

全国シンポジウム説明用参考資料

いま改めて考えよう地層処分
～科学的特性マップの提示に向けて～

2017年5月・6月

	ページ番号
1. 地層処分に今取り組む必要性	3
2. 地層処分事業の概要	7
3. 処分地の選定、安全性の確保	15
4. 「科学的特性マップ」の位置づけ	45
5. 地域との共生に向けて	55
6. 補足資料	65

※シンポジウムの中で全てのスライドを利用し説明するものではありません。予めご了承ください。

※作成、文責:上記1、4及び6は資源エネルギー庁、上記2、3及び5は原子力発電環境整備機構(NUMO)です。

1. 地層処分に今取り組む必要性

地層処分とは

- 原子力発電に伴って発生する「高レベル放射性廃棄物」を、地下深くの安定した岩盤に閉じ込め、人間の生活環境や地上の自然環境から隔離して処分する方法を「地層処分」と言います。

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人間の生活環境や地上の自然環境から隔離されている

閉じ込め機能

隔離機能



地層処分の基本的な考え方

- 地層処分の目標は、長期的に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です。地下深くに適切に埋設すれば、地上で保管を続けるよりも、安全上のリスクを小さくし、かつ、将来世代の負担を小さくすることができます。
- 地層処分が最良の選択であり、現世代の責任でこれを実現すべきという基本的な考え方は、長年にわたる国際的な議論を経て、多くの国で共有されています。

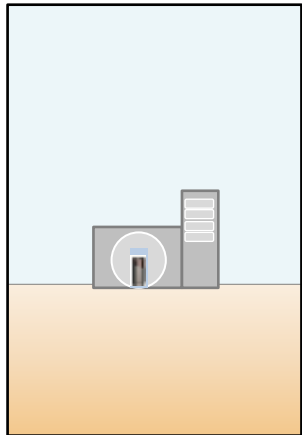
現在

数十年

数百年

数千年

数万年



管理における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

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？

現世代の責任と将来世代の選択可能性

- 地層処分の実現には何世代にもわたる時間を要するため、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。我が国も、地層処分を前提としつつも、将来世代が最良の処分方法を選択できるようにすることを基本的な方針とし、回収可能性^(※)に関する研究開発等を進めています。 (※) 処分場の閉鎖までの間、安全な管理が可能な範囲で、一度処分施設に運び込んだ廃棄体についても取り出せるようにすること。
- ただし、他の技術が地層処分に替わるものになるとの見通しは、どの国においても得られていません。地層処分という選択を将来世代から奪わないためには、その実現に向けて、今から取り組む必要があります。

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 ?)

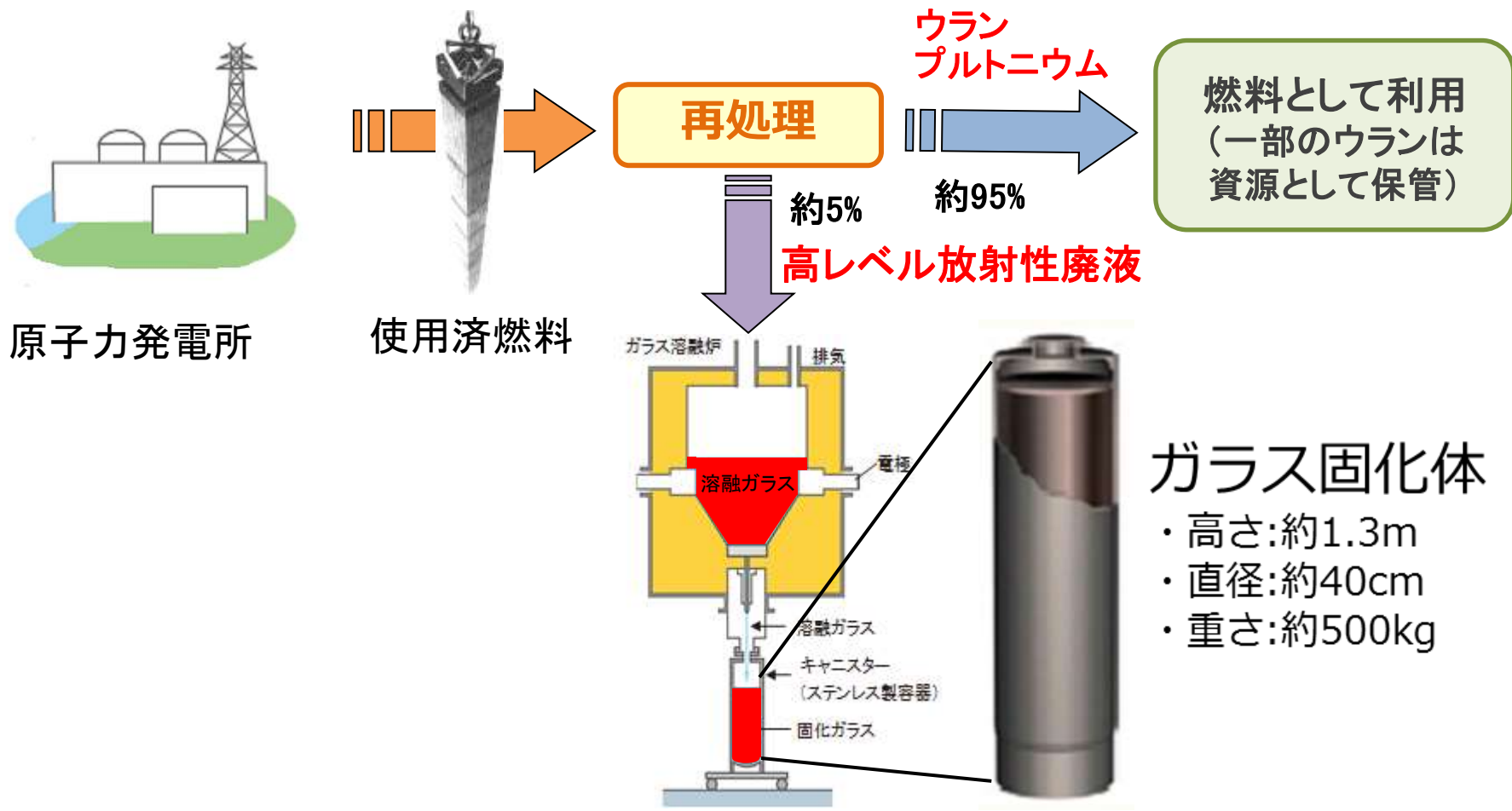
地層処分を実行できる
(貯蔵保管などの選択肢も、
採りたければ可能)

(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。

2. 地層処分事業の概要

地層処分を行う高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)

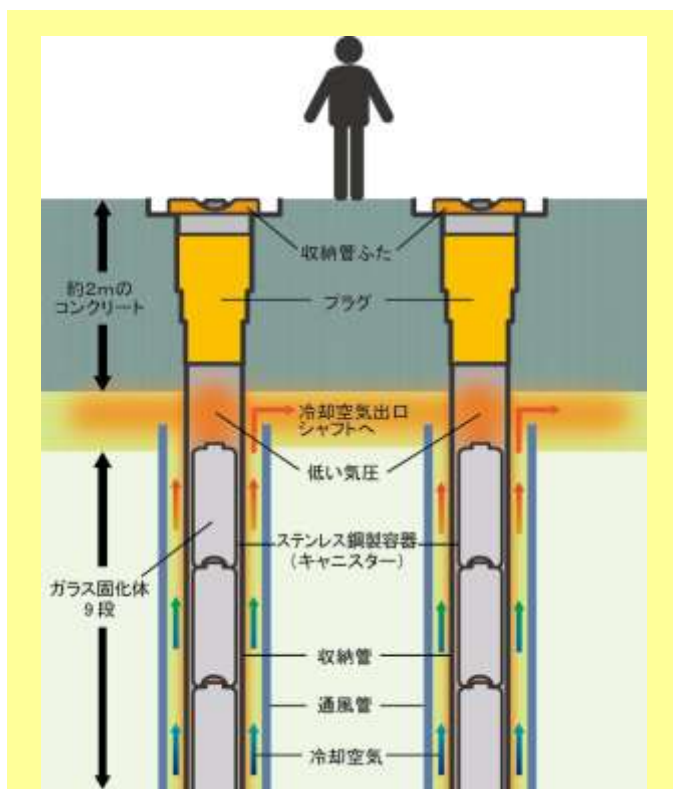
- わが国では、使用済燃料を再処理し、取り出したウランやプルトニウムを燃料として再利用するとともに、後に残る廃液をガラス原料と高温で溶かし合わせ固化(ガラス固化体=高レベル放射性廃棄物)した上で、地層処分する方針です。
- 現在原子力発電所等に保管されている約18,000トンの使用済燃料を今後再処理すると、すでに再処理された分も合わせ、約25,000本(2017年3月末時点)のガラス固化体が存在することになります。



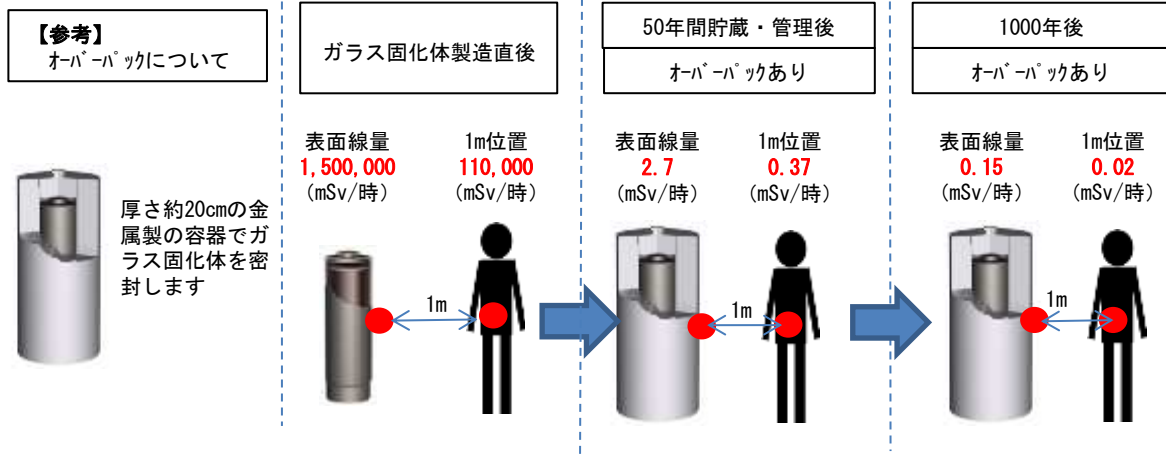
高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の性質

- 製造直後のガラス固化体からは強い放射線が出ていますが、約2mのコンクリートで十分遮蔽できます。その放射能のレベルは時間とともに下がりますが、十分低くなるには長い時間がかかります。
- なお、ガラス固化体は安定した物質なので、それ自体に爆発性はなく、多数集めても臨界(※)になることもありません。(※)放射性物質が連続的に核分裂を起こすこと。

青森県の六ヶ所村にある高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターでは、約2mのコンクリートで十分遮蔽しています。



※構造を簡略化した図です。



【参考】

胸のX線集団検診
0.06 mSv



東京・ニューヨーク
飛行機往復
0.19 mSv



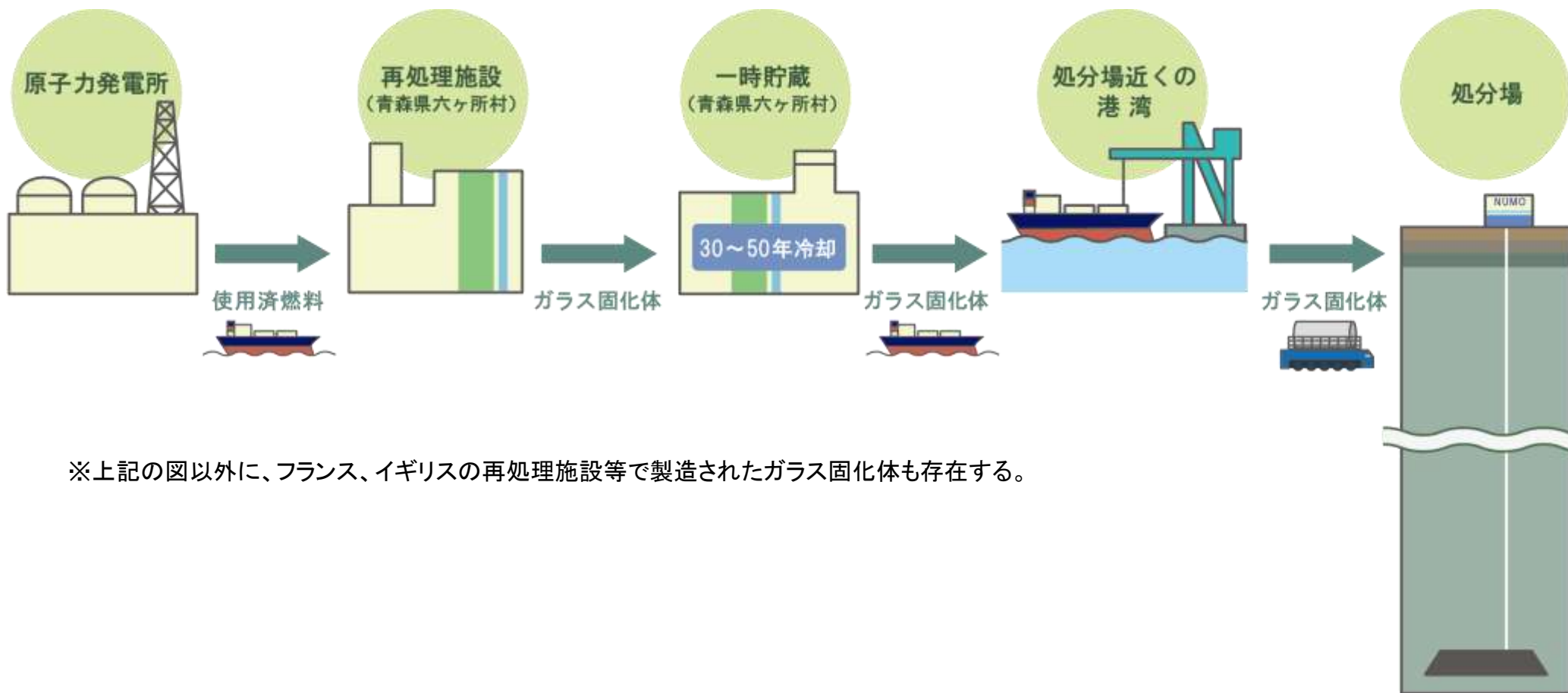
CTスキャン1回
6.9 mSv



高レベル放射性廃棄物の製造から処分までの流れ

- ガラス固化体は、青森県六ヶ所村にある高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターで、30～50年間貯蔵し、温度(発熱量)が十分に下がるのを待ってから、処分施設に輸送する予定です。

【高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)に関する全体的な流れ】



※上記の図以外に、フランス、イギリスの再処理施設等で製造されたガラス固化体も存在する。

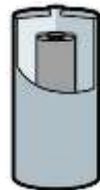
多重バリアシステムの構築

- 高レベル放射性廃棄物は、地下300m以深の地下水の流れが遅い安定した岩盤(天然バリア)に埋設します。さらに、放射能レベルが高い期間を考慮し、オーバーパックや粘土から構成される「人工バリア」を施します。
- 地層処分は「天然バリア」に「人工バリア」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を人間の生活環境から隔離し、その動きを抑え閉じ込めます。

ガラス固化体



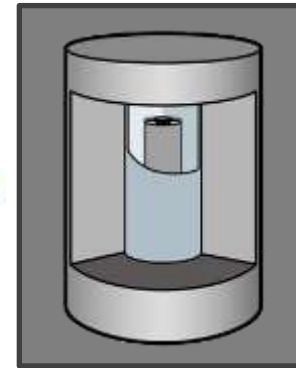
オーバーパック
[厚さ約20cm]



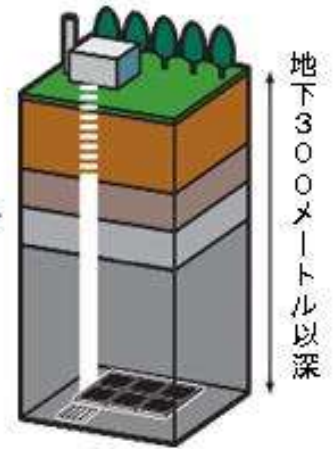
締め固めた粘土
[厚さ約70cm]



岩盤



地層処分施設



- ・放射性物質をガラスの網目構造の中に取り込む
- ・水に溶けにくい

- ・放射能(発熱量)が高い期間、地下水とガラス固化体の接触を防止する

- ・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
- ・周囲からの影響を緩和する

- ・酸素が少ない
- ・地下水の流れが遅い
- ・放射性物質を吸着し、移動を遅らせる
- ・地上の人間や自然環境から隔離する

人工バリア

+

天然バリア

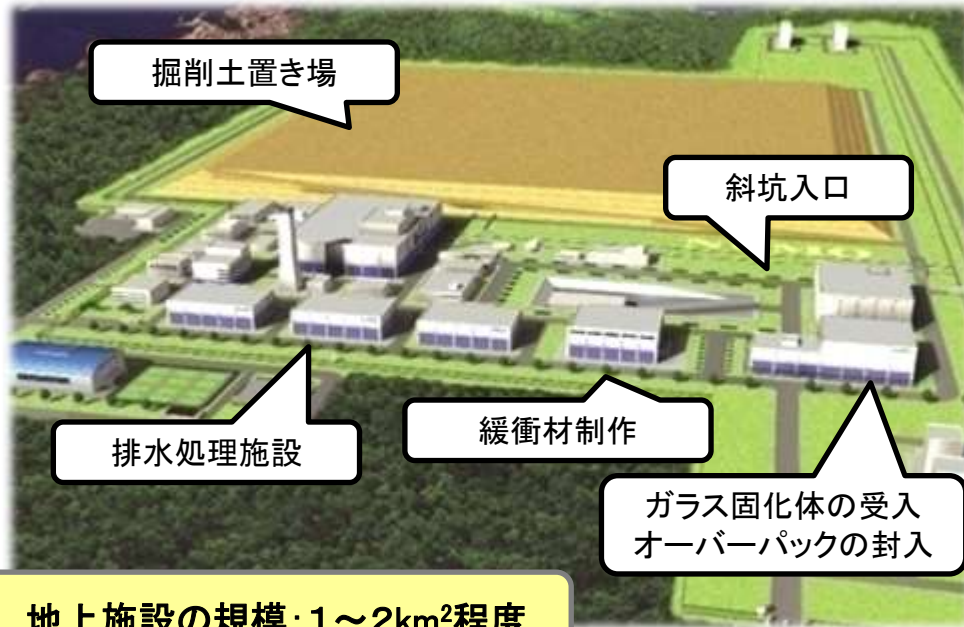
=

多重バリア

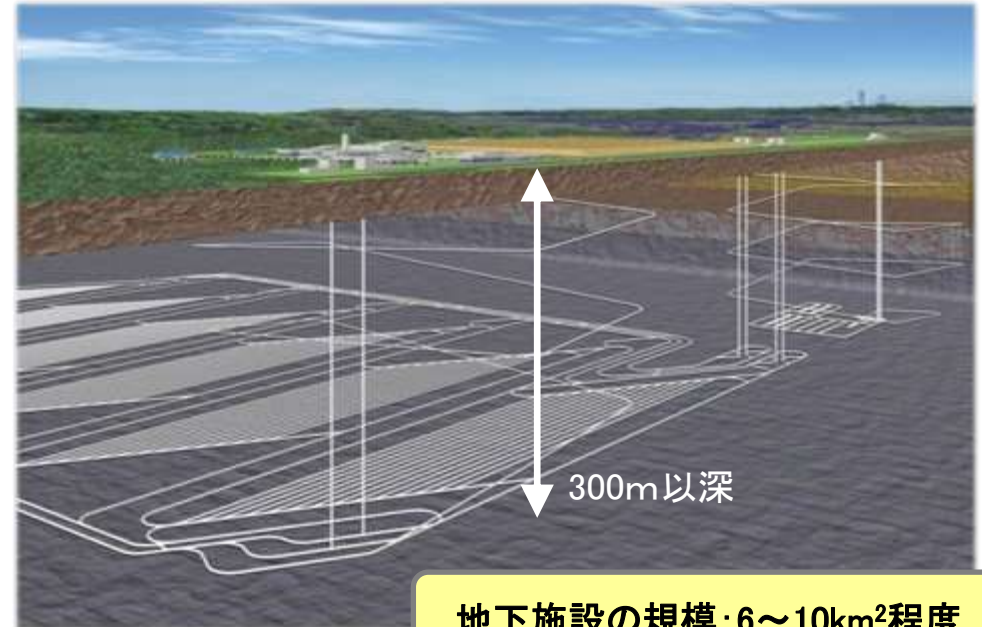
地層処分場の規模

- スケールメリットを考慮し、ガラス固化体を4万本以上埋設できる施設を1ヶ所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1～2km²程度、地下施設が6～10km²程度、坑道の総延長は200km程度と見込んでいます。

地上施設のイメージ



地下施設のイメージ



最終処分事業費: 約3.7兆円

※地層処分相当の低レベル放射性廃棄物の処分費用も含む。
※費用は原子力発電を行う電力会社等が拠出。



地層処分場の建設～閉鎖までの流れ

- 処分場の建設中は多くの作業員が従事する大規模な事業です。
- 操業終了後は、地下施設を埋戻し、地上施設を撤去し、最終的に更地に戻します。



建設中のイメージ



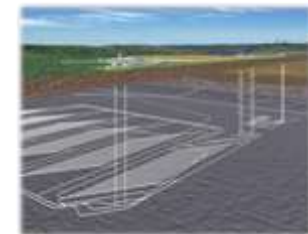
坑道の掘削イメージ

地上施設



管理棟内のイメージ

地下施設



坑道の完成イメージ

事業は様々な高度技術を利用して、安全かつ効率的に行います

地上施設における工程(1~4)

1. 地上施設への輸送



ガラス固化体を輸送する際は、放射性物質が漏れ出さないように頑丈につくられた専用の輸送容器(キャスク)に納め、専用道路を通過して搬送するなど、放射線が遮蔽された状態を維持します。

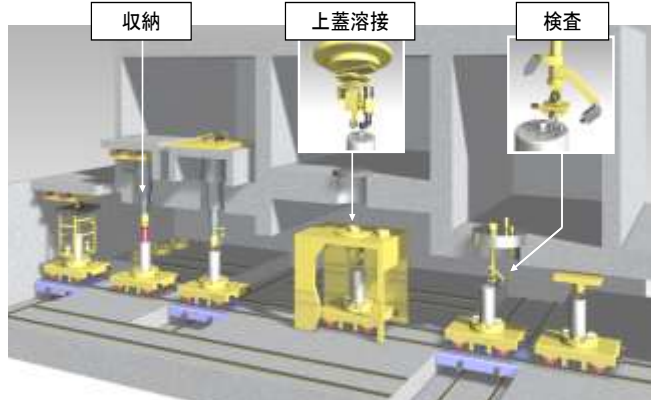
2. ガラス固化体の受入・検査・一時仮置き



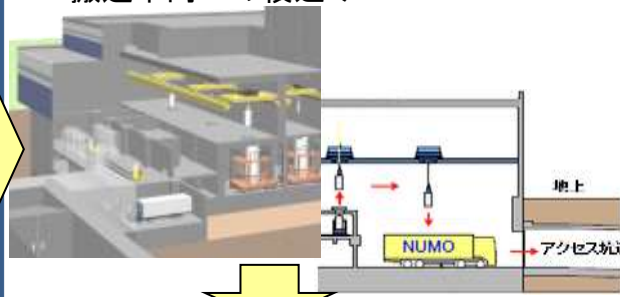
放射線量や収納容器の状態を確認した後、受入れます。

最先端の遠隔操作技術を用いてガラス固化体をオーバーパックへ収納し、上部を溶接し、密封します。

3. ガラス固化体のオーバーパックへの封入・溶接(遠隔操作技術を使用)



4. 搬送車両への積み込み



廃棄体を搬送車両に積み込みます。

5. アクセス坑道での搬送



地下施設における工程(5~7)

アクセス坑道が斜坑の場合は、搬送専用車両で搬送します。

6. 処分坑道での搬送と定置



処分孔に緩衝材を定置し、その内側に廃棄体を定置します。その後、廃棄体の上にも緩衝材を定置し、閉じ込めます。(遠隔操作技術を使用)

7. 処分坑道の埋め戻し



隙間なく締め固めながら埋めていきます。埋め戻し材には、粘土(ベントナイト)を混ぜて使用することで、地下水の地上への流出を防ぎます。

3. 処分地の選定、安全性の確保

地層処分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

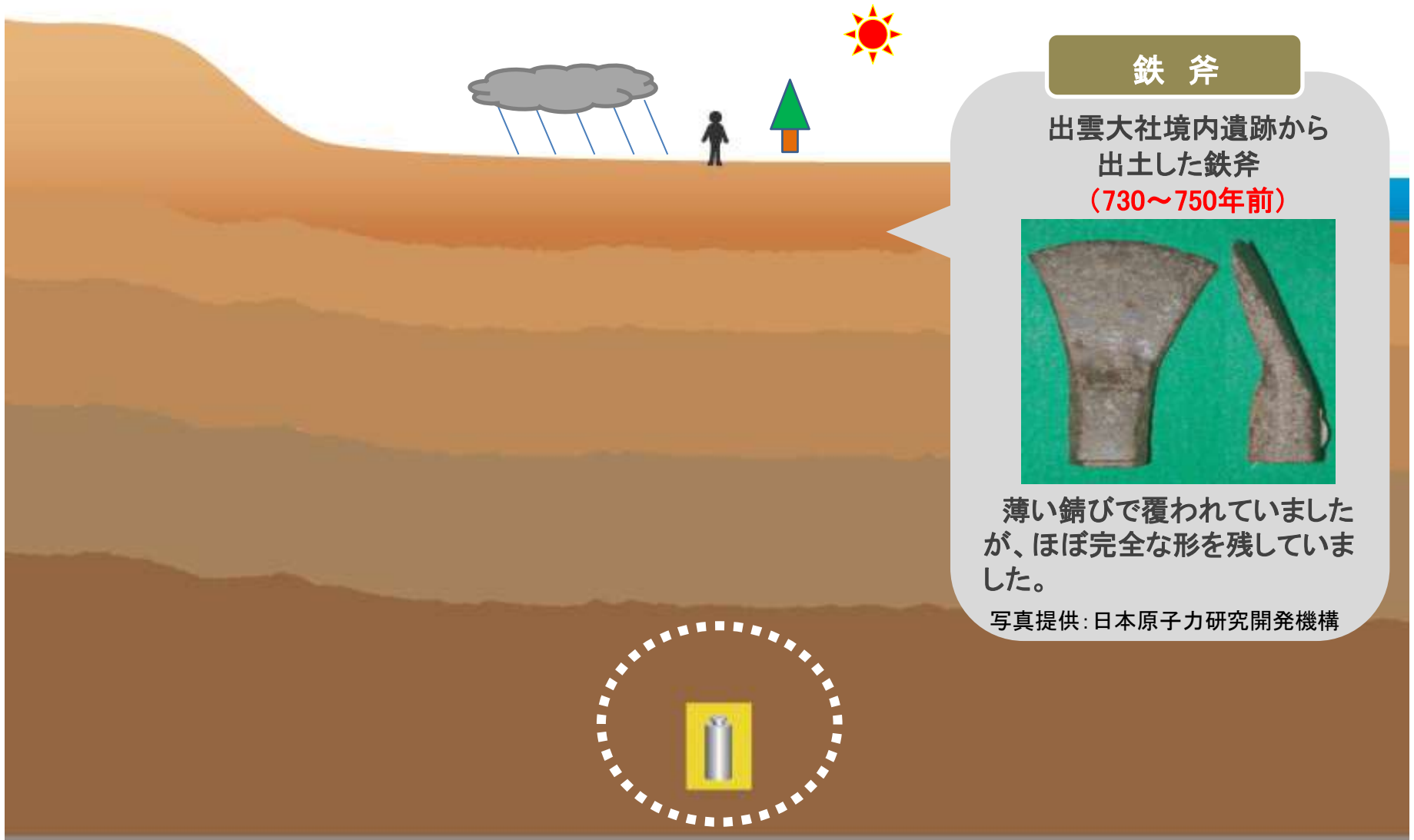
③人間の生活環境や地上の自然環境から隔離されている

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無いため、ものの変化が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。

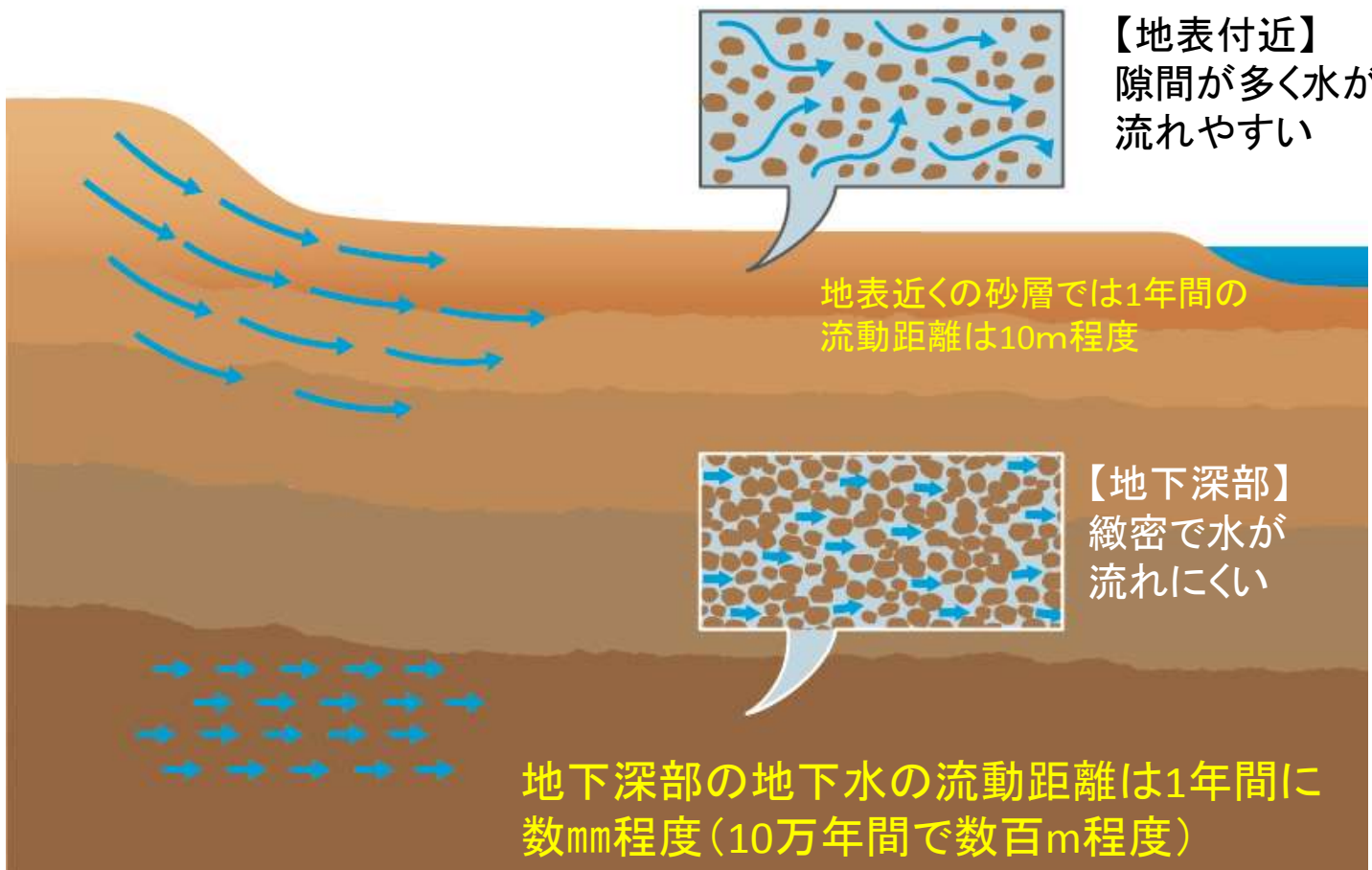


地下深部の特徴②:ものの動きが非常に遅い

- 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。

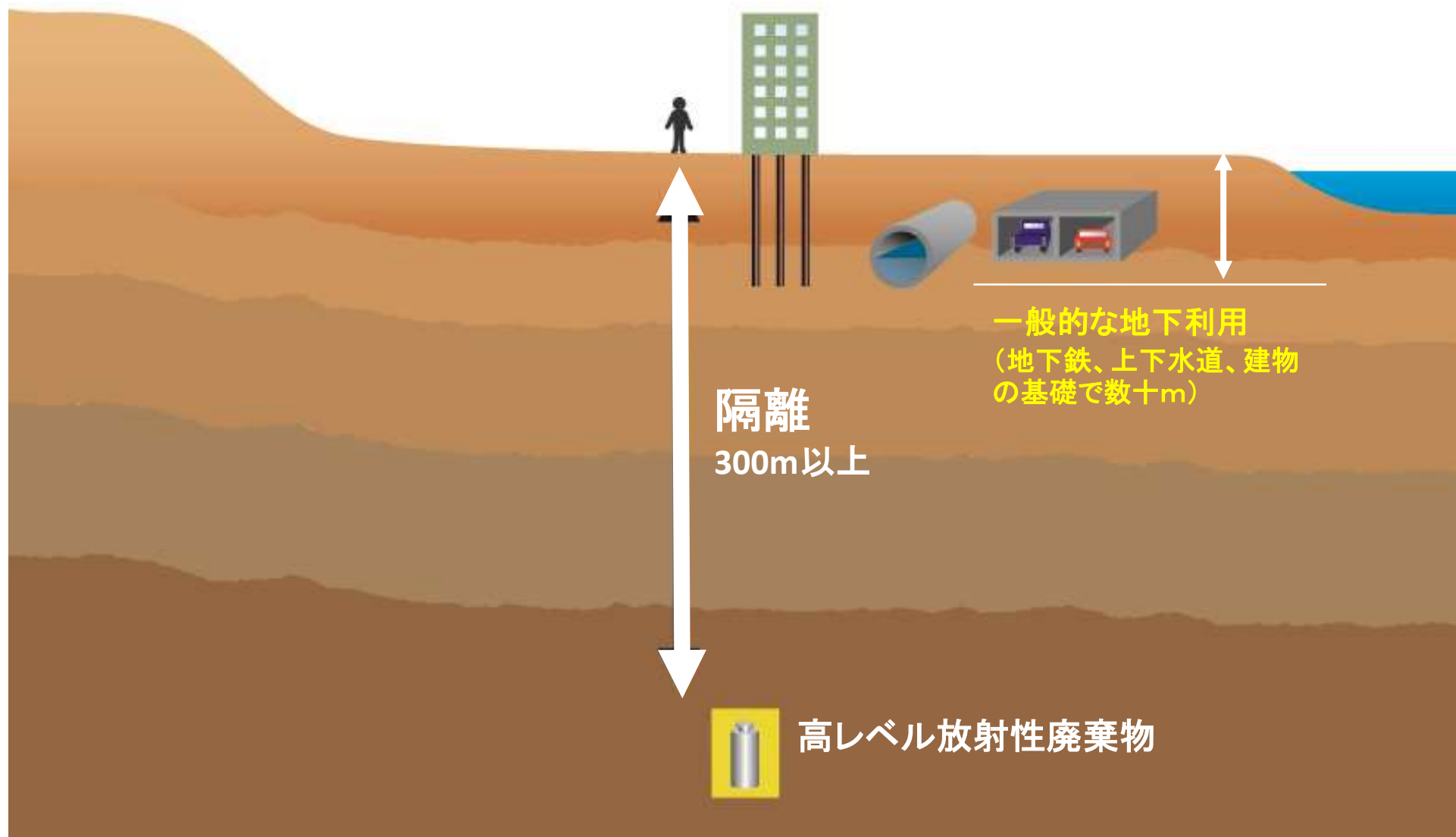
【地表付近】
地下水を流そうとする力が強い

【地下深部】
地下水を流そうとする力が弱い



地下深部の特徴③: 人間の生活環境や地上の自然環境から隔離されている

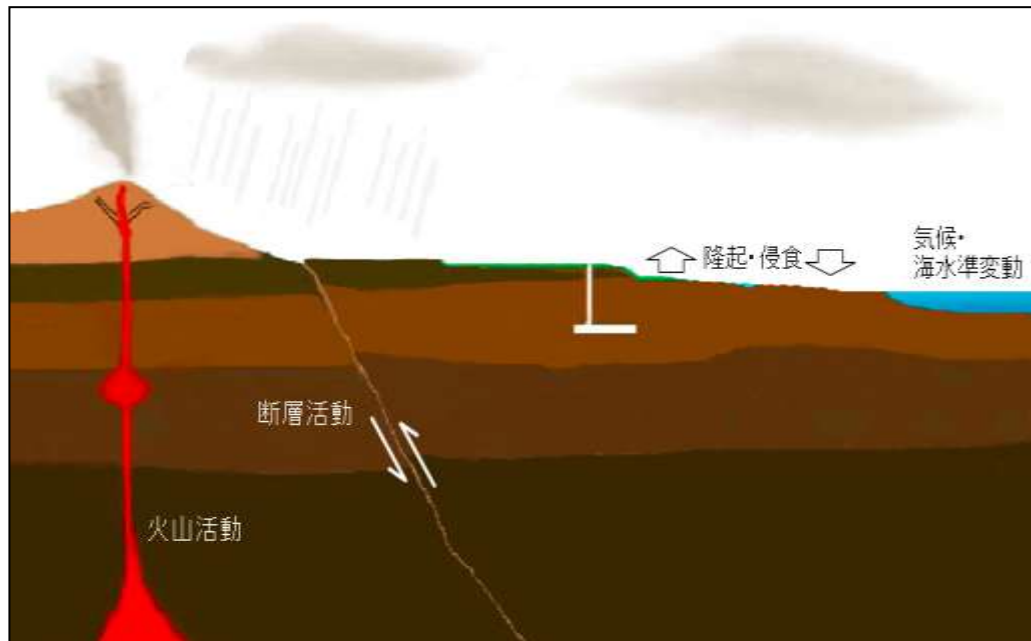
- 地下深部は、人間が容易に近づくことはできません。風水害の影響も及びません。



処分地の選定のための調査・評価①

- 地下深部は一般的に処分に適した特性を持っていますが、安全に地層処分を行うため、好ましい地下環境があり、その特性が長期にわたって確保できるかどうか、様々な観点から調査、評価する必要があります。

将来にわたって、火山活動や大きな断層のずれが、処分場を破壊するようなことがないか

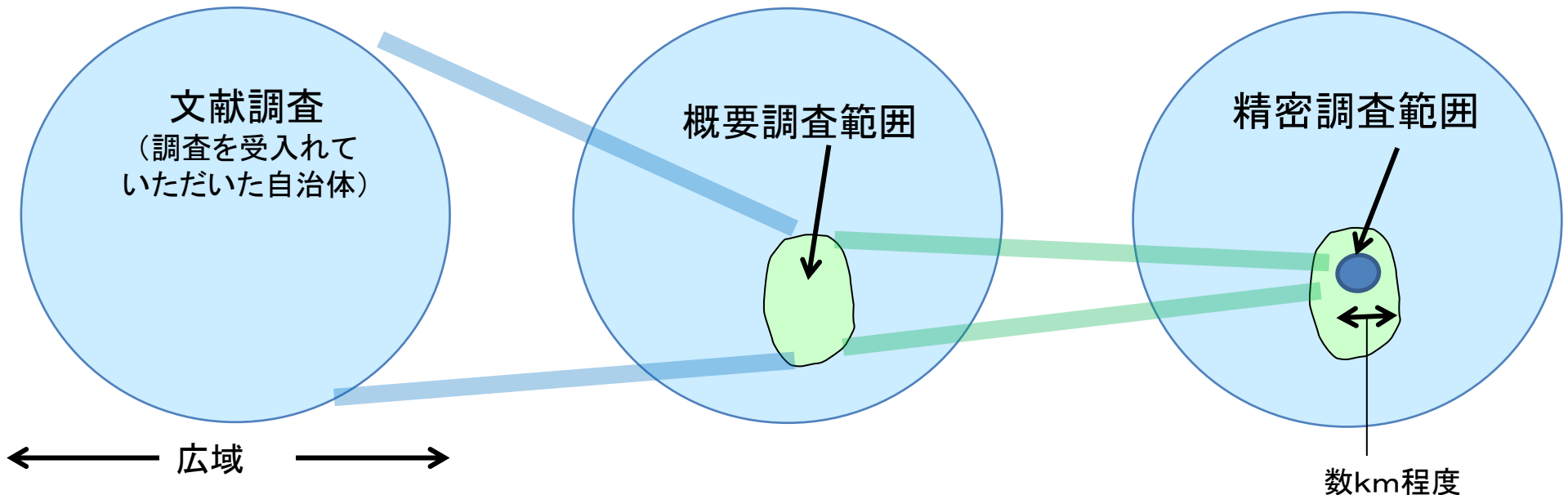
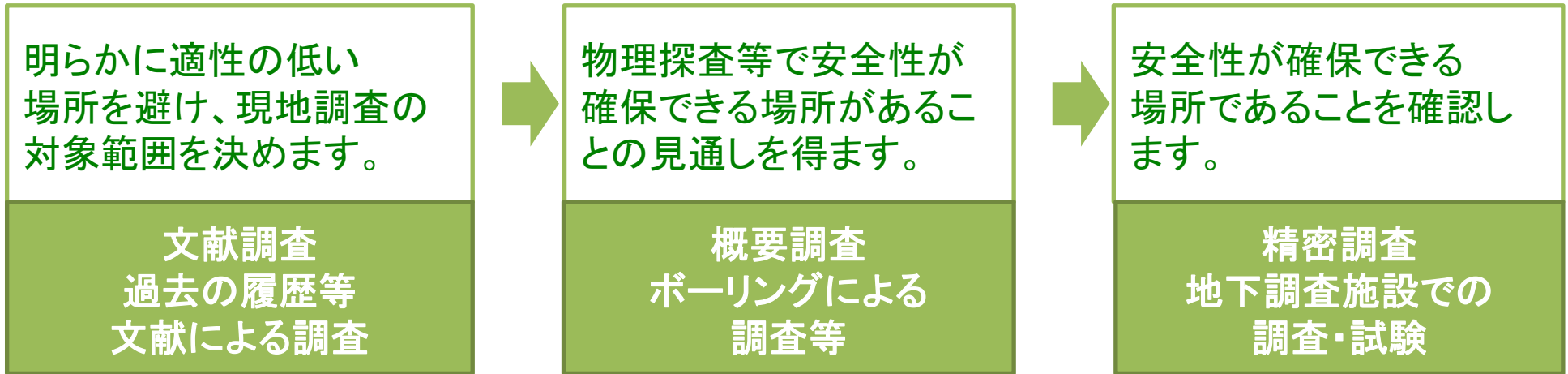


好ましい地下環境特性(地下の温度、地下水の動きや水質、岩盤の性質)が長期にわたって確保できるか



処分地の選定のための調査・評価②

- 処分地は、段階的に調査範囲を絞り込みながら、調査・評価の精度を上げていき、慎重に選定します。



地層処分の安全確保の目標と方策

目標

人と環境に与えるリスクを十分小さくする(※)

方策

A 適切な処分場所を選ぶ

一般的に、地下深くの地質環境は、ものを閉じ込める性質(機能)や隔離する性質(機能)がある

→ この性質(機能)が著しく低下しかねない場所を対象としない

→ その上で、将来、綿密な調査を重ねて、好ましい地質環境を有する地点を慎重に選ぶ

B 放射性物質を閉じ込める「多重バリアシステム」を構築する

C 処分施設全体を安全サイドに立って設計し、そのことを評価で確認する

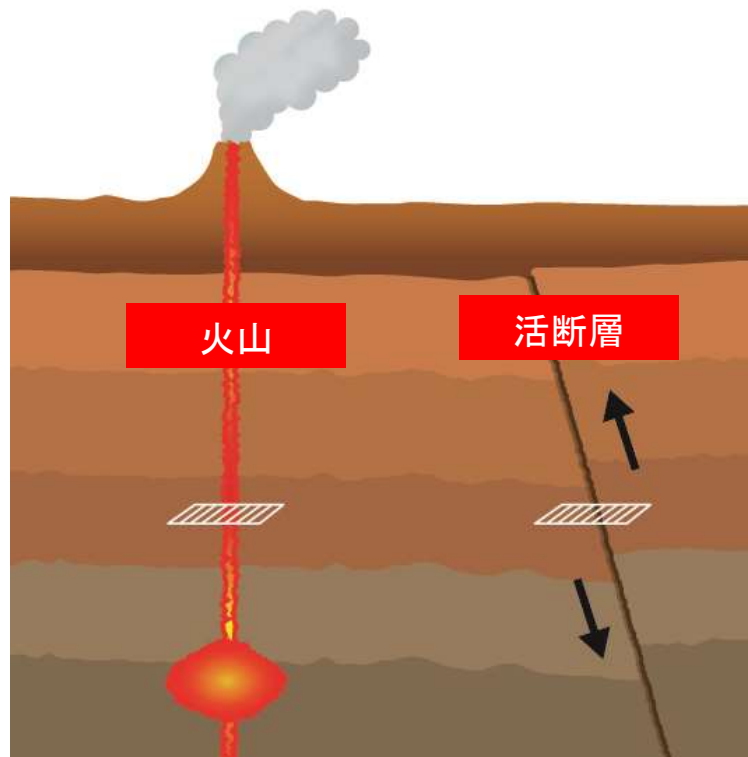
D 建設・操業時や輸送時の十分な安全対策を講じる

(※)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。

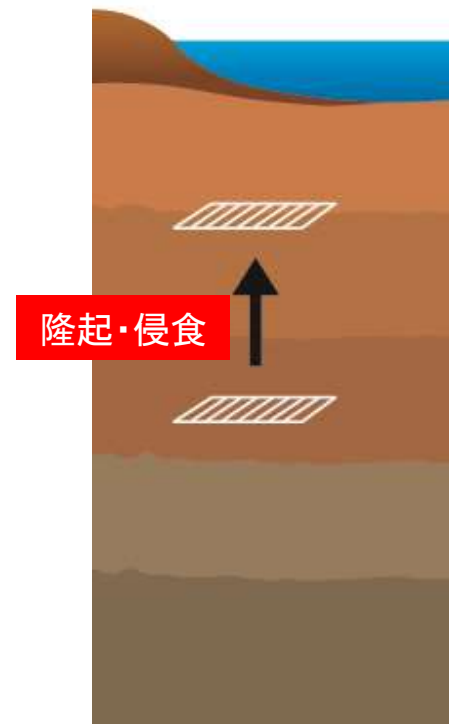
A 適切な処分場所を選ぶ①

●場所によっては、自然現象により、閉じ込め機能や隔離機能に著しい低下が起きる可能性があるため、こうしたことの起こらない場所を選ぶ必要があります。

①火山や断層の活動により
処分施設が破壊される可能性



②隆起・侵食により人間と廃棄物と
が接近する可能性



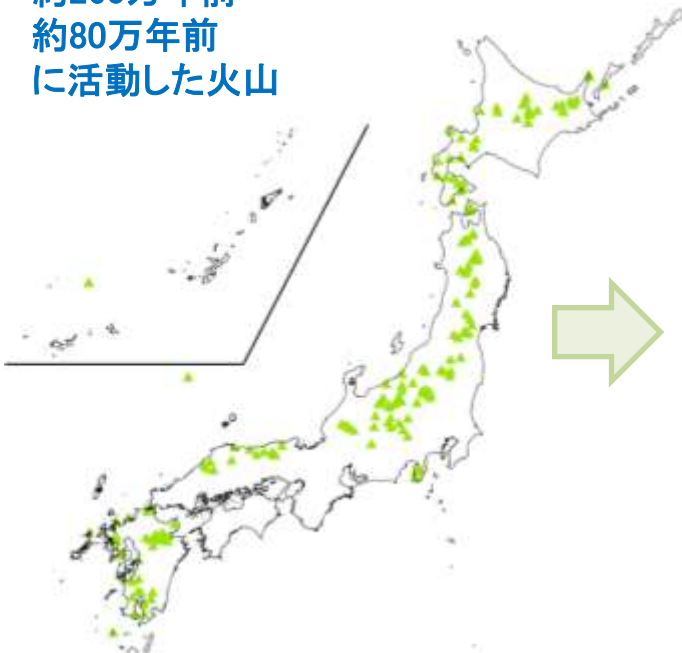
A 適切な処分場所を選ぶ②

～火山活動の影響が大きい地域は避けます

- 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は、半径15kmの円の範囲を越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。

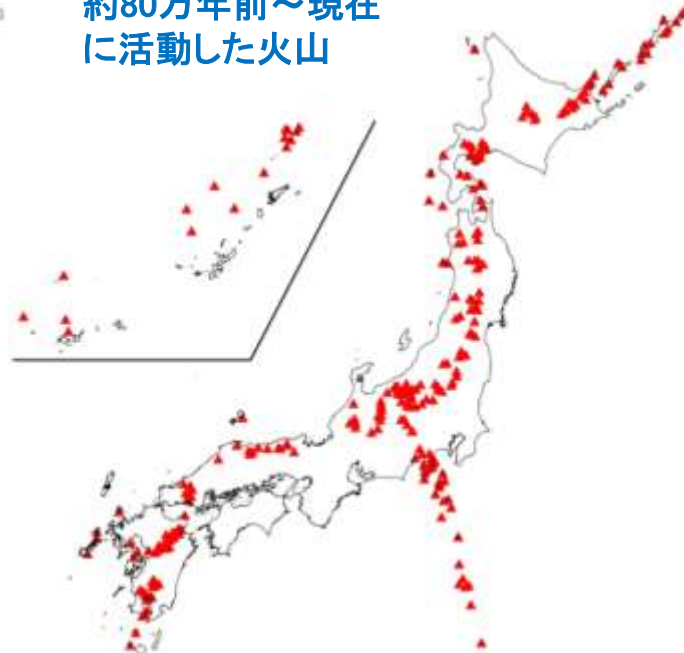
【日本列島における火山の分布】

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

物理探査(地震波探査等)によるマグマの分布等の調査やボーリング調査による地下の温度等の調査により火山活動の影響範囲を把握します。



物理探査

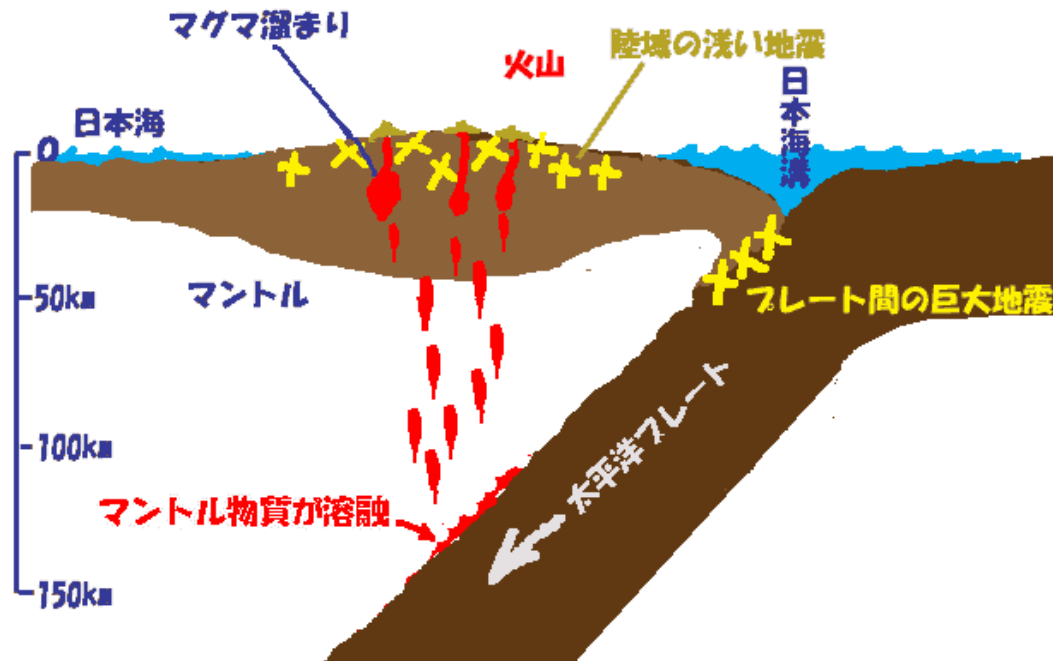
(物理探査は、岩石の電気や弾性波のとおりやすさといった物性の違いを測定して地下の様子を調査する方法。写真は地下に弾性波を送る大型バイブレータ震源。)

※写真提供: 地球科学総合研究所HP

(参考)火山・火成活動について

- 日本の火山の多くは、陸のプレートの下に沈み込んだ海のプレートからの水の働きにより、マンツルの一部が融けることでマグマが生成・上昇し、一旦地殻内のマグマだまりに蓄えられるなどした後、地表に噴出することで形成されます。これらの火山の位置は、過去数百万年程度の期間、ほとんど変わっていません。
- 火山には寿命(数十万年程度)があると考えられており、活動休止期を挟み数十年以上の長期に活動している火山については、活動期ごとに異なる熱源により活動している可能性があります。こうした火山については、処分地選定調査において地下におけるマグマの状況を調査(※)することが必要となります。
※具体的には、地殻熱流量、地震波速度分布、地下の比抵抗分布、火山性ガス組成などの観測が考えられます。

【火山発生メカニズム】



A 適切な処分場所を選ぶ③

～断層活動の影響が大きい地域は避けます

- 断層活動は、過去数十万年にわたり同じ場所で繰り返し発生しています。
- 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は、この範囲を越えて、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て調査を行い、処分施設に著しい影響を及ぼす可能性がある場所は、回避します。

【日本列島における活断層の分布】

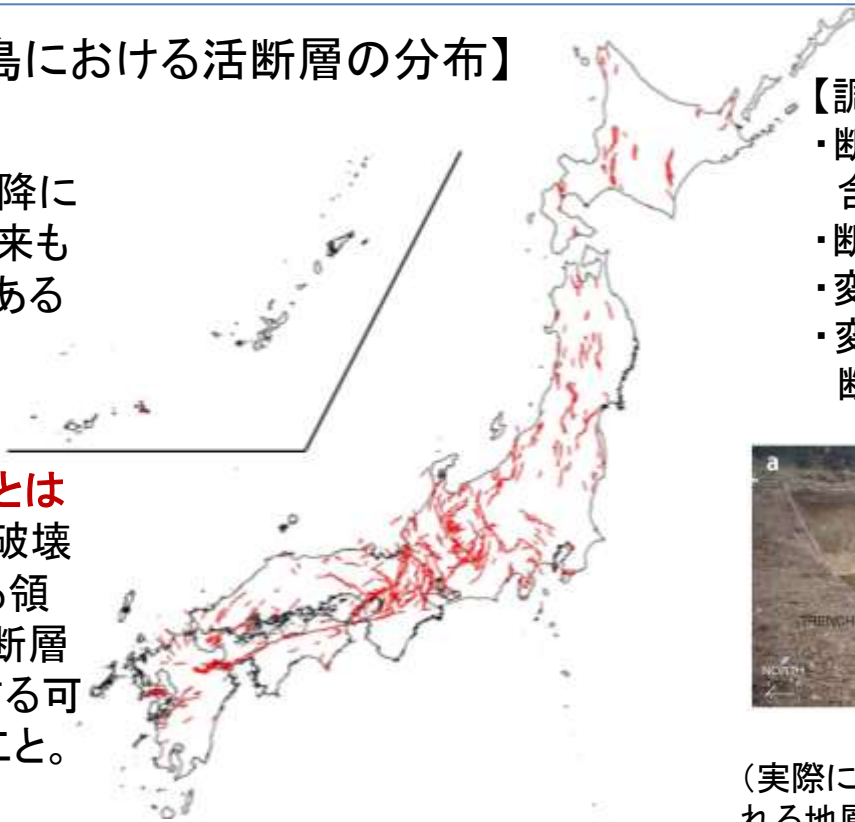
活断層とは

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)



【調査で把握する範囲や影響】

- ・断層の分布、破砕帯の幅および外側の変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
- ・変形帯や活褶曲・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



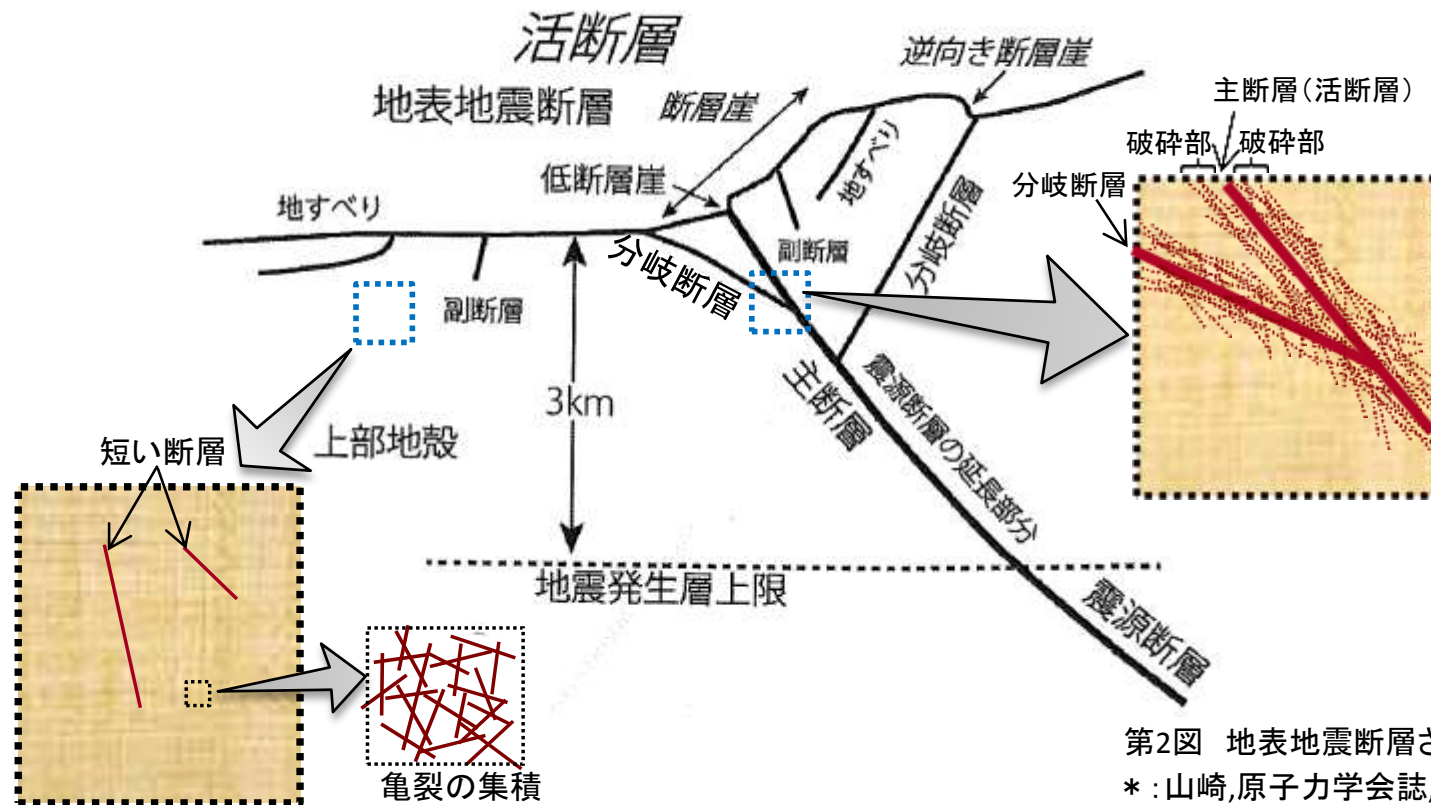
トレンチ調査

(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))

(※)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。

(参考)断層活動について

- M7以上の地震を引き起こす震源断層のずれは、地震発生域(地下3~20km程度)の全体に及び、地表にまで達する可能性があることから、廃棄体を直撃しないように避ける必要があります。なお、地下には地表に現れていない活断層が存在する可能性があることに留意する必要があります。
- 処分地選定調査では、回避しなければならない活断層であるか否かを評価することが必要です。
- 一方、断層長の短い断層等、繰り返し活動することが想定されないものの影響については、たとえ動いたとしても人工バリアによる緩衝効果が期待されることから悪影響があるとは考えにくいです。
- 活断層が繰り返し活動することで、周辺の岩盤が破断・破碎されている場合には、透水性が高くなっている可能性があります。
- 処分地選定調査では、断層面、破碎部、亀裂等の透水性等を評価し、安全評価を行うことにより、問題がある場所は避ける必要があります。



第2図 地表地震断層さまざまな出現形態)*に加筆

* : 山崎,原子力学会誌, vol55, No.6, pp12-15, 2013.

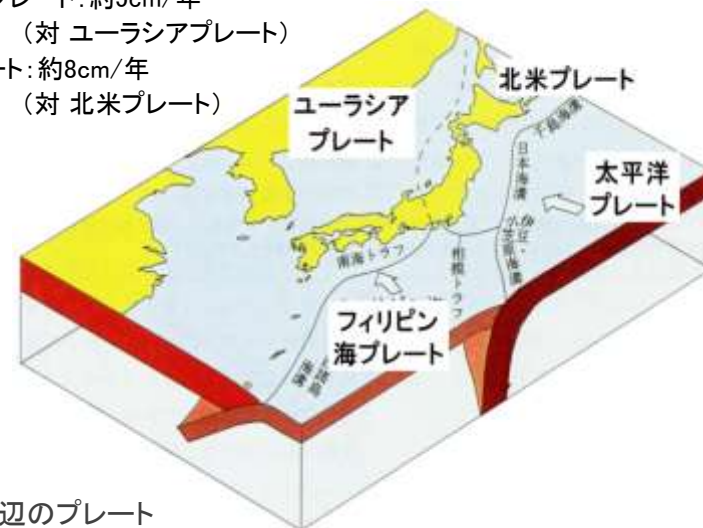
(参考)わが国周辺のプレートの動き

プレートの動きの方向や速さは数百万年前からほとんど変化が無く、今後も10万年程度はほとんど変化しないと考えられています。

また、プレートの大きさに比べて処分施設は十分小さいため(6~10km²)、極めてゆっくりと動くプレートと一体になって、その構造や形状を変えずに動いていくと考えられます。

【現在の相対的なプレートの動き】

フィリピン海プレート:約5cm/年
(対 ユーラシアプレート)
太平洋プレート:約8cm/年
(対 北米プレート)



日本列島周辺のプレート

(地震調査研究推進本部地震調査委員会編、1997に加筆)

200万年前の日本列島



100万年前の日本列島

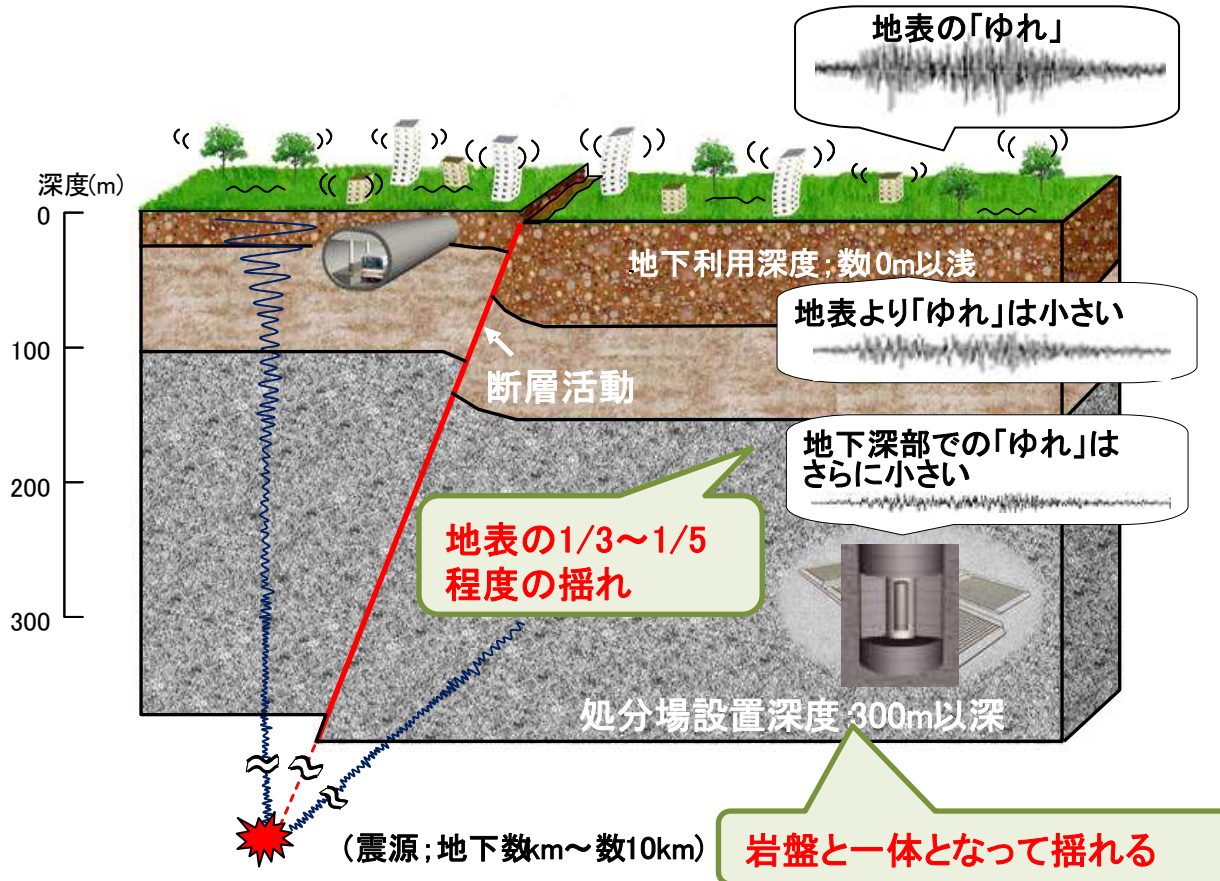


現在の日本列島



A 適切な処分場所を選ぶ④ ～地震の影響を考慮します

- 活断層そのものは回避しますが、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。



A 適切な処分場所を選ぶ⑤ ～隆起・侵食の影響が大きい地域は避けます

- 将来、著しい隆起・侵食により、処分場が地表に著しく接近し、地層処分システムの物理的隔離機能が喪失しないようにすることが必要です。
- 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。



地表地質調査

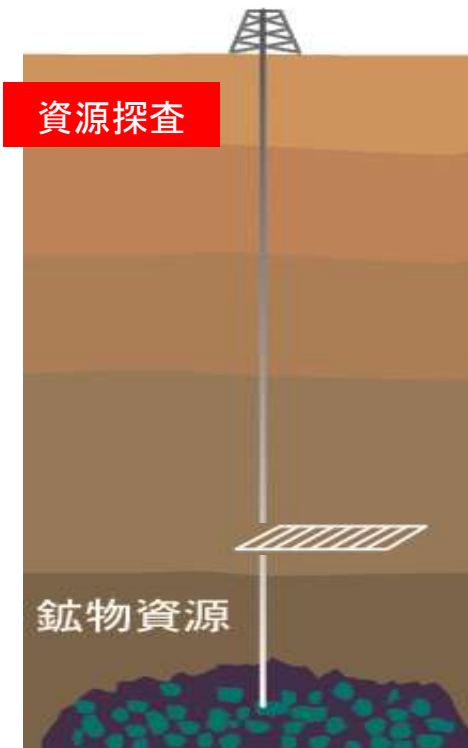
(隆起・侵食速度を推定するために過去の侵食の記録である河岸段丘や海成段丘を調査している様子)

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

A 適切な処分場所を選ぶ⑥

～経済的に価値の高い鉱物資源がある地域は避けます

- 遠い将来の人間の行動を予測することは困難ですが、地下深部に侵入する誘因となるようなものがある場所は、できるだけ避けた方が良いという考え方が国際的に共有されています。
- 地下に経済性が高い鉱物資源が存在するような場所では、処分施設の管理が終了した後の将来において、人間が廃棄物の埋設に気づかずに資源探査等を行ってしまうかもしれません。
- このため、処分地選定調査において経済的に価値の高い鉱物資源の存在が確認された場合には、その場所を避けます。



A 適切な処分場所を選ぶ⑦

～調査地点を絞って、詳細な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



室内力学試験



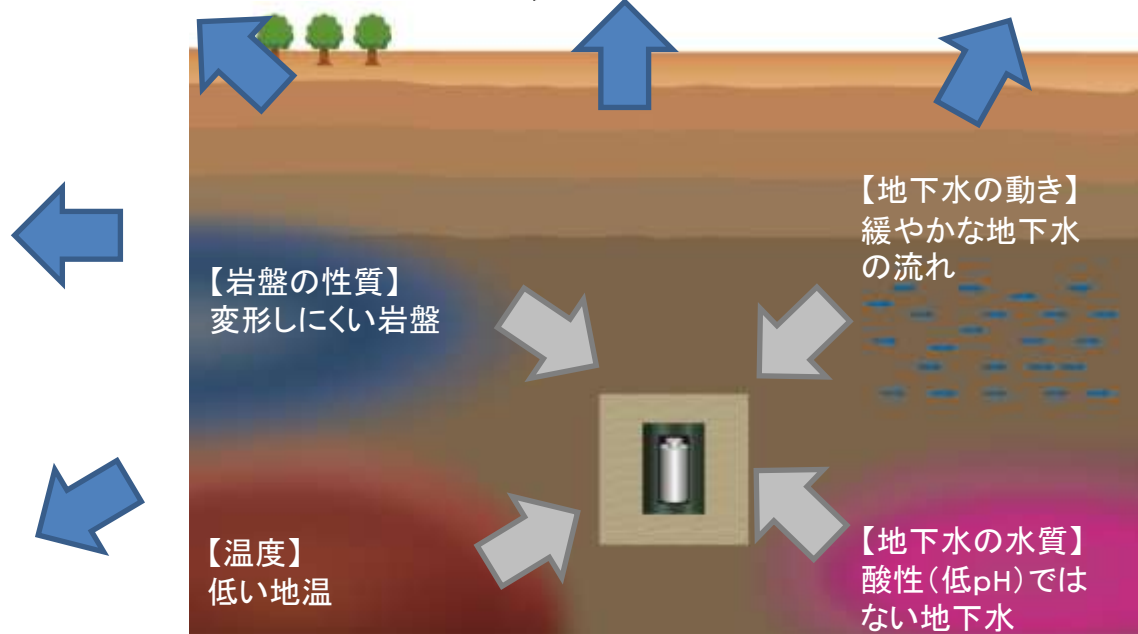
試験装置の挿入



地下水の採取→水質分析



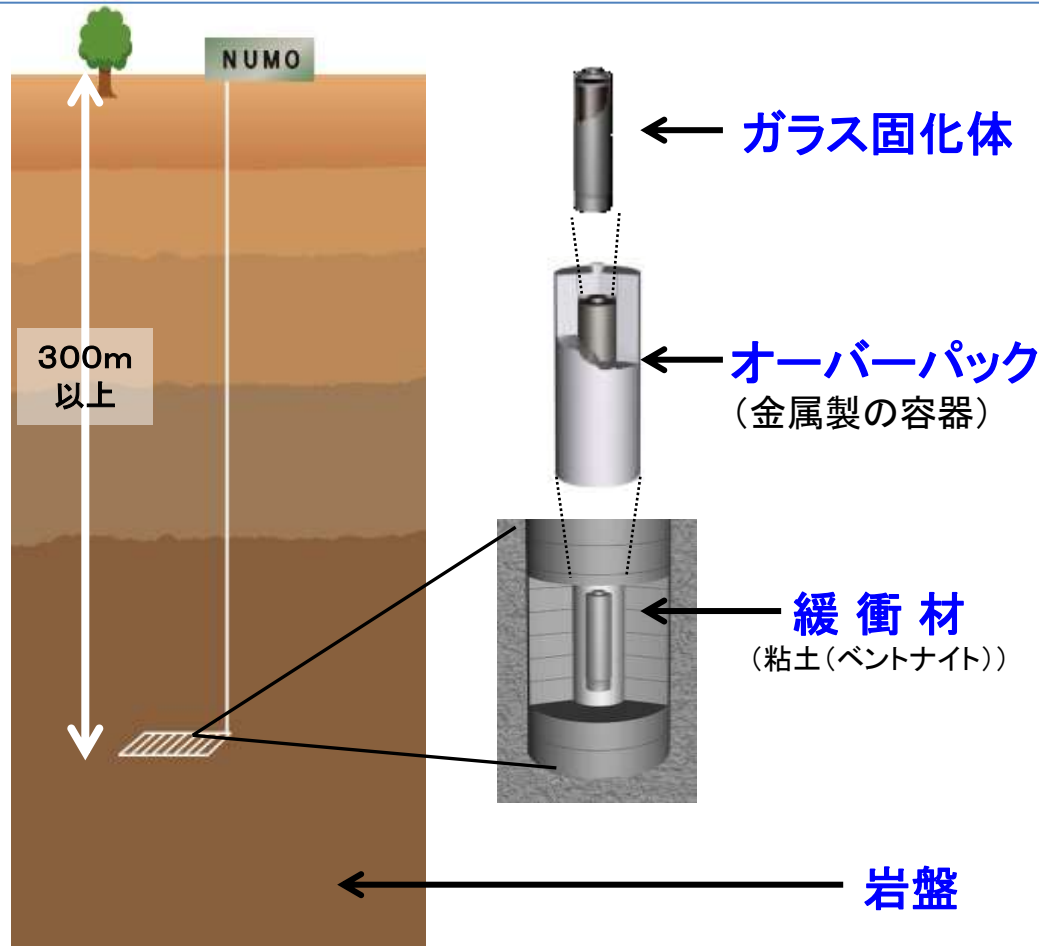
ボーリングコア



B 「多重バリアシステム」を構築する ①

～地下水の影響の対策として人工バリアと天然バリアを組み合わせます

- 地層処分では、長い時間をかけて、放射性物質が地下水の流れとともに、ゆっくりと移行し、やがて人間の生活環境に運ばれる可能性について検討し、対策を講じることが重要です。
- 地下水によ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します。



- ・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。
- ・周囲からの影響を緩和。

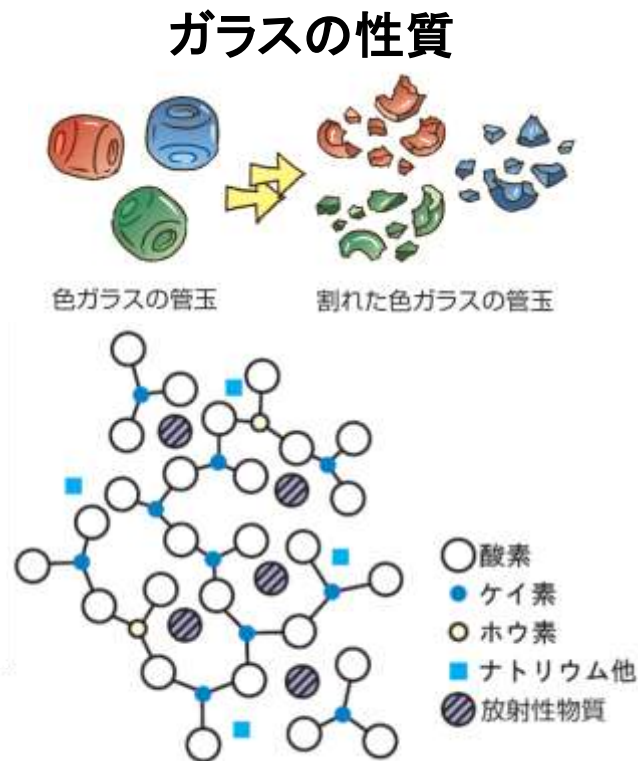
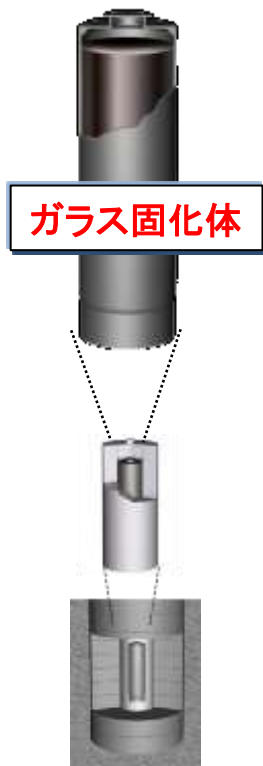
- ・酸素が少ない。
- ・地下水の流れが遅い。
- ・放射性物質を吸着し移動を遅らせる。
- ・地上の人間や自然環境から隔離。

人工
バリア

天然
バリア

B 「多重バリアシステム」を構築する② ～ガラスの網目構造に取り込みます

●放射性物質はガラスの網目構造の中に取り込まれているため、ガラスが割れても直ちには溶け出しません。



発掘された古代エジプト時代の ガラス工芸品



B.C.2900年頃～B.C.300年頃に製造されたガラス工芸品が色鮮やかなまま発掘された事例
(写真提供:PPS通信社)

ガラス固化体が全て溶けるまでには
7万年以上かかると考えられています。

B 「多重バリアシステム」を構築する③

～オーバーパックで完全密封し、放射能が高い期間地下水との接触を防ぎます

- ガラスの発熱量の高いうちは、地下水との接触を防ぐ必要がありますので、ガラス固化体をオーバーパックで完全密封します。
- 地下の深いところは、酸素が非常に少ないため、腐食は極めてゆっくりとしか進みません。そのため、オーバーパックの1000年間の腐食量は大きく見積もっても3cm程度です。



金属製で厚さ約20cmのオーバーパックで完全密封することで、放射能と発熱量が大きく下がる少なくとも1000年の間、ガラス固化体が地下水に触れないようにします。

出雲大社境内遺跡から出土した鉄斧 (730～750年前)



写真提供: 日本原子力研究開発機構

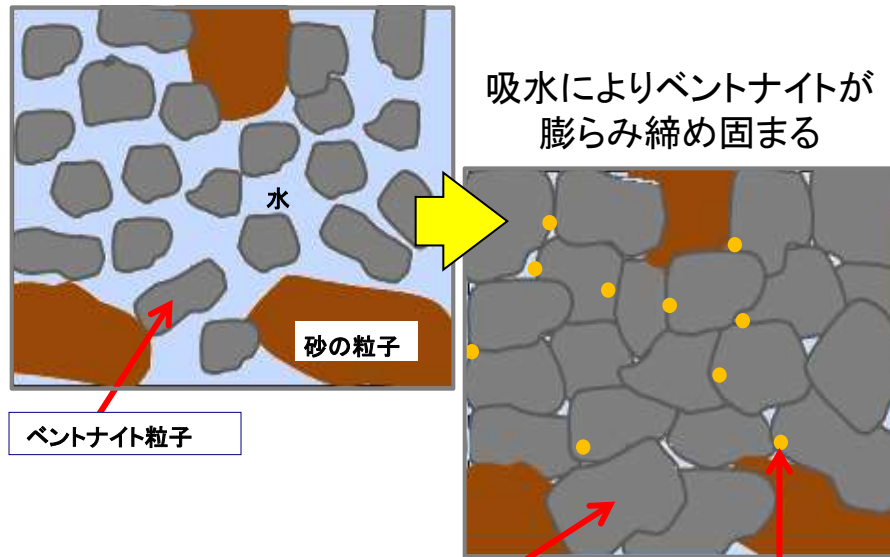
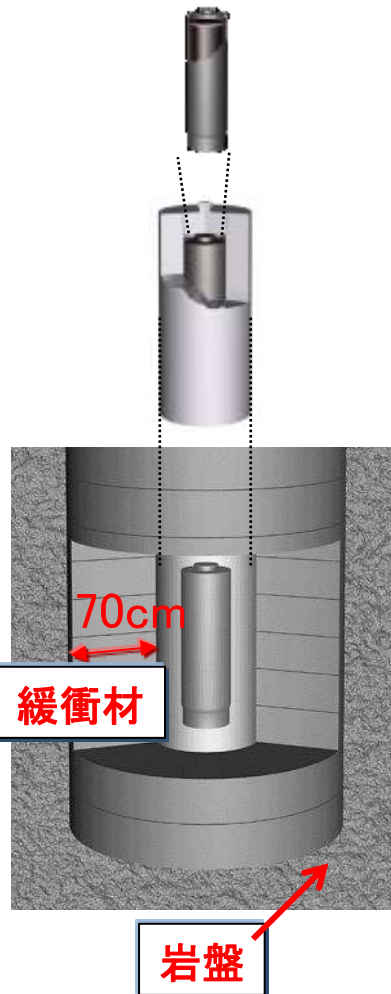
薄い錆びで覆われていましたが、ほぼ完全な形を残していました。

B 「多重バリアシステム」を構築する④ ～放射性物質の移動を遅らせます

- 緩衝材と天然バリアで放射性物質の移動を遅らせ、放射能が人間の生活環境に影響を及ぼさないレベルに下がるまで、しっかりと地中に閉じ込めます。

【緩衝材(ベントナイト)の役割】

【天然バリア(岩盤)の役割】



膨らんだベントナイトにより、地下水の動きを抑える。

ベントナイトに放射性物質が吸着し、動きを遅らせる。

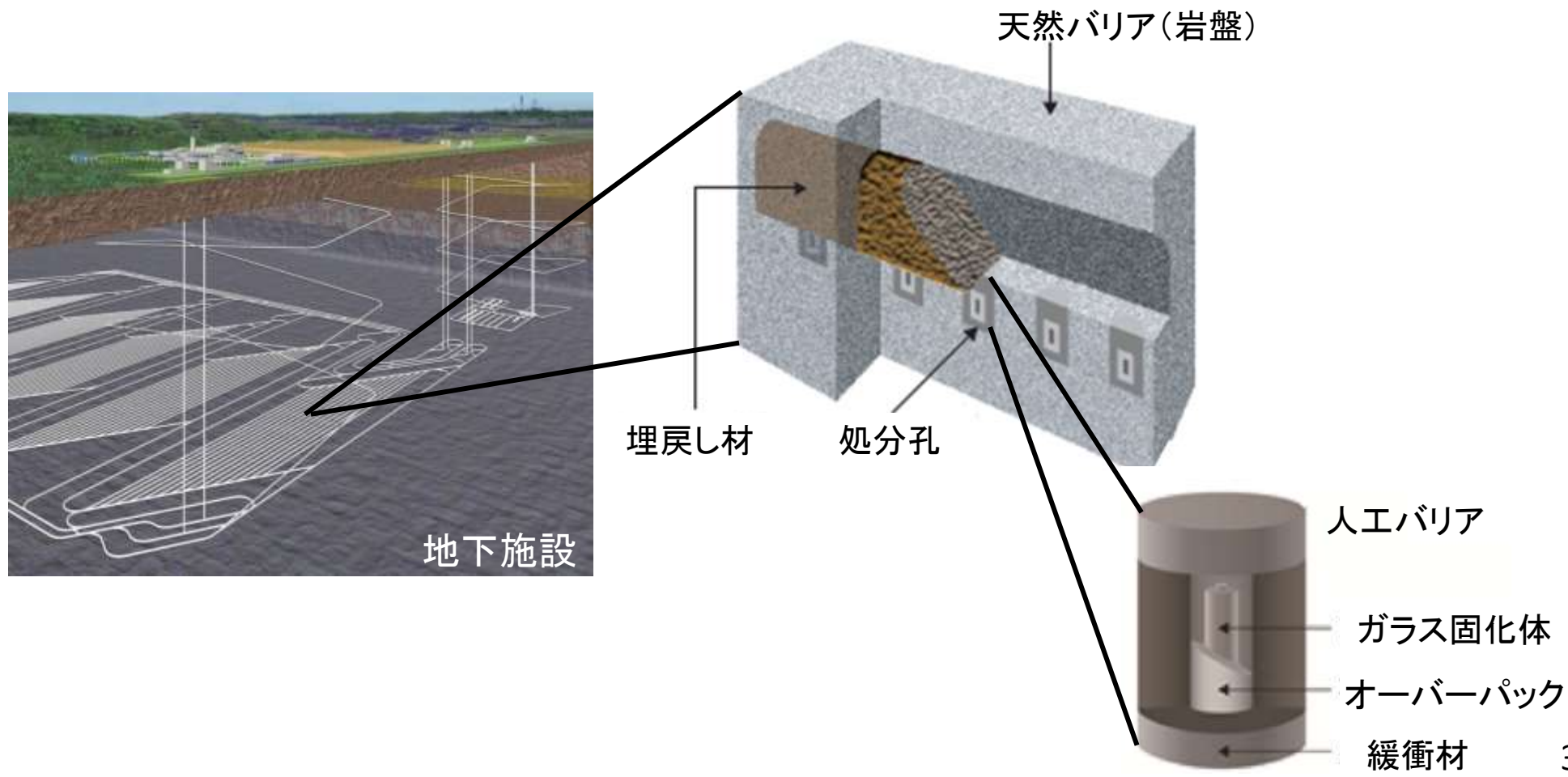


岩石中の割れ目の表面に放射性物質が吸着し、動きを遅らせる。

C 施設の設計と安全性の評価①

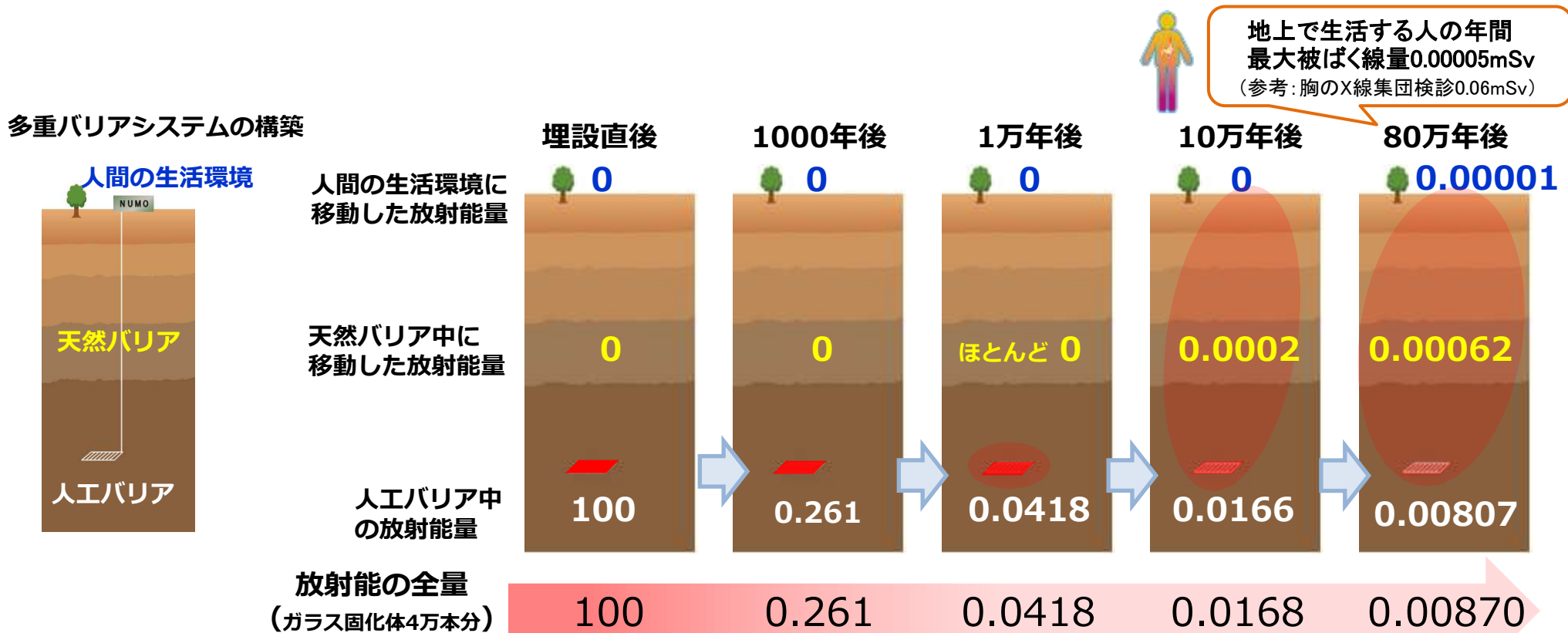
～調査地点の地質環境特性に応じた工学的対策を検討します

- 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、安全性の評価を踏まえながら、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。
- 坑道閉鎖までにおける、回収可能性を考慮した施設の設計や工学的対策を行います。



C 施設の設計と安全性の評価②～安全性を厳格に評価します

- 安全確保の期間は数万年以上と非常に長く、実験等で直接確認することはできません。コンピュータを用いたシミュレーションにより、地下環境の変化の可能性とその影響を反映しながら、工学的対策の有効性を検討することで、安全な地層処分が実現可能かどうかを厳格に評価します。
- 放射能の全量は、およそ1000年後までには大きく下がり、その後も緩やかに減少していきます。人工バリアの機能が劣化等により失われたとしても、天然バリアの働きにより放射性物質の移動が抑制され、人間の生活環境に達するまでにはほとんどの放射能が失われることを確認します。



※数値は埋設直後の放射能の全量を100 (%)とした比率です。

※平野部において花崗岩を母岩として深度1000mに設置した処分場を仮定し、降水起源の地下水を設定、人間の生活環境との境界のモデルを河川としたシミュレーションの例です。

D 建設・操業・輸送時の安全対策① ～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)

D 建設・操業・輸送時の安全対策② ～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、津波、火山活動、断層活動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)

D 建設・操業・輸送時の安全対策③ ～ 津波の影響を考慮します

- 閉鎖前(数十年スケール)までに設置、使用する施設(特に地上施設)は、原子力関連施設と同様の津波対策が必要です。具体的には、標高の高いところに地上施設を設置するなど工学的対策をとることが必要となると考えられます。
- なお、処分場閉鎖後は、坑道が完全に塞がれますので、地下の処分場には津波の影響は及ばないと考えられます。

岩手県久慈国家石油備蓄基地における東日本大震災での被災状況



地上施設は被災したものの、地下岩盤タンクや地下設備に続くサービストンネル(防潮扉を閉止)は被害なし。
(東日本大震災での久慈国家石油備蓄基地の被災状況と緊急措置(平成25年12月)より)

(出典)土木学会岩盤力学委員会HPより

D 建設・操業・輸送時の安全対策④～輸送時の安全対策を講じます

- 廃棄物を埋設した後の安全性だけでなく、処分施設の建設・操業時の安全対策にも万全を期します。
- 輸送時についても、テロを含む事故リスクも想定し安全性を確保するために、これまでの経験を参考にして、国内外の法令に従い、頑丈な輸送容器、専用の輸送船や輸送車両等を利用します。

※ガラス固化体の輸送は青森県六ヶ所村で多数の実績があります。



海上輸送船の例

http://www.pntl.co.uk/wp-content/uploads/2012/09/PNTL_Grebe_01.pdf

※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専用輸送船を使用します。この輸送船には、安全対策の点で二重船殻構造、耐衝突構造、広範な消火設備、航行システム通信設備、エンジン、かじ、スクリュー等の二重化、等の特長があります。



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。

D 建設・操業・輸送時の安全対策⑤

～周辺環境への影響をしっかりと調査し、適切に対策を講じます

- 処分地選定調査、処分場の建設・操業に際しては、その着手にあたって、周辺環境への影響を予測し、評価を行います。その上で、悪影響が出ないように適切な対策を講じます。

※騒音・振動など、一般的な環境調査項目に加え、地層処分事業で特徴的と考えられる地下岩盤の掘削にともなう掘削残土の処理や坑道内の湧水の周辺河川などへの放流などの影響についても、調査と予測評価を行います。



防塵対策

建設工事中は、防塵ネットなどを設置し、塵の飛散を防ぎます。
また、低騒音・低振動の機械を使用するなど、周辺環境に配慮します。



坑道掘削により生じた水を排水処理

水質調査

掘削に伴い生じた湧水は、そのまま排水せず、沈澱池(ちんでんち)、排水処理施設で上水処理・検査を行います。

また、施設周囲の地下水、河川、海域などの水質や放射能について調査します。



大気質・地上気象測定設備

建設・操業に伴い、大気に影響がないか調べます。

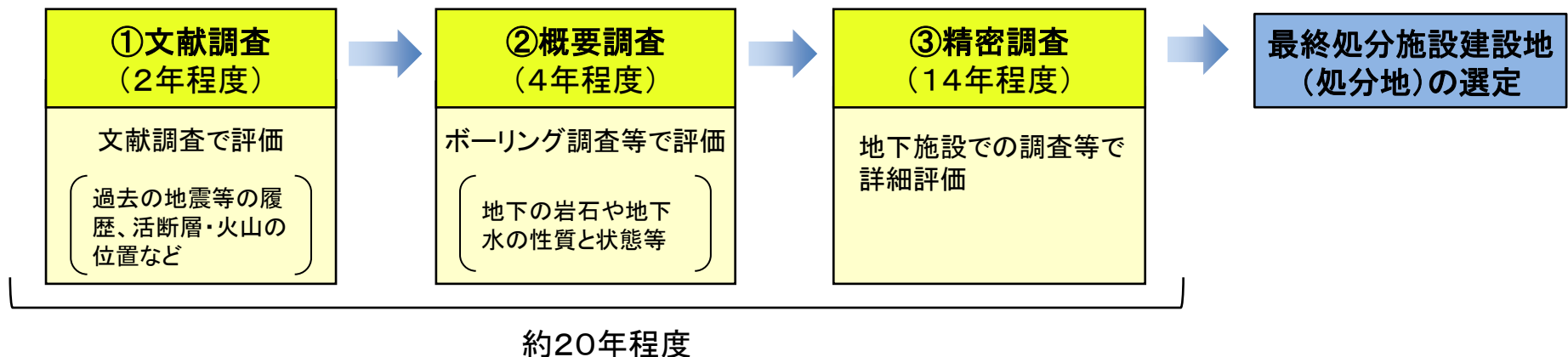
4. 「科学的特性マップ」の位置づけ

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

●高レベル放射性廃棄物の最終処分(地層処分)を計画的かつ確実に実施するため、2000年に成立した「最終処分法」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し、閣議決定する
 - ・処分の実施主体としてNUMO(原子力発電環境整備機構)を設立する
 - ・処分地を選定するためNUMOが3段階の調査を実施する
- 等

◆最終処分法で定められた処分地選定プロセス



※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)。

最終処分に関する取組みの見直しの経緯

■ 2000年：「最終処分法」制定

⇒ NUMO^{ニューモ}として、処分地選定調査を受け入れて頂ける自治体の公募を開始
(2002年～)

■ 2007年：高知県東洋町(応募 → 取下げ)

⇒ その後、受け入れ自治体現れず

■ 2015年5月：新たな基本方針を閣議決定

ポイント

- 現世代の責任として、地層処分に向けた取組を推進する。
- 可逆性・回収可能性により将来世代の選択を可能にする。
- 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)を提示するなど、国が前面に立って取り組む。
- 原子力委員会による評価を実施する。 等

科学的特性マップの要件・基準に関する検討の経緯

2015年5月：新たな基本方針を閣議決定

➡ 科学的有望地の要件・基準に関する検討（総合資源エネルギー調査会）

➡ 2015年12月 最終処分関係閣僚会議

・これまでの取組について原子力委員会で評価を実施し、国民や地域に冷静に受け止められる環境を整えた上で、2016年中の科学的有望地の提示を目指す。

評価等の実施

2016年夏まで 関係学会等への情報提供・意見照会

OECD原子力機関（NEA）による国際レビュー

・科学的な特性を提示するというプロセスや要件・基準の検討内容は、国際的な取組と整合的。

2016年10月 原子力委員会による評価報告書

・科学的有望地の提示が国民にどのように受け止められるのかという視点は極めて重要。要件・基準について国民の意見等を踏まえ注意深く設定するとともに、説明や表現等について慎重な検討が必要。

【国民や審議会委員等から頂いたご意見の例】

- ・「科学的有望地」という言葉は、処分地を国が一方的に選び押し付けるのではないか、という誤解を招きやすい。
- ・最終処分地としての適性を保証するものではないにもかかわらず「適性が高い」「適性がある」と表現すべきではない。
- ・様々な特性の違い等について丁寧に説明できるようにすべき。

再精査

2017年4月14日 総合資源エネルギー調査会（放射性廃棄物WG）

- マップの呼称を「科学的特性マップ」とする（科学的有望地という言葉は用いない）
- マップ作成に必要な要件・基準案の了承（→ 地層処分技術WGとりまとめ）

科学的特性マップの提示の意義

「科学的特性マップ」提示の意義

地層処分を実現していくためには、地層処分の仕組みや、日本の地質環境等について、一人でも多くの方に興味を持っていただき、理解を深めていただくことが必要です。

「科学的特性マップ」によって、地層処分を行う場所を選ぶ際にどのような科学的特性を考慮する必要があるのか、それらは日本全国にどのように分布しているか、といったことが俯瞰できるようになります。結果として、「火山国・地震国の日本では地層処分はできないのではないか」といった一般の方々の不安の解消に役立つことが期待されます。

「科学的特性マップ」が示すもの

ある場所が地層処分に相応しいかどうかを見極めるには、火山活動や断層活動といった自然現象の影響や、地下深部の地盤の強度や地温の状況など、様々な科学的特性を総合的に検討する必要があります。

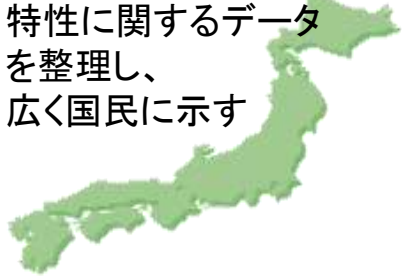
そうした科学的特性については、詳しくは現地調査を行って把握する必要がありますが、既存の全国データからも多くのことが分かります。「科学的特性マップ」は、地層処分に関係する科学的特性を、既存の全国データに基づき一定の要件・基準に従って客観的に整理し、全国地図の形で示すものです。

処分地選定プロセスにおける科学的特性マップの位置づけ

- 科学的特性マップは、科学的な情報を客観的に提供するものであって、いずれの自治体にも何らかの判断を求めるものではありません。
- 科学的特性マップの提示は、処分の実現に至る長い道のりの最初の一步です。提示をきっかけに、全国各地できめ細かな対話活動を丁寧に進めていきます。

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



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・概要・精密)

地域の理解を得た上でNUMOが調査
(20年程度を想定)

個別地点毎に調査

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)

「科学的特性マップ」の要件・基準及び地域特性の区分

(4月17日 総合資源エネルギー調査会 地層処分技術ワーキンググループとりまとめ)

＜要件・基準＞

火山の近傍
活断層の近傍
隆起・侵食が大きい範囲
地温が高い範囲
など

油田・ガス田、炭田のある範囲

一つでも
該当する
場合

該当する
場合

好ましくない特性があると推定される

地下深部の長期安定性等の観点

将来の掘削可能性の観点

安全な地層処分が成立する
と確認できる可能性が相対
的に低い

いずれも該当しない場合

好ましい特性が確認できる
可能性が相対的に高い

(※) 鉱量が不明確な炭田などは
将来調査する場合に要考慮

安全な地層処分が成立する
と確認できる可能性が相対
的に高い

海岸からの距離が短い範囲
(沿岸海底下や島嶼部を含む)

該当する場合

輸送面でも好ましい

注: 社会科学的観点(土地確保の容易性など)は、要件・基準に採用しない。

マップ作成に用いる要件・基準の一覧

好ましくない範囲の要件・基準

	要件	基準
火山・火成活動	火山の周囲(マグマが処分場を貫くことを防止)	火山の中心から半径15km以内等
断層活動	活断層の影響が大きいところ	主な活断層(断層長10km以上)の両側一定距離(断層長×0.01)以内
隆起・侵食	隆起と海水面の低下により将来大きな侵食量が想定される場所	10万年間に300mを超える隆起の可能性のある、過去の隆起量が大きな沿岸部
地熱活動	地熱の大きいところ(人工バリアの機能低下を防止)	15°C/100mより大きな地温勾配
火山性熱水・深部流体	高い酸性の地下水等があるところ(人工バリアの機能低下を防止)	pH4. 8未満等
軟弱な地盤	処分場の地層が軟弱なところ(建設・操業時の地下施設の崩落事故を防止)	約78万年前以降の地層が300m以深に分布
火砕流等の火山の影響	火砕流などが及びうる場所(建設・操業時の地上施設の破壊を防止)	約1万年前以降の火砕流が分布
鉱物資源	鉱物資源が分布する場所(資源の採掘に伴う人間侵入を防止)	石炭・石油・天然ガス・金属鉱物が賦存

好ましい範囲の要件・基準

	要件	基準
輸送	海岸からの陸上輸送が容易な場所	海岸からの距離が20km以内目安

社会科学の観点の扱いについて

- 科学的特性マップの要件・基準については、地球科学的・技術的観点のみに基づくこととし、土地確保の容易性などの社会科学の観点をどう扱うべきかについては、マップの提示後に議論を深めていくこととしました。

<総合資源エネルギー調査会(放射性廃棄物WG)での議論のポイント>

- 地球科学的・技術的な知見について広く共有していくことが当面の重要課題。
- 社会科学の観点は、個別具体的には、NUMOが地域の住民や自治体の意向を把握し、事業に反映させていくことが重要。
- 廃棄物問題の解決という社会の共通利益を国全体としてどのように分かち合うかという観点から、国土利用のあり方や地域間の公平性のあり方などを総合的に捉えて、解決に向けた共通理解を得ていくべき。



科学的特性マップの提示後は、地球科学的・技術的側面だけでなく、地層処分を事業として捉え、社会としてどのように実現していくかについて議論や検討を深めていくことが重要。

5. 地域との共生に向けて

対話活動の進め方

- 一人でも多くの皆様に、処分事業に関心を持っていただけるよう、全国的な情報発信活動と並行して、各地域における対話活動に様々な方法で取り組みます。また、地域の皆様の学習活動に協力します。

多様な方法による情報発信活動

- 全国シンポジウムの実施（国との共催）
- 多様な社会各層への発信、インターネット発信
- マスコミ・報道機関への取組み
- 地層処分模型展示車「ジオ・ミライ号」の巡回
- 海外の取組みに関する情報提供

次世代層・女性層向けの活動

- 教育関係者向けワークショップ
- ディベート授業の支援
- 出前授業（地層処分アカデミー）
- 親子向け学習イベント
- 女性を対象とした広聴活動

フェイス・トゥ・フェイスの対話活動

- 地層処分セミナーの開催
- 地域の諸団体訪問と説明会

地域の自主的活動への協力

- 「学習の機会」提供



地層処分セミナーにおける対話

<地層処分意見交換会(9都市)>
開催期間:2016年10~11月
参加人数:606名

<地層処分セミナー(22都市)>
開催期間:2016年7~10月、
2017年2~3月
参加人数:738名

- NUMOは、国とも連携し、地層処分事業の認知度向上や、安全性・必要性に関する国民理解の促進を目指し、特に一昨年の基本方針の改定以降、上記のような広報・対話活動を実施しています。
- 対話活動で寄せられた主なご関心・ご質問についてQ&Aをホームページに掲載したり、大規模な説明会形式ではない車座の意見交換会(地層処分セミナー)を開催するなど、工夫を重ねながら多様な広報・対話活動を展開してきました。
- 国による科学的特性マップの提示により、さらに幅広い国民の皆様に関心を持っていただくことを期待しています。NUMOとしては、その関心の高まりに応えるべく、様々な広聴・広報の場を設けてまいります。

地域の自主的活動を支援していきます

- 全国の皆さまに「学習の機会」を提供させていただくため、NUMOによる勉強会や第三者機関への委託事業により、皆様の学習活動の支援を行っています。

[2016年度委託事業で105団体の活動を支援(勉強会94件、施設見学会87件、意見交換会24件等)]

- 支援先の団体では、電力の生産地と消費地の学生同士の意見交換会、ママ友の会による勉強会、エネカフェの出展、地層処分研究施設の見学(北海道幌延町、岐阜県瑞浪市)など様々な活動が行われています。
- 今後、こうした地域の自主的な活動の支援を一層拡大していきます。



地層処分をテーマとする
ディベート授業(千葉大学)



処分地を決めるための合意
形成を疑似体験できるゲーム
(関西学院大学)



深地層研究所の視察
(びさい消費者の会)

科学的特性マップ提示後の対話活動のイメージ

※座標軸の長さは期間の長さを表さない

20年程度

50年以上

国による科学的特性マップの提示

地域ごとの
きめ細かな
取り組み

地域全体への広がり
^ 第3ステップ
v

主体的な学習の支援
^ 第2ステップ
v

情報提供・理解促進
^ 第1ステップ
v

国民の皆様や地域の方々の声を踏
まえてプロセスを具体化

文献調査の受入れに繋がって
いくことを期待

文献調査に関する国による
申入れ

法定調査

①文献調査

②概要調査
v

③精密調査
v

処分地の決定

処分場の建設
v

処分場の操業
v

処分場の閉鎖

回収可能性あり

全国的な
取り組み

＜国民の皆様との対話の継続＞

- ・現世代の責任で問題を解決していくことの必要性
- ・地下の安定性や地層処分事業で考慮すべきリスクとその安全確保策
- ・事業に貢献して頂く地域に対する敬意や感謝の念の国民的共有の重要性

国民の皆様に分事として
関心を持ち続けて頂けるよう
全国的な取り組みを継続

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に進まない)。

NUMOの地域共生の基本的な考え方

- 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、処分施設受け入れ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ています。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、地域の皆様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、事業を進めるにあたっては、立地地域の皆様に「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

処分施設受入れ地域での地域共生のイメージ



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



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



海外における立地地域支援事例の紹介

フランスの例

- ・公益事業共同体(GIP)による地域振興
法律に基づき、地層処分場等が設置される地域には、公益事業共同体(GIP)が設置される。年間3,000万ユーロが助成され地域振興に活用される。

- ・廃棄物発生者による経済的支援
処分場の地域をエネルギー戦略拠点と位置付け事業を展開。

<主な取り組み>

- ・木材ガス化によるコジェネレーションのパイロットプラント
- ・バイオディーゼル生産施設、バイオマスによるコジェネ発電所
- ・地場産業の専門能力工場の設置、地域からの製品購入・発注
- ・企業融資(低利融資、金利補助)



※木材ガス化プラント
(原子力発電環境整備促進・
資金管理センターの冊子
より引用)

スウェーデンの例

- ・事業者と自治体の4者(※)の間で地域発展に関する協力協定を締結。

※最終的に候補地として残った2自治体(オスカーシャム、エストハンマル)、実施主体のSKB社、原子力発電事業者

<主な支援内容>

- ・2025年までの期間で総額約300億円規模の経済効果を生み出す付加価値事業を実施する。

(例)

- ・ビジネス開発、地元企業支援
- ・インフラ整備(道路や港湾の改良など)
- ・労働市場の拡大と多様化
- ・SKB社の本社機能移転、研究所の拡充 等

スウェーデンの処分場建設候補自治体の例

エストハンマル市 ヤーコブ・スパンゲンベリ市長のコメント(2016年3月28日 国際シンポジウム)

- 候補地選定には、
 - ・自治体の自主性が尊重される仕組み
 - ・プロセスの公開性・透明性の担保
 - ・安全面に関する国の規制当局の関与が重要。
- 早い段階からの社会経済面の調査・分析によって、処分場の立地によってエストハンマル市が「ハイテク技術が集まる工業地帯」になるという前向きな評価・認識を共有できた。
- 地層処分事業による多大な投資が雇用や生活の向上に寄与し、産業界にとっても有能な人が集まってくる。



スウェーデン



【エストハンマル市の概要】

- 面積: 約2,790km²
- 人口: 約21,400人

調査段階では経済社会的な観点からも検討を行います

- 各段階の調査では、地域の安全を第一に、安全性の観点からしっかりと技術的検討を行うとともに、地域の経済社会への効果、影響等について検討を行い、総合的にご判断いただけるように進めてまいります。

【文献調査段階における進め方】

①安全性の観点から技術的検討を行います

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

②経済社会的な観点からも検討を行います

- ・処分施設の設置に必要な土地確保や輸送インフラ利用、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

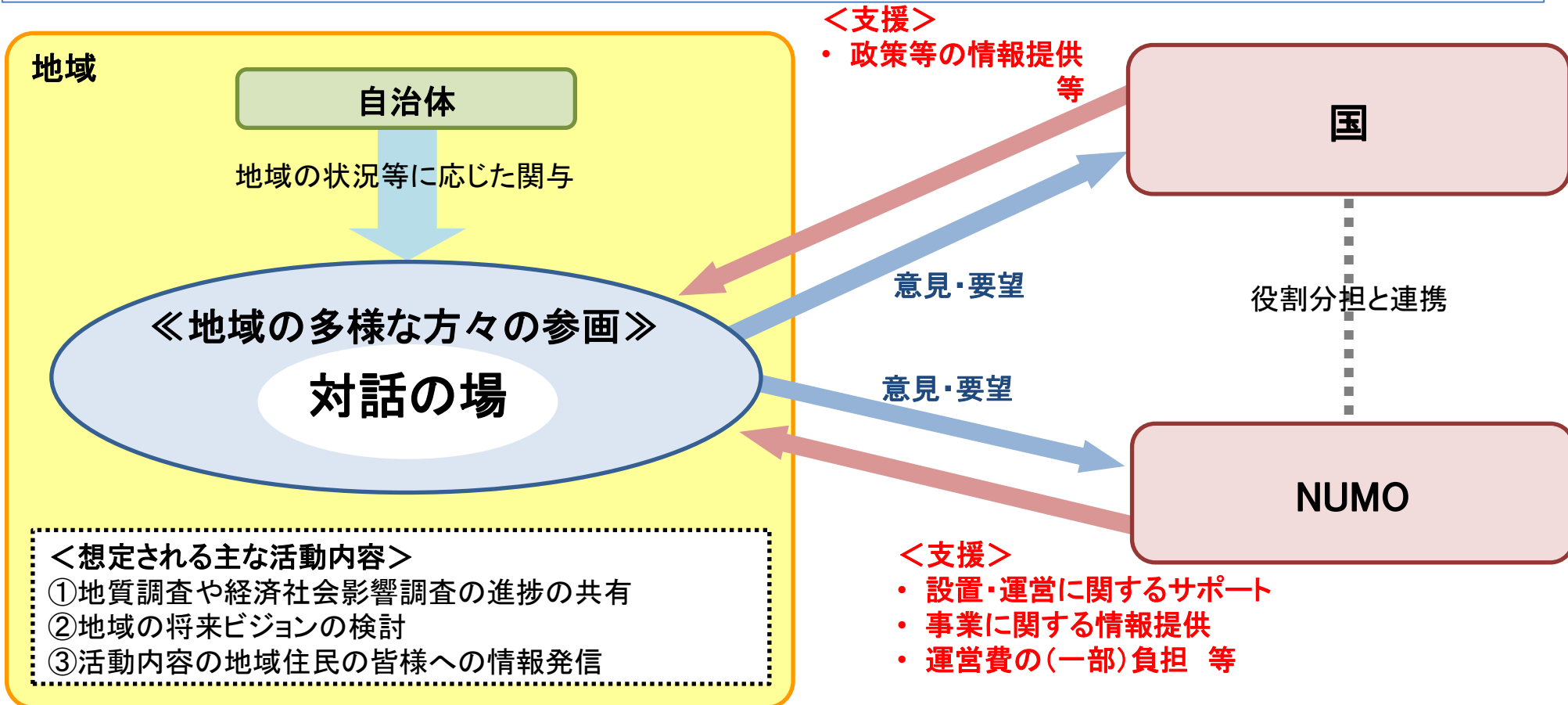
(経済産業大臣に申請)

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)

※処分地選定調査の各段階に応じて、検討内容は精緻化される

地域の皆さまとの「対話の場」の設置を支援します

- 処分地選定調査を行う地域では、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。



6. 補足資料

- (1) 国際的な検討経緯及び各国の動向
- (2) 科学的特性マップの要件・基準の概要
- (3) エネルギーミックスと原子力

(1) 国際的な検討経緯及び各国の動向

地層処分の基本的な考え方は世界的に共有

- 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。

諸外国でも地層処分が採用されています



フィンランド



スウェーデン



フランス



ドイツ



スイス



イギリス



カナダ



アメリカ

「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
- ・人間が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(海洋投棄禁止))
- ・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

日本

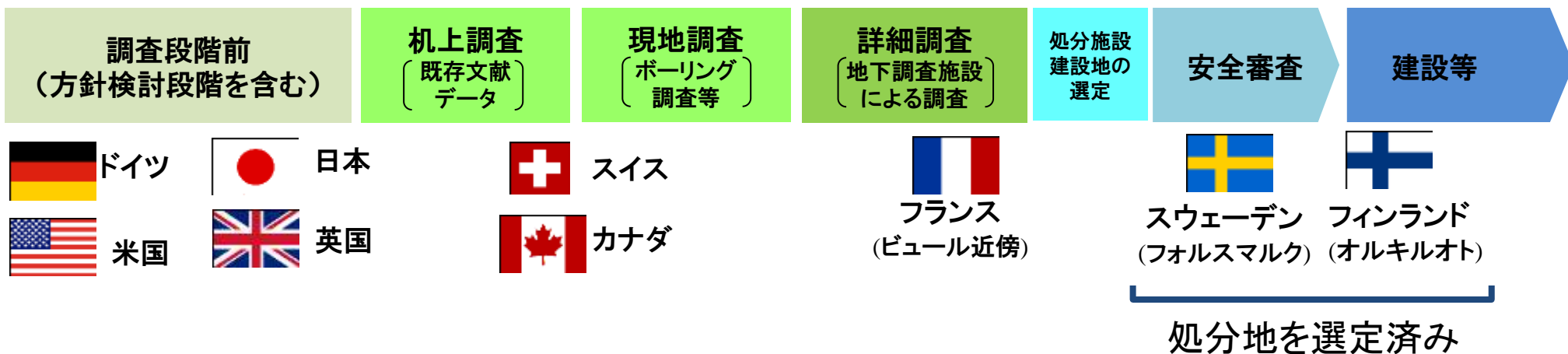
1962年:
「深海投棄に向けて研究開発」
(※1966年:商業炉運転開始)

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」

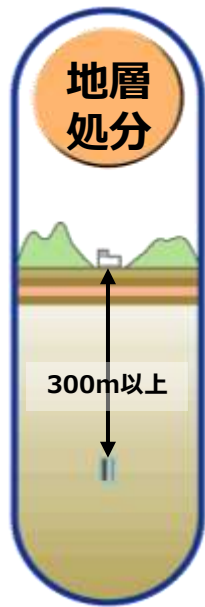
地層処分に関する諸外国の取組状況

- 各国とも、1970年代頃から、地層処分の実現に向けて、長年にわたって研究開発や処分地選定等に取り組んでいます。
- 多くの国では、必ずしも順調には進まず、苦勞し悩みながら取り組んでいる現状があります。例えば、米国やドイツは、一度は候補地や調査対象地域を決めたものの、その後撤回し、改めて政策や進め方などを見直しています。
- フィンランドやスウェーデン、フランスも、過去には調査対象地域の住民から反対運動がおきるといった苦勞も経験しましたが、今では、処分の実現に向けて着実な進展が見られます。フィンランドとスウェーデンでは処分地が決定し、特に、フィンランドでは、2016年12月より処分施設の建設が開始されるまでに至っています。



国際的に検討された様々な処分方法

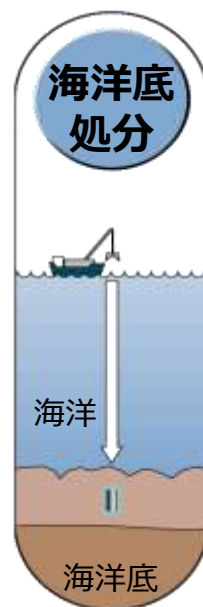
- 国際的にさまざまな処分方法が検討された結果、現在では、深い地層が持つ物質を閉じ込めるとい性質を利用する地層処分が、最も良い方法であるというのが、国際的に共通した考え方となっています。



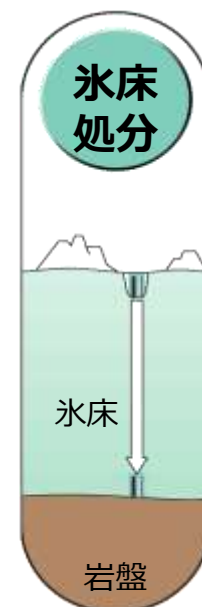
地層がもっている物質を閉じ込める性質を利用



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

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

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」
日本においても地層処分が技術的に実現可能である
ことを確認

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

(2) 科学的特性マップの要件・基準の概要

火山・火成活動の要件・基準

◆ **要件**: マグマの処分場への貫入と地表への噴出により、物理的隔離機能が喪失されないこと

◆ **検討**: 既存の文献では、97.7%の火山で、火山中心から半径15kmの範囲内に個別火山体が収まる(※1)。ただし、火山の中心から半径15kmより外側についても、マグマの貫入と噴出に係るリスクがないわけではなく、処分地選定調査でマグマの状況を含む地下の状況を調査(※2)することが必要。

また、活動時期が古いものなど、火山の中心が不明確な火山は処分地選定調査で詳細を確認することが必要。

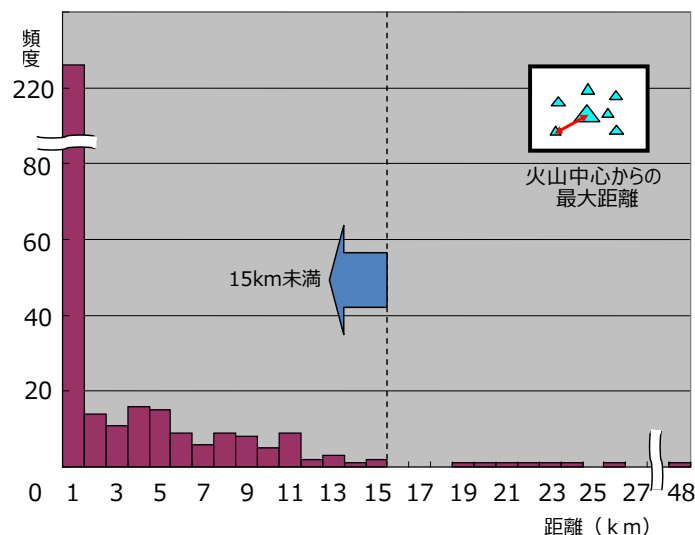
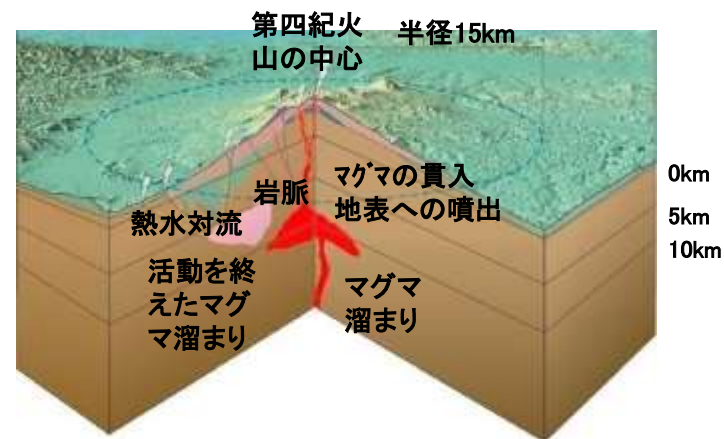
◆ 好ましくない範囲の基準

- 第四紀火山の中心から15 km以内
- 第四紀の火山活動範囲が15 kmを超えるカルデラの範囲
※火山中心の精査が必要なものについて留意が必要

◆ **その他**: 現在火山のない場所に、将来新たな火山が発生する可能性はあるが、そのためには、マグマの元となる高温のマントル物質が、マントル上部に上昇する必要がある。この可能性はあるか否かについて、地震波トモグラフィや電磁探査などの地球物理学的調査や、マントル物質の対流モデル等により、新たな評価モデルを構築することが望ましい。

※1 「日本の第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会 編, 1999)」に収録されている全ての348火山のうち、火山の位置が記載されていない、あるいは明らかな誤りがあると思われる4つの火山を除く344火山が対象。

※2 具体的には、広域応力場、地殻熱流量、地震波トモグラフィ、火山性ガス組成などの観測手法が考えられる。



第四紀火山の中心と個別の火山体との最大距離と頻度
(第四紀火山カタログ委員会編,1999を基に作成されたNUMO,2004を使用)

断層活動の要件・基準

- ◆ 要件:断層活動による処分場の破壊、断層のずれに伴う透水性の増加等により、閉じ込め機能が喪失されないこと

◆ 検討:

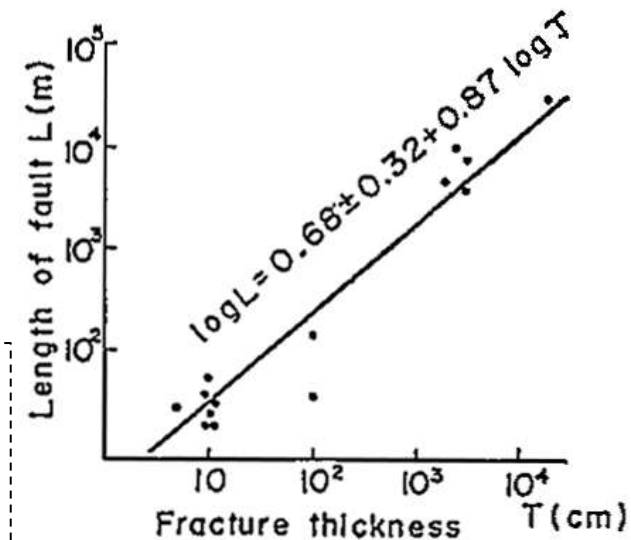
- わが国における活断層は、過去数十万年程度にわたり同様の活動形式で繰り返し起こっており、十万年程度の将来についても、同じ活断層が繰り返し活動するものと考えられる。
- 破砕帯の幅は、過去の知見から、断層活動の影響が生じる可能性が高い範囲と考えられる破砕帯幅の目安として、断層セグメント及び起震断層の長さの1/100程度(断層の両側合計)とした。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 活断層に、破砕帯として断層長さ(活動セグメント長さ)の1/100程度(断層の両側合計)の幅を持たせた範囲
- 活断層に、破砕帯として断層長さ(起震断層長さ)の1/100程度(断層の両側合計)の幅を持たせた範囲

◆ その他:

- マップ作成に用いられる「活断層データベース」(産業技術総合研究所ウェブサイト)には長さ10km以上の活断層が示されている。10km未満の活断層は処分地選定調査で確認していくことが必要。
- 断層長さの1/100の外側であっても、断層周辺には微小割れ目等が密度高く存在することが知られているため、これらについては、処分地選定調査の中で地下水流動に係る影響を評価していくことが必要。



断層の長さ と 破砕帯の幅
の関係
(緒方・本荘, 1981)

隆起・侵食の要件・基準

◆ **要件**: 著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近により、物理的隔離機能が喪失されないこと

◆ **検討**: 最近約10万年間の隆起速度の分布(右図)は、およそ20km四方のエリアを単位として、その地域の隆起速度の平均を示している。右図の沿岸部にある90m以上/10万年の範囲は、将来、侵食量が300mに達する可能性があり、将来的に地下の処分場が地表に近づくおそれがある。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 全国規模で体系的に整備された文献・データにおいて、将来10万年間で隆起と海水準低下による侵食量が300mを超える可能性が高いと考えられる地域(具体的には、海水準低下による最大150mの侵食量が考えられる沿岸部のうち、隆起速度最大区分(90 m以上/10万年)のエリア)*

*今回の要件・基準の議論では、隆起した部分が全て侵食されることを想定し、「隆起量=侵食量」と判断している。

◆ **その他**: 火山活動が活発な地域や中国・九州地方の一部は、情報が読み取れないためデータが存在しない箇所が存在するが、隆起・沈降活動がないわけではないことに留意が必要。

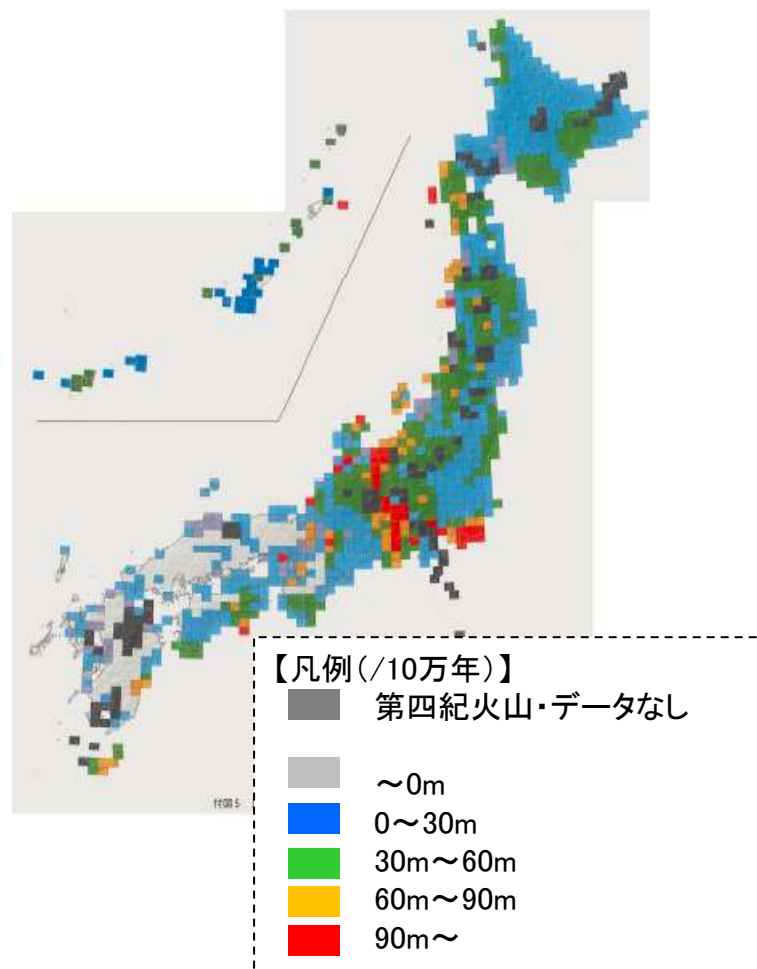


図 最近約10万年間の隆起速度の分布
日本列島と地質環境の長期安定性(地質リーフレット
4 日本地質学会、地質環境の長期安定性研究委員会編 2011) 付図5

地熱活動

- ◆ 要件: 処分システムに著しい熱的影響を及ぼす地熱活動により、閉じ込め機能が喪失されないこと
- ◆ 検討: 100°Cを超えるような環境では、緩衝材の変質を招く恐れがある。廃棄体の崩壊熱の影響を考慮に入れ、廃棄体を現実的な大きさの地下施設に適切に収めるためには、地温勾配約15°C/100m以上の場所を避ける必要がある。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 処分深度において緩衝材の温度が100°C未満を確保できない地温勾配の範囲
- ※第2次取りまとめにおける検討を参照すると、約15°C/100 mより大きな地温勾配の範囲

火山性熱水・深部流体

- ◆ 要件: 処分システムに著しい化学的影響を及ぼす火山性熱水や深部流体の流入により、閉じ込め機能が喪失されないこと
- ◆ 検討: 地下水が低pHの場合は、人工バリア及び天然バリアの機能の低下をもたらす。また、高い炭酸化学種濃度はオーバーパックの不動態化、局部腐食を招く可能性がある。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 地下水の特性として、pH4.8未満あるいは炭酸化学種濃度0.5mol/dm³(mol/L)以上を示す範囲
- ※エリアで表現することが困難であることに留意が必要

- ◆ その他: pHの低い場所、炭酸化学種濃度が高い場所は、広がりであることが想定されるが、個別地点の特性に依存することが想定されるため、個別地点で調査する必要があり、エリアで表現することは困難

火砕流等の火山の影響および軟弱な地盤(未固結堆積物)の要件・基準

火砕流等の火山の影響

- ◆ 要件: 操業時に火砕物密度流等による影響が発生することにより施設の安全性が損なわれないこと
- ◆ 検討:
 - 火砕流等の火山の影響については、個別評価が必要なことから直接指標から確認される範囲は設定できないものの、設計対応不可能とされる火山事象の過去の痕跡が認められるところを検討。
 - 「20万分の1日本シームレス地質図(産業技術総合研究所HP)」により、上記事象に対応するものとして完新世の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分布範囲を特定することが可能。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 完新世(約1万年前以降)の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分布範囲

軟弱な地盤(未固結堆積物)

- ◆ 要件: 処分場の地層が未固結堆積物でないこと
- ◆ 検討: 既存文献においては、「更新世中期以降の地層は、年代が新しいため、地表面沈下など変位の制御が難しい地山条件となる」ことから、更新世中期以降の地層を未固結地山として捉えている。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 深度300 m以深まで更新世中期以降(約78万年前以降)の地層が分布する範囲

- ◆ その他: 未固結堆積層においても、工学的対策を採ることで施工可能となる事例が多数存在するため、調査すれば工学的対応が可能であることが確認できうると考えられることにも留意すべき。

鉱物資源の要件・基準

- ◆ **要件:** 現在認められている経済価値の高い鉱物資源が存在することにより、意図的でない人間侵入等により地層処分システムが有する物理的隔離機能や閉じ込め機能が喪失されないこと
- ◆ **検討:**
 - 油田・ガス田: 日本油田・ガス田分布図第2版では、油田・ガス田について、生産している(もしくは過去生産していた)坑井が存在している場所、試掘時に油徴やメタンガス等が確認された坑井等が示されている。
 - 炭田: 日本炭田図第2版では、主要な炭田が図示されているが、埋蔵炭量が円グラフとして図示されているものとされていないものが併記されている。
 - 金属鉱物: 国内の鉱床・鉱徴地に関する位置データ集(第2版)では、採掘実績のあるものと、ないものがとりまとめられている。

◆ 好ましくない範囲の基準

- 鉱業法で定められる鉱物のうち、全国規模で整備された文献データにおいて、技術的に採掘が可能な鉱量の大きな鉱物資源の存在が示されている範囲(ただし、当該地域内においては、鉱物の存在が確認されていない範囲もあり、調査をすればそうした範囲が確認できうることに留意が必要である)
 - ※炭田については、鉱量が示されているか否かに留意が必要
 - ※金属鉱物については、エリアで表現することが困難であることに留意が必要

◆ **その他:**

- 油田・ガス田: マップ作成にあたっては、実際に経済的価値のある鉱物資源の存在が確認されているか(過去採掘実績があるか)否かに留意することが重要。
- 炭田: マップ作成にあたっては、実際に経済的価値のある鉱物資源の存在が確認されているか(過去採掘実績があるか)否かに留意することが重要。
- 金属鉱物: 採掘実績のある範囲をマップに示すことが適当と考えられる。ただし、本データは点(座標)でしか表現されておらず、エリアで表現することは困難であることに留意が必要。

輸送の要件・基準

◆ 要件：港湾(海岸)からの距離が短いことが好ましい

◆ 検討：

- 長距離輸送の場合、安全確保上、海上輸送を用いることが最適である。
- また、港湾から最終処分場までの陸上輸送については、これまでの実績や専用道路/専用線の敷設の観点から、確保可能な港湾(海岸)からの距離が短いことが、安全確保上好ましい。
- これらのこと等を考慮し、輸送については、海岸から20km以内の距離で到達できる場所が好ましい。
(なお、勾配の観点から、沿岸から20km以内の地域であっても、標高1500m以上の場所は除く)。



海上輸送船の例

http://www.pntl.co.uk/wp-content/uploads/2012/09/PNTL_Grebe_01.pdf



専用輸送車両の例

◆ 好ましい範囲の基準

- 港湾(海岸)からの距離が20km程度より短い範囲
※輸送実績から約7.5%の勾配で20km進んでも到達できない標高1500m以上の場所は除く。

◆ その他：ただし、海岸から20kmは絶対的なものではなく、目安。

(3) エネルギーミックスと原子力

エネルギーミックス策定の基本方針

- 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などを進めつつ、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見通しを示します。

<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(約20%)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

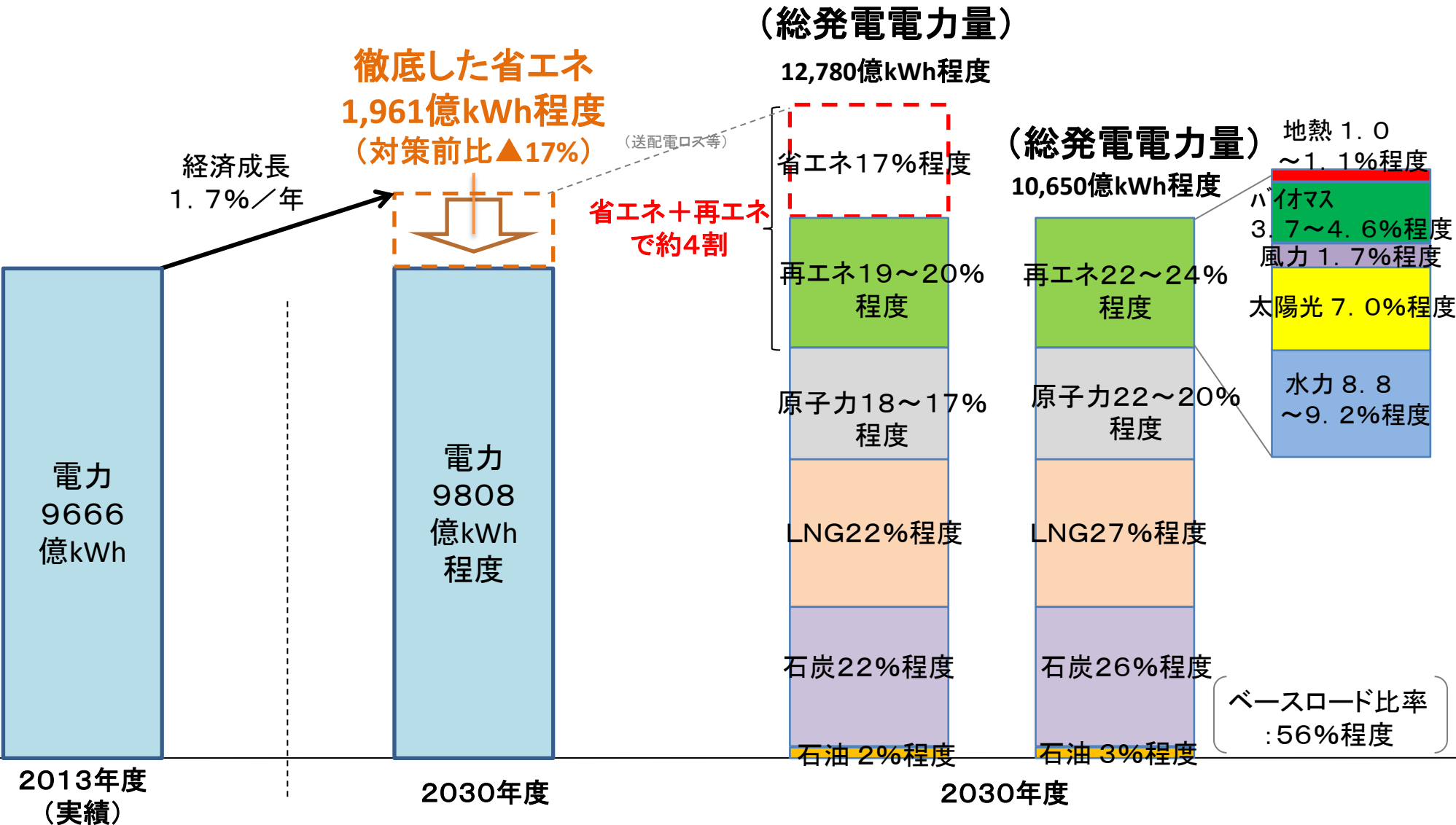
温室効果
ガス排出量

欧米に遜色ない温室効果ガス削減目標

エネルギーミックスにおける電力需要・電源構成

電力需要

電源構成

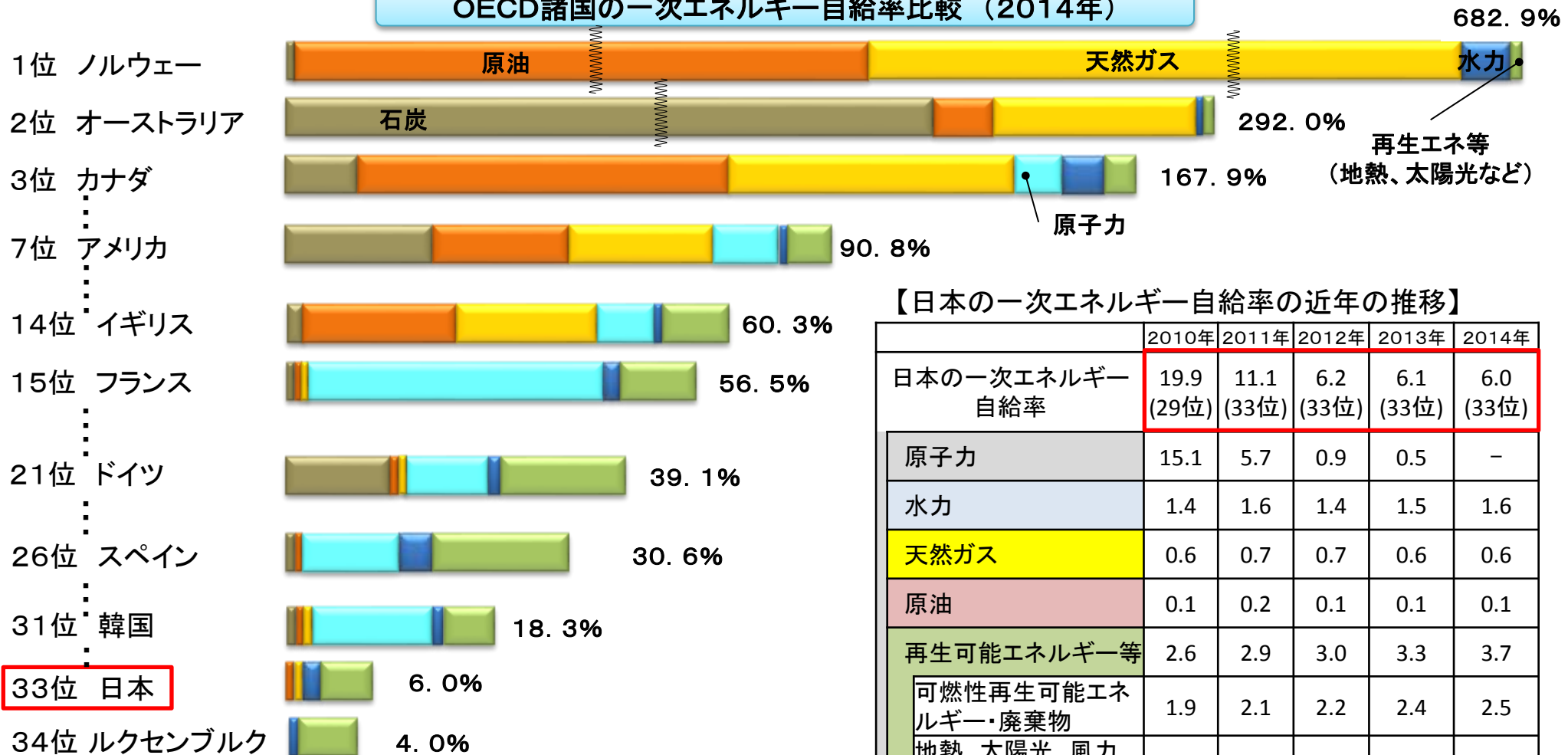


日本のエネルギー事情① ～低いエネルギー自給率～

- 震災前(2010年:19.9%)に比べて大幅に低下。OECD34か国中、2番目に低い水準に。
- 震災前を更に上回る概ね25%程度まで改善することを目指す。

※ IEAは原子力を国産エネルギーとして一次エネルギー自給率に含めており、我が国でもエネルギー基本計画で「準国産エネルギー」と位置付けている。

OECD諸国の一次エネルギー自給率比較 (2014年)



【日本の一次エネルギー自給率の近年の推移】

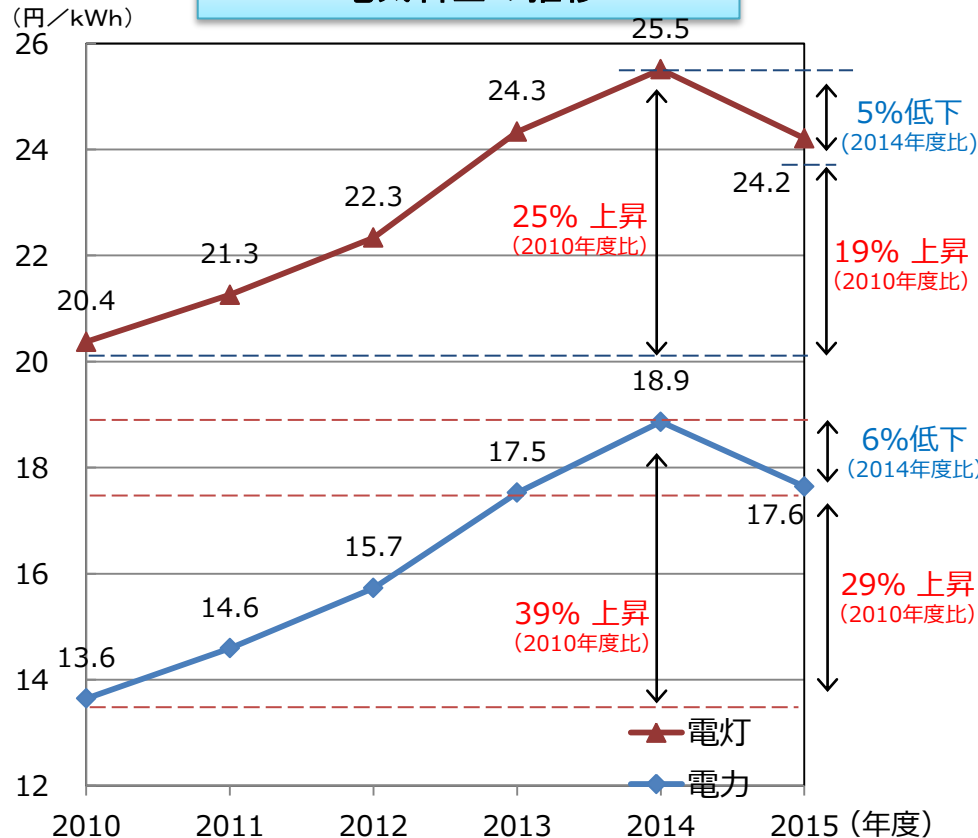
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
日本の一次エネルギー自給率	19.9 (29位)	11.1 (33位)	6.2 (33位)	6.1 (33位)	6.0 (33位)
原子力	15.1	5.7	0.9	0.5	-
水力	1.4	1.6	1.4	1.5	1.6
天然ガス	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6
原油	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
再生可能エネルギー等	2.6	2.9	3.0	3.3	3.7
可燃性再生可能エネルギー・廃棄物	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5
地熱、太陽光、風力、その他	0.7	0.8	0.8	1.0	1.2

【出典】 IEA「Energy Balance of OECD Countries 2016」を基に作成

日本のエネルギー事情② ～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20%、産業向けの電気料金は約30%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。
- 他方、2014年後半以降の大幅な原油価格の下落等により、2015年度は1年前の2014年度と比較して、家庭向け電気料金の平均単価は約5%、産業向け電気料金の平均単価は約6%低下。

電気料金の推移



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

【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

日本のエネルギー事業③ ～温室効果ガス排出量の推移～

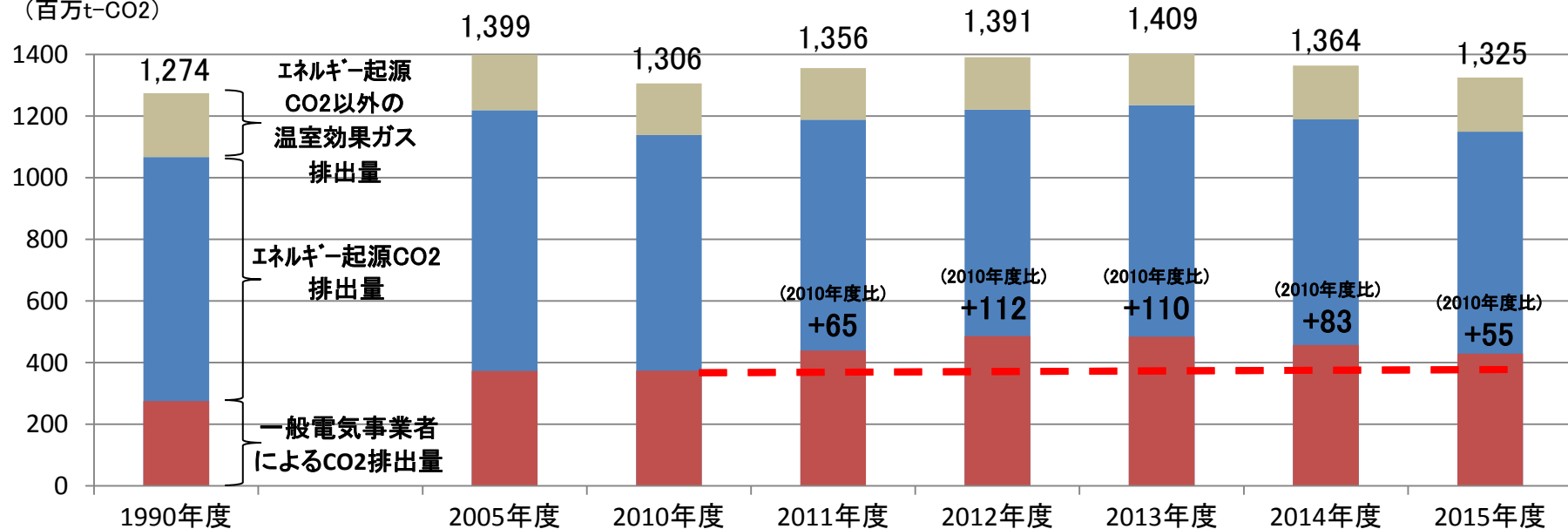
- 震災以降、温室効果ガス排出量は増加。2013年度、エネルギー起源CO2排出量は1,235百万トン（過去最高）。
- 2015年度（確報）は前年度から減少し、1,149百万トン。震災前に比べると、電力分は原発代替のための火力発電の焼き増しにより、2010年度比55百万トン増加。

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	2015年度
温室効果ガス排出量(百万t-CO2)	1,274	1,399	1,306	1,356	1,391	1,409	1,364	1,325
エネ起CO2排出量 (百万t-CO2)	1,067	1,219	1,139	1,188	1,221	1,235	1,189	1,149
うち電力分 ^(注1) (百万t-CO2)	275	373	374	439	486	484	457	429
うち電力分以外 (百万t-CO2)	792	846	765	749	735	751	732	720

(10年比) +65 ▲16
 (10年比) +112 ▲30
 (10年比) +110 ▲14
 (10年比) +83 ▲33
 (10年比) +55 ▲45

(注1)「電力分」は、旧一般電気事業者による排出量 (百万t-CO2) (注2)より正確に排出量を算定できるよう毎年度算定方法を見直しているため、従前の数値と比べ差異が生じる可能性がある。



【京都議定書基準年】

【出典】総合エネルギー統計、日本の温室効果ガス排出量の算定結果（環境省）、電力各社のHP情報等をもとに作成。