フィンランドと日本における放射性廃棄物処分の安全確保の考え方の比較考察

戸田建設株式会社(TODA Corporation)　関口高志(Takashi Sekiguchi), 北原慎也(Shinya Kitahara)
Fortum Power & Heat Oy　Sami Hautakangas ， Jari Tuunanen

はじめに

フィンランドは，高レベル放射性廃棄物の地層処分の事業が世界に先駆けて建設段階に入っており，低中レベル放射性廃棄物の中間深度処分の操業も20年の歴史があります。そのため，これまでに日本における規制の制度化や事業者の処分計画の際に，フィンランドの先進事例はたびたび参照されてきました。

一方で，フィンランドと日本の法制度や事業環境，１処分場当たりの廃棄物量や人工バリアの構成，天然バリアの岩盤など異なる点も多々見受けられます。

フィンランドの先進事例を学ぶに当たって，両国の処分を取り巻く環境や条件の違いを認識したうえで，日本へ適用可能なよい考え方を取り入れていくことが重要であると考えます。本ポスターでは，その一助となるよう，両国における放射性廃棄物処分の安全確保の考え方を比較し，一部に考察を加えました。

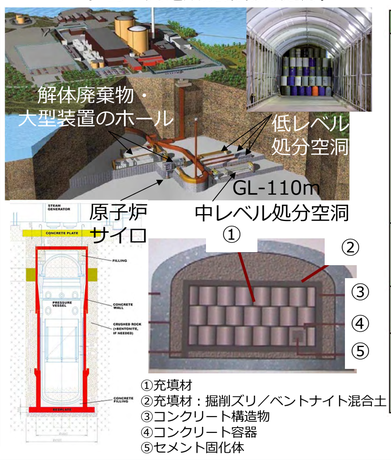
廃棄物の区分と処分方法

フィンランド

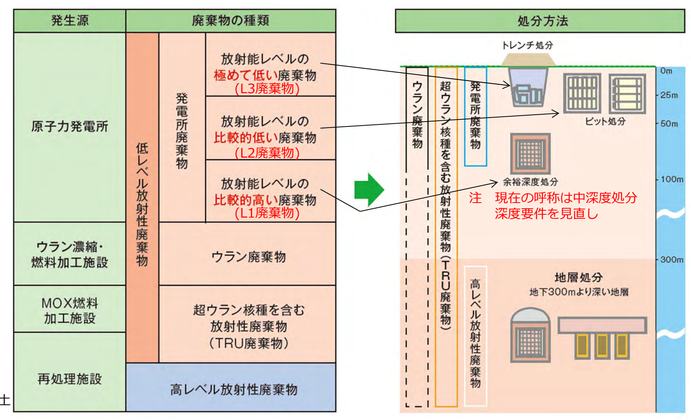
ロヴィーサNPPの放射性廃棄物の処分

廃棄物の区分				処分方法	
運転廃棄物	汚染	雑固体	低	低レベル処分空洞	中間深度処分 ロヴィーサ処分場
	汚染	樹脂	中	中レベル処分空洞	
	放射化	金属	中	原子炉サイロ	
廃止措置廃棄物	放射化	金属	中	原子炉サイロ	
	放射化	金属 コンクリート	低	解体廃棄物ホール	
	汚染	金属 コンクリート	低	解体廃棄物ホール 大型装置のホール	
	汚染	雑固体	低	低レベル処分空洞	
極低レベル放射性廃棄物				低レベル処分空洞	
使用済み燃料				地層処分（直接処分） オルキルオト処分場	

ロヴィーサVLJ処分場（VLJ：発電所廃棄物の処分）



日本



日本原子力文化財団　原子力・エネルギー図面集2016

比較・考察

・フィンランドでは，電力事業者が発電所の敷地内で低中レベルの中間深度の処分場を建設・操業（以前は法令要件）
→日本のL1・L2・L3相当の廃棄物を同一深度に処分
→廃棄物に応じた人工バリアの構成＋花崗岩の天然バリア
→原子炉サイロや大型装置は，切断せず地下に運搬して処分
→発電所の運転延長に伴い，極低レベル廃棄物を処分空洞で5年間の中間貯蔵後，減衰分を陸上埋立かリサイクルの計画

・日本では，L1，L2廃棄物は集中処分，L3は個別処分の方針
→L1相当の廃棄物を中間深度に処分するという点でフィンランドは参考になるが，インベントリやバリア構成は異なる

安全評価のシナリオと判断基準

フィンランド

低中高レベルで共通

期間	シナリオ区分	判断基準	
		政府決定 736/2008	STUK YVL D.5　(2013.11.15)
十分な信頼性をもって被ばく評価をできる期間 少なくとも数千年	予想される進展シナリオ expected evolution scenario	最大被ばくを受ける人々 年間線量≦0.1mSv／年	–
		その他の人々 年間平均線量は取るに足らないほど低いままであること	被ばくする人数に依存するが，最大被ばくを受ける人々の拘束値の1/100～1/10を超えないこと
	低頻度事象（シナリオ） unlikely events	最大被ばくを受ける人々 年間線量の期待値 ≦0.1mSv／年	線量が確定的な放射線影響（少なくとも，およそ0.5Sv）となるような確率は，極めて小さいこと
上記を超える長期的な期間	予想される進展シナリオ expected evolution scenario	最大でも，処分から生じる放射線影響が自然の放射性物質から生じるものに相当し得ること	数千年後にはじめて環境に入るもので，1,000年間の平均放出量，核種ごとに拘束値を設定　：　0.03，0.1，0.3，1，3，10，30，100GBq/年
		大規模でも，放射線影響が取るに足らないほど低いままであること	–
	低頻度事象（シナリオ） unlikely events	最大でも，処分から生じる放射線影響の期待値が自然の放射性物質から生じるものに相当し得ること	–

日本

上：ピット処分，トレンチ処分
下：中深度処分

シナリオ	シナリオの概要	基準線量
基本シナリオ	過去及び現在の状況から，廃棄物埋設地及びその周辺の地質環境，被ばく経路の特性に基づき将来起こる可能性が最も高いと予見される一連の変化を考慮し，科学的に最も可能性が高いと考えられる状態設定の下で，科学的に最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。	0.01 mSv/年
変動シナリオ	基本シナリオに対する不確かさを網羅的に考慮した状態設定の下で，科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい設定により評価する。なお，パラメータ間に相関関係がある場合には，これを勘案した上で保守性が確保されるように設定する。	0.3 mSv/年
その他のシナリオ	上記以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオについて，サイト条件を十分に勘案して，その影響について評価を行う。	1mSv/年

第二種廃棄物埋設施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈，2013.11.27

状態	判断基準
厳しい状態	最も厳しい状態で代表的個人（生活圏で最も厳しい被ばく経路の対象となった者）に対して300μＳｖ／年を超えないこと
通常の状態	公衆の線量が合理的に達成できる限り低減するものであることを，プロセスを満たすことにより示していること 通常の状態で保守的にパラメータを設定した状態の線量が100μSv/年を超えないこと 科学的に最も可能性が高い状態で比較し，より良いものを決定

原子力規制委員会　第30回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム資料30-1
2018.6.19　（原子力規制委員会及び検討チーム会合で議論中であり決定事項ではない）

比較・考察

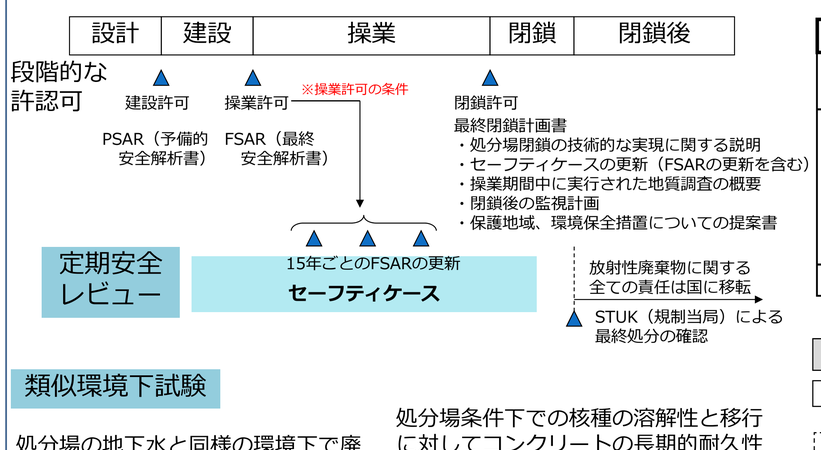
・フィンランドでは，処分方法別の規制を共通規制に見直し
→日本では，L2・L3処分とL1処分で異なる規制

・フィンランドでは，評価期間で2区分，シナリオで2区分線量拘束値は0.1mSv／年で，リスクを考慮
→低頻度事象では，シナリオの確率×線量の期待値で評価
→より長期的な不確実性に対して放射性核種の放出量を指標

・日本では，L2・L3処分ではシナリオで3区分，L1処分では状態設定で2区分で通常の状態ではALARAに基づく設計プロセスが審査の対象＋保守的なパラメータで0.1mSv／年を超えないことが要件，線量拘束値は両者とも0.3mSv／年
→線量拘束値はフィンランドが小だが，低頻度事象で想定する確率が小さいと線量の許容値はフィンランドが大となる
→フィンランドの予想される進展シナリオは保守的なパラメータ設定で日本の中深度処分の通常の状態と同様の設定と線量になるが，保守性の程度は日本が厳しいと考えられる

定期安全レビューと処分場の管理

フィンランド



類似環境下試験

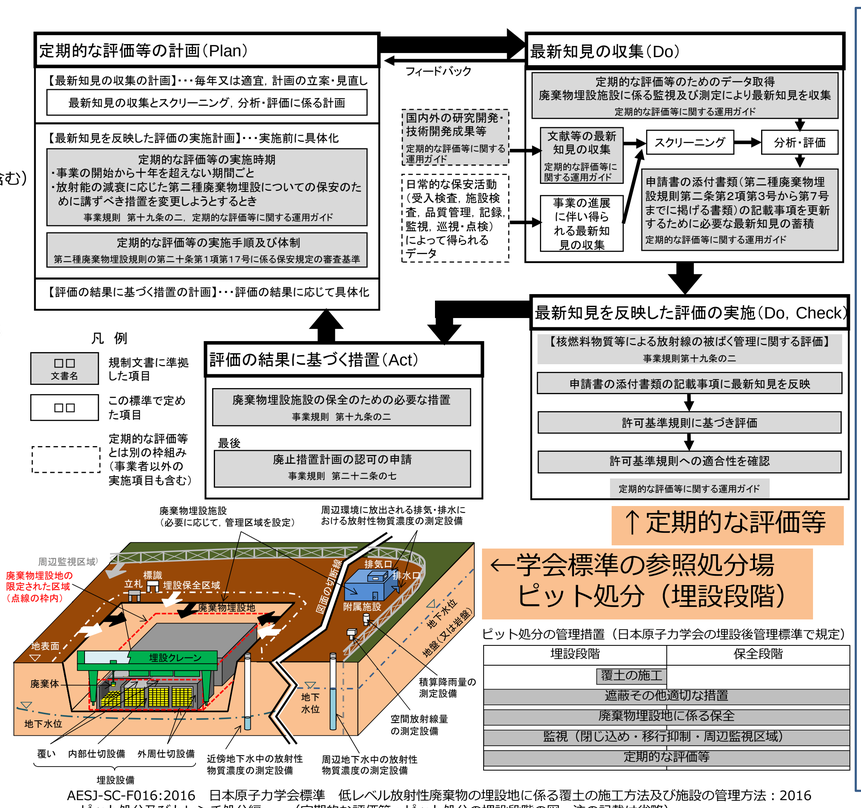
処分場の地下水と同様の環境下で廃棄体容器の劣化・損傷の状況を確認
→20年程度の期間で異常のないことを確認

処分場条件下での核種の溶解性と移行に対してコンクリートの長期的耐久性が及ぼす影響を確認
→実際の操業条件・地下水条件下でのコンクリートの耐候性を推定（今後，水和物や鉱物組成，空隙構造を確認）

Fortum Power and Heat oy, Report TJATE-G12-00082, Long-term durability experiments with concrete-based waste packages in simulated repository conditions

Posiva, Nuclear waste management of the Olkiluoto and Loviisa nuclear power plants - Summary of operations in 2012

日本



↑定期的な評価等

←学会標準の参照処分場
ピット処分（埋設段階）

ピット処分の管理措置（日本原子力学会の埋設後管理標準で規定）

埋設段階	保全段階
覆土の施工	
遮蔽その他適切な措置	
廃棄物埋設地に係る保全	
監視（閉じ込め・移行抑制・周辺監視区域）	
定期的な評価等	

AESJ-SC-F016:2016　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覆土の施工方法及び施設の管理方法：2016
－ピット処分及びトレンチ処分編－　（定期的な評価等・ピット処分の埋設段階の図，注の記載は省略）

比較・考察

・フィンランドでは，建設・操業・閉鎖許可と段階的な許認可で，定期安全レビューは操業許可の条件
→日本では，事業許可時の審査に重点，L1処分では閉鎖措置計画の認可と廃止措置計画の認可に定期的な評価等も考慮

・フィンランドでは，アクセストンネルの埋戻しを完了して閉鎖許可の後は国の管理に移行
→日本のL1・L2・L3処分では，アクセストンネルの埋戻し，または覆土の後の一定期間は保全段階として事業者が管理
→諸外国の浅地中処分では，覆土後の管理期間を設定する事例は多い（米英仏など）が，中間深度処分（L1）で閉鎖後の管理期間を設定している点がフィンランドとは異なる

・フィンランドの定期安全レビューは15年ごと
→日本の定期的な評価等は10年ごと＋段階移行・廃止措置時

・フィンランドでは，簡易な類似環境下試験を実施中，高レベル処分では実規模原位置実証試験（FISST）が開始
→日本でも，L1処分では類似環境下試験を計画の可能性あり

まとめ

・フィンランドでは、１サイト分の低中レベル放射性廃棄物をすべて、敷地内の中間深度に処分するため、特に放射能レベルの小さい廃棄物ほど、人工バリアの負担が小さい処分システムとなっている。一方、日本で集中処分となる浅地中のピット処分と中間深度処分では比較的人工バリアの負担が大きい処分システムとなっている。
・線量拘束値は、フィンランドが0.1mSv／年、日本が0.3mSv／年とフィンランドの方が小さいが、低頻度事象では確率を乗じた期待値で評価し、長期の不確実性に対しては核種放出量を指標とするなどバランスのとれた規制体系となっている。日本の規制は線量を基準としており，シナリオ設定で類似の面もあるが，相対的に厳しいと考えられる。
・フィンランドの建設許可は予備的安全評価によるもので、操業許可が最終安全評価、その後、定期安全レビューがあり、閉鎖後は国の管理に移る。日本でも定期的な評価等があるが、建設前の安全審査の比重が高く、低レベルでは閉鎖後の管理期間があるため、事業の開始前の準備と事業期間の長さの点で、事業者の負担が大きいと考えられる。

第34回　バックエンド夏期セミナー　2018年8月22日(水)