

日本原子力学会
ウィークリーウェビナー
「放射性廃棄物の管理」2021

第12回までのウィークリー
ウェビナーからの情報

日本原子力学会

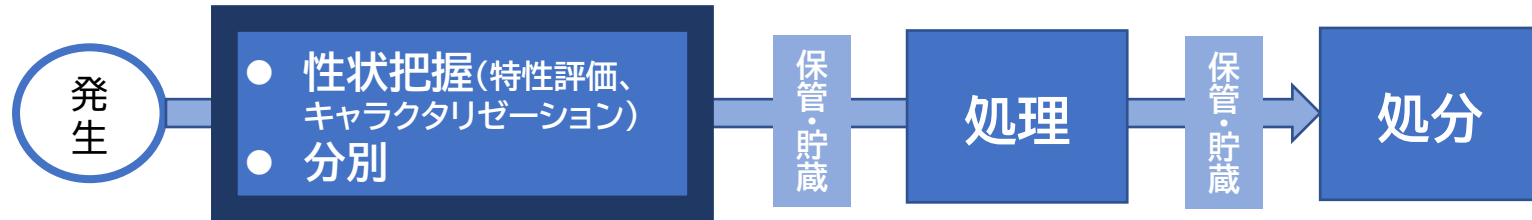
中山真一

【第1回】放射性廃棄物の管理:全体概要/基本的考え方

全体概要 (日本原子力学会)中山 真一

基本的考え方 (原子力発電環境整備機構)梅木 博之

- 発生した廃棄物の発生から最後の処分までの技術的工程—性状把握、処理、廃棄体化(安定化)、保管、処分—を一連の工程として包括的に(holistically)とらえるべき



- 持続可能性のある放射性廃棄物管理のための包括的アプローチの開発が必要
- 包括的アプローチは既存の原子力エネルギーシステムだけでなく、将来の先進的システムも視野に入れ、フロントエンドも含めたライフサイクル全体を考慮することが重要
- 重要な技術的課題の一つは、与えられた境界条件のもとに、放射性廃棄物の発生、コンディショニング、貯蔵、輸送、処分を組み合わせ最適化するための方法論
- 廃棄物管理に関わるプロセス間、専門分野間の協働、国際的な協力の枠組みが不可欠

【第2回】放射性廃棄物に係る放射線防護上の基準

(原子力安全研究協会)立川 博一

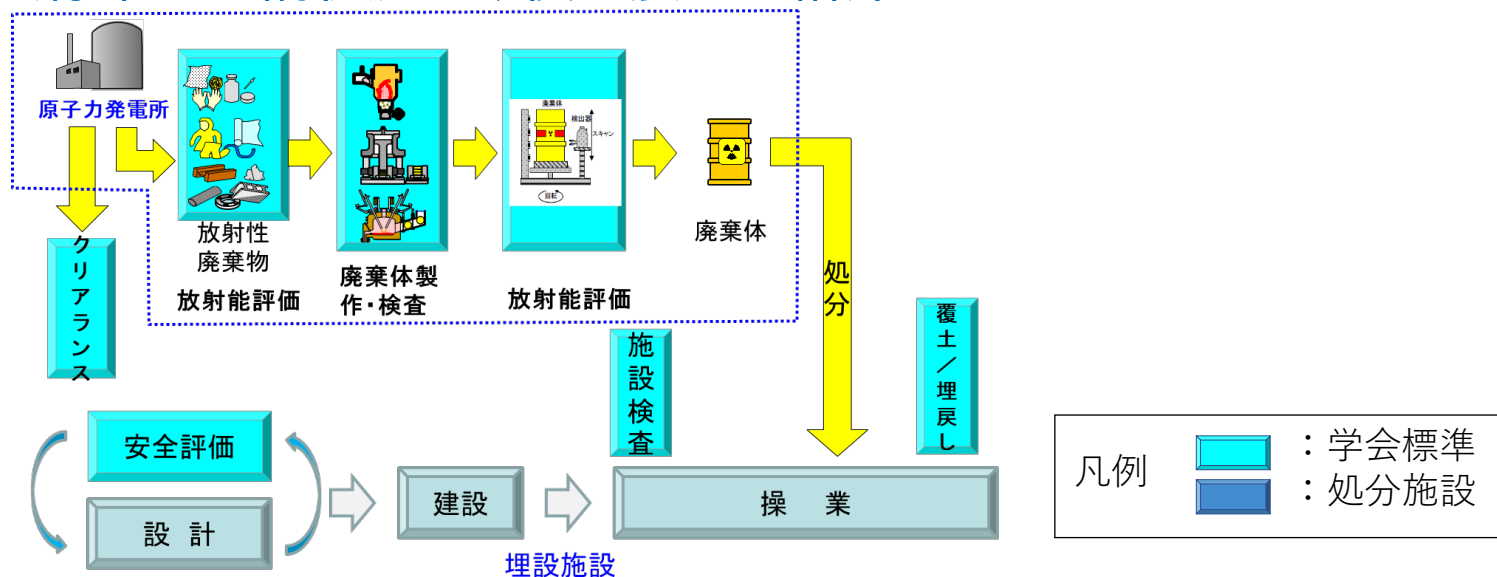
■ 放射性廃棄物に係る国際原子力機関(IAEA)の安全基準を中心に、その成り立ちと基本的な考え方(放射線防護の基準)を紹介

- IAEA安全基準
- IAEAの放射性廃棄物に係る安全基準
- 処分前管理:一般安全要件GSR Part 5「放射性廃棄物の処分前管理」
- 処分:個別安全要件SSR-5「放射性廃棄物の処分」
- 処分:ICRP Publ.122「長寿命放射性固体廃棄物の地層処分における放射線防護」 など
- 安全原則SF-1:基本安全目的、原則
- IAEA安全基準とICRPの関連文書の経緯

【第2回】放射性廃棄物処理処分に関する学会標準

(日本原子力研究開発機構)高橋 邦明

■ 学会標準の整備状況と今後の展望を紹介

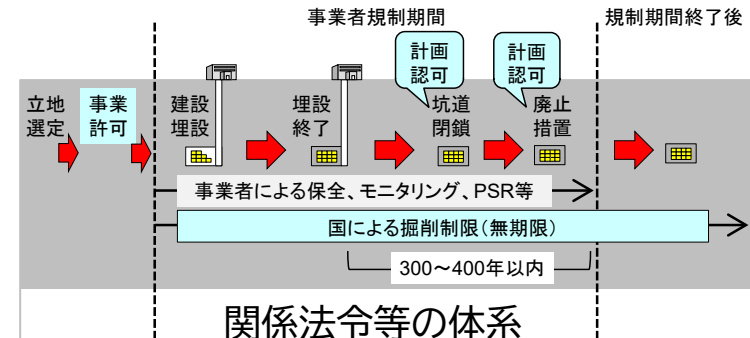
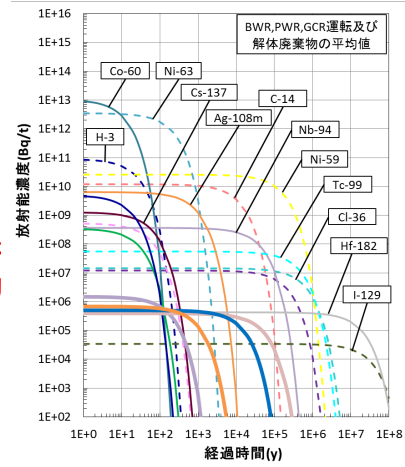
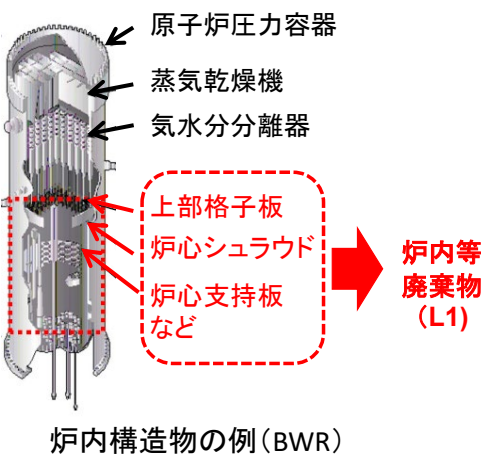
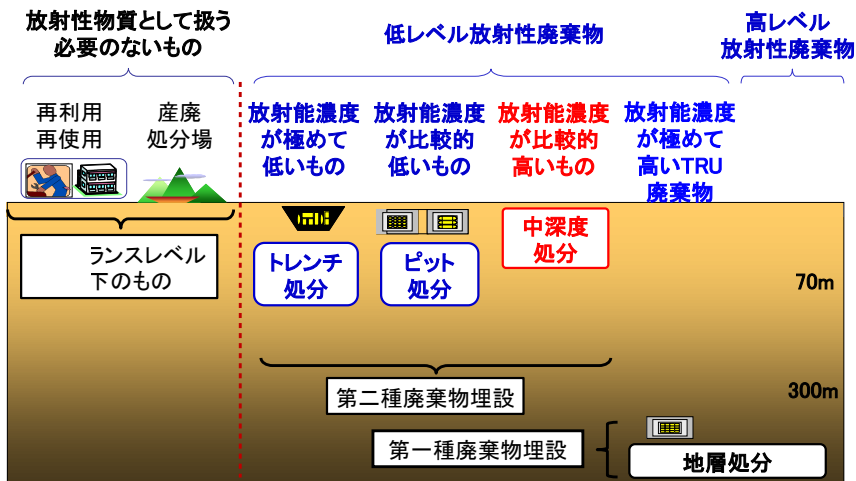


【第3回】中深度処分規制基準

(原子力規制庁)前田 敏克

■ 中深度処分対象廃棄物と関連する法令等について紹介

- 中深度処分の対象廃棄物
- 中深度施設の事業段階
- 中深度処分施設と廃棄物のイメージ
- 関連法令等とその解釈



- 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和三十二年法律第百六十六号）
- 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令（昭和三十二年政令第三百二十四号）
- 核燃料物質又は核燃料物質によつ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（昭和六十三年総理府令第一号）
- 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（平成二十五年原子力規制委員会規則第三十号）
- 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の解釈（行政手続法の審査基準に該当する内規）

「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」(平成28年8月原子力規制委員会決定)より引用・一部改編

【第4回】原子力施設の廃止措置(1) 実用商用炉の廃止措置

(電気事業連合会) 上山 裕

- 2021年11月末現在、全国に57基ある実用発電用原子炉のうち、18基(1F含まず)が運転停止し、18基が廃止措置計画認可を受領
- クリアランス対象物(原子力規制委員会の確認後、有価物もしくは産業廃棄物として扱えるもの)のうち、例えば金属は、現状では年間1,000トン程度発生。今後、廃炉進展に伴い、約10年後には10倍程度発生する見通し
- 今後増加するクリアランス対象物を適切に処理・処分することが必要

【第4回】原子力施設の廃止措置(2) 1Fの廃止措置

(北海道大学) 渡辺 直子

- 事故炉の廃炉は予期しなかった状況に対応して実施。計画されたプラントライフの最終段階である通常炉の廃止措置とは本質的に相違
- 事故炉の廃炉は、安定化対策や除染を優先し、その後、機器・構造物の解体撤去を実施
- 海外の事故炉では、技術開発の必要性、作業員の被ばく低減、処分施設の確保等の理由により、安全貯蔵される場合が多い
- 事故炉では、廃炉、サイト修復から大量の廃棄物の発生が想定
- 事故炉の廃炉では、ステークホルダー参加の重要性が増大

【第4回】原子力施設の廃止措置(3)研究施設等の廃止措置

(日本原子力研究開発機構) 目黒 義弘

■ 廃止措置計画の策定

- 原子力施設(参考となる情報が比較的多い)とRI施設(情報が限定されている)において、**廃止措置経験やデータを蓄積し、情報を共有するシステム等が必要**

■ 廃止措置費用の見積もり

- 規模の大きな施設の廃止措置は、必要な費用も大きく、事前に適切に費用を見積もり、準備しておくことが重要
- 詳細な見積もりは、各施設において、施設の状況を反映して実施

■ 安全規制等

- 適切な安全管理の下での廃止措置の実施(グレーデッドアプローチの適用等)⇒実績の積み上げ、**情報の共有、関係者間の対話が必要**

■ 放射性廃棄物の管理とクリアランス

- 解体廃棄物の**適切な管理**(分別、放射能濃度評価、記録保管、品質保証など)により、後段の廃棄物処理や処分工程での**負担軽減**が可能

■ 地元の理解(特に大規模施設)

- 廃止措置に伴う社会経済的影響(雇用、地域経済、環境問題等)の検討や**説明会の実施**が重要

【第5回】低レベル放射性廃棄物の処分(その1):その考え方

(日本原燃) 佐々木 泰

- 低レベル放射性廃棄物処分の課題
 - 長期評価に対する課題:不確実性の管理が必要
 - 長期運営に対する課題:人財の確保・教育、経験知識の伝承が必要
 - 原子力利用に関する課題:原子力発電所以外の原子力利用に伴う放射性廃棄物の処分に関し、共通課題として、より原子力を安全に利用できるように処分方法の合理化を図ることが必要

【第5回】高レベル放射性廃棄物の処分(その1):その考え方

(原子力発電環境整備機構)渡部 隆俊

- 「段階的アプローチ」と、可逆性・回収可能性の導入により世代間・世代内の公平性を確保
- NUMOによる技術開発の進展
 - 地下深部の調査技術が実際の地質環境条件への適用可能性を実証
 - より実践的な処分場設計技術の向上
 - より精緻な安全評価技術の開発
 - 安全な地層処分を実現するための方法⇒セーフティケースに統合

【第6回】1F事故オンサイト廃棄物

(東北大学)新堀 雄一

- 1F事故で発生した多種多様なオンサイト廃棄物の管理について、廃炉委報告書(2020年7月)の位置付けやその内容、1F廃棄物に関連する学会等の取り組み・今後の方向性を紹介
- 今後の方向性
 - 放射性廃棄物の最終的な処分までを考えれば、1Fサイトやその周辺のみではなく、廃棄物を処分するサイトのことでも考慮することが必要
 - 1Fサイトのステート(状態)を、関係者(ステークホルダ)で共有し、そこに向けて進捗管理・課題抽出するとともに、解決に向けた技術や関連規制の整備、**社会的側面での議論を深めることが重要**



廃炉委報告書に示される関連の海外事例やその選択の背景等を整理しつつ、放射性廃棄物や今後取り出すデブリの合理的な安定保管を念頭に置く**中間エンドステートの議論を深める段階**

- 放射性廃棄物の物量の低減について、現在の焼却などによる減容に加え、クリアランス制度の検討が重要
- 処分形態の選択には、処分システムを想定した評価が前提にあり、特に、放射性物質の化学形態を考慮することが必要

【第6回】1F処理水:トリチウム放出管理の新しいパラダイム

(京都大学)小西 哲之

- そもそもトリチウムの人間への影響
 - トリチウムは水に混入するため、あらゆる原子力施設からの「排水」に潜在的に含まれる
 - ➡ 運転時にその放出量をゼロにできない。能動的管理しかない
 - 1Fだけでなく、過去、現在でもトリチウムは「管理放出」される
 - 福島以降、生体影響は、環境・人体・社会複合問題

【結論】

- エネルギー市場は変化している。
 - ➡ エネルギーは資源でなく、廃棄物に重心が移っている
- 原子力施設は、その廃棄物の社会的影響で評価を受ける
- トリチウムは、設置側は被ばく量 S_v で管理
- トリチウムは、社会からは、環境中トリチウム濃度 B_q とその風評で評価する。加害者と被害者でリスク取引が行われる
 - ➡ 「リスクコミュニケーション」
- 1F および他の原子力施設（核融合も）はエミッション特性で社会の理解と監視を常時受ける
 - ➡ 「処理水問題」は一過性の課題ではない

【第6回】1F事故オンサイト廃棄物の処理

(日本原子力研究開発機構)大杉 武史

- 1F事故オンサイト廃棄物に関する取り組みは、従来の廃棄物対策と大きく異なる。サイト内のほぼ全て何らかの汚染、事故時の詳細も多くは不明
- 廃棄物の情報も処分の要件もない中で、保管をするための処理を計画
- リスクの低減が第一。燃料デブリの取り出しが主要な課題
- 廃棄物処理は、冷却水の処理や燃料取出し、デブリ取出しの作業を行うためのスペース確保、作業員の被曝低減のために不可欠
- 処理の最終目的は、処分可能な技術的条件に適合する廃棄体作成。処分の区分は廃棄物に含まれる核種や処理による核種の固定性により変化
- 処理の最終形態となる廃棄体性能について、実績ある固化技術に加え、新しい処理技術も、同じ項目でデータを取得し、比較することが必要
- 今後必要と考えられる研究課題

【処理計画】廃棄物処理の計画の合理性を評価する手法(処理と処分を合わせて考えてどのような処理-処分が最も効率的なのか?)

【性状把握】①大量の廃棄物の汚染濃度を把握する手法、②個々の核種分析を高速分析する手法

【保管管理】容器の腐食や劣化の検知技術

【処理】①セメント系材料の長期安定性の評価手法、②コンクリート、金属等の再利用に必要な技術(除染、検認手法)

【処分】合理的な処分概念の構築とその安全評価手法の確立

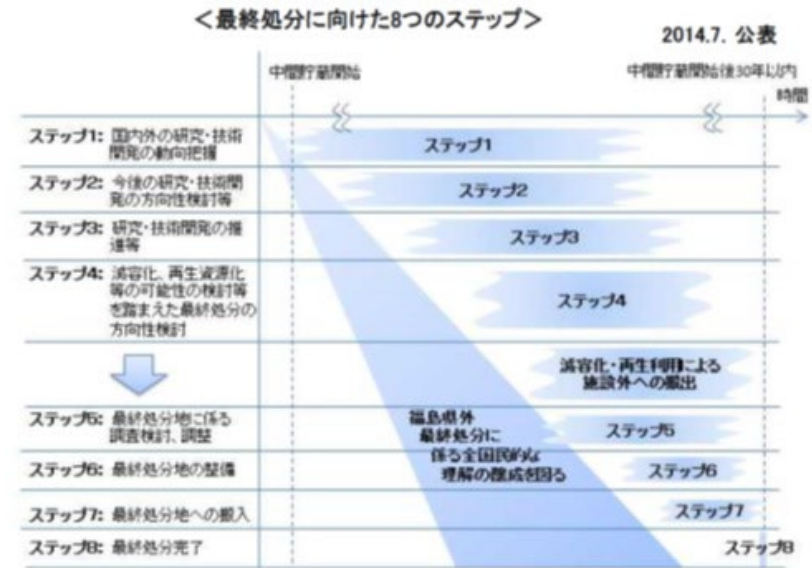
【第7回】1F事故オフサイト廃棄物

(国立環境研究所)大迫 政浩

- 放射性物質汚染対処特別措置法による除染と廃棄物処理
 - 可能な限り減容化し、中間貯蔵(県外最終処分)や埋立処分など
- 福島再生・未来志向プロジェクト
 - 福島県内の地元ニーズに応え、環境再生の取組のみならず、脱炭素、資源循環、自然再生などによる**福島復興への取組みを推進**
- 技術開発成果に基づく、再生利用と最終処分の推進。**国民的理解の醸成等**

	2015年	2018年	2021年	2024年	2025~2044
進行管理	技術の現状把握・評価 戦略の進捗レビュー、精緻化等 見直し				基礎技術開発を一通り完了
減容・再生利用技術の開発	分級処理の実証		分級以外の技術開発と実証		
	土木資材へのモデル的活用に関する実証				
	公募型技術実証(減容等技術実証事業)				
再生利用の推進	手引きの作成		手引きの充実化		
	社会的受容性の向上に向けた取組やモデル事業				
	再生利用先の具体化、本格化の推進				
最終処分の方向性の検討	シナリオに応じた技術組合せ		減容技術の絞り込みと処分方式		方式具体化
	施設構造要件等整理		構造や必要面積等の選択肢検討		調査、整備、搬入開始
全国的な理解の醸成等	各種機関等と連携した取組、ウェブサイト等を通じた情報発信				
	技術開発・再生利用の進捗に応じた対話型・参加型理解醸成活動の実施				
	国際的な情報交換・レビュー、国内外機関との連携や体制整備				

技術開発戦略の工程表
環境省・中間貯蔵施設情報サイトHPから抜粋



最終処分に向けた8つのステップ
環境省・中間貯蔵施設情報サイトHPから抜粋

【第8回】放射性廃棄処分と地質環境

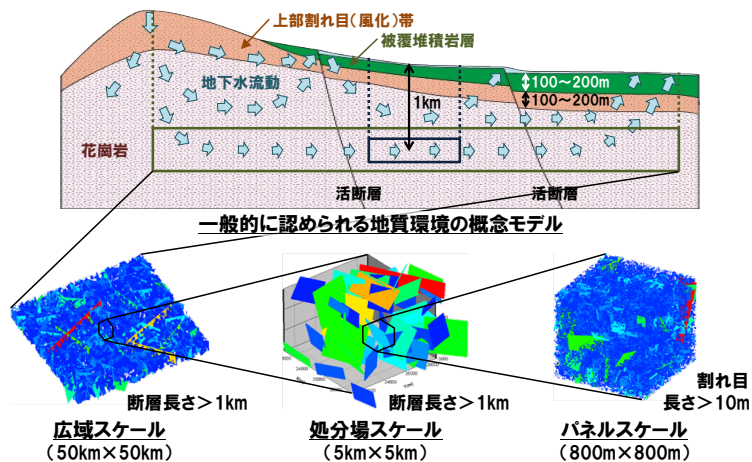
(日本原子力研究開発機構)大澤 英昭

■ HLW地層処分の安全確保の基本的な考え方と地質環境分野の役割及びJAEAにおける地質環境分野の研究開発の変遷

- 地層処分では、外的要因となる自然現象について、これらが地層処分の機能に与える影響が許容できるものなのかどうかを確認し、地質環境に擾乱を与える自然現象の影響が小さい地域をより好ましいものとして選定
- 地質環境の安定性については様々な疑問に答える研究を行ってきており、対応できる技術が準備
- 地層処分の安全性という観点で、科学的知見の進展を考慮しながら、地層・岩盤に残された過去の痕跡やこれから起きる自然現象と向き合い、対応していくことが信頼性を向上する上でも重要

地質環境に求められる要件と期待される安全機能への影響要因(閉鎖後)

基本概念	安全機能	閉鎖後長期の地質環境に求められる要件	影響要因
隔離	自然現象の著しい影響からの防護	廃棄体を人間の生活環境に接近あるいは露出させるような著しい影響を及ぼす自然現象が生じないこと	火山・火成活動，隆起・侵食
	人間接近の抑制	現在認められている経済的価値の高い鉱物資源が存在しないこと	鉱物資源の存在
閉じ込め	放射性物質の溶出抑制 および 放射性物質の移行抑制	熱環境 ：地温が低いこと	火山性熱水・深部流体の移動・流入
		水理場 ：地下水流動が緩慢であること	地震・断層活動，隆起・侵食
		力学場 ：岩盤の変形が小さいこと	地震・断層活動
		化学場 ：地下水は高pHあるいは低pHではない，酸化性雰囲気ではない，炭酸化学種濃度*が0.5 mol/L以上とならないこと	火山性熱水・深部流体の移動・流入，地震・断層活動，隆起・侵食



HLW地層処分の安全確保の考え方

藤崎淳(2021):閉鎖後長期の安全性の評価, 地層処分技術オンライン説明会(改訂した包括的技術報告書)長期安全評価2021/06/30.

三枝博光(2021):地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化, 地層処分技術オンライン説明会(改訂した包括的技術報告書)長期安全評価2021/06/16.

【第9回】低レベル放射性廃棄物の処分(その2): 処分場の設計に係る現状と諸課題

(日本原燃)佐々木 泰

■ 処分場の設計に係る課題

- 長期の状態設定の不確実性を低減させることによる、線量評価の信頼性向上と、合理的な設計
- 廃棄物の低減による処分場の有効利用
- まだ処分の実施が決まっていない廃棄物の処分
- 将来世代への情報の伝承

【第9回】高レベル放射性廃棄物の処分(その2): 処分場の設計に係る現状と諸課題

(原子力発電環境整備機構)高橋 美昭

■ 処分場の設計と工学技術に関する今後の取組み

- 処分場の安全性および経済的合理性を高め、実証試験などを通じた技術の実用化と品質管理手順・方法の確立
⇒より実践的な処分場設計技術の更なる向上
- 多様な地質環境や、長い事業期間中における科学技術の進歩などに柔軟に対応できる、複数の設計オプション(多様な選択肢)を整備
⇒人工バリア代替材料や設計オプションの成立性・信頼性の向上

【第10回】低レベル放射性廃棄物の処分(その3):セーフティケース

(日本原燃)清水 智史

■ 安全確保の考え方と諸外国の状況

- セーフティケースの定義と構成要素
- 廃棄物の処分方策、考慮する安全機能、リスク
- 設計最適化の例、評価対象期間と状態設定
- 諸外国の状況についてDISPONET 2021の状況から LLW を中心に説明

■ 今後の課題

- 定期的な評価に向けた継続的な知見蓄積・モニタリング
- 被ばくリスクのさらなる低減とより合理的な処分方法の両立
- 情報処理技術の適用・拡大

【第10回】高レベル放射性廃棄物の処分(その3):セーフティケース

(原子力発電環境整備機構)藤山 哲雄

■ 包括的技術報告書で示した処分場の安全評価の考え方と今後の取組み

今後の取組

- サイトや技術オプションの性能比較を可能とするより現実的な性能評価技術の開発
- 安全評価シナリオの作成から解析ケース設定に至る一連の作業の追跡性の向上
- 核種移行パラメータを設定するために必要なデータの継続的な拡充

■ セーフティケースとしての包括的技術報告書の役割

- 最新の科学的知見や技術を統合し、安全な地層処分の実現に向けた技術や、それを支える科学的知見を包括的に提示
- 安全評価により、処分場の閉鎖前および閉鎖後長期の安全性を確保できる見通しを確認
- 特定のサイトを対象として作成するセーフティケースの基本形として活用

【第11回】処理処分の科学・技術最前線—セメント系材料の進展—

(太平洋コンサルタント)芳賀 和子

■ 放射性廃棄物処理・処分で使用されるセメント系材料の役割と用途

- 機械的強度の発現性⇒ 構造材料、グラウト材
- 硬化するまでの流動性⇒ グラウト材、充填材、固型化材
- 物理的な遮蔽性⇒ 容器、遮蔽壁
- 物理的な閉じ込め性(低拡散、低透水) ⇒ 容器、構造材料、低拡散層
- 核種の固定能⇒ 固型化材、構造材料、充填材

■ セメント系材料の研究・開発課題

- カーボンニュートラルに向けた積極的な取組みが進められている中、**社会のニーズに合わせ変わりゆくセメントやコンクリートを、どのように使いこなし、評価していくのかが重要**

【第11回】処理処分の科学・技術最前線—処分場遠隔技術—

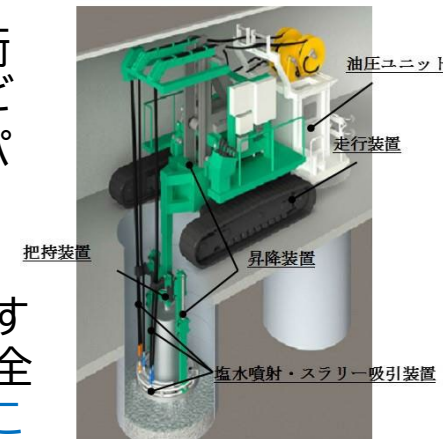
(原子力環境整備促進・資金管理センター)川久保 政洋

■ 地層処分の主な操業技術に関する研究開発状況

- 地層処分の操業技術:坑道の掘削、オーバーパックの搬送・定置、緩衝材の搬送・定置、埋め戻し施工、力学プラグ施工、止水プラグ施工など
- 遠隔操作による縦置き・ブロック方式での緩衝材除去及びオーバーパックの回収、横置き・PEM方式でのエアベアリング装置回収等の実証

■ 今後の展望

- 建設～閉鎖期間を考慮すると、産業界における遠隔化や自動化に関する技術力の大幅な向上が期待できるため、事業許可後においても安全性と効率性を向上させるためには、**常に最新の操業技術を導入することが可能な柔軟な規制が望まれる**



【第12回】なぜ、地層処分なのか

(原子力発電環境整備機構)草野由貴子

■ 処分か？長期貯蔵か？

- 放射性廃棄物の危険性は長期間にわたって残存
⇒人間による管理に信頼を置くことは出来ず、最終的には人間の管理を必要とせずに生活圏から隔離できる手段(処分)が必要
- 現世代が長期貯蔵を継続し、最終的な処分に向けた行動を起こさず、将来世代に負担を残すことは非倫理的

■ なぜ地層処分が選択されたのか？

- 科学技術的な実現可能性の観点から、地層処分が最も有望な方法として国際的に合意
 - ✓ 他の処分方法、長期貯蔵の比較検討を繰り返し実施
- 倫理的観点に配慮して地層処分を進める方策の検討
 - ✓ 段階的アプローチ、可逆性・回収可能性等の仕組み
 - ✓ ステークホルダへの意思決定への参加の仕組み

- 地層処分は科学技術的観点での実現可能性だけでなく、倫理的側面にも配慮して進めることのできる処分方法として国際的に合意