

中深度処分への安全確保に向けた 課題について

平成30年8月23日

日本原子力研究開発機構 安全研究センター

前田敏克

放射性物質として扱う
必要のないもの

低レベル放射性廃棄物

高レベル
放射性廃棄物

再利用
再使用

産廃
処分場

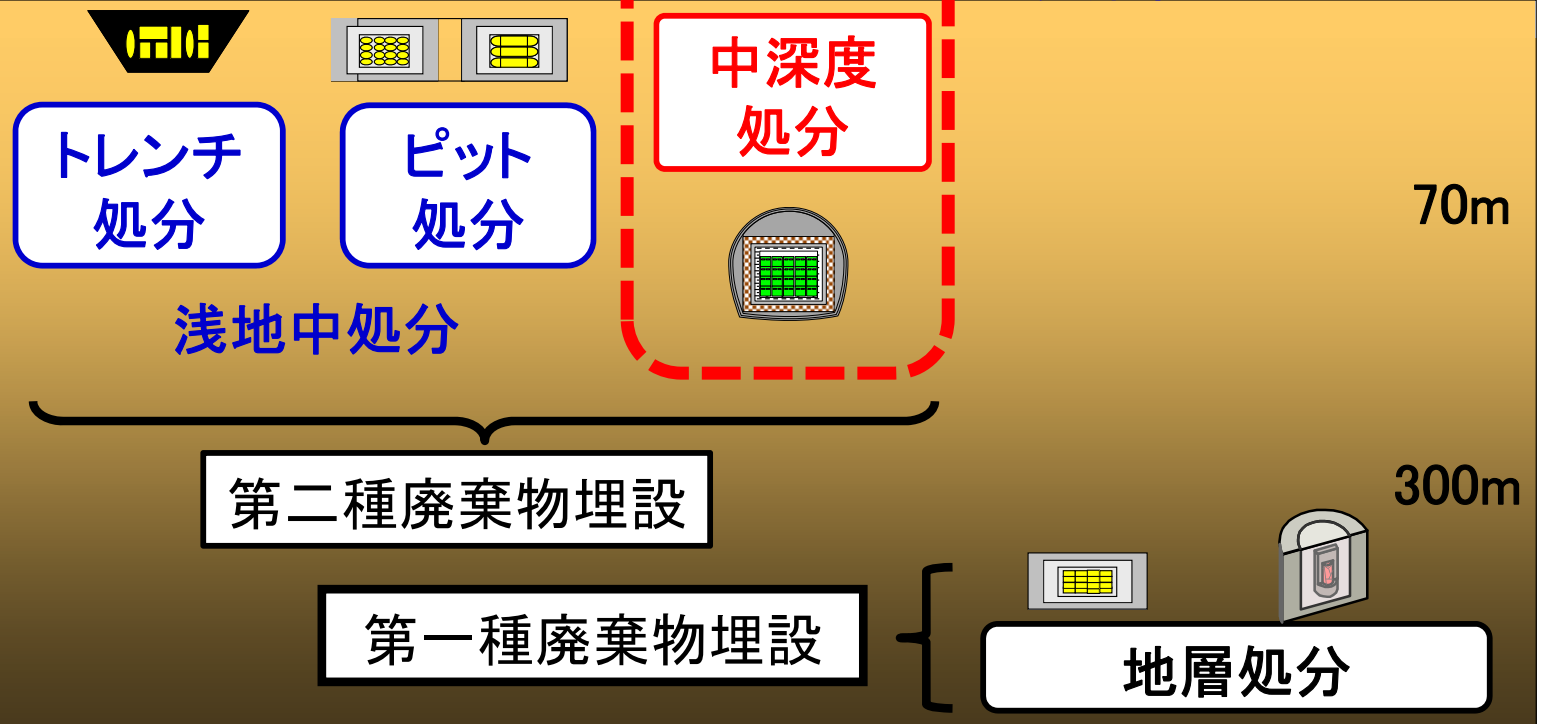
放射能濃度
が極めて
低いもの

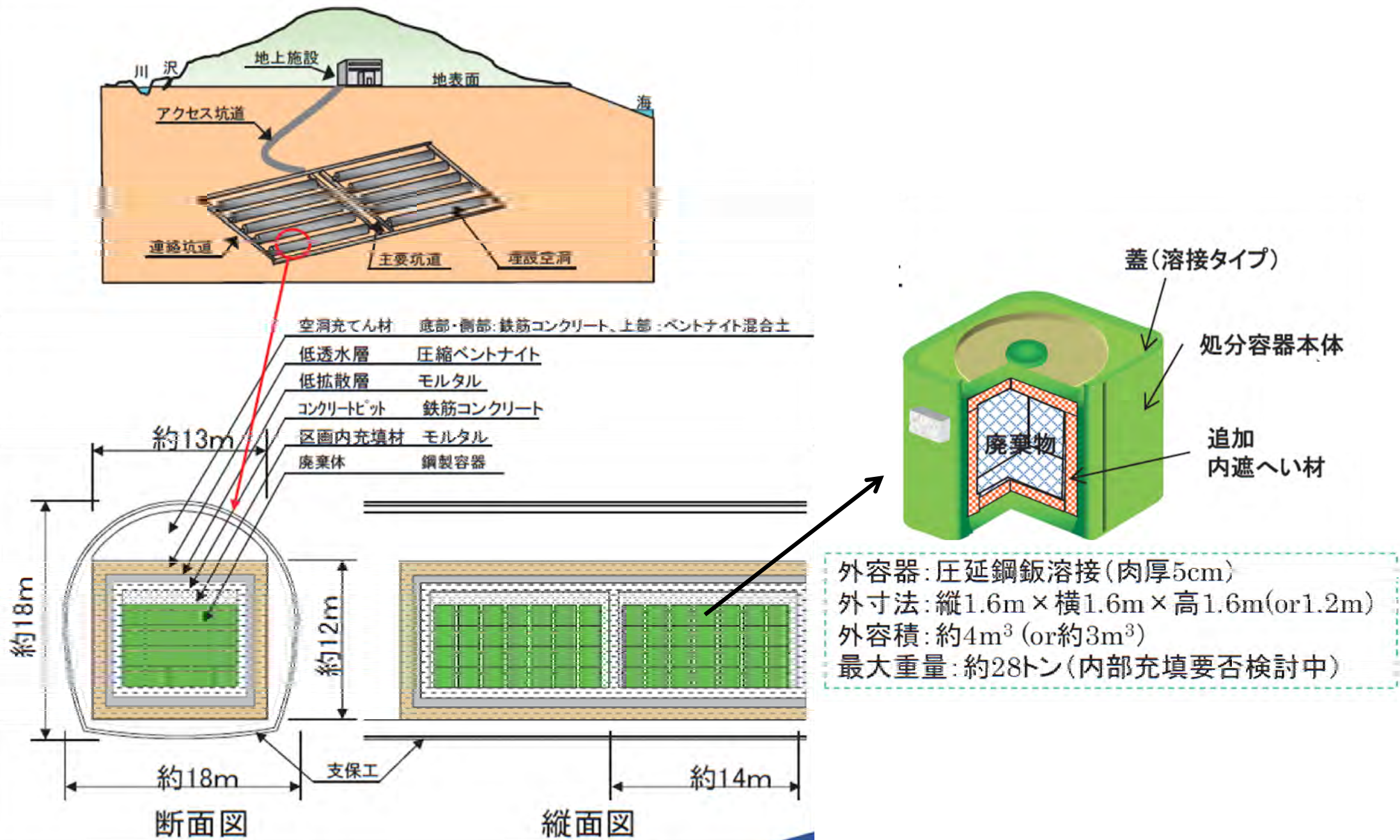
放射能濃度
が比較的
低いもの

放射能濃度
が比較的
高いもの

放射能濃度
が極めて
高いTRU
廃棄物

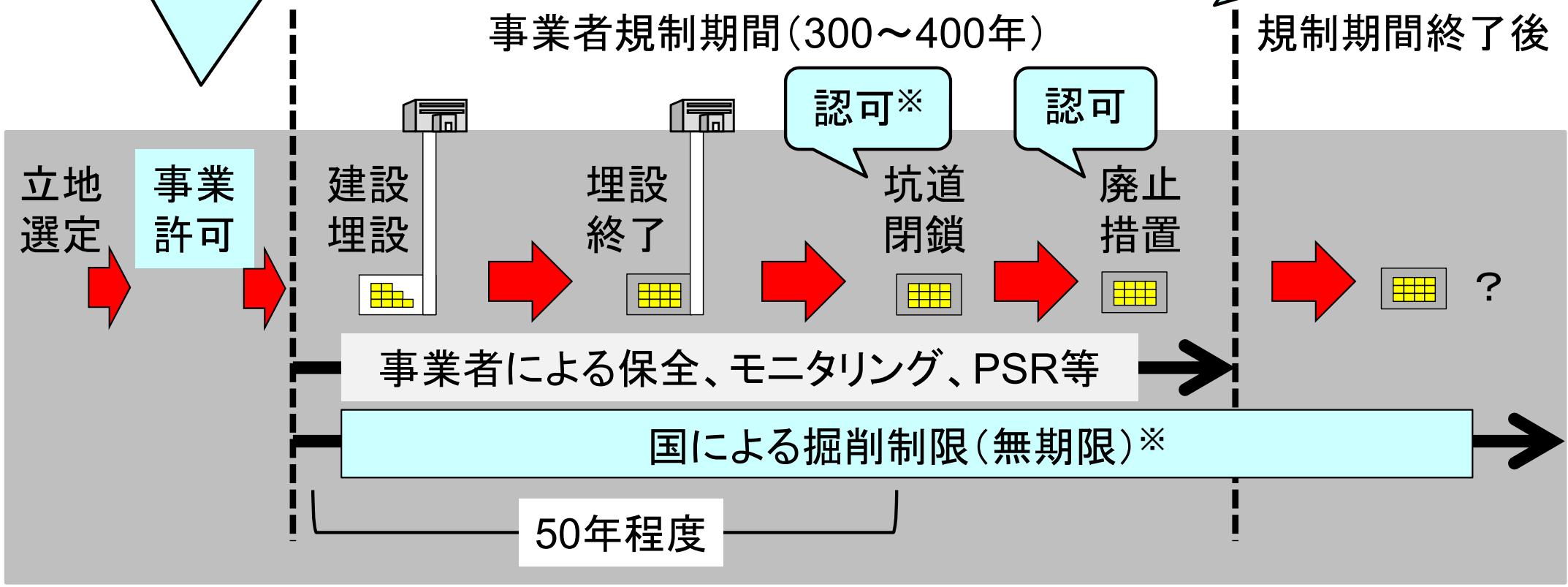
ガラス
固化体





事業者による安全対策の妥当性を確認
・安全設計(離隔、閉じ込め)と評価
・安全管理

将来、防護上の問題を生じうるような状態に至ることは合理的に想定し得ないことを確認して事業者規制を終了



※H29.4の原子炉等規制法の改正により規定

- 廃棄物処分の安全確保のためには、適切な立地選定と施設設計及び安全評価、設計どおりの施設の設置、安全管理に加えて、合理的な規制基準類、国が講じる措置など、多くのことが必要

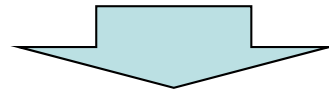
- この中には純粹に学術的・技術的な課題とは言えないものもあるが、どれか一つ欠けても処分の実現の妨げになると考えられる

- 本日は、規制基準類の検討が行われている中深度処分を対象に、安全確保に向けた課題を挙げる
 - 千年、万年を超える長期の安全性も重要だが、その評価の前提や、最初の50年や300年といった時間スケールの話も大事
 - こうした時間スケールの話を中心に議論

- 安全評価の初期条件とその確認について
 - 安全評価を「絵に描いた餅」にしないために
- 300年の安全管理について
- 想定外の際の取り決めについて
- おわりに

安全評価の前提となる廃棄物の放射能インベントリの確認は可能か？

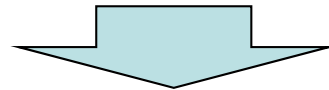
- 遠隔で取扱う必要がある放射能レベルの高い廃棄物や、種々雑多な核種を含む廃棄物のインベントリを処分施設への受入れ時に詳細に確認することは困難
- 廃棄物の発生者(様々な原子力施設の事業者)と処分事業者は別



- SF法が使えない廃棄物の合理的なインベントリ確認手法整備が必要
- 発生する側と処分する側との間で、品質保証のための適切な仕組みの構築と技術連携が必要

天然バリアの性能はどうやって確認するのか？

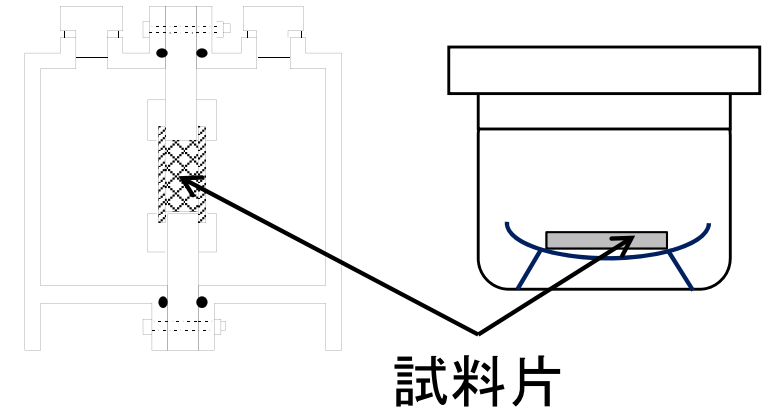
- 岩盤等の天然バリアは、地下の処分施設から漏出した核種の生活圏への移行を遅延・抑制するための重要なバリア
- ただし、調査ボーリングを無数にうてるわけではないので、「見えない」領域が多い
- 安全評価における天然バリアの性能設定が妥当か確認する必要があるが、処分施設の建設時に目視で確認できるのは、ライナー等を設置する前の「壁面部分」



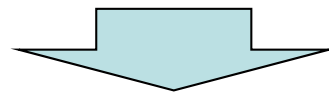
- 建設時に得られる情報から確認・検証できると考えられる内容や、その方法の「見通し」が必要
- 水理、地質、土木、安全評価の専門家の技術連携が必要

安全評価のパラメータ設定は現実的か？

- 人工バリアの初期性能パラメータ(溶解速度、透水係数、拡散係数)や、劣化によるパラメータ変化は、小さな均質な試料片を用いた試験で測定されることが多い



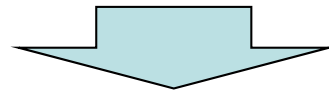
- 実スケールでの作製時のバラつきや施工の不均一性等をふまえると、性能設定を1桁とか2桁低めにしておく必要があるかもしれない



- 施工可能性や不均一性、施工状態の確認方法、並びにこれらの品質保証をふまえた、適切な初期パラメータの設定が必要
- 材料メーカー、土木建築、性能評価の専門家の技術連携が必要

人工バリアの施工時の状態を性能評価の初期条件としてよいか？

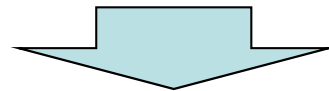
- 例えば、セメント系人工バリアについて、設計・施工時の十分な品質管理や確認が可能なのは、材齢数カ月～数年の状態
 - セメント硬化体の強度は材齢約3カ月で発現することが知られているが、水和反応は数十年にわたって継続するので、物質移行を支配する空隙構造も有意に変化する可能性
 - 同じ材料配合でも、施工方法や養生条件(乾燥状態など)によって硬化体の空隙構造が異なる可能性



- 変化の不確実性が小さくなるような設計に加え、材料設計だけでなく、施工方法や養生条件もセットにした性能評価手法の検討が必要
- セメント無機化学、土木建築、核種移行の専門家の技術連携が必要

坑道の閉鎖とその確認は可能か？

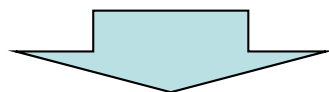
- 地上からのアクセス坑道は、ただ埋め戻せば良いわけではなく、核種移行の短絡経路にならないようにしなければならない
- 坑道の壁面には、作業安全のためのセメント製のライナーを設置
 - ・ ライナーの裏面が溶脱して水みち化する可能性
 - ・ 閉鎖の際にライナーを全て取り除くことは困難



- ある間隔でライナーの裏面を含めてプラグする場合、その周囲も含め水みちができていないことを確認するための手法整備が必要
- 閉鎖技術をふまえた埋戻し状態に見合った安全評価を行うため、土木建築、水理、地質及び核種移行解析の専門家の技術連携が必要

放射線モニタリングは可能か？

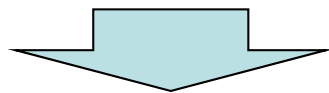
- 地下の処分施設からの放射性物質の異常な漏えいを監視するために、アクセス坑道の閉鎖後においても300年程度のモニタリングが必要
- 以下の要求を満たすには、処分施設近傍で実施する必要があるが、終了後は卓越した水みちにならないよう埋め戻す必要がある
 - ・ 人工バリア及び天然バリアの機能を著しく損なわない
 - ・ 漏えいがあった場合、比較的早期に放射性物質が到達すると考えられる地点を選定



- 埋め戻したモニタリング観測孔が卓越した水みちになっていないことを(遠隔で)確認するための手法整備が必要
- 土木建築、水理、地質及び核種移行解析の専門家の技術連携が必要

事業者の安定性はどうやって担保？

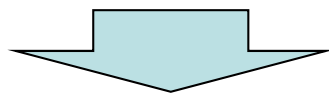
- 原発事業は廃止措置までの間、発電による収入があるのに対し、処分事業は、廃棄物の受け入れを終了した時点から廃止措置までの300～400年間は収入を期待できない
- 処分事業者にはその間、モニタリングや保全措置の義務に加えて、万一の漏えいなど異常時への対応も求められる
- つまり、万一の事態への対応も含めた「技術的能力、経理的基礎、責任」を300年保持しなければならない



- 例えば、資金の確保に関する措置や業務困難な場合等の不測の事態への措置が国により講じられることが必要

地下施設に関する不適合事象についてはどのような措置を講じるのか？

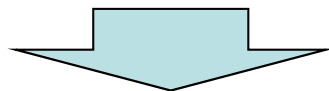
- 中深度処分は「バックフィットルール」ではないが、事業期間中のモニタリングや安全レビューによっていろいろな状況に陥る
 - ・ 異常な漏えいやその徴候が確認された
 - ・ 最新知見により立地基準に適合しなくなった
 - ・ 最新知見により●万年後の線量計算結果が線量拘束値を超えた
 - ・ 線量拘束値そのものが引き下げられ、適合しなくなった



- どの事業段階での、どういう場合に、どのような措置を講じるのか？
について、措置に伴うリスクも考慮した合理的な対応方針について、
事業開始前に明らかにしておくことが必要

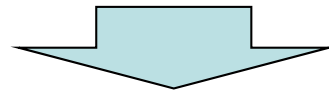
事業終了後に万一のことがあった場合は、誰が対応するのか？

- H29.4の炉規法改正により、地下の処分施設を含む一定の区域の掘削行為を国が無期限に制限
- しかし、事業終了後に、万一異常な漏えい等の徴候があった場合の対応は決まっていない



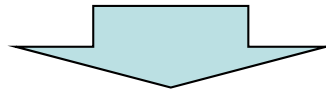
- 具体的な対処方法はともかく、責任の所在は事業開始前に明らかにしておくことが必要※

- 廃棄体や設置した施設の確認、坑道の閉鎖やモニタリング孔の閉塞などは、事業開始後に行われる行為で、具体的な方法については各段階で事業者が示し、規制当局がその妥当性を判断
- ただし、事業許可の際、「現状技術では困難だが、50年後、300年後の閉鎖措置、廃止措置の時の技術をもってすればたぶん何とかなる」ではダメ



- 事業許可時点においても、十分な技術的成立性があるという「見通し」を示す必要がある
- 分野の異なる専門家の技術連携は「早期に」必要

- 科学・技術には推進も規制もなく、規制判断は「独立」していても規制側が「孤立」してはいけない
- また、ハザード源の特徴や防護期間などは異なるものの、廃棄物処分安全と原子炉安全とで共通的な部分があるかもしれない



- 特に地上や地下施設の詳細設計・施工方法、管理方法に関して、事業申請予定者や学会は積極的に規制当局とのコミュニケーションを図るべき
- 見落とししたり想定から外してしまっている大きなリスクはないか？を違った視点から見るために、学会内の部会間で相互理解を図っていくことも有益と考える

以下、参考資料

放射能インベントリの確認単位

- 政令区分値や濃度上限値に関しては廃棄物一体ごとに確認
- 線量評価の前提としているインベントリについては、各評価のソースタームを確認できればよい

確認事項	核種	濃度、量	確認単位
政令区分値	C-14, Cl-36, Tc-99, I-129, 全 α	最大濃度	廃棄物一体
濃度上限値(ピット)	C-14, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, Cs-137, 全 α	最大濃度	廃棄物一体
濃度上限値(トレンチ)	Co-60, Sr-90, Cs-137	最大濃度	廃棄物一体
取扱い中の遮蔽評価	Co-60	最大濃度	廃棄物一体
		量	最大取扱い単位
スカイシャイン(地上施設)	Co-60	量	全量、区画ごと
長半減期核種濃度制限 (中深度)	10万年後に有意に残存し、 かつ居住シナリオに寄与する核種	量	隣接する廃棄体 27個分※1
自然事象シナリオ評価	主要核種を設定	量	全量 (評価による)
人間侵入シナリオ評価	主要核種を設定	量	一区画分

※1「(中略)、隣接する全ての廃棄体を含め一体のもの(略)とした平均濃度を使用することも考えられる。」(廃炉廃棄物検討チーム資料23-1より)

改正原子炉等規制法（H29.4.14公布）に対する衆参の附帯決議※（抜粋）

- 中深度処分を行う第二種廃棄物埋設施設については、放射能濃度が比較的高い廃棄物を数百年にも及ぶ長期間取り扱うことから、その間、事業者によって安定的に事業が継続されるよう、当該事業者の体制強化を図る施策の実施も含め、必要な指導・監督を行うこと。
また、事業者による管理終了後に放射性物質の漏えい等が発生した場合においては、国が責任を持ってその対処に当たること。

※国会における附帯決議：

法律の運用や、将来の立法によるその法律の改善についての希望などを表明するもの。法律的な拘束力を有するものではないが、政府はこれを尊重することが求められる。