第28回　バックエンド夏期セミナー
平成24年8月22日～23日

除去土壌等の貯蔵技術について

戸田建設株式会社　関口高志

本日の講演内容と背景

本日の講演内容

①放射性廃棄物処分場（浅地中レンチ処分・浅地中ピット処分）に係る知見の紹介
②産業廃棄物処分場（安定型処分・管理型処分・遮断型処分）に係る知見の紹介
③（①，②を参考として）貯蔵の技術や施設に求められる管理措置について考察

参考とした学協会活動

	福島原発事故対応の活動	放射性廃棄物処分関連の委員会活動
日本原子力学会	クリーンアップ分科会	LLW埋設後管理分科会 LLW埋設施設検査方法分科会 LLW処分安全評価分科会
土木学会	放射性汚染廃棄物対策土木技術特定テーマ委員会	エネルギー委員会　LLW研究小委員会 人工バリアWG、天然バリア・空洞WG、設計・品証WG
日本原子力技術協会	福島環境修復有識者検討委員会	

想定した貯蔵施設

・貯蔵対象物の汚染物は「放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）」に特化
・貯蔵対象物は「Csの汚染土壌等」と「10万Bq/kg超（Cs）の焼却灰等」
・貯蔵期間を「30年以下」と限定した「貯蔵施設」

放射性廃棄物処分場の施設概念と濃度上限値

浅地中トレンチ処分

日本原子力研究開発機構　廃棄物埋設実地試験

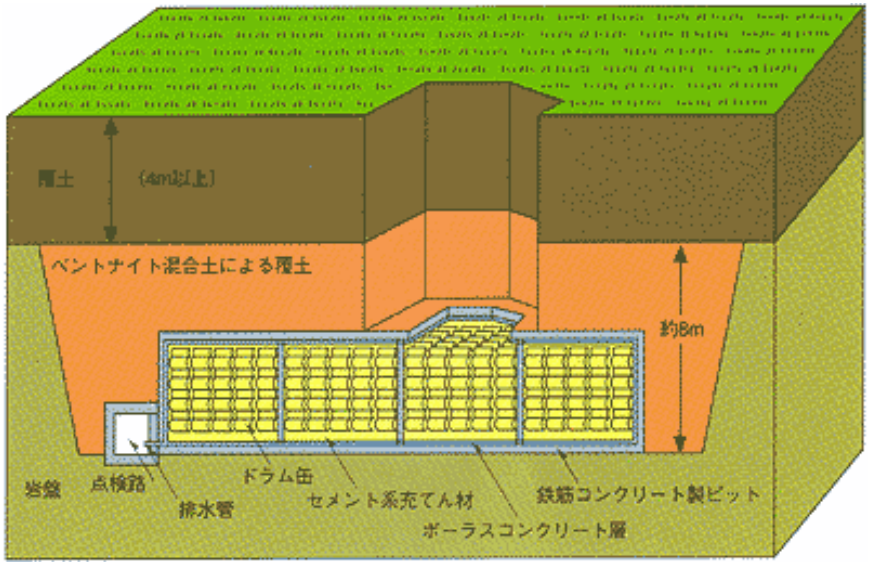
経済産業省　資源エネルギー庁　放射性廃棄物等対策室
放射性廃棄物のホームページ
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/gaiyo/gaiyo03-1.html

濃度上限値（Bq/t）

核種	濃度上限値
Co-60	1E+10
Sr-90	1E+07
Cs-137	1E+08

（＝10万Bq/kg）

浅地中ピット処分



日本原燃(株)六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター

経済産業省　資源エネルギー庁　放射性廃棄物等対策室
放射性廃棄物のホームページ
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/gaiyo/gaiyo03-2.html

濃度上限値
（Bq/t）

核種	濃度上限値
C-14	1E+11
Co-60	1E+15
Ni-63	1E+13
Sr-90	1E+13
Tc-99	1E+09
Cs-137	1E+14
全α	1E+10

（＝1000億Bq/kg）

放射性廃棄物処分場では何が問題で、どうしているのか？

何が問題か？

人間が被ばくする

⇒

どうしているのか？

人間の被ばくを防護する

被ばく形態	被ばく経路		安全の確保	放射性廃棄物処分場の基本安全機能
外部被ばく	直接線 スカイシャイン・散乱線	⇒	時間、距離、遮蔽の三原則で外部被ばくを低減	遮蔽
内部被ばく	大気中への飛散→吸入	⇒	放射性物質を含む粉塵の飛散を防止、吸入を抑制	飛散防止
	汚染した土壌や汚水の流出 （以下、被ばく経路の例） →田畑、河川・湖沼・海 →農作物、魚介類 →経口摂取	⇒	放射性物質をできるだけ処分場の外に出さない	閉じ込め 移行抑制

放射性廃棄物処分場における基本安全機能の定義

基本安全機能

基本安全機能	定　義
飛散防止	コンクリートなどの廃棄物を埋設する場合において、廃棄物埋設地の外に放射性物質が飛散するおそれがあるときに、それを防止するために求められる機能。
遮蔽	放射線をさえぎり、外部への放射線の影響を低減させるために求められる機能。
閉じ込め	人工構築物を設置した廃棄物埋設施設に埋設する場合において、放射性物質が廃棄物埋設地の限定された区域から漏えいすることを防止するために求められる機能。
移行抑制	廃棄物埋設地から漏えいした放射性物質が地下水を介して生活環境へ移動することを抑制し、周辺公衆の被ばくを低減するために求められる機能。

日本原子力学会標準　低レベル放射性廃棄物の埋設地に係る埋戻し方法及び施設の管理方法：2010、AESJ-SC-F016:2010（2011.2）

放射性廃棄物処分場の段階管理

段階管理

段階管理とは、公衆の受ける線量を合理的に達成できる限り低く抑えるため、埋設した放射性固体廃棄物の放射能が時間の経過に伴って低減すること等によって、放射性物質の生活環境に及ぼす影響が安全上支障のないレベル以下になることを確認するまでの間、放射性固体廃棄物の種類、放射能レベル等に応じて廃棄物埋設地の管理を段階的に行うことをいう。

原子力安全委員会決定　第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方（H22.8.9）

浅地中トレンチ処分

埋設段階	保全段階
（具体的な期間の記載なし）	埋設段階終了後 50年程度

原子力安全委員会決定　第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方　解説（H22.8.9）

浅地中ピット処分

第1段階	第2段階	第3段階
埋設開始後 1号：30～35年 2号：25～30年	第1段階終了後 30年	第1段階終了後 300年

日本原燃Web　埋設事業　低レベル放射性廃棄物埋設センター　埋設後の段階管理
http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu_03/maisetsu_04/maisetsu_04_06.html

放射性廃棄物処分場の各段階と段階移行要件

浅地中トレンチ処分

埋設段階	段階移行要件	保全段階
放射性物質の生活環境への移行を抑制するとともに、放射性物質の廃棄物埋設地から生活環境への移行を監視する必要がある段階をいう。	・覆土の施工が完了していること。 ・埋設段階の廃棄物埋設地の移行抑制が適切に機能していること。	天然バリアにより放射性物質の生活環境への移行を抑制するとともに、特定の行為の禁止又は制約をするための措置を講じる必要がある段階をいう。

浅地中ピット処分

第1段階	段階移行要件	第2段階	段階移行要件	第3段階
人工バリアにより放射性物質が人工バリアの外へ漏出することを防止するとともに、人工バリアから放射性物質が漏出していないことを監視する必要がある段階をいう。	・覆土の施工が完了していること。 ・第1段階の廃棄物埋設地の閉じ込めの機能が確保されていること。	人工バリアと天然バリアにより放射性物質の生活環境への移行を抑制するとともに、放射性物質の人工バリアからの漏出及び生活環境への移行を監視する必要がある段階をいう。	・所要期間の後で、覆土に陥没、沈下がないこと。 ・第2段階の廃棄物埋設地の移行抑制が適切に機能していること。	主として天然バリアにより放射性物質の生活環境への移行を抑制するとともに、特定の行為の禁止又は制約をするための措置を講じる必要がある段階をいう。

各段階　原子力安全委員会決定　第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方　解説（H22.8.9）

段階移行要件　日本原子力学会標準　低レベル放射性廃棄物の埋設地に係る埋戻し方法及び施設の管理方法：2010、AESJ-SC-F016:2010（2011.2）

放射性廃棄物処分場の基本安全機能

凡例
ハッチング部の記載は、基本安全機能を満足するために想定される施設・設備等の例

浅地中トレンチ処分

基本安全機能	埋設段階	保全段階
	受け入れ～覆土施工	覆土施工完了後
飛散防止	（必要に応じて） 廃棄物、トレンチ	
遮蔽	（必要に応じて） 覆土	
移行抑制	覆土、廃棄物	覆土、廃棄物

日本原子力学会標準　トレンチ処分施設の施設検査方法：2010　AESJ-SC-F017:2010（2011.2）　を基に作成

浅地中ピット処分

基本安全機能	第１段階		第２段階	第３段階
	受け入れ～定置	定置～覆土施工	覆土施工後	
閉じ込め	廃棄体、コンクリートピット			
遮蔽	放射性廃棄物の受入施設 （受け入れ～定置のみ） 廃棄体、コンクリートピット			
移行抑制			コンクリートピット ピット内充てん材 覆土 廃棄物、廃棄体	コンクリートピット ピット内充てん材 覆土 廃棄物、廃棄体

日本原子力学会標準　ピット処分施設の施設検査方法：2010　AESJ-SC-F018:2010（2011.3）　を基に作成

放射性廃棄物処分場の管理措置

浅地中トレンチ処分

基本安全機能	埋設段階	保全段階
飛散防止	（必要に応じ実施）	
遮蔽	監視	
移行抑制	覆土の施工 廃棄物埋設地に係る保全 監視	廃棄物埋設地に係る保全

凡例

ハッチング部の記載は、基本安全機能を満足するための管理措置の例

日本原子力学会標準　低レベル放射性廃棄物の埋設地に係る埋戻し方法及び施設の管理方法：2010、AESJ-SC-F016:2010（2011.2）を基に作成

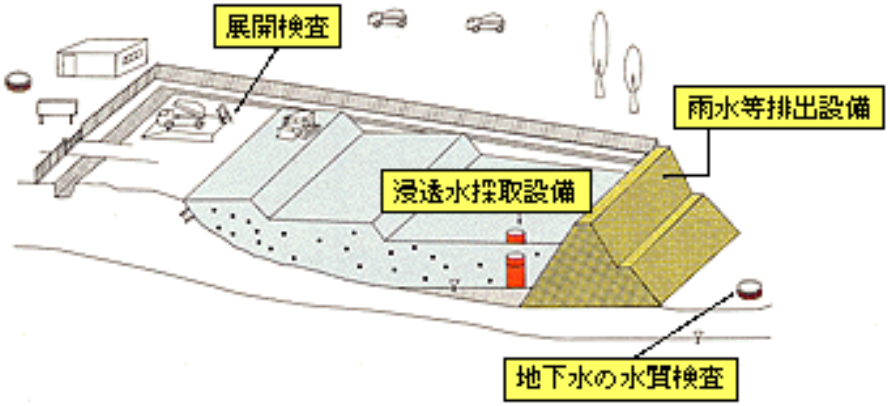
浅地中ピット処分

基本安全機能	第１段階	第２段階	第３段階
閉じ込め	廃棄物埋設地に係る保全 監視		
遮蔽	監視		
移行抑制	覆土の施工	廃棄物埋設地に係る保全 監視	廃棄物埋設地に係る保全

日本原子力学会標準　低レベル放射性廃棄物の埋設地に係る埋戻し方法及び施設の管理方法：2010、AESJ-SC-F016:2010（2011.2）を基に作成

産業廃棄物処分場の施設概念と埋設対象物

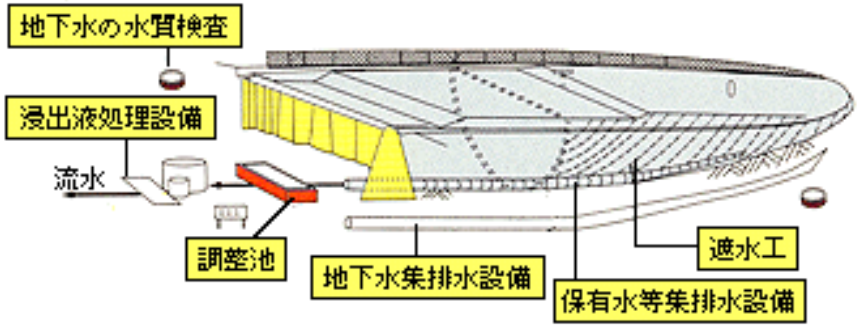
安定型



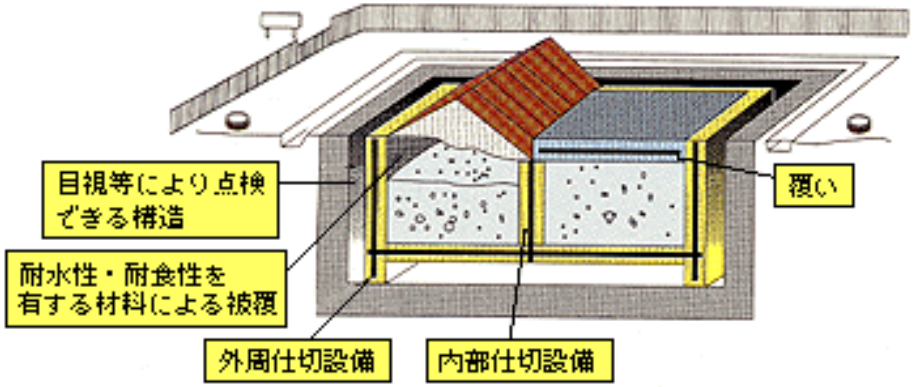
埋設対象物

安定型	管理型	遮断型
廃棄物の性状が安定している廃プラステック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず・陶器くず、建設廃材（安定五品目）	一定以上の有害物を含まない燃え殻、ばいじん、汚泥、木くず、シュレッダーダスト等	有害な重金属等を含む燃え殻、ばいじん、汚泥、鉱さい等

管理型



遮断型

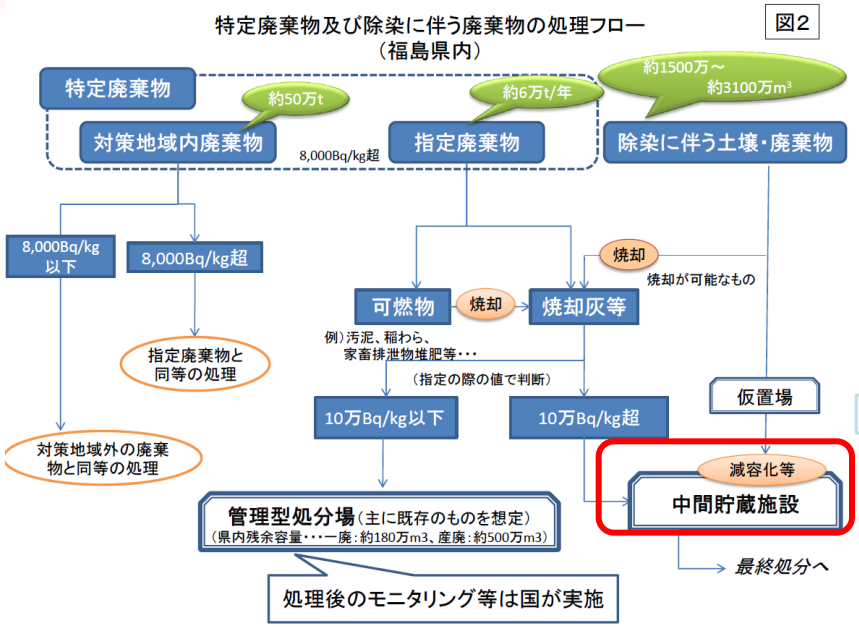


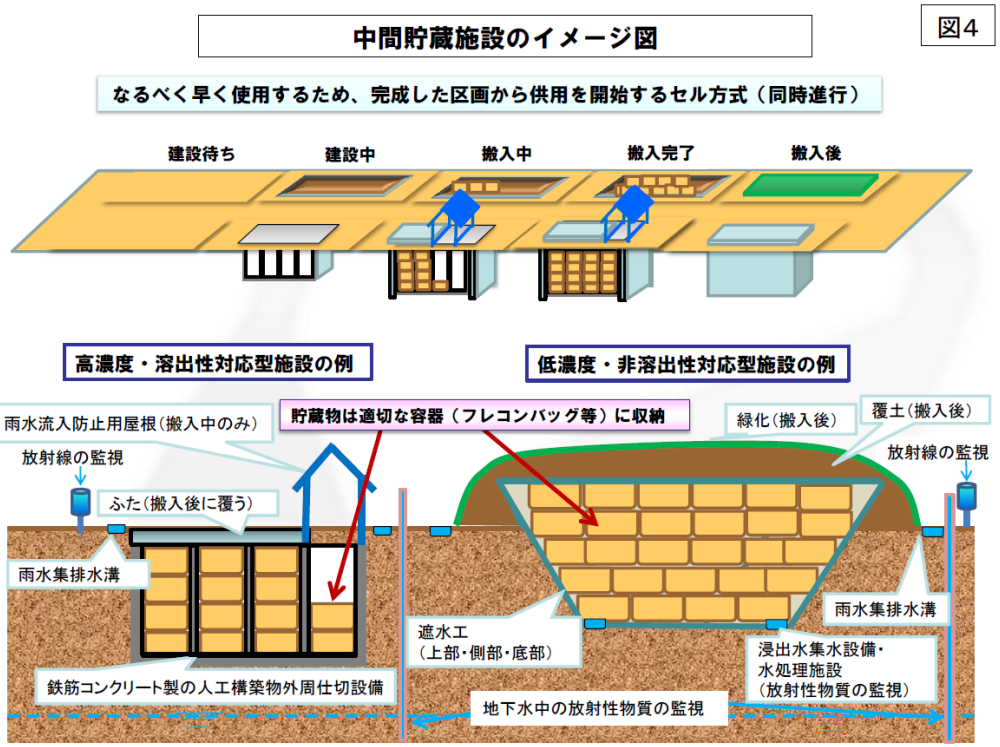
図：建設副産物近畿地方連絡協議会最終処分場の種類(陸上埋立処分場)Web
http://www.kkr.mlit.go.jp/fukusan/by_product/attention/8_3.html

産業廃棄物処分場の雨水に対する技術

	安定型	管理型	遮断型
雨水に対する考え方	廃棄物が雨水と接触しても容易に溶出しないので、雨水は浸入させてそのまま排出	雨水を浸入させ、施設内で集排水し、水処理で浄化、汚水が流出しないよう遮水工を設置、水の通過等で廃棄物層を安定化	遮水性の外周仕切り設備で雨水を入れず、廃棄物と接触させない
雨水の浸入防止	ー （雨水の浸入を許容）	ー （雨水の浸入を許容）	遮水性の外周仕切り設備＋屋根で雨水の浸入を防止
汚水・廃棄物の流出防止	ー （雨水は排出）	二重遮水工、鉛直遮水工で流出防止	外周仕切り設備で流出防止
浸出水集排水 水処理施設	ー	浸出水は施設内で集排水し、水処理で浄化後、放水	ー

参考：中間貯蔵施設に係るフロー図、イメージ図（環境省）





※本イメージ図は現時点で想定される施設・構造の例を示したものであり、実際の施設・構造は変わりうるものです。

環境省　大熊町住民説明会の配付資料（H24.5.12～13）

左上の図２、上記の図４
環境省　東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方について　（H23.10.29）

貯蔵施設に求められる機能と管理措置の想定

基本安全機能	貯蔵施設に求められる（ことが想定される・・・）	
	機能	管理措置
飛散防止	（必要に応じて） 土壌・廃棄物の搬入、搬出時、及び貯蔵時に施設外への飛散を防止	（必要に応じて、ダスト濃度の測定）
遮蔽	土壌・廃棄物の搬入、搬出時、及び貯蔵時に施設の外部への放射線の影響を低減	監視（空間線量率モニタリング）
閉じ込め	水を媒体として施設外に放射性セシウムが漏洩することを防止	貯蔵施設の保全 （立ち入り制限、巡視・点検、維持管理） 監視（地下水モニタリング）
移行抑制	― （貯蔵の期間、閉じ込めの機能が確保されれば考慮不要）	―

バックエンド分野の知見を活用・参考とすることで、貯蔵施設に求められる管理措置の基本的な対応ができると考えられる。

「貯蔵の期間」の特徴は？

放射性廃棄物処分場の段階管理

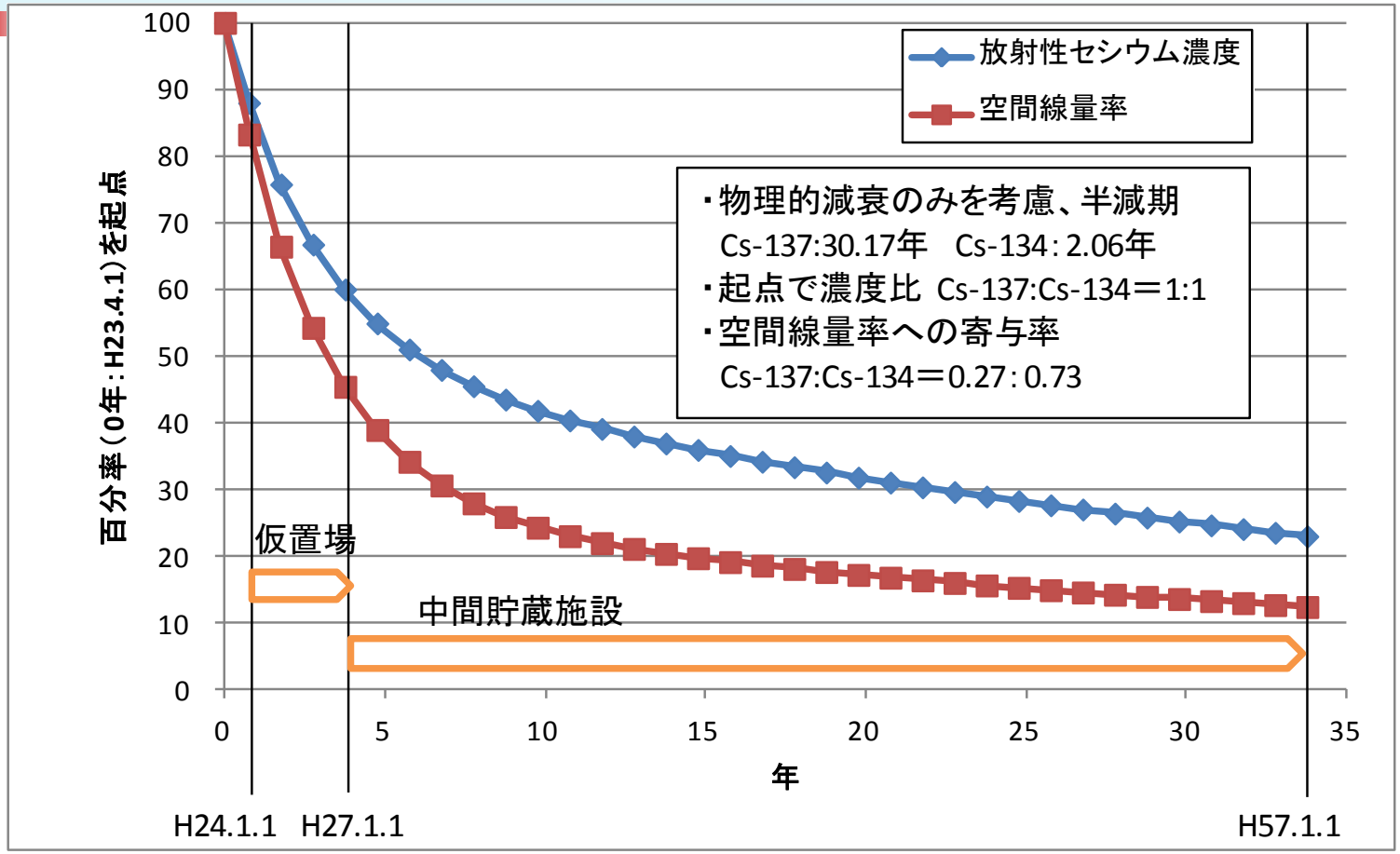
- 放射性廃棄物処分場（同じ場所）で段階を移行
- 放射性固体廃棄物の種類、放射能レベル等に応じて、各段階の期間や管理措置の内容を設定
- 放射能の減衰等によって、放射性物質の生活環境に及ぼす影響が安全上支障のないレベル以下になることを確認するまで管理期間を設定

「貯蔵の期間」の特徴は？

- 貯蔵期間は30年以下
- 貯蔵対象物は、貯蔵後に場所を移動するのが前提
- 放射性セシウムの減衰と中間処理（焼却、土壌の減容化）で、貯蔵対象物の濃度が変化

「貯蔵の期間」は、場所の移動と期間（30年以下）が前提で、減衰等から管理の期間や内容を決める放射性廃棄物処分の段階管理とは考え方のアプローチが異なるが、減衰等の濃度変化に応じて管理措置を変化させる考え方は参考になると考えられる。

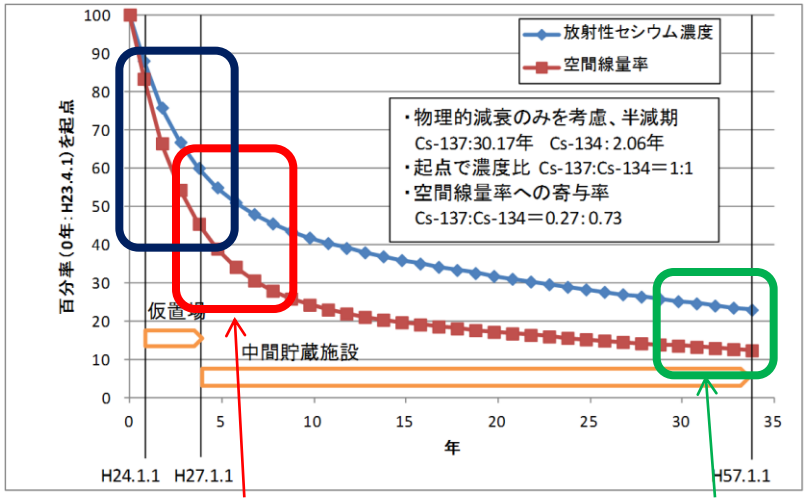
参考：放射性セシウムの減衰の試算例（濃度と空間線量率の低減率の正規化）



時期	H23.4.1	H24.1.1	H25.1.1	H26.1.1	H27.1.1	H57.1.1
	事故発生直後	特措法施行 仮置場開始	仮置場	仮置場	中間貯蔵開始	中間貯蔵終了 最終処分
放射性セシウム濃度（百分率）	100.0	88.0	75.8	66.8	60.0	23.0
空間線量率（百分率）	100.0	83.3	66.4	54.3	45.4	12.4
Cs-134/Cs-137（濃度比）	1.000	0.790	0.578	0.422	0.309	0.000

放射性セシウムの減衰と中間処理による濃度の変化

貯蔵対象物の発生時　Cs-134の減衰の影響で放射性セシウム濃度が急速に低減



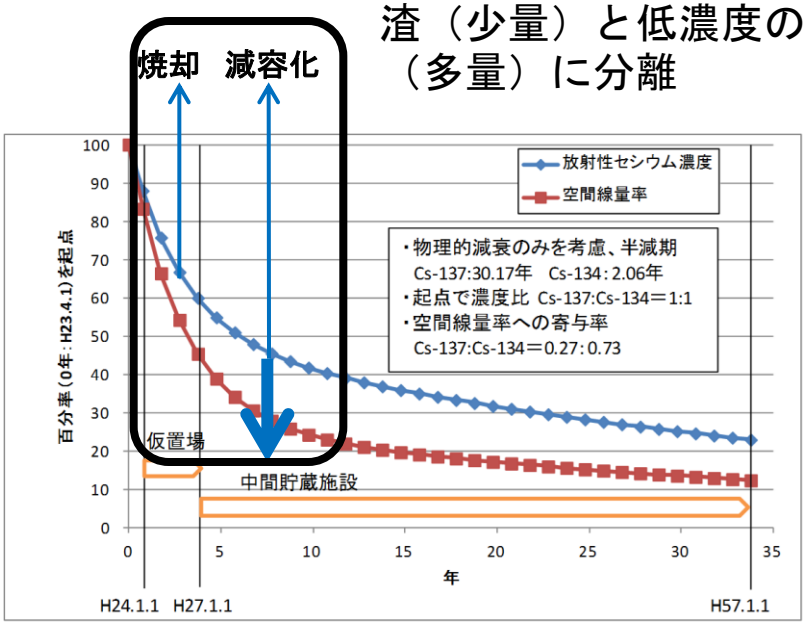
貯蔵対象物の受入時

主にCs-134の減衰の影響で放射性セシウム濃度が徐々に低減
（グラフの起点との比率で約半減）

貯蔵対象物の搬出時

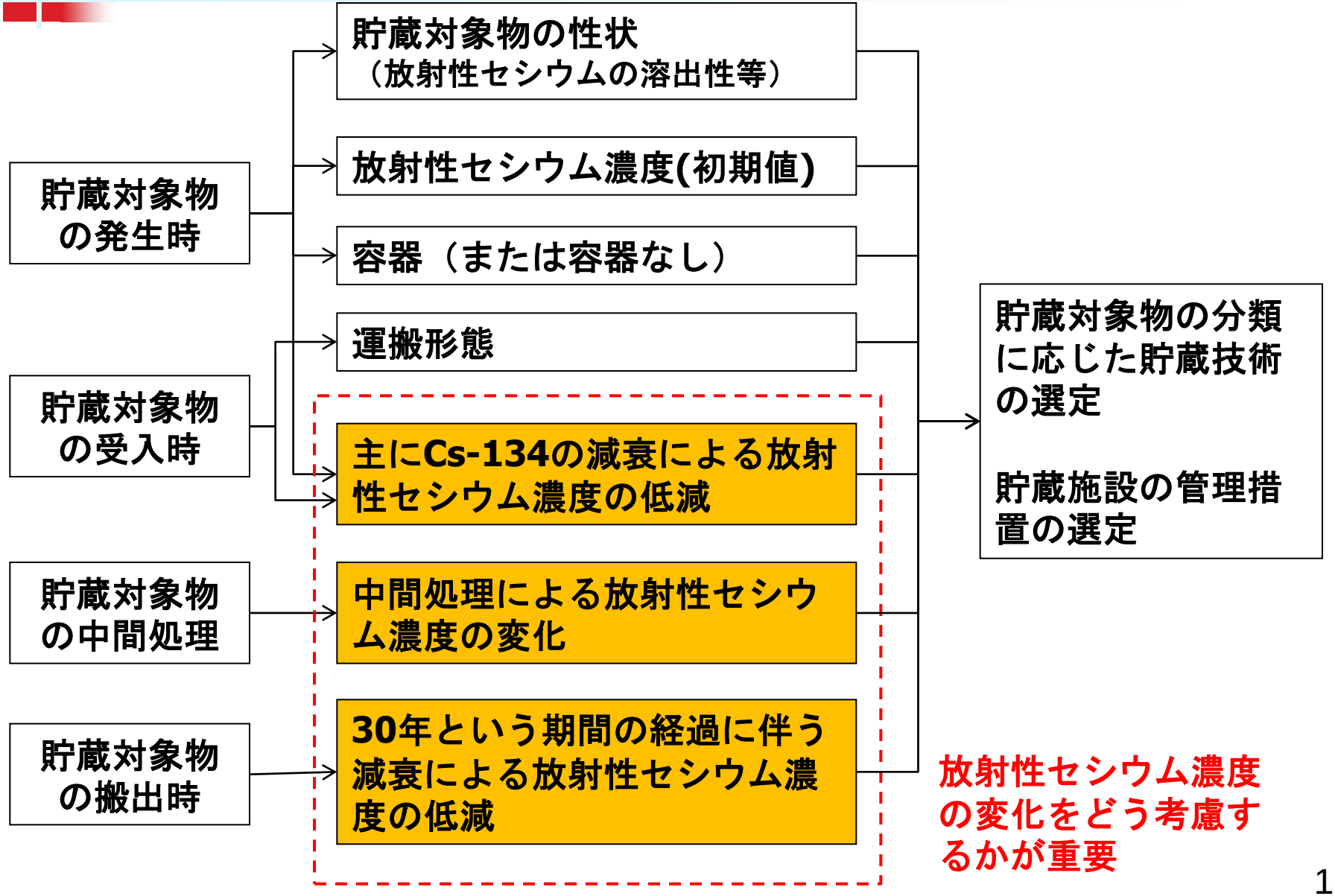
貯蔵対象物の中間処理

可燃物の焼却では焼却灰に濃縮（減量、高濃度）、
土壌の減容化では高濃度の残渣（少量）と低濃度の土壌（多量）に分離



Cs-134はほぼゼロ、Cs-137はほぼ半減で放射性セシウム濃度は貯蔵開始時の約1/3
（グラフの起点との比率では約1/4）

貯蔵技術や管理措置の選定で求められる考慮事項



雨水に対する貯蔵技術の活用の想定例

産業廃棄物処分場の雨水に対する技術の考え方

	安定型	管理型	遮断型
雨水に対する技術の考え方	廃棄物が雨水と接触しても容易に溶出しないので、雨水は浸入させてそのまま排出	雨水を浸入させ、施設内で集排水し、水処理で浄化、汚水が流出しないよう遮水工を設置、水の通過等で廃棄物層を安定化	遮水性の外周仕切り設備で雨水を入れず、廃棄物と接触させない

貯蔵技術の活用の想定例

貯蔵対象物の例	比較的低濃度の土壌	比較的高濃度の土壌	高濃度、高溶出性の焼却灰等
想定される課題	・溶出性は比較的低いが雨水と接触した場合に何らかの対策は必要	・管理型の安定化の概念で、雨水を浸入させ、底部を止水すると、水処理の負荷が大	・搬出性の考慮が必要 ・ピット型の施設では、貯蔵期間の終了後、ピットが廃棄物となる
貯蔵技術の活用の想定例	収着性を考慮した汚染拡大を防止する貯蔵技術を活用	定置時を含め、雨水の浸入を抑制し、水処理の負荷を減少する貯蔵技術を活用	容器に機能を持たせた貯蔵技術を活用

まとめ

放射性廃棄物処分場との比較に基づく考察

- 放射性物質による汚染という点で、放射性廃棄物処分場の機能と管理措置の考え方が参考になると考えられる。

- 放射性廃棄物処分場の段階管理とは考え方のアプローチが異なるが、減衰等を考慮する考え方は参考になると考えられる。

- 放射性セシウムの濃度の変化をどう考慮するかが重要と考えられる。

まとめ

産業廃棄物処分場との比較に基づく考察

- 貯蔵対象物が土壌や焼却灰等という点で、産業廃棄物処分場の雨水に対する技術が参考になると考えられる。

- 貯蔵技術の選定では、溶出性、搬出性等を別途考慮するのがよいと考えられる。

- 管理型処分場の安定化の概念は不要と考えられる。