

2016年5月・6月

高レベル放射性廃棄物の最終処分 全国シンポジウム

# 「いま改めて考えよう地層処分」

～科学的有望地の提示に向けて～

	ページ番号
高レベル放射性廃棄物と処分方法	3
これまでの経緯	9
地層処分に今取り組むべき理由	15
地層処分を支える地下深部の特徴	29
科学的有望地の位置づけと検討状況	35
科学的有望地提示後の対話活動	53
地層処分の安全確保(補足資料)	63

※シンポジウムの中で全てのスライドを利用し説明するとは限りません。予めご了承ください。

※作成・文責: 上記3～8ページ及び53～80ページは原子力発電環境整備機構、

上記9～52ページは資源エネルギー庁。

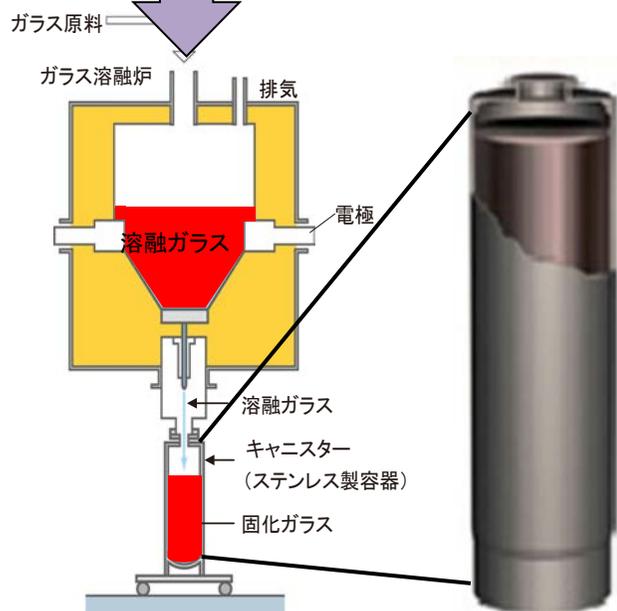
# 高レベル放射性廃棄物と処分方法

# 高レベル放射性廃棄物とは何か

わが国では原子力発電で使い終えた燃料を再処理して資源として利用できるウランやプルトニウムを取り出すことにしています。この再処理の過程で発生する高レベル放射性廃液をガラス固化したものの(ガラス固化体)が高レベル放射性廃棄物です。



原子力発電所



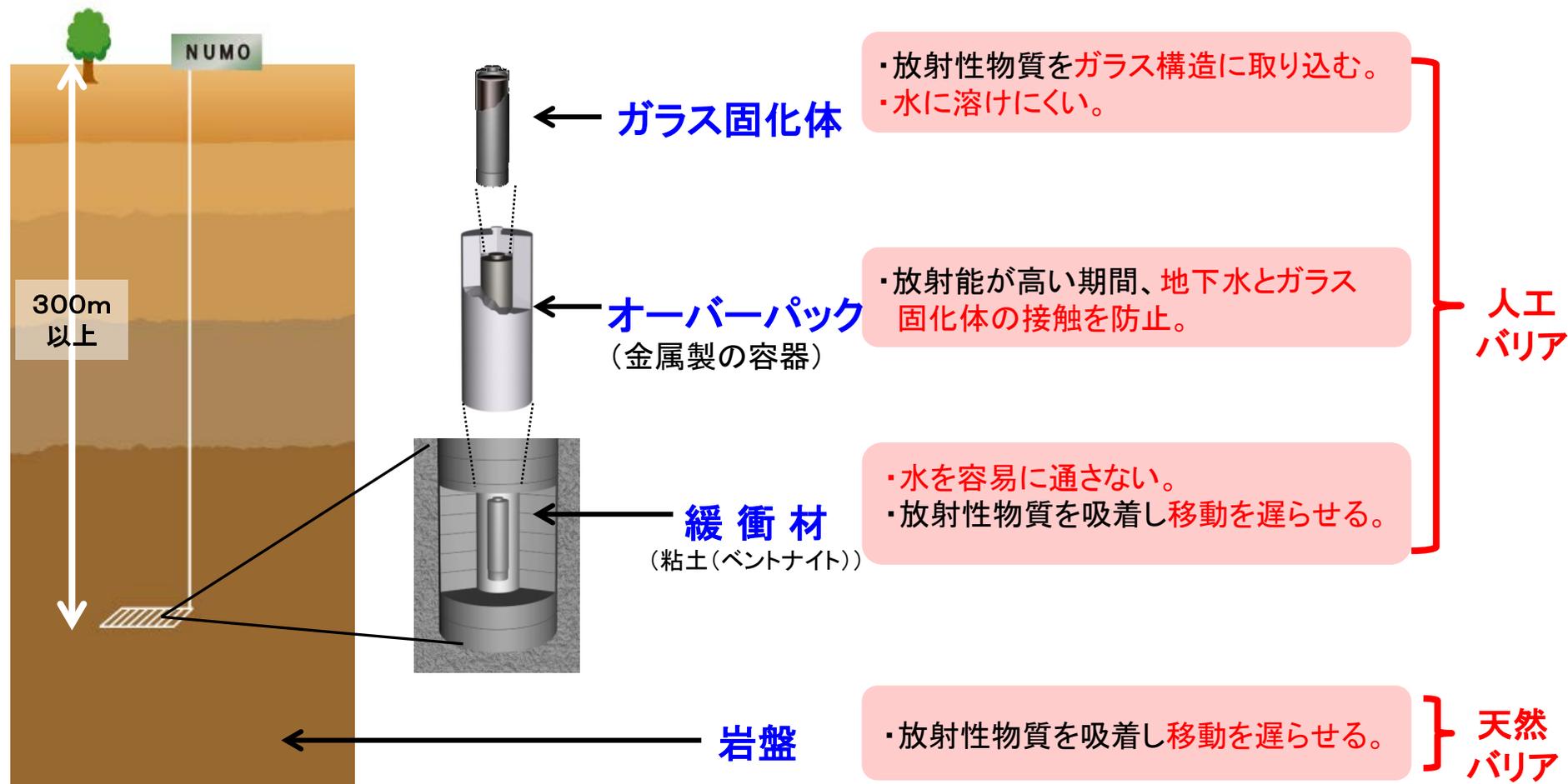
## ガラス固化体

- ・高さ:約1.3m
- ・直径:約40cm
- ・重さ:約500kg

# 高レベル放射性廃棄物の地層処分

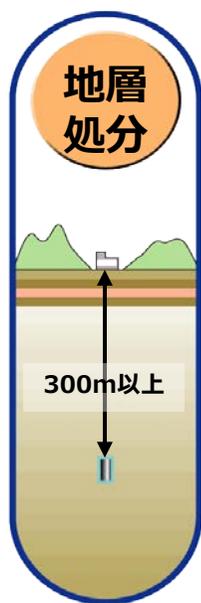
高レベル放射性廃棄物は、人間の生活環境から隔離し、地下深部の安定した地層に埋設し、これを処分する(地層処分)こととしています。

地層処分は、「人工バリア」と「天然バリア」を組み合わせた多重バリアシステムで、長期にわたり放射性物質の動きを抑え閉じ込める方法です。



# なぜ地層処分なのか

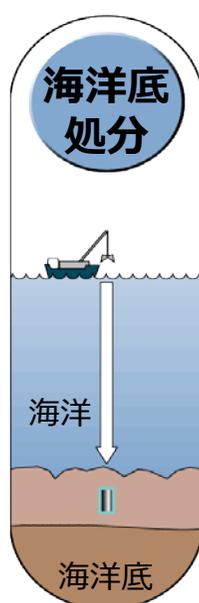
国際的にさまざまな処分方法が検討された結果、現在では、深い地層が持つ物質を閉じ込めるという性質を利用した地層処分が人間による管理を必要としない良い方法であるというのが、国際的に共通した考え方となっています。



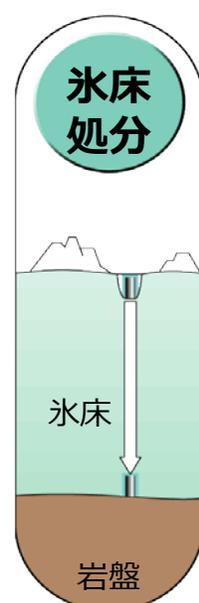
地層がもっている物質を閉じ込める性質を利用



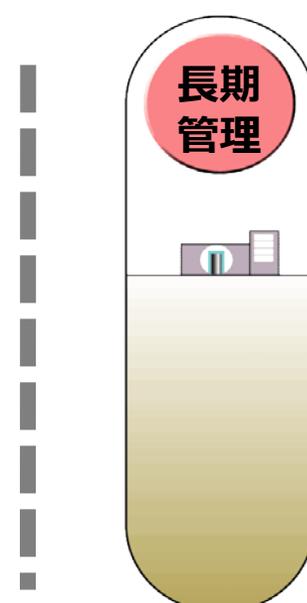
発射技術等の信頼性に問題



ロンドン条約により禁止



南極条約により禁止



人間による恒久的な管理が困難

# 地層処分に関する取組の歴史

日本

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確認

2000年:「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」制定・原子力発電環境整備機構(NUMO)設立

1976年:原子力委員会決定  
地層処分研究スタート

1962年:原子力委員会報告書  
高レベル放射性廃棄物の処分の検討開始

2011年:スウェーデン  
施設建設許可を国に申請  
2015年:フィンランド  
国が建設許可を発給

1995年:OECD/NEA報告書  
「現世代の責任で地層処分を実施することは最も好ましい」

1977年:OECD/NEA報告書  
「安定な地層中へ閉じ込めることが、最も進歩した解決方法である」

1957年:米国科学アカデミー報告書  
地層処分の概念を初めて提示

国際

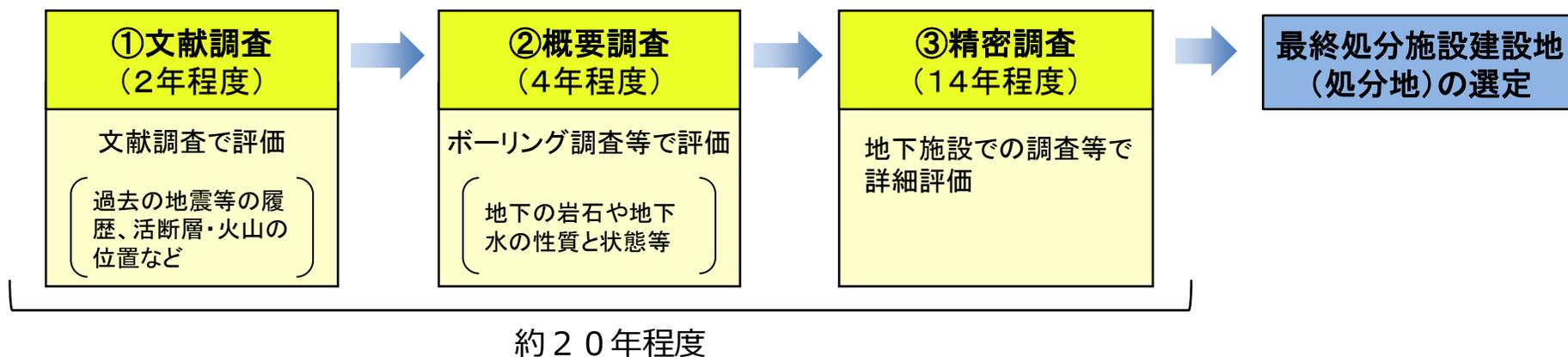


# これまでの経緯

# 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(最終処分法)の概要

- 原子力発電に伴って生じた使用済燃料の再処理等を行った後に生じる高レベル放射性廃棄物等の最終処分(地下300m以深の地層への処分)を計画的かつ確実に実施させるため、「最終処分法」(2000年6月公布)において以下を定めています。
  - ・最終処分の基本方針等を経済産業大臣が策定(閣議決定)
  - ・処分の実施主体としてNUMO(原子力発電環境整備機構)を設立
  - ・処分地を選定するための3段階の選定調査プロセスを設定

## ◆最終処分法で定められた選定プロセス



※各調査段階において、地元自治体の意見を聴き、これを十分に尊重する(反対の場合には次の段階へ進まない)。

# 最終処分に向けた取組の見直しの経緯

- 2002年12月、NUMOが調査受入れ自治体の公募を開始しました。
- 2007年1月、高知県東洋町から正式に応募がありました。その後、調査受入れの賛否を巡って町を二分する論争に発展。同年4月の町長選を経て応募が取下げられました。
- 現在に至るまで、文献調査を実施するに至っていません。

取組の抜本的な見直し

最終処分関係閣僚会議を設置(2013年12月) 見直しの方向性を議論

エネルギー基本計画(2014年4月) 下記方向性を閣議決定

- 現世代の責任として、地層処分を前提に取組を進める。
- 将来世代が最良の処分方法を再選択できるよう、可逆性・回収可能性を担保する。
- 国が科学的有望地を提示する。

総合資源エネルギー調査会 放射性廃棄物WG(2014年5月)

取組や体制の改善策等を  
専門家から提言

総合資源エネルギー調査会 地層処分技術WG(2014年5月)

地層処分に好ましい地質環境  
及びその長期安定性が確保  
できる場所が我が国において  
選定可能であることを確認

最終処分法に基づく基本方針を改定(閣議決定)(2015年5月22日)

# 基本方針の改定(平成27年5月閣議決定)のポイント

## (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。

# 新たなプロセスの追加

- 新たな基本方針では、自治体からの応募を単に待つのではなく、科学的有望地を提示する等、国が前面に立って取組を進める新たなプロセスを追加しました。

## 文献調査の開始に向けて、新たなプロセスを追加

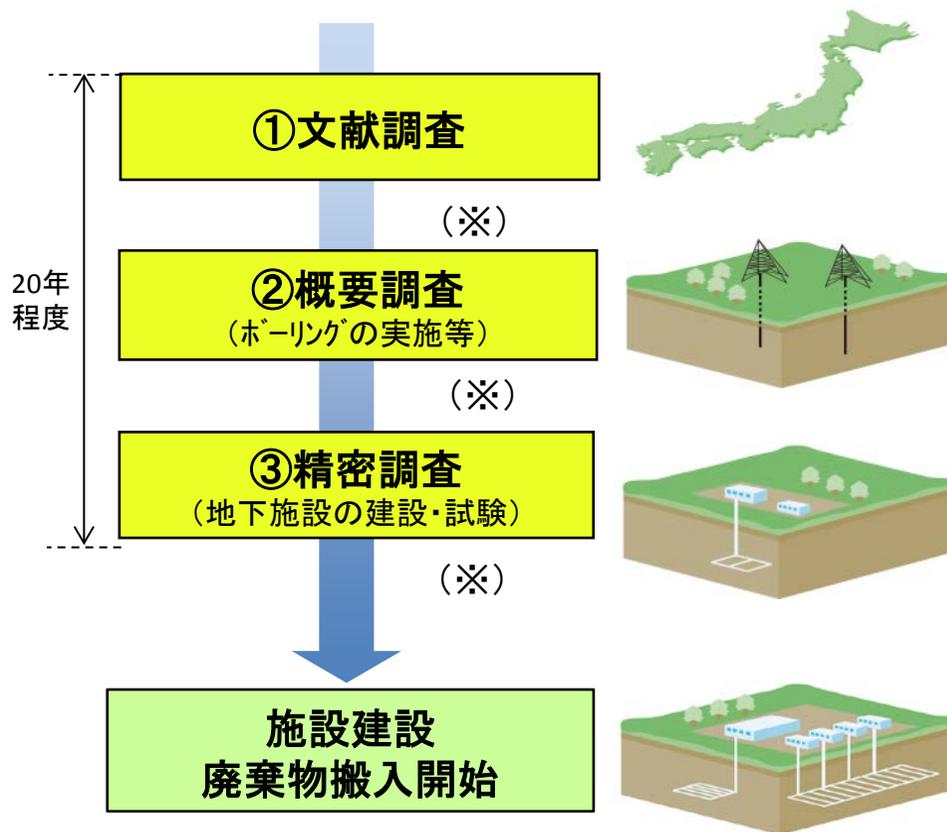
国による科学的有望地の選定(マッピング)

対話活動の実施(説明会の開催等)

- ・ 自治体からの応募
- ・ 複数地域に対し、国から申入れ

※各調査段階において、地元自治体の意見を聴き、これを十分に尊重する(反対の場合には次の段階へ進まない)。

## 最終処分法で定められた選定プロセス



# 今回のシンポジウム開催の経緯

2015年5月 基本方針改定

## 全国的な対話活動

- ・2015年5～6月 全国シンポジウムを開催  
(主テーマ) 地層処分の必要性、基本方針改定の背景・内容
- ・2015年10月 全国シンポジウム(第2弾)を開催  
(主テーマ) 処分地の適性、段階的な選定の進め方

## 科学的有望地の検討

要件・基準等を総合資源エネルギー調査会で検討中

## 最終処分関係閣僚会議(2015年12月)において「今後の方針」を決定

- 地層処分の推進について、更に幅広い国民の理解と協力を得られるよう、関係行政機関の緊密な連携の下、①国民理解の醸成、②地域対応の充実、③科学的有望地の検討、を積極的に進める。
- 原子力委員会に体制を整え、その進捗について評価を行う。
- これらの取組を通じ、科学的有望地について、地層処分の実現に至る長い道のりの最初の一步として国民や地域に冷静に受け止められる環境を整えた上で、平成28年中の提示を目指す。

今回5～6月の全国シンポジウムで特にお伝えしたいこと:

- ・科学的有望地とは何か?どこまで検討がされているのか?
- ・提示がされたらどうなるのか?

# 地層処分に今取り組むべき理由

# 地層処分の基本的な考え方

●目標：人間が管理し続けることに頼らずに、将来にわたる安全性を確保すること。

➡ 今、地下深くに適切に埋設すれば、将来世代の負担を小さくでき、かつ、地上で保管を続けるよりも、安全上のリスクを十分に小さくすることができます。

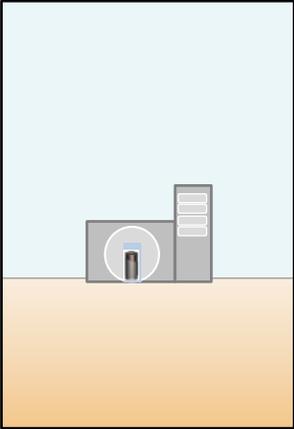
現在

数十年

数百年

数千年

数万年



## 管理の実行可能性に不確実性が増す

- ・いつまで管理し続けられるのか？
- ・管理に必要な技術や人材は維持し続けられるのか？
- ・管理に必要なコストを将来世代が負担し続けるのか？

## 安全上のリスクは大きくなる

- ・地下よりも地上の方が、地震、火山噴火、台風、津波等の影響を受けやすい
- ・地下よりも地上の方が、ものが腐食しやすい

- 高レベル放射性廃棄物の最終処分は、原子力を利用してきた全ての国に共通した課題です。
- 地層処分が最も適切であるという基本的な考え方は、国際的な長い議論を経て、各国で共有されています。

## 各国共通の考え方

- ・高レベル放射性廃棄物は、放射能の低減に極めて長い期間を要するので、人間が管理し続けることは困難である。
- ・将来の世代に管理負担を残さないよう、現世代の責任で解決の道筋をつけるべきである。
- ・そのためには、これを人間の生活環境から長い期間にわたって適切に隔離する必要がある。
- ・隔離の方法としては、地下深くの安定した岩盤に埋設する「地層処分」が最適であり、他の有効な方法は現時点で見当たらない。

# 「地層処分」選択の背景 ～国際的な研究・議論の蓄積～

- 最適な処分方法は何か、原子力発電の導入時から、各国共通の課題として、国際的に研究・議論が行われてきています。

## 1950～70年代前半

### 問題の認識、対策の模索

- ・長期貯蔵管理か最終処分か
- ・人間管理を続けることの脆弱性
- ・地層処分研究の開始

## 1970～80年代

### 処分方法の確立、国際的共有

- ・環境問題への認識の高まり  
(1975年:ロンドン条約(×海洋投棄))
- ・地層処分がベストとの評価の確立  
(1977年:OECD/NEALレポート  
「地層処分が最も優れている」)
- ・各国で地層処分研究が本格化

## 1990年代～

### 地層処分の研究開発から 実施へ

- ・国際的な研究交流の進展
- ・各国での処分実施体制の構築
- ・処分地選定の進展(国による)

1962年:  
「深海投棄に向けて研究  
開発」  
(※1966年:商業炉運転開始)

1976年:  
「地層処分を重点に研究開発」

1999年:  
「日本でも地層処分が技術的に  
可能」

# 現世代の責任と将来世代の選択可能性

- 現世代の責任で問題を解決することの重要性が、「世代責任」「世代間倫理」の文脈で、国際的に共有されています。
- 単なる問題の先送りによって、将来世代から「地層処分を実行する」という選択肢すら奪ってしまうことは、避けなければなりません。

## 避けるべき将来

- ・地層処分の場所の確保 ✕
- ・地層処分に必要な技術や人材 ✕  
(・地層処分以外の方法 ?)

貯蔵保管以外の  
選択肢がない

## 目指すべき将来

- ・地層処分の場所の確保 ○
- ・地層処分に必要な技術や人材 ○  
(・地層処分以外の方法 ?)

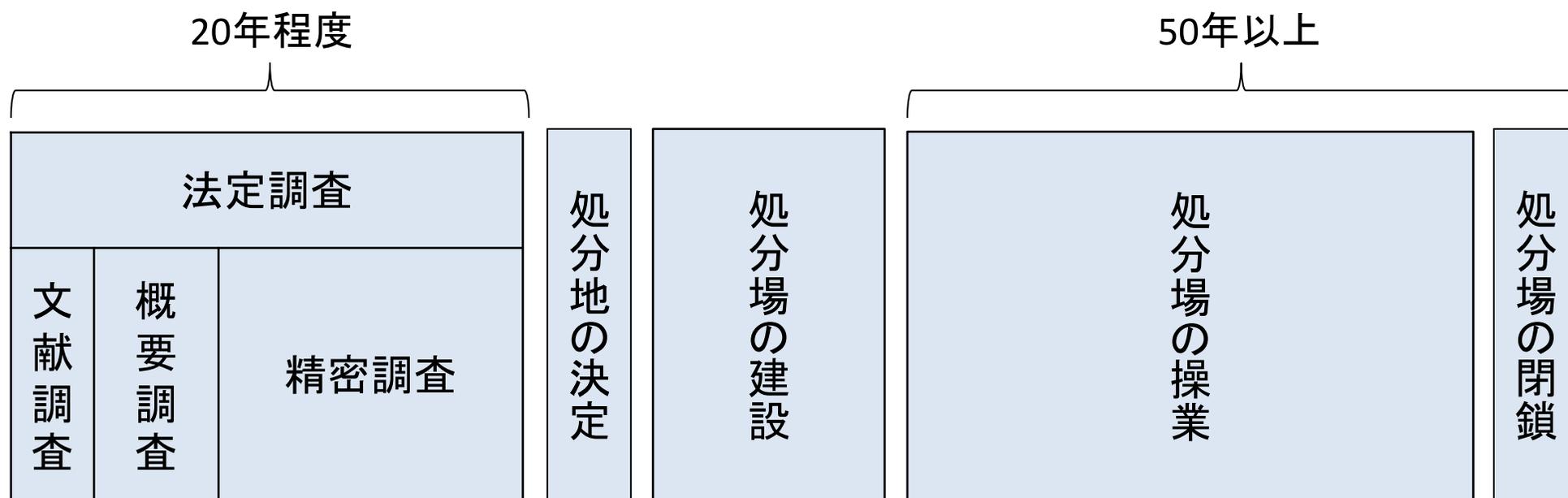
地層処分を実行できる  
(貯蔵保管などの選択肢も、  
採りたければ可能)

(注) 日本学術会議が示した「暫定保管」(暫定的に地上保管を続けること)の考え方(2015年4月提言)は、保管期間を原則50年(最初の30年で合意形成と候補地選定、その後20年以内を目途に処分場の建設)とした上で、地層処分を目指すもの。

# 可逆性と回収可能性

- 国際的には、将来世代に選択肢を残すことの重要性も議論されています。
- 新たな基本方針では、地層処分を前提としつつ、将来世代が最良の処分方法を選択できるよう、基本的に「可逆性」を担保することとしています。また、そのために、処分場の閉鎖までの間の「回収可能性」の確保をNUMOに求めることとしています。

※可逆性: 処分を実現していく間に行われる決定を元に戻す、又は検討し直す能力  
※回収可能性: 処分場に定置された廃棄物を取り出す能力



## 核種分離・変換

- 高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種を分離し、高速炉等によってより半減期の短い核種に変換する技術

(問題点)

- ・技術的に実用化できる見通しが立っていない
- ・実現しても高レベル放射性廃棄物が完全になくなるわけではない 等

## 超深孔処分

- 直径数10cm程度の穴を地下数km程度まで掘削し、高レベル放射性廃棄物を岩盤中に処分する方法

(問題点)

- ・研究開発段階にある
- ・定置後の状態を確認できない 等

➡ いくつかの国で研究されている段階にあり、地層処分に替わるものとなるとの見通しは得られていません。

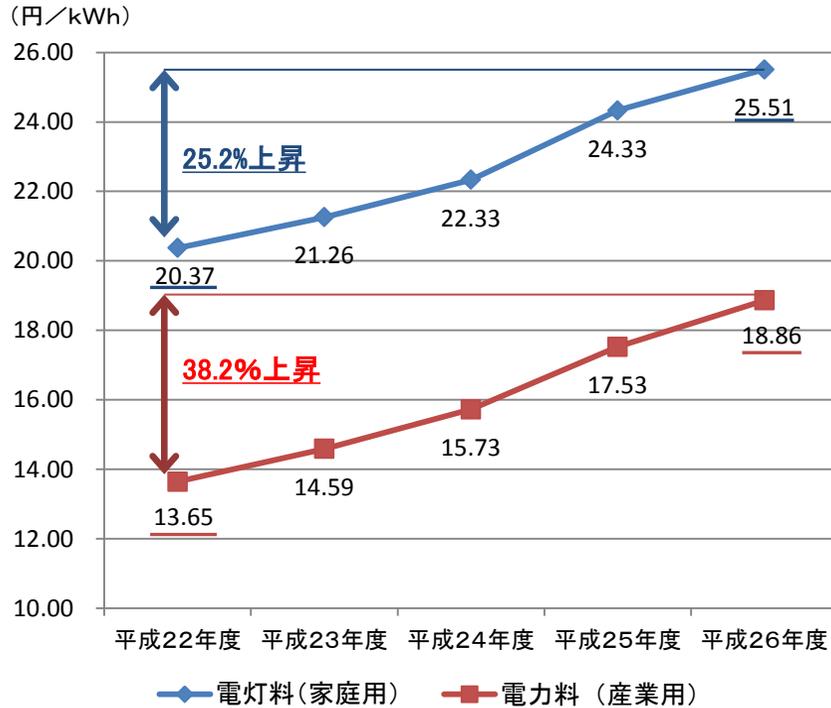


# (参考)エネルギーミックスと原子力

# 日本のエネルギー事情① ～電気料金の上昇と産業への影響～

- 震災発生以降、原子力発電所の低下に伴う火力発電の焚き増しや再エネ賦課金等により、家庭向けの電気料金は約25%、産業向けの電気料金は約40%上昇。
- 中小・零細企業の中には、電気料金の上昇を転嫁できず、経営が非常に厳しいという声も高まっている。

電気料金の推移



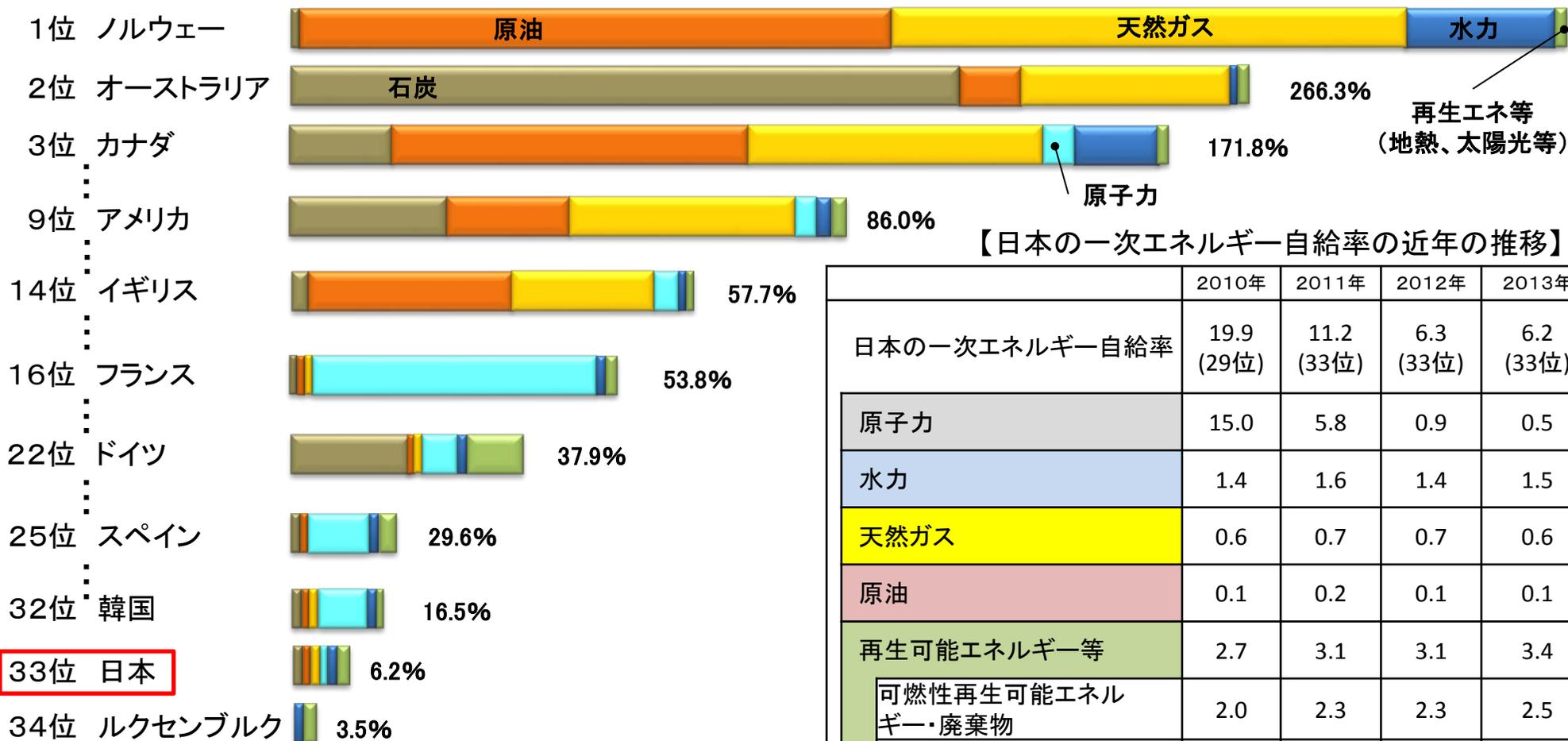
【出典】電力需要実績確報(電気事業連合会)、各電力会社決算資料等を基に作成

業界	業界団体の声 (日商等による調査結果のポイント)
鋳造	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 従業員数30名未満の中小事業所が約8割。</li> <li>● 倒産・廃業が急増(2012年12社、13年14社)。</li> </ul>
鍛造	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電気料金上昇に対応するため、一時帰休、給与削減、人員削減等、労働面でコスト削減を行う企業が大幅に増加。</li> </ul>
金属熱処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 従業員数平均26人とほとんどが零細企業。</li> <li>● 2013年12月に2社、2014年春に1社が工場・部門閉鎖。</li> </ul>

# 日本のエネルギー事情② ～低いエネルギー自給率～

- 我が国の一次エネルギー自給率は、震災前(2010年:19.9%)に比べて大幅に低下し、2013年時点で6.2%。これは、OECD34か国中、2番目に低い水準。
- なお、原子力については、IEAによる国際的な統計上、国産として位置づけている。

OECD諸国の一次エネルギー自給率比較 (2013年)



【日本の一次エネルギー自給率の近年の推移】

	2010年	2011年	2012年	2013年
日本の一次エネルギー自給率	19.9 (29位)	11.2 (33位)	6.3 (33位)	6.2 (33位)
原子力	15.0	5.8	0.9	0.5
水力	1.4	1.6	1.4	1.5
天然ガス	0.6	0.7	0.7	0.6
原油	0.1	0.2	0.1	0.1
再生可能エネルギー等	2.7	3.1	3.1	3.4
可燃性再生可能エネルギー・廃棄物	2.0	2.3	2.3	2.5
地熱、太陽光、風力、その他	0.7	0.8	0.8	1.0

【出典】 IEA「Energy Balance of OECD Countries 2015」を基に作成

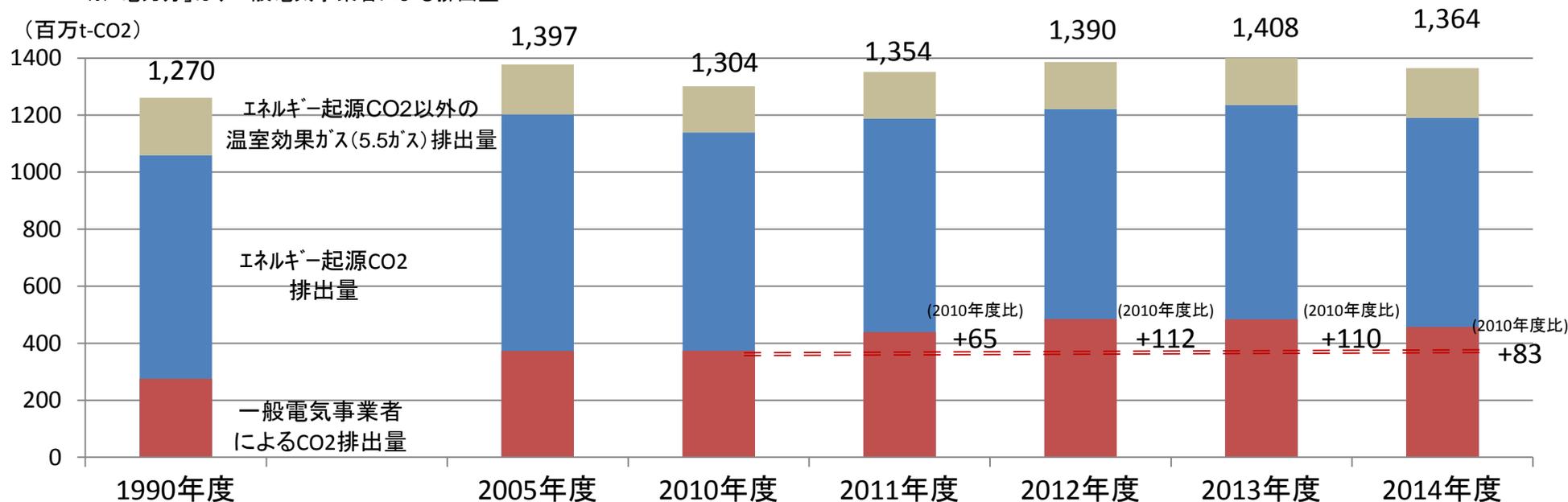
# 日本のエネルギー事情③ ～温室効果ガス排出量の増加～

- 震災以降、温室効果ガス排出量は増加。2013年度、エネルギー起源CO2排出量は1,235百万トン（過去最高）。
- 2014年度は4年振りに減少し、1,189百万トン。震災前に比べると、電力分は原発代替のための火力発電の焼き増しにより、2010年度比83百万トン増加。

## 我が国の温室効果ガス排出量の推移

	1990年度	2005年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
温室効果ガス排出量（百万t-CO2）	1,270	1,397	1,304	1,354	1,390	1,408	1,364
エネルギー起源CO2排出量（百万t-CO2）	1,067	1,219	1,139	1,188 (10年比)	1,221 (10年比)	1,235 (10年比)	1,189 (10年比)
うち電力分*（百万t-CO2）	275	373	374	439 +65	486 +112	484 +110	457 +83
うち電力分以外（百万t-CO2）	792	846	765	749 ▲16	735 ▲30	751 ▲14	732 ▲33

※「電力分」は、一般電気事業者による排出量



【京都議定書基準年】

【出典】総合エネルギー統計、環境行動計画（電気事業連合会）、日本の温室効果ガス排出量の算定結果（環境省）をもとに作成。

# 昨年7月に取りまとめた「長期エネルギー需給見通し」策定の基本方針

- エネルギー政策の基本的視点である、安全性、安定供給、経済効率性、及び環境適合に関する政策目標を同時達成する中で、徹底した省エネルギー・再生可能エネルギーの導入や火力発電の効率化等を進めつつ、原発依存度を可能な限り低減させる等、「エネルギー基本計画」(2014年4月に閣議決定した国のエネルギー政策の基本計画)における政策の基本的な方向性に基づく施策を講じた場合の2030年度のエネルギー需給構造の見通しを示す。

(注) 安全性(Safety)、安定供給(Energy Security)、経済効率性(Economic Efficiency)、環境適合(Environment)

## <3E+Sに関する政策目標>

安全性

安全性が大前提

自給率

震災前を更に上回る概ね25%程度

電力コスト

現状よりも引き下げる

温室効果  
ガス排出量

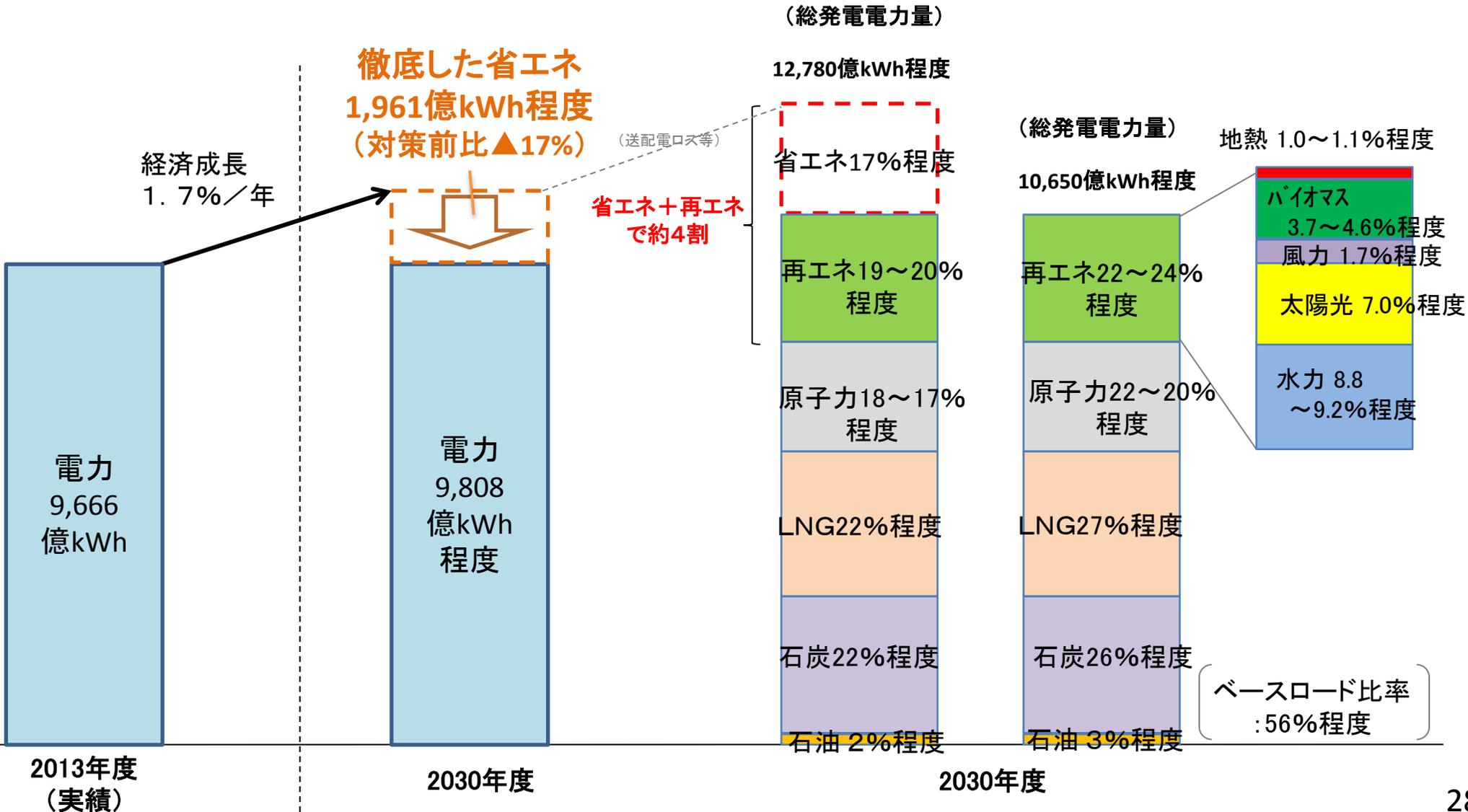
欧米に遜色ない温室効果ガス削減目標

この結果、東日本大震災前に約3割を占めていた原発依存度は、2030年度には20~22%程度へと大きく低減する。

# 「長期エネルギー需給見通し」(昨年7月)で示された 2030年の電力需要・電源構成の見通し

## 電力需要

## 電源構成



# 地層処分を支える地下深部の特徴

# 地層処分に必要な2つの機能

- ①放射性物質を閉じ込める、②人間の生活環境から物理的に隔離する、の2つの機能が地層処分には必要です。



## 閉じ込め機能

廃棄物に含まれる放射性物質を閉じ込める

## 隔離機能

廃棄物を人間の生活環境から物理的に隔離する

長期間にわたり人間の生活環境に影響が及ばない

## 2つの機能を支える地下深部の特徴

●地下深部には、地層処分に必要な2つの機能を支える3つの特徴があります。

### 地下深部の特徴

①酸素が少ないため、ものが変化しにくい

②ものの動きが非常に遅い

③人間の生活環境から隔離されている

閉じ込め機能

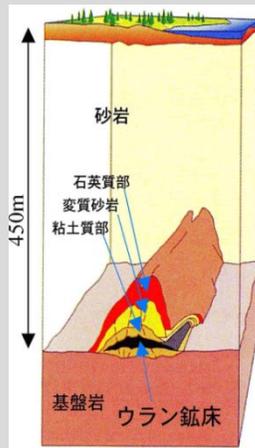
隔離機能

# 地下深部の特徴①: 酸素が少なく、ものが変化しにくい

- 地下深部は酸素がほとんどないため、ものの変化は起こりにくい場所です。そのため、金属の腐食も極めてゆっくりです。

## ウラン

カナダのシガーレイクでウランが約**13億年**にわたり地下に閉じ込められています。



酸素の無い状態ではウランは水に溶けにくいため粘土層の中に留まりました。

## 鉄 斧

出雲大社境内遺跡から出土した鉄斧  
(730~750年前)



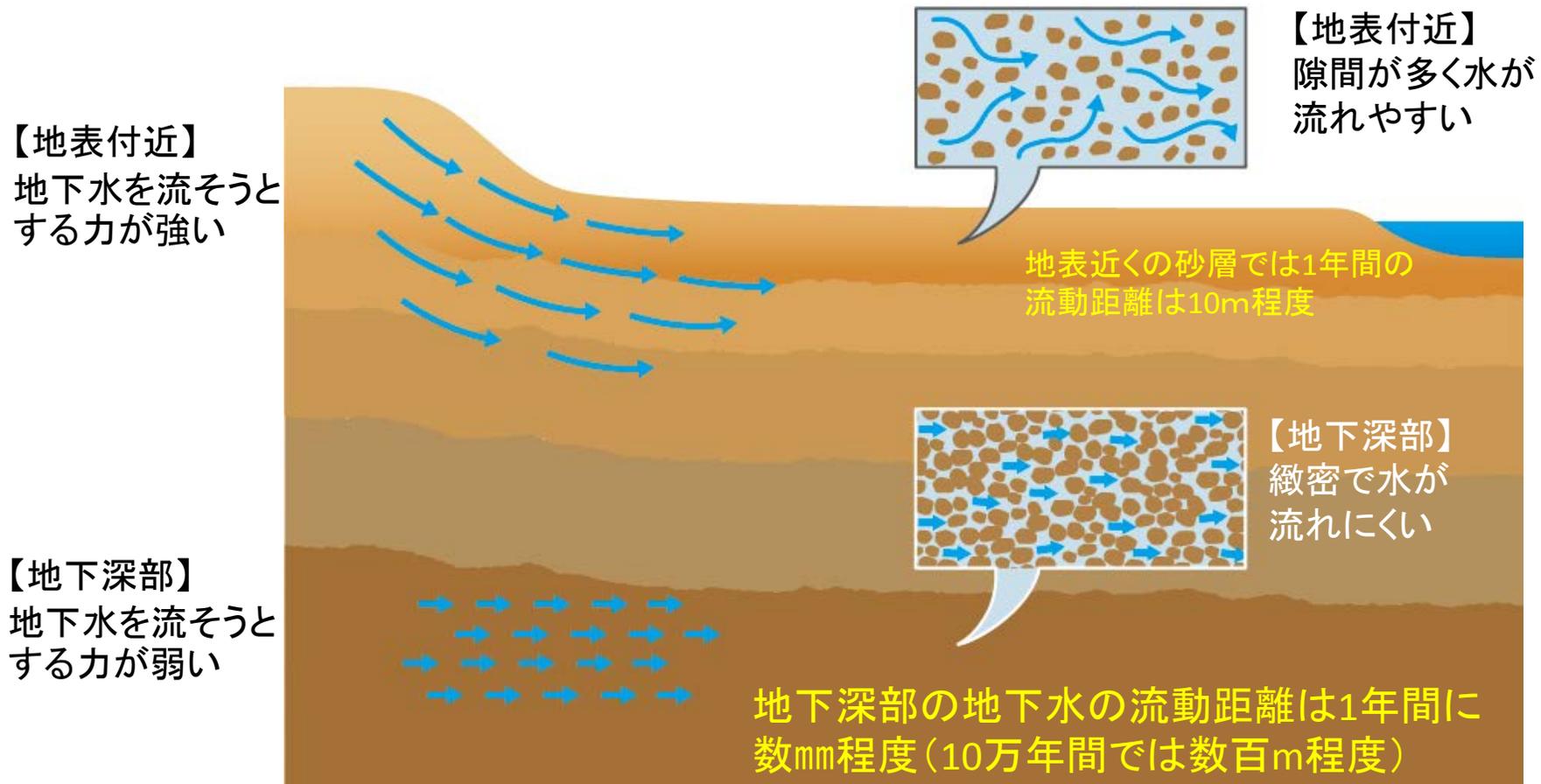
薄い錆びで覆われていたが、ほぼ完全な形を残していました。

写真提供：日本原子力研究開発機構



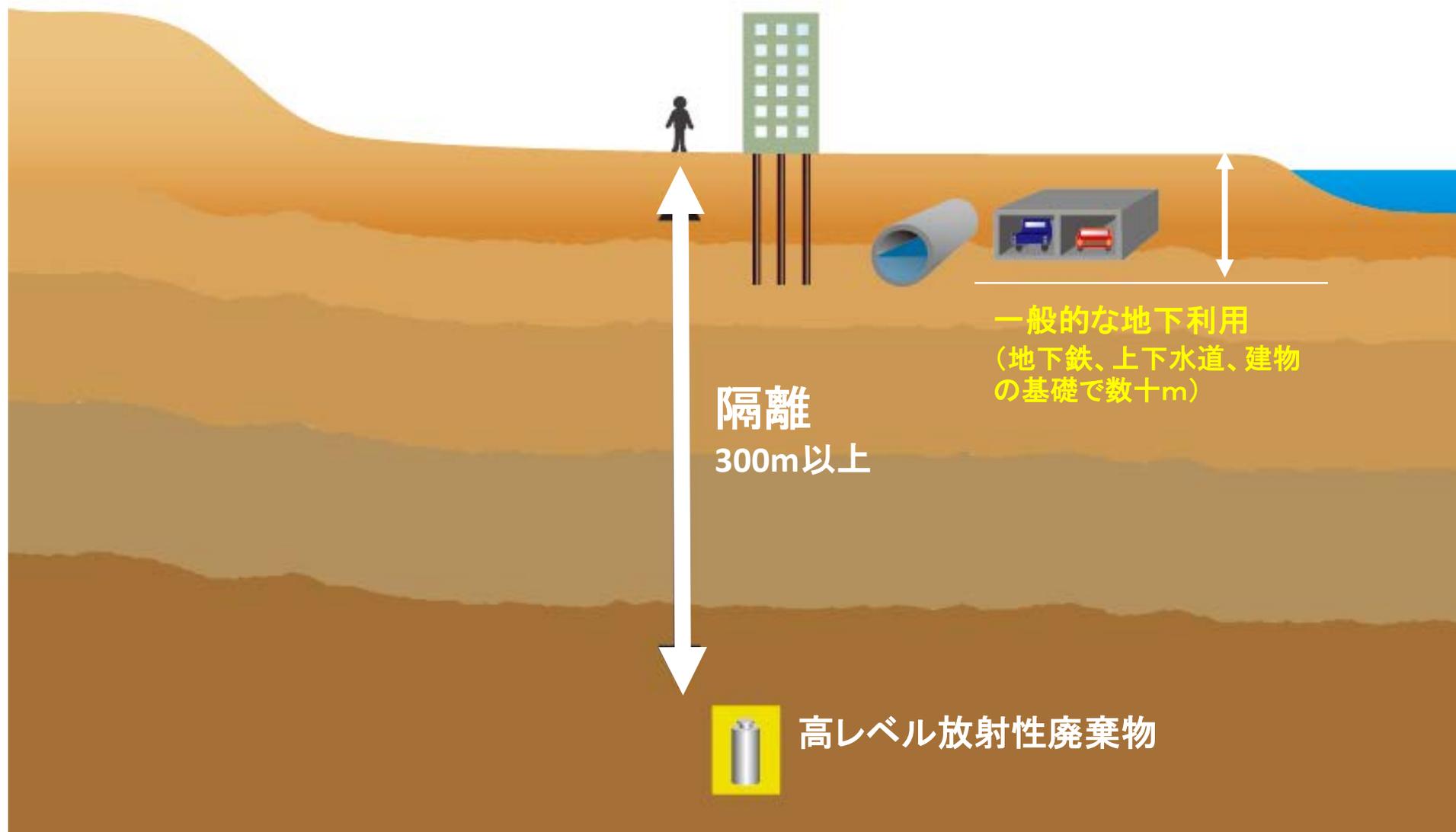
## 地下深部の特徴②:ものの動きが非常に遅い

- 地下深部では地下水を流そうとする力が弱く、岩盤が緻密なので地下水の動きは非常に遅いです。
- 岩盤には物質を吸着する性質があるため、地下水によって運ばれる物質の移動速度は地下水の流動速度よりさらに遅くなります。



# 地下深部の特徴③: 生活環境から隔離されている

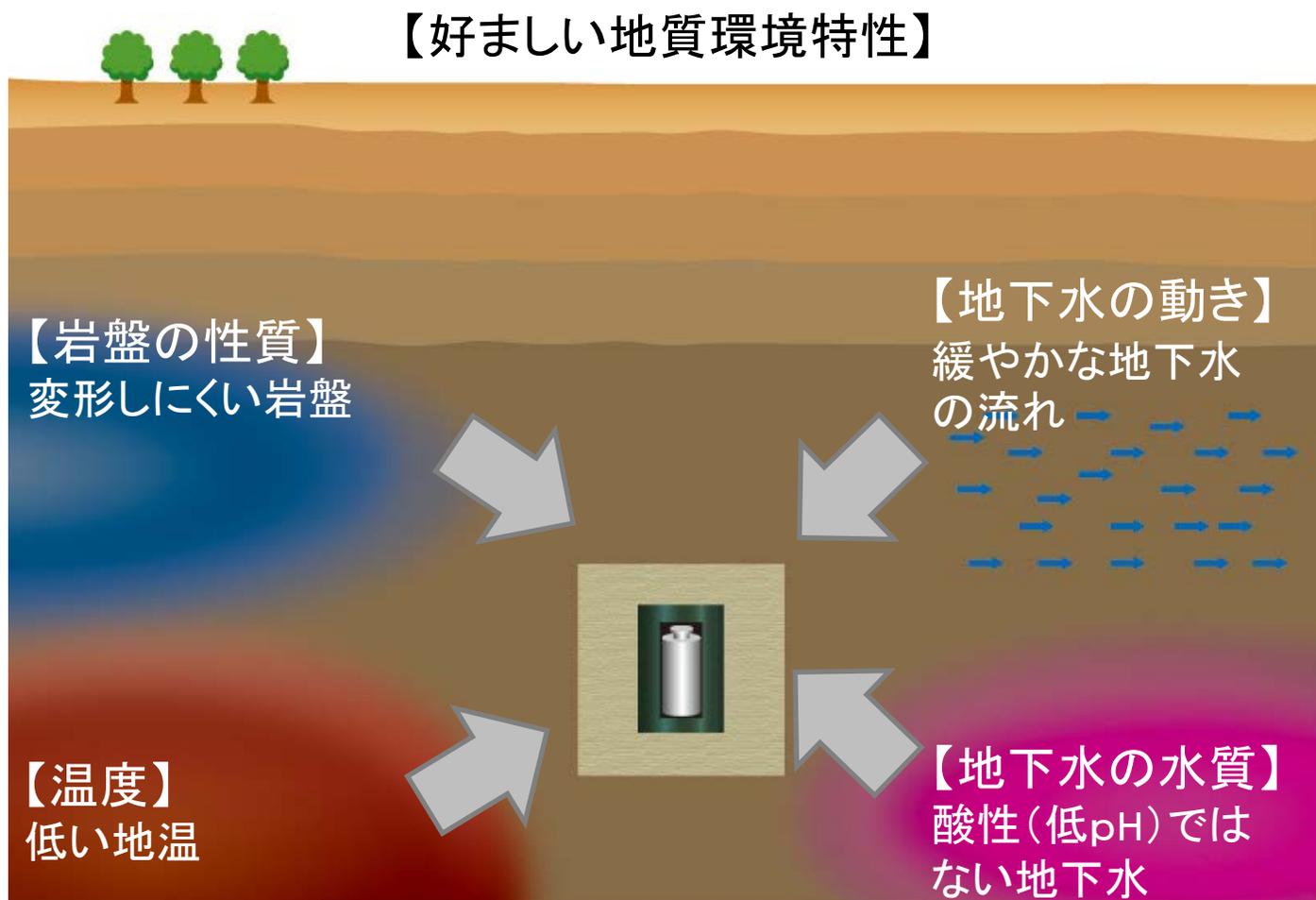
●地下深部は、人間が容易に近づくことはできません。



# 科学的有望地の位置づけと検討状況

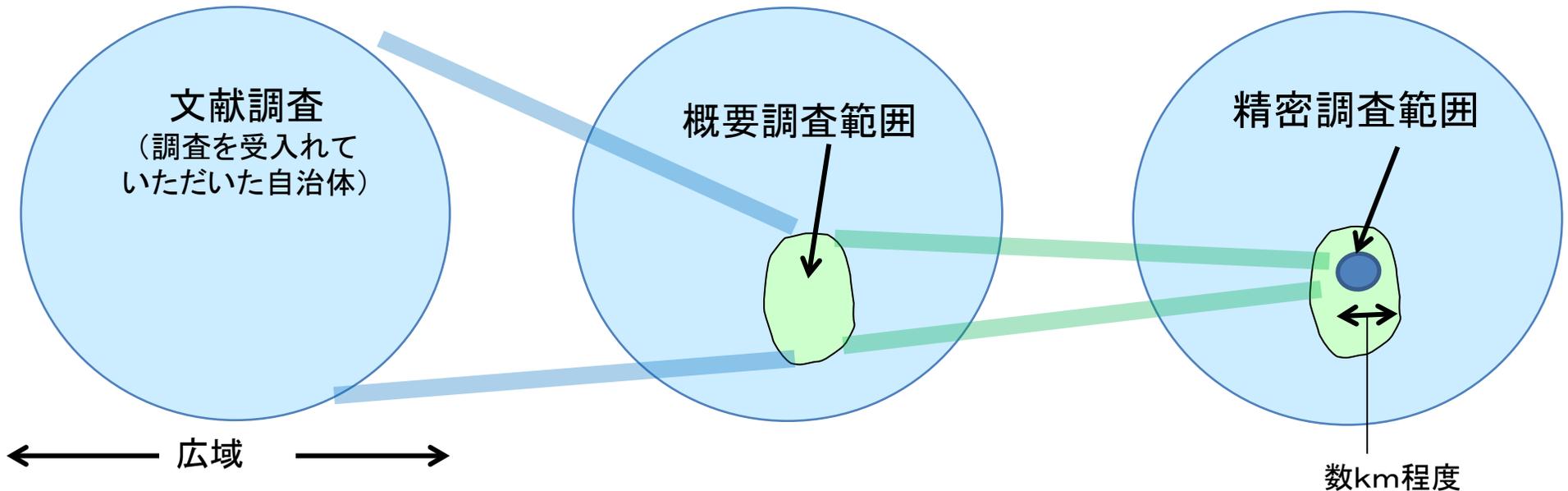
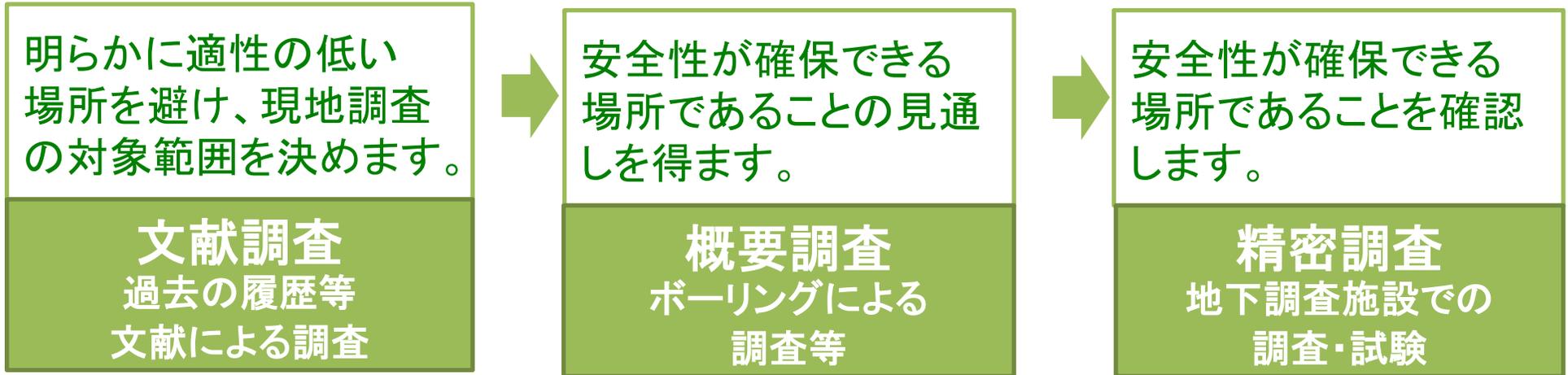
# 地下深部でも、処分に適しているかどうかは確認が必要です

- 地下深部は、一般的に優れた特性を持っていますが、そうでない場所もあります。「閉じ込め機能」が維持される好ましい地質環境かどうかを判断するには、現地調査によって、岩盤の特徴や地下水の動き等を詳しく調査する必要があります。



# 処分地選定の進め方

●処分地は、法律に基づく処分地選定調査を通じて選定します。①段階的に調査範囲を絞り込みながら、②調査・評価の精度を上げていくことで、慎重に選定していきます。



# 科学的有望地と処分地選定調査の関係

●科学的有望地は、法律に基づく処分地選定調査の手前の段階で、全国的なデータに基づき大まかな適性を示すものです。

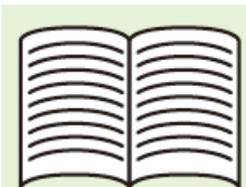
科学的  
有望地の  
選定

処分地選定調査に  
入る地域としての  
適性を示す

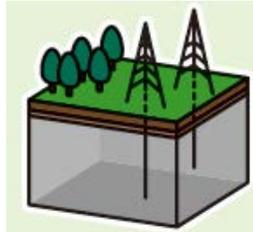
全国的に  
整備され  
たデータ  
に基づく  
マッピング

## 法律に基づく処分地選定調査

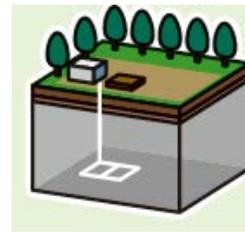
文献調査



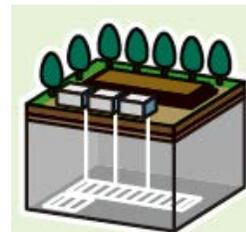
概要調査



精密調査



処分地の選定



← 受入れ自治体において、NUMOが調査 →

机上調査

現地調査

個別地点の詳細データに基づく  
綿密な調査・評価

- 現在、国の審議会（総合資源エネルギー調査会）において検討が進められています。
- 安全性の確保を第一に、処分後の長期の安全性、建設・作業時の安全性、輸送時の安全性の3つに分けて考えることとしています。

## 安全性に関する3つの視点

### ①処分後の長期の安全性

処分施設の閉鎖後、長期にわたって閉じ込め機能と隔離機能が維持される必要があります。

### ②建設・作業時の安全性

建設・作業は40～50年程度かかる見込みです。

### ③輸送時の安全性

作業期間中は、継続的に大量のガラス固化体が運び込まれることとなります。

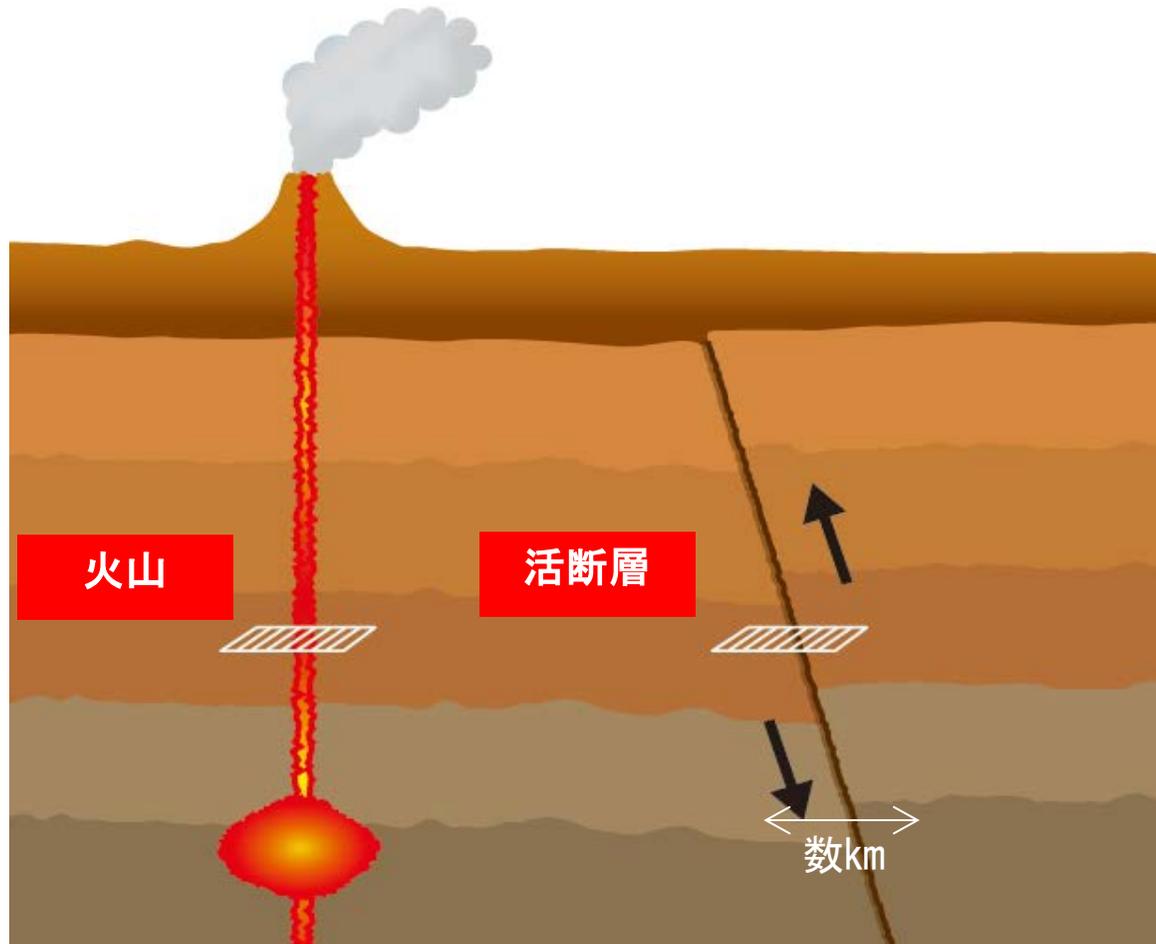
（これ以外に、社会科学的観点についても検討されています）



# ①処分後の長期の安全性

～火山活動や断層活動等の影響が大きいところは避けます～

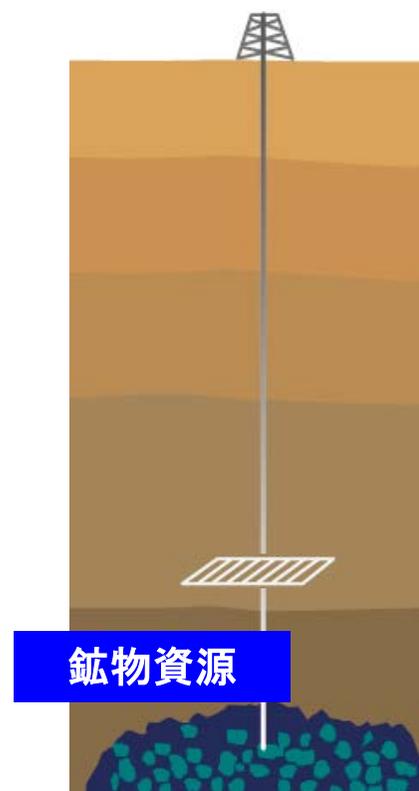
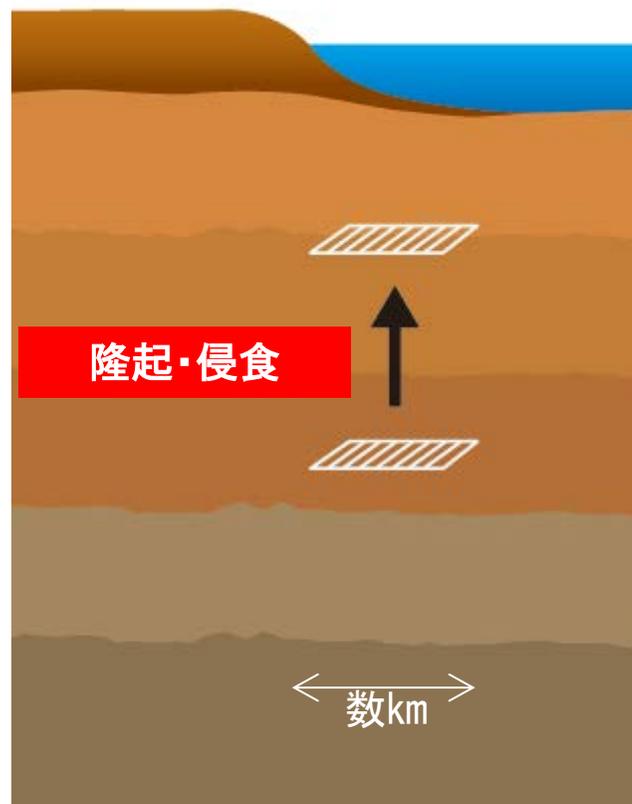
- 地質環境は、時間と共に変化する可能性があります。火山活動や断層活動等の影響が大きく、閉じ込め機能や隔離機能を損なう場所は避ける必要があります。



# ①処分後の長期の安全性

～隆起・侵食の影響の大きい所や鉱物資源がある場所は避けます～

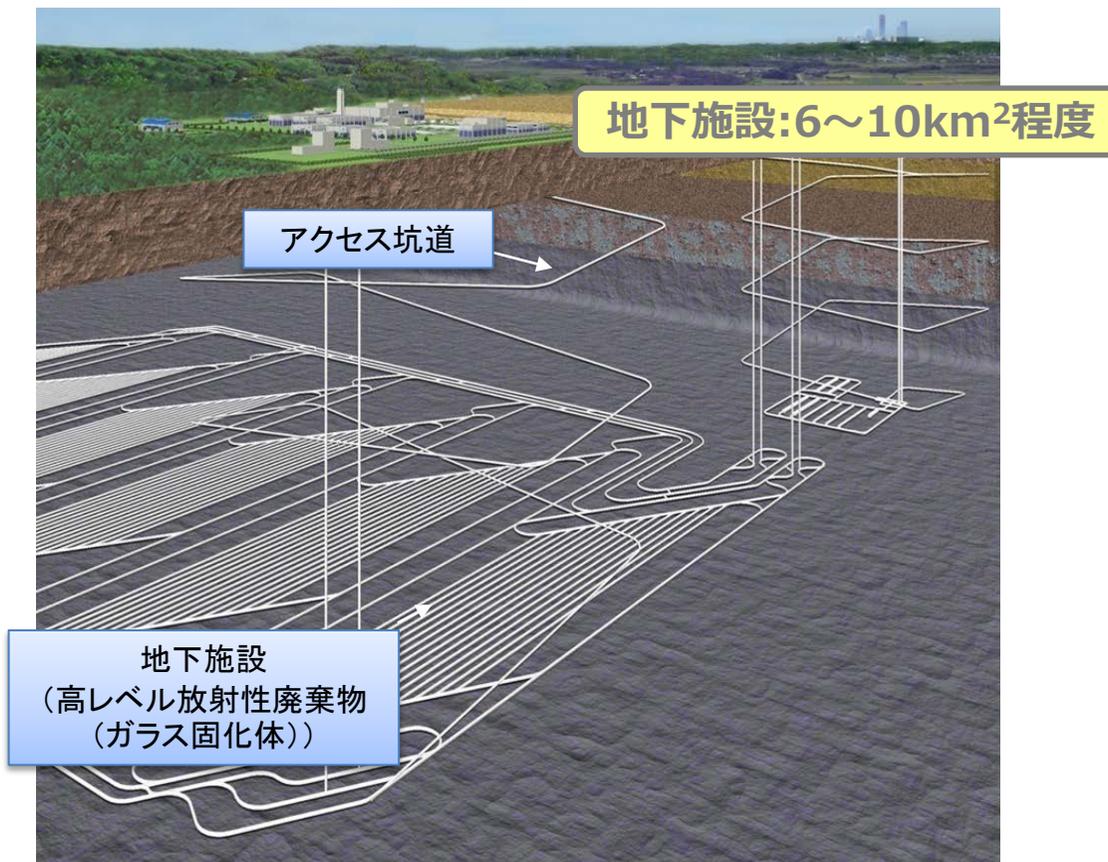
- 隆起・侵食の影響の大きいところや、鉱物資源を求めて将来人間が侵入する可能性がある場所等、物理的な隔離機能を損なう場所は避ける必要があります。





## ②建設・作業時の安全性 ～軟弱な地盤では、建設・作業が困難です～

- 地下施設は、地下300mより深いところまで坑道を掘り、その総延長は200km以上にもなります。
- 日本のトンネル掘削技術は世界トップクラスですが、崩落等のリスクが高いところは施設の設置には向きません。



## ②建設・作業時の安全性

～自然災害の著しい影響を受ける場合は、地上施設の設置が困難です～

- 地上施設は、ガラス固化体からの放出される放射線を十分に遮蔽するために、施設の壁を厚くする等の工学的対応を行います。
- ただし、火砕流等の自然災害の影響により、施設が破壊されてしまうことは避けなければいけません。



廃棄物の受入・  
検査・封入施設

### ③輸送時の安全性

～長距離輸送は海上輸送を前提に考えます～

- 公衆被ばくの防止の観点や、テロの防止等の観点から、海上輸送が最も適当な手段であると考えられます。

一般の方々が放射線の影響を受けない

長距離輸送方法を検討

輸送中に妨害破壊行為が行われない

△ 陸上輸送(車両) △ 陸上輸送(鉄道)



○ 海上輸送(船舶)



- 長距離輸送、大量輸送が可能
- 国内外の実績あり

### ③輸送時の安全性

～港湾からの陸上輸送の距離は、短い方が好ましいです～

- 海上輸送を前提としても、港湾から処分施設までは陸上輸送が必要です。
- 輸送物が極めて重いこと、検査等に多くの時間が費やされること等を考慮すると、その距離は短い方が好ましいです。

#### 高レベル放射性廃棄物の陸上輸送車

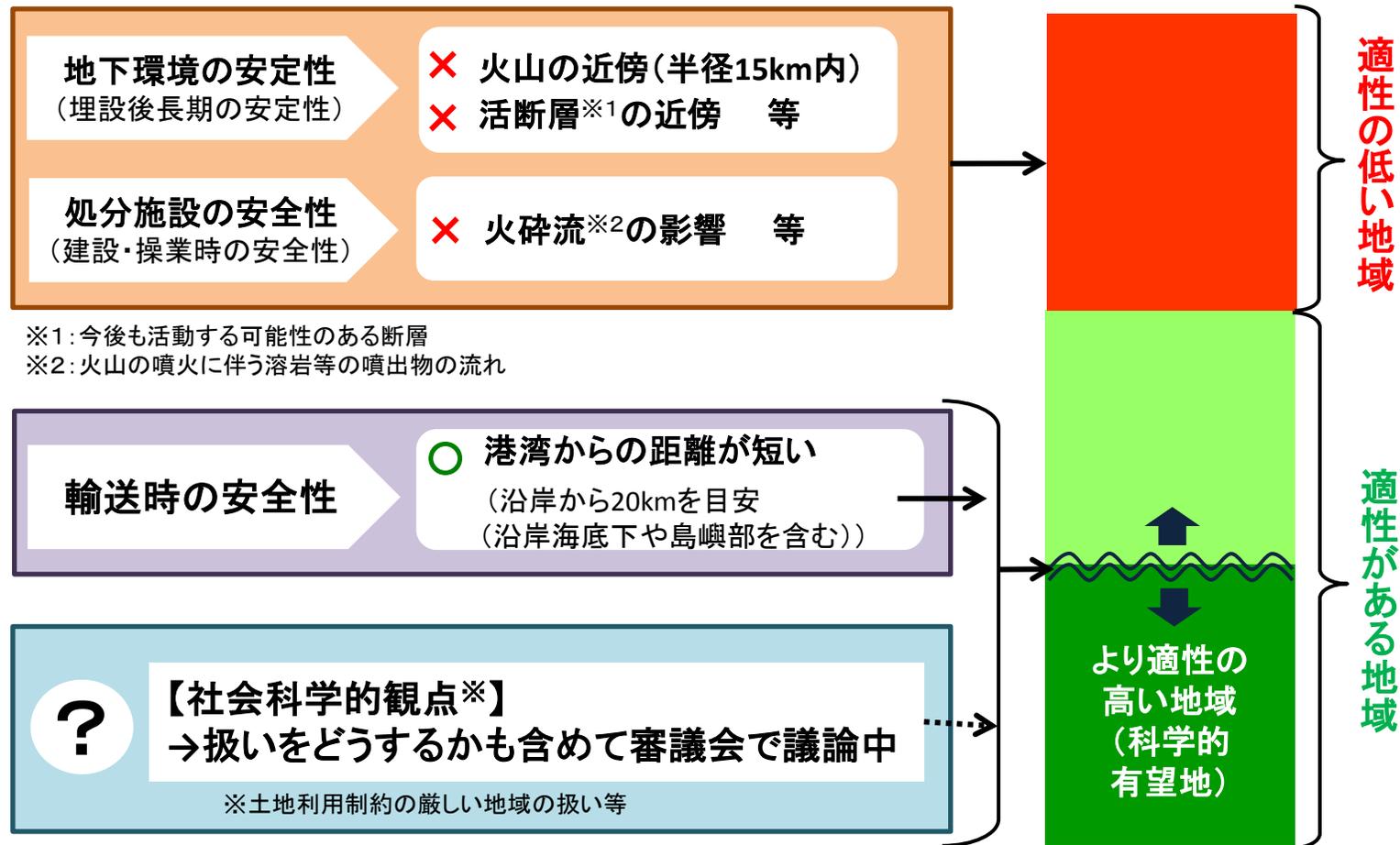
(写真提供: 日本原燃株式会社)



※輸送物と輸送容器をあわせた重量は100トンを超えます

# 科学的有望地に関するこれまでの議論の成果

- 安全性の観点から避けるべき要素が一つでもある所は、「適性が低い地域」と整理し、そうでない地域は「適性のある地域」と整理します。
- 「港湾からの距離が短いこと」が「より適性の高い地域」の条件の一つとしてあげられています。



# (参考)マッピングの参考事例

- スウェーデンでは、1998～1999年に総合立地調査を実施
- 岩種、主要亀裂、鉱石・鉱山分布等を考慮してマップを作成
- 上記に加え、自然保護、輸送等の視点も勘案し、地域の適性を評価



- おそらく適格な基盤岩
- おそらく不適格な基盤岩
- 不適格な基盤岩

スウェーデン県域別総合立地調査の成果例  
(出典:環境影響報告書2011,SKB社)

# 社会科学的観点の扱いについて①

- 処分地選定調査に入れば、NUMOは、下記の影響に十分に配慮し、地域の方々や自治体の意向を踏まえて、個別に検証しながら総合的に検討していく考えです。

- ①自然環境への影響 (マイナスの影響は小さい方が好ましい)
- ②地域経済・生活・文化への影響 (マイナスの影響は小さい方が好ましい)
- ③事業遂行への影響 (費用等が過大にならない、土地利用制限が少ないなど、事業が円滑にできる方が好ましい)

- このような社会科学的観点を科学的有望地の選定の段階でどう扱うかは、審議会(総合資源エネルギー調査会)で検討中です。

## 審議会ですでに出された意見

- 基本的には、全国一律ではなく地域の方々と一緒に具体的に検討するもの。
- 複数の候補地点の優劣を総合的に判断することができるようになった段階で考慮することが適当。
- どのように考慮するか、将来的な判断の基準を明確にしておくため、文献調査に入る前にあらかじめ決めておくべき。
- 社会的なコストを考えれば決して現実的でない地域もあり、そうした要件は早い段階から決めておくべき。
- 例えば「都市部こそよく考えるべき」といった議論がある中、社会科学的観点を加味せずに、技術面での検討成果をまず提示してはどうか。

## 社会科学的観点の扱いについて②

- 国によっては、人口密集地でない、土地所有権者が少ない、といったことも早い段階から考慮している例があります。

	回避すべき要件	好ましい要件
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"><li>• 人口密度(都市区)</li><li>• 環境保護地域</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 低い人口密度、土地所有権者の少なさ</li></ul>
スウェーデン	—	<ul style="list-style-type: none"><li>• 土地利用や環境面の利害の衝突が少ない</li><li>• 必要となるインフラが利用可能</li></ul>
スイス	<ul style="list-style-type: none"><li>• 地表からの調査が困難な地域(人口密集地)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 地表からの調査の容易さ(人口密集地の回避等)</li></ul>
カナダ	<ul style="list-style-type: none"><li>• 保護区域、遺産地域、国立公園</li><li>• 地下及び地上施設を収容できる大きさの土地が確保できない地域</li></ul>	—

## 1 科学的有望地の提示によって、地層処分に関する国民理解が深まることを期待しています。

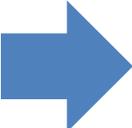
- 火山や活断層等の影響範囲を考慮しても、地層処分に明らかに適さない場所が国土の大層を占めるわけではありません。逆に、少なくとも調査してみる価値がある地域は、全国に広く存在することが示されることになるはずです。
- 「火山国の日本では地層処分はできないのでは」といった不安の解消に役立ち、日本での地層処分の実現可能性に関する理解が進むことを期待しています。
- その上で、合意形成のあり方や地域支援のあり方などを含め、この問題について考えて頂くきっかけとなり、地層処分に関する国民的議論が深まっていくことを期待しています。

## 2 科学的有望地の提示は、長い道のりの「最初の一步」です

- 科学的有望地の提示は、法律で定められた処分地選定調査の手前の段階で、「調査してみれば安全が確認できる可能性が期待できる地域」を大まかに示すものです。地域の意見を聴きながら、必要な調査を時間をかけて慎重に進めることは、何ら変わりありません。

## 3 科学的有望地の提示と調査受入れのお願いは、全く別の話です

- 国民や地域の方々の理解なしに自治体に判断を求めても、決して上手くいかないというのが、これまでの経験から得られた教訓の一つです。有望地提示後も、国とNUMOは、国民や地域の方々と丁寧な対話を重ね、関心と理解を深めていくことに注力します。そうした活動の積み重ねなしに、自治体に判断を求めることはありません。

 こうした有望地提示の位置づけや意味合いについて、国民の皆さんや自治体の皆さんの理解を得られるよう、全国的な対話活動に取り組んでいきます。



# 科学的有望地提示後の対話活動

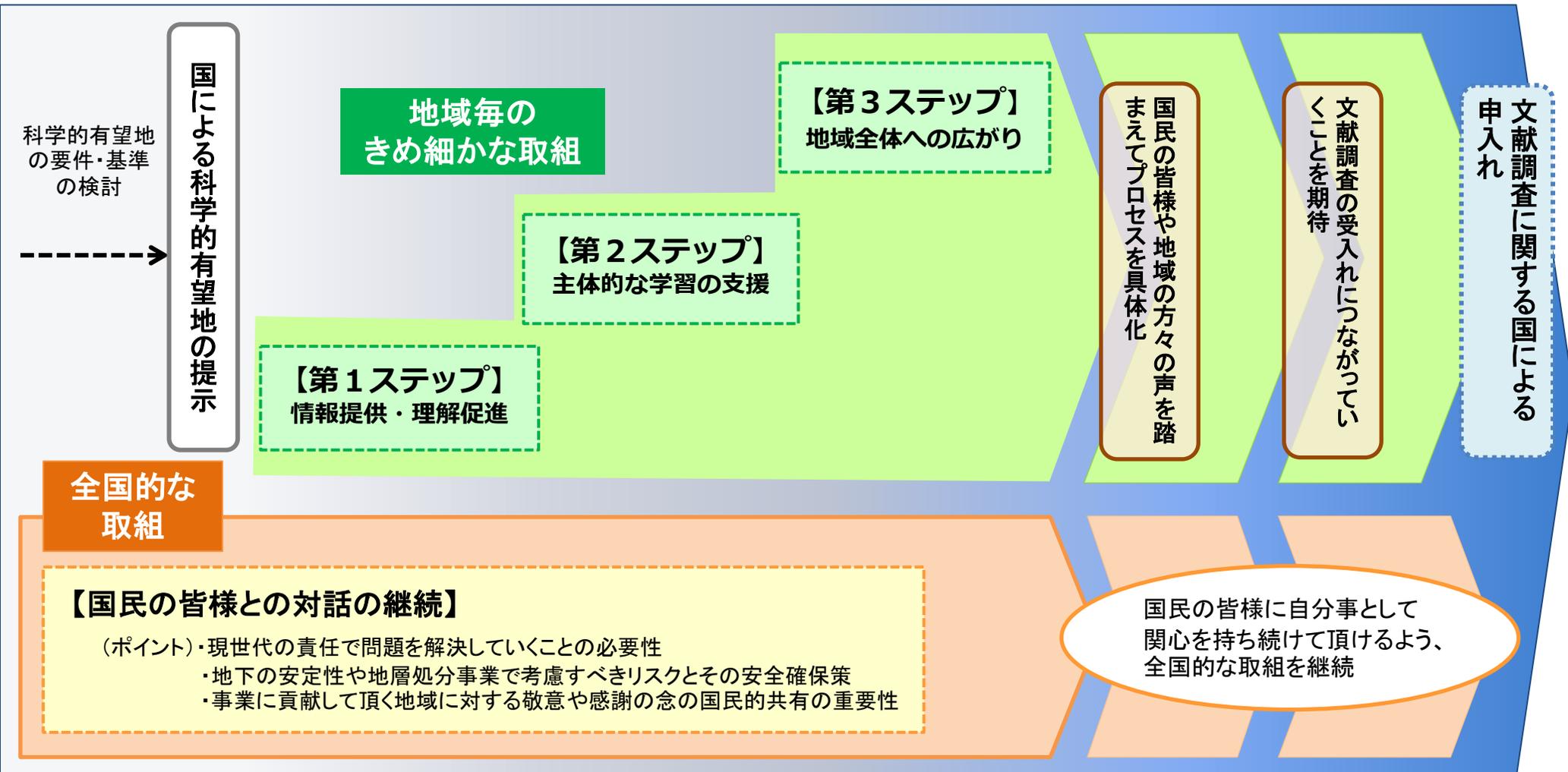
# NUMOとしての科学的有望地提示後の対話活動の基本姿勢

- NUMOは、「地層処分事業を必ず実現させる」との強い意思で、技術的な信頼性向上、地域の皆様との対話活動等、不断の努力で取り組んでまいります。
- 科学的有望地の提示後も、地層処分になじみのない方が引き続き多いとの認識に立ち、高レベル放射性廃棄物の問題の存在や地層処分の概要等について、しっかりとご説明します。
- 一人でも多くの方に地層処分事業に関心を持っていただくため、科学的有望地を中心に、丁寧に対話活動を積み重ねます。
- 関心を持っていただける方々の学習活動を支援するため、講師の派遣や関連施設の見学会開催等、様々なメニューを提供していきます。
- こうしたメニューを活用し、文献調査の受入れの可能性も視野に、主体的に学習活動を進めていただけるグループが生まれ、そうした活動が地域の中で広がっていくよう、NUMOとして最大限取り組みます。
- 合わせて、処分事業の実現が社会全体の利益であるとの認識が広く国民の皆様にも共有されるよう、国とともに全国的な対話活動を行ってまいります。

# NUMOとしての科学的有望地提示後の対話活動の流れ①

- 科学的有望地の提示後、地域によって進むタイミングは異なると思いますが、下図のようなステップを踏んで地域における対話活動を深めていく考えです。

国民的な議論と地域の関心・理解の深まり



# NUMOとしての科学的有望地提示後の対話活動の流れ②

## 第1ステップ: 情報提供・理解促進

- 高レベル放射性廃棄物の問題の存在や地層処分の概要、処分地選定の進め方などについて説明し、関心を持っていただけるよう、電気事業者と緊密に連携し、全国各地で説明会等を積み重ねてまいります。
- 関心を持っていただける方々に向け、講師の派遣や関連施設の見学会開催など様々な学習メニューを整備し、地層処分の学習にかかる費用(講師謝礼、会場使用料等)を支援します。NUMO以外の専門家からも話を聴いていただけるよう、協力を求めてまいります。

## 第2ステップ: 地域団体等による主体的な学習の支援

- 地域に根差した活動を行っている団体等に、地層処分で考慮すべきリスクとその安全確保策などについて主体的に学習活動を進めていただけるよう、上記支援メニューを提供してまいります。
- NUMOの地域共生の考え方(P.58～59参照)などもお示しし、地域と地層処分事業の将来ビジョンを一緒に考えていきます。
- 文献調査を受け入れて頂いた場合の調査の進め方(P.60～62参照)についても一緒に考えていきます。

## 第3ステップ: 地域全体への広がり

- 主体的な学習活動が地域全体へ広がっていくよう、NUMOとして取り組みます。
- その方策は、様々な専門家にも協力いただきつつ、地域の多様な方々に参加いただくことが重要と考えていますが、第1～第2ステップを進めていく中で、地域の皆さまの意見を踏まえて具体化してまいります。
- 本ステップでは、自治体にも適切に関与いただきたいと考えております。

**科学的有望地提示後の対話活動においては、  
地域共生の考え方や文献調査の進め方につ  
いても説明させていただきます。**

## ●NUMO経営理念（2014年10月31日制定）（抜粋）

### 基本方針

私たちは、すべてにおいて安全を最優先します

私たちは、地域との共生を目指します

私たちは、社会から信頼される組織を目指します

### 行動指針

地域の一員として共に考え、共に行動し、地域の皆様が真に望むまちづくりに貢献します

- ・地層処分事業は100年以上の長期にわたる事業であるため、地域の発展を支えとしてこそ、事業を安定的に運営することが可能と考えます。建設までには、NUMOは本拠を現地に移転し、地域の一員として地域の発展に貢献します。
- ・NUMOは、地域のみなさまと常にコミュニケーションを取りながら、事業による地域への影響を総合的に勘案し、地域のみなさまが「良かった」とお考えいただける「共生」、win-win の関係を目指します。
- ・地域の雇用や経済等へのプラスの影響ができるだけ大きくなるように努めるとともに、マイナス影響（風評被害等）を予防する措置を検討、実施します。

## NUMOの地域共生の基本的な考え方②

- NUMOとしては、基本的に以下のような地域共生を図っていく考えです。
- その実現に向けては、国の協力も得ながら、地域の方々とコミュニケーションを重ね、ニーズを汲み取り、具体化してまいります。

### 【活気のあるまちづくり】 ～生き生き地域社会の実現に向けて～

- ・地元経済の活性化に貢献（資材の地元調達、地域特産品の販売支援等）
- ・若者が定着できる雇用の創出と雇用につながる教育投資
- ・魅力的なまちづくりのための文化的支援

### 【安心して暮らせるまちづくり】 ～NUMOのふるさとの町として～

- ・安心して子供を産み、育てられる町に 医療インフラの充実
- ・子供もお年寄りも一緒に暮らせるコミュニティーをつなぐ交通・情報インフラの充実

### 【事業にともなうインフラ整備等】 ～地域の利便性等の向上～

- ・道路・港湾の改修・拡張、情報通信システムの向上
- ・地下研究所、技能訓練センターの整備

# 文献調査の進め方① ～全体像～

- 文献調査は、受入市町村を対象とし、その結果を踏まえて当該市町村の中から数km四方位程度の概要調査地区を見出していくことが目的です。地域の安全を第一に、しっかりと技術的検討を行うとともに、「対話の場」等を通じて、絶えず地域の皆様とコミュニケーションを図りながら、関心・意向を踏まえて進めてまいります。

## ①文献による評価を行い、法定要件を満足しない範囲を除外します

- ・地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がないこと、将来にわたってそうした変動の生ずるおそれが少ないこと 等

(法定要件を満足しない範囲を除外)

## ②安全性の観点から技術的検討を行います

- ・地下水の状況等を踏まえた埋設後の長期の安全性
- ・操業時・輸送時の安全性 等

## ③経済社会的な観点からも検討を行います

- ・自然環境、地域経済・生活・文化、事業遂行への影響 等
- (「対話の場」を通じて寄せられる住民の皆さまの関心や意向を踏まえて、「経済社会影響調査」等を実施します)

(総合的に評価)

(評価結果の報告、自治体との話し合い)

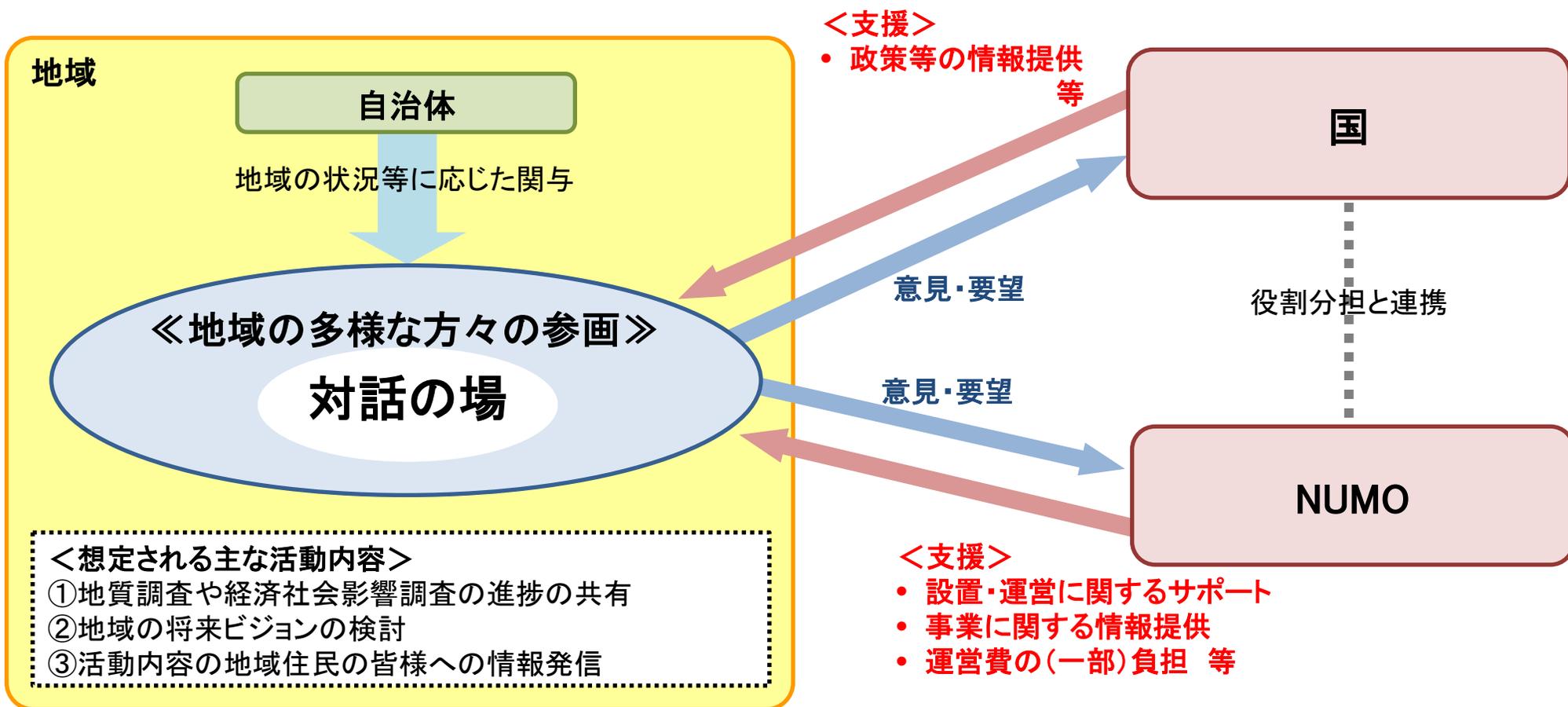
概要調査地区の選定、概要調査の計画

(経済産業大臣に申請)

経済産業大臣から市町村長、都道府県知事の意見の聴取(反対の場合には次の段階に進まない)

# 文献調査の進め方② ～「対話の場」の基本設計～

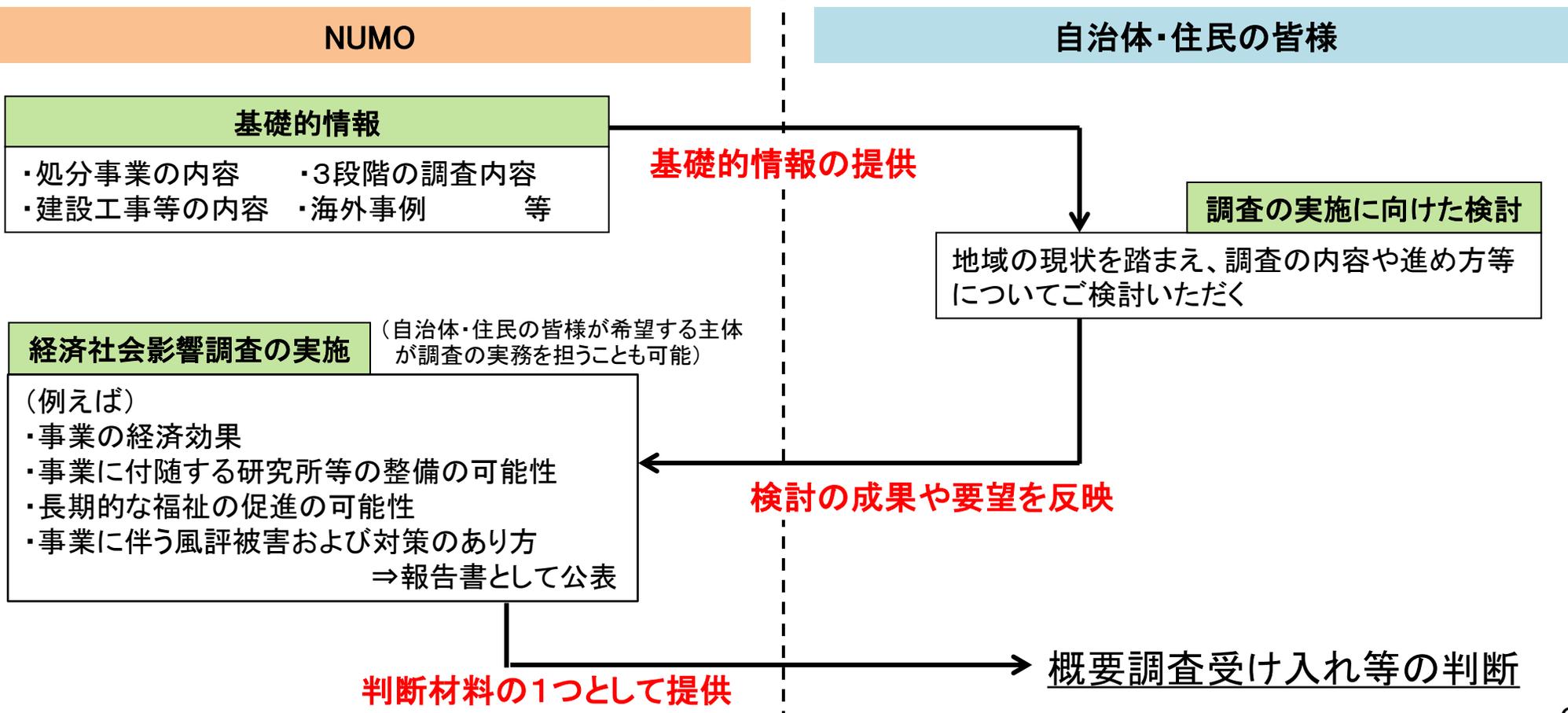
- 安全確保策、地域経済への影響等、処分事業に関連する情報を地域の方々が共有し、対話を通じて理解を深めていただくことを目的に、「対話の場」の設置を支援します。
- 自治体の関与や参画メンバー、NUMOの関わり方等については、当該自治体(原則市町村)の判断で決めていただくことが基本です。今後、どのような設計や活動内容が標準的に考えられるかについて、NUMOとして具体的に示していく考えです。



# 文献調査の進め方③ ～「経済社会影響調査」の基本設計～

- NUMOは、地域の皆様に対し概要調査受入れの判断材料の1つとして提供するため、自治体・住民の皆様とのコミュニケーションを図りつつ、処分事業が地域の経済社会に及ぼす影響について調査を行います。
- 調査の内容や進め方・結果については、「対話の場」等を通じて、自治体・住民の皆様に主体的に検討いただき、調査をより良いものにしていきます。

## <「経済社会影響調査」の進め方のイメージ>



# 地層処分の安全確保 (補足資料)

## ●目標：

人と環境に与えるリスクを十分小さくすること(※)

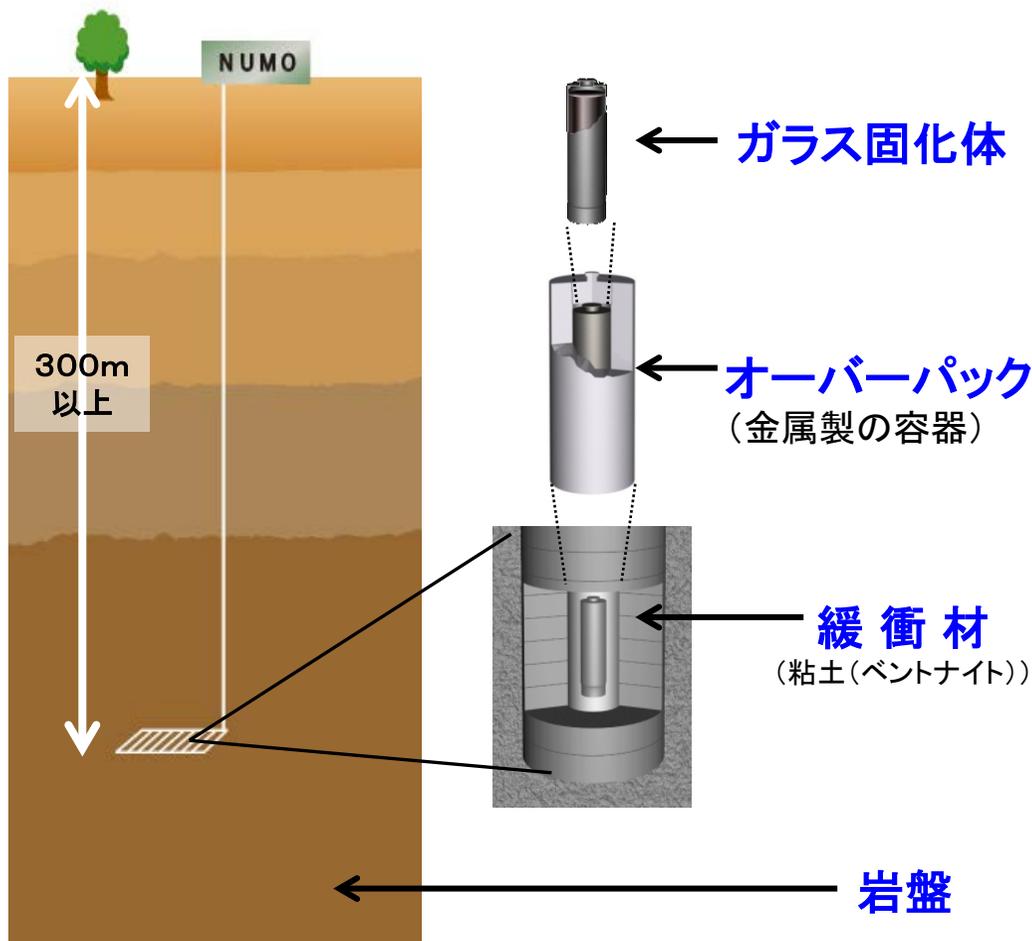
## ●方策：

- (1) ガラス固化体に含まれる放射性物質の移動を妨げる(閉じ込める)ために、人工バリアと天然バリアを組み合わせた多重バリアシステムを構築すること
- (2) 天然現象や人間の行為により閉じ込め機能や隔離機能に著しい低下が起きない地域を選ぶこと、および好ましい地質環境を有する地域を選ぶこと
- (3) それにもかかわらず機能低下・喪失が起きると仮定し、その時でも目標を達成できるように、処分場全体を保守的に設計(工学的対策を検討)し、そのことを安全評価で確認すること
- (4) 建設・操業時、輸送時の十分な安全対策を講じること

(※)ガラス固化体を地下に埋設したことによる地上の人々の放射線被ばく線量の追加分が自然放射線による被ばく線量と比べて十分小さいといえるようにすること

# 方策(1):高レベル放射性廃棄物の地層処分 (再掲)

- 高レベル放射性廃棄物を、地下深部の安定した地層に埋設して人間の生活環境から隔離し、最終的な処分とする(地層処分)こととしています。
- 地層処分は、「人工バリア」と「天然バリア」を組み合わせた多重バリアシステムで、長期にわたり放射性物質の動きを抑え閉じ込める方法です。



- 放射性物質をガラス構造に取り込む。
- 水に溶けにくい。

- 放射能が高い期間、地下水とガラス固化体の接触を防止。

- 水を容易に通さない。
- 放射性物質を吸着し移動を遅らせる。

- 放射性物質を吸着し移動を遅らせる。

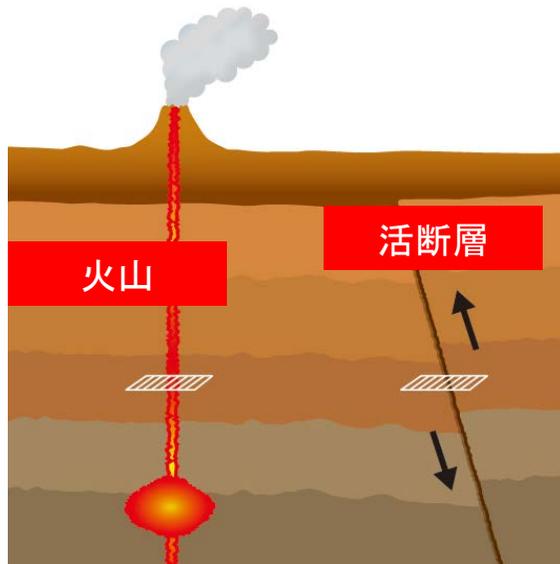
人工バリア

天然バリア

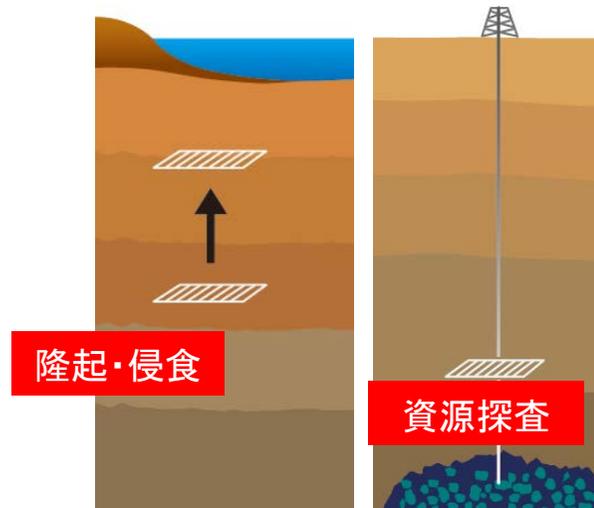
# 方策(1): 閉じ込め機能や隔離機能に著しい低下が起こる可能性

- 天然現象や人間の行為により、閉じ込め機能や隔離機能に著しい低下が起きる原因として、①処分施設が破壊されること、②人間と廃棄物とが接近すること、③放射性物質が地表に到達すること、があります。

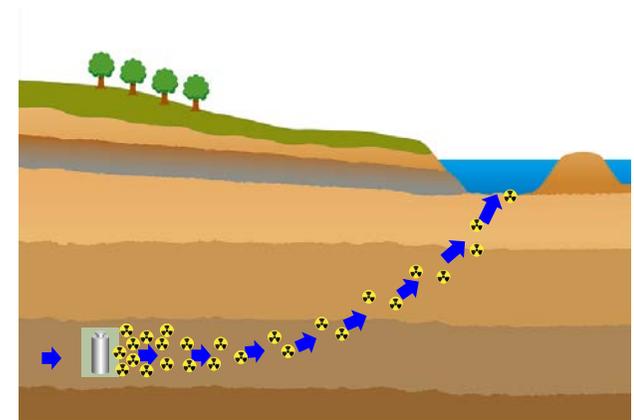
①火山や断層の活動により処分施設が破壊されること



②隆起・侵食、鉱物資源の探査等により人間と廃棄物とが接近すること



③地下水の流れに伴って放射性物質が地表に到達すること



# 方策(2)－①:火山の活動によって地下施設が破壊される可能性のある地域は避けます

- 過去数百万年程度の期間、火山の位置はほとんど変わっていません。また、火山活動は火山の中心から概ね半径15kmの円の範囲にとどまっています。
- 処分地選定調査において、半径15kmの円の範囲を超えて火山噴出物の分布等の詳細な調査を実施し、火山の活動範囲を確認し、回避します。

【日本列島における火山の分布】

約260万年前～  
約80万年前  
に活動した火山

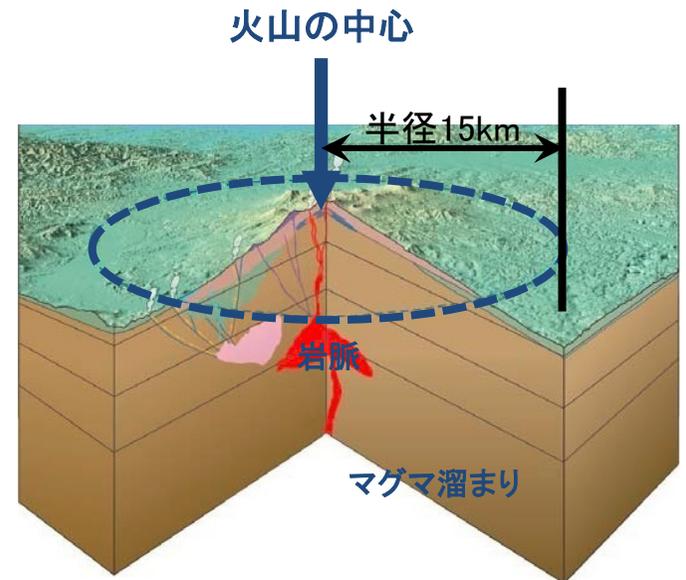


日本の火山(第3版)  
(産業技術総合研究所地質調査  
総合センター、2013)に基づいて  
作成

約80万年前～現在  
に活動した火山



約80万年前 : 中期更新世の始まり  
約260万年前 : 第四紀の始まり



# 方策(2)ー①:断層の活動によって地下施設が破壊される可能性のある場所は避けます

- 断層活動は、過去数十万年にわたり同じ場所で繰り返し活動しています。
- 断層活動に伴って地層が破砕された範囲(破砕帯)は、断層長さの100分の1程度です。
- 処分地選定調査において、破砕帯を超えて物理探査やトレンチ調査等を用いた詳細な調査を実施し、隠れた活断層の分布や個々の断層の影響範囲等を確認し、回避します。

## 【日本列島における活断層の分布】

### 活断層とは

過去数十万年前以降に繰り返し活動し、将来も活動する可能性のある断層のこと。

### 活断層の影響範囲とは

断層周辺の岩盤の破壊や変形が生じている領域、ならびに将来、断層が伸展したり分岐する可能性がある領域のこと。



出典:活断層データベース(産業技術総合研究所  
[https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html))



物理探査

(物理探査は、岩石の電気や弾性波のとおりやすさといった物性の違いを測定して地下の様子を調査する方法。写真は地下に弾性波を送る大型バイブレータ震源。)  
※写真提供:地球科学総合研究所HP



トレンチ調査

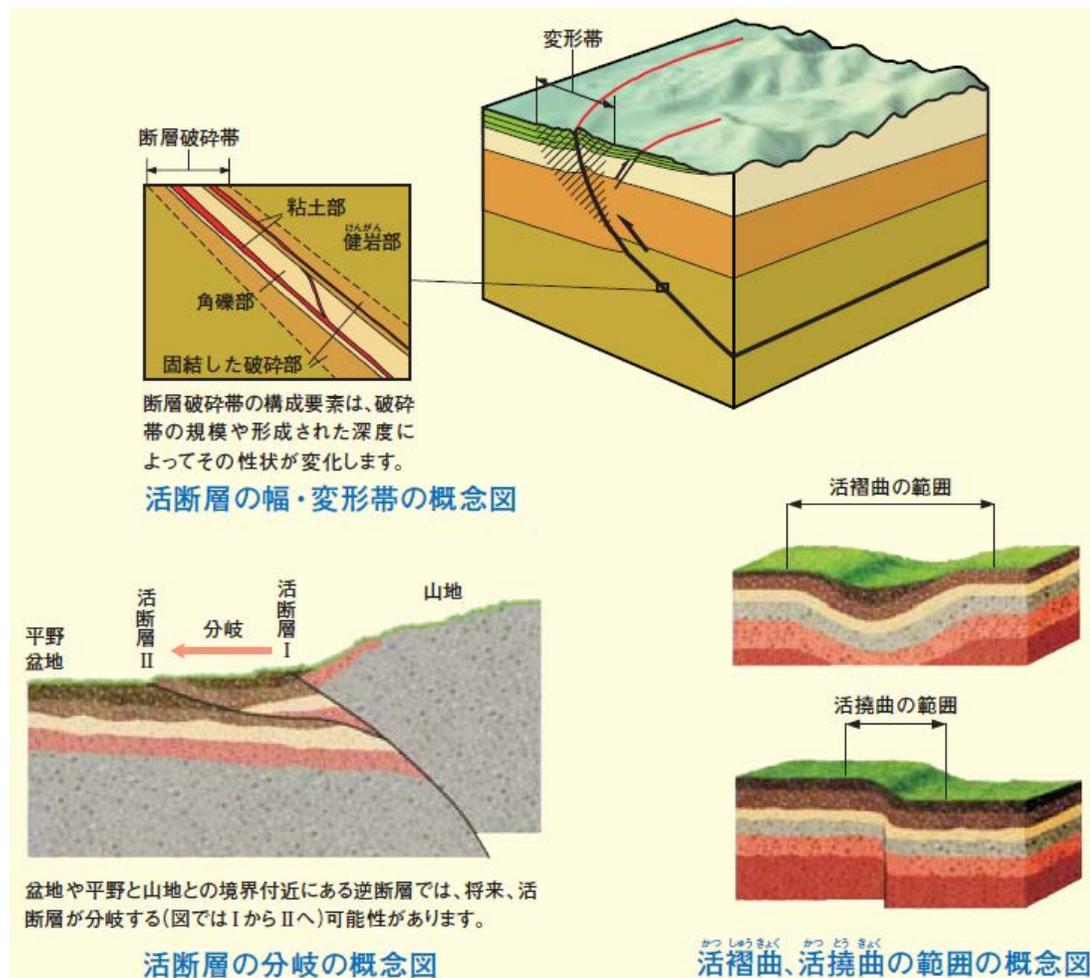
(実際に溝を掘り、その壁面にみられる地層の綿密な観察を行っている様子(遠田ほか, 2009))

# 方策(2)－①: 断層の活動によって地下施設が破壊される可能性のある場所は避けます

● 処分地選定調査において、空中写真判読や、物理探査、トレンチ調査、ボーリング調査、断層から放出されるガスの分析等を組み合わせることによって、以下の点を把握し、処分施設に著しい影響を及ぼす可能性がある場合は、回避します。

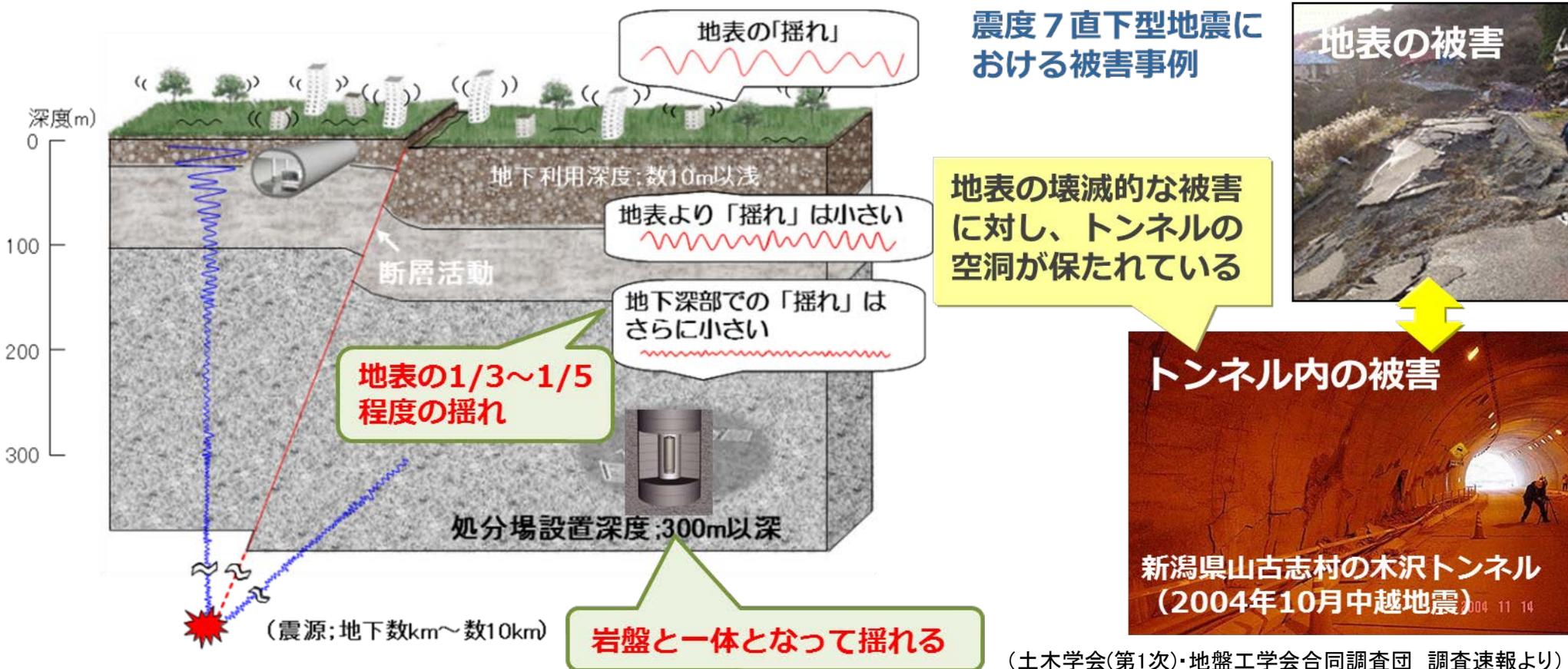
- ・断層の分布、破碎帯の幅および外側の变形帯に含まれる範囲
- ・断層の伸展・分岐が発生する可能性がある領域
- ・变形帯や活褶曲・活撓曲の分布範囲
- ・変位規模の小さい断層、地表の痕跡が不明瞭な断層、地下に伏在している断層による影響

※空中写真判読とは、高空から撮影した写真を用いて地形的な特徴を判読し、断層を示している可能性のある直線的な地形等を推定する方法です。



# 方策(2)－①:地震の影響を考慮します(参考)

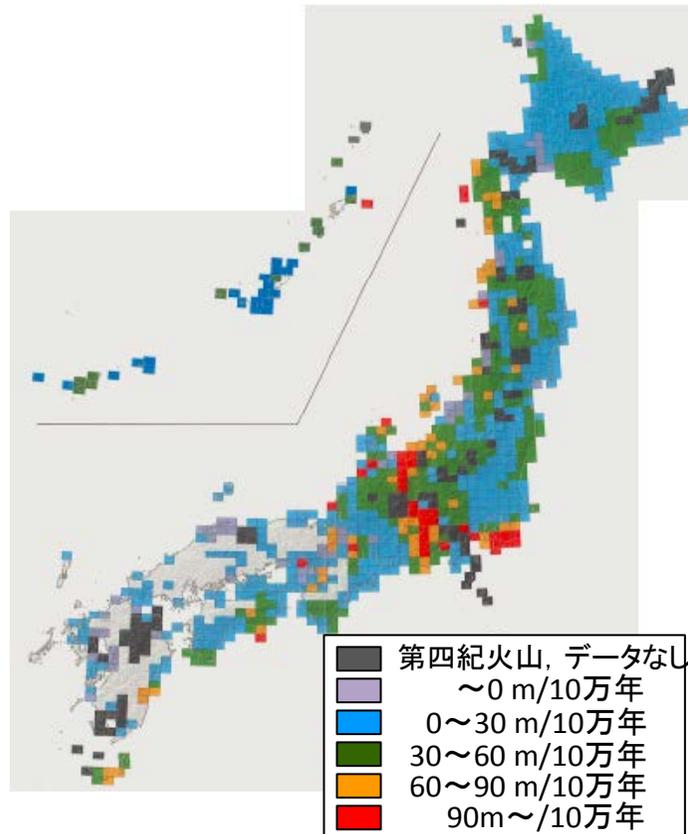
- 地震を発生させる活断層は回避しますが、断層活動に伴う地震動(ゆれ)を避けることはできません。しかし、地震時の地下深部の揺れは地表に比べて1/3～1/5程度に小さくなるのがわかっています。
- 処分地選定調査において、地下深部における地震動の影響を詳しく検討し、必要な工学的対策を行います。



## 方策(2)－②: 隆起・侵食により人間と廃棄物とが接近する可能性がある場所は避けます

- 隆起・侵食は過去と同じ傾向が今後も続くと考えられます。
- 処分地選定調査において、地表地質調査による詳細な調査を実施し、隆起・侵食量等を確認し、将来地表に著しく接近することが予想される場所は回避します。

【最近約10万年間の隆起速度の分布】



(凡例は換算した隆起速度)



地表地質調査

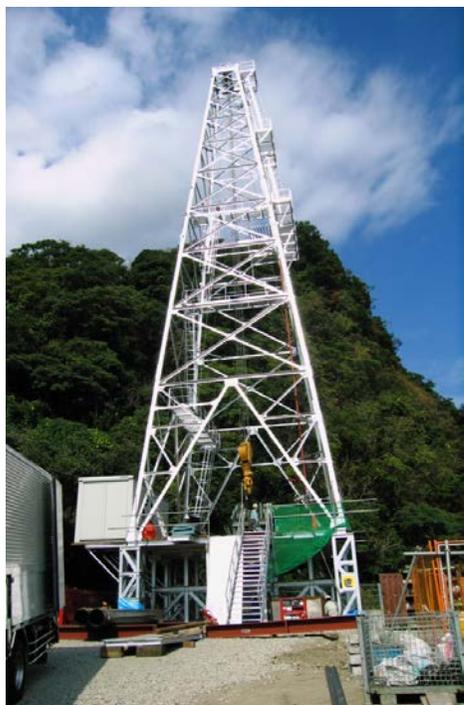
(隆起・侵食速度を推定するために過去の侵食の記録である河岸段丘や海成段丘を調査している様子)

<http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/cyousa23.html#03>

# 方策(2)－③:地質環境特性を把握します

- 処分地選定調査において、ボーリング調査等を実施し、地下深部の地質環境特性を把握します。
- 変形しにくい岩盤、低い地温、緩やかな地下水の流れ、酸性(低pH)ではない地下水であるかどうか等を確認します。

ボーリング調査



ボーリングコア



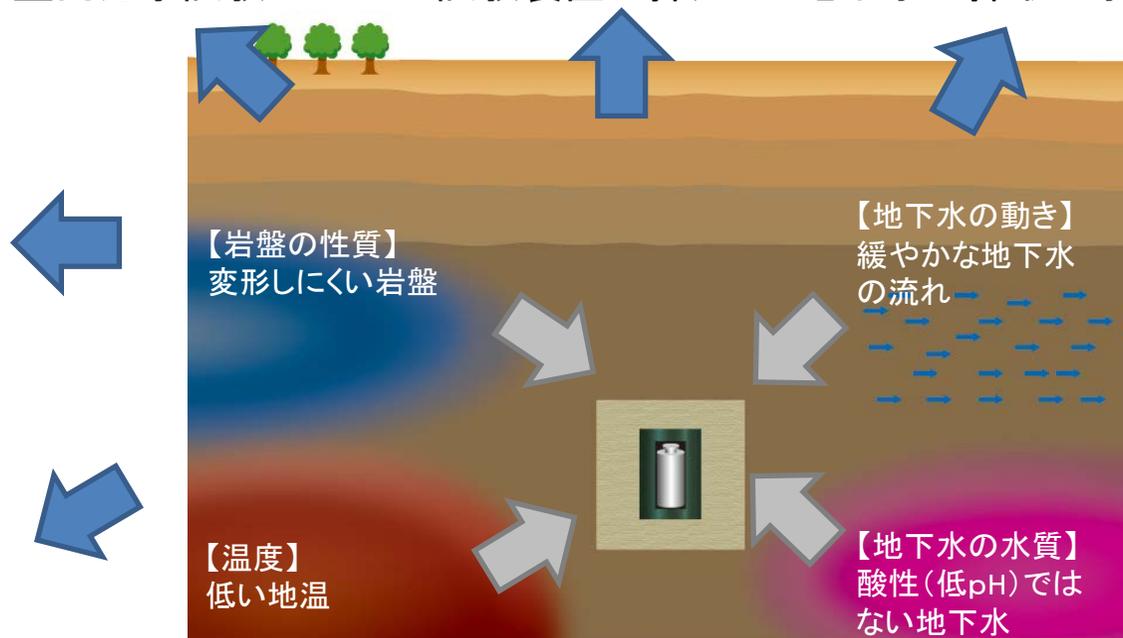
室内力学試験



試験装置の挿入

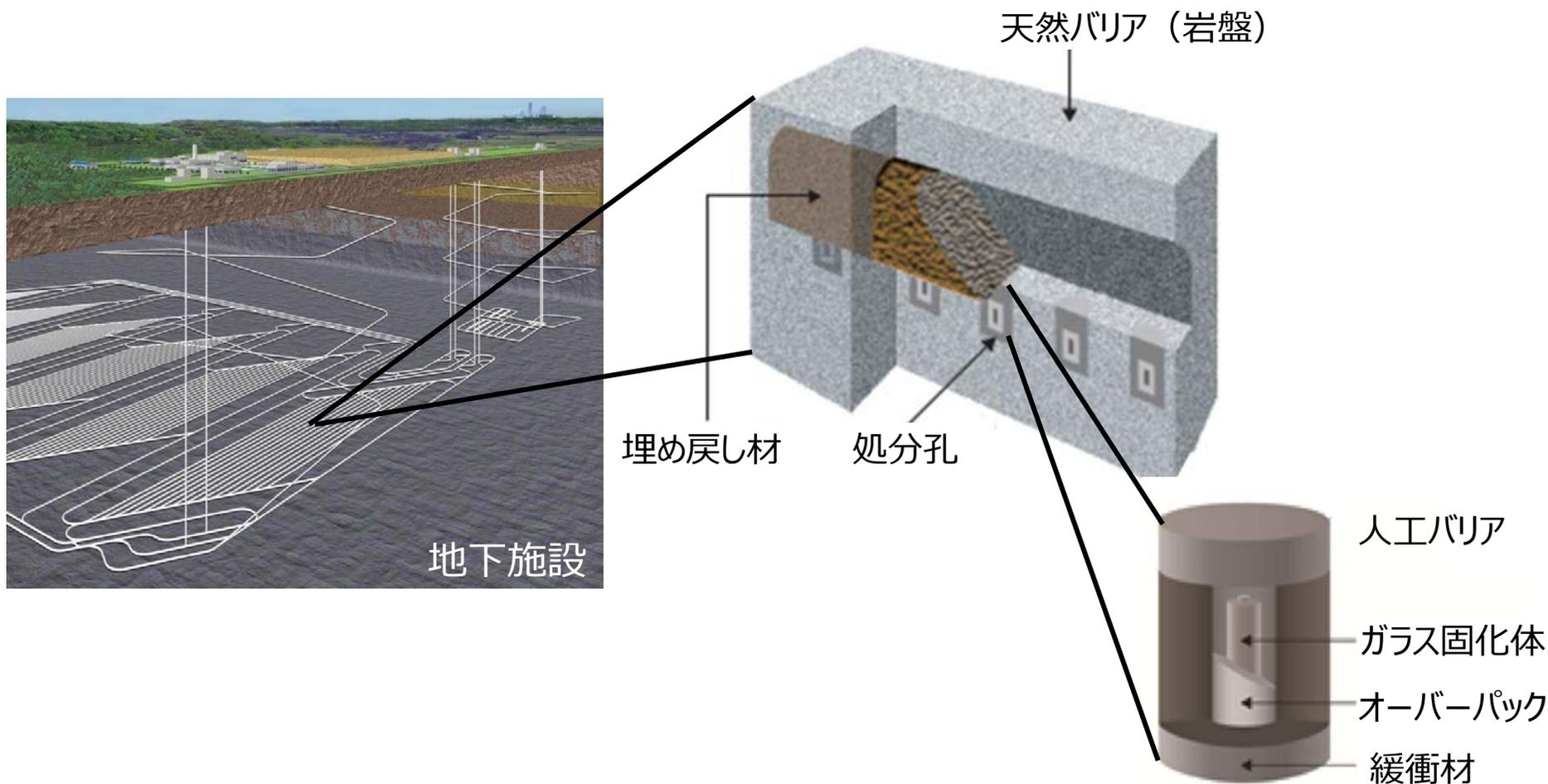


地下水の採取→水質分析



## 方策(3): 調査地点の地質環境特性に応じた工学的対応を検討します

- 処分地選定調査で得られた地下深部の地質環境特性に係る情報に基づき、十分な安全裕度を持った人工バリア等の施設の設計(オーバーパックの材質や厚さ、緩衝材・埋戻し材の材料や厚さ、施工方法、廃棄物の定置間隔等)を行います。
- また、周辺の活断層等を考慮した施設の耐震設計も行います。



## 方策(3): 安全性を評価・確認します

- 放射性物質が人間の生活環境に運ばれる可能性に対しては、必要な対策を講じた上で、慎重に評価します。処分地選定調査では地下深部の地質環境特性から生活環境までの様々な情報と、人工バリア等の工学的対応を検討しつつ、将来の地上で生活する人の被ばくの程度を慎重に評価し、地表に到達するまでに放射能が十分減衰していることを確認します。

食物連鎖

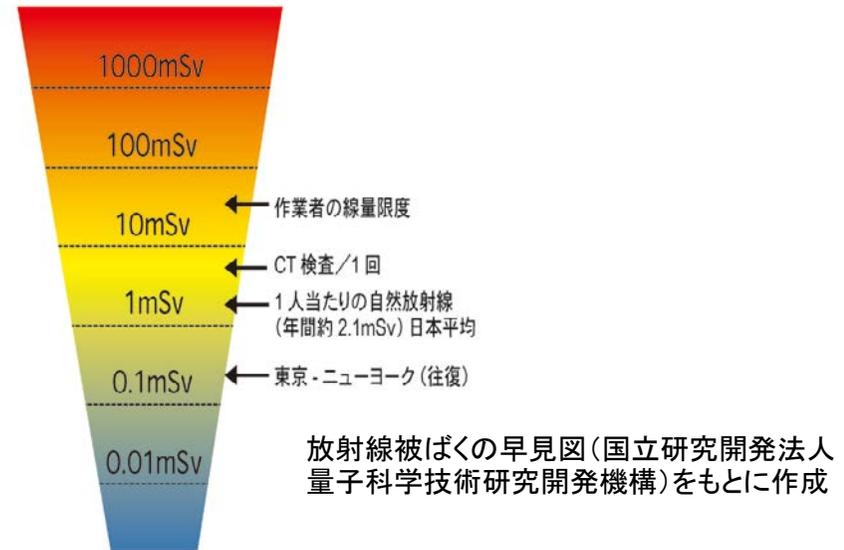


帯水層

河川

地下水の流れ

ガラス固化体  
人工バリア



オーバーパックが1,000年後に、4万本すべてでその機能が失われる等の保守的な想定をした場合に、地上で生活する人の年間最大被ばく線量は0.000005mSv(処分後80万年時点)と評価されています。

出典:「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次とりまとめ—  
(核燃料サイクル開発機構(現 日本原子力研究開発機構)、1999)

## 方策(3): 万一の事態を想定した安全性の評価を実施します

- 科学的な知見に基づき、綿密な調査を行い、評価することで閉じ込め機能や隔離機能に係る安全性の確認が可能です。しかし、火山や活断層等が直撃した場合の影響を、コンピュータでシミュレーションし、著しい影響にならないことを念には念を入れて確認します。



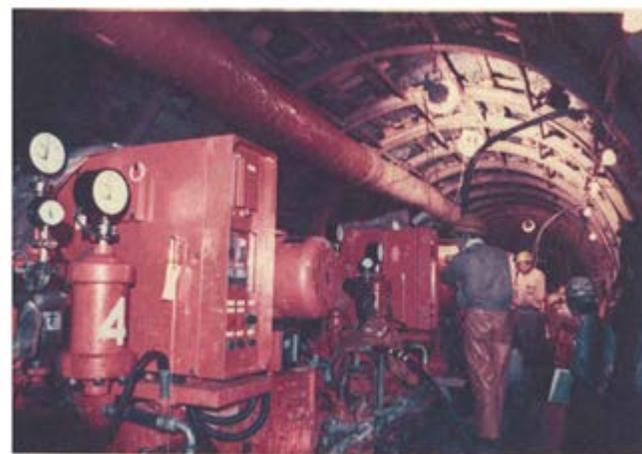
処分場を横切るような大規模な断層が発生すると  
仮定した場合のシミュレーションのイメージ

## 方策(4): 地下施設の安全対策を講じます

- 地下施設の坑道は非常に長いので、掘削時に崩落する可能性を低減するため、十分に固まっていない地層(未固結層)等の強度が低い地層の広がりを処分地選定調査により把握し、回避します。
- また、調査地点の特性等を考慮した安全な掘削工法や湧水対策方法を検討します。



掘削工法の一つである  
トンネルボーリングマシン



湧水を抑制するためのグラウト施工の様子  
(秋田, 2011)

## 方策(4): 地上施設の安全対策を講じます

- 操業中は放射能の高い廃棄物を扱うので、火山活動、断層活動、津波等の自然災害により地上施設が破壊されるようなことは避ける必要があります。そこで、火砕流の分布範囲等を処分地選定調査により把握し、著しい影響を回避します。
- また、調査結果を踏まえて、地上施設の耐震設計・津波対策(必要に応じて、施設設置位置の検討、防潮堤や浸水防止用の水密扉の設置)等の安全対策を施します。



耐震性を高めるための  
鉄筋コンクリート壁の実規模大模型  
(日本原燃・六ヶ所PR館)



津波時の浸水防止のための水密扉  
(東北電力・東通原発)

## 方策(4): 輸送時の安全対策を講じます

- テロを含む事故時における輸送時の安全を確保するために、頑丈な輸送容器、輸送船や、輸送車両等を使用します。



高レベル放射性廃棄物の海上輸送船

[http://www.pntl.co.uk/wp-content/uploads/2012/09/PNTL\\_Grebe\\_01.pdf](http://www.pntl.co.uk/wp-content/uploads/2012/09/PNTL_Grebe_01.pdf)



専用輸送車両の例

輸送容器の転落防止のための設計やブレーキの二重化等十分な安全対策を講じます

海上輸送時には、国際海事機関(IMO)の安全基準に従って定められた法令に適合した、使用済燃料輸送船を使用します。この輸送船には、安全対策の点で①二重船殻構造②耐衝突構造③広範な消火設備④二重の、航行システム／通信設備／エンジン／かじ／スクリュー等の特長があります。

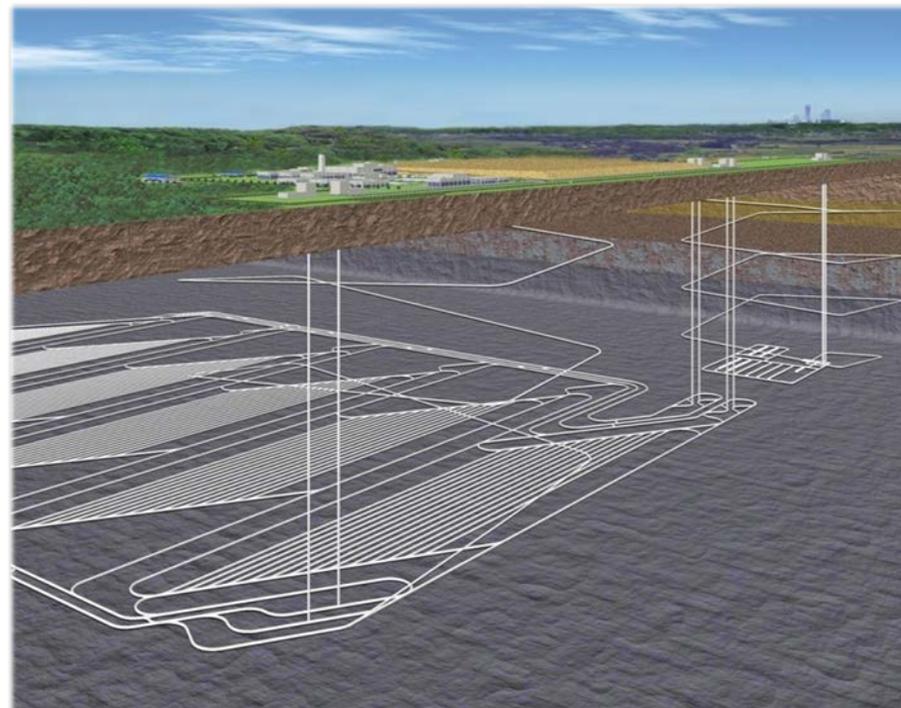
## 参考：地層処分場の規模

- ガラス固化体を4万本以上埋設できる施設を建設することを計画しています。
- 処分施設の規模は、地上施設が1～2km<sup>2</sup>程度、地下施設が6～10km<sup>2</sup>程度、坑道の総延長は200km程度と見込んでいます。

【高レベル放射性廃棄物処分施設(イメージ)】



地上施設: 1～2 km<sup>2</sup>程度



地下施設: 6～10 km<sup>2</sup>程度

- 地層処分の技術的信頼性をさらに向上させるための技術開発を進めています。  
また、その一環として国内外の関係機関と連携した取り組みを実施しています。

## (1) 日本原子力研究開発機構(JAEA)との共同研究

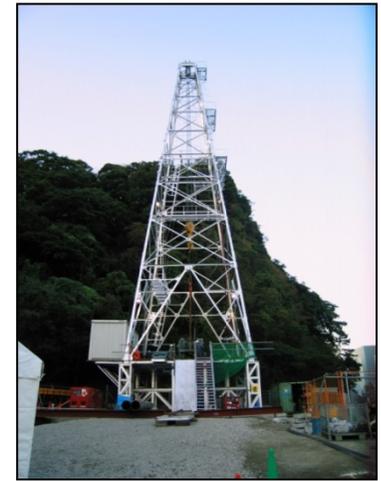
- ・精密調査地区選定段階における設計・性能評価手法の高度化に関する研究として、これまでに母岩の適性を評価する方法、シナリオ構築手法、核種移行パラメータの設定に関する検討を実施。

## (2) 電力中央研究所との共同研究

- ・2006年度より調査・評価技術の実証試験を実施。
- ・これまでに、地下水の水圧モニタリングや孔間水理試験を実施し、ボーリング孔周辺地質構造モデルの構築や水理学的な特性の把握に資する技術の実証を実施。

## (3) スウェーデンの実施主体SKBが所有するエスポ地下研究所での国際共同研究

- ・Retrieval of Prototype Repository: 模擬廃棄体の回収試験
- ・KBS-3H Multi Purpose Test (KBS-3H MPT) : 一体型人工バリア搬送・定置実証試験
  - 2013年度は技術部職員(2人)が現地に駐在し、同試験に参加。



実証試験におけるボーリング調査

