

令和4年度開始廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金 (固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発) (分冊⑦)

4.処理・処分

4.2 処分概念の提示及び安全評価手法の開発

4.2.2 安全評価手法開発の試行

4.2.2.3 1F事故廃棄物の特徴を考慮した品質管理下安全評価検討

2025年5月

日本原子力研究開発機構

本成果報告は7分冊で構成し、本資料は分冊⑦である。

分冊	タイトル
①	1.全体概要
②	2.性状把握
③	3.保管・管理
④	4.処理・処分 4.1 処理技術
⑤	4.処理・処分 4.2 処分概念の提示及び安全評価手法の開発 4.2.1 処分概念提示に必要な情報・知識の調査 4.2.2 安全評価手法開発の試行 4.2.2.1 ストーリーボードのプロトタイプ検討
⑥	4.2.2.2 重要シナリオ・モデル・パラメータ検討
⑦	4.2.2.3 1F事故廃棄物の特徴を考慮した品質管理下安全評価検討

	頁
4.2 処分概念の提示及び安全評価手法の開発	
4.2.2 安全評価手法開発の試行	
4.2.2.3 1F事故廃棄物の特徴を考慮した品質管理下安全評価検討	
(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案	6
(2)安全評価実施環境の整備	88
(3)安全評価の試行	97
(4)情報管理ツールと安全評価結果の品質保証体系	145
(5)安全評価の品質保証体系の提案	148
(6)科学的根拠の管理手法	156
4.2 処分概念の提示及び安全評価手法の開発のまとめ	176

	頁
事故廃棄物の特徴を考慮した 品質管理下安全評価手法の検討 補足資料	
安全機能と構成要素の関係のまとめ	178
1F事故廃棄物の処分概念案	201
主要な評価パラメータの設定値と根拠	213
廃棄体パラメータ	247
安全評価パラメータ設定案	263
核種移行モデルの構築	333
生活圏評価モデルの構築	336
安全評価の品質保証体系の提案	343
安全評価パラメータ一覧	370

4.2 処分概念の提示及び安全評価手法の開発

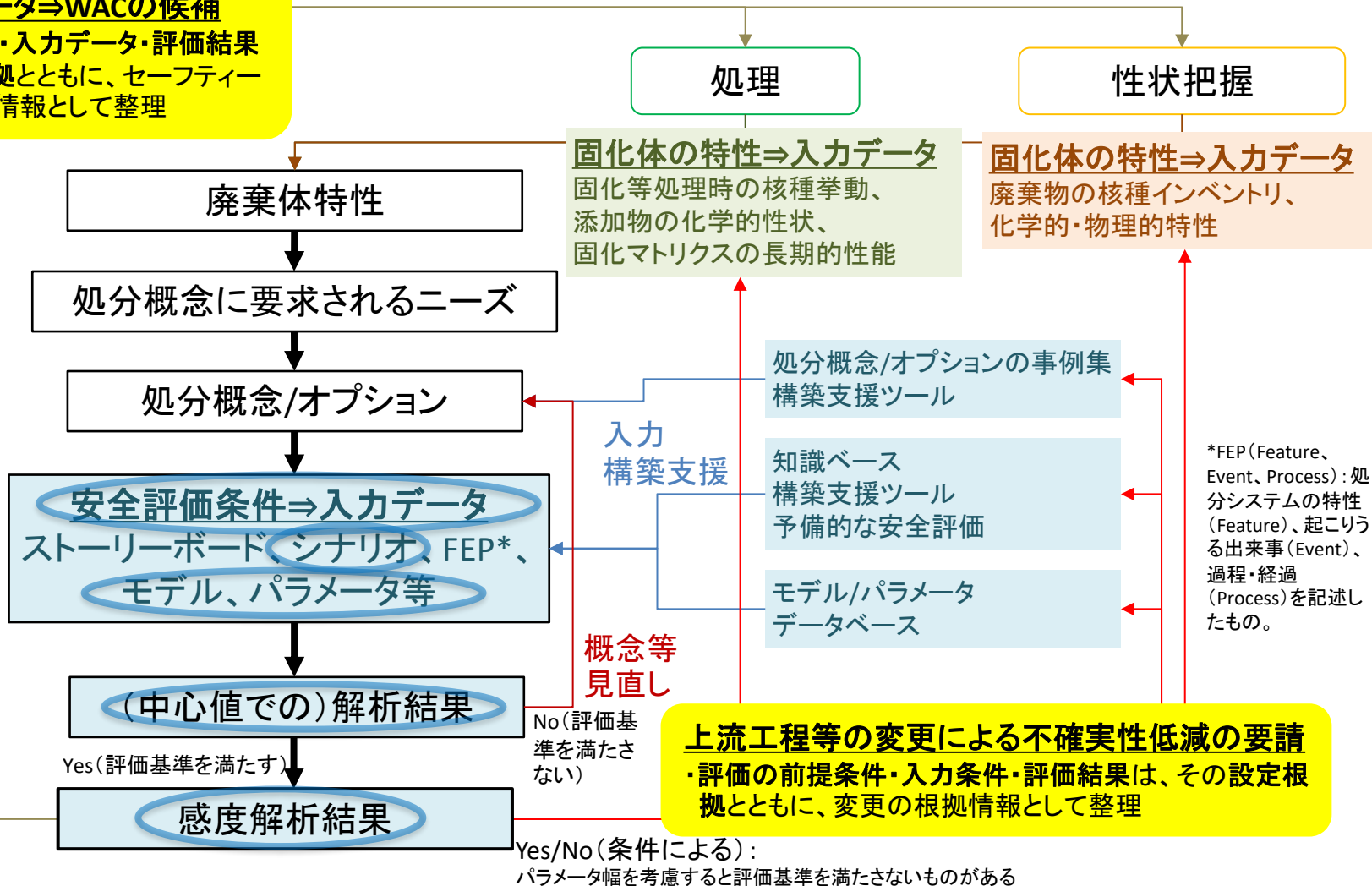
廃棄物ストリーム合理化に向けた処分安全評価を中心とする情報の流れと本項目の範囲

- 廃棄物ストリームの合理化における情報の流れを処分概念構築とそれに対応した安全評価解析を実施することを中心に据えて整理
- 固化処理技術や性状把握等の基礎研究に基づいた入力データを用いて、構築した処分概念オプション案の成立性を種々のツールを用いて評価し、検討結果に応じて基礎研究の実施内容にフィードバックをかけることを表現

廃棄体特性データ⇒WACの候補

・評価の前提条件・入力データ・評価結果は、その設定根拠とともに、セーフティーケースへの格納情報として整理

○: 分冊⑦の範囲



4.2.2 安全評価手法開発の試行

4.2.2.3 1F事故廃棄物の特徴を考慮した品質管理下安全評価検討

- (1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案
 - 既存の安全評価方針の整理。
 - 事故廃棄物の処分施設概念の検討及び安全評価方針案の提案。
- (2)安全評価実施環境の整備
 - 評価の目的に応じた評価モデル群(評価モデルを実装した解析コード等)の構築。
 - 評価モデルと評価条件に応じた評価パラメータ群の設定と根拠の整備。
- (3)安全評価の試行
 - 安全評価実施環境を試行的に運用した感度解析の実施と、影響が顕在化しやすい条件の抽出。
 - 不確実性の低減や評価結果の信頼性向上に向けた改良点の提案。
 - 不確実性低減のために充足すべき根拠情報等のデータ充足の重点項目の抽出。
 - 評価対象廃棄物を選定するための予備解析の実施。
- (4)情報管理ツールと安全評価結果の品質保証体系
 - ・ 論拠情報を追跡可能な形で管理するための情報管理ツールを試作し、論拠情報を収集しつつ機能向上を進める。
 - ・ 安全評価の根拠情報・設定理由・評価結果までを一元的に管理する安全評価品質管理データベースを作成し、情報管理ツールとの連携を試行する。

4.2.2 安全評価手法開発の試行

4.2.2.3 1F事故廃棄物の特徴を考慮した品質管理下安全評価検討

■ (5)安全評価の品質保証体系の提案

- 安全評価の前提となる処分概念やオプション、想定した処分環境、評価モデル体系と解析ツール、パラメータセット等の評価条件と評価結果を関連付け。
- 感度解析や解析結果間の比較を、迅速かつ確実に行うための、評価条件と評価結果の管理方法、管理システムを提案。

■ (6)科学的根拠の管理手法

- 処分概念・オプションや安全評価条件を設定した際の科学的根拠を明確に管理するための情報管理ツールの基本構造の構築。
- 種々の情報・知識の収集、分類及び用途に則した検索の高度化等の手法を検討し、情報管理ツールを構成する個別ツールの開発。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 既存の安全評価方針の整理

○ 調査項目

- ① 安全評価の目的、背景情報等
- ① 処分対象廃棄物
- ② 天然バリア・環境条件
- ③ 処分概念
- ④ シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定
- ⑤ モデル設定の考え方と具体的な設定
- ⑥ パラメータ設定の考え方と具体的な設定
- ⑦ 評価の目安や基準設定の考え方
- ⑧ 評価結果及び主要核種
- ⑨ 評価における不確実性の取り扱い
- ⑩ 確率論的安全評価の実施内容
- ⑪ 考察
- ⑫ 1F事故廃棄物への適用性

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

調査対象施設

<<浅地中処分>>

- ✓ **日本・JNFL低レベル放射性廃棄物埋設センター**
日本原燃株式会社、“廃棄物埋設事業変更許可申請書(3号廃棄物埋設施設の増設及び1、2号廃棄物埋設施設の変更)”、2021年6月14日(2021)
- ✓ **英国・Drigg LLWR site**
LLW Repository Ltd.、“The 2011 Environmental Safety Case Environmental Safety Case –Main Report”, LLWR/ESC/R(11)10016. (2011)
- ✓ **米国・Waste Control Specialists LLC (WCS) LLRW land disposal facility**
WCS, “Application For License to Authorize Near-Surface Land Disposal of Low-Level Radioactive Waste”, Revision 12c, May 1, 2007.(2007)
- ✓ **カナダ・Near Surface Disposal Facility (NSDF)**
CNL, “Safety Assessment Report, Near Surface Disposal Facility Safety Case”, 232-03610-SAR-001, Revision 2, Canadian Nuclear Laboratories, January 8 2021(2021).

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

調査対象施設

<<中深度処分>>

- ✓ **日本・余裕深度処分の管理期間終了以後における安全評価に関する技術資料**
原子力安全基盤機構、“代表的な安全評価シナリオの解析例の再解析について”、二分第11-2号 (2008).
- ✓ **スウェーデン・短寿命放射性廃棄物の最終処分場 (SFR)**
SKB, “Safety analysis for SFR Long-term safety Main report for the safety assessment SR-PSU”, Technical Report TR-14-01 Revised edition , October 2015 (2015)
- ✓ **スウェーデン・長寿命放射性廃棄物(SFL)の安全評価 (SE-SFL)**
SKB, “Post-closure safety for a proposed repository concept for SFL. Main report for the safety evaluation SE-SFL”. SKB TR-19-01, (2019).
- ✓ **韓国・月城中低レベル廃棄物処分場**
KORAD, “New Korean LILW Repository-Current Status of Radioactive Waste Management in Korea”, Eunsang Park, 4th Feb. 2015.(2015)
Minseok Kim, Jong-Won Lee. “The Status of LILW Disposal Facility Construction in Korea”, 15158. WM2015 Conference, March 15 – 19, 2015, Phoenix, Arizona, USA.(2015)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

調査対象施設

<<地層処分>>

- ✓ **日本・NUMO包括的技術報告書(NUMO-SC)**
原子力発電環境整備機構(2021): 包括的技術報告: わが国における安全な地層処分の実現ー適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築ー 本編および付属書、NUMO-TR-20-03、原子力発電環境整備機構、2021年2月. (2021)
- ✓ **フィンランド・使用済燃料処分場の建設許可申請に係る安全評価書 (TURVA-2012)**
POSIVA, “Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto- Synthesis 2012”, POSIVA 2012-12, December 2012 (2012)
- ✓ **スウェーデン・使用済燃料最終処分場の立地・建設の許可申請に係る安全評価書 (SR-Site)**
SKB, .”Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark Main report of the SR-Site project”, March 2011.(2011)
- ✓ **フランス・Cigéo(地層処分場)プロジェクト**
ANDRA, “Safety Options Report-Post-Closure Part(DOS-AF)”, CG-TE-D-NTE-AMOA-SR2-0000-15-0062 (2016)
- ✓ **英国・イングランドにおける地層処分施設(GDF)の候補サイトの評価**
RWM, “Geological Disposal - Generic Post-Closure Safety Assessment”, NDA report, DSSC/321/01 (2016)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

① 安全評価の目的、背景情報等

浅地中処分	日本・JNFL	2018年8月31日にJNFLから申請書が原子力規制委員会に提出され、2021年7月21日に許可された。既に許可を取得していた1号及び2号廃棄物埋設施設についても安全評価が全面的に見直しされた上で、新規規制基準に適合した。
	英国・Drigg	最新のセーフティケースを提出するという環境庁の要求を満たし、今後もLLWの処分施設として運営できることを示すのに十分な論拠と証拠を示すことを目的の一つとしている。
	米国・WCS	Texas州行政規則におけるLLW処分にに関する一般の性能目標の要件に基づいて実施された性能評価。
	カナダ・NSDF	カナダ原子力研究所がチョークリバー研究所の固体低レベル放射性廃棄物処分のための施設として、建設を提案している段階であり、それを支援するために実施された閉鎖後安全評価である。
中深度処分	日本・JNES	原子力安全委員会の時代に中深度処分にに関する規制を検討するために、低レベル放射性廃棄物中深度処分施設の代表的な安全評価シナリオの解析例を示したもの。
	スウェーデン・SFR	SFR処分場における放射性廃棄物の処分について、適用されるスウェーデンの規制を遵守していることを証明し、安全性評価の結論が妥当であるために満たすべき要件と制約を特定することを目的としている。
	スウェーデン・SE-SFL	SFL処分場概念に対する閉鎖後安全性の最初の評価であり、許認可申請の一部となるものではない。そのため、許認可申請の一部である安全解析が必要となる、評価手法に関する規制要件も、厳密な適用は行われていない。
	韓国・月城	廃棄物処分場から生活圏への放射性核種の放出による年間被ばく線量が規制値である0.1 mSv/yを超えないことを合理的に保証することを目的としている。
地層処分	日本・NUMO-SC	国際的に認められた一般的な指針に基づき安全評価を実施し、評価結果と安全規制で設定された基準値(今後検討されるため、仮設定)とを比較し、安全性について論じている。
	フィンランド・SF	特定されたシナリオ及びシナリオの組み合わせによる放射性核種の放出、輸送及び放射線影響の解析を行い、その許容性を判断するために計算された影響を規制基準と比較することを目的としている。
	スウェーデン・SR-Site	フォルスマルクに立地するKBS-3による処分場の安全性を、適用規則での定めに従って評価することを目的としている。
	フランス・Cigéo	安全評価は、地層処分場の安全ガイドに基づきHLW及びILW-LLを収容するCigéo地層処分施設の処分システムが安全機能を果たし、さらには保護目標を満たしていることを確認すること目的としている。
	英国・GDF	ジェネリックな処分場を対象としており、母岩の違いによる2パターンの評価を実施している。また、埋設する廃棄物もHLWとILLWIによって安全評価を区別している。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

① 処分対象廃棄物

放射エネルギー

1F事故廃棄物インベントリ Bq(2021年)

KURION吸着材		瓦礫5 (>30 mSv/h)		鉄共沈スラリー	
Mode	95%ile	Mode	95%ile	Mode	95%ile
9.6E+11	1.4E+12	3.6E+12	2.9E+13	2.7E+11	2.3E+12
5.8E+10	1.0E+11	6.1E+10	1.7E+12	4.4E+08	1.3E+09
1.7E+17	1.7E+17	1.1E+17	1.1E+17	2.0E+12	1.7E+13
1.9E+10	8.0E+11	1.1E+10	1.9E+11	1.1E+09	6.0E+11
2.3E+12	9.6E+13	1.3E+12	2.4E+13	1.4E+11	7.2E+13

1F事故廃棄物インベントリ Bq/t(2021年)

KURION吸着材		瓦礫5 (>30 mSv/h)		鉄共沈スラリー	
Mode	95%ile	Mode	95%ile	Mode	95%ile
8.2E+07	1.2E+08	3.4E+07	2.7E+08	1.4E+08	1.1E+09
5.0E+06	8.5E+06	5.8E+05	1.6E+07	2.2E+05	6.6E+05
1.4E+13	1.4E+13	1.0E+12	1.0E+12	9.9E+08	8.6E+09
1.6E+06	6.9E+07	1.0E+05	1.8E+06	5.6E+05	3.0E+08
2.0E+08	8.2E+09	1.3E+07	2.2E+08	7.1E+07	3.6E+10

○ 放射能濃度 *一部、Bq/m³⇔Bq/tと仮定

Bq/t*	浅地中処分	中深度処分	地層処分
C-14	2.1E+05 ~ 1.0E+11	3.4E+07 ~ 7.2E+10	2.4E+08 ~ 1.6E+11
I-129	1.3E+02 ~ 3.4E+04	6.5E+03 ~ 4.2E+06	1.4E+06 ~ 1.9E+09
Cs-137	3.5E+06 ~ 1.0E+14	3.9E+08 ~ 3.9E+11	1.4E+10 ~ 3.5E+15
Pu-239	9.8E+04 ~ 7.7E+06	1.6E+05 ~ 2.2E+08	2.4E+10 ~ 1.3E+13
全α	4.5E+05 ~ 1.0E+10	1.0E+07 ~ 4.5E+09	1.2E+11 ~ 1.3E+15

各処分施設の対象廃棄物の範囲を示したもので、上限値ではなく、浅地中処分の方が中深度処分よりも大きい場合もある。

調査対象とした日英米加の浅地中処分の対象廃棄物の範囲を超えるもの

2021年:

「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構(2021)で使用したインベントリ

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

① 処分対象廃棄物 廃棄物の種類(浅地中処分・中深度処分)

浅地中処分	日本・JNFL	廃液、使用済樹脂、スラッジ、焼却灰又はこれらをペレット化したもの 固体状の放射性廃棄物
	英国・Drigg	原子力産業、防衛相、非原子力産業、医学および研究施設から発生する紙・厚紙・プラスチック・防護服・土壌・瓦礫・金属等 ※有害物: 水、火災・爆発性物質、ガスを発生する物質、腐敗性物質(5%以下)、生物学的毒性
	米国・WCS	CWF: 主に原子力発電所から発生する樹脂などの運転廃棄物及び解体廃棄物 FWF: 米DOEが発生責任者となる廃棄物であり、核兵器研究施設から発生する汚染土壌、ウラン濃縮工程から発生する劣化ウランの酸化物など、種々の廃棄物
	カナダ・NSDF	90%はチョークリバー研究所の固体低レベル放射性廃棄物
中深度処分	日本・JNES	低レベル放射性固体廃棄物 発電所廃棄物: 黒鉛ブロック、制御棒、チャンネルボックス、バーナブルポイズン、使用済樹脂、炉内構造物 再処理廃棄物: チャンネルボックス、バーナブルポイズン、雑固体廃棄物
	スウェーデン・SFR	スウェーデン国内の原子力発電所から発生する運転廃棄物及び解体廃棄物のうち、短寿命のLILW
	スウェーデン・SE-SFL	長寿命LILW(スウェーデンの原子力発電所の運転及び廃止措置による廃棄物、早期の原子力研究プログラムからの廃棄物、医療・産業活動からの廃棄物)
	韓国・月城	商用原子炉、研究機関、核燃料製造施設から発生するILLW、RI廃棄物

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

① 処分対象廃棄物

○ 廃棄物の種類(地層処分)

日本・NUMO-SC	HLW: ガラス固化体 TRU: Gr1(廃銀吸着材)、Gr2(ハル・エンドピース)、Gr3(硝酸塩含有濃縮廃液)、Gr4(その他)
フィンランド・SF	LO1-2、OL1-2、OL3型燃料集合体(ロヴィーサ原子力発電所およびオルキルオト原子力発電所で発生する使用済燃料)
スウェーデン・SR-Site	使用済燃料
フランス・Cigéo	HLW: 核分裂生成物及びマイナーアクチニド ILW-LL: 使用済構造部材及び原子力施設の運転/操業、保守及び解体作業に伴って生じる廃棄物
英国・GDF	高発熱廃棄物(HHGW): 高レベル廃棄物、レガシー使用済燃料、新規使用済燃料、混合酸化物燃料、濃縮ウラン、プルトニウム 低発熱廃棄物(LHGW): 遮蔽有レガシー廃棄物、遮蔽無レガシー廃棄物、堅牢な遮蔽有コンテナ、劣化ウラン、天然ウラン、遮蔽有新規廃棄物、遮蔽無新規廃棄物

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

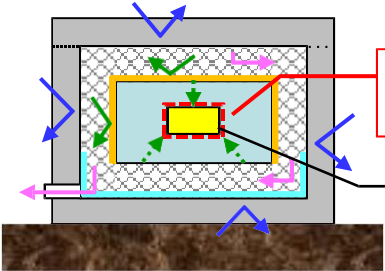
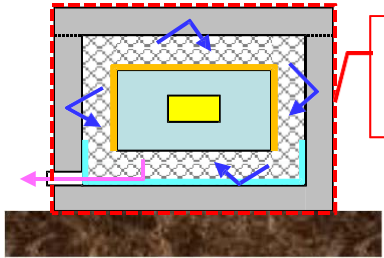
②天然バリア・環境条件

浅地中処分	岩種	第四紀堆積物、粘土、片麻岩、砂岩、凝灰岩等
	岩盤の透水係数	$\leq 4.0E-11$ (米国・WCS Texas、粘土)～ $7.5E-5$ m/s(英国・Drigg、第四紀堆積層)
	地下水流速	$2.13E-03$ m/y(米国・WCS Texas) 岩盤: 0.3 m/y;上部覆土: 10 m/y(日本・JNFL)
	移行距離	500～1000 m(諸外国) 20～170 m(日本・JNFL)
	環境条件	中性、酸化雰囲気(pH:6.5～8.3(日本・JNFL)、還元雰囲気でpH 9～11(英国・Drigg)、ECM内ではpHは6～9と予想)
中深度処分	岩種	亀裂性結晶質岩(スウェーデン)、花崗岩系(韓国・月城)
	移行時間	200～1000年(諸外国) 2,000(10万年以降)～25,000年(閉鎖後)(日本)
	環境条件	中性、還元雰囲気(pH:7.4(6.6～8.3)、Eh: -210 (-135～300) mV(スウェーデン・SFR)、pH: 7.3 ± 1.4 、Eh: -45 ± 69 mV(韓国・月城))
地層処分	岩種	深成岩類、第三紀堆積岩類、結晶質岩、泥岩等種々岩種を考慮
	透水係数	$4.1E-14$ (粘土系)～ $5.3E-7$ m/s(NUMO-SC砂岩)
	地下水流速	$2.2E-7$ (UK花崗岩の下限)～ $5.3E+2$ m/y(日本深成岩類マルチチャンネル上限)
	移行距離	100 m(ニアフィールドのみ)～2,360 m(ニアフィールド+ファーフールド)
	環境条件	中性及び高アルカリ、還元雰囲気、塩分濃度は 0.1 mol/L～ 0.001 mol/L (フィンランド・SFでは、高アルカリイオン水として、pH:10.0を設定)

天然バリア条件については、サイトによる差異が大きく、地下水流速や移行時間も大きく異なる。

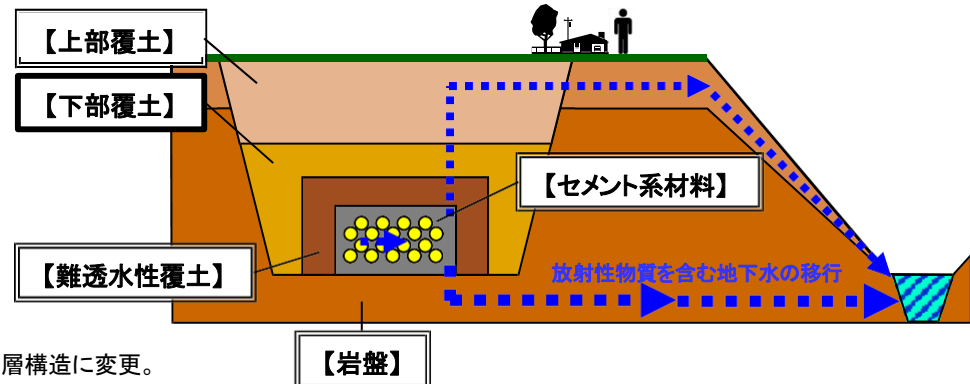
(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

③処分概念(浅地中処分): 日本・JNFL ■ JNFL3 号廃棄物埋設地の漏出防止機能の設計の考え方

部位	凡例		期待する機能			
	部材	流れ	雨水及び地下水の浸入の防止		放射性物質の漏出の防止	
外周仕切設備、覆い			○	埋設設備内への浸入防止	○	埋設設備外への漏出防止
内部防水(下部)*1			○		○	
ポーラスコンクリート層			○	浸入した水の排水	○	放射性物質を含む水の回収
セメント系充填材			○	浸入した水と廃棄体の接触防止	—	
内部防水(上・側部)*1			○		—	
*1:1号埋設設備7、8群にも追加。						
概要図						

■ JNFL3号廃棄物埋設地の移行抑制機能の設計の考え方

部位	期待する機能	
	低透水性*3	収着性*4
上部覆土*2	—	○
下部覆土*2	○	—
難透水性覆土*2	○	○
岩盤	○	○
セメント系材料	—	○



*2:1号及び2号の覆土は、上部覆土、下部覆土及び難透水性覆土の3層構造に変更。

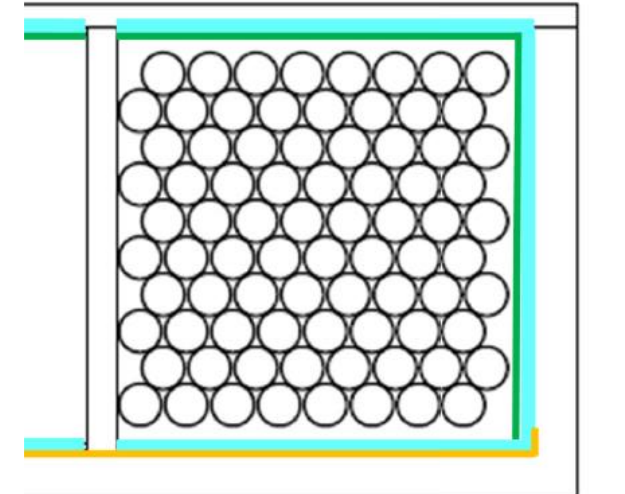
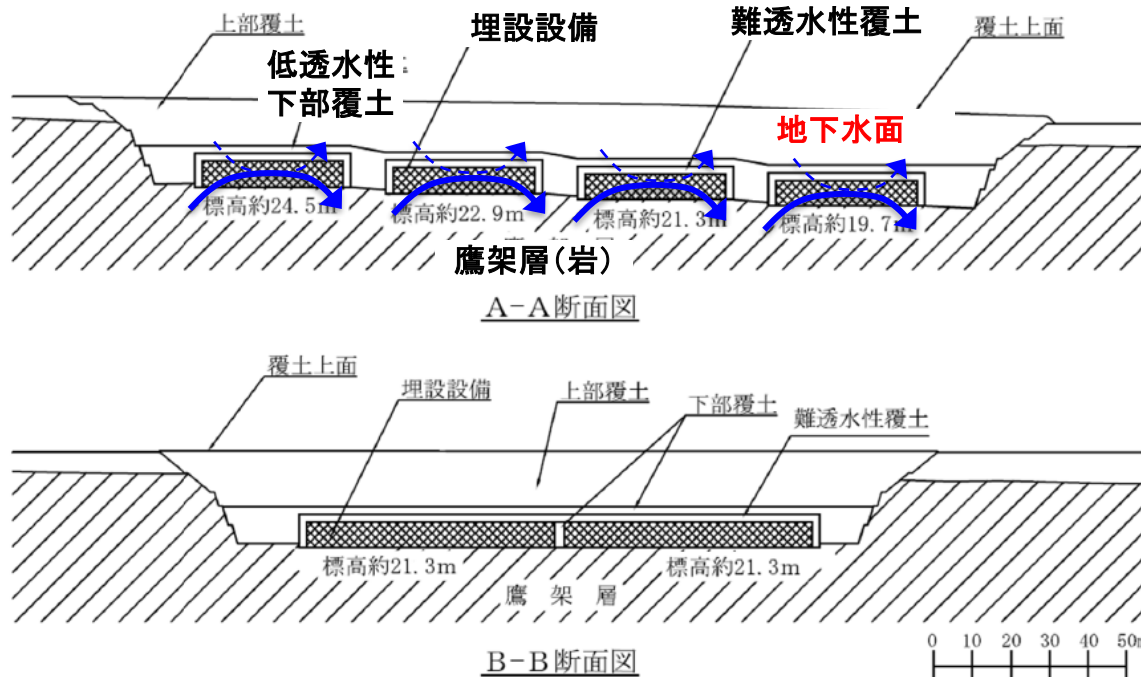
*3:低透水性により埋設設備に流入する地下水を低減する。

*4:収着性により放射性物質の移行を遅延する。

(出典 日本原燃(株)、廃棄物埋設施設設計可基準規則への適合性について、2021年3月1日、p.14)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

③処分概念(浅地中処分): 日本・JNFL(3号廃棄物埋設地の例)



■ ポーラスコンクリート層
 ■ 底部内部防水(ポーラスコンクリート外側)
 ■ 上部側部内部防水(ポーラスコンクリート内側)
 内部防水は1、2号の既設部分はなし。

(出典: 日本原燃(株)、廃棄物埋設事業変更許可申請書の一部補正について
 (2021埋計発第54号)(6/6)、2021年6月14日、p.5(3)-28、p.5(3)-30を一部変更)

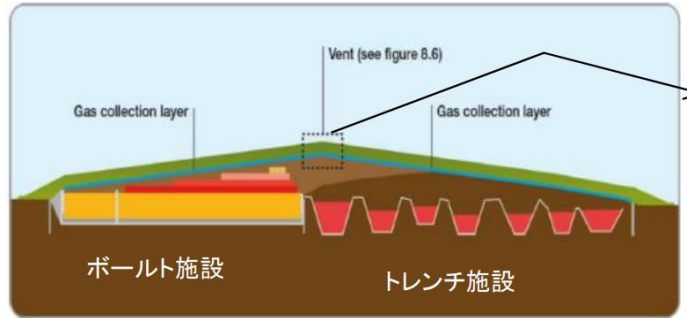
- 浸透水量抑制: 岩盤の低透水性と難透水性覆土+低透水性下部覆土で1000年以上確保。低透水層は埋設設備の腐食膨張時の難透水性覆土の開口影響を緩和する。
- 上部覆土、下部覆土及び難透水性覆土の3層構造で**流速が速い上部覆土への流出を抑制**
- 廃棄体又は埋設設備内に含まれる**有機物**及び**塩**並びにセメント系材料から溶出する**高アルカリ成分**を含む地下水による影響を考慮し、低透水性及び収着性への**影響を確認した材料**をバリア材として使用

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

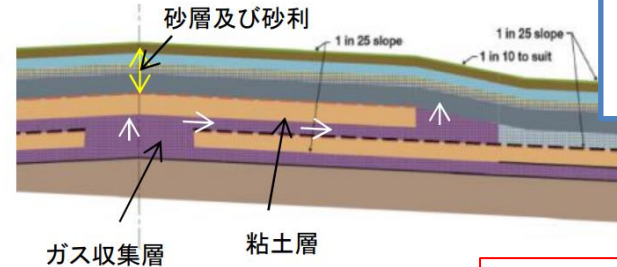
■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(浅地中処分):英国・Drigg

ISOコンテナ:水への放出に対する閉じ込め機能
セメントグラウト:空隙対策、炭酸塩化によるC-14の取込(気相および液相へのC-14放出の減少)



最終覆土とガス収集層

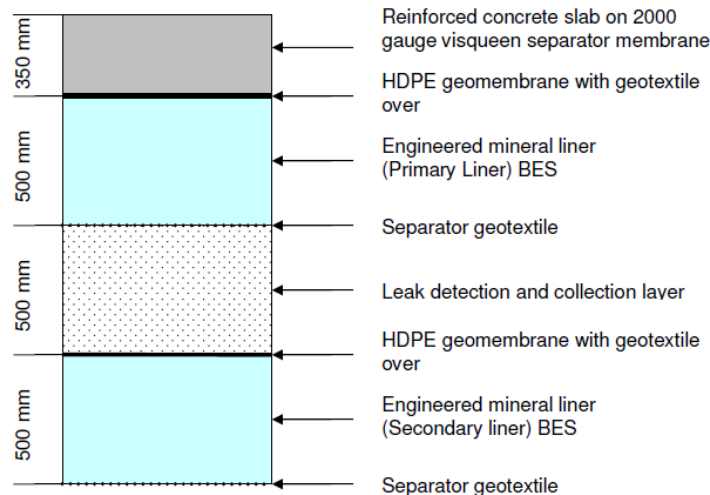


キャップベントの構造概念

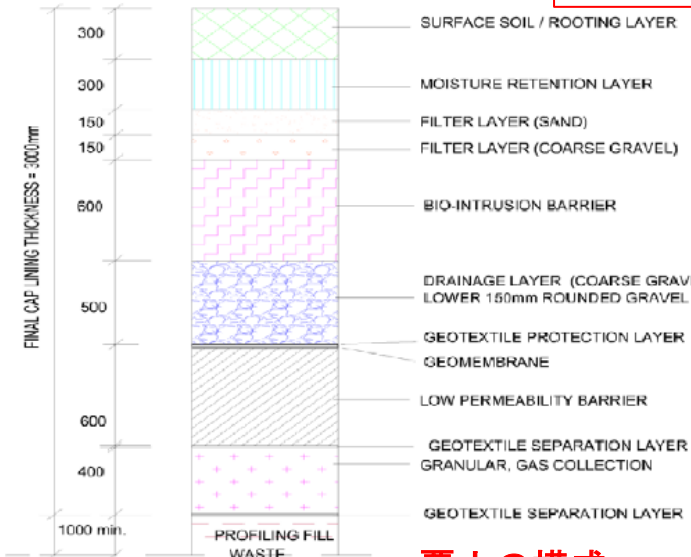
キャップベント:
発生ガスの収集および制御、ガスの分解時間の確保

地下水面上施設で導入可能

閉鎖時の処分場の断面図



処分場底部の遮水構造



覆土の構成

最終覆土:水の侵入の制御、ガス放出の制御、植物や動物の侵入防止、偶発的な人間侵入の防止

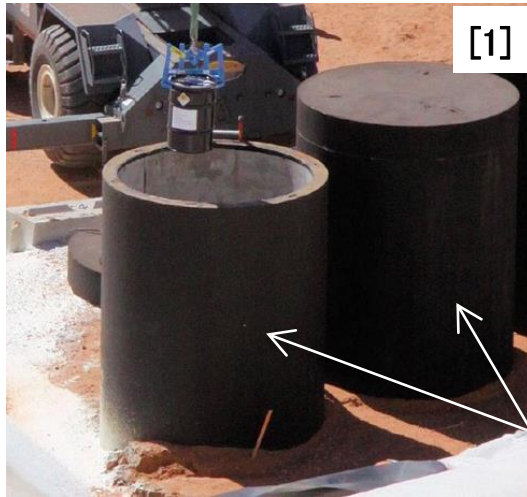
底部ライナーシステム:
浸出液の封じ込めおよび地下水の侵入防止

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

19

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

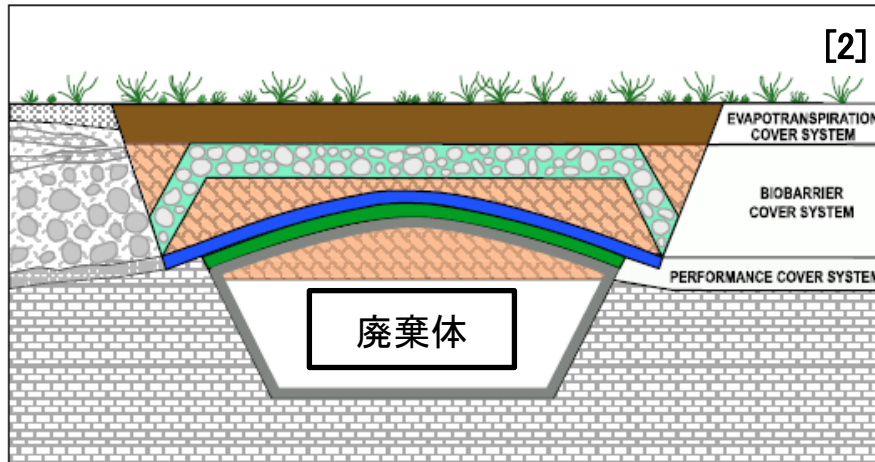
③処分概念(浅地中処分):米国・WCS



水の浸入制限を重視した処分場設計

- 廃棄体上層部へのカバーシステム(人工バリア)の設置
- 母岩:不透性粘土層(透水係数: $4.0E-11(m/s)$)
- 乾燥気候であり、処分場近傍の地表水がなく、居住者も無し

MCC (Modular Concrete Canisters)、円筒型: $\phi 2.3m \times H-3.5m$ 、 $t 0.16m$
300~500年の構造的安定性を有する(法令要求)



カバーシステムの機能

← 侵食抑制(5万年以上)

← 植生・生物の侵入抑制、掘削認知

← 遮水機能

厚さ(約13 m)による遮蔽機能

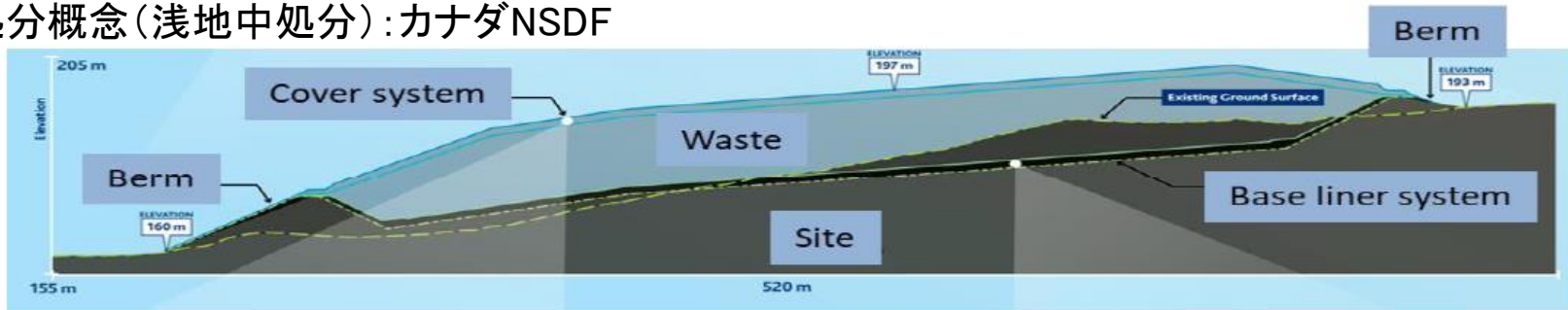
[1] WCS, Update for Texas Compact Commission - Vermont Meeting, TEXAS LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL COMPACT COMMISSION, September 26, 2012, p23
<https://www.tllrwdcc.org/wp-content/uploads/2012/10/WCS-Update-for-TCC-2012-0926-rev3-with-report.pdf>

[2] WCS, "Application For License to Authorize Near-Surface Land Disposal of Low-Level Radioactive Waste", Revision 12c, May 1, 2007.(2007), p8-7

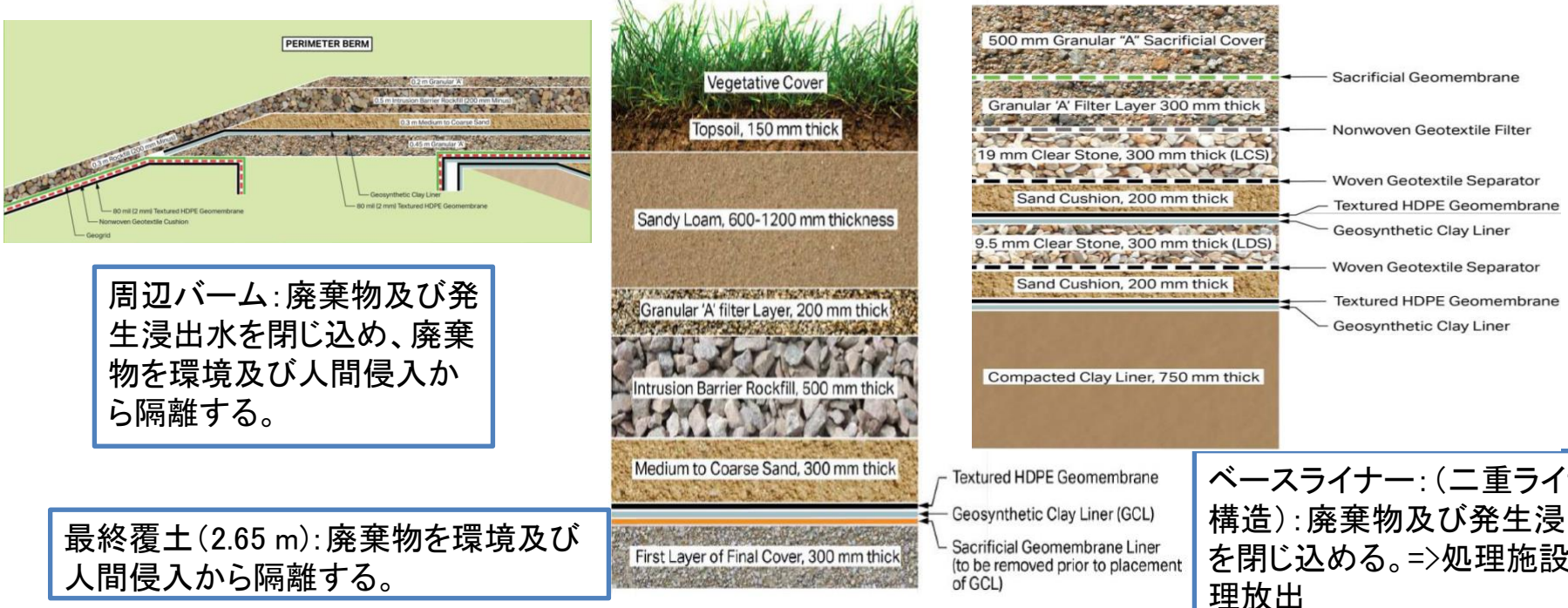
(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(浅地中処分):カナダNSDF



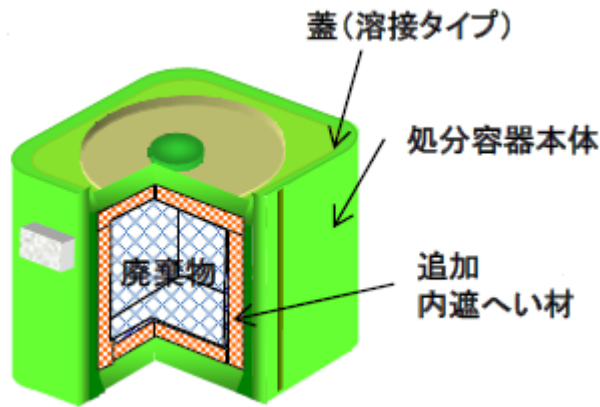
人工閉じ込めマウンド(ECM: engineered containment mound)の断面図



(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

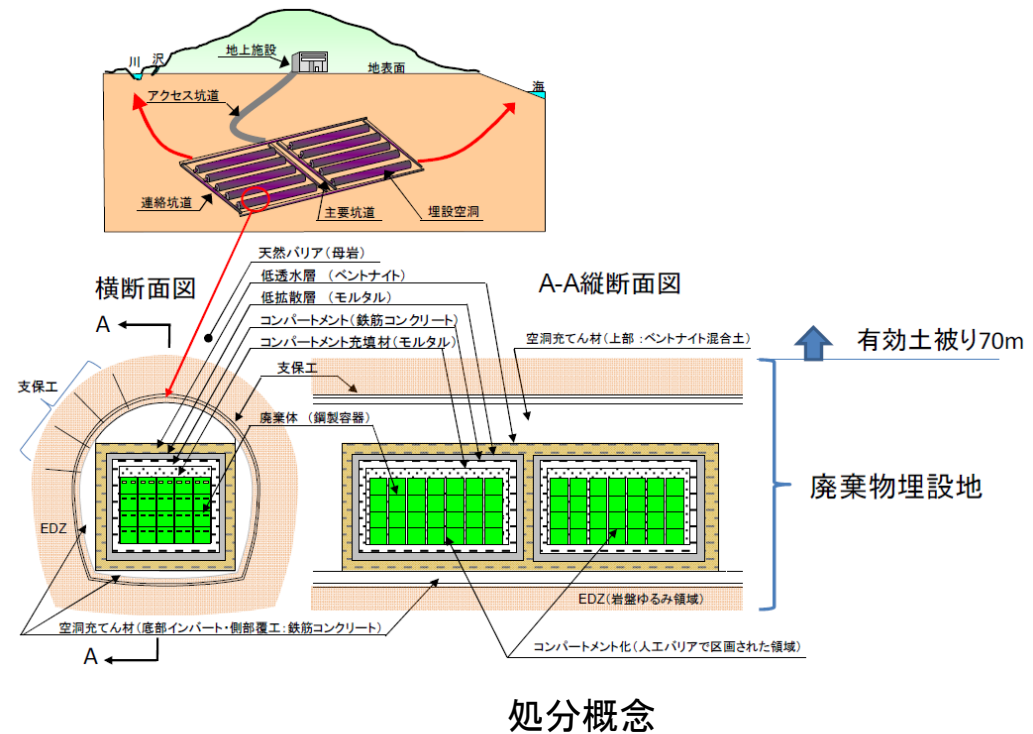
③処分概念(中深度処分):日本・JNES



廃棄体:

- 発電所廃棄物(放射化金属、使用済樹脂、解体廃棄物)
- 再処理廃棄物(低レベル濃縮廃液のアスファルト固化体、難・不燃性廃棄体のモルタル充填固化体)

(出典)原子力発電所等の廃止措置及び運転に伴い発生する放射性廃棄物の処分について平成27年2月12日(平成28年8月23日一部改訂)電気事業連合会



(出典)廃棄物埋設の放射線防護基準に関する検討チーム、“廃棄物埋設(中深度処分)に係る放射線防護基準について”、平成28年度第61回原子力規制委員会資料7、平成29年2月15日、(2017).

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

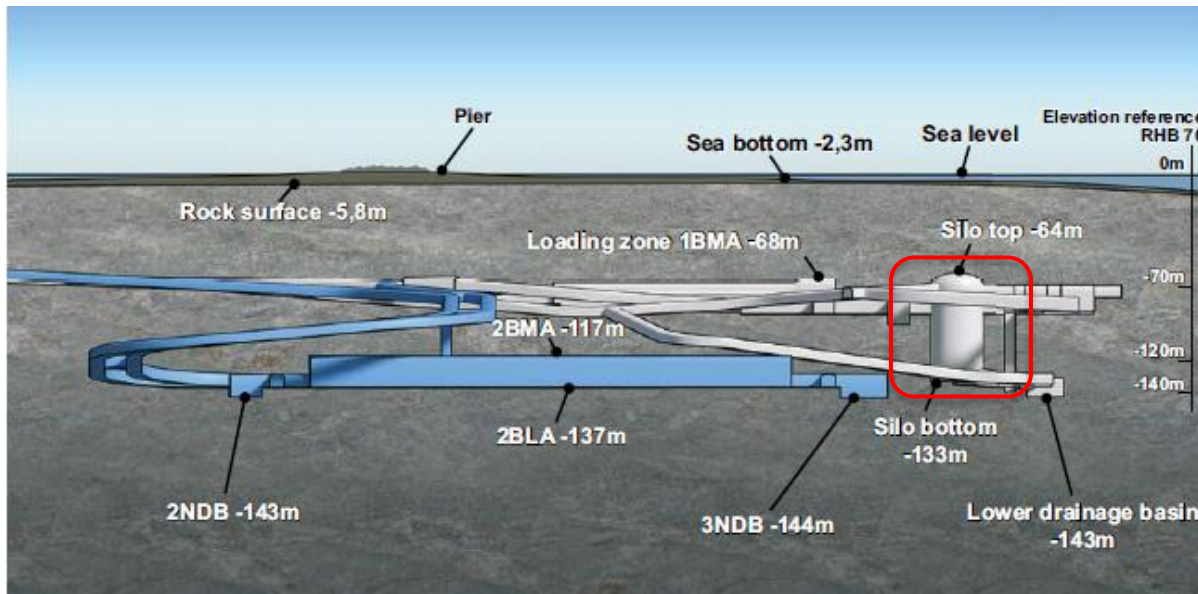
既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(中深度処分):スウェーデン・SFR

SFR:短寿命の低・中レベル放射性廃棄物の最終処分場

- 亀裂性結晶質岩である海底下に処分場を設置
⇒閉鎖後、数千年程度の侵入可能性の排除
- サイロ、ボルトの採用:サイロには最もインベントリの大きい廃棄物
- サイロでは、ベントナイトによる閉じ込め、コンクリートによる収着に期待

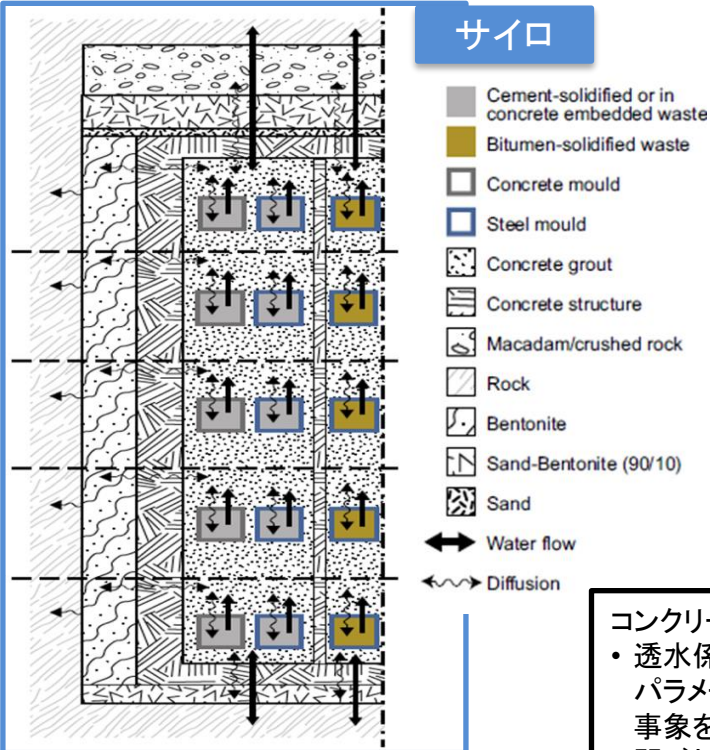


(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(中深度処分):スウェーデン・SFR



<サイロのモデル設定の例>

- 廃棄体: 廃棄体内部は均一、移流、拡散を考慮
- 廃棄体間: コンクリートグラウトで均一に充填
- 人工バリア内の移動: 上部及び下部は移流及び拡散、側面は拡散を考慮

<ボールのモデル設定の例>

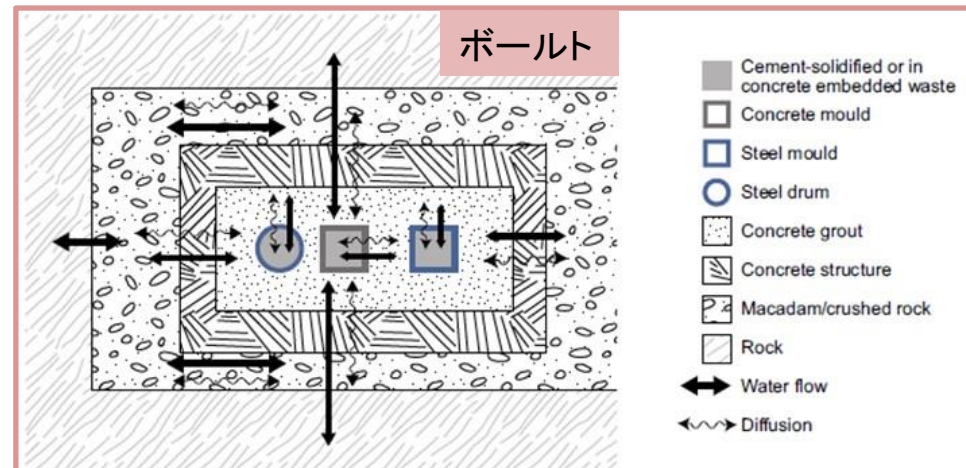
- 廃棄体、廃棄体間はサイロに同じ
- 人工バリア内の移動: 移流及び拡散を考慮
- 母岩とコンクリート構造物間との間を碎石層とし、移流輸送を制限

ベントナイト(モンモリロナイト)

- 1000年程度は安定
- 1万年後には約1/3が溶出 (pHが高い水との接触)
- 氷河期には凍結による破損の可能性有

コンクリート

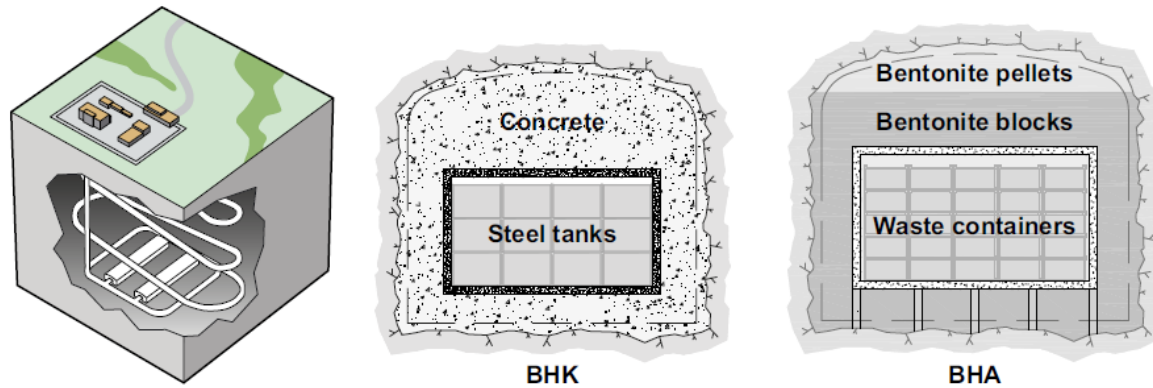
- 透水係数、 K_f 等のパラメータは、劣化事象を考慮し、期間ごとに値を設定
- 破損するが、**収着、拡散抵抗バリア**として期待
- 氷河期には拡散抵抗もなくなると想定



(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

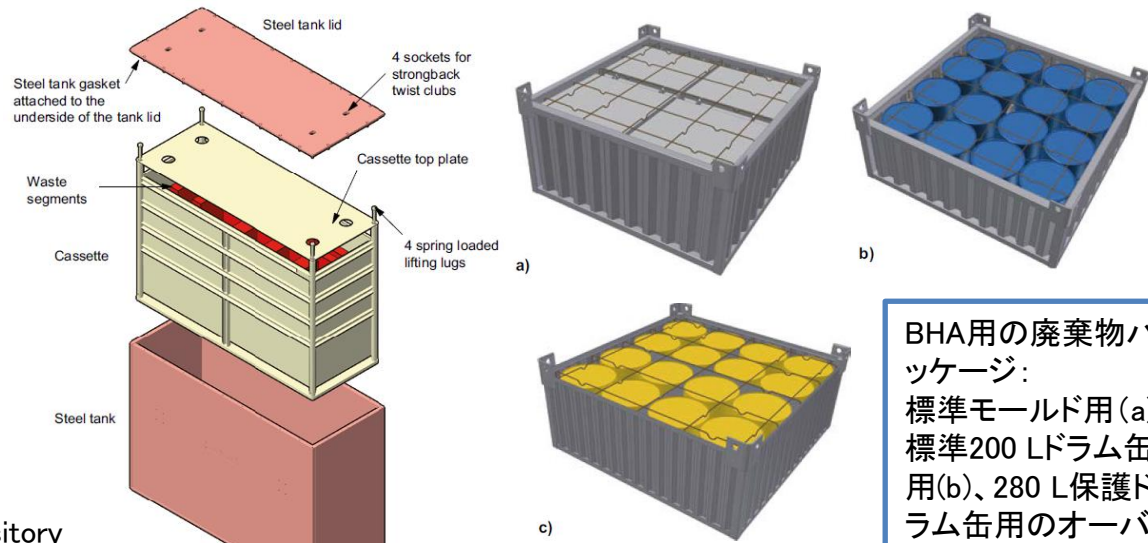
③処分概念(中深度処分):スウェーデン・SE-SFL



BHK: 炉内構造物用のコンクリートバリアを備えた設計の廃棄物ボルト
BHA: 過去の研究活動や廃止措置等により発生した廃棄物用のベントナイトバリアを備えた設計の廃棄物ボルト

SFL用に提案された施設レイアウト及び廃棄物ボルトの概念図

- ・SFLの総放射エネルギーのうちの98 %をBHKに処分する計画
- ・BHKでのコンクリートはアルカリ性環境を提供することで、鋼の腐食速度を低減するとともに、多くの核種について高い収着係数を有していることから遅延機能を期待している。
- ・BHAは、放射能は低いが、物質の組成及び核種インベントリがよく知られていない廃棄物パッケージの処分用に設計されている。廃棄物ボルトはコンクリート構造物で構成され、その周囲は厚いベントナイト層によって取り囲まれる。ベントナイトは廃棄物を取り囲む低透水性媒体として機能する。



BHA用の廃棄物パッケージ:
標準モールド用(a)、
標準200 Lドラム缶用(b)、
280 L保護ドラム缶用のオーバーパックに収納される。

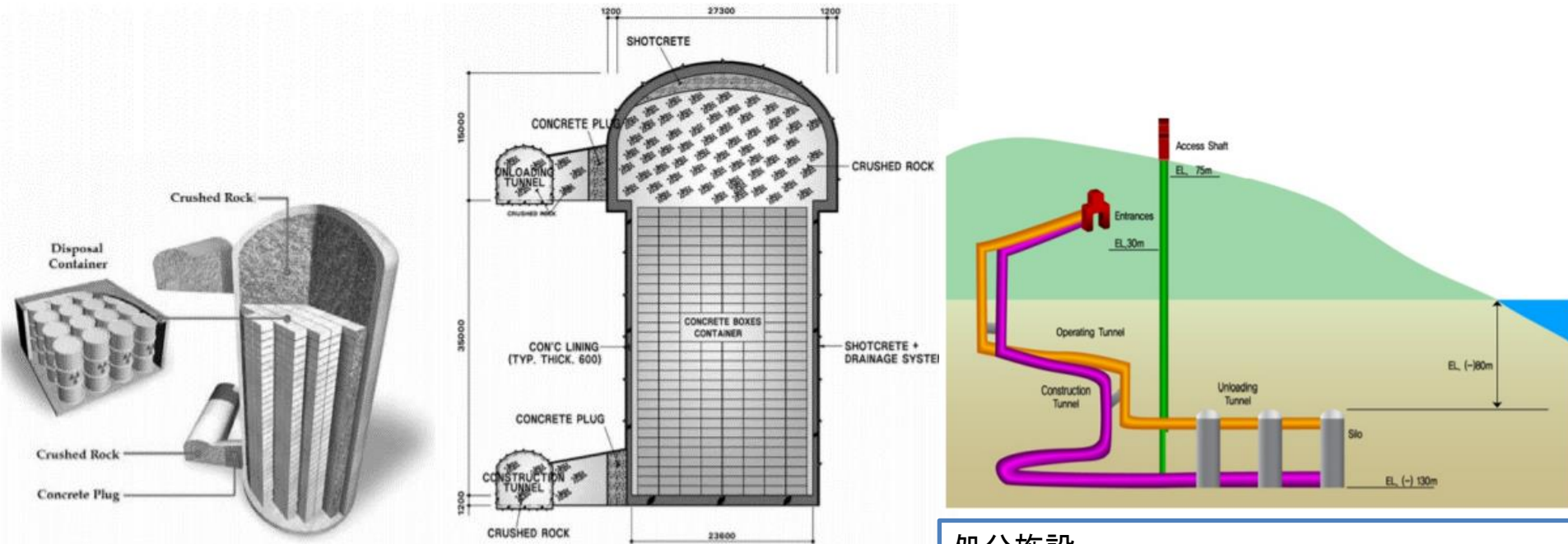
BHK用の廃棄物パッケージ:
炭素鋼製カセットに装荷され、炭素鋼製タンク内に収納される。

(出典)SKB, “Post-closure safety for a proposed repository concept for SFL. Main report for the safety evaluation SE-SFL”. SKB TR-19-01, (2019)., p.28, p.63, p.64

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(中深度処分):韓国・月城



廃棄物パッケージ:
 4種の廃棄体コンテナ(スチールドラム、コンクリートコンテナ、HIC、ポリエチレンコンテナ)に装荷され、サイロ内に収納される。

バリアシステム:
 廃棄体パッケージ、廃棄容器、埋め戻し、コンクリートライニングで構成。

処分施設:
 地下60-100 mに垂直空洞や水平空洞を建設し、内部にコンクリート構造物を設置。
 海面下80 mの岩盤にコンクリートサイロ。
 処分施設はスウェーデン、フィンランドを参考にしている。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(地層処分)

廃棄体	日本・NUMO-SC	HLW: ガラス固化体キャニスタ、炭素鋼オーバーパック TRU: ドラム缶、キャニスタ、ハル缶・インナーバレル、角型容器、廃棄体パッケージ容器
	フィンランド・SF	キャニスタ(銅製、鋳鉄製インサート)
	スウェーデン・SR-Site	外側が銅製、内側が鋳鉄製の2重構造のキャニスタ
	フランス・Cigéo	HLW廃棄物一時パッケージ(オーバーパック): 鉄製ケーシング、不活性充填剤 ILW-LL廃棄物一時パッケージ: 活性金属廃棄物、ビチューメンマトリクスを含む 塩水廃棄物(放射性核種が低溶解度塩の形で不溶性になる廃棄物)
	英国・GDF	ステンレス容器、コンクリート、ガラス固化体
施設形状	処分孔、トンネル	
人工バリア	HLWには充填材・低透水性材にベントナイトを使用。 ほとんどの安全評価で掘削影響領域(Excavation Damaged Zone、EDZ)/排水層を考慮している。	

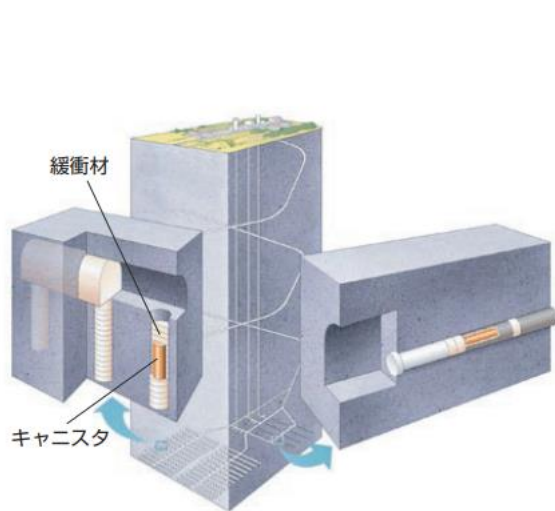
地層処分施設では、トンネル型では、人工バリアとして、コンクリート構造物を使用し、充填材等もセメント系材料を使用し、必要に応じてベントナイト系材料によって浸透水量を抑制している。

また、処分孔方式(分散型)では、コンクリートを使用せず、充填材・低透水性材としてベントナイトを使用。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

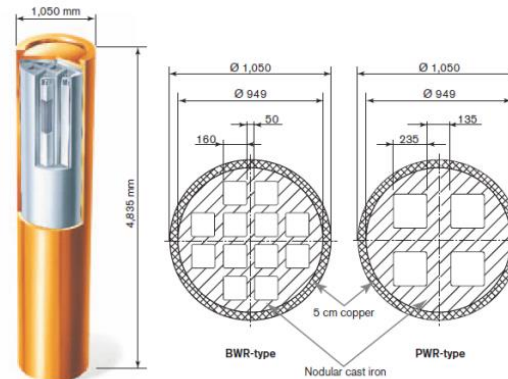
■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

③処分概念(地層処分):スウェーデン・SR-site



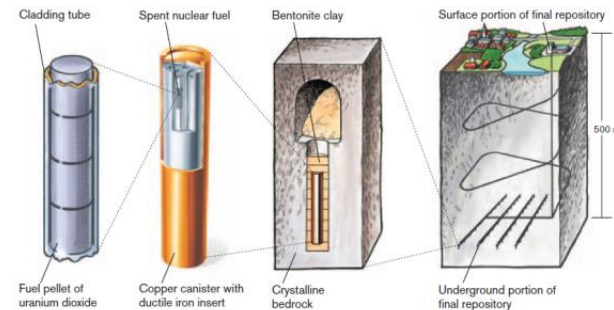
KBS-3概念:

使用済燃料をキャニスタに封入し、その周囲を緩衝材(ベントナイト粘土)で取り囲んで、力学的及び化学的に安定した岩盤内に定置する方法
主要な安全機能は、隔離と遅延



廃棄体:

使用済燃料を収めた耐荷重性の
鋳鉄インサートと耐腐食性の
銅キャニスタから構成



バリアシステム:

- ・銅製キャニスタ…核種の閉じ込め性、耐腐食
- ・ベントナイト…地下水流を阻止
- ・岩盤…低透水性および核種の収着による移行遅延

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(浅地中処分:日本・JNFL)

<シナリオ及び評価ケース設定の考え方>

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			評価対象者、状態設定(最も可能性が高い・厳しい) (赤字は考慮された事象)
自然事象シナリオ	最も厳しいシナリオ	被ばくに至る経路は、科学的に合理的な範囲において最も厳しいもの。 人工バリア及び天然バリアの状態に係るパラメータは、科学的に合理的な範囲における組合せのうち最も厳しい設定。	評価対象者: 居住者、従事者(建設業、農業(米、その他)、畜産業、漁業) 飲料水は考慮しない(現在の利水状況を考慮) 地質環境等の状態設定 (a) プレート運動に起因する事象 火山・火成活動: 降下火砕物、火砕物密度流及び火口の開口 地震・断層活動: 地震(力学、水理)、断層(変形)、液状化 隆起・沈降運動: 隆起速度(3.5~4.5 m/万年) (b) 気候変動に起因する事象 気温・降水量変化: 気温、降水量 海水準変動: 寒冷化、温暖化の両方設定 (c) プレート運動と気候変動の両者に起因する事象 地形変化: 侵食、露呈 地下水流動: 流動方向・流出点、地下水流速、流出水量 表流水流動: 蒸発散量 (d) その他の事象 生物学的事象、透水性の変化 廃棄物埋設地の状態設定 難透水性覆土、下部覆土及び岩盤(鷹架層)の低透水性 セメント系材料(廃棄体の固型化材及び埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性
	最も可能性が高いシナリオ	被ばくに至る経路は、最も可能性が高いもの。 人工バリア及び天然バリアの状態に係るパラメータは、最も可能性が高い設定。	
人為事象シナリオ	廃棄物埋設地の掘削を伴う土地利用を考慮したシナリオに基づき、評価される公衆(廃棄物埋設地の掘削を行う者及び掘削された廃棄物埋設地の土地利用を行う者に限る。)		- 建設業従事者・居住者の被ばく - 大規模な掘削による擾乱を受けた後の地下水による沢及び尾駁沼への放射性物質の移行 土壌の希釈係数、居住者の屋外における遮蔽係数及び埋設設備からの流出水量以外は、最も可能性が高い自然事象シナリオと同じ値(過度の保守性を避けるため)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(浅地中処分:日本・JNFL)

影響事象		根拠等 (赤字は考慮された事象)
熱	崩壊熱	廃棄体に含まれる放射性物質の崩壊によって発生する崩壊熱は、埋設する廃棄体に含まれる放射性物質の量が少ないことから、各部材の熱変質が生じる温度より十分に小さい。そのため、崩壊熱は影響事象として考慮しない。
	水和熱	セメント系材料で構成される埋設設備は、外周仕切設備構築時と充填材充填時の水和反応に伴う熱により、部材自体の膨張変化による温度応力が発生する。しかし、廃棄物埋設地からの放射性物質の移行は水和熱が低下した後の覆土完了後に生じること及びセメント系材料の収着性は水和後の特性に期待していることから、水和熱は影響事象として考慮しない。
	気温変化	覆土及び岩盤(鷹架層)は、それ自体が発熱することはないが、地表環境の温度変化による影響を受けると考えられる。覆土前の埋設設備は年間の気温の変化の影響を直接受けるが、それによって熱変質が生じるほど温度が上昇しないと考えられる。また、覆土完了後の埋設設備は、地表から20 m程度の深度に設置されることから、埋設設備の設置位置近傍で想定される温度変化は十分小さい。そのため、年間の気温の変化以上に廃棄物埋設地の温度が変化しないと考えられることから、気温変化は影響事象として考慮しない。
水理	地下水流動	一般にベントナイトは膨潤力が大きく、難透水性覆土及び下部覆土の砂粒子の間から膨出したベントナイトが周辺の地下水流動によって流出することが考えられる。しかし、廃棄物埋設地周辺の地下水流速は十分に小さいため、地下水流動による直接的な影響が生じないことから、地下水流動によるベントナイトの流出は影響事象として考慮しない。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(浅地中処分:日本・JNFL)

影響事象		根拠等 (赤字は考慮された事象)
力学	金属腐食による体積膨張	埋設設備内に含まれる金属の腐食による体積膨張に伴い、各部材が変形・損傷し、低透水性に影響することが考えられる。そのため、金属腐食による体積膨張を影響事象として考慮する。
	ガス発生	田中らが実施したベントナイト混合土のガス透気試験では、廃棄物埋設地で想定される上記のガス移行メカニズムによりガス破過が生じていると考えられるが、この試験ではガス破過前後の透水係数に変化は見られなかったことから、難透水性覆土の透水係数の変化は生じないと考えられる。ガス発生による難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、ガス発生は影響事象として考慮しない。
	ベントナイトの膨潤圧	ベントナイトを混合する難透水性覆土及び下部覆土は、地下水により飽和し膨潤することによる圧力(膨潤圧)が発生することに伴い、各部材が変形・損傷し、低透水性に影響することが考えられる。しかし、膨潤圧は周辺の地圧と比較して小さいため、ベントナイトの膨潤圧は影響事象として考慮しない。
	地震	内部空洞のない充填されたコンクリート構造物であることから、地震動による構造物の変形は限定的であり、周辺覆土へ与える変形量は小さい。覆土自体においても、地すべりといった大変形を引き起こす斜面地盤ではなく水平地盤であり、周囲を堅固な岩盤(鷹架層)に囲まれ変形抑制されていることから、地震における変形量は小さい。 適切な施工管理及び材料を選定することで、地震によって難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に有意な影響は生じないことから、地震は影響事象として考慮しない。

廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価)(1号、2号及び3号廃棄物埋設施設)2021年6月日本原燃株式会社

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(浅地中処分:日本・JNFL)

影響事象		根拠等 (赤字は考慮された事象)
化学	地下水との反応 (化学的変質、セメント系材料の溶脱を含む)	地下水が埋設設備を通過することにより、セメント系材料のカルシウム成分等の溶脱が発生し、鉱物組成及び間隙水の水質の変化が生じる。また、セメント成分が溶解した間隙水と覆土及び岩盤(鷹架層)が反応し、覆土及び岩盤(鷹架層)の鉱物の溶解並びに二次鉱物が生成することにより、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。そのため、地下水との反応を影響事象として考慮する。
	金属腐食	金属が腐食することによって、酸化還元環境が変化するため、金属腐食を影響事象として考慮する。
	有機物影響	有機物及びその分解生成物が間隙水中に存在する場合には、放射性物質と錯体を形成し、収着性に影響することが考えられる。そのため、有機物の分解生成物を影響事象として考慮する。
	塩影響	均質・均一固化体のうち、セメント固化体中の硫酸塩及びほう酸塩並びにアスファルト固化体中のほう酸塩(以下「可溶性塩」という。)が地下水中に溶解することによって、間隙水の水質の変化、固相の変質が生じ、低透水性及び収着性に影響することが考えられる。均質・均一固化体を埋設する廃棄物埋設地については、可溶性塩の溶解による液性変化及び可溶性塩と各部材との反応を影響事象として考慮する。
	コロイド影響	埋設設備の間隙水はセメント平衡水であり、コロイドが安定に分散できる環境ではなく収着性に影響は生じないと考えられることから、コロイド影響は影響事象として考慮しない。
	微生物影響	収着性の評価に当たっては微生物影響のうち有機物の無機化を影響事象として考慮する。(C-14の無機化) なお、有機物の分解によりガスが発生すること及び金属の腐食反応が促進されることが考えられる。しかし、微生物は高pH環境となる埋設設備内においてその活性は低く、このような活動で生じる化学環境の変化はその他の影響事象に包含されると考えられるため、これらの微生物影響は影響事象として考慮しない。
	降下火砕物	降下火砕物による化学的な影響については、十分な厚さの上部覆土を設置するため、pH変化等の化学的変化は上部覆土により緩衝される。よって、溶解・変質等の化学的影響は十分低減されることから、埋設設備、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性及び収着性への影響は無視できる。また、上部覆土に関しては、化学的影響を受ける範囲が表層に限定されることに加え、上部覆土の収着性に影響が生じても線量への感度が小さいことから、降下火砕物は影響事象として考慮しない。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(浅地中処分:日本・JNFL)

■ 金属腐食による体積膨張及び塩影響

金属の腐食による体積膨張並びに可溶性塩の溶出による膨張及び陥没に起因する力学的影響評価においては、粒状体個別要素法(Distinct Element Method)解析を用いる。この結果に基づき、力学的変形により、最も可能性が高い状態としては、難透水性覆土及び下部覆土の密度は変化せず透水係数に変化は生じないものの、厚さが変化する状態を設定する。また、最も厳しい状態としては、難透水性覆土及び下部覆土の密度は変化せず透水係数に変化は生じないものの、2号及び3号廃棄物埋設地については開口が生じる状態、1号廃棄物埋設地については開口が生じず、厚さが変化する状態を設定する。

添 6 二-第 19 表 金属腐食による体積膨張及び塩影響に係る覆土への力学的影響評価

対象施設 (対象廃棄物)		変形形態	力学的変形(1,000年後)	
			最も可能性が高い設定	最も厳しい設定
1号 廃棄物 埋設地	(充填固化体)	膨張	・ 難透水性覆土 隅角部の厚さが1 m以上残る状態 (開口無し) ・ 下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態	・ 難透水性覆土 隅角部の厚さがほぼ残らない状態 (開口無し) ・ 下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態
	(均質・均一 固化体)	陥没	・ 難透水性覆土／下部覆土共通 破断や厚さの変化が生じない状態	・ 難透水性覆土／下部覆土共通 破断や厚さの変化が生じない状態
2号及び3号 廃棄物埋設地 (充填固化体)		膨張	・ 難透水性覆土 隅角部の厚さが1 m以上残る状態 (開口無し) ・ 下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態	・ 難透水性覆土 隅角部に約2 mの開口が生じる状態 ・ 下部覆土 破断や厚さの変化が生じない状態

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(浅地中処分:日本・JNFL)

状態変化	根拠等		
低透水性	難透水性覆土及び下部覆土の低透水性は、力学的影響(金属腐食による体積膨張及び塩影響)及び化学的影響(地下水との反応及び塩による影響)によって変化が生じる。これらの変化は、覆土完了時点である初期状態から、埋設設備への地下水の浸入によって徐々に進行する。 力学的影響及び化学的影響は相互干渉せずに、独立して覆土に影響を与えると考えられるが、状態設定においては、透水係数の増加を局所的に見込むものとする。最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定の開口が生じないケースでは、化学的影響による変質のみによる状態を設定する。最も厳しい設定の開口が生じるケースでは、開口部付近において化学変質が促進されるものとして、透水係数を変質後から更に2桁以上高い値に設定する。		
	廃棄物埋設地	等価透水係数(m/s)(評価期間：1,000 年後)	
		最も可能性が高い設定	最も厳しい設定
	1号廃棄物埋設地	2.5×10^{-9}	3.0×10^{-9}
	2号廃棄物埋設地	2.0×10^{-10}	1.5×10^{-8}
	3号廃棄物埋設地	2.0×10^{-10}	1.5×10^{-8}
収着性	埋設設備及び廃棄体に含まれる有機物の分解生成物が、放射性物質と錯体を形成すること及び1号廃棄物埋設地については可溶性塩が溶解することで収着性が低下する。収着性に対する影響のうち、有機物影響については現実的なセルロースの分解率とし、分解生成物であるISAの濃度に応じて収着性を設定する。 また、微生物影響については、有機物が微生物活動によって無機化することを考慮し、炭素(C-14)は無機形態であるとして岩盤(鷹架層)の収着性を設定する。		

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定

○ 浅地中処分: 英国・Drigg

<シナリオ定及び評価ケース設定の考え方>

- ・ 評価対象期間における廃棄物、人工バリアおよび自然環境の変遷を考慮している。
- ・ 自然環境の変遷は、数千年の間に侵食するケースと侵食が遅延するケースを考慮している。
- ・ 侵食開始以降は、処分場を水が浸透し移行するモデルは意味がなくなるため、評価期間においても侵食のケースを考慮し設定している。
- ・ 全ての移行経路に対して、処分場の侵食を考慮している。

シナリオ	評価ケース
自然変遷シナリオ	数100～数1,000年の期間に、海岸の後退により処分場が侵食され、 廃棄物が沿岸環境へと分散 していくことを想定。 ・地下水中の移行(地下水経路) ・ ガス移行(ガス経路) ・人間活動(人間侵入) 処分場が無傷のうちに発生する事象と、施設が侵食され廃棄物が海岸でより直接的にアクセスできるようになったときに発生しうる事象を考慮しており、バリア(覆土)を貫通可能か否かで定量的な評価を実施するかどうかを決定する。
What-Ifシナリオ	数1,000年の時間スケールでは処分場は侵食されないとする遅発性の沿岸侵食シナリオ

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定

○ 浅地中処分: 米国・WCS

<シナリオ定及び評価ケース設定の考え方>

- 法令要求により、あらゆる条件下における個人の放射線防護が求められるため、評価対象期間における自然事象、人為事象、及び事故などのシナリオを考慮している。
- 法令要求により、被ばく経路として空気、土壌、地下水、表層水、植物の摂取、動物の侵入による評価が必要であり、これらの被ばく経路を網羅したケース設定を行っている。

シナリオ		評価ケース
自然事象	操業シナリオ	作業員、サイト境界、及び最寄居住者への空気等による被ばく経路
	制度的管理シナリオ	作業員、サイト境界、及び最寄居住者への空気等による被ばく経路
	制度的管理後シナリオ	旧サイト境界での空気等による被ばく経路
人為事象	制度的管理後シナリオ (人間侵入)	侵入者(発見者、建設者、掘削者、居住者)への井戸の掘削に伴う地下水汚染等による被ばく経路
What-Ifシナリオ	事故シナリオ	廃棄物の落下、火災、竜巻による作業員、サイト境界、及び最寄居住者への空気等の被ばく経路

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定（浅地中処分:カナダ・NSDF）

＜シナリオ及び評価ケース設定の考え方＞

- 規制要件に従い、通常変遷シナリオは現在のサイトの特徴及び被ばく対象者の生活習慣を合理的に外挿したものとし、サイト環境の変遷や処分システムの劣化（バリア機能の劣化あるいは完全な喪失）を含むべき。
- 処分施設に対して、また処分施設の変遷に対して影響を及ぼし得るFEPの考察に基づいて策定。

シナリオ	評価ケース
通常変遷シナリオ	モデル及びデータに存する重要な不確実性の影響を評価するために、感度解析ケース（インベントリ×10、制度的管理期間（300年→100年）、ニアフィールドの $K_d \times 0.1$ 、地質環境からパーチ川への急速な移行、カバー及びライナーの劣化の促進、気候変動、サイト外の居住者に対する評価、自給自足の先住民、堤防（Berm）の劣化）を設定
破壊的事象シナリオ（自然、人為）	サイト、システム又はそれらの周辺の破壊（崩壊）を包含している。さらに、人間侵入シナリオも包含している。人間侵入、ボアホール掘削（急性）、人間侵入、地下室のある家-居住者（慢性的）、浸食増加ケース、局所的なカバーの破損、局所的なライナーの破損、バームの損傷といったケースを設定
線量最適化シナリオ（線量低減対策を考慮したシナリオ）	NSDFプロジェクトの設計及びモデル化に際しての最適化シナリオで、リファレンスケース（NES）でクレジットされていない鋼製ライナーやそのグラウト充填の保護作用を考慮した場合の効果、長期的な土地利用制限を設け、それを遵守した場合の潜在的な影響、ラドン生成廃棄物の配置の最適を検討
深層防護シナリオ	閉鎖後のNSDF性能に関する信頼感の醸成を目的として設定・評価されており、地質環境の K_d を全て0、閉鎖時にカバーが全く存在しない、ベースライナーが閉鎖時に完全に破損、長期間にわたって地すべりが発生するといったケースを設定
What-Ifシナリオ	安全性能の限界を理解するために、意図的に極端な仮定の状態を設定しており、インベントリ全体が（最小限の希釈で）表土に分散される、汚染物質プルームと交差する浅井戸から水を得る、ECM内が永久的にバスタブ化するといったケースを設定

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定（中深度処分：日本・JNES）

＜シナリオ及び評価ケース設定の考え方＞

- 原子力安全委員会「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方(中間報告)」(H19.7)に基づき、安全評価シナリオを下記に従って分類・整理している。

区分Ⅰ 基本シナリオ、区分Ⅱ 変動シナリオ、区分Ⅲ 人為・稀頻度事象シナリオ

シナリオ		評価ケース
基本シナリオ： 発生の可能性が高く、通常考えられるシナリオ	基本地下水シナリオ	基本事象進展シナリオ (生活圏に変動がないシナリオ：)
	通常的气体放出シナリオ	準定常的なガス放出シナリオ
変動シナリオ： 発生の可能性は低い、安全評価上重要な変動要因を考慮したシナリオ	変動地下水シナリオ	基本地下水シナリオの変動要因について保守的安全評価モデルとパラメータを使用
	人工バリアの機能一部喪失シナリオ	人工バリアの防護性能一部喪失、人工バリアの構成部材の一部機能喪失、人工バリア欠陥、ガス異常放出
	天然バリアの機能一部喪失シナリオ	施設浸入水量増大、天然バリアの防護性能の一部喪失
	超長期隆起・侵食・海水準変動シナリオ	超長期隆起・侵食・海水準変動、海水準上昇
	その他の外部事象シナリオ	地震等に起因するひび割れ等の進展による施設性能低下等
人為・稀頻度事象シナリオ： 発生の可能性は低い、安全評価上重要な変動要因を考慮したシナリオ	人間侵入などの非自然過程シナリオ	ボーリングシナリオ、建設・居住シナリオ
	発生頻度が著しく低い地震等の突発事象シナリオ	活断層等により多重バリア機能が同時に破損
	その他	発生頻度が低いシナリオを組み合わせた著しく発生頻度が低いシナリオ

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(中深度処分:スウェーデン・SFR)

<シナリオ及び評価ケース設定の考え方>

- ・メインシナリオは、処分場の長期的変遷及び安全性にとって重要な初期状態及びプロセスに基づいて設定されており、主に気候変動(氷河期の発生)を取り扱っている。
- ・低可能性シナリオは、メインシナリオで考慮している安全機能に対する不確実性を考慮して設定されている。
- ・残余シナリオは、バリア機能の喪失など、特定の事象を例証するために設定されている。

シナリオ		評価ケース	
メインシナリオ	自然事象	・ 地球温暖化気候ケース ・ 放出タイミング計算ケース	・ 早期周氷河気候ケース ・ 集団線量計算ケース
	人為事象	・ 処分場下流井戸計算ケース	・ 侵入井戸計算ケース
低可能性シナリオ	自然事象	・ 高インベントリ計算ケース ・ コンクリート劣化加速計算ケース ・ 地震計算ケース	・ 岩盤内高流量計算ケース ・ ベントナイト劣化計算ケース ・ 錯化剤高濃度計算ケース
	人為事象	・ 将来の人間活動計算ケース	
残余シナリオ	What-if	・ バリア機能喪失計算ケース ・ 地球温暖化拡張計算ケース ・ 氷期・後氷期条件計算ケース	・ 処分場酸化還元条件変化計算ケース ・ 処分場閉鎖なし計算ケース

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定(中深度処分:スウェーデン・SE-SFL)

<シナリオ及び評価ケース設定の考え方>

- スウェーデンの規制要件では、リスクは特定の要件を満足するシナリオ解析に基づいて計算すべきであり、シナリオは、処分場とその環境の最も確からしい変化を考慮したメインシナリオを含むものでなければならないとされている。しかしながら、SE-SFLは閉鎖後安全性の最初の評価であり、許認可申請の一部となるものではなく、提案されている処分概念と評価するための予備的解析であることからそのような包括的解析はSE-SFLの目的ではないため、規則がいうところのシナリオと区別した評価ケースが定義されている。

シナリオ	評価ケース
ベースケース	- BHAにおける錯化剤の影響なし - BHKにおける鋼材腐食率の低下 - BHKにおける代替コンクリート埋め戻し - 欧州核破碎中性子源研究施設(ESS)固有の放射性核種の配置 - 地下水流量の低下 - 初期の水没状態 - 代替的な地質環境保持特性 - 確率論的岩盤亀裂の代替リアライゼーション - 代替排出域 - 代替地域気候 - 掘削井 - 温室効果ガスの増加 - 氷河期サイクルの簡略化

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定

○ 中深度処分:韓国・月城

＜シナリオ及び評価ケース設定の考え方＞

- ・ 正常な自然現象と自然的または人為的要因から始まった予想しにくい現象を考慮している。
- ・ 処分施設の設計特性と環境特性を考慮して設定している。
- ・ 正常な自然現象では、通常の地下水移行とガス輸送に対する移行過程を考慮している。
- ・ 自然的または人為的要因から始まった予想しにくい現象では、正常な自然現象のバリエーションを含み、人間侵入プロセスも考慮している。

シナリオ		評価ケース
基本シナリオ: 発生の可能性が高く、通常考えられるシナリオ	BS-1シナリオ	バリア機能が設計通りに機能するシナリオ。海洋生態系へ移行し、住民への被ばくを考慮。
	BS-2シナリオ	金属の腐食等によるガス発生を考慮したシナリオ。
変動シナリオ: 発生の可能性は低い、安全評価上重要な変動要因を考慮したシナリオ	BS-1Aシナリオ	自然現象(水理/地質変動による自然的要因)によるコンクリートバリアの早期故障を考慮したシナリオ。
	BS-1Bシナリオ	BS-1Aの人為的イベント(構造物の初期欠陥による人為的な要因)による早期故障を考慮したシナリオ。
	ES-2Aシナリオ	地震等による断層の発生に伴う移行経路の短絡を考慮したシナリオ。地下水流速を10倍に設定。
	ES-2Bシナリオ	地震等による断層の発生に伴う移行経路の短絡を考慮したシナリオ。ファーフールドを無視。
人為・稀頻度事象シナリオ: 発生の可能性は低い、安全評価上重要な変動要因を考慮したシナリオ	HS-1シナリオ	ボーリング調査を考慮したシナリオ。掘削作業者の外部及び内部被ばくを想定。
	HS-2シナリオ	ボーリング調査後の施設上での居住を考慮したシナリオ。居住者を対象とした居住、農業等に関連する被ばく線量を考慮。
	HS-3シナリオ	井戸の開発を考慮したシナリオ。井戸掘削作業者と井戸水飲用を考慮。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定

✓ 地層処分(日本・NUMO-SC)

<シナリオ及び評価ケース設定の考え方>

- サイトの地質環境条件と、その地質環境条件を考慮した設計によって構築される処分場が、地層処分システムとして将来どのように推移していくのかについて、最新の科学技術的知見に基づき理解したうえで、システムのさまざまな状態を幅広く想定したシナリオを作成している。シナリオは、国際的動向に基づき、「自然過程」と「人間侵入」に分類しており、前者については、さらに、発生可能性に基づき「基本シナリオ」、「変動シナリオ」、「稀頻度事象シナリオ」の三つに区分している。
- シナリオの記述に基づき、その放射線学的な影響を定量的に評価するため、解析ケースを設定している。解析ケースは、各シナリオの評価に適用する核種移行解析モデルとデータセットの考え方を取りまとめたものである。

分類	シナリオ	評価ケース
基本	安全機能影響分析の結果に基づき、最も可能性が高いと考えられる安全機能の状態に応じた核種の移行に関するふるまいに対応したシナリオ	基本シナリオに対応する解析ケース
変動	上記に対して不確実性を考慮したシナリオ	不確実性を考慮した各解析ケース • 溶解速度・腐食速度 • 母岩割れ目連結性、硝酸塩影響範囲 • 溶解度、K_d、Deなど
稀頻度事象	発生の可能性は極めて小さいが安全機能への影響は無視できないと考えられる要因を含むような処分場のふるまいを記述したシナリオ	• 新規火山発生シナリオ解析ケース • 断層伸展シナリオ解析ケース
人間侵入	NUMO FEPリストの人間侵入FEPに基づいて、処分場のふるまいに影響を与える可能性のある人為的要因を検討して設定したシナリオ	• ボーリング作業従事者被ばくケース(侵入行為者の被ばく) • ボーリング孔核種移行ケース(一般公衆の被ばく)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

④シナリオ及び評価ケースの考え方と具体的な設定

✓ 地層処分: SR-Site

＜シナリオ設定及び評価ケース設定の考え方＞

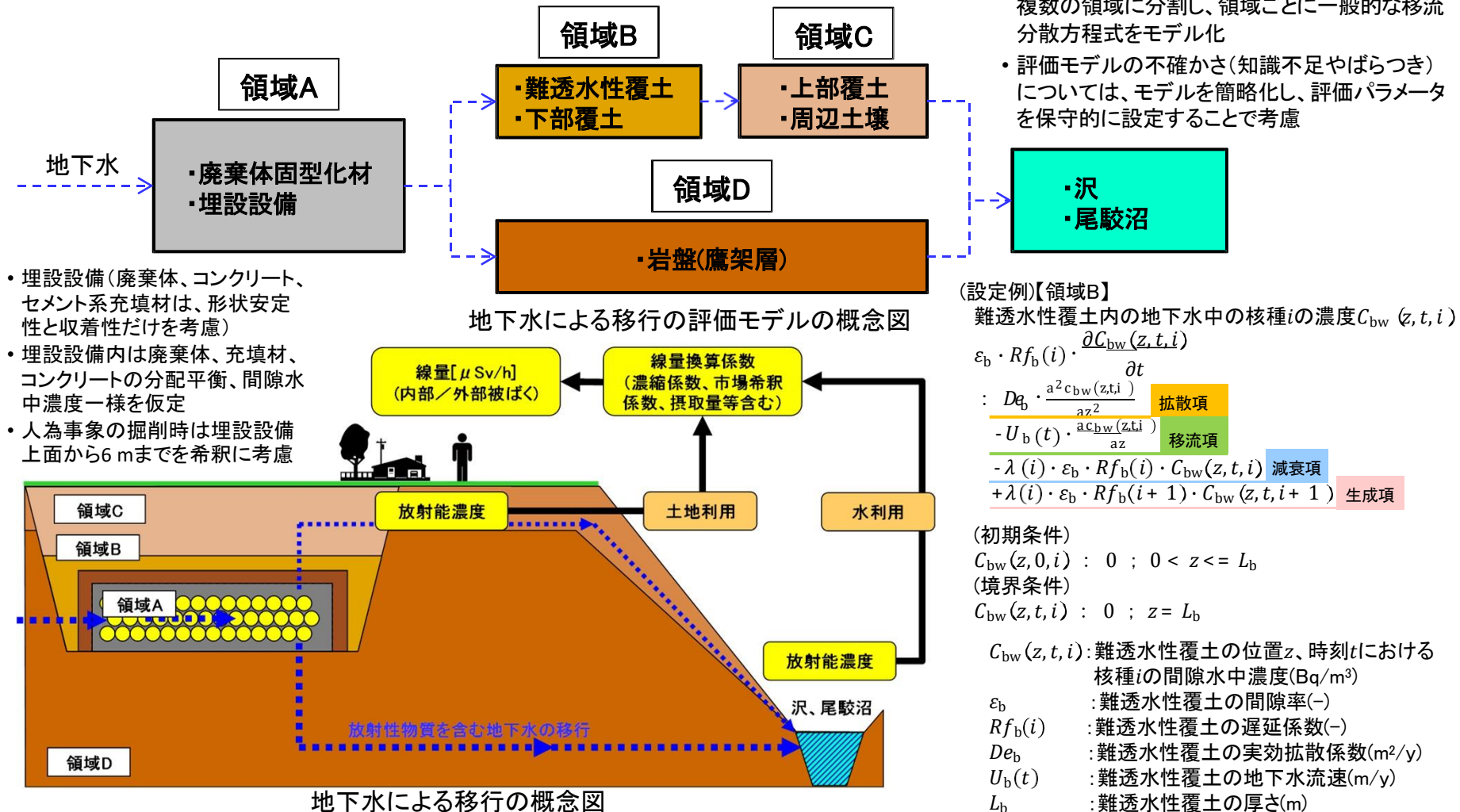
- ・ 主要シナリオを含め、人工バリアの欠損や他の識別した不確実性を考慮している。
- ・ シナリオは、生活圏、地圏および処分場の変遷、処分場の環境影響の変遷を考慮し設定している。
- ・ 基本的変遷では、基本ケースと地球温暖化バリエーションを考慮しており、タイムフレームにおいても、掘削/操業期・氷期サイクル当初・氷期残り期間・氷期サイクル2回目以降の4段階を考慮している。
- ・ それぞれのタイムフレームにおいて、気候関連事項・生活圏関連事項・地圏および人工バリアに関するTWMC(熱、水、力、化)的事項を考慮している。
- ・ 不確実性のマネジメントにおいて成否のカギを握る特徴を「解析するシナリオ数を減らす」としている。

シナリオ	評価ケース
主要シナリオ	基本的変遷に対応するシナリオ ・ウラム氷期に基づく基本ケース ・地球温暖化予測に基づいたケース
追加シナリオ ※潜在的な安全機能の喪失に基づく	放射線学的影響が生じる全ての状況 ・処分孔での移流条件の発生過程及び規模の探求を目的とした「緩衝材移流シナリオ」 ・緩衝材の凍結が発生する過程の探求を目的とした「緩衝材凍結シナリオ」 ・緩衝材の変質現象が発生する過程の探求を目的とした「緩衝材変質シナリオ」 ・腐食に起因したキャニスタ損傷の発生過程及び規模の探求を目的としたシナリオ ・剪断荷重に起因したキャニスタ損傷の発生過程及び規模の探求を目的としたシナリオ ・地殻均衡荷重に起因したキャニスタ損傷の発生過程の探求を目的としたシナリオ
人間活動シナリオ	将来の人間活動に関するシナリオ ・岩盤ボーリングシナリオ
残余シナリオ	その他のシナリオ ・バリア機能の例証を目的とした仮想的なシナリオ

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

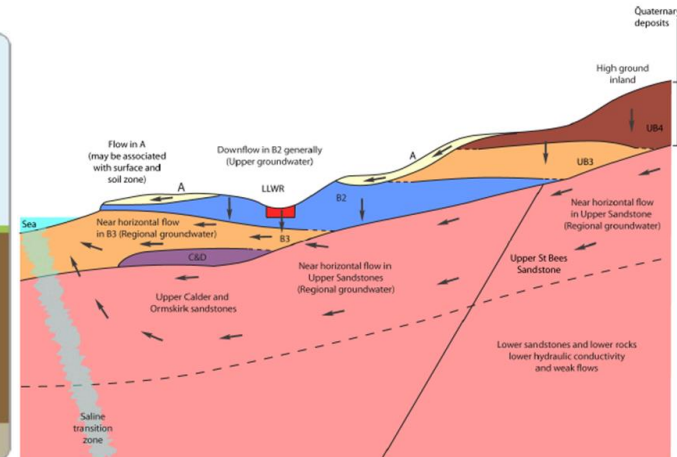
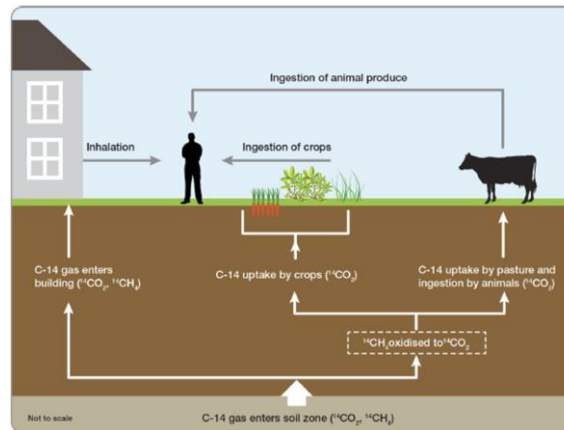
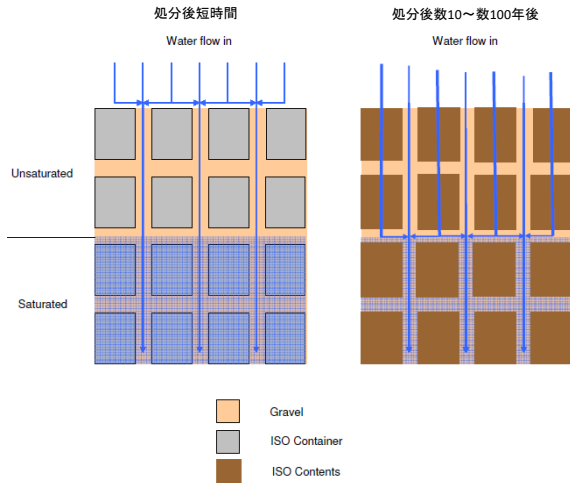
⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分): 日本・JNFL



(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分): 英国・Drigg



地質環境: 処分場近傍に存在する多くの岩相単位を参考に水理地質学モデルを構築している。

地質環境から生活圏への移行経路:
以下の経路に関してコンパートメントモデルが作成されている。

- ・井戸水の利用 (Well Pathway)
- ・海洋環境への自然の排出 (Marine Pathway)
- ・小川や地表水媒体への排出 (Stream Pathway)
- ・小川にある核種の河口への排出 (Estuary Pathway)

ニアフィールドモデル(地下水経路):

- ・水の流れは上部から下部
- ・ISOコンテナの閉じ込めによる核種の拡散は無視
- ・流水中での核種の移行
- ・不飽和帯からの核種の放出
- ・核種の収着
- ・特定核種 (Tc、U の同位体) の溶解度限度

ガス経路モデル:

ニアフィールドからのC-14標識ガスの放出が直接生活圏に移動することを考慮。作物や動物製品への取込が最も重要な被ばく経路となることが予想され、覆土上に住居が建設され、そこからの吸入による被ばく経路も考慮している。

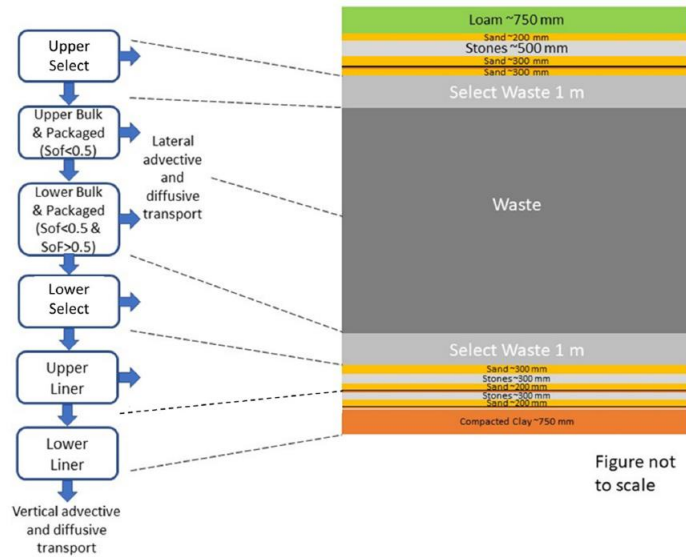
・LLW Repository Ltd (2011): Radiological Assessment Calculations for the Groundwater Pathway for the LLWR 2011 ESC, SERCO/TAS/E003796/011 Issue 6. p11

・LLW Repository Ltd (2011): The 2011 Environmental Safety Case Assessment of Long-term Radiological Impacts, LLWR/ESC/R(11)10028. p79, p125

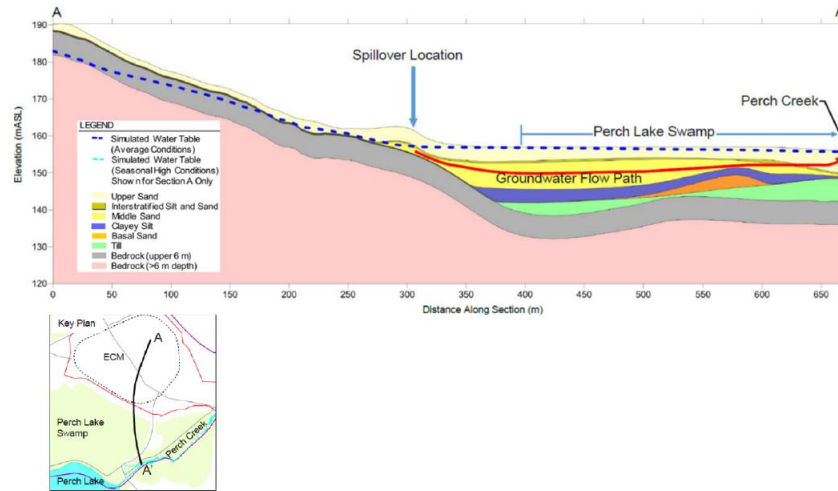
(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

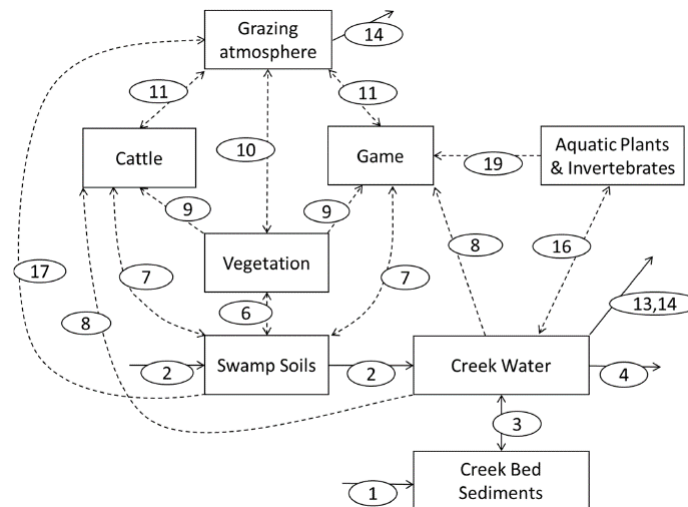
⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分):カナダ・NSDF



廃棄物及び人工バリアの概念モデル:
カバーシステム内では水は下向きにしか
流れないため、モデルでは明示せず、ベ-
スライナーは2層で表現している。



地質環境における
汚染物質の移行
は、移流が支配的
である。拡散は重
要ではなく、モデ
ルでは表現されて
いない。



処分施設から生活圏へ
の移行経路

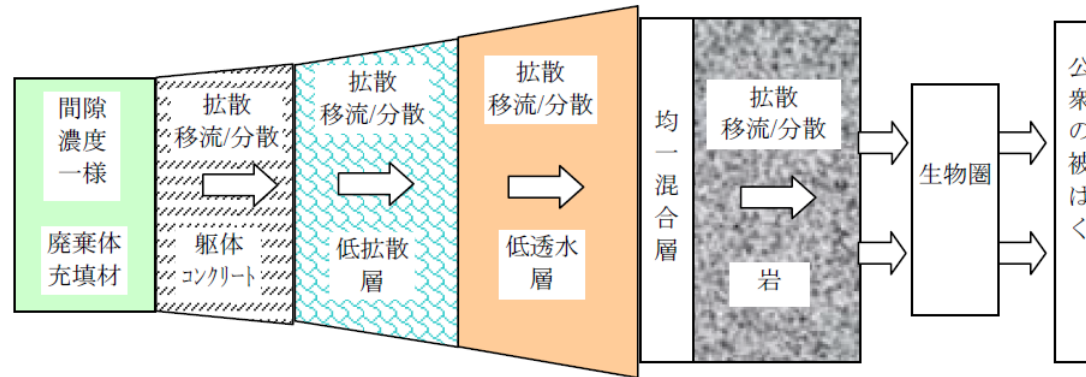
- ・パーチ川への地下水放出
- ・バームを越えて、湿地帯の土壌への排出(左図概念モデル)
- ・廃棄物からキャップ土壌へのガス移行

(出典)CNL, Supplier Document Post-Closure Safety Assessment 3rd Iteration to The NSDF Project, 232-509240-ASD-004 (2020), p.5-8, p.5-40, p.5-54

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(中深度処分): 日本・JNES



地下水シナリオにおける核種移行評価モデル

人工バリア

- 各バリア部材に対してセル分割
- 施設近傍の動水勾配を0.1と仮定し、初期の施設浸入水量を2次元モデルで算出
- 人工バリアの劣化を段階的に評価して、その状態における施設浸入水量の相対的変化割合を理論式から算出して各時点の施設浸入水量を補正
- 劣化の状況を基本シナリオでは現実的に、変動シナリオでは保守的に想定して区別

天然バリア

- 天然バリア中の移行経路・時間については、特定のサイトを想定せずに仮定。ただし、隆起・侵食・海水準変動(海退)により移行時間等は長くなる傾向にあると思われるが、ここでは短くなるケースと一定のケースについてそれぞれ2ケース設定。
- 変動シナリオでは1/10の移行時間を仮定

生活圏

- 生活圏の生活様式及びデータとしては出来る限り浅地中処分サイトのデータを使用
- 汽水性の沼は将来の隆起・侵食・海水準変動を考慮して、淡水化、河川化、湖底の陸化を想定
- 河川・沢等の水量は長期的には変動すると思われるが、現在の1号及び2号のデータを参考に一定と仮定

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

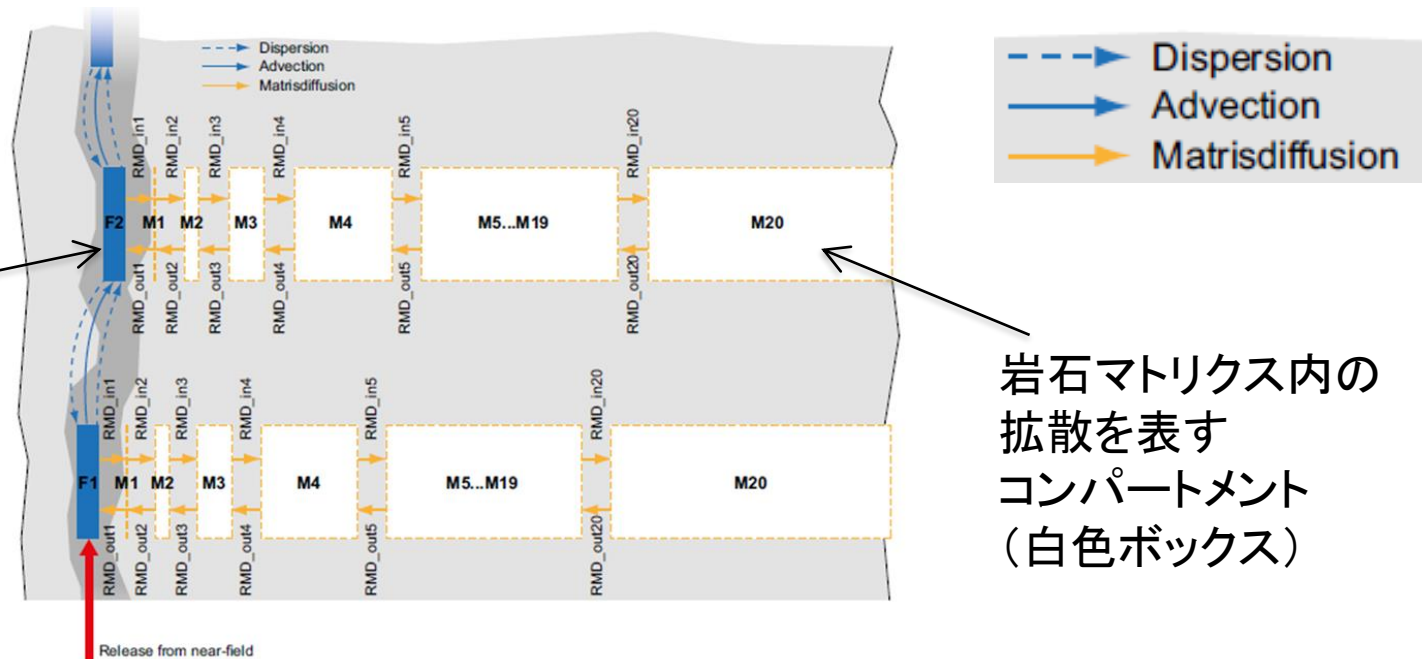
■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(中深度処分):スウェーデン・SFR

ニアフィールドのモデルは処分概念のページ参照

＜ファーフィールドの放射性核種移行の概念モデル＞

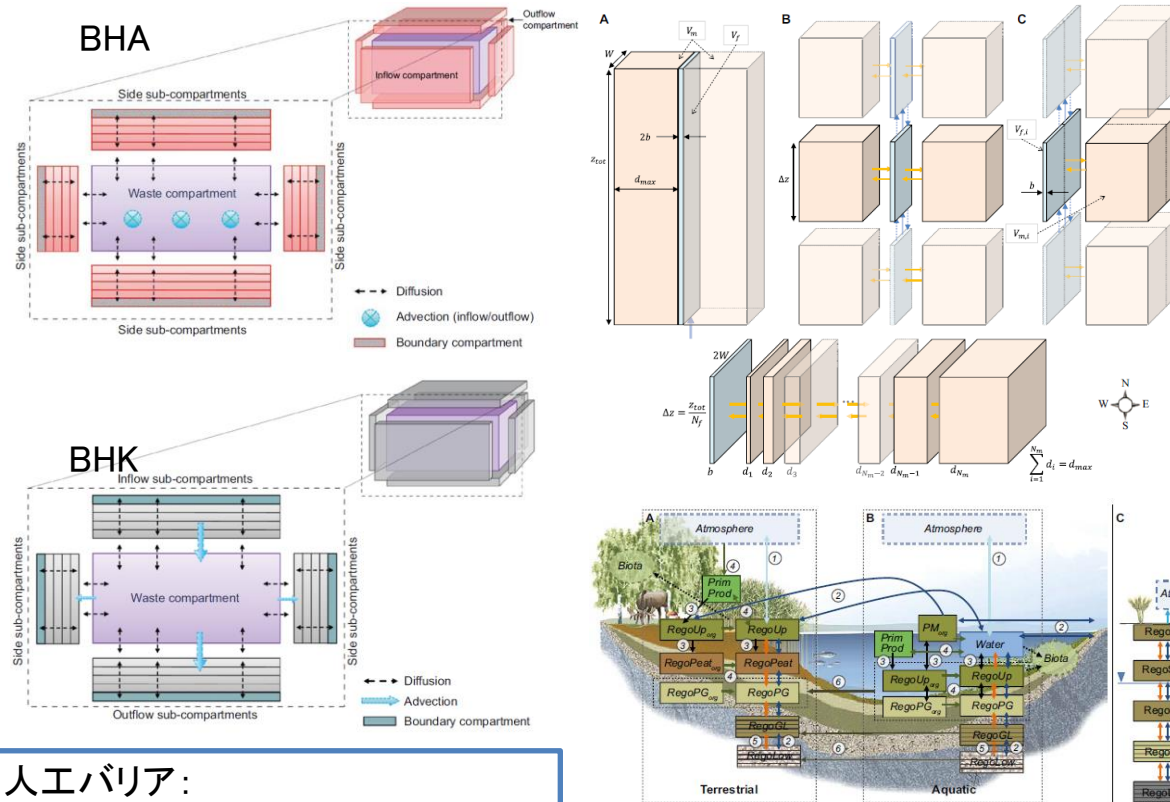
移動相中での移流－分散(岩盤の割れ目に沿った水の流れ)、及び岩石マトリクス内の不動間隙水中への拡散を伴う(収着も考慮)、一次元流跡線(流管として概念化)に沿った輸送方程式を解いている。



(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

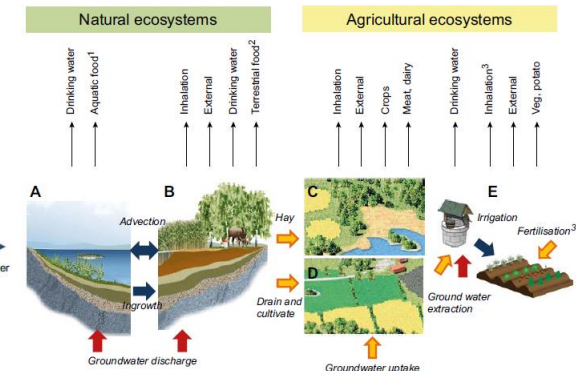
■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(中深度処分):スウェーデン・SE-SFL



天然バリア:
放射性核種が移行される平行な亀裂を持つ理想的な亀裂-岩石-マトリクス系としてモデル化

人工バリア:
ニアフィールド内での移流と拡散を
コンパートメントモデルで表現



生活圏: (SFRとSFLは同じモデル)

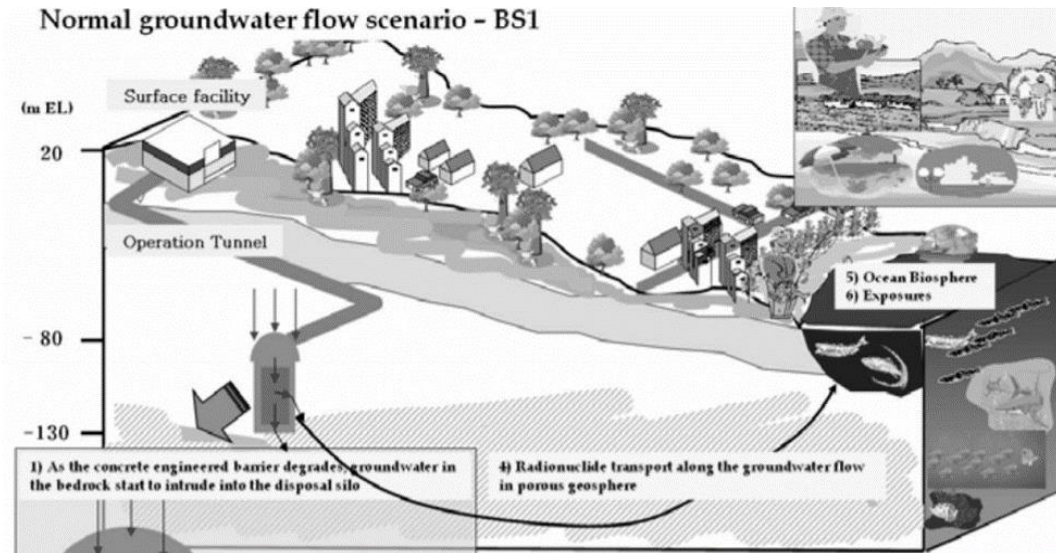
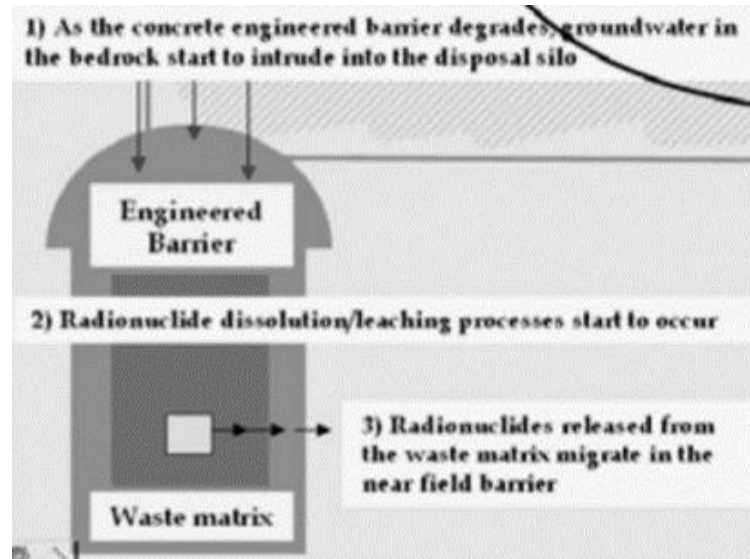
泥炭を含む陸上生態系(A)と、海・湖・河川からなる水生生態系(B)での核種の移行を考慮。
各被ばくグループに対して、潜在的に重要と特定された被ばく経路を割り当てている。

(出典)SKB, "Post-closure safety for a proposed repository concept for SFL. Main report for the safety evaluation SE-SFL". SKB TR-19-01, (2019)., p.131, p.132, p.135, p.139, p.140

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(中深度処分): 韓国・月城



人工バリア:

- ・廃棄体の閉じ込め機能と破損時期を考慮
- ・コンクリートの劣化を考慮
- ・一部廃棄物は浸出率を設定
- ・移流と拡散による移行を考慮しており、サイロの健全性が維持されている期間は拡散による移行が支配的。
- ・移流に関しては、サイロ側面および下部の2方向を考慮。

天然バリア:

- ・マトリクス拡散を伴う亀裂内移行を考慮
- ・多孔質媒体モデルと亀裂媒体モデルを考慮

生活圏:

- ・各被ばくグループに対して、被ばく経路を割り当てている。

人工バリアの劣化に関して: コンクリートライナーの寿命は1400年。

それ以降は、密度の低下、間隙率の増加、透水係数の増加、 K_d の変化が考慮されている。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(地層処分:日本・NUMO-SC)

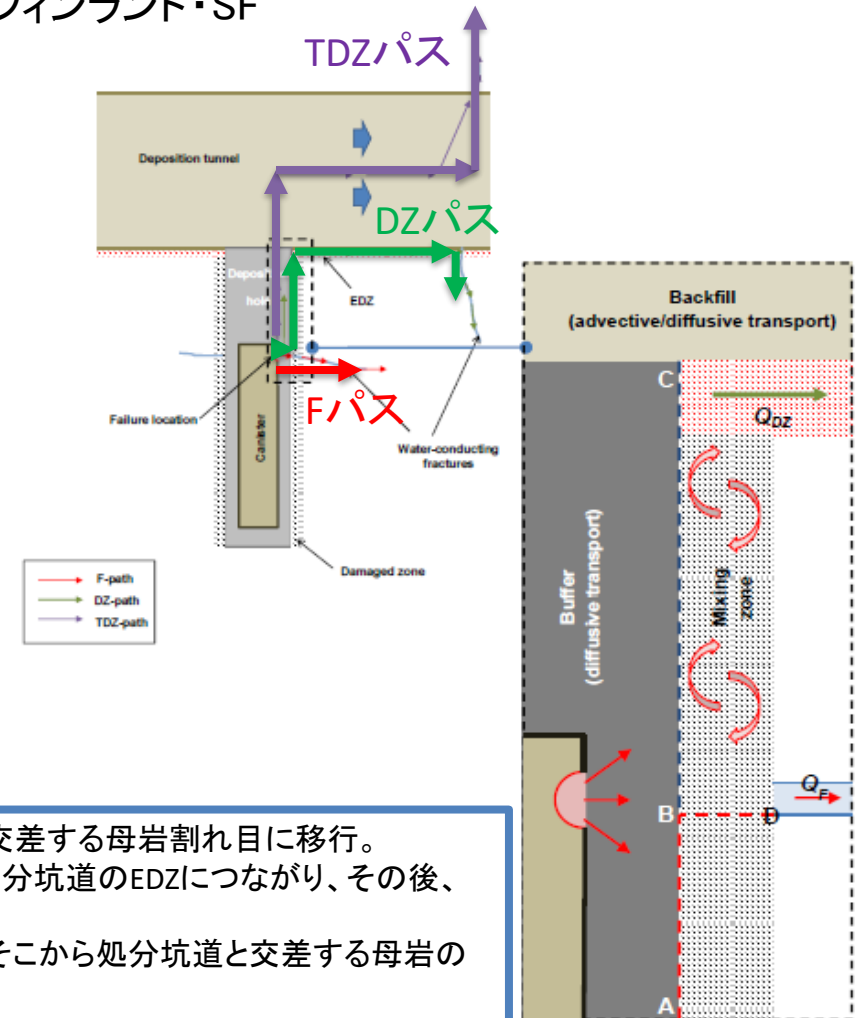
廃棄体からの核種の放出	- ガラス固化体は一定溶出率の調和溶解(寿命:65,270年) - TRUのGr2の放射化金属は一定腐食率の調和溶解(ジルカロイ寿命:11,400年、ステンレス寿命:8,500年) - 上記以外は瞬時放出	
人工バリア内の核種の移動	●ガラス固化体(右図上) ●緩衝材内側境界領域における溶解・沈澱 ●緩衝材は多孔質媒体 ●緩衝材中は拡散移行で瞬時線形収着を考慮 ●TRU等廃棄物(Gr1、2、4H:右図中、Gr3、4L:右図下) ●充填材領域における溶解・沈澱(Gr1、2、4H、4L) ●充填材領域における瞬時線形収着(Gr1、3、4L) ●緩衝材は多孔質媒体(Gr1、2、4H) ●緩衝材中は拡散移行で瞬時線形収着を考慮(Gr1、2、4H)	
接近シナリオ時の放射エネルギー評価	事象発生まで漏洩無しを想定 (稀頻度事象ケースと人間侵入シナリオの解析ケースの全て)	
天然バリア内の核種の移動	- マルチチャンネルモデル(一次元平行平板) - チャンネル内はマトリクス拡散を伴う亀裂内移流分散移行 出典:JNC(1999):地層処分研究開発第2次取りまとめ、総論レポート、JNC TN1400 99-020、V-55頁、図5.5-6から一部抜粋	

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(地層処分):フィンランド・SF

廃棄体からの核種の放出	キャニスタに初期欠陥(側壁上部、直径1 mmの円筒形欠陥)が存在。1000年でキャニスタ内部に浸入した水が完全に満たされ、キャニスタ外への移行経路が確立されると仮定(変動シナリオでは欠陥の拡大等を考慮)
人工バリア内の核種の移動	●緩衝材(ベントナイト) ●キャニスタ内部の欠陥を通して周囲の緩衝材を拡散により移行する(緩衝材の機能低下及び損傷を想定した場合、移流も想定する)。変動シナリオでは、緩衝材の劣化、損傷個所の収着能力の低下を考慮する。 ●坑道埋め戻し材(粘土) ●間隙水中の移流と収着により遅延された拡散を想定。
天然バリア内の核種の移動	●母岩から地表圏までは移流(マトリクス拡散と収着による遅延あり)

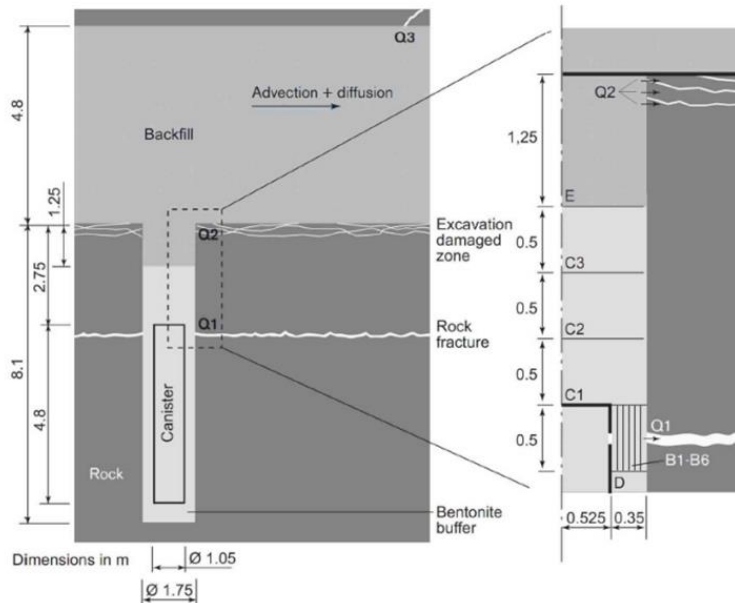


- **Fパス** : キャニスタから緩衝材、処分孔損傷部を通して処分孔と交差する母岩割れ目に移行。
- **DZパス** : キャニスタから緩衝材を通り、処分孔孔損傷部を介して処分坑道のEDZにつながり、その後、EDZと交差する母岩の割れ目に移行。
- **TDZパス** : キャニスタから緩衝材を経て処分坑道の埋め戻し部へ、そこから処分坑道と交差する母岩の割れ目へと移行。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

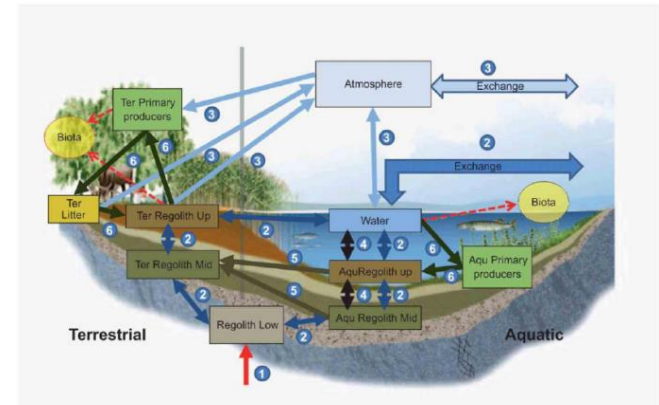
■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(地層処分):スウェーデン・SR-site



天然バリア:

移流、分散、平衡吸着を伴うマトリクス拡散、放射性核種崩壊の各サブプロセスを含む。また、地下水流動は主として、個別の亀裂を明示的に表現する「離散亀裂ネットワーク・モデル」(DFN)を通じてモデル化。



人工バリア:

- ・廃棄体からの核種溶出では、放射性崩壊、金属腐食(一定の金属腐食速度)、燃料の溶解、ギャップ・インベントリの溶解(瞬時放出としてモデル化される)、放射性核種の分種化(共通の元素溶解度による核種の溶解/沈殿)を考慮。
- ・緩衝材における拡散及び収着、処分坑道埋め戻し材における移流、拡散及び収着を考慮

生活圏:

LDF(ランドスケープ線量換算係数)を算出するために、生活圏オブジェクトにおける核種移行率を、コンパートメントモデルを用いて核種の蓄積をモデル化している。
地圏からの核種放出率にLDFを乗ずる。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

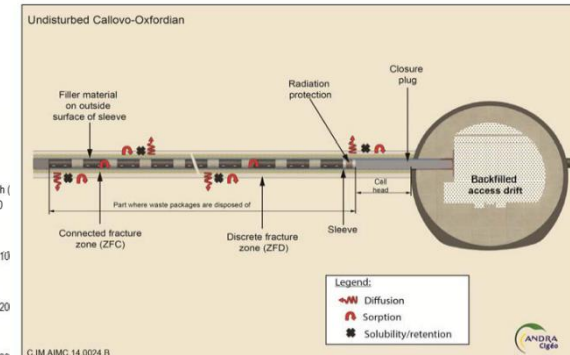
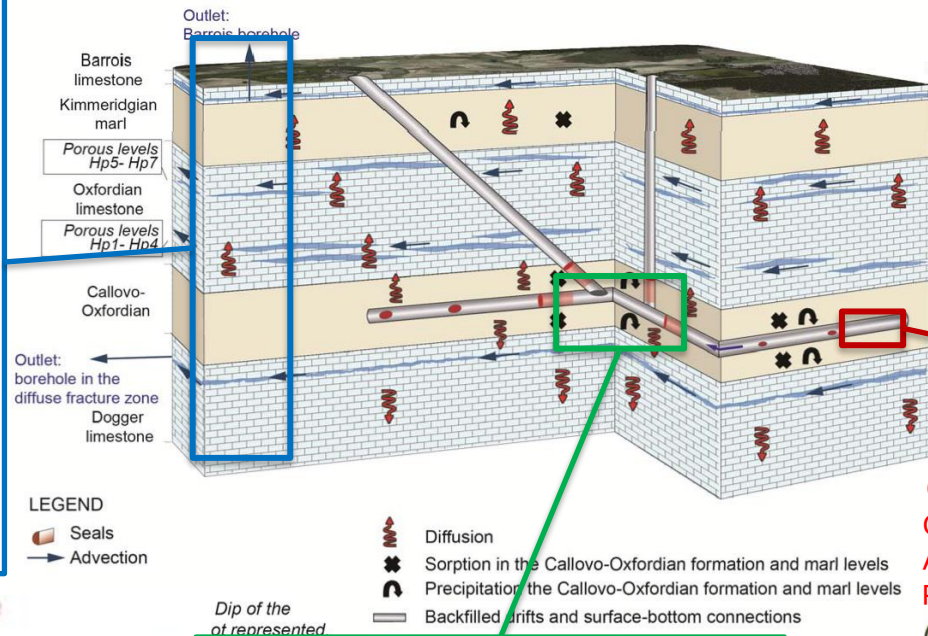
■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(地層処分): 仏国 Cigeo

天然バリア内の 核種移行

天然バリア内の核種移行

- ・亀裂の効果を考慮
- ・粘土岩盤内で測定された拡散特性に補正係数(>1)を適用
- ・出口から生活圏での人の摂取と吸入に至る移行経路及び外部被ばく



廃棄体からの核種放出

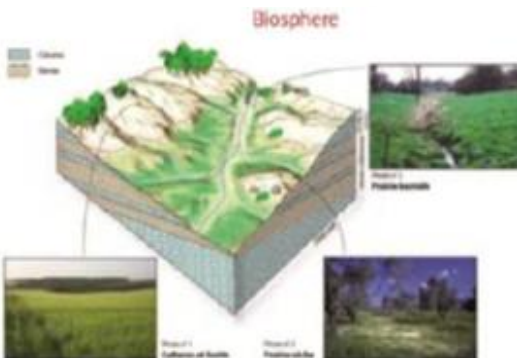
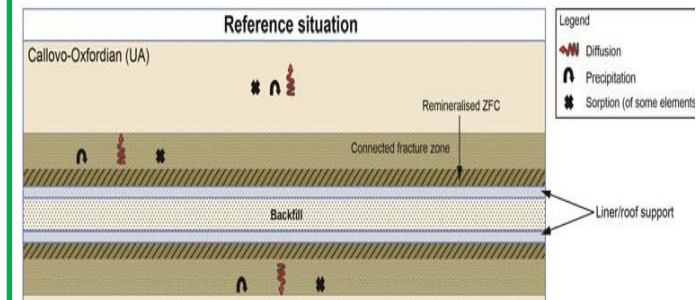
- ・容器の密閉性と破損時期を考慮
- ・セル内の環境条件を考慮
- ・塩の溶解度を考慮 (ILW-LL)

(出典) ANDRA, "Safety Options Report-Post-Closure Part(DOS-AF)", CG-TE-D-NTE-AMOA-SR2-0000-15-0062 (2016)
P253,256,P262,266, 追記



人工バリア内の核種移動

- ・移流と拡散を考慮(砂と同等の透水性と保守的な拡散パラメータ使用)
- ・塩影響を考慮 (ILW-LL)
- ・スリーブ・ドリフトライナーの補強材等の化学的擾乱を考慮: 主に鋼とセメント劣化により発生(アルカリ性・有機物障害の影響)に補正係数を適用



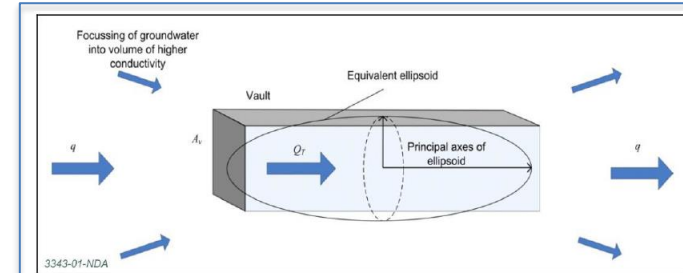
(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

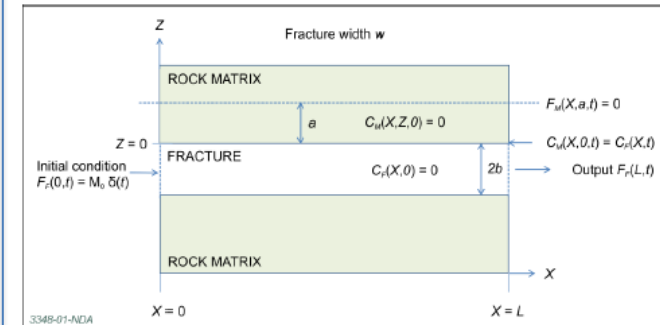
⑤モデル設定の考え方と具体的な設定(地層処分): 英国GDF

基本シナリオと変動シナリオを想定する。

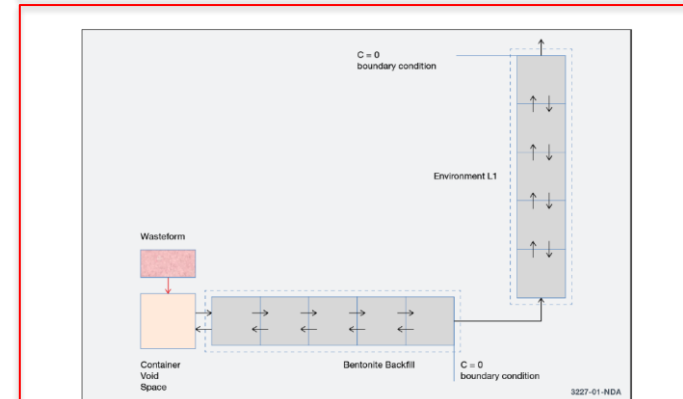
廃棄体からの核種の放出	容器閉じ込め機能を考慮する (Ex.ステンレス容器: 対数三角分布(1.E4、9.E4)年 ※分布は環境要因に依る) 変動シナリオでは容器の早期破損を想定する。
人工バリア内の核種の移動	●ガラス固化体 ・パッケージ内はモデル化せず、容器閉じ込め機能に包含 ・ベントナイト内の移行は拡散のみ考慮 ●中低レベル廃棄物 ・廃棄物パッケージ内はモデル化せず、閉じ込め機能に包含 ・埋め戻しコンクリート内の移行は、拡散と移流 →有機物影響、緩衝材の劣化、pH等を考慮した収着、溶解度の分布を設定する
天然バリア内の核種の移動	●花崗岩系 ・マトリクス拡散を伴う亀裂内移流分散移行 ・生活圏付近は、砂岩(1E-5 m/s程度)の移流を考慮 ●泥岩系 ・拡散移行のみを考慮 ・生活圏付近は、チョーク層の移流を考慮し、深さによって酸化・還元環境の変化を考慮



Vault内の移流モデル(中低レベル)



マトリクス拡散を伴う亀裂内移流分散移行(花崗岩系)



ベントナイトから泥岩系への拡散移行モデル(高レベル)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料: 主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

実効拡散係数	1E-12～6E-10 m ² /s (カナダ・NSDF、JNFL)
分配係数	廃棄体、人工バリア構成材、岩盤に対して設定。数値は下表
SRF	有機物影響・塩影響に対してSRFを設定。(日本・JNFL)
河川・湖沼流量	パーチ川: 2E+6 m ³ /y (カナダ・NSDF) 沢流量: 2.4E+5 m ³ /y (日本・JNFL) 湖沼流量: 可能性高1.3E+7 m ³ /y、厳しい8E+6 m ³ /y (日本・JNFL) サイトによるが浅地中処分では、比較的小規模河川

分配係数 (m ³ /kg)	廃棄体	充填材	岩盤
C	0.004～0.5	0～0.05	0.0001～0.005
Cl	0～0.0021	0～0.001	0
Nb	0.01～10	0.01～10	0.02～0.75
Tc	0～0.0004	0～6	0～0.0001
I	0～0.0037	0～0.001	0～0.001
Cs	0.002 ～0.3	0.01～0.1	0.28～1
Pu	0.08～10	0.08～10	0.02～0.55

- Cについては、実廃棄物、実廃液を用いた試験と模擬核種による試験データの差異、化学形態の違いが大きいと推定される。
- Nb、Csについては有機物・塩影響が考えられる。
- Csの分配係数は深い場所に比べて大きめの設定。
- 一部TcのK_dは還元状態を前提
- Puについては、有機物・塩、地下水組成の影響が考えられる。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料：主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

56

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

廃棄体の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNFL* (1号／2号／3号)	英国・Drigg	米国・WCS	カナダ・NSDF (Select Waste／ Combined Waste*)
C	0.004～0.5／0.05／0.05	0	不明	0.005／0.017
Cl	0／0.0005／－	0.001	不明	0／0.0021
Nb	0.01～10／2／2	10	不明	0.17／0.43
Tc	0～0.0003／0.0002／0.0002	6	不明	4.0E-05／4.0E-04
I	0～0.001／0.0001／0.0001	0.001	不明	0.001／0.0037
Cs	0.002～0.01／0.1／0.1	0.015	不明	0.28／0.18
Pu	0.08～10／0.4／0.4	10	不明	0.4／0.6
	*JNFLの廃棄体の収着分配係数のうち、均質・均一固化体については実固化体を用いた試験、化学形態が同定されていないC-14の充填材の収着分配係数は、実廃液を用いた試験、その他の充填固化体は充填材と模擬核種を用いた試験、試験データが得られない核種は、JAEA-SDBをもとに設定し、その値に、塩影響、有機物影響を考慮して設定されている。試験条件で塩影響、有機物影響を含むものは、試験データで設定。			*カナダ・NSDFでは、個々の廃棄物材料(砂、粘土、有機物、セメント材料、金属およびプラスチック($K_d=0$ と仮定))に対する文献データを列挙し、Select Wasteに対しては砂の値を、Combined Wasteに対しては施設に含まれる各材料の重量を考慮して個々の K_d の加重平均として算出している。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

補足資料：主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

充填材の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNFL (1号／2号／3号)	英国・Drigg*	米国・WCS	カナダ・NSDF
C	0.004～0.05／0.05／0.05	0	不明	不明
Cl	0／－／－	0.001	不明	不明
Nb	0.01～0.2／2／2	10	不明	不明
Tc	0／0.0002／0.0002	6	不明	不明
I	0／0.0001／0.0001	0.001	不明	不明
Cs	0.01／0.1／0.1	0.015	不明	不明
Pu	0.08～8／0.4／0.4	10	不明	不明
	化学形態が同定されていないC-14の充填材の収着分配係数は、実廃液を用いた試験、その他の充填固化体は充填材と模擬核種を用いた試験、試験データが得られない核種は、JAEA-SDBをもとに設定し、その値に、塩影響、有機物影響を考慮して設定されている。	*セメント系グラウト		

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料：主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

58

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

岩盤の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNFL (1号／2号／3号)	英国・Drigg	米国・WCS	カナダ・NSDF
C	0.0001／0.0001／0.0001	0	不明	0.005
Cl	0／－／－	0	不明	0
Nb	0.02／0.02／0.02	－	不明	0.75
Tc	0／0／0	1.0E-04	不明	1.0E-04
I	0／0／0	0.0011	不明	0.001
Cs	1／1／0.9	0.3	不明	0.28
Pu	0.02／0.02／0.02	0.1	不明	0.55
	上部覆土及び岩については塩影響、有機物 影響を考慮しない。			カナダ・NSDFでは、地圏経路は 中砂にあり、 K_d は文献データ中の 飽和帯に相当するものを使用。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料: 主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

59

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

人工バリアの流量	1.0E-3(スウェーデン・SFR、サイロ)～2.0E+2 m ³ /y(スウェーデン・SFR、ボルト)
実効拡散係数	3.2E-14(スウェーデン・SFR岩石マトリクス)～2.0E-9 m ² /s(スウェーデン・SF-SEL廃棄物中)
分配係数	セメント系材料、ベントナイト、岩盤に対して設定。数値は下表
SRF	BHAにおけるセメント・ベントナイトに対してSRFを設定。(スウェーデン・SE-SFL)
河川・湖沼流量	沢流量: 5.0E+5 m ³ /y(日本・JNFL) 河川流量: 1.0E+7 m ³ /y(日本・JNFL)

分配係数(m ³ /kg)	セメント系材料	ベントナイト	岩盤
C	0～5	0～9E-5	0～0.0019
Cl	0～0.001	0	0～0.0001
Nb	0～50	0.1～3	0.02～50
Tc	0～3	0～63	0～1
I	0～0.0013	0	0～0.0001
Cs	0.001～0.02	0.05～0.11	0.00065～0.05
Pu	0.013～30	0.02～63	1.5E-5 ～5

- Cのセメント系材料の収着分配係数は化学形態による差が大きく、実測または化学形態の同定が重要。
- Nbは各バリアで差が大きく、実験の難しさと保守性が原因と考えられる。
- Tcは酸化還元状態の想定によって大きく異なる。
- Csの収着分配係数は浅地中処分に比べて小さい
- Puは化学環境、炭酸濃度、有機物等の影響があるので、差異が大きい。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料: 主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

60

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

セメント系材料の収着分配係数の各国比較(m³/kg)

元素	日本・JNES (影響物無／影響物有)	スウェーデン・SFR (劣化状態 I ～ III に応じて設定)	スウェーデン・SE-SFL (酸化状態)	韓国・月城 (劣化前／劣化後)
C	0.00025／0	Carbonate species: 2～5 CH ₄ , organic acids: 0	C-ind* State I, II, IIIa, IIIb: 0 C-inorg: Satte I: 2, State II: 5, State IIIa: 2, State IIIb: 0.7	0.05／0.00144
Cl	0／0	Cl(-I): 0.001	State I, II, IIIa, IIIb: 0.001	—
Nb	0／0	Nb(V): 50	State I, II, IIIa: 50 State IIIb: 5	0.05／1.23
Tc	2.5／0	Tc(IV): 3 Tc(VII): 0.001	State I, II, IIIa, IIIb: 3	0／0
I	0.0013／0	I(-I): 0.001	State I, II, IIIa, IIIb: 0.001	0.001／0
Cs	0.0025／0.0025	Cs(I): 0.001	State I: 0.001, State II: 0.002, State IIIa: 0.02, State IIIb: 0.02	0.005／0.0189
Pu	0.25／0.013	Pu(III): 10 / Pu(IV): 5～30 Pu(V): 0.1 / Pu(VI): 2～30	State I: 5, State II, IIIa, IIIb: 30	1／13.9
	塩類・有機物等の 影響物質の有無で 設定		*C-ind: BHKでの放射化 *スウェーデン・SE-SFLでは、セメント溶出によるpH の変化を考慮し、State I～State IIIbでのK _d 値を設定。 (State I: Na と水酸化カリウムの溶解、pH>12.5; State II: ポルトランタイトの溶解、pH≈12.5; State IIIa: ケイ酸カルシウム水和物(CSH)の非調和溶解、pH≈12; State IIIb: CSH相の非調和溶解、カルシウムアルミネートなし、pH≈10.5)	

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料: 主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

61

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

ベントナイトの収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNES	スウェーデン・SFR	スウェーデン・SE-SFL	韓国・月城
C	0	Carbonate species: $9.0\text{E}-05$ CH_4 , organic acids: 0	0	不明
Cl	0	$\text{Cl}(-\text{I}): 0$	0	不明
Nb	0.1	$\text{Nb}(\text{V}): 3$	3	不明
Tc	1	$\text{Tc}(\text{IV}): 63$ $\text{Tc}(\text{VII}): 0$	63	不明
I	0	$\text{I}(-\text{I}): 0$	0	不明
Cs	0.05	$\text{Cs}(\text{I}): 0.11$	0.11	不明
Pu	5	$\text{Pu}(\text{III}): 61$ $\text{Pu}(\text{IV}): 63$ $\text{Pu}(\text{V}): 0.02$ $\text{Pu}(\text{VI}): 3$	61	不明
設定条件	TRU 第2次取りまとめでの値	$\text{pH} > 9 \sim 12$ $\text{Eh} = -600 \sim -400 \text{ mV}$ $\text{T} = 25 \sim 80^\circ\text{C}$ 有機物 $< 6 \text{ (mol/L)}$ (SKBLレポートのMX-80の設定値より)	$\text{pH} > 9 \sim 12$ $\text{Eh} = -600 \sim -400 \text{ mV}$ $\text{T} = 25 \sim 80^\circ\text{C}$ 有機物 $< 6 \text{ (mol/L)}$ (SKBLレポートのMX-80の設定値より)	

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料: 主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

62

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

岩盤の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNES	スウェーデン・SFR	スウェーデン・SE-SFL	韓国・月城
C	0.0001	0	0	0.00191
Cl	0.0001	Cl(-I): 0	0	—
Nb	0.1	Nb(V): 0.02	0.02	0.343
Tc	1	Tc(IV): 0.053 Tc(VII): 0	0.099	0.327
I	0.0001	I(-I): 0	0	0
Cs	0.05	Cs(I): 0.00088~0.0077	0.00065	0.0162
Pu	5	Pu(III / IV) ・pH < 10: 0.015 ・pH > 10: 1.5E-05	0.028	1.18
設定 条件	TRU第2次取りまとめでのグループ1、2、4 の値		室内実験及び現位置でのトレーサ試験から得られたものを使用。データがない場合には、アナログ元素の値を用いている。化学条件はSR-Siteと同じとされており、フォルスマルクの処分場深度(～500m)の嫌気性地下水(塩分濃度5,190 mg/l、重炭酸塩濃度22mg/l、pH 8)としている。	

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料: 主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

63

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

EDZの流量	日本: $6E-2 \sim 8E-1 \text{ m}^3/\text{y}$ (HLW1本)、 $3 \sim 800 \text{ m}^3/\text{y}$ (TRU坑道グループ単位) フィンランド・SF: $2.7E-4 \text{ m}^3/\text{y}$ (トンネルのEDZ内)、スウェーデン・SR-Site: $5.3E-4 \sim 9.9E-4 \text{ m}^3/\text{y}$ (処分孔1本)、フランス・Cigeo: $4 \text{ m}^3/\text{y}$ (処分場全体)
実効拡散係数	緩衝材/ベントナイト: $1.3E-12 \sim 5E-8 \text{ m}^2/\text{s}$ 、埋め戻し材: $7.4E-12 \sim 9.5E-10 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 母岩: $1E-13 \sim 2.5E-10 \text{ m}^2/\text{s}$
分配係数	充填材、緩衝材、岩盤に対して設定。数値は下表
SRF	日本・NUMO-SCのTRU Gr3、英国・GDFのNRVB_セルロース付着割合(0.1~10%)に対して SRFを設定。
河川流量	$3.2E+4$ (Finland湖沼) $\sim 1E+9$ (NUMO-SC) m^3/y

分配係数(m^3/kg)	充填材(TRUを対象)	緩衝材	岩盤
C	0 ~ 0.2	0	0 ~ 0.0071
Cl	0 ~ 0.0001	0	0 ~ $1.0E-05$
Se	0.00022 ~ 0.01	0 ~ 0.04	0 ~ 0.1
Tc	$2E-05 \sim 1$	0 ~ 63	0 ~ 50
I	0.0001 ~ 0.00056	0	0 ~ $3.5E-05$
Cs	0.0002 ~ 0.0013	0.04 ~ 0.093	0.00035 ~ 1
Pu	0.2 ~ 7	0.02 ~ 100	0.15 ~ 250

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料：主要な評価パラメータの設定値と根拠(p214)参照

64

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

母岩の収着分配係数の各国比較(m³/kg)

元素	日本・NUMO-SC	フィンランド・SF	スウェーデン・SR-Site	フランス・Cigéo	英国・GDF
C	0	-	0	0	3.0E-04 (花崗岩) 0.001 (粘土)
Cl	0	0	0	0	0 (花崗岩) 0 (粘土)
Se	①1E-03 ②③低Cl ⁻ : 4E-02、高Cl ⁻ : 5E-02	-	2.95E-04	0	0 (花崗岩) 0 (粘土)
Tc	①8E+00 ②③低Cl ⁻ : 1E-02、高Cl ⁻ : 0E+00	4.0E-01(硬岩) 2.0E+01(軟岩)	5.29E-2(IV) 0(VII)	不明	14 (花崗岩) 50 (粘土)
I	0	0	0	0	8.0E-06 (花崗岩) 0 (粘土)
Cs	①4E-02 ②③低Cl ⁻ : 1、高Cl ⁻ : 0.1 ※	7.0E-02(硬岩) 1.0E-03(軟岩)	3.49E-04	不明	0.14 (花崗岩) 0.5 (粘土)
Pu	①3E-01 ②③低Cl ⁻ : 3E+01、高Cl ⁻ : 5E+00	1.4E-01(硬岩) 2.3E+02(軟岩)	1.48E-2(Ⅲ) 5.29E-2(Ⅳ) 9.14E-3(Ⅴ、Ⅵ)	不明	5.5(花崗岩) 20(粘土)
設定条件	①深成岩類 ②新第三紀堆積岩類 ③先新第三紀堆積岩類 ※硝酸塩影響: TRUのGr.3(処分後1,000年まで): 上記の1/1000、(処分後1,000年以降): 上記の1/100	高アルカリイオン水条件 pH : 8.1 Eh : -267(mV) 塩濃度 : 0.871(mol/L)	母岩 : 花崗岩および花崗閃緑岩 地下水条件 : 塩濃度約0.19 M、pH約7.6、炭酸濃度約3.5E-4 M	保守的に0	pH = 8±1 還元雰囲気 T < 40°C 有機物=<1.5(mol/dm ³) 記載値は分布の中央値

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

補足資料：主要な評価パラメータの設定値と根拠(p213)参照

65

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

緩衝材(ベントナイト)の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・NUMO-SC	フィンランド・SF	スウェーデン・SR-Site	フランス・Cigéo	英国・GDF
C	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0
Se	4E-04	0	0(Ⅱ,Ⅵ), 0.04(Ⅳ)	0	0(-Ⅱ), 0.04(Ⅳ)
Tc	5	2.1	63(Ⅳ),0(Ⅶ)	不明	0(Ⅶ), 63(Ⅳ)
I	0	0	0	0	0
Cs	②高Cl-③高Cl- : 4E-02, 上記以外 : 6E-02	0.28	-	不明	0.093
Pu	1E+01	23	100(Ⅲ),63(Ⅳ), 0.02(Ⅴ),3(Ⅵ)	不明	100(Ⅲ), 63(Ⅳ), 0.02(Ⅴ), 3(Ⅵ)
設定条件	①深成岩類 ②新第三紀堆積岩類 ③先新第三紀堆積岩類	高アルカリイオン水条件 pH:10 Eh:-407(mV)) T:25℃ 塩濃度:0.182(mol/L)	pH > 9~12 Eh= -600~-400 mV T = 25~80℃ 有機物< 6 (mol/L) 記載値は分布の中央値 (SKBレポートのMX-80 の設定値より)	保守的に0	pH > 9~12 Eh= -600~-400 mV T = 25~80℃ 有機物< 6 (mol/L) 記載値は分布の中央値 (SKBレポートのMX-80 の設定値より)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑦評価の目安や基準設定の考え方

浅地中処分	英国・Drigg LLWRの地下水シナリオはリスク基準(10^{-6} /年)、その他は線量基準(0.01~1 mSv/年) 英国・Drigg LLWRの人間侵入シナリオの線量基準は3~20 mSv/年、日本の場合の人為事象シナリオの線量基準は1 mSv/年
中深度処分	諸外国ではリスク基準(10^{-6} /年)、日本ではシナリオごとにめやす線量を設定。
地層処分	リスク基準又は線量基準。諸外国のリスク基準は 10^{-6} /年。日本ではシナリオごとにめやす線量とリスクのめやす値(一部シナリオのみ)を設定。線量基準は、基本となるシナリオで0.01~0.25 mSv/年

低線量率放射線被ばく後の確率的影響に対する損害で調整された名目リスク係数(10^{-2}Sv^{-1})

被ばく集団	が ん		遺伝性影響		合 計	
	Publ.103	Publ. 60	Publ.103	Publ. 60	Publ.103	Publ. 60
全集団	5.5	6.0	0.2	1.3	5.7	7.3
成 人	4.1	4.8	0.1	0.8	4.2	5.6

(出典)国際放射線防護委員会の2007年勧告、社団法人日本アイソトープ協会(2009)、p.19を一部変更
The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection、
ICRP Publication 103 (2007)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑧評価結果及び主要核種

処分概念ごとに国内外の線量評価結果(被ばく線量またはリスク)と支配核種をまとめて示した。

浅地中 処分	日本・JNFL:最も厳しい自然事象シナリオで0.0033~0.004 mSv/年 支配核種は、C-14、Ni-63、Ni-59、Nb-94、Pu-239、240
	英国・Drigg LLWR:地下水移行シナリオで、5E-10~1E-7 y ⁻¹ 支配核種は、C-14、Cl-36、I-129、Ca-41、Mo-93
	米国・WCS Texas:CWF(商用廃棄物)の場合0.067 mSv/年(10万年間の最大値) 支配核種は、C-14、Cl-36、Tc-99及びI-129
	カナダ・NSDF:通常変遷シナリオで0.015 mSv/年(4100年) 支配核種は、Th-228、Nb-94、Ra-228、Ra-226、C-14
中深度 処分	日本:基本地下水シナリオ(河川産物摂取)で、0.45~1.9 μSv/年 支配核種は、C-14、Cl-36、I-129
	スウェーデン・SFR:総合リスク:9.0E-07(AD5000年) 支配核種は、Mo-93、C-14。評価期間後期ではNi-59、I-129、U-238
	スウェーデン・SE-SFL:ベースケースでは、BHA:約100 μSv/年、BHK:約60 μSv/年 支配核種は、C-14(初期線量)、Mo-93(両ボルトの最大総線量)
	韓国・月城:基本シナリオで、5.38E-5~3.74E-3 mSv/年 支配核種は、C-14

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑧評価結果及び主要核種

地層処分	日本・NUMO-SC: 基本シナリオで、			
		深成岩類	新第三紀堆積岩類	先新第三紀堆積岩類
	ガラス固化体	約0.04 μ Sv/y (約40万年) I-129, Se-79	低Cl ⁻ : 約4E-3 μ Sv/y (約9万年) I-129 高Cl ⁻ : 0.7 μ Sv/y (約12万年) U-233	低Cl ⁻ : 約4E-3 μ Sv/y (約9万年) I-129 高Cl ⁻ : 約0.9 μ Sv/y (約13万年) U-233
	TRU	2 μ Sv/y (約3,000年) Sr-90, I-129, Se-79	0.1 μ Sv/y (3.5万年) 低Cl ⁻ : C-14, I-129, Ra-226 高Cl ⁻ : C-14, I-129, Pb-210, U-233	0.2 μ Sv/y (4万年) 低Cl ⁻ : I-129 高Cl ⁻ : I-129, U-233
	フィンランド・SF: リファレンスケースで、湖: 1.79E-03 μ Sv/年、C-14、海岸: 4.45E-04 μ Sv/年、C-14、平地林: 6.83E-05 μ Sv/年、I-129、Cl-36、耕作地: 3.40E-05 μ Sv/年、Cl-36			
	スウェーデン・SR-Site: 最もリスクの高い腐食シナリオ及び剪断加重シナリオでRa-226が支配核種となる			
	フランス・Cigéo: 基本シナリオで1E-6 Sv/y以下(100万年後) 支配核種は、Cl、Se			
	英国・GDF: HLWで、花崗岩系はI-129、Cl-36、泥岩系はI-129、Cl-36、Se-79、ILLWで、花崗岩系はCl-36、C-14、泥岩系はNb-94、I-129、Cl-36、Se-79、Ra-226が支配核種			

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑨評価における不確実性の取り扱い

✓ 浅地中処分

日本・JNFL	自然事象シナリオの評価パラメータの最も厳しい設定によって考慮される。不確実性の対象とされた評価パラメータは、埋設設備から上部覆土への流出水量、埋設設備から鷹架層への流出水量、各核種・各媒体の分配係数、尾駁沼又は河川の交換水量、廃棄物埋設地の土壌の希釈係数
英国・Drigg	以下のパラメータを、確率密度関数(PDFs)を用いて割り振っている。 インベントリ、ニアフィールド収着分配係数、不飽和帯への核種放出を支配するパラメータ、井戸の存在の可能性、岩相B3の地下水量、岩相B3のペクレ数、覆土の浸透速度、LLWR構成材の透水係数
米国・WCS	インベントリの不確実性は95%ileを考慮して線量評価を実施。また、申請書で提供される不確実性分析では、降水量、流出係数、蒸発散係数、侵食速度、赤色粘土材料の透水係数、汚染ゾーン分配係数、不飽和ゾーン分配係数の不確実性を評価。
カナダ・NSDF	評価結果に最も重要な影響を与えると思われる以下のパラメータについて不確実性解析を実施。 インベントリ、廃棄体及びライナーの K_d 、溶解度制限、SEF・SRF、EDTAウォッシュアウトのタイミング、水文学的に有効な降雨量、土壌・堆積物の K_d 、河川流量、濃縮係数(植物、動物)、動物の餌場

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑨評価における不確実性の取り扱い

✓ 中深度処分

日本・JNES	被ばく線量結果に支配的な影響を及ぼす主要なパラメータ(天然バリアの K_d 、施設浸入水量、セメント系材料の実効拡散係数、収着体積、 K_d 、廃棄体の溶出率について、感度解析を実施。
スウェーデン・SFR	不確かさを考慮しているパラメータは、下記のとおり。 ・インベントリ: 95%ile考慮 ・セメント K_d などのパラメータ: 劣化の発生時期、値の不確かさを考慮
スウェーデン・SE-SFL	感度解析を実施することで、システム、モデル(岩盤を通る地下水流れを確率的に生成される離散的亀裂ネットワーク(DFN)アプローチを用いてモデル化)、パラメータ(例えば地下水流動の強さ、地圏の保持パラメータ、あるいは生活圏の特性、等)の不確実性を検討。
韓国・月城	モデリングの段階でデータの不確実性を考慮。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑨評価における不確実性の取り扱い

✓ 地層処分

日本・NUMO-SC	安全評価における不確実性は、シナリオ、モデル、データに付随するものとして分類して取り扱われる。
フィンランド・SF	考慮している不確実性はシナリオの不確実性(初期欠陥のキャニスタ数およびその位置、移行経路が確保されるまでの時間等)、データの不確実性(溶解度定数の不確実性、シナリオの時期や地質の変化等)
スウェーデン・SR-Site	考慮している不確実性は、シナリオの不確実性、システムの不確実性、モデルの不確実性、パラメータの不確実性
フランス・Cigéo	考慮している不確実性は、入力データ、処分場・地質環境の変化のプロセス(構成要素機能への影響・放射性核種の放出と移行)、自然事象等
英国・GDF	●I、LLW:鉄、ステンレス容器閉じ込め期間、コンクリート容器閉じ込め期間、NRVB実効拡散係数 ●HLW:銅製容器閉じ込め期間、ベントナイト実効拡散係数 ●I、LLWとHLW共通:花崗岩透水係数、粘土透水係数、母岩実効拡散係数、交換水量

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑩確率論的安全評価の実施内容

浅地中処分	ほとんど実施されていない。 英国・Drigg LLWRでは、地下水経路の井戸水利用についてのみ確率論的リスク評価を実施しており、モンテカルロ計算にて合計500回の計算を実施。評価結果は、年間リスクとして提示している。
中深度処分	スウェーデン・SFRでは、総合リスクはメインシナリオと低可能性シナリオの発生確率を考慮して重み付けした上で、リスクを算出している。また、ファーフィールドのモデリングにおいて、地圏の水の流れに関するデータセットなどにおいては、確率論的に評価された計算ケースで所定の分布からサンプリングされている。 日本では、線量評価上クリティカルとなっている核種であるC-14に対して確率論的評価を実施。施設浸透水量、セメント系材料の実効拡散係数、地下水実流速、天然バリアのK_dに対して、対数正規分布を仮定している。
地層処分	フィンランド・SFでは、キャニスターの内部空隙からの最初の放射性核種放出のタイミングと、処分場内のキャニスターの位置は確率的に変化させ解析を実施。 英国・GDFでは、核種間でのK_dの相関を考慮した確率論的評価を実施。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑪考察(浅地中処分)

日本・JNFL	浅地中処分サイトは比較的小さい2つの河川に挟まれた標高数10 mの台地に位置する。サイト条件としては他の評価例に比べて、比較的厳しいものと考えられるが、現在の利水状況を考慮して飲料水摂取及び井戸水利用は考慮されていない。考慮している人工バリアの主要な劣化事象は、 廃棄物中の塩の流出と金属腐食膨張による覆土の変形並びに塩影響による覆土の透水係数の劣化、塩影響及び有機物影響による収着分配係数の低下 である。
英国・Drigg LLWR	管理期間終了後の安全評価は、海からの侵食を考慮して、地下水シナリオで最大5,000年、人間侵入シナリオで最大1万年の評価期間で実施されている。地下水移行、ガス移行における支配核種はC-14であり、海岸浸食ではTh-232、Ra-226である。これらの核種の溶解度は考慮されていないため、収着分配係数よりも 水理系のパラメータの影響が大きい と考えられる。処分場の設計においては、埋設処分場への浸透水の低減への対策だけでなく、 覆土にキャップバントというバリア構造を設置して、ガス状放射性物質の放出 に対する対策が考えられている。
米国・WCS Texas	カバーシステム等による水の浸入を排除することに重点を置いている と考えられる。結果として、廃棄物の溶出を抑えることができていると考えられる。また、カバーシステム自体が侵入者、植生、動物による掘削の可能性の排除し、さらに、厚みがあることで遮蔽体として機能することで、個人の放射線防護の役割も果たしている。
カナダ・NSDF	処分される廃棄物中の主要な放射性物質はCo-60であり、人工バリアが劣化する前にCo-60は無視できるレベルまで減衰すると予想され、これは評価結果からも確認されている。300年の制度的管理期間終了後、社会的な記憶が薄れれば、人々はNSDFサイトにアクセスすることができるが、廃棄物を覆う キャップ(カバー) は十分に厚く、 農業など多くの活動において廃棄物への不用意な侵入を緩和することができる と考えている。 生活圏のコンパートメントモデル。
まとめ	・通気層に設置する英国、米国、カナダの埋設施設からの漏出低減は、多層構造の覆土による浸透水量の低減と底部のバリア層による移行抑制に重点を置いている。 ・カナダの底部バリア層は集水機能を有し、処理後に管理放出している。(日本の管理型処分場と同じ概念) ・地下水面下の浅地中処分施設例は、上記の中では日本(JNFL)だけであるが、低透水性覆土と難透水性覆土を組み合わせ、透水係数の劣化の緩和と浸透水量の低減を図っている。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑫1F事故廃棄物への適用性(浅地中処分)

日本・JNFL	新規基準(2019年12月)に基づき許可されているが、浅地中処分については現行の基準(2021年10月)と同等であるので、1F事故廃棄物の浅地中処分の安全評価で最も参考にすべき資料と言える。 サイト周辺の現在の環境条件によって、井戸水利用などの保守的な評価経路は除外することもできるので、立地環境の想定は重要である。審査ガイドにも示されたとおり、浅地中処分では1000年までの状態設定が求められるので、その間の環境変化、劣化現象などが重要となる。
英国・Drigg	カバーシステム自体の厚みが人為事象の発生可能性を低減し、線量低下に寄与していと考えられる。 地下水面よりも上に処分施設を設置することができた上で、多層構造のカバーシステムが採用可能(長期の侵食を防止する必要がある)ならば、地下水移行、ガス移行の観点において有用であり、将来的な人間活動に対する条件としても有用と考えられる。また、処分場の設計においては、埋設処分場への浸透水の低減への対策だけでなく、覆土にキャップベントというバリア構造を設置して、ラドン等のガス状の放射性物質の放出に対する対策が考えられている。ガスを長期的に放出するような放射性廃棄物の処分における設計対策の例として参考になると考えられる。
米国・WCS	カバーシステム等による水の侵入を排除することで、結果として、廃棄物の溶出を抑えることができています。また、カバーシステム自体が侵入者、植生、動物による掘削の可能性を排除し、さらに、遮蔽体として機能することで、個人の放射線防護の役割も果たしている。 制限物質は日本の低レベル放射性廃棄物と大きな違いはないが、コンクリートキャニスタにより廃棄物をClass別に区分することで、同一の処分場内ピット内でも異なるClassの廃棄物を処分することができるため、廃棄物の性状が明らかとなっていることが条件とはなるが、1F事故廃棄物でも適用可能となる可能性はある。
カナダ・NSDF	カバーシステムは、流出を促進し、廃棄物への浸透を低減するように設計され、降水がECMに浸透し、廃棄物層を通過してベースライナーに流れた後、浸出水は浸出液回収システムから漏水検知システムへと移動した後、廃水処理施設で処理されるところとしている。(管理型処分場概念) 地下水面よりも上に処分施設を設置することができた上で、多層構造のカバーシステムを採用することが可能(長期の侵食を防止する必要がある)であれば、1F事故廃棄物処分にも有用であると考えられる。
まとめ	1F事故廃棄物の浅地中処分として地下水面上施設を採用する場合は、多層覆土による浸透抑制、底部バリア層による移行抑制が適用可能。多層覆土層はガス対策にも有効。覆土の厚さによる人間侵入対策も検討の余地あり。カナダの浸出液回収等の概念は一般産業廃棄物の管理型処分場の概念と共通で適用可能と考える。米国の制限物質の区分の考え方も適用できる(影響物質含有廃棄物の分離)。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑪考察(中深度処分)

日本・JNES	低レベル放射性廃棄物処分施設の地下水シナリオの安全性能に影響を及ぼす要因を抽出するために、簡易評価式を整理して、重要因子を抽出している。全体的な安全性能に影響を及ぼす因子として、放射能インベントリや生活圏における河川水・沢水等の希釈水量、廃棄体の溶出率と人工バリアの移行率(人工バリアからの核種移行抑制機能)をあげている。
スウェーデン・SFR	海底下にあるというサイト条件から、閉鎖後1000年程度までは井戸の掘削など人為事象の可能性を排除でき、その間に廃棄物中の大部分の核種が減衰することを重視した処分場設計であると考えられる。コンクリート構造物の劣化を考慮した K_d の設定など、10万年という評価期間の中で起こりうる事象を可能な範囲で場合分けしたパラメータ設定を実施している。
スウェーデン・SE-SFL	評価結果に影響を及ぼす要因は、BHA(レガシー廃棄物用の廃棄物ボルト)の場合、インベントリ、廃棄物領域内の高濃度錯化剤の仮定、地下水流量、処分場の浸漬条件、BHK(炉内構造物用の廃棄物ボルト)の場合、鋼の腐食速度に関する仮定、低透水係数、低間隙率及び低拡散係数の最適化されたコンクリート埋め戻し材の使用、地下水流量、処分場の環境条件である。生活圏のコンパートメントモデルの採用。
韓国・月城	レファレンスケースにおいて支配核種となっているのはC-14であり、溶解度が高く、収着分配係数が小さいことによる。
まとめ	海底下処分による人為事象の可能性低減は、中深度処分概念自体がその機能を有するので、むしろ浅地中処分に有効と考えられる。10万年程度の長期にわたる評価期間でのパラメータ設定等は参考になる。スウェーデンでは生活圏のコンパートメントモデルを採用している。腐食速度、人工バリアの透水係数、拡散係数、錯形成物質、地下水流量等の寄与が大きいことが指摘されてる。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑫1F事故廃棄物への適用性(中深度処分)

日本・JNES	新規制基準が制定される前の安全評価検討書であるが、公開文献として中深度処分を想定する際の参考になるとなるものであり、中深度処分を評価する際の 一つの指標(人工バリア・天然バリア条件等) となると考える。
スウェーデン・SFR	海底下にあるというサイト条件から、閉鎖後1000年程度までは井戸の掘削など人為事象の可能性を排除でき、その間に廃棄物中の大部分の核種が減衰することを重視した処分場設計と考えられる。 SFR処分場で最もインベントリが多いのはサイロ中の廃棄物であり、線量評価などではサイロからの寄与が最も大きい。そのため、サイロはベントナイトを設置するなど、閉じ込めを重視していると考えられる。 コンクリートには構造的安定性、収着、長期にわたる還元性環境の維持が期待できるため、バリアとして最も効果的だと考えられる。 ボルトにはコンクリート構造物と母岩との間に碎石層を設けることによって浸透水量を制限し、閉鎖後の放射性核種の溶出を抑止している。
スウェーデン・SE-SFL	SKBによる最新の安全評価であることからその情報は参考になると考えられるが、想定している処分場が深さ500 mである。
韓国・月城	スウェーデンのサイロタイプの施設をベースにした施設構成であるため、SFRと同様。
まとめ	海底下の処分施設 は1F事故廃棄物の特徴である高濃度のCs-137とSr-90に対して1000年程度の確保が極めて有効と考えられる。ベントナイトはもとより、 コンクリート構造物 も主要なバリアとして適用の可能性が示唆される。 碎石層 による浸透水量抑制も効果が高い。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 既存の安全評価方針の整理

77

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑪考察(地層処分)

日本・NUMO-SC	全処分場バリエーションについて、基本シナリオの線量目標値を下回っており、現時点でのモデルやパラメータ設定の保守性を考慮すると、設計上高い安全性能を有すると考えられる。キーパラメータとして、溶解度、母岩の収着分配係数、透水量係数分布、マトリクス拡散深さ、処分場スケールの移行距離、河川流量が挙げられる。生活圏でのコンパートメントモデルの採用。
フィンランド・SF	オルキオ地層処分場は、活発なプレート活動から離れた場所にあること、掘削に適した良質な結晶質岩盤であること、長期間深部の地下水が低流量であること等が特徴としてあげられる。
スウェーデン・SR-Site	フォルスマルク・サイトの主要な特性は処分場深度における透水亀裂の少なさ、好ましい化学条件、特に処分場深度における還元条件である。また塩分濃度はベントナイト粘土緩衝材の安定性を確保することや、鉱物の鉱山が存在する可能性がないことに加えて、比較的高い熱伝導度、利用可能な岩盤容積、岩石力学その他の特性等、処分場の建設に好ましい特性を有する。
フランス・Cigéo	サイトの地層の固有の特性である極めて低い透水性、層の厚さが大きく水の性質が還元性であることから、高い保持能力により放射性核種をパッケージ内に閉じ込め可能となる。行き止まり型・水平な構造は、全てのシール材が破損した場合でも、処分場内の水の流動が限定されパッケージの劣化が緩やかとなる。これにより線量の影響は通常シナリオと同様の水準となっている。
英国・GDF	母岩と被覆岩が(例えば、収着、拡散および分散プロセスにより)長寿命核種を閉じ込めて希釈する能力と、生活圏への移行経路の長さが、放射線学的リスクに大きく影響する。核種毎に設定されている値には、核種間である程度の従属性が考えられる。そのため、確率論的評価を行うにあたっては、 K_d や溶解度等核種間の従属性を把握する必要がある。
まとめ	地層処分では、地下水流量の少なさと還元環境による多くの核種の溶解度・収着分配係数による漏出及び移行抑制が重要な機能となっている。また、移行経路の長さに伴う分散の効果も寄与している。そのため、サイト条件の現実的なモデル化が重要と言える。塩濃度が高い場合のベントナイトの安定性を活用することも考えられる。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

既存の安全評価方針の整理

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑫1F事故廃棄物への適用性(地層処分)

日本・NUMO-SC	・キーパラメータとしては、溶解度、母岩の収着分配係数、透水量係数分布、マトリクス拡散深さ、処分場スケールの移行距離が挙げられる。 ・1F事故廃棄物の放射能を考慮すると、TRU等廃棄物処分場タイプが参考となる。 ・マルチチャンネルを考慮することで、分散効果が得られ、線量低減に寄与すると考えられるが、モデルがやや複雑化することが課題である。 ・流出点の流量の大きいサイトが好ましい。
フィンランド・SF	・1F事故廃棄物処分においても、コンクリート構造物、充填材、緩衝材等の劣化、輸送経路が確保されるまでの時間、塩水等による化学的影響等を考慮する必要があると考えられる。
スウェーデン・SR-Site	・好ましい化学条件(還元性、緩衝材の安定性を確保可能な塩分濃度)は検討の価値あり。 ・緩衝材温度が100℃を超えないように注意が必要である。
フランス・Cigéo	・優れた地質特性(低透水性粘土層)はコスト面においてもある程度有用。 ・Cigeoでは国際的なTRL(技術成熟度レベル)スケールを用いて人工構成要素(シール材、容器等、全体的な建築構造など)の開発の進捗がどの程度の成熟しているかの測定・評価を採用している。このTRLスケールを1F事故廃棄物に適用することにより、安全面・コスト面等、他国との比較が容易になる。
英国・GDF	・確率論的評価を行うにあたっては、K_dや溶解度等核種間の従属性を把握する必要がある。 ・地層処分(地下500 mに埋設)であり、人工バリアによる移行抑制効果よりも、長期にわたって天然バリア内を移行することによる抑制効果が大きい。 ・収着や溶解度による移行抑制が見込めない核種については、強固な人工バリアを有する浅地中処分よりも、天然バリアの移行距離とその性能に期待する考えもある。
まとめ	塩水環境では、収着分配係数への影響や安定性の維持の両方を考慮してパラメータを設定することが考えられる。深い地層では還元環境となるので、その効果をモデル、パラメータに反映して現実的な評価を実施する。移行経路の長さや多様性を考慮することにより、特に低収着性の核種に対して天然バリアでの分散効果を期待する。設計にあたっては、国際的なTRL(技術成熟度レベル)スケールを活用する。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 処分施設の安全機能と構成要素

■ 事故廃棄物の処分施設概念の検討及び安全評価方針案の提案

○ 安全評価方針案の内容・留意点

- ✓ 事故廃棄物の特性と処理方法。(p.80)
- ✓ 最新の安全規制の考え方や処分に係る海外事例。(p.82、p.83)
- ✓ 事故廃棄物処分の特性、事象、プロセス及びこれらの長期変遷(ストーリーボード情報の考慮)。(p.80、p.84)
- ✓ 不確実性の取扱い(廃棄物の不均質性、期待される精度の向上と不可避な不確実性、意思決定の不確実さ(オプションの派生)、処分特有の長期の不確実性など)。(p.87)
- ✓ 異なる処分概念間における評価方針の整合性。(p.85)
- ✓ 事故廃棄物処分に求められる要件を満たすこと。(p.80、p.86)
- ✓ 安全機能(核種閉じ込め機能、核種移行抑制機能)が期待通りに発揮される設計(材料設計、構造設計)であること。(p.82、p.83、p.84)
- ✓ 規制要求を満足するための性能(止水性、収着性等、機能を構成する具体的な能力)を有すること。(p.81、p.86)
- ✓ 工学的対策の十分性や必要性に関する科学的・技術的根拠の提示。(p.82、p.83)
- ✓ 線量評価の数値基準に基づく安全性判断に加えて、合理的な範囲で、影響を可能な限り低減する対策の有無を重要視。(p.84、p.85、p.87)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 処分施設の安全機能と構成要素

■ 事故廃棄物の特性と処理方法

番号	廃棄物種類	概要	体積(m³)
1	KURION吸着材(KURION)	Csを吸着するゼオライトを主成分とする吸着材。遮蔽付きSUS容器に保管。	2,877
2	除染装置スラッジ(AREVA)	凝集沈降法によりCs、Srを除去。現在、建屋内貯槽で保管。	422
3	SARRY吸着材(SARRY)	ゼオライトとシリコチタネートを主成分とするCs吸着材で、遮蔽付きSUS容器に保管。	1,385
4	鉄共沈スラリー	ランタニド、アクチニド、遷移金属等の共沈。高性能容器(HIC)中に保管。	2,279
5	炭酸塩スラリー	アルカリ土類金属等の共沈。HICに保管。	9,806
6	ALPS-4_Ag添着活性炭	陰イオン(I)を吸着。HICに保管。	207
7	ALPS-2_チタン酸塩	Srを含むアルカリ土類金属を吸着。HICに保管。	310
8	ALPS-3_フェロシアン化合物	Csを吸着。HICに保管。	207
9	ALPS-6_キレート樹脂	Co等の遷移金属を吸着。HICに保管。	413
10	ALPS-5_酸化チタン	Sb、Te等を吸着。HICに保管。	207
11	ALPS-7、1	Ru、Tc等を吸着。HICに保管。	68
12	瓦礫1 (<0.1 mSv/h)	最も低い線量率の金属がれき及びコンクリートがれきを含む区分。屋外集積	34,656
13	瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	金属がれき及びコンクリートがれきを含む区分。シート養生	30,140
14	瓦礫3 (1-5 mSv/h)	金属がれき及びコンクリートがれきを含む区分。覆土式一時保管施設又は容器に保管	6,079
15	瓦礫4 (5-30 mSv/h)	金属がれき及びコンクリートがれきを含む区分。覆土式一時保管施設又は容器に保管	20,729
16	瓦礫5 (>30 mSv/h)	最も高い線量率の金属がれき及びコンクリートがれきを含む区分。固体廃棄物貯蔵庫に保管。	19,617
17	伐採木(焼却灰)	主に大気から汚染された伐採木。屋外集積または一時保管庫で保管、焼却。	17,264
18	RPV内廃棄物(事故前L1)	原子炉圧力容器(RPV)内の放射化機器。デブリ、汚染空気及び水で汚染。	230
19	RPV内廃棄物(事故前L2)	炉心外RPV内の圧力容器、シュラウドなどの放射化機器。デブリ、汚染空気及び水で汚染。	186
20	PCV内金属(事故前L2)	一次格納容器(PCV)内の放射化金属。デブリ、汚染空気及び水で汚染。	1,164
21	PCV内金属(事故前L3)	PCV内のわずかに放射化された金属。デブリ、汚染空気及び水で汚染。	1,211
22	PCV内コンクリート(事故前L2)	PCV内の放射化コンクリート。デブリ、汚染空気及び水で汚染。	431
23	PCV内コンクリート(事故前L3)	PCV内のわずかに放射化された金属。デブリ、汚染空気及び水で汚染。	449
24	建屋内金属(事故前L3)	建屋内のわずかに汚染された金属。汚染空気及び水で汚染。	23,677
25	建屋内金属(事故前非放射性)	建屋内の非放射性金属。汚染空気及び水で汚染。	6,454
26	建屋内コンクリート(事故前L3)	建屋内のわずかに汚染されたコンクリート。汚染空気及び水で汚染。	8,766
27	建屋内コンクリート(事故前非放射性)	建物内の非放射性コンクリート。汚染空気及び水で汚染。	370,586

体積の出典: 2022年インベントリ推算データセット、(電力中央研究所)

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 処分施設の安全機能と構成要素

補足資料:安全機能と構成要素の関係のまとめ(p.178)参照

■ 処分施設概念に関する規制要求

○ 生活環境との隔離

- ✓ 隔離の程度に応じて、主要核種の放射能濃度を制限
- ✓ 処分施設の深度、掘削抵抗性、管理期間による区分
 - トレンチ処分(地表近傍、50年管理)
 - コンクリートピット処分(地表近傍、300年～400年管理)
 - 中深度処分(10万年後でも地下70 m以深、300年～400年管理)
 - 地層処分(地下300 m以深)

○ 放射性物質の移動抑制

- ✓ 処分施設による放射性物質の移動抑制
- ✓ 浅地中処分(トレンチ、ピット)では、1000 年間の状態変化を考慮
- ✓ 中深度処分では、状態変化の考慮期間は限定されていない=>10万年まで
- ✓ 中深度処分では、人工バリアを設置する方法により、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始後において廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を防止する機能を有するものであること。(廃止措置の開始まで)

∨

- ✓ 現状では、廃止措置の開始までの期間は、処分施設(人工バリア)による閉じ込め又は移動抑制が必要で、人工バリアがない処分施設は現行規制に合致しない。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

処分施設の安全機能と構成要素

■ 処分施設の安全機能と構成要素

補足資料:安全機能と構成要素の関係のまとめ(p.178)参照

基本 概念		安全機能		構成要素(バリア)	トレンチ	浅地中	中深度	地層				
閉鎖後長期	隔離	自然現象の著しい影響からの防護		地質環境	×	△ 米	○ SFR	○ 仏				
		人の接近の抑制		制度的管理	○ 加	○ 英米	○	未定				
				覆土	○ 加	○ 英	—	—				
				構造物	△(規則上)	○ 米	○	×	瑞			
				地質環境	×	×	○ SFR	○ 英仏芬瑞				
		動植物の接近の抑制		制度的管理	×	×	—	—				
				覆土	○ 加	○ 英	—	—				
				構造物	×	×	米	—	—			
	閉じ込め			放射性物質の溶出の抑制		マトリクスによる溶出の抑制		ガラス固化体	—	—	—	OHLW 英仏
		燃料ペレット	—					—	—	○ 芬瑞		
		放射化金属	△					△	○	○TRUGr2		
		固化体・溶融体	—					△	△	×		
		廃棄物と地下水の接触の防止				容器	×	加	×	英	○	○ 英仏
						廃棄体パッケージ	—	—	英	×	○TRU	
						オーバーパック	—	—	—	—	OHLW	
						緩衝材／低透水層	—	—	×	×	×	
		充填材等による溶出の抑制		パッケージ内充填材		パッケージ内充填材	—	—	—	○TRU		

○:国内で考慮されている機能・構成要素
×:考慮していない

△:国内で一部考慮又は検討されている機能・構成要素
—:該当しない(概念にない)

米 アメリカ 英 イギリス 加 カナダ
仏 フランス 芬 フィンランド 瑞 スウェーデン
全 調査範囲の全ての処分場に該当

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

処分施設の安全機能と構成要素

補足資料:安全機能と構成要素の関係のまとめ(p.178)参照

83

■ 処分施設の安全機能と構成要素

基本 概念		安全機能		構成要素(バリア)		トレンチ		ピット		中深度		地層	
閉鎖後長期	閉じ込め	放射性物質の移行の抑制	放射性物質の溶解の抑制 (化学的な抑制)	地質環境	—	—	×	○ 仏					
			セメント系充填材	—	○ 英	○	○ 英						
			遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境	—	— 米	△ SFR	○ 英仏					
			放射性物質の移流による移行の抑制	緩衝材・低透水層	△ 加	—	○SFR SE-SFL	○ 英仏芬瑞					
				覆土	○ 加	○ 英	—	—					
				水理コントラスト	×	△	×	△ (EDZ)					
			放射性物質の拡散による移行の抑制	低拡散層	—	—	○	—					
				緩衝材・低透水層	×	△	○	○ 英仏芬瑞					
			コロイド移行の抑制	緩衝材・低透水層	×	×	○	○HLW 英瑞					
			放射性物質の収着	廃棄体間充填材	○	○	○ SFR SE-SFL	○ 英					
				緩衝材・低透水層	×	○ 加	○ SFR SE-SFL	○ 英瑞					
				埋め戻し材	×	×	×	×					
				地質環境	○ 全	○ 全	○ 全	○ 全					
			放射性物質の分散	地質環境	×	×	×	○ 英仏					
			坑道およびその周辺の卓越した移行経路の抑制	止水プラグ・埋め戻し材	—	—	○ SFR	○ 英仏芬					
	力学的安定性	容器／廃棄体／OP	○	○ 米	○ SFR	○ 瑞							
		構造物	×	○ 加	○ SFR	○TRU							
		緩衝材・低透水層	—	○	○	○HLW							
		覆土、埋め戻し材	○	○	○ SFR	○ 芬							
		地盤・地質環境	○	○	○	○							

○:国内で考慮されている機能・構成要素
×:考慮していない

△:国内で一部考慮又は検討されている機能・構成要素
—:該当しない(概念にない)

米 アメリカ 英 イギリス 加 カナダ
仏 フランス 芬 フィンランド 瑞 スウェーデン
全 調査範囲の全ての処分場に該当

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 処分施設の安全機能と構成要素

■ 安全機能に寄与できる追加バリアとその効果

補足資料：安全機能と構成要素の関係のまとめ(p.178)参照

追加バリア又は追加の考慮	安全機能に対する効果	評価上の扱い方
容器、廃棄体パッケージ等の考慮	溶出の抑制及び廃棄物と地下水の接触防止により廃棄体からの溶出を低減・遅延。	容器寿命の期間の閉じ込め、容器寿命や地下水との接触面積の経時変化を考慮することによる廃棄体からの漏出率低減をモデル化。
下流側の緩衝材・低透水層の追加	廃棄体下流側にバリア層を設置することで、漏洩ピークの低減、移行遅延による減衰。(Cs、Sr等に有効)。	バリア層を追加してモデルに組み込むとともに、適切な K_d 等のパラメータを設定。
水理コントラスト又はEDZ等の考慮	廃棄体層・施設周辺に高透水部を設置又は既存の高透水部を考慮することで、浸透水量・流出水量を低減。	廃棄体層・施設周辺での経路が短絡することと浸透水量・流出水量の低減を同時に考慮。高透水部の水理データの検証。
移行経路に存在する埋め戻し材等への収着の考慮	移行経路に存在する埋め戻し材等への収着があれば、その分移行遅延やピークが低減。	移行経路に存在する構成要素を収着媒体として考慮し、データ取得、品質管理を行い、混合層としてモデル化。
天然バリア中での移行経路の多様性を考慮	複数の移行経路を考慮することで、ピークが低減。天然バリア中での減衰が大きい核種は線量が増加。	複数経路のモデル化又は適切な分散長の設定によって考慮。
モデル化による保守性の低減	単純な経路等の設定によるモデル化の保守性を低減する。	モデル化にあたっては、廃棄体層の構成要素、複数の人工バリア、複数経路の天然バリアを考慮したモデルを作成。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案

処分概念と安全評価方針案

■ 人工バリア概念

- トレンチ処分(地下水面上)
 - ✓ 難透水層、排水層を含む多層の覆土構造による浸透水量低減(英米加)
 - ✓ 底部バリア層による移行抑制(英米加)
 - ✓ 廃棄物内、廃棄物間の埋め戻し材、下部充填材、中間覆土等による収着バリア(英米加)
 - ✓ セメント系充填材による一体化+掘削抵抗性=>ピット処分で考慮
 - ✓ 掘削抵抗バリア(国内規制)または碎石層等による人間侵入バリア(英米加)
- ピット処分
 - ✓ コンクリートピットによる浸透水量抑制、構造安定性(日英)
 - ✓ セメント系充填材による移動抑制、収着性(日英)
 - ✓ 地下水面上施設では、難透水層、排水層を含む覆土構造による浸透水量低減(英米加)
 - ✓ 地下水面下施設では、難透水性覆土(+多層構造)による浸透水量低減(日)
 - ✓ コンクリートピットと難透水性覆土による拡散抑制(日)
- 中深度処分、地層処分
 - ✓ 分散型構造、PEM方式
 - ✓ コンクリートピットによる浸透水量抑制、構造安定性 (日英瑞韓)
 - ✓ セメント系充填材による移動抑制、収着性 (日英瑞韓)
 - ✓ 低透水層による浸透水量低減 (ほぼ全て)
 - ✓ 低拡散層と低透水層による拡散抑制 (日)
 - ✓ 外周高透水層(またはEDZ)による浸透水量低減 (日瑞)
 - ✓ オーバーパックによる数万年の閉じ込め (瑞)
- 管理型処分場方式
 - ✓ 難透水層、排水層を含む覆土構造による適度な浸透水量低減 (加)
 - ✓ 廃棄物内、廃棄物間の埋め戻し材、下部充填材、中間覆土等による収着バリア
 - ✓ 底部バリア層による集水管理 (加)

米 アメリカ 英 イギリス 加 カナダ
 仏 フランス 芬 フィンランド 瑞 スウェーデン
 全 調査範囲の全ての処分場に該当

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 処分概念と安全評価方針案

補足資料: 1F事故廃棄物の処分概念案(p.201)参照

■ 既存の安全評価方針案の検討によって導出された処分概念の範囲

処分区分	簡素化ケース	現時点の参照ケース	高度化ケース
一般廃棄物管理型	—	既存概念(一般廃棄物の概念)	多層覆土による浸透水量低減で線量を抑制
地下水面上トレンチ	低濃度大量廃棄物のための最も簡素な形態	既存概念と規制要求(移行抑制)を考慮	参照ケースに底部バリア層を追加して、Cs、Srの閉じ込め、低収着性核種の漏出率低減
地下水面上ピット	—	既存のトレンチ処分の強化 地下水条件によって可能となるピット処分の代替	—
地下水面下ピット	難透水性覆土による浸透水量抑制に代えて高透水部で内部への浸透水量を抑制	既存概念(学会標準を参照)	Cs、Srの閉じ込め、低収着性核種の漏出率低減のために閉じ込め性能を強化した概念
中深度処分	中深度処分で裕度のある廃棄物に対して処分効率の向上と人工バリアを簡素化する概念	既存概念 (中深度処分の規制基準の策定で考慮された概念)	不確実性対策として、中深度処分の人工バリアをさらに高度化して閉じ込め性能を強化した概念
地層処分	既存概念 (TRU等廃棄物の処分概念の一つ、緩衝材なし)	既存概念 (TRU等廃棄物の処分概念の一つ、緩衝材あり)	考慮不要と判断*

②処分区分の変更による対処

①人工バリアの簡素化・高度化による対処

③環境条件の限定・緩和による対処

* 地層処分は他の処分区分で安全確保が困難である場合の手段であり、さらなる高度化は考慮しない。

(1)事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案 処分概念と安全評価方針案

87

補足資料: 1F事故廃棄物の処分概念案(p.201)参照

■ 今後創出される福島第一原子力発電所廃棄物処分に適した処分概念についての評価方針案を検討する。

- 諸外国の処分概念を参考にして、今後の安全評価の方針案を検討した。
 - 処分概念: 従来のトレンチ処分、ピット処分、中深度処分、地層処分及び管理型処分方式を出発点とする。
 - ✓ 地下水面上処分、海底下処分など、設置環境により安全確保の考え方が変わる概念も検討する。
 - 安全評価シナリオ: 現行規制で規定済のものを出発点とする。
 - ✓ 安全確保の考え方が変わる概念や厚めの覆土層を有する浅地中処分における人為事象シナリオの代替シナリオの適用可能性、立地環境に基づく評価経路の除外、ガス状放射性物質の移行評価等も検討する。
 - 人工バリア: 従来のバリアに加え、次のようなバリアの導入を検討する。
 - ✓ 多層の覆土構造による浸透水量低減、底部バリア層による移行抑制、砕石層等による人間侵入バリア、外周高透水層（ハイドロリックケージ）による浸透水量低減
 - モデル・パラメータ: 従来の設定に加え、以下のような観点での設定を検討する。
 - ✓ 廃棄体層のモデル化（移流拡散モデル、二重空隙モデルなど）
 - ✓ 環境条件（Eh、塩・炭酸濃度、有機物）を考慮した現実的なパラメータ設定（特に収着分配係数、溶解度）
 - ✓ 人工バリアの経年変化を考慮したパラメータ設定（透水係数、分配係数）
 - ✓ 生活圏のコンパートメントモデルの適用による合理的な重ね合わせの考慮。
- 不確実性・不確定性を考慮する方法を検討した。
 - 安全評価における不確実性・不確定性として、対象廃棄物、処分システム（処分施設、サイト、生活圏）、シナリオ、モデル、データ・パラメータ、規制基準等に関するものがあることを認識。
 - これらを考慮する方法として、95%ile値等による保守的な設定、感度解析による不確実性の影響度合いの把握、多様な条件を考慮した安全評価の実施などを提案。今後の課題として評価パラメータの分布を踏まえた確率論的評価に基づく、不確実性の影響の把握。

(2)安全評価実施環境の整備

- 国内外の処分バリア概念や安全評価手法の調査結果を踏まえ、今後想定される多種多様な評価条件にフレキシブルに対応できることを目指した評価モデルを構築した。
- 評価モデルは、核種移行モデル（核種移行率の計算）と生活圏モデル（被ばく線量の計算）により構成し、それぞれ既存モデルに対して追加機能を実装して構築した。
- 核種移行モデルは、①廃棄体モデル、②人工バリアモデル、③天然バリアモデルで構成した。
- 生活圏モデルは、①核種移行プロセスモデル、②被ばくプロセスモデルで構成した。
- 評価モデルは、下図の構成要素及び機能を具備しており、ユーザが必要なバリアや手法を自身で選択して使用することが可能である。



(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル

■ 背景

国内外の核種移行モデルに関する調査を実施し、以下を提案。

● 処分概念

- トレンチ処分、ピット処分、中深度処分、地層処分及び管理型処分方式
- 浸透水量抑制、収着、閉じ込めなどの機能を具備した多層の人工バリアを設置
- 人工バリアの材料は、セメント系材料、粘土系材料、砕石、など

● 安全評価手法

- より現実的な廃棄体層モデル(均一混合 ⇒ 移流拡散、二重空隙)
- 天然バリアとして、結晶質岩と多孔質岩の2つを想定
- 既存の安全評価事例などに基づく現実的なパラメータ設定(必要に応じ、経年変化を考慮)

■ 方針

- 上記の提案に示した処分バリア概念や安全評価手法を踏まえ、今後想定される多種多様な評価条件にフレキシブルに対応できる機能を有し、ユーザが必要なバリアや手法を自身で選択して使用できるモデルとすることを目指す。
- 核種移行モデル(生活圏への核種移行率を計算)と生活圏モデル(被ばく線量を計算)により構成する。
- 核種移行モデルは、令和3年度開始廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(2021年度IRID報告書)で用いられている核種移行モデルをベースとし、そこで考慮されていない機能を追加する形でモデル構築する。
- 生活圏モデルは、NUMO-SCで実施されているモデルケースを網羅する形でコンパートメントモデルを構築するとともに、諸外国事例から検討された機能を追加する。

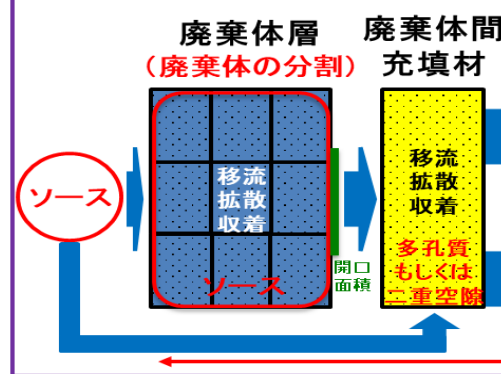
(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル

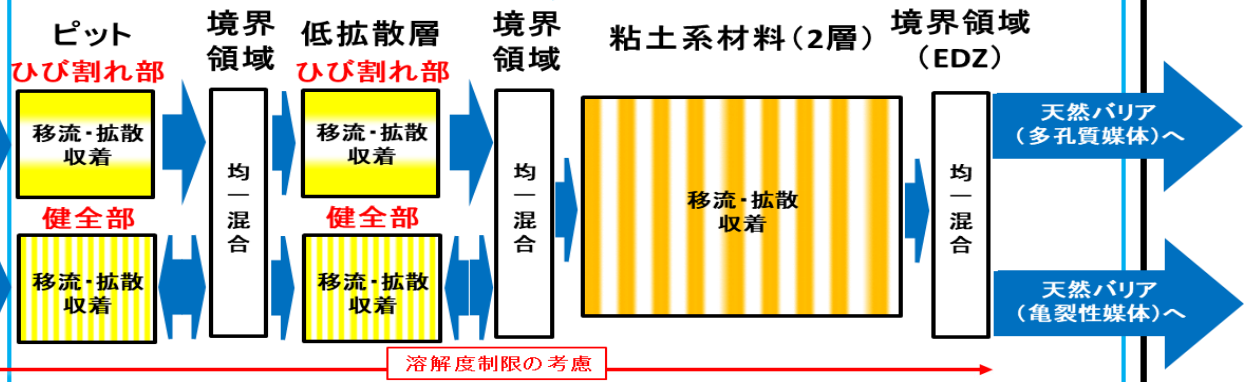
■ 全体構成

核種移行モデル

廃棄体モデル

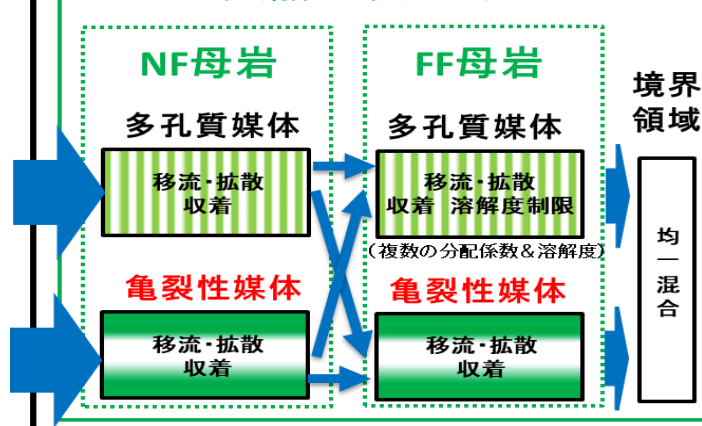


人工バリアモデル

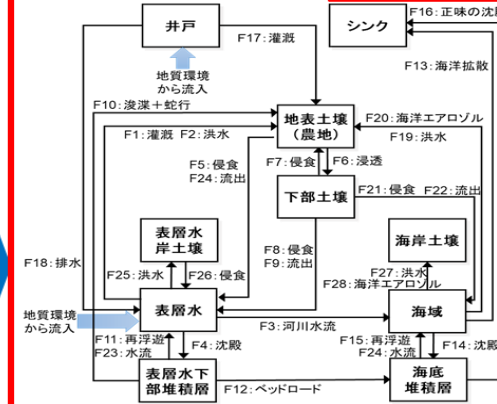


管理型処分方式の考慮

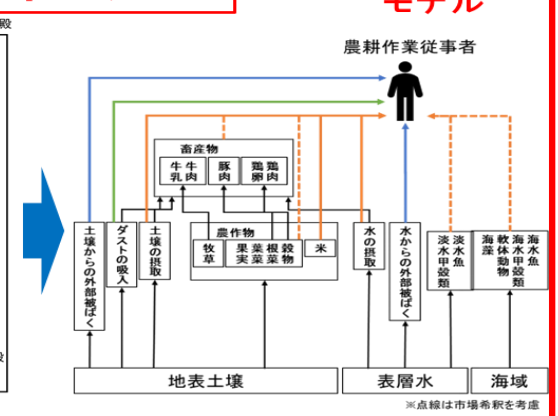
天然バリアモデル



核種移行プロセスモデル



生活圏モデル



※点線は市場希釈を考慮

(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル : 核種移行モデル

■ 核種移行モデルのベースモデル(2021年度IRID報告書モデル)への追加機能

核種移行モデルの構築にあたっては、2021年度IRID報告書で用いられている核種移行モデルをベースとし、国内外の調査結果を参考に設定した新たな機能を追加する形でモデル構築した。追加した機能は以下の通り。

● 地層処分モデルへの適用に向けて追加する機能

国内外の地層処分
評価を参考

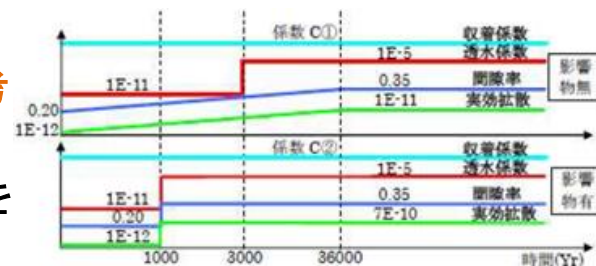
- 評価対象核種:地層処分において評価対象としている核種を追加
 - ・ NUMO包括的技術報告書における評価対象核種(Cm-248、等)
 - ・ 3種類程度のC-14、安定核種
- 核種放出モデル:
 - ・ 瞬時放出モデルの追加(溶出率モデルでも設定により代替可能)
 - ・ 核種ごとに複数の核種放出モデルを設定できる機能を追加

➢ 溶解度、亀裂性媒体の天然バリア

UK、SFR、韓国等
の事例を参考

● その他追加すべき機能

- 廃棄体層の分割 :UK、SFR等の例を参考
- 人工バリアの層や経路の追加 :ハイドロリックケージ効果を有するSFRを例を参考に多層化
- セメント系材料について健全部とひび割れ部のモデル化 :UK、SFR等の例を参考
 - ・ ひび割れ部を健全部とは別の流路としてモデル化する。
- パラメータ時間変化機能(右図はイメージ) :UK、韓国等の例を参考
- 管理型処分方式への対応
 - ・ 廃棄体層集水設備の核種移行率に処理施設での除染係数DFを乗じて河川等放出率を評価できるようにする。

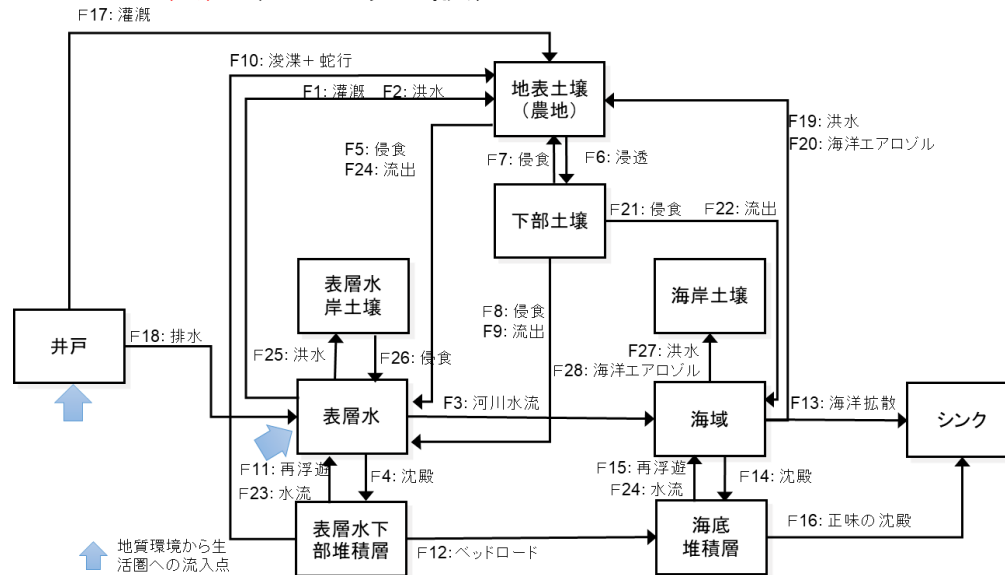


(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル : 生活圏モデル

■ 核種移行プロセスモデル

- NUMO-SCのコンパートメントモデルをベースに設定
- 英国・Driggの事例から表層水岸土壌、海岸土壌コンパートメントを追加
- 移行経路については、NUMO-SCのGBIが河川、深井戸、沿岸海域のそれぞれのケースが網羅できるように設定
- 地質環境から生活圏への流入点(GBI)は任意で選択できるものとし、選択されたGBIと連動して移行経路が決定するように設定



本検討で設定した生活圈核種移行プロセスモデル

F記号は移行経路(右表参照)

補足資料: 生活圈評価モデルの構築(p.336)参照

選択するGBIと移行経路の関係 ※GBI表層水、井戸抜粋

	経路名	from	to	GBI 表層水	GBI 井戸
F1	灌漑	表層水	地表土壌	●	
F2	洪水	表層水	地表土壌		
F3	河川水流	表層水	海域	●	●
F4	沈殿	表層水	表層水下部堆積層	●	●
F5	侵食	地表土壌	表層水	●	●
F6	浸透	地表土壌	下部土壌	●	●
F7	侵食	下部土壌	地表土壌	●	●
F8	侵食	下部土壌	表層水		
F9	流出	下部土壌	表層水	●	●
F10	浚渫+蛇行	表層水下部堆積層	地表土壌		
F11	再浮遊	表層水下部堆積層	表層水	●	●
F12	ベッドロード	表層水下部堆積層	海底堆積層	●	●
F13	海洋拡散	海域	最終シンク	●	●
F14	沈殿	海域	海底堆積層	●	●
F15	再浮遊	海底堆積層	海域	●	●
F16	正味の沈殿	海底堆積層	最終シンク	●	●
F17	灌漑	井戸	地表土壌		●
F18	排水	井戸	表層水		●
F19	洪水	海域	地表土壌		
F20	海洋エアロゾル	海域	地表土壌		
F21	侵食	下部土壌	海域		
F22	流出	下部土壌	海域		
F23	水流	表層水下部土壌	表層水		
F24	水流	海底土壌	海域		
F25	洪水	表層水	表層水岸土壌	●	●
F26	侵食	表層水岸土壌	表層水	●	●
F27	洪水	海域	海岸土壌		
F28	海洋エアロゾル	海域	海岸土壌	●	●

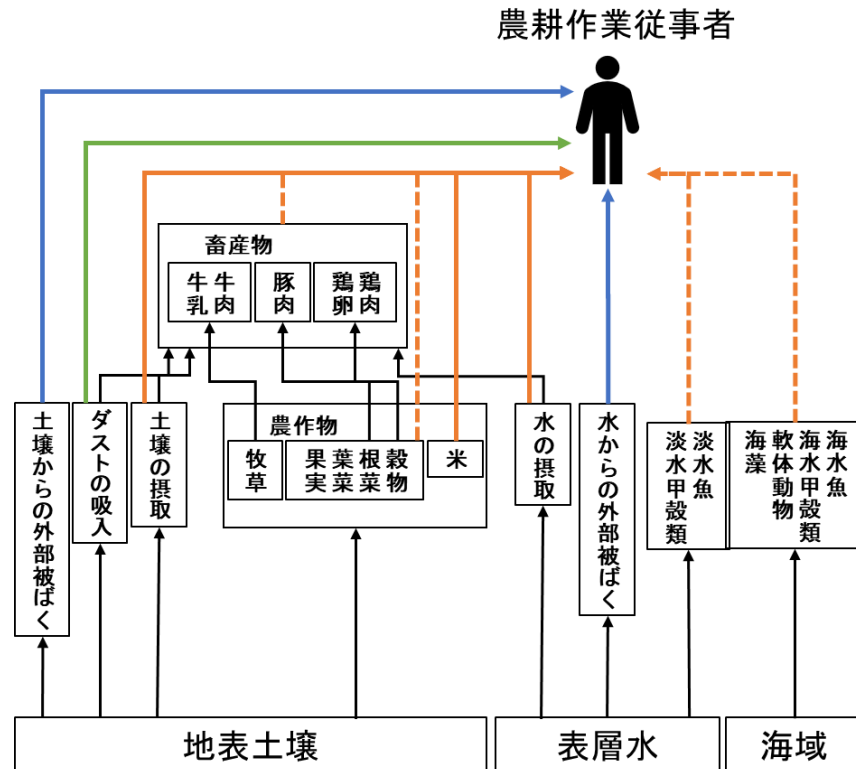
(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル : 生活圏モデル

補足資料: 生活圏評価モデルの構築(p.336)参照

■ 被ばくプロセスモデル

- 被ばく形態は**内部被ばく(摂取・吸入)**及び**外部被ばく**とし、被ばく経路については既往の知見を参考に設定(下図)
- 被ばく対象者は、わが国における既往の検討を参考に、農業、畜産業、漁業(淡水・海洋)、建設業の従事者、一般居住者を設定(本モデルでは**河川GBIの農業**、**淡水漁業**、**海洋漁業**、**井戸GBIの農業**を選択)



※点線は市場希釈を考慮

被ばくグループと該当する被ばく経路

		GBI	表層水	表層水	表層水	井戸
		被ばくグループ	農業	淡水漁業	海洋漁業	農業
被ばく形態	被ばく経路					
内部被ばく	経口摂取	水の飲用(表層水)	●	●	●	
		水の飲用(井戸)				●
		農作物の摂取	●*1			●*1
		農作物の摂取*2		●	●	
		畜産物の摂取				
		畜産物の摂取*2	●	●	●	●
		淡水産物の摂取		●		
		淡水産物の摂取*2	●		●	●
		海産物の摂取			●	
		海産物の摂取*2	●	●		●
	吸引	土壌の摂取	●	●	●	
		エアロゾル			●	
		ダストの摂取	●	●	●	●
		土の外部被ばく	●	●	●	●
外部被ばく	水の外部被ばく		●	●	●	●

*1: 市場希釈を、米は無し(1)、その他の作物は0.3とした。

*2: 市場希釈係数考慮

(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル

■ 整備した評価モデルの検証：核種移行モデル

- 整備した核種移行モデルを用いて、NUMO包括的技術報告書や2021年度IRID報告書と同じパラメータを設定した評価を実施し、各領域の核種移行率を比較した。
- 比較の結果、整備した核種移行モデルによる結果は、NUMO包括的技術報告書や2021年度IRID報告書の結果と概ね一致した(下表はNUMO包括的技術報告書との比較の一例)。

	NUMO包括的技術報告書の結果	整備した核種移行モデルの結果
人工バリア外側		
FF母岩外側		

※ NUMO包括的技術報告書:HLW、深成岩類、低Cl⁻地下水 ケース

(2)安全評価実施環境の整備

■ 評価モデル

■ 整備した評価モデルの検証：生活圏モデル

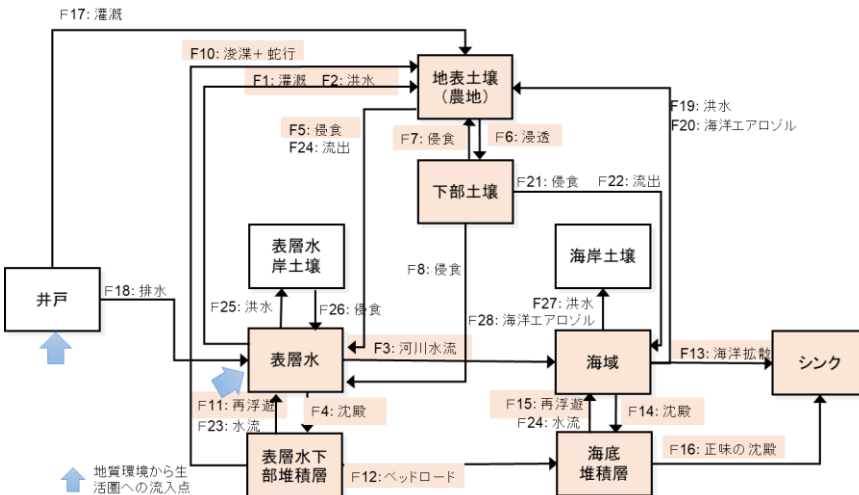
- 整備した生活圏モデルに対し、**NUMO包括的技術報告書の生活圏モデル**で用いられるコンパートメント及び移行経路（GBI: 河川、井戸）をそれぞれ**選択（左下図：河川GBI）**
- NUMO包括的技術報告書のインプットデータおよびGBIに1 Bq/yで流入する設定で計算
- 上記の結果（本検討）と、NUMO包括的技術報告書（NUMO-SC）の記載に基づきモデルを構築して計算した結果とを比較（1E+6年の結果を下記に表示）
- 比較の結果、**コンパートメント濃度、被ばく経路の被ばく線量が全核種で概ね一致した。**
- 新規追加した**表層水岸土壌、海岸土壌**については経路の選択有無によって**適切に核種移行が表現されているか確認した。**

■ 比較結果（核種、対象コンパートメント、被ばく経路抜粋） コンパートメント濃度の核種別比較結果（Bq/m³）

	C-14		I-129		Sr-90	
	NUMO-SC	本検討	NUMO-SC	本検討	NUMO-SC	本検討
表層水	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09
地表土壌	1.05E-08	1.05E-08	1.26E-07	1.26E-07	1.31E-07	1.31E-07
下部土壌	1.06E-08	1.06E-08	5.65E-09	5.65E-09	3.24E-09	3.24E-09

被ばく経路ごとの被ばく線量の核種別比較結果（Sv/yr）

	C-14		I-129		Sr-90	
	NUMO-SC	本検討	NUMO-SC	本検討	NUMO-SC	本検討
水の飲用	3.54E-19	3.54E-19	6.71E-17	6.71E-17	1.89E-17	1.89E-17
土壌外部被ばく	0.00E+00	0.00E+00	1.19E-19	1.19E-19	3.86E-25	3.86E-25
淡水魚の摂取	5.22E-18	5.22E-18	7.92E-19	7.92E-19	4.18E-19	4.18E-19



整備した生活圏モデルのうちNUMO包括的技術報告書（河川GBIの場合）のコンパートメント及び移行経路をハッチング

(3)安全評価の試行

(3)安全評価の試行 実施概要

補足資料：廃棄体パラメータ(p.247)参照

安全評価パラメータ設定案(p.263)参照

98

■ 評価パラメータの設定

- 放射能インベントリについては、2023年度に検討されたインベントリを設定
- 廃棄物処理、施設概念の検討に合わせて、廃棄体、埋設設備及び廃棄物埋設地の重量、物量、寸法等の評価パラメータを設定。
- 分配係数等の元素依存パラメータについては、JAEA-SDB、既存の設定例、元素の類似性等を踏まえ、※2021年設定値に対して再設定。
- 埋設設備への浸透水量等の人工バリアの水理パラメータは浸透流解析に基づき設定。
- 生活圏パラメータは、コンパートメントモデルの採用と最新の文献等に基づき、※2021年設定値に対して再設定。

■ 安全評価手法開発の試行

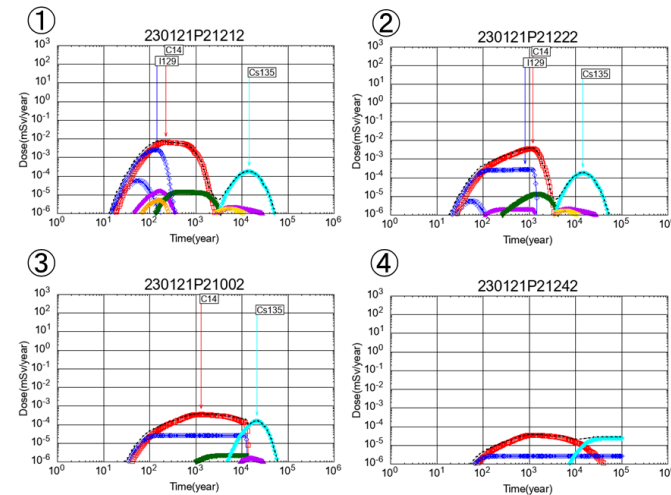
- 既存モデルによる予備解析を実施。(廃棄物全体の評価、及び開発したモデルの比較検証)
- Cs, Srの濃度が高い1F事故廃棄物の特徴を踏まえ、トレンチ処分及びピット処分で管理期間を延長するケースを含めて接近シナリオの評価を実施。
- トレンチ処分～地層処分の処分区分に対して、参照ケース(p.86)を中心に、簡素化及び高度化ケースについて試行多様な処分概念に適用できることを確認。
- 処理の効果を確保するための感度解析を実施。

※「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（2021）」

多様な処分概念に対する評価試行例

		淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	形態・シナリオ	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	2.4E-01	Sr90	Cs137	C14	1.8E-01	Sr90	I129	H3
	簡素化・厳しい	1.9E-01	Cs137	Sr90	C14	2.4E+00	Cs137	Sr90	I129
	参照・可能性高	1.8E-02	Sr90	Cs137	C14	1.3E-02	Sr90	I129	H3
	参照・厳しい	1.7E+00	Cs137	Sr90	I129	3.0E-01	Sr90	Cs137	I129
	高度化・可能性高	1.2E-03	C14	I129	H3	8.7E-04	I129	H3	C14
ピット処分	高度化・厳しい	2.1E-02	Sr90	I129	C14	1.5E-02	Sr90	I129	H3
	地下水面上・可能性高	1.9E-03	C14	I129	H3	9.6E-04	I129	C14	H3
	地下水面上・厳しい	2.5E-03	C14	I129	H3	1.8E-03	I129	H3	C14
	簡素化・可能性高	8.6E-03	C14	I129	H3	5.3E-03	I129	C14	H3
	簡素化・厳しい	1.3E-02	C14	I129	H3	1.1E-02	I129	H3	C14
中深度処分	参照・可能性高	5.3E-03	C14	I129	H3	3.5E-03	I129	C14	H3
	参照・厳しい	1.1E-02	I129	C14	H3	9.7E-03	I129	H3	C14
	高度化・可能性高	1.3E-03	I129	C14	Cs135	9.0E-04	I129	C14	H3
	高度化・厳しい	2.9E-03	I129	C14	H3	2.6E-03	I129	H3	C14
	簡素化・可能性高	2.7E-03	C14	I129	Ci36	5.1E-04	I129	C14	Ci36
地層処分	簡素化・厳しい	5.2E-03	C14	I129	Cs135	9.0E-04	I129	C14	Se79
	参照・可能性高	1.8E-04	I129	C14	Ci36	1.4E-04	I129	C14	Ci36
	参照・厳しい	5.0E-04	I129	C14	Cs135	4.3E-04	I129	C14	Cs135
	高度化・可能性高	2.4E-05	I129	C14	Ci36	2.0E-05	I129	C14	Ci36
	高度化・厳しい	5.0E-04	I129	C14	Cs135	4.3E-04	I129	C14	Cs135
地層処分	緩衝材無・可能性高	6.5E-04	C14	I129	Ci36	1.2E-04	C14	I129	Tc99
	緩衝材無・厳しい	6.5E-04	C14	I129	Ci36	1.2E-04	C14	I129	Tc99
	緩衝材有・可能性高	2.1E-06	C14	I129	Ci36	1.6E-06	I129	C14	Pb210
	緩衝材有・厳しい	2.1E-06	C14	I129	Ci36	1.6E-06	I129	C14	Pb210

廃棄物処理の感度解析例（溶融処理による溶出率の感度）



- ①溶出率 0.01 (1/y)
- ②溶出率 1E-3 (1/y)
- ③溶出率 1E-4 (1/y)
- ④溶出率 1E-5 (1/y)

(3)安全評価の試行

本検討における安全評価の試行例

99

■ 本検討における安全評価の試行例

廃棄物種類	接近シナリオの評価	地下水シナリオの評価	処分概念候補
Kurion吸着材	Cs-137、C-14により、管理期間600年でもピット処分基準を超え、 中深度処分 。	C-14、I-129により、ピット処分は厳しく、 中深度処分(簡素化も可) 。	簡素化を含む中深度処分 。
鉄共沈スラリー	C-14、Sr-90により、管理期間600年でもピット処分基準を超え、 中深度処分 。	C-14、I-129により、 高度化ピット処分又は中深度処分(簡素化も可) 。	簡素化を含む中深度処分 。
炭酸塩スラリー	C-14、Sr-90により、管理期間600年で ピット処分 基準を下回る。	C-14、I-129により、 参照ケース以上のピット処分 。	600年管理参照ケース以上のピット処分 。
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	Cs-137により、 500年管理トレンチ処分又はピット処分 。	C-14により、 高度化トレンチ処分又は参照ケース以上のピット処分 。	500年管理高度化トレンチ処分又は参照ケース以上のピット処分 。
建屋内 金属 (事故前L3)	Cs-137、C-14により、管理期間600年でもトレンチ処分基準を超え、 ピット処分 。	C-14により、 高度化ピット処分又は中深度処分(簡素化も可) 。	高度化ピット処分又は中深度処分(簡素化も可) 。
建屋内 コンクリート (事故前非放射性)	Cs-137により、 400年管理トレンチ処分又はピット処分 。	Cs-137、Sr-90により、 高度化トレンチ処分又はピット処分(簡素化も可) 。	400年管理高度化トレンチ処分又はピット処分 。

- C-14、I-129の放射エネルギーの精度向上(C-14は化学形態同定を含む)
- C-14、I-129の浸出率低減に有効な溶融などの処理と施設のバリア性能のバランス
- 高度化が必要な処分形態での浸透水量、分配係数等のバリアパラメータの精度向上

(3)安全評価の試行 接近シナリオの評価

本評価の概要

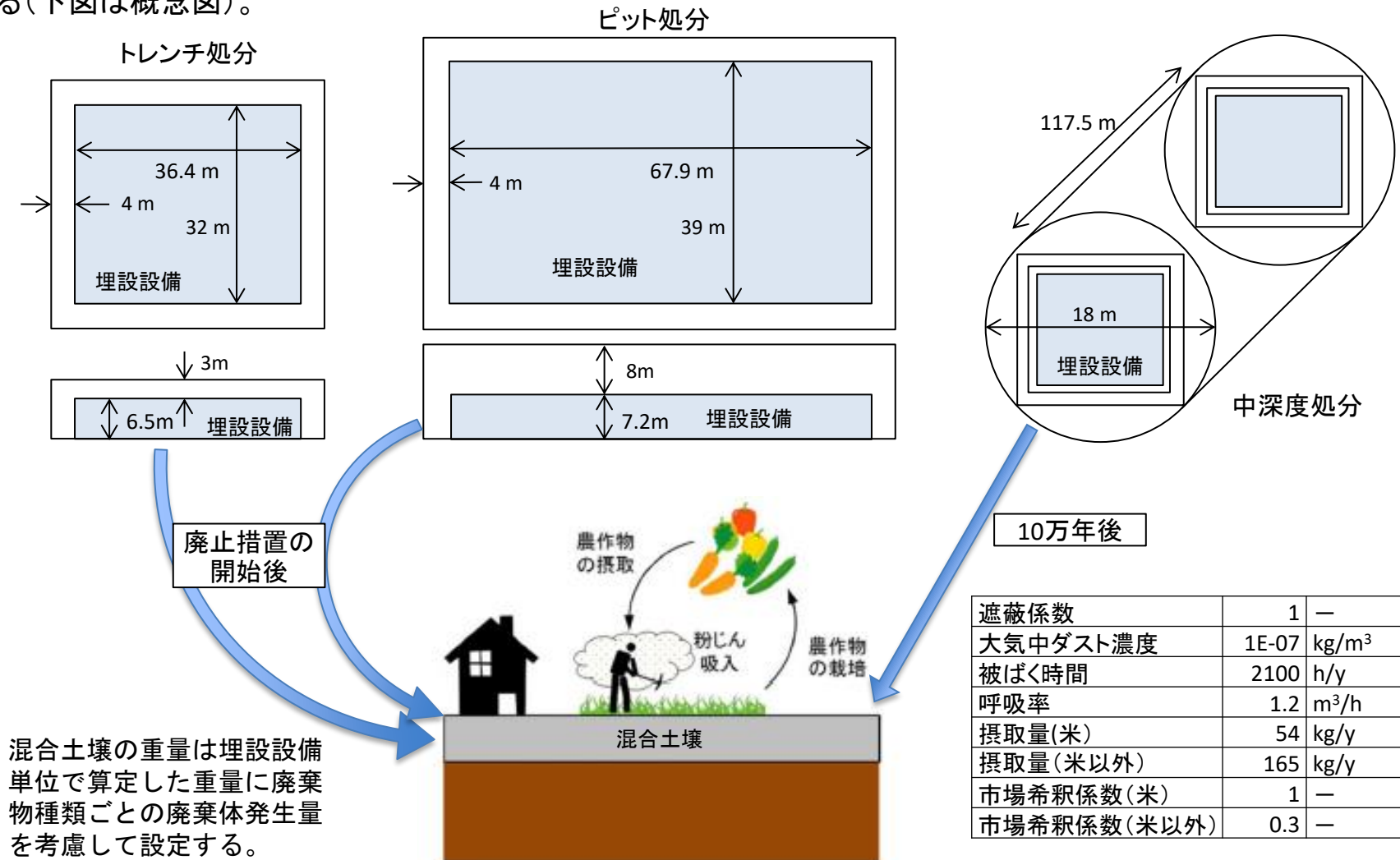
- 現行の第二種廃棄物埋設(トレンチ処分、ピット処分及び中深度処分)における許可基準規則においては、自然事象シナリオと人為事象シナリオ(接近シナリオ)の安全評価が求められている。人為事象シナリオに相当する接近シナリオにおいては、廃止措置開始後(中深度処分では10万年後)に廃棄物が混合した土壌の上で活動する従事者の被ばくを想定する。
- 廃止措置開始時期について、許可基準規則ではトレンチ処分で50年程度、ピット処分では300-400年以内を目安にすることが示されており、トレンチ処分は管理期間を延長するケースも含めて50-400年、ピット処分は300-400年とした。また、中深度処分においては、許可基準規則に従い、接近が生じる時期を10万年後とし、各処分場に処分した際の被ばく線量と核種を評価した(p.101～104)。
- ここで、接近シナリオの線量基準は、現行許可基準規則でトレンチ処分は年間0.3mSv、ピット処分は年間1mSv、中深度処分は年間20mSvとなっているので、接近シナリオの評価結果がこの線量以下であれば、その処分場で処分可能と評価した。

(3)安全評価の試行 接近シナリオの評価

101

■ 接近シナリオの評価

廃止措置の開始後、廃棄物埋設地において、廃棄物が混合した土壌の上で、居住・農耕を行う農作業従事者を想定する(下図は概念図)。



(3)安全評価の試行 接近シナリオの評価

■ 接近シナリオの評価(線量と支配核種)

合計線量	基準値超	基準値1桁内			
主要核種(合計比)	1桁以内	2桁以内	3桁以内	4桁以内	5桁以内

	トレンチ 50年	トレンチ 300年	トレンチ 400年	トレンチ 600年	ピット 300年	ピット 400年	ピット 600年	中深度 10万年		トレンチ 50年	トレンチ 300年	トレンチ 400年	トレンチ 600年	ピット 300年	ピット 400年	ピット 600年	中深度 10万年
Dose(μSv/a)	6.0E+08	1.9E+06	2.0E+05	7.5E+03	6.9E+05	7.1E+04	2.7E+03	8.1E+02		6.0E+08	1.9E+06	2.0E+05	7.5E+03	6.9E+05	7.1E+04	2.7E+03	8.1E+02
KURION吸着材	Cs-137	Cs-137	Cs-137	C-14	Cs-137	Cs-137	C-14	I-129		6.0E+08	1.9E+06	1.9E+05	2.4E+03	6.8E+05	6.8E+04	8.5E+02	2.7E+02
	Sr-90	Sr-90	C-14	Cs-137	Sr-90	C-14	Cs-137	Cs-135		5.0E+06	1.2E+04	2.5E+03	1.9E+03	4.3E+03	8.8E+02	6.9E+02	1.9E+02
	H-3	C-14	Sr-90	I-129	C-14	Sr-90	I-129	Tc-99		3.8E+03	2.5E+03	1.1E+03	8.7E+02	8.9E+02	3.9E+02	3.1E+02	1.5E+02
	C-14	I-129	I-129	Tc-99	I-129	I-129	Tc-99	Cl-36		2.6E+03	8.7E+02	8.7E+02	6.8E+02	3.1E+02	3.1E+02	2.4E+02	1.0E+02
	I-129	Tc-99	Tc-99	Cs-135	Tc-99	Tc-99	Cs-135	Se-79		8.7E+02	6.8E+02	6.8E+02	6.2E+02	2.4E+02	2.4E+02	2.2E+02	6.6E+01
Dose(μSv/a)	2.2E+09	5.4E+06	5.0E+05	2.0E+04	1.8E+06	1.7E+05	6.9E+03	4.2E+02		2.2E+09	5.4E+06	5.0E+05	2.0E+04	1.8E+06	1.7E+05	6.9E+03	4.2E+02
鉄共沈スラリー	Sr-90	Sr-90	Sr-90	C-14	Sr-90	Sr-90	C-14	Tc-99		2.2E+09	5.4E+06	4.8E+05	1.4E+04	1.8E+06	1.7E+05	4.9E+03	2.7E+02
	Cs-137	C-14	C-14	Sr-90	C-14	C-14	Sr-90	Se-79		2.8E+04	1.5E+04	1.5E+04	3.9E+03	5.1E+03	5.0E+03	1.3E+03	7.1E+01
	C-14	Tc-99	Tc-99	Tc-99	Tc-99	Tc-99	Tc-99	Sn-126		1.5E+04	1.3E+03	1.3E+03	1.3E+03	4.3E+02	4.3E+02	4.3E+02	5.4E+01
	Cd-113m	Se-79	Se-79	Se-79	Se-79	Se-79	Se-79	I-129		1.4E+03	3.0E+02	3.0E+02	3.0E+02	1.0E+02	1.0E+02	1.0E+02	1.2E+01
	Tc-99	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Cl-36		1.3E+03	2.4E+02	2.4E+02	2.4E+02	8.3E+01	8.3E+01	8.3E+01	3.3E+00
Dose(μSv/a)	6.4E+07	1.6E+05	1.5E+04	6.3E+02	5.1E+04	4.8E+03	2.1E+02	2.6E+01		6.4E+07	1.6E+05	1.5E+04	6.3E+02	5.1E+04	4.8E+03	2.1E+02	2.6E+01
炭酸塩スラリー	Sr-90	Sr-90	Sr-90	C-14	Sr-90	Sr-90	C-14	Tc-99		6.4E+07	1.6E+05	1.4E+04	3.3E+02	5.1E+04	4.6E+03	1.1E+02	1.6E+01
	Cs-137	C-14	C-14	Sr-90	C-14	C-14	Sr-90	Se-79		1.0E+03	3.4E+02	3.4E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.1E+02	3.7E+01	2.7E+00
	C-14	Am-241	Tc-99	Tc-99	Am-241	Tc-99	Tc-99	Sn-126		3.5E+02	8.2E+01	7.9E+01	7.9E+01	2.7E+01	2.6E+01	2.6E+01	2.6E+00
	Am-241	Tc-99	Am-241	Am-241	Tc-99	Am-241	Am-241	I-129		1.2E+02	7.9E+01	7.0E+01	5.1E+01	2.6E+01	2.3E+01	1.7E+01	2.1E+00
	Cd-113m	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Sn-126	Cl-36		8.0E+01	1.2E+01	1.2E+01	1.2E+01	4.0E+00	4.0E+00	4.0E+00	7.5E-01
Dose(μSv/a)	9.0E+05	3.0E+03	3.9E+02	9.4E+01	1.1E+03	1.4E+02	3.3E+01	8.4E+00		9.0E+05	3.0E+03	3.9E+02	9.4E+01	1.1E+03	1.4E+02	3.3E+01	8.4E+00
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	Cs-137	Cs-137	Cs-137	C-14	Cs-137	Cs-137	C-14	I-129		8.9E+05	2.9E+03	2.9E+02	3.7E+01	1.0E+03	1.0E+02	1.3E+01	3.7E+00
	Sr-90	C-14	C-14	Ag-108m	C-14	C-14	Ag-108m	Tc-99		1.6E+03	3.8E+01	3.8E+01	2.2E+01	1.4E+01	1.3E+01	7.9E+00	1.9E+00
	Ag-108m	Ag-108m	Ag-108m	I-129	Ag-108m	Ag-108m	I-129	Cl-36		5.5E+01	3.6E+01	3.1E+01	1.2E+01	1.3E+01	1.1E+01	4.3E+00	1.5E+00
	C-14	I-129	I-129	Tc-99	I-129	I-129	Tc-99	Se-79		3.9E+01	1.2E+01	1.2E+01	8.5E+00	4.3E+00	4.3E+00	3.0E+00	6.3E-01
	I-129	Tc-99	Tc-99	Cl-36	Tc-99	Tc-99	Cl-36	Sn-126		1.2E+01	8.5E+00	8.5E+00	6.1E+00	3.0E+00	3.0E+00	2.2E+00	3.3E-01
Dose(μSv/a)	2.5E+05	1.3E+03	5.7E+02	4.7E+02	4.6E+02	2.0E+02	1.7E+02	1.4E+00		2.5E+05	1.3E+03	5.7E+02	4.7E+02	4.6E+02	2.0E+02	1.7E+02	1.4E+00
建屋内 金属 (事故前L3)	Cs-137	Cs-137	C-14	C-14	Cs-137	C-14	C-14	Tc-99		2.4E+05	7.8E+02	4.1E+02	4.0E+02	2.8E+02	1.5E+02	1.4E+02	6.5E-01
	Sr-90	C-14	Cs-137	Am-241	C-14	Cs-137	Am-241	Sn-126		4.4E+03	4.2E+02	7.8E+01	4.2E+01	1.5E+02	2.8E+01	1.5E+01	1.6E-01
	C-14	Am-241	Am-241	Pu-240	Am-241	Am-241	Pu-240	Ra-226		4.3E+02	6.8E+01	5.8E+01	8.6E+00	2.4E+01	2.1E+01	3.1E+00	1.5E-01
	Am-241	Sr-90	Pu-240	Pu-239	Sr-90	Pu-240	Pu-239	Pu-239		1.0E+02	1.1E+01	8.8E+00	5.4E+00	3.8E+00	3.1E+00	1.9E+00	9.7E-02
	Pu-238	Pu-240	Pu-239	Tc-99	Pu-240	Pu-239	Tc-99	Pb-210		1.7E+01	8.9E+00	5.4E+00	2.9E+00	3.2E+00	1.9E+00	1.0E+00	7.7E-02
Dose(μSv/a)	2.5E+05	8.0E+02	8.6E+01	6.9E+00	2.9E+02	3.1E+01	2.5E+00	1.2E+00		2.5E+05	8.0E+02	8.6E+01	6.9E+00	2.9E+02	3.1E+01	2.5E+00	1.2E+00
建屋内 コンクリート (事故前非放射性)	Cs-137	Cs-137	Cs-137	Tc-99	Cs-137	Cs-137	Tc-99	Tc-99		2.4E+05	7.8E+02	7.8E+01	4.1E+00	2.8E+02	2.8E+01	1.5E+00	9.4E-01
	Sr-90	Sr-90	Tc-99	Cs-137	Sr-90	Tc-99	Cs-137	Sn-126		8.2E+03	2.0E+01	4.1E+00	7.9E-01	7.1E+00	1.5E+00	2.8E-01	1.3E-01
	Tc-99	Tc-99	Sr-90	Ag-108m	Tc-99	Sr-90	Ag-108m	Cs-135		4.1E+00	4.1E+00	1.8E+00	7.8E-01	1.5E+00	6.4E-01	2.8E-01	7.5E-02
	Ag-108m	Ag-108m	Ag-108m	Sn-126	Ag-108m	Ag-108m	Sn-126	Ra-226		1.9E+00	1.3E+00	1.1E+00	5.7E-01	4.6E-01	3.9E-01	2.0E-01	3.7E-03
	Am-241	Sn-126	Sn-126	Am-241	Sn-126	Sn-126	Am-241	I-129		6.0E-01	5.7E-01	5.7E-01	2.5E-01	2.0E-01	2.0E-01	9.0E-02	2.3E-03

(3)安全評価の試行 接近シナリオの評価

103

■ 接近シナリオの評価(線量)

		トレンチ	0.03~0.3 mSv/y	0.3 mSv/y 以上	ピット	0.1~1 mSv/y	1 mSv/y 以上	中深度	2~20 mSv/y	20 mSv/y 以上
Mode+Geomean (MG)		接近シナリオ線量 (μSv/年)								
廃棄物種類 (27分類)	体積 (m ³)	トレンチ 50年	トレンチ 300年	トレンチ 400年	トレンチ 600年	ピット300 年	ピット400 年	ピット600 年	中深度10 万年	
KURION吸着材	2,877	6.0E+08	1.9E+06	2.0E+05	7.5E+03	6.9E+05	7.1E+04	2.7E+03	8.1E+02	
除染装置スラッジ(AREVA)	422	7.5E+09	水処理廃棄物は、管理期間を延長すれば一部ピット処分、現行規制では中深度処分					1.2E+04	3.6E+03	
SARRY吸着材	1,385	1.0E+09						4.6E+03	1.4E+03	
鉄共沈スラリー	2,279	2.2E+09						6.9E+03	4.2E+02	
炭酸塩スラリー	9,806	6.4E+07	1.6E+05	1.5E+04	6.3E+02	5.1E+04	4.8E+03	2.1E+02	2.6E+01	
ALPS-4_Ag添着活性炭	207	4.1E+04	2.4E+04	2.4E+04	2.4E+04	7.3E+03	7.3E+03	7.3E+03	6.3E+03	
ALPS-2_チタン酸塩	310	1.3E+06	3.1E+03	3.0E+02	2.7E+01	9.8E+02	9.6E+01	8.6E+00	5.4E+00	
ALPS-3_フェロシアン化合物	207	4.4E+03	4.8E+01	3.8E+01	3.7E+01	1.5E+01	1.2E+01	1.2E+01	7.9E+00	
ALPS-6_キレート樹脂	413	5.8E+02	2.3E+01	2.2E+01	2.1E+01	7.1E+00	6.8E+00	6.7E+00	4.5E+00	
ALPS-5_酸化チタン	207	1.0E+03	3.8E+01	3.8E+01	3.8E+01	1.2E+01	1.2E+01	1.2E+01	8.2E+00	
ALPS-7、1	68	3.0E+03	2.0E+02	2.0E+02	2.0E+02	6.0E+01	6.0E+01	6.0E+01	4.0E+01	
瓦礫1 (<0.1 mSv/h)	34,656	2.4E+03	8.1E+00	1.1E+00	2.5E-01	2.9E+00	3.8E-01	9.1E-02	2.3E-02	
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	30,140	9.0E+05	3.0E+03	3.0E+02	9.4E+01	1.1E+03	1.4E+02	3.3E+01	8.4E+00	
瓦礫3 (1-5 mSv/h)	6,079	瓦礫1、2は管理期間延長でトレンチ処分、瓦礫3はピット処分、瓦礫4は管理期間延長でピット処分、瓦礫5は中深度処分					5.6E+03	7.4E+02	1.8E+02	4.5E+01
瓦礫4 (5-30 mSv/h)	20,729						2.4E+04	3.1E+03	7.6E+02	1.9E+02
瓦礫5 (>30 mSv/h)	19,617						5.2E+04	6.8E+03	1.6E+03	4.1E+02
伐採木	17,264					2.1E+03	2.4E+02	3.2E+01	1.0E+01	
RPV内廃棄物(事故前L1)	230	3.8E+09	7.3E+07	5.5E+07	4.2E+07	2.6E+07	1.9E+07	1.5E+07	1.5E+06	
RPV内廃棄物(事故前L2)	186	6.2E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.1E+08	1.1E+08	
PCV内金属(事故前L2)	1,164	6.6E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	
PCV内金属(事故前L3)	1,211	6.6E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	
PCV内コンクリート(事故前L2)	431	6.7E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	4.1E+08	
PCV内コンクリート(事故前L3)	449	6.7E+08	8.7E+06	6.0E+06	4.6E+06	3.1E+06	2.1E+06	1.6E+06	1.8E+05	
建屋内金属(事故前L3)	23,677	2.5E+05	1.3E+03	5.7E+02	4.7E+02	4.6E+02	2.0E+02	1.7E+02	1.4E+00	
建屋内金属(事故前非放射性)	6,454	2.4E+05	7.8E+02	8.1E+01	4.0E+00	2.8E+02	2.9E+01	1.4E+00	5.1E-01	
建屋内コンクリート(事故前L3)	8,766	2.5E+05	8.3E+02	1.1E+02	3.5E+01	3.0E+02	4.1E+01	1.2E+01	3.5E+00	
建屋内コンクリート(事故前非放射性)	370,586	2.5E+05	8.0E+02	8.6E+01	6.9E+00	2.9E+02	3.1E+01	2.5E+00	1.2E+00	
合 計	559,818	0				445,342			110,804	

デブリ付着解体廃棄物は地層処分相当、
その他の解体廃棄物は管理期間延長トレンチ処分
(建屋内事故前L3金属を除く)又はピット処分

(3)安全評価の試行 安全評価パラメータの比較

本評価の概要

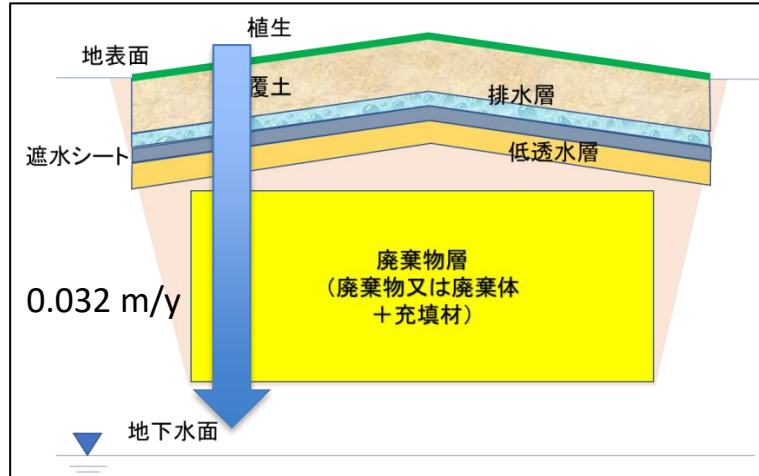
- 本検討で地下水安全評価を実施するにあたって、2021年度IRID報告書のモデル及びパラメータを大きく変更した。
- 本項目は、本報告で実施する安全評価と2021年度IRID報告書の評価の結果を比較するものである。新規作成したモデルが2021年度IRID報告書で使用したモデルと遜色ないことは確認した一方で、本検討では2021年度IRID報告書から部分的にパラメータを更新している。
- そのため、トレンチ処分、ピット処分、中深度処分における両者（2021年度IRID報告書と本検討）の線量評価が、このパラメータの違いによって異なる結果となっている。
- 本スライドでは、2021年度評価に対して変更した主要なパラメータが線量への影響を及ぼす程度について示す。

(3)安全評価の試行

安全評価パラメータの比較

※「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（2021）」

安全評価パラメータの比較(トレンチ処分参照ケース)



※2021年度IRID報告書の評価と異なる評価パラメーター部	※2021年度IRID報告書	2023年評価
淡水漁・甲殻類摂取量(kg/y)	魚:10 甲殻類:2	魚:4 甲殻類:0.7
河川流量(m ³ /y)	2E7	2.8E7
埋設設備内K _d (m ³ /kg)	岩(土壌)を想定 C: 0.0001 Sr: 0.009 Cs: 0.1	セメントと土の合成 C: 0.0035 Sr: 0.0091 Cs: 0.02

建屋内コンクリート (事故前非放射性)

	農耕作業者 Farmer	淡水漁業従事者 River	線量(mSv/y)	
2021年度 IRID報告書			Sr-90: 4.6E-3 C-14: 3.1E-4	0.01 mSv (10 μSv)超え
2023評価			Sr-90: 3.0E-3 C-14: 5.6E-6	0.001 mSv (1 μSv)超え

C-14の低減は廃棄物K_dの考慮と河川流量、摂取量の差異による。

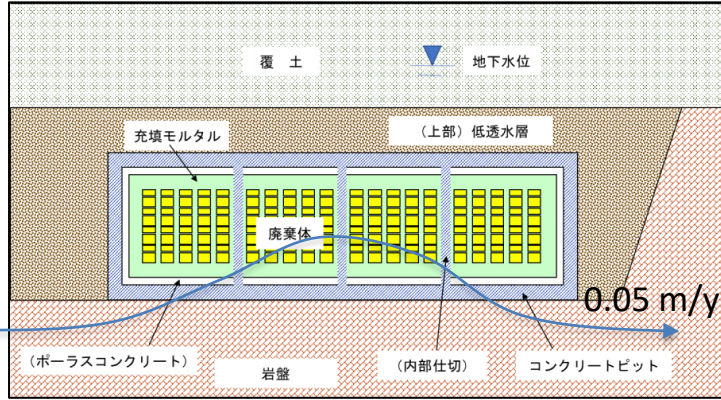
(3)安全評価の試行

安全評価パラメータの比較

107

※「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（2021）」

安全評価パラメータの比較(ピット処分参照ケース)



※2021年度IRID報告書の評価と異なる評価パラメーター部	※2021年度IRID報告書	2023年評価
淡水漁・甲殻類摂取量 (kg/y)	魚:10 甲殻類:2	魚:4 甲殻類:0.7
河川流量 (m³/y)	2E7	2.8E7
埋設設備内構成材料	充填材のみ	廃棄物+充填材の収着を考慮
農耕作業者の生活圏モデル	水産物の摂取を考慮しない	水産物の摂取を考慮する

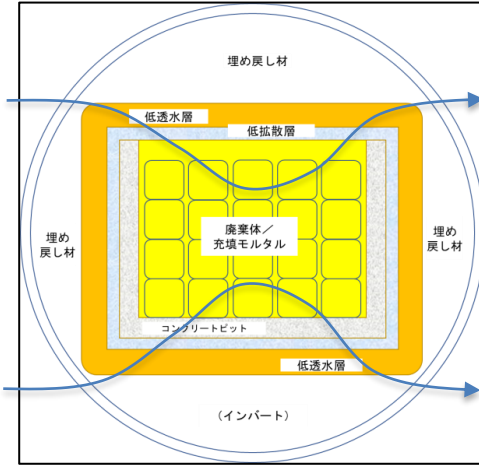
	農耕作業者	淡水漁業従事者	線量(mSv/y)	
2021年度IRID報告書			C-14: 5.3E-2 I-129: 1.2E-4 Se-79: 1.5E-5	0.01 mSv (10 μSv) 超え 朱書 0.001 mSv (1 μSv) 超え
2023評価			C-14: 4.3E-3 I-129: 2.5E-5 Se-79: 1.8E-6	C-14の低減は 廃棄物K _d の考 慮と河川流量、 摂取量の差 異による。

(3)安全評価の試行

安全評価パラメータの比較

※「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（2021）」

安全評価パラメータの比較（中深度処分参照ケース）



0.003 m/y

※2021年度IRID報告書の評価と異なる評価パラメータ一部

※2021年度IRID報告書

2023年評価

淡水漁・甲殻類摂取量 (kg/y)

魚:10
甲殻類:2

魚:4
甲殻類:0.7

河川流量 (m³/y)

2E7

2.8E7

天然バリア K_d (m³/kg)

酸化雰囲気
Se-79: 0.001

還元雰囲気
Se-79: 0.05

農耕作業者の生活圏モデル

水産物の摂取を考慮しない

水産物の摂取を考慮する

農耕作業者

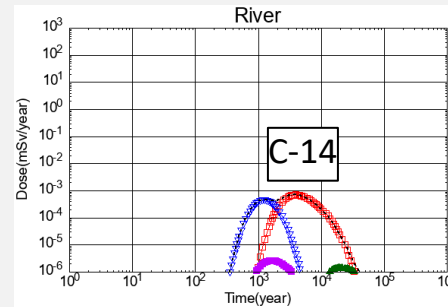
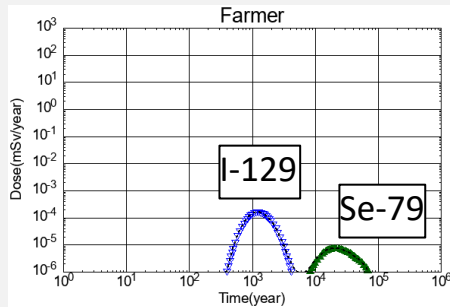
淡水漁業従事者

線量(mSv/y)

0.01 mSv
(10 μ Sv) 超え

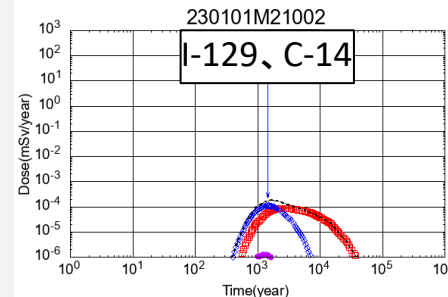
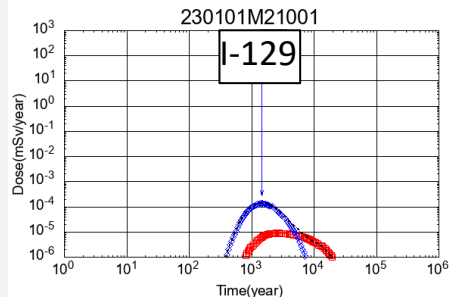
朱書
0.001 mSv
(1 μ Sv) 超え

2021年度 IRID報告書


C-14: 7.0E-4
I-129: 4.5E-4
Se-79: 7.4E-6

C-14の線量低減は廃棄物 K_d の考慮と河川流量、摂取量の差異による。農耕作業者のC-14の線量増加は水産物の摂取による。Se-79の線量低減は還元環境の K_d を考慮したことによる。

2023評価


I-129: 1.1E-4
C-14: 8.5E-5
Se-79: 2.3E-8

(3)安全評価の試行 安全評価結果

本評価の概要

- 本年度実施した安全評価結果において、Kurion吸着材、鉄共沈スラリー、炭酸塩スラリー、瓦礫2、建屋内廃棄物(金属)(事故前L3、建屋内廃棄物(コンクリート)(事故前非放射性)の処分形態及び評価シナリオ毎の線量および支配核種をまとめた結果である。
- 代表的個人は淡水漁業従事者と農耕作業従事者の2種の結果を算出しており、この2種のうち線量の高い代表的個人を対象に、各廃棄物をトレンチ、ピット、中深度及び地層処分のいずれかの処分場において、基準線量を満足することを以て、その処分場で処分可能と割り当てた。また、人工バリア機能や評価シナリオに対する線量の幅を考慮するため、既存概念の人工バリアに対して高度化及び簡素化したバリアにおける評価も実施した。
- 各廃棄物がどの処分形態で処分可能であるかを決定するにあたっては、上記の地下水シナリオの計算結果とp.101~104における接近シナリオの評価結果の両者の結果より評価した。

(3)安全評価の試行 安全評価結果

110

安全評価結果(KURION吸着材)

形態 : 人工バリア機能の範囲(p.85)
シナリオ : 可能性が高いシナリオ、厳しいシナリオ

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

		淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	形態・シナリオ	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	2.4E-01	Sr-90	Cs-137	C-14	1.8E-01	Sr-90	I-129	H-3
	簡素化・厳しい	1.9E+01	Cs-137	Sr-90	C-14	2.4E+00	Cs-137	Sr-90	I-129
	参照・可能性高	1.8E-02	Sr-90	Cs-137	C-14	1.3E-02	Sr-90	I-129	H-3
	参照・厳しい	1.7E+00	Cs-137	Sr-90	I-129	3.0E-01	Sr-90	Cs-137	I-129
	高度化・可能性高	1.2E-03	C-14	I-129	H-3	8.7E-04	I-129	H-3	C-14
	高度化・厳しい	2.1E-02	Sr-90	I-129	C-14	1.5E-02	Sr-90	I-129	H-3
ピット処分	地下水面上・可能性高	1.9E-03	C-14	I-129	H-3	9.6E-04	I-129	C-14	H-3
	地下水面上・厳しい	2.5E-03	C-14	I-129	H-3	1.8E-03	I-129	H-3	C-14
	簡素化・可能性高	8.6E-03	C-14	I-129	H-3	5.3E-03	I-129	C-14	H-3
	簡素化・厳しい	1.3E-02	C-14	I-129	H-3	1.1E-02	I-129	H-3	C-14
	参照・可能性高	5.3E-03	C-14	I-129	H-3	3.5E-03	I-129	C-14	H-3
	参照・厳しい	1.1E-02	I-129	C-14	H-3	9.7E-03	I-129	H-3	C-14
	高度化・可能性高	1.3E-03	I-129	C-14	Cs-135	9.0E-04	I-129	C-14	H-3
	高度化・厳しい	2.9E-03	I-129	C-14	H-3	2.6E-03	I-129	H-3	C-14
中深度処分	簡素化・可能性高	2.7E-03	C-14	I-129	Cl-36	5.1E-04	I-129	C-14	Cl-36
	簡素化・厳しい	5.2E-03	C-14	I-129	Cs-135	9.0E-04	I-129	C-14	Se-79
	参照・可能性高	1.8E-04	I-129	C-14	Cl-36	1.4E-04	I-129	C-14	Cl-36
	参照・厳しい	5.0E-04	I-129	C-14	Cs-135	4.3E-04	I-129	C-14	Cs-135
	高度化・可能性高	2.4E-05	I-129	C-14			I-129	C-14	Cl-36
	高度化・厳しい	5.0E-04	I-129	C-14			I-129	C-14	Cs-135
地層処分	緩衝材無・可能性高	6.5E-04	C-14	I-129			I-129	Tc-99	
	緩衝材無・厳しい	6.5E-04	C-14	I-129	Cl-36	1.2E-04	C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材有・可能性高	2.1E-06	C-14	I-129	Cl-36	1.6E-06	I-129	C-14	Pb-210
	緩衝材有・厳しい	2.1E-06	C-14	I-129	Cl-36	1.6E-06	I-129	C-14	Pb-210

接近シナリオで
中深度処分相当

(3)安全評価の試行 安全評価結果

111

安全評価結果(鉄共沈スラリー)

形態 : 人工バリア機能の範囲(p.85)
シナリオ : 可能性が高いシナリオ、厳しいシナリオ

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y) 超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y) 超え

		淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	形態・シナリオ	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	2.3E+01	Sr-90	C-14	I-129	1.8E+01	Sr-90	C-14	I-129
	簡素化・厳しい	3.0E+02	Sr-90	C-14	I-129	2.3E+02	Sr-90	C-14	I-129
	参照・可能性高	1.4E+00	Sr-90	C-14	I-129	1.1E+00	Sr-90	C-14	I-129
	参照・厳しい	3.8E+01	Sr-90	C-14	I-129	3.0E+01	Sr-90	C-14	I-129
	高度化・可能性高	3.2E-03	Sr-90	C-14	I-129	2.1E-03	Sr-90	C-14	I-129
	高度化・厳しい	1.7E+00	Sr-90	C-14	I-129	1.3E+00	Sr-90	C-14	I-129
ピット処分	地下水面上・可能性高	1.8E-03	C-14	I-129	Sr-90	2.0E-04	C-14	I-129	Sr-90
	地下水面上・厳しい	2.5E-03	C-14	Sr-90	I-129	1.1E-03	Sr-90	C-14	I-129
	簡素化・可能性高	1.1E-02	C-14	I-129	Sr-90	1.2E-03	C-14	I-129	Sr-90
	簡素化・厳しい	1.8E-02	C-14	Sr-90	I-129	6.6E-03	Sr-90	C-14	I-129
	参照・可能性高	4.3E-03	C-14	I-129	Sr-90	4.7E-04	C-14	I-129	Sr-90
	参照・厳しい	1.2E-02	C-14	Sr-90	I-129	4.4E-03	Sr-90	C-14	I-129
	高度化・可能性高	7.9E-04	C-14	I-129	Tc-99	9.1E-05	C-14	I-129	Tc-99
	高度化・厳しい	1.5E-03	C-14	Sr-90	I-129	2.4E-04	C-14	Sr-90	I-129
中深度処分	簡素化・可能性高	3.4E-03	C-14	I-129	Tc-99	3.6E-04	C-14	I-129	Tc-99
	簡素化・厳しい	6.6E-03	C-14	I-129	Se-79	7.0E-04	C-14	I-129	Se-79
	参照・可能性高	1.1E-04	C-14	I-129	Cl-36	1.3E-05	C-14	I-129	Se-79
	参照・厳しい	4.0E-04	C-14	I-129	Se-79	4.2E-05	C-14	I-129	Se-79
	高度化・可能性高	1.1E-05	C-14	I-129	接近シナリオで 中深度処分相当		C-14	I-129	Se-79
	高度化・厳しい	4.0E-04	C-14	I-129			C-14	I-129	Se-79
地層処分	緩衝材無・可能性高	8.0E-04	C-14	I-129			C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材無・厳しい	8.0E-04	C-14	I-129	Tc-99	8.5E-05	C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材有・可能性高	1.8E-06	C-14	I-129	Pb-210	1.9E-07	C-14	I-129	Pb-210
	緩衝材有・厳しい	1.8E-06	C-14	I-129	Pb-210	1.9E-07	C-14	I-129	Pb-210

(3)安全評価の試行 安全評価結果

112

安全評価結果 (炭酸塩スラリー)

形態 : 人工バリア機能の範囲(p.85)
シナリオ : 可能性が高いシナリオ、厳しいシナリオ

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

		淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	形態・シナリオ	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	2.7E+00	Sr-90	C-14	I-129	2.1E+00	Sr-90	C-14	I-129
	簡素化・厳しい	3.4E+01	Sr-90	C-14	I-129	2.7E+01	Sr-90	C-14	I-129
	参照・可能性高	1.6E-01	Sr-90	C-14	I-129	1.3E-01	Sr-90	C-14	I-129
	参照・厳しい	4.4E+00	Sr-90	C-14	I-129	3.4E+00	Sr-90	C-14	I-129
	高度化・可能性高	3.6E-04	Sr-90	C-14	I-129	2.4E-04	Sr-90	C-14	I-129
	高度化・厳しい	2.0E-01	Sr-90	C-14	I-129	1.5E-01	Sr-90	I-129	C-14
ピット処分	地下水面上・可能性高	1.7E-04	C-14	I-129	Sr-90	2.3E-05	C-14	I-129	H-3
	地下水面上・厳しい	2.6E-04	C-14	Sr-90	I-129	1.2E-04	Sr-90	C-14	I-129
	簡素化・可能性高	1.0E-03	C-14	I-129	Sr-90	1.1E-04	C-14	I-129	H-3
	簡素化・厳しい	1.8E-03	C-14	Sr-90	I-129	7.4E-04	Sr-90	C-14	I-129
	参照・可能性高	4.1E-04	C-14	I-129	H-3	6.1E-05	C-14	I-129	H-3
	参照・厳しい	1.2E-03	C-14	Sr-90	I-129	4.9E-04	Sr-90	C-14	I-129
	高度化・可能性高	7.8E-05	C-14	I-129	H-3	1.4E-05	C-14	I-129	H-3
	高度化・厳しい	1.4E-04	C-14	I-129	Sr-90	3.2E-05	I-129	C-14	Sr-90
中深度処分	簡素化・可能性高	3.2E-04	C-14	I-129	U-234	3.5E-05	C-14	I-129	U-234
	簡素化・厳しい	6.2E-04	C-14	I-129	Se-79	6.6E-05	C-14	I-129	Se-79
	参照・可能性高	1.1E-05	C-14	I-129	接近シナリオで 管理期間延長 ピット処分相当		C-14	I-129	Cl-36
	参照・厳しい	3.7E-05	C-14	I-129			C-14	I-129	Se-79
	高度化・可能性高	1.1E-06	C-14	I-129			I-129	C-14	Cl-36
	高度化・厳しい	3.7E-05	C-14	I-129			C-14	I-129	Se-79
地層処分	緩衝材無・可能性高	7.5E-05	C-14	I-129	Pb-210	8.3E-06	C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材無・厳しい	7.5E-05	C-14	I-129	Pb-210	8.3E-06	C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材有・可能性高	1.7E-07	C-14	I-129	Pb-210	2.5E-08	C-14	I-129	Pb-210
	緩衝材有・厳しい	1.7E-07	C-14	I-129	Pb-210	2.5E-08	C-14	I-129	Pb-210

(3)安全評価の試行 安全評価結果

113

安全評価結果

(瓦礫2 (0.1-1 mSv/h))

形態 : 人工バリア機能の範囲(p.85)
シナリオ : 可能性が高いシナリオ、厳しいシナリオ

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y) 超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y) 超え

		淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	形態・シナリオ	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	1.7E-02	C-14	I-129	Cs-137	9.2E-03	I-129	C-14	Sr-90
	簡素化・厳しい	3.0E-01	Cs-137	C-14	I-129	3.9E-02	Cs-137	I-129	Sr-90
	参照・可能性高	1.5E-03	C-14	I-129	Cs-137	8.3E-04	I-129	C-14	Sr-90
	参照・厳しい	3.0E-02	Cs-137	I-129	C-14	3.9E-03	Cs-137	I-129	Sr-90
	高度化・可能性高	1.8E-04	C-14	I-129	Cs-135	1.0E-04	I-129	C-14	H-3
	高度化・厳しい	1.2E-03	I-129	C-14	Sr-90	8.5E-04	I-129	C-14	Sr-90
ピット処分	地下水面上・可能性高	3.0E-04	C-14	I-129	Cs-135	1.4E-04	I-129	C-14	Tc-99
	地下水面上・厳しい	3.8E-04	C-14	I-129	Cs-135	2.3E-04	I-129	C-14	Tc-99
	簡素化・可能性高	1.4E-03	C-14	I-129	Cl-36	7.4E-04	I-129	C-14	Tc-99
	簡素化・厳しい	1.8E-03	C-14	I-129	Cl-36	1.4E-03	I-129	C-14	Tc-99
	参照・可能性高	8.3E-04	C-14	I-129	Cs-135	5.2E-04	I-129	C-14	Tc-99
	参照・厳しい	1.6E-03	C-14	I-129	Cl-36	1.2E-03	I-129	C-14	Tc-99
	高度化・可能性高	2.0E-04	I-129	C-14	Cs-135	1.4E-04	I-129	C-14	Tc-99
	高度化・厳しい	4.6E-04	I-129	C-14	Cs-135	3.8E-04	I-129	C-14	Tc-99
中深度処分	簡素化・可能性高	4.4E-04	C-14	I-129	Cl-36	7.8E-05	I-129	C-14	Cl-36
	簡素化・厳しい	8.4E-04	C-14	I-129	Cl-36	1.4E-04	I-129	C-14	Se-79
	参照・可能性高	2.8E-05	I-129	C-14	接近シナリオで 管理期間600年 トレンチ処分相当				
	参照・厳しい	7.8E-05	C-14	I-129					
	高度化・可能性高	3.8E-06	I-129	C-14					
	高度化・厳しい	7.8E-05	C-14	I-129					
地層処分	緩衝材無・可能性高	1.0E-04	C-14	I-129	Cl-36	1.9E-05	C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材無・厳しい	1.0E-04	C-14	I-129	Cl-36	1.9E-05	C-14	I-129	Tc-99
	緩衝材有・可能性高	3.3E-07	C-14	I-129	Cl-36	2.3E-07	I-129	C-14	Cl-36
	緩衝材有・厳しい	3.3E-07	C-14	I-129	Cl-36	2.3E-07	I-129	C-14	Cl-36

(3)安全評価の試行 安全評価結果

114

安全評価結果 (建屋内金属(事故前L3))

形態 : 人工バリア機能の範囲(p.85)
シナリオ : 可能性が高いシナリオ、厳しいシナリオ

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

		淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	形態・シナリオ	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	1.4E-01	C-14	Sr-90	H-3	1.4E-02	C-14	Sr-90	H-3
	簡素化・厳しい	2.7E-01	C-14	Cs-137	Sr-90	2.9E-02	C-14	Sr-90	Cs-137
	参照・可能性高	7.7E-03	C-14	Sr-90	H-3	8.6E-04	C-14	Sr-90	H-3
	参照・厳しい	1.9E-02	C-14	Cs-137	Sr-90	4.1E-03	Sr-90	C-14	Cs-137
	高度化・可能性高	9.1E-04	C-14	H-3	Pu-240	9.8E-05	C-14	H-3	Pu-240
	高度化・厳しい	4.5E-03	C-14	Sr-90	H-3	5.7E-04	C-14	Sr-90	H-3
ピット処分	地下水面上・可能性高	1.9E-03	C-14	H-3	Pu-240	2.0E-04	C-14	H-3	Pu-240
	地下水面上・厳しい	2.2E-03	C-14	H-3	Pu-240	2.3E-04	C-14	H-3	Pu-240
	簡素化・可能性高	1.2E-02	C-14	H-3	Pu-240	1.3E-03	C-14	H-3	Pu-240
	簡素化・厳しい	1.3E-02	C-14	H-3	Pu-240	1.3E-03	C-14	H-3	Pu-240
	参照・可能性高	4.7E-03	C-14	H-3	Pu-240	4.9E-04	C-14	H-3	Pu-240
	参照・厳しい	8.6E-03	C-14	H-3	Pu-240	9.0E-04	C-14	H-3	Pu-240
	高度化・可能性高	8.8E-04	C-14	H-3	Pu-240	9.2E-05	C-14	H-3	Pu-240
	高度化・厳しい	1.6E-03	C-14	H-3	Pu-240	1.6E-04	C-14	H-3	Pu-240
中深度処分	簡素化・可能性高	3.6E-03	C-14	U-234	U-238	3.7E-04	C-14	U-234	U-238
	簡素化・厳しい	7.0E-03	C-14	Pu-239	Cs-135	7.3E-04	C-14	Pu-239	I-129
	参照・可能性高	1.3E-04	C-14	Pb-210	接近シナリオで ピット処分相当				
	参照・厳しい	4.5E-04	C-14	Cs-135					
	高度化・可能性高	1.2E-05	C-14	Pb-210					
	高度化・厳しい	4.5E-04	C-14	Cs-135	I-129	4.7E-05	C-14	I-129	Cs-135
地層処分	緩衝材無・可能性高	8.4E-04	C-14	Zr-93	Pb-210	8.8E-05	C-14	U-234	Zr-93
	緩衝材無・厳しい	8.4E-04	C-14	Zr-93	Pb-210	8.8E-05	C-14	U-234	Zr-93
	緩衝材有・可能性高	1.8E-06	C-14	Pb-210	Po-210	1.9E-07	C-14	Pb-210	U-234
	緩衝材有・厳しい	1.8E-06	C-14	Pb-210	Po-210	1.9E-07	C-14	Pb-210	U-234

(3)安全評価の試行 安全評価結果

安全評価結果

(建屋内コンクリート(事故前非放射性))

形態 : 人工バリア機能の範囲(p.85)
シナリオ : 可能性が高いシナリオ、厳しいシナリオ

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

	形態・シナリオ	淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
		最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量(mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分	簡素化・可能性高	5.0E-02	Sr-90	Cs-137	Cs-135	3.9E-02	Sr-90	Cs-137	Tc-99
	簡素化・厳しい	9.7E-01	Cs-137	Sr-90	Cs-135	5.0E-01	Sr-90	Cs-137	Tc-99
	参照・可能性高	3.0E-03	Sr-90	Cs-137	Cs-135	2.3E-03	Sr-90	Cs-137	Tc-99
	参照・厳しい	9.2E-02	Cs-137	Sr-90	Cs-135	6.3E-02	Sr-90	Cs-137	Tc-99
	高度化・可能性高	6.7E-06	Sr-90	Cs-135	C-14	5.4E-06	Sr-90	Tc-99	I-129
	高度化・厳しい	3.6E-03	Sr-90	Cs-135	Tc-99	2.8E-03	Sr-90	Tc-99	I-129
ピット処分	地下水面上・可能性高	3.0E-06	Cs-135	C-14	Tc-99	2.4E-06	Tc-99	I-129	Cs-135
	地下水面上・厳しい	4.5E-06	Cs-135	Sr-90	C-14	4.7E-06	Tc-99	Sr-90	I-129
	簡素化・可能性高	1.5E-05	C-14	Cs-135	Tc-99	1.3E-05	Tc-99	I-129	C-14
	簡素化・厳しい	2.4E-05	Sr-90	Cs-135	C-14	2.8E-05	Tc-99	Sr-90	I-129
	参照・可能性高	8.9E-06	Cs-135	C-14	Tc-99	8.6E-06	Tc-99	I-129	Cs-135
	参照・厳しい	2.1E-05	Cs-135	Sr-90	Tc-99	2.4E-05	Tc-99	I-129	Sr-90
	高度化・可能性高	3.6E-06	Cs-135	Tc-99	I-129	2.3E-06	Tc-99	I-129	Cs-135
	高度化・厳しい	7.2E-06	Cs-135	Tc-99	I-129	7.2E-06	Tc-99	I-129	Cs-135
中深度処分	簡素化・可能性高	3.2E-06	C-14	I-129	Tc-99	6.5E-07	I-129	C-14	Tc-99
	簡素化・厳しい	6.0E-06	C-14	Cs-135			I-129	C-14	Tc-99
	参照・可能性高	2.0E-07	I-129	C-14			I-129	C-14	Cs-135
	参照・厳しい	6.1E-07	Cs-135	I-129			I-129	Cs-135	C-14
	高度化・可能性高	2.6E-08	I-129	Cs-135			I-129	Cs-135	C-14
	高度化・厳しい	6.1E-07	Cs-135	I-129			I-129	Cs-135	C-14
地層処分	緩衝材無・可能性高	8.1E-07	C-14	Tc-99	I-129	2.6E-07	Tc-99	C-14	I-129
	緩衝材無・厳しい	8.2E-07	C-14	Tc-99	I-129	2.6E-07	Tc-99	C-14	I-129
	緩衝材有・可能性高	3.0E-09	Pb-210	C-14	I-129	2.0E-09	I-129	Pb-210	C-14
	緩衝材有・厳しい	3.0E-09	Pb-210	C-14	I-129	2.0E-09	I-129	Pb-210	C-14

接近シナリオで
管理期間400年
トレンチ処分相当

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

116

安全評価結果パラメータスタディ(KURION吸着材)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

	処理	パラメータ	淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
			最大ピーク線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分簡素化ケース	-	①参照ケース、初期均一分布*	2.4E-01	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]	1.8E-01	[Sr-90]	[I-129]	[H-3]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	4.9E-01	[Sr-90]	[C-14]	[Cs-137]	3.8E-01	[Sr-90]	[I-129]	[H-3]
	固型化	③廃棄体De = 4.2E-11	1.7E-01	[Sr-90]	[C-14]	[Cs-137]	1.3E-01	[Sr-90]	[I-129]	[H-3]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-12	4.0E-02	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]	2.8E-02	[Sr-90]	[I-129]	[H-3]
	溶融	⑤溶出率1E-2	3.2E-01	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]	2.2E-01	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]
	溶融	⑥溶出率1E-3	3.1E-02	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]	2.2E-02	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]
	溶融	⑦溶出率1E-4	3.1E-03	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]	2.2E-03	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]
	溶融	⑧溶出率1E-5	3.1E-04	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]	2.2E-04	[Sr-90]	[Cs-137]	[C-14]

*: 廃棄体に物理的な閉じ込め機能がなく、放射性核種が埋設設備内で分配平衡となり、間隙水中濃度が均一になった状態

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2つの代表的個人の被ばく線量より評価する。2つのうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.117(固型化)、p.118(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

117

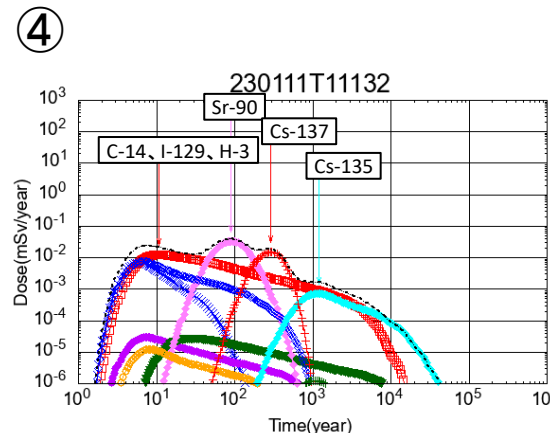
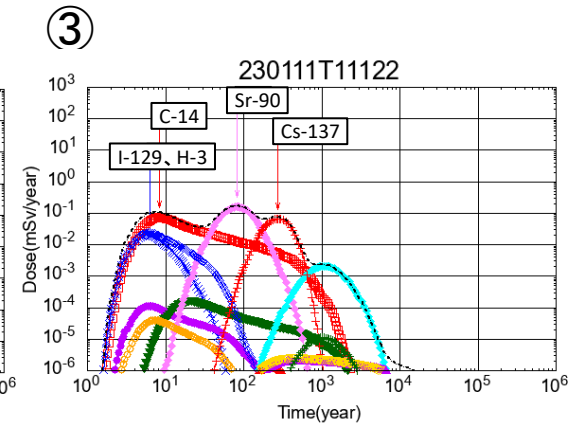
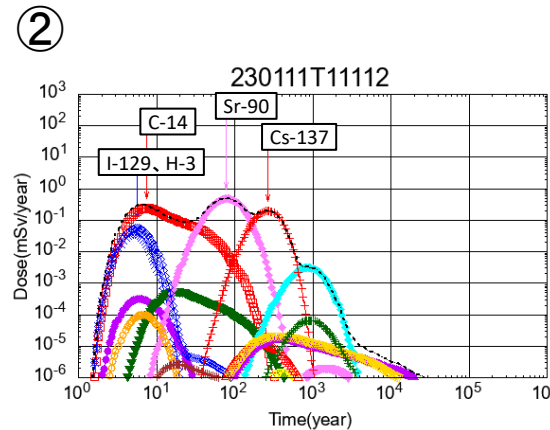
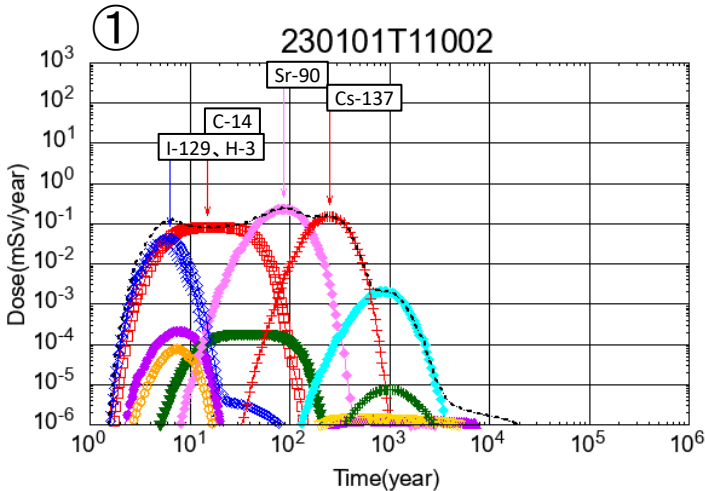
トレンチ処分・固型化 安全評価結果(KURION吸着材)

簡素化ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	2.4E-01	4.9E-01	1.7E-01	4.0E-02

参照ケース



セメント固化などの多孔質媒体の処理は、実効拡散係数が2桁以上小さくないと線量低減効果は小さい。②で増加するのは、固化体の拡散抑制よりも埋設設備の移動抑制の効果が大きい。一部、表面0濃度拡散漏出仮定など、モデル化の影響もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

118

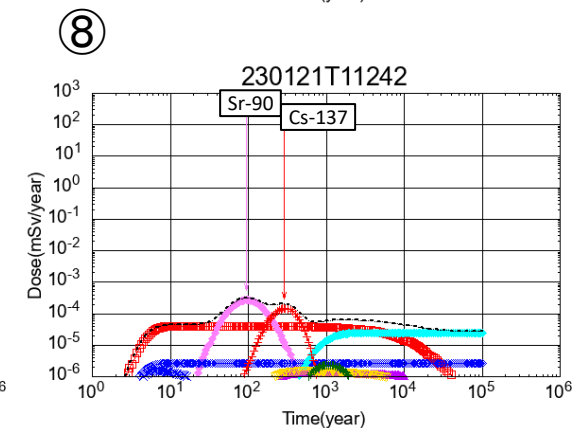
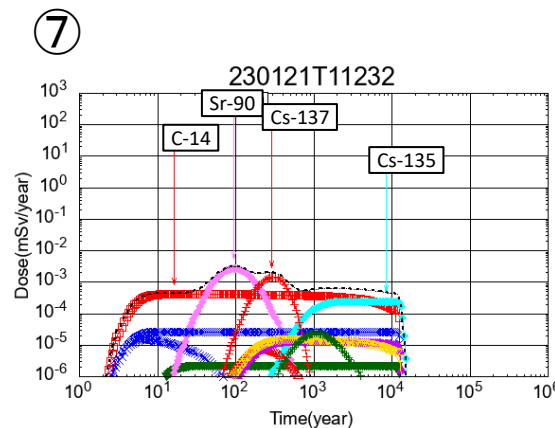
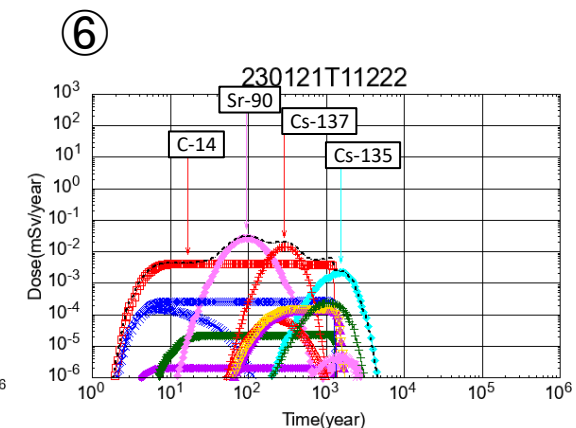
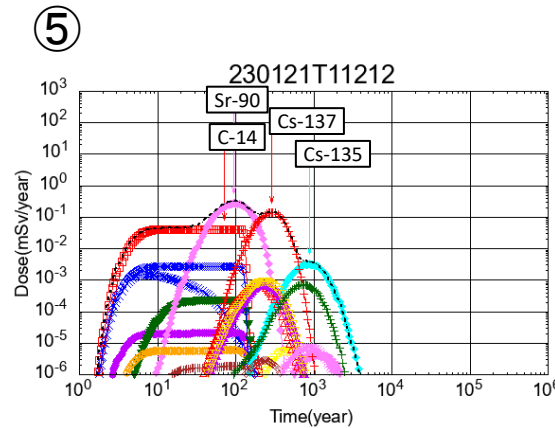
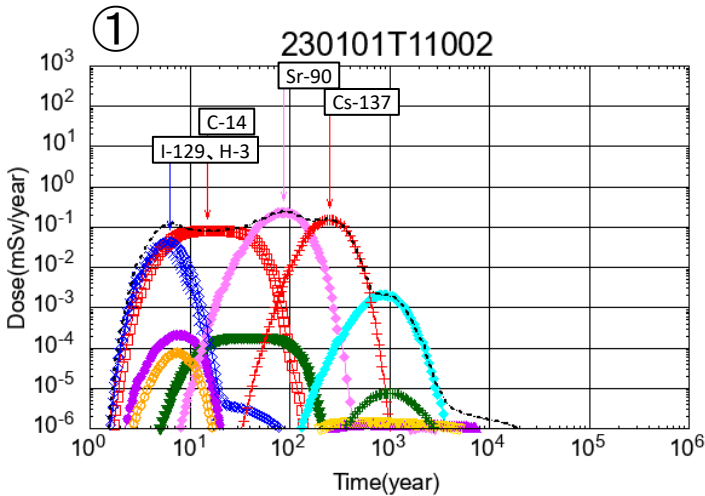
トレンチ処分・溶融 安全評価結果(KURION吸着材)

簡素化ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑤溶融	⑥溶融	⑦溶融	⑧溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	2.4E-01	3.2E-01	3.1E-02	3.1E-03	3.1E-04

参照ケース



溶融固化は1E-3/y以下の溶出率で効果が生じる。

①で増加するのは、固化体の溶出率が大きく、セメント系材料の収着と埋設設備の移動抑制の効果の方が大きい。収着が期待できない低性能の固化はむしろ逆効果の場合もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

119

安全評価結果パラメータスタディ(KURION吸着材)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

			淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	処理	パラメータ	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
ピット処分参照ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	5.3E-03	C-14	I-129	H-3	3.5E-03	I-129	C-14	H-3
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	7.6E-03	C-14	I-129	H-3	5.2E-03	I-129	C-14	H-3
	固型化	③廃棄体De = 1.0E-10	6.4E-03	C-14	I-129	H-3	5.6E-03	I-129	C-14	H-3
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-11	5.8E-03	C-14	I-129	H-3	5.6E-03	I-129	C-14	H-3
	固型化	⑤廃棄体De = 4.2E-12	3.1E-03	I-129	C-14	H-3	3.1E-03	I-129	C-14	H-3
	溶融	⑥溶出率1E-2	8.0E-03	C-14	I-129	Cs-135	3.7E-03	I-129	C-14	H-3
	溶融	⑦溶出率1E-3	3.8E-03	C-14	I-129	Cs-135	7.1E-04	C-14	I-129	Cs-135
	溶融	⑧溶出率3E-4	1.1E-03	C-14	Cs-135	I-129	2.1E-04	C-14	I-129	Cs-135
	溶融	⑨溶出率1E-4	3.8E-04	C-14	Cs-135	I-129	7.0E-05	C-14	I-129	Cs-135
	溶融	⑩溶出率1E-5	3.8E-05	C-14	Cs-135	I-129	7.0E-06	C-14	I-129	Cs-135

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.120(固型化)、p.121(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

120

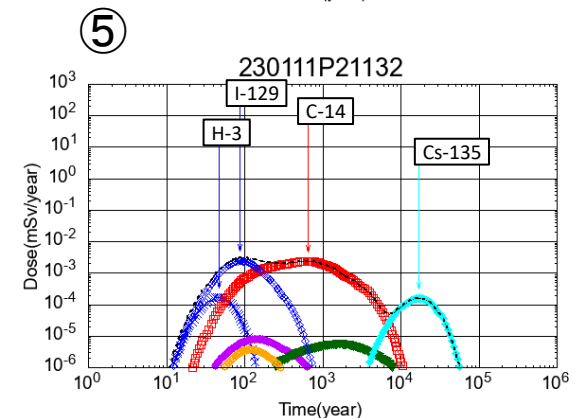
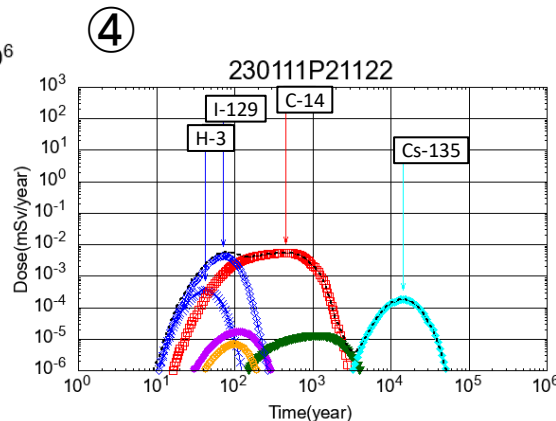
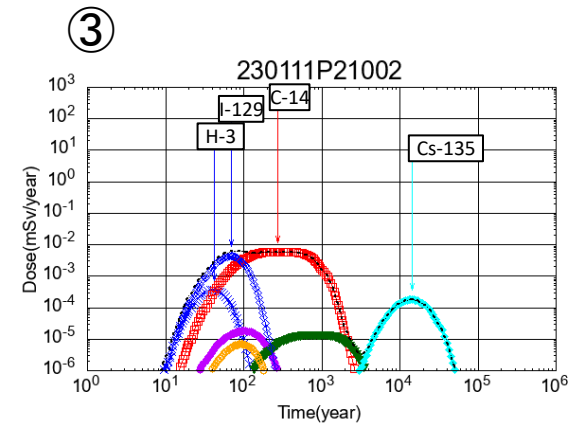
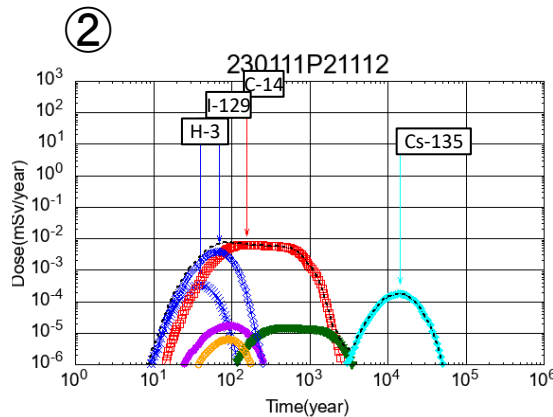
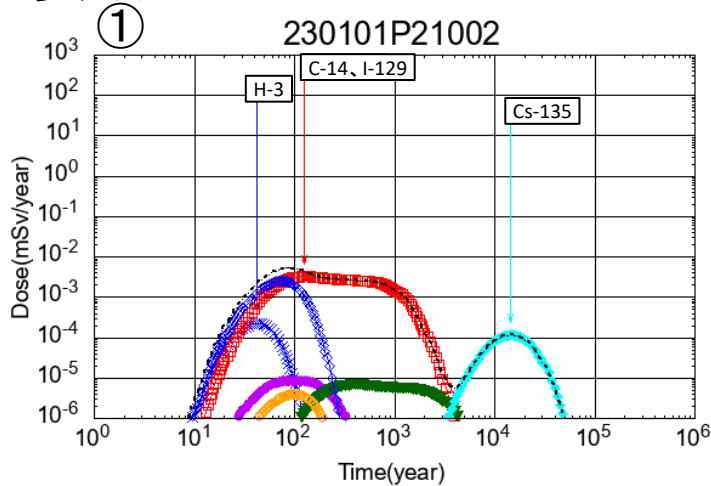
ピット処分・固型化 安全評価結果(KURION吸着材)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化	⑤固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 1.0E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	5.3E-03	7.6E-03	6.4E-03	5.8E-03	3.1E-03

参照ケース



セメント固化などの多孔質媒体の処理は、実効拡散係数が2桁以上小さくないと線量低減効果は小さい。②～③で増加するのは、固化体の拡散抑制よりも埋設設備の移動抑制の効果が大きい。一部、表面0濃度拡散漏出仮定など、モデル化の影響もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

121

ピット処分・溶融 安全評価結果(KURION吸着材)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

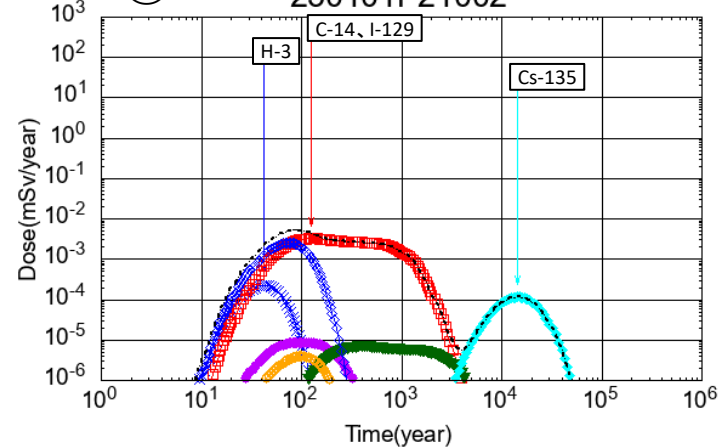
淡水漁業従事者

処理	①なし	⑥溶融	⑦溶融	⑨溶融	⑩溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	5.3E-03	8.0E-03	3.8E-03	3.8E-04	3.5E-05

参照ケース

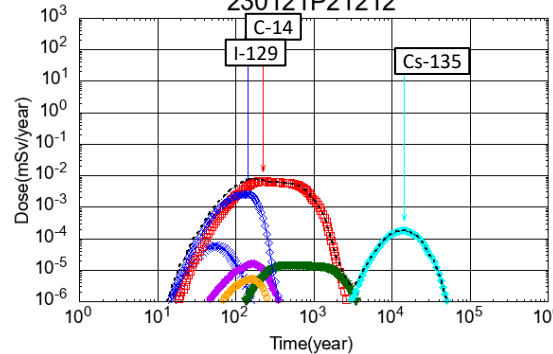
①

230101P21002



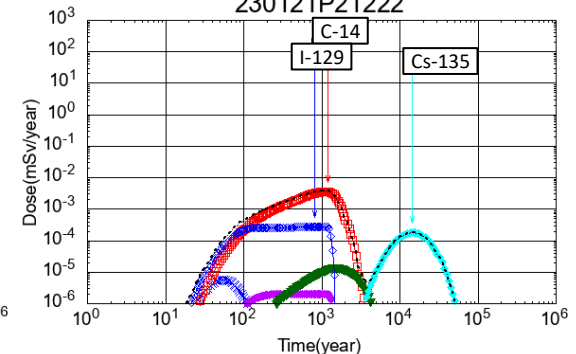
⑥

230121P21212



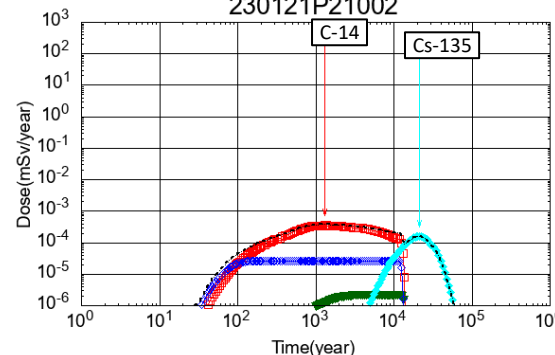
⑦

230121P21222



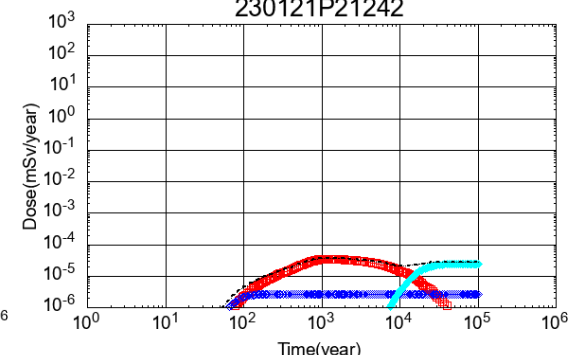
⑨

230121P21002



⑩

230121P21242



ピット処分での溶融固化は1E-3/y以下の溶出率で効果が生じる。

⑤で増加するのは、固化体の溶出率が大きく、セメント系材料の収着と埋設設備の移動抑制の効果の方が大きいいため。収着が期待できない低性能の固化はむしろ逆効果の場合もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

122

安全評価結果パラメータスタディ(KURION吸着材)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

	処理	パラメータ	淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
			最大ピーク線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
中深度処分参照ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	1.8E-04	I-129	C-14	Cl-36	1.4E-04	I-129	C-14	Cl-36
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	3.3E-04	I-129	C-14	Cl-36	2.6E-04	I-129	C-14	Cl-36
	固型化	③廃棄体De = 1.0E-10	3.2E-04	C-14	I-129	Cl-36	2.3E-04	I-129	C-14	Cl-36
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-11	3.3E-04	I-129	C-14	Cl-36	2.7E-04	I-129	C-14	Cl-36
	固型化	⑤廃棄体De = 4.2E-12	2.7E-04	I-129	C-14	Cl-36	2.7E-04	I-129	C-14	Cl-36
	溶融	⑥溶出率1E-2	3.6E-04	I-129	C-14	Cl-36	2.9E-04	I-129	C-14	Cl-36
	溶融	⑦溶出率1E-3	3.3E-04	C-14	I-129	Cl-36	2.4E-04	I-129	C-14	Cl-36
	溶融	⑧溶出率3E-4	2.2E-04	C-14	I-129	Cs-135	1.1E-04	I-129	C-14	Cl-36
	溶融	⑨溶出率1E-4	9.4E-05	C-14	I-129	Cs-135	4.0E-05	I-129	C-14	Cs-135
	溶融	⑩溶出率1E-5	9.3E-06	C-14	I-129	Cs-135	3.9E-06	I-129	C-14	Cs-135

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.123(固型化)、p.124(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

123

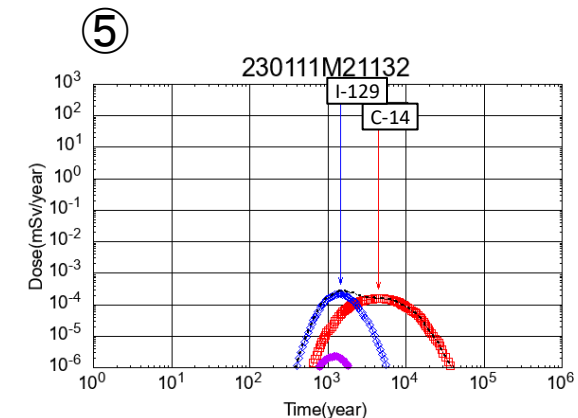
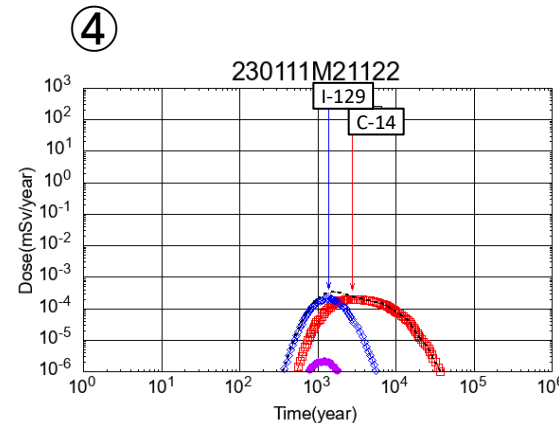
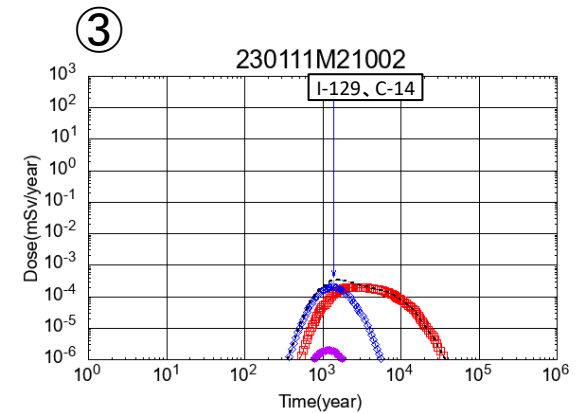
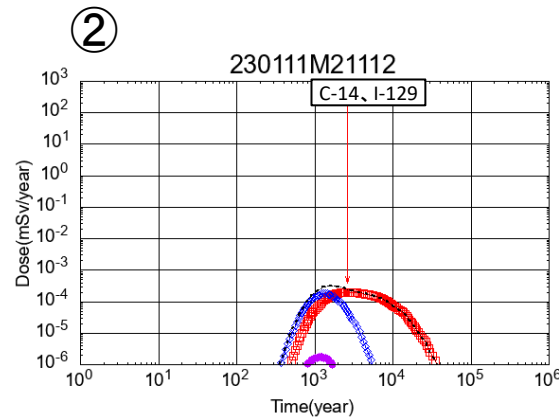
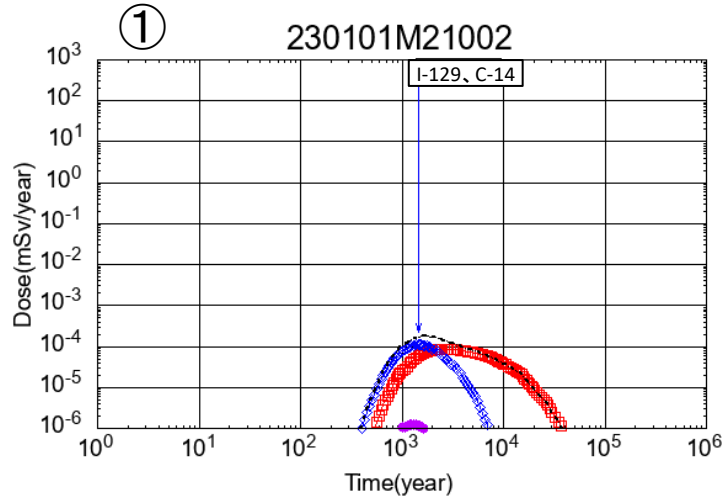
中深度処分・固型化 安全評価結果(KURION吸着材)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化	⑤固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 1.0E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	1.8E-04	3.3E-4	3.2E-4	3.3E-4	2.7E-4

参照ケース



中深度処分では、埋設設備の浸透水量抑制等の性能が高いので、ピット処分に比べて、固化処理の感度は小さくなる。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

124

中深度処分・溶融 安全評価結果(KURION吸着材)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

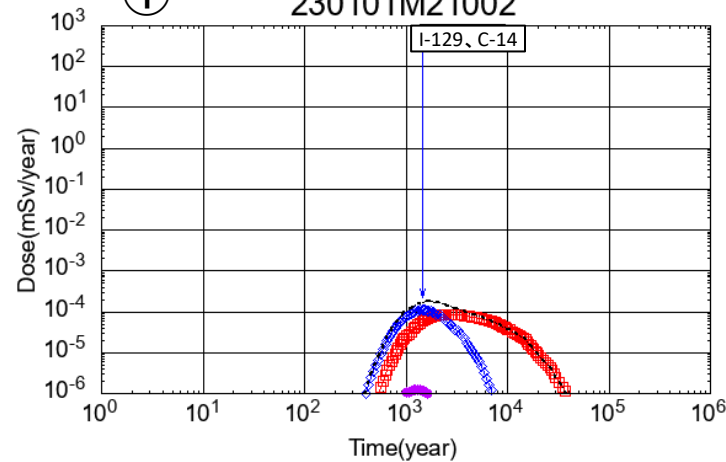
淡水漁業従事者

処理	①なし	⑥溶融	⑦溶融	⑨溶融	⑩溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	1.8E-04	3.6E-4	3.3E-4	9.4E-5	9.3E-6

参照ケース

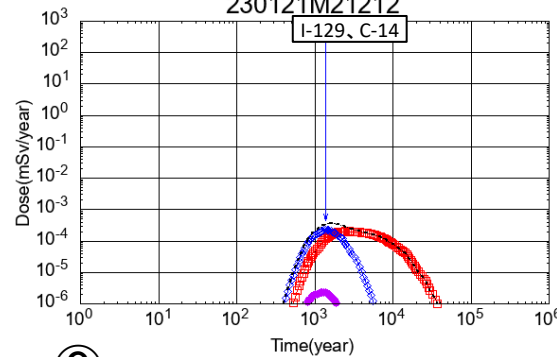
①

230101M21002



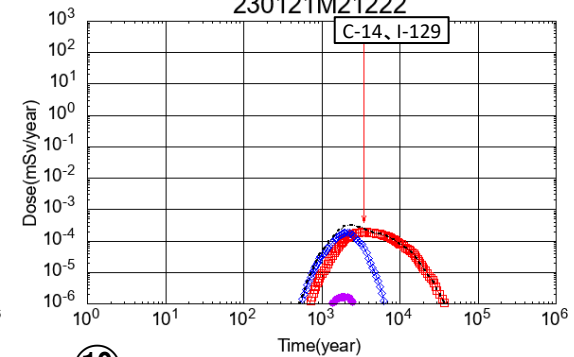
⑥

230121M21212



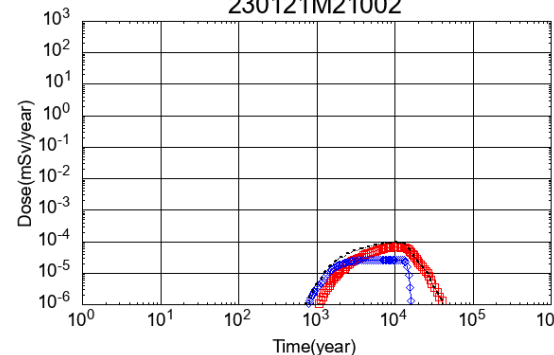
⑦

230121M21222



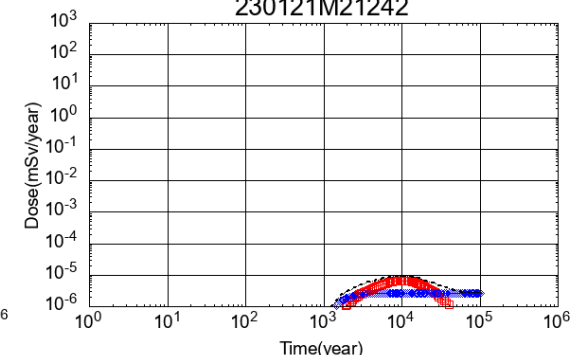
⑨

230121M21002



⑩

230121M21242



中深度処分では、埋設設備の浸透水量抑制等の性能が高いので、ピット処分に比べて、固化処理の感度は小さくなる。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

125

安全評価結果パラメータスタディ(鉄共沈スラリー)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

			淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	処理	パラメータ	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分簡素化ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	2.3E+01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	1.8E+01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	4.8E+01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	3.8E+01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	固型化	③廃棄体De = 4.2E-11	1.6E+01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	1.2E+01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-12	3.4E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	2.6E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	溶融	⑤溶出率1E-2	2.7E+01	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]	2.1E+01	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]
	溶融	⑥溶出率1E-3	2.7E+00	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]	2.1E+00	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]
	溶融	⑦溶出率1E-4	2.7E-01	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]	2.1E-01	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]
	溶融	⑧溶出率1E-5	2.7E-02	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]	2.1E-02	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.126(固型化)、p.127(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

トレンチ処分・固型化 安全評価結果(鉄共沈スラリー)

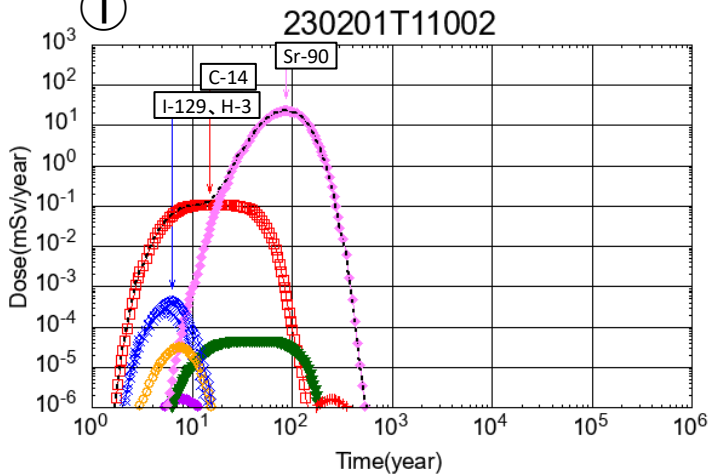
簡素化ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

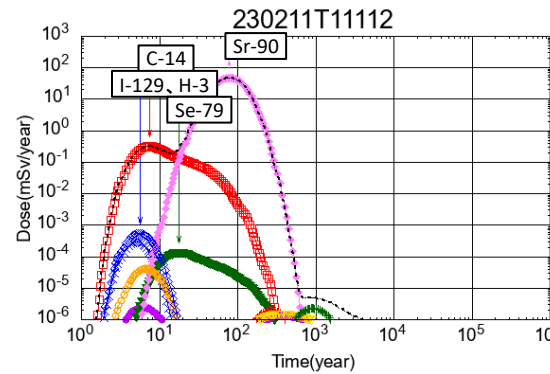
処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	2.3E+01	4.8E+01	1.6E+01	3.4E+00

参照ケース

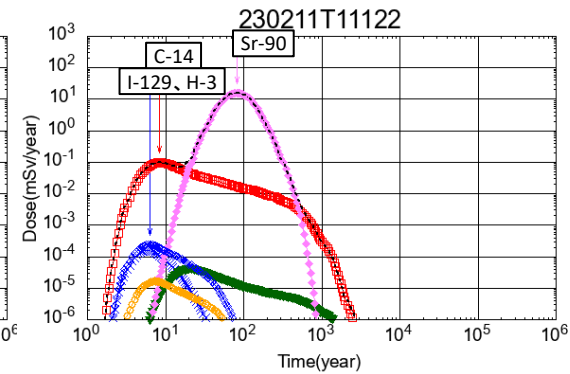
①



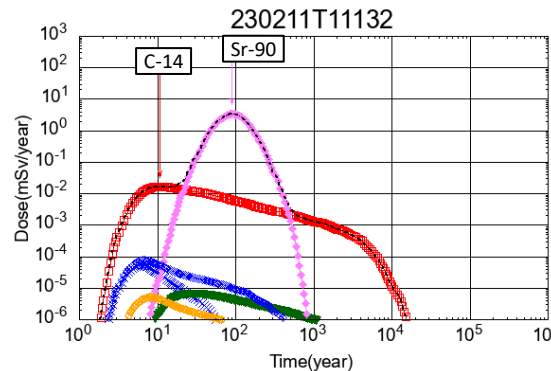
②



③



④



セメント固化などの多孔質媒体の処理は、実効拡散係数が2桁以上小さくないと線量低減効果は小さい。②で増加するのは、固化体の拡散抑制よりも埋設設備の移動抑制の効果が大きい。一部、表面0濃度拡散漏出仮定など、モデル化の影響もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

127

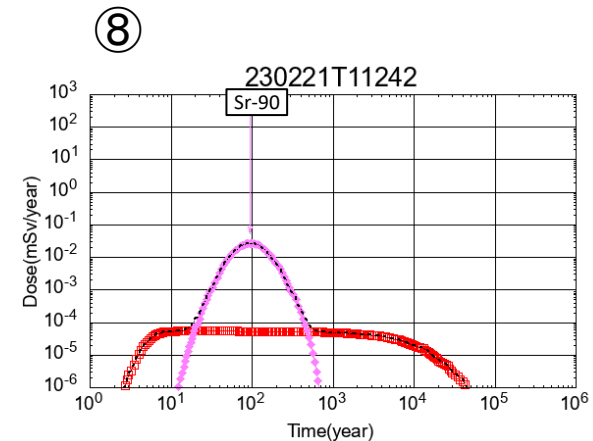
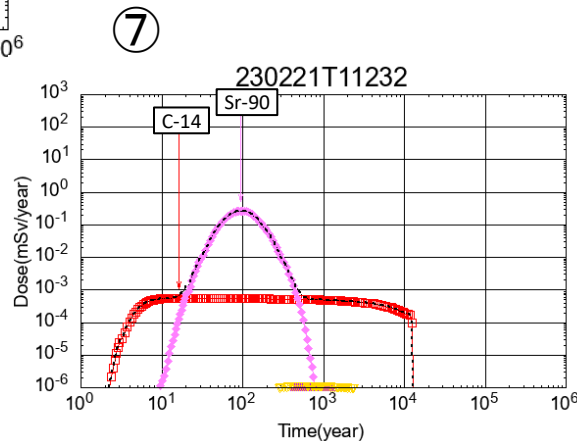
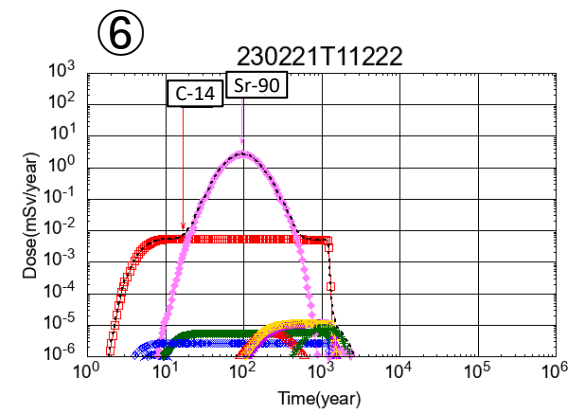
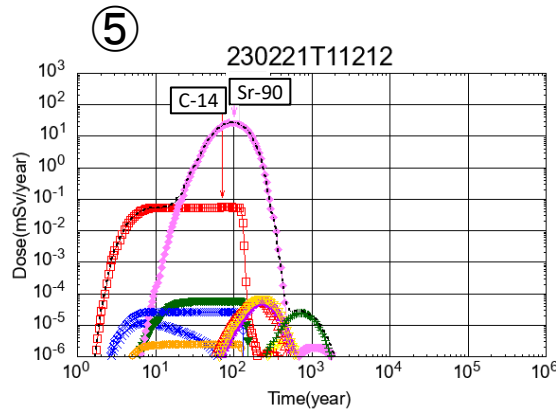
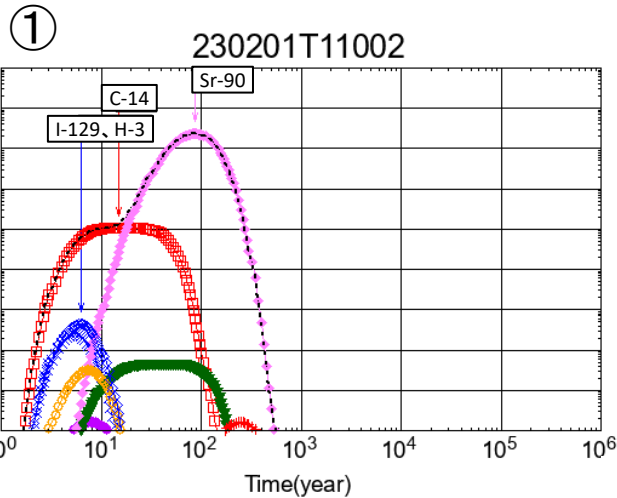
トレンチ処分・溶融 安全評価結果(鉄共沈スラリー)

簡素化ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑤溶融	⑥溶融	⑦溶融	⑧溶融
溶融	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	2.3E+01	2.7E+01	2.7E+00	2.7E-01	2.7E-02

参照ケース



溶融固化は1E-3/y以下の溶出率で効果が生じる。

⑤で増加するのは、固化体の溶出率が大きく、セメント系材料の収着と埋設設備の移動抑制の効果の方が大きいいため。

収着が期待できない低性能の固化はむしろ逆効果の場合もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

128

安全評価結果パラメータスタディ(鉄共沈スラリー)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

			淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	処理	パラメータ	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
ピット処分参照ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	4.3E-03	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	4.7E-04	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	8.5E-03	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	9.0E-04	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]
	固型化	③廃棄体De = 1.0E-10	8.0E-03	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	8.4E-04	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-11	7.2E-03	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	7.6E-04	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]
	固型化	⑤廃棄体De = 4.2E-12	3.2E-03	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	3.4E-04	[C-14]	[I-129]	[Tc-99]
	溶融	⑥溶出率1E-2	8.7E-03	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	9.2E-04	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]
	溶融	⑦溶出率1E-3	4.7E-03	[C-14]	[Se-79]	[I-129]	5.0E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	溶融	⑧溶出率3E-4	1.4E-03	[C-14]	[Se-79]	[I-129]	1.5E-04	[C-14]	[Se-79]	[I-129]
	溶融	⑨溶出率1E-4	4.7E-04	[C-14]	[Se-79]	[I-129]	4.9E-05	[C-14]	[Se-79]	[I-129]
	溶融	⑩溶出率1E-5	4.7E-05	[C-14]	[Se-79]	[I-129]	4.9E-06	[C-14]	[Se-79]	[I-129]

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.129(固型化)、p.130(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行

安全評価結果パラメータスタディ

129

ピット処分・固型化 安全評価結果(鉄共沈スラリー)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

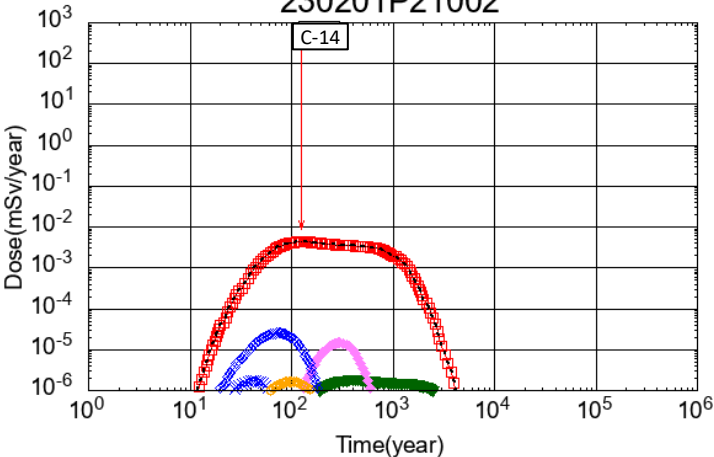
淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化	⑤固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 1.0E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	4.3E-03	8.5E-3	8.0E-3	7.2E-3	3.2E-3

①

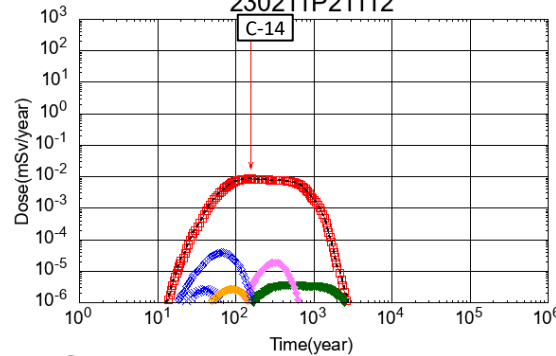
参照ケース

230201P21002



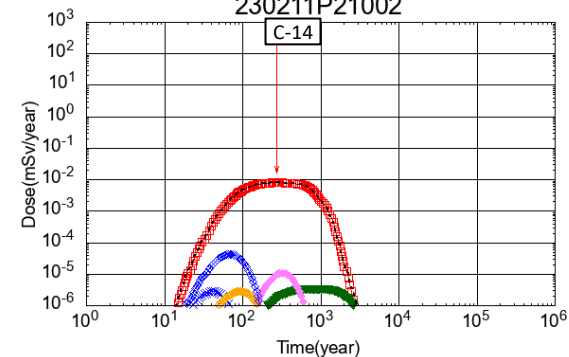
②

230211P21112



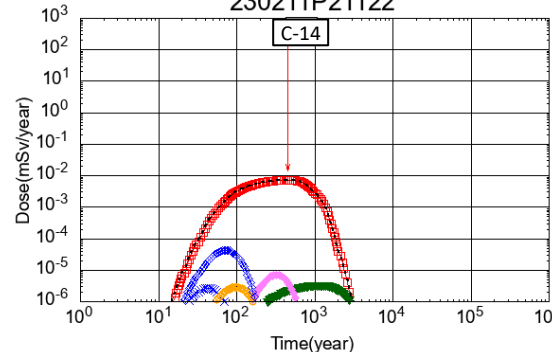
③

230211P21002



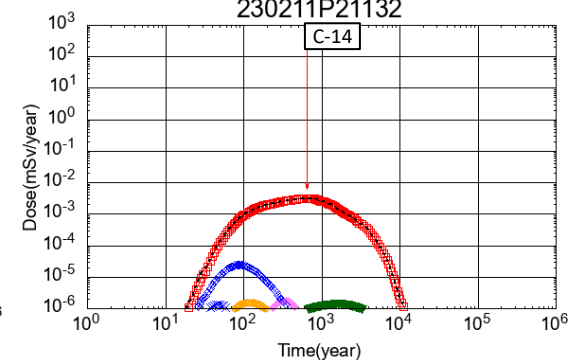
④

230211P21122



⑤

230211P21132



セメント固化などの多孔質媒体の処理は、実効拡散係数が2桁以上小さくないと線量低減効果は小さい。②～④で増加するのは、固化体の拡散抑制よりも埋設設備の移動抑制の効果が大きい。一部、表面0濃度拡散漏出仮定など、モデル化の影響もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

130

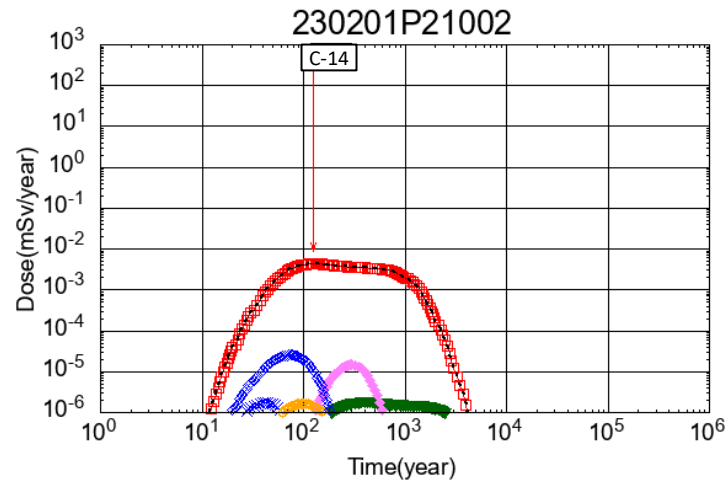
ピット処分・溶融 安全評価結果(鉄共沈スラリー)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑥溶融	⑦溶融	⑨溶融	⑩溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	4.3E-03	8.7E-3	4.7E-3	4.7E-4	4.7E-5

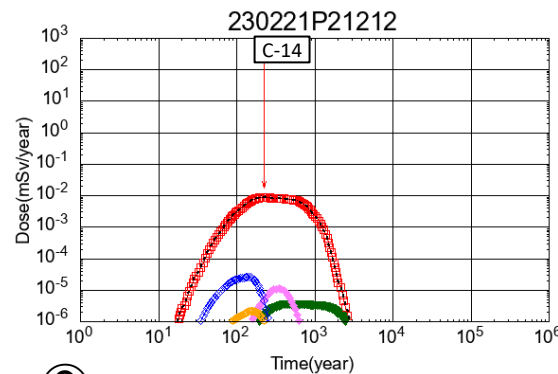
① 参照ケース



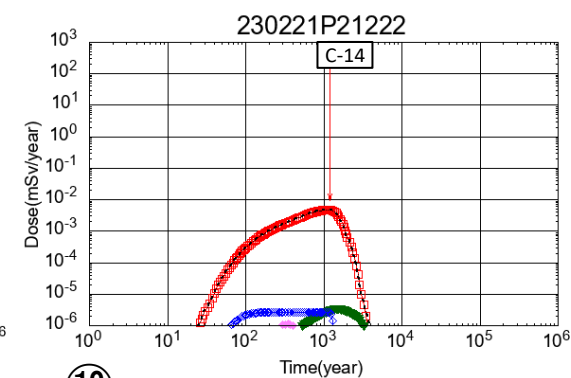
ピット処分での溶融固化は1E-3/y以下の溶出率で効果が生じる。

⑥⑦で増加するのは、固化体の溶出率が大きく、セメント系材料の収着と埋設設備の移動抑制の効果の方が大きい。収着が期待できない低性能の固化はむしろ逆効果の場合もある。

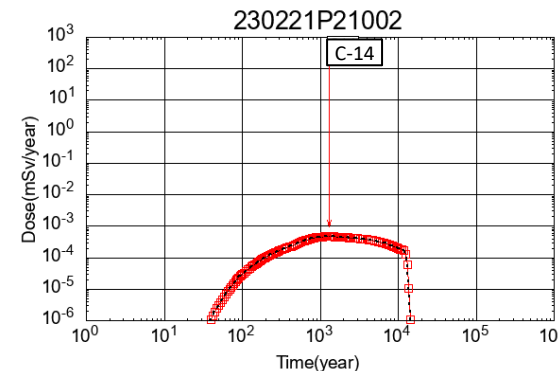
⑥



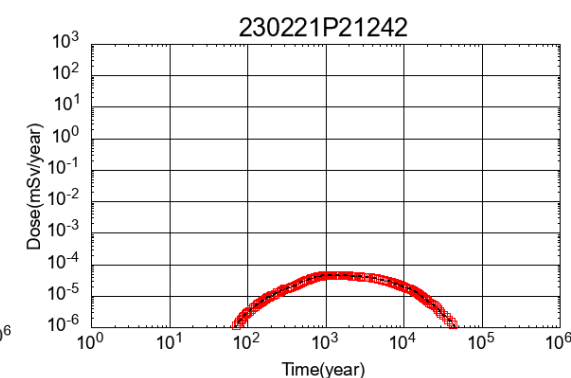
⑦



⑨



⑩



(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

131

安全評価結果パラメータスタディ(鉄共沈スラリー)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

			淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	処理	パラメータ	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
中深度処分参照ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	1.1E-04	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	1.3E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	2.6E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.8E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	固型化	③廃棄体De = 1.0E-10	2.7E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.9E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-11	2.7E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.8E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	固型化	⑤廃棄体De = 4.2E-12	2.1E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.2E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	溶融	⑥溶出率1E-2	2.7E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.9E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	溶融	⑦溶出率1E-3	2.5E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.7E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	溶融	⑧溶出率3E-4	2.0E-04	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	2.2E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	溶融	⑨溶出率1E-4	9.0E-05	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	9.7E-06	[C-14]	[I-129]	[Se-79]
	溶融	⑩溶出率1E-5	8.9E-06	[C-14]	[I-129]	[Se-79]	9.6E-07	[C-14]	[I-129]	[Se-79]

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.132(固型化)、p.133(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

132

中深度処分・固型化 安全評価結果(鉄共沈スラリー)

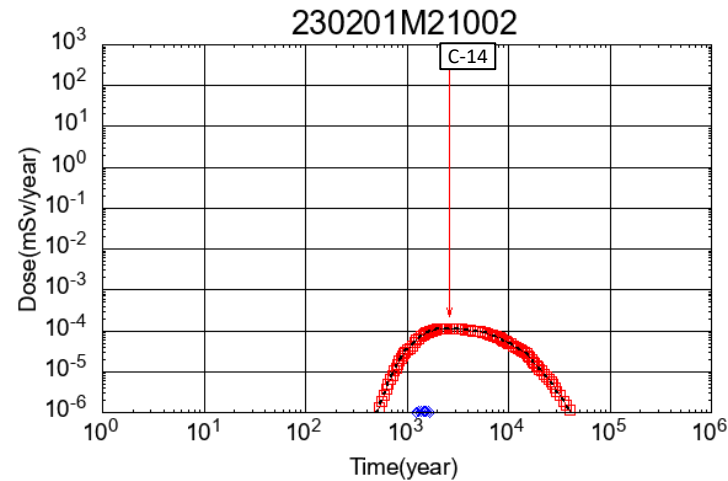
参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化	⑤固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 1.0E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	1.1E-04	2.6E-4	2.7E-4	2.7E-4	2.1E-4

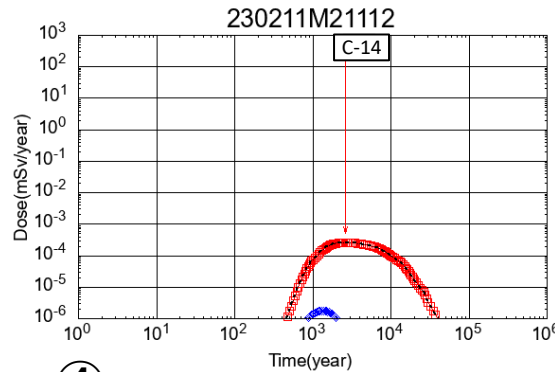
①

参照ケース

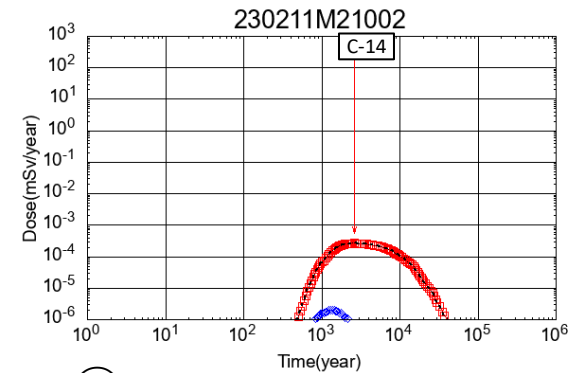


中深度処分では、埋設設備の浸透水量抑制等の性能が高いので、ピット処分に比べて、固化処理の感度は小さくなる。

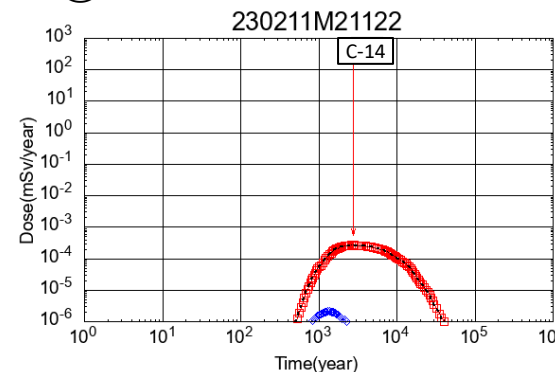
②



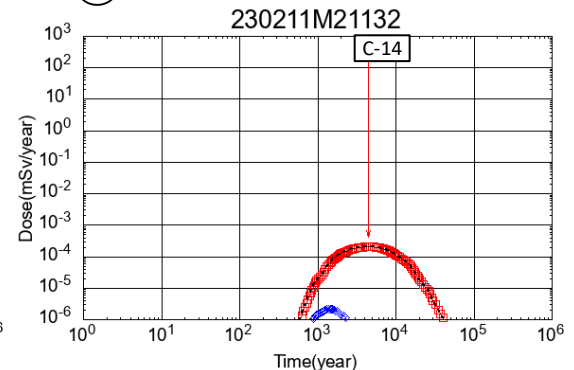
③



④



⑤



(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

133

中深度処分・溶融 安全評価結果(鉄共沈スラリー)

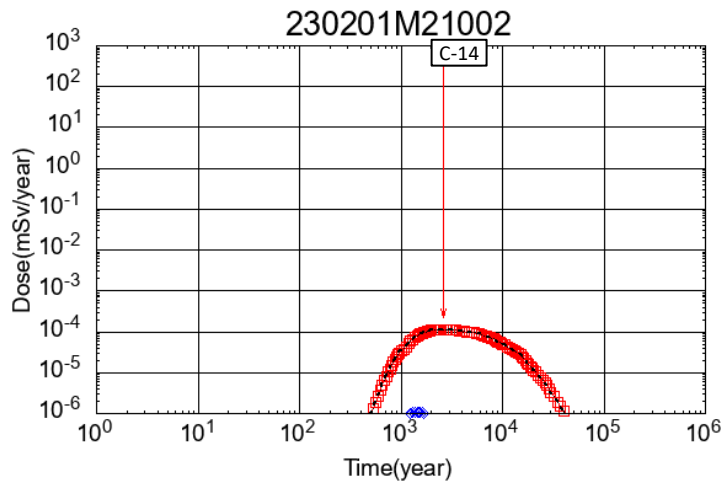
参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑥溶融	⑦溶融	⑨溶融	⑩溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	1.1E-04	2.7E-4	2.5E-4	9.0E-5	8.9E-6

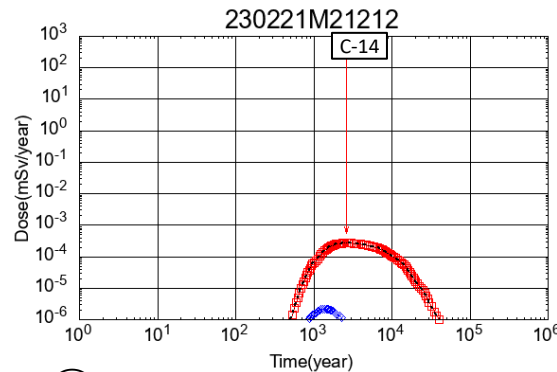
①

参照ケース

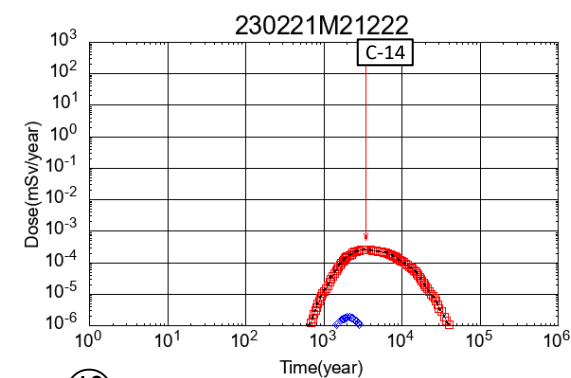


中深度処分では、埋設設備の浸透水量抑制等の性能が高いので、ピット処分に比べて、固化処理の感度は小さくなる。

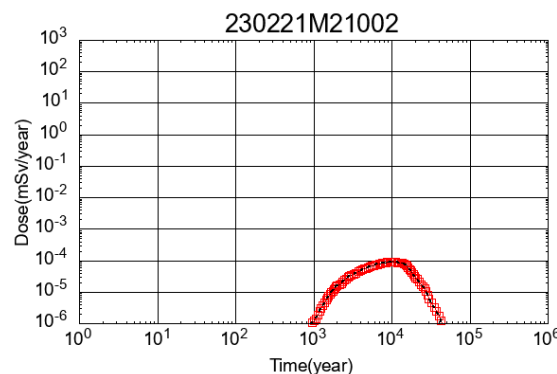
⑥



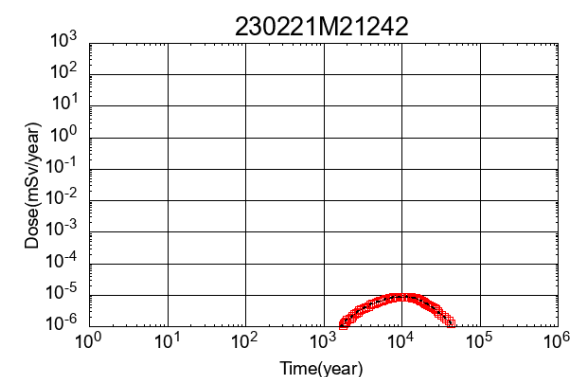
⑦



⑨



⑩



(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

134

安全評価結果パラメータスタディ(炭酸塩スラリー)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

			淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	処理	パラメータ	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
トレンチ処分簡素化ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	2.7E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	2.1E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	5.6E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	4.4E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	固型化	③廃棄体De = 4.2E-11	1.8E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	1.4E+00	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-12	3.9E-01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]	3.1E-01	[Sr-90]	[C-14]	[I-129]
	溶融	⑤溶出率1E-2	3.2E+00	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]	2.5E+00	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]
	溶融	⑥溶出率1E-3	3.1E-01	[Sr-90]	[C-14]	[Am-241]	2.5E-01	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]
	溶融	⑦溶出率1E-4	3.1E-02	[Sr-90]	[C-14]	[Am-241]	2.4E-02	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]
	溶融	⑧溶出率1E-5	3.1E-03	[Sr-90]	[C-14]	[Am-241]	2.4E-03	[Sr-90]	[C-14]	[Pu-240]

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.135(固型化)、p.136(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

135

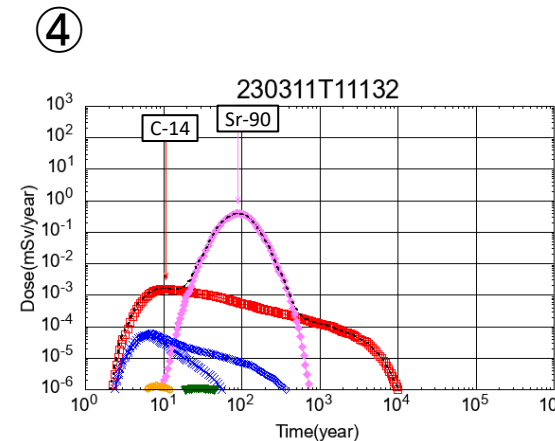
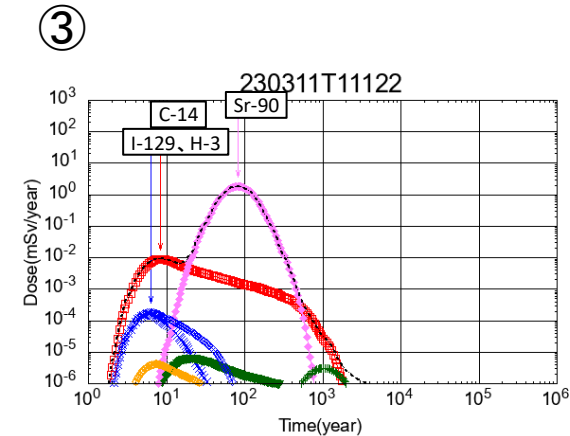
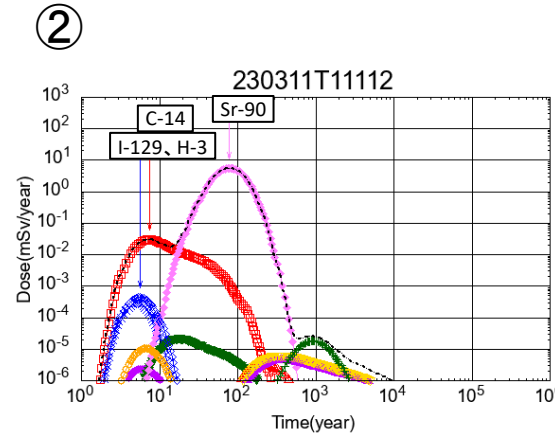
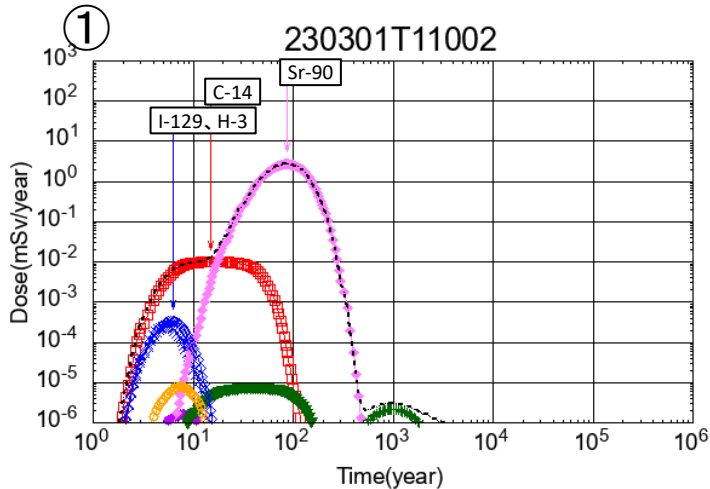
トレンチ処分・固型化 安全評価結果(炭酸塩スラリー)

簡素化ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	2.7E+00	5.6E+00	1.8E+00	3.9E-01

参照ケース



セメント固化などの多孔質媒体の処理は、実効拡散係数が2桁以上小さくないと線量低減効果は小さい。②～③で増加するのは、固化体の拡散抑制よりも埋設設備の移動抑制の効果が大きい。一部、表面0濃度拡散漏出仮定など、モデル化の影響もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

136

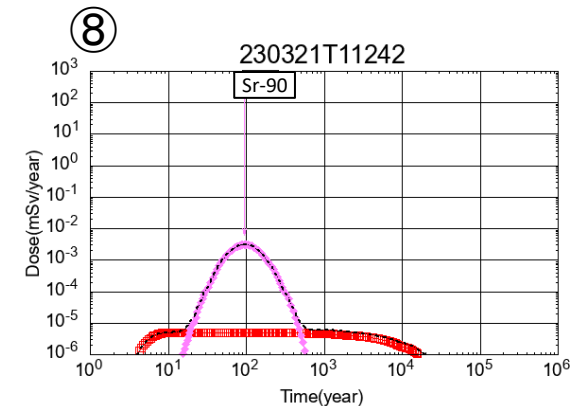
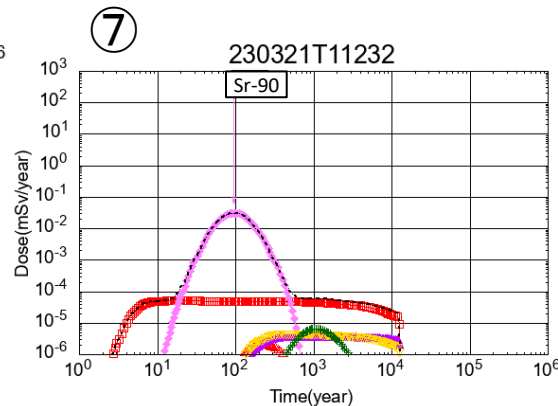
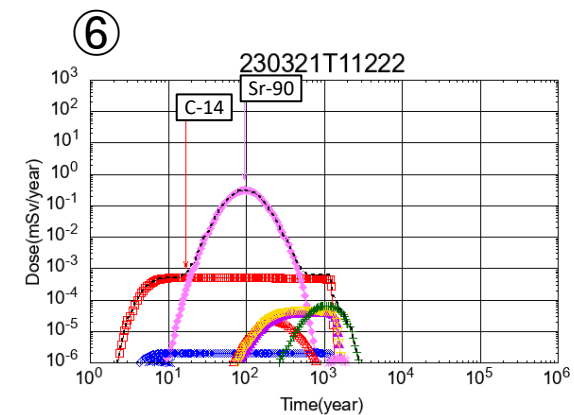
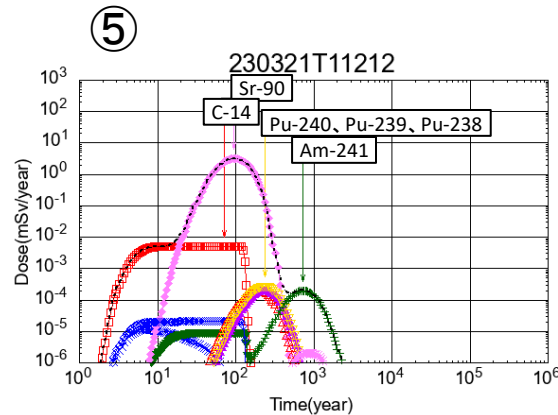
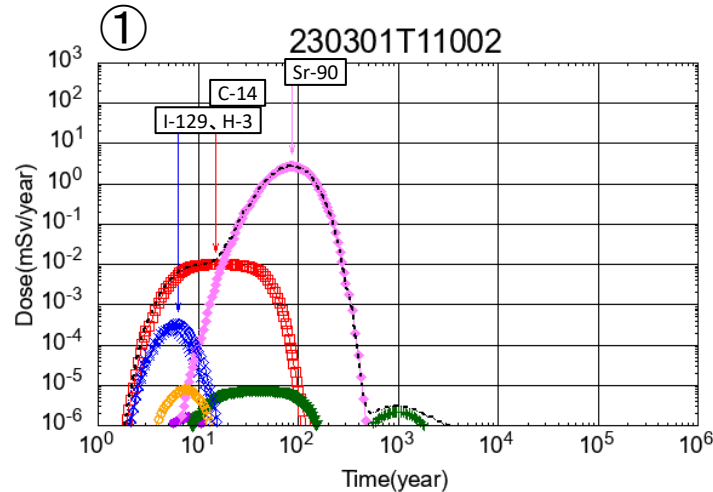
トレンチ処分・溶融 安全評価結果(炭酸塩スラリー)

簡素化ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑤溶融	⑥溶融	⑦溶融	⑧溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	2.7E+00	3.2E+00	3.1E-01	3.1E-02	3.1E-03

参照ケース



溶融固化は1E-3/y以下の溶出率で効果が生じる。

⑤⑥で増加するのは、固化体の溶出率が大きく、セメント系材料の収着と埋設設備の移動抑制の効果の方が大きいいため。
収着が期待できない低性能の固化はむしろ逆効果の場合もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

137

安全評価結果パラメータスタディ(炭酸塩スラリー)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y)超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y)超え

			淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
	処理	パラメータ	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク 線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
ピット処分参照ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	4.1E-04	[C-14]	[I-129]	[H-3]	6.1E-05	[C-14]	[I-129]	[H-3]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	7.9E-04	[C-14]	[I-129]	[H-3]	9.0E-05	[C-14]	[I-129]	[H-3]
	固型化	③廃棄体De = 1.0E-10	7.4E-04	[C-14]	[I-129]	[H-3]	7.9E-05	[C-14]	[I-129]	[H-3]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-11	6.7E-04	[C-14]	[I-129]	[H-3]	7.1E-05	[C-14]	[I-129]	[H-3]
	固型化	⑤廃棄体De = 4.2E-12	3.0E-04	[C-14]	[I-129]	[H-3]	3.2E-05	[C-14]	[I-129]	[H-3]
	溶融	⑥溶出率1E-2	8.1E-04	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]	9.8E-05	[C-14]	[I-129]	[Sr-90]
	溶融	⑦溶出率1E-3	4.4E-04	[C-14]	[I-129]	[Pu-239]	4.9E-05	[C-14]	[I-129]	[Pu-239]
	溶融	⑧溶出率3E-4	1.3E-04	[C-14]	[I-129]	[Pu-239]	1.5E-05	[C-14]	[I-129]	[Pu-239]
	溶融	⑨溶出率1E-4	4.4E-05	[C-14]	[Pu-239]	[Pu-240]	4.8E-06	[C-14]	[Pu-239]	[I-129]
	溶融	⑩溶出率1E-5	4.3E-06	[C-14]	[Pu-239]	[Pu-240]	4.8E-07	[C-14]	[Pu-239]	[I-129]

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.138(固型化)、p.139(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

138

ピット処分・固型化 安全評価結果(炭酸塩スラリー)

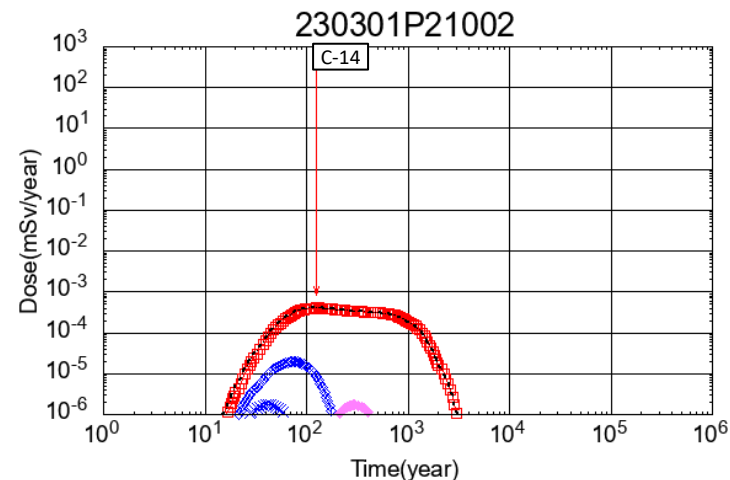
参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

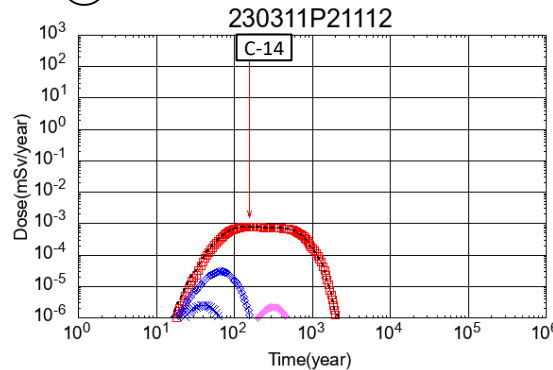
処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化	⑤固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 1.0E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	4.1E-04	7.9E-4	7.4E-4	6.7E-4	3.0E-4

①

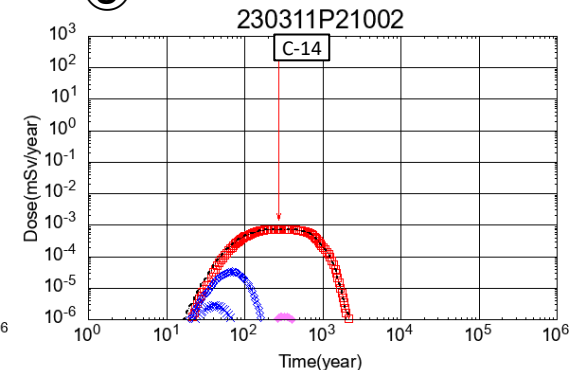
参照ケース



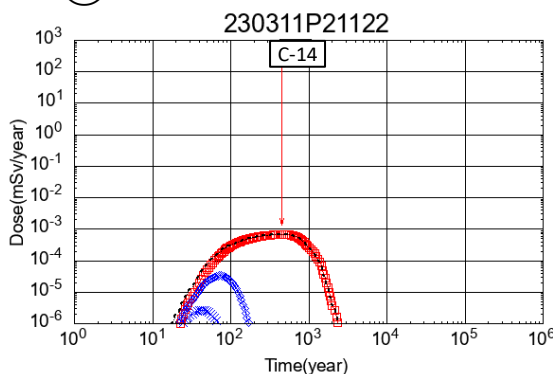
②



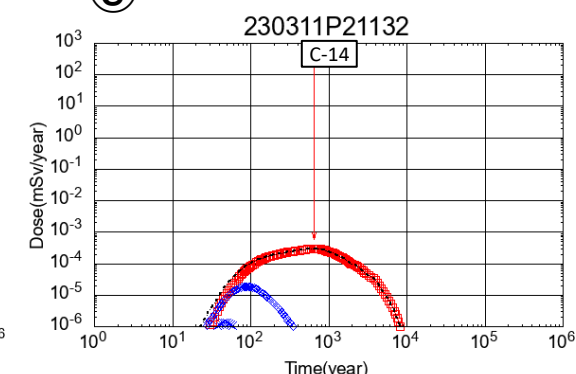
③



④



⑤



セメント固化などの多孔質媒体の処理は、実効拡散係数が2桁以上小さくないと線量低減効果は小さい。②～④で増加するのは、固化体の拡散抑制よりも埋設設備の移動抑制の効果が大きい。一部、表面0濃度拡散漏出仮定など、モデル化の影響もある。

(3)安全評価の試行

安全評価結果パラメータスタディ

139

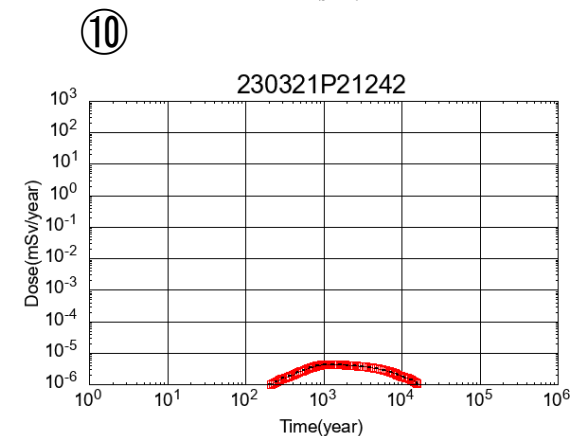
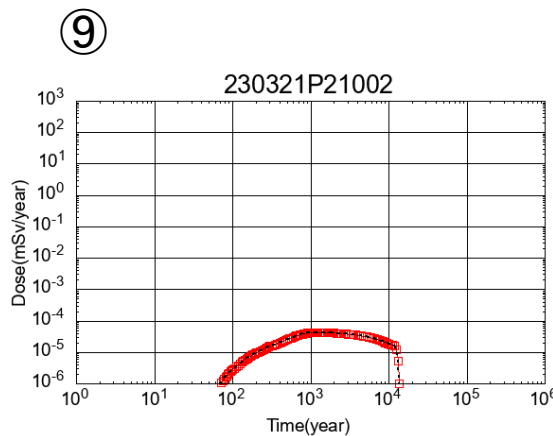
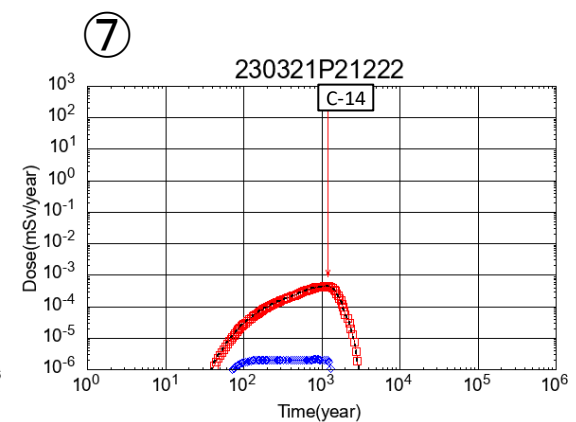
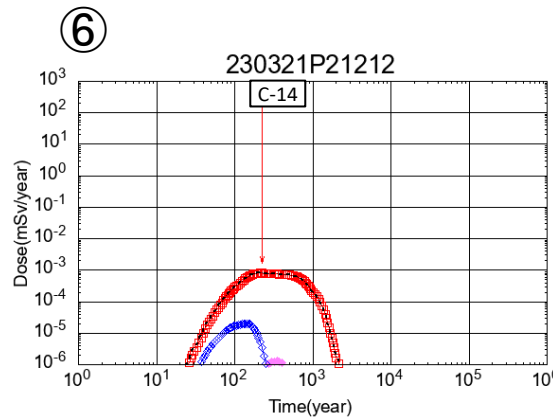
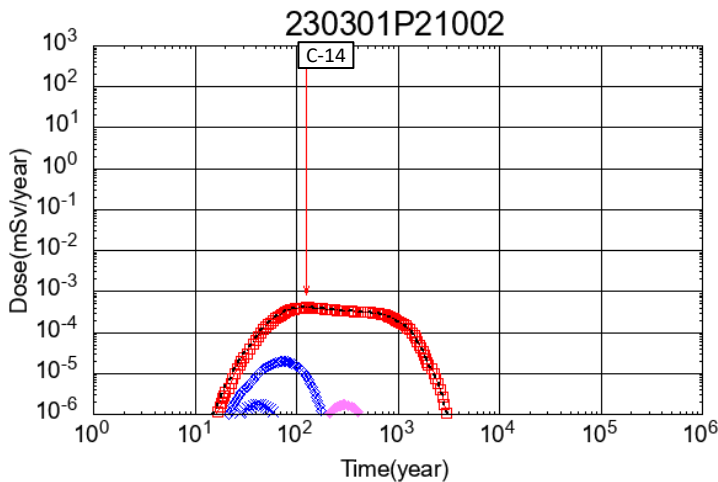
ピット処分・溶融 安全評価結果(炭酸塩スラリー)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑥溶融	⑦溶融	⑨溶融	⑩溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	4.1E-04	8.1E-4	4.4E-4	4.4E-5	4.3E-6

① 参照ケース



ピット処分での溶融固化は1E-3/y以下の溶出率で効果が生じる。

⑥⑦で増加するのは、固化体の溶出率が大きく、セメント系材料の収着と埋設設備の移動抑制の効果の方が大きいため。
収着が期待できない低性能の固化はむしろ逆効果の場合もある。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

140

安全評価結果パラメータスタディ(炭酸塩スラリー)

	0.01 mSv/y (10 μ Sv/y) 超え
朱書き	0.001 mSv/y (1 μ Sv/y) 超え

	処理	パラメータ	淡水漁業従事者				農耕作業従事者			
			最大ピーク線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3	最大ピーク線量 (mSv/y)	核種1	核種2	核種3
中深度処分参照ケース	-	①参照ケース、初期均一分布	1.1E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	1.9E-06	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]
	固型化	②廃棄体De = 4.2E-10	2.5E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	3.5E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	固型化	③廃棄体De = 1.0E-10	2.5E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	3.7E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	固型化	④廃棄体De = 4.2E-11	2.5E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	3.6E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	固型化	⑤廃棄体De = 4.2E-12	1.9E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	2.8E-06	[I-129]	[C-14]	[Pb-210]
	溶融	⑥溶出率1E-2	2.6E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	4.0E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	溶融	⑦溶出率1E-3	2.4E-05	[C-14]	[I-129]	[Cl-36]	3.6E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	溶融	⑧溶出率3E-4	1.9E-05	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]	2.6E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	溶融	⑨溶出率1E-4	8.5E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]	1.1E-06	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]
	溶融	⑩溶出率1E-5	8.4E-07	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]	1.1E-07	[C-14]	[I-129]	[Pb-210]

廃棄物の処分形態(L1-L3、地層処分)を決めるにあたり、淡水漁業と農耕作業の2種の代表的個人の被ばく線量より評価する。2種のうち被ばく線量が高い方の代表的個人の被ばく線量が、基準線量を満足する処分形態において処分可能と評価した。

→表より、淡水漁業従事者の被ばく線量が農耕作業従事者よりも高いため、p.141(固型化)、p.142(溶融)の感度評価については淡水漁業従事者の結果を示す。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

141

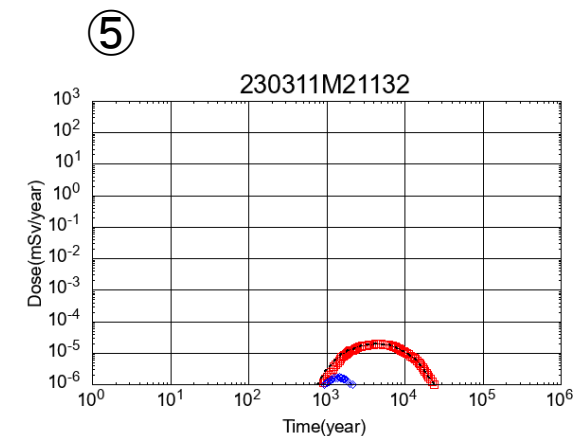
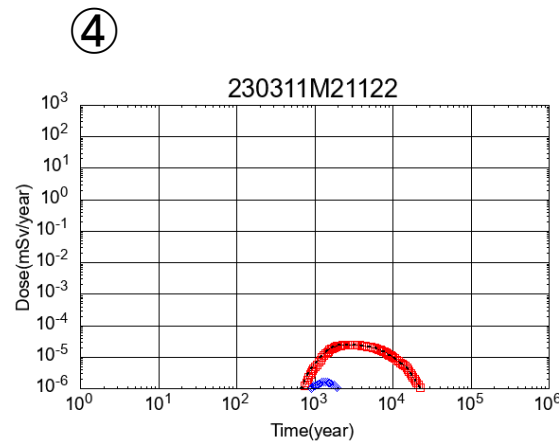
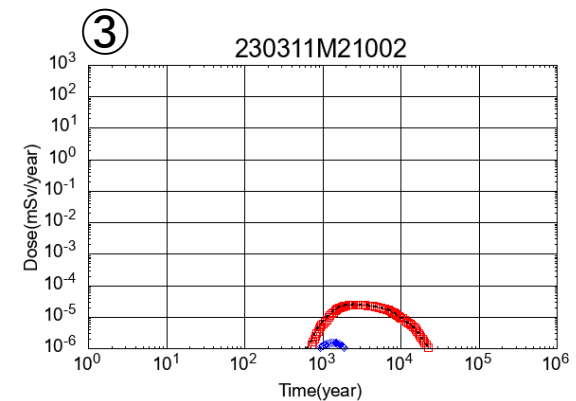
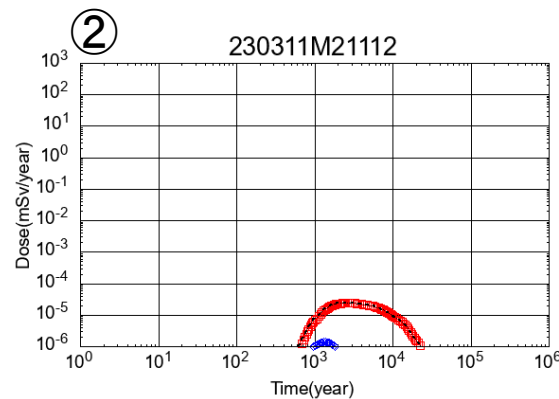
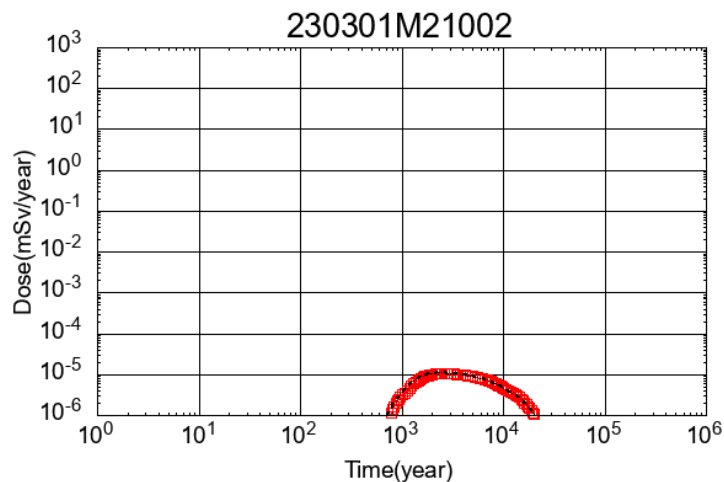
中深度処分・固型化 安全評価結果(炭酸塩スラリー)

参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	②固型化	③固型化	④固型化	⑤固型化
パラメータ	初期均一分布	廃棄体De = 4.2E-10	廃棄体De = 1.0E-10	廃棄体De = 4.2E-11	廃棄体De = 4.2E-12
線量 (mSv/y)	1.1E-05	2.5E-5	2.5E-5	2.5E-5	1.9E-5

① 参照ケース



中深度処分では、埋設設備の浸透水量抑制等の性能が高いので、ピット処分に比べて、固化処理の感度は小さくなる。

(3)安全評価の試行 安全評価結果パラメータスタディ

142

中深度処分・溶融 安全評価結果(炭酸塩スラリー)

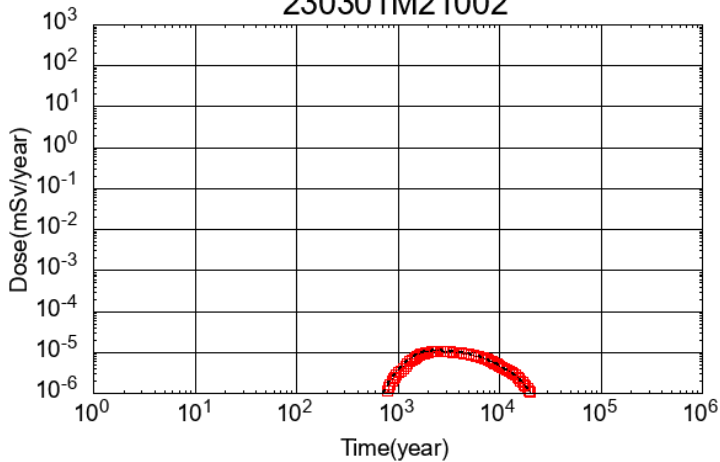
参照ケース
廃棄体も含め初期均一分布

淡水漁業従事者

処理	①なし	⑥溶融	⑦溶融	⑨溶融	⑩溶融
パラメータ	初期均一分布	溶出率1E-2	溶出率1E-3	溶出率1E-4	溶出率1E-5
線量 (mSv/y)	1.1E-05	2.6E-5	2.4E-5	8.5E-6	8.4E-7

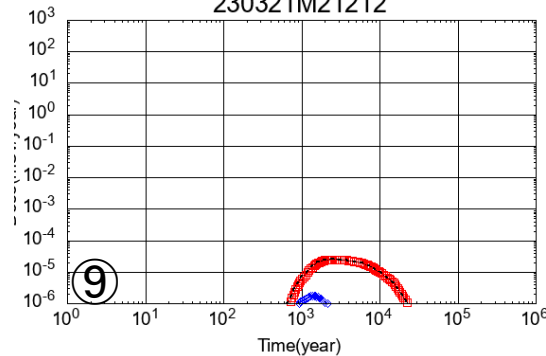
① 参照ケース

230301M21002



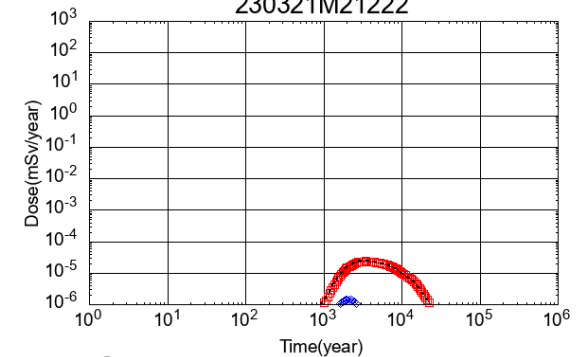
⑥

230321M21212



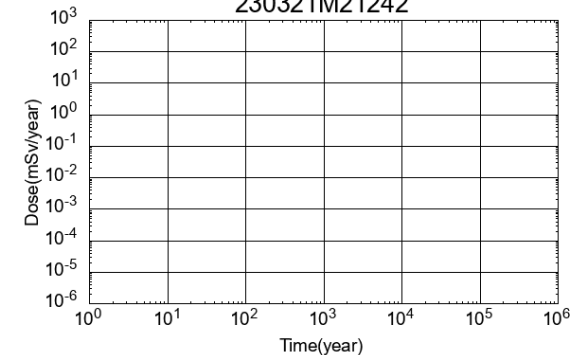
⑦

230321M21222

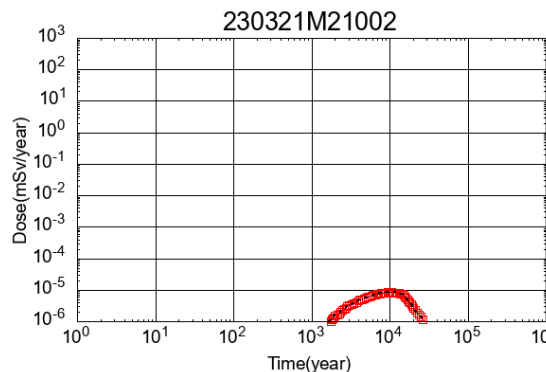


⑩

230321M21242



中深度処分では、埋設設備の浸透水量抑制等の性能が高いので、ピット処分に比べて、固化処理の感度は小さくなる。



(1)～(3)今後の課題

- 1F事故廃棄物の多種多様性、不確実性に対応するため、処分施設についても多種多様な概念の構築が必要。
- 処分サイトが定まっていないため、地質環境モデル、生活圏モデルについても柔軟なモデルが必要。
- 上記のニーズを踏まえ、複数の人工バリア、多孔質・亀裂媒体を含む複数の天然バリア移行経路等を考慮したフレキシブルなモデルの骨格が構築された。また生活圏モデルについても、流出点の多様性に対応可能なコンパートメントモデルが構築された。今後とも枠組み、細部を含め、改良・維持(バリア・経路の追加、バリア間の境界条件、インプットシート等)が必要。
- 処分施設の参照、簡素化、高度化を含む複数の処分概念に対する感度解析、廃棄物処理に関する感度解析等を実施したが、今後は、各要素・安全機能の特性を把握するために、人工バリア内の各要素・安全機能の感度解析、天然バリア、生活環境に関する感度解析も重要と考えられる。
- 廃棄物種類、放射能インベントリ、処理方法、処分施設の形態、地質環境、生活圏、それぞれの状態設定など、考慮すべきケースは膨大であるが、今後、それぞれについて、中核とする参照ケースを設定し、それを軸に代替ケースを設定し、各要素の多様性、不確実性に対応していくことが考えられる。廃棄物については同様のものを集約することも考えられる。
- 各項目の参照ケース及び代替ケースの設定にあたっては、検討中または今後想定されるケースの抽出を踏まえ、横断的に、各項目の特性パラメータを根拠とともに整理する必要がある。

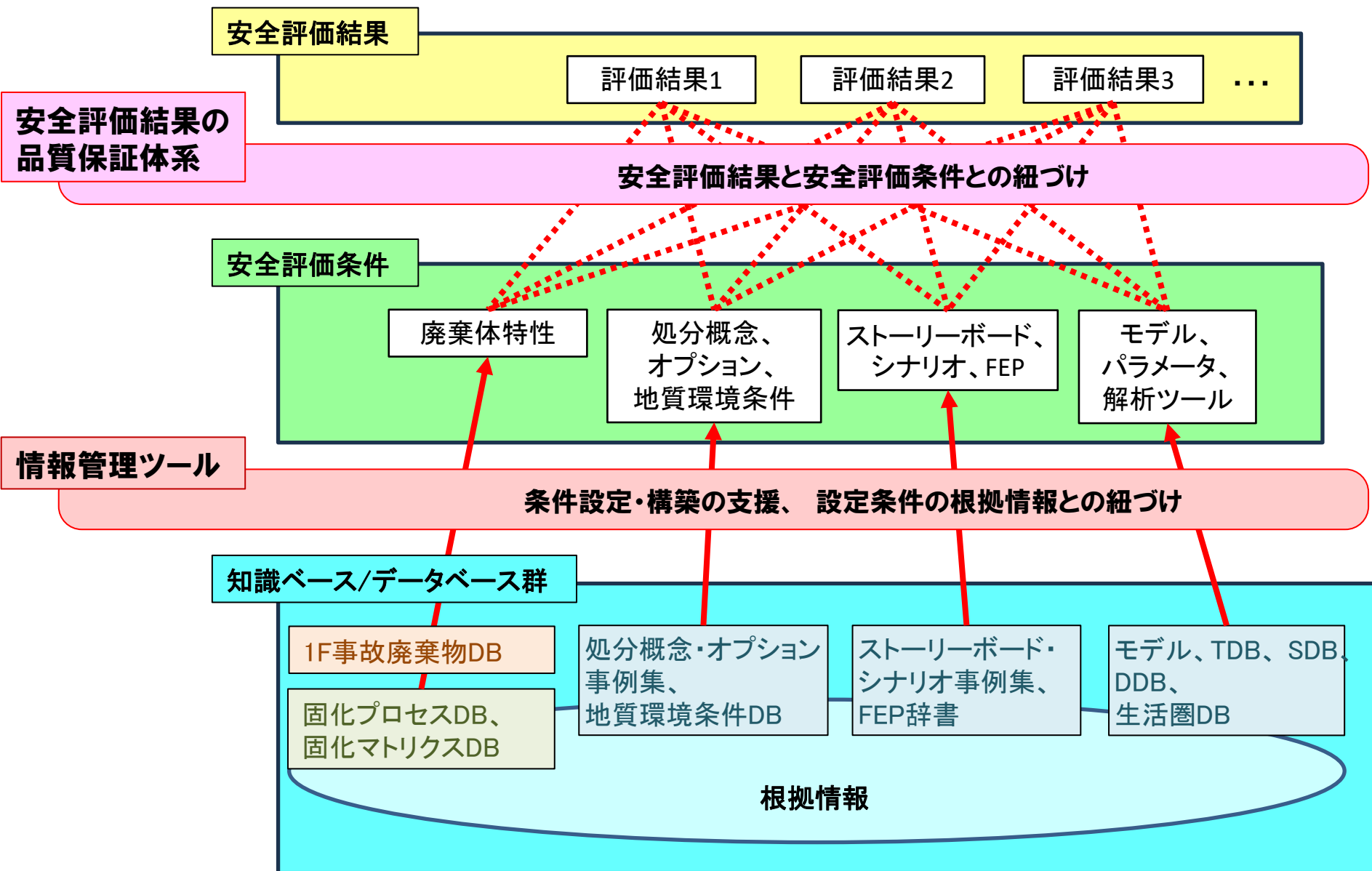
- 国内外の既存の安全評価事例を調査し、**1F事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針を提案**した。
- 国内外の処分概念や安全評価手法の調査結果を踏まえ、**今後想定される多種多様な評価条件にフレキシブルに対応できることを目指した評価モデルを構築**した。
- 評価パラメータを更新し、上記の評価モデルを用いて**いくつかの廃棄物に対する安全評価を試行**した。
- 様々な処分概念を適用して、1F事故廃棄物の安全評価を行う手法を構築した。これにより、廃棄物・処分概念ごとにどのパラメータの高度化が評価結果、しいては処分区分に影響するか解析することが可能となった。

(4)情報管理ツールと安全評価結果の品質保証体系

(4)情報管理ツールと安全評価結果の品質保証体系

146

- 「処分概念の提示及び安全評価手法の開発」の目的は、安全に処分できる廃棄体の性状や処分概念オプションなど、廃棄物ストリームの構築に必要な根拠情報を提供することである。
- また、これらの情報は、将来の廃棄物処分の際には、規制当局などステークホルダーに的確に情報を提供するための「セーフティケース」として活用される。
- そのため、創出した処分概念オプションや安全評価の結果については、**検討過程の透明性・追跡性を確保**することが求められる。
- そこで、将来、適切かつ容易に情報を活用できるよう、**処分概念オプションや安全評価の結果や科学的根拠を、論理的に整理し、文書化**することを目指した。
- このような情報の整理・文書化をサポートするために、**安全評価に関する情報を管理するための品質保証体系**を提案するとともに、処分概念から安全評価まで、検討結果とその**科学的根拠情報を有機的にリンクさせて管理・活用する情報管理ツール**を整備することとした。



(5)安全評価の品質保証体系の提案

(5)安全評価の品質保証体系の提案

■ 既存例を踏まえた品質管理の考え方

補足資料:安全評価の品質保証体系の提案(p.343)参照

■ 要件

- 安全評価の信頼性を確保するために、安全評価に関わる品質マネジメントシステム(QMS)を構築すること。
- 安全評価に関わる全ての情報(廃棄体条件、サイト特性、処分施設設計、安全機能の評価、FEP、評価シナリオ、状態設定、仮定、モデル化、計算コード、データセット、根拠文書、評価結果、判断基準、不確実性の考察、改善と追加対策の特定など)がQMSによって管理されること。
- 独立の検証(データセット、モデル・計算コード、評価結果、考察、安全評価の実施プロセス等)
- 安全評価の文書化(上記を含む安全評価の結果と知見)
- 安全評価の維持(定期的な審査と最新化)

■ 安全評価の管理項目:

- 対象廃棄物、処分概念・処分形態、サイト特性、シナリオ・評価ケース、核種移行モデル、核種移行パラメータ、その他のパラメータ、評価の実施、評価結果の管理

■ 安全評価の品質管理

- 安全評価の品質は、インプット、モデル等の妥当性ととも、これらと評価結果がリンクすることによって確保され、と考えられるので、次の資料等によって管理することを提案する。
 - ✓ 根拠資料・参考資料データベース
 - ✓ 廃棄体、処分施設、モデル、パラメータ、状態変化、評価ケース、評価結果等の各種説明書
 - ✓ 評価ケース／データセット管理シート、考察等を含む評価結果データベース

■ 安全評価プロセスの概要

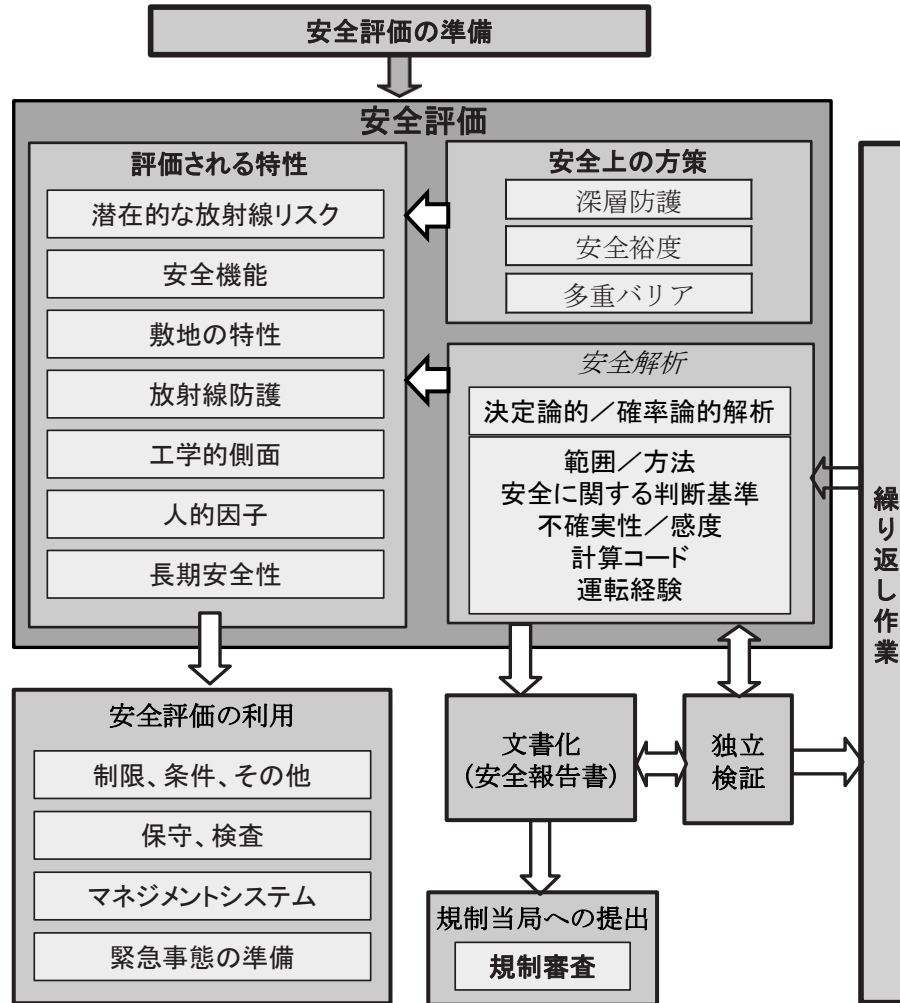
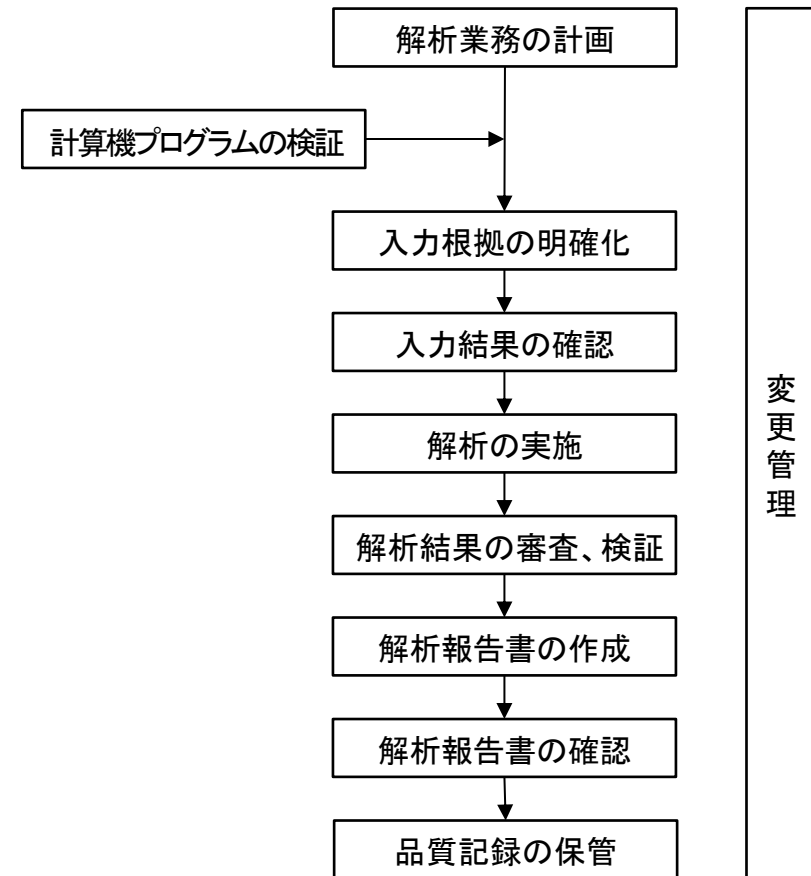


図1 安全評価プロセスの概要

(出典:IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. GSR Part 4 (Rev.1), SAFETY ASSESSMENT FOR FACILITIES AND ACTIVITIES, GENERAL SAFETY REQUIREMENTS 2016, p.13, Fig.1をもとに作成)

解析業務のフローチャート



(出典:一般社団法人原子力安全推進協会、原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン、JANSI-GQA-01ー第3版、2021年6月、p.15をもとに作成)

(5)安全評価の品質保証体系の提案

151

■ 安全評価の管理項目（評価ケース／データセット管理）

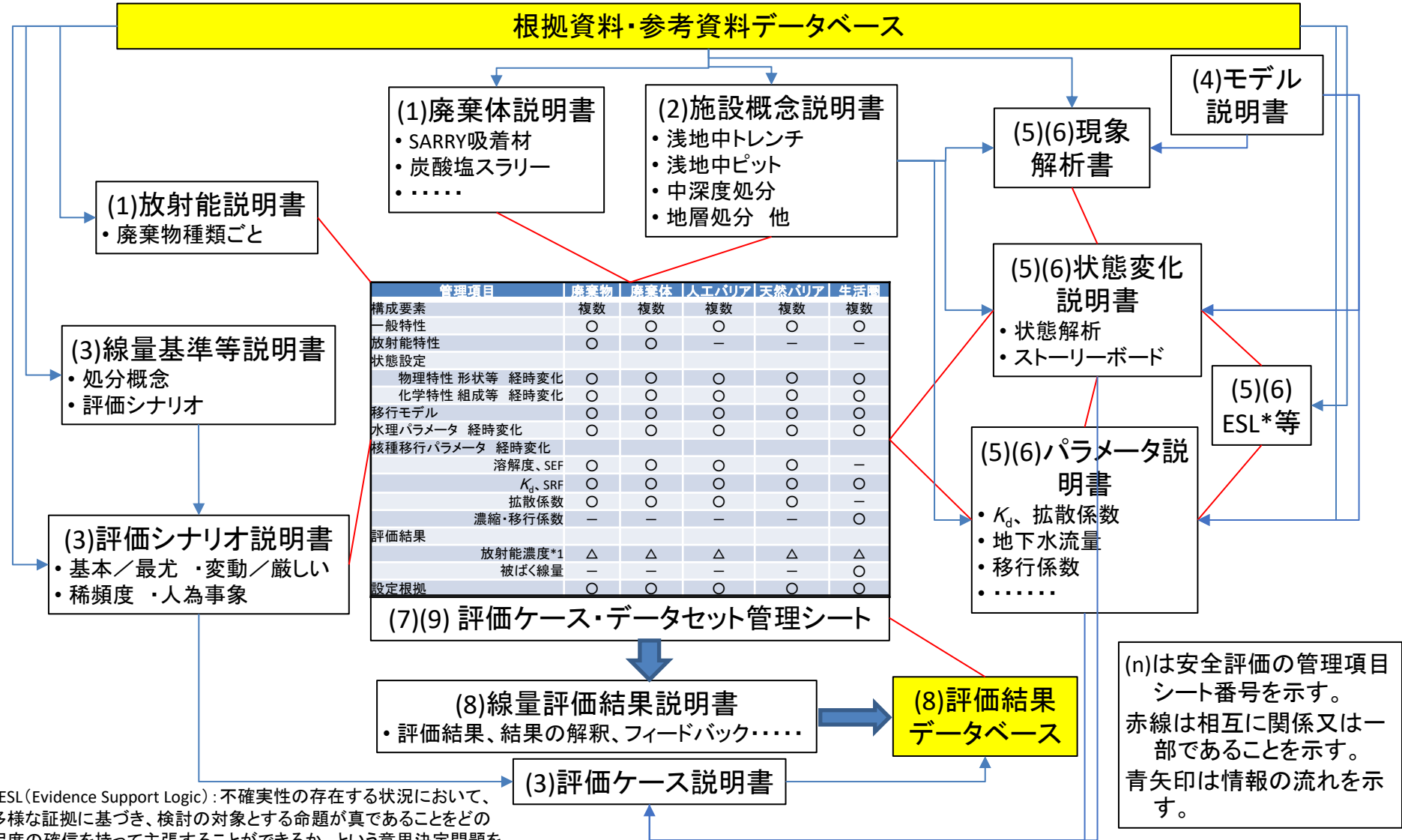
○：管理項目有 ー：管理項目無

管理項目	廃棄物	廃棄体	人工バリア	天然バリア	生活圏
構成要素	複数	複数	複数	複数	複数
一般特性	○	○	○	○	○
放射能特性	○	○	ー	ー	ー
状態設定					
物理特性 形状等 経時変化	○	○	○	○	○
化学特性 組成等 経時変化	○	○	○	○	○
移行モデル	○	○	○	○	○
水理パラメータ 経時変化	○	○	○	○	○
核種移行パラメータ 経時変化					
溶解度、SEF	○	○	○	○	ー
K_d 、SRF	○	○	○	○	○
拡散係数	○	○	○	○	ー
濃縮・移行係数	ー	ー	ー	ー	○
評価結果					
放射能濃度*1	△	△	△	△	△
被ばく線量	ー	ー	ー	ー	○
設定根拠	○	○	○	○	○

*1：結果は通常線量で管理されるが、各領域での放射能濃度を見る場合もあるので、△とした。

(5)安全評価の品質保証体系の提案

安全評価の品質管理



*ESL(Evidence Support Logic)：不確実性の存在する状況において、多様な証拠に基づき、検討の対象とする命題が真であることをどの程度の確信を持って主張することができるか、という意味決定問題を支援するための手法

インプット(評価条件)とアウトプット(評価結果)は、評価ケース番号で紐付けされる。

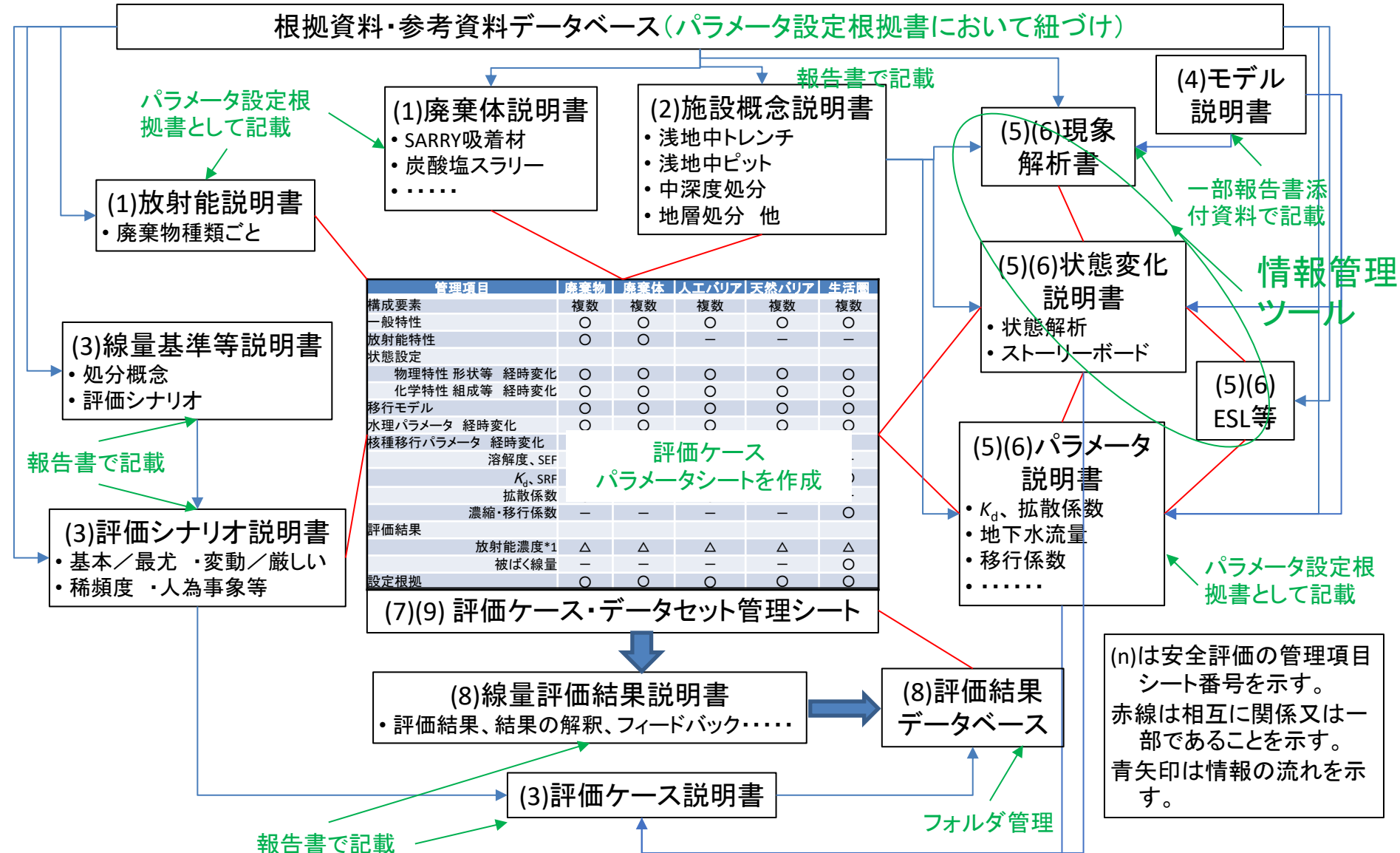
評価ケース番号付け規則

()の数字はAA~Xの各種設定番号

AA	BB	C	D	E	F	G	HH	X	AA BB C D E F G HH X
Case	対象廃棄物	処理	放射能	処分形態	処分概念	状態設定	感度解析ケース	被ばく経路	ケースNo.
23	01～06	0,1,2	1,2	C,T,A,P,M,G	1,2,3	1,2,3	00	0, 1,2,3,4,9	230101C11001
23年度 (23)	KURION吸着材(01) 鉄共沈スラリー(02) 炭酸塩スラリー (03) 瓦礫2 (0.1-1 mSv/h) (04) 建屋内金属事故前L3 (05) 建屋内コンクリート事故前非放射性(06)	なし(0) セメント固化 (1) 溶融固化(2)	Mode(1) 95%ile(2)	管理型(c)	簡素化(1) 参照(2) 高度化(3)	可能性高(1) 厳しい(2) 参考(3)		フラックス(0) 農耕(1) 漁業(2) 海水漁業(3) 井戸農耕(4)	AA: 23年度(23)
				トレンチ(T)					BB: KURION吸着材(01)
				AGピット(A)					C: 処理なし(0)
				ピット(P)					D: 放射能Mode値 (1)
				中深度(M)					E: 管理型処分(C)
				地層(G)					F: 簡素化ケース(1)
	G: 可能性が高いシナリオ(1)								
	X: 農耕作業業者被ばく(1)								

(5)安全評価の品質保証体系の提案

安全評価の品質管理の実施



(5)安全評価の品質保証体系の提案

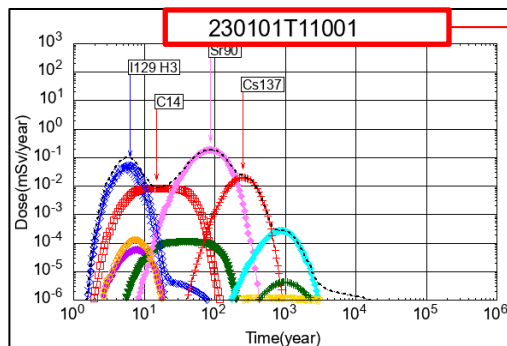
安全評価結果の管理

全ケースをケースNo.の
ディレクトリで管理

- ⋮
- 025_230101T1100
- 026_230201T1100
- 027_230301T1100
- 028_230401T1100
- 029_230501T1100
- 030_230601T1100
- 031_230101T1200
- 032_230201T1200
- 033_230301T1200
- 034_230401T1200
- 035_230501T1200

230101T1100ケースのディレクトリ内

ファイル名	内容
1Fwaste_DataSet.xlsx	GoldSim 地下水移行評価モデルの入力ファイル
Output_Raw.xlsx	GoldSim 地下水移行評価モデルの生データ出力 (Flux)
DataSet_Biosphere.xlsx	GoldSim 生活圏評価モデルの入力ファイル
Output_Biosphere_group1.xlsx	表層水利用におけるGoldSim 生活圏評価モデルの生データ出力 (mSv/y)
Output_Biosphere_group2.xlsx	井戸水利用におけるGoldSim 生活圏評価モデルの生データ出力 (mSv/y)
230101T11001.png	農耕作業被ばく線量の時間依存性の画像ファイル
230101T11001.xlsx	農耕作業被ばく線量の時間依存性のエクセル
230101T11002.png	淡水漁業従事者被ばく線量の時間依存性の画像ファイル
230101T11002.xlsx	淡水漁業従事者被ばく線量の時間依存性のエクセル
230101T11003.png	海水漁業従事者被ばく線量の時間依存性の画像ファイル
230101T11003.xlsx	海水漁業従事者被ばく線量の時間依存性のエクセル
230101T11004.png	井戸水利用農耕作業被ばく線量の時間依存性の画像ファイル
230101T11004.xlsx	井戸水利用農耕作業被ばく線量の時間依存性のエクセル
Summary.xlsx	各代表的個人の線量の最大値と核種のまとめ
230101T1100.png	各代表的個人の線量評価結果のまとめ



末端の番号が、各代表個人を示す。

- 1: 農業従事者
- 2: 淡水漁業従事者
- 3: 海水漁業従事者
- 4: 農耕従事者(井戸水利用)

(6)科学的根拠の管理手法

体系的なリスクマネジメントを対象とした情報管理ツールの構築

重要シナリオ・モデル・パラメータ検討で実施した体系的なリスクマネジメントの結果を、適切な処分概念を構築する為の要件案の充足に必要な情報・知識としての的確に活用するため、ストーリーボード、FEP辞書、シナリオ、現象論モデル及びパラメータの管理手法として情報管理ツールを構築した。

このようなツール群を作成することにより「体系的な処分概念構築手法」の作業の効率化が図れるほか、情報管理ツール内においてこの作業で得られた成果物に論拠や判断基準等を関連付けて示せること、既往の作業で作成した図表類や関連データ、根拠情報等を管理して共有したり次世代へ伝承できることも利点となる。

(6)科学的根拠の管理手法

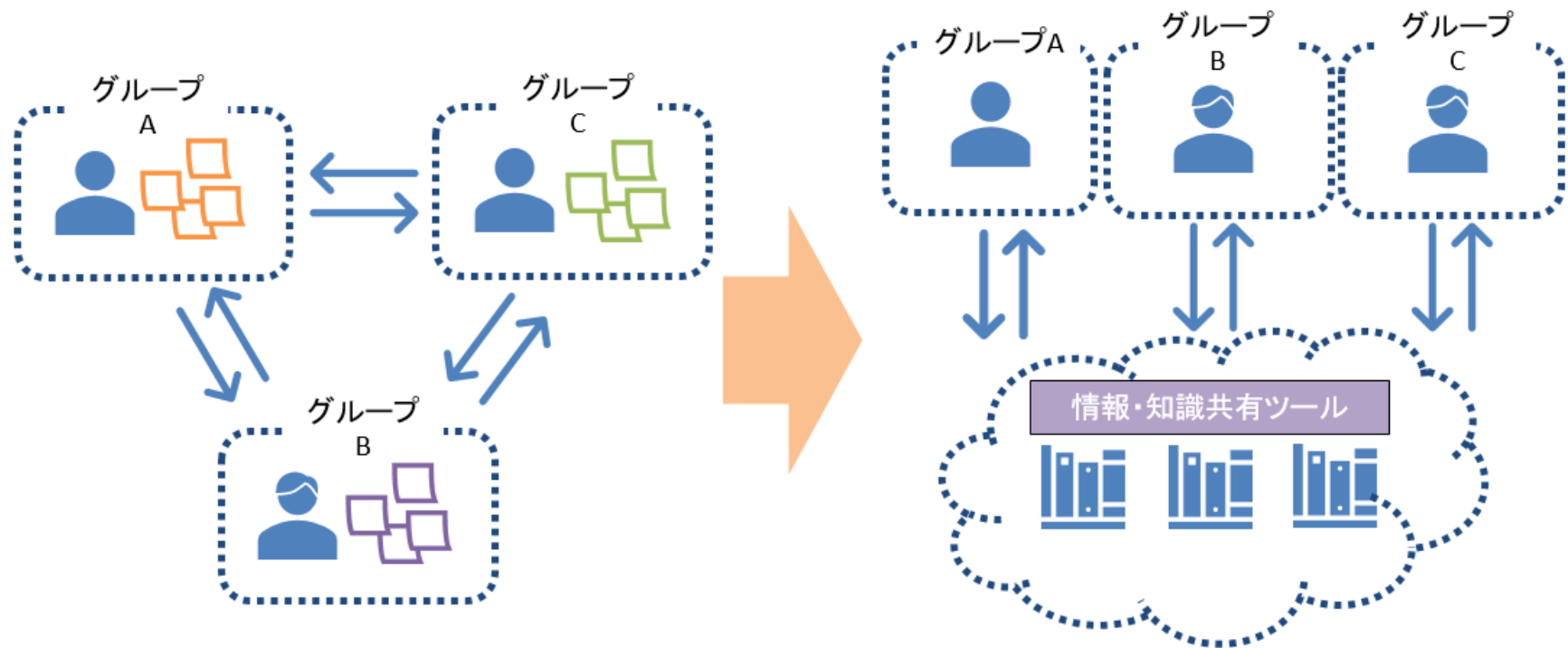
体系的なリスクマネジメントを対象とした情報管理ツールの構築の検討方針

情報管理ツールの開発と運用背景および目的: 三つの基本方針の下に多様な1F事故廃棄物に対する処分概念構築における知識共有・活用を支援する情報管理システムを構築し、I.～III.の各項目を通じて活用する。

- I.多種多様な情報を整理し、迅速なアクセスを提供
 - 多種多様な情報を体系的に整理。
 - 分散した情報をサーバーに集約し一元的に管理。
 - 多種多様な情報への迅速なアクセスを提供。
 - 不確実性を含む情報を適切に管理すると共に新たな情報については影響範囲の担当者に提供。
- II.複数の異なる観点からの論拠や判断基準を明確にした意思決定を支援
 - 複数の分野にまたがる大きな問題を、個別の専門家が答えられるようなより小さな問題に分解する(ディビジョンツリー)。
 - 個別分野の評価や判断を客観的に表現して統合。
 - 不確実性が存在する状況での意思決定を支援しその判断の妥当性を評価する。
- III.意思決定プロセスの記録を一元的に管理し共有、次世代へ伝承
 - 多種多様なドキュメントや画像をオンラインのデータベースで一元管理し共有。
 - 意思決定に至るまでの議論や判断材料などを記録。

(6)科学的根拠の管理手法

情報管理ツールが目指すソリューション1:分散した情報をサーバーに集約し一元的に管理



これまで

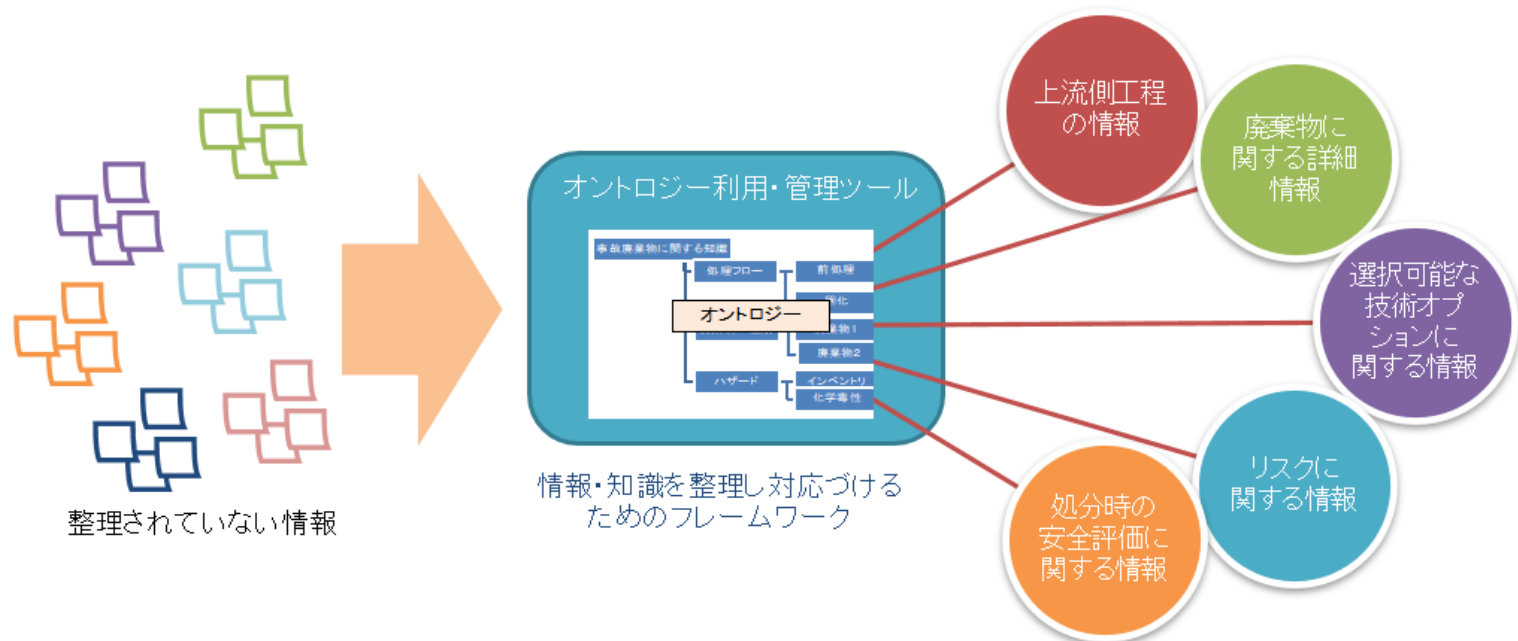
- 情報を必要する者が全体像を知ることができない(複数のグループが異なる情報を分散して持っている為)
- 情報を必要とする者が他のグループのみが持っている情報を探すことは難しい

情報管理システム導入後

- 情報を必要とする者が全体像を知ることができる(情報が一元化されている為)
- 情報を他のグループのみが持っている状態は発生しない

(6)科学的根拠の管理手法

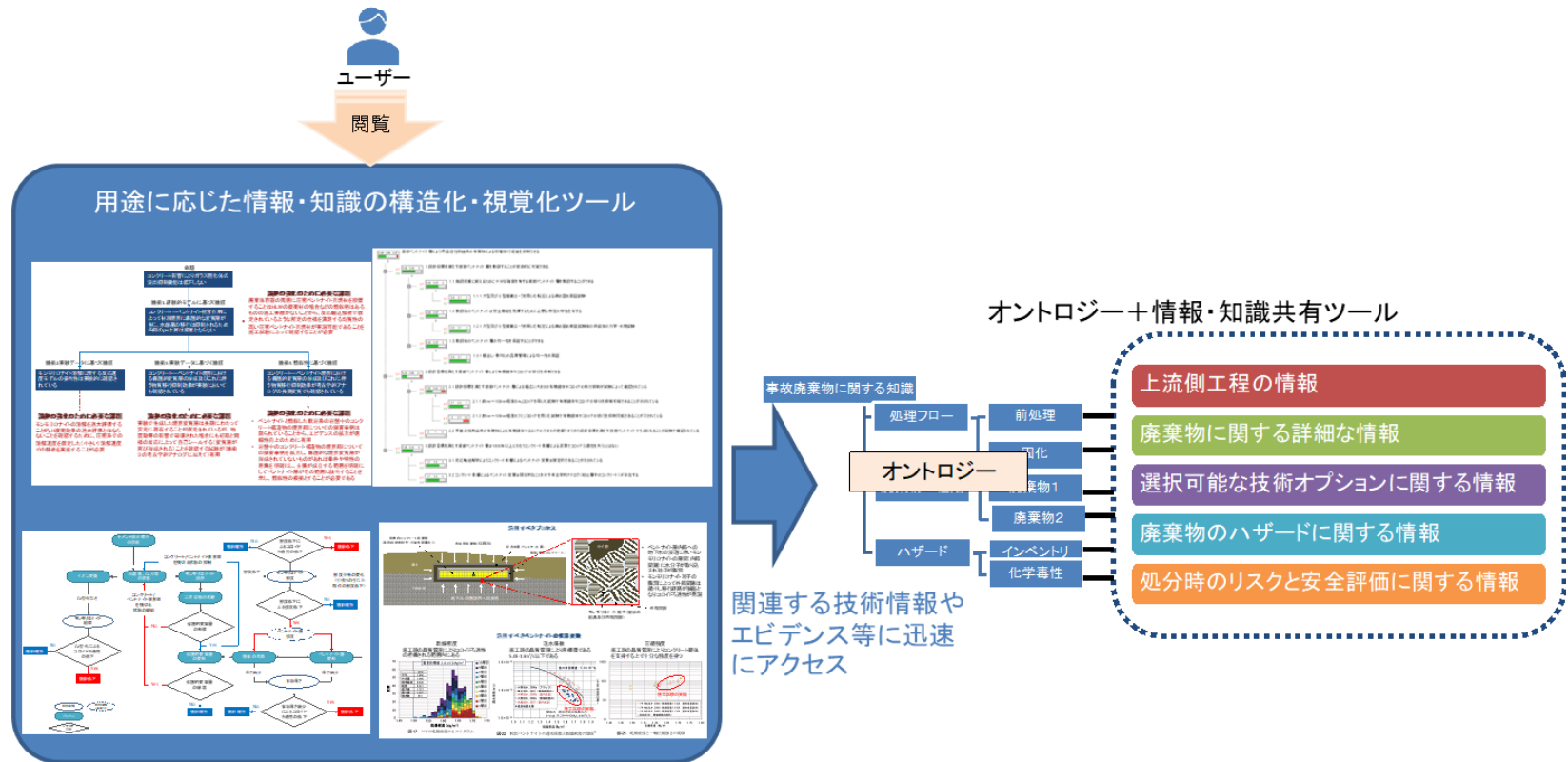
情報管理ツールが目指すソリューション2: 多種多様な情報を体系的に整理



※オントロジーとは情報を理解し体系化するための構造的なフレームワークで、対象を表現するための概念と、概念間の関係をルール化したもの

(6)科学的根拠の管理手法

情報管理ツールが目指すソリューション3: 多種多様な情報への迅速なアクセスを提供



これまで

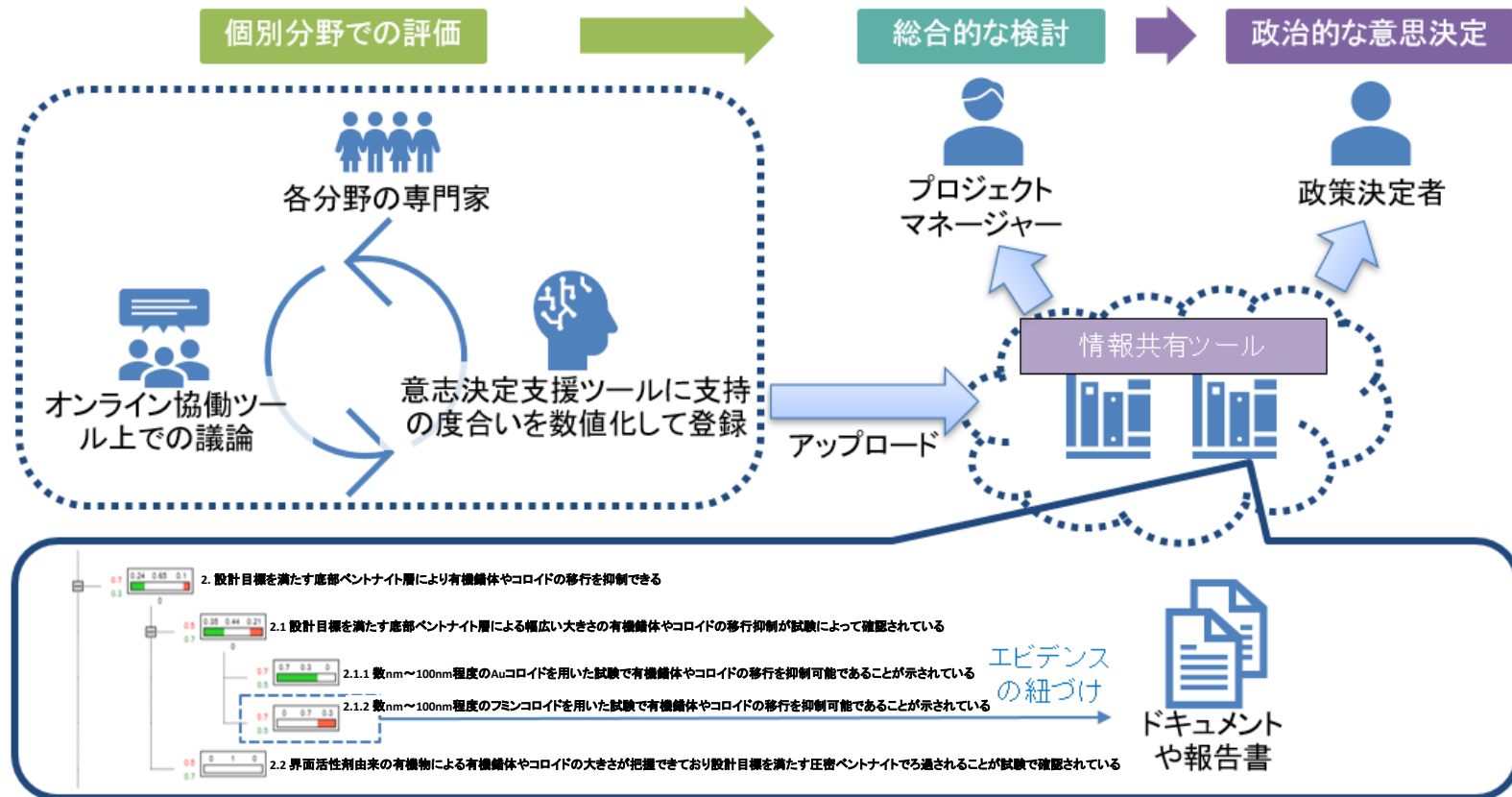
- 必要な情報を探すのに、色々な場所で検索を行っている
- 検討に必要な情報が複数ある場合に、それぞれ情報を探し出している

情報管理システム導入後

- 用途に応じて知識を構造化・視覚化したストーリーボード、ESL、論証モデルなどからリンクを辿って必要な情報に迅速にアクセスできる

(6)科学的根拠の管理手法

情報管理ツールが目指すソリューション4: 意思決定に至るまでの議論や判断材料などを記録



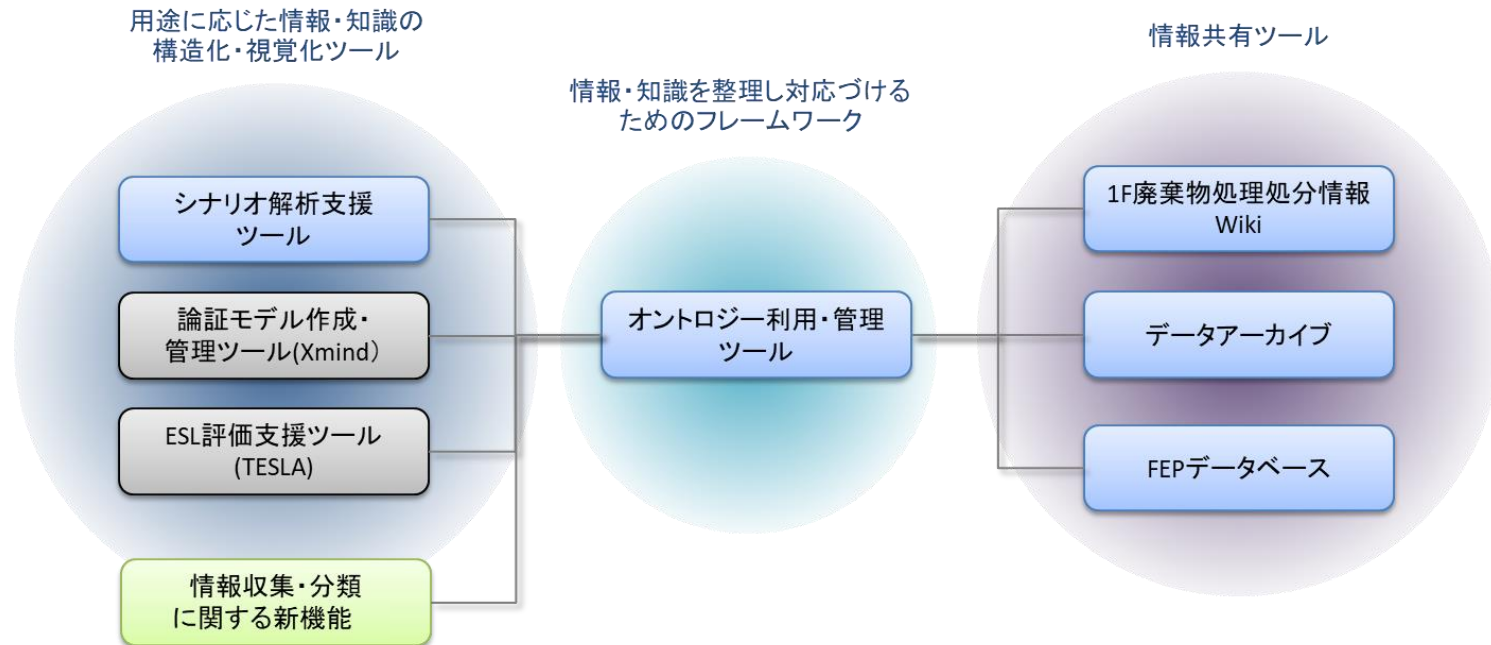
これまで

- 意思決定のプロセスが記録されていないので、透明性がない
- 意思決定の判断材料となるエビデンスが保管されていない

情報管理システム導入後

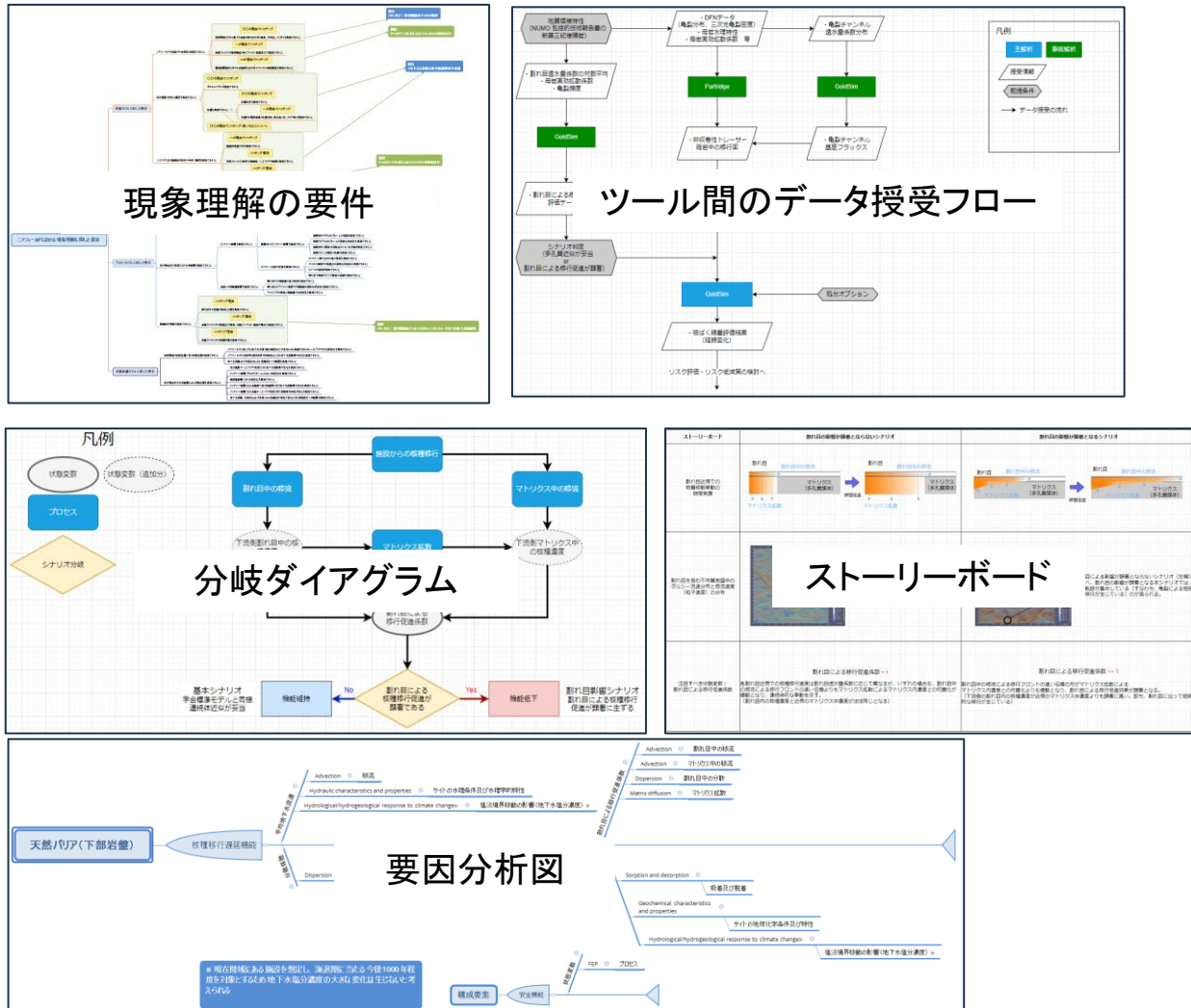
- 意思決定のプロセスが記録されているので透明性がある
- 意思決定の判断材料となるエビデンスが保管されているので、再度検証ができる

情報管理ツールの全体構成



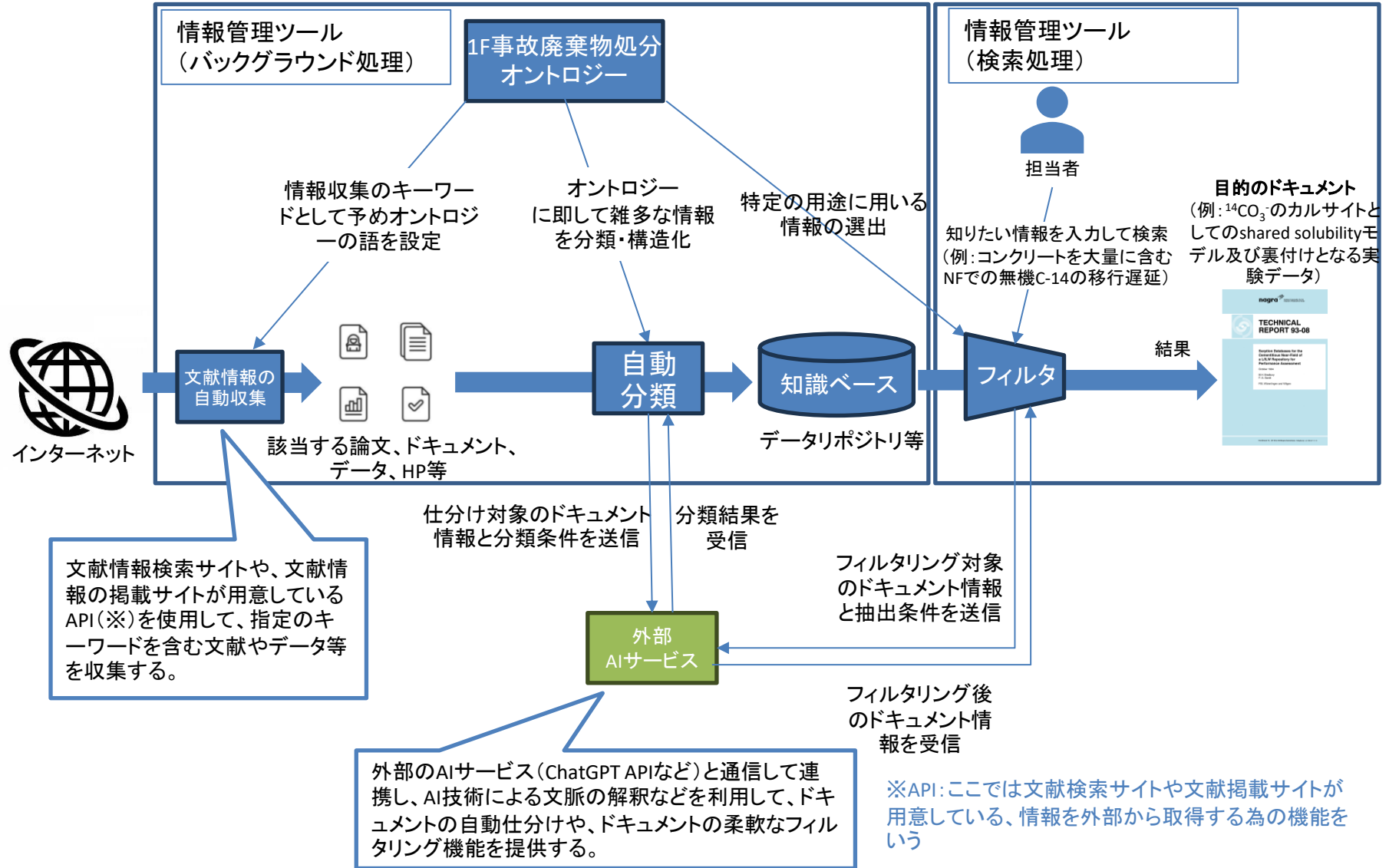
(6)科学的根拠の管理手法

①解析的検討で得られた知識モデルの情報管理ツールへの登録



(6)科学的根拠の管理手法

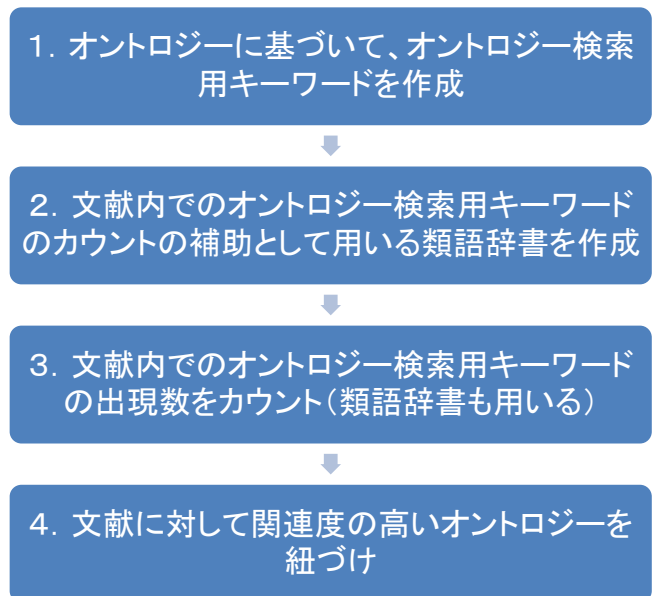
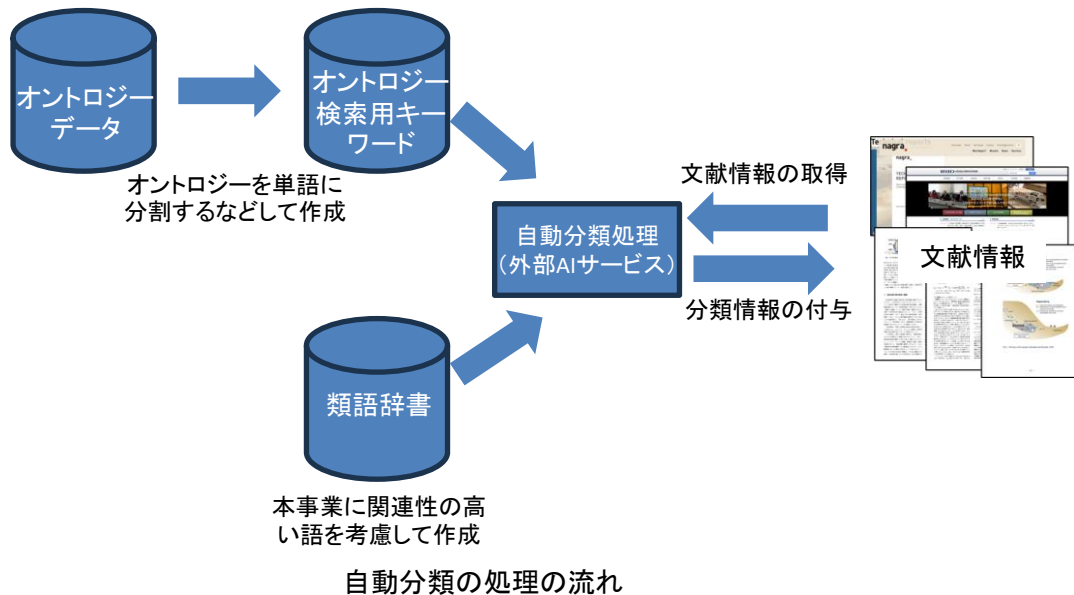
②情報収集・分類に関する新機能の開発: 検討した機能の概要



(6)科学的根拠の管理手法

②情報収集・分類に関する新機能の開発: 文献の自動分類機能

- 収集された文献と、オントロジー内の要素との関連度を評価し、それに基づいて文献とオントロジーを紐付けすることで自動分類を実施(自動分類の手順は右下図参照)。この機能により、大量の文献を効率的かつ正確に分類することが可能となり、文献調査作業の際の文献収集の効率を大幅に向上させることが可能。
- 本業務ではこれらの一連の流れを試行し、収集した文献の自動分類を試行(分類結果の例は次頁参照)。日本語の文献に対する試行の結果、下記のような点については引き続き検討が必要なものの、概ね適切に分類ができていることを確認
 - 分類に「オントロジー検索キーワード」を用いる場合(オントロジー内の語句そのものではなく、いくつかの単語に分割して検索する場合)は、分類の結果がそのキーワードの設定方法に依存する。同様にそれらの語句の類語を設定する場合も、その類語の設定に依存する
 - 本文内で検索を行う場合と概要で検索を行う場合で結果が異なる。文献によっては本文の取得が難しいものもあるので注意が必要。

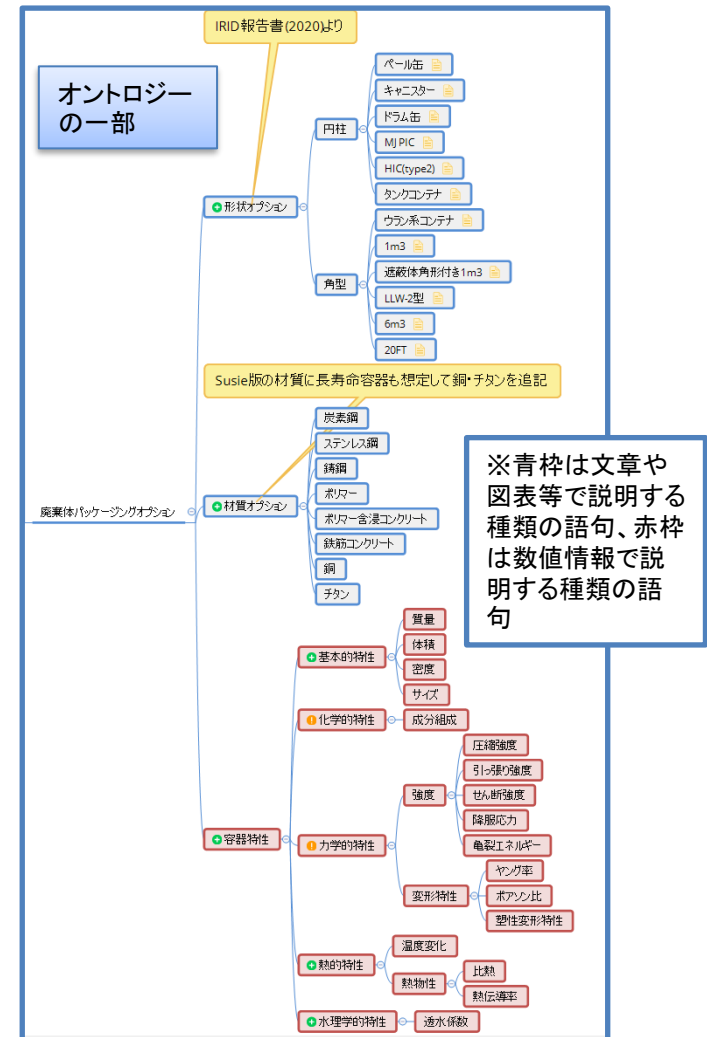


オントロジーとは

- オントロジーとは多種多様な情報を整理・体系化する構造的フレームワークである。情報が構造化されることで、目的の情報へ迅速にアクセスできるメリットがある。
- また、オントロジーをシステム内の全てのツールに共通した情報整理の基盤として整理することについては、以下のようなメリットが考えられる。
 - ✓ 関連情報が一元的に整理され、ユーザーが情報管理ツール内の様々なツールを使用する際の情報検索作業の迅速化、円滑化が期待できる
 - ✓ 情報管理ツールに格納されたデータに関する用語をオントロジーに使われたものに統一させ、データベース内での表記揺れ等を減らすことで検索効率の向上が期待できる
 - ✓ オントロジーにより記述された知識間の関連性を利用して、ユーザーが潜在的に求める情報をシステムが提供可能
 - ✓ オントロジー構造自体を利用した未検討の分野や新たな分野の発見、関連トピックの洗い出しが可能となる

(6)科学的根拠の管理手法

- オントロジーでは極力複合語を含まないように設計し、オントロジー内の語句を組み合わせれば必要な語句が作成できるようにオントロジーを構成する
 - 例:「炭素鋼のヤング率」はオントロジー内の語句としては登録せず、「炭素鋼」という語句と「ヤング率」という単語を組み合わせればその概念が表現できる
 - このため、例えば「炭素鋼」や「ステンレス鋼」のような材質名の下位レベルにそれぞれの特徴を位置づけるような構造ではなく、右図のように特徴を材質オプション等と同レベルに位置づけるような構造になっている。
- 上記のようにオントロジーを構成する理由は以下のようなものである。
 - オントロジーの構造が複雑になることを避けるため
 - あるデータにオントロジーの要素を紐付けする場合、個々の単語を個別に紐付けする方が効率的と考えられるため。文献の自動分類機能実装の際にも個別の単語を文献に紐付ける方が効率的。

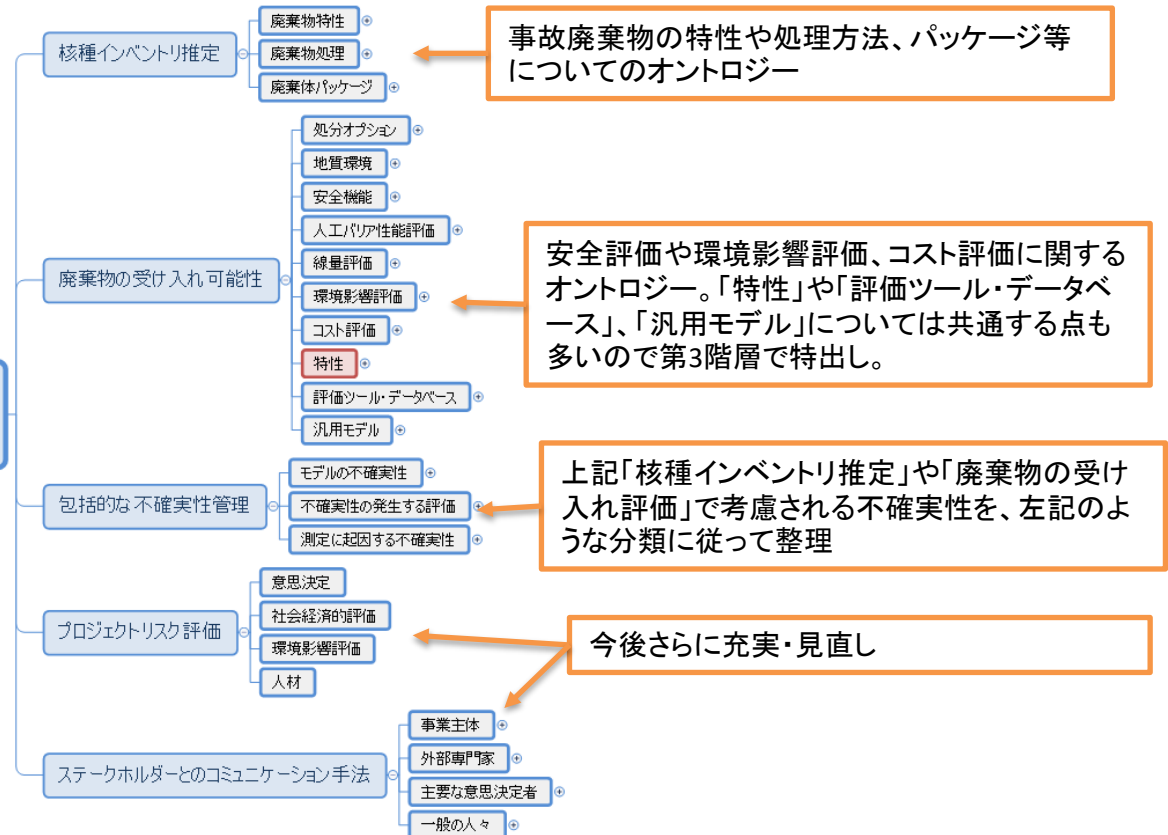


(6)科学的根拠の管理手法

オントロジー全体構造

全体構造を紹介するため
第3階層まで表示

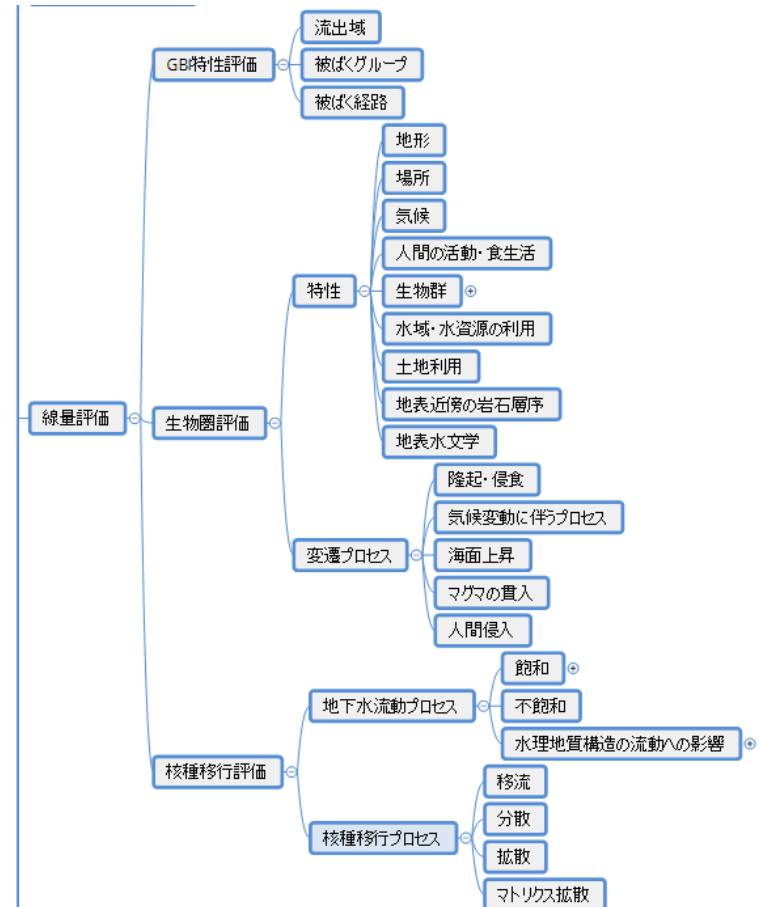
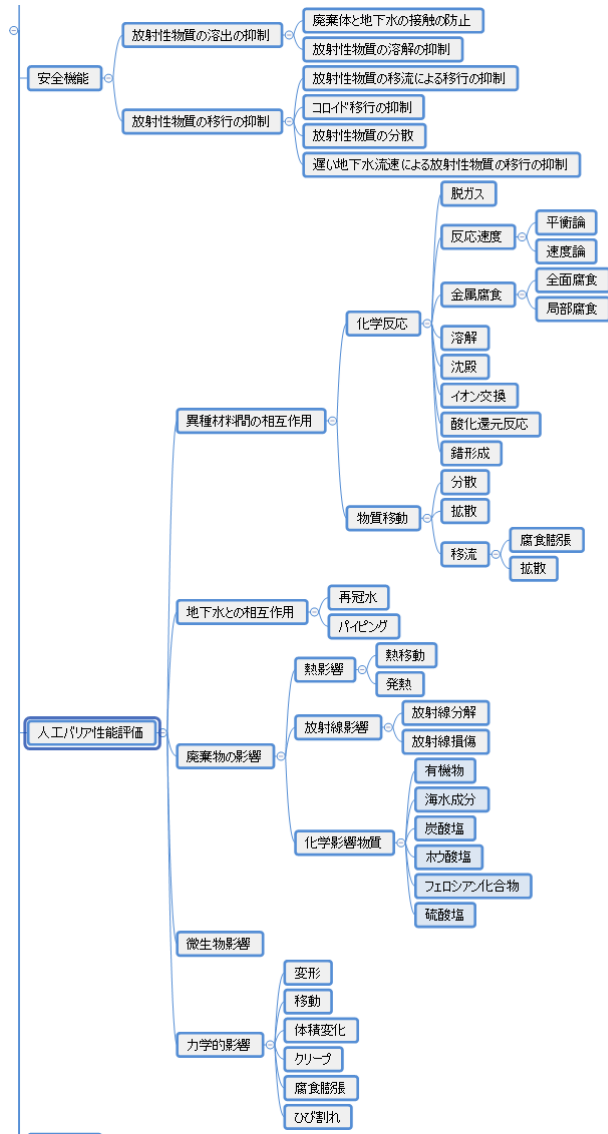
1F廃棄物の合理的な処理・処分に向けた
体系的評価に関するオントロジー



: 数値系オントロジー

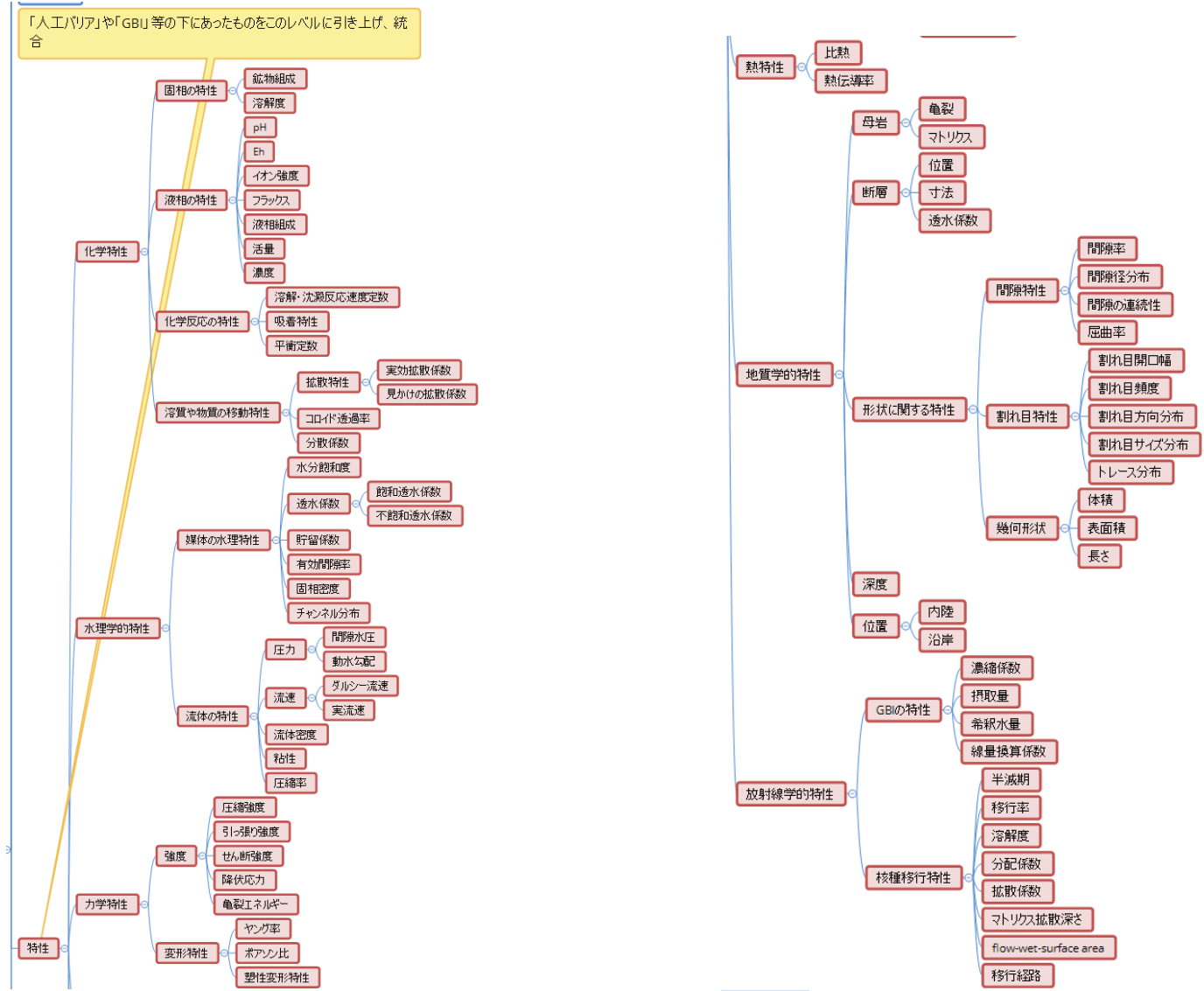
: 下部ツリー展開アイコン→第4階層以降は次ページ以降に例示

オントロジー下層構造の例

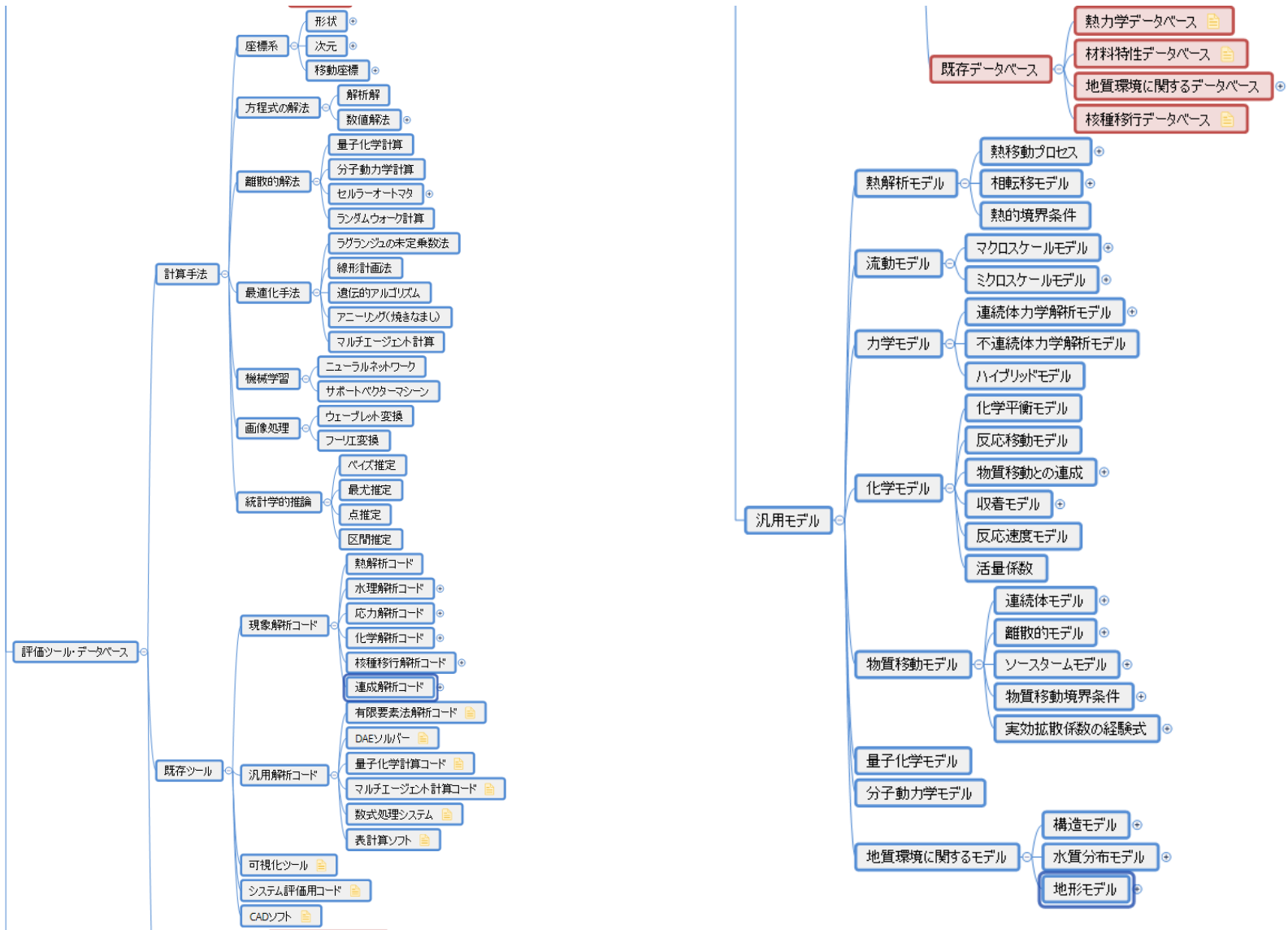


(6)科学的根拠の管理手法

オントロジー下層構造の例



オントロジー下層構造の例



(6)科学的根拠の管理手法

文献の自動分類結果の例

対象文献:

黒澤進(2007)、高レベル放射性廃棄物地層処分環境でのコロイド挙動に関する研究、東京大学審査学位論文



分類先のオントロジー候補

コロイド移行の抑制
放射性物質の移流による移行の抑制
遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制
放射性物質の分散
コロイド透過率
反応移動モデル
移流－分散－マトリクス拡散(二重間隙)モデル
ベントナイト実効拡散係数の間隙率依存式
核種移行評価
ベントナイト

自動分類結果

対象文献:

核燃料サイクル開発機構(2005):マカーリンナチュラルアナログプロジェクトの概要 JNC TN8400 2005-005



分類先のオントロジー候補

水・岩石反応
セメント固化
廃棄体と地下水の接触の防止
コンクリート実効拡散係数の間隙率依存式
ビンガム流体モデル
廃棄物処分
炭酸塩鉱物
造岩鉱物
鉱物の反応速度
岩石－地下水反応

自動分類結果

新機能の開発: 文献情報のフィルタ(検索)機能—類語検索および和英の文献検索機能—

- 作業者が検索したい情報のキーワードを入力すると、格納済みの文献情報を対象に検索が行われる。その際に、予め組み込んでおいた類語辞書が活用される。
 - 類語辞書や英和辞書の作成の際に外部AI機能を活用
- 類語辞書には英語の語も含まれており、これにより、日本語でキーワードを指定した場合でも、和文の文献に加えて、英文の文献も検索結果に表示することが可能。

検索結果のイメージ



類語検索により
「ホウケイ酸ガラス」
の情報が結果に表示

(6)科学的根拠の管理手法

各新機能における課題と今後の展望

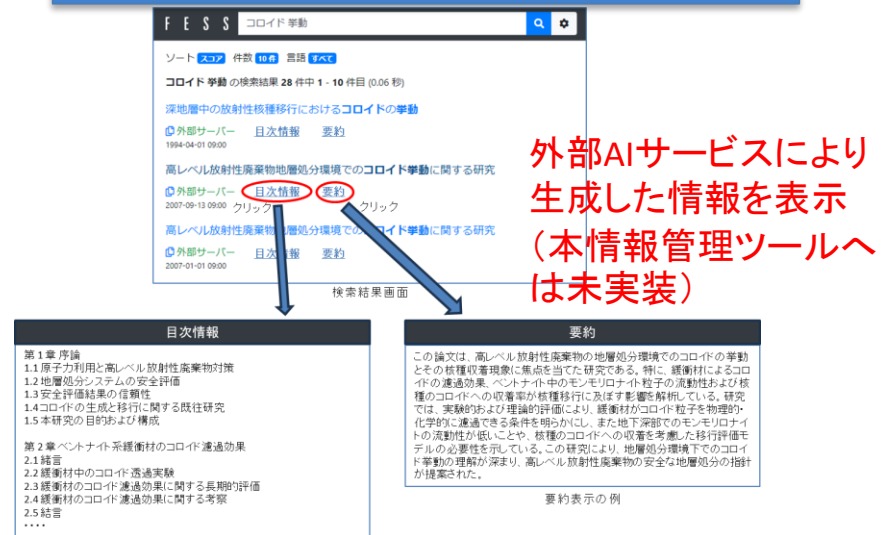
- 文献の自動収集機能
 - APIを用いた文献の収集において、タイトルや著者等の書誌情報は取得可能であるが、現行の仕組みでは本文情報を取得することが難しい。今後は、文献の本文情報の取得方法について代替案を含めたさらなる検討が必要。
- 文献の自動分類機能
 - 文献の自動分類機能に関して、外部AIサービスの利用に伴う金銭的成本、文献の種類による分類精度のバラつきが主な課題。金銭的成本を削減する策としては、オープンソースのAI技術をもちいた外部サービスに頼らない手法の検討が有効。分類精度を向上させるには、分類前に文献の特徴を抽出し、それに基づいて最適な分類手法を選択する処理を挟むことが考えられる。
 - 文献の自動分類には本文情報が必要であるが、現在の自動収集機能ではこの情報を十分に取得できていない。一つの解決策として、各担当者がマニュアル的に取得した文献を1つのデータベースで集中管理し、それを自動分類する方法が考えられる。
 - 本機能が実装された際には検索結果にオントロジー情報を付与して表示することが可能となる(左下図参照)。
- 文献のフィルタ(検索)機能
 - 基本的な検索機能は実現できているものの、外部AIサービスを活用した要約情報・目次情報の提供、柔軟な情報の抽出には対応が出来ていない(自動分類処理と同様の課題が存在)。
 - 本機能が実装された際には、検索結果画面での要約情報や目次の表示(右下図参照)、及び検索時の柔軟な情報の抽出が可能となる。

検索結果へのオントロジー情報の付与(イメージ)



外部AIサービスにより付与されたオントロジー情報を表示し、それに紐付けられた文献の検索結果を表示(本情報管理ツールへは未実装)

検索結果画面での目次情報・要約の表示(イメージ)



4.2 処分概念の提示及び安全評価手法の開発のまとめ

176

- 放射能濃度、核種組成及び性状について多様な固体廃棄物の処分概念を検討するために国内でこれまで検討されてきたトレンチ処分から地層処分に至るまでの、幅広い処分概念について既存例を参照ケースとする他、さらに簡素化ケースや高度化ケースを含めて評価した。
- 試算においては、地質環境及び生活圏について比較的幅広く選択できるように、保守的に条件を設定した。
- 評価シナリオについては、線量基準に対して支配的になると考えられる接近シナリオと地下水シナリオの両者を考慮した。
- 各廃棄物について、管理期間の延長を含む種々の処分形態について線量を評価し、線量基準を満足する処分概念候補を抽出した。

廃棄物種類	接近シナリオの評価	地下水シナリオの評価	処分概念候補
Kurion吸着材	Cs-137、C-14により、管理期間600年でもピット処分基準を超え、中深度処分。	C-14、I-129により、ピット処分は厳しく、中深度処分（簡素化も可）。	簡素化を含む中深度処分。
鉄共沈スラリー	C-14、Sr-90により、管理期間600年でもピット処分基準を超え、中深度処分。	C-14、I-129により、高度化ピット処分又は中深度処分（簡素化も可）。	簡素化を含む中深度処分。
炭酸塩スラリー	C-14、Sr-90により、管理期間600年でピット処分基準を下回る。	C-14、I-129により、参照ケース以上のピット処分。	600年管理の参照ケース以上のピット処分。
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	Cs-137により、500年管理トレンチ処分又はピット処分。	C-14により、高度化トレンチ処分又は参照ケース以上のピット処分。	500年管理の高度化トレンチ処分又は参照ケース以上のピット処分。
建屋内金属 (事故前L3)	Cs-137、C-14により、管理期間600年でもトレンチ処分基準を超え、ピット処分。	C-14により、高度化ピット処分又は中深度処分（簡素化も可）。	高度化ピット処分又は中深度処分（簡素化も可）。
建屋内コンクリート (事故前非放射性)	Cs-137により、400年管理トレンチ処分又はピット処分。	Cs-137、Sr-90により、高度化トレンチ処分又はピット処分（簡素化も可）。	400年管理の高度化トレンチ処分又はピット処分。

- これらの安全評価の試行により以下の課題を抽出した。
 - ・ C-14、I-129の放射エネルギーの精度向上（C-14は化学形態同定を含む）
 - ・ C-14、I-129の浸出率低減に有効な溶融などの処理と施設のバリア性能のバランス
 - ・ 高度化が必要な処分形態での浸透水量、分配係数等のバリアパラメータの精度向上

事故廃棄物の特徴を考慮した 品質管理下 安全評価手法の検討

補足資料

・安全機能と構成要素の関係のまとめ	178
・1F事故廃棄物の処分概念案	201
・主要な評価パラメータの設定値と根拠	213
・廃棄体パラメータ	247
・安全評価パラメータ設定案	263
・核種移行モデルの構築	333
・生活圏評価モデルの構築	336
・安全評価の品質保証体系の提案	343
・安全評価パラメータ一覧	370

安全機能と構成要素の関係のまとめ

各処分形態で人工バリアに求める機能をp.79～84に述べている。これを整理するに際し補足資料として、国内及び諸外国で考慮されている安全機能及びバリア構成をp.179～182にまとめた。さらに、p.179～182の表において各国毎に調査した安全機能に関する補足資料が、p.183～200である。

処分施設の安全機能と構成要素(1)

基本 概念		安全機能	構成要素(バリア)	備考
閉鎖前安全	閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	廃棄体と地下水の接触の防止 廃棄物マトリクスによる漏出抑制	廃棄物容器、オーバーパック、固化体、 廃棄体パッケージ
		施設外への放射性物質の放出の防止	水の浸入防止 集水・水の漏出防止・水の回収	コンクリートピット、充填材、排水層、低透水層、防水シート等
			放射性ガス(ラドン)の放出制限	覆土
		遮蔽	放射線の遮蔽	容器、廃棄体(パッケージ)、構造物、覆土
閉鎖後長期	隔離	自然現象の著しい影響からの防護		地質環境
		人の接近の抑制		制度的管理、覆土、構造物、地質環境
		動植物の接近の抑制		制度的管理、覆土、構造物
	閉じ込め	放射性物質の溶出の抑制	マトリクスによる溶出の抑制	ガラス固化体、燃料ペレット、放射化金属、固化体・溶融体
			廃棄体と地下水の接触の防止	容器、廃棄体パッケージ、オーバーパック 緩衝材・低透水層
			充填材等による溶出の抑制	パッケージ内充填材
		放射性物質の移行の抑制	放射性物質の溶解の抑制(化学的)	地質環境、セメント系充填材
			遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境
			放射性物質の移流による移行の抑制	緩衝材・低透水層、覆土、水理コントラスト
			放射性物質の拡散による移行の抑制	低拡散層、緩衝材・低透水層
			コロイド移行の抑制	緩衝材・低透水層
			放射性物質の収着	廃棄体間充填材、緩衝材・低透水層、埋め戻し材、地質環境
			放射性物質の分散	地質環境
			坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	止水プラグ、埋め戻し材
		力学的安定性		容器／廃棄体／オーバーパック、構造物、緩衝材・低透水層、覆土・埋め戻し材、地盤・地質環境

処分施設の安全機能と構成要素(2)

基本 概念		安全機能		構成要素(バリア)	トレンチ	浅地中	中深度	地層
閉鎖前安全	閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	廃棄体と地下水の接触の防止 廃棄物マトリクスによる漏出抑制	容器	△	○	○ SFR	×
				オーバーパック	—	—	—	○HLW
				固化体	—	△*1	△*1	○HLW
				廃棄体パッケージ	—	—	×	○TRU
		施設外への放射性物質の放出の防止	水の浸入防止 集水・水の漏出防止・水の回収	コンクリートピット	—	○ 米	○	—
				充填材	×	○	○	×
				排水層	×	○ 米	○	—
				低透水層	×	○	○ SFR	×
				防水シート	○	○	×	—
		放射性ガス(ラドン)の放出制限		覆土	×	×	英	—
	遮蔽	放射線の遮蔽	容器	×	△	○	○HLWオーバーパック	
			廃棄体(パッケージ)	○	○	○	○TRU	
			構造物	×	○ 米	○	○	
			覆土	○	○	×	—	

*1: 容器に固型化の場合

○: 国内で考慮されている機能・構成要素
×: 考慮していない

△: 国内で一部考慮又は検討されている機能・構成要素
—: 該当しない(概念にない)

処分施設の安全機能と構成要素(3)

基本 概念		安全機能	構成要素(バリア)	トレンチ	浅地中	中深度	地層
閉鎖後長期	隔離	自然現象の著しい影響からの防護	地質環境	×	△ 米	○ SFR	○ 仏
		人の接近の抑制	制度的管理	○ 加	○ 英米	○	未定
			覆土	○ 加	○ 英	—	—
			構造物	△(規則上)	○ 米	○	× 瑞
			地質環境	×	×	○ SFR	○ 英仏芬瑞
		動植物の接近の抑制	制度的管理	×	×	—	—
			覆土	○ 加	○ 英	—	—
			構造物	×	× 米	—	—
	閉じ込め	放射性物質の溶出の抑制	マトリクスによる溶出の抑制	ガラス固化体	—	—	—
				燃料ペレット	—	—	—
				放射化金属	△	△	○
				固化体・溶融体	—	△	△
			廃棄物と地下水の接触の防止	容器	× 加	× 英	○
				廃棄体パッケージ	—	— 英	×
				オーバーパック	—	—	—
				緩衝材／低透水層	—	—	×
			充填材等による溶出の抑制	パッケージ内充填材	—	—	—

○:国内で考慮されている機能・構成要素
×:考慮していない

△:国内で一部考慮又は検討されている機能・構成要素
—:該当しない(概念にない)

処分施設の安全機能と構成要素(4)

基本 概念		安全機能		構成要素(バリア)	トレンチ	ピット	中深度	地層		
閉鎖後長期	閉じ込め	放射性物質の移行の抑制	放射性物質の溶解の抑制 (化学的な抑制)	地質環境	—	—	×	○ 仏		
			セメント系充填材	—	○ 英	○	○ 英			
			遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境	—	— 米	△ SFR	○ 英仏		
			放射性物質の移流による移行の抑制	緩衝材・低透水層	△ 加	—	○SFR SE-SFL	○ 英仏芬瑞		
				覆土	○ 加	○ 英	—	—		
				水理コントラスト	×	△	×	SFR	△ (EDZ)	
			放射性物質の拡散による移行の抑制	低拡散層	—	—	○	—		
				緩衝材・低透水層	×	△	○	○ 英仏芬瑞		
				コロイド移行の抑制	緩衝材・低透水層	×	×	○	○HLW 英瑞	
			放射性物質の収着	廃棄体間充填材	○	○	○ SFR SE-SFL	○ 英		
				緩衝材・低透水層	×	加	○	○ SFR SE-SFL	○ 英瑞	
				埋め戻し材	×	×	×	SFR	×	芬瑞
				地質環境	○ 全	○ 全	○ 全	○ 全		
			放射性物質の分散	地質環境	×	×	英	×	○ 英仏	
			坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	止水プラグ・埋め戻し材	—	—	○ SFR	○ 英仏芬		
	力学的安定性	容器／廃棄体／オーバーパック	○	○ 米	○ SFR	○ 瑞				
		構造物	×	加	○ 米	○ SFR	○TRU			
		緩衝材・低透水層	—	○	○	○HLW				
		覆土、埋め戻し材	○	○	○ SFR	○ 芬				
		地盤・地質環境	○	○	○	○				

○：国内で考慮されている機能・構成要素
△：国内で一部考慮又は検討されている機能・構成要素
×：国内で考慮していない
—：該当しない(概念にない)

安全機能に寄与できる追加バリアとその効果

追加バリア又は追加の考慮	安全機能に対する効果	評価上の扱い方
容器、廃棄体パッケージ等の考慮	溶出の抑制及び廃棄物と地下水の接触防止により廃棄体からの溶出を低減・遅延	容器寿命の期間の閉じ込め、容器寿命や地下水との接触面積の経時変化を考慮することによる廃棄体からの漏出率低減をモデル化
下流側の緩衝材・低透水層の追加	廃棄体下流側にバリア層を設置することで、漏洩ピークの低減、移行遅延による減衰(Cs、Sr等に有効)	バリア層を追加してモデルに組み込むとともに、適切な K_d 等のパラメータを設定
水理コントラスト又はEDZ等の考慮	廃棄体層・施設周辺に高透水部を設置又は既存の高透水部を考慮することで、浸透水量・流出水量を低減	廃棄体層・施設周辺での経路が短絡することと浸透水量・流出水量の低減を同時に考慮 高透水部の水理データの検証
移行経路に存在する埋め戻し材等への収着の考慮	移行経路に存在する埋め戻し材等への収着があれば、その分移行遅延やピークが低減	移行経路に存在する構成要素を収着媒体として考慮し、データ取得、品質管理を行い、混合層としてモデル化
天然バリア中での移行経路の多様性を考慮	複数の移行経路を考慮することで、ピークが低減。天然バリア中での減衰が大きい核種は線量が増加	複数経路のモデル化又は適切な分散長の設定によって考慮
モデル化による保守性の低減	単純な経路等の設定によるモデル化の保守性を低減する	モデル化にあたっては、廃棄体層の構成要素、複数の人工バリア、複数経路の天然バリアを考慮したモデルを作成

相反する安全機能(安全評価上の考慮を含む)

184

項目	内容	評価上の扱い
移行抑制(水理コントラスト)	○バイパス経路の存在に伴う浸透水量低減 × 漏出核種の移行経路短絡	感度を示しつつ、両方を同時に考慮
閉じ込め(物理的、化学的(溶解度、 K_d 等))	○閉じ込めによる地下水移行シナリオの線量低減 × 人為事象シナリオの線量増加	地下水移行と人為事象でそれぞれ厳しい設定を採用
分散・移行経路の多様性	○ピーク線量の低下 × 移行時間の減少による短半減期核種の線量増加	感度を示しつつ、両方を同時に考慮
移行抑制(K_d 大又は溶解度低)	○移行遅延または移行抑制 × 途中経路又は生活圏に濃集領域発生の可能性(臨界、人間侵入、生活圏の土壌経由の被ばくに影響)	感度を示しつつ、両方を同時に考慮
移行抑制(セメントによるアルカリ環境)	○アルカリ環境による収着性の増加 × ベントナイトの変質による透水係数の増加	両方の現象を考慮
移行抑制(K_d)	○バリア材における収着 × バリア材起源のコロイドへの収着性の増加、移行促進	コロイド影響を適切に考慮
移行抑制(地下水流速)	○移行遅延による減衰 × 低流速・低流量による地下水中濃度の増加	井戸水利用と河川水利用で両者保守的に設定
天然バリアの拡散係数	○亀裂性媒体は線量低下 × 多孔質媒体は線量増加の可能性	感度を示しつつ、尤らしい数値を設定
移行抑制(低間隙率)	○拡散係数、透水係数の低下による移行抑制 × 低収着性核種の間隙水中濃度の増加(特に廃棄物領域)	感度を示しつつ、尤らしい数値を設定

(浅地中処分サイト)安全機能と構成要素の関係

185

安全機能と維持すべき期間

安全機能	廃止措置の開始前	
	放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	覆土完了から廃止措置の開始まで
漏出防止機能	○	—
移行抑制機能	—	○
遮蔽機能	○	○

○:安全機能を維持する —:考慮しない *1:覆土完了の時点を埋設の終了とする。
(出典:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号(1号、2号及び3号廃棄物埋設施設) 2021年6月、p.3 第1表)

各部材に期待する移行抑制機能を構成する機能

	部材		地下水の浸入を抑制する機能(低透水性)	放射性物質を収着する機能(収着性)
人工バリア	埋設設備		—	○
	覆土	難透水性覆土	○	○
		下部覆土	○	—*1
		上部覆土	—	○
天然バリア	岩盤(鷹架層)		○	○

○:期待する —:期待しない
*1:下部覆土は土質系材料であり収着性を期待できるが、難透水性覆土又は下部覆土の一方に収着性を期待することで十分であることから、下部覆土の収着性は考慮しない。
(出典:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号(1号、2号及び3号廃棄物埋設施設) 2021年6月、p.12 第2表)

収着性に影響を与える可能性のあるコロイド影響については、埋設設備の間隙水はセメント平衡水であり、コロイドが安定に分散できる環境ではなく収着性に影響は生じないと考えられる
(出典:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価)(1号、2号及び3号廃棄物埋設施設) 2021年6月、p.40 (オ)コロイド影響)

(浅地中処分サイト)3号廃棄物埋設地の漏出防止機能及び移行抑制機能の設計の考え方

186

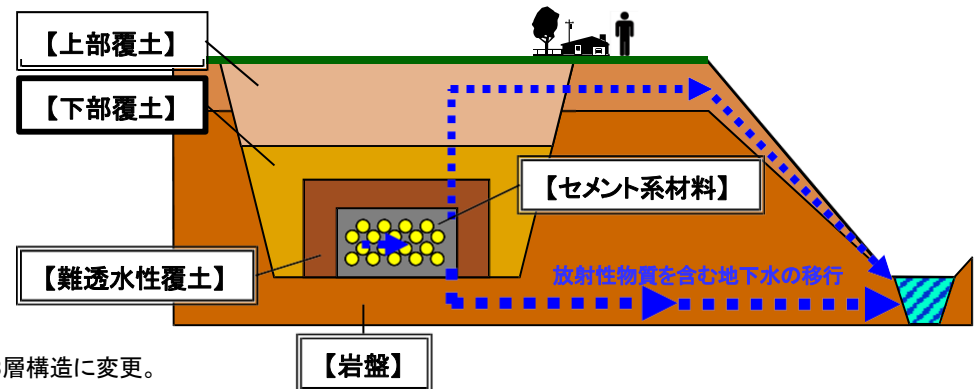
3号廃棄物埋設地の漏出防止機能の設計の考え方

部位	凡例		期待する機能			
	部材	流れ	雨水及び地下水の浸入の防止		放射性物質の漏出の防止	
外周仕切設備、覆い			○	埋設設備内への浸入防止	○	埋設設備外への漏出防止
内部防水(下部)*1			○		○	
ポーラスコンクリート層			○	浸入した水の排水	○	放射性物質を含む水の回収
セメント系充填材			○	浸入した水と廃棄体の接触防止	—	
内部防水(上・側部)*1			○		—	
概要図						

*1:1号埋設設備7、8群に追加。

3号廃棄物埋設地の移行抑制機能の設計の考え方

部位	期待する機能	
	低透水性*3	収着性*4
上部覆土*2	—	○
下部覆土*2	○	—
難透水性覆土*2	○	○
岩盤	○	○
セメント系材料	—	○



*2:1号及び2号の覆土は、上部覆土、下部覆土及び難透水性覆土の3層構造に変更。

*3:低透水性により埋設設備に流入する地下水を低減する。

*4:収着性により放射性物質の移行を遅延する。

(日本・NUMO-SC)安全機能と構成要素の関係(閉鎖前)

187

・放射線防護

安全確保の基本概念	安全機能	構成要素
操業時 閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	ガラス固化体、オーバーパック廃棄体パッケージ
	施設外への放射性物質の放出の防止	廃棄体受入・検査・封入施設、換気設備(排気フィルタも含む)
放射線遮蔽	放射線の遮蔽	廃棄体パッケージ間充填材
		廃棄体受入施設建屋の遮蔽壁
		廃棄体搬送車両、定置装置などの設備・機器

・一般労働安全

安全確保の基本概念	安全機能		構成要素
労働災害防止	労働災害の発生・拡大の防止	防火対策	防火設備、消火設備
		坑道の力学的安定性	支保工
		その他の労働災害防止対策	落下・転倒防止装置、非常用貯水槽
	緊急時の避難経路の確保		アクセス坑道(入気用立坑を避難経路とする)、連絡坑道、緊急待避所、風門、通信・連絡設備
作業環境維持	作業環境の維持	換気能力	坑道の換気経路、換気設備(冷房設備を含む)
		排水能力	坑道の排水経路、排水設備
		照明能力	坑道の照明設備

(日本・NUMO-SC) 安全機能と構成要素の関係(閉鎖後長期)

・高レベル放射性廃棄物

基本概念	安全機能		構成要素
隔離	自然現象の著しい影響からの防護		地質環境
	人の接近の抑制		
閉じ込め	放射性物質の溶出の抑制	ガラスマトリクスによる溶出の抑制	ガラス固化体
		廃棄体と地下水の接触の防止	オーバーパック
	放射性物質の移行の抑制	放射性物質の溶解の抑制	地質環境
		遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境
		放射性物質の移流による移行の抑制	緩衝材
		コロイド移行の抑制	緩衝材
		放射性物質の収着	緩衝材
			地質環境
		放射性物質の分散	地質環境
		坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	止水プラグ、埋め戻し材

(日本・NUMO-SC)安全機能と構成要素の関係(閉鎖後長期)

189

・TRU等廃棄物

基本 概念	安全機能		廃棄体グループ					構成要素
			1	2	3	4L	4H	
隔離	自然現象の著しい影響からの防護		✓	✓	✓	✓	✓	地質環境
	人の接近の抑制		✓	✓	✓	✓	✓	
閉 じ 込 め	放射性物質の溶出の抑制		✓	✓※3	✓	✓	✓※3	廃棄体※1、廃棄体パッケージ※2
	放射 性 物 質 の 移 行 の 抑 制	放射性物質の溶解の抑制	✓	✓	✓	✓	✓	地質環境
		遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	✓	✓	✓	✓	✓	地質環境
		放射性物質の移流による移行の抑制	✓	✓			✓	緩衝材
		コロイド移行の抑制	✓	✓			✓	
			✓	✓			✓	
		放射性物質の収着	✓	✓※3	✓	✓	✓※3	廃棄体パッケージ間充填材
			✓	✓	✓	✓	✓	地質環境
		放射性物質の分散	✓	✓	✓	✓	✓	
		坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	✓	✓	✓	✓	✓	止水プラグ、埋め戻し材

✓:各廃棄体グループで安全機能を確保する構成要素

※1: TRU 等廃棄物の廃棄体は、ドラム缶にセメント材とともに固化、あるいは容器に密封されているため、処分場閉鎖後において廃棄体中への地下水の浸入が妨げられることや地下水に溶出した放射性物質が充填されているセメント系材料に収着することにより、「放射性物質の溶出の抑制」という安全機能はある程度は期待できると考えられる。しかし、これらの機能は廃棄体の製造に当たって明示的に考慮されているものではないため、第6章の安全評価においてどの程度期待できるかを検討する。

※2: 廃棄体パッケージには、廃棄体パッケージ容器や廃棄体パッケージ内充填材による地下水の浸入抑制とともに、廃棄体パッケージ内充填材には廃棄体パッケージ内の地下水に溶出した放射性物質を収着する機能を期待しており、これらを総称して「放射性物質の溶出の抑制」という安全機能としている。

※3: 高発熱性の廃棄体であり、処分場の設計に基づいたこれらの機能への熱影響を考慮して、安全機能としての確保可能性を確認することが必要である。

(カナダ・NSDF)安全機能と構成要素の関係(1)

190

システム、構築物及び機器(SSC)	安全機能	選定根拠／正当性
ベースライナーシステム	封じ込め	ベースライナーシステムは、放射性廃棄物と接触した浸出水の封じ込めを行う。
	遅延	GCLの低透水係数は、一次ライナーや二次ライナーを通過してベースライナーの下層に漏出する浸出水の流れを抑制する。 CCLの低透水係数は、浸出水の地質環境への流入を抑制する。
ベースライナーシステム-一次ライナー(HDPEジオメンブレン)およびGCL	封じ込め	放射性廃棄物と接触する水である浸出水を封じ込める第一層となるライナー。
	遅延	GCLの低透水係数は、一次ライナーを経てベースライナーシステムのサブレイヤーに漏出した浸出水の流れを遅らせる。
ベースライナーシステム-二次ライナー(HDPEジオメンブレン)およびGCL	封じ込め	放射性廃棄物と接触し、最初のライナーから漏出した水である浸出水を閉じ込める2番目の層となるライナー。
	遅延	GCLの低透水係数は、二次ライナーを経てベースライナーの次のサブレイヤーに漏出した水の流れを遅らせる。
ベースライナーシステム-CCL	遅延	CCLの低透水係数は、浸出水が地質環境に流れ込むのを遅らせる。

GCL: Geosynthetic Clay Liner (地質合成粘土層)

CCL: Compacted Clay Liner (圧縮粘土層)

HDPE: High Density Polyethylene (高密度ポリエチレン)

(カナダ・NSDF)安全機能と構成要素の関係(2)

191

システム、構築物及び機器(SSC)	安全機能	選定根拠／正当性
周辺バーム	構造的な安定性	周辺バームの主な役割は、閉鎖後に、1万年に1回の地震に耐えられるようECMに構造的安定性を与えることである。周辺バームは、最終カバー設置前の作業時には、2,500年に1回の地震に耐えるように設計されている。
	封じ込め	周辺バームは、廃棄物と廃棄物に接触する浸出水/水を封じ込めるため、側面の斜面に単層のHDPEメンブレン/GCLの組み合わせでライニングされる。GCLの低透水係数は、ベースライナーシステムのサブレイヤーで浸出水の流れを遅らせる。
	隔離	周辺バームはECMの側壁を形成し、侵入を抑止することで、廃棄物を生活圏から隔離することができる。
ECM最終カバーシステム-ECM最終カバーライナー(HDPEジオメンブレン)およびGCL	封じ込め	最終カバーシステムは、廃棄物セルへの降水量の浸入を防止することで封じ込めを行う。 最終カバーシステムは、閉鎖後に、1万年に1回の地震に耐えられるよう、ECMに構造的安定性を付加する。
	遅延	最終カバーのジオメンブレンから水/降水が漏れた場合、GCLの低透水係数により、廃棄物セルへの水の流れを遅らせる。
	隔離	最終カバー構成要素が一体となって侵入抑止バリアを形成し、廃棄物を生活圏から隔離する。

ECM: Engineered Containment Mound(人工閉じ込めマウンド)

GCL: Geosynthetic Clay Liner(地質合成粘土層)

HDPE: High Density Polyethylene(高密度ポリエチレン)

(英国・Drigg) 安全機能と構成要素の関係

192

安全原則	安全機能	バリア
ソースの隔離	廃棄物への浸透と地下水の流入の低減	キャップ COW(止水壁)
	人の侵入の防止	キャップ
ソースの封じ込め	核種放出の制限	廃棄体 パッケージ キャップ COW(止水壁) セメント系グラウト
残留物漏出の管理	放射性物質の希釈	地圏
	漏出の防止	地圏

(米国・WCSテキサス)安全機能と構成要素の関係

193

基本 概念		安全機能	構成要素(バリア)	WCSでの適用
閉鎖前安全	閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	廃棄体と地下水の接触の防止 廃棄物マトリクスによる漏出抑制	×
		施設外への放射性物質の放出の防止	水の浸入防止 集水・水の漏出防止・水の回収	構造物
			放射性ガス(ラドン)の放出制限	×
		遮蔽	放射線の遮蔽	容器、構造物、覆土
閉鎖後長期	隔離	自然現象の著しい影響からの防護		地質環境
		人(動植物)の接近の抑制		制度的管理 構造物、覆土、地質環境
	閉じ込め	放射性物質の溶出の抑制	マトリクスによる溶出の抑制	×
			廃棄体と地下水の接触の防止	×
			充填材等による溶出の抑制	×
		放射性物質の移行の抑制	放射性物質の溶解の抑制	
			遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境
			放射性物質の移流による移行の抑制	×
			放射性物質の拡散による移行の抑制	×
			コロイド移行の抑制	×
			放射性物質の収着	×
			放射性物質の分散	×
			坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	×
		力学的安定性	容器、充填材、構造物、覆土	容器、充填材、構造物

×:考慮していない
 -:該当しない(概念にない)

(スウェーデン・SFR) 安全機能と構成要素の関係

194

基本 概念		安全機能	構成要素(バリア)	SFRでの適用
閉鎖前安全	閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	廃棄体と地下水の接触の防止 廃棄物マトリクスによる漏出抑制	容器
		施設外への放射性物質の放出の防止	水の浸入防止 集水・水の漏出防止・水の回収	低透水層
			放射性ガス(ラドン)の放出制限	×
		遮蔽	放射線の遮蔽	容器、構造物、覆土
閉鎖後長期	隔離	自然現象の著しい影響からの防護		地質環境
		人(動植物)の接近の抑制		— 地質環境
	閉じ込め	放射性物質の溶出の抑制	マトリクスによる溶出の抑制	×
			廃棄体と地下水の接触の防止	×
			充填材等による溶出の抑制	×
		放射性物質の移行の抑制	放射性物質の溶解の抑制	×
			遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境
			放射性物質の移流による移行の抑制	低透水層 水理コントラスト
			放射性物質の拡散による移行の抑制	×
			コロイド移行の抑制	×
			放射性物質の収着	充填材・緩衝材・地質環境
			放射性物質の分散	×
			坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	止水プラグ・埋め戻し材
		力学的安定性	容器、充填材、構造物、覆土	容器、充填材、構造物、覆土(埋め戻し材)

×: 考慮していない
—: 該当しない(概念にない)

安全原則	バリア	安全機能	安全機能を決定する指標
遅延	廃棄物領域(BHK・BHA) (廃棄体、パッケージ、廃棄体周辺のグラウト)	・ 良好な保持力	・ pH ・ 酸化還元電位 ・ BHAの錯化剤濃度 ・ 利用可能な収着表面積 ・ BHKの腐食速度
	BHAのベントナイトバリア	・ 廃棄物ボルト中の低流量	・ 透水係数
		・ 良好な保持力	・ 拡散係数 ・ 利用可能な収着表面積
	BHKのコンクリートバリア	・ 廃棄物ボルト中の低流量	・ 透水係数
		・ 良好な保持力	・ 低拡散係数 ・ 大きな利用可能な収着表面積 ・ 高pH ・ 低酸化還元電位
	閉鎖材	・ シールでの低流量	・ 透水係数
	岩盤	・ 母岩での低流量	・ 低透水係数・動水勾配

(スウェーデン・SR-Site) 安全機能と構成要素の関係

196

安全原則	安全機能	バリア
封じ込め	放射性物質の放出・拡散防止	キャニスタ
	放射線の遮蔽	キャニスタ
	臨界防止	キャニスタ
遅延	水の流れの防止、制限	緩衝材、埋め戻し材
	コロイド輸送の防止	緩衝材
マルチバリア	他のバリア機能を大きく損なわない	キャニスタ、緩衝材、埋め戻し材、岩盤
	バリア機能の保持	緩衝材、埋め戻し材、岩盤

【フィンランド・SF】 バリアの安全機能

197

安全原則	安全機能	バリア
放射性核種を封じ込める	使用済燃料を長期に渡って閉じ込める。	キャニスタ
キャニスタの保護 放射性核種の遅延、 移行抑制	・キャニスタにとって予測可能で有利な機械的、地球化学的、水分地質学的条件に貢献する。 ・キャニスタの安全機能を損なう恐れのある外部事象からキャニスタを保護する。 ・キャニスタ破損時の放射性物質の放出を制限し、遅延させる。	緩衝材
緩衝材を保持し、母岩の自然な状態を回復 放射性核種の遅延、 移行抑制	・緩衝材とキャニスタの機械的、地球化学的、水文地質学的条件を良好にし、予測可能にする。 ・キャニスタが破損した場合の放射性物質の放出を制限し、遅延させる。 ・処分坑道に隣接する岩盤の力学的安定性に寄与する。	坑道埋め戻し材 プラグ
処分場を地表環境から切り離す(隔離)	・地下開口部によって処分場の長期的な地上環境からの隔離や人間、植物、動物の通常の生息地が損なわれることを防ぐ。 ・地下開口部を通る重要な導水路の形成を防ぐことにより、他の人工バリアにとって好ましい、予測可能な地球化学的、水文地質学的条件に寄与する。 ・処分場への有害物質の流入・流出を制限・遅延させる。	閉鎖後の埋め戻し材

(英国・GDF) 安全機能と構成要素の関係

バリアの構成要素	安全機能	バリアを設定した根拠
廃棄物	核種の溶出抑制	長期的な核種の閉じ込めにおいて、以下の二点を要求している。 - 厚肉容器や高信頼性容器のような、広範な物理的封じ込めを提供する高耐久性、長寿命の人工バリアシステム - 化学的封じ込めにより、ニアフィールドにおける放射性核種の移動性を低減する人工バリアシステム
パッケージ	- 放射性核種の閉じ込めによる核種の崩壊生成 - 溶解度制限	
局所的緩衝材 ／埋め戻し (ベントナイト)	- 収着による核種の移行遅延 - 溶解度制限による核種の遅延 - 低透水 - 低拡散 - 容器の腐食抑制	
局所的緩衝材 ／埋め戻し (NRVB)	- 収着による核種の移行遅延 - 溶解度制限による核種の遅延 - 低拡散($9.5E-10 \sim 9.5E-11 \text{ m}^2/\text{s}$) - 容器の腐食抑制	
岩盤の埋め戻し	- 人間侵入の抑制 - 移流の抑制	

(仏国・Cigeo)安全機能と構成要素の関係(1/2)

199

処分システムの 構成要素	母岩		建設			HLW人工構成要素		ILW-LL人工構成要素			シール材	
	Callovo-Oxfordian	地上-底部連絡構造 (LSF)	区画	区画間の横坑	HLWセル	HLW一次パッケージ	HLW処分容器	ILW-LL処分セル	ILW-LL一次パッケージ	ILW-LL処分容器	LSFシール材	底部シール材
閉鎖後安全機能												
地上で生じる現象及び人間の行為から廃棄物を隔離する	(1)											
水の循環を妨げる												
地上-底部連絡構造が通っている上部地層とCallovo-Oxfordian層からの水の流動を制限する											(22)	
処分場とその上の地層の間の(地上-底部連絡構造を通じた)水の流動を制限する	(2)	(6)									(22)	(23)
処分場内部での水の循環速度を制限する	(2)	(6)	(7)	(12)							(22)	(23)
放射性核種の放出を制限し、それらを処分場内に固定化する												
廃棄物を水から保護する							(19)		(20)			
放射性核種の溶解を制限する	(3)		(7)(8)		(15)	(18)	(19)	(15)	(20)(15)	(21)		
放射性核種の易動性を制限する	(3)(4)				(16)			(13)	(20)			
放射性核種の移動を遅延させ、低減させる												
構造物内の縦方向の放射性核種の流動を遅延作成、低減させる				(13)	(13)(15)			(13)(15)				(24)
Callovo-Oxfordian層内の放射性核種の移動を遅延させ、低減させる	(3)(4)(5)	(6)	(9)(14)	(14)	(9)			(15)				
周囲の地層において自然分散及び稀釈能力を確保する											(22)	
Callovo-Oxfordian層の有利に働く諸特性を確保する												
処分場及びCallovo-Oxfordian層内の温度を現象論的観点から制御された範囲内に維持する			(10)									
処分場周囲の粘土岩の損傷(の範囲)を限定する				(11)(14)	(17)			(17)			(22)	(23)
擾乱を伴わないCallovo-Oxfordian層の十分な厚さを確保する			(11)(14)	(11)(14)	(11)(14)			(11)(14)				

・表内(n)は、次頁に示された閉鎖後安全機能が働く根拠の記載番号である。

No	根拠
(1)	深く、均一な地質学的深度。
(2)	きわめて低い透水性と低い鉛直方向の動水勾配。
(3)	Callovo-Oxfordian層の水の化学的特性。
(4)	保持能力、拡散による移送が支配的であること。
(5)	拡散による移送が支配的であることとそれに関連する厚さ。
(6)	地上-底部連絡構造の固結。
(7)	行き止まり区画。
(8)	他の区画から隔離された発熱性区画の間の距離。
(9)	さまざまな区画の「平面的な」建築構造。
(10)	セルの中心から隣接するセル中心までの距離。
(11)	残存する隙間を制限するための埋め戻し。
(12)	埋め戻しとその長さ。
(13)	長さ。
(14)	Callovo-Oxfordian層内での位置。
(15)	化学環境。
(16)	HLW1/HLW2セルの場合、必要に応じてパッケージ間に設置されるスペーサ。
(17)	残存する隙間の制限。
(18)	ガラス固化。
(19)	物質の厚さ及び性質。
(20)	グループごとに異なるマトリクス。
(21)	限定的な期間にわたって維持されるビチューメン固化廃棄物の地質学的形状。
(22)	膨潤性粘土コアと、他と接続されていない亀裂帯。
(23)	粘土コア及び修復された連結亀裂帯。
(24)	主水平応力に従った地質学的配置。

1F事故廃棄物の処分概念案

本報告で実施した安全評価に関する処分形態及び処分概念の条件設定を補足する資料である。各処分形態(管理型、トレンチ、ピット、中深度及び地層処分)において、参照ケース(既存概念)の人工バリアに対して、バリアの簡素化及び高度化による処分概念案を示す。

1F事故廃棄物の放射能特性に応じた処分概念案

廃棄物種類	具体例	放射能特性	想定処分概念
気体汚染廃棄物	- 瓦礫類 - 伐採木焼却灰 - 建屋内金属・コンクリート	- Cs-137が支配的 - 濃度範囲(低～高)	浅地中処分 中深度処分(一部)
高濃度廃液汚染廃棄物	建屋内金属・コンクリート	- Cs、Sr等燃料中可溶性核種が支配的 α核種を含む - 濃度範囲(低～高)	浅地中処分 中深度処分
高濃度廃液処理廃棄物 (樹脂、吸着材等)	水処理二次廃棄物	- まとめると高濃度廃液組成。 - 処理設備で異なる。 - 濃度範囲(低～高)	浅地中処分 中深度処分
放射化＋ 気体汚染廃棄物	PCV内金属・コンクリート	C、Co、Ni、Nb＋Cs - 濃度範囲(中～高)	浅地中処分 中深度処分
放射化＋ 廃液汚染廃棄物	PCV内金属・コンクリート	C、Co、Ni、Nb＋Sr、Cs、α - 濃度範囲(中～高)	浅地中処分 中深度処分・地層処分
放射化＋ 燃料汚染廃棄物	PCV・RPV内廃棄物	C、Co、Ni、Nb＋燃料中核種 - 濃度範囲(高)	中深度処分 地層処分

特徴	対応
燃料汚染廃棄物を除けばCs、Srの濃度が相対的に高く、濃度範囲が広い。	数100年以上の管理期間と幅広い処分概念
汚染形態によって核種組成が大きく異なる。核種濃度の不確実性が大きい。	種々の処分概念と人工バリアオプションが必要
放射化物を含まない廃棄物の物量が膨大。	核種組成と濃度に応じた処分概念とオプションが必要 ⇒より地表に近い処分形態
物量は少ないが核種組成、濃度、含有物の不確実性が大きい廃棄物の存在	不確実性を吸収するより深い処分概念の適用 ⇒濃度に応じて人工バリアを簡素化



幅広い処分概念と簡素化・高度化の両方のオプションの準備が必要

各廃棄物の処分に必要な安全機能

廃棄物種類	隔離	閉じ込め(容器等)	移行抑制(溶出、移流、収着、その他)* ¹
気体汚染廃棄物	浅地中:数100年管理 (Cs-137を低減)	バリア安定までの 期間 * ²	- 覆土、バリア層による浸透水量の低減(全ての核種) - セメント系材料、粘土系材料、土壌、岩による収着、移行遅延(収着性核種) - GBIまでの核種移行時間の確保(K_d、半減期による) (固化処理による低収着性核種の浸出抑制)
高濃度廃液汚染廃棄物	濃度に応じた制度的管理 浅地中:数100年管理 (Cs-137とSr-90を低減) 中深度10万年隔離	バリア安定までの 期間	
高濃度廃液処理廃棄物(樹脂、吸着材等)	濃度に応じた制度的管理 浅地中:数100年管理 中深度:10万年隔離	バリア安定までの 期間 (発熱期間)	
放射化＋気体汚染廃棄物	濃度に応じた制度的管理 浅地中:数100年管理 中深度:10万年隔離	バリア安定までの 期間 (発熱期間)	- 金属マトリクスによる溶出抑制(全ての核種) - 覆土、バリア層による浸透水量の低減(全ての核種) - セメント系材料、粘土系材料、土壌、岩による収着、移行遅延(収着性核種) - GBIまでの核種移行時間の確保(K_d、半減期による) (固化処理による低収着性核種の浸出抑制)
放射化＋廃液汚染廃棄物	濃度に応じた制度的管理 浅地中:数100年管理 中深度:10万年隔離	バリア安定までの 期間 (発熱期間)	
放射化＋燃料汚染廃棄物	濃度に応じた制度的管理 中深度:10万年隔離 地層処分による隔離	バリア安定までの 期間 発熱期間	

*1: 必要な移行抑制の程度は、核種濃度、 K_d 、半減期等に応じて決まる。

*2: バリア及び環境条件が安定し、期待する機能が発揮できるようになるまでの期間を意味する。

1F事故廃棄物のための処分形態の概念の考え方(その1) 204

1. 1F事故廃棄物の特徴として物量が多く、放射能濃度もクリアランスレベル相当から高レベル放射性廃棄物と同等のレベルまで極めて広範囲にわたるため、処分形態も幅広く考慮する必要がある。
 => 極低レベル放射性廃棄物から高レベル放射性廃棄物の処分概念として検討されてきたトレンチ処分、コンクリートピット処分、中深度処分、地層処分を**参照処分概念**として想定し、それをもとに**拡張**することが合理的。
2. 廃棄物条件、廃棄体条件、サイト条件に関して極めて不確実性が大きいため、従来想定してきた処分概念(参照ケース)では、不確実性を許容することができず、**より深い処分概念、より高度な処分形態(バリア構成等)**を出発点とする必要がある。
3. 不確実性を低減することで、1F事故廃棄物の**本来の特性に適した**深度の処分概念、バリア構成を適用することができる。
4. 一方、不確実性が低減できない場合においても、ある廃棄物について、より深い処分概念を適用する場合には、**不確実性を考慮しても、閉じ込め性能に裕度**が生じるので、人工バリア等を簡素化することができる。
5. 2.、3.及び4. を考慮すると、参照ケースの処分概念を**高度化したケース(2.)と簡素化したケース(3.及び4.)**の両方を考慮する必要がある。
6. 1F事故廃棄物のそれぞれについて、幅広い処分概念の成立性を評価することにより、**合理的な処分概念の選定**とそれに向けた**研究開発の方向性**を示すことができる。

1F事故廃棄物のための処分形態の概念の考え方(その2)₂₀₅

処分形態	簡素化ケース	参照ケース	高度化ケース
一般廃棄物管理型	—	既存概念(一般廃棄物の概念)	多層覆土による浸透水量低減で線量を抑制
地下水面上トレンチ	低濃度大量廃棄物のための最も簡素な形態	既存概念と規制要求(移行抑制)を考慮	参照ケースに底部バリア層を追加して、Cs、Srの閉じ込め、低収着性核種の漏出率低減
地下水面上ピット	—	既存のトレンチ処分の強化 地下水条件によって可能となるピット処分の代替	—
地下水面上下ピット	難透水性覆土による浸透水量抑制に代えて高透水部で内部への浸透水量を抑制	既存概念(浅地中処分サイト)	Cs、Srの閉じ込め、低収着性核種の漏出率低減のために閉じ込め性能を強化した概念
中深度処分	中深度処分で裕度のある廃棄物に対して処分効率の向上と人工バリアを簡素化する概念	既存概念 (中深度処分の規制基準の策定で考慮された概念)	不確実性対策として、中深度処分的人工バリアをさらに高度化して閉じ込め性能を強化した概念
地層処分	既存概念 (TRU等廃棄物の処分概念の一つ、緩衝材なし)	既存概念 (TRU等廃棄物の処分概念の一つ、緩衝材あり)	考慮不要と判断

不確実性低減による深度の低減

不確実性低減による人工バリアの低減

参照ケース: 原則として既存の概念を設定。
 簡素化ケース: 不確実性を低減して、通常(保守的)よりもバリアを簡素化するケース
 高度化ケース: 不確実性を考慮して、より深い処分概念を適用する場合のオプション
 不確実性を考慮して、通常想定される処分概念を適用する際のオプション

1F事故廃棄物のための処分形態の安全機能

各処分形態の参照ケースで考慮している安全機能を整理するとともに、各処分形態の簡素化及び高度化ケースにおいて、参照ケースから簡素化する安全機能をマイナスで、追加する安全機能をプラスで示した。

処分形態	簡素化ケース	参照ケース	高度化ケース
一般廃棄物管理型		数10年～数100年の管理 底部バリア層による移行抑制	参照ケース＋ 多重覆土（浸透抑制） による移行抑制
地下水面上トレンチ	参照ケース － 多層覆土 （浸透抑制）による移行抑制	数10年～数100年の管理 多層覆土（浸透抑制）による移行抑制 充填土壌による移行抑制	参照ケース＋ 底部バリア層 による移行抑制
地下水面上ピット	－	数100年の管理 多層覆土（浸透抑制）による移行抑制 コンクリートピット・セメント系充填材による移行抑制	－
地下水面下ピット	参照ケース － 上部側部低透水層と岩 （浸透抑制）による移行抑制 ＋ 碎石層 による移行抑制	数100年の管理 上部側部低透水層と岩（浸透抑制）による移行抑制 コンクリートピット・セメント系充填材による移行抑制 岩中移行による移行時間の確保	参照ケース＋ 底部低透水層 （浸透抑制）による移行抑制 底部低透水層 による移行抑制
中深度処分	(1) 参照ケースから 低拡散層 を除くケース (2) 参照ケースから 低透水層と低拡散層 を除くケース	数100年の管理と10万年の深度確保による隔離 岩中移行と深度による移行時間の確保 低透水層（浸透抑制）による移行抑制 低拡散層による移行抑制 コンクリートピット・セメント系充填材による移行抑制	参照ケース＋ 周囲高透水層（浸透抑制強化）による移行抑制
地層処分	参照ケース － 緩衝材 による移行抑制	数100年の管理と300 m以上の深度による隔離 緩衝材による移行抑制 コンクリートピット・セメント系充填材による移行抑制	考慮不要と判断

固化又は固型化された廃棄体、放射化金属などは、処分形態によらず移行抑制の機能を有する。

1F事故廃棄物のための処分形態の概念

前ページに示した各処分形態の各ケース(簡素化、参照、高度化)の安全機能を具体化する人工バリアを整理した。

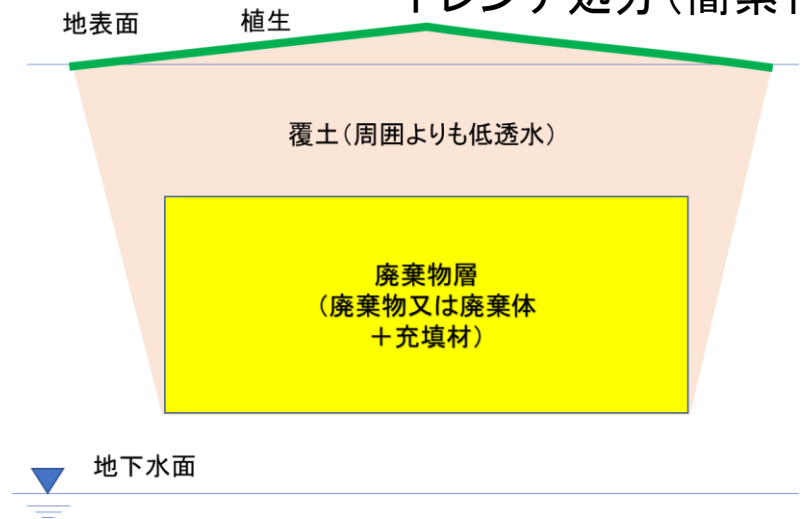
処分形態	簡素化ケース	参照ケース	高度化ケース
一般廃棄物 管理型		通常覆土 浸出液集水システム 底部バリア層	多層覆土(浸透抑制) 浸出液集水システム 底部バリア層
地下水面上ト レンチ	通常覆土 周辺土壌充填	多層覆土(浸透抑制) 周辺土壌充填	多層覆土(浸透抑制) 周辺土壌充填 底部バリア層
地下水面上 ピット	—	低透水層を含む多層覆土(浸透抑制) コンクリートピット セメント系充填材	—
地下水面下 ピット	コンクリートピット セメント系充填材 周囲碎石層	上部側部低透水層 コンクリートピット セメント系充填材	上部側部低透水層 ＋底部低透水層(浸透抑制) コンクリートピット セメント系充填材
中深度処分	(1) 低拡散層なし (2) 低透水層・低拡散層なし	低透水層・低拡散層(浸透抑制) コンクリートピット セメント系充填材	低透水層・低拡散層 ＋周囲高透水層(浸透抑制強化) コンクリートピット セメント系充填材
地層処分	コンクリートピット セメント系充填材	低透水層(緩衝材)(浸透抑制) コンクリートピット セメント系充填材	考慮不要と判断

管理型処分・トレンチ処分の代替案

トレンチ処分(参照)



トレンチ処分(簡素化)



トレンチ処分(高度化)



管理型処分(高度化)

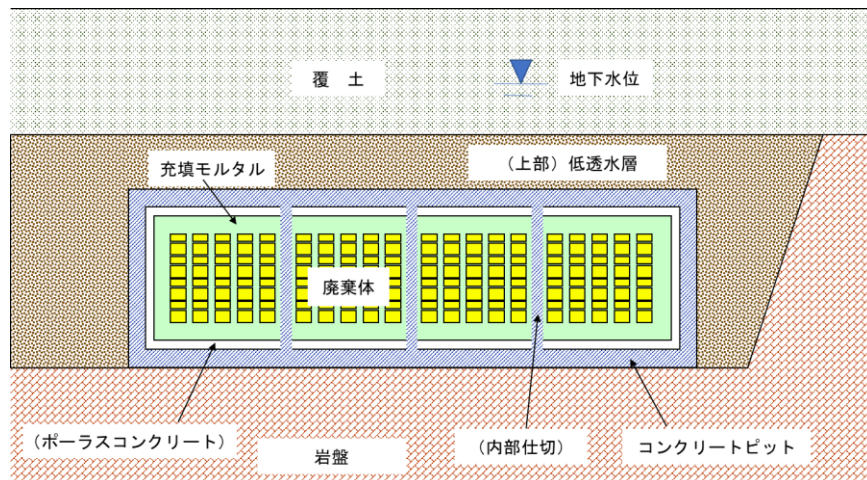


管理型処分
(参照)は覆
土構造をト
レンチ処分(簡
素化)と同じ
としたもの

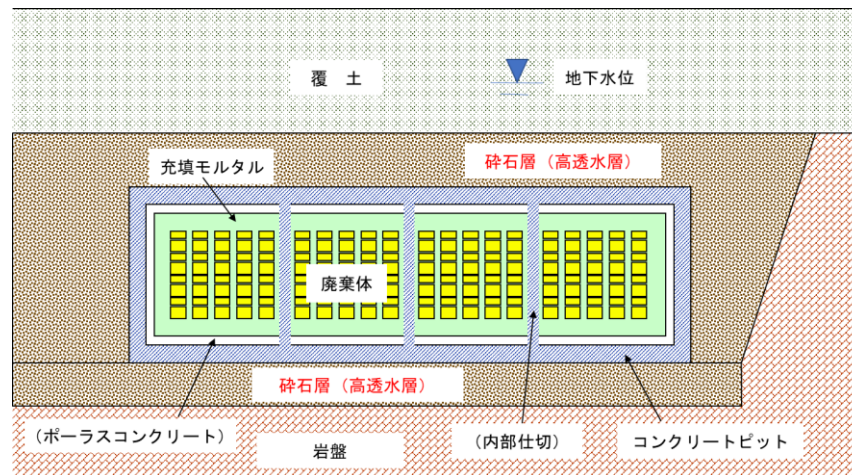
ピット処分の代替案

209

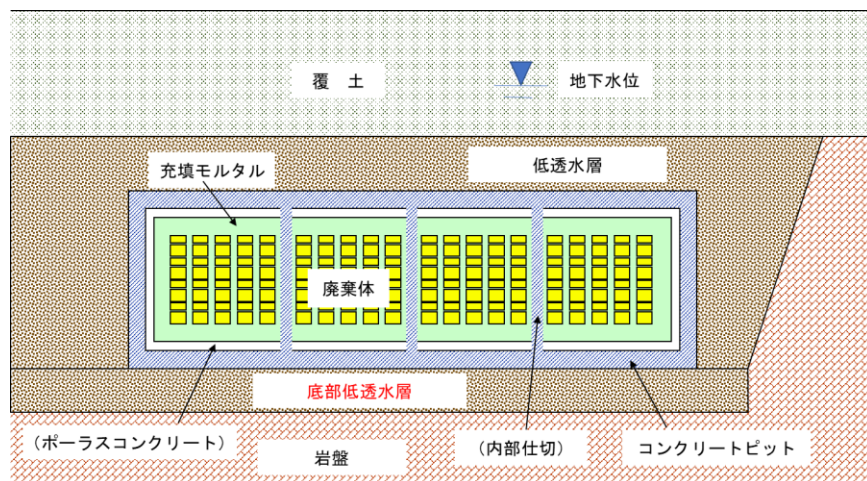
参照



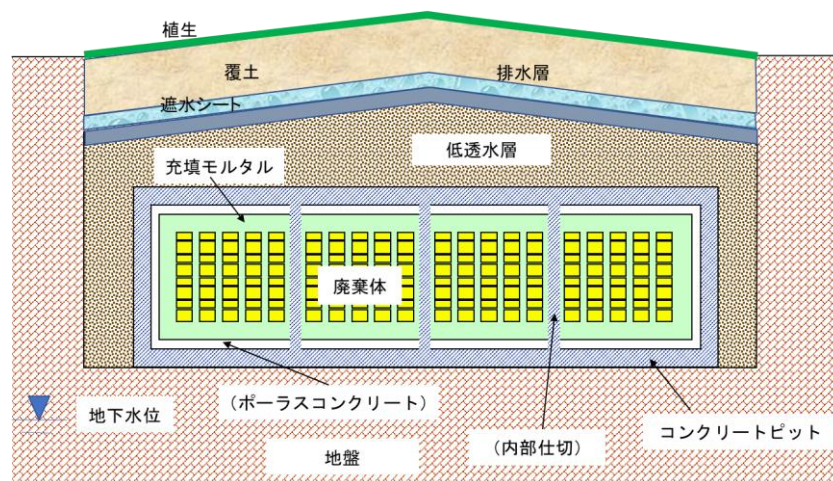
簡素化



高度化



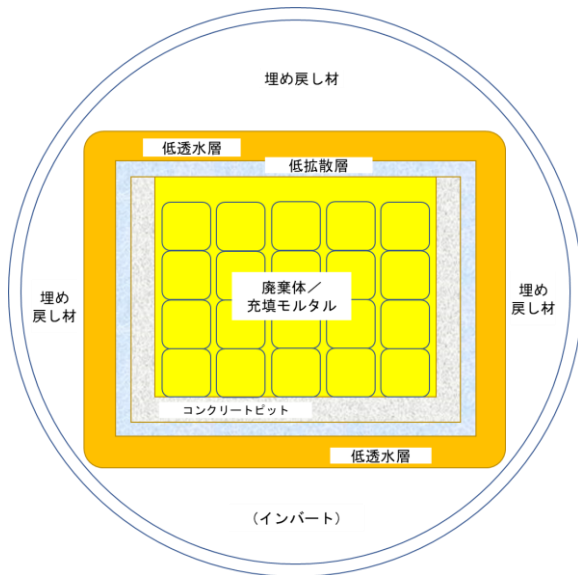
地下水面上



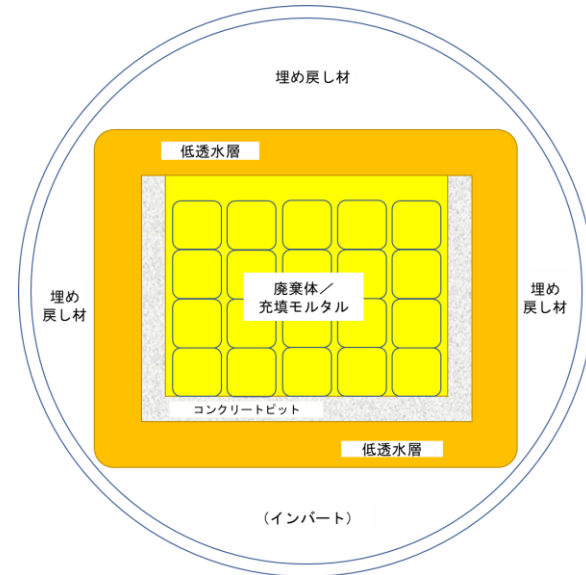
中深度処分の代替案

210

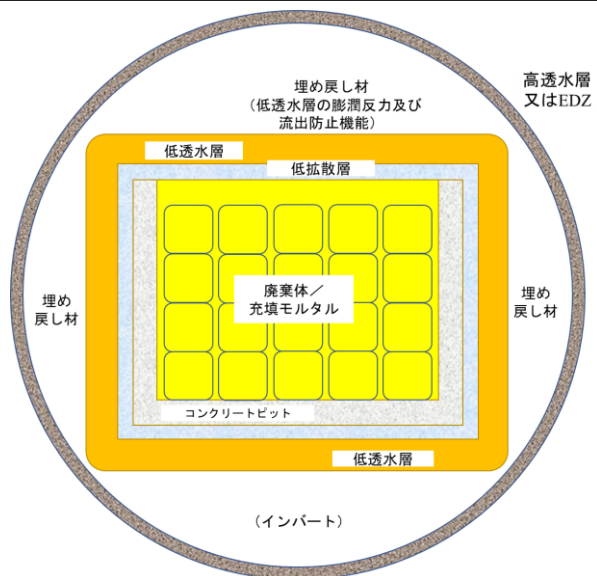
参照



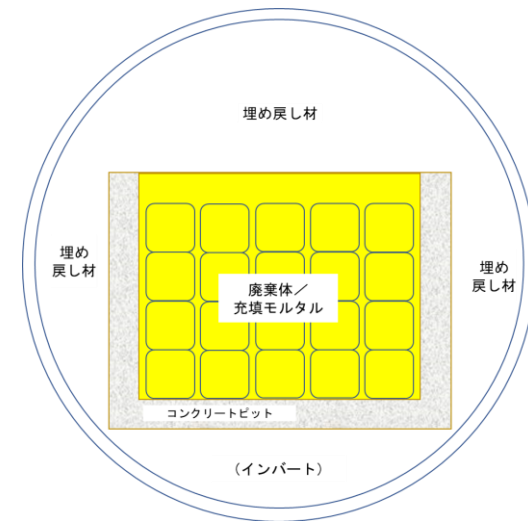
簡素化1



高度化



簡素化2



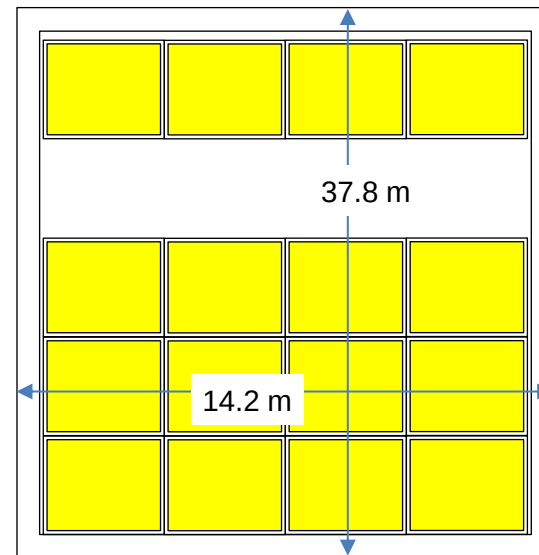
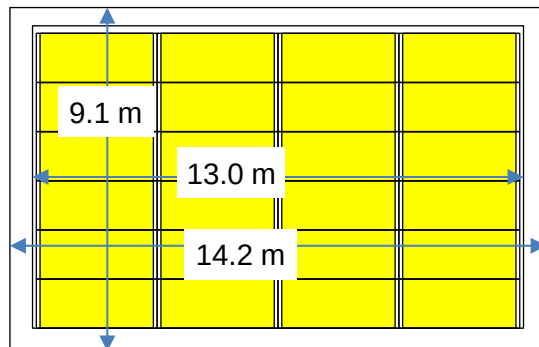
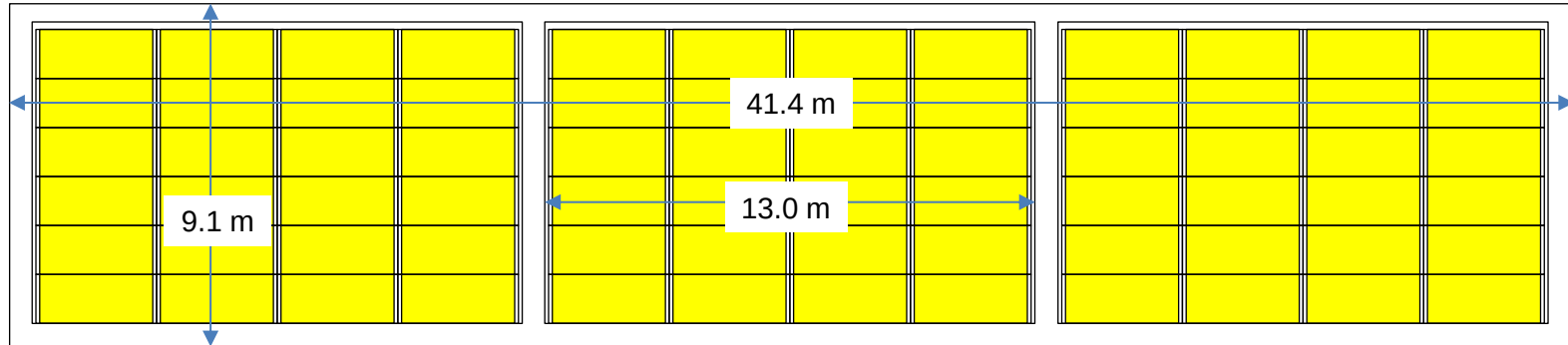
トレンチ処分の埋設地の基本構造



- 対象廃棄物: がれき(金属、コンクリート)を想定
- 廃棄物収納容器は10 ftハーフハイトコンテナ(2.4 mW × 3.0 mL × 1.3 mH、容量約7 m³)をベースに検討
- 定置時の容器間の隙間は、容器周辺にそれぞれ0.1 m(容器間は0.2 m)を考慮する。
- 定置高さは5段積(1.3 m × 5 = 6.5 m)とする。
- 基本区画として10列 × 14行として1区画に700コンテナ(4900 m³の廃棄物)を定置。
- 埋設地の体積は、32 m × 36.4 m × 6.5 m = 7571 m³。外周を含む隙間の体積は1019 m³
- 埋設効率は 65%程度となる。

10ft half-heightコンテナのピット処分例

- コンテナサイズ: 3 mL × 2.4 mW × 1.3 mH



主要な評価パラメータの設定値と根拠

本報告で実施した安全評価で使用した各種パラメータに関して、国内及び諸外国の設定値の比較・まとめ結果を報告する資料であり、安全評価で使用したパラメータの設定根拠を示す。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

- 各国の人工・天然バリアの設定パラメータを調査した。
- 調査対象パラメータ項目は各国の浅地中処分、中深度処分及び地層処分毎にまとめた。
- 収着分配係数については、設定根拠と横並びで各国の設定値の比較を行った。
- 今回の調査パラメータは以下である。

人工バリア

バリア材(セメント、ベントナイト)
人工バリア・EDZ流量
実効拡散係数
分配係数 (C,Cl,Ni,Sr,Nb,Tc,I,Cs,Pu,Am)
SRF

天然バリア

岩種
岩盤の透水係数
地下水流速
移行距離
地下水環境条件
分配係数(C,Cl,Ni,Sr,Nb,Tc,I,Cs,Pu,Am)
SRF
河川・湖沼流量

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

天然バリア・環境条件

浅地中処分	岩種	第四紀堆積物、粘土、片麻岩、砂岩、凝灰岩等
	岩盤の透水係数	$\leq 4.0E-11$ (米国・WCS Texas、粘土)～ $7.5E-5$ m/s(英国・Drigg、第四紀堆積層)
	地下水流速	$2.13E-03$ m/y(米国・WCS Texas) 岩盤: 0.3 m/y; 上部覆土: 10 m/y(日本・JNFL)
	移行距離	$500 \sim 1000$ m(諸外国) $20 \sim 170$ m(日本・JNFL)
	環境条件	中性、酸化雰囲気(pH: $6.5 \sim 8.3$ (日本・JNFL)、還元雰囲気でpH9-11(英国・Drigg)、ECM内ではpHは6～9と予想)
中深度処分	岩種	亀裂性結晶質岩(スウェーデン)、花崗岩系(韓国・月城)
	移行時間	$200 \sim 1000$ 年(諸外国) $2,000$ (10万年以降)～ $25,000$ 年(閉鎖後)(日本)
	環境条件	中性、還元雰囲気(pH: 7.4 ($6.6 \sim 8.3$), Eh: -210 ($-135 \sim -300$) mV(スウェーデン・SFR)、pH: 7.3 ± 1.4 , Eh: -45 ± 69 mV(韓国・月城))
地層処分	岩種	深成岩類、第三紀堆積岩類、結晶質岩、泥岩等種々岩種を考慮
	透水係数	$4.1E-14$ (粘土系)～ $5.3E-7$ m/s(NUMO-SC砂岩)
	地下水流速	$2.2E-7$ (UK花崗岩の下限)～ $5.3E+2$ m/y(日本深成岩類マルチチャンネル上限)
	移行距離	100 m(ニアフィールドのみ)～ $2,360$ m(ニアフィールド+ファーフィールド)
	環境条件	中性及び高アルカリ、還元雰囲気、塩分濃度は $0.1\text{mol/L} \sim 0.001\text{mol/L}$ (フィンランド・SFでは、高アルカリイオン水として、pH: 10.0 を設定)

天然バリア条件については、サイトによる差異が大きく、地下水流速や移行時間も大きく異なる。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

人工バリアの流量	JNFL: 0.01~0.03 m ³ /y/m ³ ((1号)(最可上部)160+(下部)2500~(最厳上部)250+(下部)3600/(埋設設備体積)147000 m ³ 、(2号)40+1700~630+2300/147000 m ³ 、(3号)10+1100~990+2800/124000 m ³) カナダ・NSDF キャップからの浸透量: 0.3 mm/y(建設時)、74 mm/y(キャップの設計寿命期間;550年) 200 mm/y(最大値;閉鎖後650年) 英国・Drigg: 初期…2.4~6.6E-04 m ³ /y/m ³ 、1000年後…0.05~0.13 m ³ /y/m ³
実効拡散係数	1E-12~6E-10 m ² /s (カナダ・NSDF、JNFL)
分配係数	廃棄体、人工バリア構成材、岩盤に対して設定。数値は下表
SRF	有機物影響・塩影響に対してSRFを設定。(日本・JNFL)
河川・湖沼流量	パーチ川: 2E+6 m ³ /y(カナダ・NSDF) 沢流量: 2.4E+5 m ³ /y(日本・JNFL) 湖沼流量: 可能性高1.3E+7 m ³ /y、厳しい8E+6 m ³ /y(日本・JNFL)

サイトによるが浅地中処分では、比較的小規模河川

分配係数 (m ³ /kg)	廃棄体	充填材	岩盤
C	0.004~0.5	0~0.05	0.0001~0.005
Cl	0~0.0021	0~0.001	0
Ni	0.0009~0.14	0.0009~0.1	0.04~0.4
Nb	0.01~10	0.01~10	0.02~0.75
Sr	0.002~0.02	0.02~0.1	0.012~0.1
Tc	0~0.0004	0~6	0~0.0001
I	0~0.0037	0~0.001	0~0.001
Cs	0.002~0.3	0.01~0.1	0.28~1
Pu	0.08~10	0.08~10	0.02~0.55
Am	0.02~10	0.02~10	0.1~1

- Clについては、実廃棄物、実廃液を用いた試験と模擬核種による試験データの差異、化学形態の違いが大きいと推定される。
- Nb、Csについては有機物・塩影響が考えられる。
- Csの分配係数は深い場所に比べて大きめの設定。
- 一部Tcの K_d は還元状態を前提
- Puについては、有機物・塩、地下水組成の影響が考えられる。

- JNFL浅地中処分で用いられている分配係数の設定根拠
- 財団法人 原子力環境整備センター、株式会社東芝、日揮株式会社、株式会社日立製作所、三菱金属株式会社、三菱重工業株式会社(平成2年): 各種バリア材の分配係数について
- 財団法人 原子力環境整備センター、日揮株式会社、三菱重工業株式会社(平成8年): 固体状廃棄物のC-14 分配係数について
- JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012): 「収着データベース (JAEA-SDB) の開発: 土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022

第7表 化学的類似性を考慮した元素のグループ分け

グループ	特徴	元素*1	備考
A	水分子として存在	H	
B	イオン交換、アルカリ金属	Na,K,Rb, Cs	
C	イオン交換、アルカリ土類金属	Ca, Sr ,Ba,Ra	
D-1	中性付近で炭酸錯体、高アルカリ性環境下で酸化物イオン	Y, La, Ce,Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu, Pb	グループ D- 2 と同じ
D-2	二価のイオン、ヒドロキシ錯体	Tl, Mn, Ni , Zn, Cd, Hg, Po	
D-3	二価のイオン、ヒドロキシ錯体、酸化物の陰イオン	Be, Fe, Co	
E	ヒドロキシ錯体	Sc, In, Bi, Zr, Nb , Hf, Sb, V	
F	白金族	Pd, Ru, Rh, Os, Ir, Pt	文献値
G-1	ヒドロキシ錯体、炭酸錯体	U	実験値
G-2	中性付近で炭酸錯体、高アルカリ性環境下でヒドロキシ錯体	Ac, Am , Cm, Bk, Cf, Es	
G-3	ヒドロキシ錯体あるいは炭酸錯体	Th, Pa, Pu	
G-4	酸化物イオン、炭酸錯体、ヒドロキシ錯体	Np	実験値
H	一価の陰イオン	Cl, I	
I	酸化物の陰イオン	Mo, W, Tc , Ta, Re	Mo は実験値
J	塩素と錯体生成	Ag	グループ Bと同じ
K-1	高アルカリ性環境下で二価の陰イオン	Si, S, Se, Sn, Te	文献値
K-2	高アルカリ性環境下で二価の陰イオン	C	

*1: 赤太字の元素は主要な放射性物質を示す。

出典: 日本原燃株式会社、2021 年6 月: 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について

JNFL3号埋設でのセメント系充填材の初期分配係数

第 15 表 廃棄体及び充填材の初期状態の分配係数

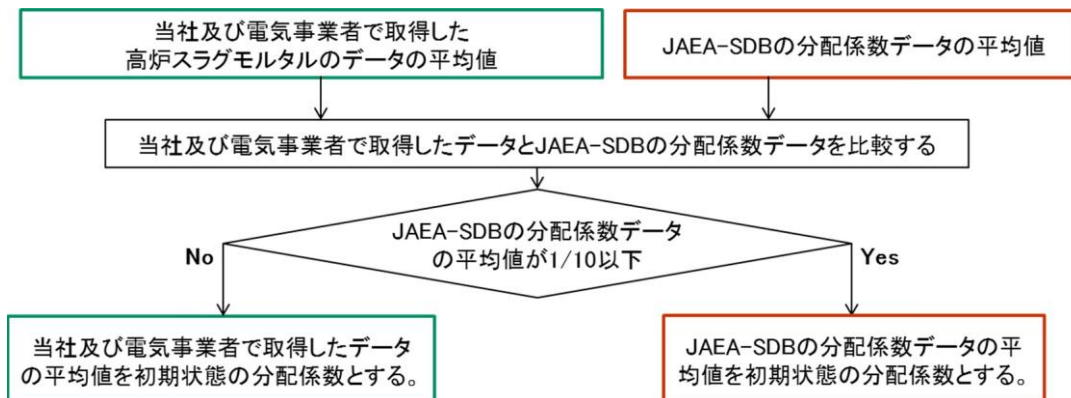
(1 号廃棄物埋設地(均質・均一固化体を除く)、2 号及び 3 号廃棄物埋設地)

元素	JNFL分配係数データ		JAEA-SDB の分配係数データ		廃棄体及び充填材の 初期状態の分配係数 (m³/kg)
	高炉スラグモルタル		セメント		
	N*3	平均値(m³/kg)	N	平均値(m³/kg)	
C*1	37	0.088	—	—	0.05
C*2	15	0.0078	—	—	0.004
Cl	3	0.00057	7	0.013	0.00057
Co	3	2.5	46	1.214	2.5
Ni	20	0.098	302	0.15	0.098
Sr	3	0.022	90	0.0091	0.022
Nb	16	2.744	116	0.867	2.744
Tc	3	0.00022	13	0.00054	0.00022
I	3	0.00016	161	0.0044	0.00016
Cs	15	0.133	140	0.015	0.133
Pu	9	8.860	151	16.969	8.860
Am	2	52	85	2.877	2.877

*1:2 号及び 3 号廃棄物埋設地の C は、ばらつきを考慮し分配係数が小さくなるよう数値を丸め 0.05 m³/kg とする。

*2:1 号廃棄物埋設地の C は、廃棄体を除いた値とする。また、ばらつきを考慮し分配係数が小さくなるよう数値を丸め 0.004 m³/kg とする。

*3: データ数(以下同様)



第 5 図 廃棄体及び充填材の初期状態の分配係数の考え方

(1 号廃棄物埋設地(均質・均一固化体を除く)、2 号及び 3 号廃棄物埋設地)

第31表 塩を用いた分配係数試験結果及び塩による収着影響度(廃棄体(充填固化体)及び充填材)

元素	分配係数試験結果(m ³ /kg)			各塩による収着影響度		塩による収着影響度
	塩なし	3.0% 硫酸塩	0.1% ほう酸塩	3.0% 硫酸塩	0.1% ほう酸塩	
C	0.0078	0.01	—	1	—	1
Cl	0.00198	—	—	—	—	0.1
Co	4.96	0.771	3.669	0.16	0.74	
Ni	3.754	1.338	1.296	0.36	0.35	
	0.076	0.1	—	1	—	
Sr	0.027	0.039	0.02	1	0.74	
Nb	2.869	0.656	0.664	0.23	0.23	
Tc	0.00031	—	—	—	—	
I	0.00037	—	—	—	—	
Cs	0.115	0.036	0.06	0.31	0.52	1
Pu	58	53	48	0.91	0.83	
Am	52	61	56	1	1	

PuとAm以外については、緑枠の中で収着影響度の数値が最も小さい値を丸めた値を収着影響度とした

第44表 2号及び3号廃棄物埋設地の有機物による収着影響度(セメント系材料)

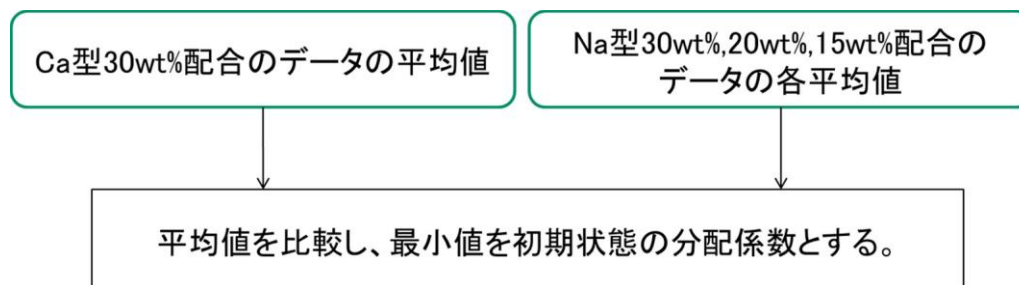
元素	各有機物による収着影響度				有機物による収着影響度	
	フタル酸	DAT	ISA			
	共通	共通	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定
Cs	1	1	1	1	1	1
Ni	1	1×10^{-1}	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}
Nb	1	1	1	5×10^{-2}	1	5×10^{-2}
Pu	1	1	5×10^{-2}	1×10^{-2}	5×10^{-2}	1×10^{-2}

(出典: 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価)線量評価パラメータ-分配係数-, 2021年6月、日本原燃株式会社)

第20表 難透水性覆土の初期状態の分配係数

元素	Na 型						Ca 型		難透水性覆土の 初期状態の分配 係数 (m³/kg)
	15wt%配合		20wt%配合		30wt%配合		30wt%配合		
	N	平均値 (m³/kg)	N	平均値 (m³/kg)	N	平均値 (m³/kg)	N	平均値 (m³/kg)	
C*1	3	0.0012	—	—	—	—	—	—	0
Cl	3	0.00021	—	—	3	0	5	0	0
Co	2	0.051	2	0.04	—	—	5	2.543	0.04
Ni	2	0.056	2	0.04	3	0.799	5	1.802	0.799
Sr	2	0.251	2	0.192	—	—	5	0.389	0.192
Nb	—	—	—	—	3	0.547	5	0.542	0.542
Tc	2	0	2	0	—	—	5	0.00025	0
I	2	0	2	0	—	—	5	0.00049	0
Cs	5	0.482	2	0.147	3	1.343	5	1.721	1.343
Pu	2	1.149	—	—	—	—	8	0.03	0.03
Am	—	—	—	—	3	6.479	5	8.29	6.479

*1:C は難透水性覆土による収着を見込まない。



第9図 難透水性覆土の初期状態の分配係数の考え方

(出典: 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価) 線量評価パラメータ-分配係数-, 2021 年6 月、日本原燃株式会社)

第33表 塩を用いた分配係数試験結果及び塩による収着影響度(難透水性覆土)

元素	分配係数試験結果(m ³ /kg)		硫酸塩による収着影響度	塩による収着影響度
	健全試料	0.5M(7%) Na ₂ SO ₄		
C	—	—	—	0.07
Cl	—	—	—	
Co	—	—	—	
Ni	1.803	0.133	0.074	
Sr	—	—	—	
Nb	0.539	0.046	0.085	
Tc	—	—	—	
I	—	—	—	
Cs	1.696	0.127	0.075	
Pu	—	—	—	
Am	8.289	1.766	0.21	

注：—はデータを取得していないもの

第48表 2号及び3号廃棄物埋設地の有機物による収着影響度(難透水性覆土)

元素	各有機物による収着影響度				有機物による収着影響度	
	フタル酸	DAT	ISA			
	共通	共通	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定	最も可能性が 高い設定	最も厳しい 設定
Cs	1	1	—	—	1	1
Ni	1	1×10^{-1}	1	3.3×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{-1}
Nb	1	1	1	2×10^{-1}	1	2×10^{-1}
Pu	1	1	1	1	1	1
Am	—	—	1	3.3×10^{-1}	1	3.3×10^{-1}

(出典:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価)線量評価パラメータ-分配係数-, 2021 年6 月、日本原燃株式会社)

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)
パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

廃棄体の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNFL (1号/2号/3号)	英国・Drigg	米国・WCS	カナダ・NSDF (Select Waste/ Combined Waste*)
C	0.004~0.5/0.05/0.05	0	不明	0.005/0.017
Cl	0/0.0005/—	0.001	不明	0/0.0021
Ni	0.0009~0.02/0.009/0.009	不明	不明	0.14/0.205
Nb	0.01~10/2/2	10	不明	0.17/0.43
Sr	0.002~0.02/0.02/0.02	不明	不明	0.013/0.018
Tc	0~0.0003/0.0002/0.0002	6	不明	4.0E-05/4.0E-04
I	0~0.001/0.0001/0.0001	0.001	不明	0.001/0.0037
Cs	0.002~0.01/0.1/0.1	0.015	不明	0.28/0.18
Pu	0.08~10/0.4/0.4	10	不明	0.4/0.6
Am	0.02~10/0.1/0.1	不明	不明	1/0.95
	*JNFLの廃棄体の収着分配係数のうち、均質・均一固化体については実固化体を用いた試験、化学形態が同定されていないC-14の充填材の収着分配係数は、実廃液を用いた試験、その他の充填固化体は充填材と模擬核種を用いた試験、試験データが得られない核種は、JAEA-SDBをもとに設定し、その値に、塩影響、有機物影響を考慮して設定されている。試験条件で塩影響、有機物影響を含むものは、試験データで設定。			*カナダ・NSDFでは、個々の廃棄物材料(砂、粘土、有機物、セメント材料、金属およびプラスチック($K_d=0$ と仮定))に対する文献データを列挙し、Select Wasteに対しては砂の値を、Combined Wasteに対しては施設に含まれる各材料の重量を考慮して個々の K_d の加重平均として算出している。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

充填材の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNFL (1号／2号／3号)	英国・Drigg*	米国・WCS	カナダ・NSDF
C	0.004～0.05／0.05／0.05	0	不明	不明
Cl	0／－／－	0.001	不明	不明
Ni	0.0009／0.009／0.009	0.1	不明	不明
Nb	0.01～0.2／2／2	10	不明	不明
Sr	0.002／0.02／0.02	0.1	不明	不明
Tc	0／0.0002／0.0002	6	不明	不明
I	0／0.0001／0.0001	0.001	不明	不明
Cs	0.01／0.1／0.1	0.015	不明	不明
Pu	0.08～8／0.4／0.4	10	不明	不明
Am	0.02～2／0.1／0.1	10	不明	不明
	化学形態が同定されていないC-14の充填材の収着分配係数は、実廃液を用いた試験、その他の充填固化体は充填材と模擬核種を用いた試験、試験データが得られない核種は、JAEA-SDBをもとに設定し、その値に、塩影響、有機物影響を考慮して設定されている。	*セメント系グラウト		

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

岩盤の収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNFL (1号/2号/3号)	英国・Drigg	米国・WCS	カナダ・NSDF
C	0.0001/0.0001/0.0001	0	不明	0.005
Cl	0/-/-	0	不明	0
Ni	0.1/0.1/0.1	0.04	不明	0.4
Nb	0.02/0.02/0.02	-	不明	0.75
Sr	0.2/0.2/0.1	1.2E-2	不明	1.3E-02
Tc	0/0/0	1.0E-04	不明	1.0E-04
I	0/0/0	0.0011	不明	0.001
Cs	1/1/0.9	0.3	不明	0.28
Pu	0.02/0.02/0.02	0.1	不明	0.55
Am	1/1/0.1	1.4E-1	不明	1.9E+00
	上部覆土及び岩については塩影響、有機物影響を考慮しない。 (砂岩、凝灰岩)	母岩:氷河堆積物、融氷流水堆積物、湖成堆積物から成る第四紀堆積物で構成	母岩:三畳紀赤色粘土が主、一部砂岩層を含む	カナダ・NSDFでは、地下水が主に流れるの表土層(中砂(Middle Sand))であり、 K_d は文献データ中の飽和帯に相当するものを使用。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(浅地中処分)

●英国 Drigg

➤ 分配係数

・廃棄体および充填材…過去の安全評価にて使用したデータのレビュー、収着研究の実験レビューに基づいて設定。ウランとテクネチウムのみ、専門家への意見聴取会にて決定した値を採用している。

・岩盤…漂積物の分配係数と同じ値を設定。漂積物のデータがない核種は、化学アナログが保守的に0を設定。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)
パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

人工バリアの流量	1.0E-3(スウェーデン・SFR、サイロ)～2.0E+2 m ³ /y(スウェーデン・SFR、ボルト)
実効拡散係数	3.2E-14(スウェーデン・SFR岩石マトリクス)～2.0E-9 m ² /s(スウェーデン・SF-SEL廃棄物中)
分配係数	セメント系材料、ベントナイト、岩盤に対して設定。数値は下表
SRF	BHAにおけるセメント・ベントナイトに対してSRFを設定。(スウェーデン・SE-SFL)
河川・湖沼流量	沢流量: 5.0E+5 m ³ /y(日本・JNFL) 河川流量: 1.0E+7 m ³ /y(日本・JNFL)

分配係数(m ³ /kg)	セメント系材料	ベントナイト	岩盤
C	0～5	0～9E-5	0～0.0019
Cl	0～0.001	0	0～0.0001
Ni	0.03～0.2	0.05～0.3	0.00203～0.05
Nb	0～50	0.1～3	0.02～50
Sr	0.01～0.1	0.001～0.005	6.4E-6～0.5
Tc	0～3	0～63	0～1
I	0～0.0013	0	0～0.0001
Cs	0.001～0.02	0.05～0.11	0.00065～0.05
Pu	0.013～30	0.02～63	1.5E-5 ～5
Am	10	1～61	0.015～5

- Cのセメント系材料の収着分配係数は化学形態による差が大きく、実測または化学形態の同定が重要。
- Nbは各バリアで差が大きく、実験の難しさと保守性が原因と考えられる。
- Tcは酸化還元状態の想定によって大きく異なる。
- Csの収着分配係数は浅地中処分に比べて小さい
- Puは化学環境、炭酸濃度、有機物等の影響があるので、差異が大きい。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

セメント系材料の収着分配係数の各国比較(m³/kg)

元素	日本・JNES (影響物無／影響物有)	スウェーデン・SFR (劣化状態Ⅰ～Ⅲに応じて設定)	スウェーデン・SE-SFL (酸化状態)	韓国・月城 (劣化前／劣化後)
C	0.00025／0	Carbonate species: 2～5 CH ₄ , organic acids: 0	C-ind* StateⅠ,Ⅱ,Ⅲa,Ⅲb: 0 C-inorg: SatteⅠ: 2, StateⅡ: 5, StateⅢa: 2, StateⅢb: 0.7	0.05／0.00144
Cl	0／0	Cl(-Ⅰ): 0.001	StateⅠ,Ⅱ,Ⅲa,Ⅲb: 0.001	不明
Ni	1.25E-02, 1.25E-02	Ni(Ⅱ): 3.0E-02～2.0E-01	0.03～0.2	0.5(0.16)
Nb	0／0	Nb(V): 50	StateⅠ,Ⅱ,Ⅲa: 50 StateⅢb: 5	0.05／1.23
Sr	1.3E-03, 1.3E-03	Sr(Ⅱ): 1.0E-02～1.0E-01	0.01～0.1	0.005(0.0188)
Tc	2.5／0	Tc(Ⅳ): 3 Tc(Ⅶ): 0.001	StateⅠ,Ⅱ,Ⅲa,Ⅲb: 3	0／0
I	0.0013／0	I(-Ⅰ): 0.001	StateⅠ,Ⅱ,Ⅲa,Ⅲb: 0.001	0.001／0
Cs	0.0025／0.0025	Cs(Ⅰ): 0.001	StateⅠ: 0.001, StateⅡ: 0.002, StateⅢa: 0.02, StateⅢb: 0.02	0.005／0.0189
Pu	0.25／0.013	Pu(Ⅲ): 10 / Pu(Ⅳ): 5～30 Pu(V): 0.1 / Pu(Ⅵ): 2～30	StateⅠ: 5, StateⅡ,Ⅲa,Ⅲb: 30	1／13.9
Am	2.5E-01, 1.3E-02	Am(Ⅲ): 1.0E+01	10	不明
	塩類・有機物等の影響物質の有無で設定		*C-ind: BHKでの放射化 *スウェーデン・SE-SFLでは、セメント溶出によるpHの変化を考慮し、StateⅠ～StateⅢbでのK _d 値を設定。 (StateⅠ: Naと水酸化カリウムの溶解、pH>12.5; StateⅡ: ポルトランドタイトの溶解、pH≈12.5; StateⅢa: ケイ酸カルシウム水和物(CSH)の非調和溶解、pH≈12; StateⅢb: CSH相の非調和溶解、カルシウムアルミネートなし、pH≈10.5)	

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

ベントナイトの収着分配係数の各国比較(m^3/kg)

元素	日本・JNES	スウェーデン・SFR	スウェーデン・SE-SFL	韓国・月城
C	0	Carbonate species: $9.0\text{E-}05$ CH_4 , organic acids: 0	0	考慮していない
Cl	0	Cl(-I): 0	0	考慮していない
Ni	0.05	Ni(II): 0.30	0.3	考慮していない
Nb	0.1	Nb(V): 3	3	考慮していない
Sr	$1.0\text{E-}03$	Sr(II): 0.005	0.005	考慮していない
Tc	1	Tc(IV): 63 Tc(VII): 0	63	考慮していない
I	0	I(-I): 0	0	考慮していない
Cs	0.05	Cs(I): 0.11	0.11	考慮していない
Pu	5	Pu(III): 61 / Pu(IV): 63 Pu(V): 0.02 / Pu(VI): 3	61	考慮していない
Am	1	Am(III): 61	61	考慮していない
設定 条件	TRU 第2次取りまとめでの値	pH > 9~12 Eh = -600~-400mV T = 25~80°C 有機物 < 6 (mol/L) (SKBLレポートのMX-80の設定値 より)	pH > 9~12 Eh = -600~-400mV T = 25~80°C 有機物 < 6 (mol/L) (SKBLレポートのMX-80の設 定値より)	

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

岩盤の収着分配係数の各国比較(m³/kg)

元素	日本・JNES	スウェーデン・SFR	スウェーデン・SE-SFL	韓国・月城
C	0.0001	0	0	0.00191
Cl	0.0001	Cl(-I):0	0	不明
Ni	0.05	Ni(II):7.4E-04	2.07E-03	0.03
Nb	0.1	Nb(V):0.02	0.02	0.343
Sr	5.0E-01	Sr(II):1.5E-05~1.6E-03	6.4E-06	0.00516
Tc	1	Tc(IV):0.053 Tc(VII):0	0.099	0.327
I	0.0001	I(-I):0	0	0
Cs	0.05	Cs(I):0.00088~0.0077	0.00065	0.0162
Pu	1	Pu(III / IV) ・pH <10: 0.015 ・pH >10: 1.5E-05	0.028	1.18
Am	5	Am(III):1.5E-02	1.5E-02	不明
設定 条件	TRU第2次取りまとめでのグループ1、2、4の値 (花崗岩)	母岩:花崗岩、花崗閃緑岩 地下水条件:処分場が海中、地上、 氷河期の場合に応じて設定	室内実験及び現位置でのトレーサ試験から得られたものを使用。データがない場合には、アナログ元素の値を用いている。化学条件はSR-Siteと同じとされており、フォルスマルクの処分場深度(～500m)の嫌気性地下水(塩分濃度5,190 mg/l、重炭酸塩濃度22mg/l、pH 8)としている。	母岩:白亜紀の堆積岩、第三紀深成岩及び貫入岩で構成

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

●スウェーデン SFR

➤ 分配係数

いずれのパラメータも文献値が記載されているが、元の文献名についても記載されている。これらは過去の安全性評価に用いられたパラメータに加えて、最新の知見を反映するために収集した文献値を基に、専門チームによる議論、不確実性の取り扱いを考慮して、安全性評価に適用するパラメータを設定している。パラメータ及び決定方法の詳細については、下記の出典参照。

出典

SKB, Data report for the safety assessment SR-PSU, Svensk Kärnbränslehantering AB, 2015, Technical Report TR-14-10, 175p.

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理) パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

●スウェーデン SFR

➤ 収着分配係数(セメント系材料)の設定根拠

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ ¹⁾ (SFR)	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ ^{1) 2)} (他サイト)	設定理由
C	Carbonate species: 2~5 CH ₄ , organic acids: 0	0.00025/0(日本・JNES) 0.05/0.00144(韓国・月城)	Carbonate species ・SFRで使用されたコンクリートから計算して設定、無機の炭酸塩を考慮、収着は水和セメントペースト(CSH)、同位体交換は方解石を考慮している。
Nb	Nb(V): 50	0/0(日本・JNES) 0.05/1.23(韓国・月城)	・文献値(Wang <i>et al.</i> , ONDRAF/NIRAS(2009))を採用しており、実験データを基に、化学的に類似しているSnとの相関から設定している。 ・状態Ⅲbのみ、値が低下する傾向あり(SKB、TR-14-10)。
Pu	Pu(III): 10 Pu(IV): 5~30 Pu(V): 0.1 Pu(VI): 2~30	0.25/0.013(日本・JNES) 1/13.9(韓国・月城)	・十分なデータが無いため、それぞれ以下の核種の K_d を適用した。 Pu(Ⅲ)⇒Am(Ⅲ)、Pu(Ⅳ)⇒Th(Ⅳ)、Pu(Ⅴ)⇒Np(Ⅴ)、Pu(Ⅵ)⇒U(Ⅵ) ・Pu(Ⅳ)の状態Ⅰのみ、文献値(Wang <i>et al.</i> , ONDRAF/NIRAS(2009))を適用しているため、Th(Ⅳ)の値とは異なる。
注1)各サイトの詳細はp16-25に記載している。 注2)SE-SFLはSFRとほぼ同じ値のため、ここでの記載は省略した。			

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理) パラメータ設定の考え方と具体的な設定(中深度処分)

●スウェーデン SFR

➤ 収着分配係数(ベントナイト)の設定根拠

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ ¹⁾ (SFR)	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ ^{1) 2)} (他サイト)	設定理由
Tc	Tc(IV): 63 Tc(VII): 0	1(日本・JNES) 不明(韓国・月城)	・Tc(IV): 文献値を採用(SK B TR-04-18) ・コンクリートによって地下水が高pHとなることにより、主として4価で存在。
注1)各サイトの詳細はp16-25に記載している。 注2)SE-SFLはSFRとほぼ同じ値のため、ここでの記載は省略した。			

➤ 収着分配係数(岩盤)の設定根拠

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ ¹⁾ (SFR)	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ ^{1) 2)} (他サイト)	設定理由
Pu	Pu(III / IV) ・pH < 10: 0.015 ・pH > 10: 1.5E-05	1(日本・JNES) 1.18(韓国・月城)	・Pu(III / IV): 文献値(SK B R-13-38)を採用 ・加水分解によるPu(OH)₄の形成によって、特にpH > 10ではK_dが減少する。 ただし、減少の程度が不明のため、保守的に3桁減少させている。
注1)各サイトの詳細はp16-25に記載している。 注2)SE-SFLはSFRとほぼ同じ値のため、ここでの記載は省略した。			

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

EDZの流量	日本: $6E-2 \sim 8E-1 \text{ m}^3/\text{y}$ (HLW1本)、 $3 \sim 800 \text{ m}^3/\text{y}$ (TRU坑道グループ単位) フィンランド・SF: $2.7E-4 \text{ m}^3/\text{y}$ (トンネルのEDZ内)、スウェーデン・SR-Site: $5.3E-4 \sim 9.9E-4 \text{ m}^3/\text{y}$ (処分孔1本)、フランス・Cigeo: $4 \text{ m}^3/\text{y}$ (処分場全体)
実効拡散係数	緩衝材/ベントナイト: $1.3E-12 \sim 5E-8 \text{ m}^2/\text{s}$ 、埋め戻し材: $7.4E-12 \sim 9.5E-10 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 母岩: $1E-13 \sim 2.5E-10 \text{ m}^2/\text{s}$
分配係数	充填材、緩衝材、岩盤に対して設定。数値は下表
SRF	日本・NUMO-SCのTRU Gr3、英国・GDFのNRVB(Nirex Reference Vault Backfill)_セルロース付着割合($0.1 \sim 10\%$)に対してSRFを設定。
河川流量	$3.2E+4$ (Finland湖沼) $\sim 1E+9$ (NUMO-SC) m^3/y

分配係数(m^3/kg)	充填材(TRUを対象)	緩衝材	岩盤
C	0 ~ 0.2	0	0 ~ 0.0071
Cl	0 ~ 0.0001	0	0 ~ $1.0E-05$
Ni	0.001 ~ 0.009	0.3 ~ 3	$5E-4 \sim 9.9$
Se	0.00022 ~ 0.01	0 ~ 0.04	0 ~ 0.1
Sr	0.001 ~ 0.009	0.0015 ~ 0.018	$1.5E-6 \sim 0.07$
Nb	0.001 ~ 0.02	0.2 ~ 5.4	0 ~ 6
Tc	$2E-05 \sim 1$	0 ~ 63	0 ~ 50
I	0.0001 ~ 0.00056	0	0 ~ $8.0E-06$
Cs	0.0002 ~ 0.0013	0.04 ~ 0.093	0.00035 ~ 1
Pu	0.2 ~ 7	0.02 ~ 100	0.15 ~ 250
Am	0.1 ~ 0.2	0.8 ~ 140	0.0148 ~ 250

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

母岩の収着分配係数の各国比較(m³/kg)

元素	日本・NUMO-SC	フィンランド・SF	スウェーデン・SR-Site	フランス・Cigéo	英国・GDF
C	0	-	0	0	①3.0E-04 ②0.001
Cl	0	0	0	0	①0 ②0
Ni	①1E-01 ②③低Cl ⁻ :3E+0、高Cl ⁻ :5E-1 ※1	5.5E-03、3.0E-01,5.9E+00 6.5E-1,9.9E+00	1.10E-03	不明	①0.2 ②0.9
Se	①1E-03 ②③低Cl ⁻ :4E-02、高Cl ⁻ :5E-02	-	2.95E-04	0	①0 ②0
Sr	①8E-03 ②③低Cl ⁻ :2E-01、高Cl ⁻ :7E-02 ※2	3.0E-05,1.5E-06、1.6E-02 3.4E-03、2.0E-03	3.42E-06	不明	①3.0E-04 ②0.001
Nb	①4E-01、②③6E+00	4.2E-01、4.2E-01、1.9E+00 4.5E+00、4.5E+00	1.98E-02	不明	①1.1 ②4
Tc	①8E+00 ②③低Cl ⁻ :1E-02、高Cl ⁻ :0E+00	①4.0E-01 ②2.0E+01	5.29E-2(Ⅳ) 0(Ⅶ)	不明	①14 ②50
I	0	0	0	0	①8.0E-06 ②0
Cs	①4E-02 ②③低Cl ⁻ :1、高Cl ⁻ :0.1 ※2	①7.0E-02 ②1.0E-03	3.49E-04	不明	①0.14 ②0.5
Pu	①3E-01 ②③低Cl ⁻ :3E+01、高Cl ⁻ :5E+00	①1.4E-01 ②2.3E+02	1.48E-2(Ⅲ) 5.29E-2(Ⅳ) 9.14E-3(Ⅴ,Ⅵ)	不明	①5.5 ②20
Am	①1E+00 ②③低Cl ⁻ :2E+02、高Cl ⁻ :2E+01	1.5E-01、1.4E-01,3.0E+00 2.5E+02、2.3E+02	1.48E-02	不明	①2.7 ②10
設定条件	①深成岩類 ②新第三紀堆積岩類 ③先新第三紀堆積岩類 ※1 硝酸塩影響:TRUのGr.3:上記の1/10000 ※2 硝酸塩影響:TRUのGr.3(処分後1,000年まで):上記の1/1000、(処分後1,000年以降):上記の1/100	①片麻岩、花崗岩、雲母系含有物を含む片麻岩、ペグマタイト花崗岩 ②粘土 高アルカリイオン水条件 pH:8.1 Eh:-267(mV) 塩濃度:0.871(mol/L)	母岩:花崗岩および花崗閃緑岩 地下水条件:塩濃度約0.19M、pH約7.6、炭酸濃度約3.5E-4M	珪藻土 保守的に0	①花崗岩 ②粘土 pH=8±1 還元雰囲気 T<40°C 有機物=<1.5(mol/dm ³) 記載値は分布の中央値

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

緩衝材(ベントナイト)の収着分配係数の各国比較(m³/kg)

元素	日本・NUMO-SC	フィンランド・SF	スウェーデン・SR-Site	フランス・Cigéo	英国・GDF
C	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0
Ni	3E+00	3.4E-01 (汽水) 3.1E+00(高アルカリイオン水)	0.30	不明	0.3
Se	4E-04	0	0(Ⅱ,Ⅵ), 0.04(Ⅳ)	0	0(Ⅱ), 0.04(Ⅳ)
Sr	②高Cl-③高Cl-:6E-03, 左記 以外:2E-03	1.5 E-3(汽水) 1.8E-02(高アルカリイオン水)	-	不明	0.0045
Nb	2E-01	5.4(汽水) 1.8E+00(高アルカリイオン水)	3	不明	3
Tc	5	2.1	63(Ⅳ),0(Ⅶ)	不明	0(Ⅶ), 63(Ⅳ)
I	0	0	0	0	0
Cs	②高Cl-③高Cl-:4E-02, 上記以外:6E-02	0.28	-	不明	0.093
Pu	1E+01	23	100(Ⅲ),63(Ⅳ), 0.02(Ⅴ),3(Ⅵ)	不明	100(Ⅲ), 63(Ⅳ), 0.02(Ⅴ), 3(Ⅵ)
Am	8E-01	3.2E+1(汽水) 1.4E+02(高アルカリイオン水)	61	不明	61
設定条件	①深成岩類 ②新第三紀堆積岩類 ③先新第三紀堆積岩類	高アルカリイオン水条件 pH:10 Eh:-407(mV) T:25℃ 塩濃度:0.182(mol/L)	pH > 9~12 Eh= -600~-400 mV T = 25~80 ℃ 有機物< 6 (mol/L) 記載値は分布の中央値 (SKBレポートのMX-80の設 定値より)	保守的に0	pH > 9~12 Eh= -600~-400 mV T = 25~80 ℃ 有機物< 6 (mol/L) 記載値は分布の中央値 (SKBレポートのMX-80 の設定値より)

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

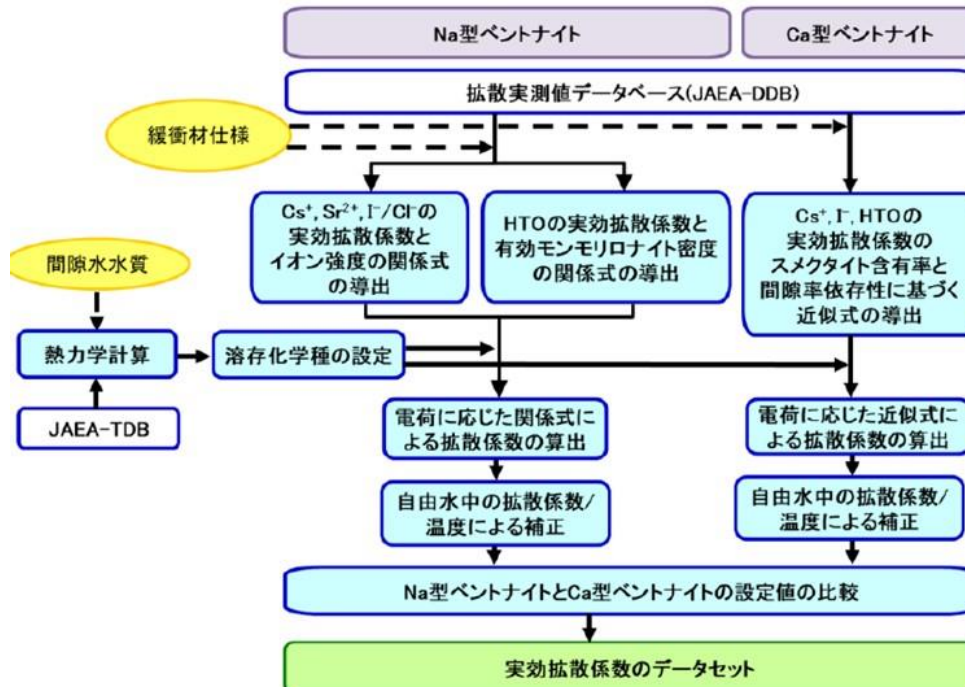
パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

● NUMO-SC

➤ EDZの流量

EDZと健岩部の透水性(前者は後者の100倍)、人工バリアの透水性、および母岩の動水勾配から、円筒座標系での二次元の理論解を用いた定常の水理解析により設定している。

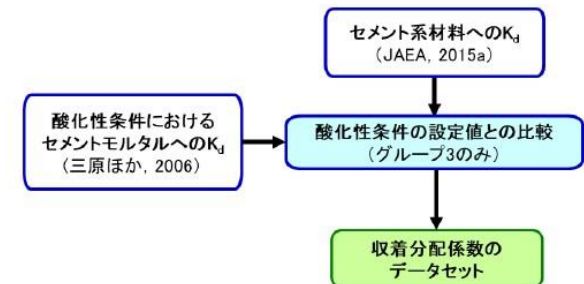
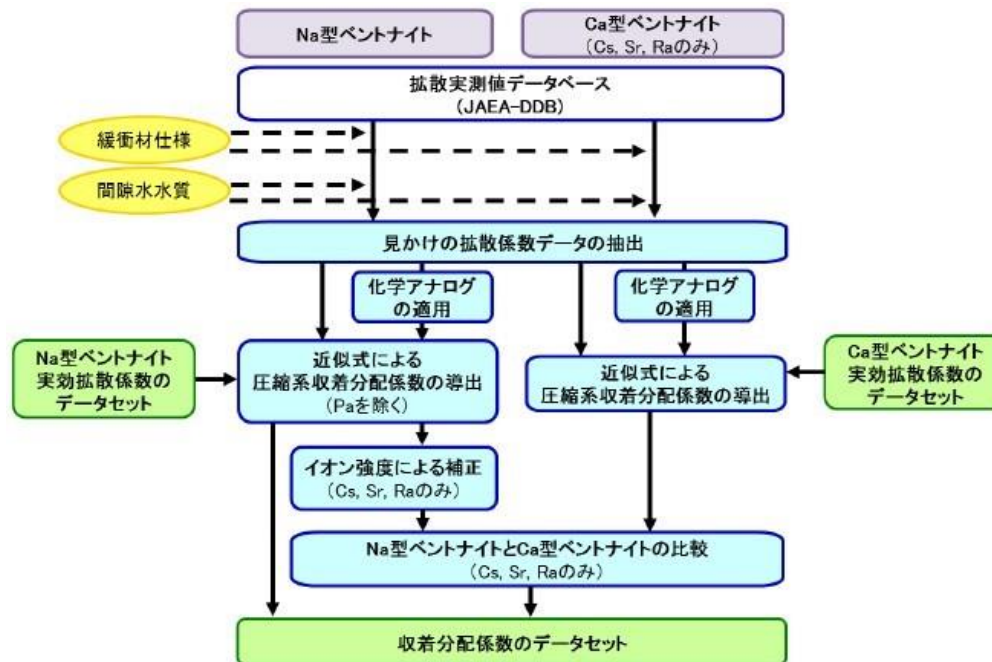
➤ 緩衝材の実効拡散係数



■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理) パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

● NUMO-SC

➤ 分配係数(左:緩衝材、右:充填材)



■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理) パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

●スウェーデン SR-Site

➤ 実効拡散係数

実験データからの回帰式と緩衝材等の乾燥密度から算出し設定。

➤ EDZ流量

温帯、周氷期、氷期の各シミュレーションで考慮された様々なケースにおけるサイト条件を表現したの地下水流動モデルにて算出し設定。

➤ 分配係数

・緩衝材および埋め戻し材・・・Ochs and Talerico 2004(地下水と緩衝材の組成、炭酸濃度等の変化を反映した間隙水組成に対する分配係数を熱力学的収着モデルにて計算)にて取得されたものを設定。

・母岩…実際のサイトの岩石及び地下水試料を用いて主要核種を対象に系統的な収着分配係数データを取得し、そのデータに基づき設定。

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

● 英国 GDF

➤ 分配係数(充填材NRVB セメント)(1)

CDF:累積分布関数

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ CDF	
C	$p = 0$, value = $1\text{E-}4$ $p = 0.1$, value = 0.0032 $p = 0.33$, value = 0.052 $p = 0.5$, value = 0.2 $p = 0.67$, value = 0.77 $p = 0.9$, value = 6.3 $p = 1$, value = 100	$\text{pH} > 9$、$\text{Eh} = -400 \sim -600 \text{ mV}$、$T = 25\text{--}80^\circ\text{C}$、有機物 $< 6 \text{ mol dm}^{-3}$、セメント表面の経年変化 K. Noshita et.al. ,Sorption Mechanism of Carbon-14 by Hardened Cement Paste(1996)のセメントの収着データ (SA/ENV-0740)
Cl	$p = 0$, value = $1\text{E-}6$ $p = 0.1$, value = $5.6\text{E-}6$ $p = 0.33$, value = $4.2\text{E-}5$ $p = 0.5$, value = $1\text{E-}4$ $p = 0.67$, value = $1.8\text{E-}4$ $p = 0.9$, value = $5.6\text{E-}4$ $p = 1$, value = 0.005	$\text{pH} > 9$、$T = 25\text{--}80^\circ\text{C}$、有機物 $< 6 \text{ mol dm}^{-3}$ S. Aggarwal et.al., Nirex Report NSS/R312(2000)のNRVBの収着データに対して、塩化物の濃度及び経年変化による収着能力の増大・低下を考慮したCDFを作成した (SA/ENV-0740)
Se	$p = 0$, value = $1\text{E-}6$ $p = 0.1$, value = $3\text{E-}6$ $p = 0.33$, value = $3.6\text{E-}5$ $p = 0.5$, value = $2.2\text{E-}4$ $p = 0.67$, value = 0.0014 $p = 0.9$, value = 0.05 $p = 1$, value = 5	$\text{pH} > 9$、$T = 25\text{--}80^\circ\text{C}$、有機物 $< 6 \text{ mol dm}^{-3}$ Seの酸化物形態、Se(II)、Se(IV)、Se(VI)を考慮している。(硫酸塩と塩化物) CDFの100%ileは$5 \text{ m}^3/\text{kg}$に、90%ileは$0.05 \text{ m}^3/\text{kg}$とし、下限については6~7桁に渡る上記不確かさとセメント表面の経年変化を考慮する。(SA/ENV-0740)
Tc	$p = 0$, value = 0.001 $p = 0.1$, value = 0.1 $p = 0.33$, value = 0.45 $p = 0.5$, value = 1 $p = 0.67$, value = 3 $p = 0.9$, value = 18 $p = 1$, value = 50	1996年、亜ジチオン酸ナトリウム存在下でのテクネチウム(IV)のNRVBへの収着に関する実験的測定により、「過塩水」($\sim 1.5 \text{ mol dm}^{-3}$ 塩化ナトリウム)および非塩水条件に対してそれぞれ1および$6 \text{ m}^3/\text{kg}$という平均Rd(遅延係数)値が得られている (Nirex Report NSS/R277, 1995.実験) VIIが非収着として挙動すると考えられるため、CDFの下限はVIIが50%と仮定した。一方上限は、IVのみが存在するとした。(SA/ENV-0740)

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

●英国 GDF

➤ 分配係数(充填材NRVB セメント)(2)

CDF:累積分布関数

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ CDF	
I	$p = 0$, value = $1\text{E-}5$ $p = 0.1$, value = $3\text{E-}5$ $p = 0.33$, value = $2\text{E-}4$ $p = 0.5$, value = $5.6\text{E-}4$ $p = 0.67$, value = 0.0016 $p = 0.9$, value = 0.01 $p = 1$, value = 0.05	平均Rd(遅延係数) 値は、非塩性条件下においてのヨウ化物濃度が$1\text{E-}6 \text{ mol dm}^{-3}$で$0.01 \text{ m}^3/\text{kg}$、$1\text{E-}8 \text{ mol dm}^{-3}$ で$0.1 \text{ m}^3/\text{kg}$ とヨウ化物の濃度の減少に伴い増加する。高塩性(～1.5 mol dm^{-3} 塩化ナトリウム)条件では、対応するRd 値はそれぞれ$1\text{E-}3$と$4\text{E-}3 \text{ m}^3/\text{kg}$ となる。(Nirex Report NSS/R277, 1995.実験) CDFの下限值は、NRVBの経年変化と相まって最も低い実験値を反映しており、上限値は非塩水条件下での実験値の範囲内にある。(SA/ENV-0740)
Cs	$p = 0$, value = $1\text{E-}5$ $p = 0.1$, value = $1\text{E-}4$ $p = 0.33$, value = $5\text{E-}4$ $p = 0.5$, value = 0.0013 $p = 0.67$, value = 0.0045 $p = 0.9$, value = 0.03 $p = 1$, value = 0.1	NRVBへのCs収着に関するデータは、AEA Technology Report AEAT/ERRA-0345, 2002.に示されている CDFの上限値の$1\text{E-}1 \text{ m}^3/\text{kg}$は、セメントが劣化することに伴うCa : Si比が小さくなることで陽イオン交換容量が増える可能性がある影響を含んでいる。下限値の$1\text{E-}5 \text{ m}^3/\text{kg}$は、地下水組成が変化して陽イオン交換容量において他の陽イオンとの競合が起こる可能性と、NRVBは陽イオン交換サイトが少ないと予想されることに影響されたものである。(SA/ENV-0740)
Pu	$p = 0$, value = 0.001 $p = 0.1$, value = 0.063 $p = 0.33$, value = 1.3 $p = 0.5$, value = 7 $p = 0.67$, value = 46 $p = 0.9$, value = 320 $p = 1$, value = $1\text{E}4$	非塩性溶液の平均 Rd は $7\text{E}1 \text{ m}^3/\text{kg}$ であり、「過塩性」溶液の平均 Rdは $5\text{E}1 \text{ m}^3/\text{kg}$ であると報告されている。 • Nirex Report NSS/R376, 1998. • AEA Technology Report AEAT/ERRA-0073, 2000. • Nirex Report NSS/R277, 1995. • Nirex Report NSS/R312, 2000. • Materials Research Society, Pittsburgh, 957, 1995. CDFの上限は、セメントへのプルトニウム収着の実験的なRd の値が$\geq 1\text{E}3 \text{ m}^3/\text{kg}$であったことに影響されて設定された。下限値は、NRVBの経時変化の影響と、収着サイトに対する競合の可能性に基づいている。50%ile値は、NRVBへの収着に関する実験データを反映したものであり、経年変化の影響も考えられている。(SA/ENV-0740)

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)
パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

●英国 GDF

➤ 分配係数(ベントナイト)(1)

MX-80ベントナイト(1590 kg/m³の圧縮密度下)における実験値(SKB) SKB: スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社
非塩水から海水レベルの塩分濃度水までを包含する
pHは7.4程度、炭酸イオン濃度及び酸化還元状態の変動を考慮する

PDF:確率密度関数

元素	K_d (m ³ /kg) PDF	
C	0	保守的に0、(1E-7 m ³ /kg以下)
Cl	0	保守的に0
Se	0(- II) LogTri(0.003, 0.04, 0.4) (IV)	Se(- II)は保守的に0 (Bar-Yosef and Meek, 1987) Se(IV) pH 7.8の間隙水、Seの濃度が < 1e-6 Mにおける実験データより (Bradbury and Baeyens, 2003a)
Tc	LogTri(2.3, 63, 1.76E3) (IV) 0(VII)	Tc(IV)の収着データは無いため、価数が同じThのデータセット(Bradbury and Baeyens, 2003a)で代用した。 Tc(VII)は保守的に0

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)
パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

●英国 GDF

➤ 分配係数(ベントナイト)(2)

MX-80ベントナイト(1590 kg/m³の圧縮密度下)における実験値(SKB)

非塩水から海水レベルの塩分濃度水までを包含する

pHは7.4程度、炭酸イオン濃度及び酸化還元状態の変動を考慮する

PDF:確率密度関数

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ PDF	
I	0	データは無いが、僅かな収着を示す可能性がある状況証拠は示されている。 ここではヨウ化物は塩化物と同様に扱われるとし、保守的に0
Cs	LogTri(0.015, 0.093, 0.56)	Wanner et al, 1996/の研究およびBradbury and Baeyens, 2003a/に基づいて設定された。 pH 7.3、塩化物イオン濃度 1.6E-1 M
Pu	LogTri(10, 100, 984) (III) LogTri(4, 63, 1.11E3) (IV) LogTri(0.002, 0.02, 0.2) (V) LogTri(0.3, 3, 28) (VI) (VI)	Pu(III)は、収着データ無くAmのデータセット Pu(IV)は、収着データ無くThのデータセット Pu(V)は、収着データ無くNpのデータセット Pu(VI)は、収着データ無くUのデータセット

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理) パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

●英国 GDF

➤ 分配係数(岩)

PDF:確率密度関数

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$ PDF	
C	①LogTri(3.0E-5, 3E-4, 0.003) ②LogTri(5.4E-6, 0.001, 0.054) ③LogTri(1E-6, 0.0071, 1)	①花崗岩 ②粘土 ③砂岩 地下水組成は未知のものと考えており、塩濃度、酸化還元電位等の不確実性の変動範囲を対数三角分布で設定している 有機物の存在は無視している（施設から離れるので希釈されると仮定）
Cl	①0 ②0 ③0	
Se	①0 ②0 ③LogTri(1E-6, 0.1, 1.00E4) (-II) LogTri(1E-6, 0.05, 1000) (IV - VI)	
Tc	①LogTri(1.4, 14, 130) ②LogTri(0.5, 50, 500) (IV) ③LogTri(1E-6, 1, 1000) (IV) LogTri(1E-6, 0.004, 5) (VII)	
I	①LogTri(1.0E-8, 8.0E-6, 0.006) ②0 ③0	
Cs	①LogTri(0.02, 0.14, 0.9) ②LogTri(0.09, 0.5, 3) ③LogTri(1E-4, 0.16, 100)	
Pu	①LogTri(0.4, 5.5, 80) ②LogTri(1, 20, 300) (IV) ③LogTri(0.1, 10, 1.00E4)	

Abbreviation	LogTri(a, b, c)
Parameters	a lower bound b parameter c upper bound $-\infty < a \leq b \leq c < \infty$ ($a \neq c$)
PDF	$f(x) = \begin{cases} 0 & a \leq x \\ \frac{2 \ln(x/a)}{x \ln(b/a) \ln(c/a)} & a < x \leq b \\ \frac{2 \ln(c/x)}{x \ln(c/a) \ln(c/b)} & b < x \leq c \\ 0 & c < x \end{cases}$

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)
 パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

● 仏国 Cigeo

➤ 分配係数(母岩/ベントナイト)

元素	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$	母岩	$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$	ベントナイト
C	0	保守的に0	0	保守的に0
Cl	0	保守的に0	0	保守的に0
Se	0	保守的に0	0	保守的に0
Tc	不明	主にバッチシステムでの保持実験で得られた測定値に基づいている。当該文献ではTcは公表されていない。	0	保守的に0
I	0	保守的に0	0	保守的に0
Cs	不明	主にバッチシステムでの保持実験で得られた測定値に基づいている。当該文献ではCsは公表されていない。	0	保守的に0
Pu	不明	主にバッチシステムでの保持実験で得られた測定値に基づいている。当該文献ではPuは公表されていない。	0	保守的に0
I	0	保守的に0	0	保守的に0

出典：Safety Options Report-Post-Closure Part (DOS-AF) CG-TE-D-NTE-AMOA-SR2-0000-15-0062

■ 事故廃棄物の特性を考慮した安全評価方針案の提案(既存の安全評価方針の整理)

⑥パラメータ設定の考え方と具体的な設定(地層処分)

●フィンランド・SF

➤ 分配係数(緩衝材)

緩衝材の分配係数は、NAGRAの収着データベース (ISSN 1015-2636)と SKB技術報告書 TR-04-18の文献をもとに整理された。ここから、水質に関する実験により鉱物特性や間隙水組成(pHや化学種)の違いを考慮した原位置条件への変換係数を求め、分配係数を原位置条件に変換した。

元素	分配係数(m^3/kg)	設定根拠
C	0	原位置で使用するベントナイトの情報をもとにC-14の最大同位体交換性から K_d 値を算出した。
Cl	0	Cl-の緩衝材とのイオン交換はごくわずかであり、ほとんどの基準水域および周辺間隙水のバックグラウンドCl濃度が高いことからClの K_d は0とする。
Se	0	Seに関する K_d 値の文献データは存在しない。ベントナイト中のセレンは陰イオン性Se種が優勢であるため、間隙水中のSeの K_d 値は0とする。
Tc	2.1	Andra/Thermochimieデータベースを用いた化学種計算による K_d の情報をもとに、CECの交換計数を考慮しTcの K_d を算出した。
I	0	Nagra Technical Report NTB 02-18およびNagra Technical Report NTB 09-07から、Iは収着がほとんどないことが確認されているため、Iの K_d 値は0とする。
Cs	0.28	Nagra Technical Report 09-08の実験的なCsの K_d 値をもとにNa濃度とスペシエーションの換算係数を用いて K_d を算出した。
Pu	23	Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 270の実験データから得られたPu-炭酸塩複合体の K_d 値を使用する。

廃棄体パラメータ

本報告で実施した安全評価に関する廃棄体容器による閉じ込め期間の設定根拠、及び充填材や固型化による核種の溶出率、実効拡散係数、収着分配係数及びSRFの設定根拠を示す資料である。

廃棄体パラメータの設定方針

原則として、試験データが存在するものは、それ基準に設定する。特に、IRID等で1Fのために取得したデータについては、優先して採用する(⑤⑧)。IRID等で取得されていないものについては、過去の文献調査を元に設定(①③⑤)。処分概念に関係するパラメータは概念に応じて設定(②④⑥⑦)。

廃棄体パラメータ	設定指針
① 充填材(廃棄体内)の体積割合	過去の文献データを元に設定(放射性廃棄物研究、vol.2, P153 (1996)、JAEA-Technology 2010-041)
② 充填材(廃棄体間)の体積割合	処分概念が決まっていないので、仮設定
③ 溶出までの閉じ込め期間	基本的には期待しないが、 腐食速度 (材料と環境、63、109-115 (2014)、材料と環境、59、418-429 (2010))等は 文献 データを元に設定
④ 処分開始までの減衰期間	2050年を処分開始として仮設定
⑤ 溶出期間／溶出率／浸出率	<u>2021年度IRID報告書 P4-645～P4-659</u> を元に設定。
⑥ 廃棄体幾何形状	廃棄体の性能を比較するために、1 m ³ (1 m角)及び1 L(10 cm角)に統一
⑦ 廃棄体通過流量	<u>2021年度IRID報告書表 4.2.2-220</u> に従って設定(各処分概念毎にリファレンス浸透速度を決めて、流量を計算)
⑧ 充填材の間隙率・実効拡散係数・密度	<u>2021年IRID報告書表 4.2.2-132</u> に従って設定(間隙率に依存したトリチウムの実効拡散係数に関する経験式を適応し、セメント系材料の使用と温度条件による補正を考慮して設定されている)
⑨ 収着分配係数	<u>2021年度IRID報告書表 4.2.2-188</u> を基本とし、 還元環境 において分配係数が変化する可能性のある核種は、 <u>NUMO-SC付属書6-20</u> を参考に 設定 。
⑩ 収着低減係数(SRF)	ISAと塩の影響を分けて検討 (<u>2021年度IRID報告書表 3.2.2-X1</u> 、 <u>廃棄物埋施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8(表51～表58)</u>)。フェロシアン化物の影響は比較的小さくpH 10以上では分解するので考慮しない。

充填材(廃棄体内)の体積割合

松村ら(放射性廃棄物研究、vol.2、P153 (1996))の検討では、廃棄体充填率は15～55%と計算される。また、JAEAの高圧圧縮充填固化体の試験データ(JAEA-Technology 2010-041)では、充填固化体中の廃棄体充填率は45～60%となった。

下の結果から、**塊状の廃棄物の充填率は20%前後、配管等は50%前後**と推定される。

廃棄体	固形化材注入量(L)	廃棄体体積(L)	廃棄物充填割合(%)	文献
金属片、配管、塊状金属、 コンクリートガラス、ボルト、 ナット、番線等	157	200	22	放射性廃棄物研究、 vol.2、P153 (1996)の 表13
	161	200	20	
	169	200	16	
	167	200	17	
	168	200	16	
上記+缶類(スプレー缶、 一斗缶、ペール缶等)	153	200	24	JAEA-Technology 2010-041の表6
塩ビ、ケーブル、ヘルメット 等	172	200	14	
保温材、フィルタ、シート類	92	200	54	
配管	97	200	52	
配管	79	200	61	
配管(SUS)	113	200	44	JAEA-Technology 2010-041の表6
形鋼	103	200	49	
板材	78	200	61	

充填材(廃棄体間)の体積割合

処分概念が決まっていないので、現状では、**1:1**と仮設定する

溶出までの閉じ込め期間

炭素鋼の容器については、炭素鋼の酸化雰囲気/還元雰囲気の腐食速度を参考に設定する。キャニスタ(SUS)は応力腐食割(SCC)の可能性がある、その発生割合や進展速度を定量的に評価するのは難しいので、閉じ込め期間を考慮しない。また、ISOコンテナ等は閉じ込め性を期待しない。

炭素鋼の閉じ込め期間(酸化雰囲気)

腐食皮膜の生成しない浸漬初期において酸素拡散によって律速された場合の腐食速度を、25℃酸素濃度8 ppmにおける炭素鋼減肉速度(mm/y)に換算すると、 $icorr = 0.489 \text{ mm/y}$ との報告があり、かつ腐食皮膜生成に伴って時間とともに減少することも報告されている(柴田、材料と環境、63、109-115(2014))。また、pH=10以上のアルカリ域においては皮膜生成に伴う腐食速度低下が生じるとされている。この文献のFig.1から読み取ったpH 11位付近での腐食速度は0.1 mm/y程度である。

JISドラム缶の肉厚は1.6 mmであるので、腐食速度0.1 mm/yとした場合、容器の寿命は16年程度となる(内側に防蝕処理をすることで寿命を伸ばせる可能性はある)。一方、L1容器やTRU廃棄体パッケージの厚さは50 mmであるので、容器の寿命は100～500年となる。NUMO-SCには、地下水の静水圧の作用や水素ガスによる内圧の増加を考慮しても、処分場の閉鎖後300年間をめやすとする期間においては、いずれの廃棄体のケースについても廃棄体パッケージ容器が開口することはないとの記述もあり、水素発生が容器開口の原因となる可能性もある。水素発生はインベントリと廃棄体中の含水率に依存するので、水素発生を考慮するのは困難であるが、廃棄体容器等に関しては、少なくとも数百年は容器の開口等は生じさせないものとする(ドラム缶については、容器を破損するほどの水素閉じ込め機能は無いと考える)。

炭素鋼の閉じ込め期間(還元雰囲気)

オーバーパックを対象とした低酸素雰囲気での炭素鋼の、1～10年間の腐食深さの傾きから算出した平均腐食速度は、温度などの影響受けるものの0.051～1.4 $\mu\text{m}/\text{y}$ との報告がある(谷口他、材料と環境、59、418－429(2010))。NUMO-SC付属書4-7によれば、低酸素濃度での平均腐食速度は10年経過時点で3.4 $\mu\text{m}/\text{y}$ 以下、孔食係数は2.6としている。

平均腐食速度3.4 $\mu\text{m}/\text{y}$ 、孔食係数2.6を採用した場合の、**ドラム缶**での開口までの時間は**181年**、**L1容器**や**TRU廃棄体パッケージ**では**5650年**となる。

炭素鋼の腐食による開口までの時間

酸化雰囲気

容器	厚さ(m)	腐食速度(m/y)	寿命(y)
ドラム缶	0.0016	0.0001	16
L1及び 廃棄体パッケージB	0.05	0.0001	500

還元雰囲気

容器	厚さ(m)	腐食速度(m/y)	孔食係数	寿命(y)
ドラム缶	0.0016	0.0000034	2.6	181
L1及び 廃棄体パッケージB	0.05	0.0000034	2.6	5656

処分開始までの減衰期間

2050年処分開始を想定(検討上の仮設定)しているので、39年

溶出期間／溶出率／浸出率 と 廃棄体幾何学形状

H12レポートや電中研レビュー NO.54、(2010)、IRIDでの取得データを元に、廃棄物毎に以下のように設定した。

- ① モノリスな固化体(ガラス固化体、溶融スラグ)は、試験データを元に、一次溶解モデルで溶出率を設定する(核種は調和溶解する)
- ② 多孔質固化体(セメント固化体、AAM固化体)も、保守的に試験データを元に一次溶解モデルで溶出率を設定する。核種は溶解度制限のないCsで代表する。
- ③ 充填固化体は、核種が廃棄物から瞬時放出し、充填物からは拡散モデルで溶出する。
- ④ ガラス固化体のキャニスタでは420φ×1080 H、溶融スラグの金属容器で490φ×700H、セメント固化やAAM固化体、充填固化体では、200Lドラム缶(566φ×716 H)が想定されるが、固化体の溶出性能を比較するため、1 m角および1 L(10 cm角)で設定

溶出期間／溶出率／浸出率

廃棄体からの溶出率（1 m角）

	出典	浸出速度	固化体 体積	表面積	密度	重量	溶出率	溶出期間
		kg/m ² d	m ³	m ²	kg/m ³	kg	/y	y
ガラス（10℃）	H12レポート 図5.3.1-4より読み 取った浸出速度より算出	1.0E-08	1	6	2700	2700	8.1E-09	1.2E+08
ガラス（60℃）	H12レポート 図5.3.1-4を編集	1.0E-06	1	6	2700	2700	8.1E-07	1.2E+06
溶融スラグSi	電中研レビュー NO.54、(2010) 記載の浸出速度より算出	2.2E-08	1	6	3700	3700	1.3E-08	7.7E+07
溶融スラグCs	2020年度IRID報告書 付録 4.2.1(2)(ii)記載の実験値より算 出	1.0E-07	1	6	3700	3700	5.9E-08	1.7E+07
溶融金属	電中研レビュー NO.54、(2010) 記載の浸出速度（腐食速度）より 算出*	1.0E-03	1	6	7800	7800	2.8E-04	3.6E+03
セメント（炭酸塩スラリー Cs）	2020年度IRID報告書 付録 4.2.1(2)(ii)記載の溶出率の実験 値および試験条件から浸出速 度を計算し算出**	1.7E-01	1	6	2000	2000	1.9E-01	5.2
セメント（鉄共沈スラリー Cs）		1.5E-01	1	6	2000	2000	1.6E-01	6.2
AAM（炭酸塩スラリーCs）		4.2E-02	1	6	2000	2000	4.6E-02	21.7
AAM（鉄共沈スラリーCs）		2.2E-02	1	6	2000	2000	2.4E-02	41.5

*: 出典内に、「腐食速度以下」との記述があるので、腐食速度から算出

**：セメントとAAMの浸出速度の算出方法は、2021年度IRID報告書 表4.2.2-95、-96、-105及び-106に記載

溶出期間／溶出率／浸出率

廃棄体からの溶出率（10cm角）

	出典	浸出速度	固化体 体積	表面積	密度	重量	溶出率	溶出期間
		kg/m ² d	m ³	m ²	kg/m ³	kg	/y	y
ガラス（10℃）	H12レポート 図5.3.1-4より読み 取った浸出速度より算出	1.0E-08	1.0E-03	0.06	2700	2.7	8.1E-08	1.2E+07
ガラス（60℃）		1.0E-06	1.0E-03	0.06	2700	2.7	8.1E-06	1.2E+05
溶融スラグSi	電中研レビュー NO.54、(2010) 記 載の浸出速度より算出	2.2E-08	1.0E-03	0.06	3700	3.7	1.3E-07	7.7E+06
溶融スラグCs	2020年度IRID報告書 付録 4.2.1(2)(ii)記載の実験値	1.0E-07	1.0E-03	0.06	3700	3.7	5.9E-07	1.7E+06
溶融金属	電中研レビュー NO.54、(2010) 記 載の浸出速度（腐食速度）より算出*	1.0E-03	1.0E-03	0.06	7800	7.8	2.8E-03	356
セメント（炭酸塩スラリーCs）	2020年度IRID報告書 付録 4.2.1(2)(ii)記載の溶出率の実験 値および試験条件から浸出速度 を計算し算出**	1.7E-01	1.0E-03	0.06	2000	2	1.9E+00	0.5
セメント（鉄共沈スラリーCs）		1.5E-01	1.0E-03	0.06	2000	2	1.6E+00	0.6
AAM（炭酸塩スラリーCs）		4.2E-02	1.0E-03	0.06	2000	2	4.6E-01	2.2
AAM（鉄共沈スラリーCs）		2.2E-02	1.0E-03	0.06	2000	2	2.4E-01	4.2

*: 出典内に、「腐食速度以下」との記述があるので、腐食速度から算出

** : セメントとAAMの浸出速度の算出方法は、2021年度IRID報告書 表4.2.2-95、-96、-105及び-106に記載

溶出期間(率)は、廃棄体体積に対する表面積の比率で決まるので、1m角容器より10cm角容器の方が溶出期間は短く(溶出率は大きく)なる

廃棄体通過流量

2021年度IRID報告書の表 4.2.2-220に、施設を通る保守的なリファレンスケースの流量が記載されているが、各処分概念毎にリファレンス浸透速度を決めて、流量を計算している。

流量のまとめ (保守的なリファレンスケース)
(2021年度IRID報告書の表 4.2.2-220)

廃棄物ストリーム	処分概念	リファレンス浸透速度 [m/yr]	全体積 [m³]	横断面積 [m²]	リファレンス流量 [m³/yr]
KURION吸着材	L1	0.16	12,947	1,295	205
除染装置スラッジ (AREVA)	L2a	0.1	54	11	1.1
	L2b_horiz	0.05	54	0.54	0.03
	L2b_vert	0.05	54	10.7	0.54
SARRY吸着材	L1	0.16	5,733	573	91
鉄共沈スラリー	L2a	0.1	1,801	360	36
	L2b_horiz	0.05	1,801	18	0.9
	L2b_vert	0.05	1,801	360	18
スラリー-2 炭酸塩	L1	0.16	11,624	1,162	184
がれき 1	L3	1	256,454	51,291	51,291
がれき 2	L2a	0.1	361,680	72,336	7,233
	L2b_horiz	0.05	361,680	3,617	181
	L2b_vert	0.05	361,680	72,336	3,617
がれき 5	L1	0.16	335,451	33,545	5,300
RPV(事故前 L1)	L1	0.16	1,040	104	16
PCV内金属(事故前 L2)	L1	0.16	5,238	524	83
建屋内金属 (事故前L3)	L2a	0.1	71,031	14,206	1,421
	L2b_horiz	0.05	71,031	710	36
	L2b_vert	0.05	71,031	14,206	710
建屋内コンクリート (事故前非放射性)	L3	1	741,172	148,234	148,234

充填材の間隙率・実効拡散係数・密度

2021年IRID報告書の表4.2.2-132には、「セメント系材料中の元素の実効拡散係数に関しては、元素に応じて定量的に与えることができるデータが少ないため、全元素に対して一律で設定されている。間隙率に依存したトリチウムの実効拡散係数に関する経験式を適応し、セメント系材料の使用と温度条件による補正を考慮して設定されている。」と云う記載があり、セメント系材料の間隙率と処分場の熱環境に応じて設定された実効拡散係数が示されている。

ひび割れたセメント系材料中での実効拡散係数
(2021年IRID報告書の表4.2.2-132)

媒体	間隙率 ε	温度 [°C]	温度による 補正係数	実効拡散係数 [m ² /s]	有効数字1桁に した設定値 [m ² /s]
ひび割れた セメント系 材料	0.21	25	1	5×10^{-10}	5×10^{-10}
		30	1.1	6×10^{-10}	6×10^{-10}
		45	1.5	7×10^{-10}	8×10^{-10}

一方、2021年IRID報告書 図4.2.2-126に、コンクリート材料の空隙率と実効拡散係数の関係が記載されており、この関係(下式)から空隙率20%の実効拡散係数は、**1.9E-11 m²/s**と計算される。**AAM**については、情報が少ないので**セメントと同等**と仮定する。

$$\text{実効拡散係数(m}^2\text{/s)} = 10^{(-13.6+2.22 \cdot \log(\text{空隙率}))}$$

2021年度IRID報告書に記載の収着分配係数の設定根拠

SeとUを除き、JNFLの「廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価) 線量評価パラメータ -分配係数-(JNFL、補足説明資料 8 線量評価パラメータ -分配係数-、令和3年6月22日)」に従い、JNFLまたは電事連取得データと、JAEAの収着データベース(SDB)を比較し、SDBのデータがJNFLや電事連取得データの1/10以下の場合は、SDBのデータを採用した。Seについては、還元環境での収着を加味して、SDBとNUMO包括的技術報告書のデータを元に、Uについても包括的技術報告書を元に設定した。

2021年度IRID報告書分配係数設定根拠(表4.2.2-188)			
C	0.004	JNFL取得データ、高炉スラグモルタル、廃棄体を除いた値	JNFL、補足説明資料 8 線量評価パラメータ -分配係数-、令和3年6月22日、 https://www.nsr.go.jp/data/000356838.pdf
Cl	0.0005	NFL取得データ、高炉スラグモルタル	
Se	0.01	NUMO、包括的技術報告書、SDB、 $\text{pH}=11.7\sim 13.3$ ・ $\text{Eh}=-620\sim -530$ [mV]	・NUMO、包括的技術報告書 付属書 6-20 人工バリアへの収着分配係数の設定 ・JAEA SDB
Sr	0.009	JAEA-SDBデータ、セメント平均値(セメント平衡水又は純水、 $\text{pH}13$ 未満)	JNFL、補足説明資料 8 線量評価パラメータ -分配係数-、令和3年6月22日、 https://www.nsr.go.jp/data/000356838.pdf
Nb	0.1	JAEA-SDBデータ、セメント平均値(セメント平衡水又は純水、 $\text{pH}13$ 未満)	
Tc	0.0002	JNFL取得データ、高炉スラグモルタル	
I	0.0001	JNFL取得データ、高炉スラグモルタル	
Cs	0.01	JAEA-SDBデータ、セメント平均値(セメント平衡水又は純水、 $\text{pH}13$ 未満)	
Th	0.4	Puと同じ(JNFL取得データ、高炉スラグモルタル)	NUMO、包括的技術報告書 付属書 6-20 人工バリアへの収着分配係数の設定 JNFL、補足説明資料 8 線量評価パラメータ -分配係数-、令和3年6月22日、 https://www.nsr.go.jp/data/000356838.pdf
U	0.02	NUMO、包括的技術報告書、 $\text{pH}=11.7\sim 13.3$ ・ $\text{Eh}=-620\sim -530$ [mV]	
Np	0.009	Niと同じ(JNFL取得データ、高炉スラグモルタル)	
Pu	0.4	JNFL取得データ、高炉スラグモルタル	
Am	0.1	JAEA-SDBデータ、セメント平均値(セメント平衡水又は純水、 $\text{pH}13$ 未満)	

収着分配係数

セメント系材料とAAMについて考慮する。なお、AAMについては、情報が少ないのでセメントと同等と仮定する。2021年度IRID報告書(表4.2.2-188)で設定した分配係数と各国の設定値の比較を示すが、2021年度IRID報告書設定分配係数を基本とし、還元環境において分配係数が変化する可能性のある核種は、NUMO-SC等を参考に幅を持たせて設定する(Th、U、Np、Pu、Am等)

	浅地中処分 サイト1号(低)	浅地中処分 サイト1号(高)	浅地中 処分サイ	浅地中 処分サイ3号	中深度				地層			2021年度 (表4.4.2-188)
					JNES影響 物無	JNES影響 物有	SFL (低)*	SFL (高)*	NUMO Gr1、4L	NUMO Gr3	GDF	
C	0.004	0.05	0.05	0.05	0.0003	0	0.7	5	0	0	0.2	0.004
Cl	0	0	—	—	0	0	0.001	0.001	0	0	1E-04	0.0005
Se					0.0025	0	0	0	0.01	0.01	2.2E-04	0.01
Sr	0.002	0.002	0.02	0.02	0.0013	0.0013	0.01	0.1	0.001	0.001	0.001	0.009
Nb	0.01	0.2	2	2	0	0	5	50	0.02	0.02	4	0.1
Tc	0	0	2E-04	2E-04	2.5	0	3	3	0.1	0.00002	1	0.0002
I	0	0	1E-04	1E-04	0.0013	0	0.001	0.001	0.0001	0.0001	5.6E-04	0.0001
Cs	0.01	0.01	0.1	0.1	0.0025	—	0.001	0.02	0.0002	0.0002	0.001	0.01
Th	0.08	8	0.4	0.4	0.25	0.013	30	30	0.2	0.2	0.5	0.4
U	0	0	0	0	0.25	0.013	30	30	0.02	0.02	0.5	0.02
Np	0.003	0.3	0	0	0.25	0.013	30	30	0.2	0.2	7	0.009
Pu	0.08	8	0.4	0.4	0.25	0.013	5	30	0.2	0.2	7	0.4
Am	0.02	2	0.1	0.1	0.25	0.013	10	10	0.2	0.2	0.1	0.1

*Clはinorgの値

・表内の青文字は2021年度報告書より小さい値

・表内の赤文字は2021年度報告書より大きい値

収着低減係数(SRF)

IRIDでは既往の結果や取得データを元に、ISAや海水、ホウ酸やフェロシアン化物のSRFとそれぞれの物質が収着低減に影響を及ぼすしきい値を、以下の方法で設定している。ここでのSRFは、影響物質が共存する条件での $K_d(K_d')$ は、影響因子が存在しない条件での収着分配係数を K_{d0} として、 $K_d' = K_{d0} /$ (SRF) で表すので、SRFの値が大きいほど、収着低減効果が大きいことを表している。

- 手法①: 溶解度上昇に関する情報などに基づく収着低減係数の設定
手法②: 熱力学計算による錯形成の定量評価に基づく収着低減係数／条件変換手法の適用
手法③: 収着影響に関する実測データに基づく収着低減係数の設定

表 4.2.2-B3 種々の影響因子に対するセメント系材料に対する各元素群の収着低減係数の現時点での評価値

元素群	代表元素	影響発現濃度（しきい値）と収着低減係数（SRF）						
		有機物（ISA）		海水	ホウ酸		フェロシアン化合物	
		しきい値	SRF	SRF ^{*3}	しきい値	SRF	しきい値	SRF
アルカリ金属	Cs	—	1	2	—	1	—	1
アルカリ土類金属	Sr	$1 \times 10^{-2} \text{ M}^{*1}$	10	8	—	1	—	1
II 価遷移金属	Ni	—	1	1	—	1	課題有	課題有
IV 価遷移金属	Sn	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	100	10	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$	2.0	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$	1.8
V 価遷移金属	Nb	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	100	10	課題有	課題有	課題有	課題有
III 価アクチニド	Am/Eu	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	10	10	—	1	—	1
IV 価アクチニド	Th	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	100	10	課題有	課題有	課題有	課題有
V 価アクチニド	Np	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	10	10	—	1	$1 \times 10^{-3} \text{ M}$	3
VI 価アクチニド	U	$5 \times 10^{-4} \text{ M}$	10	10	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$	500	$1 \times 10^{-3} \text{ M}$	3
ハロゲン	I	— ^{*2}	1	— ^{*2}	$1 \times 10^{-4} \text{ M}$	1.3	—	1
陰イオン種	Se	— ^{*2}	1	— ^{*2}	$1 \times 10^{-2} \text{ M}$	32	—	1

平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020 年度最終報告) 令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (2021)より

^{*1} M: mol/L, ^{*2} $K_d = 0 \text{ (m}^3 \text{ kg}^{-1})$ を設定, ^{*3} 降水条件⇒海水条件間の SRF

- ：既往の情報調査結果に基づき設定
- ：収着試験による取得データに基づき設定

収着低減係数(SRF)

一方、JNFLも分配係数試験結果や文献から求めた影響事象ごとの収着影響の度合いから収着低下係数を設定している。なお、JNFLの低下係数は、 $K_d' = K_{d0} \times (SRF)$ で表しており、値が**小さいほど**低減効果大きい。なお、1号廃棄物埋設地については、収着影響物質として有機物と塩を考慮し、SRFは**その積**で設定している。その内、有機物による収着影響では、セルロースの分解率により確からしい設定(セルロースの分解率5%)と厳しい設定(同30%)を区別して設定している。

表 1.1.1-121 セメント系材料の分配係数低下係数：1号廃棄物埋設地（1/4）

元素	廃棄体(均質・均一固化体)						廃棄体(セメント破砕物充填固化体)					
	1号廃棄物埋設地 1群から6群						1号廃棄物埋設地 8群					
	最も可能性が高い設定			最も厳しい設定			最も可能性が高い設定			最も厳しい設定		
	収着影響度		分配係数低下係数	収着影響度		分配係数低下係数	収着影響度		分配係数低下係数	収着影響度		分配係数低下係数
	有機物	塩		有機物	塩		有機物	塩		有機物	塩	
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cl	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Co	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1E-01	1E-02	5E-02	1E-01	5E-03
Ni	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1E-01	1E-02	1E-01	1E-01	1E-02
Sr	1	1	1	1	1	1	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Nb	1	1	1	1	1	1	1	1E-01	1E-01	5E-02	1E-01	5E-03
Tc	1	1	1	1	1	1	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
I	1	1	1	1	1	1	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Cs	1	1	1	1	1	1	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Pu	1	1	1	1	1	1	5E-02	1	5E-02	1E-02	1	1E-02
Am	1	1	1	1	1	1	5E-02	1	5E-02	1E-02	1	1E-02

表 1.1.1-121 セメント系材料の分配係数低下係数：1号廃棄物埋設地（2/4）

元素	廃棄体(充填固化体)						充填材					
	1号廃棄物埋設地 7,8群						1号廃棄物埋設地 1群から6群					
	最も可能性が高い設定			最も厳しい設定			最も可能性が高い設定			最も厳しい設定		
	収着影響度		分配係数低下係数	収着影響度		分配係数低下係数	収着影響度		分配係数低下係数	収着影響度		分配係数低下係数
	有機物	塩		有機物	塩		有機物	塩		有機物	塩	
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cl	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Co	1E-01	1E-01	1E-02	5E-02	1E-01	5E-03	1E-01	1E-01	1E-02	1E-01	1E-01	1E-02
Ni	1E-01	1E-01	1E-02	1E-01	1E-01	1E-02	1E-01	1E-01	1E-02	1E-01	1E-01	1E-02
Sr	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Nb	1	1E-01	1E-01	5E-02	1E-01	5E-03	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Tc	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
I	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Cs	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01	1	1E-01	1E-01
Pu	5E-02	1	5E-02	1E-02	1	1E-02	1	1	1	1	1	1
Am	5E-02	1	5E-02	1E-02	1	1E-02	1	1	1	1	1	1

平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告)令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構(2021)より

収着低減係数(SRF)の比較(有機物影響)

有機物影響について、2021年度IRID報告書とJNFLの設定を比較した。SRFの定義は、JNFL($K_d' = K_{d0} \times (SRF)$)に合わせた(値が小さいほど低減効果大きい)。影響のある核種では、両者とも0.01~0.1に設定されており、比較可能な核種で見ると、**IRIDの設定の方がやや保守的な設定**となっている。

	2021IRID報告書(表4.2.2-B3)		JNFL(有機物)		
	代表元素	有機物(ISA)			
		SRF	代表元素	SRF(最も厳しい設定)	SRF(最も可能性が高い設定)
アルカリ金属	Cs	1	Cs	1	1
アルカリ土類金属	Sr	0.1	Sr	1	1
II価遷移金属	Ni	1	Ni	0.1	0.1
			Co	0.05	0.1
IV価遷移金属	Sn	0.01	C	1	1
V価遷移金属	Nb	0.01	Nb	0.05	1
III価アクチニド	Am/Eu	0.1	Am	0.01	0.05
IV価アクチニド	Th	0.01			
			Pu	0.01	0.05
V価アクチニド	Np	0.1			
VI価アクチニド	U	0.1			
VII			Tc	1	1
ハロゲン	I	1	I	1	1
			Cl	1	1
陰イオン種	Se	1			

※フェロシアン化物は、1F特有の廃棄物であり、IRIDでは影響を検討しているが、影響は小さく、またpH10以上で分解するので考慮しない

収着低減係数(SRF)の比較(塩)

塩の影響についても、2021年度IRID報告書とJNFLの設定を比較した(JNFLでの設定値で対象となる塩は、ホウ酸塩と硫酸塩)。影響のある核種で見ると両者とも0.1程度が設定されている。

	2021年度IRID報告書(表4.2.2-B3)			JNFL (塩)	
	代表元素	SRF		代表元素	SRF
		海水	ホウ酸		セメント 充填固化体／充填材
アルカリ金属	Cs	0.5	1	Cs	0.1
アルカリ土類金属	Sr	0.125	1	Sr	0.1
II価遷移金属	Ni	1	1	Ni	0.1
				Co	0.1
IV価遷移金属				C	1
	Sn	0.1	0.5		
V価遷移金属	Nb	0.1	課題有	Nb	0.1
III価アクチニド	Am/Eu	0.1	1	Am	1
IV価アクチニド	Th	0.1	課題有		
				Pu	1
V価アクチニド	Np	0.1	1		
VI価アクチニド	U	0.1	0.00		
				Tc	0.1
ハロゲン	I	—	0.77	I	0.1
				Cl	0.1
陰イオン種	Se	—	0.03125		

安全評価パラメータ設定案

本報告で実施した安全評価に関する人工バリア(セメント、ベントナイト)及び天然バリアにおける収着分配係数の設定根拠を示す資料である。

設定に際して、日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6を元に、JAEA Sorption Database 等を参考にした。

「廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第四号（廃止措置の開始後の評価）線量評価パラメータ -分配係数- 2020 年5 月 日本原燃株式会社 補足説明資料8」の第7表に記載の分配係数に対する化学的類似性を考慮した元素のグループ分けを参考に、代表核種を抽出し、分配係数を調査した。
本報告における調査対象核種を○で示す。

第7表 化学的類似性を考慮した元素のグループ分け

グループ	特徴	元素*1	備考
A	水分子として存在	H	
B	イオン交換、アルカリ金属	Na, K, Rb, Cs	
C	イオン交換、アルカリ土類金属	Ca, Sr, Ba, Ra	
D-1	中性付近で炭酸錯体、高アルカリ性環境下で酸化物イオン	Y, La, Ce, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Yb, Lu, Pb	グループ D-2 と同じ
D-2	二価のイオン、ヒドロキシ錯体	Tl, Mn, Ni, Zn, Cd, Hg, Po	
D-3	二価のイオン、ヒドロキシ錯体、酸化物の陰イオン	Be, Fe, Co	
E	ヒドロキシ錯体	Sc, In, Bi, Zr, Nb, Hf, Sb, V	
F	白金族	Pd, Ru, Rh, Os, Ir, Pt	文献値
G-1	ヒドロキシ錯体、炭酸錯体	U	実験値
G-2	中性付近で炭酸錯体、高アルカリ性環境下でヒドロキシ錯体	Ac, Am, Cm, Bk, Cf, Es	
G-3	ヒドロキシ錯体あるいは炭酸錯体	Th, Pa, Pu	
G-4	酸化物イオン、炭酸錯体、ヒドロキシ錯体	Np	実験値
H	一価の陰イオン	Cl, I	
I	酸化物の陰イオン	Mo, W, Tc, Ta, Re	Mo は実験値
J	塩素と錯体生成	Ag	グループ B と同じ
K-1	高アルカリ性環境下で二価の陰イオン	Si, S, Se, Sn, Te	文献値
K-2	高アルカリ性環境下で二価の陰イオン	C	

*1：□で囲われている元素は主要な放射性物質を示す。

2021年度IRIDの報告書※における分配係数の設定根拠(表4.2.2-118～192)も、この元素分類を踏襲して分配係数を設定している。

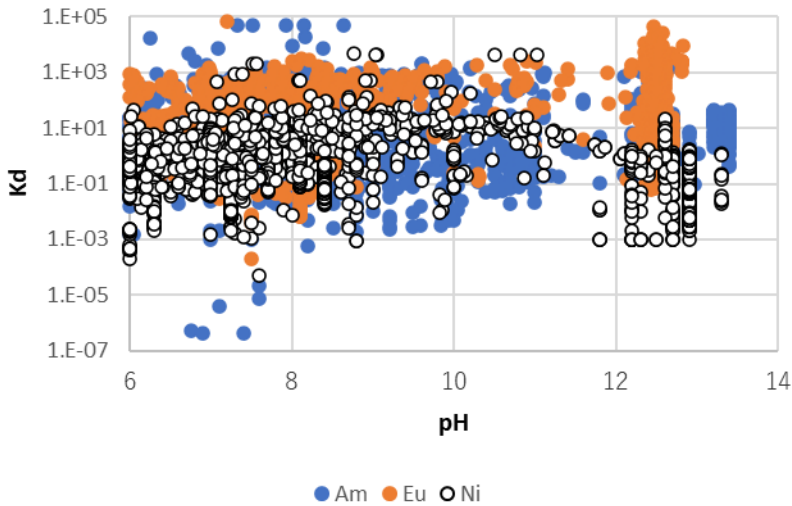
※平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告)令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (2021)

JNFLの分類			館らの分類、 原子力バックエンド研究 vol.24. No.2 p109 (2017)		備考
グループ	特徴	元素			
A	水分子として存在	H	—	—	
B	イオン交換、アルカリ金属	Na, K, Rb, Cs	1価陽イオン	Cs	
C	イオン交換、アルカリ土類金属	Ca, Sr, Ba, Ra	2価陽イオン	Sr, Ba	
D-1	中性付近で炭酸錯体、高アルカリ性環境下で酸化物イオン(Gr.D-2(二価のイオン、ヒドロキシ錯体)と同じ	Y, La, <u>Ce</u> , Nd, Pm, <u>Sm</u> , Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, <u>Yb</u> , <u>Lu</u> , Pb			パラツキは大きい、SDBからは、Ni, Eu, Amの K_d はほぼ同等 2021年度IRID報告書の設定では、Am(D-2相当)の設定が、1桁程度Ni(D-1相当)より大きい
D-2	二価のイオン、ヒドロキシ錯体	Tl, Mn, Ni, Zn, Cd, Hg, Po	2価遷移金属、重金属	Ni, Co, Pb, <u>Pd</u>	
D-3	二価のイオン、ヒドロキシ錯体、酸化物の陰イオン	Be, Fe, Co			
E	ヒドロキシ錯体	Sc, In, Bi, Zr, Nb, Hf, Sb, V	多価遷移金属及び重金属	Nb, <u>Pa</u> , Sn, <u>Tc</u> , Zr	Tcの分類は酸化(TcO_4^-)還元($TcO(OH)_2$)雰囲気の違いか？ SDBからは還元環境で高めの K_d 値が存在する
F	白金族	<u>Pd</u> , Ru, Rh, Os, Ir, Pt	—	—	Pdは白金族に分類
G-2	中性付近で炭酸錯体、高アルカリ性環境下でヒドロキシ錯体	Ac, Am, Cm, Bk, Cf, Es	3価アクチノイド、ラ ンタノイド	Am, Cm, <u>Eu</u> , <u>Sm</u>	
G-1	ヒドロキシ錯体、炭酸錯体	U	4価アクチノイド	Th, U, Np, Pu	PaはG-3に分類
G-3	ヒドロキシ錯体あるいは炭酸錯体	Th, <u>Pa</u> , Pu			
G-4	酸化物イオン、炭酸錯体、ヒドロキシ錯体	Np			
H	一価の陰イオン	Cl, I	陰イオン	Se, C, Cl, I, Mo	
I	酸化物の陰イオン	Mo, W, <u>Tc</u> , Ta, Re			
K-1	高アルカリ性環境下で二価の陰イオン	Si, S, Se, Sn, Te			
K-2	高アルカリ性環境下で二価の陰イオン	C			
J	塩素と錯体生成	Ag	—	—	

SDBにおけるNi、Eu、Amの K_d 比較

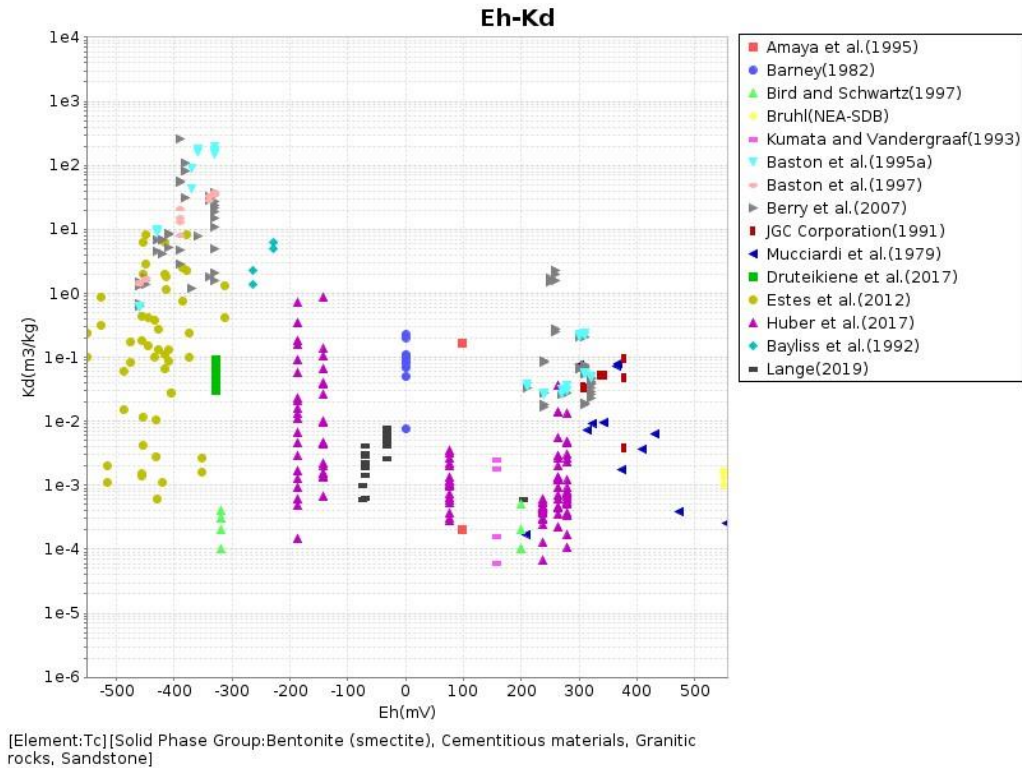
SDBにおけるTcの K_d のEh依存性

266



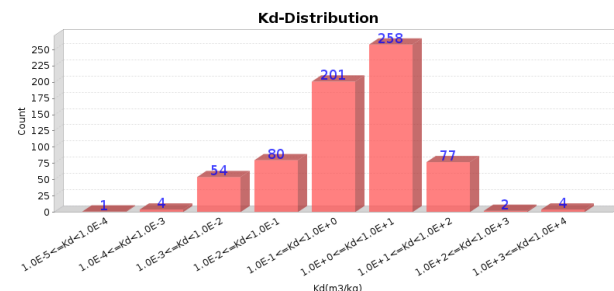
2021年度IRID報告書の K_d 設定比較(Ni、Am)

	Ni	Am
セメント	0.009	0.1
コンクリート	0.01	0.1
ベントナイト	0.004	1
岩盤	0.1	0.1



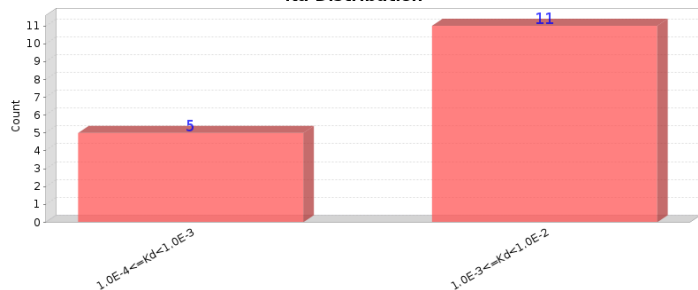
収着分配係数: C

C	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>9.1E-05</td></tr><tr><td>最大</td><td>2、500</td></tr><tr><td>平均</td><td>15.6</td></tr><tr><td>中央値</td><td>1</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.6414</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.00429</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.14</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>4.35</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>32</td></tr><tr><td>データ数</td><td>688</td></tr></table>	最小	9.1E-05	最大	2、500	平均	15.6	中央値	1	対数平均	0.6414	5%ile	0.00429	25%ile	0.14	75%ile	4.35	95%ile	32	データ数	688	JNFL浅地中(測定値平均) 0.003(コンクリート、有機) 0.004(モルタル、有機) 0.5(PWR濃廃) 0.05(発電所雑固体、有機) 英国浅地中: 0 カナダ浅地中(文献値) 0.005(砂) 0.017(砂、粘土、セメント、有機物の混合物) JNES(中深度処分):0.00025 SFR:2~5(無機)、0(有機) SE-SFL:0.7~5(無機)、0(有機) 韓国: 0.05(劣化前)、 0.00144(劣化後) TRU: 0~0.2(英GDF50%ile)	低分子有機C(放射化物からの溶出分を含む): 0~0.001 発電所有機C: 0.05 有機C: 0.01~0.05 無機C: 0.1~1 参1 補9-15 1号廃棄物施設1-6群値より セメント:0.004
最小	9.1E-05																						
最大	2、500																						
平均	15.6																						
中央値	1																						
対数平均	0.6414																						
5%ile	0.00429																						
25%ile	0.14																						
75%ile	4.35																						
95%ile	32																						
データ数	688																						
SRF (収着低減係数)	なし	JNFL:1(影響物質を含む条件で測定しているので、 影響なし) JNES(中深度処分):0	有機物影響、塩影響共に1																				
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012): 「収着データベース(JAEA-SDB)の 開発:土壌系及びセメント系を含む収 着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	原子力環境整備センター他、1990:各種バリア材の 分配係数について 原子力環境整備センター他、1996:固体状廃棄物の C-14 分配係数について 日本原燃株式会社、2021年6月:廃棄物埋設施設 における許可基準規則への適合性について	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設に おける許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6																				

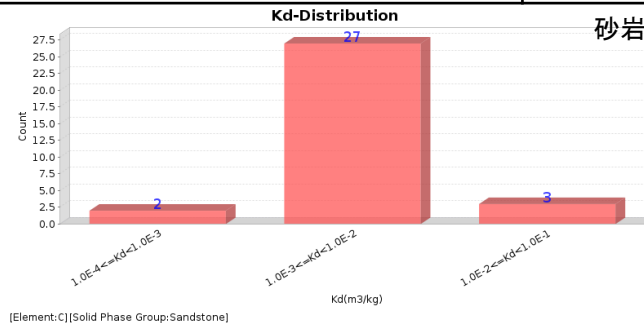
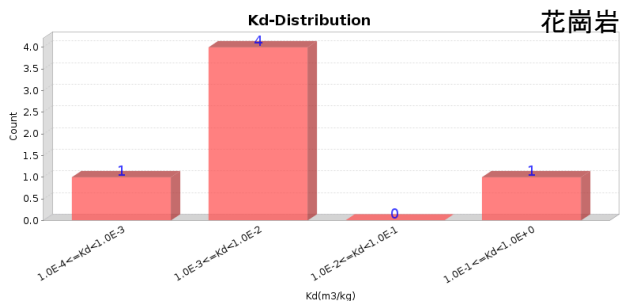


C	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>2.0E-04</td></tr><tr><td>最大</td><td>0.0061</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.00148</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.0013</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.001076</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>3.2E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>5.75E-04</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.0016</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>0.0034</td></tr><tr><td>データ数</td><td>34</td></tr></table>	最小	2.0E-04	最大	0.0061	平均	0.00148	中央値	0.0013	対数平均	0.001076	5%ile	3.2E-04	25%ile	5.75E-04	75%ile	0.0016	95%ile	0.0034	データ数	34	JNFL(保守的設定) 0 (ベントナイト混合土) (平均値は0.0012) 中深度(JNES、SFR、SE-SFL) 0、9E-5 (炭酸) 地層処分(NUMO、芬、瑞、英、仏) 0	参1 第4表 難透水性 覆土より:0
	最小	2.0E-04																					
	最大	0.0061																					
	平均	0.00148																					
	中央値	0.0013																					
	対数平均	0.001076																					
	5%ile	3.2E-04																					
	25%ile	5.75E-04																					
	75%ile	0.0016																					
	95%ile	0.0034																					
データ数	34																						
SRF	なし	JNFL:1(保守的に0としているので、影響なし) ベントナイトについては、ほとんど0が設定されているので、SRFは設定されていない。	有機物影響、塩影響共に1																				
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012): 「収着データベース(JAEA-SDB)の 開発:土壌系及びセメント系を含む収 着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	原子力環境整備センター他、1990:各種バリア材の分配 係数について 原子力環境整備センター他、1996:固体状廃棄物のC- 14 分配係数について 日本原燃株式会社、2021 年6 月:廃棄物埋設施設にお ける許可基準規則への適合性について	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物 埋設施設における許可基準規 則への適合性について 第十 条補足説明資料9 2021.6																				

Kd-Distribution



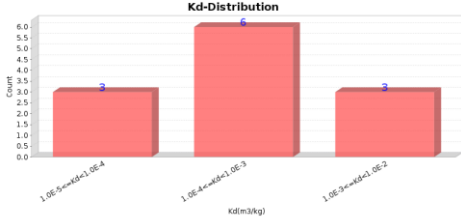
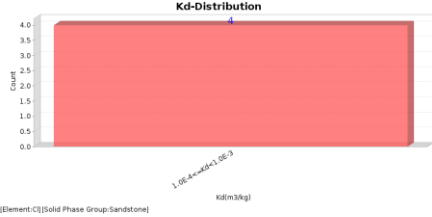
C	SDB、他			国内外事例	設定案
K _d				JNFL(測定値平均)	参1 第4表 鷹架層設定値より: 0.0001
		花崗岩	砂岩	0.0001(設定値)	
	最小	1.9E-04	2.0E-04	0.0016(砂質軽石凝灰岩)	
	最大	0.15	0.09	0.0023(粗粒砂岩)	
	平均	0.0265	0.00949	英国浅地中: 0	
	中央値	0.00233	0.0028	カナダ浅地中(文献値)	
	対数平均	0.00278	0.003096	0.005(砂)	
	5%ile	3.93E-04	9.1E-04	JNES中深度: 0.0001	
	25%ile	0.00127	0.00143	韓国: 0.0019 瑞: 0	
	75%ile	0.0029	0.0044	地層処分: 0~0.0071要確認	
	95%ile	0.113	0.0645	英GDF 3E-4(花崗岩) 0.001(粘土)	
データ数	11	32			
SRF	なし			JNFL: 1(岩については影響物質の影響を考慮しない)	収着影響はないものとする(設定しない)
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012): 「収着データベース (JAEA-SDB) の開発: 土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022			原子力環境整備センター他、1990: 各種バリア材の分配係数について 原子力環境整備センター他、1996: 固体状廃棄物のC-14 分配係数について 日本原燃株式会社、2021 年6 月: 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6



収着分配係数: CI

CI	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>7.0E-04</td></tr><tr><td>最大</td><td>0.233</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.0287</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.008</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.00809</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>7.0E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.0025</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.024</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>0.171</td></tr><tr><td>データ数</td><td>109</td></tr></table>	最小	7.0E-04	最大	0.233	平均	0.0287	中央値	0.008	対数平均	0.00809	5%ile	7.0E-04	25%ile	0.0025	75%ile	0.024	95%ile	0.171	データ数	109	JNFL浅地中廃棄体及び充填材(高炉スラグモルタル):0.00057 JNFL浅地中廃棄体及び充填材(K_d 試験:塩なし):0.00198 JNFL浅地中廃棄体(1号/2号/3号):0/0.0005/— JNFL浅地中充填材及びピット(1号/2号/3号):0/—/— JNFL浅地中3号核種選定用(廃棄体/充填モルタル/コンクリート):0.0005/0.0005/0.0008(基本&変動) 英国浅地中廃棄体及び充填材:0.001 カナダ浅地中廃棄体(文献値): 0(砂) 0.0021(砂、粘土、セメント、有機物の混合物) JNES中深度:0 中深度(SFR、SE-SFL):0.001 NUMO(深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類):0 地層処分(英):0.0001(50%ile) 地層処分(仏):0~0.02	参1 第4表 充填モルタルより:0.0005
	最小	7.0E-04																					
	最大	0.233																					
	平均	0.0287																					
	中央値	0.008																					
	対数平均	0.00809																					
	5%ile	7.0E-04																					
	25%ile	0.0025																					
	75%ile	0.024																					
	95%ile	0.171																					
データ数	109																						
Kd-Distribution Count 1.0E-4=Kd<1.0E-3 1.0E-3=Kd<1.0E-2 1.0E-2=Kd<1.0E-1 1.0E-1=Kd<1.0E+0 Kd(m³/kg) (Element:CI)(Solid Phase Group:Cementitious materials)																							
SRF	なし	JNFL浅地中3号:0.1(塩)	有機物影響:1、塩影響:0.1																				
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	原子力環境整備センター他、1990:各種バリア材の分配係数について 日本原燃株式会社、2021年6月:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6																				

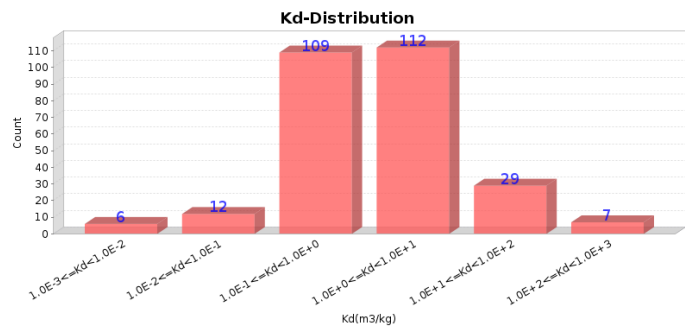
CI	SDB、他	国内外事例	設定案
K_d	なし	JNFL浅地中難透水性覆土(下記の最小値):0 Na型15wt%配合:0.00021 Na型30wt%配合:0 Ca型30wt%配合:0 JNFL浅地中3号核種選定用:0(基本&変動) 中深度(JNES、SFR、SE-SFL):0 NUMO(深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類):0 地層処分(芬蘭、瑞典、仏、英):0	国内外とも0が設定されており、SDBIにもデータが無いため0とする。 参1 第4表 難透水性覆土より:0
SRF	なし	JNFL浅地中3号:0.07(塩)	有機物影響:1、塩影響:0.07
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	原子力環境整備センター他、1990:各種バリア材の分配係数について 日本原燃株式会社、2021年6月:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料9 2021.6

CI	SDB、他	国内外事例	設定案																																								
K_d	・Granitic Rocks: <table border="1"> <tr> <td>最小</td><td>2.0E-05</td><td>5%ile</td><td>3.65E-05</td></tr> <tr> <td>最大</td><td>0.0011</td><td>25%ile</td><td>1.68E-04</td></tr> <tr> <td>平均</td><td>5.7E-04</td><td>75%ile</td><td>9.25E-04</td></tr> <tr> <td>中央値</td><td>6.0E-04</td><td>95%ile</td><td>0.00104</td></tr> <tr> <td>対数平均</td><td>3.34E-04</td><td>データ数</td><td>12</td></tr> </table>  ・Sandstone (0(6データ)は含まず): <table border="1"> <tr> <td>最小</td><td>2.0E-4</td><td>5%ile</td><td>2.15E-4</td></tr> <tr> <td>最大</td><td>6.0E-4</td><td>25%ile</td><td>2.75E-4</td></tr> <tr> <td>平均</td><td>4.25E-4</td><td>75%ile</td><td>6.0E-4</td></tr> <tr> <td>中央値</td><td>4.5E-4</td><td>95%ile</td><td>6.0E-4</td></tr> <tr> <td>対数平均</td><td>3.83E-4</td><td>データ数</td><td>4</td></tr> </table> 	最小	2.0E-05	5%ile	3.65E-05	最大	0.0011	25%ile	1.68E-04	平均	5.7E-04	75%ile	9.25E-04	中央値	6.0E-04	95%ile	0.00104	対数平均	3.34E-04	データ数	12	最小	2.0E-4	5%ile	2.15E-4	最大	6.0E-4	25%ile	2.75E-4	平均	4.25E-4	75%ile	6.0E-4	中央値	4.5E-4	95%ile	6.0E-4	対数平均	3.83E-4	データ数	4	JNFL浅地中(1号/2号/3号):0/—/— JNFL浅地中3号核種選定用:0(基本&変動) 英国浅地中:0 カナダ浅地中(文献値):0(砂) JNES中深度:0.0001(TRU2花崗岩の値) 瑞典(SFR及びSE-SFL):0 NUMO(深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類):0 地層処分(芬蘭): 岩盤(汽水):2.4E-7 岩盤(アルカリイオン水):0 岩盤(黒雲母上限値):1.5E-5 粘土層(汽水):1.0E-5 粘土層(アルカリイオン水):0 地層処分(瑞典、仏):0 地層処分(英:花崗岩、粘土、砂岩):0	国内外において、0が設定されている 参1 第4表 鷹架層設定値より:0
最小	2.0E-05	5%ile	3.65E-05																																								
最大	0.0011	25%ile	1.68E-04																																								
平均	5.7E-04	75%ile	9.25E-04																																								
中央値	6.0E-04	95%ile	0.00104																																								
対数平均	3.34E-04	データ数	12																																								
最小	2.0E-4	5%ile	2.15E-4																																								
最大	6.0E-4	25%ile	2.75E-4																																								
平均	4.25E-4	75%ile	6.0E-4																																								
中央値	4.5E-4	95%ile	6.0E-4																																								
対数平均	3.83E-4	データ数	4																																								
SRF	なし	なし	収着影響はないものとする(設定しない)																																								
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	原子力環境整備センター他、1990:各種バリア材の分配係数について 日本原燃株式会社、2021年6月:廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6																																								

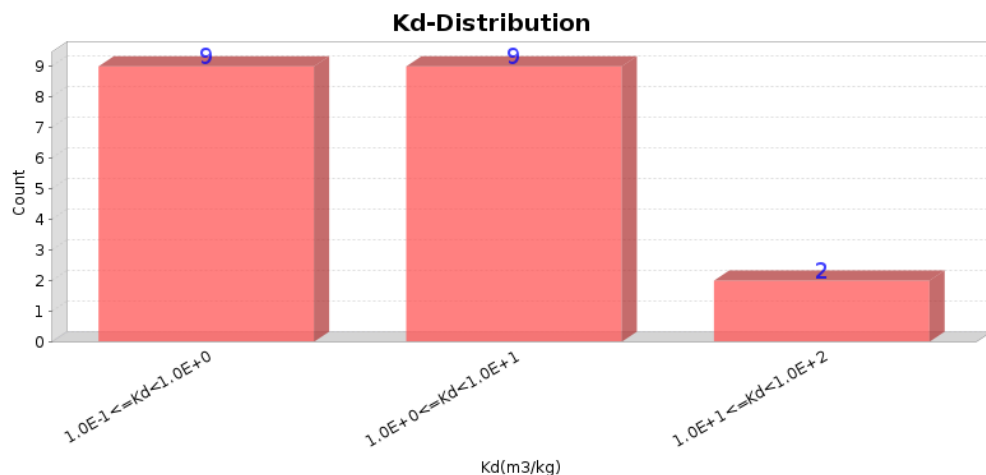
収着分配係数: Nb

Nb	SDB、他	国内外事例	設定案
K_d	・0.1(セメント、JAEA-SDBデータ 平均値、セメント平衡水又は 純粋、かつ、pH<13の条件に より抽出した結果) ・0.6(コンクリート、JNFL取得データ、 高炉コンクリートスラグ) ・JAEA-SDBは次頁に掲載	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 0.0006~0.01/0.6/0、6 英国浅地中: 10 カナダ浅地中(文献値) 0.17(砂) 0.43(砂、粘土、セメント、有機物の混 合物) JNES(中深度処分): 0 瑞SFR: 50 瑞SE-SFL: 5、50 韓国: 0.05(劣化前)、1.23(劣化後) TRU: 4(英GDF50%ile)	SDBにおいてデータ数が多い範囲(0.1~ 10 m ³ /kgの最小値より設定した ・0.1(セメント)
SRF	0.74(0.10%)/0.55(1%)/0.41(10%) ※全てバリアに、英GDFのSRFを適用	JNFL: 0.1(塩影響、セメント/コンクリート) 1(有機物影響、セメント/コンクリート、 最も可能性が高い設定) 0.05(有機物影響、セメント/コンクリ ート、最も厳しい設定) 瑞SE-SFL: 1 英GDF: 0.55(充填材NRVBセメント、セ ルロース付着割合1%)	JNFLでの評価値 ・1(有機物影響) ・0.1(塩影響) 2021年IRID報告書での設定値 ・0.01(有機物影響) ・0.1(塩影響) 有機物影響及び塩影響いずれも厳しい値 を採用する ・0.01(有機物影響) ・0.1(塩影響)
主な 参考 文献	2021年度IRID報告書: 令和3年度開始 廃炉・汚染水対策事業補助金「固 体廃棄物の処理処分に関する研究 開発」最終報告書、(令和4年3月)	p.8~10記載の各国の調査文献参照	Sugiura, Y. Suyama, T. and Tachi, Y.(2020): “Development of JAEA Sorption Database (JAEA-SDB), Update of Sorption/QA Data in FY2019”, JAEA-Data/Code 2019-022.

Nb	SDB、他		国内外事例	設定案
K_d	最小	0.001	—	—
	最大	350		
	平均	10.0		
	中央値	1.16		
	対数平均	1.147		
	5%ile	0.0695		
	25%ile	0.374		
	75%ile	2.98		
	95%ile	49.8		
	データ数	277		
SRF	なし		—	—
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022			



Nb	SDB、他	国内外事例	設定案
K_d	•0.1(JAEA-SDB、Solid phase Group: Bentonite(smectite)) •JAEA-SDBは下記のとおり	JNFL(保守的設定) 0/0.5 (難透水性覆土) 中深度(JNES、SFR、SE-SFL) 0.1、3、3 地層処分(NUMO、芬、瑞、英、仏) 0.2、5.4/1.8、3、3、-	SDBにおいてデータ数が多い範囲(0.1~10 m ³ /kgの最小値より設定した •0.1
SRF	0.74(0.10%)/0.55(1%)/0.41(10%) ※全てバリアに、英GDFのSRFを適用	JNFL: 1(有機物影響、難透水性覆土、最も可能性が高い設定) 0.2(有機物影響、難透水性覆土、最も厳しい設定) 0.07(塩影響、難透水性覆土) SE-SFL: 1	JNFLでの設定値 •1(有機物影響) •0.07(塩影響)
主な参考文献	2021年度IRID報告書: 令和3年度開始廃炉・汚染水対策事業補助金「固体廃棄物の処理処分に関する研究開発」最終報告書、(令和4年3月)	p.8~10記載の各国の調査文献参照	Sugiura, Y. Suyama, T. and Tachi, Y.(2020): "Development of JAEA Sorption Database (JAEA-SDB), Update of Sorption/QA Data in FY2019", JAEA-Data/Code 2019-022.

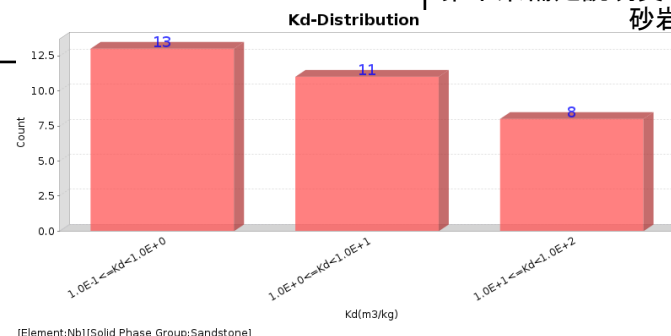
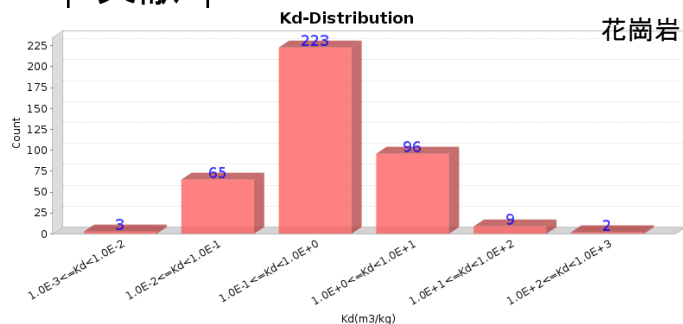


最小	0.184
最大	23
平均	3.4
中央値	1.11
対数平均	1.194
5%ile	0.337
25%ile	0.495
75%ile	1.5
95%ile	23
データ数	20

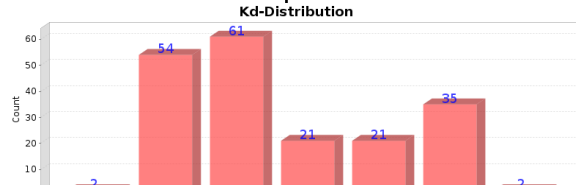
Nb	SDB、他	国内外事例	設定案	
K _d	・0.02(JNFLデータ、軽石質砂岩)		参1 第4表 鷹架層設定値より :0.02	
		花崗岩		砂岩
	最小	0.003		0.1
	最大	142		10
	平均	2.35		4.19
	中央値	0.48		2.06
	対数平均	0.491		1.774
	5%ile	0.058		0.177
	25%ile	0.142		0.523
	75%ile	1.14		9.14
	95%ile	6.05		10
	データ数	399	32	
SRF	0.74(0.10%)/0.55(1%)/0.41(10%) ※全てバリアに、英GDFのSRFを適用		GDF:0.4(砂岩、分布の代表値)	収着影響はないものとする(設定しない)
参考文献	2021年度IRID報告書:令和3年度開始廃炉・汚染水対策事業補助金「固体廃棄物の処理処分に関する研究開発」最終報告書、(令和4年3月)		p.8～10記載記載の各国の調査文献参照	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6

Kd-Distribution
223
花崗岩

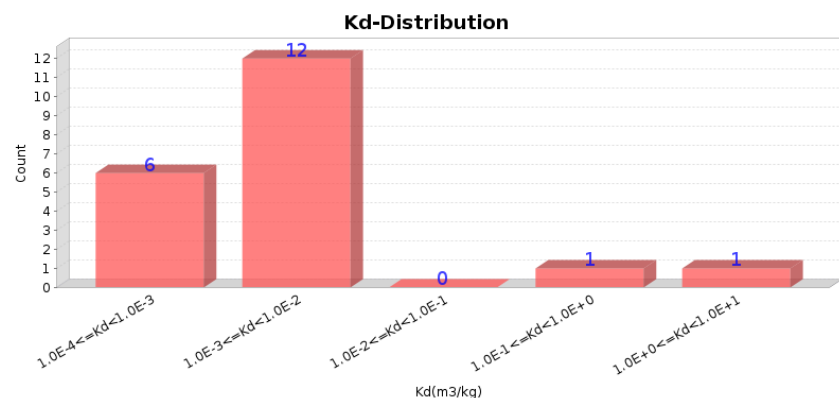
Kd-Distribution
13
砂岩



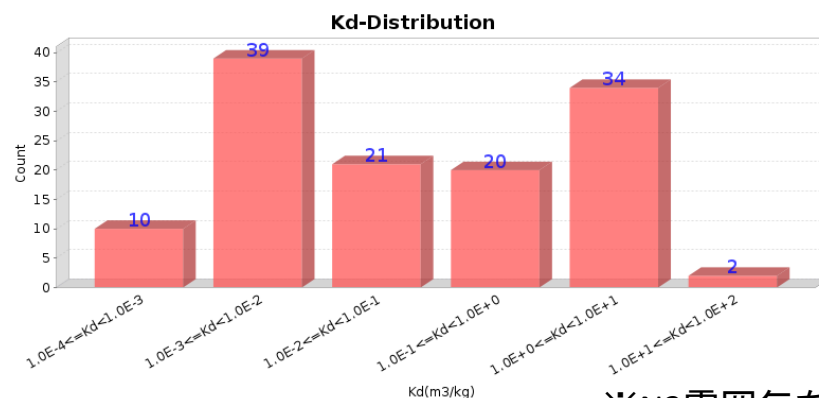
収着分配係数: T_c

Tc	SDB、他	国内外事例	設定案																				
$K_d(\text{m}^3/\text{kg})$	<table><tr><td>最小</td><td>8.0E-05</td></tr><tr><td>最大</td><td>14</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.733</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.00275</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.0117</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>1.46E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>7.93E-04</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.236</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>3.95</td></tr><tr><td>データ数</td><td>199</td></tr></table>	最小	8.0E-05	最大	14	平均	0.733	中央値	0.00275	対数平均	0.0117	5%ile	1.46E-04	25%ile	7.93E-04	75%ile	0.236	95%ile	3.95	データ数	199	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 0~0.0003／0.0002／0.0002(廃棄体) 0/0.0002/0.0002(充填材) 0/0/0(コンクリート) 英国浅地中 6(セメント系充填材) JNES(中深度処分) 2.5(影響物無) 0(影響物有) SFR 3.0(Tc(IV)) 0.001(Tc(VII)) 韓国(劣化前/劣化後):0/0 英国GDF:1(NRVB) NUMO(TRU充填材) Gr1、4L:1E-01、Gr3:2E-05	参1 第4表 充填モルタルより セメント:0.0002
	最小	8.0E-05																					
	最大	14																					
	平均	0.733																					
	中央値	0.00275																					
	対数平均	0.0117																					
	5%ile	1.46E-04																					
	25%ile	7.93E-04																					
	75%ile	0.236																					
	95%ile	3.95																					
データ数	199																						
SRF	JNFL浅地中 0.1(セメント・塩影響) 0.02(コンクリート・塩影響) JNES(中深度処分) 考慮していない SE-SFL 0.0001(BHAにおけるセメント・ベントナイト) NUMO(TRU充填材):設定なし GDF(英国):1(セルロース付着割合1%)	有機物影響 1 塩影響 0.1																					
	参考文献		 Count Kd-Distribution Kd(m³/kg) (Element:Tc)[Solid Phase Group:Cementitious materials]	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料9 2021.6																			

	酸化性	還元性
最小	2.2E-04	6.0E-04
最大	1.2	14.0
平均	0.103	1.12
中央値	0.00207	0.0608
対数平均	0.00265	0.05643
5%ile	4.29E-04	6.03E-04
25%ile	7.60E-04	0.00263
75%ile	0.00241	1.34
95%ile	0.849	6.35
データ数	22	127

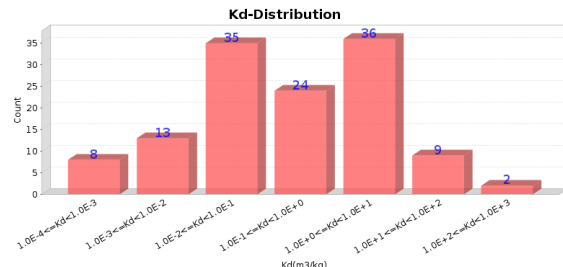


[Element:Tc][Solid Phase Group:Cementitious materials][Detail Search Terms:Aerobic]

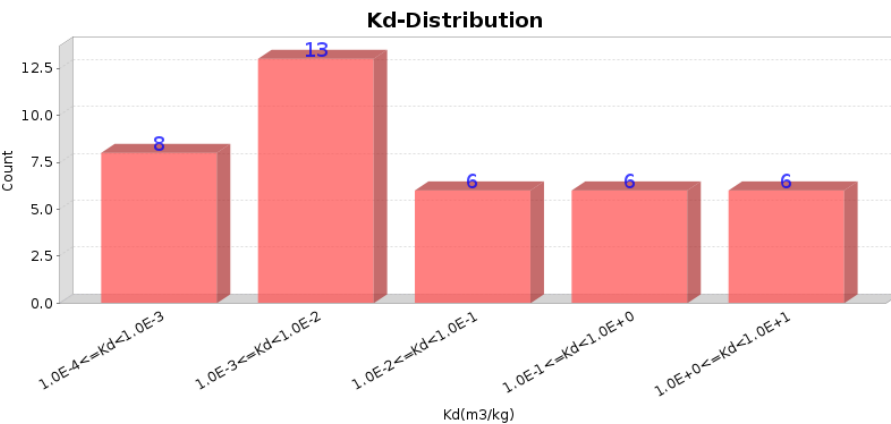


[Element:Tc][Solid Phase Group:Cementitious materials][Detail Search Terms:Anaerobic]

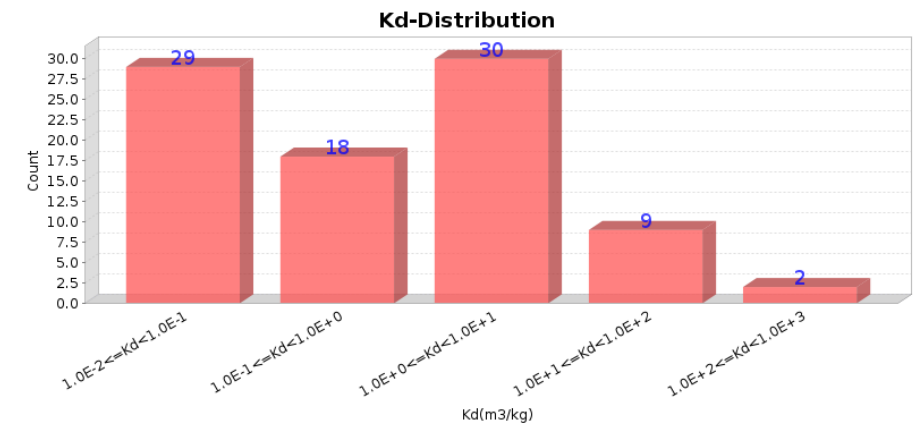
※N2雰囲気を含む

Tc	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K _d	<table><tr><td>最小</td><td>1.72E-04</td></tr><tr><td>最大</td><td>260</td></tr><tr><td>平均</td><td>6.32</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.23</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.207</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>6.27E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.0291</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>1.7</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>19.2</td></tr><tr><td>データ数</td><td>149</td></tr></table>	最小	1.72E-04	最大	260	平均	6.32	中央値	0.23	対数平均	0.207	5%ile	6.27E-04	25%ile	0.0291	75%ile	1.7	95%ile	19.2	データ数	149	JNFL(1号/2号/3号) 0 / 0 / 0(難透水性覆土) カナダ: 0.00009 (GCL/CCL) JNES(中深度): 1 SFR 63(Tc(IV)) 0(Tc(VII)) SE-SFL: 63 NUMO: 5.0 SF(フィンランド・緩衝材) 6.3(汽水) 1.8(高アルカリイオン水) SF(フィンランド・埋め戻し材) 110(汽水) 110(高アルカリイオン水) SR-Site(スウェーデン)、GDF(英国) 6.3(IV) 0(VII)	参1 第4表 難透水性覆土より : 0
最小	1.72E-04																						
最大	260																						
平均	6.32																						
中央値	0.23																						
対数平均	0.207																						
5%ile	6.27E-04																						
25%ile	0.0291																						
75%ile	1.7																						
95%ile	19.2																						
データ数	149																						
SRF	 (Element:Tc)[Solid Phase Group:Bentonite (smectite)]	JNFL浅地中 0.07(何透水性覆土・塩影響) 1(有機物による収着影響度) カナダ浅地中 0.98(非セメント系条件) JNES(中深度処分) 考慮していない SE-SFL 0.0001(BHAにおけるセメント・ベントナイト) NUMO(TRU充填材): 設定なし GDF(英国): 1(設定なし)	有機物影響 1 塩影響 0.07																				
参考文献			参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明 資料9 2021.6																				

	酸化性	還元性
最小	1.72E-04	0.0201
最大	2.8	260
平均	0.39	8.94
中央値	0.009	0.64
対数平均	0.01482	0.6669
5%ile	2.51E-04	0.0277
25%ile	0.00143	0.0688
75%ile	0.297	4.3
95%ile	2.29	46.6
データ数	52	88



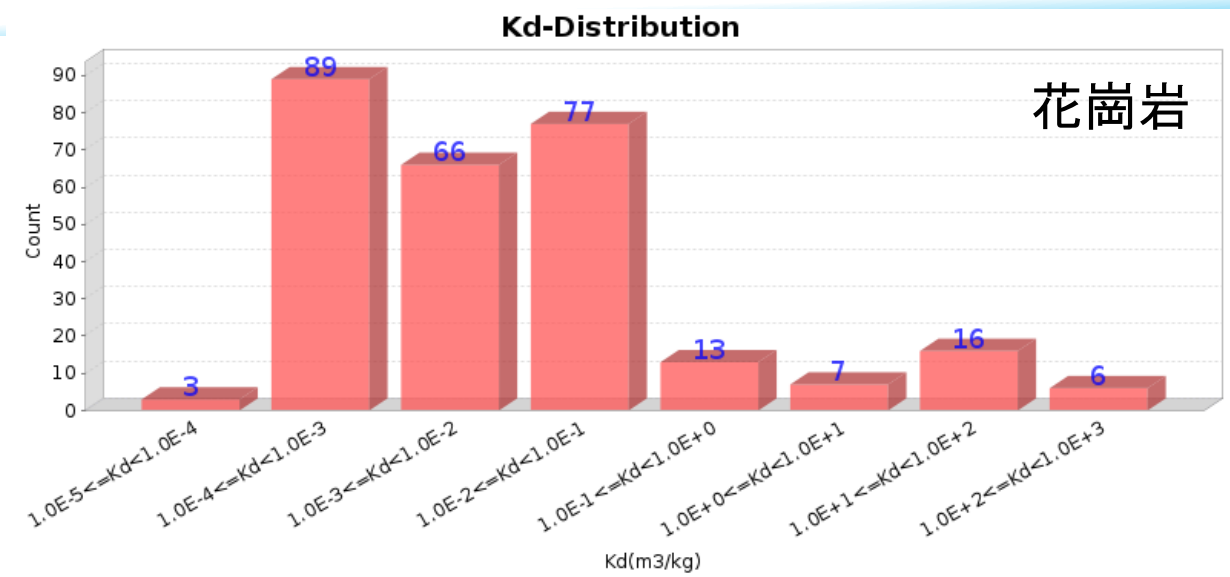
[Element:Tc][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)][Detail Search Terms:Aerobic]



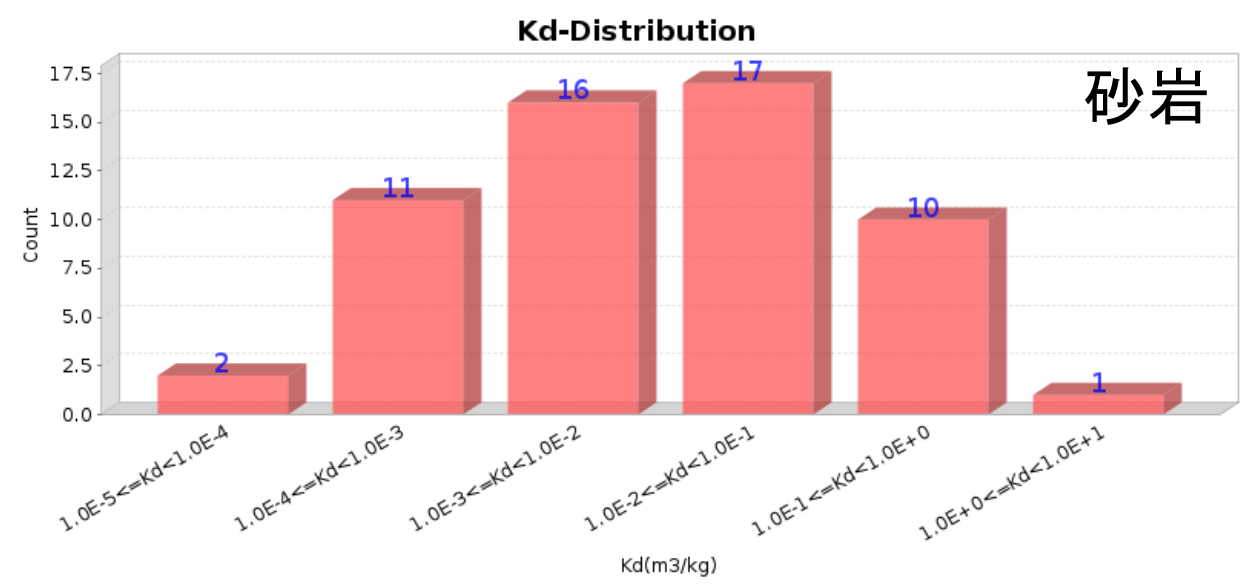
[Element:Tc][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)][Detail Search Terms:Anaerobic]

※N₂雰囲気を含む

Tc	SDB、他			国内外事例	設定案
K _d		花崗岩	砂岩	JNFL(1号/2号/3号) 0/0/0※ ¹ 0.0001/0.0001/0.0001※ ² 英国浅地中：0.0001 JNES中深度：1 SFR 0.053(Tc(Ⅳ)) 0(Tc(Ⅶ)) SE-SFL:0.099 韓国:0.327 NUMO 0.008(深成岩類) 0.2(堆積岩類・低Cl-) 0.0(堆積岩類・高Cl-) SF(フィンランド) 0.4～20 SR-Site(スウェーデン) 0.0529(Tc(Ⅳ)) 0(Tc(Ⅶ)) 英GDF 14(花崗岩系) 50(泥岩系) 1(砂岩・還元・Ⅳ)) 0.063(砂岩・還元又は酸化・混合) 0.004(砂岩・酸化・Ⅳ)) 0(石灰岩・還元/酸化)	参1の第21、第22表 岩盤(鷹架層)の 初期状態分配係数より :0.0001
	最小	6.0E-05	1.0E-05		
	最大	200	1.33		
	平均	5.66	0.0779		
	中央値	0.0035	0.0076		
	対数平均	0.00867	0.00743		
	5%ile	1.23E-04	1.0E-04		
	25%ile	7.0E-04	0.00101		
	75%ile	0.0436	0.081		
	95%ile	29	0.224		
	データ数	291	77		
	SRF				
参考文献				※1 日本原燃株式会社、廃棄物埋設事業 許可変更申請第4次補正について ※2 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6



[Element:Tc][Solid Phase Group:Granitic rocks]

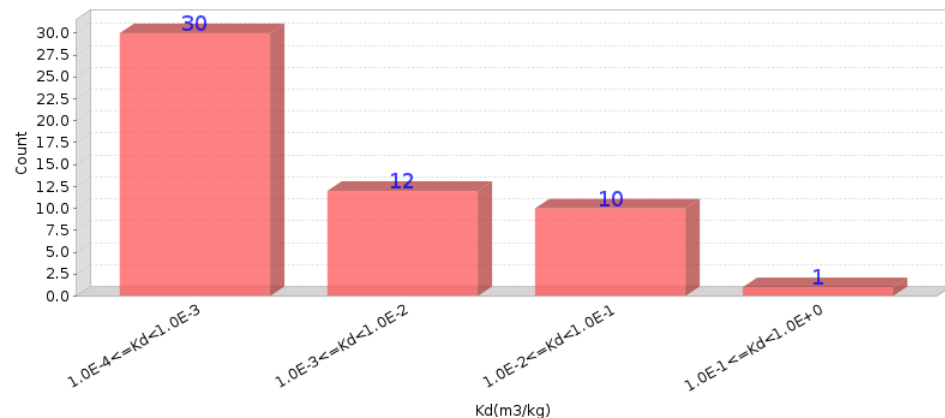


[Element:Tc][Solid Phase Group:Sandstone]

花崗岩

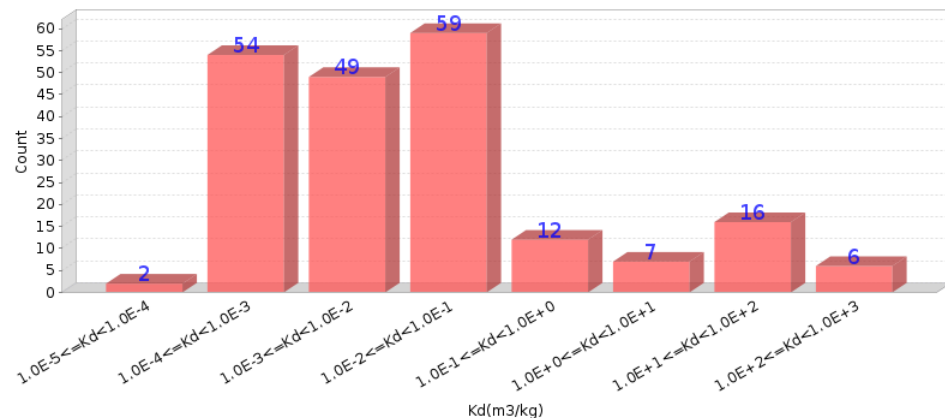
	酸化性	還元性
最小	1.0E-04	6.0E-05
最大	0.16	200
平均	0.0139	7.64
中央値	8.0E-04	0.00674
対数平均	0.001486	0.01465
5%ile	1.0E-04	2.93E-04
25%ile	4.00E-04	9.09E-04
75%ile	0.00719	0.0501
95%ile	0.0771	35
データ数	64	208

Kd-Distribution



[Element:Tc][Solid Phase Group:Granitic rocks][Detail Search Terms:Aerobic]

Kd-Distribution

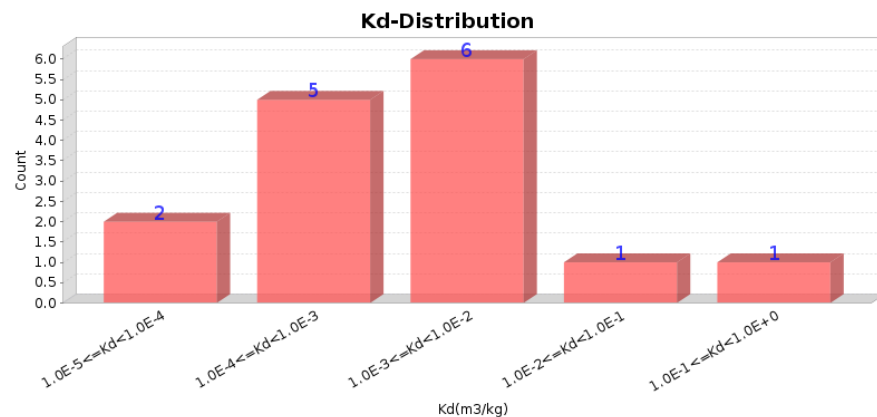


[Element:Tc][Solid Phase Group:Granitic rocks][Detail Search Terms:Anaerobic]

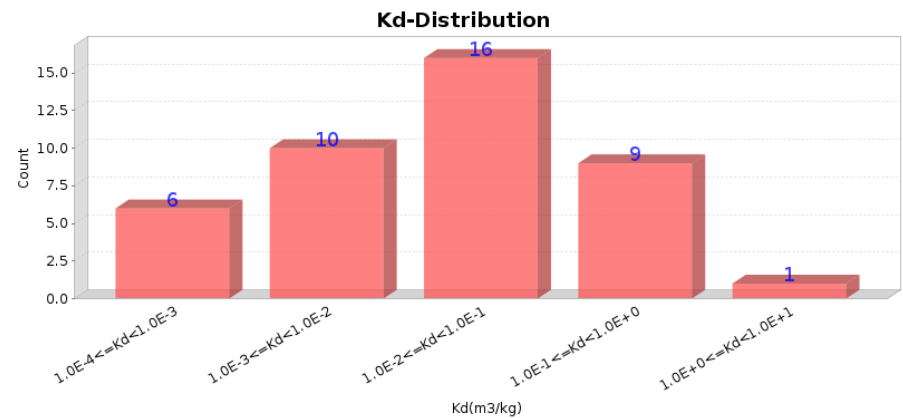
※N₂、Ar雰囲気を含む

砂岩

	酸化性	還元性
最小	1.0E-05	1.0E-04
最大	0.132	1.33
平均	0.0113	0.102
中央値	0.0015	0.051
対数平均	9.64E-04	0.0154
5%ile	4.50E-05	2.72E-04
25%ile	1.50E-04	0.0016
75%ile	0.00415	0.0958
95%ile	0.0508	0.225
データ数	35	42



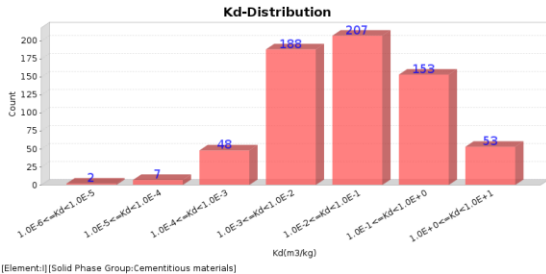
[Element:Tc][Solid Phase Group:Sandstone][Detail Search Terms:Aerobic]



[Element:Tc][Solid Phase Group:Sandstone][Detail Search Terms:Anaerobic]

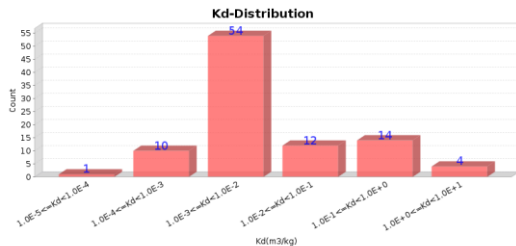
※N₂、0.05M-hydrazine雰囲気を含む

収着分配係数： 1

I、セメント	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K _d	<table><tr><td>最小</td><td>9.49E-06</td></tr><tr><td>最大</td><td>3.54</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.238</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.0234</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.0251</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>5.81E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.00428</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.14</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>1.47</td></tr><tr><td>データ数</td><td>692</td></tr></table>	最小	9.49E-06	最大	3.54	平均	0.238	中央値	0.0234	対数平均	0.0251	5%ile	5.81E-04	25%ile	0.00428	75%ile	0.14	95%ile	1.47	データ数	692	＜浅地中処分＞ ・JNFL(1号／2号／3号) 廃棄体:0～0.001／0.0001／0.0001 充填材:0／0.0001／0.0001 廃棄体:均質・均一固化体については実固化体を用いた試験で設定、 充填材:充填材と模擬核種を用いた試験より設定(試験データが得られない核種は、JAEA-SDBをもとに設定し、その値に、塩影響、有機物影響を考慮して設定) ・英国Drigg: セメント:0.001(m3/kg) 過去の安全評価にて使用したデータのレビュー、収着研究の実験レビューに基づいて設定。 ・カナダ・NSDF(Select Waste／ Combined Waste*): 廃棄体:0.001／0.0037 個々の廃棄物材料(砂、粘土、有機物、セメント材料、金属およびプラスチック(K_d=0と仮定))に対する文献データを列挙し、Select Wasteに対しては砂の値を、Combined Wasteに対しては施設に含まれる各材料の重量を考慮して個々の K_d の加重平均として算出	参1 第4表 充填モルタルよりセメント:0.0001
	最小	9.49E-06																					
	最大	3.54																					
	平均	0.238																					
	中央値	0.0234																					
	対数平均	0.0251																					
	5%ile	5.81E-04																					
	25%ile	0.00428																					
	75%ile	0.14																					
	95%ile	1.47																					
データ数	692																						
 (Element:II)(Solid Phase Group:Cementitious materials)																							
SRF	なし	JNFL:塩影響(セメント)0.1	有機物影響:1 塩影響:0.1																				
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022		参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6																				

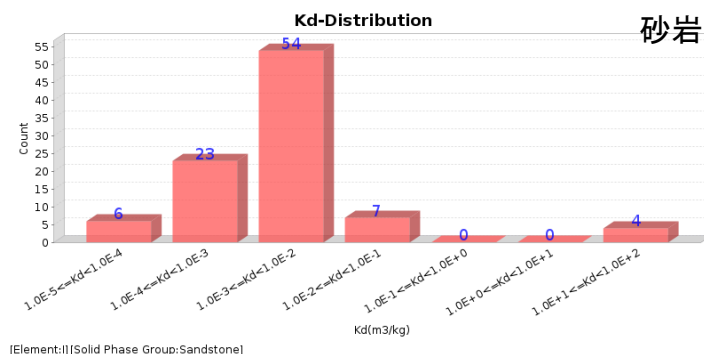
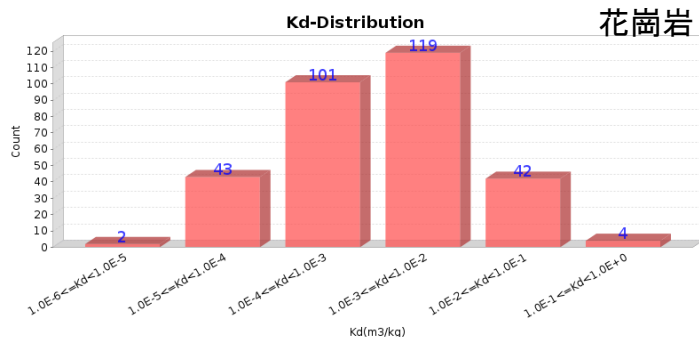
I、セメント	SDB、他	国内外事例	設定案
K_d		<中深度処分> ・日本・JNES(影響物無／影響物有) セメント系材料:0.0013／0 塩類・有機物等の影響物質の有無で設定 ・スウェーデン・SFR セメント系材料:I(-I):0.001 (劣化状態 I ～ IIIに応じて設定) ・スウェーデン・SE-SFL (酸化状態) State I、II、IIIa、IIIb: 0.001 セメント溶出によるpHの変化を考慮し、State I～State IIIbでのK_d値を設定。(State I: Na と水酸化カリウムの溶解、pH>12.5; State II: ポルトランタイトの溶解、pH≈12.5; State IIIa: ケイ酸カルシウム水和物(CSH)の非調和溶解、pH≈12; State III b: CSH相の非調和溶解、カルシウムアルミネートなし、pH≈10.5) ・韓国・月城 (劣化前／劣化後) 0.001／0 <地層処分> ・日本・NUMO 0.0001 限られた実測データをもとに、実測データのばらつきと液相条件および固相条件の不確実性を考慮した保守的な値を採用。JAEASDBを参照 ・英国・GDF 0.00056	基本:0.0001 劣化考慮、影響物質有:0 ※諸外国は同程度もしくは1桁大きい値が設定されている。 範囲:0.00056～0.0037 保守的に日本の0.0001を設定
SRF	なし	英国・GDF:1	1
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022		

セメント系材料に対するIの K_d [m ³ /kg]	ホウ酸/フェロシアン化合物/硝酸塩の濃度[mol/L]				試験溶液条件、試験条件
	0	0.001	0.01	0.1	
ホウ酸	0.002	0.003	0.007	0.01	Na濃度0.05 mol/L
	0.1	0.09	0.07	0.06	Na濃度0.5 mol/L
フェロシアン化合物	0.002	0.002	0.002	0.003	Na濃度0.5 mol/L
硝酸塩	0.002	0.002	0.002	0.004	Na濃度0.5 mol/L、試験期間7日
	0.002	0.002	0.002	0.2	Na濃度0.5 mol/L、試験期間28日

I、ベントナイト	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>8.0E-05</td></tr><tr><td>最大</td><td>2.23</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.137</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.0048</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.00808</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>3.0E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.00206</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.0226</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>0.95</td></tr><tr><td>データ数</td><td>107</td></tr></table>	最小	8.0E-05	最大	2.23	平均	0.137	中央値	0.0048	対数平均	0.00808	5%ile	3.0E-04	25%ile	0.00206	75%ile	0.0226	95%ile	0.95	データ数	107	<浅地中処分> ・JNFL(1号/2号/3号): 0/0/0 <中深度処分> ・日本・JNES: 0 TRU 第2次取りまとめでの値 ・スウェーデン・SFR: I(-I): 0 ・スウェーデン・SE-SFL: 0 <地層処分> ・日本・NUMO-SC: 0 ・フィンランド・SF: 0 Nagra Technical Report NTB 02-18およびNagra Technical Report NTB 09-07から、Iは収着がほとんどないことが確認されているため、IのK_d値は0とする。 ・スウェーデン・SR-Site: 0 Ochs and Talerico 2004(地下水と緩衝材の組成、炭酸濃度等の変化を反映した間隙水組成に対する分配係数を熱力学的収着モデルにて計算)にて取得されたものを設定 ・フランス・Cigéo: 保守的に0 ・英国・GDF: 0	参1 第4表 難透水性覆土より: 0
	最小	8.0E-05																					
	最大	2.23																					
	平均	0.137																					
	中央値	0.0048																					
	対数平均	0.00808																					
	5%ile	3.0E-04																					
	25%ile	0.00206																					
	75%ile	0.0226																					
	95%ile	0.95																					
データ数	107																						
 Kd-Distribution Count Kd(m3/kg) [Element:][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)]																							
SRF	なし	なし	有機物影響: 1 塩影響: 0.07																				
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発: 土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022		参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足 説明資料9 2021.6																				

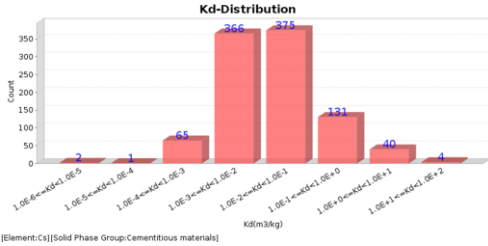
ベントナイトに 対するIの K_d [m ³ /kg]	試験溶液条件[pH]				
	4	6	8	10	12
フェロシアン化合物濃度 0.1[mol/L] Na濃度 0.5mol/L	0.002	0.0007	0.0007	0.0008	0.001、0.002
ホウ酸	「ベントナイトにほとんど収着せず、試験前後での溶液中の濃度変化が定量できなかったため、収着分配係数を取得することができなかった。」と記載されており、データはない				
硝酸塩	硫酸塩共存下でのベントナイトに対する収着試験は実施していない。				

I、岩盤	SDB、他			国内外事例	設定案
K_d		花崗岩	砂岩	<浅地中処分> ・日本・JNFL(1号／2号／3号) 0／0／0 上部覆土及び岩については塩影響、有機物影響を考慮しない。 (砂岩、凝灰岩) ・英国・Drigg 0.0011 漂積物の分配係数と同じ値を設定。漂積物のデータがない核種は、化学アナログか保守的に0を設定。 ・カナダ・NSDF 0.001 カナダ・NSDFでは、地下水が主に流れる表土層(中砂(Middle Sand))であり、 K_d は文献データ中の飽和帯に相当するものを使用。	参1 第4表 鷹架層 設定値より:0
	最小	1.55E-06	1.0E-05		
	最大	0.747	20		
	平均	0.00895	0.855		
	中央値	0.00104	0.00185		
	対数平均	9.26E-04	0.00188		
	5%ile	1.0E-05	7.2E-05		
	25%ile	2.5E-04	6.1E-04		
	75%ile	0.00293	0.00455		
	95%ile	0.0219	0.0424		
	データ数	354	101		
	SRF	なし			
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022				参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6



I、岩盤	SDB、他	国内外事例	設定案
K_d		<中深度処分> ・日本・JNES 0.0001 TRU第2次取りまとめでのグループ1、2、4 の値 (花崗岩) ・スウェーデン・SFR I(-I):0 ・スウェーデン・SE-SFL 0 室内実験及び現位置でのトレーサ試験から得られたものを使用。データがない場合には、アナログ元素の値を用いている。 ・韓国・月城 0 <地層処分> ・日本・NUMO-SC 0 収着データベース(SDB)から十分なデータが抽出できた元素は、抽出したデータの対数平均値を基本ケースの分配係数としている。十分なデータが抽出できなかった元素は、化学的類似元素が存在する元素はその類似元素の値を、存在しない元素は経験式を用いて推定した値を、それぞれ基本ケースの分配係数としており、これらの手法では適切な値が設定できない元素は、保守的に分配係数を0 m³/kgとしている。 ・フィンランド・SF 0 Nagra Technical Report NTB 02-18およびNagra Technical Report NTB 09-07から、Iは収着がほとんどないことが確認されているため、IのK_d値は0とする。 ・スウェーデン・SR-Site 0 実際のサイトの岩石及び地下水試料を用いて主要核種を対象に系統的な収着分配係数データを取得し、そのデータに基づき設定 ・フランス・Cigéo 0 ・英国・GDF 8.0E-06(花崗岩) 0(粘土)	0 どの国でも、Iは収着がほとんどないことが確認されているが、保守的に0としているため、0を採用
SRF	なし	英国・GDF…1	0
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発: 土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022		

収着分配係数: C_s

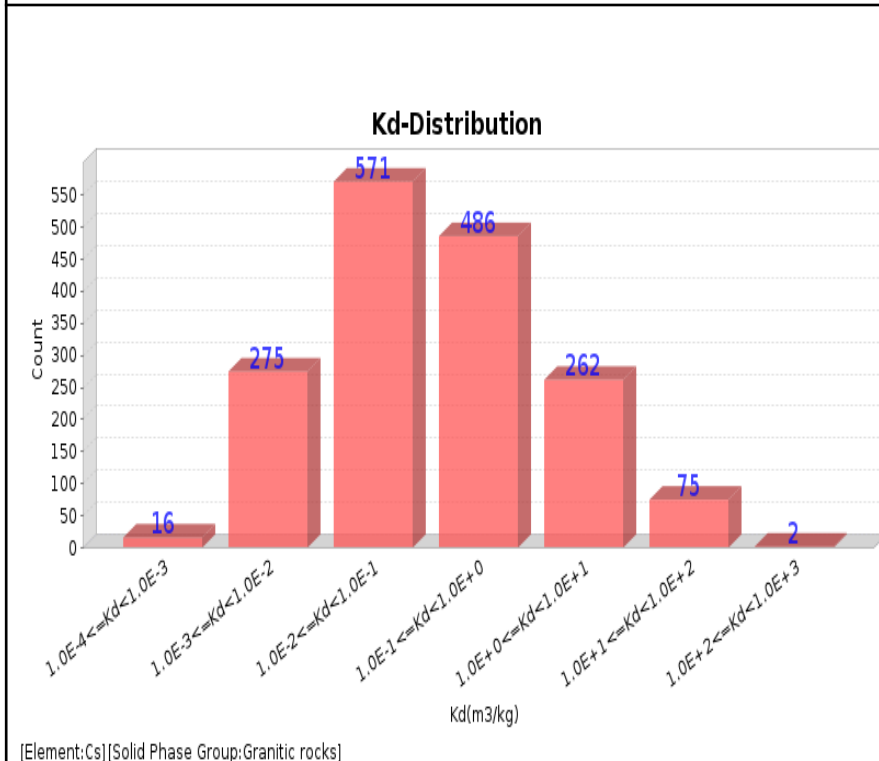
Cs	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>7.75E-06</td></tr><tr><td>最大</td><td>34</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.252</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.0132</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.0155</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>7.93E-04</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.00289</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.0566</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>0.85</td></tr><tr><td>データ数</td><td>1、020</td></tr></table>  Kd-Distribution Count Kd(m³/kg) [Element:Cs][Solid Phase Group:Cementitious materials]	最小	7.75E-06	最大	34	平均	0.252	中央値	0.0132	対数平均	0.0155	5%ile	7.93E-04	25%ile	0.00289	75%ile	0.0566	95%ile	0.85	データ数	1、020	<浅地中処分> ・JNFL3号埋設: 高炉スラグモルタル:0.133(m³/kg) セメント:0.015(m³/kg) ・JNFL(1号/2号/3号) 廃棄体:0.002~0.01/0.1/0.1 塩影響、有機物影響を考慮 充填材:0.01/0.1/0.1 塩影響、有機物影響を考慮 ・英国Drigg: セメント:0.015(m³/kg) ・米国・WCS: 不明 ・カナダ・NSDF(Select Waste/ Combined Waste*): 廃棄体:0.28/0.18 <中深度処分> ・日本・JNES(影響物無/影響物有) セメント系材料:0.0025/0.0025 塩類・有機物等の影響物質の有無で設定 ・スウェーデン・SFR(劣化状態Ⅰ～Ⅲに応じて設定) セメント系材料:Cs(I):0.001 ・スウェーデン・SE-SFL(酸化状態) StateⅠ:0.001、StateⅡ:0.002、StateⅢa:0.02、StateⅢb:0.02 セメント溶出によるpHの変化を考慮し、StateⅠ～StateⅢbでのK_d値を設定。(StateⅠ:Naと水酸化カリウムの溶解、pH>12.5; StateⅡ:ポルトランドの溶解、pH≈12.5; StateⅢa:ケイ酸カルシウム水和物(CSH)の非調和溶解、pH≈12; StateⅢb:CSH相の非調和溶解、カルシウムアルミネートなし、pH≈10.5) ・韓国・月城(劣化前/劣化後) 0.005/0.0189	参1の第15表の分配係数データ セメント平均値の0.015(m³/kg)の有効数字2桁目を切り捨てて設定した :0.01
	最小	7.75E-06																					
最大	34																						
平均	0.252																						
中央値	0.0132																						
対数平均	0.0155																						
5%ile	7.93E-04																						
25%ile	0.00289																						
75%ile	0.0566																						
95%ile	0.85																						
データ数	1、020																						
SRF			JNFLの設定値 ・1(有機物影響) ・0.1(塩影響) 2021年IRID報告書での設定値 ・1(有機物影響) ・0.5(塩影響) 有機物影響及び塩影響いずれも厳しい値を採用する ・1(有機物影響) ・0.1(塩影響)																				
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022		参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条補足説明資料9 2021.6																				

Cs	SDB、他	国内外事例	設定案																																																		
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>4.91E-05</td></tr><tr><td>最大</td><td>125</td></tr><tr><td>平均</td><td>2.35</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.322</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.291</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.00591</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.075</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>1.48</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>9.26</td></tr><tr><td>データ数</td><td>2、300</td></tr></table> Kd-Distribution <table border="1"><thead><tr><th>Kd (m3/kg)</th><th>Count</th></tr></thead><tbody><tr><td>1.0E-5 <= Kd < 1.0E-4</td><td>5</td></tr><tr><td>1.0E-4 <= Kd < 1.0E-3</td><td>59</td></tr><tr><td>1.0E-3 <= Kd < 1.0E-2</td><td>101</td></tr><tr><td>1.0E-2 <= Kd < 1.0E-1</td><td>506</td></tr><tr><td>1.0E-1 <= Kd < 1.0E+0</td><td>911</td></tr><tr><td>1.0E+0 <= Kd < 1.0E+1</td><td>610</td></tr><tr><td>1.0E+1 <= Kd < 1.0E+2</td><td>104</td></tr><tr><td>1.0E+2 <= Kd < 1.0E+3</td><td>4</td></tr></tbody></table> [Element:Cs][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)]	最小	4.91E-05	最大	125	平均	2.35	中央値	0.322	対数平均	0.291	5%ile	0.00591	25%ile	0.075	75%ile	1.48	95%ile	9.26	データ数	2、300	Kd (m3/kg)	Count	1.0E-5 <= Kd < 1.0E-4	5	1.0E-4 <= Kd < 1.0E-3	59	1.0E-3 <= Kd < 1.0E-2	101	1.0E-2 <= Kd < 1.0E-1	506	1.0E-1 <= Kd < 1.0E+0	911	1.0E+0 <= Kd < 1.0E+1	610	1.0E+1 <= Kd < 1.0E+2	104	1.0E+2 <= Kd < 1.0E+3	4	○JNFL(1号/2号/3号) 難透水層覆土:0/1/1※¹ 難透水層覆土Na型15wt%、20wt%、30wt%配合 :0.482/0.147/1.343※² ○NUMO 乾燥密度:1600 kg/m³ 間隙率:0.4 <table><tr><td>基本ケース (m3/kg)</td><td>高Cl-</td><td>低Cl-</td></tr><tr><td>深成岩類</td><td>6E-2</td><td>6E-2</td></tr><tr><td>新第三紀堆積岩類</td><td>4E-2</td><td>6E-2</td></tr><tr><td>先新第三紀堆積岩</td><td>4E-2</td><td>6E-2</td></tr></table> 高Cl: 4.9E-2 M(深成岩)、2.08E-2 M(その他) 低Cl: 2.34E-3 M(深成岩)、1.11E-3 M(その他) ○フィンランドSF 0.28 m³/kg pH :10、Eh :-407 mV、T :25℃、塩濃度: 0.182 M ○スウェーデン SFR、SE-SFL、SR-site 0.11 m³/kg pH > 9~12、Eh: -600~-400 mV、T: 25~80℃ 有機物< 6 M (SKBレポートのMX-80の基準間隙水設定値を記載) ○英国 GDF 0.093 m³/kg (瑞典と同じ)SKBレポートのMX-80の基準間隙水設定値より 地下水条件の分布の中央値を記載) 0.015 m³/kg 分布の下限(高塩水系)	基本ケース (m3/kg)	高Cl-	低Cl-	深成岩類	6E-2	6E-2	新第三紀堆積岩類	4E-2	6E-2	先新第三紀堆積岩	4E-2	6E-2	参1の第20表 難透水層覆土Na型20wt%配合0.147の有効数字2桁目を切り捨てて設定した :0.1
最小	4.91E-05																																																				
最大	125																																																				
平均	2.35																																																				
中央値	0.322																																																				
対数平均	0.291																																																				
5%ile	0.00591																																																				
25%ile	0.075																																																				
75%ile	1.48																																																				
95%ile	9.26																																																				
データ数	2、300																																																				
Kd (m3/kg)	Count																																																				
1.0E-5 <= Kd < 1.0E-4	5																																																				
1.0E-4 <= Kd < 1.0E-3	59																																																				
1.0E-3 <= Kd < 1.0E-2	101																																																				
1.0E-2 <= Kd < 1.0E-1	506																																																				
1.0E-1 <= Kd < 1.0E+0	911																																																				
1.0E+0 <= Kd < 1.0E+1	610																																																				
1.0E+1 <= Kd < 1.0E+2	104																																																				
1.0E+2 <= Kd < 1.0E+3	4																																																				
基本ケース (m3/kg)	高Cl-	低Cl-																																																			
深成岩類	6E-2	6E-2																																																			
新第三紀堆積岩類	4E-2	6E-2																																																			
先新第三紀堆積岩	4E-2	6E-2																																																			
SRF		ベントナイトのSRFは国内外で設定事例無	有機物影響:1 塩影響:0.07																																																		
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	※1 日本原燃株式会社、廃棄物埋設事業許可変更申請 第4次補正について ※2 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6	参1) 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6																																																		

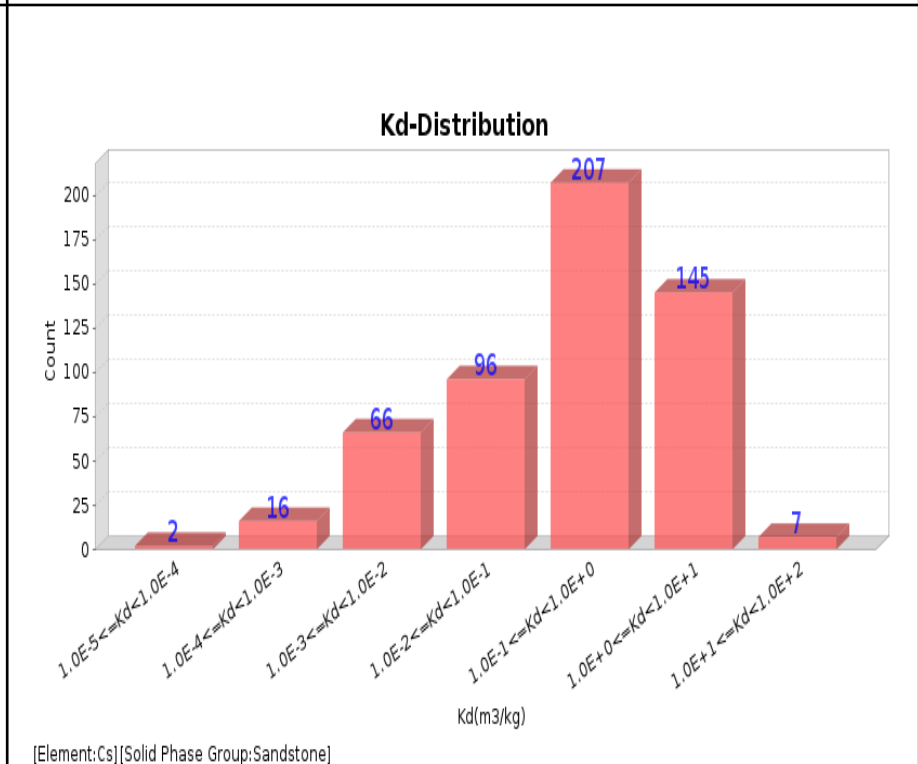
Cs	SDB、他			国内外事例	設定案
K_d		花崗岩	砂岩	浅地中 JNFL(1/2/3号): 1/1/0.9 (砂岩、凝灰岩) 塩・有機物影響を考慮しない 英国: 0.3(氷河堆積物等) カナダ: 0.28(砂)(文献値) 中深度 JNES: 0.05(花崗岩) 瑞: SFR 0.00088~0.0077(花崗岩、花崗閃緑岩) SE-SFL 0.00065(実験値) 韓国: 0.0162(白亜紀の堆積岩等) 地層処分 NUMO: 4E-02(深成岩)、低Cl: 1、高Cl: 0.1(新第三期堆積岩、先進第三紀堆積岩) 芬: 7.0E-02(片麻・花崗岩)、1.0E-03(粘土) 瑞: 3.49E-04(花崗岩、花崗閃緑岩) 英GDF: 0.14(花崗岩) 0.5(粘土)	SDBにおいて砂岩のデータ数が多い範囲(0.1~1 m³/kg)の最小値より設定した : 0.1
	最小	1.1E-04	1.0E-05		
	最大	131	38		
	平均値	1.81	1.19		
	中央値	0.094	0.4		
	対数平均	0.120	0.192		
	5%ile	0.003	0.00179		
	25%ile	0.018	0.0329		
	75 %ile	0.652	1.19		
	95%ile	9.4	4.85		
	データ数	1687	541		
SRF	なし			なし	収着影響はないものとする(設定しない)
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発: 土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022			p.8~10記載の各国の調査文献参照 原子力環境整備センター他、1990: 各種バリア材の分配係数について 日本原燃株式会社、2021 年6 月: 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について	Sugiura, Y. Suyama, T. and Tachi, Y.(2020): “Development of JAEA Sorption Database (JAEA-SDB), Update of Sorption/QA Data in FY2019”, JAEA-Data/Code 2019-022.

SDBの K_d 分布図

花崗岩



砂岩

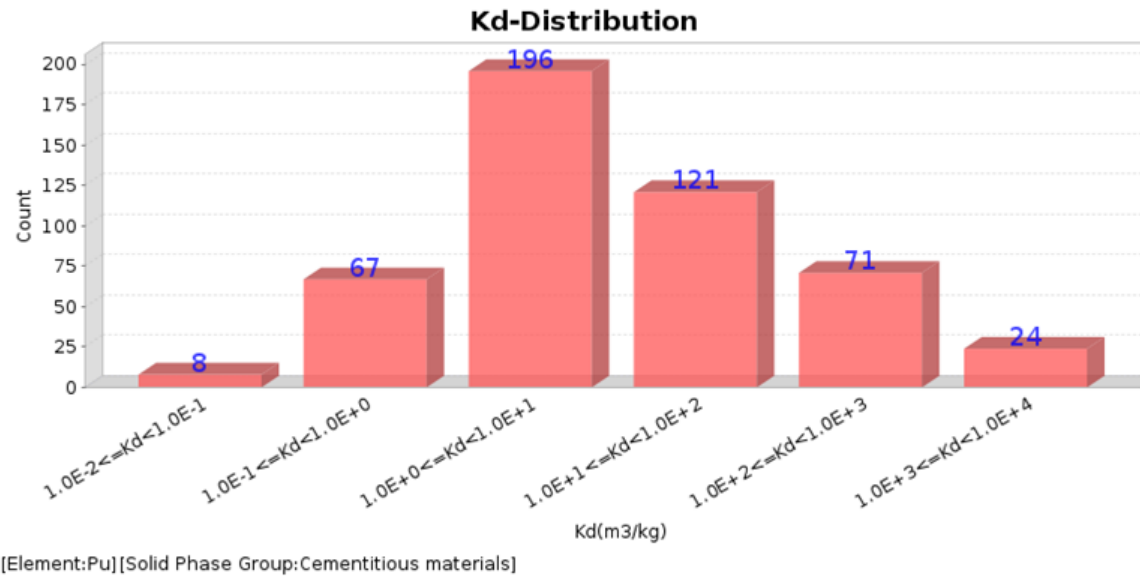


JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022

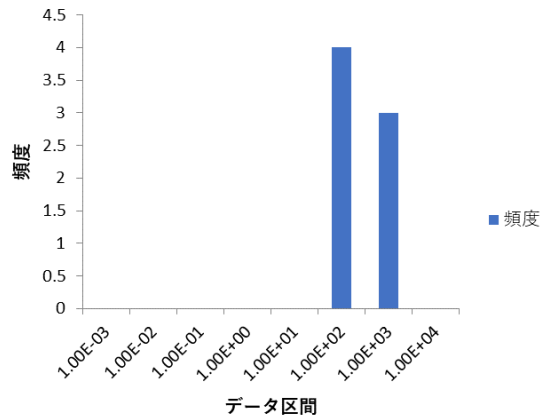
収着分配係数: P_u

Pu	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>0.0381</td></tr><tr><td>最大</td><td>6,400</td></tr><tr><td>平均</td><td>202</td></tr><tr><td>中央値</td><td>6.9</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>10.3</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.14</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>1.95</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>54</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>930</td></tr><tr><td>データ数</td><td>487</td></tr></table>	最小	0.0381	最大	6,400	平均	202	中央値	6.9	対数平均	10.3	5%ile	0.14	25%ile	1.95	75%ile	54	95%ile	930	データ数	487	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 廃棄体 0.08～10/0.4/0.4※ ¹ 充填材 0.08～8/0.4/0.4※ ¹ コンクリート 0.02～2/0.1/0.1※ ¹ 高炉スラグモルタル、セメント 8.860/16.969※ ²	
	最小	0.0381																					
	最大	6,400																					
	平均	202																					
	中央値	6.9																					
	対数平均	10.3																					
	5%ile	0.14																					
	25%ile	1.95																					
	75%ile	54																					
	95%ile	930																					
データ数	487																						
	英国浅地中 充填材 10 カナダ浅地中 廃棄体 Select Waste 0.4、 Combined Waste 0.6	還元雰囲気 (Pu(III)～Pu(IV)) 3価についてはSDBデータは少ない が>100は見込める。4価については、 10～100程度																					
	JNES中深度 廃棄体 0.25 SFR(コンクリート、セメント) Pu(III): 10 Pu(IV): 5～30 Pu(V): 0.1 Pu(VI): 2～30 月城(コンクリート): 1	酸化雰囲気 (Pu(IV)) 10～100程度																					
	NUMO-SC 充填材 0.2 SFとSR-Site 充填材 考慮していない 英国GDF 廃棄体 考慮していない 充填材 7	2021年度IRID報告書では、有機物影 響が考慮されていた。 有機物影響を考慮していない設定と して、参1の第15表の分配係数デー タ 航路スラグモルタル平均値の設 定値を有効数字3桁目を切り捨てて 設定した。 :8.8																					

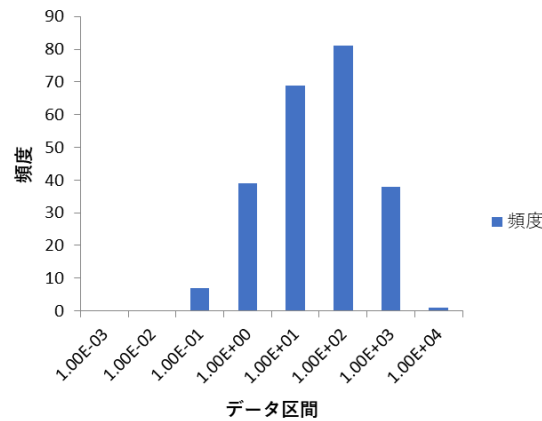
Pu	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF	なし	JNFL浅地中 有機物影響(セメント):0.05～0.01 JNES中深度: 廃棄体 0.052(影響有り無しの比) SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト:0.0001 英国GDF セメントNRVB、セルローズ付着割合1%: 0.034	有機物影響:0.05 塩影響:1
主な参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載の各国の調査文献参照 ※1 日本原燃株式会社、廃棄物埋設事業許可変更申請 第4次補正について ※2 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6	参1) 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6



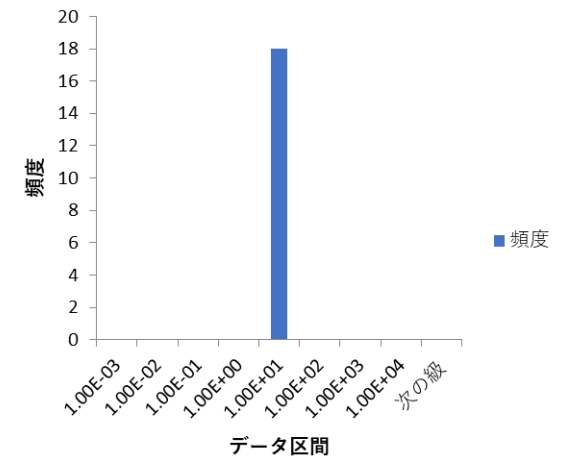
セメント (Ⅲ)



セメント (Ⅳ)

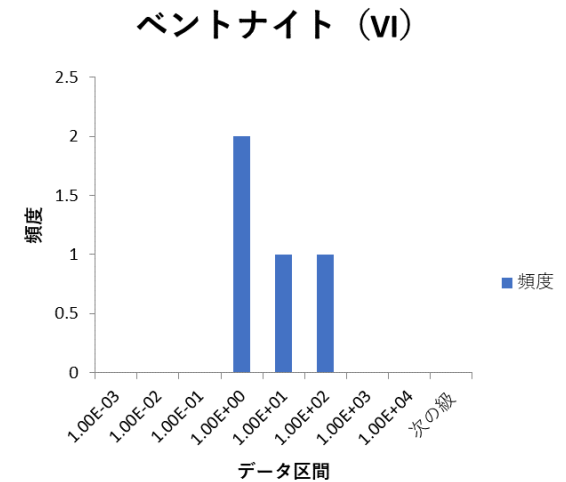
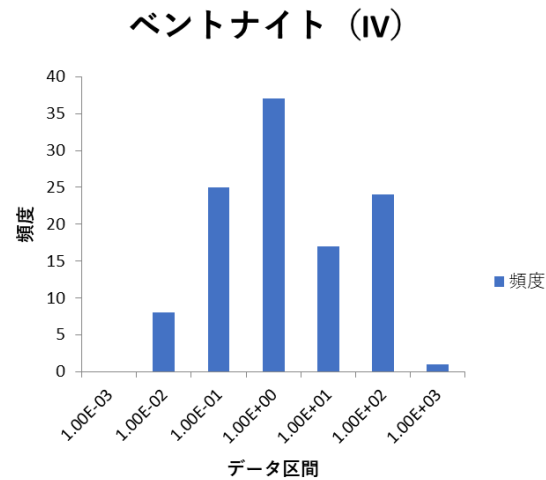
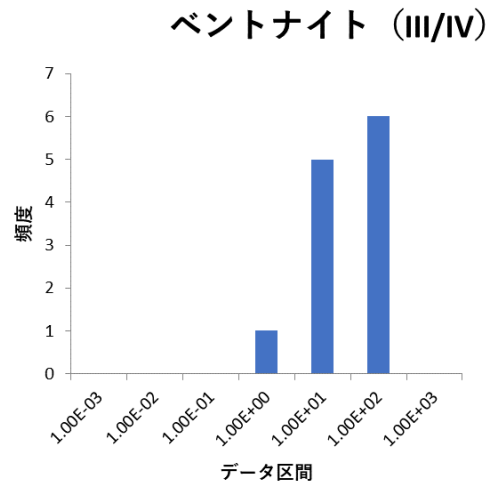
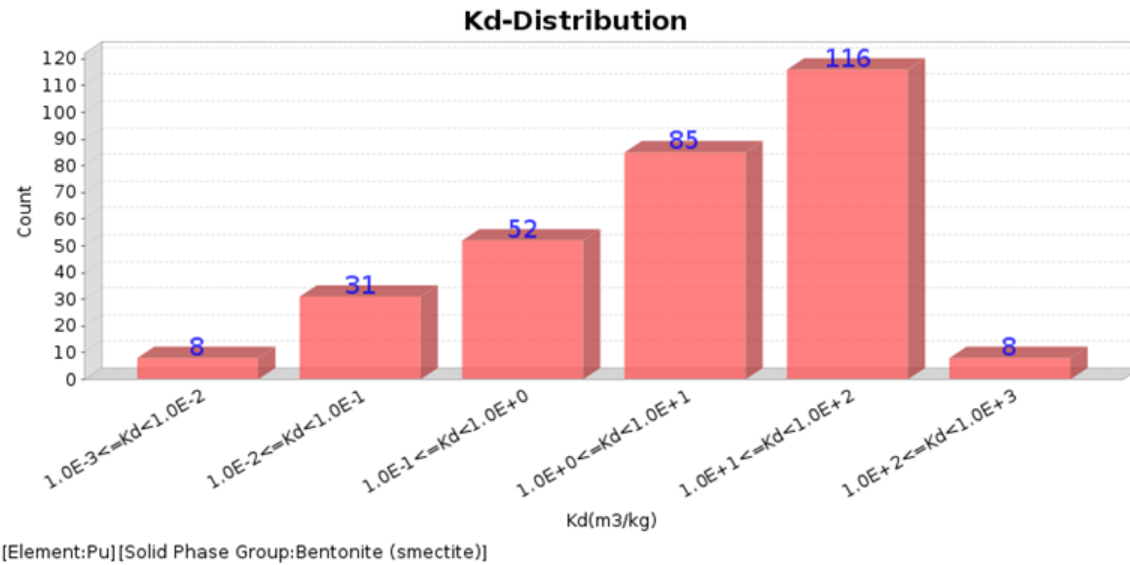


セメント (v/vI)



Pu	SDB、他				国内外事例	設定案																																							
K _d	<table><tr><td>最小</td><td>0.00172</td></tr><tr><td>最大</td><td>670</td></tr><tr><td>平均</td><td>18.5</td></tr><tr><td>中央値</td><td>5.47</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>2.79</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.0141</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.457</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>20.2</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>65.3</td></tr><tr><td>データ数</td><td>300</td></tr></table>				最小	0.00172	最大	670	平均	18.5	中央値	5.47	対数平均	2.79	5%ile	0.0141	25%ile	0.457	75%ile	20.2	95%ile	65.3	データ数	300	JNES浅地中 難透水層覆土Na型15wt%、20wt%、30wt%配合 :1.149/-/- 難透水層覆土初期状態分配係数 :0.03 JNES中深度 5 SFR Pu(Ⅲ):61 Pu(Ⅳ):63 Pu(Ⅴ):0.02 Pu(Ⅵ):3 SE-SFL 61 月城 考慮していない NUMO-SC 緩衝材 10 SF 緩衝材(汽水) 99、 緩衝材(高アルカリオン水) 23 埋戻材粘土(汽水) 190 埋戻材粘土(高アルカリオン水) 120 SR-Site 100(Ⅲ)、63(Ⅳ)、0.02(Ⅴ)、3(Ⅵ) 英国GDF 100(Ⅲ)、63(Ⅳ)、0.02(Ⅴ)、3(Ⅵ)			還元雰囲気(Pu(Ⅲ)～Pu(Ⅳ)) SDBで3価単独のデータは無い。 4価については、1～10程度 酸化雰囲気(Pu(Ⅳ)) 1～10程度 参1の第20表 初期状態の分配 係数の設定値より :0.03																	
	最小	0.00172																																											
	最大	670																																											
	平均	18.5																																											
	中央値	5.47																																											
	対数平均	2.79																																											
	5%ile	0.0141																																											
	25%ile	0.457																																											
	75%ile	20.2																																											
	95%ile	65.3																																											
	データ数	300																																											
	<table><tr><th colspan="4">Pu ベントナイト</th></tr><tr><th>データ区間</th><th>Ⅲ/Ⅳ</th><th>Ⅳ</th><th>Ⅵ</th></tr><tr><td>1.00E-03</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.01</td><td>0</td><td>8</td><td>0</td></tr><tr><td>0.1</td><td>0</td><td>25</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>37</td><td>2</td></tr><tr><td>10</td><td>5</td><td>17</td><td>1</td></tr><tr><td>100</td><td>6</td><td>24</td><td>1</td></tr><tr><td>1000</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>				Pu ベントナイト				データ区間	Ⅲ/Ⅳ	Ⅳ	Ⅵ	1.00E-03	0	0	0	0.01	0	8	0	0.1	0	25	0	1	1	37	2	10	5	17	1	100	6	24	1	1000	0	1	0					
	Pu ベントナイト																																												
	データ区間	Ⅲ/Ⅳ	Ⅳ	Ⅵ																																									
	1.00E-03	0	0	0																																									
	0.01	0	8	0																																									
	0.1	0	25	0																																									
	1	1	37	2																																									
	10	5	17	1																																									
	100	6	24	1																																									
1000	0	1	0																																										
<table><tr><th colspan="4">Pu ベントナイト</th></tr><tr><th></th><th>Ⅲ/Ⅳ</th><th>Ⅳ</th><th>Ⅵ</th></tr><tr><td>平均</td><td>11.61</td><td>8.34</td><td>17.54</td></tr><tr><td>最頻値</td><td>#N/A</td><td>20.00</td><td>#N/A</td></tr><tr><td>中央値</td><td>7.71</td><td>0.40</td><td>3.41</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>1.02</td><td>0.01</td><td></td></tr><tr><td>25%ile</td><td>2.09</td><td>0.07</td><td></td></tr></table>				Pu ベントナイト					Ⅲ/Ⅳ	Ⅳ	Ⅵ	平均	11.61	8.34	17.54	最頻値	#N/A	20.00	#N/A	中央値	7.71	0.40	3.41	5%ile	1.02	0.01		25%ile	2.09	0.07															
Pu ベントナイト																																													
	Ⅲ/Ⅳ	Ⅳ	Ⅵ																																										
平均	11.61	8.34	17.54																																										
最頻値	#N/A	20.00	#N/A																																										
中央値	7.71	0.40	3.41																																										
5%ile	1.02	0.01																																											
25%ile	2.09	0.07																																											

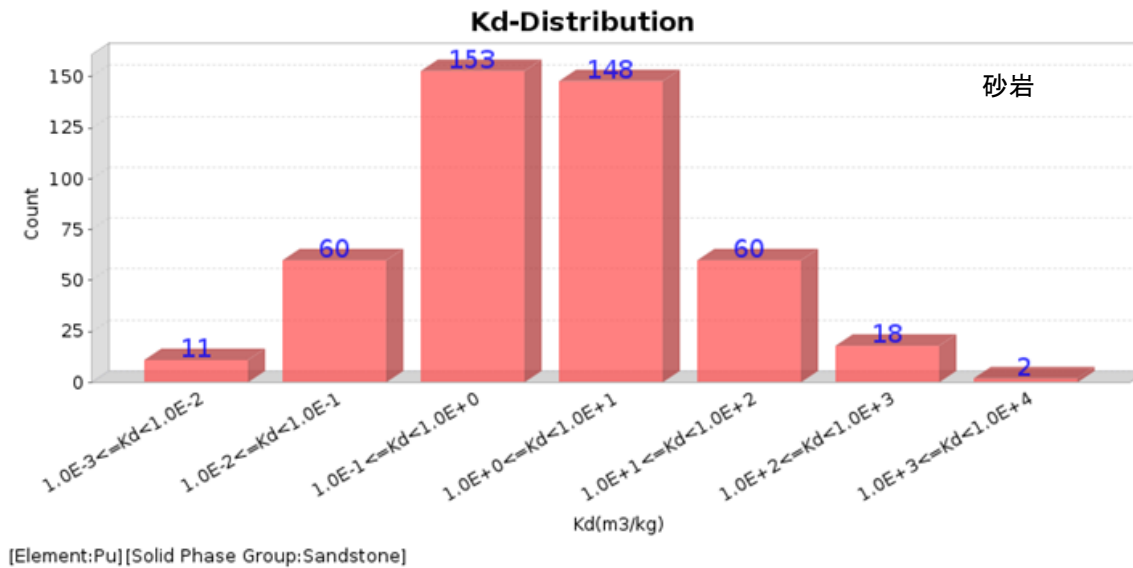
Pu	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF	なし	SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト:0.0001	有機物影響:1 塩影響:0.07
主な 参考 文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載の各国の調査文献参照	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6



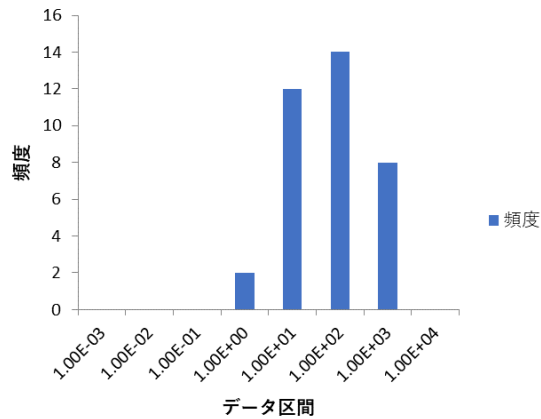
Pu	SDB、他			国内外事例	設定案
K _d		花崗岩	砂岩	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 0.02／0.02／0.02	還元雰囲気 (Pu(III)～Pu(IV)) SDBからは、3価については、10程度は見込める。4価については、1～10程度
	最小	2.0E-04	0.001	英国浅地中 0.1	
	最大	401	1,400	カナダ浅地中 0.55	
	平均	19.6	24.6	JNES中深度 5	
	中央値	1.1	1	SFR Pu(III / IV) pH < 10: 1.5E-02 pH > 10: 1.5E-05	
	対数平均	1.521	1.019	SE-SFL 0.028	
	5%ile	0.0437	0.015	月城 1.18	
	25%ile	0.28	0.25	NUMO-SC 深成岩類 0.3、 新および先新第三紀堆積岩類 低Cl-: 30、 新および先新第三紀堆積岩類 高Cl-: 5	
	75%ile	5.91	4.33	SE 岩盤(汽水) 0.15、岩盤(高アルカリオン水) 0.14、岩盤(黒雲母上限値) 3・粘土層(汽水) 250、粘土層(高アルカリオン水) 230	
	95%ile	124	48.9	SR-Site:結晶質岩 1.48E-2(Ⅲ)、5.29E-2(Ⅳ)、9.14E-3(Ⅴ、Ⅵ)	
	データ数	293	452	英国GDF 花崗岩系 5.5、泥岩系 20、砂岩 10(還元、酸化)、石灰岩 還元: 2(Ⅲ)、0.055(Ⅳ)、酸化: 0.001	

Pu	SDB、他	国内外事例	設定案																																								
K _d	<table><tr><th colspan="4">Pu 砂岩</th></tr><tr><th>データ区間</th><th>Ⅲ</th><th>Ⅳ</th><th>V/Ⅵ</th></tr><tr><td>1.00E-03</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.01</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.1</td><td>0</td><td>10</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>49</td><td>2</td></tr><tr><td>10</td><td>12</td><td>22</td><td>4</td></tr><tr><td>100</td><td>14</td><td>12</td><td>0</td></tr><tr><td>1000</td><td>8</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>10000</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	Pu 砂岩				データ区間	Ⅲ	Ⅳ	V/Ⅵ	1.00E-03	0	0	0	0.01	0	0	0	0.1	0	10	0	1	2	49	2	10	12	22	4	100	14	12	0	1000	8	0	0	10000	0	0	0		
	Pu 砂岩																																										
	データ区間	Ⅲ	Ⅳ	V/Ⅵ																																							
	1.00E-03	0	0	0																																							
	0.01	0	0	0																																							
	0.1	0	10	0																																							
	1	2	49	2																																							
	10	12	22	4																																							
	100	14	12	0																																							
	1000	8	0	0																																							
	10000	0	0	0																																							
	<table><tr><th colspan="4">Pu 砂岩</th></tr><tr><th></th><th>Ⅲ</th><th>Ⅳ</th><th>V/Ⅵ</th></tr><tr><td>平均</td><td>78.01</td><td>5.17</td><td>3.86</td></tr><tr><td>最頻値</td><td>260.00</td><td>29.00</td><td>#N/A</td></tr><tr><td>中央値</td><td>17.50</td><td>0.68</td><td>5.10</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>1.06</td><td>0.04</td><td></td></tr><tr><td>25%ile</td><td>4.20</td><td>0.30</td><td></td></tr></table>	Pu 砂岩					Ⅲ	Ⅳ	V/Ⅵ	平均	78.01	5.17	3.86	最頻値	260.00	29.00	#N/A	中央値	17.50	0.68	5.10	5%ile	1.06	0.04		25%ile	4.20	0.30															
	Pu 砂岩																																										
		Ⅲ	Ⅳ	V/Ⅵ																																							
	平均	78.01	5.17	3.86																																							
	最頻値	260.00	29.00	#N/A																																							
	中央値	17.50	0.68	5.10																																							
	5%ile	1.06	0.04																																								
	25%ile	4.20	0.30																																								
	<table><tr><th colspan="4">Pu 花崗岩</th></tr><tr><th>データ区間</th><th>Ⅲ</th><th>Ⅳ</th><th>V or Ⅵ</th></tr><tr><td>0.001</td><td>0</td><td>0</td><td rowspan="7">データ無し</td></tr><tr><td>0.01</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0.1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>10</td><td>3</td><td>32</td></tr><tr><td>100</td><td>0</td><td>29</td></tr><tr><td>1000</td><td>0</td><td>4</td></tr></table>	Pu 花崗岩				データ区間	Ⅲ	Ⅳ	V or Ⅵ	0.001	0	0	データ無し	0.01	0	0	0.1	0	0	1	3	1	10	3	32	100	0	29	1000	0	4												
	Pu 花崗岩																																										
	データ区間	Ⅲ	Ⅳ	V or Ⅵ																																							
	0.001	0	0	データ無し																																							
	0.01	0	0																																								
	0.1	0	0																																								
1	3	1																																									
10	3	32																																									
100	0	29																																									
1000	0	4																																									
<table><tr><th colspan="4">Pu 花崗岩</th></tr><tr><th></th><th>Ⅲ</th><th>Ⅳ</th><th>V or Ⅵ</th></tr><tr><td>平均</td><td>0.18</td><td>3.00</td><td rowspan="5">データ無し</td></tr><tr><td>最頻値</td><td>0.10</td><td>1.20</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.13</td><td>1.05</td></tr><tr><td>5%ile</td><td></td><td>0.29</td></tr><tr><td>25%ile</td><td></td><td>0.68</td></tr></table>	Pu 花崗岩					Ⅲ	Ⅳ	V or Ⅵ	平均	0.18	3.00	データ無し	最頻値	0.10	1.20	中央値	0.13	1.05	5%ile		0.29	25%ile		0.68																			
Pu 花崗岩																																											
	Ⅲ	Ⅳ	V or Ⅵ																																								
平均	0.18	3.00	データ無し																																								
最頻値	0.10	1.20																																									
中央値	0.13	1.05																																									
5%ile		0.29																																									
25%ile		0.68																																									

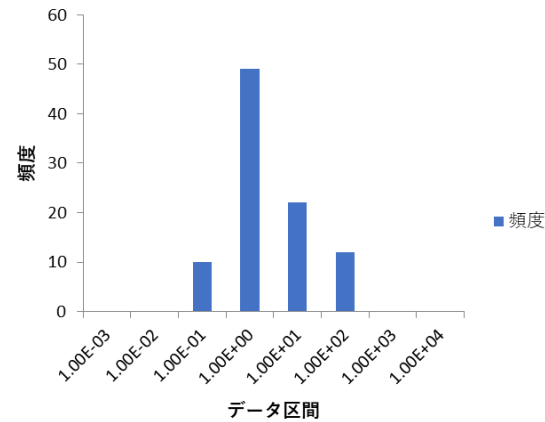
Pu	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF	なし	英国GDF 砂岩 0.4、 花崗岩や泥岩中は有機錯体の影響を 考慮しない	収着影響はないものとする(設定しない)
主な 参考 文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載記載の各国の調査文献参照	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料9 2021.6



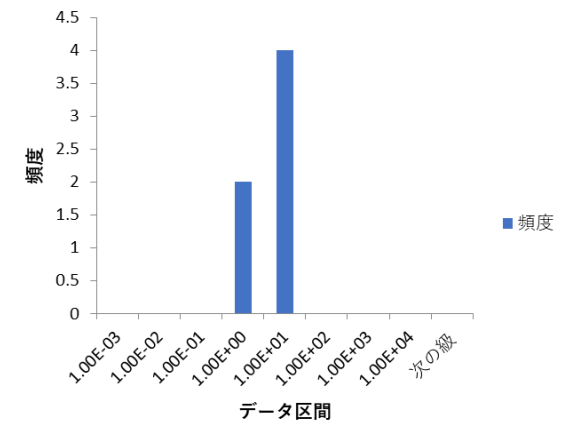
砂岩 (Ⅲ)



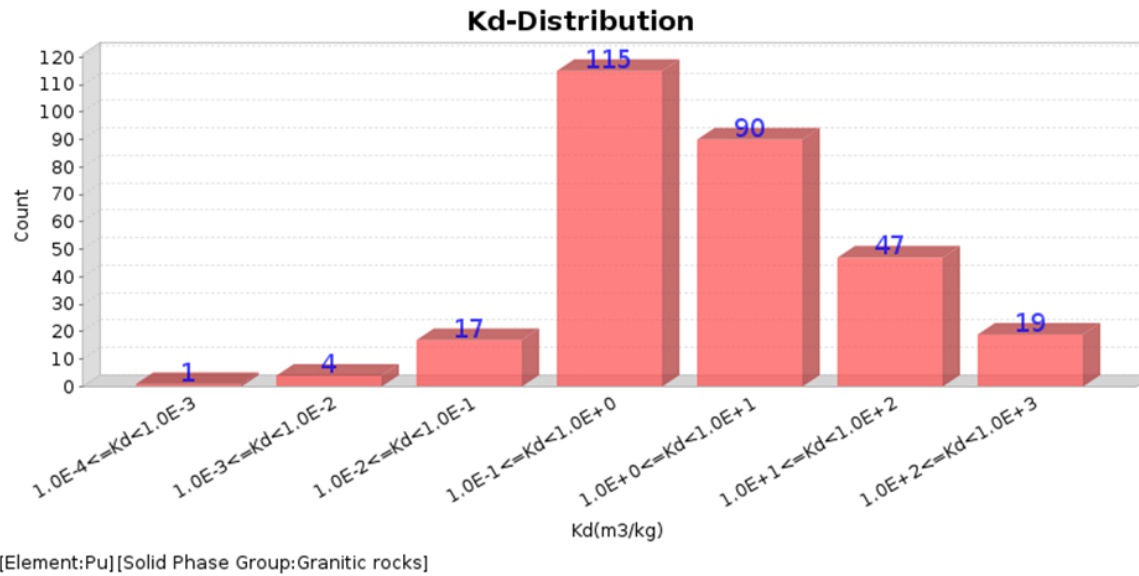
砂岩 (Ⅳ)



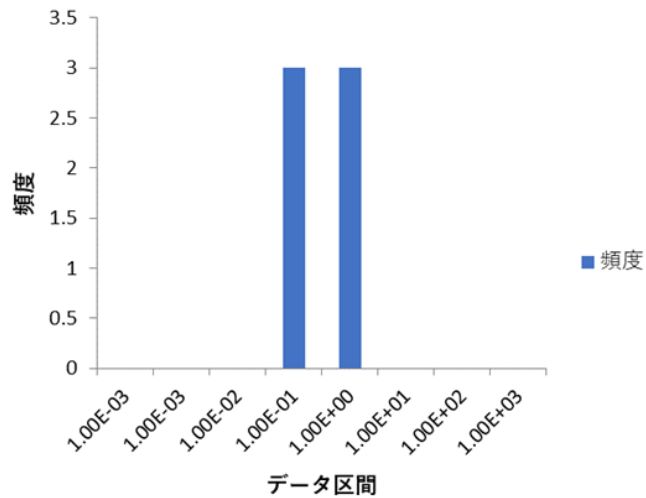
砂岩 (Ⅴ/Ⅵ)



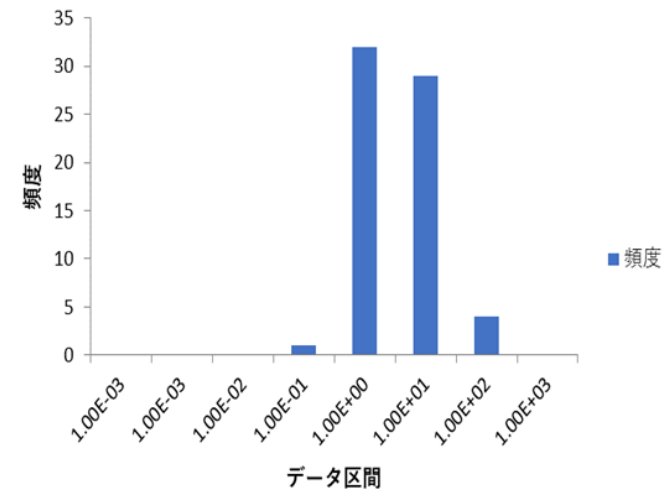
花崗岩



花崗岩 (Ⅲ)



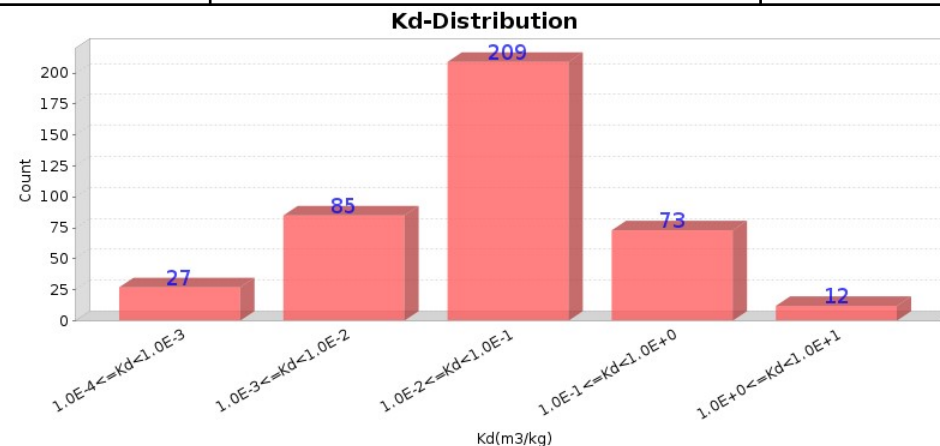
花崗岩 (Ⅳ)



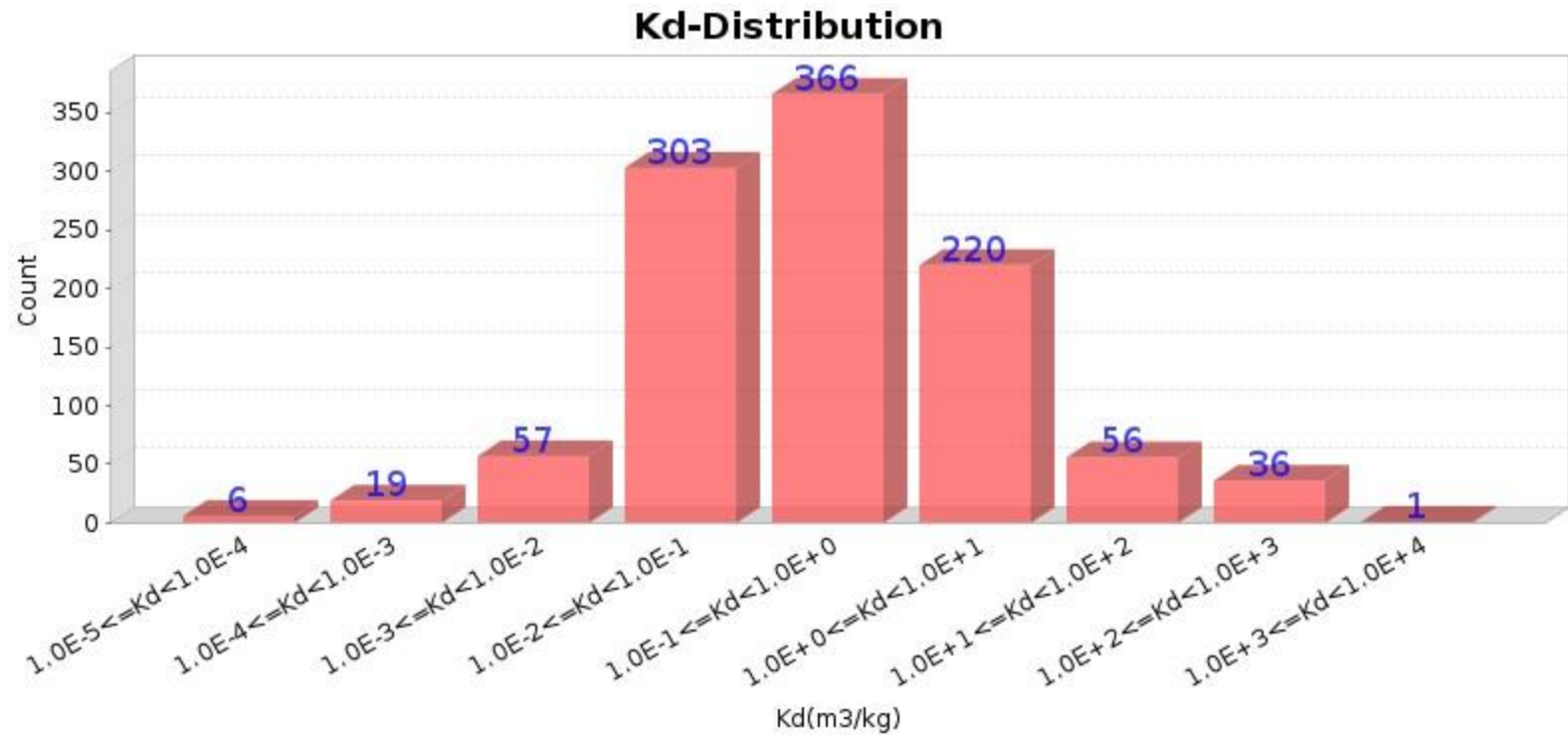
収着分配係数: Sr

Sr	SDB、他		国内外事例	設定案
K_d	最小	0.0001	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 廃棄体 0.002~0.02/0.02/0.02※ ¹ 充填材 0.002/0.02/0.02※ ¹ コンクリート 0~0.0004/0.002/0.002※ ¹ JNFL審査資料※ ² 高炉スラグモルタル/セメント 0.022/0.0091 英国浅地中 充填材 0.1 カナダ浅地中 廃棄体 Select Waste 1.3E-02、 Combined Waste 1.8E-02 JNES中深度 廃棄体 1.3E-03 SFR(コンクリート、セメント) Sr(II): 0.01 ~0.1 月城(コンクリート):0.05 NUMO-SC 充填材 1E-03 SFとSR-Site 充填材 考慮していない 英国GDF 廃棄体 考慮していない 充填材 0.001	参1の第15表のセメント分配係数の設定値 の有効数字2桁を切り捨てて設定した :0.009
	最大	2.55		
	平均	0.133		
	中央値	0.0221		
	対数平均	0.02333		
	5%ile	0.000808		
	25%ile	0.00843		
	75%ile	0.0873		
	95%ile	0.659		
	データ数	406		

Sr	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF		JNFL浅地中塩影響(セメント):0.1 塩影響(コンクリート):0.02 JNES中深度: 廃棄体 1(塩影響有り無しの比) SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト:0.1 英国GDF セメントNRVB、セルロース付着割合 1%:0.1	有機物影響:0.1(IRID) 1(JNFL) 塩影響: 0.125(IRID) 0.5(JNFL) 有機物影響及び塩影響いずれも厳しい値を採用する ・0.1(有機物影響) ・0.1(塩影響)
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022	p.8~10記載の各国の調査文献参照 ※1 日本原燃株式会社、廃棄物埋設事業許可変更申請 第4次補正について ※2 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6	参1) 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6



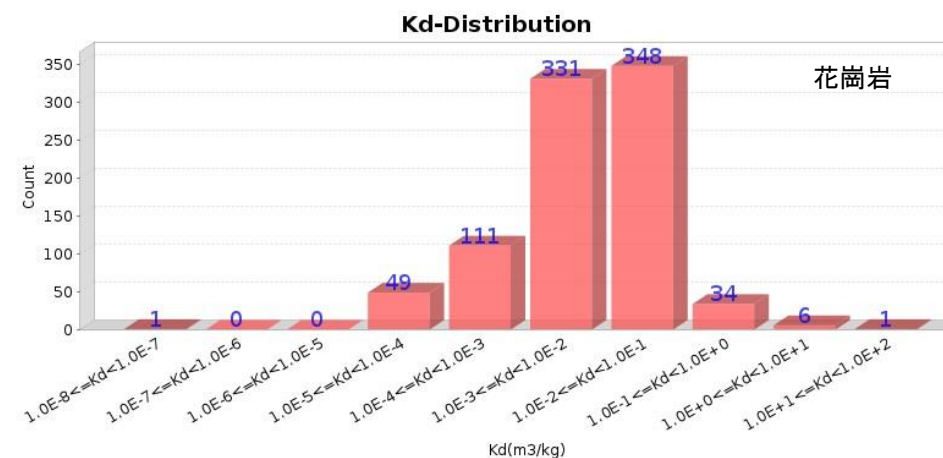
Sr	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>1.28E-05</td></tr><tr><td>最大</td><td>1200</td></tr><tr><td>平均</td><td>14.6</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.204</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.2895</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.00546</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.0422</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>1.77</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>21.3</td></tr><tr><td>データ数</td><td>1064</td></tr></table>	最小	1.28E-05	最大	1200	平均	14.6	中央値	0.204	対数平均	0.2895	5%ile	0.00546	25%ile	0.0422	75%ile	1.77	95%ile	21.3	データ数	1064	JNES中深度:1E-03 SFR:0.005 SE-SFL:0.005 月城 考慮していない NUMO-SC 新第三紀I高Cl及び先新第三紀 の高Cl:6E-03 上記以外:2E-03 SF 緩衝材(汽水) 1.5E-03、 緩衝材(高アルカリイオン水) 1.8E-02 埋戻材粘土(汽水) 3.4E-03 埋戻材粘土(高アルカリイオン水) 2E-03 英国GDF:0.0045	SDBにおいて砂岩のデータ数が多い範囲(0.01~10 m ³ /kg)の最小値より設定した :0.01
最小	1.28E-05																						
最大	1200																						
平均	14.6																						
中央値	0.204																						
対数平均	0.2895																						
5%ile	0.00546																						
25%ile	0.0422																						
75%ile	1.77																						
95%ile	21.3																						
データ数	1064																						
SRF		SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト:0.1	有機物影響:1 塩影響:0.07																				
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男 (2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	p.8~10記載の各国の調査文献参照	Sugiura, Y. Suyama, T. and Tachi, Y.(2020): “Development of JAEA Sorption Database (JAEA-SDB), Update of Sorption/QA Data in FY2019”, JAEA-Data/Code 2019-022.																				



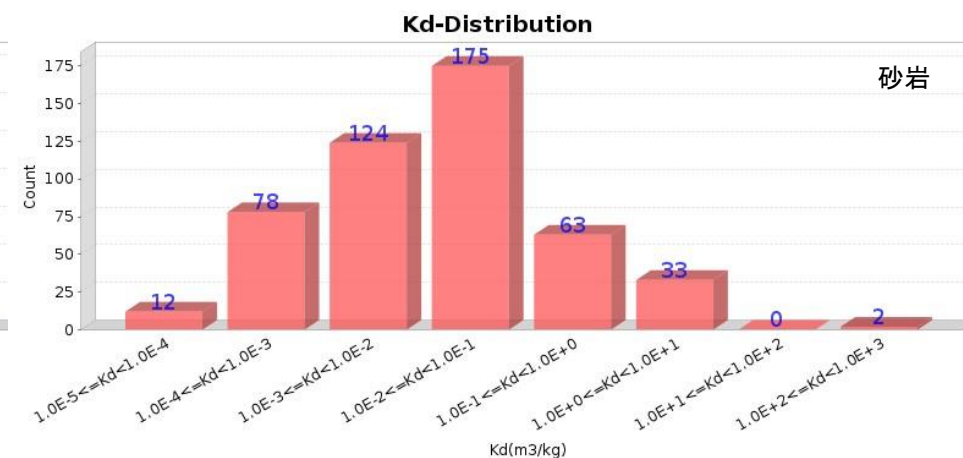
[Element:Sr][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)]

Sr	SDB、他	国内外事例	設定案																																	
K_d	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>花崗岩</th><th>砂岩</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最小</td><td>1.00E-08</td><td>1.50E-05</td></tr> <tr> <td>最大</td><td>10</td><td>100</td></tr> <tr> <td>平均</td><td>0.0497</td><td>0.653</td></tr> <tr> <td>中央値</td><td>0.008</td><td>0.014</td></tr> <tr> <td>対数平均</td><td>0.005622</td><td>0.01361</td></tr> <tr> <td>5%ile</td><td>0.000084</td><td>0.0003</td></tr> <tr> <td>25%ile</td><td>0.00212</td><td>0.0018</td></tr> <tr> <td>75%ile</td><td>0.0211</td><td>0.0519</td></tr> <tr> <td>95%ile</td><td>0.0838</td><td>2.1</td></tr> <tr> <td>データ数</td><td>881</td><td>487</td></tr> </tbody> </table>		花崗岩	砂岩	最小	1.00E-08	1.50E-05	最大	10	100	平均	0.0497	0.653	中央値	0.008	0.014	対数平均	0.005622	0.01361	5%ile	0.000084	0.0003	25%ile	0.00212	0.0018	75%ile	0.0211	0.0519	95%ile	0.0838	2.1	データ数	881	487	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 0.2／0.2／0.1 英国浅地中：1.2E-02 カナダ浅地中：1.3E-02 JNES中深度：0.5 SFR Sr(II)：1.5E-05～1.6E-03 SE-SFL：6.4E-06 月城：0.00516 NUMO-SC 深成岩類 8E-03、 新および先新第三紀堆積岩類 低Cl- ： 0.2 新および先新第三紀堆積岩類 高Cl- ：7E-02 SE 岩盤(汽水) 3E-05、岩盤(高アルカリオン水) 1.5E-06、岩盤(黒雲母上限値) 1.6E-02、粘土層(汽水) 3.4E-03、粘土層(アルカリオン水) 2E-03 SR-Site:結晶質岩：3.42E-06 英国GDF 花崗岩系 3E-04、泥岩系 0.001、砂岩 0.027(還元、酸化)、石灰岩 5E-05(還元、酸化)	SDBにおいて砂岩のデータ数が多い範囲(0.01～0.1 m³/kg)の最小値より設定した ：0.01
		花崗岩	砂岩																																	
	最小	1.00E-08	1.50E-05																																	
	最大	10	100																																	
	平均	0.0497	0.653																																	
	中央値	0.008	0.014																																	
	対数平均	0.005622	0.01361																																	
	5%ile	0.000084	0.0003																																	
	25%ile	0.00212	0.0018																																	
	75%ile	0.0211	0.0519																																	
	95%ile	0.0838	2.1																																	
	データ数	881	487																																	

Sr	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF		英国GDF 砂岩 0.4、 花崗岩や泥岩中は有機錯体の影響を 考慮しない	収着影響はないものとする(設定しない)
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発: 土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載の各国の調査文献参照	Sugiura, Y. Suyama, T. and Tachi, Y.(2020): “Development of JAEA Sorption Database (JAEA-SDB), Update of Sorption/QA Data in FY2019”, JAEA-Data/Code 2019-022.



[Element:Sr][Solid Phase Group:Granitic rocks]

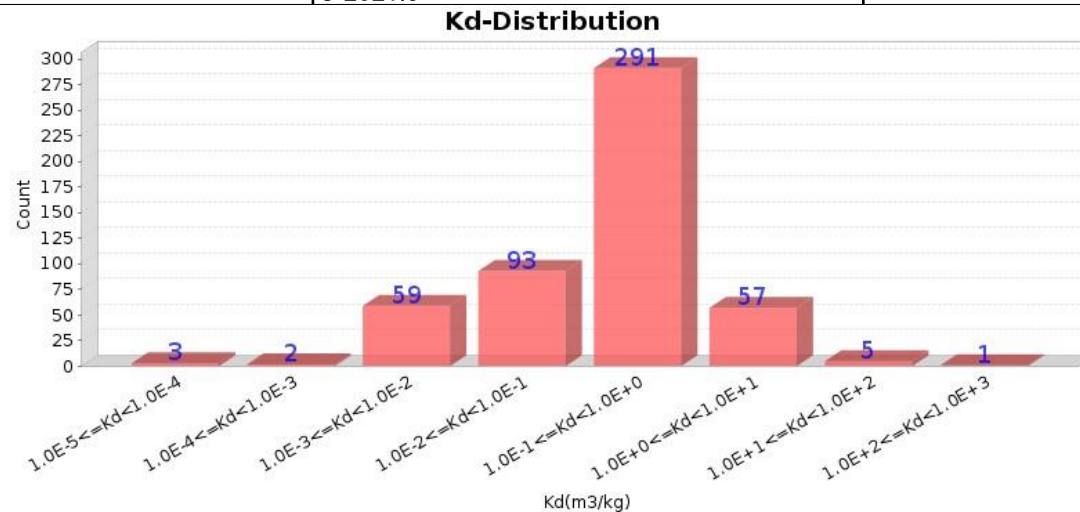


[Element:Sr][Solid Phase Group:Sandstone]

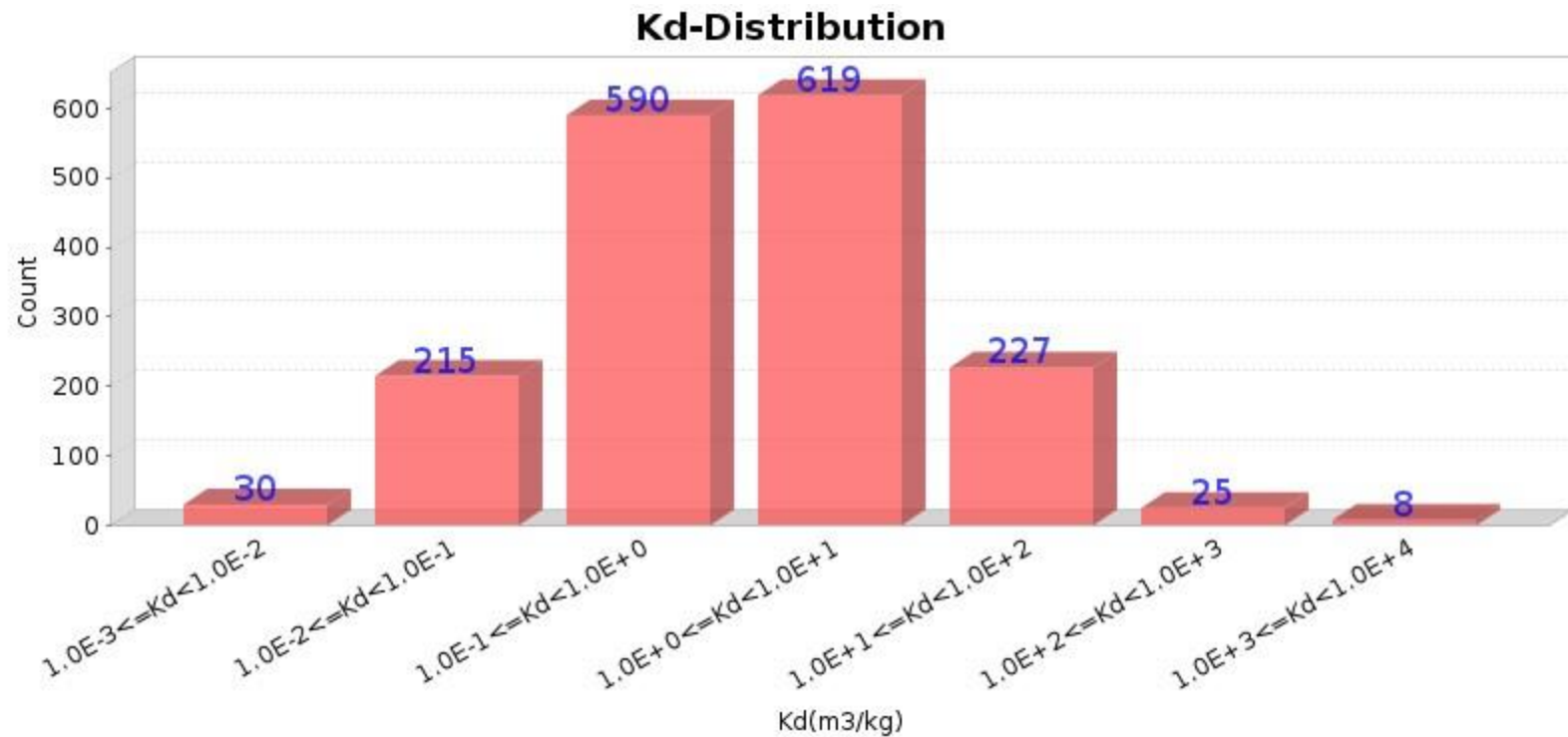
収着分配係数: Ni

Ni	SDB、他	国内外事例	設定案																				
	<table><tr><td>最小</td><td>1.00E-05</td></tr><tr><td>最大</td><td>100</td></tr><tr><td>平均</td><td>1.07</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.278</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.1613</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.00335</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.0616</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.618</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>3</td></tr><tr><td>データ数</td><td>511</td></tr></table>	最小	1.00E-05	最大	100	平均	1.07	中央値	0.278	対数平均	0.1613	5%ile	0.00335	25%ile	0.0616	75%ile	0.618	95%ile	3	データ数	511	JNFL浅地中(1号/2号/3号)※¹ 廃棄体:9E-04~2E-02/9E-03/9E-03 充填材:9E-04/9E-03/9E-03 コンクリート:2E-04/1E-02/1E-02 JNFL審査資料※² 第15表 高炉スラグモルタル/セメント 0.098/0.15 英国浅地中: 充填材 0.1 カナダ浅地中 廃棄体 Select Waste 0.14、 Combined Waste 0.205 JNES中深度 廃棄体 1.25E-02 SFR(コンクリート、セメント) :3.0E-02~2.0E-01 月城(コンクリート):0.5 NUMO-SC 充填材 1E-03 SFとSR-Site 充填材 考慮していない 英国GDF 廃棄体 考慮していない	参1の第15表の高炉スラグモルタル の分配係数の設定値 :0.098
最小	1.00E-05																						
最大	100																						
平均	1.07																						
中央値	0.278																						
対数平均	0.1613																						
5%ile	0.00335																						
25%ile	0.0616																						
75%ile	0.618																						
95%ile	3																						
データ数	511																						

Ni	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF		JNFL浅地中 有機物影響(セメント):0.1 JNFL浅地中 塩影響(セメント):0.1 JNFL浅地中 塩影響(コンクリート):0.02 JNES中深度: 廃棄体 1(影響有り無しの比) SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト:1	JNFLの設定値 ・0.1(有機物影響) ・0.1(塩影響) 2021年IRID報告書での設定値 ・1(有機物影響) ・1(塩影響) 有機物影響及び塩影響いずれも厳しい値を採用する ・0.1(有機物影響) ・0.1(塩影響)
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	p.8~10記載の各国の調査文献参照 ※1 日本原燃株式会社、廃棄物埋設事業許可変更申請 第4次補正について ※2 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6	参1) 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6

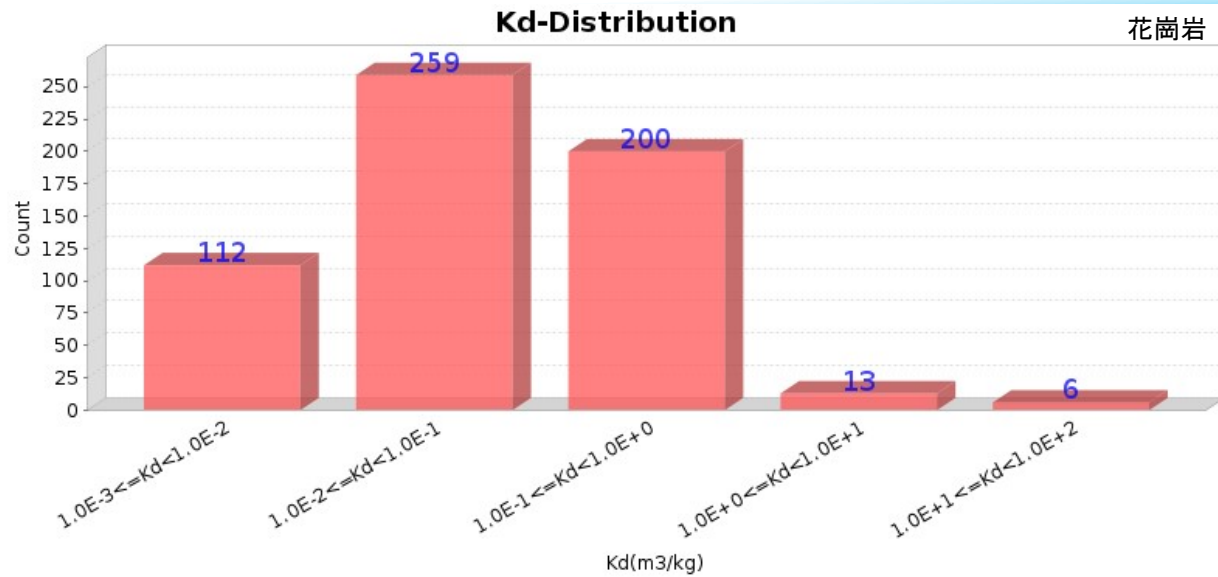


Ni	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>1.00E-03</td></tr><tr><td>最大</td><td>4.16E03</td></tr><tr><td>平均</td><td>24.3</td></tr><tr><td>中央値</td><td>1.07</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>1.006</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.0277</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.214</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>3.9</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>37.9</td></tr><tr><td>データ数</td><td>1714</td></tr></table>	最小	1.00E-03	最大	4.16E03	平均	24.3	中央値	1.07	対数平均	1.006	5%ile	0.0277	25%ile	0.214	75%ile	3.9	95%ile	37.9	データ数	1714	JNFL審査資料※1 第20表 難透水層覆土Na型15wt%、20wt%、30wt%配合 :0.056/0.04/0.799 JNES中深度:0.05 SFR:0.3 SE-SFL:0.3 月城:考慮していない NUMO-SC 緩衝材 3 SF 緩衝材(汽水) 0.34、 緩衝材(高アルカリオン水) 3.1 埋戻材粘土(汽水) 0.65 埋戻材粘土(高アルカリオン水) 9.9 SR-Site:0.3	参1の第20表 難透水層覆土Na型20wt%配合の分配係数を採用した。 :0.04
最小	1.00E-03																						
最大	4.16E03																						
平均	24.3																						
中央値	1.07																						
対数平均	1.006																						
5%ile	0.0277																						
25%ile	0.214																						
75%ile	3.9																						
95%ile	37.9																						
データ数	1714																						
SRF		SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト:1	有機物:0.1 塩影響:0.07																				
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男(2012):「収着データベース(JAEA-SDB)の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載の各国の調査文献参照 ※1 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6	参1) 廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料8 2021.6																				

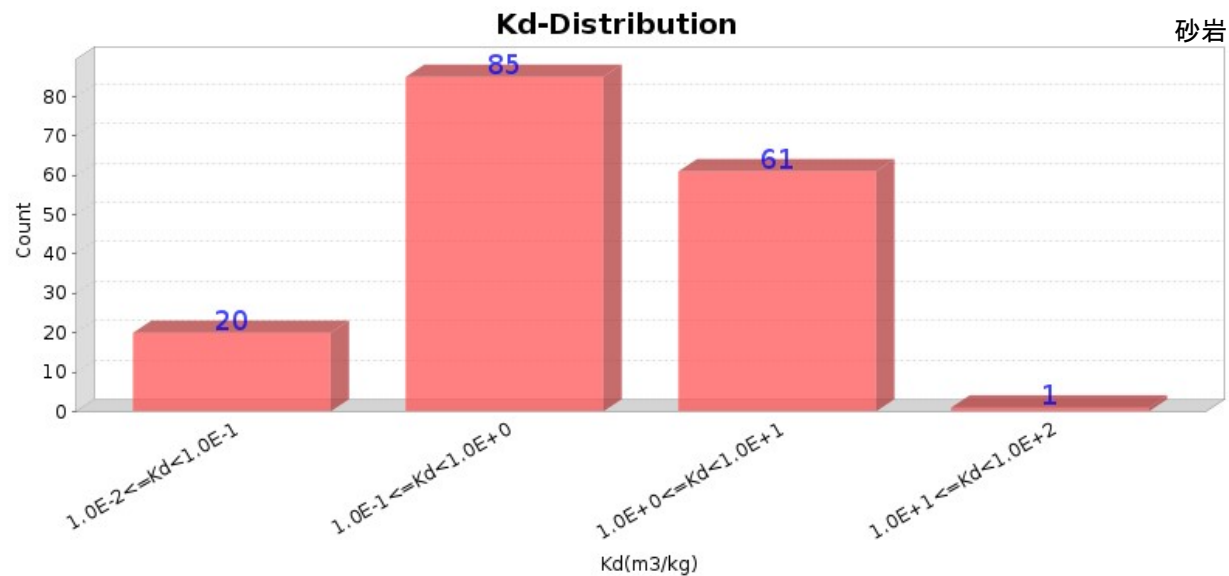


[Element:Ni][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)]

Ni	SDB、他	国内外事例	設定案																																	
K _d	<table><tr><td></td><td>花崗岩</td><td>砂岩</td></tr><tr><td>最小</td><td>1.0E-03</td><td>1.1E-02</td></tr><tr><td>最大</td><td>10</td><td>10</td></tr><tr><td>平均</td><td>0.308</td><td>1.11</td></tr><tr><td>中央値</td><td>0.057</td><td>0.6</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>0.0624</td><td>0.5422</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.004</td><td>0.049</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.018</td><td>0.23</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>0.228</td><td>1.95</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>0.772</td><td>3.37</td></tr><tr><td>データ数</td><td>590</td><td>167</td></tr></table>		花崗岩	砂岩	最小	1.0E-03	1.1E-02	最大	10	10	平均	0.308	1.11	中央値	0.057	0.6	対数平均	0.0624	0.5422	5%ile	0.004	0.049	25%ile	0.018	0.23	75%ile	0.228	1.95	95%ile	0.772	3.37	データ数	590	167	JNFL浅地中(1号/2号/3号) 0.1/0.1/0.1 英国浅地中：0.04 カナダ浅地中：0.4 JNES中深度：0.05 SFR：7.4E-04 SE-SFL：2.07E-03 月城：0.03 NUMO-SC 深成岩類 0.1 新および先新第三紀堆積岩類 低Cl- ：3 新および先新第三紀堆積岩類 高 Cl- ：0.5(泥岩) SE 岩盤(汽水) 5.5E-03 岩盤(高アルカリオン水) 0.3 岩盤(黒雲母上限値) 5.9 粘土層(汽水) 0.65 粘土層(高アルカリオン水) 9.9 SR-Site:結晶質岩：1.10E-03	参1 第4表 鷹架層設定値より ：0.1
		花崗岩	砂岩																																	
	最小	1.0E-03	1.1E-02																																	
	最大	10	10																																	
	平均	0.308	1.11																																	
	中央値	0.057	0.6																																	
	対数平均	0.0624	0.5422																																	
	5%ile	0.004	0.049																																	
	25%ile	0.018	0.23																																	
	75%ile	0.228	1.95																																	
	95%ile	0.772	3.37																																	
	データ数	590	167																																	
SRF			収着影響はないものとする(設定しない)																																	
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、館幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載の各国の調査文献参照	参1) 日本原燃株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 補足説明資料9 2021.6																																	



[Element:Ni] [Solid Phase Group:Granitic rocks]

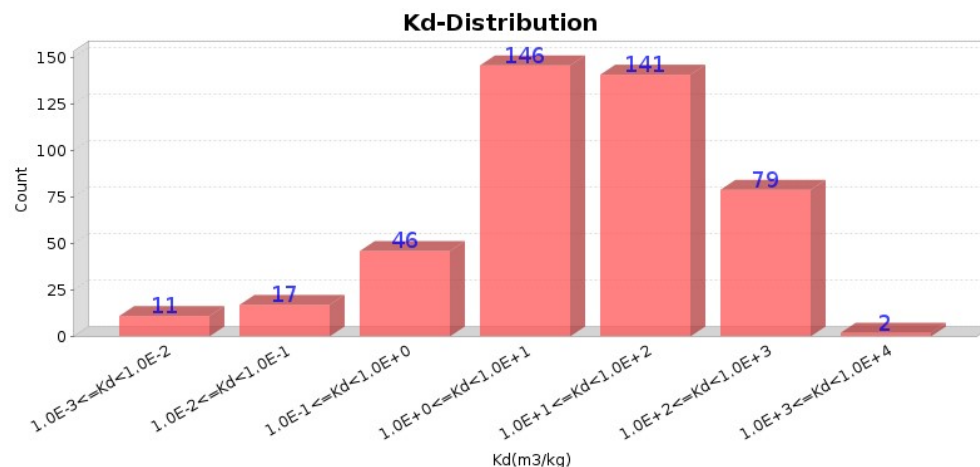


[Element:Ni] [Solid Phase Group:Sandstone]

収着分配係数: A_m

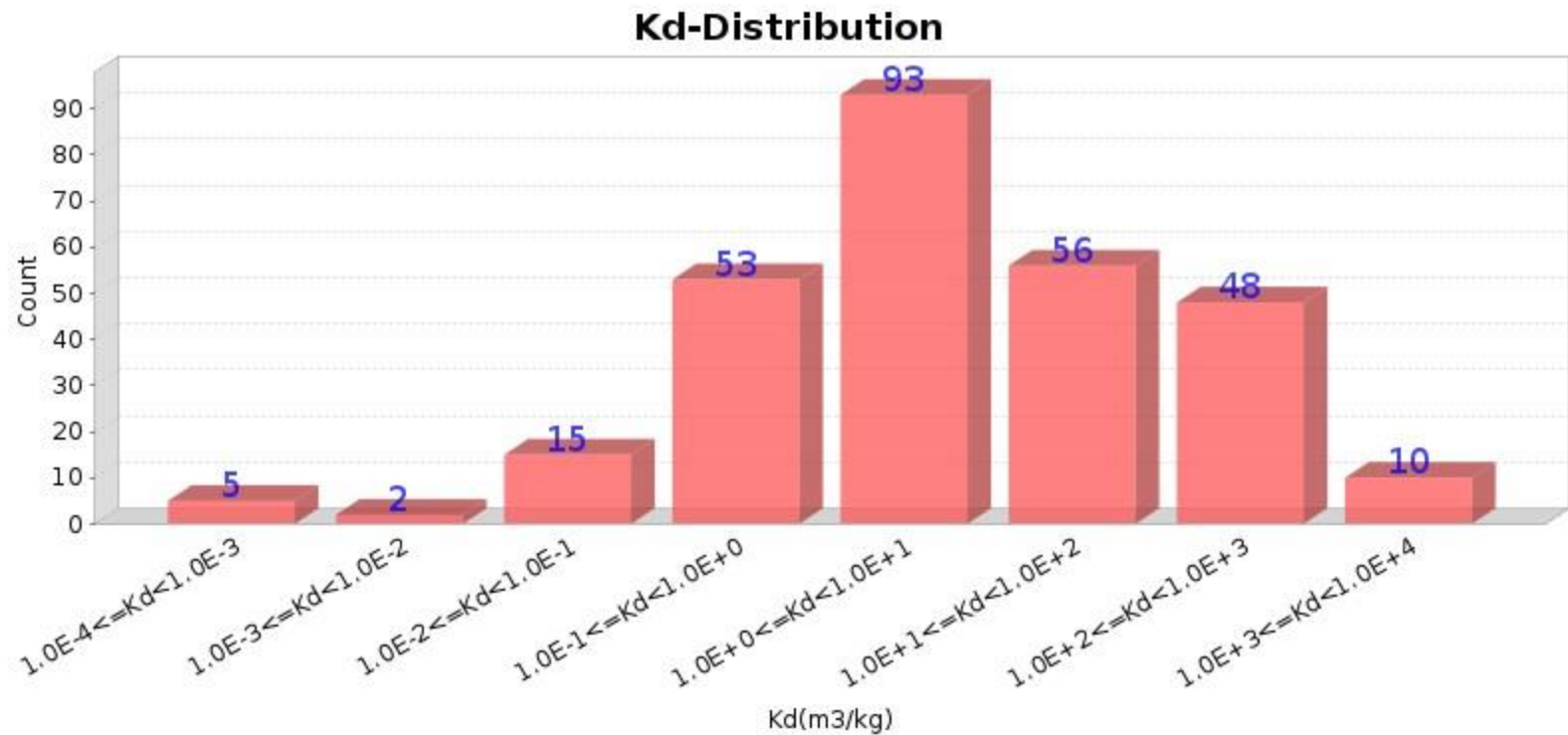
Am	SDB、他		国内外事例	設定案
K _d	最小	4.33E-03	JNFL浅地中(1号/2号/3号)※ ¹ 廃棄体 0.02~10/0.1/0.1 充填材 0.02~2/0.1/0.1 コンクリート 0.03~3/0.1/0.1 JNFL審査資料※ ² 高炉スラグモルタル/セメント: 52/2.877 英国浅地中 充填材 10 カナダ浅地中 廃棄体 Select Waste 1.0E+00 Combined Waste 9.5E-01 JNES中深度 廃棄体 0.25 SFR(コンクリート、セメント) Am(III): 10 NUMO-SC 充填材 0.2 SFとSR-Site 充填材 考慮していない 英国GDF 廃棄体 考慮していない 充填材 0.1	参1の第15表のセメント分配係数の 設定値の有効数字3桁を切り捨てて 設定した :2.8
	最大	1.12E03		
	平均	55		
	中央値	10		
	対数平均	8.116		
	5%ile	0.0473		
	25%ile	2.46		
	75%ile	52		
	95%ile	250		
	データ数	442		

Am	SDB、他	国内外事例	設定案
SRF		JNFL浅地中 有機物影響(セメント): 0.05~0.01 JNES中深度: 廃棄体 0.052(影響有り無しの比) SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト: 0.01 英国GDF セメントNRVB、セルロース付着割合 1%:0.013	JNFLの設定値 ・0.05(有機物影 響) ・1(塩影響) 2021年IRID報告書での設定値 ・0.1 (有機物影響) ・0.1(塩影響) 有機物影響及び塩影響いずれも厳し い値を採用する ・0.05(有機物影響) ・0.1(塩影響)
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA- SDB) の開発:土壌系及びセメント 系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022	p.8~10記載の各国の調査文献参照 ※1 日本原燃株式会社、廃棄物埋設事業許 可変更申請 第4次補正について ※2 廃棄物埋設施設における許可基準規則 への適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6	参1) 廃棄物埋設施設における許可基準規則へ の適合性について 第十条 補足説明資料 8 2021.6



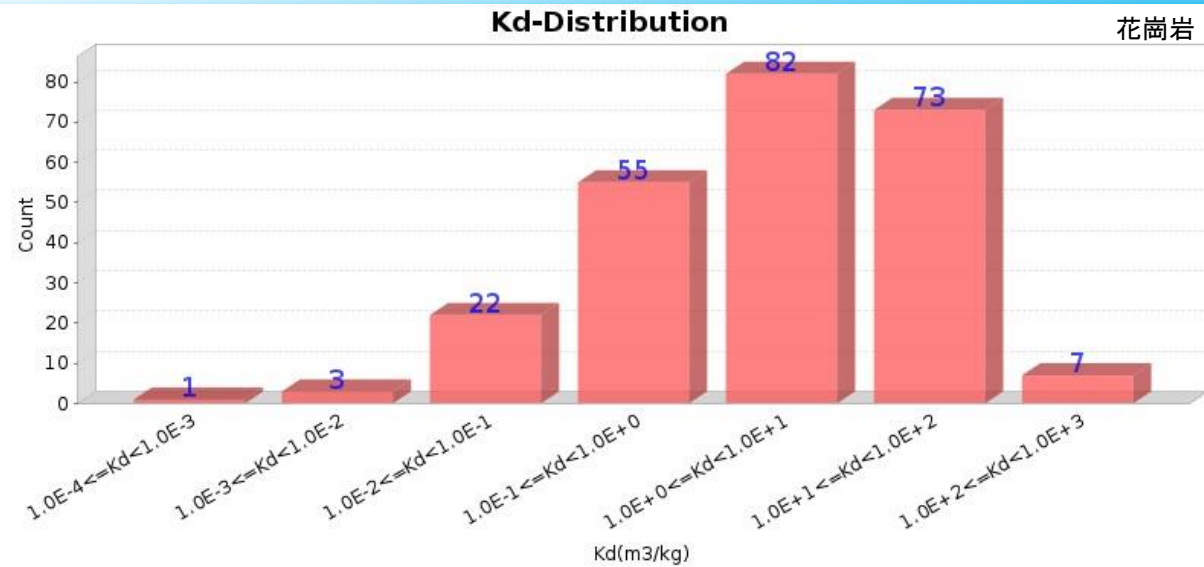
[Element:Am][Solid Phase Group:Cementitious materials]

Am	SDB、他	国内外事例	設定案																				
K_d	<table><tr><td>最小</td><td>3.39E-04</td></tr><tr><td>最大</td><td>9.84E02</td></tr><tr><td>平均</td><td>109</td></tr><tr><td>中央値</td><td>5.99</td></tr><tr><td>対数平均</td><td>5.486</td></tr><tr><td>5%ile</td><td>0.0544</td></tr><tr><td>25%ile</td><td>0.852</td></tr><tr><td>75%ile</td><td>38</td></tr><tr><td>95%ile</td><td>698</td></tr><tr><td>データ数</td><td>282</td></tr></table>	最小	3.39E-04	最大	9.84E02	平均	109	中央値	5.99	対数平均	5.486	5%ile	0.0544	25%ile	0.852	75%ile	38	95%ile	698	データ数	282	JNES中深度：1 SFR：61 SE-SFL：61 月城：考慮していない NUMO-SC 緩衝材 0.8 SF 緩衝材（汽水）32 緩衝材（高アルカリオン水）140 埋戻材粘土（汽水）250 埋戻材粘土（高アルカリオン水）230 SR-Site：61 英国GDF：61	SDBにおいてデータ数が多い範囲（1～10 m ³ /kg）の最小値より設定した ：1
最小	3.39E-04																						
最大	9.84E02																						
平均	109																						
中央値	5.99																						
対数平均	5.486																						
5%ile	0.0544																						
25%ile	0.852																						
75%ile	38																						
95%ile	698																						
データ数	282																						
SRF		SE-SFL BHAにおけるセメント、ベントナイト：0.01	有機物影響：1 塩影響：0.07																				
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男（2012）：「収着データベース（JAEA-SDB）の開発：土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、JAEA-Data/Code 2011-022	p.8～10記載の各国の調査文献参照	Sugiura, Y. Suyama, T. and Tachi, Y.(2020): “Development of JAEA Sorption Database (JAEA-SDB), Update of Sorption/QA Data in FY2019”, JAEA-Data/Code 2019-022.																				

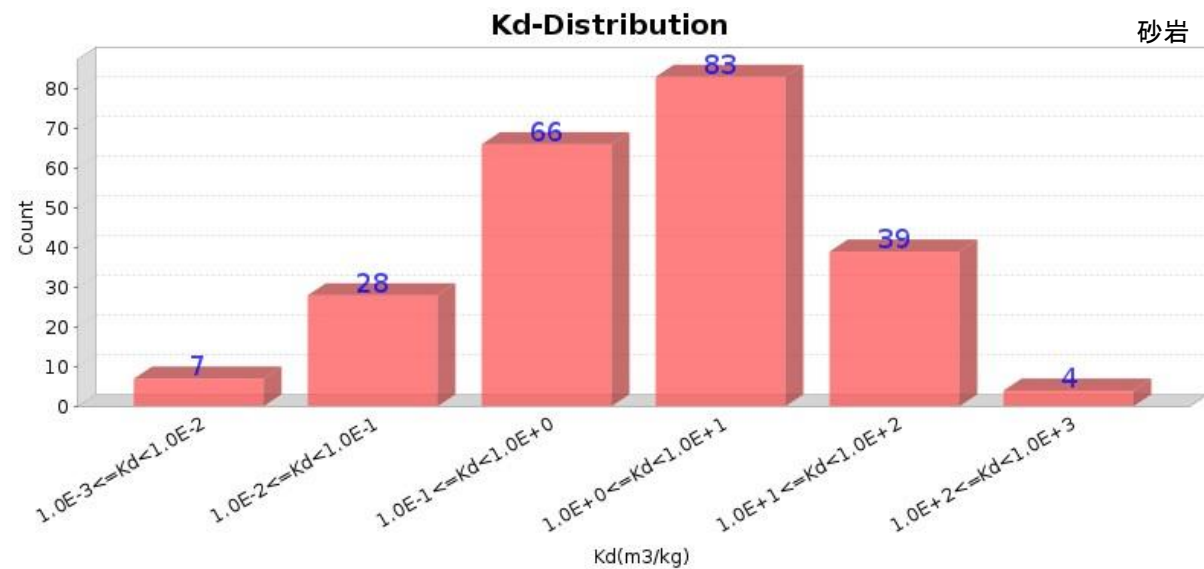


[Element:Am][Solid Phase Group:Bentonite (smectite)]

Am	SDB、他			国内外事例	設定案
K _d				JNFL浅地中(1号/2号/3号) 1／1／0.1 英国浅地中：1.4E-1 カナダ浅地中：1.9	参1 第4表 鷹架層設定値より :0.1
		花崗岩	砂岩	JNES中深度：5 SFR:1.5E-02 SE-SFL:1.5E-02 NUMO-SC 深成岩類 1 新および先新第三紀堆積岩類 低Cl-:200、 新および先新第三紀堆積岩類 高Cl-:20 SE 岩盤(汽水) 0.15、岩盤(高アルカリイオン水) 0.14、 岩盤(黒雲母上限値) 3 粘土層(汽水) 250、 粘土層(高アルカリイオン水) 230 SR-Site:結晶質岩：1.48E-02 英国GDF 花崗岩系 2.7、 泥岩系10 砂岩 3.2(還元、酸化) 石灰岩 ：1(還元、酸化)	
	最小	9.50E-04	5.00E-03		
	最大	1.9E02	1.9E02		
	平均	14.1	7.8		
	中央値	2.7	1.4		
	対数平均	2.364	1.124		
	5%ile	0.0352	0.0129		
	25%ile	0.535	0.26		
	75%ile	15.4	5.5		
	95%ile	62	35.8		
	データ数	243	227		
SRF					収着影響はないものとする(設定しない)
参考文献	JAEA SDB、陶山忠宏、舘幸男 (2012):「収着データベース (JAEA-SDB) の開発:土壌系及びセメント系を含む収着データの拡充」、 JAEA-Data/Code 2011-022			p.8～10記載の各国の調査文献参照	参1) 日本現値株式会社、廃棄物埋設施設における許可基準規制への適合性について 第十条 補足説明資料9 2021.6



[Element:Am][Solid Phase Group:Granitic rocks]



[Element:Am][Solid Phase Group:Sandstone]

核種移行モデルの構築

核種移行モデルの全体構成をp.90に示した。ここでは、その補足として、核種移行モデルの構成要素である、①廃棄体モデル、②人工バリアモデル、③天然バリアモデルの概要をまとめた。

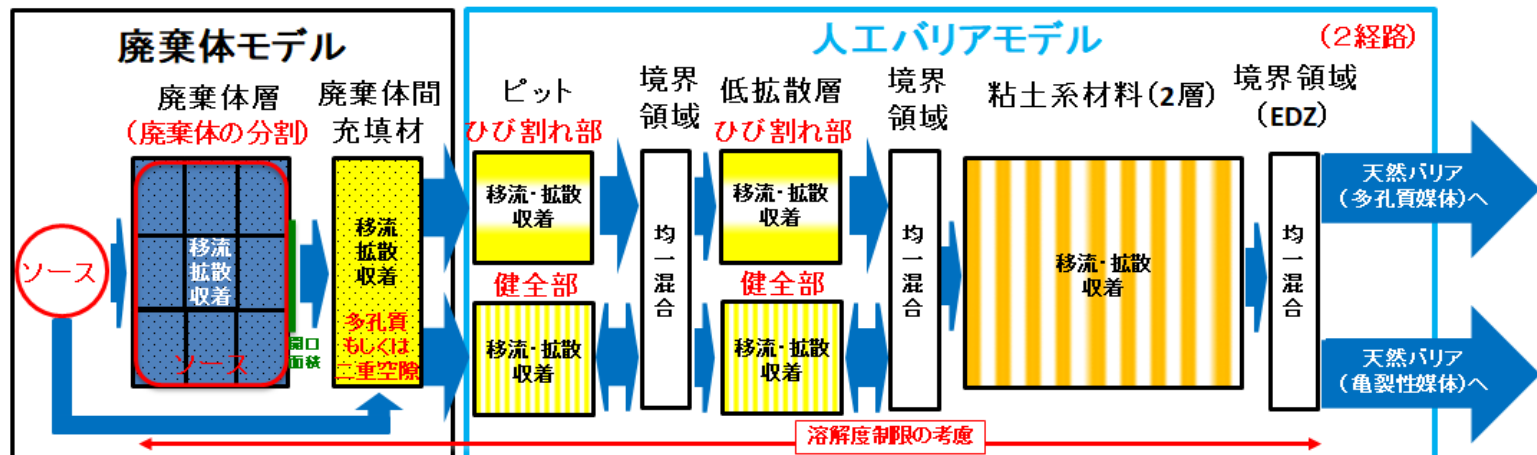
構築する核種移行モデルの概要

■ 廃棄体モデル

- 核種毎に**複数の溶出率**を設定可能とする。
- 廃棄体層は**複数のセル**で表現し、セル間での**移流、拡散**、セル内での**収着、溶解度制限**を考慮。
- 廃棄体間充填材は、**多孔質媒体(複数セル)**もしくは**ひび割れを考慮した二重空隙媒体**としてモデル化し、媒体内での**移流、拡散、収着、溶解度制限**を考慮。

■ 人工バリアモデル

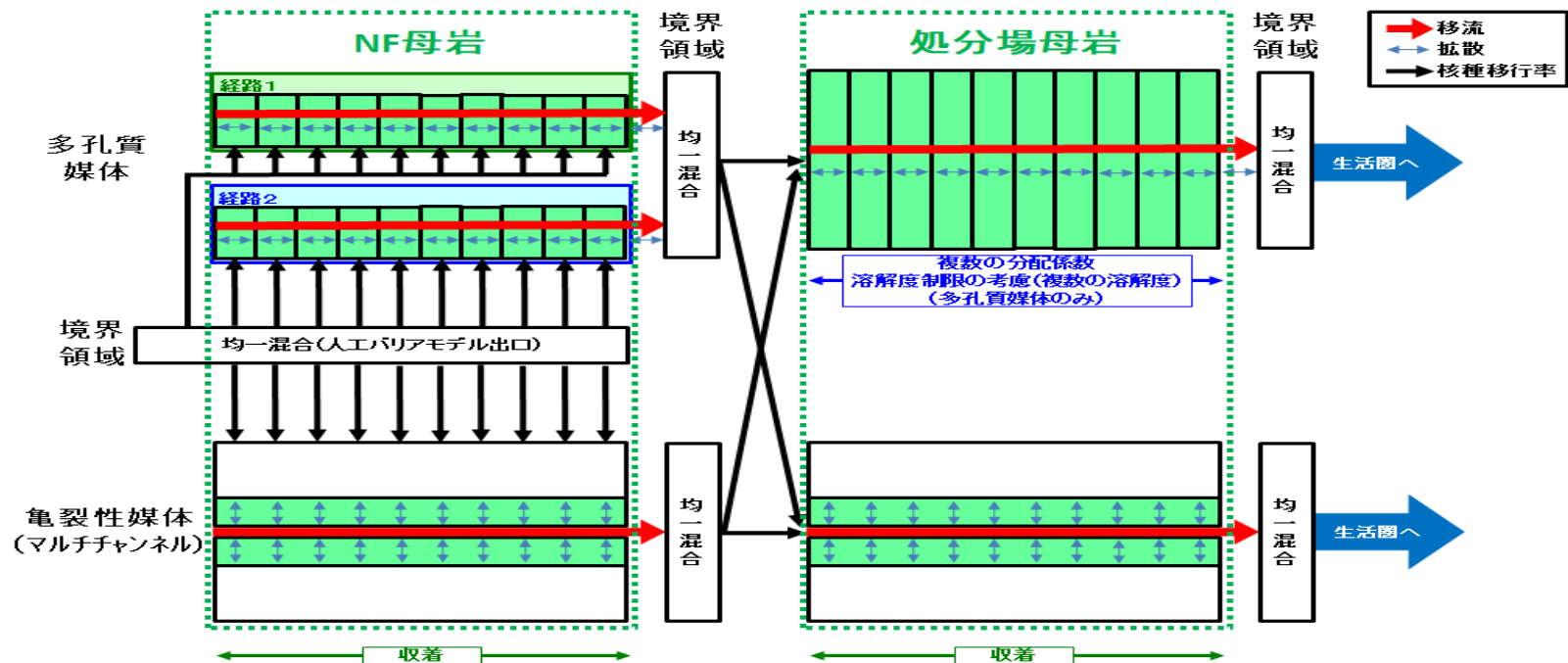
- 内側から、**ピット、低拡散層、粘土系材料2層**の順の経路で、**2経路**をモデル化。
- **ピットと低拡散層はセメント系材料を想定し。健全部とひび割れ部とに分けてモデル化。**前者は**多孔質媒体(複数セル)**、後者は**二重空隙媒体**とし、媒体内での**移流、拡散、収着、溶解度制限**を考慮。
- **粘土系材料は、多孔質媒体(複数セル)とし、媒体内での移流、拡散、収着、溶解度制限を考慮。2層モデル化し、それぞれ別のパラメータを設定可能とする。**



構築する核種移行モデルの概要

■ 天然バリアモデル

- 多孔質媒体と亀裂性媒体をモデル化。それぞれに対して、ニアフィールド(NF)領域と処分場領域の2領域を想定。
- 多孔質媒体は複数セルとして、亀裂性媒体は二重空隙のマルチチャンネルとして、それぞれモデル化し、媒体内での移流、拡散、収着を考慮。
- NF領域の多孔質媒体は人工バリアの2経路に対応して2経路とする。
- 処分場領域の多孔質媒体は、セル毎に個別の分配係数及び溶解度を設定可能とする。



生活圏評価モデルの構築

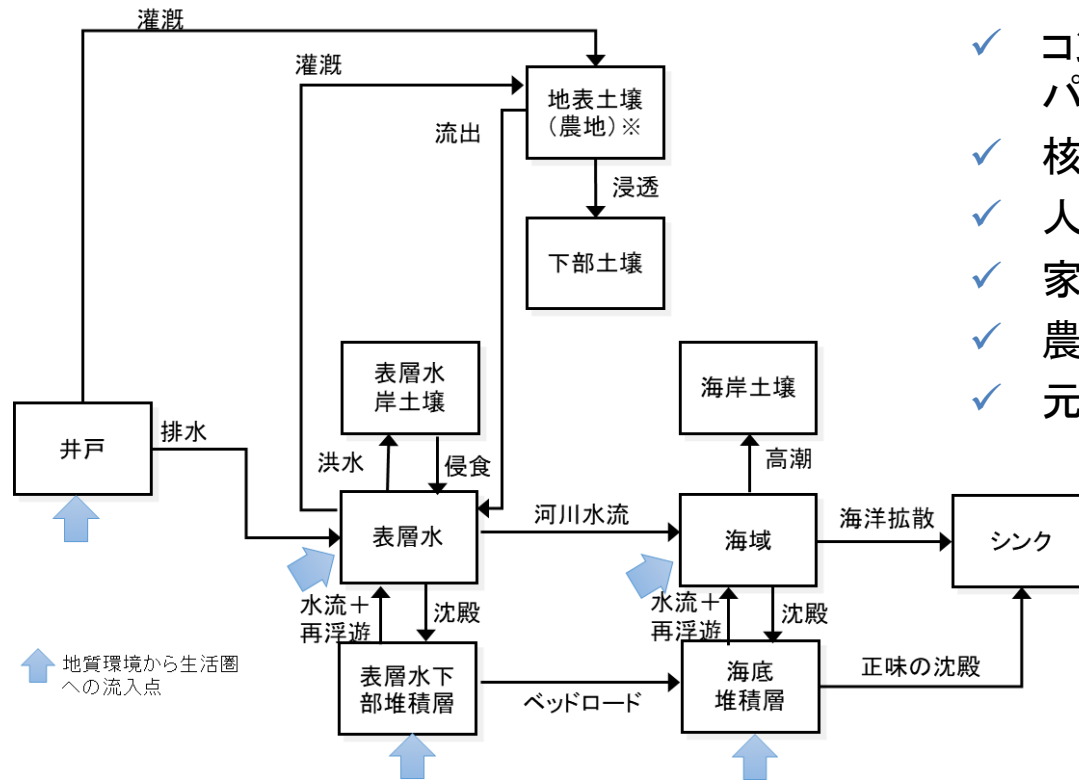
生活圏評価モデルの全体構成をp.90に示した。ここでは、その補足として、生活圏モデルの概要として、移行プロセスモデル及び被ばく経路の構成、パラメータの設定等をまとめた。

生活圏評価モデルの構築(全体概要)

【モデル】

- コンパートメントモデルを採用した核種移行プロセスモデルを構築。
- 被ばくプロセスモデルについては、内部被ばく（摂取・吸入）及び外部被ばくを考慮し、既往検討を参考に被ばく経路を設定。

本検討における生活圏評価の移行プロセスに係る概念モデル



【評価対象者】

- 農業、畜産業、漁業（淡水・海洋）、建設業従事者、及び一般居住者

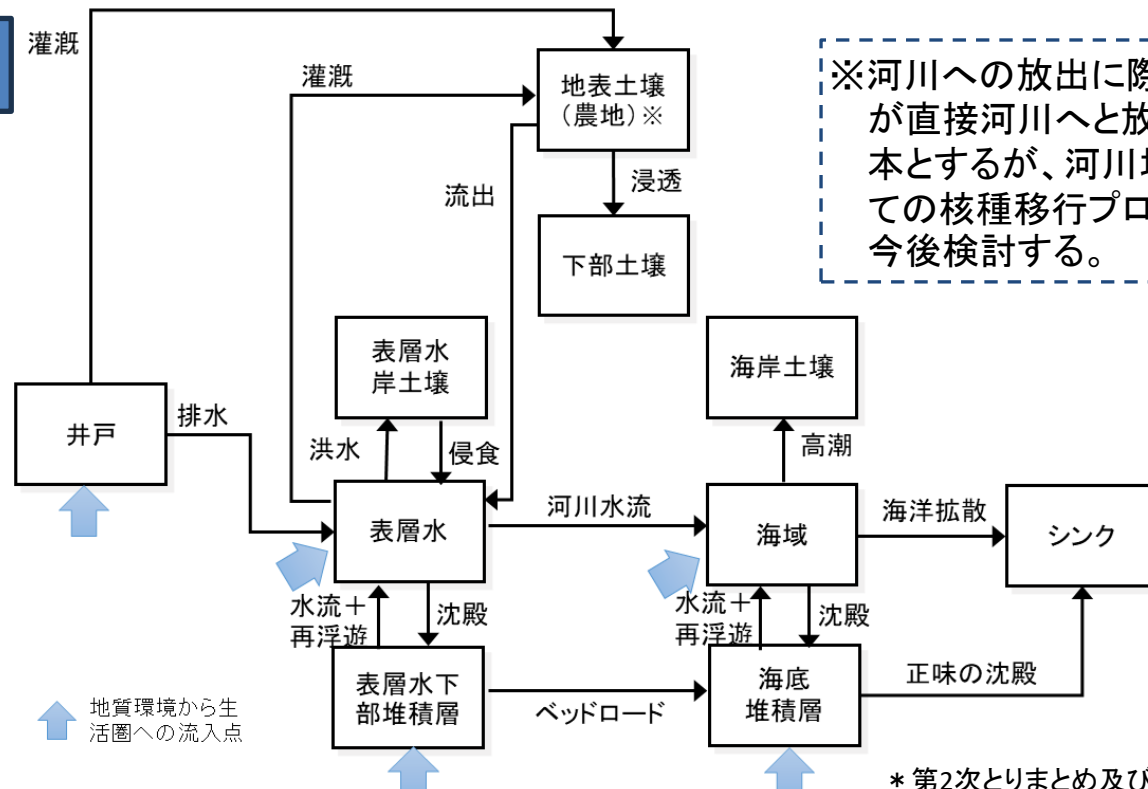
【パラメータ】

- 下記のパラメータを設定
 - ✓ コンパートメント諸量に関するパラメータ
 - ✓ コンパートメント間の移行プロセスに関するパラメータ
 - ✓ 核種依存パラメータ
 - ✓ 人間活動に関するパラメータ
 - ✓ 家畜に関するパラメータ
 - ✓ 農作物に関するパラメータ
 - ✓ 元素依存パラメータ

生活圏評価モデルの構築

- ✓ わが国における既往検討*を参考に、核種移行プロセスモデルにはコンパートメントモデルを採用。
- ✓ コンパートメント間の移行プロセスは、想定される事象を網羅的に取り入れる。
- ✓ 水媒体としてのコンパートメントは井戸、表層水、海域。
表層水及び海洋に関しては、その下部にある堆積層を考慮。さらに、表層水及び海洋に隣接する土壌及び田畑となる地表土壌を考慮する。
- ✓ GBI(地質環境と生活圏とのインターフェイス)は、井戸、河川・湖沼、海域を想定。

本検討における生活圏評価の
移行プロセスに係る概念モデル



※河川への放出に際しては、地下水が直接河川へと放出する場合を基本とするが、河川堆積層を経由しての核種移行プロセスについても今後検討する。

- 生活圏評価モデルの構築

- ✓ 被ばくの形態は、内部被ばく(摂取・吸入)及び外部被ばく。
- ✓ 既往検討*を参考に下記の被ばく経路を設定。

被ばくの形態		被ばく経路
内部被ばく	経口摂取	- 飲料水の摂取 - 食品(農作物、畜産物、水産物)の摂取 - 土壌の摂取
	吸入	- ダストの吸入 - エアロゾルの吸入
外部被ばく		- 土壌からの被ばく - 水からの被ばく

- ✓ わが国における既往検討を参考に、評価対象者は
 - 農業従事者
 - 畜産業従事者
 - 漁業(淡水・海洋)従事者
 - 建設業従事者
 - 一般居住者

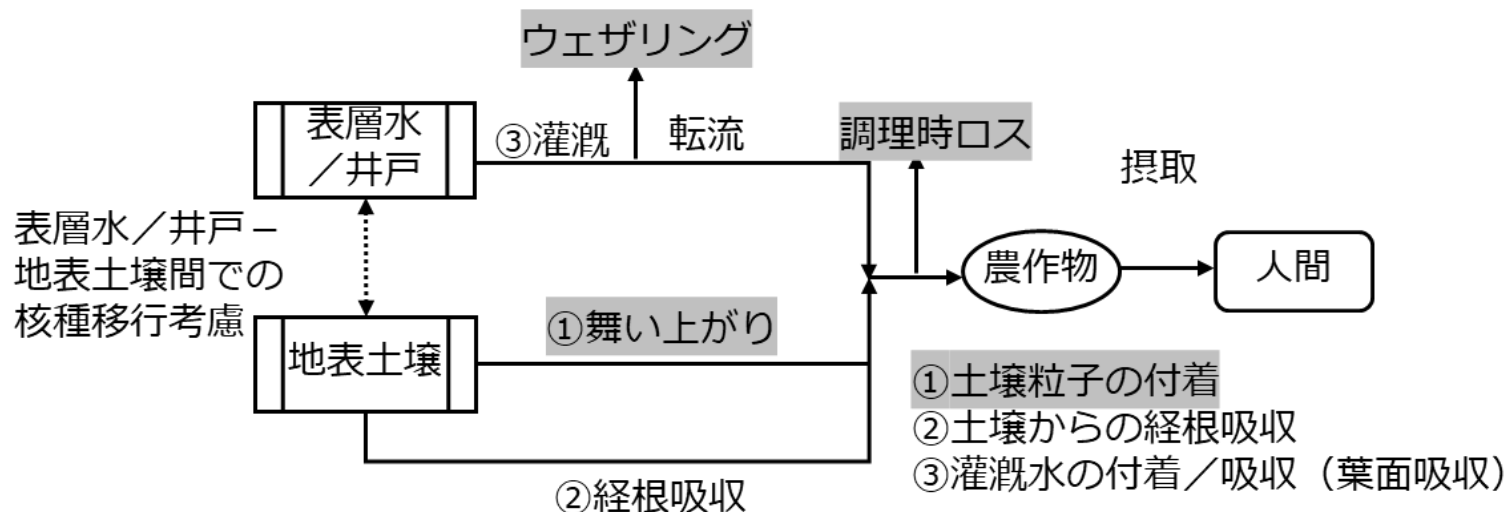
とし、各評価対象者に対して被ばく経路を設定。

- ✓ 核種移行・被ばく評価に使用する数学モデルは既往検討を参考に設定。

生活圏評価モデルのバリエーション

- ✓ 農作物の経口摂取及び畜産物の摂取による内部被ばくに至る被ばくプロセスモデルについては、被ばくに至る複数のプロセスを考慮しており、一部プロセスを考慮の対象外となる可能性が考えられる。

例として、農作物の経口摂取による内部被ばくに至る被ばくプロセスモデルにおいて、考慮の対象外となる可能性が考えられるプロセスを■で示す。



※ ■ は考慮の対象外となりうるプロセス

• 生活圏評価モデルの構築

- ✓ わが国における既往検討(第2次取りまとめ、NUMO包括的技術報告書)を参考に、下記のパラメータを設定。

コンパートメント諸量に関するパラメータ	• サイズ(深さ、面積、体積) • 間隙率 • 体積含水率 • 浮遊物堆積量 • 密度(水の密度、固相密度)
コンパートメント間の移行プロセスに関するパラメータ	• 液相による移行: 灌漑水量、浸透量、流出量、排水量、洪水量、高潮、河川流量、海洋拡散による希釈水量、地下水流量 • 固相による移行: 侵食、沈殿、再浮遊、ベッドロード、正味の沈殿
核種依存パラメータ	• 半減期 • 実効線量換算係数(内部被ばく(摂取・吸入)、外部被ばく(水・土壌))
人間活動に関するパラメータ	• 食物などの摂取量 • 呼吸率 • 滞在時間 • ダストレベル・エアロゾルレベル

※不確実性やバリエーションが考えられるパラメータ

- 生活圏評価モデルの構築

✓ わが国における既往検討*等を参考に、下記のパラメータを設定。

家畜に関するパラメータ	- 飼料摂取量 - 土壌摂取量 - 水摂取量 - 呼吸率 - 放牧時間 - 飼育密度
農作物に関するパラメータ	- 農作物への土壌の付着量 - 農作物の栽培密度 - 農作物に利用される単位面積当たりの灌漑水量 - 農作物による灌漑水の付着割合
元素依存パラメータ	- 土壌などの分配係数 - 農作物への移行係数 - 畜産物への移行係数 - 水産物の濃縮係数 - ウェザリング率 - 転流割合 - 調理時ロス割合 - エアロゾル濃縮係数

※不確実性やバリエーションが考えられるパラメータ

安全評価の品質保証体系の提案

- 事故廃棄物の安全評価において、評価条件の設定やその根拠の追跡可能性を確保するための品質保証体系を提案する。具体的には、安全評価の前提となる処分概念やオプション、想定した処分環境、評価モデル体系と解析ツール、パラメータセット等の評価条件と、評価結果を関連付けすることにより、感度解析や解析結果間の比較を、迅速かつ確実に行えるように、これら評価条件と評価結果の管理方法や、管理システムを提案する。
- なお、本業務において作成する評価モデルについては、既存の評価コード及び評価事例との比較検討を実施し、評価モデルの検証を実施する。

安全評価プロセスの概要

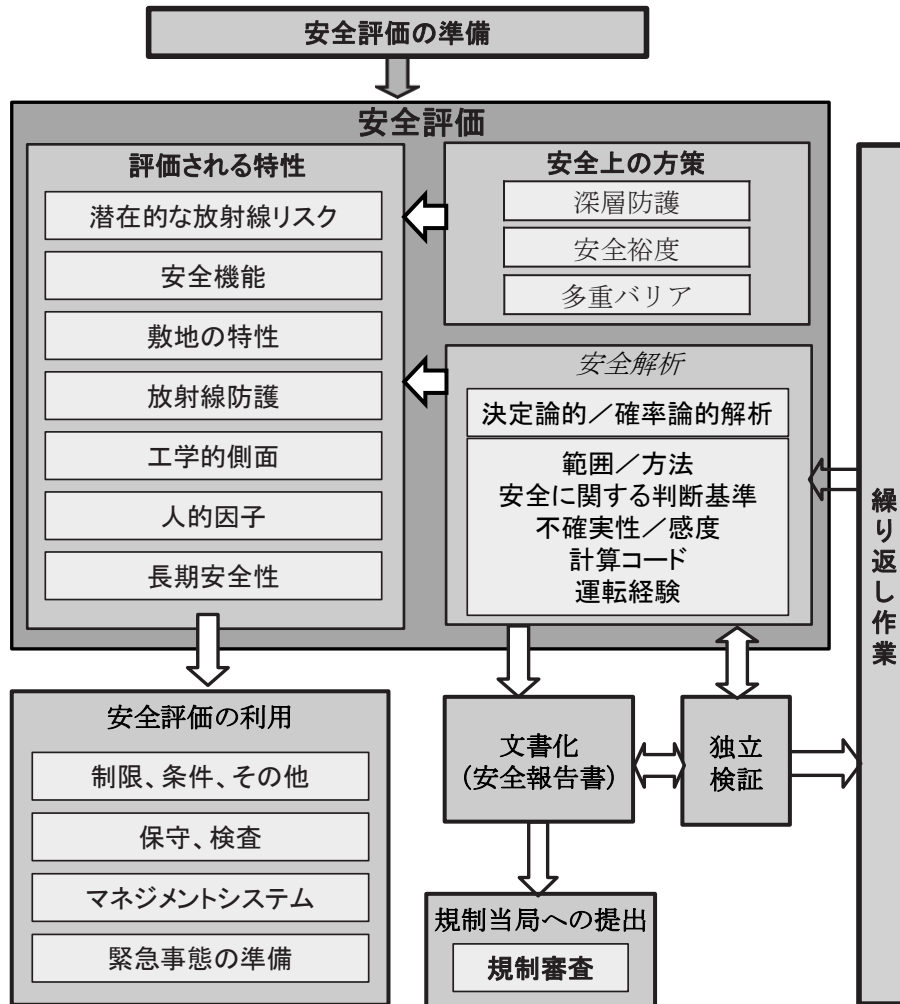
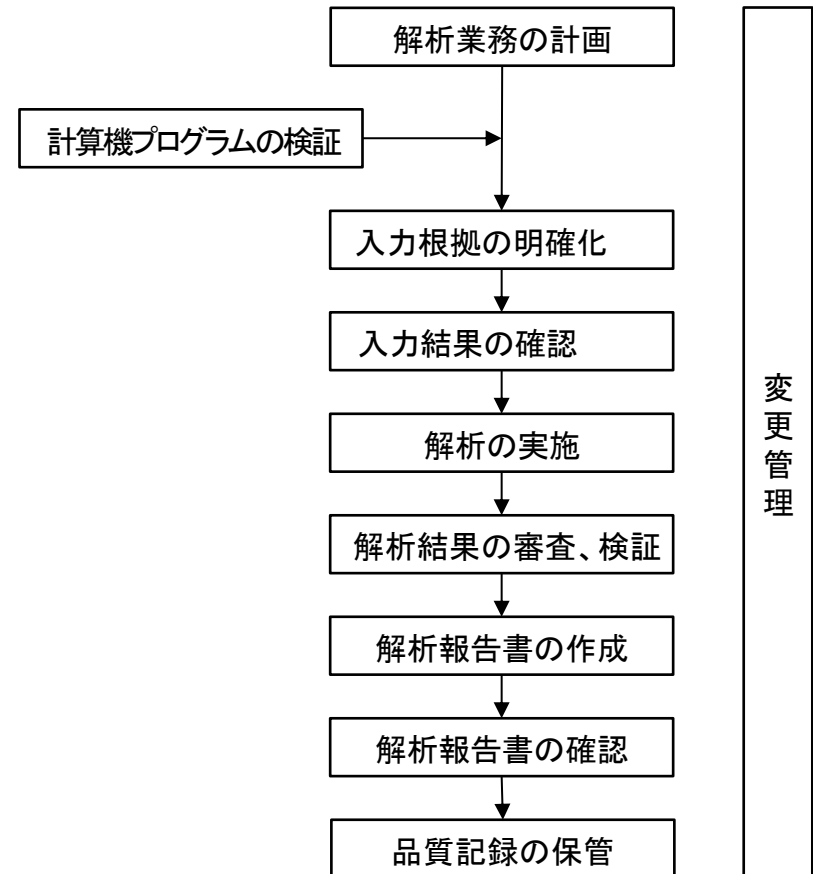


図1 安全評価プロセスの概要

(出典:IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. GSR Part 4 (Rev.1),
SAFETY ASSESSMENT FOR FACILITIES AND ACTIVITIES, GENERAL
SAFETY REQUIREMENTS 2016, p.13, Fig.1をもとに作成)

解析業務のフローチャート



(出典:一般社団法人原子力安全推進協会、原子力施設における
許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン、
JANSI-GQA-01ー第3 版、2021年6月、p.15をもとに作成)

施設と活動に対する安全評価 一般安全要件

IAEA GSR Part4 Rev.1(その1)

要件1 グレード別アプローチ

グレード別アプローチは、個々の加盟国において、どのような個々の施設又は活動に対しても行われる安全評価の範囲及び詳しさの程度を、施設又は活動から生ずる潜在的な放射線リスクの大きさに応じて決める際に、使用されなければならない。

要件2 安全評価の範囲

安全評価は放射線リスクを生じさせる技術のすべての適用について、すなわち、すべての種類の施設及び活動について実施されなければならない。

要件3 安全評価の責任

安全評価を実施する責任は、責務を有する法人、すなわち、施設及び活動に責任を有する人又は組織になければならない。

要件4 安全評価の目的

安全評価の主要な目的は、施設又は活動に対して妥当な安全レベルが達成されたかどうかを決定することでなければならない。また、「電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準」[4]に定められたような防護及び安全に対する要件に従って、設計者、運転組織及び規制当局によって定められた基本安全目的及び安全判断基準が達成されているかどうかを決定するものでなければならない。

要件5 安全評価の準備

安全評価を実施する第一段階は、安全上の判断基準の他に、必要な資源、情報、データ、解析手法が特定され、利用できることを確実なものとするものでなければならない。

要件6 潜在的な放射線リスクの評価

施設又は活動に付随する潜在的な放射線リスクが特定され、評価されなければならない。

要件7 安全機能の評価

施設又は活動に付随するすべての安全機能は特定され、評価されなければならない。

要件8 敷地特性の評価

施設又は活動の安全に関連する敷地特性の評価が実施されなければならない。

施設と活動に対する安全評価 一般安全要件

IAEA GSR Part4 Rev.1(その2)

要件9 放射線防護のための対策の評価

施設又は活動に対する安全評価において、電離放射線の有害な影響から人及び環境を防護するために十分な対策が取られているかどうか決定されなければならない。

要件10 工学的側面の評価

安全評価では、施設又は活動が、実行可能な限り、頑丈かつ実証済みの設計による構築物、系統及び機器を使用しているかどうか決定されなければならない。

要件11 人的因子の評価

人と施設又は活動との相互作用は、安全評価で扱わなければならない、また、すべての通常の運転上の活動に対して規定されている手順や安全対策、特に運転上の制限及び実施のため必要なもの並びに予期される運転時の事象や事故に対応して要求されるものが、安全の十分なレベルを確実なものとしているかどうか決定されなければならない。

要件12 施設又は活動の存続期間にわたる安全評価

安全評価は、潜在的な放射線リスクがある施設又は活動の存続期間のすべての段階を包含しなければならない。

要件13 深層防護の評価

深層防護の評価では、深層防護のそれぞれのレベルにおいて十分な対策が取られているかどうか決定されなければならない。

要件14 安全解析の範囲

安全解析では、すべての運転状態及び必要に応じて運転終了後の段階において、施設又は活動の実績が評価されなければならない。

要件15 決定論的方法と確率論的方法

決定論的方法と確率論的方法の両者が安全解析に含まなければならない。

要件16 安全を判断するための基準

安全を判断するための基準が安全解析に関して明確化されなければならない。

施設と活動に対する安全評価 一般安全要件

IAEA GSR Part4 Rev.1(その3)

要件17 不確かさ解析及び感度解析

不確かさ解析及び感度解析が行わなければならない、また、安全解析の結果及びそこから導かれる結論において考慮されなければならない。

要件18 計算コードの使用

安全解析に置いて使用されるあらゆる計算手法及び計算コードは、検証及び妥当性確認を受けなければならない。

要件19 運転経験データの使用

運転上の安全実績に関するデータが収集され、評価されなければならない。

要件20 安全評価の文書化

安全評価の結果及び知見は、文書化されなければならない。

要件21 独立検証

運転組織は、安全評価が運転組織によって使用される前、または規制当局に提出される前に、安全評価の独立検証を行わなければならない。

要件22 安全評価の管理

安全評価が行なわれるプロセスは、計画され、組織化され、申請され、監査され、審査されなければならない。

要件23 安全評価の使用

安全評価の結果は、保守、試験及び検査の実施計画を明確にするために、安全上重要なすべての運転上の活動の手順と、予期される運転時の事象及び事故対応の手順が実施されることを明確にするために、施設又は活動に係わる職員の必要な力量を明確にするために、また、総合的でリスク情報を活用した方法で意思決定をするために、使用されなければならない。

要件24 安全評価の維持

安全評価は、定期的に審査され、最新化されなければならない。

要件18 計算コードの使用

安全解析において使用されるあらゆる計算手法及び計算コードは、検証及び妥当性確認を受けなければならない

4.60. 安全解析において使用されるあらゆる計算手法と計算コードは、十分な程度まで検証及び妥当性確認を受けなければならない。モデル検証は、計算モデルが意図する概念モデル又は数学モデルを正しく実現していることを決定するプロセスである。すなわち、支配的な物理方程式とデータが、正しく計算コードに変換されているかどうかである。システムコードの検証は、システムコード文書の記載に関連するソースコードの確認である。モデルの妥当性確認は、モデルによる予測値を実システムの観測値又は実験データと比較することにより、数学モデルがモデル化される実際のシステムを適切に表現しているかどうかを決定するプロセスである。システムコードの妥当性確認は、発生が予想される重要な現象についての、適切な実験データに対するシステムコードによる予測値の正確さの評価である。不確実さ、モデルによる近似、モデルとそのデータ基盤の欠点及び安全解析におけるこれらの考慮のされ方、これらすべてが、妥当性確認のプロセスで特定され、明確化されなければならない。さらに加えて、コードの使用者は解析される施設又は活動の種類に対する適用において十分な経験を持っていることが、確実にされなければならない。

要件20 安全評価の文書化

安全評価の結果及び知見は、文書化されなければならない。

- 4.62. 安全評価の結果と知見は、適宜、施設又は活動の複雑さとそれに付随する放射線リスクを反映した安全報告書の形で文書化されることになる。安全報告書は、施設又は活動が、基本安全原則、安全要件出版物で定められた要件及び国の法令及び規制で定められたその他のすべての安全要件を遵守していることを立証する目的で実施されてきた評価及び解析を提示する。
- 4.63. 安全評価の定量的及び定性的な結果は、安全報告書の基礎を形成する。安全評価の結果は、適切ならば、系統の中の個々の構成要素の性能に関する情報も含めて、安全評価とその仮定の頑強性と信頼性について支持する証拠及び推論によって追補される。
- 4.64. 安全報告書は、到達した結論を支持するため、また、独立検証及び規制側の審査に適切な人力情報を提供するため、十分な範囲及び詳しさの程度で安全評価を文書化する必要がある。安全報告書は以下を含む。
 - (a) 解析で考慮した予期される運転時の事象及び事故の選択の正当化
 - (b) データの収集、モデル化、計算コード及びなされた仮定についての概要及び必要な詳細
 - (c) モデル化の結果の評価に用いられた判断基準
 - (d) 施設又は活動の実績、生じる放射線リスク及び内在する不確実さの考察を含む解析結果
 - (e) 達成された安全のレベルの容認可能性並びに必要な改善点と追加対策の特定に関する結論
- 4.65. 安全報告書は必要に応じて最新化されるべきである。この安全報告書は施設が完全に廃止及び解体されるまで、あるいは活動が終結され規制管理から開放されるまで保存されなければならない。放射性廃棄物の処分場の場合、安全報告書は処分場の閉鎖後の長期間にわたり保存されなければならない。

要件21 独立検証

運転組織は、安全評価が運転組織によって使用される前、又は規制当局に提出される前に、安全評価の独立検証を行なわなければならない。

- 4.66. 運転組織は、安全評価が運転組織で使用される前に、又は規制当局に提出される前に、安全評価に対する信頼度を高めるために独立検証を行うこととなる。
- 4.67. 独立検証は、安全評価を実施した人々とは別の、適切に認定され経験を有した個人又はグループによって行われる。独立検証の目的は、安全評価が容認可能な方法で実行されているかどうかを決定することである。
- 4.68. 独立検証の範囲と詳しさの程度についての決定は、独立検証そのもののの中で審査がされなければならない。これは、それらが等級別扱いと首尾一貫しており、また、施設又は活動に付随する潜在的な放射線リスク及びその成熟度と複雑度(3.4項参照)を反映していることを確実にしなければならない。
- 4.69. 独立検証は、実施された安全評価が包括的なものであるかどうかを決定するため、施設又は活動から生じる放射線リスクに最大の影響を有する安全評価の側面に焦点を合わせた、より詳細な確認が行われる個別確認と総合的な審査を組み合わせなければならない。独立検証では、これまでに考慮されてこなかった放射線リスクへ、いかなる寄与があるのかも又、考慮されなければならない。
- 4.70. 独立検証では、使用したモデルとデータが施設の設計と運転又は活動の立案と実施を正確に表現するものであるかどうか決定されなければならない。
- 4.71. 加えて、規制当局は、安全評価が容認可能であることを自身で確信するため、また、法的要件及び規制要件が満たされているかどうかの適切な立証を提供しているかどうかを決定するために、別の独立検証を実施しなければならない。汽規制当局による検証は、運転組織によるプロセスの一部ではなく、又、運転組織によりその独立検証の一部として使用もしくは要求されるものではない。

安全評価の管理、使用及び維持(要件22、23、24)

5. 1. 安全評価は、運転組織が施設及び活動を安全に管理することを可能にするために重要なことである。これは、規制要件を遵守していることを実証するために必要な安全報告書において、極めて重要な入力情報でもある。
5. 2. 安全評価は、それ自体で安全を達成することができない。安全は、入力された仮定事項が妥当であり、得られた制限及び条件が実施、維持され、また、その評価がいかなる時点でも施設又は活動があるがままに反映しているものである場合にのみ達成できる。施設及び活動は、その存続期間(例えば、建設、試運転、運転、廃止措置及び解体措置又は閉鎖)にわたり、変更、改善及び経年変化に伴って、進展している。知識と理解も時間と経験とともに進化している。安全評価は、そのような変化を反映し、また、引き続き妥当なものとするために最新化されなければならない。安全評価を最新化することは、監視データ及び実績指標の将来の評価に対する基礎を提供するためにも重要であり、また、放射性廃棄物の貯蔵と処分のための施設に対しては、敷地の将来的利用に関する参照用の適切な記録を提供するためにも重要である。
5. 3. 安全評価は、入力仮定事項を特定するために審査されなければならない、その入力仮定事項は、安全管理に対する適切な管理により遵守されていることを確実にするものとする。
5. 4. 安全評価は、適切な手順と管理により実行されるべき制限と条件を明確化することへの入力の一つを提供している。これらの手順と管理は、制限と条件が常に遵守されていることを確実になものとするための監視手段を含まなければならない。
5. 5. 安全評価の結果は、設定されるべき保守、試験及び検査の実施計画を明確に定めるために使用されなければならない、その実施計画では以下を確実にものとするため、監査可能な手順と管理が用いられる。
 - (a) すべての必要な条件が維持されること
 - (b) すべての構築物、系統及び機器は所要の寿命期間にわたりその健全性及び機能的能力を維持すること
5. 6. 安全評価の結果は、安全上重要なすべての運転活動において、また、予期される運転時の事象及び事故への対応において、実行されるべき手順を明確に定めるために使用されなければならない。安全評価は、また、敷地内外の緊急時対応及びアクシデントマネジメントに対する企画への入力情報として使用されるべきである。
5. 7. 安全評価の結果は、施設又は活動に関与する職員に対して必要な力量を明確にするため使用されなければならない、これらは、職員の訓練、管理及び監督に情報を与えるために使用される。
5. 8. 安全評価の結果は、総合的なリスク情報を活用した方法による意思決定をするために利用されなければならない。この方法によって、決定論的評価及び確率論的評価による結果と洞察、並びにその他のあらゆる要求事項が、施設又は活動に関連する安全事項についての意思決定において結合される。
5. 9. 安全評価は、施設及び活動のマネジメントシステムに対して、このような重要な入力情報を提供するものであるため、安全評価が行われるプロセスは、等級別扱いに従った方法で、計画され、組織化され、申請され、監査され、審査されなければならない。安全評価による結果及び知見が、設計者、運転組織、規制当局及びその他専門家を含む、広い範囲の利害関係者に最も良く伝達されうる方法も又、考慮されるべきである。利害関係者への安全評価の結果の伝達は、施設又は活動から生じる潜在的な放射線リスク及び使用されるモデルと手法の複雑性と釣り合ったものでなければならない。
5. 10. 安全評価は、規制要件に従って所定の間隔で定期的に審査され、最新化されなければならない。定期的な審査は、以下を考慮するため頻度をより高めて実施される必要があるかもしれない。
 - (a) 施設又は活動の安全に顕著に影響を与えるかもしれないあらゆる変更
 - (b) 知識及び理解の重要な進展(研究又は運転経験から生じる進展のようなもの)
 - (c) 規制側の関与又は重大な事象により浮上した安全上の脅威
 - (d) 計算コードへの安全上重要な修正、又は安全解析で使用された入力データにおける変更

各国の品質管理概要(1/3)

浅地中処分

日本 JNFL

事業変更許可申請書(2021年6月14日一部補正)において、「七、廃棄物埋設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事項」、及び添付書類八「変更後における廃棄物埋設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」設計・安全評価を含む保安のための業務に係る品質管理が示されている。
設計に係る品質管理の方法として、(i) 設計開発に用いる情報の明確化、(ii) 設計及び設計のアウトプットに対する検証、(iii) 設計における変更が示されている。

英国 DRIGG
LLWR

ESC(環境セーフティケース)をサポートするために使用されるすべての情報が、品質管理の取り決めによって管理されており、データ管理フォームの記入、チェック、およびテクニカルデータマネージャーによる承認が義務付けられている。また、GoldSimモデルおよびデータセットは、開発者と独立した確認者の双方によってチェックされ、計算ケースはSerco(SercoLtd: Serco Technical and Assurance Services)の正式なQA手順に従って設定され、チェックされる。

カナダ NSDF

放射性廃棄物管理の長期安全性に関する規制文書を発行しており、その中で安全評価における品質保証(QA)の重要性が強調されている。
ISO 9001:2015に認定された品質管理システムの下で実施されたQAの概要が記されており、モデル及びデータ、ソフトウェア、文書化の3つの項目が含まれている。
すべての文書は、レポートの主執筆者ではないプロジェクト・チームの専門家によって少なくとも1回の内部レビューを受け、CNL(Canadian Nuclear Laboratories)からもレビューされる。

各国の品質管理概要(2/3)

中深度処分

スウェーデン SFR	安全評価は、SKBによる品質マネジメントシステム(QMS)に基づき実施している。 安全評価のメインレポート、サブレポート、及び追加参考文献は事実関係の品質監査を受けている。対象は全てトレーサビリティ管理を行っている。
スウェーデンSE-SFL	SE-SFLはSKBの品質マネジメントシステム(QMS)に従って実施されている。報告書の品質は、専門家によって、結果の妥当性、技術的専門性、客観的内容を焦点にレビューされる。ニアフィールド及び地圏の解析のために選択されたデータについては、SKB R-19-09にまとめられている。このレポートはSFLのニアフィールド及び地圏の解析で使用される入力データの品質保証のための主要な文書で、各データセットの簡単な説明とモデルへの適用性が示され、解析で使用された入力データとその参考文献がリストアップされ、データベースとリンクされている。 生活圏については、SFR拡張プロジェクト安全報告書(SR-PSU)に基づいて、品質保証プロセスが実施される。
韓国 月城	「中・低レベル放射性廃棄物処分施設に関する放射線危害防止基準」にて、安全評価結果の信頼度を高めるために、安全評価の全段階にわたる品質保証原則及び関連細部手続きを定めて適用しなければならないことが規定されている。

各国の品質管理概要(3/3)

地層処分	
日本 NUMO-SC	調査、設計、安全評価とこれらの技術開発の業務、および処分場構築の業務の品質を体系的にマネジメントするため、ISO9001を参照した品質マネジメントシステムを構築・運用している。
スウェーデン SR-site	品質保証計画の一環として、データ供給に関する手順書を作成し、品質と不確実性について議論し、インプットデータの選定作業を実施している。 また、SR-Siteチームの一部とデータの供給者が会合を開き、テーマ領域全体のデータの引き渡しについて話し合い、SR-Siteの安全評価モデル化での使用が推奨されるデータが公式に決定される。
フランス Cigeo	ANDRAは、ISO規格であるISO 9001、ISO 14001及びOHSAS 18001の諸要件を満たす総合的なマネジメントシステムを設定しており、環境法典第L.593-1条に記載の利益保護に関する要件を満たすものである。Cigeoプロジェクトにも適用される。
英国 GDF	FEPチェックリストの1.1.1に品質保証について記載されているが、「Genericの段階であり、完全に確立されていない。」としている。
フィンランド・SF	POSIVA(高レベル廃棄物処分を担うフィンランドの企業)のセーフティケースに関する報告書を含む全ての活動において、ISO9001-2008に準拠した品質管理システムを適用する。

NUMO-SCの安全評価フロー

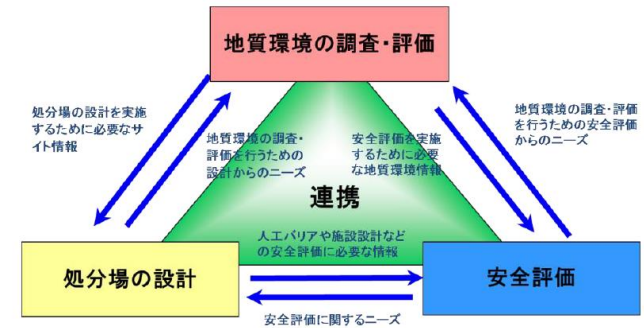
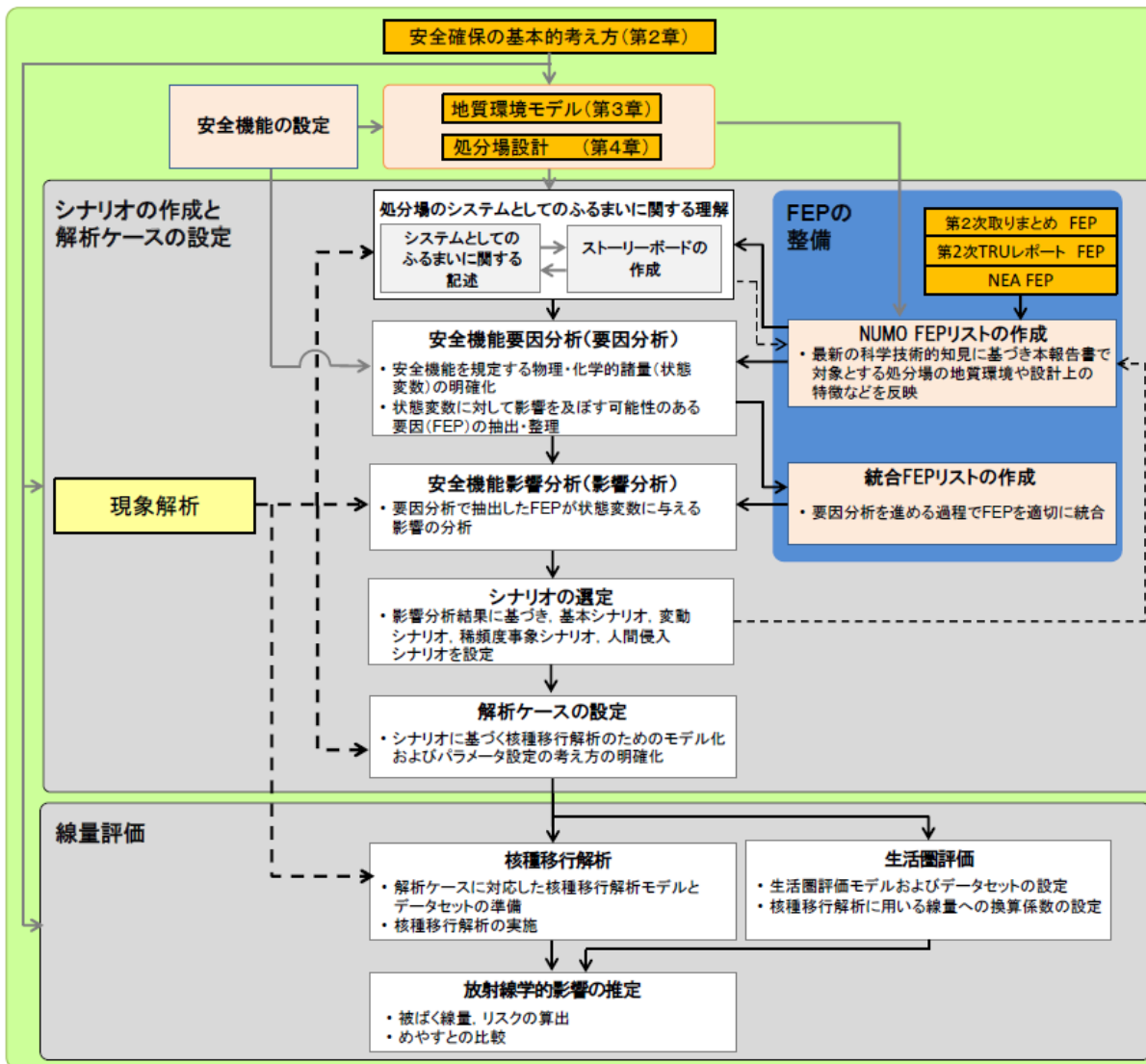
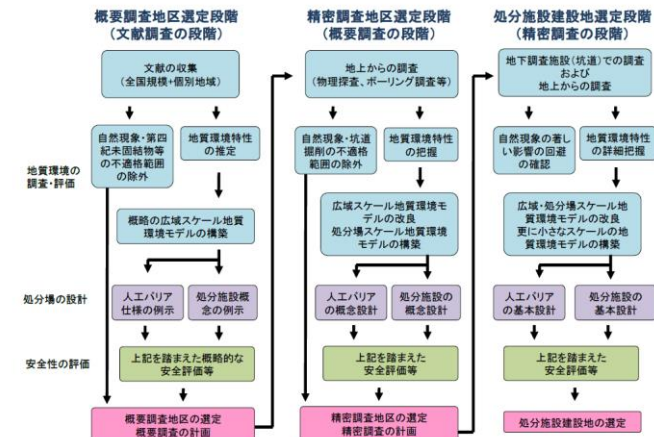


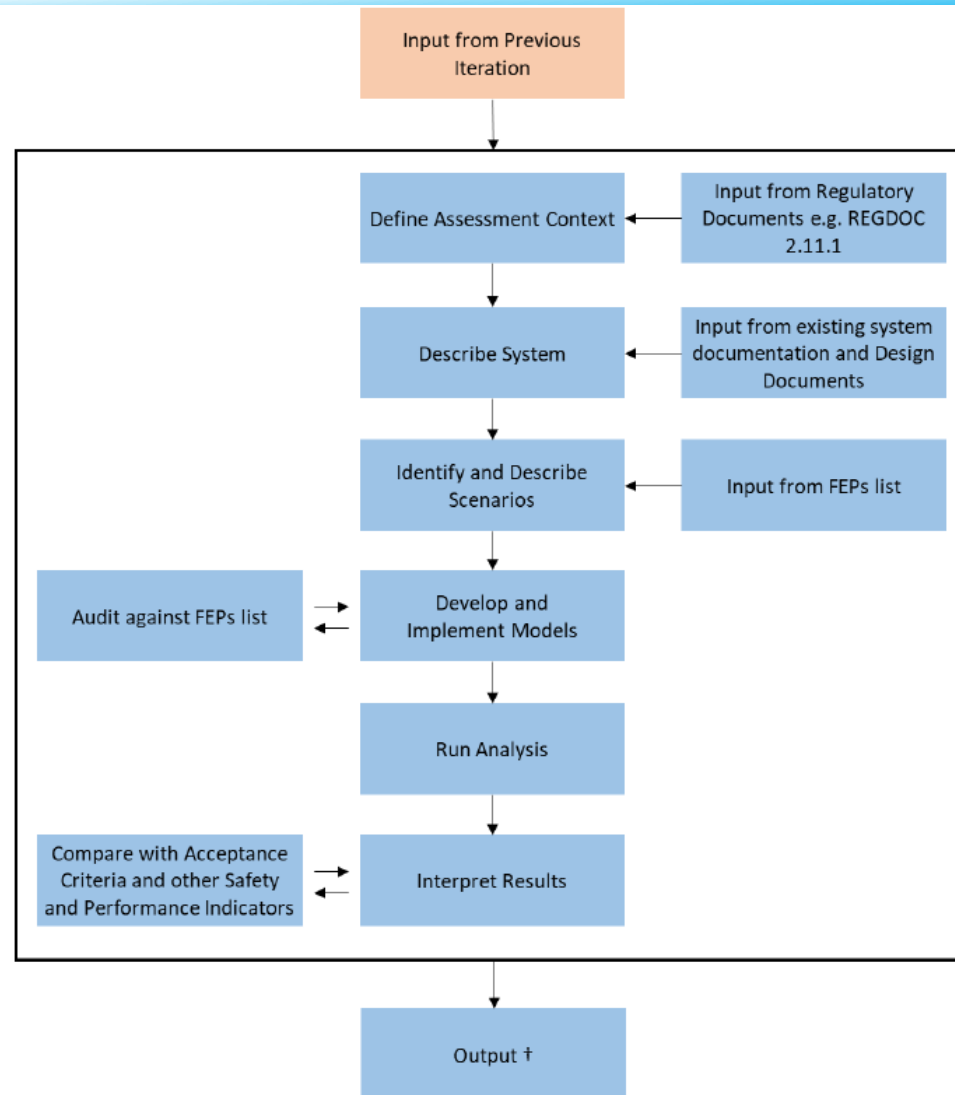
図 2.5-1 地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価の連携



※ 各段階の実施事項の詳細などはサイト環境条件などに依存し、必ずしも一定ではない。

図 6.2-1 本報告書における安全評価の基本的手順

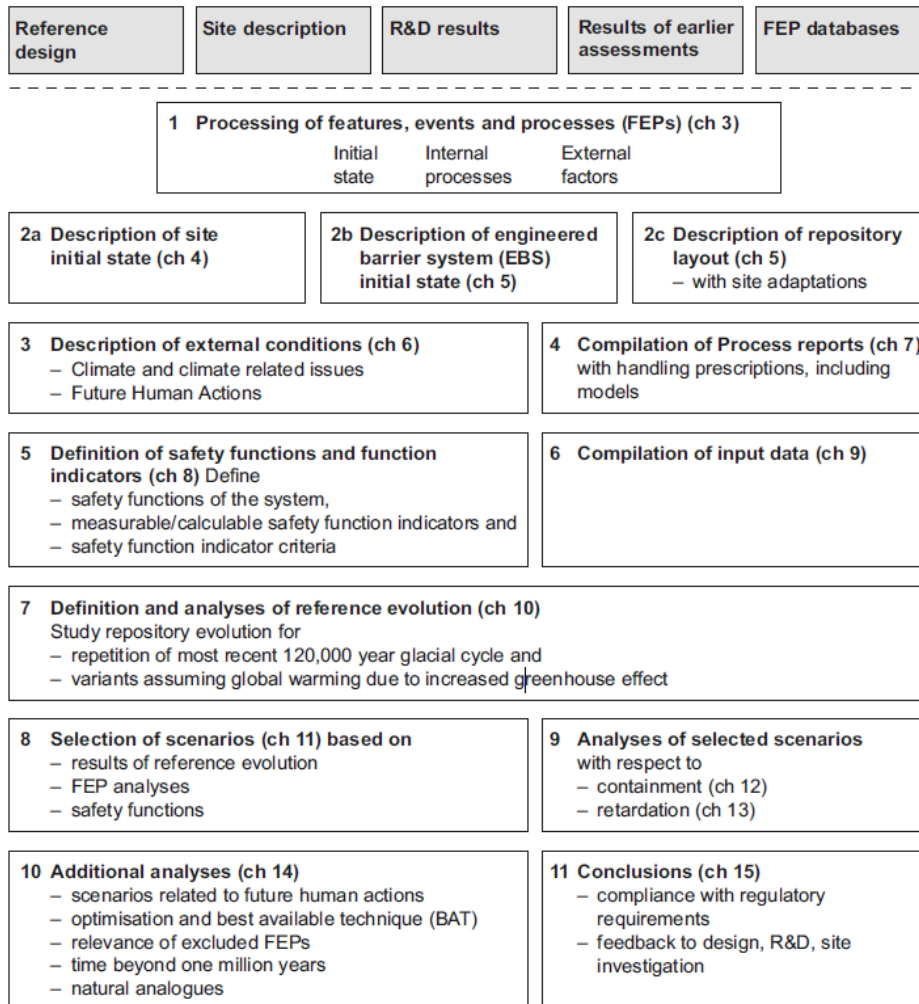
カナダ NSDFの安全評価フロー



Includes output to EIS, Ecological Risk Assessment (EcoRA), maximum radioactive inventory, Safety Case, and next iteration (if necessary).

Figure 2-1 Approach Used in the Post-Closure Safety Assessment [2-9]

スウェーデン: SR-siteの安全評価フロー



Safety functions related to containment

Canister

Can1. Provide corrosion barrier
Copper thickness > 0

Can2. Withstand isostatic load
Load < 45 MPa

Can3. Withstand shear load

Buffer

Buff1. Limit advective transport
a) Hydraulic conductivity < 10^{-12} m/s
b) Swelling pressure > 1 MPa

Buff2. Reduce microbial activity
Density; high

Buff3. Damp rock shear
Density < 2,050 kg/m³

Buff4. Resist transformation
Temperature < 100°C

Buff5. Prevent canister sinking
Swelling pressure > 0.2 MPa

Buff6. Limit pressure on canister and rock
a) Swelling pressure < 15 MPa
b) Temperature > -4°C

Deposition tunnel backfill

BF1. Counteract buffer expansion
Density; high

Geosphere

R1. Provide chemically favourable conditions
a) Reducing conditions; Eh limited
b) Salinity; TDS limited
c) Ionic strength; $\Sigma q[M^{+}] > 4$ mM charge equiv.
d) Concentrations of HS⁻, H₂, CH₄ organic C, K⁺ and Fe; limited
e) pH; pH < 11
f) Avoid chloride corrosion; pH > 4 and [Cl⁻] < 2 M

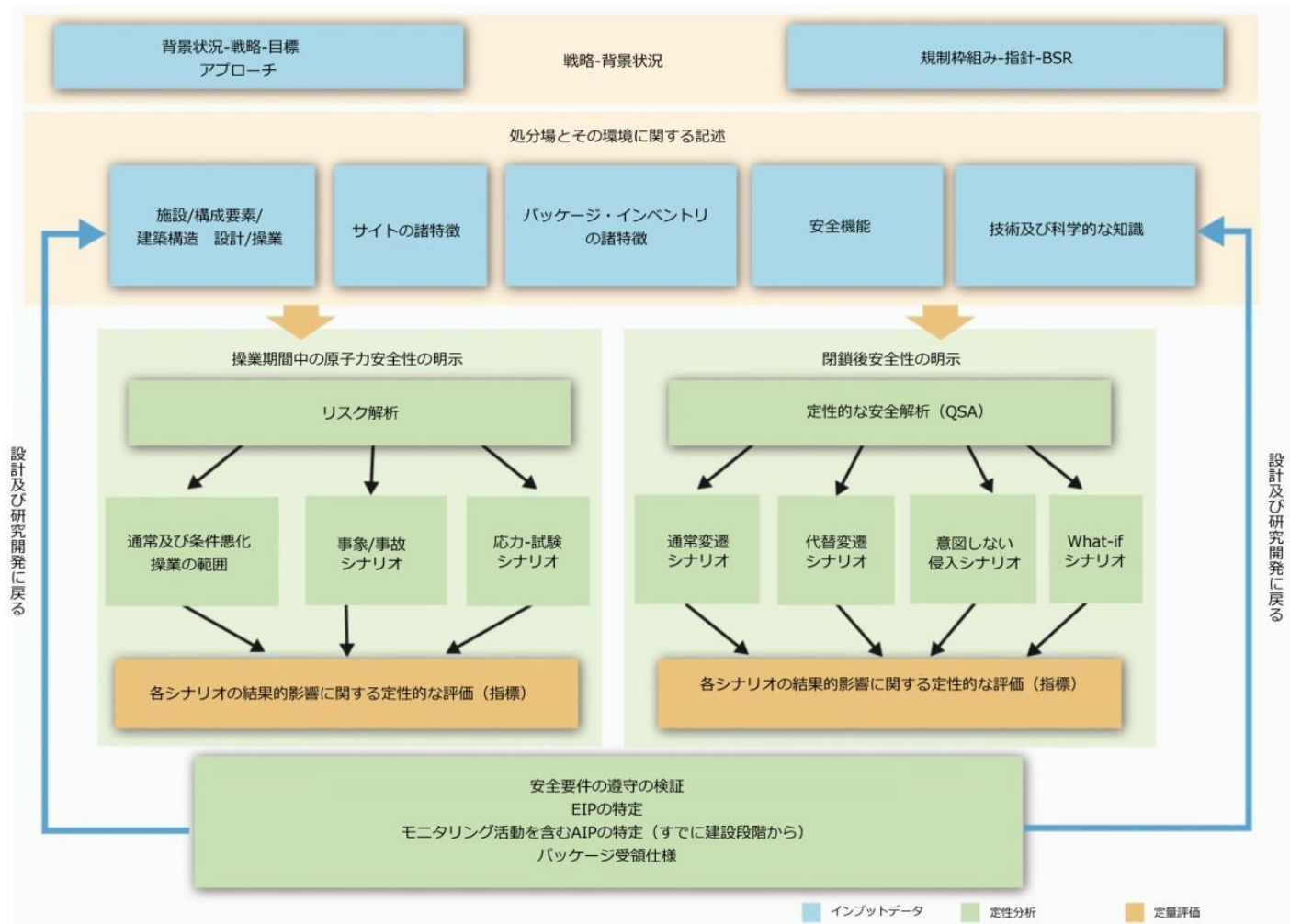
R2. Provide favourable hydrologic and transport conditions
a) Transport resistance in fractures, F; high
b) Equivalent flow rate in buffer/rock interface, Q_{eq} ; low

R3. Provide mechanically stable conditions
a) GW pressure; limited
b) Shear movements at deposition holes < 0.05 m
c) Shear velocity at deposition holes < 1 m/s

R4. Provide favourable thermal conditions
a) Temperature > -4°C (avoid buffer freezing)
b) Temperature > 0°C (validity of can shear analysis)

フランス・Cigeoの安全評価フロー

フランス・Cigeoの最終的な閉鎖はその操業開始から約100年後の見込みであるが、Andraはすでに、設計段階から閉鎖後安全要件を組み込むだけでなく、またこれらの要件が廃棄物処分施設の漸進的な開発の一環として1つの反復的なプロセスを通じて遵守されていることをチェックために、1つのプロセスを設定した。



既存例を踏まえた品質管理の考え方

要件

- 安全評価の信頼性を確保するために、安全評価に関わる品質マネジメントシステム(QMS)を構築すること。
- 安全評価に関わる全ての情報(廃棄体条件、サイト特性、処分施設設計、安全機能の評価、FEP、評価シナリオ、状態設定、仮定、モデル化、計算コード、データセット、根拠文書、評価結果、判断基準、不確実性の考察、改善と追加対策の特定など)がQMSによって管理されること。
- 独立の検証(データセット、モデル・計算コード、評価結果、考察、安全評価の実施プロセス等)
- 安全評価の文書化(上記を含む安全評価の結果と知見)
- 安全評価の維持(定期的な審査と最新化)

安全評価の管理項目：次ページ以降に具体的な管理項目例を示す。

- 対象廃棄物、処分概念・処分形態、サイト特性、シナリオ・評価ケース、核種移行モデル、核種移行パラメータ、その他のパラメータ、評価の実施、評価結果の管理

安全評価の品質管理

安全評価の品質は、インプット、モデル等の妥当性ととも、これらと評価結果がリンクすることによって確保されると考えられるので、次の資料等によって管理することを提案する。

- 根拠資料・参考資料データベース
- 廃棄体、処分施設、モデル、パラメータ、状態変化、評価ケース、評価結果等の各種説明書
- 評価ケース／データセット管理シート、考察等を含む評価結果データベース

安全評価の管理項目(1)対象廃棄物

管理項目	内容	根拠書	出典・備考
対象廃棄物	KURION吸着材、除染装置スラッジ(AREVA)、SARRY吸着材等	廃棄体説明書 yyyymmdd	性状把握、処理からの情報
放射能量	yyyymmdd、Mode値、基準年	電中研データシート yyyymmdd	2021年度IRID報告書等
原廃棄物重量	yyyymmdd、Mode値	電中研データシート yyyymmdd	2021年度IRID報告書等
廃棄体化処理方法	AAM固化、充填固化等 廃棄体容器	廃棄体説明書 yyyymmdd	2021年度IRID報告書等
廃棄体中放射能量		放射能説明書 yyyymmdd	
廃棄体放射能濃度		同上	
処分開始時期	基準年からの年数		

このシートは、安全評価の対象とした廃棄物の特性(対象廃棄物、放射能量、原廃棄物重量、廃棄体化処理方法、廃棄体中放射能量、廃棄体放射能濃度、処分開始時期)の記載内容を示す。
詳細は廃棄体仕様説明書、データシート名、設定根拠書等に記載する。他の資料等から直接引用する場合は出典に記載する。

安全評価の管理項目(2) 処分概念・処分形態

管理項目	内容	根拠書	出典・備考
処分概念	浅地中ピット処分		
バリア構成			
廃棄物	固体	廃棄体説明書yyyyymmdd	
廃棄体内充填材	モルタル		
容器1	200Lドラム缶		
容器2	なし		
廃棄体間充填材	モルタル	施設概念説明書 yyyyymmdd	
覆土	低透水性・通常		
コンクリートピット	コンクリートピット＋覆い		
低拡散層	ホワイトゾーン(モルタル)		
低透水層	ベントナイト混合土		
高透水層	なし		
天然バリア1	覆土・第四紀層	地質環境モデル (site descriptive model) 説明書yyyyymmdd サイト条件説明書yyyyymmdd	
天然バリア2	多孔質岩盤		
放出点 (GBI)	小規模河川		

このシートは、評価の対象とする処分概念・処分形態について、処分概念とバリア構成(各種の人工バリア、天然バリア及び生活圏への放出点を記載する。詳細内容は、廃棄体仕様説明書、廃棄物埋設地仕様説明書、地質環境モデル説明書、サイト条件説明書等に記載する。

安全評価の管理項目(3)シナリオ・評価ケース

管理項目	内容	状態設定説明書	出典・備考
シナリオ・評価ケース	基本、変動、人為、稀頻度・・・	評価シナリオ説明書・評価ケース説明書・線量基準等説明書	
状態設定		状態変化説明書	
廃棄物	例)廃棄物自体に閉じ込め機能を考慮しない。		
廃棄体内充填材	例)放射性核種の収着と溶解度を考慮する。	材料、間隙水等の組成及びその経時変化等	ストーリーボード、ESLと紐づけ
容器1	例)容器に閉じ込め機能を考慮する。	容器の損傷時期、腐食貫通孔面積比の経時変化等	ストーリーボード、ESLと紐づけ
容器2	例)なし。		
廃棄体間充填材	定性的に記述	材料、間隙水等の組成及びその経時変化等	ストーリーボード、ESLと紐づけ
覆土	例)考慮しない		
コンクリートピット	例)透水性は考慮しない	材料、間隙水等の組成、形状及びその経時変化等	ストーリーボード、ESLと紐づけ
低拡散層	例)なし	材料、間隙水等の組成、形状及びその経時変化等	
低透水層	例)浸透水量抑制を考慮	透水係数の変化に伴う浸透水量の変化	ストーリーボード、ESLと紐づけ
高透水層	例)なし		
天然バリア1	処分場近傍	岩種、地下水組成、性状、経路等	
天然バリア2	周辺岩盤	岩種、地下水組成、性状、経路等	
放出点 (GBI)	井戸、河川	生活圏の説明	

このシートは、安全評価のシナリオ・評価ケースを示すもので、その名称を記載するとともに、評価条件を導出するための各バリアの状態設定を示すもので、状態設定説明書やストーリーボード、ESL等と紐づけて記載する。

安全評価の管理項目(4)核種移行モデル

管理項目	内容	説明書等	出典・備考
核種移行モデル	モデル名		
廃棄物	収着・溶出・拡散	モデル説明書	
廃棄体内充填材	収着、拡散	モデル説明書	
容器1	閉じ込め期間、破損率	モデル説明書	
容器2	閉じ込め期間、破損率	モデル説明書	
廃棄体間充填材	収着、拡散、移流	モデル説明書	
人工バリア1	低拡散層、ひび割れ、収着、拡散、移流、溶解度	モデル説明書	
人工バリア2	緩衝材、収着、拡散、移流、溶解度	モデル説明書	
人工バリア3	なし	モデル説明書	
天然バリア1	亀裂性媒体	モデル説明書	
天然バリア2	なし	モデル説明書	
生活圏		モデル説明書	
検証	モデル及び出力のチェック	チェックエビデンス	
履歴管理	Version管理	修正履歴	

このシートは、安全評価に用いた安全評価モデルを示すもので、その名称を記載するとともに、人工バリア、天然バリアの各領域のモデルと生活圏のモデルを示す。詳細はモデル説明書に記載するが、修正履歴とともに評価に用いたVersionを明確にする。

安全評価の管理項目(5)核種移行パラメータ

管理項目	内容	根拠書	出典・備考
核種移行パラメータ		状態変化説明書	ストーリーボード、ESL、
廃棄物	収着・溶出・拡散	設定根拠書yyyyymmdd	浸出率文献、溶出率文献、腐食速度
廃棄体内充填材	収着、拡散	設定根拠書yyyyymmdd	拡散係数文献、 K_d 文献
容器1	閉じ込め期間、破損率	設定根拠書yyyyymmdd	腐食速度、孔食速度
容器2	閉じ込め期間、破損率	設定根拠書yyyyymmdd	腐食速度、孔食速度
廃棄体間充填材	収着、拡散、移流	設定根拠書yyyyymmdd	K_d 文献、拡散係数文献、浸透流解析
人工バリア1	低拡散層、ひび割れ、収着、拡散、移流、溶解度	設定根拠書yyyyymmdd	K_d 文献、拡散係数文献、浸透流解析、溶解度文献・・・
人工バリア2	緩衝材、収着、拡散、移流、溶解度	設定根拠書yyyyymmdd	K_d 文献、拡散係数文献、浸透流解析、溶解度文献・・・
人工バリア3	なし	設定根拠書yyyyymmdd	
天然バリア1	亀裂性媒体	設定根拠書yyyyymmdd	K_d 文献、亀裂パラメータ、マトリクスパラメータ・・・
天然バリア2	なし	設定根拠書yyyyymmdd	
生活圏		設定根拠書yyyyymmdd	移行係数、濃縮係数、流量／移動量、摂取量、線量換算係数・・・
履歴管理	Version管理	修正履歴	

このシートは、安全評価を実施する際に用いる各バリアの核種移行パラメータの種類を示すもので、具体的なパラメータ値は管理項目(6)の個別パラメータ及び設定根拠書に記載する。

安全評価の管理項目(6)個別パラメータ

管理項目	内容	根拠書	出典
パラメータ(廃棄体間充填材)		状態変化説明書	
厚さ・形状	不定形	現象解析書	
透水係数			
実効拡散係数		パラメータ(廃棄体間充填材)説明書	
不均質性	ひび割れ、界面の存在		
間隙率	0.2		コンクリートハンドブック
粒子密度	2.7		コンクリートハンドブック
分配係数	元素ごとに設定		JAEA SDB、JNFL1～3号、NUMO-SC
収着低減係数	元素ごとに設定		2021年度IRID報告書、JNFL1～3号、NUMO-SC
...			
浸透水量			浸透流解析検討書
その他特性			

このシートは、安全評価を実施した各バリア個別の核種移行パラメータを示すもので、具体的なパラメータ値は、内容欄もしくは説明書・設定根拠書に記載する。

安全評価の管理項目(7)評価の実施

管理項目	内容	説明書等	備考
評価実施		評価結果・データセット管理シート	
評価日時			
評価者			
コントロールプログラム	Python等の外部プログラム	説明書	
使用モデルver	モデルの変更履歴管理と紐づけ		
評価ケース	評価したいケースを記述	ケース番号(フォルダ名)で管理	
パラメータ	評価ケースに対して、適切なパラメータ項目を抽出		
インプット	数値が正しく設定されていることの確認	差分管理	基本パラメータセットは全て検証
アウトプット	トレーサビリティ	評価ケース、インプットとアウトプットの紐づけ	
報告書など	トレーサビリティ	評価ケース、インプット、アウトプットと報告書記載数値、グラフの紐づけ	

このシートは、安全評価を実施する際のモデル、パラメータ、インプット、アウトプット等を示すもので、どのような条件で実施したかを示す。

安全評価の管理項目(8)評価結果の管理

管理項目	内容	説明書等	備考
評価結果		線量評価結果 説明書	
最大線量	核種を合計した最大線量	評価結果データ ベース	
最大時期	核種合計の線量が最大となる時期		
線量最大核種最大線量	線量最大核種の種類と線量		
線量最大核種最大時期	線量最大核種の線量が最大となる時期		
主要核種最大線量	主要核種の種類と最大線量(複数)		
主要核種最大時期	主要核種の線量が最大となる時期(複数)		
全核種の個別最大線量	全核種の最大線量(全核種)		
全核種の個別最大時期	全核種の線量が最大となる時期(全核種)		
経時変化図	全核種を含む		
経時変化データ	全核種・全時間のデータ		データ量が多くなる ので、原則残さない。
結果の解釈	評価結果の解釈、特記事項		
フィードバック	上流側その他へのフィードバック事項		

このシートは、安全評価を実施した結果(アウトプット)を保存する際の項目を示すもので、1つの評価ケースの結果として評価結果データベースに含まれる内容を示す。

安全評価の管理項目

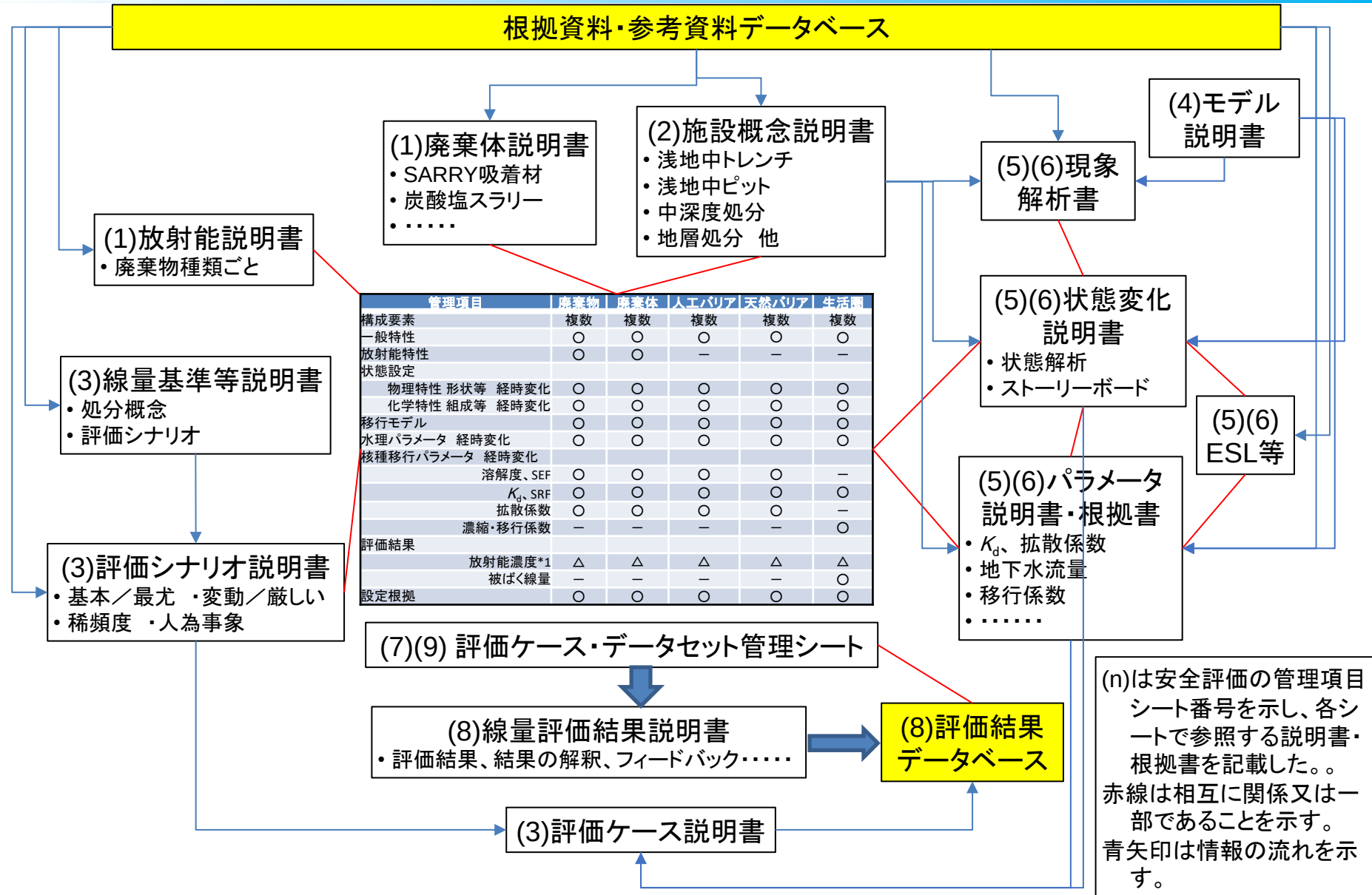
(9) 評価ケース／データセット管理シート

管理項目	廃棄物	廃棄体	人工バリア	天然バリア	生活圏
構成要素	複数	複数	複数	複数	複数
一般特性	○	○	○	○	○
放射能特性	○	○	—	—	—
状態設定					
物理特性 形状等 経時変化	○	○	○	○	○
化学特性 組成等 経時変化	○	○	○	○	○
移行モデル	○	○	○	○	○
水理パラメータ 経時変化	○	○	○	○	○
核種移行パラメータ 経時変化					
溶解度、SEF	○	○	○	○	—
K_d 、SRF	○	○	○	○	○
拡散係数	○	○	○	○	—
濃縮・移行係数	—	—	—	—	○
評価結果					
放射能濃度*1	△	△	△	△	△
被ばく線量	—	—	—	—	○
設定根拠	○	○	○	○	○

*1：結果は通常線量で管理されるが、各領域での放射能濃度を見る場合もあるので、△とした。

安全評価の品質管理

各説明書間の関係性を以下に示す。



安全評価パラメーター一覧

主要核種の放射能インベントリ(1)

371

2021年に対して2倍以上

2021年に対して1/2以下

Mode+Geomean (MG)	C-14			Sr-90			Tc-99		
廃棄物種類 (27分類)	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021
KURION吸着材	9.6E+11	9.5E+11	0.992	9.1E+14	8.5E+14	0.941	1.2E+10	3.2E+10	2.581
除染装置スラッジ(AREVA)	6.0E+08	6.5E+08	1.083	1.5E+16	4.7E+15	0.308	8.9E+08	1.7E+09	1.918
SARRY吸着材	7.5E+11	7.8E+11	1.029	6.8E+16	6.4E+14	0.009	9.5E+09	2.6E+10	2.704
鉄共沈スラリー	2.7E+11	1.3E+12	4.675	3.9E+16	8.5E+16	2.164	4.3E+09	1.3E+10	3.079
炭酸塩スラリー	1.1E+11	1.2E+11	1.073	8.9E+15	9.9E+15	1.114	8.6E+08	3.3E+09	3.859
ALPS-4_Ag添着活性炭	1.1E+06	1.2E+06	1.084	8.2E+10	8.1E+10	0.981	2.1E+06	4.9E+06	2.340
ALPS-2_チタン酸塩	1.1E+06	1.2E+06	1.112	8.8E+12	9.8E+12	1.114	2.1E+06	5.0E+06	2.436
ALPS-3_フェロシアン化合物	1.1E+06	1.1E+06	1.015	8.5E+07	8.3E+07	0.980	2.1E+06	5.0E+06	2.386
ALPS-6_キレート樹脂	1.0E+06	1.2E+06	1.191	7.8E+07	8.5E+07	1.089	1.9E+06	5.1E+06	2.639
ALPS-5_酸化チタン	1.1E+06	1.1E+06	1.037	7.8E+09	8.3E+07	0.011	2.0E+06	4.9E+06	2.402
ALPS-7、1	1.1E+06	1.1E+06	0.959	2.4E+07	2.6E+07	1.091	5.8E+07	4.4E+07	0.754
瓦礫1 (<0.1 mSv/h)	3.6E+08	4.8E+08	1.341	1.4E+10	9.2E+09	0.646	1.6E+07	1.3E+07	0.810
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	1.1E+11	1.5E+11	1.341	4.5E+12	2.9E+12	0.646	5.1E+09	4.2E+09	0.810
瓦礫3 (1-5 mSv/h)	1.2E+11	1.6E+11	1.341	4.9E+12	3.1E+12	0.646	5.5E+09	4.5E+09	0.810
瓦礫4 (5-30 mSv/h)	1.8E+12	2.4E+12	1.341	7.1E+13	4.6E+13	0.646	8.1E+10	6.5E+10	0.810
瓦礫5 (>30 mSv/h)	3.6E+12	4.9E+12	1.341	1.4E+14	9.3E+13	0.646	1.6E+11	1.3E+11	0.810
伐採木	2.1E+11	8.2E+10	0.384	5.8E+12	5.8E+12	1.002	4.5E+09	6.7E+09	1.483
RPV内廃棄物(事故前L1相当)	4.6E+13	4.6E+13	1.000	4.4E+16	1.6E+12	0.000	8.2E+12	8.2E+12	1.003
RPV内廃棄物(事故前L2相当)	5.4E+10	5.3E+10	0.996	4.0E+16	4.4E+11	0.000	8.1E+12	8.1E+12	1.010
PCV内金属(事故前L2相当)	3.3E+10	3.2E+10	0.963	9.7E+15	1.4E+12	0.000	2.0E+12	1.9E+12	0.933
PCV内金属(事故前L3相当)	6.9E+10	6.7E+10	0.980	1.1E+16	1.6E+12	0.000	2.0E+12	1.9E+12	0.979
PCV内コンクリート(事故前L2相当)	9.6E+08	3.6E+08	0.375	9.0E+15	1.5E+12	0.000	2.0E+12	2.1E+12	1.017
PCV内コンクリート(事故前L3相当)	1.4E+09	7.5E+08	0.552	1.0E+16	1.6E+12	0.000	1.9E+12	1.9E+12	1.019
建屋内金属(事故前L3相当)	1.3E+12	1.3E+12	1.000	8.5E+12	6.3E+12	0.737	1.2E+09	1.1E+09	0.928
建屋内金属(事故前非放射性)	1.2E+09	4.8E+06	0.004	8.1E+12	1.1E+12	0.136	1.2E+09	1.7E+08	0.142
建屋内コンクリート(事故前L3相当)	1.6E+10	1.5E+10	0.904	2.4E+14	4.1E+12	0.017	4.9E+10	1.8E+07	0.000
建屋内コンクリート(事故前非放射性)	6.7E+10	1.1E+09	0.016	6.6E+14	1.8E+14	0.274	6.5E+10	2.5E+10	0.380

※1「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (2021)」

※2: 2022年インベントリ推算データセット、(電力中央研究所)

主要核種の放射能インベントリ(2)

372

2021年に対して2倍以上

2021年に対して1/2以下

95%ile	C-14			Sr-90			Tc-99		
廃棄物種類(27分類)	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021
KURION吸着材	1.4E+12	1.4E+12	0.976	2.0E+17	2.4E+17	1.231	9.2E+10	3.6E+11	3.952
除染装置スラッジ(AREVA)	2.9E+09	2.8E+09	0.980	3.8E+16	4.5E+16	1.190	1.7E+10	6.8E+10	3.980
SARRY吸着材	1.1E+12	1.2E+12	1.032	1.6E+17	2.0E+17	1.284	6.6E+10	2.9E+11	4.427
鉄共沈スラリー	2.3E+12	2.3E+12	1.016	2.0E+17	2.2E+17	1.101	1.1E+11	4.4E+11	3.880
炭酸塩スラリー	1.4E+12	1.4E+12	1.029	1.1E+17	1.3E+17	1.111	3.0E+10	9.6E+10	3.158
ALPS-4_Ag添着活性炭	9.3E+06	7.6E+06	0.817	5.6E+11	5.4E+11	0.972	3.8E+07	1.1E+08	2.991
ALPS-2_チタン酸塩	8.8E+06	8.2E+06	0.938	1.1E+14	1.3E+14	1.110	3.8E+07	1.1E+08	2.919
ALPS-3_フェロシアン化合物	9.0E+06	9.2E+06	1.019	6.2E+08	6.7E+08	1.083	3.8E+07	1.0E+08	2.697
ALPS-6_キレート樹脂	7.0E+06	9.7E+06	1.397	4.8E+08	6.6E+08	1.354	3.4E+07	1.1E+08	3.216
ALPS-5_酸化チタン	8.7E+06	8.6E+06	0.986	5.2E+10	5.3E+10	1.010	4.2E+07	8.9E+07	2.109
ALPS-7、1	8.7E+06	7.8E+06	0.895	2.2E+08	2.4E+08	1.112	3.1E+09	9.2E+09	3.020
瓦礫1(<0.1 mSv/h)	2.9E+09	2.2E+09	0.775	1.3E+11	8.9E+10	0.690	2.8E+08	3.1E+08	1.100
瓦礫2(0.1-1 mSv/h)	9.1E+11	7.1E+11	0.775	4.1E+13	2.8E+13	0.690	9.1E+10	1.0E+11	1.100
瓦礫3(1-5 mSv/h)	9.8E+11	7.6E+11	0.775	4.4E+13	3.1E+13	0.690	9.7E+10	1.1E+11	1.100
瓦礫4(5-30 mSv/h)	1.4E+13	1.1E+13	0.775	6.5E+14	4.5E+14	0.690	1.4E+12	1.6E+12	1.100
瓦礫5(>30 mSv/h)	2.9E+13	2.3E+13	0.775	1.3E+15	9.1E+14	0.690	2.9E+12	3.2E+12	1.100
伐採木	9.9E+11	1.0E+12	1.061	4.7E+13	4.4E+13	0.945	1.0E+11	1.6E+11	1.546
RPV内廃棄物(事故前L1相当)	4.6E+13	4.6E+13	1.000	4.8E+16	4.8E+16	0.989	1.7E+13	1.6E+13	0.958
RPV内廃棄物(事故前L2相当)	4.7E+11	4.8E+11	1.009	4.8E+16	4.8E+16	0.984	1.4E+13	1.3E+13	0.974
PCV内金属(事故前L2相当)	4.9E+11	5.0E+11	1.015	1.2E+16	1.2E+16	1.002	1.4E+13	1.3E+13	0.927
PCV内金属(事故前L3相当)	5.5E+11	5.5E+11	1.005	1.3E+16	1.3E+16	0.998	1.5E+13	1.4E+13	0.945
PCV内コンクリート(事故前L2相当)	1.7E+11	1.7E+11	1.005	1.2E+16	1.2E+16	0.994	5.4E+12	5.3E+12	0.979
PCV内コンクリート(事故前L3相当)	1.8E+11	1.8E+11	1.006	1.2E+16	1.2E+16	1.001	5.7E+12	5.4E+12	0.950
建屋内金属(事故前L3相当)	1.3E+12	1.3E+12	0.997	1.1E+15	2.1E+13	0.020	1.4E+11	9.7E+10	0.703
建屋内金属(事故前非放射性)	2.0E+09	9.4E+08	0.480	2.6E+14	4.1E+12	0.016	3.7E+10	2.6E+10	0.701
建屋内コンクリート(事故前L3相当)	1.7E+10	1.6E+10	0.942	3.1E+14	6.3E+12	0.020	5.0E+10	3.6E+10	0.710
建屋内コンクリート(事故前非放射性)	1.1E+11	5.4E+10	0.493	1.6E+16	2.6E+14	0.016	2.1E+12	1.5E+12	0.702

※1「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構(2021)」

※2: 2022年インベントリ推算データセット、(電力中央研究所)

主要核種の放射能インベントリ(3)

373

2021年に対して2倍以上

2021年に対して1/2以下

Mode+Geomean (MG)	I-129			Cs-137			Pu-239		
廃棄物種類 (27分類)	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021	2021 ^{※1} (Bq)	2023 ^{※2} (Bq)	2023 /2021
KURION吸着材	5.8E+10	5.8E+10	0.995	1.7E+17	1.6E+17	0.974	1.9E+10	1.8E+10	0.945
除染装置スラッジ(AREVA)	3.7E+07	4.0E+07	1.087	1.0E+15	9.9E+14	0.973	5.7E+08	1.3E+09	2.272
SARRY吸着材	4.6E+10	4.7E+10	1.040	1.3E+17	1.4E+17	1.033	1.4E+10	1.6E+10	1.132
鉄共沈スラリー	4.4E+08	4.5E+08	1.026	2.0E+12	1.7E+12	0.862	1.1E+09	1.4E+09	1.291
炭酸塩スラリー	4.3E+08	4.3E+08	1.011	1.9E+11	2.5E+11	1.276	5.4E+09	5.1E+09	0.944
ALPS-4_Ag添着活性炭	4.2E+10	4.5E+10	1.072	7.8E+08	8.0E+08	1.023	4.0E+04	4.2E+04	1.053
ALPS-2_チタン酸塩	4.1E+05	4.6E+05	1.106	8.4E+08	8.2E+08	0.979	4.0E+04	3.7E+04	0.937
ALPS-3_フェロシアン化合物	4.1E+05	4.3E+05	1.043	2.2E+10	2.7E+10	1.252	4.0E+04	3.9E+04	0.975
ALPS-6_キレート樹脂	4.0E+05	4.6E+05	1.130	7.8E+05	8.4E+05	1.083	2.2E+05	1.6E+05	0.724
ALPS-5_酸化チタン	4.2E+05	4.4E+05	1.050	1.7E+07	1.9E+07	1.143	1.2E+04	1.2E+04	1.038
ALPS-7、1	4.3E+05	4.2E+05	0.965	2.3E+05	2.6E+05	1.117	1.2E+04	1.1E+04	0.903
瓦礫1 (<0.1 mSv/h)	6.0E+06	2.6E+07	4.381	1.1E+13	8.1E+12	0.750	1.1E+06	6.8E+05	0.637
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	1.9E+09	8.4E+09	4.380	3.4E+15	2.6E+15	0.750	3.4E+08	2.2E+08	0.637
瓦礫3 (1-5 mSv/h)	2.1E+09	9.1E+09	4.381	3.7E+15	2.8E+15	0.750	3.7E+08	2.3E+08	0.637
瓦礫4 (5-30 mSv/h)	3.0E+10	1.3E+11	4.382	5.4E+16	4.0E+16	0.750	5.4E+09	3.4E+09	0.637
瓦礫5 (>30 mSv/h)	6.1E+10	2.7E+11	4.381	1.1E+17	8.2E+16	0.750	1.1E+10	7.0E+09	0.637
伐採木	1.2E+10	4.3E+09	0.366	3.9E+15	3.9E+15	1.000	3.3E+08	3.5E+08	1.055
RPV内廃棄物(事故前L1相当)	3.1E+07	1.6E+07	0.496	8.2E+16	8.3E+16	1.007	2.2E+14	2.2E+14	0.996
RPV内廃棄物(事故前L2相当)	1.4E+07	1.7E+05	0.012	6.6E+16	6.6E+16	1.005	2.1E+14	2.1E+14	1.001
PCV内金属(事故前L2相当)	8.6E+07	4.3E+05	0.005	7.3E+16	7.4E+16	1.007	5.4E+13	5.3E+13	0.984
PCV内金属(事故前L3相当)	8.8E+07	5.1E+05	0.006	7.7E+16	7.7E+16	1.004	5.5E+13	5.3E+13	0.972
PCV内コンクリート(事故前L2相当)	3.4E+07	4.5E+05	0.013	2.7E+16	2.7E+16	1.003	5.1E+13	5.5E+13	1.071
PCV内コンクリート(事故前L3相当)	3.5E+07	4.7E+05	0.013	2.9E+16	2.8E+16	0.999	4.9E+13	5.5E+13	1.122
建屋内金属(事故前L3相当)	3.0E+08	3.9E+06	0.013	9.3E+14	5.5E+14	0.593	2.8E+10	2.8E+10	0.993
建屋内金属(事故前非放射性)	6.3E+07	3.3E+05	0.005	2.4E+14	1.5E+14	0.623	5.4E+08	5.2E+07	0.096
建屋内コンクリート(事故前L3相当)	8.6E+07	1.6E+06	0.018	3.3E+14	2.0E+14	0.626	6.5E+08	7.9E+06	0.012
建屋内コンクリート(事故前非放射性)	4.7E+09	6.2E+07	0.013	1.3E+16	8.6E+15	0.640	2.7E+10	3.4E+09	0.127

※1「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (2021)」

※2: 2022年インベントリ推算データセット、(電力中央研究所)

主要核種の放射能インベントリ(4)

374

2021年に対して2倍以上

2021年に対して1/2以下

95%ile	I-129			Cs-137			Pu-239			
廃棄物種類（27分類）	2021※1 (Bq)	2023※2 (Bq)	2023 /2021	2021※1 (Bq)	2023※2 (Bq)	2023 /2021	2021※1 (Bq)	2023※2 (Bq)	2023 /2021	
KURION吸着材	1.0E+11	9.7E+10	0.972	1.7E+17	1.6E+17	0.974	8.0E+11	5.5E+11	0.681	
除染装置スラッジ(AREVA)	1.7E+08	1.8E+08	1.047	1.0E+15	9.9E+14	0.974	2.0E+11	1.7E+11	0.841	
SARRY吸着材	7.7E+10	8.0E+10	1.031	1.3E+17	1.4E+17	1.033	4.9E+11	5.0E+11	1.025	
鉄共沈スラリー	1.3E+09	1.3E+09	1.008	1.7E+13	1.7E+13	1.017	6.0E+11	4.7E+11	0.777	
炭酸塩スラリー	1.3E+09	1.3E+09	1.008	4.7E+12	4.8E+12	1.021	7.9E+11	6.1E+11	0.775	
ALPS-4_Ag添着活性炭	1.5E+11	1.6E+11	1.059	7.3E+09	7.9E+09	1.095	2.3E+06	2.0E+06	0.885	
ALPS-2_チタン酸塩	1.3E+06	1.3E+06	1.041	8.2E+09	7.8E+09	0.946	2.4E+06	2.0E+06	0.828	
ALPS-3_フェロシアン化合物	1.2E+06	1.3E+06	1.033	1.7E+12	1.9E+12	1.076	2.4E+06	2.0E+06	0.824	
ALPS-6_キレート樹脂	1.2E+06	1.3E+06	1.113	7.5E+06	9.0E+06	1.206	2.3E+08	2.1E+08	0.950	
ALPS-5_酸化チタン	1.3E+06	1.3E+06	1.052	6.2E+08	7.6E+08	1.218	8.1E+05	7.8E+05	0.968	
ALPS-7、1	1.3E+06	1.3E+06	0.997	3.6E+06	3.8E+06	1.061	9.2E+05	6.0E+05	0.651	
瓦礫1 (<0.1 mSv/h)	1.7E+08	1.3E+08	0.759	瓦礫類のI-129 はMode+GMと 異なり、やや低 減(Csに比例)			0.750	1.9E+07	1.4E+07	0.717
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	5.4E+10	4.1E+10	0.759				0.750	6.0E+09	4.3E+09	0.717
瓦礫3 (1-5 mSv/h)	5.8E+10	4.4E+10	0.759				0.750	6.5E+09	4.6E+09	0.717
瓦礫4 (5-30 mSv/h)	8.5E+11	6.4E+11	0.759				0.750	9.4E+10	6.8E+10	0.717
瓦礫5 (>30 mSv/h)	1.7E+12	1.3E+12	0.759				0.750	1.9E+11	1.4E+11	0.717
伐採木	6.2E+10	6.2E+10	1.001	3.9E+15	3.9E+15	1.000	6.3E+09	6.8E+09	1.087	
RPV内廃棄物(事故前L1相当)	3.2E+10	3.2E+10	0.995	8.7E+16	8.7E+16	0.997	2.3E+14	2.3E+14	1.000	
RPV内廃棄物(事故前L2相当)	2.6E+10	2.6E+10	0.994	7.0E+16	7.0E+16	0.997	2.3E+14	2.3E+14	1.001	
PCV内金属(事故前L2相当)	2.9E+10	2.8E+10	0.985	7.8E+16	7.7E+16	0.993	5.8E+13	5.8E+13	0.999	
PCV内金属(事故前L3相当)	3.0E+10	2.9E+10	0.984	8.1E+16	8.0E+16	0.993	5.8E+13	5.8E+13	0.998	
PCV内コンクリート(事故前L2相当)	1.1E+10	1.0E+10	0.990	2.9E+16	2.9E+16	0.992	5.8E+13	5.8E+13	1.000	
PCV内コンクリート(事故前L3相当)	1.1E+10	1.1E+10	0.991	3.0E+16	3.0E+16	0.994	5.7E+13	5.8E+13	1.006	
建屋内金属(事故前L3相当)	5.0E+08	2.1E+08	0.416	1.4E+15	5.8E+14	0.416	5.0E+11	4.9E+10	0.098	
建屋内金属(事故前非放射性)	1.2E+08	5.6E+07	0.461	3.5E+14	1.6E+14	0.439	1.3E+11	5.7E+09	0.043	
建屋内コンクリート(事故前L3相当)	1.4E+08	7.7E+07	0.540	4.3E+14	2.1E+14	0.499	1.6E+11	1.1E+10	0.070	
建屋内コンクリート(事故前非放射性)	6.8E+09	3.2E+09	0.478	1.9E+16	9.0E+15	0.463	7.2E+12	4.9E+11	0.068	

※1「平成30年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 2020年度最終報告」令和3年10月、技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (2021)」

※2: 2022年インベントリ推算データセット、(電力中央研究所)

評価パラメータの設定(廃棄体関係)

廃棄物種類	体積 m^3 ①	重量 ton ②	密度 (t/m^3) ③	固型化 体積比 ④	固化体 体積 ⑤	固型化 重量比 ⑥	固化体 重量 ⑦	備考
KURION吸着材	2,877	11,685	4.06	1	2877	2	5753	今の容積と同じで固化されて密度1から密度2になると想定⑤=①×④、⑦=①×⑥
鉄共沈スラリー	2,279	2,279	1.00	0.3	684	0.5	1139	セメント固化を想定、別紙参照⑤=①×④、⑦=②×⑥
炭酸塩スラリー	9,806	9,806	1.00	0.3	2942	0.4	3922	セメント固化を想定、別紙参照⑤=①×④、⑦=②×⑥
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	30,140	45,210	1.50	1.0	30,140	1.33	60,280	瓦礫金属と瓦礫コンクリートの合計
建屋内金属(事故前L3)	23,677	35,677	1.51	1	23677	1.33	47354	バルク密度が2以下の金属は体積そのまま、固型化で固化体密度が2になると想定⑤=①×④、⑦=①×2、⑥=⑦/②
建屋内コンクリート (事故前非放射性)	370,586	558,403	1.51	1	370586	1.33	741172	解体コンクリートは体積そのまま、固化体密度が2になると想定⑤=①×④、⑦=①×2、⑥=⑦/②

廃棄物種類	収納固化体体積	区画廃棄体数	収納固化体体積	区画廃棄体数	収納固化体体積	区画廃棄体数	トンネル長さ
	7 m^3	700	3.2 m^3	1890	3.2 m^3	1120	117.5m
	L3廃棄体数	L3濃度換算係数	L2廃棄体数	L2濃度換算係数	L1廃棄体数	L1濃度換算係数	L1施設発熱濃度 係数(1/m)
KURION吸着材	411	1.7032	899	2.1023	899	1.2458	1.06E-02
鉄共沈スラリー	98	7.1429	214	8.8318	214	5.2336	4.45E-02
炭酸塩スラリー	421	1.6627	920	2.0543	920	1.2174	1.04E-02
瓦礫2 (0.1-1 mSv/h)	4307	0.1625	9420	0.2006	9420	0.1189	1.01E-03
建屋内金属(事故前L3)	3383	0.2069	7400	0.2554	7400	0.1514	1.29E-03
建屋内コンクリート (事故前非放射性)	52941	0.0132	115809	0.0163	115809	0.0097	8.23E-05

	トレンチ	ピット	中深度
①埋設設備廃棄体数	700	1890	1120
②廃棄体内容積(m ³)	7	3.2	3.2
③廃棄体外容積(m ³)	9.36	4.096	4.096
④廃棄体全体積(m ³)	6552	7741	4588
⑤埋設設備体積(除く低拡散層)(m ³)	7571	19066	10703
⑥廃棄体内充填材(水処理固化体)(m ³)	4900	6048	3584
⑦廃棄体内充填材(金属)(m ³)	3920	4838	2867
⑧廃棄体内充填材(コンクリート)(m ³)	4900	6048	3584
⑨周辺土壌／岩(m ³)	1019	0	0
⑩セメント系材料(除く低拡散層)(m ³)	0	11325	6115
⑪埋設設備内セメント系材料(m ³)	⑩+(⑥or⑦or⑧)		
⑫廃棄物埋設地体積(m ³)	16872	54223	30714
⑬廃棄体体積／廃棄物埋設地体積	0.388335704	0.142770516	0.149360517

埋設設備	トレンチ	ピット	中深度		埋設地	トレンチ	ピット	中深度
高さ(m)	6.5	7.2	8.93		高さ(m)	9.5	15.2	8.93
幅(m)	32	39	10.2		幅(m)	40	47	10.2
長さ(m)	36.4	67.9	117.5		長さ(m)	44.4	75.9	117.5
設備間(m)	8	8						埋設設備
上部覆土(m)	3	8						
低拡散層(m)			0.6		埋設地体積(m ³)	16872	54223	30714
低透水層(m)			1					

評価パラメータの設定(移行パラメータ)

377

評価対象	パラメータ名	単位	L3	L2	L1	Geo	備考
浸透流解析	上部覆土	m/s	-	3E-06	-	-	
浸透流解析	下部覆土	m/s	-	1E-07	-	-	
浸透流解析	廃棄物埋設施設(セメントを想定)	m/s	-	1E-05	1E-05	1E-05	
浸透流解析	岩	m/s	-	1E-07	1E-07	NUMO-TRU	NUMO-SC-表4.2-7
浸透流解析	ベントナイト透水係数	m/s	-	1E-11～1E-7	1E-11～1E-7	2E-9～5E-7	TRU処分場
浸透流解析	ベントナイト実効厚さ	m	-	2(上側面)	1	1	下部は0～1mを想定
自然事象	処分施設(高さ)	m	6.5	7.2	10.13	NUMO-TRU	施設概念図を取り込んだ数値に変更
自然事象	処分施設(長さ)	m	32	39	11.4	NUMO-TRU	施設概念図を取り込んだ数値に変更
自然事象	処分施設(幅)	m	36.4	67.9	118.7	NUMO-TRU	施設概念図を取り込んだ数値に変更
自然事象	処分施設 廃棄物体積割合	-	0.65	0.317	0.26	NUMO-TRU	L3: 10ft-HH、L2: 1.6□、L1: 1.6□
自然事象	処分施設 処分開始までの減衰	y	39	39	39	39	
自然事象	処分施設 廃棄物溶出率	1/y	10	10	10	10	固化ケースについては個別に考慮
自然事象	処分施設 浸透水量(簡素化)	m ³ /y/m2	1	0.16	0.3	NUMO-TRU Gr4LC参照	透水係数(L3)又は浸透流解析で設定
自然事象	処分施設 浸透水量(参照)	m ³ /y/m2	0.032	0.05	0.003	NUMO-TRU Gr2参照	透水係数(L3)又は浸透流解析で設定
自然事象	処分施設 浸透水量(高度化)	m ³ /y/m ²	0.0032	0.01	0.0003	-	透水係数(L3)又は浸透流解析で設定
自然事象	処分施設 充填材密度	kg/m ³	2700	2500	2500	2600	JNFL及びNUMO包括的技術報告書より設定 L3は土壌その他はセメント系材料を想定
自然事象	処分施設 充填材料間隙率	-	0.46	0.21	0.21	0.2	同上
自然事象	処分施設 ベントナイト密度	kg/m ³	2700	2700	2700	2700	NUMO、六ヶ所1、2号
自然事象	処分施設 ベントナイト間隙率	-	0.4	0.4	0.4	0.4	NUMO、六ヶ所1、2号
自然事象	処分施設 ベントナイト実効拡散係数	m ² /sec	1E-10	1E-10	1E-10	NUMO-TRU	
自然事象	処分施設 低拡散バリア密度	kg/m ³	-	-	2600	-	
自然事象	処分施設 低拡散バリア間隙率	-	-	-	0.2	-	
自然事象	処分施設 低拡散バリア実効拡散係数	m ² /sec	-	-	1E-11	-	
自然事象	処分施設 低拡散バリア実効厚さ	m	-	-	0.5	-	
自然事象	処分施設 溶解度	mol/m ³	-	-	-	NUMO-SC	TRU Gr1, 4H, Gr2, Gr4Lの溶解度最大値で設定
自然事象	自由水中の拡散係数	m ² /sec	2E-09	2E-09	2E-09	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア岩種		堆積岩	堆積岩	堆積岩	堆積岩	地層処分は新第三紀堆積岩を想定
自然事象	天然バリア マトリクス部実効拡散係数	m ² /sec	-	-	-	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア 分散長	m	10	10	30	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア 動水勾配	-	0.03	0.05	0.05	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア 透水係数	m/sec	3.E-05	1.E-06	1.E-07	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア(高さ)	m	10	10	5	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア(長さ)	m	100	100	10	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア 移行距離	m	100	100	300	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア 岩密度	kg/m ³	2700	2700	2700	NUMO-TRU	
自然事象	天然バリア 岩間隙率	-	0.46	0.46	0.46	NUMO-TRU	

2021年の設定値から変更されたパラメータ

パラメータ	2021年	2023年		
	設定値	設定値	単位	出典
河川流量	2.0E+07	2.8E+07	m ³ /y	河川データブック2022の一級水系の流況から流出水量を算出し、河川関係情報・データより、一級河川及び二級河川の河川平均流域面積と上述の流出水量から河川平均流量を算出しその平均値を設定した。
海水交換量	4.0E+08	8.2E+09	m ³ /y	国内の主要地点の平均大潮期における潮流の最小値(0.5ノット(0.26 m/s)と水深5 m、沖合200 mの希釈混合域を考え設定した。
帯水層流量	2.0E+05	2.8E+05	m ³ /y	河川流量の1/100を想定した。
人間による作物(米)の摂取量	58.5	54	kg/y	令和元年国民健康・栄養調査より設定した。米以外は根菜・葉菜・穀物・果物の合計値。
人間による作物(米以外)の摂取量	90.4	165	kg/y	
人間による淡水魚の摂取量	10	4	kg/y	淡水産物摂取の地域性を考慮して令和4年内水面漁業・養殖業漁獲量とR2国勢調査の人口から算出した値の10倍とした。
人間による淡水甲殻類の摂取量	2	0.7	kg/y	
人間による海水魚の摂取量	25	21	kg/y	令和元年国民健康・栄養調査より設定した。海洋甲殻類はえび、かに類、いか、たこ類・貝類の合計値。
人間による海洋甲殻類の摂取量	6	4	kg/y	
人間による海藻の摂取量	5	4	kg/y	
人間による水の摂取量	0.6	0.6	m ³ /y	IAEA SRS-19より設定した。
人間の呼吸率(作業時)	1.2	1.2	m ³ /h	ICRP Pub.89より設定した。
地表土壌でのダストレベル	5.0E-07	1E-07	kg/m ³	クリアランス(作業場周辺空气中ダスト濃度)より設定した。
人間の作業時間(農作業・畜産業)		2,100	h/y	海岸での作業時間と同じとした。
人間の作業時間(淡水漁業)		400	h/y	
人間の作業時間(海洋漁業)(海域)		1,200	h/y	令和3年漁業経営統計調査報告海上労働時間(最も海上での労働時間が長かった個人経営体の各経営体階層での最盛期の漁業従事者数と海上労働時間より算出)より設定した。
人間の作業時間(海洋漁業)(海浜)	500	400	h/y	令和3年漁業経営統計調査報告陸上労働時間(最も陸上での労働時間が長かった個人経営体の大海区別での最盛期の漁業従事者数と海上労働時間より算出)より設定した。
農作物の市場希釈係数(農作業従事者の米)		1	-	わが国における既往の検討を参考に設定した。
農作物の市場希釈係数(農作業従事者の米以外)		0.3	-	
農作物の市場希釈係数(農作業従事者以外)		0.1	-	
畜産物の市場希釈係数		0.1	-	
淡水産物の市場希釈係数		0.1	-	
海産物の市場希釈係数		0.1	-	