

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

1.放射性廃棄物の管理：  
基本的視点と展望

2021年11月25日

原子力発電環境整備機構 (NUMO)

梅木 博之

# 放射性廃棄物の発生と管理

## 放射性廃棄物の定義

- For legal and regulatory purposes, waste that contains, or is contaminated with, radionuclides at concentrations or activities greater than clearance levels as established by the regulatory body (IAEA, 2000)

## 発生

- 運転／廃止措置
  - 原子力発電所や核燃料サイクル施設
  - 放射性物質を使用する医療機関, 研究所, 一般産業施設
- NORM/TENORM
- 貯蔵・処理が十分に計画されていなかった過去の活動 (legacy waste) や不測の事態 (e.g. 事故) (unconventional waste)

## 管理 (management)

- 輸送 (transportation) を伴う, 発生から, 処理 (processing), 貯蔵 (storage), 処分 (disposal) までを包含

# 放射性廃棄物管理の方向性

## ● 原子力エネルギーの持続可能性 (sustainability)

- 環境への配慮, 特に地球温暖化への対策としての役割
- 廃棄物処分に対する関心と懸念への対応 (e.g. NEA, 2020)
- 原子力利用の継続と先進的システムの導入にはより深い配慮が必要であり, 安全性, 安全保障などを統合した持続可能性を有するモデルケースを構築することが重要

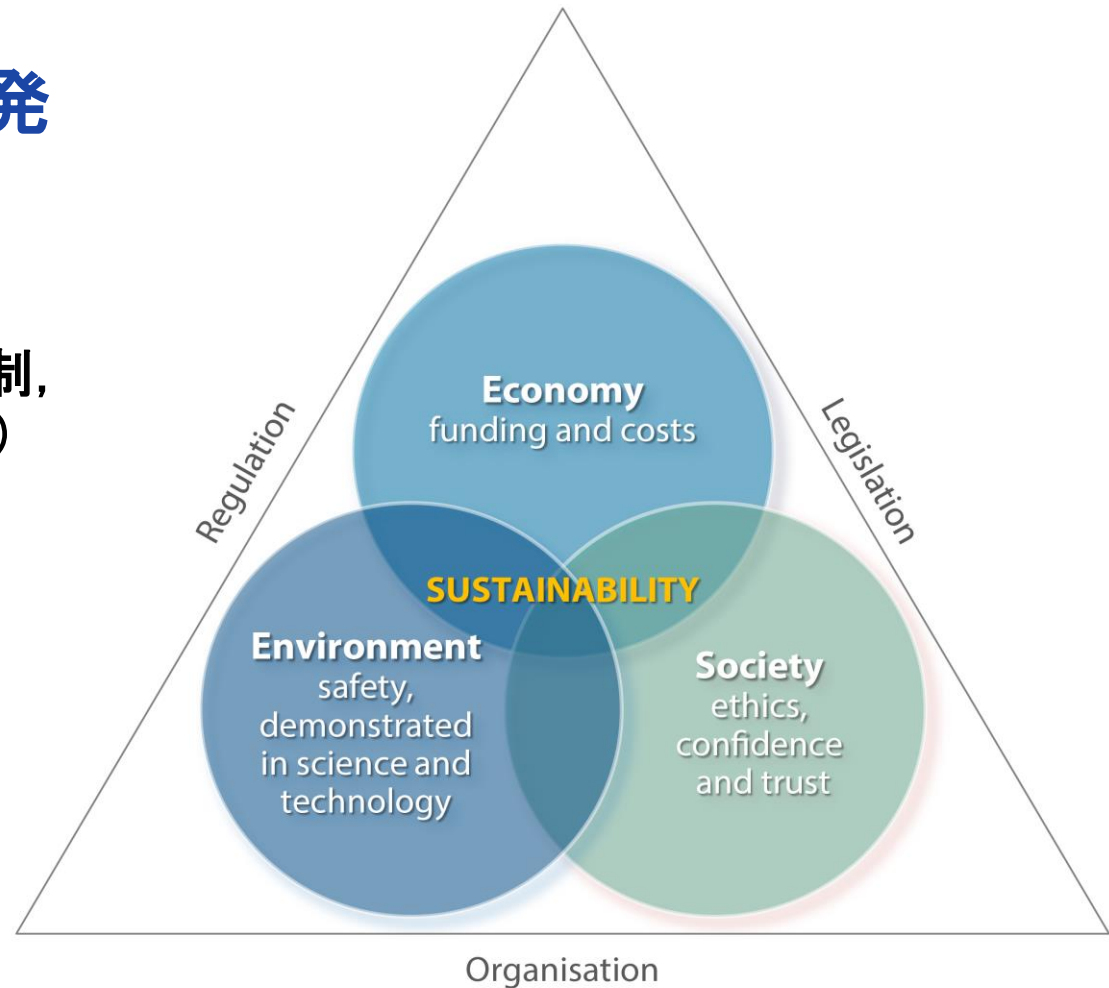
## ● 21世紀における放射性廃棄物管理

- 従来のような分散化された廃棄物ストリームと処分の管理ではなく, 燃料製造や炉設計/運転といったフロントエンドを含むライフサイクル全体を視野に入れた包括的(あるいは, 全体論的)アプローチ (a holistic waste management approach) が必要
- “パラダイムシフト”
  - 変化する境界条件への対応: 予見される将来シナリオに基づく, 柔軟性を持った長期的な計画の策定
  - 問題となる廃棄物の処分に関する進展の明確な提示

# 包括的アプローチ (Holistic Approach)

- **持続可能な開発**

- 環境
- 社会
- 経済
- 枠組み (安全規制, 法律, 組織体制)

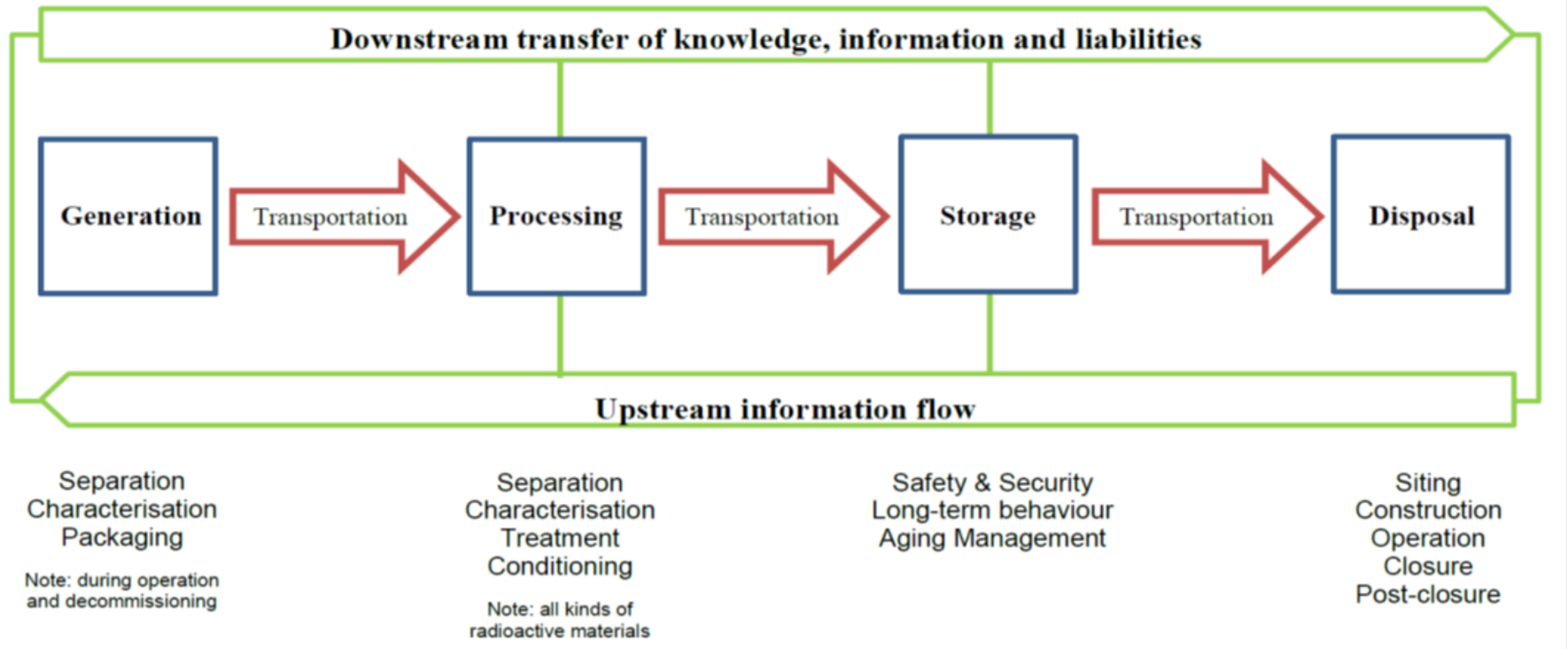


持続可能性の概念 (OECD/NEA:

<https://www.oecd-nea.org/rwm/rwmc/statement.html>)

# 包括的アプローチ (Holistic Approach)

- 総合的な放射性廃棄物管理プロセス



(OECD/NEA: <https://www.oecd-nea.org/rwm/rwmc/statement.html>)

# 貯蔵と処分

## □貯蔵

- 放射性廃棄物を回収 (retrieval) を念頭に置き, ある施設や場所に保管すること

## □処分

- 放射性廃棄物を回収する意図をもたず, ある施設や場所に定置すること
- このことは回収ができないことを意味するものではない

## □「貯蔵」も「処分」も放射性廃棄物を人間の生活圏に悪影響を及ぼさないように閉じ込め, 隔離するように設計

## □重要な違いは,

- 「貯蔵」とは将来の行為が計画されている暫定的なものであるということ
- こうした行為には, 廃棄物のパッケージングや, 最終的には「処分」が含まれる

# 持続可能な放射性廃棄物管理のための課題

## 環境に関する側面

- ・ 安全で環境面から受け入れることのできる放射性廃棄物管理（RWM）に係る活動のための技術の評価
- ・ 新たな技術情報をRWMプロジェクトの意思決定に統合していくための実践的な方法の検討
- ・ RWMに関する情報、データ、知識の開発の継続と管理

## 社会的側面

- ・ ステークホルダー間の対話の促進とRWMに関する信頼構築

## 経済的側面

- ・ RWMに関する政策や戦略に影響を及ぼす経済的因子の検討

# 安全性の判断の基準

- 国際レベルの指針・勧告 (IAEA, ICRP, NEAなど)
- 各国における安全規制
- 設計や安全評価に関する考え方や指針
  - 設計で考慮すべき事象と取り扱い
  - 安全評価の枠組み
    - 評価期間
    - 評価手法 (決定論的 / 確率論的)
    - 評価尺度 (線量 / リスク, 補完的安全指標)
    - 防護基準 (ICRPやIAEAなどの勧告)
    - 不確実性の取り扱い (様式化の方法など)
    - ...



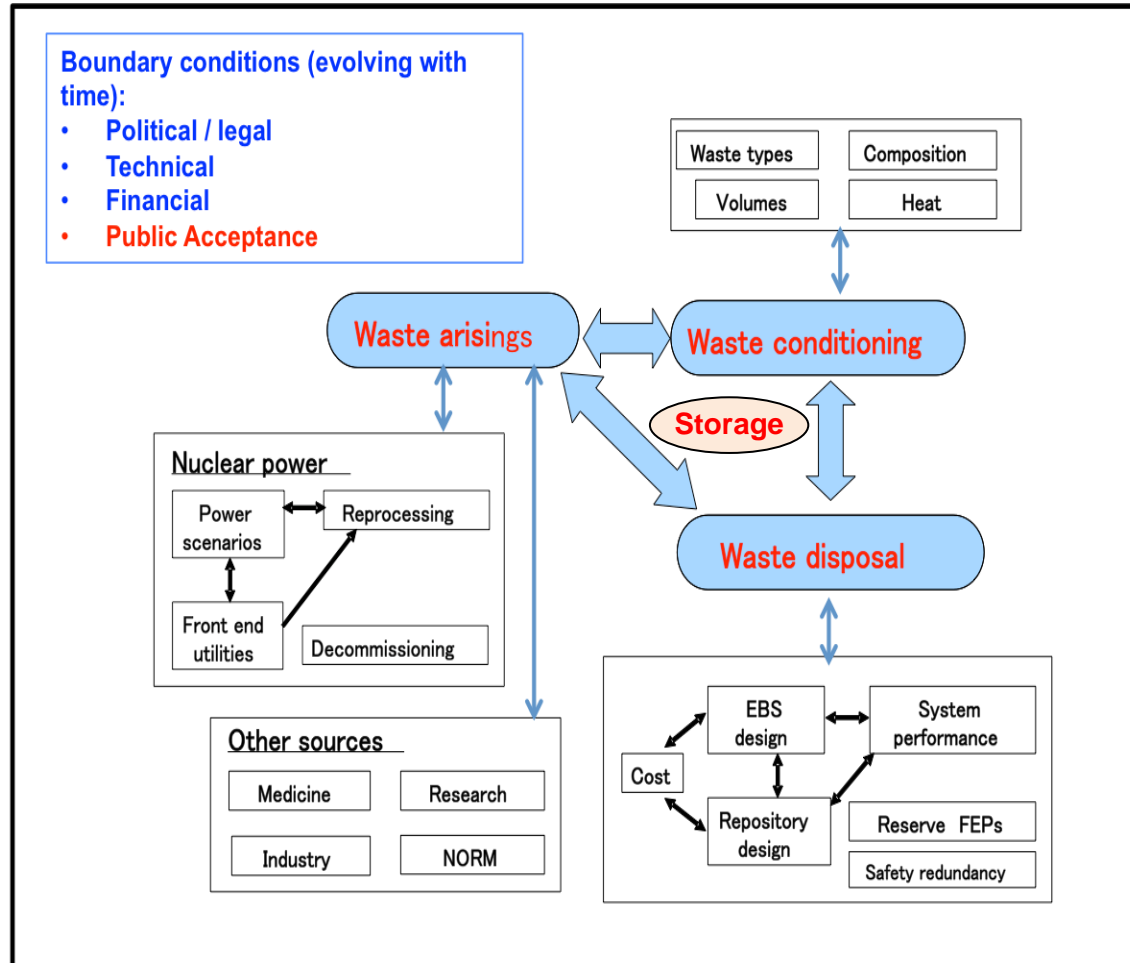
# 福島第一原子力発電所事故の影響

- 原子力に対する公衆の信頼の失墜
  - 事故により発生した廃棄物の適切な管理と環境回復計画の着実な進展(国際レベルでの取り組み, e.g. NEA, 2021)
  - 地層処分計画の再構築(最終処分基本方針, 2015)
- 原子力の長期的将来像に関する不確実性
  - 使用済み燃料再処理政策の再確認
  - 将来の原子炉技術オプションに関する評価
- 低確率／高影響シナリオに関する懸念
  - リスク論的評価
  - レジリエンス性を高めたシステムの開発
- サイトのクリーンアップや原子炉の廃止措置によって生ずる廃棄物
  - 新たな廃棄物ストリームを考慮した, 日本全体としてのより包括的な廃棄物管理の必要性

# 包括的アプローチの開発

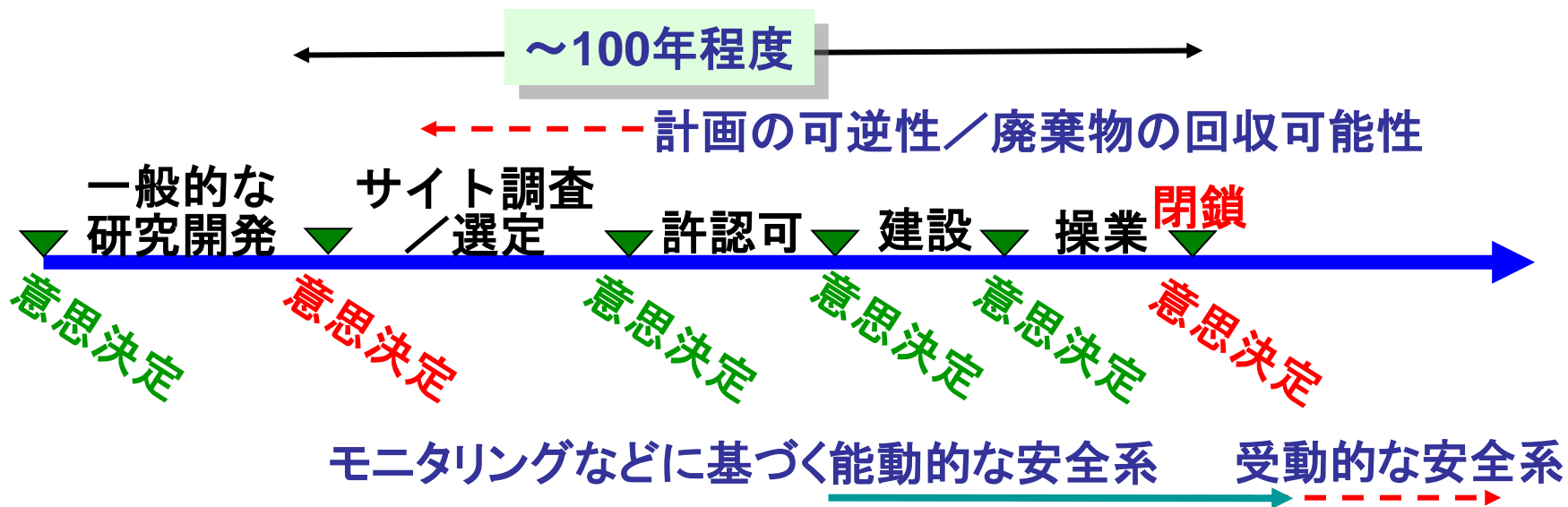
## 包括的放射性廃棄物管理の概略的イメージ

- 核燃料サイクルシナリオ／オプションに応じて想定される廃棄物の仕様とインベントリの明確化
- すでに存在している廃棄物も含め、すべての廃棄物の処分に関する統合的で最適な方法による評価
- 反復的なフィードバック
  - － 廃棄物量の低減
  - － 再利用の向上
  - － より効果的な管理の促進



# 意思決定と最適化

- 長期に及ぶ放射性廃棄物管理計画の進め方（esp. 環境回復, 廃止措置, 廃棄物処分など）
  - ステークホルダーの参加と信頼獲得による社会的受容が不可欠
  - 公開性と対話による段階的意思決定と計画の可逆性
  - 多様な因子と様々な不確実性（社会環境の変化, 科学技術的知識の限界と進歩など）を考慮
  - 意思決定に資する最適化
- 地層処分計画の例



# ライフサイクルの最適化

- 最適化問題を規定する目標の明確化と適切な指標の設定
- 最適化問題の例
  - 原子力利用に関する様々なシナリオに対応した最も適切な処分システムは何か？
  - それぞれのシナリオに対し、どの程度の容量を有するどのような種類の処分場が必要となるか？
  - 処分場の開発プログラムにおける制約条件を緩和するうえで、最も好ましいと考えられる原子力利用シナリオや核燃料サイクルオプションは何か？
  - 最も可能性が高いシナリオに対する、より費用対効果の高い廃棄物管理を実現するための研究開発は何か？
  - . . .

# ライフサイクルの最適化

- **段階的プロセスの適用**

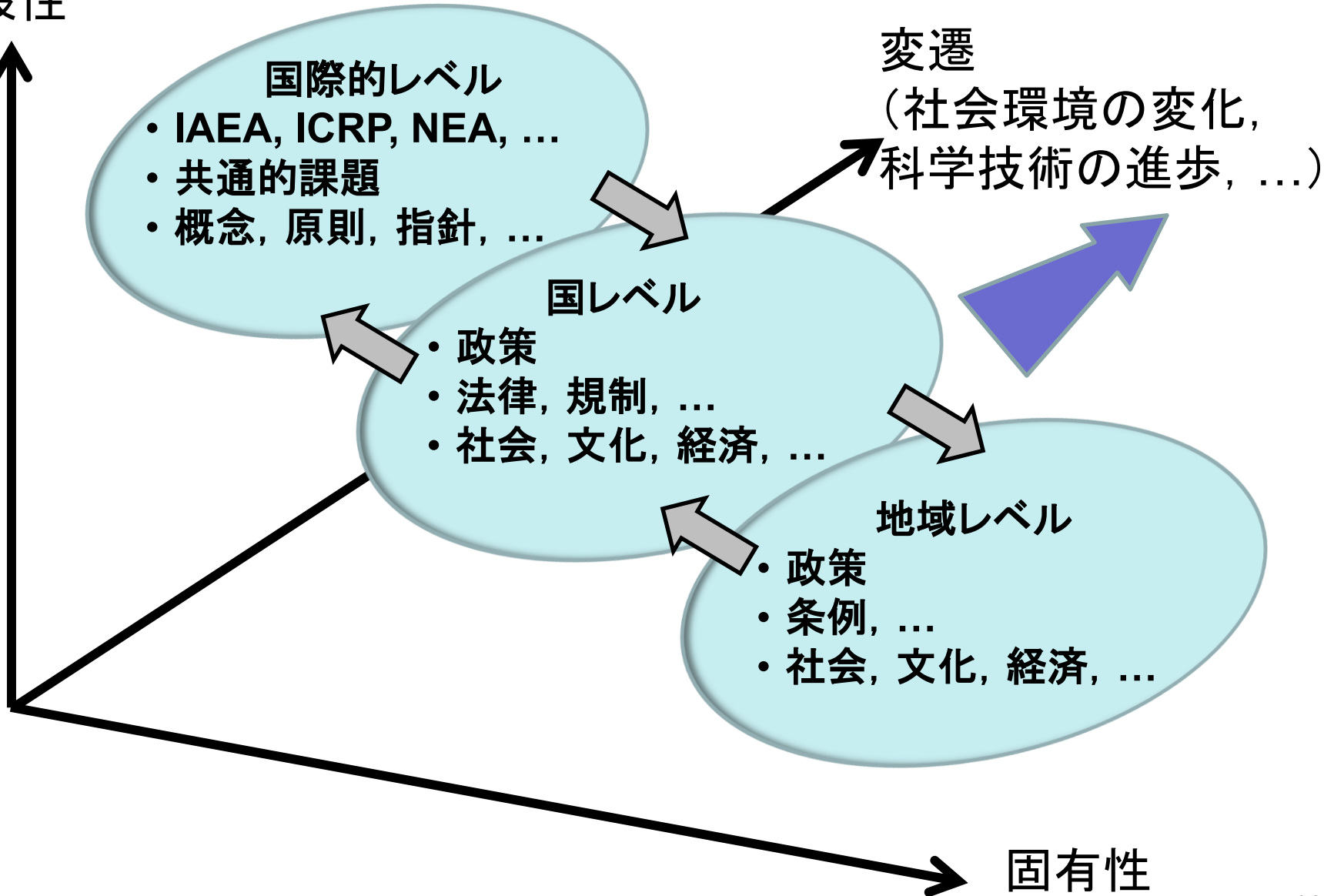
- 実践的なアプローチとして、部分最適化を全体最適化に統合するための一貫性のある段階的な手続き
- 各段階における最適化プロセスに対し、目的関数、制御変数および制約条件の明確化

- **最適化問題の解法のための様々なアプローチや方法論が存在**

- 関連する大規模な学際的知識ベースの構築とマネジメントが最も大きな課題
- 重要な技術分野を網羅する知識マネジメントツールの利用が不可欠

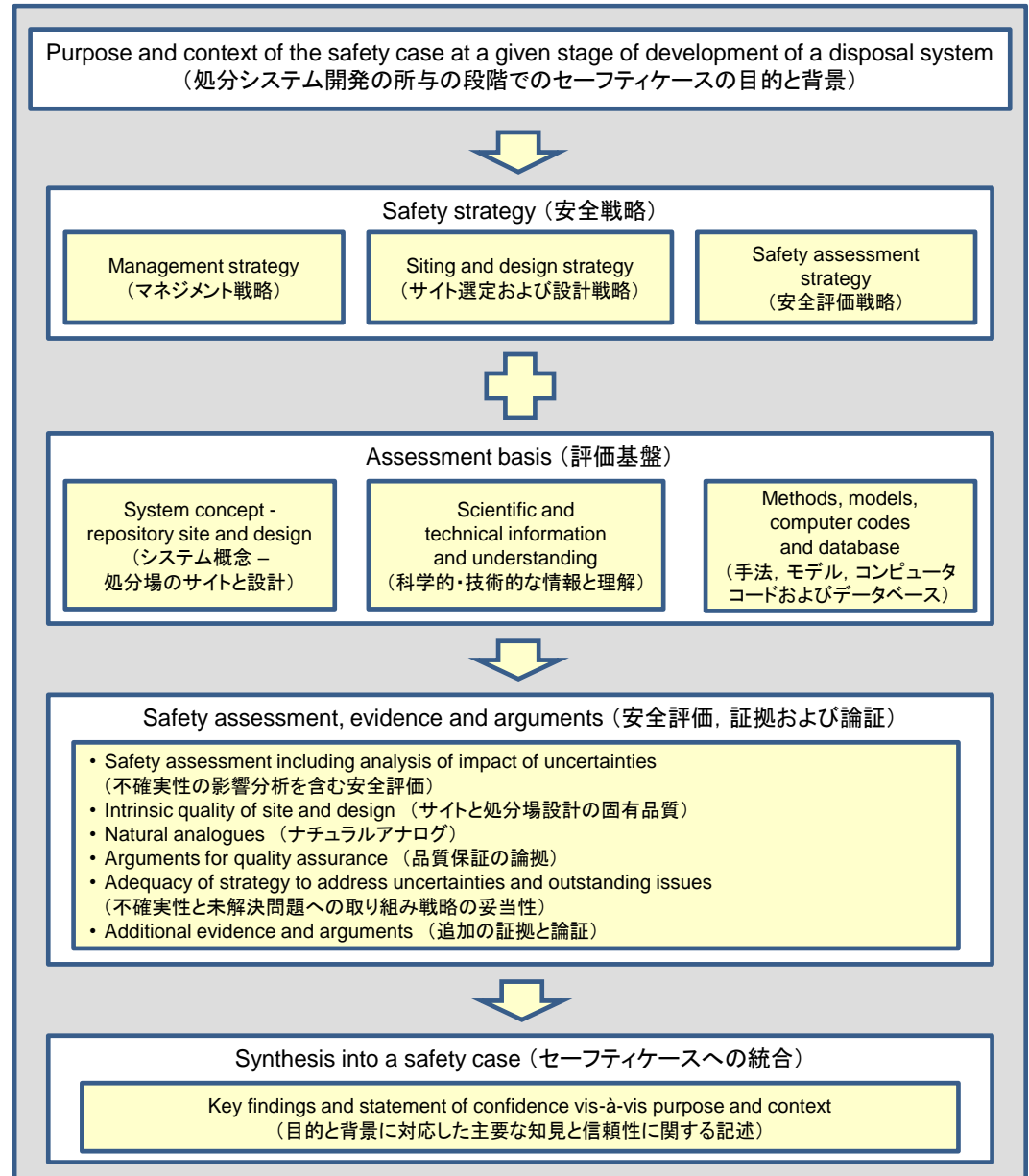
# 放射性廃棄物管理の取り組みに関する情報空間

一般性

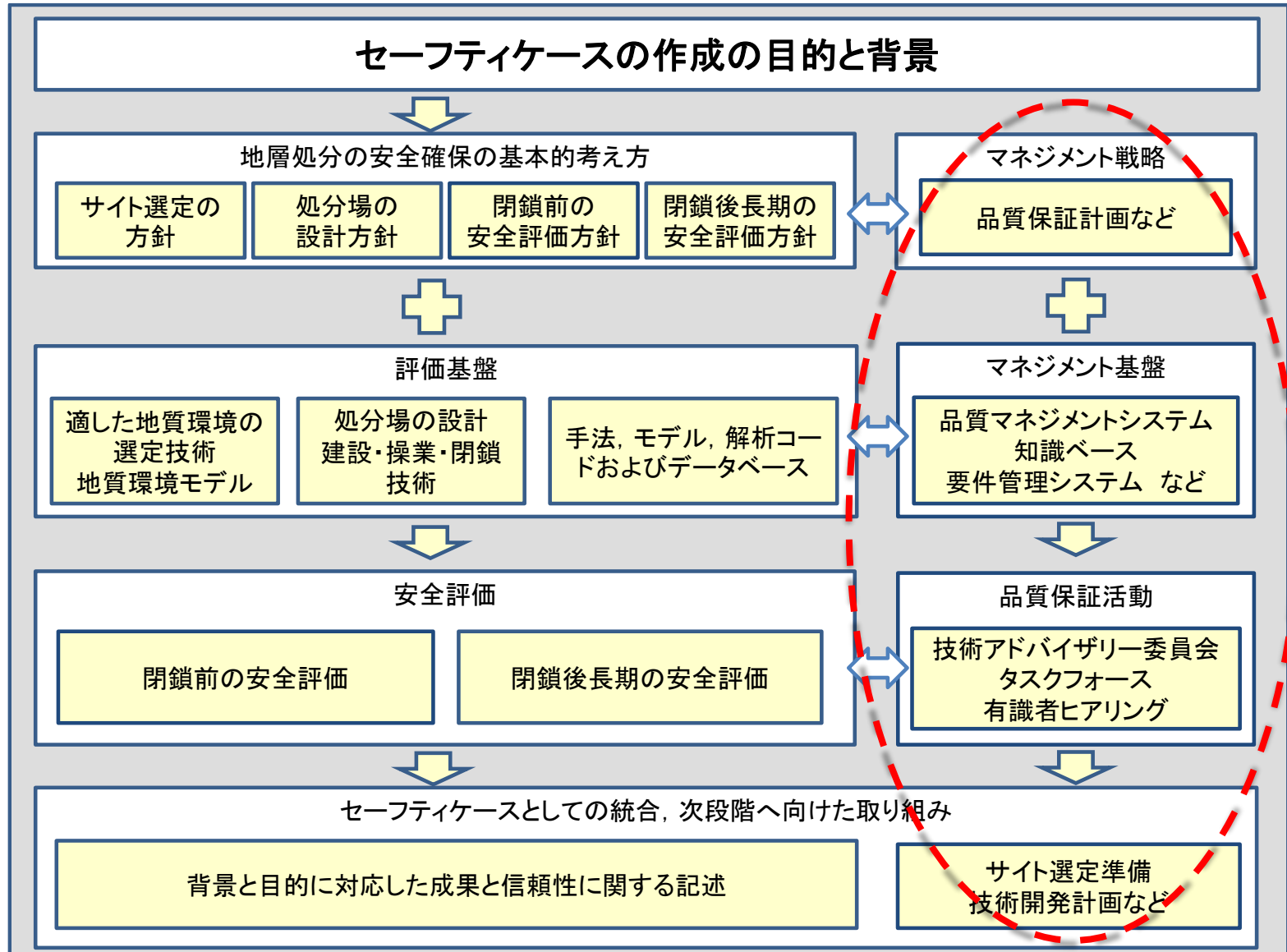


# 地層処分のセーフティケースの構造

- 証拠を集め、論を尽くして処分システムの安全性を説明したもの
  - 適切なサイトの選定
  - サイトの条件を考慮した処分場の設計
  - 安全評価に基づく規制基準の充足性の確認
- 地層処分計画を進めるなかで、社会環境の変化、科学技術の進歩やサイトの地質環境情報の蓄積などを反映して繰り返し作成、恒常的に信頼性を向上
- 様々なステークホルダーとのコミュニケーションの材料



# 地層処分のセーフティケースの構造



(NUMO, 2021)



# まとめ

- バックエンド全体を俯瞰し，様々な廃棄物を考慮した，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，処分を組み合わせる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
- 本ウェビナーもその一助となることを期待

# 参考文献

**IAEA (2000) Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning, Safety Standards Series No. WS-R-2.**

**NEA (2004) Post-Closure Safety Case for Geological Repositories, Nature and Purpose. NEA No. 3679.**

**NEA (2013) The Nature and Purpose of the Post-closure Safety Cases for Geological Repositories. NEA/RWM/R(2013)1.**

**特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針(2015年5月, 閣議決定)**

**NEA (2020) Management and Disposal of High Level Radioactive Waste: Global Progress and Solutions. NEA No. 7532.**

**NUMO (2021) 包括的技術報告: わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—.**

**[https://www.numo.or.jp/technology/technical\\_report/tr180203.html](https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html)**

**NEA (2021) Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Ten Years On: Progress, Lessons and Challenges, NEA No. 7558.**

**第6次エネルギー基本計画(2021年10月, 閣議決定)**

ご清聴有難うございました