

TRU廃棄物の地層処分(単独処分)の安全評価のまとめ

レファレンスケース

- ・ 最大線量は約0.002mSv/y (約1万年)で, 諸外国の線量基準0.1~0.3mSv/yを十分下回る。



シナリオ, モデル, パラメータの不確実性を考慮した決定論的影響解析

代替ケース

- ・ 線量の最大値に大きな影響を与えない。
- ・ 溶解度や人工バリアの収着分配係数, 拡散係数の影響度小さい。
- ・ 水理特性に関する影響度が大きい。



網羅的な不確実性の影響の考慮

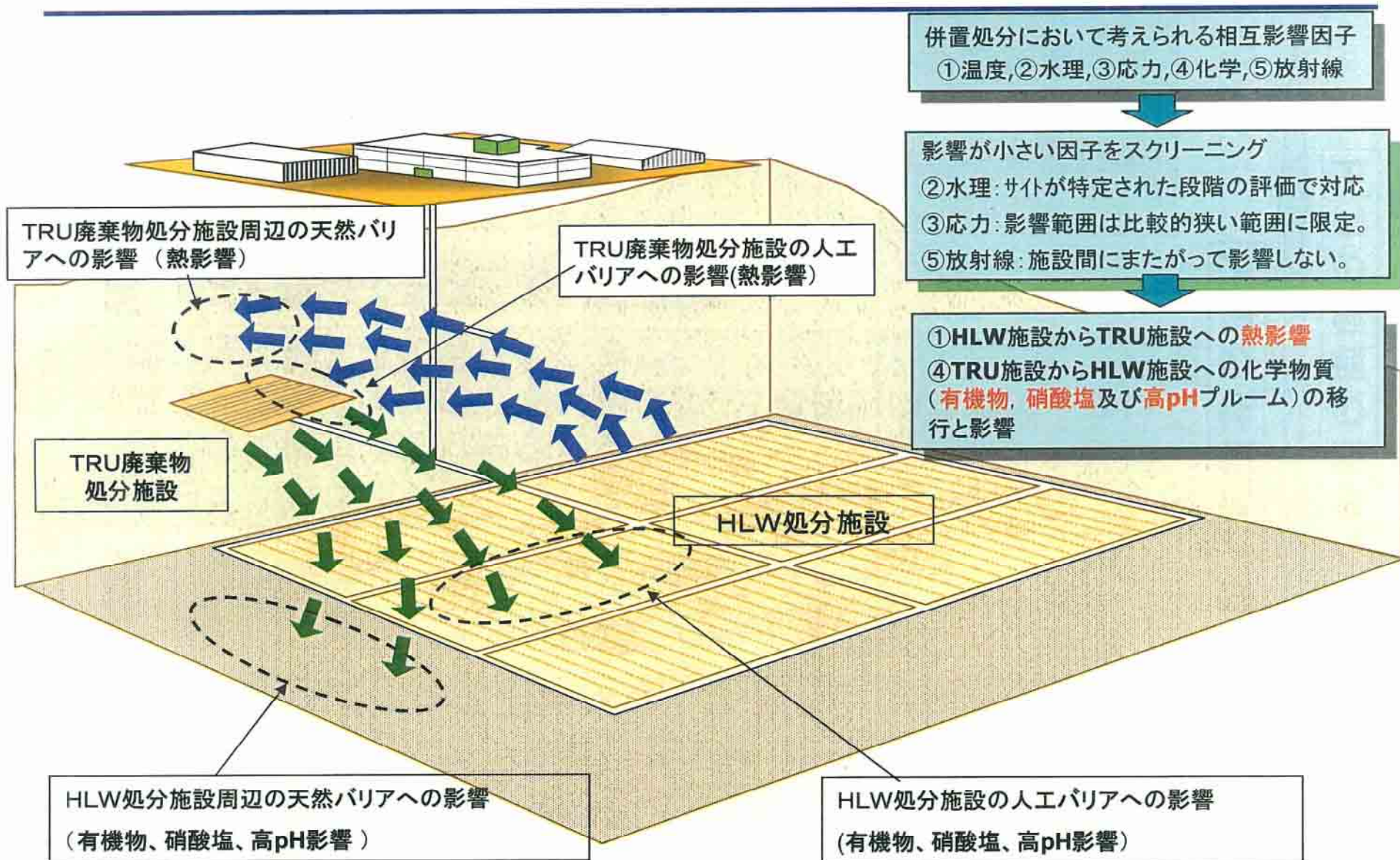
包括的感度解析

- ・ **レファレンスの地質環境条件**: 処分システムが高い頑健性を有していることを提示。
- ・ **より幅広い地質環境条件**: 廃棄体の高度化技術等の採用により, より高い安全性の確保が可能な見通しを提示。

網羅性／信頼性の向上

システム性能の理解の向上

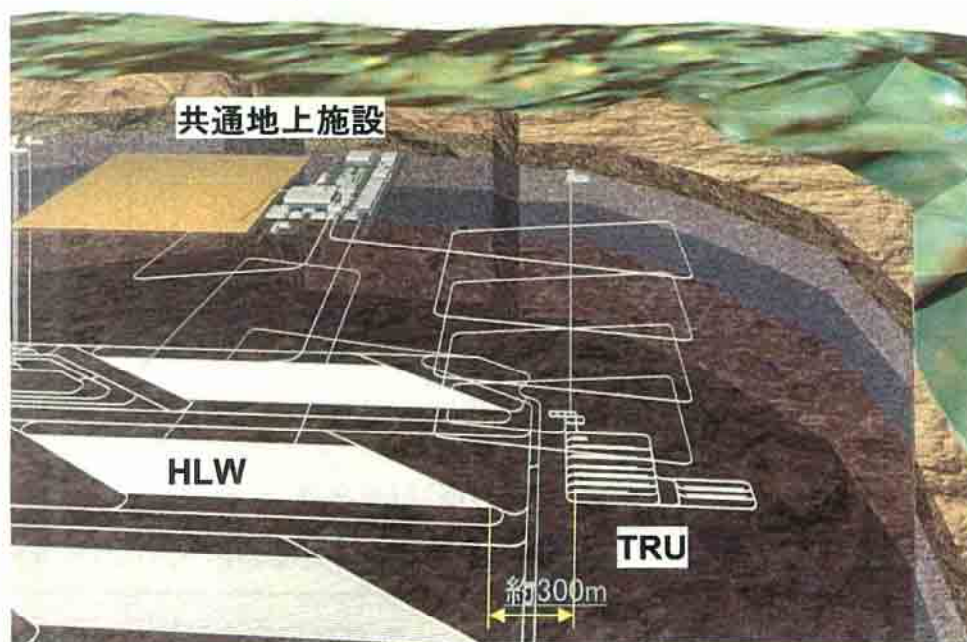
併置処分における相互影響因子



相互影響評価の一例

影響因子	有機物(TRU→HLW)	硝酸塩(TRU→HLW)
影響源	・廃棄物中に含有するセルロース系有機物の分解生成物であるISA(イソサッカリン酸)など	・グループ3廃棄物の再処理廃液中の硝酸塩
影響の概要	・核種の溶解度上昇 ・核種の分配係数低下	・核種の分配係数低下 ・金属腐食
判断目安	・ISA濃度で $1 \times 10^{-6} \text{mol/dm}^3$ 以下	・硝酸塩濃度で $1 \times 10^{-4} \text{mol/dm}^3$ 以下
解析モデル	・解析体系: 処分施設(処分坑道)及び周辺岩盤をモデル化した2次元鉛直断面 ・解析コード: 2次元物質移行解析コード「AZURE」	・解析体系: 処分施設(処分坑道)及び周辺岩盤をモデル化した2次元鉛直断面 ・解析コード: 2次元水理・物質移行解析コード「Dtrans2D-EL」
解析結果(例)		
離間距離の目安	・上記条件で上流側約10m ・透水係数等を変化させた条件では少し拡がり約20m	・上記条件で上流側約90m ・透水係数等を変化させた条件では少し拡がり約300m

併置処分の概念例と相互影響評価結果



相互影響因子	影響	離間距離の目安
熱 (HLW→TRU)	セメントの吸着性低下	約300m
有機物 (TRU→HLW)	溶解度上昇 分配係数低下	約20m
硝酸塩 (TRU→HLW)	分配係数低下 金属腐食	約300m
高pH (TRU→HLW)	ベントナイト変質 金属腐食 ガラスの溶解	約30m

諸外国の併置処分概念と同様に、約300mの離間距離の確保、処分場の配置及び工学的対策の組み合わせにより相互影響を回避できる見通し

低レベル廃液ガラス固化体による処分への影響

仏国COGEMAからの返還方法

処分への影響

HLWガラス固化体
約1,350本, 約260m³

固型物収納体
約3,600本, 約680m³

ビチューメン固化体
約1,100本, 約250m³

低レベル廃液ガラス固化体
28本程度, 約5m³

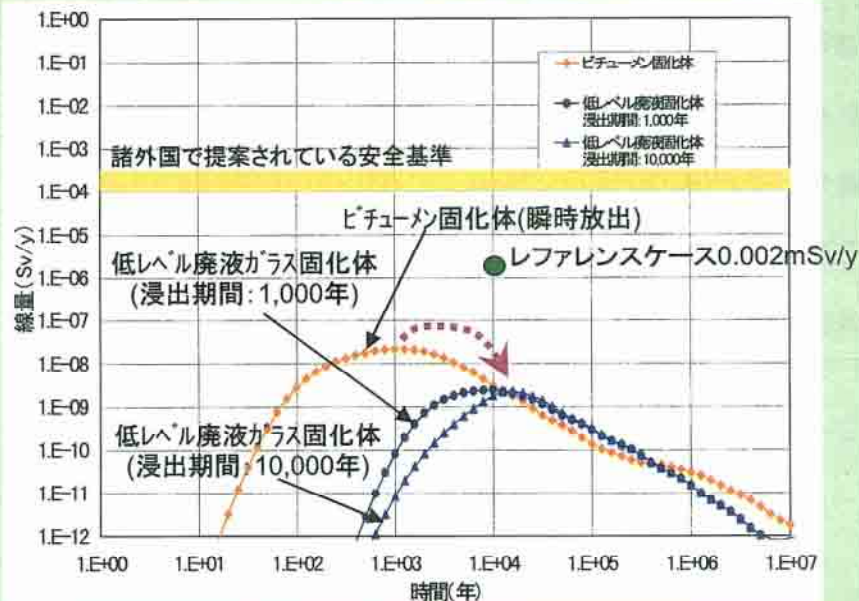
【TRU地層処分】

【HLW】

不変

不変

【ビチューメン固化体及び低レベル廃液ガラス固化体の線量比較】



低レベル廃液ガラス固化体の場合、ビチューメン固化体に比べ線量は1桁程度減少する。ただし、レファレンスケースの線量に比べ小さく、処分全体の線量はほとんど変化しない。

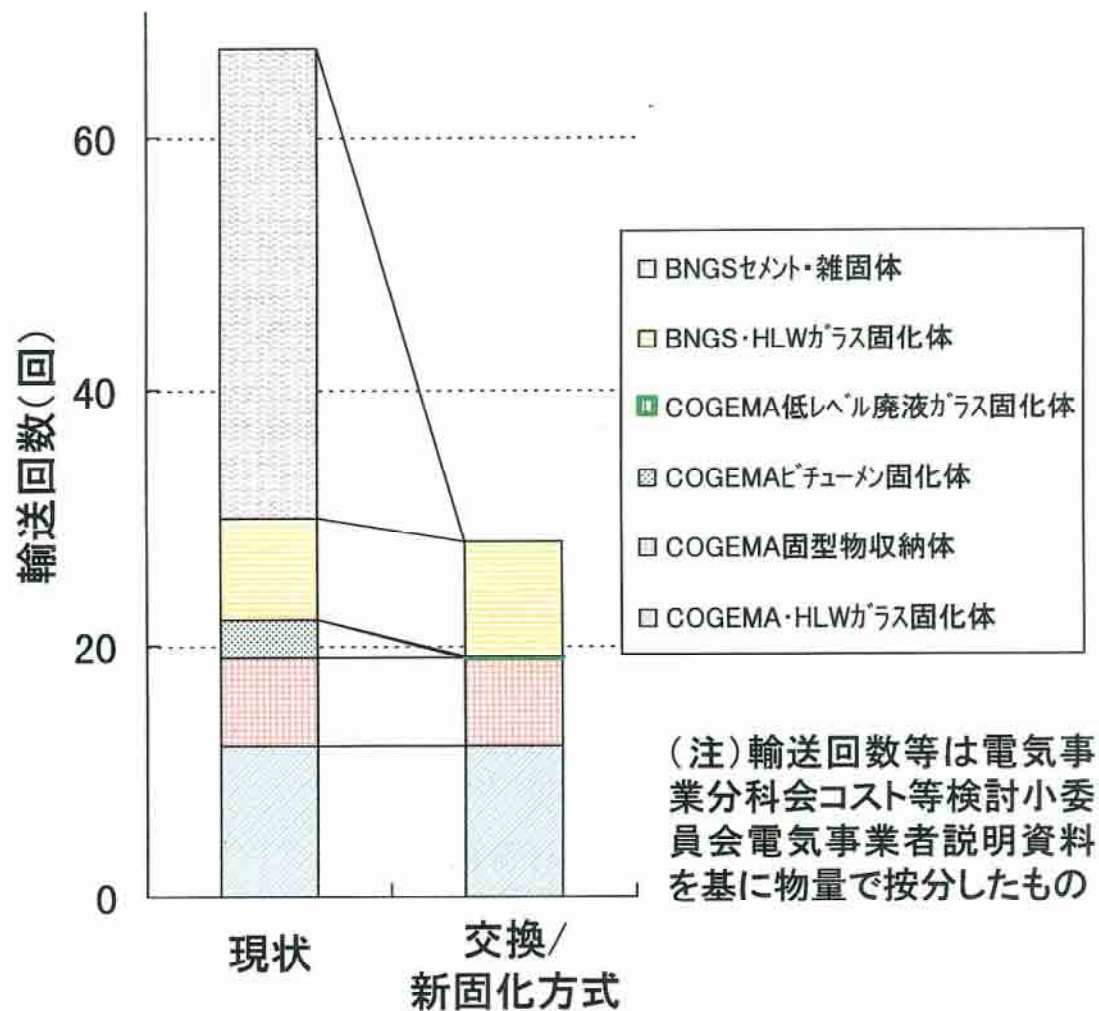
海外返還廃棄物の返還方法の変更による効果

【国際海上輸送回数】

- 英国BNGSの低レベル廃棄物をHLWガラス固化体へ交換
- 仏国COGEMAのビチューメン固化体を低レベル廃液ガラス固化体へ固化方式変更



国際海上輸送回数が大幅に低減



代替設計概念について

TRU廃棄物処分の以下の特徴を踏まえ、廃棄体からの核種放出の抑制、評価の不確実性低減に対応するための技術を検討。

- 線量評価では、可溶性で低収着性の長寿命核種であるI-129、C-14が支配的
- 多用されるセメント系材料からのアルカリ成分により、バリアを構成するベントナイトや処分場周辺の岩盤が長期的に変質
- 硝酸塩のバリア機能への影響(透水性、収着性、腐食性 等)

1) 廃棄体からの核種放出の抑制

- ① I-129に対する固定化技術(8種類)
- ② C-14に対する長期閉じ込め技術(2種類)

2) 評価の不確実性低減

- ① セメント/ベントナイト/岩 相互作用
 - 低アルカリ性セメント(2種類)
- ② 硝酸塩・アスファルト廃棄体
 - 硝酸塩分解処理技術, 他

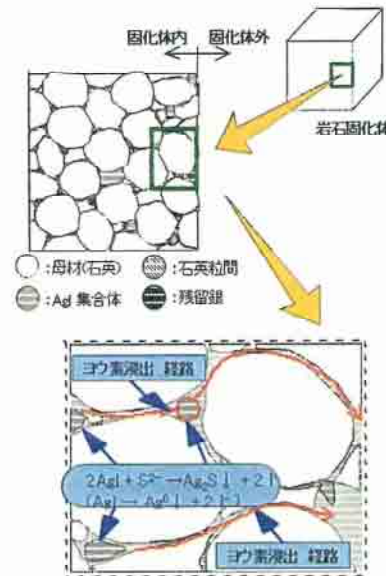


図 I-129固定化の技術例 (岩石固化)

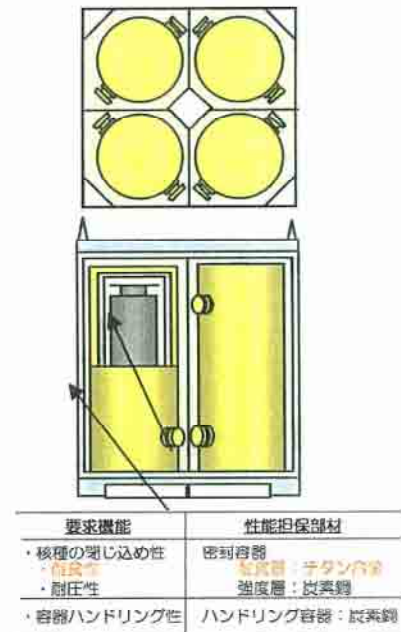


図 C-14長期閉じ込め技術例 (Ti高耐食性容器)

今後の技術開発課題

○目的: 第2次TRULレポートに集約された研究開発成果を技術的拠り所として, 処分実施を進めるための技術的基盤をより確かなものとする

○ 技術開発課題の分類:

高レベル放射性廃棄物の処分研究開発の成果を十分に活用しつつ、以下の研究開発を効果的・効率的に進める

➤基盤的研究[国又は研究機関]: 評価手法の高度化・信頼性向上, 知見の拡充, 及び具体的な地質環境への適用性確認を目的とした技術開発

【研究方法】 地層処分基盤研究施設(ENTRY)や放射化学研究施設(QUALITY)をはじめとする室内試験施設, 国内外の地下研等を用いて研究開発

➤事業化技術[実施主体]: 事業の安全な実施や経済性・効率性の向上などを目的とした技術開発

参考資料

「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方について」の概要

「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方について」

(原子力委員会原子力バンクエンド対策専門部会、平成12年3月)

- 一 廃棄物の性状に応じて、適切に区分し、浅地中のコンクリートピットへの処分、余裕深度への処分又は地層処分を行うことが可能であるとの見通しが得られた。
- 一 地層処分することを想定した場合、現在の技術により具体的な処分技術概念の構築することができると考えられる。
- 一 地層処分の安全性を確保することは可能であると考えられる。
- 一 今後の技術開発課題として、以下の事項が挙げられている。

- 廃棄体データ: データベースの整備及び充実, (製作された廃棄体に対する信頼性の高い品質管理及び検認手法の整備)
- 処分施設設計: 合理化及び詳細化
- 性能評価: 評価の信頼性向上を目指して
 - － 試験データの取得
 - － 特有な現象のより正確な把握と評価モデルの構築
(セメント変質, アルカリ/ベントナイト/岩反応, 硝酸塩挙動, ガス発生影響)
- ヨウ素閉じ込め性能向上のための研究開発, それを通じた処分の合理化や安全性の一層の向上

放射性廃棄物処分のための諸制度整備状況

廃棄物の区分		原子力委員会	原子力安全委員会			安全規制関係法令等			
		処分方針	安全規制の考え方	濃度上限値等	安全審査指針	政省令*1	規則, 告示		
高レベル放射性廃棄物		報告 (1998年5月)	報告(暫定) (2000年11月)		今後検討	今後整備			
低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの比較的高いもの [余裕深度処分]	報告 (1998年10月)	報告 (2000年9月)	報告 (2000年9月)	今後検討	制定 (2000年12月)	今後整備	
		放射能レベルの比較的低いもの [浅地中ピット処分]	報告 (1984年8月)	報告 (1985年10月)	共通的な重要事項 報告 (2004年6月)	報告 (1987年2月、1992年6月)	報告 (1988年3月)	制定 (1987年3月、1992年9月)	制定 (1988年1月、1993年2月)
		放射能レベルの極めて低いもの (コンクリート等廃棄物) [浅地中トレンチ処分]				報告 (1992年6月)	報告 (1993年1月)	制定 (1992年9月)	制定 (1993年2月)
		放射能レベルの極めて低いもの (金属等廃棄物) [浅地中トレンチ処分]				報告 (2000年9月)	今後検討	制定 (2000年12月)	今後整備
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物 (TRU廃棄物)	報告 (2000年3月)	検討中 (2000年6月～)	今後検討		今後検討	今後整備		
	ウラン廃棄物	報告 (2000年12月)	検討中 (2001年2月～)	今後検討		今後検討	今後整備		
R I・研究所等廃棄物	報告 (1998年6月)	検討中 (1998年6月～: R I 廃棄物は報告: 2004年1月)	今後検討 (研究所等廃棄物)	今後検討 (研究所等廃棄物)		今後整備			
放射性物質として扱う必要のないもの	放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度	報告 (1984年8月)	報告 (原子炉施設及び核燃料使用施設: 2004年10月)			今後整備			
	クリアランスレベル検認		報告 (原子炉施設のみ: 2001年7月)						

*1: 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律に係る政省令

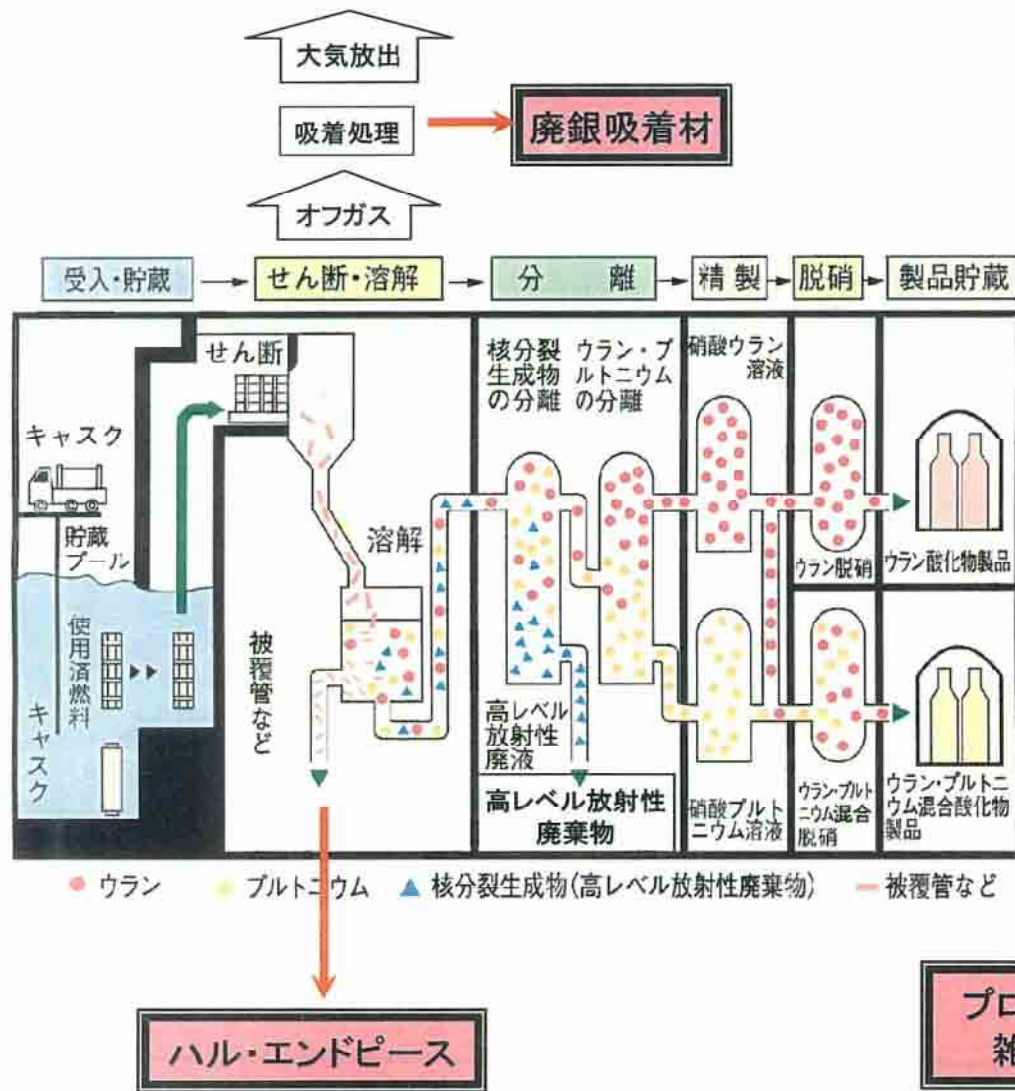
TRU廃棄物とは

- 再処理施設及びMOX燃料加工施設から発生する低レベル放射性廃棄物で、ウランより原子番号の大きい人工放射性核種（TRU核種）を含む廃棄物。
- TRU廃棄物には、核分裂生成物あるいは超ウラン核種が主な核種として含まれており、内部被ばくによる影響が大きくなる α 核種が比較的多く含まれているという特徴がある。
- TRU廃棄物には、 α 核種濃度が高い等により、浅地中コンクリートピット処分、余裕深度処分の概念を適用できないと考えられるものも存在。これらについては、地層処分を行う必要があると考えられる。

「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方について」（平成12年3月、原子力委員会）

- TRU(超ウラン元素: Trans-uranium)
ウラン(U: 原子番号92)よりも原子番号が大きい元素(核種)の総称、ネプツニウム (Np)、プルトニウム(Pu)などの人工放射性核種の総称。
- 核分裂生成物(FP: Fission Product)
ウランやプルトニウムの核分裂に伴って生じた核種のこと。大部分が放射性であり、その半減期は1秒以下のものから数百万年以上に及ぶものまで幅広い。

再処理施設から発生するTRU廃棄物



【TRU廃棄物の種類】

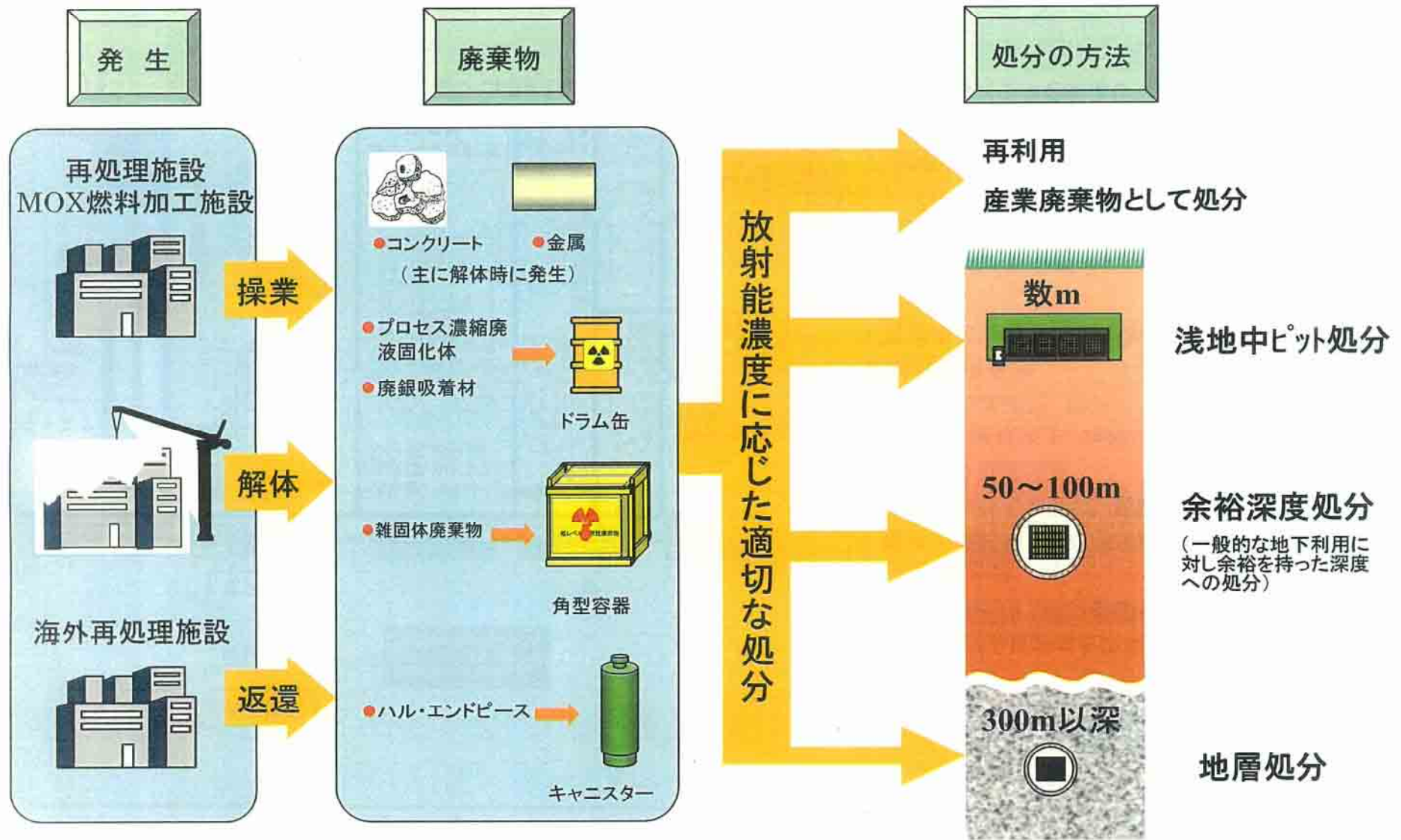
- ハル
 - ・数cmにせん断された燃料棒を、溶解槽で溶解させた際に溶け残る燃料被覆管
- エンドピース
 - ・使用済燃料集合体の末端部分
 - ・集合体のせん断時に、切断除去
- プロセス濃縮廃液
 - ・酸回収、溶媒再生、除染、分析等により発生し、蒸発濃縮等の処理後、固化
- 雑固体廃棄物
 - ・再処理工程の各工程で発生する雑多な固体状の廃棄物
 - ・可燃性(紙、布等容易に焼却できるもの)、不燃性(金属配管、ガラス等焼却できないもの)に分類
(MOX燃料加工施設の操業・解体からも発生)
- 廃銀吸着材
 - ・使用済燃料のせん断・溶解時に発生するオフガス中の放射性ヨウ素を吸着した使用済みのフィルター

各工程から

ハル・エンドピース

プロセス濃縮廃液
雑固体廃棄物

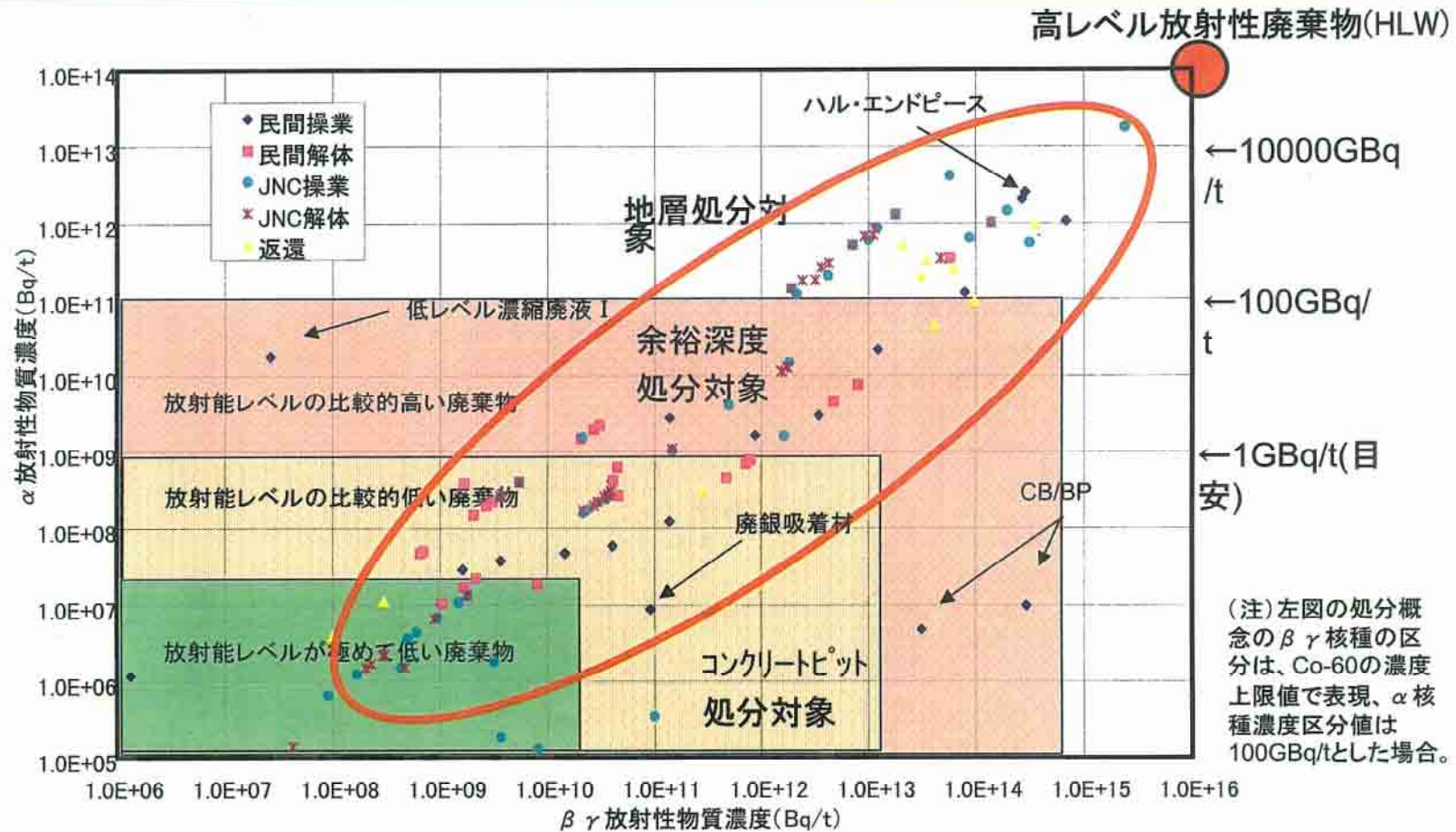
TRU廃棄物の処分の方法



TRU廃棄物の特徴

処分方法	地層処分を想定		余裕深度処分・浅地中処分を想定	
概要	<p>ハル (断面)</p>	<p>廃銀吸着材</p> <p>放射性的ヨウ素を除去する吸着材</p>	<p>濃縮廃液等 硝酸系廃液</p> <p>乾燥・ペレット化</p> <p>硝酸系廃液の処理例</p>	<p>難燃性廃棄物</p> <p>ゴム手袋 不燃性廃棄物</p> <p>工具 金属配管</p>
廃棄体イメージ	<p>(例)</p>	<p>(例)</p>	<p>(例)</p>	<p>(例)</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・発熱量が比較的大 ・C-14を含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・I-129を含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・硝酸塩を含む 	<p>—</p>

TRU廃棄物の特性



	単位	HLW	地層処分TRU(α区分=1GBq/t)
放射性物質濃度	Bq/t	βγ:約1.0E+16, α:約1.0E+14* ¹	βγ:1.7E+14, α:4.0E+11* ³
総放射性物質質量	Bq	βγ:約2.0E+20, α:約2.0E+18* ²	βγ:1.7E+19, α:3.9E+16
発熱量	W/本	2,300* ¹	61(JNFLハル・エンドピース)

* 1:(財)原子力環境整備促進・資金管理センター 放射性廃棄物ハンドブック(平成17年度版)より

* 2:放射性物質濃度から、ガラス固化体重量:約500kg/本、発生量:40,000本として算出

* 3:総放射生物質量を地層処分対象廃棄体の総重量:約98,000tonで除して算出

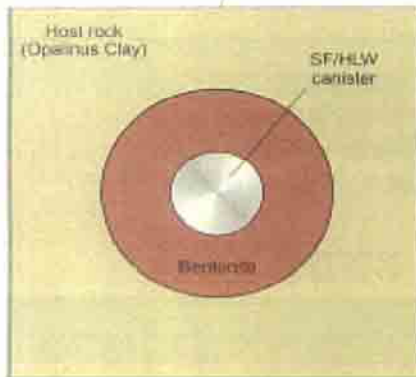
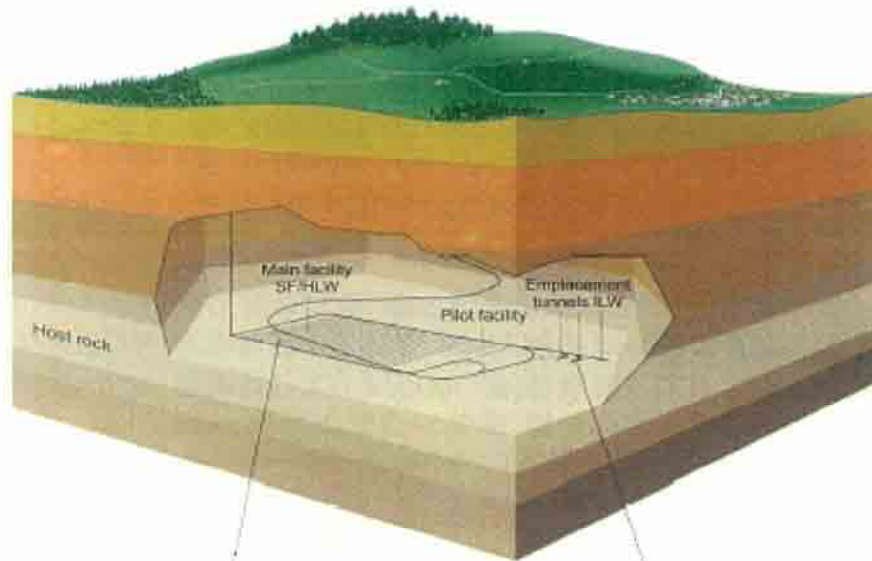
諸外国での高レベル放射性廃棄物と地層処分が想定される TRU廃棄物の同一処分場での処分について

諸外国では高レベル放射性廃棄物と地層処分が想定される廃棄物の処分施設を同一の処分場に計画している国が多い。

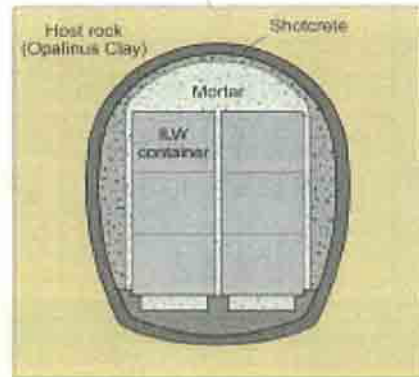
国名	スイス	フランス	ベルギー	ドイツ	アメリカ
処分方式	併置処分 長寿命・中レベル廃棄物※ 高レベル廃棄物 (ガラス固化体及び 使用済燃料)	併置処分 カテゴリ-B廃棄物※ 高レベル廃棄物 (ガラス固化体及び 使用済燃料)	併置処分 カテゴリ-B廃棄物※ カテゴリ-C廃棄物の一部※ 高レベル廃棄物 (ガラス固化体及び 使用済燃料)	併置処分 発熱性廃棄物※ 非発熱性廃棄物の一部※ 高レベル廃棄物 (ガラス固化体及び 使用済燃料)	単独処分 TRU廃棄物※ (軍事用)
岩種・深度	オパリナス粘土:約650m 結晶質岩:約1,000m	堆積岩:約500m 結晶質岩:未定	ブーム粘土:約240m	未定 (サイト選定見直し中) (ゴアレーヘンの場合、岩 塩層:840m~1,200m)	操業中 (ニューメキシコ州カー ルスバッド近郊) 岩塩層:約650m
レイアウト	同一地層で高レベル廃 棄物処分エリアとTRU廃 棄物処分エリアは、500m 程度離される(参考図参 照)	同一地層で高レベル廃 棄物処分エリアとTRU 廃棄物処分エリアに区 分されている(離間距離 は今後検討)	同一地層で高レベル廃 棄物処分エリアとTRU 廃棄物処分エリアに区 分されている(離間距離 は今後検討)	未定	—

- ・スイス : Kristallin-I, NTB 93-09E, May 1994, Nagra.
- ・ Project Opalinus Clay, Safety Report, NTB02-05, December 2002, Nagra.
- ・フランス : "DOSSIER 2001 ARGILE: Progress Report on Feasibility Studies & Research into Deep Geological Disposal of High-Level, Long-Lived Waste (Synthesis report)"
- ・ベルギー: Safety Assessment and Feasibility Interim Report 2; SAFIR2, ONDRAF/NIRAS(2001)
- ・ドイツ : "Environmental Policy :Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management", BMU(2003) DBE Webサイト: <http://www.dbe.de/>
- ・アメリカ : WIPP Web サイト: <http://www.wipp.ws/>
- ・※日本では、地層処分が想定されるTRU廃棄物に相当する。

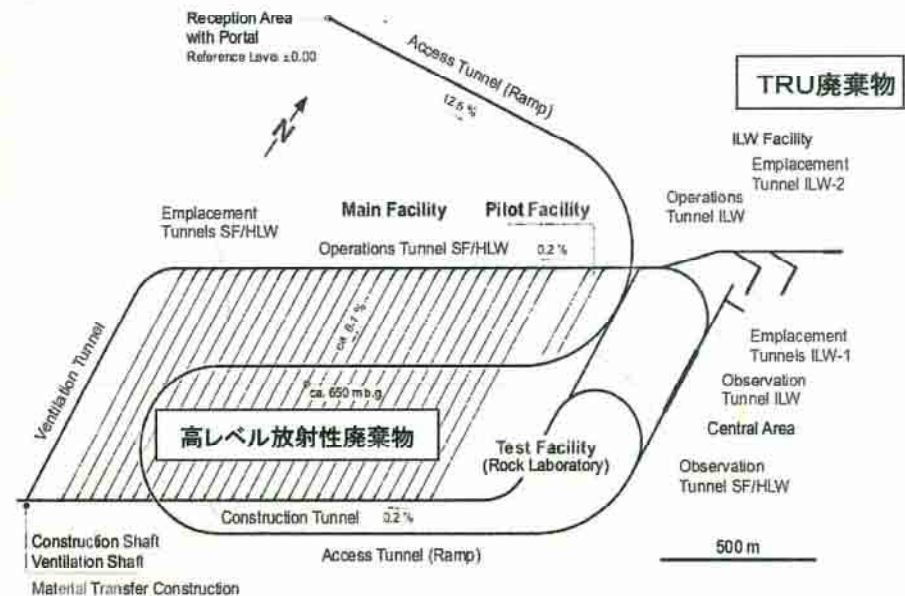
スイスにおける高レベル放射性廃棄物と地層処分が 想定されるTRU廃棄物の併置処分概念図



Emplacement tunnel SF/HLW
高レベル放射性廃棄物



Emplacement tunnel ILW
TRU廃棄物



Opalinus 粘土層における地層処分場レイアウト

出典：NAGRA NTB 02-05: Project Opalinus Clay

Opalinus 粘土層における地層処分施設断面図

地層処分を想定しているTRU廃棄物の単独処分と 高レベル放射性廃棄物との併置処分の処分費用比較

処分方法		単独処分		HLWとの併置処分		条件の設定方法 又は差異理由
条件	岩種	堆積岩	結晶質岩	堆積岩	結晶質岩	処分費用比較のための地層処分を想定しているTRU廃棄物量は、JNFL再処理・MOX操業・解体に伴う廃棄物量及び海外からの返還される廃棄物を合計した値(17.9千m ³)で設定
	深度(m)	500	1,000	500	1,000	
	廃棄物量(千m ³)	17.9		17.9		
費用 (百億円)	技術開発費	7	7	5	5	・処分サイトに応じた実証試験が削減可能
	調査・用地取得費	14	19	5	7	・各種調査費(ボーリング調査、環境影響評価等)の一部が削減可能 ・用地取得費の全部が削減可能
	設計・建設費	17	17	12	12	・インフラ施設の全部が削減可能 ・地上施設の一部が削減可能
	操業費	11	17	10	16	・「設計・建設費」欄の施設の点検保守費が削減可能
	解体及び閉鎖費	1	1	1	1	
	モニタリング費	8	8	3	3	・周辺環境のモニタリング(環境放射線、地下水等)が削減可能
	プロジェクト管理費	18	18	6	6	・人員の共通化が図れ、全期間を通じ人件費が低減可能 ・施設の削減に応じた固定資産税が削減可能
	合計	75	87	42	51	
	岩種平均	81		47		
単価(億円/m ³)		0.45		0.26		