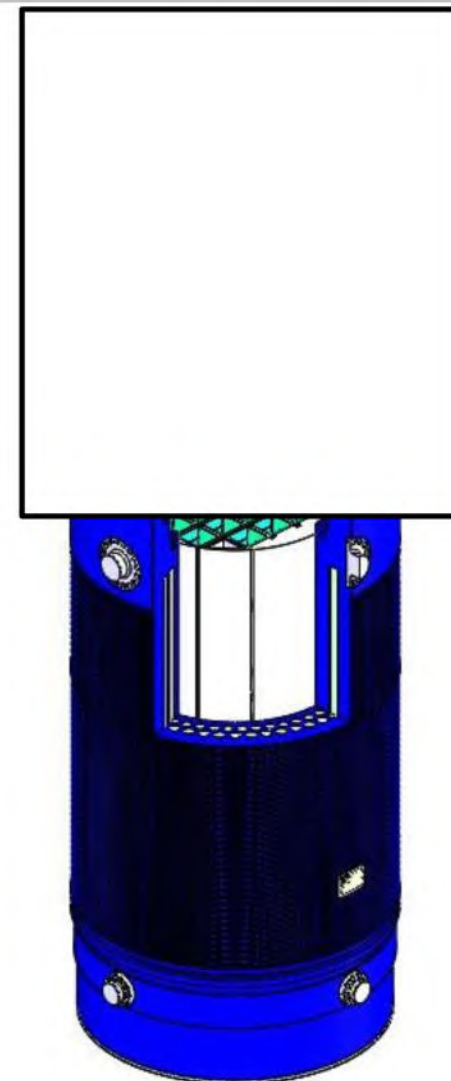


GNS	テクニカルノート	日付: 2021-10-08	Page 1 of 33 Doc.No. 1024-TN-00001 Rev. 1
Project: CASTOR®geo26JP		Project No.: T1383	
文書名: 発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明申請の概要			
内部配布先: <input data-bbox="196 405 397 506" type="text"/>	作成	氏名	署名
	審査	<input data-bbox="970 398 1437 510" type="text"/>	

本文書は、令和 3 年 3 月 12 日に提出した CASTOR®geo26JP 型特定兼用キャスクの型式証明申請に係る書面審査のために提出する補足説明資料である。

発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式 証明申請の概要

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH



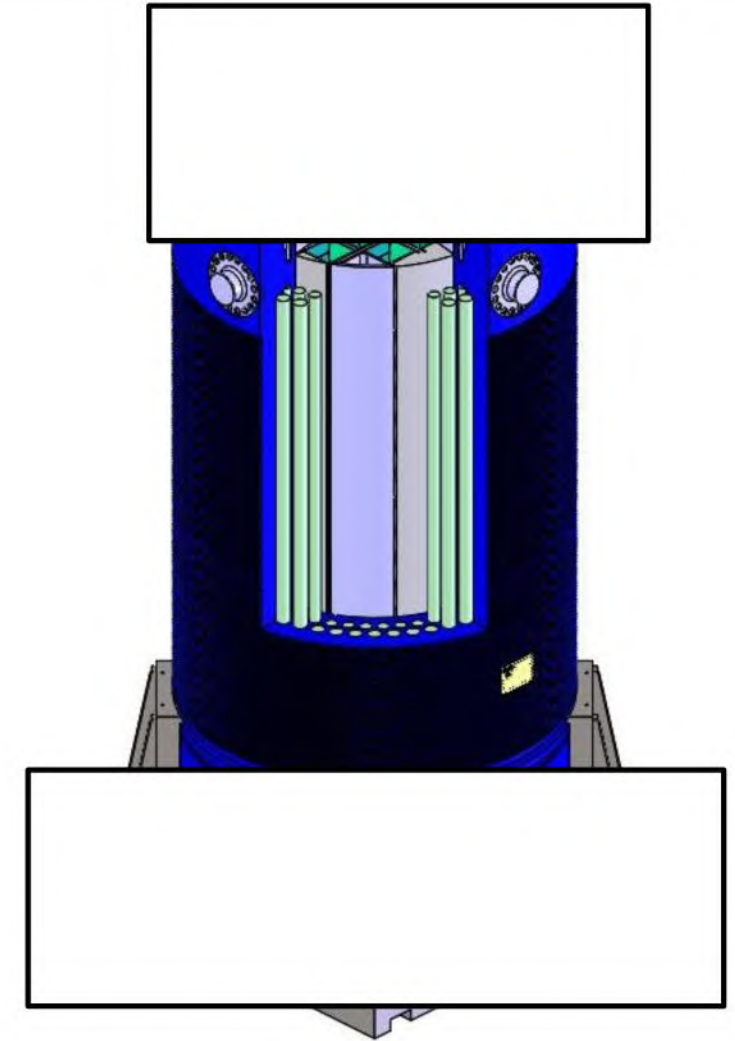
内は商業機密のため、非公開とします。

本日の説明内容

1. CASTOR[®] geo26JP型の設計の概要
2. 型式証明の審査において詳細に説明する項目
3. 詳細に説明する項目の説明方針
4. 説明項目に係るスケジュール

1-1 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 適用する規格・基準

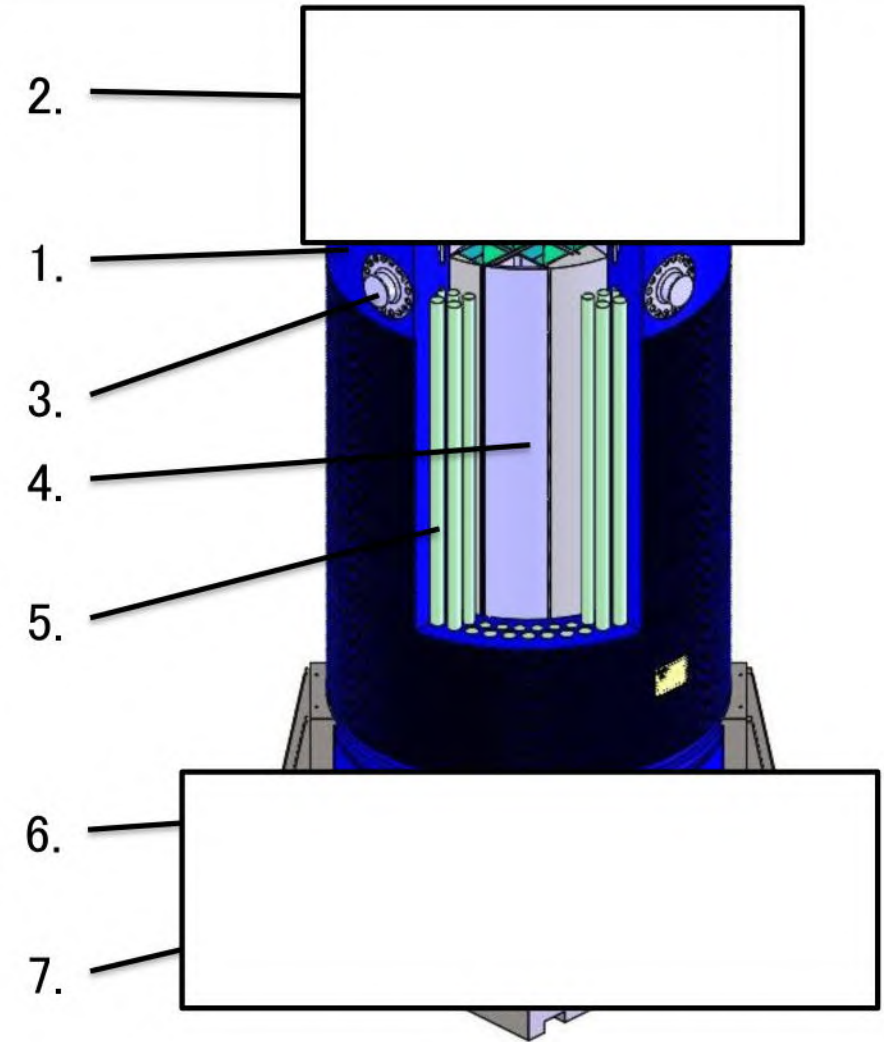
- CASTOR® geo26JPは、原則として、現行の国内法規に基づく以下の規格及び基準等によって設計する:
 - 日本産業規格(JIS)
 - 日本機械学会規格(JSME)
 - 日本原子力学会規格(AESJ)
- 外国の規格及び基準又は一般的でない規格及び基準を適用する場合は、次の事項を明確にする:
 - 適用の根拠
 - 国内法規に基づく規格及び基準との対比
 - 適用の妥当性



型式証明申請書 第1図参照

1-2 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - キャスクシステムの主な機能

- GNSが豊富な乾式貯蔵経験を有するCASTOR® V型に基づく設計
- キャスク本体 (1)
 - 本体胴から除熱用フィンを機械加工（溶接ではなく削り出し）
- 蓋部 (2)
 - 一次蓋及び二次蓋で構成され、ボルトで本体に取り付けられる（輸送用の三次蓋はここでは示していない）
- 上部トリニオン (2対) (3)
- バスケット (4)
 - 燃料集合体の位置決め用
- 中性子遮蔽材 (5)
 - キャスク本体に空けられた穴に中性子遮蔽材として円柱状のポリエチレンを配列
- 下部トリニオン (1対又は2対) (6)
- 固定装置 (申請範囲外) (7)



型式証明申請書 第1図参照

1-3 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - バスケット

■ 収納体数

- PWR使用済燃料集合体 26体

■ バスケットプレート (1)

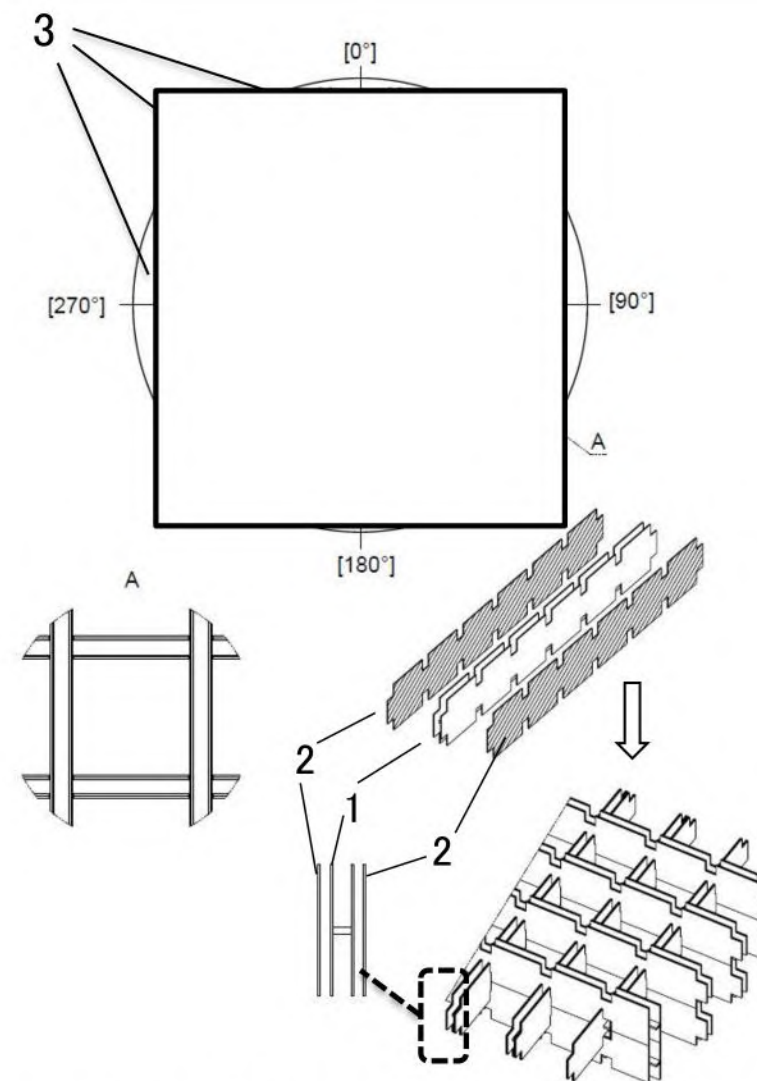
- 

■ 熱伝導及び中性子吸収材(2)

- バスケットプレートを挟み込む形で設置

■ エッジセグメント及びコーナーエレメント (3)

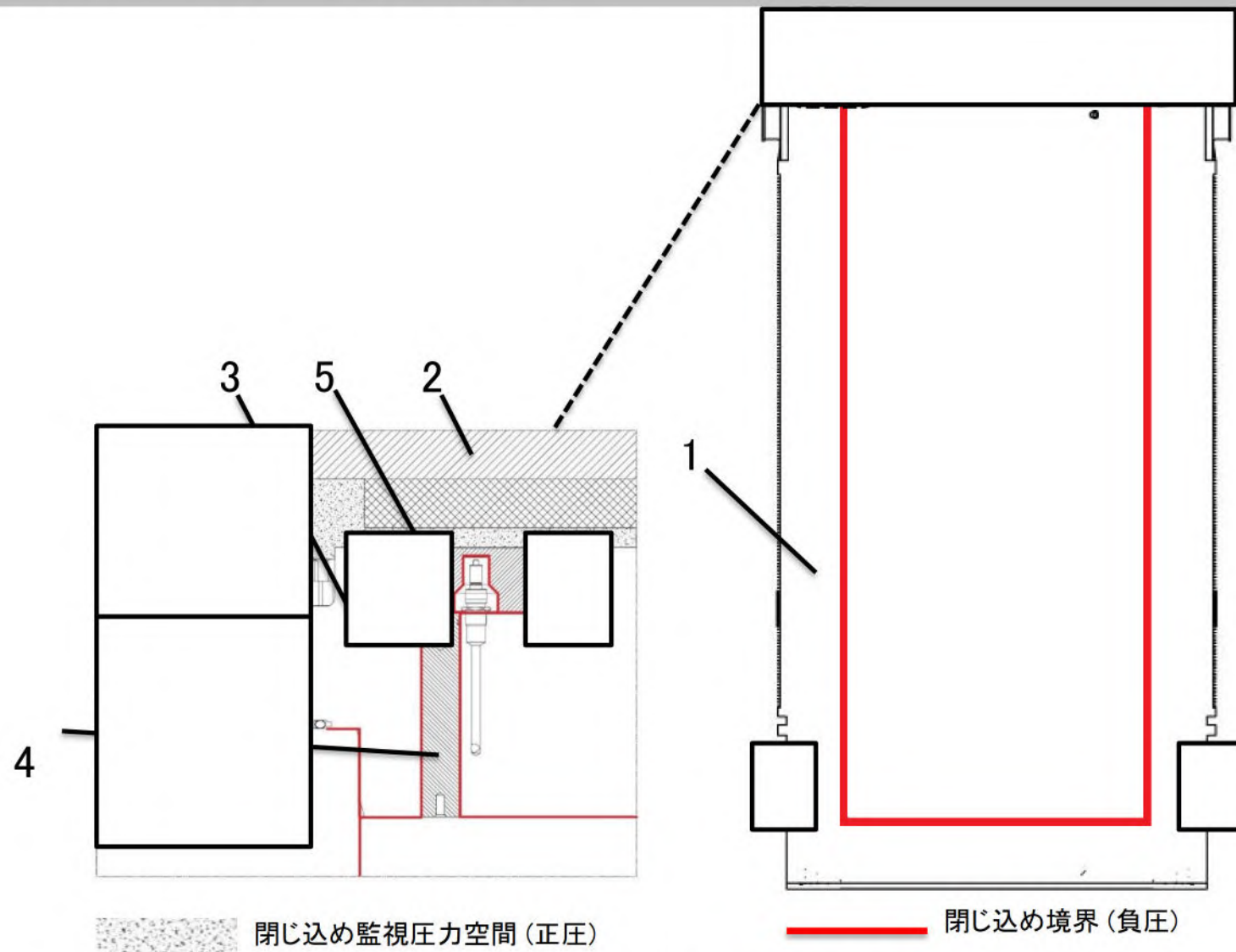
- 



型式証明申請書添付書類一 第1-2図参照

1-4 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 密封容器

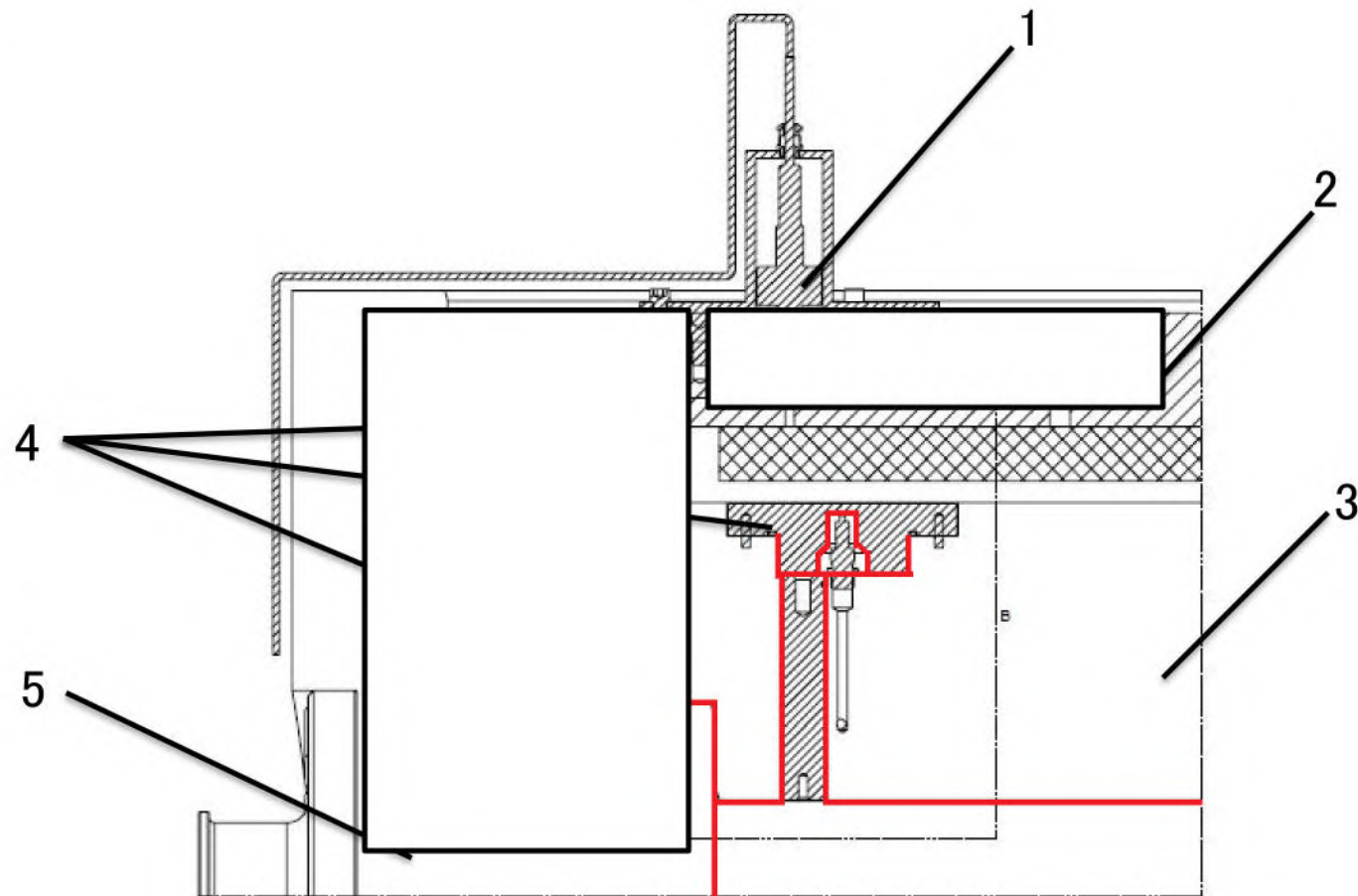
- キャスク本体 (1)
 - 主な密封境界
- 二次蓋(2)
 - 密封境界の一部を構成
 - 蓋間圧力測定装置を接続
- 一次蓋(3)
 - 密封境界の一部を構成
- 一次蓋の貫通孔(4)
 - 真空乾燥及びHeガス充填用
- バルブカバー(5)
 - 密封境界の一部を構成



型式証明申請書添付書類一 第1-5図、第1-6図参照

1-5 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 蓋間圧力測定装置

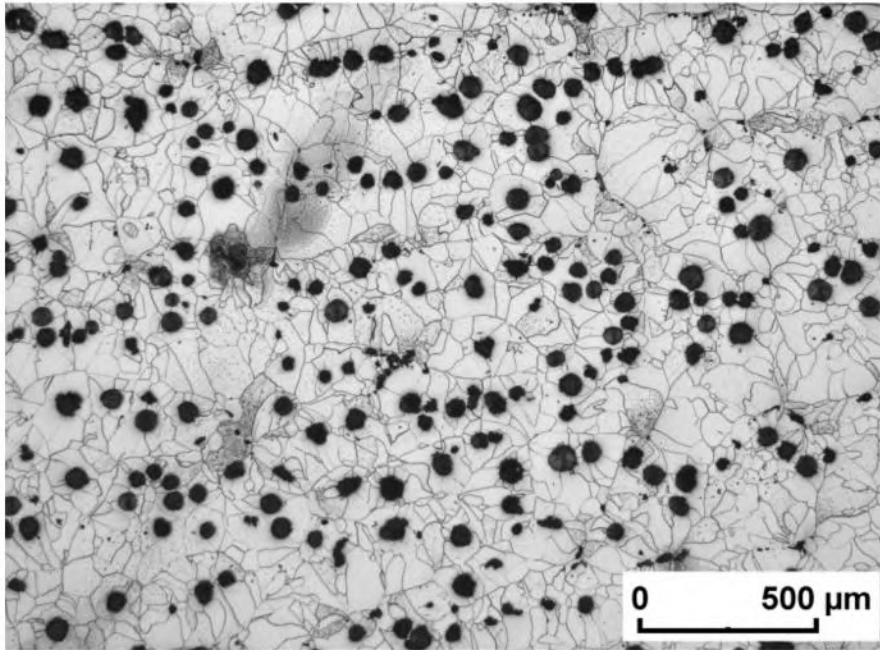
- 蓋間圧力測定装置(1)
 - 一次蓋及び二次蓋間の圧力測定用
- 二次蓋(2)
- 一次蓋(3)
- 金属ガスケット(4)
- キャスク本体(5)



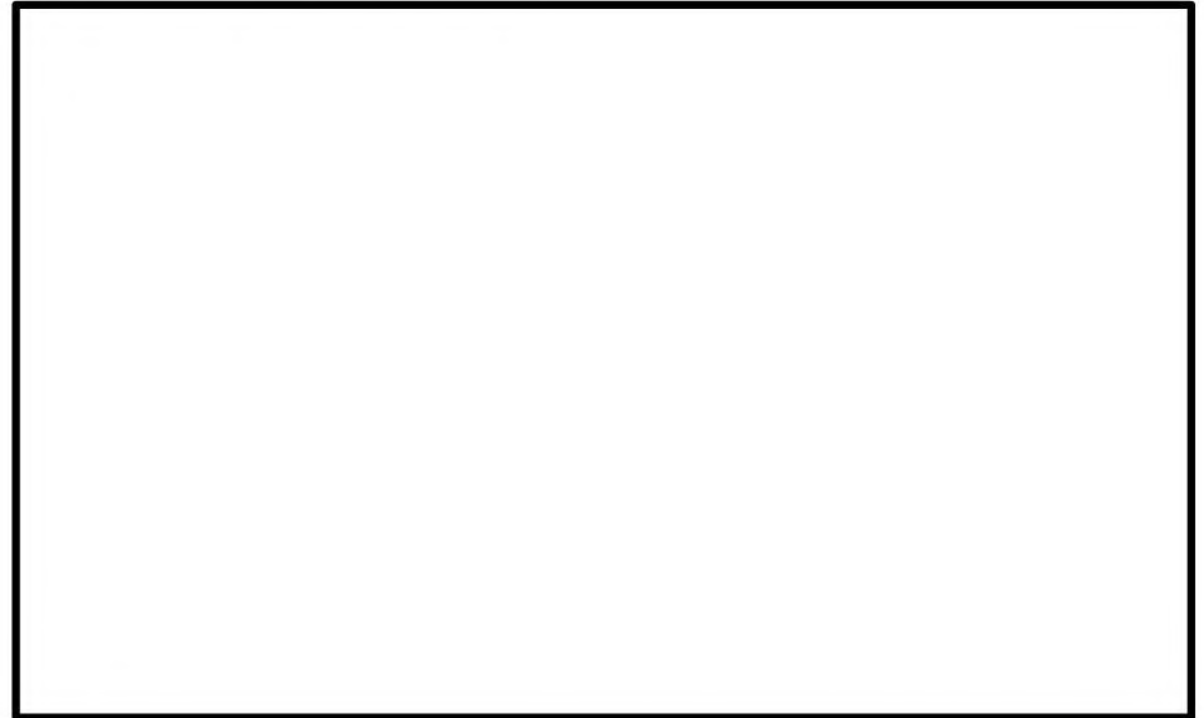
型式証明申請書添付書類一 第1-6図参照

1-6 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 球状黒鉛鑄鉄(DCI)

- GNS製の1850基のキャスクのほとんどは球状黒鉛鑄鉄製である。
- 機械加工後のキャスク本体は最大120 tである。
- CASTOR® geo26JP キャスク本体は、JSME S-FA-1(金属キャスク構造規格) およびJIS G 5504(低温用厚肉フェライト球状黒鉛鑄鉄品) の要求に従って製造される。

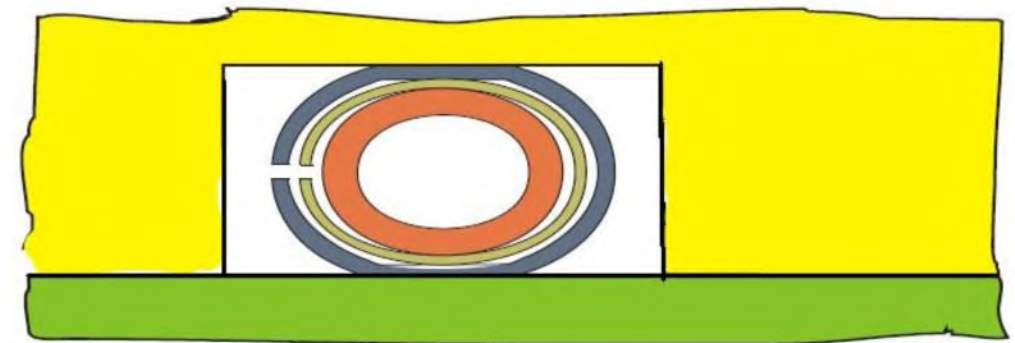
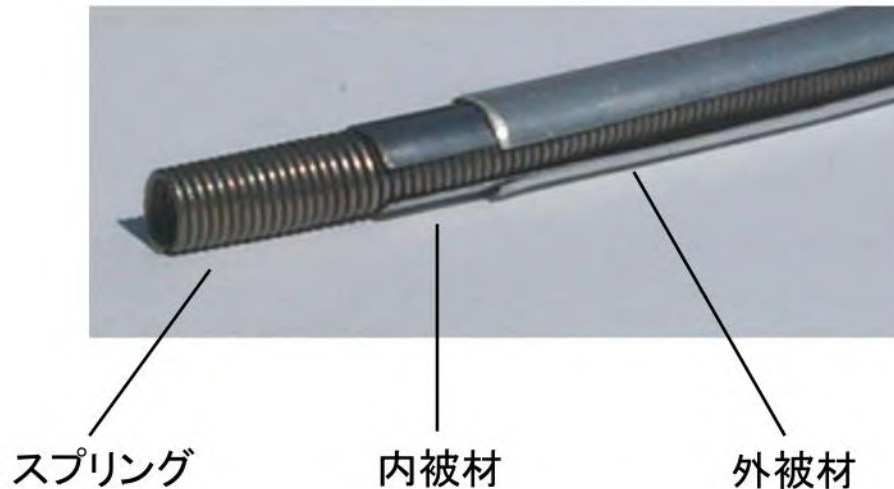


DCIの顕微鏡写真



1-7 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 金属ガスケット

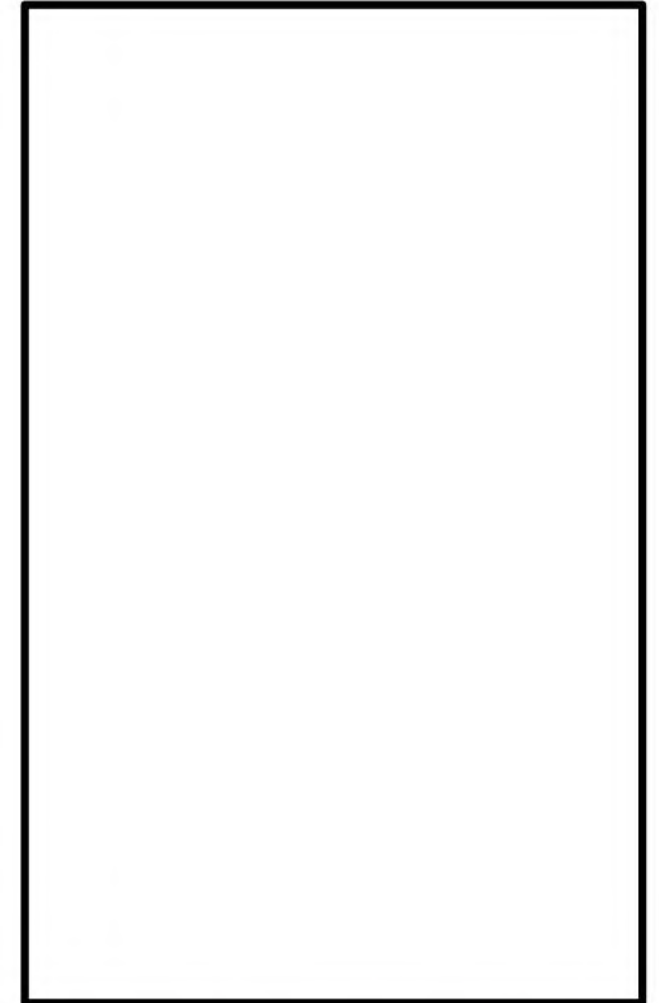
- 安全機能を維持し、閉じ込め基準を満たすために、内側にコイルスプリングを備えた二重の被覆材の金属ガスケットが蓋部に使用される。
 - スプリング及び内被材はステンレス製、外被材はアルミ製又は銀製
 - 様々な貯蔵条件下における長期的な挙動は、実寸モデルの長期密封試験により確認されている。
「使用済燃料貯蔵容器用ガスケットの長期密封特性」、電力中央研究所報告書(U92009)
 - CASTOR®キャスクを使用した40年間の乾式貯蔵キャスクに係る許認可により、GNSは許認可経験を広く有している。



ガスケット溝内断面図

1-8 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 塗装及び中性子遮蔽材

- 中性子遮蔽のために、高分子ポリエチレンが減速材として使用される。
- 円柱状のポリエチレンが本体胴に2つの同心円に開けられた穴に挿入される。
- 円盤状のポリエチレンがキャスクの上端および下端に取り付けられる。
- キャスク胴内面は電解ニッケルめっき層によって保護され、外側表面はエポキシ樹脂の多層コーティングによって腐食から保護される。



1-9 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 材料一覧表

項目		材料
主な材料	キャスク本体	
	胴(ガンマ線遮蔽材)	球状黒鉛鋳鉄
	中性子遮蔽体	ポリエチレン
	トランニオン	ステンレス鋼
	蓋部	
	一次蓋	ステンレス鋼
	二次蓋	ステンレス鋼
中性子遮蔽材	ポリエチレン	
一次蓋ボルト	クロムモリブデンバナジウム鋼	
二次蓋ボルト	クロムモリブデンバナジウム鋼	
バスケット		
バスケットプレート	ステンレス鋼	
熱伝導及び中性子吸収材	ほう素添加アルミニウム合金	
内部充填ガス	ヘリウムガス	
シール材	金属ガスケット	

型式証明申請書添付書類一 第1-1表参照

1-10 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 貯蔵方法および設計条件

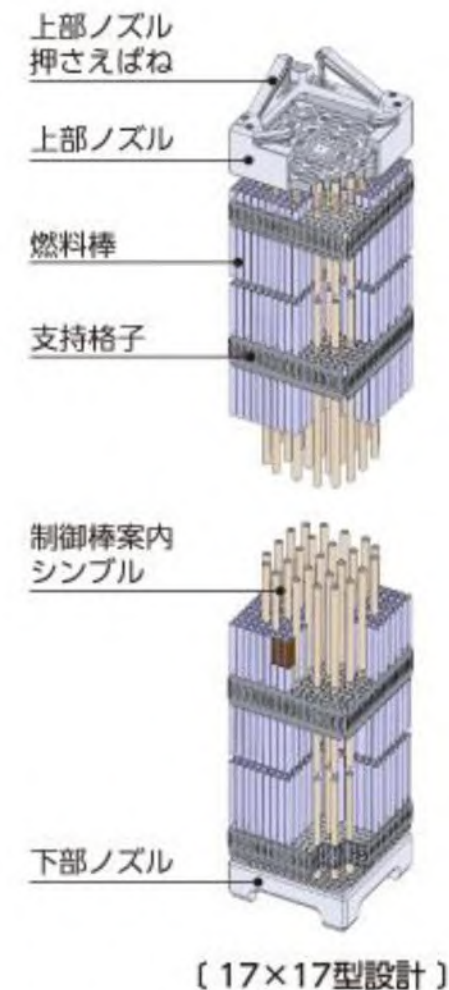
貯蔵方法及び設計条件	
兼用キャスクの設計貯蔵期間	60年
兼用キャスクの貯蔵場所	貯蔵建屋内
兼用キャスクの貯蔵姿勢	たて置き
兼用キャスクの設置方法	基礎等に固定する
兼用キャスクの固定方法	貯蔵架台上に固定装置を用いて固定
兼用キャスクの重量(使用済燃料集合体を含む)	約117 t
兼用キャスクの主要寸法	全長:約5.0m、外径:約2.5 m
貯蔵区域における兼用キャスク周囲温度	最低温度 -22.4°C、最高温度 50°C
貯蔵区域における貯蔵建屋壁面温度	最高温度 65°C
貯蔵区域における兼用キャスク配列ピッチ寸法	3.5m以上

1-11 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 – 収納物仕様(1)

■ 使用済燃料集合体の仕様

項目		仕様	
使用済燃料集合体の種類		17×17 燃料 A型	15×15 燃料 B型
形状	集合体幅	約214 mm	約214 mm
	全長	約4100 mm	約4100 mm
重量		約680 kg	約670 kg
燃料集合体 1体の仕様	初期濃縮度	4.2 wt%以下	4.1 wt%以下
	最高燃焼度	48,000 MWd/t以下	48,000 MWd/t以下
	冷却期間	12年以上	12年以上
兼用キャスク1 基あたりの仕様	収納体数	26 体	
	平均燃焼度	48,000 MWd/t以下	
	崩壊熱量	18.0 kW以下	

型式証明申請書添付書類一 第1-2表参照



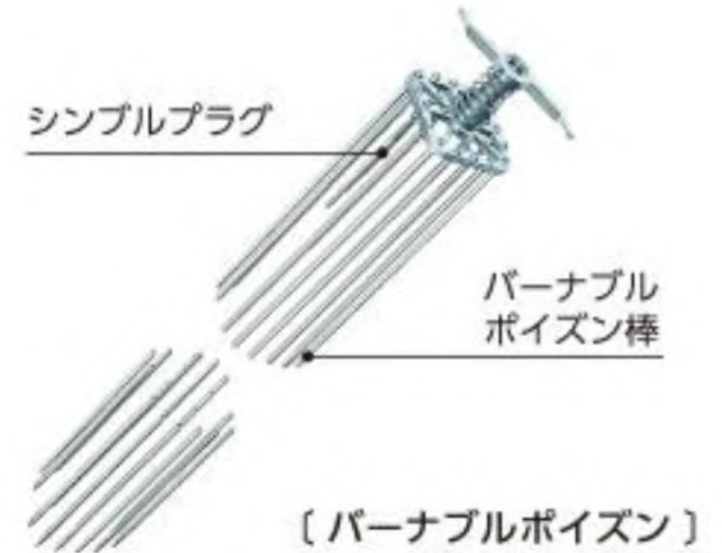
PWR燃料集合体
(引用:三菱原子燃料HP)

1-12 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 - 収納物仕様(2)

■ バーナブルポイズン集合体の仕様

項目	仕様
バーナブルポイズン集合体の種類	17×17燃料用 A型/B型
形状	15×15燃料用 —
集合体幅	
全長	
重量	
照射期間	
冷却期間	15年以上
兼用キャスク1基当たりの収納体数	

型式証明申請書添付書類一 第1-3表参照



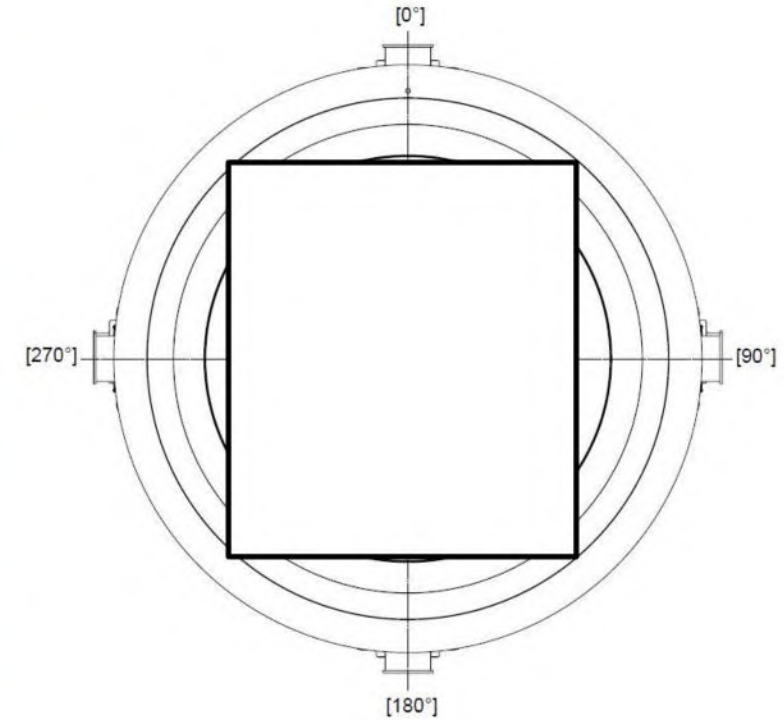
バーナブルポイズン集合体
(引用:三菱原子燃料HP)

1-13 CASTOR® geo26JP型の設計の概要 – 収納位置条件

■ 収納位置条件

収納位置	タイプ	燃焼度 (MWd/t以下)	冷却期間 (年以上)	
配置(i)	17×17 15×15	48,000	A	13
			B	22
		44,000	C	28
			D	12
			E	16
配置(ii)	17×17 15×15	48,000	A	13
			B	24
			C	29
			D	24
			E	29

型式証明申請書 第2図参照



- **赤枠内**の格子には、バーナブルポイズン集合体を挿入した燃料集合体を収納することができる。

2 型式証明の審査において詳細に説明する項目

設置許可基準規則 (第二章 設計基準対象施設)	型式証明審査において詳細に説明する項目							
	設計方針	安全設計の評価					発電用原子炉施設に及ぼす影響	原子炉設置許可(変更)申請審査での確認事項
		評価する機能	評価基準の設定方法	評価方法	評価条件	代表例による設計成立性見通し		
第四条: 地震による損傷の防止	○	○ (構造健全性)	○	○	○	○	○	○
第五条: 津波による損傷の防止	○	○ (構造健全性)	○	○	○	○	○	○
第六条: 外部からの衝撃による損傷の防止	○	○ (構造健全性)	○	○	○	○	○	○
第十六条: 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	○	○ (臨界防止/遮蔽/除熱/閉じ込め/経年変化)	○	○	○	○	○	○

○:型式証明審査において詳細に説明する項目

3-1 詳細に説明する項目の説明方針

地震による損傷の防止(第四条 第6項、第7項)

- 6 兼用キャスクは、次のいずれかの地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。
- 一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの
 - 二 基準地震動による地震力
- 7 兼用キャスクは、地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

説明の方針

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

1. 地震に対する設計方針

- 第6項第一号の地震力に対して、CASTOR[®] geo26JP型の安全機能が損なわれない設計とする。
- 第7項について、CASTOR[®] geo26JP型は地震の発生によって崩壊が生ずるおそれのある周辺斜面のある場所に設置しない設計とする。

3-2 詳細に説明する項目の説明方針

2. 構造健全性の評価

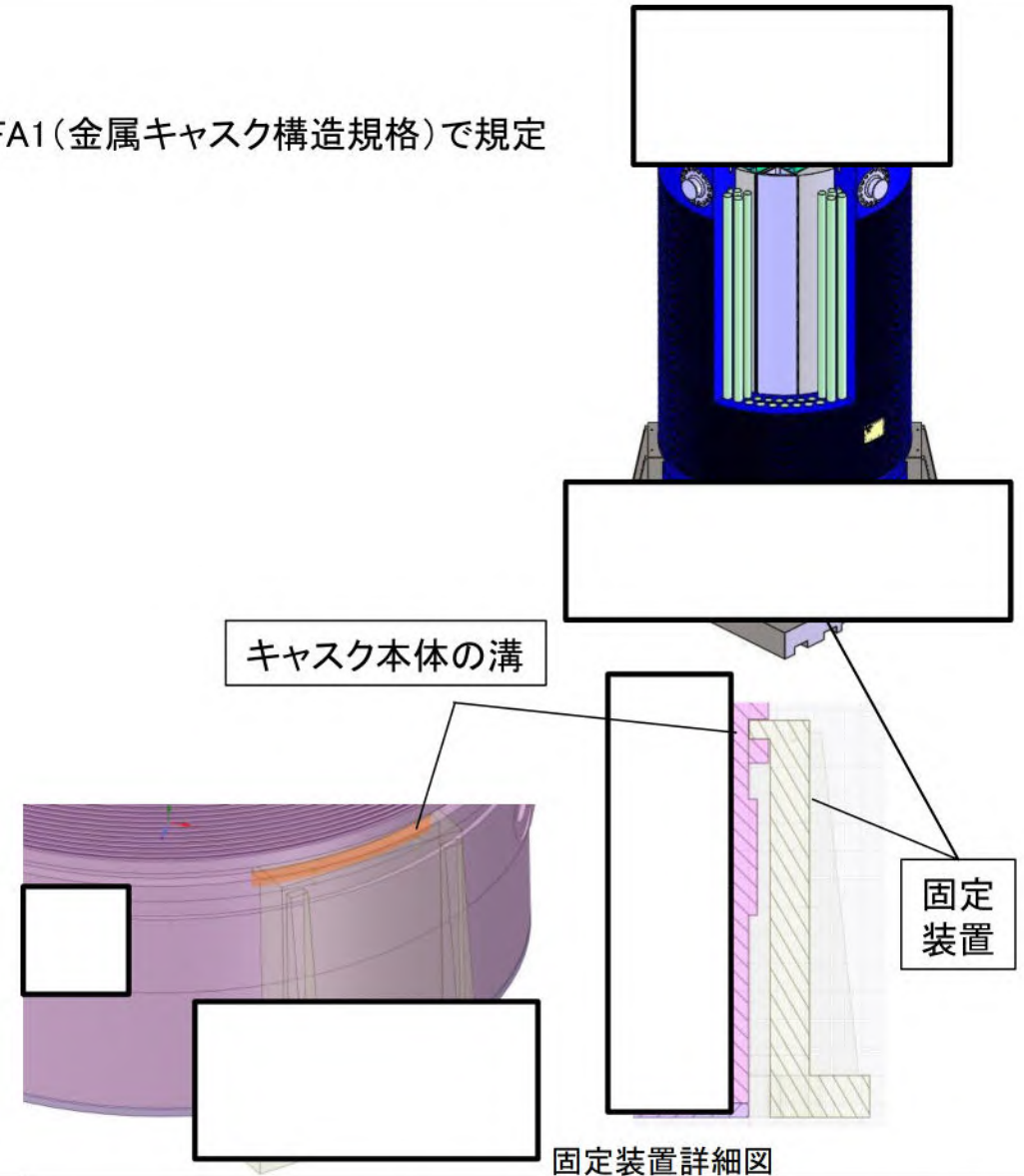
- 評価基準の設定方法: 固定装置から容器本体の溝に発生する応力がJSME S FA1(金属キャスク構造規格)で規定された基準を下回ること。
- 評価方法: 静的解析にて強度評価を実施
- 評価条件: 兼用キャスク告示の地震の条件
 - 水平: 2300 Gal
 - 垂直: 1600 Gal
- 設計成立性見通し: 発生応力は評価基準を下回る

3. 発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設の安全性を損なうような影響を及ぼすおそれはない。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 固定装置(周辺施設)については、原子炉設置許可の審査にて確認する項目とする。
- 周辺施設等からの波及的影響により兼用キャスクの安全機能が損なわれるおそれがなく、発電用原子炉施設の安全性に影響を及ぼさないこと。
- 地震の発生によって崩壊が生ずるおそれのある周辺斜面のある場所に設置されないこと。



3-3 詳細に説明する項目の説明方針

津波による損傷の防止(第五条 第2項)

- 2 兼用キャスク及びその周辺施設は、次のいずれかの津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。
- 一 兼用キャスクが津波により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかににかかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの
 - 二 基準津波

説明の方針

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

1. 津波に対する設計方針

- 第2項第一号で規定される津波に対し、CASTOR[®] geo26JP型の安全機能が損なわれない設計とする。

3-4 詳細に説明する項目の説明方針

2. 構造健全性の評価

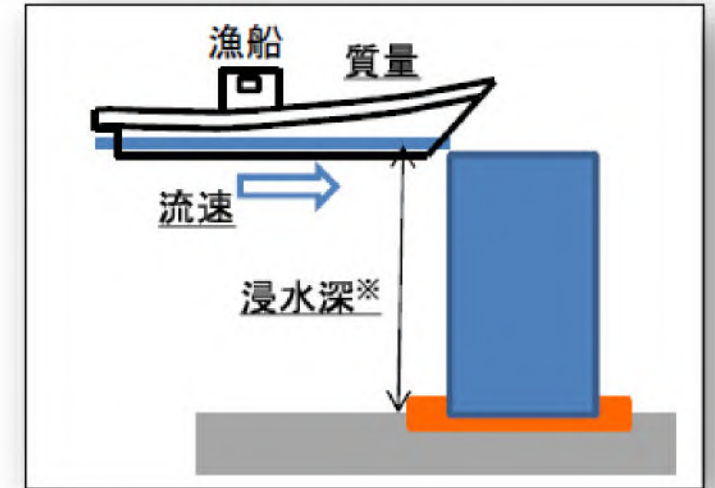
- 評価基準の設定方法：
 - 津波荷重が輸送の一般の試験条件の0.3m落下時の兼用キャスクへの衝撃荷重以下
(緩衝体設計が未確定のため、類似型式の評価値を使用)
- 評価方法：
 - 工学式により津波による波力及び漂流物の衝突による作用荷重を算出
 - 0.3m落下シナリオの評価結果と津波荷重の比較を実施
- 評価条件:兼用キャスク告示の津波の条件
 - 浸水深: 10m
 - 津波速度: 20m/s, 漂流物重量: 100t
- 設計成立性見通し:津波荷重は0.3m落下荷重を下回る

3. 発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設の安全性を損なうような影響を及ぼすおそれはない。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 兼用キャスクの周辺施設(固定装置)が津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものであること



津波時の概要図

3-5 詳細に説明する項目の説明方針

外部からの衝撃による損傷の防止(第六条 第4項第一号)

4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

説明の方針

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

1. 竜巻に対する設計方針

- 第4項第一号の竜巻に対して、CASTOR[®] geo26JP型の安全機能が損なわれない設計とする。

3-6 詳細に説明する項目の説明方針

2. 構造健全性の評価

- 評価基準の設定方法：
 - 竜巻荷重が輸送の一般の試験条件の0.3m落下時の兼用キャスクへの衝撃荷重以下となる（緩衝体設計が未確定のため、類似型式の評価値を使用）
- 評価方法：
 - 工学式により竜巻による設計飛来物の衝突による作用荷重を算出
 - 0.3m落下シナリオの設計基準値と津波荷重の比較を行う
- 評価条件：兼用キャスク告示の竜巻の条件
 - 風速：100m/s
 - 飛来物重量：4.75t（原子力発電所の竜巻影響評価ガイド）
 - 飛来物速度 34m/s
- 設計成立性見通し：竜巻荷重は0.3m落下荷重を下回る。

3. 発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設へ及ぼす影響は無い。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 特になし



竜巻時の概要図

3-7 詳細に説明する項目の説明方針

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第2項第一号ハ)

2 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設(安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。)を設けなければならない。

- 一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。
- ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。

説明の方針

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

1. 臨界防止機能についての設計方針

- CASTOR[®] geo26JP型が技術的に想定されるいかなる場合でも、臨界を防止する設計とする。

3-8 詳細に説明する項目の説明方針

2. CASTOR[®] geo26JP型の臨界防止機能の評価

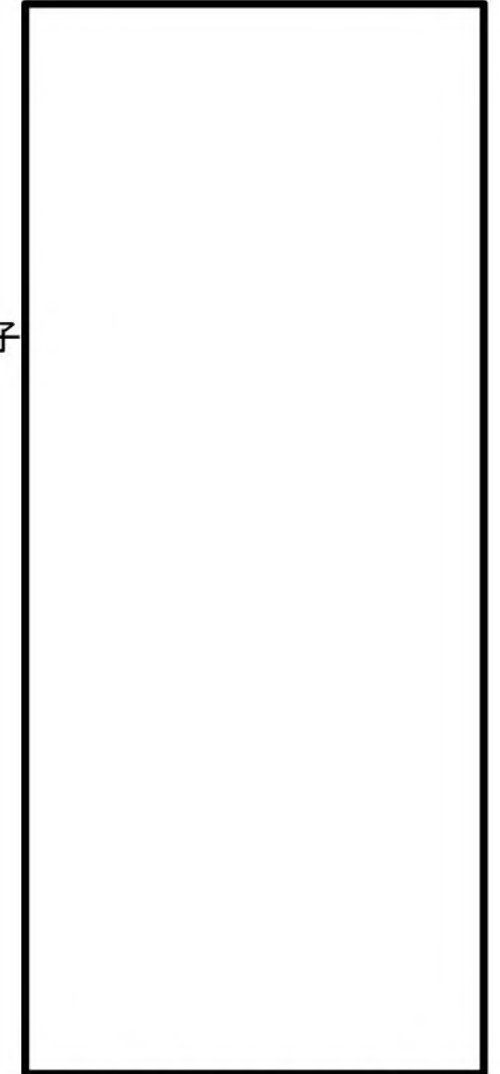
- 評価基準の設定方法:
 - 統計誤差 3σ を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下
- 評価方法:
 - 三次元モンテカルロ法を用いるSCALE 6.2コードシステムの実効増倍率計算コード(KENO-VI)を用いて中性子実効増倍率を計算
- 評価条件:
 - 実効増倍率が最大となる条件で評価
 - 構成部材の経年変化を考慮
- 設計成立性見通し:
 - 技術的に想定されるいかなる場合でも中性子実効増倍率は評価基準を下回る

3. 上記の設計方針に基づくCASTOR[®] geo26JP型が発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設へ及ぼす影響は無い。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 特になし



臨界解析の計算モデル

3-9 詳細に説明する項目の説明方針

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項第一号)

4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。

一 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

1. 遮蔽機能についての設計方針

- CASTOR[®] geo26JP型が使用済燃料からの放射線に対して、適切な遮蔽能力を有する設計とする。

3-10 詳細に説明する項目の説明方針

2. CASTOR® geo26JP型の遮蔽機能の評価

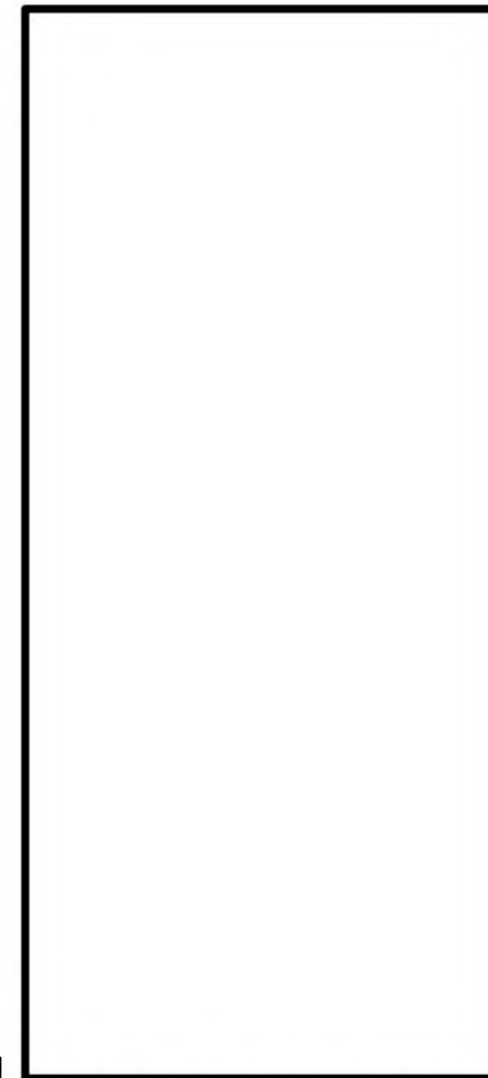
- 評価基準の設定方法:
 - 兼用キャスク表面: 2 mSv/h以下
 - 兼用キャスク表面から1m: 100 μ Sv/h以下
- 評価方法:
 - 燃焼計算コード(ORIGEN-2.2)により線源強度を計算
 - MCNP6コードにより線量当量率を計算
 - 燃焼計算のライブラリには を、遮蔽解析の断面積ライブラリには を用いる。
- 評価条件:
 - 保守的な線量当量率となる仮定で評価
 - 構成部材の経年変化の考慮
- 設計成立性見通し:
 - 兼用キャスク表面及び表面から1mの線量当量率はそれぞれの基準値を下回る。

3. 発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設へ及ぼす影響は無い。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 第十六条第4項第一号の貯蔵建屋の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下した場合の工場等周辺の実効線量が周辺監視区域外における線量限度を超えないこと。



遮蔽解析の計算モデル

3-11 詳細に説明する項目の説明方針

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項第二号)

- 4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。
- 二 使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

1. 除熱機能についての設計方針

- CASTOR[®] geo26JP型が使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができる設計とする。

3-12 詳細に説明する項目の説明方針

2. 除熱機能の評価

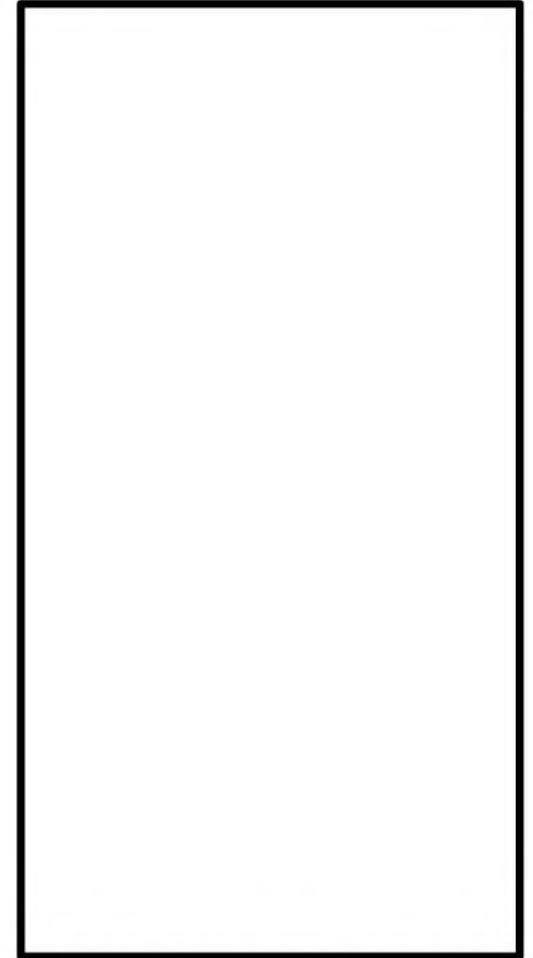
- 評価基準の設定方法：
 - 燃料被覆管及び安全機能を有する構成部材の健全性を維持する観点からの制限温度
- 評価方法：
 - 燃焼計算コード(ORIGEN-2.2)により崩壊熱量計算する。
 - 三次元有限要素法コードANSYS®及びANSYS® Fluentを用いて温度を計算する。
- 評価条件：
 - 壁面温度が65°C以下でかつキャスク周囲環境温度が50°C以下
 - 兼用キャスク配列ピッチ寸法が3.5m 以上であること
 - 構成部材の経年変化を考慮する。
- 設計成立性見直し：
 - 燃料被覆管及び構成部材の温度は基準値を下回る。

3. 上記の設計方針に基づくCASTOR® geo26JP型が発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設へ及ぼす影響は無い。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 以下の条件を満たしていること。
 - ・兼用キャスク周囲温度が50°C以下であること。
 - ・貯蔵建屋壁面温度が65°C以下であること。
 - ・兼用キャスク配列ピッチ寸法が3.5m 以上であること。



貯蔵条件における例示的な温度分布

3-13 詳細に説明する項目の説明方針

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(第十六条第4項第三号)

4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。

三 使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

今後の型式証明の審査において、以下の事項について詳細に説明する。

- CASTOR[®] geo26JP型の閉じ込め機能についての設計方針
 - CASTOR[®] geo26JP型が、使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができる設計とする。

3-14 詳細に説明する項目の説明方針

2. 閉じ込め機能の評価

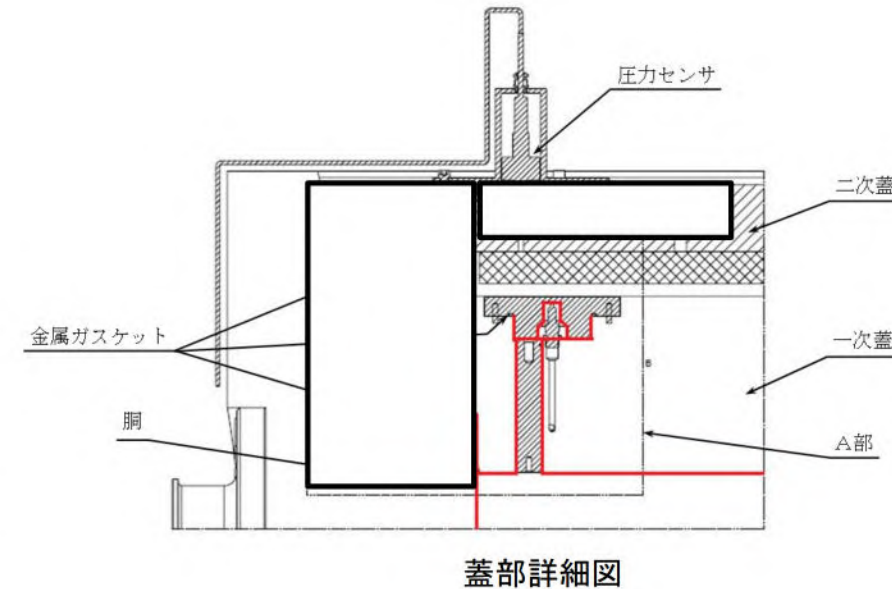
- 評価基準の設定方法：
 - 設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料を封入する空間を負圧に維持できる基準漏洩率を定量化する。
- 評価方法：
 - 蓋間空間のガス圧力が兼用キャスク内部の圧力よりも高いものとして、漏洩率を評価式により算出する。
- 評価条件：
 - 設計貯蔵期間60年、内部初期圧力、キャスク本体内部空間容積、温度並びに蓋間圧力及び容積
 - 構成部材の経年変化
- 設計成立性見通し：
 - 金属ガスケット漏えい率は、基準漏洩率以下である。

3. 発電用原子炉施設に及ぼす影響

- 発電用原子炉施設へ及ぼす影響は無い。

4. 原子炉設置許可の審査で別途確認を要する事項

- 特になし



4 今後のご説明スケジュール

- 今後の審査において希望する説明の順番及びスケジュールを以下に示す。(▽書面審査希望)

		2021年				2022年			
		1月-3月	4月-6月	7月-9月	10月-12月	1月-3月	4月-6月	7月-9月	10月-12月
全般		▼ 3/12申請		▼ 8/31 審査会合 ▽ 申請概要					
第四条:地震による損傷の防止				▽					
第五条:津波による損傷の防止				▽					
第六条:外部からの衝撃による損傷の防止				▽					
第十六条:燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	除熱機能				▽				
	閉じ込め機能					▽			
	遮蔽機能						▽		
	臨界防止機能							▽	

