

高レベル放射性廃棄物の 地層処分

2017年11月25日(土)

武田 精悦



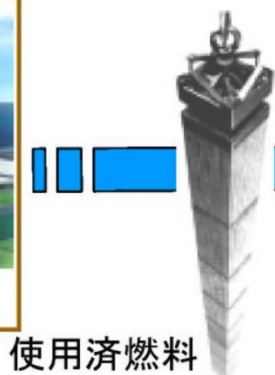
本日のお話

1. はじめに
2. 地層処分の安全確保
3. 処分地確保に向けての取組み

1. はじめに



ガラス固化体ができるまで



再処理工場

再処理

約95
~97%

ウランと
プルトニウムを
回収し、
燃料として
再利用

約3~5%

核分裂生成物等
を含む放射性廃液

ガラス原料

ガラス溶融炉

溶融ガラス

溶融ガラス

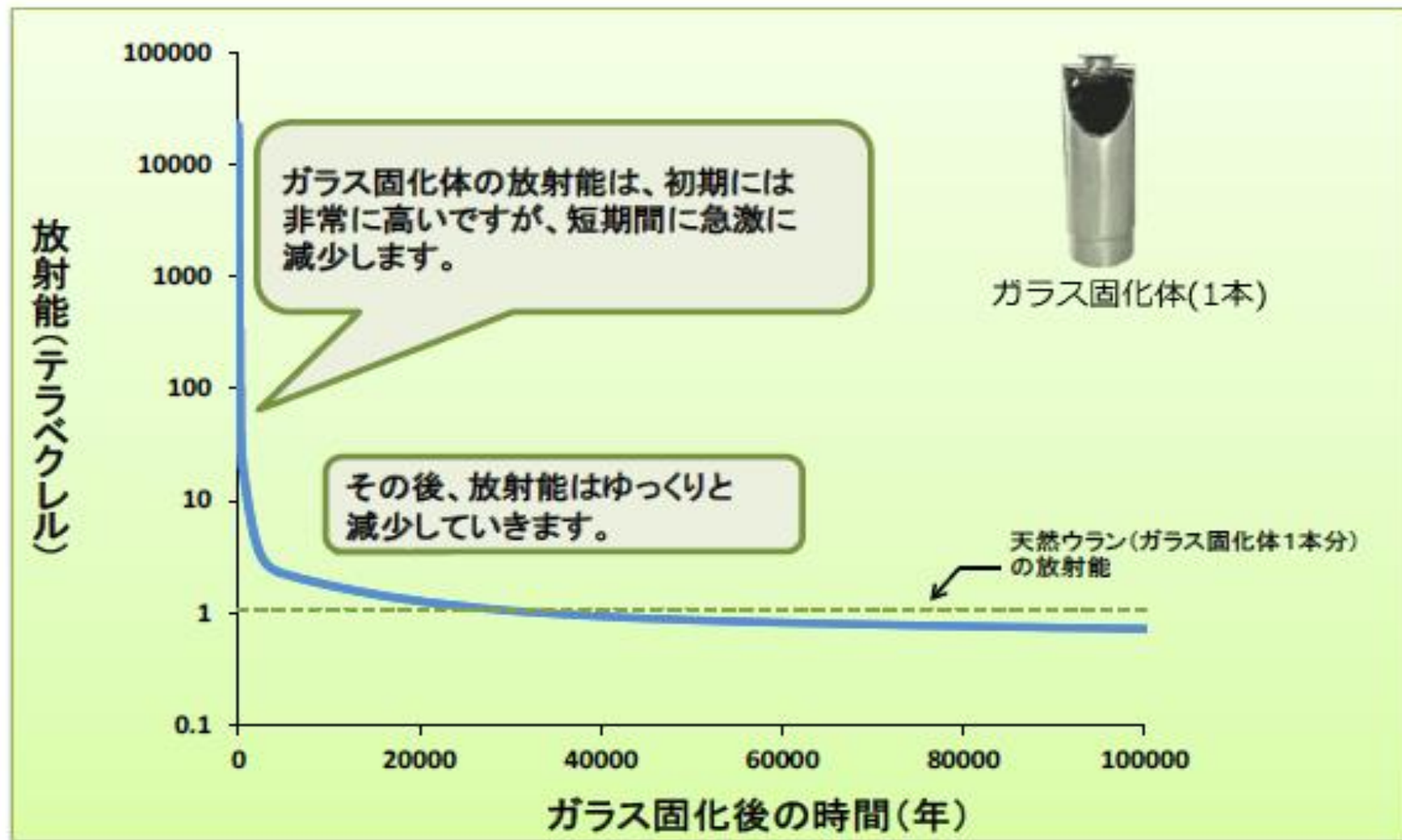
キャニスター
(ステンレス製容器)

固化ガラス

- ガラス固化体
- 高さ: 約 1.3 m
 - 外径: 約 40 cm
 - 重さ: 約 500 kg
 - 固化ガラス容積: 約150ℓ

出典: 原子力発電環境整備機構 (NUMO)

高レベル放射性廃棄物の放射能



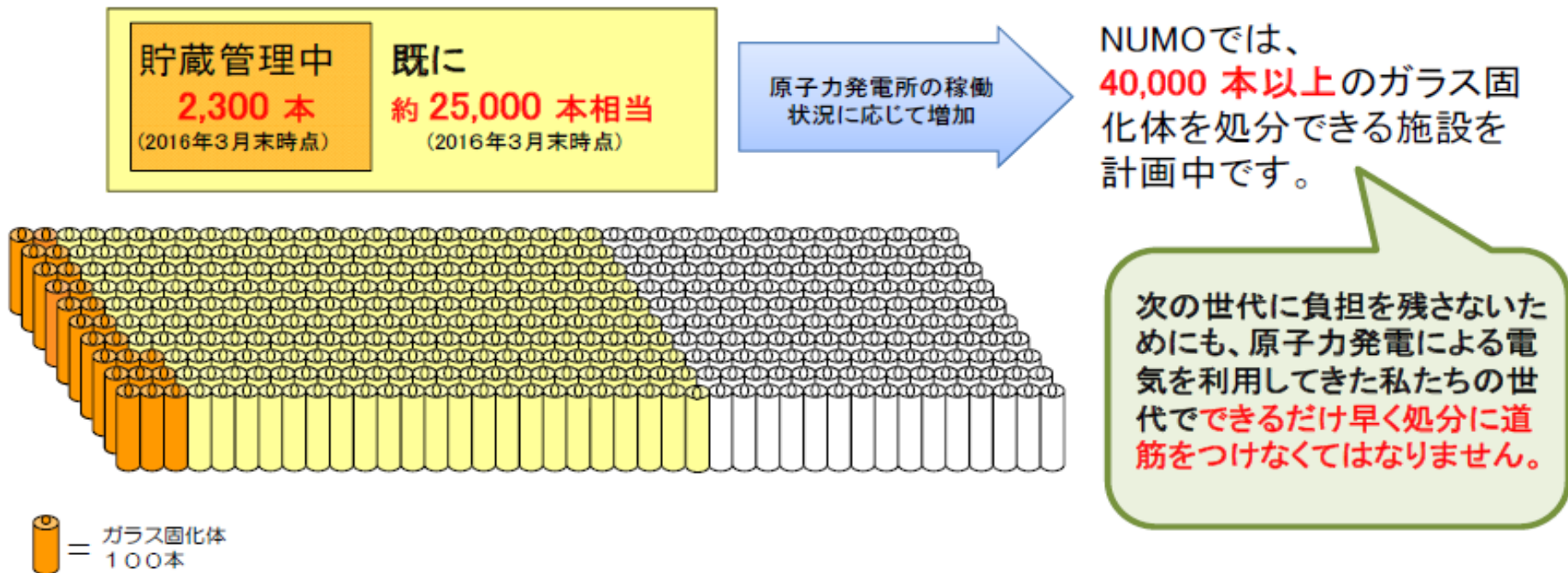
- ベクレルとは放射能の強さを表す単位であり、1テラベクレルは1兆ベクレルです。
- ガラス固化体1本分に相当する天然ウランは約6トンです。



高レベル放射性廃棄物の発生量

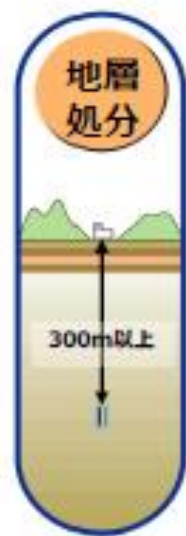
現在原子力発電所などで保管されている約18,000トンの使用済燃料を今後リサイクルすると、既にリサイクルされた分も合わせ、**ガラス固化体の総数は約25,000本**となります。

高レベル放射性廃棄物の発生量



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する地層処分が、廃棄物を放射能が十分小さくなるまで人間や自然災害から隔離できるので、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。



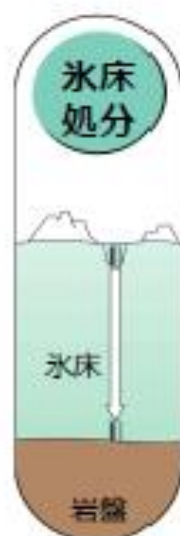
地層がもっている物質を閉じ込める性質を利用



発射技術等の信頼性に問題



ロンドン条約により禁止



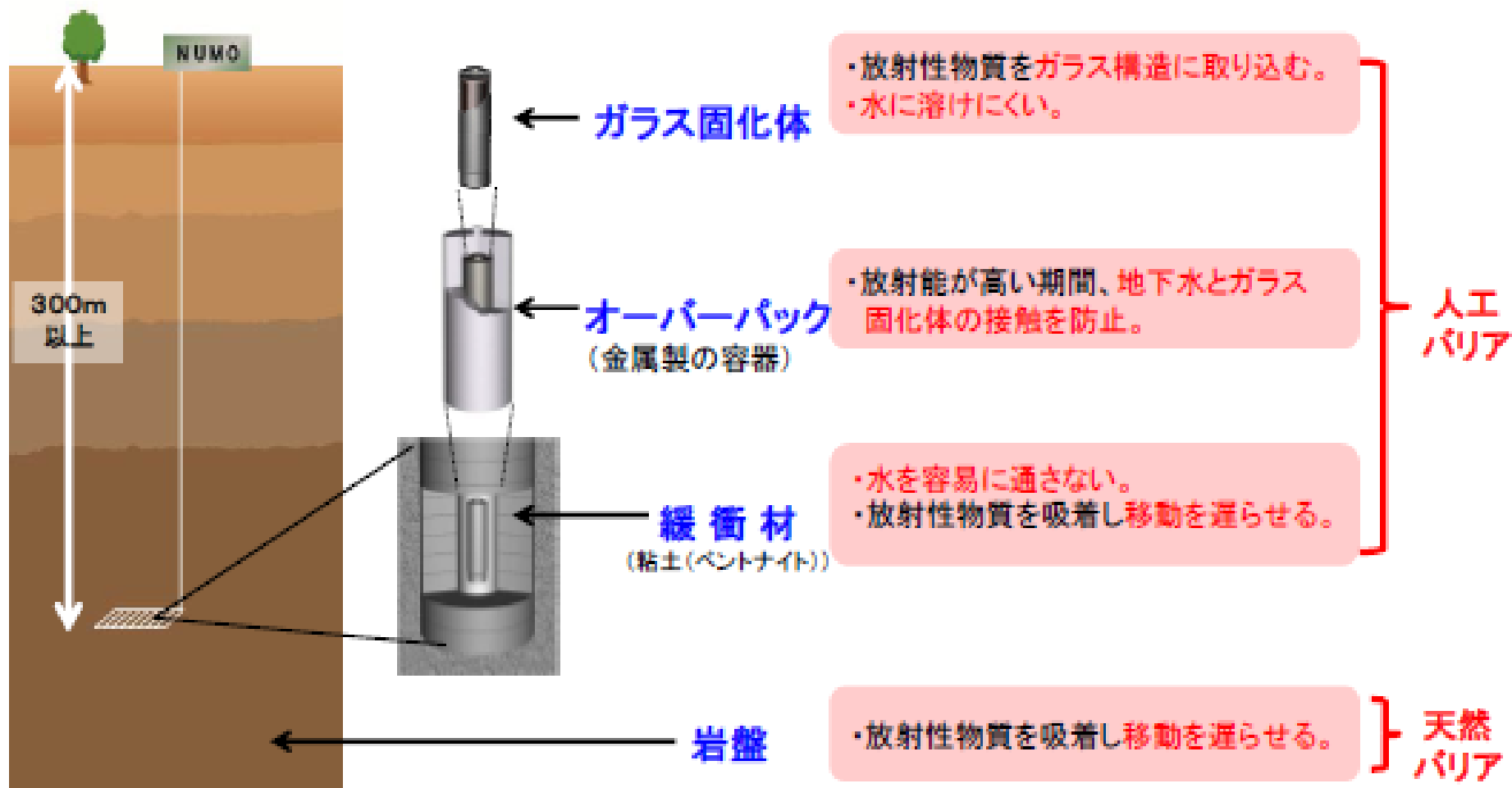
南極条約により禁止



人間による恒久的な管理が困難

2. 地層処分の安全確保

高レベル放射性廃棄物の地層処分



方策(1): 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。



ガラスの性質



発掘された古代エジプト時代のガラス工芸品



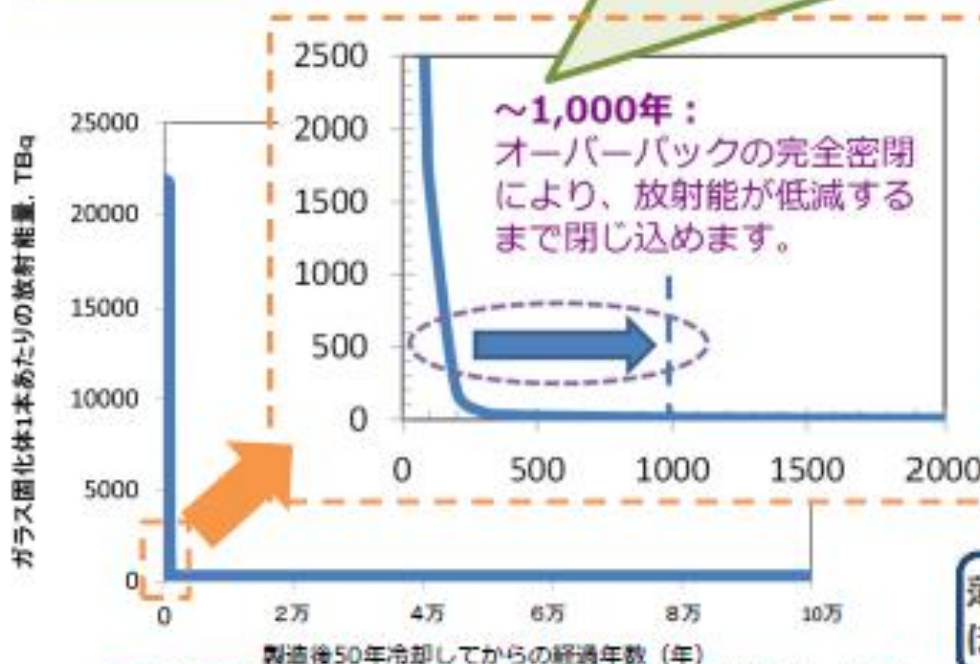
B. C. 2900年頃～B. C. 300年頃に製造されたガラス工芸品が色鮮やかなまま発掘された事例
(写真提供：PPS通信社)

ガラス固化体が全て溶けるまで**7万**
年以上かかると考えられています。

方策(1):放射能が高い期間地下水との接触を防ぎます

- 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、1000年の間の腐食量は大きく見積もっても3cm程度です。

放射能が急激に減る少なくとも1000年の間、鉄製で厚さ約20cmのオーバーパックで完全密封し、ガラス固化体が地下水に触れないようにします。



※TBq (テラベクレル) は放射能の強さを表す単位「ベクレル」の1兆倍
 ※上回は通常目盛で表記

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

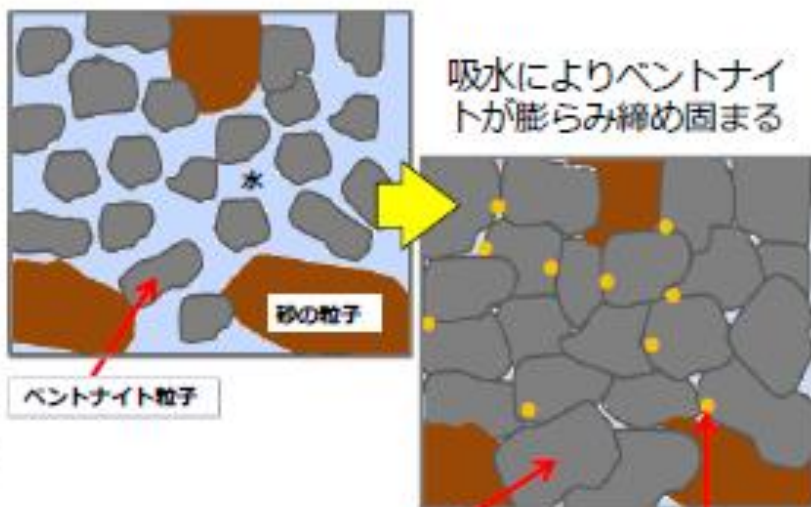
薄い錆びで覆われていましたが、ほぼ完全な形を残していました。

方策(1): 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、放射能が生物圏に影響の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。



地層処分に必要な2つの機能



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

地下深くは酸素が少ないの？

- 動物・植物による酸素の消費
- 微生物による酸素の消費
- 鉱物との反応による酸素の消費

酸素が
へっていく



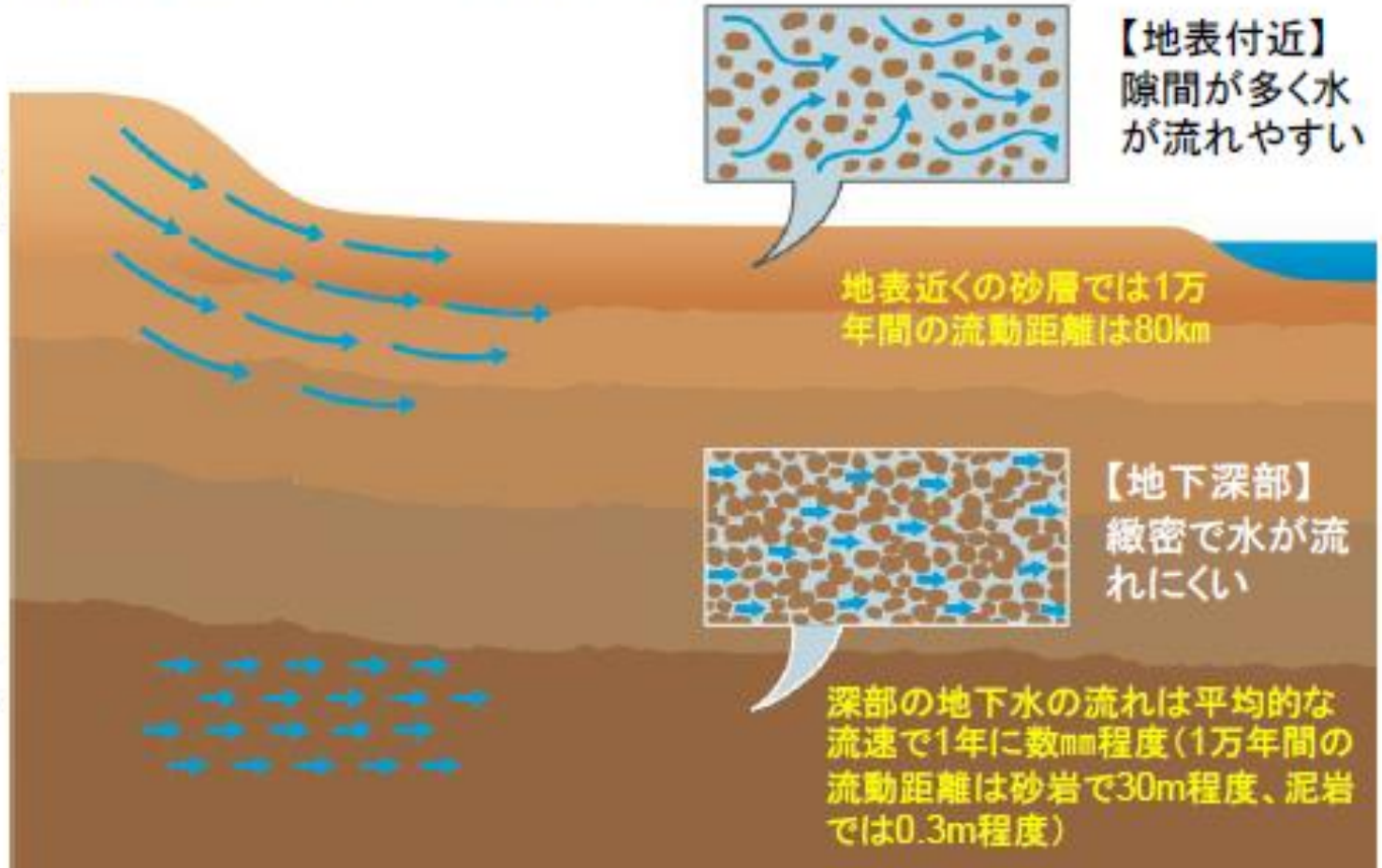
出典:原子力発電環境整備機構(NUMO)

深部地下水の動き

一般に深部地下水の動きは緩慢

【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



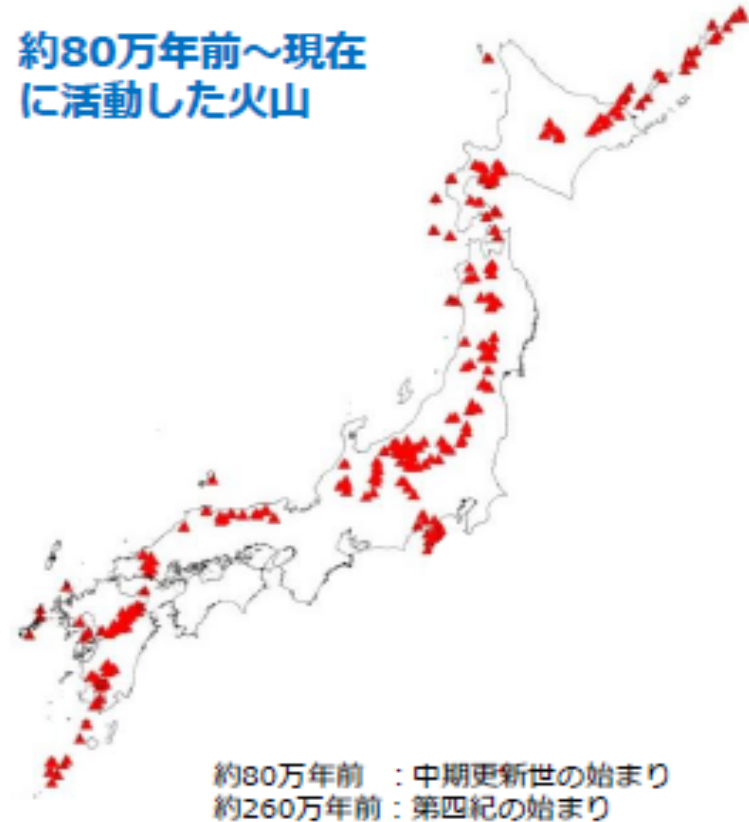
火山の影響を避ける

数百万年程度の期間、火山ができる位置はほとんど変わっていない(図中の記号は火山の位置のみを表示)

約260万年前～約80万年前
に活動した火山



約80万年前～現在
に活動した火山



日本列島における火山の分布

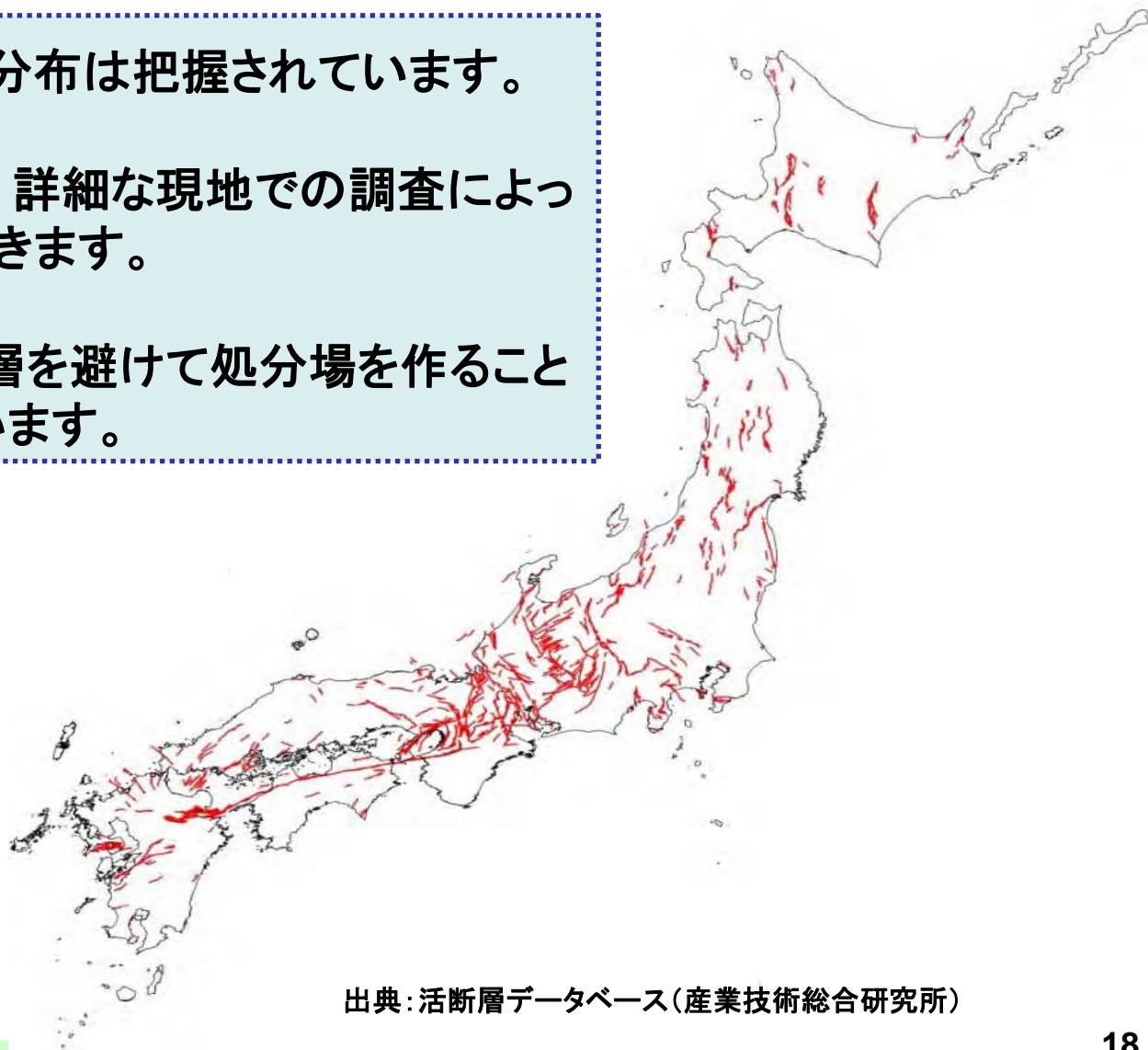
出典: NUMO高レベル放射性廃棄物の地層処分について 中部原子力懇談会情勢講演会 H27.9.18資料

活断層の影響の回避

規模の大きな活断層の分布は把握されています。

規模の小さな活断層は、詳細な現地での調査によって明らかにすることができます。

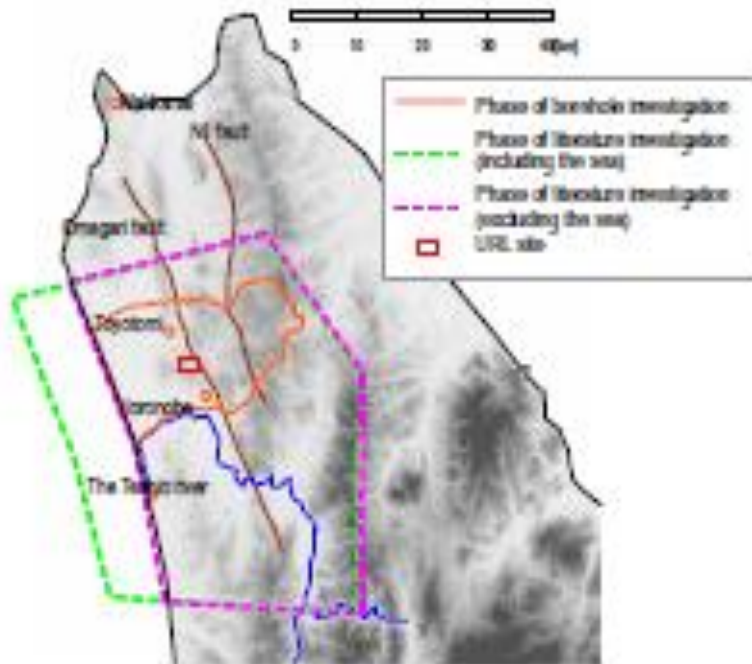
これらのことから、活断層を避けて処分場を作ることが可能だと考えられています。



出典：活断層データベース(産業技術総合研究所)

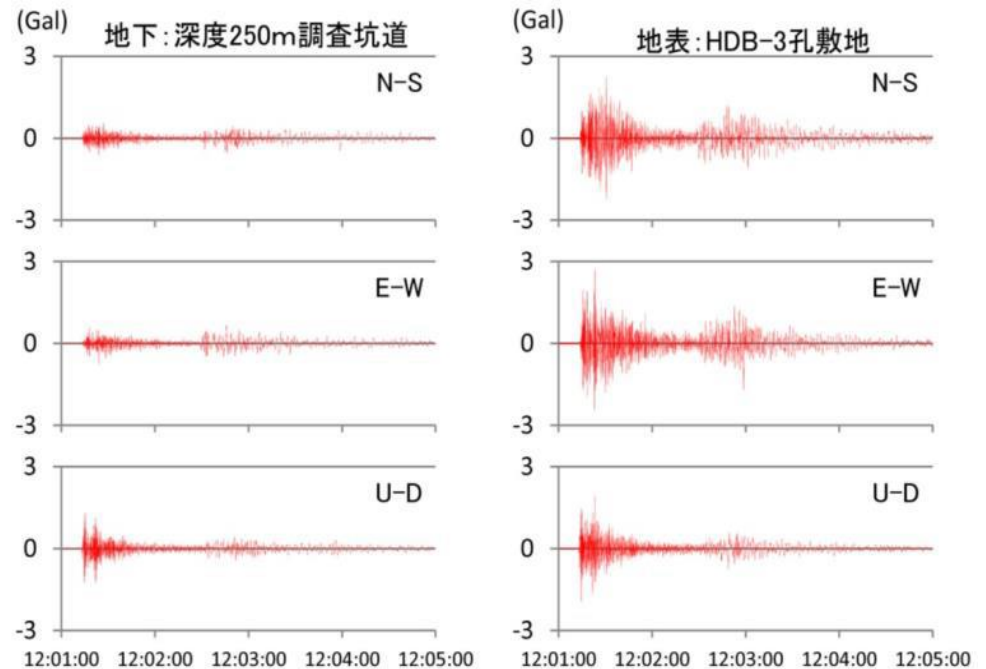
地震による影響

地下における揺れは、地上に較べて小さいため、地震による地下施設への影響はほとんどないと考えられています。



幌延深地層研究センター位置図

出典：JAEA -Reserch2007-044 太田ほか(2007)より

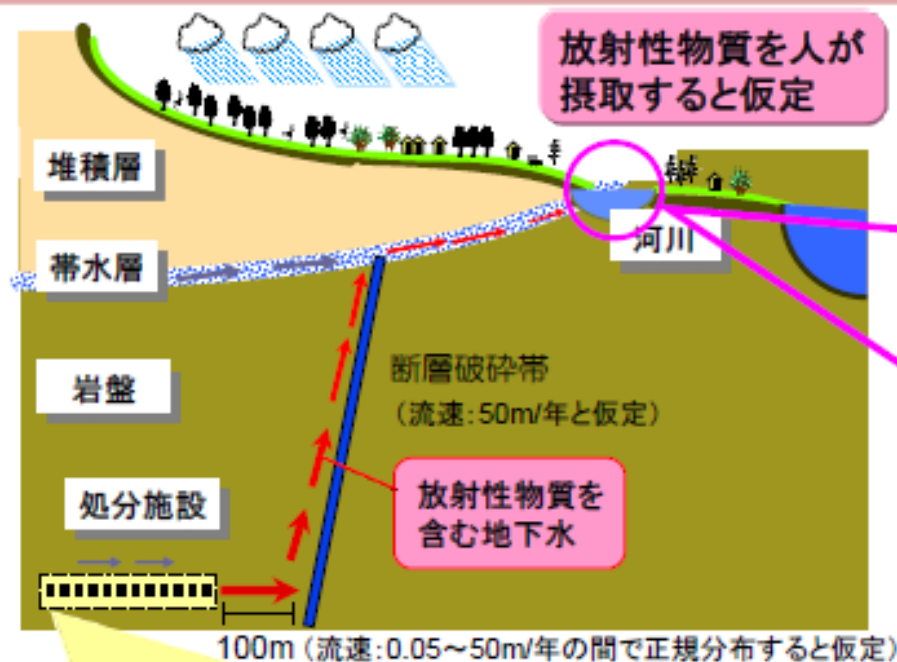


発震：2012/7/15 23:08:06 M4.2 震源域：上川地方北部

出典：JAEA -Reserch2014-002 落合ほか(2014)より

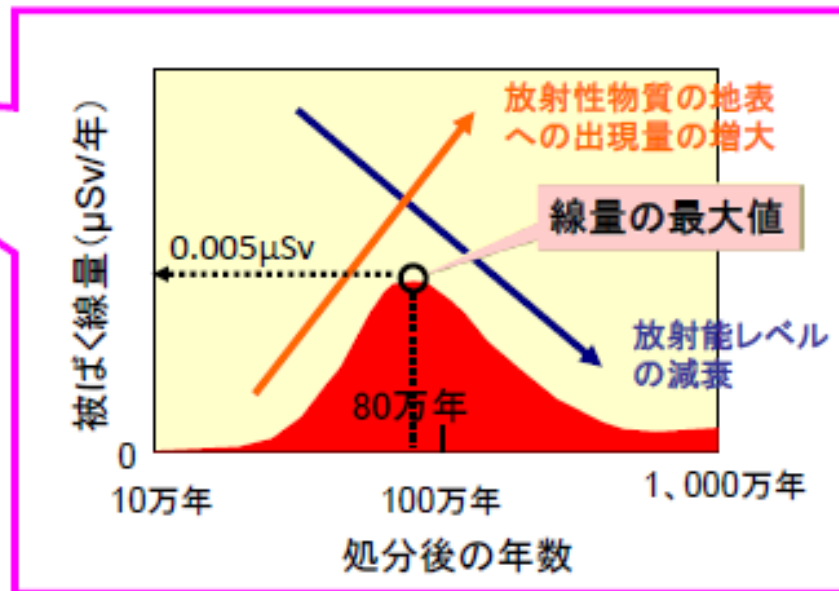
閉鎖後長期安全性を確認するための計算例 (基本的なケース)

- 評価では、1,000年後にオーバーパックが機能を失ってガラス固化体が溶け出し、放射性物質が地下水とともに岩盤および断層破碎帯を移動して地表に到達すると仮定。
- 岩盤の物性や地下水の流れる速さなどは、日本の一般的な地質環境を仮定。
- 放射性物質が地表に現れる量は徐々に大きくなるが、放射能レベルは時間とともに減衰するため、被ばく線量はある時点を超えて減少する(下記計算例では、80万年後に年間 $0.005\mu\text{Sv}$)。



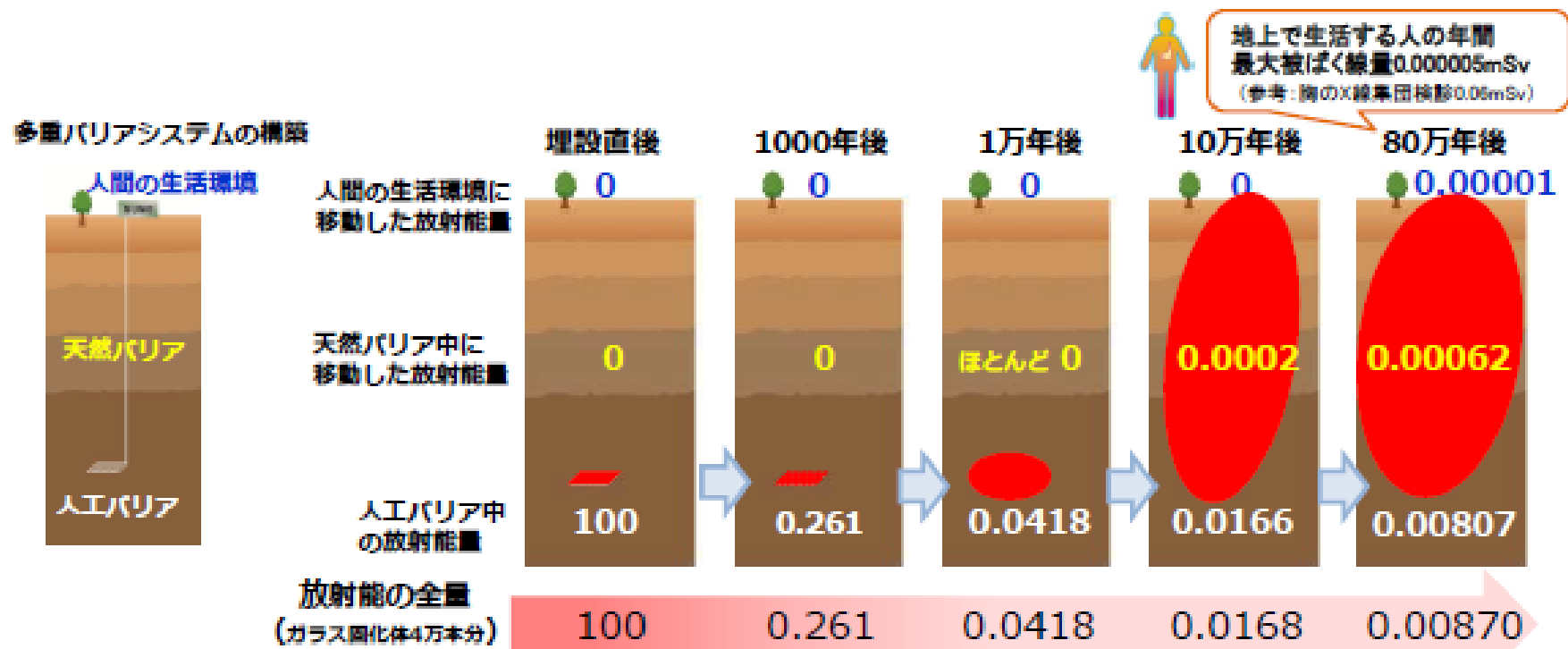
シナリオとして、1000年後にオーバーパックが機能を失い、ガラス固化体が溶け出し始めると仮定

被ばく線量の計算例(基本的なケース)



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。

3. 処分地確保に向けての取組み



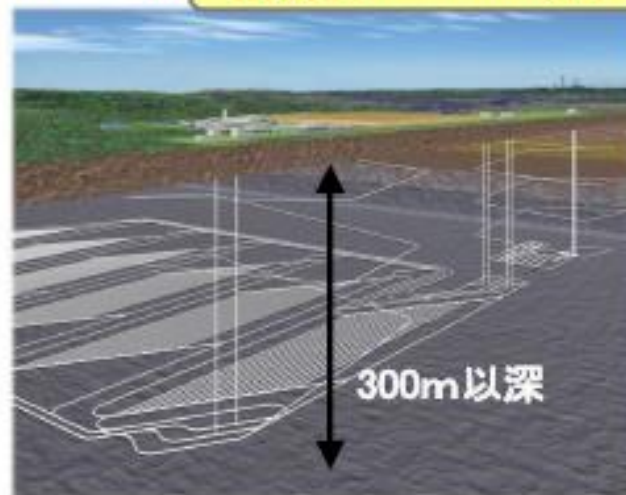
地層処分場の規模

- 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。
- 国際条約で放射性廃棄物は発生した国内で処分することを前提とされています。日本もこの条約を批准しており、国内で処分する方針としています。

地上施設: 1～2 km²程度

【高レベル放射性廃棄物処分施設(イメージ)】

地下施設: 6～10 km²程度



最終処分事業費: 約3.7兆円

※費用は原子力発電を行う電力会社が拠出。

※高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)、地層処分を行う低レベル放射性廃棄物(TRU廃棄物)を含みます。

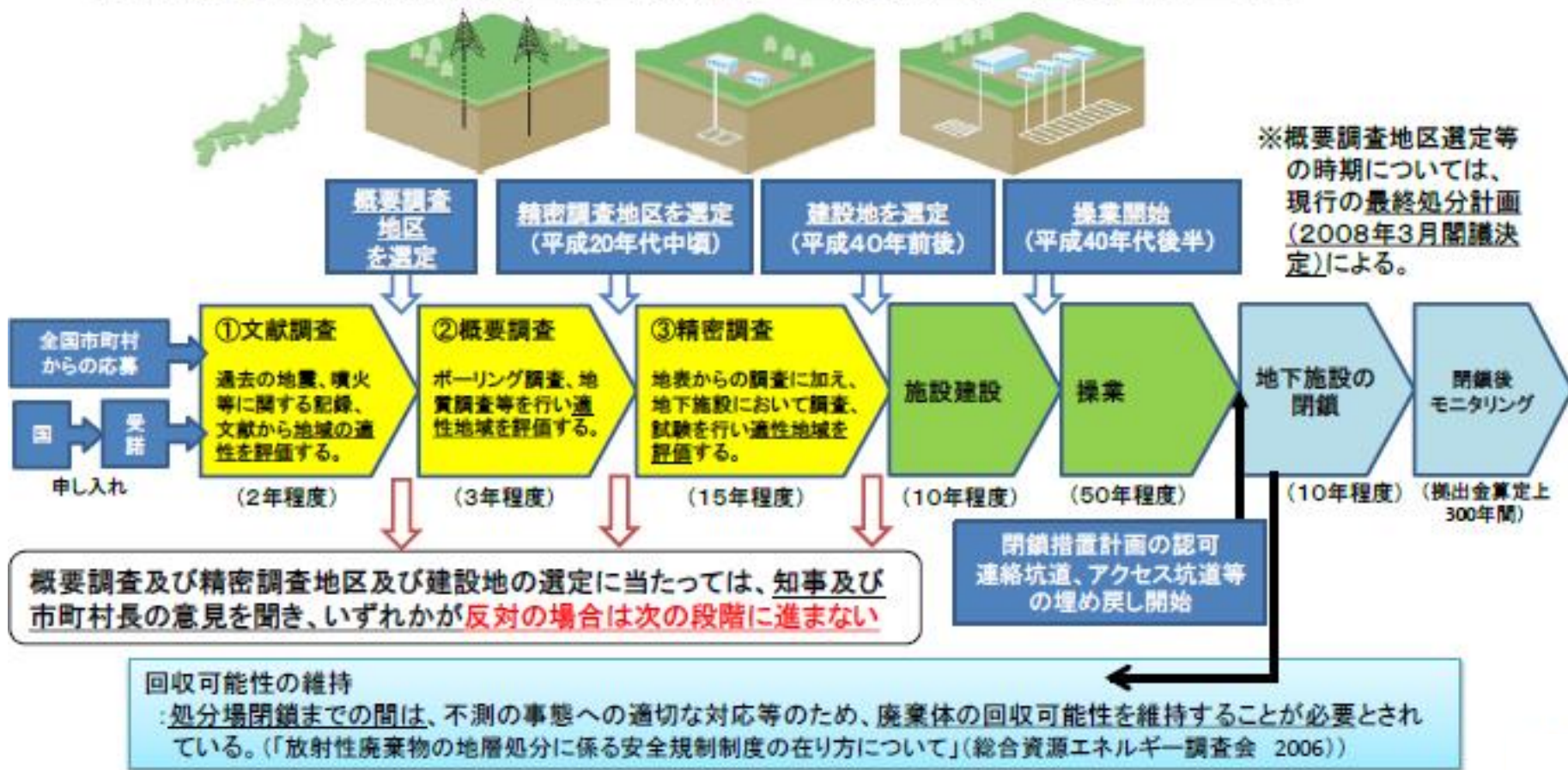


最終処分地選定プロセスと処分スケジュール

(1)最終処分地の選定は、3段階の調査(約20年)を経て行われるが、それぞれの調査が終わった段階で、地元の意見を聞き、次段階に進むことに反対の場合は、次の段階に進まないこととしている。

【参考資料P35～37(3段階の調査のイメージ、立地選定プロセス)】

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(2000年施行)に基づく立地選定プロセス



出典:平成25年5月「高レベル放射性廃棄物処分について」

総合資源エネルギー調査会、電気事業分科会原子力部会 放射性廃棄物小委員会資料



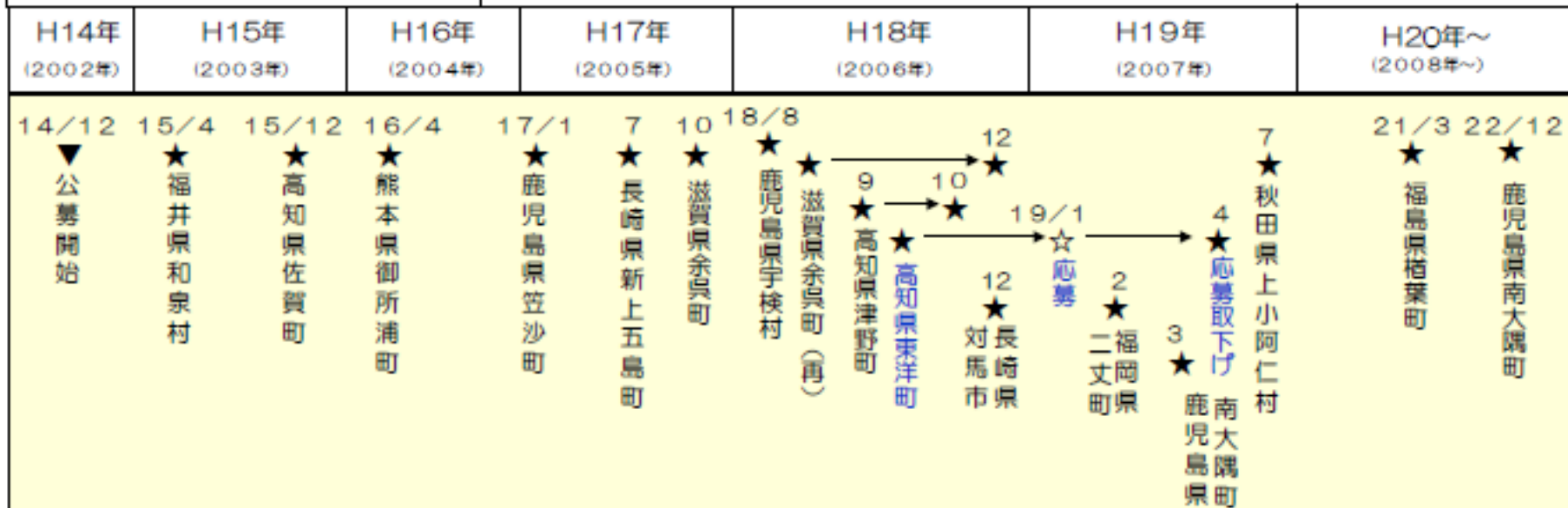
わが国の最終処分地の選定プロセスの進捗状況

(1) 2000年に制定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」に基づいて、処分事業の実施主体(原子力発電環境整備機構(NUMO))が、2002年より全国市町村を対象に最終処分場立地に向けた調査の公募を開始。

(2) 高知県東洋町での失敗を踏まえ、2007年に国から自治体に申入れる方式を追加するとともに地層処分の安全性・信頼性向上に向けた研究開発や国民的理解に向けた広聴・広報活動を展開するも、これまで申入れの実績無く、文献調査にも着手できていない。

【参考資料P49～54(高知県東洋町による文献調査応募の経緯)】

これまで応募が報道された地点



出典:平成25年5月「高レベル放射性廃棄物処分について」

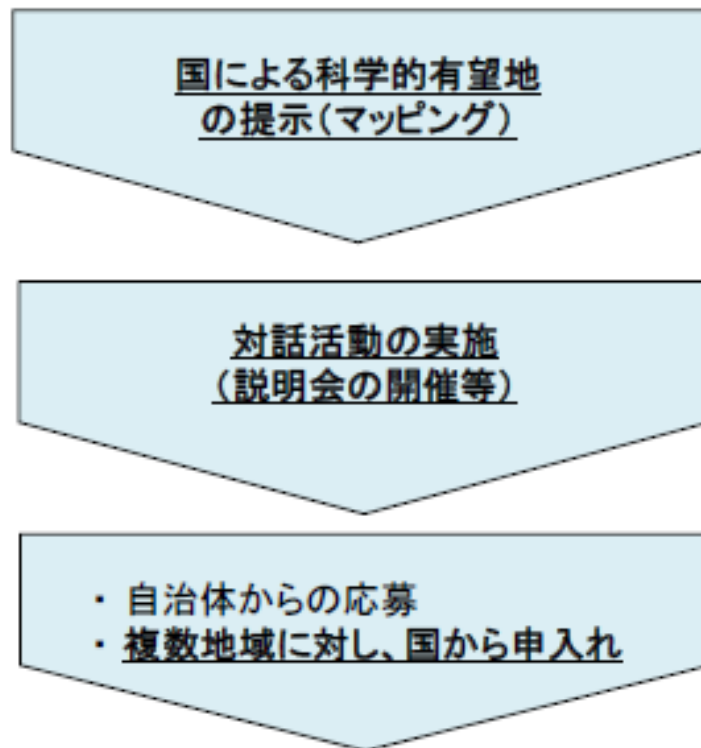
総合資源エネルギー調査会、電気事業分科会原子力部会 放射性廃棄物小委員会資料



新たなプロセスの追加

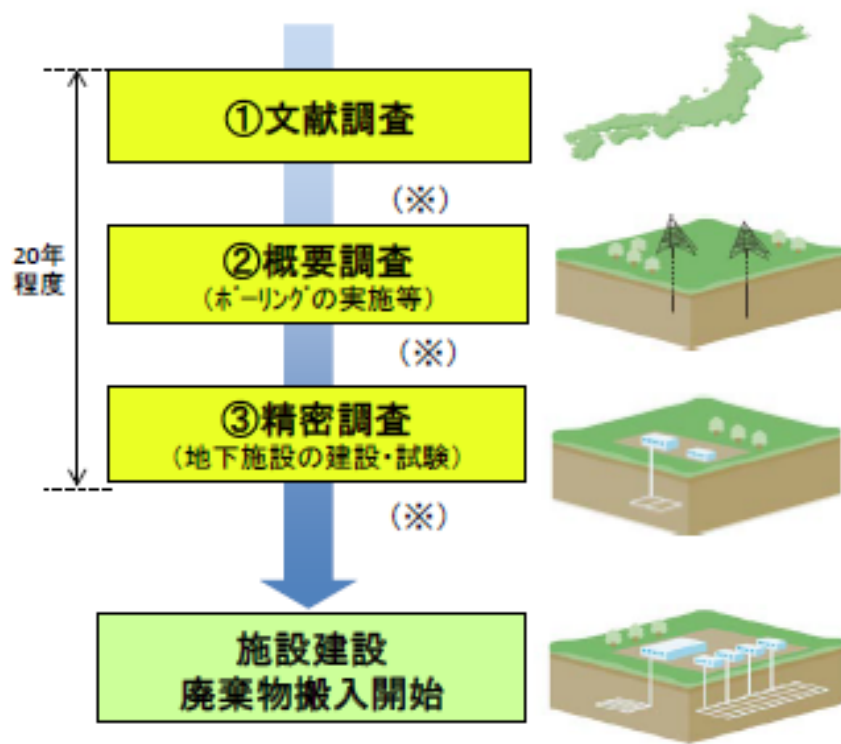
- 新たな基本方針では、自治体からの応募を単に待つのではなく、科学的有望地を提示する等、国が前面に立って取組を進める新たなプロセスを追加しました。

文献調査の開始に向けて、新たなプロセスを追加



※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)。

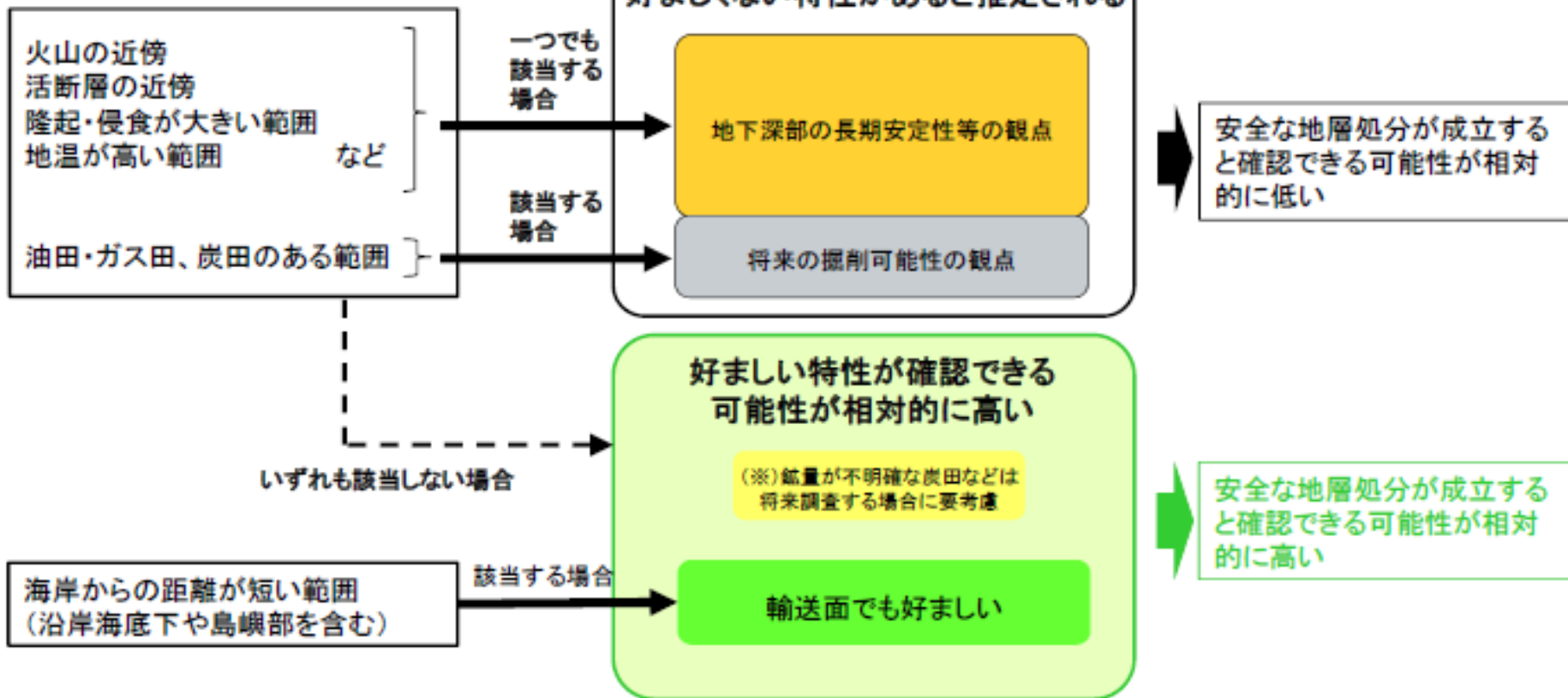
最終処分法で定められた処分地選定プロセス



「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>



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。

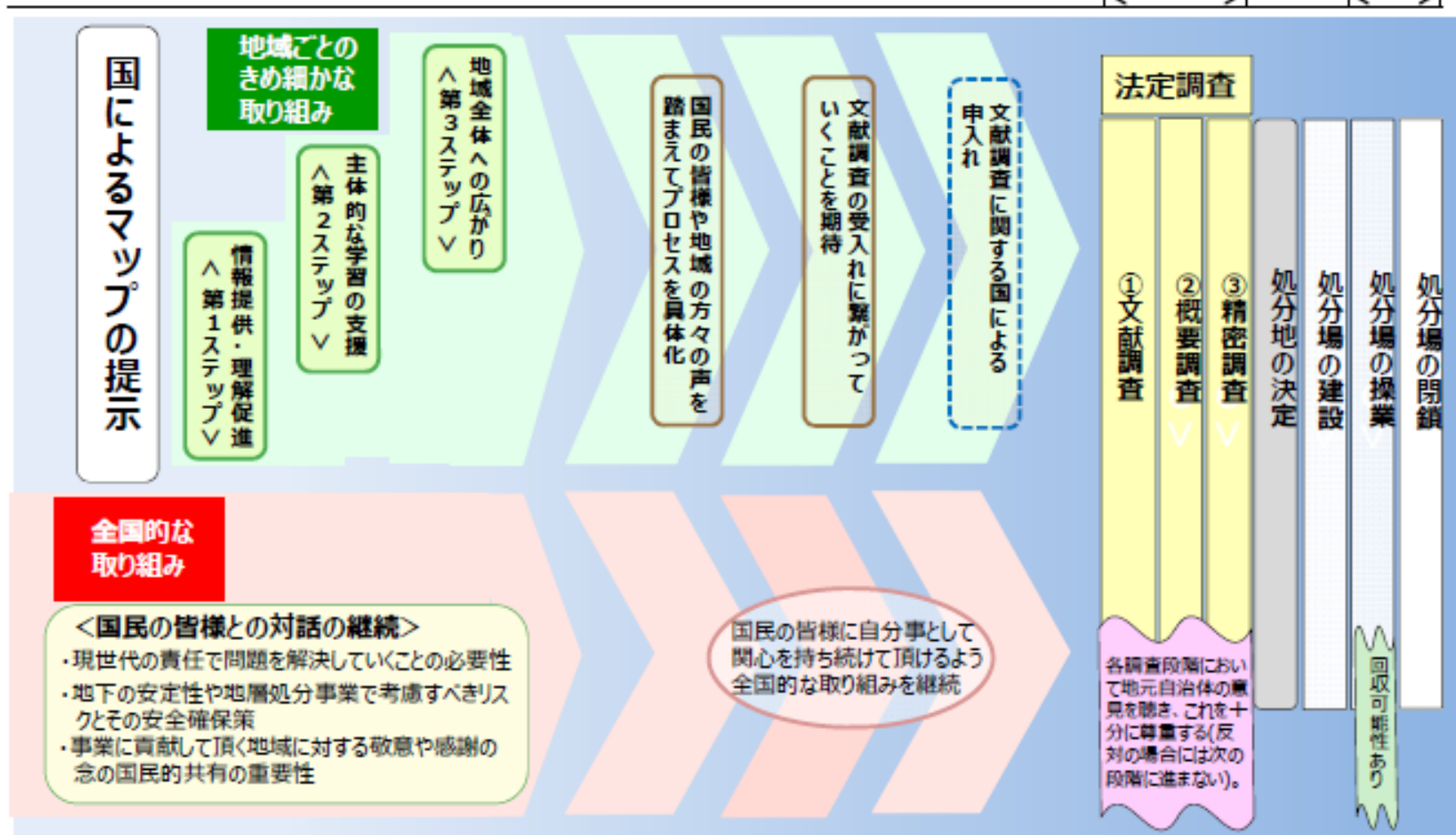


マップ提示から処分場の建設・操業・閉鎖までのイメージ

※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



NUMO

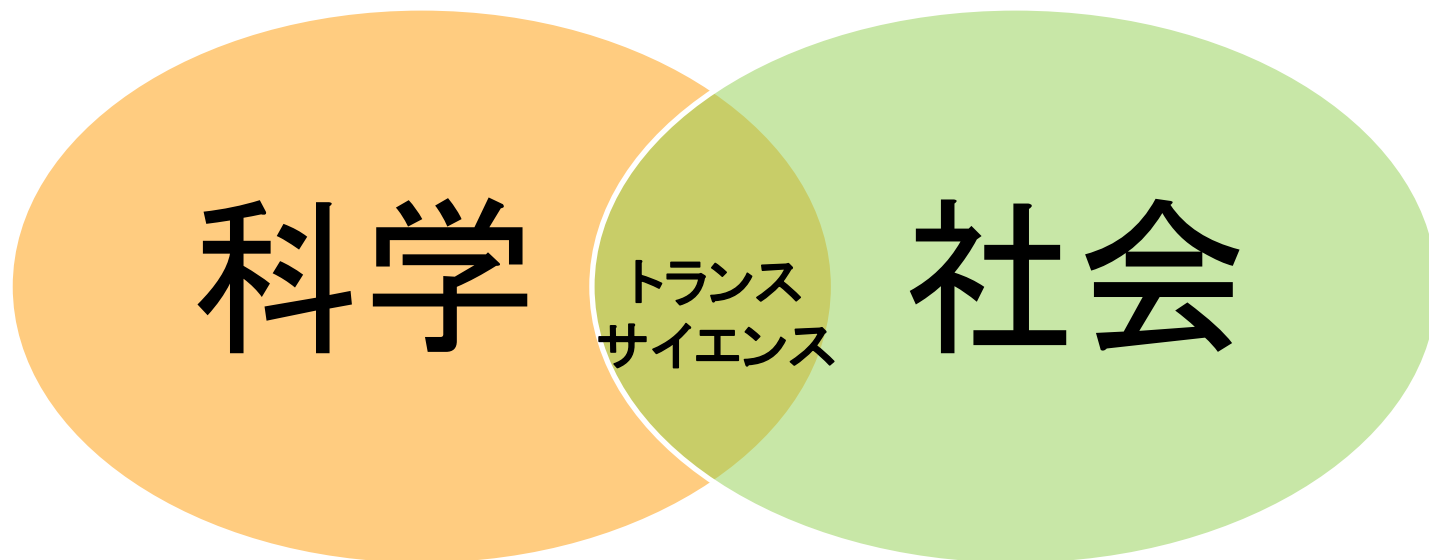
3



トランスサイエンスとは？

科学に問うことはできるが、
科学だけでは答えを出せない
問題群の領域

(Alvin Weinberg, 1972)



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、英国は、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。特に、フィンランドでは、具体的な処分施設の建設について政府(規制当局)が許可を出すまでに至っています。

