



低レベル放射性廃棄物の 余裕深度処分に関する検討状況

日本原子力学会バックエンド部会
週末基礎講座
(2012.11.17 講義Ⅲ)

日本原燃株式会社 埋設事業部
開発設計部 埋設技術G
大石 英希



目次

(1) 低レベル放射性廃棄物埋設センター の紹介

- ①低レベル放射性廃棄物埋設センター、 ②埋設対象廃棄物、
- ③埋設設備の構造、 ④廃棄物埋設地の段階管理

(2) 余裕深度処分に関する調査・施設検討

- ①余裕深度処分とは、 ②本格調査の実施、 ③本格調査の結果、
- ④余裕深度処分対象廃棄物、 ⑤施設の構想

(3) 余裕深度処分の安全評価の検討状況

- ①新指針について、 ②シナリオの考え方、 ③人工バリアの検討、
- ④天然バリアの検討、 ⑤評価対象者の検討、 ⑥安全評価の実施

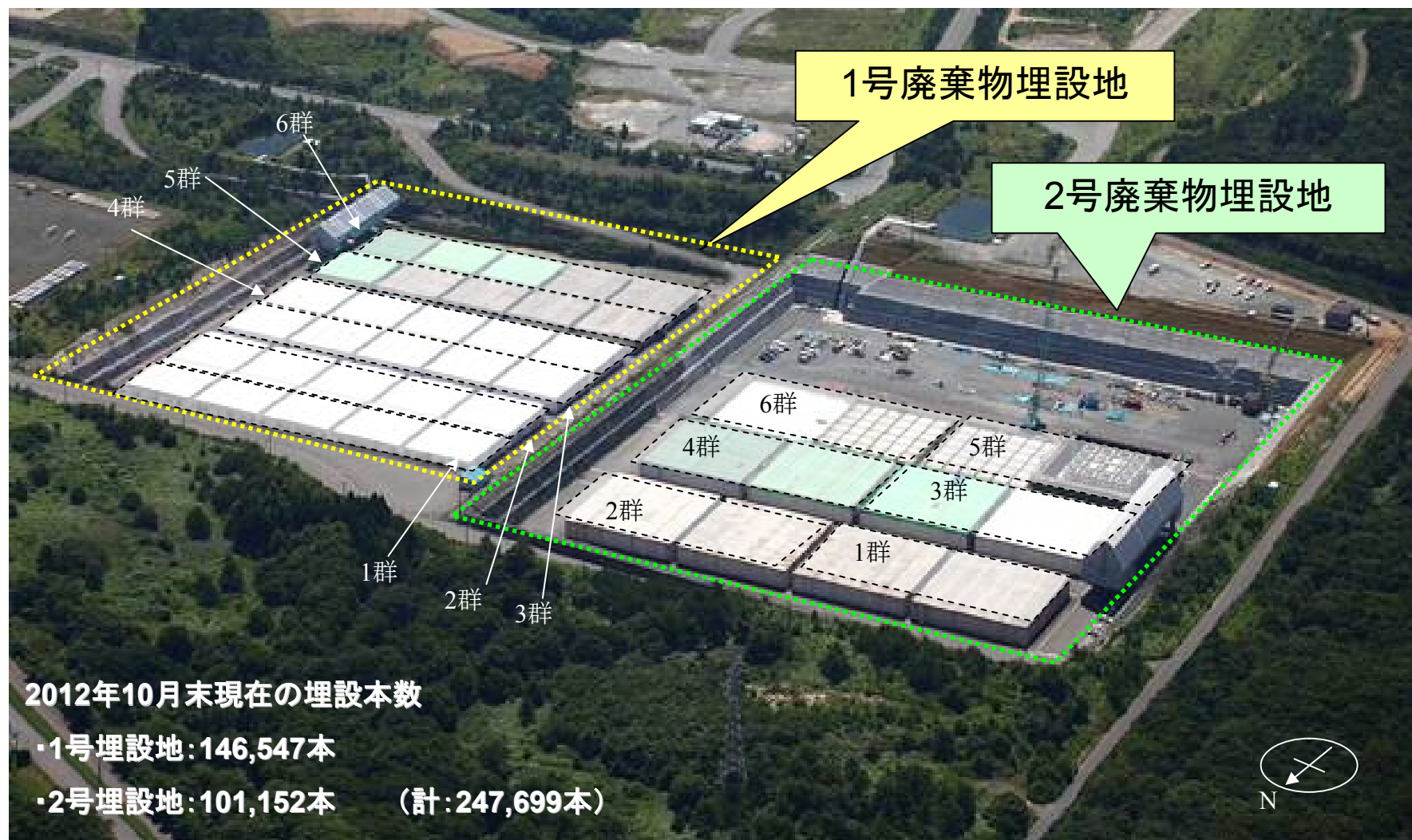


＜＜低レベル放射性廃棄物埋設センターの主要経緯＞＞

昭和63年	「六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設施設に関わる埋設事業許可」(1号廃棄物埋設施設)を申請
平成2年	事業許可 ⇒ 1号廃棄物埋設施設着工
平成4年	低レベル放射性廃棄物埋設センター操業開始
平成9年	「六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設施設に関わる埋設事業変更許可」(2号廃棄物埋設施設)を申請
平成10年	事業変更許可 ⇒ 2号廃棄物埋設施設増設工事着工
平成12年	2号廃棄物埋設施設受入れ開始
平成14～18年	次期埋設のための本格調査を実施

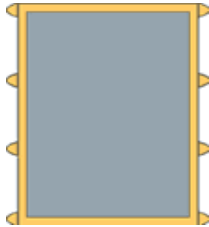
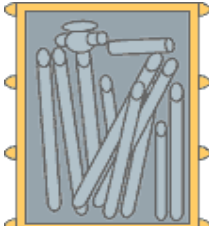
出典：日本原燃(株)HP(http://www.infl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu.html)

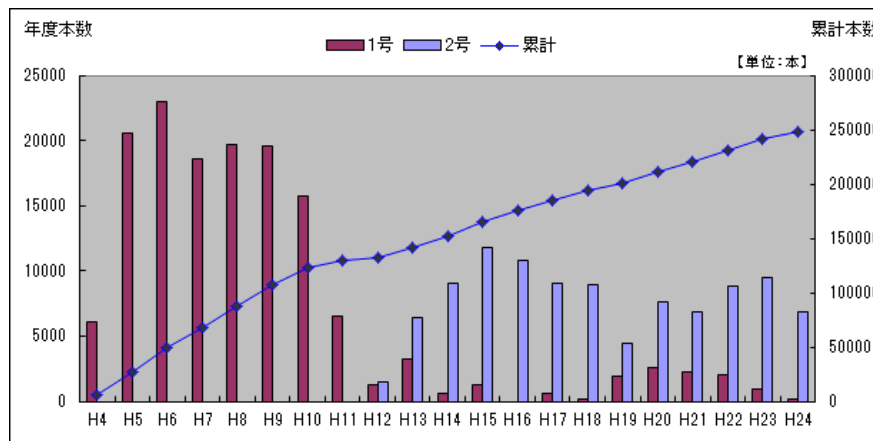
①低レベル放射性廃棄物埋設センター[2/2]



出典: 日本原燃(株)HP(http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu.html)に加筆

②埋設対象廃棄物

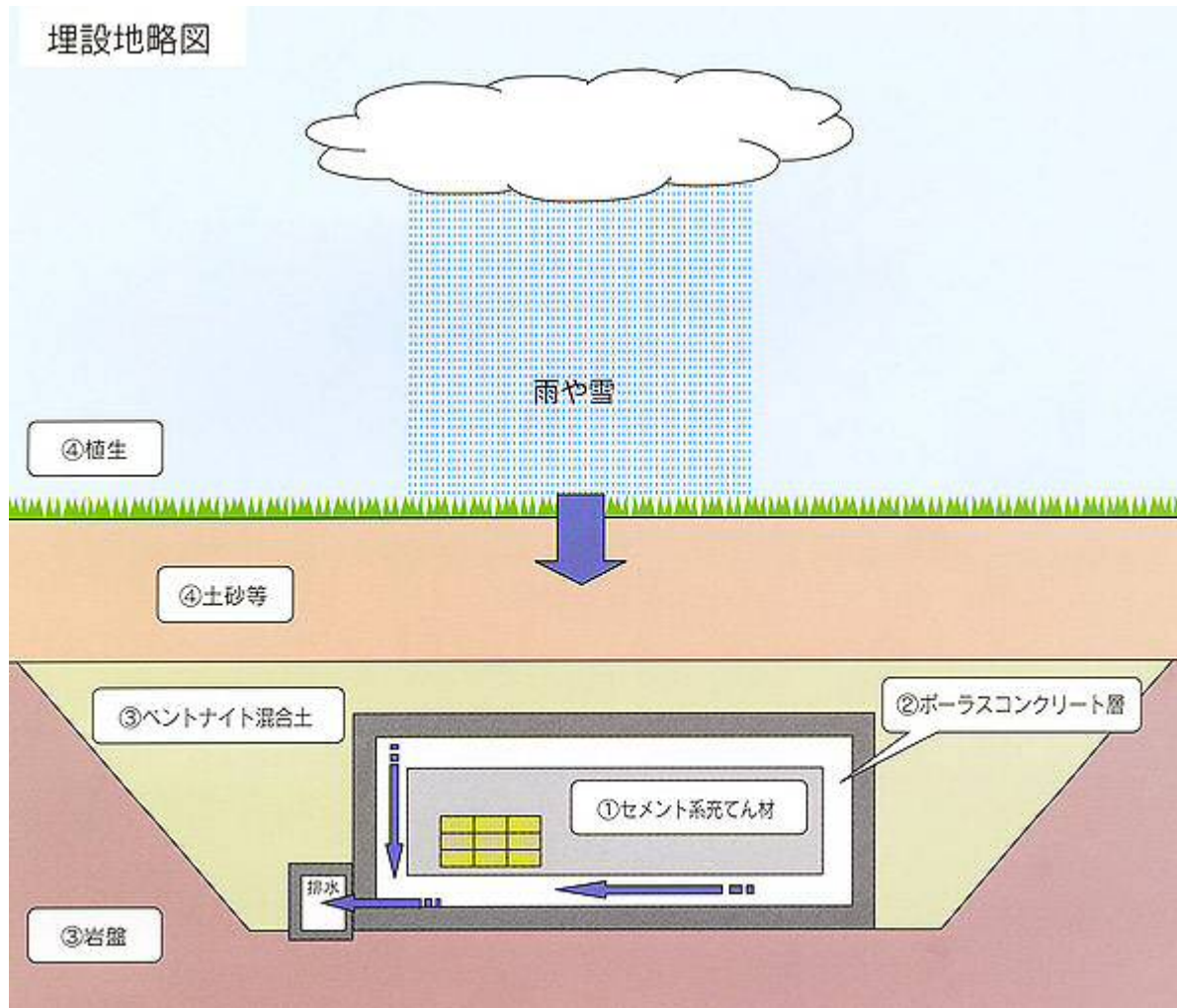
対象施設	廃棄体名称	主な廃棄物	廃棄体イメージ
1号 廃棄物 埋設地	均質・均一 固化体	■原子力発電所の運転に伴い発生した濃縮廃液、使用済み樹脂、焼却灰などの低レベル放射性廃棄物 ■セメント、アスファルト、プラスチックによりドラム缶に固型化	 
2号 廃棄物 埋設地	充てん 固化体	■原子力発電所の運転に伴い発生した金属類、難燃性プラスチック、フィルター、保温材などの低レベル放射性廃棄物 ■分別し、必要に応じて切断、圧縮、溶融処理 ■モルタルで一体となるよう固型化	 



廃棄体の受入実績

出典：日本原燃(株)HP(http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu.html)

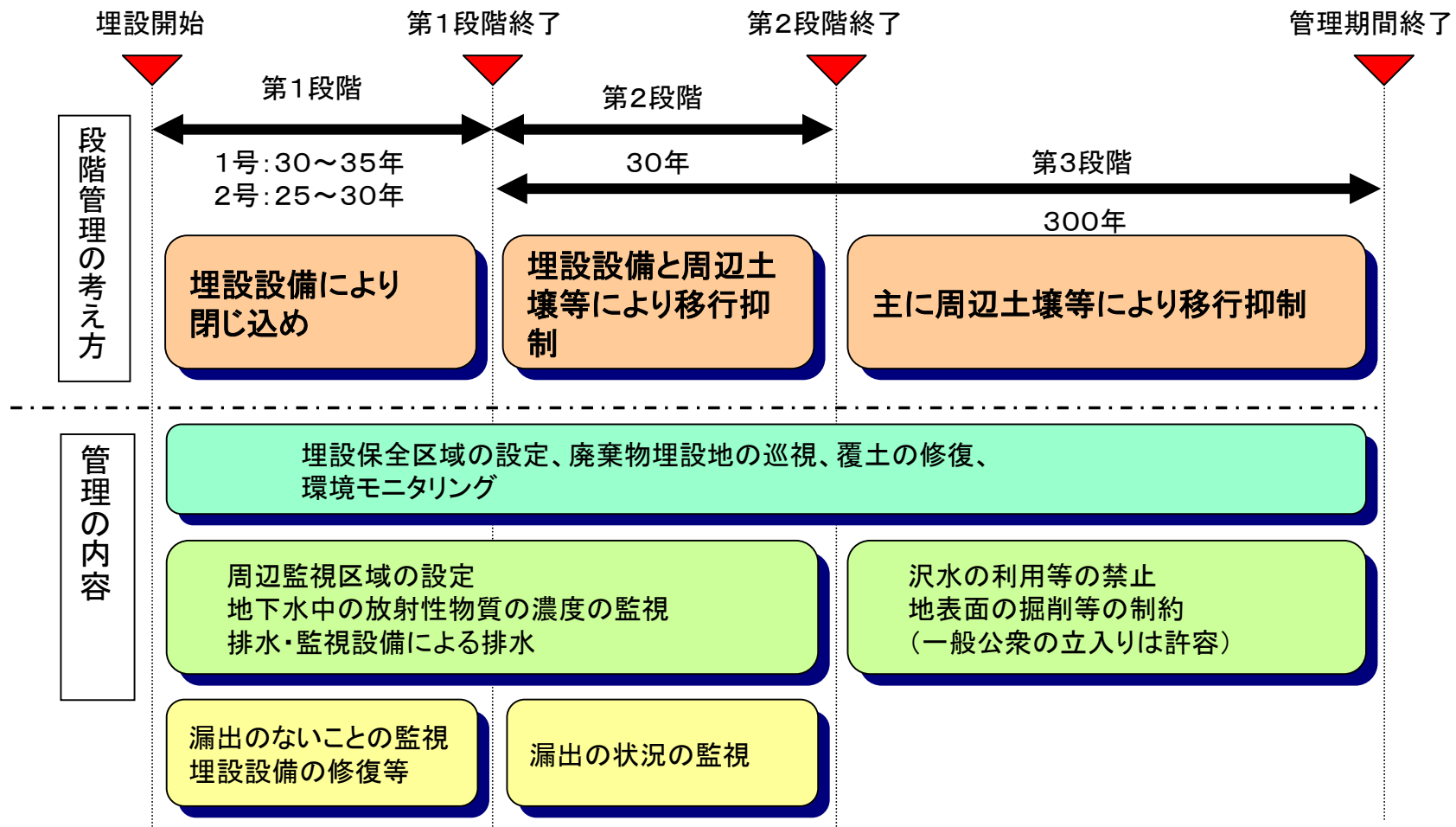
③埋設設備の構造 ～核種漏出抑制のしくみ～



- ①廃棄体は、鉄筋コンクリート製の埋設設備へ収納。埋設設備はセメント系充てん材(モルタル)で隙間無く充填し、放射性物質を閉じ込める。
- ②埋設設備中の多孔質のポーラスコンクリート層により、仮に設備内に水が浸入しても廃棄体に達する前に排水される。
- ③埋設設備は、水を通しにくい岩盤を掘り下げて設置。また埋設設備の上面及び側面は低透水性のベントナイト混合土で締め固め、岩盤よりもさらに水を通しにくく、埋設設備への水の浸入を抑える。
- ④周辺を土砂で覆い、植生を施す。

出典：日本原燃(株)HP(http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu.html)

④廃棄物埋設地の段階管理



- ・廃棄物の種類、放射能レベル等に応じて廃棄物埋設地の段階的な管理を行う
- ・約300年間の段階的な管理により、廃棄物中の放射能は安全上問題の無いレベルまで低減。

出典：日本原燃(株)HP(http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu.html)



(1) 低レベル放射性廃棄物埋設センターの紹介 まとめ

- 低レベル放射性廃棄物埋設センターの埋設対象廃棄物は、原子力発電所の操業に伴い発生する“均質・均一固化体（1号廃棄物埋設地対象）”と“充てん固化体（2号廃棄物埋設地対象）”
- 埋設設備の構造と核種漏出抑制のしくみは以下のとおり
埋設設備とセメント系充てん材...閉じ込め
ポーラスコンクリート層...浸入水の排水
ベントナイト...低透水性
- 廃棄物埋設地では放射能レベルに応じて段階的な管理を行い、時間経過に伴い廃棄物中の放射能は安全上問題の無いレベルまで低減



目次

(1) 六ヶ所浅地中処分施設の紹介

- ①低レベル放射性廃棄物埋設センター、
- ②埋設対象廃棄物、
- ③埋設設備の構造、
- ④廃棄物埋設地の段階管理、

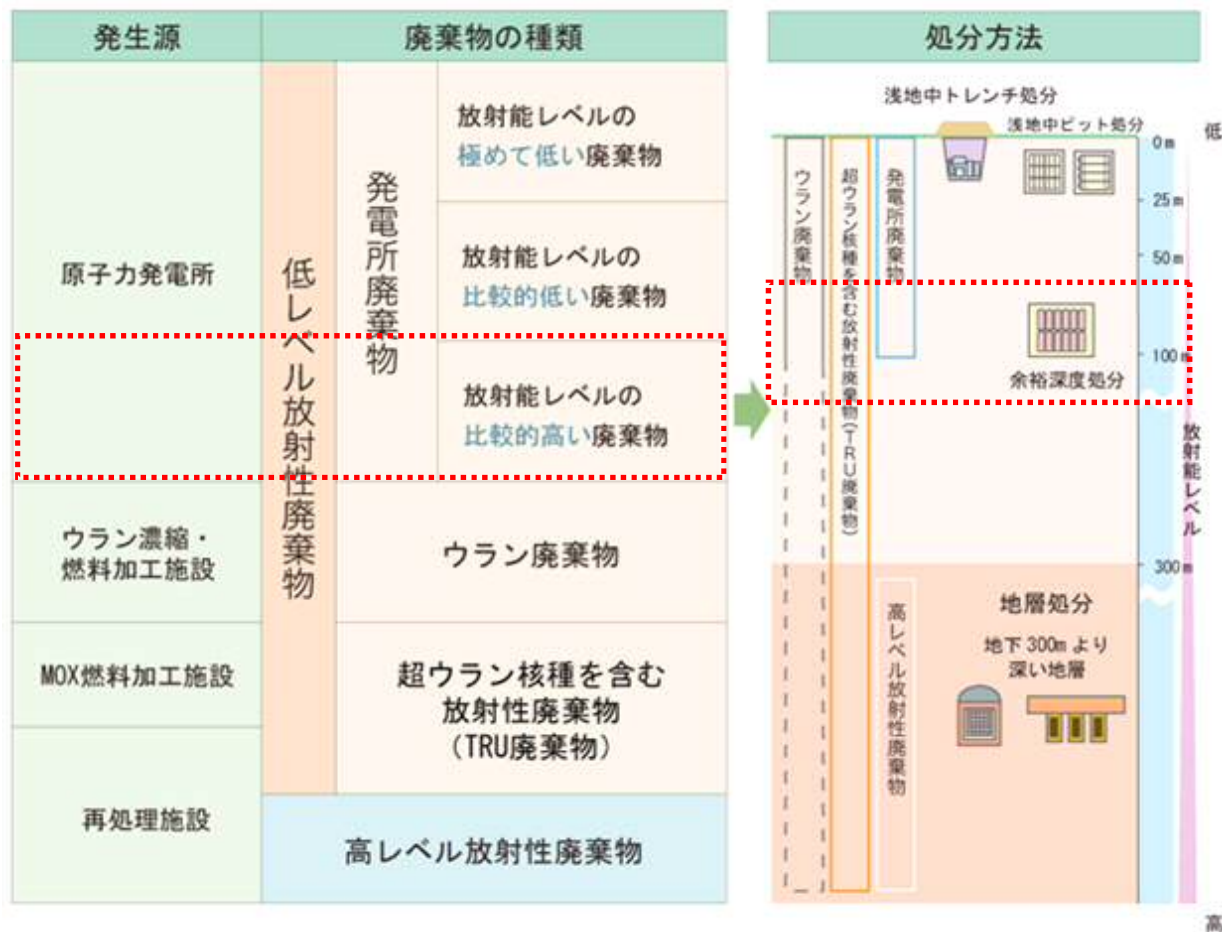
(2) 余裕深度処分に関する調査・施設検討

- ①余裕深度処分とは、
- ②本格調査の実施、
- ③本格調査の結果、
- ④余裕深度処分対象廃棄物、
- ⑤施設の構想

(3) 余裕深度処分の安全評価の検討状況

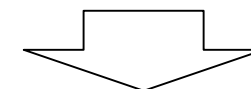
- ①新指針について、
- ②シナリオの考え方、
- ③人工バリアの検討、
- ④天然バリアの検討、
- ⑤評価対象者の検討、
- ⑥安全評価の実施

①余裕深度処分とは



「余裕深度処分」とは

- 「低レベル放射性廃棄物」のうち「放射能レベルの比較的高い廃棄物」を対象
- 一般的な地下利用(都市部の建造物の基礎や地下鉄、共同溝)に十分余裕をもった深度への処分



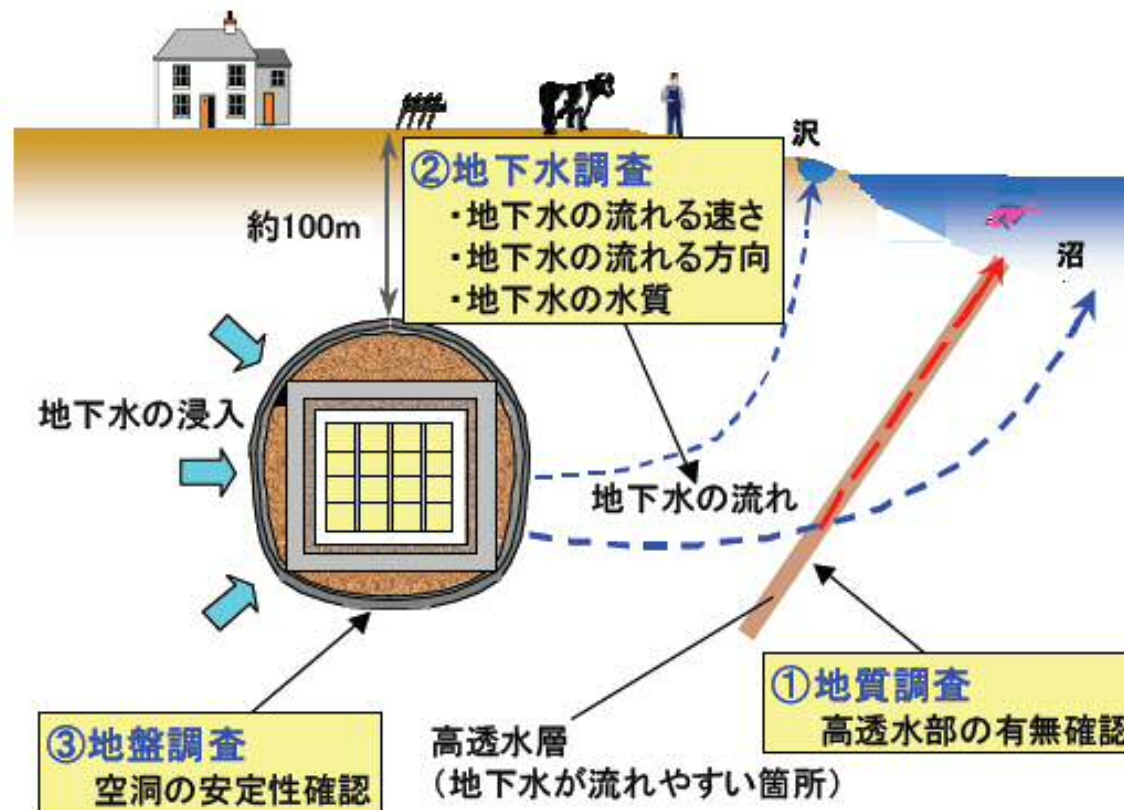
- ・十分な余裕を持った深度(地下50m～100m)に埋設することにより、施設と人間との接触は通常考えられない
- ・数十mを超える地下利用の際には、事前の調査が行われるので、文献調査や物理探査等により、廃棄物が埋設されていることが判明する。

出典：資源エネルギー庁パンフレット「TALK. 考えよう、放射性廃棄物のこと。
～原子力エネルギーの未来のために、地層処分～」
(<http://www.enecho.meti.go.jp/rw/library/library03.html>)に加筆

出典：経済産業省 資源エネルギー庁 放射性廃棄物等対策室HP
(<http://www.enecho.meti.go.jp/rw/gaiyo/gaiyo03-3.html>)

②本格調査の実施[1/2]

余裕深度処分施設の検討に必要な情報を得るために、2001年7月～2002年6月の期間で“**予備調査**”を、2002年11月～2006年3月の期間で“**本格調査**”を実施。



※本格調査の詳しい内容については、下記アドレスを参照

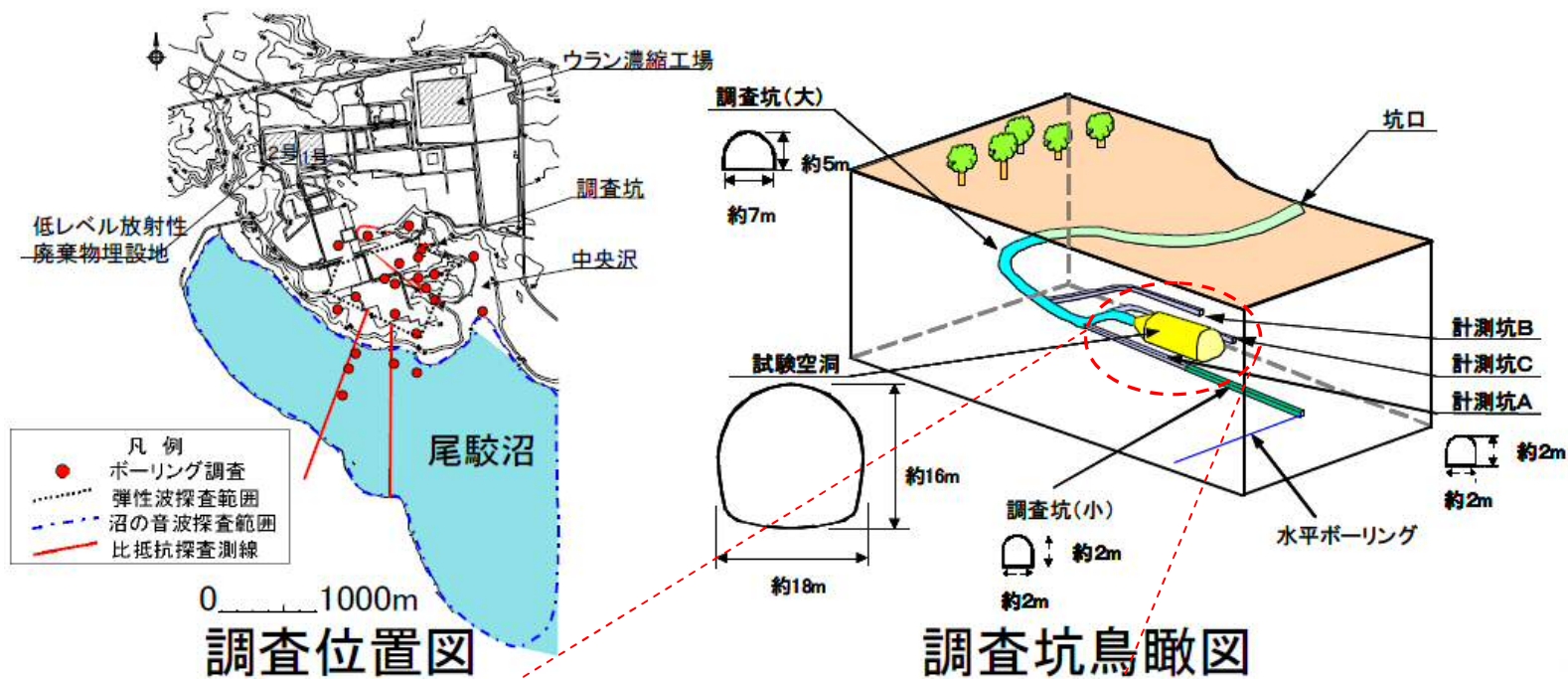
日本原燃株式会社、「低レベル放射性廃棄物の次期埋設に関する本格調査の結果について」(2006)

<http://www.jnfl.co.jp/press/pressj2006/pr060901-1.html>

本格調査の調査項目とその目的

出典：石田 裕樹 他(2006)、「余裕深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について」、原子力バックエンド研究Vo.13、No.1

②本格調査の実施[2/2]



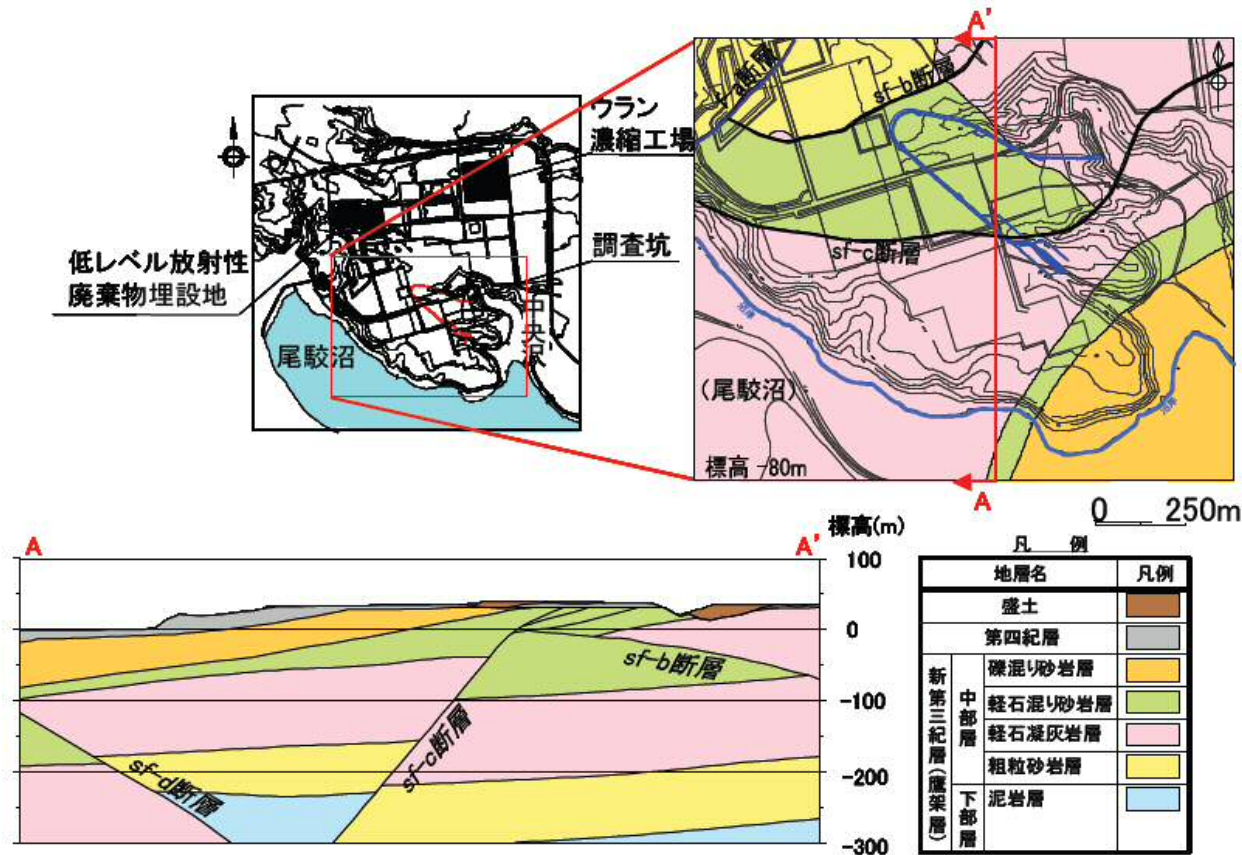
試験空洞構築状況

出典: 日本原燃(株)HPを基に再構成

(http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu.html)

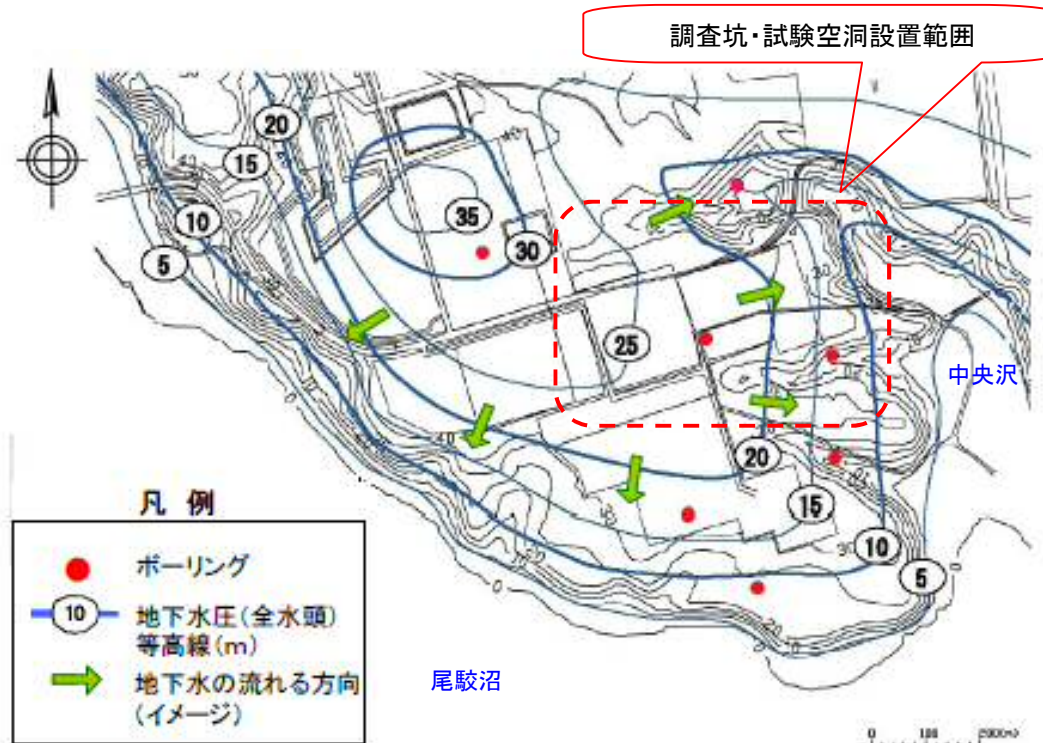
③本格調査の結果[1/3] ～地質調査～

- ボーリング調査、試験空洞掘削などにより、周辺の地質状況を調査
- 調査の結果、深度-100m付近に、「軽石凝灰岩層」「軽石混り砂岩」が広範に分布して比較的割れ目が少なく透水係数も小さいことが確認された



出典: 石田 裕樹 他(2006)、「余裕深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について」、原子力バックエンド研究Vo.13、No.1

③本格調査の結果[2/3] ～地下水調査～



注) 地下水圧分布図に重ねて地表面の地形等高線を記載

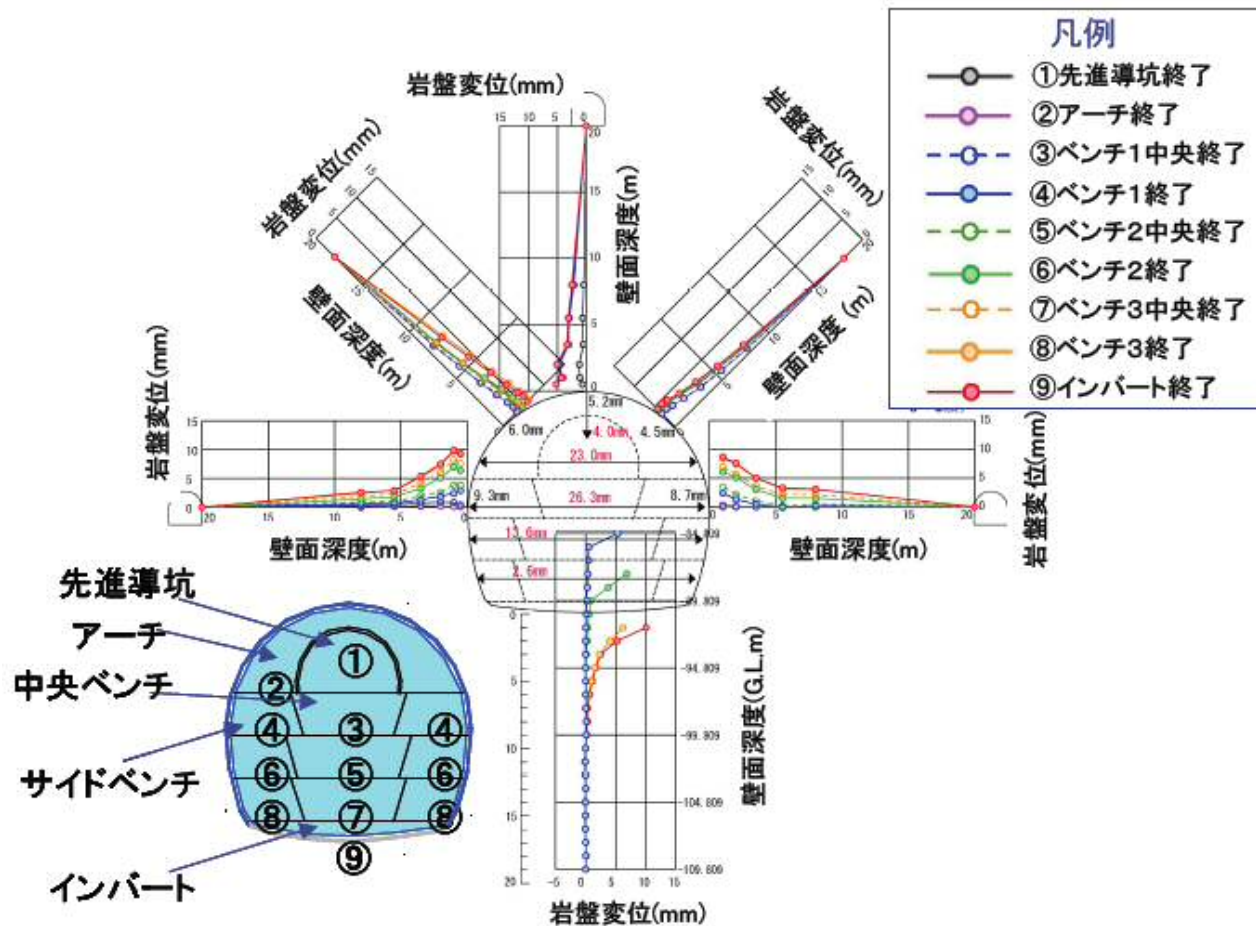
- ボーリング孔を利用し、地下水圧測定試験を実施(図中は標高-80 mでの地下水圧分布)
- 地下水圧は試験空洞の北西方向が高い結果となっており、地下水は南側の尾駁沼と中央沢に向けて流れている
- 岩盤の透水性と地下水分布圧から、試験空洞周辺の地下水流速は、平均して10 cm/yr 程度

ボーリング孔において実施した
原位置透水試験結果

透水係数	対数平均
軽石凝灰岩層	1.9E-8 m/s
軽石混り砂岩層	9.9E-8 m/s

出典: 石田 裕樹 他(2006)、「余裕深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について」、原子力バックエンド研究Vo.13、No.1

③本格調査の結果[3/3] ～地盤調査～



- 試験空洞掘削に伴う空洞近傍における岩盤変位測定試験を実施。

→試験空洞掘削による岩盤変位は最大で1cm 程度

- 深度50～100m 付近に分布する軽石凝灰岩層に三軸圧縮試験を実施。

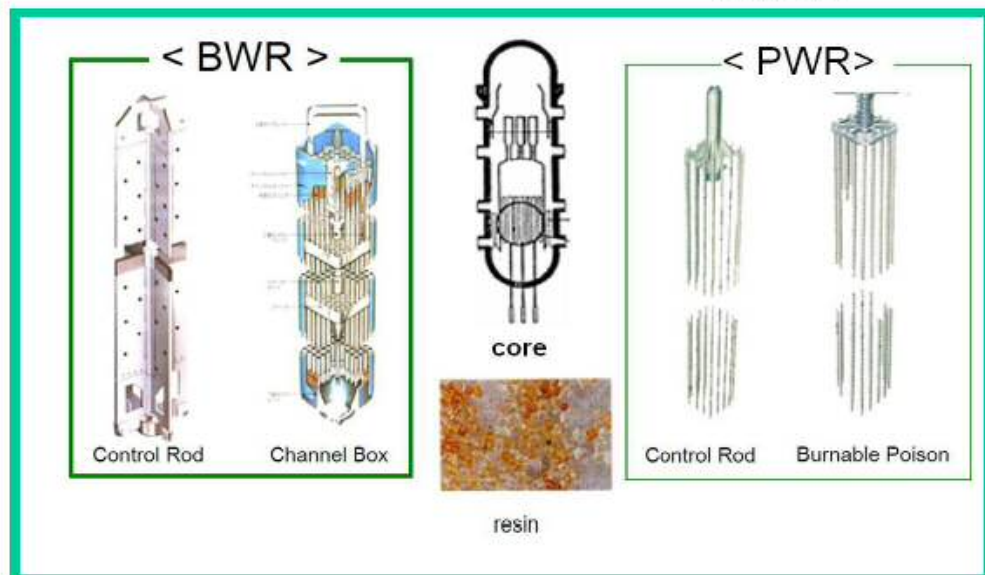
→岩石の軸差強度は4 Mpa程度

出典: 石田 裕樹 他(2006)、「余裕深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について」、原子力バックエンド研究Vo.13、No.1

④余裕深度処分対象廃棄物[1/3]

余裕深度埋設対象廃棄物

- ・炉内構造物
 - ・チャンネルボックス
 - ・制御棒
 - ・バーナブルポイズン
 - ・使用済樹脂
 - ・JNFL
 - 再処理・MOX
 - 施設からの廃棄物
- 放射化金属



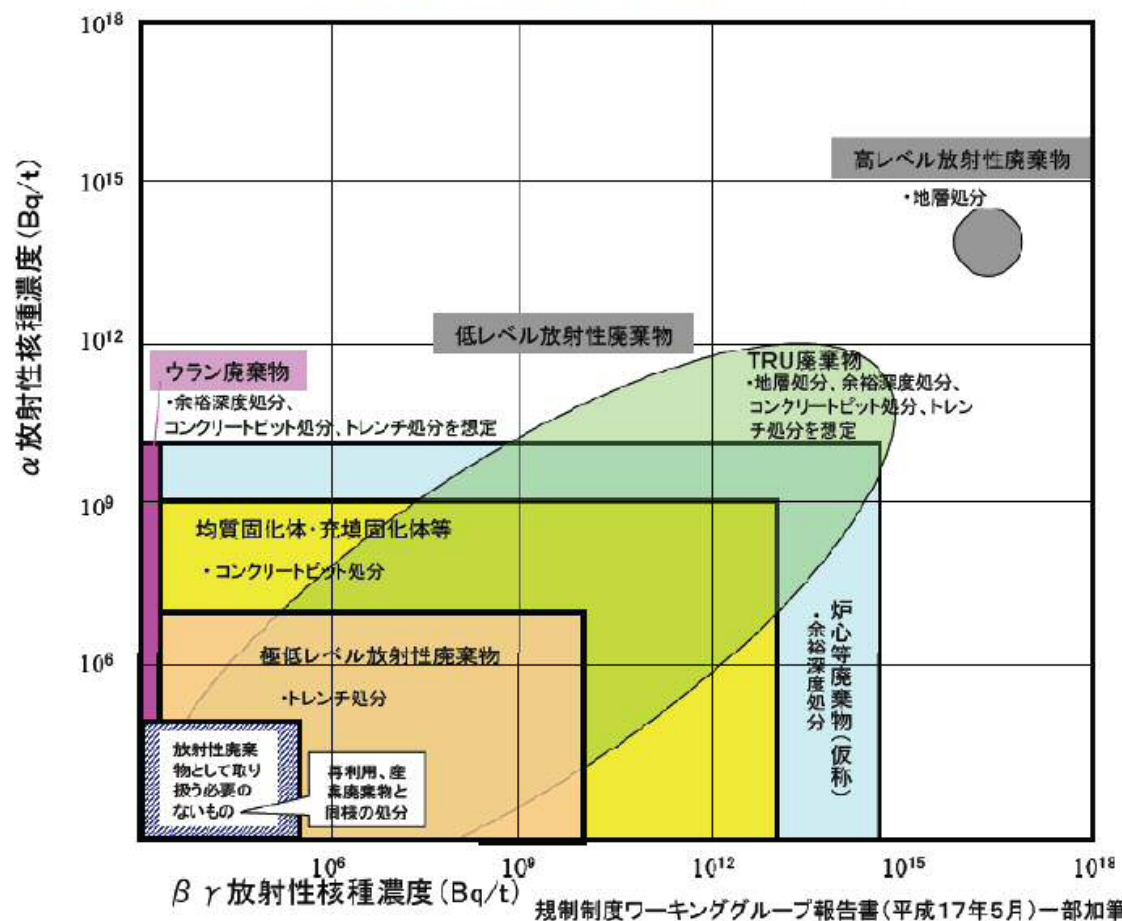
切断等の処理を行い、角型容器に収納

- ・発電所の廃止措置や操業時に発生する炉内構造物(チャンネルボックス、バーナブルポイズン)や制御棒などの比較的放射能レベルの高い廃棄物等が対象
- ・上記の他に、使用済み樹脂、再処理・MOX廃棄物、日本原子力発電(株)のGCR解体廃棄物も対象
- ・例えば炉内構造物などはSUS材などで作られているが、材料中にはさまざまな成分・不純物が含有している。炉内環境ではこれらが放射化し、余裕深度処分対象廃棄物の主要な核種へ変化する。

出典：総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料2)(2011)

④ 余裕深度処分対象廃棄物[2/3]

放射性廃棄物の濃度区分と処分方法



出典: 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会
(2007)、「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制につい
て(中間報告)」

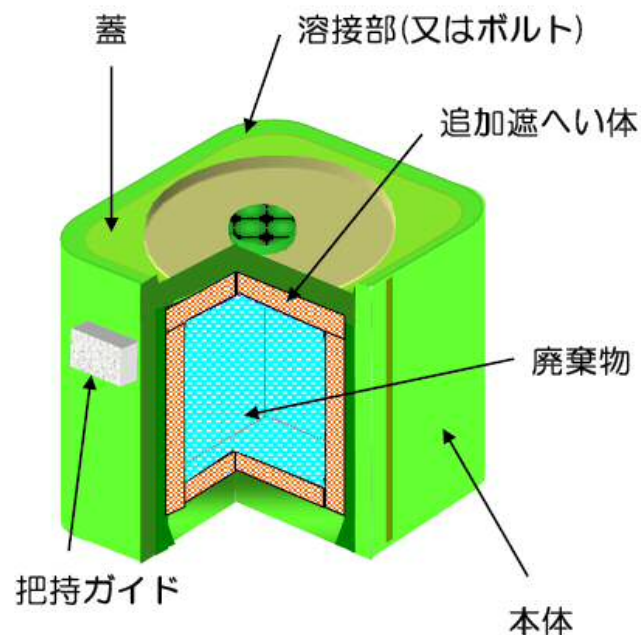
法令に定める低レベル放射性廃棄物
に係る濃度上限値

(単位: Bq/t)

法令条項	政令 第31条	第二種埋設規則 第1条の2	
放射性物質の種類	第一種埋 設と第二 種埋設の 区分値	浅地中 ピット処 分の濃度 上限値	浅地中ト レンチ処 分の濃度 上限値
C-14	1E+16	1E+11	—
Cl-36	1E+13	—	—
Co-60	—	1E+15	1E+10
Ni-63	—	1E+13	—
Sr-90	—	1E+13	1E+07
Tc-99	1E+14	1E+09	—
I-129	1E+12	—	—
Cs-137	—	1E+14	1E+08
α核種	1E+11	1E+10	—

出典: 炉規制法施行例第31条、
第二種埋設規則第1条の2を基に作成

④余裕深度処分対象廃棄物[3/3]



廃棄体仕様(案)

廃棄体：最大28ton（内部遮へい、廃棄物含む総重量）

主材料：炭素鋼（SM400相当）

蓋部構造：溶接またはボルト締め

容器寸法：縦1.6m×横1.6m×高1.6m（又は1.2m）

容器肉厚：5cm以上（遮へい材を適宜内部に追加）

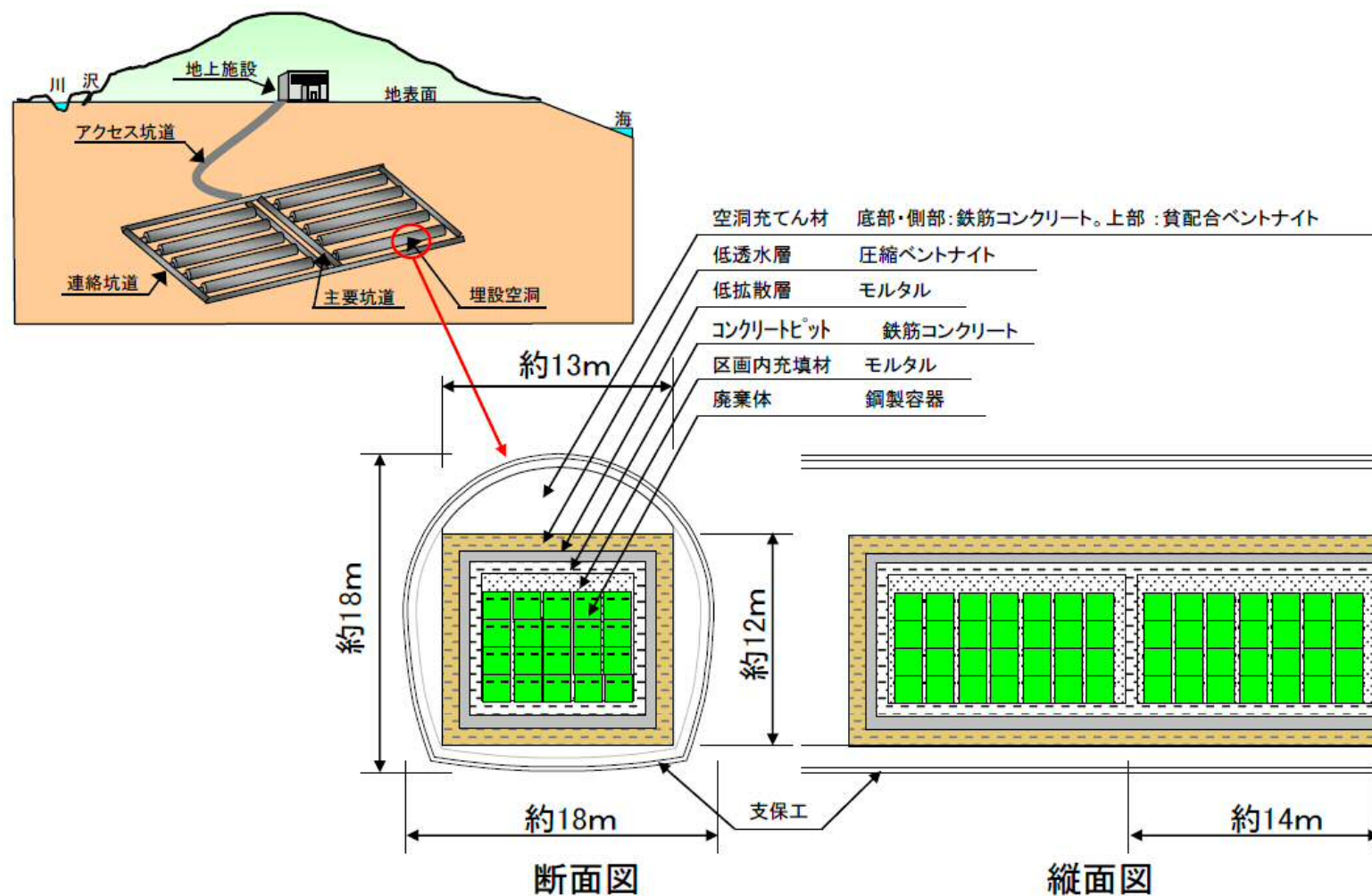
表面線量率：500mSv/h以下

＜余裕深度埋設対象廃棄体＞

- ・余裕深度処分対象廃棄物は放射能レベルが高いため、鋼製容器（必要に応じ追加遮へい体を装着）に収納
- ・鋼製容器に対して落下試験を実施した結果、保守的な落下条件を想定しても貫通亀裂が生ずることなく、十分な対落下性能を有することを確認できた

出典：総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料2)(2011)

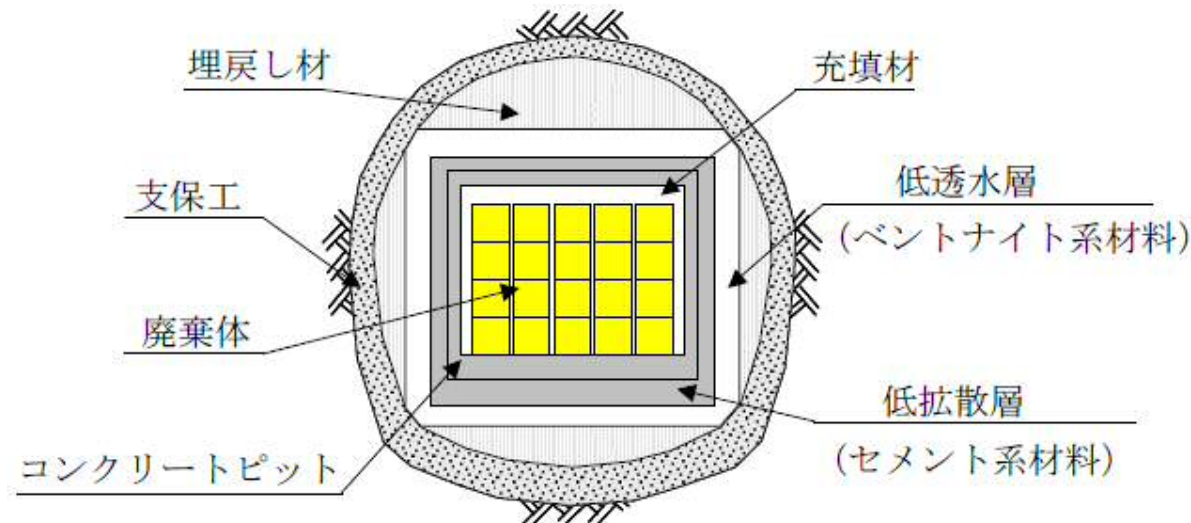
⑤施設の構想[1/4] ～設備の概要～



出典: 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料2)(2011)

⑤施設の構想[2/4] ～核種移行抑制の仕組み～

- 対象廃棄物の放射能レベルが高く、ベントナイトの低透水性だけでは安全性を確保できない
→高緻密なセメント系材料(モルタル)を用い、その低拡散性で核種移行を抑制

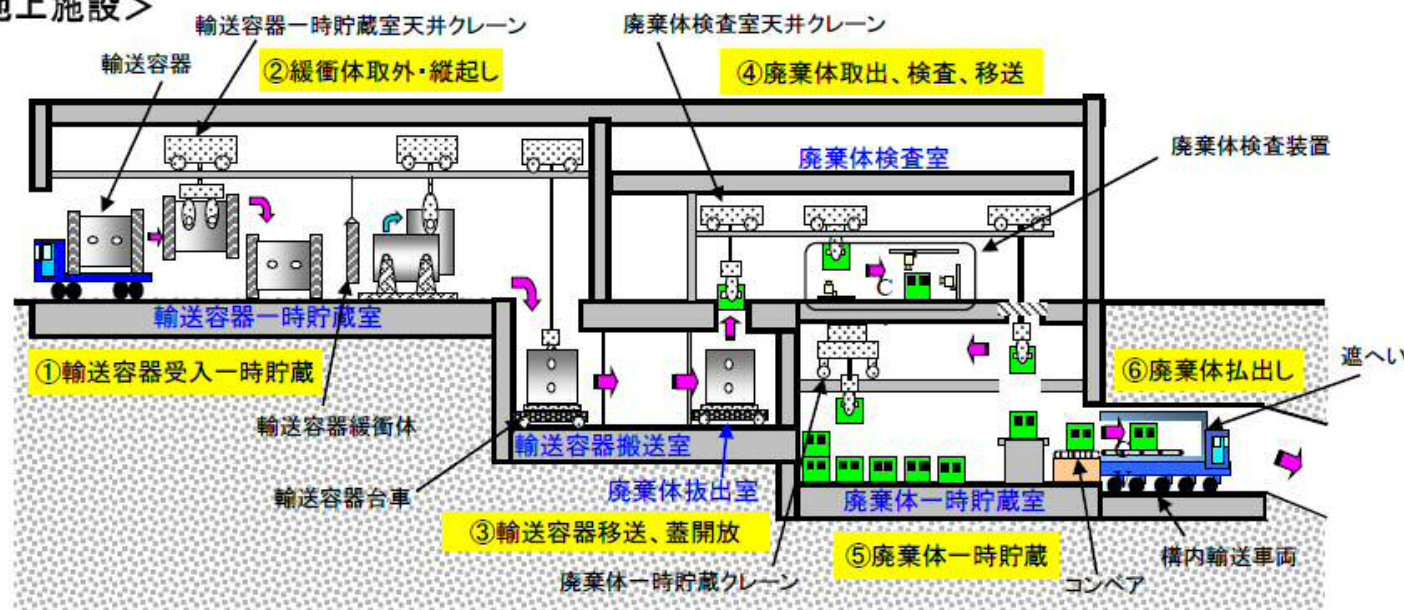


人工バリア機能	主な部位	材料
低透水性	低透水性	ベントナイト
低拡散性	低拡散層	セメント系材料 (モルタル)
核種収着性	充填材	セメント系材料 (モルタル)
	コンクリートピット	セメント系材料 (鉄筋コンクリート)
	低拡散層	セメント系材料 (モルタル)

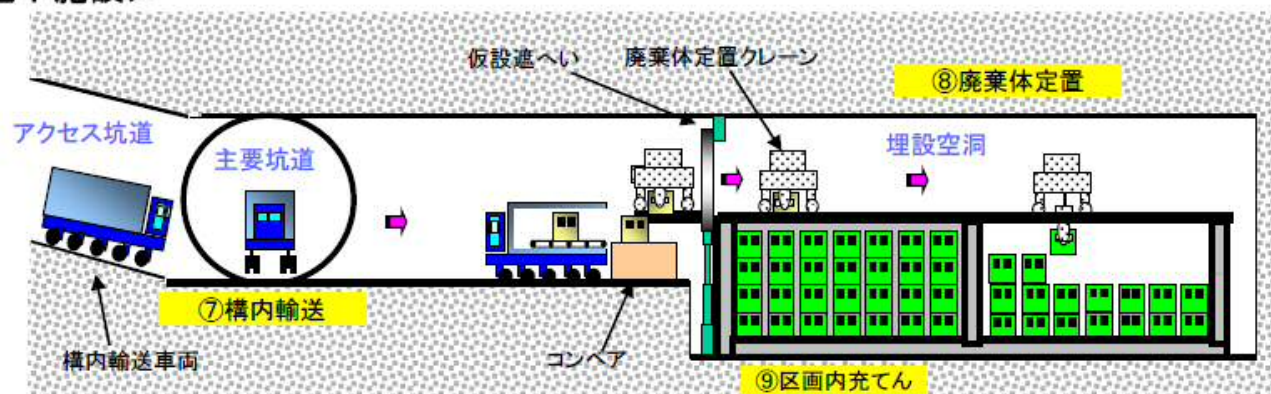
出典: 社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008)、
「余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方」

⑤施設の構想[3/4] ～廃棄体ハンドリングイメージ～

<地上施設>



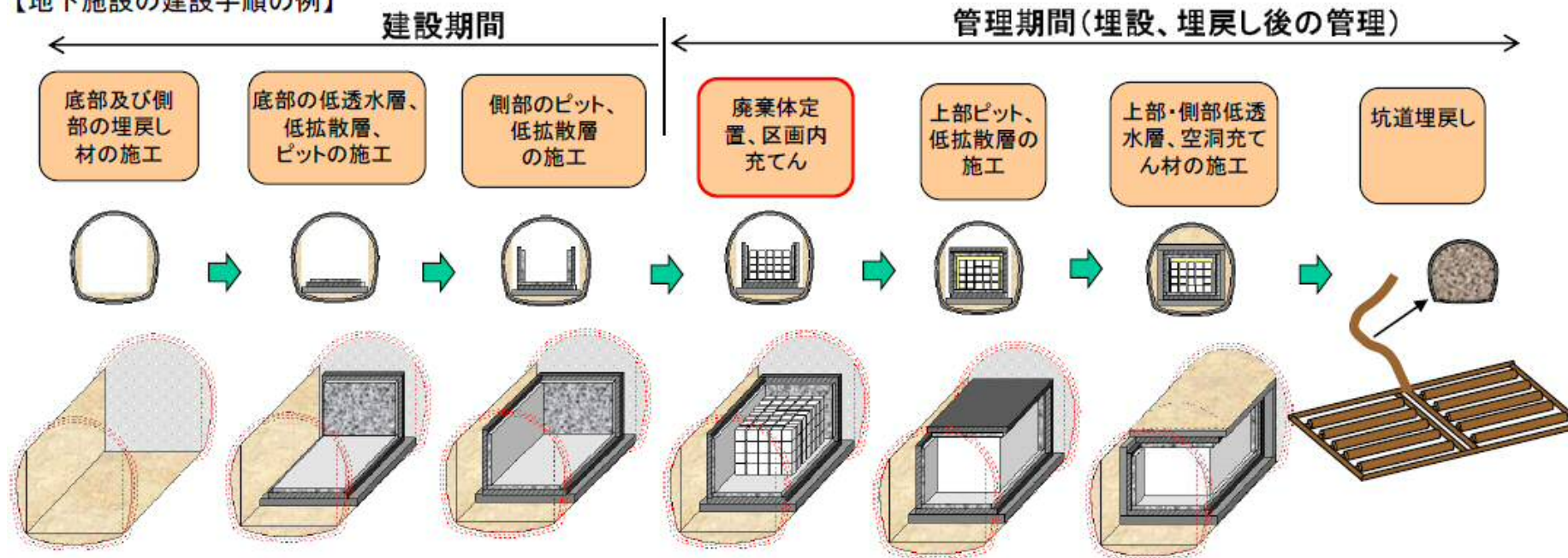
<地下施設>



出典: 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料2)(2011)

⑤施設の構想[4/4] ～建設・埋め戻しイメージ～

【地下施設の建設手順の例】



出典：総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料2)(2011)

(2) 余裕深度処分に関する調査 まとめ

- 余裕深度処分対象廃棄物：低レベル放射性廃棄物のうち放射能レベルの比較的高い廃棄物（炉内構造物、制御棒等）
- 余裕深度処分の検討に必要な情報の取得を得るため、日本原燃(株)敷地内で本格調査を実施し、以下を確認している。
 - ①地質調査の結果、試験空洞設置深度(標高-100 m)付近の地質は非常に割れ目の少ない岩盤であること
 - ②地下水調査の結果、試験空洞付近の地下水は南側の尾駁沼または中央沢方向に流れていること
 - ③地盤調査の結果、試験空洞を安定して掘削でき、また試験空洞自体の変位量が少ないこと
- 対象廃棄物を安全に埋設処分するために必要な施設構成の検討、施設の操業に関する検討を行っている。



目次

(1) 六ヶ所浅地中処分施設の紹介

- ①低レベル放射性廃棄物埋設センター、 ②埋設対象廃棄物、
- ③埋設設備の構造、 ④廃棄物埋設地の段階管理

(2) 余裕深度処分に関する調査・検討状況

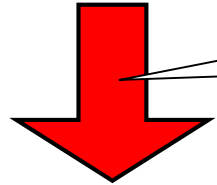
- ①余裕深度処分とは、 ②本格調査の実施、 ③本格調査の結果、
- ④余裕深度処分対象廃棄物、 ⑤施設の構想

(3) 余裕深度処分の安全評価の検討状況

- ①新指針について、 ②シナリオの考え方、 ③人工バリアの検討、
- ④天然バリアの検討、 ⑤評価対象者の検討、 ⑥安全評価の実施

①新指針について ～概要～

- 1号・2号埋設施設の規制として、「放射性廃棄物埋設施設の安全審査の基本的考え方」(昭和63年3月原子力安全委員会決定、平成5年1月7日、平成13年3月29日、平成21年10月5日一部改訂)が適用



- ・適用対象に余裕深度処分を追加
- ・リスク論的考え方を反映
- ・最新の科学的知見を反映

- 2010年8月に、原子力安全委員会にて「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」(以下、「新指針」とする)が決定

- a)新規のシナリオ区分とめやす線量の適用
- b)影響事象の体系的・網羅的な検討と、その変動に伴う長期的な状態設定の反映(時間的、空間的な変化の考慮)
- c)最大の被ばくを受けると合理的に想定される個人を設定(人間生活の様式化、各移行経路の重ね合わせ、等)
- d)“確からしい”パラメータや状態設定の考え方(不確実性の取扱)
- e)モデル及びパラメータに関する品質保証(科学的合理性の提示)
- f)定期安全レビュー、及びレビューに資するモニタリングの要求

出典:原子力安全委員会(2010)、「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」

①新指針について ～めやす線量～

新指針_VII.管理期間終了後に係る安全評価

→処分方法に応じ4区分のシナリオを評価し、それぞれにシナリオに対する「めやす」を満足

- 基本シナリオ...**10 μ Sv/年**以下
- 変動シナリオ...**300 μ Sv/年**以下
- 稀頻度シナリオ...**10 mSv/年**、(保守的な条件の場合は**100 mSv/年**)
- 人為事象シナリオ...人間の行為を様式化した上で、関連して生じる自然過程の事象についてできるだけ確からしい想定と不確かさを考慮した保守的な想定を行って評価
 - ・前者の想定に基づく周辺住民への影響については**1 mSv/年**以下、特定の接近者個人への影響については**10 mSv**以下
 - ・後者の想定に基づく周辺住民への影響については**10 mSv/年**以下、特定の接近者個人への影響については**100 mSv**以下

出典:原子力安全委員会(2010)、「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」

①新指針について ～シナリオ区分[1/2]～

- 各施設のシナリオは時間段階にも考慮して設定を行う必要がある。

シナリオ		時間段階	余裕深度処分	ビット処分	トレンチ処分	シナリオ		時間段階	余裕深度処分	ビット処分	トレンチ処分
基本	地下水	①	○	○	—	変動	地下水	①	○	○	—
		②	○	○	—			②	○	○	—
		③	○	○	○			③	○	○	○
		④	○	○	○			④	○	○	○
	ガス移行	①	○	○	—		ガス移行	①	○	○	—
		②	○	○	—			②	○	○	—
		③	○	○	○			③	○	○	○
		④	○	○	○			④	○	○	○
	土地利用	①	○	○	○		土地利用	①	○	○	○
		②	○	○	○			②	○	○	○
		③	○	○	○			③	○	○	○
		④	○	○	○			④	○	○	○

管理期間終了以後における時間段階:

①過渡的な期間、②多重バリア機能に期待する期間、③主に天然バリアに期待する期間、④埋設施設が地表付近に近接することが想定される期間

- ①過渡的な期間...埋設施設及び周辺の地質環境の状態変化が安定的な状態に移行する期間
- ②多重バリア機能に期待する期間...長期的に安定な地質環境の元埋設施設の状態変化が緩慢に変遷していく期間
- ③主に天然バリアの機能に期待する期間...排除・低減が難しい内的・外的要因による影響が顕在化する期間
- ④埋設施設が地表付近に近接することが想定される期間...隆起・侵食、海水準変動に伴い埋設施設が地表付近に近接することが想定される期間

廃棄物埋設地／地質環境／生活圏に対して各時間段階での状態設定を行い、シナリオを設定する。

出典: 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料4)(2011)

①新指針について ～シナリオ区分[2/2]～

シナリオ		余裕深度処分	ビット処分	トレンチ処分
稀頻度	地震・断層活動による力学的な破壊の影響	○	—	—
	火山・火成活動による力学的な破壊及び熱的・化学的な劣化の影響	○	—	—
人為事象	直接掘削コア観察シナリオ	○	—	—
	移行経路短絡シナリオ	○	○	—
	ボーリング地下水摂取シナリオ	○	○	—
	近接トンネル掘削シナリオ	○	—	—
	貫通トンネル掘削シナリオ	○	—	—
	大開発土地利用シナリオ	○	—	—

- ・ 立地点の検討にあたり、その地点での自然環境の過去事象等(地震、火山、津波、etc)を考慮
→基本／変動シナリオではこれらの影響は考慮しないでもいいが、稀頻度シナリオでは念のために評価
- ・ 人為事象については、下記の対策の採用により発生確率が低下するが、それでも残る不確かさの存在を勘案して線量評価を行うことが重要
 - i) 国又は国が指定する機関による記録の保存等の管理
 - ii) 鉱物資源がない等の立地上の考慮
 - iii) 余裕深度処分を行う場合には、十分な埋設深度の確保や人工バリア等の掘削に対する物理的抵抗性等の設計上の考慮

出典：総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会 埋設処分技術ワーキンググループ(第6回、資料4)(2011)

②シナリオの考え方 ～基本と変動の組合せ～

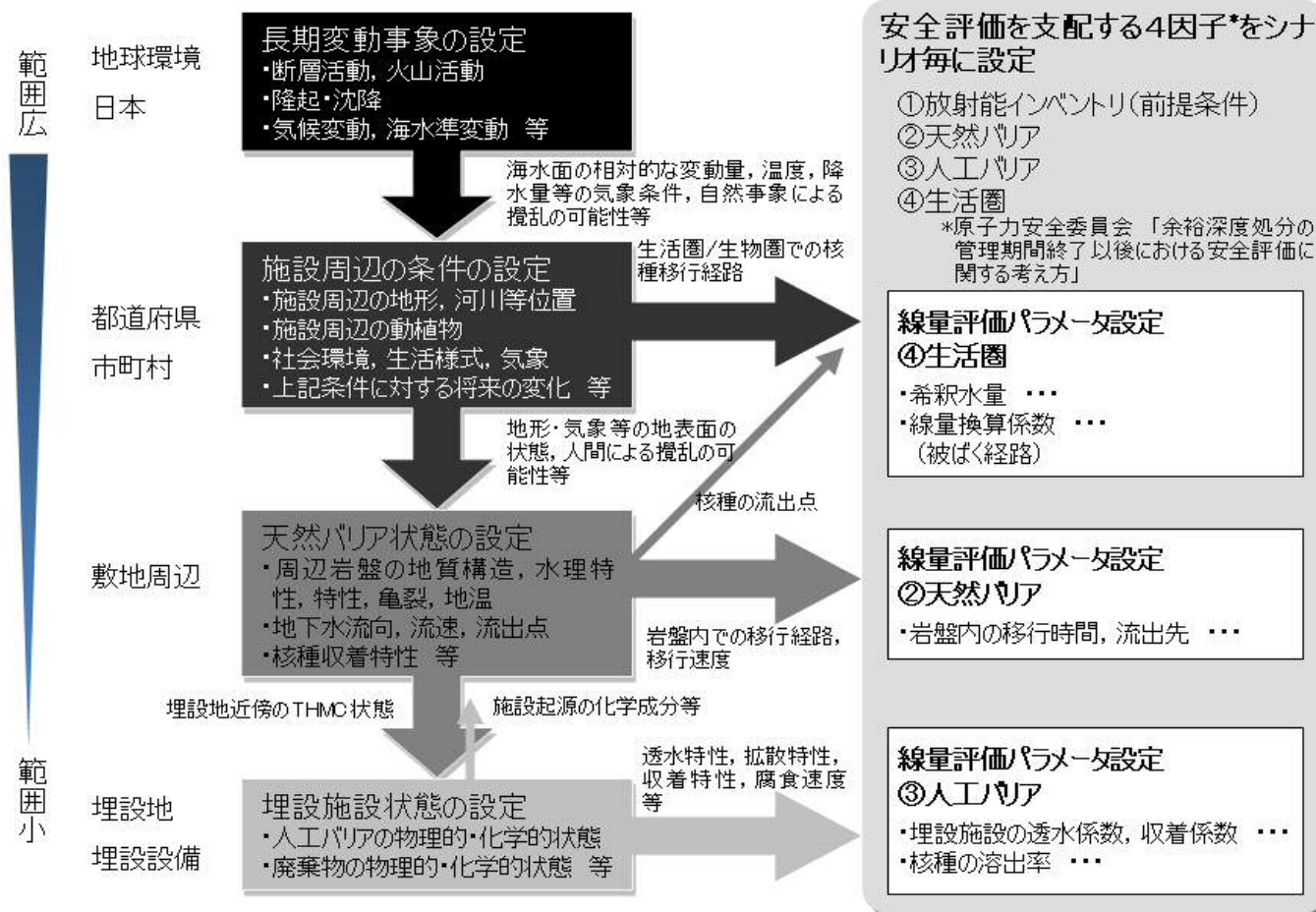
	地質環境	廃棄物埋設地	評価対象者	めやす線量 ^り
基本シナリオ ^㉑	基本設定	基本設定	一般的な生活様式の周辺住民	10 μ Sv/年
変動シナリオ ^㉒	基本設定	変動設定	一般的な生活様式の周辺住民	300 μ Sv/年
	変動設定	地質環境の変動設定に対応した確からしい設定	一般的な生活様式の周辺住民 ^㉓	300 μ Sv/年
	バリア機能の一部を無視する場合 残りのバリアは基本設定		一般的な生活様式の周辺住民	300 μ Sv/年
人為事象シナリオ ^㉔	基本設定	発生前： 基本設定 発生後： 人為事象に対応した確からしい想定	一般的な生活様式の周辺住民	1mSv/年
	基本設定	発生前： 保守的な想定 発生後： 人為事象に対応した保守的な想定	一般的な生活様式の周辺住民	10mSv/年
人為事象シナリオ ^㉕	基本設定	確からしい想定	特定の接近者個人	10mSv
	基本設定	保守的な想定	特定の接近者個人	100mSv
注 a) 基本シナリオは、基本地下水シナリオ、基本ガス移行シナリオ及び基本土地利用シナリオから成る。 b) 変動シナリオは、変動地下水シナリオ、変動ガス移行シナリオ及び変動土地利用シナリオから成る。 c) ボーリングによる移行経路短絡シナリオを対象とする。 d) 廃棄物埋設地近傍掘削ボーリング孔地下水摂取シナリオを対象とする。 e) 地質環境の変動設定に対応して設定する。 f) 安全審査の基本的考え方 ⁽¹⁾ による。				

※浅地中処分のケースであるため、余裕深度処分で検討する必要のある稀頻度シナリオが抜けている

地質環境と廃棄物埋設地に対する基本／変動の状態の組み合わせについて考慮する

出典：日本原子力学会標準「浅地中ピット処分の安全評価手法：201X(案)」、AESJ-SC-F0XX:201X（公衆審査版）

②シナリオの考え方 ～安全評価の4因子～



- ・4因子に対して適切な状態設定を行い、パラメータを評価し、その妥当性に十分配慮する
- ・4因子を細分化し、線量評価に対して感度を持つ項目の分析・特定が必要

出典: 日本原子力学会標準「浅地中ピット処分の安全評価手法:201X(案)」, AESJ-SC-F0XX:201X (公衆審査版)

②シナリオの考え方 ～影響事象の抽出[1/2]～

「THMCマトリクス」「ロジックツリー」を用い、それぞれのシナリオでキーとなる各部材の特性やそれぞれの特性の相互作用から生じる影響事象を抽出

「THMCマトリクス」

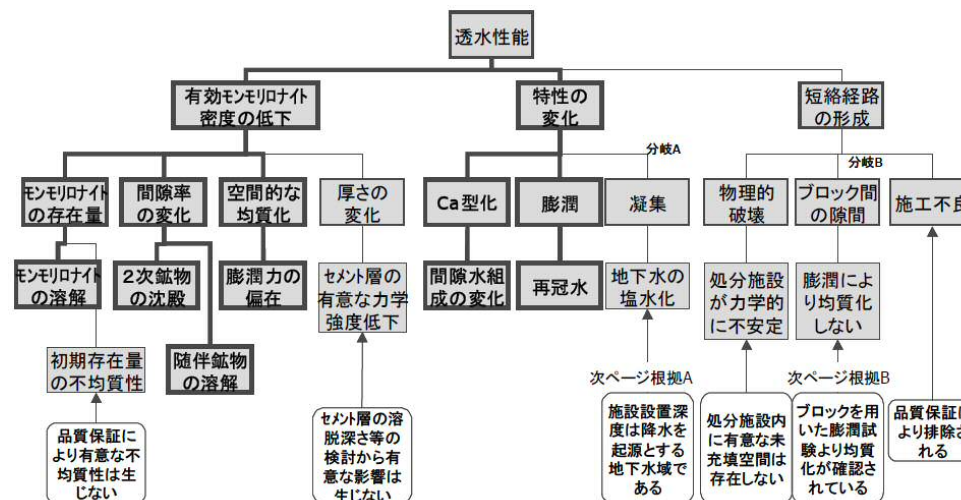
- ①各部材の熱(Thermo)ー水理(Hydro)ー力学(Mechanical)ー化学(Chemical)特性を把握
- ②それぞれの特性が他特性に与える影響を把握
- ③埋施設設性能に影響を与える事象のみを抽出
- ④抽出事項の相関を把握し、状態設定に影響を与える事象を設定

「ロジックツリー」

- ①THMCマトリクスを踏まえ、評価上重要な特性(Ex: ベントナイト混合土の透水係数)を設定
- ②設定した安全機能に対し、直接影響のある要因を洗い出し
- ③洗い出した要因が分解できる場合、さらに影響のある要因を洗い出し
- ④影響事象の階層化を踏まえ、影響の無視できない事象を状態設定に反映

	ベントナイト層			高緻密コンクリート層		
ベントナイト層	水理	None	LI	LI	None	LI
	変形に伴う密度変化による水理影響	力学	膨潤力によるモンモリロナイトの移動(均質化)	None	膨潤力によるひび割れ影響	None
	化学的変質による水理影響	化学と力学の連成影響	化学	None	None	ベントナイトによるセメントの溶脱影響
高緻密コンクリート層	LI	None	LI	水理	None	LI
	None	溶脱に伴う剛性低下によるベントナイトの変形影響	None	ひび割れによる透水係数と拡散係数の影響	力学	ひび割れによるセメントの溶脱影響
	None	None	高 pH による化学的変質影響	溶脱による透水係数と拡散係数の影響	溶脱による剛性低下影響	化学

THMCマトリクス(例)

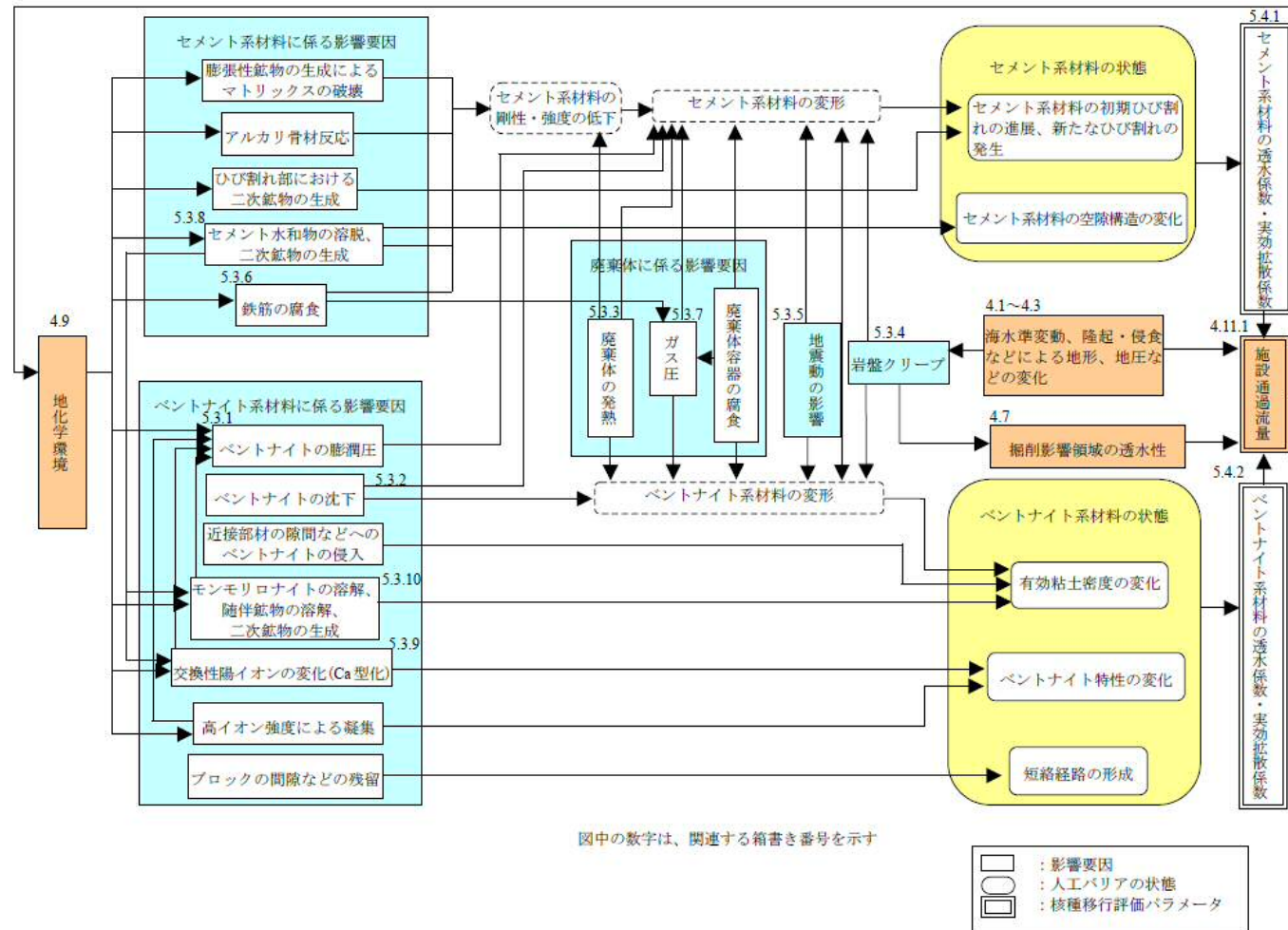


ベントナイト層の透水性性能に関するロジックツリー(例)

出典: 加藤 和之 他(2006)、「余裕深度処分の技術的な信頼性構築に向けた検討状況について」、原子力バックエンド研究Vo.13 No.1

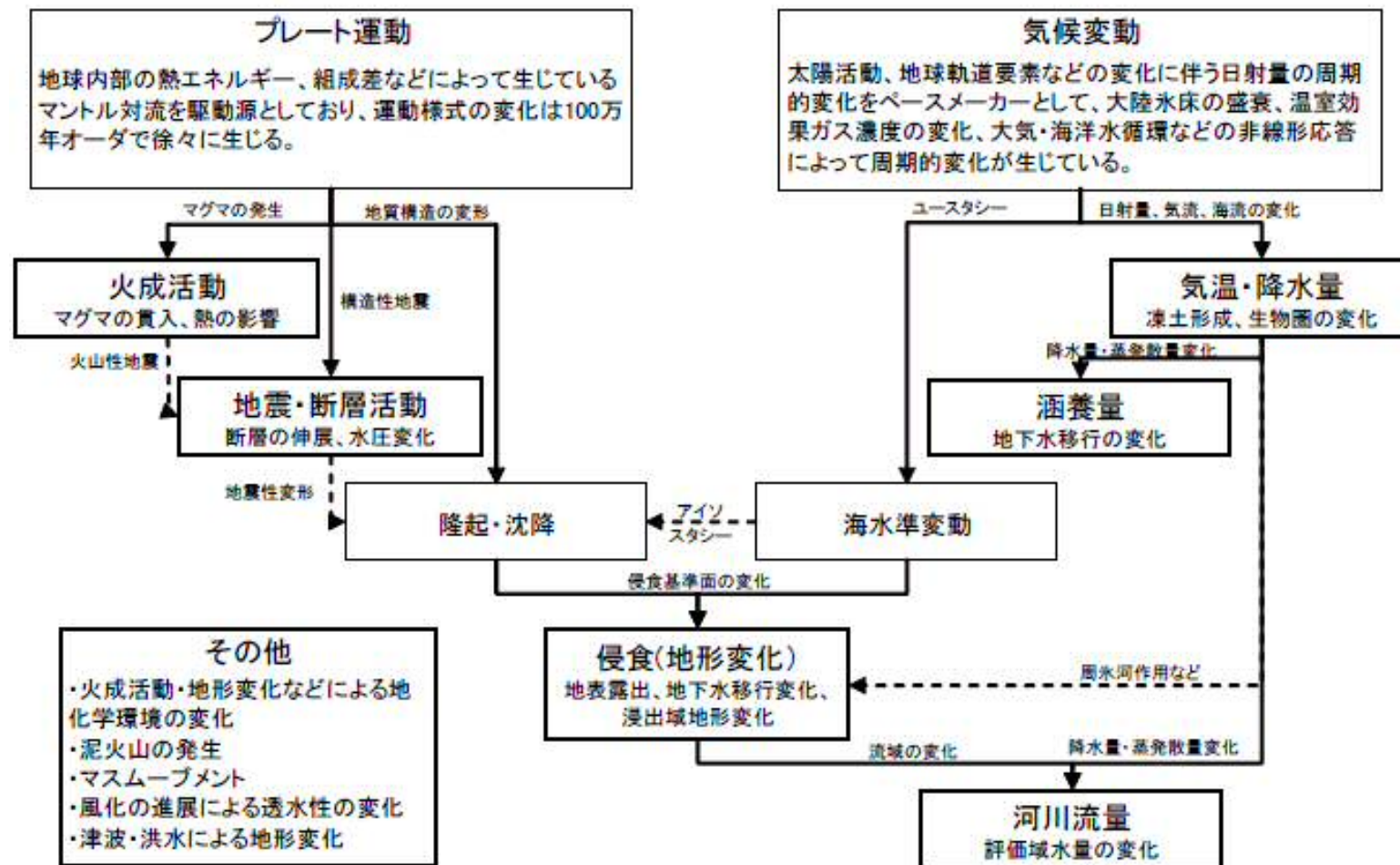
②シナリオの考え方 ～影響事象の抽出[2/2]～

THMCマトリクス、ロジックツリーから抽出した影響事象の相関を整理



出典: 社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008)、
「余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方」

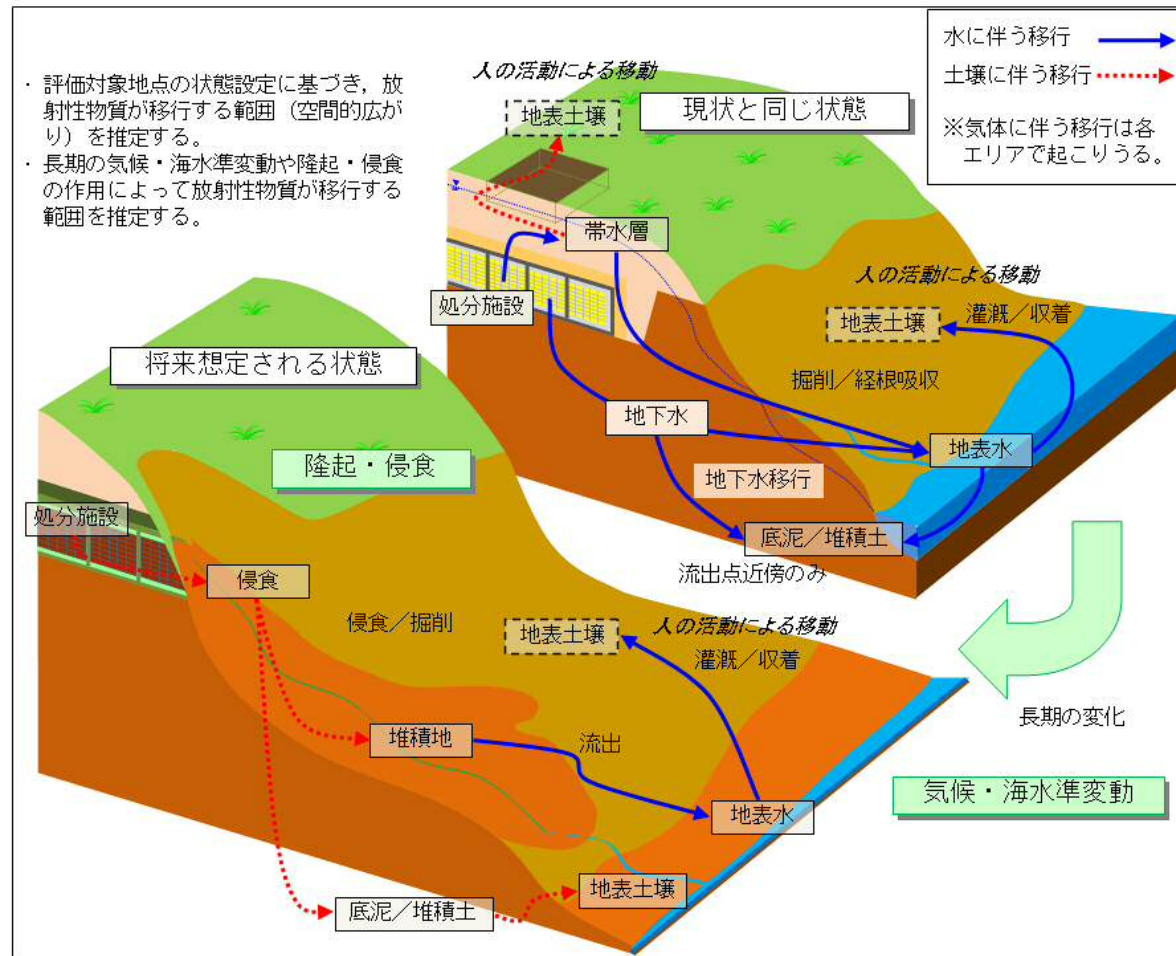
③天然バリアの検討 ～天然バリアの影響事象～



長期変動事象の項目と関連性

出典: 社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008)、
「余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方」

③天然バリアの検討 ～長期変動の概要～



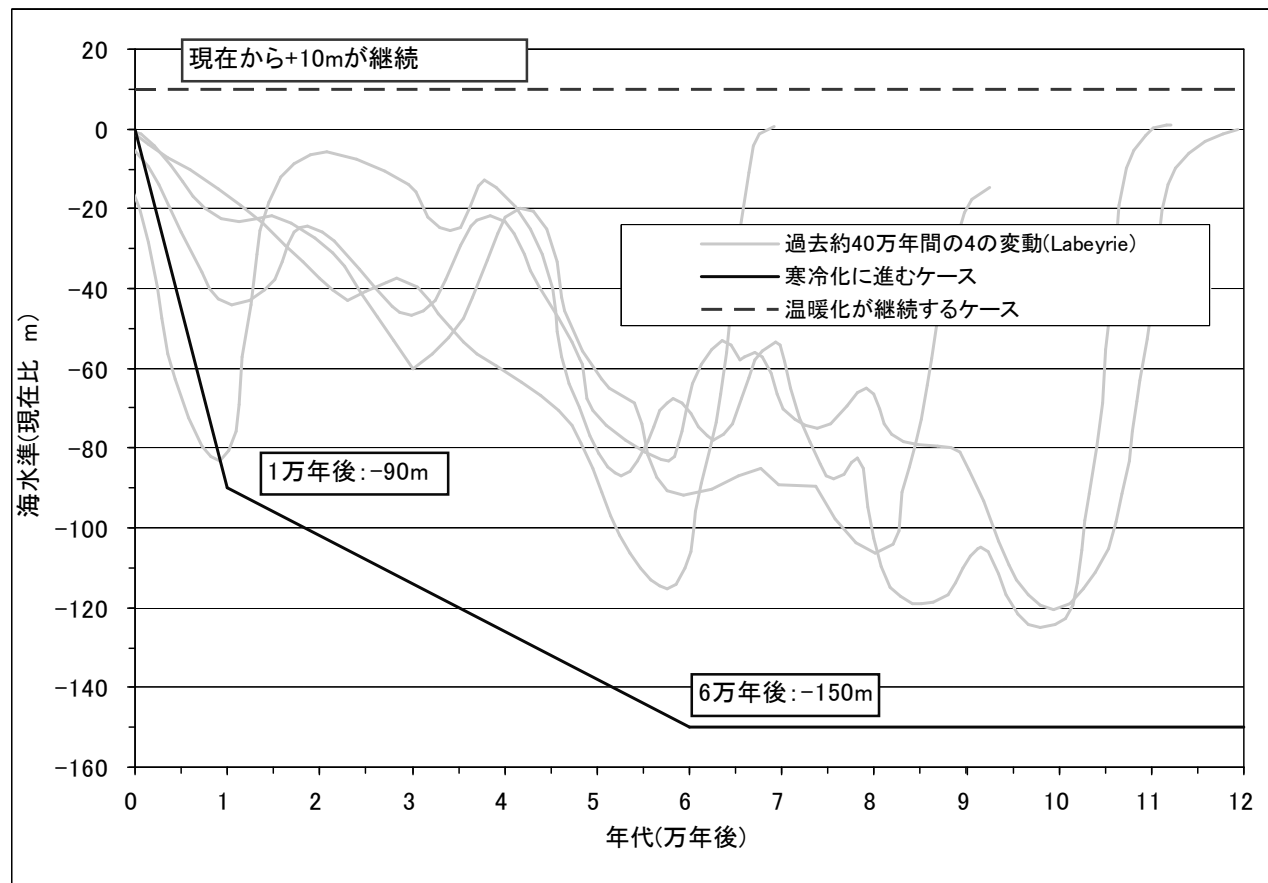
<<将来の土地利用域の検討>>

現時点における土地利用域に加え、隆起・侵食・海水準変動に伴い、将来拡大される土地利用域での居住、建設作業等での被ばくを考慮する必要がある。土地利用拡大は主に下記3点

- 隆起により埋設施設及びその周辺の汚染土壌が地表付近に接近したとき
- 侵食により、汚染土壌が下流域に堆積したとき、
- 海水準変動に伴い、河川等の底などに存在した汚染土壌が地表面に露呈したとき

出典：日本原子力学会標準「浅地中ピット処分の安全評価手法：201X(案)」、AESJ-SC-F0XX:201X（公衆審査版）

③天然バリアの検討 ～海水準変動の予測例～



将来の海水準変動の予測

- 過去約40万年間の海水準変動に関する知見などを基に、温暖化が継続するケースと寒冷化に進むケースの2種を想定。
- 寒冷化に進むケースの設定には、基準とした海水準変動のうち最も早く寒冷化に進むケースに相当するものとして、包含するように設定。
- 温暖化が継続するケースでは、現在と比較して+10mで推移するとしたが、下北半島南部での隆起量(35m/10万年)を考慮すると、約3万年後に現在と同じレベルにまで相対海水準は低下すると推定される。

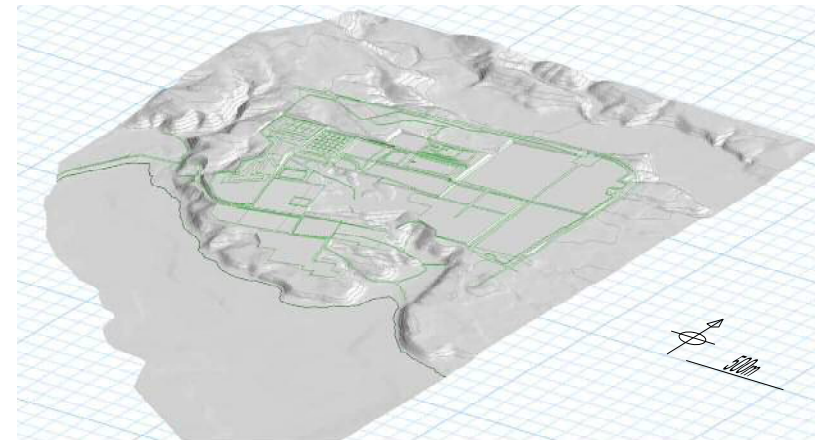
出典: 佐々木 泰 他(2009)、「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する検討状況」、Journal of MMIJ Vo.125 p347-357

③天然バリアの検討 ～侵食等による地形変動例～

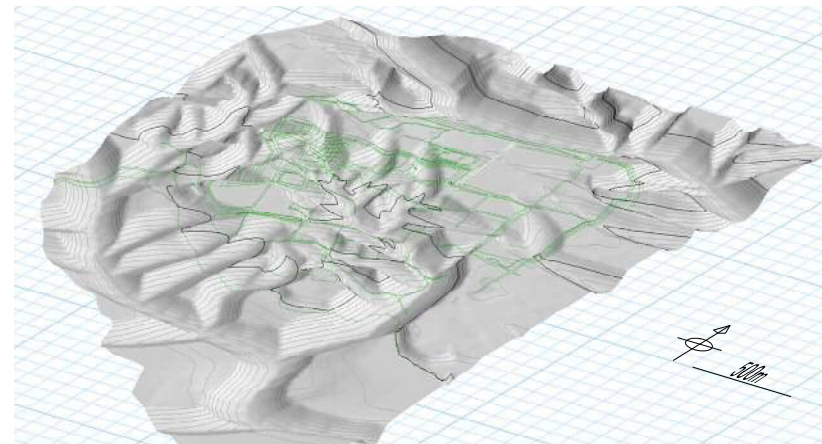
- 本格調査で得られたデータ等を用い、地形モデルを構築し、将来の長期的な地形変動に関する解析を実施。



- 現在の地形条件から読み取れる侵食率等と地形モデルに基づく解析結果とを比較した結果、両者ともほぼ同等
- 地形の長期変動推測は概ね妥当



現在の地形モデル



6万年後の地形予測図(寒冷化条件)

出典: 佐々木 泰 他(2009)、「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する検討状況」、Journal of MMIJ Vo.125 p347-357

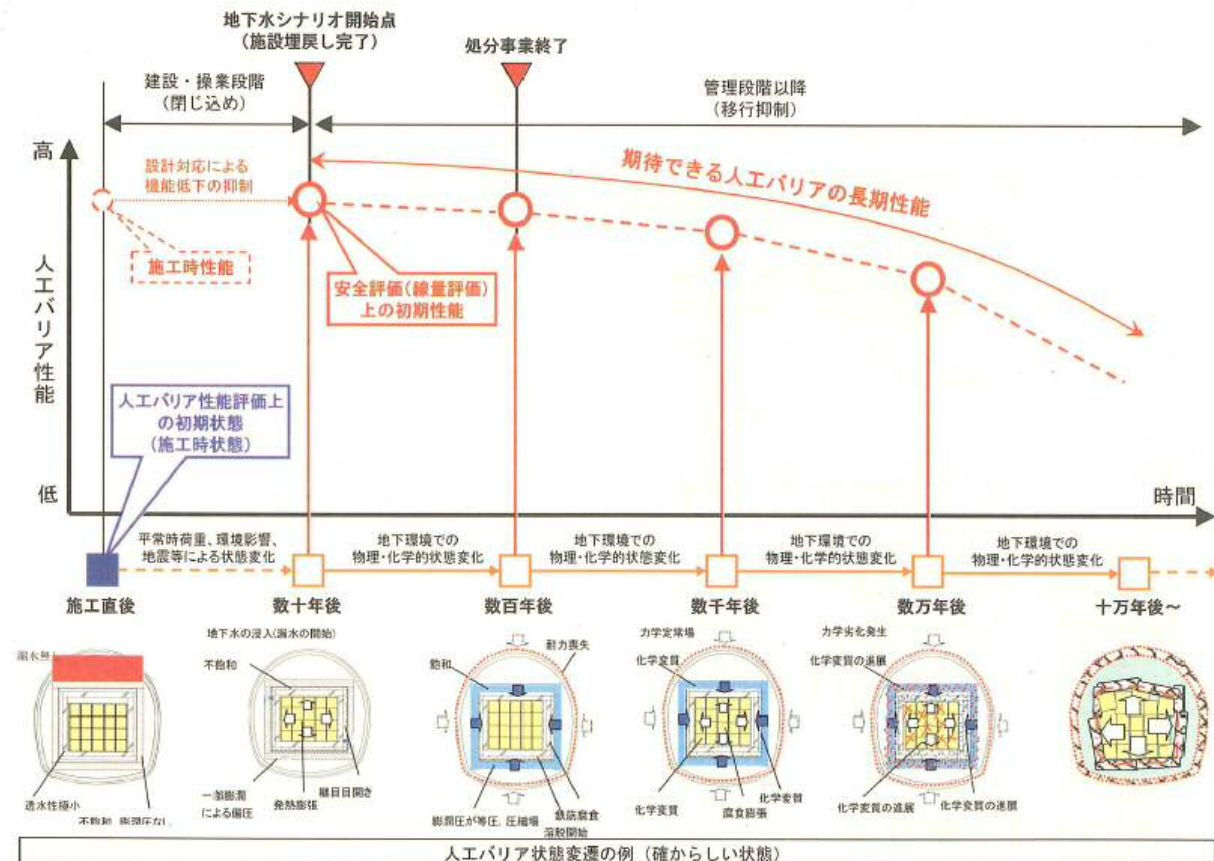
④人工バリアの検討 ～長期変動の概要～

- 余裕深度処分対象廃棄物の放射性物質濃度は高いため、浅地中処分施設と比較して、より性能の良い人工バリアの設計が必要
- 人工バリアの長期的な性能は安全評価に対して大きな影響

- 人工バリアの安全性を確保する上で考慮すべき現象が適切に抽出されていること
- 抽出した現象の人工バリアへの影響が十分に把握されていること

- 現状の技術で合理的に達成できる範囲において高い性能を確保し、長期的な現象に対して十分な対応が図られた設計である必要性
- 安全評価においては、これらの長期的な性能変化を十分に把握する必要性

※影響事象はP32(影響事象の抽出[2/2])を参照



出典: 社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会 (2009)、「余裕深度処分における地下施設の設計、品質管理及び検査の考え方」

④人工バリアの検討 ～長期的性能変動の予測～

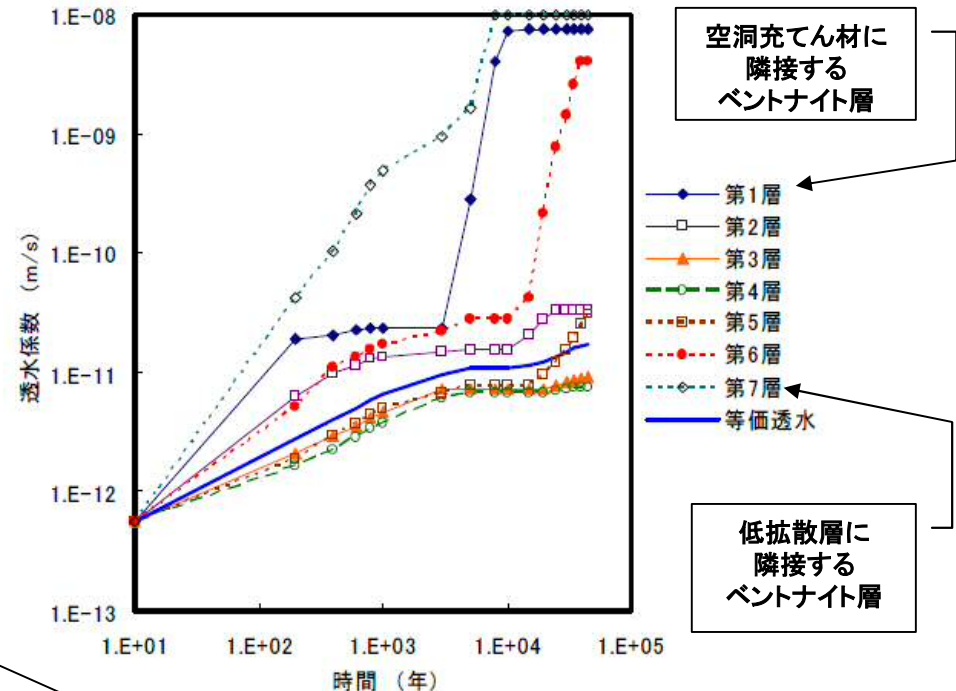
ロジックツリー等の検討から人工バリア部材の主要な安全機能を抽出

安全機能に着目した試験や解析の実施

(例: ベントナイト層の透水係数の長期的な変遷に関する解析を実施、右図)

試験や解析の結果を踏まえ、その安全機能の長期状態変遷を推定

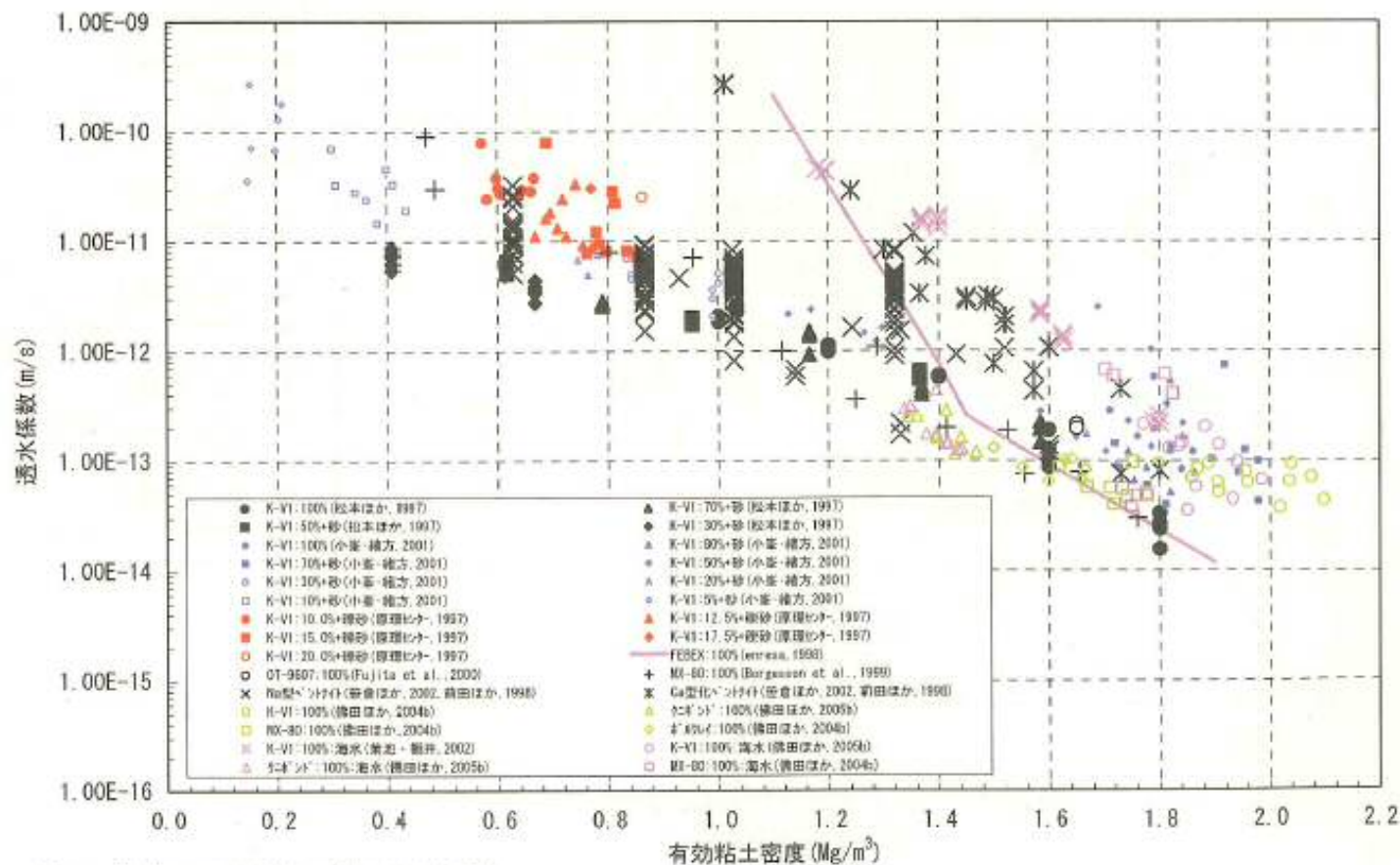
- ・セメント系材料に接する第1層及び第7層は、ベントナイト層のうち低透水性を示すモンモリロナイト成分等の溶解により、透水係数が増加
- ・中央部は変質しないため、全体としては、埋め戻し終了後1万年程度までは、要求される透水係数 $1.0E-11$ m/sを下回ると推測



ベントナイト層透水係数の時間変動解析結果

出典: 加藤 和之 他(2006)、「余裕深度処分の技術的な信頼性構築に向けた検討状況について」、原子力バックエンド研究Vo.13 No.1

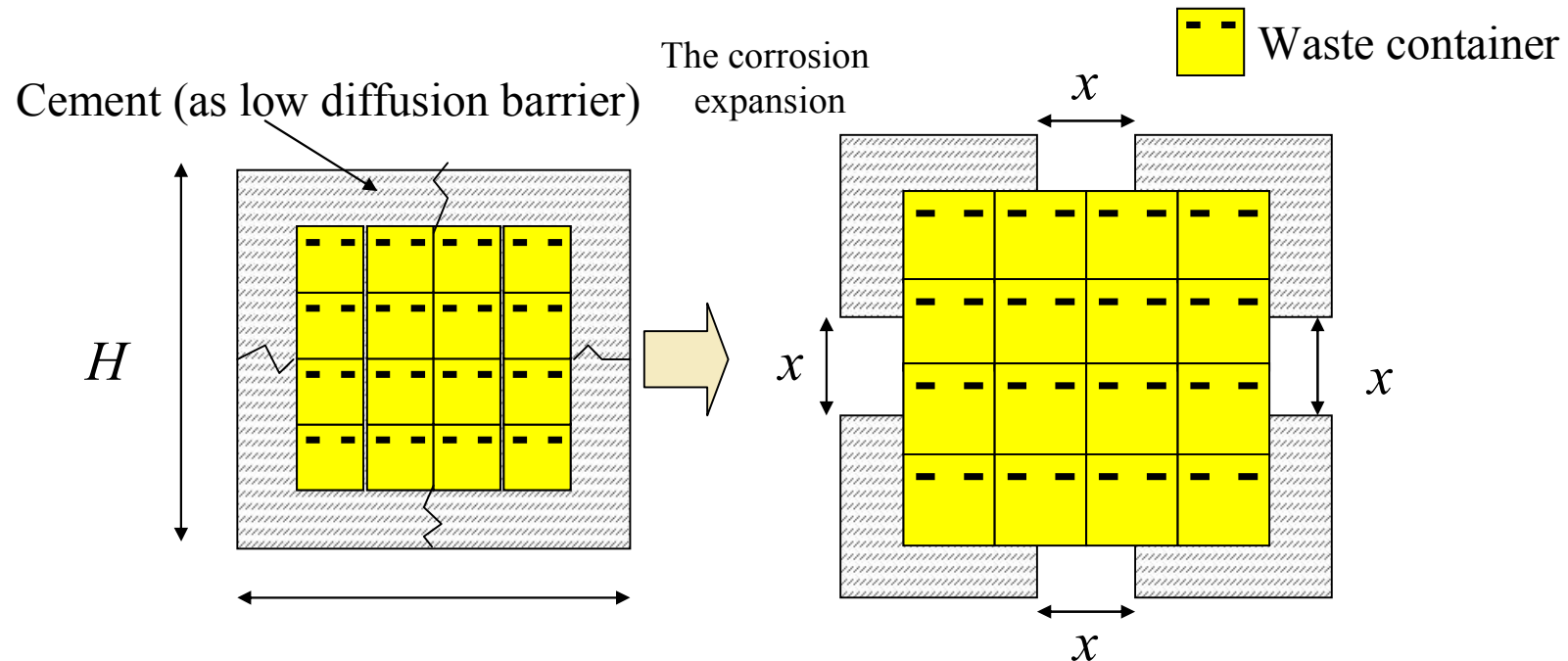
④人工バリアの検討 ～設計(施工仕様)検討～



試験結果や文献等に加えて、現場施工性や長期状態変動による性能低下の観点を検討し、要求パラメータを達成する施行仕様等を決定していく。

出典: 社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会 (2009)、「余裕深度処分における地下施設の設計、品質管理及び検査の考え方」

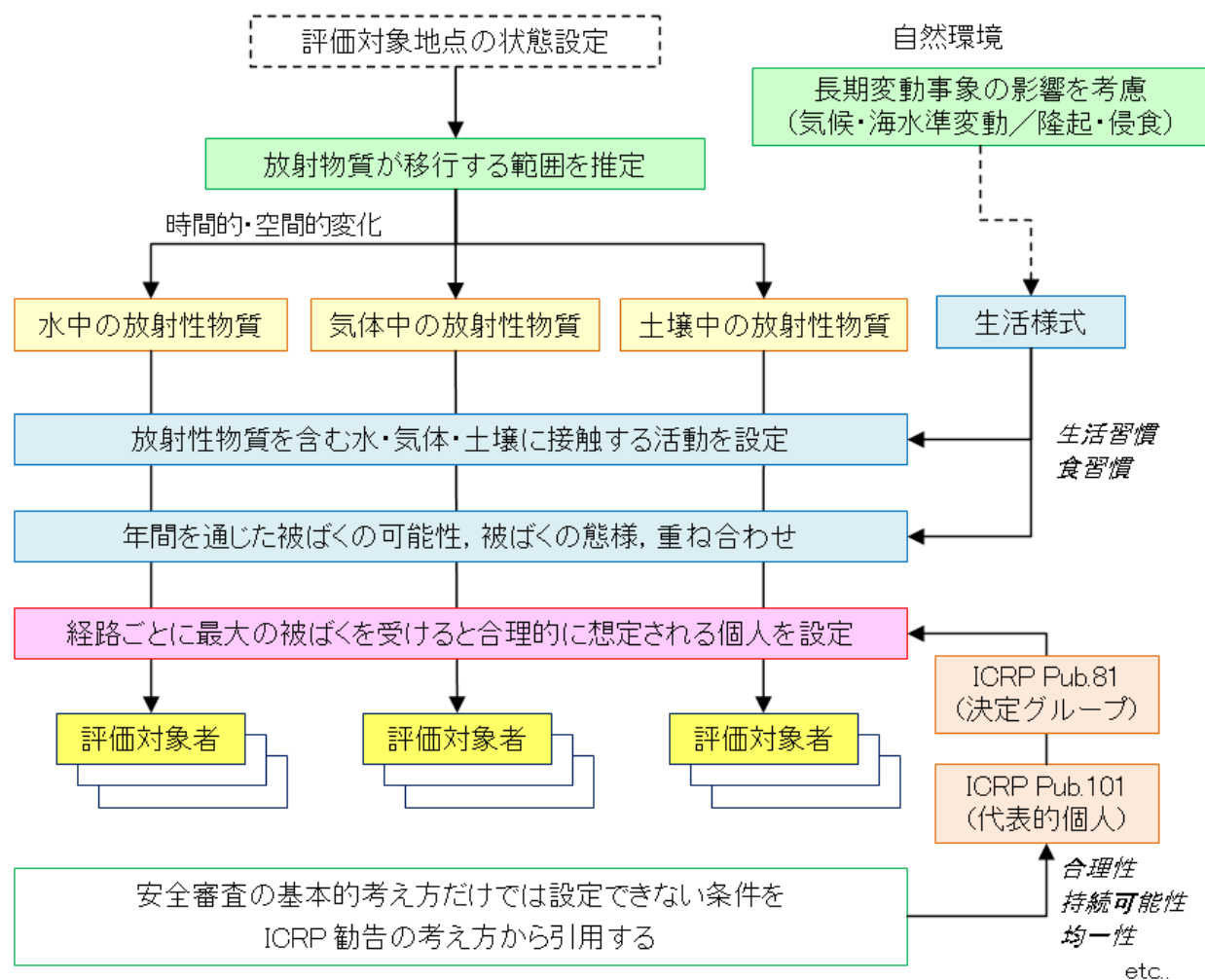
④人工バリアの検討 ～低拡散層のひび割れ～



- ・鋼製の廃棄体の腐食膨張による低拡散層のひび割れ発生を考慮
- ・腐食膨張に伴う低拡散層の長期力学的解析によりひび割れ進展の変遷を把握
- ・解析の不確実性を踏まえて低拡散層のひび割れを簡易モデル化し安全評価に反映

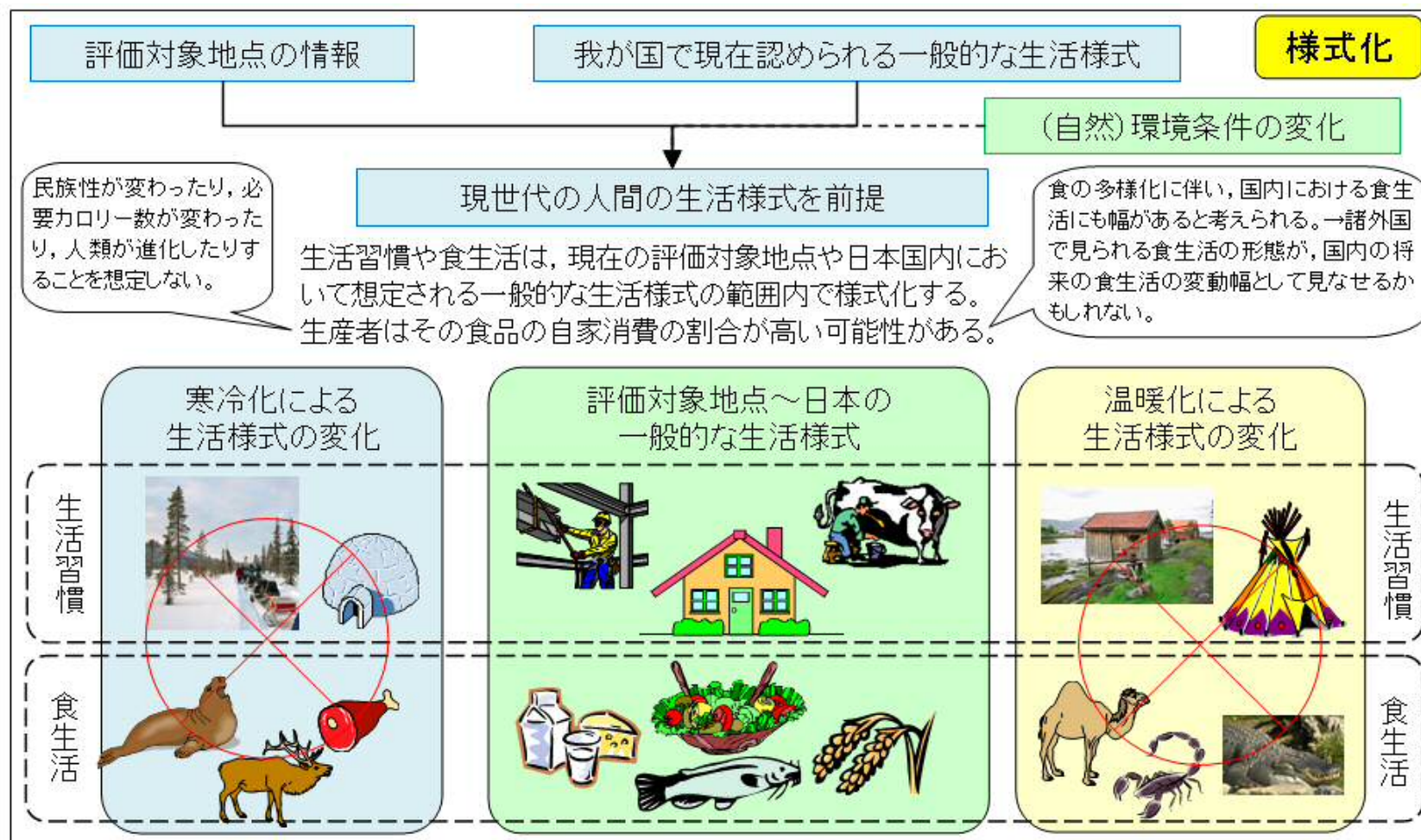
出典: Tomofumi Shimizu(2007), "Development of Safety Assessment for Radioactive Waste Disposal", Global2007

⑤評価対象者の検討 ～検討フロー～



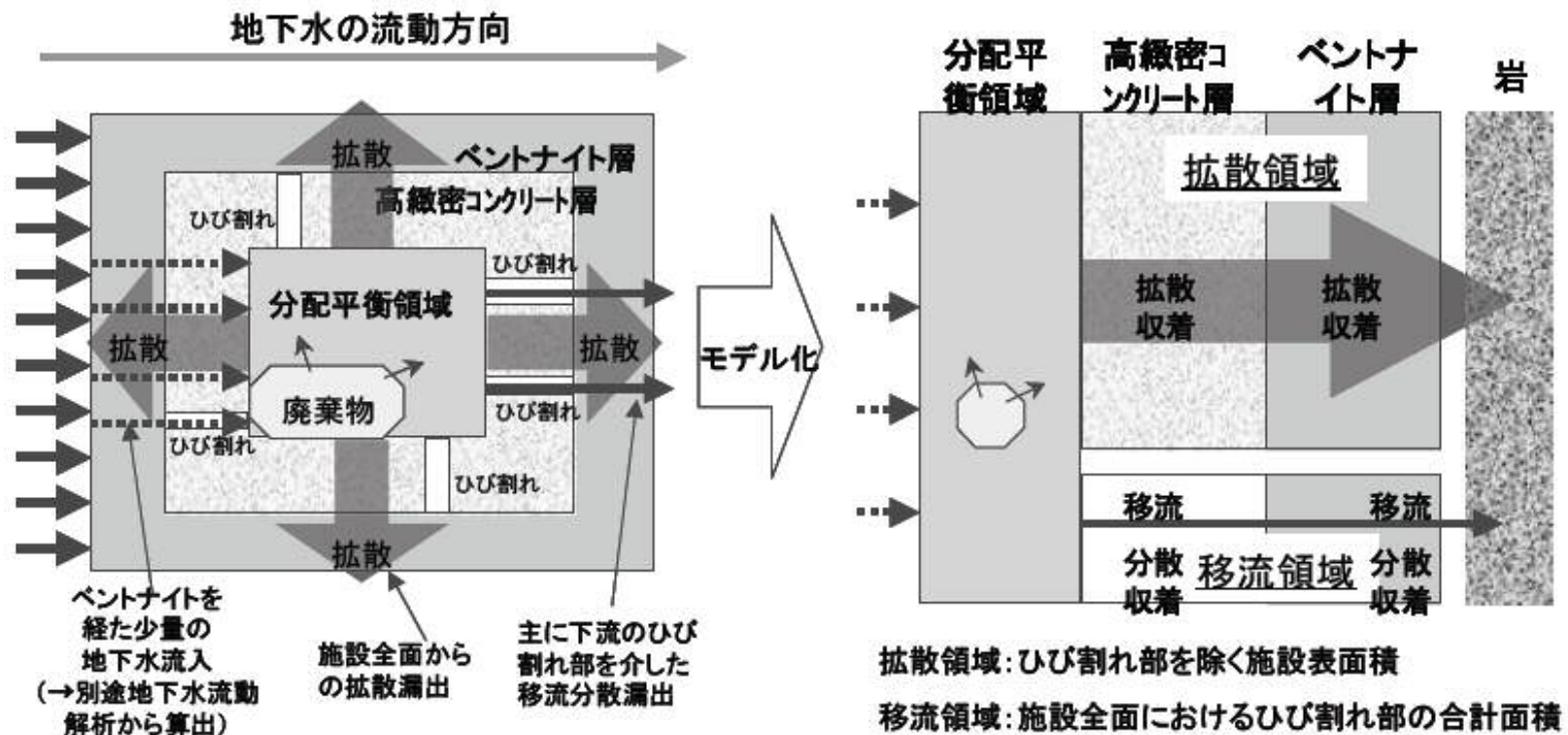
出典：日本原子力学会標準「浅地中ピット処分の安全評価手法：201X(案)」、AESJ-SC-F0XX:201X（公衆審査版）

⑤評価対象者の検討 ～生活様式の検討～



出典: 日本原子力学会標準「浅地中ピット処分の安全評価手法:201X(案)」, AESJ-SC-F0XX:201X (公衆審査版)

⑥安全評価の実施 ～核種移行のモデル化～

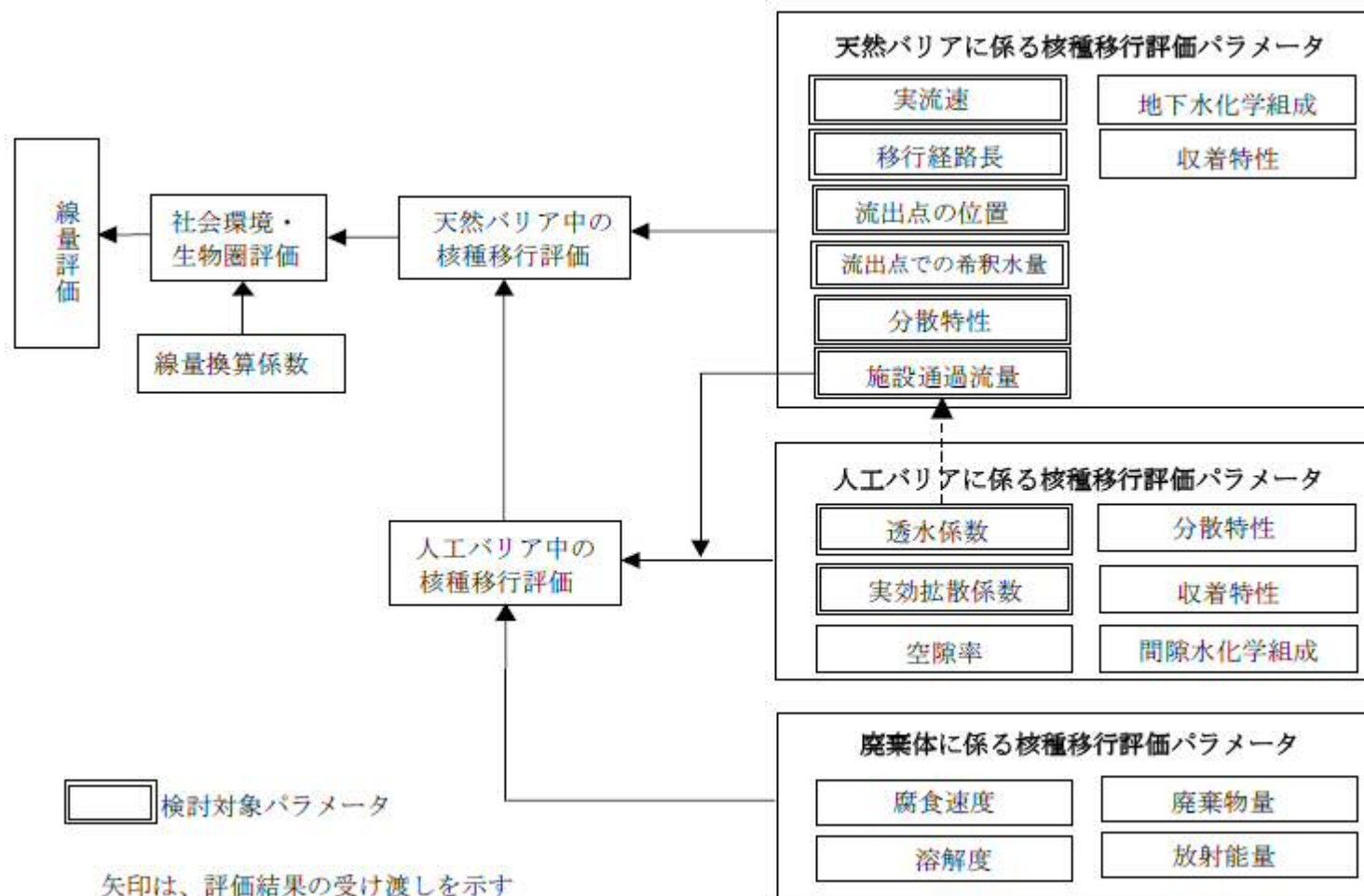


＜想定される人工バリアの状況＞

＜人工バリアのモデル化＞

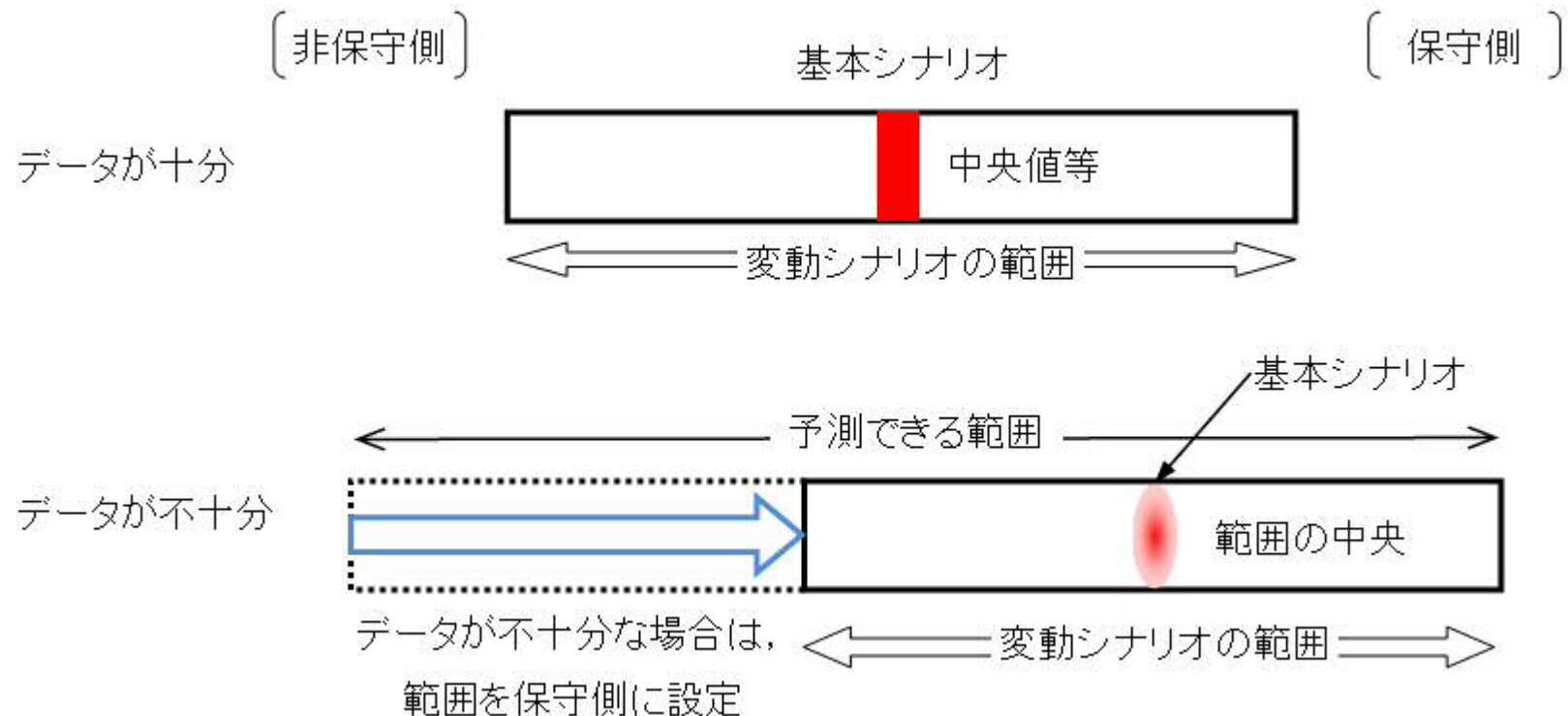
出典: 加藤 和之 他(2006)、「余裕深度処分の技術的な信頼性構築に向けた検討状況について」、原子力バックエンド研究Vo.13 No.1

⑥安全評価の実施 ～評価パラメータの関係～



出典: 社団法人土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会(2008)、
「余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方」

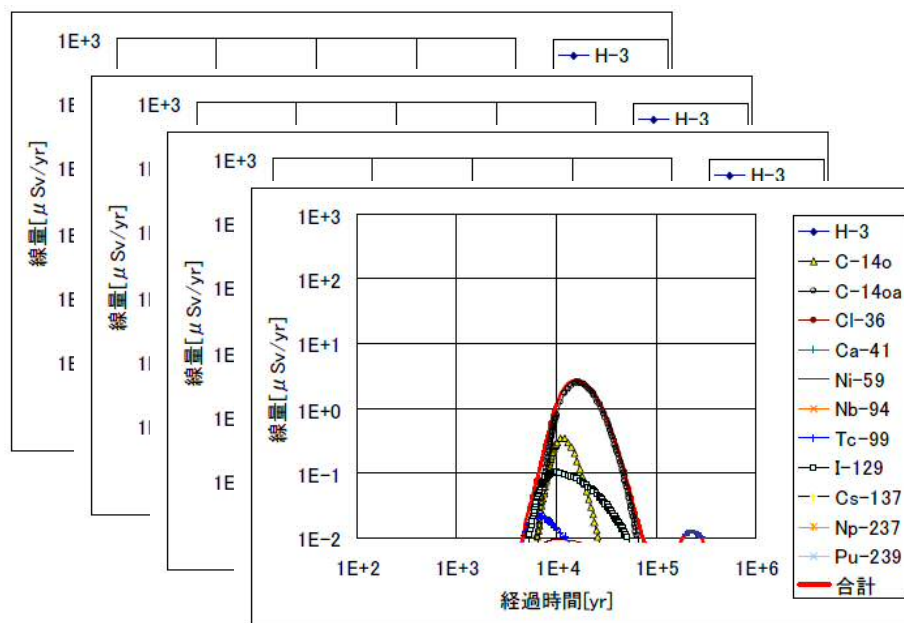
⑥安全評価の実施 ～パラメータ設定の考え方～



出典：日本原子力学会標準「浅地中ピット処分の安全評価手法：201X(案)」、AESJ-SC-F0XX:201X、(公衆審査版)

⑥安全評価の実施 ～結果の取扱～

評価対象者の被ばく経路毎の
線量被ばくを重ね合わせ



適切な施設設計、状態
評価、シナリオ設定等
を行ったうえで線量評価を
行い、各シナリオのめや
す線量を下回ることを確
認する。

めやす線量超過

結果の分析を行い人工バリア要
求性能等に係る再インプット情報
を得た後、設計のやり直し

出典: 加藤 和之 他(2006)、「余裕深度処分の技術的な信頼性構築に向けた検討状況について」、原子力バックエンド研究Vo.13 No.1



(3)余裕深度処分の検討状況 まとめと課題

- 「新指針」の要求事項であるシナリオ区分、長期状態設定、評価対象者、パラメータ等に対する検討を実施。
- 基本／変動／稀頻度／人為事象の区分を考慮したシナリオ設定手法を検討中。また、主要な影響事象の抽出と、影響事象の長期的な変動を踏まえた施設の長期状態設定に関する検討を実施中。
- 確からしいパラメータの設定手法について検討中。今後の課題として、基本／変動シナリオにおけるパラメータの使い分け等についても検討を行う。
- 今後も評価の妥当性や信頼性の向上に努めるとともに、知識管理などの方策について検討していく。



御清聴ありがとうございました。

Thank you!!

