

炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方 について

炉内等廃棄物の中深度処分に係る規制基準等の整備の前段階として
取りまとめた「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について(案)」
について紹介

平成28年8月24日

原子力規制庁 前田敏克

背景など

放射性廃棄物の処分概念

放射性廃棄物に含まれる放射性物質を起因とするリスクから公衆と生活環境を防護するため、廃棄物の種類や放射能濃度等に応じた埋設の方法により最終的な処分を行う。

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

放射能濃度
の極めて低い
もの

放射能濃度
の比較的低い
もの

放射能濃度
の比較的高い
もの

放射能濃度
の極めて高い
もの

トレンチ
処分

ピット
処分

中深度処分

浅地中処分

第二種廃棄物埋設

第一種廃棄物埋設

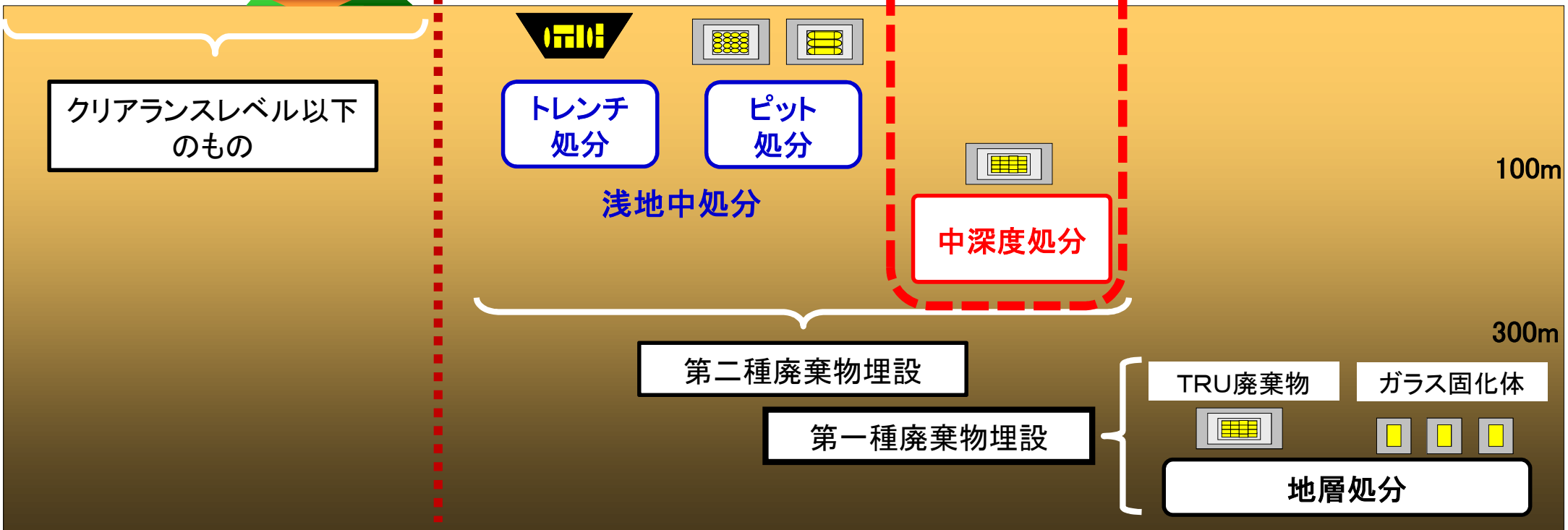
TRU廃棄物

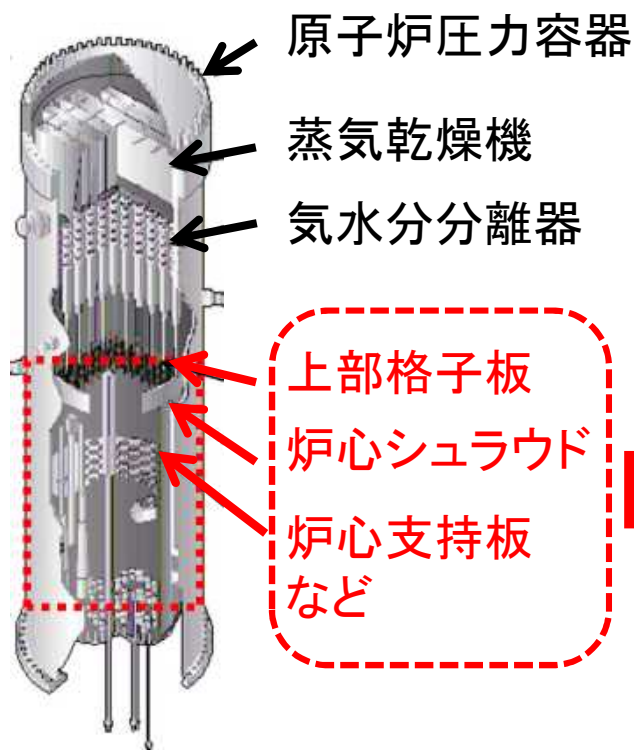
ガラス固化体

地層処分

100m

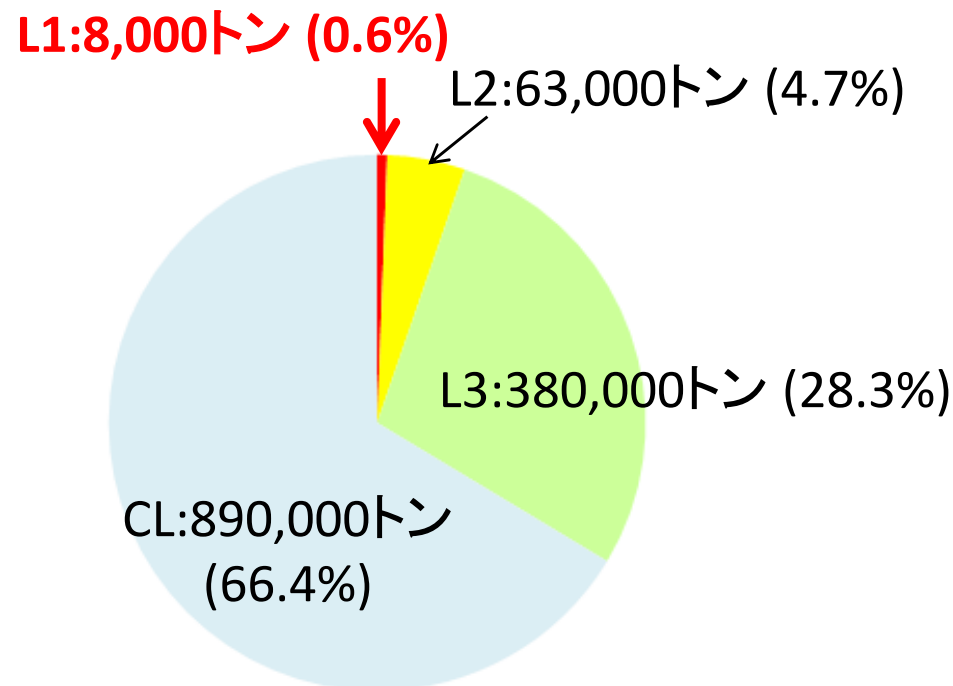
300m





炉内構造物の例 (BWR)

炉内等
廃棄物
(L1)

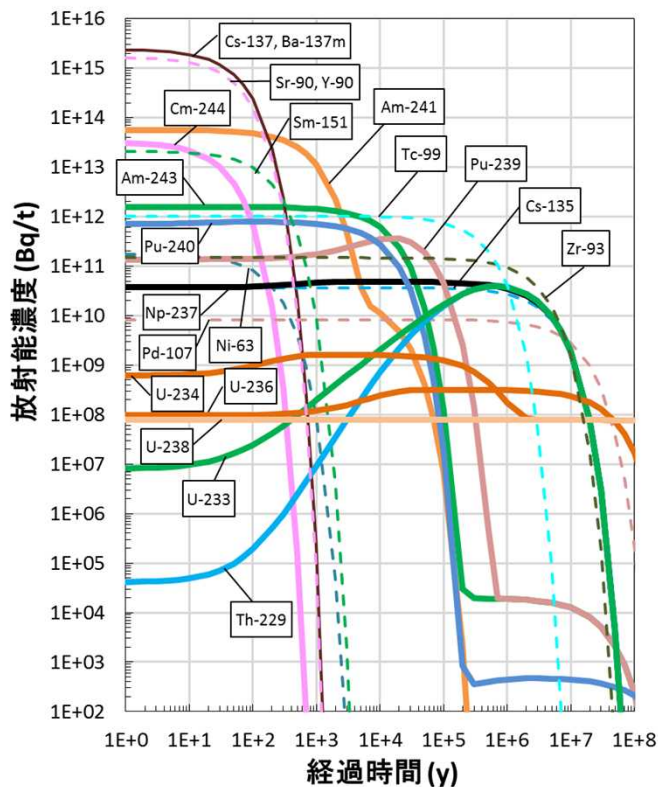


(57プラント 総量: 約1,341,000トン)

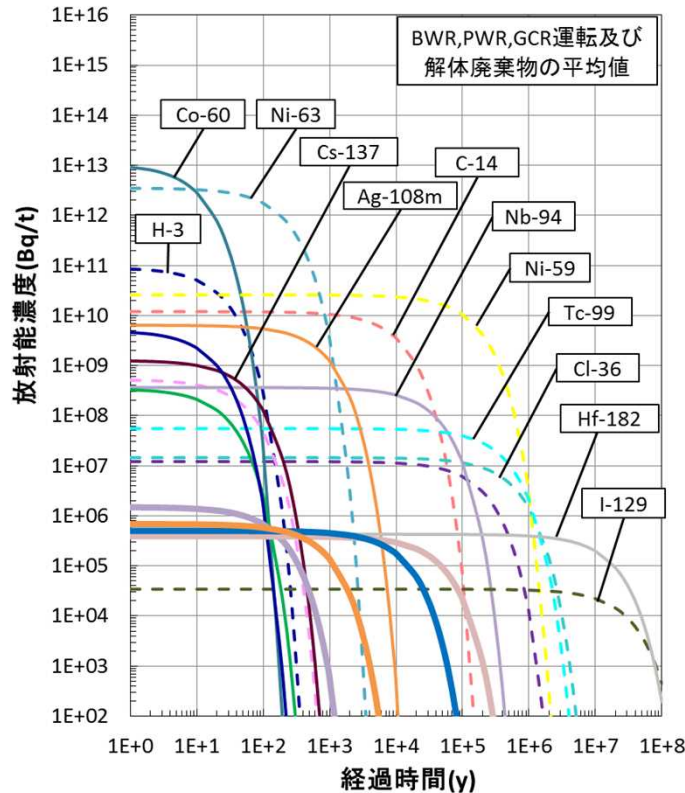
- 放射能濃度の比較的高いもの(L1)
- 放射能濃度の比較的低いもの(L2)
- 放射能濃度の極めて低いもの(L3)
- 放射性物質として扱う必要のないもの(CL)

発電用原子炉施設の廃止措置に伴い発生する
放射性廃棄物の推定量

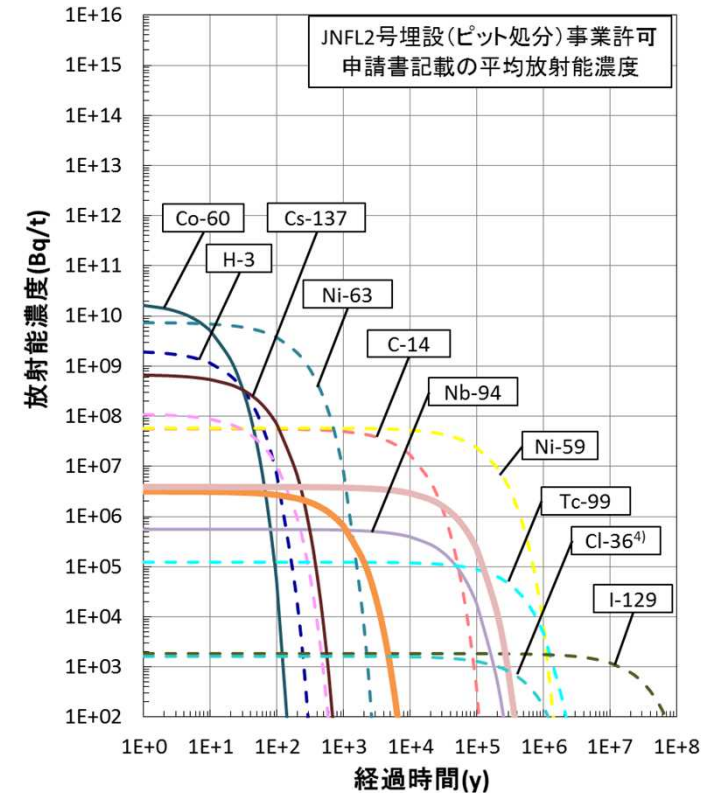
高レベル放射性廃棄物 (HLW)



炉内等廃棄物



浅地中ピット処分対象廃棄物

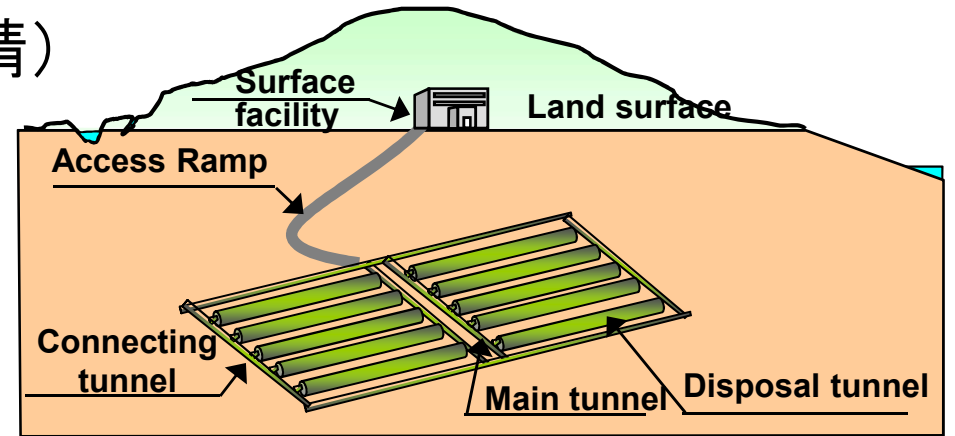


炉内等廃棄物の特徴

- 放射性核種の種類は、浅地中処分の対象と大きく変わらない
- HLWとは異なり、 α 核種をほとんど含まない
- 放射能濃度はHLWに比べて低いですが、半減期が数百年を超える長半減期核種の濃度が浅地中処分の対象廃棄物に比べ数桁高い

現行の炉規法に基づき事業者が受ける規制は、以下のうち審査段階から廃止措置段階まで。

- 立地段階(立地場所の調査～事業申請)
- 審査段階(事業申請～事業許可)
- 建設段階(事業許可～廃棄物の受入れ開始)
- 廃棄物の埋設段階(廃棄物の受入れ開始～廃棄物埋設地の埋戻し終了)
- 坑道の埋戻し段階※(廃棄物埋設地の埋戻し終了～坑道の埋戻し終了)
- 保全段階(坑道の埋戻し終了～廃止措置の開始)
- 廃止措置段階(廃止措置の開始～廃止措置の終了)
- 規制期間終了後



中深度処分の廃棄物埋設施設のイメージ

※ 浅地中処分には該当する段階はない

規制要求の検討の「前提」

- 炉内等廃棄物は、浅地中処分の対象廃棄物に比べて長半減期核種の濃度が数桁高いため、適切な埋設方法による処分が行われなければ数万年を超える長期にわたり人への影響が生じる可能性がある
- こうした特徴やこれまでの我が国の検討経緯等を考慮し、通常の事業者規制の枠内に収まらない措置や制度も含めた4つの前提を置いた

① 処分概念

② 規制終了までの期間

③ 事業組織が具備すべき要件

④ 国による特定行為の制限制度

数万年を超える長期間にわたって公衆と生活環境を防護するための根幹的な対策として、以下のような「中深度処分」を処分概念とする。

- 廃棄物と公衆の離隔に有効と考えられる深度へ廃棄物を埋設し、自然現象に起因する事象(自然事象)及び人間活動に起因する事象(人為事象)による廃棄物への擾乱等を防ぐ
- 人工バリアや天然バリアを活用することにより、埋設された廃棄物からの放射性核種の漏出や生活圏への移行を抑制(閉じ込め)する
- 離隔や閉じ込めの程度は、炉内等廃棄物の長半減期核種の濃度等に見合ったものとし、埋設深度は浅地中処分よりも深いものとする

埋設された炉内等廃棄物は、数万年を超える長期にわたり人への潜在的な影響が残る可能性があるが、こうした長期間にわたり事業者を規制して管理させることにより安全を確保することは現実的でない。このため、

- 事業者が離隔や閉じ込めの措置を完了し、それらの措置に問題がないことを確認し、原子力規制委員会が事業者に対する規制終了後において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等を確認した上で、規制は有限の期間で終了
- 規制終了までの期間は、事業者による離隔や閉じ込めの措置に係る確認を一定の期間求める観点に加えて、既往のピット処分の事業を参考に事業者による事業の継続性を考慮し、300～400年程度を念頭

- 中深度処分は、300～400年にわたる事業であることや、廃棄物の埋設段階以降においては事業収入が期待できないことから、事業費用の確保に係る見通しの不確実性が他の原子力施設に比べて高い
- また、当初予期されていなかった放射性核種の漏出等の異常が発生した場合、事業者は補修等の必要な対策を講じる必要があるが、有効な措置が採れなければ廃棄物の回収に至ることも考えられる。万一、坑道の埋戻し後にこのような状況に至った場合、浅地中処分の場合に比べて技術力と多大な費用を要することが予想される
- したがって事業者は、異常時への適切な対応に必要な技術や費用も含め、十分な技術的能力と経理的基礎を、規制終了時点まで安定的に保持していなければならない
- これを確実なものとするため、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等が国により適切に講じられること等を前提とする

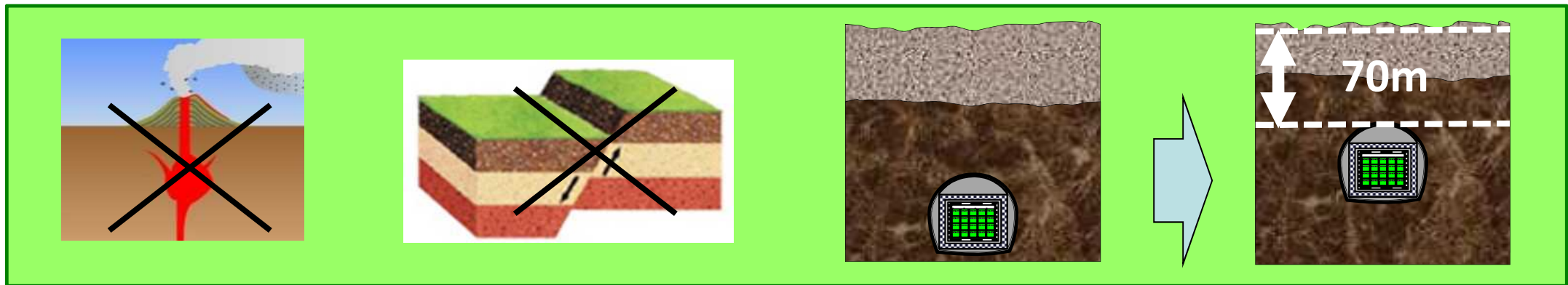
- 300～400年の規制期間終了後には事業者の存続が保証されないため、事業者による人間侵入※の防止を期待することはできない。これは、廃棄物埋設地に擾乱を及ぼす人間活動が制限されない状況を意味する
- 将来の人間の行動を具体的に予測することは難しく、また仮に人間侵入が発生した場合には影響が大きくなる可能性がある
- このため、事業者に要求する対策に加えて、人間侵入の発生可能性をさらに低くするために可能な措置は講じるべきという観点から、国として、廃棄物埋設地に擾乱を及ぼすような掘削等の特定行為を制限するための制度的な措置(特定行為の制限制度)を講じることを前提とする

※地下利用等による人間の廃棄物埋設地への直接的な侵入や、機械を用いた掘削等による間接的な侵入によって廃棄物埋設地が擾乱されるような人為事象

規制要求の考え方

- 数万年を超える長期間にわたって廃棄物を起因とする放射線の影響から公衆と生活環境を防護するため、規制期間中のみならず、規制期間終了後の安全確保のための規制要求を行う。規制期間終了後については、
 - ① 発生が合理的に想定できる範囲内の事象への事前対策を必須のものとして要求する
 - ② ①の対策の実施により合理的には想定する必要がないほど発生可能性が低いと考えられる事象についても、不確実性と影響が大きい事象についてはあえてこれを想定した念のための要求を行う
- ここで、②の評価の基準（線量基準など）は、①の基準と同等の水準である必要はない

- 自然事象への対策として少なくとも10万年間は火山活動及び断層活動、侵食作用が著しい影響を及ぼすおそれのない区域に廃棄物埋設地を設置すること
- 少なくとも10万年間は、侵食作用を考慮しても離隔に必要な深度を確保すること。ここで、離隔に必要な深度については、人間侵入の防止の観点から70m※とし、10万年間の侵食作用による深度の減少を考慮してもこの深度を確保すること



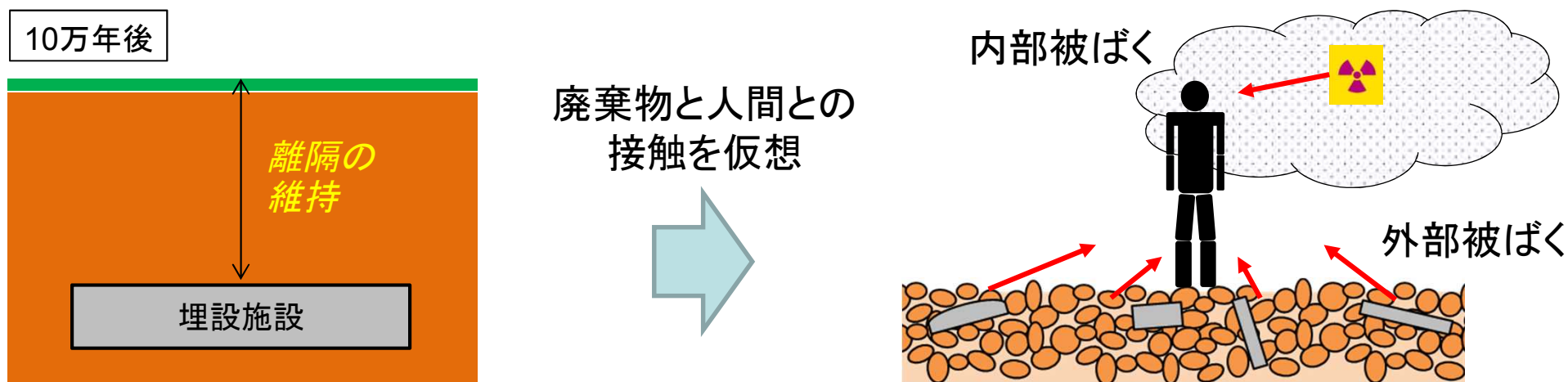
※シールド工法によるトンネル施工の深度を参考

以下を踏まえ、合理的な規制要求として少なくとも10万年間の離隔を要求

- 中深度処分で要求する程度の深度(70m)では、海水準変動に伴う侵食の影響を受ける可能性がある場合があり、このような深度においては、10万年以降の次のサイクルにおける海水準変動による侵食の位置等を現在の知見で評価することは困難
- この期間であれば、我が国において適切な立地地点を選定すれば、火山・断層活動による著しい影響が及ばない区域に廃棄物埋設地を設置することが可能と考えられる
- この期間であれば、炉内等廃棄物に含まれる放射性核種の潜在的な影響度が低くなる※

※炉内等廃棄物に含まれる核種の多くは数千年から10万年程度で概ね減衰する
また、一部の核種(例えば、Ni-59、Tc-99、Cl-36等)は、10万年後でも比較的高い放射能濃度を維持するものの、これらは β 核種であり外部被ばくの影響は小さい

- 10万年以降における海水準変動に伴う侵食の影響を受ける可能性のある位置に廃棄物埋設地を設置した場合には、10万年を超える期間において現在の地形条件の下で侵食が続く蓋然性が高いとは言えず、10万年を超える数10万年にわたる離隔の見通しには不確実性がある
- 上記のような位置に廃棄物埋設地を設置する場合は、あらかじめ廃棄物埋設地に埋設する廃棄物の長半減期核種の濃度を制限することにより、長期にわたり残存する長半減期核種の潜在的な影響を抑制すること
 - ✓ 10万年後において、あえて廃棄物と人間の接触を仮想した設定に基づいた線量評価を行い、影響が一定水準以下になること



- 人工バリアから天然バリアへの放射性核種の漏出を抑え、生活圏への移行を遅らせるため、少なくとも一定の期間※²は、人工バリアによって廃棄物埋設地からの放射性核種の漏出を抑制すること
 - ✓ 人工バリアの機能は頑健性の確保のため単一の機能に頼らず※²、設置される環境において構造上の耐力を有していること
- 人工バリアから漏出した放射性核種の地下水等を介した生活圏への移行を天然バリアによって抑制すること
 - ✓ 人工バリアからの放射性核種の漏出及び天然バリア中の移行挙動を評価し、その結果得られる公衆の線量が基準に適合していること
- 人工バリアの施工の不具合等による異常な漏えいの有無の確認、人工バリアや天然バリアが設計を逸脱することなく性能を発揮しつつあることの確認のためのモニタリング設備を設置すること

※1 廃止措置の開始までの期間 ※2 例えば廃棄物埋設地に浸入する地下水量を低減する機能や、放射性核種の移行を抑制する機能等

人間侵入について

- 人間侵入には、廃棄物埋設地の存在を認知しないで行われる偶発的な侵入と、存在を認知した上で行われる意図的な侵入がある
- このうち意図的な侵入については、公衆の被ばくなどを目的とした悪意の侵入と、そうした悪意のない侵入(例えば、別の目的のボーリング掘削時に誤って廃棄物埋設地を擾乱することなど)が考えられる
- 人間侵入が発生すると、侵入の当事者だけでなく周辺公衆も被ばくする可能性がある

人間侵入の防止・低減のための対策

- 侵入の当事者と周辺公衆を防護するための根幹的対策は深度の確保これに加えて有用な天然資源が有意に存在する場所を避けることや、廃棄物埋設地の存在を認知しやすくする標識等の設置を事業者に要求
- また、廃棄物埋設地への掘削行為等を制限するため、国による特定行為の制限制度が講じられることを前提としており、偶発的な人間侵入の発生可能性はさらに低減される
- 深度の確保等の設計上の対策により、偶発的な人間侵入は、本来合理的には発生を想定する必要はない事象に位置付けられる
- ただし、将来の人間の行動を具体的に予測することは難しく、また仮に人間侵入が発生した場合には影響が大きくなる可能性があるため、念のための要求(注:これも規制要求)として、廃棄物埋設地内部の人工バリアによる区画や、あえて人間侵入を想定した影響評価を要求
- なお、悪意のない意図的な人間侵入の対策についても、基本的には、偶発的な人間侵入と同じ考え方

国による特定行為の制限制度の位置付け

- 人間侵入の発生可能性をさらに低くするために可能な措置は講じるべきという観点から、国として特定行為の制限制度を講じることを前提とする
- 本制度は国によって措置されるものであることから、国(政府機能)が存続する限り維持することは可能なものとする
- 一方で、制度的な措置であるが故に、様々な要因により、いつかの時点で失われることも考えられる。このため、前述の念のための要求や影響評価は、本制度の存続にかかわらず行う

悪意の人間侵入について

- 悪意の人間侵入についても、深度の確保は障壁を設けるという意味で一定程度有効であるとする
- 深度の確保のような設計上の対策だけでなく、特定行為の制限制度を措置することが重要

放射性核種の閉じ込め機能の確認

- 廃棄物埋設地からの放射性核種の異常な漏えいの有無を確認すること
- 人工バリアや天然バリアが設計を逸脱することなく性能を発揮しつつあることを確認すること

定期的な評価

- 10年を超えない毎及び次の段階に移行する前に、最新の技術的知見を踏まえた定期的な評価を行うこと
 - ✓ 離隔や閉じ込めに係る設計が基準に適合していることの確認
 - ✓ 自然事象に係るシナリオ評価結果が基準に適合していることの確認
- 定期的な評価の結果、離隔に係る見通しが得られない場合や、閉じ込めに影響を及ぼす要素や徴候が確認された場合は、それぞれの状況に応じた必要な対策を講じること

坑道の埋戻し

- 埋戻した領域が放射性核種の卓越した移行経路とならないようにすること
- 坑道の埋戻し後は、放射線モニタリングの精度や異常時の補修等の容易性が大幅に低下するため、坑道の埋戻し段階に移行しようとする場合は、放射線モニタリングの方法、異常時の補修等の方法を適切に見直すこと

異常時の措置

- 廃棄物埋設地からの放射性核種の異常な漏えいの徴候が確認された場合、漏出箇所の確認や補修等の必要な対策を採ること
 - ✓ 補修等の有効な措置が採れない場合は、廃棄物の一部又は全部の回収を要求することもあり得る

規制期間終了の要件

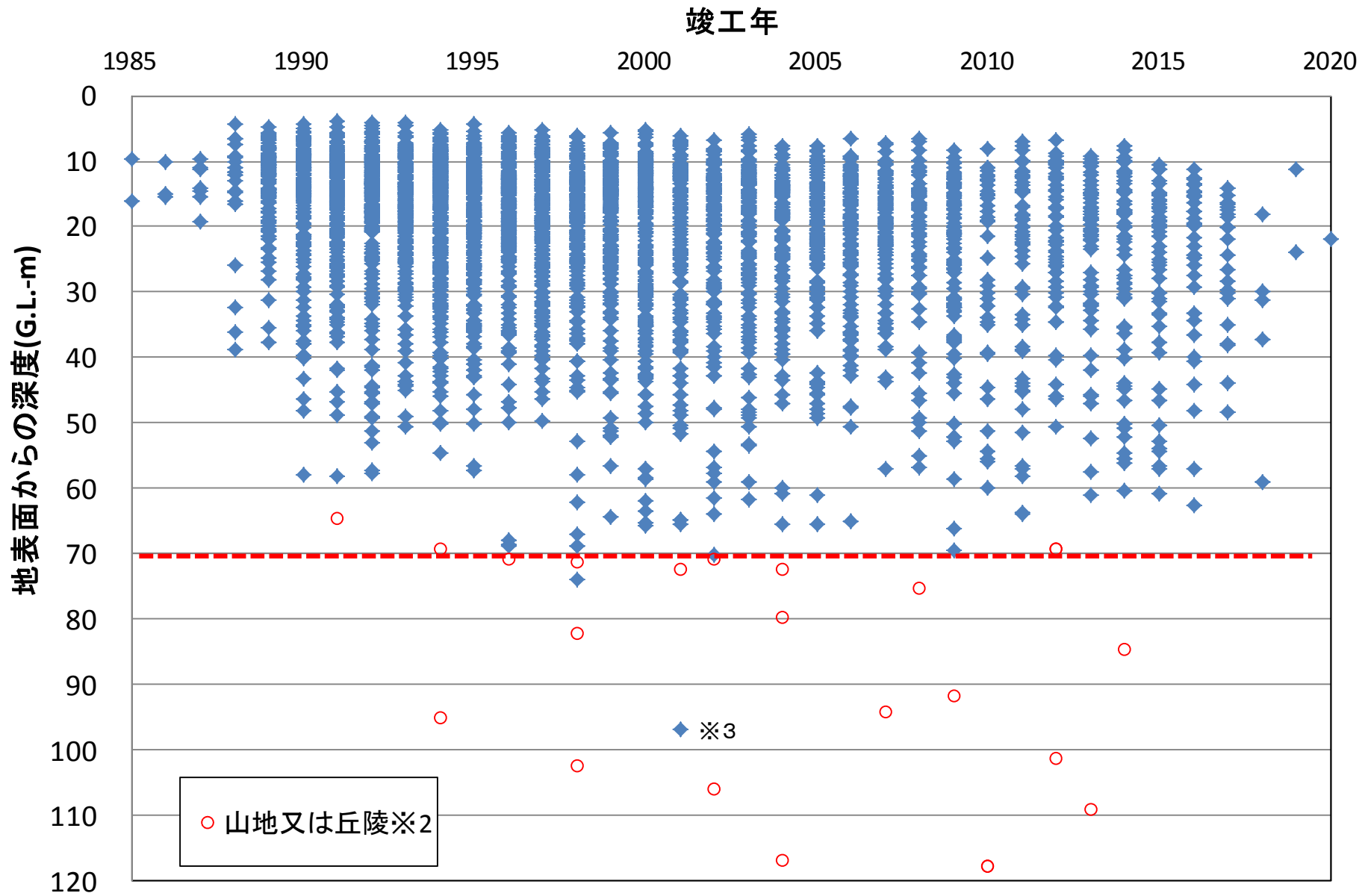
- 放射線モニタリングによって、廃棄物埋設地からの放射性核種の異常な漏えい等の徴候が確認されていないこと
- 最新の定期的な評価によって、廃棄物埋設地の離隔に係る措置に問題がないこと、閉じ込めに影響を及ぼす要素や徴候が確認されていないこと等が確認されていること
- モニタリング用に設置した観測孔が、水みちが生じないように適切に埋戻されていること
- この他、規制期間終了後において廃棄物埋設地の存在を認知しやすくする標識等が設置されていること等

おわりに

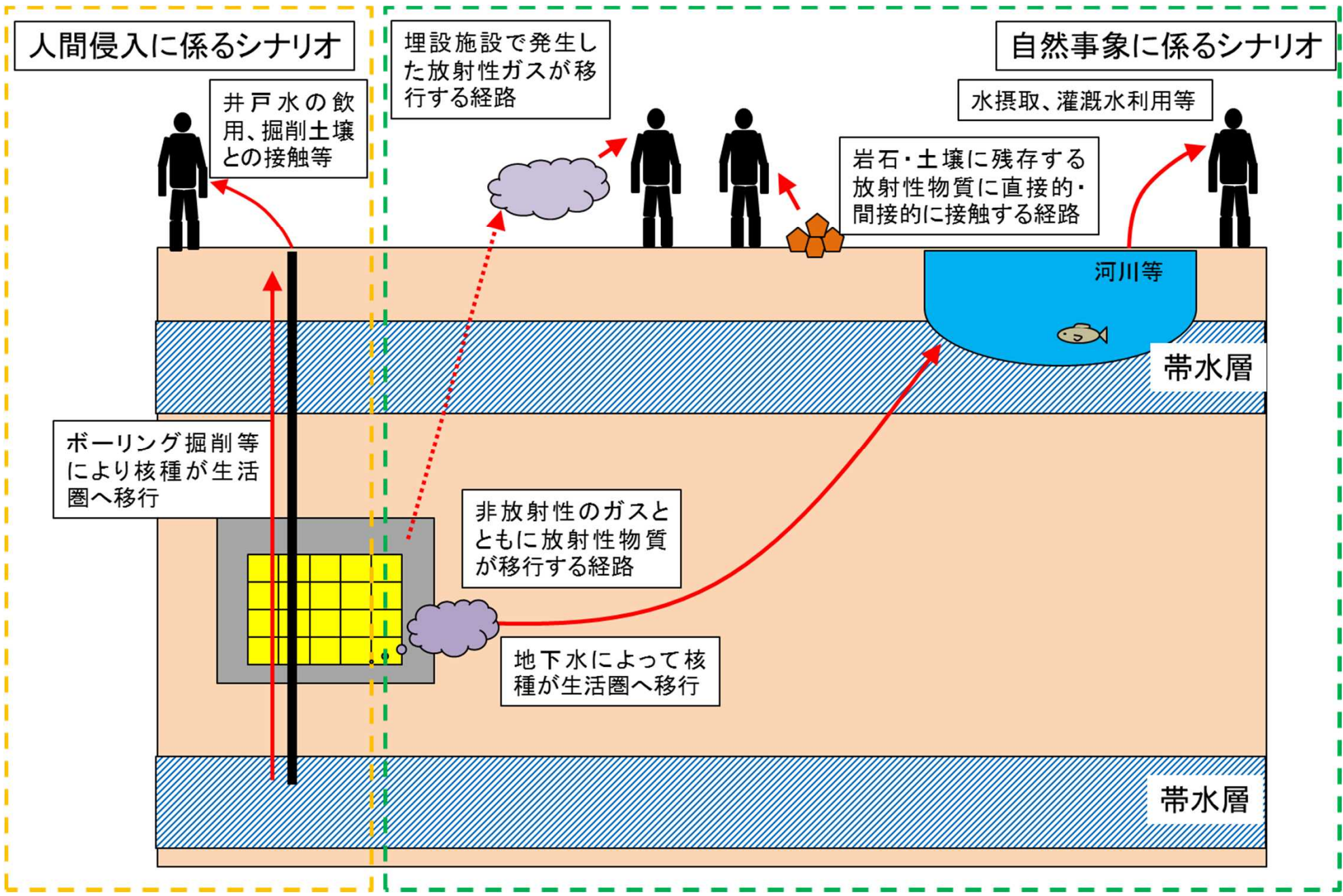
- 今回前提としたもののうち、事業組織が具備すべき要件に係る措置については放射性廃棄物の埋設に係る政策を所管する当局に依存するところが多い
- また、特定行為の制限制度については、通常の事業者に対する規制の枠内に収まらない課題
- その対応について、関連する政府機関の間で十分な意見交換等を行う必要がある

- 今回は、廃棄物埋設施設の位置、構造、設備についての基本設計や管理等に係る基本的な考え方について検討を行ったものであり、必要に応じ、規制内容の見直しも含めた詳細な規制項目を検討
- 中深度処分の廃棄物埋設施設は我が国に前例がなく、天然バリアにも強く依存し、今後も少数しか設置されないと考えられる
- したがって、原発のような施設イメージを強く持った規制基準等を整備するよりも、規制上の基本的な要求項目を明確にした上で、事業者から、これを満足する方法を設計面や管理面等を含めた総合的計画として提示され、これを原子力規制委員会が詳細に確認することがより重要と考える

以下、参考資料



地表面の高低差が50m以上と判断される山地又は丘陵を除いて、ほとんどのトンネル施工深度は70m以下



- 地層処分の規制の考え方については、対象となるHLWの特徴を踏まえ、また処分事業の進捗に合わせて検討していく必要がある
- 例えば、HLWは α 核種の濃度が高く、長半減期核種の濃度も炉内等廃棄物に比べて数桁高いため、HLWの取扱いに当たって、作業従事者及び公衆の安全を確保するための設備等については、炉内等廃棄物を取扱う中深度処分よりもさらに厳重な対策が求められる
- また、10万年を超える長期間にわたってHLWを起因とする放射線による影響から公衆と生活環境を防護する必要があり、具体的な規制要求は中深度処分とは異なると考えられる
- しかしながら、長半減期核種の濃度制限のような、一部該当しない考え方があるものの、例えば長期間にわたって公衆と生活環境を防護するための根幹的な対策として、事業者に離隔と閉じ込めといった設計上の対策を要求する考え方などは、中深度処分と共通するものと考えられる