

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13回 基調講演

持続可能な放射性廃棄物管理—今後に向けて

2022年3月3日

原子力発電環境整備機構 (NUMO)

梅木 博之

# 放射性廃棄物管理 (management) の特徴

- 長期間にわたる複雑な課題
- 世代を超える時間スケールによって生ずる問題: 知識マネジメント, トレーニング, 人的資源, 安定な資金, etc
- 廃棄物特性の時間的変化 (通常は劣化)
- 技術的および非技術的な因子 (e.g. 政治的, 社会的, 安全規制, etc) が関連し時間とともに変遷
- レガシー廃棄物・サイトの管理はより複雑
- 費用と長期間の資金調達は取り組むべき重要な課題の一つ
- ...

# わが国の原子力政策

## 第六次エネルギー基本計画(2021年10月22日閣議決定)

- 気候変動問題への対応と日本のエネルギー需給構造の抱える課題の克服
- 2050年カーボン・ニュートラルに向けた長期展望と、それを踏まえた2030年に向けた政策対応により構成
  - ① 東電福島第一の事故後10年の歩み
  - ② 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応
  - ③ 2050年を見据えた2030年に向けた政策対応



## 東京電力福島第一原子力発電所事故後10年の歩みのポイント

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を含む東日本大震災から10年を迎え、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験、反省と教訓を肝に銘じて取り組むことが、エネルギー政策の原点。
- 2021年3月時点で2.2万人の被災者が、避難対象となっており、被災された方々の心の痛みにしっかりと向き合い、最後まで福島の復興・再生に全力で取り組むことは、これまで原子力を活用したエネルギー政策を進めてきた政府の責務。今後も原子力を活用し続ける上では、「安全神話」に陥って悲惨な事態を防ぐことができなかったという反省を一時たりとも忘れることなく、安全を最優先で考えていく。
- 福島第一原発の廃炉は、福島復興の大前提だが、世界にも前例のない困難な事業。事業者任せにするのではなく、国が前面に立ち、2041～2051年までの廃止措置完了を目標に、国内外の叡智を結集し、不退転の決意を持って取り組む。
- ALPS処理水については、厳格な安全性の担保や政府一丸となって行う風評対策の徹底を前提に、東京電力が原子力規制委員会による認可を得た上で、2年程度後を目途に、福島第一原子力発電所において海洋放出を行う。
- 帰還困難区域を除く全ての地域で避難指示を解除し、避難指示の対象人口・区域の面積は、当初と比較して7割減となった。たとえ長い年月を要するとしても、将来的に帰還困難区域の全てを避難指示解除し、復興・再生に責任を持って取り組むとの決意の下、特定復興再生拠点区域の避難指示解除に向けた環境整備を進める。特定復興再生拠点区域外についても、2020年代をかけて、帰還意向のある住民が帰還できるよう、帰還に関する意向を個別に丁寧に把握した上で、帰還に必要な箇所を除染し、避難指示解除の取組を進めていく。
- 浜通り地域等の自立的な産業発展に向けて、事業・なりわいの再建と、福島イノベーション・コースト構想の具体化による新産業の創出を、引き続き車の両輪として進める。加えて、帰還促進と併せて、交流人口の拡大による域外消費の取込みも進める。福島新エネ社会構想の実現に向け、再生可能エネルギーと水素を二本柱とし、更なる導入拡大に加え、社会実装への展開に取り組んでいく。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した我が国としては、2050年カーボンニュートラルや2030年度の新たな削減目標の実現を目指すに際して、原子力については安全を最優先し、再生可能エネルギーの拡大を図る中で、可能な限り原発依存度を低減する。



## 2030年に向けた政策対応のポイント【原子力】

- 東京電力福島第一原子力発電所事故への真摯な反省が原子力政策の出発点
  - いかなる事情よりも安全性を全てに優先させ、国民の懸念の解消に全力を挙げる前提の下、原子力規制委員会により世界で最も厳しい水準の規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し原子力発電所の再稼働を進める。国も前面に立ち、立地自治体等関係者の理解と協力を得るよう、取り組む。
- 原子力の社会的信頼の獲得と、安全確保を大前提として原子力の安定的な利用の推進
  - 安全最優先での再稼働：再稼働加速タスクフォース立ち上げ、人材・知見の集約、技術力維持向上
  - 使用済燃料対策：貯蔵能力の拡大に向けた中間貯蔵施設や乾式貯蔵施設等の建設・活用の促進、放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発
  - 核燃料サイクル：関係自治体や国際社会の理解を得つつ、六ヶ所再処理工場の竣工と操業に向けた官民一体での対応、プルサーマルの一層の推進
  - 最終処分：北海道2町村での文献調査の着実な実施、全国のできるだけ多くの地域での調査の実現
  - 安全性を確保しつつ長期運転を進めていく上での諸課題等への取組：  
保全活動の充実等に取り組むとともに、諸課題について、官民それぞれの役割に応じ検討
  - 国民理解：電力の消費地域も含めて、双方向での対話、分かりやすく丁寧な広報・広聴
- 立地自治体との信頼関係構築
  - 立地自治体との丁寧な対話を通じた認識の共有・信頼関係の深化、地域の産業の複線化や新産業・雇用の創出も含め、立地地域の将来像を共に描く枠組み等を設け、実態に即した支援に取り組む。
- 研究開発の推進
  - 2030年までに、民間の創意工夫や知恵を活かしながら、国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、小型モジュール炉技術の国際連携による実証、高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立等を進めるとともに、ITER計画等の国際連携を通じ、核融合研究開発に取り組む。

# EU Taxonomy

- 気候変動対策と経済成長の両立を目指す「欧州グリーン・ディール」(欧州委員会, 2019)の中核(2050年までのカーボン・ニュートラル達成)
- 企業の経済活動が地球環境にとって持続可能であるかどうかを判定し、グリーンな投資を促すことを目的としたEU独自の仕組み
- 投資対象の持続可能性を評価したうえで透明性の高い情報を投資家へ提供することで資金を獲得することが役割
- **タクソミー規則**
  - 6つの環境目標
    - 気候変動の緩和
    - 気候変動への適応
    - 水と海洋資源の持続可能な利用及び保全
    - サーキュラー・エコノミーへの移行
    - 環境汚染・公害の防止及び抑制
    - 生物多様性と生態系の保護及び回復
  - 4つの判定基準
    - 環境目標の一つ以上に対して実質的な貢献をしているか
    - その他の環境目標に対して著しい害を及ぼしていないか
    - 環境(E)に加えて社会(S)に関する最低限の基準を満たしているか
    - 欧州委員会が指定した一定の技術水準に準拠しているか
- **委任規則**: 持続可能な経済活動として許容される技術的基準を規定
  - それぞれの目標に沿った経済活動を示した詳細なリスト(グリーン・リスト)を提示

# EU Taxonomyにおける原子力の位置づけ

- 2018年，欧州委員会による「サステナブル・ファイナンスに関する専門家グループ(TEG)」の設置，タクソミー規則の策定に着手
- 2019年欧州理事会と欧州議会が審議のうえで修正を加えた規則案は，2020年3月にTEGが提出した最終レポートを経て6月に採択
- 2021年4月，「気候変動の緩和」と「気候変動への適応」に対応する委任規則を付属リストとともに公表，2022年1月1日から適用開始
  - 天然ガスと原子力はグリーン・リストから除外，引き続き検討
- 2022年2月2日，一定の条件で天然ガスおよび原子力による発電などの経済活動を含める補完的な委任規則案を発表

# EU Taxonomy—補完的委任規則案

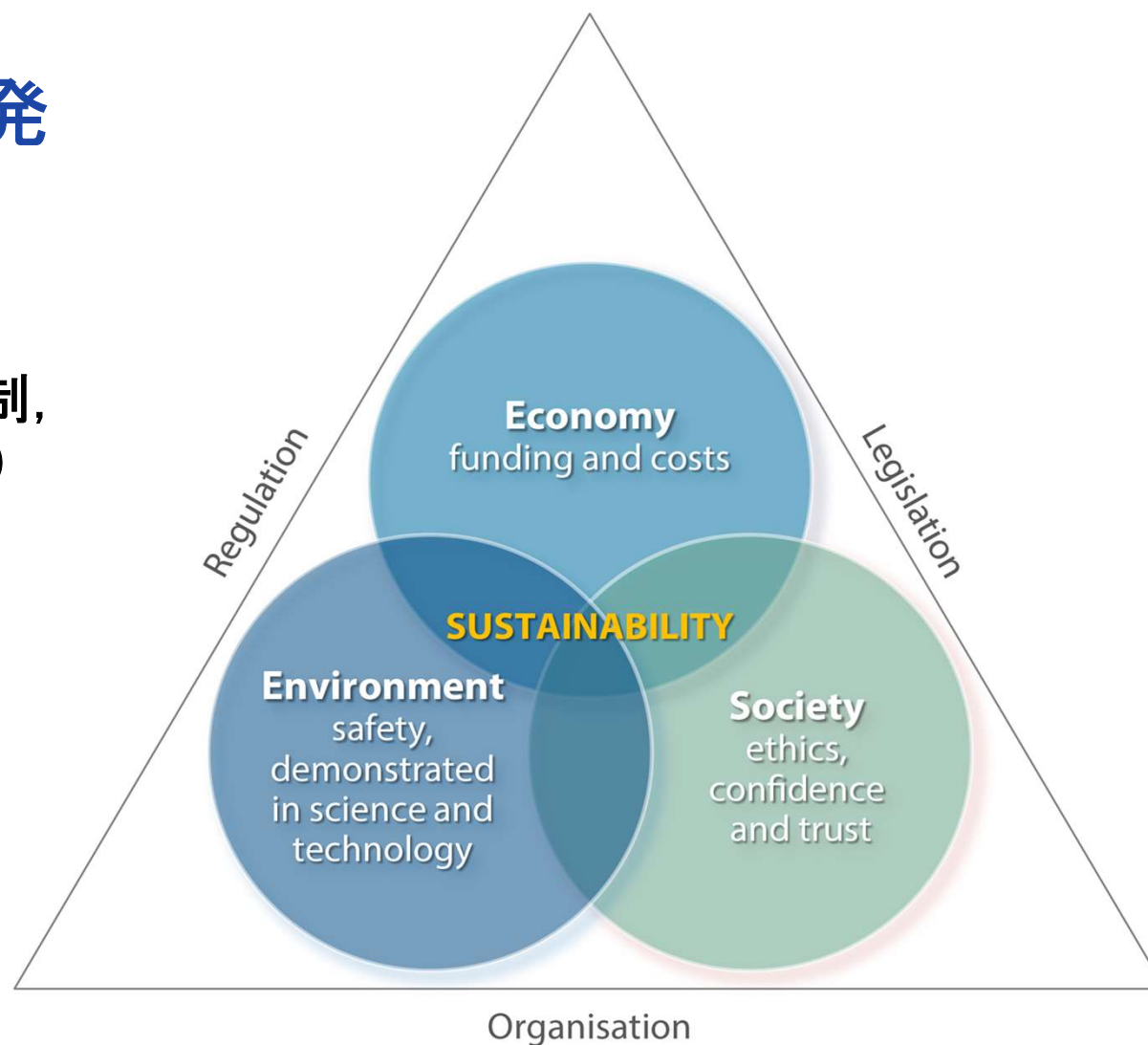
- 天然ガスおよび原子力は、「移行期の活動」に分類
- 原子力(原子力発電施設の新規建設と稼働, 既存施設の改修)に関する技術的基準
  - 2045年までに建設認可を受けている、あるいは2040年までに運転期間延長のための改修の認可を受けていることを前提
  - (a) 極低・低・中レベル放射性廃棄物の最終処分施設が稼働していること, (b) 2050年までに高レベル放射性廃棄物の処分施設に関する詳細な計画があること、など全ての要件を満たす場合
- 今後, 欧州理事会及び議会で最長6か月間の審議



# 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)

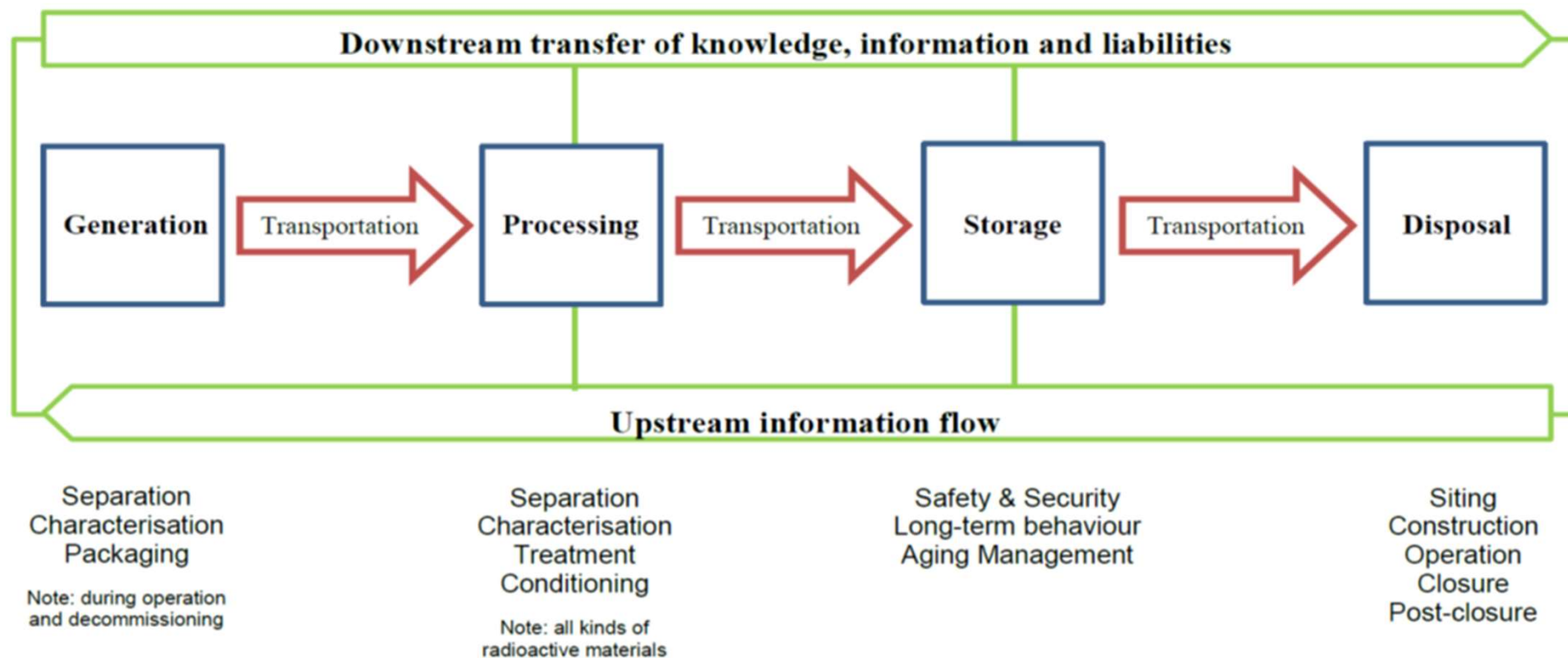


持続可能性の概念 (OECD/NEA:

<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>)

# 放射性廃棄物を考慮した原子力エネルギー (NE)システムに対する包括的アプローチ

- パラダイムシフト: NEシステムのライフサイクルにおける重要な要素としての廃棄物管理の認識
- NEシステム開発のすべての段階(炉設計, 燃料サイクル, 廃棄物管理)における意思決定(技術的/社会的)に関わる統合的な枠組みを提供
- 新たなレガシー廃棄物の発生を抑制
- 専門家やすべてのステークホルダーに対するNEシステムのライフサイクル全体の視認性や透明性の向上
- 要素レベルだけでなく, システムレベルにおける最適化
- 様々な因子(e.g. 政治的, 社会的, 安全規制, 技術, etc)を考慮することが必要
- 相互連携の支援

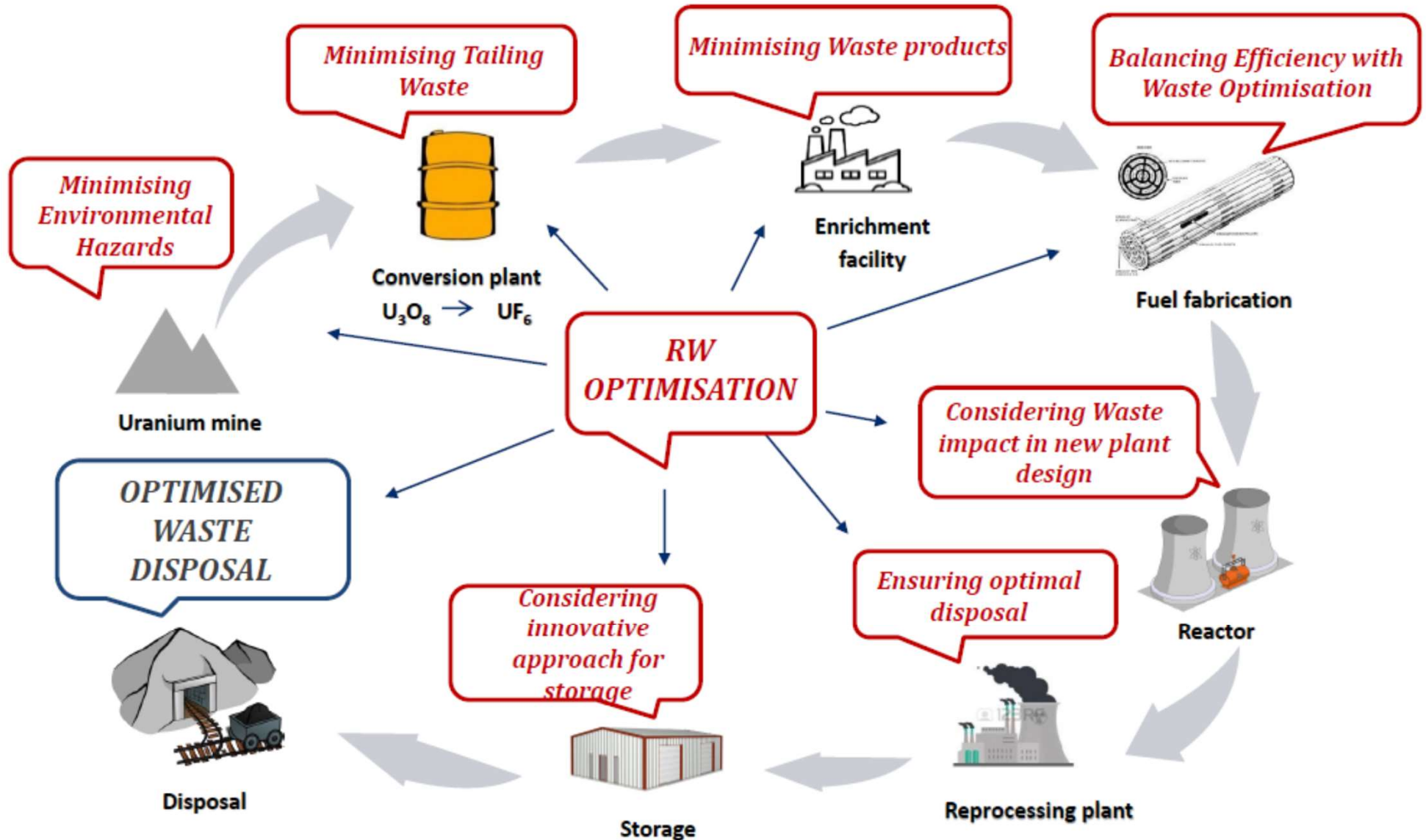
# 意思決定と最適化

- 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
  - － 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？
    - . . .

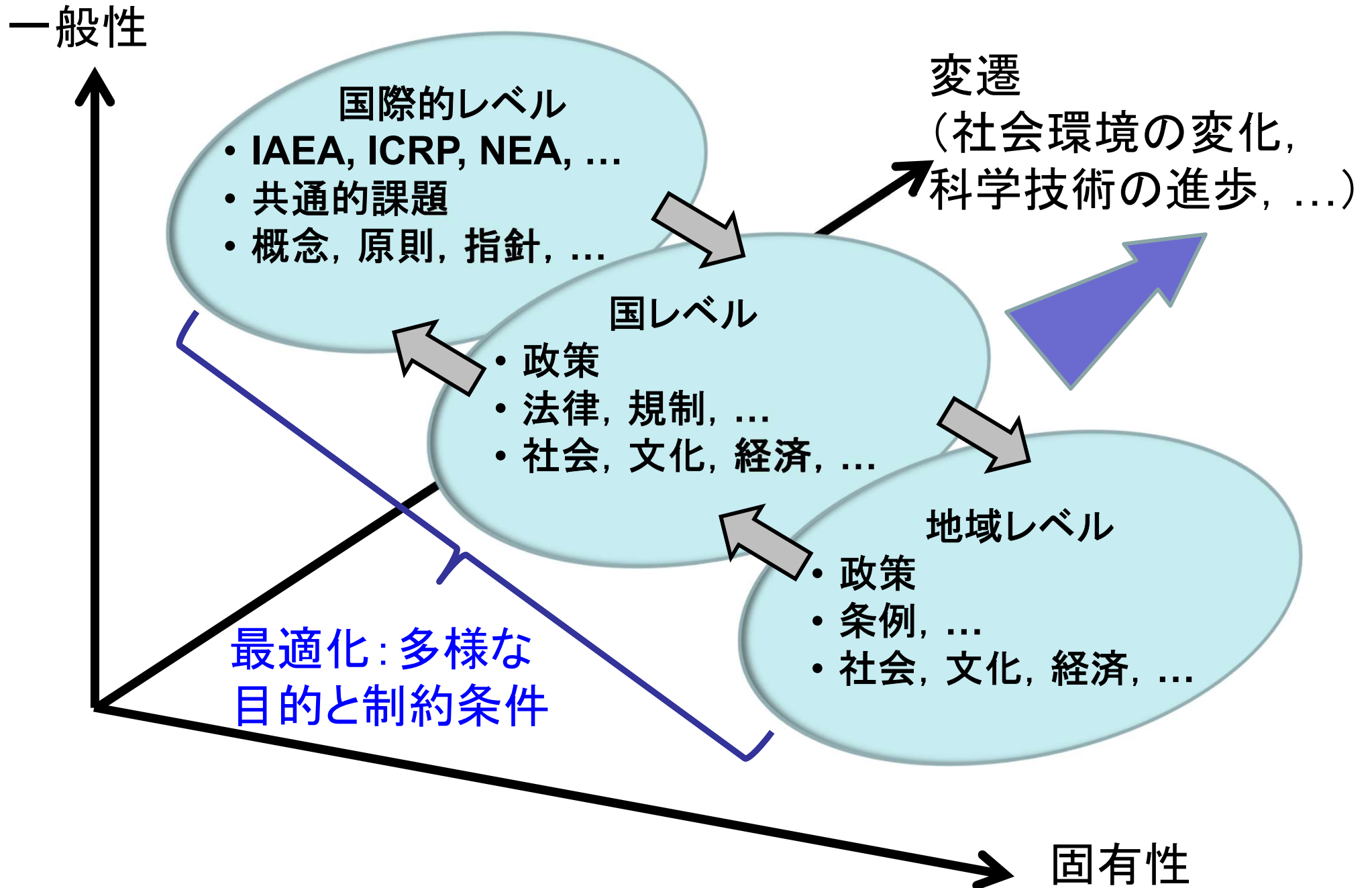


# ライフサイクル全体の最適化

## OPTIMIZATION WITH THE END IN MIND

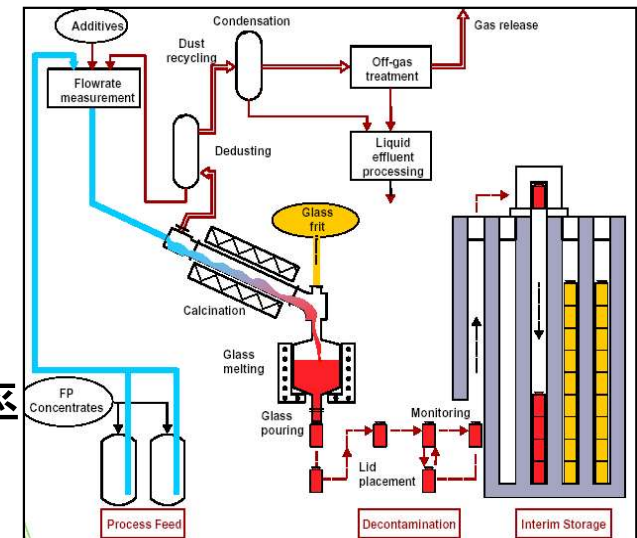


# 放射性廃棄物管理の取り組みに関する情報空間



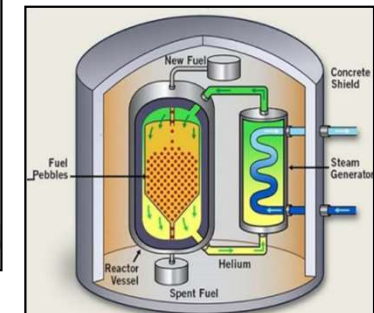
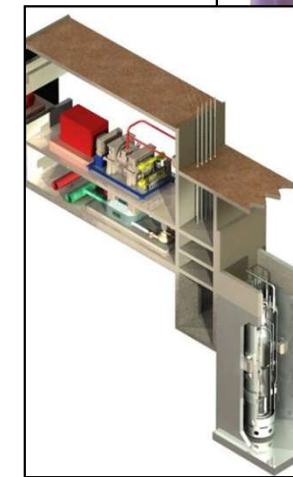
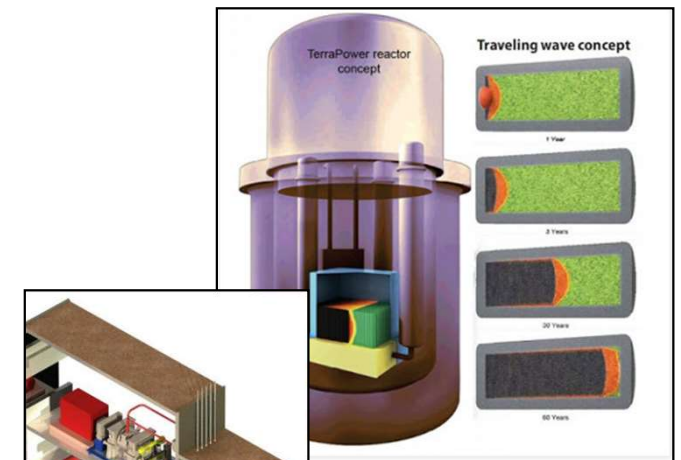
# インベントリ管理ツールの高度化の重要性

- 実際の廃棄物に関する測定値と、廃棄物発生モデルあるいは経験的な相関係数との組み合わせたモデル
- こうしたモデルは特性変化を時間の関数として決定できるように計算コードとして定式化
  - 既存の計算コードやデータベースを、現存する、あるいは想定されるすべての廃棄物を網羅できるように統合・拡張
  - このようなツールを整備することにより、処分場の設計や性能評価からのフィードバックに基づいて廃棄物の特性評価、コンディショニング、パッケージングおよび処分の最適化（例えば、ガラス固化体に移行する安全上重要な核種の移行量）
  - 適切な品質管理システムの構築
- 測定された、あるいはモデル化されたインベントリはすべて統合的データベースに格納し、燃料サイクルや安全規制要件などの変更による影響に関する効率的な評価に利用



# 次世代原子力システムの取り扱い

- 現在の状況を把握するため、多岐にわたる技術的、社会政治的、経済的課題を俯瞰することが必要
- そのうえで、地球温暖化、人口増加、代替エネルギー源（GEN IV, SMRs, 核融合炉などを含む）などの影響因子を展望しつつ、これらの課題における世界的な進展について、信頼性の高いシナリオに基づき将来に外挿
- こうした検討を通じて、より焦点を絞った合理的な廃棄物管理のアプローチを模索
  - 廃棄物発生量の最小化
  - 廃棄物リサイクルの最大化
  - コンディショニング、パッケージング、貯蔵、輸送、処分の最適化





# NEA RWMC Workshop 2020

## “Multifactor Optimisation of Predisposal Management of Radioactive Waste”

**RWMC:** optimisation of predisposal RWM -experiences, needs, challenges (environmental and societal)

**CDLM:** optimisation challenges, mgmt. of decom./legacy waste

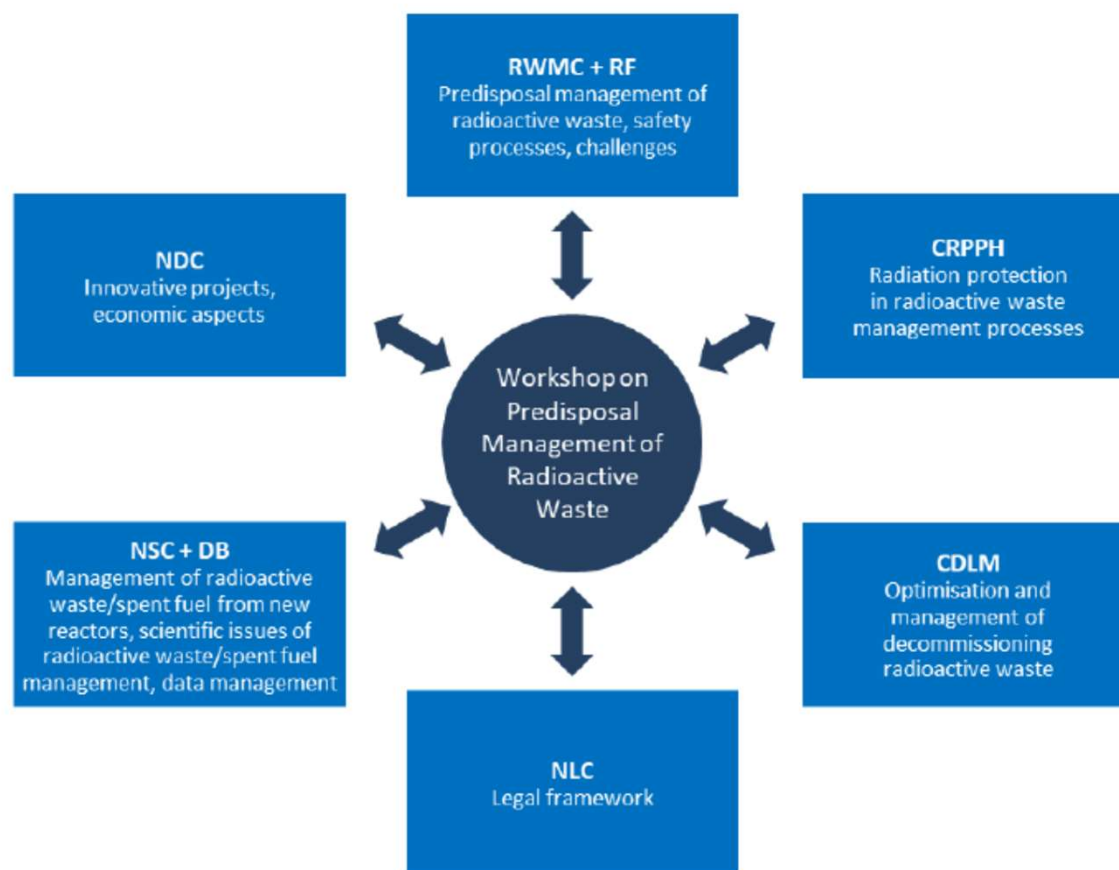
**CRPPH:** radiation protection in RW mgmt. processes

**NDC:** RWM in innovative projects, economic aspects of predisposal mgmt.

**NSC + Databank:** predisposal mgmt. of RW/SF from new reactors, exposed materials, data management

**NLC:** nuclear liabilities (incl. transportation)

Figure 1: Contribution of each NEA STC to the workshop programme



# 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

## 今後に向けて

- エネルギー源としての原子力の持続可能であるためには、適切な廃棄物管理システムの開発が重要
  - 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が必要
  - 包括的アプローチにおいて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
- 学会ベースの最適化問題検討のためのプラットフォームの構築？本ウェビナーはその端緒となることを期待

# 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.**

第六次エネルギー基本計画(2021年10月, 閣議決定)

**EU taxonomy for sustainable activities. [https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities\\_en](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en)**

**NEA (2021) Multifactor Optimisation of Predisposal Management of Radioactive Waste, 2020 Workshop proceedings, NEA/RWM/R(2020)3.**



ご清聴有難うございました