

大型廃棄物保管庫に係る実施計画の変更について (クレーン設計の対応方針)

2023年3月6日

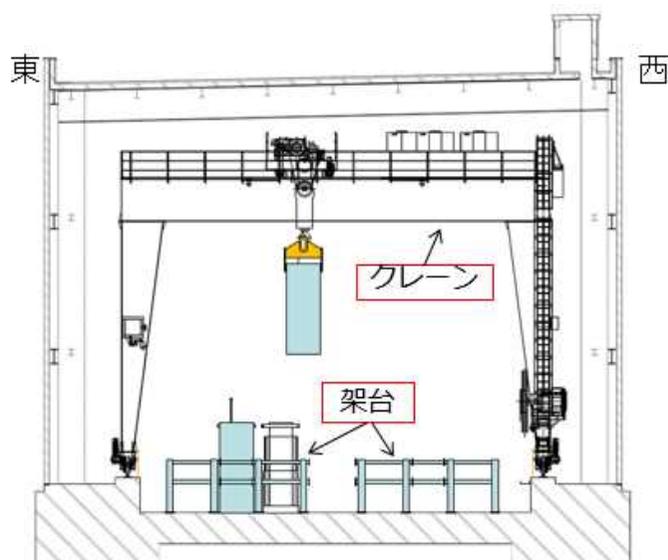
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 大型廃棄物保管庫は「東京電力福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」に基づくフローに従い、適用する地震動について見直し中である。なお、建屋については耐震Bクラスとして2020年5月に認可済であり、クレーンと使用済吸着塔保管架台について現在審査中である。
- 本技術会合では、クレーンについて、適用する地震動についてCクラスとすること、使用済吸着塔への波及的影響を確認するための地震動の考え方について確認したい。

大型廃棄物保管庫の概要

設備概要	汚染水処理装置の運転に伴って発生する水処理二次廃棄物など、大型で重量の大きい廃棄物を保管する施設
保管面積	第一棟:約0.43万m ² (吸着塔 744基:SARRY360, KURION384保管の場合) (南北約186m, 東西約23m, 高さ約17m) 第二棟:約0.8万m ² (吸着塔 1,200基相当)(検討中)
建屋構造	上屋:鉄骨-プレキャスト版造平屋建て(一部2階建て) 基礎・床版:鉄筋コンクリート造
耐震性	建屋はBクラスで認可済。(2022年11月16日の原子力規制委員会です承された1F設備の耐震設計の考え方を受け適用する耐震クラスについて検討中)



貯蔵エリアイメージ



【2023/1/13 撮影】

貯蔵エリア写真

大型廃棄物保管庫の概要

■ 現地工事（2023年2月末現在の工事進捗率：99%）

外壁工事 : 2021年1月27日～2023年2月6日

外構工事 : 2022年7月25日～

内部床仕上工事 : 2022年9月7日～



【現場状況：北面・西面】



【現場状況：南面・東面】

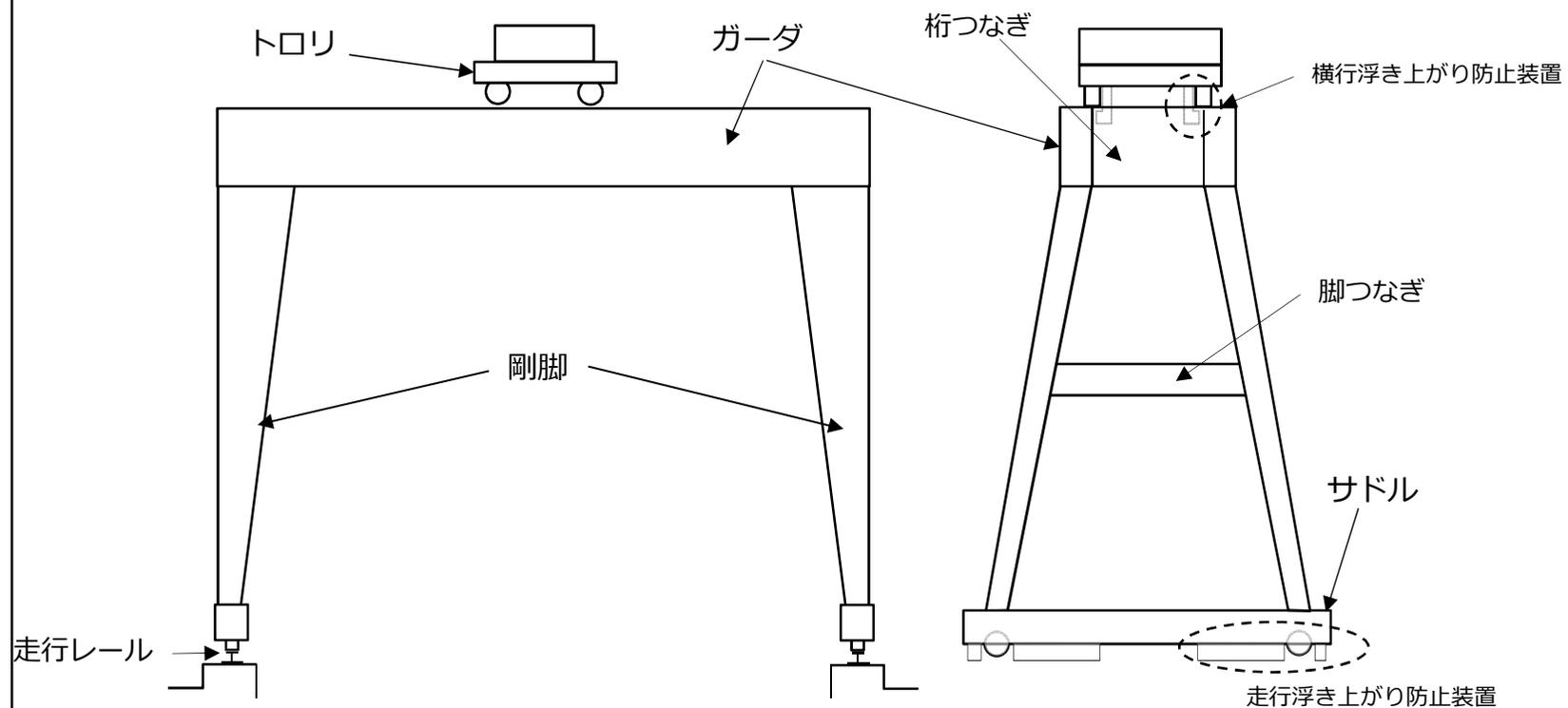
主な課題とその対応方針

No.	分類	内容	対応方針	対応時期
1	クレーン設計	クレーン耐震解析において、使用済吸着塔への波及的影響を及ぼさない設計として、前例のない評価方法を採用したため妥当性の説明に時間を要する。	耐震クラスについてCクラスに設定する。波及的影響の考え方についてはクレーン使用時間が短いこと、運搬時のルートが限定されること、通常停止位置が使用済吸着塔と離れていること等より説明。	今回説明
2	使用済吸着塔架台設計	使用済吸着塔を静置するだけで固定しない前提で耐震解析を実施しているが、前例がなく妥当性の説明に時間を要する。	使用済吸着塔を保管架台に固定する構造へ見直しを行う。	設計終了2024年度2Q※
3	吸着塔評価	福島第一原子力発電所では、複数の吸着塔を使用しているため、評価対象とする吸着塔の構造、評価部位、許容値等の代表性やその評価プロセスを明示したうえでSクラスの地震動に耐えることを説明する。	架台設計と合わせて一体型として評価を実施する。構造図をもとに構造上の弱い吸着塔を選定し代表評価を行う。	評価完了2024年度3Q※
4	吸着塔評価	使用済吸着塔について、クレーンに吊した状態から落下した際の影響について説明する。	複数の吸着塔について落下距離に応じた破損度合や敷地境界への線量影響について評価を行う。また、破損に応じた具体的な復旧作業手順の成立性を確認する。	評価完了2024年度3Q※

※設計・評価に関する詳細解析条件などはまとめ次第、面談等にて確認を得る予定。

1. クレーンの構造概要

- ・クレーンは大型廃棄物保管庫に設置された走行レールにより支持し、走行レールは基礎ボルトにて床版に固定する。
- ・トロリは、クレーン横行レールにより支持する。
- ・クレーンは、両脚ともに剛脚とする。
- ・クレーン及びトロリの浮き上がり・転倒を防止するため、浮き上がり防止装置を取り付ける。



2-1. 大型廃棄物保管庫の耐震クラスについて

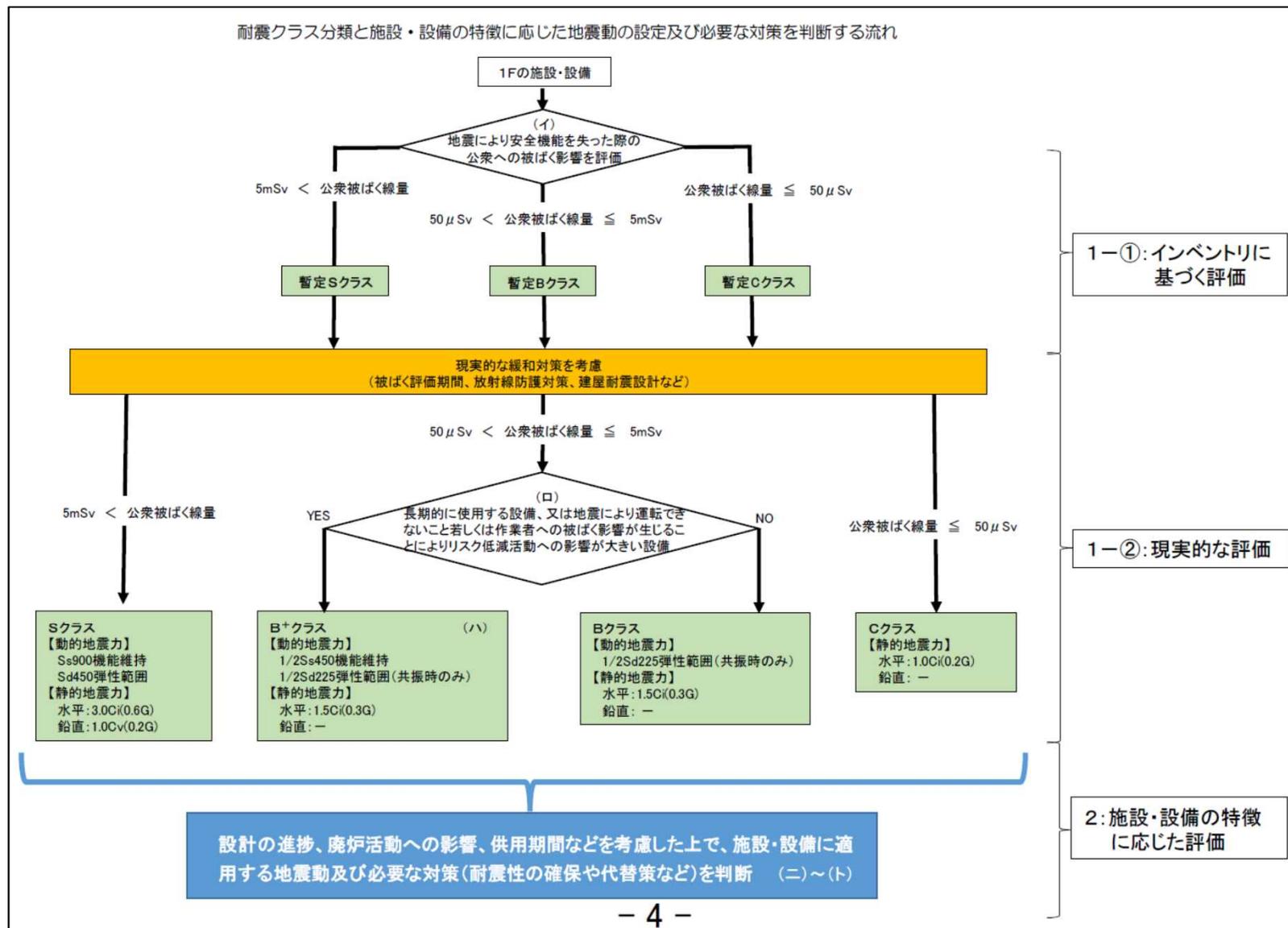
大型廃棄物保管庫の耐震クラスは、「耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ」※1に従うと以下のとおりとなる<暫定>

※1：2022年11月16日第51回原子力規制委員会資料3より

設備名称	耐震クラス	動的地震力		静的地震力	確認用地震動（波及的影響，間接支持機能）	説明
		機能維持	弾性範囲（共振時のみ）			
（使用済吸着塔）	S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci (0.72G) 鉛直：1.2Cv (0.24G)	—	・実力としてSクラス地震動により保管状態の吸着塔本体が破損し、内包水や吸着材が漏えいしないことを確認する。
建屋（屋根）	C	—	—	水平：1.0Ci (0.2G) 鉛直：—	Ss900	・Ss900で使用済吸着塔に波及的影響は与えないが、建屋の遮蔽機能は維持できない。 建屋遮蔽がないものとして線量評価を実施した結果、公衆被ばく線量は、50 μ Sv以下となるため、Cクラスの地震力を適用する。
建屋（壁）						
建屋（柱，梁）						
建屋（基礎（堰））						
クレーン	C	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	Ss900	・フロー1-②の現実的な評価まで（使用済吸着塔への波及的影響を考慮） (7ページ参照)
使用済吸着塔架台	S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci (0.72G) 鉛直：1.2Cv (0.24G)	—	・使用済吸着塔の直接支持構造物
換気設備	C	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	—	・認可済
非常用ベント口						
電源・計装設備						

(参考) 大型廃棄物保管庫の耐震クラスについて

2022年11月16日第51 回原子力規制委員会資料 3 抜粋



2 - 2 .大型廃棄物保管庫の耐震クラスについて

【今回確認したい事項】

- **大型廃棄物保管庫の耐震クラス分類(6ページ)のとおり, クレーンの耐震クラス分類は, Cクラスとする。**
- 現実的な評価では確認用地震動はSs900としているが, 施設・設備の特徴は以下のとおり。
 - ・ 使用済吸着塔格納作業でクレーンが動作する時間は, 施設運用期間に比べ極めて短い。
 - ・ クレーンの運搬ルートは, 保管中の使用済吸着塔の上を通過しない事を基本とし, 通常停止位置 (ホームポジション) が保管中の吸着塔に干渉する位置ではない。
 - ・ 貯蔵エリア (北) (中) での保管では, 使用済吸着塔とクレーン通常停止位置の離隔が十分確保されている。
 - ・ Ss900に対する波及的影響については解析方法について前例がないことの指摘を受けているが, Sd450に対しては実績のある解析方法で波及的影響を及ぼさないことを確認している (今後, 面談にて説明予定) 。
 - ・ 使用済吸着塔を保管した後は, 原則として移動することはない。
- **よって, 施設・設備の特徴を考慮すると, Ss900に対する使用済吸着塔への波及的影響は低いため, 確認用地震動はSd450としたい。**

2-3. 大型廃棄物保管庫の耐震クラスについて

クレーンの確認用地震動についてSd450を適用できる場合、大型廃棄物保管庫の耐震クラスは、以下のとおりとなる。 <最終>

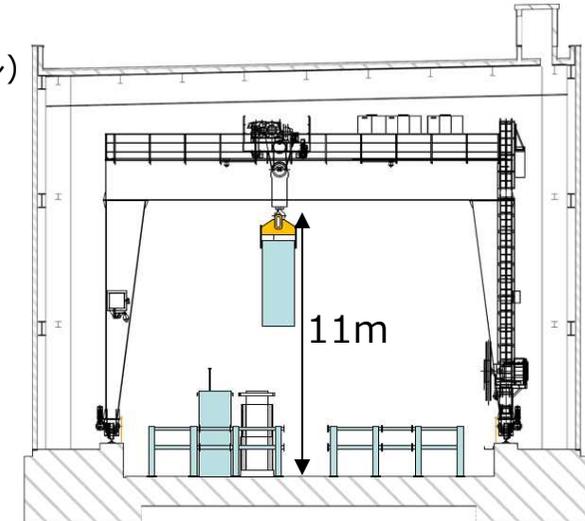
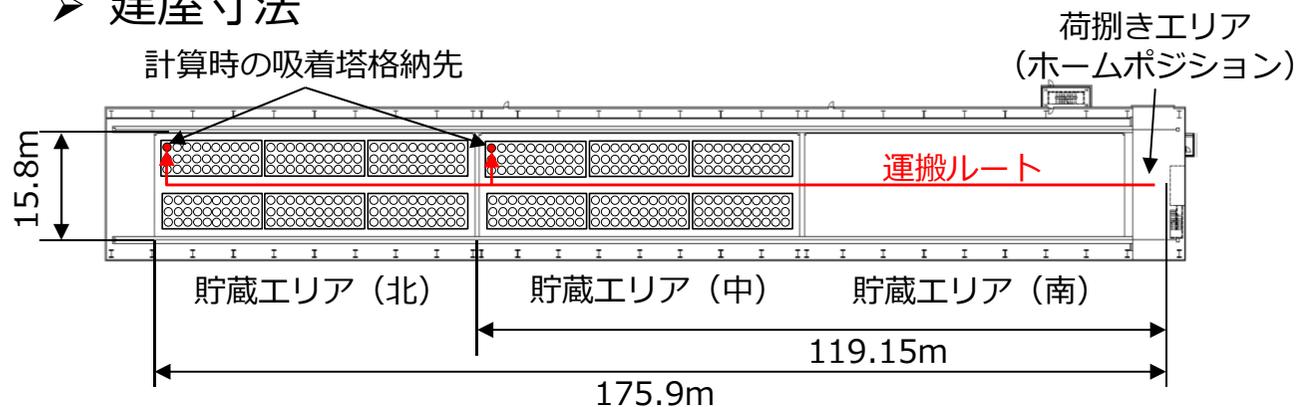
設備名称	耐震クラス	動的地震力		静的地震力	確認用地震動（波及的影響，間接支持機能）	説明
		機能維持	弾性範囲（共振時のみ）			
（使用済吸着塔）	S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci (0.72G) 鉛直：1.2Cv (0.24G)	—	・実力としてSクラス地震動により保管状態の吸着塔本体が破損し、内包水や吸着材が漏えいしないことを確認する。
建屋（屋根）	C	—	—	水平：1.0Ci (0.2G) 鉛直：—	Ss900	・Ss900で使用済吸着塔に波及的影響は与えないが、建屋の遮蔽機能は維持できない。 建屋遮蔽がないものとして線量評価を実施した結果、公衆被ばく線量は、50 μ Sv以下となるため、Cクラスの地震力を適用する。
建屋（壁）						
建屋（柱，梁）						
建屋（基礎（堰））						
クレーン	C	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	Sd450	・ フロア2の施設・設備の特徴に応じた評価 (7ページ参照)
使用済吸着塔架台	S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci (0.72G) 鉛直：1.2Cv (0.24G)	—	・使用済吸着塔の直接支持構造物
換気設備	C	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	—	・認可済
非常用ベント口						
電源・計装設備						

3-1. 使用済吸着塔の運搬時間の概算

➤ 運搬時間を計算する際の条件

- ① クレーンの走行・横行・吊上げ・吊下げについては、通常は定格速度（高速）で行うが、吸着塔格納時の位置調整等による低速あるいはインチングでの操作時間を考慮し、平均速度として計算する。
- ② 運搬時間は、貯蔵エリア（北）及び貯蔵エリア（中）に保管する吸着塔を最北東の架台に保管する際の時間にて計算する。
- ③ 吊上げ高さは、保守的に主巻揚程の最大巻上げ高さとして計算する。
- ④ 保管架台の設置工程を考慮し、2年間で貯蔵エリア（北）及び貯蔵エリア（中）に保管する吸着塔（360体）を②及び③の時間で運搬するものとする。
- ⑤ 吸着塔格納後は、速やかに（最大速度：30m/min）ホームポジションに移動することとする。

➤ 建屋寸法



➤ クレーン性能

- ・ 走行速度：3m/min（低速），30m/min（高速）
- ・ 横行速度：1.5m/min（低速），15m/min（高速）
- ・ 主巻上：0.33m/min（低速），3.3m/min（高速）
- ・ 主巻揚程：11m

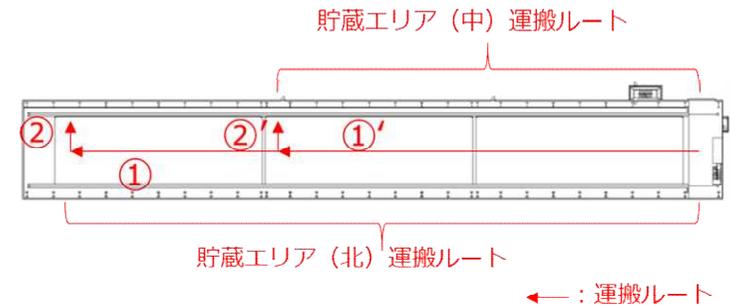
3-2. 使用済吸着塔の運搬時間の概算

・ 荷捌きエリアから貯蔵エリア（北）最北東まで移動させる時間

- ① 走行方向（北）： $175.9\text{m} \div 16.5\text{m}/\text{min} \approx \text{約}11\text{min}$
- ② 横行方向： $7.9\text{m} \div 8.25\text{m}/\text{min} \approx \text{約}1\text{min}$

・ 荷捌きエリアから貯蔵エリア（中）最北東まで移動させる時間

- ①' 走行方向（中）： $119.15\text{m} \div 16.5\text{m}/\text{min} \approx \text{約}8\text{min}$
- ②' 横行方向： $7.9\text{m} \div 8.25\text{m}/\text{min} \approx \text{約}1\text{min}$

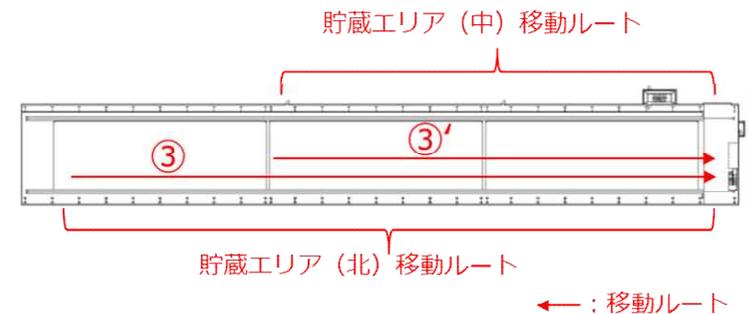


・ 貯蔵エリア（北）最北東から荷捌きエリアまで移動させる時間

- ③ 走行方向（北）： $175.9\text{m} \div 30\text{m}/\text{min} \approx \text{約}6\text{min}$

・ 貯蔵エリア（中）最北東から荷捌きエリアまで移動させる時間

- ③' 走行方向（中）： $119.15\text{m} \div 30\text{m}/\text{min} \approx \text{約}4\text{min}$



・ 吊上げ・吊降ろし時間

- ④ 吊上げ時間（荷捌きエリア）： $9.4\text{m} \div 1.82\text{m}/\text{min} \approx \text{約}6\text{min}$
- ⑤ 吊り降ろし時間（堰内）： $11\text{m} \div 1.82\text{m}/\text{min} \approx \text{約}7\text{min}$
- ⑥ 巻上げ時間（堰内）： $11\text{m} \div 1.82\text{m}/\text{min}^* \approx \text{約}7\text{min}$

➤ クレーンが吸着塔に波及的影響を与える可能性のある時間

貯蔵エリア（北）：約38分（約0.64時間）/本（①+②+③+④+⑤+⑥）

貯蔵エリア（中）：約33分（約0.55時間）/本（①'+②'+③'+④+⑤+⑥）

3-3. 使用済吸着塔の運搬時間の概算

- 1年間でクレーンが使用済吸着塔に波及的影響を与える可能性
 - ・ 運用開始後1年間で360本の吸着塔を保管したとするとクレーンが使用済吸着塔に波及的影響を及ぼす可能性のある時間は「 $180\text{本} \times 0.64\text{時間} + 180\text{本} \times 0.55\text{時間} = 215\text{時間}$ 」
⇒1年間でクレーンが使用済吸着塔に波及的影響を与える場所に存在する頻度：
 $215\text{時間} \div 8760\text{時間} \times 100 = \underline{\text{約}2.5\%}$ ※20年間安定に保管すると仮定すると約0.13%
 - ・ 使用済吸着塔を保管した後は、原則として移動することはない。
※吸着塔本体の腐食により内包水が漏れた時の対応等、一時的にクレーンを動かす可能性あり

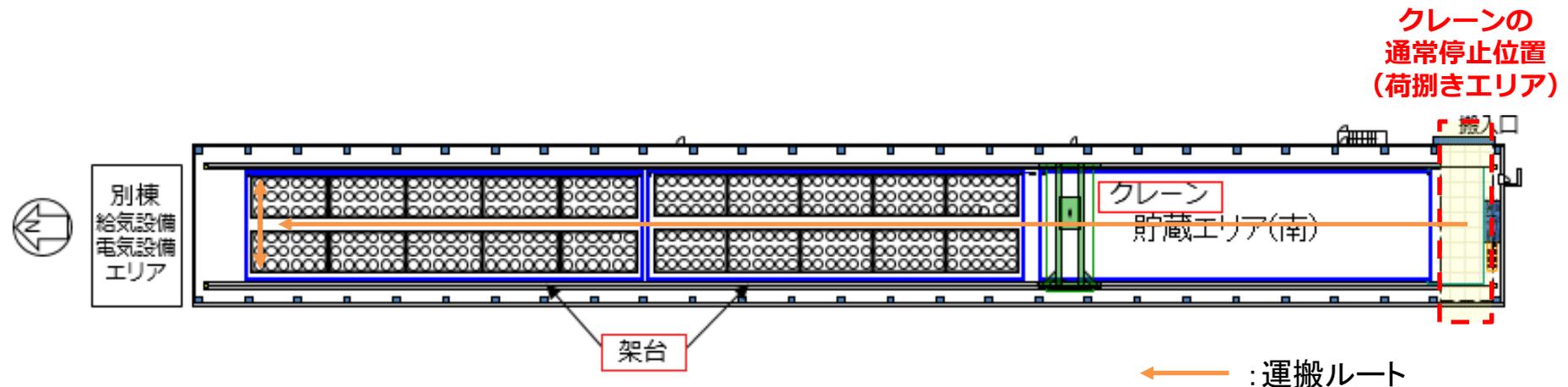


クレーンが吸着塔に波及的影響を与える場所にある時間は、保守的に考えて1年間で約2.5%で極めて短いことから、使用済吸着塔運搬時におけるクレーンの波及的影響評価は不要と考える。
なお、運用手順の工夫により、他の使用済吸着塔上を通過する時間を大幅に削減する余地がある。（例えば使用済吸着塔同士が接触する可能性を想定し、②と⑤のみで計算した場合は1年間で0.6%となる）。

4. クレーンの運用について

クレーンの運用は下記の通りとする。

- ・使用済吸着塔を南北方向に運搬する際、運搬ルートは吊っている使用済吸着塔は、架台と架台の間（建屋中央部）を通す運用とする。
- ・南北方向に動かす際、同時に東西方向に動かすことはしない。
- ・使用済吸着塔は南側に設置した搬入口から搬入し、北側から順に保管する。
- ・クレーンの通常停止位置（ホームポジション）は、建屋南側の荷捌きエリアとする。



大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方は、「耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ」※¹に従うと以下のとおりとなる。

※ 1 : 2022年11月16日第51 回原子力規制委員会資料 3 より

①. 地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響を評価

○大型廃棄物保管庫が地震により全ての安全機能を失った際（使用済吸着塔の金属構造物，鉛遮蔽，建屋等が“消失”）の公衆への被ばく線量は，5mSvを超過※²する。

※ 2 : (参考) 保守的な試算として，使用済吸着塔1体の放射エネルギー 1.0×10^{15} Bq（実施計画に記載のCs-137のみのS3線源），評価距離358m（最短のBP78評価点），実効線量率定数 0.0779 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq}/\text{h}$) で計算した場合 5.3×10^3 mSv/yとなる。



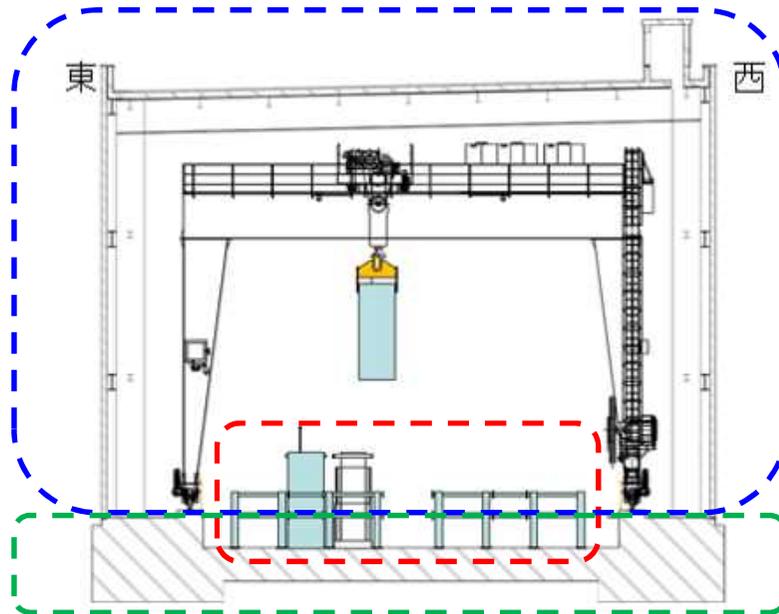
暫定Sクラス
($5 \text{ mSv} < \text{公衆被ばく線量}$)



(参考 1 - 2) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

②. 現実的な緩和対策を考慮（被ばく評価期間，放射線防護対策，建屋耐震設計など）

○使用済吸着塔（架台を含む）について耐震Sクラスとして機能を期待し，建屋（天井，壁），クレーンに使用済吸着塔への波及的影響防止，建屋（基礎）に間接支持を期待する。

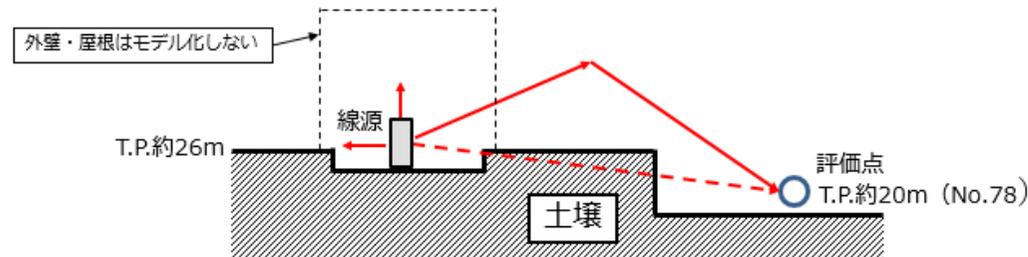


建屋（天井，壁），クレーンは使用済吸着塔への波及的影響防止を期待

使用済吸着塔，架台はSクラス

建屋（基礎）は間接支持を期待

○被ばく評価期間を7日間とし，建屋（天井，壁）を考慮しない場合， $9.2\mu\text{Sv}/7\text{日間}$ ($0.48\text{mSv}/\text{年}$) となり，Cクラス（公衆被ばく線量は $50\mu\text{Sv}$ 以下）となる。



(補足説明 1) 事故時線量評価

- ① 建屋遮蔽を喪失した場合における、使用済吸着塔からの敷地境界での直接線・スカイシャイン線

評価条件※

※実施計画Ⅲ章 第3編 2.2.2.1 「線量の評価方法」の考え方にに基づき評価を実施

- 使用済吸着塔，床の掘り下げを考慮するものとし，外壁・屋根はモデル化しない。
- 評価地点は，大型廃棄物保管庫の最近接点であるNo.78と，敷地内各施設を含めた最大実効線量評価点であるNo.70，71とする。

線源

保管する吸着塔540体を線源とする。

実際は貯蔵エリア（南）にKURION吸着塔を保管するが，保守的な評価とするため線量評価モデルは全てSARRY吸着塔を採用する。（既認可）

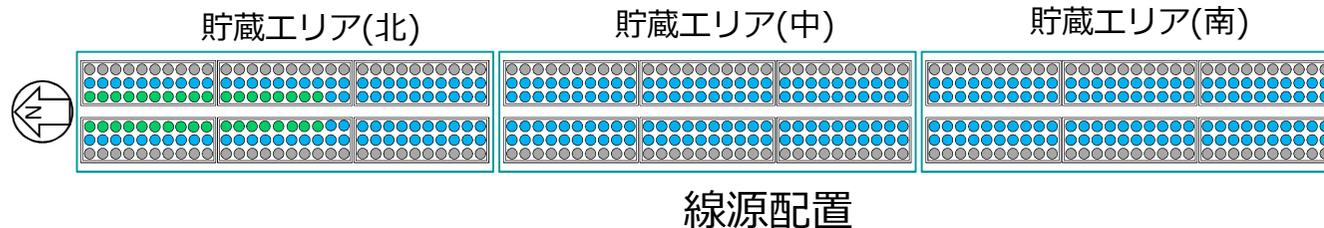
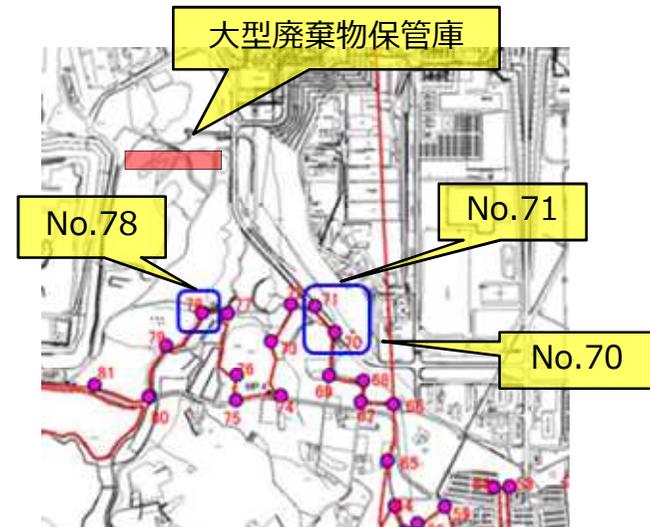
線源強度

保管する使用済吸着塔のインベントリ（線源強度）を考慮し，次の表面線量率を採用する。

SARRY1(S1)（表面線量率：1.2mSv/h）

SARRY2(S2)（表面線量率：0.7mSv/h）

SARRY3(S3)（表面線量率：0.234mSv/h）



第二セシウム吸着装置吸着塔格納部		
●	S1	$\phi \leq 1.2\text{mSv/h}$ 36体
●	S2	$\phi \leq 0.7\text{mSv/h}$ 324体
●	S3	$\phi \leq 0.234\text{mSv/h}$ 180体

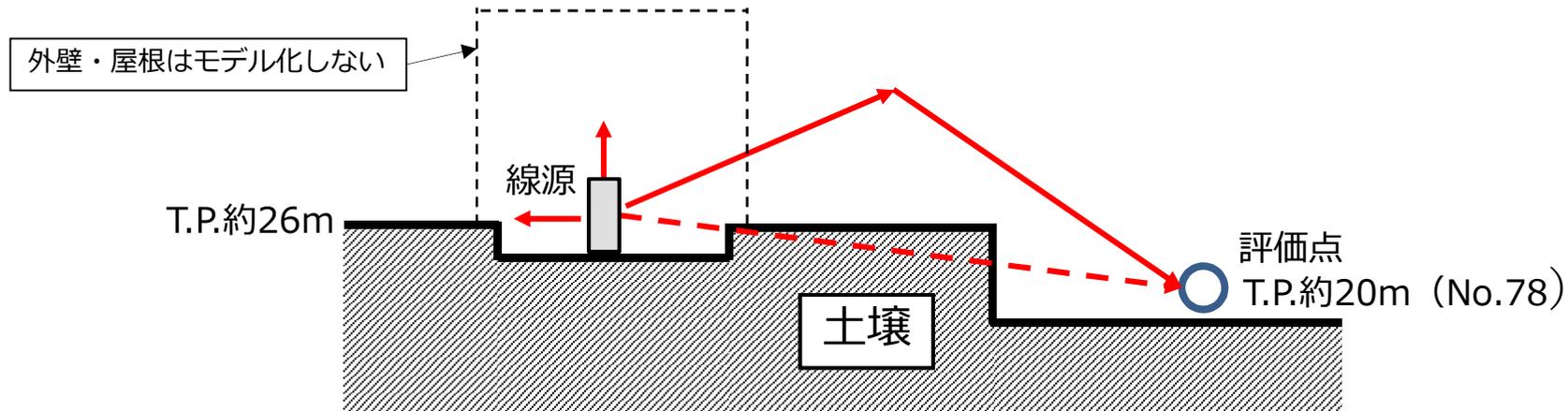
実施計画Ⅲ-3-2-2-2-添1-2 図4より抜粋

(補足説明 2) 事故時線量評価

- ① 建屋遮蔽を喪失した場合における、使用済吸着塔からの敷地境界での直接線・スカイシャイン線

評価条件

- 敷地境界への影響の考え方(イメージ)



評価結果

- No.78が最大の値となり0.48mSv/年であった。

評価地点	年間線量率 (mSv/年)	
	建屋遮へい考慮	建屋遮へい喪失
No.70	0.0077	0.094
No.71	0.015	0.18
No.78	0.067	0.48

(参考 1 - 3) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

○現実的な緩和対策にて考慮した大型廃棄物保管庫の各設備毎の安全機能，耐震クラスは以下のとおり。

機器区分	設備名称	耐震上の安全機能※1	耐震クラス	直接支持構造物	間接支持構造物	波及的影響を考慮すべき施設	説明
				() 内は耐震クラス，【 】内は確認用地震動※2を示す			
(使用済吸着塔)		・閉じ込め機能 (液体, 固体) ・遮蔽機能	S ※1	架台 (S)	建屋 (基礎) 【Ss】	建屋 (屋根) 【Ss】 建屋 (壁) 【Ss】 建屋 (柱, 梁) 【Ss】 クレーン 【Ss】	・使用済吸着塔が安全機能を喪失した場合5mSvを超過するためSクラス ※1 既設の使用済吸着塔はBクラスで認可済
大型廃棄物保管庫	建屋 (屋根)	・遮蔽機能	C	機器の支持構造物 (C)	建屋 (柱, 梁) 【S _c 】	-	・建屋 (屋根, 壁) が安全機能を喪失した場合50μSv以下となるためCクラス
	建屋 (壁)	・遮蔽機能	C		建屋 (柱, 梁) 【S _c 】	-	
	建屋 (柱, 梁)	-	C		建屋 (基礎) 【S _c 】	-	
	クレーン	・ (運搬機能)	C	機器の支持構造物 (C)	建屋 (基礎) 【S _c 】	-	・運搬機能がなくても放射線影響は生じない。
	架台	・使用済吸着塔の直接支持構造物	S	機器の支持構造物 (S)	建屋 (基礎) 【Ss】	-	
	建屋 (基礎 (堰))	・漏洩拡大防止機能 ・使用済吸着塔 (架台) の間接支持構造物	C	機器の支持構造物 (C)	-	-	・堰の漏洩拡大防止機能については、漏洩が微量であること、週一回のパトロールで漏洩を検知でき、ふき取り等の対応が可能であり線量影響は微小。
	換気設備	・水素の排出機能	C		建屋 【S _c 】	-	・使用済吸着塔のベント口からの水素の排出については換気停止時に建屋上部の非常用ベント口を時間的余裕をもって機動的対応を含め手動で解放し対応できることから、線量影響はない。
	非常用ベント口	・水素の排出機能	C		建屋 【S _c 】	-	
	電源・計装設備	・ (電源供給機能, 計測機能)	C		建屋 【S _c 】	-	・電源供給機能, 計測機能がなくても放射線影響は生じないため、JEAC4601-2015の放射線安全に関係しない施設等を参考に設定

※1 括弧内は設備の機能を示す。

※2 確認用地震動について、Ssは基準地震動，S_cはCクラスの施設に適用される静的震度を示す。



③. ②の耐震クラスを踏まえて、廃炉活動への影響、上位クラスへの波及的影響、供用期間、設計の進捗状況、内包する液体の放射エネルギー等を考慮した上で、施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策（耐震性の確保の代替策等）を判断する。



(参考 1 - 5) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方



○大型廃棄物保管庫は建屋については既認可，建設中であり，状況をまとめると以下のとおり。

項目	大型廃棄物保管庫の状況	備考
廃炉活動への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外の一時保管施設で保管している使用済吸着塔を屋内保管することで，周辺環境への汚染拡大防止，放射線影響軽減を図り，長期間，安定に保管すること目的として設置する建屋。 ・現状，第二／第三セシウム吸着塔の保管用架台は，第一/第四施設に十分数が確保できているため，使用済吸着塔の保管容量の逼迫リスクは低い（最大の発生量を考慮しても4年程度は屋外保管可能）が，大型廃棄物保管庫の運用開始が大幅に遅延した場合は影響あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型廃棄物保管庫を新設する場合，屋外保管の逼迫リスクが高まる。一方，既設の補強を行うことにより工程短縮が可能である。
上位クラスへの波及的影響	使用済吸着塔への波及的影響が考えられるため，建屋，クレーンについて波及的影響を与えない耐震設計を実施中。	
供用期間	長期間（使用済吸着塔の最終処分までの間）	
設計の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋はBクラス建屋として認可済であり，Sクラスを想定した建屋として設計していない。 ・建屋については建設中であり，Ss900を考慮した耐震設計中。耐震設計の要求で耐震補強を検討中。 ・クレーン，使用済吸着塔架台についてはSs900を考慮した耐震設計中。 	
内包する液体の放射エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・第二／第三セシウム吸着塔には1基あたり最大1.65m³の内包水があるものと仮定。放射能濃度は10⁷Bq/リットルオーダー。 ・堰はSs900でも施設外への漏洩を防止する設計とする。 ・週1回のパトロールで吸着塔からの漏洩がないことを確認し，漏洩が確認された場合はふき取り等の対応を速やかに実施する。 	Ss900で堰（建屋基礎）がNGの場合は，自主的に漏洩に対して信頼性を向上させる方法を検討する。



(参考 1 - 6) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

○大型廃棄物保管庫の状況を考慮した，設備毎の耐震クラス分類は最終的には次表のとおり。

機器区分	設備名称	耐震クラス ※ 1	耐震上の安全機能 ※ 2	耐震上の具体的な要求事項	備考
(使用済吸着塔)		S	<ul style="list-style-type: none"> 閉じ込め機能 遮蔽機能 	<ul style="list-style-type: none"> Ss900で吸着塔が損傷しない，遮蔽機能が失われないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> 既設の使用済吸着塔はBクラスとして認可済 大型廃棄物保管庫に保管予定の使用済吸着塔の安全機能喪失時の公衆への被ばく線量が5mSvを超えるため耐震クラスはS
大型廃棄物保管庫	建屋（屋根）	C（波及的影響）	<ul style="list-style-type: none"> 遮蔽機能 波及的影響防止 	<ul style="list-style-type: none"> Cクラスの地震力で遮蔽機能が失われないこと Ss900で倒壊等により，吸着塔を破損させないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋はBクラスとして認可済 吸着塔が健全な状態で建屋遮蔽がないものとして線量評価を実施した結果，公衆被ばく線量は，50μSv以下となるためC
	建屋（壁）	C（波及的影響）	<ul style="list-style-type: none"> 遮蔽機能 波及的影響防止 	<ul style="list-style-type: none"> Cクラスの地震力で遮蔽機能が失われないこと Ss900で倒壊等により，吸着塔を破損させないこと 	
	建屋（柱，梁）	C（波及的影響）	<ul style="list-style-type: none"> 波及的影響防止 	<ul style="list-style-type: none"> Ss900で倒壊等により，吸着塔を破損させないこと 	
	建屋（基礎（堰））	C（間接支持）	<ul style="list-style-type: none"> 間接支持 	<ul style="list-style-type: none"> Ss900で使用済吸着塔の間接支持機能を失わないこと 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋はBクラスとして認可済 堰による漏洩拡大防止については，吸着塔の内包水の漏洩量は微量であり週1回のパトロール等に対応可能である。Ss900での耐震性を確認し，NGの場合は，自主的に漏洩に対して信頼性を向上させる方法を検討する。
	クレーン	C（波及的影響）	<ul style="list-style-type: none"> （運搬機能） 	<ul style="list-style-type: none"> Cクラスの地震力で運搬機能が失われないこと 	施設・設備の特徴を考慮すると，Ss900に対する使用済吸着塔への波及的影響は低いため，確認用地震動はSd450とする。
	架台	S（直接支持）	<ul style="list-style-type: none"> 直接支持 	<ul style="list-style-type: none"> Ss900で使用済吸着塔の直接支持機能を失わないこと 	
	換気設備	C	<ul style="list-style-type: none"> （換気機能） 	<ul style="list-style-type: none"> Cクラスの地震力で換気機能が失われないこと 	<ul style="list-style-type: none"> 換気設備，非常用ベント口はCクラスとして認可済 非常時の水素の排出については時間的余裕をもって手動で対応可能。
	非常用ベント口	C	<ul style="list-style-type: none"> 水素の排出機能 	<ul style="list-style-type: none"> Cクラスの地震力で水素の排出機能が失われないこと 	
	電源・計装設備	C	<ul style="list-style-type: none"> （電源供給機能，計測機能） 	<ul style="list-style-type: none"> Cクラスの地震力で電源供給機能，計測機能が失われないこと 	<ul style="list-style-type: none"> 電源・計装設備はCクラスとして認可済

※ 1 括弧内は耐震クラスに加えて考慮すべき事項を示す

※ 2 括弧内は設備の機能を示す

(参考 1 - 7) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

○前表を踏まえ、大型廃棄物保管庫の施設の特徴に応じた地震動の設定は以下のとおりとする。

設備名称	耐震クラス	動的地震力		静的地震力	確認用地震動（波及的影響、間接支持機能）	説明
		機能維持	弾性範囲（共振時のみ）			
（使用済吸着塔）	S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci (0.72G) 鉛直：1.2Cv (0.24G)	—	・実力としてSクラス地震動により保管状態の吸着塔本体が破損し、内包水や吸着材が漏えいしないことを確認する。
建屋（屋根）	C	—	—	水平：1.0Ci (0.2G) 鉛直：—	Ss900	・Ss900で使用済吸着塔に波及的影響は与えないが、建屋の遮蔽機能は維持できない。 建屋遮蔽がないものとして線量評価を実施した結果、公衆被ばく線量は、50 μ Sv以下となるため、Cクラスの地震力を適用する。
建屋（壁）						
建屋（柱、梁）						
建屋（基礎（堰））						
クレーン	C	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	Sd450	・施設・設備の特徴を考慮すると、Ss900に対する使用済吸着塔への波及的影響は低いため、確認用地震動はSd450とする。
使用済吸着塔架台	S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci (0.72G) 鉛直：1.2Cv (0.24G)	—	・使用済吸着塔の直接支持構造物
換気設備	C	—	—	水平：1.2Ci (0.24G) 鉛直：—	—	・認可済
非常用ベント口						
電源・計装設備						

（注）地震力の算定に際しては、水平2方向、鉛直1方向の適切な組合せを行う。

○必要な対策（耐震性の確保の代替案等）

Ssに対して各設備が耐震性を確保することから、機動的対応などの運用上の対策は必要ない。

(参考 1 - 8) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

(参考) 2022年11月16日第51 回原子力規制委員会資料 3 抜粋

別紙

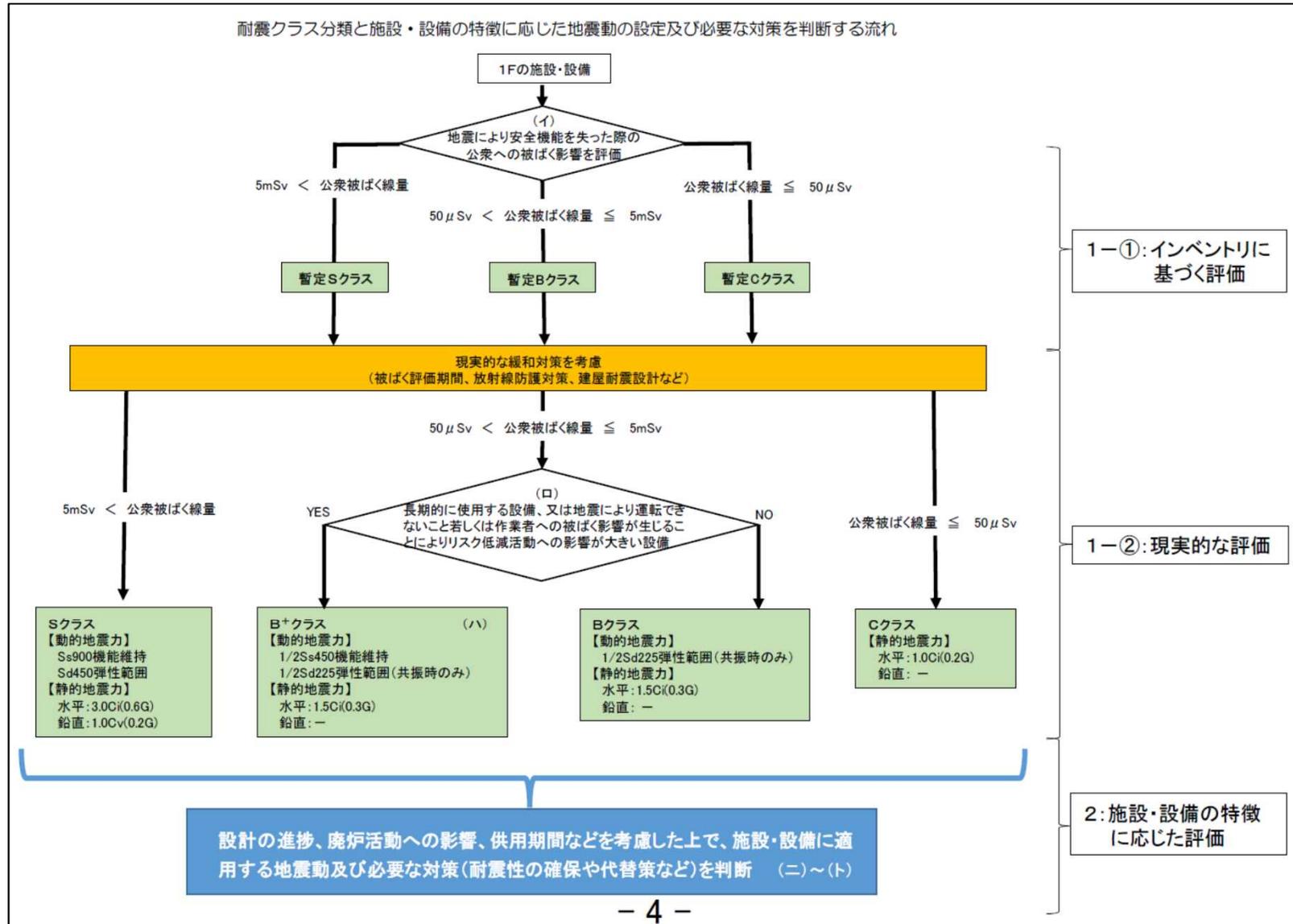
東京電力福島第一原子力発電所における 耐震クラス分類と地震動の適用の考え方(案)

東京電力福島第一原子力発電所の施設・設備の耐震評価においては、以下の2つを考慮して適用する地震動を設定するとともに、必要に応じて求める対策を判断する。

- ①耐震クラス分類(S、B⁺、B、C)
- ②設計の進捗、廃炉活動への影響、供用期間 等

(参考 1 - 9) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

2022年11月16日第51 回原子力規制委員会資料 3 抜粋



(参考 1 - 1 0) 大型廃棄物保管庫の耐震評価の考え方

(2022年11月16日第51 回原子力規制委員会資料 3 抜粋)

【(イ)： 地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】

- 核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして、地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により、S、B、Cを分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあつては、液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。

【(ロ)： 通常のBクラスよりも高い耐震性が求められるB+クラスの対象設備の要件】

- 「運転できないこと若しくは作業者への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下のとおり。
 - ・ 建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備、使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。
 - ・ 閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が1日当たりの計画線量限度を超える設備等。

【(ハ)： B+クラスの1/2Ss450機能維持】

- 1/2Ss450に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。
- 令和4年3月16日の福島県沖地震の地震動が1/2Ss450を上回った周期帯に固有振動数を有する施設・設備は、当該地震動による施設・設備の機能への影響を評価する。

【(ニ)： 耐震性の確保】

- 地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

【(ホ)： 耐震性の確保に対する代替策】

- 耐震性の確保の代替策として、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。
例：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。

【(ヘ)： 上位クラスへの波及的影響】

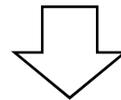
- 上位クラスへの波及的影響がある場合、原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置くが、耐震クラス分類の考え方と同様に、下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も勘案し、適切な地震動を設定する。

【(ト)： 液体放射性物質を内包する設備】

- 多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、Ss900に対して、海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める（滞留水が存在する建屋、ALPS処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等）。これ以外の液体を内包する設備については、上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める*。
※：設備自体を耐震CクラスからBクラスに格上げ、周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する、漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により、海洋への流出を緩和する措置を想定。

(参考 2 - 1) 使用済吸着塔保管架台の耐震評価の概要

- ・ 保管架台は、インベントリが大きい使用済吸着塔を格納する直接支持構造物である。
- ・ 地震時において、保管架台の破損により使用済吸着塔の支持機能が失われる可能性がある。



保管架台の耐震評価では、Sクラス地震動に対し十分な強度を有することを確認する

(参考 2 - 2) 使用済吸着塔保管架台に関するコメントへの回答

➤ コメント

保管架台の耐震解析において、原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) や一般工学的な解析手法から変更している点 (例えば、使用済吸着塔は静置するだけで固定しないので地震時の挙動が不明確であること、保管架台の耐震評価において、設計引張強さ (Su) を基準とした許容応力を設定していること、床応答加速度を使用済吸着塔と保管架台の衝突加速度に設定していること等) について、その適用性・妥当性及び変更理由を整理して説明すること。また、上記と並行して保管架台の設計上の対策も検討すること。

➤ 回答

使用済吸着塔を保管架台に固定する構造へ見直しを行うことで対応予定。
(従来の使用済吸着塔を固定しない構造の妥当性については、実証実験にて地震時における使用済吸着塔の挙動を把握したうえで、保管架台及び使用済吸着塔が破損しないことを評価する必要があるが、短期的にこれらに対応することは困難)

(参考 2 - 3) 使用済吸着塔保管架台に関するコメントへの回答

➤ 現在の進捗状況について

現在、吸着塔を固定可能な構造へ設計見直し中
構造が確定したら耐震評価を行いNGの場合は再度構造見直しを行う。算出応力が許容
応力以下となるまで構造見直し・耐震評価を繰り返す。

➤ 架台の構造について

設計が確定していないため構造図については今後提示するが、吸着塔毎の重心位置の
ばらつきを考慮した設計とする。
(例えば固定部を2か所の高さで設け、重心位置を挟み込むような設計とする等)

(参考 2 - 4) 使用済吸着塔保管架台の設計について

➤ 解析・評価条件について

- ・許容応力はJEAG4601に基づき評価条件を設定
- ・設計基準強度（F値）は下記の通りとする。
Ss900 : $F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$
Sd450, 静的地震力評価 : $F = \min(S_y, 0.7S_u)$
- ・吸着塔と架台を一体型としてモデル化する。
- ・固有値解析にて剛柔判断を行い, 固有振動数が20Hz以上の場合は静的解析, 20Hz以下の場合は動的解析を実施する。
- ・解析には建屋補強前のFRSを使用し, 建屋補強後のFRSを作成次第バックチェックを行う。
- ・その他解析方法については設計進捗に伴い順次ご説明する。

➤ 解析に使用する吸着塔について

- ・大型廃棄物保管庫に保管予定の吸着塔は下記の通りであり, 全ての吸着塔で耐震評価を実施すると時間を要するため代表となる吸着塔を選定する。
(第二セシウム吸着装置吸着塔, 第三セシウム吸着装置吸着塔, 多核種除去設備処理カラム, 高性能多核種除去設備吸着塔, RO濃縮水処理設備吸着塔及びサブドレン他浄化装置吸着塔)
- ・架台の耐震評価上厳しい結果となるのは, 質量及び重心高さが最も厳しいと考えられる高性能多核種除去設備吸着塔(ステンレス製)で評価実施予定(代表選定方法は追而)

(参考 2 - 5) 使用済吸着塔保管架台の設計について

使用済吸着塔保管架台の今後の対応予定

	2022年度	2023年度				2024年度			
	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q
構造検討及び耐震評価	構造検討		モデル作成, 構造解析(3×10,Ss900)		構造再検討		構造解析(3×10:Ss900,3.0Ci)		QCチェック
							構造解析(3×10:Sd450)		QCチェック

(参考 3 - 1) 使用済吸着塔の耐震評価について

▶ 耐震評価の概要について

吸着塔と架台を固定する方針に変更したため、代表とする使用済吸着塔の選定を含め評価方法を見直し中。

吸着塔と架台を一体型として評価を実施予定

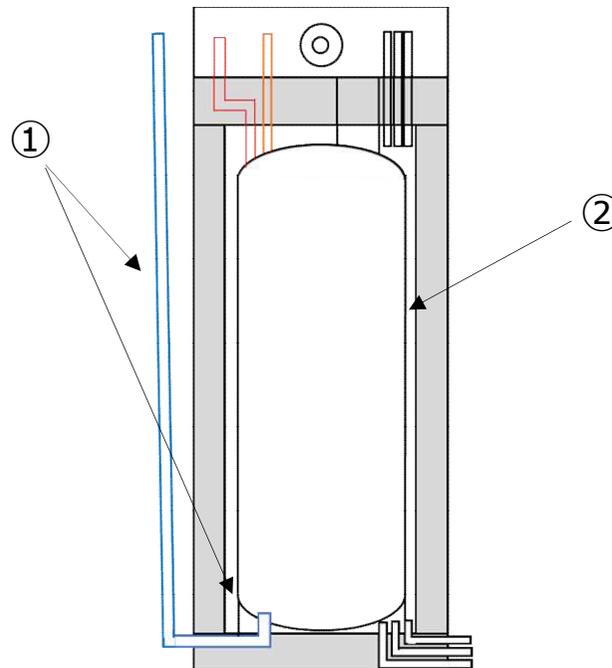
評価対象とする吸着塔は構造上弱いものを選定する。選定する際は以下の事項に注意する。

①吸着塔の外部に出ている配管

例：吸着塔の外部に出ている配管

吸着材容器と遮へいの継目

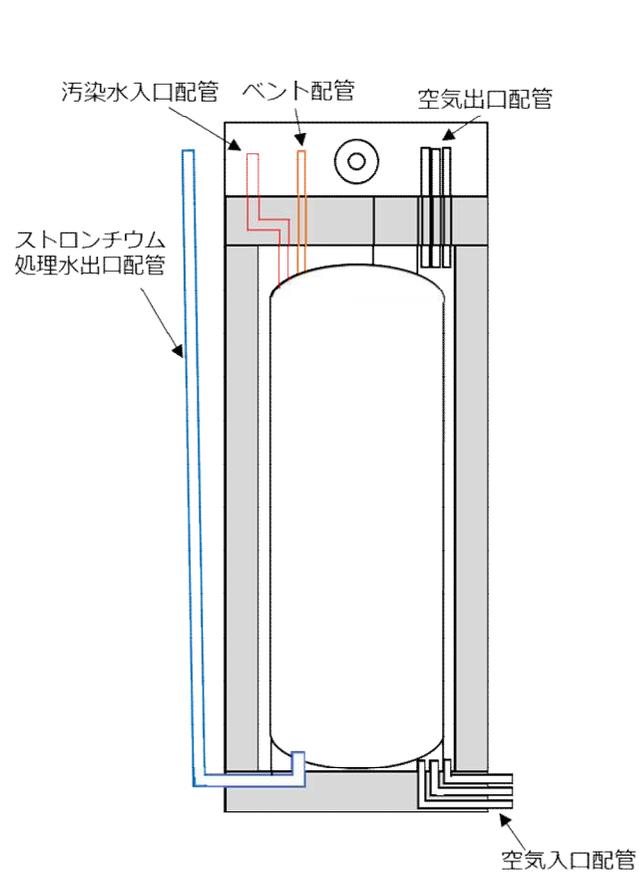
②吸着材容器と遮へいのクリアランス



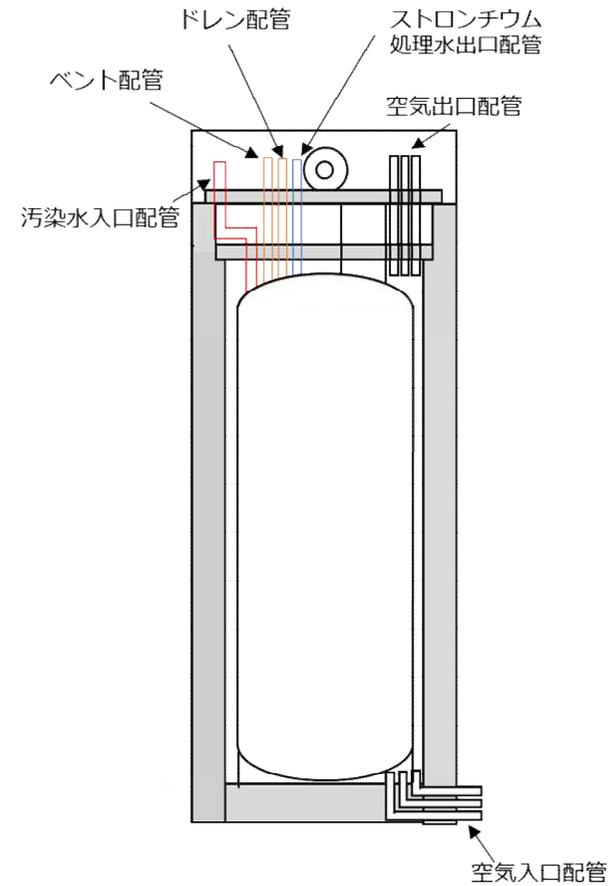
(参考 3-2) 使用済吸着塔の耐震評価について

➤ 構造図と評価対象吸着塔の代表性について

吸着塔の簡易構造図を下記に示す。代表となる吸着塔については今後検討していく。



第二セシウム吸着装置吸着塔

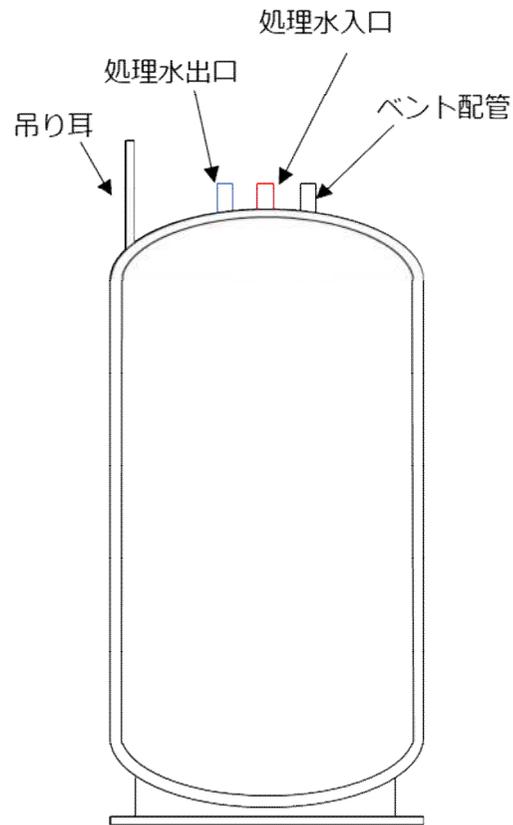


第三セシウム吸着装置吸着塔

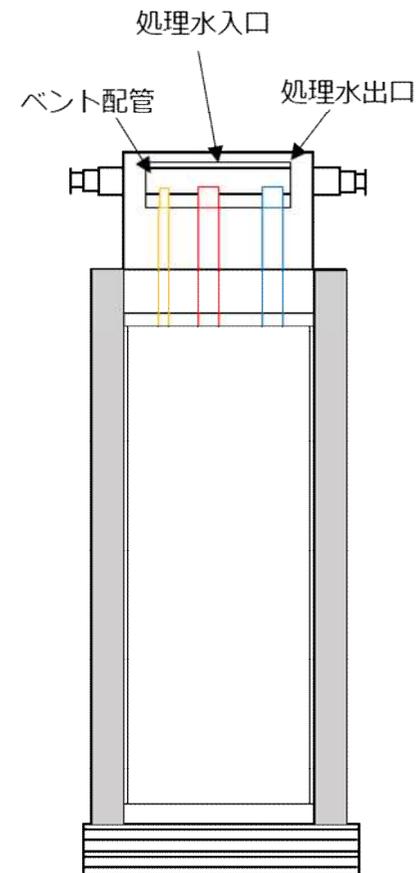
(参考 3 - 3) 使用済吸着塔の耐震評価について

➤ 構造図と評価対象吸着塔の代表性について

吸着塔の簡易構造図を下記に示す。代表となる吸着塔については今後検討していく。



多核種除去設備処理カラム

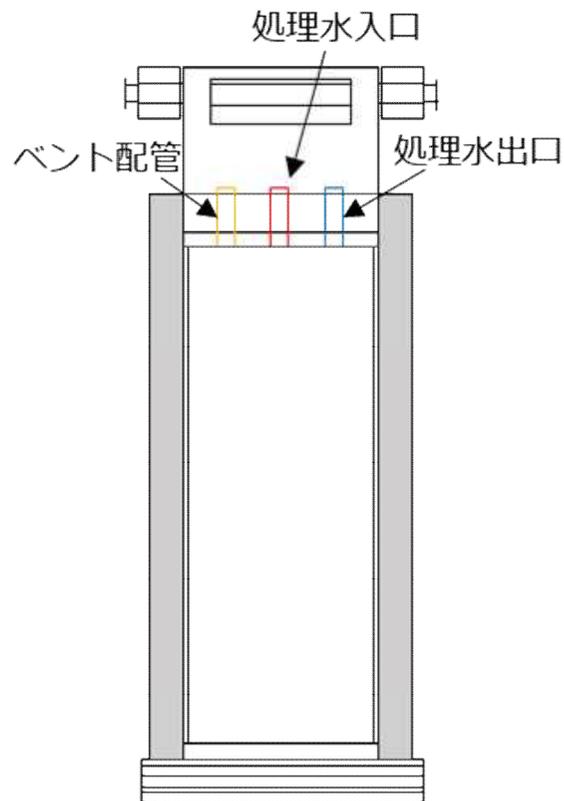


高性能多核種除去設備吸着塔

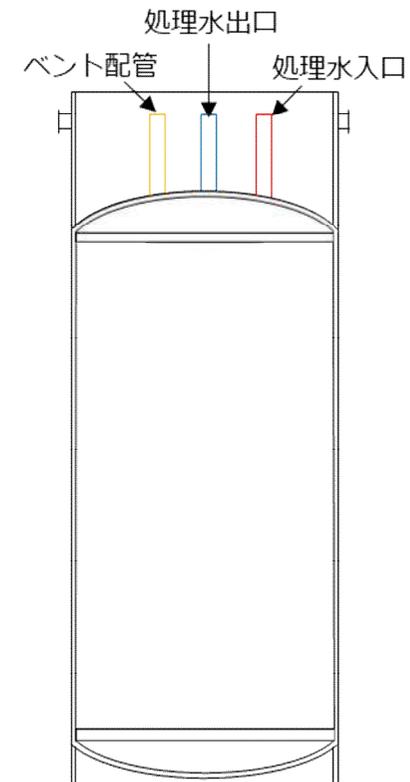
(参考 3-4) 使用済吸着塔の耐震評価について

➤ 構造図と評価対象吸着塔の代表性について

吸着塔の簡易構造図を下記に示す。代表となる吸着塔については今後検討していく。



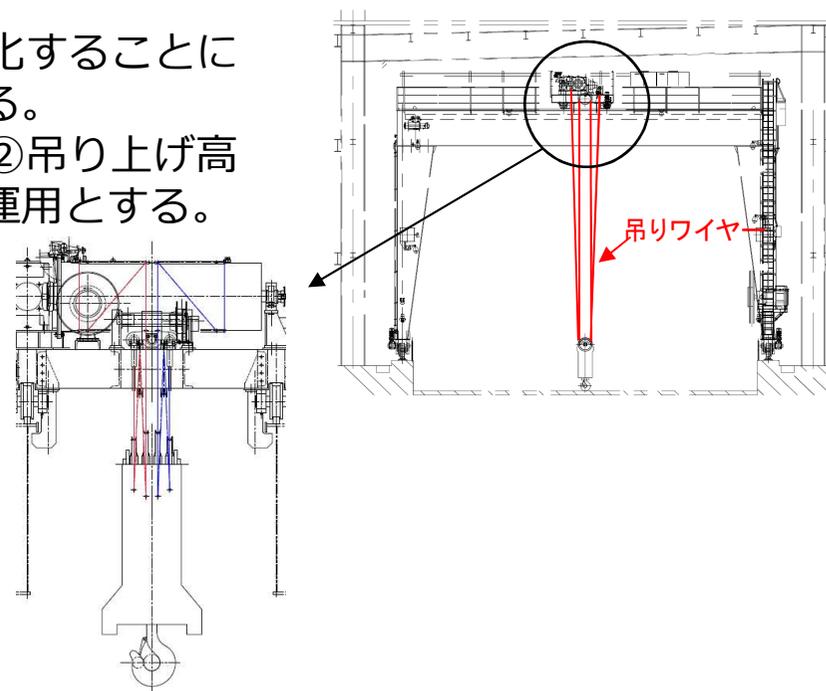
RO濃縮水処理設備吸着塔



サブドレン他浄化装置吸着塔

運搬時の運用

- ・ クレーンは右図のように吊りワイヤーを2重化することにより使用済吸着塔の落下を防止する設計とする。
- ・ 運搬中は①使用済吸着塔の直上を通過しない②吊り上げ高さを低くすることで落下時の影響を緩和する運用とする。



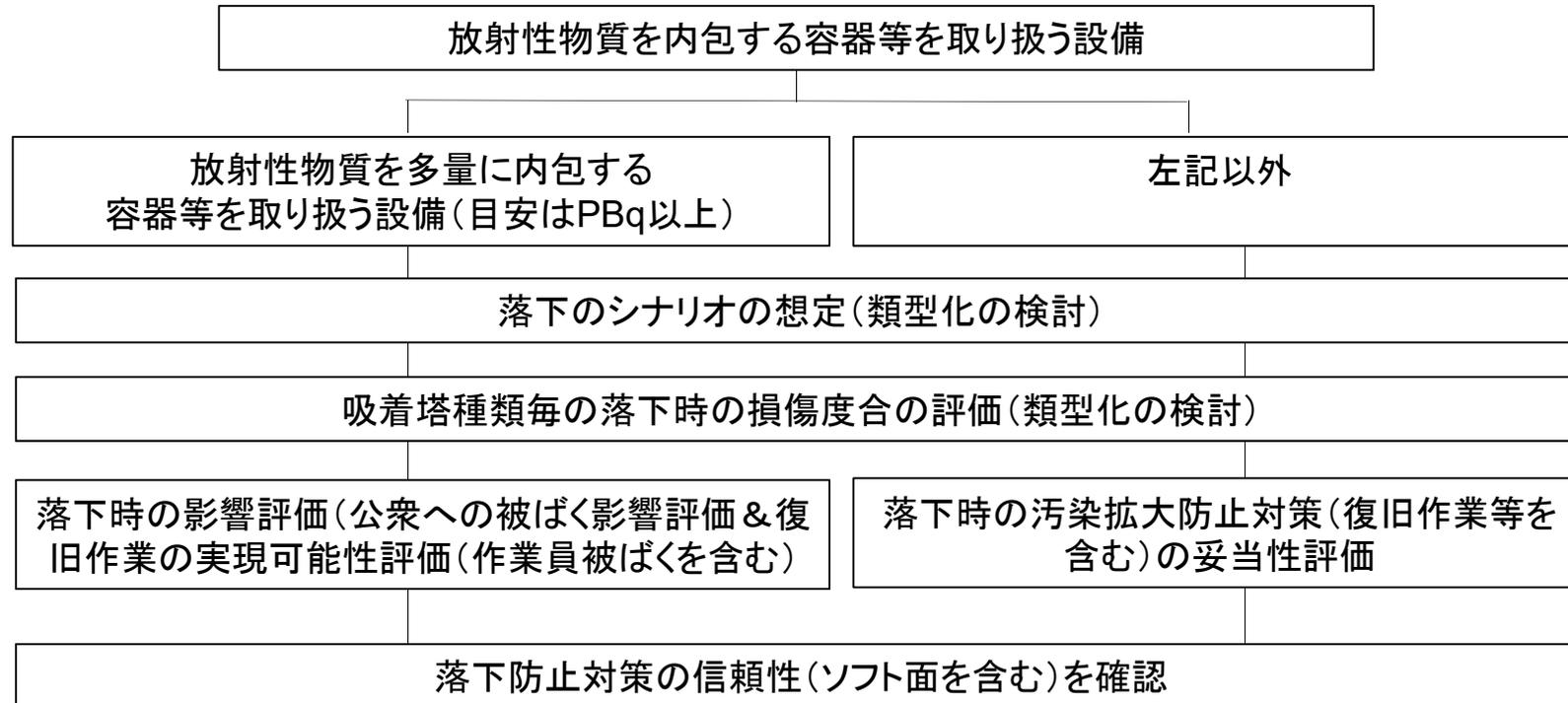
落下した時の影響について

- ・ 使用済吸着塔の容器について、落下距離に応じた破損度合（吸着材漏洩の程度、遮蔽機能の維持程度）や敷地境界への線量影響について、今後評価にて提示予定。
- ・ 落下時の影響に応じた回収・復旧作業について具体的な作業手順について検討し提示予定。

(参考4-2) 使用済吸着塔のクレーンからの落下時の影響評価

具体的な影響評価結果については破損度合や線量影響評価の結果によるが、影響評価の流れは以下のように考えている。

■ 評価フロー（審査方針を参考に作成）



■ 落下シナリオ（検討中）

堰外床面に落下した際など、運用を含めて対応を検討

(参考4-3) 使用済吸着塔のクレーンからの落下時の影響評価

放射性物質を内包する容器等を取り扱う際の
落下防止措置及び落下時の影響緩和措置の審査方針について

令和5年1月31日
規制庁1F室審査班

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所においては、通常炉で実施している使用済燃料の輸送以外にも、溶融燃料や水処理廃棄物など高線量の廃棄物を容器等に入れた状態で取り扱う機会が多い。

本資料は、それら容器等を取り扱う設備の審査において、当該容器等の落下防止措置及び落下した際の影響緩和措置として確認する内容を整理したものである。なお、以下に示す内容は基本的な考え方であり、実際の審査にあたっては、設備や施設の状況等も踏まえ総合的に判断する。

2. 対象とする審査案件

放射性物質を内包する容器等を取り扱う設備（搬入～運搬～搬出等を行う設備）の審査とする。

その際、措置を講ずべき事項との関係で以下の2つに区分する。

- (1) 放射性物質を多量に内包する容器等を取り扱う設備
- (2) 上記(1)以外の設備

なお、「放射性物質を多量に含む容器等」とは、使用済燃料集合体一体以上のインベントリ（目安はPBq以上）を内包する容器等とする。

3. 審査方針

- (1) 放射性物質を多量に内包する容器等を取り扱う設備に対する審査方針

使用済燃料集合体一体以上のインベントリ（燃料由来）を有するため、措置を講ずべき事項Ⅱ章5項の要求に基づき、審査する¹。

5. 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理

<1～4号炉>

- 使用済燃料貯蔵設備からの燃料の取出しにあたっては、確実に臨界未満に維持し、**落下防止、落下時の影響緩和措置及び適切な遮へいを行い**、取り出した燃料は適切に冷却及び貯蔵すること。

¹ 落下防止措置及び落下時の影響緩和措置に対する規制要求としては、(2)に記載した措置を講ずべき事項の要求も適用されるが、Ⅱ章5項の要求レベルが最も厳しいため、ここでは当該要求事項を記載した。

<5・6号炉>

- 原子炉及び使用済燃料貯蔵設備からの燃料の取出しにあたっては、確実に臨界未満に維持し、**落下防止及び遮へいを行い**、適切に冷却及び貯蔵を行うために必要な設備を健全な状態に維持・管理すること。

具体的には、上記要求を踏まえ、まずは、放射性物質を多量に内包する容器等を取り扱う設備の落下防止対策の信頼性（ソフト面を含む）を確認する。その上で、落下時の影響緩和措置の必要性を確認する観点で、落下時の影響評価（公衆への被ばく影響評価+復旧作業の実現可能性の評価）を求め、その結果を踏まえ当該措置の必要性を判断する。なお、「復旧作業の実現可能性の評価」には復旧作業員の被ばく量等も考慮する必要があるが、必ずしも定量的な評価まで求めるものではない。

- (2) 上記(1)以外の設備に対する審査方針

一般的な放射性廃棄物の取り扱いのため、措置を講ずべき事項Ⅱ章8項、9項、14項7号、8号の要求に基づき、審査する。

8. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

- 施設内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、適切に処理し、十分な保管容量を確保し、遮へい等の**適切な管理を行うことにより**、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

- 施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止、**汚染拡大防止等を行うことにより**、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。（略）

14. 設計上の考慮

⑦運転員操作に対する設計上の考慮

- ・**運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計であること。**

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。**
- ・（略）

具体的には、14項7号、8号の要求を踏まえ、まずは、放射性物質を内包する容器等を取り扱う設備の落下防止対策の信頼性（ソフト面を含む）を確認する。その上で、8項、9項の要求を踏まえ、落下時の汚染拡大防止対策（復旧作業等を含む）の妥当性を確認する。なお、「落下時の汚染拡大防止対策（復旧作業等を含む）の妥当性」の確認にあたっては、容器等が落下し、内包する放射性廃棄物が漏えいや散乱した場合の具体的な汚染

拡大防止対策の内容を確認するが、必ずしも定量的な評価まで求めるものではない。

(参考5-1) 大型廃棄物保管庫建屋の耐震評価について

- 大型廃棄物保管庫はBクラス建屋として認可を受けて、建設中である。
- 令和3年9月に示された新耐震方針を踏まえ、考慮すべき地震動は以下の通りであることから、Ss900に対する使用済吸着塔への波及的影響について評価を実施した。
- 各部位に対する評価の考え方を整理した結果を以下に示す。

許容限界と考え方

部位	性能目標	事象	想定される事象	評価方針	許容限界	
大型廃棄物保管庫	建屋 (柱, 梁)	—	全体崩落	・ 架構全体が許容限界を超えて傾き, 防護対象施設・設備へ落下する。	・ 最大層間変形角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認する。	層間変形角 1/30 ^{※1}
				・ 架構が崩壊機構を構成し, 架構全体が倒れることにより, 架構全体が防護対象施設・設備へ崩落する。	・ 架構の崩壊機構が構成されないことを確認する。	崩壊機構が構成されないこと

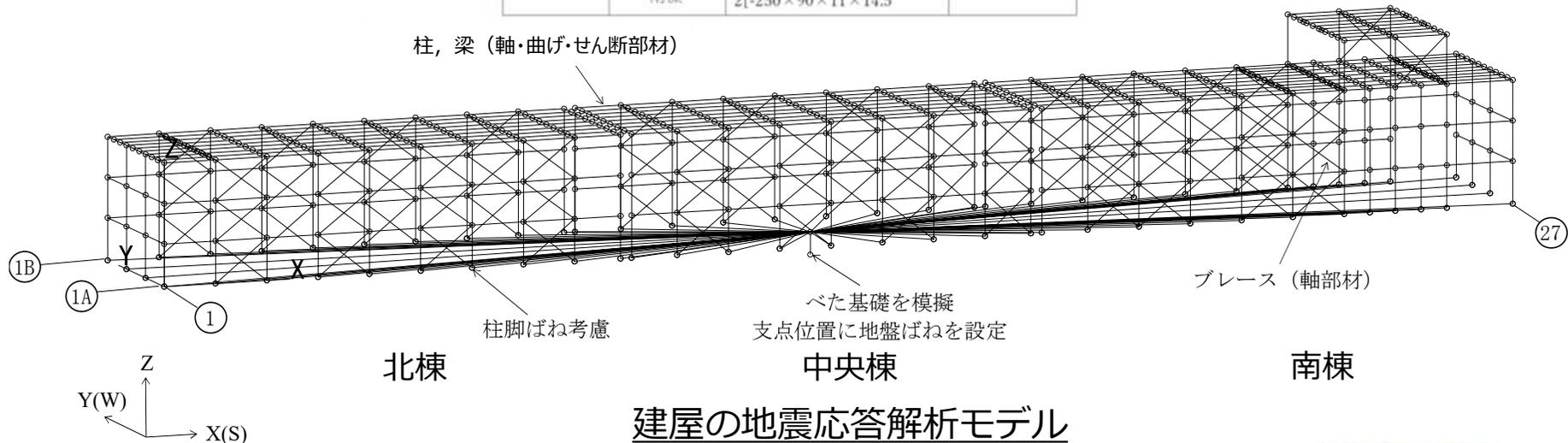
※1: 「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針 ((財) 日本建築防災協会) 」を参考に許容限界を設定している。
 なお、被災度区分判定基準においては、柱の残留傾斜角が1/30を超えた場合に大破と判定しているが、保守的に最大層間変形角を用いて評価を行う。

(参考5-2) 地震応答解析モデル諸元 (建屋)

- 建屋総重量 : 921,880kN
- 材料特性 (鉄骨造部分) ・ヤング係数 : $E=2.05 \times 10^8 \text{kN/m}^2$, $G=7.90 \times 10^7 \text{kN/m}^2$, $\nu=0.3$
- 材料特性 (鉄筋コンクリート造部) ・ヤング係数 : $E=2.27 \times 10^7 \text{kN/m}^2$, $G=9.45 \times 10^6 \text{kN/m}^2$, $\nu=0.2$ ・材質 : Fc24

鉄骨部材リスト

部材	部位	部材サイズ	材質
柱	北棟	BH-1100×700×28×40	SN490B
	中央棟	BH-1100×700×28×36	
	南棟	BH-1100×700×28×40	
		BH-1100×800×28×40	
大梁	北棟	BH-1300×500×25×36	SN490B
	中央棟	BH-1200×400×22×40	
	南棟	BH-1300×800×28×40	
		BH-1300×700×25×40	
ブレース	北棟	2[-200×90×8×13.5]	SS400
	中央棟	2[-150×75×9×12.5]	
	南棟	2[-250×90×11×14.5]	



(参考5-3) Ss900に対する評価結果

- 大型廃棄物保管庫の各棟における層間変形角及び崩壊機構の有無を下表に示す。
- 北棟，南棟では許容限界を満たすものの，中央棟では崩壊機構を形成することから，Ss900では倒壊することを否定できない結果である。

	許容限界	評価結果	判定結果
北棟	層間変形角1/30※ ¹	NS方向：1/78 EW方向：1/57	OK
	崩壊機構が形成されないこと※ ²	形成しない	
中央棟	層間変形角1/30	NS方向：1/72 EW方向：1/57	<u>NG</u>
	崩壊機構が形成されないこと	<u>形成する</u>	
南棟	層間変形角1/30	NS方向：1/84 EW方向：1/65	OK
	崩壊機構が形成されないこと	形成しない	

※1：「震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針（（財）日本建築防災協会）」を参考に許容限界を設定している。なお，被災度区分判定基準においては，柱の残留傾斜角が1/30を超えた場合に大破としているが，保守的に最大層間変形角を用いて評価を行う。

※2：フレームの全ての部材に塑性ヒンジ（地震力により部材断面全てが降伏し曲げ剛性を失い，ヒンジ（蝶番）のように回転する部分）ができると，それ以上水平力が増えないまま，変形のみが増え続け崩壊へと至る状態（崩壊機構）が形成される。

(参考 5 - 4) Ss900の結果を踏まえた補強方針について

- 評価結果を踏まえて、許容限界を超過する中央棟に加えて、裕度が少ない北棟及び南棟も補強する方針。
- 許容限界は、Ss900に対して吸着塔への波及影響を及ぼさないこととし、下表に示す通り（変更なし）であるが、層間変形角1/75程度を目指す方針。
- ただし、崩壊機構に影響する塑性ヒンジの数を減らす方針。

許容限界と考え方

部位		性能目標	事象	想定される事象	評価方針	許容限界
大型廃棄物保管庫	建屋 (柱, 梁)	—	全体崩落	・ 架構全体が許容限界を超えて傾き、防護対象施設・設備へ落下する。	・ 最大層間変形角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認する。	層間変形角 1/30 ^{※1}
				・ 架構が崩壊機構を構成し、架構全体が倒れることにより、架構全体が防護対象施設・設備へ崩落する。	・ 架構の崩壊機構が構成されないことを確認する。	崩壊機構が構成されないこと

※1: 「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（（財）日本建築防災協会）」を参考に許容限界を設定している。
 なお、被災度区分判定基準においては、柱の残留傾斜角が1/30を超えた場合に大破と判定しているが、保守的に最大層間変形角を用いて評価を行う。