

輸送貯蔵兼用キャスクの基数及び収納可能な燃料タイプの追加に係る実施計画変更申請について(補足説明資料)

2023年3月17日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

目的

1～6号機の燃料取り出し完了に向けた使用済燃料受入に伴う共用プールの空き容量確保のため、共用プールの燃料を乾式貯蔵キャスクに収納しキャスク仮保管設備に移送、仮保管する作業を進めている。実施計画で認可されたキャスクは65基であるが、共用プールの空き容量確保のためには30基の増設が必要である。

また、既認可のキャスクに収納可能な燃料タイプは1種類のみだが、共用プールには別タイプの燃料も保管されており、空き容量確保のためには別タイプの燃料も移送する必要がある。

本申請は、キャスク30基を増設するとともに、キャスクに収納可能な燃料タイプを追加することを目的としている。

第Ⅱ章 特定原子力施設の設計, 設備

2. 特定原子力施設の構造及び設備, 工事の計画

2.13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備

実施計画記載箇所	変更内容
本文	輸送貯蔵兼用キャスク(増設)に伴う仕様の追加
添付資料-2	輸送貯蔵兼用キャスク(増設)に伴う安全機能に関する 図書の追加
添付資料-3	輸送貯蔵兼用キャスク(増設)に伴う構造強度及び耐震性に 関する記載の追加
添付資料-4	輸送貯蔵兼用キャスク(増設)に伴う安全機能に関する記載の追加
添付資料-11	各確認事項に関する検査場所の追加及び「気密漏えい確認」項目の 確認内容の明確化

【参考】実施計画の変更申請範囲

- 本申請では乾式キャスクに関する記載のみ変更を行い、キャスク仮保管設備の拡張に関する変更申請は別途実施する。
- キャスク仮保管設備増設に伴う主な申請範囲と申請内容は下表の通り。

2.13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備	本申請(キャスク単体)	次回申請(仮保管設備)
本文 基本仕様		
(1)乾式キャスク仮保管設備	—	保管容量等の変更
(2)乾式キャスク	基数及び収納可能な燃料タイプの追加	—
(3)コンクリートモジュール	—	数量等の変更
添付資料－1 設備概略図	—	キャスク仮保管設備増設を反映
添付資料－2 評価の基本方針		
1.2 乾式キャスクの安全機能について (2)輸送貯蔵兼用キャスク	型式証明申請書を追加	—
3 耐震設計方針	—	Ss900galの記載の追加

【参考】実施計画の変更申請範囲

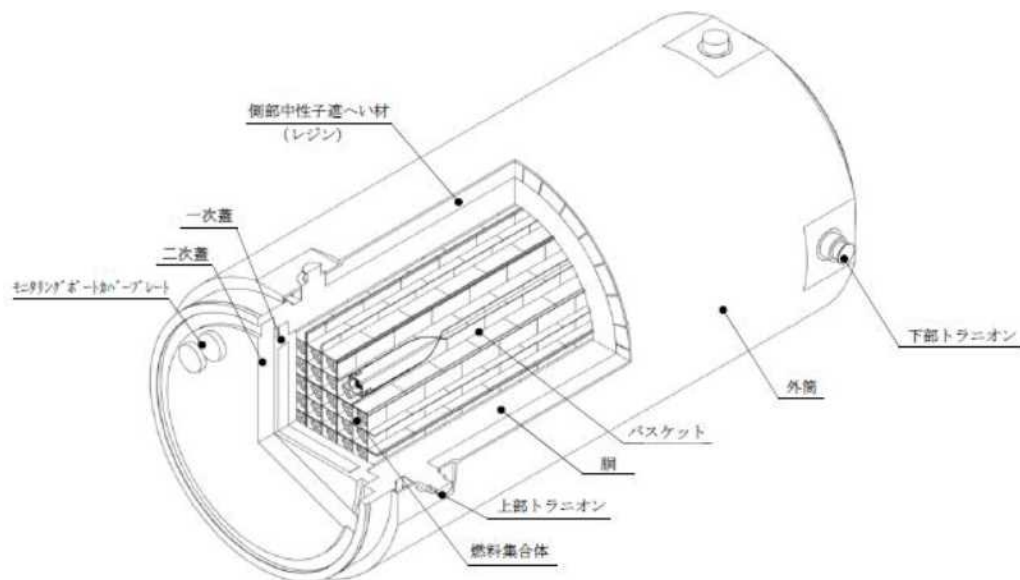
2.13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備	本申請(キャスク単体)	次回申請(仮保管設備)
添付資料－3 構造強度及び耐震性について		
1.1 乾式キャスクの構造強度 (3)輸送貯蔵兼用キャスク(増設)(新規記載)	型式証明申請書の記載を追加	1Fにおける乾式キャスクの取扱い及び仮保管時を考慮した評価を追加
1.4 コンクリート基礎の構造強度	—	基礎の拡張を反映
2.1 乾式キャスクの耐震性 (3)輸送貯蔵兼用キャスク(増設)(新規記載)	型式証明申請書の記載を追加	耐震クラスに応じた評価を追加
2.2 キャスク支持架台の耐震性	—	
2.3 コンクリートモジュールの耐震性	—	
2.4 クレーンの耐震性	—	
2.5 コンクリート基礎の耐震性	—	
添付資料－4 安全評価について		
1.1 乾式キャスクの除熱機能 (3)輸送貯蔵兼用キャスク(増設)(新規記載)	型式証明申請書の記載を追加	キャスク仮保管設備に応じた保管姿勢による評価を追加
2.1 乾式キャスクの密封機能 (3)輸送貯蔵兼用キャスク(増設)(新規記載)		—
3.1 乾式キャスクの遮へい機能 (3)輸送貯蔵兼用キャスク(増設)(新規記載)		—
4.1 乾式キャスクの臨界防止機能 (3)輸送貯蔵兼用キャスク(増設)(新規記載)		—

【参考】実施計画の変更申請範囲

2.13 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備	本申請(キャスク単体)	次回申請(仮保管設備)
添付資料－〇 地震時の波及的影響評価について(新規記載)		
乾式キャスクの落下事象	—	キャスク落下による安全機能への影響評価を追加
乾式キャスクの衝突性	—	キャスク同士の衝突性評価を追加
コンクリートモジュールの落下事象	—	コンクリートモジュールの落下によるキャスクへの影響評価を追加
キャスクの埋没事象	—	落下したコンクリートモジュールにより埋没した時のキャスクの除熱機能への影響評価を追加
クレーンの転倒事象	—	クレーンの転倒によるキャスクへの影響評価を追加

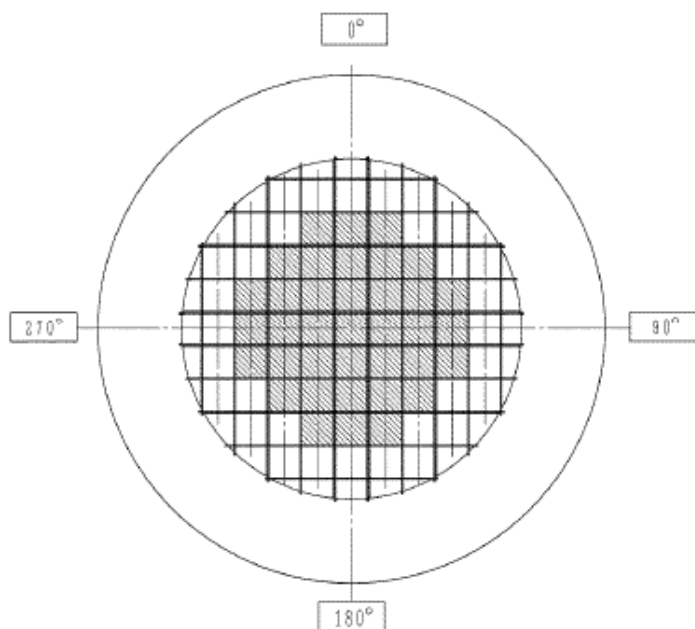
輸送貯蔵兼用キャスク(増設)の基本仕様

- 輸送貯蔵兼用キャスク(増設)の仕様は下表の通り。
- 輸送貯蔵兼用キャスク(既設)と同一設計であり、燃焼度及び燃料タイプ等に応じ収納物の配置制限を行うことで、従来の収納可能な燃料タイプ(新型8×8ジルコニウムライナ燃料)に加え新たに2種類(高燃焼度8×8燃料, 新型8×8燃料)の燃料タイプを追加する。
- 収納可能燃料の追加に伴い安全評価を実施し、型式証明申請の認可を受けている。



項目	輸送貯蔵兼用キャスクB
重量(t) (燃料を含む)	約119
全長(m)	約5.3
外径(m)	約2.5
収納体数(体)	69
基数(基)	30
収納可能燃料	<ul style="list-style-type: none"> ・新型8×8ジルコニウムライナ燃料, 高燃焼度8×8燃料 配置(i) 平均燃焼度34,000MWd/t以下 最高燃焼度40,000MWd/t以下 冷却期間18年以上 配置(ii) 平均燃焼度40,000MWd/t以下 最高燃焼度48,000MWd/t以下 冷却期間22年以上 ・新型8×8燃料 配置(iii) 平均燃焼度29,000MWd/t以下 最高燃焼度34,000MWd/t以下 冷却期間28年以上

【参考】燃焼度及び燃料タイプ等に応じた燃料配置



配置(i)

<input type="checkbox"/>	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 : 34,000 MWd/t 以下 冷却期間 : 18年以上
<input checked="" type="checkbox"/>	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
キャスク1基当たりの平均燃焼度 : 34,000 MWd/t 以下 キャスク1基当たりの崩壊熱量 : 12.1 kW 以下	

配置(ii)

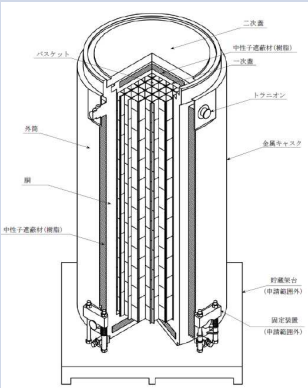
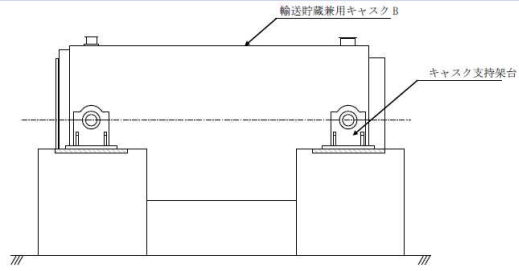
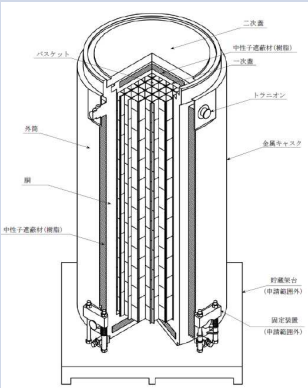
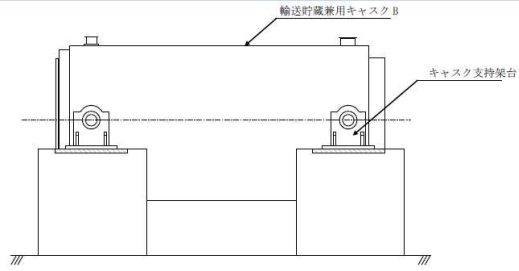
<input type="checkbox"/>	燃料種類 : 新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料 収納体数 : 32体 燃焼度 : 40,000 MWd/t 以下 冷却期間 : 22年以上
<input checked="" type="checkbox"/>	燃料種類 : 高燃焼度8×8燃料 収納体数 : 37体 燃焼度 : 48,000 MWd/t 以下 冷却期間 : 20年以上
キャスク1基当たりの平均燃焼度 : 40,000 MWd/t 以下 キャスク1基当たりの崩壊熱量 : 13.8 kW 以下	

配置(iii)

<input type="checkbox"/>	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
<input checked="" type="checkbox"/>	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
キャスク1基当たりの平均燃焼度 : 29,000 MWd/t 以下 キャスク1基当たりの崩壊熱量 : 8.4 kW 以下	

型式証明申請書の1F適用について

- 型式証明申請書と1F使用条件では保管姿勢等に相違があるため、各安全機能に影響がないことを確認する。
- 耐震性については保管姿勢や支持架台の相違により評価が異なることから、設備側の実施計画変更時に反映する。

安全機能	型式証明申請書	1F使用条件	差異を考慮した確認結果
除熱機能	<p>縦置き保管</p> 	<p>横置き保管</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・保管姿勢及び保管状況の相違により温度分布が異なるが、横置き保管のほうが低い温度となる
密封機能			<ul style="list-style-type: none"> ・保管姿勢によらないが、流体温度(除熱評価結果)の相違により差異が生じる ・流体温度の相違はあるが、型式証明申請書のほうがより保守的な温度設定となる
遮へい機能			<ul style="list-style-type: none"> ・保管姿勢によらないため差異はない
臨界防止機能			
構造強度	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル燃料備蓄センターにおけるキャスク取扱い 	<ul style="list-style-type: none"> ・1F構内でのキャスク取扱い 	<ul style="list-style-type: none"> ・既設キャスクと同一の構造であるため既設評価と同等
耐震性	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル燃料備蓄センターにおける基準地震動 	<ul style="list-style-type: none"> ・1F基準地震動900gal 	<ul style="list-style-type: none"> ・Ss900galにおける耐震評価により耐震性を有していることを確認。次回申請時に反映する

- 保管姿勢及び保管状況の相違により除熱解析に差異が生じる。
- 型式証明申請書ではキャスク底面を断熱としていること、周囲に貯蔵されているキャスクからの熱影響を考慮していることから1F使用条件より高い温度となるため、型式証明申請書を引用することは適切である。
- なお、1F使用条件における除熱解析結果からいずれの燃料配置に対しても型式証明申請書に包絡し設計基準を満足することを確認している。 赤字: 最高温度

		型式証明申請書			(参考)1F使用条件における除熱解析			設計基準値	備考
燃料配置		i	ii	iii	i	ii	iii	—	—
保管姿勢		縦置き			横置き			—	—
設計発熱量[kW]		15.3		10.4	15.3		10.4	—	—
部材 [°C]	燃料被覆管	259	262	—	249	252	—	300	新型ジルコニウムライナ燃料, 高燃焼度8×8燃料
		—	—	196	—	—	190	200	新型8×8燃料
	レジン	128	128	i, ii に包絡	117	117	i, ii に包絡	150	中性子遮蔽材
	炭素鋼	142	139		123	123		350	密封容器
		85	86		83	83			二次蓋
	アルミニウム合金, ニッケル基合金	89	90		86	87		130	金属ガスケット
ボロン添加 ステンレス鋼	248	251	238	241	300	バスケット			

- 密封評価では、設計評価期間中にキャスク内部の負圧が維持できる漏えい率を求める。漏えい率はシールする流体、シール部温度及び漏えい上流側と下流側の圧力に依存する。
- 型式証明申請書と1F使用条件において、既設キャスクと同一の構造であるため流体温度以外は同等である。
- 型式証明申請書のほうが流体温度をより保守的に設定し密封機能を評価しているため、1F使用条件において型式証明申請書を引用することは適切である。

		型式証明申請書	1F使用条件	備考
圧力 [Pa abs]	キャスク内部	8.0×10^4 (初期)	同左	既設と同設計のため初期圧力は同じ
	蓋間空間	4.1×10^5 (初期)		
	大気圧	9.7×10^4		
空間容積 [m3]	キャスク内部	約6	同左	既設と同設計のため空間容積は同じ
流体温度 [°C]	キャスク内部	262	252	燃料被覆管最高温度を保守的に設定
	シール部	-22.4	-4.5	貯蔵施設周辺の観測データより最低温度を保守的に設定
内部気体		ヘリウム	同左	既設と同設計のため内部気体は同じ
設計評価期間[年]		60	同左	既設と同設計のため設計評価期間は同じ

遮へい機能

- 保管姿勢が型式証明申請書の縦置きと1F使用条件の横置きとで異なるが, 遮蔽解析上の差異はないため, 型式証明申請書を引用することは適切である。

臨界防止機能

- 保管姿勢が型式証明申請書の縦置きと1F使用条件の横置きとで異なるが, 臨界解析上の差異はないため, 型式証明申請書を引用することは適切である。

構造強度

- 1F使用条件において評価する項目は, 共用プールからキャスク仮保管設備までの輸送過程におけるクレーン巻下げ速度での支持架台等への異常衝突事象の衝撃加速度である。このため, 既設キャスクと同一構造であり, 取扱いについても変更がないため, 衝撃加速度も既設評価と同等である。
- なお, 地震時の構造強度評価(耐震評価)については, 1F 基準地震動及びキャスク仮保管設備に応じた保管姿勢による評価を別途行い, 次回申請時に反映する。

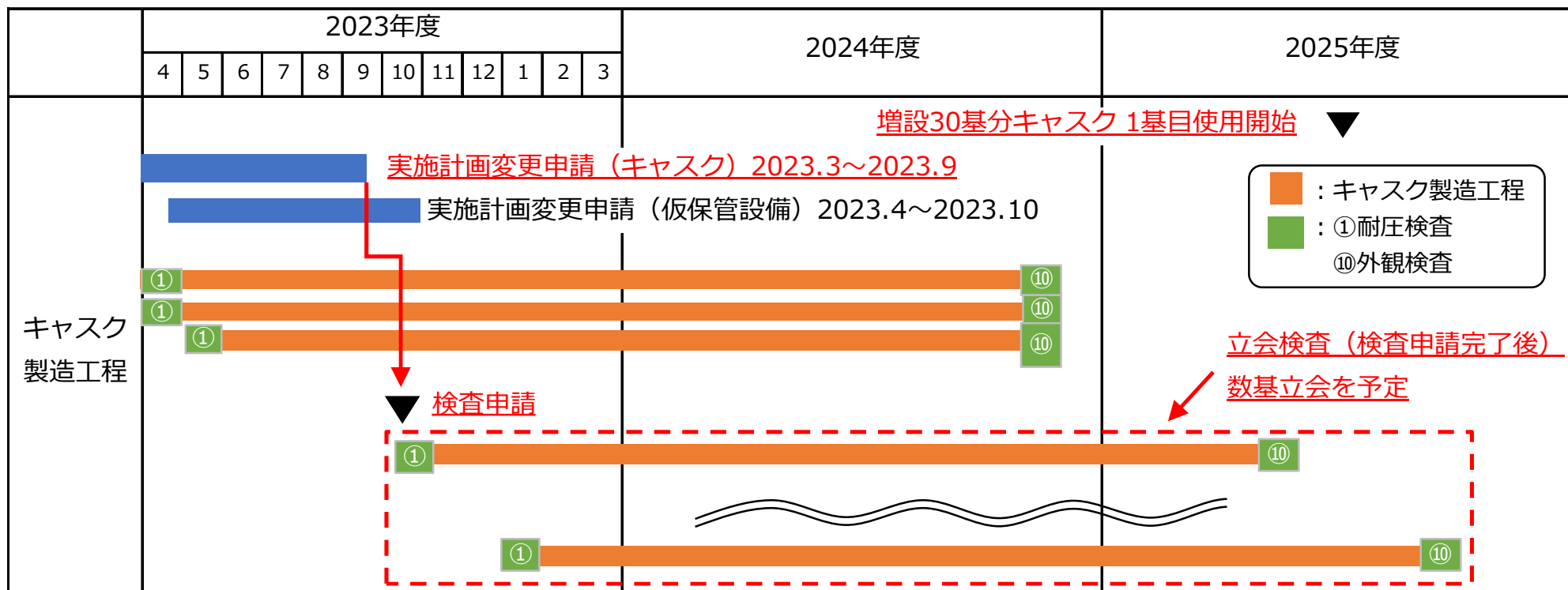
キャスク仮保管設備に係る確認事項について

- 各確認事項に対して検査場所を明確化する。
- キャスクの外観確認は工場で実施することとする。これにより、キャスクのみで使用前検査を完了できるようにする。

添付資料-11 表3の変更前・変更後比較の抜粋

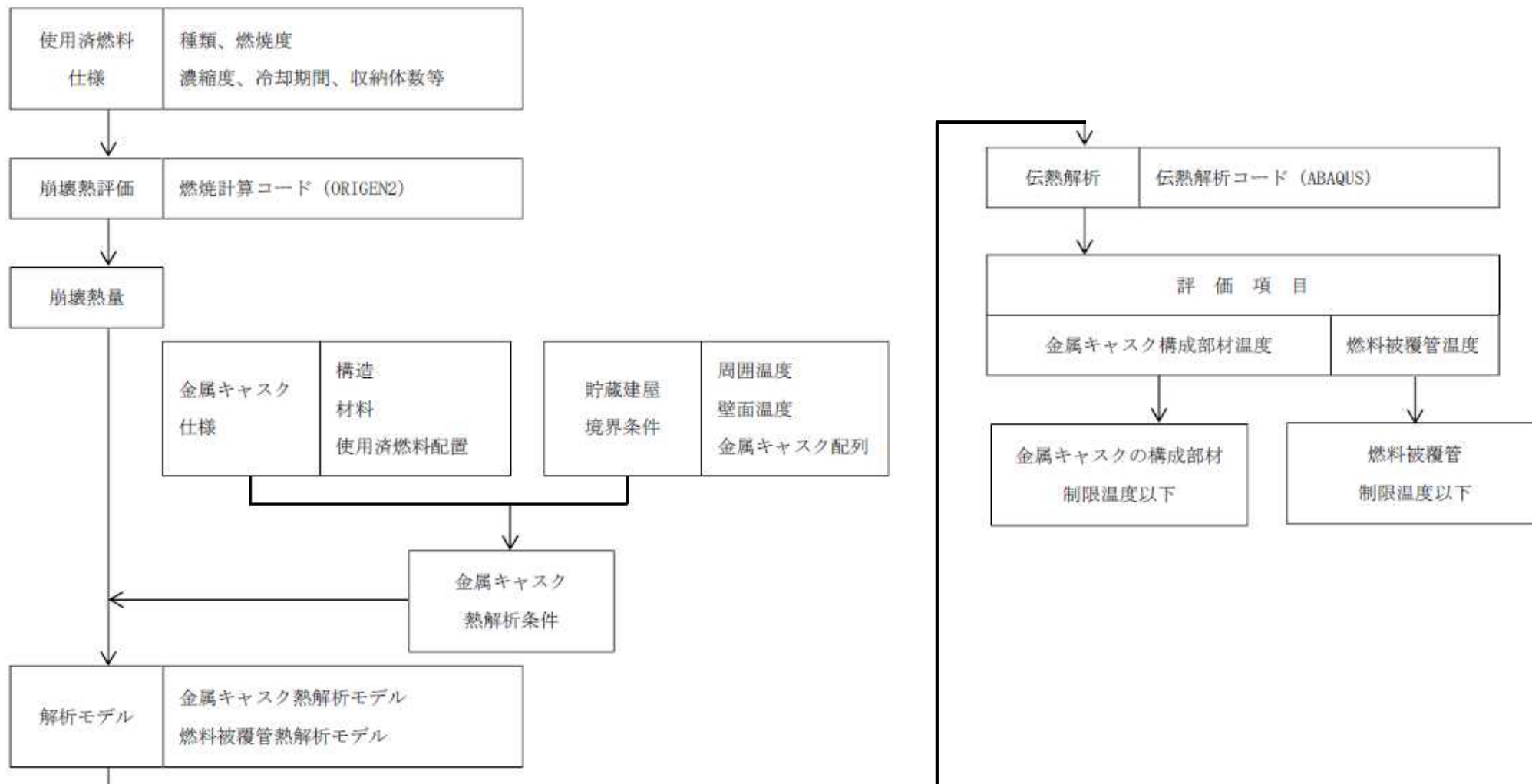
変更前				変更後						
(中略) キャスク仮保管設備に係る確認事項について 表3 確認事項(輸送貯蔵兼用キャスク)(1/2)				(中略) キャスク仮保管設備に係る確認事項について 表3 確認事項(輸送貯蔵兼用キャスク)(1/2)						
確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	確認事項	確認項目		確認内容	判定基準	検査場所
構造強度・耐震性	材料確認*		実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。	構造強度・耐震性	材料確認*		実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。	工場
	強度・漏えい確認	耐圧・漏えい確認*	確認圧力(水圧 1.25MPa)で保持した後、確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。		強度・漏えい確認	耐圧・漏えい確認*	確認圧力(水圧 1.25MPa)で保持した後、確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。	工場
構造強度・耐震性遮へい機能	構造確認	寸法確認*	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。	構造強度・耐震性遮へい機能	構造確認	寸法確認*	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。	工場
		外観確認*	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。			外観確認*	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	工場 現地
		据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画の通りに施工・据付されていること。			据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画の通りに施工・据付されていること。	現地
除熱機能	機能確認	伝熱確認	容器内部に使用済燃料を模擬するヒータを挿入して発熱させ、温度を確認する。	周囲温度を補正した温度が最高使用温度以下であること。	除熱機能	機能確認	伝熱確認	容器内部に使用済燃料を模擬するヒータを挿入して発熱させ、温度を確認する。	周囲温度を補正した温度が最高使用温度以下であること。	工場

- 増設分のキャスク製造工程を下図に示す。
- 実施計画の認可に関わらず先行してキャスクの製造，社内検査を実施。
- 実施計画認可後に使用前検査申請，申請完了後に検査課殿による立会検査を実施。既検査分は記録確認とする。



以下，参考資料
型式証明申請書を抜粋・要約

- 除熱解析のフローは下図の通り。



- 除熱解析により、使用済燃料の種類、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に崩壊熱量及び使用済燃料の燃焼度に応じた収納位置を入力条件として、燃料被覆管及び基本的安全機能を維持するうえで重要な構成部材の温度を評価する。
- 除熱解析条件は下表の通り。

項目		解析条件
燃料集合体のピーキングファクター		燃料タイプによるピーキングファクターを考慮
燃料集合体の収納位置		配置(i), (ii), (iii)ごとの崩壊熱量を設定
境界条件	周囲温度(°C)	45
	貯蔵建屋壁面温度(°C)	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
	金属キャスク表面から貯蔵建屋壁面への形態係数	0.232*1

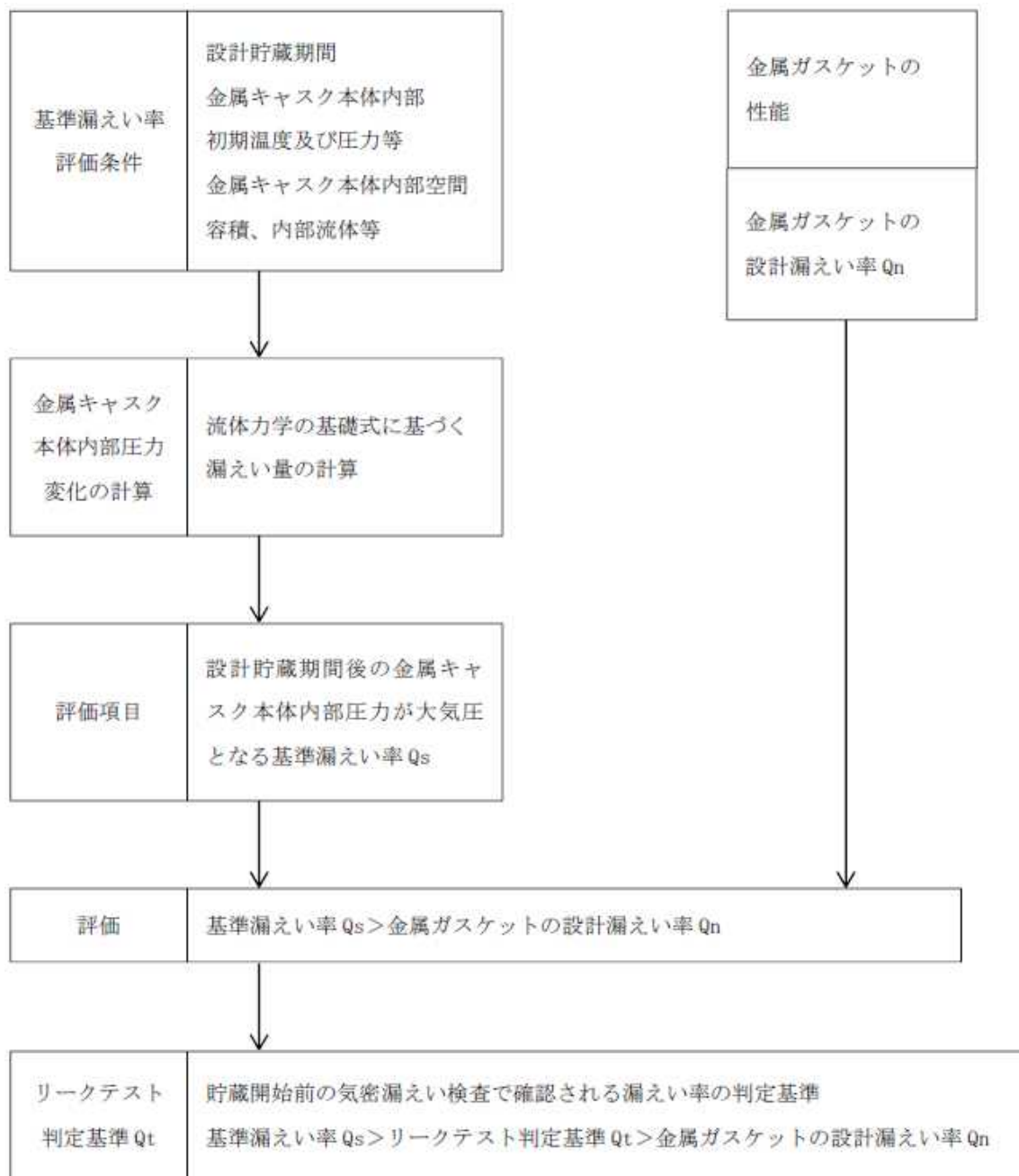
注記*1: 金属キャスク配列ピッチ寸法3.5mから算出される値を示す。

- 解析では、HDP-69B(B)型の実形状を軸方向断面、径方向断面にそれぞれ二次元で、燃料集合体の実形状を径方向断面に二次元でモデル化する。
- 蓋部及び底部の温度は、軸方向断面の二次元モデル、それ以外の構成部材の温度は径方向断面の二次元モデルで評価し、燃料被覆管の温度は、燃料集合体の径方向断面の二次元モデルで評価する。
- また、構成部材の温度評価に当たっては、燃料タイプごとに使用済燃料のピーキングファクターを考慮して、最大崩壊熱量を上回る崩壊熱量を設定するとともに、金属キャスク本体底部を断熱条件とし、さらに、燃料被覆管の温度評価に当たっては、軸方向を断熱条件とする等、十分保守性を見込むこととする。
- 上記の解析の結果、下表に示すように燃料被覆管制限温度を満足している。また、構成部材の温度は、その健全性に影響を与えない温度である。

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



- 閉じ込め評価のフローは下図の通り。



- 閉じ込め評価では、設計貯蔵期間中に、HDP-69B(B)型内部の負圧を維持できる漏えい率を求める。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。
- HDP-69B(B)型の閉じ込め評価の基準となる基準漏えい率は、設計貯蔵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して定義され、使用する金属ガスケットが確保可能な閉じ込め機能及び貯蔵開始前の気密漏えい検査の判定基準として確認可能な漏えい率を上回るものでなければならない。
- 基準漏えい率の評価条件は下表の通り。


項目		評価条件
圧力 (Pa[abs])	金属キャスク内部(初期)	8.0×10^4
	蓋間圧力(初期)	4.1×10^5
	大気圧	9.7×10^4 *1
空間容積(m ³)	金属キャスク内部*2	
	蓋間空間	
温度(°C)	金属キャスク内部*3	262
	漏えい気体*4	-22.4
内部気体		ヘリウム
設計貯蔵期間(年)		60

注記*1: 収納された使用済燃料の破損率(0.1%)による圧力上昇分を別途考慮する。

*2: 金属キャスク内部の全空間容積から燃料集合体及びバスケットの容積を除いた空間容積を示す。

*3: 燃料集合体最高温度を保守的に設定した値を示す。

*4: 金属キャスク周囲最低温度を示す。

 マスキング箇所

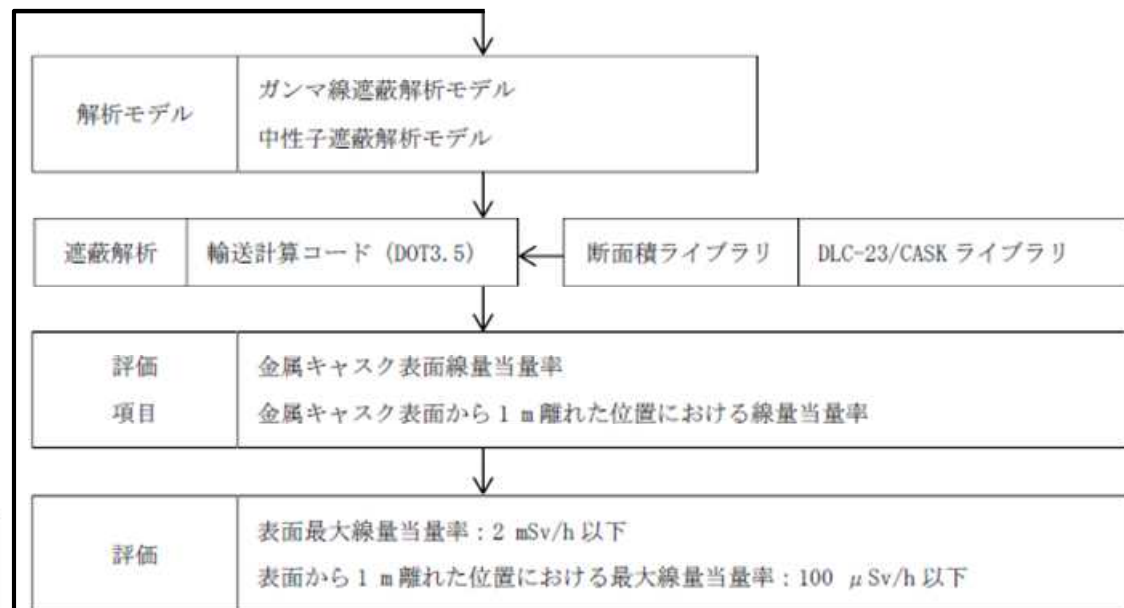
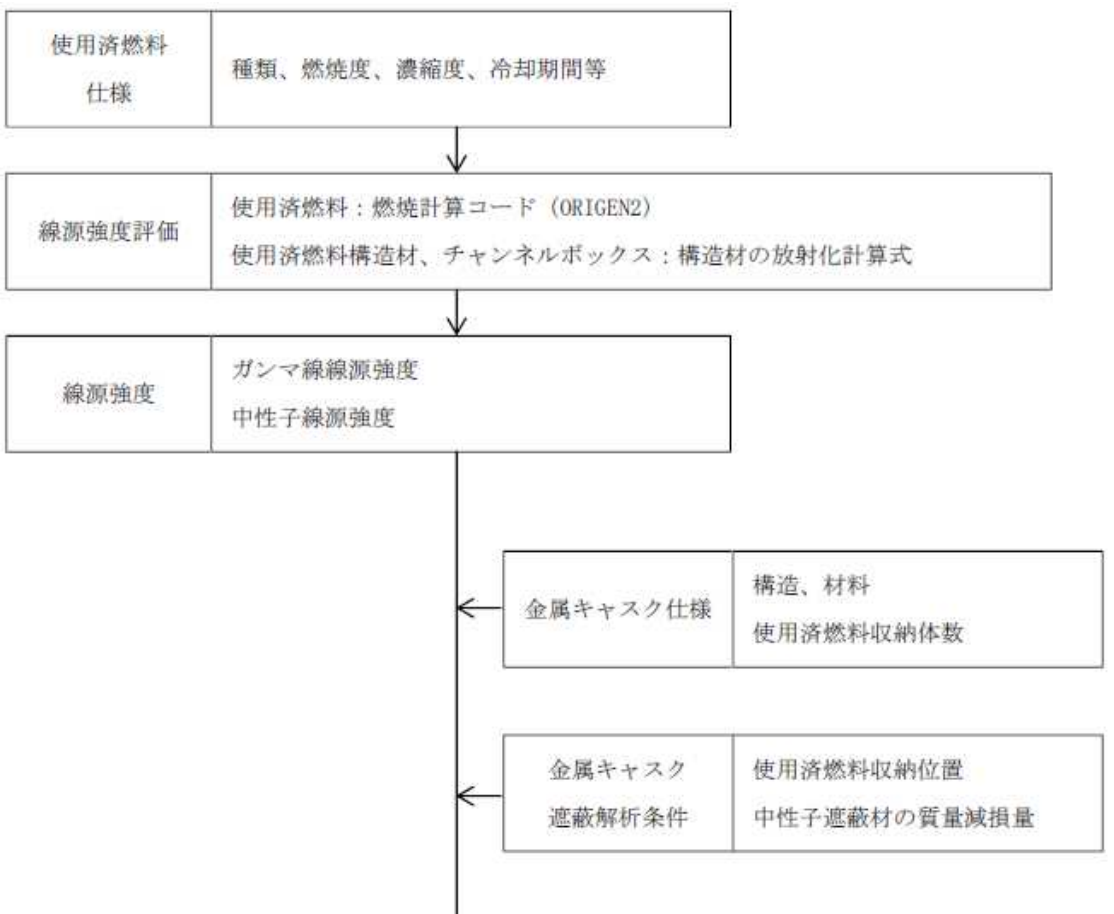
- 蓋間圧力は一定とし、蓋間空間のガスは金属キャスク内部側にのみ漏えいするものとして漏えい率の計算を行う。
- また、大気圧は、気象変化による圧力変動を考慮した値を用いる。
- 金属キャスク内部空間の圧力の算定に当たっては、使用済燃料の破損率として、米国の使用済燃料の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率、及び日本の軽水炉における運転中の漏えい燃料発生率を考慮し、保守的な値として0.1%とする。
- 閉じ込め評価の結果、下表に示すように金属ガスケットの漏えい率は基準漏えい率以下を満足している。

項目	評価結果	設計基準値
金属ガスケットの漏えい率(Pa・m ³ /s)	1.6 × 10 ⁻⁶	2.4 × 10 ⁻⁶ *1

注記*1: 設計貯蔵期間中に金属キャスク本体内部の負圧が維持できる漏えい率(標準状態)を示す。

【参考】遮蔽機能

- 遮蔽解析のフローは下図の通り。



- 遮蔽解析により、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に線量当量率評価に用いる線源強度を求める。結果は下表の通り。

使用済燃料の種類		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		新型8×8燃料
		配置(i)	配置(ii)	配置(iii)
使用済燃料の収納配置条件				
濃縮度 (wt%)		2.88 (新型8×8ジルコニウムライナ燃料) 3.35 (高燃焼度8×8燃料)		2.88
燃焼度 (MWd/t)	外周部	34,000	40,000	29,000
	中央部	40,000	48,000	34,000
冷却年数 (年)		18	22 (外周) 20 (中央)	28
使用済燃料の燃料有効部のガンマ線の線源強度 (photons/s)		8.9×10^{16}	8.9×10^{16}	6.0×10^{16}
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)		1.3×10^{14}	1.1×10^{14}	3.1×10^{13}
使用済燃料の燃料有効部の中性子の線源強度 (n/s) ^{*1}		1.4×10^{10}	1.5×10^{10}	5.0×10^9

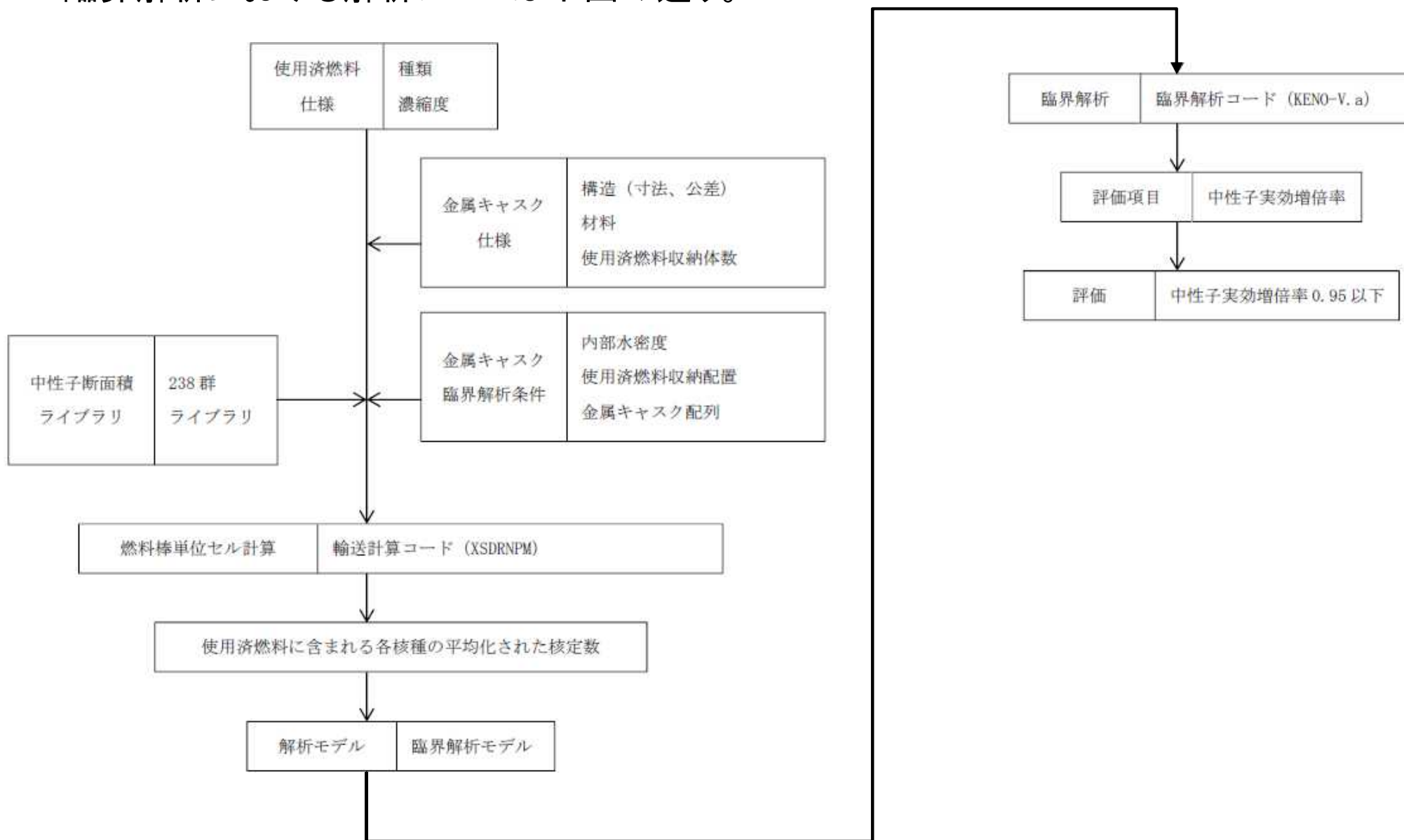
注記*1: 中性子実効増倍率の効果を検討した値である。

- 線量当量率の評価は線源強度の大きい配置(i), (ii)を対象として実施する。
- 評価に当たっては, 使用済燃料の燃焼度に応じた収納位置を考慮する。
- また, 設計貯蔵期間中におけるHDP-69B(B)型の中性子遮蔽材の熱による遮蔽性能の低下を考慮する。
- 上記の解析の結果, 下表に示すように表面及び表面から1m離れた位置における最大線量当量率は, それぞれ2mSv/h以下及び100 μ Sv/h以下を満足している。

項目	評価結果	設計基準値
表面最大線量当量率(mSv/h)	1.1	2
表面から1m離れた位置における最大線量当量率(μ Sv/h)	81	100

【参考】臨界防止機能


- 臨界解析における解析フローは下図の通り。



【参考】臨界防止機能

- 臨界解析により, 中性子実効増倍率を求め0.95以下であることを確認する。
- 臨界解析における使用済燃料の仕様は下表の通り。
- 最も反応度の高い高燃焼度8×8燃料を代表とする。

項目	単位	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
燃料材質	—	二酸化ウラン	二酸化ウラン	二酸化ウラン
被覆管材質	—	ジルカロイ-2	ジルカロイ-2	ジルカロイ-2
燃料密度	%理論密度			
ペレット直径	mm			
燃料有効長	m			
燃料棒配列	—	8×8	8×8	8×8
燃料集合体当たりの燃料棒数	本	62	62	60
初期濃縮度	wt%	3.1	3.1	3.66

 マスキング箇所

- 臨界解析における使用済燃料の解析条件は下表の通り。

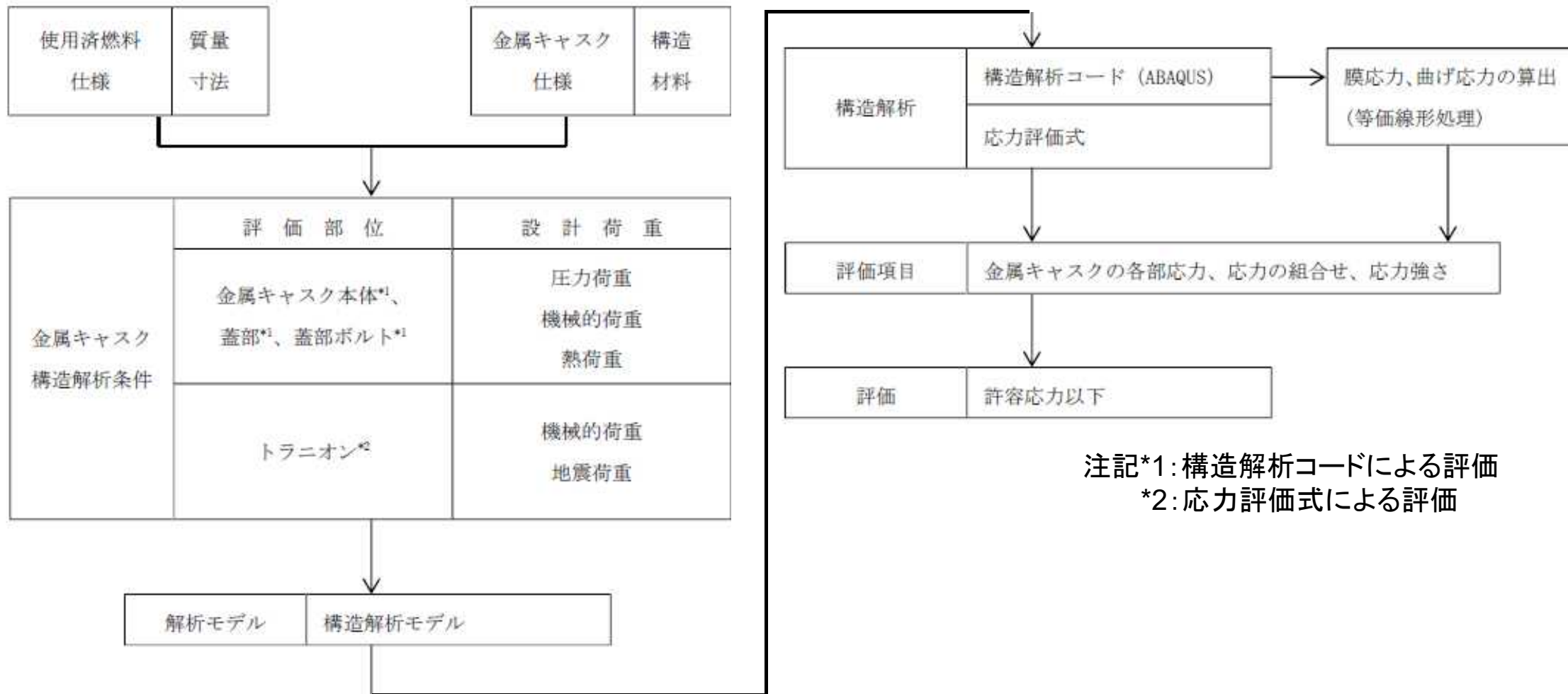
項目		乾燥状態	冠水状態
収納物		高燃焼度8×8燃料	
濃縮度		3.66wt%	濃縮度の異なる2種類の燃料棒を用い、炉心装荷冷温状態での燃料集合体の無限増倍率が1.3となる燃料モデル(モデルバンドル)
収納体数		69体	
バスケット格子内の燃料配置		中心偏向配置	
寸法条件	バスケットプレート板厚	最小	
	バスケット格子内のり	最小	
中性子吸収材含有率		仕様上の下限值	
HDP-69B(B)型内雰囲気		真空	冠水(水密度1.0g/cm ³)
HDP-69B(B)型外雰囲気		真空	
HDP-69B(B)型配列		無限配列(完全反射境界条件)	
チャンネルボックス		なし	あり
中性子遮蔽材(樹脂)		中性子遮蔽材を真空に置換	

- 解析において、乾燥状態の中性子実効増倍率の評価に当たってはガドリニアの存在を無視する。また、冠水状態の解析では、ガドリニアによる燃焼初期の反応度抑制効果を考慮して、濃縮度の異なる2種類の燃料棒を用い、炉心装荷冷温状態での燃料集合体の無限増倍率が1.3となる燃料モデル(モデルバンドル)を仮定する。
- 上記に基づく使用済燃料を収納した状態を設定し、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮して、HDP-69B(B)型が無限に配列している体系とする。
- さらに、バスケット内の使用済燃料は、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、バスケットプレート板厚、内のり等の寸法条件について公差を考慮し、中性子吸収材はほう素添加量を下限値とする等、安全裕度を見込むこととする。
- 上記条件に基づく解析の結果、下表に示すように統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率は0.95以下を満足している。

項目		評価結果	設計基準値
中性子実効増倍率	乾燥状態	0.41	0.95
	冠水状態	0.89	

【参考】構造強度

- 構造強度解析の解析フローは下図の通り。



- HDP-69B(B)型に発生する応力は、想定される荷重をもとに実形状をモデル化し、構造解析コード及び応力評価式を使用して求める。
- 使用済燃料貯蔵施設における取扱い時の構造強度評価は、取扱いによって発生する加速度としてHDP-69B(B)型を垂直姿勢で吊り上げる事象を想定し、以下の加速度を考慮して行う。
 - ・鉛直方向:1.3G
- 地震時の構造強度評価は、たて置き姿勢のHDP-69B(B)型に対して、地震によって発生する加速度として以下の加速度を考慮して行う。
 - ・水平方向:1.4G
 - ・鉛直方向:0.87G
- 下部トラニオンの評価条件として、4個の下部トラニオンを介して貯蔵架台に固定されるものとする。
- 上記に基づく解析の結果、下表に示す通りHDP-69B(B)型に発生する応力は、金属キャスク構造規格の各供用状態に定められた許容応力以下である。

項目		評価結果	設計基準値
取扱い時(MPa)	蓋部の応力強さ	60以下	183
	一次蓋ボルトの応力	360以下	831
	上部トラニオンの応力強さ	220以下	394
地震時(MPa)	下部トラニオンの応力強さ	260以下	591

『特定原子力施設の指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項』 該当項目の整理表 (案件：輸送貯蔵兼用キャスクの基数の変更及び収納可能燃料の追加)

目次	該当項目	理由
I 全体工程及びリスク評価について講ずべき事項	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
II 設計、設備について措置を講ずべき事項		
1 原子炉等の監視	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
2 残留熱の除去	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
3 原子炉格納施設雰囲気等の監視等	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
4 不活性雰囲気等の維持	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
6 電源の確保	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
7 電源喪失に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
10 放射性気体廃棄物の処理・管理	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
12 作業員の被ばく線量の管理等	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
13 緊急時対策	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
14 設計上の考慮		
① 準拠規格及び基準	○	輸送貯蔵兼用キャスクは、果たすべき安全機能の重要度を考慮して、適切と認められる規格及び基準によるものである必要があるため。
② 自然現象に対する設計上の考慮	○	輸送貯蔵兼用キャスクは、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計である必要があるため。
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
④ 火災に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
⑥ 共用に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	○	輸送貯蔵兼用キャスクは、安全機能を有する機器であり、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計である必要があるため。
⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
15 その他措置を講ずべき事項	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
III 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
IV 特定核燃料物質の防護	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
V 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
VI 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
VII 実施計画の実施に関する理解促進	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。
VIII 実施計画に係る検査の受検	-	今回の申請は本節に関わる内容ではないため。

措置を講ずべき事項（まとめ資料）

II. 設計、設備について措置を講ずべき事項

14. 設計上の考慮

① 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。

輸送貯蔵兼用キャスクは、構造強度、除熱、密封、遮へい、臨界防止の各安全機能が以下の規則、告示及び内規に適合するように設計、材料の選定、製作されている。また、各条件を満足していることを検査により確認している。

- ・使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 12 月 6 日付、平成 25 年原子力規制委員会規則第 24 号）
- ・使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原管廃発第 1311272 号（平成 25 年 11 月 27 日原子力規制委員会決定）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の型式証明及び型式指定運用ガイド（原管廃発第 1311276 号。平成 25 年 11 月 27 日原子力規制委員会決定）
- ・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 日付、令和 2 年原子力規制委員会第 8 号）
- ・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 原規規発第 2002054 号-3 原子力規制委員会決定）
- ・核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（昭和 53 年 12 月 28 日付、総理府令第 57 号）
- ・核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示（平成 2 年 11 月 28 日付、科学技術庁告示第 5 号）

14. 設計上の考慮

②自然現象に対する設計上の考慮

・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。

・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

輸送貯蔵兼用キャスクの耐震設計については、以下の図書で評価されている。なお、以下の図書における評価対象設備とキャスク仮保管設備では適用する地震力及び保管姿勢が異なるため、1F 基準地震動及びキャスク仮保管設備に応じた保管姿勢による評価を別途行い、今後本実施計画に記載することとする。

- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書（平成 29 年 11 月 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について（平成 30 年 7 月 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について（平成 30 年 12 月 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社）

地震以外の想定される自然現象（津波、台風、竜巻）については保管施設（保管場所・保管姿勢・保管方式等）に依存するため本申請では除外する。

14. 設計上の考慮

⑧信頼性に対する設計上の考慮

- ・安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。
- ・重要度の特に高い安全機能を有するべき系統については、その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。

輸送貯蔵兼用キャスクの信頼性については、構造強度、除熱、密封、遮へい、臨界防止の各安全機能が下記の図書で評価されている。なお、以下の図書における評価対象設備とキャスク仮保管設備では保管姿勢が異なり、除熱については保管姿勢の違いにより評価への影響が生じる。このため、除熱についてはキャスク仮保管設備に応じた保管姿勢による評価を別途行い、今後本実施計画に記載することとする。

- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書（平成 29 年 11 月 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について（平成 30 年 7 月 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社）
- ・使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書 本文及び添付資料の一部補正について（平成 30 年 12 月 日立 G E ニュークリア・エナジー株式会社）