

玄海原子力発電所

乾式貯蔵施設に係る原子力規制委員会の 審査方針を踏まえた評価及び当社の考えについて

2020年8月7日
九州電力株式会社

！ 枠囲みの範囲は、防護上の観点又は機密に係る事項であるため、公開できません。 ！

目次

1. 変更内容の整理



3

2. 乾式キャスク単体の安全機能



5

3. 当社の考え



22

○兼用キャスク貯蔵施設に関する規則改正※¹に伴う変更等

- ・ 設置許可基準規則において、乾式キャスクは「兼用キャスク」、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び天井クレーン等は「周辺施設」として新たに定義され、要求事項が明確化されたこと等による、設計方針に係る記載の充実及び適正化
- ・ 「変更後における発電用原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する説明書」（添付書類十一）の追加
- ・ 本申請中に許可を受けた他の申請に対する補正（「リラッキング」等） 他

○設計方針の一部変更

- ・ 乾式キャスク定置方法の変更※²（カップホルダ方式→トラニオン固定方式）

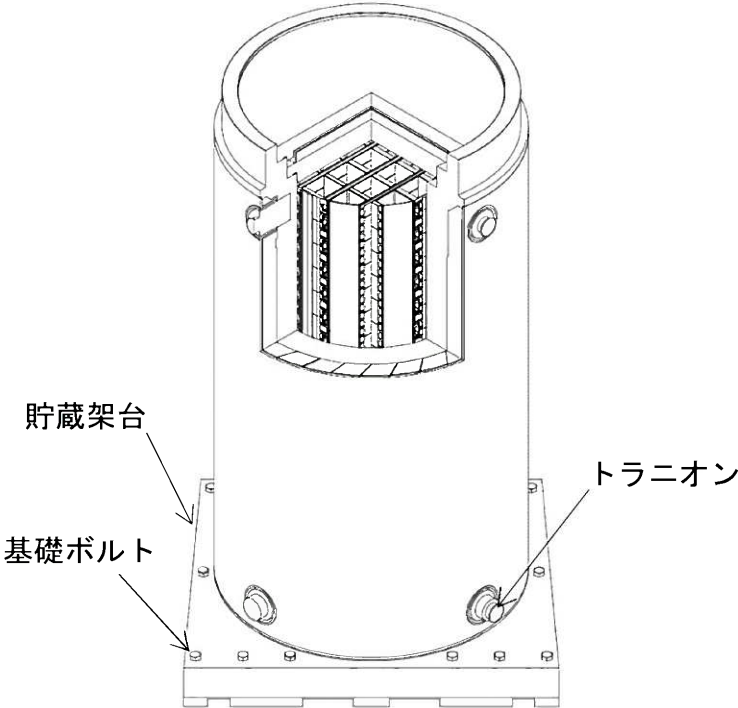
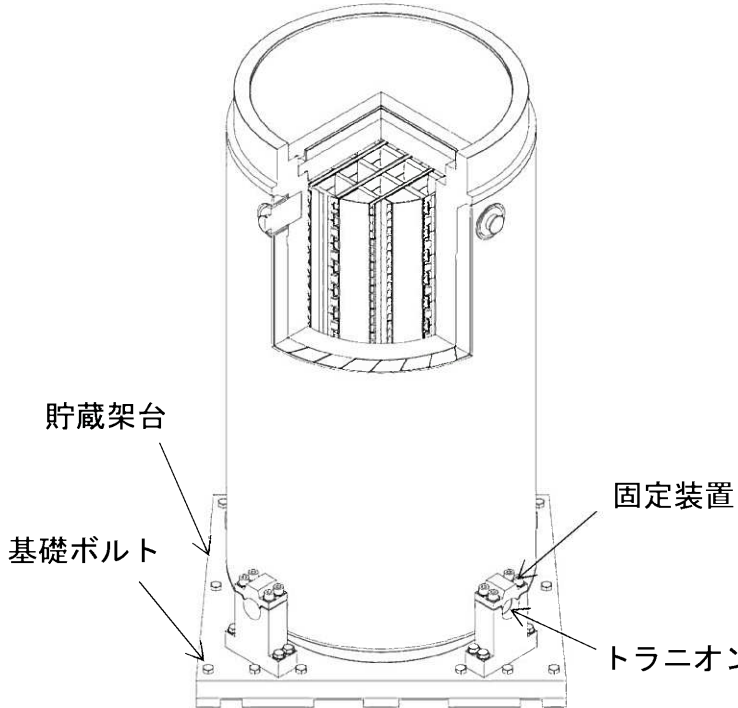
※1：「实用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の改正、「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」の施行（平成31年4月2日）並びに「实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の改正（令和2年4月1日）

※2：次ページ「定置方法の変更」を参照

定置方法の変更

本申請時では、乾式キャスクの定置方法は管理の容易さの観点からカップホルダ方式を選定していたが、カップホルダの耐震性について、従来の耐震設計と異なる手法が含まれており、更なるデータの蓄積等が必要と判断したことから、カップホルダ方式から審査実績のあるトラニオン固定方式に変更する。

なお、カップホルダ方式については、型式制度での審査状況等を踏まえ、適合性の説明が可能となった際に改めて手続きを実施した上で説明したいと考えている。

(変更前) カップホルダ方式	(変更後) トラニオン固定方式
 <p>貯蔵架台</p> <p>基礎ボルト</p> <p>トラニオン</p>	 <p>貯蔵架台</p> <p>基礎ボルト</p> <p>固定装置</p> <p>トラニオン</p>
<p>貯蔵架台に乾式キャスク底部とはめ合う凹部を設けることで、固定せず乾式キャスクが転倒しない構造</p>	<p>乾式キャスクを貯蔵架台及び基礎に支持構造物を用いて固定する構造</p>

- ✓ 2019年5月22日の原子力規制委員会において、建屋に遮へい機能を持たせ、建屋でキャスクを防護する設計であることが確認されたことに加え、今後の審査方針が以下のとおり示されている。

今後の審査方針

乾式貯蔵施設の建屋の審査上の取扱いについて

- ① キャスクのみで地震や竜巻等の外力に対して、安全機能が維持可能であるかを確認する。
- ② 敷地境界における実効線量評価について、建屋が無い状態で過度の保守性を排した現実的な評価により、建屋としての遮へい機能の必要性を確認する。
- ③ キャスクのみで、安全機能が維持可能であり、また、建屋としての遮へい機能が必要ないことが確認できれば、審査上、建屋の安全上の機能、性能は考慮せず、建屋が損壊したとしても、キャスクの安全機能への波及的影響を及ぼさないことのみを確認する。

【2019年5月22日 原子力規制委員会資料より】

- ✓ 以上を踏まえた当社確認方針及び確認結果を次ページ以降に示す。

審査方針①

キャスクのみで地震や竜巻等の外力に対して、安全機能が維持可能であることを確認する。

確認方針

影響評価として、乾式キャスクのみで地震や竜巻等の外力に対して、安全機能が維持可能であることを確認する。

<具体的確認方針>

✓ 16条への影響評価として、以下を確認する。

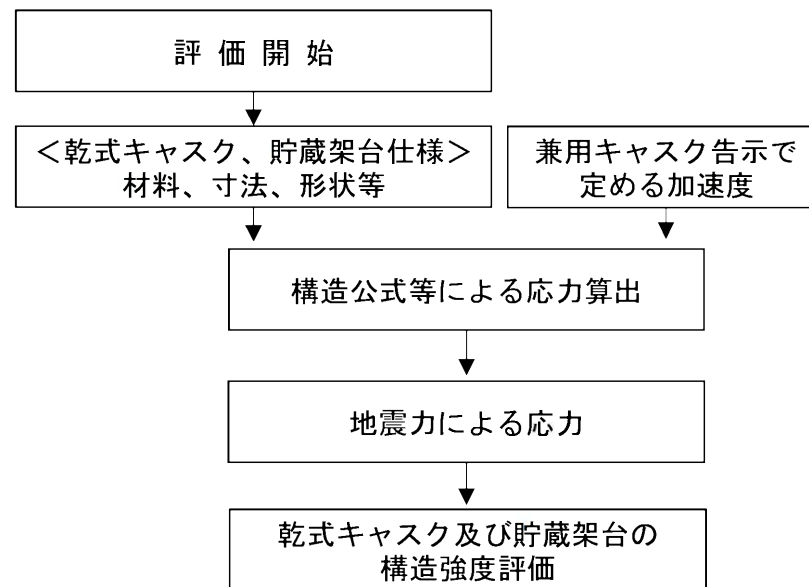
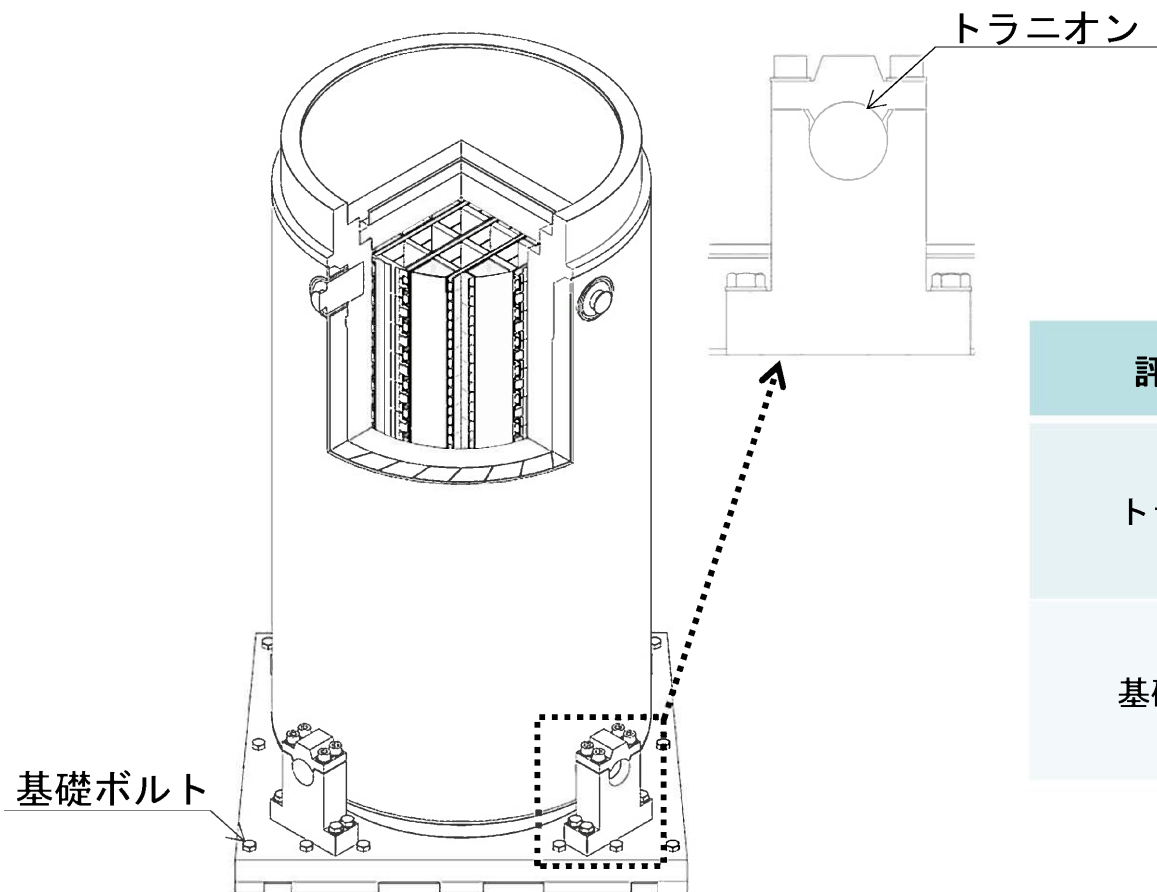
外部事象	確認方針
地震	兼用キャスク告示で定める加速度により発生する応力が、乾式キャスク部材の許容限界を下回るため乾式キャスクの安全機能が維持されることを確認する。
津波	基準津波の遡上波（入力津波高さ：T.P.+6.0m）は乾式貯蔵施設設置高さ（T.P.+24.5m）に遡上しないことを確認する。
竜巻	竜巻による設計飛来物衝突時に乾式キャスクに負荷される荷重が、核燃料輸送物設計承認申請における0.3m落下評価時の荷重を下回ることにより安全機能に係る乾式キャスク内部の部材が弾性範囲内であることを確認する。 なお、乾式キャスクに設計飛来物が直接衝突するため、衝突箇所（外部）は塑性変形する可能性があるが、直ちに安全機能に影響を与えない。
外部火災	外部火災時の乾式キャスクへの入熱が、核燃料輸送物設計承認申請における火災事象を想定した評価条件（800℃で30分の火災）における入熱を下回ることを確認する。このため、直ちに安全機能に影響を与えないことを確認する。

<地震（設置許可基準規則への適合性）>

地震時に乾式キャスクの安全機能が維持されることを確認するために、兼用キャスク告示で定める加速度を用いて耐震評価を実施する。

<評価方法>

- ・乾式キャスクを貯蔵架台に固定していることから、地震時に固定部位に発生する応力を算出し、評価する。
- ・発生応力の算出には、兼用キャスク告示で定める加速度を用いる。



評価部位	応力の種類	発生応力 [MPa]	許容限界 [MPa]
トラニオン	せん断応力	84	341
	曲げ応力	299	681
	組合せ応力	313	591
基礎ボルト	引張応力	356	669
	せん断応力	122	386
	組合せ応力	356	669

<核燃料輸送物設計承認申請内容（MSF-24P型の例）>

【評価概要】

乾式キャスクは頑丈な構造の金属製の静的機器であることから剛体とし、乾式キャスクを1質点とみなして、0.3m落下時に重心位置に生じる衝撃荷重（加速度）を計算し、有限要素法及び工学式により乾式キャスク各部（容器本体、バスケット及び燃料集合体）の応力計算を行い、弾性範囲内であることを確認した。

【衝撃荷重の計算方法】

落下時の衝撃荷重（F）は、CRUSHコードを用いて算出する。なお、乾式キャスクを1質点とみなして落下時に重心位置に生じる衝撃荷重（加速度）を計算する。

また、緩衝体内部の木材の弾塑性変形によって輸送物の落下エネルギー（ E_k ）が全て吸収されるものとした。（緩衝体を除いた輸送物及び落下試験台（床面）を剛体とし、落下エネルギーの振動及び熱等への消費を無視する）

【衝撃荷重の計算結果】

0.3m落下時の衝撃算定（F）の計算結果は右表のとおり。なお、加速度は衝撃荷重Fを輸送物質量で除して算出。

【応力計算方法】

(1) 容器本体

上記の加速度に一定の余裕をみた加速度（設計加速度）による慣性力が作用する場合の容器本体の解析を有限要素法によるABAQUSコードにより行う。

(2) バスケット及び燃料集合体

設計加速度をもとに工学式を用いた応力評価を行う。

【応力計算結果】

応力計算結果は右表のとおり。

（参考） S_y =設計降伏応力（規格値）、

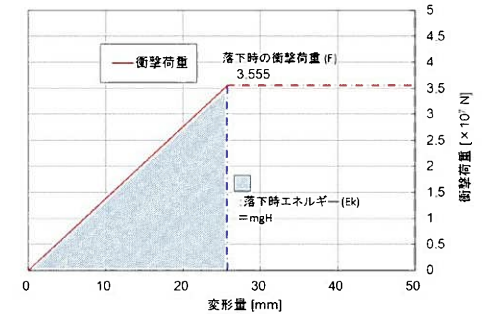
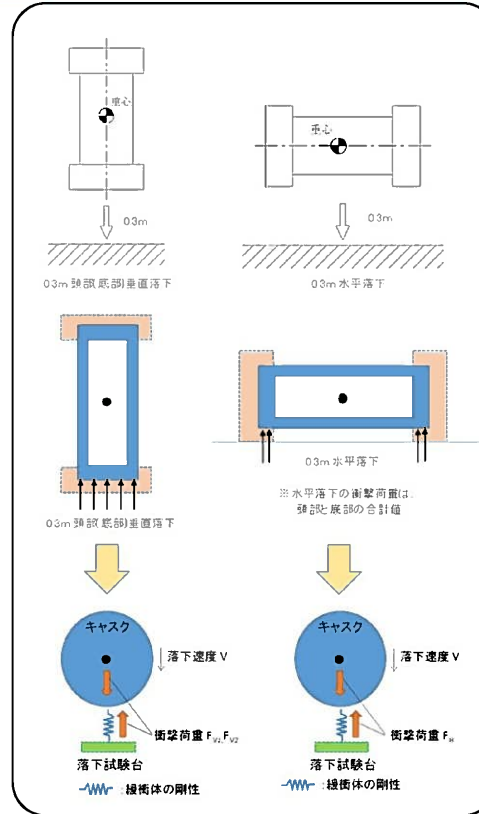
S_m =設計応力強さ（規格値）（ $S_m=S_y/1.5$ ）、

$f_b=S_y/1.5$ 、 σ_y =降伏応力（文献値）

※1: 構造解析上は、外筒の健全性をもって中性子遮へい材が保持されることを確認している。

※2: 0.3m頭部垂直落下の解析結果に包絡される。

※3: 0.3m底部垂直の解析基準値。なお、0.3m頭部垂直及び0.3m水平の解析基準値は186MPa。



0.3m頭部垂直落下時の衝撃荷重と緩衝体変形量

輸送物質量 m (kg)	重力加速度 g (m/s ²)	落下高さ H (m)
134400	9.80665	0.3

落下姿勢	衝撃荷重F (N)	加速度 (G)
0.3m頭部垂直	$F_{V1} : 3.555 \times 10^7$	27.0
0.3m底部垂直	$F_{V2} : 3.417 \times 10^7$	25.9
0.3m水平	$F_H : 2.686 \times 10^7$	20.4

安全機能	項目	解析結果 (MPa)			解析基準	解析基準値 (MPa)
		0.3m 頭部垂直	0.3m 底部垂直	0.3m 水平		
遮へい・除熱	容器本体 胴	43	30	66	$1.5S_m$	183※3
遮へい※1	容器本体 外筒	45	39	87	f_b	156
閉じ込め	容器本体 一次蓋シール部	48	36	57	S_y	185
臨界	バスケット	7	—※2	12	S_m	36
臨界	燃料集合体	105	—※2	141	σ_y	589

<竜巻(影響評価)>

【評価概要】

乾式キャスクは頑丈な構造の金属製の静的機器であることから剛体とし、乾式キャスクを1質点とみなして、竜巻による設計飛来物衝突時に重心位置に生じる衝撃荷重（加速度）を計算した。
その衝撃荷重（大型車両 $1.09 \times 10^7 \text{N}$ ）が0.3m落下評価時に重心位置に生じる衝撃荷重（0.3m頭部垂直 $3.555 \times 10^7 \text{N}$ 、水平落下 $2.686 \times 10^7 \text{N}$ ）を下回するため、乾式キャスクの安全機能が維持されることを確認した。

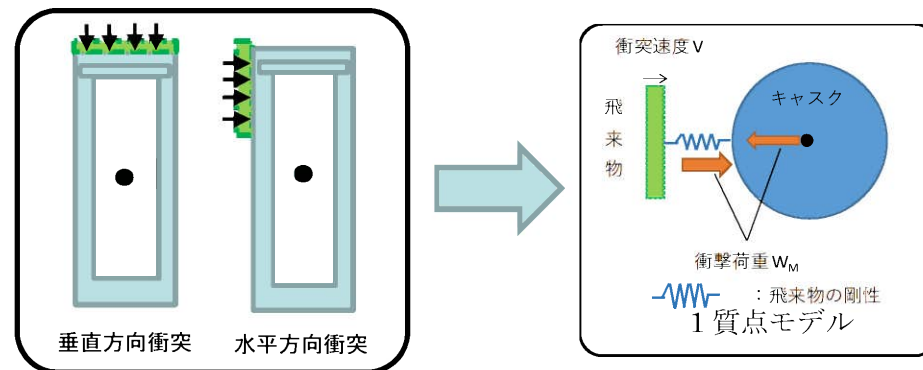
【衝撃荷重の計算方法】

設計飛来物（大型車両）による衝撃荷重（ W_M ）は、「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」で例示されている飛来物の圧潰挙動を無視したRieraの式^(注1)を適用する。なお、乾式キャスクを1質点とみなして、竜巻による設計飛来物衝突時に重心位置に生じる衝撃荷重（加速度）を計算する。

【衝撃荷重の計算結果】

衝撃荷重（ W_M ）の計算結果は以下のとおり。
なお、加速度は衝撃荷重 W_M を乾式キャスクの貯蔵時質量（116.1ton）で除して算出。

飛来物	飛来物の質量m (kg)	衝突速度V (m/s)	飛来物の最も短い辺の全長L (m)	衝撃荷重 W_M (N)	加速度 (G)
大型車両	15,400	42	2.5	1.09×10^7	10



(Rieraの式)

$$W_M = F_m = m \cdot V/t = m \cdot V^2/L$$

ここで、

- F_m : 静的な値として計算した飛来物による衝撃荷重 (N)
- m : 飛来物の質量 (kg)
- V : 衝突速度 (m/s)
- t : $t=L/V$ (飛来物と被衝突体の接触時間) (s)
- L : 飛来物の最も短い辺の全長 (m)

(注1) 飛来物と被衝突体の接触時間を設定し、飛来物の衝突前の運動量と衝撃荷重による力積が等しいとして衝撃荷重を計算する。飛来物による衝撃荷重を大きく見積もるため乾式キャスクを床に剛結合した剛体とする。

【結論】

以上のとおり、竜巻による設計飛来物衝突時に乾式キャスクに生じる衝撃荷重が、核燃料輸送物設計承認申請書における0.3m落下評価時の衝撃荷重を下回するため、安全機能に係る乾式キャスク内部の部材が弾性範囲内であり、乾式キャスクの安全機能が維持されることを確認した。
なお、乾式キャスクに設計飛来物が直接衝突するため、衝突箇所（キャスクの外表面となる外筒、二次蓋）は局所的に変形する可能性があるが、貫通、破断はしないため、直ちに安全機能（遮へい、除熱）に影響を与えるものではない。

衝撃荷重 (N)	
竜巻時	0.3m落下時
設計飛来物（大型車両）	(MSF-24P型の例)
1.09×10^7	頭部垂直落下 3.555×10^7
	水平落下 2.686×10^7

<核燃料輸送物設計承認申請内容（MSF-24P型の例）>

【評価概要】

特別の試験条件における構造評価で緩衝体に損傷を受けた乾式キャスクが800℃で30分の火災に包囲されることを想定し、伝熱解析を行った。
乾式キャスクの各部温度が特別の試験条件（供用状態 D 相当）の温度基準以内であることにより、各部部材の安全機能が確保されることを確認した。（短期健全性）

【計算方法】

ABAQUSコードを用いた有限要素法により伝熱解析（時刻歴解析）を行った。

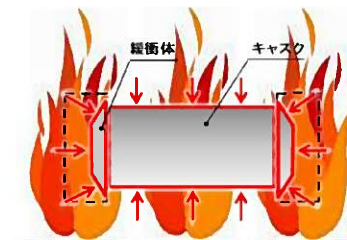
解析モデル及び解析条件は以下。

➢解析モデル：乾式キャスク各部と使用済燃料の温度算出のため、2種類の解析モデルを使用。

- ・全体モデル（三次元）
- ・燃料集合体モデル（二次元）

➢解析条件：熱解析条件は右表の通り。

項目	火災前	火災時	火災後
設計崩壊熱量		18.1 kW	
環境条件 周囲温度	38 °C	800°C (30分間)	38 °C



(特別の試験条件(火災事象: 800°C×0.5Hr))

【計算結果】

火災事象発生時を基準とした最高温度算出時間を下表に示す。また、燃料集合体温度が最も高くなる火災事象発生から25.1時間後における温度分布を右図に示す。

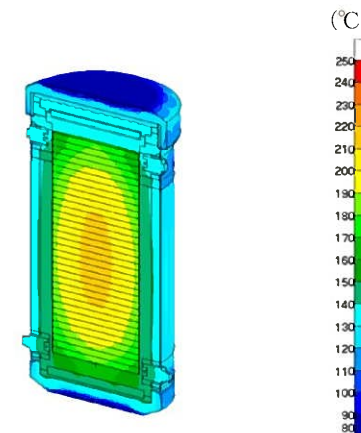
安全機能	部位	最高温度算出時間(h)	温度(°C)	基準値(°C) (使用可能温度)
遮へい・除熱	胴	0.524	224	350
遮へい	中性子遮へい材	0.502	701	180
閉じ込め	一次蓋金属ガスカート	19.1	137	190
臨界	バスケット	22.1	218	250
臨界	燃料集合体	25.1	254	275*

※一般の試験条件基準

各部温度評価結果から、各部部材の安全機能が確保されることを確認した。
なお、側部中性子遮へい材は使用可能温度を超えるが、別途実施した燃焼試験結果をもとに特別の試験条件下における遮へい評価を行い、事業所外運搬規則に定めるBM型核分裂性輸送物に対する基準（表面から1mの位置における線量当量率：10mSv/h以下）を満たすことを確認した。

<入熱量>

上述の熱解析では、燃料集合体の崩壊熱量及び乾式キャスク環境温度800℃を入力として各部温度の時刻歴解析を実施しており、右表のとおり輻射を考慮して評価した結果、800℃で30分の入熱量（単位面積当たり）は 63.0 MJ/m²となる。



計算式	緒元
$Q = (q_1 + q_2) / 2 \cdot t$ $q_n = A \cdot F \cdot \sigma \cdot \{ (273 + T_o)^4 - (273 + T_n)^4 \}$	Q : 火災による入熱量 (単位面積) (J/m ²)
	q _n : 火災による熱流束 (単位面積) (初期n=1、終期n=2) (W/m ²)
	t : 火災時間 (30分=1800s)
	A : 容器表面積 (単位面積) (m ² /m ²)
	F : 表面輻射率(総合輻射率) $F = 1 / (1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1) = 0.735$ (ϵ_1 : キャスク表面 (0.8)、 ϵ_2 : 火災面 (0.9))
	σ : ステファン-ボルツマン定数 = 5.66961×10^{-8} (W/m ² ·K ⁴)
	T _o : 雰囲気温度 (周囲空気: 800°C)
	T _n : 容器表面温度 (初期n=1: 114°C、終期n=2: 714°C)

<外部火災(影響評価)>

【評価方針】

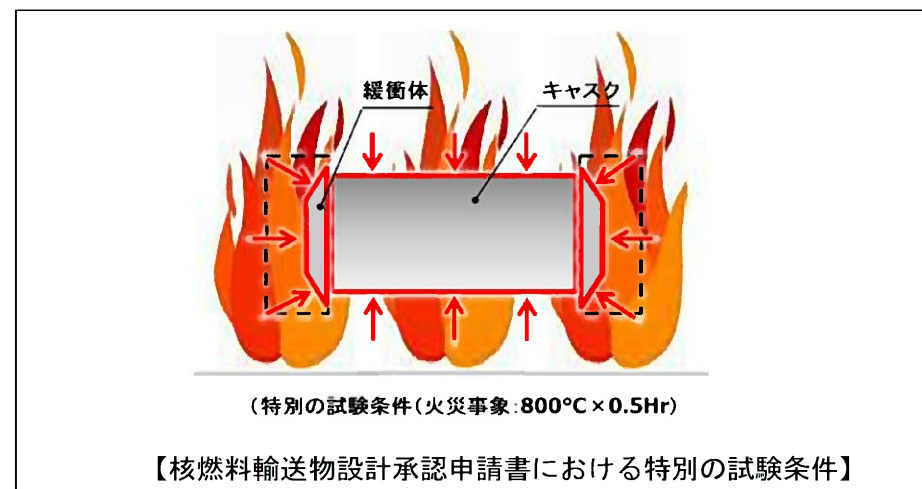
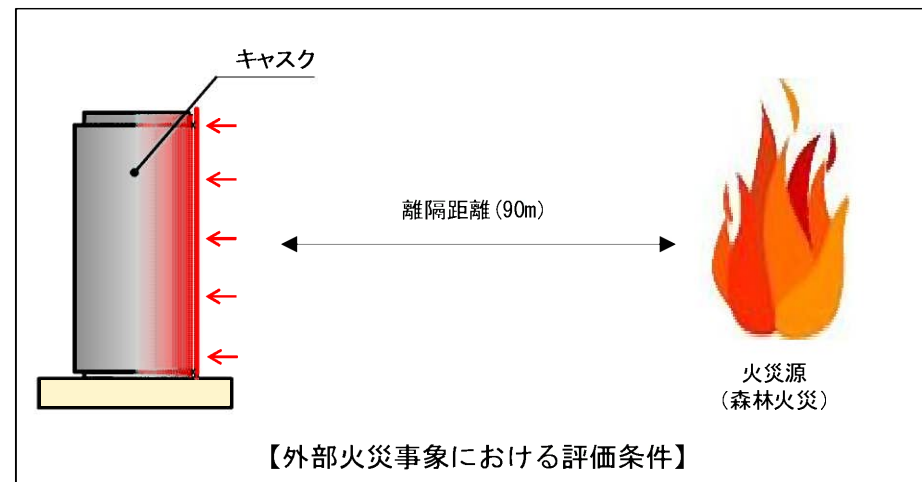
貯蔵状態（緩衝体なし、縦置き）の乾式キャスクが、遠隔の外部火災に対して、輻射による入熱に建屋等の遮へい物がない状態で曝されることを想定し、外部火災事象における乾式キャスクに対する最大の入熱量が、核燃料輸送物設計承認申請書における特別の試験条件（800℃で30分の火災）の入熱量を下回ることにより、同様に各部の安全機能が確保されることを確認した。（短期健全性）

【評価内容】

玄海原子力発電所における外部火災事象としては、森林火災、危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災、船舶の火災及び重畳火災が考えられる。これらの外部火災事象のうち、乾式キャスクに対して最も厳しい条件となるのは森林火災時であり、その際の最大の入熱量は（6.7MJ/m²）となる。

本評価では、上記入熱量で、保守的に遮へい物がない状態で乾式キャスク表面が曝されると想定し、核燃料輸送物設計承認申請書における特別の試験条件（800℃で30分の火災）の入熱量（63.0MJ/m²）と比較した結果、下表の通り、外部火災時の入熱量が十分に下回るため、外部火災事象に対して、乾式キャスク各部の安全機能が確保され、直ちに安全機能に影響を与えない。

	外部火災 (森林火災時)	800℃で30分の火災 (MSF-24P型の例)
入熱(MJ/m ²)	6.7	63.0



【結論】

以上の通り、外部火災事象時の乾式キャスクへの最大の入熱量が、核燃料輸送物設計承認申請書における特別の試験条件の入熱量の1/9以下（6.7MJ/m² < 63.0MJ/m²）であるため、乾式キャスク各部の安全機能が確保され、直ちに安全機能に影響を与えない。

審査方針②

敷地境界における実効線量評価について、建屋が無い状態で過度の保守性を排した現実的な評価により、建屋としての遮へい機能の必要性を確認する。

確認方針

影響評価として、建屋を前提としない評価を説明し、建屋としての遮へい機能の必要性を確認する。

＜敷地等境界の線量評価結果（使用済燃料乾式貯蔵建屋による遮へいなし）＞

- 仮に申請書解析の評価をベースとして、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮へい機能を期待しない場合、既設建屋を含めた敷地等境界線量（乾式キャスクの線源強度やスペクトル等の見直し含む）は、年間約 $2,200 \mu\text{Sv}$ となる。ただし、実形状や実配置における乾式キャスクの相互遮へいや周辺環境（地形）について、現実的には遮へい効果として低減が見込めることから、これら現実的な評価条件も考慮した線量評価では、既設建屋を含めた敷地等境界線量は、年間約 $130 \mu\text{Sv}$ となる。
- また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮へい機能に期待しない場合は、発電所構内で広範囲（使用済燃料貯蔵施設から半径約70m）にわたり管理区域（ $2.6 \mu\text{Sv/h}$ 以下）を設定する必要があり、作業員の被ばく線量の増加や発電所の運用に支障が生じる。

◎以上のことから、敷地等境界線量の目標値である年間 $50 \mu\text{Sv}$ 以下を満足するためには、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮へい機能が必要であり、当社は使用済燃料貯蔵施設を設置する設計としている。

評価地点	評価結果 [$\mu\text{Sv/y}$]					
	申請書評価ベース（建屋なし）			現実的な評価（建屋なし）		
使用済燃料乾式貯蔵施設から最短距離となる敷地等境界地点	乾式貯蔵施設	既設建屋※1、2	合計	乾式貯蔵施設※3	既設建屋※1、2	合計
		2.1×10^3	約12	約2,200	1.1×10^2	約12

※1：既設建屋からの線量合計が最大となる地点から、距離概算した値。

※2：空気カーマからの実効線量への換算は「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」に従い、 $1\text{Gy}=1\text{Sv}$ とした。

※3：フルエンスから実効線量への換算はAESJ-SC-R002:2010「日本原子力学会標準放射線遮へい計算のための線量換算係数：2010」に記載される実効線量換算係数を用いた。

＜主な評価条件（1／2）＞


	申請解析 (建屋あり)	申請評価ベース (建屋なし)	現実的な評価 (建屋なし)	現実的な評価条件設定の考え方
解析コード	【直接線】 QAD 【スカイシャイン線】 SCATTERING 【中性子】 DORT	ANISN	MCNP※1	・線源強度、相互遮へい及び周辺環境（地形）の現実的な条件について考慮するため
線源強度	乾式キャスク表面から1m離れた位置の線量がガンマ線、中性子それぞれ100 μ Sv/hとなるように規格化し、保守側の方を採用	乾式キャスクの側部中央における線量分担を考慮 (ガンマ線 67.7 μ Sv/h、中性子 18.3 μ Sv/h)	乾式キャスクの実形状を模擬したMCNP解析によって求められるMSF-24P型の乾式キャスク外面におけるガンマ線及び中性子の線量率 (第1図参照)	・乾式キャスクの実形状に合わせて設定 ・申請しているMSF-21PとMSF-24Pのうち、外面の線量率が大きいMSF-24Pを選定
スペクトル	包絡スペクトル※2	乾式キャスクの側部中央における設計スペクトルを使用	乾式キャスクの実形状を模擬したMCNP解析によって求められるMSF-24P型の乾式キャスクにおけるスペクトル	・乾式キャスクの実形状に合わせて設定
線源配置	【直接線】 3.8mピッチに乾式キャスクを4×10配列で設置 【スカイシャイン線、中性子】 建屋中心に乾式キャスク40基分の点線源を配置	建屋中心に乾式キャスク40基分の線源を配置	実配置に基づき配置 (第2図参照)	・乾式キャスクの相互遮へい効果を考慮するため、実配置に基づき設定

※1 原子力設備・機器の遮へい設計における検証例や遮へい評価において使用実績があり、米国の使用済燃料貯蔵施設の審査指針であるNUREG-1567にも遮へい解析ツールとして記載されている汎用コード。

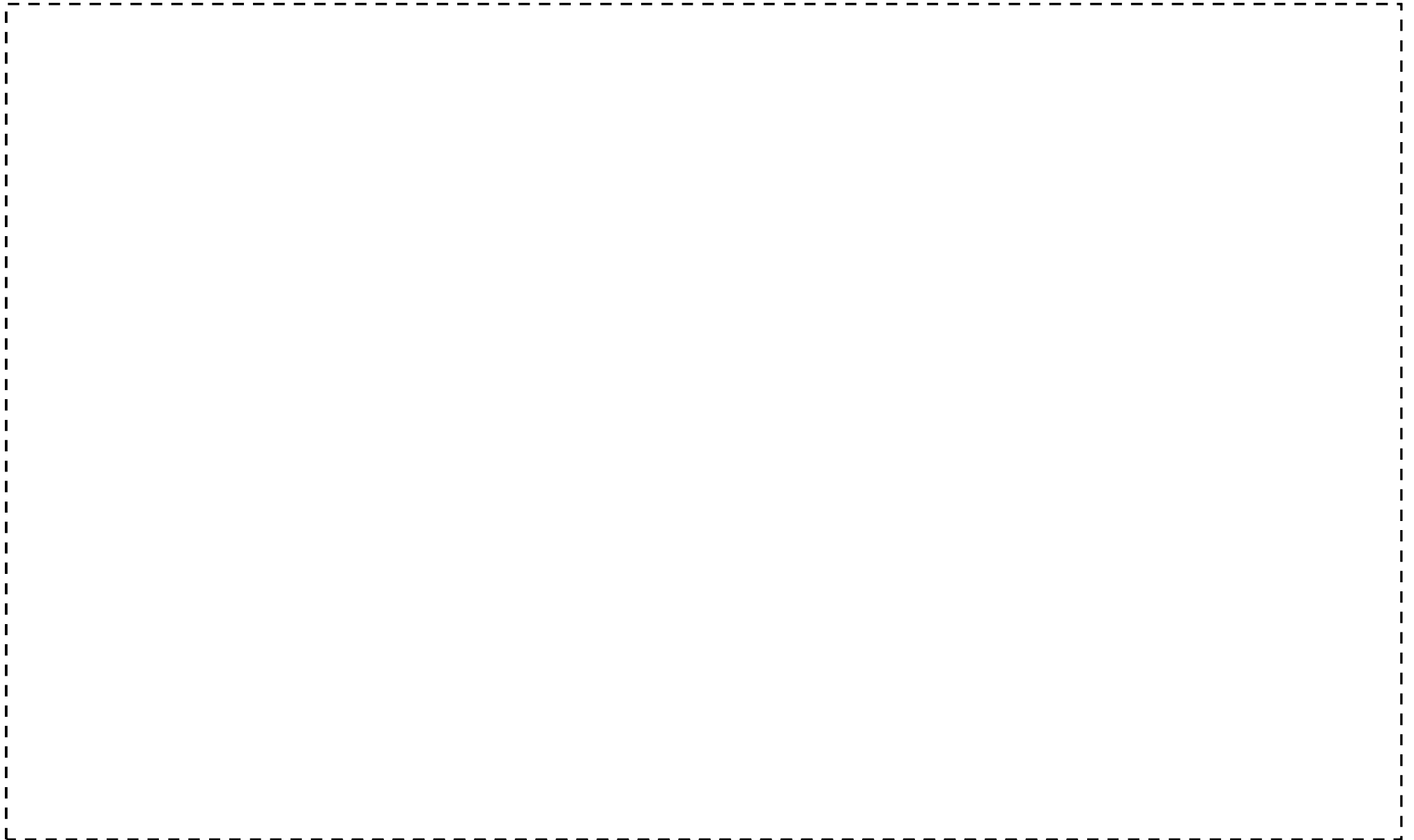
※2 原子力安全研究協会「使用済燃料中間貯蔵施設の直接線・スカイシャイン線量の評価手法について〔金属キャスク方式〕」（H12.3）参照。

<主な評価条件（2 / 2）>

	申請解析 (建屋あり)	申請評価ベース (建屋なし)	現実的な評価 (建屋なし)	現実的な評価条件設定の考え方
自己遮へい 効果	考慮		考慮	・乾式キャスクの実形状に合わせて設定 (線源強度の設定にて考慮)
相互遮へい 効果	未考慮		考慮	・乾式キャスクの実形状及び実配置に基づき設定 (隣接する乾式キャスクによる散乱・吸収を考慮)
周辺環境 (地形)	未考慮 (土壌による遮へいなし)		考慮 (土壌による遮へいあり) (第3図参照)	・土壌による遮へい効果を考慮するため、実際の地形に基づき設定
評価点までの 距離	260m		 (第4図参照)	
評価地点の 標高差	【直接線】未考慮 【スカイシャイン線、 中性子】考慮 (線源フロア : EL. +13.6m、 評価地点 : EL. +34m)	未考慮	考慮 (線源フロア : EL. +13.6m、 評価地点 : EL. +34m)	

 : 防護上の観点から公開できません

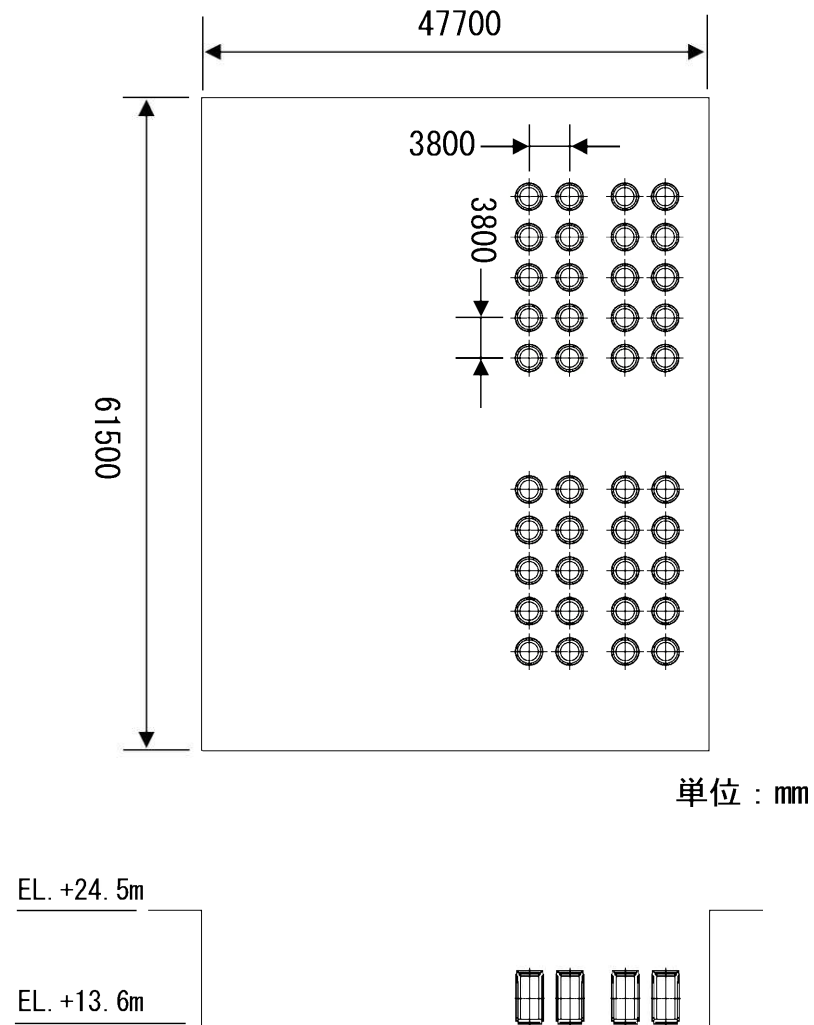
<評価条件（使用済燃料乾式貯蔵建屋なし）>



第1図 MCNPにおける線源モデル及び1m点における線量当量率分布（乾式キャスク（MSF-24P））

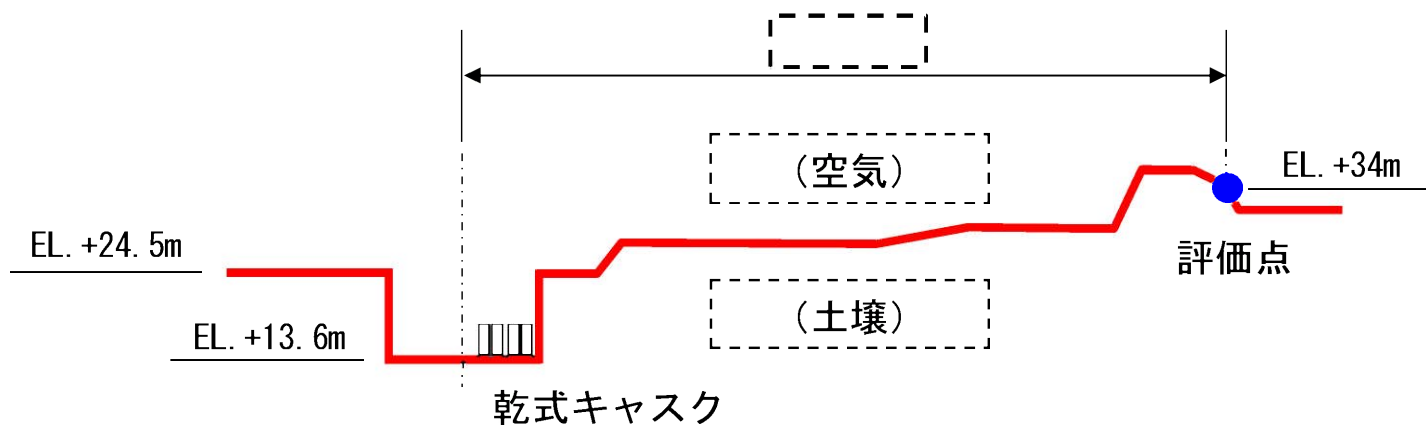
[] : 商業機密に係る事項のため公開できません

<評価条件（使用済燃料乾式貯蔵建屋なし）>



第2図 MCNPにおける評価モデル（乾式キャスク配置）

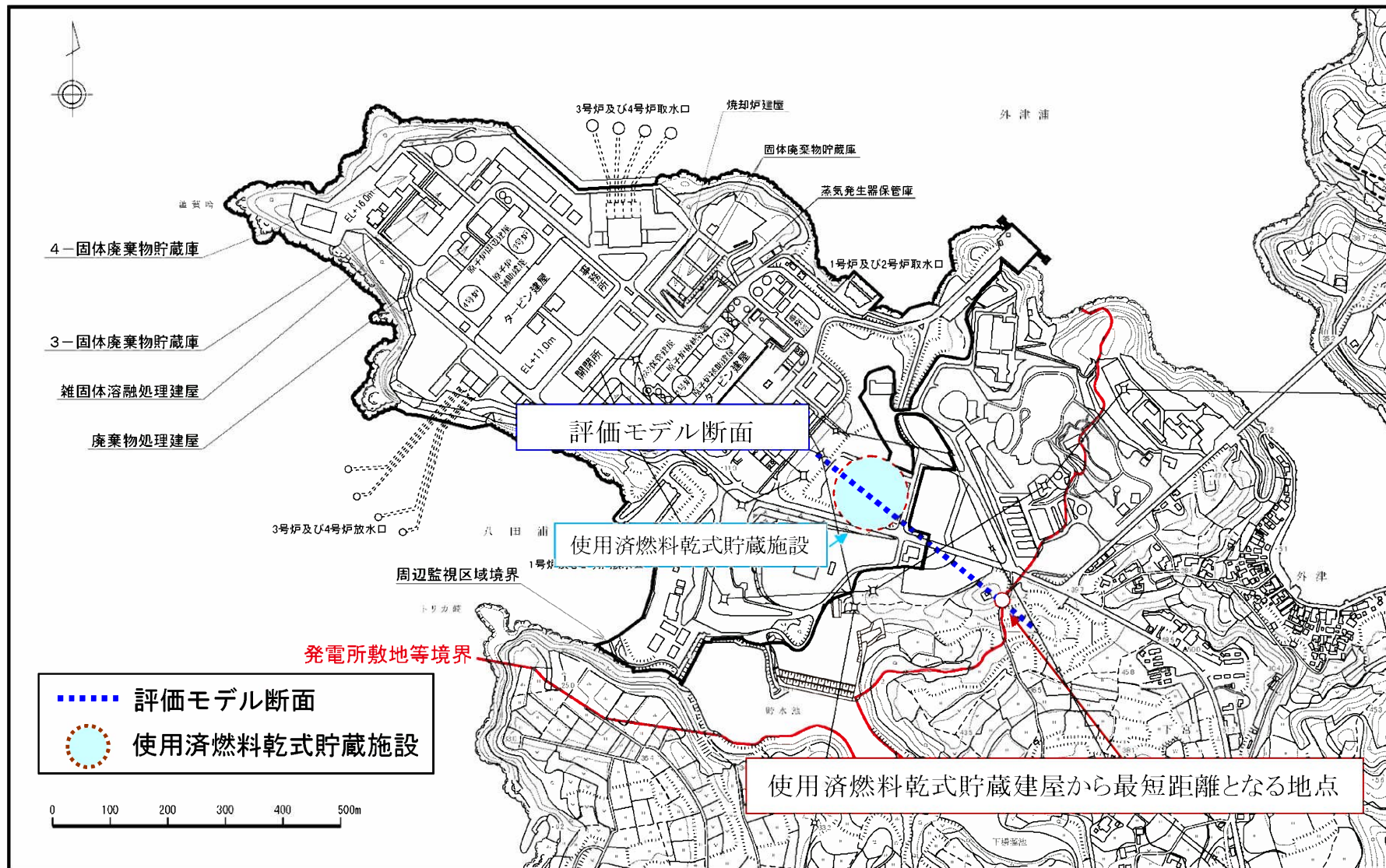
<評価条件（使用済燃料乾式貯蔵建屋なし）>



第3図 MCNPにおける評価モデル（乾式キャスク～評価点）

[] : 防護上の観点から公開できません

<評価条件（使用済燃料乾式貯蔵建屋なし）>



第4図 敷地等境界における評価地点

下表のとおり、各収納制限に対する解析条件の保守性について整理した結果、前述の評価結果に与える影響は小さいことを確認した。

[①]：解析条件の簡素化のために考慮している保守性
 [②]：運用上必要な保守性
 [③]：設計上必要な保守性

	キャスク収納条件 配置条件	燃料スペック		解析条件		影響程度	
		中央部	外周部	遮へい			
				中央部	外周部		
燃料 集合体 1体の 仕様	燃料タイプ	17×17型		17×17型		—	
	初期ウラン濃縮度 (wt%)	≤4.2		[①]		濃縮度が燃料スペック下限値と0.05%の差異しかなく、線源強度への影響は軽微（1%未満） [①]	
	ウラン重量(kg)	[①]				線源強度は重量に比例するため、影響は軽微（2%程度） [①]	
	最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≤48 ^{※1}	≤44 ^{※1}	≤48	48	44	配置欄に記載のとおり
	SFPでの冷却期間 (年)	A型：≥15 B型：≥17	A型：≥15 B型：≥17	—	15		配置欄に記載のとおり
バーナブル ポーション	最高燃焼度 (GWd/t)	≤90	—	—	90	—	線源強度として考慮しており、装荷しない場合の構造材放射化ガンマ線による乾式キャスク側部への影響は軽微（5%程度） [②]
	SFPでの冷却期間 (年)	≥15	—	—	15	—	遮へい材として考慮していないが、遮へい効果を考慮した場合でも影響は軽微（1%未満） [②]
キャスク 1基あたり	平均燃焼度 (GWd/t)	≤44 ^{※1}		—	—		配置欄に記載のとおり、局所的に高くなる場合があるため、遮へい解析では考慮していない。
配置		—			—		実運用として乾式キャスク全体では44GWd/t以下となるよう収納するが、キャスクの収納条件が中央部48GWd/t以下／外周部44GWd/t以下、冷却期間15年以上 ^{※2} であるため、解析モデル（RZ体系の二次元モデル）も同様の設定としている。 [③]
解析結果 ^{※3}	—		表面：1.83 mSv/h 表面から1m：86.0 μSv/h		表面：ガンマ線 0.02mSv/h、中性子線 1.81mSv/h 表面から1m：ガンマ線 67.7 μSv/h、中性子線 18.3 μSv/h		
判定基準	—		表面：2 mSv/h以下 表面から1m：100 μSv/h以下		—		

※1：使用済燃料ピット貯蔵中燃料のうち、乾式キャスク貯蔵対象燃料を効率的に収納できるよう設定

※2：キャスク1基あたりの平均燃焼度を踏まえ、仮に収納燃料の燃焼度を全数44GWd/tとした場合、影響は約10%程度 [③]

使用済燃料貯蔵量推移イメージ（10基貯蔵／年）では貯蔵開始から4年間で40基貯蔵となるため、収納燃料の冷却期間を仮に15～19年の平均17年とした場合、影響は約10%程度 [②]

※3：設計上必要となる公差（材料密度や部材厚さ）等に係る保守性は考慮している [③]

「」：商業機密に係る事項のため公開できません

審査方針③

キャスクのみで、安全機能が維持可能であり、また、建屋としての遮へい機能が必要ないことが確認できれば、審査上、建屋の安全上の機能、性能は考慮せず、建屋が損壊したとしても、キャスクの安全機能への波及的影響を及ぼさないことのみを確認する。

確認方針

審査方針②の確認結果より、建屋としての遮へい機能が必要であるため、建屋の安全上の機能、性能を考慮する。

これにより、建屋の損壊前提での乾式キャスクの安全機能への波及的影響については確認しない。

第8回原子力規制委員会の審査方針で示された対応フロー結果を以下に示す。

①乾式キャスクのみでの安全機能維持

乾式キャスクのみで地震や竜巻等の外力に対して、安全機能が維持可能であるかを確認するため、建屋のない状態で乾式キャスクを貯蔵架台に設置した状態を仮定し、地震・竜巻・外部火災による乾式キャスクに対する影響評価を行う。

<評価結果>

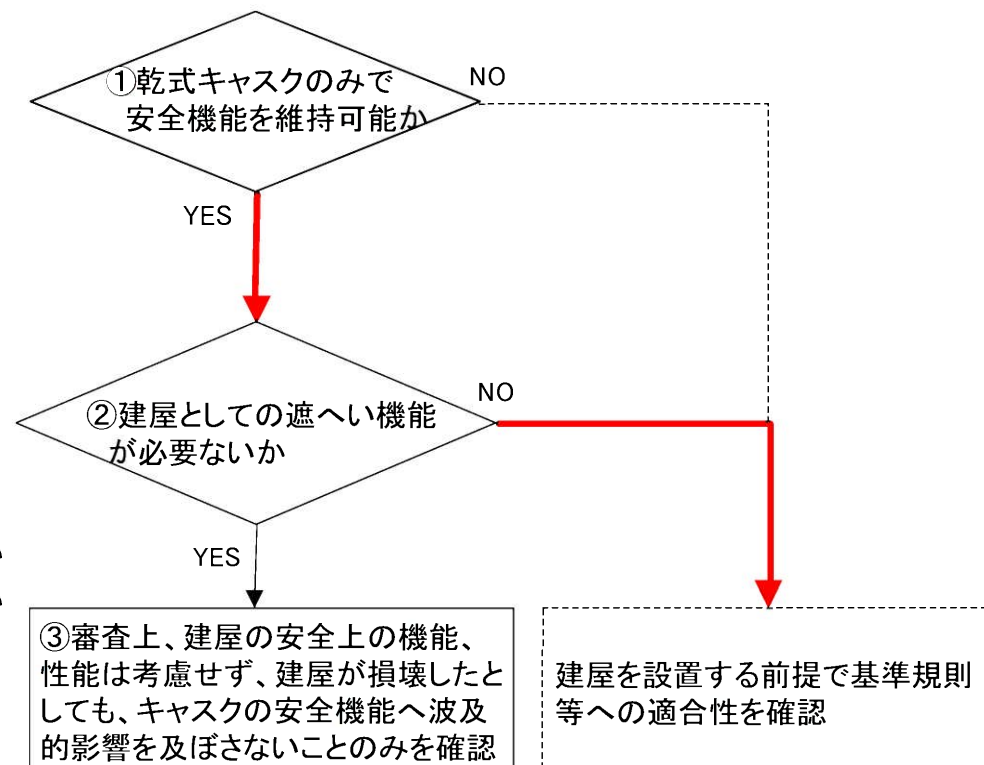
乾式キャスクのみで地震や竜巻等の外力に対して、安全機能が維持可能である。

②建屋としての遮へい機能の必要性

建屋としての遮へい機能の必要性を確認するために、建屋のない状態を仮定し、保守性を排除した評価で、敷地等境界線量において年間 $50\mu\text{Sv}$ を満足するかどうかを確認する。

<評価結果>

目標値である年間 $50\mu\text{Sv}$ を満足するためには遮へい機能を有する建屋が必要である。



第8回原子力規制委員会の審査方針で示された対応フロー

乾式キャスク単体での外力に対する安全機能維持は確認できたものの、敷地等境界線量が年間 $50\mu\text{Sv}$ を満足するためには建屋が必要となることから、建屋を設置する前提で、基準規則等への適合性を示す必要がある。

当社の設計方針を以下に示す。

- ✓敷地等境界線量を極力低減させる観点から、遮へい機能を有する建屋を設置する。
- ✓当該建屋については、乾式キャスク単体で地震や竜巻等の外力に対して安全機能を維持できることは確認できたものの、更なる安全性向上及びプラント全体の安全性の観点から、プラント側の設計方針と同様に、外郭防護により乾式キャスクの安全性を担保するため、頑健な建屋を設置する。