV.0

## 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について(概要版一式)

2022年1月21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概要	・・・2
2. HDP-69BCH(B)型の仕様	・・・3
3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条)	・・・9
4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)	・・・21
5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)	・・・28
6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条)	・・・35
7. 安全機能の全般に係る設計方針	・・・62
8. 参考	・・・64

# 1. 設置許可基準規則への適合性概要

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



## ○設置許可基準規則の要件と審査事項

設置許可基準規則		特定兼用キャスクの安全機能				構造強度	長期健全性	波及的影響	その他
		臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め				
第三条									
第四条	地震による損傷の防止	—	—	—	—	◎	—	—	
第五条	津波による損傷の防止	—	—	—	—	◎	—	—	
第六条	外部の衝撃による損傷の防止	—	—	—	—	◎	—	—	
第七条～第十五条									
第十六条	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	◎	◎	◎	◎	—	◎	—	
第十七条～第三十六条									

◎: 設計方針及び設計方針の妥当性(安全評価結果)を説明する項目

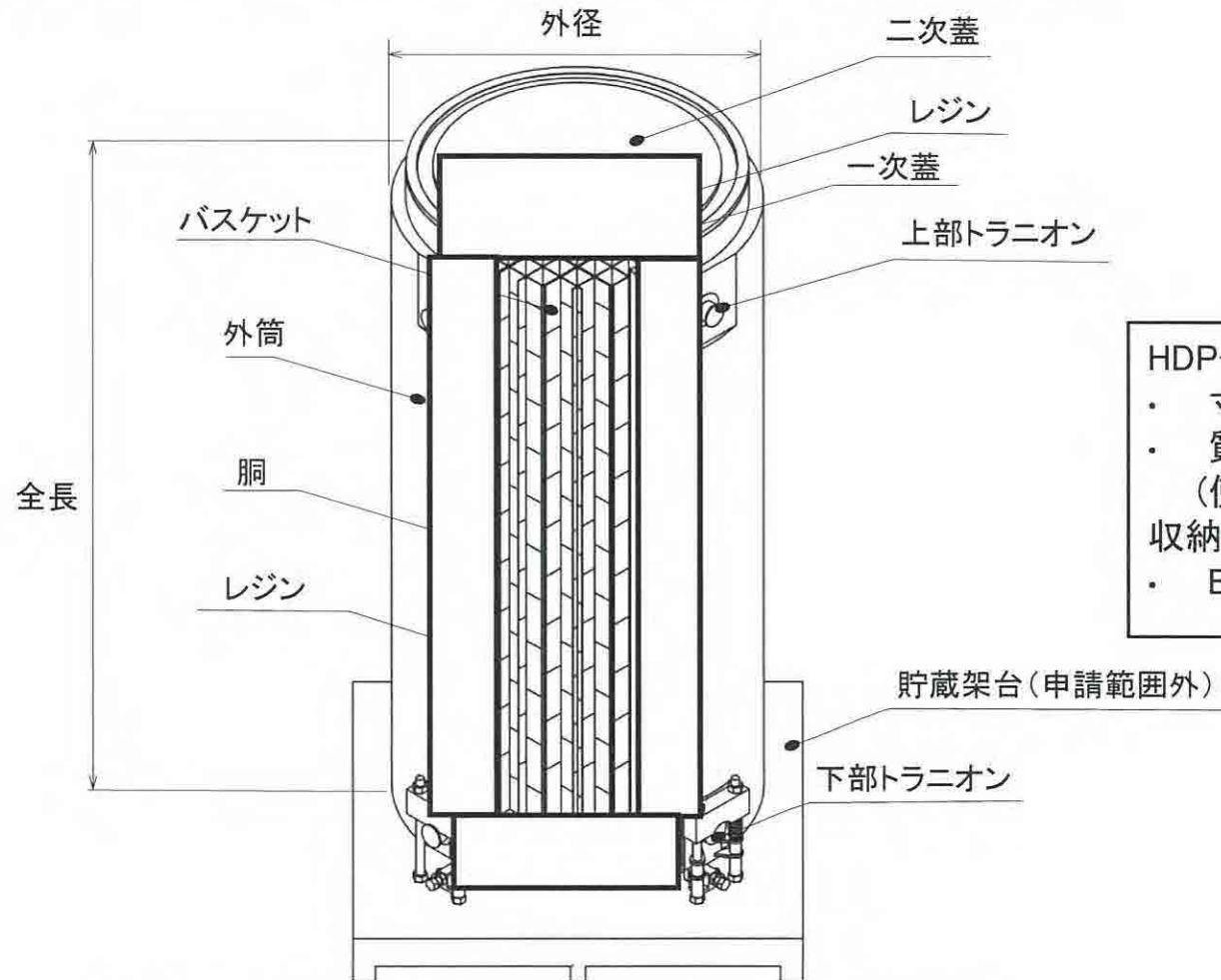
■ 申請の範囲外

## 2. HDP-69BCH(B)型の仕様

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



### ○HDP-69BCH(B)型の構造(基礎等に固定する設置方法 たて置き)



HDP-69BCH(B)型の形状

- ・ 寸法: 外径 2.5m、全長 5.4m
- ・ 質量: 約119t  
(使用済燃料集合体を含む)

収納物

- ・ BWR使用済燃料集合体: 69体/基

地盤の十分な支持を想定して特定兼用キャスクを基礎等に固定し、かつ、その安全機能を損なわない方法(たて置き)

内は商業機密のため非公開

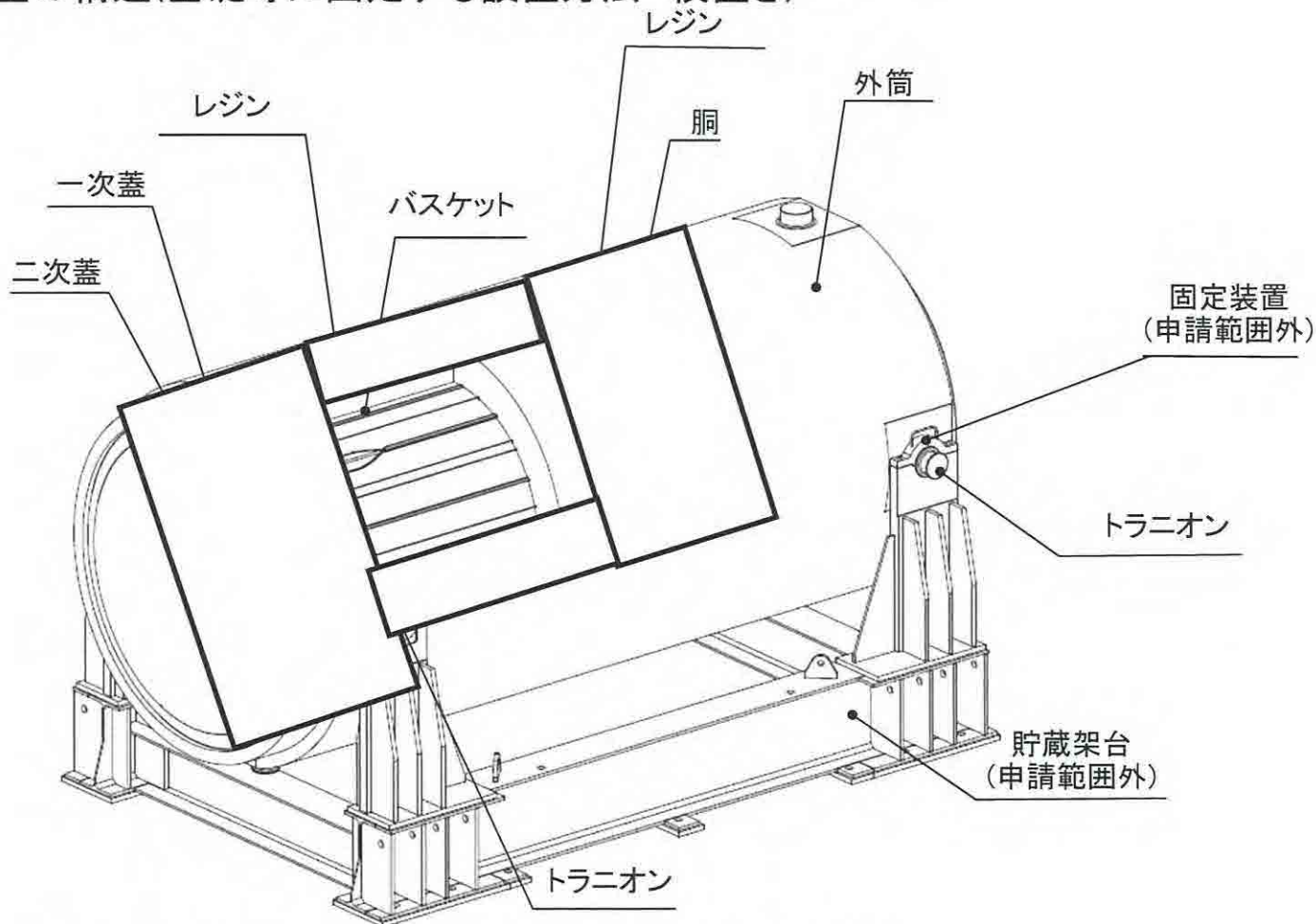
## 2. HDP-69BCH(B)型の仕様

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



### ○HDP-69BCH(B)型の構造(基礎等に固定する設置方法 横置き)



地盤の十分な支持を想定して特定兼用キャスクを基礎等に固定し、  
かつ、その安全機能を損なわない方法(横置き)

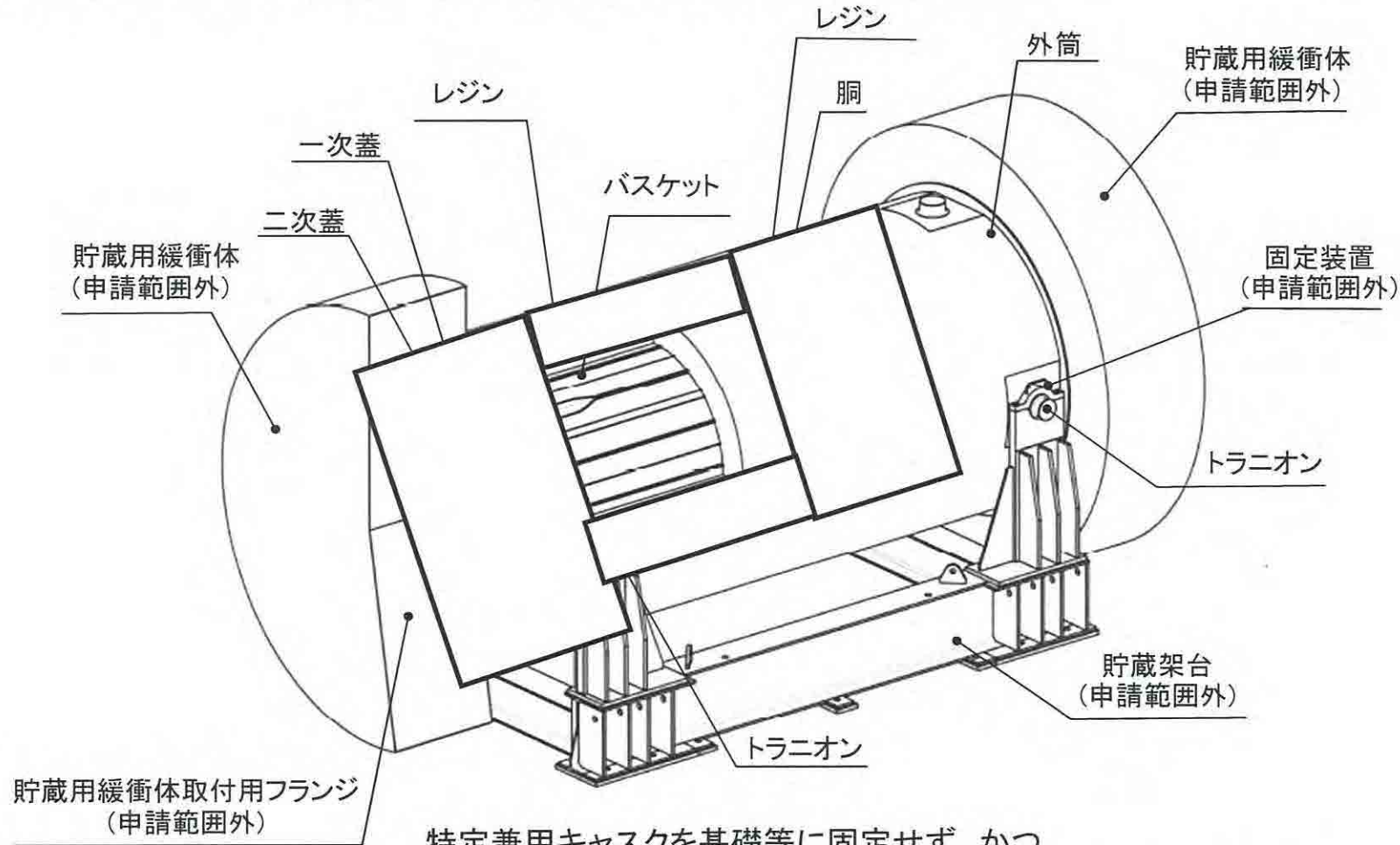
内は商業機密のため非公開

## 2. HDP-69BCH(B)型の仕様

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



### ○HDP-69BCH(B)型の構造(蓋部が金属部へ衝突しない設置方法)



特定兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、  
特定兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能を損なわない方法(横置き)

内は商業機密のため非公開

## 2. HDP-69BCH(B)型の仕様

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写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



### ○HDP-69BCH(B)型の仕様

項目		仕様
全質量(使用済燃料集合体を含む) (t)		約119
寸法	全長(m)	約5.4
	外径(m)	約2.5
収納体数(体)		69
最大崩壊熱量(kW)		13.8
主要材質	特定兼用キャスク本体	
	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	ステンレス鋼
	中性子遮蔽材	レジン
	伝熱フィン	炭素鋼(銅クラッド鋼)
	蓋部	
	一次蓋	炭素鋼
二次蓋	炭素鋼	
蓋ボルト	ニッケルクロムモリブデン鋼	
バスケット(強度部材)	バスケットプレート (ほう素添加ステンレス鋼)	
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		圧力検出器による蓋間圧力監視

## 2. HDP-69BCH(B)型の仕様

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



### ○HDP-69BCH(B)型の収納物の収納条件

項目		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 ジルコウムライナ燃料 ・高燃焼度 8×8燃料		・高燃焼度 8×8燃料		・新型8×8 ジルコウムライナ燃料 ・高燃焼度 8×8燃料		・新型8×8燃料	
		初期濃縮度(wt%以下)		3.7		3.7		3.1	
		最高燃焼度(GWd/t以下)		40	34	48	40	34	29
		冷却期間(年以上)		18		20	22	28	
	特定兼用キャスク1基当たり	特定兼用キャスク内 平均燃焼度(GWd/t以下)		34		40		29	
	最大崩壊熱量(kW以下)		12.1		13.8		8.4		
配置									



## 2. HDP-69BCH(B)型の仕様

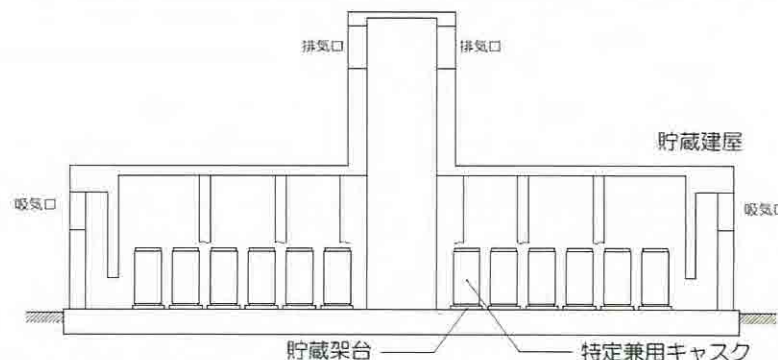
この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



### ○HDP-69BCH(B)型を設置する貯蔵施設の前提条件

項目	範囲又は条件
特定兼用キャスクの設計貯蔵期間	60年以下
特定兼用キャスクの貯蔵場所	貯蔵建屋内*1
特定兼用キャスクの貯蔵姿勢	たて置き又は横置き
特定兼用キャスクの設置方式	貯蔵架台上に設置
貯蔵区域における特定兼用周囲温度	最低温度 -22.4℃ 最高温度 45℃
貯蔵区域における貯蔵建屋壁面温度	最高温度 65℃
貯蔵建屋等の壁面放射率	貯蔵建屋:0.8以上 コンクリートモジュール:0.9以上

\*1: 下図参照



貯蔵施設概要図(基礎等に固定する設置方法(たて置き)の例)

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) — 特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法 —

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



#### ○設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求事項		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第四条第2項	設計方針	設計方針の妥当性 (安全評価結果)
要求項目					
条・項	事項				
地震による損傷の防止	第6項	<p>兼用キャスクは、次のいずれかの地震力に対して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> <p>一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの</p> <p>二 基準地震動による地震力</p>	<p>・第4条第6項に規定する「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」ことを満たすために、兼用キャスクの設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 第6項に規定する地震力(以下「第6項地震力」という。)に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。ただし、輸送荷姿により設置する場合は第6項地震力によって安全機能が損なわれるおそれがないものとし、輸送荷姿以外の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により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は、第6項地震力による兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能が損なわれるおそれがないものとする。</p> <p>二 兼用キャスクについては、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第6項地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該兼用キャスクに要求される機能を保持すること。また、上記により求められる荷重により塑性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留まって破断延性限界に対して十分な余裕を有し、当該兼用キャスクに要求される機能に影響を及ぼさないこと。ただし、兼用キャスクの閉じ込め機能を担保する部位は、上記の荷重条件に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。</p> <p>三 (略)</p>	<p>(1)HDP-69BCH(B)型は、地盤の十分な支持を想定して特定兼用キャスクを基礎等に固定し、かつ、その安全機能を損なわない方法(以下「基礎等に固定する設置方法」という。)として、貯蔵施設内の貯蔵架台等に固定された状態で、たて置き又は横置きに設置できる設計とする。</p> <p>(2)HDP-69BCH(B)型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と「兼用キャスクが安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる地震力等を定める告示(以下「兼用キャスク告示」という。))に定める地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの基礎等に固定する支持部(トランニオン)は、破断延性限界に対して十分な余裕を有することで特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクに要求される安全機能に影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>(3)上記の荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。</p>	<p>・兼用キャスク告示で定める加速度が特定兼用キャスクのトランニオンに作用した場合の構造強度評価によりトランニオンの構造健全性が維持される。</p> <p>・兼用キャスク告示で定める加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはない。</p> <p>以上より、地震力作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。</p>

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) — 特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法 —

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



#### ○地震による損傷の防止(第四条第6項)

##### 《設計方針》

##### 【安全設計に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものとする。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

HDP69-BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める地震力に対して安全機能が維持される設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】:

- HDP-69BCH(B)型は、基礎等に固定する設置方法として、貯蔵施設内の貯蔵架台等に固定された状態で、たて置き又は横置きに設置できる設計とする。
- HDP-69BCH(B)型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と兼用キャスク告示に定める地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの基礎等に固定する支持部(トラニオン)は、破断延性限界に対して十分な余裕を有することで特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクに要求される安全機能に影響を及ぼさない設計とする。
- 上記の荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有することで特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクに要求される安全機能に影響を及ぼさない設計とする。

##### 【設計方針の妥当性確認(安全性評価)】:

- 兼用キャスク告示で定める加速度が特定兼用キャスクのトラニオンに作用した場合の構造強度評価によりトラニオンの構造健全性が維持される。
  - 兼用キャスク告示で定める加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはない。
- 以上より、地震力作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

##### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- 特定兼用キャスクの設置場所の地盤は十分に支持することができる地盤であること。
- 地震時の周辺施設からの波及的影響によって、HDP-69BCH(B)型の安全機能が損なわれないこと。

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法—

この資料及びこの資料に基づき計算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



#### ○審査ガイドの確認事項(1/2)

「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」(以下「審査ガイド」という。)の確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の地震による損傷の防止への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針の妥当性確認結果をp.13～15に示す。

項目	確認内容	地震による損傷の防止における考慮
考慮する自然現象等の設定方針 地震 (審査ガイド4.2.1)	(1) 第6項地震力として、以下のいずれかを適用していること。 ① 兼用キャスク告示で定める地震力 地震力を算出するために必要な加速度及び速度は以下のとおり。 ・加速度：水平2300Gal及び鉛直1600Gal ・速度：水平200cm/s及び鉛直140cm/s ② 基準地震動による地震力 解放基盤表面から兼用キャスク設置位置までの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮して求めた地盤応答加速度に基づく地震力	特定兼用キャスクの地震による損傷の防止の評価には、その設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として、兼用キャスク告示で定められる以下の条件を適用する。 加速度：水平2300Gal及び鉛直1600Gal 速度：水平200cm/s及び鉛直140cm/s なお、地震力以外に想定される外部事象として、火災、爆発、火山灰層厚、積雪、落雷等が想定されるが、これらについては対象外とする。
地震に対する設計方針 基本方針 (審査ガイド4.3.1.1)	(1) 兼用キャスクは、第6項地震力の作用に対する評価が行われていること。ただし、輸送荷姿により設置する場合は第6項地震力によって安全機能が損なわれるおそれがないこととし、輸送荷姿以外の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により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は第6項地震力による兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能が損なわれるおそれがないこととする。 (2) 兼用キャスクを基礎等に固定する場合、兼用キャスク告示第1条に定める加速度による地震力又は基準地震動による地震力に対して安全機能が維持される設計であること。	基礎等に固定する設置方法では、特定兼用キャスクのトランニオンを貯蔵架台に固定することを条件として、地震力が特定兼用キャスクに作用してもトランニオンが健全性を維持することで、特定兼用キャスクが転倒しない設計とする。 また、兼用キャスク告示に定める加速度が特定兼用キャスクに作用した場合でも、安全機能を構成する部位に影響を及ぼさないことを確認する。
荷重及び荷重の組合せ (審査ガイド4.3.1.2)	(1) 荷重及び荷重の組合せの考え方が、以下を踏まえ妥当であること。 1) 地震力以外の荷重 兼用キャスクに作用する地震力以外の荷重は、安全上適切と認められる規格等に基づいて、貯蔵時に想定される荷重を考慮していること。 2) 荷重の組合せ 兼用キャスクについて、耐震性評価を行う際、JEAG4601等の安全上適切と認められる規格等を参考に、兼用キャスクの設置方法に応じて、兼用キャスクに作用する地震力と地震力以外の荷重を組み合わせていること。 (2) 設計上、転倒等を想定する場合は、これらによる荷重と同時に想定されるその他の荷重を組み合わせた評価を行っていること。	貯蔵時において兼用キャスク告示で定められる地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。 地震力＋自重＋固定装置によるトランニオンの押し付け力＋熱荷重 また、上記の荷重がトランニオンに作用しても、トランニオンは許容基準を満足することから、特定兼用キャスクは転倒しない。

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) ー特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法ー

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写、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



#### ○審査ガイドの確認事項(2/2)

項目	審査における確認事項	地震による損傷の防止における考慮
許容限界 (審査ガイド4.3.1.3)	<p>許容限界の設定が、以下を踏まえ妥当であること。</p> <p>1) 兼用キャスクの許容限界は、安全上適切と認められる規格等に基づき設定すること。加えて、兼用キャスクの閉じ込め機能及び臨界防止機能に関しては以下のとおりとすること。</p> <p>a. 密封境界部がおおむね弾性範囲内となる許容限界としていること。</p> <p>b. 兼用キャスクの臨界防止機能をバスケットで担保している場合、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない許容限界としていること。</p>	<p>金属キャスク構造規格*1に規定されるトラニオン及び密封容器の供用状態Dの設計基準を適用する。</p> <p>バスケットの変形による影響については、バスケットの応力が<math>S_y</math>を上回った場合、塑性変形が生じるため、全断面降伏が生じる<math>1.5S_y</math>以下であることを確認した上で、臨界解析を実施する。その他の部位*2については、特定兼用キャスクが転倒せず、特定兼用キャスクの安全機能を維持できる。</p>
静的解析及び地震応答解析 (審査ガイド4.3.1.4)	<p>(1) 静的解析及び地震応答解析に用いる解析モデル及び解析手法は、JEAG4601の規定を参考に設定していること。</p> <p>(2) 兼用キャスクの転倒等に伴う衝突解析を行う場合は、兼用キャスク告示で定める地震力又は兼用キャスクの設置位置の地震応答に基づき、エネルギー保存則等を用いることにより、衝突時の速度を適切に算定していること。</p> <p>(3) 静的解析において、兼用キャスク告示で定める地震力を用いる場合の水平地震力及び鉛直地震力については、同時に不利な方向の組合せで作用させること。</p> <p>(4) スペクトルモーダル解析又は時刻歴応答解析を用いる場合は、入力地震力として、基準地震動に基づいて兼用キャスクの設置位置の設計用床応答スペクトル又は加速度時刻歴応答波を算定していること。</p> <p>(5) 基準地震動による水平2方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せは、各方向の入力地震動の位相特性並びに兼用キャスクの構造及び応答特性に留意し、保守的な評価となる組合せ方法を適用すること。なお、各方向の入力地震動の位相特性及び兼用キャスクの応答特性により、必要に応じ、応答の同時性を考慮していること。</p>	<p>兼用キャスク告示で定める加速度が特定兼用キャスクに作用した時の応力評価を実施し、必要に応じて、JEAG4601等の規定を参考に設定する。</p> <p>なお、特定兼用キャスクの評価には、兼用キャスク告示に定める値を用いるため、地震応答解析は実施せず、基準地震動による地震力を用いない。</p>
耐震性評価 (審査ガイド4.3.1.5)	<p>(1) 兼用キャスクの耐震性を評価する上で必要な箇所を評価対象部位として選定し、安全上適切と認められる規格等の規定を参考に、当該評価対象部位の応力評価及び疲労評価を行っていること。</p> <p>(2) 兼用キャスクの耐震性評価において、地震力とそれ以外の荷重を組み合わせ、その結果得られる応力等が「4.3.1.3 許容限界」で設定する許容限界を超えていないこと。</p> <p>(3) 密封境界部以外の部位は、(2)の荷重により塑性ひずみが生ずる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に対して十分な余裕を有すること。</p> <p>(4) 設計上、転倒等を想定する場合は、その影響を考慮していること。</p> <p>(5) 兼用キャスクの臨界防止機能をバスケットで担保しており、兼用キャスクの転倒又は衝突、貯蔵建屋の天井の落下等によりバスケットに塑性変形が生ずる場合は、バスケットの形状及び使用済燃料の状態を考慮しても未臨界が維持されること。</p>	<p>特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法では、兼用キャスク告示に定める地震力による加速度が作用しても、特定兼用キャスクの支持部であるトラニオンの応力評価上厳しい断面を選定し、応力評価を実施する。また、金属キャスク構造規格*1に従い、必要な場合は疲労評価を実施する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>*1:(一社)日本機械学会、「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(2007年版) JSME S FA1-2007」、(一社)日本機械学会、(2007年12月)</p> <p>*2:その他の部位とは、密封境界部、バスケットプレート以外の安全機能を構成する部位を指す。</p> </div>

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法—

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



#### ○基礎等に固定する設置方法の評価の概要

- ・ 特定兼用キャスクを支持するトラニオンの構造健全性に加え、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材として、閉じ込め機能を担う密封境界部(一次蓋密封シール部及び一次蓋ボルト)、臨界防止機能を担うバスケット、遮蔽・除熱機能を担う外筒を評価対象として機能維持評価を行った。
- ・ トラニオンについては、地震力に加え、供用中に作用する荷重を組み合わせる評価を実施し、金属キャスク構造規格の評価基準を満足することを確認した。
- ・ 密封境界部、バスケット及び外筒については、地震時に作用する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても、評価部位に発生する応力が、金属キャスクの構造規格の評価基準を満足することを確認した。

評価対象	地震力	評価方法
トラニオン	兼用キャスク告示で定める加速度による地震力*2 ・水平2300Gal(23m/s <sup>2</sup> ) ・鉛直1600Gal(16m/s <sup>2</sup> )	地震時にHDP-69BCH(B)型のトラニオンに生じる応力を応力評価式により算出し、金属キャスク構造規格の評価基準を満足することを示す。
密封境界部 (一次蓋密封シール部・一次蓋ボルト)、 バスケット(バスケットプレート)、外筒*1		地震時に作用する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても、密封境界部、バスケット、外筒が金属キャスク構造規格の評価基準を満足することを示す。

\*1: 外筒は、内側に伝熱フィン及びレジンを保持する。外筒の破断が無ければ、伝熱フィン及びレジンは必要に位置に保持され、遮蔽機能及び除熱機能が損なわれることはない。

\*2: 自重その他の貯蔵時に想定される荷重と地震力を組み合わせた荷重をHDP-69BCH(B)型に作用させる。

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法—

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



#### ○評価部位の構造健全性評価

- 地震時にトランニオンに作用する応力は、作用する荷重が大きくなる下部トランニオンを対象とし、応力評価式により算出した。トランニオンに生じる応力は、金属キャスク構造規格の評価基準を満足しており、トランニオンの構造健全性は維持される。
- 地震時に密封境界部、バスケット及び外筒に作用する応力は、地震時に作用する加速度よりも大きな設計加速度が作用した時に評価部位に発生する応力を、ABAQUSコードにより算出した。評価部位に発生する応力は金属キャスクの構造規格の評価基準を満足しており、評価部位の構造健全性は維持される。

地震時のトランニオンの構造健全性評価結果\*1

評価位置	応力の種類	計算値 (MPa)	評価基準 (MPa)
評価断面②	一次応力	349	591 (1.5f <sub>t</sub> )
	一次+二次応力	567	1182(1.5f <sub>b</sub> )
評価断面④	せん断応力	43	150 (0.4Su)

\*1 各評価部位の応力のうち、評価基準に対する余裕が最も少ない結果を記載。

地震時の構成部材の応力評価結果\*1

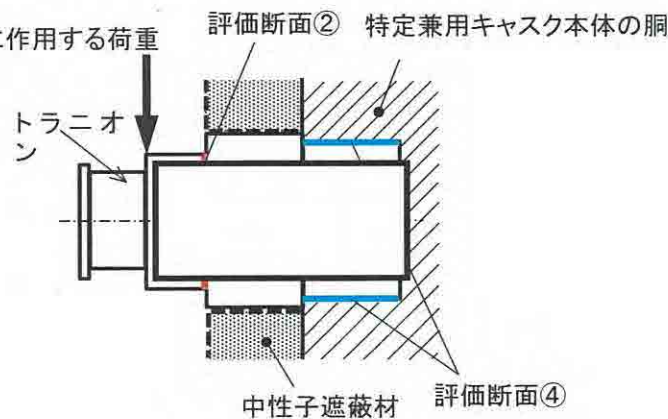
評価位置	応力の種類	計算値 (MPa)*2	評価基準 (MPa)
一次蓋密封シール部	一次+二次応力	46	186 (S <sub>y</sub> )
一次蓋ボルト	$\sigma_m + \sigma_b$	492	848 (S <sub>y</sub> )
バスケットプレート	応力強さ	72	306(1.5S <sub>y</sub> )*3
外筒	許容曲げ応力	70	373 (1.5f <sub>b</sub> )

\*1 各評価部位の応力のうち、評価基準に対する余裕が最も少ない結果を記載。

\*2 兼用キャスク告示で定める加速度を上回る設計加速度196 m/s<sup>2</sup>又は294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の値

\*3バスケットは、金属キャスク構造規格で規定される供用状態Dの許容基準Suとし、塑性変形が生じた場合、変形状態を臨界解析で考慮する。バスケットの応力強さSは全断面降伏が生じる1.5S<sub>y</sub>(=306 MPa)より小さく、塑性変形は発生しない。

トランニオンに作用する荷重



トランニオンの評価断面

内は商業機密のため非公開

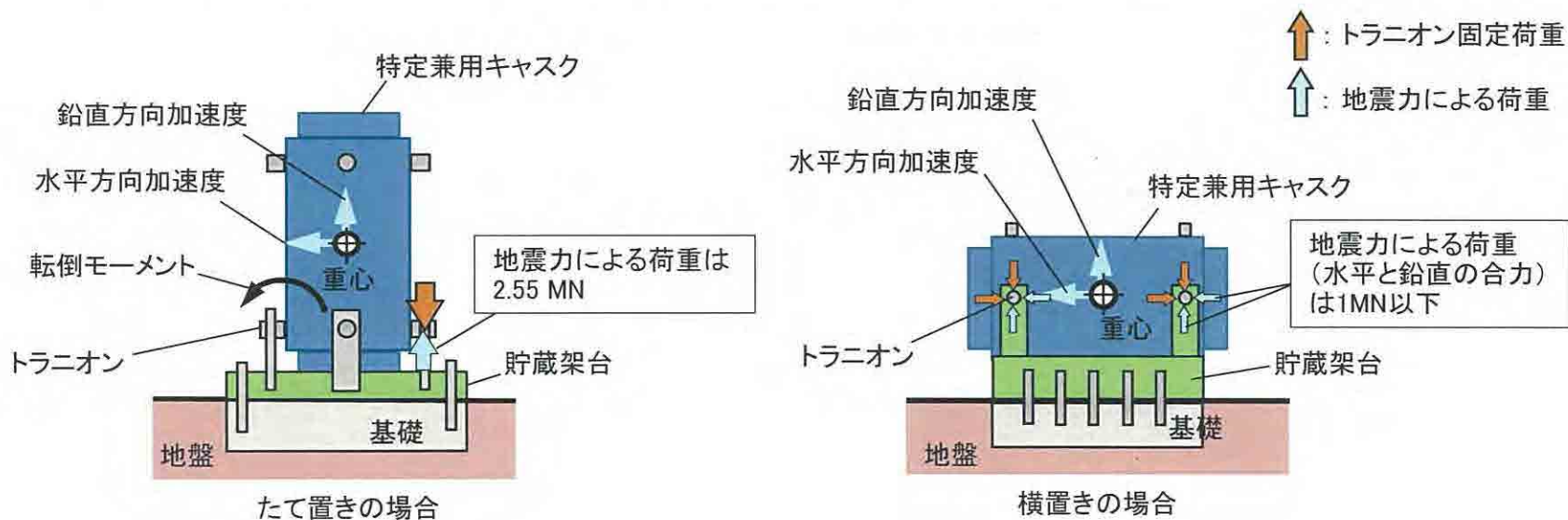
### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —特定兼用キャスクを基礎等に固定する設置方法—

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



#### ○基礎等に固定する設置方法(横置き)について

- ・ 基礎等に固定する設置方法のうち、たて置きの場合、特定兼用キャスクは下部トランニオン4個が貯蔵架台に固定され、特定兼用キャスクの重心位置は下部トランニオンの固定位置よりも高い位置にある。したがって、地震力が特定兼用キャスクに作用した場合、下部トランニオンには、地震力による荷重に加えて特定兼用キャスクの転倒モーメントに起因する荷重が重畳して作用する。
- ・ 一方、横置きの場合、特定兼用キャスクは水平姿勢で上部トランニオン2個及び下部トランニオン2個が貯蔵架台に固定され、トランニオン固定部の高さは特定兼用キャスクの重心位置の高さに等しい。したがって、地震力が特定兼用キャスクに作用しても、特定兼用キャスクに転倒モーメントは発生しない。
- ・ 以上より、トランニオン部に作用する荷重はたて置きの場合の方が厳しく、横置きの場合の評価はたて置きの場合で代表可能。



#### ○設計方針の妥当性

以上より、基礎等に固定する設置方法において、地震時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。したがって、基礎等に固定する設置方法におけるHDP-69BCH(B)型の地震に対する設計方針は妥当である。



### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) 一蓋部が金属部へ衝突しない設置方法一

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



#### ○設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求事項		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第四条第2項	設計方針	設計方針の妥当性 (安全評価結果概要)
要求項目					
条・項	事項				
地震による損傷の防止	第6項	<p>兼用キャスクは、次のいずれかの地震力に対して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> <p>一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの</p> <p>二 基準地震動による地震力</p>	<p>・第4条第6項に規定する「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」ことを満たすために、兼用キャスクの設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 第6項に規定する地震力(以下「第6項地震力」という。)に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。ただし、輸送荷姿により設置する場合は第6項地震力によって安全機能が損なわれるおそれがないものとし、輸送荷姿以外の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により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は、第6項地震力による兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能が損なわれるおそれがないものとする。</p> <p>二 兼用キャスクについては、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第6項地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該兼用キャスクに要求される機能を保持すること。また、上記により求められる荷重により塑性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留まって破断延性限界に対して十分な余裕を有し、当該兼用キャスクに要求される機能に影響を及ぼさないこと。ただし、兼用キャスクの閉じ込め機能を担保する部位は、上記の荷重条件に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。</p> <p>三 (略)</p>	<p>(1) HDP-69BCH(B)型は、特定兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、特定兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能を損なわない方法(以下「蓋部が金属部へ衝突しない設置方法」という。)として、貯蔵施設内でHDP-69BCH(B)型の両端に貯蔵用緩衝体を装着した状態で、横置きに設置できる設計とする。また、貯蔵用緩衝体の装着により、兼用キャスク告示に定める地震力による特定兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない、蓋部が金属部へ衝突しない方法で設置できる設計とする。</p> <p>(2) HDP-69BCH(B)型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と兼用キャスク告示に定める地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。</p>	<p>兼用キャスク告示で定める加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはなく、地震力作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。</p>

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —蓋部が金属部へ衝突しない設置方法—

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



#### ○地震による損傷の防止(第四条第6項)

##### 《設計方針》

##### 【安全設計に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものとする。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

HDP-69-BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める地震力に対して安全機能が維持される設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】

- HDP-69BCH(B)型は、蓋部が金属部へ衝突しない設置方法として、貯蔵施設内でHDP-69BCH(B)型の両端に貯蔵用緩衝体を装着した状態で、横置きに設置できる設計とする。また、貯蔵用緩衝体の装着により、兼用キャスク告示に定める地震力による特定兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない、蓋部が金属部へ衝突しない方法で設置できる設計とする。
- HDP-69BCH(B)型は、自重その他の貯蔵時に想定される荷重と兼用キャスク告示に定める地震力を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有し、特定兼用キャスクの安全機能を維持する設計とする。

##### 【設計方針の妥当性確認(安全評価)】

- 兼用キャスク告示で定める加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはなく、地震力作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

##### 【設置(変更)許可で別途確認される事項】

- 地震時の周辺施設からの波及的影響によりHDP-69BCH(B)型の安全機能が損なわれないこと。

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —蓋部が金属部へ衝突しない設置方法—

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



#### ○審査ガイドの確認事項(1/2)

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の地震による損傷の防止への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針の妥当性確認結果をp.20に示す。

項目	確認内容	地震による損傷の防止における考慮
考慮する自然現象等の設定方針 地震 (審査ガイド4.2.1)	(1) 第6項地震力として、以下のいずれかを適用していること。 ① 兼用キャスク告示で定める地震力 地震力を算出するために必要な加速度及び速度は以下のとおり。 ・加速度：水平2300Gal 及び鉛直1600Gal ・速度：水平200cm/s 及び鉛直140cm/s ② 基準地震動による地震力 解放基盤表面から兼用キャスク設置位置までの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮して求めた地盤応答加速度に基づく地震力	特定兼用キャスクの地震による損傷の防止の評価には、その設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として、兼用キャスク告示で定められる以下の条件を適用する。 加速度：水平2300Gal及び鉛直1600Gal 速度：水平200cm/s 及び鉛直140cm/s なお、地震力以外に想定される外部事象として、火災、爆発、火山灰層厚、積雪、落雷等が想定されるが、これらについては対象外とする。
地震に対する設計方針 基本方針 (審査ガイド4.3.1.1)	(1) 兼用キャスクは、第6項地震力の作用に対する評価が行われていること。ただし、輸送荷姿により設置する場合は第6項地震力によって安全機能が損なわれるおそれがないこととし、輸送荷姿以外の兼用キャスクを基礎等に固定せず、かつ、緩衝体の装着等により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は第6項地震力による兼用キャスク蓋部の金属部への衝突に対してその安全機能が損なわれるおそれがないこととする。 (2) 兼用キャスクを基礎等に固定する場合、兼用キャスク告示第1条に定める加速度による地震力又は基準地震動による地震力に対して安全機能が維持される設計であること。	蓋部が金属部へ衝突しない設置方法では、貯蔵用緩衝体の装着により、兼用キャスク告示に定める加速度が特定兼用キャスクに作用した場合でも、安全機能を構成する部位に影響を及ぼさないことを確認する。
荷重及び荷重の組合せ (審査ガイド4.3.1.2)	(1) 荷重及び荷重の組合せの考え方が、以下を踏まえ妥当であること。 1) 地震力以外の荷重 兼用キャスクに作用する地震力以外の荷重は、安全上適切と認められる規格等に基づいて、貯蔵時に想定される荷重を考慮していること。 2) 荷重の組合せ 兼用キャスクについて、耐震性評価を行う際、JEAG4601等の安全上適切と認められる規格等を参考に、兼用キャスクの設置方法に応じて、兼用キャスクに作用する地震力と地震力以外の荷重を組み合わせていること。 (2) 設計上、転倒等を想定する場合は、これらによる荷重と同時に想定されるその他の荷重を組み合わせた評価を行っていること。	貯蔵時において兼用キャスク告示で定められる地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。 地震力+自重+熱荷重 なお、転倒等が想定される場合は、必要に応じて転倒時に想定される荷重を組み合わせる。

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) 一蓋部が金属部へ衝突しない設置方法一

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



#### ○審査ガイドの確認事項(2/2)

項目	審査における確認事項	地震による損傷の防止における考慮
許容限界 (審査ガイド 4.3.1.3)	許容限界の設定が、以下を踏まえ妥当であること。 1) 兼用キャスクの許容限界は、安全上適切と認められる規格等に基づき設定すること。加えて、兼用キャスクの閉じ込め機能及び臨界防止機能に関しては以下のとおりとすること。 a. 密封境界部がおおむね弾性範囲内となる許容限界としていること。 b. 兼用キャスクの臨界防止機能をバスケットで担保している場合、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない許容限界としていること。	金属キャスク構造規格*1に規定される密封容器の供用状態Dの設計基準を適用する。 バスケットの変形による影響については、バスケットの応力が $S_y$ を上回った場合、塑性変形が生じるため、全断面降伏が生じる $1.5S_y$ 以下であることを確認した上で、臨界解析を実施する。その他の部位*1については貯蔵用緩衝体の装着により、特定兼用キャスクの蓋部が衝突しない設計とするため、特定兼用キャスクの安全機能を維持できる。
静的解析及び地震応答解析 (審査ガイド 4.3.1.4)	(1) 静的解析及び地震応答解析に用いる解析モデル及び解析手法は、JEAG4601の規定を参考に設定していること。 (2) 兼用キャスクの転倒等に伴う衝突解析を行う場合は、兼用キャスク告示で定める地震力又は兼用キャスクの設置位置の地震応答に基づき、エネルギー保存則等を用いることにより、衝突時の速度を適切に算定していること。 (3) 静的解析において、兼用キャスク告示で定める地震力を用いる場合の水平地震力及び鉛直地震力については、同時に不利な方向の組合せで作用させること。 (4) スペクトルモーダル解析又は時刻歴応答解析を用いる場合は、入力地震力として、基準地震動に基づいて兼用キャスクの設置位置の設計用床応答スペクトル又は加速度時刻歴応答波を算定していること。 (5) 基準地震動による水平2方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せは、各方向の入力地震動の位相特性並びに兼用キャスクの構造及び応答特性に留意し、保守的な評価となる組合せ方法を適用すること。なお、各方向の入力地震動の位相特性及び兼用キャスクの応答特性により、必要に応じ、応答の同時性を考慮していること。	蓋部が金属部へ衝突しない設置方法では、兼用キャスク告示に定める地震力による加速度が作用しても、貯蔵用緩衝体の装着により、特定兼用キャスクの蓋部が衝突しない設計とするため、安全機能が損なわれることはない。 なお、兼用キャスク告示が定める地震力による加速度よりも大きい設計加速度が特定兼用キャスクに作用しても特定兼用キャスクの安全機能が損なわれることはない。
耐震性評価 (審査ガイド 4.3.1.5)	(1) 兼用キャスクの耐震性を評価する上で必要な箇所を評価対象部位として選定し、安全上適切と認められる規格等の規定を参考に、当該評価対象部位の応力評価及び疲労評価を行っていること。 (2) 兼用キャスクの耐震性評価において、地震力とそれ以外の荷重を組み合わせ、その結果得られる応力等が「4.3.1.3 許容限界」で設定する許容限界を超えていないこと。 (3) 密封境界部以外の部位は、(2)の荷重により塑性ひずみが生ずる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に対して十分な余裕を有すること。 (4) 設計上、転倒等を想定する場合は、その影響を考慮していること。 (5) 兼用キャスクの臨界防止機能をバスケットで担保しており、兼用キャスクの転倒又は衝突、貯蔵建屋の天井の落下等によりバスケットに塑性変形が生ずる場合は、バスケットの形状及び使用済燃料の状態を考慮しても未臨界が維持されること。	蓋部が金属部へ衝突しない設置方法では、兼用キャスク告示に定める地震力による加速度が作用しても、貯蔵用緩衝体の装着により、特定兼用キャスクの蓋部が金属部に衝突しない設計とするため、安全機能が損なわれることはない。また、金属キャスク構造規格に従い、必要な場合は疲労評価を実施する。  *1: その他の部位とは、密封境界部、バスケットプレート以外の安全機能を構成する部位を指す。

### 3. 設置許可基準規則への適合性について(第四条) —蓋部が金属部へ衝突しない設置方法—

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



#### ○蓋部が金属部へ衝突しない設置方法の評価の概要

- 地震時に密封境界部、バスケット及び外筒に作用する応力は、地震時に作用する加速度よりも大きな設計加速度に作用した時に評価部位に発生する応力を、ABAQUSコードにより算出した。評価部位に発生する応力は金属キャスクの構造規格の評価基準を満足しており、評価部位の構造健全性は維持される。

評価対象	地震力	評価方法
密封境界部 (一次蓋密封シール部・一次蓋ボルト)、 バスケット(バスケットプレート)、外筒*1	兼用キャスク告示 で定める加速度 による地震力*2 ・水平2300Gal(23m/s <sup>2</sup> ) ・鉛直1600Gal(16m/s <sup>2</sup> )	地震時に作用する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても、密封境界部、バスケット、外筒が金属キャスク構造規格の評価基準を満足することを示す。

- \*1 外筒は、内側に伝熱フィン及びレジン保持する。外筒の破断が無ければ、伝熱フィン及びレジンには必要に位置に保持され、遮蔽機能及び除熱機能が損なわれることはない。
- \*2 自重その他の貯蔵時に想定される荷重と地震力を組み合わせた荷重をHDP-69BCH(B)型に作用させる。

#### ○評価部位の構造健全性評価

- 地震時に密封境界部、バスケット及び外筒に作用する応力は、地震時に作用する加速度よりも大きな設計加速度に作用した時に評価部位に発生する応力を、ABAQUSコードにより算出した。評価部位に発生する応力は金属キャスクの構造規格の評価基準を満足しており、評価部位の構造健全性は維持される。

地震時の構成部材の応力評価結果\*1

評価位置	応力の種類	計算値 (MPa)*2	評価基準 (MPa)
一次蓋密封シール部	一次+二次応力	46	186 (S <sub>y</sub> )
一次蓋ボルト	$\sigma_m + \sigma_b$	492	848 (S <sub>y</sub> )
バスケットプレート	応力強さ	72	306(1.5S <sub>y</sub> )*3
外筒	許容曲げ応力	70	373 (1.5f <sub>b</sub> )

- \*1 各評価部位の応力のうち、評価基準に対する余裕が最も少ない結果を記載。
- \*2 兼用キャスク告示で定める加速度を上回る設計加速度196 m/s<sup>2</sup>又は294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の値(p.14と同じ結果)。
- \*3バスケットは、金属キャスク構造規格で規定される供用状態Dの許容基準Suとし、塑性変形が生じた場合、変形状態を臨界解析で考慮する。バスケットの応力強さSは全断面降伏が生じる1.5S<sub>y</sub>(=306 MPa)より小さく、塑性変形は発生しない。

#### ○設計方針の妥当性

以上より、蓋部が金属部へ衝突しない設置方法において、地震時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。したがって、蓋部が金属部へ衝突しない設置方法におけるHDP-69BCH(B)型の地震に対する設計方針は妥当である。

## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

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



### ○設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求事項		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第5条	設計方針	設計方針の妥当性 (安全評価結果概要)
要求項目					
事項	条・項				
津波による損傷の防止	第2項	<p>兼用キャスク及びその周辺施設は、次のいずれかの津波に対して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> <p>一 兼用キャスクが津波により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの</p> <p>二 基準津波</p>	<p>第1項</p> <p>・第5条第2項の津波の設定に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 第1号に規定する「兼用キャスクが津波により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、兼用キャスク告示第2条によるものとする。</p> <p>二 第2号に規定する「基準津波」の策定に当たっては、本規程別記3第5条第1項及び第2項によること。</p> <p>第2項</p> <p>・第5条第2項に規定する「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」を満たすために、兼用キャスクの設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 兼用キャスク告示第2条に定める津波に対する兼用キャスクの設計については、次のとおりとする。</p> <p>・津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。</p> <p>・上記の「漂流物の衝突」については、質量100トンの漂流物の衝突とすること。</p> <p>・上記の波力及び衝突による荷重については、同時に作用させること。</p> <p>二 「基準津波」に対する兼用キャスクの設計については、本規程別記3第5条第3項中、Sクラスに属する施設に関する規定を準用する。</p>	<p>(1) HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重が同時に作用する荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>(2) 特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重が同時に作用する荷重条件に対して、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有する等、必要な安全機能が維持される設計とする。</p>	<p>(1) 兼用キャスク告示で定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重の条件に対する構造強度評価により特定兼用キャスクの構造健全性が維持される。</p> <p>(2) 上記の荷重条件で発生する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはない。</p>

## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

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



### ○津波による損傷の防止(第五条第2項)

#### 《設計方針》

##### 【安全設計に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものとする。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

HDP69-BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める津波に対して安全機能が維持される設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】:

- HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重が同時に作用する荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。
- 特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重が同時に作用する荷重条件に対して、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有する等、必要な安全機能が維持される設計とする。

##### 【設計方針の妥当性確認(安全性評価)】:

- 兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重(以下「津波荷重」という。)の条件に対する構造強度評価により特定兼用キャスクの構造健全性が維持される。
  - 上記の荷重条件で発生する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはない。
- 以上より、津波荷重作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

##### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- なし

## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

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



### ○審査ガイドの確認内容(1/2)

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の津波による損傷の防止への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針の妥当性確認結果をp.25～27に示す。

項目	確認内容	津波による損傷の防止における考慮
津波(審査ガイド 4.2.2)	<p>(1) 設置許可基準規則の解釈別記4第5条第1項及び第2項に基づき、兼用キャスク告示で定める津波又は基準津波を定めていること。</p> <p>(2) 設置許可基準規則第5条第2項に規定する津波として、以下のいずれかを適用していること。</p> <p>① 兼用キャスク告示で定める津波による作用力 兼用キャスクの設置位置への津波の遡上を前提とし、兼用キャスクに作用する津波荷重として、波力及び漂流物衝突荷重を考慮する。これらを算出するために必要な浸水深、流速及び漂流物質量は以下のとおり。 ・浸水深：10m ・流速：20m/s ・漂流物質量：100t</p>	<p>特定兼用キャスクに作用する津波荷重として、遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重を考慮する。これらを算出するために必要な浸水深、流速及び漂流物質量は、兼用キャスク告示、設置許可基準規則解釈で定められる津波の条件を適用して以下の値を用いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・浸水深：10 m</li> <li>・流速：20 m/s</li> <li>・漂流物質量：100 t</li> </ul>
基本方針(審査ガイド 4.3.2.1)	<p>(1) 兼用キャスク告示で定める津波を適用する場合は、津波が兼用キャスクの設置位置へ遡上することを前提とした評価が行われていること。</p> <p>(2) 津波に対する評価に際しては、必要に応じて「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を参考にしていること。</p>	<p>兼用キャスク告示で定める津波が特定兼用キャスクに直接作用するものとして評価する。</p> <p>審査ガイドに記載される参考規格、基準類の工学式に基づき評価する。</p>



## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

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



### ○審査ガイドの確認内容(2/2)

項目	確認内容	津波による損傷の防止における考慮
設計・評価の方針(審査ガイド4.3.2.2)	以下を踏まえたものであること。また、工事計画認可においては、津波荷重の設定、施設の寸法、構造及び強度が要求事項に適合するものであること。 (1) 兼用キャスク告示で定める津波を適用する場合 1) 兼用キャスクの評価において保守的な荷重の作用及び組合せを設定すること	兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重が特定兼用キャスクに同時に作用するものとして評価する。
	2) 1)において考慮する荷重としては、浸水深に基づく津波波力並びに流速及び漂流物質量に基づく衝突荷重を基本とし、それぞれの荷重については、兼用キャスクの評価上最も厳しくなる位置へ作用させること。	特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことを確認するため、特定兼用キャスクの安全機能を構成する部位に兼用キャスク告示に定める津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突による荷重を同時に作用させる。
	3) 津波波力及び漂流物荷重は、以下の指針等を参考に設定することができる。 ①津波波力(津波波圧) ・東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針 ②漂流物衝突荷重 ・道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)	審査ガイドに記載されている以下の指針を用いて、津波荷重を算定する。 ①東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針 ②道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編、Ⅳ下部構造編)」
	4) 津波荷重に対する兼用キャスクの評価は、既往の研究事例や機能確認試験等の結果との対比、FEM 解析に基づく応力評価等により行うこと。	津波に対する設計方針(設計・評価の方針3)に示すように、審査ガイドに記載されている指針を用いて、津波荷重が特定兼用キャスクの安全機能を構成する部位に作用しても、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことを確認する。 また、津波荷重による加速度が特定兼用キャスクに作用しても、安全機能を構成する部位に影響を及ぼさないことを確認する。

## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

この資料及びこの資料に基づく計算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



### ○津波荷重の算定

- ・津波荷重を算出するための条件は、浸水深は10 m、流速20m/s、漂流物質量を100 tとする。
- ・遡上波の波力は、東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針<sup>(1)</sup>に記載される評価方法により計算する。
- ・漂流物の衝突による荷重は、道路橋示方書・同解説( I 共通編・IV下部構造編)<sup>(2)</sup>に記載される評価方法により計算する。
- ・津波荷重が作用する範囲を設定し、特定兼用キャスクに作用する応力を計算する。

津波による波力	漂流物衝撃荷重
<p>津波避難ビル暫定指針<sup>(1)</sup>による波力</p> $Q_z = \rho \cdot g \int_{z_1}^{z_2} (ah - z) \cdot B dz$ <p> <math>Q_z</math>: 遡上波による波力(N)      <math>z</math>: 地盤面からの高さ(m)  <math>\rho</math>: 海水の密度(1030kg/m<sup>3</sup>)      <math>z_1</math>: 受圧面の最小高さ(0m)  <math>g</math>: 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)      <math>z_2</math>: 受圧面の最高高さ(5.320 m)  <math>a</math>: 水深係数(3)      <math>B</math>: 受圧面の幅(2.482 m)  <math>h</math>: 設計用浸水深(10m)                 </p> <p><math>Q_z = 3.65 \text{ MN}</math></p>	<p>日本道路協会、道路橋示方書<sup>(2)</sup>による流木等の衝撃荷重</p> $P = 0.1 \cdot W \cdot v$ <p> <math>P</math>: 漂流物の衝突による荷重(N)  <math>W</math>: 漂流物の重量(9.80665 × 10<sup>5</sup>N*)  <math>v</math>: 表面流速(20m/s)                 </p> <p>*: 漂流物質量100t × 重力加速度9.80665m/s<sup>2</sup> = 9.80665 × 10<sup>5</sup>N</p> <p><math>P = 1.97 \text{ MN}</math></p>
<p>津波による荷重 <math>Q = Q_z + P = 5.62 \text{ MN}</math></p>	

(1) 国土交通省、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」、平成23年11月17日、国住指第2570号別添  
 (2) 日本道路協会、「道路橋示方書・同解説( I 共通編、IV下部構造編)」、平成14年3月

## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

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



### ○津波荷重に対する安全評価について(1/2)

- ・ 津波荷重が直接作用した時に、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材として、閉じ込め機能を担うフランジ部、遮蔽機能を担う二次蓋、遮蔽・除熱機能を担う外筒を評価対象として機能維持評価を行った。
- ・ また、津波荷重が直接作用する部位の構造健全性に加え、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材として、閉じ込め機能を担う密封境界部(一次蓋密封シール部及び一次蓋ボルト)、臨界防止機能を担うバスケット、遮蔽・除熱機能を担う外筒を評価対象として機能維持評価を行った。

評価対象	津波	評価方法
フランジ部、二次蓋、外筒	兼用キャスク告示で定める津波による作用力*2	津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突物による荷重が直接作用しても評価基準を満足することを確認する。
密封境界部 (一次蓋密封シール部・一次蓋ボルト)、 バスケット(バスケットプレート)、 外筒*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浸水深: 10m</li> <li>・流速: 20m/s</li> <li>・漂流物質量: 100t</li> </ul>	津波荷重が作用した時に生じる加速度よりも大きな設計加速度が作用しても、密封境界部、バスケット、外筒が金属キャスク構造規格の評価基準を満足することを示す。

\*1 外筒は、内側に伝熱フィン及びレジンを保持する。外筒の破断が無ければ、伝熱フィン及びレジンは必要に位置に保持され、遮蔽機能及び除熱機能が損なわれることはない。

\*2 浸水深に基づく津波波力並びに流速及び漂流物質量に基づく衝突荷重が同時に作用することに加え、供用中に作用する荷重を組み合わせ、HDP-69BCH(B)型の評価上最も厳しくなる位置へ作用させる。

## 4. 設置許可基準規則への適合性について(第五条)

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



### ○津波荷重に対する安全評価について(2/2)

- フランジ部、二次蓋及び外筒に作用する津波荷重は、評価基準を満足する。また、密封境界部、バスケット及び外筒に作用する応力について、津波荷重により発生する加速度よりも大きな設計加速度が作用した時に評価部位に発生する応力は、評価基準を満足する。したがって、評価部位の構造健全性は維持される。

津波荷重作用時のフランジ部、二次蓋、外筒に作用する荷重

評価位置	作用する荷重(MN)	評価基準
フランジ部	5.62	設計荷重26MNより小さい*1
二次蓋	1.98	破断しない*2
外筒	2.02	破断しない*2

\*1 設計加速度294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の設計荷重の値。

\*2 二次蓋は外径19mm以上、外筒は外径149mm以上の漂流物であれば破断しない。漂流物は100tであり、特定兼用キャスクと同程度の大きさのものが衝突するものと推測され、破断に至る漂流物が衝突することはないと考えられる。

設計加速度における構成部材の応力評価結果\*1

評価位置	応力の種類	計算値(MPa)*2	評価基準(MPa)
一次蓋密封シール部	一次+二次応力	46	186 (S <sub>y</sub> )
一次蓋ボルト	$\sigma_m + \sigma_b$	492	848 (S <sub>y</sub> )
バスケットプレート	応力強さ	72	306(1.5S <sub>y</sub> )*3
外筒	許容曲げ応力	70	373 (1.5f <sub>b</sub> )

\*1 各評価部位の応力のうち、評価基準に対する余裕が最も少ない結果を記載。

\*2 兼用キャスク告示で定める加速度を上回る設計加速度196 m/s<sup>2</sup>又は294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の値。

\*3バスケットは、金属キャスク構造規格で規定される供用状態Dの許容基準Suとし、塑性変形が生じた場合、変形状態を臨界解析で考慮する。バスケットの応力強さSは全断面降伏が生じる1.5Sy(=306 MPa)より小さく、塑性変形は発生しない。

### ○設計方針の妥当性

以上より、津波荷重作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。したがって、HDP-69BCH(B)型の津波に対する設計方針は妥当である。

設置方法ごとの津波荷重と加速度

設置方法	津波荷重(MN)	加速度(m/s <sup>2</sup> )	設計加速度(m/s <sup>2</sup> )
基礎等に固定する設置方法(たて置き)	5.62	48	196又は294*2
基礎等に固定する設置方法(横置き)	9.03以下*1	69以下*1	
蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)	9.03	69	

\*1 津波荷重の作用方向によっては、基礎等に固定する設置方法(たて置き)よりも大きくなるが、蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)の加速度を上回ることはなく、設計加速度を超えることはない。

\*2 設計加速度196 m/s<sup>2</sup>又は294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の応力評価結果は、金属キャスク構造規格の評価基準を満足しており、設計加速度よりも小さい加速度であれば、評価基準を満足する。

## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求事項		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第6条	設計方針	設計方針の妥当性 (安全評価結果概要)
要求項目					
事項	条・項				
外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)	第4項	<p>兼用キャスク及びその周辺施設は、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの</p>	<p>第2項</p> <p>・第6条第4項に規定する「自然現象」については、以下のとおりとする。</p> <p>一 第1号に規定する「兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、次のとおりとする。</p> <p>・兼用キャスク告示第3条によるものとする。</p> <p>・竜巻による飛来物の衝突に対して、その安全機能が損なわれないものであること。</p>	<p>(1) HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突による荷重を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p> <p>(2) 特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、兼用キャスク告示に定める竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突による荷重を組み合わせた荷重条件に対して、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有する等、必要な安全機能が維持される設計とする。HDP-69BCH(B)型に衝突し得る設計飛来物は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドを踏まえて、飛来物の種類、寸法、質量及びその最大速度を設定する。</p>	<p>・兼用キャスク告示で定める竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突による荷重の条件に対する構造強度評価により特定兼用キャスクの構造健全性が維持される。</p> <p>・上記の荷重条件で発生する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはない。</p>

## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○外部からの衝撃による損傷の防止(第六条第4項一号)

#### 《設計方針》

##### 【安全設計に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める竜巻に対して安全機能が損なわれるおそれがないものとする。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

HDP-69-BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める竜巻に対して安全機能が維持される設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

#### 【具体的な設計方針】:

- HDP-69BCH(B)型は、兼用キャスク告示に定める竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突荷重を組み合わせた荷重条件に対して、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。
- 特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位のうち、兼用キャスク告示に定める竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突荷重を組み合わせた荷重条件に対して、閉じ込め機能を担保する密封境界部は、おおむね弾性状態に留まるように設計し、臨界防止機能を担保するバスケットについては、臨界防止上有意な変形が生じないように設計する。その他の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に対して十分な余裕を有する等、必要な安全機能が維持される設計とする。HDP-69BCH(B)型に衝突し得る設計飛来物は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドを踏まえて、飛来物の種類、寸法、質量及びその最大速度を設定する。

#### 【設計方針の妥当性確認(安全性評価)】:

- 兼用キャスク告示で定める竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突による荷重(以下「竜巻荷重」という。)の条件に対する構造強度評価により特定兼用キャスクの構造健全性が維持される。
  - 上記の荷重条件で発生する加速度よりも大きな設計加速度が作用しても特定兼用キャスクの安全機能を担保する部位が損なわれることはない。
- 以上より、竜巻荷重作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。

#### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- 貯蔵施設における設計飛来物の条件が、HDP-69BCH(B)型で想定する設計飛来物の条件に包絡されていること。

## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○審査ガイドの確認内容

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の竜巻による損傷の防止への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針の妥当性確認結果をp.31～34に示す。

項目	確認内容	竜巻による損傷の防止における考慮
竜巻(審査ガイド4.2.3)	(1)設置許可基準規則第6条第4項に規定する兼用キャスク告示で定める竜巻として、設置許可基準規則の解釈別記4第6条第2項第1号に基づき、設計竜巻(原子力発電所影響評価ガイド「1.4 用語の定義」)に規定する「設計竜巻」をいう。以下同じ。)の最大風速を以下のとおり定め、設計荷重を設定していること。 ・最大風速: 100 m/s	最大風速は、兼用キャスク告示で定める竜巻の最大風速を適用して、以下の値を用いる。 ・最大風速: 100 m/s
	(2)設計荷重の設定に用いる設計飛来物は、原子力発電所の竜巻影響評価ガイド解説表4.1に基づき、兼用キャスクに与える影響が最大のものを選定していること。	竜巻影響評価ガイド解説表4.1の5種類の飛来物の衝突による荷重を評価し、最も衝突荷重の大きい飛来物を選定する。
竜巻に対する設計方針(審査ガイド4.3.3)	(1)竜巻による飛来物の衝突荷重及び衝突による評価は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参考にしていること。	原子力発電所の竜巻影響評価ガイドに記載される参考規格、基準類の工学式に基づき評価する。
	(2)飛来物の衝突荷重は、例えば、建築物の耐衝撃設計の考え方((一社)日本建築学会2015.1)を参考に飛来物の圧壊挙動を無視してRieraの式等で算定していること。	設計飛来物の衝突による荷重は、飛来物の圧壊挙動を無視し、Riera <sup>(1)</sup> の式を用いて算定する。
	(3)竜巻荷重に対する兼用キャスクの評価は、既往の研究事例や機能確認試験等の結果との対比、FEM解析に基づく応力評価等により行われていること。	竜巻に対する設計方針(2)で示すように、Riera <sup>(1)</sup> の式を用いて衝撃荷重を算定し、特定兼用キャスクの安全機能を構成する部位に作用しても、評価部位がおおむね弾性範囲に留まる荷重及び応力以下であること、又は破断しないことを確認する。また、竜巻荷重による加速度が特定兼用キャスクに作用しても、安全機能を構成する部位に影響を及ぼさないことを確認する。

(1) J.D.Riera, 'On the Stress Analysis of Structures Subjected to Aircraft Impact Forces', Nuclear Engineering and Design 8, 415-426, 1968

## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○竜巻荷重に対する安全評価について(1/2)

- ・ 竜巻荷重が直接作用した時に、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材として、閉じ込め機能を担うフランジ部、遮蔽機能を担う二次蓋、遮蔽・除熱機能を担う外筒を評価対象として機能維持評価を行った。
- ・ また、竜巻荷重が直接作用する部位の構造健全性に加え、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部材として、閉じ込め機能を担う密封境界部(一次蓋密封シール部及び一次蓋ボルト)、臨界防止機能を担うバスケット、遮蔽・除熱機能を担う外筒を評価対象として機能維持評価を行った。

評価対象	竜巻	評価方法
フランジ部、二次蓋、外筒	兼用キャスク告示で定める竜巻による作用力*2 ・風速: 100 m/s	竜巻による荷重及び飛来物の衝突による荷重が直接作用しても評価基準を満足することを確認する。
密封境界部 (一次蓋密封シール部・一次蓋ボルト)、 バスケット(バスケットプレート)、外筒*1		竜巻荷重が作用した時に生じる加速度よりも大きな設計加速度が作用しても、密封境界部、バスケット、外筒が金属キャスク構造規格の評価基準を満足することを示す。

\*1 外筒は、内側に伝熱フィン及びレジン保持する。外筒の破断が無ければ、伝熱フィン及びレジン必要に位置に保持され、遮蔽機能及び除熱機能が損なわれることはない。

\*2 竜巻荷重として、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に加え、供用中に作用する荷重を組み合わせる。

設計飛来物について(竜巻影響評価ガイド解説表4.1に基づく)

飛来物の種類	棒状物		板状物	塊状物	
	鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック
寸法(m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×奥行 5×1.9×1.3
質量(kg)	8.4	135	540	2300	4750
最大水平速度(m/s)	49	51	30	60	34
最大鉛直速度(m/s)	33	34	20	40	23



## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○竜巻荷重に対する安全評価について(2/2)

- フランジ部、二次蓋及び外筒に作用する竜巻荷重は、評価基準を満足する。また、密封境界部、バスケット及び外筒に作用する応力について、竜巻荷重により発生する加速度よりも大きな設計加速度が作用した時に評価部位に発生する応力は、評価基準を満足する。したがって、評価部位の構造健全性は維持される。

竜巻荷重作用時のフランジ部、二次蓋、外筒に作用する荷重

評価位置	評価結果	評価基準
フランジ部	作用荷重 8.53 MN	設計荷重26MNより小さい*1
二次蓋	限界貫通厚さ 8.9 mm	<input type="text"/> (二次蓋の厚さ)
外筒	限界貫通厚さ 8.9 mm	20 mm (外筒の厚さ)

\*1 設計加速度294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の設計荷重の値。

設置方法ごとの竜巻荷重と加速度

設置方法	竜巻荷重 (MN)	加速度 (m/s <sup>2</sup> )	設計加速度 (m/s <sup>2</sup> )
基礎等に固定する設置方法(たて置き)	8.53	72	196又は294(注1)
基礎等に固定する設置方法(横置き)	8.53	72	
蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)	8.63	66	

\*1 設計加速度196 m/s<sup>2</sup>又は294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の応力評価結果は、金属キャスク構造規格の評価基準を満足しており、設計加速度よりも小さい加速度であれば、評価基準を満足する。

### ○設計方針の妥当性

以上より、竜巻荷重作用時に特定兼用キャスクの安全機能は維持される。したがって、HDP-69BCH(B)型の竜巻に対する設計方針は妥当である。

竜巻荷重作用時の複合荷重の内訳  
(蓋部が金属部に衝突しない設置方法の例)

項目	記号	計算値(N)
風圧力による荷重	W <sub>W</sub>	1.77 × 10 <sup>5</sup>
気圧差による荷重	W <sub>P</sub>	—*1
設計飛来物による衝撃荷重	W <sub>M</sub>	8.45 × 10 <sup>6</sup> *2
複合荷重	W <sub>T1</sub>	—
	W <sub>T2</sub>	8.63 × 10 <sup>6</sup>

\*1 気圧差による荷重は、構造健全性評価において、HDP-69BCH(B)型の外部と兼用キャスク本体内部の差圧設定にて考慮する。

\*2 竜巻影響評価ガイド解説表4.1の飛来物のうち、最も大きい荷重。

設計加速度における構成部材の応力評価結果\*1

評価位置	応力の種類	計算値 (MPa)*2	評価基準 (MPa)
一次蓋密封シール部	一次+二次応力	46	186 (S <sub>y</sub> )
一次蓋ボルト	σ <sub>m</sub> +σ <sub>b</sub>	492	848 (S <sub>y</sub> )
バスケットプレート	応力強さ	72	306(1.5S <sub>y</sub> )*3
外筒	曲げ応力	70	373 (1.5f <sub>b</sub> )

\*1 各評価部位の応力のうち、評価基準に対する余裕が最も少ない結果を記載。

\*2 兼用キャスク告示で定める加速度を上回る設計加速度196 m/s<sup>2</sup>又は294 m/s<sup>2</sup>が作用した時の値。

\*3バスケットは、金属キャスク構造規格で規定される供用状態Dの許容基準Suとし、塑性変形が生じた場合、変形状態を臨界解析で考慮する。バスケットの応力強さSは全断面降伏が生じる1.5S<sub>y</sub>(=306 MPa)より小さく、塑性変形は発生しない。

## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○複合荷重

竜巻荷重は、「竜巻影響評価ガイド」を踏まえ、次の①から③の荷重を組み合わせた複合荷重④を作用させる。

#### ①風圧力による荷重( $W_W$ )

建築物荷重指針・同解説(2015)<sup>(1)</sup>等の風荷重の式より算定。

$$W_W = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

q: 設計用速度圧(kg/(m/s<sup>2</sup>))

G: ガスト影響係数(-)

C: 風力係数(-)

A: 特定兼用キャスクの受圧面積(m<sup>2</sup>)

$\rho$ : 空気の密度(kg/m<sup>3</sup>)

V: 設計竜巻の最大風速(m/s)

#### ②気圧差による荷重( $W_p$ )

竜巻により生じる外気の気圧差による荷重は、構造健全性評価において、特定兼用キャスクの外部と特定兼用キャスク本体内部の差圧設定にて考慮するため、本評価では気圧差による荷重は考慮しない。

#### ③設計飛来物による衝突荷重( $W_M$ )

Rieraの方法に基づき、飛来物の圧壊挙動を無視するとともに、設計飛来物の衝突による減速を考慮せず、設計飛来物の衝突前の運動量と衝突荷重による力積が等しいとして算出する。

#### ④複合荷重( $W_T$ )

複合荷重 $W_T$ は、下記の式より算出する。複合荷重 $W_{T2}$ は、8.63MNであり、許容基準とした0.3 m落下時の設計荷重26 MNよりも小さく、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれることはない。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5W_{T1} + W_M$$

(1) 日本建築学会、「建築物荷重指針・同解説(2015)」(2019年10月)

## 5. 設置許可基準規則への適合性について(第六条)

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



### ○竜巻荷重による慣性力(加速度)の影響について

- 兼用キャスク告示に定める竜巻による荷重及び飛来物の衝突による荷重が作用した時、HDP-69BCH(B)型の安全機能を担保する部位には慣性力(加速度)が生じるが、より大きな設計加速度が作用しても安全機能を担保する部位に作用する応力は許容基準を満足する。したがって、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことはない。

飛来物による荷重による加速度の評価結果

設置方法	評価条件		評価結果	評価基準
	衝突荷重(MN) *3	貯蔵時の質量(t)	加速度(m/s <sup>2</sup> )	加速度(m/s <sup>2</sup> )
基礎等に固定する設置方法(たて置き)*1	8.53	118.6	72	196又は294*4
蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き) *2	8.63	132.2	66	

\*1: 基礎等に固定する設置方法の場合、緩衝体を装着しないため、貯蔵姿勢によらず、特定兼用キャスクの質量は同じで、竜巻による荷重及び設計飛来物の衝突による加速度は変わらない。したがって、たて置きの結果で代表可能である。

\*2: 輸送用緩衝体を特定兼用キャスクの両端に装着した状態。

\*3: 竜巻による荷重(風荷重)とトラックの衝突による荷重を組み合わせた荷重。

\*4: 設計加速度は、落下時に評価条件として使用する加速度であり、ここでは、0.3 m落下時(外運搬規則の技術上の要件のうちの一般の試験条件)の値を記載。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条)

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



### ○設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求事項		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第16条	設計方針(概要)	設計方針の妥当性 (安全評価結果概要)
要求項目					
事項	条・項				
臨界防止機能	第2項 一号 ハ	燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。	・第16条第2項第1号ハに規定する「臨界に達するおそれがない」とは、第5項に規定するもののほか、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の解釈(以下「貯蔵事業許可基準規則解釈」という。)第3条に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。	臨界を防止する構造により、貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び使用済燃料を収納する際に冠水状態になること等、技術的に想定されるいかなる場合でも、臨界を防止する設計とする。	・乾燥状態及び冠水状態における臨界評価により、中性子実効増倍率は0.95以下となることから、臨界に達するおそれがない。
遮蔽機能	第4項 一号	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事。	第16条第4項第1号に規定する「適切な遮蔽能力を有する」とは、第5項に規定するもののほか、以下をいう。 ・貯蔵事業許可基準規則解釈第4条第1項第3号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすこと。	ガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とする。	使用済燃料を線源とした遮蔽評価により、通常貯蔵時の特定兼用キャスク表面の線量当量率2 mSv/h以下、及び表面から1 m離れた位置における線量当量率が100 μSv/h以下となることから適切な遮蔽能力を有している。
除熱機能	第4項 二号	使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できるものとする事。	第16条第4項第2号に規定する「崩壊熱を適切に除去することができる」とは、第5項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第6条並びに第17条第1項第2号(貯蔵建屋を設置する場合に限る。)及び第3号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。	動力を用いずに使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料の崩壊熱を特定兼用キャスクの外面に伝え、周囲空気等に伝達し除熱する設計とする。	使用済燃料を熱源とした除熱評価により、貯蔵状態の燃料被覆管及び特定兼用キャスクの構成部材の温度が健全性を維持できる温度以下となることから崩壊熱を適切に除去できる。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条)

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



### ○設置許可基準規則の要件に対する適合性の概要(まとめ)

要求事項		要件	設置許可基準規則の解釈 別記4 第16条	設計方針(概要)	設計方針の妥当性 (安全評価結果概要)
要求項目					
事項	条・項				
閉じ込め機能	第4項 三号	使用済燃料が内包する放射性物質を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。	第16条第4項第3号に規定する「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」とは、次項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第5条第1項第1号及び第2号並びに第17条第1項第1号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。	蓋シール部に金属ガスケットを用いることにより、使用済燃料を内封する空間を設計貯蔵期間を通じて負圧に維持するとともに、一次蓋及び二次蓋の二重閉じ込め構造とし、蓋間を正圧に維持することにより、圧力障壁を形成し、使用済燃料を内封する空間を外部から隔離する設計とする。また、蓋間空間の圧力を測定することで閉じ込め機能を監視できる設計とする。	設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク内部を負圧に維持できる金属ガスケットを用いていることから放射性物質を適切に閉じ込めることができる。 また、蓋間空間の圧力を監視できる構造であり、閉じ込め機能を監視できる。
長期健全性	—	—	第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該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上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「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上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。 ・設計貯蔵期間を明確にしていること。 ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。	設計貯蔵期間中の温度、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を有する材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持することで使用済燃料の健全性を確保する設計とする。	使用環境における温度、放射線照射、腐食に係る長期健全性評価により、経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を維持できる。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) —設置方法ごとの説明方針—

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

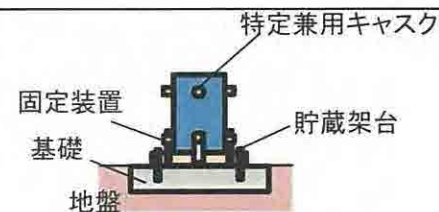
HITACHI



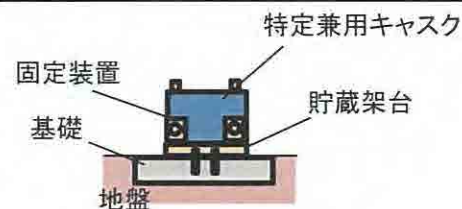
HDP-69BCH(B)型は、3つの設置方法を申請している。4つの安全機能(臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め)評価は、基礎等に固定する設置方法(たて置き)で安全機能全般の成立性を代表し、除熱評価では、貯蔵姿勢や緩衝体を考慮している。

### 4つの安全機能評価の代表性について

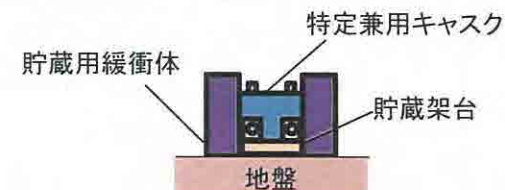
安全機能	基礎等に固定する設置方法		蓋部が金属部へ衝突しない設置方法
	たて置き(A)	横置き(B)	横置き(C)
臨界防止	使用済燃料仕様、内部水密度、収納位置、特定兼用キャスク配列を最も厳しい条件として中性子実効増倍率を評価し、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことを確認した。	← (姿勢によらないため、たて置き(A)で代表)	← (姿勢、緩衝体有無によらないため、たて置き(A)で代表)
遮蔽	線源強度、収納位置を最も厳しい条件として線量当量率を評価し、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことを確認した。	← (姿勢によらないため、たて置き(A)で代表)	← (姿勢によらず、緩衝体による遮蔽効果を無視して、たて置き(A)で代表)
除熱	使用済燃料の崩壊熱量、貯蔵建屋の境界条件から最も厳しい条件として各部の温度を評価し、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことを確認した。	← (横置き(B)の評価例からたて置き(A)の結果に包絡可能)	緩衝体(輸送用緩衝体)の装着による熱抵抗の効果を考慮して各部の温度を評価し、蓋部以外は、たて置き(A)の結果で代表可能であることを確認した。
閉じ込め	設計貯蔵期間、特定兼用キャスク本体内部の温度、圧力、容積、内部流体を考慮した最も厳しい条件として、基準漏えい率を評価し、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれないことを確認した。	← (同上)	← (緩衝体の影響を考慮しても特定兼用キャスク内部の温度はたて置き(A)の方が高く、たて置き(A)の評価で代表)



基礎等に固定する設置方法  
(たて置き)



基礎等に固定する設置方法  
(横置き)



蓋部が金属部へ衝突しない設置方法  
(横置き)

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) —設置方法ごとの説明方針—

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



HDP-69BCH(B)型は、3つの燃料タイプとそれらを収納する3つの収納配置条件で申請している。4つの安全機能評価は、燃料タイプや収納配置を考慮して、最も厳しい条件で評価を実施している。

### 4つの安全機能評価の燃料条件の代表性について

安全機能	基礎等に固定する設置方法		蓋部が金属部へ衝突しない設置方法
	たて置き (A)	横置き (B)	横置き (C)
臨界防止	(1)乾燥状態: ・最も反応度(初期濃縮度)の大きい燃料である高燃焼度8×8燃料を69体収納した条件で評価。 ・ガドリニアによる中性子吸収効果を見捨てる。 (2)冠水状態: ・ガドリニアによる燃焼初期の反応度抑制効果を考慮した上で収納対象の使用済燃料の、想定し得る最大の反応度を包絡できる仮想の燃料モデル(モデルバンドル)を69体収納した条件で評価。 ・燃焼度クレジットは考慮しない。	← (姿勢によらないため、たて置き(A)で代表)	← (姿勢、緩衝体有無によらないため、たて置き(A)で代表)
遮蔽	・線源強度の大きい収納配置である新型8×8ジルコニウムライナ燃料を69体収納した条件*1と高燃焼度8×8燃料を69体収納した条件*2でそれぞれ評価し、最も厳しい結果で代表。	← (姿勢によらないため、たて置き(A)で代表)	← (姿勢によらず、緩衝体による遮蔽効果を見捨てる、たて置き(A)で代表)
除熱	・最大崩壊熱量の大きい収納配置である新型8×8ジルコニウムライナ燃料を69体収納した条件*1と高燃焼度8×8燃料を69体収納した条件*2でそれぞれ評価。 ・また、燃料温度の確認*3のため、新型8×8燃料を69体収納した条件も評価。	← (最大崩壊熱量の大きい収納配置である新型8×8ジルコニウムライナ燃料を69体収納した条件で成立性を確認*1)	最大崩壊熱量の大きい収納配置である新型8×8ジルコニウムライナ燃料を69体収納した条件で成立性を確認*1
閉じ込め	・除熱評価の結果から、特定兼用キャスクの内部温度が最大となる条件で、漏えい率を評価。	← (同上)	← (緩衝体の影響を考慮しても特定兼用キャスク内部の温度は、たて置き(A)の方が高く、たて置き(A)の評価で代表)

\*1 収納配置(i) \*2 収納配置(ii)

\*3 新型8×8燃料の制限温度は、使用済燃料の長期健全性維持の観点から、200℃以下に設定。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 臨界防止機能 —

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)

#### ◀設計方針▶

##### 【安全設計に関する方針】

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。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

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ため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】:

- HDP-69BCH(B)型は、特定兼用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できる設計とする。
- HDP-69BCH(B)型は、中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加したバスケットプレートバスケットの構成部材に使用する設計とする。
- 貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及びHDP-69BCH(B)型に使用済燃料集合体を収納する際に冠水状態となること等、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。

##### 【設計方針の妥当性確認(安全性評価)】:

- 乾燥状態及び冠水状態における臨界評価により、中性子実効増倍率は0.95以下となることから、臨界に達するおそれがないことを確認する。

##### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- HDP-69BCH(B)型に使用済燃料集合体を収納するに当たっては、特定兼用キャスクの臨界防止機能に関する評価で考慮した因子についての条件又は範囲を逸脱しないような措置が講じられること。

◻ 内は商業機密のため非公開



## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 臨界防止機能 —

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



### ○ 審査ガイドの確認内容

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の臨界防止設計への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針及び設計方針の妥当性確認結果をp.41～44に示す。

項目	確認内容	臨界防止設計における考慮
臨界防止機能 (審査ガイド2.1)	1) 配置・形状 兼用キャスクの配置、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とともに、設計貯蔵期間を通じてバスケットの構造安全性が維持されること。 兼用キャスクが滑動する可能性がある場合は、滑動等による兼用キャスクの配置変化に伴う中性子実効増倍率の増加についても適切に考慮すること。	(1)以下の項目について、中性子実効増倍率が最も大きくなる条件を適用。 ・HDP-69BCH(B)型が無限に配列した体系(完全反射) ・バスケットプレート幅、バスケット格子内のり等の寸法公差 ・バスケット格子内の燃料配置 *1:完全反射の考慮により、特定兼用キャスクの滑動を考慮しても配置制限は必要ない。 (2)設計貯蔵期間を通じてバスケットプレート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に必要な構造健全性を維持する構造とする。
	2) 中性子吸収材の効果 中性子吸収材の効果に関して、以下について適切な安全裕度を考慮すること。 a. 製造公差(濃度、非均等性、寸法等) b. 中性子吸収に伴う原子個数密度の減少	(1)以下の項目について、中性子実効増倍率が最も大きくなる条件を適用。 ・中性子吸収材の濃度(ほう素添加量) ・中性子吸収材の寸法公差 (2)設計貯蔵期間を通じて中性子吸収材に含まれるほう素の減損割合は、 $10^{-5}$ 程度であり無視できる。
	3) 減速材(水)の影響 使用済燃料を兼用キャスクに収納する際、当該使用済燃料が冠水することを、設計上適切に考慮すること。	冠水状態(水密度 $1.0 \text{ g/cm}^3$ )を考慮。
	4) 検証され適用性が確認された臨界解析コード及びデータライブラリを使用すること。	臨界解析で使用するSCALEコードシステムは、HDP-69BCH(B)型を構成する燃料体及び構造物を模擬した多数の臨界実験ベンチマーク解析により検証され適用性を確認している。
	5) 設計上、バスケットの塑性変形が想定される場合は、塑性変形したバスケットの形状及び使用済燃料の状態を考慮しても未臨界が維持されること。	バスケットの応力が $S_y$ を上回った場合、塑性変形が生じるため、全断面降伏が生じる $1.5S_y$ 以下であることを確認した上で、臨界解析を実施する。

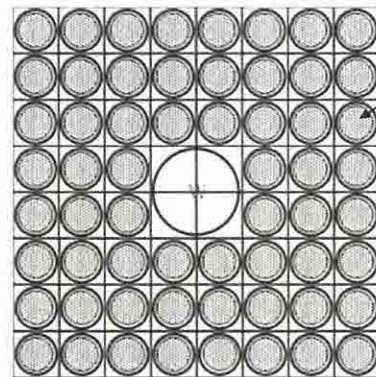
## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 臨界防止機能 —

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

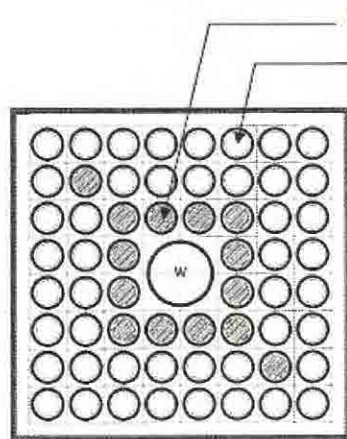


### ○ 臨界解析条件(収納物仕様)

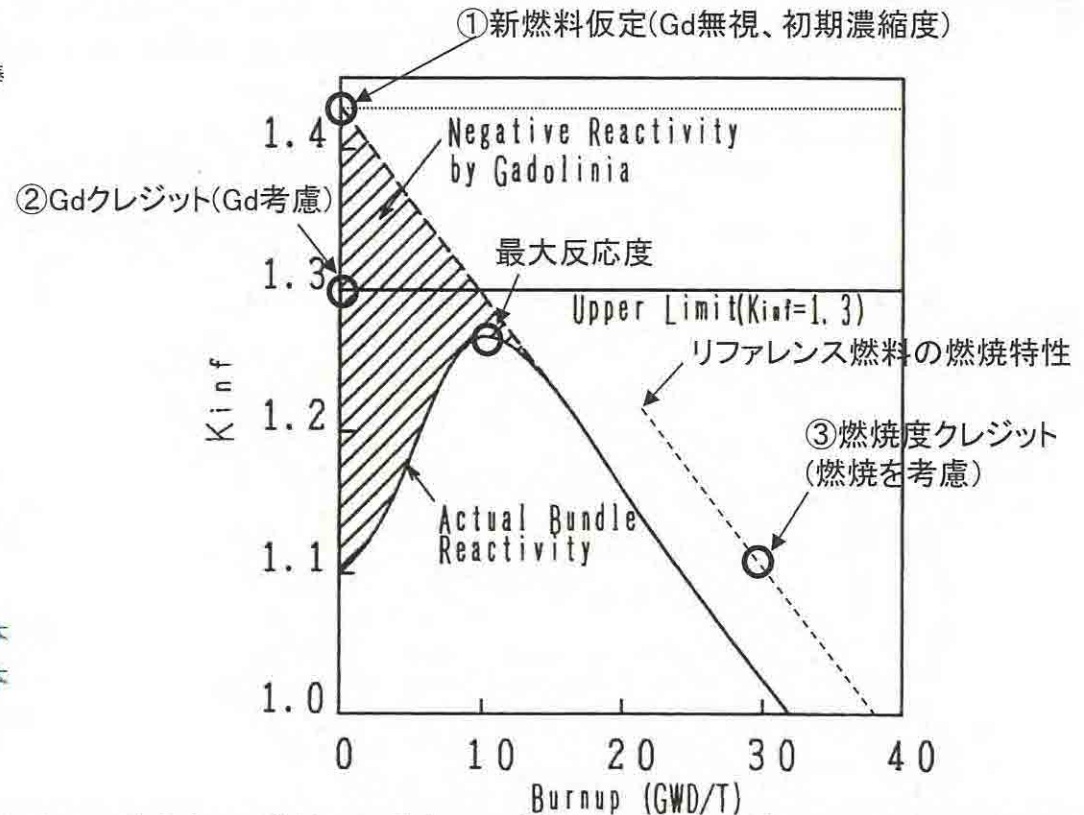
- 収納対象とする使用済燃料のうち、濃縮度が高く、反応度の大きい高燃焼度8×8燃料を対象として、燃焼度クレジットは保守的に考慮しない。
- 乾燥状態の燃料モデルは、ガドリニアの存在を無視し、初期濃縮度の最大値とする。
- 冠水状態の燃料モデルは、炉心冷温状態における無限増倍率が1.3となる仮想のモデルバンドルとする。



乾燥状態の燃料モデル(新燃料仮定)



高燃焼度8×8燃料モデルバンドル



上図<sup>(1)</sup>に示すように、一般的なBWR 燃料では、ガドリニアが燃え尽きることで、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ように設計される。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。

出典 (1) K. Kawakami, M. Matsumoto, H. Asano, T. Takakura, T. Matsumoto, T. Mochida, M. Yamaguchi, "The Use of Gadolinia Credit for Criticality Evaluation of a Spent-Fuel Cask," The 11th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials (PATRAM '95), December 3-8, 1995, Las Vegas, USA (1995).

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 臨界防止機能 —

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

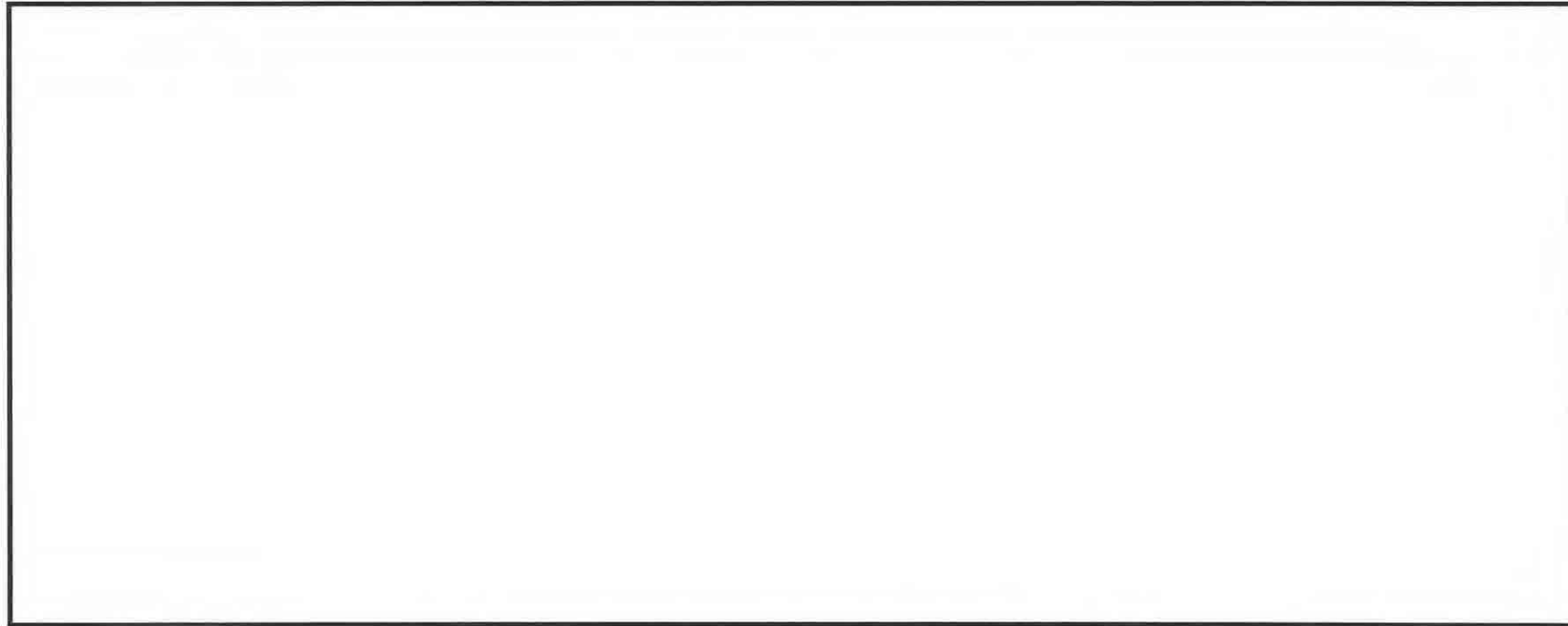
HITACHI



### ○臨界解析条件(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、仕様上の下限值とする。
- ・臨界防止の寄与を設計上考慮しないレジンは無視する。
- ・特定兼用キャスクの配置の変化による影響を包含できるモデルとするために特定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

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 臨界防止機能 —

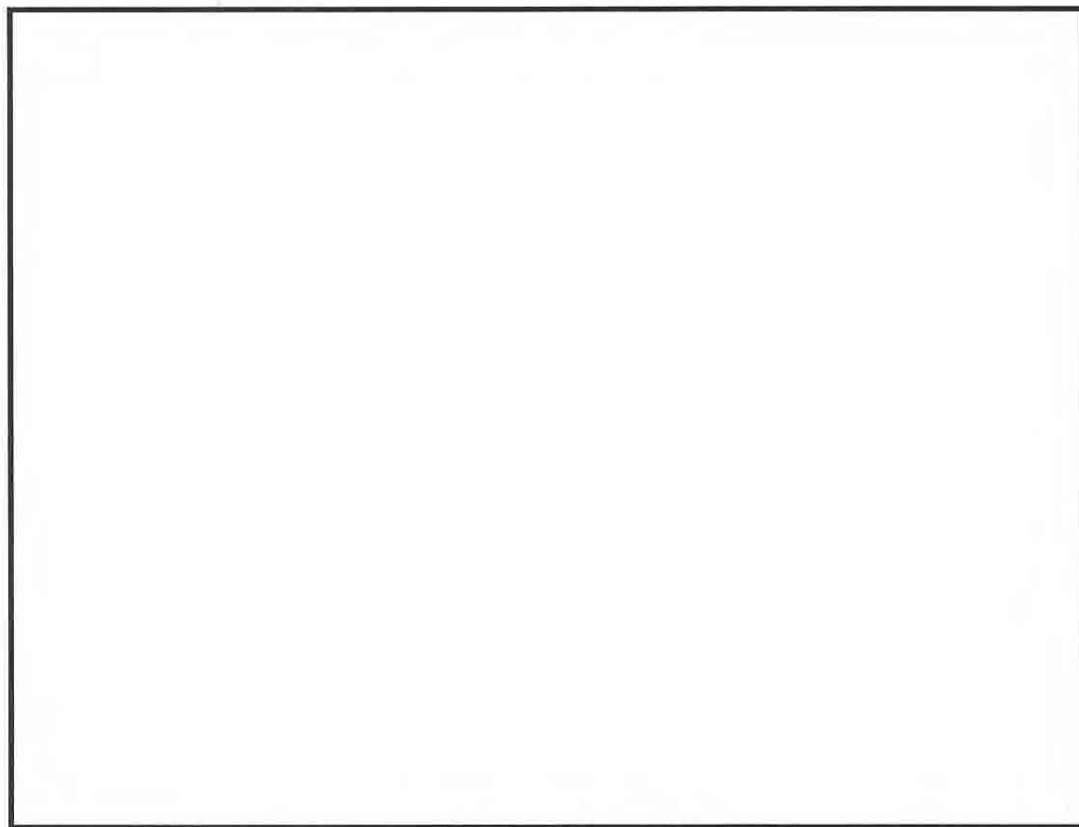
この資料及びこの資料に基づく計算書並びに記録等の出力を複製、第三者へ開示または公開しないようお願い致します



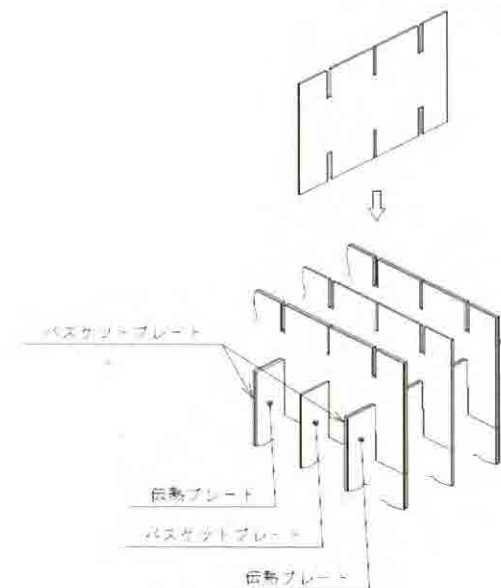
### ○ 臨界解析条件 (バスケットのモデル化)

HDP-69BCH(B)型のバスケットは以下のようにモデル化する。

- ・バスケットの板厚 (バスケットプレート、伝熱プレート) : すべてのプレートの厚さを**製造公差を考慮**して最小の厚さでモデル化する。バスケットプレートはほう素添加ステンレス鋼であり、強度部材と中性子吸収材を兼ねるため、製造公差を考慮して最小の厚さでモデル化することは保守的な評価となる。
- ・バスケット格子内のり: 69個のすべてのバスケット格子内のりを**製造公差を考慮**して最小の長さでモデル化する。
- ・バスケットプレートに含まれる**ほう素の濃度**は、最小値でモデル化する。



バスケットのモデル化



バスケット構造図

内は商業機密のため非公開

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 臨界防止機能 —

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



### ○ 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

- 特定兼用キャスクに使用済燃料を収納する際の乾燥状態に加え、使用済燃料を収納する際の冠水状態を考慮し、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		基準値	
乾燥状態	0.41	≤ 0.95	技術的に想定されるいかなる場合でも臨界を防止する設計とするため、乾式キャスクの判定基準*1である中性子実効増倍率の計算結果に計算誤差を考慮しても0.95を上回らないことを基準とした
冠水状態	0.89		

\*1: 原子力発電所内の使用済燃料の乾式キャスク貯蔵について(平成4年8月27日原子力安全委員会了承)

### ○ 設計方針の妥当性

以上より、設計上想定される状態において、特定兼用キャスクの中性子実効増倍率が0.95以下となる設計としていることから、特定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。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 遮蔽機能 —

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)

#### ◀設計方針▶

##### 【安全設計に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とする。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、使用済燃料からの放射線を適切に遮蔽する設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】:

- ・使用済燃料から放出される放射線を特定兼用キャスクの本体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設計する。
- ・設計貯蔵期間における特定兼用キャスクの中性子遮蔽材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても、特定兼用キャスク表面及び特定兼用キャスク表面から1 mの位置における線量当量率は、それぞれ2 mSv/h以下、100  $\mu$  Sv/h以下となるように設計する。

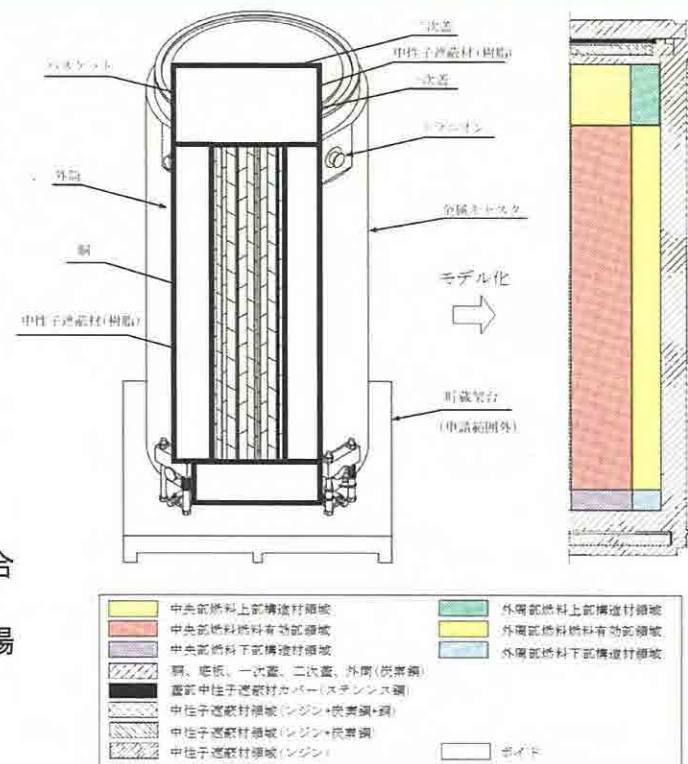
##### 【設計方針の妥当性確認(安全評価)】:

- ・使用済燃料を線源として遮蔽評価を実施、通常貯蔵時の表面の線量当量率が2 mSv/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  $\mu$  Sv/h以下となることを確認した。

##### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- ・遮蔽評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度に応じた使用済燃料集合体の配置の条件又は範囲を逸脱しないような措置が講じられること。
- ・貯蔵建屋の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下した場合においても、工場等周辺の実効線量は周辺監視区域外における線量限度を超えないこと。

◻ 内は商業機密のため非公開



遮蔽材の配置

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 遮蔽機能 —

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



### ○審査ガイドの確認内容

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の遮蔽設計への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針及び設計方針の妥当性確認結果をp.47～48に示す。

項目	確認内容	遮蔽設計における考慮
遮蔽機能(審査ガイド2.2)	1)使用済燃料の放射線源強度評価 使用済燃料の放射線源強度は、検証され適用性が確認された燃焼計算コードを使用して求めること。また、燃料型式、燃焼度、濃縮度、冷却年数等を条件とし、核種の生成及び崩壊を計算して求めること。	放射線源強度は、収納する燃料型式、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件とし、核種の生成及び崩壊に基づき燃焼計算コードORIGEN2により求める。
	2)兼用キャスクの遮蔽機能評価 a. 兼用キャスクからの線量当量率は、兼用キャスクの実形状を適切にモデル化し、及び1)で求めた放射線源強度に基づき、検証され適用性が確認された遮蔽解析コード及び断面積ライブラリ(以下「遮蔽解析コード等」と総称する。)を使用して求めること。その際、設計貯蔵期間中の兼用キャスクのガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材の熱劣化による遮蔽機能の低下を考慮すること。 b. 兼用キャスク表面の線量当量率を2mSv/h以下とし、かつ、兼用キャスク表面から1m離れた位置における線量当量率を100 $\mu$ Sv/h以下とすること。	線量当量率は、特定兼用キャスクの実形状を二次元でモデル化し、使用済燃料集合体の放射線源強度等を条件として、遮蔽解析コードDOT3.5により求める。その際設計貯蔵期間中の熱影響によるレジンの質量減損を考慮する。  特定兼用キャスク表面の線量当量率は2mSv/h以下、かつ、特定兼用キャスク表面から1m離れた位置における線量当量率は100 $\mu$ Sv/h以下となるように設計する。
	③ 遮蔽解析コード等 検証され適用性が確認された遮蔽解析コード等を使用すること。なお、モンテカルロコードを用いる場合は、相互遮蔽効果、ストリーミング及びコンクリート深層透過の観点から検証され適用性が確認されたものであること。	燃焼計算コードORIGEN2は、HDP-69BCH(B)型に収納する使用済燃料集合体と同等の冷却条件のANS標準崩壊熱データ等により、また、遮蔽解析コードDOT3.5及び断面積ライブラリは、使用済燃料輸送容器での遮蔽ベンチマーク試験により検証され適用性を確認している。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 遮蔽機能 —

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

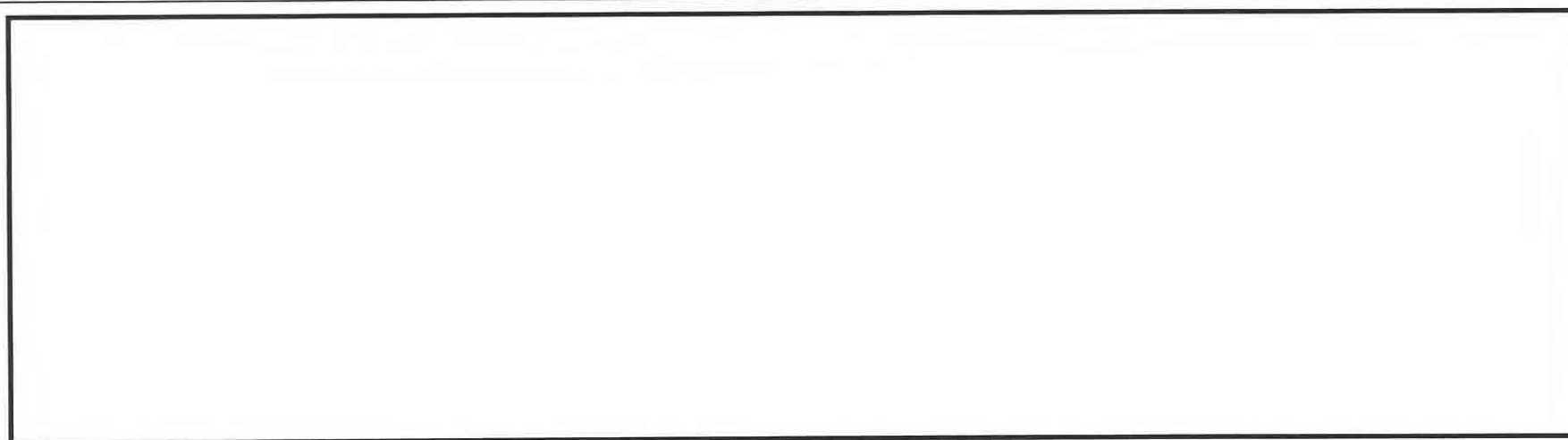


### ○遮蔽評価条件(収納物仕様)

- 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、設計において遮蔽効果を期待しないため、下記のモデルからは無視している。
- 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燃焼度分布を基に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の質量減損を考慮する。



遮蔽解析モデル図  
(上部モデル)

遮蔽解析モデル図  
(下部モデル)

遮蔽解析モデル図  
(上部トランニオンモデル)

遮蔽解析モデル図  
(下部トランニオンモデル)

□ 内は商業機密のため非公開



## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 遮蔽機能 —

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

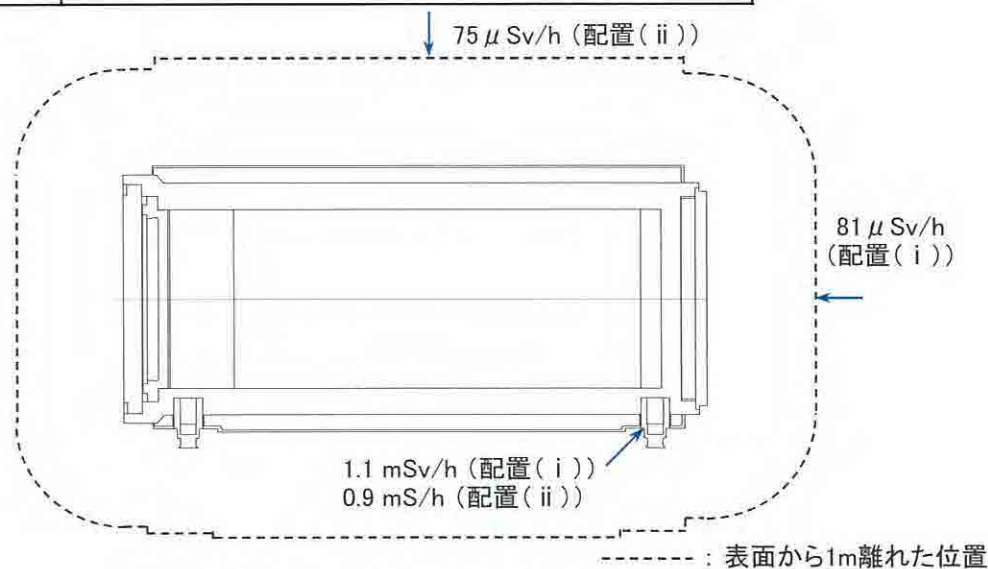


### ○遮蔽評価手法

- 使用済燃料の線源強度計算は、ORIGEN2コード、特定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

評価位置	評価結果	基準値	
表面	1.1 mSv/h	$\leq 2$ mSv/h	適切な遮蔽能力を有する設計とするため、設置許可基準規則 解釈別記4 第16条2号を基準とした
表面から1m離れた位置	81 $\mu$ Sv/h	$\leq 100$ $\mu$ Sv/h	



配置(i)及び配置(ii)での最大線量の位置

### ○設計方針の妥当性

以上より、設計上想定される状態において、特定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  $\mu$  Sv/h以下となる設計としていることから、特定兼用キャスクの遮蔽機能に係る設計方針は妥当である。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 除熱機能 —

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)

#### ◀設計方針▶

##### 【安全設計に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、部材の熱伝導、対流、ふく射によって、使用済燃料集合体から発生する崩壊熱を適切に外部に除去できる設計とする。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

HDP-69BCH(B)型は、崩壊熱を適切に外部に除去できる設計とするため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】:

- ・動力を用いずに使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料の崩壊熱を特定兼用キャスクの外表面に伝え、周囲空気等に伝達することにより除熱できる設計とする。
- ・使用済燃料の健全性及び特定兼用キャスクの安全機能を有する構成部材の健全性を維持するために、使用済燃料及び特定兼用キャスクの温度を制限される値以下に維持する方針とする。
- ・使用済燃料及び特定兼用キャスクの温度が制限される値以下に維持されていることを評価するために、特定兼用キャスク外表面の温度を測定できる設計とする。

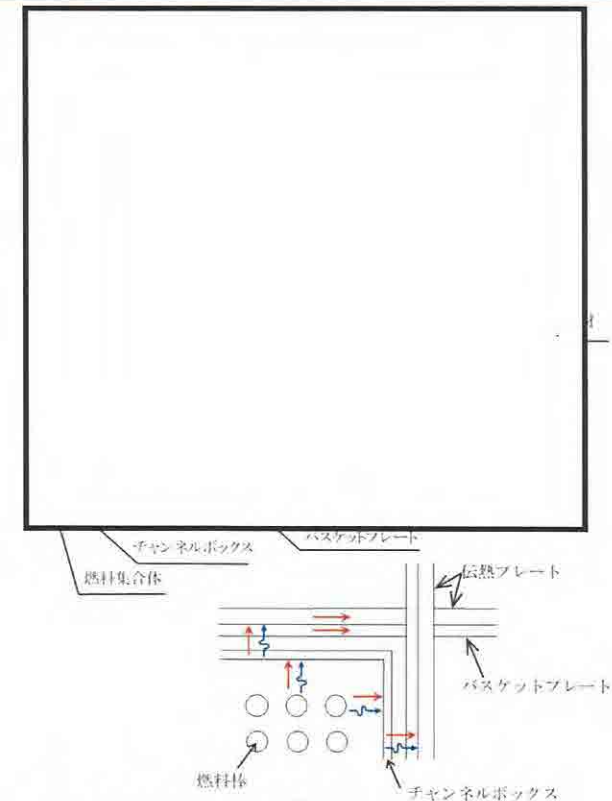
##### 【設計方針の妥当性確認(安全評価)】:

- ・使用済燃料を熱源とした貯蔵状態の伝熱評価を実施し、燃料被覆管及び特定兼用キャスクを構成する部材の健全性を維持できる温度を超えないことを確認した。

##### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- ・除熱評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼度に応じた使用済燃料集合体の配置の条件又は範囲を逸脱しないような措置が講じられること。
- ・貯蔵建屋は、特定兼用キャスクの除熱機能を阻害しない設計であること。貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計であること。
- ・特定兼用キャスクの周囲温度が、45℃以下であること。また、貯蔵建屋壁面温度が65℃以下であること。さらに、貯蔵建屋内の周囲温度が異常に上昇しないことを監視できること。

◻ 内は商業機密のため非公開



除熱解析モデル図

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 除熱機能 —

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



### ○審査ガイドの確認内容

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の除熱設計への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針及び設計方針の妥当性確認結果をp.51～53に示す。

項目	確認内容	除熱設計における考慮
除熱機能(審査ガイド2.3)	1)使用済燃料の崩壊熱評価 使用済燃料の崩壊熱は、検証され適用性が確認された燃焼計算コードを使用して求めること。また、燃焼型式、燃料体の実形状、燃焼度、濃縮度、冷却年数等を条件として計算した核種の生成及び崩壊から発熱量として求めること。	崩壊熱量は、収納する燃料型式、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件とし、核種の生成量及び崩壊に基づき燃焼計算コードORIGEN2により求める。
	2)兼用キャスク各部の温度評価 a. 兼用キャスクの各部の温度は、検証され適用性が確認された伝熱解析コードを使用して求めること。また、使用済燃料の崩壊熱、外部からの入熱及び兼用キャスク周囲の温度を条件とし、及び兼用キャスクの実形状を適切にモデル化すること。 b. 安全機能及び兼用キャスクの構造強度を維持する観点から、a.で求めた温度は、設計上想定される状態において、兼用キャスクの構成部材が健全性を保つ範囲に収まること。ここで、「健全性を保つ範囲」とは、兼用キャスクの各部の安全機能を維持する構造健全性及び性能を維持できる温度の範囲をいう。	特定兼用キャスク各部の温度は、HDP-69BCH(B)型の実形状を二次元でモデル化し、使用済燃料の崩壊熱、外部からの入熱及び周囲温度等を条件として、伝熱解析コードABAQUSにより求める。
	3)燃料被覆管の温度評価 a. 燃料被覆管の温度は、検証され適用性が確認された伝熱解析コードを使用して求めること。また、1)で求めた使用済燃料の崩壊熱と2)で求めた兼用キャスクの各部の温度を条件とし、使用済燃料集合体、バスケット等の実形状を適切にモデル化すること。 b. 燃料被覆管のクリープ破損及び機械的特性の低下を防止する観点から、a.で求めた温度は、設計上想定される状態において、制限される範囲に収まること。ここで、「制限される範囲」とは、燃料被覆管の構造健全性を維持できる温度の範囲をいう。	燃料被覆管の温度は、燃料集合体の径方向断面の実形状を二次元でモデル化し、使用済燃料の崩壊熱と特定兼用キャスク各部の温度評価で求めたバスケットの温度を境界条件として、伝熱解析コードABAQUSにより求める。  燃料被覆管の温度は、燃料被覆管の構造健全性を維持できる温度以下とする。  燃焼計算コードORIGEN2は、HDP-69BCH(B)型に収納する使用済燃料集合体と同等の冷却条件のANS標準崩壊熱データ等により、また、伝熱解析コードABAQUSは、使用済燃料輸送容器やHDP-69BCH(B)型と同等の伝熱形態を有する金属キャスクの伝熱試験により検証され適用性を確認している。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 除熱機能 —

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

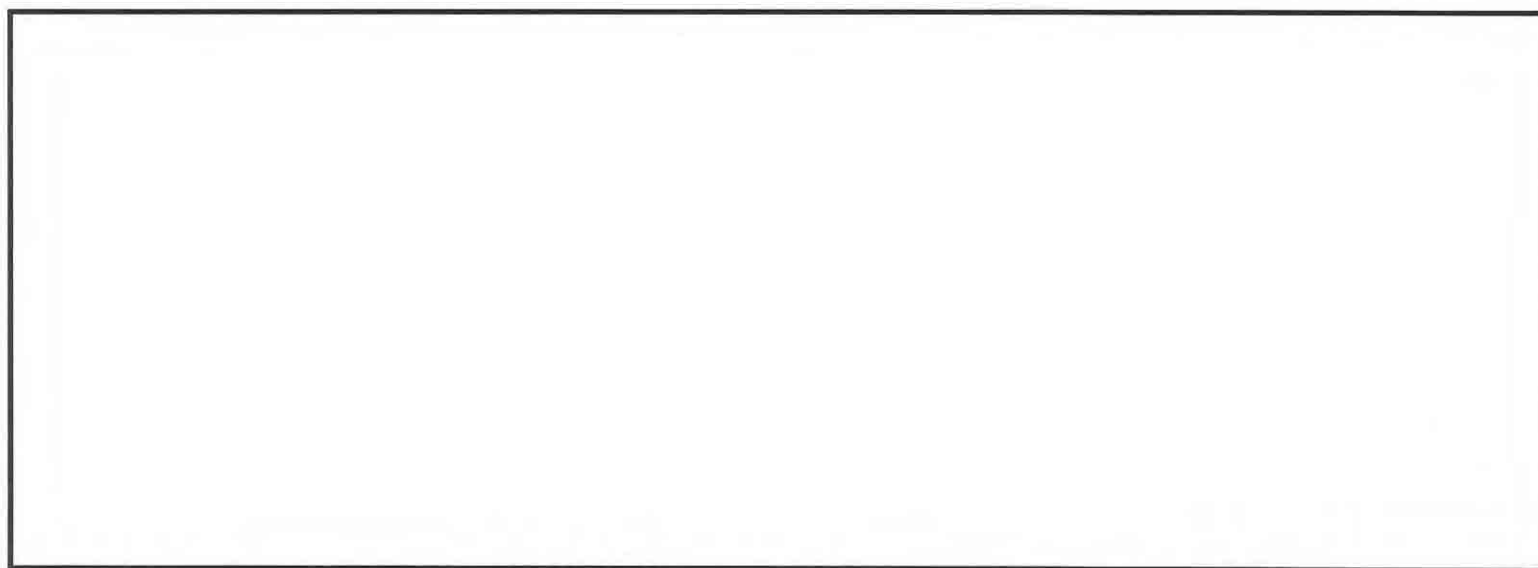


### ○ 除熱評価条件(収納物仕様)

- 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

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 除熱機能 —

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



### ○ 除熱評価手法

- 使用済燃料の崩壊熱計算はORIGEN2コード、特定兼用キャスク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(°C)	基準値(°C)	
燃料被覆管 最高温度	新型8×8燃料	196	200	使用済燃料の温度を、燃料被覆管のクリープ破損及び被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される温度以下に維持できる設計とするため、燃料被覆管の累積クリープ量が1%を超えない温度、照射硬回復現象により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物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温度を文献に基づき設定した
	新型8×8ジルコウムライナ燃料 高燃焼度8×8燃料	262	300	
特定兼用キャ スク構成部材 最高温度*1	胴、外筒、蓋部	142	350	特定兼用キャスクの温度を、安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持できる設計とするため、安全機能及び構造用強度の維持が必要な構成部材は、健全性が維持できる温度以下となる温度を文献、規格等に基づき設定した
	中性子遮蔽材(レジン)	128	150	
	金属ガスケット	90	130	
	バスケットプレート	251	300	

\*1: 配置(iii)の設計発熱量10.37 kWは、配置(i)(ii)の設計崩壊熱量(配置(i))15.34 kW、配置(ii)15.33 kWより小さく、特定兼用キャスク構成部材の最高温度は、配置(i)(ii)の温度以下となる。

### ○ 設計方針の妥当性

以上より、設計上想定される状態において、燃料被覆管のクリープ破断、機械的特定の低下を防止する温度以下、かつ、特定兼用キャスク構成部材の温度が、健全性を維持できる温度以下となる設計としていることから、特定兼用キャスクの除熱機能に係る設計方針は妥当である。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) —除熱機能—

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



### ○蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)と基礎等に固定する設置方法(横置き)の評価結果

- ・ 蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)及び基礎等に固定する設置方法(横置き)の温度評価結果を以下に示す。
- ・ 緩衝体の装着の影響で、蓋部及び金属ガスケットの温度は、蓋部が金属部へ衝突しない設置方法(横置き)の方が大きくなっているが、基準値を満足する。一方、容器内部の温度は、基礎等に固定する設置方法(たて置き)の方が大きく、閉じ込め機能等の安全機能の成立性評価に影響しない。
- ・ 基礎等に固定する設置方法(横置き)の評価結果は、たて置きの評価結果に包絡される。

対象となる部位		基礎等に固定する設置方法		蓋部が金属部へ衝突しない設置方法*1
		横置き(°C)	たて置き(°C)	横置き(°C)
燃料被覆管	新型8×8ジルコニウムライナ燃料	249	259 (244)*2	(240)*2
特定兼用キャスク	胴	123	142	136
	二次蓋	83	85	98
	中性子遮蔽材(蓋部、底部、側部)	117	128	—
	金属ガスケット	86	89	98
	バスケットプレート	238	248 (244)*2	(240)*2

\*1: 輸送用緩衝体を両端に装着した時の評価

\*2: カッコ内の値は、全体モデルの特定兼用キャスク内部の最高温度の値。内部の最高温度は、基礎等に固定する設置方法(たて置き)が最も大きいことから、燃料被覆管とバスケットプレートの評価結果も基礎等に固定する設置方法(たて置き)の評価結果で代表可能。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 閉じ込め機能 —

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項三号、16条解釈別記4 16条第4項)

#### 《設計方針》

##### 【安全設計に関する方針】

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。

##### 【発電用原子炉施設に及ぼす影響に関する方針】

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ため、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさない。

##### 【具体的な設計方針】:

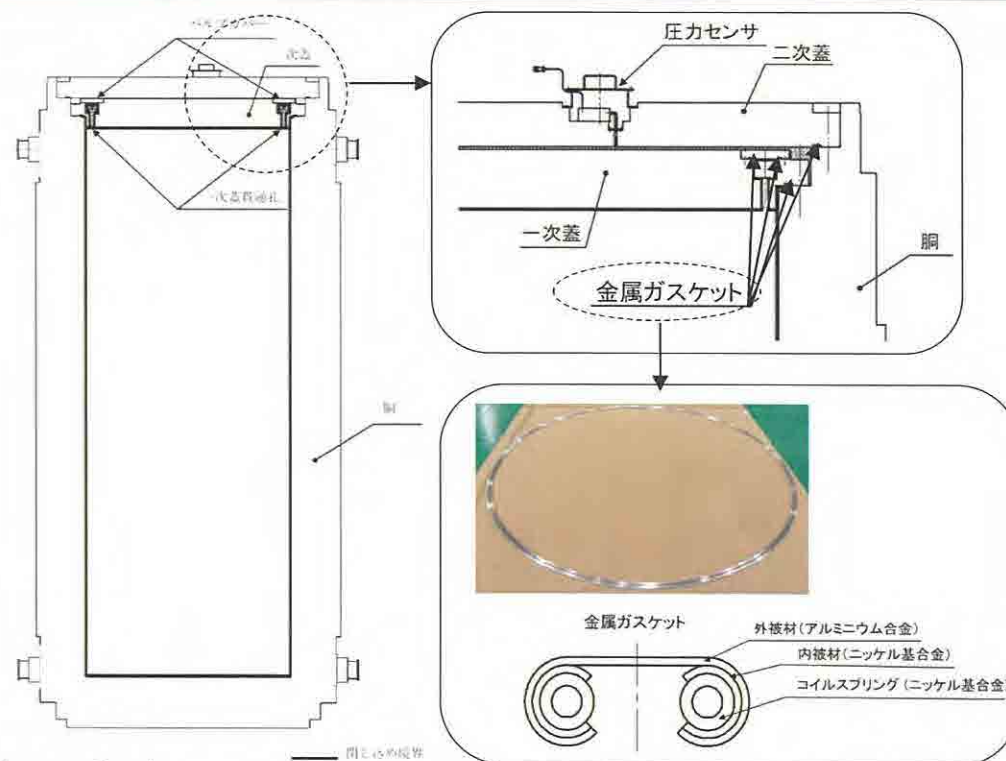
- ・長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、HDP-69BCH(B)型の蓋及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを用いることにより、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料集合体を内封する空間を不活性雰囲気と保つとともに負圧に維持する設計とする。
- ・特定兼用キャスクの蓋部を一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、蓋間を正圧に維持することにより圧力障壁を形成し、使用済燃料集合体を内封する空間を特定兼用キャスク外部から隔離する設計とする。

##### 【設計方針の妥当性確認(安全評価)】:

- ・蓋間の空間に充填されているヘリウムガスが設計貯蔵期間を通じて圧力一定とした条件にて特定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性ガスの放出を仮定し、設計貯蔵期間経過後に大気圧となるように求めた基準漏えい率を算出する。HDP-69BCH(B)型に用いる金属ガスケットの性能は、基準漏えい率及び基準漏えい率を下回るように設定するリークテスト判定基準に対し小さい漏えい率であることを確認した。

##### 【設置(変更)許可申請で別途確認される事項】:

- ・ 万一の閉じ込め機能の異常に対する修復性の考慮がなされていること。



HDP-69BCH(B)型の型じ込め構造

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 閉じ込め機能 —

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



### ○ 審査ガイドの確認内容(1/2)

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の閉じ込め設計への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針及び設計方針の妥当性確認結果をp.57～59に示す。

項目	確認内容	閉じ込め設計における考慮
閉じ込め機能 (審査ガイド 2.4)	(1)長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力(以下「蓋間圧力」という。)を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。	一次蓋と二次蓋の二重構造とし、蓋及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを使用する。また、蓋間空間の圧力を測定することで閉じ込め機能を監視できる設計とする。
	(2)兼用キャスクの内部の放射性物質が外部へ漏えいしないよう、設計貯蔵期間中、兼用キャスク内部の負圧を維持できること。	使用済燃料を収納する空間を設計貯蔵期間を通じて負圧に維持する設計とする。
	(3)密封境界部の漏えい率は、(2)を満たすものであること。また、使用する金属ガスケット等のシールの性能は、当該漏えい率以下であること。	密封境界部の漏えい率は、設計貯蔵期間中に特定兼用キャスクの負圧を維持できる漏えい率とし、金属ガスケットは、その漏えい率を満足するものを使用する。
	(4)閉じ込め機能評価では、密封境界部の漏えい率が、設計貯蔵期間、内部初期圧力及び自由空間容積(兼用キャスク内部容積から収納物及びバスケットを減じた容積をいう。)、初期の蓋間圧力及び蓋間の容積、温度等を条件として、適切な評価式を用いて求められていること。	密封境界部の漏えい率は、設計貯蔵期間、内部初期圧力、自由空間容積、初期の蓋間圧力、蓋間の容積、温度等を条件として、漏えい孔中の流れを考慮した適切な評価式を用いる。



## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 閉じ込め機能 —

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



### ○審査ガイドの確認内容(2/2)

項目	確認内容	閉じ込め設計における考慮
閉じ込め機能 (審査ガイド 2.4)	<p>(5)兼用キャスクの衝突評価</p> <p>1) 兼用キャスクを床等に固定せず設置するとき</p> <p>① 転倒モードの設定 兼用キャスクを縦置き又は横置きにした貯蔵状態で第6項地震力(設置許可基準規則第4条第6項に規定する地震力をいう。以下同じ。)を入力し、兼用キャスクの転倒、兼用キャスク同士の衝突及び兼用キャスクと周辺施設との衝突のうち、設計上想定するものを設定すること。</p> <p>② 兼用キャスクの衝突評価</p> <p>①で抽出した転倒等による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。この際「4.3.1地震に対する設計方針」を参考にしていること。</p> <p>2) 貯蔵建屋等を設置するとき</p> <p>① 貯蔵建屋等の損壊モードの設定 損壊モードに応じた衝突物又は落下物を抽出し、そのうち兼用キャスクの閉じ込め機能に及ぼす影響が最大であるものを設定すること。</p> <p>② 兼用キャスクの衝突評価</p> <p>①で抽出した衝突物又は落下物による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。</p> <p>3) 使用済燃料の再取出性の評価</p> <p>a. 兼用キャスクに収納される使用済燃料を取り出すために、一次蓋及び二次蓋が開放できること。 b. 使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、かつ、使用済燃料集合体の過度な変形を生じないこと。</p>	(型式証明の申請範囲外)
	<p>(6) 閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料貯蔵槽への移送を行うこと、これらの実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮がなされていること。</p>	(型式証明の申請範囲外)

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 閉じ込め機能 —

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



### ○閉じ込め計算条件、計算式

- 除熱評価の結果から特定兼用キャスク各部の温度は最も高い温度を適用して評価する。
- 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、特定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、特定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

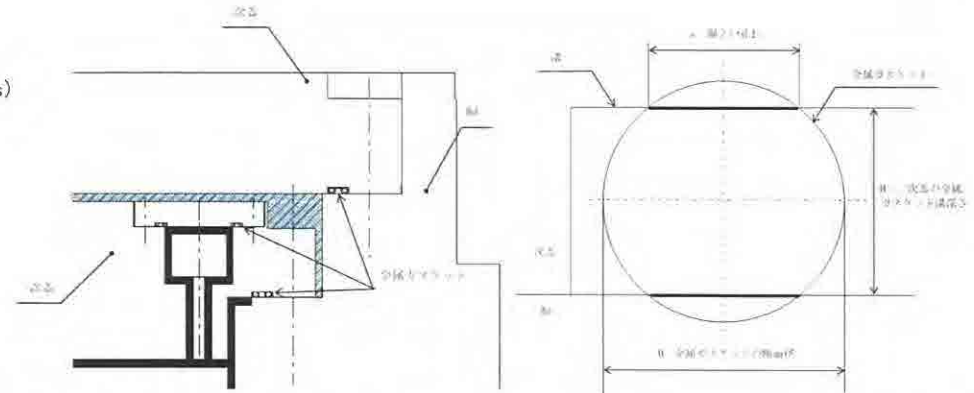
$$Q = L \cdot Pa$$

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

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

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

- Q : 漏えい率 (Pa・m<sup>3</sup>/s)
- L : 流れの平均圧力Paにおける体積漏えい率 (m<sup>3</sup>/s)
- Fe : 連続流のコンダクタンス係数 (m<sup>3</sup>/(Pa・s))
- Fm : 自由分子流のコンダクタンス係数 (m<sup>3</sup>/(Pa・s))
- Pu : 上流側の圧力 (Pa)
- Pd : 下流側の圧力 (Pa)
- D<sub>0</sub> : 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)
- R<sub>0</sub> : 気体定数 (J/(mol・K))



- 特定兼用キャスクの一次-二次蓋間圧力、ガス温度: 貯蔵開始時から一定
- 特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)

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) — 閉じ込め機能 —

この資料及びこの資料に基づく計算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



### ○閉じ込め評価結果

- 設計貯蔵期間(60年)を通じて、特定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小さい漏えい率であることを確認した。

リークテスト判定基準 (Pa・m <sup>3</sup> /s)	基準値 (Pa・m <sup>3</sup> /s)	
1.6 × 10 <sup>-6</sup> *1	2.4 × 10 <sup>-6</sup>	設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク内部を負圧に維持できる設計とするため、密封境界部の漏えい率が、設計貯蔵期間、内部初期圧力及び自由空間容積、初期の蓋間圧力及び蓋間の容積、温度等を条件として、工学式に基づき計算した基準漏えい率を基準とした。

注記\*1: 金属ガスケットを組み込んだ状態で試験できる気密漏えい検査装置の可検リーク量を考慮して、使用する金属ガスケットの設計漏えい率Qnは約10<sup>-7</sup> Pa・m<sup>3</sup>/sとする。

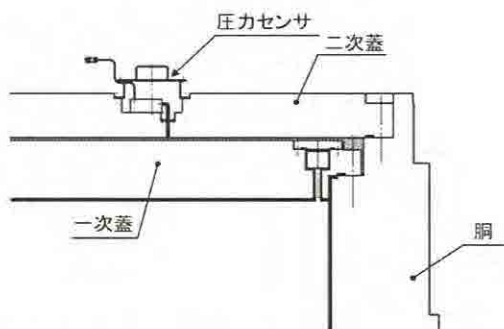
## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) —閉じ込め機能—

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



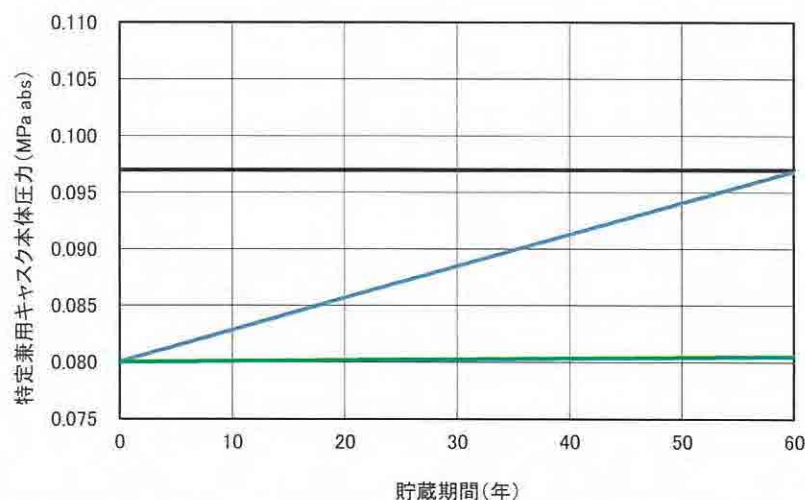
### ○閉じ込め機能の監視構造

- ・二次蓋に貫通孔を設け、圧力検出器を設置する構造とし、蓋間空間の圧力を測定することにより閉じ込め機能を監視できる構造とする。
- ・蓋間空間の圧力が金属ガスケットの設計漏えい率により低下しても、蓋間圧力は、設計貯蔵期間中に有意な圧力低下は生じず、大気圧以上が維持される。



\*1: 貯蔵用緩衝体等は省略して表示

閉じ込め機能の監視構造



凡例	圧力条件
—	大気圧 (0.097 MPa)
—	特定兼用キャスク内部圧力 (基準漏えい率)
—	特定兼用キャスク内部圧力 (金属ガスケットの設計漏えい率)

金属ガスケットの設計漏えい率による経時変化

### ○設計方針の妥当性

以上より、設計貯蔵期間中に特定兼用キャスク本体内部を負圧に維持できる設計としている。また、蓋間の圧力を監視できる構造としている。したがって、特定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。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) —長期健全性—

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



### ○審査ガイドの確認内容

審査ガイドの確認内容に対するHDP-69BCH(B)型の長期健全性への考慮を下表に示す。これらを考慮した設計方針の妥当性確認結果を次頁に示す。

項目	確認内容	長期健全性における考慮
材料・構造健全性機能(審査ガイド4.5)	(1)安全機能を維持する上で重要な兼用キャスクの構成部材は、兼用キャスクの最低使用温度における低温脆性を考慮したものであること。また、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及び当該環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化の影響を、設計入力値(例えば、寸法、形状、強度及び材料物性値)又は設計基準値の算定に際し考慮していること。さらに、必要に応じて防食措置等が講じられていること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全機能を維持する上で重要な特定兼用キャスクの構成部材は、最低使用温度における低温脆性を考慮した上で、その必要とされる強度、性能を維持するように設計する。</li> <li>HDP-69BCH(B)型は、特定兼用キャスクの構成部材について、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の影響を設計入力値又は設計基準値に考慮する。また、特定兼用キャスク本体及び蓋部表面の必要な箇所には、塗装等による防錆処理を講じる。</li> </ul>
	(2)兼用キャスク内部の不活性環境を維持し、温度を制限される範囲に収めることにより、兼用キャスクに収納される使用済燃料の経年変化を低減又は防止する設計であること。	HDP-69BCH(B)型は、特定兼用キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料の腐食等を防止するために、使用済燃料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。経年変化要因に対して、主要な構成部材の健全性を維持することで不活性環境を維持し、温度を制限される範囲に収めることにより、使用済燃料の健全性を維持する設計とする。
設計貯蔵期間(審査ガイド4.6)	設計貯蔵期間は、当該設計貯蔵期間中の兼用キャスクの安全機能を評価するに当たり、材料及び構造の経年変化の考慮を行うための前提条件となるため、設置(変更)許可申請書で明確にされていること。	HDP-69BCH(B)型は、設計貯蔵期間を60年以下として設計する。

## 6. 設置許可基準規則への適合性について(第十六条) —長期健全性—

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(16条解釈別記4 16条第5項)

#### 【設計方針】:

・HDP-69BCH(B)型は、特定兼用キャスクの構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ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、性能を維持するように設計する。

#### 【設計方針の妥当性確認(安全評価)】:

・設計貯蔵期間中の温度、放射線及びその環境下において、特定兼用キャスクの主要な構成部材の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性が維持されることを確認した(文献・試験データによる確認)。

経年変化要因	特定兼用キャスク構成部材及び使用済燃料に対して考慮すべき項目*1
熱(温度)	低温又は高温度での材料組成・材料組織の変化、強度・延性・脆性・その他の物性値の変化
放射線照射	ガンマ線及び中性子遮蔽による材料組成・材料組織の変化及び強度・延性・脆性・その他の物性値の変化
腐食	全面腐食、隙間腐食、応力腐食割れ、異種材料接触部の化学変化及びジルカロイにおける水素吸収・酸化

\*1(一社)日本原子力学会、「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準:2010」(AESJ-SC-F002 2010)、2010年

#### 【熱的影響】

・使用済燃料及び特定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(p.52参照)

#### 【放射線の照射影響】

・設計貯蔵期間中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

評価部材	評価結果(n/cm <sup>2</sup> )	基準値(n/cm <sup>2</sup> )	設計貯蔵期間中の放射線の環境条件下での経年変化を考慮した設計とするため、文献に基づき、材質の機械的特性に影響しない照射量を基準とした
胴、底板、外筒、蓋	<10 <sup>15</sup>	<10 <sup>16</sup>	
中性子遮蔽材	<10 <sup>14</sup>	<10 <sup>15</sup>	
金属ガasket	<10 <sup>14</sup>	<10 <sup>17</sup>	
バスケットプレート	<10 <sup>16</sup>	<10 <sup>17</sup>	

\* 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

#### 【化学的影響】

・特定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。

### ○設計方針の妥当性

以上より、特定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。

## 7. 安全機能の全般に係る設計方針 —貯蔵用緩衝体の設計方針—

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



### ○貯蔵用緩衝体の設計方針

・設置方法②(よこ置き)では、HDP-69BCH(B)型の両端に貯蔵用緩衝体を装着した状態で貯蔵することで、地震時に転倒した場合にも安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。貯蔵用緩衝体の設計方針及び事業者への条件として型式証明及び型式指定では以下の内容を説明する。

項目	型式証明での説明事項	型式指定での説明事項
設計方針	HDP-69BCH(B)型は、貯蔵用緩衝体を装着できること。特定兼用キャスクに荷重が作用しても、安全機能を担保する部材が供用状態D*1の評価基準を満足できる荷重及び加速度を設定し、貯蔵用緩衝体の設計条件として定義する方針であること。	型式証明の設計方針にしたがって、HDP-69BCH(B)型は、貯蔵用緩衝体を装着できること。特定兼用キャスクに荷重が作用しても、安全機能を担保する部材が供用状態D*1の評価基準を満足できる荷重及び加速度を、貯蔵用緩衝体の設計条件として設定していること。
成立性	—*2	貯蔵用緩衝体の設計条件として設定した荷重及び加速度において、特定兼用キャスクの貯蔵時の安全機能を担保する部材に発生する応力が供用状態D*1の評価基準を満足すること。
事業者審査への引継ぎ事項	(設置(変更)許可申請) 貯蔵用緩衝体の設計条件とする荷重及び加速度は、特定兼用キャスクの安全機能が損なわれない荷重及び加速度以下とする方針であること。	(設工認申請) 第6項地震力に起因する衝突事象を設定して、貯蔵用緩衝体を詳細設計し、特定兼用キャスクに作用する荷重及び加速度が、型式指定で設定した貯蔵用緩衝体の設計条件としての荷重及び加速度以下であること。

\*1: 日本機械学会 使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格に規定される供用状態

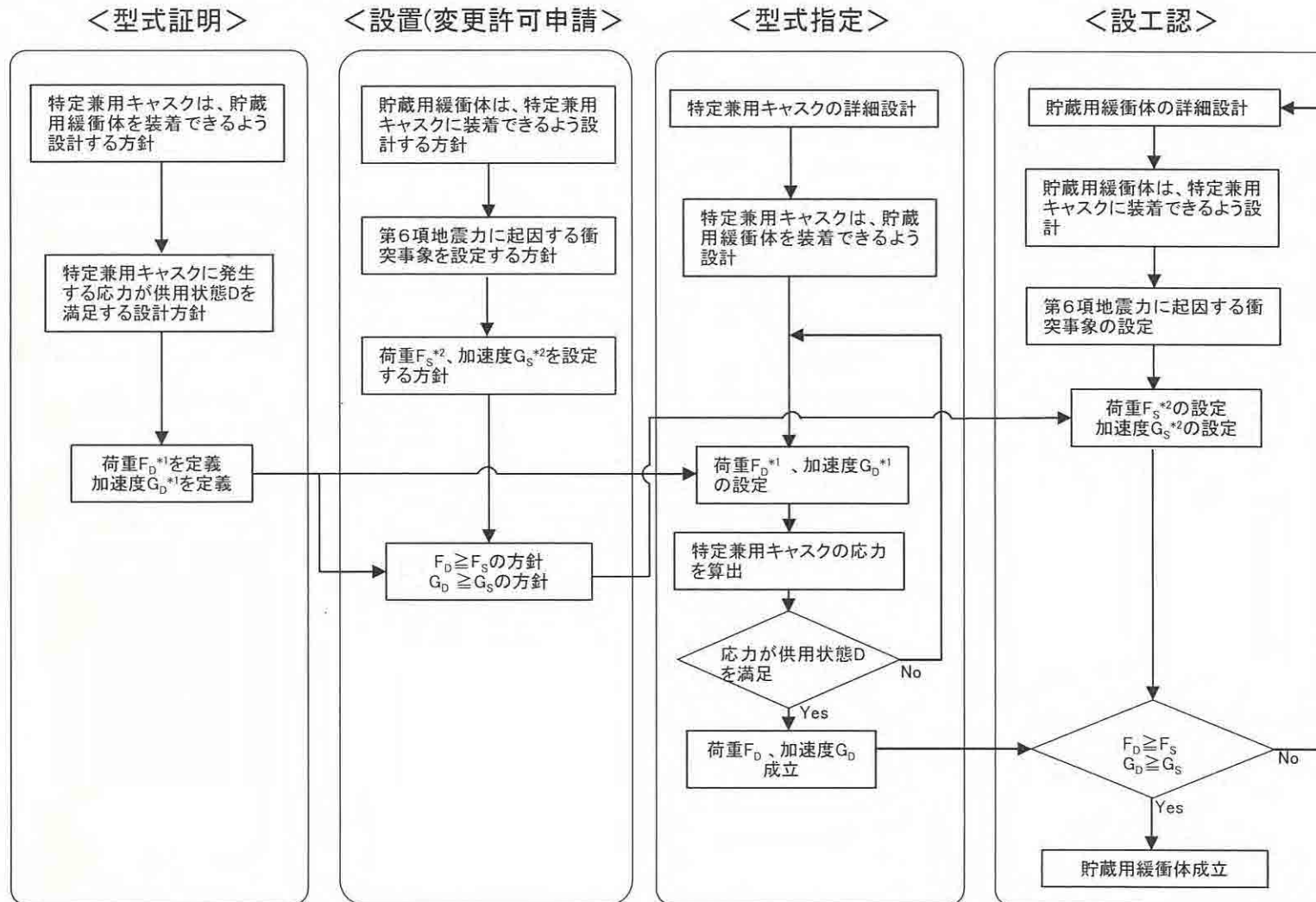
\*2: 参考として、HDP-69BCH(B)型は、特定兼用キャスクとして、設計する方針であり、外運搬規則に適合するように輸送用緩衝体設計のために別途設定する設計加速度及び設計荷重を貯蔵用緩衝体の設計条件として適用すれば、供用状態Dの評価基準を満足することができる

# 7. 安全機能の全般に係る設計方針 —貯蔵用緩衝体の設計に関する説明方針—

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



## ○貯蔵用緩衝体の設計に関する説明のフロー



\*1: 供用状態Dを満足する荷重

\*2: 第6項地震力に起因する衝突事象を考慮して設計した貯蔵用緩衝体を装着した場合に特定兼用キャスクに作用する荷重及び加速度








# 参考1 原子力発電所内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスク による使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド 抜粋

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  
複写、第三者へ開示または  
公開しないようお願い致します



別表 兼用キャスクの設置方法に応じた評価の例

設置方法		地盤、基礎、 支持部等の評 価	蓋部の金属部 への衝突評価	兼用キャスク 本体評価	備考
地盤の十分な支持を想定しない 基礎等に固定しない	①輸送荷姿 	-	-	-	*1
	②蓋部の金属部への衝突 が生じない設置方法 	-	-	○ (加速度)	
	③蓋部の金属部への衝突 が生じる設置方法 	-	○ (速度)	○ (加速度)	*2
④基礎等に固定する 	○ (基準地震動)	/	○ (加速度)		
地盤の十分な支持 を想定する	⑤基礎等に固定する 	○ (基準地震動)	/	○ (加速度)	*3

○：評価要  
-：評価不要

\*1～\*3：「6.1 安定性評価の基本方針」参照

## 参考2 当社が型式証明で申請する設置方法について

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



○設置方法の名称は、審査ガイド 別表の記載の番号にあわせている。

		設置方法				設置方法	
地盤の十分な支持を想定しない	基礎等に固定しない	設置方法② よこ置き	<p>兼用キャスク 貯蔵建屋等*1 緩衝体等*2 貯蔵架台 地盤</p>	地盤の十分な支持を想定する	基礎等に固定する	設置方法④ たて置き	<p>基礎</p>
		設置方法② たて置き	<p>貯蔵架台</p>			設置方法④ よこ置き	
		設置方法③ たて置き				設置方法⑤ たて置き	<p>固定装置 基礎 貯蔵架台</p>
		設置方法③ よこ置き	<p>貯蔵架台</p>			設置方法⑤ よこ置き	<p>固定装置 基礎 貯蔵架台</p>

注記\*1 HDP-69BCH(B)型が雨水等に常時曝されることがないように貯蔵建屋やコンクリートモジュール等を設置。ただし、貯蔵建屋等の耐震性(要求なしを含む)は、設置(変更)許可申請において選択する。

注記\*2 HDP-69BCH(B)型の蓋部が金属部へ衝突しない方法により設置するために、特定兼用キャスクに装着する貯蔵用緩衝体等の貯蔵用付属品を指す。

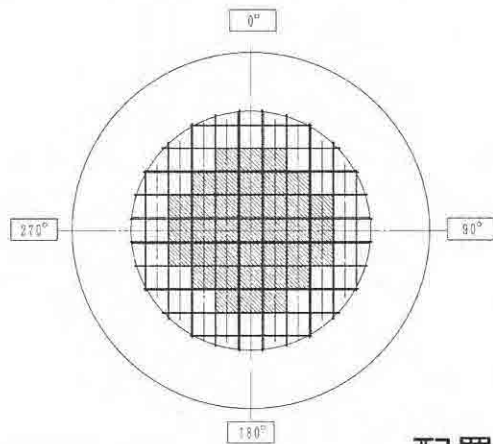
### 参考3 HDP-69BCH(B)型の使用済燃料収納条件(1/3)

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



#### ○ 配置(i)の使用済燃料収納条件

種類		中央部		外周部	
使用済燃料の種類		新型8×8 ジルコニウムライナ 燃料	高燃焼度 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
使用済燃料 1体当たり	最高燃焼度(MWd/t以下)	40,000		34,000	
	冷却期間(年以上)	18			
特定兼用キャス ク1基当たり	収納体数(体)	37		32	
	キャスク内平均燃焼度 (MWd/t以下)	34,000			
	最大崩壊熱量(kW以下)	12.1			



- 中央部 : 最高燃焼度40,000MWd/t以下の使用済燃料を収納(37体)
- 外周部 : 最高燃焼度34,000MWd/t以下の使用済燃料を収納(32体)

配置(i)の使用済燃料収納位置

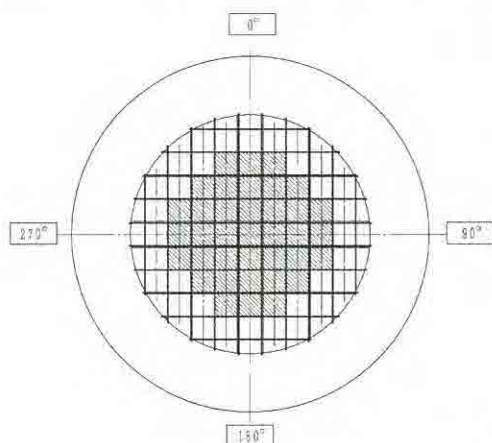
### 参考3 HDP-69BCH(B)型の使用済燃料収納条件(2/3)

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)の使用済燃料収納条件

種類		中央部	外周部	
使用済燃料の種類		高燃焼度 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
使用済燃料 1体当たり	最高燃焼度(MWd/t以下)	48,000	40,000	
	冷却期間(年以上)	20	22	
特定兼用キャスク 1基当たり	収納体数(体)	37	32	
	キャスク内平均燃焼度 (MWd/t以下)	40,000		
	最大崩壊熱量(kW以下)	13.8		



- 中央部 : 最高燃焼度48,000MWd/t以下の使用済燃料を収納(37体)
- 外周部 : 最高燃焼度40,000MWd/t以下の使用済燃料を収納(32体)

配置(ii)の使用済燃料収納位置

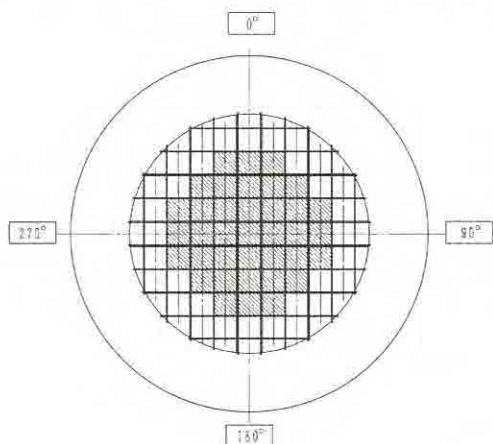
### 参考3 HDP-69BCH(B)型の使用済燃料収納条件(3/3)

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



#### ○ 配置(iii)の使用済燃料収納条件

種類		中央部	外周部
使用済燃料の種類		新型8×8燃料	
使用済燃料 1体当たり	最高燃焼度(MWd/t以下)	34,000	29,000
	冷却期間(年以上)	28	
特定兼用キャスク1基当たり	収納体数(体)	37	32
	キャスク内平均燃焼度(MWd/t以下)	29,000	
	最大崩壊熱量(kW以下)	8.4	



- 中央部** : 最高燃焼度34,000MWd/t以下の使用済燃料を収納(37体)
- 外周部** : 最高燃焼度29,000MWd/t以下の使用済燃料を収納(32体)

配置(iii)の使用済燃料収納位置

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  
を複製、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(概要版一式))

日立GEニュークリア・エナジー株式会社