リサイクル燃料備蓄センター設工認
設 2-参-002 <u>改 1</u>
2021年 <u>12</u> 月 <u>27</u> 日

リサイクル燃料備蓄センター 設計及び工事の計画の変更認可申請書 (参考資料)

(少小)员个门

基本的安全機能の説明事項に関する 型式指定申請書との比較について

令和3年12月

リサイクル燃料貯蔵株式会社

目次

1. 目的	
2. <u>比較対象</u> ······	
3. 設工認申請資料の)記載の基本的考え方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・1
4. 型式指定申請書と	:の記載事項の比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2
第 4-1 表(1/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の比較 (使用溶燃料の臨界防止に関する説明事項)
第 4-1 表(2/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の比較 (放射線の遮蔽に関する説明事項)
第 4-1 表(3/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の比較 (使用済燃料等の閉じ込めに関する説明事項)
第 4-1 表 (4/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の比較 (使用済燃料等の除熱に関する説明事項)
第 4-1 表(5/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の比較 (主要な容器の強度及び耐食性に関する説明事項)
第 4-2 表(1/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の記載の比較 (使用落燃料の臨界防止に関する説明事項)
第 4-2 表(2/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の記載の比較 (放射線の遮蔽に関する説明事項)
第 4-2 表(3/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の記載の比較 (使用済燃料等の閉じ込めに関する説明事項)
第 4-2 表(4/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の記載の比較 (使用済燃料の除熱に関する説明事項)
第 4-2 表(5/5)	「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の記載の比較 (主要な容器の強度及び耐食性に関する説明事項)

1. はじめに

本資料は、使用済燃料備蓄センター(以下「RFS」という。)の基本的安 全機能及びこれを確保・維持する材料及び構造に関する技術基準適合性の説明 について、型式指定申請書との相違を明確化するものである。

- 2. 比較対象
- 2.1 型式指定申請書の比較対象

<u>比較対象は、原規規発第2107065号(令和3年7月6日付け)にて、特定容器</u> 等の型式について指定(T-DPC21001)された日立GEニュークリア・エナジ 一株式会社「使用済燃料貯蔵施設に係る型式設計特定容器等の型式指定申請 書」(令和元年5月8日付け Doc No. FRO-TA-0024/REV.0(令和3年6月24日付 け Doc No.FRO-TA-0084/REV.0をもって一部補正),以下「型式指定申請書」 という。)の申請書本文及び申請書添付書類2,3,4,5,8とする。

2.2 RFS設工認申請の比較対象

<u>比較対象</u>は、申請書本文、申請書添付書類3の添付1,2,3,4<u>,10及び</u>これら<u>の</u>補足説明資料<u>(以下「RFS設工認申請資料」という。)</u>とする。

3. 型式指定申請書との相違の概要

型式指定申請書とRFS設工認申請の金属キャスクは、同じ基準、規格に基 づく同一材料及び構造で設計した金属キャスクであるが、収納する使用済燃料 の仕様に違いがあること及び事業の変更許可に基づくRFS固有の安全設計 があるため、申請書の一部表現に相違がある。

- 3.1 収納する使用済燃料仕様の違い
 - (1) 収納する使用済燃料仕様の比較 型式指定申請書とRFS申請書で申請する金属キャスクに収納する使用済 燃料仕様の比較については,第3-1表の通り。

項目		型式指定		RFS設工認			
収納する使用済 燃 料 の 種 類	新型 8×8 燃料	新型 8 × 8 ジルコニウム ライナ燃料	高燃焼度 8×8燃料	新型 8×8 燃料	新型 8 × 8 ジルコニウム ライナ燃料	高燃焼度 8×8燃料	
濃 縮 度 (w t %)	3. 1	3. 1	3.66	3. 1	3. 1	3.66	
最高燃焼度(MWd/t)	34,000	40, 000	48,000	34, 000	40,000	40,000	
最低冷却期間 (年)	28	18	18	24	18	18	

第3-1表 収納する使用済燃料仕様の主な比較

 \sim

(2) 解析の比較

型式指定申請書に対するRFSの設工認申請書の記載は,型式指定申請書 で申請する特定容器等とRFSの設工認申請書で申請する金属キャスクにつ いて,収納する使用済燃料の仕様に相違があるため,安全性を確認する解析 について以下の相違がある。

- <u>a.使用済燃料の臨界防止</u> <u>収納燃料に違いはあるが,解析対象とする最大の反応度を有する使用済</u> 燃料集合体(入力)は変わらないため,解析結果は同じである。
- b. 放射線による被ばくの防止

<u>収納燃料の違いによる線源強度(入力)に違いがあるが,解析結果の端</u> 数処理により,解析結果は同じである。

なお, RFSの設工認申請書には,事業の変更許可に基づく使用済燃料 貯蔵建屋による放射線の遮蔽(3.2 b.)の解析が追加となる。

- <u>c.使用済燃料等の閉じ込め</u> <u>収納燃料の違いによるFPガス生成量に違いがあるが,端数処理の結果,</u> 解析結果は同じである。
- <u>d.</u>使用済燃料の除熱

<u>収納燃料の違いにより解析結果(金属キャスク各部の最高温度)に違い</u>がある。

なお, RFSの設工認申請書には,事業の変更許可に基づく使用済燃料 貯蔵建屋による使用済燃料の除熱(3.2 a.)の解析が追加となる。

<u>e. 耐圧強度及び耐食性</u>

使用済燃料等の除熱性の評価結果を使って解析を行うため,解析結果は 同じである。

- <u>3.2</u> RFS事業の変更許可に基づく<u>安全設計の違い</u> 燃料貯蔵規則に基づき,<u>RFSの設工認申請書では,型式指定申請書に対</u>
 - して,以下の項目を追加で記載している。
 - a. 使用済燃料貯蔵建屋による使用済燃料の除熱に関する説明事項
 - b. 使用済燃料貯蔵建屋による放射線の遮蔽に関する説明事項
 - c. 申請する金属キャスクへの使用済燃料集合体の収納に関する説明事項
 - d. 申請する金属キャスクの搬出への備えに関する説明事項

4. 型式指定申請書との記載事項の比較

「3. 型式指定申請書との相違の概要」を踏まえて型式指定申請書と RFS設工認申請の基本的安全機能に関する記載の相違を明確化するため, 以下に示す二つの観点で申請資料の記載事項を整理し相違を明確化した。

4.1 解析の比較 型式指定申請書とRFSの設工認申請資料の基本的安全機能等の解析につ いて,入力,解析条件,解析方法及び解析結果の項目毎に整理し相違を明確化 した。 第 4-1 表 (1/5) 「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の 比較(使用済燃料の臨界防止に関する説明事項) 第 4-1 表 (2/5) 「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の 比較(放射線の遮蔽に関する説明事項) 「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の 第 4-1 表 (3/5) 比較(使用済燃料等の閉じ込めに関する説明事項) 第 4-1 表 (4/5) 「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の 比較(使用済燃料等の除熱に関する説明事項) 「型式指定申請書」と「RFS設工認申請書」の解析の 第 4-1 表 (5/5) 比較(主要な容器の強度及び耐食性に関する説明事項)

4.2 申請書の記載の比較

型式指定申請書とRFS設工認申請資料の記載を整理し相違を明確化した。

- (1) 基本的安全機能:第4-2表(1/5)から同表(4/5)まで
- (2) 耐圧強度及び耐食性(主要な容器の構造及び耐食性):第<u>4-2</u>表(5/5)

なお、「3.2 RFS事業の変更許可に基づく追加の記載事項」に示すc. 項及びd.項については、型式指定申請書に記載事項が無いため、以下の通 りRFS設工認申請資料で新たに記載している。

- c.申請する金属キャスクへの使用済燃料集合体の収納に関する説明事項
 (設2-補-005)金属キャスクへの使用済燃料の収納及び搬出への備え
 「2. 金属キャスクへの使用済燃料集合体の収納に関する補足説明」
 に記載。
- d. 申請する金属キャスクの搬出への備えに関する説明事項
 - ・別添 I 2.1 使用済燃料貯蔵設備本体
 - 「(2) 基本設計方針 b. 金属キャスク」に記載。
 - ・別添Ⅲ 2 工事の方法(金属キャスク)
 - 「3. 工事上の留意事項」に記載。

- (設 2-補-005)金属キャスクへの使用済燃料の収納及び搬出への備え
 「3. BWR用大型キャスク(タイプ2A)の搬出への備えに関する補 足説明」に記載。
- <u>5. まとめ</u>

型式指定申請書とRFS設工認申請書の基本的安全機能に関する記載を 比較した結果,収納する使用済燃料の仕様の違いにより申請書の一部表現に相 違があるが,技術基準適合性の説明事項に不足はない。

以上

			<u>第</u>	4-1表(1/5) 型式指定申	目請書との解析の比較(使用済燃料の臨界防止)				
No.	比較項目		型式指定申請書(の解析		RFS設工認申請書の解析			
		1. 収納する	使用済燃料		1.	収納する使	用済燃料		
		1. 収納物	(資料2 別紙1)		Ī	乾燥状態にお	ける臨界解析について(添	付 1-1-1 別添 2)	
		収納する	使用溶燃料け昭射溶みのもの	であろが 濃縮度け未昭射のま	1	早年的に 可燃	生毒物の反応度抑制効果を	毎祖した初期濃縮度の燃料	
1	7 +	まの演唱し	ていない値とし 安全側の信	マレレキ また 歴史にけ可歴		休ち人屋とし	コカに合粉収施した単能な		
1	ЛЛ	より候損し	(いない値とし、女主側の仮)	たとした。また、然料には可然		半を 金属 イヤ	へクに主 <u></u> 致収納した状態を		
		性毒物とし	てカドリニアを添加した燃料	棒が含まれるが、熱甲性子吸収		(甲略) BW.	R用大型キャスク(タイフ	2A) では3 種類の燃料集合	
		効果のある	ガドリニアの存在を無視した	。臨界解析の対象は、代表とし	体	を収納するが	反応度が最も高くなる高燃	焼度8×8燃料を代表とし,	
		て最も反応	度の高い高燃焼度 8×8 燃料と	こする。	濃約	縮度は燃料の	初期濃縮度の新燃料を仮定	している。	
		(資料2 別湖	忝 3)		()	添付 1-1-1)			
			別紙 3-1 表(1/2) 臨界解析条	件及び設定根拠			第3表 臨界解析条	5件	
		項目	乾燥時臨界解析	冠水時臨界解析		項目	乾燥状態	冠水状態	
		収納物	濃縮度が高く,燃料ペレットの理論	論密度や直径が大きく,反応度が最		金属キャスク			
			も高い高燃焼度8×8燃料を対象とし	した。		内雰囲気	真空	冠水 (水密度 1.0 g/cm ³)	
		Nation Contra proton	ガドリニアの存在を無視し、平均	炉心装荷冷温状態における無限増		金属キャスク	Ē	空	
		濃縮度	初期濃縮度の最大値である3.66	倍率が1.3となるモデルバンドル		外雰囲気	「「「「「「「」」」、「」」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「	* 二	
			WUNC した。 由松子宝効増位率が最大とたる IDE	2012。 P-60R(R)刑由心信向配置とした			可然性毎初の反応度抑制効果を 無視した初期濃縮度の燃料集合	展稲度の異なる2 種類の燃料棒を 用いた炉心装荷冷温状態での無限	
			イビリ スが増出中が取べてなる 前が バスケットプレート板厚:バスケッ	ットプレート材に含まれる中性子吸		収納物	体 増倍率が1.3となる燃料	増倍率が 1.3 となる燃料集合体モ	
			収材(天然ほう素)の量が少なくな	なり、かつ隣接する使用済燃料まで			向 % 况 6 0 × 6 % 7 % 6 % 7 % 6 % 7 % 6 % 7 % 6 % 7 % 6 % 7 % 6 % 7 % 6 % 7 % 7	110	
			の距離が短くなる板厚最小とした。			In state the set (14-)	60 (会属キャスクの是十回轴体粉)		
		寸法条件	伝熱プレート板厚:隣接する使用済燃料までの距離が短くなる板厚最 小とした。 バスケット格子内のり:隣接する使用済燃料までの距離が短くなるバ			4又称11平安(1平)			
						金属キャスク	無限配列(金属キャスクに外接する四角柱表面で完全反射		
						バスケット部	5		
0	解析条件		スケット格子内のり最小とした。	市地フは古が用ぶ見上したアンタ		材中の中性子	ボロン添加ステンレス鋼のボロン含有率と密度を仕様上の下限から 設定したボロン原子個数密度		
2	(1/2)	hDP=69B(B)型	芬田丸ガスの中性子吸収効果を悪 相する百克とした	中性于減速効果が取入となる水密 度長大の1.0 g/cm ³ とした		吸収材含有量			
		HDP-69B(B)型	(R) る気主とした。 解析モデルを完全反射境界とし、H	DP-69B(B)型の外部に漏れ出た中性		バスケット 寸法	格子板厚 格子内の	厚 : 最小 つり : 最小	
		外索囲気 子が吸収されることなく反射してHDP-698(B)型へ戻る真空とした。 バスケット							
		HDP-69B(B)型	解析モデルをHDP-69B(B)型に外接す	する四角柱表面で完全反射とした。		格子内の燃料 配置	中心偏	高向配置	
		配列	(HDP-69B(B)型が無限に並ぶ配列と	と等価)		<u> </u>	b. 1		
			中性子吸収材に含まれる天然ほう素	素量は、仕様上の下限値とした。		ボックス	75 L	めり	
		ほう素添加量	(ほう素の減損については、「添作	付書類8-5 金属キャスクの耐食性に		燃料集合体の ト・下タイプ	ト・下タイプレート及びプレナム	ト・下タイプレート及びプレナム	
			関する説明書」参照)			レート及びプ	部を真空に置換	部を水 (密度 1.0 g/cm ³) に置換	
						レナム部 金属キャスク			
						の中性子遮蔽材	中性子遮蔽材であるレジンを真空	に置換	
						11	SCALEシステム 4.4a		
							・燃料棒単位セル計算:輸送計算	コードXSDRNPM	
						解析コード	100万)		
							 ・断面積ライブラリ:SCALEシ タの一つである 238 群ライブラ 	/ステム 4.4a の内蔵ライブラリデー リデータ	
							2 4 2 C 6 2 2 2 0 4+ 2 - 1 2 2		

	比較結果
	1. 相違なし
耒	
4	
	項目, 収納物等の整理や表現の差はあ
	るが、解析条件は相違なし

	No.	比較項目		型式指定申請書0	D解析			R F S 設工認申請書	青の解析	
				別紙 3-1 表 (2/2) 臨界解析条	件及び設定根拠		第4表 臨界解析条件の設定根拠			
			項目	乾燥時臨界解析	冠水時臨界解析	項目	3	乾燥状態	冠水状態	
			使用済燃料	ステンレス鋼製の上・下部タイプ レート部及びプレナム部は,中性	ステンレス鋼製の上・下部タイプ レート部及びプレナム部は、中性	金属キャ 内雰囲気	r スク (雰囲気ガスの中性子吸収効果を無 視する真空として設定	中性子減速効果が最大となる水密度1.0g/cm ³ として設定(別添6参照)	
			の構造材	テ級収効未が小さい真空に直接した。	ナ阀速効未がめる水に直換した。	金属キ+ 外雰囲気	マスク	金属キャスク外部に漏れ出た中性- クに向かうように真空として設定	- 子が吸収されることなく金属キャス	
			チャンネル	隣接する使用資燃料までの距離が 短くなるチャンネルボックスなし とした。	水からチャンネルホックスに置換 することで、減速効果及び中性子 吸収効果がともに小さくなる。し かし、吸収効果の減少の影響が減	収納物		ガドリニアの存在を無視し,濃縮 度は平均初期濃縮度の最大値とし た燃料	炉心装荷冷温状態で無限増倍率は 1.3 未満であるが、無限増倍率が 1.3となるようなモデルバンドル	
			ボックス		速効果の減少の影響より大きいた			3 種類の燃料集合体を収納するダイ から反応度が最も高くなる高燃焼度	イフ2Aでは、濃縮度か高い理田等 長8×8燃料を全数装荷	
					の, テヤンネルホックスのりとし た。	収納体数	τ	金属キャスクの最大	収納体数である 69 体	
			中性子遮蔽材	中性子吸収効果のある側部,蓋部, た。	及び底部中性子遮蔽材は真空とし	金属キャの配列	マスク	体系計算における境界条件は金属= 全反射とすることにより,金属キャ	キャスクに外接する四角柱表面で完 ・スクの無限配列を模擬	
	3	解析条件 (2/2)	蓋部	貯蔵中は,一次蓋及び二次蓋により た。)密封されるため蓋部をモデル化し	バスケ 部 材 中性子 含有量	ット 中 の 吸収材	中性子吸収材を少なくするように 設計貯蔵期間(50年)に加えて事 十分な余裕を有する60年間の ¹⁰ B を用いて評価しても10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁵ 程度 キャスク貯蔵技術確証試験 H15 最 10 ⁻¹¹ 程度)	±様上の下限から設定 業所外運搬に係る期間等を考慮した の減損割合は,保守的に全中性子束 であり影響は無視できる(JNES 金属 終報告では,熱中性子束で評価して	
7						バ ス ケ 寸法	ット	10 程度) 格子板厚 : 最小の方が隣接する使 ボロン量も最小となり 格子内のり:格子内のり最小のモデ が最小になり,厳しい	を用済燃料集合体までの距離が短く, 9,厳しい評価 バルは,使用済燃料集合体の離隔距離 い評価	
						バスケ 格子内の 配置	ット 0燃料	チャンネルボックスの有無を含め 増倍率が最大となる金属キャスクロ	サーベイ計算を行い,中性子実効 □心偏向配置	
						チャンボックス	ネル	隣接する使用済燃料集合体までの 距離が短くなる(燃料集合体が密 集する),チャンネルボックスなし の場合の中性子実効増倍率が高い	中性子減速材である水の効果が大 きくなる,チャンネルボックスを りの場合の中性子実効増倍率が高 い	
						燃料集合 上 · 下 プレー プレナム	合体の タイ 及び 部	ステンレス鋼製の上・下タイプ レート及びプレナム部は,鋼材の 中性子吸収を無視する真空として 設定	ステンレス鋼製の上・下タイフ レート及びプレナム部は,中性子 減速材である水として設定	
						金属キー の中性 材	r スク 子遮蔽	中性子遮蔽材は中性子を吸収する した方が保守的の評価となるため (真空)	ので,中性子遮蔽材がないと想定 ,中性子遮蔽材(レジン)を無視	
			山 性 子 宝 効	増荏索け 燃料繊単位セル計	質に上り求する核定数を用	同左				
				D)刑の実形性なエデル化1	昨日報任っ」にお使用して報					
				DP室の美形状をモノル信し、	踊介所切 ユニトを使用して胜					
	4	解析方法	11900	は田ナフィー ドンマニン 22						
			 ・ 品	で使用するコードンステム:SC	ALE コートンスアム (4.4a)					
			• 燃料棒単位	セル計算:輸送計算コード XS	SDRNPM					
			•臨界解析:	臨界解析コード KENO-V.a (中	性子ヒストリー数 100 万)					

	比較結果
	相違なし
密 参	
ス	
はがレ	
等	
完	
た束属て	
<u>,</u>	
離	
劾	
大あ高	
プ 子	
定 視	
	相違なし

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析	比較結果
		・断面積ライブラリ:SCALE コードシステム(4.4a)の内蔵ライブラリデ		
		ータのひとつである 238 群ライブラリデータ		
	解析結果	1. 乾燥状態:0.410 (別紙1-3表)	同左	相違なし
5		2. 冠水状態: 0.882 (別紙 2-3 表)		
0		3. 統計誤差: < 0.001		
		(判定基準:0.95以下)		

					第4-1表(2/5) 型式指	定申請書との解析の	北較(放射線	の遮蔽)			
No.	比較項目		퐨	型式指定申請	書の解析			RFS設工	「認申請書の	解析		比較結果
		1. HDP-69B(B)の遮蔽解析の入力条件					 BWR用大型キ (第1表(抜粋)) 	・ヤスク(タイ	′プ2A)の边	意蔽解析の入力	力条件	 収納燃料の違いによる線源強度 の相違 (「型式指定申請書の解析」の配置
			別紙1-1表 金属キャスク1基当たりのガンマ線及び中性子の線源強度				燃出刑式·新刑 8)	(8:ジルコーナ	フトライナ燃料	(注)		 (i)と「RFS設工認申請書の解析」
		使用済燃料の種類		新型8×8ジルコニウムライナ燃料 種類 及び 高鉄焼库8×8 燃料		新型 8×8 燃料					の配置Aが同じ条件である。)	
		使収	:用済燃料の :納配置条件	配置(i)	配置(ii)	配置(iii)	平均燃焼度:34,000 (MWd/t) 比出力:25.3 (MW/t)					
		澧	庱縮度(wt%)	2.88(新型 8×8 ジ 3.35(高燃	ルコニウムライナ燃料) 焼度 8×8 燃料)	2. 88	濃縮度:2.88(%) 冷却期間:18(年)	(最小値)				
		燃燒度	外周部	34, 000	40,000	29,000	ウラン重量:177(kg)				
		(MWd∕t)	中央部	40,000	48,000	34, 000	ORIGEN2ライ	ブラリ:BWR-	-U			
		冷	却年数(年)	18	22(外周) 20(中央)	28		第2表 BWR用大型	キャスク(タイブ2A)の#	泉源独度		
		使用済燃 ガン~	料の燃料有効部の マ線の線源強度	8.9×10 ¹⁶	8.9×10 ¹⁶	6. 0×10 ¹⁶	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 ムライナ燃料と 新型8×8燃料	 (キャスク1基当たり) 新型8×8燃料 	
		(photons/s) 使用済燃料構造材の放射化 によるガンマ線の線源強度 (⁶⁰ Co:Bq) 使用済燃料の燃料有効部の 中性子の線源強度(n/s)*1		1.3×10^{14}	1. 1×10 ¹⁴	3. 1×10 ¹³	 燃料石効部のガンマ線の線 源強度(pholons/s) 線 調 構造材放射化ガンマ線の線 	8.9×10 ¹⁸	8.9×10 ¹⁸	7. 1×10 ^{:8}	5.8×10 ¹⁸	
1	入力 (1/2)			力 (⁶⁰ Co:Bq) 2) 体用対映制な技術の	5. 度 雲 全 中 徃 子 源 強 度 (n/s)	1.4×10 ¹⁰	1. 0×10 ¹⁰	7. 5×10 ³	2.9×10 ⁹			
	(-/ -/			1.4×10^{10}	1.5×10 ¹⁰	5. 0×10^9	収納配置 (第3表)	社 置Λ	配 價Λ	配置 B	配置C	
			"甲性于美効增倍率0	の未ぞう感した値	<i>σφ</i> _φ ,		1.4 1.3 1.2 1.1 1 0.9 0.8 1 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0 1 2 3 4 5 0 下帰 添付 1-2 図 軸力	7 8 9 10 1 万向燃焼度分布(新	1 12 13 14 15 14 ノード 新型 8×8 ジルコニ	5 17 18 19 20 21 ロウムライナ燃料	1 22 23 24 上端) (別添 1)	
			別紙 2-1-1 図 使用済燃料の PF (配置(i), (iii))									



No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析
2	入力 (2/2)	別紙2-1-2図 使用済燃料のFF(配置(ii)) 2. 金属キャスクの表面エネルギースペクトル及び線量当量率 (なし)	 金属キャスクの表面エネルギースペクトル及び線量当量率 (省略)

比較結果
 RFS固有の解析に必要な入力
による相違

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

No.	比較項目		型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析			
			表 2-5 遮蔽解析の保守性		表 2-2 遮蔽解析評価の保守性の考え方		
		項目	内容	項目	内容		
			 バスケット外周領域:燃料領域より外側のバスケットは、バスケット最外周の最小板厚の円環としてモデル化。燃料領域より外側のバスケットの物量よりも円環としてモデル化したバスケットの物量は少ない設定とした。 	使用済燃料集合 の軸方向位置	▲ ・貯蔵時は使用済燃料集合体が底に接し,蓋−使用済燃料集合体間は しないが、頭部評価モデルにおいて使用済燃料集合体が蓋に接し 位置でモデル化することで頭部の評価を保守的に実施する。		
		金属キャスクの モ デ ル 化	 ・側部中性子遮蔽体領域: 伝熱フィンのような小さいものが比較的多く配置されている中性子遮蔽体領域では、レジンと伝熱フィンを均質化したモデルとしている。伝熱フィンが占有する面積を考慮して、中性子遮蔽体としてのレジンの均質化密度を安全側に低下させている。また、伝熱フィンの密度をゼロとし、ガンマ線遮蔽体としての寄与を無視している(別紙4参照)。 ・トラニオン部:トラニオン有モデルとトラニオン無モデルで線種ごとに線量当量率を求め、トラニオン有モデルが大きい場合は、本体モデルの計算結果にその差分を加算するが、トラニオン有モデルが小さい場合は、その低下は無視している(別紙5参照)。 	モデル化	 ・チャンネルボックス:放射化線源強度のみ考慮し,構造材としての 蔽効果を無視する保守的な組合せを仮定する。 ・バスケット外周領域:燃料領域より外側のバスケットは、バスケッ 最外周の最小板厚の円環としてモデル化し、燃料領域より外側のバ ケットの物量よりも円環としてモデル化したバスケットの物量は ない設定とする。 ・側部中性子遮蔽体領域:伝熱フィンのような小さいものが比較的多 配置されている中性子遮蔽体領域では、レジンと伝熱フィンを均質 したモデルとする。伝熱フィンが占有する面積を考慮して、中性子 較依としてのレジンの均質化密度を安全側に低下させる。また 		
		燃料集合体の モデル化	 ・貯蔵時は燃料が底に接し、蓋と燃料の間は接していないが、頭部評価モデルにおいて燃料が蓋に接した位置でモデル化することで頭部の評価を保守的に実施(別紙1-4図参照)。 ・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する保守的な組合せを仮定。 ・中央部に最高燃焼度*1の燃料、外周部に平均燃焼度*2の燃料を配置 		 一般体としてのレジンの均負化温度を安全側に低下させる。また、伝 フィンの密度をゼロとし、ガンマ線遮蔽体としての寄与を無視する ・トラニオン部:トラニオン有モデルとトラニオン無モデルで線種ごに線量当量率を求め、トラニオン有モデルが大きい場合は、本体モ ルの計算結果にその差分を加算するが、トラニオン有モデルが小さ 場合は、その低下は無視する。 		
2	解析条件	線源強度	 ・収納燃料全数の冷却期間は、最短冷却期間*3と仮定。 ・レジン系中性子遮蔽材の経年劣化評価試験結果等の知見を踏まえて、加熱に伴う熱分解によるレジンの質量減損分を遮蔽体として考慮しないこととしており、中性子遮蔽材について減損分を含まない原子個数密度を線量当量率計算に用いている(別紙1の3項 参照)。 	線源強度	 ・中央部に最高燃焼度^{注1)}の使用済燃料集合体、外周部に平均燃焼度^{注1}の使用済燃料集合体を配置する。 ・軸方向燃焼度分布を包絡する燃焼度分布を仮定しており、実際を上る線源強度で評価する。 ・線源強度は収納燃料集合体全数が貯蔵開始時(収納物最短冷却期間と仮定する。 		
		注記*1:HDP-69B(B)型に収納可能な使用済燃料の燃焼度の上限。 *2:HDP-69B(B)型に収納する使用済燃料の燃焼度の平均値の上限。 *3:HDP-69B(B)型に収納する使用済燃料の最短の冷却期間。		劣化評価	 ・レジン系中性子遮蔽材の経年劣化評価試験結果の知見を踏まえて、 熱に伴う熱分解によるレジンの重量減損分を遮蔽体として考慮し、 いこととし、中性子遮蔽材について減損分を含まない原子個数密度 線量当量率計算に用いる。 		
				注 1):金属キャス 注 2):金属キャス	スクに収納可能な使用済燃料集合体の燃焼度の上限 スクに収納する使用済燃料集合体の燃焼度の平均値		
			表 2-6 遮蔽解析の不確かさの考慮		表 2-3 遮蔽解析評価の不確かさの考慮		
		項目 内容 寸 法 公 差 「厚さを密度係数(最小寸法/公称寸法)としてばらつきの下限値考慮。 材 料 密 度 ・ばらつきを考慮して,最小密度を使用して原子個数密度を評価。		項目	内容		
				寸法公差	・解析モデルの各種寸法は公称値でモデル化するが、各遮蔽体の最小厚さる 密度係数(最小寸法/公称寸法)としてばらつきの下限値を考慮する。		
				材料密度	・ばらつきを考慮して,最小密度を使用して原子個数密度を評価する。		

	比較結果
	相違なし
接	
た	
_	
遮	
, ,	
バス	
抄	
\$<	
化	
熱	
5.	
デ	
50	
_	
注2)	
:回	
謂)	
~	
加	
2	
を	

No.	比較項目	型式指定申請書の解析				RFS設工認申請書の解析				
		1. 燃料有	「効部のガンマ線及びロ	1.	1. 燃料有効部のガンマ線及び中性子					
		2. 遮蔽	設計 (2)遮蔽解析		添	添付4 放射線による被ばくの防止に関する説明書				
		a. 線源	条件		4	2.2 遮蔽討	設計の方針 (2) 逃	玉蔽解析		
		使用	目済燃料の線源強度計算	尊条件を表 2−2,収納配置条件を図 2−2−1		a. 線测	原条件			
		から図] 2-2-3 に示す。 使用溶	F燃料の線源強度は, 収納する使用済燃料		使用]済燃料集合体の線	源強度は、燃料型式、燃焼度、濃縮		
		の種類	頁, 燃焼度, 濃縮度, 冷去	□期間等を条件に燃焼計算コード ORIGEN2		冷却其	別間等を条件に燃焼	計算コードORIGEN2 を用いて		
		を使用]して求める。また,使	用済燃料平均燃焼度に対する軸方向の燃		める。				
		焼度の)比を包含する燃焼度分	分布(以下「ピーキングファクター」とい		使月	月済燃料集合体の構	造材については、照射期間、中性子類		
		う。別	紙2参照。)を考慮す	3.		冷却其	肌になる	化計算式を用いて求める。		
		使用	済燃料の構造材につい	いては、照射期間、中性子束、冷却期間等						
		を条件	に放射化計算式を用い	いて線源強度を求める。						
		CAL								
		9	燃料構造材及びチャンネ	ルボックス構造材の放射化に上スガンマ線	2	庙田 泫㈱※	山樺浩材及びチャンネ	ルボックス構造材の放射化に上るガンマ維		
		2. 区/IIA 及710	MAHHERIO マイント		2.	及TIIAM	1冊垣付及09 マシネ			
		×0.0								
			表 2-3 使用液	済燃料の線源強度計算方法		第1表 BWR使用済燃料集合体の線源強度計算手法				
		<u> </u>	計算万法 燃料計算コード ORIGEN2 を	計 身 条 件 燃料 条 件 :表 2-2 参 照		预证中存	577 /m - 1- 14			
		のガンマ線	用い、ガンマ線及び中性子	図 2-2-1~図 2-2-3 参照		評価内容	評価方法	評価余件		
3	解 析方法	及び中性子	源強度を計算。使用済燃料	ライブラリ:BWR-Uライブラリ		燃料有効部の	燃焼計算コードOR I	燃料型式:新型8×8ジルコニウムライナ燃料 ^{注)}		
	(1/3)		のビーキングファグターを 考慮。また、中性子につい	中住于美効増倍半の考慮 N _S =N _o /($1-k_{off}$)		ガンマ線及び	GEN2を用い,ガンマ	最高燃焼度:40,000 (MWd/t)		
		ては実効増倍率を考	ては実効増倍率を考慮。	N _s :全中性子線源強度 N _o :一次中性子線源強度		中性子	線及び中性子線源強度 た計算 値田溶燃料集合	平均燃焼度:34,000 (MWd/t) 比出力:25.3 (MW/t)		
							体は、中央部に最高燃焼	濃縮度:2.88(%)(最小值)		
		使田落燃料	構造材の ⁵⁹ ℃ 会有量に従	k _{eff} :使用済燃料貯蔵時における実効増倍率 放射化計算式			度の燃料,外周部に平均	冷却期間:18 (年)		
		構造材及び	い、放射化計算式に基づき	$A = N_{o} \cdot \sigma \cdot \phi \cdot \{1 - \exp(-\lambda \cdot T_{1})\} \cdot \exp(-\lambda \cdot T_{2})$			燃焼度の燃料を配置し,	ウラン重量:177 (kg)		
		チャンネル	⁵⁹ Coから ⁶⁰ Coへの放射化量	A :放射化核種(⁶⁶ Co)の放射能(Bq)			一軸万向に階段状の燃焼 度分布を持つため これ。	ORIGEN274779:BWR-U		
		ボックス構	を計算。	N。:ターゲット核種(⁵⁹ Co)の個数(atoms)			を考慮。また、中性子に			
		造材の放射 化に上るガ		σ : 2200 m/s の甲性子による ⁵⁹ Co 反応断面積(cm ²)			ついては実効増倍率を			
		ンマ線		 			考慮。			
				λ : ⁶⁰ Coの崩壊定数(1/日)		燃料構造材及	構造材の ⁵⁹ Co含有量に従	放射化計算式		
				T ₁ :照射期間(日)(表 2-2 参照)		びチャンネル	い、放射化計算式に基づ	$A=N_{0}\cdot\sigma\cdot\phi\cdot\{1-\exp(-\lambda\cdot T_{1})\}\cdot\exp(-\lambda\cdot T_{2})$		
				<u> </u>		ホックス構造 材放射化によ	さ。しから。しっへの放射	a · 成別12枚種(~0,000成別能(5g) N .: ターゲット核種(⁵⁹ Co)の個数 (atoms)		
						るガンマ線		σ:2,200m/sの中性子による ⁵⁹ Co反応断面積		
								(cm ²)		
								φ:炉内照射熱中性子束 (n/(cm ² ·s))		
								11-38(約37)回(日) T_2:冷却期間(日)		
					ž	主:BWR用大型	型キャスク(タイプ2A)の近	恋蔽解析評価において、線源強度が最も高くな		
						るのは新型	8×8ジルコニウムライナ#	然料となる。		

		比較結果
	1.	相違なし
度, 【求		
束,		
与 下	2.	相違なし

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析
		3. 解析コード (資料3)	3. 解析コード (添付4)
		2. 遮蔽設計 (2)遮蔽解析	2.2 遮蔽設計の方針(2)遮蔽解析
		b. 線量当量率評価方法	b. 金属キャスクの線量当量率評価方法
		HDP-69B(B)型の線量当量率は、HDP-69B(B)型の実形状を軸方向断 エニルニマエデル化し「 娘源を供いて売した娘源改産に其ごた	金属キャスクの線量当量率は、金属キャスクの実形状を軸方向
		面で二次元でてアル化し、「a. 緑源采件」に小した緑原畑度に基づき、 二次二輪学売算。 $じ$ DOT2 5 (DLC 22/CASK ライブラル) た体田して	□形仏に基づき、盃部で広部の遮蔽体構造で使用済燃料集合体の 土向領域に広じ 「」 須渡条件」に示した須渡改座に其べた 一
		ポペクる。 線長半長家の評価位置である全属キャスク美面から1 mの位置までの	ル 期 达 訂 昇 $ -$
		豚里ヨ里竿の計画位直てめる金属イヤヘク衣面がら1 mの位直まての 評価にけいイェフェクトを亚進化するためD0T3 5の補助コードである	使用して求める。 鼻山に当たうては, 並属イヤスクの構成材料によ 減音 生た 孝虐 する
		計画になどオエノエクトを十単化するため $b013.307$ 補助ユートでのる SPACETRAN-IIIを用いる	(概表寺でも思りる。 全届キャスク表面から線畳当畳漆の評価位置である1mの位置す。
			の評価にはレイエフェクトを平準化するためDOT35の補助コー
			であるSPACETRAN-IIを用いる。
		 4. 貯蔵期間中の遮蔽性能の低下について(資料3 別紙1) 	4. 貯蔵期間中の遮蔽性能の低下について(添付 4-1-1 別添 1)
		3. 貯蔵期間中の遮蔽性能の低下について	3. 貯蔵期間中の遮蔽性能の低下について
		HDP-69B(B)型の貯蔵期間中に受ける放射線の照射量はわずかであり、	金属キャスクの貯蔵期間中に受ける放射線の照射量はわずかであり
		遮蔽材の特性を変化させることはない。	遮蔽材の特性を変化させることはない。
4	解析方法	ただし,中性子遮蔽材であるレジンについては,設計貯蔵期間後の熱	レジン系中性子遮蔽材の経年劣化評価試験結果の知見を踏まえて,加
-	(2/3)	による質量減損分を遮蔽体として考慮しないこととしており,中性子遮	に伴う熱分解によるレジンの重量減損分を遮蔽体として考慮しない
		蔽材について減損分を含まない原子個数密度を線量当量率計算に用い	ととしており、中性子遮蔽材について減損分を含まない原子個数密度
		ている。	線量当量率計算に用いている。
		中性子遮蔽材であるレジンの長期使用による質量減損は、劣化パラメ	
		ータにより次式で表される。	別紙1 金属キャスク及び貯蔵架台の耐食性に関する説明書
		$\Delta w = 0.83 \times 10^{-5} \times E_{p} - 11.1^{(1)}$	*2: 51Cハフメータより中住于返飯400重重減損率を評価。 Δw : レジンの重量減損率(%)=0.83×10 ⁻³ ×E _P -11.1
			E_{F} :劣化パラメータ=T×(24.2+ln(t))
		ΔW : レンンの員里(成項字(n) F ・ 化化パラメーターT × (24.2+1n(t))	1 : レジン温度(h) t : レジン加熱時間(h)
		$T \rightarrow V \Im \nabla \mu = I \wedge (24, 2) \Pi(0)$	
		t : レジン加熱時間(h)	第5-3回 甲性子遮蔽材の重量減損データい
		設計貯蔵期間中の温度の低下を考慮すると.設計貯蔵期間経過時まで	第 5-1 表 金属キャスク及び貯蔵架台の主要な構成部材の経年変化
		のレジンの減損率は約1%となる。これを丸めて2%の減損があるとし	対する評価について (2/3)
		て評価する。	中性子連載材 【材質】 樹脂 腐食
			設計貯蔵期間中の温度の低下を考慮すると、設計貯蔵期間経過時まで のレジンの減損率は約1%となる。これを丸めて2%の減損があると して評価する。

		比較結果
	3.	相違なし
1 除斤		
軸		
次		
を		
3		
. 7		
- K		
	4.	相違なし
n		
,		
驐		
こ		
を		
い		

No.	比較項目		型式指定	申請書の	の解析			RFS設工認申請書の解析					比較結果				
_	解析方法	5. 直接線及びスカイシャイン線の評価方法(使用済燃料貯蔵建屋の遮蔽解析) 5.					5. 直接線及	びスカイ	'シャイ	ン線の評	² 価方法(使用	済燃料	貯蔵建屋(の遮蔽	解析)	5. RFS固有の解析で使う解析	
5	(3/3)	(なし)					(省略)									方法による相違	
		1. 金属キャスクの表	長面及び表面	から 1m 离	催れた位置	置における線	家量当量率	1. 金属キャ	マスクの)表面及	び表面	から 1m 離れ	た位置	における	る線量	当量率	1. 収納燃料の違いによる線量当量
																	率の相違
									8	售4表(1) 新	型8×8ジル:	* ニウムライナ燃料収納	時の線量当量	幸			(「型式指定申請書の解析」の配置
			表271 線量当量	a幸評仙結果(配置((i))	(革)	∜.: μ Sv/h)								(単	位:µ Sv/h)	(i)と「RFS設工認申請書の解析」
		177 (m)/	頭 部	径方向	侧 部	底 · 舶 径方向	5	新 伍 点	植方向	頭 部 径 方 向	径方向	側部中央	径方向	底 着 径 方 向	部	Jj 向	の配置Aが同じ条件である。なお,頭
		群 'th .录	執方向 径方向 ① ②	(トラニネン部) (3%)	-1 ×	径方向 (トフニオン) つね のね	前方向		D	3)8	(トラニズン部) ③b	5	Øa	(トラニオン論) (⑦b	;	0	部軸方向の線量当量率の相違は, 監視
		燃料有效部	0.1 0.5	0.5	95.8	1.3 24.2	3.0	ガ ガ ボ ボ 横造材放射化	7.3 692.8	0.5 132.5	0.5	11.5 95.8 153.9 0.1	1.3	24.2 63.2	9.0 139.9	3.0	装置有無による相違)
		ガンマ線 構造材放射化 二次ガンマ線	4.9 132.5 0.7 2.0	2, 1	< 0. 1 st 26, 9	12.8 63.2 4.6 7.8	19.1		0.5	2.0	2.1	4.1 26.9	4.6	7.8	2.5	2.3	
		中性子	188. 2 253. 9	505.2	72. 7	706.9 1012.5	265.9	前 中性子	118.9 819.5	253.9	505.2	7.3 72.7	706.9	1012.5	51.5	265.9	
		合 計 評 伍 点	193. 9 388. 9	618.2 (Cb	195. 5 ©	725.6 <u>1107.7</u> * Sa Sb	2 290.3	評価点	2	@a	@b	6	(8)a	®b	102.0	@	
		燃料有效部	0.5 12.9	12.9	40.5	21. 2 21. 2	3. 9	表 ガ 燃料有効部	0. ō	12.9	12.9	40.5	21.2	21.2	3	3. 9	
		ガンマ線 構造材放射化 表面から 二次ガンマ線	45.6 24.0 0.2 3.1	24.0	0.7	8.1 8.1 5.3 5.3	59.3	ふ マ 構造材取射化 ら 線 1 二次ガンマ線	45.6	24.0 3.1	24. 0 3. 1	0.7	8.1 5.3	8.1 5.3	5 0	9.3	
		1 m 単性子	28.7 17.3	20.9	26. 2	13.4 24.5	16.2	の中性子	28.7	17.3	20.9	26.2	13.4	24. 5	10	6.2	
		合計 注記*1: "<0.1"の値は, "0.1" と	75.0 57.3 して合計値に合算した。	60.9	77.9	48.0 59.1	80.3*2	芭 合 計	75.0	57.3	60.9	77.9	48.0	59.1	80	0.3	
5	解析社里	*2:下線で示す値は、表面及び3	表面から10離れた位置に	こおける線量当量率6	の最大値である。												
0	所刊和不	頭部径方向 🗲	> 側部		側部 ←	┼→ 底部径方向			57	.3		77.9	48	.0			
		(ii)a	<u>\</u>	↓ @		èa			頭部径方向 ← ④a	<u></u> → 0.45		6	(I).IS ← /	→.美部終方向 ⑧a			
		項部径方向				``	、 底部径方向	前部还方向 ,	388.9	176.	.8	195.5		725.6	مربع	部各方向	
		1		¥®		Da	<u>}</u>	$-\frac{1}{1}$				6		<u>(Da</u>	<u>}</u>		
						9	↓ 底部軸方向	↓ 京部唯方句						2	90.3	↓	
		Ø						20	T							80.3	
							~ − 00	15.0						T	202.9	<u> </u>	
		頭部軸方向					底部軸方向 ▲	明台帕方向 819.5	- P-P-I						in the second se	諦軕方向 ▲	
						╶┓═╴			<u> </u>				1		}		(商如軸士向の領具半具変の相違け
		頭部径方向 ③b				Фь	底部径方向 (15-15/07)	♥ う 通知経方() (トラニオン剤) 、	618.2]				1107.7	تر الله (۲۶) ممر	¥ 部径万向 ラ:::えン部)	(項部軸方回の献重ヨ重学の相運は,
		(1)7:12部)	,			1	(F7-47 pp)	Sec	(Th				······				監視装直のモアル化による相違)
		頭部径方向 <	→→ 側部		側部 ←	(0)D (トジェナ/部)				/ -> *#3	6		41# <	(トラニオンさ	5)		
	注記*1:①~⑩は評価方向ごとの最大線量当量率位置を示しており,評価結果を表271及び表272に示す。								60.9	9			5	59.1 Г	:線量当	量率(µSv/h)	
			図 2-4 線量当量¥	《評価位置(配置((i), (ii))				第2図	(1) 新型8×	(8ジルコニウ」	ムライナ燃料収納時の各	位置における緒	泉量当量率			
		2. 直接線及びスカイ	イシャイン線	によろ動		の実効線量		2. 直接線及	がスカ	イシャ	マイン線	による動物は	音界外 <i>0</i>	り実効線	昰		2. RFSで必要な解析結果によろ
		(なし)				~ / 、 / / / / 小小工		(省略)					,,,,,,°	//////	Ŧ		相違



第4-1表(3/5) 型式指定申請書との解析の比較(使用済燃料等の閉じ込め)

		比較結果
1.	相違なし	

No.	比較項目	型式指定申請書の解析		RFS設工認	申請書の解析		
2	解析条件	1. 閉じ込め評価条件 1. 評価方法 (資料 4 別紙 1) Td : 金属キャスク内部代表温度 (K) (535.15 K(262 °C):評価値 (内部ガス最高温度)) T : シール部の代表温度 (K) (250.75 K(-22.4 °C):設計値 (最低気温)) Vd : 金属キャスク本体内部空間容積 (m ³) (□ m ³ :設計値) Pu : 上流側 (蓋問)の圧力 (Pa) (4.1×10 ⁵ Pa : 設計値(初期圧力一定)) Pd ₀ : 下流側 (金属キャスク本体内部)の初期圧力 (Pa) (8.0×10 ⁴ Pa : 設計値) a : 一次蓋シール部の漏えい孔長 (m) (□ m), $a=2 \times \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2}$ (別紙1-3 図参照) D : 一次蓋金属ガスケットの断面径 (nm) (10 nm : 設計値) H : 一次蓋の金属ガスケット海深さ (nm) (□ nm : 設計値) μ : Heの粘性係数 (Pa · s) (1.77×10 ⁵ Pa · s : 文献値 ⁽²⁾) (-22.4 °Cの値)) M : Heの分子量 (kg/mol) (4.002602×10 ⁻³ kg/mol : 文献値 ⁽³⁾) t : 設計貯蔵期間 (60年=60×365.25×24×60×60 s=1.893456×10 ³ s)	 閉じ (添付) 圧力 空間 容積 温度 (注 1) 転 (注 2) 名 (注 2) 名 (注 3) 例 (注 4) 金 	10 したいの計画未行 旅付 2-1-1 別添 1) 項目 評価条件 金属キャスク内部(初期) 8.0×10 ⁴ Pa abs カ 蓋間空間(初期) 大気圧 9.7×10 ⁴ Pa abs 第 金属キャスク内部(注2) 第 蓋間空間 第 金属キャスク内部(注2) 第 金属キャスク内部(注2) 第 金属キャスク内部(注3) 夏 金属キャスク内部の全空間容積から使用済燃料集合体及びパスケットの体積を除いた空間容積を示す。) 金属キャスク内部の全空間容積から使用済燃料集合体及びパスケットの体積を除いた空間容積を示す。) 使用済燃料集合体最高温度を保守的に設定した値を示す。			
3	解析方法 (1/2)	 2. 燃料破損の考慮 1. 評価方法(資料4 別紙1) 0.1 %の燃料破損によるガス放出を想定した圧力上昇は約 kPa (□ Paを丸め)となる。同様に、高燃焼度8×8燃料で0.1 %の燃料破損によるガス放出を想定した圧力上昇を求めると約 kPa (□ Paを丸め)となる。 1. 金属キャスク内部圧力の時間変化 1. 評価方法(資料4 別紙1) dPd/dt = Q/Vd · T ① 		+破損の考慮 t 2-1-1 別添1 添付1) %の燃料破損によるガス放 Paを丸め)となる。同様に, こよるガス放出を想定した圧つ)となる。 $s + r スク内部圧力の時間変化 平価方法(添付2-1-1 別溺 = \frac{Q}{Vd} \cdot \frac{Td}{T}$	 出を想定した圧力上昇は約 k 高燃焼度8×8燃料で0.1%の燃 カ上昇を求めると約 kPa (℃ %1) ②-1 		

	比較結果
	1 収納燃料の違いにとる是言泪産
	1. 収削燃料の運いによる取向価度
	の相違
_	
-	
_	
_	
-	
	2. 収納燃料の違いによるガス放出
	に相違があるが、数値処理により
_z Pa	評価値は相違か」。 認識のでは、 のでので、 のでのでで、 のでので、 のでの
441. 1344	
\$个 ? 	
Pa	
	1. 相違なし

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

-	1		1				
No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析				
	解析方法 (2/2)	2. 漏えい率 (資料 4 別紙 1) $Q=L \cdot Pa$ $L=(Fe+Fm) \cdot (Pu-Pd)$ $Fe = \frac{\pi}{128} \times \frac{D_0^4}{a \cdot \mu}$ $Fm = \sqrt{2\pi \cdot R_0} \times \frac{D_0^3 \sqrt{T}}{a \cdot Pa}$ (2)	2. 漏えい率 (添付 2-1-1 別添 1) $Q = L \cdot Pa$ $L = (Fe + Fm) \cdot (Pu - Pd)$ $Fe = \frac{\pi}{128} \times \frac{D_0^4}{a \cdot \mu}$ $Fm = \frac{\sqrt{2\pi \cdot R_0}}{6} \times \frac{D_0^3 \sqrt{\frac{T}{M}}}{a \cdot Pa}$ (2)-2				
4	解析結果	 基準漏之い率 3 閉じ込め評価結果 (資料4) 使用環境を考慮して評価した結果, HDP-69B(B)型の基準漏えい率 Qs は 2.4×10°Pa·m³/s となる。評価の詳細を別紙1に示す。 LMPによる閉じ込め性能評価 3 閉じ込め評価結果 (資料4) HDP-69B(B)型の除熱評価の結果から、金属ガスケット部の温度は 100 ℃以下である。この温度から設計貯蔵期間(60 年間)に相当する LMP を算出すると LMP の定数 C=20 の場合は約 9.6×10³, (中略)設計 貯蔵期間を通じて初期の漏えい率が維持されると判断される。 (atn・cc/sec) *1 LMP=9.6×10² (100 ℃, 60 年間) 10³ ● H●審練無 ● H●審練無 ● H●審練無 ● H●審練無 ● H●審練無 ● H● R● R● A 3 月0³ ● H● R● R● A 3 月0³ ● H● R● R● A 4 ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	 基準漏えい率 閉じ込め性能評価結果(添付 2-1-1) BWR用大型キャスク(タイプ 2 A)の基準漏えい率を評価した結果 別添 1 のとおり 2.4×10⁻⁶ Pa·m³/s となる。 LMPによる閉じ込め性能評価 閉じ込め性能評価結果(添付 2-1-1) BWR用大型キャスク(タイプ 2 A)の基準漏えい率を評価した結果 別添 1 のとおり 2.4×10⁻⁶ Pa·m³/s となる。 (Pa·m³/s) 10⁻⁷ 0⁻¹⁰ 0⁻¹¹ 10⁻¹² 				

	比較結果
	2. 相違なし
	1 - 47年六1
果,	1. 相遅なし
果,	 収納燃料の違いによる評価値(温度)の相違はあるが、基準を満足しているため,解析結果の評価は相違なし (RFS設工認申請書では,金属ガスケットの制限温度 130℃を評価値とした解析結果を記載している。)

No.	比較項目	型式	RFS設工認申請書の解析				比較結果			
			1. 収納する使用済燃料の	崩壊熱	1. 収納燃料の違いによる崩壊熱の					
	(資料 5)						2)	相違		
		表23 (表23 使用济燃料の崩壊熟量計算条件及び結果					こ用いる計算条件		(「型式指定申請書の解析」の配置
		使用済燃料の収納配置条件	配置(i) 新型8×8	配置(ii) 新型 8×8	配置(iii)	燃料タイプ	新型8×8燃料	新型8×8ジルコ	高燃焼度	(i)と「RFS設工認申請書の解析」
		種類	ジルコニウム ジルコニウム 8×8燃	 ビルコニウム 高燃焼 ジルコニウム 8×8燃 	度 新型 料 8×8燃料		2000	ニウムライナ燃料	8×8燃料	の配置Aが同じ条件である。)
		平均燃焼度 ^{wi} (MWad/t)	フイア燃料 34,000 34,000	フイア燃料 40,000 40,00	29,000	平均然焼度 (MWd/t) 最高燃焼度 (MWd/t)	28500 -	40000	40000	
		最高燃焼度 ^{we} (MWd/t) 比出力(MW/t)	40,000 40,000 25.3 26.2	- 48,00 25.3 26.2	25, 3	比出力(MW/tU)	25. 3	同左	26.2	
		照射期間 燃料集合体 (平均燃焼度 ⁺⁺)	1, 344 1, 298	1,582 1,527	1, 147	照射期間(日)(平均燃焼度)	1344	同左	1298	
		計算条件 (日) 然科集合体(最高感視度*) 初期濃縮度**3 (%)	1, 582 1, 527 2. 88 3. 35	- 1, 833 2. 88 3. 35	2. 88	照射期間(日)(最高燃焼度)	1582	同左	1527	
		冷切期 (午) ウラン質量(kg)	18 18 177 174	22 22 / 2 177 174	28 177	濃縮度(%) 必知期期(年)	2.88	同左	3. 35	
		ピーキングファクター 使用次絶対11年火たりの 平均厳勝川	表 2-4 表 2-4	表 2-5 表 2-5	表 2-4	「山城湖間(中) U重量(kg)	177	同左	174	
		計算結果 崩壞熱量 (PF 考慮) (#) 最高燃焼用	211.8 201.3	207.4 211.6	143. 2	軸方向ピーキングファクタ	ノード ^{**1} PF ^{**2}	ノード ^{**1} PF ^{**2}	ノード ^{**1} PF ^{**2}	
		 収納体数(体) HDP-69B(B)型1基当たりの設計崩壊熱量**(kW) 	15.34	69 15. 33	10. 37	上				
		注記*1:平均燃焼度とは、収納する全使用済燃料に *2、台高燃焼度とは、収納する全使用済燃料に *2、台高燃焼度とは、収納する企使用済燃料1.体	対する使用済燃料の種類ごとの の燃焼産の是土はた玉土	燃焼度の平均値を示す。						
		*3:収納される使用済燃料の種類ごとの最小値	を用いる。							
		 *4:燃焼度40,000 MFd/1時の冷却期間は22年 *5:除熟解析に用いる設計崩壊熱量算出時は、 	燃焼度 48,000 MWd/t 時の冷 前坂熟量計算結果に 5 %の保守	■期間は 20 年である。 性を考慮する。						
			彩の話と向燈塔座八左(副	#(:) IL-78(:::))					1	
		表 2-4 使用游戏 新型 8×8	料の軸方回然焼度分布(配)							
1	入力	種類 ジルコニウムライナ燃	高燃焼度 8×	- 然料	8×8 燃料					
1	(1/4)	使用資燃料の 収納配置条件	配置(i)	Ē	置(ⅲ)	下				
		燃焼度 (MWd/t) 34,000 40,00	0 34,000	40,000 29,000	34,000	ライブラリ		BWR-U		
		(上部)				※1:燃料有効長部を軸方向に	ノードを対	示す。		
						※2:軸方向の各ノードに対応す	こる軸方向ピーキング	ファクタ		
		 (下部) 注記*1:ノードは燃料有刻部を軸方向に 	したものである。		,					
		*2:ビーキングファクター								

第 4-1 表 (4/5) 型式指定申請書との解析の比較(使用済燃料等の除熱)

No.	比較項目	型式指定申請書の解析		RFS設工認申請書の解析
		2. 使用済燃料の収納配置	2. 使用済燃料	斗の収納配置
		(資料 5)	第2表 収納 ^{収納する使用済 燃料集合体}	 内配置に応じた使用済燃料集合体の仕様(添付 3-1-1) ①新型8×8ジルコニウムライナ燃料,②高燃焼度8×8燃料 ①のみ収納 ②のみ収納 ①及び③を収納 ①及び③を収納
			収納配置	Image: 1 Ima
			収納物平均燃焼度 収納物最高燃焼度	34,000 MWd/t 34,000 MWd/t 40,000 MWd/t 34,000 MWd/t
			冷却期間 最大崩壊熱量 収納配置と燃料仕様 の選定の考え方	18年以上 24年以上 12.1 kW/基 10.9 kW/基 燃焼度及び冷却期間を制限し、新型 燃焼度、冷却期間を制限し、収納配置 8×8ジルコニウムライナ燃料の最大 を管理し、配置Cよりも高い燃焼度の 崩壊熱量と線源強度を超えないような 新型8×8 燃料の燃料被覆管温度の制 高燃焼度8×8 燃料を収納する。 甲央部に最高燃焼度燃料を配置する。 平均燃焼度燃料を配置する。 ハコニウムライナ燃料と新型8×8 燃 料を収納する。 ホロウムライナ燃料と新型8×8 燃 料を収納する。 新型8×8 ジルコニウムライナ燃料と新型8×8 燃
2	入力 (2/4)	燃料種類 :新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料 収納体数 :32体		の最高燃焼度を 34,000 MWd/t 以下に制 限するとともに,中央部には新型 8 × 8 燃料を収納しない配置としている。
		燃焼度 : 34,000 JWd/t 以下 冷却期間 : 18 年以上		Ⅰ、③新型8×8燃料
		 燃料種類 : 新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料 収納体数 : 37体 燃焼度 : 40,000 MWd/t以下 冷却期間 : 18年以上 金属キャスク1基当たりの平均燃焼度 : 34,000 MWd/t以下 金属キャスク1基当たりの崩壊熱量 : 12.1 kW*1以下 		③のみ収納 配置 C
		注記*1:使用済燃料1体当たりの軸方向燃焼度の平均値を用いた(PF=1とした)値。		 ・平均燃焼度を超える使用済燃料 集合体の収納範囲
		図 2-3 使用済燃料の収納配置条件(配置(i))		26,000 MWd/t 28,500 MWd/t
		(新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料を混載収納する場合)		24年以上 8.0 kW/基 燃焼度及び冷却期間を制限し、新型8 ×8燃料をすべて収納しても,燃料被覆 管温度の制限値を満足するような新型 8×8燃料を収納する。燃料被覆管の温 度を安全側に評価するように、平均燃焼 度を超える燃料を中央部に配置している。 る。燃焼度及び冷却期間の条件から配置 Aの線量当量率を超えることはない。

	比較結果					
	2. 収納燃料の違いによる使用済燃					
	料の収納配置の相違					
	(「型式指定申請書の解析」の配置					
\$ 1	(i)と「RFS設工認申請書の解析」					
	の配置 Aが同じ条件である。)					
ē						
-						
uses.						
× 管						
0度						
S A						

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析	比較結果
	入力 (3/4)	 □ 燃料種類 : 新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料 収納体数 : 32体 燃焼度 : 40,000 MWd/t以下 冷却期間 : 22年以上 ◎ 燃料種類 : 高燃焼度8×8燃料 収納体数 : 37体 燃焼度 : 48,000 MWd/t以下 冷却期間 : 20年以上 		
		金属キャスク1基当たりの平均燃焼度 : 40,000 MWd/t 以下 金属キャスク1基当たりの崩壊熱量 : 13.8 kW*1以下 注記*1:使用済燃料1体当たりの軸方向燃焼度の平均値を用いた(PF=1とした)値。		
		図 2-4 使用済燃料の収納配置条件(配置(ii)) (新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度 8×8 燃料を混載収納する場合)		

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析	
	入力 (4/4)	 ▶ 燃料種類 : 新型 8×8 燃料 収納体数 : 32 体 燃焼度 : 29,000 MWd/t 以下 冷却期間 : 28 年以上 ▶ 燃料種類 : 新型 8×8 燃料 収納体数 : 37 体 燃焼度 : 34,000 MWd/t 以下 冷却期間 : 28 年以上 ▲ 風キャスク 1 基当たりの平均燃焼度 : 29,000 MWd/t 以下 金属キャスク 1 基当たりの崩壊熱量 : 8.4 kW*:以下 注記*1:使用済燃料 1 体当たりの軸方向燃焼度の平均値を用いた (PF=1 とした)値。 図 2-5 使用済燃料の収納配置条件(配置(ii)) 		
		 (新型8×8燃料のみを収納する場合) 3. 金属キャスク及び使用済燃料貯蔵建屋の解析モデル(使用済燃料貯蔵 建屋の除熱解析) (なし) 	 金属キャスク及び使用済燃料貯蔵建屋の解析モデル(使用済燃料貯蔵 建屋の除熱解析) (省略) 	3

	比較結朱
然料貯蔵	3. RFS固有の解析に必要な人力
	による相違

No.	比較項目	型式指定申	目請書の解析			R F	S設工認申請書の解析	
		1. 金属キャスク除熱解析の境界条	件	1.	金属キャスク除熱解析の境界条件			
		別紙 1-3 表 HDP-69B(B)型外表	面の熱伝達率(資料5 別紙1)	(添付 3-1	-1)		
						第4表	金属キャスク周囲の境界条件	
		注記*1:熱伝達率は下記の式を	用いて計算する。		項	目	入力	
		h = 0.129 $\lambda \left(\frac{g \beta \Delta T}{v^2} \times P r \right)$) ^{1/3} (垂直円筒) ⁽⁶⁾		環境温度	対 流	45 (貯蔵区域内の電気品等の使用を考慮)	
		h = 0.13 $\lambda \left(\frac{g \beta \Delta T}{v^2} \times P r \right)$) ^{1/5} (上向き水平平板) ⁽⁶⁾	境	(°C)	輻射	65(コンクリート強度を考慮した制限温度)	
		h = 0.6 $\frac{\lambda}{D} \left(\frac{g \beta \Delta T}{v^2} \times D^3 \times D^3 \right)$	Pr) (下向き水平平板) ⁽⁶⁾	界	天井及び	『床面輻射率	0.8 (コンクリート表面塗装)	
		 L ここで、 h : 熱伝達当 λ : 熱伝導当 エ · 重力加速 	$\leq (W/(m^2 \cdot K))$ $\leq (W/(m \cdot K))$ Eff. (-0.80665 (m/-2))	条	キャスク	7表面輻射率	0.8(外筒を白系塗装)	
		g · 重刀加速 β : 体積膨引 Δ T : 周囲空気	EQ (−9.80005 (Ⅲ/S)) E係数 (1/K) Gと外表面の温度差 (K)	件	キャ 表面	スク側部 熱伝達率	Jakob 垂直平面の乱流自然対流熱伝達の式(※) h=0.129 λ ($\frac{g \beta \Delta t}{V^2} \times Pr$) ^{1/3}	
0	解析条件 (1/2)	v : 動粘性的 Pr: プラント D : 代表長さ		キャスク上面 表面熱伝達率		加熱水平上面の乱流自然対流熱伝達の式(※) h=0.13 λ ($\frac{g \beta \Delta t}{r^2} \times Pr$) ^{1/3}		
5							レ 加勢水平下面の層流自然対流勢伝達の式(※)	
		別紙 1-5 表 全体	本 モデルの境界条件		キャ	スク下部		
		項目	境界条件		端板表	面熱伝達率	h = 0.6 λ /D($\frac{g \beta \Delta t}{t^2} \times D^3 \times Pr$) ^{1/5}	
		周囲温度(℃)	45				V	
		貯蔵建屋壁面温度(℃)	65		底音	祁熱移動	断熱	
			0.8					
		金属キャスク表面放射率	0.8	※ h	※h:熱伝達率(W/m²/K), λ:熱伝導率(W/m/K), D:平板の幅(m), g:重力な			
		金属キャスク側面から	0.232*1	(1	(m/s²), β:体積膨張係数(1/K),ν:動粘性係数(m²/s), Pr:プラントル			
		金属キャスク表面熱伝達率		Δ	↓t:温度差(K)		
		(側面,上面,下部端板)	別紙 1-3 表による					
		底部熱移動	断熱					
		注記*1:金属キャスク配列ピッチ寸法 3.5	mから算出される値。算出過程は別添2参照。					

		比較結果
	1.	相違なし
_		
_		
速度		

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認	比較結果	
			(補足説明資料:設2-補-003)		
			第3-5表 全体*	モデルの境界条件	
			項目	境界条件	
			周囲温度 (℃)	45	
			貯蔵建屋壁面温度 (℃)	65	
			貯蔵建屋壁面放射率	0.8	
			金属キャスク表面放射率	0.8	
	解析条件		金属キャスク側面から	0.232*1	
4	(2/2)		貯蔵建屋内壁面への形態係数		
	(2/2)		金属キャスク表面熱伝達率	第 3-3 表による	
			(1)11, 上山, 下部师板)	ドーを	
			広印然伊期 注記×1・全届キャスク配列ピッチ寸注	<u> </u>	
				5.5 血がり奔口で405 値。 奔口過往なが	
			M. <u>6 5</u> 5 M.		
		2. 使用済燃料貯蔵建屋の除熱解析の境界条件	2. 使用済燃料貯蔵建屋の除熱解析の	D境界条件	2. RFS固有の解析の解析条件に
		(なし)	(省略)		よる相違
		1. 使用済燃料の崩壊熱量	1. 使用済燃料の崩壊熱量		1. 相違なし
		2. (3) 解析モデル及び解析条件(資料5)	2.2 (3) b. 使用済燃料集合体	の崩壊熱評価方法(添付 3)	
		燃料集合体の種類、燃焼度、初期濃縮度、冷却期間等を条件に燃焼	使用済燃料集合体の崩壊熱は、燃	**料型式,燃焼度,濃縮度,冷却年数	
		計算コードORIGEN2を使用して求める。	等を条件として燃焼計算コードOF	RIGEN2を使用して核種の生成。	
		(ライブラリけ資料9 表 9-3 に記載)		音子ス	
			加級人の これのに本 ノ 、元派重を 町 チ	F,) こ。 は田这牌判住人仕の出版効果の公具	
				使用資源科集合体の崩壊熱重の総重	
			を最大崩壊熱重とし、除熱設計上、	保守的に使用済燃料集合体の軸方回	
			の燃焼度分布を考慮した崩壊熱量を	を設計崩壊熱量とする。	
			(ライブラリは別添 2-1 に記載)		
	砌长七洲				
5	牌们力伝	2. 金属キャスクの除熱解析コード	2. 金属キャスクの除熱解析コード		2. 相違なし
	(1/2)	除熱解析は,HDP-69B(B)型の実形状を軸方向断面,径方向断面にそ	2.2 (3) 除熱解析の方針(添付:	3)	
		れぞれ二次元で、燃料集合体の実形状を径方向断面に二次元でモデル	c. 金属キャスク各部の温度評価		
		化1. 有限要素決に上ろ伝執解析コード(ABAQUS)を用いて行	全属キャスクの各部の温度け 健	「田落燃料集合休の崩壊執及び全属キ	
		う (毎日) た 報 転 エ デ ル け 以 下 の 2 へ で な ス	エスク国田泪宙竿を冬休として	~属キャフクの実形出をエデル化1	
		ノ。使用した時間にノルは以上のようてのる。			
		・金属キャスク熱解析セテル	有限要素法コートABAQUSを作	更用して水める。	
		(1) 軸方向全体モデル(以下「全体モデル」という。)	d. 燃料破覆管の温度解析方針		
		② 径方向輪切りモデル(以下「輪切りモデル」という。)	燃料被覆管の温度は,使用済燃料	集合体の崩壊熱と輪切りモデルで求	
		・燃料被覆管熱解析モデル	められたチャンネルボックス又はハ	バスケットの温度を条件として, 使用	
		③ 燃料集合体モデル	済燃料集合体及びチャンネルボッ	クス又はバスケットの実形状をモデ	
			ル化し,有限要素法コードABAС	QUSを使用して求める。	

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析
		 各解析モデルで評価する部位は次のとおりである。 ① 全体モデル:胴(底板),金属ガスケット,中性子遮蔽材 (蓋部,底部),蓋部,トラニオン ② 輪切りモデル:バスケット,胴,中性子遮蔽材(側部),外筒 ③ 燃料集合体モデル:燃料被覆管 全体モデル解析では,平均燃焼度の使用済燃料が 69 体収納されている条件(発熱量の総量が設計崩壊熱量となる。)とした。輪切りモデル解析では,中央部の37 体の使用済燃料は最高燃焼度の崩壊熱量とし,発熱量の総量が設計崩壊熱量となるように外周部の発熱量を調整した(さらに,軸方向への熱逃げを考慮した。詳細は別紙1に示す。)。燃料集合体モデル解析では最高燃焼度の崩壊熱量を用いた。 	 2. (4) 除熱解析(添付 3-1-1) 添付 3「使用済燃料の除熱に関する説明書」に示す方法により,6 形態,使用済燃料集合体の崩壊熱,金属キャスク各部の温度及び燃料 覆管の温度を評価し金属キャスクが使用済燃料集合体の崩壊熱を通 に除去する設計であることを解析により確認する。(別添 1 参照) なお,除熱解析時の保守性を第 3 表に示す。 また,金属キャスクの各部温度評価に当たっては,以下の2種類の 解析モデルを用いる。 (a) 全体モデル :軸方向温度解析(金属キャスク本体,金属ガスット等の温度評価)(第 2 図参照) (b) 輪切りモデル:半径方向温度解析(金属キャスク本体,バスクト等の温度評価)(第 3 図参照) また,金属キャスク周囲の境界条件を第 4 表に示す。 燃料被覆管の温度評価は,燃料集合体モデルで解析を行う(第 4 図 照)。
6	解析方法 (2/2)	 一次元熱計算及び三次元熱流動解析(使用済燃料貯蔵建屋の除熱 解析) (なし) 	3. 一次元熱計算及び三次元熱流動解析(使用済燃料貯蔵建屋の除解析) (省略)

	比較結果
熱	
ŀ被	
切	
)쬤	
4	
.7	
- N/	
/	
参	
熱	3. RFSの解析で必要な解析方法
	による相違

No.	比較項目	型式指定申請書の解析				RFS設工認申請書の解析			比較結果			
		1. 燃料 (資料	被覆管温度及び金属キャスクネ 5) 表2-6 除熱制	各部最高温 ^{案祈結果}	度		1. 燃料被	皮覆管温度及び金属 第5表 金属キャ	属キャスク各部最高温 スクの除熱解析結果	▲度 (添付 3−1−1)	 1. 収納燃料の違いにより各部最高 温度に相違がある。 (「型式指定申請書の解析」の配置 	
				評価結	果(℃)	設計基準値			新型 8 × 8 ジル	高燃焼度	(i)と「RFS設工認申請書の解析」	
			対象となる部位	最高温度	配置(i) 配置(ii)	(°C)			コニウムライナ	8×8燃料	の配置Aが同じ条件である。)	
		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	262*2	259 262	300			燃料(ライナあり)	(ライナあり)		
		被覆管*1	新型 8×8 燃料	196*3	-	200	設計点	崩壊熱量(k₩)	15.3 (最大値)	14.6		
			用问	135	135 134	350	最大唐	崩壊熱量 (k₩)	12.	1		
			胴(底板)	142	142 139	350			250 (見+法)			
			外筒	113	113 113	350	350 燃料被覆管温度(℃) 259(最大値) (ライナあり) (注)	(注)				
			一次蓋	97	96 97	350	金	本体胴	142(最大値)	(注)		
			二次蓋	86	85 86	350	禹キャスク各部最高温度	 一次蓋	 (反素鋼) 96(最大値) (出ま鋼) 	(注)		
4	解析結果 (1/2)	民 金属 キャスク	一次蓋ボルト	90	89 90	350		二次蓋	(灰系列) 85(最大値) (炭素綱)	(注)		
	(-/-/		二次蓋ボルト	86	85 86	350		各 部 中性子遮蔽材 128(最大値)	(注)			
			中性子遮蔽材(蓋部,底部,側部)	128*1	128*4 128*4	150		(レシン)				
	金属ガスケット	金属ガスケット	90	89 90	130	度		度	度	金属カスケット	89(最大値)	(汪)
			バスケットプレート (ほう素添加ステンレス鋼)	251	248 251	300 C バスケット 248 (最大) 300 ズスケット ステンパ	248 (取入値) (ボロン添加 ステンレス鋼)	(注)				
			トラニオン	120	120 118	350		」 収納配置	配置A	配置A		
		注記 *1 : f	燃料棒の最高温度とした。なお,燃料 ルカロイの体積割合を考慮して均質化 照射硬化回復試験の結果,BWR燃料でに は小さいことが確認されている ⁽⁷⁾ 。 配置(iii)における解析結果を示す。 蓋部,底部,側部中性子遮蔽材のうち,	棒には二酸化 した物性値を は,約 270 ℃ ,最も高い温	ウラン, ヘリ! 設定している。 では照射硬化の 度を示す。	ウムガス及びジ の回復の可能性	(注): ※ :	設計崩壊熱量が なお,冷却期間 安全側に評価す	最大である新型 8 > は 18 年(配置 A) るため,ライナな1	×8ジルコニウムラ 及び24年(配置B しとして評価とした		

No.	比較項目	型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析	比較結果
5	解析結果 (2/2)	 使用済燃料貯蔵建屋内雰囲気温度及び建屋コンクリート温度(使用済 燃料貯蔵建屋の除熱解析) (なし) 	 使用済燃料貯蔵建屋内雰囲気温度及び建屋コンクリート温度(使用済 燃料貯蔵建屋の除熱解析) (省略) 	 RFS固有の解析結果による 相違

				第4-1表(5/5) 最新の型式指	定申請書	との解析の比較	、(耐圧強度及び耐食)	<u> (性)</u>
No.	比較項目		最新の型式	旨定申請書の解析			R F S 設工認問	申請書の解析
		 ・使用済燃料等 添付書類 8-1-1 密封容器及び 	等の除熱の解析結果に基 1 密封容器の応力解析 び二次蓋に作用する圧力	づく材料温度 の方針 4.1 基本仕様 」と最高使用温度を以下に示す。		・同左 添付 10-2-1-1 ク(タイプ 2	 密封容器の応力解 A))第 4-1 表 密 	¥析の方針(BWR用大型キャ ※封容器及び二次蓋の最高使用
			貯蔵時圧力	-0.101325 MPa		力及び最高使	用温度	
			最高使用圧力	1.0 MPa		密封容器	最高使用圧力	1.0 MPa
		密封容器	試験時圧力	1.25 MPa			最高使用温度	150 °C
			最高使用温度	150 °C*1		二次蓋	最高使用温度	0.4 MFa
1	入力	一次美	最高使用圧力	0.4 MPa				
			最高使用温度	110 °C*1				
		添付書類 8-2-1 バスケットに 収納する格子を 示す。	1 バスケットの応力解れ は, バスケットプレート を形成している。バスケ	所の方針 4.1 基本仕様 の組み合わせにより,使用済燃料 シトに関する応力計算の基本仕様る	集合体を を以下に	添付 10-2-1-2 スク(タイプ	2 バスケットの応力 2 A)) 第 4-1 表	J解析の方針(BWR用大型キ バスケットの最高使用温度
			最高使用温度	260 °C*1		最高	高使用温度	260 °C
		・トラニオン約 2.00×10 ⁵ MPa	従弾性係数			・トラニオン 2.07×10 ⁵ (M	縦弾性係数 (Pa)	
		 ・荷重条件等を ・応力計算に使する。 	を考慮して代表事象を選 吏用する物性値は,温度	定し,解析を実施 依存性を考慮する。なお,常温は	20 ℃と	・同左・同左		
	解析条件	 ・応力解析の対 (1) 明 	 応力解析の対象は、次のとおり (1) FR 			 応力解析の対象は、次のとおり (1) 明 		
2	(1/2)	 (1)				(1) 厕 (2) 底板		
		(3) 一次書	去			(3) 一次	盖	
		(4) 一次書	蓋ボルト			(4) 一次	蓋締付けボルト	
		(5) カバー	ープレート			(5) カバ	ープレート	
		(6) カバープレートボルト			(6) カバープレート締付けボルト			

	比較結果
	トラニオン縦弾性係数※に相違あり
マス	※:設計承認申請書を参考に「金属
圧	キャスク構造規格別図 8-1」を
	引用
-+	
l	
	心力解析の対象の記載に相違※かめ
	3.
	※:カバープレート(シール部)は,
	カバープレートで代表。

No.	比較項目	最新の型式指定申請書の解析	RFS設工認申請書の解析
		(7) 底部中性子遮蔽材カバー	(7) 底部中性子遮蔽材カバー
3	解析条件	(8) 一次蓋(シール部)	(8) 密封シール部 (一次蓋)
		(9) カバープレート (シール部)	(9) 二次蓋
0	(2/2)	(10) 二次蓋	(10) 二次蓋締付けボルト
		(11) 二次蓋ボルト	(11) 密封シール部 (二次蓋)
		(12) 二次蓋(シール部)	
		 ・密封容器の応力解析は、想定される内圧、機械的荷重及び熱荷重を基に、密封 	・同左
		容器の実形状をモデル化し、解析コードであるABAQUS及び応力評価式を	
		用いて行う。	
1	韶析专注	ABAQUSとは、有限要素法に基づく応力解析の汎用解析コードであり、解	
4	叶切刀	析対象を形状、材料等の不連続部で小さなメッシュに分割することで行う。	
		 ・バスケット、トラニオン、外筒の応力解析は、想定される内圧、機械的荷重及 	
		び熱荷重を基に応力評価式を用いて行う。一方,蓋部中性子遮蔽材カバーの応	
		力解析は、想定される圧力に対して応力評価式を用いて行う。	
		・全ての計算値が許容値を下回ることを確認	・同左
		・吊上げ時におけるトラニオンの疲労評価結果	・吊上げ時におけるトラニオンの疲労評価結果
5	解析結果	疲労累積係数 U _f =0.0022 (U _f ≦1.0)	疲労累積係数 Uf=0.0133 (Uf≦1.0)

比較結果
・相違なし
入力(トラニオン縦弾性係数)の違い による相違

第4-2表(1/5) 型式指定申請書の記載の比較(使用済燃料の臨界防止)

刑子托会由注申	RFS設工認		にあた田
空 八 旬足甲胡青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
添付書類2 使用済燃料の臨界防止に関する説明書	申請書添付書類3 添付1-1 使用済燃料が臨界に達しないことに関する説明書 (BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 1. 概要 本資料は,使用済燃料貯蔵施設の使用済燃料の臨界防止に関 する設計方針が,「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規 則」(以下「技術基準規則」という。)第5条(使用済燃料の臨	補足説明資料 設備2-補-001 使用済燃料の臨界防止について 1. 目的 本資料は,材料物性や使用済燃料集合体配置の影響及び臨界解 析のモデルバンドルの考え方について補足し,今回申請する金属 キャスクによる臨界防止についてより詳しく説明するものであ	
	界防止) に適合することを説明するものである。 金属キャスクによる使用済燃料の臨界防止に関する設計結果 は「添付1-1 使用済燃料が臨界に達しないことに関する説明 書」に示す。	る。 	
 設計方針 HDP-69B(B)型は、使用済燃料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、及びバスケットプレートに添加 された中性子吸収材により、臨界に達することを防止する設計 とした。 また、HDP-69B(B)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HDP-69B(B)型に使用済燃料を収納する際 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、 使用済燃料が臨界に達するおそれがないよう、中性子実効増倍 率を0.95以下となるように設計した。 バスケットプレートは、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を所定 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 した。 	 基本設計方針 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 ないよう次の方針に基づき臨界防止設計を行う。 金属キャスク単体は、その内部のバスケットの幾何学的な配 置及び中性子を吸収する材料により、使用済燃料集合体を収納 した条件下で、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以下となるよう設計する。 臨界防止機能の一部を構成する金属キャスク内部のバスケ ットは、設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運搬に係る 期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間における放射線 照射影響、腐食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、技術的に想定されるいかなる場合でも臨界防止上 有意な変形を起こさない設計とする。金属キャスク内部のバス ケットにより、適切な使用済燃料集合体間隔を保持し、使用済 燃料集合体を相互に近接しないよう、使用済燃料集合体を所定 の幾何学的配置に維持する構造とし、設計貯蔵期間(50年間) に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を 有する 60年間を通じてバスケットの構造健全性が保たれる設 計とする。 使用済燃料集合体を収納した金属キャスクを、使用済燃料貯 蔵建屋の貯蔵容量最大に収納した条件下で、金属キャスク相互の中性子 		設計方針の記載は同等

파니>	RFS設工認			
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料		
	干渉を考慮し、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 以下となるよう設計する。			
	(4) 未臨界性に有意な影響を与える以下の因子を考慮した設計			
	とする。			
	a. 配置・形状			
	貯蔵区域内の金属キャスクの配置, 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。			
	金属キャスク相互の中性子干渉を考慮して完全反射条件(無			
	限配列)としていることから、金属キャスクの滑動を考慮する			
	必要はない。			
	金属キャスク内部が乾燥された状態では、バスケット及び使			
	用済燃料集合体の変形による実効増倍率の変化はわずかであ			
	り、未臨界性評価に有意な影響を与えることはない。			
	b. 中性子吸収材の効果			
	以下の事項等について適切な安全裕度をもって考慮する。			
	(a) 製造公差(濃度,非均質性,寸法等)			
	(b) 中性子吸収に伴う原子個数密度の減少			
	c. 減速材(水)の影響			
	使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するにあたり冠水す			
	ることを設計上適切に考慮する。			
	d. 燃焼度クレジット			
	使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下は考慮しない。な			
	お、冠水状態の解析では、可燃性毒物による燃焼初期の反応度			
	抑制効果を適切に考慮する。			
	(5) 使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するに当たっては,			
	臨界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,契約先である原子炉設置者が確認した使用済燃料集合			
	体の収納等の状態が貯蔵上必要な条件を満足していることを,			
	記録により確認する。			
	3. 臨界防止構造の設計方針			
	金属キャスクは、その内部のバスケットの幾何学的な配置及			
	び中性子を吸収する材料により、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し、以下の配慮を行う。			

比較結果

刑十七六百法事	R F S 設工認			
空 八 垣 疋 印 前 香	申請書添付書類3	補足説明資料		
	(1) 使用済燃料集合体を収納するバスケットは、格子構造とし、			
	設計貯蔵期間 (50 年間) に加えて事業所外運搬に係る期間等を			
	考慮した十分な余裕を有する 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設計とする。			
	(2) バスケットの材料には、中性子を有効に吸収するボロンを			
	偏在することなく添加したステンレス鋼を用いる。			
	 臨界解析の方針 			
	金属キャスクの臨界解析フローを図 4-1 に示す。			
	金属キャスク及び燃料集合体の実形状を三次元で適切にモ			
	デル化し、これまでの輸送容器と貯蔵容器での臨界解析に使			
	用実績のある燃料棒単位セル計算を輸送計算コードXSDR			
	NPM,中性子実効増倍率の計算をモンテカルロコードKE			
	NO-V. a で行うSCALEコードシステム(4.4 a)を用			
	いる。断面積ライブラリにはSCALEコードシステムの内			
	蔵ライブラリデータのひとつである 238 群ライブラリデータ			
	を使用して中性子実効増倍率を求め、その値が解析コードの			
	精度,解析の裕度を考慮して,0.95以下となることを確認す			
	る。			
	金属キャスクは多重の閉じ込め構造を有する蓋部により金属			
	キャスク内部は外部から隔離される構造であり、金属キャスク			
	への使用済燃料集合体収納後に金属キャスク内部の排水及び真			
	空乾燥が行われることから、貯蔵中の金属キャスク内部は乾燥			
	状態であるが、原子力発電所における金属キャスクへの使用済			
	燃料集合体収納時に冠水することから、乾燥状態及び冠水状態			
	で評価する。			
	BWR燃料集合体には反応度抑制効果のある可燃性毒物が			
	含まれているが、中性子減速材のない乾燥状態では可燃性毒			
	物の反応度抑制効果が低下することから、乾燥状態の解析で			
	は保守的に可燃性毒物の反応度抑制効果を無視した初期濃縮			
	度の燃料集合体を金属キャスクに全数収納した状態を設定す			
	る。冠水状態の解析では、燃料集合体の燃焼に伴う反応度の			
	低下は考慮せず、可燃性毒物による燃焼初期の反応度抑制効			
	果を考慮して、炉心内装荷冷温状態での燃料集合体の無限増			
	倍率が1.3となる燃料集合体モデルを金属キャスクに全数収			

比較結果

피수방승규キャ	RFS設工認		比訪結里	
型式指定中請書 	申請書添付書類 3	申請書添付書類 3 補足説明資料		
	納した状態を設定する。			
	また、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮して金属キャ			
	スク周囲を完全反射条件とし,金属キャスクの無限配列を模			
	擬することにより,使用済燃料貯蔵建屋の貯蔵容量最大に金属			
	キャスクを配置した条件を包絡した設定とする。バスケット			
	格子内の使用済燃料集合体は中性子実効増倍率が最大となる			
	ように金属キャスク中心側に偏向して配置するとともに、バ			
	スケットの板厚,内のりの寸法公差や中性子吸収材の製造公			
	差を考慮するなど、十分な安全裕度を見込む。			
	添付1-1 使用済燃料が臨界に達しないことに関する説明書			
	添付 1-1-1 使用済燃料が臨界に達しないことに関する説明書			
	(BWR用大型キャスク(タイプ2A))			
	1. 設計方針			
	BWR大型キャスク(タイプ2A)の使用済燃料の臨界防			
	止に関する設計方針については,添付 1「使用済燃料の臨界防			
	止に関する説明書」のとおりである。			
2. 臨界防止設計	2. 臨界防止設計			
(1) 臨界防止機能に関する構造	(1) 臨界防止構造		臨界防止機能に関する構	
HDP-69B(B)型の仕様を表2-1に示す。	金属キャスクの仕様を第1表に、収納する使用済燃料集合体		造の記載は同等	
HDP-69B(B)型では,臨界に達することを防止するため,以	の仕様を第2表に、バスケット構造を第1図に示す。			
下の設計上の配慮を行っている。				
a. 使用済燃料を収納するバスケットは,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幾何学的配置形				
状に維持する設計とする。(「添付書類8 耐圧強度及び				
耐食性に関する説明書」参照)				
b. バスケットプレートには,中性子吸収材であるほう素を		2. ボロン添加ステンレス鋼のボロン濃度の均一性について		
添加したステンレス鋼を使用する(図2-1参照)。		2.1 ステンレス鋼に添加したボロンによる中性子増倍率への		
(2) 臨界評価	(2) 臨界解析	影響	臨界評価の記載は同等	
使用済燃料貯蔵施設での貯蔵中において、技術的に想定さ	臨界解析モデルを第2図に,臨界解析条件を第3表に,臨界	ボロンの偏在や均質性に関して、バスケット材料の製造プロ		
れるいかなる場合にも臨界に達することを防止する設計とし	解析条件の設定根拠を第4表に示す。	セスにおいて管理され、中性子吸収性能の低下を無視できると		
た。また、解析コードがモンテカルロ法であり統計誤差を伴	なお、貯蔵中のように金属キャスク内部が乾燥された状態	考えられることから、臨界解析において、ボロンは均等に分布		
うため、解析コードの精度等を考慮して、中性子実効増倍率	では、バスケット及び使用済燃料集合体の変形による中性子	し、かつ、均質であるとして評価を行っている。		

刑令的方力转步	R F S			
空八指正甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	山 牧 和 木	
(k_{eff})の平均値に統計誤差(σ)の3倍(3σ)を加味した	実効増倍率の変化は僅かであり、未臨界性評価に有意な影響	第 2-1 表に示すように、バスケット部材のボロン添加ステ		
値が0.95以下(k _{eff} +3σ≦0.95)であることとした。	を与えることはない(別添5参照)。	ンレス鋼は、中性子吸収材であるボロン含有量と材料密度を仕		
HDP-69B(B)型は,使用済燃料を収納後に内部水が排出さ		様上の下限値から設定したボロンの原子個数密度を解析の入力		
れ、さらに真空乾燥が行われる。また、密封機能を有した複		値として使用している。		
数の蓋を有しており、HDP-69B(B)型内に水が浸入することは		また,第2-2表に示すように,金属キャスクで使用するボロ		
なく,貯蔵中はHDP-69B(B)型内は乾燥状態であるが,原子力		ンを添加したバスケット材料については、ボロン量、ボロンの		
発電所におけるHDP-69B(B)型への使用済燃料収納時に冠水す		粒子径や分散性に関して、製造時に製品のボロン量の分析や金		
ることから、乾燥状態及び冠水状態の臨界評価を行った(別		属組織観察により確認することから、ストリーミングによる中		
紙1及び別紙2参照)。		性子吸収性能の低下を無視できると考えている。		
HDP-69B(B)型の臨界評価フローを図2-2に示す。中性子実		米国の乾式キャスク貯蔵システムの「Standard Review Plan		
効増倍率は、燃料棒単位セル計算により求まる核定数を用		for Dry Cask Storage Systems(NUREG-1536)」(以下, SRPとい		
い, HDP-69B(B)型の実形状をモデル化し, 臨界解析コードを		う。)では、臨界解析における固定式中性子吸収材の効果の考慮		
使用して求めた。		は、その存在や均一性が確認できる試験が行われない場合は、		
使用済燃料の仕様を表2-2に示す。臨界評価に用いる使用		75%までと規定されている。また,この SRP にも適用される ISG-		
済燃料の仕様は、代表として最も反応度の高い高燃焼度8×8		15「MATERIALS EVALUATION」では,吸収材が非均一な材料の場		
燃料とし,乾燥状態の解析では初期濃縮度3.66 wt%とし,熱		合,吸収材の粒子の自己遮へい,及び中性子が吸収材の粒子間		
中性子吸収効果のあるガドリニアを添加した燃料棒の存在を		をストリーミングすることで中性子吸収性能が低下するとして		
無視した。		いる。		
BWR燃料は,燃料ペレットにガドリニアを含む燃料棒が組み		これは、吸収材の粒子がマトリックス材中に不均一に分散あ		
込まれていることから、ガドリニアの燃焼に伴って、燃料の		るいは凝集したり, 粒子が大きい (例えば, B ₄ C の 80μm の粒		
無限増倍率は一旦上昇するが,今回収納する燃料においては,		子)ために,同じ量の吸収材を含有する均一な材料に比べて,		
炉心装荷冷温状態で1.3を超えることがない設計となってい		中性子吸収性能が有意に低下するという Burrus ⁽¹⁾ と Wells ⁽²⁾ の		
る(別紙2参照)。このため,冠水状態の解析では,ガドリニ		論文を参考に記載している。		
アによる燃焼初期の反応度抑制効果を考慮して、濃縮度の異		一方,独立行政法人原子力安全基盤機構によるボロンクレジ		
なる2種類の燃料棒を用い、炉心装荷冷温状態での燃料の無限		ットに関する文献調査 ⁽³⁾ においては, Stanley E. Turner ⁽⁴⁾ に		
増倍率が1.3となる燃料モデル(モデルバンドル)を仮定した。		よる、分離炭化ボロン粒子間のストリーミングの反応度効果に		
モデルバンドルについては,新型8×8燃料及び新型8×8ジル		関して, 寸法の小さい粒子 (10-25μm)を使う吸収体では, ス		
コニウムライナ燃料用のモデルバンドルと高燃焼度8×8燃料		トリーミングによる反応度への影響は無視できるという調査結		
用のモデルバンドルの2種類を用いた(別紙5参照)。		果が得られている。以下に文献調査の記載を記す。		
評価に当たっては,HDP-69B(B)型の周囲を完全反射境界条		「湿式又は乾式貯蔵における実際的な利用において, BORAL*		
件とし,HDP-69B(B)型の無限配列を模擬することにより,使		などの B ₄ C 粒子が比較的大きい (110-180μm) 吸収体では,ス		
用済燃料貯蔵施設の最大貯蔵容量にHDP-69B(B)型を配置した		トリーミングの影響は<0.0020Δk である。一方, 金属・セラミ		
条件を包絡した設定とした。ここで,HDP-69B(B)型内は真空		ック複合体(メタミック)などさらに寸法の小さい粒子(10-		
又は水で満たした状態とし、厳しい燃料配置状態を仮定し、		25μm)を使う吸収体では,基本的には無視できる程度のストリ		
また、バスケットプレート板厚、バスケット格子内のり等の		ーミングによる反応度への影響が示されている。要するに,透		

刑予化之力注申	R F S	いお社田	
空 X 指 足 甲 萌 音	申請書添付書類3	補足説明資料	比牧桤未
寸法条件についても公差を考慮した(別紙3参照)。		過率では影響があるが、中性子増倍率では影響は無視できると	
解析コードとしてSCALE コードシステム(4.4a)を用い,		解釈できる。」	
燃料棒単位セル計算には輸送解析コードXSDRNPMを,臨界解		* ボロンを用いた中性子吸収材で,アルミニウム板二枚の間	
析には臨界解析コードKENO-V.aを使用した。断面積ライブラ		にサンドイッチ状に B4C とアルミニウム粉末を混合した混合粉	
リとしてはSCALEコードシステムの内蔵ライブラリデータの		末焼結体を挟み込み圧延した板状の成形体。海外では、例えば、	
ひとつである238群ライブラリデータを使用した(別紙4参		ステンレスに接合させて、バスケットとして使用している。	
照)。			
(3) 臨界評価結果	(3) 解析結果	2.2 ボロン添加ステンレス鋼の製造及び検査について	臨界評価結果の記載は同
評価結果を表2-3に示す。	解析結果を第5表に示す。	BWR用大型キャスク(タイプ2A)で使用するボロンを添	等
HDP-69B(B)型の中性子実効増倍率(モンテカルロ計算の統計	乾燥状態及び冠水状態での金属キャスクの中性子実効増倍率	加したバスケット材料については、ボロン量、ボロンの粒子径	
誤差(3σ)を加えたもの)は,技術的に想定されるいかなる場	(モンテカルロ計算の統計誤差 (3σ)を加えたもの)は、判定	や分散性に関して、バスケット製造時に製品のボロン量分析や	
合においても、0.95を下回るため、使用済燃料が臨界に達する	基準である 0.95 を十分下回ることを確認した。	金属組織観察により、ボロンが凝集することなく分散し、粒子	
おそれがないことを確認した。		径が十分小さいことの確認を行うことから、米国 SRP 等におけ	
		る考え方を適用する必要はないと考える。ボロン添加ステンレ	
別紙 1	別添2	ス鋼の製造及び検査について,以下に記す。	
		・ボロン添加ステンレス鋼の製造について	
乾燥状態でのHDP-69B(B)型の臨界解析について	乾燥状態における臨界解析について	BWR用大型キャスク(タイプ2A)は、ボロン添加ステ	乾燥状態での臨界解析の
		ンレス鋼(JSME S FA-CC-004)を用いる。ボロン添加ステン	記載は同等
HDP-69B(B)型は,使用済燃料を収納後に内部水が排出され,さ	BWR燃料集合体には反応度抑制効果のある可燃性毒物が含ま	レス鋼の製造方法は、一般的な鋼板の方法と同様である。製	
らに真空乾燥が行われる。また、密封機能を有した複数の蓋を有	れているが、中性子減速材のない乾燥状態では可燃性毒物の反応	造工程フローを第 2-1 図に示す。 ボロンは, 溶解時にフェロ	
しており,HDP-69B(B)型内部に水が浸入することはなく,HDP-	度抑制効果が低下することから、保守的に可燃性毒物の反応度抑	ボロンの形で必要量混合される。溶解の後,造塊工程を経て	
69B(B)型内は乾燥状態である。したがって、貯蔵中を対象にした	制効果を無視した初期濃縮度の燃料集合体を金属キャスクに全数	圧延を行う場合と、連続鋳造で圧延される場合がある。圧延	
乾燥状態での臨界解析(以下「乾燥時臨界解析」という。)を行	収納した状態を設定する。	後は、オーステナイト系ステンレス鋼と同様に固溶化熱処理	
うこととした。	臨界解析に用いる燃料集合体の仕様を別添2-1表及び別添2-	(約 1000~1150℃,急冷)を行っている。	
	1 図に示す。BWR用大型キャスク(タイプ2A)では3種類の	・ボロン添加ステンレス鋼の検査について	
1. 収納物	燃料集合体を収納するが反応度が最も高くなる高燃焼度8×8燃	ボロン量、ボロンの粒子径や分散性については、製品のボ	
HDP-69B(B)型に収納する使用済燃料は照射済みのものである	料を代表とし、濃縮度は燃料の初期濃縮度の新燃料を仮定してい	ロン量分析及び金属組織観察により確認する。ボロン添加ス	
が,濃縮度は未照射のままの減損していない値とし,安全側の	る。	テンレス鋼の検査内容を第2-2図に示す。試験片は、同一溶	
仮定とした。また、燃料には可燃性毒物としてガドリニアを添		解同一熱処理のロット毎にコイルから切り出す。試験片の採	
加した燃料棒が含まれるが,熱中性子吸収効果のあるガドリニ		取は、圧延での製造工程を考慮し、圧延条件等に不安定要因	
アの存在を無視した。臨界解析の対象は、代表として最も反応		が介在しやすいと考えられる圧延開始側と、安定した条件で	
度の高い高燃焼度8×8燃料とし,別紙1-1表に示す仕様の使用		製造される圧延終了側から採取する。	
済燃料に対して臨界解析を行った。使用済燃料の燃料棒配置を		なお、BWR用大型キャスク(タイプ2A)で使用するボロ	
別紙1-1図に示す。		ン添加ステンレス鋼は、使用済燃料ラックや輸送容器用バスケ	
なお,実際にHDP-69B(B)型に収納する使用済燃料が,本解析		ットとして製造実績が多数あり、ボロンが凝集することなく分	
파니는 사가는 마 ㅋㅋㅋ	R F S	山林休田	
---	--	---	----------------------
型式指足甲請書 	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結朱
の条件としている使用済燃料の反応度以下であることは,使用 済燃料貯蔵施設の設計及び工事の方法の認可申請時に別途確認 されることとする。		散し, 粒子径が十分小さいことが確認されている ⁽⁵⁾ 。	
 2. 解析モデル HDP-69B(B)型の乾燥時臨界解析条件を別紙1-2表に示す。また,別紙1-2図に乾燥時臨界解析モデルを示す。 			
 解析結果 解析結果を別紙 1-3 表に示す。 			
別紙 2	別添3		
冠水状態での HDP-69B(B)型の臨界解析について	冠水状態におけるガドリニアクレジットを考慮した臨界解析につ いて		冠水状態での臨界解析の 記載は同等
原子力発電所において,HDP-69B(B)型に使用済燃料を収納する に当たり 使用溶燃料が冠水することから冠水状能も考慮し	BWR燃料は、余剰反応度の抑制と軸方向出力分布の調整のために 燃料ペレットに可燃性毒物であるガドリニア (Cd-0a) を会		
HDP-69B(B)型内を減速材(純水)で満たした解析(以下「冠水時	か設計を採用しており 格子型 濃縮度・ガドリニア設計など	 3 ガドリニアクレジットを考慮した臨界解析モデルバンドルに	
臨界解析」という。)を行った。	プラントに対応させた多様性がある。多様性のある燃料を包括的	ついて	
	に扱う手法として、BWR燃料の実設計を包絡する無限増倍率(k	3.1 モデルバンドルの作成方法	
1. 収納物	。) を設定してモデルバンドルを作成し、BWRプラントの燃料貯	BWR燃料は運転期間中において、出力分布及び余剰反応度	
別紙2-1図に示すように、一般的なBWR 燃料では、ガドリニ	蔵設備やキャスクの未臨界性設計を保守的かつ合理的に実施する	の制御を濃縮度と可燃性毒物であるガドリニア設計により行え	
アは、ほぼ1サイクル照射で燃え尽きるように設計されている	方法がある。	るようになっており、軸方向断面の燃焼特性は各々異なるが、	
⁽¹⁾ 。したがって,燃料としての反応度のピークは10 GWd/t程	BWR燃料は、燃料ペレットにガドリニアを含む燃料棒が組み	運転期間中のいずれの断面においても k∞が 1.3 を下回るよう	
度の燃焼度で現れる。HDP-69B(B)型は, 炉心装荷冷温状態での	込まれていることから,ガドリニアの燃焼に伴って k∞は一旦上昇	に設計されている。また、燃料集合体は、できるだけ長期かつ	
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こ	するが、今回収納する燃料においては、最大となる k _∞ はいかなる	高い燃焼度を取り出しながら、局所出力ピークをできるだけ少	
とを前提とした。	燃料のいかなる軸方向断面においても、炉心装荷冷温状態で 1.3	なく平坦な出力が維持できるように径方向にも濃縮度の違う燃	
この前提に基づきHDP-69B(B)型の冠水時臨界解析において	を超えることがない設計になっている。	料棒で制御している。このため、実燃料集合体の内側は高い濃	
は、炉心装荷冷温状態での無限増倍率が1.3となるような別紙	このため,臨界評価において,炉心装荷冷温状態で k∞が 1.3 と	縮度の燃料棒,外側には低い濃縮度の燃料棒が配置されている。	
2-1表に示す仕様のモデルバンドルを仮定した。モデルバンド	なるような仮想的なモデルバンドルを収納して計算を行えば安全	この実燃料の濃縮度配分を考慮し、かつガドリニアの無い保守	
ルの燃料棒配置を別紙2-2図に示す。このように、本解析にお	側の評価となる。(別添 3-1 図,別添 3-2 図参照)	的な状態で臨界計算を実施できるように下記のようなモデルバ	
いてはモデルバンドルを用いるため、使用済燃料の平均濃縮度		ンドルを設定している。なお,モデルバンドルはガドリニアの	
は、実燃料の平均初期濃縮度と異なる。		無い燃料でモデル化しているため,実燃料集合体よりも k _∞ は大	
なお,実際にHDP-69B(B)型に収納する使用済燃料が,本解析		きいが、平均濃縮度は低くなる特徴がある。	

မ ပ

	RFS設工認		山林行田
四····································	申請書添付書類 3	補足説明資料 比	的結果
の条件としているモデルバンドルの反応度以下であることは、	モデルバンドルの)作成については, k∞が 1.3 となるモデルバ	
使用済燃料貯蔵施設の設計及び工事の方法の認可申請時に別途	ンドルは、任意性が	^ゞ あって複数考えられるが, k∞が 1.3 のモデ	
確認されることとする。	ルバンドルでも kefi	f あるいは平均濃縮度が大きくなるように設	
	定している。参考文	:献(1)に, このようなガドリニアクレジット	
2. 解析モデル	モデルバンドル作成	えの考え方が示されている。	
HDP-69B(B)型の冠水時解析条件を別紙2-2表に示す。また,	第3-1表に示す。	ように, 炉心装荷冷温状態の場合, 内側に高	
別紙2-3図に冠水時臨界解析モデルを示す。	濃縮度燃料棒,外俱	『に低濃縮度燃料棒を配置したモデルバンド	
	ル (Case1) と, 同-	-濃縮度の燃料棒を配置したモデルバンドル	
3. 解析結果	(Case2) は、とも	に k∞が 1.3 であるが, 平均濃縮度に差が生	
解析結果を別紙 2-3 表に示す。	じている。これは、	k∞の評価では、燃料集合体からの漏えい中	
	性子が強く影響する	っため、実燃料に近い内側領域の濃縮度を高	
	めた Case1 よりも,	Case2 のような低い平均濃縮度でも k∞=	
	1.3 を達成できる。		
	一方,キャスク体	ぶ系においては,第3-2表に示すように,中	
	性子漏えいの大きい	い同一濃縮度分布の Case2 よりも、内側の濃	
	縮度を高くした Cas	sel の方が,中性子漏えいが少ないためバス	
	ケットの中性子吸収	λ効果が小さく, k _{eff} が高くなる。	
	仮に、高濃縮度と	:低濃縮度と中間濃縮度の3種類の濃縮度を	
	用いて、内側から高	請濃縮度、中間濃縮度、低濃縮度の燃料棒を	
	配置して k∞が 1.3 0	Dモデルバンドルを作成した場合には、中間	
	の濃縮度の燃料棒に	こより、Casel に比べて外側領域の濃縮度が	
	高くなり、内側領域	kの濃縮度が低くなった状態(低い平均濃縮	
	度、中性子漏えいの)大きい状態) で k∞は 1.3 となる。キャスク	
	体系においては、ハ	ベスケットの中性子吸収効果が増えるため 3	
	種類の濃縮度を用い	ヽたモデルバンドルの方が, k _{eff} は Case1 よ	
	り低くなる。したが	ぶって,濃縮度を2種類としたモデルバンド	
	ルに包絡される。		
	以下にモデルバン	バンの設定方法を示す。	
	① まず低濃縮度燃料	料棒を全体に配置する。	
	② 次に高濃縮度燃 ⁵	料棒を配置していくが,バスケットの中性子	
	吸収効果が小さ	くなるように, バスケットから距離が離れた	
	中央部から置換	していき, k∞≒1.3となるまで繰り返す。	
	③ 最外周以外の領却	域全てに高濃縮度燃料棒を配置してもなお,	
	k∞≒1.3を下回る	る場合(第3-1図(a))には,最外周にも高	
	濃縮度燃料棒を	配置する。	

피수병가고	RFS設工認		山林休田
空式相足中請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
		④ ③により最外周に高濃縮度燃料棒を配置すると k∞≒1.3 を	
		超える場合(第3.2-1図(b))には,最外周の領域全てに低	
		濃縮度燃料棒を配置し,それ以外の領域全てに高濃縮度燃料	
		棒を配置した状態(第3-1図(a))をベースとして,最外周	
		から 2 列目の高濃縮度燃料棒と最外周の低濃縮度燃料棒を	
		置換することによって k∞≒1.3 となる配置をサーベイしモ	
		デルバンドルを設定する(第3-1図(c))。	
		3.2 BWR用大型キャスク(タイプ2A)の冠水状態における臨	
		界解析に用いたモデルバンドル	
		第 3-3 表に示す燃料仕様に基づき,「3.1 モデルバンドルの	
		作成方法」の考え方に基づいて設定したモデルバンドルを第3	
		-2 図に,このモデルバンドルの無限増倍率を第 3-4 表に示	
		す。	
		モデルバンドルの種類としては、収納する燃料タイプを考慮	
		してモデルバンドルを設定した。BWR用大型キャスク(タイ	
		プ2A)として、3種類の燃料集合体を収納するが反応度が最	
		も高くなる高燃焼度8×8燃料をベースとした STEP-Ⅱ燃料モ	
		デルバンドルを用いて解析を行っている。なお、モデルバンド	
		ルは、燃料仕様を考慮した最高濃縮度と最低濃縮度(公称値)	
		の燃料棒にて, k∞が 1.3 となる仮想的なモデルバンドルを設定	
		していることから, U-235 濃縮度の最高, 最低の本数比, 実際の	
		平均濃縮度は一致しない。	
		モデルバンドルは,第3-3図のように,1断面の濃縮度分布	
		から設定しており、燃料有効部の全長にわたって、濃縮度分布	
		は一様として扱っている。実燃料では、運転時の軸方向出力分	
		布の調整のために,濃縮度及びガドリニアは軸方向に分布*を	
		持たせているが、モデルバンドルでは、実燃料の濃縮度を平均	
		化等の操作をせずに, k _∞ が 1.3 となる保守的な濃縮度分布を軸	
		方向一様に設定している。実燃料のあらゆる軸方向の断面,運	
		転期間(燃焼度)において, k _∞ は1.3以下であり, 軸方向一様	
		に k∞が 1.3 となる濃縮度分布を設定することは,実燃料の k∞	
		を包絡しており、保守的な設定である。	
		なお、炉心装荷冷温状態での燃料集合体ピッチは、炉心内の	
		最小離隔距離である約 152mm としている。キャスク体系では,	
		厚みが約 6 mm のほう素が添加されたバスケット内に収納され	

刑个化合力转步	RFS設工認		山林社田
至八相定中明青	申請書添付書類3	補足説明資料	比牧和木
		ることから燃料集合体ピッチを炉心装荷状態よりも大きい約	
		としている。また、燃料集合体の変形は想定していない。	
		* : BWR 炉心燃料設計の特徴について	
		BWR炉心は軸方向にボイド率分布を持つことを特徴として	
		いる。炉心下部はボイド率が小さく,炉心上部はボイド率が大	
		きいため、ボイド率の小さい(減速材の多い)炉心下部で出力	
		が高くなり、出力分布が下方へ膨らみ易い傾向にある。炉心燃	
		料設計では、出力が局所的に大きくならないよう、軸方向出力	
		分布の平坦化を目的として,上下に濃縮度差をつけた上下2領	
		域燃料が広く採用されている。また、ガドリニア設計では、運	
		転期間中の炉心余剰反応度量を適切かつ一定に保つように調整	
		され、ガドリニア濃度が低いとガドリニアが早く燃え尽きるた	
		めk∞が最大となる燃焼度時期は早くなり, ガドリニア濃度が高	
		いとガドリニアが燃え残るため k∞が最大となる燃焼度時期は	
		遅くなる。	
		3.3 モデルバンドルの妥当性	
		本モデルバンドルをキャスク体系に使用することの保守性に	
		ついては, 第 3−4 図に示すようなフローに従い k∞が 1.3 とな	
		るモデルバンドルについて、事業許可申請書における解析に用	
		いたKENOコードと炉心設計コードを用いた比較検討を実施	
		している。	
		具体的には、炉心設計コードによる実燃料の炉心装荷冷温状	
		態での無限増倍率(k∞3)が1.3より小さいことを示し,モデル	
		バンドルの炉心装荷冷温状態での炉心設計コードによる無限増	
		倍率(k _{∞2})とKENOコードによる無限増倍率(k _{∞1})の結果に	
		差がなく, $k_{\infty 1}$, $k_{\infty 2}$ が $k_{\infty 3}$ よりも大きくなることを確認する。	
		また,モデルバンドルのキャスク体系でのKENOコードによ	
		る実効増倍率(k _{eff1}),炉心設計コードによる実効増倍率(k _{eff2})	
		が、実燃料のキャスク体系での炉心設計コードによる実効増倍	
		率(k _{eff3})より大きくなることを確認する。これらの結果を第3	
		-5表,第3-6表に示す。第3-5表に示すとおり,実燃料の	
		炉心装荷冷温状態での無限増倍率が 1.3 を超えない設計となっ	
		ており (1.3>k∞₃), モデルバンドルに対して計算コードの違い	
		による結果に差がなく (k∞1≒k∞2), モデルバンドルの炉心冷温	
		状態での無限増倍率が、実燃料の炉心装荷冷温状態での無限増	

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

파네-는 바이 가 바 크는 크는	RFS設工認		山林仲田
生代相定中胡青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比牧和木
		倍率より大きいことを確認している(k∞1>k∞3, k∞2>k∞3)。ま	
		た,キャスク体系においても,実燃料に対して,KENOコー	
		ドでも炉心設計コードでも、モデルバンドルが保守性を有する	
		ことを第 3-6 表に示すとおり確認している(k _{eff1} >k _{eff3} , k _{eff2}	
		$> k_{\rm eff3})_{\circ}$	
		以上のように,設定したモデルバンドルによるキャスク体系のkeff	
		は、実燃料の場合よりも大きくなり、モデルバンドルは実際の燃	
		料を包絡するとともに、保守性を有することを確認している。	
		 5. 冠水状態の水密度について 	
		第 5-1 図に金属キャスク内の水密度と中性子実効増倍率の	
		関係を示す。第5-1図に示すように,乾燥状態 (0.0 g/cm ³) か	
		ら冠水状態(1.0 g/cm ³)まで、中性子実効増倍率は単調増加で	
		あり、冠水状態が臨界評価上最も厳しい条件である。	
		原子力発電所における燃料貯蔵設備においては、中性子吸収	
		材を使用していない新燃料貯蔵庫は、水密度 1.0 g/cm ³ 未満が	
		最適減速条件に、また、中性子吸収材を使用している使用済燃	
		料貯蔵ラックは、水密度最大の 1.0 g/cm ³ が最適減速条件にな	
		っている例がある。	
		バスケットに中性子吸収材を使用している金属キャスクは,	
		使用済燃料貯蔵ラックと同じ傾向にあり,水密度 1.0 g/cm ³ が	
		臨界評価上最も厳しい条件となるのは、金属キャスク特有の傾	
		向ではない。	
		原子力発電所における燃料貯蔵設備の具体的な例として,第4回	
		東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会	
		(平成 25 年 10 月 7 日)において,3 号機燃料貯蔵ラックに対する	
		中性子実効増倍率の検討結果が示されている。第3.4-2図は,B	
		WR用大型キャスク (タイプ2A) のバスケットと同じように,	
		中性子吸収材である天然ボロンを使用している板材を格子上に組	
		んだもので、中性子吸収材の影響で減速不足状態のために、水密	
		度最大の1.0 g/cm ³ が最適減速条件になっている。一方で,第5-	
		3 図は,中性子吸収材を使用していないタイプであり,水密度1.0	
		g/cm ³ 未満が最適減速条件となっている。	

刑令也会古我事	RFS設工認		いた今日
空入 拍 足 甲 萌 音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
別紙 3	別添4		
臨界解析における条件設定根拠について	バスケット及び使用済燃料集合体の変形の影響について	4. バスケット格子内の燃料配置等について	臨界解析での条件設定根
		第 4-1 図にバスケット格子内の燃料配置と中性子実効増倍	拠の記載は同等
乾燥時臨界解析及び冠水時臨界解析における臨界解析条件及び	使用済燃料貯蔵施設においては、金属キャスク内部は乾燥さ	率の関係を示す。第4-1図に示すように、使用済燃料集合体の	
設定根拠を別紙 3-1 表に示す。	れた状態であり、密封性能を有した多重の蓋を有しており、内	バスケット格子内の配置、チャンネルボックスの有と無をパラ	
なお,臨界解析条件のうち,燃料配置,寸法条件,HDP-69B(B)	部に水が入ることはない。	メータにして評価を行い、キャスク中心側に偏向した方が、中	
型外雰囲気及びチャンネルボックスの有無については、別紙 3-2	別添 4-1 図 (ロ)-第A. 41 表に示すように本金属キャスク	性子実効増倍率が大きくなることを確認している。これは、使	
表(乾燥時臨界解析)及び別紙 3-3 表(冠水時臨界解析)に示す	の核燃料輸送物設計変更承認申請書 1)において, 9m水平落下試	用済燃料集合体をキャスク中心側に偏向させることで、燃料体	
感度解析により設定条件が妥当であることを確認している。	験時の衝撃力に対するバスケットの変形量は mm と評価さ	系が稠密になり中性子密度が増加する影響と考えられる。また、	
	れている。バスケット格子内のり(公称寸法 153 mm)と使用済	チャンネルボックスの有、無によって、使用済燃料集合体とバ	
	燃料集合体の間隙は10 mm 程度あり、この程度の使用済燃料集	スケットの距離が変化するため、チャンネルボックス有、無両	
	合体の移動量では実効増倍率に殆ど影響しないことが確認され	方の評価を行い,中性子実効増倍率を確認している。	
	ている。	なお, 第4-1 図は格子内のり最小の結果を記載している。こ	
	また、乾燥状態で使用済燃料集合体が変形した場合の保守的	れは, BWR用大型キャスク(タイプ2A)では, 格子内のり	
	な評価として、燃料棒同士が接した場合(燃料棒ピッチ最小)	最小のモデルは燃料集合体の離隔距離が最小になり中性子実効	
	とバスケット格子内で最大限均一に広がった場合(燃料棒ピッ	増倍率が大きくなるためである。第4-1図の乾燥状態と冠水状	
	チ均一拡大)の中性子実効増倍率が評価されており、燃料棒ピ	態のぞれぞれで最大の中性子実効増倍率を与える条件におい	
	ッチ最小時 0.41372,燃料棒ピッチ均一拡大時 0.41305 と殆ど	て,格子内のりを最小から変化させた結果を第4-2図に示す。	
	影響しない(別添 4-1 図(ロ)-第E.4表)。	第4-2図に示すように,格子内のりが小さい方が中性子実効増	
	以上より、使用済燃料貯蔵施設におけるバスケット及び使用	倍率が大きいことを確認している。	
	済燃料集合体の変形は、臨界評価において有意な影響を与える	以上のように,最適減速条件と中性子実効増倍率の関係は,	
	ことはない。	バスケット材質,燃料集合体のピッチや配置,燃料集合体周囲	
		の水(減速材)の因子の影響により複雑と考えられるため、バ	
		スケット格子内の燃料配置,バスケット格子内の公差等をパラ	
		メータとして中性子実効増倍率を確認している。	
		確認結果に基づき、厳しい評価結果を与える条件として、冠	
		水状態は、格子内のり最小、燃料のセル内配置の中心偏向、チ	
		ャンネルボックス有の条件,乾燥状態は,格子内のり最小,燃	
		料のセル内配置の中心偏向、チャンネルボックス無の条件を採	
		用している。	

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

피우바가고ㅋㅋ	RFS設工認			
型式指定申請書	申請書添付書類 3		補足説明資料	
別紙 4				
SCALE コードシステム(4.4a)を使用することの妥当性について	添付 18-2 計算機 (金属キャスク関係	プログラム(解析コード)に関する説明書 系)		
 1. 執奏 臨界解析には、米国のオークリッジ国立研究所(ORNL)で開発 された公開の SCALE (Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation) コードシステム⁽¹⁾を用い、中性子実効 増倍率の計算には同コードシステムに含まれる KENO-V.a コー 	 使用済燃料の臨界防止 1 SCALEコード 使用済燃料の臨界防 は以下の通りである。 	 マステム 止に関する評価のために使用した解析コード(SCALE)の概要 第 2. 1-1 表 SCALE の概要 		
ドを用いた。	ゴード名項目	SCALE		
KENO-V.a コードは, モンテカルロ法に基づく臨界解析コード	開発機関	米国オークリッジ国立研究所(ORNL)		
であり、輸送及び貯蔵キャスクの臨界解析等に広く用いられて	開発時期 使用した	2016年		
いる。	バージョン			
2. 臨界解析フロー 臨界解析フローを別紙 4-1 図に示す。 均質化燃料領域以外の領域の群定数計算には共鳴計算処理コ ード NITAWL-II ⁽¹⁾ を、均質化燃料領域の群定数計算には共鳴処 理コード BONAMI ⁽¹⁾ 、NITAWL-II及び一次元輸送計算コード XSDRNPM ⁽¹⁾ を用い、核データライブラリは SCALE コードシステム の内蔵ライブラリデータの一つである 238GROUPNDF5 ライブラ リを用いた。 燃料領域の均質化の方法としては、単位燃料棒の形状を一次	コードの概要	 臨芥解析には、未国のオークリッシ国立研究所(000L)で開発された公開のSCALEコードシステム⁽⁸⁾を用い、実効増倍率の計算には同コードシステムに含まれるKENO-V. aコードを用いる。 KENO-V.aコードは、モンテカルロ法に基づく臨界解析コードであり、輸送キャスクの臨界解析等に広く用いられている。 KENO-V.aコードは、臨界解析に際して以下の機能を有している。 ② 実際に中性子が出会う物理現象について確率理論を用いて模擬するため、どのような体系にも適用できる。なお、統計的な手法を用いるため、計算結果には統計誤差が付随する。 ③ 3次元の複雑な幾何形状の体系を扱うことができる。 KENO-V.aコードの解析フローを第2.1-1図に示す。 		
 元内柱モアルで近似し、XSDRNPM コードを用いて 238 群の中性 子束分布を求め、それを重みとして燃料の均質化領域の 238 群 定数を算出した。この 238 群定数及び KENO-V.a コードを用いて 臨界解析を行った。 なお、KENO-V.a コードは、臨界解析に際して以下の機能を有している。 ① 実際に中性子が出会う物理現象は、確率理論を用いて模擬するため、どのような体系にも適用できる。なお、統計的な手法を用いるため、計算結果には統計誤差が付随する。 ② 3 次元の複雑な幾何形状の体系を扱うことができる。 	コードの検証 及び 妥当性確認(新規制 基準対応以降のみ)	臨界解析で使用したSCALEコードシステムに対して は、軽水炉燃料の輸送及び輸送キャスクを模擬した多数の臨 界実験のベンチマーク試験解析が実施され、その妥当性が示 されている。 表2-1(文献(9)のTable B.1(Appendix B))に示すように解 析(均質U体系の場合の7ケースを除き173ケース)は実験(実 効増倍率 keff=1.0)を良く再現しており、妥当な結果が得ら れている。 なお、共鳴自己遮蔽処理にはBONAMI,NITAWL- IIコードが、均質化群定数計算にはXSDRNPMコードが 用いられ、臨界解析コードとしてはKENO-V.aコードが 用いられた。		

 比較結果
SCALEコードシステ ム (4.4a) を使用すること の妥当性の記載は同等

刑士化之中注書	RFS設工認		
空 又 相 足 甲 胡 音	申請書添付書類3	補足説明資料	
3. SCALE コードシステムの検証			
臨界解析で使用した SCALE コードシステムに対しては,軽水			
炉燃料の輸送及び貯蔵キャスクを模擬した多数の臨界実験のベ			
ンチマーク試験解析が実施され,その妥当性が示されている。			
米国 PNL で行われた臨界実験 ^② を対象としたベンチマーク解			
析を実施した。ベンチマーク解析対象とした PNL-3602 臨界実験			
の体系は、鉄の反射体に挟まれた3つのクラスタ(低濃縮ウラ			
ン燃料棒を正方格子に配列した体系)の間に中性子吸収材を設			
置したものであり、中性子吸収材の種類、板厚、水ギャップ幅			
及び燃料濃縮度等,輸送及び貯蔵キャスクの臨界解析で重要と			
考えられる要因に関し,数種類の異なる体系で実施されている。			
実験体系の概要を別紙 4-2 図に示す。この臨界実験体系は周			
囲を炭素鋼製の厚い胴に囲まれ、各燃料の間にバスケットのほ			
う素添加ステンレス鋼による中性子吸収材を有する HDP-			
69B(B)型の臨界解析体系と類似している。			
ベンチマーク解析は238GROUPNDF5 ライブラリを用い SCALE コ			
ードシステムで行った。別紙 4-1 表にベンチマーク臨界計算の			
結果を示す。ベンチマーク解析の結果、臨界解析に用いた計算			
コード及び核データは妥当な結果を与えるといえる。			
別紙 5	別添1		
臨界解析の対象燃料について	臨界解析の対象燃料について		
冠水時臨界解析では、炉心装荷冷温状態での燃料の無限増倍率	冠水時臨界解析では、炉心装荷冷温状態での燃料の無限増倍率		
が1.3となる燃料モデル(モデルバンドル)を収納した解析を実	が 1.3 となる燃料モデル(モデルバンドル)を収納した解析を実		
施している。モデルバンドルは,別紙 5-1 表に示すとおり HDP-	施している。モデルバンドルは、別添1-1表に示すとおり、収納		
69B(B)型の収納対象燃料の燃料仕様(濃縮度,燃料棒配置等)に	対象燃料の燃料仕様(濃縮度,燃料棒配置等)に応じて2種類あ		
応じて2種類あるが,最も反応度の高い高燃焼度8×8燃料のモデ	るが、最も反応度の高い高燃焼度8×8燃料のモデルバンドルを		
ルバンドルを代表としている。新型 8×8 燃料及び新型 8×8 ジル	代表としている。新型8×8燃料及び新型8×8ジルコニウムラ		
コニウムライナ燃料を対象としたウォータロッドが2本のモデル	イナ燃料を対象としたウォータロッドが 2 本のモデルバンドル		
バンドル(別紙 5-1 図参照)を対象とした臨界解析結果は、別紙	(別添1-1図参照)を対象とした臨界解析結果は、別添1-2表		
5-2表に示すとおりであり,高燃焼度8×8燃料のモデルバンドル	に示すとおりであり,高燃焼度8×8燃料のモデルバンドル(別		
(別紙 5-2 図参照)を収納した場合の方が、中性子実効増倍率が	添1-2図参照)を収納した場合の方が、中性子実効増倍率が高く		
高くなることを確認している。	なることを確認している。		

比較結果
臨界解析の対象燃料の記 載は同等

第4-2表(2/5) 型式指定申請書の記載の比較(放射線の遮蔽)

刑卡托合由封申	RFS設工認		山林行田	
型式指定甲請書 	申請書添付書類3	補足説明資料	比牧和木	
添付書類3 放射線の遮蔽に関する説明書	 添付4-1 金属キャスクの放射線の遮蔽に関する説明書 1. 概要 本資料は、使用済燃料貯蔵施設の遮蔽に関する設計方針が、「使 用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準規 則」という。)第21条(遮蔽)に適合する設計の方針であること を説明するものである。 遮蔽に関する設計結果は「添付4-1 金属キャスクの放射線 の遮蔽に関する説明書」及び「添付4-2 使用済燃料貯蔵建屋 の放射線の遮蔽に関する説明書」に示す。 	 設 2-補-004 放射線による被ばくの防止について 1. 目的 本資料は、被ばく解析の対象とする使用済燃料集合体の妥当 性及び被ばく解析に入力する材料物性値や核反応データセット の妥当性について補足し、今回申請する金属キャスクと貯蔵建 屋による被ばくの防止についてより詳しく説明するものであ る。 		
 設計方針 HDP-69B(B)型を用いる使用済燃料貯蔵施設は,遮蔽機能を確保するために「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2年3月17日 原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」という。)に示されている以下の要求事項を満足するように設計される。 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シャ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。 事業所内における外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場所には、放射線障害を防止するために必要な遮蔽能力を有する遮蔽設備が設けられていなければならない。この場合において、当該遮蔽設備に開口部又は配管その他の貫通部がある場合であって放射線障害を防止するために必要がある場合には、放射線の漏えいを防止するための措置が講じられたものでなければならない。 上記のとおり、HDP-69B(B)型は一般公衆、放射線業務従事者等に対して放射線被ばく上の影響を及ぼすことのないよう遮蔽することが要求されており、使用済燃料からの放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により遮蔽する設計としている。また、HDP-69B(B)型は、事業所外運搬に使用する輸送容器の 	 遮蔽(金属キャスク) 1 基本設計方針 使用済燃料貯蔵施設は、平常時において、直接線及びスカ イシャイン線により公衆の受ける線量が「核原料物質又は核 燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限 度等を定める告示」に定められている線量限度を超えないこ とはもとより、合理的に達成できる限り低く(実効線量で 50 µSv/年以下)なるよう、金属キャスク及び使用済燃料貯蔵建 屋により、十分な放射線遮蔽を講ずる設計とする。 金属キャスクは、使用済燃料集合体からの放射線をガンマ 線遮蔽材及び中性子遮蔽材により遮蔽する設計とする。また、 設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運搬に係る期間等 を考慮した十分な余裕を有する 60年間における中性子遮蔽 材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても十分な遮蔽性能を 有する設計とする。 使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するに当たって は、遮蔽機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の燃 焼度に応じた当該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、契約先である原子炉設置者が確認した使用 済燃料集合体の収納等の状態が貯蔵上必要な条件を満足して いることを、記録により確認する。 		設計方針の記載は同等	

比較結果

피수방까머ㅋㅋㅋ	R F S	設工認	山本公开田
至八相足甲硝青	申請書添付書類3	補足説明資料	比較和木
	料集合体の軸方向領域に応じ、「a.線源条件」に示した線源		
	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)を使用して求める。算出に当たって		
	は,金属キャスクの構成材料による減衰等を考慮する。		
	金属キャスク表面から線量当量率の評価位置である1mの位		
	置までの評価にはレイエフェクトを平準化するためDOT3.5		
	の補助コードであるSPACETRAN-Ⅲを用いる。		
	3. 遮蔽(使用済燃料貯蔵建屋)		RFS固有の安全設計に
	3.1 基本設計方針		よる相違
	使用済燃料貯蔵施設は,「使用済燃料の貯蔵の事業に関する		
	規則」に基づいて管理区域を定めるとともに、放射線業務従事		
	者が受ける線量が「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に		
	関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に定め		
	られた線量限度を超えないようにし、さらに、放射線業務従事		
	者及び一時立入者(以下「放射線業務従事者等」という。)の		
	立入場所における線量を合理的に達成できる限り低減できるよ		
	うに、使用済燃料貯蔵建屋に遮蔽壁及び遮蔽ルーバを設け、ま		
	た、貯蔵区域への入口に迷路又は遮蔽扉を設けて、遮蔽及び機		
	器の配置を行うとともに,各場所への立入頻度,滞在時間及び		
	立入エリアを制限することにより、放射線業務従事者等の被ば		
	くを低減する。(表3-1,図3-1参照)		
	使用済燃料貯蔵建屋の遮蔽設計に当たっては、放射線業務従		
	事者の立入頻度、滞在時間及び立入エリアを考慮して外部放射		
	線に係る基準線量率を設け、これを満足するようにする。		
	また,事業所内の管理区域以外の人が立ち入る場所における線		
	量を合理的に達成できる限り低くし公衆の線量限度以下に低減		
	できるよう、外部放射線に係る線量の測定を行い、必要に応じ		
	て区画の実施,作業時間の制限等,適切な措置を講ずる。		
	3.2 遮蔽設計の方針		
	(1) 遮蔽設備		
	a. 遮蔽壁		
	遮蔽壁は,使用済燃料貯蔵建屋側壁,天井,貯蔵区域区画壁及		
	び貯蔵区域仕切壁のコンクリート壁で構造材を兼用する。		

型式指定申請書	R F S 設工認		
	申請書添付書類3	補足説明資料	
	b. 遮蔽ルーバ		
	遮蔽ルーバは,使用済燃料貯蔵建屋貯蔵区域における排気口ま		
	での経路に設けられたコンクリート製の平板で、排気口からの		
	放射線の漏えいを低減する。		
	c. 解析モデルの寸法		
	解析モデルの各種寸法は,公称値に施工誤差-5mm を考慮し		
	た厚さでモデル化する。		
	(2) 機器の配置		
	金属キャスクは、使用済燃料貯蔵建屋貯蔵区域に配置し、そ		
	の入口には迷路又は遮蔽扉を設ける。		
	(3) 遮蔽設備の貫通部の措置		
	使用済燃料貯蔵建屋には、貯蔵区域から受入れ区域へのケ		
	ーブル貫通口がある。放射線の漏えいを防止するため,鉛毛マ		
	ットにより貫通部の隙間を埋める措置を講ずる。ケーブル貫通		
	部を図 2-2 に示す。		
	(4) 公衆の線量		
	使用済燃料貯蔵建屋貯蔵区域に収容されている金属キャスク		
	288 基からの直接線及びスカイシャイン線について評価する。		
	(5) 使用済燃料貯蔵建屋内外の線量		
	受入れ区域は、金属キャスクの搬出入作業のため、最大8基		
	の金属キャスクを仮置きするが,保守的に線量を評価するため,		
	使用済燃料貯蔵建屋貯蔵区域に収容されている金属キャスク最		
	大 288 基,受入れ区域に仮置きしている金属キャスク最大9基		
	(たて起こし架台1基,仮置架台7基,検査架台1基)を適切		
	に配置して使用済燃料貯蔵建屋内外の線量を評価し、その評価		
	結果が表 3-1 に示す外部放射線に係る基準を満足することを		
	確認する。		
	なお,事業所内の管理区域以外の人が立ち入る場所について		
	は、作業場所の外部放射線に係る線量の測定を行い、必要に応		
	じて区画の実施,立入時間の管理,被ばくに対する注意喚起と		
	いった線量低減措置を講ずることにより、当該場所に滞在する		
	者の線量を公衆の線量限度以下とする。		

比較結果

RFS		設工認	山本公开田
型八指正甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
	添付 4-1 金属キャスクの放射線の遮蔽に関する説明書		
	添付 4-1-1 金属キャスクの放射線の遮蔽に関する説明書(B		
	WR用大型キャスク (タイプ2A))		
	1. 設計方針		
	金属キャスクの放射線の遮蔽に関する設計方針について		
	は, 添付4「放射線による被ばくの防止に関する説明書」 のとお		
	りである。		
9 冲苏凯乱	9) 冲苏乳乳		
			油菇構造け同学
(1) 応報構造 HDD_60P(P) 刑の主要部位の構成部材を書 2-1 に示す			<u></u> 応附伸迫は円守
HDP-60B(R) 刑け 以下の渡藤構造を有する設計としている	会属キャスクは		
h. ガンマ線遮蔽材は、金属キャスク本体(胴及び外筒)、 善部	り ~。 b. ガンマ線遮蔽材は、金属キャスク構造体(胴、外筒、萎及		
の炭素鋼等で構成する。	び底板)の炭素鋼等で構成する。		
c. 中性子遮蔽材は、水素を多く含有する樹脂(以下「レジン」	c. 中性子遮蔽材は、レジンで構成する。		
という。)で構成する。			
(2) 遮蔽解析	(2) 遮蔽解析(別添1~3参照)		遮蔽解析は同等
遮蔽解析においては、以下に示すとおり線源条件を設定し、	金属キャスクのモデル化の概要を第1図に示す。		
金属キャスクの表面及び表面から1 m離れた位置における線量			
当量率を求め, それぞれ 2 mSv/h 以下及び 100 μ Sv/h 以下とな			
ることを確認する。			
遮蔽解析フローを図2-1に示す。解析条件は,別紙1に示す。			
a. 線源条件	a. 線源条件		
使用済燃料の線源強度計算条件を表 2-2, 収納配置条件を	使用済燃料集合体の線源強度計算手法を第1表に示す。		
図 2-2-1 から図 2-2-3 に示す。使用済燃料の線源強度は,収	BWR用大型キャスク(タイプ2A)の遮蔽解析評価において		
納する使用済燃料の種類,燃焼度,濃縮度,冷却期間等を条	は、収納する使用済燃料集合体の燃焼度が高いほど中性子照射		
件に燃焼計算コード ORIGEN2 を使用して求める。また,使用	や核分裂で放射性核種が生成されるため線源強度が高くなり,		
済燃料平均燃焼度に対する軸方向の燃焼度の比を包含する燃	また、燃焼度が同じでも、初期濃縮度が低いほど同じ出力が得		
焼度分布(以下「ピーキングファクター」という。別紙 2 参	られるまでにより多くの中性子が照射され中性子源となる超ウ		
照。)を考慮する。	ラン元素の生成が増加するため、線源強度が最も高くなるのは		
使用済燃料の構造材については、照射期間、中性子束、冷	新型8×8ジルコニウムライナ燃料となる。		

刑士作之中法律	RFS設工認		
空式钼足甲請音	申請書添付書類3	補足説明資料	
却期間等を条件に放射化計算式を用いて線源強度を求める。 使用済燃料の線源強度計算方法を表 2-3 に,表 2-3 の計算 方法で評価した金属キャスク1基当たりの線源強度を表 2- 4 に示す。 なお,後述の「b.線量当量率評価方法」では,線源強度評価の 結果(表 2-4 参照)より,線源強度の大きい新型8×8 ジルコニウム ライナ燃料及び高燃焼度8×8 燃料を混載した収納配置(i),(ii) を対象として評価を実施する。	BWR用大型キャスク(タイプ2A)の線源強度を第2表に, 各収納配置における使用済燃料集合体の仕様を第3表に示す。		
 b. 線量当量率評価方法 HDP-69B(B)型の線量当量率は,HDP-69B(B)型の実形状を 軸方向断面で二次元でモデル化し,「a.線源条件」に示した 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)を使用して求める。 線量当量率の評価位置である金属キャスク表面から1 mの 位置までの評価にはレイエフェクトを平準化するためDOT3.5 の補助コードであるSPACETRAN-Ⅲを用いる。 HDP-69B(B)型のモデル化の概要を図2-3に示す。また,遮蔽 解析の保守性を表2-5に,解析における不確かさの考慮を表2-6に示す。	 b. 金属キャスクの線量当量率評価方法 金属キャスク表面及び表面から 1mの位置までの線量当 量率については、別添2のとおり評価する。 燃料型式別の金属キャスクの線量当量率を第4表、第 2図に示す。 BWR用大型キャスク(タイプ2A)の遮蔽解析評価においては、いずれの部位においても高燃焼度8×8燃料全数収納時よりも新型8×8ジルコニウムライナ燃料全数収納時の線量当量率が高いことから、BWR用大型キャスク(タイプ2A)の遮蔽評価としては、新型8×8ジルコニウムラ イプ2A)の遮蔽評価としては、新型8×8ジルコニウムライナ燃料を全数収納した場合が最も厳しくなる。 		
 (3) 遮蔽解析結果 配置(i),(ii)それぞれについて,金属キャスク表面及び表面から1m離れた位置における線量当量率を表 2-7-1及び表 2-7-2 に,評価方向ごとの最大線量当量率を与える位置を図 2-4 に示す。評価方向ごとの最大線量当量率を与える位置は,配置(i),(ii)ともに同じ位置である。 遮蔽解析結果から金属キャスク表面及び表面から1 m離れた位置における線量当量率は,それぞれ 2 mSv/h 及び 100 µ Sv/h以下となることを確認した。 各評価方向における線量当量率の分布図は別紙 3 に示す。 	 (3) 遮蔽解析結果 金属キャスクの遮蔽解析結果を第5表に示す。 遮蔽解析結果から,金属キャスクの表面及び表面から1mの位置における線量当量率は、それぞれの基準値である2mSv/h以下,100µSv/h以下を満足している。 なお,金属キャスクの遮蔽解析に使用する断面積ライブラリとしては、実績のあるDLC-23/CASKを用いて評価している。 		

比較結果

型北花心日祥世	RFS設工認		比盐注用
空八佰足甲請青	申請書添付書類3	補足説明資料	比較而未
別紙 1	別添1	(金属キャスクの放射線の遮蔽に関する補足説明)	
<u>HDP-69B(B)型の遮蔽解析条件について</u>	金属キャスクの遮蔽解析について	2. BWR用大型キャスク(タイプ2A)の遮蔽評価条件等の	
		妥当性について	
1. 使用済燃料の線源強度について	1. 使用済燃料集合体の線源強度について	BWR用大型キャスク(タイプ2A)に収納する燃焼度が同じ	使用済燃料集合体の線源
使用済燃料の線源強度は、「燃料有効部からのガンマ線」、「燃	使用済燃料集合体の線源強度は、「燃料有効部からのガンマ線	最高燃焼度 40,000 MWd/t, 平均燃焼度 34,000 MWd/t である新	強度の記載は同等
料有効部からの中性子」,「使用済燃料構造材及びチャンネルボ	及び中性子」、「使用済燃料集合体の構造材からの放射化ガンマ	型8×8ジルコニウムライナ燃料と高燃焼度8×8燃料をそれ	
ックス構造材からの放射化ガンマ線」に分けて計算する。	線」,「BWR燃料集合体におけるチャンネルボックスからの構	ぞれ全数収納した場合の金属キャスク表面及び表面から 1mの	
金属キャスク1基当たりのガンマ線及び中性子の線源強度を	造材ガンマ線」に分けられる。	位置における線量当量率評価にあたっては、各使用済燃料集合	
別紙 1-1 表に示す。	遮蔽計算においては、別添1-1図に示すとおり、使用済燃料	体の軸方向燃焼度分布、中性子実効増倍率、燃料構造材の材質	
遮蔽解析に用いる使用済燃料の代表配置は,別紙 1-1 表より	集合体を領域分けして、領域ごとに線源強度を計算する。	及び質量を考慮している。	
線源強度の大きい新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料及び高燃	ガンマ線及び中性子の線源強度(キャスク1基当たり)を別添	いずれの部位においても高燃焼度8×8燃料全数収納時より	
焼度 8×8 燃料を混載した収納配置(i),(ii)とした。	1-1表に示す。また、燃料有効部のガンマ線のエネルギごとの	も新型8×8ジルコニウムライナ燃料全数収納時の線量当量率	
配置(i), (ii)の線源強度条件について, 以下に示す。	線源強度及び中性子エネルギスペクトルを別添1-2表,別添1	が高いことから, BWR用大型キャスク(タイプ2A)の遮蔽評	
(1) 配置(i)の線源強度条件	-3表に示す。	価としては、新型8×8ジルコニウムライナ燃料を全数収納し	
配置(i)では、金属キャスク中央部、外周部ともに新型8×8		た場合が最も厳しくなる。	
ジルコニウムライナ燃料, 高燃焼度 8×8 燃料どちらの燃料も収		線量当量率の評価では、中性子実効増倍率(k _{eff} : 0.259(新型	
納することができる。		8×8ジルコニウムライナ燃料),0.272(高燃焼度8×8燃料))	
別紙 1-2 表及び別紙 1-3 表に新型 8×8 ジルコニウムライナ		を用いて中性子の増倍効果(1/(1-k _{eff}))を考慮しているが,その	
燃料を全数収納した場合と,高燃焼度 8×8 燃料を全数収納し		効果(1.350(新型8×8ジルコニウムライナ燃料), 1.374(高燃	
た場合の線量当量率評価結果を示す。また,別紙 1-1 図に評価		焼度8×8燃料))の差は僅かである。従って、中性子実効増倍	
方向ごとの最大線量当量率を与える位置を示す。		率の差異による影響についても, 元々の一次中性子線源強度が	
いずれの評価位置においても新型 8×8 ジルコニウムライナ		高燃焼度8×8燃料と比較して4割程大きい新型8×8ジルコ	
燃料を全数収納した場合の方が線量当量率が高いため、配置		ニウムライナ燃料の線量当量率に包絡される。	
(i)の遮蔽解析では新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料を全数			
収納した場合の線源強度を用いる。			
(2) 配置(ii)の線源強度条件			
配置(ii)では、金属キャスク中央部に収納する燃料は高燃焼			
度 8×8 燃料のみであるが,外周部には新型 8×8 ジルコニウム			
ライナ燃料, 高燃焼度 8×8 燃料どちらの燃料も収納することが			
できる。よって,外周部の線源強度は「燃料有効部からのガン			
マ線」,「燃料有効部からの中性子」,「使用済燃料構造材及びチ			
ャンネルボックス構造材からの放射化ガンマ線」それぞれにつ			
いて,新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料と高燃焼度 8×8 燃料			
の線源を包絡する、以下の線源強度を用いる。			

刑子化之口注申	RFS設工認		い数注用
空八佰疋甲碩音	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
・燃料有効部からのガンマ線			
各ノードのエネルギー群ごとに線源強度を比較し、包絡			
値を用いる。			
・燃料有効部からの中性子			
各ノードの線源強度を比較し、包絡値を用いる。			
・使用済燃料構造材及びチャンネルボックス構造材からの			
放射化ガンマ線			
新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料の方が照射期間が長			
いため,線源強度は大きくなる。よって,新型 8×8 ジル			
コニウムライナ燃料の線源強度を用いる。			
配置(i), (ii)について, 燃料有効部のガンマ線のエネルギ			
ーごとの線源強度を別紙 1-2 図に示す。遮蔽解析に用いる中性			
子線源のエネルギースペクトルは、線源強度に支配的な核分裂			
線源のうち最もスペクトルが硬い ²³⁹ Pu の核分裂スペクトルと			
する。解析に用いる中性子線源スペクトルを別紙 1-4 表に示す。			
2. 遮蔽解析のモデル化について	2. 遮蔽解析のモデル化について	3. 解析に使用した基本的なデータについて	遮蔽解析のモデル化の記
遮蔽解析では、従来の使用済燃料輸送金属キャスクの遮蔽解	遮蔽機能は、従来の輸送容器等で実績のある二次元輸送計算	(1) 遮蔽材の密度について	載は同等
析で実績のある二次元輸送計算コードDOT3.5により,R-Z体系の	コードDOT3.5により, R-Z体系の円筒型モデルで解析してい	解析で使用した遮蔽材の密度は、ばらつきを考慮し、最小密	
有限円筒モデル(以下「本体モデル」という。)で評価している。	る。そのため、周方向に配置されたバスケットやトラニオンな	度としている。	
ただし,有限円筒モデルで直接モデル化できない使用済燃料,	どは、構造上の特徴を考慮して、均質化あるいは線束引継ぎに	金属材料の最小密度は、文献値や購入実績を参考にして定め	
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	よって評価している。	たメーカ設定値である。レジンの最小密度は、メーカで保証値	
化あるいは線束の引継ぎによって評価している。なお、本体モ		を定めて、密度測定により保証値を下回らないことを確認して	
デルは、金属キャスク中央付近で二分割している。		いる。(第 3-1 表参照)	
(1) 燃料領域	(1) 燃料領域(添付1参照)	(2) 遮蔽厚さについて	
燃料領域(線源領域)については、燃料とバスケットを均質化	燃料領域(線源領域)については、使用済燃料集合体とバスケ	解析モデルの各種寸法は、公称値でモデル化している。遮蔽	
したモデルとしている。 別紙 1-3 図に示すとおり,中央部燃料,	ットを均質化したモデルとしている。別添 1-2 図に示すとお	厚さは、各遮蔽体の最小密度に係数(最小寸法/公称寸法)を乗	
外周部燃料それぞれの占有領域の断面積と等価な面積を持つ二	り、使用済燃料集合体は中心に最高燃焼度燃料を、外周部に平	じることで、解析において最小厚さの評価となるようにしてい	
重円(円筒)にモデル化し,線源領域としている。	均燃焼度燃料を収納するため、それぞれの占有領域と等価な面	る。	
また,使用済燃料の軸方向位置は,頭部側は蓋に,底部側は	積を持つ二重円(円筒)にモデル化し、線源領域としている。	(3) 元素組成について	
底板に接したモデルとなっている。モデル化の考え方の概略を		ガンマ線の遮蔽能力は、ほぼ密度で決まるため微量元素の影	
以下に示す(別紙 1-4 図参照)。		響は無視できる。	
縦置き状態においては, 使用済燃料は底板に接した状態(バス		中性子の遮蔽能力は,特定の元素である水素の密度で決まり,	
ケット内にある)となっており,使用済燃料上端と蓋底面との間		その他の元素の寄与は少ないため、微量元素の影響は無視でき	
には隙間が存在する。解析のモデル化においては、燃料有効部		る。また、組成のばらつきの影響は、無視できるレベルである。	

刑予招告力非事	RFS	設工認	以林介田
空 八 相 足 甲 甫 青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
中央において燃料を 2 分割し,頭部モデルにおいては安全側に		主な遮蔽材料である炭素鋼について、微量元素を無視しても線	
使用済燃料を蓋に接したモデルとしている。この際,バスケッ		量当量率に有意な影響を与えないことを確認している。(第3-	
トは底に接した状態のまま(バスケットから燃料構造材の先端		2表~第3-4表参照)	
が飛び出したモデル)とする。したがって, 遮蔽解析モデルとし			
ては,使用済燃料上端と蓋底面との隙間分だけ使用済燃料が頭			
部に近くなるため、保守的な評価である。			
モデル化において、燃料長さは維持されており、金属キャス			
ク中央部の評価に影響することはない。また、バスケットから			
燃料構造材の先端が飛び出したモデルであるため,軸方向に燃			
料構造材のみの領域とバスケットと燃料構造材からなる領域が			
できることになる(ハンドル部は2領域になる。)。			
(2) バスケット外周部	(2) バスケット外周領域		
燃料領域より外側のバスケット部は、板材を組み合わせる構	燃料領域より外側のバスケット部は、板材を組み合わせる構		
造であることから、最外周のバスケット板厚と同一の円環とし	造であることから、バスケット最外周板厚と同一の円環として		
てモデル化している。燃料領域より外側のバスケットの物量よ	モデル化している。燃料領域より外側のバスケットの物量より		
りも,円環としてモデル化したバスケットの物量の方が少なく,	も、円環としてモデル化したバスケットの物量の方が少なく、		
遮蔽体としては安全側の設定である(別紙 1-3 図参照)。	遮蔽体としては安全側である。(別添1-2図参照)		
(3) 中性子遮蔽体領域	(3) 中性子遮蔽体領域		
伝熱フィンのような小さなものが比較的多く配置されている	伝熱フィンのような小さなものが比較的多く配置されている		
中性子遮蔽体領域では、レジンと伝熱フィンを均質化したモデ	中性子遮蔽体領域では、レジンと伝熱フィンを均質化したモデ		
ルとし、伝熱フィンが占有する面積を考慮して、中性子遮蔽体	ルとし、伝熱フィンが占有する面積を考慮して、中性子遮蔽体		
としてのレジンの均質化密度を安全側に低下させている。また、	としてのレジンの均質化密度を安全側に低下させている。また、		
伝熱フィンの密度をゼロとしガンマ線遮蔽体としての寄与を無	伝熱フィンの密度をゼロとしガンマ線遮蔽体としての寄与を無		
視している。安全側であることの確認結果を別紙4に示す。	視している。(別添 1-4 表参照)		
	伝熱フィンをモデル化した場合に、中性子とガンマ線の合計		
	最大値は、ガンマ線の寄与が大きいため、伝熱フィン部よりも		
	レジン部で線量当量率が大きくなっており、中性子は、伝熱フ		
	ィン部で最大となっている。線量当量率が過小評価とならない		
	ことを確認している。(別添1-3図(1),別添1-3図(2)参照)		
(4) トラニオン部の評価方法	(4) トラニオン部の評価手法		
トラニオン部については, 実形状を模擬して別途モデル化し,	トラニオンのような一部に大きなものが配置された場合に		
DOT3.5を用いて評価している。	は、実形状を模擬したトラニオンを別途モデル化して評価して		
トラニオンを無視した本体モデルにて得られたトラニオン付	いる。		
近の線束を,別途モデル化したトラニオンR-Z軸対称モデル(ト	トラニオンを無視した本体モデルにて得られた線束を別途モ		

刑予化之力法事	RFS設工認		
型八指正甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	
ラニオン有モデル/無モデル)に引継いでいる。概略図を別紙1- 5図に示す。トラニオン部は、トラニオン中心を通る断面でトラ ニオン底面及び金属キャスク本体の一部を含めモデル化してい る。 トラニオン部の線量当量率は、トラニオン有モデルとトラニ オン無モデルの計算結果より線種ごとの計算結果の差を求め、 本体モデルの計算結果にその差異を考慮して評価する。トラニ オン部の評価の詳細を別紙5に示す。	デル化したトラニオンR-2軸対称モデルの境界線源として評価 する。概略図を別添1-4図に示す。トラニオン部は、トラニ オン中心を通る断面でトラニオン底面及び本体の一部を含めて モデル化し、トラニオンモデルの底面で線束の引継ぎを行って いる。 トラニオン部の線量当量率は、トラニオン有モデルとトラニ オン無モデルの計算結果より線種ごとの計算結果の差を求め、 本体モデルの計算結果にその差異を考慮して評価する。別添1 -5図(1)~別添1-5図(4)に線量当量率分布を示す。なお、ト ラニオンによる線量当量率の増加は、別添1-5図(5)に示すよ うに、主にトラニオン周囲で生じており、距離が離れるにした がって、その影響は減衰するため、表面から1mの位置におけ る最大線量当量率を示すのは側部中央部となる。なお、本体モ デルは、キャスク中央付近で二分割して評価しており、側部中 央部の線量当量率には大きな方の値を採用する。(添付2参照)		
3. 貯蔵期間中の遮蔽性能の低下について HDP-69B(B)型の貯蔵期間中に受ける放射線の照射量はわずかで あり,遮蔽材の特性を変化させることはない。 ただし,中性子遮蔽材であるレジンについては,設計貯蔵期間 後の熱による質量減損分を遮蔽体として考慮しないこととしてお り,中性子遮蔽材について減損分を含まない原子個数密度を線量 当量率計算に用いている。 中性子遮蔽材であるレジンの長期使用による質量減損は,劣化 パラメータにより次式で表される。 $\Delta w = 0.83 \times 10^{-3} \times E_{p} - 11.1^{(1)}$ ここで, $\Delta w : レジンの質量減損率(%)$ $E_{p} : 劣化パラメータ=T \times (24.2 + \ln(t))$ T : レジン温度(K) t : レジン加熱時間(h) 設計貯蔵期間中の温度の低下を考慮すると,設計貯蔵期間経過時 までのレジンの減損率は約1%となる。これを丸めて2%の減損が あるとして評価する。	 貯蔵期間中の遮蔽性能の低下について 金属キャスクの貯蔵期間中に受ける放射線の照射量はわずか であり、遮蔽材の特性を変化させることはない。 レジン系中性子遮蔽材の経年劣化評価試験結果の知見を踏ま えて、加熱に伴う熱分解によるレジンの重量減損分を遮蔽体と して考慮しないこととしており、中性子遮蔽材について減損分 を含まない原子個数密度を線量当量率計算に用いている。 		

比較結果
貯蔵期間中の遮蔽性能の 低下の記載は同等

刑子化力力注重	R F S	設工認
空 X 拍 足 甲 萌 音	申請書添付書類 3	補足説明資料
	4. 遮蔽解析結果について 二次元輸送計算コードDOT3.5 を使用して求めた金属キャスク 表面及び表面から 1mの位置における線量当量率を別添 1-5 表 に,評価点ごとの最大線量当量率を与える位置を別添 1-6 図に示 す。	
別紙 2	添付 1	
ピーキングファクターについて	燃料領域の遮蔽解析の妥当性について	
HDP-69B(B)型に収納する使用済燃料の線源強度を算出する際に 用いるピーキングファクター(以下「PF」という。)は,HDP-69B(B) 型が収納対象とする使用済燃料の軸方向の燃焼度を想定して設定 したものである。別紙 2-1 表,別紙 2-1-1 図及び別紙 2-1-2 図に 配置(i),(iii)及び(ii)で収納対象とする使用済燃料それぞれの PF を示す。 別紙 2-1 表,別紙 2-1-1 図及び別紙 2-1-2 図に示す PF は,HDP- 69B(B)型に収納する使用済燃料の前提条件であり,収納する使用 済燃料の軸方向燃焼度が本 PF に包絡されることは,事業許可申請 において確認されるものとする。なお,包絡されない使用済燃料 については,HDP-69B(B)型の収納対象外とする。	 金属キャスクの収納条件について キャスクの収納条件では、中央部に平均燃焼度以上の使用済 燃料集合体、外周部に平均燃焼度以下の使用済燃料集合体を配 置している。この収納条件は、平均燃焼度を超える使用済燃料 集合体を側部線量当量率への寄与の小さい中央部に収納するこ とで遮蔽体としての効果を期待している。 また、各領域で最大の線源強度を設定していることから、線 源強度として保守性を有している。(添付1-1回参照) 線量率として、外周部の平均燃焼度燃料集合体によって中央 部の最高燃焼度燃料集合体の放射線が完全に遮蔽されることは ないため、総線源強度として平均燃焼度の使用済燃料集合体を すべて収納した場合の線量当量率を上回る。なお、収納条件の 制約から外周部に平均燃焼度以上の使用済燃料集合体を配置す ることはない。 	
	 2. 遮蔽解析における収納配置及び軸方向燃焼度分布の妥当性について (1) 収納配置の妥当性について 金属キャスクの遮蔽設計では、中央部に最高燃焼度の使用済 燃料集合体、外周部に平均燃焼度の使用済燃料集合体を配置しており、軸方向については、階段状の燃焼度分布を設定している。 解析においては、最高燃焼度及び平均燃焼度に対して、階段状の分布を掛け合わせて、軸方向の燃焼度分布を考慮している。 軸方向領域(ノード)のそれぞれの燃焼度から、軸方向領域(ノー 	

比較結果
ビーキング ファクターの 記載は同等

피수비수古ㅋㅋ	RFS設工認		
空 八 旬尺甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	
型式指定申請書	 RFS 申請書添付書類3 ド)ごとの線源強度を算出している。二次元輸送計算コードD OT3.5の解析では、最高燃焼度及び平均燃焼度の使用済燃料 集合体に対して、軸方向領域(ノード)ごとに計算した線源強度 を入力値にして、収納条件を包絡するように、線源強度を設定している。 (2) 軸方向燃焼度分布の妥当性について 軸方向燃焼度分布の妥当性について 軸方向燃焼度分布の妥当性について 転方向燃焼度分布の妥当性について 転方向燃焼度分布の妥当性について ホート 第二次の考え方 ・キャスク設計においては、燃焼度の高い使用済燃料集合体の 線源強度が高く、遮蔽性能の評価で重要であるため、燃焼度の高い取替燃料の PF を調査する。 なお、高いビーキングを示す比較的低い燃焼度の使用済燃料集合体も調査の対象とする。 ・貯蔵対象となる使用済燃料集合体が装荷されたプラントの炉型毎に代表プラントを選定し、調査で表施した。 b.調査項目 aで設定したプラントの取出燃料の燃焼度、PF を調査した。 た。 燃焼度の最も高い上位 10 体及びビーキングの最も高い上位 10 体の軸方向燃焼度を調査した。 こ、PF の設定 a及びbで調査したデータから各プロットを線で結び、ビー 	設工認 補足説明資料	
	キングを包絡するように PF を設定した。(添付 1-2 図参照) ・ BWR用大型キャスク(タイプ2A)に収納する新型8×8ジ ルコニウムライナ燃料の軸方向領域ごとの線源強度の算定結 果の例を添付1-1表に示す。		
別紙 3			
線量当量率の分布について	(別添 1 金属キャスクの遮蔽解析について「2. 遮蔽解析の モデル化について」(p.50)に記載)		
本文の表 2-7-1 に対応する各評価方向における線量当量率の分 布図を別紙 3-1-1 図から別紙 3-1-6 図に示す。また,本文の表 2- 7-2 に対応する各評価方向における線量当量率の分布図を別紙 3-			

比較結果
線量当量率の分布の記載
は同等

刑士化之中建制	R F S	えて認	
空 又 相 足 甲 胡 音	申請書添付書類3	補足説明資料	
2-1 図から別紙 3-2-6 図に示す。			
別紙 4			
<u>中性子遮蔽体領域のモデル化について</u>	(別添 1 金属キャスクの遮蔽解析について「2. 遮蔽解析の		
	モデル化について」(p.50)に記載)		
伝熱フィンのような小さなものが比較的多く配置されている中			
性子遮蔽体領域では、レジンと伝熱フィンを均質化したモデルと			
し、伝熱フィンが占有する面積を考慮して、中性子遮蔽体として			
のレジンの均質化密度を安全側に低下させている。また、伝熱フ			
ィンの密度をゼロとしガンマ線遮蔽体としての寄与を無視してい			
る。			
この手法の保守性を確認するため,HDP-69B(B)型の燃料有効部			
中心高さでの輪切り断面を対象に、レジンと伝熱フィンを均質化			
したモデルと、実形状にモデル化した計算を実施し、線量当量率			
を比較した。計算には二次元輸送計算コード DOT3.5の R-θ体系			
を使用した。レジンと伝熱フィンを実形状としたモデルを別紙 4-			
1回に示す。			
配置(i)を対象としたときのレジンと伝熱フィンを実形状とし			
た計算結果を別紙 4-1 表に示す。			
伝熱フィンをモデル化した場合、中性子とガンマ線の合計線量当			
量率は、ガンマ線の寄与が大きいため、伝熱フィン部よりもレジ			
ン部で大きくなっており、中性子の線量当量率は、伝熱フィン部			
で最大となっているが、レジンと伝熱フィンを均質化した本手法			
の線量当量率より小さく、本手法が過小評価とならないことを確			
認している(別紙 4-2 図及び別紙 4-3 図参照)。			
別紙 5	添付2		
トラニオン部のモデル化について	トラニオン部の遮蔽解析の妥当性について		
1. トラニオン部の評価方法	1. トラニオン部の評価方法の妥当性		
金属キャスク本体の計算は二次元計算コードの制約から円筒	表面の線量当量率が最も高くなる底部トラニオン表面を、三		

比較結果	
中性子遮蔽体領域のモデ	
ル化の記載は同等	
トラニオン部のモデル化 の記載は同等	

피수방가라ㅋㅋ	RFS設工認	
型式指走申請書	申請書添付書類3	補足説明資料
モデルを使用しておりトラニオンが模擬できない。このため,	次元計算コードMCNP5 (ライブラリ FSXLIB-J33,	
トラニオン部を対象にモデル化した別計算で、本体モデルに対	MCPLIB02)で計算した結果を添付 2-1 表, 添付 2-1 図, 添付	
するトラニオン有無の影響を評価し、本体モデルの結果を補正	2-2 図に示す。二次元輸送計算コードDOT3.5 の二次元円	
することでトラニオン部の線量当量率を評価している。	筒モデルをつないで評価した申請値は、三次元計算結果より保	
(1) モデル化方法	守的な値となっている。	
トラニオン部については, 実形状を模擬して別途モデル化し,		
DOT3.5を用いて評価している。別紙 5-1 図に示すとおり,トラ	2. トラニオン部DOT3.5 計算モデル範囲外の線量当量率の評	
ニオンを無視した本体モデルにて得られたトラニオン付近の線	価方法	
束を,別途モデル化したトラニオン R-Z 軸対称モデル(トラニオ	 (1) 接続位置の対応 	
ン有モデル/無モデル)に引継いでいる。トラニオン部は,トラ	接続位置として線束の引継ぎ面は、本体モデルの線量当量率	
ニオン中心を通る断面でトラニオン底面及び金属キャスク本体	等高線分布から放射線の流れを確認し、本体モデルの分布が保	
の一部を含めモデル化している。	たれるようトラニオンモデルの線束引継ぎを行った。(添付 2-	
(2) 接続位置の対応	3 図参照)	
接続位置として線束の引継ぎ面は、本体モデルの線量当量率	(2) 角度束の扱い	
等高線分布から放射線の流れを確認し、本体モデルの分布が保	引き継ぐ線束は、本体モデルの燃料有効部寄り(キャスク中	
たれるようトラニオンモデルの線束引継ぎを行った。	心)のR方向とZ方向に平行な面の角度束をトラニオンモデル	
本体モデル、トラニオン有モデルとトラニオン無モデルの底	の底面(R方向)と側部(Z方向)の角度束に入れ替えているた	
部側の線量当量率等高線分布((配置(i)の中性子))とトラニオ	め、トラニオンモデルでは底部、側部とも全周にわたり線束が	
ンモデル線束引継ぎ面を別紙 5-2 図に示す。	高い燃料有効部寄りの値になっており、トラニオン部の中心軸	
(3) 角度束の扱い	に対して線対称に高い線束で評価している。(添付 2-4 参照)	
引継ぐ線束は,本体モデルの燃料有効部側(金属キャスク側)	(3) メッシュ分割	
の Z 方向と R 方向の角度束をトラニオンモデルの底面(R 方向)	メッシュ分割の違いの処理に関して、本体モデルに比べてト	
と側部(Z 方向)の角度束に入れ替えているため, トラニオンモ	ラニオンの分割は細かく、完全に一致させることができないた	
デルでは底部、側部とも全周にわたり線束が高い燃料有効部側	め、トラニオンモデルのメッシュと同じ領域にある本体モデル	
の値になっており、トラニオン部の中心軸に対して軸対称に高	の線束を入力値としている。(添付2-5図参照)	
い線束で評価している(別紙 5-1 図参照)。	本体モデル、トラニオン有モデルとトラニオン無モデルの底	
(4) トラニオン部の線量当量率評価結果の補正	部側の線量当量率等高線分布(中性子)とトラニオンモデル線束	
トラニオン部の線量当量率は、トラニオン有モデルとトラニ	引継ぎ面を添付 2-3 図に示す。	
オン無モデルの計算結果より線種ごとの計算結果の差を求め,		
本体モデルの計算結果にその差異を考慮して評価している。具	(4) 範囲外の線量当量率	
体的には下式のようになる。	トラニオン部DOT計算モデル範囲外の線量当量率について	
	は, 添付 2-6 図に示すように本体モデルの線量当量率にSPA	
トラニオン部の線種ごとの線量当量率 =	CETRAN-Ⅲにより求めたトラニオンによる線量当量率の	
(本体モデル)+((トラニオン有モデル)-(トラニオン無モ	増加分を重ね合わせた。	
デル))		L

比較結果

刑令招告方法事	RFS設工認		
空八佰疋甲碩貴	申請書添付書類 3	補足説明資料	
ただし, (トラニオン有モデル)<(トラニオン無モデル)の場			
合は,保守的に(本体モデル)の結果をそのまま採用している。			
2. トラニオン部の評価方法の妥当性確認			
表面の線量当量率が最も高くなる配置(i)の底部トラニオン			
表面を,別紙 5-3 図に示す三次元計算モデルを用いて,三次元			
計算コード MCNP5 で計算した。計算条件を別紙 5-1 表,分散低			
減手法の妥当性確認内容を別紙 5-2 表に示す。また,計算結果			
を別紙 5-3 表,線量当量率分布を別紙 5-4 図に示す。二次元円			
筒モデルの線束引継ぎにより二次元輸送計算コード DOT3.5 で			
計算した結果は,三次元計算結果より保守的な値となっており,			
二次元円筒モデルの線束引継ぎによる評価結果は妥当である。			
なお, 二次元計算では, トラニオンモデルに線束を引継ぐ際,			
保守的となるように本体モデルの燃料有効部側(金属キャスク			
中心側)の角度束を用いて評価している。このため, トラニオン			
部の評価では保守的な線束が全周から入射する条件となり、実			
際の入射線束よりも高い線束で評価していることから、三次元			
計算コードでの評価結果に比べ高くなっている。			
別紙 6	別添 2		
二次元輸送計算コードで使用する断面積ライブラリについて	二次元輸送計算コードで使用する断面積ライブラリについて		
HDP-69B(B)型の線量当量率評価は,最も実績のある手法である	1. 断面積ライブラリの妥当性		
二次元輸送計算コード DOT3.5 と断面積ライブラリ DLC-23/CASK	金属キャスクの遮蔽解析では、最も実績のある手法である二		
の組合せを採用している。しかし、このライブラリは鉄等の共鳴	次元輸送計算コードDOT3.5 及び断面積ライブラリ DLC-		
領域の反応を補正する自己遮蔽因子を考慮していないことから、	23/CASK の組合せで評価をしている。しかし, 本断面積ライブラ		
鉄透過の際に中性子線量率を過小評価することが知られている。	リは,鉄等の共鳴領域の反応を補正する自己遮蔽因子が考慮さ		
このため、共鳴領域の自己遮蔽因子を考慮できる新しいライブラ	れていないため、鉄透過の際の中性子線量当量率を過小評価す		
リ MATXSLIB-J33 を用いた評価も実施した。	ることが文献等で知られている。		
	そこで,鉄の共鳴領域の自己遮蔽因子も考慮でき,中性子線		
1. 遮蔽解析条件	量当量率の評価が向上するとされている断面積ライブラリ		
ライブラリ以外の計算条件は DLC-23/CASK を使った計算と	MATXSLIB-J33 を用いたBWR用大型キャスク(タイプ2A)の		
同一とした。	金属キャスク表面及び同表面から 1m位置の線量当量率による		

比較結果
二次元輸送計算コードで 使用する断面積ライブラ リの記載は同等

刑士作令中善書	RFS設工認		
(上)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)	申請書添付書類3	補足説明資料	比牧阳木
炭素鋼の組成については DLC-23/CASK を使った計算と同様	評価(1)を確認・分析した結果,金属キャスク表面における最大		
に微量元素を無視したが, DLC-23/CASK ではデータがなかった	線量当量率は 1.811 mSv/h であり 2 mSv/h 以下となること,金		
ため無視していたほう素の同位体(B-11)については, MATXSLIB-	属キャスク表面から 1mの位置における最大線量当量率は 98.6		
J33 ではデータが存在するため考慮した。	μ Sv/h であり 100μSv/h 以下となることが,それぞれ確認され		
	ている(第 4-1 表)。		
2. 遮蔽解析結果			
新しいライブラリ MATXSLIB-J33 を用いた場合と, DLC-			
23/CASK を用いた場合の線量当量率評価結果を別紙 6-1 表及び			
別紙 6-2 表に示す。別紙 6-1 表,別紙 6-2 表は,それぞれ配置			
(i), 配置(ii)の評価結果である。評価方向ごとの最大線量			
当量率を与える位置を別紙 6-1 図に示す。評価方向ごとの最大			
線量当量率を与える位置は,配置(i),(ii)ともに同じ位置で			
ある。			
以上より, MATXSLIB-J33 を使用した場合でも表面及び表面か			
ら 1m 離れた位置における線量当量率が, それぞれ 2mSv/h 及			
び100µSv/h 以下となることを確認した。			
	添付 4-2 使用済燃料貯蔵建屋の放射線の遮蔽に関する説明書	(使用済燃料貯蔵建屋の放射線の遮蔽に関する補足説明)	RFS固有の安全設計に
	(省略)	(省略)	よる相違

第4-2表(3/5) 型式指定申請書の記載の比較(使用済燃料等の閉じ込め)

피나는 나이는 바 카 카	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結果
添付書類4 使用済燃料等の閉じ込めに関する説明書	添付2 使用済燃料等の閉じ込めに関する説明書	設 2-補-002 使用済燃料等の閉じ込めについて	
1. 設計方針	1. 概要	1. 目的	設計方針の記載は同等
HDP-69B(B)型は, 使用済燃料等を限定された区域に閉じ込める	本資料は,使用済燃料貯蔵施設の閉じ込めの機能に関する設	本資料は、今回申請する金属キャスクの基準漏えい率の根拠	
ため、本型式設計特定容器等を使用することができる使用済燃料	計方針が,「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(以	とした試験結果の妥当性及び閉じ込め異常に対する設計上の考	
貯蔵施設の範囲である金属キャスクの設計貯蔵期間 60 年を評価	下「技術基準規則」という。)第 11 条(閉じ込めの機能)に適	慮や運用方針(設計の実現性)について補足し、今回申請する	
条件として、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を収納する空間を	合することを説明するものである。	金属キャスクによる閉じ込めについてより詳しく説明するもの	
負圧に維持する設計とする。HDP-69B(B)型は、一次蓋及び二次蓋	閉じ込めの機能に関する設計結果は「添付2-1 金属キャス	である。	
による二重の閉じ込め構造とし、一次蓋、二次蓋及び一次蓋貫通	クの閉じ込めの機能に関する説明書」に示す。		
孔シール部には、使用済燃料を収納する空間を負圧に維持するた			
めの性能を有する金属ガスケットを用いる。なお、一次蓋と二次	2. 基本設計方針		
蓋の間(以下「蓋間」という。)を正圧に維持することにより、使	使用済燃料貯蔵施設は,使用済燃料等を限定された区域に		
用済燃料を収納する空間を金属キャスク外部から隔離する設計と	適切に閉じ込めるため、次の方針に基づき閉じ込め設計を行		
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	う。		
能について監視ができる設計とする。	(1) 金属キャスクは,放射性物質を限定された区域に閉じ込め		
また、本型式設計特定容器等を使用することができる使用済	るため,設計貯蔵期間(50 年間)に加えて事業所外運搬に係		
燃料貯蔵施設の範囲から,以下の項目を,HDP-69B(B)型の閉じ	る期間等を考慮した十分な余裕を有する 60 年間を通じて使		
込め評価の条件とする。	用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる設計とす		
・金属キャスクの設計貯蔵期間:60年以下	る。		
	また、使用済燃料集合体及びバスケットの健全性を維持するた		
	め、金属キャスクの内部の空間を不活性雰囲気に保つ設計と		
	する。		
	(2) 金属キャスクは, 蓋部を一次蓋, 二次蓋の多重の閉じ込め		
	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、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。また、一次蓋と二次蓋との空間		
	部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		
	ができる設計とする。金属キャスクの構造上,漏えいの経路		
	となり得る蓋及び蓋貫通孔のシール部には金属ガスケットを		
	用いることにより長期にわたって閉じ込め機能を維持する設		
	計とする。		
	(3) 金属キャスクは、貯蔵期間中及び貯蔵終了後において、収		
	納された使用済燃料集合体の検査等のために一次蓋を開放し		

	型式指定申請書 RFS設工認 申請書添付書類3 補足説明資料		
型式指定甲請書			比較結果
	ないことを前提としているため、万一の蓋部の閉じ込め機能		
	の異常に対して、二次蓋の閉じ込め機能に異常がある場合に		
	は、二次蓋の金属ガスケットを交換し、一次蓋の閉じ込め機		
	能に異常がある場合には、金属キャスクに蓋を追加装着でき		
	る構造を有すること等、閉じ込め機能の修復性を考慮した設		
	計とする。		
2. HDP-69B(B)型の閉じ込め設計			
2.1 閉じ込め機能に関する構造	3. 閉じ込め構造の設計方針		閉じ込め機能に関する構
HDP-69B(B)型の閉じ込め構造を図 2-1 に,シール部詳細を図	金属キャスクは、放射性物質を限定された区域に閉じ込め		造の記載は同等
2-2 に,金属ガスケット構造(ばね入りメタル C リング,眼鏡	るため、以下の配慮を行う。		
型)を図 2-3 に示す。	(1) 金属キャスクは、本体胴及び蓋部により使用済燃料集合体を		
HDP-69B(B)型は,使用済燃料等を限定された区域に閉じ込め	内封する空間を外部から隔離し、設計貯蔵期間(50 年間)に加		
るため、以下の配慮を行う。	えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する		
a. HDP-69B(B)型は、金属キャスク本体及び蓋部により使用済燃	60年間を通じて負圧に維持する。		
料を収納する空間を金属キャスク外部から隔離し、設計貯蔵期	(2) 金属キャスクは, 蓋部を一次蓋及び二次蓋の多重の閉じ込め		
間を通じて負圧に維持する。	構造とし、その蓋間をあらかじめ正圧とし圧力障壁を形成する		
b. HDP-69B(B)型は, 蓋部を一次蓋, 二次蓋の二重閉じ込め構造	ことにより、放射性物質を金属キャスク内部に閉じ込める。ま		
とし、その蓋間をあらかじめ正圧とし圧力障壁を形成すること	た、使用済燃料集合体を内封する空間に通じる貫通孔のシール		
により,放射性物質を金属キャスク内部に閉じ込める。また,	部は一次蓋に設ける。		
使用済燃料を収納する空間に通じる貫通孔(ベント及びドレン	(3) 蓋及び蓋貫通孔のシール部には、長期にわたって閉じ込め機		
用)のシール部を一次蓋に設ける。	能を維持する観点から金属ガスケットを用いる。金属ガスケッ		
c. 蓋及び蓋貫通孔のシール部には,長期にわたって閉じ込め機	トの漏えい率は,設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運		
能を維持する観点から金属ガスケットを用いる。なお、設計	搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する 60 年間を通じ		
貯蔵期間を通じて金属ガスケットが使用済燃料を収納する空	て,蓋間の空間に充填されているヘリウムガスが蓋間の圧力を		
間を負圧に維持するための性能を有していることを確認でき	一定とした条件下で使用済燃料集合体を内封する空間側に漏え		
るよう、蓋及び蓋貫通孔のシール部にリークチェック孔を設	いし、かつ、燃料被覆管からの核分裂生成ガスの放出を仮定し		
ける。金属ガスケットの漏えい率は、設計貯蔵期間を通じて、	ても,使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できるよ		
蓋間の空間に充填されているヘリウムガスが蓋間の圧力を一	うに設定し、その漏えい率を満足していることを気密漏えい検		
定とした条件下で使用済燃料を収納する空間側に漏えいし,	査により確認する。		
かつ, 燃料被覆管からの核分裂生成ガスの放出を仮定しても,	なお,蓋間の圧力が徐々に低下する場合には,適宜,蓋間空間		
使用済燃料を収納する空間を負圧に維持できるように設定	にヘリウムガスを再充填する。その際,累積のヘリウム充填量		
し、その漏えい率を満足していることを気密漏えい検査によ	を管理し、過剰な充填とならないようにする。		
り確認する。さらに、その蓋間の圧力を測定するための圧力	(4) 金属キャスクは、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対し		
センサを取り付けることができる貫通孔を二次蓋に設けるこ	て,三次蓋を追加装着できる構造を有する。		
とにより閉じ込め機能を監視する。			

피우방가라ㅋㅋ	R F S 設工認		山本公子田
空 式 指 足 甲 萌 音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
d. 一次蓋と二次蓋から成る閉じ込め機能が喪失した場合であっ ても、三次蓋を取り付けて輸送できる設計とする。	 朝じ込め機能の監視の設計方針 金属キャスクの閉じ込め機能が確保されていることを適切 に監視するため、金属キャスクの蓋間圧力を測定するととも に、監視盤室に表示、記録する。 蓋間圧力が基準設定値より低下したときは、監視盤室及び 事務建屋に警報を発するようにする。 蓋間圧力検出器は、点検中及び不具合時においても蓋間圧力を 測定できるよう二系統設ける。 第じ込め機能の異常を考慮した設計の方針 蓋間の圧力に異常が生じた場合でも、あらかじめ金属キャ スク内部を負圧に維持するとともに、蓋間の圧力を正圧とし ているため、内部の気体が外部に流出することはない。 蓋間圧力の監視により蓋間の圧力が急激に低下し、閉じ込 め機能に異常が認められた場合、以下のとおり対応する。 (1) 圧力監視系の点検を行い、圧力監視系からの漏えいが認め られた場合には、漏えい箇所の特定を行い、当該箇所を修復 の上貯蔵を継続する。 (2) 圧力監視系に漏えいがなく、金属ガスケットの漏えいと考 えられる場合には、二次蓋金属ガスケットの漏えいよ勝を行 う。漏えい試験の結果、二次蓋に漏えいが認められた場合に は、金属キャスク内部が負圧に維持されていることを間接的 に確認し、さらに、蓋間圧力の低下の状況及び測定した二次 蓋漏えい率より一次蓋の健全性を確認の上、二次蓋の金属ガ スケットを交換し、閉じ込め機能を修復して貯蔵を継続す る。 (3) 二次蓋金属ガスケットの漏えい試験の結果、二次蓋に漏え いが認められず、一次蓋の閉じ込め機能が異常であると考え られる場合には、契約先である原子炉設置者による搬出に向 け、金属キャスクに三次蓋を追加装着した状態で適切に保管 する。 閉じ込め機能の異常時の対応手順の方針を図 5-1 に示す。 	(「3. 閉じ込め機能の異常時の対応について」(p. 72)に補足説 明を記載)	

	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足説明資料	──
 2.2 閉じ込め評価 金属キャスクの閉じ込め評価フローを図2-4に示す。HDP- 69B(B)型の閉じ込め評価においては、以下の考え方に基づき評 価する。 a. 閉じ込め評価では、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Qs」という。)を求める。具体的な評価方法を別紙1に 示す。 b. 基準漏えい率Qs を求めるに当たっては、蓋間圧力は一定と し、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。大気圧は、気象変化によ る圧力変動を考慮した値として9.7×10⁴ Paとする。また、収 納された使用済燃料の破損により発生したガスによる圧力上昇 を考慮する。なお、使用済燃料の破損率は、米国の使用済燃料 の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率(約0.01%)⁽²⁾、及び 日本の軽水炉における運転中の漏えい燃料発生率(約0.01%)⁽²⁾、及び 日本の軽水炉における運転中の漏えい燃料発生率(約0.01%) c. 設計貯蔵期間後の金属キャスク本体内部の圧力は、蓋間圧力 と金属キャスク本体内部圧力の圧力差のもとで、ある漏えい率 をもつシール部を通して金属キャスク本体内部へ流入する気体 の漏えい量を積分することによって求められる。ここで、漏え い率は、シールされる流体、シール部及び金属キャスク本体内 部の温度、シール部の上流側と下流側の圧力等に依存する。 d. 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Qn」という。) は HDP-69B(B)型の閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率Qs を満足できるものでなければならない。 e. なお、貯蔵開始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Qt」という。)は、基準 漏えい率Qs を下回るように設定する。 	 中請香添竹香類 3 6. 閉じ込め性能評価の方針 金属キャスクの閉じ込め性能評価においては、以下の考え方に基づき 評価する。 (1) 閉じ込め性能評価では、設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する 60年間(以下「設計評価期間」という。)にわたって金属キャスク内部の負圧を維持できる漏えい率(基準漏えい率)を求める。 (2) 漏えい率は、シールされる流体、シール部温度及び漏えいの 上流側と下流側の圧力に依存する。したがって、金属キャスク内部に力変化は、蓋間圧力と金属キャスク内部圧力の圧力差の もとで、ある漏えい率をもつシール部を通して金属キャスク内 部へ流入する気体の漏えい量を積分することによって求められ る。 (3) 金属キャスクの閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率は、設計評価期間にわたって金属キャスク内部の負圧が維持できるよう設定され、使用する金属ガスケットが確保可能な閉じ込め 性能を満足していることを確認する。 (4) 基準漏えい率を求めるに当たっては、金属キャスク内部の圧 力を保守的に評価するため、蓋間圧力は一定とし、蓋間空間の ガスは一次蓋から金属キャスク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。また、大気圧は、気象変化による 圧力変動を考慮した値9.7×10⁴ Paを用いる。金属キャスク内 部空間の圧力の算定においては、使用済燃料の破損率として、 米国の使用済燃料の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率(約 0.01%)及び日本の軽水炉における漏えい燃料発生率(0.01%) 以下)を考慮し、保守的な値として0.1%を想定する。 (5) なお,発電所搬出前の気密漏えい検査で確認される漏えい率を下回 るように設定する。 	欄花說叻資料	閉じ込め評価の記載は同 等

TULN IV 는 는 큰 큰	R F S 設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	
	 添付 2-1 金属キャスクの閉じ込めの機能に関する説明書 1. 設計方針 閉じ込めの機能に関する設計方針については,添付 2「使用 済燃料等の閉じ込めに関する説明書」のとおりである。 		
	 閉じ込め設計 金属キャスクの閉じ込め構造を第1図に、シール部詳細を 第2図に、金属ガスケット構造を第3図に、蓋間圧力監視装置の構成を第4図に示す。 		
 2.3 閉じ込め評価結果 使用環境を考慮して評価した結果,HDP-69B(B)型の基準漏え い率 Qs は 2.4×10⁻⁶Pa·m³/s となる。評価の詳細を別紙1に示 す。 次に,金属ガスケットの性能は,金属キャスクのシール部が 比較的高温下にあるため,長期貯蔵中のクリープによる応力緩 和を考慮した上で評価する必要がある。応力緩和による漏えい 率への影響については、ラーソン・ミラー・パラメータ(以下 「LMP」という。)の考え方を用いて評価する。ここで、(一 財)電力中央研究所で実施された長期密封性能試験結果におい ては LMP の定数 C を 20⁽³⁾又は 16⁽⁴⁾とした場合が報告されてい る。一方,原子力安全基盤機構における金属ガスケットの密封 性能試験等では LMP の定数 C を 14⁽⁶⁾とした場合が報告されてて いる。LMP と漏えい率の関係は定数 C が 20 の場合は図 2-5⁽³⁾ に、14 の場合は図 2-6⁽⁶⁾に示すとおり整理されている。ここで LMP の定数 C を 20 及び 14 とした場合に対し、それぞれの金属 ガスケットの LMP が約 11×10³ 及び 8.0×10³ を超えないように 設計すれば、応力緩和を考慮しても初期の漏えい率が維持さ れ、設計貯蔵期間を通じて 10⁻¹⁰ Pa·m³/s 以下を確保できるこ とが示されている。 HDP-69B(B)型の除熱評価の結果から、金属ガスケット部の温 度は 100 ℃以下である。この温度から設計貯蔵期間(60 年 間)に相当する LMP を算出すると LMP の定数 C=20 の場合は約 9.6×10³, C=14 の場合は約7.4×10³ となり,設計貯蔵期間を 	 3. 閉じ込め性能評価結果 BWR用大型キャスク(タイプ2A)の基準漏えい率を評価した結果,別添1のとおり2.4×10⁶ Pa·m³/s となる。 金属ガスケットの性能は、金属キャスクのシール部は比較的高温下にあるため、長期貯蔵中のクリープによる金属ガスケットの応力緩和を考慮した上で評価する必要がある。応力緩和による漏えい率の影響については、(一財)電力中央研究所で実施の長期密封性能試験結果を通じて、金属ガスケットの漏えい率とラーソンミラーバラメータ(以下「LMP」という。)の関係として第5図に整理されている。 金属キャスクの除熱評価における金属ガスケット部の制限温度は130 ℃としており、設計評価期間(60 年間)を考慮したLMPは第5図(破線)に示す。 第5図より、金属ガスケットのLMPが約11×10³を超えないように設計すれば、応力緩和を考慮しても初期の漏えい率が維持でき、設計評価期間を通じて10⁻¹⁰Pa·m³/s以下を確保できるとの結果が得られている。 更に、第6図に示す(一財)電力中央研究所で実施の実規模のキャスクの蓋モデルによる長期密封性能試験結果において、試験開始から19年以上(平成2年10月から平成22年1月)経過した二次蓋閉じ込め部の漏えい率に変化はなく、試験開始時と同等の閉じ込め性能を保持することが確認されている。また、東海第二発電所の乾式貯蔵容器の調査において、約7年間経過した金属ガスケットの一次蓋密封性能は、貯蔵初期と同程度 		

比較結果
比較結果 閉じ込め評価結果の記載 は同等

피수방가라ㅋㅋ	RFS設工認	
型式指 正 甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料
通じて初期の漏えい率が維持されると判断される。また、図	(10 ⁻¹⁰ Pa·m ³ /s 程度)の知見が得られている ¹⁾ 。	
2-5 及び図 2-6 の LMP 計算式に示すとおり LMP の算出において	BWR用大型キャスク(タイプ2A)で使用する金属ガス	
定数 C に関しては単調増加し, C=16 の場合は C=14 と C=20	ケットの設計漏えい率は,使用環境を考慮しても基準漏えい率	
に包絡される。	(2.4×10 ⁻⁶ Pa·m ³ /s) を満足する。(別添2参照)	
また,図 2-7 に示す(一財)電力中央研究所で実施された実	なお、実際に使用する一次蓋、二次蓋の金属ガスケットが所	
規模の金属キャスクの蓋部モデルによる長期密封性能試験結果	定の漏えい率を満足することについては、発電所搬出前の気密	
において,試験開始から 19 年以上(平成 2 年 10 月から平成	漏えい検査において、基準漏えい率を下回るように設定したリ	
22 年 1 月)が経過した二次蓋閉じ込め部の漏えい率に変化は	ークテスト判定基準を満足することによって確認する。	
なく、金属ガスケットは試験開始時と同等の閉じ込め性能を保		
持することが確認されている ⁽⁷⁾ 。なお、(一財)電力中央研究		
所の長期密封性能試験結果を適用することの妥当性は別紙2に		
示すとおりである。		
さらに、日本原子力発電株式会社東海第二発電所で行われた		
乾式貯蔵容器の調査において、約7年間経過した金属ガスケッ		
トの一次蓋シール部の漏えい率は,貯蔵初期と同程度(約 10-		
¹⁰ Pa·m ³ /s) に維持されているとの知見が得られている ⁽⁸⁾ 。		
以上より,HDP-69B(B)型で使用する金属ガスケットの設計漏		
えい率 Qn は, 使用環境を考慮しても基準漏えい率 Qs (2.4×10⁻		
⁶ Pa·m ³ /s)を満足する。		
別紙1	別添1	
基準漏えい率及びリークテスト判定基準の評価方法及び評価結果	基準漏えい率の評価方法とその結果	
1. 評価方法	1. 評価方法	
HDP-69B(B)型の基準漏えい率 Qs 及びリークテスト判定基準	金属キャスクの基準漏えい率計算フローを別添 1-1 図に	
Qt の計算フローを別紙 1-1 図に示す。また,漏えい率計算の	示す。BWR用大型キャスク(タイプ2A)の評価条件を別	
概要を別紙 1-2 図に示す。	添1-1表に示す。(添付1参照)	
HDP-69B(B)型の閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率 Qs	① 金属キャスクの閉じ込め境界の漏えい率 Q ₀ を設定する。こ	
は,設計貯蔵期間(60年)経過後に金属キャスク本体内部の	の漏えい率は、使用済燃料集合体の貯蔵開始時のシール部圧	
負圧が維持できるシール部の標準状態(大気圧, 25 ℃)での	力,温度条件での金属キャスクの閉じ込め境界(一次蓋)全	
漏えい率である。	箇所からの漏えい率の合計値として設定する。	
基準漏えい率 Qs は,貯蔵時における HDP-69B(B)型の温度,	② 金属キャスク内部圧力の変化は、ボイル・シャルルの法則	
本体内部の空間容積及び圧力等を基に、金属キャスク本体内部	に基づき、以下のように求める。	
の圧力が設計貯蔵期間経過後に大気圧となるように求めた漏え		

比較結果
評価方法の記載は同等

파우아수아ㅋㅋㅋ	RFS設工認		
型式指正申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	
い孔径 D₀を用い,標準状態における漏えい率として算出され	また,ここで漏えい率 Q は以下のクヌッセンの式で求めら		
る。HDP-69B(B)型の蓋間から容器内への漏えい流路は,別紙	れる。		
1-2 図に示すように,一次蓋の金属ガスケットからの流路と,	このクヌッセンの式は、次のようにして用いる。		
一次蓋貫通孔のバルブカバー(二か所)の金属ガスケットから	金属キャスクの初期内部圧力が Pdo, 蓋間圧力が Puo, シー		
の流路がある。この二つの漏えい流路は金属ガスケットの仕様	ル部の代表温度が T₀のときの初期漏えい率が Q₀であるとし,		
が異なるため,それぞれの金属ガスケット仕様を用いて個別に	クヌッセンの式にこれらの値を代入して相当漏えい孔径 D ₀ を		
評価を行い,リークテスト判定基準 Qt を適切に設定する。	求める。同じシールにおいて内部圧力が Pd1, 蓋間圧力が Pu1,		
基準漏えい率 Qs の計算過程を以下に示す。	シール部の代表温度が T1に変化したときの漏えい率 Q1は,相		
漏えい率は,日本原子力学会標準に基づき,以下の式①,②	当漏えい孔径 D₀が変化しないものとして, クヌッセンの式に		
から求めている。時間が dt だけ変化する間に金属キャスク本体	これら圧力,温度を代入して求めることができる。		
内部の圧力が dPd だけ変化する漏えい率を Q とすれば,金属キ	③ 金属キャスク初期内部圧力 Pdo, 蓋間圧力一定として, ②-		
ャスク本体内部空間容積は一定であることから、金属キャスク	1の式を時間 t で積分することにより,ある時間 t における		
本体内部圧力の時間変化は、温度の違いを考慮してボイル・シ	金属キャスク内部圧力 Pd を求める。		
ャルルの法則により次式で与えられる。	④ ③により求めた設計評価期間経過後の金属キャスク内部圧		
また,漏えい率Qは以下のクヌッセンの式で求められる。	力 Pdf が正圧の場合はより小さな漏えい率 Qoを, 負圧の場合		
	はより大きい漏えい率 Q₀を設定して, ①~③を繰り返す。設		
蓋間圧力(上流側の圧力)Pu(Pa)を一定として,式③を時	計評価期間経過後の金属キャスク内部圧力が使用済燃料の破		
間 t で積分すれば,ある時間 t における金属キャスク本体内部	損(0.1%)(添付2参照)によるガス放出に伴う圧力上昇分		
圧力(下流側の圧力)Pd=Pd(t)が得られる。	を考慮し,大気圧となる相当漏えい孔径 Doを求める。なお,		
	大気圧は標準大気圧(101325 Pa(0.101 MPa))から気象変化		
上記を基に,一次蓋シール部で漏えいする場合の基準漏えい	による圧力変動を考慮した値 9.7×10 ⁴ Pa abs を用いる。		
率 Qs 及びリークテスト判定基準 Qt は,以下のように計算され	⑤ Doより②-2式を用いて,基準漏えい率 Qsを求める。基準		
る。	漏えい率は,標準状態における漏えい率に換算する。		
式④に, HDP-69B(B)型の一次蓋シール部について,	⑥ リークテスト判定基準としては、設計評価期間経過後にさ		
	らに蓋間空間ガスの流入を仮定してもBWR用大型キャスク		
を代入して,金属キャスク本体内部圧力 Pd が 0.1 %の燃料破	(タイプ2A)内部圧力が負圧に維持できるように設定する。		
損によるガス放出を想定した圧力上昇を考慮しても負圧を維持			
できる圧力となる漏えい孔径を繰り返し計算により求める。			
ここで,0.1 %の燃料破損によるガス放出を想定した圧力上昇			
Δ Pは,次のとおり求められる。			
使用済燃料内の初期封入ガス分圧 P _{He} ,FP ガス分圧 P _{FP} は次			
のとおり求められる。			

比較結果

刑令也今日封申	R F S 設工認		レ款注用
空式相足中胡青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較加不
0.1 %の燃料破損によるガス放出を想定した圧力上昇は約			
kPa (Paを丸め)となる。同様に、高燃焼度8×8			
燃料で 0.1 %の燃料破損によるガス放出を想定した圧力上昇を			
求めると約 🔜 kPa (🔤 Pa を丸め) となる。			
漏えい孔径を繰り返し計算により求めると,漏えい孔径 D₀			
は以下のとおりとなる。			
また,リークテスト判定基準Qtとしては,0.1 %の燃料破損			
によるガス放出を想定した圧力上昇及び設計貯蔵期間経過後に			
さらに蓋間空間ガス全量の金属キャスク本体内部への流入を仮			
定した圧力上昇を考慮した許容圧力(__ MPa)においても			
負圧を維持できる値とする。基準漏えい率と同様に計算する			
と、以下のようになる。			
次に,標準大気圧における基準漏えい率 Qs とリークテスト			
判定基準 Qt を算出する。標準状態の算出条件を別紙 1-1 表に			
示す。			
基準漏えい率 Qs は,先に得られた漏えい孔径 D ₀ =			
mの漏えい孔に対して,別紙 1-1 表の条件をクヌッセン			
の式(式②)に代入することで求められる。			
また,リークテスト判定基準 Qt も同様に,漏えい孔径 D₀=			
mの漏えい孔に対して,別紙 1-1 表の条件をクヌ			
ッセンの式 (式②) に代入することで求められる。			
一方, バルブカバーシール部で漏えいする場合についても,			
金属ガスケットの断面径 D=5.6 mm 及び金属ガスケット溝深			
さ H= mm を用いて上記と同じ計算を実施することによっ			
て基準漏えい率 Qs 及びリークテスト判定基準 Qt が評価され			
る。			
2. 評価結果	2. 評価結果		評価結果の記載は同等
別紙 1-2 表に,一次蓋シール部で漏えいした場合とバルブカ	「1. 評価方法」に基づき評価した結果,別添1-2表のとおり,		
バーシール部で漏えいした場合の基準漏えい率 Qs 及びリーク	BWR用大型キャスク (タイプ2A)の基準漏えい率は, 2.4×10⁻		
テスト判定基準 Qt の比較を示す。別紙 1-2 表に示すとおり,	⁶ Pa·m ³ /s, リークテスト判定基準は 1.6×10 ⁻⁶ Pa·m ³ /s となる。		
一次蓋シール部で漏えいした場合とバルブカバーシール部で漏			

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

刑卡拉卢古法书	RFS設工認	
型式指 正 甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料
えいした場合の基準漏えい率 Qs 及びリークテスト判定基準 Qt	添付1	
の評価結果は、同程度である。	基準漏えい率の評価の詳細	
したがって, HDP-69B(B)型の基準漏えい率 Qs 及びリークテス		
ト判定基準 Qt としては, より値の小さい一次蓋シール部で漏え	BWR用大型キャスク(タイプ2A)の基準漏えい率及びリー	
いした場合を代表として, それぞれ Qs=2.4×10 ⁻⁶ Pa·m³/s,	クテスト判定基準の評価の詳細を以下に示す。	
Qt=1.6×10 ⁻⁶ Pa·m ³ /s とする。また,これにより,気密漏えい	金属キャスクの閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率は、設	
検査においては、三か所の漏えい率の合計がリークテスト判定	計評価期間中に金属キャスク内部の負圧が維持できる漏えい率と	
基準 Qt を超えないように, それぞれの判定基準を設定すること	して定義される。したがって、設計評価期間後に金属キャスク内	
ができる。	部圧力が大気圧となるシール部の漏えい率が基準漏えい率であ	
	る。	
	漏えい率は,日本原子力学会標準1)に基づき,以下の①,②式	
	から求めている。時間 dt の間に金属キャスク内部の圧力が dPd だ	
	け変化する漏えい率を Q とすれば,金属キャスク内空間容積は一	
	定であることから, 金属キャスク内部圧力の時間変化は, 温度の	
	違いを考慮してボイル・シャルルの法則により次式で与えられる。	
	また,漏えい率Qは以下のクヌッセンの式で求められる。	
	(2)式を(1)式に代入すると	
	茎間広力(上法側の広力)Dy(Da)な一定として のずな時間+	
	に	
	1 u(0) m f = 0 (0 a),	
	④式に BWR用大型キャスク (タイプ2A) について	
	を代入して,金属キャスク内部圧力 Pd が 0.1 %の燃料破損 ¹⁾ に	
	よるガス放出を想定した圧力上昇を考慮しても負圧を維持できる	
	圧力となる漏えい孔径を繰り返し計算により求める。	
	使用済燃料内空間の初期封入ガス分圧P _{He} , FP ガス分圧P _{FP} は	
	次のとおり求められる。	
	0.1 %の燃料破損に上スガス放出を相定した圧力上見け約0.9	
	V.1 /0V/旅行取項によるカハバロで応圧したエリエ升は初0.2 $P_{0}(135 P_{0} $ をすめ) とたろ 同様に 宣機構産 Q V Q 機転の 10/	
	Ma(1001a) (100	

比較結果

型式指定申請書	RFS設工認		
	申請書添付書類 3	補足説明資料	
	の燃料破損によるガス放出を想定した圧力上昇を求めると約0.2		
	kPa (138 Paを丸め) となる。		
	漏えい孔径を繰り返し計算により求めると,漏えい孔径Doは以		
	下のとおりとなる。		
	$Pd(t=60年) = 9.7 \times 10^4 - 0.2 \times 10^3 Pa = 9.68 \times 10^4 Pa のとき, D_0$		
	$=5.482 \times 10^{-6} \text{ m}$		
	また、リークテスト判定基準としては、0.1%の燃料破損による		
	ガス放出を想定した圧力上昇及び設計評価期間経過後にさらに蓋		
	間空間ガスの金属キャスク内部への流入を仮定した圧力上昇を考		
	慮した許容圧力(0.091 MPa)においても負圧を維持できる値とす		
	る。基準漏えい率と同様に計算すると、以下のようになる。		
	Pd(t=60 年)= 9.1×10 ⁴ Paのとき、漏えい孔径:D₀= 4.907×		
	10 ⁻⁶ m		
	次に、標準大気圧における基準漏えい率とリークテスト判定基		
	準を算出する。標準状態の算出条件を添付1-1表に示す。		
	基準漏えい率Qsは,先に得られた漏えい孔径Do= 5.482×10 ⁻⁶		
	mの漏えい孔に対して,添付1-1表の条件をクヌッセンの式		
	(②式) に代入することで求められる。		
	$Qs = 2.4 \times 10^{-6} (Pa \cdot m^3/s)$		
	また,リークテスト判定基準Qtも同様に,漏えい孔径D₀=		
	4.907×10 ⁻⁶ mの漏えい孔に対して,添付1-1表の条件をクヌ		
	ッセンの式(②式)に代入することで求められる。		
	$Qt = 1.6 \times 10^{-6} (Pa \cdot m^3/s)$		
	添付2		
	使用済燃料の破損の仮定について		
	閉じ込め性能評価での基準漏えい率の算出に当たっては、日本		
	原子力学会標準1)に基づき使用済燃料破損率0.1%を用いている。		
	使用済燃料破損率0.1%は、米国の使用済燃料の乾式貯蔵中におけ		
	る漏えい燃料の発生率(約0.01%)と日本の軽水炉における漏え		

比較結果

型卡花亭中建步	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	
	い燃料発生率(約0.01%以下)を考慮し保守的な値として定めた		
	ものである。		
	1. 米国の漏えい燃料発生率(約0.01%)について1)		
	米国にて実施された使用済燃料の長期貯蔵時の健全性試験の		
	結果、通常燃料を貯蔵した場合に2本の燃料棒に漏えいが生じ		
	ていたとPNNL-11576 ²⁾ により報告されている。試験対象の燃料		
	棒は約16700本であることから,燃料の破損率を約0.01%として		
	いる。		
	2. 日本の軽水炉における漏えい燃料発生率(0.01%以下)につい		
	$\mathcal{T}^{(1)}$		
	日本においては、発電所内の貯蔵容器の抜取調査では、燃料		
	の漏えいは認められていないが、運転中の漏えい燃料発生確率		
	は, BWR燃料で約0.01%(添付2-1図参照:東京電力ホールデ		
	ィングス株式会社の集計データ), PWR燃料で約0.002%(添付		
	2-2図参照: 関西電力株式会社の集計データ)である。		
	米国の基準では, NRC発行のInterim Staff Guidance (ISG)-		
	1 ³⁾ 「機能に基づく中間貯蔵及び輸送における使用済燃料の状態		
	分類」に規定されているとおり、ピンホールやヘアクラックの		
	ある漏えい燃料であっても非損傷燃料として扱っており、この		
	ような使用済燃料についてあらかじめ収納されることを考慮し		
	ている (添付2-3図参照)。		
	一方,我が国においては,金属キャスクで貯蔵する使用済燃料集		
	合体は健全性を確保した使用済燃料集合体であり、金属キャスク		
	に収納する時点において, 健全であることを, 運転中のデータ,		
	シッピング検査等により確認することとしており、漏えい燃料は		
	収納されることはない。		
	別添2		
	金属ガスケットの性能について		
	1. 漏えい率とラーソンミラーパラメータとの関係		
	(一財)電力中央研究所で実施された金属ガスケットの長		
	期密封性能試験の結果として、初期の密封性能が保持できる		

比較結果

ヨードセンサウキャ	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足説明資料	
	温度と時間が整理されている。漏えい率とラーソンミラーパ		
	ラメータ(以下「LMP」という。)の関係は,材料定数C=		
	20として別添2-1図のとおりとなっている。金属キャスクの		
	除熱評価における制限温度は130 ℃であり、初期温度を		
	130℃として、崩壊熱の減衰を無視して、LMPが11×10 ³ と		
	なる時間を求めると約2,000年となる。		
	 金属カスケットの断面径, 直径等の影響 (11) テレナル 第二、 (11) (11) (11) (11) (11) (11) (11) (11		
	(一財) 電力中央研究所での長期密封性能試験の金属カスケ		
	ット仕様及びリサイクル燃料偏蓄センターで使用する金属ガス		
	ケット仕様の比較を別添2-1表に示す。併せて、参考として使		
	用済燃料集合体の所内での乾式貯蔵の実績がある東京電力ホー		
	ルディングス(株)福島第一原子力発電所,日本原子力発電(株)		
	東海第二発電所で使用されている金属ガスケットの仕様も示		
	す。		
	以下のとおり一部相違点はあるが、リサイクル燃料備蓄セン		
	ターで使用する金属ガスケットについては、金属キャスクの使		
	用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できる閉じ込め性		
	能を有する。		
	(1) 金属ガスケットのタイプと材質		
	リサイクル燃料備蓄センターで使用する金属キャスクに適用		
	される金属ガスケットのタイプと材質は、(一財)電力中央研究		
	所の長期密封性能試験 ^{1),2),3)} の金属ガスケットと同じである。		
	(2) 断面径の違い		
	(一財)電力中央研究所での長期密封性能試験 ^{1),2)} によれば,		
	断面径 5.5 mm の金属ガスケットにおいて, 初期の閉じ込め性		
	能を保持できる限界のLMPは11.0×10 ³ とされている。		
	また,(一財)電力中央研究所での実規模のキャスク蓋部モデ		
	ルによる長期密封性能試験 ³⁾ によれば、断面径 6.1 mm の金属ガ		
	スケットにおいて,温度が130~140℃一定に保たれた状態で,		
	19 年以上にわたって漏えい率がほとんど変化しないことが確		
	認されている。(別添 2-2 図参照)		
	金属ガスケットによる気密性は、ボルトによる蓋とフランジ		
	の締付けで圧縮された金属ガスケットの外被がガスケット内部		
	のコイルスプリングの反力によって蓋及び本体胴フランジに密		

比較結果
피수방구구국과

型式指定申請書
別紙2
(一財)電力中央研究所の密封性能試験結果を
適用することの妥当性
2. 妥当性の説明

小人は二点子 申請書店(1書数3) 単成素店(1書数3) 単成素店(1書数3) 単成素店(1号) (2)] (1)) <t< th=""><th>피는 문란 건 너 왕 파</th><th>R F S</th><th>S設工認</th><th>山林行田</th></t<>	피는 문란 건 너 왕 파	R F S	S設工認	山林行田
 ましたの使用では、「などのたす」、「「ないていた」」 は、「おいたしたった」、「のいていた」 は、「おいたしたった」、「おいたした」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたしたった」 は、「おいたしたった」 は、「おいたしたしたった」 は、「おいたしたした」 は、「おいたしたした」 は、「おいたしたした」 は、「おいたしたした」 は、「おいたしたしま」 は、「おいたしたしま」 は、「おいたしたしま」 は、「おいたしましたしま」 は、「おいたしましたしま」 は、「おいたしましたしま」 は、「おいたしましたしま」 は、「おいたしましたしま」 は、「おいたしましたしま」 は、「おいたしました」 は、「おいたしま」 は、「おいたしましま」 は、「おいたしましま」 は、「おいたしましま」 は、「おいたしましま」 は、「おいたしましましま」 は、「おいたしましましま」 は、「おいたしましましま」 は、「おいたしましま」 は、「おいたしましましま」 は、「おいたしましましま」 は、「おいたい」 は、「おいたしましましましましましましましましましましましましましましましましましましま	型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
 第二十時間の行きに載された人類場合性に入気関連的に入り続けための方法 第二十部にから、気が大クットの通知でありための方法 第二十部にから、気が大クットの通知ですが描述できることを指している。 また、上部に加え、海洋・マンボンボンズは「新生の場所です」 第二十部に加えて、「新生の場所です」 第二十部に加えて、「新生の時間の場合」 第二十部に加えて、「新生の時間の」 第二十部に加えて、「新生の時間の」 第二十部に加えて、「新生の時間の」 第二十部に加えて、「新生の時間の」 第二十部に加えて、「新生の時間の」 第二十部に加えて、「新生の時間の」 第二十部のの「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部の「新生の」 第二十部のの「新生の」 第二十部の「新生の」 第二十二部の「新生の」 第二十二十二部の「新生の」 第二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十二十	④-1HDP-69B(B)型の閉じ込め評価では,図2-5に示す(一財)		験結果 ⁽¹⁾ を基に, BWR用大型キャスク(タイプ2A)に使用	
 ●邮の通道実施する金属なタケットに見た問題理における広人換 い こよの広しかかっただ。 点され、成相(の) く こ えるに、かかったで、 点され、成相(の) く こ えるに、かかったで、 点され、成相(の) く こ えるに、かかったで、 点され、成相(の) く こ えるに、ため、 高力(小央病系)できた。 こ まれ、成本) 点と、 こ よこに、 こ えるい、成相(の) こ よこの ぶ え、 こ よこい ぶ え、 (加) 小母病系)できた こ た こ えるい、成本) こ た こ こ えるい、成本) こ た こ こ えるい、(加) 小母(の)(の)(の)(本)(-1)(-1)(-1)(-1)(-1)(-1)(-1)(-1)(-1)(-1	電力中央研究所で実施された長期密封性能試験結果を基に,HDP-		する金属ガスケットは長期貯蔵中における応力緩和による漏え	
 知による読えいやいの課報を考慮しても、設計実践期(60) 多価にて初い課表やない方ができることを示していろ。 また、上記に加え、別2-7にホティー的)電力中気通知性など 数度素からも必要なパスケッション語という考測に対応表し、 また、上記に加え、別2-7にホティンク温に示すごは少年実現空で実施さ れたの収集で切した変点がスケッション語という考測に対応表し、 またの収集で切した変点がスケッション語という考測に対応表し、 これらの収集で切した変点がスケッション語という考測にないて、 (一部)電力中式通知の実施しななど、 これらの収集で切した変点が、 コースの工業に取る気化にないて非常にないて、 (一部)電力中式通知の実施していて、 3回の正式が定式・ コースの工業にないて、 コースの工業にない コースの工業にない コースの工業にない コースの工業にない コースの工業にない コースの工業にない コースの工業にない コースの工具の コースの工業にない コースの工具の コースの工業にない コースの工具の コースの工具の コースの工具の コースの工具の コースの工業にない コースの工具の コースの工業にない コースの工具の コースの工具のの工具の<td>69B(B)型に使用する金属ガスケットは長期貯蔵中における応力緩</td><td></td><td>い率への影響を考慮しても,設計貯蔵期間(60年)を通じて初</td><td></td>	69B(B)型に使用する金属ガスケットは長期貯蔵中における応力緩		い率への影響を考慮しても,設計貯蔵期間(60年)を通じて初	
 キン・たにになる、同なことからしている。 また、たにないなく、同なことかくし、利用 売り小(東京の客) なる、ためのないなが、「利用 売り小(東京の客) なる、声がし、シスペンタ 金融・デルによる長期帯対性論決 場合に違いしている。 これるのな数で使用した会社がスタットを開いて現在となる長期を引きまた。 これるのな数で使用した会社がスタットを開いたまで、 これるのな数で使用した会社がスタットを開いたまで、 これるのな数で使用した会社がなびと増加速ななどできない。 これるのな数で使用した会社がなびとなりまた。 これるのな数で使用した会社がなびとなりまた。 これるのな数で使用した会社がなりたいであ。 これるのな数で使用した会社がなりためで、 これるのな数で使用した会社がなりためで、 これるのな数で使用した会社がなりためで、 これるのな数で使用した会社がなりためで、 これるのな数で使用した会社がなりためで、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用した会話が、 これるのな数で使用することは表示できがり、 (一切) 本力中央等気ののな数値を通用することは表示できか。 これるのな数で使用することは表示できかり、 これるのな数で使用することは表示できか。 これるの数で使用することは表示できか。 これるの数でたいで、 3. 間じため情報において、 これるの数でのな面をなが面でかる。 3. 間じため情報である。 これるのがないで、 3. 間じため構成でいて 3. 間じため構成でいでて 3. 間じためな数で 二、 二、	和による漏えい率への影響を考慮しても、設計貯蔵期間(60		期の漏えい率が維持できることを示している。	
また、上記に対応、超ケイに対く(一般) 加力研奏研究的な法 取された実現限の金属キャスク活動でクルによる実際部分性能法 物料具からな血(オスケットの漏注い事かが)、自分、原始(利用) ないないないないたいろ。 これらの感染で使用した金属ガスケットと100-00(1) 型の金属 ジスケットの出版に成文灯は特別点(た)ができが加る実態メナル とついて構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあるが、100-00(1) について構想点はあって、 (一見) 寛小中大研究所の実験進展を浸用することは美麗である。 3. 国に入め構成の具着時の対応について 3.1 本国に入れていては、素価の自ていか 提示の実験にとるねたい。 でしたいでは、素価の目にいか になったでは、100-00(1) については、素価の目にいか になったでは、100-00(1) については、素価の目にいか になったでは、100-00(1) については、素価の目にいか になったでは、100-00(1) については、素価の目にいか になったでは、100-00(1) については	年)を通じて初期の漏えい率が維持できることを示している。		また、上記に加え、第2-2図に示す電力中央研究所で実施さ	
 (二) これらの実験でなり温度で大ク生活になた。「おおうかにこくない思いため、 (二) いたいになら、 (二) いたいない (二) なら、(二) いたいない (二) なら、(二) いたいない (二) ならい (二) ならい (二) いたい (二) ならい (二) ならい (二) いたい (二) ならい (二) いたい (二) ならい (二) いたい (二) (二) (二) (二) (二) (二) (二) (二) (二) (二)	また、上記に加え、図 2-7 に示す(一財)電力中央研究所で実		れた実相構の全属キャスク萎部モデルに上ス長期変封性能試験	
 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	施された美規模の金属キャスク 蓋部モアルによる長期密封性能試 除な思惑され		40 (
 10日の方している。 12日の方している。 12日の支援生使用した全属ガスケットと100・60(0)型の支援 24日に成功している。 12日の支援生使用した全属ガスケットと100×61(広気などしたいために、 12日の支援生たのでは、 12日の支援生たのたいの 12日の支援生たのたいの 12日の支援生たのたいの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援生たの 12日の支援 <li12日の支援< li=""></li12日の支援<>	破結末からも金属ルスクットの備えい辛か維持できることを補足的に説明している		和木一からも金属ススクットの個人い学が維持しきることを相	
 これの砂漆で使用した建物の入りすどは、 これの砂漆で使用した建物の入りすどは、 シンスケットの白螺和皮(()) (二時)電力中央研究所の就築結果を通用することは妥当である。 (二時)電力中の対応 二日)電力の取得に、 二日)電力の取得に、 21)電圧のため下し、 22)回転の用力の認知を 22)回転の用力の認知を 23)回転の用力の認知を 24)回転の用力の認知を 24)回転の用力の認知を 25)回転の用力の認知を 25)回転の用力の 25)回転の用力の 25)回転の用力の 25)回転の用力の 25)回転の用力の 25)回転の用力の 25)回転の用力の 25)回転力の 25)回転の用力の 25)回転の 25)回転の	これらの試験で使用した全属ガスケットと HDP-69B(B) 刑の全属			
 に示す、別報2-1表に示すとおり、仕様の一部(原面確認及り発音) に示す、別報2-1表に示すとおり、仕様の一部(原面確認及り発音) について相違点はあるが、即で99.60 型の間じ込め評価において、 (一財)電力中央研究所の試験結果を適用することは妥当である。 第二式型キャスク(タイク2A)の間じ込め評価において、電力中央研究所の試験結果を適用することは妥当である。 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウスク(タイク2A)の間じ込め評価において、 第二式型トウストク(タイク2A)の間じ込め評価にたっいて 3.1 置面に力が活用の数据の異常について 3.1 置面に力が活用の数据の異常による編えい中の対応 2.1 置面に力の証明的な変化についても電視を行う。 「面面の仕方法違法に低下する場合」は、主部の間じ込め 構成の異常による漏えい中の対して、 第二式型の世方が違法に低下する場合」とは、第二式型の数で、 第二式型「なりなクットの交換」、ご用で加速で加速の構成して、 第二式型になりの変換し、 第二式型になりなどの認知の異常になる。 (例:増添め)もしくは第二式型数字の報手部点接 (例:増添め)もしくは第二式型数字の報手部点接 (例:増添め)もしくは第二式型数字では二式型ですでは一てする 2.1 当点に「第二式型」でする 2.1 二式型「力の振行」 2.1 二式型「二式型」 2.1 二式型「二式型」 2.1 二式型「二式型」 2.1 二式型「二式型」 2.1 二式型「二式型」 3.1 二式型「二式型」 3	ガスケットの仕様比較及び仕様相違点に対する評価を別紙 2-1 表		これらの試験で使用した金属カスケットとBWR用大型キャ	
 について相違点はあるが、IIIP-691(1)型の用じ込め評価において、 (一財)電力中央研究所の試験結果を適用することは妥当である。 第 間に込め機能の異常時の対応について(3.1 置間に力低下時の対応 3.1 置間に力低下時の対応 3.1 置間に力加を除的な変化について(3.1 置間に力加を除めれば、 1.1 置間の圧力が必要的に低下する場合」は、 2.2 転換の用し込め 2.3 転じ込め機能の異常時の対応について(3.1 置間の圧力が必要的に低下する場合」は、 2.3 転間に力の経時的な変化については、 3.4 電気の用力を急速に低下する場合」は、 3.5 電気の用力が必要がに低下する場合」とは、 3.5 電気の用力が必要が、 3.6 電気の用しため 3.6 電気の用力がある。 4.6 (1) として観測されることになる。 4.7 (1) として観測されることになる。 4.8 (1) として観測されることになる。 4.9 (1) として観測されば、 4.9 (1) として観光(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	に示す。別紙2-1表に示すとおり、仕様の一部(断面径及び内径)		$A = (2 + 7 - 2 - A)$ の金属 $\lambda = A = 9 - 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1$	
 (一財)電力中央研究所の試験結果を適用することは要当である。 2.1 置間上力低下時の対応 3.1 置間の圧力が急激に低下する場合」は、空調の閉じ込め 3.2 環境の圧力が急激に低下する場合」は、空調の閉じ込め 3.3 環境を使用することは多コマラーブローブで吸い込み、 3.4 運転したることになる。その場合には、外部に 3.4 電性でき方法(ヘリウム湖和教験(エニッファーブをい込み、 3.5 環境に満断の)もしくは部品交換にが認められれば、二 2 次重金属ブスケットの交換、 3 電話の小型(支援して) 3 電影の状態(基準備 えい率以下)を意味し、 3 電影の状態の総理体平衡で対応 3 電影の状態の(基準備 えい率以下)を意味し、 3 電影の状態の(基準備 えい率以下)を意味し、 	について相違点はあるが,HDP-69B(B)型の閉じ込め評価において,			
 カ中央研究所の試験結果を適用することは姿当である。 第間に込め機能の異常時の対応について 1 監問圧力低下いては、繋の他に圧力の経時的な変化についても認知を行う。 (憲間回圧力が忘激に低下する場合」は、重部の閉じ込め 機能の異常による遅えく行う。 (憲間回圧力が忘激に低下する場合」は、重節四圧力の経時変化(圧力 低下)として製調されることになる。その場合には、外部に 遅れてきたくりウムガスをスニッファーブローブで吸い込 み、細れを検出する方法(ヘリウム顕れ込験(スニッファー 法))により備えい範疇を調査し、強えいが認められれば、二 次端金属ガスケットの交換、蓋問圧力の低下は年齢の離手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 (除々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準備 えいを取りた)を書いて、適用圧力の低下は年単位で非常にゆ 	(一財)電力中央研究所の試験結果を適用することは妥当である。		R田大型キャスク(タイプ2A)の閉じ込め評価において、電	
 3. 間じ込め機能の異常時の対応について 3.1 査問圧力低下時の対応 蓋問圧力については、警報の他に圧力の経時的な変化についても整視を行う。 「素問の圧力が急激に低下する場合」は、素部の間じ込め 機能の異常による漏えい事の考しい変化が有る状態(基準備 えい事を起える場合)を意味し、蓋問圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファーブローブで吸い込み、漏れを検出する力法(ヘリウムガスをスニッファーブローブで吸い込み、漏れを検出する力法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次素金属ガスケットの交換、素問圧力監視装置の減半部点検 (例:増締め)もしくは部品支換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準満 えい事以下)を意味し、満聞圧力の低下は本地でします。 			カ中央研究所の試験結果を適用することは妥当である。	
 3. 閉じ込め機能の異常時の対応について 3.1 蓋閉圧力低下時の対応 3.1 蓋閉圧力については、警報の他に圧力の経時的な変化についても監視を行う。 「蓋間の圧力が急激に低下する場合」は、蓋部の閉じ込め 機能の異常による漏えい率の著しい変化が有る状態(基準編 えい率を超える場合)を意味し、蓋閉圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファーブローブで吸い込み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい情所を調査し、漏えいが認められれば、二 次素金属ガスケットの交換、蓋閉圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「後々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋問上力の状態(基準漏 				
 3.1 蓋間圧力低下時の対応 蓋間圧力については、警報の他に圧力の経時的な変化についても監視を行う。 「蓋間の圧力が急激に低ドする場合」は、蓋部の閉じ込め機能の異常による漏えい率の者しい変化が有る状態(基準漏えい率を超える場合)を意味し、蓋間圧力の経時変化(圧力低下)として親測されることになる。その場合には、外部に漏れてきたヘリウムガスをスニッファーブローブで吸い込み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力転視装置の総手部点検(例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏えい呼以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆこくのかり、を変化するこ本とわせて、翌年低部へのが表明とわせ、 			3. 閉じ込め機能の異常時の対応について	
 歯間圧力については、警報の他に圧力の経時的な変化についても監視を行う。 「素間の圧力が急激に低下する場合」は、素部の閉じ込め 機能の異常による漏えい率の著しい変化が有る状態(基準編 えい率を超える場合)を意味し、素間圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファーブローブで吸い込み、漏れを検出する方法(ヘリウム湖和試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次素金属ガスケットの交換。蓋関圧力に低手が高点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準編 えい率以下)を意味し、素間圧力の低下は年単位で非常にゆ こくわした恋ないですることも、運用医力の低下は年単位で非常にゆ こくわした恋ないです。ため、こ本の話のでは本即に力が 			3.1 蓋間圧力低下時の対応	
いても監視を行う。 「蓋間の圧力が急激に低下する場合」は、蓋部の閉じ込め 機能の異常による漏えい率の著しい変化が有る状態(基準漏 えい率を超える場合)を意味し、蓋間圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファーブローブで吸い込 み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ っくかしたのたのまでとため(無間正力の低下は年期に力が			蓋間圧力については、警報の他に圧力の経時的な変化につ	
 「蓋間の圧力が急激に低下する場合」は、蓋部の閉じ込め 機能の異常による漏えい率の著しい変化が有る状態(基準漏 えい率を超える場合)を意味し、蓋間圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い込 み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次蓋金属ガスケットの交換,蓋間圧力監視装置の維手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ っくりしき変化できるという。一部時で調査では差問匹力が 			いても監視を行う。	
機能の異常による漏えい率の者しい変化が有る状態(基準漏 えい率を超える場合)を意味し、蓋間圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い込 み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ っくかした恋你であることから、運用管理薬でのた差問に力が			「蓋間の圧力が急激に低下する場合」は、蓋部の閉じ込め	
 えい率を超える場合)を意味し、蓋間圧力の経時変化(圧力 低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い込 み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ っくりした恋化ですることから、運用等理ですが差明にすべ 			機能の異常による漏えい率の著しい変化が有る状態(基準漏	
低下)として観測されることになる。その場合には、外部に 漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い込 み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ			えい率を超える場合)を意味し、蓋間圧力の経時変化(圧力	
漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い込み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力監視装置の継手部点検(例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆっくりした恋化できることから、運用等理志では美間圧力が、			低下)として観測されることになる。その場合には、外部に	
み,漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー 法))により漏えい箇所を調査し,漏えいが認められれば,二 次蓋金属ガスケットの交換,蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは,通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し,蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ			漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い込	
 法))により漏えい箇所を調査し、漏えいが認められれば、二 次蓋金属ガスケットの交換、蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ 			み、漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー	
次蓋金属ガスケットの交換,蓋間圧力監視装置の継手部点検 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは,通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し,蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ			法))により漏えい箇所を調査し,漏えいが認められれば,二	
 (例:増締め)もしくは部品交換を行う。 「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ 			次蓋金属ガスケットの交換,蓋間圧力監視装置の継手部点検	
「徐々に圧力が低下する場合」とは,通常の状態(基準漏 えい率以下)を意味し,蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ			(例:増締め)もしくは部品交換を行う。	
えい率以下)を意味し、蓋間圧力の低下は年単位で非常にゆ			「徐々に圧力が低下する場合」とは、通常の状態(基準漏	
			えい恋以下)を音味し、美間圧力の低下け在単位で非常にふ	
			っくりした変化であることから 運用答理面では美間にもが	
数把設定結に法子れば、川市人の再去時を行ることしわえ			数却設定値に法すれば、ヘリウトの再本値を行るこししれて	

刑 * 性 字 中 誌 書 R F S 設 工 認		比款计用	
型式拍 足 甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
		蓋間空間に約 10 回を超える再充填が必要となる可能性が	
		予見される場合は、金属キャスク搬出の検討を行う。	
		(1) 蓋間圧力監視装置からの漏えい時の対応	
		蓋間圧力監視装置(圧力検出部)の構成図(表示,記録装置	
		を除く。)を第3-1図に示す。	
		蓋間圧力監視装置の圧力検出部で漏えいの可能性がある部位	
		としては、溶接部、継手部及びガスケット部を想定している。	
		外部に漏れてきたヘリウムガスをスニッファープローブで吸い	
		込み,漏れを検出する方法(ヘリウム漏れ試験(スニッファー	
		法))により,漏えい箇所の特定を行う。漏えいが認められた	
		場合には、蓋間圧力監視孔の金属ガスケット交換、継手部点検	
		(例:増締め)もしくは部品交換を行う。(添付3-1参照)	
		(2) 蓋部からの漏えい時の対応	
		事業許可基準規則への適合及び貯蔵事業における万全の安全	
		確保のために、閉じ込め機能の修復性を考慮した設計としてい	
		る。(添付3-2参照)	
		万一,二次蓋金属ガスケットの漏えいが考えられる場合には,	
		二次蓋金属ガスケットの漏えい試験を行う。蓋間にはヘリウム	
		が充填されているため、ヘリウム漏れ試験により、漏えい確認	
		ができる。	
		金属ガスケットは眼鏡型構造になっており、その内側に連通	
		しているリークチェック孔に、ヘリウムリークテスト装置をつ	
		なぎ、内部を吸引することで、蓋間側の金属ガスケット(内側)	
		のヘリウム漏れの検出を行う。	
		万一,二次蓋に漏えいが認められた場合には,金属キャスク	
		内部が負圧に維持されていること及び一次蓋の健全性を確認の	
		上,二次蓋の金属ガスケットを交換し,閉じ込め機能を修復し	
		て貯蔵を継続する。(添付3-3参照)	
		二次蓋に漏えいが認められず、一次蓋の閉じ込め機能が異常	
		であると考えらえる場合には、金属キャスクに蓋を追加装着し、	
		搬出のために必要な記録とともに、契約先に引き渡す。	

피수방가라キャ	₽ RFS設工認		山林仲田
型八指足甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
		一次蓋及び二次蓋を貫通する孔については,第3-2図に示す。	
		2. 再充填に係る基準	
		 (1) 再充填を行う基準 	
		蓋間圧力が警報設定値(0.27 MPa)まで低下した場合に再充	
		填を行う。	
		蓋部の漏えい率が基準漏えい率程度の漏えいであると仮定	
		した場合の蓋間空間の圧力低下の推移を第3-3図に示す。こ	
		の場合約 年で警報設定値に達し, 圧力障壁を維持するた	
		めに,蓋間空間にヘリウムを再充填することが必要となる。	
		(2) 再充填の管理基準(過剰な充填となる基準)	
		キャスク内部圧力が 0.08 MPa (初期圧力:負圧)から 0.097	
		MPa (大気圧下限) になるまで蓋間のヘリウムガスが全て金属	
		キャスク内部に流入したと仮定すると、蓋間累積圧力低下量	
		は MPa と評価出来ることから,	
		で約 10 回再充填できる。	
		蓋間累積圧力低下量 MPa は,以下のようになる。	
		参考までに,第3-4図に東海第二発電所の実績相当(貯蔵	
		開始時の初期圧力及び貯蔵開始から7年後に調査した際の一	
		次蓋漏えい率 9.0×10 ⁻¹¹ Pa·m ³ /s より試算) での評価を示	
		す。実際の運用では, 貯蔵期間中の蓋間空間へのヘリウム再	
		充填は不要と考えられる。あわせて、何らかの異常により一	
		次蓋と二次蓋の漏えい率が基準漏えい率の5倍に増加した場	
		合の蓋間圧力の低下挙動を示す。漏えい率の著しい変化は蓋	
		間圧力の経時変化として観測されることになる。	
		3.3 負圧維持管理	
		金属キャスクの蓋部は一次蓋、二次蓋の二重構造としてい	
		る。金属キャスク内部は負圧とし、蓋間空間はあらかじめ正圧	

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

刑 北		S設工認	山林仲田
型式指定甲請書 	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
		とすることにより、圧力障壁を設ける。	
		使用済燃料集合体は収納条件を満足した燃料であること*1,	
		国内輸送法令に従い安全に輸送が行われた金属キャスクを受け	
		入れるため安全機能への影響は生じないこと, キャスク本体(密	
		封容器)は堅固な構造であり、輸送及び貯蔵期間中に外力によ	
		り燃料が破損してキャスク内部の圧力が上昇することはないこ	
		と、また、キャスク本体(密封容器)は検査にて欠陥がないこ	
		とを確認しており,漏えいが発生する可能性はないことから,	
		キャスク内部の圧力が上昇する要因は、蓋間空間からの気体の	
		流入のみとなる。従って、蓋間圧力を測定・監視することによ	
		り,間接的にキャスク内部の負圧維持を確認することができる。	
		(添付3-4参照)	
		蓋間圧力の経時変化が基準漏えい率を超えない低下である場	
		合は、圧力障壁を維持するために、適宜、蓋間空間にヘリウム	
		ガスを再充填する。金属キャスク内部圧力が,初期圧力0.08 MPa	
		から大気圧下限0.097 MPaになるまで蓋間のヘリウムガスが全	
		て金属キャスク内部に流入したと仮定して約10回再充填でき	
		る。	
		すなわち、再充填回数を把握し、過剰な充填とならないよう	
		に管理することで、間接的に負圧維持を確認できる。	
		閉じ込め機能に係る設計及び管理・運用について添付3-5に	
		示す。	
		※1:使用済燃料集合体が収納条件を満たしているかについて,	
		原子炉等規制法第59条に則った事業所外運搬(車両運搬	
		確認)に係る発電所発送前検査の一環として行われる収	
		納物検査の受検記録を確認する。	
		3.4 三次蓋の取付け及び搬出(添付3-6,添付3-7参照)	
		金属キャスクは、万一の蓋部の閉じ込め機能の異常に対して、	
		三次蓋を追加装着できる構造を有する。一次蓋の漏えい率が基	
		準漏えい率を超えると判断される場合は、使用済燃料貯蔵施設	

刑士化会中誌書 RFS設工認			
型八指定申請書 — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結果
		では一次蓋を開放しないことから、貯蔵前・後の輸送と同じよ	
		うに三次蓋を装着することで、輸送に必要な放射性物質の密封	
		境界を再形成し、搬出する。	
		搬出に当たっては、三次蓋を取り付け、気密漏えい検査等輸	
		送に必要な検査を行い、構外輸送の基準に適合することを確認	
		し、施設外に搬出する。	
		なお、施設から搬出までの間は、輸送物の状態で貯蔵施設内	
		の受入れ区域に仮置きする。	
		添付3-1	
		蓋間圧力監視装置のバルブの保守管理について	
		「「カセンサの保空管理は拡正な1回/年程産し」 業間に力監視	
		圧力センサの体守管理は校正を1回/平程度とし、蓋同圧力監視	
		表直は二米税の構成になっており, 庄刀使山部の一次ハルノを闭	
		ら, 査問圧力を開放することなく, 校正や父操寺か可能である。 英語広告歌祖状界の広告や山朝で相応されて東京しまで、 溶液	
		査問圧力監視装直の圧力使出部で想定される事家として、溶接 如 他で知及びずった。しかかえの混合いた。ためなた他をいい。	
		部, 桃手部及びルスケット部からの痛えいと, 品快寺に伴うハル ずの問題提供の強いにしたよう应のシュートプロがたて、混合シ	
		ノの開闭操作の繰り返しによる升座のシートハスかめる。 備えい	
		固所の特定は、外部に備れてきたヘリリムカスをスーツノアーノ 	
		ローノ ぐ吸い込み、痛れを使出する方法 (ヘリリム痛れ試験 (ス	
		ニッノアー法)により行う。痛えいか認められた場合には、蓋面	
		庄力監視装直の金属ガスクット父換, 桃宇部県使(例: 増締め)	
		もしくは部品父操を行う。	
		最も漏えいの可能性のある部位は, 貯蔵施設内で組み立てる継 エカニー 井開三 取得時間 0 - パート、「と開三 エニトー エキ開三	
		手部で、 蓋間圧力監視装置の一次バルブを閉にすることで蓋間圧	
		カと分離できるため, 漏えいが認められた場合は, 継手部点検(例:	
		「増締め」や部品交換を行う。万が一,蓋間圧力監視孔の金属ガス」	
		ケット部から漏えいした場合には、二次蓋金属ガスケットの交換	
		と同様に,蓋間圧力開放の可否を判断したうえで,蓋間圧力監視	

ᅖᆘᅀᄡᄼᅭᆂᆂ	刑子长安由書書 RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
		孔の金属ガスケットの交換を行う。	
		バルブ弁座のシートパスについては、二次バルブの場合は一次バ	
		ルブを閉止して交換作業を行う。一次バルブの場合は二次蓋金属	
		ガスケットの交換と同様に、蓋間圧力開放の可否を判断したうえ	
		で、蓋間圧力監視孔の金属ガスケットを含め一次バルブの交換を	
		行う。	
		添付3-2	
		蓋部の閉じ込め機能に影響を及ぼす可能性のある	
		要因と発生防止策	
		事業許可基準規則への適合性及び貯蔵事業における万全の安全	
		確保のために、万一、蓋部の閉じ込め機能の異常による漏えい率	
		の著しい変化があるような状態(基準漏えい率を超えているよう	
		か状能)に対して 一次素の閉じ込め機能に異常がある場合には	
		一八里の並属スパノノノーと入決し、「八里に共用スののが出しては、	
		並病「「ハノに量を追加表有くとう情違とする寺, 何じとの仮能 の依有州な老虐」を認まししている。 明じ込め換給に影響なみば	
		9 可能性ののる安囚(称約3-1衣)に対しては、先生的止束をと	
		灯蔵効用中は、並属イヤヘクの金间圧力を監視りることより交効 的た影響が生じたとしても 問じ込め機能の低下を検知できる構	
		当したっていろ。	
		添付 3-3	
		一次蓋の健全性確認の基本的考え方	
		蓋間圧力の低下の状況及び測定した二次蓋漏えい率より一次蓋	
		の健全性を確認する基本的な考え方を添付 3-3-1 図に示す。	

교사가 다 가 가	R F S 設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
		添付 3-4	
		金属キャスクの密封性能維持について	
		金属キャスクは胴本体に一次蓋及び二次蓋が取り付いた状態	
		で、内部は不活性雰囲気にし、外面は塗装等の防錆処理を行った	
		上で貯蔵する。金属キャスクは使用材料が炭素鋼であり、充分な	
		肉厚がある構造となっており、外気に晒される閉じ込め境界を形	
		成する溶接部が存在せず,外面は定期的な点検を行うことから,	
		貯蔵している金属キャスクから漏えいする可能性がある経路は蓋	
		部の金属ガスケットのみである。あらかじめ、金属キャスク内部	
		を負圧に維持するとともに、蓋間の圧力を正圧とし、蓋間圧力を	
		監視することにより、放射性物質の漏えいがないことが確認でき	
		る。(添付 3-4-1 図参照)	
		添付 3-5	
		閉じ込め機能に係る設計及び管理・運用	
		閉じ込め機能に係る設計方針,設計内容,管理・運用を整理し,	
		添付 3-5-1 表に示す。	
		添付 3-6	
		三次蓋の構造とシール方法について	
		三次蓋の具体的な設計及び構造としては、三次蓋はボルトで本	
		体上部のフランジに取り付けられ, 接合面には蓋側にOリングの	
		溝が設けられており, Oリングにより輸送物としての密封境界を	
		形成する。三次蓋の構造の例を添付第3-6-1図に示す。	
		三次蓋の密封性能はOリングの耐熱性能 ⁽¹⁾ から、1年以上の維	
		持は可能であり、搬出までの間仮置き可能である。	
		輸送時の密封境界(BWR用大型キャスク(タイプ2A))は収納	
		物を収納する胴、底板及び三次蓋から構成される。この様態で輸	
		送容器としての承認を得ることになる。	

ᅖᆣᅸᅝᇊᆂᇽᆂ	刑 大地 c u まま R F S 設工認		日本法国
型八指正甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結朱
		添付3-7 三次蓋の取付け及び搬出手順について	
		 搬出方法の概要 使用済燃料貯蔵施設からの搬出方法の概要は以下のとおり。 添付 3-7-1 図に搬出方法の概略図を示す。 輸送準備作業 金属キャスクに三次蓋を取り付ける。 	
		 2) 搬送台車で検査架台から受入れ区域へ移動する。 3) 金属キャスクを受入れ区域天井クレーンで,搬送台車からたて起こし架台へ移動する。 4) 受入れ区域天井クレーンで,金属キャスクに上・下部緩衝体を取り付ける。 	
		 (2) 輸送作業 1) 金属キャスクを受入れ区域天井クレーンで、たて起こし架 台から輸送車両へ積載する。 2) 発送前検査(外観,表面密度,線量当量率,収納物,温度 測定,未臨界,気密漏えい等)で、核燃料輸送物設計承認書 	
		 の記載を摘定することを確認する。 3) 金属キャスクに近接防止金網を取り付ける。 (3) 船積み 1) 金属キャスクを輸送車両にて岸壁まで輸送する。 2) 近接防止金網を取り外す。 	
		 3) 岸壁クレーン及び水平吊具を用いて、金属キャスクを吊り 上げ、専用運搬船の指定船倉内に積み込む。 4) 船内にて金属キャスクを固縛する。 5) 近接防止金網を取り付ける。 (4) 発電所への輸送 1) 専用運搬船によって、発電転まで輸送する 	
		 2. 搬出手続き 金属キャスクの搬出手続きについては、原子炉設置者による 専用運搬船の手配、官庁への申請手続きを行い、準備できしだ い速やかに搬出する。また、受入れ先は、現時点では、搬出元 	

型式指定申請書	RFS設工認		いた対用
	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
		の原子炉設置者であるが契約先と協議することになる。	

第4-2表(4/5) 型式指定申請書の記載の比較(使用済燃料の除熱)

	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
使用済燃料の除熱に関する説明書	添付3 使用済燃料の除熱に関する説明書	設 2-補-003 使用済燃料の除熱について	
	 概要 本資料は、使用済燃料貯蔵施設の除熱に関する設計方針が、 「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基 準規則」という。)第16条(除熱)に適合することを説明する ものである。 除熱に関する設計結果は「添付3-1 金属キャスクの除熱に 関する説明書」及び「添付3-2 使用済燃料貯蔵建屋の除熱に 関する説明書」に示す。 	1. 目的 本資料は、使用済燃料集合体の発熱量の特性、領域に応じた 伝熱モデルとその境界のパラメータ設定及び申請書の根拠とし ている二次元モデルと三次元モデルによる解析結果の違いの考 え方について補足し、今回申請する金属キャスクと貯蔵建屋に よる除熱についてより詳しく説明するものである。	
1. 設計方針	 2. 除熱(金属キャスク) 2.1 基本設計方針 	(金属キャスクの除熱に関する補足説明)2. 設計で用いる使用済燃料集合体について	設計方針の記載は同等
HDP-69B(B)型は,使用済燃料の健全性及び基本的安全機能を 有する金属キャスク構成部材の健全性を維持するために,使用 済燃料の崩壊熱を適切に除去する設計とする。具体的な設計方 針は以下のとおりである。 ・燃料被覆管の温度を,設計貯蔵期間を通じて燃料被覆管のク リープ破損及び燃料被覆管の機械的特性の低下を防止する観 点から制限される値以下に維持できる設計とした。 ・金属キャスクの温度を,基本的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した。 また,本型式設計特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から,以下の項目を,HDP-69B(B)型が使用 済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計の条件とする。 ・金属キャスクの貯蔵場所:貯蔵建屋内 ・貯蔵区域における金属キャスク周囲温度:45 ℃	 使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料貯蔵建屋に給気口及び排気口を設け、通風力を利用した自然換気方式により動力を用いないで使用済燃料等の崩壊熱を適切に除去できるよう、次の方針に基づき設計を行う。 (1) 金属キャスクは、使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、使用済燃料集合体の崩壊熱を金属キャスク表面に伝え、周囲空気、使用済燃料貯蔵建屋に伝達することにより除去できる設計とする。 燃料被覆管の温度は、設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じて使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、燃料被覆管の累積クリープ量が1%を超えない温度,照射硬化の回復現象により燃料被覆管の機械的特性が著しく低下しない温度及び水素化物の再配向による燃料被覆管の機械的特性の低下が生じない温度以下となるように制限する。 (2) 金属キャスクは、基本的安全機能を維持する観点から、設計貯蔵期間(50年間)に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間を通じてその構成部材の健全性が保たれる温度範囲にあるよう設計する。 	 (1) 「最高燃焼度」及び「平均燃焼度」について 燃料集合体は軸方向の燃焼度分布を有しており,個々の 燃料集合体の燃焼度を示す場合は,この軸方向の燃焼度分 布から求められる平均の値を燃焼度としている。 「最高燃焼度」及び「平均燃焼度」についても,これら 個々の燃料集合体の燃焼度をもとに設定したものである。 (a)「最高燃焼度」については,金属キャスクに収納して いる全ての燃料集合体それぞれの燃焼度が「最高燃焼度」 を超えていないこと,すなわち,個々の燃料集合体の燃 焼度の上限値として「最高燃焼度」を設定している。 MAX(収納する個々の燃料集合体の燃焼度) ≦ 最高燃焼度 (b)「平均燃焼度」については,金属キャスクに収納して いる全ての燃料集合体に対する燃焼度の平均値が「平均 燃焼度」を超えていないこと,すなわち,キャスク内の 全燃料集合体から求められる燃料集合体1体当たりの燃 焼度の平均値の上限値として「平均燃焼度」を設定して いる。 2 収納する個々の燃料集合体の燃焼度 キャスク内収納燃料集合体数 	

刑十七岁日注申	RFS設工認		にお注田
空八相足甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結米
	(3) 使用済燃料集合体を金属キャスクに収納するに当たって	(2) 設計で用いる燃料集合体の燃焼度について	
	は、除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料集合体の燃焼	これら最高燃焼度、平均燃焼度がキャスク本体、使用済燃料	
	度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないよう、契約先であ	貯蔵建屋等の設計解析上どの部分に用いられているかを第 2-	
	る原子炉設置者が確認した使用済燃料集合体の収納等の状態	1表にまとめた。	
	が貯蔵上必要な条件を満足していることを、記録により確認す		
	る。		
	2.2 除熱設計の方針		
	(1) 使用済燃料集合体の収納の考え方		
	除熱機能維持の観点から,設計貯蔵期間(50 年間)に加えて		
	事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する 60		
	年間を通じて燃料被覆管の温度を低く保つことができる設計と		
	し、使用済燃料集合体の収納条件は以下のとおりである。使用		
	済燃料集合体の収納作業は、契約先である原子炉設置者が実施		
	することから、原子炉設置者に対して、収納条件を満足した作		
	業の実施,作業記録の作成,収納配置の確認を求める。		
	a. 金属キャスクには, 原子炉内での運転中のデータ, シッピ		
	ング検査等により健全であることを確認した使用済燃料集合		
	体を収納する。		
	b. 金属キャスクは、使用済燃料集合体収納時にその内部を真		
	空乾燥し,不活性ガスであるヘリウムガスを封入する。その		
	際,燃料被覆管の制限温度を上回らないように運用管理する		
	とともに乾燥作業時のクリプトンガスのモニタリングにより		
	燃料被覆管から漏えいのないことを確認する。		
	c. 金属キャスクには, 貯蔵する燃料仕様, 最大崩壊熱量等を		
	満足するように使用済燃料集合体を収納するとともに必要に		
	応じて収納配置等を管理する。		
	(2) 除熱構造の設計方針		
	金属キャスクは、除熱のために以下の設計上の配慮を行う。		
	a. 金属キャスクの内部には, 強度部材のバスケットプレート		
	(ボロン添加ステンレス鋼)と熱伝導率の高い伝熱プレート		
	(アルミニウム合金) で構成されたバスケットを設け,その		
	中に使用済燃料集合体を収納する。		
	b. 金属キャスク内における使用済燃料集合体を内封する空間		
	には、熱伝導率の高いヘリウムガスを充填し、熱伝達を高め		

피수방가라락추	R F S 設工認		
空式指定中請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	
	る。 c. 熱伝導率の低い中性子遮蔽材(レジン)の側部胴体内部に は,炭素鋼及び銅からなる伝熱フィンを設け,熱伝導性能を 向上させる。 d. 除熱機能の監視のため,金属キャスクの表面温度を測定す る。		
	 (3) 除熱解析の方針 金属キャスクが使用済燃料集合体の崩壊熱を適切に除去する 設計であることを以下の方法により解析する。 除熱解析フローを図 2-1に示す。 a. 伝熱形態の考え方 使用済燃料集合体から発生した崩壊熱は、バスケットからへ リウムガス等の伝導及び輻射により金属キャスク表面に伝えら れ、対流及び輻射により金属キャスク周囲の空気、使用済燃料 貯蔵建屋に伝えられる。さらに金属キャスク本体胴の外側には 中性子遮蔽材が設けられ、レジンのような熱伝導率の低い中性 子遮蔽材を用いる場合は伝熱フィンを設け、伝熱性能を向上さ せる。なお、ヘリウムガス対流効果による金属キャスク端部付 近温度への影響は比較的小さいため、評価上は対流を考慮して いない。具体的な伝熱形態の考え方を図 2-2 に示す。 		
	 b.使用済燃料集合体の崩壊熱評価方法 使用済燃料集合体の崩壊熱は,燃料型式,燃焼度,濃縮度, 冷却年数等を条件として燃焼計算コードORIGEN2を使用 して核種の生成,崩壊及びそれに基づく発熱量を計算する。 ここで,金属キャスクに収納できる使用済燃料集合体の崩壊 熱量の総量を最大崩壊熱量とし,除熱設計上,保守的に使用済 燃料集合体の軸方向の燃焼度分布を考慮した崩壊熱量を設計崩 壊熱量とする。 c.金属キャスク各部の温度評価方針 金属キャスクの各部の温度は,使用済燃料集合体の崩壊熱及 び金属キャスク周囲温度等を条件として,金属キャスクの実形 状をモデル化し,有限要素法コードABAQUSを使用して求 める。 		

比較結果	

型式指定申請書	R F S 設工認		
	申請書添付書類3	補足説明資料	
	d. 燃料被覆管の温度解析方針		
	燃料被覆管の温度は、使用済燃料集合体の崩壊熱と輪切りモ		
	デルで求められたチャンネルボックス又はバスケットの温度を		
	条件として、使用済燃料集合体及びチャンネルボックス又はバ		
	スケットの実形状をモデル化し、有限要素法コードABAQU		
	Sを使用して求める。		
	3. 除熱(使用済燃料貯蔵建屋)		
	3.1 基本設計方針		
	使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料貯蔵建屋に給気口及び排		
	気日を設け、通風刀を利用した自然換気方式により動力を用い		
	ないで使用消燃科等の崩壊熱を適切に际去でさるよう、次の方		
	新に基づき設計を行り。 (1) 住田波姆切哈普伊民は 人民と、マカのまてみこの陸劫た彼		
	(1) 使用消燃科灯廠建産は、金属キャスクの衣面からの味熟を維		
	付りる観点から、使用街燃料灯廠建産内の分囲丸価度を低く休		
	つここかできる取訂とする。なわ、使用有燃料灯廠建産内の分		
	四、二人は「四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、四、		
	に、 ニシノノ 「 価反はニシノ ノ 「 の 金本 竹 圧に 影 音 と 反は さかい ト う また 構 浩 材 ト し て の 健 今 桃 を 維 持 す ろ ト う 孝 唐 す		
	こないよう, よに情望的こしての健主任を神所するような感す ス 必気口及び排気口け 積重及び際下ル砕物に上り閉塞した		
	いよう設計する。		
	3.2 除熱設計の方針		
	 (1) 除熱構造の考え方 		
	使用済燃料貯蔵建屋は、金属キャスク表面からの除熱を維		
	持する観点から使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を低く保		
	つこと及び遮蔽機能を担うための健全性を維持することか		
	ら,以下の設計上の配慮を行う。		
	a. 使用済燃料貯蔵建屋の受入れ区域及び貯蔵区域には、給気		
	ロ及び排気口を設け、金属キャスク表面から金属キャスク周		
	囲の空気に伝えられた熱を、その熱量に応じて生じる空気の		
	通風力を利用して使用済燃料貯蔵建屋外へ放散できる構造と		
	する。		
	b. 適切な通風力を得るため、貯蔵区域の排気口及び受入れ区		
	域の排気口は十分高所に設ける。		

比較結果	

刑士指令申請書	RFS設工認		
空风相足中胡青	申請書添付書類3	補足説明資料	
	c. 給気口及び排気口には, それぞれ温度検出器を配置して使		
	用済燃料貯蔵建屋の給排気温度を測定することにより、除熱		
	機能が維持されていることを監視する。		
	d. 給気口は, むつ特別地域気象観測所の最大積雪量に対し十		
	分裕度のある、地上高さに設ける。		
	e. 貯蔵区域において, 金属キャスクが設置されていない区画		
	については、夏季に使用済燃料貯蔵建屋内で発生する結露対		
	策として、給気口を閉止する運用とする。		
	(2) 金属キャスクの配置制限の考え方		
	使用済燃料貯蔵建屋は,貯蔵区域における計測設備等の電気		
	品の性能維持を考慮し,使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度が,		
	汎用電気品が使用可能なように考慮した温度,コンクリート		
	の基本特性に大きな影響を及ぼすような自由水の逸散が生じな		
	い温度,構造材としての健全性を維持するための温度を考慮し,		
	使用済燃料貯蔵建屋のコンクリート温度が物性値に大きな影響		
	を与えない温度以下に保たれるよう、金属キャスクを配置する		
	設計とする。		
	(3) 除熱解析の方針		
	使用済燃料貯蔵建屋は,使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温		
	度を低く保つことができる設計であること及びコンクリート		
	温度をその遮蔽能力が損なわれない温度以下に保つことがで		
	きる設計であることを以下の方法により評価する。		
	a. 伝熱形態の考え方		
	使用済燃料貯蔵建屋における伝熱形態は次のとおりであ		
	る。		
	(a) 金属キャスク表面に伝えられた崩壊熱の殆どは, 伝導及		
	び対流により金属キャスク周囲の空気へ伝えられるが、一部		
	は、輻射及び貯蔵架台を介しての伝導により使用済燃料貯蔵		
	建屋へ伝えられる。		
	(b) 使用済燃料貯蔵建屋へ伝わった熱は,躯体の伝導及び対流		
	により外部(大気あるいは地中)に放出されるか,あるいは		
	伝導及び対流により使用済燃料貯蔵建屋内空気に伝わり、自		
	然換気により大気に放出される。		
	b. 評価方針		
	上記伝熱形態を踏まえ、使用済燃料貯蔵建屋の除熱評価にお		

比較結果	

피누방가라라라	RFS設工認		
型八指正甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	
	 いては、使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクを一次元又は三次元で適切にモデル化し、一次元熱計算により使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を、三次元熱流動解析コードFLUENT 6.2 を用いて使用済燃料貯蔵建屋のコンクリート温度を評価する。 使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度の評価に当たっては、使用済燃料集合体の崩壊熱が全て金属キャスク周囲の空気に伝わるよう設定し、使用済燃料貯蔵建屋外壁を断熱とする。 使用済燃料貯蔵建屋の除熱評価フローを図3-1に示す。 (a) 一次元熱計算 金属キャスク表面に伝えられた崩壊熱のすべてが周囲空気に移行するものとして使用済燃料貯蔵建屋内の雰囲気温度を算出する方針とする(図3-2参照)。 (b) 三次元熱流動解析 図3-3に示した伝熱形態の考え方で模擬するため、三次元熱流動解析コードFLUENT6.2を用いて、伝導、対流、輻射が共存する場の支配方程式を解き使用済燃料貯蔵建屋躯体温度を評価する方針とする。 		
 除熱設計 (1) 除熱機能に関する構造	 添付 3-1-1 金属キャスクの除熱に関する説明書 (BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 1. 設計方針 金属キャスクによる使用済燃料の除熱に関する設計方針に ついては,添付 3「使用済燃料の除熱に関する説明書」のとおり である。 2. 金属キャスクの除熱設計 (1) 評価基準 金属キャスクの除熱機能の評価基準は,以下のとおりである。 (第1表参照) a. 燃料被覆管 燃料被覆管の温度は,健全性を維持するために定める以下の 		
除熱のために以下の設計上の配慮を行っている。 金属キャスクの内部には,強度部材のバスケットプレート(ほ	燃料被覆管の温度は,健全性を維持するために定める以下の 制限温度を超えないこと。		

比較結果
除熱機能に関する構造の
記載は同等

	RFS設工認			
型式指定申請書	申請書添付	计書類 3	補足説明資料	比較結果
う素添加ステンレス鋼)と熱伝導率の高い伝熱プレート(アル	・BWR使用済燃料集合体の燃	料被覆管制限温度		
ミニウム合金)で構成されたバスケットを設け、その中に使用	新型8×8燃料 200 ℃ 1)			
済燃料を収納する。	新型8×8ジルコニウムライ	ナ燃料,		
使用済燃料を収納する空間には,熱伝導率の高いヘリウムガ	高燃焼度8×8燃料 300 ℃	2 1)		
スを充填する。	b. 金属キャスク構成部材			
側部の中性子遮蔽材(熱伝導率の低い樹脂)の内部には、炭	基本的安全機能及び構造強度	を有する部材は、健全性が維持		
素鋼及び銅からなる伝熱フィンを設け、熱伝導性能を向上させ	できる下記の制限温度を超えな	いこと。		
る 。	・金属キャスク構成部材の制限	温度		
(2) 設計基準	胴,外筒及び蓋部	350 °C ²⁾		設計基準の記載は同等
HDP-69B(B)型の除熱機能の設計基準を表 2-1 に示す。	中性子遮蔽材	150 °C ³⁾		
(3) 解析モデル及び解析条件	金属ガスケット	130 °C ⁴⁾		解析モデル及び解析条件
HDP-69B(B)型の除熱解析は,図 2-2 に示す除熱解析フローに	バスケット	300 °C ⁵⁾		の記載は同等
従って行う。				
a. 使用済燃料の収納配置	(2) 使用済燃料集合体の収納条件	-		
HDP-69B(B)型に収納される使用済燃料の収納配置は配置	使用済燃料集合体の収納条件	の方針については, 添付 3 「使用		
(i),配置(ii)及び配置(iii)の3つである。これら収納配置に	済燃料の除熱に関する説明書」	のとおりである。		
おける使用済燃料の配置条件をそれぞれ図 2-3,図 2-4 及び図	金属キャスクには、貯蔵する	燃料仕様,最大崩壊熱量等を満		
2-5 に示す。除熱解析は,配置(i),配置(ii)及び配置(iii)そ	足するように使用済燃料集合体	を収納するとともに必要に応じ		
れぞれについて行う。	て収納配置等を管理する。第2	表に各収納配置における使用済		
	燃料集合体の仕様を示す。			
	BWR用大型キャスク(タイ	プ2A)には、燃料被覆管制限		
	温度が異なる使用済燃料集合体	を収納することから, 燃料仕様,		
	収納配置等を制限した収納管理	を行う。		
	なお,「新型8×8ジルコニウ	ムライナ燃料」と「高燃焼度8		
	×8燃料」を収納する場合を「	配置A」,「新型8×8ジルコニ		
	ウムライナ燃料」と「新型8×	8燃料」を混載する場合を「配		
	置B」,「新型8×8燃料」のみ	を収納する場合を「配置C」と		
	した収納配置としている。			
		別添2		
b. 使用済燃料の崩壊熱量設定	使用済燃料集合体	この崩壊熱評価		
HDP-69B(B)型に収納される使用済燃料の仕様を表 2-2 に示	1. 燃焼計算条件(ORIGEN)	2)		
す。使用済燃料の崩壊熱量は,燃料集合体の種類,燃焼度,初	使用済燃料集合体の崩壊熱の)計算に用いる燃料仕様に基づ		

파는	RFS設工認		
空八祖足甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	
期濃縮度,冷却期間等を条件に燃焼計算コード ORIGEN2 を使用	く燃焼計算条件を別添 2-1 表に示す。		
して求められる。使用済燃料の崩壊熱量の計算に用いる計算条			
件及び計算結果を表 2-3 に示す。	2. 使用済燃料集合体の軸方向の燃焼度分布について		
除熱解析に使用する金属キャスク1基当たりの崩壊熱量(以	使用済燃料集合体は、下図の二点鎖線で示すように、軸方		
下「設計崩壊熱量」という。)は,使用済燃料の軸方向燃焼度	向の燃焼度分布により中央領域で高く、両端部では低くなる		
分布を考慮して次式のとおり設定した(図 2-6 参照)。	崩壊熱(発熱)分布を有する。除熱設計では,軸方向の崩壊		
	熱部で崩壊熱分布をほぼ包絡できるよう,別添 2-1 図の太い		
表 2-3 より,使用済燃料1体当たりの崩壊熱量は配置(i)で	実線で示すように崩壊熱量を階段状に安全側に設定してい		
は新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料,配置(ii)では高燃焼度	る。このため、除熱設計で使用している崩壊熱量(以下「設		
8×8 燃料の値が大きいため,これらの値を用いて配置(i)及	計崩壊熱量」という。)は本来の最大崩壊熱量より大きくなる。		
び配置(ii)の設計崩壊熱量を設定した。			
配置(i), 配置(ii) 及び配置(iii)の設計崩壊熱量は, 以下	なお,除熱解析では, ORIGEN2 コードの計算結果に		
のとおり計算した。	5%の裕度を見込んでいる。		
	3. 除熱設計に用いた崩壊熱量		
	別添 2-2 表のとおり, 除熱設計上は, 使用済燃料集合体の		
	軸方向の燃焼度分布を考慮して,最大崩壊熱量の約 1.27 倍		
	(B/A)の崩壊熱量を仮定して設計している。		
	添付 3-1-1 2. 金属キャスクの除熱設計		
	(3) 除熱構造		
c. 解析モデル	具体的な構造を第1図に示す。		
除熱解析は,HDP-69B(B)型の実形状を軸方向断面,径方向断	(4) 除熱解析		
面にそれぞれ二次元で,燃料集合体の実形状を径方向断面に二	添付 3 「使用済燃料の除熱に関する説明書」 に示す方法によ		
次元でモデル化し,有限要素法による伝熱解析コード(ABAQUS)	り、伝熱形態、使用済燃料集合体の崩壊熱、金属キャスク各部		
を用いて行った。使用した解析モデルは以下の3つである。	の温度及び燃料被覆管の温度を評価し金属キャスクが使用済燃		
 ・金属キャスク熱解析モデル 	料集合体の崩壊熱を適切に除去する設計であることを解析によ		
①軸方向全体モデル(以下「全体モデル」という。)	り確認する。(別添1参照)		
②径方向輪切りモデル(以下「輪切りモデル」という。)	なお、除熱解析時の保守性を第3表に示す。		
・燃料被覆管熱解析モデル	また,金属キャスクの各部温度評価に当たっては,以下の2		
③燃料集合体モデル	種類の熱解析モデルを用いる。		
各解析モデルの形状図及び要素分割図を図 2-7~図 2-13 に	(a) 全体モデル :軸方向温度解析(金属キャスク本体,金		
示す。また,モデル化の方法を別紙1に示す。	属ガスケット等の温度評価)(第2図参		
各解析モデルで評価する部位は次のとおりである。	照)		
	(b) 輪切りモデル:半径方向温度解析(金属キャスク本体,バ		

 比較結果

刑卡化学由建制	R F S	RFS設工認	
型八佰疋甲碩書	申請書添付書類3	補足説明資料	
 ①全体モデル:胴(底板),金属ガスケット,中性子遮蔽材 (蓋部,底部),蓋部,トラニオン ②輪切りモデル:バスケット,胴,中性子遮蔽材(側部), 外筒 ③燃料集合体モデル:燃料被覆管 全体モデル解析では,平均燃焼度の使用済燃料が 69 体収納 されている条件(発熱量の総量が設計崩壊熱量となる。)とし た。輪切りモデル解析では,中央部の 37 体の使用済燃料は最 高燃焼度の崩壊熱量とし,発熱量の総量が設計崩壊熱量となる ように外周部の発熱量を調整した(さらに,軸方向への熱逃げ を考慮した。詳細は別紙1に示す。)。燃料集合体モデル解析で は最高燃焼度の崩壊熱量を用いた。 d.境界条件 HDP-69B(B)型周囲の環境として,以下の条件を用いる(詳細 条件を別紙1に示す。)。 ・貯蔵姿勢:たて置き ・貯蔵な勢:たて置き ・貯蔵建屋壁面温度:65 ℃ 	申請書添付書類3 スケット等の温度評価(第3図参照) また,金属キャスク周囲の境界条件を第4表に示す。 燃料被覆管の温度評価は,燃料集合体モデルで解析を行う(第 4 図参照)。	補足説明資料	
 (4) 除熱解析結果 HDP-69B(B)型の除熱解析結果を表 2-6 及び図 2-14~図 2-22 に示す。 解析の結果,燃料被履管の温度及び金属キャスク各部位の温度は表 2-1 に示す設計基準値を満足しており,HDP-69B(B)型は使用済燃料の崩壊熱を適切に除去する設計となっていることを確認した。 	3. 評価結果 金属キャスクの除熱解析結果を第5表及び第5図に示す。 収納する使用済燃料集合体の燃焼度及び冷却期間を制限し, 収納配置を管理することで,燃料被覆管温度及び金属キャスクの構成部材の各部温度が評価基準値を満足しており,金属キャ スクは,使用済燃料集合体の崩壊熱を適切に除去する設計となっていることを確認した。		
別紙 1	別添1		
除熱解析のモデル化及び解析条件について 伝熱形態について HDP-69B(B)型の伝熱形態を別紙 1-1 図に示す。 使用済燃料から発生した崩壊熱は,主に胴内に充填されたへ リウムガスの熱伝導とふく射によりチャンネルボックスに伝え 	金属キャスクの除熱解析モデルについて 1. 除熱解析のモデル化 金属キャスクの除熱解析は全体モデル→輪切りモデル→燃料 集合体モデルのフローで実施する。除熱解析フローの概念図を 別添1-1図に示す。	 除熱解析のモデル化及び解析条件についる。 1 伝熱形態について BWR用大型キャスク(タイプ2A)の存 に示す。 	

	比較結果
	除熱解析結果の記載は 同等
∩いて の伝熱形態を第 3−1 図	伝熱形態の記載は同等

	RFS設工認		山林竹田
空式指正中請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
られ、さらにチャンネルボックスからバスケットプレート及び	全体モデルでは、キャビティ内領域を均質化して解析をして	使用済燃料から発生した崩壊熱は、主に胴内に充填されたへ	
伝熱プレートに伝えられる。バスケットプレート及び伝熱プレ	いることから、燃料被覆管やバスケットの詳細な温度分布を評	リウムガスの熱伝導とふく射によりチャンネルボックスに伝え	
ートに伝えられた熱は、主に熱伝導によりバスケットプレート	価することができない。そこで、全体モデルで最も温度が高く	られ、さらにチャンネルボックスからバスケットプレート及び	
端部に伝わり、さらにバスケットプレート端部からヘリウムガ	なるキャスク中央部断面を抽出して、キャビティ内領域をより	伝熱プレートに伝えられる。バスケットプレート及び伝熱プレ	
スの熱伝導とふく射により胴内面に伝えられる。続いて,胴内	詳細にモデル化した輪切りモデルを使った解析を実施する。一	ートに伝えられた熱は、主に熱伝導によりバスケットプレート	
面に伝えられた熱は、熱伝導により金属キャスク表面に伝えら	方,輪切りモデルは燃料集合体領域を均質化して解析をしてい	端部に伝わり、さらにバスケットプレート端部からヘリウムガ	
れ、ふく射と空気の自然対流により金属キャスク周囲の大気に	ることから, 燃料集合体内部の詳細な温度分布評価ができない。	スの熱伝導とふく射により胴内面に伝えられる。続いて、胴内	
拡散される。なお,側部中性子遮蔽材領域では,主に炭素鋼及	そこで、燃料被覆管温度を保守的に評価するために、最も温度	面に伝えられた熱は、熱伝導により金属キャスク表面に伝えら	
び銅製の伝熱フィンの熱伝導により熱が伝えられる。	の高い燃料集合体領域において,燃料集合体モデルを使った解	れ、ふく射と空気の自然対流により金属キャスク周囲の大気に	
	析を実施して燃料被覆管の最高温度を評価する。	拡散される。なお、側部中性子遮蔽材領域では、主に炭素鋼及	
		び銅製の伝熱フィンの熱伝導により熱が伝えられる。	
2. 除熱解析のモデル化及び解析条件	3. 解析手法の妥当性		除熱解析のモデル化及び
除熱解析は,HDP-69B(B)型の実形状を軸方向断面,径方向断	金属キャスクの除熱評価に用いている,二次元の全体モデル	3.2 除熱解析のモデル化及び解析条件	解析条件の記載は同等
面にそれぞれ二次元で,燃料集合体の実形状を径方向断面に二	及び輪切りモデルを組み合わせた解析手法(以下「現手法」と	除熱解析は、BWR用大型キャスク(タイプ2A)の実形状	
次元でモデル化し、有限要素法による伝熱解析コード	いう。)の妥当性を確認するため,三次元モデルを用いた除熱	を軸方向断面,径方向断面にそれぞれ二次元で,燃料集合体の	
(ABAQUS)を用いて行った。使用した解析モデルは以下の3つで	解析を実施している。	実形状を径方向断面に二次元でモデル化し、有限要素法による	
ある。	三次元モデル解析では現手法のモデル化とは異なり、個々の	伝熱解析コード(ABAQUS)を用いて行った。使用した解	
・金属キャスク熱解析モデル	燃料集合体を直方体形状としてモデル化し、さらにバスケット	析モデルは以下の3つである。	
①軸方向全体モデル(以下「全体モデル」という。)	領域を均質化することなくモデル化している(輪切りモデルを	・金属キャスク熱解析モデル	
②径方向輪切りモデル(以下「輪切りモデル」という。)	軸方向へ延長)。これにより軸方向及び径方向への熱移動は実	①軸方向全体モデル(以下「全体モデル」という。)	
・燃料被覆管熱解析モデル	形状に即した評価が可能となるため、三次元モデルと現手法に	②径方向輪切りモデル(以下「輪切りモデル」という。)	
③燃料集合体モデル	よる解析結果を比較することにより、現手法の妥当性が確認で	・燃料被覆管熱解析モデル	
これら 3 つの解析モデルの入出力フローを別紙 1-2 図に示	きる。	③燃料集合体モデル	
す。また,解析に使用する物性値を別紙 1-1 表及び別紙 1-2 表		これら3つの解析モデルの入出力フローを第3-2図に示す。	
に, HDP-69B(B)型外表面の熱伝達率を別紙 1-3 表に, 解析に使	三次元モデルによる解析結果と現手法(全体モデル/輪切り	また,解析に使用する物性値を第 3-1 表及び第 3-2 表に,B	
用する放射率を別紙 1-4 表に示す。	モデル)による解析結果の比較を別添 1-1 表と別添 1-3 図に	WR用大型キャスク(タイプ2A)外表面の熱伝達率を第3-3	
各解析モデルの概要及び解析条件を以下に示す。	示す。	表に,解析に使用する放射率を第3-4表に示す。	
(1) 全体モデル	三次元モデルを用いた解析の結果,各評価部位の温度は,現	各解析モデルの概要及び解析条件を以下に示す。	
全体モデルは、金属キャスク全体を二次元の軸対称体として	手法と同等又は低い温度結果が得られており、現手法が軸方向	(1) 全体モデル	
モデル化したものであり、蓋部及び底部の温度を評価するため	の熱の逃げを適切に考慮し、保守的な評価をしていることを確	全体モデルは、金属キャスク全体を二次元の軸対称体として	
のモデルである。全体モデルの形状図を別紙 1-3 図に示す。	認した。	モデル化したものであり、蓋部及び底部の温度を評価するため	
全体モデルは二次元モデルであるため、収納物である使用済		のモデルである。全体モデルの形状図を第3-3図に示す。	
燃料及びバスケットは均質化して等価熱伝導率を設定した。側		全体モデルは二次元モデルであるため、収納物である使用済	
部中性子遮蔽材及び伝熱フィンに関しても,これらを均質化し		燃料及びバスケットは均質化して等価熱伝導率を設定した。側	
		部中性子遮蔽材及び伝熱フィンに関しても、これらを均質化し	

피수방구구국	RFS設工認	
空八佰足甲請書 一	申請書添付書類 3 補足説明資料	
て等価熱伝導率を設定した。以下で、これらモデル化の詳細を	て等価熱伝導率を設定した。以下で、これらモデル化の詳細	б
述べる。	述べる。	
a. 燃料均質化領域の熱伝導率	a. 燃料均質化領域の熱伝導率	
(i) 径方向	(a) 径方向	
使用済燃料及びバスケットが収納される領域(以下「燃料均	使用済燃料及びバスケットが収納される領域(以下「燃料均	質
質化領域」という。)の径方向熱伝導率は、内部発熱を伴う円柱	化領域」という。)の径方向熱伝導率は、内部発熱を伴う円柱	\mathcal{D}
の場合の式(1)を用いて計算した ⁽¹⁾ 。	場合の式(1)を用いて計算した ⁽¹⁾ 。	
	絵切りエデルで軸古向を断執冬供とし、国田環培理産を	_
	$my = C \sim C my = C \sim C my = C \sim C my = C \sim C$	7 K
	T_{0} $\delta \tau d \delta $	72
	T_2 (日本の)、ス(日本の)、(日本の)、(1)) お 各ケースで求められる λ_1 の代表温度け T ₁ とT ₂ の平均	¢ 「 f
		<u> </u>
(ii) 軸方向	(b) 軸方向	
燃料均質化領域の軸方向熱伝導率は、構成部材の体積割合を	燃料均質化領域の軸方向熱伝導率は、構成部材の体積割合	<i>E</i>
考慮して式(2)により計算した。	考慮して式(2)により計算した。	
このとき,バスケットの軸方向の材料不連続性を以下のよう	このとき、バスケットの軸方向の材料不連続性を以下のよ	õ
に考慮した。	に考慮した。	
バスないしけ黄乙折り株次でしてのプレート同十け位価子で	バフケットは黄乙折り株本でしてのプレート同士は拉師士	z
ホスケットは来丁加り構造し上下のテレート向上は按照する 構造だが 燃料物質化領域の軸方向執伝道率の質用に当たって		7) 7
情辺にか, 然相ぬ貢 L 順域の軸方向然凶等中の昇山に当たりで け バスケットの制造小羊を考慮して制造小羊分のギャップに	情辺にか, 然料均負し頃域の軸方向然広等半の寿山に当たう け バスケットの制造小美を考慮」て制造小美分のギャップ	
トス非接触部を仮定した 具体的にけ 別紙 1-4 図に示すよう	トろ非接触部を仮定した。具体的には、第3-4叉に示すよう	
にバスケットは直交しているプレートで構成されており、ギャ	バスケットは直交しているプレートで構成されており、ギャ	ν
ップは軸方向に互い違いに生じることになるため、別紙 1-5 図	プは軸方向に互い違いに生じることになるため、第3-5叉に	~ 示
に示すようにギャップを有した2つのプレートが並列にあると	すようにギャップを有した 2 つのプレートが並列にあると	l
して、製造公差の許容値に相当する最大ギャップを仮定してバ	て、製造公差の許容値に相当する最大ギャップを仮定してバ	ス
スケットの軸方向熱伝導率を計算した ⁽²⁾ 。この値を用いて,式	ケットの軸方向熱伝導率を計算した ⁽²⁾ 。この値を用いて,式(2)
(2)により燃料均質化領域の軸方向熱伝導率を計算した。	により燃料均質化領域の軸方向熱伝導率を計算した。	
	b. 側部中性子遮蔽材領域の熱伝導率	
	(a) 径方向	

b. 側部中性子遮蔽材領域の熱伝導率	側部中性子遮蔽材及び伝熱フィンのある
(i) 径方向	性子遮蔽材領域」という。)の径方向熱伝導
側部中性子遮蔽材及び伝熱フィンのある領域(以下「側部中	円筒の場合の式(3)を用いて計算した ⁽¹⁾ 。
性子遮蔽材領域」という。)の径方向熱伝導率は、熱通過を伴う	
円筒の場合の式(3)を用いて計算した ⁽¹⁾ 。	輪切りモデルで軸方向を断熱条件とし,
	25℃, 38℃, 100℃とした 3 ケースの予備解
輪切りモデルで軸方向を断熱条件とし、周囲環境温度を一	を求め,式(3)から温度依存性のあるλ _{r2} を
25 ℃, 38 ℃, 100 ℃とした 3 ケースの予備解析により T ₃ 及	ケースで求められる λ_{r2} の代表温度は、T ₃
びT4を求め,式(3)から温度依存性のある λ12を設定した。な	た。
お,各ケースで求められるλr2の代表温度は,T3とT4の平均	
値とした。	(b) 軸方向
	側部中性子遮蔽材領域の軸方向熱伝導率
(ii) 軸方向	割合を考慮して式(2)により計算した。
側部中性子遮蔽材領域の軸方向熱伝導率は、構成部材の体積	
割合を考慮して式(2)により計算した。	c. 解析条件
	発熱条件として、軸方向の発熱分布を考
c. 解析条件	となるように燃料有効部の発熱密度を設定
発熱条件として、軸方向の発熱分布を考慮した設計崩壊熱量	全体モデルの外部境界条件を第 3-5 表
となるように燃料有効部の発熱密度を設定した。	45℃,貯蔵建屋壁面温度を65℃とし,周囲
全体モデルの外部境界条件を別紙 1-5 表に示す。周囲温度を	伝達及び貯蔵建屋壁面へのふく射による放
45 ℃, 貯蔵建屋壁面温度を 65 ℃とし, 周囲空気への自然対	金属キャスク底面から貯蔵架台への伝熱に
流熱伝達及び貯蔵建屋壁面へのふく射による放熱を考慮した。	た。
なお、金属キャスク底面から貯蔵架台への伝熱は保守側に断熱	(2) 輪切りモデル
とした。	輪切りモデルは、燃料集合体が最高温度
(2) 輪切りモデル	の径方向断面を二次元でモデル化したもの
輪切りモデルは、燃料集合体が最高温度となる金属キャスク	材 (側部), 胴, バスケット等の温度を評価
の径方向断面を二次元でモデル化したものであり、中性子遮蔽	ある。輪切りモデルの形状図を第3-6図に
材 (側部), 胴, バスケット等の温度を評価するためのモデル	燃料集合体は均質化して等価熱伝導率を
である。輪切りモデルの形状図を別紙 1-6 図に示す。	トプレート、伝熱プレート及びこれら交差
燃料集合体は均質化して等価熱伝導率を設定した。バスケッ	化して等価熱伝導率を設定した。以下で,
トプレート、伝熱プレート及びこれら交差部に関しても、均質	細を述べる。
化して等価熱伝導率を設定した。以下で、これらモデル化の詳	a. 燃料集合体領域の熱伝導率
細を述べる。	燃料集合体が収納されるチャンネルボッ
a. 燃料集合体領域の熱伝導率	領域(以下「燃料集合体領域」という。)の
燃料集合体が収納されるチャンネルボックス内面より内側の	状の内部発熱体の伝熱基礎式を基に正方形
領域(以下「燃料集合体領域」という。)の熱伝導率は、円柱	た以下の式(4)を用いて計算した。

6領域(以下「側部中	
導率は、熱通過を伴う	
国田晋倍沮府を一	
, 内四垛児価反と	
降析により13及い14	
と設定した。なお、各	
3 とT4 の平均値とし	
3は、構成部材の体積	
「愿した設計崩壊熱量	
きした。	
長に示す。周囲温度を	
国空気への自然対流熱	
(熱を考慮した。なお,	
は保守側に断熱とし	
モンかろ金属キャスク	
であり、山州之海茲	
「たっためのエデルズ	
「うるためのモナル C	
こ示す。	
設定した。バスケッ	
き部に関しても, 均質	
これらモデル化の詳	
クス内面より内側の	
)熱伝導率は、円柱形	
後日柱形状に当てけめ	

刑予招告古書書	RFS設工認		いまぐて田
空八佰足甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較稻未
形状の内部発熱体の伝熱基礎式を基に正方形角柱形状に当ては		燃料集合体モデルで軸方向を断熱条件とし、チャンネルボッ	
めた以下の式(4)を用いて計算した。	クス温度を 27℃, 127℃, 327℃とした 3 ケースの予		
		りT5及びT6を求め,式(4)から温度依存性のあるλfを設定し	
燃料集合体モデルで軸方向を断熱条件とし、チャンネルボッ		た。なお、各ケースで求められるλ _f の代表温度は、T ₅ とT ₆ の	
クス温度を 27 ℃, 127 ℃, 327 ℃とした 3 ケースの予備解析		平均値とした。	
によりT₅及びT₀を求め,式(4)から温度依存性のあるλ₅を設			
定した。なお、各ケースで求められるλ _f の代表温度は、T ₅ と		b. バスケットプレート, 伝熱プレート及びこれら交差部の熱	
T ₆ の平均値とした。		伝導率	
		バスケットプレート及び伝熱プレートは菓子折り構造により	
b. バスケットプレート, 伝熱プレート及びこれら交差部の熱		格子状となるように配置され,その交差部には切欠きを有する。	
伝導率		バスケットプレート、伝熱プレート及びこれら交差部の熱伝導	
バスケットプレート及び伝熱プレートは菓子折り構造により		率には、この切欠きを考慮してモデル化したバスケットモデル	
格子状となるように配置され、その交差部には切欠きを有す	2. 輪切りモデルの軸方向への熱移動	による予備解析から求められる等価熱伝導率を設定した。	
る。バスケットプレート、伝熱プレート及びこれら交差部の熱	輪切りモデルの解析では、全体モデルの解析結果に基づいて		
伝導率には、この切欠きを考慮してモデル化したバスケットモ	軸方向への熱の移動を考慮している。すなわち、全体モデルで	c. 軸方向への熱移動	
デルによる予備解析から求められる等価熱伝導率を設定した。	最も温度が高くなる中央部断面を抽出して輪切りモデルによる	輪切りモデルでは、軸方向への熱移動がモデル化されないた	
	評価を実施している。この場合,輪切りモデルの軸方向への熱	め実際より高温の結果を与える。そこで、全体モデルによる解	
c. 軸方向への熱移動	移動を考慮することにより全体モデルの結果と等価となるよう	析結果を用いて、以下の方法で軸方向への熱移動を考慮した。	
輪切りモデルでは、軸方向への熱移動がモデル化されないた	な調整を実施している。調整方法は以下のとおり。(別添 1-2		
め実際より高温の結果を与える。そこで、全体モデルによる解	図参照)	(a) 外周部燃料領域の軸方向熱移動	
析結果を用いて、以下の方法で軸方向への熱移動を考慮した。	全体モデルの胴内の軸方向への熱の移動量と一致するよう	外周部の 32 体の燃料集合体領域では,全体モデル解析におけ	
	に、輪切りモデルの燃料領域外周部の発熱密度を調整する。ま	る燃料均質化領域での軸方向熱移動量を差し引いた発熱密度を	
(i) 外周部燃料領域の軸方向熱移動	た、輪切りモデルの胴内面と外筒外面の温度が、全体モデルの	設定した。なお、中央部の37体の燃料集合体領域では、最高燃	
外周部の 32 体の燃料集合体領域では,全体モデル解析におけ	胴内面と外筒外面の温度と一致するように、輪切りモデルの熱	焼度の軸方向燃焼度最大領域の崩壊熱量に相当する発熱密度を	
る燃料均質化領域での軸方向熱移動量を差し引いた発熱密度を	流束を低減するよう調整する。	設定し、軸方向熱移動は考慮しない。	
設定した。なお、中央部の 37 体の燃料集合体領域では、最高燃	なお、燃料領域において、発熱密度を調整する領域を平均燃		
焼度の軸方向燃焼度最大領域の崩壊熱量に相当する発熱密度を	焼度以下の燃料がある外周部領域のみとすることで、最高燃焼	(b) 胴内面~外筒外面の軸方向熱移動	
設定し、軸方向熱移動は考慮しない。	度燃料がある中心部燃料領域の最高温度が高くなるよう保守的	全体モデル解析における胴内面から外筒外面の軸方向への熱	
	に評価するモデルとしている。	移動量と一致するように, 胴内面及び外筒外面に吸熱を与えた。	
(ii) 胴内面~外筒外面の軸方向熱移動		このとき、胴内面及び外筒外面の温度が全体モデルの温度と一	
全体モデル解析における胴内面から外筒外面の軸方向への熱		致するように吸熱量を調整した。	
移動量と一致するように、胴内面及び外筒外面に吸熱を与え		軸方向への熱移動に関する概念を第3-7図に示す。また,輪	
た。このとき、胴内面及び外筒外面の温度が全体モデルの温度		切りモデルの軸方向熱移動量の設定方法と温度分布の関係を第	
と一致するように吸熱量を調整した。		3-8 図に示す。輪切りモデルにおける胴内面より内側の軸方向	

刑十七岁日注申	RFS設工認		にお対田
至八相足中胡音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較稻米
軸方向への熱移動に関する概念を別紙 1-7 図に示す。また、		熱移動量は全体モデルを上回り、また、輪切りモデルの温度は	
輪切りモデルの軸方向熱移動量の設定方法と温度分布の関係を		全体モデルより保守的な温度となる。	
別紙 1-8 図に示す。輪切りモデルにおける胴内面より内側の軸		輪切りモデルに設定した発熱条件を第3-6表,第3-7表及	
方向熱移動量は全体モデルを上回り、また、輪切りモデルの温		び第 3-8 表に,熱移動量を第 3-9 表,第 3-10 表及び第 3-	
度は全体モデルより保守的な温度となる。		11 表に示す。	
輪切りモデルに設定した発熱条件を別紙 1-6 表,別紙 1-7 表			
及び別紙 1-8 表に,熱移動量を別紙 1-9 表,別紙 1-10 表及び		d. 解析条件	
別紙 1-11 表に示す。		輪切りモデルの外部環境条件を第3-12表に示す。周囲温度	
		を 45℃, 貯蔵建屋壁面温度を 65℃とし, 周囲空気への自然対流	
d. 解析条件		熱伝達及び貯蔵建屋壁面へのふく射による放熱を考慮した。	
輪切りモデルの外部環境条件を別紙 1-12 表に示す。周囲温			
度を 45 ℃, 貯蔵建屋壁面温度を 65 ℃とし, 周囲空気への自		(3) 燃料集合体モデル	
然対流熱伝達及び貯蔵建屋壁面へのふく射による放熱を考慮		燃料集合体モデルは、燃料集合体の軸方向中央断面を二次元	
した。		でモデル化したものであり、燃料被覆管の温度を評価するため	
(3) 燃料集合体モデル		のモデルである。燃料棒は正八角形でモデル化し、断面積等価	
燃料集合体モデルは、燃料集合体の軸方向中央断面を二次元		となるように寸法を設定した。燃料集合体モデルの形状図を第	
でモデル化したものであり、燃料被覆管の温度を評価するため	3-9 図及び第 3-10 図に示す。		
のモデルである。燃料棒は正八角形でモデル化し、断面積等価			
となるように寸法を設定した。燃料集合体モデルの形状図を別		a. 燃料棒の熱伝導率	
紙 1-9 図及び別紙 1-10 図に示す。	燃料棒の熱伝導率は、二酸化ウラン、ヘリウムガス及びジル		
		カロイの体積割合を考慮して式(2)により計算した。	
a. 燃料棒の熱伝導率			
燃料棒の熱伝導率は、二酸化ウラン、ヘリウムガス及びジ		b. 解析条件	
ルカロイの体積割合を考慮して式(2)により計算した。		発熱条件として,最高燃焼度燃料の PF 最大領域の崩壊熱量に	
		相当する発熱密度を設定した。また、伝熱形態として熱伝導及	
b. 解析条件	びふく射を考慮し、軸方向への伝熱を無視し断熱とした。境界		
発熱条件として,最高燃焼度燃料の PF 最大領域の崩壊熱量	条件は、輪切りモデル解析で最高温度となるチャンネルボック		
に相当する発熱密度を設定した。また、伝熱形態として熱伝	スの温度を設定した。		
導及びふく射を考慮し、軸方向への伝熱を無視し断熱とし			
た。境界条件は、輪切りモデル解析で最高温度となるチャン	c. 輻射計算の手法		
ネルボックスの温度を設定した。	燃料棒の中心節点及びチャンネルボックスの節点に第 3-11		
		図に示すとおりふく射接続要素を設定し、6 種類のふく射接続	
c. ふく射計算の手法	を考慮した(第3-12図,第3-13図,第3-14図)。この6ケ		
燃料棒の中心節点及びチャンネルボックスの節点に別紙 1-	ースのふく射接続におけるふく射移動量は,伝熱解析コード(A		
11 図に示すとおりふく射接続要素を設定し、6 種類のふく射接	BAQUS)コードにより下式にて考慮される。この式の入力		

RFS設工認		山林社田	
型八拍足甲萌耆	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
続を考慮した(別紙 1-12 図,別紙 1-13 図,別紙 1-14 図)。こ		条件となる燃料棒表面積,形態係数及び放射率は,別紙 1-13 表	
の6ケースのふく射接続におけるふく射移動量は、伝熱解析コ		に示す値を用いた。なお、同表に示すとおりふく射計算に使用	
ード(ABAQUS)コードにより下式にて考慮される。この式の入力		する燃料棒の表面積は,解析モデルとは異なり実燃料棒の表面	
条件となる燃料棒表面積,形態係数及び放射率は,別紙 1-13		積を設定した。	
表に示す値を用いた。なお、同表に示すとおりふく射計算に使			
用する燃料棒の表面積は,解析モデルとは異なり実燃料棒の表		別添 3-1	
面積を設定した。		塗装の放射率設定根拠	
別添1		「別紙 1-4 表 材料の放射率」において塗装に適用した放射率	
塗装の放射率設定根拠		0.8 は,参考文献(3)に示された塗料の放射率 0.7~0.9 の平均値	
		である。その設定の根拠を以下に示す。	
「別紙 1-4 表 材料の放射率」において塗装に適用した放射率		「別紙 1-4 表 材料の放射率」のうち,放射率 0.8 が設定され	
0.8は、参考文献(3)に示された塗料の放射率0.7~0.9の平均値		ている構成部材は,外筒(外表面),胴(外表面),二次蓋(外表	
である。その設定の根拠を以下に示す。		面)並びに貯蔵建屋壁面である。これら構成部材の放射率に係る	
「別紙 1-4 表 材料の放射率」のうち,放射率 0.8 が設定され		文献値及び解析入力値を別添 3-1-1 表に示す。また, BWR用大	
ている構成部材は、外筒(外表面)、胴(外表面)、二次蓋(外表		型キャスク (タイプ2A) の表面の塗装に使用予定である	
面)並びに貯蔵建屋壁面である。これら構成部材の放射率に係る		の塗装の放射率の実測値を	
文献値及び解析入力値を別添 1-1 表に示す。また, HDP-69B(B)型	別添 1-1 表に併せて示す。解析に適用した放射率(解析入力値)		
の表面の塗装に使用予定である	は、貯蔵建屋壁面の仕様が制約とならないように、コンクリート		
の塗装の放射率の実測値を別添 1-1 表に併せて示す。	に比べて放射率がより小さい塗装を代表して適用することとし、		
解析に適用した放射率(解析入力値)は、貯蔵建屋壁面の仕様が		塗料の放射率 0.7~0.9の平均値 0.8 とした。解析入力値は放射率	
制約とならないように、コンクリートに比べて放射率がより小さ		の実測値より小さく、BWR用大型キャスク(タイプ2A)の内	
い塗装を代表して適用することとし,塗料の放射率 0.7~0.9の平		部の温度をより高く評価する観点から保守的な設定である。	
均値 0.8 とした。解析入力値は放射率の実測値より小さく, HDP-			
69B(B)型の内部の温度をより高く評価する観点から保守的な設定			
である。			
別添 2		別添 3-2	
形態係数の算出過程		形態係数の算出過程	形態係数の算出過程の 記載は同等
「別紙 1-5 表 全体モデルの境界条件」及び「別紙 1-12 表		「第 3-5 表 全体モデルの境界条件」及び「第 3-12 表 輪切	
輪切りモデルの境界条件」において設定している金属キャスク表		りモデルの境界条件」において設定している金属キャスク表面か	
面から貯蔵建屋壁面への形態係数は、金属キャスク側面から貯蔵	「蔵」 ら貯蔵建屋壁面への形態係数は、金属キャスク側面から貯蔵建屋		

 $\overline{6}$

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

刑令的合力就要	RFS設工認	
型式指足中請書 	申請書添付書類 3 補足説明資料	比較結果
建屋の天井及び床面への形態係数として求めた。以下に、この形	の天井及び床面への形態係数として求めた。以下に、この形態係	
態係数の算出過程を示す。	数の算出過程を示す。	
はじめに, 別添 2-1 図の金属キャスクの貯蔵配置に示すように,	はじめに、別添 3-2-1 図の金属キャスクの貯蔵配置に示すよ	
中心に配置された対象金属キャスクの周囲の金属キャスクで囲ま	うに、中心に配置された対象金属キャスクの周囲の金属キャスク	
れた空間 (一辺が 2Wの正方形の空間) のうち, 周囲の金属キャス	で囲まれた空間(一辺が2Wの正方形の空間)のうち,周囲の金属	
クを除く面積(別添 2-1 図の灰色のエリア)の等価断面半径R ₂ を	キャスクを除く面積(別添 3-2-1 図の灰色のエリア)の等価断	
式(1)で求めた。	面半径R2を式(1)で求めた。	
	金属キャスク表面から貯蔵建屋内壁面への形態係数は、日本原	
金属キャスク表面から貯蔵建屋内壁面への形態係数は、日本原	子力学会標準「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性	
子力学会標準「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性	廃棄物 輸送容器の安全設計及び検査基準:2013」の附属書 AT に	
廃棄物 輸送容器の安全設計及び検査基準:2013」の附属書 AT に	基づき、円環フィン形状の形態係数を求める式から算出した。算	
基づき、円環フィン形状の形態係数を求める式から算出した。算	出式及び各ふく射面の定義をそれぞれ式(2)から式(5)及び別添	
出式及び各ふく射面の定義をそれぞれ式(2)から式(5)及び別添	2-2 図に示す。ここで、金属キャスク長さをLとし、bにR3を、	
2-2 図に示す。ここで、金属キャスク長さをLとし、bにR3を、	aにR2を, cにLを代入して, 2面から3面への形態係数F23を	
aにR2を, cにLを代入して,2面から3面への形態係数F23を	求めた。形態係数の算出条件及び結果を別添3-2-1表に示す。	
求めた。形態係数の算出条件及び結果を別添 2-1 表に示す。	以上より、「第3-5表 全体モデルの境界条件」及び「第3-	
以上より,「別紙 1-5 表 全体モデルの境界条件」及び「別紙 1-	12表 輪切りモデルの境界条件」において設定している金属キャ	
12 表 輪切りモデルの境界条件」において設定している金属キャ	スク表面から貯蔵建屋壁面への形態係数は、別添 2-1 表の 2 面か	
スク表面から貯蔵建屋壁面への形態係数は、別添 2-1 表の 2 面か	ら3面への形態係数F23の0.232である。	
ら3面への形態係数F23の0.232である。		
別添 3		
燃料集合体領域の等価熱伝導率算出式中の係数Kについて		理論式の解説の記載であ
		るため, 設 1-補-003 に
燃料集合体領域の等価熱伝導率λ _f は,以下の式(1)を用いて計算		基づき,申請書記載対象外
する。		(設 2-参-001 にて説明
		済み。)
以下で,式(1)中の係数Kについてその算出過程を示す。		
矩形内部が一様の熱伝導率k,発熱密度qで,境界温度が0K		
の場合(別添 3-1 図)の理論解は,式(2)で得られる*1。		
θ (x=0, y=0)=T ₅ -T ₆ , u ^{'''} =q, 2L=W, k= $\lambda_f \geq \tau$		
ると,		

피나가난가구나ㅋㅋㅋ	RFS設工認		山北休田
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
したがって, K=4/0.29469=13.57となる。			
別紙2 二次元除熱解析モデルの妥当性について		4. 二次元除熱解析モデルの妥当性について	二次元除熱解析モデルの 妥当性の記載は同等
HDP-69B(B)型の除熱解析で用いた二次元の輪切りモデルと全体 モデルを組み合わせた解析手法(以下「2Dモデル」という。)の 妥当性を確認するため,HDP-69B(B)型の三次元モデル(以下「3D モデル」という。)を用いた除熱解析を行い,2Dモデルと3Dモ デルの除熱解析結果を比較する。		4.1 概要 BWR用大型キャスク(タイプ2A)の除熱解析で用いた二 次元の輪切りモデルと全体モデルを組み合わせた解析手法(以 下「2Dモデル」という。)の妥当性を確認するため,BWR用大 型キャスク(タイプ2A)の三次元モデル(以下「3Dモデル」 という。)を用いた除熱解析を行い,2Dモデルと3Dモデルの除 熱解析結果を比較する	
3. 3D モデルの概要 3D モデル図を別紙 2-1 図に示す。3D モデルは、バスケットプ レート及び伝熱プレートを均質化することなくモデル化し、燃 料集合体は 1 体ずつ燃料集合体領域(チャンネルボックス内面 より内側の領域)を直方体形状で均質化してモデル化している。 このため、3D モデルは実形状に即した軸方向及び径方向への熱 移動を評価できるモデルとなっている。ただし、トラニオンや 蓋ボルト等の除熱解析の評価結果に大きな影響を与えないと考 えられる部位はモデル化を省略している。3D モデルと 2D モデ ルの各部位のモデル化方針の比較を別紙 2-1 表に示す。また、 3D モデルによる 2D モデルの妥当性確認フロー図を別紙 2-2 図 に示す。		 4.2 3D モデルの概要 3D モデル図を第4-1 図に示す。3D モデルは、バスケットプレート及び伝熱プレートを均質化することなくモデル化し、燃料集合体は1体ずつ燃料集合体領域(チャンネルボックス内面より内側の領域)を直方体形状で均質化してモデル化している。このため、3D モデルは実形状に即した軸方向及び径方向への熱移動を評価できるモデルとなっている。ただし、トラニオンや蓋ボルト等の除熱解析の評価結果に大きな影響を与えないと考えられる部位はモデル化を省略している。3D モデルと 2D モデルの各部位のモデル化方針の比較を第4-1表に示す。また、3D モデルによる 2D モデルの妥当性確認フロー図を第4-2 図に示す。 	
 4. 解析条件 3D モデル及び 2D モデルを用いた除熱解析の条件の比較を別紙 2-2 表に示す。発熱条件は 2D モデルの配置(i)の条件とする。 		 4.3 解析条件 3D モデル及び 2D モデルを用いた除熱解析の条件の比較を第 4-2表に示す。発熱条件は 2D モデルの配置A*1の条件とする。 *1:申請書添付書類 3 添付 3-1-1 第2表に基づく配置Aを 	

刑予化之力注事	RFS設工認		山林社田
空 式 指 足 甲 萌 書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
		示す。	
5. 解析結果		4.4 解析結果	
3D モデルと 2D モデル(全体モデル,輪切りモデル)の除熱		3D モデルと 2D モデル(全体モデル,輪切りモデル)の除熱	
解析結果の比較を別紙 2-3 表に示す。また,温度分布の比較を		解析結果の比較を第4-3表に示す。また、温度分布の比較を第	
別紙 2-3 図及び別紙 2-4 図に示す。		4-3 図及び第4-4 図に示す。	
別紙 2-3 表より,中性子遮蔽材,胴及び蓋部,金属ガスケッ		第 4-3 表より, 中性子遮蔽材, 胴及び蓋部, 金属ガスケット,	
ト,バスケット並びに燃料集合体の温度は、すべての部位にお		バスケット並びに燃料集合体の温度は、すべての部位において	
いて 2D モデルの方が 3D モデルよりも高い結果となった。 また,		2D モデルの方が 3D モデルよりも高い結果となった。また,燃	
燃料集合体領域で最高温度となる金属キャスク径方向断面にお		料集合体領域で最高温度となる金属キャスク径方向断面におけ	
ける,軸方向及び径方向の熱移動量の割合を別紙 2-4 表に示す。		る,軸方向及び径方向の熱移動量の割合を第4-4表に示す。第	
別紙 2-4 表より, 軸方向及び径方向の熱移動量の割合は 3D モデ	4-4表より、軸方向及び径方向の熱移動量の割合は 3D モデル		
ルと 2D モデル(全体モデル)で同等である。		と 2D モデル(全体モデル)で同等である。	
6. まとめ		4.5 まとめ	
2D モデルを用いた除熱解析で得られている評価部位の最高		2D モデルを用いた除熱解析で得られている評価部位の最高	
温度は, 3D モデルを用いた除熱解析で得られた評価部位の最	温度は,3Dモデルを用いた除熱解析で得られた評価部位の最高		
高温度よりもすべての評価部位において高い結果となり, 2D	温度よりもすべての評価部位において高い結果となり,2Dモデ		
モデルは保守的な除熱解析モデルといえる。また、軸方向及び	ルは保守的な除熱解析モデルといえる。また、軸方向及び径方		
径方向の熱移動量の割合は, 3D モデルと 2D モデル(全体モデ	向の熱移動量の割合は、3D モデルと 2D モデル(全体モデル)		
ル)で同等の結果となり, 2D モデル(全体モデル)における	で同等の結果となり、2Dモデル(全体モデル)における均質化		
均質化領域の物性値と軸方向熱移動の設定方法は妥当であると		領域の物性値と軸方向熱移動の設定方法は妥当であるといえ	
いえる。		る。	
以上より, 2D モデルによる HDP-69B(B)型の除熱解析手法は妥		以上より,2DモデルによるBWR用大型キャスク(タイプ2	
当である。		A)の除熱解析手法は妥当である。	
	添付 3-2 使用済燃料貯蔵建屋の除熱に関する説明書	(使用済燃料貯蔵建屋の除熱に関する補足説明)	RFS固有の安全設計に
	(省略)	(省略)	よる相違

第4-2表(5/5) 先行事業者の型式指定申請書の記載事項との比較(耐圧強度及び耐食性)

피수변승규왕과	RFS設工認		
型 式 拍 足 甲 請 音	申請書添付書類3	補足説明資料	
添付書類8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書	添付 10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針	(該当なし)	
 概要 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 容器等の材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関 する規則」(令和2年3月17日 原子力規制委員会規則第8号) (以下「技術基準規則」という。)第14条に規定されており、適 切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求さ れている。 本書は、HDP-69B(B)型が使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能 を確保する上で十分な構造、強度及び耐食性を有することを説 明するものである。 	 概要 キャスク本体その他のキャスクを構成する部材の材料及び 構造については、技術基準規則第14条に規定されており、適 切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求さ れている。 本資料は、金属キャスク及び貯蔵架台が、十分な強度を有す ることを確認するための強度計算の基本方針について説明す るものである。 		
	2. 適用部材の分類		
2. 適用部材の分類 HDP-69B(B)型の構造図を図 2-1 に示す。これら構成部材のうち、技術基準規則第14条に規定される基本的安全機能を確保する上で必要な強度部材として、密封容器を評価対象とする。また、(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 JSME S FA1-2007」(以下「金属キャスク構造規格」という。)に規定されるバスケット及びトラニオン、加えて、一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ込め機能を有する二次蓋、中性子遮蔽材を支持する外筒(端板を含む。)及び圧力監視のために圧力に対して十分な強度が求められる蓋部中性子遮蔽材カバーを評価対象とする。適用部材の分類を表 2-1 に示す。	使用済燃料貯蔵設備本体は,金属キャスク及び金属キャスク を床面に固定するための貯蔵架台で構成する。金属キャスク及 び貯蔵架台の構造図を第2-1図に示す。これら機器等のうち, 技術基準規則第14条に規定される基本的安全機能を確保する ために必要な強度部材として,密封容器及び貯蔵架台を評価対 象とする。 また,(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)JSMESFA1-2007(以 下「構造規格」という。)に規定されるバスケット及びトラニ オンに加えて,一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キ ャスクの閉じ込め機能を有する二次蓋,中性子遮蔽材を支持す る外筒(上下部端板を含む。)及び圧力監視のために圧力に対 して十分な強度が求められる蓋部中性子遮蔽材カバーを評価 対象とする。適用部材の分類を第2-1表に示す。		
3. 強度評価の基本方針 表 2-1 に従い,「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則 の解釈」(令和 2 年 2 月 5 日制定 原規規発第 2002054 号-3), 金属キャスク構造規格及び(社)日本機械学会「発電用原子力設 備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007 年追補版含む。)」 (以下「設計・建設規格」という。)による評価を実施する。	 材料及び構造に関する評価の基本方針 第 2-1 表に従い、「構造規格」及び(一社)日本機械学会 「発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC 1-2005)(日本機械学会 2005 年 9 月)(2007 年追補版を含 む。)」(以下「設計・建設規格」という。)による評価を実施する。 		

比較結果
概要の記載は同等
適用部材の分類の記載は 同等
強度評価の基本方針の記 載は同等

전비 수 년 가 수 가 수	R F S	設工認	
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
4. HDP-69B(B)型の耐圧強度及び耐食性に対する設計	3.1 機械的強度及び化学的成分		金属キャスクの耐圧強度
基本的安全機能を維持する上で重要となる HDP-69B(B)型の構	密封容器及び貯蔵架台の材料はその使用条件に対して適切		及び耐食性に対する設計
成部材は、密封容器(二次蓋を含む。)、バスケット及びトラニ	な機械的強度及び化学的成分を有する。		の記載は同等
オン,加えて,中性子遮蔽材を支持する外筒(端板を含む。)	(1)機械的強度及び化学的成分は,使用前事業者検査の材料検査		
及び蓋部中性子遮蔽材カバーである。これらの構成部材につい	において「構造規格」の規定を満足することを確認する。規定		
て応力評価を行い,当該部材に発生する応力が許容応力以下と	に基づく機械的強度を用いて,使用する圧力及び荷重に対して		
なり,HDP-69B(B)型が基本的安全機能を維持するために必要な	適切な強度を有することを各種応力計算書に示す。		
耐圧強度を有することを示す。また,HDP-69B(B)型の主要な構	(2) 使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性につ		
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	いては, 「別紙 1 金属キャスク及び貯蔵架台の耐食性に関す		
その環境下での腐食等の経年変化に対して使用済燃料を不活性	る説明書」に示す。		
ガスとともに封入し、金属キャスク表面の必要な個所に塗装等	(3) バスケットに使用するボロン添加ステンレス鋼板が「構造規		
の防錆処置を施すことにより、金属キャスク及び使用済燃料の	格」を使用して評価できることの説明を「別紙 2 ボロン添加		
腐食等を防止するよう設計していることを示す。なお, HDP-	ステンレス鋼板の材料特性について」に示す。		
69B(B)型を構成する部材のうち中性子遮蔽材,金属ガスケット	(4) 金属キャスク取扱中の衝撃で使用済燃料が破損しないこと		
及び伝熱フィンは,HDP-69B(B)型の耐圧強度を担保する部材で	は密封評価における前提となることから, 取扱中の使用済燃料		
はないことから、耐食性についてのみ評価する。	の強度評価を「別紙 3 使用済燃料被覆管の応力計算について		
	(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」に示す。		
4.1 材料について	(5) 二次蓋は、内圧を受ける容器となることから、クラス3容器		
(1) 機械的強度及び化学的成分	としての構造評価を「別紙 4 二次蓋のクラス3容器評価」に		
a. 密封容器は,その使用される圧力,温度,水質,放射線,	示す。		
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。機械的強度及び化学的			
成分は、「添付書類9 当該申請に係る型式設計特定容器等の			
設計及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組			
織に関する説明書」表 8-1 材料検査にて金属キャスク構造			
規格の規定を満足することを確認する。			
・密封容器に使用する材料は,金属キャスク構造規格 MCM-			
1110 に従い別表 1-1 に示される材料の規格に適合するものを			
選定し, MCM-1200 で規定される機械試験によって, 適切な機			
械的強度及び化学的成分を有する材料であることを確認す			
る。			
・規定に基づく機械的強度を用いて、使用する圧力及び荷重に			
対して適切な強度を 有することを「添付書類8 耐圧強度			

	RFS設工認	
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足説明資料
及び耐食性に関する説明書」における強度評価によって確認 する。 ・密封容器に使用する材料は、「添付書類 8-5 金属キャスクの 耐食性に関する説明書」にて温度、水質及び放射線に対して 適切な耐食性を有することを確認する。 (2) 破壊じん性 a. 密封容器に使用する材料にあっては、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。破壊じん性は、「添付書類 9 当該申請に係 る型式設計特定容器等の設計及び製作に係る品質管理の方法 並びにその実施に係る組織に関する説明書」表 8-1 材料検 査にて金属キャスク構造規格の規定を満足することを確認す る。 ・密封容器に使用する材料は、金属キャスク構造規格 MCM-1334 で規定される破壊じん性試験を行い、MCM-1334.2 の判定基準 を満足することで適切な破壊じん性を有することを確認す る。	3.2 破壊じん性 密封容器に使用する材料にあっては、その使用条件に対して 適切な破壊じん性を有することを使用前事業者検査の材料検 査において「構造規格」の判定基準を満足することにより確認 する。 貯蔵架台に使用する材料にあっては、そ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使用前事業者検査の材 料検査において「構造規格」又は「設計・建設規格」の規定を 満足することにより確認する。	
 (3) 升破壊試験 a. 密封容器に使用する材料は,有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認する。「添付書類9 当該申請に係る型式設計特定容器等の設計及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組織に関する説明書」表8-1 材料検査にて金属キャスク構造規格の非破壊試験の規定を満足することを確認する。 ・密封容器に使用する材料は,金属キャスク構造規格 MCM-1410で規定される非破壊試験を行い,MCM-1440の判定基準を満足することで有害な欠陥がないことを確認する。 	3.3 升破壊試験 密封容器及び貯蔵架台に使用する材料に,有害な欠陥がない ことを,使用前事業者検査において「構造規格」又は「設計・ 建設規格」の非破壊試験の規定を満足することにより確認す る。	

比較結果

刑令化合力注事	RFS設工認	
主人相足中明青	申請書添付書類 3	補足説明資料
4.2 構造及び強度について	3.4 延性破断の防止	
(1) 延性破断の防止	(1) 密封容器, バスケット, トラニオン, 外筒, 中性子遮蔽材カ	
a. 密封容器, バスケット, トラニオン, 外筒及び蓋部中性子	バー及び貯蔵架台は, 取扱い時及び貯蔵時において, 一次応力	
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	評価結果が「構造規格」又は「設計・建設規格」の規定を満足	
形を弾性域に抑える設計とする。「補添付書類 8 耐圧強度及	し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認す	
び耐食性に関する説明書」にて金属キャスク構造規格の規定	る。確認結果を各種応力計算書に示す。	
を満足することを評価する。	(2) 密封容器, バスケット, トラニオン, 外筒, 中性子遮蔽材カ	
取扱い時及び貯蔵時の評価条件は以下のとおりである。	バー及び貯蔵架台は,一次応力評価結果が「構造規格」又は「設	
(a) 貯蔵時	計・建設規格」の規定を満足し,破断延性限界に十分な余裕を	
・金属キャスクの姿勢:たて姿勢	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	
・金属キャスクの固定方式:下部トラニオン固定	であることを確認する。また、密封シール部は、一次応力評価	
・鉛直方向加速度:自重(1 G)	結果が「構造規格」の規定を満足し、変形を弾性域に抑える設	
(b) 取扱い時(吊上げ時)	計であることを確認する。確認結果を各種応力計算書に示す。	
・金属キャスクの姿勢:たて姿勢	(3) 密封容器は、試験状態において、一次応力評価結果が「構造	
・金属キャスクの固定方式:上部トラニオンで吊上げ	規格」の規定を満足し,全体的な塑性変形が生じない設計であ	
・鉛直方向加速度 : 1.3 G	ることを確認する。また,密封シール部は,試験状態において,	
 ・密封容器は、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評価 	一次応力評価結果が「構造規格」の規定を満足し、変形を弾性	
結果が金属キャスク構 造規格 MCD-1311.1, MCD-1318.1	域に抑える設計であることを確認する。確認結果を密封容器の	
及び MCD-1321.1 の規定を満足し,全体的な変形を弾性域	応力計算書に示す。	
に抑える設計であることを確認する。		
・バスケットは、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評		
価結果が金属キャスク 構造規格 MCD-2311 の規定を満足		
し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認		
する。		
 トラニオンは、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評 		
価結果が金属キャスク 構造規格 MCD-3311.1 の規定を満		
足し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確		
認する。		
・外筒は、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評価結果		
が金属キャスク構造規 格 MCD-3721.1 の規定を満足し,		
全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認す		
・ 盖部 中性 子 遮 敵 材 カ バ ー は , 取 扱 い 時 及 び 貯 蔵 時 に お い		
て,一次応力評価結果が設 計・建設規格 PVD-3310 の考		

 比較結果

型式指定申請書	RFS設工認	
	申請書添付書類3	補足説明資料
え方に基づいた許容応力を満足し、全体的な変形を弾性域		
に抑える設計であることを確認する。		
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。「添付書類8 耐圧強度及び耐		
食性に関する説明書」にて金属キャスク構造規格の規定を満		
足することを評価する。		
評価条件は、貯蔵架台への衝突時である。		
(a) 貯蔵架台への衝突時		
・金属キャスクの姿勢:たて姿勢		
・鉛直方向加速度:5 G		
・密封容器は、一次応力評価結果が金属キャスク構造規格		
MCD-1311.3 及び MCD-1321.2 の規定を満足し,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する。		
 ・密封シール部は、一次応力評価結果が金属キャスク構造規 		
格 MCD-1318.1 の規定を満足し,変形を弾性域に抑える設		
計であることを確認する。		
c. 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。「添付書類8 耐圧強度及び耐食性		
に関する説明書」にて金属キャスク構造規格の規定を満足す		
ることを評価する。		
試験時の評価条件は以下のとおりである。		
(a) 試験時		
・金属キャスクの姿勢:たて姿勢		
・鉛直方向加速度:自重(1 G)		
・密封容器は、試験状態において、一次応力評価結果が金		
属キャスク構造規格 MCD-1311.4 の規定を満足し,全体		
的な塑性変形が生じない設計であることを確認する。		
・密封シール部は、試験状態において、一次応力評価結果		
が金属キャスク構造規格 MCD-1318.2 の規定を満足し,		
変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。		

比較結果

型卡花心日祥中	R F S	5設工認
王氏旧是于明言	申請書添付書類3	補足説明資料
(2) 疲労破壊の防止	3.5 疲労破壊の防止	
a. 密封容器, バスケット, トラニオン及び外筒は, 取扱い時	密封容器,バスケット,トラニオン,外筒及び貯蔵架台は,	
及び貯蔵時において、疲労破壊が生じない設計とする。「添	取扱い時及び貯蔵時において, 「構造規格」又は「設計・建設	
付書類8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて金属キ	規格」の規定により疲労評価を行い、取扱い時及び貯蔵時にお	
ャスク構造規格の規定を満足することを評価する。	いて疲労破壊が生じない設計であることを確認する。ただし、	
・密封容器(ボルトを除く。)は、金属キャスク構造規格 MCD-	疲労評価は,疲労評価が要求される密封容器及びトラニオンに	
1314の疲労評価を実施し,金属キャスク構造規格 MCD-1332	て実施する。確認結果を各種応力計算書に示す。	
の規定により、取扱い時及び貯蔵時において疲労解析不要で		
あることを確認する。		
・密封容器のボルトは、金属キャスク構造規格 MCD-1322 の規		
定により、疲労評価を行い、取扱い時及び貯蔵時において疲		
労破壊が生じない設計であることを確認する。		
・バスケットは、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力と二		
次応力を加えた評価 結果が金属キャスク構造規格 MCD-2312		
の規定を満足し、疲労破壊が生じない設計であることを確認		
する。		
・トラニオンは、取扱い時及び貯蔵時において、金属キャスク		
構造規格 MCD-3313 の規定により疲労評価を行い、疲労破壊		
が生じない設計であることを確認する。		
・外筒は、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力と二次応力		
を加えた評価結果が 金属キャスク構造規格 MCD-3722.1の		
規定を満足し、疲労破壊が生じない設計であることを確認す		
る。		
・蓋部中性子遮蔽材カバーは、設計・建設規格のクラス3容器		
にて評価要求がないため評価を省略する。		
(3) 座屈による破壊の防止	3.6 座屈による破壊の防止	
a. 密封容器, バスケット, トラニオン, 外筒及び蓋部中性子	密封容器,バスケット,トラニオン,外筒,中性子遮蔽材カ	
遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、座屈が生じ	バー及び貯蔵架台は,座屈が生じないよう「構造規格」 又は「設	
ない設計とする。「添付書類8 耐圧強度及び耐食性に関する	計・建設規格」の規定により圧縮応力評価を行い、規定を満足	
説明書」にて金属キャスク構造規格の規定を満足することを	することを確認する。ただし、評価すべき圧縮応力が発生しな	
評価する。	いか、又は評価上厳しくない場合は評価を省略する。確認結果	
 ・密封容器は、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力評価結果 	を各種応力計算書に示す。	
が金属キャスク構造規格 MCD-1317 の規定を満足し,座屈が		
生じない設計であることを確認する。		

 比較結果

刑令化合力注重	RFS設工認	
生我相定中销省	申請書添付書類 3	補足説明資料
 ・バスケットは、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力評価結 果が金属キャスク構 造規格 MCD-2317 の規定を満足し、座 屈が生じない設計であることを確認する。 ・外筒は、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力評価結果が金 属キャスク構造規格 MCD-3721.1の規定を満足し、座屈が生 じない設計であることを確認する。 ・トラニオン及び蓋部中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯 蔵時において圧縮応力が作用するような評価事象はなく、座 屈が生じないことを確認する。 4.3 密封容器の主要な耐圧部の溶接部について 密封容器の主要な耐圧部の溶接部について 密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、次のとおりとし、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。「添付書類9 当該申請に係る型式設計特定容器等の設計 及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組織に関 する説明書」表 8-3、表 8-4 及び表 8-5 の検査を行う。 ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、不連続で特異な形状で ない設計であることを確認する。 ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、金属キャスク構造規格 MCN-2300の規定に従い表 MCN-2300-1の非破壊試験を行い、 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確認す る。 ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、金属キャスク構造規格 MCN-2320 の規定により、母材の強度と同等以上の適切な強度 を有することを確認する。 	 3.7 密封容器の主要な耐圧部の溶接部について 密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、使用前事業者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。 	
 ・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の確認を行う。 4.4 耐圧試験について 密封容器は,適切な耐圧試験を行ったとき,これに耐え,かつ,著しい漏えいがないことを確認する。「添付書類9 当該申請に係る型式設計特定容器等の設計及び製作に係る品質 管理の方法並びにその実施に係る組織に関する説明書」表 8-1 耐圧・漏えい検査にて金属キャスク構造規格の規定を満足することを確認する。 	3.8 耐圧試験について 密封容器は、適切な耐圧試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないことを使用前事業者検査にて「構造規格」の耐圧・漏えい検査の規定を満足することにより確認する。	

比較結果

型式指定申請書	RFS設工認		比盐注用
	申請書添付書類3	補足説明資料	比較柏木
・密封容器は、金属キャスク構造規格 MCT-1200 に規定される耐			
圧試験を行い, 耐圧試験に耐え, かつ, 著しい漏えいがないこ			
とを確認する。			
刑予论定力注意	RFS設工認		比款注用
---	---	-------------------------------	----------
型式拍足甲請書 	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
添付書類 8-1-1 密封容器の応力解析の方針	添付 10-2-1-1 密封容器の応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイプ		
	2 A))		
1. 概要	1. 概要		概要の記載は同等
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容器等の	本書は、「添付10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針」		
材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2	に基づき、金属キャスクの密封容器及び二次蓋に関する応力解析の方針を		
年3月17日原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」と	述べるものである。		
いう。)第14条に規定されており,適切な材料を使用し,十分な構造及	なお,金属キャスクは一次蓋と二次蓋で多重の閉じ込め構造を形成し,二		
び強度を有することが要求されている。	次蓋には一次蓋と同等の閉じ込め性能を要求するため、二次蓋は一次蓋と		
本書は,HDP-69B(B)型の密封容器及び二次蓋に関する応力解析の方針	同様の応力評価を行う。		
を述べるものである。			
なお,HDP-69B(B)型は一次蓋と二次蓋で多重の閉じ込め構造を形成し,			
二次蓋には一次蓋と同等の閉じ込め性能を要求するため、二次蓋は一次			
蓋と同様の応力評価を行う。			
2. 適用基準	2. 適用基準		適用基準の記載は
密封容器の強度評価基準については、(社)日本機械学会「使用済燃料	密封容器の強度評価については,使用済燃料貯蔵施設規格 (金属キャス		同等
貯蔵施設規格金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」(以下「金属キャ	ク構造規格 JSME S FA1-2007)(日本機械学会 2007年12月)(以		
スク構造規格」という。)を適用する。	下「構造規格」という。)を適用する。		
ただし、二次蓋は一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャス	ただし、二次蓋は一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスク		
クの閉じ込め機能を有していることから、応力評価手法としては一次蓋	の閉じ込め機能を有していることから、応力評価手法としては一次蓋と同		
と同様、金属キャスク構造規格の密封容器の規定を用いる。	様、「構造規格」の密封容器の規定を用いる。		
3. 記号	3. 記号		
3.1 記号の説明	3.1 記号の説明	2. 金属キャスクの強度について	記号の記載は同等
本書及び「添付書類 8-1-2 密封容器の応力計算書」(以下「応力計	本書及び応力計算書において、応力評価に関する下記の記号を使用す	2.1 密封容器の強度について	
算書」という。)において、応力評価に関する下記の記号を使用する。	る。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。	使用済燃料貯蔵施設規格(金属キャスク構造規格」	
ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。		SME SFA1-2007) については,以下「構造規格」	
なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合が	なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合があ	という。	
ある。	る。		
		2.1.1 基本仕様について	
4. 設計条件	4. 設計条件	金属キャスクの最高使用温度及び最高使用圧力の算	設計条件の記載は
密封容器及び二次蓋は以下の設計条件に耐えるように設計する。	密封容器及び二次蓋は以下の設計条件に耐えるように設計する。	出方法を以下に示す。	同等
		(1) 最高使用温度	
		最高使用温度については、貯蔵時の熱解析結果から	

モートセントロキー	RFS設工認		山井住田
型式指正甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
4.1 基本仕様	4.1 基本仕様	10℃~20℃単位程度の余裕を持って設定する。設計値	
密封容器及び二次蓋に作用する圧力と最高使用温度を以下に示す。	密封容器及び二次蓋の最高使用圧力及び最高使用温度を第4-1表に示	を第2-1-1表に示す。	
	す。	(2) 最高使用圧力	
	4.2 燃料及び環境条件	最高使用圧力については、密封容器の内外差圧と加	
	燃料及び環境条件として,金属キャスクの収納物(使用済燃料集合体),	圧排水時の圧力との比較で大きい値から余裕を持って	
	姿勢及び周囲温度の条件を第4-2表に示す。	設定する。設計値を第 2-1-2 表に示す。	
4.2 設計事象	4.3 設計事象		
設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内及び試験時にお	設計上考慮する事象として、リサイクル燃料備蓄センター内及び試験		
ける選定事象を以下に示す。	時における選定事象を第 4-3 表に示し,供用状態A及び供用状態Bの様		
	態図を第 4-1 図に示す。		
	使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則(以下「技術基準規則」と		
	いう。) 第 14 条第 2 項では密封容器に対する耐圧試験の規定があるが,		
	試験状態における密封容器の強度評価は「構造規格」MCD-1311.4及びMCD-		
	1318.2 に規定される部位を評価対象とし、一次蓋締付けボルト、カバー		
	プレート締付けボルト、二次蓋及び二次蓋締付けボルトは評価対象外と		
	する。		
4.3荷重の種類とその組合せ	4.4 荷重の種類とその組合せ	2.1.2 荷重の種類とその組合せについて	
密封容器及び二次蓋の設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを	密封容器及び二次蓋の設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを第	構造規格 3-解説 MCD-1, 2 を参考に選定注1)し	
表 4-1 に示す。	4-4 表に示す。	た。「その他の付加荷重」とは、内圧、熱荷重、自	
応力解析に用いる荷重は、応力計算書に記載する。	応力解析に用いる荷重は応力計算書に記載する。	重, 衝撃力を除いた荷重で, 地震による荷重, ボル	
		ト初期締付け力、吊上げ荷重、固縛力を示してい	
5. 計算条件	5. 計算条件	 る。構造規格では、応力の分類として大きく熱荷重	計算条件の記載は
5.1 解析対象とする事象	5.1 解析対象とする事象	 とそれ以外 (内圧, 外荷重, ボルト締付け力等) に分	同等
4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象	4.3 節で示したリサイクル燃料備蓄センター内及び試験時における選	 けている。構造規格は,構造規格 1-解説 MGB-13 の	
のうち、表 5-1 に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定	定事象のうち、 第 5-1 表に示すように荷重条件等を考慮して代表事象	ように構造部位によって各荷重の種類で生じる応	
し、代表事象について解析を実施する。	を選定し、代表事象について解析を実施する。	カの分類が変わる規格となっているため、このよ	
		うな記載としている。	
5.2 解析対象	5.2 解析箇所		
応力解析の対象は、次のとおりである(図 5-1 参照)。	密封容器の応力解析を行う箇所は、次のとおりである。(第5-1 図参照)	2.1.3 代表事象の選定について	
(1) 胴		代表事象と包絡される事象の関係を第 2-1-3	
(2) 底板	(2) 底板	表に示す。	
(3) 一次蓋	(3) 一次蓋	(供用状態Aについて、密封容器に作用する加速)	
(4) 一次 蓋ボルト	(4) 一次 蓋縮付け ボルト	度が大きく、吊上げ時が台車搬送時及び進備作業	
(5) カバープレート	(5) カバープレート	時よりも荷重条件が厳しいため、代表事象とする。	

刑卡化会由注申	RFS設工認		いまが十日
空八拍足甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
(6) カバープレートボルト	(6) カバープレート締付けボルト	供用状態 B について,作用する加速度が大きく,	
(7) 底部中性子遮蔽材カバー	(7) 底部中性子遮蔽材カバー	貯蔵架台への衝突時が搬送中の急停止時よりも荷	
(8) 一次蓋(シール部)	(8) 密封シール部 (一次蓋)	重条件が厳しいため、代表事象とする。	
(9) カバープレート(シール部)			
また、一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ	また、一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ込	2.1.4 金属キャスクに作用する加速度について	
込め機能を有する二次蓋についても、以下の部位について併せて応力	め機能を有する二次蓋についても、以下の部位についてあわせて応力解	受入れ区域天井クレーンにおける巻上定格速度	
解析を行う (図 5-1 参照)。	析を行う。(第5-1図参照)	1.5m/分で吊上げあるいは支持脚,貯蔵架台に衝	
(10) 二次蓋	(9) 二次蓋	突した場合を想定して算出した値から余裕を持っ	
(11) 二次蓋ボルト	(10) 二次蓋締付けボルト	て設定する。第2-1-4表に加速度を示す。	
(12) 二次蓋(シール部)	(11) 密封シール部 (二次蓋)	(1) 吊上げ時	
		負荷係数=衝撃係数×作業係数で求められる。	
5.3 形状及び寸法	5.3 形状及び寸法	クレーン構造規格第十一条のその他のクレーンの	
応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。	応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。	場合より,	
		衝撃係数:Ψ=1+0.6vただし 1.10 未満の場合	
5.4 物性値	5.4 物性值	は 1.10	
応力計算及び疲労解析の必要性検討に使用する材料の物性値を表	温度分布計算,応力計算及び疲労解析の必要性検討に使用する材料の	作業係数:1.08	
5-2 に示す。応力計算に使用する物性値は、「添付書類5 使用済燃料	物性値は以下のとおりである。	・荷重を受ける回数:6.3×10 ⁴ 回未満	
等の除熱に関する説明書」に記載する除熱解析で得られた温度を基に、		回数については,	
その温度依存性を考慮する。なお、常温は 20 ℃とする。	(1) 温度分布計算に使用する物性値を第5-2表及び第5-3表に示す。	 車両から仮置架台への移動 	
		②仮置架台からたて起こし架台への移動	
	なお、熱伝導率はその温度依存性を考慮する。	③たて起こし	
		④たて起こし架台から貯蔵架台への移動	
	(2) 熱応力計算に使用する物性値を第5-4表に示す。	4回×2 (搬出入) ×300 (基) =2.4×10 ³ 回	
		輸送回数が仮に 10 回としても 2.4×10 ⁴ 回とな	
	なお、熱応力計算に使用する物性値はその温度依存性を考慮する。	り 6.3×104回を下回る。	
		・常態として定格荷重の80%以上の荷重の荷を	
	(3) 内圧及び機械的荷重による応力計算に使用する物性値は,温度分布計	吊るクレーン	
	算で得られた温度を	・巻上定格速度 v :1.5m/min=0.025m/s	
		よって,負荷係数=1.188	
	各部ごとに設定し、これに対応した値を用いる。なお、常温は20℃とする。	(2) 支持脚への衝突時	
		加速度は,金属キャスクを剛体とし,金属キャ	
	(4) 物性値を温度補正して使用する場合には、補正方法を応力計算書に示	スクの運動エネルギ及び位置エネルギが支持脚	
	す。	に弾性変形エネルギとして全て吸収されるとす	
		ると、以下のように求められる。	
		垂直方向にキャスクが速度 v で衝突し,支持	

刑令化之力注重	R F S 設工認		RFS設工認		比較計用
型式指定中請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結果		
		脚が変形して運動が停止したときの金属キャス			
		クのエネルギと支持脚の変形エネルギは次式で			
		表される。			
		・ばね定数については支持脚の縦弾性係数から			
		算出。上式について,支持脚の変形量 δ につ			
		いて解くと、以下となる。			
		また, 金属キャスクに作用する加速度は次			
		式で表される。			
		(3) 貯蔵架台への衝突時			
		加速度は、 金属キャスクを剛体とし、 金属キャ			
		スクの運動エネルギ及び位置エネルギが貯蔵架			
		台に弾性変形エネルギとして全て吸収されると			
		すると、(2)と同様に以下の式で求められる。			
		・ばね定数については貯蔵架台のたわみ計算か			
		ら算出			
5.5 許容応力	5.5 許容応力	2.1.5 評価応力の種類及び許容値基準について			
(1) 密封容器	(1) 密封容器	評価応力の種類及び許容値基準については構造			
 密封容器の許容値基準は,金属キャスク構造規格 MCD-1300 及び	密封容器の許容基準は,「構造規格」MCD-1300, MCD-1400及びMCD-1700	規格 3-解説 MCD-5, 6 より設定した。(許容応力値			
MCD-1400 による。	による。許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。	については構造規格別表参照)			
許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。					
(2) 二次蓋	(2) 二次蓋	2.1.6 密封容器の解析モデルについて			
二次蓋は,通常貯蔵時において密封境界を構成する部材ではないが,	二次蓋は,通常貯蔵時において密封境界を構成する部材ではないが,圧力	各モデルの補足説明を次頁以降に示す。			
圧力監視境界としての耐圧機能に加え、一次蓋に加え多重の閉じ込め	監視境界としての耐圧機能に加え、一次蓋に加え多重の閉じ込め機能を有				
機能を有する部材として設けられたものであるので、閉じ込め機能に	する部材として設けられたものであるので、閉じ込め機能にかかわる部位	2.1.7 貯蔵時と吊上げ時の金属キャスクの質量につい			
 係る部位について一次蓋と同様の基準を用いて評価する。したがって,	について一次蓋と同様の基準を用いて評価する。したがって、二次蓋の許容	τ			
	基準は、「構造規格」MCD-1300によるものとする。また、二次蓋の圧力と貫	貯蔵時と吊上げ時の金属キャスクの質量の比較			
とする。	通孔の影響に対する許容基準は、「設計・建設規格」PVD-3310及びPVD-3322	を第2-1-5表に示す。			
	によるものとする。				
 6. 応力解析の手順	 応力解析の手順 		応力解析の手順の		
	応力解析を行う場合の手順について一般的な事項を述べる。		記載は同等		
6.1 解析手順の概要	6.1 解析手順の概要				
密封容器の応力解析フローを図 6-1 に示す。	密封容器の応力解析フローを第6-1図に示す。				
密封容器の応力解析は、想定される内圧、機械的荷重及び熱荷重を基	密封容器の応力解析は,想定される圧力荷重,機械的荷重及び熱荷重を基				
			u		

刑卡伦宁由建事	RFS設工認		に赤汁田
空式指定中請書	申請書添付書類3	補足説明資料	山戦福米
に,密封容器の実形状をモデル化し,解析コードであるABAQUS及 び応力評価式を用いて行う。 ABAQUSとは,有限要素法に基づく応力解析の汎用解析コードで あり,解析対象を形状,材料等の不連続部で小さなメッシュに分割する ことで行う。 なお,二次蓋についても密封容器と同様に評価を行う。	に,密封容器の実形状をモデル化し,解析コードであるABAQUS及び応 カ評価式を用いて行う。 ABAQUSとは,有限要素法に基づく伝熱解析,応力解析の汎用解析コ ードである。 温度分布計算は,領域を小さなメッシュに分割し,各メッシュについての 熱平衡方程式を立て,温度分布を求める方式によっている。 応力計算は,解析しようとする箇所を形状,材料等の不連続部で小さなメ ッシュに分割することによって行う。 なお,二次蓋についても密封容器と同様に評価を行う。		
6.2 荷重条件の選定 荷重条件は4 章に示しているが、各部の計算においては、その部分について 重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について 考慮した荷重は応力計算書に示す。	 6.2 荷重条件の選定 荷重条件は 4. 章に示しているが,各部の計算においては,その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は応力計算書に示す。 6.3 温度分布計算 6.3.1 温度分布計算の方法 計算を行う設計事象は,金属キャスクの姿勢が,たて置きの貯蔵時とする。 (2) 解析モデルは次の方針に従う。 温度分布計算では,軸対称要素による解析モデル(以下「軸方向断面モデル」という。)を用いる。軸方向断面モデルは、密封容器,蓋部中性子遮蔽材カバー,底部中性子遮蔽材カバー,二次蓋及び外筒の形状について対称性を考慮する。密封容器内面に伝わる熟流束の対称性を考慮し、バスケット及び使用済燃料集合体を均質化して燃料有効長の部分を発熱させる。 中性子遮蔽材及び伝熱フィンについては均質体として扱うため、二次元平面要素によるモデルにより密封容器外面と外筒内面の温度を求め伝熱抵抗が等価となるような熱伝導率を与える。 		
	割を行う。 c. 外表面からの放熱は自然対流及びふく射とする。		

피누방가라ㅋㅋ	RFS設工認		山林公田
型八指正甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
 6.3 応力計算と評価 6.3.1 応力計算の方法 広力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の3 つである。 内圧 機械的荷重 機械的荷重は、自重(使用済燃料集合体を含む HDP-69B(B)型(吊上げ時,支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三次蓋を含む。)の貯蔵時の設計質量を用いる。)、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。 熱荷重は、密封容器及び二次蓋に生じる温度変化、温度勾配による荷重であって、「添付書類5 使用済燃料等の除熱に関する説明 	 中雨音称17音類3 d. モデル図及び境界条件を応力計算書に示す。 なお、境界には計算で求めた熱伝達率を考慮する。 (3) 解析コードを用いて、温度分布を計算する。 (4) 境界における熱伝達率、温度分布の計算結果を応力計算書に示す。 6.4 応力計算と評価 6.4 応力計算の方法 (1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の3つである。 a. 内圧 b. 機械的荷重 自重(燃料集合体を含む金属キャスク(二次蓋を含む。)の貯蔵時の設計質量を用いる。),衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。 c. 熱荷重 密封容器及び二次蓋に生じる温度変化、温度勾配による荷重であって、温度分布計算の結果から得られるものをいう。 		
 (2)解析モデルは次の方針に従う。 a.モデル化に当たっては、密封容器、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋の形状の対称性及び荷重の対称性を考慮する。 b.解析モデルは三次元の180°対称モデルとし、固体要素及びはり要素による解析モデルとする。 また、モデル化に当たり対称性を考慮して境界条件を設定する。モデル図及び境界条件を応力計算書に示す。 	 (2)解析モデルは次の方針に従う。 a.モデル化に当たっては、密封容器、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋の形状の対称性及び荷重の対称性を考慮する。 b.解析モデルは三次元1/2モデルとし、固体要素及びはり要素による解析モデルとする。 また、モデル化に当たり対称性を考慮して境界条件を設定する。モデル図及び境界条件を応力計算書に示す。 		
(3)構造及び材料の不連続性を考慮して、応力評価位置をとる。応力 評価位置は、応力計算書に示す。	(3)構造及び材料の不連続性を考慮して,応力評価点(面)をとる。評価 点(面)は,計算書の形状図中に,番号〔例①〕で示す。		

CALLEBRA 単連常部分数3 細田和の教育 地球の本 ((4) 広力解相)、この応力解描の「200-01年費々、 (4) 応力解相)、この応力解描の「200-01年費々、 (4) 応力解相)、この応力解描の「200-01年費々、 (4) 応力解相)、この応力解描の「200-01年費々、 (4) 応力解描 (4) 応力の指示 (4) 応力の活 (4) 応力の応示 (4) 応力の応示 (4) 応力の応 (4) 市 (4) 応力 (4) 市 (4)	刑 さ 地 c p ま ま た 、 R F S 設 工 認			山森社田
(4)総応着他は、この広力準確認についていう。 (4) 応応者他は、この広力推進に、(4) についていう。 (4) 応急増加て、この広力推進環境、変属しついていう。 (4) 応急増加て、この広力推進環境、変属しついていう。 (4) 応急増加て、この広力推進環境、変属しついていう。 (4) 応急増加て、(4) 応急の指数 (5) この広力推進環境、変属しついていう。 (4) 応急が加速したのご知道になったないのにいたいでは、目的にたらな活動に低い、広力の構築に、(5) かの指数に、(5) かの指数に、(5) かの指数に、(5) かの指数に、(5) かの指数に、(5) かの指数に、(5) かの指数に、(5) かのが指数にないたちな活動に低い、広力の構造に、(5) たびに、(5) かの指数に、(5) かのたか) (5) - * * * * * * * * * * * * * * * * * *	空 X 指 正 甲 請 書	申請書添付書類3	補足説明資料	一 比較結朱
 (2) 新設協については、町だく国際の特徴を行いました。 (3) 新設については、町だく国際の特徴を行いました。 (4) 新設協については、町だく国際の特徴を行いました。 (5) 新設協については、町だく国際の特徴を行いました。 (5) 新設協については、町だく国際の特徴を行いました。 (5) 新設協については、町だく国際の特徴を行いました。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にのいてよるを読むにない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にのいてよるを読むにない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にのいてよるを読むにない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にない。 (5) 新設協については、町での弊部をの力の場合にない。 (5) 新設協にない。 (5) 新設協いない。 (5) 新設協いない。 (5) 新設協いない。 (5) 新設協いないない。 (5) 新設協いないない。 (5) 新設協いない。 (5) 新設協いない。 (5) 新設協いないない。<	(4)応力評価は、この応力評価位置について行う。	(4) 応力評価は、この応力評価点(面)について行う。		
 (3) 溶液酸(-へいては、方材と同等の熱性強なの機械的性質を加いた。 				
 6.3.2 取力の評価 5.3.2 取力の認知 5.4.2 取力の認知 5.4.2 取力の認力の強和 5.4.2 取力の認力の強和 5.4.2 取力の認力の強和 5.4.2 取力の認知 5.4.2 取力の認知 5.5.2.2 取加の効用 5.5.2.2 取加の効用		(5) 溶接部については、母材と同等の物性値及び機械的性質を用いる。		
Liのが背景無は、金属キャスク構造数数 %% 1200 による空難には Liのの数はごとの強化、以下の特徴を広力作者に売す。 なお、広力のなどない力作者に売す。 なお、広力のなりをきやう方向にようた。ただし、打ち、 Liの方からか a、: 半を広向の広力 a、: 半を広向の広力 a、: 半な方向の広力 a、: 11月方向の広力 a、: 21月前の広力 b、: 21日方のの広力 b、: 21日方の広方単価 b、: 21日方の広方単価 d) 素が支払の広力発音 b、: 21日方のの広方が b、: 21日方のの広方が b、: 21日方のの広方が b、: 21日方の広方が b、: 21日方の広方が b、: 21日方のの広方が b、: 21日方のの広力 b、: 21日方のの広力が b、: 21日方の方価 b、: 21日方の方価 b、: 21日方のの方価 b、: 21日方ののた戸価 b) : 25日点に成い外型 b) : 25日点に成い外型 f の方したの方価 c、たの知知 f の方したの方面 c、たの知知 f の方したの方価 c、たの知知 f の方したの方面 c、たの知知 f の方したの方面 c、たのの方価 c、たののの合計 f の方したの方面 f の方したの方面 c、たの方面 c、たの方面 f の方したの方面 f の方したの方面 f の方したの方面 f の方したの方面 f の方したの方面 f の方したかうの合う f の方したかうの合う f の方したかうか合 f の方したかうの合う f の方したかうからからから f の方したかうからから f の方したかうからからからからからから f の方したからからからから f の方したかうからからからからからから f の方したかうからからからからからからから f の方したからからからからからからからからからからからからからからからからからからから	6.3.2 応力の評価	6.4.2 応力の評価		
 シ、広力の電気ととな相し、以下の評価を応力計算法に示す。 なお、成力の起告とその力用は其いでとおりである。ただし、計算結 におきからなしたか、絶対値にで必要する。ただし、計算結 におきがしないたか ・・: 半弦方面の広力 ・・: 半弦方の広力 ・・: 半弦方面の広力 ・・: 北方面広力 ・・: 北方面広力 ・・: 北方面広力 ・・: 北方面に力 ・・: 北方面 ・・: 北方面に力 ・・: 北方面 ・・: 北方面 ・・: 北方面 ・・: 北方面に力 ・・: 北方面に力 ・・: 北方面に力 ・・: 北方面 ・・: 北方面 ・・: 北方面 ・・: 北方面 ・・: 北方面 ・・: 小な方方法 ・・: 小な方方法 ・・: 小な方方法 ・・: 小な方方法 ・・: 小な方方法 ・: 小ない方法 ・: 小な方方法 ・: 小な方方法 ・: 小な方方法 ・: 小ない方法 ・: 小ない方法 ・: 小な方方法 ・: 小ない方法 : ・: 小ない方法 : ・: 小ない方法 : ・: 小ない方法 : ・: 小ない方法 : : : : : : : : : : : : : : : : : : :	応力の計算結果は、金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定義に従	応力の計算結果は、「構造規格」MGB-1200 による定義に従い、応力の種類		
なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、計算結果 なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、計算結果 本はごあら力のに成る行うため、建始値にて記録する。 なお、成力の記号とその方向は下記のをおりである。。 a、: 年後方向の広方 a、: 計力局の広力 a、: 非人力の広力 a、: 計成力の広力 a、: 非人が成立方 a、: 計成力の広力 c.: : 市長水市広方 c.: : : : : : : : : : : : : : : : : : :	い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。	ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。		
 果は許求応力たの比較を行うため、絶対はにて記載する。 (): 半様方面の応力 (): 二酸素方面の応力 (): 二酸素方面の応力 (): 二酸素方面の応力 (): 二酸素方面の応力 (): 二酸素方面の応力 (): 二酸素素の高力 (): 二次素面配力 (): 二次素面配力 (): 二次素面配力の差面 (): 二次素面配力の差面 (): 二次素面配力の差面 (): 二次素面配力の差面 (): 二次素面配力の差面 (): 「新祥業層 (ボルトを除く.) の応力評価 (): 「新祥業層 (ボルトを加引して微い以下の良良を評 (): 「新祥業層 (ボルトを加引して微い以下の良良を評 (): 「新祥業層 (ボルトを除く.) の応力評価 (): 「新祥業層 (ボルトを除く.) の応力評価 (): 「新祥業層 (ボルトを除く.) の応力評価 (): 「新祥業層 (ボルトを加引して微い、「「清濃爆船」 (): 100 に従い以下の良良を評 (): 「本報広力の滞価 (): 「本報広力の評価 (): 「王和定力の評価 (): 「王和定力の評価 (): 「王和定力の評価 (): 「王和定力の評価 (): 「王和定力力 (): 「王和定力力 (): 「「「「「「北市広力」「「「「北市広力」」」 (): 「「「「「「「「「「「「「「「「「「「「「「「」」」」 (): 「「「「「「「「「「「「「」」」 (): 「「「「「」」 (): 「「「「」」 (): 「「「」」 (): 「「「」」 (): 「「「」」 (): 「「」」 (): 「「「」」	なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、計算結	なお、応力の記号とその方向は下記のとおりである。		
の::1平均方向の応力 の:0:日周方向の応力 0::1日周方向の広力 0:2:載力所の応力 0::1日周方向の広力 2:載力所の応力 0::1日周方向の広力 2:4<助広力	果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。	σ _r : 半径方向の応力		
0.9: : 門売方向の応力 0.7: 電力向の応力 0.9: : 動方向の応力 こ.4: セン制応力 1.9: : たい局応力 こ.4: セン制応力 1.9: : たい局応力 こ.7: でい局応力 1.9: : たい局応力 こ.7: : せい局応力 1.9: : たい局応力 ア: : せい局応力 1.9: : たい局応力 ア: : せい局応力 1.9: : たい局応力 ア: : : せい局応力 1.9: : : : : : : : : : : : : : : : : : :	σ _r : 半径方向の応力	σ _θ : 円周方向の応力		
0.: : : 地人版広力 1、:: : : : : : : : : : : : : : : : : : :	σ _θ :円周方向の応力	σz : 軸方向の応力		
c.s: せん地応力 1:x: てん地応力 r.s: せん地応力 r.s: せん地応力 r.s: せん地応力 r.s: せん地応力 wispagan404の許容応力を表 6-1 及び表 6-2 に、「次監測比枠の アンドン協力 1) 赤打客屋(広水トを除く。)の広力評価 医見容器用がれの許容応力値を着 6-1 表皮び第 6-2 表に、二次蓋用材 (1) 赤打客屋(広水トを除く。)の広力評価 医見容器の広力評価 変長容器の広力評価は、全属キャスク 傷湿規格 MD-1310 に従い (1) 赤打客屋の広力運動に、「構造規格」 MD-1310 に従い以下の項目を許 (2) 本数の広力運動 - へ広づ落さ (3) 平均な上広力の検討 - 小広づ落さ (4) 平均な上広力の検討 - 小広づ落さ (5) 平均な上広力の - マ大につ応し残さ (6) 平均な上広力の検討 - マ大につ応しが検討 (6) 平均な上広力の - マガセん動応力 (7) アンガロシーン - マガセンレランボン (7) アンガロシーン - マガセン (7) アンガロシーン - マガロシーン (8) 平均なしたが加き - マガロシン (9) 平均なしたがつ - マガロシン (9) 平均なしたがかの計画 - アガロシン (9) 平均なしたがかの評価 - シブロシン (9) アンガロシン - アガロシン - アメニカロシン - アメニ	σ _z : 軸方向の応力	τ rθ : せん断応力		
エ・: : : : : : : : : : : : : : : : : : :	τ r θ : せん断応力	τ _{θZ} : せん断応力		
	$\tau_{\theta z}$: せん断応力	τzr : せん断応力		
 新学家応力を表 6-1 及び表 6-2 に、二次差用材料の 許学家応力を表 6-3 及び表 6-4 に示す。 新学家応力を表 6-3 及び表 6-4 に示す。 (1) 密封客窓 (ゴルトを除く、)の応力評価 密打容器の応力評価に、金属キャスク博達場路 MCD-1310 に従い 以下の項目を評価する。 a. 一次応力強さ b. 一次十二次応力強さ c. 繰返し育重の評価 d. 一次応力強さ b. 一次十二次応力強さ c. 繰返し育重の評価 d. や初か応力の検討 (1) 医対索症の応力評価 (2) 正次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価は、金属キャスク構造場路 MCD-1310 を用いて,以下の項目を (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価は、金属キャスク構造場路 MCD-1310 を用いて,以下の項目を ア協力に行いの 定知いて,以下の項目を (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価 "云の応力が価 正式のの方ので項目を評価する。 (2) 二次志の応力評価 (2) 二次志の応力評価 "三次面の力評価 "三次面の方の 定人前価(1) 「構造現格」MCD-1310 を用いて,以下の項目を) 取りてい可の項目を [2) 二次志の応力評価 [2) 二次本の応力評価 [2] 「次本の応力評価 [2] 二次本の応力評価 [2] 二次本の応力評価 [2] 二次本の応力評価 [2] 二次本の応力評価 [2] 二次本の応力評価 [2] 二次本の応力が計価 [2] 二 [2] 二	τ _{zr} : せん断応力	密封容器用材料の許容応力値を第 6-1 表及び第 6-2 表に,二次蓋用材		
 許容応力を表 6-3 及び表 6-1 に示す。 (1) 密封容器(ボルトを除く。)の応力評価 密封容器の広力評価は、金属キャスク構造規格 WD-1310 に従い 以下の項目を評価する。 a. 一次応力強さ b. 一次十二次広力強さ b. 一次十二次広力強さ b. 一次十二次広力強さ b. 一次十二次応力強(1) b. 一次十二次応力(1) b. 一次(1) b. 平均(1) b. 一次(1) b. 一	密封容器用材料の許容応力を表 6-1 及び表 6-2 に,二次蓋用材料の	料の許容応力値を第6-3表及び第6-4表に示す。		
 (1) 密封容器(ボルトを除く。)の応力評価 密封容器の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 に従い 以下の項目を評価する。 a. 一次応力強さ b. 一次十二次応力強さ b. 一次十二次応力強さ c. 梯返し荷電の評価 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 e. 解返し荷電の評価 d. 特別な応力の検討 (a) 平均せん断広力 (b) 平均支圧応力 (c) 正編応力の評価 (d) 医封容器(ボルトを除く。)の応力評価 (e) 正編応力の経动 (f) 密封容器(ボルトを除く。)の応力評価 (f) 空気の応力評価 (f) 空気の応力 (f) 空気の応力	許容応力を表 6-3 及び表 6-4 に示す。			
 (1) 密封容器 (ボルトを除く。)の応力評価 (1) 密封容器 (ボルトを除く。)の応力評価 密封容器の応力評価は、金属キャスク構造規格 MD-1310 に従い (1) 密封容器 (ボルトを除く。)の応力評価 密封容器の応力評価は、「構造規格 J MD-1310 に従い以下の項目を評価 (1) 密封容器 (ボルトを除く。)の応力評価 密封容器の応力評価は、「構造規格 J MD-1310 に従い以下の項目を評価 (1) 密封容器 (ボルトを除く。)の応力評価 (2) 二次素の応力強さ (2) 二次素の応力評価 (3) 平均支払係 MD-1310 を用いて、 (4) 平均支払係 (5) 平均支払 (5) 平均支払 (6) 平均支払 (7) 密封容器には外圧が作用するので、「構造規格」 MD-1410 に従い外圧に (7) 本方部価を行う。また、密封容器の一次蓋には貫通孔があるので、「構造規格」 MD-1410 に従い外圧に (2) 二次素の応力評価 (2) 二次素の応力評価 (2) 二次素の応力評価 (3) 平均支払 (4) 平均支払 (5) 平均支払 (5) 平均支払 (6) 平均支払 (7) 第二 (8) 第二 (8) 第二 (9) 第二 (9) 第二 (9) 第二 (1) 第二 (1) 第二 (2) 二次素の応力評価 (2) 二次素の応力評価 (3) 第二 (4) 第二 (5) 第二 (5) 第二 (6) 第二 (7) 第二 (7) 第二 (8) 第二 (9) 第				
 密封容器の広力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 に従い 密封容器の広力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 に従い 部方。 -次につ残さ -次に立な方強さ -次、二次な力強さ -次、二次な力強さ ・がなし資重の評価 4特別な広力の検討 (a) 平均せん断応力 (b) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力 (d) 平均支圧応力 (e) 正縮応力 (f) 平均支圧応力の確耐 (f) 平均支圧応力の評価 (f) 平均支圧応力の部価 (f) 平均支圧応力の評価 (f) 平均支圧応力の評価 (f) 平均支圧応力の評価 (f) 平均支圧応力の評価 (f) 平均支圧応力の部価 (f) 平均支圧応力の部価 (f) 平均支圧応力の部価 (f) 平均支圧応力の部価 (f) 平均支圧応力の部価 (f) 平均支圧応力の部 (f) 二次蓋の応力評価 (f) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 (f) 二次益の応力評価 (f) 二次面((f) 二次(f) (f) (f) (f) (f) (f) (f) (f) (f) (f)	(1)密封容器(ボルトを除く。)の応力評価	(1) 密封容器 (ボルトを除く。) の応力評価		
以下の項目を評価する。 a 一次応力強き b 一次十二次応力強き c 繰返し街重の評価 d. 特別な応力の検討 (a) 平均せん断応力 (b) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力 (c) 正確応力 (c) 正確応力 (c) 正確応力 (c) 正確応力 (c) 正確応力 (c) 正確応力の評価 (c) 正確応力ので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に 対するア体でもする。	密封容器の応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-1310 に従い	密封容器の応力評価は,「構造規格」MCD-1310 に従い以下の項目を評		
 a. 一次応力強さ a. 一次応力強さ a. 一次応力強さ b. 一次+二次応力強さ b. 一次+二次応力強さ b. 一次+二次応力強さ b. 一次+二次応力強さ c. 繰返し荷重の評価 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 d. 特別な応力の検討 e. 弾気せん断応力の評価 (a) 平均支圧応力 (b) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮に力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力の評価 (c) 上級立の応力評価 (c) 二次蓋の応力評価 (c) 二次蓋の応力評価 (c) 二次蓋の応力評価 (c) 二次蓋の応力評価 (c) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310 を用いて、以下の項目を 	以下の項目を評価する。	価する。		
b. 一次十二次応力強さ b. 一次十二次応力強さ c. 繰返し荷車の評価 c. 繰返し荷車の評価 d. 特別な応力の検討 c. 繰返し荷車の評価 (a) 平均せん断応力 (b) 平均支圧応力の除計 (b) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力の (c) 圧縮応力 (b) 平均支圧が力の評価 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力の (d) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力のご (d) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力の評価 (e) 上強応力 (c) 圧縮応力の評価 (f) ア均支圧応力 (c) 圧縮応力の評価 (c) 上強症の方部価 (c) 上強症のので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に対する評価を行う。また、密封容器の一次蓋には貫通孔があるので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に対する評価を行う。 (f) 二次蓋の応力評価 (c) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、 (c) 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310 を用いて、以下の項目を評価する。	a. 一次応力強さ	a. 一次応力強さ		
 c. 繰返し荷重の評価 c. 繰返し荷重の評価 c. 繰返し荷重の評価 d. 特別な応力の検討	b. 一次+二次応力強さ	b. 一次十二次応力強さ		
a. 特別な応力の検討 a. 特別な応力の検討 (a) 平均せん断応力 (a) 平均せん断応力の評価 (b) 平均支圧応力 (b) 平均支圧応力の評価 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力の評価 ※封容器には外圧が作用するので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に 対する評価を行う。また、密封容器の一次蓋には貫通孔があるので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に (2) 二次蓋の応力評価 (2) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、 以下の項目を評価する。 (2) 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310を用いて、以下の項目を 評価する。	c. 繰返し荷重の評価	c. 繰返し荷重の評価		
 (a) 平均せん断応力 (b) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力ので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に (d) 二次蓋の応力評価 (e) 二次蓋の応力評価 (f) 二(f) 二(f) を用いて、以下の項目を (f) 二(f) 二(f) に (f) 二(f) 二(f) た (f) 二(f) 二(f) を用いて、以下の項目を (f) 二(f) 二(f) 二(f) を用いて、(f) 二(f) (f) 二(f) (f) 二(f) (f) (f) (f) (f) (f) (f) (f) (f) (f)	d. 特別な応力の検討	d. 特別な応力の検討		
 (b) 平均支圧応力 (c) 圧縮応力 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力の評価 密封容器には外圧が作用するので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に 対する評価を行う。また、密封容器の一次蓋には貫通孔があるので、「構 造規格」MCD-1700 に従い穴の補強の評価を行う。 (2) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、 (2) 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310を用いて、以下の項目を 評価する。 	(a) 半均せん断応力	(a) 平均せん断応力の評価		
 (c) 圧縮応力の評価 (c) 圧縮応力の評価 密封容器には外圧が作用するので,「構造規格」MCD-1410に従い外圧に 対する評価を行う。また,密封容器の一次蓋には貫通孔があるので,「構 造規格」MCD-1700に従い穴の補強の評価を行う。 (2) 二次蓋の応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-1310を用いて,以下の項目を 評価する。 (2) 二次蓋の応力評価は,「構造規格」MCD-1310を用いて,以下の項目を 評価する。 	(b) 半均支圧応力	(b) 平均支圧応力の評価		
密封容器には外圧が作用するので、「構造規格」MCD-1410 に従い外圧に 対する評価を行う。また、密封容器の一次蓋には貫通孔があるので、「構 造規格」MCD-1700 に従い穴の補強の評価を行う。 (2) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、 以下の項目を評価する。 (2) 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310 を用いて、以下の項目を 評価する。	(c)上縮応力			
対する評価を行う。また、密封容器の一次蓋には負連扎があるので、「構造規格」MCD-1700に従い穴の補強の評価を行う。 (2) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、 以下の項目を評価する。 (2) 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310を用いて、 ご次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310を用いて、 ご次蓋の応力評価する。		密封容器には外圧が作用するので、「構造規格」MCD-1410に従い外圧に		
道規格」MCD-1700 に従い穴の補強の評価を行う。 (2) 二次蓋の応力評価 二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、 以下の項目を評価する。 (2) 二次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310 を用いて、 正次蓋の応力評価は、「構造規格」MCD-1310 を用いて、 第価する。		対する評価を行う。また、密封容器の一次蓋には員連扎かあるので、「構 とたいた。 More 1500 についたので、「構		
(2) 二次蓋の応力評価(2) 二次蓋の応力評価二次蓋の応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて,二次蓋の応力評価は,「構造規格」MCD-1310 を用いて,以下の項目を 評価する。		垣規格」MCD−1700 に使い八の補強の評価を行う。		
二次蓋の応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて, 以下の項目を評価する。 二次蓋の応力評価は,「構造規格」MCD-1310 を用いて,以下の項目を	(2) 二次蓋の応力評価	(2) 二次蓋の応力評価		
以下の項目を評価する。 評価する。 評価する。	二次蓋の応力評価は, 金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて,	二次蓋の応力評価は,「構造規格」MCD-1310 を用いて,以下の項目を		
	以下の項目を評価する。	評価する。		

刑士长宁中祥寺	RFS設工認		山林生田
空风拍 足中 萌音	申請書添付書類3	補足説明資料	- 比較結未
a. 一次応力強さ	a. 一次応力強さ		
b. 一次+二次応力強さ	b. 一次+二次応力強さ		
c. 繰返し荷重の評価	c. 繰返し荷重の評価		
d. 特別な応力の検討	d. 特別な応力の検討		
(a) 平均せん断応力	(a) 平均せん断応力の評価		
(b) 平均支圧応力	(b) 平均支圧応力の評価		
	また,二次蓋の圧力と貫通孔に対する影響について,「設計・建設規格」		
	PVD-3310 及び PVD-3322 に従い,必要板厚の評価を行う。		
(3) ボルトの応力評価	(3) ボルトの応力評価		
一次蓋ボルト及びカバープレートボルトの応力評価は、金属キャ	一次蓋締付けボルト及びカバープレート締付けボルトの応力評価		
スク構造規格 MCD-1320 に従い評価する。	は,「構造規格」MCD-1320 に従い評価する。		
二次蓋ボルトの応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-1320 を	二次蓋締付けボルトの応力評価は,「構造規格」MCD-1320 を用いて評		
用いて評価する。	価する。		
6.3.3 数値の丸め方	6.4.3 数値の丸め方		
数値は原則として安全側に丸めて使用する。	数値は原則として安全側に丸めて使用する。		
また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準	また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を		
等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。	内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。		
表示する数値の丸め方を表 6-5 に示す。	表示する数値の丸め方を第6-5表に示す。		
7. 引用文献	7. 引用文献		
文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。	文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。		
(1)(社)日本機械学会,「機械工学便覧 新版」,丸善株式会社(1987)	(1) 日本機械学会, 伝熱工学資料 改訂第4版, 丸善株式会社, 1986年		
(2)西田正孝,「応力集中 増補版」,森北出版(株)(1973)	(2) N. Kumagai, M.Kamoshida, K.Fujimura et al., Optimization of		
	fabrication condition of metal cask neutron shielding part which		
	applied simulation of curing behavior of epoxy resin, 15th		
	International Symposium on the Packaging and Transportation of		
	Radioactive Materials (PATRAM2007), Miami, Florida, USA, October		
	21-26, 2007		
	(3) 日本機械学会, 伝熱工学資料 改訂第3版, 丸善株式会社, 1975年		
	(4) Jakob, M., Heat Transfer, Volume I, John Wiley & Sons, Inc., New		
	York, 1962		
	(5) 西田正孝, 応力集中 増補版, 森北出版, 1973 年		

刑卡伦宁由注书	RFS設工認		いお対田
空风相足甲請音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
添付書類 8-1-2 密封容器の応力計算書	添付 10-2-2-1 密封容器の応力計算書(BWR用大型キャスク(タイプ2		
	A))		
1. 概要	1. 概要		概要の記載は同等
本書は,HDP-69B(B)型の密封容器及び二次蓋に関する応力計算書であ	本計算書は、密封容器及び二次蓋に関する応力計算書である。		
る。	なお,金属キャスクは一次蓋と二次蓋で多重の閉じ込め構造を形成し,二		
なお,HDP-69B(B)型は一次蓋と二次蓋で多重の閉じ込め構造を形成し,	次蓋には一次蓋と同等の閉じ込め性能を要求するため、二次蓋は一次蓋と		
二次蓋には一次蓋と同等の閉じ込め性能を要求するため、二次蓋は一次	同様の応力評価を行う。		
蓋と同様の応力評価を行う。			
1.1 形状・寸法・材料	1.1 形状・寸法・材料		
本書で評価する密封容器の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。また,	本計算書で解析する密封容器の形状・寸法・材料を第1-1図に示す。ま		
二次蓋の形状・寸法・材料を図 1-2 に示す。	た、二次蓋の形状・寸法・材料を第1-2図に示す。		
1.2 計算結果	1.2 計算結果の概要		
計算結果を表 3-1 から表 3-5 に示す。なお,応力評価位置については,	計算結果の概要を第1-1表に示す。		
評価上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本書に記載してい	なお,応力評価点については,解析上最も厳しい部位を選定し,代表評価		
る。	点(面)として本計算書に記載している。		
表中の「-」は、評価すべき応力が発生しない、又は評価上厳しくな	表中の「-」は,評価すべき応力が発生しない,又は評価上厳しくないた		
いため評価を省略	め評価を省略している。以下、本計算書において同様である。		
している。			
	2. 温度分布計算		
	2.1 計算方法		
	温度分布計算は、解析コードABAQUSにより行う。軸対称固体(連続		
	体)要素による解析モデルを第2-1図に示す。		
	温度分布計算に使用する外表面の熱伝達率の計算条件と計算結果を第2		
	-1表に示す。		
	2.2 温度分布図		
	2.1節の計算により得られた温度分布を第2-2図に示す。		
9 内土社省	9 内山县省		亡士計算の封掛け
2. 心刀可异 9.1 亡力認屈は異	3. 心/Jil 异 9.1 亡力評価占		心刀司 昇り 記戦は
	3.1 心刀計Ш品 家井宏思及び二次美の広力証価占(売)た第9 1 図にデナ		l l l l l l l l l l l l l l l l l l l
□ ゴ 台 確 及 い 二 八 益 り / 心 力 計 凹 江 直 を 凶 2 - 1 に 小 9 。			
2.2 設計時	3.2 設計時		

刑予化合力注重	RFS設工認		NTK安中誌書 RFS設工認		山本社田
空 八	申請書添付書類 3	補足説明資料			
2.2.1 荷重条件	3.2.1 荷重条件				
設計時における荷重は次に示す組合せとする。	設計時における荷重は次に示す組合せとする。				
・最高使用圧力(1.0 MPa)	最高使用圧力+ボルト初期締付け力+貯蔵架台への衝突時荷重				
・ボルト初期締付け力	(自重を含む。)				
・貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。)					
2.2.2 応力計算	3.2.2 計算方法				
(1)一次蓋,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋	(1) 一次蓋, 胴, 底板, 底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋				
応力計算は、解析コードABAQUSにより行う。三次元固体	応力計算は、解析コードABAQUSにより行う。三次元固体(連				
(連続体) 要素及び三次元はり要素による解析モデルを図2-2 に	続体)要素及び三次元はり要素による解析モデルを第3-2図に示す。				
示す。	(2) 一次蓋締付けボルト,カバープレート,カバープレート締付けボ				
(2)一次蓋ボルト,カバープレート,カバープレートボルト及び二	ルト及び二次蓋締付けボルト				
次蓋ボルト	一次蓋締付けボルト,カバープレート,カバープレート締付けボル				
一次蓋ボルト,カバープレート,カバープレートボルト及び二	ト及び二次蓋締付けボルトの応力計算は以下に示すとおりである。				
次蓋ボルトの応力計算は以下に示すとおりである。	a. 一次蓋締付けボルト及び二次蓋締付けボルト				
a. 一次蓋ボルト及び二次蓋ボルト	最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付け時のボ				
最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付け時の	ルト荷重による平均引張応力 (σ _{n1})は次式で計算する。				
ボルト荷重による平均引張応力 (σ n 1) は次式で計算する。					
	b. カバープレート				
b. カバープレート	内圧により発生する一次膜+一次曲げ応力 (σ_r , σ_{θ} , σ_z) は,				
内圧により発生する一次膜+一次曲げ応力(σ_r , $\sigma_ heta$, σ	次式で計算する。最大応力が発生するのは第3-1図⑰である。				
z)は、カバープレートを周辺支持の円板にモデル化し、次式					
(1)で計算する。カバープレートの最大応力は図2-1⑪に発生す	c. カバープレート締付けボルト				
る。また,カバープレート(シール部)に発生する応力はカバ	最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付け時のボ				
ープレートの最大応力より小さいが、カバープレートに発生す	ルト荷重による平均引張応力 (σ_{n1}) は(3.1)式により同様に計算				
る応力と同じ値とする。	する。				
2.2.3 計算結果	3.2.3 計算結果				
応力計算結果を表3-1に示す。なお,表3-1には各評価位置のそ	応力計算結果を第 3-1 表に示す。なお,第 3-1 表には各評価点				
れぞれにおいて計算値が最大となる解析ケースでの値を示してい	(面)のそれぞれにおいて計算値が最大となる解析ケースでの値を				
る。	示している。				
2.3 貯蔵時	3.3 貯蔵時				
2.3.1 荷重条件	3.3.1 荷重条件				
貯蔵時における荷重は次に示す組合せとする。	貯蔵時における荷重は次に示す組合せとする。				

刑士也会由建書	RFS設工認		いお対田
空风拍足甲請音	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
・密封容器内圧力(-0.101325 MPa)	密封容器内圧力(-0.101325 MPa)+蓋間圧力(0.4 MPa)+蓋部レ		
・蓋間圧力(0.4 MPa)	ジン充填部圧力 (MPa) +側部レジン充填部圧力 MPa) +		
・蓋部中性子遮蔽材部圧力(__ MPa)	底部レジン充填部圧力 🌘 MPa)+ボルト初期締付け力+自重+熱		
・側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)	荷重		
・底部中性子遮蔽材部圧力(̄MPa)			
 ・ボルト初期締付け力 			
・自重			
 トラニオン固定ボルトによる押付け力 			
・熱荷重			
2.3.2 応力計算	3.3.2 計算方法		
(1) 一次+二次応力	(1) 一次+二次応力		
a. 一次蓋, 一次蓋ボルト, 胴, 底板, 底部中性子遮蔽材カバ	a. 一次蓋, 一次蓋締付けボルト, 胴, 底板, 底部中性子遮蔽材カバ		
一,二次蓋及び二次蓋ボルト	一,二次蓋及び二次蓋締付けボルト		
応力計算方法は,2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-3	応力計算方法は,3.2.2(1)と同様である。解析モデルを第3-3図		
に示す。	に示す。		
b. カバープレート及びカバープレートボルト	b. カバープレート及びカバープレート締付けボルト		
カバープレート及びカバープレートボルトについては, 2.2 節	カバープレート及びカバープレート締付けボルトについては,		
の設計時より圧力が低いことより本項以降,試験時まで評価を省	3.2 節の設計時より圧力が低いことより本項以降,試験時まで評価		
略する。	を省略する。		
(2) 平均支圧応力	(2) 平均支圧応力		
バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力	バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力(σ		
(σ _p)は次式で計算する。	p)は次式で計算する。		
(3) 圧縮応力	(3) 圧縮応力		
胴に生じる圧縮応力(σ。)は2.2.2(1)の計算方法と同様であ	胴に生じる圧縮応力(σ。)は3.2.2(1)の計算方法と同様である。		
る。			
2.3.3 計算結果	3.3.3 計算結果		
応力計算結果を表3-2に示す。	応力計算結果を第3-2表に示す。		
2.4 吊上げ時	3.4 吊上げ時		
2.4.1 荷重条件	3.4.1 荷重条件		
吊上げ時における荷重は次に示す組合せとする。	吊上げ時における荷重は次に示す組合せとする。		
・密封容器内圧力(-0.101325 MPa)	密封容器内圧力(-0.101325 MPa)+蓋間圧力(0.4 MPa)+蓋部レ		
・蓋間圧力 (0.4 MPa)	ジン充填部圧力MPa)+側部レジン充填部圧力MPa)+		

刑个化合力注重	RFS設工認		いお社田
空 八	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
 ・ 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa) ・ 側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa) ・ 底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa) ・ ボルト初期締付け力 ・ 吊上げ荷重(自重を含む。) ・ 熱荷重 	底部レジン充填部圧力 MPa) +ボルト初期締付け力+吊上げ荷 重(自重を含む。)+熱荷重		
 2.4.2 応力計算 一次キニ次応力 一次差,一次差ボルト,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー, 二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は,2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-4 に示す。 (2) 平均支圧応力 バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力(σ_p)の計算方法は,2.3.2(2)と同様である。ただし,G₂= 1.3Gとする。 計算条件及び計算結果を表2-5 に示す。 (3) 圧縮応力 胴に生じる圧縮応力(σ_c)の計算方法は2.2.2(1)と同様である。 	 3.4.2 計算方法 一次十二次応力 一次蓋,一次蓋締付けボルト,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー,二次蓋及び二次蓋締付けボルトの応力計算方法は、3.2.2(1)と同様である。解析モデルを第3-4図に示す。 平均支圧応力 底板とバスケット底面との接触部に発生する平均支圧応力(σ_p) は、3.3.2(2)と同様である。ただし、G₂=1.3 Gとする。 (3) 圧縮応力 胴に生じる圧縮応力(σ c)は3.2.2(1)の計算方法と同様である。 		
 2.4.3 計算結果 応力計算結果を表3-2に示す。 	3.4.3 計算結果 応力計算結果を第3-2表に示す。		
 2.5 支持脚への衝突時 2.5.1 荷重条件 支持脚への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。 密封容器内圧力(-0.101325 MPa) 蓋間圧力(0.4 MPa) 蓋部中性子遮蔽材部圧力(MPa) 側部中性子遮蔽材部圧力(MPa) 底部中性子遮蔽材部圧力(MPa) 、ボルト初期締付け力 支持脚への衝突時荷重(自重を含む。) 熱荷重 	 3.5 支持脚への衝突時 3.5.1 荷重条件 支持脚への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。 密封容器内圧力 (-0.101325 MPa) +蓋間圧力 (0.4 MPa) +蓋部レジン充填部圧力 (-0.101325 MPa) + 他部レジン充填部圧力 (MPa) + 他部レジン充填部圧力 (MPa) + ボルト初期締付け力+支持脚への衝突時荷重(自重を含む。)+熱荷重 		

刑步在今日祥尹	RFS設工認		とまな田
空八 相 上 甲 胡 昔	申請書添付書類3	補足説明資料	比牧祏未
 2.5.2 応力計算 一次十二次応力 一次蓋,一次蓋ボルト,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー,二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は,2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-5 に示す。 平均支圧応力 バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p)の計算方法は,2.3.2(2)と同様である。ここで,G₂= 2.5Gとする。 計算条件及び計算結果を表2-6 に示す。 (3) 圧縮応力 胴に生じる圧縮応力(σ_c)の計算方法は2.2.2(1)と同様である。 	 3.5.2 計算方法 一次十二次応力 一次蓋,一次蓋締付けボルト,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー,二次蓋及び二次蓋締付けボルトの応力計算方法は、3.2.2(1)と同様である。解析モデルを第3-5図に示す。 平均支圧応力 底板とバスケット底面との接触部に発生する平均支圧応力(σ_p) は、3.3.2(2)と同様である。ここで、G2=2.5 Gとする。 (3) 圧縮応力 胴に生じる圧縮応力(σc)は3.2.2(1)の計算方法と同様である。 		
2.5.3 計算結果 応力計算結果を表3-2に示す。	3.5.3 計算結果 応力計算結果を第3-2表に示す。		
 2.6 貯蔵架台への衝突時 2.6.1 荷重条件 貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。 ・密封容器内圧力(-0.101325 MPa) ・蓋間圧力(0.4 MPa) ・蓋部中性子遮蔽材部圧力(MPa) ・ 傾部中性子遮蔽材部圧力(MPa) ・底部中性子遮蔽材部圧力(MPa) ・成部中性子遮蔽材部圧力(MPa) ・ボルト初期締付け力 ・貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。) ・熱荷重 	 3.6 貯蔵架台への衝突時 3.6.1 荷重条件 貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。 密封容器内圧力 (-0. 101325 MPa) +蓋間圧力 (0.4 MPa) +蓋部 レジン充填部圧力 (MPa) + 側部レジン充填部圧力 (MPa) +底部レジン充填部圧力 (MPa) +ボルト初期締付け力+貯蔵架 台への衝突時荷重(自重を含む。)+熱荷重 		
 2.6.2 応力計算 (1) 一次+二次応力 一次蓋,一次蓋ボルト,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー,二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は,2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-6 に示す。 	 3.6.2 計算方法 (1) 一次+二次応力 一次蓋,一次蓋締付けボルト,胴,底板,底部中性子遮蔽材カバー,二次蓋及び二次蓋締付けボルトの応力計算方法は、3.2.2(1)と同様である。解析モデルを第3-6図に示す。 		

型步在心日常世	RFS設工認		比盐结甲
空八佰足甲請青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比较而不
(2) 平均支圧応力	(2) 平均支圧応力		
バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力	底板とバスケット底面との接触部に発生する平均支圧応力(σp)		
(σ _p)の計算方法は,2.3.2(2)と同様である。ここで,G ₂ =5	は, 3.3.2(2)と同様である。ここで, G2=5 Gとする。		
Gとする。	(3) 圧縮応力		
計算条件及び計算結果を表2-7 に示す。	胴に生じる圧縮応力(σ c)は3.2.2(1)の計算方法と同様である。		
(3) 圧縮応力			
胴に生じる圧縮応力(σ。)の計算方法は2.2.2(1)と同様であ			
る。			
2.6.3 計算結果	3.6.3 計算結果		
応力計算結果を表3-2に示す。	応力計算結果を第3-2表に示す。		
2.7 貯蔵時(S _d *地震力が作用する場合)			
2.7.1 荷重条件			
貯蔵時においてSd*地震力が作用する場合の荷重は次に示す			
組合せとする。			
・密封容器内圧力(-0.101325 MPa)			
・ 蓋間圧力(0.4 MPa)			
・ 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)			
・側部中性子遮蔽材部圧力(MPa)			
・底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)			
・ボルト初期締付け力			
・自重			
・地震力			
・熱荷重			
2.7.2 応力計算			
(1) 一次応力			
一次蓋、一次蓋ボルト、胴、底板、底部中性子遮蔽材カバー、			
二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は、2.2.2(1)と同様であ			
る。			
解析モデルを図2-7 に示す。			
水平方向加速度(G_1)及び鉛直方向加速度(G_2)として次			
の値を用いる。鉛直方向加速度については、プラスの方向とマイ			
ナスの方向を自重の加速度と組み合わせて考慮する。			

刑令论令百姓争	RFS設工認		いたが日
空八佰足甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
 (2) 一次+二次応力 a. シール部を除く、一次蓋、胴、底板、底部中性子遮蔽材カバ 一及び二次蓋 応力計算の方法は、(1)と同様である。ただし、荷重条件は地 震力のみとして計算を行い、振幅を考慮して応力強さの最大値 を2 倍して求める。 b. シール部、一次蓋ボルト及び二次蓋ボルト 応力計算の方法は、(1)と同様である。ただし、荷重条件とし て熱荷重を含める。 (3) 平均支圧応力 バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p)の計算方法は、2.3.2(2)と同様である。 			
 2.7.3 計算結果 応力計算結果を表3-3に示す。 			
 2.8 貯蔵時(S_s地震力が作用する場合) 2.8.1 荷重条件 貯蔵時においてS_s地震力が作用する場合の荷重条件は,S_s地 震力とS_d*地震力を同じとしているため2.7.1項と同様である。 2.8.2 応力計算 計算方法及び計算結果は2.7.2項と同様である。 2.8.3 計算結果 応力計算結果を表3-4に示す。 			
 2.9 試験時 2.9.1 荷重条件 試験時における荷重条件は次に示す組合せとする。 ・ 密封容器内圧力(最高使用圧力の1.25倍の圧力) ・ ボルト初期締付け力 	 3.7 試験時 3.7.1 荷重条件 試験時における荷重条件は次に示す組合せとする。 密封容器内圧力(最高使用圧力の1.25倍の圧力)+ボルト初期締 付け力+自重 		

刑子化力力共争	RFS設工認	
空式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説
・自重		
 2.9.2 応力計算 一次蓋, 胴, 底板及び底部中性子遮蔽材カバー 一次蓋, 胴, 底板及び底部中性子遮蔽材カバーの応力計算方法 は、2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-8 に示す。 カバープレート カバープレートの応力計算方法は2.2.2(2)b.と同様である。た だし、P=1.25 MPaとする。 計算条件及び計算結果を表2-9 に示す。 	 3.7.2 計算方法 一次蓋, 胴, 底板及び底部中性子遮蔽材カバー 一次蓋, 胴, 底板及び底部中性子遮蔽材カバーの応力計算方法は, 3.2.2(1)と同様である。解析モデルを第3-7図に示す。 カバープレート カバープレートの応力計算は3.2.2(2)b.と同様である。ただし, P=1.25 MPaとする。 	
2.9.3 計算結果	3.7.3 計算結果	
応力計算結果を表3-5に示す。	応力計算結果を第3-3表に示す。	
 応力評価 1 密封容器(ボルトを除く。)及び二次蓋の応力評価 各供用状態における応力計算結果と許容応力を表3-1から表3-5に示 す。 表3-1から表3-5に示すように、各供用状態の一次一般膜応力強さ (P_m),一次局部膜応力強さ(P_L),一次膜+一次曲げ応力強さ (P_L+P_b)及び一次応力と二次応力を加えて求めた応力強さ(P_L +P_b+Q)は、金属キャスク構造規格MCD-1311,MCD-1312及びMCD- 1318における各規定を満足する。 	 4. 応力評価 4.1 密封容器(ボルトを除く。)及び二次蓋の応力評価 第 3-1 表から第 3-3 表に示すように、各供用状態の一次一般膜応力 強さ(Pm)、一次局部膜応力強さ(PL)、一次膜+一次曲げ応力強さ(P L+Pb)及び一次応力と二次応力を加えて求めた応力強さ(PL+Pb+Q)は、「構造規格」MCD-1311、MCD-1312及び MCD-1318の各規定を満足 する。 	
3.2 ボルトの応力評価 表3-1から表3-4に示すように、各供用状態における平均引張応力及 び平均引張応力+曲げ応力は、金属キャスク構造規格MCD-1321におけ る規定を満足する。	 4.2 ボルトの応力評価 第 3-1 表から第 3-2 表に示すように、各供用状態における平均引張 応力及び平均引張応力+曲げ応力は、「構造規格」MCD-1321の規定を満足する。 	
 3.3 特別な応力の評価 平均せん断応力 各供用状態において純せん断荷重を受ける箇所がないため,評価を省略する。 平均支圧応力 表3-2 から表3-4 に示すように,各供用状態の平均支圧応力(σ 	 4.3 特別な応力の評価 平均せん断応力 各供用状態において純せん断荷重を受ける箇所がないため,評価を 省略する。 平均支圧応力 第3-2表に示すように,各供用状態の平均支圧応力(σ_p)は,「構 	

応 力 評 価 の 記 載 は 同 等	明資料	比較結果
		応力評価の記載は同等

피누산	刑 さ 比 字 中 誌 書 R F S 設 工 認		山林社田
型八佰疋甲萌書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
p)は,金属キャスク構造規格MCD-1316 における規定を満足す	造規格」MCD-1316の規定を満足する。		
る。	(3) 圧縮応力		
(3) 圧縮応力	第3-2表に示すように、各供用状態の圧縮応力(σ。)は、「構造規		
表3-2 に示すように,各供用状態の圧縮応力(σ。)は,金属キ	格」MCD-1317の規定を満足する。		
ャスク構造規格MCD-1317 における規定を満足する。			
	4. 応力評価		
	4.1 密封容器(ボルトを除く。)及び二次蓋の応力評価		
	第 3-1 表から第 3-3 表に示すように,各供用状態の一次一般膜応力		
	強さ(P _m),一次局部膜応力強さ(P _L),一次膜+一次曲げ応力強さ(P		
	$_{L}$ + P _b)及び一次応力と二次応力を加えて求めた応力強さ (P _L + P _b +		
	Q)は,「構造規格」MCD-1311, MCD-1312 及び MCD-1318 の各規定を満足		
	する。		
	4.2 ボルトの応力評価		
	第 3-1 表から第 3-2 表に示すように,各供用状態における平均引張		
	応力及び平均引張応力+曲げ応力は,「構造規格」MCD-1321の規定を満足		
	する。		
	4.3 特別な応力の評価		
	(1) 平均せん断応力		
	各供用状態において純せん断荷重を受ける箇所がないため,評価を		
	省略する。		
	(2) 平均支圧応力		
	第3-2表に示すように,各供用状態の平均支圧応力(σ _p)は,「構		
	造規格」MCD-1316の規定を満足する。		
	(3) 圧縮応力		
	第3-2表に示すように、各供用状態の圧縮応力(σ。)は、「構造規		
	格」MCD-1317の規定を満足する。		
4. 繰返し荷重の評価	 5. 繰返し荷重の評価 		繰返し荷重の評価
4.1 密封容器(ボルトを除く。)及び二次蓋の評価	5.1 密封容器(ボルトを除く。)及び二次蓋の評価		の記載は同等
金属キャスク構造規格MCD-1332により、疲労解析が不要となる条件	「構造規格」MCD-1332 により、疲労解析が不要となる条件を満足する		· · · · · ·
を満足する評価の詳細を以下の(1)から(6)に示し、 表4-1にその評価	評価の詳細を以下の(1)から(6)に示し,第5-1表にその評価結果のまと		
結果のまとめを示す。なお、燃料装荷及び取出しサイクルは通常1回	めを示す。なお、燃料装荷・取出しサイクルは通常1回であるが、本評価		
であるが、本評価においては10回に想定しても、その条件を満足する	においては10回に想定しても条件を満足することを示す。		
	1		

刑令论立中共争	RFS設工認		いたゲー田
空 八 指 正 甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	
ことを示す。	(1) 「構造規格」MCD-1332(1) (大気圧-使用圧力-大気圧の変動)		
(1) 金属キャスク構造規格MCD-1332(1)(大気圧-使用圧力-大気圧	(2) 「構造規格」MCD-1332(2) (燃料装荷・取出し及び耐圧試験等を除く		
の変動)	供用状態A及びBにおける圧力変動)		
(2) 金属キャスク構造規格MCD-1332(2) (燃料装荷時及び燃料取出し	(3) 「構造規格」MCD-1332(3) (燃料装荷・取出し時の温度差)		
時並びに耐圧試験時を除く供用状態A及びBにおける圧力変動)	(4) 「構造規格」MCD-1332(4)(燃料装荷・取出し時を除く供用状態A及		
(3) 金属キャスク構造規格MCD-1332(3) (燃料装荷時及び燃料取出し	びBの温度差変動)		
時の温度差)	(5) 「構造規格」MCD-1332(5) (異なる材料によりなる部分の温度変動)		
(4) 金属キャスク構造規格MCD-1332(4) (燃料装荷時及び燃料取出し	(6) 「構造規格」MCD-1332(6) (機械的荷重の変動)		
時を除く供用状態A及びBの温度差変動)	(7) 検討結果		
(5)金属キャスク構造規格MCD-1332(5)(異なる材料で作られた部分	以上の(1)から(6)より,「構造規格」MCD-1332の規定に全て適合して		
の温度変動)	いるので、疲労解析を必要としない。		
(6)金属キャスク構造規格MCD-1332(6)(機械的荷重により生じる応			
力の全振幅)			
(7) 検討結果			
以上の(1)から(6)の評価結果のまとめを表4-1 に示す。表4-1 に			
示すとおり, 金属キャスク構造規格MCD-1332 の規定にすべて適合			
しているので、疲労解析を必要としない。			
4.2 ボルトの評価	5.2 ボルトの評価		
金属キャスク構造規格MCD-1322に従って疲労解析を行う。なお、本項	「構造規格」MCD-1322 の規定に従って疲労解析を行う。なお、本項に		
においても燃料装荷及び取出しサイクルの回数を10回に想定しても規定	おいても燃料装荷・取出しサイクルの回数を 10 回に想定しても規定を満		
を満足することを示す。	足することを示す。		
4.2.1 金属キャスク構造規格MCD-1322 及び金属キャスク構造規格別	5.2.1 「構造規格」MCD-1322 及び「構造規格」別図 8-4 に対する検討		
図8-4 に対する検討	(1) 一次蓋締付けボルト,カバープレート締付けボルト及び二次蓋締		
(1) 一次蓋ボルト,カバープレートボルト及び二次蓋ボルトの最小	付けボルトの最小引張		
引張強さは1000MPa であり,金属キャスク構造規格MCD-1322 に	強さは1000 MPaであり,「構造規格」MCD-1322 に従い,設計疲労		
従い,設計疲労曲線として金属キャスク構造規格別図8-4 を使用	曲線として「構造規格」別図 8-4 を使用する。		
する。	(2) 一次蓋締付けボルト,カバープレート締付けボルト及び二次蓋締		
(2) 一次蓋ボルト,カバープレートボルト及び二次蓋ボルトの平均	付けボルトの平均引張応力+曲げ応力は, 358 MPa, 142 MPa 及び 277		
引張応力+曲げ応力は, 358 MPa, 142 MPa 及び277 MPa であ	MPa であり、この値は 2.7 Sm以下であるため、設計疲労曲線として		
り,この値は2.75m以下であるため,設計疲労曲線として金属	「構造規格」別図 8-4 の"曲線 1"を使用する。		
キャスク構造規格別図8-4 の"曲線1"を使用する。	(3) ねじは三角ねじであり、ねじ底部の半径は一次蓋締付けボルトが		
(3) ねじは三角ねじであり、ねじ底部の半径は一次蓋ボルトが	mm, カバープレート締付けボルトが mm, 二次蓋締付け		
mm, カバープレートボルトが mm, 二次蓋ボルトが	ボルトが mmであって 0.07 mm より大である。		

1 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0	型七花ণ日常世	RFS設工認		いた注田
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	空八佰庄甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	山牧柏米
(a) $5 + 5 - 2 + 2 - 2 - 1 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 - 2 + 2 +$	mmであって 0.07 mm 以上である。	(4) シャンク部の直径に対するシャンク部の端の丸みの半径の比は,		
・ 次富裕村がボルト カバーブレート縮村がボルト カバーブレート縮村がボルト コ大菜富裕村がボルト ・ ロー ・ コ大菜富裕村がボルト ・ ロー ・ <b< td=""><td>(4) シャンク部の直径に対するシャンク部の端の丸みの半径の比(小数点以下第4 位を切捨て)は以下に示されるとおり</td><td>ー次蓋締付けボルト : =0.062</td><td></td><td></td></b<>	(4) シャンク部の直径に対するシャンク部の端の丸みの半径の比(小数点以下第4 位を切捨て)は以下に示されるとおり	ー次蓋締付けボルト : =0.062		
$ \begin{aligned} $	ー次蓋締付けボルト : =0.062	カバープレート締付けボルト : =0.065		
二次金縮柏けボルト 0.002 であって、0.00以上である。 ごあって、0.00以上である。じたがって全然ホキスの構造は、 協図図と4 の適合先作や認知する。 0.002 であって、0.00以上である。 4.2.2 次金添かトの弦労解析 変労病がで考慮する実成以以下とする。 0.002 0.002 0.002 4.2.2 次金添かトの弦労解析 変労病がで考慮する実成以以下とする。 0.002 0.002 $0.00000000000000000000000000000000000$	カバープレート締付けボルト : =0.065	二次蓋締付けボルト : =0.062		
 *2.2 - 本基部(1)ぶかいの変形(1) *5.2 - 本基部(1)ぶかいの変形(1) ************************************	二次蓋締付けボルト : =0.062	であって,0.06以上である。		
秘密図を4 の通合条件を満足する。 送方解析でを載する本象に以下とする。 1.2.2 - 火塩ボルトの疲労解析 必労解止でも選びあす象に以下とする。 ① 一次選ボルトの取付け 取外し時 ① 一次選ボルトの取付け 取外し時 ③ 二げ解 ③ 商楽時 (支持脚への面突時及び貯置級介への面突時) ③ の事象において、一次選ボルトの取付け 取外し時における ぶか上線相付け たえるボルトの取付け 取外し時における ぶか上線相付け たえるボルトの取付け 取外し時における 	であって, 0.06 以上である。したがって金属キャスク構造規	5.2.2 一次蓋締付けボルトの疲労解析		
4.2.2 一次差ボルトの度効所研 度効解析で含またる象は以下とする。 ① 一次差ボルトの取付け・取外し時 ② 乃上げ時 ③ 耐突時(支持脚への防突時及び新成報合への防突時) ③ 耐突時(支持脚への防突時及び新成報合への防突時) ① の歩気において、一次差縮付けボルトの取付け・取外し時におけ るボルト縮付け力にとるボルトの正小したの取付け・取外し時における ボルト縮付け力にとるボルトのビーク広力強さは、ボルト初期 付時の垂直広力(0・1)とボルト初期給付時のねじり広力(τ。 1) と含成した広方だボルトレス目形の広方集中経数(K) を考慮 した値で求める。計算式を以下に示す。 ② 反び③の事象において、一次差縮付けボルトの正小支広力強さは、ボスで計算する。 ④ の事象において、一次差ボルトの取けが 取りい時における ボルト縮付け力にとるボルトのビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表er=20に示す。 ③ 反び⑤の事象において、一次差縮付けボルトのビーク広力強さ(S) と 年気の可急の事象において、一次差ボルトのビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表er=20に示す。 ④ の事象において、一次差ボルトのビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表er=20に示す。 ④ の式 及び(G) 10式で求めたボルトのビーク広力強さ(S) と 年気の可急の事象において、一次差ボルトのビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表er=20に示す。 ④ の事象において、一次差ボルトのビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表er=20に示す。 ● 広力サイクルに対応したビーク広力強さ(S) いたであかたゴルトが新したのビーク広力強さ(S) と 年気のサイクルに対応したビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表er=20に示す。 ④ のす数のがかしたがしたがのレーク広力強さ(S) の計算 条件及び引力的の作用する考慮(J), トの初期前行力と反対方向の作用する考慮(J), トの可加齢行力と反対方向の作用する考慮(J), トの目前が有になるまし、次式により計算す る。 ④ 次次の中動との対方向の作用する考慮(J), トの可加齢行力と反対方向の作用)を考慮(J), トの(J) とすび), 作用状は私及び上がしたび一分広力強さ(S), (J) にする空は差してのたか強さ(S), (J) に対したび一方の強さ(S), D) 上がりくかたかた約 ④ 次のしたが方面が描述)を考慮(J), D) 上がりくかかたがから解しを考慮(J), L10 (J) とかしたがつかる(J), D) (J) (J) (J) (J) (J) を求める、そしていたび (M) (J) (D) (J) (J) (J) (J) (J) (J) (J) (J) (J) (J	格別図 8-4 の適合条件を満足する。	疲労解析で考慮する事象は以下とする。		
4.2.2 小装着水 Po数分解析 ② 吊上げ時 波方所でも覆する多変に以下とする。 ③ 御実時(文書加 Po かの代け・成外し時 ④ 中上げ時 ③ 御実時(文書加 Po の御気味及び貯蔵気合の御気味) ④ 加泉時(S1 ^{**} 電展力又はS2 ^{**} 電展力が作用する場合) ①の事象において、一次蓋添た Po取付け・成外し時におけるボル F 施作けガル F あの下加すであからないたいで、一次蓋添た Po取付け・成外し時におけるボル F 施作けガル F あの下加すであからで、 ①の事象において、一次蓋示た Po取付け・成外し時におけるボル F 施作けガル F 施作り力に F a が Po取付け・成外し時における ボル F 施作け Po た D か が 内 が F 体 Po取 F a f a f a f a f a f a f a f a f a f a		① 一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時		
 御究時で考慮する事象は以下とする。 ① 一次憲法かトかの既付け・酸水し時 ② 商だ時 ③ 商次時 (支持脚への衝突時及び貯蔵架合への衝突時) ① つ支憲法かトかの既付け・酸水し時におけ ③ 商家時 (支持脚への衝突時及び貯蔵架合への衝突時) ① の事象において、一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけ ③ 市場 ③ 市場	4.2.2 一次蓋ボルトの疲労解析	 吊上げ時 		
① 一次蓋ボルトの取付け・取外し時② 方上げ薄③ 南梁時(気薄拠への黄奕時及び労強烈令への南梁時)③ 南梁時(気薄拠への黄奕時及び労強烈令への南梁時)③ 南梁時(気薄拠への黄奕時及び労強烈令への南梁時)④ 忠葉時(気雪池盛力又はちょ地震力が作用する場合)④ の事象において、一次蓋ボルトの取付け・取外し時における ボルトが縮付け力によるボルトのビーク応力強さは、ボルト初時間 は、次式により計算する。④ ない①の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さは、ボルト初時間 は、次式により計算する。①の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(ふびになったの)①の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(いび)①の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(いび)①の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(いび)①の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(いび)①の事象において、一次素さボルトのビーク応力強さ(いび)②反び③の事象において、一次素ボルトのビーク応力強さ(いび)②反び③の事象において、一次素ボルトのビーク応力強さ(いび)②反び③の事象において、一次素ボルトのビーク応力強さ(いび)②反び③の事象において、一次素ボルトのビーク応力強さ(いび)○○口③ 古丁の市方強(いび)○○口○○□○○□○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○ <tr< td=""><td>疲労解析で考慮する事象は以下とする。</td><td>③ 衝突時(支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時)</td><td></td><td></td></tr<>	疲労解析で考慮する事象は以下とする。	③ 衝突時(支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時)		
① 帛上げ野①の事象において、一次蓋添ゆりの歯変時及び貯蔵架合への歯突時④ 黄爽時 (Sa*地震方又はSa地震方が作用する場合)①の事象において、一次蓋添ゆりの歯変時及び貯水型方が作用する場合)① の事象において、一次蓋ボルトの取付け・戦外し時における ボルト給付け方によるボルトのビーク広力強さは、ボルト加ビーク広力強さは、次太で計算す る。② の事象において、一次蓋ボルトの取付け・戦外し時における ボルト給付け方によるボルトのビーク広力強さ(Sa)②友び③の事象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)③ かまり (Sa)ジェルトの取付け・戦外し時における (Sa)③ かまり (Sa)ジェルトの取付け・戦外し時になける (Sa)④ の事象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)③④ の事象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)③④ の事象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)⑤④ のす象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)⑤④ のす象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)⑤⑤ (Sa)○④ のず激のす象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(Sa)⑤⑤ (Sa)○④ ので求めたボルト前付け時に添まする広力強さ(Sa)○⑤ (Sa)○○ のび③の事象において、一次蓋ボルトへ作用する資面(fが トの初期縮付力と反対方向の荷面)を考慮し、次式により計算する。○ の丁湯(A)○○ のび③の事象における一次差ボルトのビーク広力強さ(Sa)○ のび③の事象における一次差ボルトのビーク広力強さ(Sa)○ のび③の事象における一次差ボルトのビーク広力強さ(Sa)○ のび③の事象における一次差ボルトのビーク広力強さ(Sa)○ のび④の方式がす○ のび④の方式がす○ のび④の方式がす○ のび⑤の方式がす○ のび⑤の方式がす○ のび⑤の方式がす○ のび⑤の方式がす○ のび⑤の方式がす○ のび⑤の方式がす○ のび⑤の方式がす○ の(Ga)○ のび⑤の方式○ の切り○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑥のう式○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑥の方式○ ○ のび⑤の方式○ のび⑤の方式○ のび⑦の方式○ のび⑤の	① 一次蓋ボルトの取付け・取外し時			
 ④ 密要時(支持脚への密要時及び性實艱強への密突時) ④ 地理時(S₃**地愛力又はS₃地慶力が作用する場合) 〇 の事象において、一次蓋ボルトの取付け、取外し時における ボルト離付け力によるボルトのビーク応力強さは、ボルト初期締 付時の事面応力(o_{n1})とボルト利期縮付時のねじり応力(τ_n) ○ 含成(2)応応力にボルトねじ部の広力集中係数(K)を考慮 した値で求める。計算式を以下に示す。 〇 の事象における一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S)の計算 ※件及び計算結果を表して示す。 ○ ② 友び③の事象における一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の事象における一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の事象におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の事象におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の事象におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の事象におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ のす場応(た)により一次広道ホート・作用する荷面(ボル トの初期痛付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算す る。 ○ ② 友び⑤の事象におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の方(2) の当 ○ の方(2) の事象におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の方(2) の当 ○ の方(2) の音楽におけ方一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) ○ の方(2) の音(2) の音(1) の音(2) の音(1) の音(2) の音(1) の音(2) の音(1) の音(2) の音(3) の音(3) の音(2) の音(2) の音(2) の音(3) の音(3) の音(3) の音(3) の音(3) の音(3) の音(3) の音(3) の音(4) にうえ(3) (4) 「報告(4) 回(2) の音(4) に示され(5) (5) (4) 「報告(4) 回(2) の母(4) に示され(5) (5) (4) 「報告(4) 回(2) の音(4) に示され(5) (5) (5) (4) 「報告(4) 回(2) の音(4) (5) (4) 「報告(4) 回(2) の音(4) (5) (4) 「報告(4) (4) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5	 ② 吊上げ時 	①の事象において,一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけ		
① 地築時(Sa*地県力又はSa地県力ズはSa地県力が作用する場合) る。 ① ①の事象において、一次蓋ボルトの取付け・取外し時における ボルト縮付け力によるボルトのビーク応力強さは、ボルト初期純 付時の垂直広力 (co, a) とボルト初期純特時のねじり広力 (co, a) とざ放した応力にボルトねじ部の応力集中係数(K) を考慮 した値で求める。計算式を以下に示す。 ②及び③の事象において、一次蓋縮付けボルトのピーク応力強さ(S) と各 事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するビー ク応力強さの範囲(Sa) 並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に 示す。 ①の事象において、一次蓋ボルトのビーク広力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表4-2に示す。 4応力サイクルに対応したビーク応力強さ(Sa) から, 次 式により補設しビーク応力強さ(Sa) (co, b) に一次差の増性力により一次素ボルトのビーク応力強さ(Sa) (S) は、①で求めたボルト縮付け時に差生する応力強き(Sa) (S) は、①で求めたボルト縮付け時に差生する応力強き(Sa) (S) に大力素が増性力により一次素ボルトへ作用する背面(ボル トの初期縮付力と反対方向の荷面)を考慮し、次式により計算す る。 本材に「構造規格1 別図 8-4 に示されていろ 縦弾性係数(Ea=2.07×10 ⁶ µPa) との比を考慮し補正する。 ②及び③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) 「構造規格1 別図 8-4 に示されていろ 縦弾性係数(Ea=2.07×10 ⁶ µPa) との比を考慮し補正する。 ②及び③の事象におけろー次満ボルトのビーク応力強さ(S) 「構造規格1 別図 8-4 に二少振力協会(E= 1.84×10 ⁶ µPa) との比を考慮し補正する。 ②及び③の事象におけろー次満ボルトのビーク応力強さ(S) 「構造規格1 別図 8-4 に二少振力(Sa) をオイクルの繰返し 回数(Na) と許容総返し回数(Na) との比(第 5-a) 表に示すとお りとかり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0 以下であり、	③ 衝突時 (支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時)	るボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さは、次式で計算す		
①の事象において、一次蓋ボルトの取付け・取外し時における ボルト縮付け力によるボルトのビーク応力強さは、ボルト初期締 ②及び③の事象において、一次蓋稀付けボルトのビーク応力強さ は、次式により計算する。 ②と値で求める。計算式を以下に示す。 ③人び⑤、回診を考慮して定めたボルトのビーク応力強さ(S)と各 事象の回数を考慮して定めたボカサイクル及びそれに対応するビー ク応力強さの範囲(Ss)並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に ったう ③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算 条件及び計算結果を表+2に示す。 ④た成び③の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算 、 なたよりした中の定力強さ(S)と各 事象の回数を考慮して定めたボルサイクル及びそれに対応するビー ク応力強さの範囲(Ss)並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に った。 ③皮び③の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算 、 (S)は、①で求めたボルト部付け時に発生する応力強さ(S) ●た 、 の市力・ 、 スにより繰返しビーク応力強さ(Ss)は、「構造規格」別図 8-4 に示されている 縦弾性係数(E= 1.84×10 ⁶ Ψω)との比を考慮し補正する。 ・ 「構造規格」別図 8-4 に力強さ(Ss) 。 ・ 「構造規格」別図 8-4 にた繰返しビーク応力強さ(S) 。 ・ 「構造規格」別図 8-4 にか、後のしたの強迫し 回数(Ns)との比(第 5-3 表に示すとお りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、	④ 地震時(S _d *地震力又はS _s 地震力が作用する場合)	る。		
ボルド縮付け力によるボルトのピーク応力強さは、ボルト初期縮 付時の重直応力 (σ_{v_1}) とボルト初期縮付時のねじり応力 (ε_v) を合成した応力にボルトねじ部の応力集中係数 (K) を考慮 した値で求める。計算式を以下に示す。 ①の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) の計算 条件及び計算結果を表4-2に示す。 ②及び③の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) (S) は、①で求めたボルト縮付け時に発生する応力強さ (S) (S) は、①で求めたボルト縮付け時に発生する応力強さ (S) (S) は、①で求めたボルト縮付け時に発生する応力強さ (S) (S) は、①で求めたボルト/作用する荷重 (ボル トの初期縮付力と反対方向の荷重) を考慮し、次式により計算す る。 ③及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) (G) ジスにより注意でのかないたが応じたビーク応力強さ (S) (G) ジスにより注意でのないたが、 「備造規格」別図 8-4 に示されている 縦弾性係数 (E $_0$ =2.07×10 ⁶ ¥Pa) との形に考慮しビーク応力強さ (S) (i') に対する許容嫌返し回数 (N) と許容繰返し一ク応力強さ (S) (i') に対する許容嫌返し回数 (N) と許容繰返し一ク応力強さ (S) (i'') に対する許容嫌返し回数 (N) とか比較 5-3 表に示すとお りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は 1.0以下であり、	①の事象において、一次蓋ボルトの取付け・取外し時における	②及び③の事象において、一次蓋締付けボルトのピーク応力強さ		
付時の垂直応力 ($\sigma_{b,1}$) とボルト初期締付時のねじり応力 (τ_b)) を合成した応力にボルトねじ部の応力集中係数 (K) を考慮 した値で求める。計算式を以下に示す。(5.9)式 及び(5.10)式で求めたボルトのビーク応力強さ(S) と各 事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するビー ク応力強きの範囲 (S _P) 並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に 示す。 名応力サイクルに対応したビーク応力強さ(S) の計算 条件及び計算結果を表4-2に示す。①の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) は、①で求めたボルト統付け時に発生する応力強さ(S) b) に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷車(ボル トの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算す る。(5.9)式 及び(5.10)式で求めたボルトのビーク応力強さ(S) (S) は、①で求めたボルト統付け時に発生する応力強さ(S) (S) に一次蓋がルトへ作用する荷車(ボル トの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算す る。(5.9)式 及び(5.10)式で求めたボルトのビーク応力強さ(S) (ボーク応力強さ(S _b) は、「構造規格」別図 8-4 に示されている 縦弾性係数(E = 1.84×10 ⁶ MPa) との比を考慮し補正する。 「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しビーク応力強さ(S) (」に対する許容繰返し回数(N _b) とか比(第 5-3 表に示すとお) りとなり、供用状態A及びBによる変労累積係数は1.0以下であり、	ボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さは、ボルト初期締	は、次式により計算する。		
1) を合成した応力にボルトねじ部の応力集中係数(K)を考慮した値で求める。計算式を以下に示す。 (5.9)式及び(5.10)式で求めたボルトのビーク応力強さ(S)と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するビーク応力強さの範囲(S _P)並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に示す。 ①の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算条件及び計算結果を表4-2に示す。 各応力サイクルに対応したビーク応力強さの範囲(S _P)から、次式により強さ(S _e , S _e ')を求める。ここで,繰返しビーク応力強さ(S _e , S _e ')を求める。ここで,繰返しビーク応力強さ(S _e)は、「構造規格」別図 8-4 に示されている ②及び③の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) 縦弾性係数(E ₀ =2.07×10 ⁶ MPa)と倒折に用いる縦弾性係数(E= 。 1.84×10 ⁶ MPa)との比を考慮し補正する。 「構造規格」別図 8-4 に引、強正した繰返しビーク応力強さ(S)」 「構造規格」別図 8-4 に引、強正した繰返しビーク応力強さ(S)」 ②及び③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) 「非法私私のびBによる疲労累積係数は1.0以下であり、	付時の垂直応力 (σ_{b1}) とボルト初期締付時のねじり応力 (τ_{b}			
した値で求める。計算式を以下に示す。 事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するビーク応力強さの範囲(S _P)並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表につたう強さの範囲(S _P)がら, 次 ①の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算 希応力サイクルに対応したビーク応力強さの範囲(S _P)から, 次 条件及び計算結果を表4-2に示す。 各応力サイクルに対応したビーク応力強さの範囲(S _P)から, 次 ②及び③の事象において,一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) 第次の日数を考慮して定めたぶ力サイクルに対応したビーク応力強さの範囲(S _P)から, 次 (S)は、①で求めたボルト統付け時に発生する応力強さ(S) 海旋しビーク応力強さ(S)は、「構造規格」別図 8-4 に示されている (S)に、①で求めたボルトへ作用する荷重(ボルトのザーク応力強さ(S) ジレビーク応力強さ(S) トの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算する。 「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しビーク応力強さ(S) ②及び③の事象における一次蓋ボルトのゲーク応力強さ(S) ジと許容繰返し回数(N _a)を求める。各サイクルの繰返し回数(N _a)とおけクルの繰返し回数(N _a)とか比は第5-3表に示すとお)りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、	1)を合成した応力にボルトねじ部の応力集中係数(K)を考慮	(5.9)式 及び(5.10)式で求めたボルトのピーク応力強さ(S)と各		
①の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算 ク応力強さの範囲(S _P)並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に ④皮び③の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ ったっ。 ③及び③の事象において、一次蓋ボルトのビーク応力強さ 各応力サイクルに対応したビーク応力強さの範囲(S _P)から、次 (S)は、①で求めたボルト締付け時に発生する応力強さ(S) 人広力強さ(S _a)は、「構造規格」別図8-4に示されている (※)に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重(ボルトの初期総付力と反対力向の荷重)を考慮し、次式により計算す インスンンドの利用する荷重(ボルトのびーク応力強さ(S) (※)なび③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) 「構造規格」別図8-4 より、補正した繰返しビーク応力強さ(S) (※)なび③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) 「対する許容繰返し回数(N _a)を求める。各サイクルの繰返し回数(N _a)を求める。各サイクルの繰返し回数(N _a)を求める。各サイクルの繰返し回数(N _a)との比は第5-3表に示すとお	した値で求める。計算式を以下に示す。	事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピー		
①の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S)の計算 示す。 条件及び計算結果を表4-2に示す。 る応力サイクルに対応したビーク応力強さの範囲(S _P)から,次式により繰返しビーク応力強さ(S _b ,S _a ')を求める。ここで,繰 ②及び③の事象において,一次蓋ボルトのピーク応力強さ る応力サイクルに対応したビーク応力強さ(S _b ,S _a ')を求める。ここで,繰 ③しビーク応力強さ(S) 後弾性係数(E _a =2.07×10 ⁵ Mra)と解析に用いる縦弾性係数(E= 1.84×10 ⁵ Mra)との比を考慮し補正する。 「構造規格」別図 8-4 より,補正した繰返しビーク応力強さ(S) 下構造規格」別図 8-4 より,補正した繰返しビーク応力強さ(S) 「構造規格」別図 8-4 より,補正した繰返しビーク応力強さ(S) ②及び③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) りと許容繰返し回数(N _a)を求める。各サイクルの繰返し ②及び③の事象における一次蓋ボルトのビーク応力強さ(S) りとなり,供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり,		ク応力強さの範囲(S _P)並びに各事象の繰返し回数を第 5-2 表に		
 条件及び計算結果を表4-2に示す。 ②及び③の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ ③ 及び④の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ ⑤ は、①で求めたボルト締付け時に発生する応力強さ(S) 6 に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重(ボルトの作用する荷重(ボルトのが)) 7 の初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算する。 ③ 及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) ④ とび③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 9 とび③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 9 とび③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 9 とび③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 9 とかり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、 	①の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)の計算	示す。		
②及び③の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ 式により繰返しピーク応力強さ(S ₄ , S ₄ ')を求める。ここで、繰 ③しての求めたボルト縮付け時に発生する応力強さ(S ₆)は、「構造規格」別図 8-4 に示されている (b)に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重(ボルトのピーク応力強さ(S ₄)を少したを考慮し補正する。 「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ(S ₆) (c)の初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算する。 ③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) ③及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) ③とび③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)	条件及び計算結果を表4-2に示す。	各応力サイクルに対応したピーク応力強さの範囲(S _P)から,次		
②及び③の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ 返しピーク応力強さ(S _e)は、「構造規格」別図 8-4 に示されている (S)は、①で求めたボルト締付け時に発生する応力強さ(S) 縦弾性係数(E _o =2.07×10 ⁵ MPa)と解析に用いる縦弾性係数(E= b)に一次蓋がルトへ作用する荷重(ボルトの作用する荷重(ボルトの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算する。 「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ(S) ②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、		式により繰返しピーク応力強さ(S ₀ , S ₀ ')を求める。ここで, 繰		
 (S)は、①で求めたボルト締付け時に発生する応力強さ(S がに一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重(ボルトの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算する。 ②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 総弾性係数(E₀=2.07×10⁵ MPa)と解析に用いる縦弾性係数(E=1.84×10⁵ MPa)との比を考慮し補正する。 「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ(S (A)に対する許容繰返し回数(N_a)を求める。各サイクルの繰返し回数(N_a)との比は第5-3表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、 	②及び③の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ	返しピーク応力強さ(S 』)は,「構造規格」別図 8-4 に示されている		
 b)に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重(ボルトの作用する荷重(ボルトの作用する荷重(ボルトの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算する。 3。 2及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 1.84×10⁵ MPa)との比を考慮し補正する。 「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ(S) (Na)を求める。各サイクルの繰返し回数(Na)を求める。各サイクルの繰返し回数(Na)との比は第5-3表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、 	(S)は、①で求めたボルト締付け時に発生する応力強さ(S	縦弾性係数($E_0 = 2.07 \times 10^5$ MPa)と解析に用いる縦弾性係数($E =$		
トの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算す「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ(S 。る。「は対する許容繰返し回数(Na)を求める。各サイクルの繰返し 回数(Na)と許容繰返し回数(Na)との比は第 5-3表に示すとお りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、	b) に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重(ボル	1.84×10 ⁵ MPa)との比を考慮し補正する。		
る。 ②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) 。')に対する許容繰返し回数(N _a)を求める。各サイクルの繰返し 回数(N _c)と許容繰返し回数(N _a)との比は第5-3表に示すとお りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、	トの初期締付力と反対方向の荷重)を考慮し、次式により計算す	「構造規格」別図 8-4 より,補正した繰返しピーク応力強さ(S		
②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)回数(N _a)と許容繰返し回数(N _a)との比は第 5-3表に示すとお りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は 1.0 以下であり、	る。	₂ ')に対する許容繰返し回数(Ν _a)を求める。各サイクルの繰返し		
②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S) りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、		回数(N。)と許容繰返し回数(N a)との比は第 5-3 表に示すとお		
	②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)	りとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、		

^{世 ¹}	RFS設工認		化盐红田
至八相足甲硝香	申請書添付書類3	補足説明資料	比較而不
の計算条件及び計算結果を表4-3に示す。	「構造規格」MCD-1322の規定を満足する。		
④の事象においては、地震動のみによる疲労解析を行うため、			
一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重のみを考慮			
し、一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)は、次式により計算す			
る。			
④の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)の計算			
条件及び計算結果を表4-4に示す。			
(4.9)式, (4.10)式及び(4.11)式で求めたボルトのピーク応力			
強さ(S)と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそ			
れに対応するピーク応力強さの範囲 (Sp) 並びに各事象の繰返			
し回数を表4-5に示す。			
各応力サイクルに対応したピーク応力強さの範囲(S _P)か			
ら,次式により繰返しピーク応力強さ(S ₂ ,S ₂ ')を求める。			
ここで,繰返しピーク応力強さ(S ₀)は,金属キャスク構造規			
格別図8-4に使用されている設計疲労線図の縦弾性係数(E ₀ =			
2.07×10 ⁵ MPa)と解析に用いる縦弾性係数(E=1.84×10 ⁵ Pa)			
との比を考慮し補正する。			
場下した。カウカサキ(c c')の計算を併せて計算作用			
を衣4-0に小り。			
/ / / / / / / / / / / / / / / / / / /			
キノアの保区し自然 (N_c) と前谷保区し自然 (N_a) この比な = $=$ $=$ $=$ $=$ $=$ $=$ $=$ $=$ $=$			
数け1 0以下であり 地震時における疲労思想係数との和も1 0以			
\sim 0			
4.2.3 カバープレートボルトの疲労解析	5.2.3 カバープレート締付けボルトの疲労解析		
疲労解析で考慮する事象は以下とする。	疲労解析で考慮する事象は以下とする。		
①カバープレートボルトの取付け・取外し時			
②吊上げ時 20日日 (1997)	① カバープレート締付けボルトの取付け・取外し時		
③衝突時(支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時)	 第上げ時 		

	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	一 比較結果
④地震時(S _d *地震力又はS _s 地震力が作用する場合)	③ 衝突時 (支持架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時)		
①の事象において、カバープレートボルトの取付け・取外し時	①の事象において、カバープレート締付けボルトの取付け・取外し		
におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ(S)は	時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ(S)は		
(4.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボ	(5.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルト		
ルトのピーク応力強さ(S)の計算は(4.10)式, ④の事象におけ	のピーク応力強さ(S)の計算は(5.10)式により同様に求める。		
るボルトのピーク応力強さ(S)の計算は(4.11)式により同様に			
求める。	ボルトのピーク応力強さ(S)と各事象の回数を考慮して定めた応		
	力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲(S _P)並びに		
①の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さ	各事象の繰返し回数を第5-4表に示す。		
(S)の計算条件及び計算結果を表4-8に,②及び③の事象にお	繰返しピーク応力強さ(S _e , S _e ')は, (5.11)式により同様に求		
けるカバープレートボルトのピーク応力強さ(S)の計算条件及	める。		
び計算結果を表4-9に、④の事象におけるカバープレートボルト	各サイクルの繰返し回数(N _c)と許容繰返し回数(N _a)との比		
のピーク応力強さ(S)の計算条件及び計算結果を表4-10に示	は第5-5表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積		
र्च-	係数は1.0以下であり,「構造規格」MCD-1322の規定を満足する。		
ボルトのピーク応力強さ(S)と各事象の回数を考慮して定め			
た応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲(S			
P)並びに各事象の繰返し回数を表4-11に示す。			
繰返しピーク応力強さ(S ₂ , S ₂ ')は, (4.12)式により同様			
に求める。			
繰返しピーク応力強さ(S ₂ , S ₂ ')の計算条件及び計算結果			
を表4-12に示す。			
各サイクルの繰返し回数(N _c)と許容繰返し回数(N _a)と			
の比は表4-13に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労			
累積係数は1.0以下であり、地震時における疲労累積係数との和			
も1.0以下となるため,金属キャスク構造規格MCD-1322の規定を			
満足する。			
4.2.4 一伙盍小ルトの疲万胜竹	3.2.4 一 () 益柿付り か / レト の 疲 方 脾 竹 広 労 敏 七 云 老 虎 ナ ス 声 免 け い エ ト ナ ス		
版力 胜灯 ぐ 与 思 9 る 争 家 は 以 下 と 9 る。 ① 二 次 英 ギ ル ト の 時 母 け は - 時 母 し 吐	彼力 脾竹 ぐ 与 思 9 る 争 家 は 以 下 と 9 る。 ① 二 次 革 焼 け け ざ れ し の 距 け け ・ 距 め し 唯		
① 二 (八 盃 小 / / ト / り 収) り ・ 収 / ト し 時 の 見 し / 正 味	① 一次 蓋柿 り か ルト の 取 り ・ 取 か し 時 の 早 し ば 味		
④巾上り时 ③金克味(古法地。の金克味及び野菜加ム。の金売味)			
③側矢吁(又行脚への側矢時及の灯風栄石への側矢時) ④地電吐(c)*地電力スはc)地電力式(の)	③関矢時(又持朱百への関矢時及の灯風朱百への衝矢時)		
(1) 地展時(Sd 地展刀又はSs 地展力が作用する場合)			

ᆒᇰᄧᆕᅲᆇᆂ	RFS設工認		
型式指定申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	—————————————————————————————————————
 ①の事象において、二次蓋ボルトの取付け・取外し時における ボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ(S)は(4.9)式 により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピ ーク応力強さ(S)の計算は(4.10)式、④の事象におけるボルト のピーク応力強さ(S)の計算は(4.11)式により同様に求める。 ①の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)の計算 条件及び計算結果を表4-14に、②及び③の事象における二次蓋ボ ルトのピーク応力強さ(S)の計算条件及び計算結果を表4-15 に、④の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さ(S)の計 算条件及び計算結果を表4-16に示す。 ボルトのピーク応力強さ(S)と各事象の回数を考慮して定め た応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲(S p)並びに各事象の繰返し回数を表4-17に示す。 繰返しピーク応力強さ(S₀, S₀')は、(4.12)式により同様 に求める。なお、縦弾性係数EはE=1.86×10⁵ MPaに読み替え る。 繰返しピーク応力強さ(S₀, S₀')の計算条件及び計算結果 を表4-18に示す。 各サイクルの繰返し回数(N₀)と許容繰返し回数(N₀)と の比は表4-19に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労 累積係数は1.0以下であり、地震時における疲労累積係数との和 も1.0以下となるため、金属キャスク構造規格MCD-1322の規定を 満足する。 	①の事象において、二次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけ るボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ(S)は(5.9)式に より同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応 力強さ(S)の計算は(5.10)式により同様に求める。 ボルトのピーク応力強さ(S)と各事象の回数を考慮して定めた応 カサイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲(S _P)並びに 各事象の繰返し回数を第5-6表に示す。 繰返しピーク応力強さ(S _e , S _e ')は、(5.11)式により同様に求 める。なお、縦弾性係数EはE=1.86×105 MPaに読み替える。 各サイクルの繰返し回数(N _e)と許容繰返し回数(N _a)との比 は第5-7表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積 係数は1.0以下となるため、「構造規格」MCD-1322の規定を満足す る。		
 5. 穴の補強 金属キャスク構造規格MCD-1700により、一次蓋貫通孔の補強が不要となることを示す。 一次蓋貫通孔部の応力強さは、応力集中係数を用いて次式で計算する。 一次蓋貫通孔を無視した場合の一次蓋の応力強さ(S)と一次蓋貫通孔部の応力強さ(S_o)は表5-1に示すとおりとなり、すべて許容応力を満足するため、一次蓋貫通孔の補強は不要となる。 	 6. 穴の補強 「構造規格」MCD-1700 により一次蓋貫通孔の補強が不要となることを示 す。 一次蓋貫通孔部の応力強さは、応力集中係数を用いて次式で計算する。 一次蓋貫通孔を無視した場合の一次蓋の応力強さ(S)と一次蓋貫通孔部 の応力強さ(S。)は第6-1表に示すとおりとなり、すべて許容応力を満 足するため、一次蓋貫通孔の補強は不要となる。 		穴の補強の記載は同等

刑士化之中注申	RFS設工認		比盐红田
空 式 相 足 中 胡 音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較柿木
6. 外圧の評価	7. 外圧の評価		
供用状態A及びBの場合に、密封容器の内圧は負圧であり、最高使用	供用状態A及びBの場合に,密封容器の内圧は負圧であり,最高使用圧力		
圧力(外圧) (P _d) は0.65 MPaである。許容外圧 (P _a) は「添付書	(外圧) (P _d o)は 0.65 MPa である。許容外圧 (P _a)は「添付 10-2-1-		
類8-1-1 密封容器の応力解析の方針」表6-1 (1/2)より15 MPaであるの	1 密封容器の応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」表6		
で,金属キャスク構造規格MCD-1410(1)の規定を満足する。	-1 (1/2)より15 MPaであるので,「構造規格」MCD-1410(1)の規定を満足		
	する。		
	添付 10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針		
	別紙4 二次蓋のクラス3容器評価		
7. 二次蓋の厚さの評価	1. 二次蓋の計算上必要な厚さの評価		二次蓋の厚さの評
ここでは、設計・建設規格クラス3容器の規定である、平板の必要板	本書は、「設計・建設規格」クラス3容器の規定である、平板の必要板厚		価の記載は同等
厚の計算を行い、二次蓋の板厚が基準を満足していることを示す。	の計算を行い、二次蓋の板厚が基準を満足していることを示す。		
 7.1 応力計算 二次蓋の計算上必要な厚さ(t₂₁)は設計・建設規格PVD-3310の 規定中(PVD-5) 式から、次式で表される 	 1.1 計算方法 二次蓋の計算上必要な厚さは「設計・建設規格」PVD-3310の規定中(PVD- 5) 式から 次式で表される 		
であり, 計算上必要な厚さは t 21=48.68 mmである。	であり,計算上必要な厚さは t =48.68 mm である。		
設計・建設規格PVD-3322による,直径が1/2d以下の穴を設けた場	「設計・建設規格」PVD-3322 による, 直径が 1/2 d 以下の穴を設けた場		
合の計算上必要な厚さ(t₂₂)は(PVD-6)式から	合の計算上必要な厚さは(PVD-6)式から,		
であり,計算上必要な厚さは t 22=68.85 mm である。 二次蓋の計算上必要な厚さの計算条件及び計算結果を表7-1に示	であり, 計算上必要な厚さは t =68.85 mm である。		
す。	1.2 計算結果		
	以上の計算から, 第1-1図に示す穴を除く二次蓋の最小厚さ (=90 mm)		
7.2 計算結果	は二次蓋の計算上必要な厚さ t = 68.85 mm を上回っており, 「設計・建設		
以上の計算から,図1-2に示す穴を除く二次蓋の最小厚さ(=90	規格」PVD-3310及び PVD-3322 の規定を満足する。		
mm)は二次蓋の計算上必要な厚さt21及びt22を上回っており,設			
計・建設規格PVD-3310及びPVD-3322の規定を満足する。_			

刑子化之中注事	RFS設工認		以款外田
空 八 拍足甲頭書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
 添付書類 8-2-1 バスケットの応力解析の方針 1. 概要 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容器等の 材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2 年3月17日 原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」とい う。)第14条に規定されており,適切な材料を使用し、十分な構造及び 強度を有することが要求されている。 本書は、金属キャスクのバスケットに関する応力解析の方針を述べる ものである。 	 添付 10-2-1-2 バスケットの応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイプ2A)) 1. 概要 本書は、「添付 10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針」 に基づき、金属キャスクのバスケットに関する応力解析の方針を述べるものである。 		概要の記載は同等
2. 適用基準 バスケットの強度評価基準については、(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 JSME S FA1-2007」(以下「金属 キャスク構造規格」という。)(事例規格 バスケット用ボロン添加ステ ンレス鋼板 B-SUS304P-1に関する規定 (FA-CC-004)を含む。)を適用す る。 なお、バスケットプレート用ほう素添加ステンレス鋼 B-SUS304P-1の 材料特性を「添付書類 8-2-3 ほう素添加ステンレス鋼に関する説明書」 に示す。	2. 適用基準 バスケットの強度評価については,使用済燃料貯蔵施設規格 (金属キャ スク構造規格 JSME S FA1-2007)(日本機械学会 2007年12月) (以下「構造規格」という。) (事例規格 バスケット用ボロン添加ステンレス鋼板 B-SUS304P-1 に関 する規定(JSME S FA-CC-004)を含む。)を適用する。なお, バスケットプレート用ボロン添加ステンレス鋼板 B-SUS304P-1 の材料特 性を「別紙2 ボロン添加ステンレス鋼板の材料特性について」に示す。		適用基準の記載は 同等
 3. 記号 3.1 記号の説明 本書及び「添付書類 8-2-2 バスケットの応力計算書」(以下「応力計算書」という。)において,応力評価に関する下記の記号を使用する。 ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。 なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合がある。 	 3. 記号 3.1 記号の説明 本書及び応力計算書において,応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし,本文中に特記のある場合は,この限りでない。		記号の記載は同等
 4. 設計条件 バスケットは以下の設計条件に耐えるように設計する。 4.1 基本仕様 	 4. 設計条件 バスケットは以下の荷重条件に耐えるように設計する。 4.1 基本仕様 	 2.2 バスケットの強度について 発電用原子力設備規格(設計・建設規格JSMESN C1-2005)(2007追補版を含む。)については、以 下「設計・建設規格」という。 	設計条件の記載は 同等

刑令也守由建事	RFS設工認		いあた田
空式相处甲酮青 	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
バスケットは、バスケットプレートの組み合わせにより、使用済燃	バスケットの最高使用温度を第4-1表に示す。		
料集合体を収納する格子を形成している。バスケットに関する応力計		2.2.1 最高使用温度等基本仕様について	
算の基本仕様を以下に示す。	4.2 燃料及び環境条件	最高使用温度については、貯蔵時の熱解析結果	
	燃料及び環境条件として,金属キャスクの収納物(使用済燃料集合体),	から 20℃単位程度の余裕を持って設定する。設計	
	姿勢及び周囲温度の条件を第4-2表に示す。	値を第 2-2-1 表に示す。その他バスケットに関	
		する応力計算の基本仕様を第 2-2-2 表に示す。	
4.2 設計事象	4.3 設計事象		
設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事	設計上考慮する事象として、リサイクル燃料備蓄センター内における		
象を以下に示す。	選定事象を第4-3表に示す。なお、バスケットは耐圧試験がないため、		
	試験状態における評価は不要である。		
	供用状態A及び供用状態Bの選定事象の様態は「添付 10-2-1 金属キャ		
	スクの応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」と同じで		
	ある。		
4.3 荷重の種類とその組合せ	4.4 荷重の種類とその組合せ	2.2.2 荷重の種類とその組合せについて	
バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを表 4-1 に	バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを第4-4表に	構造規格 3−解説 MCD-8 を参考に選定注1)した。	
示す。応力解析に用いる荷重は、応力計算書に記載する。	示す。応力解析に用いる荷重は応力計算書に記載する。		
5. 計算条件	5. 計算条件	2.2.3 代表事象の選定について	計算条件の記載は
5.1 解析対象とする事象	5.1 解析対象とする事象	代表事象と包絡される事象の関係を第 2-2-3	同等
4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち,表	4.3 節で示したリサイクル燃料備蓄センター内における選定事象のう	表に示す。	
5-1 に示すように 荷重条件等を考慮して代表事象を選定し, 代表事象	ち,第5-1表に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し,代	供用状態A及びBについて,作用する加速度が	
について解析を実施する。	表事象について解析を実施する。	大きく、貯蔵架台への衝突時が他の事象よりも荷	
		重条件が厳しいため、代表事象とする。	
5.2 解析対象	5.2 解析箇所		
応力解析の対象は、次のとおりである(図 5-1 参照)。	バスケットの応力解析を行う箇所は、次のとおりである。(第 5-1 図	2.2.4 金属キャスクに作用する加速度について	
(1) バスケットプレート	参照)	作用する加速度の考え方は「添付10-2-2-1密	
	(1) バスケットプレート	封容器の応力計算書 (BWR用大型キャスク (タイ	
		プ2A))」と同様である。	
5.3 形状及び寸法	5.3 形状及び寸法		
応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。	応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。		
	5.4 物性値		
	温度分布計算及び応力計算に使用する材料の物性値は以下のとおりで		
	ある。		

	R F S 設工認		山故休田
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結果
	 (1) 温度分布計算に使用する物性値を第5-2表及び第5-3表に示す。 なお,熱伝導率はその温度依存性を考慮する。 (2) 熱応力計算に使用する物性値を第5-4表に示す。 なお,熱応力計算に使用する物性値はその温度依存性を考慮する。 		
	(3) 機械的荷重による応力計算に使用する物性値は、最高使用温度に対する値を用いる。 なお、常温は 20 ℃とする。		
5.4 許容応力 バスケットの許容値基準は,金属キャスク構造規格 MCD-2300(事例 規格を含む。)による。 許容応力は,最高使用温度に対する値を用いる。	5.5 許容応力 バスケットの許容基準は,「構造規格」MCD-2300(事例規格を含む。)に よる。 許容応力は,最高使用温度に対する値を用いる。	2.2.5 評価応力の種類及び許容値基準について 評価応力の種類及び許容値基準については、構 造規格 3-解 MCD-10, 11 より設定した。許容応力値 については構造規格別表及び事例規格参照。	
6. 応力解析の手順	 応力解析の手順 応力解析を行う場合の手順について一般的な事項を述べる。 	 2.2.6 材料のSu値の算出について 強度部材のSu値については構造規格に基づき, 設計・建設規格 2005/2007 年版の付録材料図表を 	応力解析の手順の 記載は同等
6.1 解析手順の概要 バスケットの応力解析フローを図 6-1 に示す。 バスケットの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に 応力評価式を用いて行う。	6.1 解析手順の概要 バスケットの応力解析フローを第6-1図に示す。 バスケットの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に応 力評価式を用いて行う。	参照している。 バスケットに使用する材料については,「添付 10 -1 別紙 2 ボロン添加ステンレス鋼板の材料特性 について」による。	
6.2 荷重条件の選定 荷重条件は4章に示しているが、各部の計算においては、その部分 について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分につ いて考慮した荷重は応力計算書に示す。	6.2 荷重条件の選定 荷重条件は 4. 章に示しているが,各部の計算においては,その部分に ついて重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について 考慮した荷重は応力計算書に示す。	 2.2.7 熱応力について バスケットプレート間及びバスケットプレート と胴の嵌合部には,熱膨張を考慮してギャップを 設けている。また,バスケットプレートには熱衝撃 に代表される過酷な温度勾配は生じない。以上よ 	
 6.3 応力計算と評価 6.3.1 応力計算の方法 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは 次の2つである。 a. 機械的荷重 機械的荷重は、自重(使用済燃料集合体を含む HDP-69B(B)型 (吊上げ時,支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時において は三次蓋を含む。)の貯蔵時の設計質量を用いる。)、衝撃荷重及 	 6.3 応力計算と評価 6.3.1 応力計算の方法 (1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の2つである。 a. 機械的荷重 自重(使用済燃料集合体を含む金属キャスクの貯蔵時の設計質量を用いる。),衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。 b. 熱荷重 バスケットに生じる温度変化 温度勾配による荷重であって 温 	 り,著しい熱応力は発生しないと考える。 2.2.8 応力評価点の選定について 鉛直方向荷重を考慮すると、応力評価点①に最 大の圧縮応力が発生するため、評価点①を選定し ている。 バスケットは対称形になっているため、以上の 評価点で評価する。 	

刑令长令百建争	RFS設工認		い志介田
空八佰足甲請音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較柏木
b. 熱荷重	度分布計算の結果から得られるものをいう。		
伝熱プレートは非構造強度部材として評価対象より除外する。	(2) 伝熱プレートは非構造強度部材として評価対象より除外する。		
構造の不連続性を考慮して, 応力評価位置をとる。 応力評価位置	(3) 構造の不連続性を考慮して,応力評価点(面)をとる。評価点(面)		
は、応力計算書に示す。	は、計算書の形状図中に、番号〔例①〕で示す。		
応力評価は、この応力評価位置について行う。	(4) 応力評価は、この応力評価点(面)について行う。		
6.3.2 応力の評価	6.3.2 応力の評価		
応力の計算結果は,金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定	応力の計算結果は,「構造規格」MGB-1200 による定義に従い, 応力の		
義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に	種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。		
示す。	なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。		
なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、	σ _x :バスケットの鉛直方向の応力 (x方向)		
計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。	σ y :バスケットの水平方向の応力 (y方向)		
σ x : バスケットの鉛直方向の応力 (x 方向)	σ z :バスケットの面に垂直な方向の応力 (z方向)		
σ y:バスケットの水平方向の応力 (y方向)	τ _{xy} : せん断応力		
σ z : バスケットの面に垂直な方向の応力 (z 方向)	τyz: せん断応力		
τ _{xy} : せん断応力	τ _{zx} : せん断応力		
τyz: せん断応力	バスケット用材料の許容応力値を第6-1表に示す。		
τ z x: せん断応力			
バスケット用材料の許容応力を表 6-1 に示す。	(1) バスケット(ボルトを除く。)の応力評価		
	バスケットの応力評価は,「構造規格」MCD-2310 に従い以下の項目		
(1) バスケット(ボルトを除く。)の応力評価	を評価する。		
バスケットの応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-2310 に	a. 一次応力強さ		
従い以下の項目を評価する。	b. 一次+二次応力強さ		
a. 一次応力強さ	c. 特別な応力の検討		
b. 一次+二次応力強さ	(a) 平均支圧応力		
c. 特別な応力の検討	(b) 圧縮応力		
(a) 平均せん断応力	(2) ボルトの応力評価		
(b) 平均支圧応力	バスケットにボルトを使用していないのでボルトの応力評価は不		
(c) 圧縮応力	要である。		
(2) ボルトの応力評価			
バスケットにボルトを使用していないのでボルトの応力評価は			
不要である。			
6.3.3 数値の丸め方	6.3.3 数値の丸め方		
数値は原則として安全側に丸めて使用する。	数値は原則として安全側に丸めて使用する。		

刊之七分古社中	RFS設工認		いまが十日
空자 相足 甲胡香	申請書添付書類3	補足説明資料	比較而未
また,規格,基準等により決まる数値については丸めず,規格,	また,規格,基準等により決まる数値については丸めず,規格,基準		
基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。	等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。		
表示する数値の丸め方を表 6-2 に示す。	表示する数値の丸め方を第6-2表に示す。		
	7. 引用文献		
	文献番号は、本書において共通である。		
	(1) 日本機械学会, 伝熱工学資料 改訂第4版, 丸善株式会社, 1986年		
	(2) N. Kumagai, et al., Optimization of fabrication condition of		
	metal cask neutron shielding part which applied simulation of		
	curing behavior of epoxy resin, 15th International Symposium on		
	the Packaging and Transportation of Kadioactive Materials		
	(rAIRAM2007), MIAMI, FIOFIDA, USA, OCTOBER 21-20, 2007 (2) 日本機械学会		
	(5) 日本饭饭子云,囚然工子真科 以司先3 版,凡晋休氏云江,1973 平		

피수방수古キャ	RFS設工認		RFS設工認		山本公共田
型八指正申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料			
添付書類 8-2-2 バスケットの応力計算書	添付10-2-2-2 バスケットの応力計算書 (BWR用大型キャスク (タイプ2)				
	A))				
1. 概要	1. 概要		概要の記載は同等		
本書は,HDP-69B(B)型のバスケットに関する応力計算書である。	本計算書は、バスケットに関する応力計算書である。				
1.1 形状・寸法・材料	1.1 形状・寸法・材料				
本書で評価するバスケットの形状・寸法・材料を図1-1 に示す。	本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を第1-1図に示す。				
1.2 計算結果	1.2 計算結果の概要				
計算結果を表 3-1,表 3-2,表 3-3 に示す。	計算結果の概要を第1-1表に示す。				
なお、応力評価位置については、解析上最も厳しい部位を選定し、	なお, 応力評価点については, 解析上最も厳しい部位を選定し, 代表評				
代表評価位置として本書に記載している。	価点(面)として本計算書に記載している。				
表中の「-」は、評価すべき応力が発生しない、又は評価上厳しく	表中の「-」は,評価すべき応力が発生しない,又は評価上厳しくない				
ないため、評価を省略している。	ため評価を省略している。以下,本計算書において同様である。				
	2. 温度分布計算				
	バスケットプレート間及びバスケットプレートと胴間の嵌合部にはギャ				
	ップを設けており、熱膨張による拘束が生じないため著しい熱応力は発生				
	しない。				
	また,バスケットには,著しい熱応力が発生するような温度分布が生じな				
	いため温度分布計算は行わない。				
2. 応力計算	3. 応力計算		応力計算の記載は		
2.1 応力評価位置	3.1 応力評価点		同等		
バスケットの応力評価位置を図 2-1 に示す。	バスケットの応力評価点(面)を第3-1図に示す。				
2.2 設計時	3.2 設計時				
2.2.1 荷重条件	3.2.1 荷重条件				
設計時における荷重は貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。)	設計時における荷重は貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。)と				
とする。荷重の方向を図 2-2 に示す。	する。荷重の方向を第3-2図に示す。				
2.2.2 応力計算	3.2.2 計算方法				
(1) 一次一般膜応力	(1) 一次一般膜応力				
最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(図 2-1③	最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(第 3-1 図①				
部)である。鉛直方向加速度により発生する応力(σ _x)は,次式	部)である。				

刑子化之口注申	刑式指定由請書 RFS設工認		いお注田
空 式 指 足 甲 請 音	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
で計算する。 計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。 上記以外の応力成分は零である。	下方向加速度により発生する応力 (σ _x)は,次式で計算する。 他の応力成分は零である。		
(2) 一次一般膜+一次曲げ応力 バスケットプレート下端部(図 2-1③部)には、衝突によって 一次曲げ応力は発生しないため、一次一般膜+一次曲げ応力は、 一次一般膜応力と同じである。	(2) 一次一般膜+一次曲げ応力 バスケットプレート格子端部(第3-1図①部)には、衝突によっ て一次曲げ応力は発生しないため、一次一般膜+一次曲げ応力は、一 次一般膜応力と同じである。		
	3.2.3 計算結果 応力計算結果を第3-1表に示す。		
 2.3 貯蔵架台への衝突時 2.3.1 荷重条件 貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。 荷重の方向を図 2-2 に示す。 ・貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。) ・熱荷重 なお,熱応力については、バスケットプレート間及びバスケッ トプレートと胴間のはめ合部にはギャップを設けており熱膨張に よる拘束が生じないことから、著しい熱応力は発生しないため考慮しない。以下、本章において同様である。 	 3.3 貯蔵架台への衝突時 3.3.1 荷重条件 貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。荷重 の方向を第3-2図に示す。 貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。)+熱荷重 		
 2.3.2 応力計算 一次+二次応力 最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(図 2-1③) 部)である。貯蔵架台への衝突により発生する一次+二次応力(σ x)は、(2.1)式で計算する。 計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。 (2) 平均せん断応力 鉛直方向加速度により、バスケットプレート下端部(図 2-1③) 部)に平均せん断応力(σ_s)は発生しないため、評価を省略する。 (3) 平均支圧応力 最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(図 2-1③) 部)である。鉛直方向加速度により発生する平均支圧応力(σ_p) 	 3.3.2 計算方法 一次+二次応力 最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(第3-1図① 部)である。 貯蔵架台への衝突により発生する一次+二次応力(σ_x)は,(3.1) 式で計算する。 なお,熱応力については,2.章で述べたように著しい熱応力が生じないため考慮しない。以下,本項において同様である。 (2) 平均支圧応力 バスケットプレート下端部(第3-1図①部)に発生する平均支圧応力(σ_p)は,(3.1) 式で計算する。 		

型	RFS設工認		化盐注用
空八佰足甲請青	申請書添付書類3	補足説明資料	比較而未
は, (2.1) 式で計算する。			
計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。			
(4) 圧縮応力	(3) 圧縮応力		
最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(図 2-1③	バスケットプレート下端部(第 3-1 図①部)に発生する圧縮応力		
部) である。鉛直方向加速度により発生する圧縮応力(σ。) は,	(σ _c)は, (3.1)式で計算する。		
	2.2.2.110分用		
訂身朱什及い訂身柏木を衣 2-1 に小り。	5.5.5 訂昇和木 広力計質結果を第 2-1 書に示す		
2.4 貯蔵時(S.* 地震力が作田才る提合)	心乃可异相末を知る「衣に小り。		
2.4 g) 殿时 (3 d 地震/J/// IF/用 y 3 物日) 9 4 1 芭香冬研			
2.4.1 何里木け 貯蔵時にないて S.* 地震力が作田する提合の荷重け次に示す			
知及時においている地展力が作用する場合の何重は低に不す			
・地震力			
 ・自重 			
・熱荷重			
なお, 熱応力については 2.3.1 項で述べたように著しい熱応力			
が発生しないため考慮しない。			
2.4.2 応力計算			
(1) 一次一般膜応力			
最大応力が発生するのはバスケットプレート端部(図 2-1①部)			
の下端部である。			
a. 鉛直方向加速度により発生する応力			
鉛直方向加速度により発生する応力 (σ_x) は、(2.1) 式で計			
算する。			
計算条件及び計算結果を表 2-2 に示す。			
b. 水平方向加速度により発生する応力			
水平方向加速度により発生する応力(σ _v)は、次式で計算す			
る。			
計算条件及び計算結果を表 2-3 に示す。			
上記 a. 及び b. 以外の応力成分は零である。			
(2) 一次一般膜+一次曲げ応力			
最大応力が発生するのはバスケットプレート格子端部(図 2-			
1②部)の下端部である。			
		·	

刑令化令由建争	RFS設工認		に赤谷田
空八佰足甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
a. 鉛直方向加速度により発生する応力			
鉛直方向加速度により,バスケットプレートに一次曲げ応力は			
発生しないため, (1)a.と同様である。			
b. 水平方向加速度により発生する応力			
水平方向加速度により発生する応力 (σy)は、バスケットプ			
レートを両端固定梁としてモデル化し、次式で計算する。			
計算条件及び計算結果を表 2-4 に示す。			
水平方向加速度により発生するせん断応力 (τyz)は, 次式で			
計算する。			
計算条件及び計算結果を表 2-5 に示す。			
上記 a. 及び b. 以外の応力成分は零である。			
(3) 平均せん断応力			
a. 鉛直方向加速度により発生する応力			
鉛直方向加速度により,バスケットプレートにせん断応力は発			
生しないため、評価を省略する。			
b. 水平方向加速度により発生する応力			
最大応力が発生するのはバスケットプレート格子端部(図 2-			
1②部)である。水平方向加速度により発生する平均せん断応力			
(σ _s)は, (2.4)式で計算する。			
計算条件及び計算結果を表 2-5 に示す。			
(4) 半均又庄心刀			
a. 新国刀円加速度により発生りる応力 鼻十広力が発生するのけバスケットプレート下端如(図 9.1の			
取入心力が先生りるのはハヘクタドノレート「姉郎(因 2^{-10} 立)でなる、公古古向加速度に上り発生する亚均支圧さ力(ϵ)			
m) くめる。如直刀向加速反により光王する十均文圧心力 (0_p) け (0_1) 式で計算する			
は、(2.1) 八(日昇)る。 計質冬州乃び計質結里を表 9-9 に示す			
h 水亚方向加速度に上り発生する広力			
B: ホークド加速度により光上する心力 最大広力が発生するのけバスケットプレート選部(図 9-1①			
部)である 水平方向加速度に上り発生する平均支圧広力 (α)			
は $(2,2)$ 式で計算する			
計算条件及び計算結果を表 2-3 に示す			
(5) 圧縮応力			
		1	

刑士化学由注申	RFS設工認	
空 式 相 足 中 胡 音	申請書添付書類3	補足該
 a. 鉛直方向加速度により発生する応力 最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部(図 2-1③ 部)である。鉛直方向加速度により発生する圧縮応力(σ_c)は、 (2.1)式で計算する。 計算条件及び計算結果を表 2-2 に示す。 b. 水平方向加速度により発生する応力 最大応力が発生するのはバスケットプレート端部(図 2-1① 部)である。水平方向加速度により発生する圧縮応力(σ_c)は、 (2.2)式で計算する。 計算条件及び計算結果を表 2-3 に示す。 		
 2.5 貯蔵時(Ss地震力が作用する場合) 2.5.1 荷重条件 貯蔵時においてSs地震力が作用する場合の荷重条件は、Ss地 震力とSd*地震力を同じとしているため2.4.1 項と同様である。 2.5.2 応力計算 計算方法及び計算結果は2.4.2 項と同様である。 		
 3. 応力の評価 3.1 応力強さの評価 各供用状態において,応力成分から算出した応力強さの計算結果と 許容応力を表 3-1,表 3-2 及び表 3-3 に示す。 表 3-1,表 3-2 及び表 3-3 より,各供用状態における一次一般膜応力強さ (P_m),一次一般膜+一次曲げ応力強さ (P_m+P_b)及び一次 +二次応力強さ (P_m+P_b+Q)は,金属キャスク構造規格 MCD-2311, MCD-2312, MCD-2313 及び MCD-2314 の各規定を満足する。 	 4. 応力の評価 4.1 応力強さの評価 各供用状態における応力強さの計算結果と許容応力を第 3-1 表に示す。 第 3-1 表より,各供用状態の一次一般膜応力強さ(P_m),一次一般膜 +一次曲げ応力強さ(P_m+P_b)及び一次+二次応力強さ(P_m+P_b+Q)は,「構造規格」MCD-2311及びMCD-2312の各規定を満足する。 	
 3.2 特別な応力の評価 3.2.1 平均せん断応力 各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-2 及び表 3-3 に示す。 表 3-2 及び表 3-3 より,各供用状態の平均せん断応力 (σ_s) は,金属キャスク構造規格 MCD-2315 の各規定を満足する。 	 4.2 特別な応力の評価 4.2.1 平均支圧応力 各供用状態における応力計算結果と許容応力を第3-1表に示す。 第3-1表より,各供用状態の平均支圧応力(σ_p)は,「構造規格」 MCD-2316の各規定を満足する。 	

説明資料	比較結果
	応力の評価の記載 は同等
	適用する設計疲労
	線図の相違

型卡花亭古建事	RFS設工認		
空八佰足甲請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
3.2.2 平均支圧応力			
各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-1,表 3-2			
及び表 3-3 に示す。なお,表 3-2 及び表 3-3 においては,計算			
結果が許容応力に対して最も厳しくなる評価位置での計算結果を			
示している。			
表 3-1,表 3-2 及び表 3-3 より,各供用状態の平均支圧応力			
(σ _p)は,金属キャスク構造規格 MCD-2316 の各規定を満足す			
る。			
3.2.3 圧縮応力	4.2.2 圧縮応力		
各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-1,表 3-2	各供用状態における応力計算結果と許容応力を第3-1表に示す。		
及び表 3-3 に示す。なお,表 3-2 及び表 3-3 においては,計算	第 3-1 表より,各供用状態の圧縮応力(σ _c)は,「構造規格」MCD-		
結果が許容応力に対して最も厳しくなる評価位置での計算結果を	2317 の各規定を満足する。		
示している。			
表 3-1,表 3-2 及び表 3-3 より,各供用状態の圧縮応力(σ。)			
は,金属キャスク構造規格 MCD-2317 の各規定を満足する。			

·····································	RFS設工認		
型式指正申請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結果
添付書類 8-3-1 トラニオンの応力解析の方針	添付 10-2-1-3 トラニオンの応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイ		
	プ2A))		
1. 概要	1. 概要		概要の記載は同等
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容器等の	本書は,「添付10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針」		
材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2	に基づき、金属キャスクのトラニオンに関する応力解析の方針を述べるも		
年3月17日 原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」とい	のである。		
う。)第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び			
強度を有することが要求されている。			
本書は, HDP-69B(B)型のトラニオンに関する応力解析の方針を述べる			
ものである。			
2. 適用基準	2. 適用基準		適用基準の記載は
トラニオンの強度評価基準については、(社)日本機械学会「使用済燃	トラニオンの強度評価については、使用済燃料貯蔵施設規格(金属キャス		同等
料貯蔵施設規格金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」(以下「金属キ	ク構造規格 JSME S FA1-2007)(日本機械学会 2007年12月)(以		
ャスク構造規格」という。)を適用する。	下「構造規格」という。)を適用する。		
3. 記号	3. 記号		記号の記載は同等
3.1 記号の説明	3.1 記号の説明		
本書及び「添付書類 8-3-2 トラニオンの応力計算書」(以下「応力	本書及び応力計算書において、応力評価に関する下記の記号を使用す		
計算書」という。)において、応力評価に関する下記の記号を使用する。	る。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。		
ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。	なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合があ		
なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合があ	る。		
る。		2.3 トラニオンの強度について	
		2.3.1 最高使用温度について	
4. 設計条件	4. 設計条件	最高使用温度については、貯蔵時の熱解析結果	設計条件の記載は
トラニオンは以下の設計条件に耐えるように設計する。	トラニオンは以下の荷重条件に耐えるように設計する。	から 10℃単位程度の余裕を持って設定する。設計	同等
		値を第2-3-1表に示す。	
4.1 基本仕様	4.1 基本仕様		
HDP-69B(B)型には、上部に2対、下部に2対のトラニオンが取り付	トラニオンの最高使用温度を第4-1表に示す。	2.3.2 荷重の種類とその組合せについて	
けられている。トラニオンに関する応力計算の基本条件を以下に示す。		構造規格 3-解説 MCD-14 を参考に選定注1)し	
		た。吊上げ時は他の強度計算書と同様に, 供用状態	
4.2 設計事象	4.2 設計事象	Aの通常取扱い時とする。	
設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事	設計上考慮する事象として、リサイクル燃料備蓄センターにおける選		
象を以下に示す。	定事象を第4-2表に示す。なお、トラニオンは耐圧試験がないため、試	2.3.3 代表事象の選定について	

刑子化之力注卦	RFS設工認		
型八佰 尺甲 福音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
	験状態における評価は不要である。	代表事象と包絡される事象の関係を第 2-3-2	
	供用状態A及び供用状態Bの選定事象の様態は「添付 10-2-1 金属キャ	表に示す。	
	スクの応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」と同じで	供用状態Aについて,台車搬送時には 0.04G以	
	ある。	下の加速度が作用するが, (1)に示すように, 慣性	
		力による荷重は初期締付け力 (1.3×10 ⁶ N) と比較	
4.3 荷重の種類とその組合せ	4.3 荷重の種類とその組合せ	して小さく,また,貯蔵時は供用状態Aの事象の中	
トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを表 4-1 に	トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを第4-3表に	で大半の期間を占めるため,ここでは貯蔵時を代	
示す。応力解析に用いる荷重は、応力計算書に記載する。	示す。応力解析に用いる荷重は、応力計算書に記載する。	表事象とする。	
		供用状態Bについて, (2)及び(3)に示すように,	
5. 計算条件	5. 計算条件	支持脚への衝突時は、貯蔵架台への衝突時よりも	計算条件の記載は
5.1 解析対象とする事象	5.1 解析対象とする事象	トラニオンに作用する荷重が大きくなるため、支	同等
4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち,表	4.2 節で示したリサイクル燃料備蓄センター内における選定事象のう	持脚への衝突時を代表事象とする。	
5-1 に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、代表事象	ち,第5-1表に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し,代		
について解析を実施する。	表事象について解析を実施する。	(1)台車搬送時における慣性力による荷重	
		トラニオンの質量による慣性力をトラニオンで受	
5.2 解析対象	5.2 解析箇所	けることから、トラニオン1本当たりに作用する荷	
応力解析の対象は、次のとおりである(図 5-1 参照)。	トラニオンの応力解析を行う箇所は,次のとおりである。(第 5-1 図	重Fを概算すると	
(1) トラニオン	参照)	よって, F=2.75×10 ¹ N	
	(1) トラニオン	(2)支持脚への衝突時	
		金属キャスクの質量をトラニオン 2 本で受けるこ	
5.3 形状及び寸法	5.3 形状及び寸法	とから, トラニオン 1 本当たりに作用する荷重Fを	
応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。	応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。	概算すると	
		よって, F=1.47×10 ⁶ N	
	5.4 物性值	(3) 貯蔵架台への衝突時	
	応力計算に使用する材料の物性値は以下のとおりである。	トラニオンの質量による慣性力をトラニオンで受	
	(1) 熱応力計算に使用する物性値を第 5-2 表に示す。	けることから、トラニオン1本当たりに作用する荷	
	(2) 機械的荷重による応力計算に使用する物性値は,最高使用温度に	重Fを概算すると	
	対する値を用いる。	よって, F=3.43×10 ³ N	
	なお, 常温は20 ℃とする。		
		2.3.4 金属キャスクに作用する加速度について	
5.4 許容応力	5.5 許容応力	作用する加速度の考え方は「2.1 密封容器の強度	
各供用状態における許容値基準は,金属キャスク構造規格 MCD-3300	各供用状態における許容応力は,「構造規格」MCD-3300 による。	について」と同様である。	
による。	許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。		
許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。		2.3.5 評価応力の種類及び許容値基準について	
		評価応力の種類及び許容値基準のまとめについ	
刑子化会由建争	RFS設工認	RFS設工認	
-------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	----------
空 八 旬 足 甲 萌 青	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
6. 応力解析の手順	 応力解析の手順 	ては構造規格 3-解説 MCD-16, 17 参照。 許容応力値	応力解析の手順の
6.1 解析手順の概要	応力解析を行う場合の手順について一般的な事項を述べる。	については構造規格別表参照。	記載は同等
トラニオンの応力解析フローを図 6-1 に示す。	6.1 解析手順の概要		
トラニオンの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に	トラニオンの応力解析フローを第6-1図に示す。		
応力評価式を用いて行う。	トラニオンの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に応		
	力評価式を用いて行う。		
6.2 荷重条件の選定	6.2 荷重条件の選定		
荷重条件は4章に示しているが,各部の計算においては,その部分	荷重条件は4章に示しているが、各部の計算においては、その部分に		
について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分につ	ついて重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について		
いて考慮した荷重は応力計算書に示す。	考慮した荷重は応力計算書に示す。		
6.3 応力計算と評価	6.3 応力計算と評価		
6.3.1 応力計算の方法	6.3.1 応力計算の方法		
(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは	(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次		
次の2 つである。	の2つである。		
a. 機械的荷重	a. 機械的荷重		
機械的荷重は, 自重 (使用済燃料集合体を含む HDP-69B(B)型	b. 熱荷重		
(吊上げ時,支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時において	(2) トラニオンは、固縛状態を考慮し、支点間距離が長くなるように		
は三次蓋を含む。)の貯蔵時の設計質量を用いる。), 衝撃荷重及	モデル化する。		
びその他の付加荷重をいう。	(3) 上部トラニオン2個は、吊上げ時において吊上げ荷重を支持する。		
b. 熱荷重	また,下部トラニオン 2 個は,支持脚への衝突時において上下方向		
(2) 上部トラニオン2 個には, 吊上げ時において吊上げ荷重が作用	加速度による荷重の半分をそれぞれ支持する。 貯蔵時においては,地		
する。また,下部トラニオン2個には,支持脚への衝突時におい	震力が作用する場合の鉛直方向及び水平方向荷重は、下部トラニオ		
て鉛直方向加速度による荷重が作用する。下部トラニオン4 個に	ン4個で支持する。		
は、貯蔵時において地震力が作用する場合の鉛直方向荷重及び水	なお、荷重作用点位置は荷重支持面の中央部とする。		
平方向荷重が作用する。	(4)構造の不連続性を考慮して、応力評価点(面)をとる。評価点(面)		
なお、荷重作用位置は荷重支持面の中央部とする。	は、計算書の形状図中に、番号〔例①〕で示す。		
(3)構造の不連続性を考慮して、応力評価位置をとる。応力評価位	(5) 応力評価は,この応力評価点(面)について行う。		
置は、応力計算書に示す。			
(4) 応力評価は,この応力評価位置について行う。			
6.3.2 応力の評価	6.3.2 応力の評価		
応力の計算結果は,金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定	応力の計算結果は,「構造規格」MGB-1200 による定義に従い, 応力		
義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に	の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。		

刑十七岁由建事	RFS設工認		に赤汁田
空	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
示す。	なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。		
なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、	σ:評価断面に垂直な方向の応力		
計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。	τ: せん断応力		
σ:評価断面に垂直な方向の応力	トラニオン用材料の許容応力値を第6-1表に示す。		
τ: せん断応力			
トラニオン用材料の許容応力を表 6-1 に示す。	(1) トラニオンの応力評価		
	トラニオンの応力評価は,「構造規格」MCD-3310 に従い以下の項目		
(1) トラニオンの応力評価	を評価する。		
トラニオンの応力評価は,金属キャスク構造規格 MCD-3310 に	a. 一次応力		
従い以下の項目を評価する。	b. 一次+二次応力		
a. 一次応力	c. 繰返し荷重の評価		
b. 一次+二次応力			
c. 繰返し荷重の評価			
6.3.3 数値の丸め方	6.3.3 数値の丸め方		
数値は原則として安全側に丸めて使用する。	数値は原則として安全側に丸めて使用する。		
また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、	また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基		
基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。	準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。		
表示する数値の丸め方を表 6-2 に示す。	表示する数値の丸め方を第6-2表に示す。		
7. 引用文献	7. 引用文献		
文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。	文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。		
(1) The American Society of Mechanical Engineers, "ASME Boiler	(1)西田正孝,応力集中 増補版,森北出版,1973年		
and Pressure Vessel Code 2015 Edition", Section VMI Division3			
(2015)			
(2)西田正孝,「応力集中 増補版」,森北出版(株)(1973)			

刑令托方市建制	RFS設工認		にお付田
型式指定中請書	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
添付書類 8-3-2 トラニオンの応力計算書	添付 10-2-2-3 トラニオンの応力計算書 (BWR用大型キャスク (タイプ2		
	A))		
1. 概要	1. 概要		概要の記載は同等
本書は, HDP-69B(B)型のトラニオンに関する応力計算書である。	本計算書は、トラニオンに関する応力計算書である。		
1.1 形状・寸法・材料	1.1 形状・寸法・材料		
本書で評価するトラニオンの形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。	本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を第1-1図に示す。		
19 卦質灶里	1 9 卦質結里の概要		
1.2 可 昇 加 不 計 質 純 里 を 妻 3-1 及 び 妻 3-9 ど 示 す	1.2 可 昇柏木の 城安 計質 結果の 概 亜 を 第 1 - 1 書 に 示 才		
市 新福木を表す「及り表すとに小す。 かお 広力 評価 位置 についてけ 評価 上島 も 厳しい 部位を 選定し	日乗相木の威安をお「「私に小り。 たち 広力評価占についてけ 解析上鼻も厳」い部位を選定」 代表評		
(小気), 応力計画位置に ジャマは, 計画工取も取しい前位を選定し, 代表評価位置として本書に記載している	(石) として太計管書に記載している		
来山の「	■二、(面) として本町乗自に記載している。 書中の「け 評価すべき広力が発生したい、又け評価上厳しくたい		
スイッシー」は、計画すべき応力が完全しない。 スは計画工廠して わいため 評価を劣敗している	ス+0 - 」は、 計画 9 、 c № / / / 元 ± し は v , 大は 計画 上 敵 し く な v		
2. 応力計算	2. 応力計算		応力計算の記載は
2.1 応力評価位置	2.1 応力評価点		同等
トラニオンの応力評価位置を図 1-1 に示す。	トラニオンの応力評価点(面)を第1-1図に示す。		
99時講時	9.9 貯蔵時		
2.2 则咸时 9.9.1 益重冬州	2.2 则 殿 时 9.9.1		
2.2.1 何里木什 時間時における黄重け次に示す組合せとする	2.2.1 何里末庁		
り風時におりる何重なびに小り起日ととりる。	自重キトラーオン国家ボルトの初期経行け力キ執荷重		
 ・下部トラーオン国会装置の初期続付け力 			
・執告重			
2.2.2 応力計算	2.2.2 計算方法		
(1) 下部トラニオン	(1) トラニオン		
a. 一次応力	a. 一次応力		
一次応力として評価すべき荷重 (自重)の影響は無視できるた	一次応力として評価すべき荷重(自重)の影響は無視できるため、		
め,評価を省略する。	評価を省略する。		
b. 一次+二次応力	b. 一次+二次応力		
密封容器の熱膨張による応力は無視できるので,熱荷重の考慮	キャスク容器の熱膨張による応力は無視できるので、熱荷重の考		
は不要である。	慮は不要である。		

刑士化学中共争	RFS設工認		化盐红田
至八相足中胡青	申請書添付書類3	補足説明資料	比較而不
(a) せん断応力	(a) せん断応力		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置②である。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す下部トラニオンの評		
下部トラニオン固定装置の初期締付け力により発生するせん断	価点②である。		
応力(τ)は、次式で計算する。	トラニオン固定ボルトの初期締付け力により発生するせん断応		
(b) 曲げ応力	力 (τ)は, 次式で計算する。		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置②である。	(b) 曲げ応力		
下部トラニオン固定装置の初期締付け力により発生する曲げ応	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す下部トラニオンの評		
力 (σ _b) は, 次式で計算する。	価点②である。		
	トラニオン固定ボルトの初期締付け力により発生する曲げ応力		
	(σ _b)は,次式で計算する。		
	2.2.3 計算結果		
	応力計算結果を第2-1表に示す。		
2.3 吊上げ時	2.3 吊上げ時		
2.3.1 荷重条件	2.3.1 荷重条件		
吊上げ時における荷重は次に示す組合せとする。	吊上げ時における荷重は次に示す組合せとする。		
・吊上げ荷重(自重を含む。)	吊上げ荷重(自重を含む。)+熱荷重		
・熱荷重			
2.3.2 応力計算	2.3.2 計算方法		
(1) 上部トラニオン	(1) トラニオン		
a. 一次応力	a. 一次応力		
(a) せん断応力	(a) せん断応力		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置①である。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す上部トラニオンの評		
吊上げ荷重により発生するせん断応力 (τ)は,次式で計算す	価点①である。吊上げ荷重により発生するせん断応力(τ)は,次		
る。	式で計算する。		
(b) 曲げ応力	(b) 曲げ応力		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置①である。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す上部トラニオンの評		
吊上げ荷重により発生する曲げ応力(σ _b)は,次式で計算する。	価点①である。		
(c) 組合せ応力	吊上げ荷重により発生する曲げ応力 (σ _b)は, 次式で計算する。		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置①である。	(c) 組合せ応力		
曲げ応力(σь)とせん断応力(τ)との組合せ応力(σт)は,	イ. せん断応力と曲げ応力		
次式で計算する。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す上部トラニオンの		
b. 一次十二次応力	評価点①である。		

刑士化学由注申	RFS設工認		心默注用
空风相足中萌音	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
密封容器の熱膨張による応力は無視できるので、トラニオンに	せん断応力 (τ)と曲げ応力 (σ_b)との組合せ応力 (σ_T)		
発生する一次+二次応力は, 2.3.2(1)a.と同様である。	は、次式で計算する。		
	b. 一次+二次応力		
	キャスク容器の熱膨張による応力は無視できるので、トラニオン		
	に発生する一次+二次応力は, a. と同様である。		
	2.3.3 計算結果		
	応力計算結果を第2-1表に示す。		
2.4 支持脚への衝突時	2.4 支持脚への衝突時		
2.4.1 荷重条件	2.4.1 荷重条件		
支持脚への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。	支持脚への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。		
・衝撃荷重(自重を含む。)	衝撃荷重(自重を含む。)+熱荷重		
・熱荷重			
2.4.2 応力計算	2.4.2 計算方法		
(1) 下部トラニオン	(1) トラニオン		
a. 一次応力	a. 一次応力		
(a) せん断応力	(a) せん断応力		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置②である。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す下部トラニオンの評		
衝撃荷重により発生するせん断応力(τ)は、次式で計算する。	価点②である。衝撃荷重により発生するせん断応力(τ)は,次式		
(b) 曲げ応力	で計算する。		
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置③である。	(b) 曲げ応力		
衝撃荷重により発生する曲げ応力 (σ _b)は,次式で計算する。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す下部トラニオンの評		
(c) 組合せ応力	価点③である。衝撃荷重により発生する曲げ応力(σ _b)は,次式		
最大応力が発生する位置は,図1-1に示す評価位置②である。	で計算する。		
衝撃荷重により発生する曲げ応力 (σ _b)は,次式で計算する。	(c) 組合せ応力		
曲げ応力(σ_b)とせん断応力(τ)との組合せ応力(σ_T)	イ. せん断応力と曲げ応力		
は、次式で計算する。	最大応力が発生する箇所は第1-1図に示す下部トラニオンの		
b. 一次+二次応力	評価点②である。		
密封容器の熱膨張による応力は無視できるので、トラニオンに	せん断応力 (τ) と曲げ応力 (σ_b) との組合せ応力 (σ_T)		
発生する一次+二次応力は, 2.4.2(1)a.と同様である。	は, (2.5) 式で計算する。		
	b. 一次+二次応力		
	キャスク容器の熱膨張による応力は無視できるので、トラニオン		
	に発生する一次+二次応力は, a.と同様である。		

刑十七分古社事	RFS設工	認	い志注田
空八佰庄中胡青	申請書添付書類3	補足説明資料	山牧祜未
	2.4.3 計算結果		
	応力計算結果を第2-1表に示す。		
95 時蔵時 (8.*地震力が作用する担合)			
2.5 虹殿时(3 远展/)// [F用 9 3 % 日) 9.5 1 带重条件:			
2.3.1 何星末日 貯蔵時においてら、*地震力が作田する提合の荷重け次に示す			
知会社とする			
· 白香			
 ・下部トラニオン固定装置の初期締付け力 			
2.5.2 応力計算			
(1)下部トラニオン			
a. 一次応力			
(a) せん断応力			
最大応力が発生する位置は,図 1-1 に示す評価位置②である。			
水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生するせん断応力			
(τ)は、次式で計算する。なお、地震力により下部トラニオ			
ンに作用する荷重 (F๓) は, 図 2-1 に示すように支点Oを回転			
中心とする回転モーメントの釣合いより求める。			
(1) 曲)げ六五			
しか 一の 心力			
取入応力が完全する世間は、因TTCスす計画世間のでのう。 水平古向加速度及び公直古向加速度に上り発生する曲ば広力			
(\mathbf{r}_{\cdot}) け 次式で計算すス			
最大広力が発生すろ位置け 図 1-1 に示す評価位置②であろ			
曲げ広力 (σ_{1}) とせん断広力 (τ) との組合せ広力 (σ_{2}) は			
b. 一次十二次応力			
(a) せん断応力			
地震力によるせん断応力 (τ)の全振幅は、(2.10)式で計算			
したせん断応力(τ)の2倍とする。			
(b) 曲げ応力			
			1

刑之论令中注书	RFS設工認	
空八有足甲請書	申請書添付書類3	補足説
地震力による曲げ応力 (σ b) の全振幅は, (2.11)式で計算し		
た曲げ応力 (σь) の2倍とする。		
計算条件及び計算結果を表 2-13 に示す。		
2.6 貯蔵時(Ss地震力が作用する場合)		
2.6.1 荷重条件		
貯蔵時においてSs地震力が作用する場合の荷重条件はSs地		
震力とS _d *地震力を同じとしているため, 2.5.1 項と同様である。		
計算方法及び計算結果は、2.5.2 頃と同様である。		
3 広力の評価	3 応力の評価	
3.1 一次応力の評価	3.1 一次応力の評価	
各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-1 及び表 3-2 に	各供用状態における評価を第2-1表に示す。	
示す。	第 2-1 表より,各供用状態の一次応力は「構造規格」MCD-3311 の各規	
表 3-1 及び表 3-2 に示すように,各供用状態における一次応力は金	定を満足する。	
属キャスク構造規格 MCD-3311 の規定を満足する。		
	3.2 一次+二次応力の評価	
3.2 一次+二次応力の評価	各供用状態における評価を第2-1表に示す。	
各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-1 及び表 3-2 に	第2-1表より,各供用状態の一次+二次応力は「構造規格」MCD-3312	
示す。	の各規定を満足する。	
表 3-1 及び表 3-2 に示すように,各供用状態における一次+二次応		
力は金属キャスク構造規格 MCD-3312 の規定を満足する。		
4. 繰返し荷重の評価	 4. 繰返し荷重の評価 	
金属キャスク構造規格 MCD-3313 に従い, 吊上げ時における疲労評価	「構造規格」MCD-3313 に従い, 吊上げ時における疲労評価を行う。吊上	
を行う。吊上げ事象の繰返し回数は、200回とする。設計疲労線図は、	げ事象の繰返し回数は200回とする。	
ASME の Figure KD-320.4M を適用する。	上部トフニオンの評価点①に生じる繰返しビーク応力強さ(S ₀)は以下	
上部トラニオンの評価位置①に生じる繰返しビーク応力強さ(S ₀)は	で計算する。	
以下で計昇する。		

説明資料	比較結果
	応力の評価の記載 は同等
	繰返し荷重の評価の記載は同等

刑卡化会由注申	RFS設工認		いお対田
空 X 拍 足 甲 捐 音	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結米
$S_{\varrho} = \frac{1}{2} \cdot K_{\tau} \cdot K_{r} \cdot S \cdot \frac{E_{0}}{E}$ $S = \sqrt{\sigma_{b}^{2} + 4 \cdot \tau^{2}}$ ここで、 $K_{\tau} : 評価位置の段付き部の応力集中係数 (=2.1(2))$ $K_{r} : 表面粗さによる応力集中係数 (=1.3(1))$ $S : ピーク応力強さ (MPa)$ $\tau : (2.3)式と同じ$ $\sigma_{b} : (2.4)式と同じ$ $E_{0} : 設計疲労線図の縦弾性係数 (=2.00 \times 10^{5} MPa(1))$	$S_{\ell} = \frac{1}{2} \cdot K_{t} \cdot S \cdot \frac{E_{0}}{E}$ $S = \sqrt{\sigma_{b}^{2} + 4 \cdot \tau^{2}}$ (4.1) S = $\sqrt{\sigma_{b}^{2} + 4 \cdot \tau^{2}}$ (4.1) CCで, K _t : 評価点①の段付き部の応力集中係数 (=2.1 引用 文献(1)より) S : 応力強さ (MPa) τ : (2.3) 式と同じ σ_{b} : (2.4) 式と同じ E_{0} :「構造規格」別図 8-1 に示されている縦弾性係数(= 2.07×10 ⁵ MPa) E : 解析に用いる縦弾性係数 (=1.88×10 ⁵ MPa)		適用する設計疲労 線図の相違
 E :縦弾性係数 (=1.88×10⁵ MPa) 繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果を表 4-1 に示す。 次に、ASME の Figure KD-320.4M より、繰返しピーク応力強さ (S₀) に対する許容繰返し回数 (N_a)を求める。吊上げ事象の繰返し回数 (N_{c1})と許容繰返し回数 (N_a) との比は表 4-2 に示すとおりとなり、疲 労累積係数 (U_f)は1.0以下となるため、金属キャスク構造規格 MCD-3313の規定を満足する。 	「構造規格」別図 8-1 より, 繰返しピーク応力強さ(S _d)に対する許容 繰返し回数(N _a)を求める。吊上げ事象の繰返し回数(Nc)と許容繰返し 回数(N _a)との比は第 4-1 表に示すとおりとなり, 吊上げ時における疲 労累積係数U _f は1.0以下となるため,「構造規格」MCD-3313の規定を満足 する。		

刑十七岁古建事	RFS設工認		いお対田
空风相足中崩青	申請書添付書類3	補足説明資料	比較結未
添付書類 8-4-1 外筒及び中性子遮蔽材カバーの応力解析の方針	添付 10-2-1-4 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析の方針(BWR	使用済燃料貯蔵設備本体の強度及び耐食性について(B	
	用大型キャスク (タイプ2A))	WR用大型キャスク (タイプ2A))	
1. 概要	1. 概要		概要の記載は同等
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容器等の	本書は,「添付10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針」		
材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2	に基づき、金属キャスクの外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーに関する応力		
年3月17日 原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」とい	解析の方針を述べるものである。		
う。)第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び			
強度を有することが要求されている。			
本書は,HDP-69B(B)型の外筒(端板含む。)及び中性子遮蔽材カバーに			
関する応力解析の方針を述べるものである。			
なお,HDP-69B(B)型の中性子遮蔽材カバーのうち,本書は蓋部中性子			
遮蔽材カバーを対象とし、底部中性子遮蔽材カバーの応力解析の方針に			
ついては,「添付書類 8-1-1 密封容器の応力解析の方針」に示す。			
2. 適用基準	2. 適用基準		適用基準の記載は
(1) 外筒	(1) 外筒		同等
HDP-69B(B)型の外筒 (端板を含む。)は,放射性物質の閉じ込め境界	外筒は,放射性物質の閉じ込め境界ではないが,自らが遮蔽体であると		
ではないが、自らが遮蔽体であると同時に、外筒内部に配置される中	同時に、外筒内部に配置される中性子遮蔽材を保持する機能が求められ		
性子遮蔽材を保持する機能が求められる。類似の機能を持つ部材とし	る。類似の機能を持つ部材として,使用済燃料貯蔵施設規格(金属キャス		
て, (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	ク構造規格 JSME S FA1-2007)(日本機械学会 2007年12月)		
規格 JSME S FA1-2007」(以下「金属キャスク構造規格」という。)に	(以下「構造規格」という。) に示される中間胴があり, 外筒の構造強度		
示される中間胴があり、外筒の構造強度評価手法としては中間胴の規	評価手法としては中間胴の規定を用いる。ただし、中間胴は密封容器を支		
定を用いる。ただし、中間胴は密封容器を支持し、その損壊を防止す	持し,その損壊を防止する機能が要求されるため,密封容器との溶接部近		
る機能が要求されるため、密封容器との溶接部近接部分に対する特別	接部分に対する特別な規定が設けられている(MCD-3710)が,外筒におい		
な規定が設けられている(金属キャスク構造規格 MCD-3710)が,外筒	てはこの機能は要求されないため,当該規定は参考としない。		
においてはこの機能は要求されないため,当該規定は適用しない。			
(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー	(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー		
HDP-69B(B)型の蓋部中性子遮蔽材カバーは,一次蓋の中性子遮蔽材	蓋部中性子遮蔽材カバーは、一次蓋の中性子遮蔽材を覆うカバーであ		
を覆うカバーであり、一次蓋と二次蓋の間にヘリウムガスを封入して	り、一次蓋と二次蓋の間にヘリウムガスを封入して圧力を監視すること		
圧力を監視することから、圧力に対して十分な強度が求められる。こ	から, 圧力に対して十分な強度が求められる。このため, 蓋部中性子遮蔽		
のため、蓋部中性子遮蔽材カバーの構造強度評価手法としては、圧力	材カバーの構造強度評価手法としては、圧力荷重に対する評価要求が定		
荷重に対する評価要求が定められている(社)日本機械学会「発電用	められている,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S N		
原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005(2007 年追補版含	C1-2005)(日本機械学会 2005年9月)(2007年追補版を含む。)(以		
む。)」(以下「設計・建設規格」という。)のクラス3 容器の規定を用	下「設計・建設規格」という。)のクラス3容器の規定を用いる。		
いる。			

刑子化会由建争	RFS設工認		比款注用
空八拍足甲請書	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
 3. 記号 3.1 記号の説明 本書及び「添付書類 8-4-2 外筒及び中性子遮蔽材カバーの応力計算 書」(以下「応力計算書」という。)において,応力評価に関する下記 の記号を使用する。ただし,本文中に特記のある場合は,この限りで はない。 なお,応力計算書の字体及び大きさは,本書と異なる場合がある。 	 3. 記号 3.1 記号の説明 本書及び応力計算書において,応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし,本文中に特記のある場合は,この限りでない。 なお,応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合がある。 		記号の記載は同等
4. 設計条件外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーは、以下の設計条件に耐えるように設計する。	 設計条件 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーは以下の荷重条件に耐えるように設計 する。 		設計条件の記載は 同等
4.1 基本仕様 HDP-69B(B)型の外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーに関する応力計算 の基本条件を以下に示す。	 4.1 基本仕様 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの材料,最高使用圧力及び最高使用 温度を第4-1表に示す。 	 2.4 外筒及び中性子遮蔽材カバーの強度について 2.4.1 最高使用温度について 最高使用温度については、貯蔵時の熱解析結果 から 10℃~20℃単位程度の余裕を持って設定す 	
 4.2 設計事象 設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事 象を以下に示す。 	 4.2 設計事象 設計上考慮する事象として、リサイクル燃料備蓄センター内における 選定事象を第4-2表に示す。なお、外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーは 耐圧試験がないため、試験状態における評価は不要である。 供用状態A及び供用状態Bの選定事象の様態は「添付10-2-1 金属キャ スクの応力解析の方針(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」と同じで ある。 	る。設計値を第 2-4-1 表及び第 2-4-2 表に示 す。 2.4.2 最高使用圧力について 設計値を第 2-4-3 表及び第 2-4-4表に示す。	
 4.3 荷重の種類とその組合せ 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの設計上考慮すべき荷重の種類と その組合せを表 4-1 に示す。応力評価に用いる荷重は、応力計算書に 記載する。 	 4.3 荷重の種類とその組合せ 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを第4-3表に示す。応力解析に用いる荷重は、応力計算書に記載する。 	 2.4.3 荷重条件について (1)外筒 外筒に生じる加速度が比較的大きい事象での慣 性力を考慮する。 ・貯蔵架台への衝突時 	
 5. 計算条件 5. 1 解析対象とする事象 4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち,表 5-1 に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し,代表事象 について解析を実施する。 	 5. 計算条件 5. 1 解析対象とする事象 4.2 節で示したリサイクル燃料備蓄センター内における選定事象のうち,第5-1表に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し,代表事象について解析を実施する。 	 (2) 蓋部中性子遮蔽材カバー 蓋間圧力に余裕をみて定めた最高使用圧力を考慮する。 (3) 底部中性子遮蔽材カバー 底部中性子遮蔽材カバーに生じる加速度が比較 	計算条件の記載は 同等

到个伦宁市建步	RFS設工認		にお付田
型式指定甲請書 	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結未
5.2 解析対象	5.2 解析筒所	的大きい事象での慣性力を考慮する。 ・貯蔵架台への衝突時	
応力解析の対象は、次のとおりである。 (1) 外筒(図 5-1 参照)	外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析を行う箇所は,次のとお りである。(第5-1図及び第5-2図参照)	なお、タイプ2Aにおける、底部中性子遮蔽材カ バーは、「2.1 密封容器の強度について」のなかで評	
(2) 盖前中住于巡敝的刀八一(因 3-2 参照)	(1) 外間(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー	14.4 上部端板の評価について	
5.3 形状及び寸法 応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。	 5.3 形状及び寸法 応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。 5.4 物性値 応力計算に使用する材料の物性値は以下のとおりである。 	貯蔵時の金属キャスクは縦姿勢であり,外筒,端 板,伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に生じた慣 性力は,主に下部端板に支えているため,上部端板 の荷重は小さい。このため,上部端板の評価は省略 する。	
	 (1) 熱応力計算に使用する物性値は、応力計算書に示す。 (2) 機械的荷重による応力計算に使用する物性値は、最高使用温度に対する値を用いる。 なお、常温は 20 ℃とする。 		
 5.4 許容応力 (1)外筒 各供用状態における許容値基準は、金属キャスク構造規格 MCD-3720 による。 許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。 (2)蓋部中性子遮蔽材カバー 蓋部中性子遮蔽材カバーの形状は平板である。設計・建設規格 クラス3 容器の規定において、PVD-3310 に最高使用圧力に対する平板の最小必要厚さを定める規定がある。この規定は、平板に圧力が作用した場合の最大曲げ応力値を 1.5S(S:許容引張応力)に制限するという考え方に基づいているので、この規定の考え方を準用する。溶接部においては、設計・建設規格 クラス3 容器の規定を参考にして継手効率を考慮する。 許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。 	 5.5 許容応力 外筒 各供用状態における許容値基準は、「構造規格」MCD-3720による。 許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。 (2) 蓋部中性子遮蔽材カバー 蓋部中性子遮蔽材カバーの形状は平板である。「設計・建設規格」の クラス3容器の規定において、PVD-3310に最高使用圧力に対する平板 の最小必要厚さを定める規定がある。この規定は、平板に圧力が作用した場合の最大曲げ応力値を1.5S(S:許容引張応力)に制限するという 考え方に基づいているので、この規定の考え方を準用する。溶接部においては、「設計・建設規格」クラス3容器の規定を参考にして継手効率を考慮する。 許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。 		
 6. 応力解析の手順 6.1 解析手順の概要 外筒の応力解析フローを図 6-1 に示す。 	 応力解析の手順 応力解析を行う場合の手順について一般的な事項を述べる。 		応力解析の手順の 記載は同等

刑十七岁山注尹	RFS設工認		レ赤汁田
王大阳人工明目	申請書添付書類3	補足説明資料	山牧柏米
外筒の応力解析は、想定される内圧、機械的荷重及び熱荷重を基に	6.1 解析手順の概要		
応力評価式を用いて行う。一方、蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析	外筒の応力解析フローを第6-1図に示す。		
は、想定される圧力に対して応力評価式を用いて行う。	外筒の応力解析は,想定される内圧,機械的荷重及び熱荷重を基に応力		
	評価式を用いて行う。一方,蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析は,想定		
	される圧力に対して応力評価式を用いて行う。		
6.2 荷重条件の選定	6.2 荷重条件の選定		
荷重条件は4章に示しているが,各部の計算においては,その部分	荷重条件は 4. 章に示しているが,各部の計算においては,その部分に		
について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分につ	ついて重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について		
いて考慮した荷重は応力計算書に示す。	考慮した荷重は応力計算書に示す。		
6.3 応力計算と評価	6.3 応力計算と評価		
6.3.1 応力計算の方法	6.3.1 応力計算の方法		
応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは	(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次		
次の3つである。	の3つである。		
a. 内圧	a. 内圧		
b. 機械的荷重	b. 機械的荷重		
機械的荷重は,自重(使用済燃料集合体を含む HDP-69B(B)型(吊	機械的荷重は、自重(燃料集合体を含む金属キャスク(二次蓋を		
上げ時、支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三	含む。)の貯蔵時の設計質量を用いる。), 衝撃荷重及びその他の付加		
次蓋を含む。)の貯蔵時の設計質量を用いる。), 衝撃荷重及びその	荷重をいう。		
他の付加荷重をいう。	c. 熱荷重		
c. 熱荷重	熱荷重は、各部に生じる温度変化及び温度勾配による荷重であ		
熱荷重は、各部に生じる温度変化及び温度勾配による荷重であ	り、温度分布計算の結果から得られるものをいう。		
り、「添付書類5使用済燃料等の除熱に関する説明書」に記載する	(2) 構造の不連続性を考慮して, 応力評価点(面)をとる。評価点(面)		
除熱解析の結果から得られるものをいう。	は、計算書の形状図中に、番号〔例①〕で示す。		
	(3) 応力評価は、この応力評価点(面)について行う。		
6.3.2 応力の評価	6.3.2 応力の評価		
応力の計算結果は,金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定	応力の計算結果は、「構造規格」MGB-1200 による定義に従い、応力		
義に従い、応カの種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に	の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。		
示す。	なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。		
なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、	σ:評価断面に垂直な方向の応力		
計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。	τ: せん断応力		
σ :評価断面に垂直な方向の応力	外筒の許容応力を第6-1表に,蓋部中性子遮蔽材カバーの許容応		
τ: せん断応力	力を第6-2表に示す。		

刑子论学由建事	RFS設工認	
空 以 相足中 胡 音	申請書添付書類 3	補足説
外筒の許容応力を表 6-1 に, 蓋部中性子遮蔽材カバーの許容応 力を表 6-2 に示す。	(1) 外筒の応力評価 外筒の応力評価は,「構造規格」MCD-3720 に従い以下の項目を評価	
 (1)外筒の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-3720 を準用し、 外筒の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-3720 を準用し、 以下の項目を評価する。 a. 一次応力 b. 一次+二次応力 (2)蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価は、設計・建設規格 PVD- 3310 を準用し、以下の項目を評価する。 a. 一次応力 	する。 a. 一次応力 b. 一次+二次応力 (2) 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価は,「設計・建設規格」PVD-3310 に従い以下の項目を評価する。 a. 一次応力	
6.3.3 数値の丸め方 数値は原則として安全側に丸めて使用する。 また,規格,基準等により決まる数値については丸めず,規格, 基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。 表示する数値の丸め方を表 6-3 に示す。	 6.3.3 数値の丸め方 数値は原則として安全側に丸めて使用する。 また,規格,基準等により決まる数値については丸めず,規格,基 準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。 表示する数値の丸め方を第6-3表に示す。 	
 7. 引用文献 文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。 (1)(社)日本機械学会、「機械工学便覧新版」、丸善株式会社(1987年) 	 7. 引用文献 文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。 (1)日本機械学会、機械工学便覧、新版、丸善株式会社、1987年 	

明資料	比較結果
明資料	引用文献の記載は同等

피수방구나국부	RFS設工認	
型式指定申請書	申請書添付書類3	補足言
添付書類 8-4-2 外筒及び中性子遮蔽材カバーの応力計算書	添付 10-2-2-4 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの応力計算書(BWR用大	
	型キャスク (タイプ2A))	
1. 概要	1. 概要	
本書は,HDP-69B(B)型の外筒(端板含む。)及び中性子遮蔽材カバーに	本計算書は、金属キャスクの外筒(上下部端板含む。)及び蓋部中性子遮	
関する応力計算書である。	蔽材カバーに関する応力計算書である。	
なお,HDP-69B(B)型の中性子遮蔽材カバーのうち,本書は蓋部中性子		
遮蔽材カバーを対象とし,底部中性子遮蔽材カバーの応力計算は,「添付		
書類 8-1-2 密封容器の応力計算書」に示す。		
1.1 形状・寸法・材料	1.1 形状・寸法・材料	
本書で評価する部位の形状・寸法・材料を図 1-1 及び図 1-2 に示	本計算書で解析する外筒(上下部端板含む。)及び蓋部中性子遮蔽材カ	
す。	バーの形状・寸法・材料を第1-1図及び第1-2図に示す。	
1.2.計算結果	 1.2 計算結果の概要 	
計算結果を表 3-1. 表 3-2. 表 3-3 及び表 3-4 に示す。	計算結果の概要を第1-1表に示す。	
なお、応力の計算位置は、評価上最も厳しい部位を選定し、代表評	なお、応力評価点については、解析上最も厳しい部位を選定し、代表評	
価位置として本書に記載している。	価点(面)として本計算書に記載している。	
表中の「-」は、評価すべき応力が発生しないか、又は評価上厳し	表中の「」は、評価すべき応力が発生しない、又は評価上厳しくない	
くないため、評価を省略していることを表す。	ため評価を省略している。以下、本計算書において同様である。	
2. 応力計算	2. 応力計算	
2.1 応力評価位置	2.1 応力評価点	
(1) 外筒	(1) 外筒	
外筒は、金属キャスク容器外周部に円筒形で配置され、内部には	外筒は、金属キャスク容器外周部に円筒形で配置され、内部には中性	
中性子遮蔽材が充填される。外筒は板厚が20mmの炭素鋼であり,	子遮蔽材が充填される。外筒は板厚が 20 mm の炭素鋼であり,上下部	
端板及び伝熱フィンを介し、厚肉で強固な胴に溶接で固定される。	端板及び伝熱フィンを介し,厚肉で強固な胴に溶接で固定される。外筒	
外筒の応力評価位置を図 1-1 に示す。	の応力評価点を第1-1図に示す。	
貯蔵架台への衝突時においては,金属キャスクは縦姿勢であり,	貯蔵架台への衝突時においては,金属キャスクは縦姿勢であり,衝突	
衝突時に発生する加速度に応じて、外筒や中性子遮蔽材等の慣性力	時に発生する加速度に応じて、外筒や中性子遮蔽材等の慣性力が下部	
が下部端板付け根に作用するので,ここを評価部位(図 1-1 応力評	端板付け根に作用するので,ここを評価部位(第1-1図評価点(面)	
価位置①)とする。	①)とする。	
貯蔵時(S _d *地震力が作用する場合、又はS _s 地震力が作用する	また,外筒内面に中性子遮蔽材充填部内圧が作用する。この場合,外	
場合)においては,水平地震力により外筒内面に中性子遮蔽材の質	筒と伝熱フィンとの結合部には曲げ応力が発生するので、ここを評価	
量に応じた慣性力と中性子遮蔽材充填部内圧が作用する。この場合,	部位(第1-1図 評価点(面)②)とする。	
外筒と伝熱フィンとの結合部には曲げ応力が発生するので、ここを		

説明資料	比較結果
	概要の記載は同等
	応力計算の記載は 同等

刑予化党由建制	RFS設工認		RFS設工認		いおが日
主大田足干明青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結米		
評価部位とする (図 1-1 応力評価位置②)。					
(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー	(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー				
蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価位置を図 1-2 に示す。	蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価点を第1-2図に示す。				
蓋部中性子遮蔽材カバーに蓋間圧力が作用する場合に最大応力が	蓋部中性子遮蔽材カバーに蓋間圧力が作用する場合に最大応力が発				
発生するのは蓋部中性子遮蔽材カバーの周辺固定部であるので、こ	生するのは蓋部中性子遮蔽材カバーの周辺固定部であるので、ここを				
こを評価部位(図 1-2 応力評価位置③)とする。	評価部位(第1-2図 評価点(面)③)とする。				
2.2 外筒の応力計算					
2.2.1 貯蔵架台への衝突時	2.2 貯蔵架台への衝突時				
(1) 荷重条件	2.2.1 荷重条件				
貯蔵架台への衝突時における荷重は、次に示す組合せとする。	貯蔵架台への衝突時における荷重は,次に示す組合せとする。荷重				
荷重の方向を図 2-1 に示す。	の方向を第2-1図に示す。				
・内圧	内圧+貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。)+熱荷重				
・貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む。)					
 熱荷重 					
(2) 計算方法	2.2.2 計算方法				
a. 一次応力	(1) 外筒				
(a) 鉛直方向衝撃荷重によるせん断応力	a. 一次応力				
貯蔵架台への衝突時は、金属キャスクが縦姿勢での事象であ	(a) 鉛直方向衝撃荷重によるせん断応力				
るので,外筒,端板,伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に生じ	貯蔵架台への衝突時は、金属キャスクが縦姿勢での事象であるの				
た慣性力は、それぞれ胴との結合部で支持される。	で,外筒,上下部端板,伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に生じた慣				
慣性力の考慮においては,簡単化のため,伝熱フィンや端板	性力は、それぞれ胴との結合部で支持される。				
の結合部がないものとして、外筒部に生じた慣性力がすべて下	慣性力の考慮においては, 簡単化のため, 伝熱フィンや上下部端板				
部端板と胴の接合部に生じた場合の応力を評価する。	の結合部がないものとして、外筒部に生じた慣性力がすべて下部端				
外筒,端板,伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に,貯蔵架台	板と胴の接合部に生じた場合の応力を評価する。				
への衝突時の衝撃加速度が作用し,これを下部端板の付け根(胴	外筒,上下部端板,伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に,貯蔵架台				
結合部)においてせん断力として受ける場合の応力評価位置①	への衝突時の衝撃加速度が作用し,これを下部端板の付け根(胴結合				
に生じるせん断応力は、次式で計算する。	部)においてせん断力として受ける場合の応力評価点①に生じるせ				
(b) 中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力	ん断応力は、次式で計算する。				
外筒は伝熱フィンで区切られて伝熱フィン及び端板に溶接さ	(b) 中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力				
れる。また,下部端板も伝熱フィンで区切られて胴,外筒,及	外筒は伝熱フィンで区切られて伝熱フィン及び上下部端板に溶接				
び伝熱フィンに溶接される。このため、外筒及び下部端板は、	される。また、下部端板も伝熱フィンで区切られて胴、外筒、及び伝				
四辺を固定された板とみなすことができる。外筒及び下部端板	熱フィンに溶接される。このため、外筒及び下部端板は、四辺を固定				
には、中性子遮蔽材充填部内圧が作用する。外筒及び下部端板	された板とみなすことができる。外筒及び下部端板には、中性子遮蔽				
内面に内圧が作用すると、図 1-1 に示す応力評価位置①及び②	材充填部内圧が作用する。外筒及び下部端板内面に内圧が作用する				

刑令化之力注事	RFS設工認		におけ田
至八相足甲胡青	申請書添付書類 3	補足説明資料	比較結米
には曲げ応力が発生し、その値を次式で計算する。	と,第1-1図に示す応力評価点①及び②には曲げ応力が発生し,そ		
(c) 組合せ応力	の値を次式で計算する。		
応力評価位置①には、曲げ応力とせん断応力が同時に作用する	(c) 組合せ応力		
ため、組合せ応力を評価する。組合せ応力は次式で計算する。	応力評価点①には、曲げ応力とせん断応力が同時に作用するため、		
	組合せ応力を評価する。組合せ応力は次式で計算する。		
b. 一次+二次応力	b. 一次+二次応力		
(a) 下部端板と胴の径方向熱膨張差による応力	(a) 下部端板と胴の径方向熱膨張差による応力		
下部端板と胴の径方向熱膨張差に基づく熱荷重により下部端	下部端板と胴の径方向熱膨張差に基づく熱荷重により下部端板の		
板の周方向及び径方向に発生する応力は、下部端板及び胴を組	周方向及び径方向に発生する応力は、下部端板及び胴を組合せ円筒		
合せ円筒として各々下式で計算する。	として各々下式で計算する。		
(b) 外筒と胴の軸方向熱膨張差による端板のせん断応力	(b) 外筒と胴の軸方向熱膨張差による下部端板のせん断応力		
外筒は、端板及び伝熱フィンを介し、厚肉で強固な胴に溶接	外筒は,上下部端板及び伝熱フィンを介し,厚肉で強固な胴に溶接		
で固定されており、胴と外筒の軸方向熱膨張差により軸方向の	で固定されており、胴と外筒の軸方向熱膨張差により軸方向の熱荷		
熱荷重が発生する。当該熱荷重は、伝熱フィンを無視し、胴と	重が発生する。 当該熱荷重は, 伝熱フィンを無視し, 胴と外筒を一様		
外筒を一様断面の組合せ棒として計算する。当該熱荷重に基づ	断面の組合せ棒として計算する。当該熱荷重に基づき下部端板に発		
き下部端板に発生するせん断応力は、次式で計算する。	生するせん断応力は、次式で計算する。		
なお,当該せん断応力は,(2.1)式で計算する貯蔵架台への	なお,当該せん断応力は,(2.1)式で計算する貯蔵架台への衝突時		
衝突時に下部端板に発生するせん断応力とは逆向きとなるた	に下部端板に発生するせん断応力とは逆向きとなるため、便宜的に		
め、便宜的に負符号をつけて表している。	負符号をつけて表している。		
(c) 外筒と胴の軸方向熱膨張差による外筒の引張応力	(c) 外筒と胴の軸方向熱膨張差による外筒の引張応力		
外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重に基づき外筒の軸方	外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重に基づき外筒の軸方向に		
向に引張応力が発生する。当該引張応力は,次式で計算する。	引張応力が発生する。当該引張応力は、次式で計算する。		
(3) 計算結果	2.2.3 計算結果		
貯蔵架台への衝突時における外筒に発生する応力の計算条件及	応力計算結果を第2-1表に示す。		
び計算結果を表 2-1,表 2-2 及び表 2-3 に示す。			
2.2.2 貯蔵時 (S _d *地震力が作用する場合)			
貯蔵時において, S _d *地震力が作用する場合の荷重は, 次に示			
す組合せとする。			
荷重の方向を凶 2−1 に示す。			
・内圧			
 ・地震力 			
・自重			
(2) 計算方法			

刑之论令由注申	RFS設工認		七 款注用
王大阳之下明言	申請書添付書類3	補足説明資料	比較相不
a. 一次応力			
(a) 鉛直方向地震荷重によるせん断応力			
鉛直方向地震荷重による応力評価位置①のせん断応力は,			
(2.1) 式で計算する。			
(b) 中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力			
中性子遮蔽材充填部内圧による応力評価位置①の曲げ応力			
は, (2.2) 式で計算する。			
(c) 中性子遮蔽材充填部内圧及び水平方向地震荷重による曲げ応			
力			
外筒を伝熱フィンに区切られる幅ごとに考えると、外筒内面			
には水平方向地震力による中性子遮蔽材の慣性力が作用する。			
また,中性子遮蔽材充填部内圧も同時に作用する。このとき,			
外筒の伝熱フィン結合部の端点(応力評価位置②)には曲げ応			
力が作用するので, (2.2) 式で計算する。			
b. 一次+二次応力			
(a) せん断応力			
短期繰返し荷重(S _d *地震力)のみによる応力評価位置①に			
おけるせん断応力の全振幅は、(2.1)式で求まるせん断応力の			
2 倍とする。			
(b) 曲げ応力			
短期繰返し荷重(S _d *地震力)のみによる応力評価位置②に			
おける曲げ応力の全振幅は, (2.2) 式で求まる曲げ応力の 2 倍			
とする。			
(3) 計算結果			
貯蔵時(S _d *地震力が作用する場合)における外筒の一次応力			
及び一次+二次応力の計算条件と計算結果を各々表 2-4 及び表			
2-5 に示す。			
2.2.3 貯蔵時(S _s 地震力が作用する場合)			
(1) 荷重条件			
貯蔵時において、Ss地震力が作用する場合の荷重条件は、Ss			
地震力とS _d *地震力を同じとしているため, 2.2.2(1)項と同じで			
ある。			
(2) 計算方法			
計算方法は、2.2.2(2)項と同じである。			

刑士长令由建事	RFS設工認		い数注用
王大阳龙平明音	申請書添付書類3	補足説明資料	山牧祜未
 (3)計算結果 貯蔵時(S。地震力が作用する場合)における外筒の一次広力及 			
バー次+二次応力の計算条件と計算結果は 2.2.2(3)項と同じで			
ある。			
2.3 盃部中性于遮蔽材 ルバーの応力計算 2.2.1 具直体田正力味	99是宣徒田正力時		
2.3.1 取同使用圧力時 (1) 莅臿冬侊	2.3 取同使用压力时 9.3.1 带重条件:		
(1) 何里末日 善部中性子渡藤材カバーの最高値用圧力時の荷重け 次に示す	2.5.1 何里木口 素部中性子遮蔽材カバーの最高値田圧力時の荷重け 次に示す組		
組合せとする。	合サレする。		
・ 圧力	正一一 () () () () () () () () () (
• 自重			
(2) 計算方法	2.3.2 計算方法		
a. 一次応力	(1) 蓋部中性子遮蔽材カバー		
蓋部中性子遮蔽材カバーには,一次蓋と二次蓋間に封入される	a. 一次応力		
ヘリウムガスの圧力が作用するので,この最高使用圧力に対する	蓋部中性子遮蔽材カバーには、一次蓋と二次蓋間に封入されるへ		
応力を評価する。一次蓋の中性子遮蔽材充填部には, 図 1-2 に	リウムガスの圧力が作用するので、この最高使用圧力に対する応力		
示すようにリブが設けられており、蓋間圧力が作用する場合に	を評価する。一次蓋の中性子遮蔽材充填部には,第 1-2 図に示す		
は,このリブと周辺固定部(溶接部)で蓋部中性子遮蔽材カバー	ようにリブが設けられており、蓋間圧力が作用する場合には、この		
の荷重を支持する構造となっている。	リブと周辺固定部(溶接部)で蓋部中性子遮蔽材カバーの荷重を支		

刑卡伦会由建制	R F S 設工認		レお対田
主人们是干明音	申請書添付書類3	補足説明資料	山牧柏朱
ここでは、十字に交差するリブと周辺固定部で形成される四半	持する構造となっている。		
円形状に着目し,蓋部中性子遮蔽材カバーの半径を一辺とする正	ここでは、十字に交差するリブと周辺固定部で形成される四半円		
方形の板に圧力が作用するモデルを考える。四辺は対称条件もし	形状に着目し、蓋部中性子遮蔽材カバーの半径を一辺とする正方形		
くは溶接により固定されるため,四辺固定条件となる。四辺固定	の板に圧力が作用するモデルを考える。四辺は対称条件もしくは溶		
の正方形の板において,等分布荷重が作用するときの最大曲げ応	接により固定されるため、四辺固定条件となる。四辺固定の正方形		
力は固定辺中央に生じ、(2.2)式で計算する。	の板において、等分布荷重が作用するときの最大曲げ応力は固定辺		
(3) 計算結果	中央に生じ, (2.2)式で計算する。		
最高使用圧力時の蓋部中性子遮蔽材カバーにおける一次応力の	2.3.3 計算結果		
計算条件と計算結果を表 2-6 に示す。	応力計算結果を第2-2表に示す。		
3. 応力の評価	3. 応力の評価		応力の評価の記載
3.1 外筒の応力評価	3.1 外筒の応力評価		は同等
3.1.1 一次応力の評価	3.1.1 一次応力の評価		
各供用状態における一次応力の評価を表 3-1,表 3-2 及び表 3-	一次応力の評価を第2-1表に示す。		
3 に示す。	第 2-1 表により、一次応力は、「構造規格」MCD-3721 の規定を満		
表 3-1,表 3-2 及び表 3-3 により,各供用状態の一次応力は, 金属キャスク構造規格 MCD-3721 の規定を満足する。	足する。		
3.1.2 一次+二次応力の評価 条件用状能における一次+二次応力の評価を表 3-1 表 3-2 及	3.1.2 一次+二次応力の評価 一次+二次応力の評価を第2-1 表に示す		
	第二人にのの「一次+二次広力け」「構造相格」 MCD-3722 の相		
表 3-1,表 3-2 及び表 3-3 により,各供用状態の一次+二次応	定を満足する。		
力は,金属キャスク構造規格 MCD-3722 の規定を満足する。			
3.2 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価	3.2 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価		
蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価を表 3-4 に示す。	蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価を第2-2表に示す。		
表 3-4 により,最高使用圧力時の応力計算値は許容応力を満足し,想	第2-2表により、最高使用圧力時の応力計算値は許容応力を満足し、		
定する圧力に対して十分な強度を有する。	想定する圧力に対して十分な強度を有する。		

刊个化合力注手	R F S 設工認		いお付用
空자 相 足 甲 胡 音	申請書添付書類3	補足説明資料	
添付資料 8-5 金属キャスクの耐食性に関する説明書	添付 10-1 金属キャスク及び貯蔵架台の強度評価の基本方針		
	別紙1 金属キャスク及び貯蔵架台の耐食性に関する説明書		
	1. 概要		
	本説明は,金属キャスク及び貯蔵架台が「使用済燃料貯蔵施設の技術		
	基準に関する規則」(以下「技術基準規則」という。)の第14条第1項第		
	1号イに基づき,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。)を有することを説明する		
	ものである。		
1 乳乳士化	0 弐111111111111111111111111111111111111		
1.	2.		
nDF-09D(D) 空は、 差平的女主機能を維持りる しんて 重要な構成的物に	「12個産生規則」第14末の適用即初は街到谷船及び則蔵末口てのるか,		
今年の奴年亦化に対して上公か信頼州のちて対応協定しての東見下での腐	ここでは、基本的女主機能を維持するうんで重要な構成部別について、設 乳貯蔵期間中の温度、お射線等の環境及びその環境下での腐食等の級年		
良寺の程中変化に対して十万な信頼性のめる材料を選定し、ての必要と	訂灯廠朔间中の温度, 放射隊寺の環境及いての環境下での腐良寺の裡中 亦化に対して上八ね信超州のちて封虹な選定し みのび囲りされて途座		
これる強度,住能を維持てきる成前とした。また,IDF-09D(D)空は,並 属キャスカ本体内面、バスケット及び使用这燃料の府食竿を防止するた	友化に対して一方な信頼住のめる竹村を選定し、ての必安とされる強度, 歴史を始めたいのである。		
属イヤハク本体内面、ハハクツ下及い使用資源科の腐良寺を防止りるた	住宅を維持してる取前とりる。また、並属イヤハクは、並属イヤハク平体 内面 バスケット及び使用这燃料の府食竿を防止するために 使用这燃料		
のに、使用視然科を小估性ガスとことに到入して則慮りる成計とした。	内面,ハハクツト及び使用債燃料の廣長寺を防止するために,使用債燃料 たて活動ガスレレオに封入して貯蔵する設計しする。わた、公園キャスカ		
はお, 並属イヤハク本体及い益 の 公安 な 固 別 に は, 空表 寺 に よ る 防	を小伯住ルへこともに判八して則蔵りる成訂とりる。なわ、並属イヤハク 大体 美部主面及び貯蔵加石の以西た箆面には、涂花に上る防装加囲を施		
防調処理を加め。	本体, 益		
	У о		
2. HDP-69B(B)型の構成部材	3. 金属キャスク及び貯蔵架台の構成部材		
HDP-69B(B)型の主要な構成部材の材質を表 2-1 に示す。HDP-69B(B)型	金属キャスク及び貯蔵架台の主要な構成部材の材質を第 3-1 表に示		
は、基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材について、設計貯	す。金属キャスクは、基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材に		
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等の経年変化	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		
に対して十分な信頼性のある材料を選定している。	等の経年変化に対して十分な信頼性のある材料を選定している。		
 3. 経年変化に関する評価条件	 4. 経年変化に関する評価条件 		
HDP-69B(B)型の基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材の経	金属キャスク及び貯蔵架台の基本的安全機能を維持するうえで重要な		
年変化に対する評価条件を以下に示す。	構成部材の経年変化に対する評価条件を以下に示す。		
 ・金属キャスク内面,バスケット及び使用済燃料の腐食等を防止する 	 ・金属キャスク内面,バスケット及び使用済燃料の腐食等を防止するた 		
ために、使用済燃料収納時にその内部空間を真空乾燥し、不活性ガスで	めに,使用済燃料収納時にその内部空間を真空乾燥し,不活性ガスである		
あるヘリウムを適切に封入し、使用済燃料を貯蔵する。	ヘリウムを適切に封入し、使用済燃料を貯蔵する。		
・設計貯蔵期間は60年間とする。	・設計評価期間は60年間とする。		
・HDP-69B(B)型の主要な構成部材の温度は、除熱解析結果より表 3-1	・金属キャスク及び貯蔵架台の主要な構成部材の温度は,除熱解析結果		

刑士长宁中建士	RFS設工認		比盐注用
空 我 相 足 甲 胡 音	申請書添付書類3	補足説明資料	比較和未
に示す条件とする。	より第4-1表に示す条件とする。		
・HDP-69B(B)型の主要な構成部材の中性子照射量は,遮蔽解析結果よ	・金属キャスクの主要な構成部材の中性子照射量は、遮蔽解析結果より		
り表 3-2 に示す条件とする。	第4-2表に示す条件とする。		
4. 経年変化に関する評価結果	5. 経年変化に関する評価結果		経年変化に関する
HDP-69B(B)型の基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材につ	金属キャスク及び貯蔵架台の基本的安全機能を維持するうえで重要な構成		評価の記載は同等
いて、設計貯蔵期間における環境条件(熱、放射線、腐食)の影響を考	部材について、設計貯蔵期間における環境条件(熱、放射線、腐食)の影響		
慮して,文献や試験データに基づき,経年変化の影響を評価した。HDP-	を考慮して、文献や試験データに基づき、経年変化の影響を評価した。金属		
69B(B)型の主要な構成部材ごとに評価した具体的内容を表 4-1 に示す。	キャスクの主要な構成部材ごとに評価した具体的内容を第5-1表に示す。		
評価結果より、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境	評価結果より,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		
下での腐食等の	腐食等の		
経年変化に対して、主要な構成部材の健全性を維持できることを確認	経年変化に対して、主要な構成部材の健全性を維持できることを確認した。		
した。			