

実践講義2：低レベル放射性廃棄物 処分に関する検討・実施状況

2015年11月8日

日本原燃株式会社 埋設事業部

土木技術G 大野真知子

目次



1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
4. 余裕深度処分の検討状況

低レベル放射性廃棄物の区分(1/2)

原子力発電所・再処理工場などのサイクル施設

低レベル放射性廃棄物

高レベル放射性廃棄物
(ガラス固化体)

放射能レベルの
極めて低い廃棄物



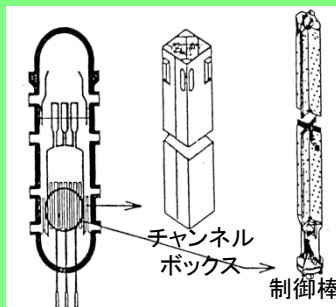
コンクリートなど

放射能レベルの
比較的低い廃棄物



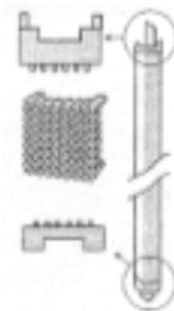
廃液、フィルター、廃材などを固形化したもの

放射能レベルの
比較的高い廃棄物



炉内構造物、
制御棒など

放射能レベルが比較的
高く長寿命核種が比較
的多く含まれる廃棄物



燃料棒の部品など

浅地中トレンチ
処分

浅地中ピット
処分

余裕深度
処分

地層処分

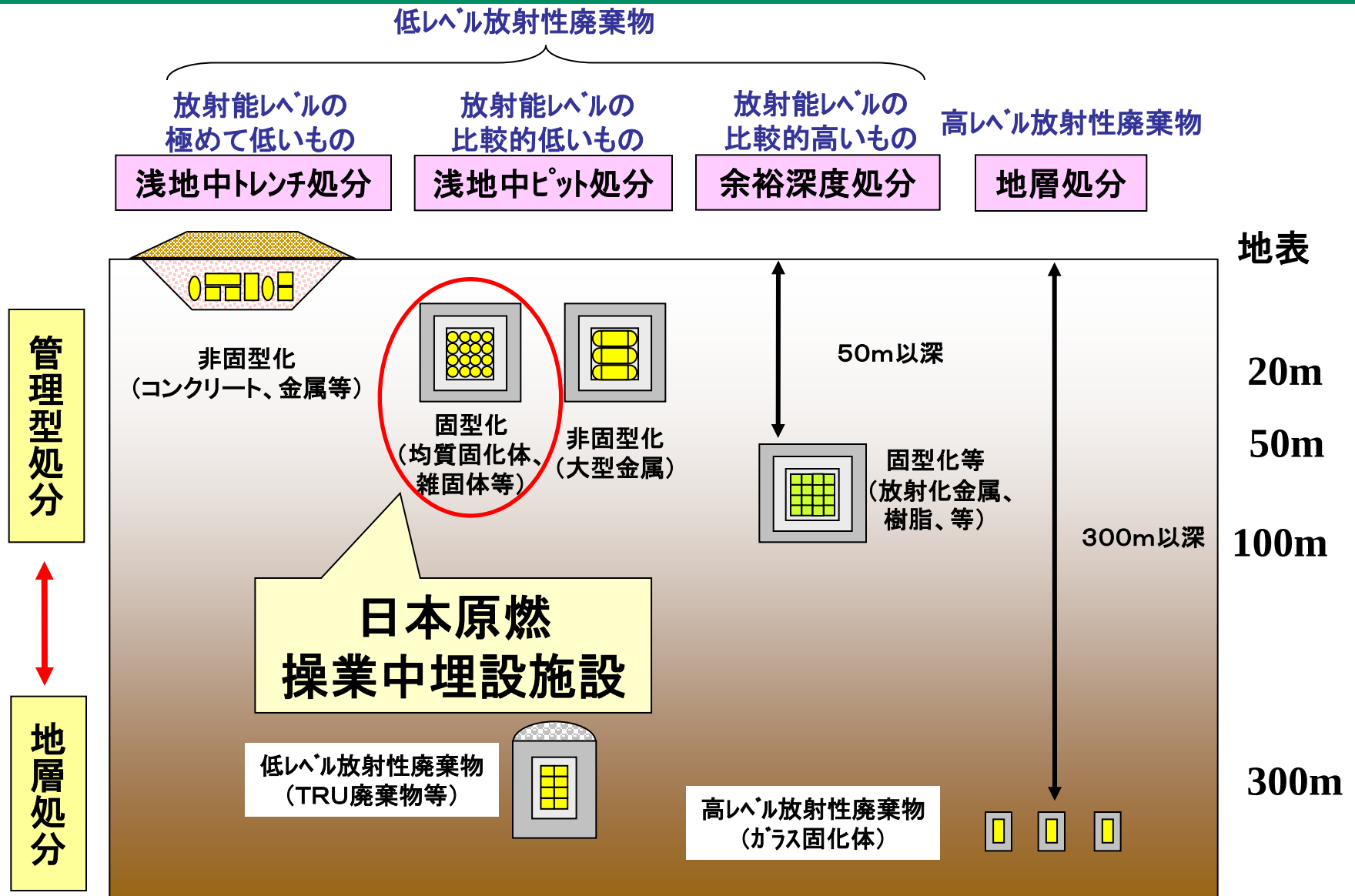
低レベル放射性廃棄物の区分(2/2)



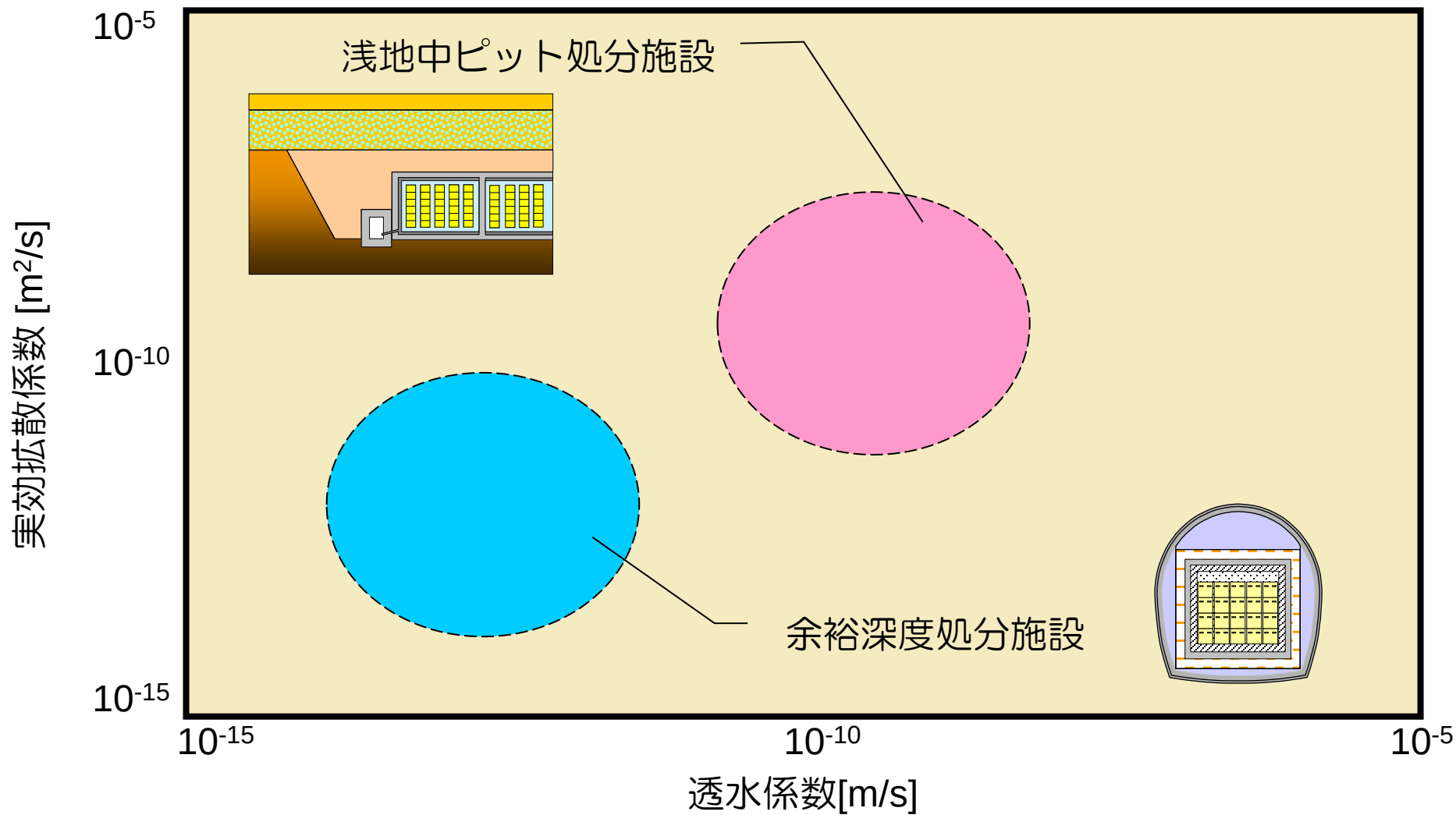
廃棄物の種類			発生施設	主な廃棄物の形態(添付2参照)	処分方法(例)
高レベル放射性廃棄物			再処理施設など	ガラス固化体など	地層処分
低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの比較的高い廃棄物	原子力発電所	使用済制御棒、チャンネルボックス、炉内構造物など	余裕深度処分
		放射能レベルの比較的低い廃棄物		濃縮廃液、使用済樹脂、金属類、解体機器・配管、廃コンクリートなど	浅地中ピット処分
		放射能レベルの極めて低い廃棄物		コンクリート、金属など 解体機器・配管、廃コンクリートなど	浅地中トレンチ処分
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物(TRU廃棄物)		再処理施設、MOX燃料加工施設	ハル・エンドピースなど 使用済燃料チャンネルボックス、バーナブルポイズンなど 焼却灰、金属廃材、廃コンクリートなど	濃度に応じて、地層処分、余裕深度処分、浅地中処分 ※
	ウラン廃棄物		加工施設	スラッジ、使用済フィルタ、金属廃材、解体廃材、廃コンクリートなど	濃度に応じて、地層処分、余裕深度処分、浅地中処分 ※
	研究施設等廃棄物		研究施設、病院等研究開発原子炉	洗浄廃水、解体廃材、廃コンクリートなど	余裕深度処分、浅地中処分※
放射性廃棄物として扱う必要のないもの(クリアランス物)			上記の各施設	上記施設で発生するもので、放射性物質の濃度が極めて低く、特段の対策を施さなくても人間環境への放射線による影響を考慮する必要のないもの	再利用／一般の物品としての処分
放射性廃棄物でない廃棄物(NR)				上記施設で発生するもので、放射性物質に汚染等の蓋然性がないもの	

※具体は今後検討

放射性廃棄物埋設方法



バリア性能の違い



目次



1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
4. 余裕深度処分の検討状況

主な審査指針の変遷



①1988年旧指針(原安委)

「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17日原子力安全委員会(平成5年、平成13年、平成21年一部改訂)

対象:浅地中ピット処分、トレンチ処分⇒1号・2号埋設施設の安全審査

②2010年新指針(原安委)

「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」

平成22年8月5日原子力安全委員会

対象:余裕深度処分、浅地中ピット処分、トレンチ処分

③2013年新規制基準(規制庁)

「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」

平成25年11月27日原子力規制委員会

対象:浅地中ピット処分、トレンチ処分

④201×年新規制基準(規制庁)

「廃炉等に伴い発生する放射性廃棄物に係る事業許可基準」(骨子案)

平成27年1月26日～原子力規制委員会において検討中

対象:余裕深度処分

新規制基準の適用の考え方(1/5)



条 文	要求事項	従来規制※からの 要求事項変更の有無
第1条 (適用範囲)	・第二種廃棄物埋設の事業に係る廃棄物埋設施設(余裕深度処分に係るものを除く)について適用。 ・施設の設計、材料の選定、建設・施工及び検査に関して準拠する規格・基準を明らかにしておく。	有り (準拠規格・基準の材料の選定、 検査の要求を追加)
第2条 (定義)	・第二種廃棄物埋設の事業に関する規則において使用する用語の例による。	有り (第1段階～第3段階の区分や 周辺監視区域の設置時期など の記載がなくなった)
第3条 (廃棄物埋設 施設の地盤)	・安全性を確保するために必要な機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する 地震力が作用した場合でも十分に支持することができる 地盤に設ける。 ・変形(傾斜、撓み)した場合でも安全性が損なわれない 地盤に設ける。 ・変位(活断層)が生ずるおそれのない地盤に設ける。	有り (要求内容の明確化)
第4条 (地震による 損傷の防止)	・地震力に十分に耐えることができる。 ・地震力は、廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する。 ・耐震重要度クラスはBクラス又はCクラスに分類する。	有り (要求内容の明確化)

新規制基準の適用の考え方(2/5)



条 文	要求事項	従来規制※からの 要求事項変更の有無
第5条 (津波による 損傷の防止)	・津波に対して安全性が損なわれるおそれがない。	有り (要求内容の追加)
第6条 (外部からの 衝撃による損 傷の防止)	・想定される自然現象(地震、津波を除く)が発生した場合でも安全性を損なわない。 ・人為によるもの(故意によるものを除く)に対して安全性を損なわない。	有り (自然現象の竜巻・火山の影響 等に対する要求を追加)
第7条 (火災等による 損傷の防止)	・火災又は爆発により安全性が損なわれない。(発生の防止、発生の早期の感知及び消火、影響の軽減を適切に組み合わせた措置を講ずる)	無し
第8条 (遮蔽等)	・平常時における廃棄物埋施設からの直接ガンマ線及びスカイシャイン線による事業所周辺の空間線量率が十分に低減できるものである(ALARAの考え方の下、実効線量で $50 \mu \text{Sv/y}$ 以下)。 ・放射性物質の飛散防止のための措置を講じたものである。 ・放射線業務従事者が業務に従事する場所の放射線量を低減できるものである。	有り (目標数値の明確化)

新規制基準の適用の考え方(3/5)



条 文	要求事項	従来規制※からの 要求事項変更の有無
第9条 (異常時の放射線障害の防止等)	・異常が発生した場合でも事業所周辺の公衆の放射線障害を及ぼさないものである。(発生事故・異常につき5mSv以下) ・廃棄物の受入の開始の日から廃止措置開始の日の前日までの期間中(ピット処分:埋設の終了後300~400年以内)、廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものである。(基本シナリオ、変動シナリオ、基本・変動シナリオ以外の自然現象及び人為事象シナリオ。基準線量は、$10\mu\text{Sv/y}$以下、$300\mu\text{Sv/y}$以下、1mSv/y以下。)	有り (評価シナリオ区分、シナリオ区分毎の基準線量の変更)
第10条 (廃棄物埋設地)	・廃棄物埋設地の外への放射性物質の異常な漏えいを防止する機能を有する(受入れの開始から廃止措置の開始まで)。 ・埋設が終了するまでの期間、放射性物質を廃棄物埋設地の限定された区域に閉じ込める機能を有する。 ・埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全性を損なわない。	無し

新規制基準の適用の考え方(4/5)



条 文	要求事項	従来規制※からの 要求事項変更の有無
第11条 (放射線管理施設)	・放射線から放射線業務従事者を防護するため、線量を監視・管理する設備を設ける(監視期間は受入れの開始から廃止措置の開始まで)。 ・事業所及びその境界付近の放射性物質の濃度及び線量を監視・管理する設備を設ける(監視期間は受入れの開始から廃止措置の開始まで)。 ・放射線防護のための必要な情報を必要な場所に表示できる設備を設ける。	有り (監視期間が廃止措置の開始まで延長、情報の表示設備の設置に対する要求を追加)
第12条 (廃棄施設)	・必要に応じて、埋設に伴う発生する放射性廃棄物を処理する能力を有する廃棄施設を設ける。 ・十分な容量を有する放射性廃棄物を保管廃棄する施設を設ける。	無し

新規規制基準の適用の考え方(5/5)

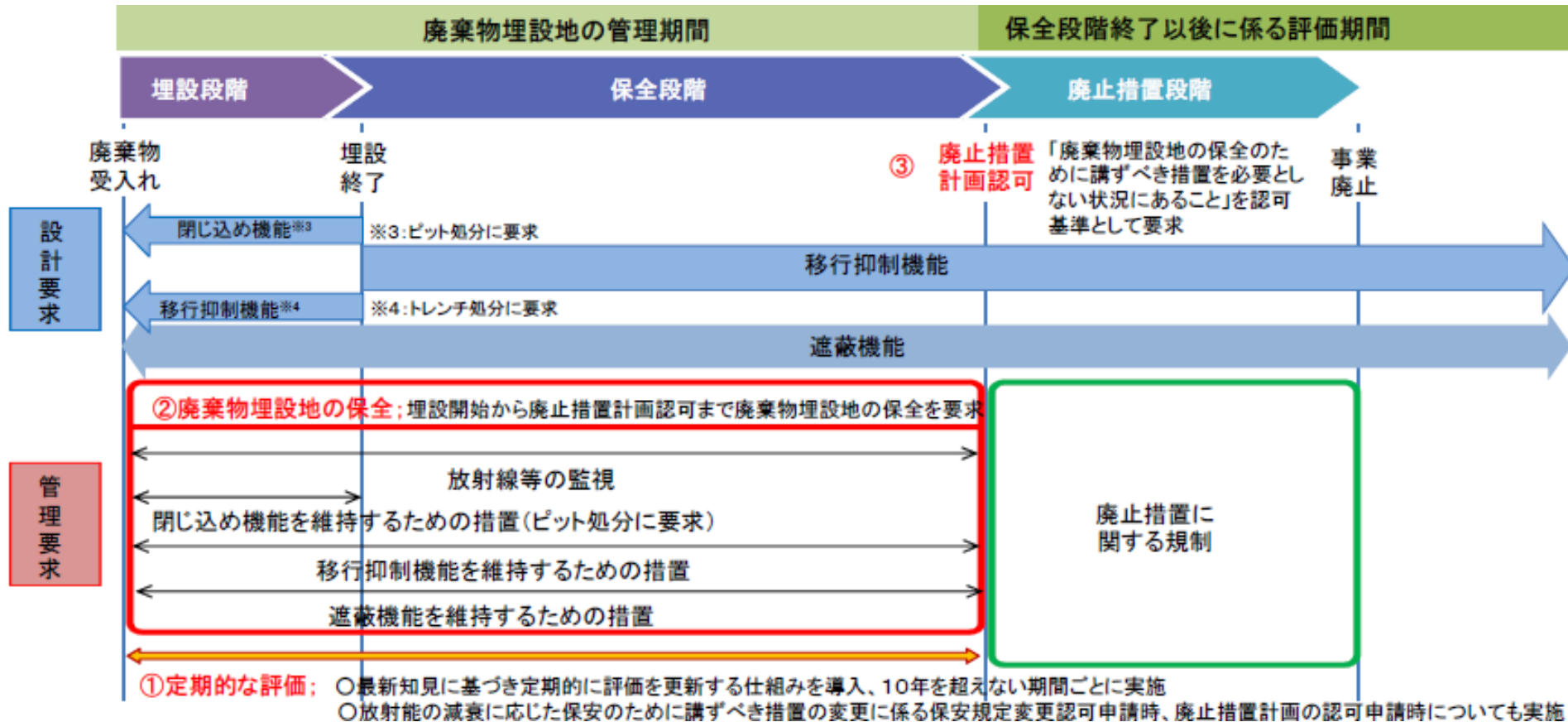


条 文	要求事項	従来規制※からの 要求事項変更の有無
第13条 (地下水の 水位等の監 視設備)	・地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周辺の状況(事業規則に規定する定期的な評価等に必要なデータを取得するため、人工バリア及び天然バリアの機能に関する地下水の状況等)を監視・測定する設備(第11条の監視・測定設備を除く)を設ける(監視期間は受入れの開始から廃止措置の開始まで)。	有り (新規の要求内容)
第14条 (予備電源)	・外部電源系統からの電気の供給が停止した場合、監視設備その他安全上必要な設備に使用することができる予備電源を備える。	無し
第15条 (通信連絡 設備等)	・異常が発生した場合、事業所内の人に対し必要な指示ができるよう警報装置及び通信連絡設備を設ける。 ・異常が発生した場合、事業所外の必要な場所と通信連絡ができるよう通信連絡設備を設ける。 ・事業所内の人退避のための設備を設ける。	有り (新規の要求内容)

※:従来規制は、1・2号埋設施設の許可当時の原子力安全委員会の「廃棄物埋設施設の安全審査に係る基本的考え方」とした。

新規制基準のポイント

○第二種廃棄物埋設に関して、主に図中①②③の見直しが実施された。



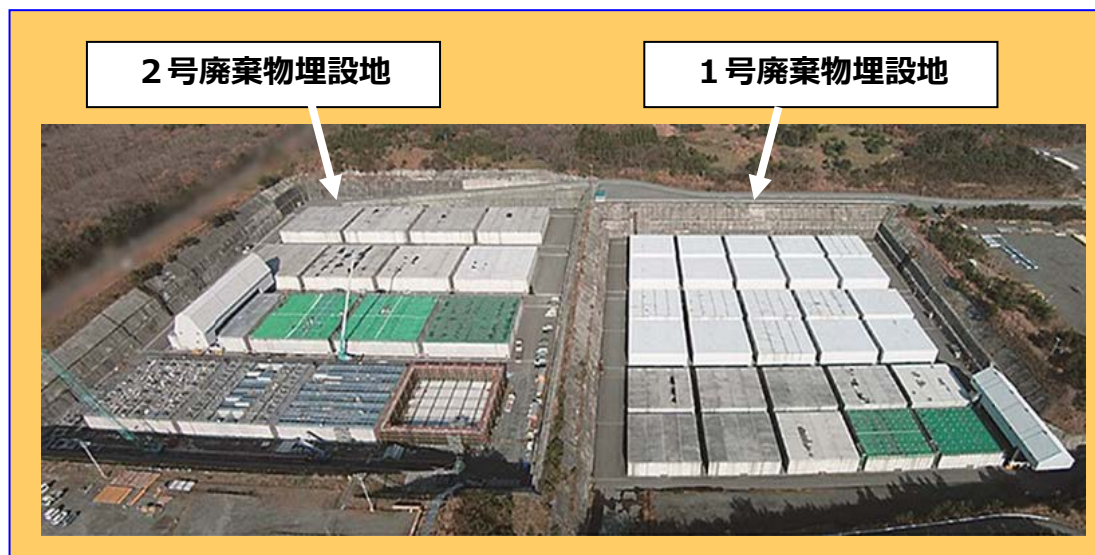
※1; 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則〔平成二十五年十二月六日号外原子力規制委員会規則第三十号〕

※2; 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則〔昭和六十三年一月十三日号外総理府令第一号〕

1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
 - 操業中の施設概要
 - 埋設施設の設計と主要機能
 - 埋設施設の立地条件
 - 長期の状態設定
 - 安全評価
4. 余裕深度処分の検討状況

施設概要

比較的放射能レベルの低い廃棄物



事業用地面積 約360万m²
(ウラン濃縮工場用地、専用道路含む)

1, 2号廃棄物埋設地の全景 (2014年11月現在)

《処分能力》

- 1号埋設地 4万m³ (200ℓドラム缶20万本相当)
対象廃棄物 均質・均一固化体
- 2号埋設地 4万m³ (200ℓドラム缶20万本相当)
対象廃棄物 充填固化体

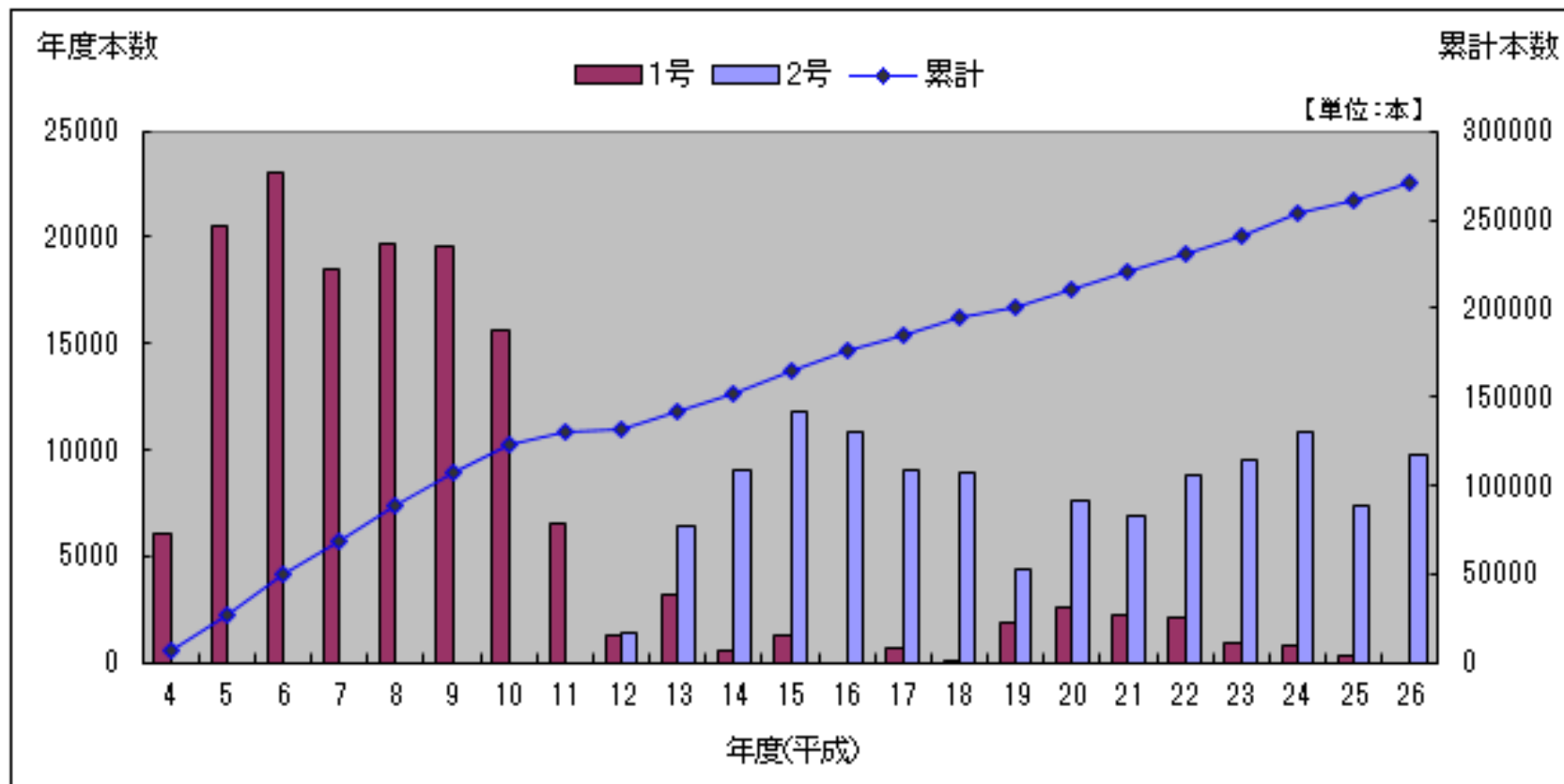
《構築状況》

- 1号埋設設備 全8群中6群まで完成
(200ℓドラム缶15万本相当)
 - 2号埋設設備 全8群中6群まで完成
(200ℓドラム缶15万本相当)
- ※ 2013年3月～ 7群・8群の構築工事開始

操業状況



● 1, 2号廃棄体受入れ実績(2015年2月末現在)



1号廃棄物埋設施設

受入本数: 累計 147,507本

埋設本数: 累計 147,507本

2号廃棄物埋設施設

受入本数: 累計 122,872本

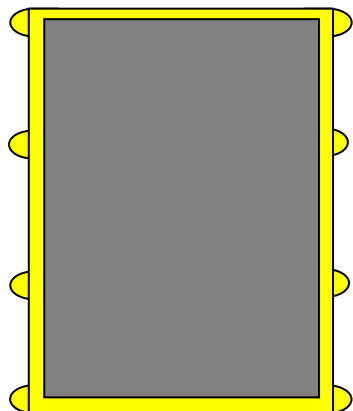
埋設本数: 累計 122,032本

埋設対象廃棄物

1号廃棄体

均質・均一固化体

原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物であって、**濃縮廃液**、**使用済樹脂**、**焼却灰**などをセメント、アスファルト、プラスチックを用いてドラム缶に均質・均一に練り混ぜて固型化する。



固型化のイメージ図

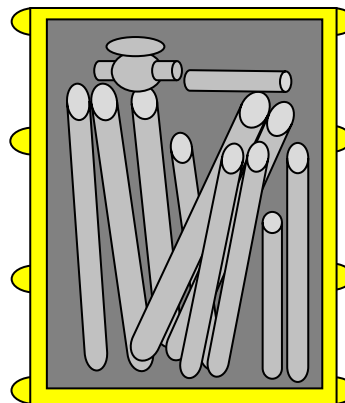


固型化方法（例）

2号廃棄体

充てん固化体

原子力発電所の運転に伴い発生した低レベル放射性廃棄物であって、**金属類**、**プラスチック**、**保温材**、**フィルター類**などの固体状廃棄物を分別し、必要に応じて切断・圧縮・溶融処理などを行い、ドラム缶に収納後、セメント系充てん材（モルタル）で一体となるように固型化する。



固型化のイメージ図



固型化方法（例）

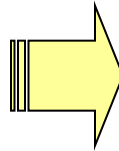
作業工程(受入れ)

管理建屋の受け入れからが、埋設の事業許可の範囲となります。

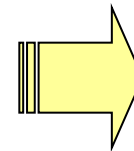
原子力発電所から低レベル放射性廃棄物埋設センターへ運ばれた廃棄体は、低レベル放射性廃棄物管理建屋内で輸送中に破損がなかったかどうか等の最終検査を行い、それぞれの埋設地に埋設します。



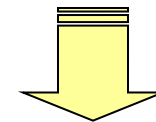
専用輸送船：青栄丸



むつ小川原港 輸送容器を陸揚げ



輸送トラックでの輸送



専用道路

原子力発電所

廃棄体の検査内容

- 表面汚染密度の測定
- 一軸圧縮強度の測定(1 号廃棄体のみ)
- 放射能濃度の測定
- 外観検査・線量当量率の測定
- 整理番号の貼付



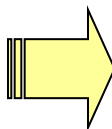
管理建屋へ搬入



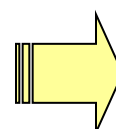
作業工程(一時貯蔵～払出し)



一時貯蔵



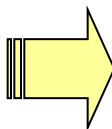
検査装置へ搬入



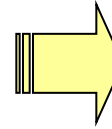
廃棄体検査
(外観目視検査、整理番号照合)



廃棄体仮置き



廃棄体払い出し

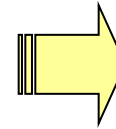


埋設地へ廃棄体を運搬

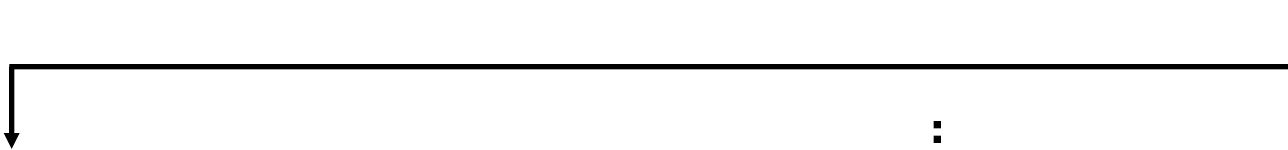
作業工程(定置~覆土)



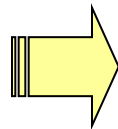
ピット内に廃棄体を定置



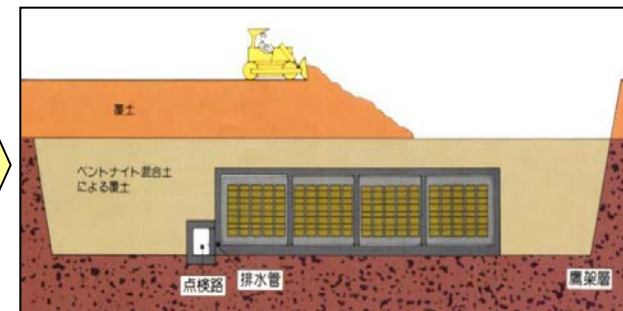
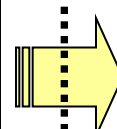
セメント系充てん材(モルタル)注入



上部ポーラスコンクリート設置



覆い(鉄筋コンクリート)を打設



覆土

1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
 - 操業中の施設概要
 - 埋設施設の設計と主要機能
 - 埋設施設の立地条件
 - 長期の状態設定
 - 安全評価
4. 余裕深度処分の検討状況

埋設施設の設計と安全機能

◆廃棄物埋設地の主要機能

廃棄体

- ・ 廃棄体定置時の耐荷機能
- ・ 閉じ込め機能
- ・ 移行抑制機能

充てん材

- ・ 遮蔽機能
- ・ 閉じ込め機能
- ・ 移行抑制機能

コンクリートピット

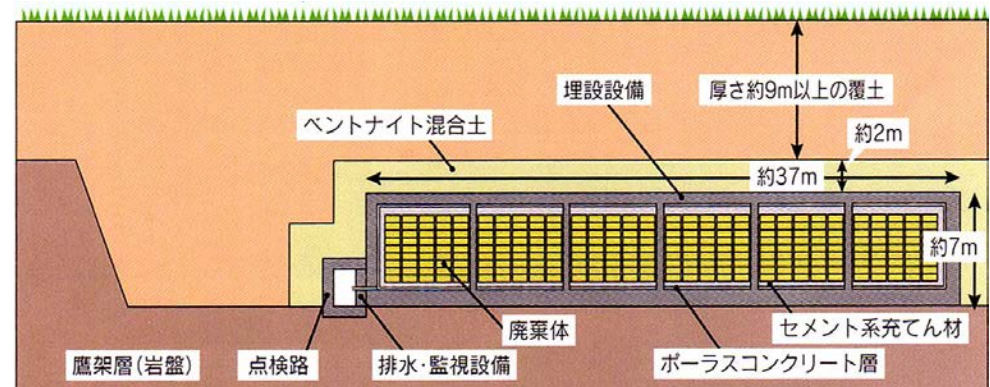
- ・ 建設・操業荷重の耐荷機能
- ・ 遮蔽機能
- ・ 閉じ込め機能
- ・ 移行抑制機能

排水・監視設備（ポーラスコンクリート層、排水管、点検路）

- ・ 集水機能

覆土（ベントナイト混合土、上部覆土）

- ・ 遮蔽機能
- ・ 移行抑制機能



◆附属施設の主要機能

建物(管理建屋)

- ・ 遮蔽機能

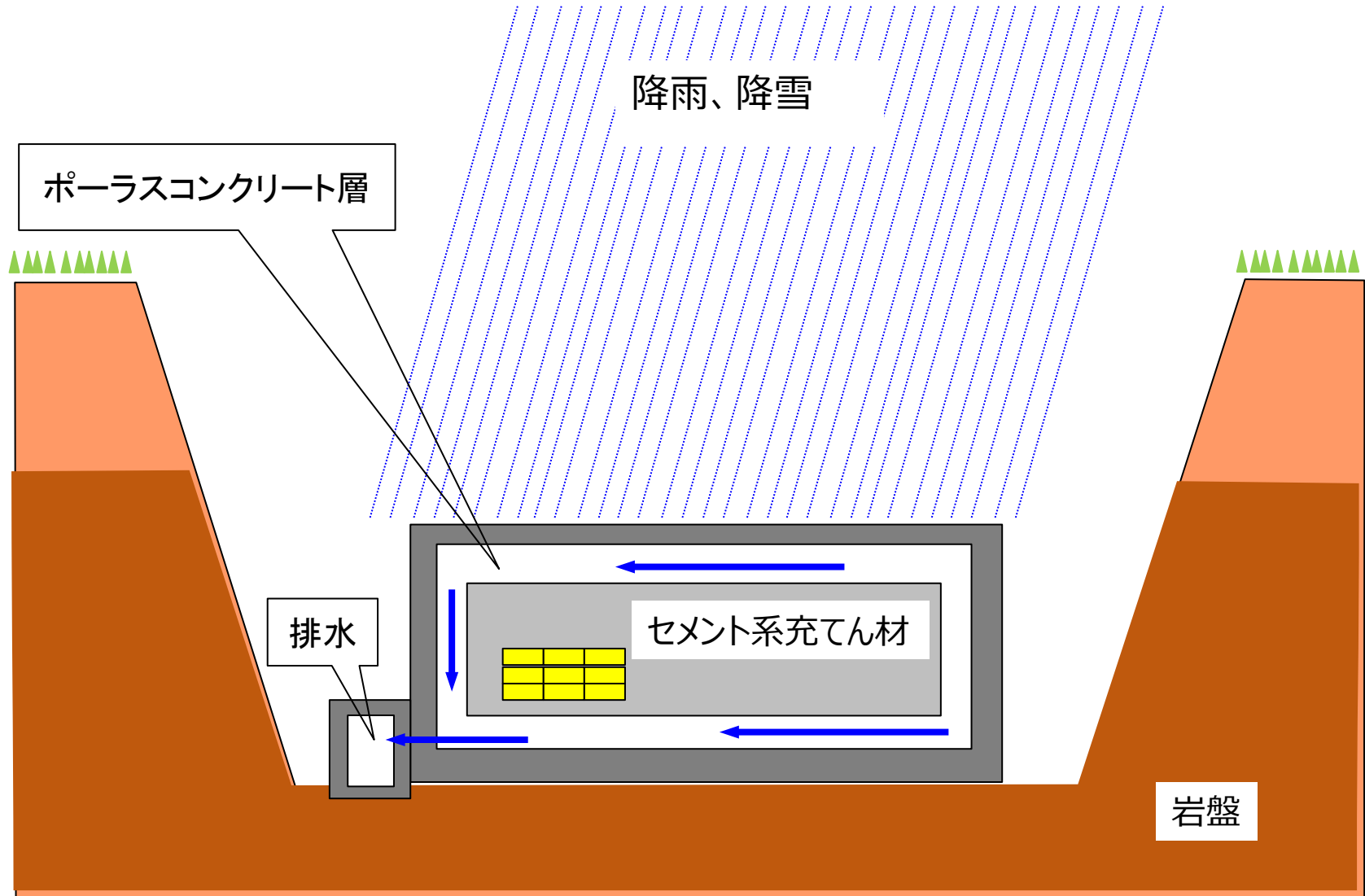
液体廃棄物の廃棄施設

- ・ 漏出拡大防止機能

[出典] (社)日本原子力学会 標準委員会 原子燃料サイクル専門部会

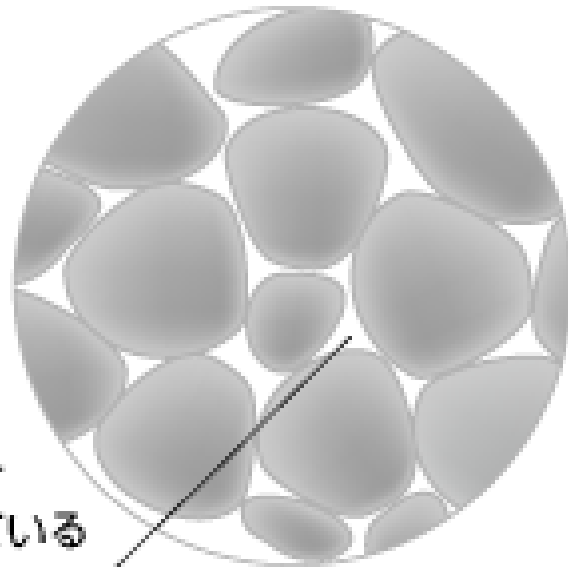
第1回 LLW処分安全評価分科会(2010年5月26日),「F16SC1-5 現行埋設施設の安全評価事例について」

放射性物質の漏出を抑える仕組み

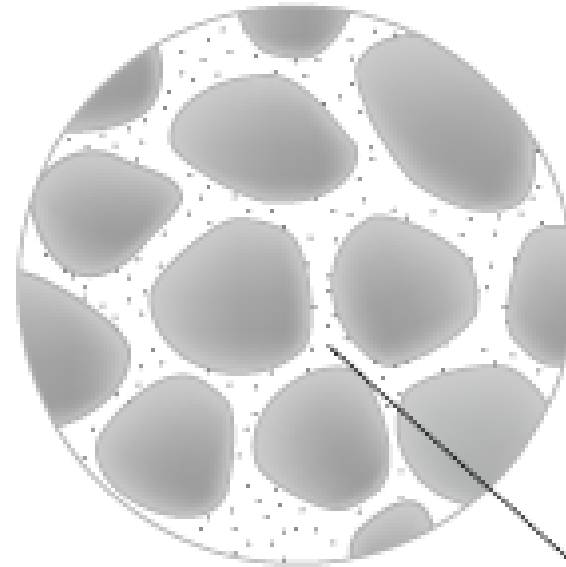


【参考】ポーラスコンクリートとは

ポーラスコンクリート



普通コンクリート



あえて水を通しやすい材料を使うことで
廃棄体に水が触れにくいような設計

1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
 - 操業中の施設概要
 - 埋設施設の設計と主要機能
 - 埋設施設の立地条件
 - 長期の状態設定
 - 安全評価
4. 余裕深度処分の検討状況

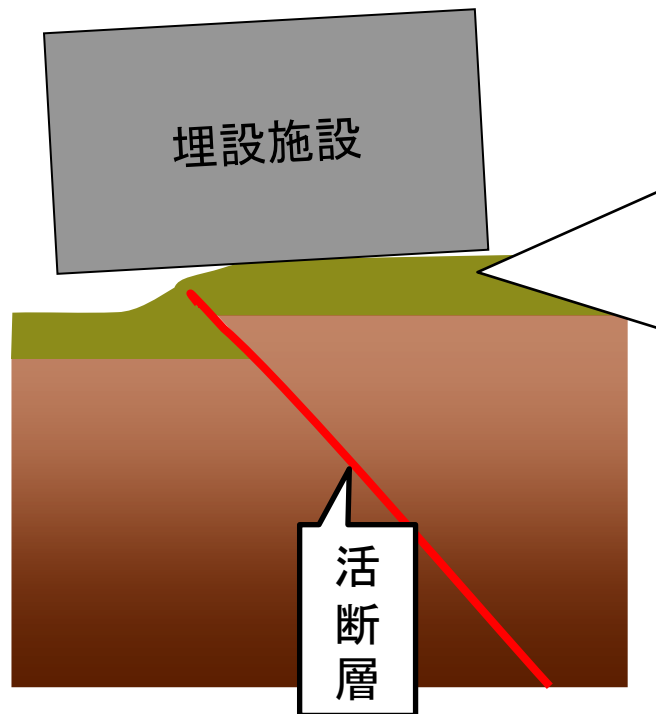
断層に関する検討

- ・変位が生ずるおそれがない地盤

⇒直下に活断層がないこと

- ・変形した場合においてもその安全性が損われるおそれがない地盤

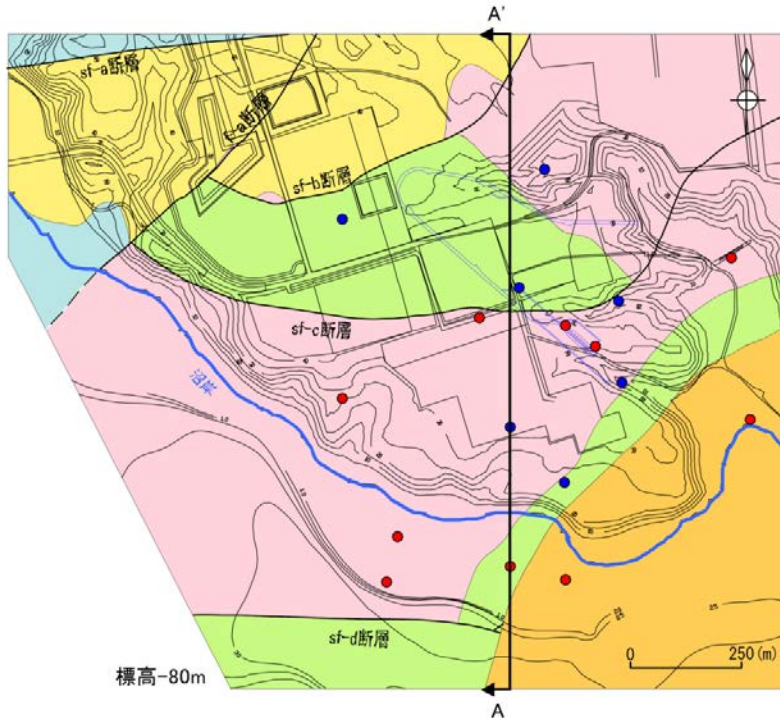
⇒施設に影響を及ぼすような大きい変形が発生しないこと



埋設施設の直下に活断層があった場合、埋設施設の安定性が保てない可能性がある。

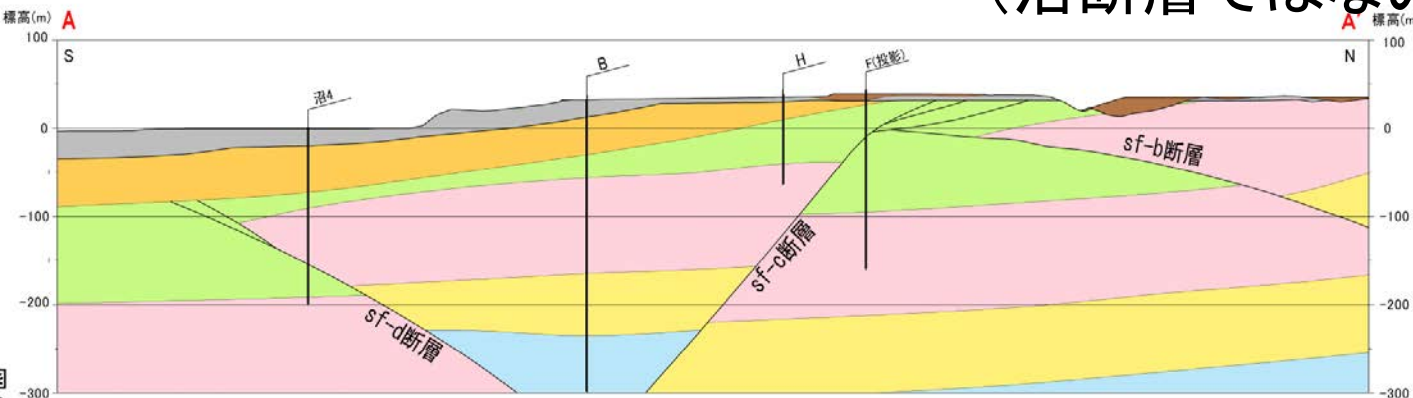
直下に活断層が無かった場合でも、施設に影響を与えるような変形が生じないか、調査が必要となる。

敷地内の地質・断層調査

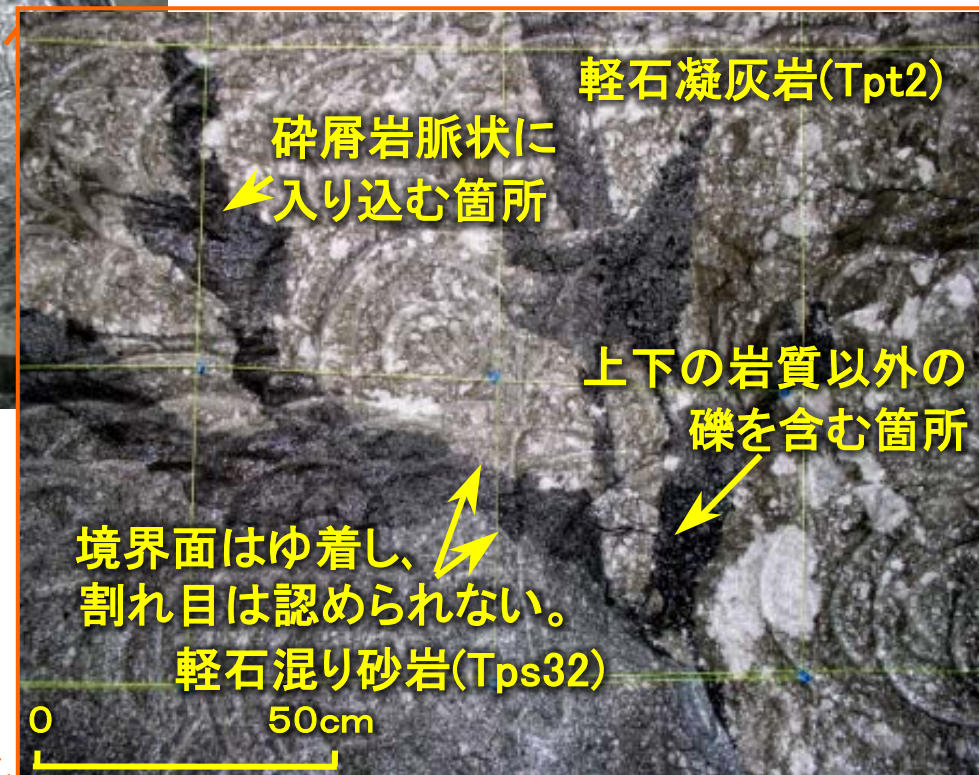
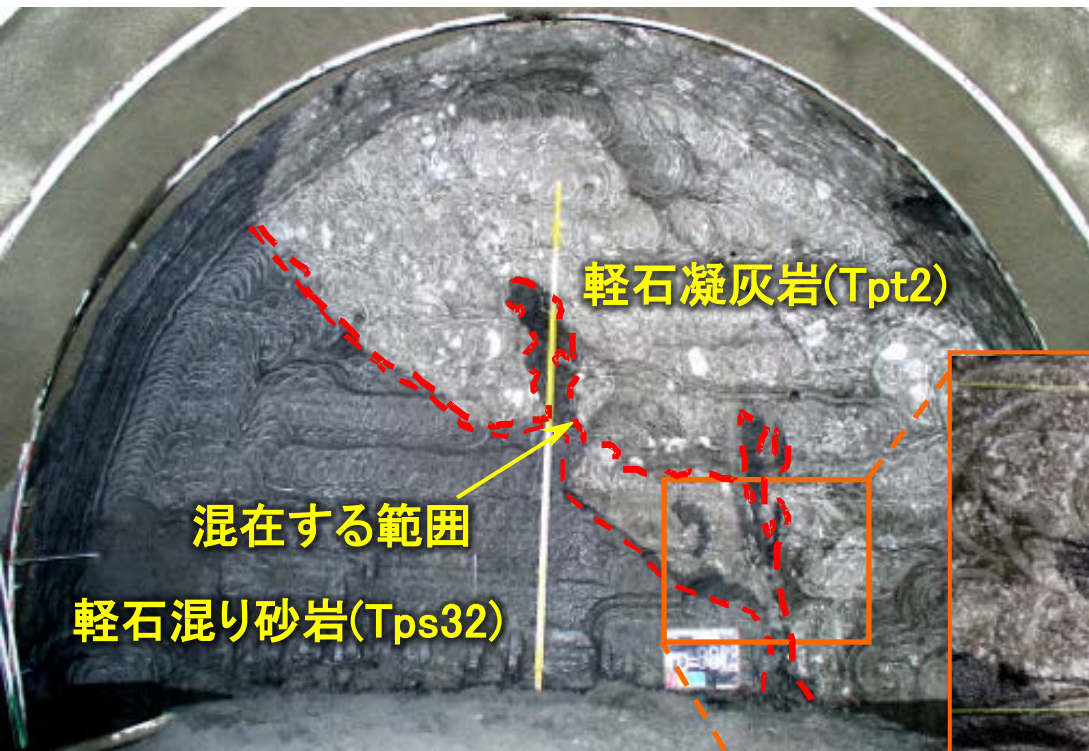


埋設地周辺の地質・地盤を調査し、
施設が設置可能であるか調査する

- 埋設地周辺の地質は十分な強度がある
- 複数の断層が確認されたが、
埋設地に影響(変位・変形)を
及ぼさない断層であることを確認
(活断層ではない堆積時断層)

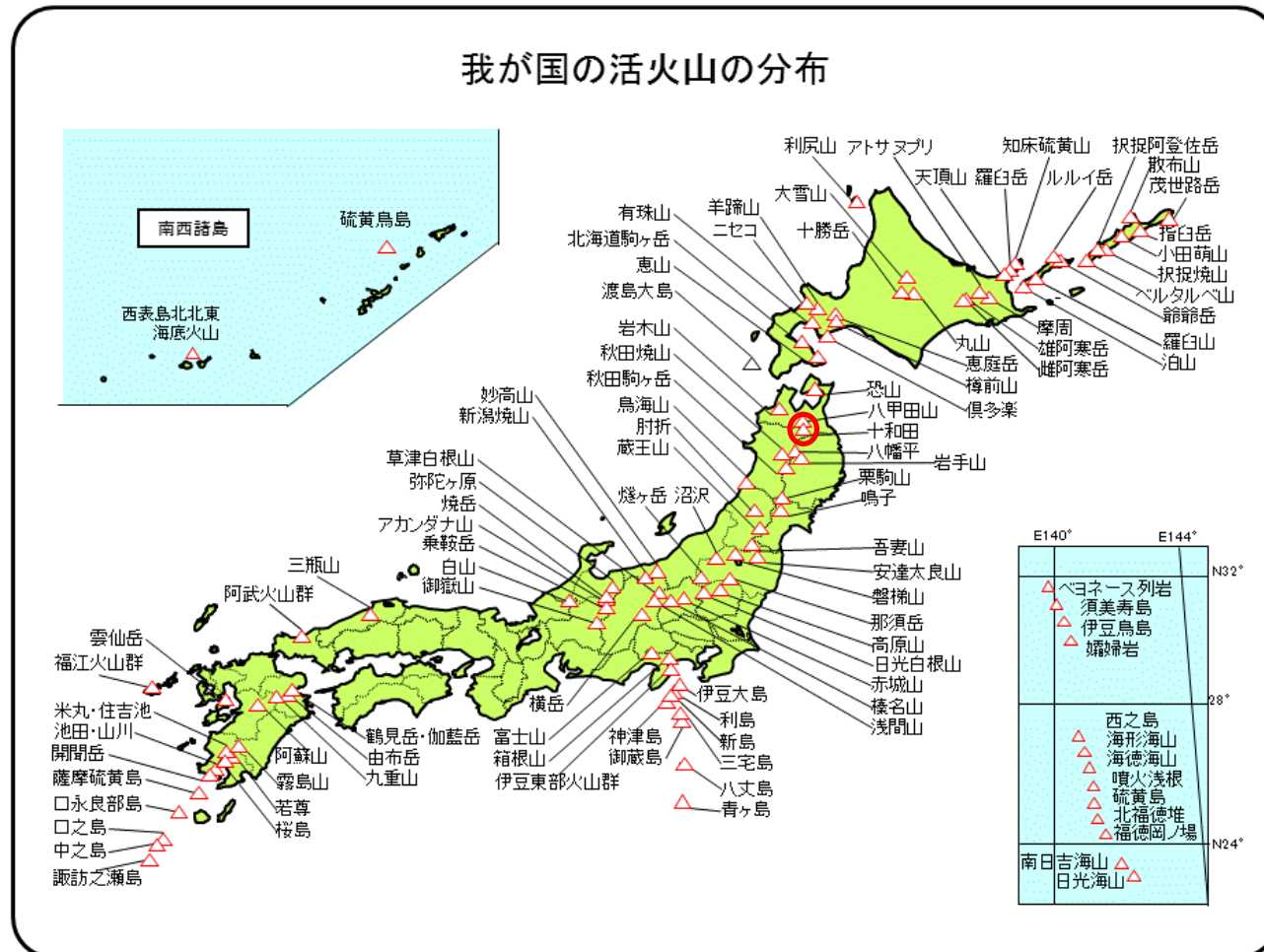


敷地内断層(堆積時断層)

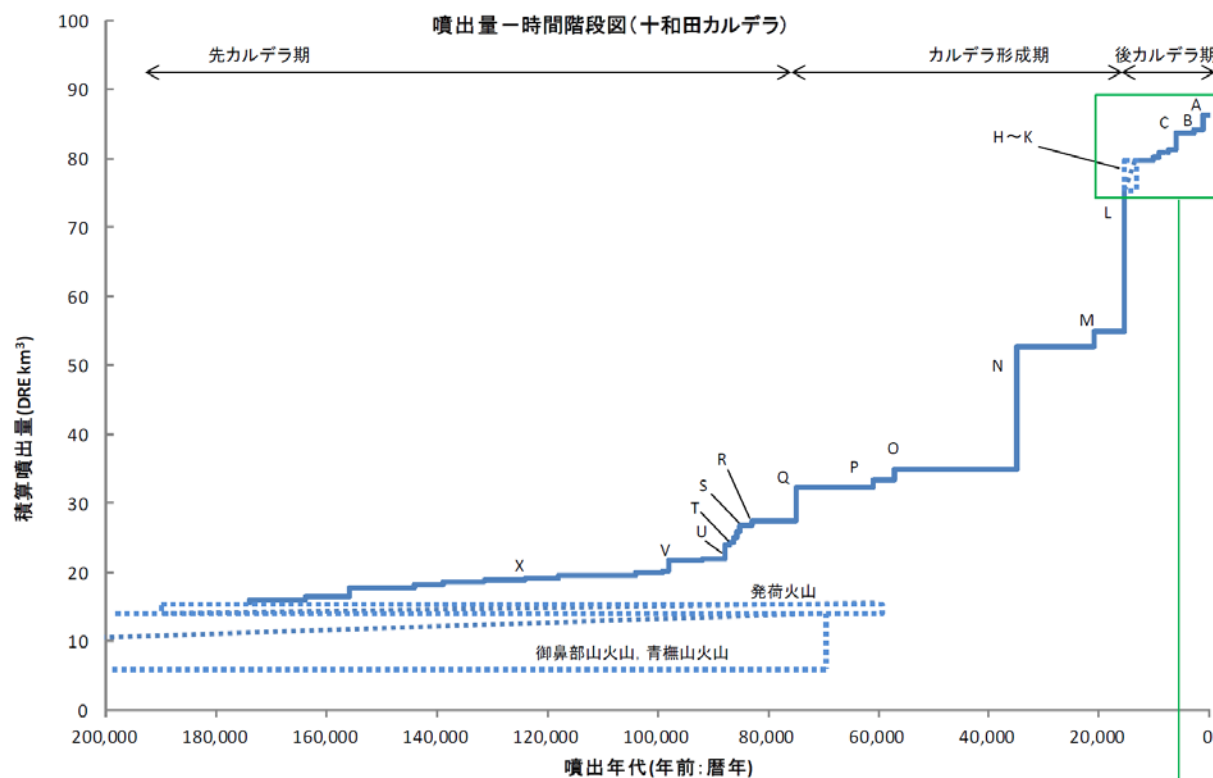


火山事象の検討

- ・施設周辺の第四紀火山の有無・活動性について調査(立地評価)
- ・施設周辺の第四紀火山が活動した際の影響について評価(影響評価)



敷地周辺火山(十和田火山)の影響評価



[出展]産業技術総合研究所ホームページ <https://www.gsj.jp/data/openfile/no0613/14Towada.pdf>

- カルデラ形成期のような大規模火山を起こすには、一定の休止期間が必要
- 現在の十和田火山の挙動から推測すると、1万年程度は大規模噴火は起こらないと考えられる

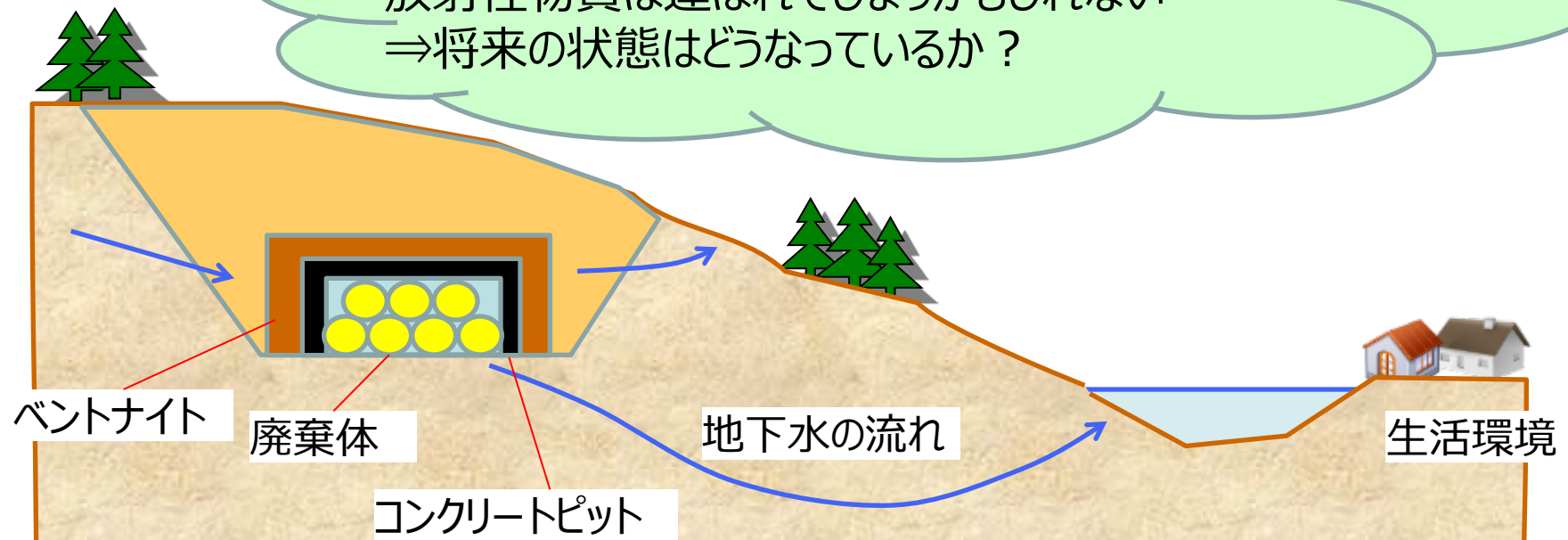
32

1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
 - 操業中の施設概要
 - 埋設施設の設計と主要機能
 - 埋設施設の立地条件
 - 長期の状態設定
 - 安全評価
4. 余裕深度処分の検討状況

埋設した後の施設の安全性

生活環境から遠ざけるため、地下に埋設する

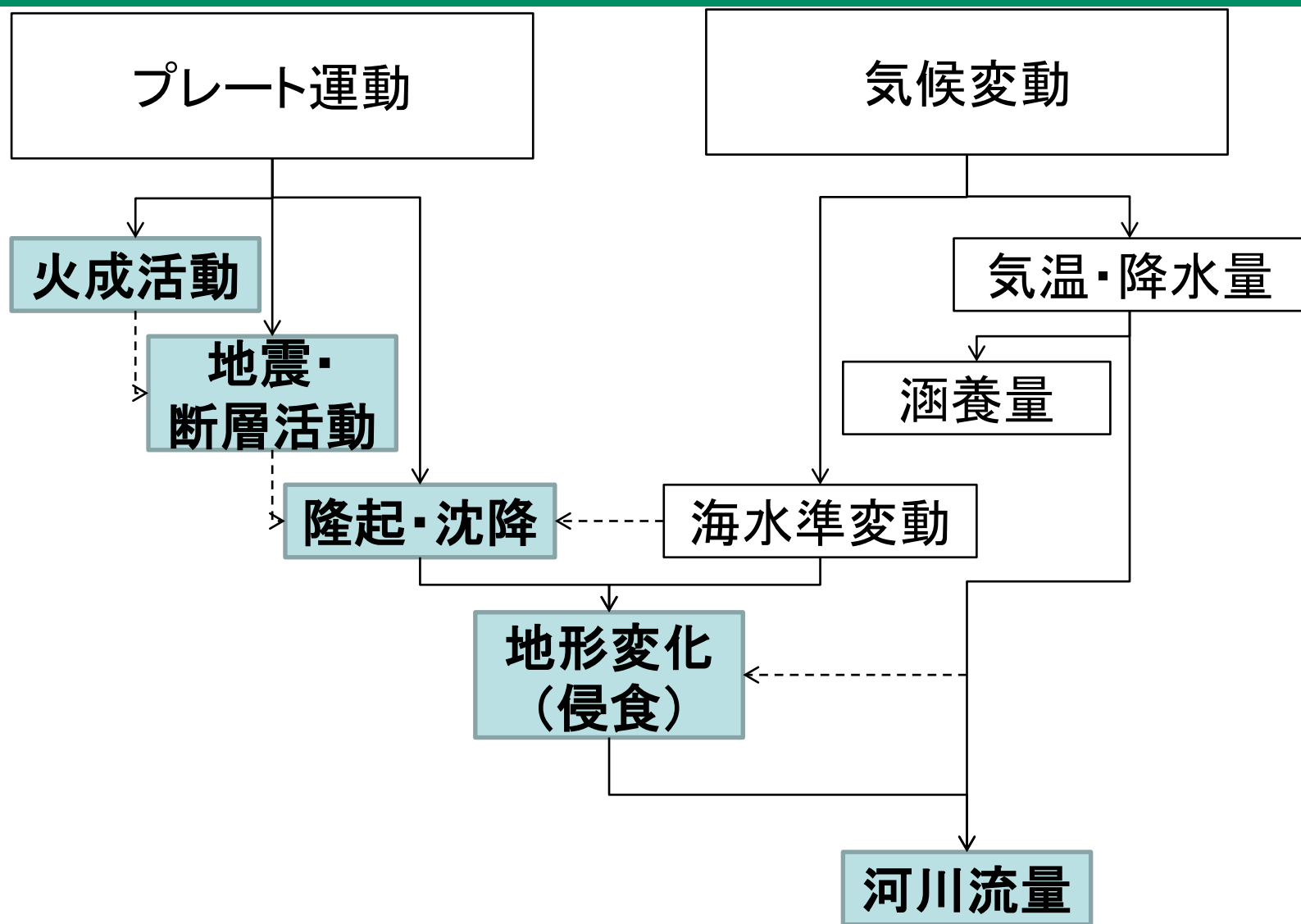
廃棄物は地下に埋設されるが、地下水の流れに伴って放射性物質は運ばれてしまうかもしれない
⇒将来の状態はどうなっているか？



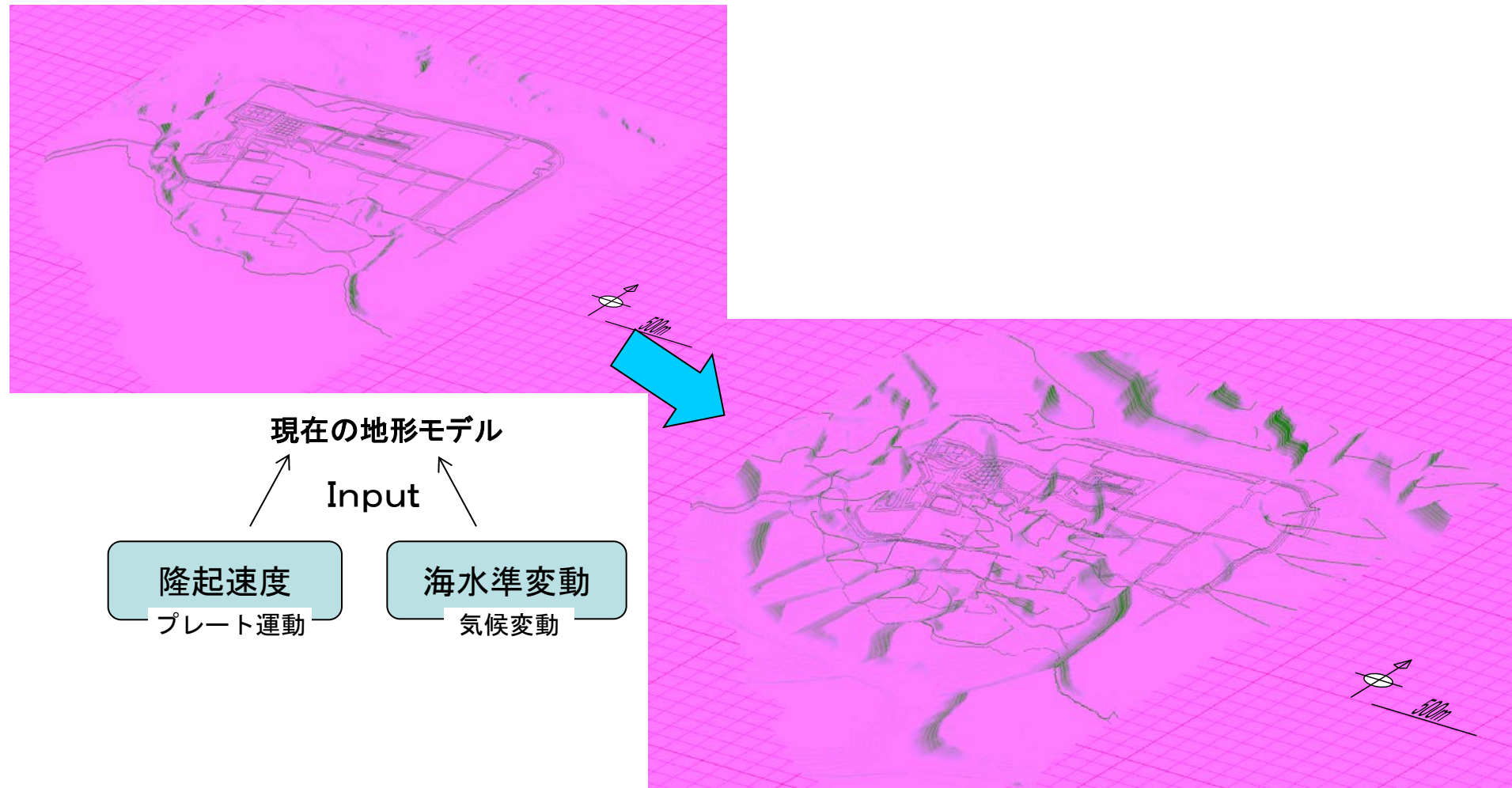
放射性物質は地下水により運ばれるため、地下水流動の把握が必要

- 水が流れやすい場所には施設を作らない
- 地下水の流れを遅くするための対策も必要

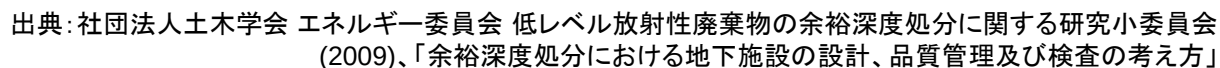
長期変動事象の抽出



将来の地形変動例

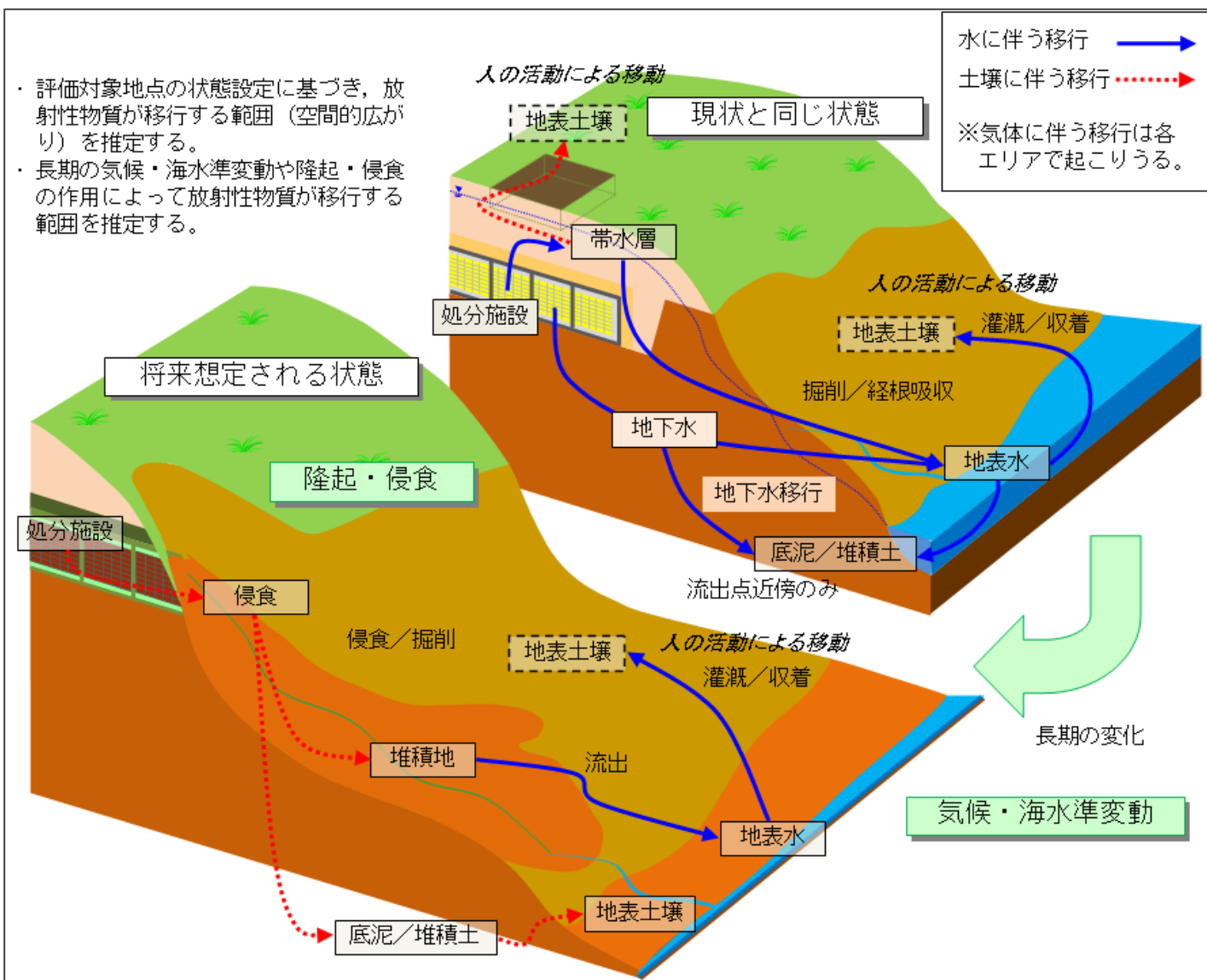


※主な侵食プロセスが河食であったと仮定した場合の推定例



核種移行の範囲

- ・評価対象地点の状態設定に基づき、放射性物質が移行する範囲（空間的広がり）を推定する。
- ・長期の気候・海水準変動や隆起・侵食の作用によって放射性物質が移行する範囲を推定する。



1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
 - 操業中の施設概要
 - 埋設施設の設計と主要機能
 - 埋設施設の立地条件
 - 長期の状態設定
 - 安全評価
4. 余裕深度処分の検討状況

評価シナリオに関する規則の要求事項



第二種埋設許可基準規則解釈 第9条3 (平成25年11月27日)

10 μ Sv/y以下

三 基本シナリオ

- ①基本シナリオは、過去及び現在の状況から、廃棄物埋設地及びその周辺の地質環境、被ばく経路の特性に基づき将来起こる可能性が最も高いと予見される一連の変化を考慮し、科学的に最も可能性が高いと考えられる状態設定の下で、科学的に最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価すること。

300 μ Sv/y以下

四 変動シナリオ

- ①変動シナリオは、基本シナリオに対する不確かさを網羅的に考慮した状態設定の下で、科学的に合理的と考えられる範囲で最も厳しい設定により評価する。なお、パラメータ間に相関関係がある場合には、これを勘案した上で保守性が確保されるように設定すること。

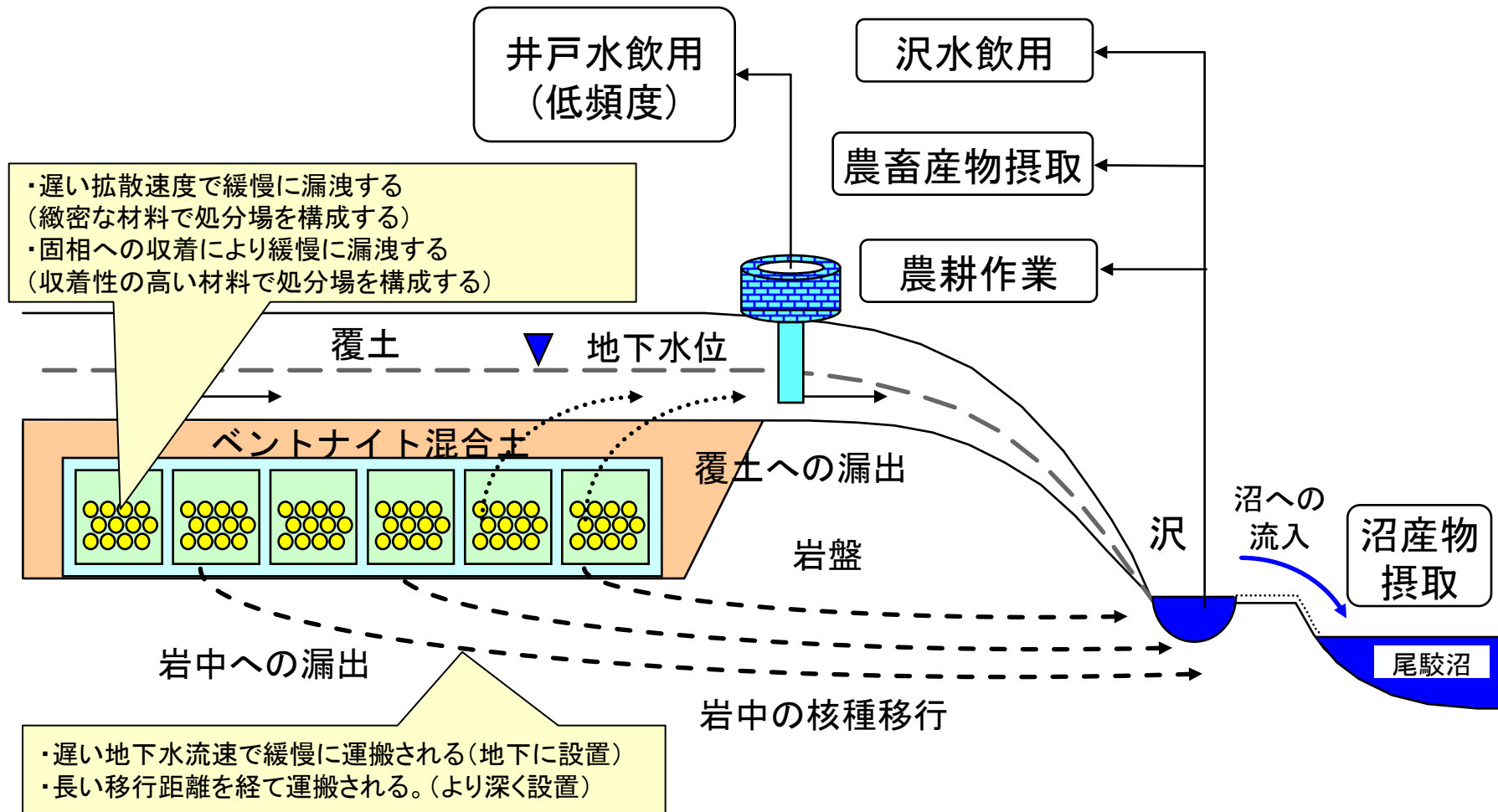
1mSv/y以下

五 上記以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオ

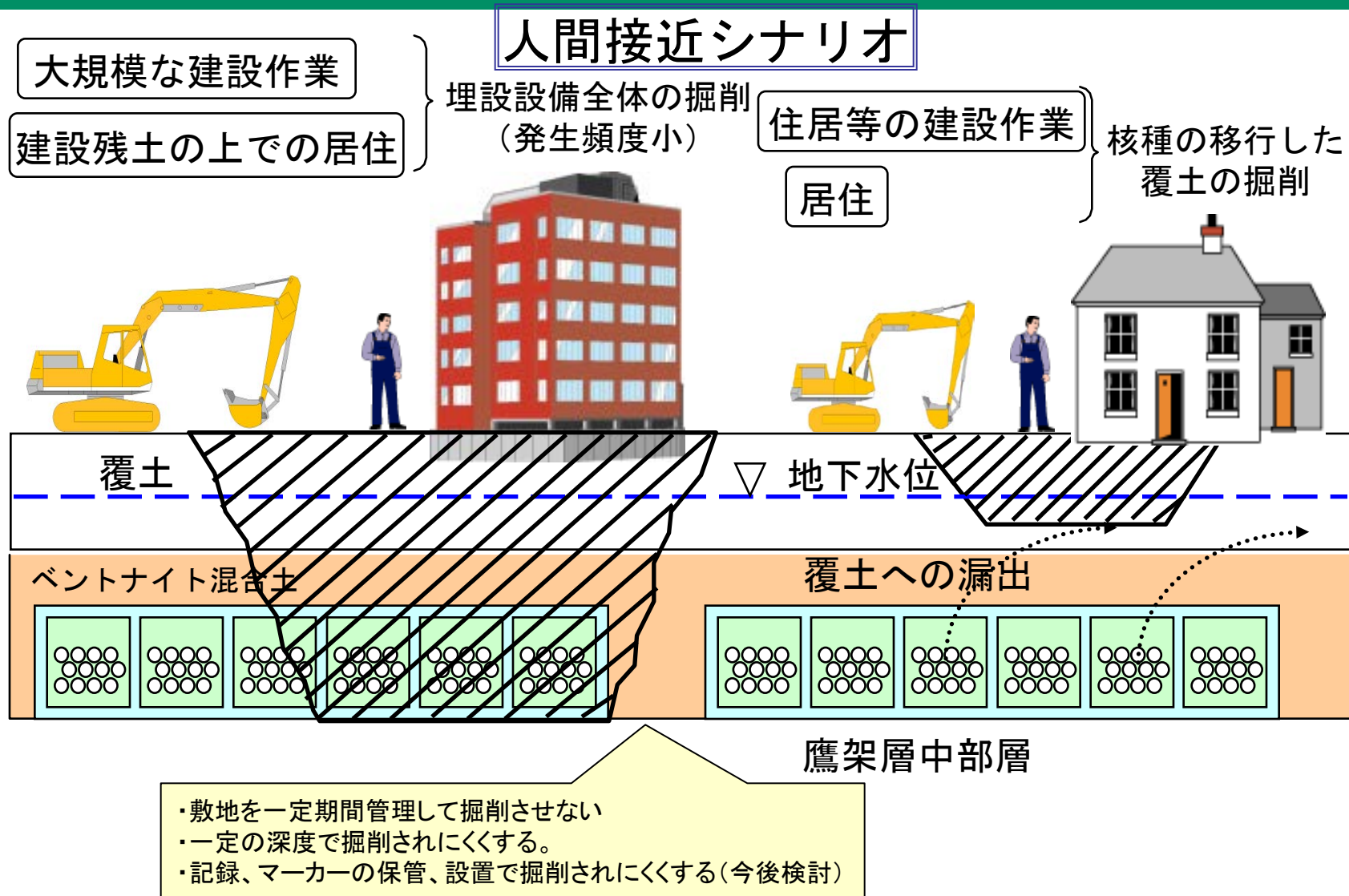
- ・上記以外の自然現象及び人為事象に係るシナリオについては、サイト条件を十分に勘案して、その影響について評価を行い、…

地下水移行による被ばく経路

地下水シナリオ



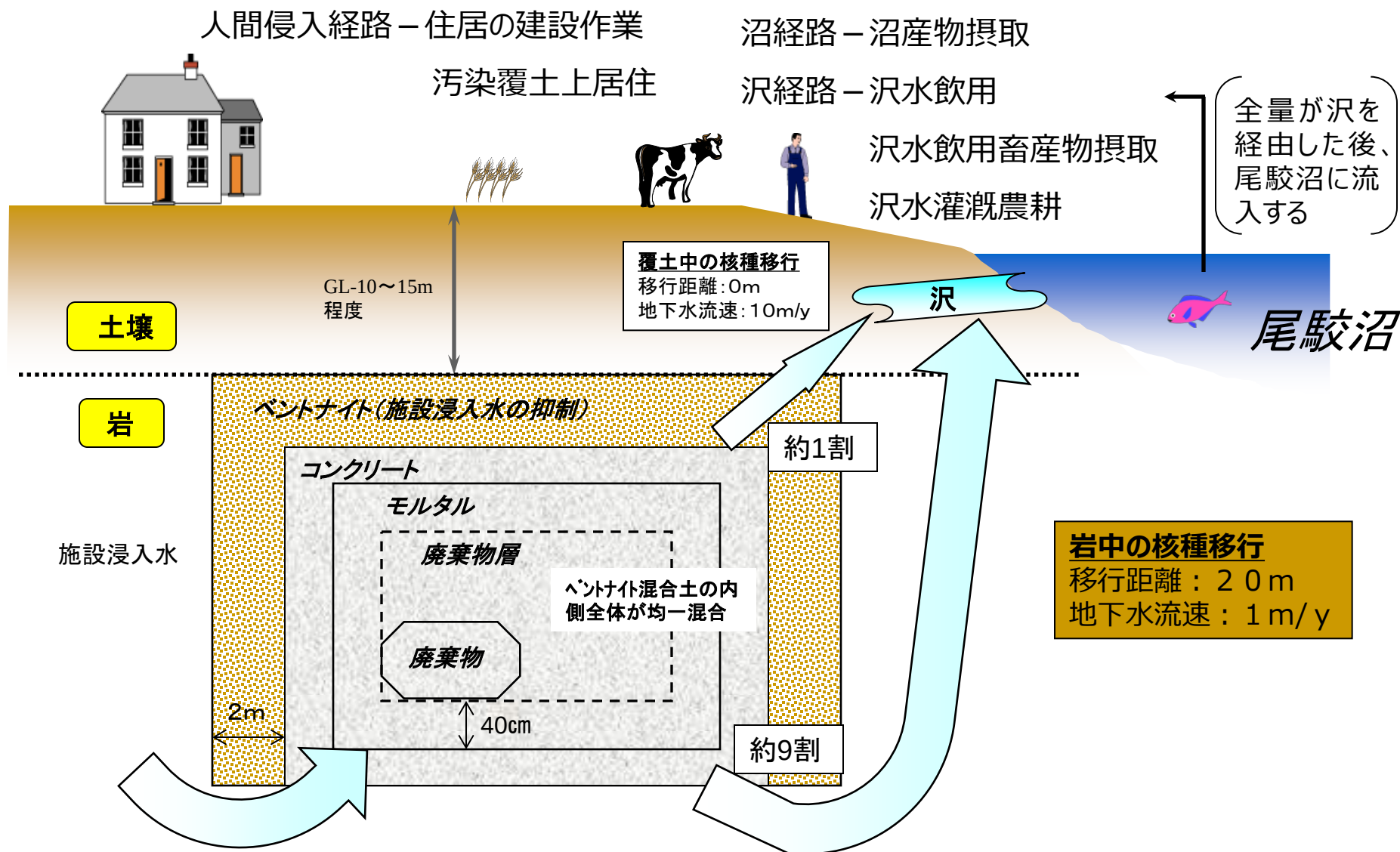
跡地利用に係る被ばく経路



[出典] (社)日本原子力学会 標準委員会 原子燃料サイクル専門部会

第1回 LLW処分安全評価分科会(2010年5月26日),「F16SC1-5 現行埋設施設の安全評価事例について」

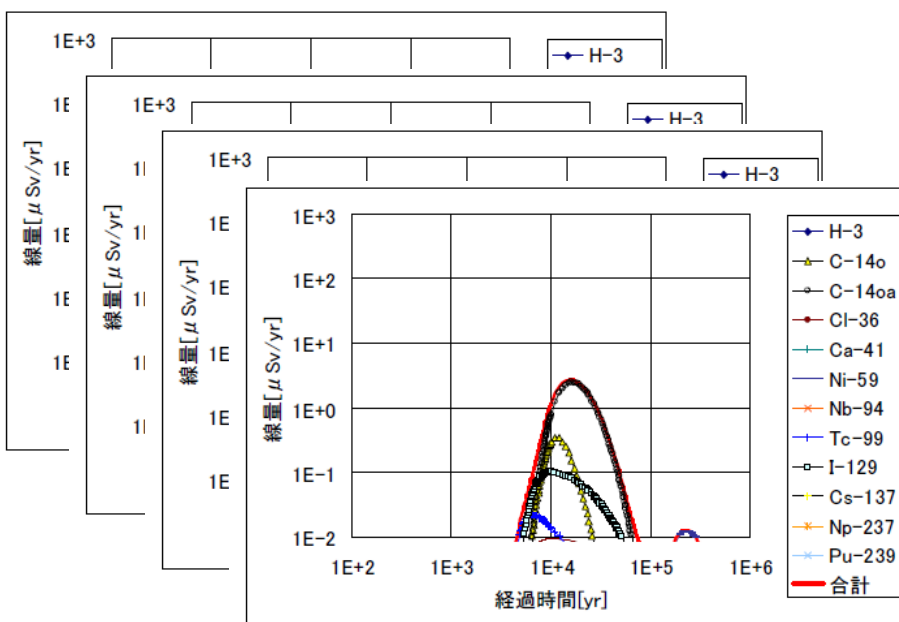
2号埋設施設線量評価モデル概念図



評価結果の例

● 評価結果：余裕深度処分施設の安全設計に対する妥当性(性能)評価

様式化(代表的個人の被ばく経路毎の
線量被ばくを重ね合わせ

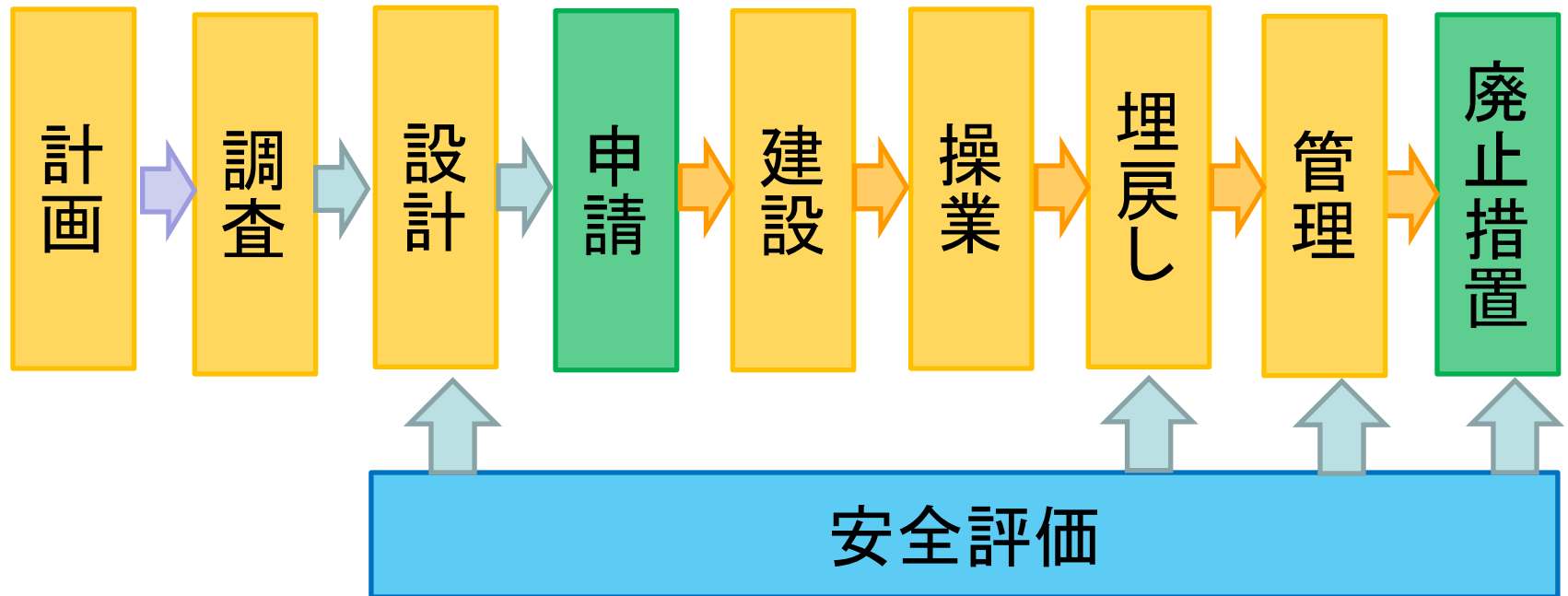


適切な施設設計、状態
評価、シナリオ設定等
を行ったうえで線量評価
を行い、各シナリオのめ
やす線量を下回ることを確
認する。

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

安全評価の更新



安全評価は、設計段階だけでなく、複数の段階で見直しをする必要がある。

上記のほかに、10年ごとの更新も必要

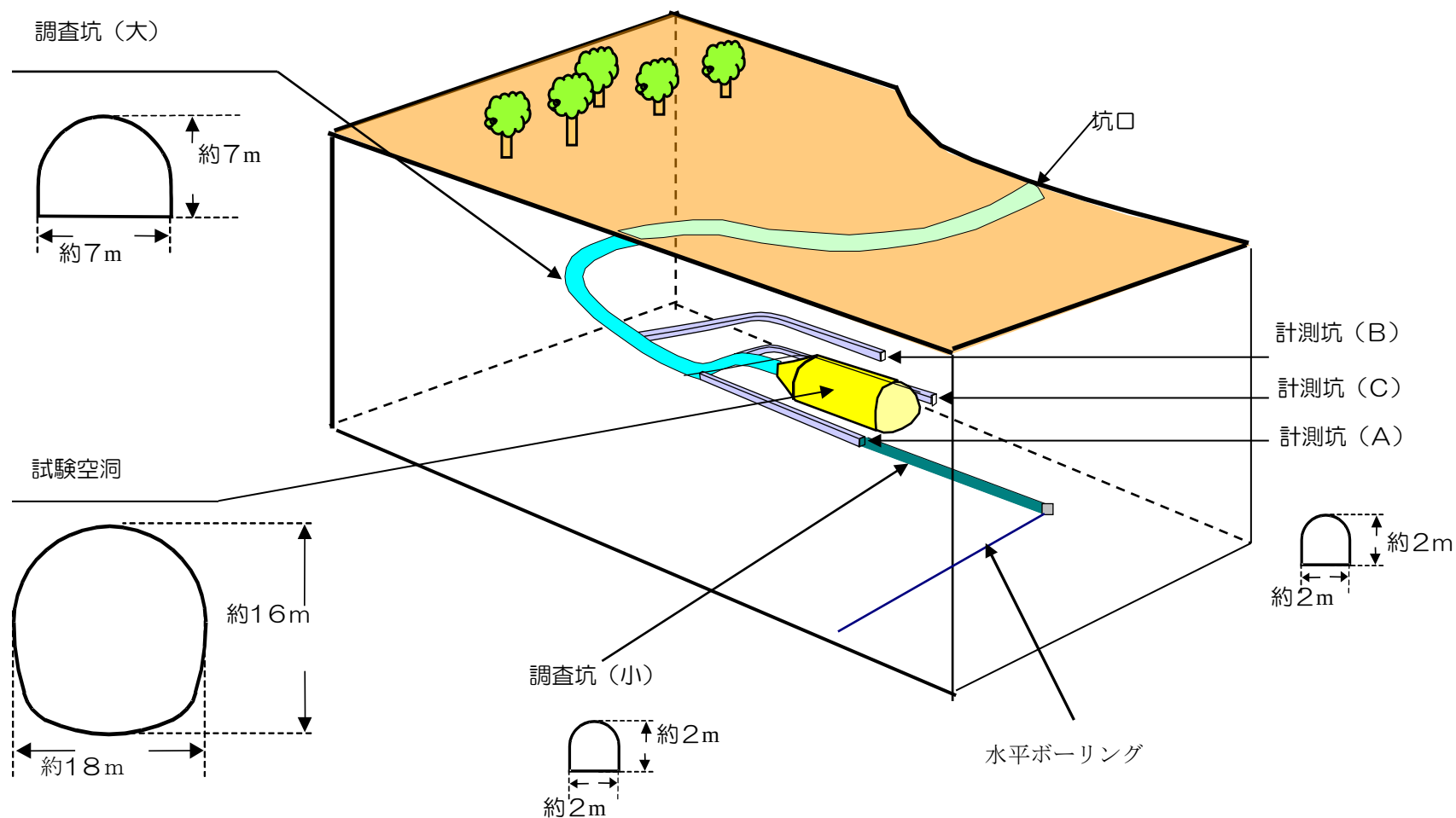
目次



1. 廃棄物分類と処分方法
2. 新規制基準
3. 浅地中ピット処分の検討状況
4. 余裕深度処分の検討状況

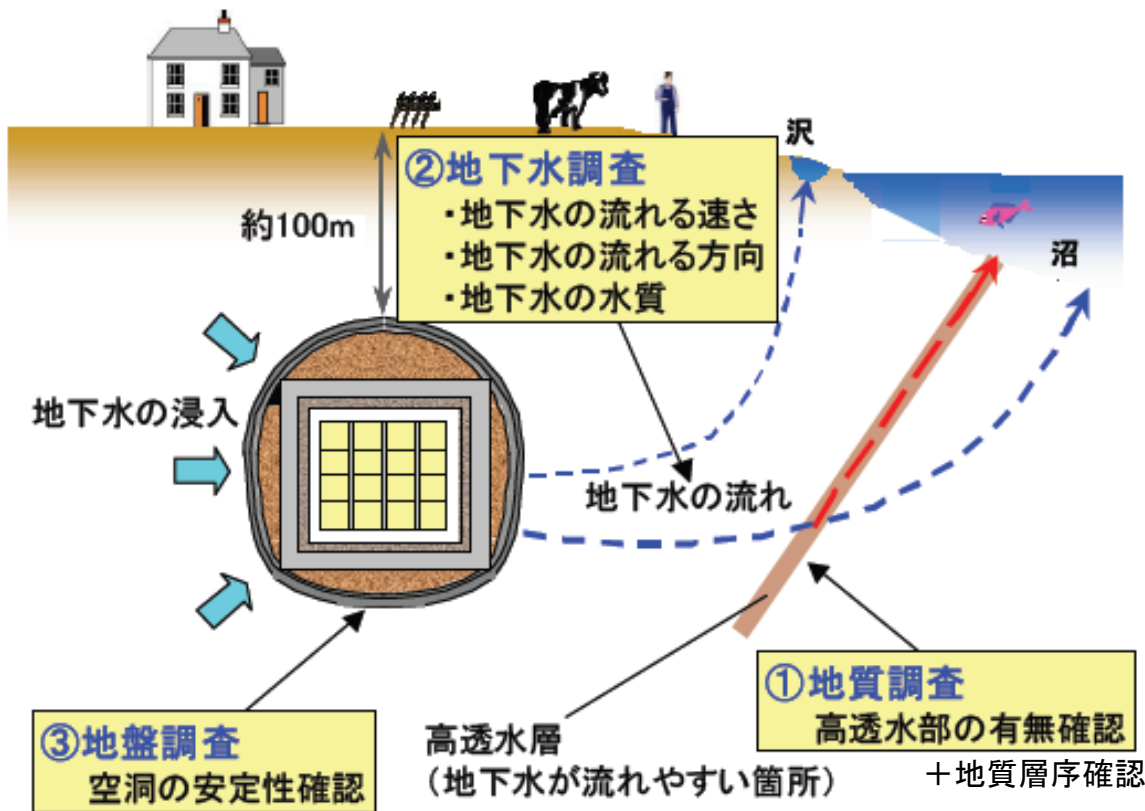
調査坑の鳥瞰図

●地表からの深度約-100m(試験空洞まで約1km×勾配10%)



地質環境調査の目的

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

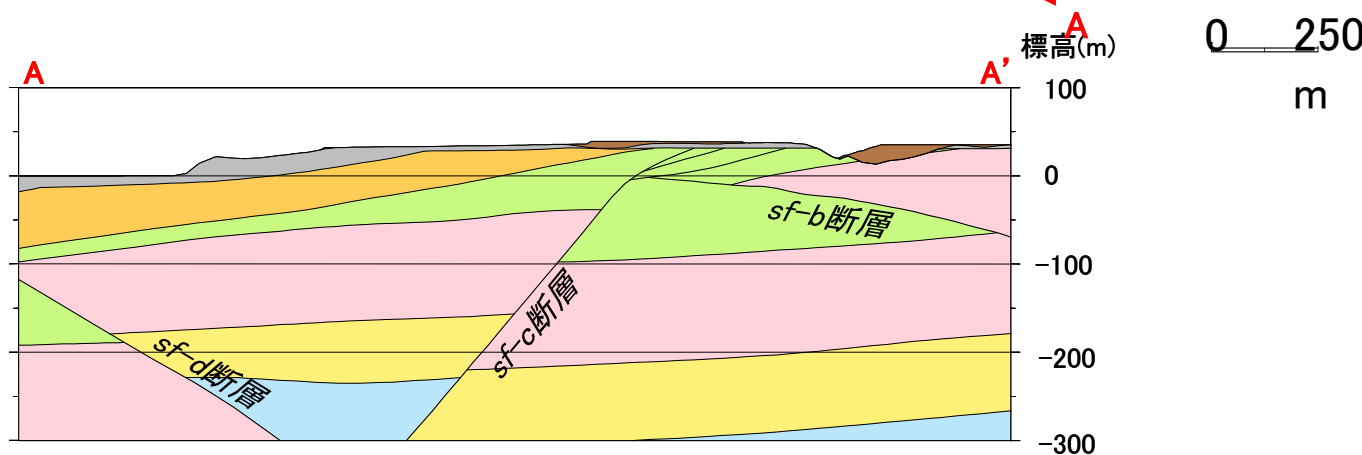
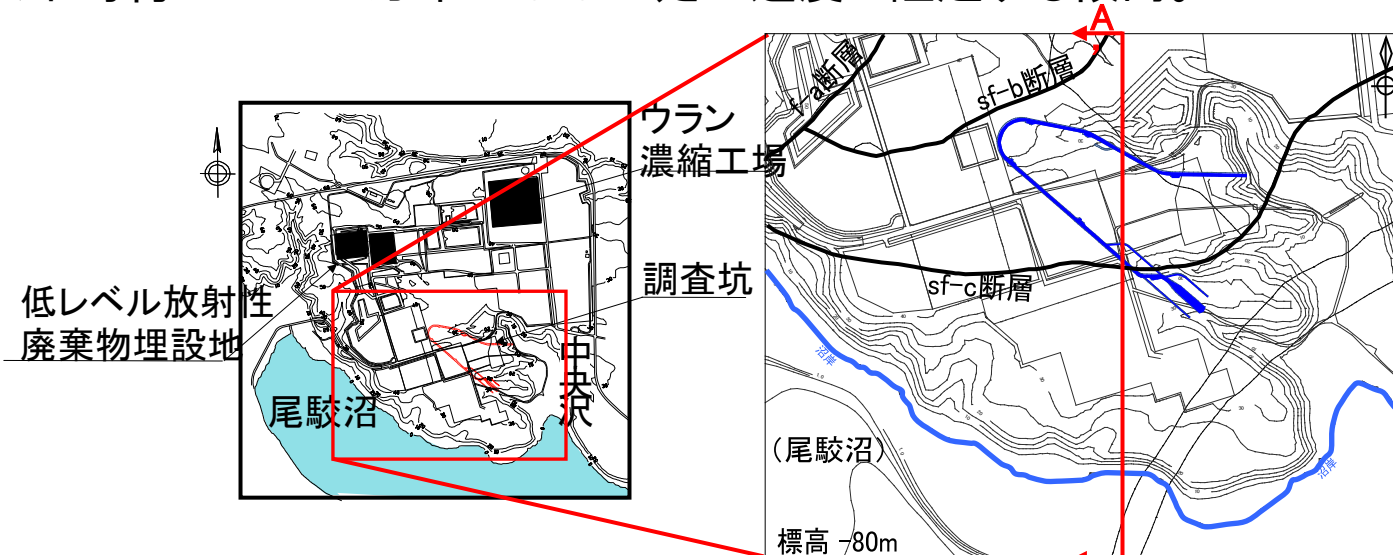
出典: 石田 裕樹 他(2006)、「余裕深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について」、原子力バックエンド研究Vo.13、No.1

掘削の様子



結果① 地質分布図

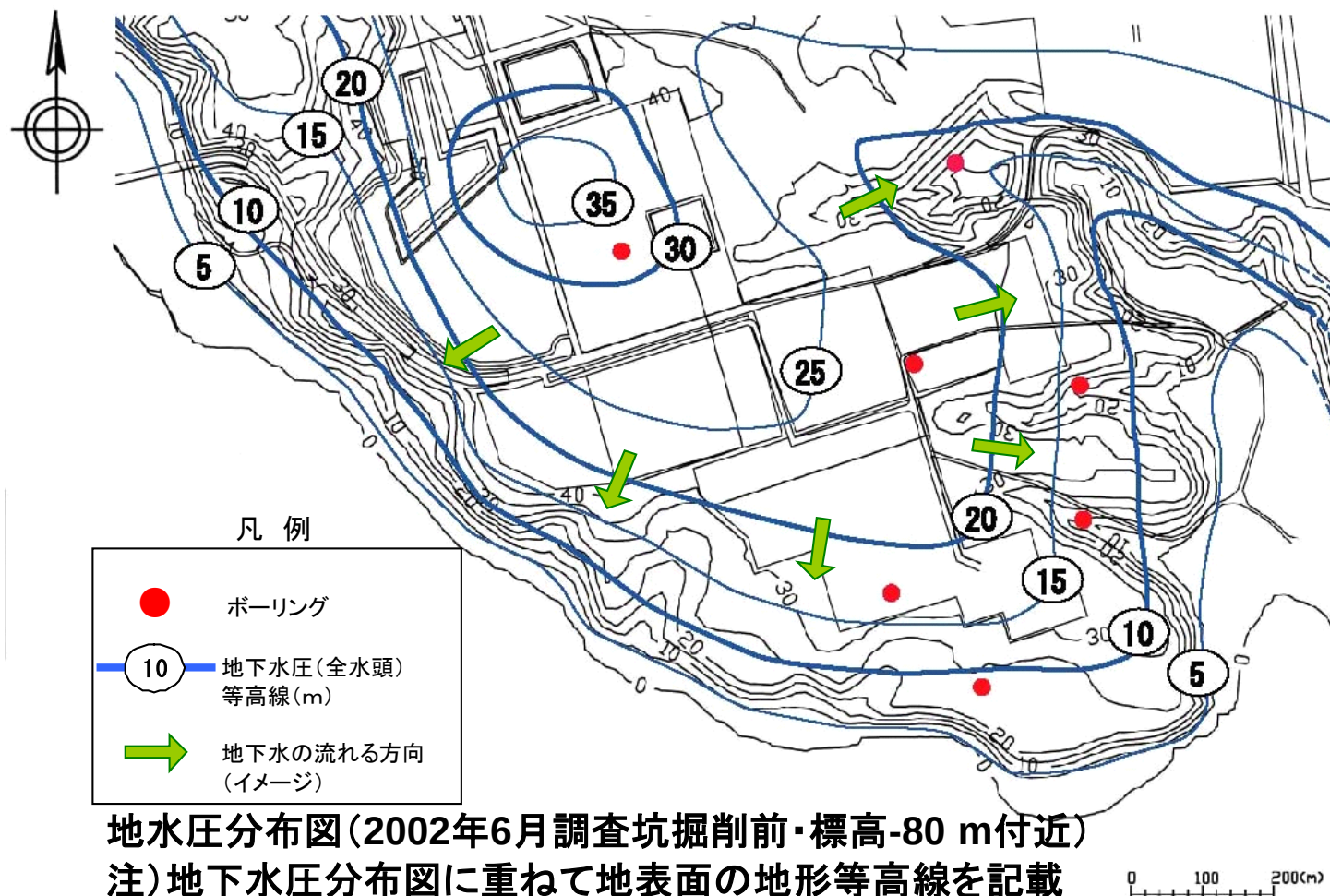
- 標高-80m付近では、鷹架層(新第三紀中新世に形成)が分布し、高透水性はない
- ※文献、空中写真、現地調査等から施設を直撃するような火山、断層活動はない
- ※平均約35m／10万年のほぼ一定の速度で隆起する傾向。



凡 例	
地層名	凡例
□ □	
□ □ □ □	
□ □ □ □ □ □	
中部層	
□ □ □ □ □ □	
□ □ □ □ □	
下部層	
□ □ □	

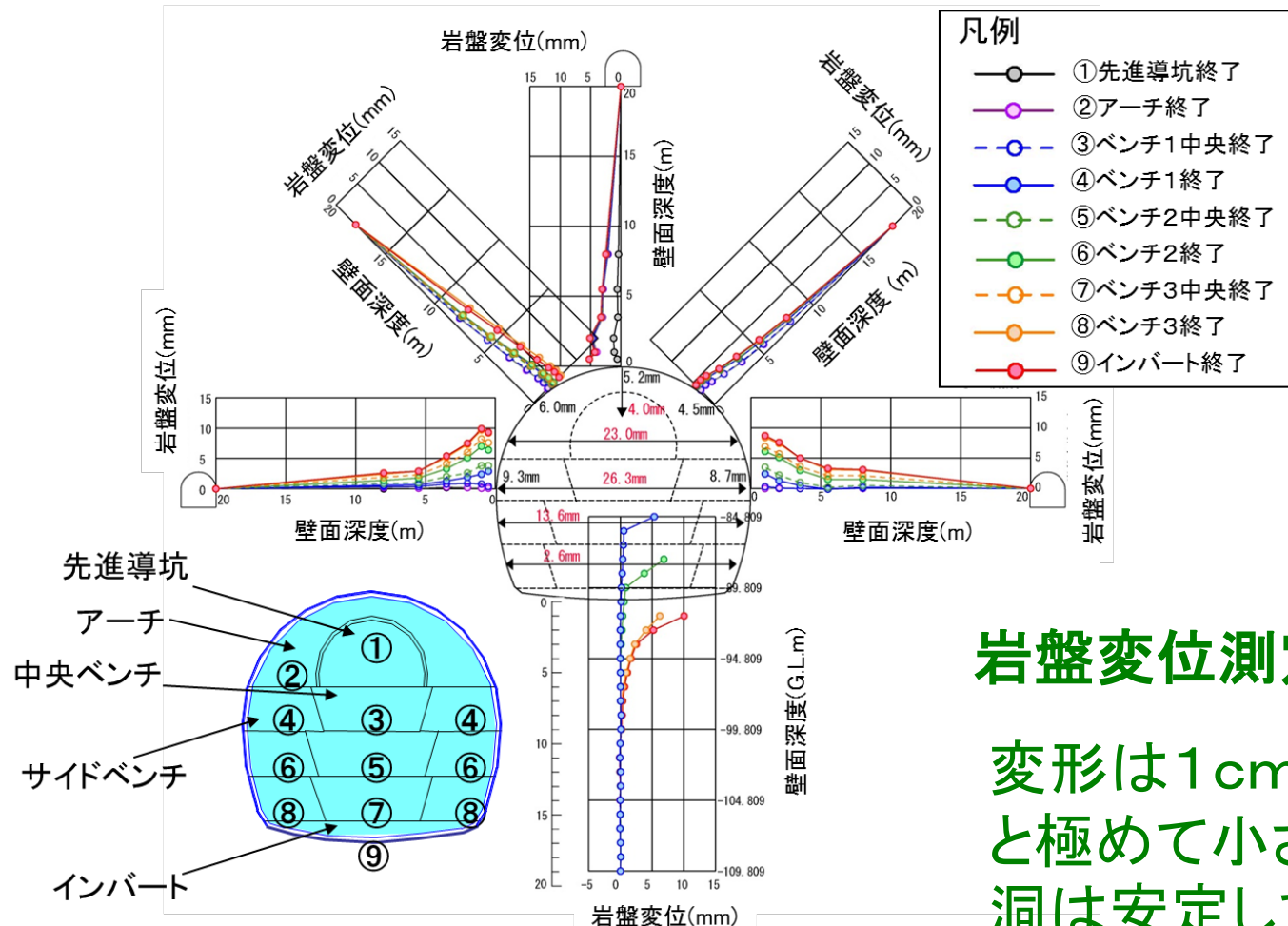
結果② 地下水流速

- 全水頭⇒地下水の流れ方向(尾駁沼、中央沢へ)と速さ(平均流速10cm/y)を確認。
- ※人工バリアの変質を促進するような地下水成分は少ないことも確認。(降水系地下水)

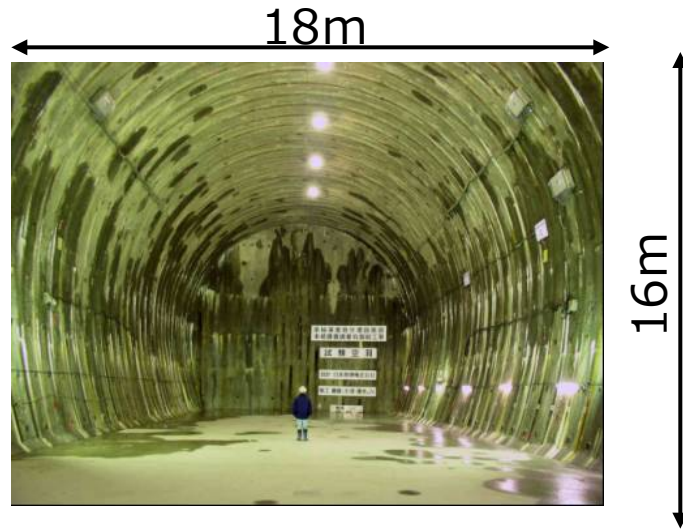


結果③ 地盤調査

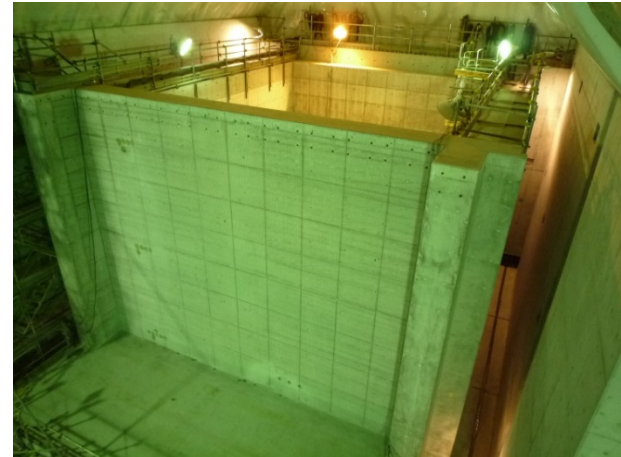
●安定した大規模な空洞を構築できることを確認。



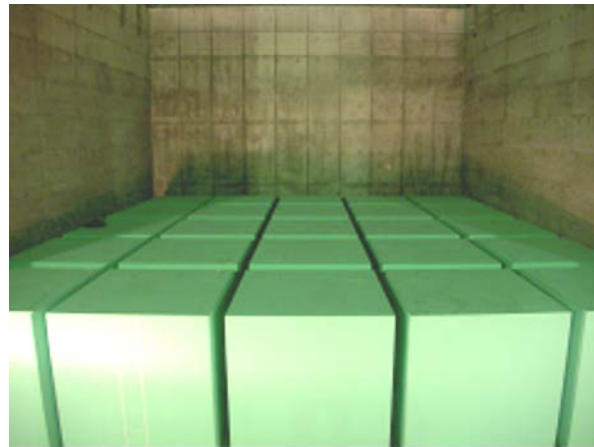
(参考) 人工バリア施工性確認試験



試験空洞



模擬試験施設の全景



模擬廃棄体

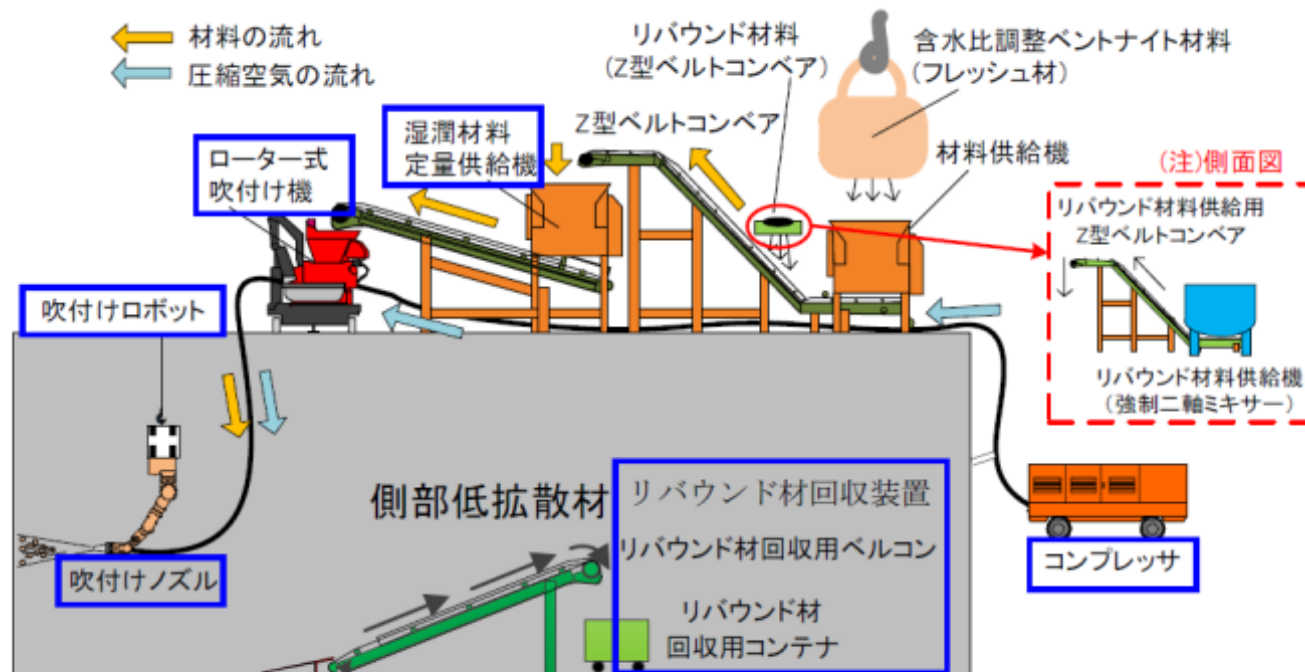
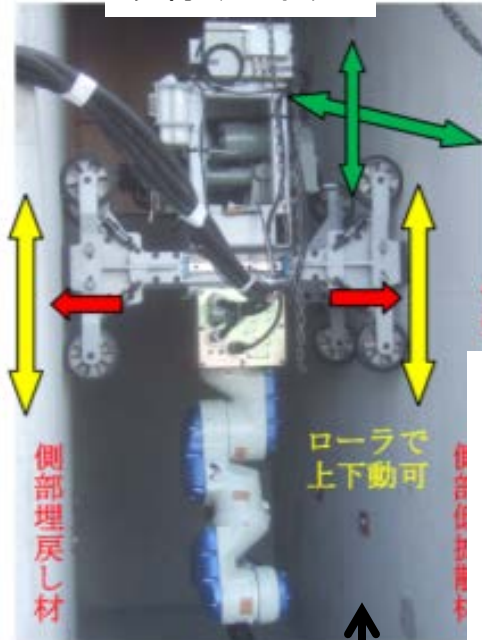


模擬試験施設の全景

(参考)地下空洞型処分施設性能確証試験



吹付けロボット



出典:平成23年度 管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設性能確証試験 報告書

出典:平成24年3月 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター <http://www.enecho.meti.go.jp/rw/library/2011/23-15-1.pdf#page=202> March, 2012, Report on the demonstration test for underground disposal facility, Radioactive waste Management Funding and Research Center (RWMC Japan)

御清聴ありがとうございました。



***Thank
you!!***

