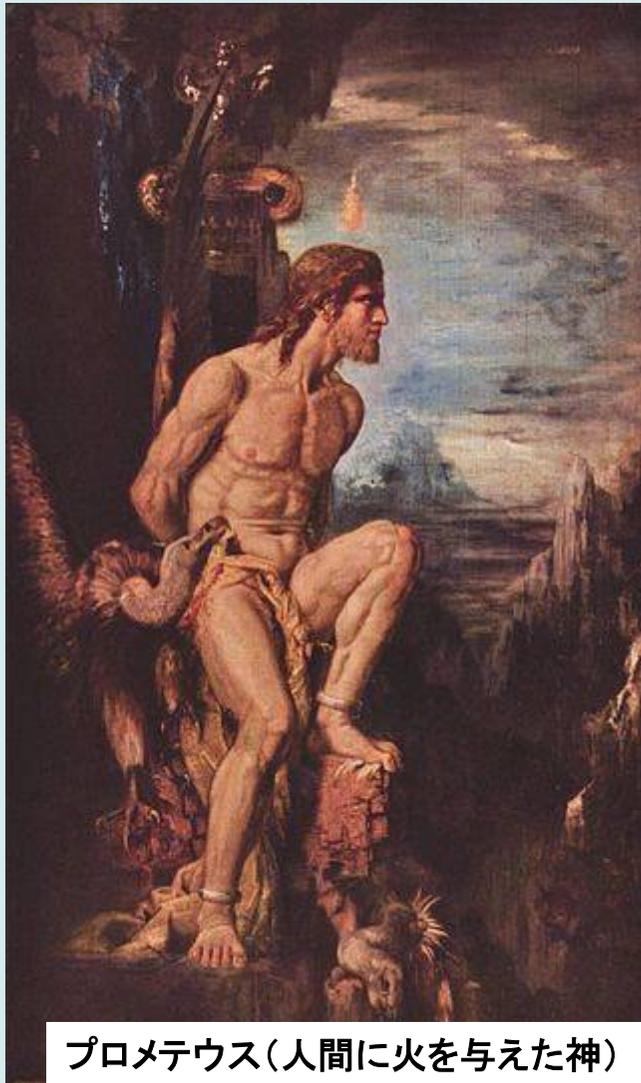


プロメテウスの火の後始末ー
高レベル放射性廃棄物について



プロメテウス(人間に火を与えた神)

190528 三重大学@坪谷



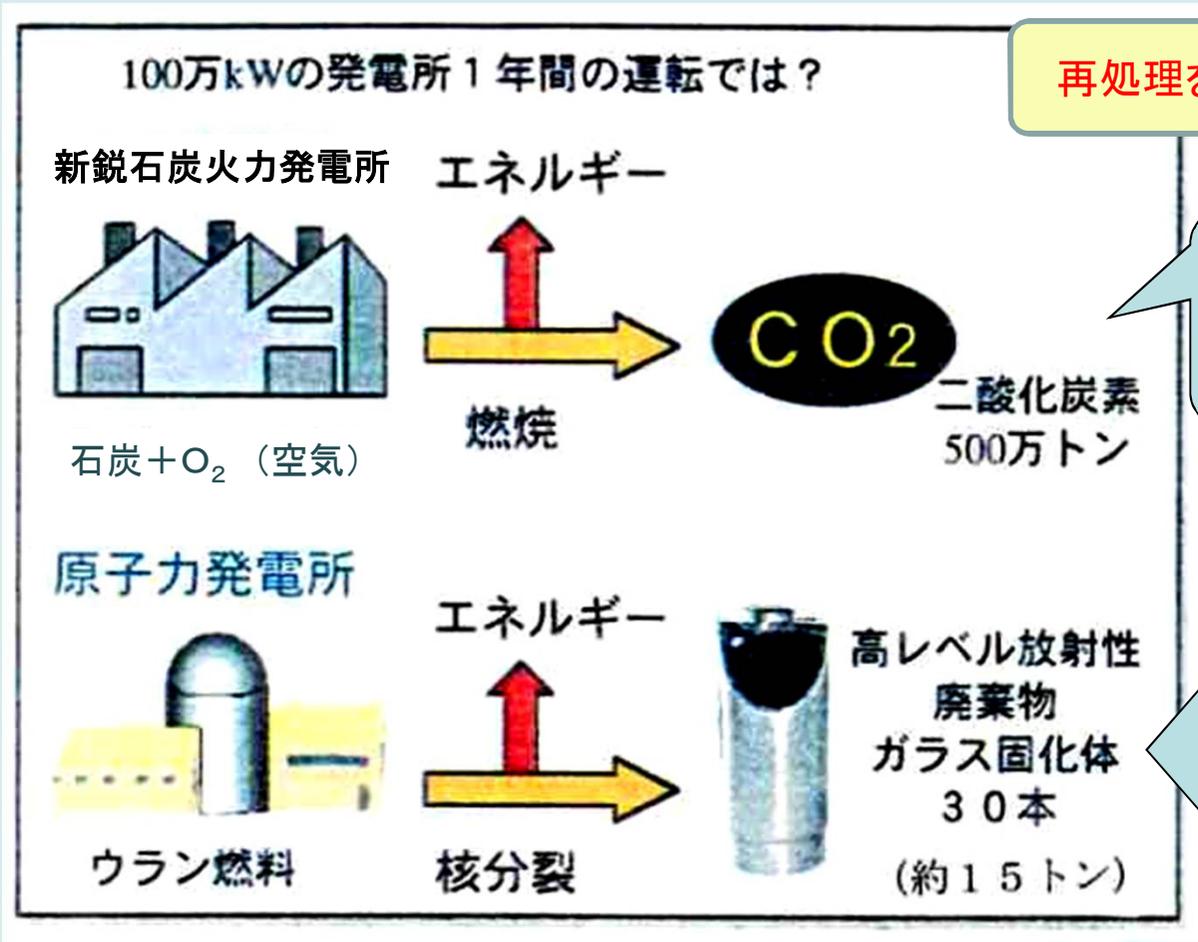
WHAT? (それはなに?)
WHICH? (どんなもの?)
WHERE, NOW? (いまどこに?)
HOW? (どうするの)

動力炉・核燃料開発事業団(現日本原子力研究開発機構)
元理事・環境技術開発推進本部長
日本原子力学会シニアネットワーク連絡会副会長
坪谷隆夫

WHAT? それはなに?

- 炭酸ガス
- 火力発電に伴い必ず発生
- 発生量は膨大

- 高レベル放射性廃棄物
- 原子力発電に伴い必ず発生
- 発生量が僅少



再処理をして発生するのではない

原子力発電所1基の運転で日本のCO₂年間排出量の0.4%を低減

原子力発電のごみ

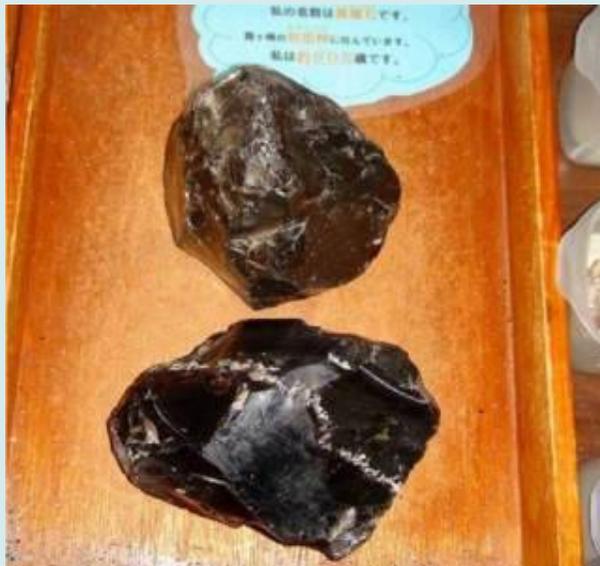
WHICH? どんなもの?

○高レベル放射性廃棄物はガラスをステンレス鋼の容器に封じ込めたもの(ガラス固化体)

○セラミックスの1種であるガラスは

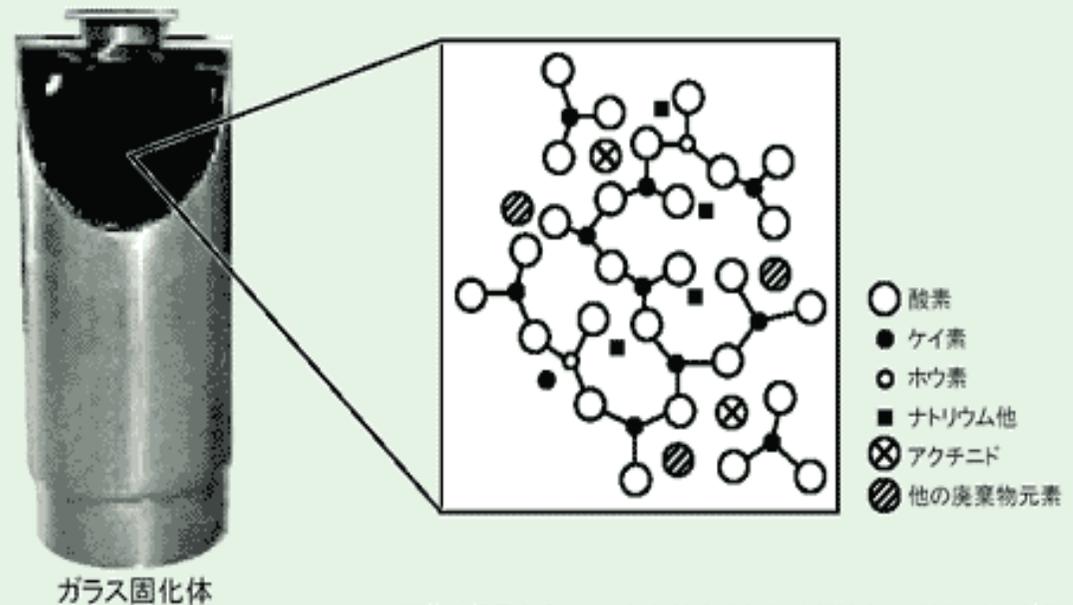
- ①多様な元素や物質を取り込む性質
- ②長い期間にわたって安定である性質
- ③成分が地下水に溶けにくい性質

ガラス



黒曜石(霧ヶ峰自然保護センター)

●分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態●



(原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会, 1998 を一部修正)

WHAT? それはなに?

■ 日本人1人あたりの年間廃棄物発生量

廃棄物の種類	廃棄物発生量 (kg / 年・人)		備考
①一般廃棄物	主に家庭から出る生ゴミ、粗大ゴミやオフィスから出る紙くずなど	623	平成17年度 (2005年度) 実績
②産業廃棄物	事業活動に伴って出る廃棄物のうち、廃油、廃プラスチック、廃酸、廃アルカリなどの19種類	3,276	平成16年度 (2004年度) 実績
③放射性廃棄物	原子力施設の運転、保守などにもなって出る放射能のある廃棄物	③-1 高レベル	平成12年 (2000年) ~平成18年 (2006年) 実績の平均
		③-2 低レベル 0.18	平成18年度 (2006年度) 実績

出典：①環境省廃棄物・リサイクル対策部「日本の廃棄物処理」平成17年度版、②環境省廃棄物・リサイクル対策部「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書」平成16年度 実績、③-1 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 (平成19年12月18日) 参考資料、③-2 経済産業省原子力安全・保安院「平成18年度 原子力施設における放射性廃棄物の管理状況及び放射線業務従事者の線量管理状況について」、文部科学省科学技術・学術政策局「文部科学省所管原子力施設における放射線業務従事者の被ばく管理状況及び放射性廃棄物管理状況について (平成18年度)」

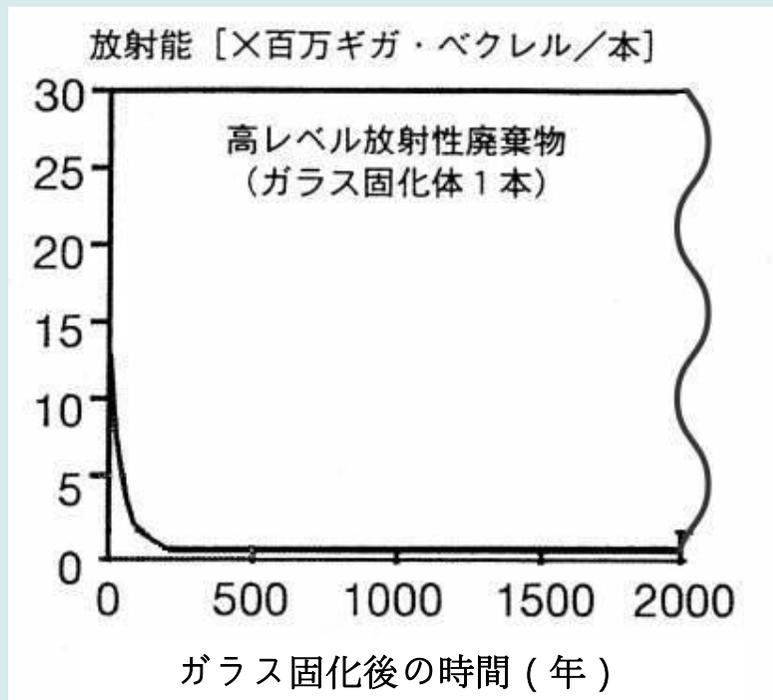
発生量は僅少

総合資源エネルギー調査会ベストミックス小委員会 (2015年4月) のデータに基づいて筆者が算定

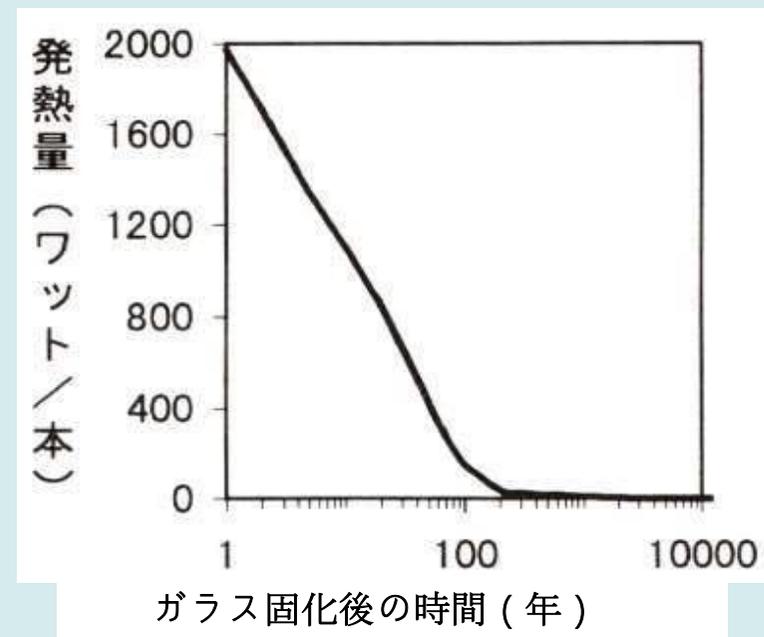
WHICH? どのようなもの?

大きな性質 放射能は自然に減ります

- 寿命の短い放射性物質がもたらす放射能は当初非常に高いが、数百年間で急激に減少
- 寿命の長い放射性物質がもたらす放射能は 長い時間をかけて徐々に減少



(1) 放射性物質の量の経時変化



(2) 発熱量の経時変化

WHERE, NOW ? いまどこに？

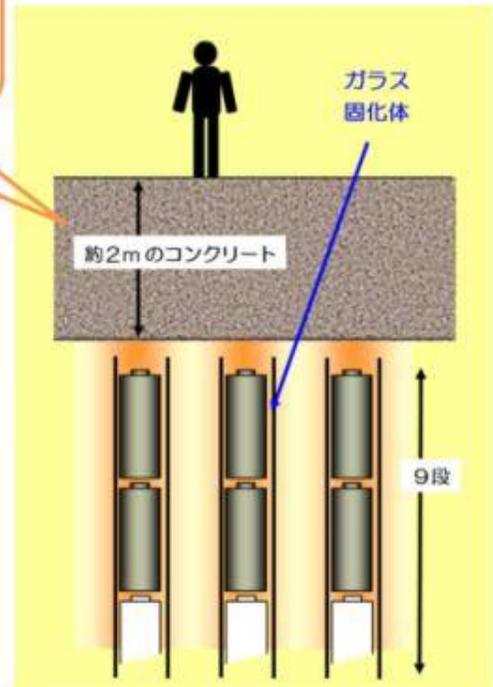
安全に処分できる発熱量に下がるまで、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター等に保管しています。

ガラス固化体からは強い放射線が出ますが、**約2mのコンクリートで十分遮蔽**できます。



日本原燃㈱ 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）
 ※写真は2014年12月24日（水）週刊誌の取材で訪問した舞の海氏（掲載誌「週刊新潮」）

このセンターで**30～50年貯蔵**します。この間に放射線量は**1/10**、発熱量は**1/3～1/5程度まで減少**します。

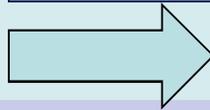


※構造を簡略化した図です。

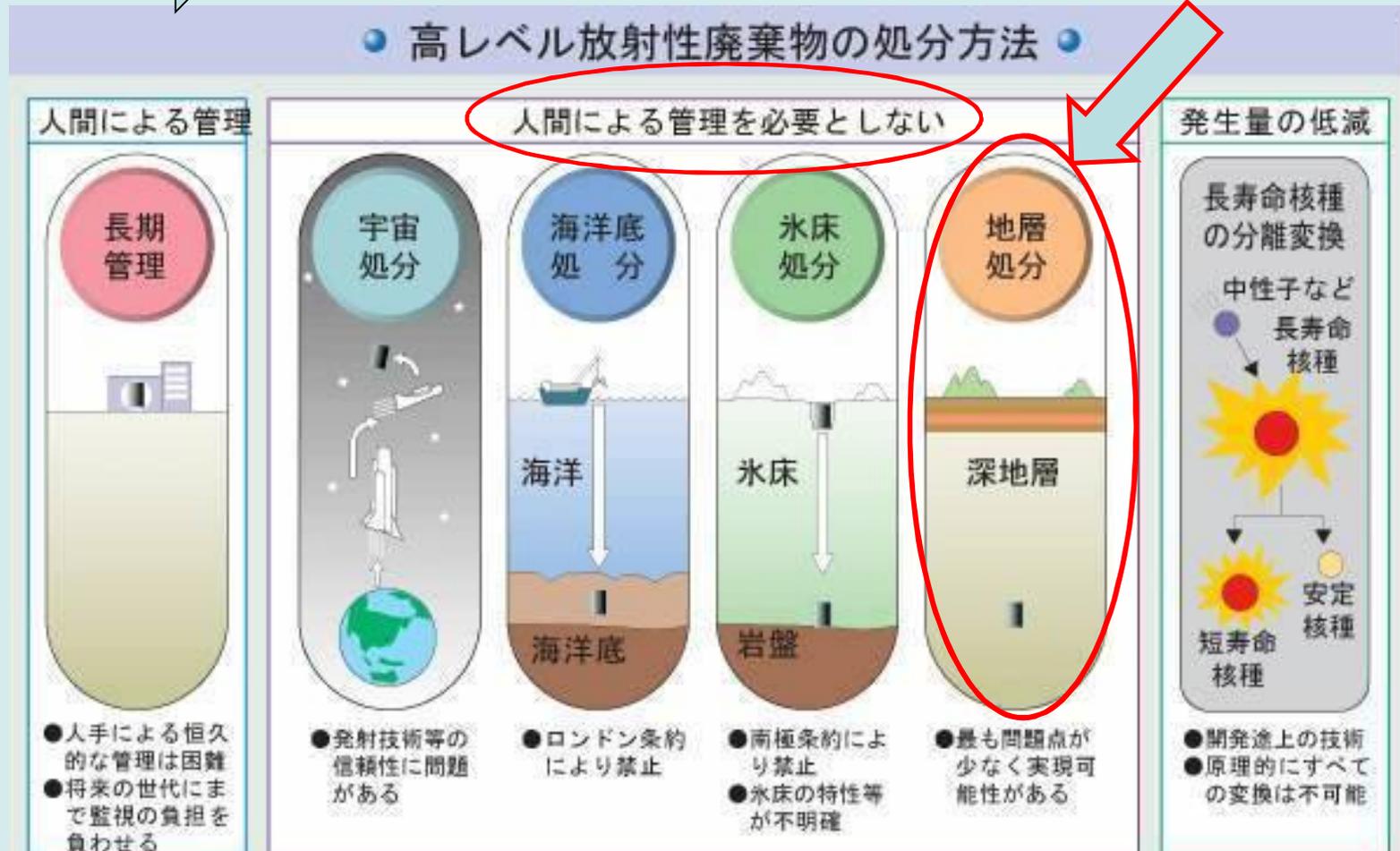


HOW? どうするの?

技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する



安定な地下深部を利用 地層処分方式の選択



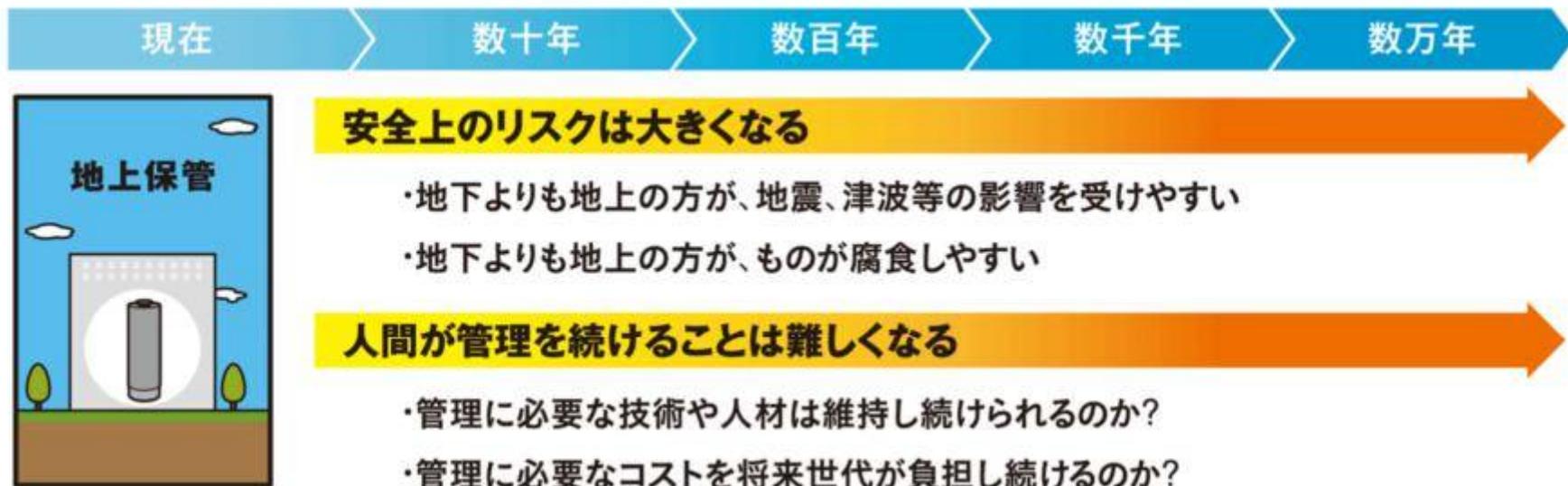
世代を超えて長い間放射能を持ち続けるので人の手を借りて保管し続けることは望ましくない

HOW? どうするの?

技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する



安定な地下深部を利用 地層処分方式の選択

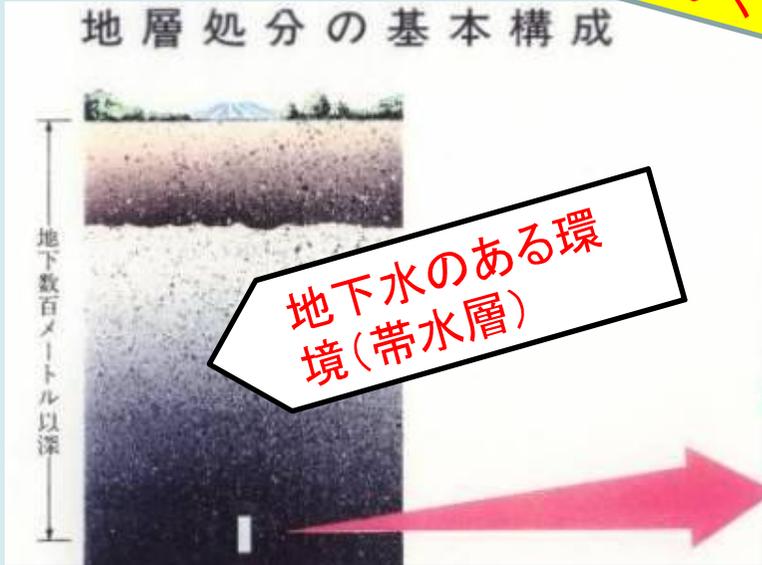


資源エネルギー庁HP(2017年8月)

地上保管は安心かもしれないが、安全ではない

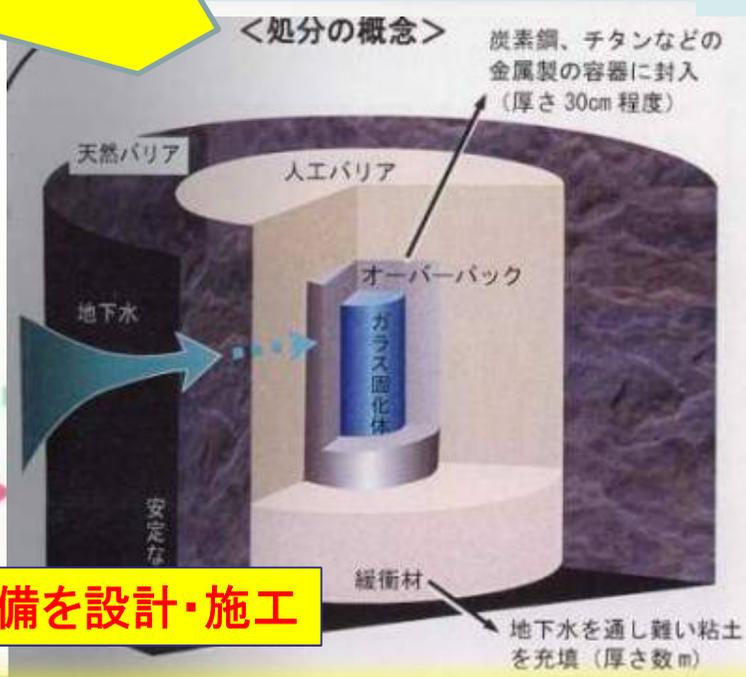
HOW? どうするの? 地層処分技術の開発

人工バリア周辺で放射能が
消滅していく



地下水のある環境(帯水層)

長期にわたり地下水対策を施した設備を設計・施工



安全確保の三要件(徹底した地下水対策)

地下水接触の抑制

- ・初期の高い放射能を確実に減衰させる

放射性核種の溶出・移動の抑制

- ・放射性核種を確実に人工バリア内にとどめる

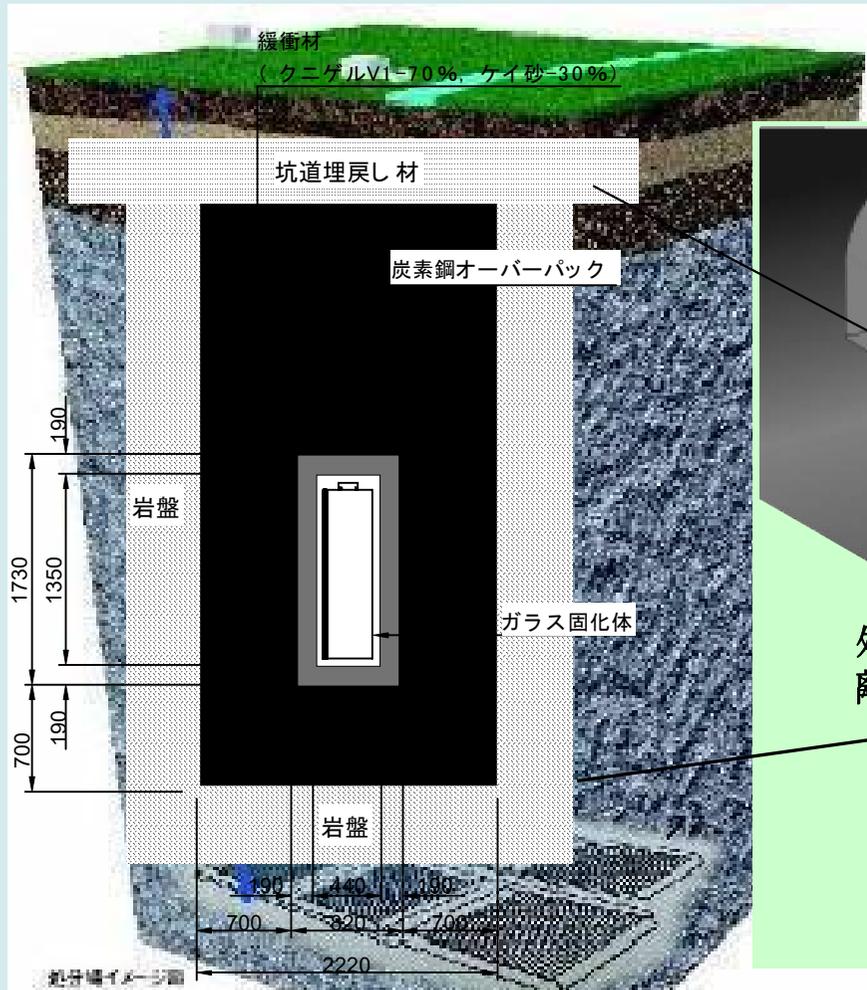
環境安全の確認

- ・人間に影響を及ぼさないことを更に確かなものとする

HOW? どうするの?

技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する

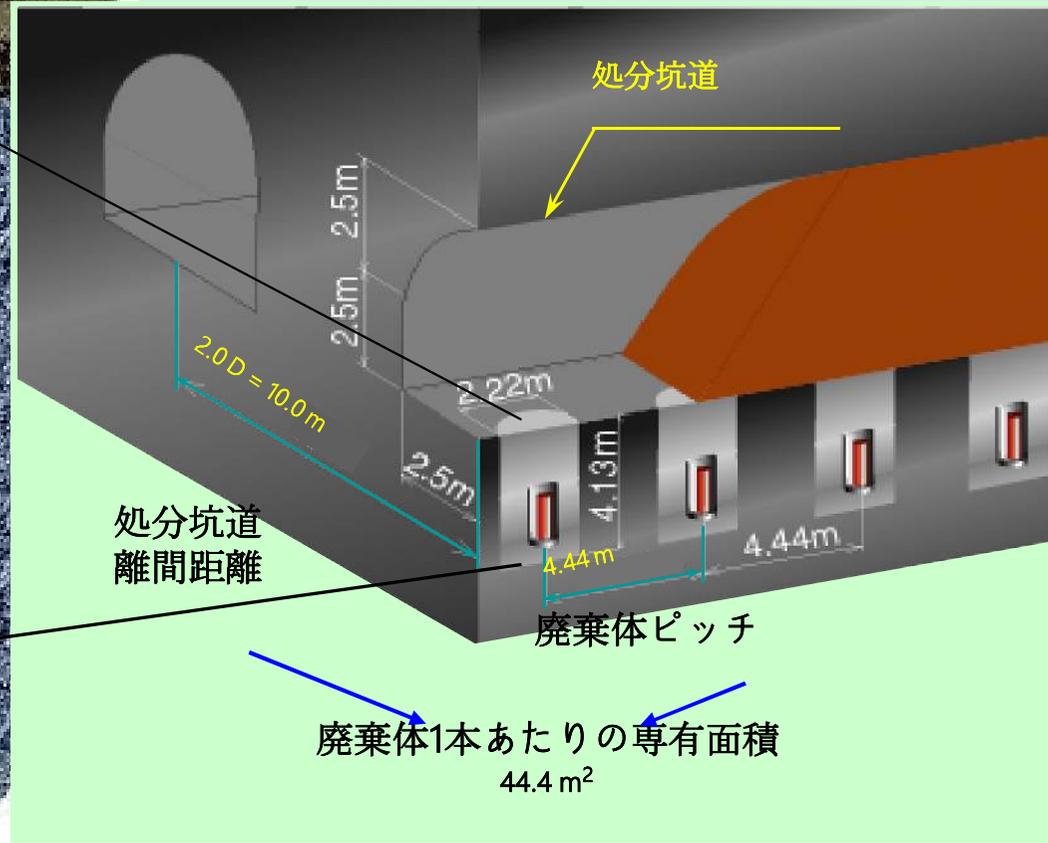
今までの知識 地質環境を考慮した人工バリアと処分技術



人工バリア仕様例

(鉄: 約5.6ton、緩衝材[定置時]: 約24.1ton)

人工バリア材料は天然素材



処分坑道仕様例

(処分孔縦置き方式[硬岩系岩盤])

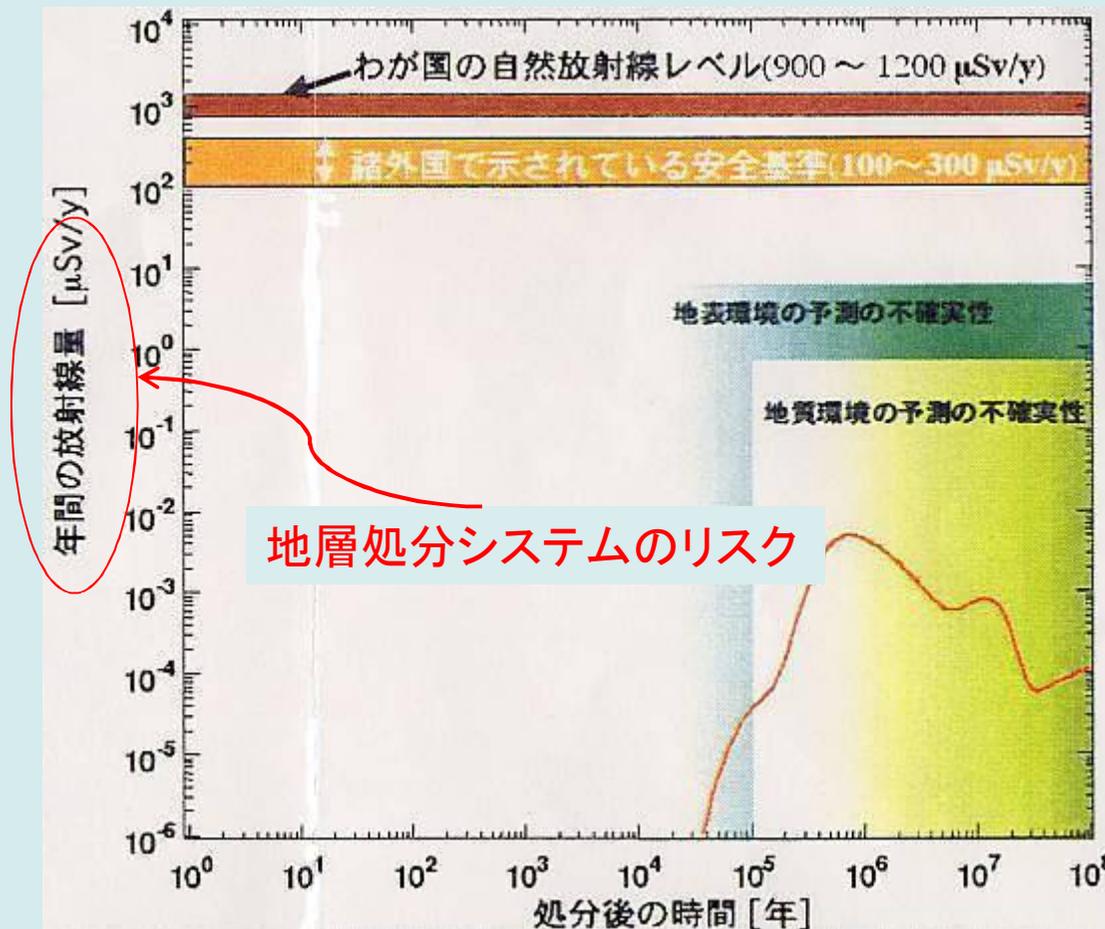
HOW? どうするの?

技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する

今までの知識 地層処分システムの安全評価

最新の計算科学

「もし、地層処分システムがこうなったら…」という一連の現象を想定した「筋書き(シナリオ)」、現象を表す「モデル」および「データベース」に基づき数値解析を行い、その結果を諸外国の安全基準などと比較



地上に生活する人間の受ける放射線量は将来においても、

最大で自然放射線の1万分の1程度と試算

核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999)を編集

HOW? どうするの?

技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する

地層処分事業 世紀に一度の公益事業

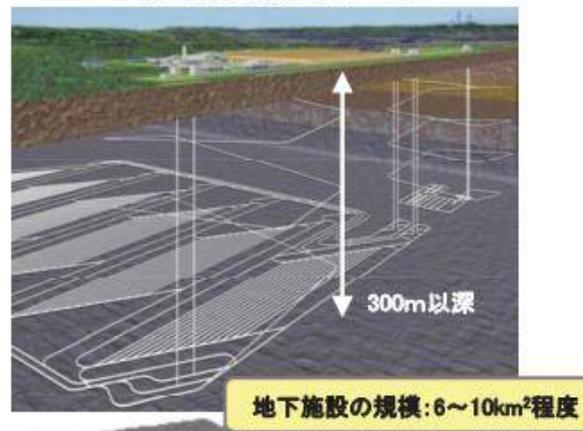
地層処分施設の規模

- 地層処分施設は、ガラス固化体を4万本以上埋設できる施設とすることを計画しています。
- 施設の規模は、地上施設が1~2km²程度、地下施設が6~10km²程度、地下坑道の総延長は200km~300km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

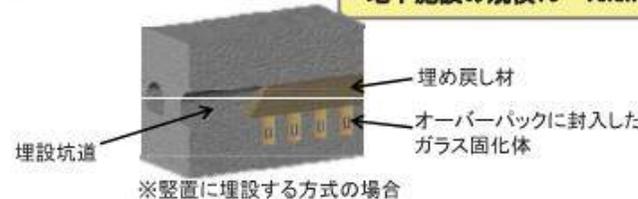


セントレア(約5 km²)

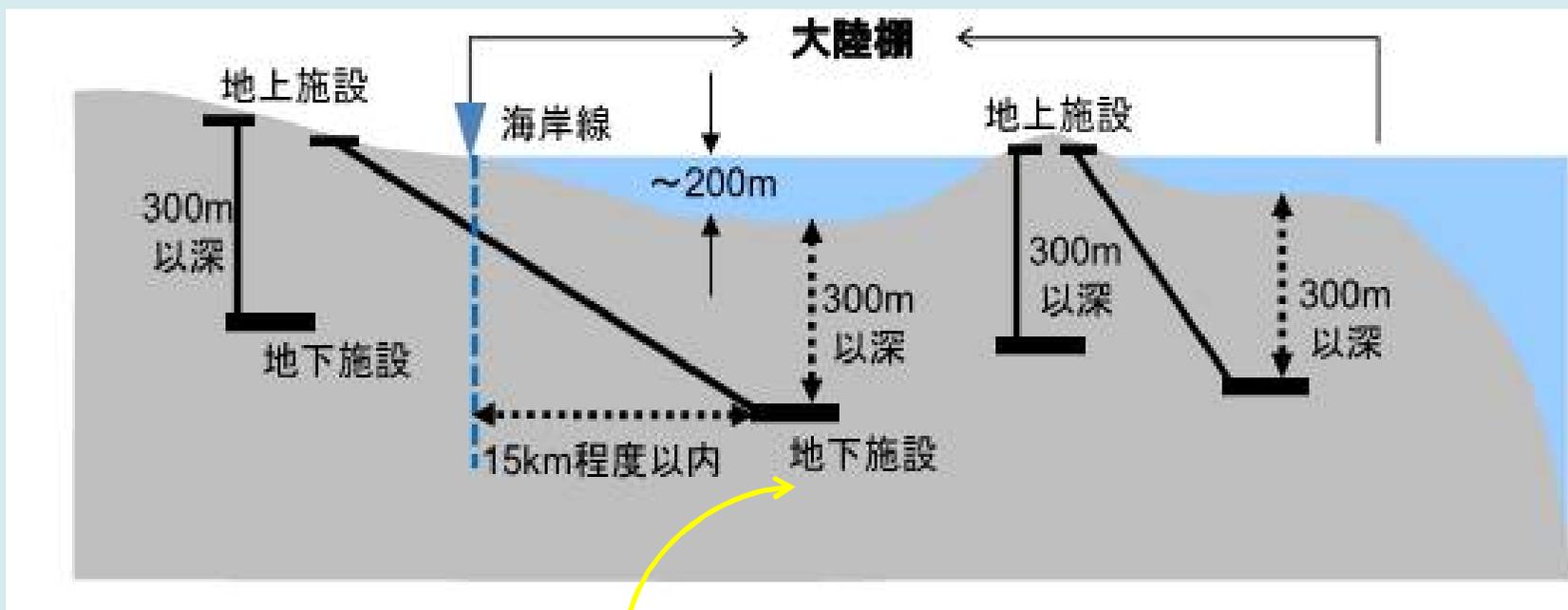
最終処分事業費: 約3.8兆円

※地層処分相当低レベル放射性廃棄物(TRU等廃棄物)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。



沿岸部における地層処分イメージ



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(2016. 8)

沿岸海底下処分

HOW? どうするの?

たゆみない研究開発と人材育成

技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する



地層処分放射化学研究施設 —QUALITY—



熱-水-応力-化学連成試験設備 (COUPLE)

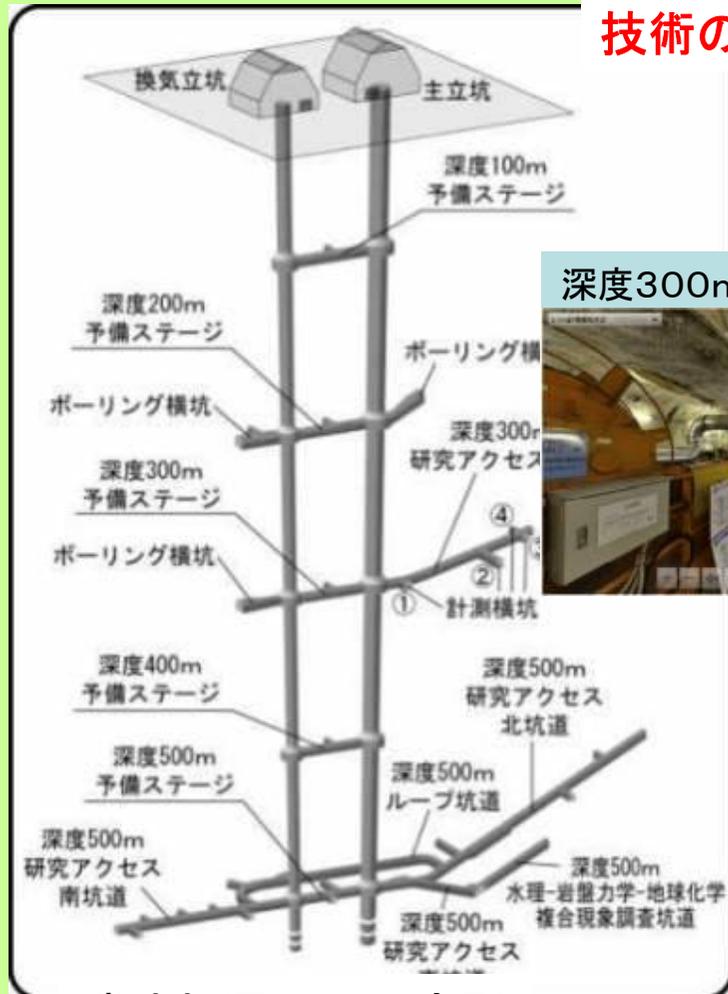
地層処分関連研究施設(1)

(原子力機構HP)

HOW? どうするの?

たゆみない研究開発と人材育成

技術の目標:長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する



結晶質岩系研究

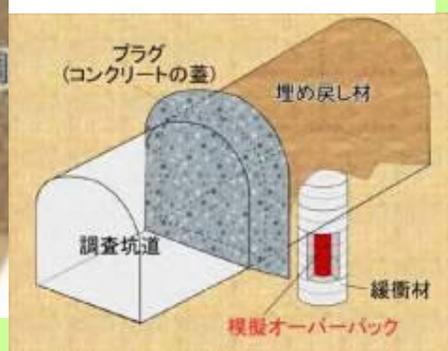
瑞浪超深地層研究所
(2015. 1現在)
岐阜県瑞浪市

幌延深地層研究センター(2015. 1現在)
北海道幌延町



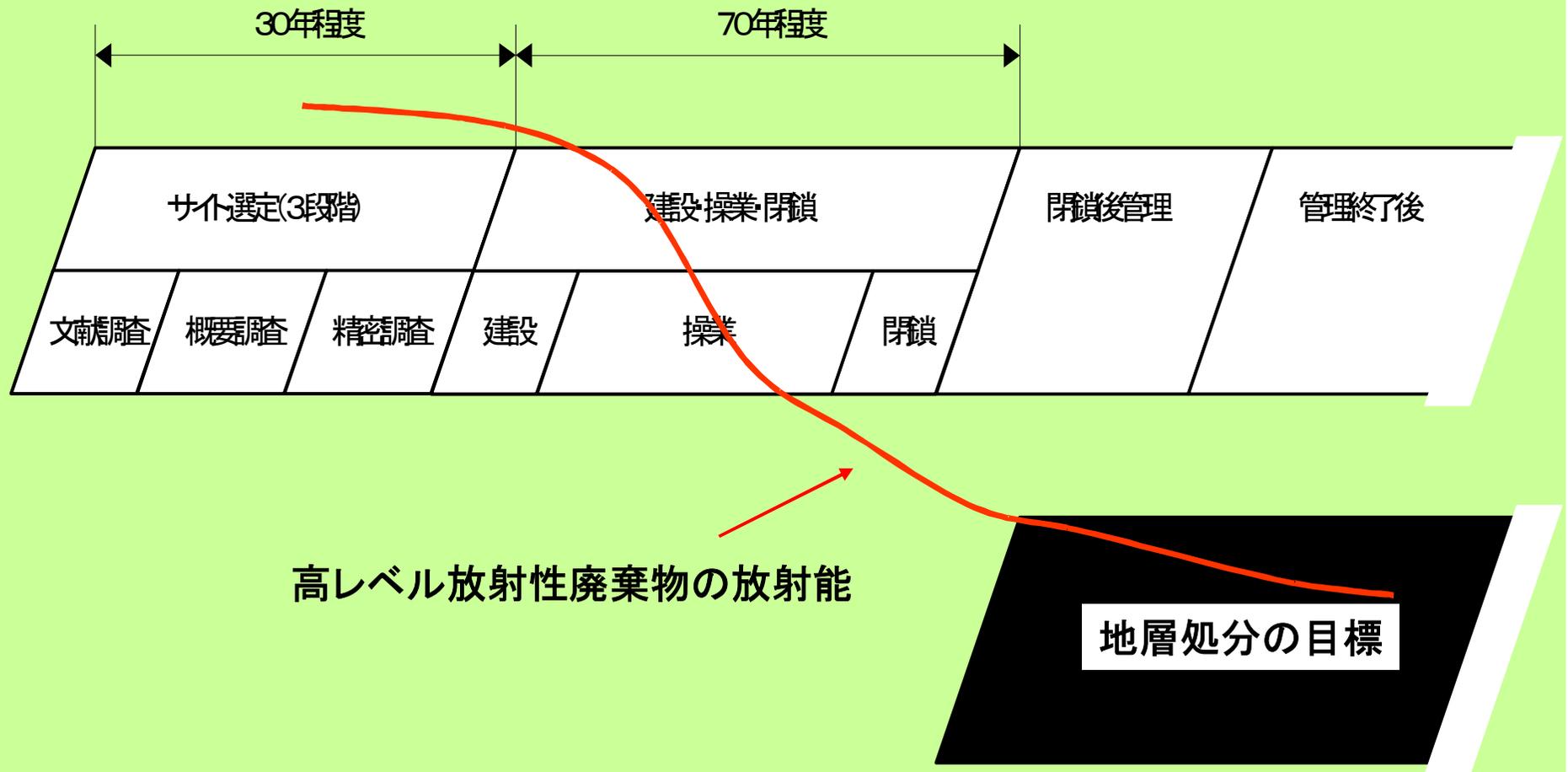
堆積岩系研究

深度350m研究状況



(原子力機構HP)

目標: 高レベル放射性廃棄物は長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する



HOW? どうするの?

高レベル放射性廃棄物の地層処分：社会への定着に向けて

世代を超えて長い間放射能を持ち続けるので人の手を借りて保管し続けることは望ましくない



最新の科学と技術を使って管理
(地層処分)

しかし、



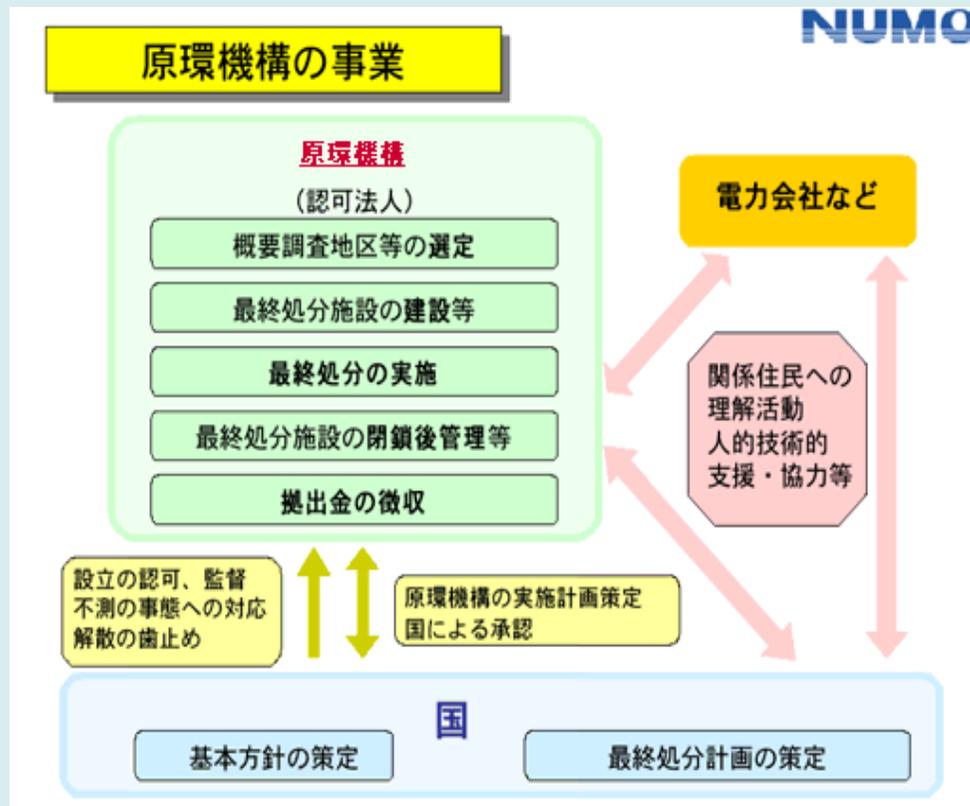
処分に当たっては人々に信頼される仕組み(制度)が必要

1. 実施主体
2. 費用の準備
3. 処分地選定を含めた段階的な進め方 (grated approach)
4. 社会への定着に向けた意思決定

HOW? どうするの?

最終処分法（2000年制定）：発生者責任の原則のもとに安定に事業を実施する仕組み

「廃棄物を発生させてきた世代の責任として将来世代に負担を先送りさせない」（最終処分基本方針(改訂:2015年5月))ことを再確認

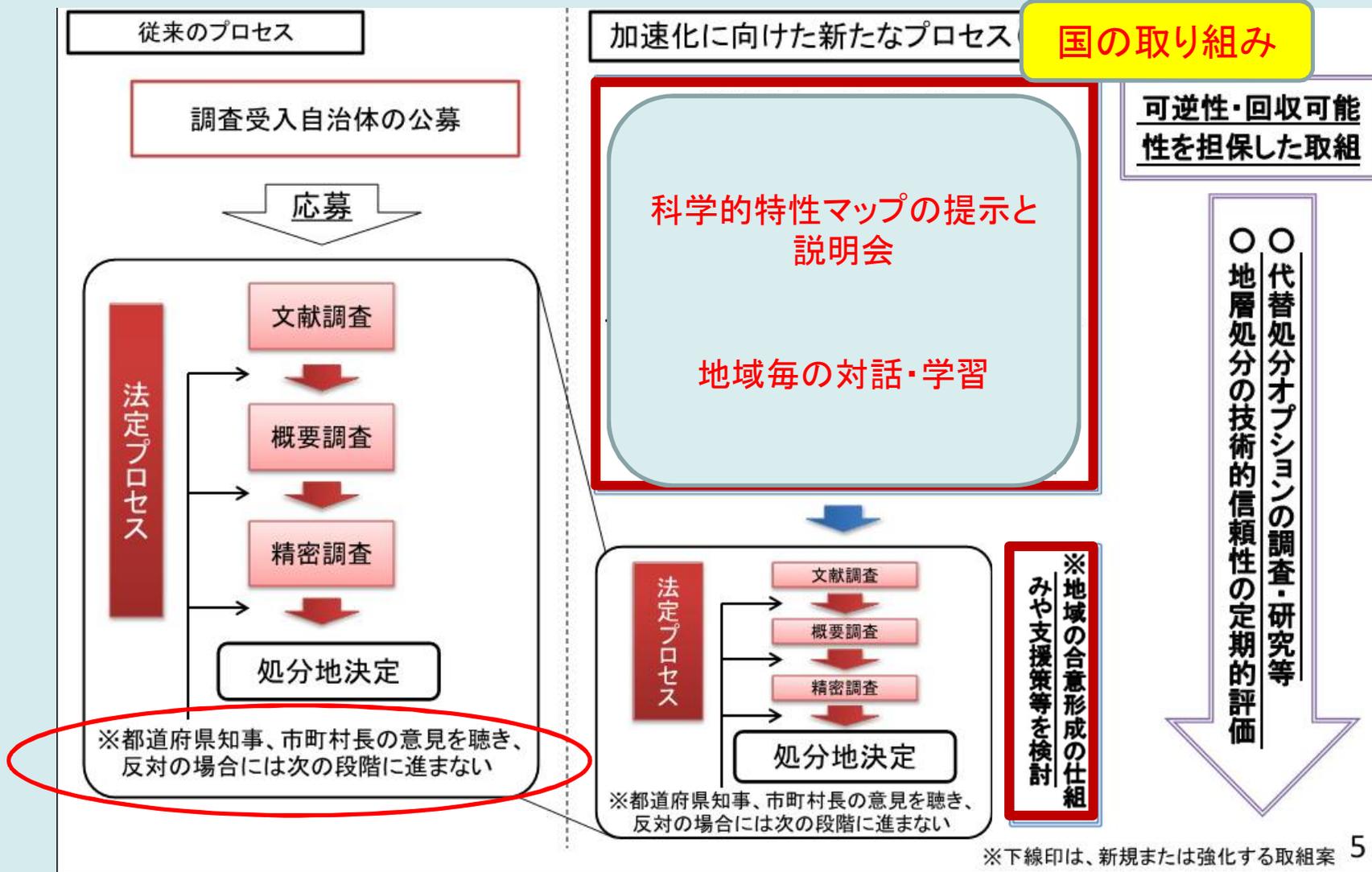


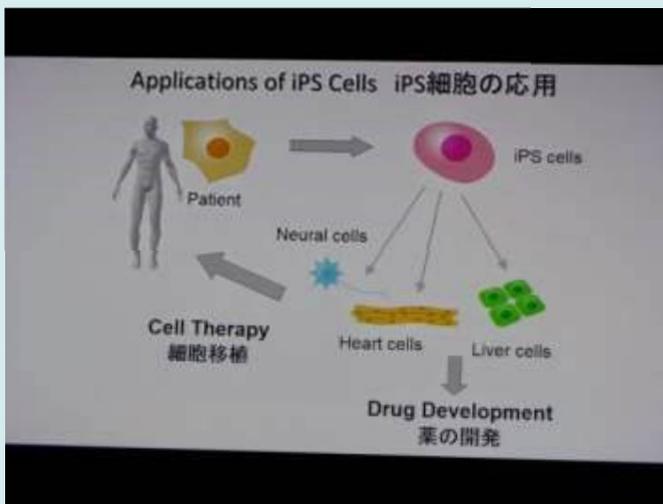
原子力発電環境整備機構(NUMO)資料

HOW? どうするの?

最終処分法: 高い透明性のもとに段階を踏んだ処分地選定

最終処分基本方針(改訂:2015年5月)に基づく処分地選定プロセス





iPS細胞研究はトランス・サイエンス



山中伸弥教授が語るiPS細胞研究の今(NHK, 2016年1月3日)

iPS細胞利用にあたっての壁はなにか、との問いに

「科学者としては利用することはよいことだと思います。しかし、iPS細胞を移植されるのは気持ちが悪いと思う人も多いのではないかと。多様な考えがあるので、実際の治療に使うかどうかは社会が決めること。」

最終処分基本方針(2015年)

参加政策への舵切り

社会への定着に向けた指針

1. 国民・地域社会の最終処分問題についての情報共有

- 最終処分地選定などに協力する地域に対する敬意と感謝の念や社会として利益還元の必要性が国民に共有

2. 国が前面に立った取り組み

- 国は地層処分に関係する科学的特性を整理して全国地図の形(科学的特性マップ)で提示
- 理解活動の状況等をもとに、処分地選定調査に対する協力を関係地方自治体に申し入れ

3. 地域に対する支援

- 地域の主体的な合意形成に向け、多様な住民が参加する「対話の場」を設置し活動を支援
- 地域の持続的な発展を支援する総合的政策

最終処分基本方針(2015年5月)をもとに編集

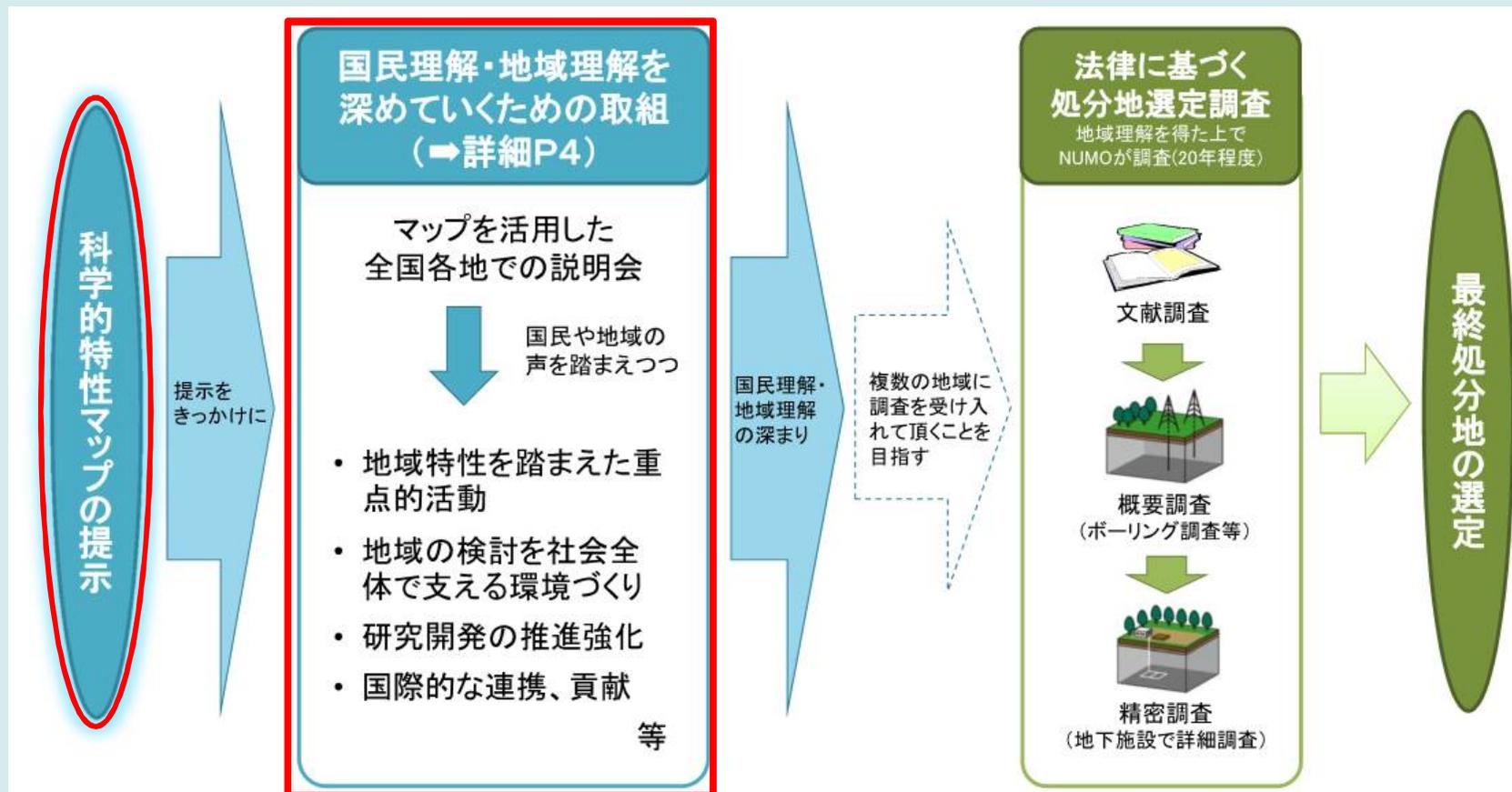


HOW? どうするの?

社会への定着に向けて

国による科学的特性マップの提示と

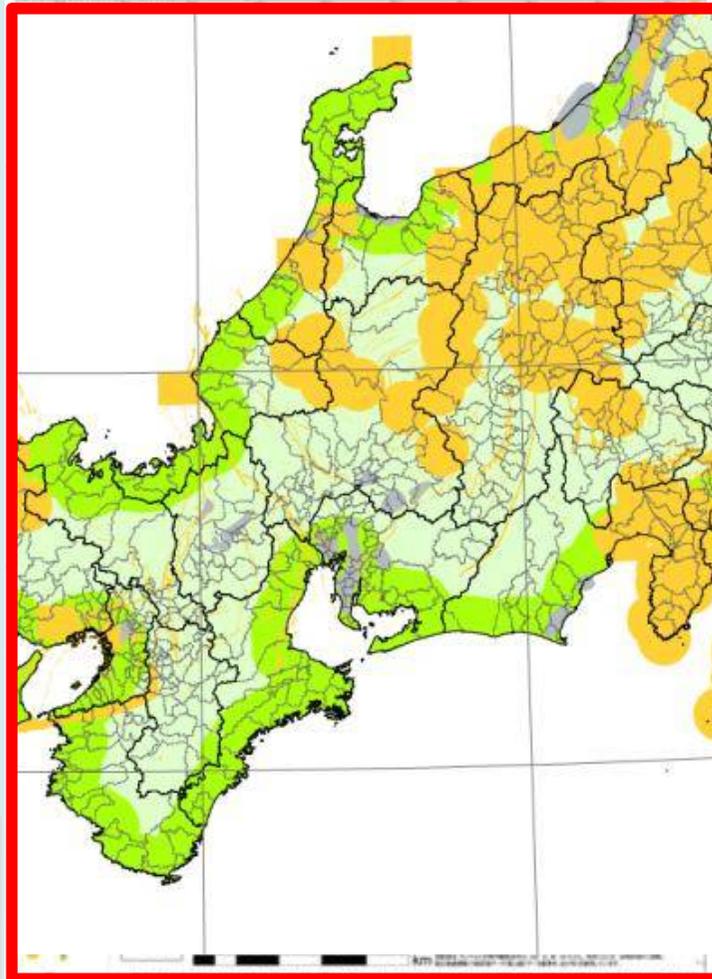
それに続く国・NUMOによる全国・地域における対話の積み重ね



第6回最終処分関係閣僚会議(2017))

HOW? どうするの?

科学的特性マップ (例 本州中央部)



○2017年7月28日 経済産業省HPで公表

○日本全国の地域特性を4区分(色)で示す

○日本全国に占める面積割合

オレンジ	: 約30%
シルバー	: 約 5%
グリーン	: 約35%
グリーン沿岸部(濃いグリーン)	: 約30%

○地域特性区分に一部でも含まれる自治体数

オレンジ	: 約1,000
シルバー	: 約 300
グリーン	: 約 900
グリーン沿岸部(濃いグリーン)	: 約 900

こちらから

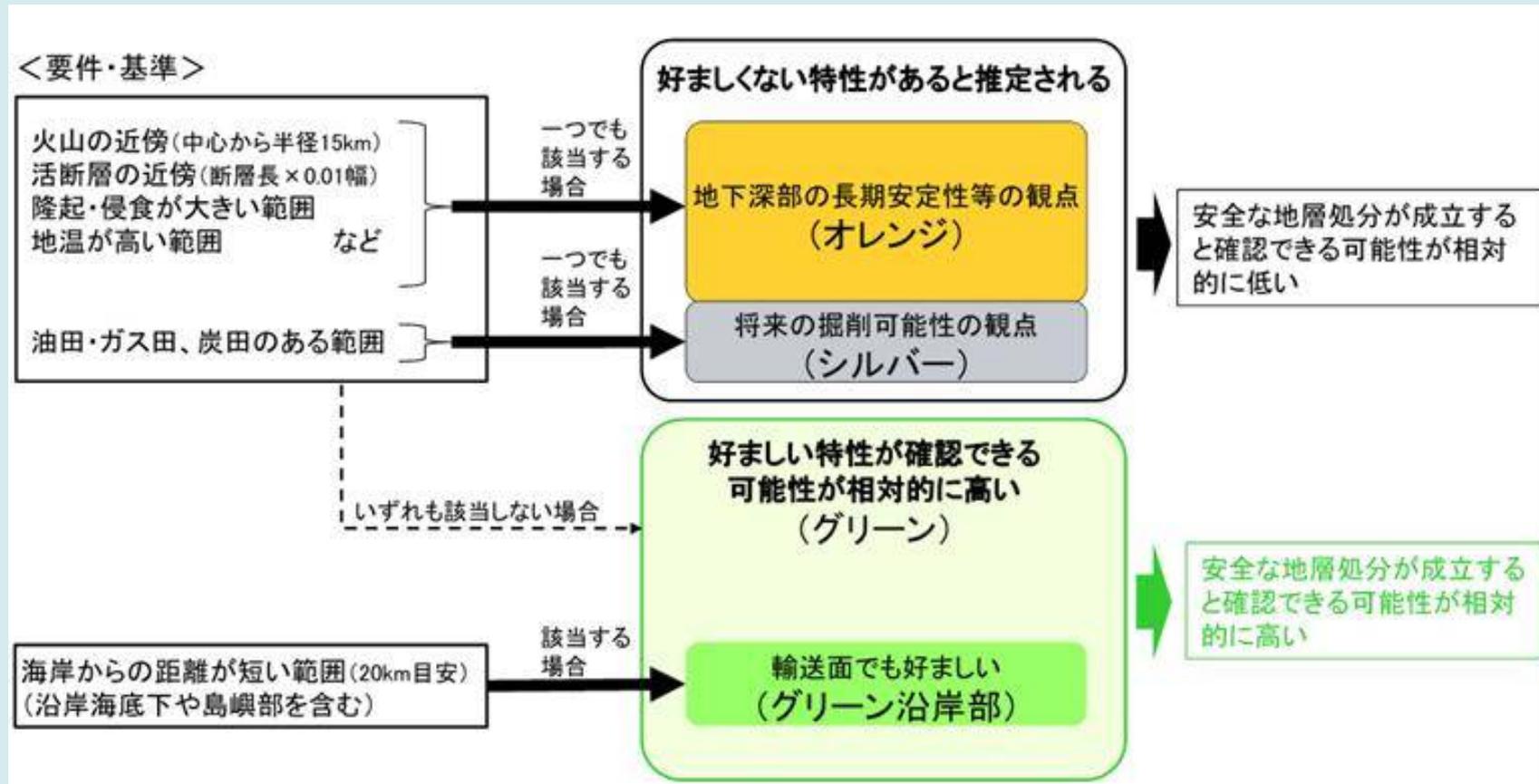


注記:「科学的特性マップ」本体は、1/200万の縮尺で作成(約90cm×約120cm)

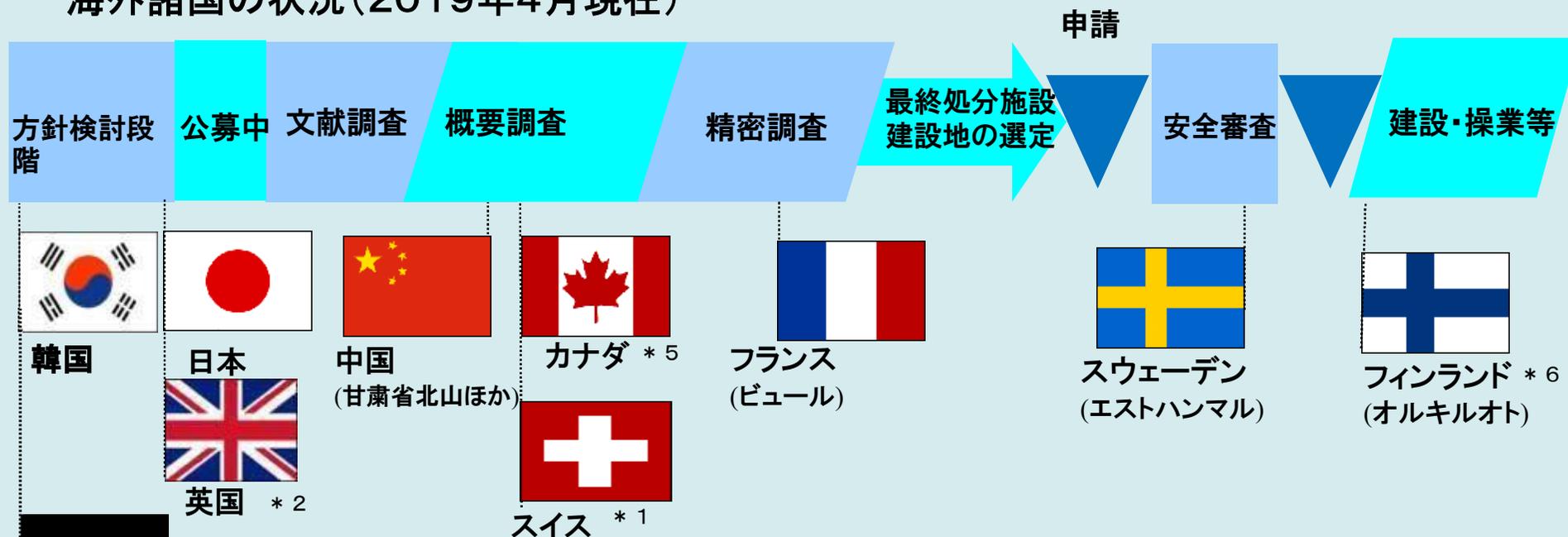
HOW? どうするの?

科学的特性マップ

既存の全国データに基づいて整理し、全国地図(マップ)の形で提示

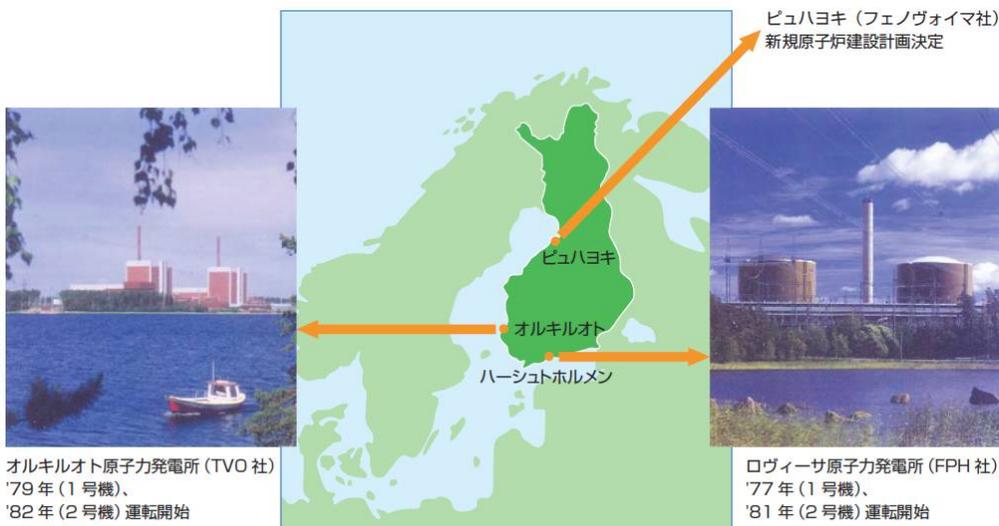


海外諸国の状況(2019年4月現在)



- * 1 : 3つの候補サイトのうち北部レゲレンで第3段階（ボーリング調査）調査が開始
- * 2 : 放射性廃棄物管理会社が地質学的スクリーニング基準案の公開協議開始
- * 3 : ゴアレーベン計画を見直し、2013年に「最終処分場のサイト選定に関する法律」、2017年3月に同法改正法が成立、2016年連邦議会在が国営の「連邦放射性廃棄物機関（BGE）」およびサイト選定を監視する「社会諮問委員会」の設置等法律改正を承認
- * 4 : ユッカマウンテン計画を撤回。ブルーリボン委員会の勧告に沿って連邦議会上院が新たな政府関係機関の設立、募集に基づく処分地選定など新法の審議開始
トランプ政権がユッカマウンテン計画の復活を検討
- * 5 : 21自治体中、5自治体に絞り込まれ現地調査（第3段階第2フェーズ）に移行
- * 6 : 2015年11月、フィンランド政府が最終処分場の建設許可発給

海外事例 フィンランド



オルキルト原子力発電所 (TVO 社)
'79年 (1号機)、
'82年 (2号機) 運転開始
3号機建設中
4号機建設計画決定

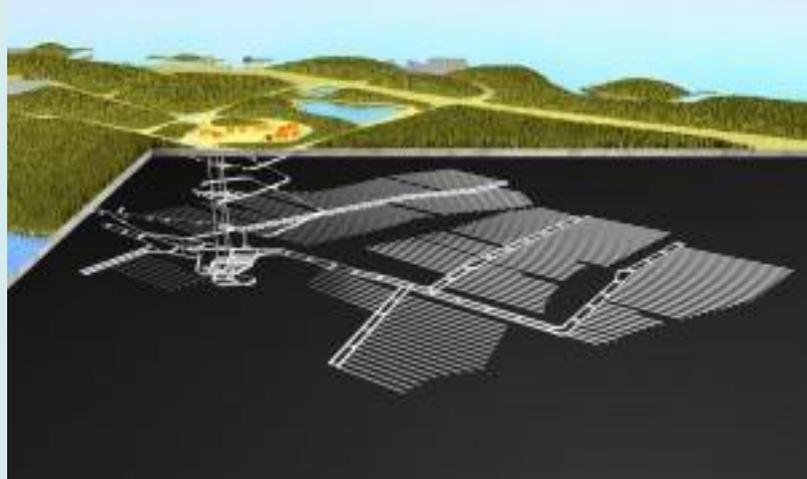
ビュハヨキ (フェノヴォイマ社)
新規原子炉建設計画決定

ロヴィーサ原子力発電所 (FPH 社)
'77年 (1号機)、
'81年 (2号機) 運転開始

オルキルト最終処分場と原子力発電所
(<http://www2.rwmc.or.jp/hlw:fi:prologue>)



建設が進むキャニスター密封施設 (2017年)
原環センターHP (<https://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=21100>)

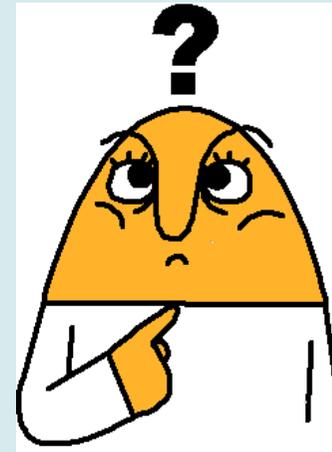


- 2015.11 フィンランド政府が最終処分場の建設許可発給
- 2016.11 最終処分実施主体 (POSIVA社) が最終処分場の建設開始
- 2120頃 最終処分場閉鎖

最終処分場のイメージ
原環センターHP (<https://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=15728>)



猿田彦神社



ご清聴ありがとうございました

— 終 —

コメントなどがありましたら下記にお寄せ下さい。
officetsuboya@nifty.com

