

地層処分事業の考え方と進め方 ～高レベル放射性廃棄物の地層処分～

2015年11月8日

原子力発電環境整備機構（NUMO）

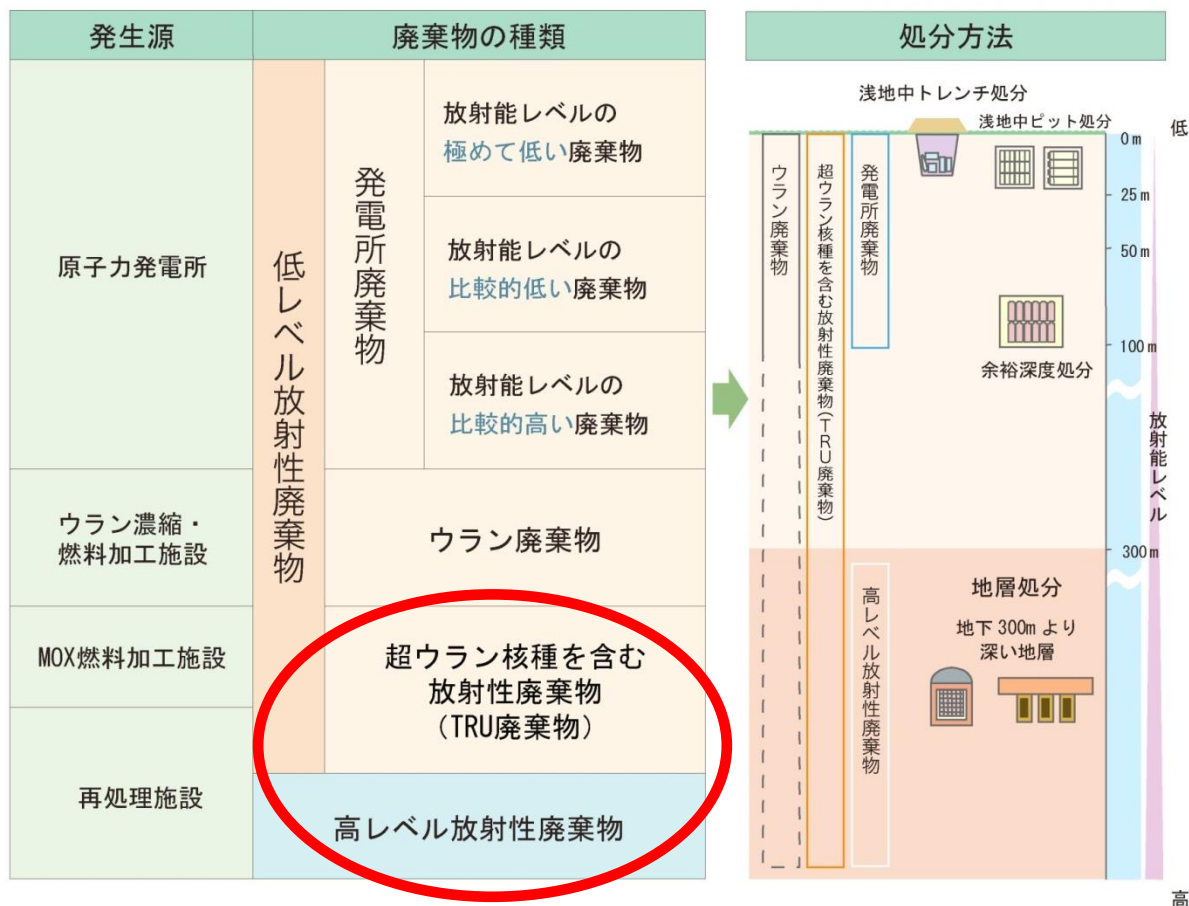
技術部 山本 陽一

- 1．地層処分とは
- 2．なぜ地層処分なのか（選択の経緯）
- 3．地層処分の安全確保
- 4．地層処分事業の進め方
- 5．諸外国の状況

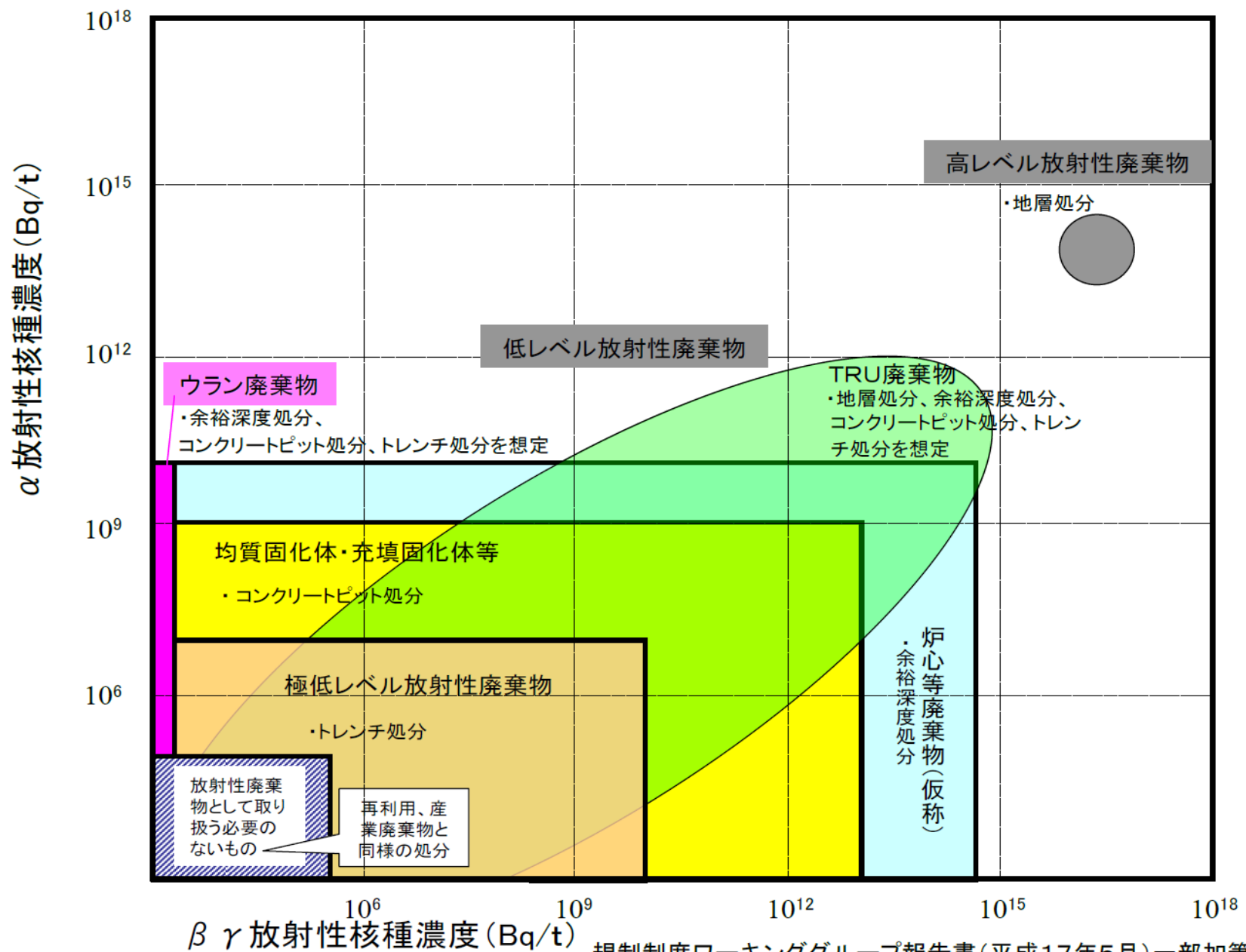
1. 地層処分とは

地層処分とは

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**や**TRU廃棄物**を、**地下300mより深い地層**に埋設して最終処分する方法。

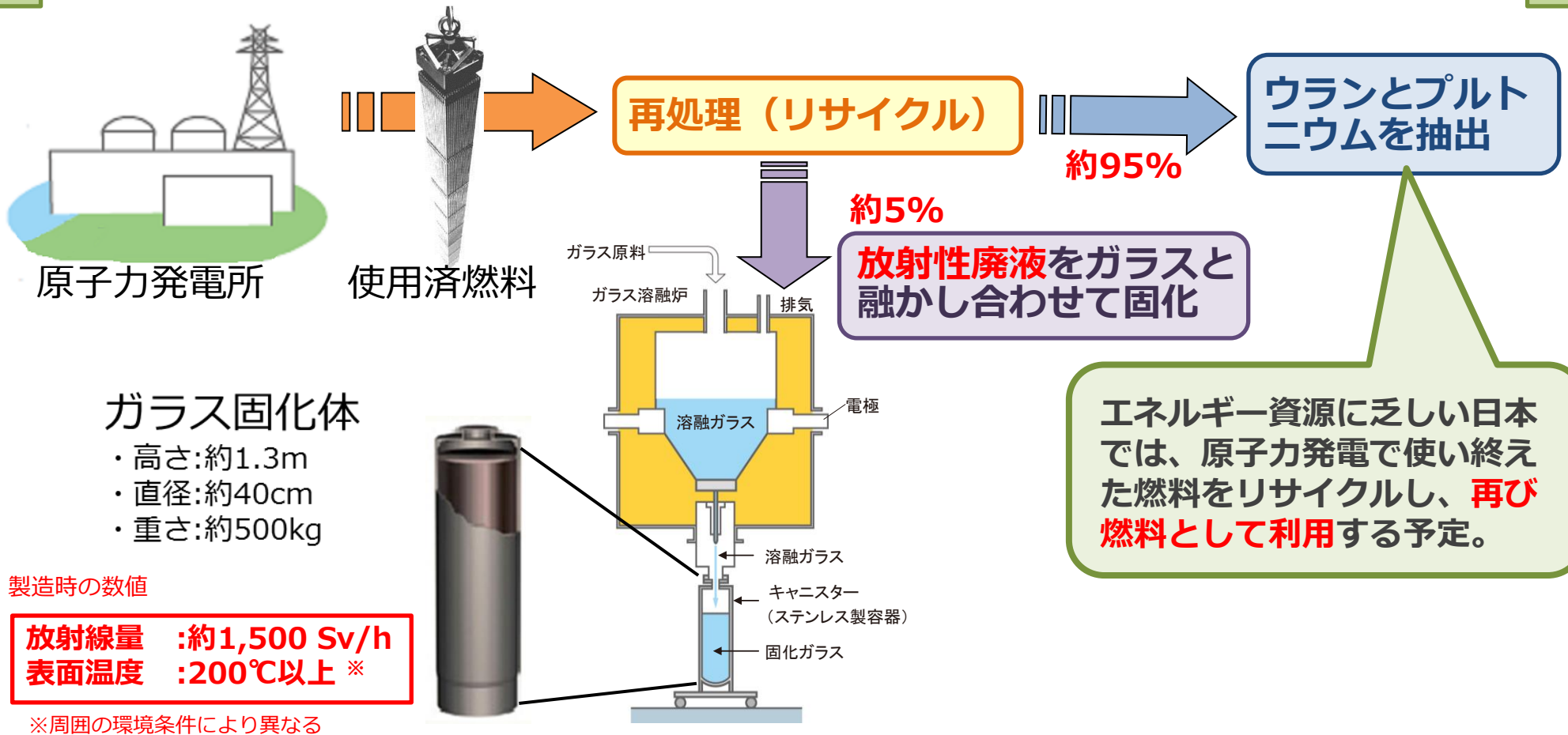


放射性廃棄物の濃度区分



高レベル放射性廃棄物とは

原子力発電所で使い終わった燃料（使用済燃料）を再処理（リサイクル）する際に残る廃液を、ガラスと融かし合わせて固めたもの。



注）東京電力の福島第一原子力発電所の事故により発生した放射性物質に汚染された廃棄物（焼却灰、下水汚泥等）とは異なります。

高レベル放射性廃棄物の発生状況

現在原子力発電所などで保管されている約17,000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含わせ、**約25,000本のガラス固化体**となる。

高レベル放射性廃棄物の発生量

貯蔵管理中

2,167 本

(平成26年4月時点)

既に

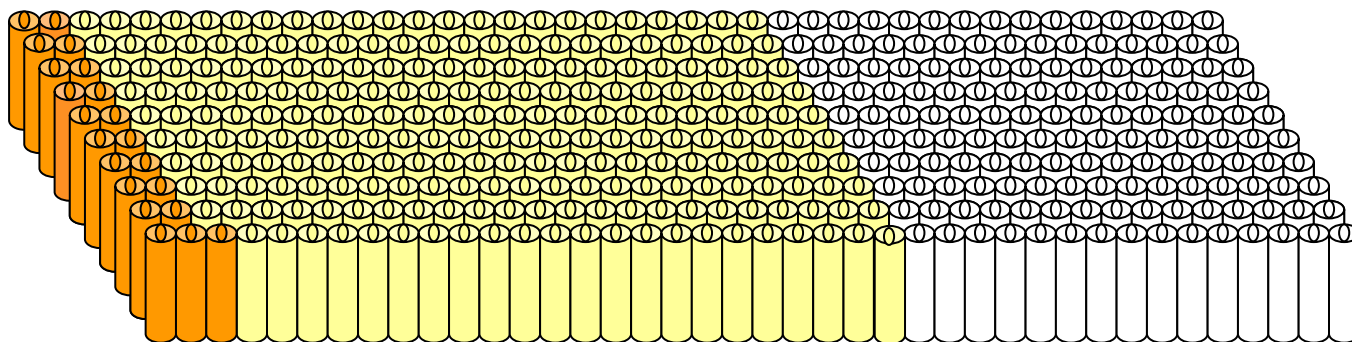
約 25,000 本相当

(平成26年4月時点)

原子力発電所の稼働
状況に応じて増加

NUMOでは、**40,000 本以上**のガラス固化体を処分できる施設を計画中。

次の世代に負担を残さないためにも、原子力発電による電気を利用してきた私たちの世代で**できるだけ早く処分に道筋をつけなくてはならない。**

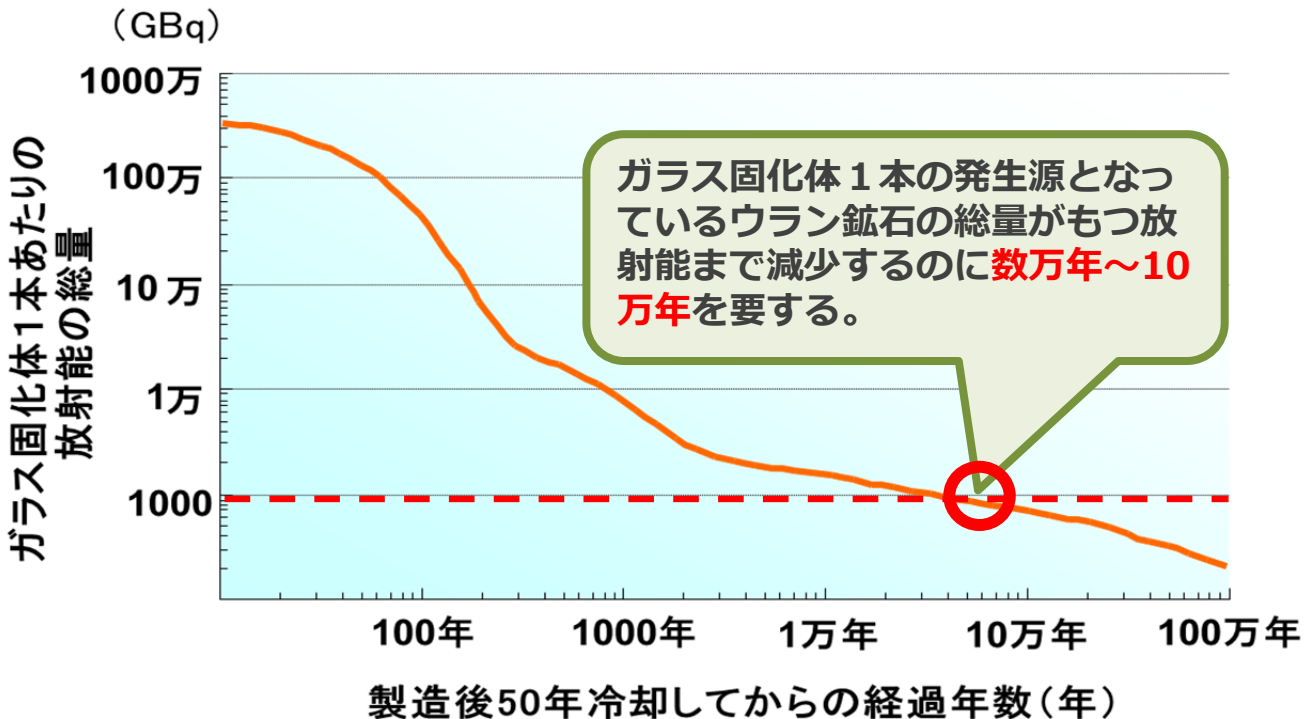


= ガラス固化体
100本

高レベル放射性廃棄物の管理等

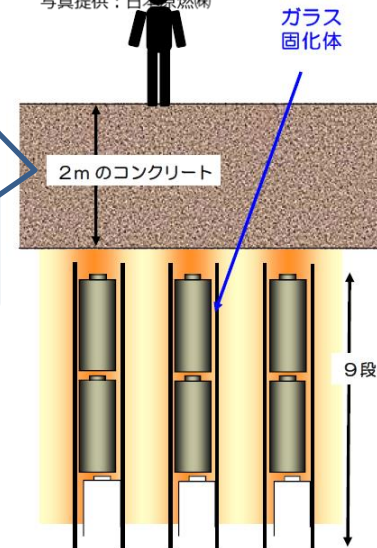
放射能レベルは非常に高く危険であるが、**適切な対策を施すことにより、安全に管理**されている。

地層処分ができる温度（**100度前後**）に下がるまで保管。（**30年～50年**）



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)

約**2 m**の厚さの**コンクリート**で放射線は安全に遮へいされている。

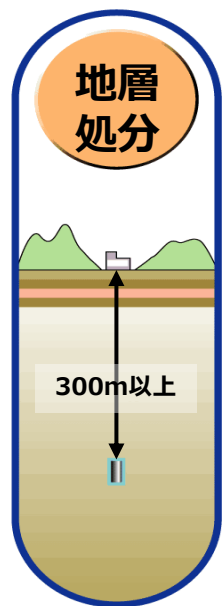


※Bq（ベクレル）とは放射能の強さを表す単位（G：ギガ 1Bqの10億倍）
※上図は対数目盛で表記

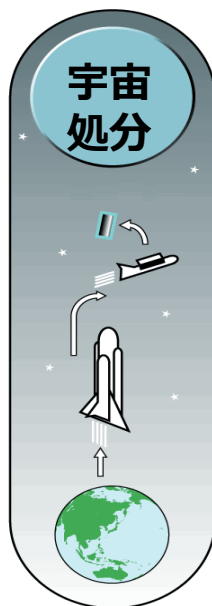
2. なぜ地層処分なのか（選択の経緯）

様々な処分概念について

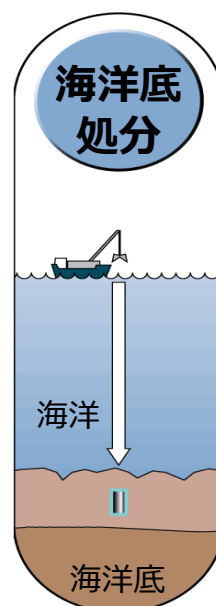
世界各国でさまざまな処分方法が検討されてきたが、「**地層処分**」が**最適な方法**であることが、**国際的に共通な認識**となっている。



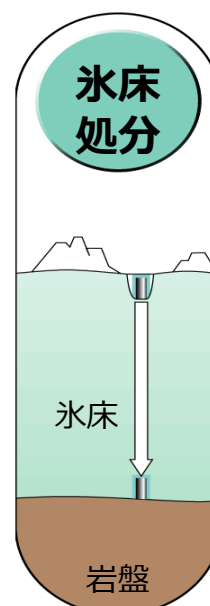
地層が本来
もっている
閉じ込める
性質を利用



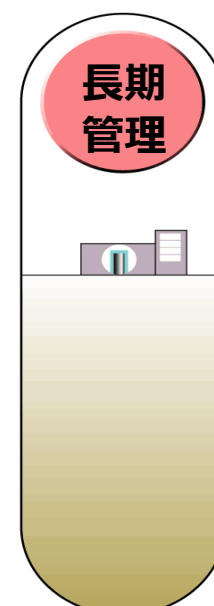
発射技術等の
信頼性に問題



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

放射性廃棄物の処分に関連する国際条約

■ 南極条約

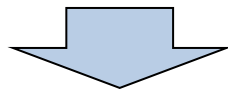
- ✓ 日本は1961年に効力発生
- ✓ 南極地域における・・・・ 放射性廃棄物の同地域における処分は、禁止する。

■ ロンドン条約

- ✓ 日本は1980年に効力発生。
- ✓ 最低限度を上回る放射能を有する上記例外廃棄物等の投棄禁止（96年議定書附属書）

■ 使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約

- ✓ 日本は2003年に効力発生
- ✓ 「放射性廃棄物は、その管理の安全と両立する限り、それが発生した国において処分されるべきものであることを確信しつつ、特定の場合、特に放射性廃棄物が共同事業により発生する場合には、いずれかの締約国の施設をその他の締約国のために利用するという締約国間の合意によって、使用済燃料及び放射性廃棄物の安全かつ効率的な管理が助長され得ることを認識し、いかなる国も、外国の使用済燃料及び放射性廃棄物の自国の領域内への輸入を禁止する権利を有することを認識し、・・・」



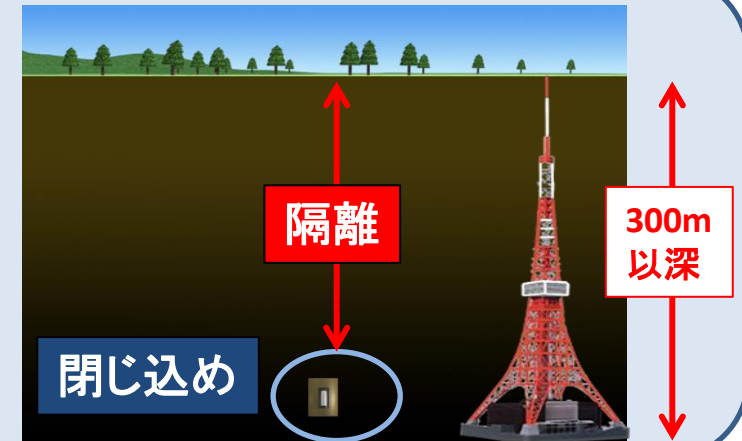
原子力先進国は、自国内での処分を推進

地層処分の基本的な考え方

300mより深い地中に埋めることにより、人間の生活環境に影響を及ぼさないよう**隔離**し、**閉じ込める**。

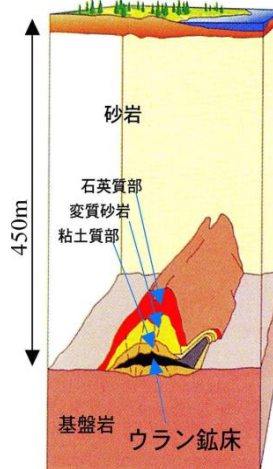
基本的な考え方

地下の環境が本来持っている**閉じ込める性質**を利用して、高レベル放射性廃棄物の管理を最終的には**人間の手から自然にゆだねる**。



カナダのシガーレイク

ウランは**約13億年**にわたり地中に閉じ込められ、今日にいたるまで位置を変えずに**安定に保存**されている。



アンモナイト

大昔の生物の骨や貝殻の化石はガラスより水に溶けやすいが、それでも**溶けずに残っているものがある**。

生息：**9040～8850万年前**



地表での管理に対する地下の優位性

地表は地下に比べて自然現象に左右されやすく、また、人の行為にも影響されやすい。このため、**数万年もの間、人間の管理によって安全性を確保していくのは非常に困難。**
また、**将来の世代に負担を残すことになる。**

	自然現象	人間の活動	金属の腐食
地表	大地震・火山噴火・巨大台風・大津波	戦争・テロ	腐食しやすい
地下	火山・断層	掘削	腐食しにくい

地表での管理に対する地下の優位性

地表より自然現象や人の活動の影響を受けにくく、**長期間にわたり人間の生活環境から隔離するのに適している。**

地層処分に関する取組の歴史

国内においても、国際的にも長い年月をかけて研究開発や処分方法の検討が積み重ねられてきた。

日 本

1999年：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

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

2000年：「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」制定・NUMO設立

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

2011年：スウェーデン
2012年：フィンランド
施設建設許可を国に申請

国 際

諸外国における地層処分施設の設置深度の考え方

	処分地選定状況	深度（岩種）	深度に関する法規制文書での考え方や規定値など
スウェーデン	フォルスマルク （エストハンマル自治体）	約500m （結晶質岩）	処分深度は、処分場のバリアが十分に長い期間にわたり想定どおりに機能するように、地質学的な構造が十分に安定した有利な状態を与えるように選択する。
フィンランド	オルキルオト （エウラヨキ自治体）	約400m （結晶質岩）	処分深度は、長期安全性を優先して選定されなければならない、また、地上での自然現象（氷河作用や人間の行為など）からの影響を適切に軽減するために、数百メートルの深さに配置しなければならない。
フランス	ビュール地下研究所の 近傍を処分地とする方向	約500m （粘土層）	侵食、地震、人間侵入による安全性への影響を受けないことを保証できる必要性から、最低深度は地表から200m。
スイス	3カ所の地質学的候補 エリアを政府が承認	400～900m （粘土層）	母岩または有効な閉じ込めエリアの空間的なポテンシャルと深度を、地域の地質構造（擾乱地帯、侵食された渓谷溝、異種岩盤の混在など）を踏まえて評価する。
英国	未定	未定（未定）	深度は200mから1,000m程度となる見込みだが、これはサイトの地質次第となる。
カナダ	未定	未定（未定）	人間のアクセスの制限、人間活動の影響からの隔離、地表で起こる現象（風、水及び氷河作用などによる侵食など）の影響低減のための適切な深度。
ドイツ	ゴアレーベン（ニーダーザクセン州）※サイト選定方法を再検討中	840～1,200m （岩塩ドーム）	深度を十分に確保し、地質断層から十分な距離を確保することが不可欠であり、実施される安全解析及び安全評価の枠内で、導出されなければならない。
米国	ユッカマウンテン（ネバダ州）※中止の方針	200～500m （凝灰岩）	望ましい条件として地表から少なくとも深度300mに廃棄物を定置できること（サイトとしての除外要件は、地下200mに地下施設の全ての部分が建設できないこと）。

3. 地層処分の安全確保

地層処分のリスクと対応策

火山や活断層が多いことなどが心配されているが、日本の地質の特性に応じた対策を講じることにより、安全に処分することが可能。

火山・活断層が多い

日本の地質環境

地下水が多い

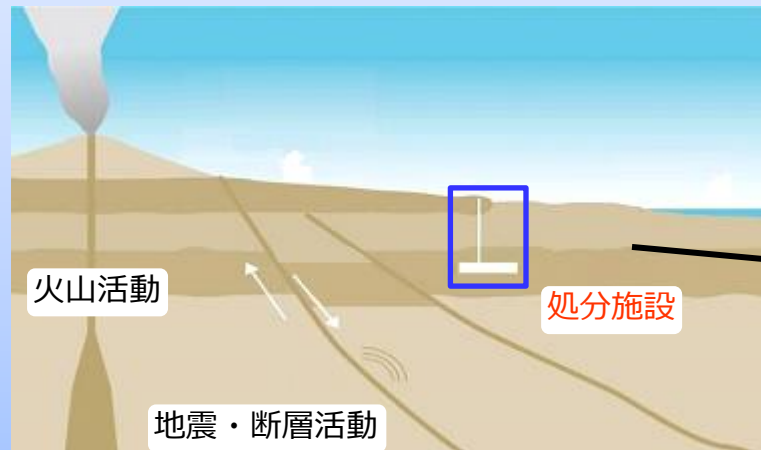
処分施設の損傷

安全性への影響

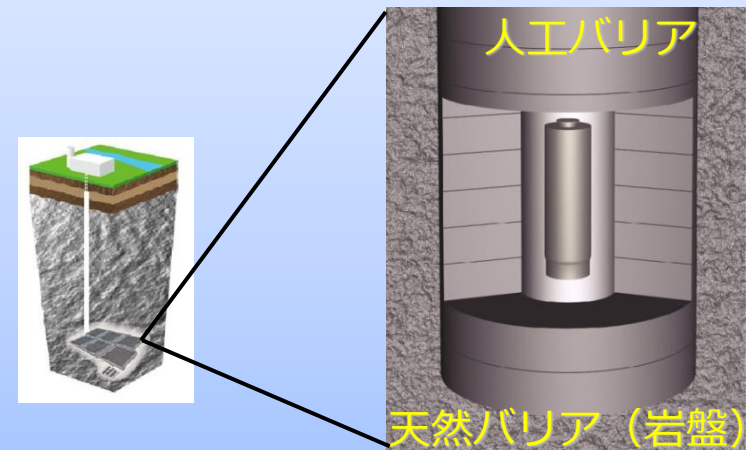
地下水による放射性物質の移動

対 策

火山や活断層等を**避けて**処分施設を建設



多重のバリアで放射性物質を**閉じ込める**



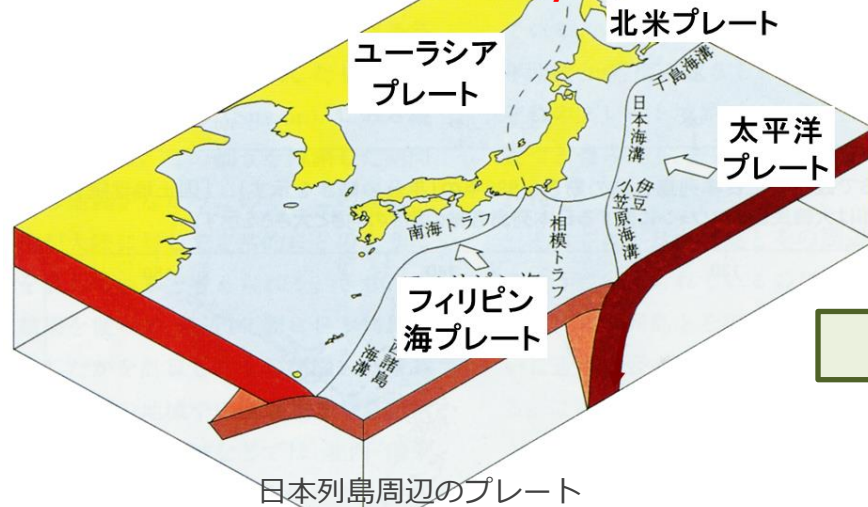
火山回避の考え方 (1/2)

① マグマが発生する深さはおよそ決まっている（深さ100km程度）
ため、**プレートが沈み込む位置からある一定の距離の範囲には、火山は発生しない。**

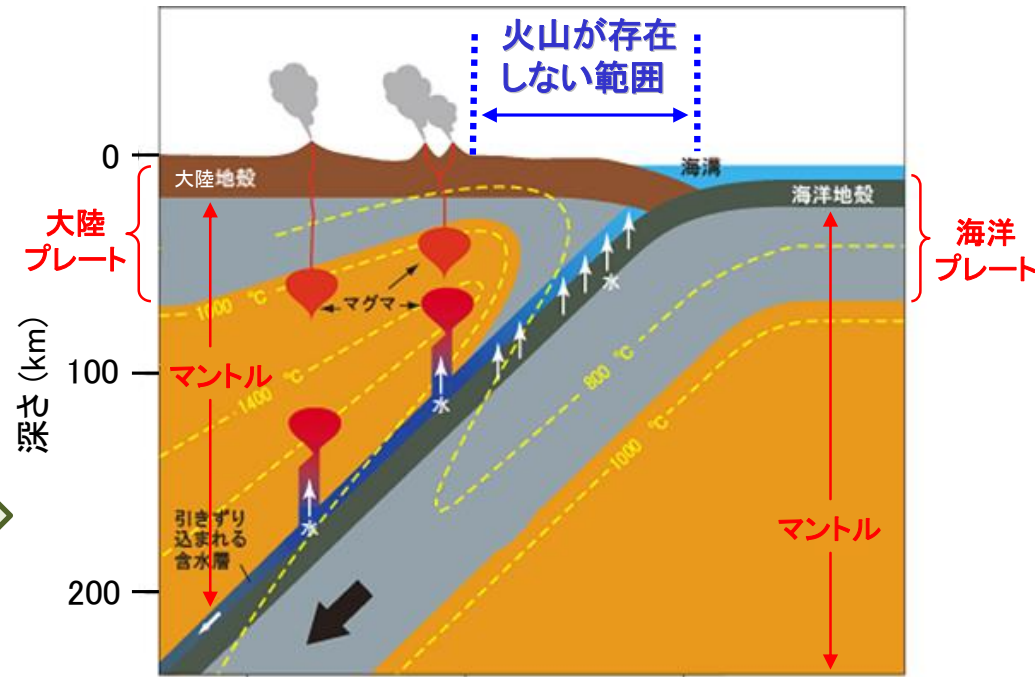
プレートの動き

太平洋プレート：約8cm/年

フィリピン海プレート：約5cm/年



（地震調査研究推進本部地震調査委員会編、1997に加筆）

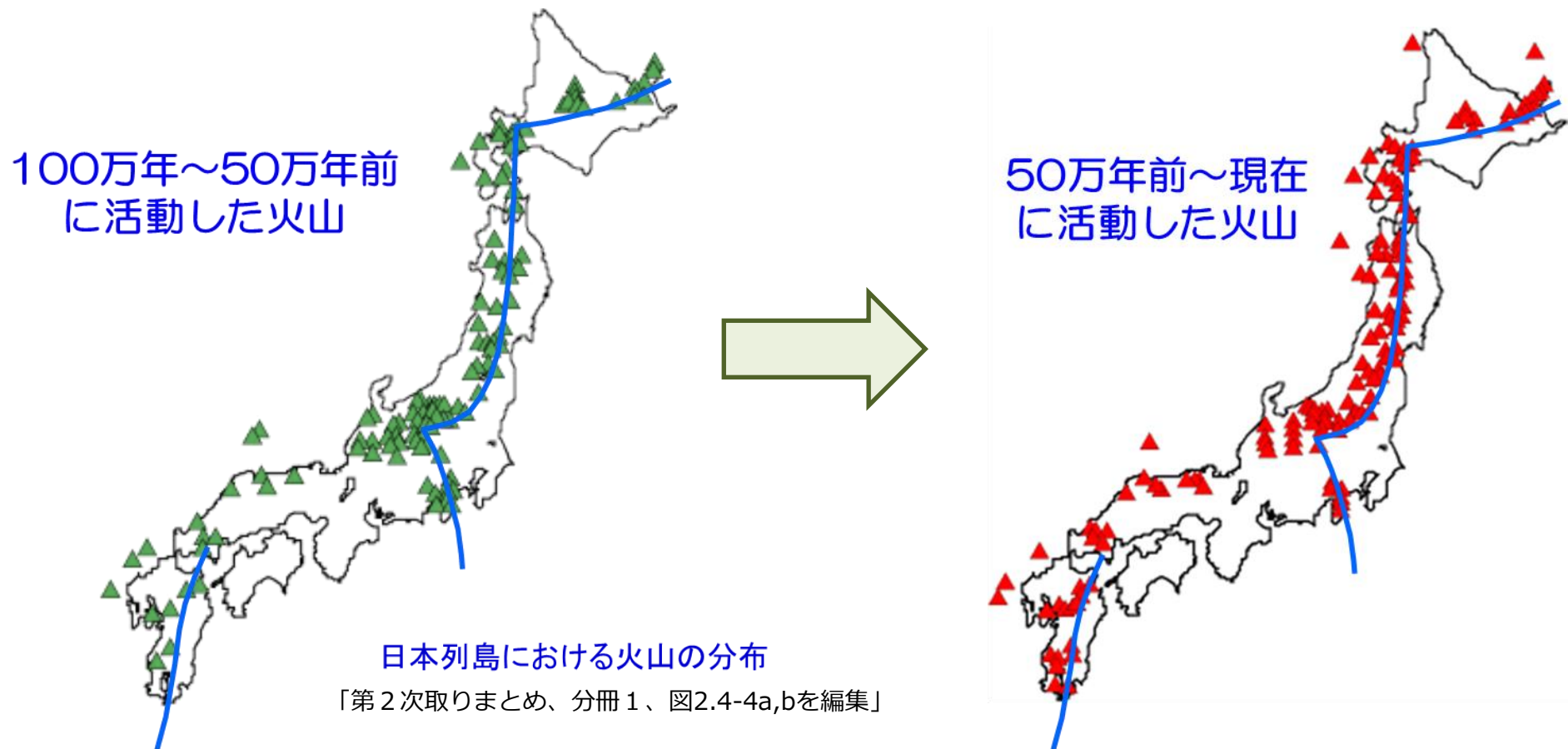


沈み込み帯におけるマグマ発生モデルの例（巽、1995を編集）

- 日本の火山活動や地震は、**プレートの動きによって引き起こされる。**
- 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なく、今後も10万年程度はほとんど変化しない**と考えられている。

火山回避の考え方 (2/2)

②実際、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。このため、**詳細な調査により火山を避けることが可能。**



活断層回避の考え方 (1/2)

①断層活動は過去数十万年にわたり同じ場所（活断層）で繰り返し起こっている。このため、**詳細な調査により活断層とその影響範囲を避けることが可能。**

陸域の活断層の分布



出展：日本地質学会 地質環境の
長期安定性研究委員会（2011）

～ 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、断層が進展したり分岐する可能性がある領域のこと。

数百万年前から、プレート運動に大きな変化はなく、一度できた断層はそこが弱面となって繰り返し活動することになる。

活断層回避の考え方 (2/2)

②まだ隠れた活断層もあると考えられるが、**最新の調査手法によって、詳細に調査することにより、隠れた活断層も見つけ出すことは可能。**

【1.物理探査】



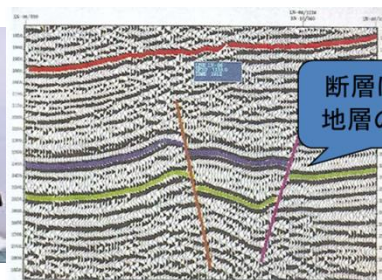
陸上の反射法探査の
大型バイブレータ震源

※写真提供：地球科学総合研究所 H P



海上の音波探査の調査船

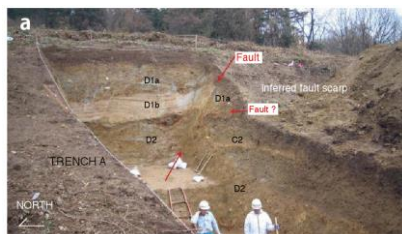
※写真提供：洞海マリンシステムズ



物理探査学会：図解物理探査より

反射法による地下構造
断面図

【3.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)

【4.トンネル調査】



地下深くにある断層の直接
目視による調査

【2.ボーリング調査】



掘削作業の様子



調査現場の外観

※写真は調査イメージになります。

※写真提供：日本原子力研究開発機構



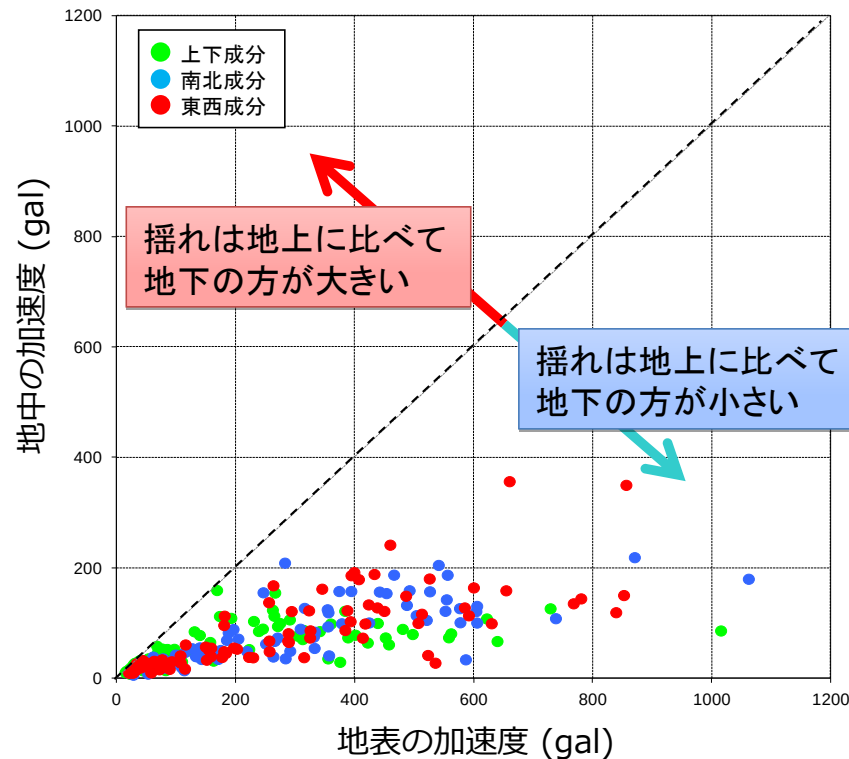
岩石サンプルの例

※写真は調査イメージになります。

※写真提供：日本原子力研究開発機構

巨大地震への対応 (1/2)

地下の揺れは地表に比べ小さく、このことは観測や経験によって知られている。また、地下空洞や埋設されたガラス固化体は、周囲の岩盤と一体となって揺れるため、**地震の揺れによって破壊される可能性は非常に小さい。**



東北地方太平洋沖地震で観測された
地上と地下の地震加速度の比較

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)

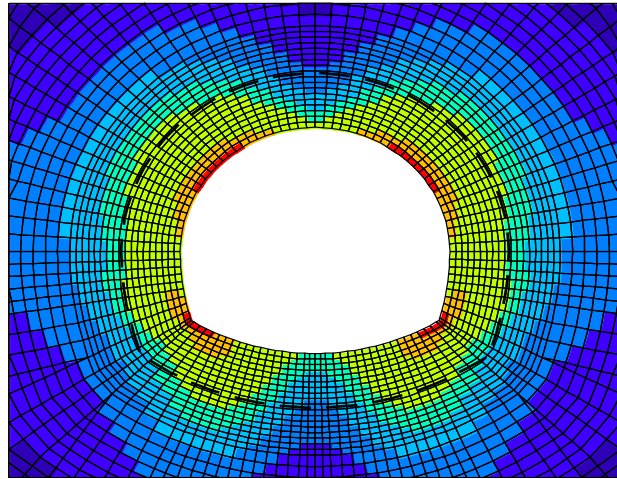


KiK-net (防災科学技術
研究所) の観測データ
を用いて作成

(土木学会 (第1次) ・地盤工学会合同調査団 調査速報より)

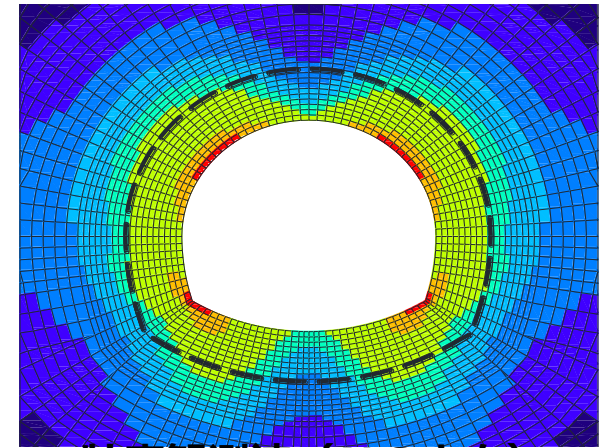
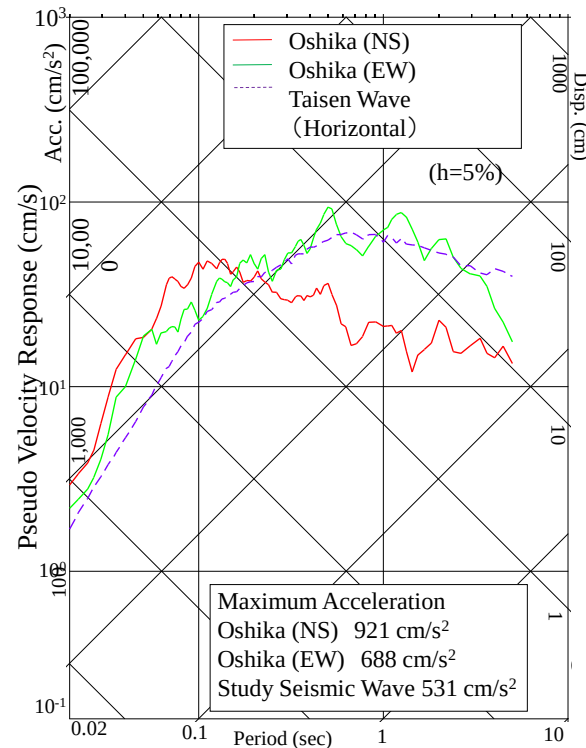
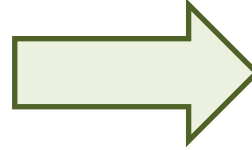
巨大地震への対応 (2/2)

東北地方太平洋沖地震の観測波を用いた地下坑道の耐震安定性の評価結果

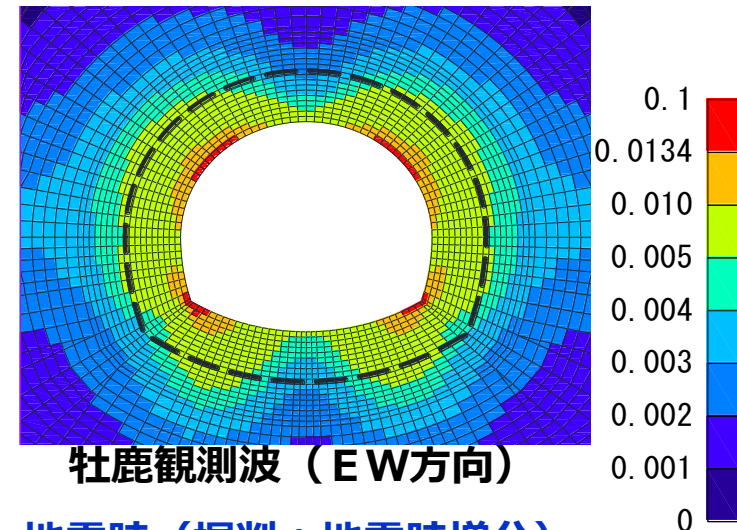


掘削時

処分場の深度が深いために掘削時の応力・ひずみが大きく、地震による増分を加えても影響は軽微である。



牡鹿観測波 (NS方向)



牡鹿観測波 (EW方向)

地震時 (掘削+地震時増分)

--- 坑道掘削径の20%の範囲

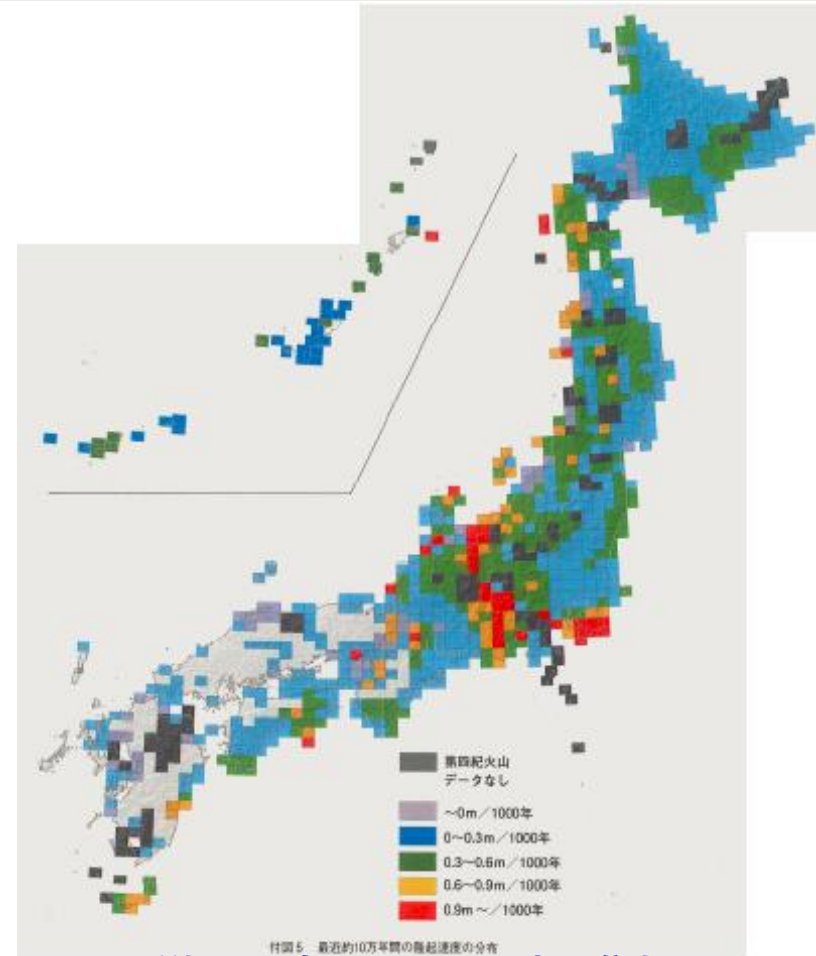
隆起・沈降・侵食

数十万年くらい前から地域毎に隆起もしくは沈降が一定の速度で進行しており、隆起速度については、**ほとんどの地域で1mm/年以下（10万年で100m以下）**と推定されている。

侵食は面的侵食と河川による下刻の二つに分けられている。日本列島における両方の作用を含んだ侵食速度は、一部の山岳地帯や半島先端部を除けば、**10万年で10～100m未満**と推定されている。

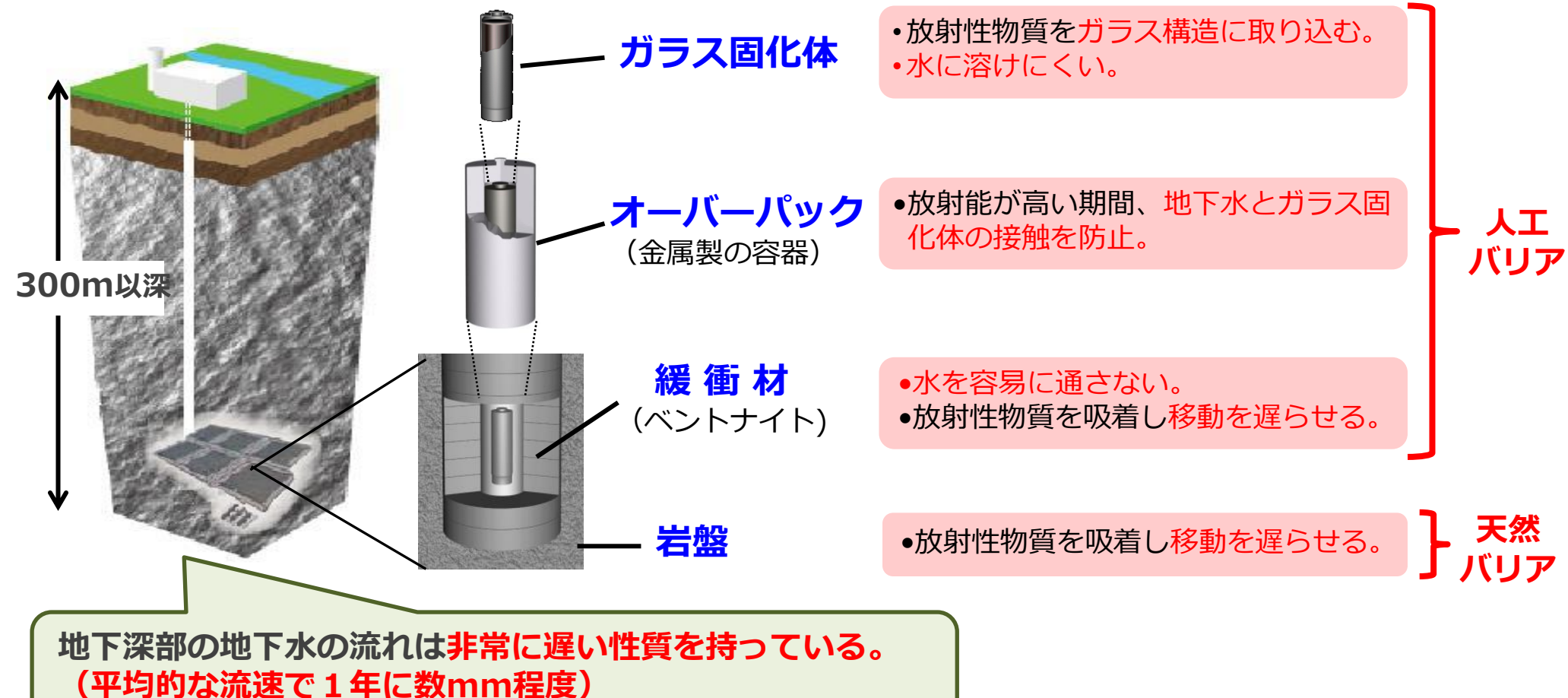


将来10万年程度の期間であれば、処分施設を設置する地域におけるこれらの**自然現象による変動の規模を把握**でき、**適切な深度に処分施設を設置するなどの対応**を図ることにより、処分施設に重大な影響を与えないようにすることが可能。



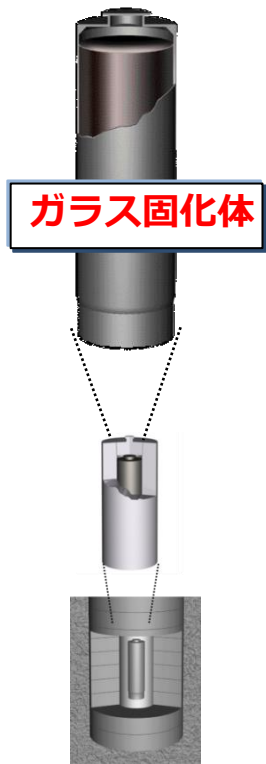
最近約10万年間の隆起速度の分布

人工バリアと天然バリアの多重バリアを構築することで、**地下水による放射性物質の移動を最小限に抑える。**

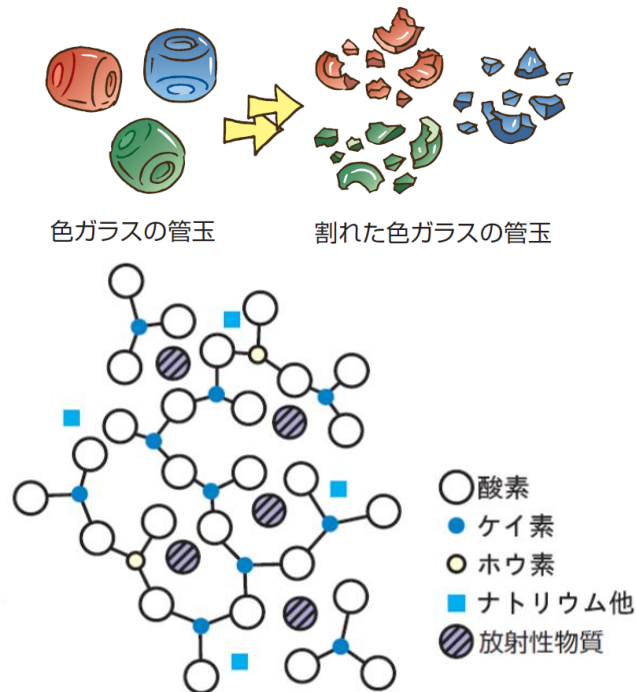


人工バリアの役割（ガラス固化体）

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



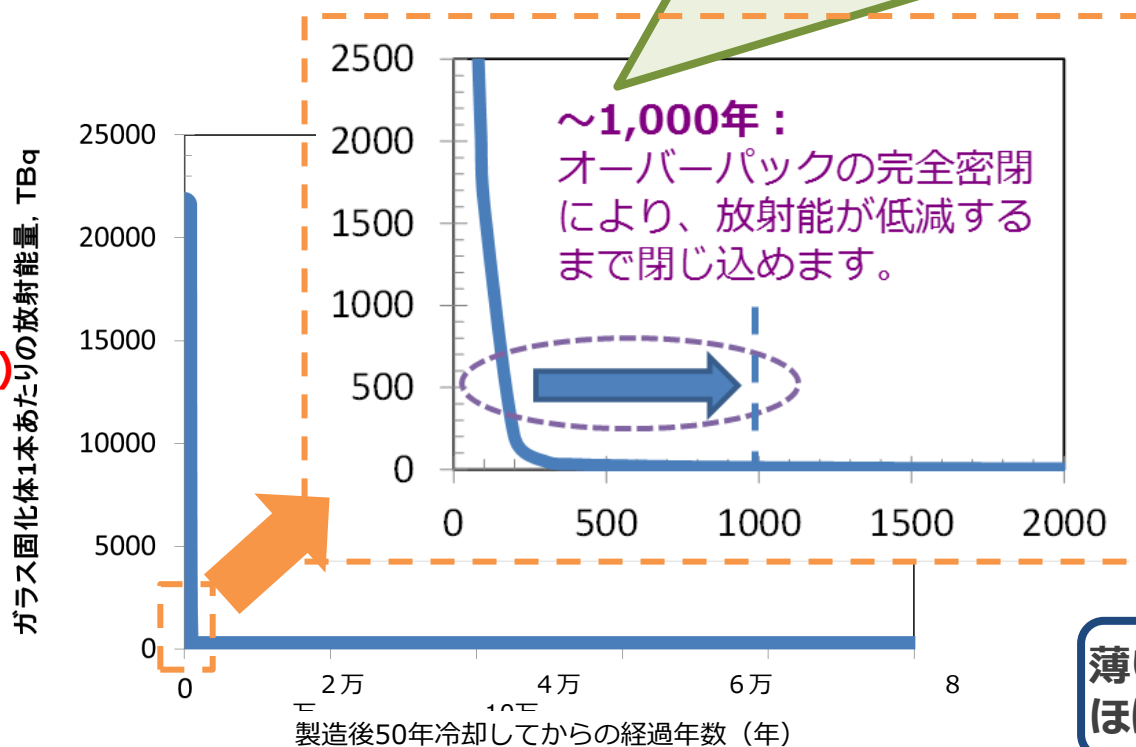
B.C.2900年頃～B.C.300年頃に製造されたガラス工芸品が色鮮やかなまま発掘された事例
(写真提供：PPS通信社)

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。

人工バリアの役割（オーバーパック）

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
※上図は通常目盛で表記

出雲大社境内遺跡から
出土した鉄斧
(730～750年前)



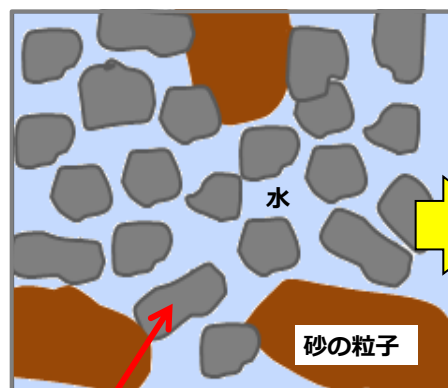
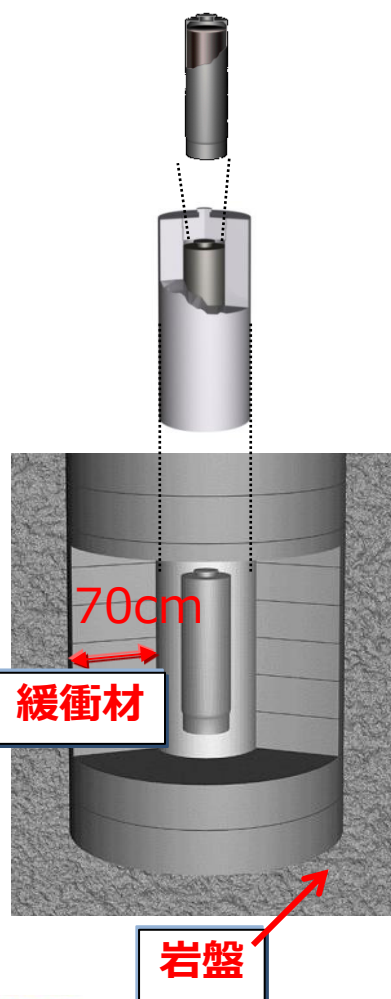
写真提供：日本原子力研究開発機構

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。

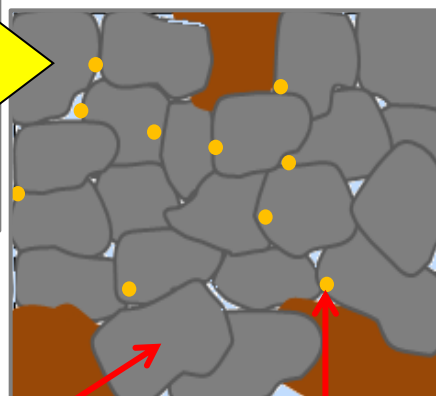
人工バリアの役割（緩衝材）

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】



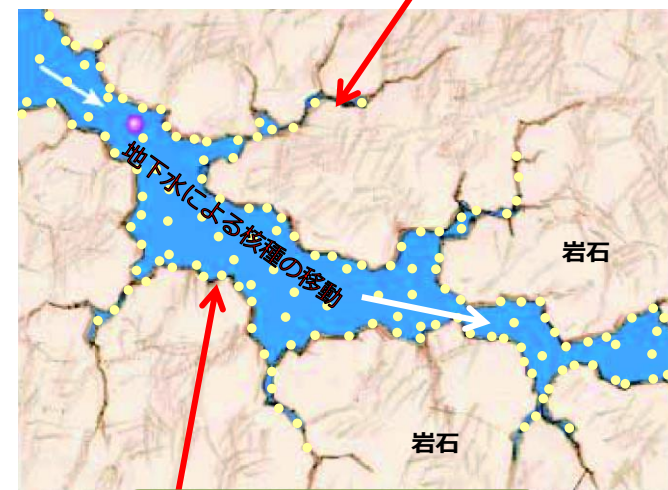
吸水によりベントナイトが膨らみ締め固まる



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**。

【天然バリア（岩盤）の役割】

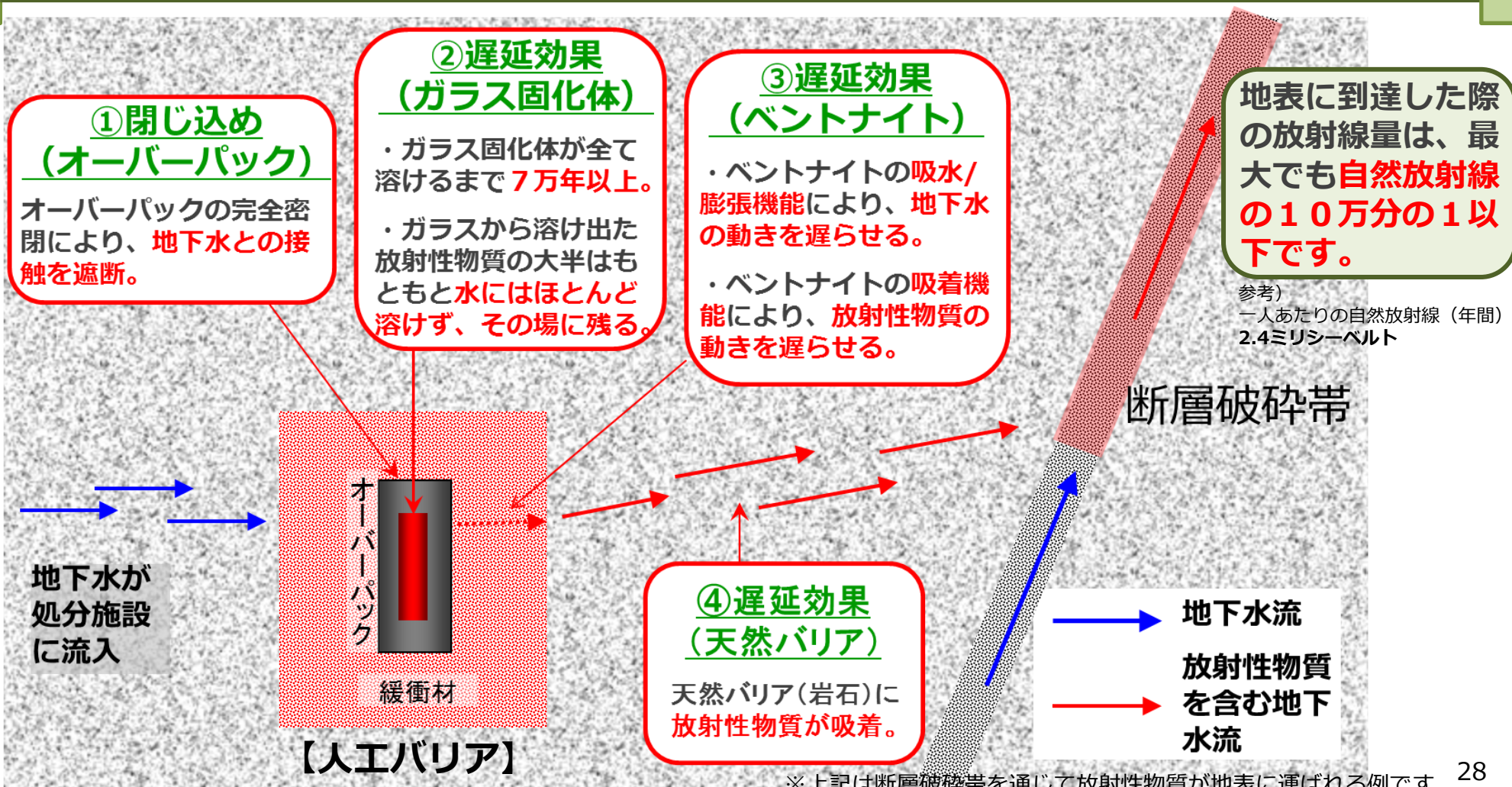


岩石中のすきまに放射性物質が入り込む。

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**。

地下水の流れに対する安全確保

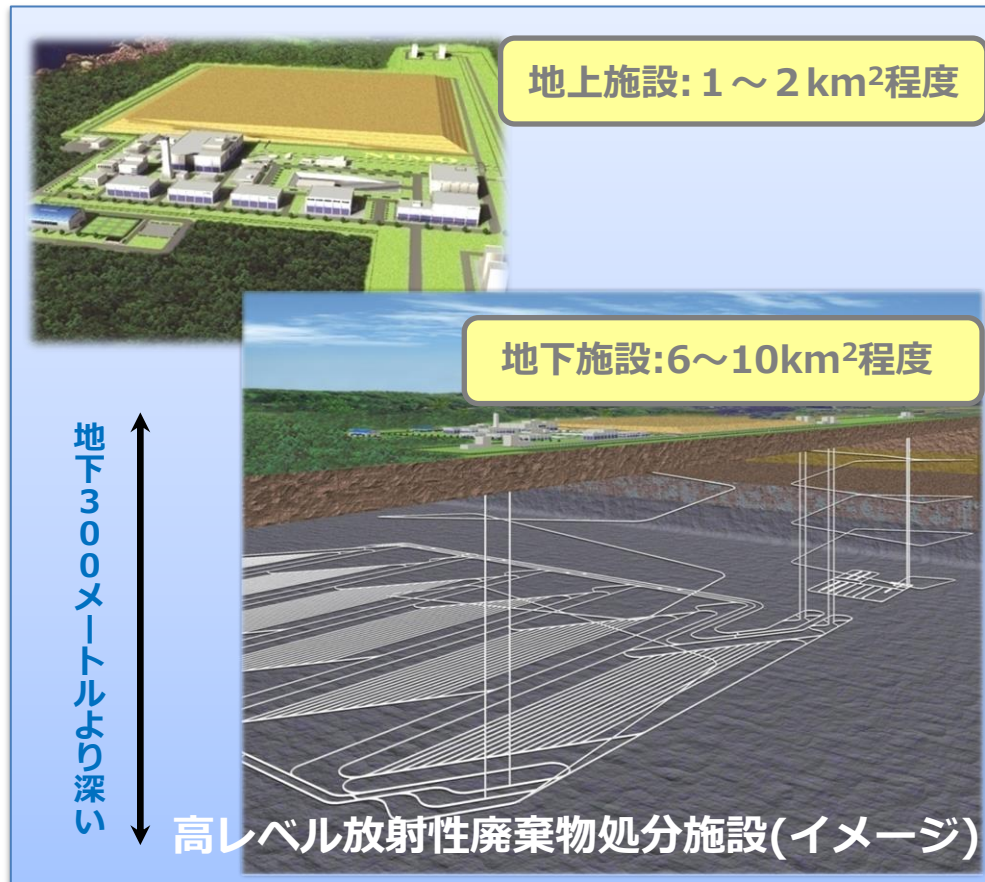
人工・天然の多重バリアにより放射性物質の移動は極めて遅くなり、その間に放射能レベルが大きく減少するため、地表に到達した際の放射線量が一番高くなる**数十万年後でも、人間に影響はありません。**



※上記は断層破碎帯を通じて放射性物質が地表に運ばれる例です。 28

4. 地層処分事業の進め方

ガラス固化体を**4万本以上埋設できる施設**を計画中。



□ **処分費用** 約**3.5兆円** (※1)

➤ 電力会社等から原子力発電による発電量等に応じて拠出金として徴収

- ・ 法律で定められており、単価は毎年国により見直されている。
- ・ 一家庭あたり毎月20円程度（原子力発電の割合を仮に1/3とした場合）

➤ 拠出金は全額外部機関 (※2) に積立

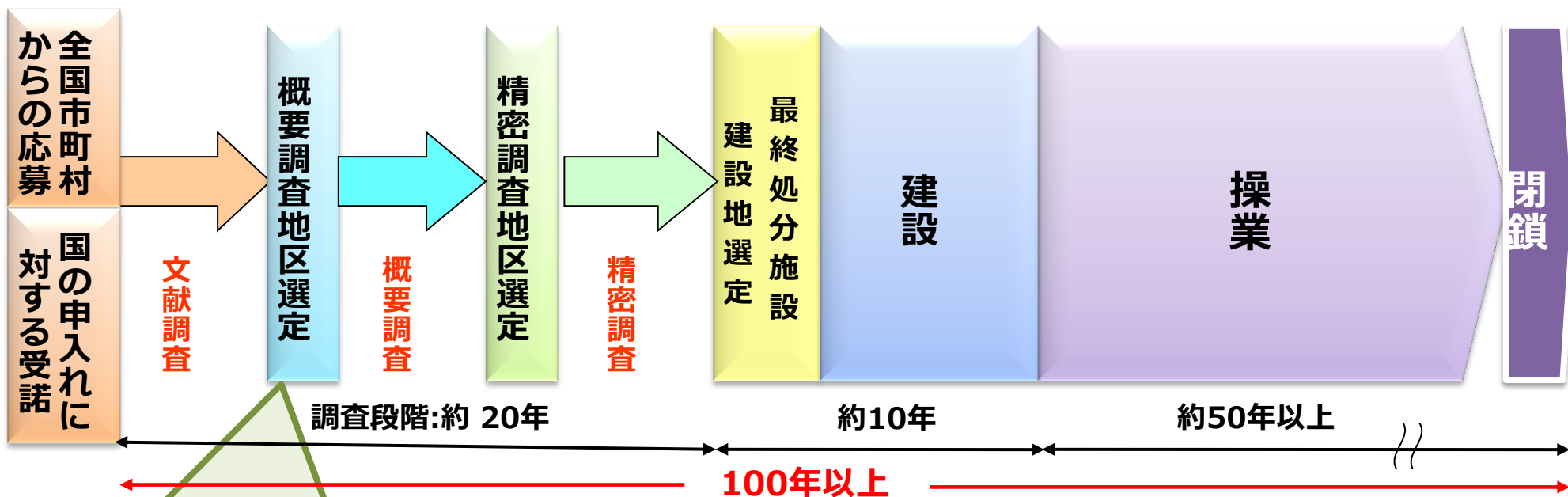
- ・ 国の承認のもと、必要額を取り戻して使用する。
- ・ 拠出金の積立額は約1兆円（2013年度末）

※1 高レベル放射性廃棄物（2.8兆円）とTRU廃棄物（0.7兆円）の合計

※2 原子力環境整備促進・資金管理センター

地層処分事業の進め方（1/2）

①調査から建設・操業・閉鎖まで**100年以上に及ぶ事業**。



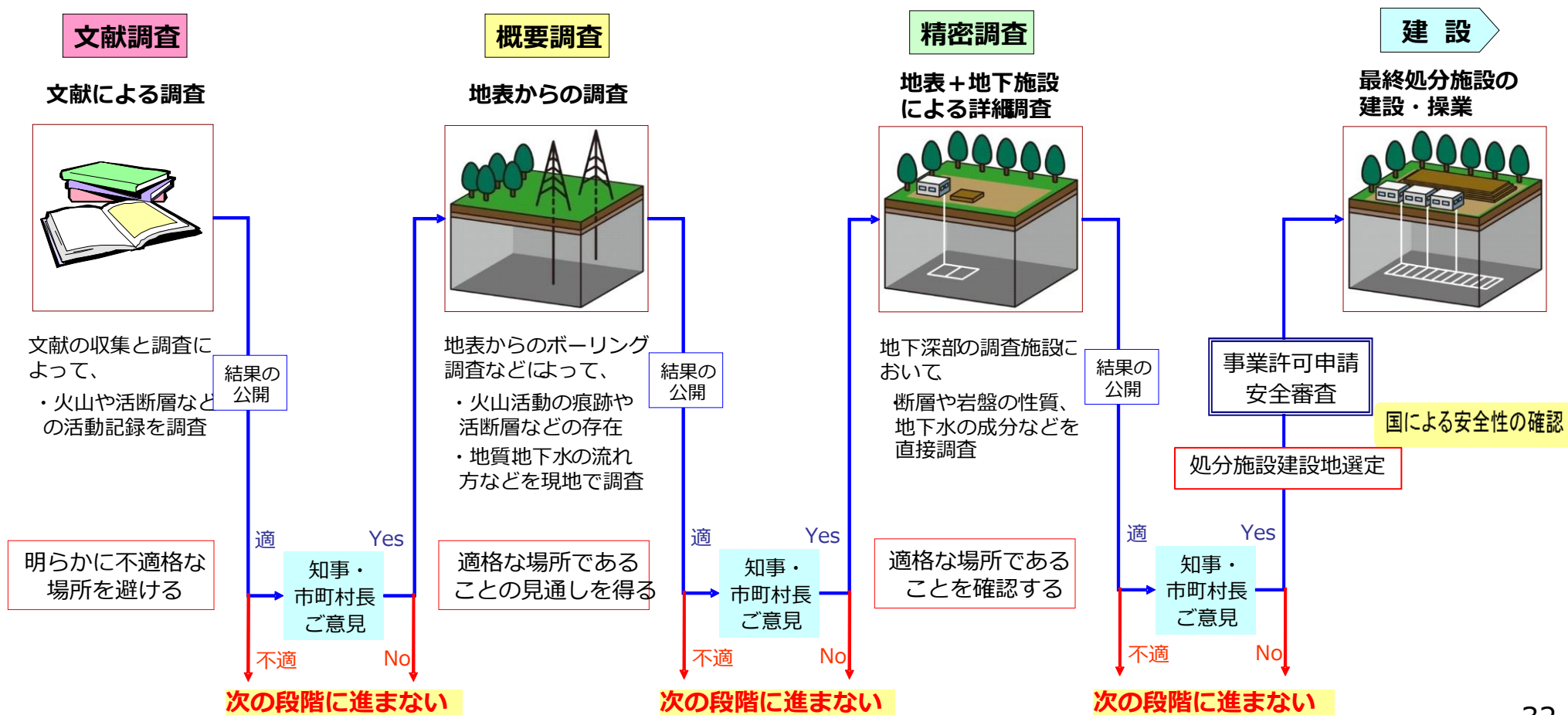
概要調査地区選定上の考慮事項

- 活断層がある場所が含まれないこと
- 火山の中心から半径15kmの円の範囲内にある地域が含まれない
- 第四紀の未固結堆積物である地層ではないこと
- 経済的価値の高い鉱物資源が存在しないこと

地層処分事業の進め方 (2/2)

②約20年をかけて三段階の技術的な調査を最新の手法を活用しながら行います。調査は、火山や断層、地下水のほか、地質の様々な特徴について**広範囲かつ徹底的に行う**。

※各調査段階において知事や市長村長などのご意見を聴き、**反対の場合には次の段階には進まない**。



ビデオ：地層処分事業について



最終処分に向けた取組の見直し

処分地選定の調査に着手できていない状況や、大規模な地震などの発生から、**最終処分の取組みの見直しなど、国がワーキンググループを設置し、今後に向けた議論を行った。**そして、最終処分法に基づく**基本方針**が2015年5月に**改定**されました（閣議決定）。

放射性廃棄物ワーキンググループ

【設置目的】

現在においても処分地選定の調査に着手できていない状況などを踏まえ、**最終処分に関する政策の再構築に向けた議論・検討**を実施。



【結論】

- ①**可逆性・回収可能性**を適切に担保し、将来世代も含めて最終処分の意思決定が見直せるようにする。
- ②**科学的に適性が高いと考えられる地域**を国が**選定**し、地質環境特性を科学的見地から説明し、立地への理解を求める。
- ③多様な立場の住民が参加する**地域の合意形成の仕組み**を検討。
- ④**受入地域の持続的発展につながる支援策**を国が自治体と協力して検討、実施。等

地層処分技術ワーキンググループ

【設置目的】

第2次取りまとめから10年以上が経過し、その間に研究開発の進展や、大規模な地震などが発生していることから、地層処分の技術的信頼性について、改めて**最新の科学的知見を反映した再評価**を実施。



【結論】

段階的な調査を適切に行うことにより、全ての天然現象の長期的変動の影響を踏まえても尚、**おのものの好ましい地質環境とその地質環境の長期安定性を確保できる場所**を我が国において**選定**できる見通しが得られた。

最終処分に向けた新たなプロセス

基本方針の改定で**最終処分に向けた新たなプロセス**が追加された。

従来のプロセス

調査受入自治体の公募

応募

法定プロセス

文献調査

概要調査

精密調査

処分地決定

※都道府県知事、市町村長の意見を聴き、反対の場合には次の段階に進まない

加速化に向けた新たなプロセス

科学的知見に基づいた
有望地の選定（マッピング）

選定した有望地を中心とした
重点的な理解活動（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

法定プロセス

文献調査

概要調査

精密調査

処分地決定

※都道府県知事、市町村長の意見を聴き、反対の場合には次の段階に進まない

※地域の合意形成の仕組みや支援策等を検討

可逆性・回収可能性を担保した取組

- 代替処分オプションの調査・研究等
- 地層処分の技術的信頼性の定期的評価

科学的有望地の検討状況

- 最終処分関係閣僚会議において、以下の2要素を考慮し、科学的有望地の具体的な要件・基準等について検討することを決定（平成26年9月）。
- 昨年10月から、総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物WG及び地層処分技術WGにおいて、考慮すべき要件等について検討中。

最終処分関係閣僚会議資料（抜粋）

▶ 地球科学的観点からの適性

【参考】総合エネ調WG中間とりまとめ（2014年5月）

処分に適さない地域として避けるべき要件：

- ①火山から15km以内
- ②過去10万年の隆起量が300m（沿岸部は150m）超
- ③活断層がある場所において断層長さの100分の1の幅

▶ 社会科学的観点からの適性

（諸外国の検討項目例）

環境の保護、土地利用の状況、輸送の確保、
人口密度など

日本全体

適性の低い地域

文献調査の 候補地域

より適性の高 い地域（科学的 有望地）

スウェーデンの参考事例

- スウェーデンは、1998～99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。

NUMOは「**特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律**」に基づき、地層処分事業の**実施主体**として2000年に設立された経済産業大臣の**認可法人**です。

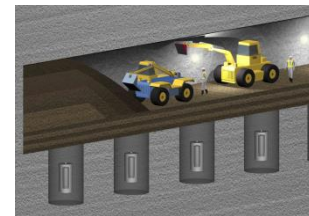
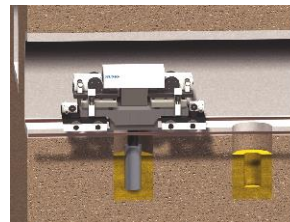
～原子力発電環境整備機構（NUMO）～
（**Nu**clear Waste **M**anagement **O**rganization of Japan）

【業務内容】

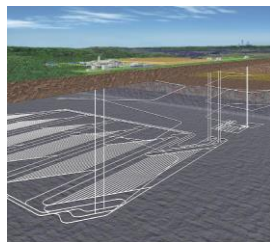
- 概要調査地区等の選定



- 地層処分の実施



- 処分施設の建設・改良・維持等



- 処分施設の閉鎖・閉鎖後管理



②対話活動や技術開発に取り組んでいる。

～対話活動～



各地におけるシンポジウム及び
ワークショップの開催



P R車両“ジオ・ミライ号”による巡回説明

～技術開発～



スウェーデン S K B
社との共同研究



海外の専門家との
意見交換会の開催

国内外との共同研究等

- ・ ANDRA（フランス）
- ・ DOE（米国）
- ・ KORAD（韓国）
- ・ NAGRA（スイス）
- ・ NDA（英国）
- ・ POSIVA（フィンランド）
- ・ SKB（スウェーデン）
- ・ 台湾電力公司（台湾）
- ・ 電力中央研究所
- ・ 日本原子力研究開発機構
- ・ 東京工業大学

関係機関との共同研究による技術開発

(1) 日本原子力研究開発機構（JAEA）との共同研究

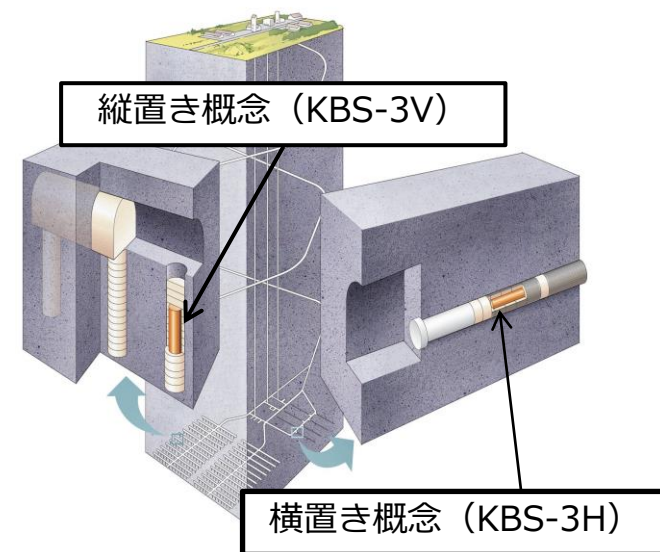
- 精密調査地区選定段階における設計・性能評価手法の高度化に関する研究として、2013年度は母岩の適性を評価する方法、シナリオ構築手法、核種移行パラメータの設定に関する検討を実施。

(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。
- 2013年度は、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 Project Test : 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。

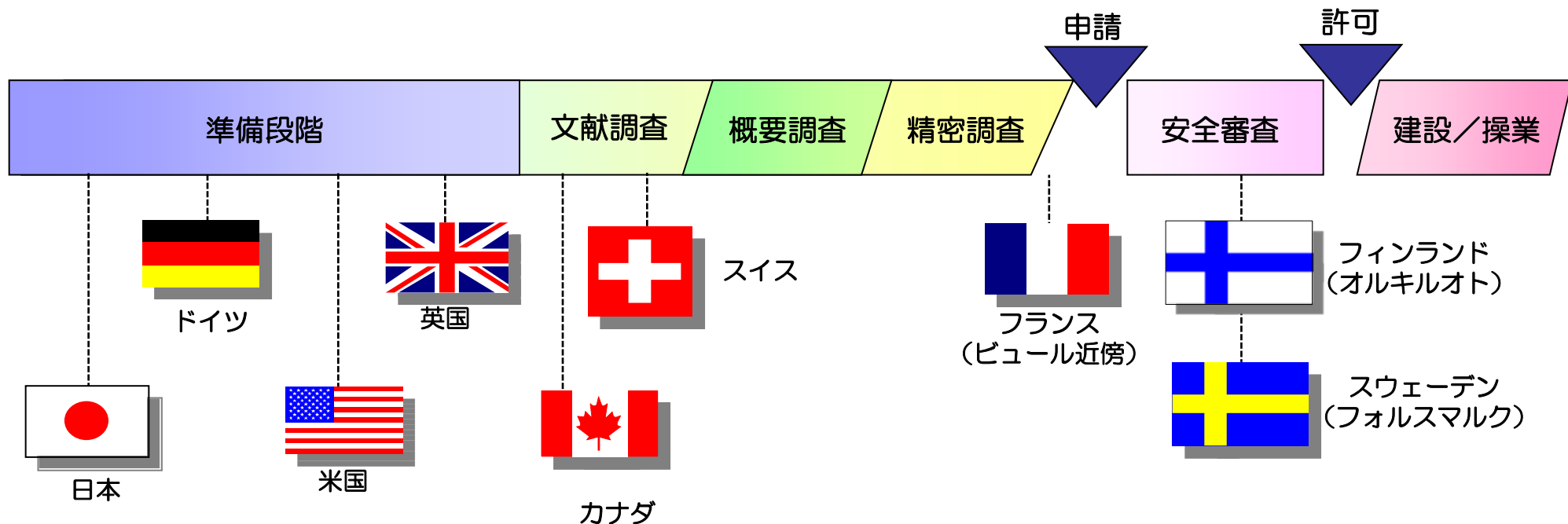


5. 諸外国の状況

諸外国における地層処分事業

国名	廃棄物形態	実施主体(形態)	処分候補地	操業予定
 米国	ガラス固化体 使用済燃料	エネルギー省(DOE)	未定	未定
 フィンランド	使用済燃料	ポシヴァ社(POSIVA) 1995年設立	オルキオト	2020年頃
 スウェーデン	使用済燃料	核燃料・廃棄物管理会社(SKB) 1984年設立	フォルスマルク	2029年頃
 フランス	ガラス固化体	放射性廃棄物管理機関(ANDRA) 1979年設立	ビュール近傍	2025年頃
 ドイツ	ガラス固化体 使用済燃料	連邦放射線防護庁(BfS)	未定	未定
 スイス	ガラス固化体 使用済燃料	放射性廃棄物管理共同組合(NAGRA) 1972年設立	未定 (NAGRAによって提案された 3地域について検討が行われて いる)	2050年頃
 英国	ガラス固化体 使用済燃料	原子力廃止措置機関(NDA) 2005年設立	未定	未定
 カナダ	使用済燃料	核燃料廃棄物管理機関(NWMO) 2002年設立	未定	未定

諸外国における地層処分事業の進捗①



(1) 最終処分地が実質的に決定している国 (フィンランド、スウェーデン)

- ・フィンランド：1983年より選定開始、2000年に政府決定し、2001年の議会承認を経てオルキオトを最終処分地に決定。現在、安全審査を終了し、建設許可の発給準備中。
- ・スウェーデン：1992年より選定開始、2009年にSKB社がエストハンマル自治体のフォルスマルクを最終処分地に選定。現在、安全審査中。

(2) その他の国

- ・フランス：1980年より選定開始。ビュール近傍を処分地とする方向。
- ・スイス：NAGRAが提案した3地域が承認されサイト選定手続きの第2段階を実施中。
- ・カナダ：オンタリオ州とサスカチュワン州の8地域において第3段階のフィージビリティ調査を実施中。
- ・イギリス：カンブリア州および同州内の2市が関心を表明したが、2市議会は賛成するも、カンブリア州が否決したため撤退し、選定プロセスの見直しを実施（2013年）。2014年新たなサイト選定プロセス等を示した白書を公表。
- ・アメリカ：ユッカマウンテンを選定も、政権交代により撤回（2009年）。選定プロセスの見直し中。
- ・ドイツ：ゴアレーベンを選定も、2000年より調査凍結。選定プロセスの見直し中。

諸外国における地層処分事業の進捗②

フィンランド及びスウェーデンは、国民の理解が進み地層処分事業が先行している。

【フィンランド】

処分実施主体： ポシヴァ社

廃棄物形態： 使用済燃料

最近の動き：

- 2001年、エウラヨキ自治体のオルキルオトを処分地に決定
- 2004年から、オルキルオトで地下特性調査施設の建設を開始。この施設は将来の処分場の一部となる予定。
- 2009年3月、ロヴィーサ原子力発電所3号機の導入計画に基づき、POSIVAが最大12,000トンの使用済燃料の処分を行うための原則決定申請書を政府に提出。
- 2012年12月、処分場建設許可申請書を政府に提出。
- 2020年操業開始の予定。



【スウェーデン】

処分実施主体： SKB社

廃棄物形態： 使用済燃料

最近の動き：

- 2009年6月3日、SKB社がエストハンマル自治体のフォルスマルク村を最終処分候補地として選定。
- 2011年3月、立地・建設許可申請書を提出。
- 2015年建設開始、2029年操業開始の予定。



諸外国の状況（フィンランド）



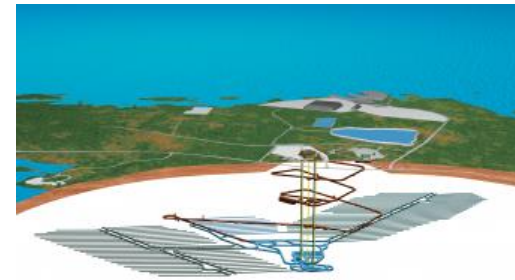
オルキルオト
(ユーロヨキ)

原則決定の承認
2001

処分実施主体： ポシヴァ社
2001年： 最終処分地の決定
2012年12月： 建設許可申請
2020年頃： 操業開始予定
廃棄物形態： 使用済燃料



オルキルオト地下特性調査施設



オルキルオト処分場の設置イメージ

【法令に基づく地域・住民意見の反映】

- ①原則決定段階まで、**地元自治体の拒否権を担保**
- ②事業者は原則決定申請前に**環境影響評価（EIA）を実施**することを規定

【広報活動（情報提供）】

ポシヴァ社は環境影響評価（EIA）の一環として、**市民が入手可能な情報を提供し参加する機会を増やす**ことを目的に下記の取り組みを実施。

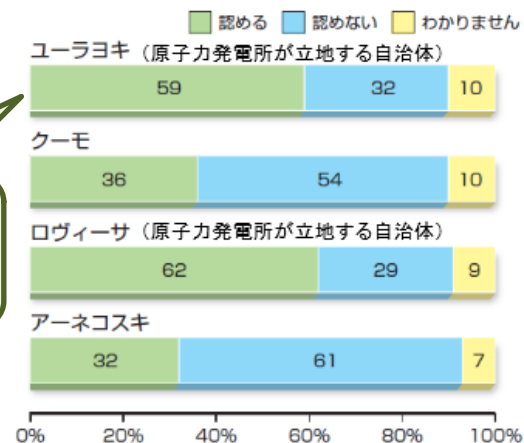


地元自治体の各世帯にEIA
ニュースレターを配布



トレーラーを用いた展示会に
よる住民への情報提供

質問：「安全規制当局による詳細調査と安全評価の結果、あなたが居住する自治体が放射性廃棄物の最終処分地として安全であることが判明した場合に、あなたの自治体内にフィンランド国内で発生した放射性廃棄物を定置することを受け入れますか？」



地元住民の意識調査
(出典：Posiva EIA Report 1999)

原発立地自治体では、
受入れに肯定的な
住民の割合が高い結果

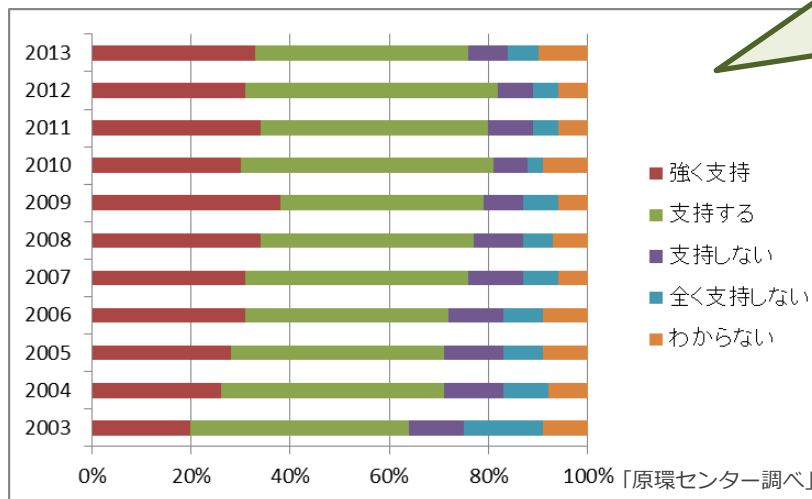
諸外国の状況（スウェーデン）



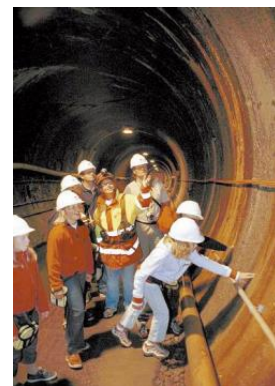
フォルスマルク
(エストハンマル)

処分実施主体：SKB社
2009年：
SKB社がフォルスマルクを選定
2011年3月：
立地・建設許可申請
2029年頃：操業開始予定
廃棄物形態：使用済燃料

エストハンマル自治体での処分場建設支持



2003年は60%が肯定的な結果だったが、SKB社がフォルスマルクを選定した2009年には約80%まで増加し、現在も支持率は維持されている。



エスポ岩盤研究所
見学ツアー

【法令に基づく地域・住民意見の反映】

- ① 処分場の立地・建設許可申請が決定するまでは地元自治体の拒否権を担保
- ② 建設許可申請に必要な環境影響評価書に盛り込まれる内容は、住民や自治体関係者などが参加する環境影響評価の協議で決定

【広報活動（情報提供）】

SKB社は処分事業への理解を得るための活動として、住民が情報を入手し、意見を表明できる場をさまざまな形で設け、双方向のコミュニケーションを実施。

- ・ エスポ岩盤研究所への見学ツアーや輸送船を使用した展示等を実施
- ・ 生徒向けの冊子、ビデオ、コンピューターゲームなどの教材や教師用資料を作成し、学校への情報提供を実施



SKB社の輸送船を使用した展示

※資料提供：原環センター

ご清聴ありがとうございました



参考資料

- ・ 操業期間中の安全確保
- ・ 代替処分技術
- ・ ガラス固化体の特徴

操業期間中の安全確保

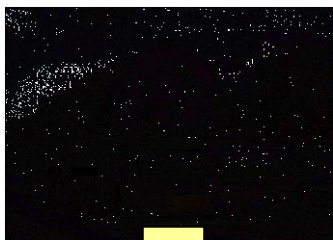
地層処分の安全確保策の基本的考え方と原子力発電所との比較

地層処分では「閉じ込め・遮へい」が安全対策の基本となる。したがって、安全対策も比較的容易であり、事故の拡大も限定的なものになる。

	原子力発電所	地層処分
安全確保の考え方	原子炉を「止める」	ガラス固化体は臨界状態になる可能性がなく、強制的な冷却設備は不要（「止める」「冷やす」は必要ない）
	「冷やす」	
	放射性物質を 「閉じ込める」（遮へい含む）	・ 操業期間中は特に「閉じ込め」、「遮へい」に着目した対策を実施することで安全を確保 ・ 閉鎖後長期は「隔離」と「閉じ込め」に着目した対策を実施することで安全を確保
取り扱う放射性物質	 燃料集合体 燃料集合体には、燃えるウラン235が2～4%含まれている。 制御棒の出し入れと冷却水の循環により、核分裂の量を一定に制御しながら発電する必要がある。	 ガラス固化体 使用済燃料から再利用できるウラン・プルトリウムを取り出した後に、廃液として残ったものをガラスで固めたもの。 燃料として再利用できないもので、臨界に至ったり、爆発するものではない。

操業期間中における作業の流れ

1. 地上施設への輸送

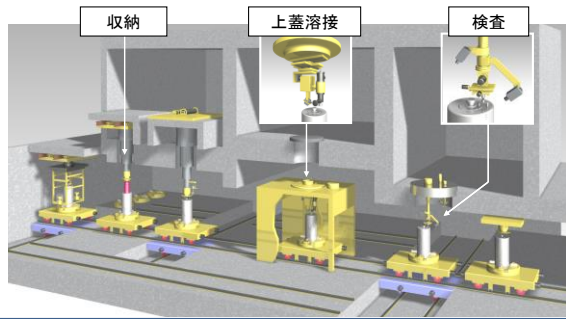


2. ガラス固化体受け入れ・検査・一時仮置き



ガラス固化体の取り出し

3. ガラス固化体のオーバーパックへの封入・溶接



4. 封入施設から坑口までの搬送



7. 処分坑道の埋め戻し



6. オーバーパックの搬送と定置

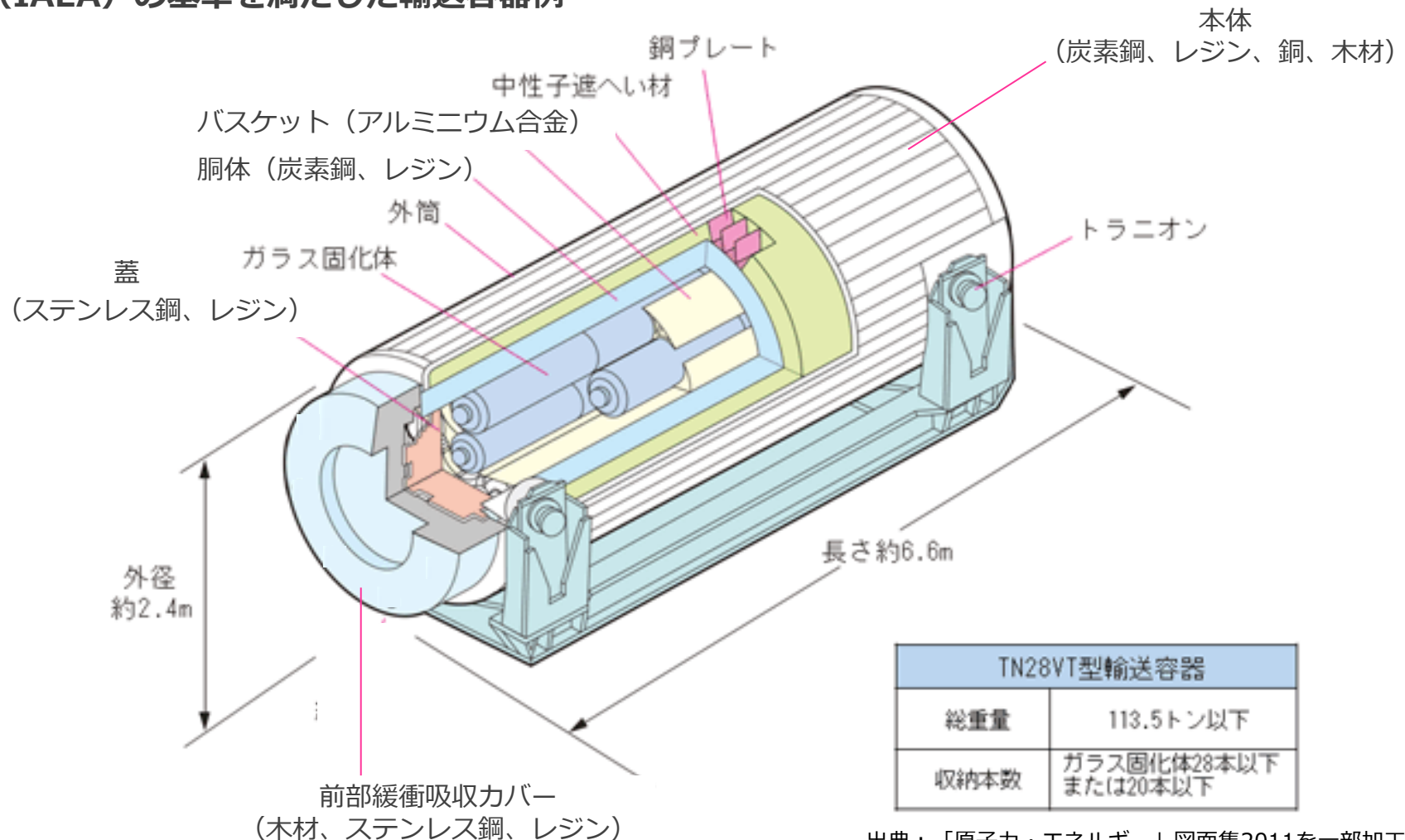


5. アクセス坑道の搬送



ガラス固化体輸送中の安全対策（輸送容器）

国際原子力機関（IAEA）の基準を満たした輸送容器例



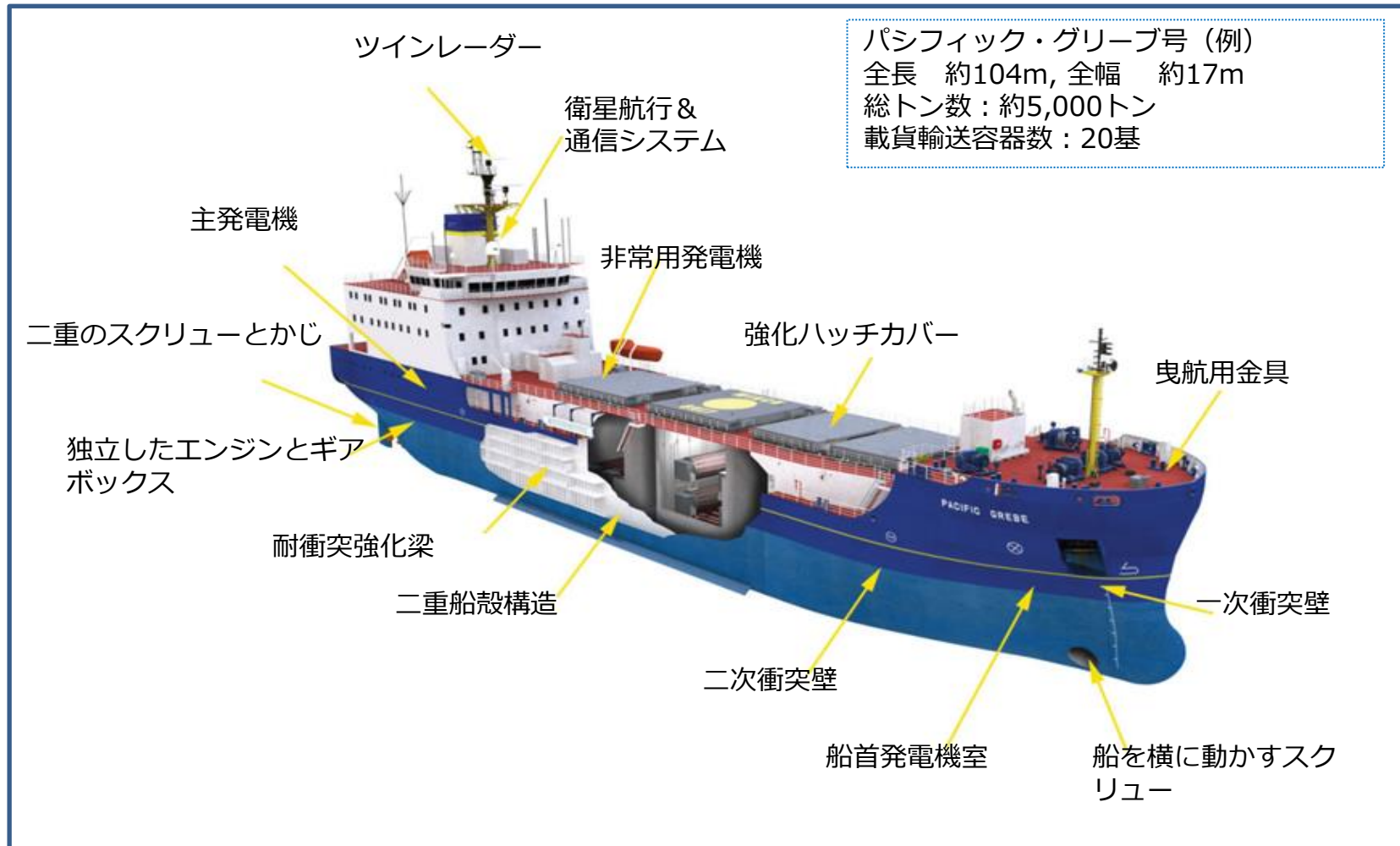
出典：「原子力・エネルギー」図面集2011を一部加工

高レベル放射性廃棄物の輸送には、専用の容器（キャスク）が用いられる。この輸送容器は、**放射線の遮へい能力を備えていることや、輸送中に事故（火災、落下、海に沈むなど）が発生しても放射性物質が漏れ出ないよう国が定めた基準に基づいて頑丈に造られている。**

ガラス固化体輸送中の安全対策（海上輸送）

国際海事機関（IMO）の基準を満たした船舶例

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する。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**などの特長がある。



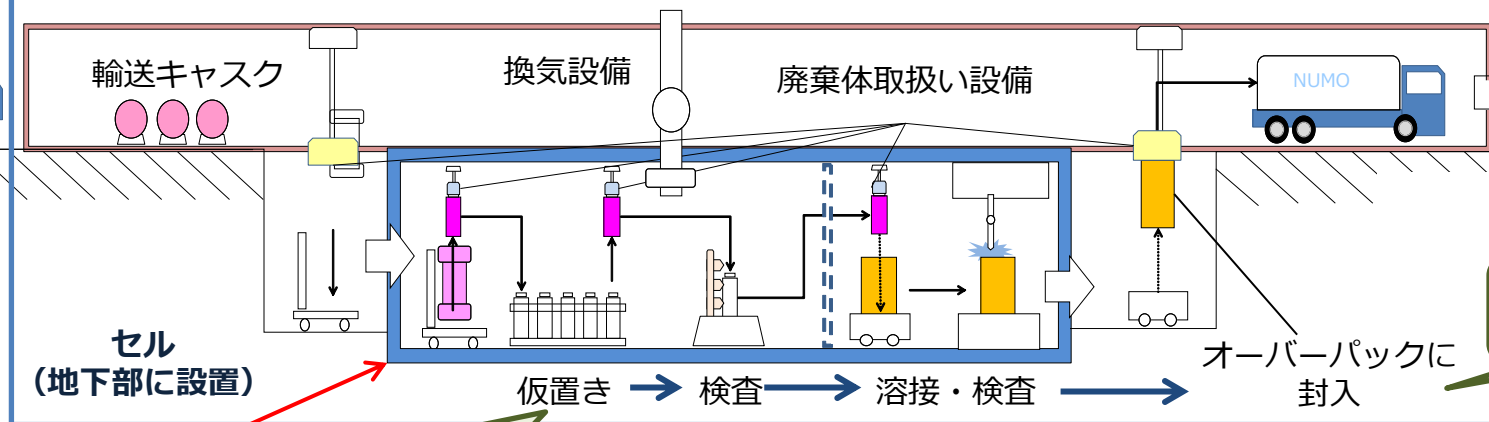
事業期間中の地上施設の安全対策

六ヶ所再処理工場など、国内外で実績があり、
それらの経験を踏まえて十分なリスク管理が可能

ガラス固化体受け入れ検査、オーバーパック 封入・検査施設（地上施設）

立地条件を踏まえて、耐震設計・津波対策（必要に応じて、
施設設置位置、防潮堤、浸入防止扉など）が施された施設

地上施設への受入れ



水密扉
(東北電力・東通原発)



耐衝撃性、遮へい機能が向上

ガラス固化体は、空気による自然対流により
温度上昇の抑制が可能



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)

地上施設の安全対策

- 放射線の遮へい機能
- ガラス固化体の損傷防止機能
- 除熱機能

設計方針

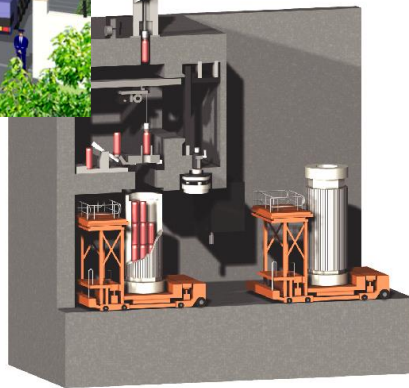
- 各機能が重複し失われたとしても外部に影響が及ばないような設計

操業工程と安全対策（地上施設）

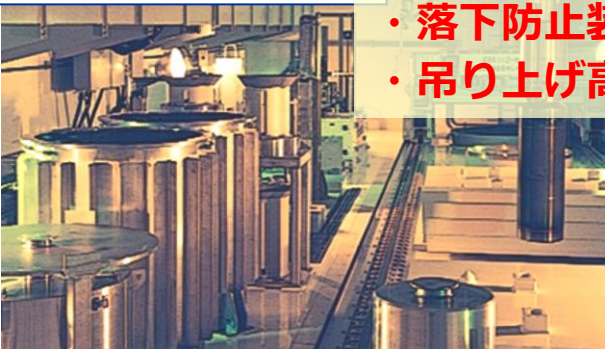
輸送



ガラス固化体取り出し



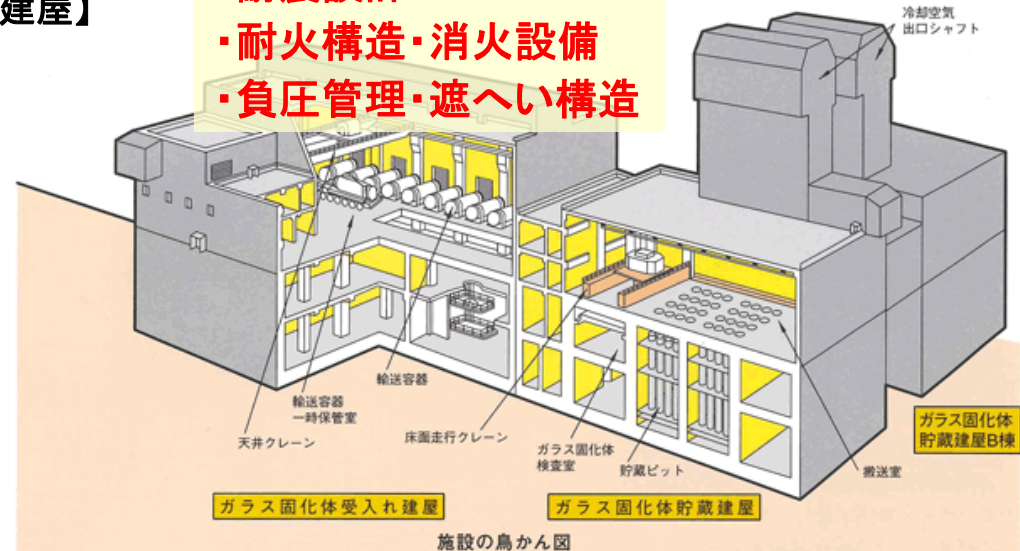
受け入れ検査（一時仮置き）



出典：日本原燃株式会社（2000）

【建屋】

- ・耐震設計
- ・耐火構造・消火設備
- ・負圧管理・遮へい構造

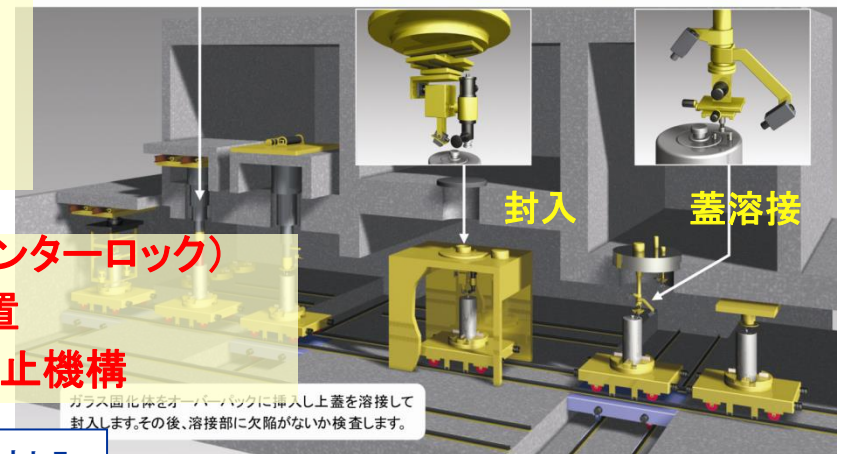


※<http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/hlw/management-center.html>

日本原燃 高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターにおける受け入れ・検査・貯蔵の実績

- ・耐震設計
- ・安全装置（インターロック）
- ・落下防止装置
- ・吊り上げ高さ制限

- ・安全装置（インターロック）
- ・緊急停止装置
- ・転倒・脱輪防止機構

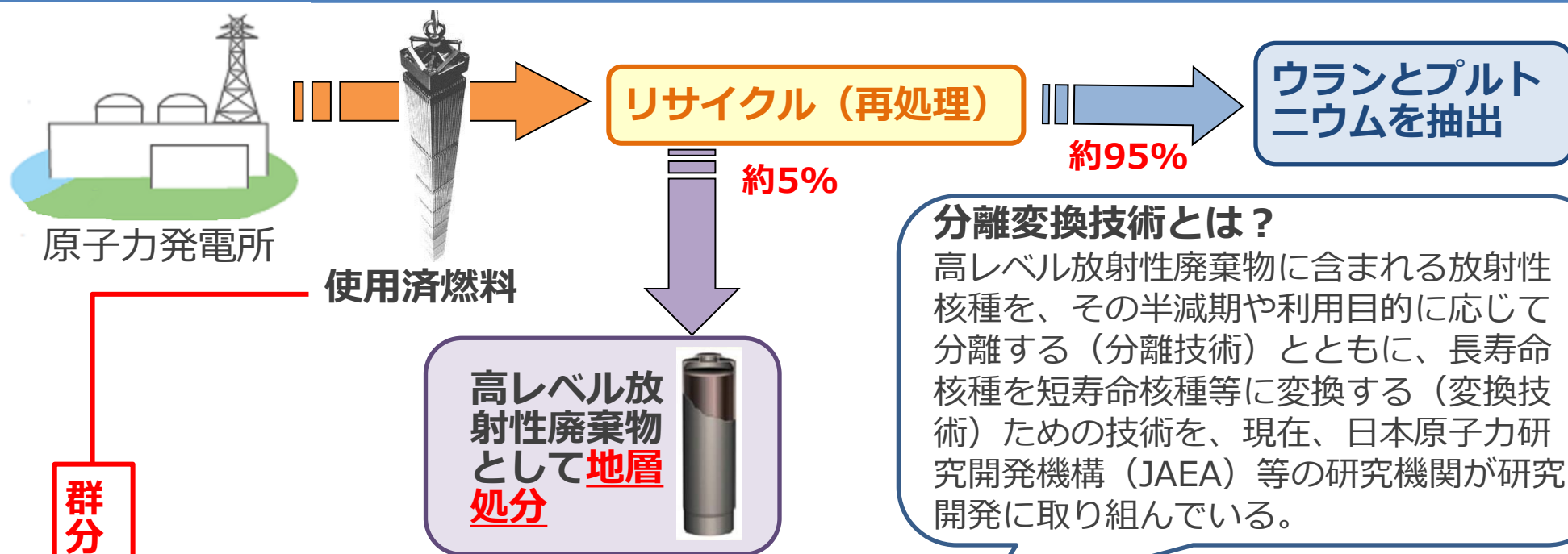


オーバーパックへの封入

代替処分技術

分離変換技術

従来技術



分離変換技術とは？

高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種を、その半減期や利用目的に応じて分離する（分離技術）とともに、長寿命核種を短寿命核種等に変換する（変換技術）ための技術を、現在、日本原子力研究開発機構（JAEA）等の研究機関が研究開発に取り組んでいる。

群分離

分離変換技術の適用例

マイナーアクチニド

半減期の長い核種を半減期の短い核種に変換する

白金族

再利用

発熱性元素

焼成体として冷却（又は再利用）後に地層処分

その他の元素

高含有ガラス固化体として地層処分

参照元：日本原子力研究開発機構(JAEA) 第9回東海フォーラム
「放射性廃棄物の核変換技術への挑戦」を一部加工

直接処分との比較（再処理のメリット）

直接処分とは、使い終えた燃料を再処理せずに、**燃料の形態のまま最終処分すること**。日本では**将来にわたるエネルギーの安定確保**の観点から、**再処理することが基本方針**となっている。

メリット1

再処理することで、**ウラン・プルトニウム**を資源として再利用できる

メリット2

再処理により、**潜在的有害度が低減する**
（1000年後のガラス固化体の潜在的有害度は、**使用済燃料と比較すると約 1/8**）

※人が体内に放射性物質を直接取り込んだと仮定した潜在的な有害度

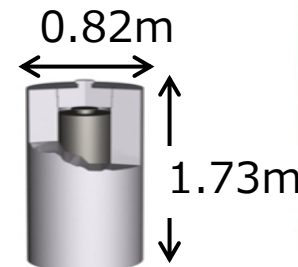
参照元：放射性廃棄物小委員会
（平成25年度第1回）参考資料

メリット3

再処理した場合、高レベル放射性廃棄物としての**体積が低減でき、処分場面積を大幅に削減できる**ことが期待される

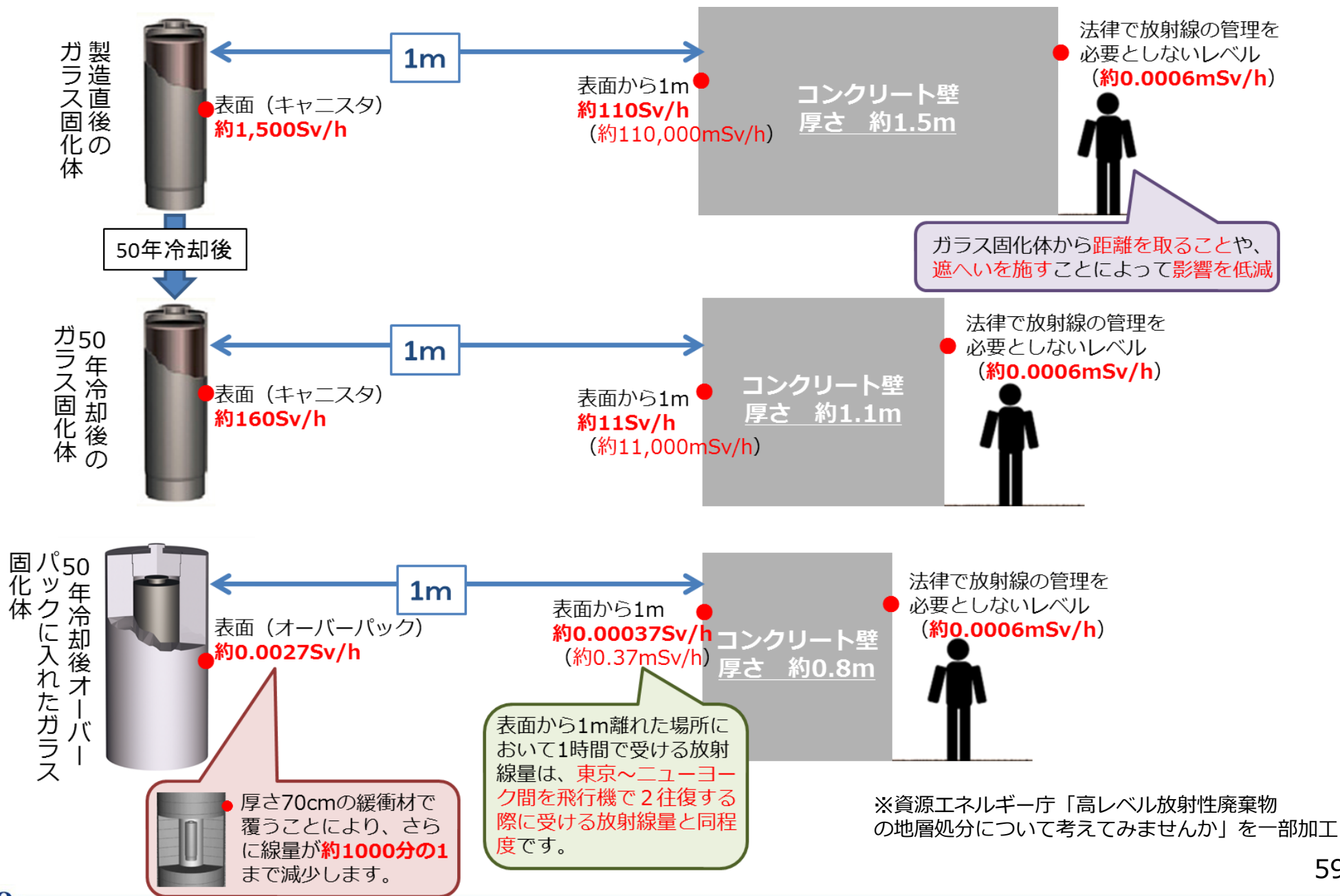
試算例：体積が約1/4に低減
処分容器に入った
使用済燃料：3.98m³
オーバーパックに入った
ガラス固化体：0.91m³

参照元：放射性廃棄物
小委員会（平成25年度
第1回）参考資料

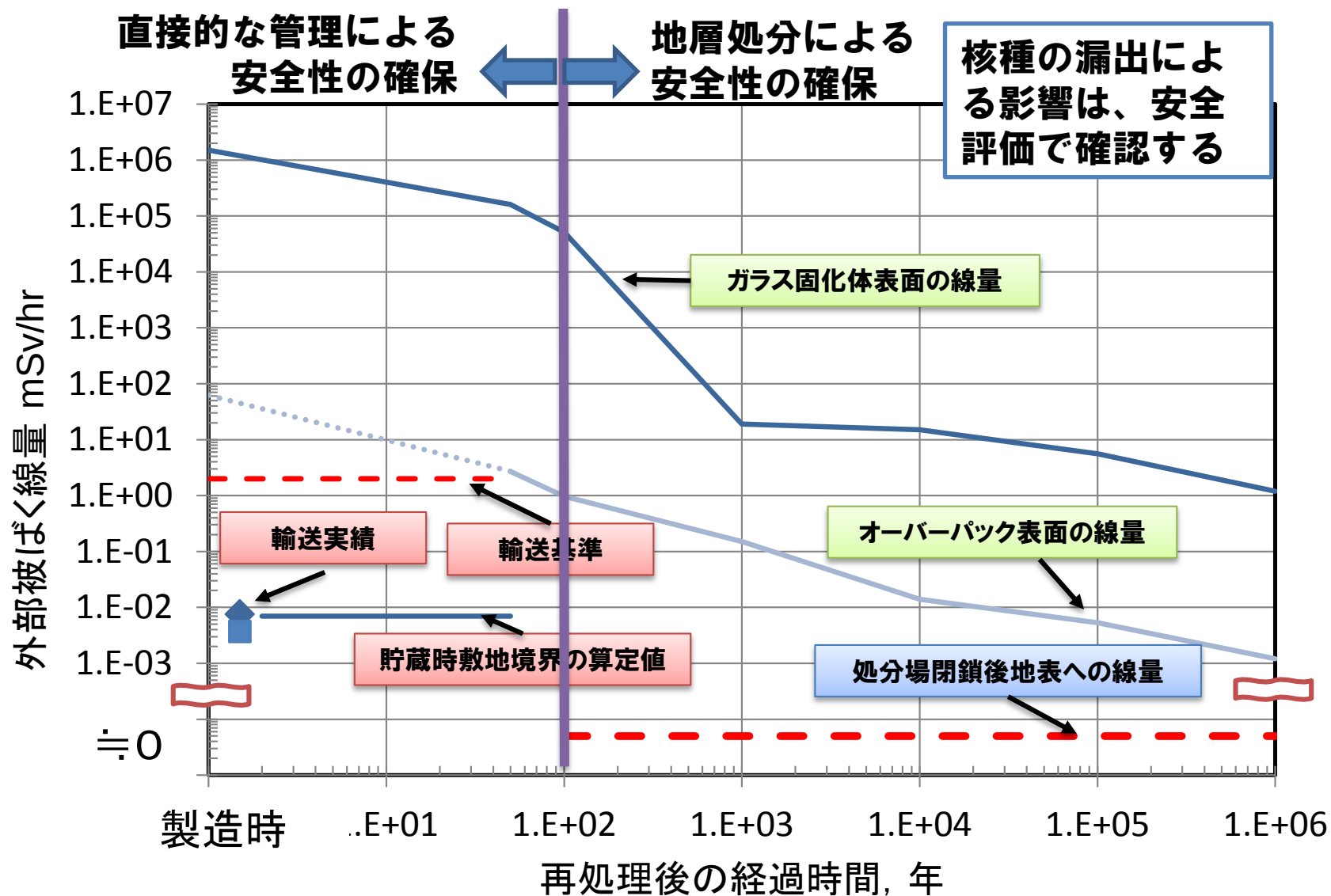


ガラス固化体の特徴

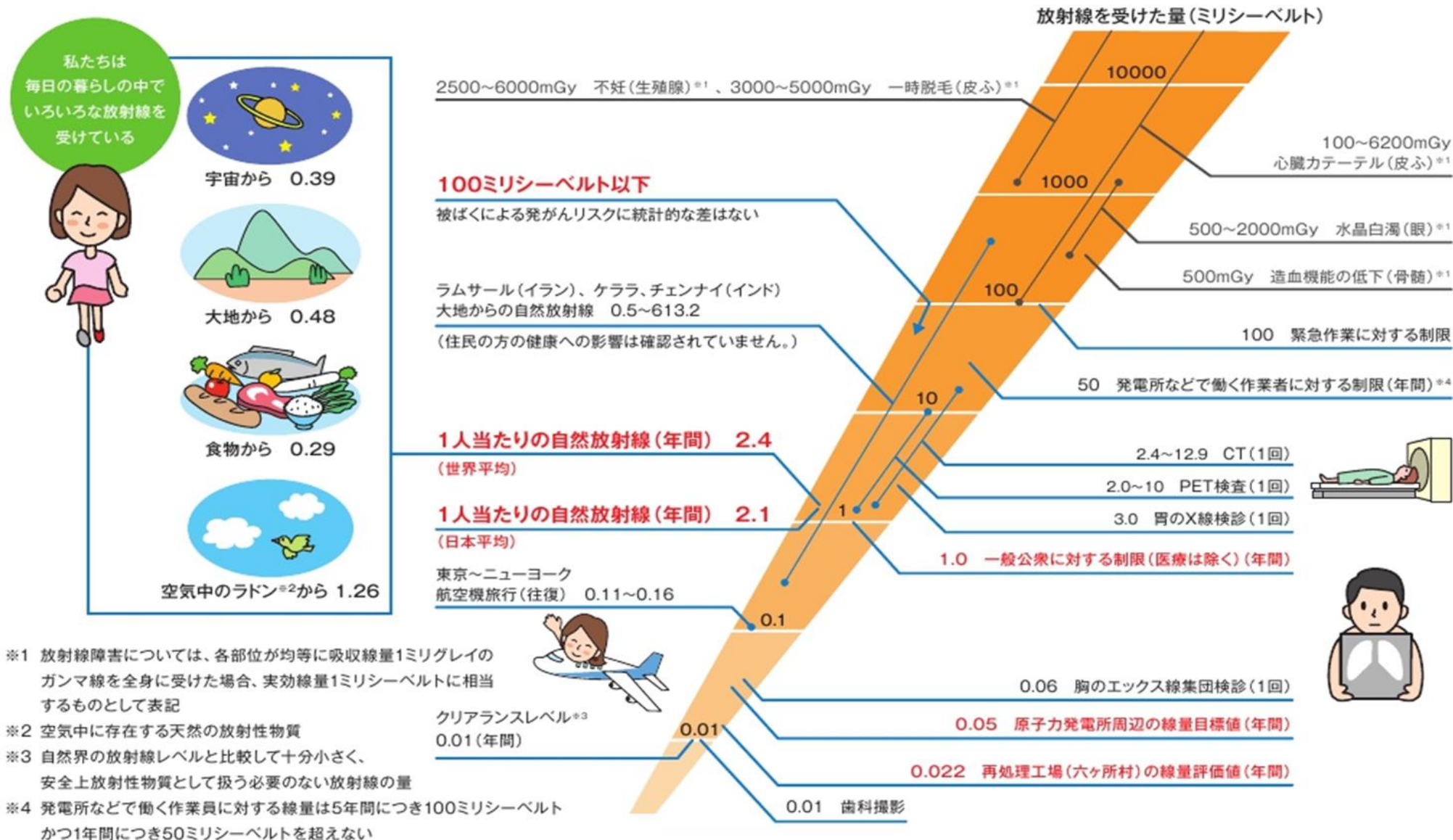
ガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）からの放射線量



ガラス固化体やオーバーパック表面の放射線量の変化



(参考) 日常生活と放射線



出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集（2014）」