

地層処分事業の考え方と進め方

2013年度 バックエンド週末基礎講座

2013年10月27日

原子力発電環境整備機構 (NUMO)

加来 謙一



目 次

1. 高レベル放射性廃棄物とは
2. 高レベル放射性廃棄物の処分方法 ～ 地層処分とは
3. 火山や地震が多い日本で地層処分はできるのか
4. 地層処分事業と処分場(イメージ)
5. 諸外国の状況



1. 高レベル放射性廃棄物とは どうして生じる（残る）のか どこに、どれくらいあるのか

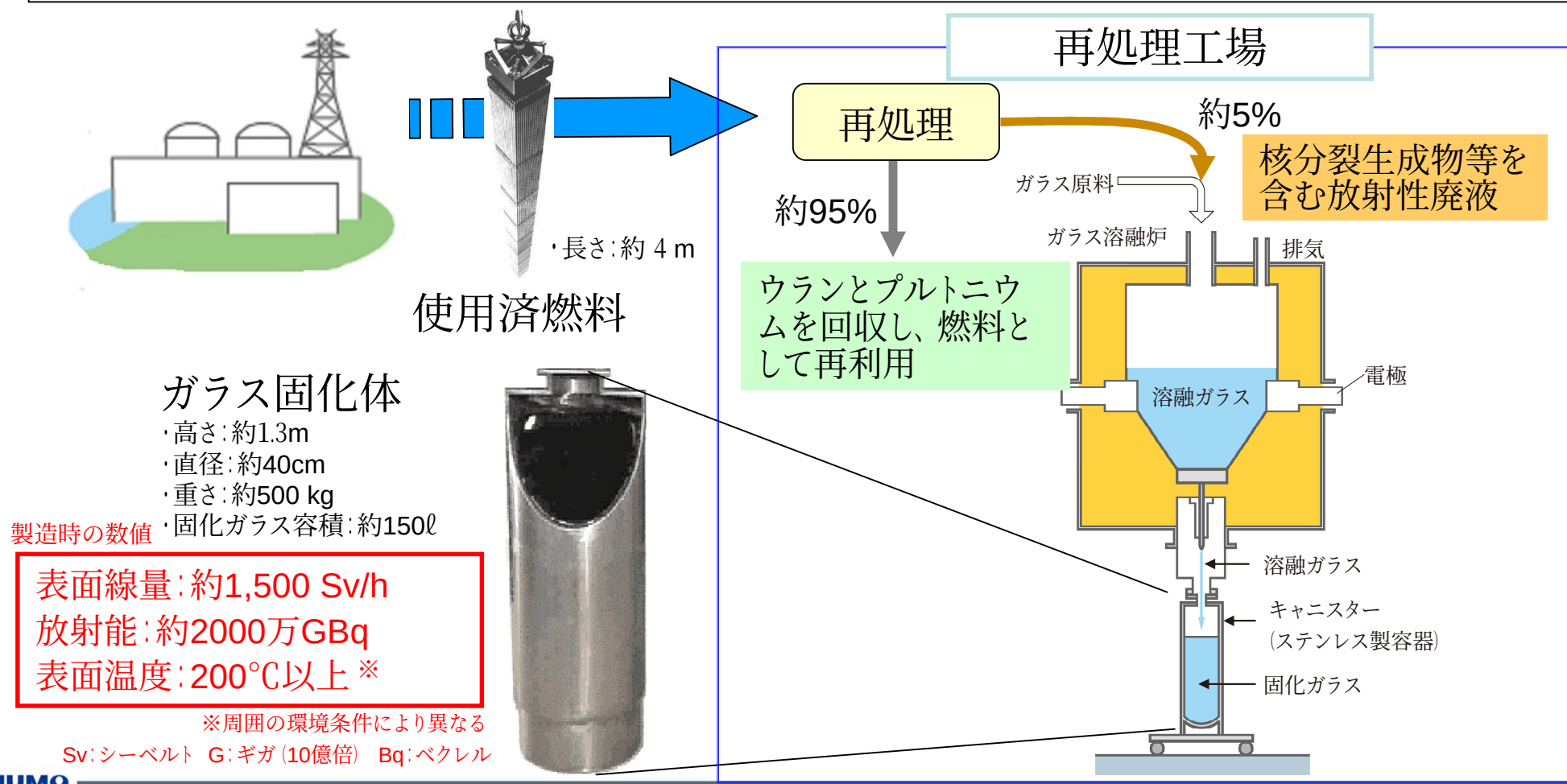


ビデオ1：高レベル放射性廃棄物について



高レベル放射性廃棄物とその特徴

- ・ 高レベル放射性廃棄物は、原子力発電所から出る使用済み燃料を再処理工場で再処理してウランとプルトニウムを取り出した後、残った核分裂生成物などを含む廃液をガラスと融かし合わせ固化体にしたもの
- ・ 放射線量が高く、発熱量が大きい



高レベル放射性廃棄物の発生量と貯蔵管理状況

高レベル放射性廃棄物の発生量

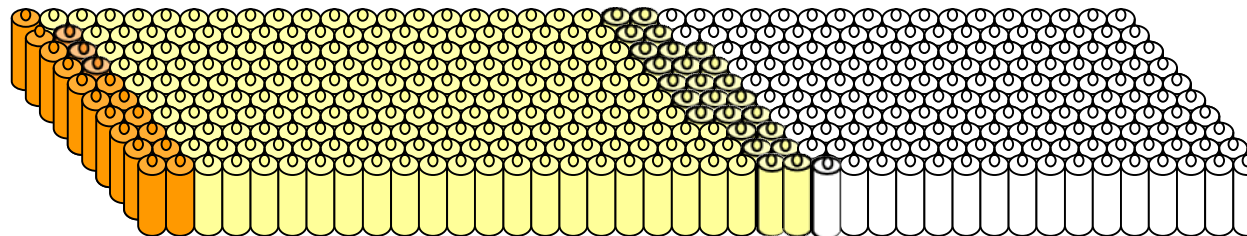
貯蔵管理中
1,930本
(平成24年12月末)

既に発生
約24,800本相当
(平成24年12月末)

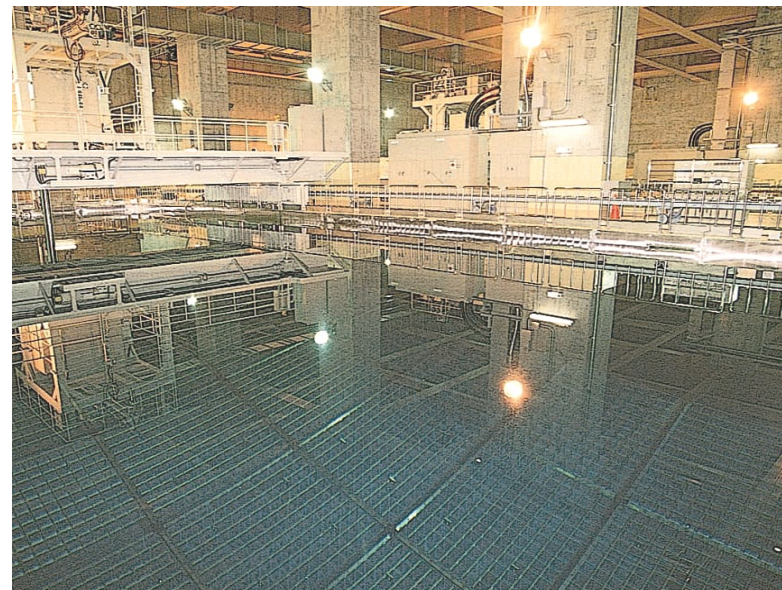
→
+
1,300～
1,600本/年
(現行計画)

将来発生累計
約40,000本
(現行計画では
平成33年頃)

 = ガラス固化体
100本



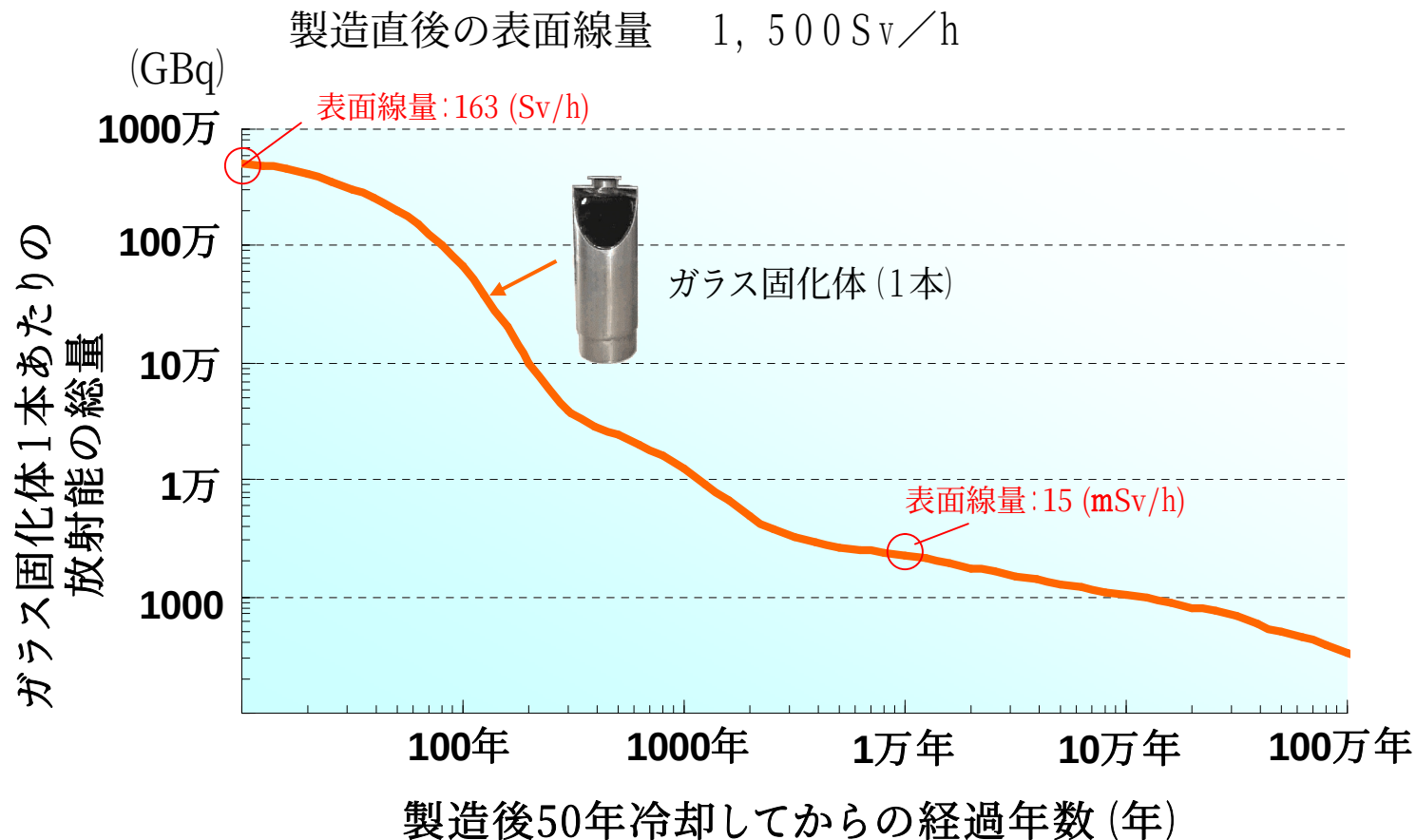
日本原燃(株) 高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター (青森県六ヶ所村)
写真提供: 日本原燃(株)



日本原燃(株) 使用済燃料貯蔵プール

ガラス固化体の放射エネルギーの推移

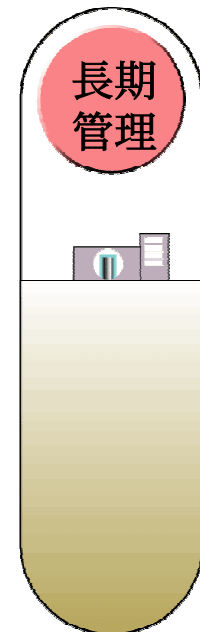
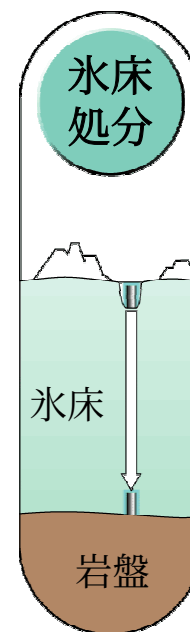
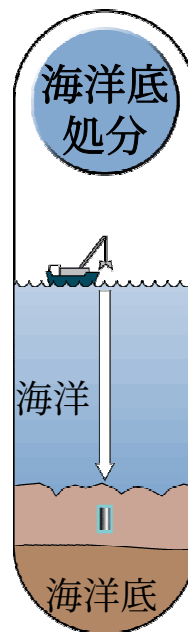
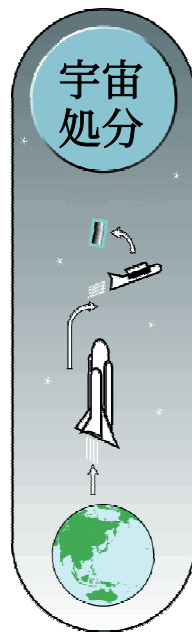
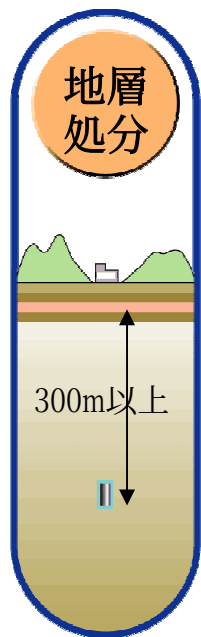
- ・ ガラス固化体の放射能は製造時には非常に高いが、時間とともに減っていく
 - ・ しかし、それには長い時間を要し、放射能は非常に長期間残る
- ⇒ その間の人間社会の変化を予測することは困難なので、人間による管理が失われても問題とならない処分方法が必要



表面線量の計算結果は、核燃料サイクル開発機構 (現 日本原子力研究開発機構) 研究報告 (2003)、JNC TN8400 2003-022を参照した

人間の管理が不要な処分方法

- ・地層中への処分は、地下資源などが長期間保存されてきた多数の実例があり、実現可能性が高い
- ・宇宙空間への処分は、発射技術等の信頼性に問題がある
- ・海洋底の下への処分は、海洋投棄を規制しているロンドン条約により禁止されている
- ・極地の氷床への処分は、南極条約により禁止されている。また、氷床の特性解明が不十分である



●地層が本来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がある

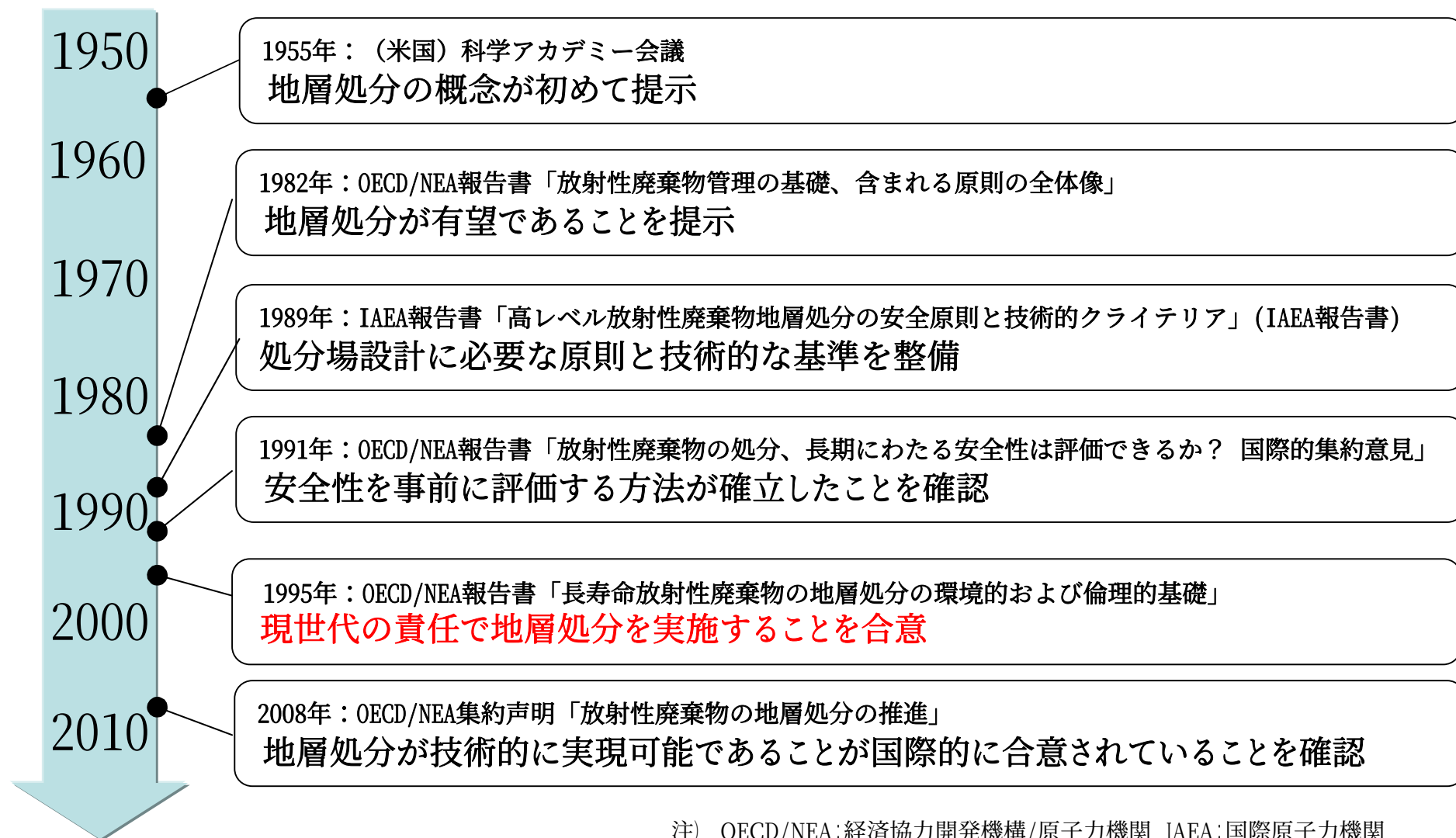
●海洋投棄を規制しているロンドン条約により禁止

●南極条約により禁止
●氷床の特性等の解明が不十分

●人間による恒久的な管理は困難
●将来の世代にまで監視の負担を負わせる

世界における地層処分の検討経緯

- ・地層処分は、国際的に合意が得られた処分方法である



注) OECD/NEA: 経済協力開発機構/原子力機関 IAEA: 国際原子力機関

日本における地層処分の取り組み

世界で検討が進む中、日本においても地層処分の研究が進められてきました。

2011／9 技術報告書「地層処分事業の安全確保 (2010年度版)」取りまとめ

最終処分施設の設置可能性を調査する区域の公募開始 ————— 2002

原子力発電環境整備機構「NUMO」設立 ————— 10月

基本方針および最終処分計画を閣議決定 ————— 9月

「特定放射性廃棄物の
最終処分に関する法律」成立

2000

5月
3月

原子力委員会決定「特定放射性廃棄物の
最終処分に関する法律の制定について」

1999 ————— 核燃料サイクル開発機構研究開発成果第2次取りまとめ

1998

高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について
(原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会)

1995

経済協力開発機構の原子力機関 (OECD/NEA) で、「現世代の責任で地層処分
を実施すること」を合意

1976

原子力委員会決定「放射性廃棄物対策について」 地層処分研究スタート



2. 高レベル放射性廃棄物の処分方法 ～地層処分とは NUMOは高レベル放射性廃棄物をどう処分するのか

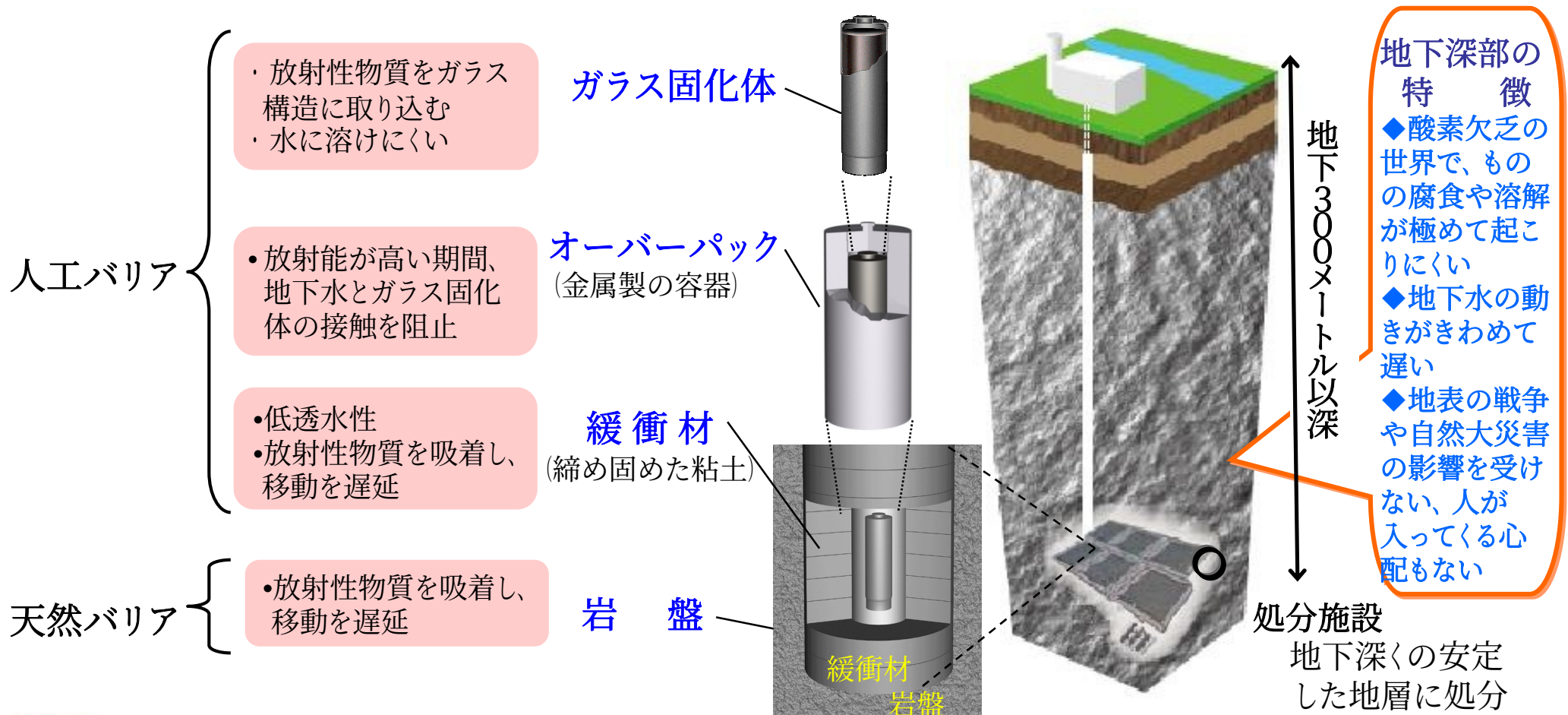


ビデオ2：高レベル放射性廃棄物の処分方法



放射性物質を閉じ込める多重のバリア ～ 地層処分の仕組み ～

- ・放射能が人間に影響を及ぼさないレベルに下がるまで放射性物質を長期間閉じ込めるために、多重のバリアを施す
- ・多重バリアは、ガラス固化体、オーバーパック（金属製容器）、緩衝材（締め固めた粘土）からなる人工バリアと、厚い岩盤による天然バリアから構成





3. 火山や地震が多い日本で地層処分はできるのか

高レベル放射性廃棄物の処分方法 ～ 地層処分

日本の地質環境を考慮した対策

- ・日本は火山や地震が多く、地下水が豊富といった特徴がある
- ・これらに対処するために適切な処分施設建設地を選定し、工学的な対策を講じることで対応可能

火山・地震・断層が多い

日本の地質環境

地下水が豊富

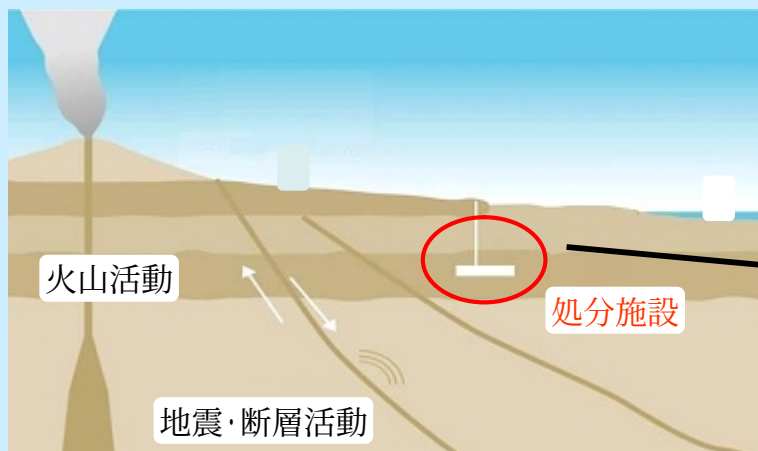
処分施設の破壊

安全性への影響

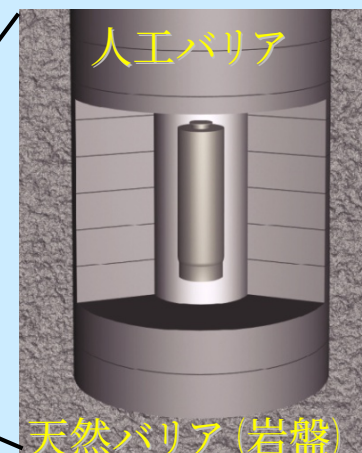
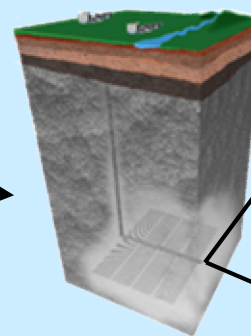
地下水による放射性物質の移動

対 策

火山や断層等を避けることで、地層処分
にとって安定な場所を選定

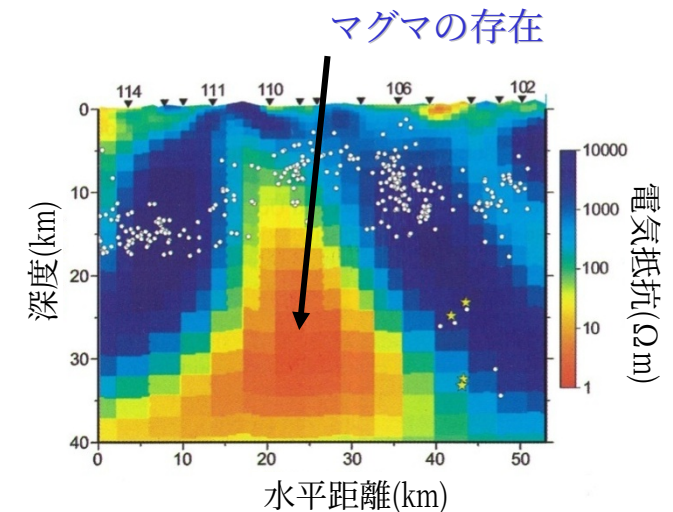
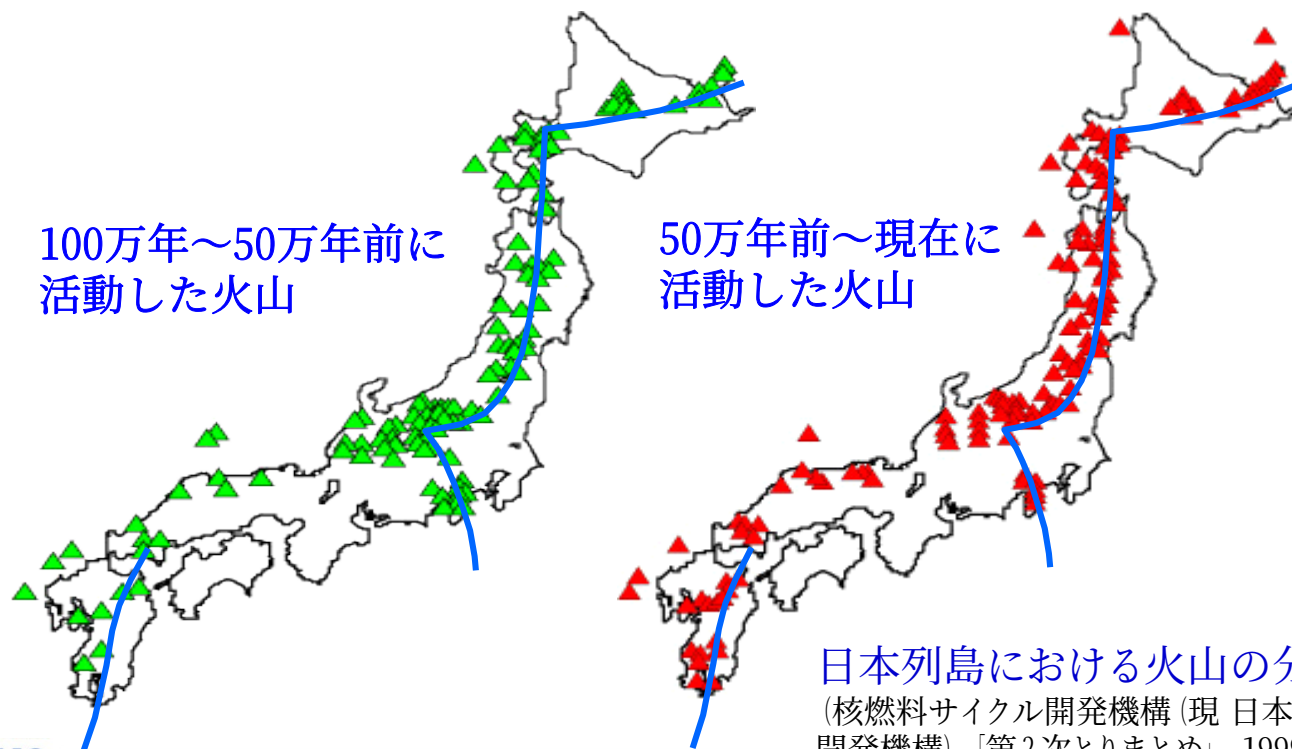


適切な多重バリアシステムを構築
(工学的な対策)



日本周辺の火山分布

- 日本は、火山が集中する地域と存在しない地域がある
 - プレートの沈み込む位置や運動方向・速度は、過去約200万年前からほとんど変化がなく、火山の分布もほとんど変化がない
 - 将来新しく火山が発生する可能性については、物理探査などにより地下のマグマの存在を把握することで評価可能
- ⇒ 火山の活動地域と影響範囲は推定可能であり、影響範囲を避けて処分場を建設することが可能



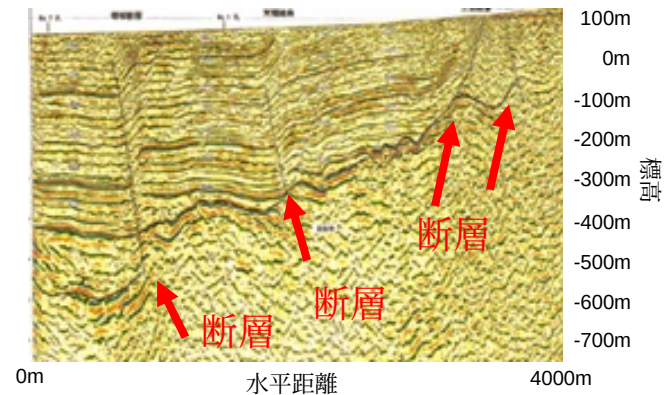
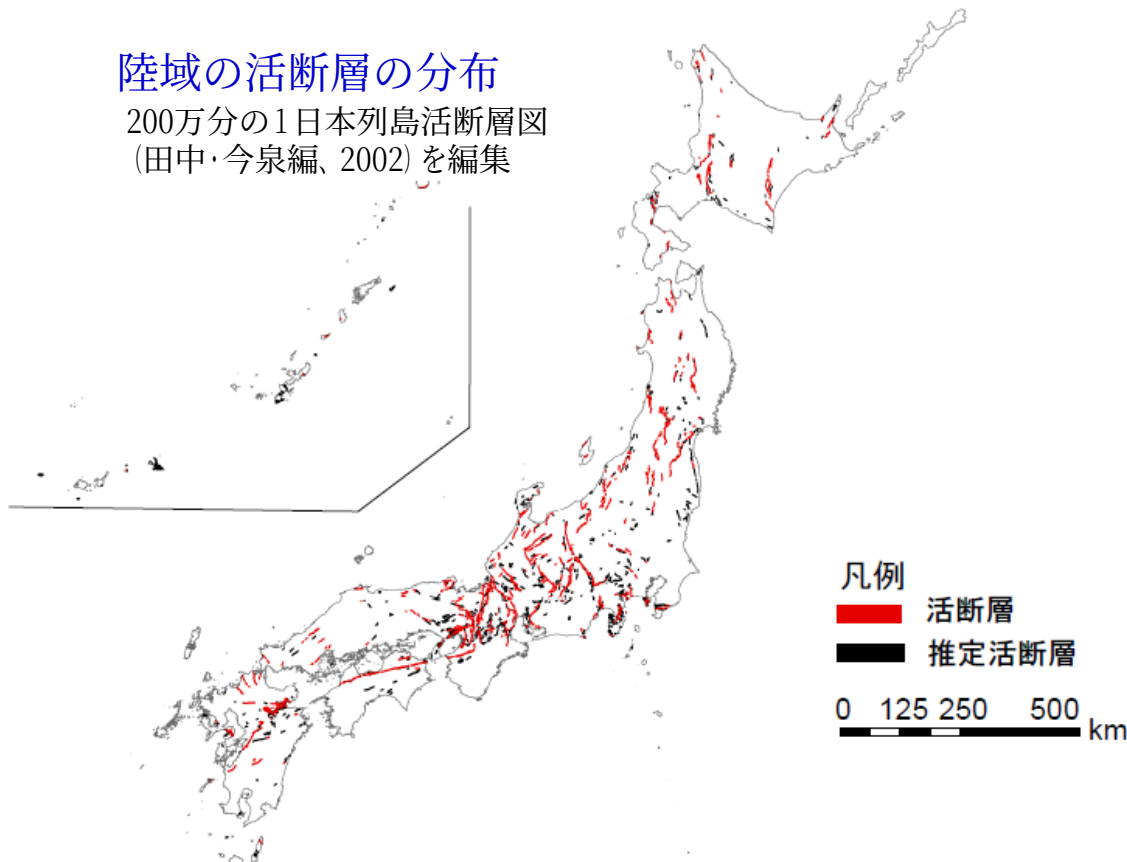
物理探査によるマグマの存在の検討例 (Umeda, 2009を編集)

活断層の回避

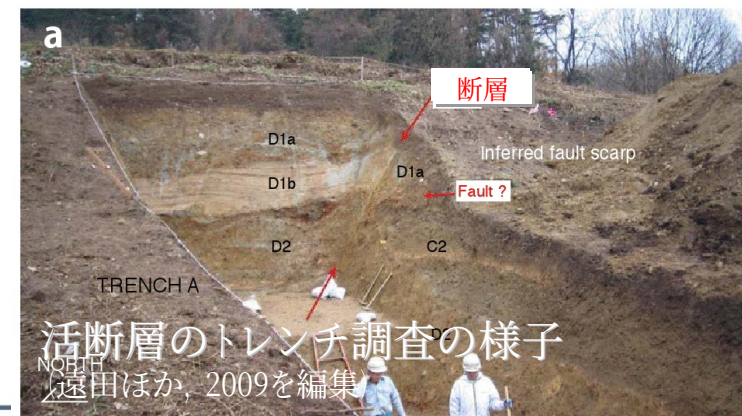
- ・ 日本全国を対象とした文献では、活断層が密集している地域とそうでない地域があることが確認されている
 - ・ 応募いただいた場合、物理探査やトレンチ調査、ボーリング調査などを行って活断層の有無を詳細に調査
- ⇒ 影響のある活断層を回避し、処分場を建設することが可能

陸域の活断層の分布

200万分の1日本列島活断層図
(田中・今泉編、2002)を編集



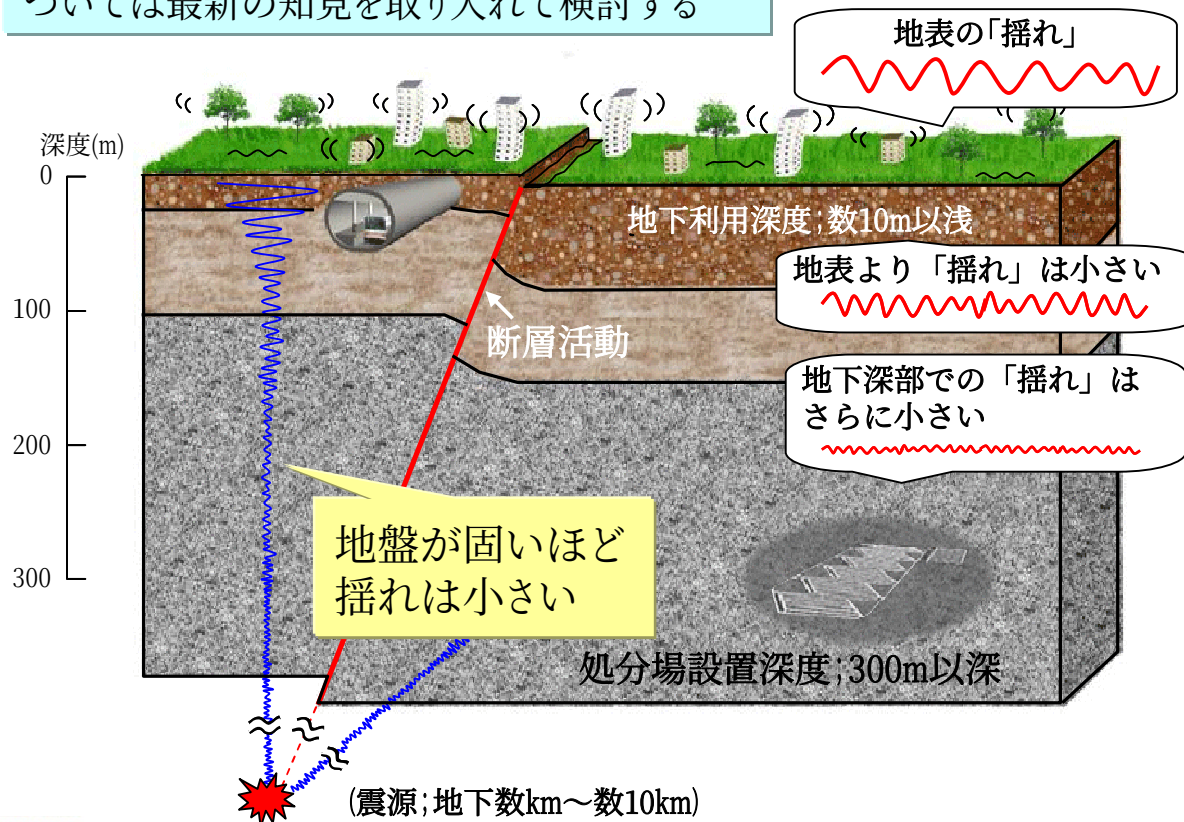
物理探査による地中の断層の確認
(奥村ほか、1997を編集)



地震が及ぼす地層処分施設への影響

- ・ 一般に地表部は地盤が軟らかく、地震による揺れが大きい。逆に、地下深くなると地盤が硬いため、地表に比べ地震による揺れが小さい
 - ・ 埋設されたガラス固化体は周囲の岩盤と一体になって揺れる
- ⇒ 埋設されたガラス固化体が地震により破壊される可能性は非常に小さい

東日本大震災の教訓を踏まえ、地震の影響については最新の知見を取り入れて検討する



震度7直下型地震における被害事例

地表の壊滅的な被害に対し、トンネルの空洞が保たれている



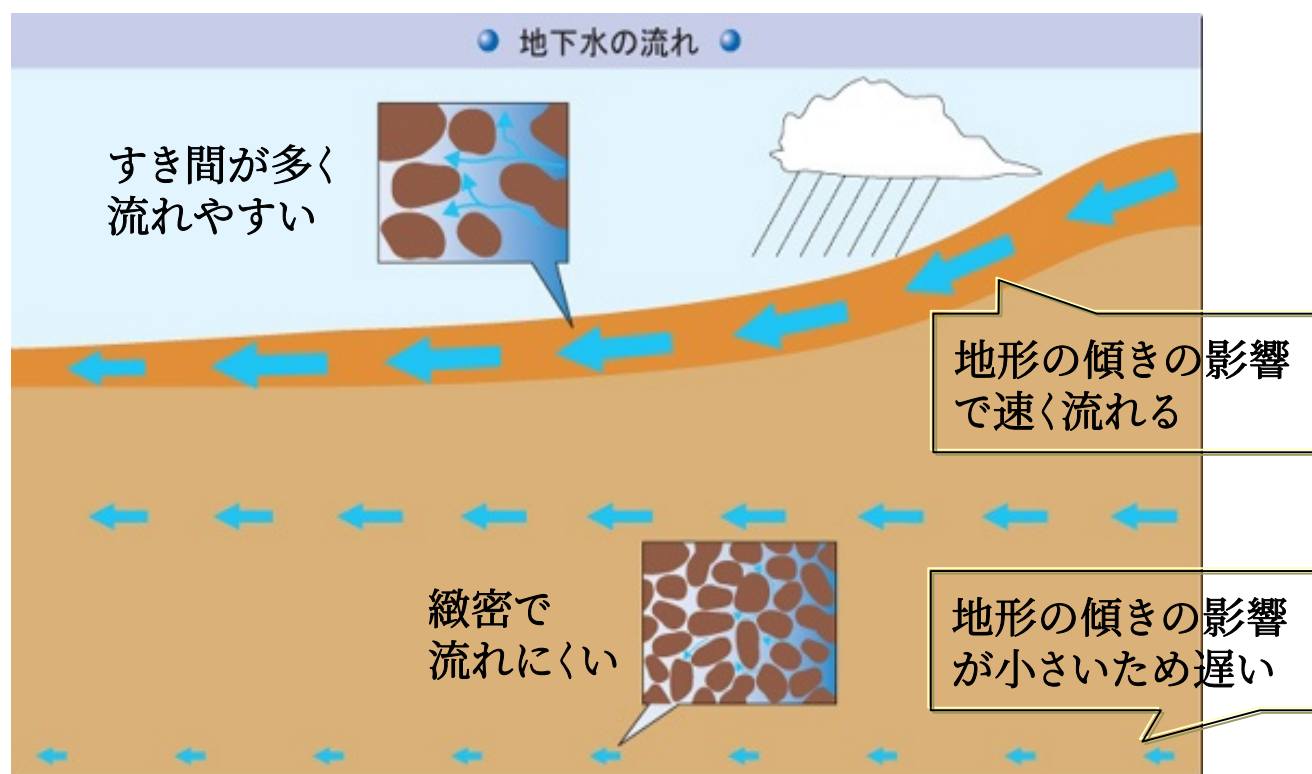
トンネル内の被害

新潟県山古志村の木沢トンネル
(2004年10月中越地震) 2004.11.14

(土木学会(第1次)・地盤工学会合同調査団 調査速報より)

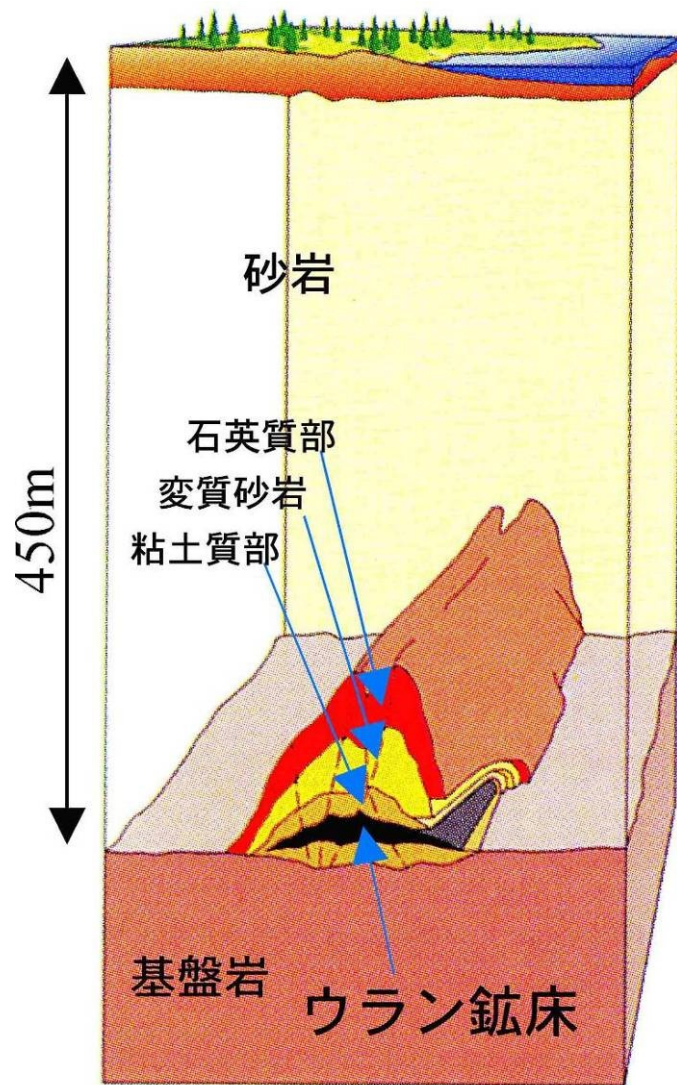
地下水の特徴

- ・ 一般に、深いほど岩盤が固くて緻密であり、また地形（地表の傾き）の影響が小さいため、地下水の流れは遅い
- ・ 日本は地質変化に富み、地質構造が複雑であるため、地下水の流れ方も変化に富む
⇒ 様々な調査・解析を行って、候補地周辺における地下水の流れや成分（化学組成など）を評価し、設計に反映させる

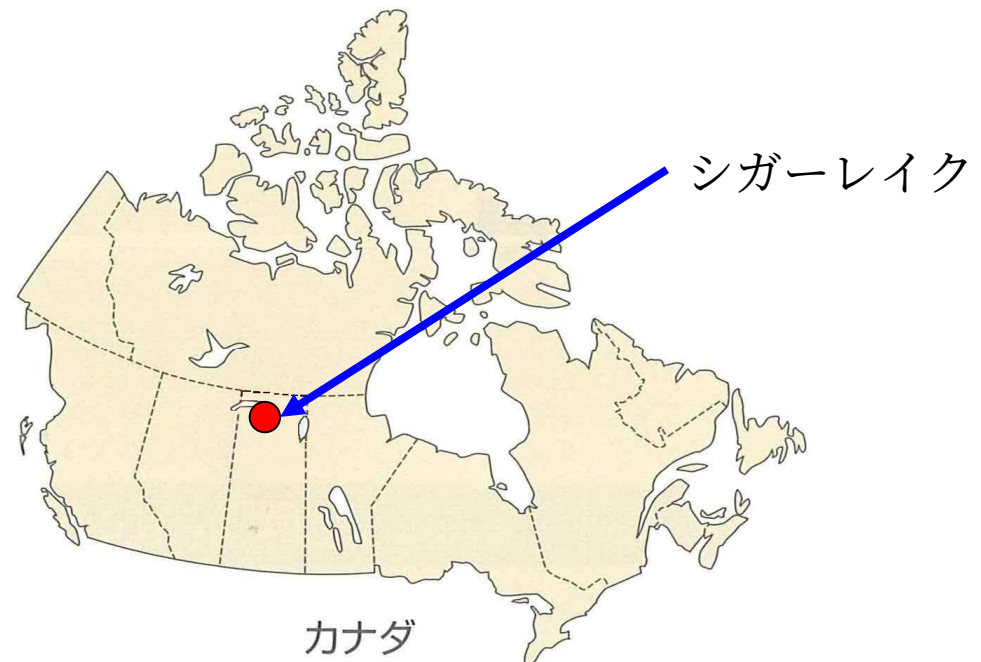


(資源エネルギー庁パンフレット「高レベル放射性廃棄物の地層処分について考えてみませんか」に一部加筆)

深い地層が持つ物質を閉じ込める性質



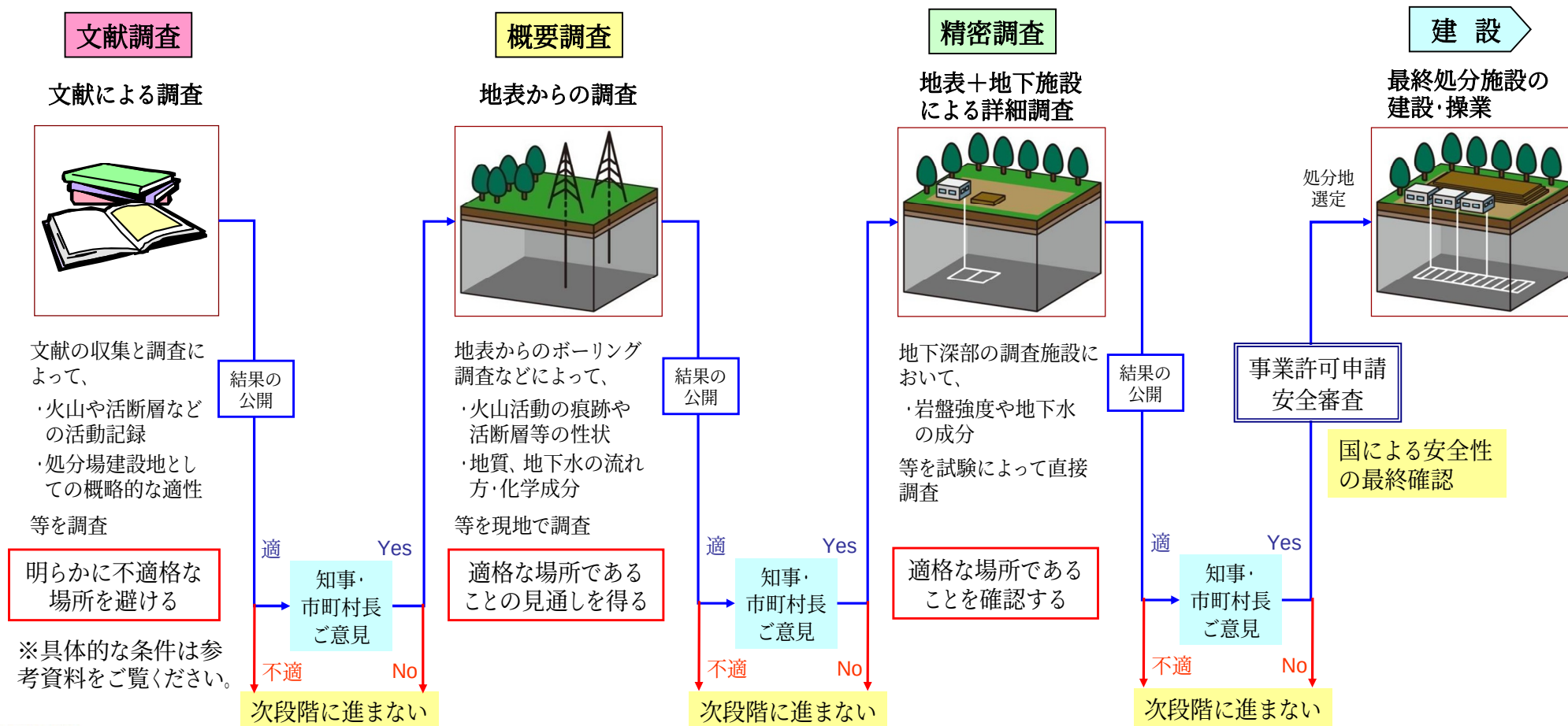
- ・カナダのシガーレイク鉱床では約13億年前に閉じ込められたウランが、今日にいたるまで安定に保存されている
- ・これは、ウランを取り囲む粘土層が地下水の浸入を防ぎ、地下水によるウランの流出を防いだため
- ・深い地層の環境が、長い期間にわたって物質を閉じ込める性質があることを示している



シガーレイク ウラン鉱床の地層の
しくみ (Nagra (1994) :NTB93-03)

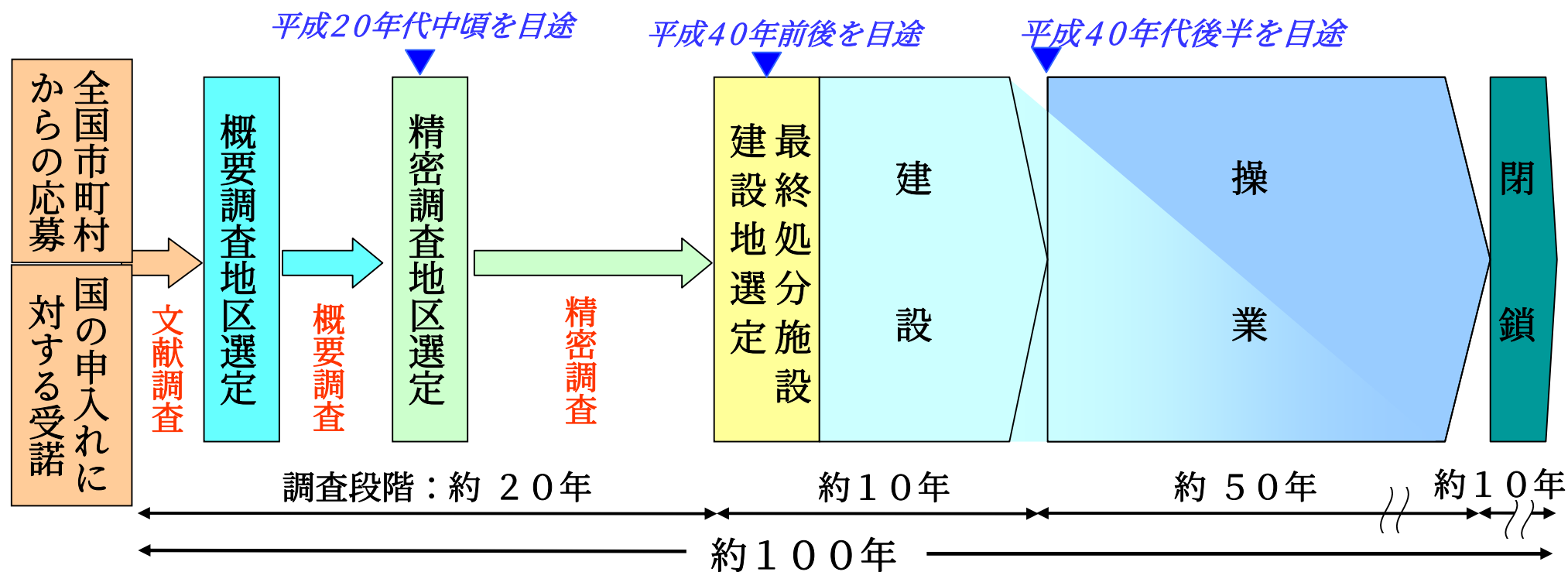
三段階の調査により処分施設に適した地点を選定

- ・ 処分施設建設地の選定において、約20年をかけて三段階の技術的な調査を慎重に行う
- ・ 火山、断層、地下水のほか、隆起・侵食の傾向や岩盤強度など、様々な地質の特徴について広範囲かつ地下深くまでの詳細な調査を行い、処分施設の建設に適した地点を選定する
- ・ 各調査段階の結果を公表し、処分施設として適していない、あるいは同意を得られない場合は次の段階へ進むことはありません。



事業スケジュール

- ・処分事業は、建設地選定に向けた3段階の調査から、施設建設、操業、閉鎖・閉鎖後の管理まで、約100年に及ぶプロジェクトです。
 - NUMOは自ら事業を中止することはありません。また、万一、NUMOが事業を継続できない場合は、経済産業大臣（国）が事業を行います。
- ・閉鎖後の管理は技術的には不要ですが、跡地の利用やモニタリングの方法等について地域の方々と相談のうえ決定します。





4. 地層処分事業と処分場(イメージ)

高レベル放射性廃棄物をどこに処分するのか



ビデオ3:地層処分事業について



地層処分事業の概要

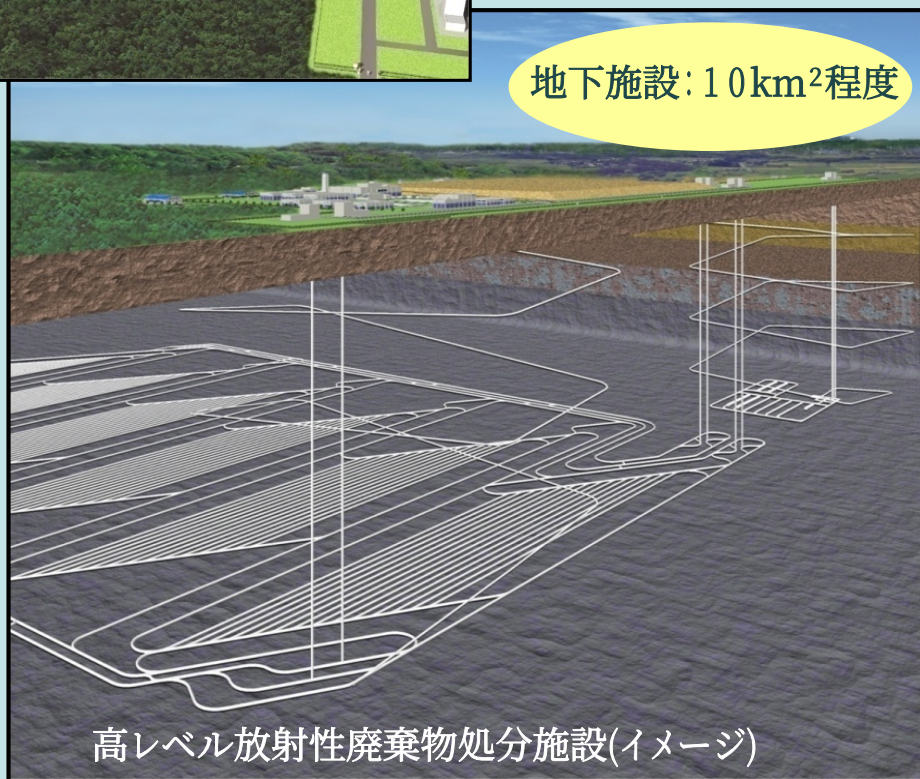
事業の詳細は地質の状況等に応じて決定されます。



地上施設: 1~2km²程度
1km²=ディズニーリゾート
(ディズニーランド&シー)

地下施設: 10km²程度

地下300メートルより深い
(東京タワー 333m)



□ 処分場の規模

- 高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体) を4万本以上処分できる規模

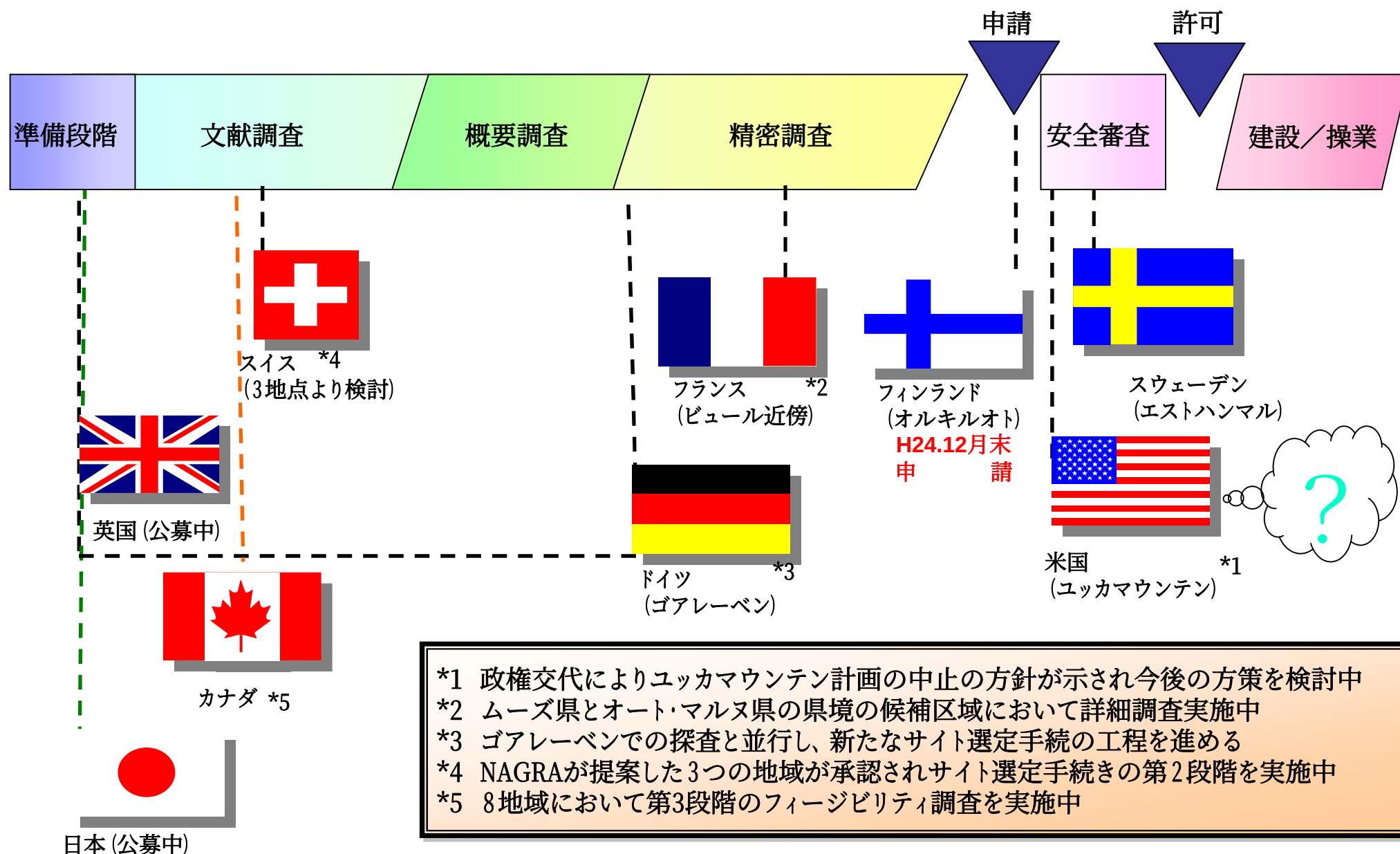
□ 処分費用 約3兆円

- 電力会社等から拠出金として徴収
 - ✓ 法律で定められている
 - ✓ 単価は毎年見直し
- 拠出金は皆さんに負担いただいています。
 - ✓ 一家庭あたり毎月20円程度
- 拠出金は全額外部機関に積立
 - ✓ 国の承認のもと、必要額を取り戻して使用します。



5. 諸外国の状況

諸外国の地層処分への進捗状況





諸外国の地層処分の一覧表

国 名	廃棄物形態	実施主体(形態)	処分候補地	操業予定
米国	使用済燃料、 ガラス固化体	DOE (OCRWM) [エネルギー省 (民間放射性廃棄物管理局)] (国<連邦政府>)	ネバダ州ユッカマウンテン	(2020年頃)
フィンランド	使用済燃料	Posiva [ポシヴァ社] (民間会社)	ユウロキ自治体オ ルキルオ	2020年頃
スウェーデン	使用済燃料	SKB社 [スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社] (民間会社)	エストハンマル自治体 フォルスマルク	2025年頃
フランス	ガラス固化体	ANDRA [放射性廃棄物管理機関] (商工業的性格を有する公社)	候補サイト区域を特定 (ジュール地下研究所 近傍)	2025年頃
ドイツ	使用済燃料、 ガラス固化体	BfS [連邦放射線防護庁] (国<連邦政府>)	ニーザーザクセン州ゴ アレベン	2035年頃
スイス	使用済燃料、 ガラス固化体	NAGRA [放射性廃棄物管理共同組合] (発生者出資の共同組合)	未定	2050年頃
英国	ガラス固化体 (今後、使用済燃料も対 象となる可能性がある)	NDA [原子力廃止措置機関] (国<外郭公共団体>)	未定	2040年頃 (約10年間の前 倒しを検討中)
カナダ	使用済燃料	NWMO [核燃料廃棄物管理機関] (非営利法人)	未定	2035年頃

スウェーデンの例（放射性廃棄物の関連施設の場所）



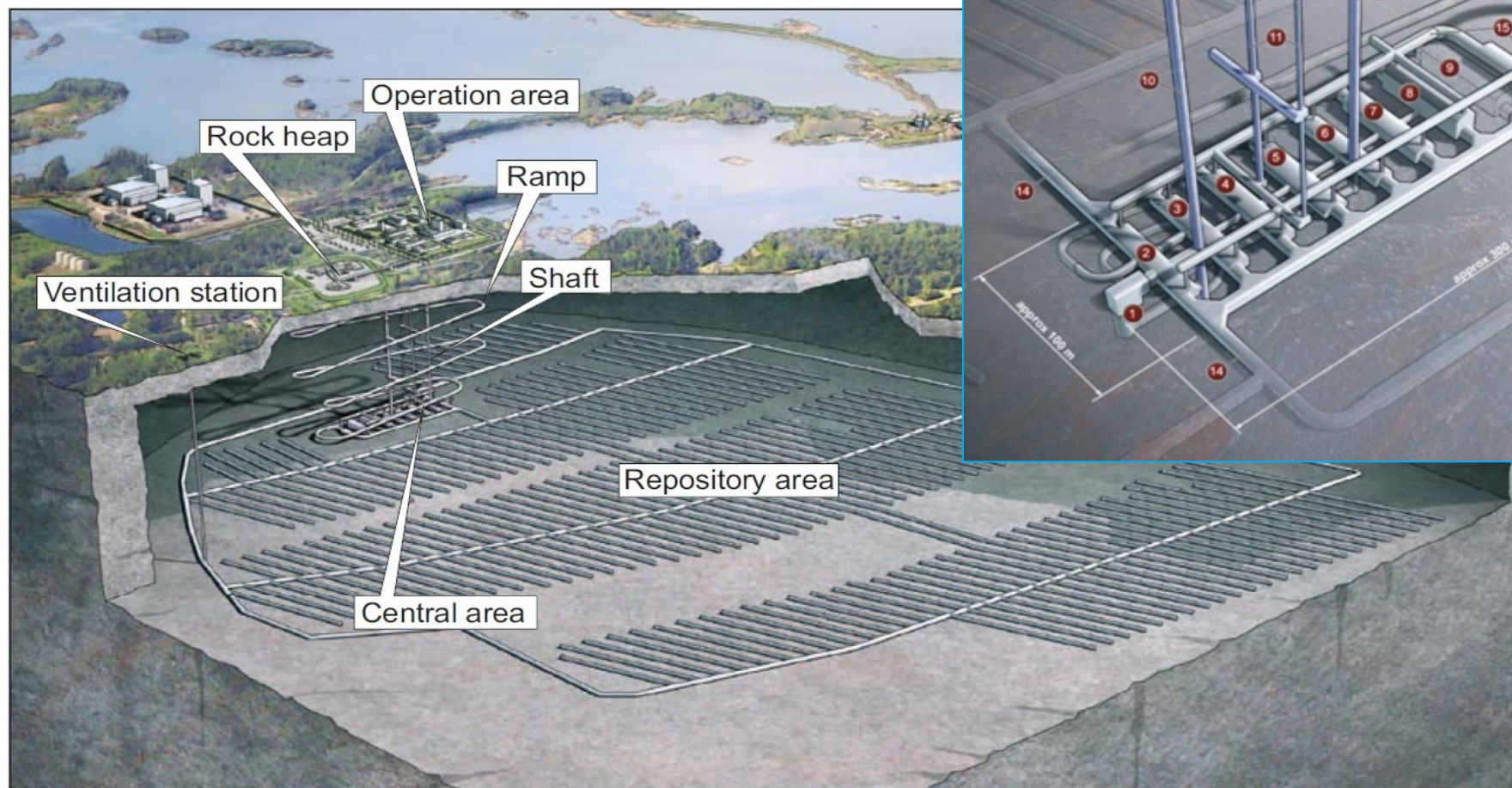
スウェーデンの例（サイト選定の経緯と今後の予定）

- 1970年代より、地層処分の概念提示や立地に向けた調査が開始されるが、1985年には反対運動により各地でのボーリング調査を中止。
- 1992年：SKB社が策定した研究開発計画において、4つの段階（総合立地調査、フィージビリティ調査、サイト調査、詳細特性調査）からなるサイト選定に向けた調査段階を設定（政府はフィージビリティ調査を5～10自治体で、ボーリング調査等を少なくとも2ヶ所を実施するという条件で了承）。
- 1993年～：公募による2自治体、申入れによる6自治体の計8自治体で、SKB社が順次フィージビリティ調査を実施。
- 2000年：SKB社がサイト調査（ボーリング調査等）を実施する3自治体を選定。
- 2001年：2自治体（エストハンマル、オスカーシャム）の議会がサイト調査の受け入れを可決。
- 2002年～：SKB社が2自治体内でサイト調査を実施。
- 2009年：6月にSKB社がエストハンマル自治体を処分候補地に選定。
- 2011年：SKB社が処分場の立地及び建設の許可申請。
- 2025年：処分場の操業開始。

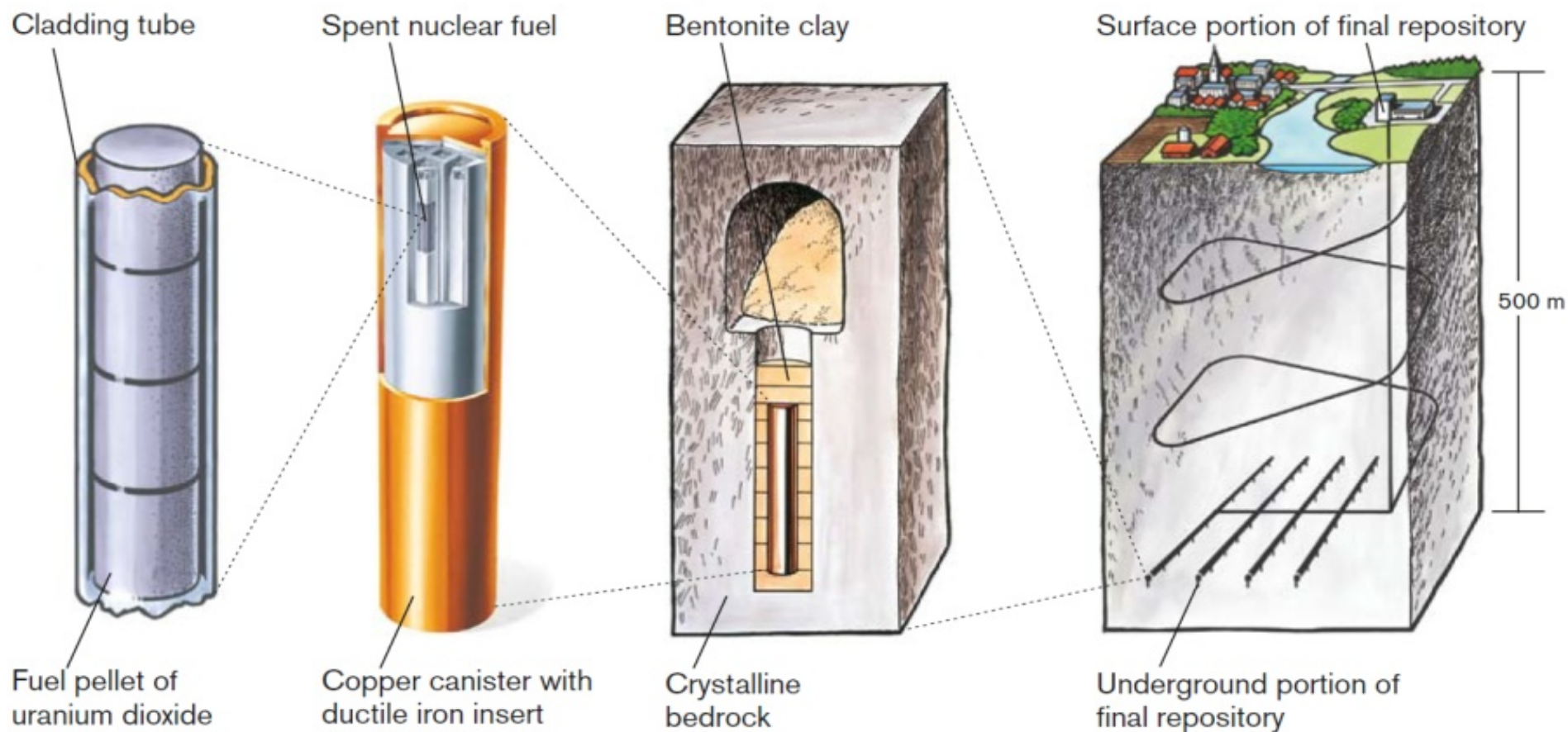


スウェーデンの例（地層処分場のイメージ）

フォルスマルク地下施設設計レイアウト
岩種：結晶質岩、処分深度：約500m

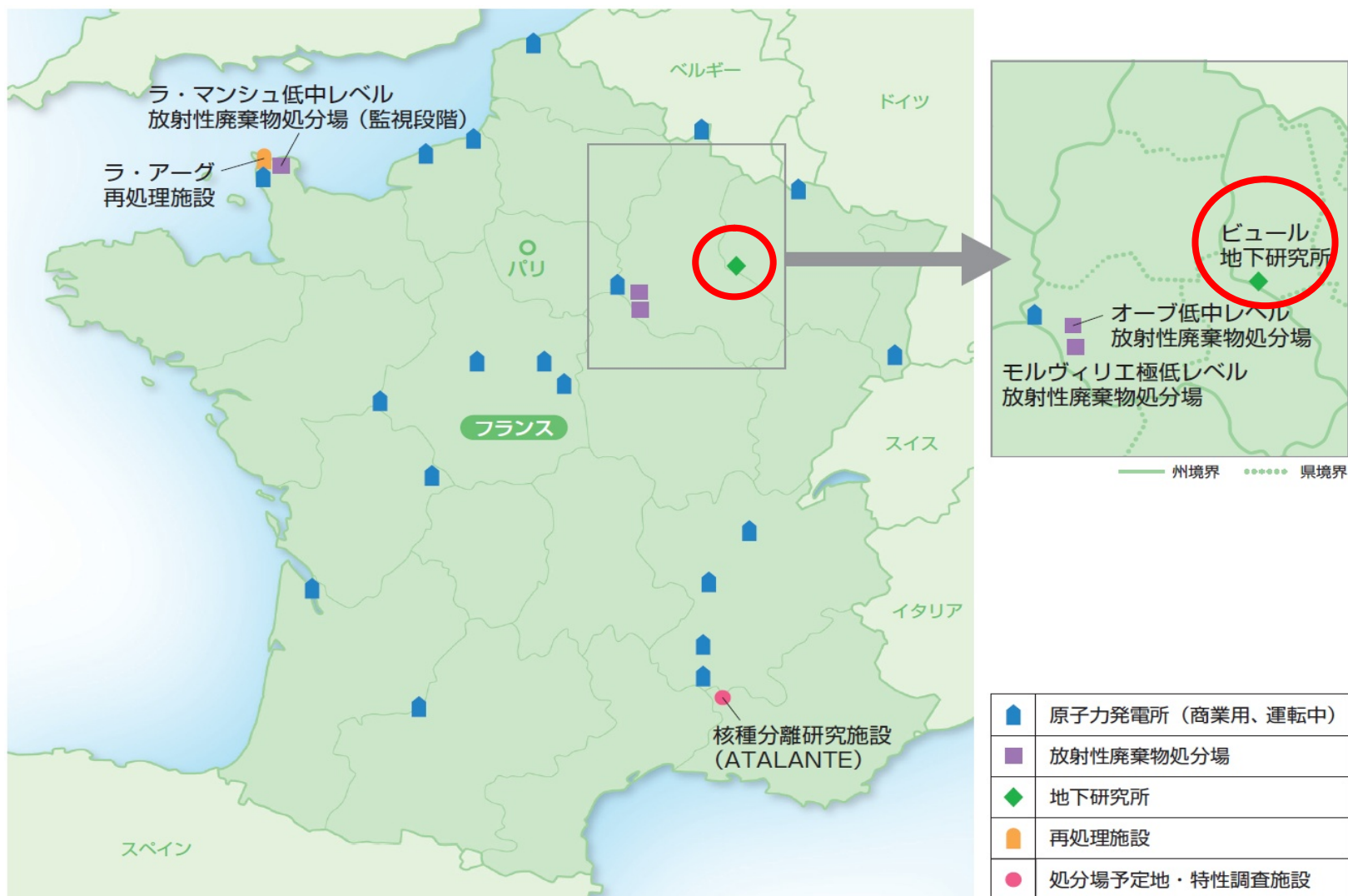


スウェーデンの例（地層処分の方法：KBS-3概念）





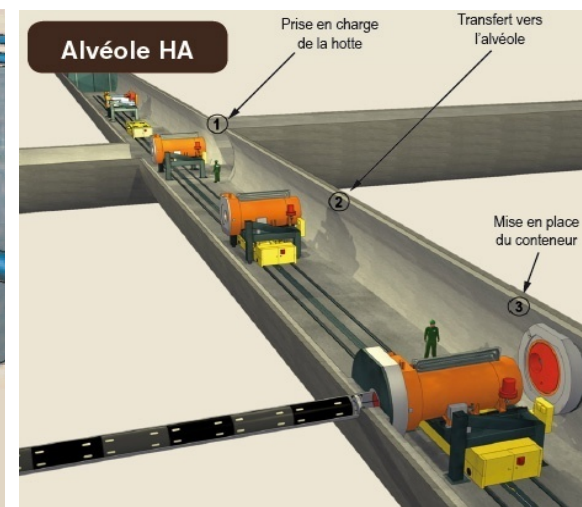
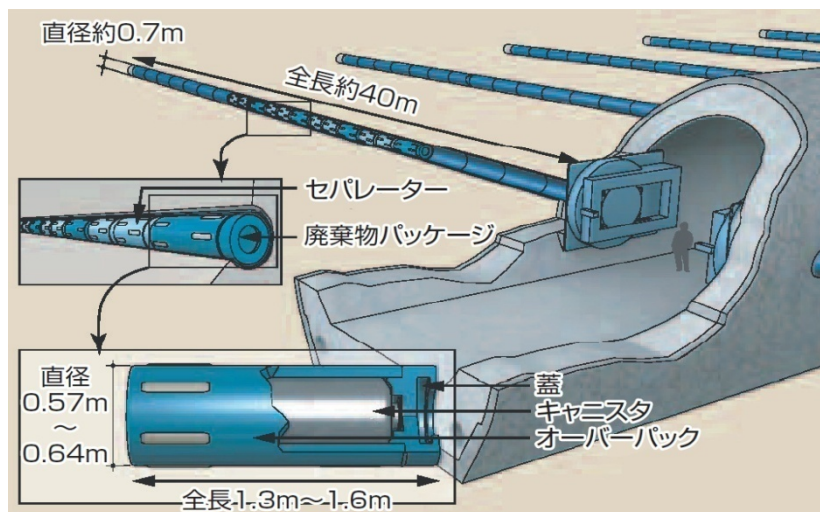
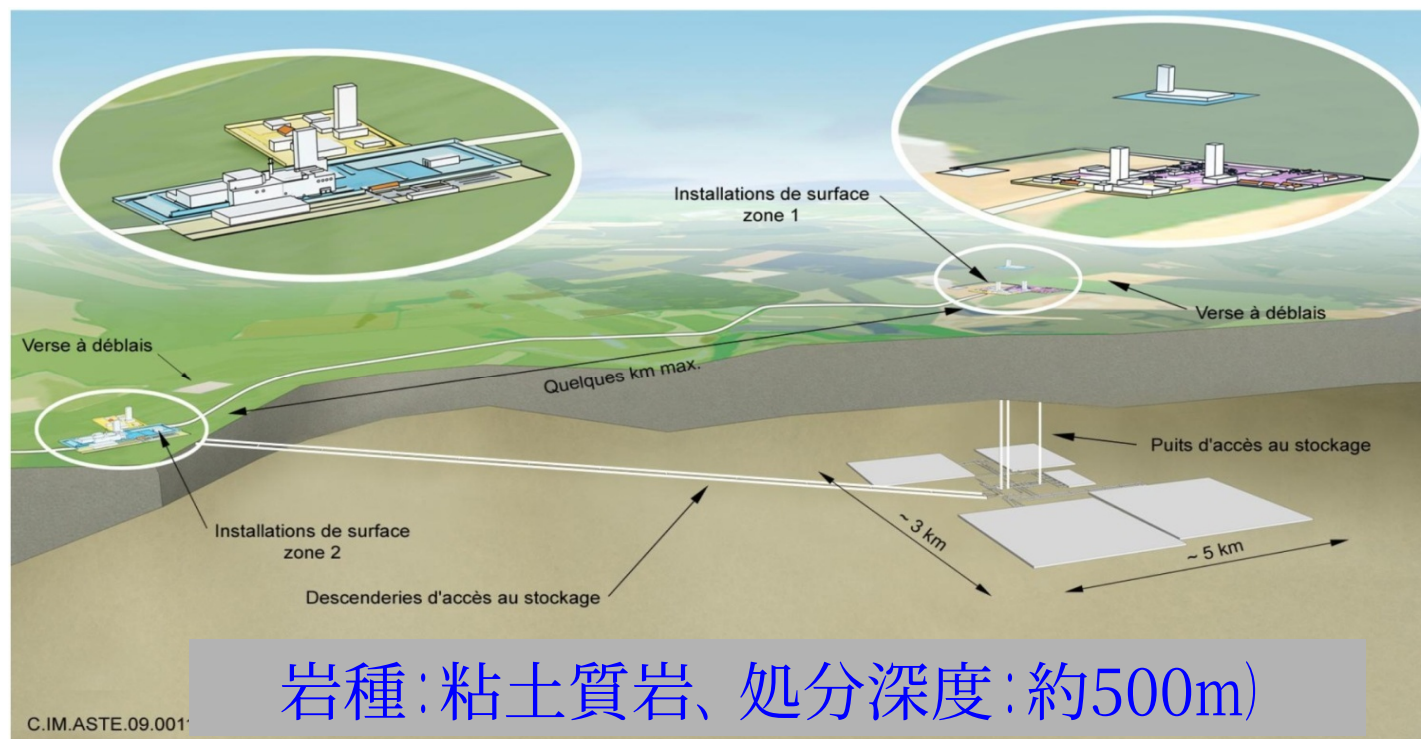
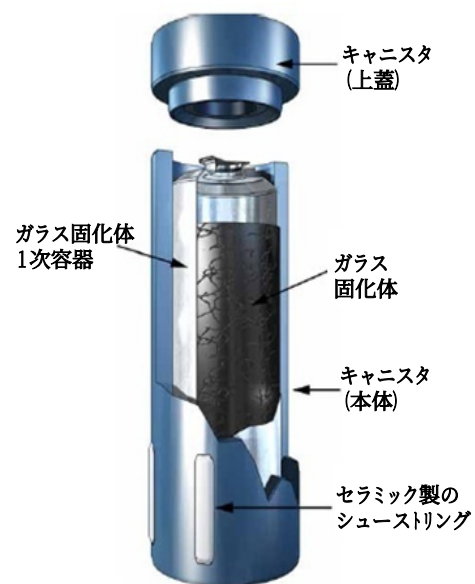
フランスの例（放射性廃棄物の関連施設の場所）



フランスの例（地層処分場のイメージ）

高レベル放射性廃棄物 （ガラス固化体）

地層処分対象の高レベル放射性廃棄物は、使用済燃料の再処理によって生じるガラス固化体。



ご清聴ありがとうございました。



高レベル放射性廃棄物やNUMO
の地層処分に関する取り組みなど、
より詳しい内容は、NUMOホーム
ページでご覧いただけます。

NUMOホームページアドレス

<http://www.numo.or.jp/>

または

「ニューモ」で検索

ニューモ

検索