

高レベル放射性廃棄物処分の4W1H

WHAT? (それはなに?)
WHICH? (どんなもの?)
WHERE, NOW? (いまどこに?)
WHO? (誰が出しているの)

HOW? (どうするの)

日本では、1976年に動力炉・核燃料開発事業団(動燃事業団)を中心に地層処分の研究開発が開始され、1999年にそれまでの国内外の技術を集約した技術報告書がとりまとめられ、高レベル放射性廃棄物の最終処分の信頼性に関する技術基盤が整備されました。

さらに、安定に最終処分事業を実施する仕組みや社会の合意にもとづく最終処分地の選定の仕方など地層処分技術が社会に定着するうえで不可欠な制度として「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(最終処分法)が2000年に制定され、地層処分政策の制度的な拠り所を与えました。しかし、その後10年以上を経た現在、最終処分地の選定は進展を見ていません。

このファイルは、高レベル放射性廃棄物問題を皆さんと学習するために4W1Hの形で最終処分の最新で基本的な知識をまとめたものです。

なお、このファイルの姉妹編として「海外における高レベル放射性廃棄物対策」を用意しています。



2014年9月

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 坪谷隆夫

WHAT? それはなに?

炭酸ガス

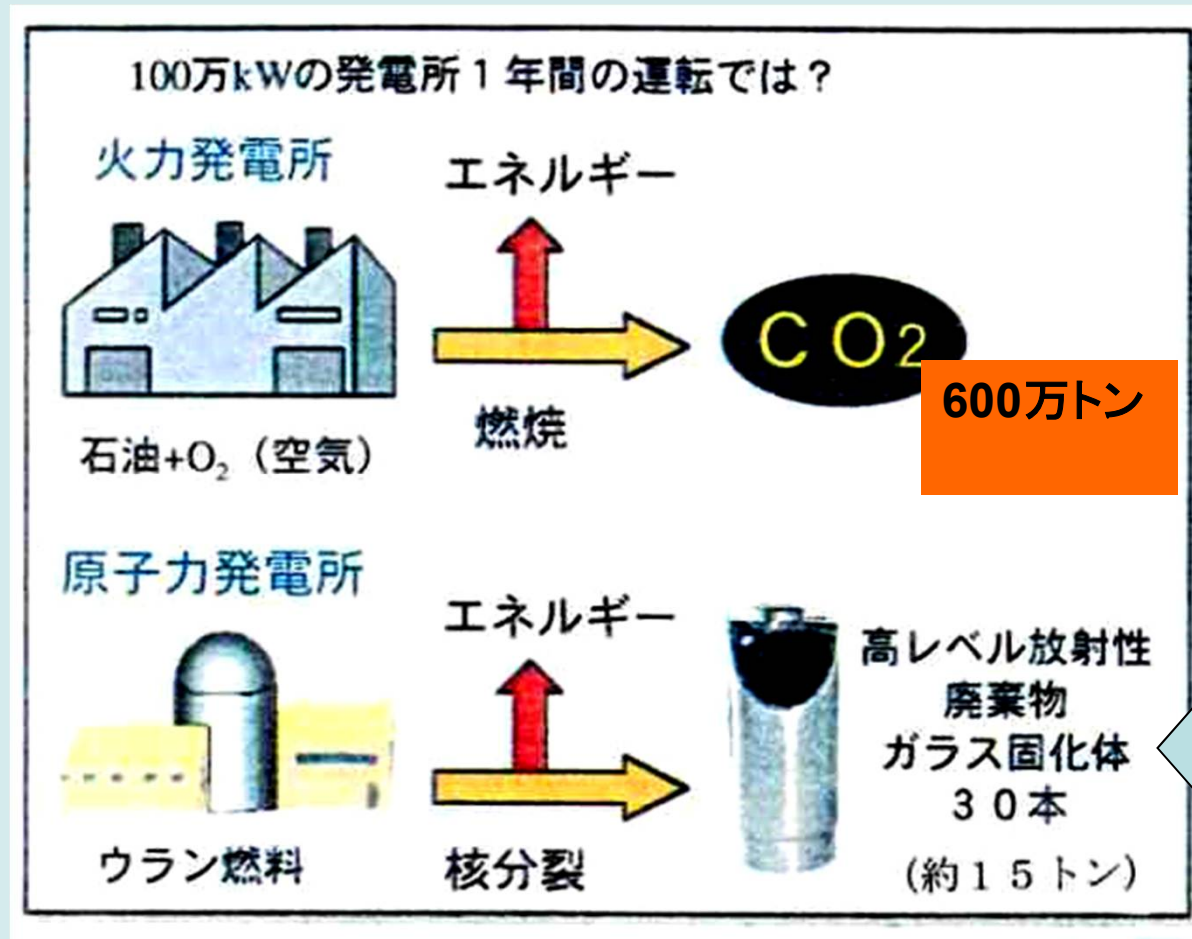
○火力発電に伴い必ず発生

○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

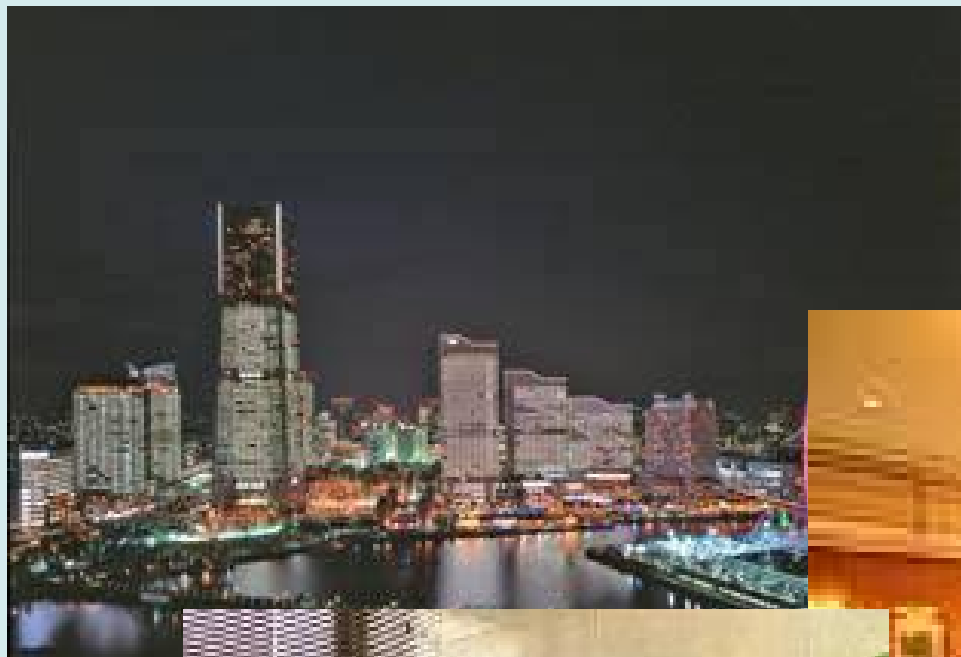


原子力発電所1基の運転
で日本のCO₂年間排出量
の0.5%を低減

原子力発電のごみ

WHAT? それはなに?

使うところではごみは出ません



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、保守などによってもって出る放射能のある廃棄物	③-1 高レベル 0.004	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）」

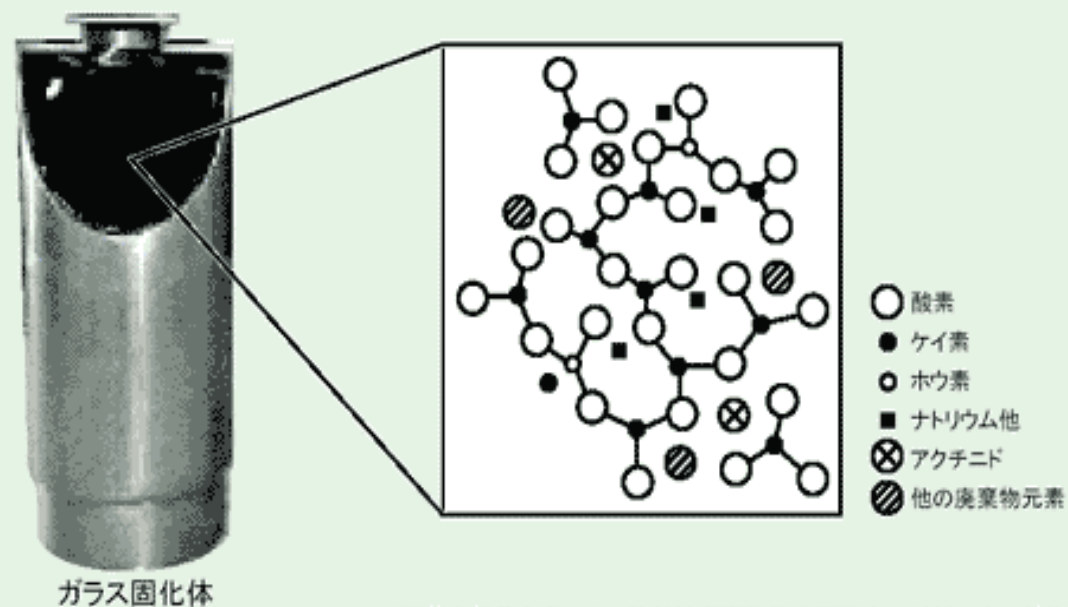
WHICH? どんなもの?

○固体(セラミックス)-ステンレス鋼の容器にガラスとして封じ込め

- ①優れた物質(放射性物質)に対する閉じ込め性
- ②物理的・化学的に安定性
- ③地下水への耐浸出性



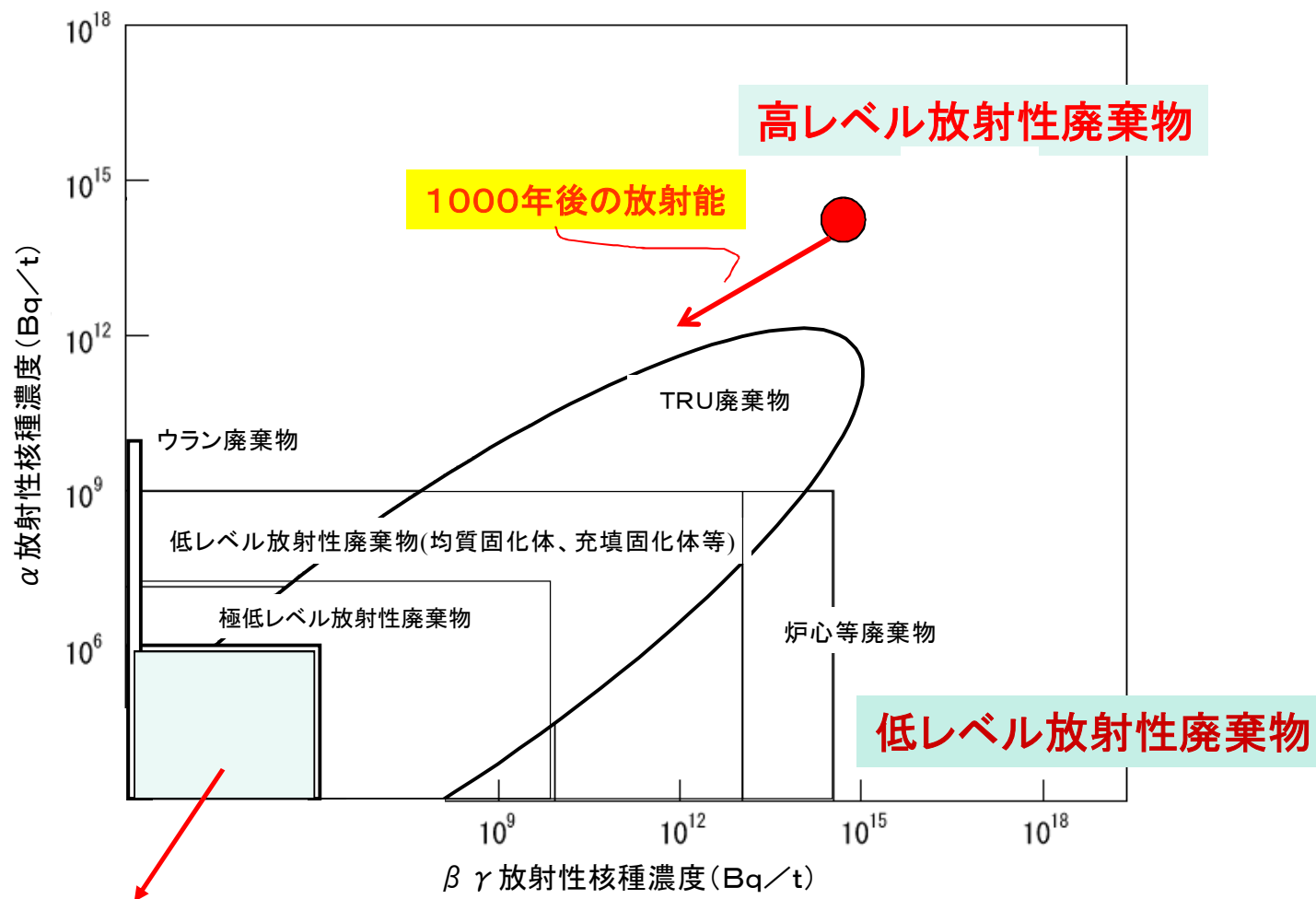
●分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態●



(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)

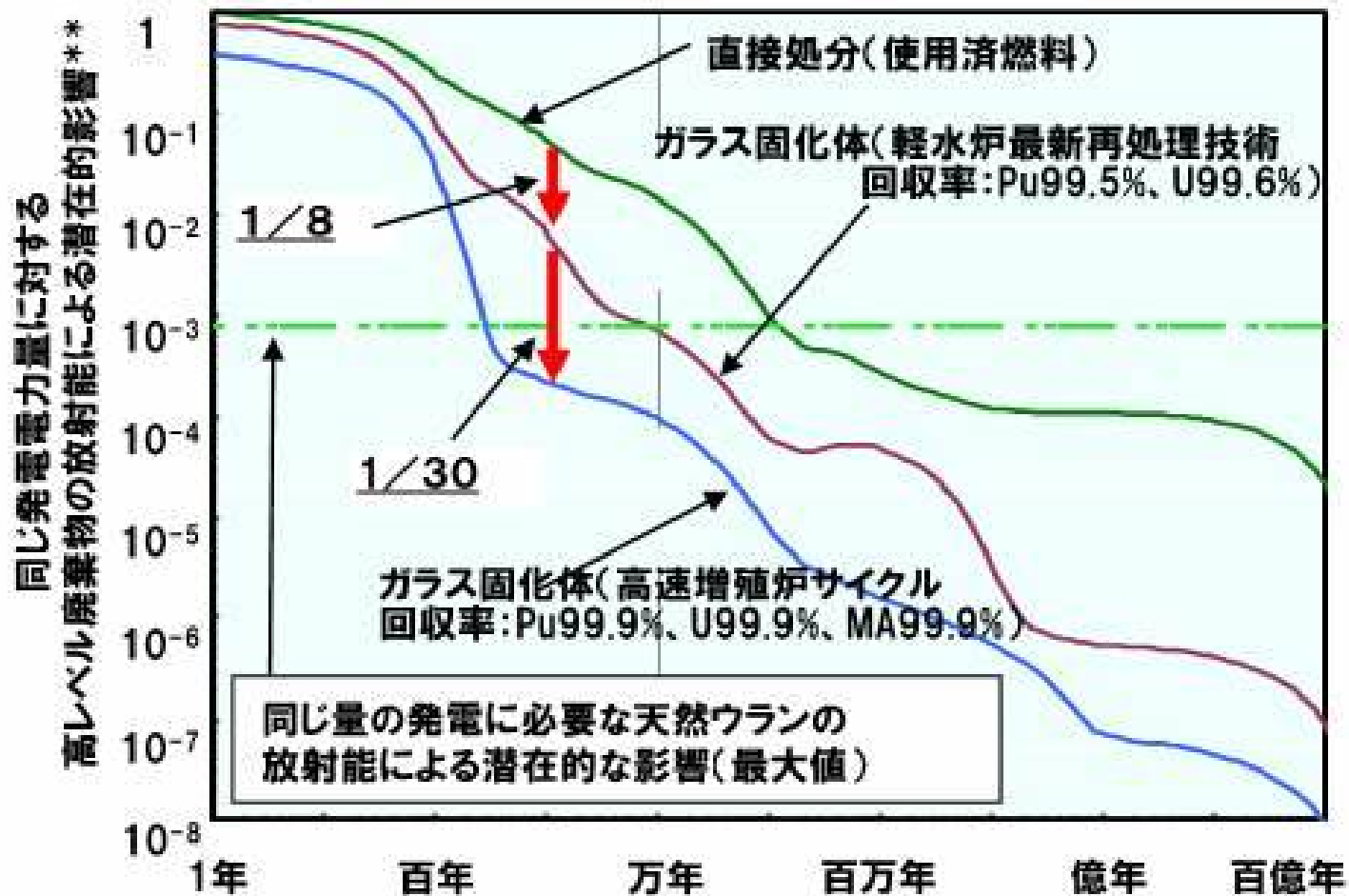
WHICH? どんなもの?

放射性廃棄物の濃度区分



放射性廃棄物として扱う必要がないもの
(クリアランスレベル以下の廃棄物)

WHICH? どんなもの?



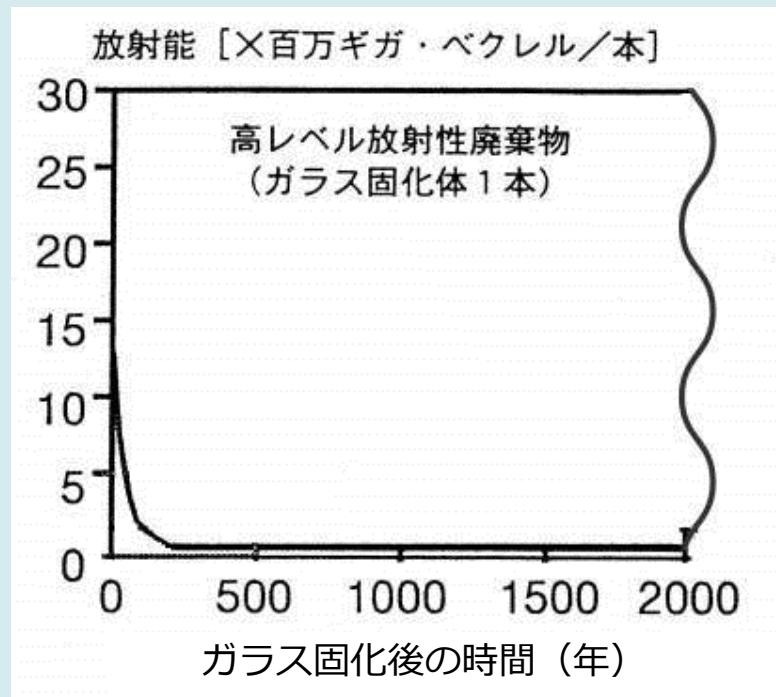
**)高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度を示している。使用済燃料の1年目の潜在的影響を1とした相対値。

原子力機構第4回FaCT評価委員会(2011)

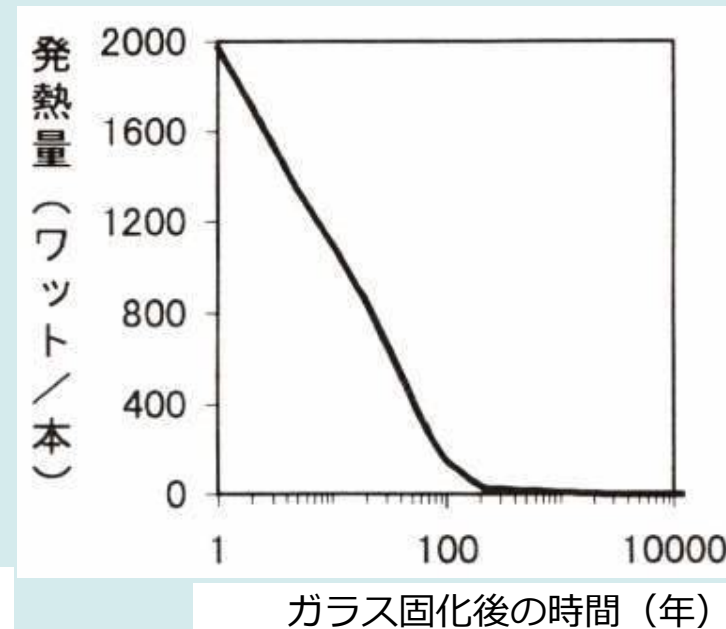
WHICH? どんなもの?

○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



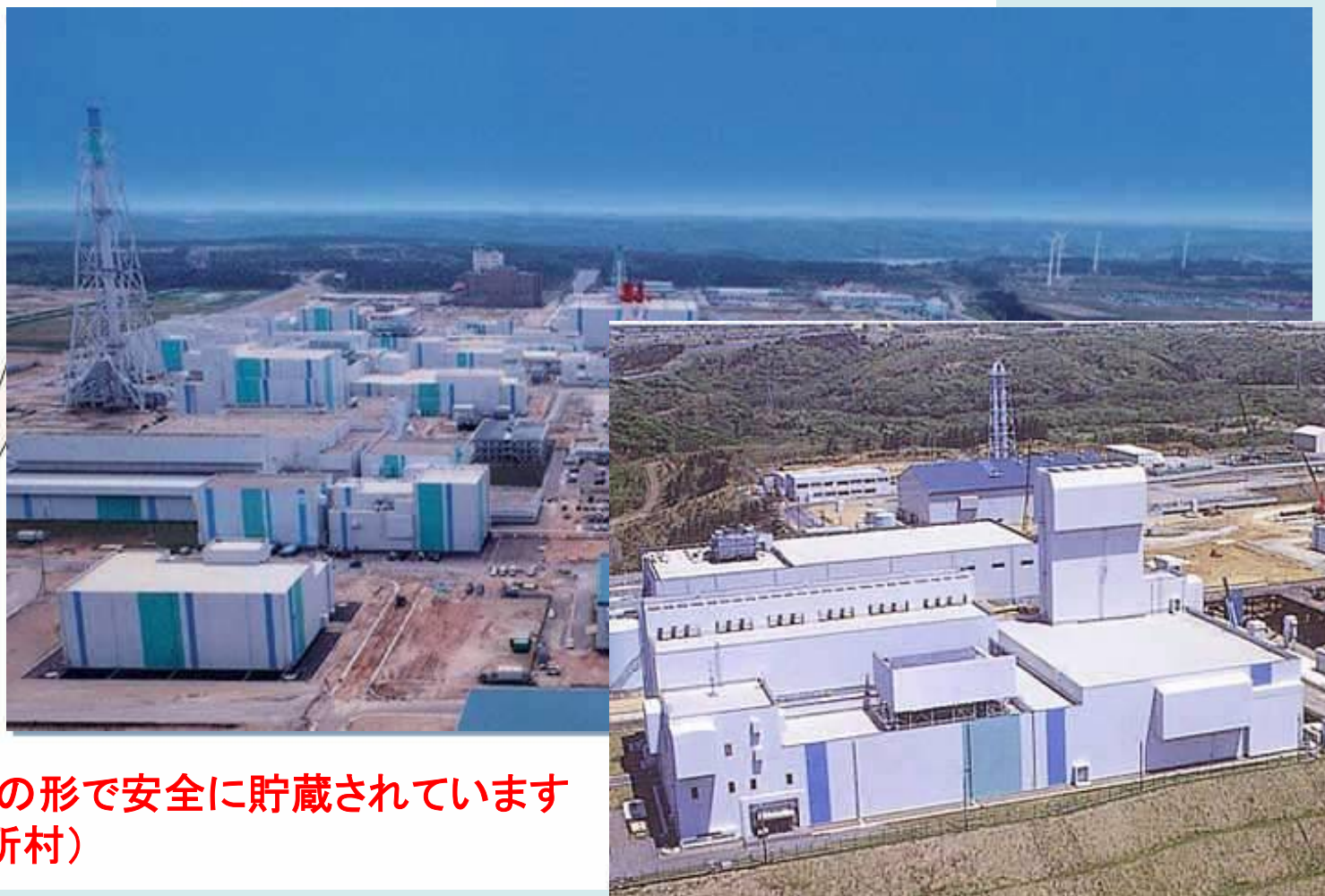
(1) 放射性物質の量の経時変化



(2) 発熱量の経時変化

WHERE, NOW ? いまどこに？

原子燃料サイクル施設の位置



ガラス固化体の形で安全に貯蔵されています
(青森県六ヶ所村)

日本原燃HPほか

WHERE, NOW ? いまどこに？

高レベル放射性廃棄物とは

高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体)



寸法：外径／約40 cm
高さ／約1.3m
総重量：約500 kg



高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター
(写真提供：日本原子力研)

ガラス固化体発生量

日本国内で
貯蔵管理中
1,930本
(平成24年12月末)

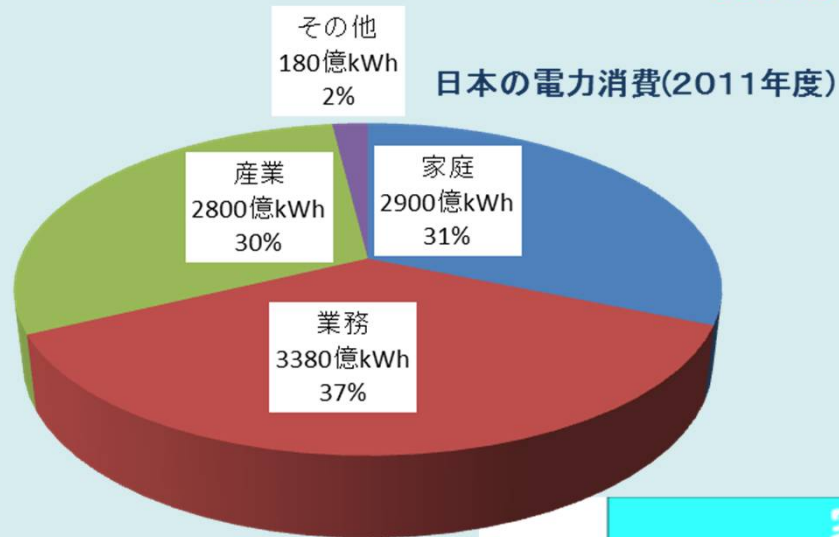
既に発生した
使用済燃料を
換算
約24,800本
(平成24年12月末)

将来発生
見込みの合計
約40,000本※
(平成33年頃)

2062本
(2014年5月現在)

NUMO HPより

WHO? 誰が出しているの?



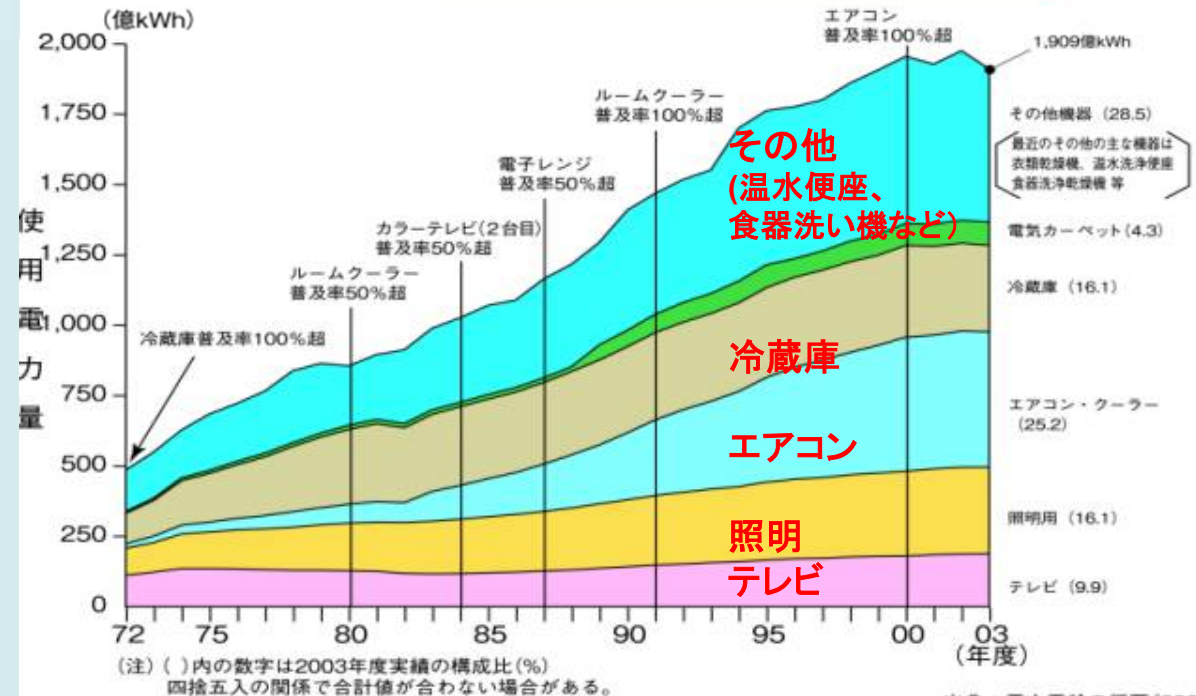
エネルギー白書2013(資源エネルギー庁HP)より編集

ガラス固化体



1405@坪谷

家庭用電力の伸び

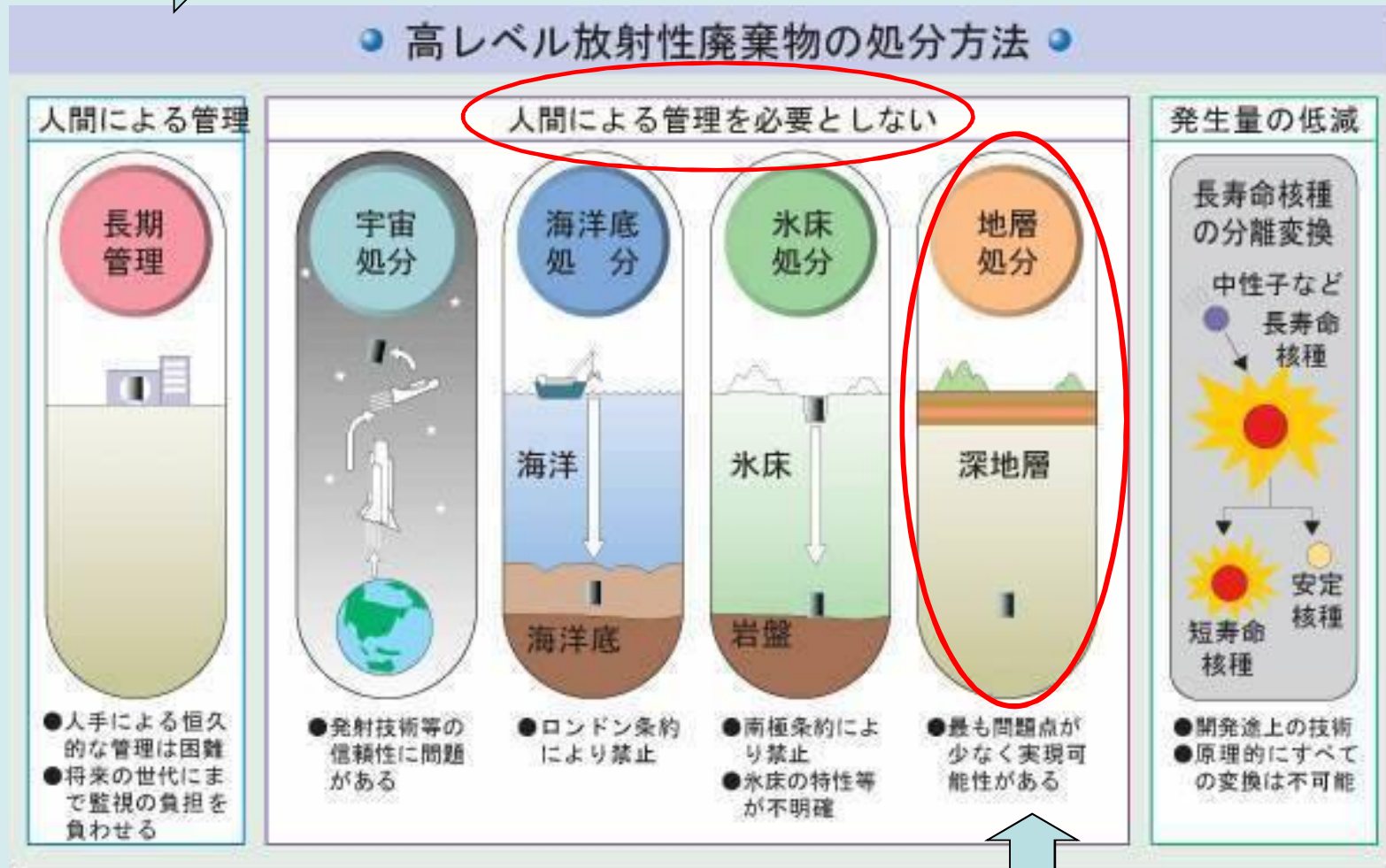


HOW? どうするの?

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



HOW? どうするの？

- 1957 全米科学アカデミー(NAS)・研究評議会(NRC)が高レベル放射性廃棄物の岩塩層における地層処分概念を推奨する報告書を米国原子力委員会に報告
- 1983 スウェーデン核燃料管理会社(SKB)が帯水層(地下水のある)結晶質岩における地層処分概念KBS-3開発・公表
- 1985 スイス・NAGRA が帯水層・結晶質岩における地層処分概念「保証プロジェクト (Project Gewaehr) 85)」発表
- 1992 NAGRAが帯水層・堆積岩地層処分概念についてOpalinous Clay Project として取りまとめ発表
- 1999 核燃料サイクル開発機構が帯水層・結晶質岩および堆積岩における地層処分技術を第2次取りまとめとして原子力委員会に報告・公表

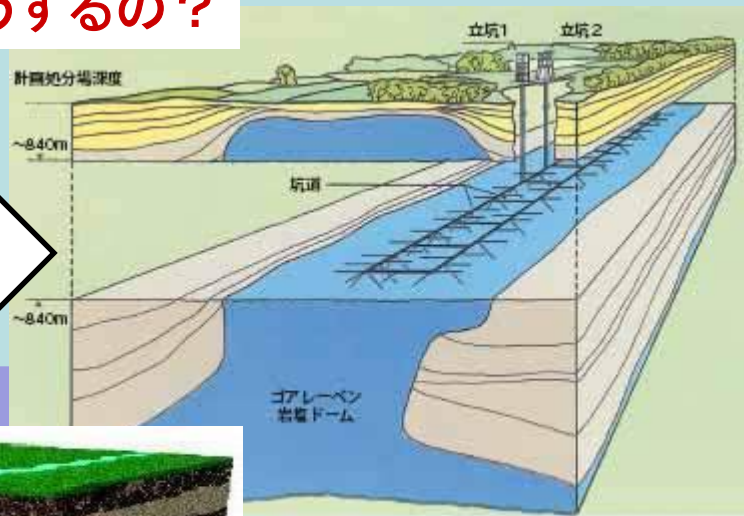
HOW? どうするの?

地下水のない
環境

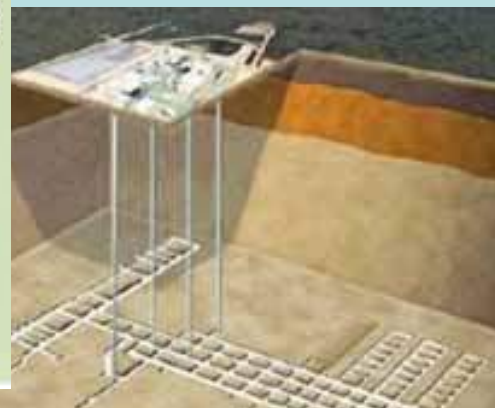


堆積岩・結晶質岩の利用

地下水のある環境
(帯水層)



岩塩層の利用



世界初の地層処分施設WIPP(操業中、米国)



HOW? どうするの?

地下水のある環境(帯水層)

地層処分の基本構成



安定な地層

<処分の概念>



安全確保の三要件

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

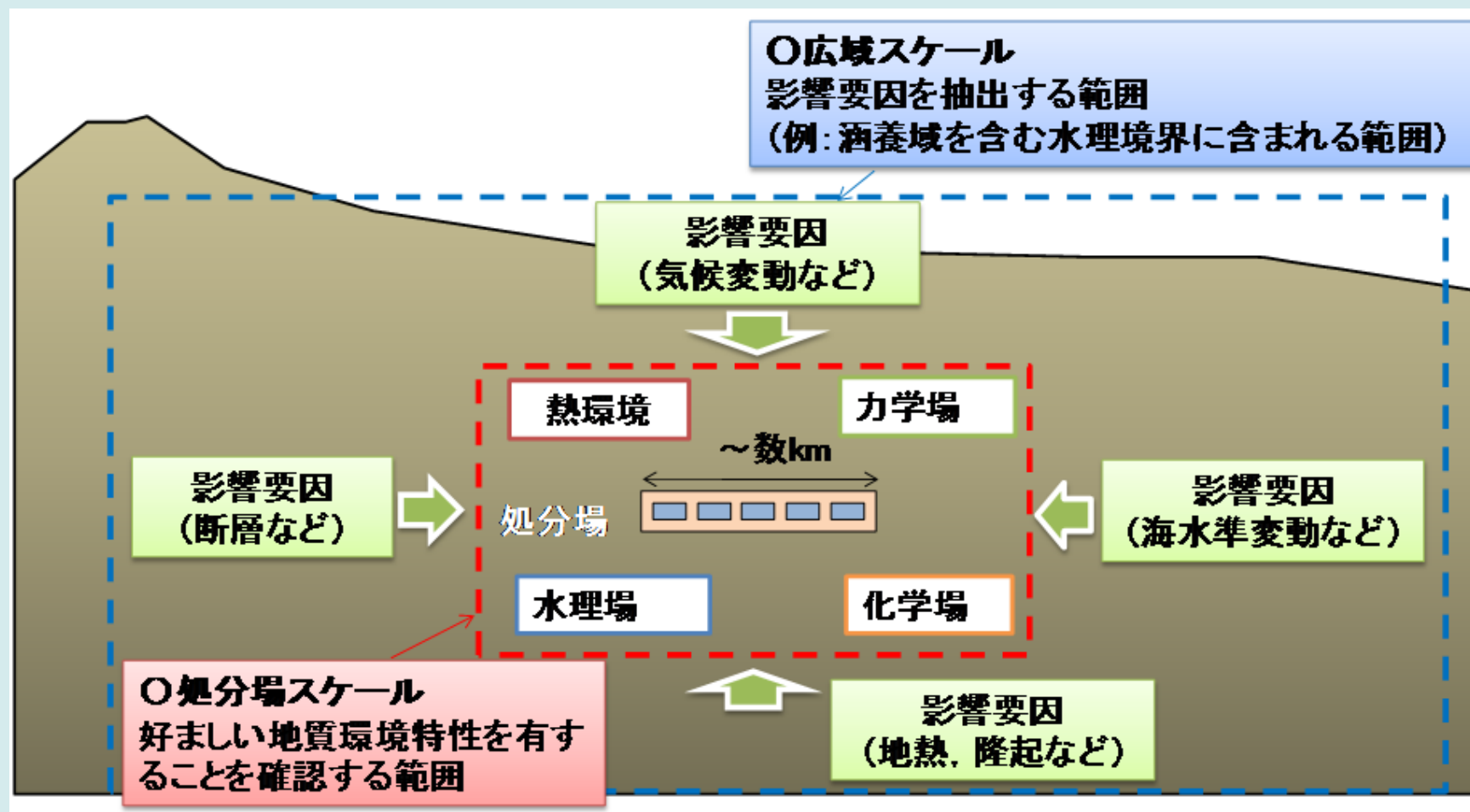
環境安全の確認

- ・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 人工バリアの設置に適した安定な地質環境



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(2014年3月)¹⁶

HOW? どうするの?

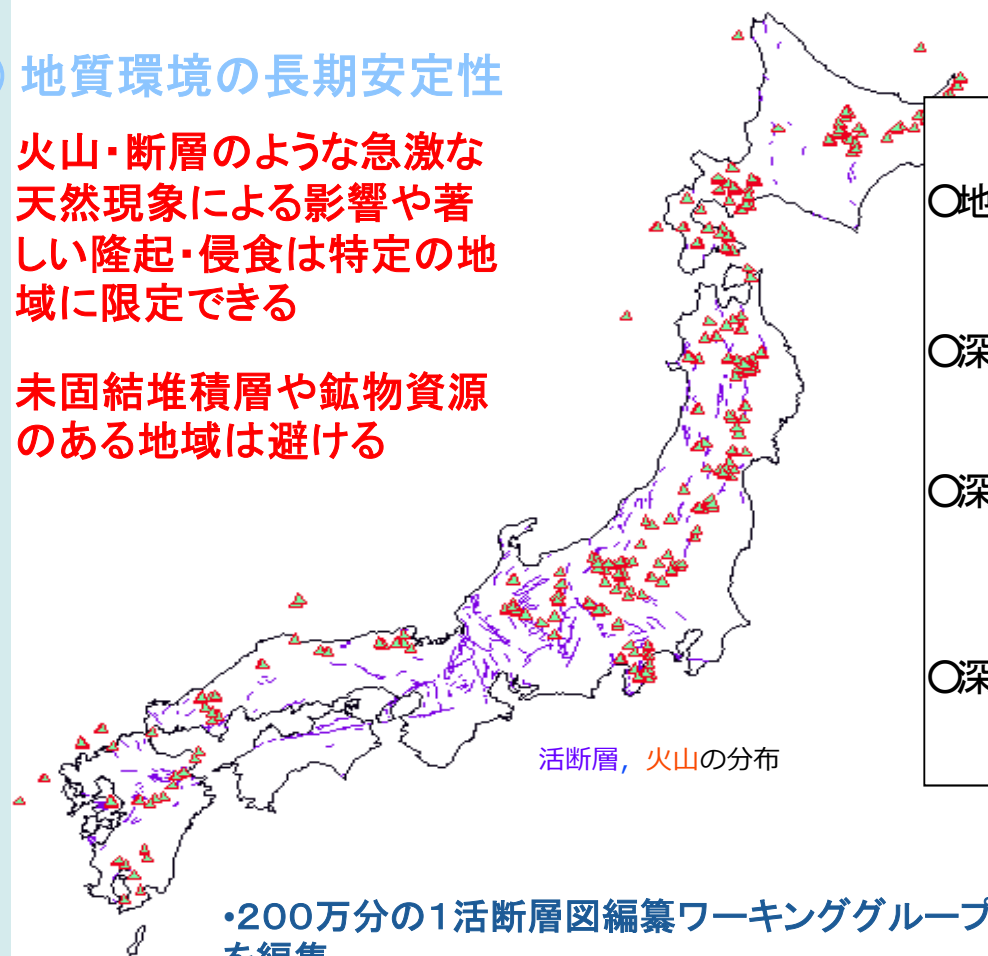
技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する

今までの知識 地層処分に適した地質環境(1/2)

(1) 地質環境の長期安定性

火山・断層のような急激な天然現象による影響や著しい隆起・侵食は特定の地域に限定できる

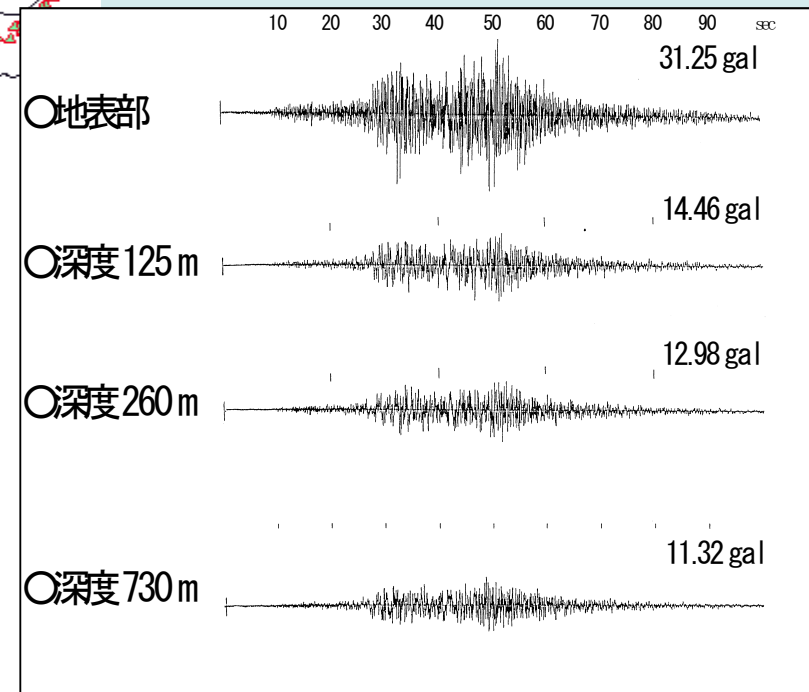
未固結堆積層や鉱物資源のある地域は避ける



•200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ(1999)を編集

•第四紀カタログ委員会編(1999)を編集

地震による地下深部の振動



三陸はるか沖地震/釜石鉱山坑道内において観測)

核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999) 17より編集

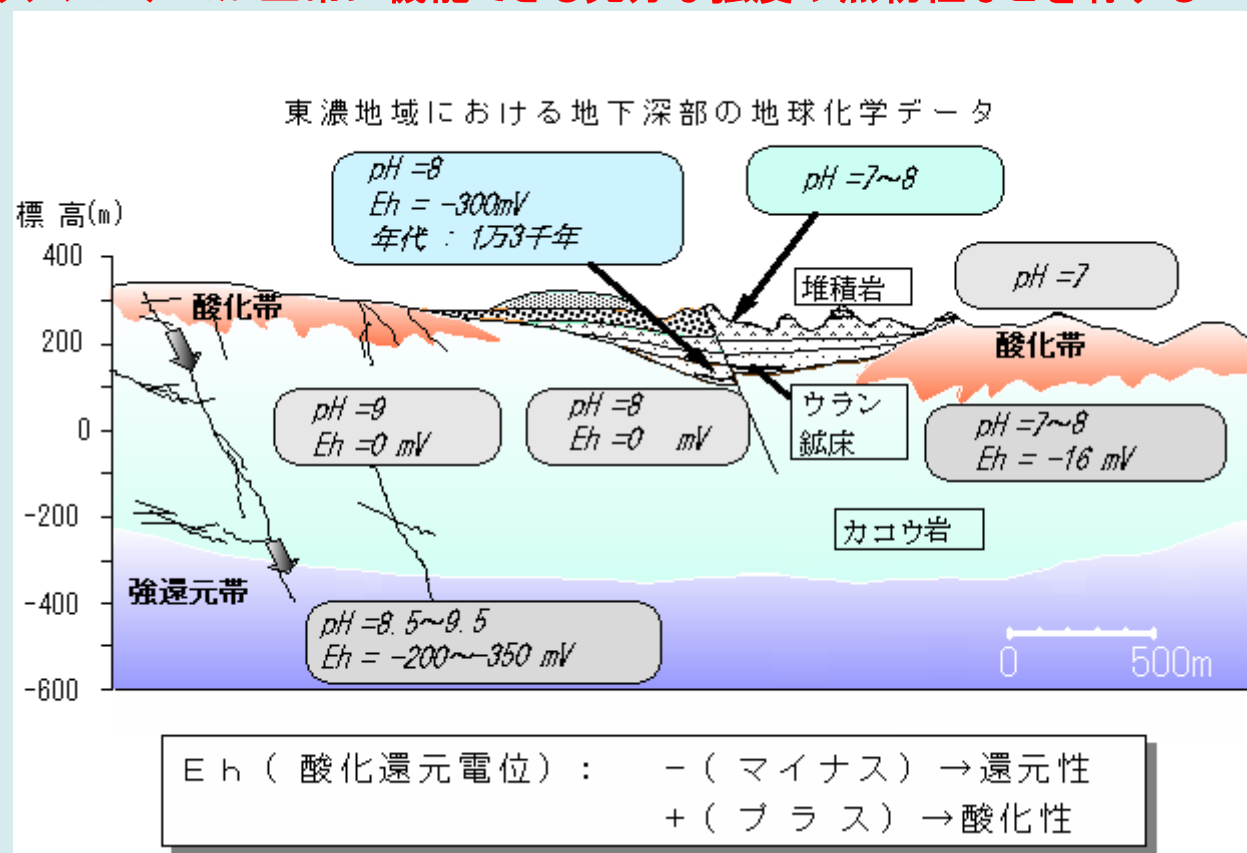
HOW? どうするの？

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

今までの知識 地層処分に適した地質環境(2/2)

(2) 地下深部における地下水の化学

日本の深部地質環境は、地下水が還元性・低透水性であり、処分場を設置したり、多重バリアシステムが正常に機能できる十分な強度や熱物性などを有する



核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999)

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

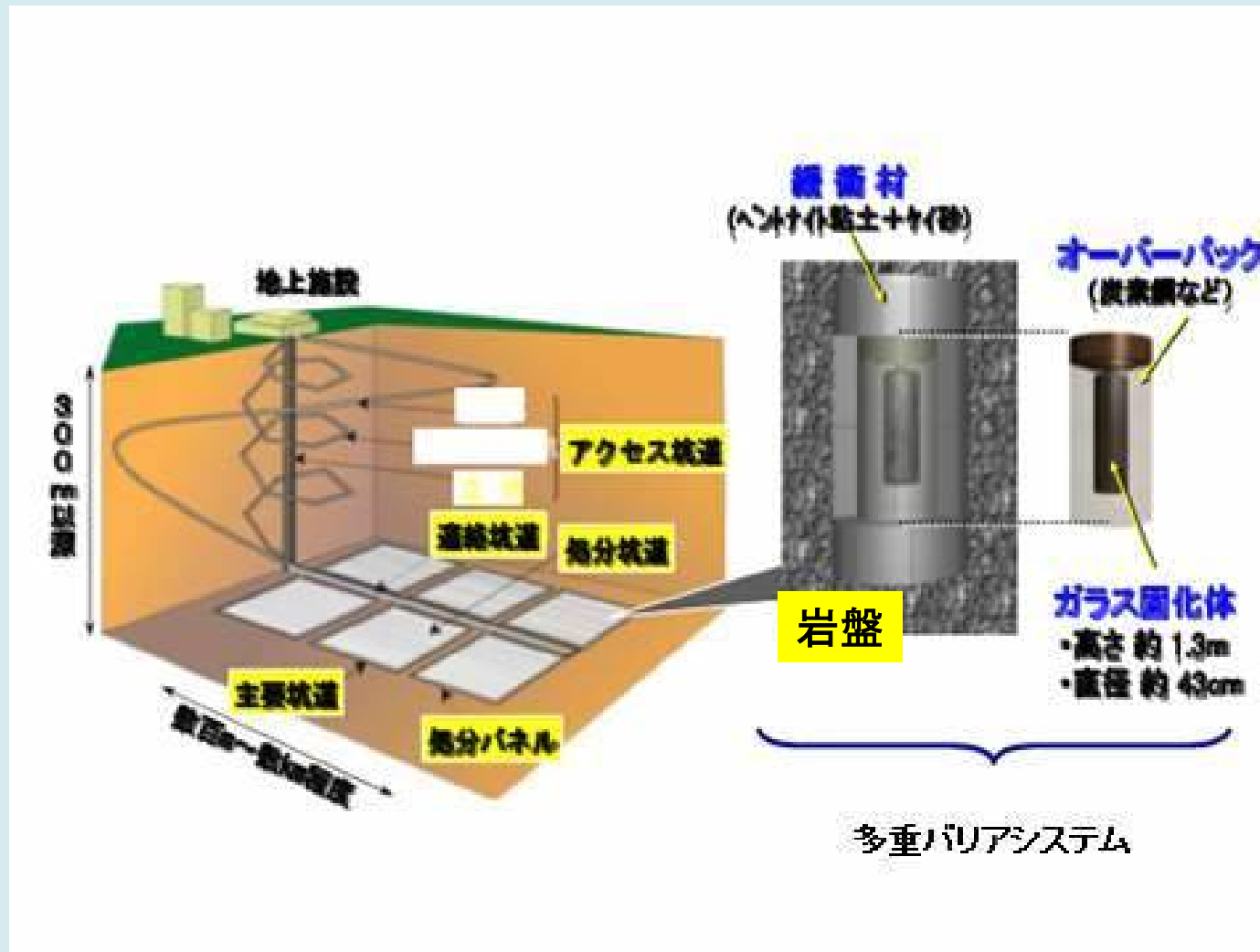
今までの知識 閉じ込め機能に影響する地質環境の安定性

		火山・火成活動	断層活動	隆起・侵食	気候・ 海水準変動
閉じ込め機能の喪失	熱環境	地熱活動	—	—	侵食の要因として評価
	力学場	—	処分深度に達する断層のずれ	—	
	水理場	—	断層のずれに伴う透水性の増加	—	
	化学場	火山性熱水や深部流体の移動・流入	断層のずれに伴う透水性の増加(条件による)	—	
物理的隔離機能の喪失		マグマの処分場への貫入と地表への噴出	—	著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近	—

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

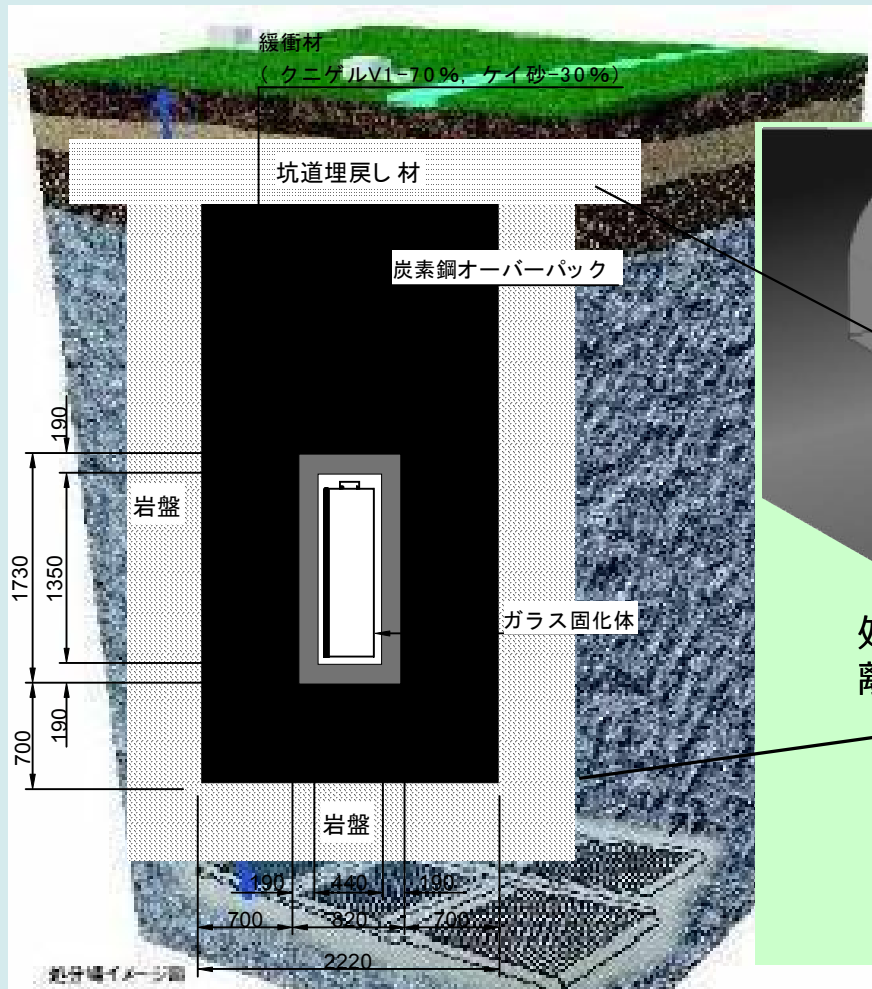
今までの知識 深い岩盤のなかに工学的な対策(人工バリア)を施してガラス固化体を封じ込める



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

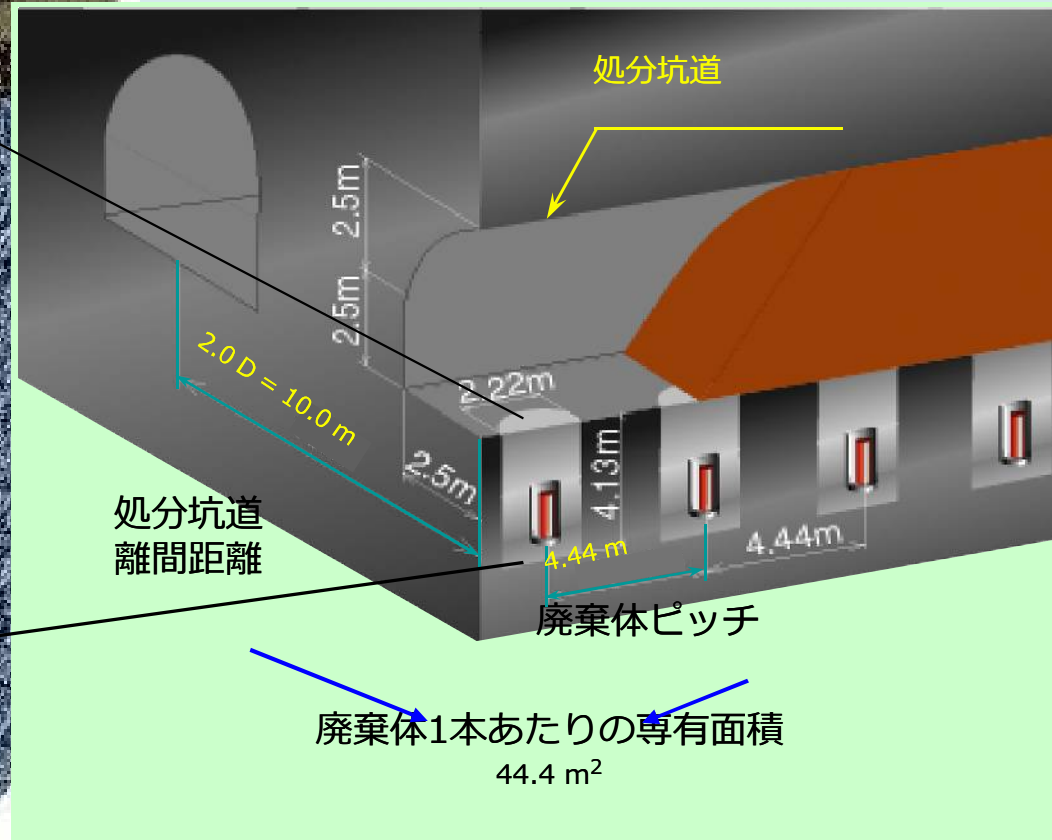
今までの知識 地質環境を考慮した人工バリアと処分技術



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])

核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999)

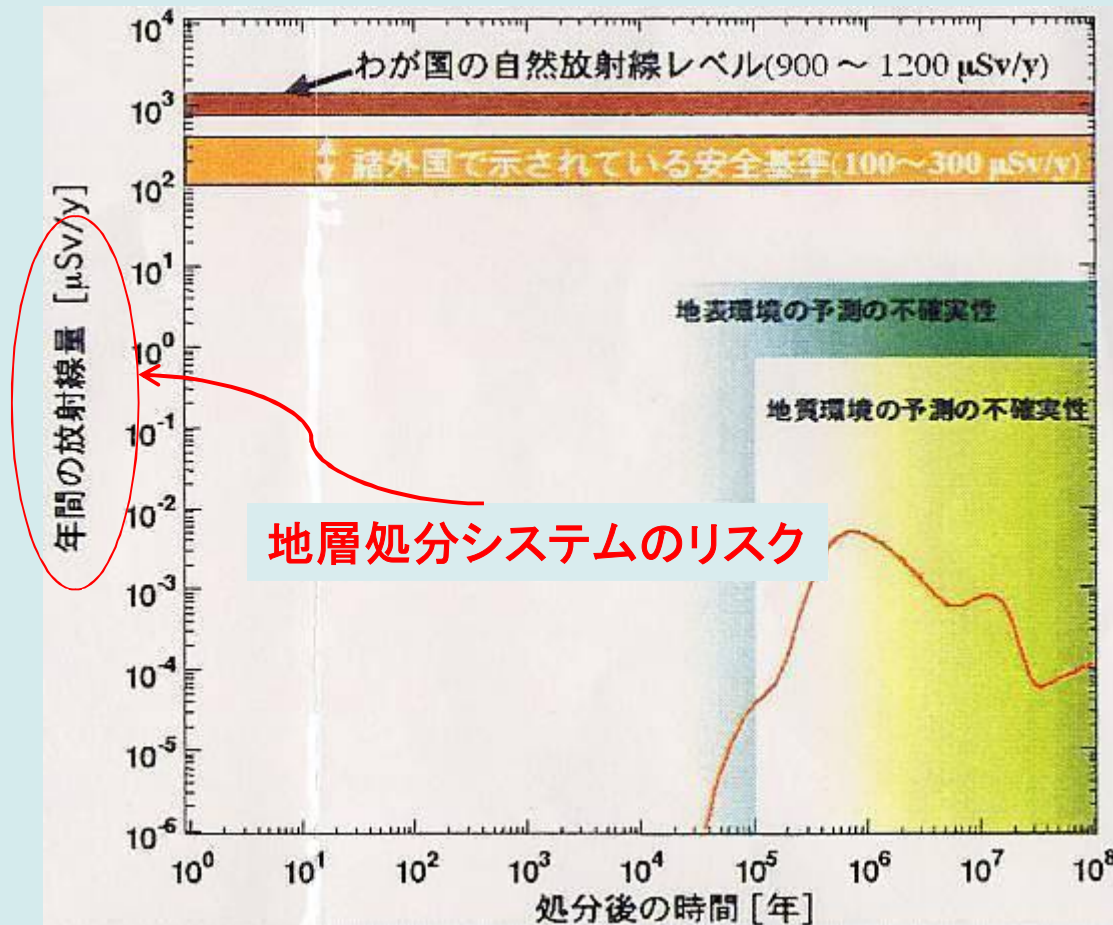
HOW? どうするの?

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?

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—

地層処分関連研究施設(1)

(原子力機構HP)

1405@坪谷



熱-水-応力-化学連成試験設備
(COUPLE)

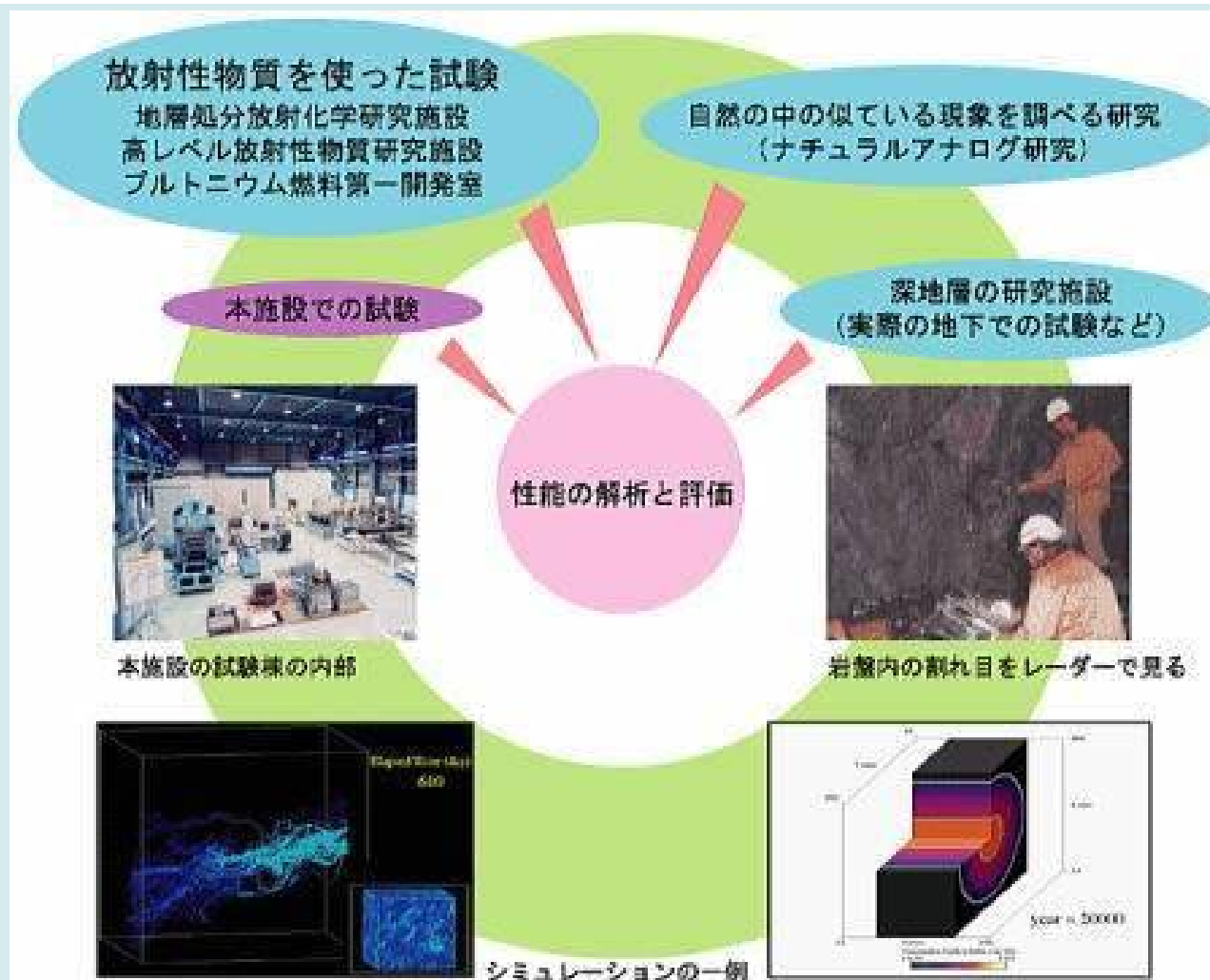
地層処分基盤研究施設 —ENTRY—

HOW? どうするの?

たゆみない研究開発と人材育成

地層処分基盤研究施設
—ENTRY—(東海村)

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



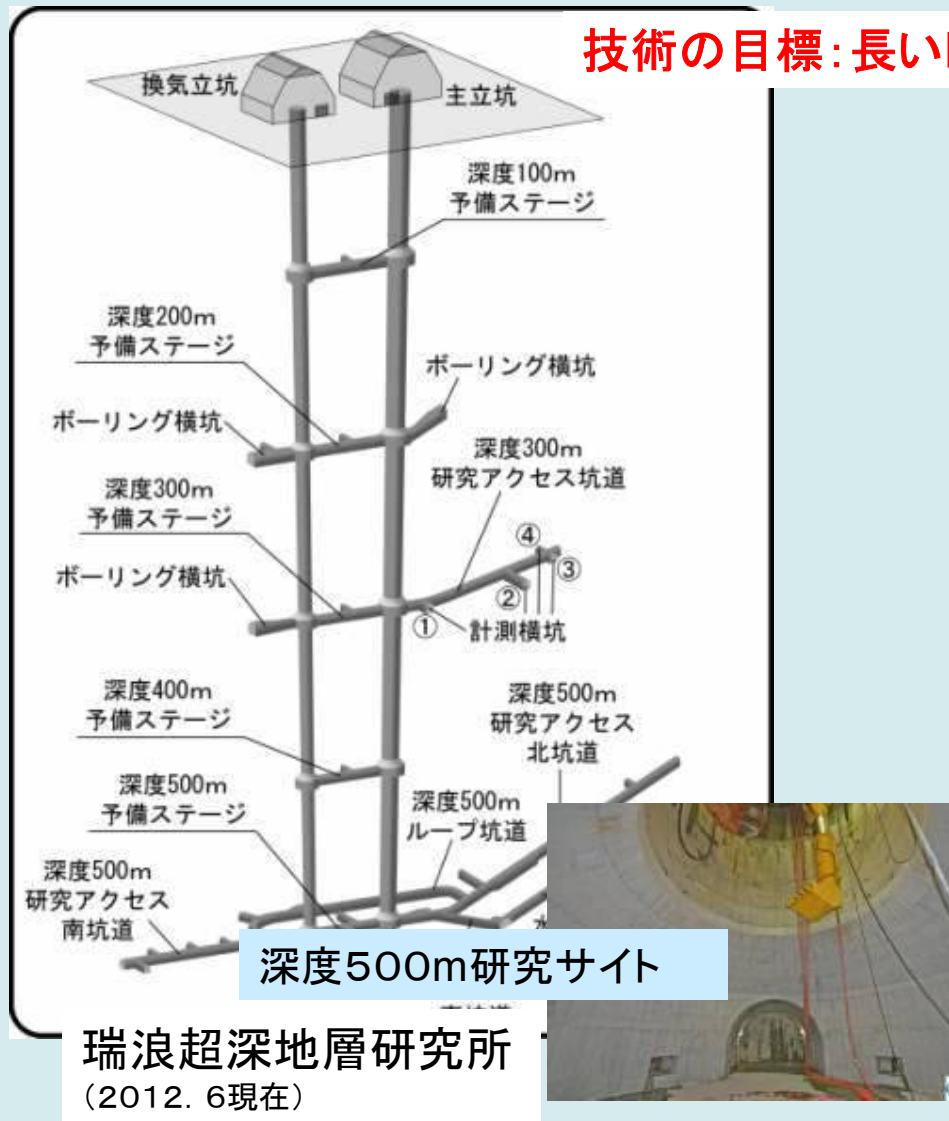
地層処分関連研究施設(2)

(原子力機構HP)

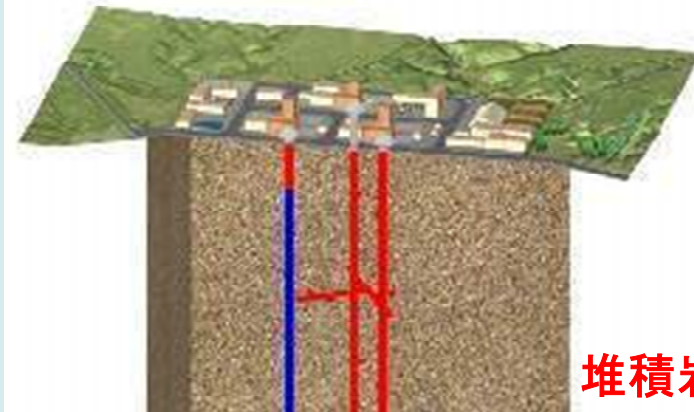
HOW? どうするの?

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

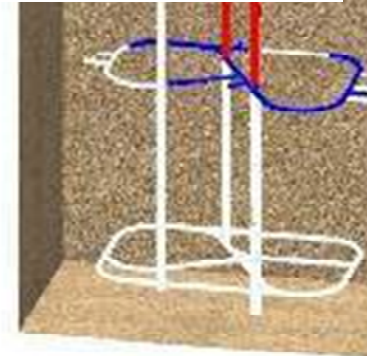


幌延深地層研究センター(2012. 5現在)



堆積岩系研究

深度300m研究サイト



地層処分関連研究施設(3) 結晶質岩系研究

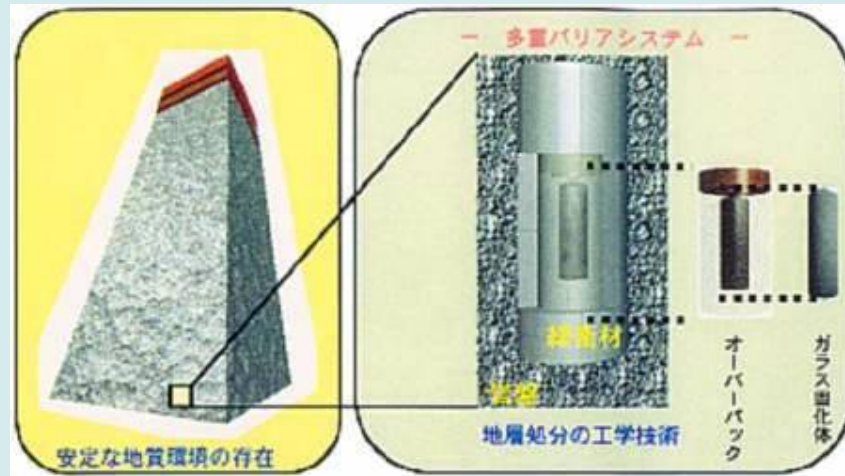
(原子力機構HP)

HOW? どうするの?

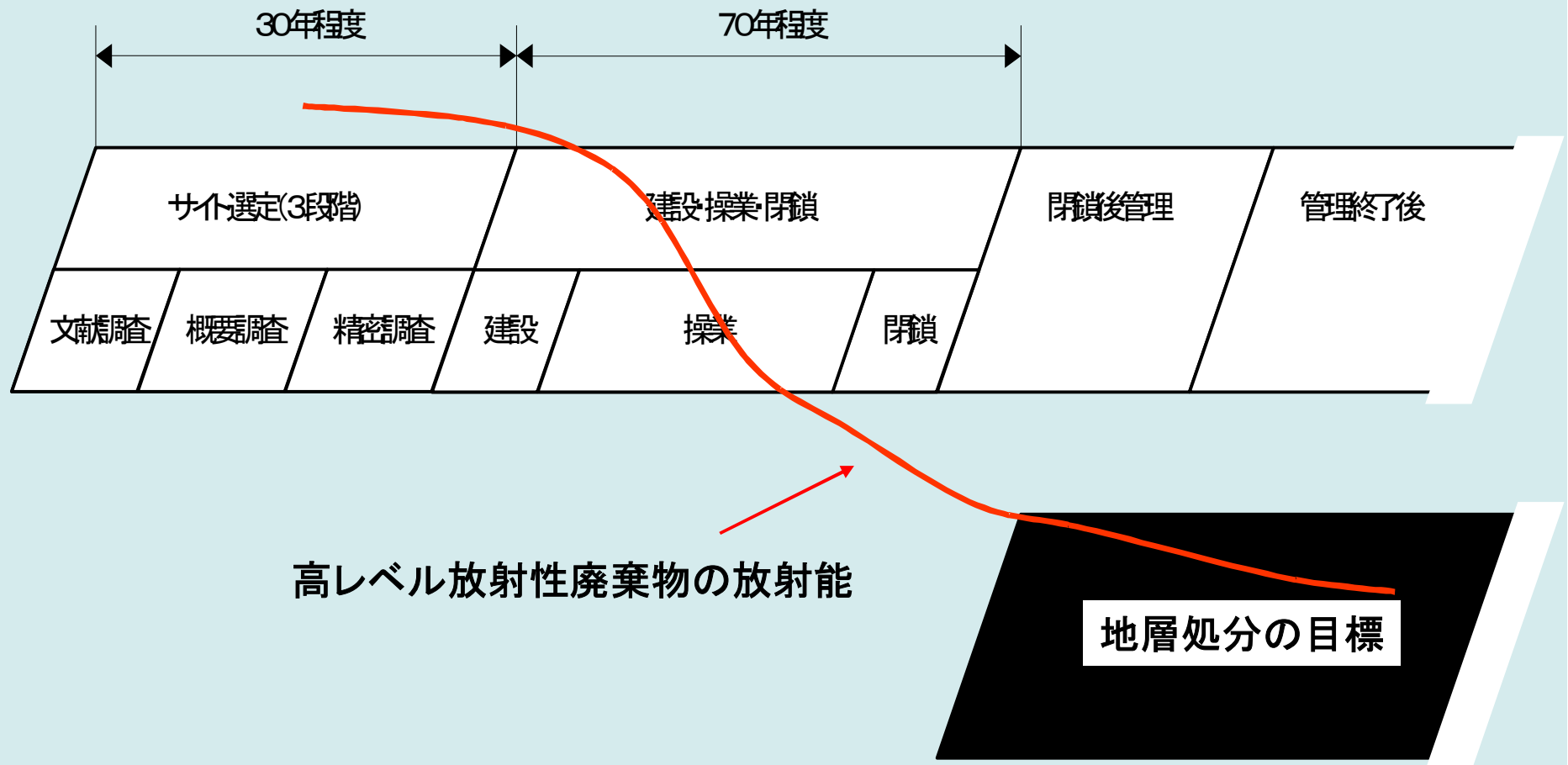
技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する

今までの知識 自然に学ぶ長期安全性

ナチュラルアナログ(温故知新)



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?

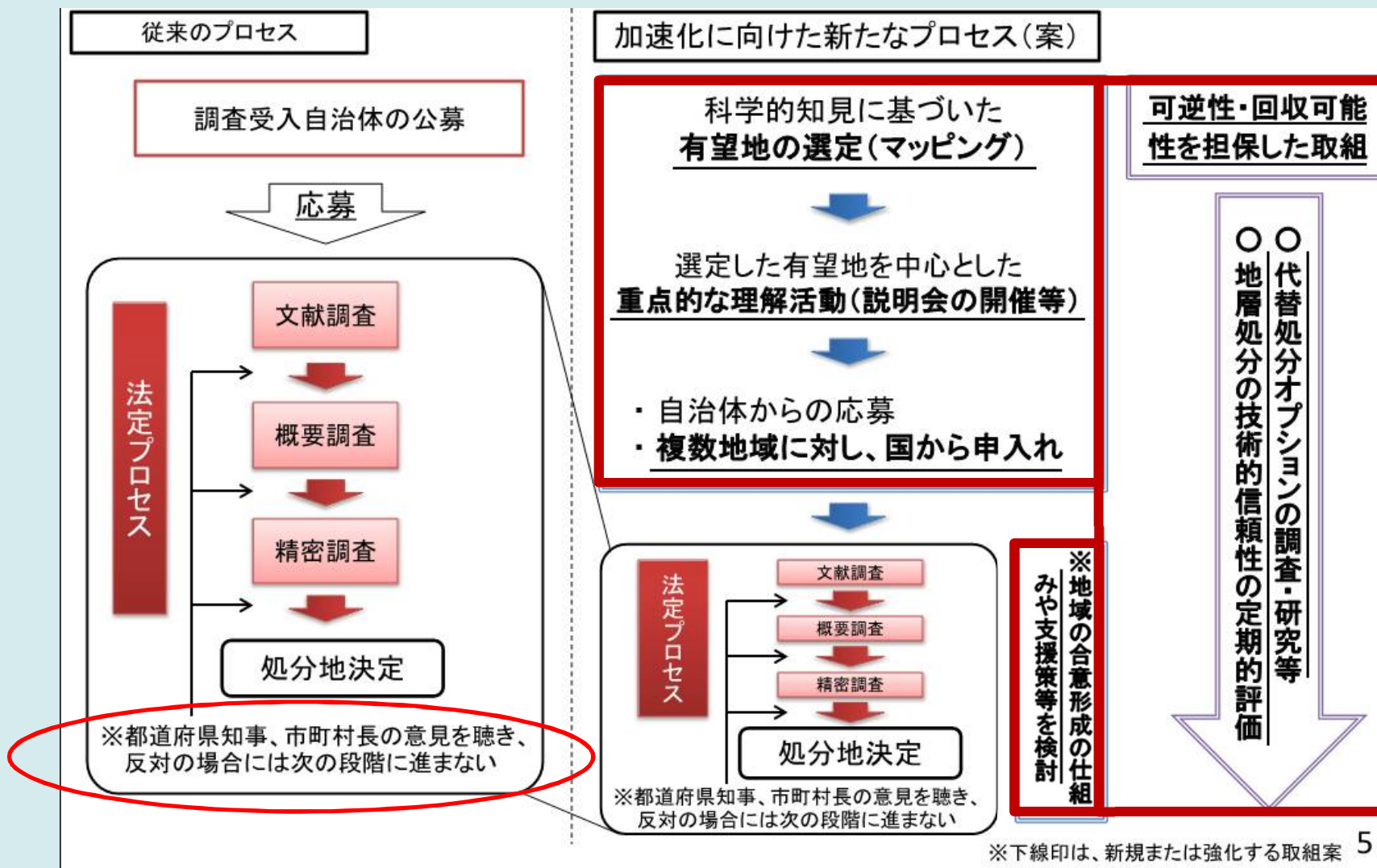
地層処分に向けた基本制度の整備 制度制定に関するこれまでの経緯

1976年 4月	動燃事業団、地層処分研究を開始
1998年 5月	原子力委員会処分懇談会（座長近藤次郎氏）
1999年11月	核燃料サイクル開発機構、原子力委員会に「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性―地層処分研究開発第2次取りまとめ―」報告
2000年 5月	「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」成立
2000年10月	原子力発電環境整備機構（NUMO）を 実施主体 として設立
2000年11月	原子力環境整備促進・資金管理センターを 資金管理主体 に指定
2000年12月	原子力安全委員会「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方」 取りまとめ
2001年10月	原子力発電環境整備機構「特定放射性廃棄物処分の概要調査地区等の選定手順の 基本的考え方」公表
2002年 9月	原子力安全委員会「高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮 すべき環境要件について」取りまとめ
2002年12月	原子力発電環境整備機構、全国市町村で 公募開始
2007年 1月	高知県東洋町が応募（4月に取下げ）
2011年 3月	東日本大震災、福島第1原子力発電所事故
2012年 5月	総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物WG（委員長増田寛也氏）で最終処分政策 見直し着手
2013年12月	最終処分関係閣僚会議発足
2014年 5月	放射性廃棄物WGが処分地選定プロセス、処分推進体制などの改善策について 中間とりまとめ

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

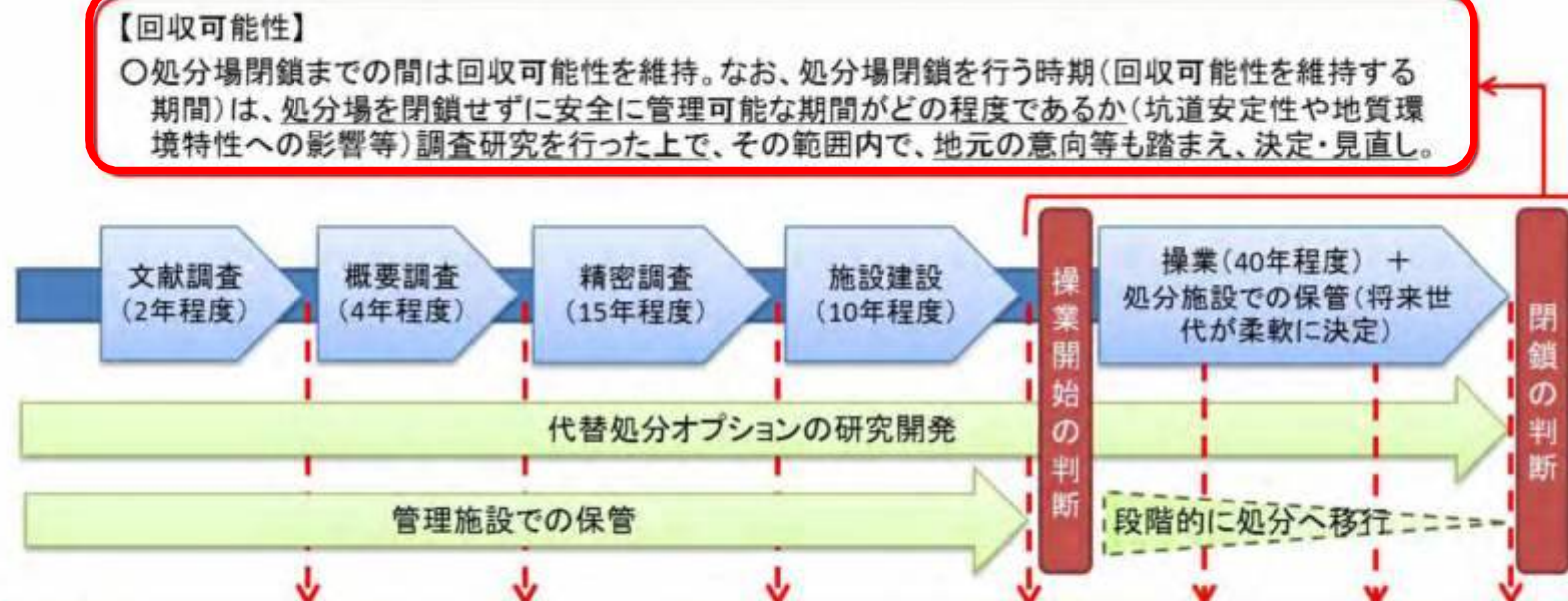
最終処分法および政府による新たな取り組みにもとづく処分地選定プロセス



HOW? どうするの?

最終処分法および政府による新たな取り組みにもとづく処分地選定プロセス

【可逆性・回収可能性のある地層処分の具体的なプロセス（案）】



【可逆性】

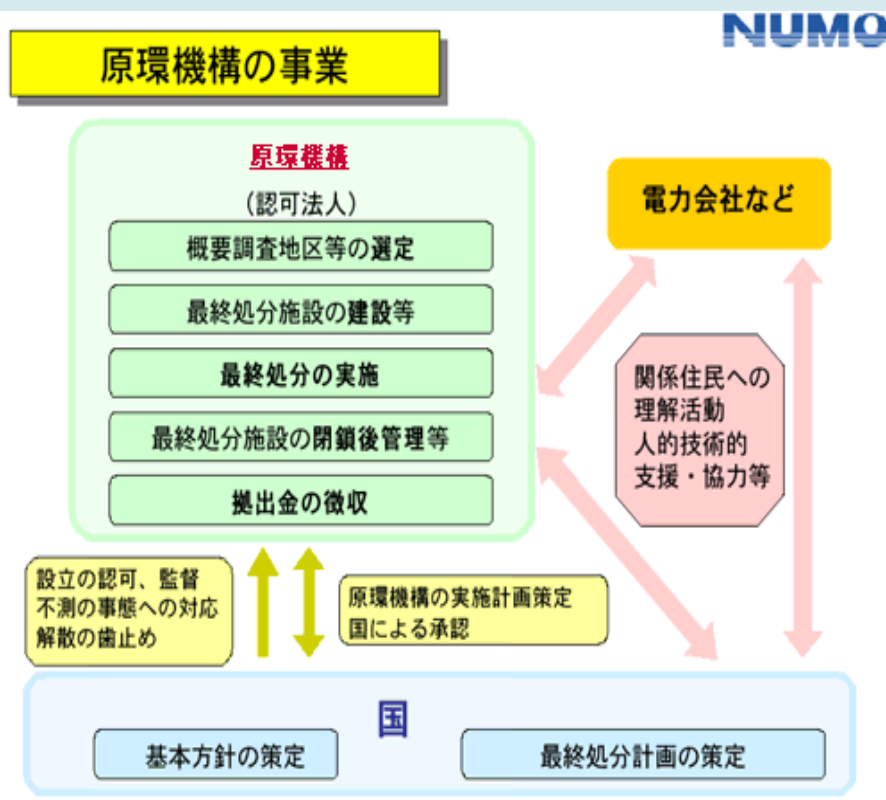
- 5年毎の最終処分計画の改定のタイミングや概要調査地区等を選定する際に、地層処分や代替処分オプションの研究開発の状況、概要調査等の結果などを踏まえ、処分方法の見直しを実施。
- 特に、処分場の操作開始や閉鎖のような重要な判断を行う際には、しっかりとした社会的合意形成プロセスを経る。

総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物WG中間とりまとめ（2014年5月）

最終処分法：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

最終処分法および新たな取り組みにもとづく処分推進体制

最終処分法における処分推進体制の枠組み



原子力発電環境整備機構 (NUMO) 資料

1405@坪谷

新たな取り組み

原子力発電環境整備機構 (NUMO)

- (1) 組織ガバナンスの抜本的な改善
- (2) 組織としての明確な目標・アクションプランの設定

国

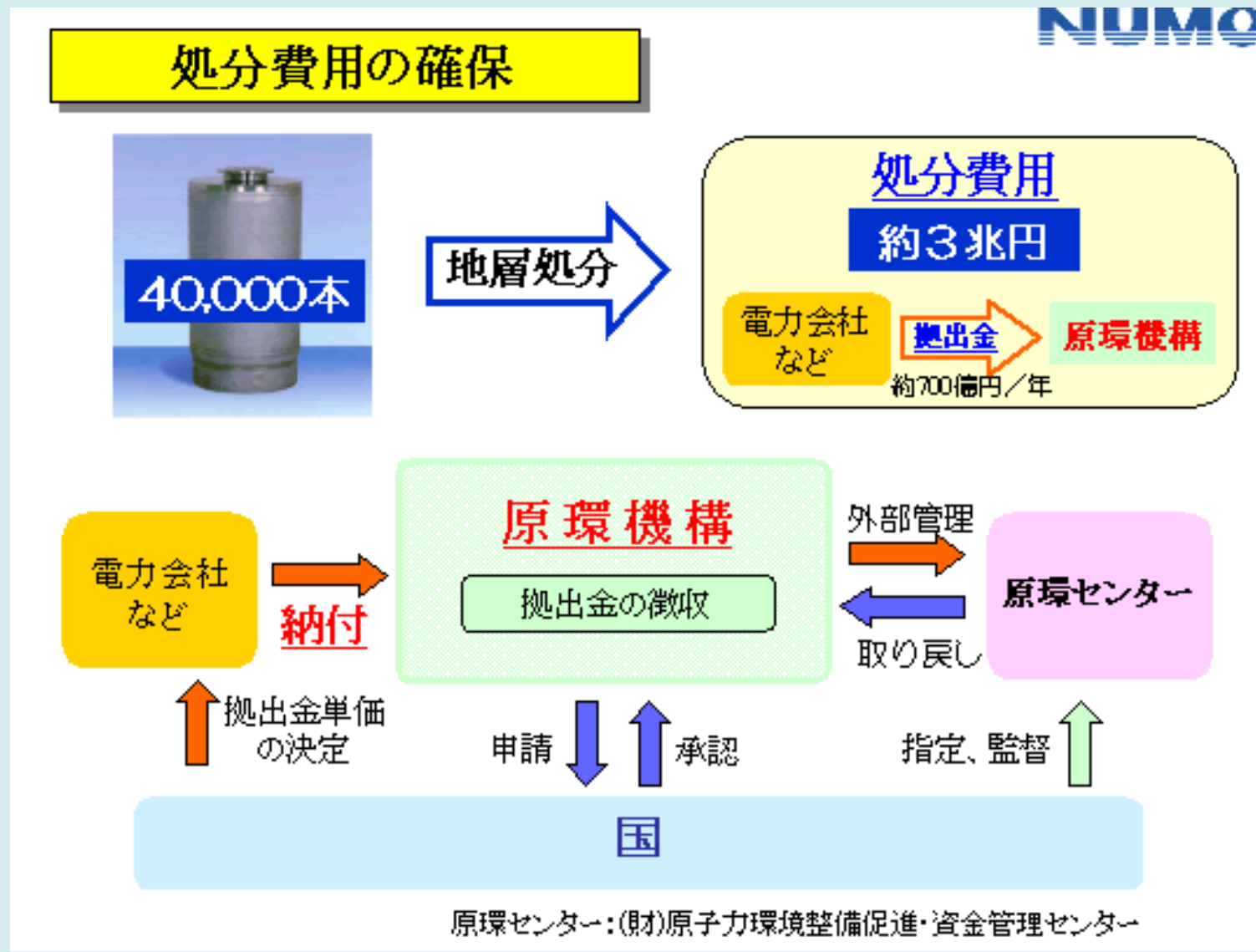
- (1) NUMOの事業目標、活動内容、達成状況を定期的に評価
- (2) 上記の評価プロセス、評価の“見える化”

“行司役”的視点に立った第三者評価組織

- (1) 処分オプションの技術的評価
- (2) 国やNUMOの合意形成活動の適切性等社会的視点に立った評価
- (3) 国民・地域に対する中立的な説明

総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物WG 中間とりまとめ
(2014年5月) から編集

最終処分法：安定した事業の実施(最終処分費用の積み立て)



社会への定着(社会の信認)に向けて

高レベル放射性廃棄物問題とは

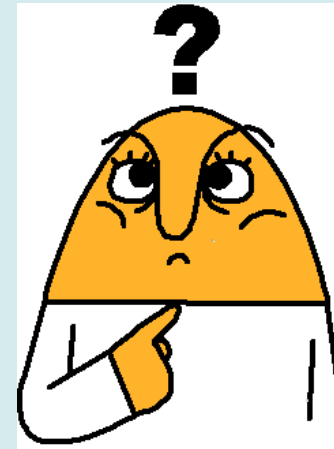
- 今までの産業技術開発では経験に乏しい将来の長い時間や深い地下を利用した新たな科学技術を社会が利用する試みー「21世紀型の新技術」に対する国民や地域社会の不安
- 国民や地域社会の理解の醸成と不安の緩和のために国内外における最新の社会科学分野の進展を取り入れるなど特段の配慮が不可欠

- 高レベル放射性廃棄物についての情報が一部の専門家に偏っている(情報の非対称性) → どのようにして知識を共有するの？
- 最終処分地選定は生活に身近か → 社会が政策・事業に「信託」を寄せられるか？
- 信託を寄せるカギ →
カギは「市民の参加」か？
政府・実施主体のガバナンスか？

日本原子力学会シニアネットワーク連絡会提言(2013年12月)より



Copyright (C) NEC Corporation/NEC BIGLOBE, Ltd. 2002



高レベル放射性廃棄物処分の4W1H — 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