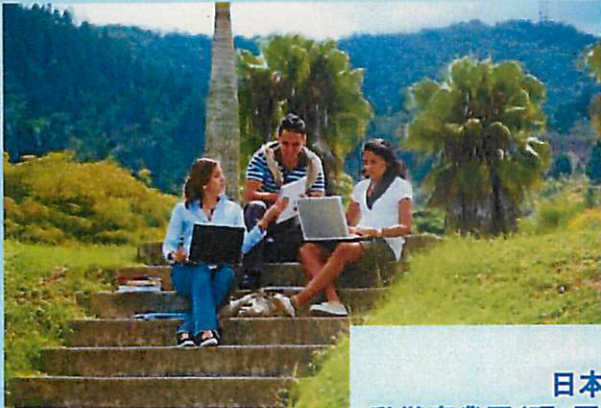


原子力発電のごみー  
 高レベル放射性廃棄物について  
 WHAT? それはなに?  
 WHICH? どんなもの?  
 WHERE, NOW? いまどこに?  
 WHO? 誰がだしているの?  
 HOW? どうするの?



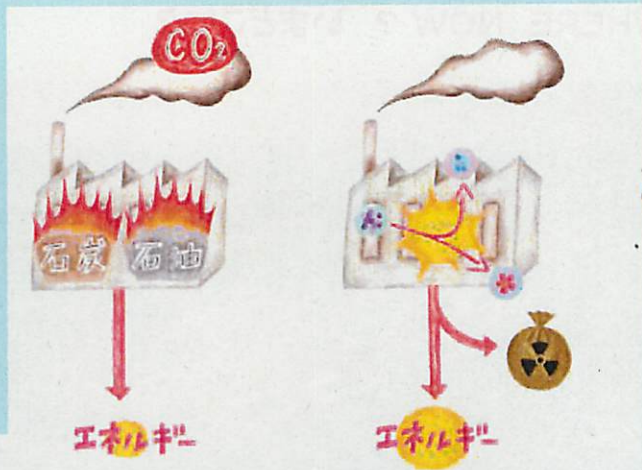
191015 地層処分学習会@坪谷



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

坪谷隆夫  
 日本原子力学会シニアネットワーク連絡会副会長  
 動燃事業団(現・原子力機構)元理事・環境技術開発推進本部長

ごみ(廃棄物)の処分技術



191015 地層処分学習会@坪谷

kidsnet

どのような技術でも社会に定着する  
 ためには人々に信頼される仕  
 組み(制度)+社会の支持(需  
 要)が不可欠です

WHAT? それはなに?

使うところではごみは出ません

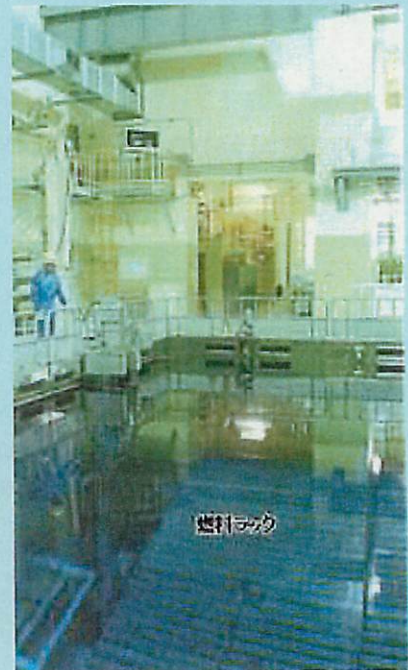


191015 地層処分学習会@坪谷

WHERE, NOW? いまどこに?



柏崎刈羽原子力発電所(東京電力)



燃料ラック

使用済み燃料保管(中国電力HP)

使ったあとの燃料(使用済み燃料)は原子力発電所で安全に保管(まだ、廃棄物ではありません)

## 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

100万kWの発電所1年間の運転では?

新鋭石炭火力発電所

エネルギー



石炭+O<sub>2</sub> (空気)



燃焼

CO<sub>2</sub>

二酸化炭素  
500万トン

原子力発電所

エネルギー



ウラン燃料



核分裂

高レベル放射性  
廃棄物

ガラス固化体  
30本  
(約15トン)

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CO<sub>2</sub>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

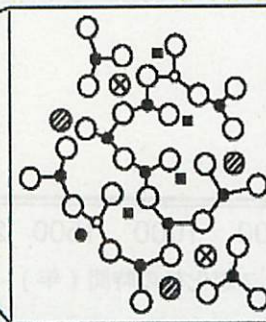
④分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態④



黒曜石(霧ヶ峰自然保護センター)



ガラス固化体



- 酸素
- ケイ素
- ホウ素
- ナトリウム他
- ⊗ アクチノイド
- ⊙ 他の廃棄物元素

(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、保守などともなってい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 0.005
		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放射線廃棄物小委員会 (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)」

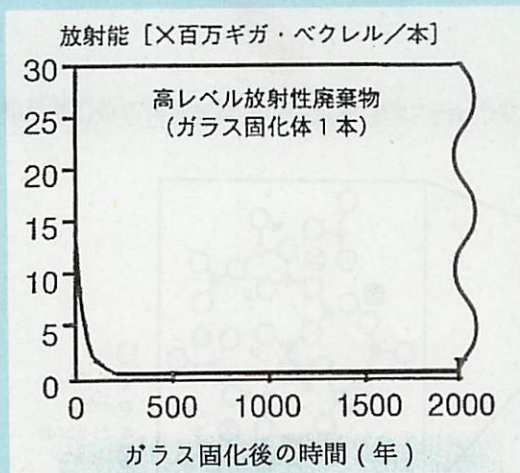
発生量は僅少

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

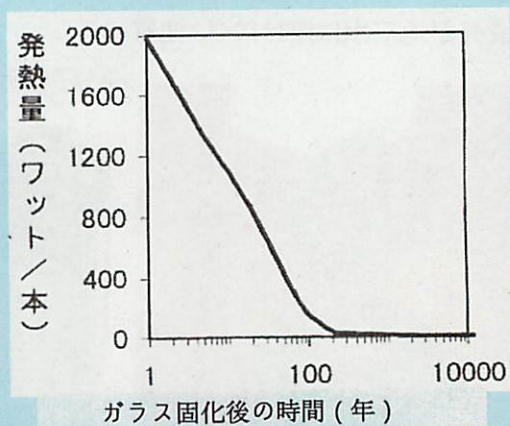
## WHICH? どんなもの?

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？

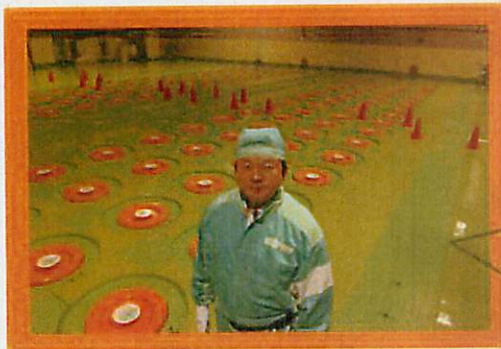


ガラス固化体の形で安全に保管されています  
(青森県六ヶ所村)

WHERE, NOW ? いまどこに？

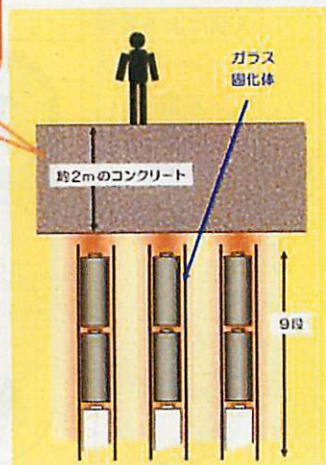
安全に処分できる発熱量に下がるまで、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター等に保管しています。

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。

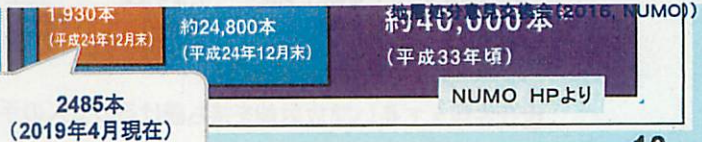


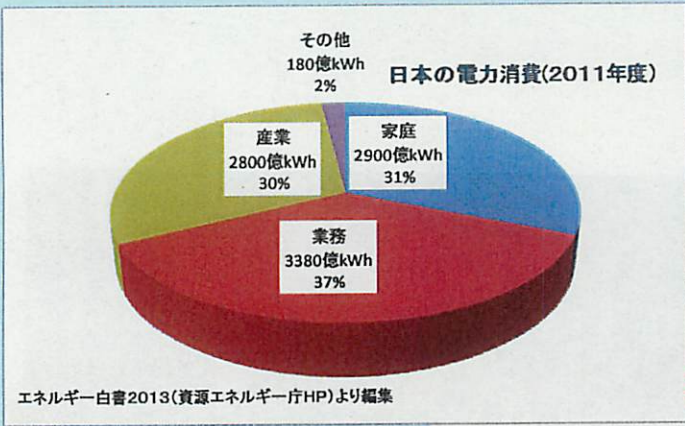
日本原燃 高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター (青森県六ヶ所村)  
\*写真は2014年12月24日(水)週刊誌の取材で訪問した際の海氏(掲載誌「週刊新潮」)

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。



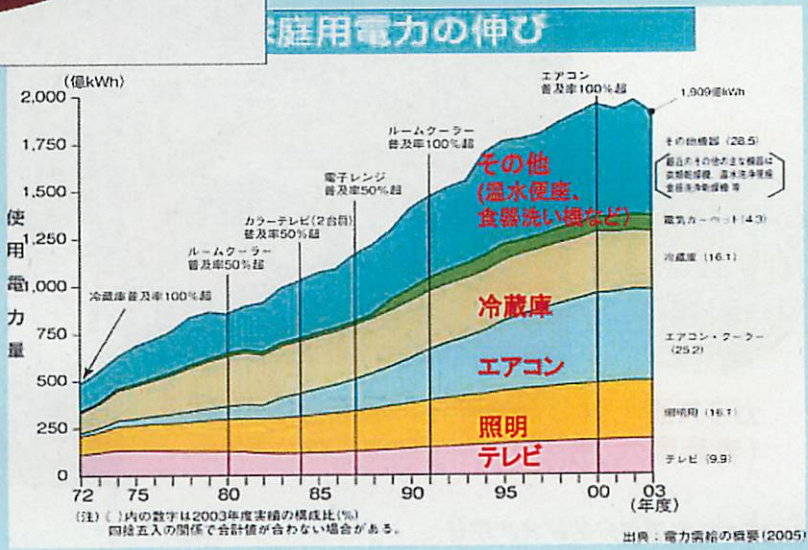


WHO? 誰が出しているの?

ガラス固化体



191015 地層処分学習会@坪谷



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

高レベル放射性廃棄物の処分方法

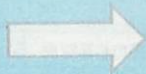


世代を超えて長い間放射能を持ち続けるので人の手を借りて保管し続けることは望ましくない

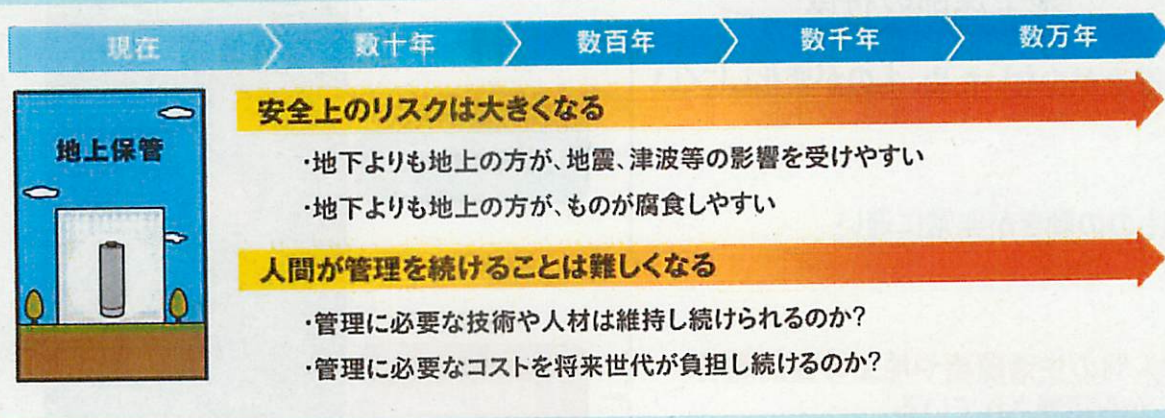
191015 地

## 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

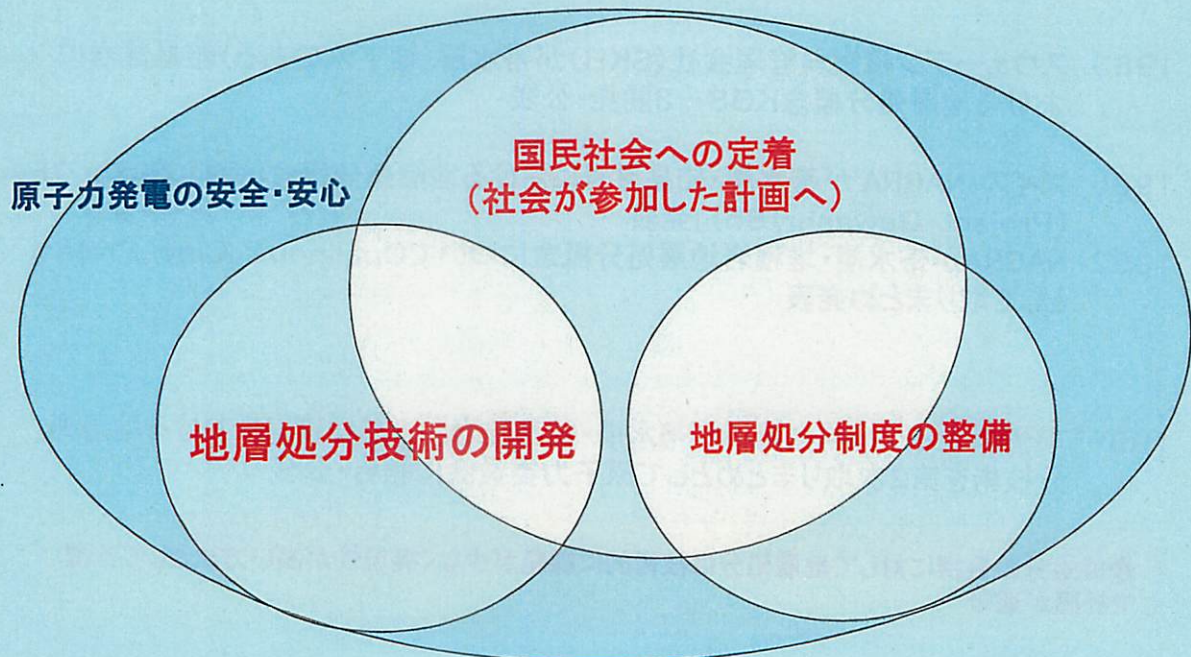


資源エネルギー庁HP(2017年8月)

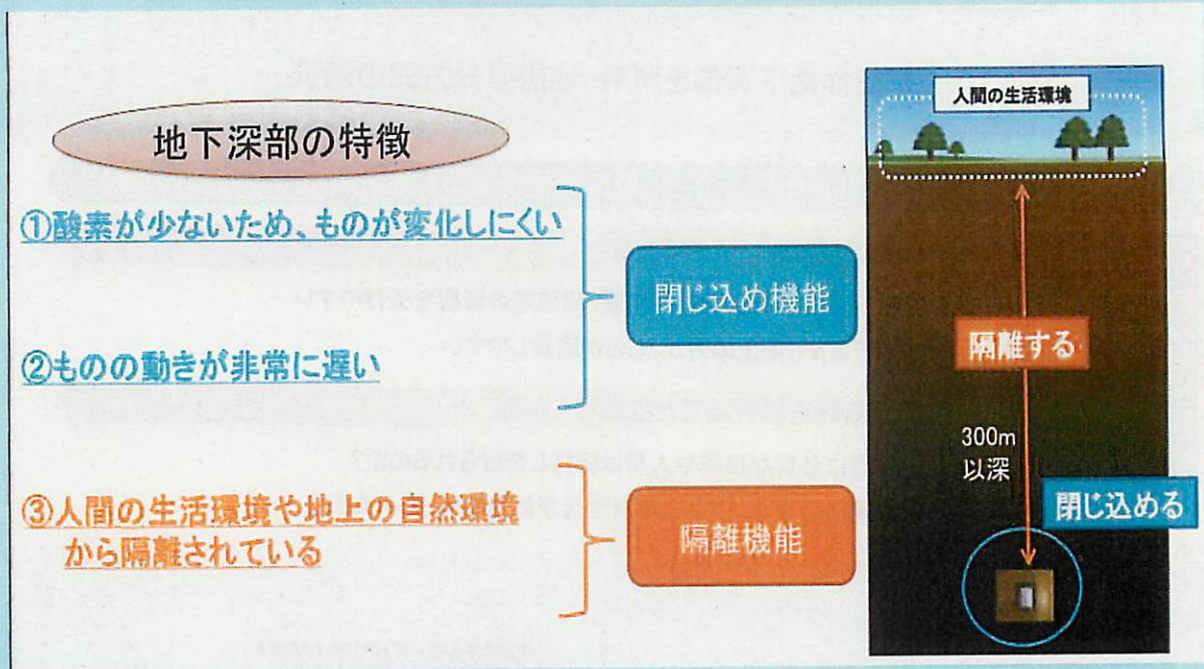
## HOW? どうするの?

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

地層処分事業 世紀に一度の公益事業



## HOW? どうするの?



地層処分全国シンポジウム(資源エネルギー庁(2017))

## HOW? どうするの?

### 地層処分技術の開発

- 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

最終処分の目標に対して地層処分は技術的に課題が少なく実現性が高い方法として各国で計画が進む



HOW? どうするの?

地層処分技術の開発

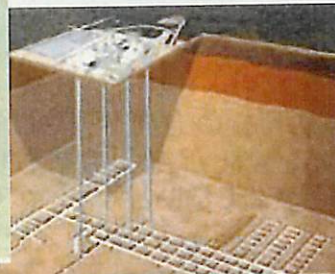
地下水のない環境



堆積岩・結晶質岩の利用

191015 地層処分学会@坪谷

岩塩層の利用



世界初の地層処分施設WIPP(操業中、米国)

地下水のある環境 (帯水層)



穂村弘さん 歌人  
“1000年前から続く日本一文系な職業”



冷たい熱湯中のキッチンでは電子レンジがふたがたの音で、お弁当を解凍する。穂村弘「食べ物」をテーマにした詩集「君がいない夜」

文系と理系 専門家と一般人  
「ミルクが火を使って温められることは分かる。しかし、電子レンジで温めることは不安だ。めちゃくちゃに分子が振動させられたミルクは大丈夫なのか」

## 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

### 第四紀学

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無く、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ます。

また、プレートの大きさに比べて処分施設は十分小さいため(6~10km<sup>2</sup>)、極めてゆっくりと動くプレートと一体になって、その構造や形状を変えずに動いていきます。

【現在の相対的なプレートの動き】

フィリピン海プレート:約5cm/年  
(対ユーラシアプレート)  
太平洋プレート:約8cm/年  
(対北米プレート)



日本列島周辺のプレート

(地質調査研究推進本部地質調査委員会編、1997に加盟)



## 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

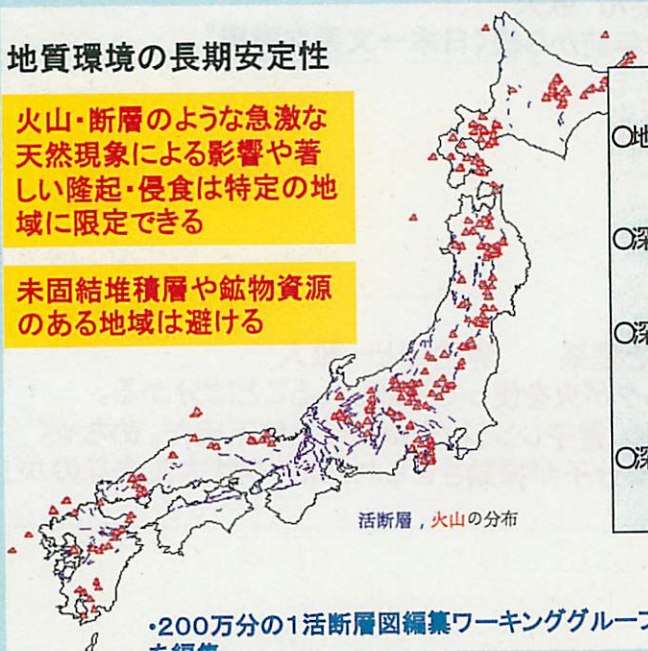
今までの知識 人工バリアの設置で考慮する地質環境(1)

### 第四紀学

#### (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

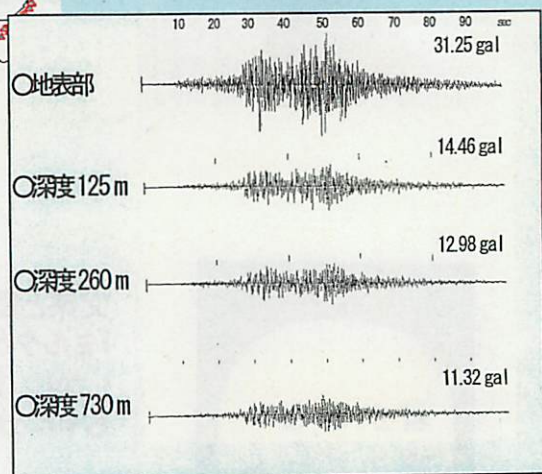


活断層, 火山の分布

・200万分の1活断層図編集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

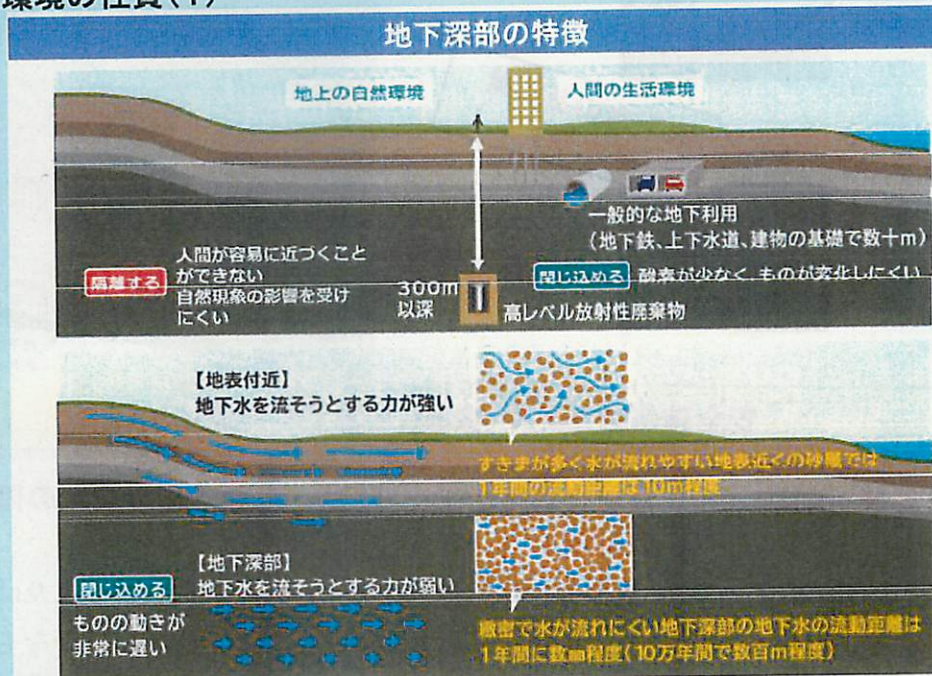
核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999)より編集

# HOW? どうするの?

岩石力学・水理学等

## 今までの知識 人工バリアの設置で考慮する地質環境(2)

### (2) 地質環境の性質(1)



# HOW? どうするの?

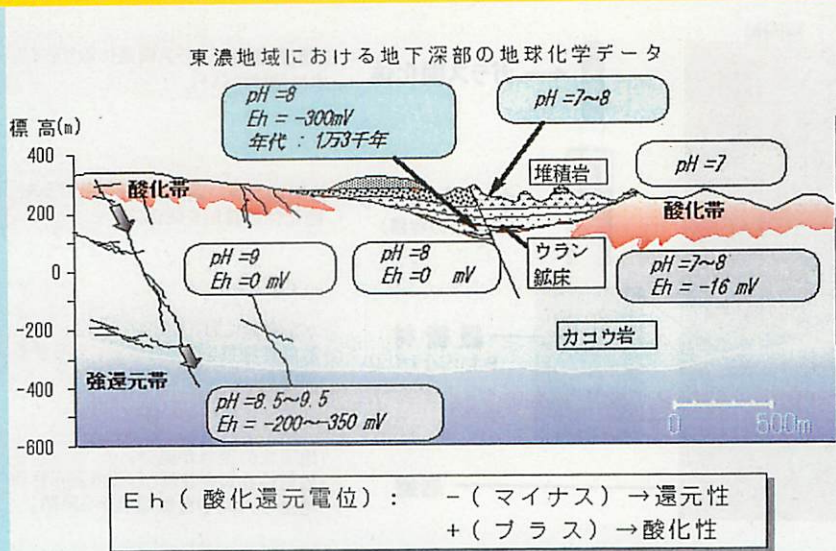
技術の目標: 長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する

## 今までの知識 人工バリアの設置で考慮する地質環境(3)

地下水化学

### (2) 地質環境の性質(2)

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



Eh (酸化還元電位): - (マイナス) → 還元性  
+ (プラス) → 酸化性

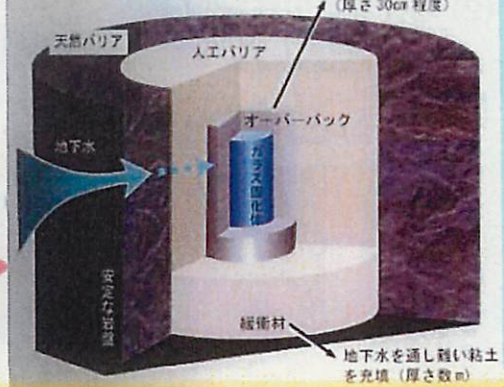
HOW? どうするの?  
地層処分技術の開発

人工バリア周辺で放射能が  
消滅していく

地層処分の基本構成



<処分の概念>



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

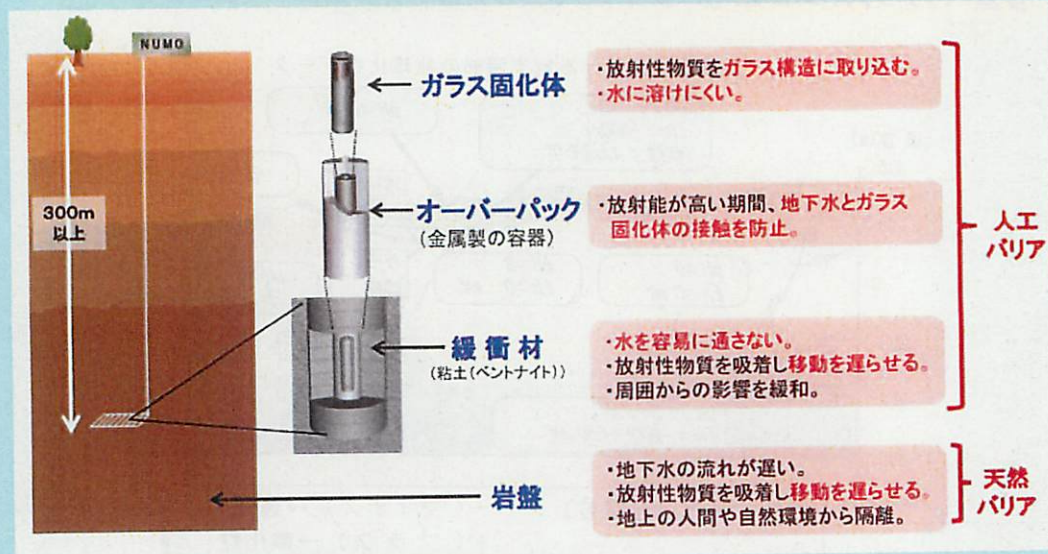
核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999)

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 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

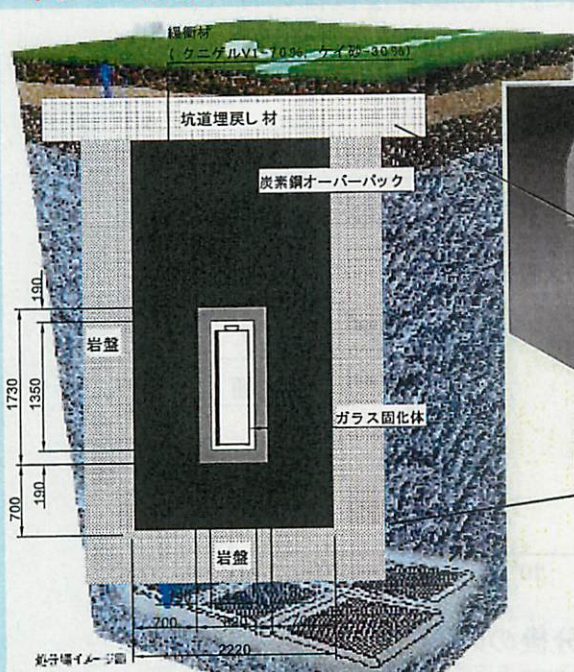
土木工学・岩石力学



## 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

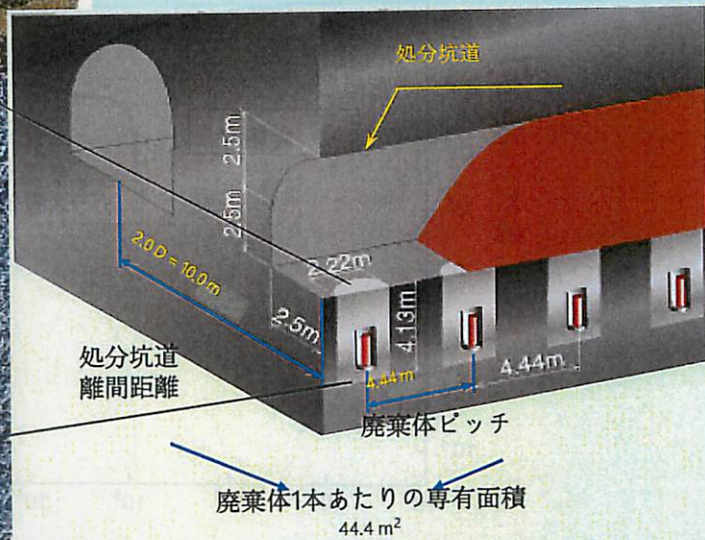
今までの知識 地質環境を考慮した人工バリアと処分技術



人工バリア仕様例  
(鉄: 約5.6ton, 緩衝材[定置時]: 約24.1ton)

197013 地層処分子目云々

人工バリア材料は天然素材



処分坑道  
離間距離

廃棄体ピッチ

廃棄体1本あたりの専有面積  
44.4 m<sup>2</sup>

処分坑道仕様例  
(処分孔竖置き方式[硬岩系岩盤])

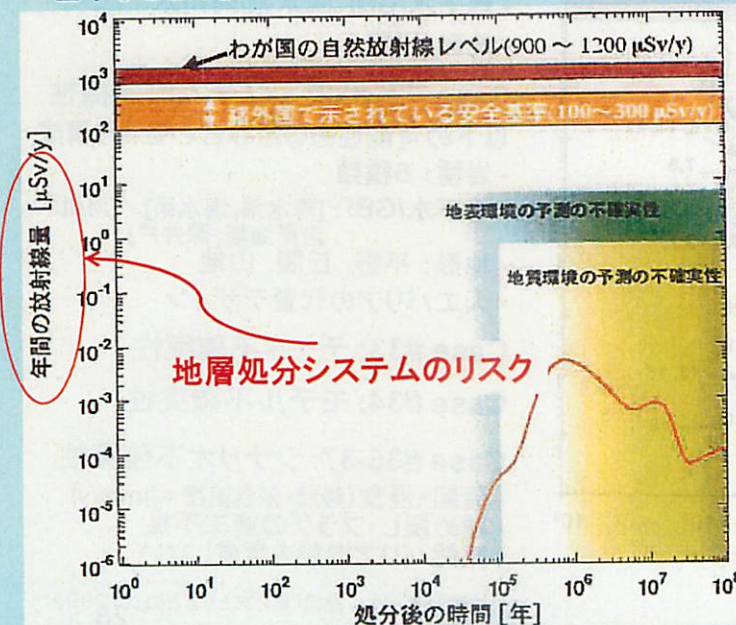
核燃料サイクル機構「第2次とりまとめ」(1999)

## 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、

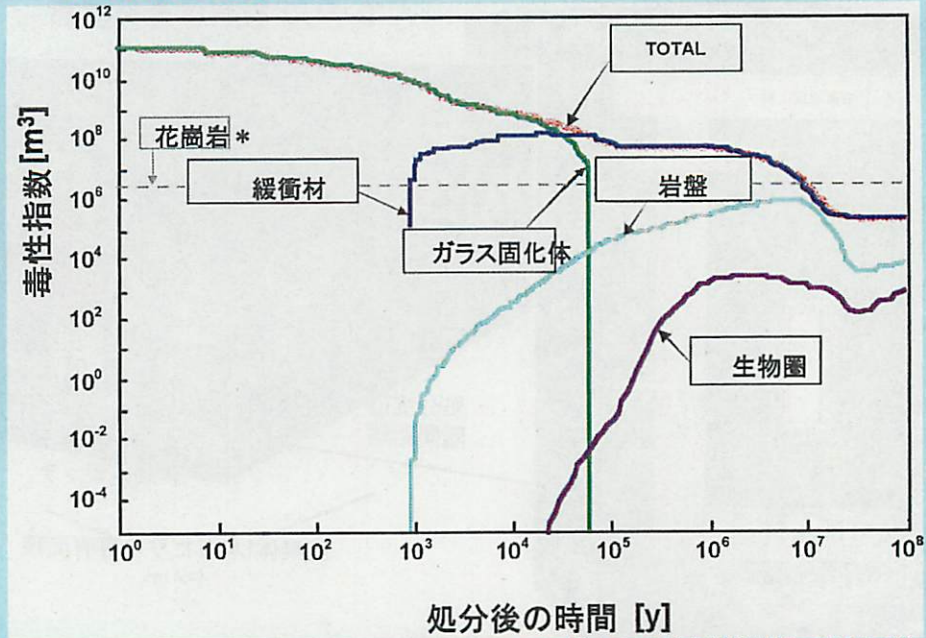
最大で自然放射線の1万分の1程度と試算

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

多面的な推論: バリア効果の表示 (例: 各バリアにおける放射性核種の存在量)



処分後の時間 [y]

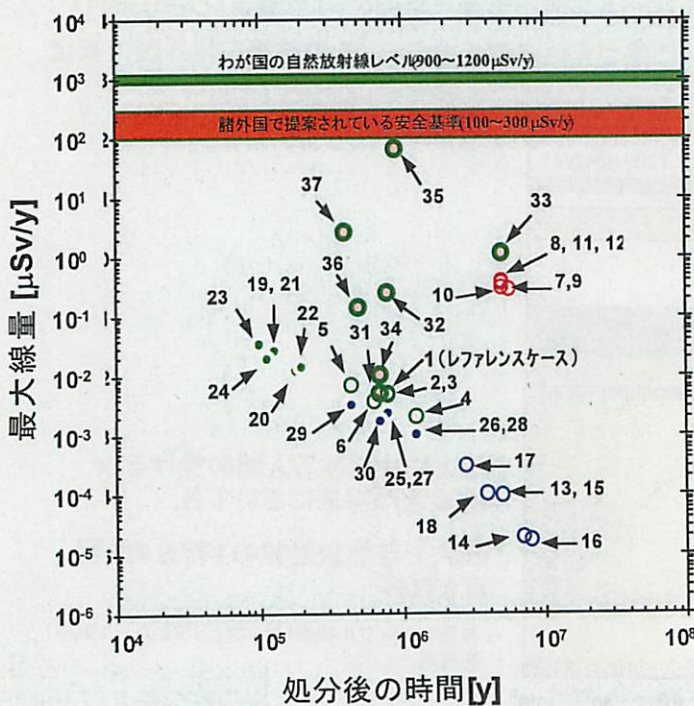
\* : 1 ppm の天然ウランを含む花崗岩 (5 x 10<sup>5</sup> km<sup>3</sup>)

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

不確実性



Case #1: レファレンスケース

- 岩種: 結晶質岩 (塩基性)
- 地下水/GBI: 降水系/河川水
- 地形: 平野

Case #2- #32: システムの多様性

以下の可能性ある組み合わせより構成

- 岩種: 6種類
- 地下水/GBI: [降水系, 海水系] / [河川水, 沿岸海域, 深井戸]
- 地形: 平野, 丘陵, 山地
- 人工バリアの代替デザイン

Case #33: データ不確実性

Case #34: モデル不確実性

Case #35-37: シナリオ不確実性

- 隆起・侵食 (隆起・侵食速度 = 1mm/y)
- 埋め戻し・プラグの施工不良
- 天然バリア機能を考慮しない

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

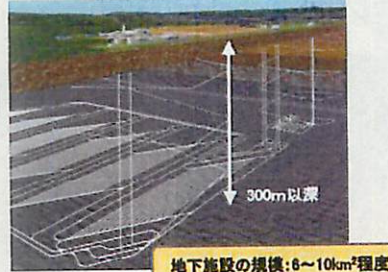
- 地層処分施設は、ガラス固化体を4万本以上埋設できる施設とすることを計画しています。
- 施設の規模は、地上施設が1~2km<sup>2</sup>程度、地下施設が6~10km<sup>2</sup>程度、地下坑道の総延長は200km~300km程度と見込んでいます。

### 地上施設のイメージ



地上施設の規模: 1~2km<sup>2</sup>程度

### 地下施設のイメージ



地下施設の規模: 6~10km<sup>2</sup>程度



セントレア(約5 km<sup>2</sup>)

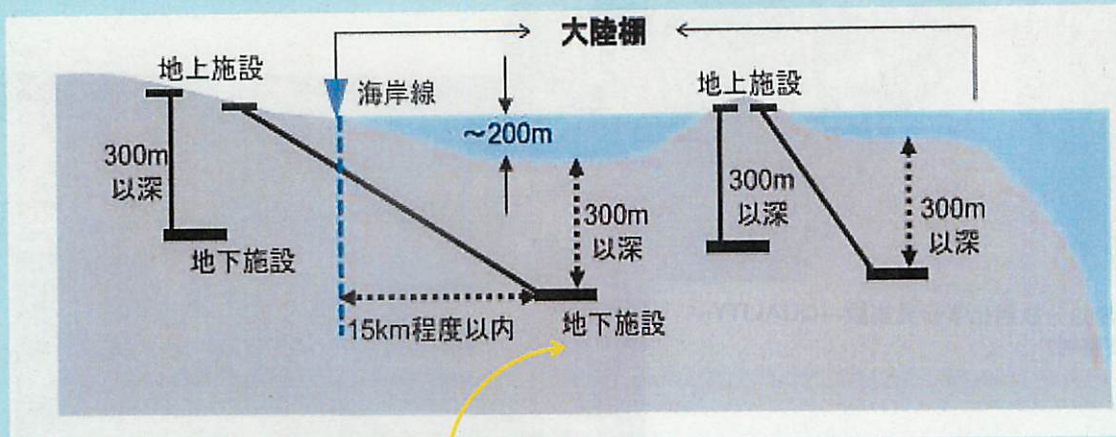
最終処分事業費: 約3.8兆円  
 ※地層処分相当低レベル放射性廃棄物(TRU等廃棄物)の処分費用も含む。  
 ※費用は原子力発電を行う電力会社等が拠出。

埋め戻し材  
 オーバーバックに封入したガラス固化体  
 埋設坑道  
 ※壁面に埋設する方式の場合

16

# HOW? どうするの?

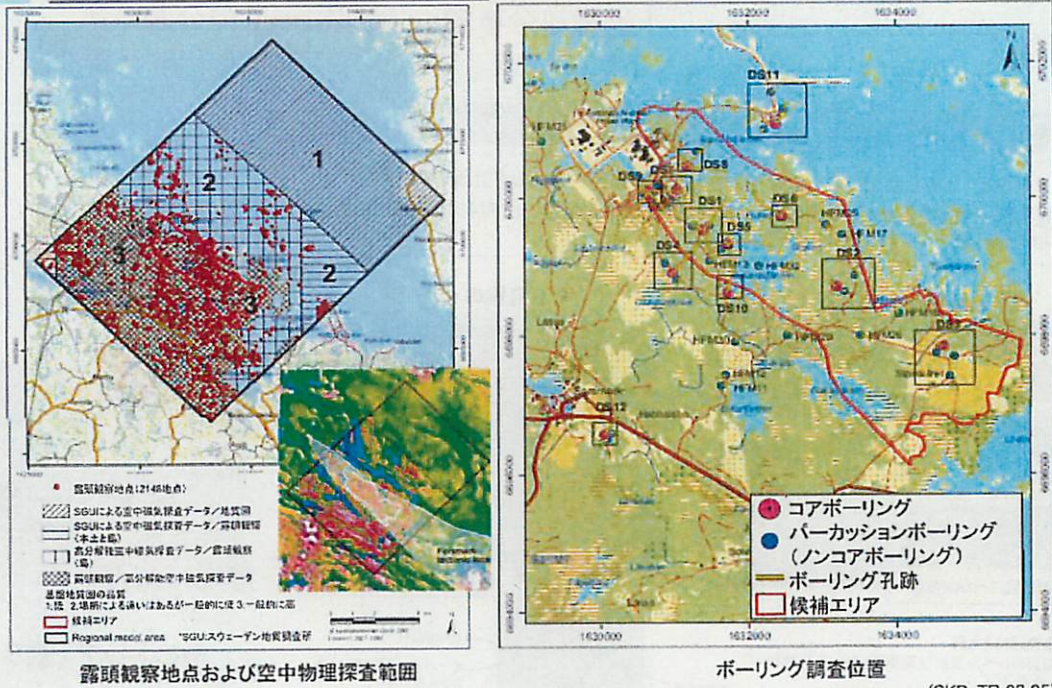
## 沿岸部における地層処分のイメージ



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

沿岸部における地質環境調査事例  
 (スウェーデン フォルスマルクの使用済燃料処分場建設予定地)



191015 地層処分学習会@坪谷 NUMO (総合資源エネルギー調査会第2回沿岸海底下処分研究会資料) (2016年3月) 31

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—  
 (東海村)

(原子力機構HP)



熱-水-応力-化学連成試験設備  
 (COUPLE)

地層処分基盤研究施設—ENTRY—

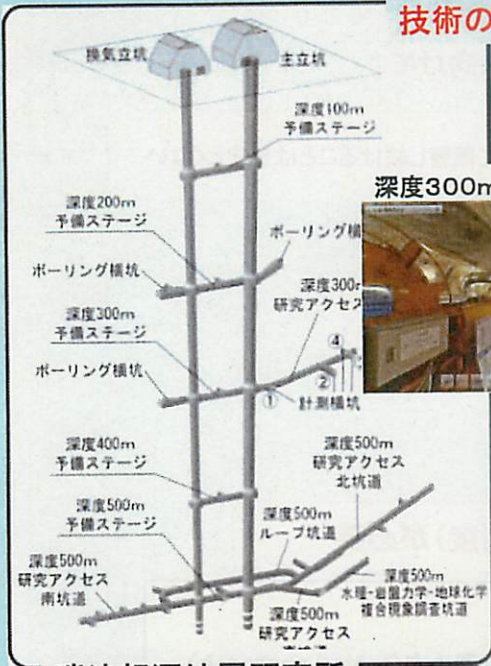
191015 地層処分学習会@坪谷



**HOW? どうするの?**

たゆみない研究開発と人材育成

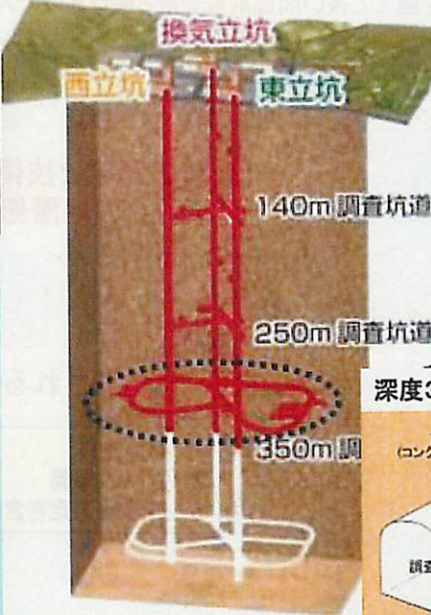
技術の目標:長い時間、人間の生活環境から安全に隔離する



**瑞浪超深地層研究所**  
(2015. 1現在)  
(岐阜県瑞浪市)

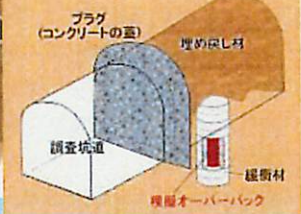
結晶質岩系研究

**幌延深地層研究センター**(2015. 1現在)  
(北海道幌延町)

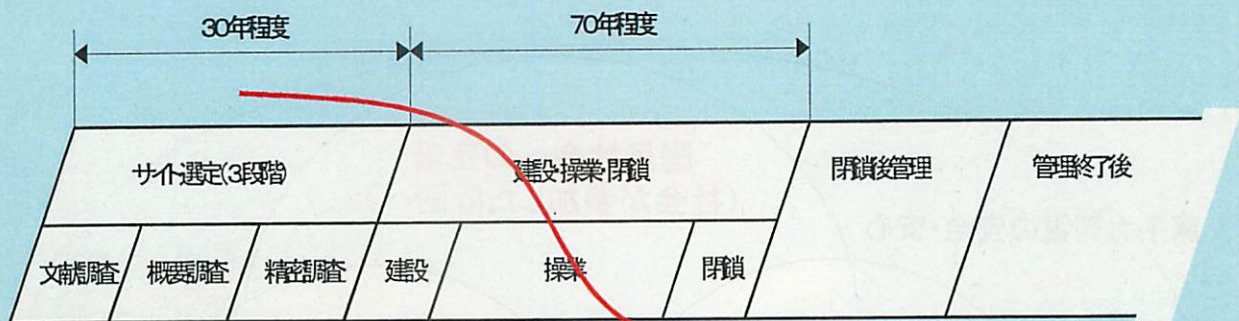


堆積岩系研究

深度350m研究状況



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



高レベル放射性廃棄物の放射能

地層処分の目標

## 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、

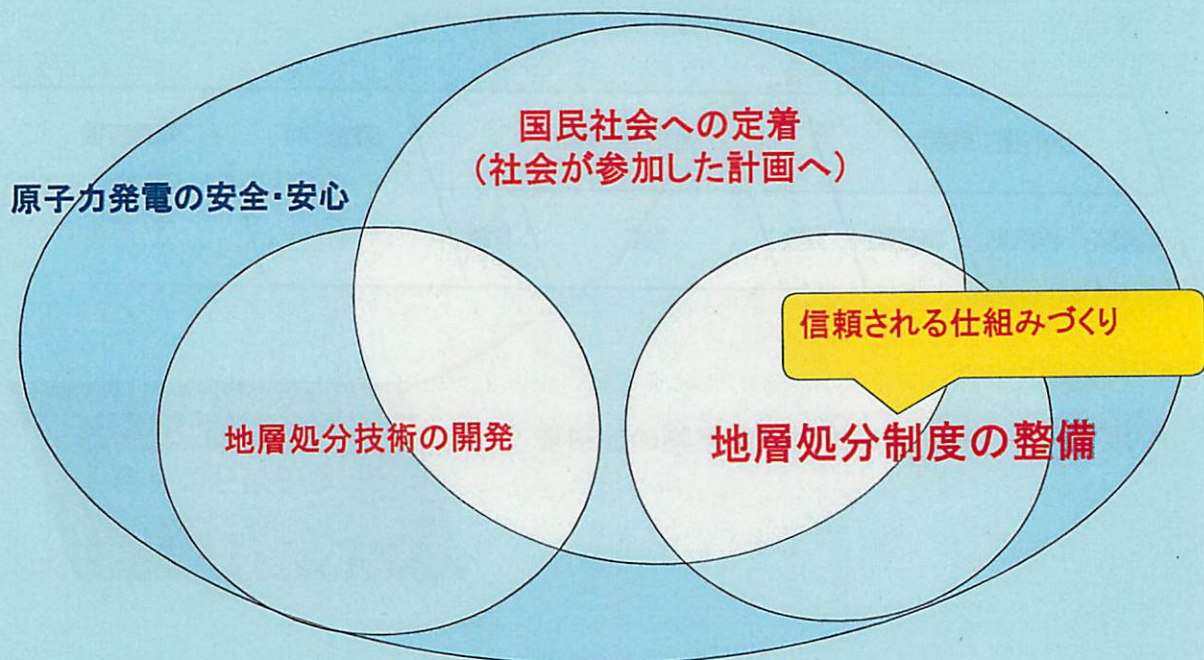


人々(社会)に信頼される仕組み(制度)が必要

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)

## 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



## 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」（最終処分法）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で最終処分政策見直し着手
- 2013年12月 最終処分関係関係会議発足
- 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
- 2015年 5月 最終処分基本方針閣議決定
- 2017年 7月 資源エネルギー庁が「科学的特性マップ」を全国地図の形で提示・公表

191015 地層処分学習会@坪谷

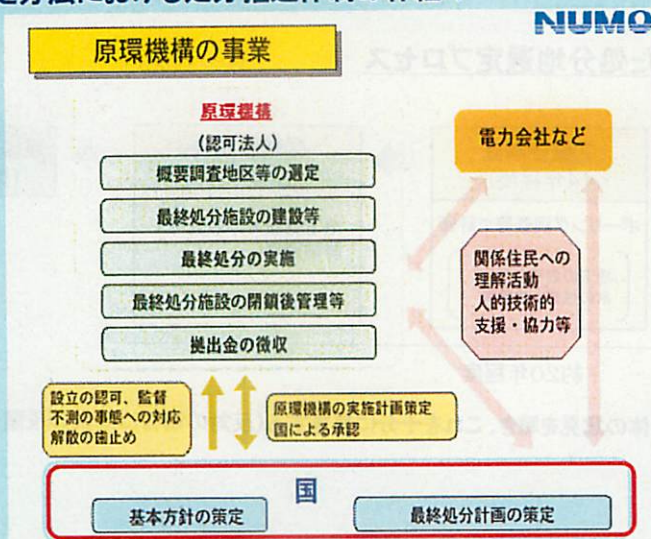
37

## 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

#### 最終処分法における処分推進体制の枠組み



「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

191015 地層処分学習会@坪谷

原子力発電環境整備機構(NUMO)資料 38

## HOW? どうするの?

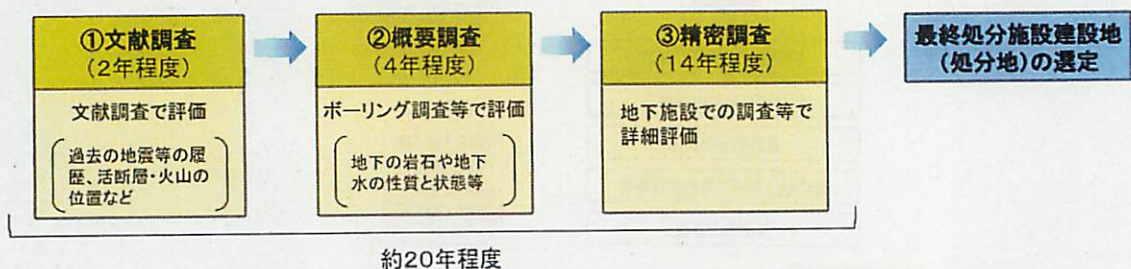
最終処分法：安定した事業の実施(最終処分費用の積み立て)



## 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

### ◆最終処分法で定められた処分地選定プロセス

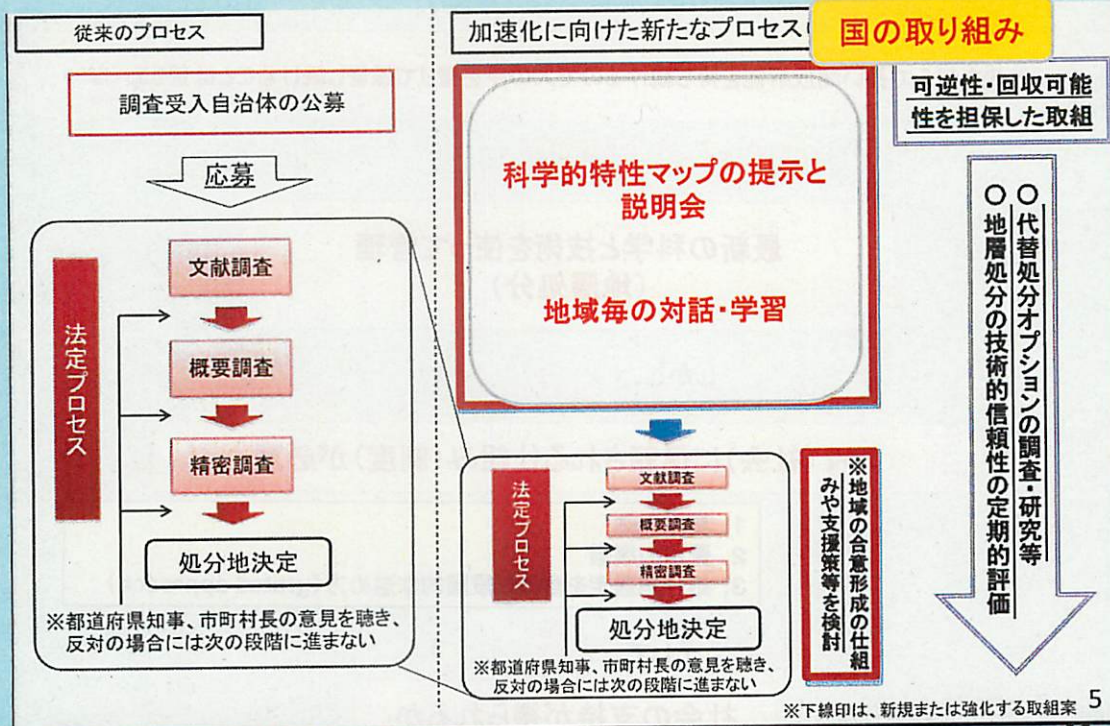


※各調査段階において、地元自治体の意見を聴き、これを十分に尊重する(反対の場合には次の段階へ進まない)。

# 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



NHK連続ドラマ マッサン

- ウイスキーづくりの工場立地に山崎(京都府)が向いていることを技術者と経営者が一致
- 技術者は自然環境(水と霧)の面で
- 経営者(出資者)はロジステックス(製品の輸送)と売り上げ(市場の認知)の面で

優れた技術であることは大事だが、  
マーケット(国民)が評価(社会が認知)しなければ技術は消え去る

## 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、

人々(社会)に信頼される仕組み(制度)が必要

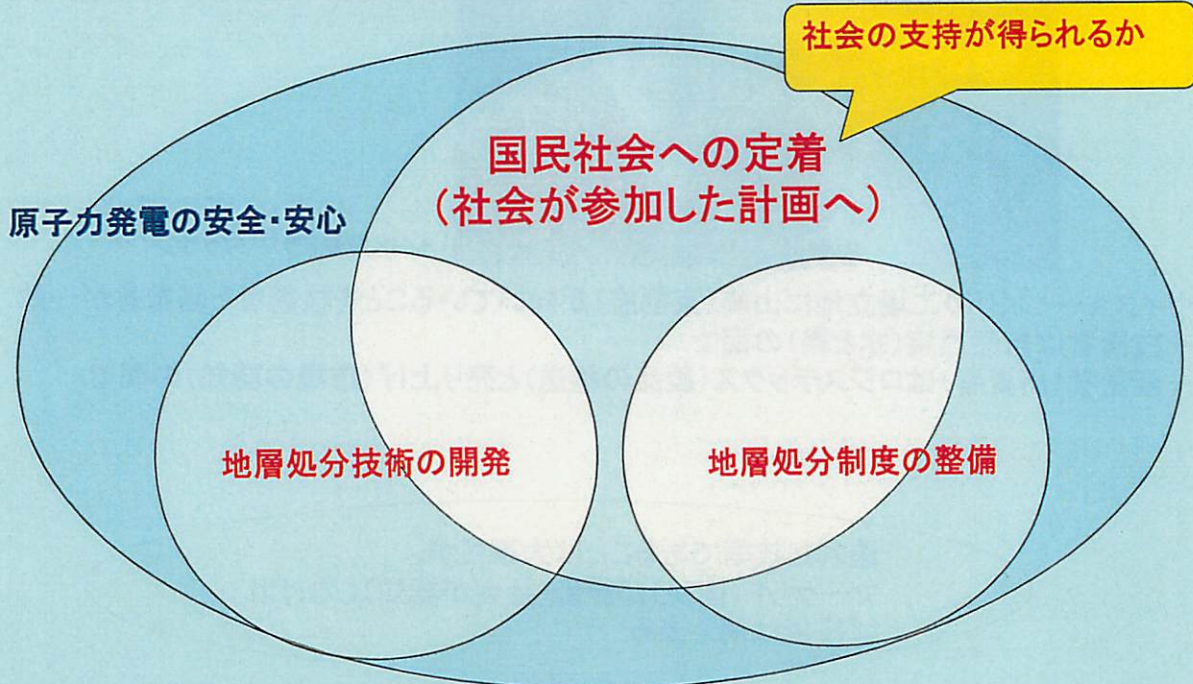
1. 実施主体
2. 費用の準備
3. 処分地選定を含めた段階的な進め方 (grated approach)

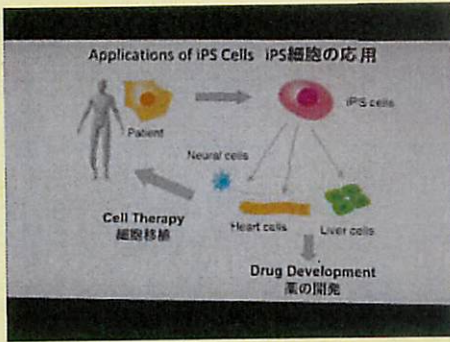
そして、

社会の支持が得られるか

## 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



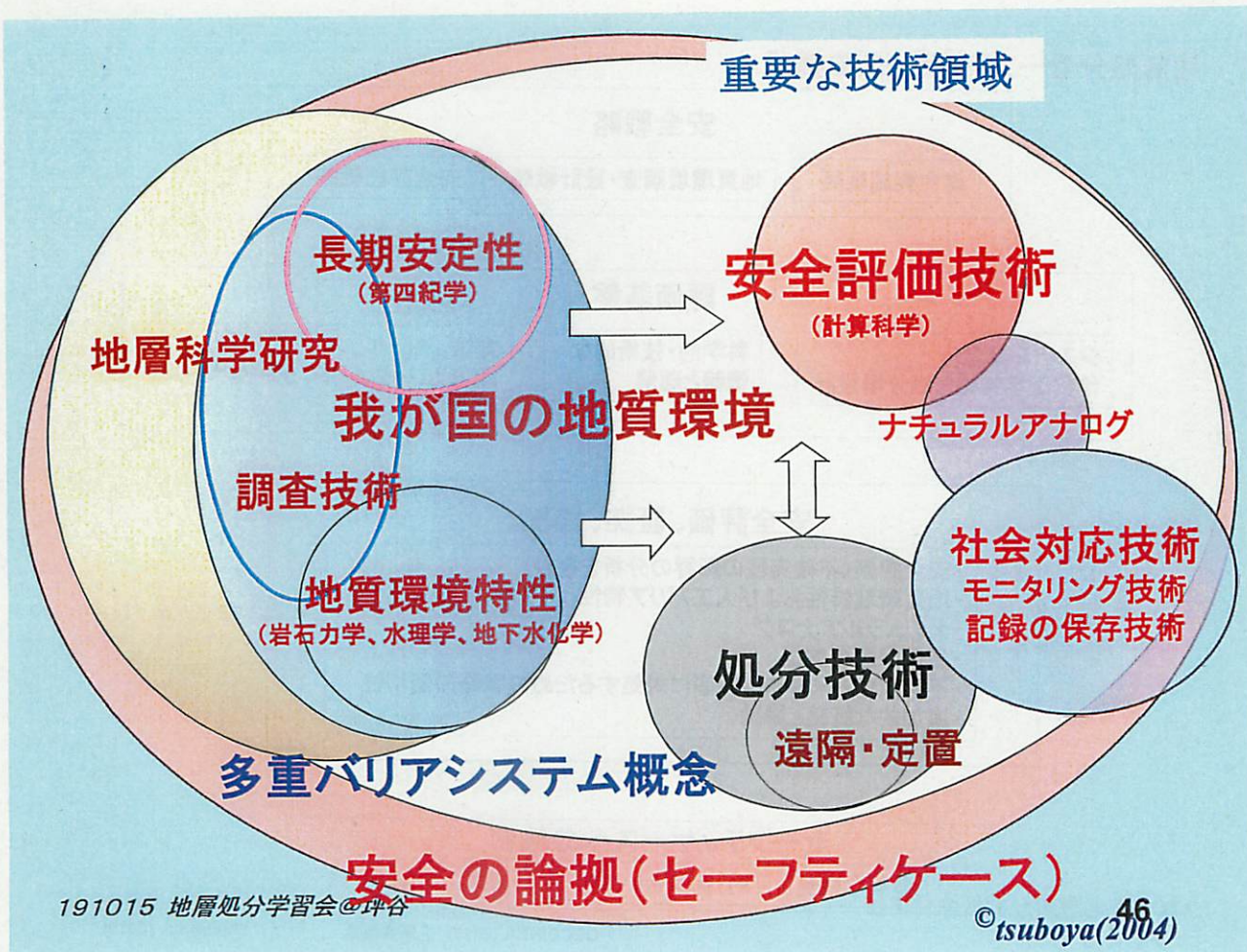


iPS細胞研究はトランス・サイエンス



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。」



## HOW? どうするの?

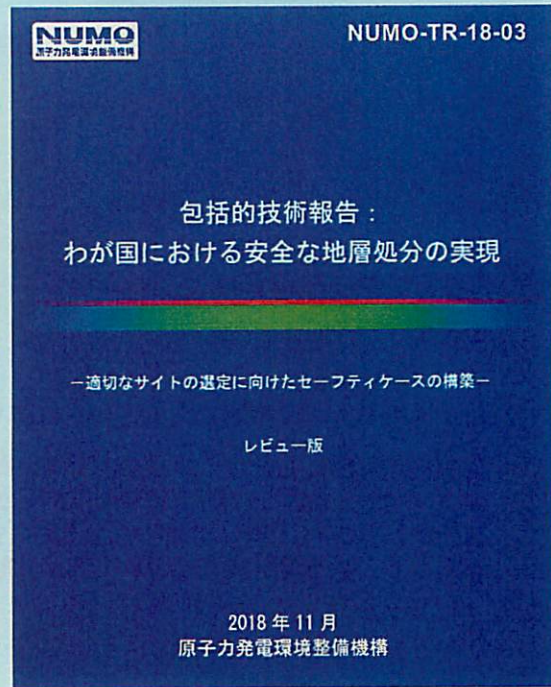
NUMOが「包括的技術報告書」  
レビュー版公表(2018年11月)

最終処分実施主体として、  
どのようにして安全な地層処分を実現しよ  
うとするのか社会に問うため  
⇒論拠と証拠を集成(セーフティケース)

今後、処分地の選定など地層処分計画の  
段階に応じて作成され更新される

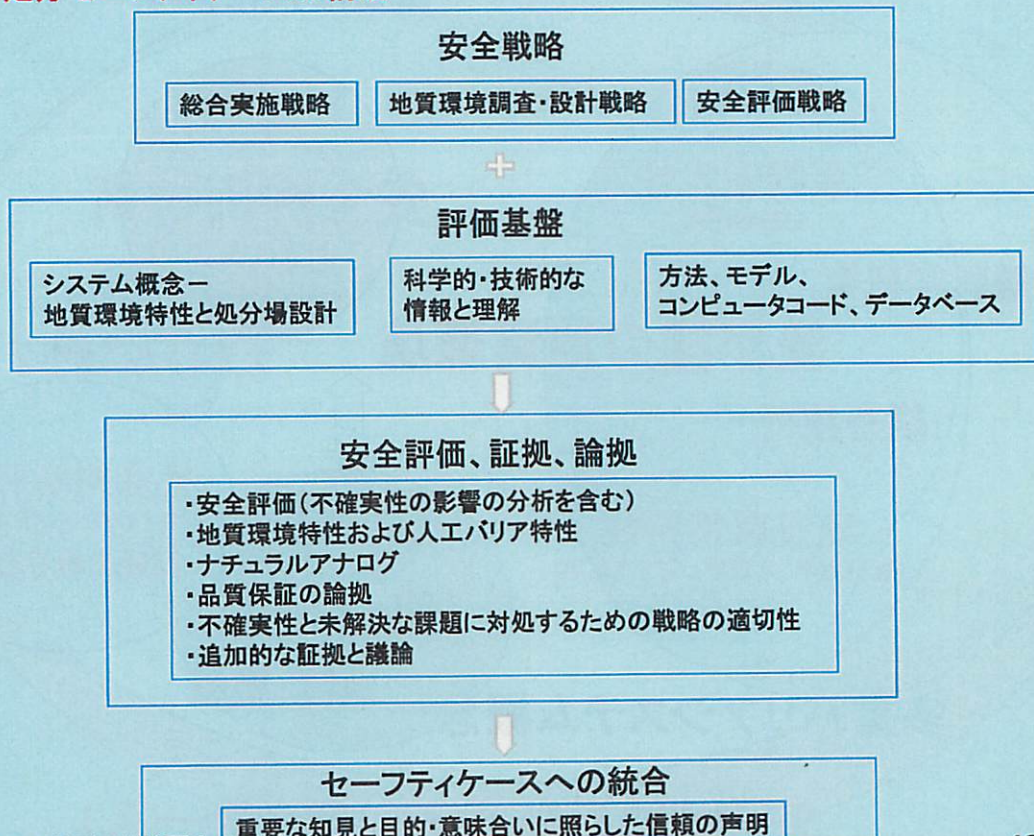
セーフティケース(アシュアランスケース)  
⇒不完全さや不確実さが避けられないシス  
テムの安全性や信頼性について事業者(開  
発者)の「確信」を認証機関や社会に論理  
的に説明する手立て。書類(セーフティケー  
スレポート)だけでなく映像、物品など様々  
な証拠を含む  
⇒近年の事例:  
鉄道信号システム、航空管制、「つながる  
社会」、医療点滴ポンプ、地層処分技術

191015 地層処分学習会@坪谷



47

## 地層処分セーフティケースの構成



191015 地層処分学習会@坪谷

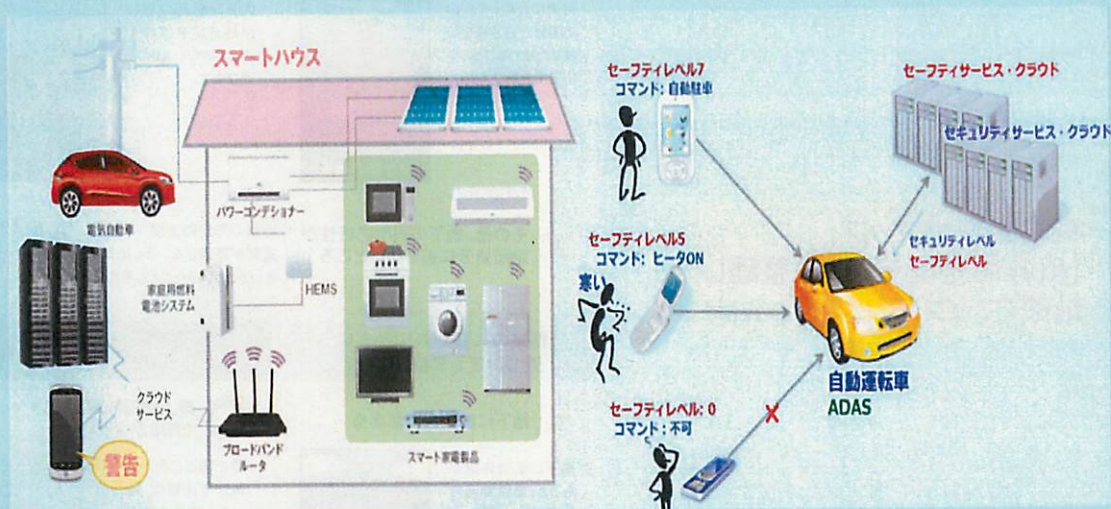
OECD/NEA (2013) を筆者編集

@tsuboya (2019)

48



先進分野で求められるセーフティケース(アシュアランスケース)  
例 5Gと「つながる世界」



(<https://www.ipa.go.jp/files/000043906.pdf>, 情報処理推進機構(2015))

HOW? どうするの?

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?

地層処分に適さない地下深部の科学的特性  
を国民が情報共有するため、



科学的特性マップ  
(既存の全国データを整理し  
地図(マップ)で提示)

### ✕ 火山に近い

将来にわたって火山の活動が処分場を破壊したりすることのない場所を選びます。



### ✕ 活断層に近い

大きな断層のずれが処分場を破壊することのない場所を選びます。



### ✕ その他、地下の科学的特性が地層処分に適さないところ

地盤の隆起の速度が大き過ぎないか、地下の温度が高過ぎないか、地盤の強度が不十分でないか、といったことも考慮します。

将来の人間が気づかずに近づいてしまわないか?

### ✕ 地下に鉱物資源がある

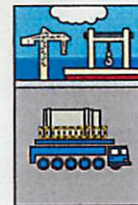
地下に鉱物資源があると、施設管理終了後の遠い将来に、人間が掘削してしまうかもしれません。



輸送時の安全性が確保されるか?

### ○ 陸上輸送距離が短い(海岸から近い)

陸上輸送にかかる時間や距離は、短い方が安全上好ましいです。



191015 地層処分学習会@坪谷

資源エネルギー庁資料(2017)

## HOW? どうするの?

### 「科学的特性マップ」の位置づけ

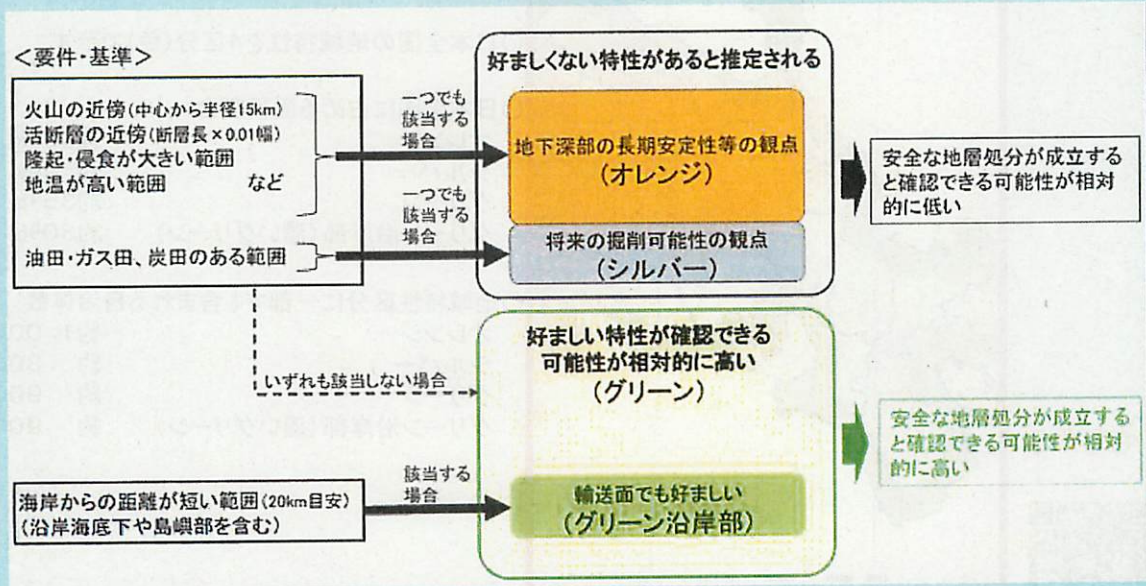
- 1 最終処分法で規定する文献調査をはじめとする処分地選定に先立ち、地下の科学的な特性が地層処分に適さないところや輸送面で好ましい地域を全国地図(マップ)で示した「科学的特性マップ」を国が提示すること
- 2 提示した科学的特性マップを活用して多様な価値観を持つ人々が参加する対話活動を通じて国民や地域社会が最終処分について情報共有すること
- 3 対話を積み重ねる中で地域の発展を支援する総合的な施策を展開すること

191015 地層処分学習会@坪谷

## 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



第6回最終処分関係関係会議資料(2017年7月)

## HOW? どうするの?

### 科学的特性マップ

#### 好ましくない範囲の要件・基準

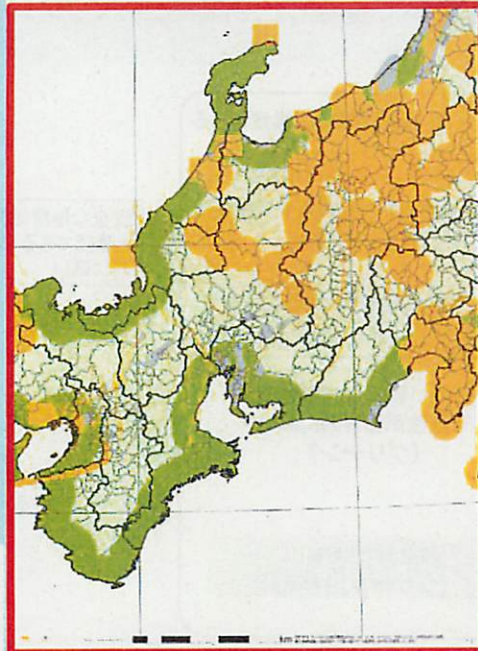
	要件	基準
火山・火成活動	火山の周囲(マグマが処分場を貫くことを防止)	火山の中心から半径15km以内等
断層活動	活断層の影響が大きいところ	主な活断層(断層長10km以上)の両側一定距離(断層長×0.01)以内
隆起・侵食	隆起と海面の低下により将来大きな侵食量が想定されるところ	10万年間に300mを超える隆起の可能性がある、過去の隆起量が大きな沿岸部
地熱活動	地熱の大きいところ(人工バリアの機能低下を防止)	15°C/100mより大きな地温勾配
火山性熱水・深部流体	高い酸性の地下水等があるところ(人工バリアの機能低下を防止)	pH4.8未満等
軟弱な地盤	処分場の地層が軟弱なところ(建設・作業時の地下施設の崩落事故を防止)	約78万年前以降の地層が300m以深に分布
火砕流等の火山の影響	火砕流などが及びうところ(建設・作業時の地上施設の破壊を防止)	約1万年前以降の火砕流が分布
鉱物資源	鉱物資源が分布するところ(資源の採掘に伴う人間侵入を防止)	石炭・石油・天然ガス・金属鉱物が賦存

#### 好ましい範囲の要件・基準

	要件	基準
輸送	海岸からの陸上輸送が容易な場所	海岸からの距離が20km以内目安

# 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



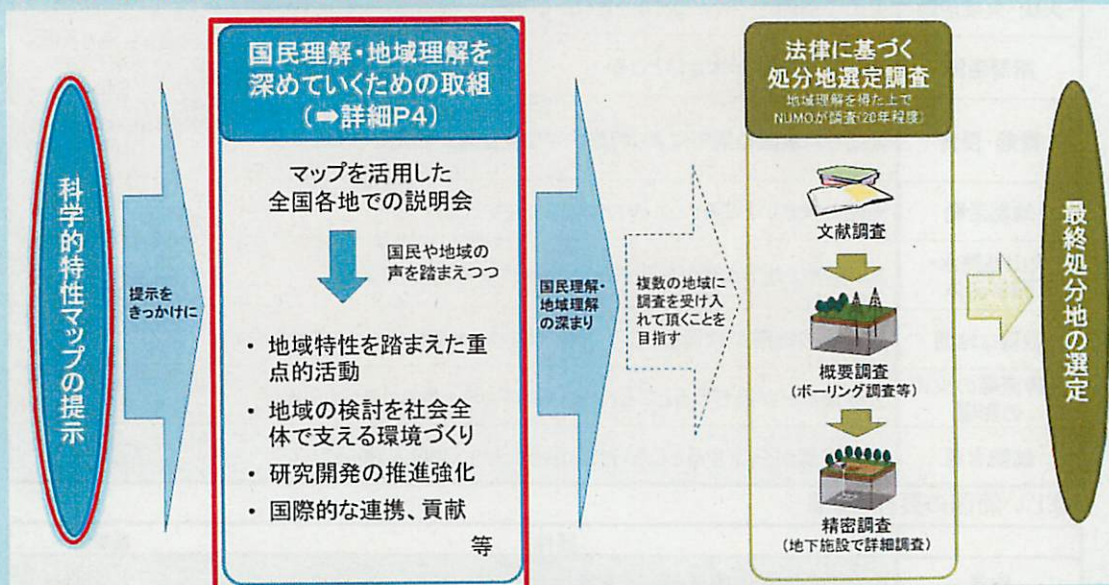
注記:「科学的特性マップ」本体は、1/200万の縮尺で作成(約90cm×約120cm)

# HOW? どうするの?

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回最終処分関係関係会議(2017))

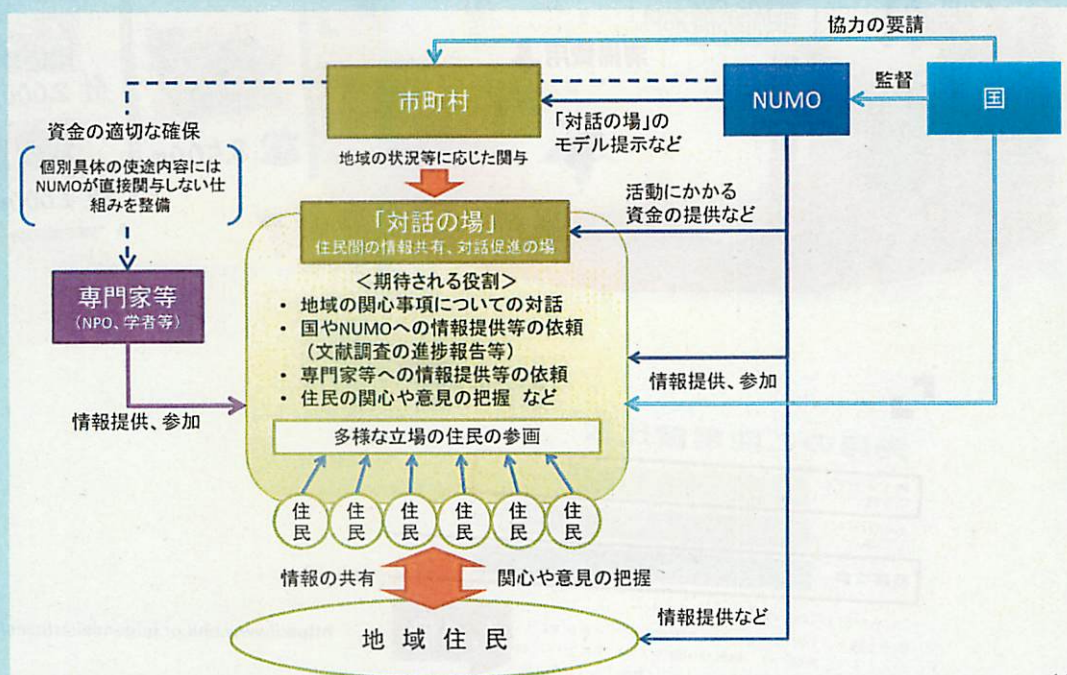
# HOW? どうするの?

## 対話型全国説明会の開催



# HOW? どうするの?

## これから 最終処分基本方針(改訂:2015年5月))に基づく「対話の場」の設営



## HOW? (どうするの?)

### 社会への定着(社会の信認)に向けて(大きな課題)

社会が政策や事業に信頼を寄せることができるかが鍵

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—「21世紀型の新技術—トランス・サイエンス」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
  1. 「情報の非対称性」を意識する
    - ⇒ どのようにして知識を共有するの?
    - ⇒ 技術は「信頼(confidence)」できるの?
  2. 「行動経済学」の成果を取り入れる
    - ⇒ どのようにして社会が信頼する意思決定プロセス・事業構想を構築するか?
- 最終処分地選定は生活に身近か
  - ⇒ 社会が政策・事業に「信頼(trust)」を寄せられるか?
    - ✓ 「市民の参加」にあるのか?
    - ✓ 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

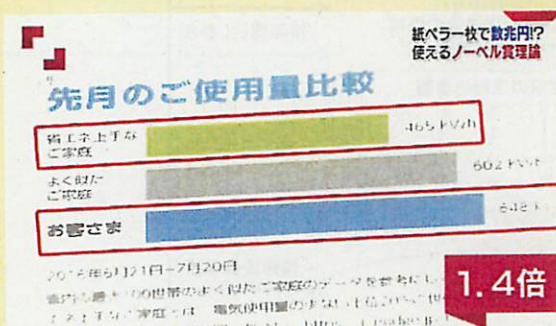
19

「味を確かめるより顔を見て決める」

@ tsuboya (2017)

59

### 注目される行動経済学—ナッジ(きっかけ、小さな誘導)



<https://www.nhk.or.jp/gendai/articles/4066/>

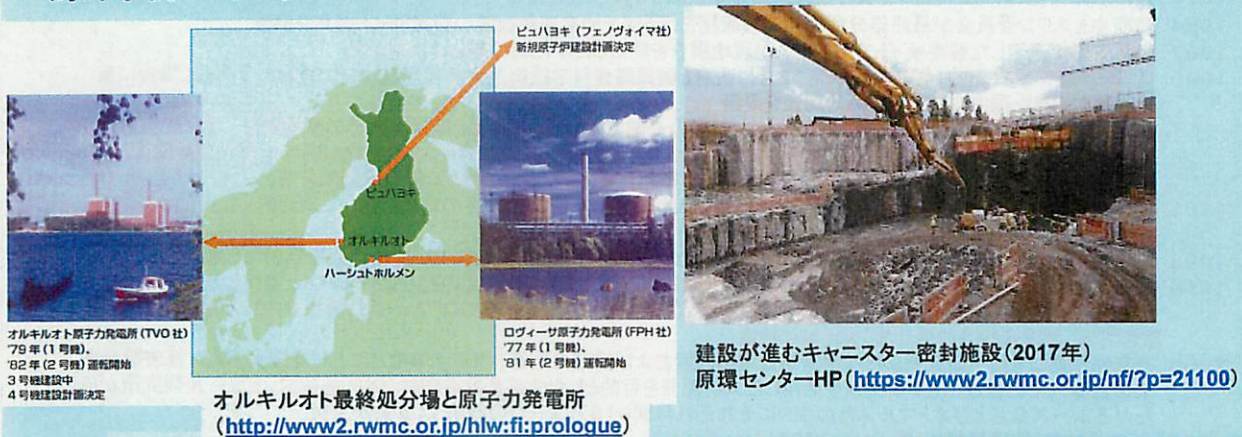
## 海外諸国の状況(2019年9月現在)



191015 地層処分学習会@坪谷

61

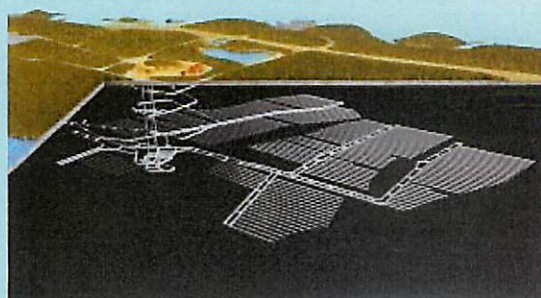
## 海外事例 フィンランド



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>)

191015 地層処分学習会@坪谷

62

## 海外の最終処分地選定に向けた事例—米国(建設地決定?)

- 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(注)を推奨する報告書を原子力委員会に報告
- 1982 **放射性廃棄物政策法(NWPA)**。NWPAは最終処分地選定、技術開発など包括的な枠組みを制定、恒久的な処分責任は合衆国政府としエネルギー省(DOE)に民間放射性廃棄物管理局(OCRWM)を設置。エネルギー省(DOE)長官が大統領への処分地推薦から大統領が処分地決定の法律に署名するまでの手続きを**詳細に規定**(条件付きで州知事の不承認は覆る、処分地推薦に際しての公聴会開催など)
- 1983 DOEが処分候補地9ヶ所を選定
- 1986 NWPAに沿ってDOEが処分地としての適性調査を実施する候補地として3ヶ所(テキサス州デフスミス、ワシントン州ハンフォード、ネバダ州ユッカマウンテン)を推薦し大統領が承認
- 1987 **議会が放射性廃棄物政策修正法(NWPAA)**。適性調査地点をユッカマウンテンに限定。合衆国議会 およびDOEに対して高レベル放射性廃棄物処分計画を勧告する独立した政府機関として「**地層処分技術評価委員会(NWTRB)**」を設置。NWTRBは全米において**パブリックミーティングを開催**
- 1990 **NAS/NRCが米国の地層処分計画について改善勧告**。DOEにリスク・コミュニケーション努力の大幅な拡張、州・地方自治体・インディアン部族、環境保護団体および関心団体との意義ある対話を要求
- 1992 DOEがユッカマウンテンに地下調査施設(ESF)を着手し坑道での調査作業を開始
- 1998 DOEが「**実現可能性評価報告書**」公表
- 1999 ニューメキシコ州カールスバッドで軍事関連施設から発生した**TRU廃棄物地層処分施設が操業開始**
- 2001 DOEが「**予備的サイト適合性評価報告書**」などについて公聴会(ラスベガス3回、地元との協議会合29回、追加公聴会9回)
- 2002 **DOEがブッシュ大統領に地層処分地としてユッカマウンテンを推薦**。地元メディアなどの調査でネバダ州民の80%は計画に反対。全米世論調査(2002年)では70%が賛成  
**ネバダ州知事が合衆国議会に不承認通知**。上下両院で立地承認決議。大統領が署名し法的決定
- 2008 DOEが原子力規制委員会(NRC)にユッカマウンテン処分場の建設許可申請。NWPAIにもとづき NRCが受理
- 2009 **オバマ大統領がユッカマウンテン計画を中止**
- 2010 DOE長官が大統領の指示に基づき「**ブルーリボン委員会**」を設置
- 2012 **ブルーリボン委員会が勧告文書を公表(1月)**
- 2013 連邦議会上院が新たな政府関係機関の設立、同意に基づく処分地選定など新法の審議開始  
DOEがブルーリボン委員会の勧告に基づいた廃棄物政策を発表
- 2015 上院に2015年放射性廃棄物管理法案が提出
- 2016.1-7 全米8カ所でPublic Meeting「**同意に基づく処分地選定**」開催(DOE)
- 2017-19 **トランプ政権がユッカマウンテン計画再開を目指す**が連邦議会は予算計上せず

191015 地層処分学習会@坪谷

63

(注)高レベル放射性廃棄物は注意深く選択した地層に位置し、自然のレベル近くまで放射能が低減するまで人と環境から隔離する

## 海外の最終処分地選定に向けた事例—フランス(精密調査段階)

- 1979 最終処分実施・研究主体として放射性廃棄物管理機関(ANDRA)を設置
- 1984 政府キャスタン委員会が最終処分用地の適性確認を行う地下研究施設設置の暫定サイト選定を勧告
- 1987 産業大臣が選定した暫定サイトでANDRAが現地調査を開始したが地元の厳しい反対運動
- 1990 **ロカール首相が調査の1年間凍結決定**。2月に政府と国民議会科学技術選定評価局(OPECST)がバタイユ議員に反対運動が起きた理由について包括的調査を要請  
12月にOPECST報告(バタイユ委員会報告)。情報の公開、ANDRAの強化、処分地選定の再検討を 3本柱として地層処分の地点選定作業の再開を提言。主要な提言に加えて、研究所設置地域のインフラ整備に向けた地方公共団体との調整役の必要性、地方経済の活性化策の検討、原子力発電同等の税制地元優遇措置に言及
- 1991 **放射性廃棄物管理研究法制定**。地下研究所の受け入れに関心を示した28件の申請に対して政治的・社会的合意を得る調停官としてバタイユ議員を任命。
- 1998 調停団の対話活動で粘土質岩の研究所サイトとしてビュールを選定。花崗岩については地元の反対のため選定断念
- 1999 ANDRAがビュール地下研究所の建設と研究活動開始。研究法に基づき研究の監視、ANDRAと住民との情報仲介などを目的とした組織「**地域情報フォローアップ委員会(CLIS)**」(構成:政府、ANDRA、国民議会および上院、自治体議員、職能団体、学識経験者の各代表)を地域に設置
- 2000 研究法に基づき地下研究所または地層処分場の設置および操業の推進、周辺区域などにおける国土整備・経済開発事業の自県内での推進、地下研究所を活用した人材開発を目的とした**公益事業共同体(GIP)**を設立。ビュール研究所がまたがるムーズ県およびオートマルヌ県のGIPにそれぞれ年間915万ユーロの政府助成金が交付
- 2005 ANDRAが研究成果報告(Dossier2005)。  
バタイユ委員会が**公開討論国家委員会(CNDP)**の開催結果などに基づいて可逆性(reversibility)(回収可能性を含む)のある地層処分が最善であるとする報告書  
**廃棄物発生者がビュール地域をエネルギー戦略拠点としていく持続的な地域開発事業を展開**
- 2006 国家評価委員会(CNE)も同様の総括評価報告書  
**放射性廃棄物管理計画法制定**。同法でサイト住民の代表を加える新CLISおよびGIPを規定
- 2007 ビュール地下研究所周辺(250km<sup>2</sup>)で最終処分地選定に向けた地質調査開始
- 2010 同区域内の絞り込まれた候補地域(30km<sup>2</sup>)で地質調査開始
- 2013 **公開討論国家委員会(CNDP)が地層処分場の設置に関する公開討論会の開催**(~2014. 2)
- 2014 CNDPが公開討論会の総括報告書、市民パネルの見解書などを公表
2016. 3 ANDRAが「**安全オプション意見請求書**」を原子力安全機関(ASN)に提出
- 2018 地層処分場の設置許可申請予定

191015 地層処分学習会@坪谷

64

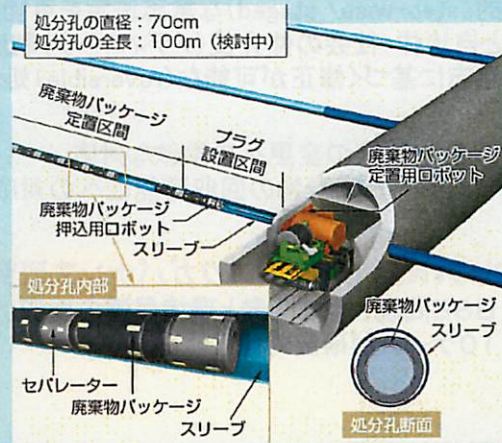
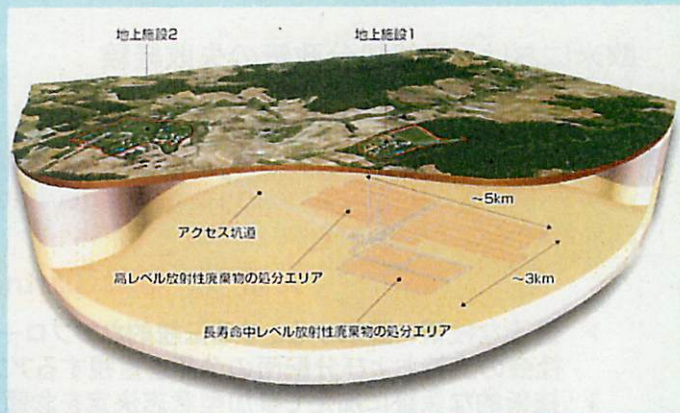


## 海外事例 フランス

- 可逆性のある地層処分が基本方針に
- 放射性廃棄物等管理計画法が制定
- 2007年に開始
- 地下研究所周辺(250km<sup>2</sup>区域)で新たな地質調査
- 新たな地質調査結果も踏まえて2009年末に政府に提案
- 候補サイト(30km<sup>2</sup>区域)をANDRAが提案、政府の了承
- 放射性廃棄物等管理計画法に基づき、2013年に開催
- 公開討論会の開催
- 2018年には申請可能となる予定
- 処分場の設置許可申請
- 2025年には操業可能となる予定
- 処分場のパイロット操業フェーズの開始
- パイロット操業フェーズの結果を評価し許可
- 処分場の全面的な操業開始



191015 地層処分学習会@坪谷



## 社会への定着に向けて

### エネルギー基幹都市構想に基づく地元雇用創出に向けた複合事業(フランス)

#### ○事業内容

廃棄物発生者であるフランス電力株式会社(EDF)、原子力庁(CEA)、AREVA社が以下の事業を実施。これらの地元雇用創出につながる各種地域振興事業の実施をとおして、2015年までに1,000人の地元雇用の創出を目指す。

事業分類	取組主体	取組概要(事業概要)
バイオマス・エネルギーの安定供給に関する事業	CEA	次世代バイオマス燃料生産施設
	EDF	木材ガス化によるコジェネレーションのパイロットプラント
	AREVA社	バイオディーゼル生産施設、バイオマスによるコジェネ発電所
	3者共同	バイオマス利用のための森林開発等研究の実施
省エネに関する事業	EDF	省エネ設備移行等に際しての、融資支援、設備工事に際しての地元企業への発注等
地場産業活性化に関する事業	3者共同	地場産業である鉄工・冶金産業を中心とした、専門能力工場(研修)の設置、地域企業からの製品購入・発注等
地域の開発支援事業や中小企業支援	EDF	EDFの古文書保管施設の設置、スベアパーツ倉庫の設置(設置可能性調査の実施)
	AREVA社	AREVA社の古文書保管施設を設置
	3者共同	企業融資(低利融資、金利補助)

地層処分事業と地域振興プランについて  
(地域振興構想検討会(経済産業省、2008年))

## 欧米における最終処分政策の失敗経験

### 意志決定プロセスの見直し

- 「決定・通知・擁護」型 (decide, announce and defend model)  
→ 「参画・相互作用・協力」型 (engage, interact and co-operate model)

対話

協働 (partnership)

- 最適な技術を訴求するとする伝統的なアプローチから社会の支持および分配面の公平を重視するアプローチの実現
- 技術的な保証に加えて参加型意志決定を念頭においたプロセスが重要
- 段階的 (step-wise/ staged) な意志決定を可能にする概念の導入
- 技術と自治体・社会の仲介役 (メディエータ) 制度の導入
- 社会意志に基づく修正が可能な (reversible) 処分計画の開発

- ✓ 意志決定の変更への柔軟な対応
- ✓ 埋設した廃棄物の回収可能性への対応

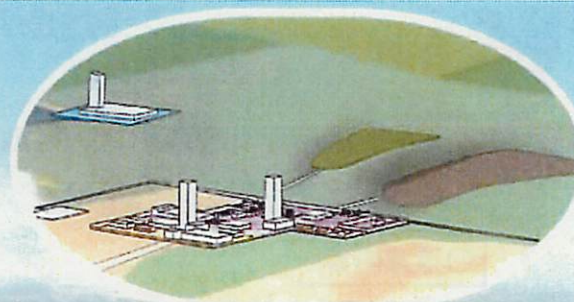
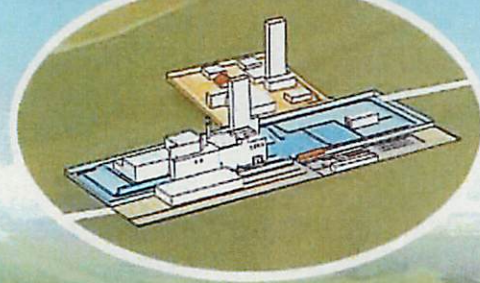
主にOECD/NEA(2004)

### TRUSTNET (EUのリスクガバナンス研究) 成果の反映

- BSE問題、地域開発と環境保護の衝突、エネルギー政策など10ケースが研究対象

佐原、坪谷 (2009)

## 社会への定着に向けて (分地域)



### 私の提案

- × 「地層処分事業を進めるために地域振興」
- 「地域発展計画に組み込まれた地層処分事業」



安心だけど安全でない  
—小川さゆりさん(御嶽山登山ガイド)



問題が起きてから対処はもう通じない  
—マーク・ザッカーバーグ(Facebook創業者)

(日経、2019年9月26日)



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

pixta.jp - 19603705