

放射性廃棄物処分に関する取組状況

令和元年11月7日(木)

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部

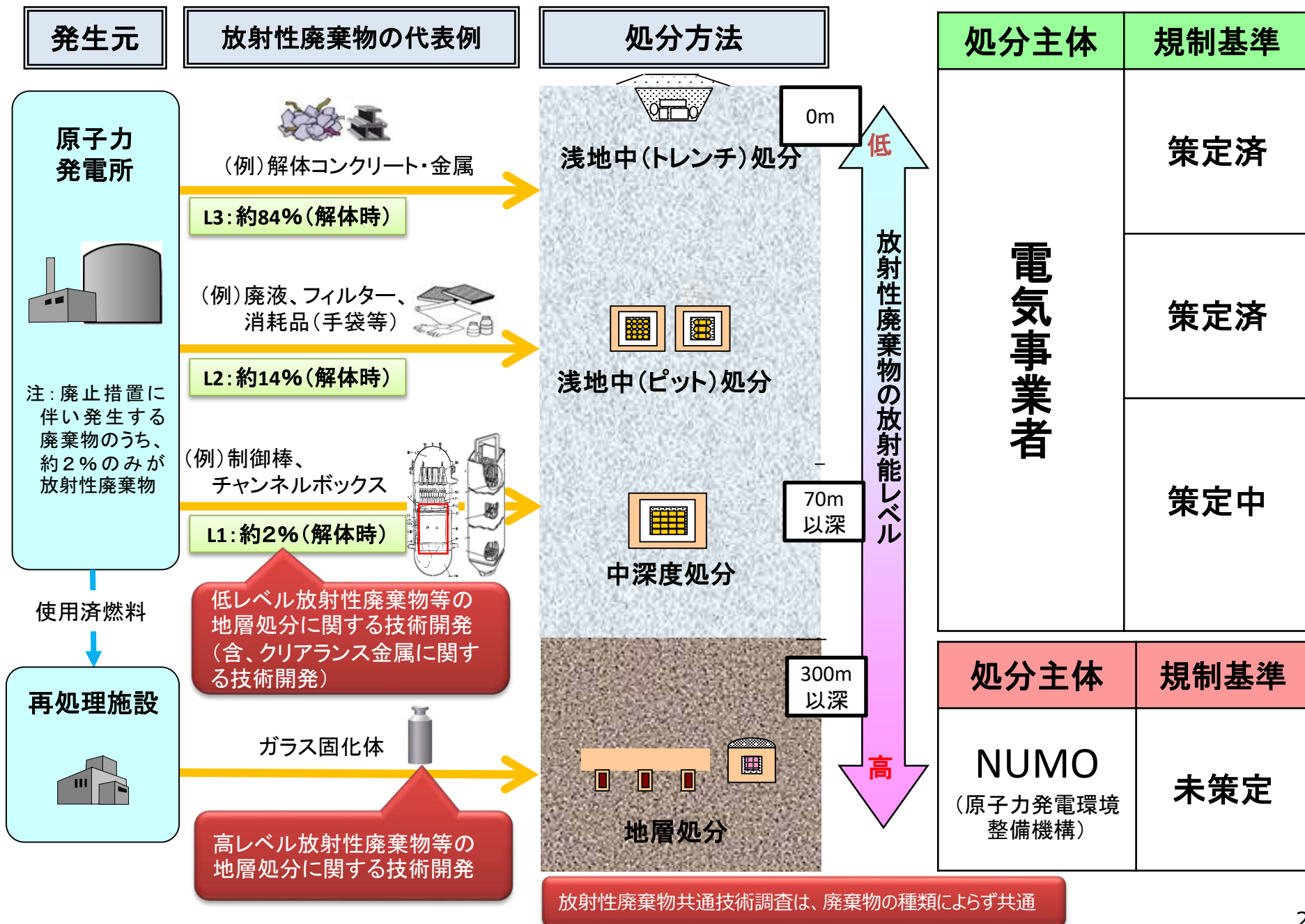
放射性廃棄物対策課

原子力発電に伴い発生する放射性廃棄物の種類

放射性廃棄物

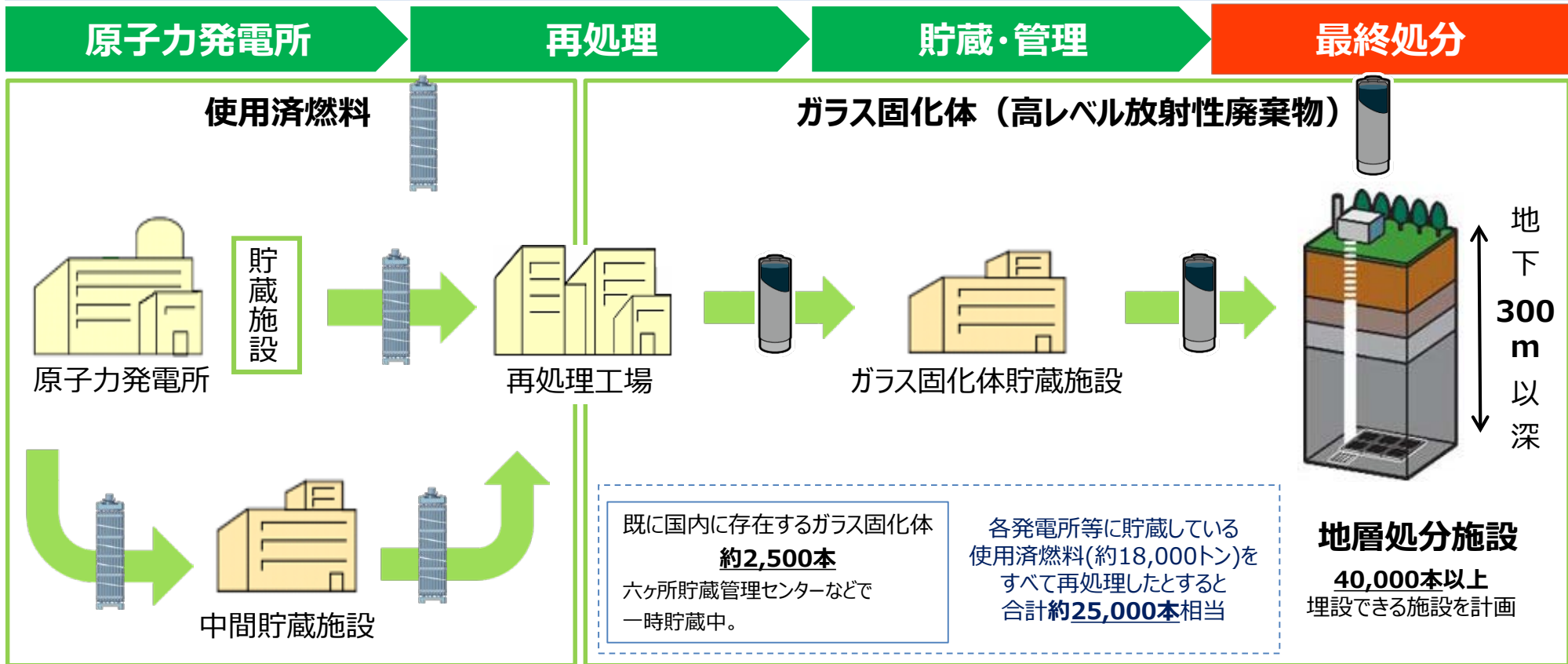
低レベル

高レベル



高レベル放射性廃棄物の最終処分までの流れ

- 原子力発電により発生した使用済燃料は、資源として利用できるウランとプルトニウムを回収し（**再処理**）、残った長半減期の放射性物質を含む廃液はガラス原料と高温で溶かし合わせて固化します（**ガラス固化体**）。
- 放射能が高く発熱を伴うガラス固化体は30～50年程度、冷却のために貯蔵・管理した後で最終処分します。具体的には、地下深部の安定した岩盤に埋設します（地層処分）。



※日本原子力研究開発機構（JAEA）の研究施設から発生したガラス固化体、及び上記の再処理の際に発生するTRU廃棄物のうち放射能レベルが一定以上のもの（地層処分対象TRU廃棄物）も、同様に地層処分の対象となります。

※六ヶ所再処理工場は2021年度上期竣工予定（実用化に向けた試験は実施済み、現在、原子力規制委員会の審査中）。

地層処分の実現に向けた取組の経緯

- 日本においても、原子力発電の利用が開始される1966年よりも前から、高レベル放射性廃棄物の処分方法についての検討が開始されてきました。
- 1970年代からは、様々な専門分野の知見を取り入れて、地層処分の研究が進められ、**日本において地層処分は、技術的に実現可能**であることを国内外の専門家により確認されています。

1962年：原子力委員会報告書 **放射性廃棄物の処分方法の検討開始**

1966年：**原子力発電の利用開始**

1976年：原子力委員会決定 地層処分研究スタート

1999年：核燃料サイクル開発機構（現JAEA）研究開発成果「第2次取りまとめ」

日本において地層処分は技術的に実現可能であることを国内外の専門家により確認

2000年：**最終処分法制定**

事業主体としてNUMO（原子力発電環境整備機構）設立

2015年：最終処分に関する基本方針改定

- 現世代の責任として、地層処分に向けた取組を推進する
- 科学的により適性が高いと考えられる地域を提示するなど、国が前面に立って取り組む 等

2017年：科学的特性マップの公表

地層処分に関する地域の科学的特性を一定の要件・基準に従って客観的に整理

2018年：NUMO包括的技術報告書のレビュー開始

日本の地質環境で安全な地層処分を実現するための技術的な取組の最新状況を提示

直近の基本方針の改定のポイント（2015年）

（１）現世代の責任と将来世代の選択可能性

- 廃棄物を発生させてきた現世代の責任として将来世代に負担を先送りしないよう、地層処分に向けた対策を確実に進める。
- 基本的に可逆性・回収可能性を担保し、将来世代が最良の処分方法を選択可能にする。幅広い選択肢を確保するため代替オプションを含めた技術開発等を進める。

（２）全国的な国民理解、地域理解の醸成

- 最終処分事業の実現に貢献する地域に対する敬意や感謝の念や社会としての利益還元の必要性が広く国民に共有されることが重要。
- 国から全国の地方自治体に対する情報提供を緊密に行い、丁寧な対話を重ねる。

（３）国が前面に立った取組

- 国が科学的により適性が高いと考えられる地域（科学的有望地）を提示するとともに、理解活動の状況等を踏まえ、調査等への理解と協力について、関係地方自治体に申入れを行う。

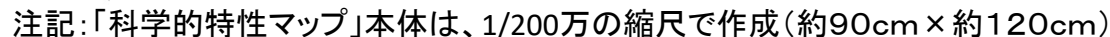
（４）事業に貢献する地域に対する支援

- 地域の主体的な合意形成に向け、多様な住民が参画する「対話の場」の設置及び活動を支援する。
- 地域の持続的発展に資する総合的な支援措置を検討し講じていく。

（５）推進体制の改善等

- 事業主体であるNUMO（原子力発電環境整備機構）の体制を強化する。
- 信頼性確保のために、原子力委員会の関与を明確化し、継続的な評価を実施する。原子力規制委員会は、調査の進捗に応じ、安全確保上の考慮事項を順次提示する。
- 使用済燃料の貯蔵能力の拡大を進める。

科学的特性マップ



オレンジ	: 約 1, 0 0 0
シルバー	: 約 3 0 0
グリーン	: 約 9 0 0
グリーン沿岸部 (濃いグリーン)	: 約 9 0 0

最終処分地の選定に向けた今後のプロセス

- 最終処分の実現には、国民全体での理解が不可欠。国が前面に立って取り組むべく、2017年に科学的特性マップを公表。それ以降、全国各地で対話活動を実施中。
- 最終処分法に基づく処分地選定プロセスにおける、文献調査を初めとした各段階の調査は、次の段階に進むかどうかの判断材料を提供するもの。この処分地選定調査を複数地域で受け入れていただけるよう、一歩ずつ着実に取り組んでいるところ。



全国対話活動（対話型全国説明会）

- 昨年5月以降は、「対話型全国説明会」として開催。昨秋以降は、**グリーン沿岸部を中心に都道府県庁所在地以外**の都市も含めて、全国できめ細やかな対話活動を開催中。
- これまでに**全国61会場で開催**し、1231名に参加いただいた（平均1会場あたり約20名）。開催に合わせて、会場及び周辺自治体を訪問し、周知を図ること等を通じて、**7割以上の会場で自治体職員の方にも傍聴いただいた。**

2018年

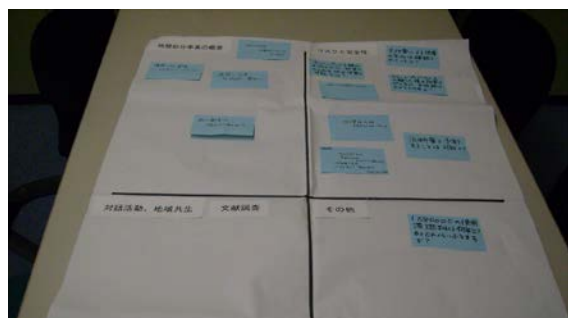
5/10 (木) 夜 大阪府大阪市	6/30 (土) 昼 高知県高知市	7/31 (火) 昼 福井県福井市	11/10 (土) 昼 京都府綾部市
5/17 (木) 昼 茨城県水戸市	7/1 (日) 昼 千葉県千葉市	8/1 (水) 昼 滋賀県大津市	11/18 (日) 昼 兵庫県豊岡市
5/19 (木) 昼 島根県松江市	7/8 (日) 昼 愛知県名古屋市	--- ↓県庁所在地以外も含めた開催-----	11/18 (日) 昼 山口県下関市
5/20 (日) 昼 鳥取県鳥取市	7/9 (月) 昼 北海道札幌市	10/13 (土) 昼 石川県七尾市	11/21 (水) 夜 高知県四万十市
5/25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

2019年

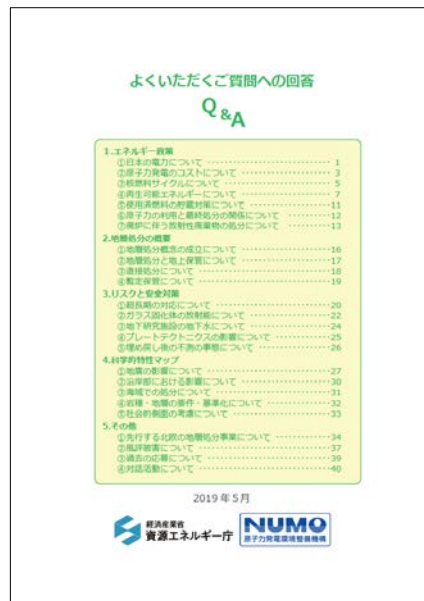
1/19 (土) 昼 長野県松本市	3/2 (土) 昼 愛媛県新居浜市	6/4 (火) 夜 北海道函館市	9/18 (水) 夜 北海道帯広市
1/19 (土) 昼 兵庫県姫路市	3/3 (日) 昼 愛媛県松山市	6/4 (火) 夜 三重県四日市市	9/26 (木) 夜 宮崎県延岡市
1/26 (土) 昼 大分県佐伯市	3/4 (月) 夜 宮城県白石市	6/19 (水) 夜 北海道北見市	9/28 (土) 昼 大阪府堺市
2/3 (日) 昼 岡山県倉敷市	3/9 (土) 昼 福岡県北九州市	8/22 (木) 夜 長崎県佐世保市	9/29 (日) 昼 島根県出雲市
2/4 (月) 夜 広島県広島市	3/10 (日) 昼 滋賀県長浜市	8/26 (月) 夜 北海道釧路市	以降も順次開催を予定
2/5 (火) 夜 佐賀県唐津市	3/14 (木) 夜 徳島県阿南市	8/27 (火) 夜 富山県高岡市	
2/13 (水) 夜 埼玉県熊谷市	5/22 (水) 夜 高知県安芸市	9/1 (日) 昼 広島県福山市	
2/15 (金) 夜 香川県丸亀市	5/26 (日) 昼 鹿児島県霧島市	9/7 (土) 昼 愛知県岡崎市	
2/16 (土) 昼 和歌山県新宮市	5/30 (木) 夜 北海道旭川市	9/8 (日) 昼 新潟県上越市	
2/24 (日) 昼 山形県鶴岡市	6/2 (日) 昼 山口県周南市	9/12 (木) 夜 福岡県久留米市	

対話型全国説明会（理解の深まりに向けた工夫）

- 参加者の多様な関心・質問にきめ細かく応えられるよう、**膝詰めの少人数質疑を充実**。付箋・模造紙も使い、相互に関連づけながらご説明するとともに、**説明資料やQ & A集を随時見直し**。
- 対話活動を重ねる中で、「科学的特性マップ」や「地層処分」そのものに関する意見・質問だけでなく、「**処分事業が地域にもたらすプラス・マイナス両面での社会的影響**」や、「**選定プロセスにおける地域住民の意見の反映方法**」、さらには、「**この地域の地質で、本当に安全な地層処分ができるのか**」、「**この地域に立地すると、どのような地域振興が図られるのか**」といった、地層処分事業を身近な問題として捉えていただいた上で、**より深く知ろうという観点からの具体的意見・質問**もいただいている。



膝詰めの少人数質疑で
付箋・模造紙を使った議論



Q&A
(よくいただく質問への回答)

見直しの例

- **最終処分方法としての地層処分への疑問**（例：「原子力政策をきちんと見直すべき」「地層処分が良いのか疑問」）
⇒ よくいただく質問への回答で、エネルギー政策や他の処分方法との比較を説明
- **地域の関与や影響への声**（例：「地域住民の意見はどう反映されるのか」「受け入れた地域の将来のイメージを伝えることが重要」）
⇒ 諸外国における地域との対話活動や経済影響評価について、説明資料で紹介
- **地層処分の実現可能性について真摯で丁寧な説明が必要との声**（例：「安全の根拠が薄い。しっかりとしたデータが欲しい。」「具体性に欠ける。市民の生活に沿ったわかりやすい資料が必要。」）
⇒ 今後の改善事項として、より分かりやすいリスク・安全性の説明内容へと改善

理解促進活動での技術情報の活用

- 国の審議会や対話型全国説明会などにおいて、当課事業の成果を活用。

①地層処分に適した地下環境を選定する技術

- これまでに、**地下研究所等での研究成果を踏まえながら、地上から地下環境**（火山や断層の分布、地下水の流れ難さや水質等）を**把握するための方法を整備**してきた。
- 引き続き、地下環境をより精緻に把握する技術開発に取り組むとともに、**稀頻度事象の発生メカニズムの理解と、その発生する可能性を把握する方法の高度化**も進めていく（稀頻度事象（例：地震後に湧水が出るケースなど）であっても地層処分の安全性に影響を及ぼす可能性があるものを評価する方法も検討している）

②処分場の設計・建設・埋戻し等の技術

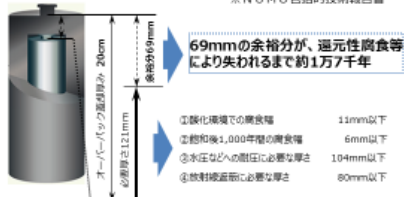
- これまでに、**人工バリアの製作方法や材料の検討、廃棄体の回収方法の検討**等を行い、処分場の設計方法を整理・検討してきた。
- 今後は、**坑道が放射性物質の移動経路にならないような坑道閉鎖方法の整備、廃棄体の回収の迅速化、人工バリアと廃棄体をパッケージ化して処分する方法（PEM方式）の採用可能性の検討**を進めていく。

③長期の安全性を評価する技術

- これまで、**長期の安全性を評価するためのシミュレーション方法や、人工バリアの性能（オーバーバックの寿命等）を把握するための評価方法を整備**してきた。
- 今後は、これまで設定していた評価条件について、実際の地下環境を踏まえて見直し、**より実態に即した評価方法を再検討**していく。

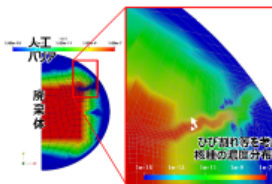
<オーバーバックの寿命の再評価>

※ NUMO 包括的技術報告書



- これまでは、1,000年程度で腐食する（無くなる）と想定。
- 最新の情報に基づき評価した結果、**約17,000年程度は機能が保持されることが確認**。

<ひび割れ等を考慮して核種移行を評価する技術の整備>



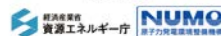
- これまでは、特定の時点が来ると一律で人工バリアにひび割れできると想定。
- 人工バリアの割れるタイミングについて、より現実的に評価できる手法を検討中。

よくいただく質問への回答

Q&A

1. エネルギー政策	1
①原子力の役割について	1
②原子力の安全について	3
③核燃料サイクルについて	5
④再生可能エネルギーについて	7
⑤気候変動対策とエネルギーについて	11
⑥原子力の利用と最終処分場の確保について	12
⑦廃炉に伴う放射性廃棄物の処分について	13
2. 地層処分の概要	16
①地層処分の概念の成立について	16
②地層処分と地上保管について	17
③最終処分について	18
④敷設地帯について	19
3. リスクと安全管理	20
①放射線の影響について	20
②ガラス固化体の安全性について	22
③地下研究所施設の地下水について	24
④プレートテクトニクスとの関係について	25
⑤事故の発生と対応の体制について	26
4. 科学的特性マップ	27
①地層の安全について	27
②山部における地層について	30
③海城での処分について	31
④地層の条件、最善化について	32
⑤社会的課題の考慮について	33
5. その他	34
①先行する北陸の地層処分事業について	34
②地層処分について	37
③敷設地の選定について	39
④対応活動について	40

2019年5月



③ 海域での処分について

Q 科学的特性マップでは一部の海域が色塗りされていますが、海域で処分する可能性があるのでしょうか。沿岸部で処分場を作る場合に海域の火山や断層は考慮しなくて良いのでしょうか。

A 科学的特性マップでは、基本的には陸域を対象として作成しています。ただし、火山や活断層などの影響範囲が陸域から連続して海域にも及ぶ場合は、海域も色塗りの対象としています。

なお、放射性廃棄物の海への投棄や、海洋底処分についてはロンドン条約により禁止されていますが、陸域から海底に向かってアクセス斜坑を延ばし地下施設を作ること、沿岸部でも処分地として選択肢の一つとなり得る可能性もあります。沿岸部は概して地形の起伏が小さいこと、海底下では水面勾配がないことから、地下水の流れが極めて小さいといった長所があるため、沿岸海底下での処分も視野に入れています。

海域を含めた沿岸部において地層処分を実現するために必要な技術は概ね整備されていますが、塩水環境下における各種データの拡充といった技術の高度化と信頼性の向上を進めるとともに、実際に処分地を選定する際には、マップに掲載されていない火山・断層の影響も含めて綿密に調査する必要があります。

沿岸部の特性や技術対応可能性

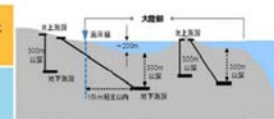
【沿岸部に期待される主な特性】

- 地下水の流れが極めて小さく、流動性が長期間にわたって低い場所を見出せる可能性。
- 隆起速度の小さい地域が比較的多い。

【沿岸部の考慮すべき事項】

- 海水準変動（1）や塩水（塩境界域（2））の影響
- 食害の影響
- 建設・廃棄物の安全性（津波・洪水など）

（注1）約10万年前程度で発生する海面の高化の事
（注2）塩水と淡水の密度差と浸透圧によって形成された境界



- 沿岸部で地層処分を行う場合に必要となる基本的な技術は概ね整備されており、段階的な処分地選定調査・工学的対策・安全評価を適切に行うことにより、沿岸部で安全に地層処分を行うことは技術的に可能と考えられる。

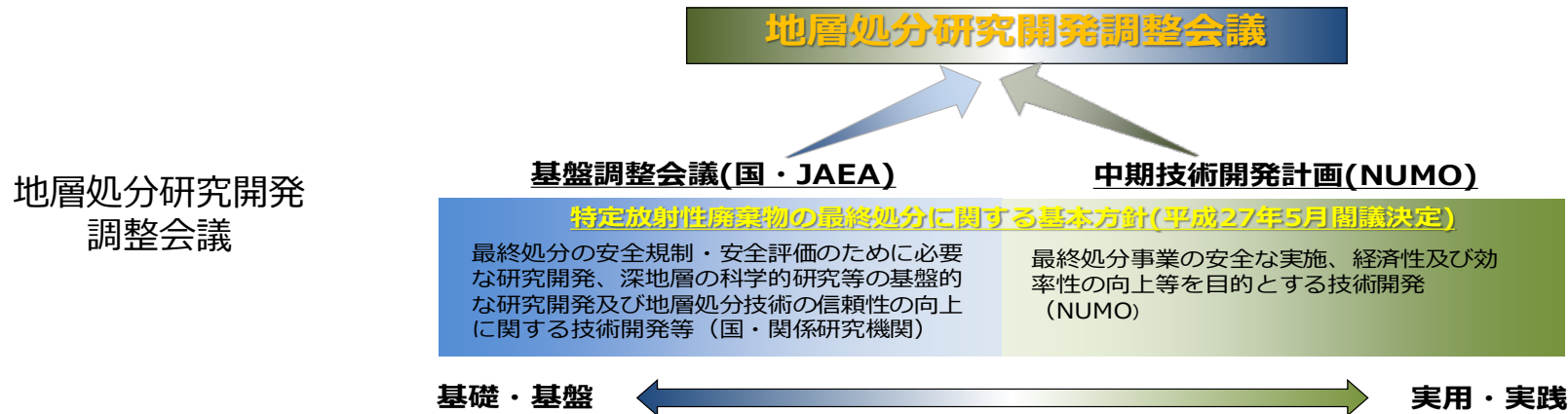
- ただし、今後も技術の高度化とデータ等の拡充に引き続き取り組むことにより、更に信頼性を高めることが重要。

審議会における技術開発成果の活用例

対話型全国説明会の「よくいただく質問への回答Q&A」に
成果を反映

地層処分に関する研究開発の全体像

- NUMO、経済産業省、文部科学省、その他関連研究開発機関が参画する「地層処分研究開発調整会議」を平成29年度に設置し、NUMOを中心とした関係研究機関が、計画的かつ効率的に連携して取り組むよう、5年間の「地層処分研究開発に関する全体計画」を取りまとめました。

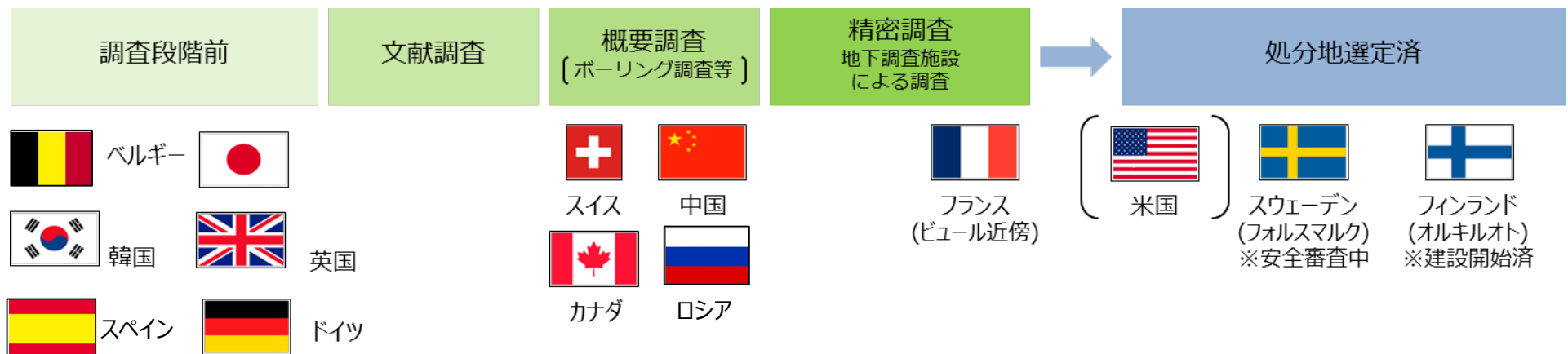


研究開発テーマの主な例

項目	研究開発テーマ等
地下環境選定技術	自然現象の影響 ◆地層処分に適した地下環境を評価する技術の高度化
	地下環境の特性 ◆沿岸部の地下深部の特性を把握する技術の整備 ◆地下水年代を指標とした地下水の動きを把握する技術の整備
設計・建設・埋戻し等の技術	人工バリア ◆最適な人工バリア材料の検討（例：炭素鋼・銅品・銅コーティングのオーバーバック）
	地上・地下施設 ◆坑道の埋め戻し技術の整備
	回収可能性 ◆回収技術の実証
長期安全性評価技術	シナリオ構築 ◆実際の地下環境を踏まえた、より現実的な評価方法の整備
	パラメータ整備 ◆核種移行データベースの整備（特に、高炭酸地下水環境、沿岸海底下）
中長期的な重要事項	技術マネジメント国際連携 ◆国内外の関係機関等の連携促進 ・研究基盤の長期確保と、研究成果・人材の継承・発展を図る ・若手技術者を継続的育成。若年層が期待を持てる環境作り
	代替処分オプション ◆直接処分の処分概念及びその他の代替オプション（超深孔処分等）に関する調査研究

最終処分における国際連携の強化（国際ラウンドテーブル）

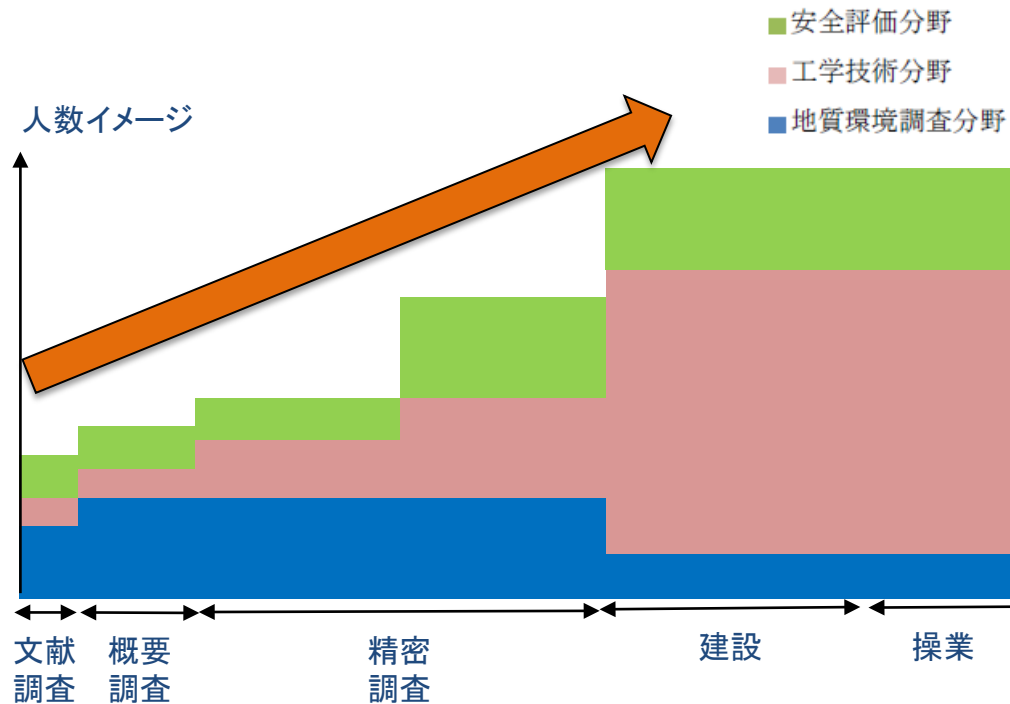
- 高レベル放射性廃棄物の最終処分の実現は、原子力を利用する全ての国の共通課題。
- 長い年月をかけて地層処分に取り組む各国政府との国際協力を強化することが重要。このような観点から、世界の原子力利用国政府が参加する「国際ラウンドテーブル」の立ち上げについて、本年6月のG20軽井沢大臣会合で合意。
- これまでの各国の理解活動における経験・知見を共有化するとともに、各国地下研究所間の研究協力や人材交流を促進することを通じて、地層処分の実現に向けた、各国の取組を後押ししていく。
- 第1回のラウンドテーブルは、10月14日にパリで、OECD/NEA（経済協力開発機構/原子力機関）の協力の下で開催。
- 2回の会合の議論を踏まえて、最終処分に関する政府間の国際連携強化に向けた基本戦略や、各国の対話活動の知見・経験・ベストプラクティスや、各国が有する研究施設等を活用した研究開発協力の方向性等を盛り込んだ最終報告書を取りまとめ予定。



長期の事業を見据えた人材確保・育成

- 地層処分事業は、調査から建設・操業を経て、閉鎖に至るまで長期にわたる事業。関係機関が連携して体制をしっかりと整備していく必要がある。そのため、**長期の事業を見据えた計画的な人材確保、技術継承**といった継続的な人材育成が行われることが重要。

＜地層処分事業の各段階と必要となる技術者数のイメージ＞



- プロセスの進展に伴い、必要な技術者は工学技術分野を中心に、逐次増加していく見込み。

＜若手向け人材育成研修の試行的な実施＞



- 2019年1月に、NUMO及び関係機関が連携し、合宿形式で若手向け人材育成研修を実施。
- 地層処分の抱える課題の解決に必要な人材やその育成方法等について議論。