

# 日本原子力学会ウェビナー 「放射性廃棄物の管理」

---

高レベル放射性廃棄物の地層処分（その1）  
NUMOと地層処分について

2021年 12月 23日

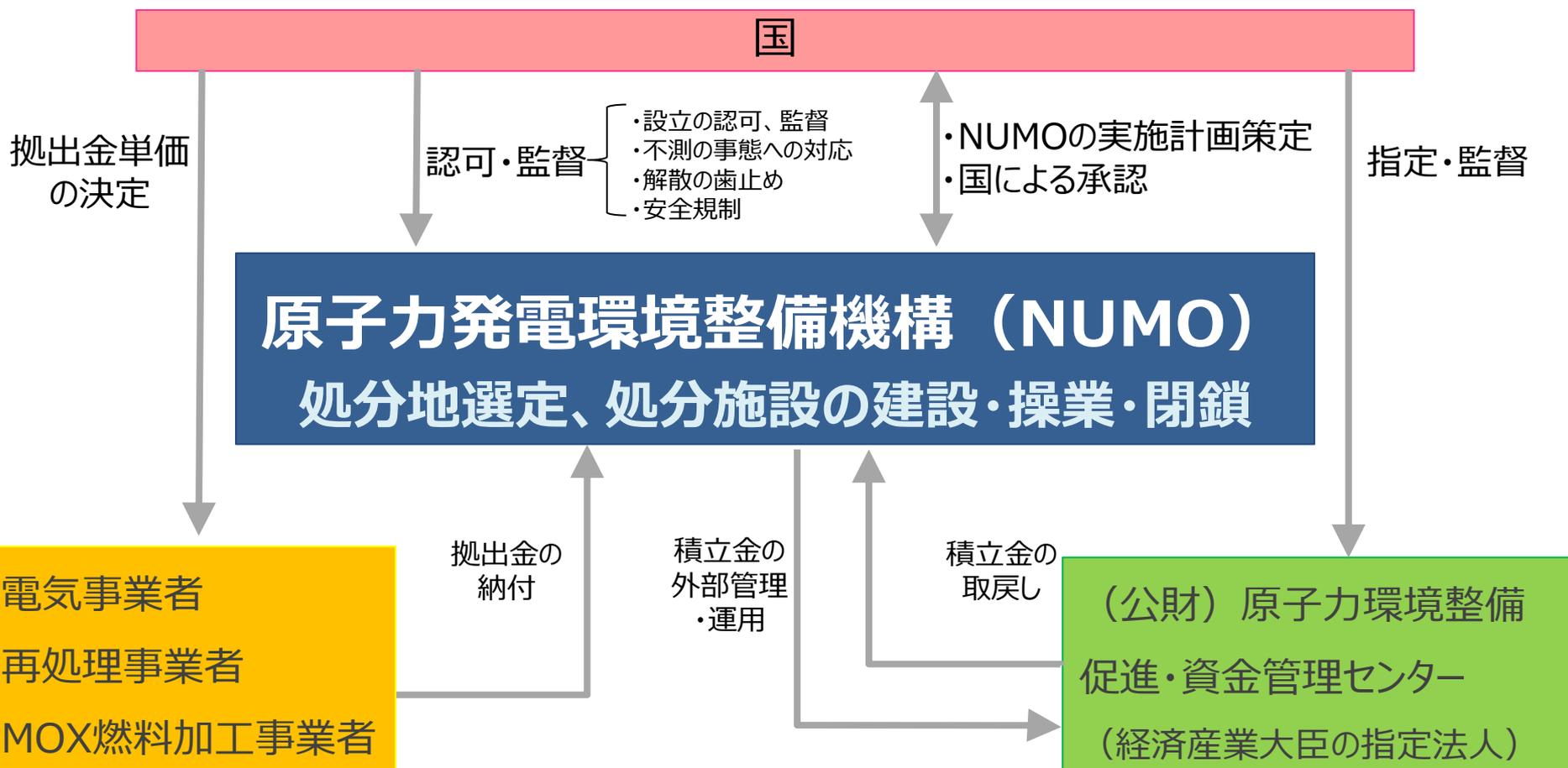
原子力発電環境整備機構（NUMO）技術部  
渡部 隆俊



# NUMOのご紹介

# 原子力発電環境整備機構（NUMO）とは

- NUMOは、「**特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律**」（最終処分法）に基づき2000年（平成12年）に経済産業大臣の認可を受けて設立された法人
- **電気事業者等からの拠出金**により、最終処分法及び「**特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画**」（最終処分計画）に従って、地層処分事業（処分地選定、処分施設の建設・操業・閉鎖）を推進



# 原子力発電環境整備機構（NUMO）とは

- NUMOの職員の**約半数（技術部では8割）がプロパー**、その他は電力会社からの出向者等で構成

組織	主な業務
リスク管理・内部監査室	リスクマネジメント活動の統括、内部監査に係る業務
事業計画部	事業推進の基本方針の立案・評価/業務運営に係る総合調整、情報公開に係る業務
総務部	庶務、総務、管財、人事、教育、採用、倫理、労務、福利厚生、拠出金に係る業務等/予算、決算、資金、契約に係る業務
広報部	地層処分事業の理解促進活動の実施/報道に係る業務の立案・管理
地域交流部	対話活動に係る計画の立案・管理/地域における対話活動、理解促進活動の立案、実施
技術部	技術開発計画の立案・評価(総合調整)、技術協力(調整・運営)/技術連携(技術開発成果の統合)/概要調査地区等の選定に係る業務/地質環境調査に係る業務/設計・建設に係る業務/安全評価に係る業務

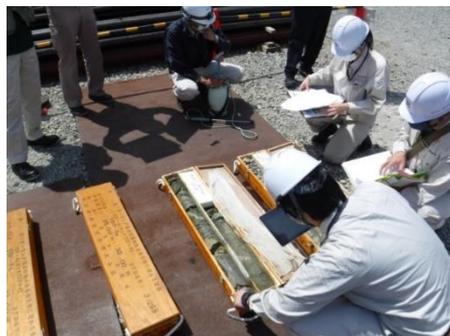


2021年10月26日時点

# 国内外の機関との協力（情報交換、共同研究など）

- **海外の実施主体、国内外の研究機関と協力**し、地層処分にかかわる技術基盤整備を国・関係機関とともに推進

## ■ 国内



ボーリング孔の掘削・調査技術の実証  
大深度ボーリング実証試験現場の様子<sup>1</sup>  
(電中研との共同研究)

## ■ 共同研究：

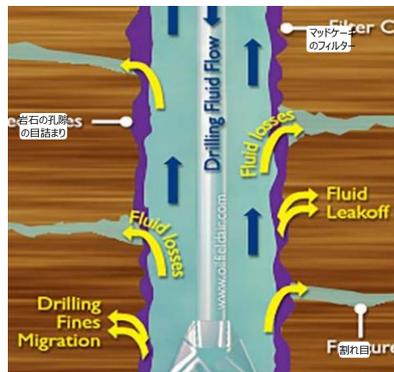
JAEA  
電力中央研究所（電中研）  
量子科学技術研究開発機構  
大学（東大・京大等）  
NWMO（カナダ）  
LBNL（米国）  
Nagra（スイス）

## ■ 海外

NWMOの仕様を参考に、鋼製インサートと鋼コーティングによる耐食層から構成する。蓋形状は、半球形状および平蓋形状の2種類を検討する。



銅-炭素鋼複合オーバーパックの製作技術の開発（NWMOとの共同研究）



掘削時の孔内の泥水の状況（Nagraとの共同研究）

## ■ 国際共同プロジェクトへの参画：

エスポ試験場（スウェーデンSKB）  
グリムゼル岩盤研究所（スイスNagra）

## ■ 国際機関との連携：

IAEA  
OECD/NEA

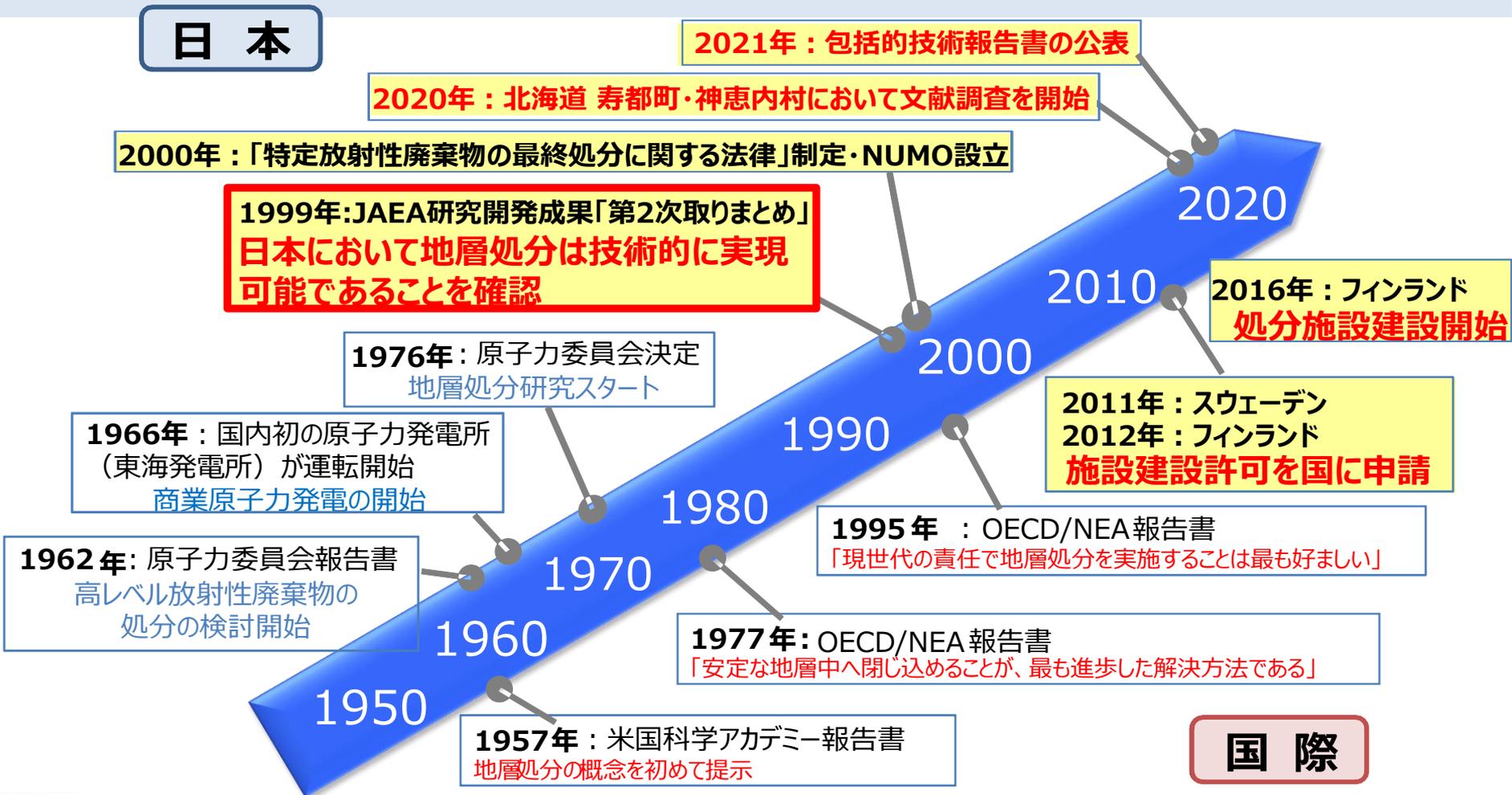
## ■ 情報交換：

地層処分事業を推進する各国（スウェーデン、フィンランド、スイス、ドイツ、米国、韓国等）の各機関

# 地層処分に関する取り組みの歴史と現状

- わが国では、1966年の商業原子力発電の開始以前から、高レベル放射性廃棄物の処分が検討され、**1999年に地層処分が技術的に可能であることが確認**（わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—）
- NUMOは「第2次取りまとめ」以降の**地層処分にかかわる技術基盤整備を国・関係機関とともに推進**

日本



国際

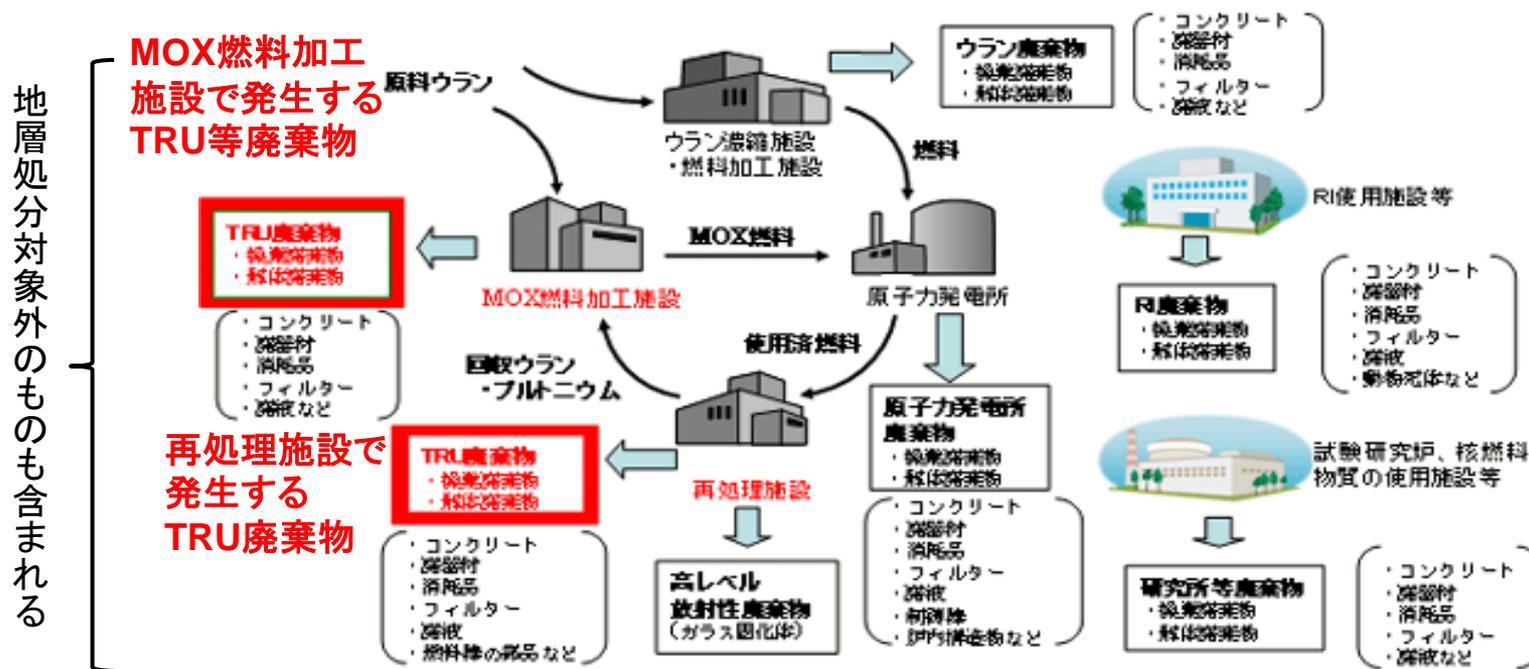


---

# わが国の地層処分の対象となる廃棄物

# わが国における地層処分の対象となる放射性廃棄物

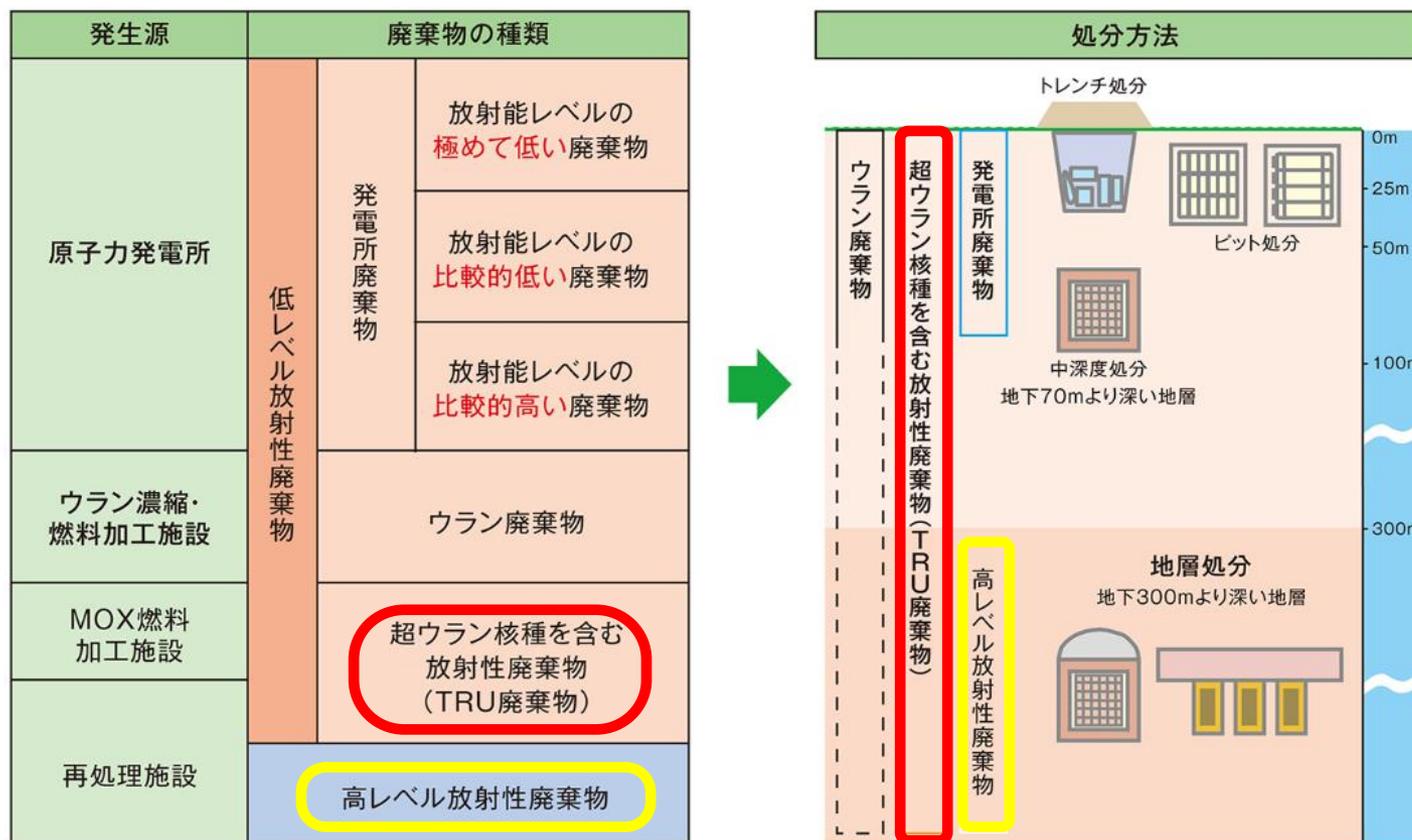
- 使用済燃料の再処理の実施やプルサーマル等の**核燃料サイクルの推進はエネルギー基本計画**（令和3年10月閣議決定）等において、我が国の基本的方針として位置づけ
- 原子力発電により発生した使用済燃料は、再処理工場で再利用できるウランとプルトニウムを回収し、残った廃液をガラスに溶かし込んで**ガラス固化体**にする。このガラス固化体が、**高レベル放射性廃棄物（HLW）⇒第一種特定放射性廃棄物**に該当
- 再処理施設や、MOX燃料加工施設の操業等に伴って発生する放射性廃棄物が、超ウラン（Trans Uranium：TRU）核種を含むことから**長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU等廃棄物）**と呼ばれる ⇒この中の一部が、**第二種特定放射性廃棄物**に該当



原子力委員会「長半減期低発熱放射性廃棄物処分技術検討委員会」（第1回配布資料より）

# わが国における放射性廃棄物の処分概念

- わが国では、「**特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律**」において、**第一種特定放射性廃棄物**及び**第二種特定放射性廃棄物**を**最終処分**することが定められている
- 「**最終処分**」とは、**地下300メートル以上の深さの地層**において、特定放射性廃棄物及びこれによって汚染された物が飛散し、流出し、又は地下に浸透することがないように必要な措置を講じて安全かつ確実に埋設することにより、特定放射性廃棄物を最終的に処分すること



※ウランより原子番号が大きい放射性核種 (TRU核種: Trans-uranium) を含み、発熱量が小さく長寿命の放射性廃棄物のことを、TRU等廃棄物と呼びます。

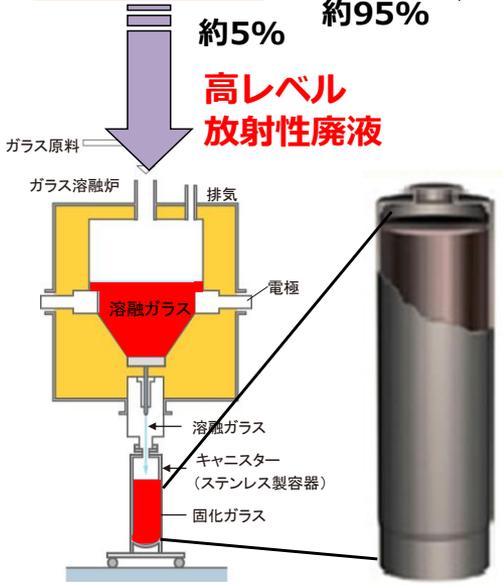
# 高レベル放射性廃棄物：ガラス固化体

- わが国では、資源の有効利用および廃棄物の量を減らす、有害度を低減するといった観点から、使用済燃料を直接処分せず再処理して分離した有用物質を燃料に加工する「**核燃料サイクル**」が基本政策
- 使用済燃料は、再処理工場で再利用できるウランとプルトニウムを回収し、残った廃液をガラスに溶かし込んで**ガラス固化体**に加工
- 100万キロワットの原子力発電所を**1年間運転すると20～30本のガラス固化体**が発生
- これまで原子力発電で使われた燃料を全て再処理し、ガラス固化体にしたと仮定すると、**約26,000本相当**であり、2021年3月現在貯蔵管理中のものは**2,492本**（日本原燃分2,176本；JAEA分316本）



## ガラス固化体の特徴：

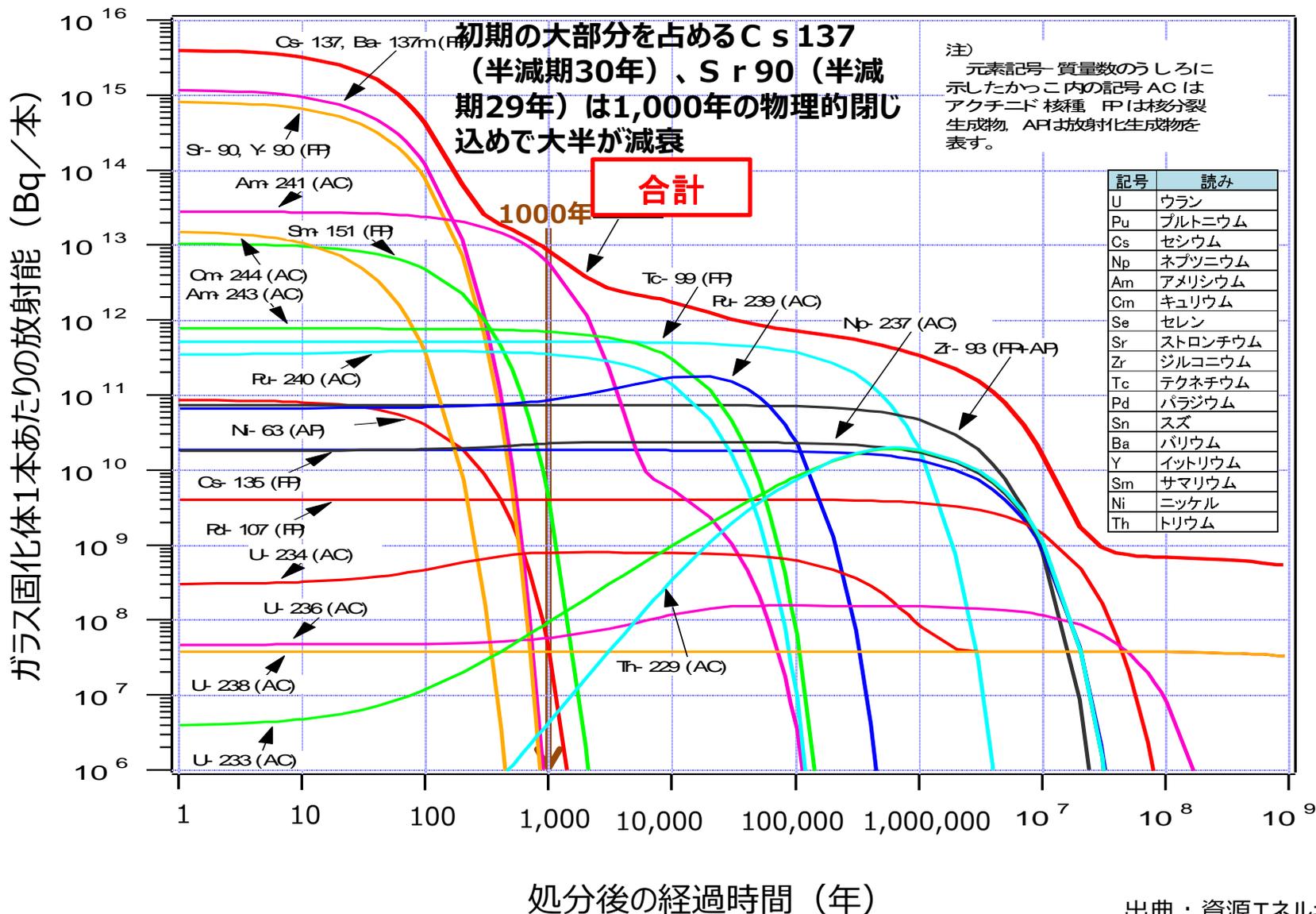
- ・ウランやプルトニウムなどは回収済であり、ほとんど含まれていない。このため臨界状態になることはなく、爆発することもない。
- ・製造直後のガラス固化体からは強い放射線が出ていて発熱を伴うため、30～50年程度、冷却のために貯蔵管理してから処分を行う。



## なぜ、ガラスなのか？

ガラスを使用することで、放射性物質を長期間にわたり、安定な状態で閉じ込めておくことが可能である。主成分であるケイ素やホウ素等の原子が網目のような化学構造を形成していることから、大きさや性質の違うさまざまな成分を均質かつ安定に取り込むことができる。また、ガラス固化体が割れても、中から放射性物質だけが流れ出すことがない。さらに、ガラスは水に溶けにくく化学的に安定しているという特徴を有する。

# 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体 1 本あたり）～放射能の経時変化～



出典：資源エネルギー庁

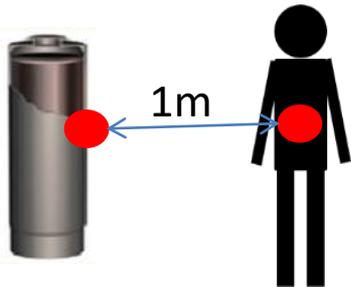
# ガラス固化体の外部被ばく線量の低下（製造時→1,000年後）

- 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の放射能は製造時には非常に高いが、**1,000年程度の間**に**99%以上低減**し、その後もゆっくりと減衰

ガラス固化体製造直後

表面線量  
**1,500,000**  
(mSv/時)

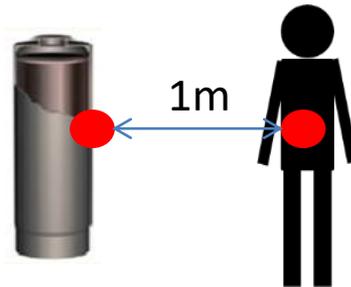
1m位置  
**100,000**  
(mSv/時)



1,000年後

表面線量  
**19**  
(mSv/時)

1m位置  
**1.4**  
(mSv/時)



【参考】

CTスキャン1回  
**2.4~12.9** mSv



東京・ニューヨーク  
飛行機往復  
**0.08~0.11** mSv



# 低レベル放射性廃棄物：TRU等廃棄物

- 再処理工場では、運び込まれた使用済燃料をせん断し、内容物を溶かした後、有用物質であるウランやプルトニウムを抽出するが、その過程で下図のような様々な廃棄物（**TRU等廃棄物**）が発生

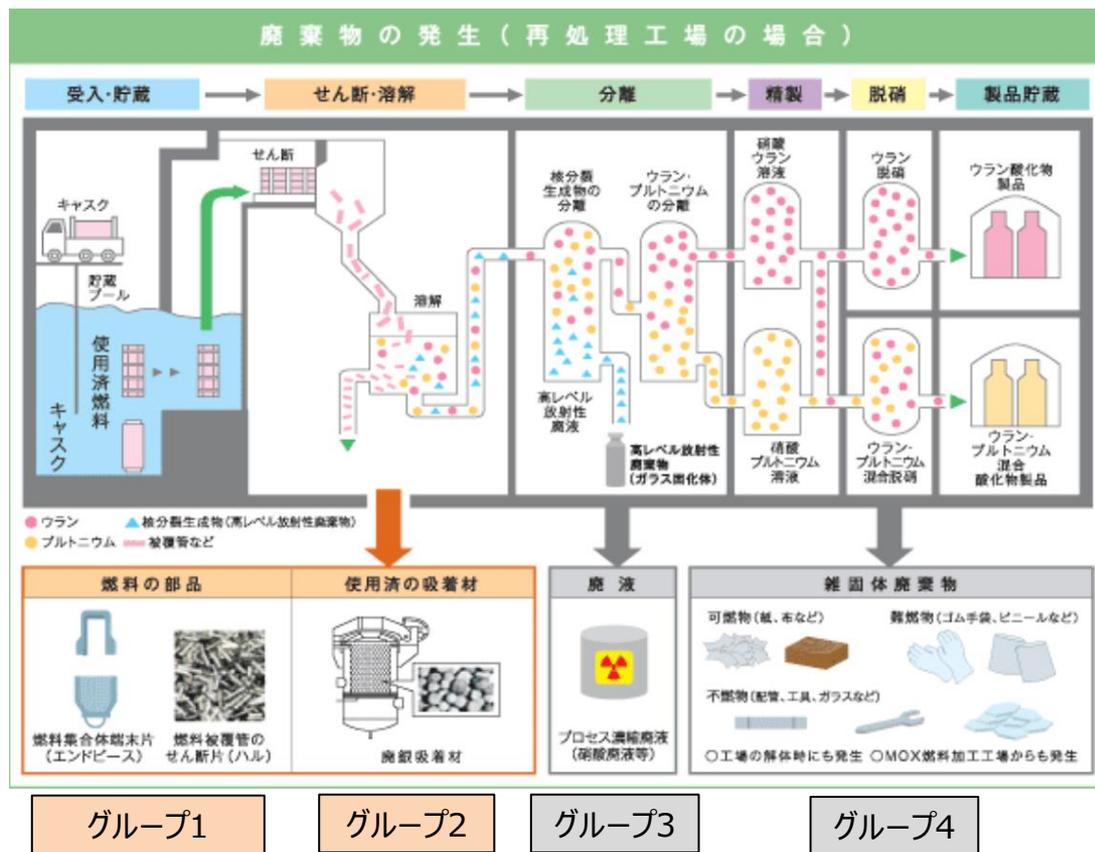
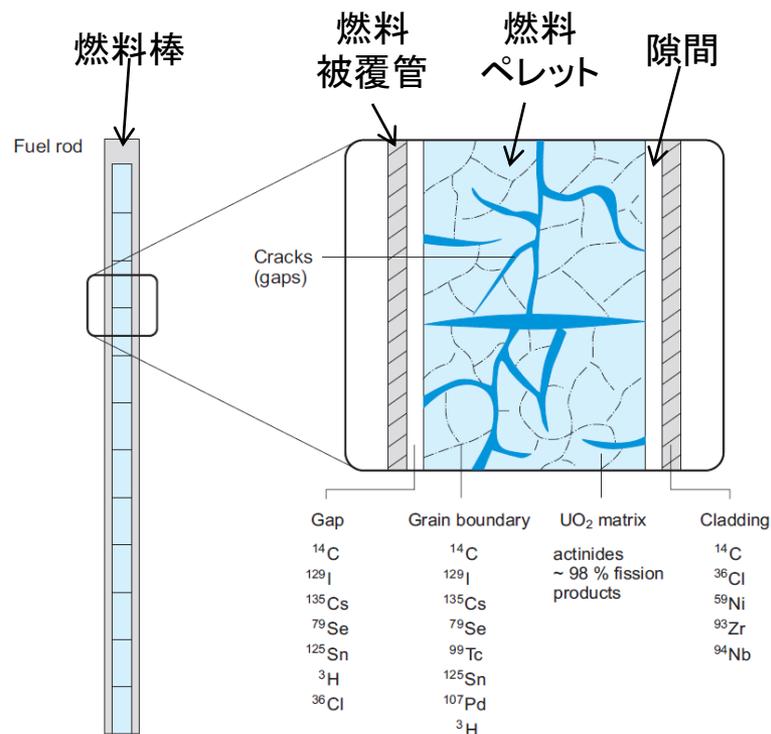


Fig. 4.5-2: Schematic illustration of the distribution of radionuclides within a fuel rod (based on Johnson & Tait 1997)

使用済燃料中に存在する核種  
(Nagra NTB02-5の図を編集)

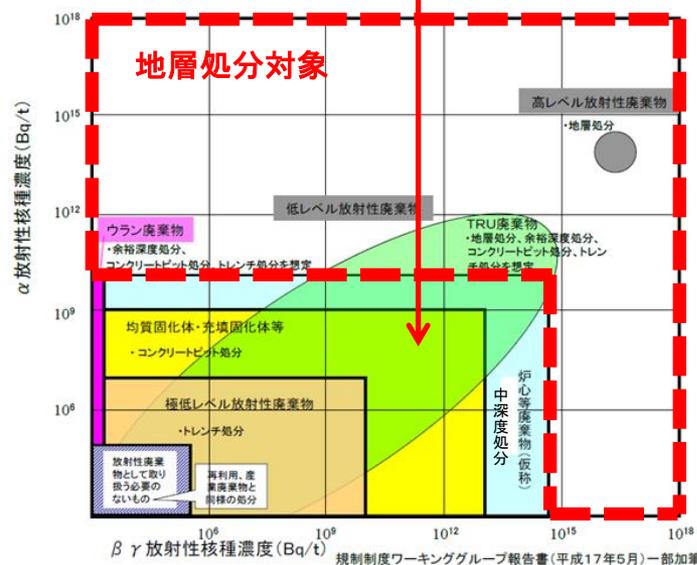
再処理プロセスで発生する廃棄物(資源エネルギー庁)

# 低レベル放射性廃棄物：TRU等廃棄物

- **TRU等廃棄物のうち半減期の長い放射性核種が一定以上含まれるもの**は、生活環境から長期間遠ざける必要があるため、**地層処分対象**（第二種特定放射性廃棄物）
- 燃料被覆管の切断片（**ハル**）や燃料集合体の末端部である**エンドピース**、再処理工場内の使用済み排気フィルター（**廃銀吸着材**）、放射能が一定レベル以上の**濃縮廃液**や**雑固体廃棄物**など

廃棄体グループ	1	2	3	4		
				低発熱性L	発熱性H	
概要	<p>放射性的ヨウ素を除去する吸着材料</p>	<p>細断・圧縮</p>	<p>乾燥・ペレット化</p>	<p>ゴム手袋 (焼却・圧縮)</p> <p>不燃性廃棄物</p> <p>工具 金属配管</p>		
主な廃棄体の形態	<p>200Lドラム缶</p>	<p>キャニスタ</p>	<p>200Lドラム缶</p>	<p>角型容器</p>	<p>200Lドラム缶</p>	<p>その他(ハル缶、インナーパレル)</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射性ヨウ素 (I-129)を含む</li> <li>セメント固化体</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発熱量が比較的大</li> <li>放射性炭素 (C-14)を含む</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>硝酸塩を含む</li> <li>モルタル、アスファルトによる固化体など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>焼却灰、不燃物</li> <li>セメント固化体など</li> </ul>		
見込み発生量	319 [m <sup>3</sup> ]	5,792 [m <sup>3</sup> ]	5,228 [m <sup>3</sup> ]	5,436 [m <sup>3</sup> ]	1,309 [m <sup>3</sup> ]	
最大発熱量 (発生時点)	1 [W/本]未満	90 [W/本]未満	1 [W/本]	16 [W/本]	210 [W/本]	

一部のTRU廃棄物は「もの」で指定されているため放射性核種濃度が低くても地層処分対象

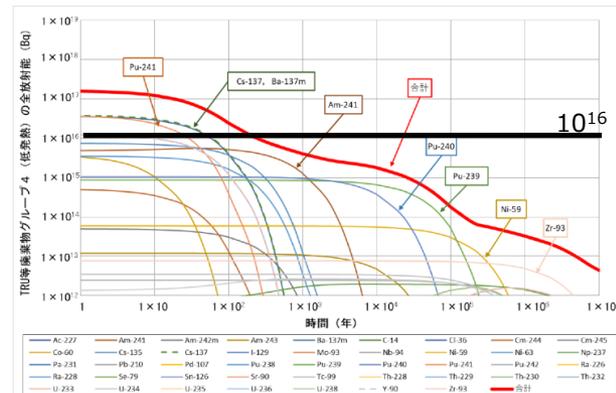
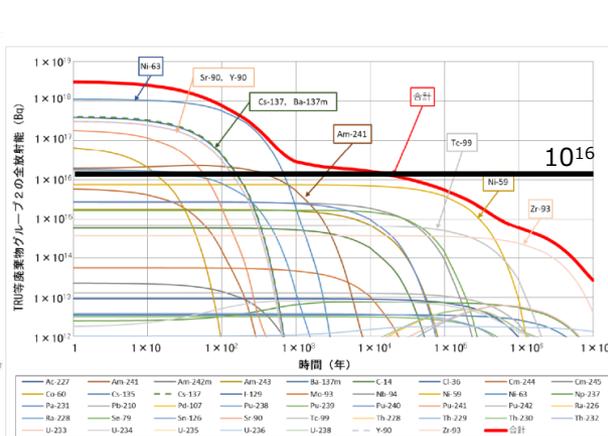
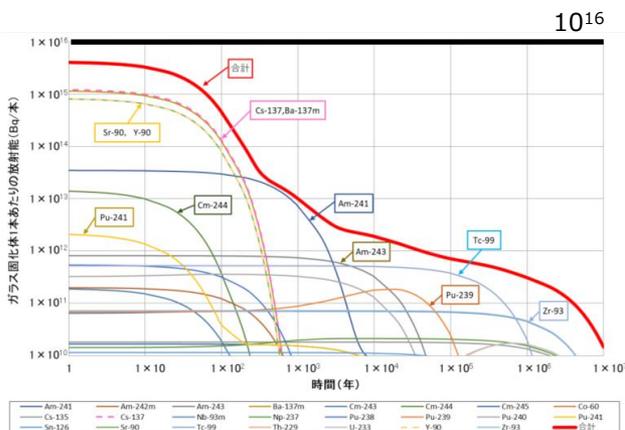


処分する廃棄物の量：**19,000m<sup>3</sup>以上**※

※「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」（2008年3月14日、閣議決定）

「低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に係る安全規制について(中間報告)」のP20の図を一部加筆修正

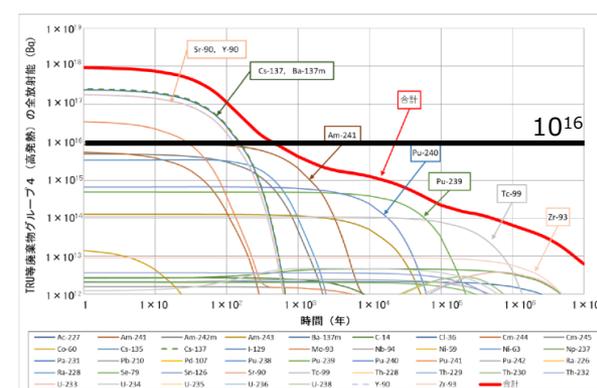
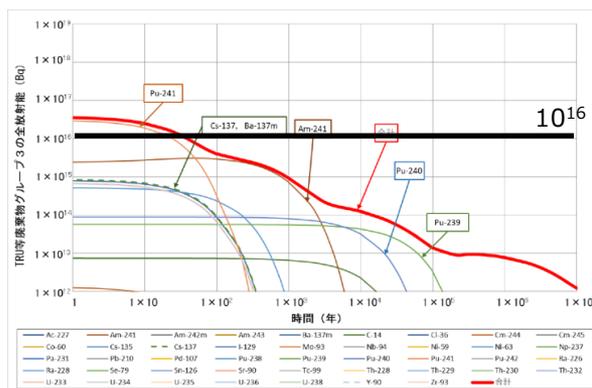
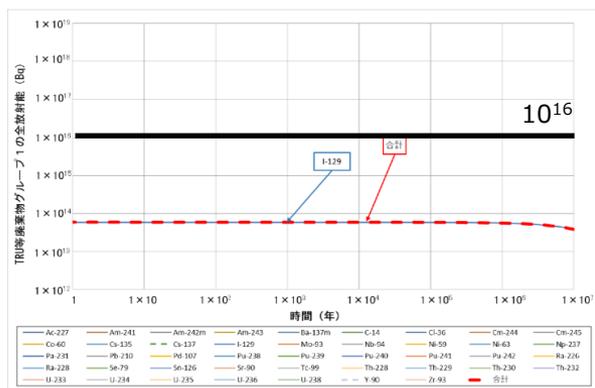
# 低レベル放射性廃棄物：TRU等廃棄物～放射能の経時変化～



(参考) ガラス固化体：50年貯蔵後の1本分

TRU (グループ2の全量)

TRU (グループ4Lの全量)



TRU (グループ1の全量)

TRU (グループ3の全量)

TRU (グループ4Hの全量)

- 注1. グラフの横軸はいずれも1～1000万年
- 注2. ガラス固化体は1体当たり (Bq/本) で、グラフの縦軸は10乗～16乗
- 注3. TRUは各グループの総量 (Bq) で、グラフの縦軸は12乗から19乗



# 国際的な処分方法の検討経緯

# 国際的共通課題としての地層処分

- 高レベル放射性廃棄物の最終処分の実現は、原子力を利用する全ての国の共通課題
- 1950年代より議論が開始されており、現在では**地層処分が最も有用であることが国際的な共通認識**
- 海外でも高レベル放射性廃棄物の地層処分に向けて、処分の実施主体の設立や資金確保等の法整備、処分地の選定、必要な研究開発が進行中
- フィンランド政府は2015年11月にエウラヨキ自治体のオルキルトでの処分場建設を許可し、2016年12月より処分場の建設が開始されています。スウェーデンでは処分場の立地・建設許可申請中

## 諸外国の状況

調査段階前

文献調査

概要調査  
〔ボーリング調査〕

精密調査  
〔地下施設  
での調査〕

処分地選定済



ベルギー

ドイツ

日本

スイス

中国

ロシア

フランス

米国

スウェーデン

フィンランド



スペイン

韓国

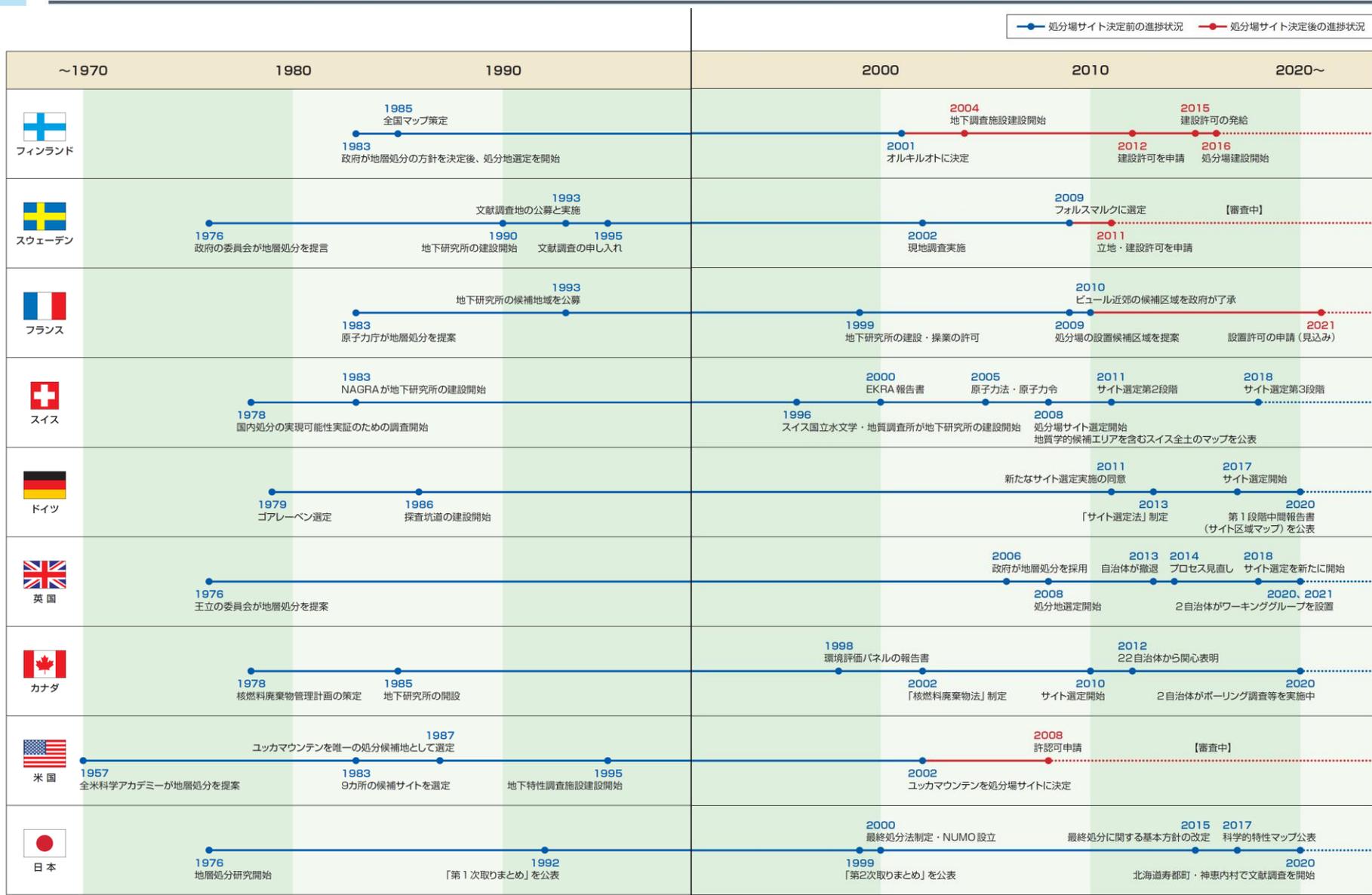
英国

カナダ

〔安全  
審査中〕

〔建設  
開始済〕

# 各国の地層処分施設の検討経緯と進捗状況



※ EKRA ⇒ 「放射性廃棄物の処分概念に関する専門家グループ」の略称

資源エネルギー庁 「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について」

# 高レベル放射性廃棄物処分の考え方、地層処分の基本概念の形成

- 国際的に最も有望とされている処分方法が**地層処分**
- 発端は1950年代の米国での高レベル放射性廃液漏洩事故の頻発
  - 人間による長期間の管理への疑問
  - 廃棄物を岩塩層に閉じ込めるという提案（米国科学アカデミー）・・・地層処分のきっかけ
    - 岩塩層は地下水の流れが緩慢で、物理化学的にも安定
    - 長期間の閉じ込めに好ましい環境（人間による管理不要）
- 地層処分の基本概念の検討（1970年代～）
  - 岩塩層に限らず、地下深部の岩盤が有する「隔離・閉じ込め」機能による処分方法の検討
  - 地質環境（天然バリア） + 人工バリアによる多重バリアシステム
    - 天然バリア：地下深部が有する放射性物質の閉じ込め機能（緩慢な地下水の流れ、岩盤への核種吸着）
    - 人工バリア：地質環境中へ放射性物質の放出を遅延させる人工的機能
- 地層処分の実現に向けた技術開発（1980～1990年代）
  - 地層処分に適した地質環境か否かの調査技術
  - 地層処分システム（天然バリア + 人工バリア）の設計と実用性、実現性の検討
  - 将来の人間の生活環境への影響を評価する方法（安全評価技術）
  - セーフティケース概念の構築
- 倫理的側面に関する検討（1990年代）
  - 世代間公平性（将来世代に負担を残さない、選択肢は残す）、世代内公平性（意思決定への関与の公平性）
  - 「段階的アプローチ」という進め方の導入
  - 可逆性・回収可能性の導入

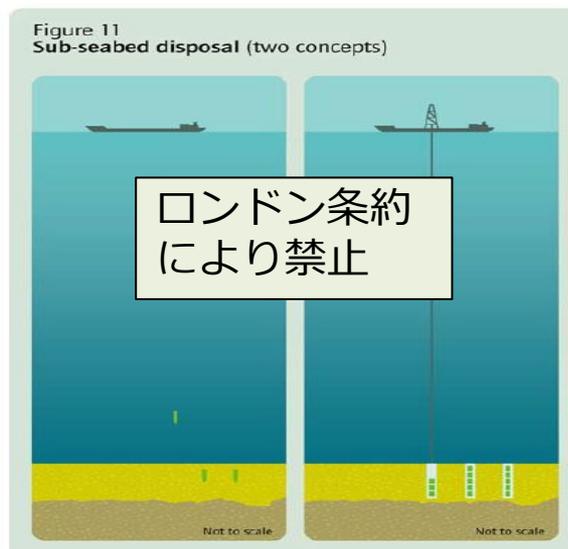
# さまざまな処分方法の検討

- 「原子力発電計画に伴う放射性廃棄物管理の目標・概念・戦略」報告書（OECD/NEA, 1977）以来、地層処分を含めた種々の処分方法を検討
  - 海洋底処分・海洋底下処分
    - 先の尖った容器に収めた廃棄物を船上から放ち容器の自重により海底堆積物中に打ち込む、海底をドリルで掘削し廃棄物を海洋底下に埋める →ロンドン条約（1975年発効）に基づき禁止、日本は1980年に批准
  - 氷床処分
    - 廃棄物を封入したキャニスタを南極大陸の氷床に定置 →南極条約（1961年発効）に基づき禁止
  - 宇宙処分
    - 廃棄物をロケットで太陽軌道に投入 →ロケット発射技術の信頼性への疑問、経済性
  - 核種分離変換
    - 長寿命核種を安定／短寿命の核種に変換 →長半減期核種残留、実用化の目途立たず
  - 長期保管
    - 人間による遮蔽と閉じ込め対策と管理 →長期間安全性の保証不可、将来世代の負担増
- 科学技術的な実現可能性、倫理的観点、国際的ルールとの整合性（自国処分が可）の観点などから、現時点においても地層処分が最も有望

# さまざまな処分方法の検討



海洋底処分



海洋底下処分



氷床処分



地層処分



宇宙処分



長期保管

出典：Nirex (2005), The viability of a phased geological repository concept for the long-term management of the UK's radioactive waste



---

# NUMOによる地層処分計画概要

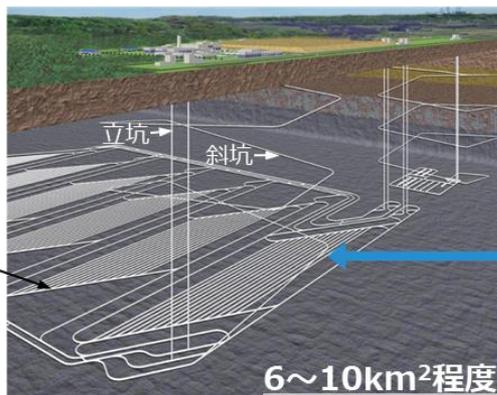
# NUMOの地層処分計画の概要

- 地下深部の安定した岩盤に高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）と地層処分相当低レベル放射性廃棄物（TRU等廃棄物）を地下300メートル以上の深さに埋設し、**人間の生活環境に影響を及ぼさないように長期にわたって安全・確実に隔離**
- **ガラス固化体を40,000本以上**埋設できる施設を全国で1か所つくる計画
- **詳細については、ウェビナー第9回（2/3開催）にて、ご説明予定**

## 地上施設のイメージ

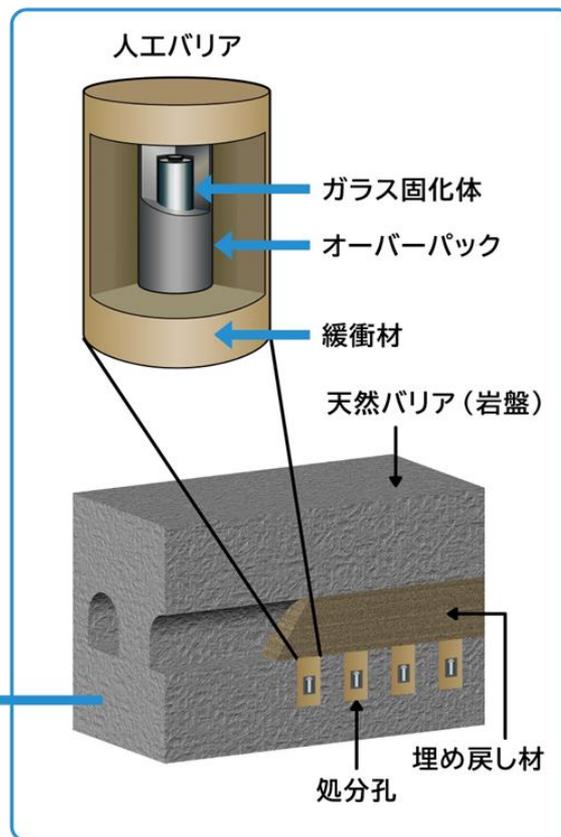


## 地下施設のイメージ



処分パネル  
(処分坑道の集合した区画)

操業終了後、坑道を埋戻し、  
地上施設は撤去



「高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する対話型全国説明会 説明資料（資源エネルギー庁 NUMO）」より

# NUMOの地層処分計画の概要

- 事業の費用は、**約4兆円**（※）と試算

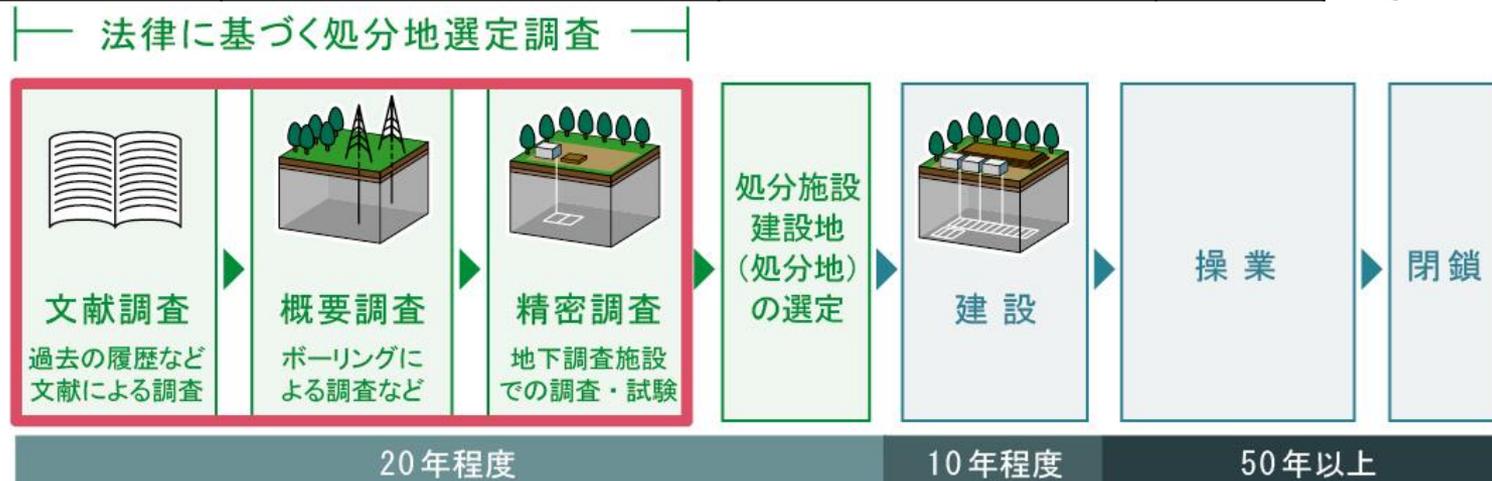
※ガラス固化体（40,000本）、地層処分対象TRU等廃棄物（19,000m<sup>3</sup>）を埋設する規模で算定した高レベル放射性廃棄物（3.13兆円）とTRU等廃棄物（0.84兆円）の合計

- 最終処分法に基づく処分地選定調査を含めると、**処分場閉鎖までに100年程度**がかかる見通し

（単位：億円）

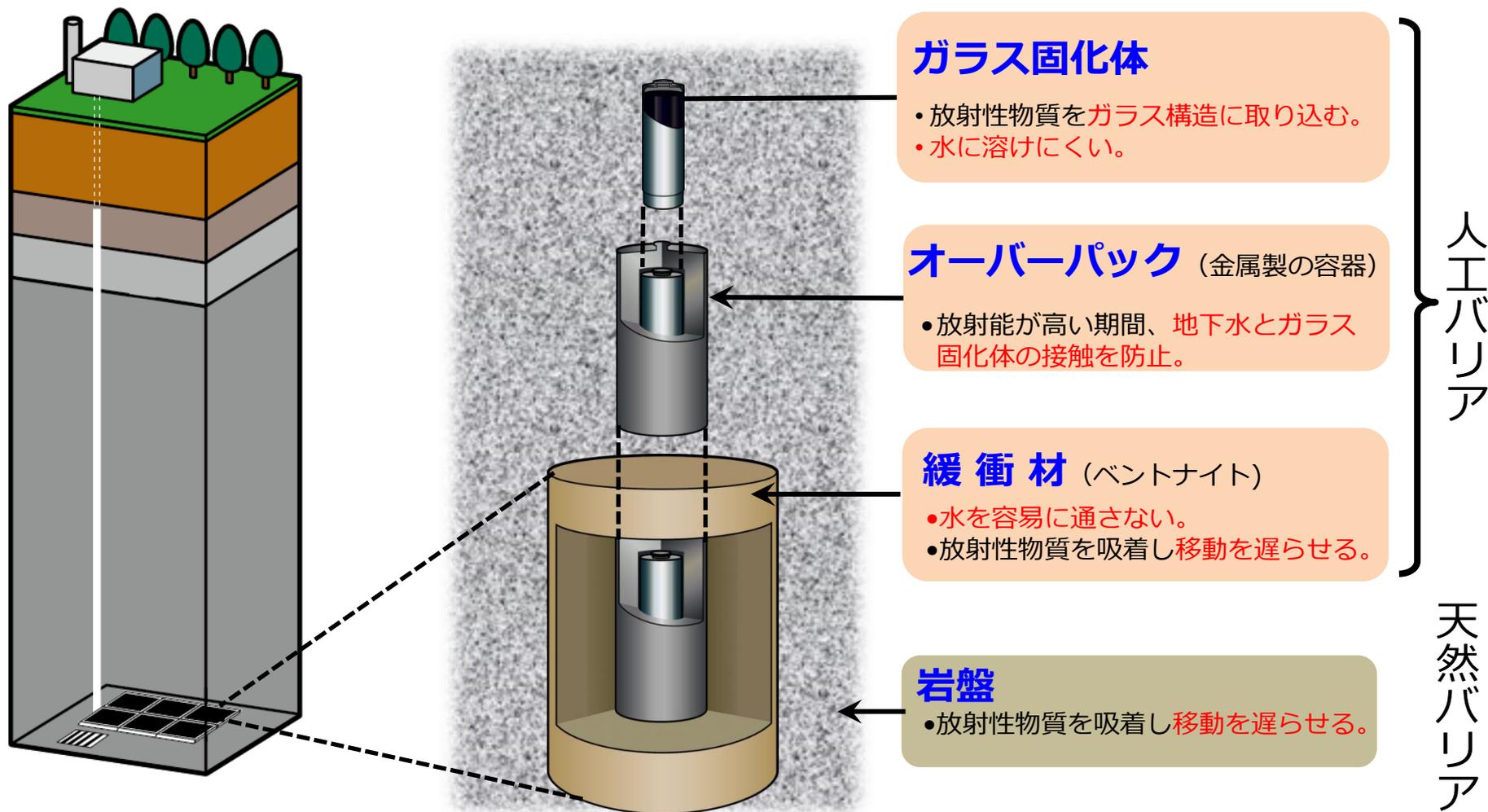
	第一種特定放射性廃棄物 処分費用（高レベル放射性廃棄物）	第二種特定放射性廃棄物 処分費用（TRU等廃棄物）	合計
技術開発費	1,189	703	1,892
調査費及び用地取得費	1,924	1,034	2,958
設計及び建設費	10,192	1,736	11,928
操業費	8,358	1,909	10,267
解体及び閉鎖費	963	111	1,074
モニタリング費	1,233	750	1,983
プロジェクト管理費	5,179	1,549	6,728
消費税	2,257	577	2,834
合計	31,299	8,373	39,672

2020年12月21日 資源エネルギー庁放射性廃棄物対策課  
「特定放射性廃棄物の最終処分費用及び抛入金単価の改定について（参考資料）」より



# 地層処分システムによる安全確保

- 地下深部への処分場設置により、高レベル放射性廃棄物を人間の生活環境から「**隔離**」
- 地下深部の岩盤が持つ性質を利用した「**天然バリア**」と、「**人工バリア**」を組み合わせた「**多重バリアシステム**」により、放射性廃棄物を「**閉じ込め**」



## 地層処分に想定されるリスクと安全確保

### ■ 地層処分に想定されるリスク

- ・**処分の事業期間（処分場の建設・操業・閉鎖）**に生ずる可能性のあるリスク（放射線影響、労働災害、環境影響など）
- ・**処分場閉鎖後**に生ずる可能性のあるリスク（人間や環境に対する放射線影響）

### ■ 地層処分の安全性

=（想定されるリスク） < （許容可能なレベル）

- ・安全評価手法の確立及び、シミュレーションモデル、データベースの構築
- ・シミュレーション結果が安全規制当局の定めた基準を満たすことを確認し、リスクを評価

## 安全確保の基本的考え方

### ■ 事業期間中の安全性

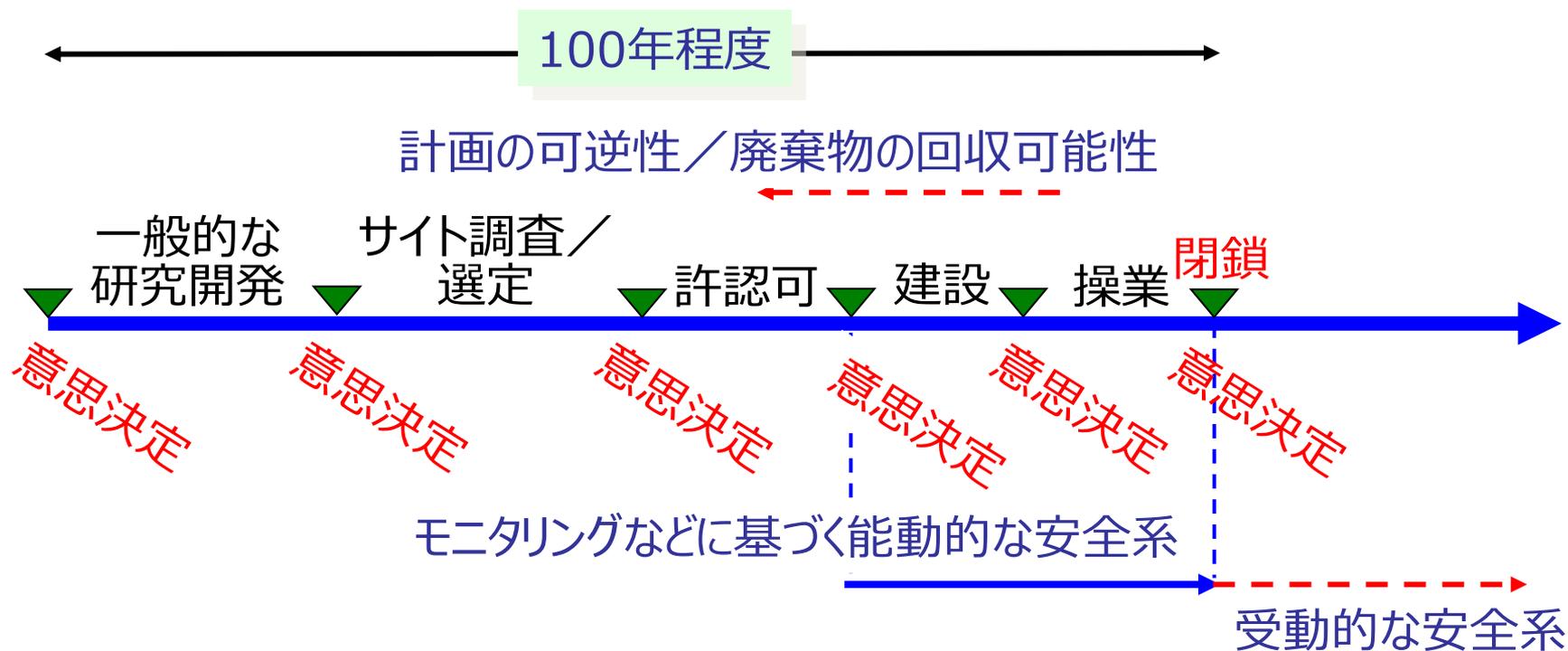
- ・通常の**原子力施設の安全確保戦略**（深層防護、ALARA原則）の適用

### ■ 処分場閉鎖後長期の安全性

- ・目標：監視しなくても、長期間にわたって地上の人々の放射線被ばく線量を十分に小さくすること
- ・戦略：
  - 人工バリアと天然バリアからなる多重バリアシステムを構築
  - 異常事態が発生したとしても目標達成が妨げられないよう保守的な設計

## • 段階的な意思決定

- 世代を超えた様々なステークホルダーの参加
- 各意思決定点において地層処分の実現可能性、安全性を確認（セーフティケースの作成）
- セーフティケースの信頼性をより向上するための研究開発の継続



# 処分地選定プロセス

- 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」では、**概要調査（ボーリング調査等）**、**精密調査（地下施設での調査・試験）**を経て、最終処分地を選定する方針
- 概要調査を実施するかの検討材料を集めるために、あらかじめ**文献調査（机上調査）**を実施
- 文献調査の実施に向けて、全国各地で**対話活動**および、**ニーズに応じた情報提供等**の取組（複数地域での文献調査の開始に向けた当面の取組方針）



- 文献調査とは、全国各地での対話活動の中で、地域の地質を詳しく知りたい「市町村」があれば、どの市町村に対しても、地域に関する資料やデータを情報提供し、**理解活動の促進を図るもの**。
- 市町村が次の調査に進もうとする場合には、改めて都道府県知事と市長村長のご意見を聴き、これを十分尊重することとしており、**当該都道府県知事又は市町村長の意見に反して先へ進むことはない**。

# 科学的特性マップの提示

- 地層処分のしくみや日本の地質環境への関心喚起と理解の深化が必要

## ■ 「科学的特性マップ」の提示

- 地層処分を行う場所の選定に当たって考慮すべき科学的特性やその全国分布を俯瞰できるようにすることによって、国民の不安の解消に役立つことを期待
- 地層処分に関係する科学的特性を既存の全国データに基づき一定の要件・基準に従って客観的に整理し全国地図の形で示すもの

ある場所が地層処分に適しているかどうかを判断するためには様々な科学的特性を総合的に検討することが必要で、詳しくは現地調査を実施して把握する

### 科学的特性マップの提示

地下環境等の科学的特性に関するデータを整理し、広く国民に示す



#### 全国データを活用



(個別地点毎のデータは利用せず一律に判断)

提示をきっかけに

### 全国・地域における対話の積み重ね

科学的特性マップ等を活用した全国各地での説明会



国民・地域の声を聴きながら更なる取組

- 地域毎のきめ細かな対話・地域の方々の学習支援
- 研究開発の充実
- 地域共生・地域支援に関する議論 等

国民理解の深まり

調査を受け入れて頂ける地域が出てくれば

### 法律に基づく3段階の処分地選定調査



文献調査



概要調査



精密調査

地域の理解を得た上で NUMOが調査



個別地点毎に調査

安全性の確認

最終処分場所 (施設建設地) の選定

処分施設の建設

廃棄物の搬入・埋設

処分施設の閉鎖



# 複数地域での文献調査実施に向けた取組



全国各地でワークショップ  
(小規模対話集会) を開催



教員向けの勉強会（教育WS）を開催



展示車両「ジオ・ラボ号」を用いた巡回説明

NUMO  
原子力発電環境整備機構

About NUMO 地層処分について 技術開発

話しあい  
理解しあい  
地域とともに地層処分を進めます

文献調査の状況 イチから知りたい! 地層処分と文献調査 学習支援のご案内 対話型全国説明会 動画で見る地層処分 専門家に聞く 東京工業大学 澤田 哲生 先生

トピックス トピックス一覧 >

- 2021年09月17日 お知らせ **[NEW]** 「地層処分レポート」9月号を発行しました >
- 2021年09月17日 イベント **[NEW]** 「体験しよう! 地層処分」 イベントの開催について >
- 2021年09月10日 お知らせ **[NEW]** 【開催方法変更のお知らせ】北海道札幌市、愛媛県今治市会場（対話型全国説明会） >

ホームページ

# 複数地域での文献調査実施に向けた全国での対話活動

- 科学的特性マップの濃いグリーン地域を中心に、**全国で対話活動を実施**
- 科学的特性マップ公表後、**合計131地域**で開催

## 2017年

10/17 (火) 昼 東京都千代田区	10/31 (土) 昼 大阪府大阪市	11/13 (火) 昼 福岡県福岡市	11/29 (水) 昼 佐賀県佐賀市	12/12 (火) 昼 山口県山口市
10/18 (水) 昼 栃木県宇都宮市	11/1 (水) 昼 奈良県奈良市	11/14 (水) 昼 熊本県熊本市	11/30 (木) 昼 長崎県長崎市	12/13 (水) 昼 大分県大分市
10/19 (木) 昼 群馬県前橋市	11/2 (木) 昼 兵庫県神戸市	11/16 (木) 昼 岩手県盛岡市	12/5 (火) 昼 三重県津市	12/19 (火) 昼 鹿児島県鹿児島市
10/24 (火) 昼 静岡県静岡市	11/6 (月) 昼 埼玉県さいたま市	11/17 (金) 昼 秋田県秋田市	12/6 (水) 昼 宮城県仙台市	12/20 (水) 昼 宮崎県宮崎市
10/25 (金) 昼 愛知県名古屋市	11/8 (水) 昼 神奈川県横浜市	11/20 (月) 昼 岡山県岡山市	12/7 (木) 昼 長野県長野市	
10/30 (月) 昼 和歌山県和歌山市	11/10 (金) 昼 山梨県甲府市	11/21 (火) 昼 広島県広島市	12/8 (金) 昼 山形県山形市	

## 2018年

2/21 (水) 昼 東京都港区	5/25 (金) 昼 兵庫県神戸市	7/9 (月) 昼 北海道札幌市	↓ ↓県庁所在地以外も含めた開催	11/18 (日) 昼 兵庫県豊岡市
2/24 (土) 昼 埼玉県さいたま市	5/26 (土) 昼 香川県高松市	7/14 (金) 昼 青森県青森市	10/13 (土) 昼 石川県七尾市	11/18 (日) 昼 山口県下関市
2/25 (日) 昼 東京都国分寺市	6/2 (土) 昼 沖縄県那覇市	7/15 (土) 昼 秋田県秋田市	10/13 (土) 昼 鳥取県米子市	11/21 (水) 夜 高知県四万十市
3/1 (木) 夜 神奈川県横浜市	6/10 (日) 昼 富山県富山市	7/21 (土) 昼 石川県金沢市	10/14 (日) 昼 島根県浜田市	12/26 (月) 夜 秋田県能代市
3/4 (日) 昼 千葉県千葉市	6/16 (土) 昼 徳島県徳島市	7/28 (土) 昼 群馬県前橋市	10/20 (土) 昼 熊本県八代市	12/1 (土) 昼 京都府京丹後市
5/10 (木) 夜 大阪府大阪市	6/17 (日) 昼 岡山県岡山市	7/29 (日) 昼 新潟県新潟市	10/21 (日) 昼 岩手県釜石市	12/8 (土) 昼 愛知県豊橋市
5/17 (木) 昼 茨城県水戸市	6/30 (土) 昼 高知県高知市	7/30 (月) 昼 京都府京都市	10/28 (日) 昼 岐阜県岐阜市	12/9 (土) 昼 静岡県浜松市
5/19 (土) 昼 島根県松江市	7/1 (日) 昼 千葉県千葉市	7/31 (火) 昼 福井県福井市	11/1 (木) 夜 熊本県熊本市	12/18 (火) 夜 神奈川県平塚市
5/20 (日) 昼 鳥取県鳥取市	7/8 (日) 昼 愛知県名古屋市	8/1 (水) 昼 滋賀県大津市	11/10 (土) 昼 京都府綾部市	

## 2019年

1/19 (土) 昼 長野県本松市	2/24 (日) 昼 山形県鶴岡市	5/30 (木) 夜 北海道旭川市	9/7 (土) 昼 愛知県岡崎市	10/23 (水) 夜 茨城県つくば市
1/19 (土) 昼 兵庫県姫路市	3/2 (土) 昼 愛媛県新居浜市	6/2 (日) 昼 山口県周南市	9/8 (日) 昼 新潟県上越市	10/27 (日) 昼 山梨県富士吉田市
1/26 (土) 昼 大分県佐伯市	3/3 (日) 昼 愛媛県松山市	6/4 (火) 夜 北海道函館市	9/12 (木) 夜 福岡県久留米市	10/30 (水) 夜 熊本県天草市
2/3 (日) 昼 岡山県倉敷市	3/4 (月) 夜 宮城県白石市	6/4 (火) 夜 三重県四日市市	9/18 (水) 夜 北海道帯広市	12/11 (水) 夜 兵庫県西宮市
2/4 (月) 夜 広島県広島市	3/9 (土) 昼 福岡県北九州市	6/19 (水) 夜 北海道北見市	9/26 (木) 夜 宮崎県延岡市	12/21 (土) 昼 青森県八戸市
2/5 (火) 夜 佐賀県唐津市	3/10 (日) 昼 滋賀県長浜市	8/22 (木) 夜 長崎県佐世保市	9/28 (土) 昼 大阪府堺市	12/22 (日) 昼 青森県弘前市
2/13 (水) 夜 埼玉県熊谷市	3/14 (木) 夜 徳島県阿南市	8/26 (月) 夜 北海道釧路市	9/29 (日) 昼 島根県出雲市	
2/15 (金) 夜 香川県丸亀市	5/22 (水) 夜 高知県安芸市	8/27 (火) 夜 富山県高岡市	10/3 (木) 夜 秋田県横手市	
2/16 (土) 昼 和歌山県新宮市	5/26 (日) 昼 鹿児島県霧島市	9/1 (日) 昼 広島県福山市	10/16 (水) 夜 福井県敦賀市	

## 2020年

1/22 (水) 夜 静岡県沼津市	2/19 (水) 夜 山口県山口市	9/15 (火) 夜 奈良県奈良市	11/10 (火) 夜 和歌山県海南市	12/10 (木) 夜 神奈川県横浜市
1/25 (土) 昼 北海道室蘭市	8/23 (日) 昼 兵庫県洲本市	10/14 (水) 夜 広島県東広島市	11/25 (水) 昼 千葉県木更津市	12/19 (土) 昼 沖縄県那覇市
2/5 (水) 夜 埼玉県川越市	8/27 (木) 夜 東京都墨田区	10/21 (水) 夜 愛媛県宇和島市	12/2 (水) 夜 鳥取県倉吉市	

## 2021年

5/27 (木) 夜 愛知県名古屋市	9/15 (水) 夜 北海道札幌市	11/11 (木) 夜 福井県福井市	12/9 (木) 夜 京都府舞鶴市	以降も順次開催を予定
7/8 (木) 夜 鹿児島県鹿屋市	10/14 (水) 夜 栃木県宇都宮市	11/23 (火) 昼 長崎県対馬市	12/14 (火) 夜 茨城県ひたちなか市	
7/15 (木) 夜 香川県観音寺市	10/27 (水) 夜 岩手県盛岡市	12/4 (土) 昼 高知県須崎市		

# 「より深く知りたい」関心グループの全国的な広がり

- 全国で対話活動が続ける中で、地層処分事業をより深く知りたいと考える、経済団体、大学・教育関係者、NPO等の、**全国で約100の関心グループ\***が勉強会や情報発信などの多様な取組を実施

2021年3月時点

## 中国・四国

- 山陰エネルギー環境教育研究会
- 山口県地域消費者団体連絡協議会
- 松江エネルギー研究会
- 豊田くらしの会
- La vie
- 環境とエネルギーを考える消費者の会(えこはーもにい)
- 山口エナジー探偵団
- 愛媛県立東予高等学校
- 松江高専専攻科有志
- 山口県商工会議所連合会
- 出雲商工会議所 工業部会
- 鳥取実業倶楽部
- エネルギー問題勉強会
- ものづくり愛好会(香川高専)
- つわぶき友の会
- 鴨島電気工事協同組合
- エネルギー環境教育大学間ネットワーク
- えひめエネルギーの会
- えひめ消費生活センター友の会 松山支部
- 香川大学創造工学部長谷川研究室
- 核兵器廃絶・平和建設香川県民会議

## 九州・沖縄

- 沖縄エネルギー環境教育研究会
- 科学技術コミュニケーション研究所もっと知りもっと語る会
- 「電気のゴミ」ワークショップ
- 九州原子力会議
- 宮崎大学学生地層処分事業勉強会
- NPO法人 みやざき技術士の会
- 宮崎県地域エネルギー環境教育ネットワーク推進会議
- 神松寺社会問題研究会
- KAKKIN鹿児島エネルギー研修会

## 中部

- びさい消費者の会
- 岐阜工業高等専門学校
- 愛知県教育関係者
- 特定非営利活動法人 放射線環境・安全カウンスル
- 東海・北陸・近畿地区における高専教職員の地層処分事業勉強会
- 三重大学教育学部 技術・ものづくり教育講座 電気工学研究室
- みえ防災コーディネーター津ブロック
- エネルギーミライズ
- 一般社団法人 環境創造研究センター

## 近畿

- 大阪市環境経営推進協議会
- 洲本交通安全協会
- 生活者の視点で原子炉を考える会
- 公益社団法人 兵庫工業会
- 特定非営利活動法人 NUSPA
- 近畿大学 原子力研究所 第3研究室
- 和歌山ゴールドライオンズクラブ
- 特定非営利活動法人 シンビオ社会研究会
- 伊都・橋本地球温暖化対策協議会
- 京都府立鴨沂高等学校
- 原発のごみ処分を考える会
- 福井県原子力平和利用協議会 敦賀支部
- 高浜町原子力発電関連勉強会
- スマートエネルギー福井会
- 若狭高浜クラブ
- きのこと星の町おおいネットワーク
- 原子力国民会議福井支部
- 福井県立敦賀高等学校
- 福井県女性エネの会
- 和歌山異業種交流会
- 和歌山尚友会
- 核兵器廃絶・平和建設 和歌山県民会議
- 和歌山県経営者協会
- 女性ビジネス研究会“凛”
- チームEEE (エネルギー環境教育実践チーム)
- 特定非営利活動法人 奈良環境カウンセラー協会
- 特定非営利活動法人 大阪環境カウンセラー協会

## 北海道・東北

- 若者と地層処分を学ぶ会 (東北)
- 北海道大学 放射性廃棄物処分勉強会
- 放射線教育プロジェクト
- エネフイーメール21
- Climate Youth Japan
- 紫陽花の会 などわ
- 尚絅学院大学 総合人間科学部 環境構想学科
- 地域振興を考える有志の会

## 関東

- BENTON SCHOOL
- 特定非営利活動法人 女性技術士の会
- 特定非営利活動法人 放射線線量解析ネットワーク (RADONet)
- 学術フォーラム・多価値化の世紀と原子力
- 東京当別会 有志の会
- 翔友有志の会
- 東京私立初等学校協会 社会科研究部
- 慶應技術士の会
- 若者と地層処分を考える会
- 若者と地層処分を学ぶ会
- 環境教育支援ネットワーク きづき
- 日本保健物理学学会学友会
- 西那須野商工会
- 特定非営利活動法人 地球感
- 一般社団法人 柏崎青年会議所
- 山梨県消費生活研究会連絡協議会
- なでしこ会
- 核兵器廃絶・平和建設国民会議「KAKKIN 栃木」
- 埼玉県電気工事工業組合
- 横浜エネルギー政策懇話会
- 日本原子力学会学生連絡会
- NPO法人 あすかエネルギーフォーラム
- 静岡大学 社会合意形成研究会
- 特定非営利活動法人 アースライフネットワーク

\* NUMOが実施する学習支援事業等を活用し、勉強会や講演会、関連施設見学会等の活動を行ったグループ

# 文献調査の流れ

## (1) 市町村からのご応募または国からの申入れに対する市町村の受諾

市町村からNUMOへのご応募

調査の実施見込みを確認

国からの申入れに対する市町村の受諾

(申入れ前に調査の実施見込みを確認)

## (2) 文献調査の開始

文献調査の計画を公表するとともに、地域のみなさまにご説明し、調査を開始します。

## (3) 文献・データの収集

地質図や学术论文など、必要な文献・データを収集し情報を整理します。この際、科学的特性マップの作成に用いられた全国規模で整備された文献・データの最新版に加え、文献調査対象地区に関連した文献・データを収集し、ひとつひとつ詳しく調べていきます。

## (4) 文献・データに基づく評価

収集した文献・データを用いて、火山や活断層などによる地層の著しい変動がないなどの文献調査で評価する要件に従って、評価を実施します。地層処分の仕組みや文献調査の進捗などについて、「対話の場」などで地域のみなさまにご説明します。

## (5) 報告書の作成／地域のみなさまへのご説明

文献調査で評価した結果や、文献調査の次の段階である概要調査地区の候補について、「対話の場」などで地域のみなさまにご説明します。また、報告書を作成し 公告・縦覧するとともに、あらかじめ地域のみなさまにご説明する機会を設け、ご意見を伺います。

## (6) 経済産業大臣への申請

お伺いしたご意見を踏まえて、NUMOは、概要調査実施のための申請を経済産業大臣に行います。

## (7) 経済産業大臣から地元への意見照会

経済産業大臣は、概要調査地区の候補について、市町村長および都道府県知事のご意見を聴き、概要調査を実施するかを判断します。反対の場合は、先へ進みません。

地層処分に関する

## 文献調査について

私たちが過去50年以上にわたり利用してきた原子力発電に伴って発生する「高レベル放射性廃棄物」などは、将来世代に負担を先送りしないよう、現世代の責任で地下深くの安定した岩盤に埋設する（地層処分する）必要があります。

このため、国と原子力発電環境整備機構（NUMO）は、対話型全国説明会などにより、全国のみなさまに地層処分の仕組みや日本の地質環境などについてご理解を深めていただくとともに、地層処分を社会全体でどのように実現していくか一緒に考えていくために対話活動を進めています。

この資料では、NUMOが文献・データをもとに机上で実施する「文献調査」についてご説明します。



【参照】 NUMOホームページ

[https://www.numo.or.jp/government/oubo/pdf/literature\\_survey\\_20200117.pdf](https://www.numo.or.jp/government/oubo/pdf/literature_survey_20200117.pdf)



# 「対話の場」等による地域での理解活動

- 地層処分事業について理解を深めるとともに、地域の将来について一緒に議論をするために、文献調査実施自治体と相談しながら、「**対話の場**」を設置

## 開催の目的

地域の皆さまに、地層処分事業について賛否に偏らない自由闊達なご議論をいただくこと

- その議論を通じ、地域の皆さまに広く地層処分事業についての理解を深めていただくこと
- 議論により出たご意見を今後の調査等に反映していくこと

・これまでに「対話の場」は各4回開催。

(寿都町) 第1回：4月14日 第2回：6月25日 第3回：7月27日 第4回：11月10日  
ファシリテータ：竹田 宜人 氏（北海道大学大学院工学研究院 客員教授）

(神恵内村) 第1回：4月15日 第2回：6月30日 第3回：8月5日 第4回：10月15日  
ファシリテータ：大浦 宏照 氏（NPO法人 市民と科学技術の仲介者たち 代表理事）  
佐野 浩子 氏（臨床心理士）



【「対話の場」の様子（左：寿都町 右：神恵内村）】



# 第2次取りまとめ以降の NUMOによる技術的進展

## 第2次取りまとめまでの研究開発

「わが国の幅広い地質環境を考慮して**地層処分の技術的成立性を一般的に提示**」

- 1999年 JNC 報告書「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発**第2次取りまとめ**－」公表
  - ➔2000年6月 **最終処分法の制定、地層処分の事業段階への移行**
- 2004年 JAEA・電気事業連合会 報告書「TRU廃棄物処分技術検討書－**第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ**－」公表
  - ➔2007年 最終処分法の改正（TRU等廃棄物が処分対象に追加）

## 第2次取りまとめの結論

- － 変動帯に位置する**日本においても地層処分に適切な地質環境が広く存在**
- － 現状および利用可能なものとして実現性の高い工学技術によって**処分場が構築できることを提示**
- － 長期にわたる安全性を予測的に評価し、**科学的な根拠に基づいて安全性を確認**

さらに、**信頼性をより一層向上させるための研究開発基盤が整備**していることを示した（地層処分研究施設と瑞浪、幌延の地下研究施設）

## 事業段階における研究開発

### 「地層処分の技術的信頼性とサイトに適用するための実践性の向上」

- 2005年 原子力委員会「**原子力政策大綱**」：国、関係研究機関、NUMOによる研究開発の役割分担と連携
- 2005年 「**地層処分基盤技術調整会議**」設置：日本全体としての研究開発を推進するための連携強化
- 二つの深地層の研究施設における研究開発の推進
  - ➔瑞浪超深地層研究所計画（1995年～、2027年までに閉鎖する計画）
  - ➔幌延深地層研究所計画（2001年～）
    - 現在第3期中長期目標の達成に向けた研究を推進
    - 2021年10月 OEAD/NEA-JAEAによる国際共同研究計画化
- 2014年 地層処分技術WG中間とりまとめ：**最新の知見に基づく地層処分技術の再評価**
- 2017年 「**地層処分技術研究開発調整会議**」設置：NUMO及び関係研究機関が統合して研究開発に関する全体計画（2018～2022年度）を作成
- 2021年 NUMO **包括的技術報告書**公表

## 「地層処分の技術的信頼性とサイトに適用するための実践性の向上」

### – 現実的な地質環境条件の把握と調査技術のサイトへの適用性に関する実証

- サイトの地質環境を把握するための技術
- サイトの適合性を確認するための技術
- 国内外の地下研究所の利用促進

### – より実践的な処分場の設計技術

- サイトの地質環境に適合した処分場の設計技術
- 多様な地質環境、科学技術の進歩や社会条件の変化に対応可能な柔軟性のある設計技術（可逆性／回収可能性の確保、代替概念の検討など）
- 建設・操業・閉鎖に係る技術の整備

### – より精緻な安全評価技術の開発とこれに基づく安全性の検討

- 処分場閉鎖前（建設・操業期間）と閉鎖後長期の安全性の両者を定量的に評価
- 国際的なルールに沿った安全評価の方法の整備（発生の可能性を考慮した安全評価シナリオの構築方法とめやす線量の適用、稀頻度事象の取り扱いなど）
- サイトの地質環境とそれに適合して設計された処分場の特徴をより現実的に反映した安全評価モデルの整備
- データベースの信頼性向上

# NUMOによる包括的技術報告書の取りまとめ

- これまでの技術開発成果や科学技術的知見に基づく地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価に係る一連の技術を適用し、安全な地層処分を実現するための方法をセーフティケースとして取りまとめるとともに、技術的信頼性や実用性をさらに向上するための技術課題を抽出（包括的技術報告書）
  - 包括的技術報告書は、今後の技術開発成果や、処分場候補地が明らかになった場合は固有の条件などを反映して、継続的に更新を行うセーフティケースの基本形として活用可能
  - 技術開発課題は、「地層処分研究開発に関する全体計画（平成30年度～平成34年度）」（地層処分研究開発調整会議、2018；2020改訂）と「地層処分事業の技術開発計画（2018年度～2022年度）」（2018；2020改訂）に反映
  - **セーフティケースについては、ウェビナー第10回（2/10開催）にて、ご説明予定**

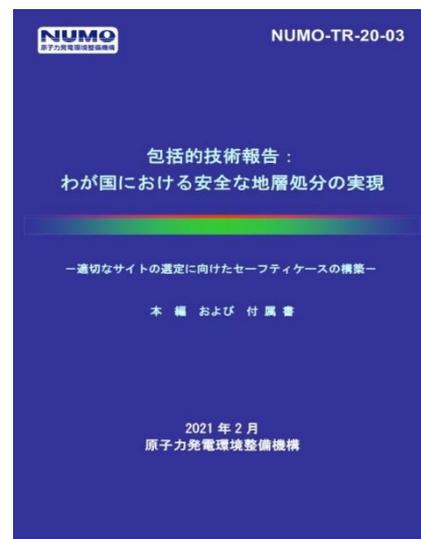
## ■ 外部レビューによる包括的技術報告書の技術的信頼性の確認

- 日本原子力学会によるレビュー（2018年12月～2019年12月）
  - ✓ 安全確保の基本的考え方は、国際的な手法に整合して適切に立案されており、**妥当なもの**と評価
  - ✓ 多様なサイト環境条件を考慮して、現段階でのセーフティケースとしての**信頼性を確保**
  - ✓ NUMOは今後サイト選定を進めていく上で、各段階で行われるサイト特性調査と工学設計および安全評価に向けて、**適切かつ十分な技術的能力と方法論を有しており技術的に信頼するに値する**と認める

【参照】「NUMO 包括的技術報告書」レビュー報告書

[https://www.aesj.net/document/coms\\_numo20191220.pdf](https://www.aesj.net/document/coms_numo20191220.pdf)

- 国際機関（OECD/NEA）によるレビュー開始（2021年11月～2022年6月頃）



【参照】 NUMOホームページ  
[https://www.numo.or.jp/technology/technical\\_report/tr180203.html](https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html)

## ➤ なぜ、地層処分なのか？

- ✓ 高レベル放射性廃棄物処分は、地層処分が**国際的な共通認識**
- ✓ 科学技術的実現可能性、倫理的観点、国際的ルールなどから、地層処分が**最も有望**
- ✓ 第2次取りまとめ（1999）にて、わが国でも地層処分**実現可能**であることを確認

## ➤ NUMOによる対話活動の継続

- ✓ 「**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
- ✓ 資源エネルギー庁の**科学的特性マップ°（2017）**を公表後、関心喚起と理解の深化を目的として、全国各地で対話活動及びニーズに応じた情報提供等の取組
- ✓ 2020年、北海道の2自治体において、**文献調査を開始**

## ➤ NUMOによる技術開発の進展

- ✓ 将来の処分場候補地に適用する深部地下の調査技術が実際の地質環境条件に適用できることを実証
- ✓ サイトの地質環境に適合し、かつ、科学技術の進歩や社会条件の変化に柔軟に対応可能な、より実践的な処分場設計技術の向上
- ✓ 安全評価の方法論、評価モデル、データベースの高度化による、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を**セーフティケース**として取りまとめた



ありがとうございました

# (参考) 現実的な地質環境条件の把握と調査技術のサイトへの適用性に関する実証 国内外の地下研究所の利用促進

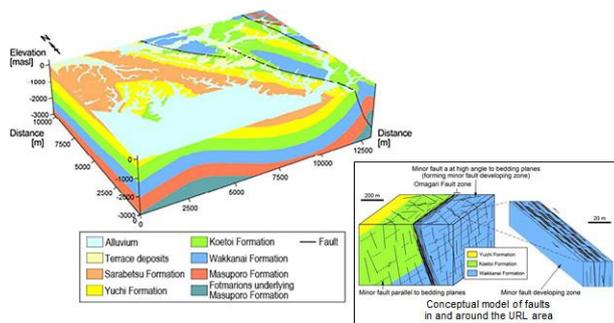
## ● 日本における地下研究所と海外との比較

日本	諸外国(主要10か国※)
2か所 (花崗岩、堆積岩)	スイスを除き、1か所または 保有なし
地下500mまで掘削	花崗岩、堆積岩の場合は 地下100~500m (日本にない岩塩層の場合は 900m以深の例もある)

※フィンランド、スウェーデン、フランス、スイス、ドイツ、イギリス、カナダ、アメリカ、スペイン、ベルギー

## 日本は世界的に優れた地下研究所を保有

## ● 幌延 (堆積岩) における深地層研究の成果の一例



幌延地域の地質構造モデル

出典：  
<https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/index.html>

## ● 幌延 (堆積岩) における深地層研究の例



坑道内での  
ボーリング調査の様子

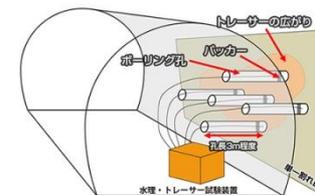


地下水の水圧・水質  
モニタリング装置の開発

出典：JAEA、  
<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/research/kenkyu.html>



坑道壁面の地質観察の様子



割れ目を対象とした  
トレーサー試験の概念図

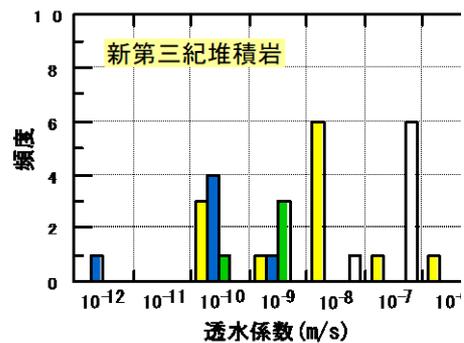
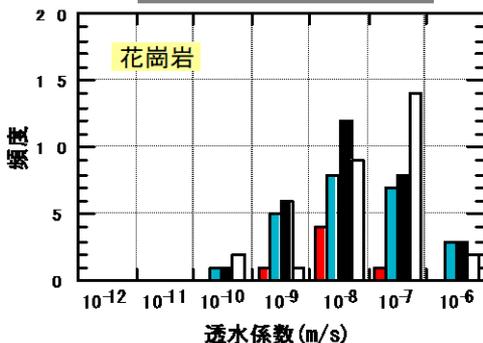
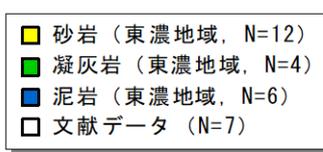
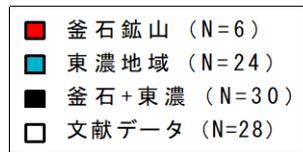
- 地質図に記載されていない断層の方向性や頻度分布を把握可能
- 地下深部の小規模な断層の分布を推定する方法の適用性を明示
- 岩相の分布や断層の位置を反映した地質構造モデルを構築可能

花崗岩、堆積岩という日本の代表的な岩種における地下研究所や沿岸域等の地表での調査により、日本の深部地下の特徴に関する理解が進展

● 透水係数データの頻度分布の比較

第2次取りまとめ

包括的技術報告書



ボーリング孔ごとの平均的な透水係数

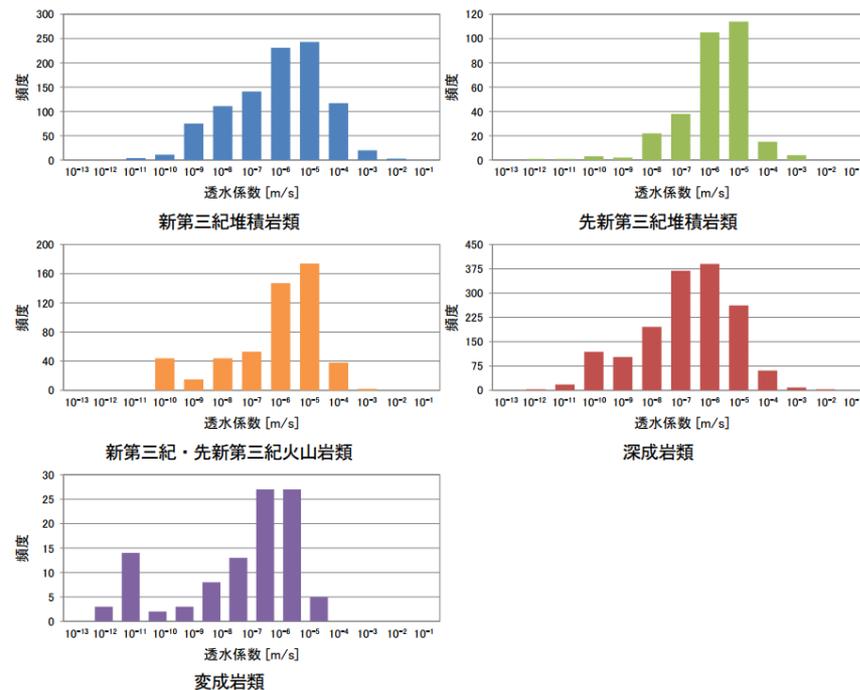


図6 透水係数分布 (度数分布)

東濃地域・釜石鉱山での地層科学研究、およびその他の文献データ

データ総数 : 117

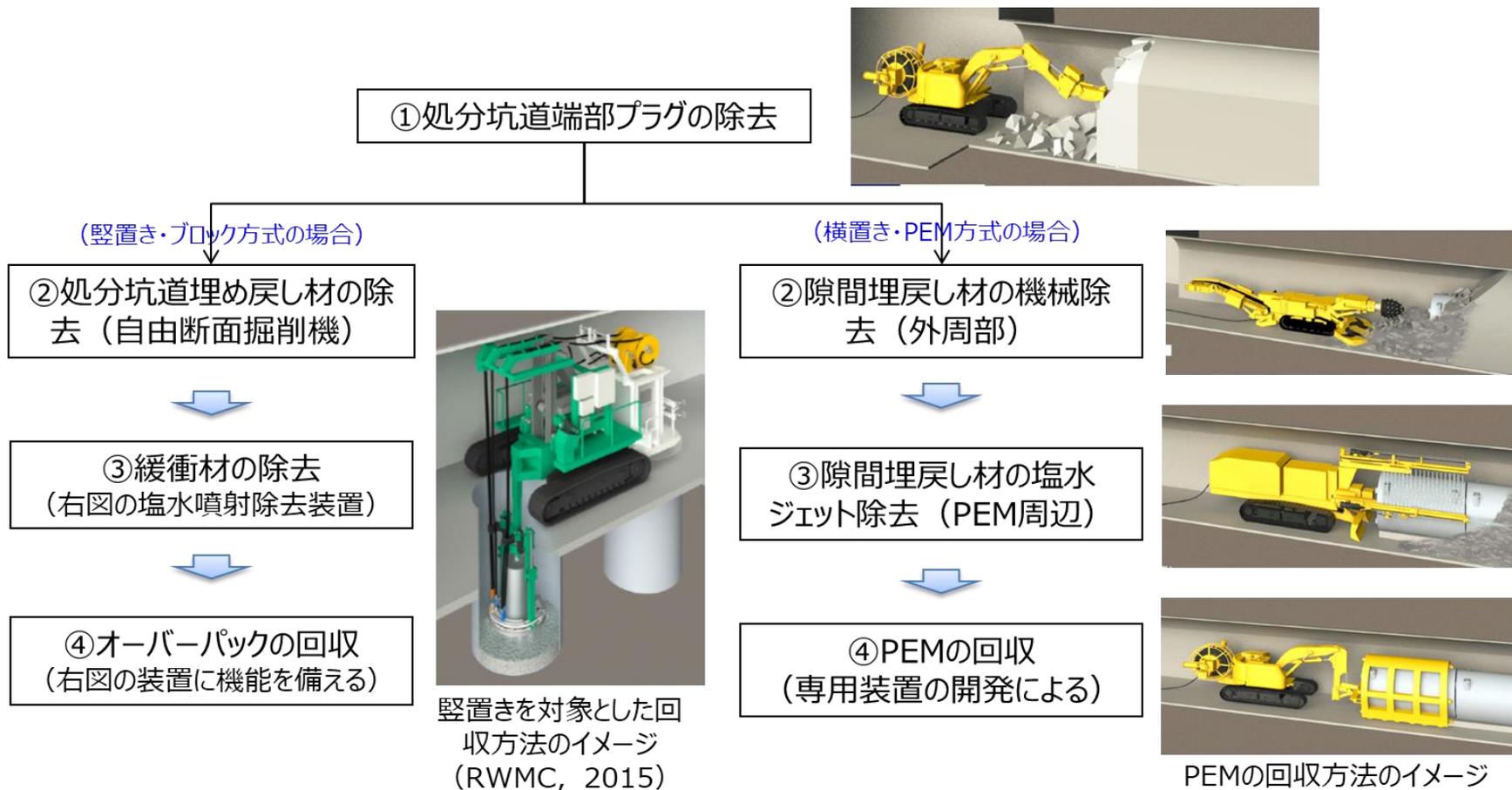


東濃地域・釜石鉱山に加え、瑞浪地域、幌延地域、沿岸域での地層科学研究、およびその他の文献データ

データ総数 : 3,556

### 放射性廃棄物が処分施設に搬入された後においても回収可能性を確保することで、将来世代が最良の処分方法を選択できることへの技術的根拠を確認

#### ● 処分概念に対応した放射性廃棄物の回収方法



人工バリアの設計仕様や周辺母岩の特徴を詳細に考慮した放射性物質の移行解析によって閉鎖後の処分場の安全機能をより精密に評価することが可能

● 第2次取りまとめにおける水理・物質移行モデル

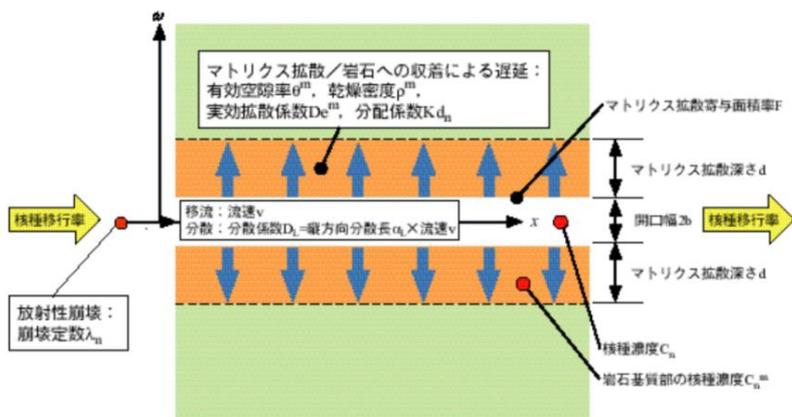
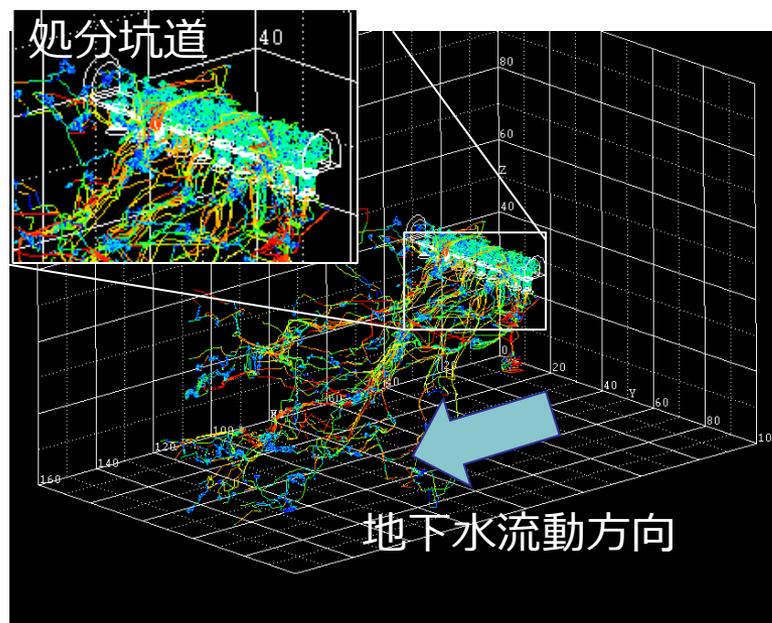


図 5.3.2-1 1次元平行平板モデル概念図

抽象度が高く、現象を簡略化した一次元の物質移行モデル



● 包括的技術報告書における物質移行モデル



岩盤の割れ目や人工バリアの形状などを直接的に反映した三次元の物質移行モデル

用語	説明
セーフティケース	セーフティケースは、処分施設の安全を裏付ける科学的、技術的、経営管理上の論拠ならびに証拠を集めたものであり、サイトの適合性ならびに施設の設計、建設および操業、放射線リスクの評価、そして処分施設と関連するあらゆる安全関連作業の適切性と品質の保証を包含するものである（IAEA,2012より）
TRU等廃棄物	再処理や MOX 燃料製造に伴って生ずる放射性廃棄物は超ウラン（TRans-Uranic）核種を含むことから、その略称として第2次 TRU レポートなどで用いられた「TRU 廃棄物」という表記が定着している。しかし、TRU 廃棄物には燃料の核分裂により生成する Sr-90、I-129 などの核分裂生成物や使用済燃料の構成材料の放射化により生成する C-14 や Co-60 などの放射化生成物といった超ウラン（TRU）核種以外の放射性核種も含まれることから、「TRU 等廃棄物」と表記した。TRU 等廃棄物は地層処分対象の低レベル放射性廃棄物（第二特定種放射性廃棄物）を指す。