

# 高レベル放射性廃棄物問題とは何か?

長沢 啓行 (若狭ネット資料室長、大阪府立大学名誉教授)

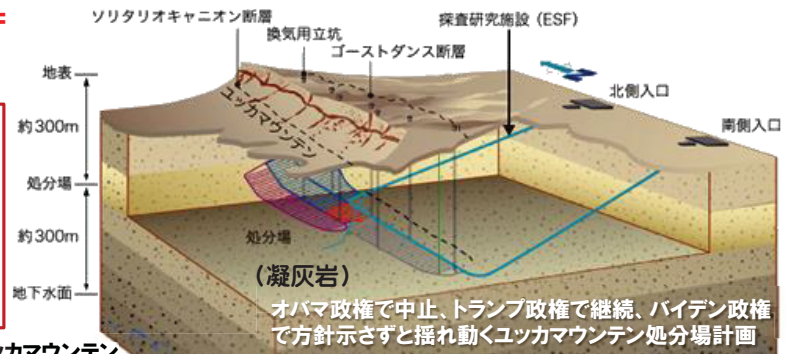
主催:サヨナラ原発福井ネットワーク (福井県国際交流会館 特別会議室)

- (1) 「科学的有望地」が「科学的特性マップ」になった理由
- (2) ガラス固化体の炭素鋼容器オーバーパックは1000年程度で溶解  
TRU等廃棄物の廃棄体パッケージは早期に機能喪失・下流配置
- (3) TRU等廃棄物による被ばく線量はヨウ素129が支配的
- (4) 稀事象シナリオでは、緊急時被ばく状況や現存被ばく状況を想定
- (5) 「現世代の責任」は、最終処分場建設ではなく、  
これ以上高レベル放射性廃棄物を生み出さないことである!

**プレート境界に位置する地震・火山国 = 日本での「深地層処分」は許されない!**

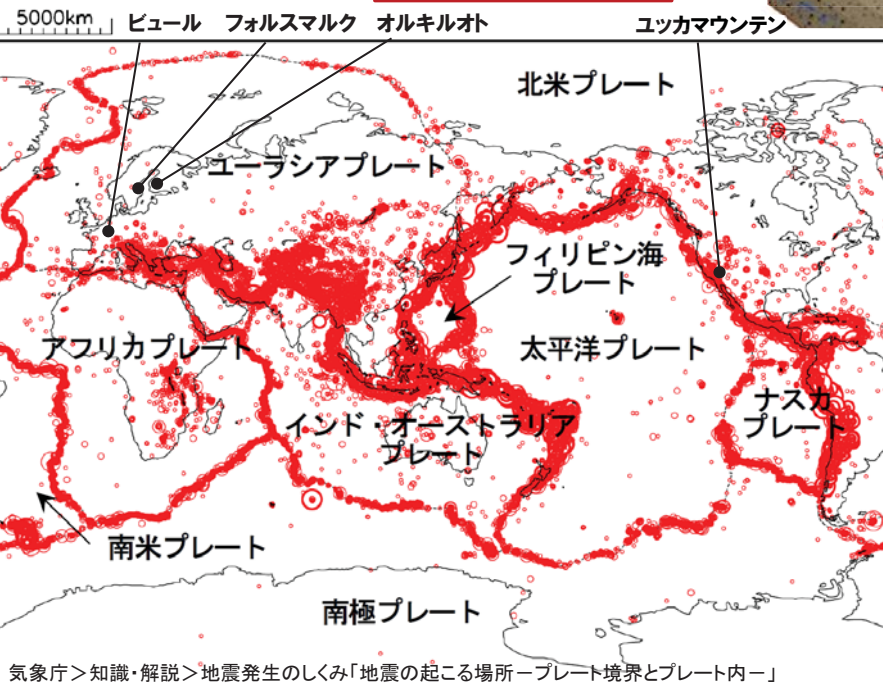
「高レベル放射性廃棄物や使用済み燃料の最終処分場」を探す、受け入れることが重要なのではない

使用済み燃料をこれ以上生み出さないことこそが、私たち現世代の最大の責任ではないか?



オバマ政権で中止、トランプ政権で継続、バイデン政権で方針示さずと揺れ動くユッカマウンテン処分場計画

原子力環境整備促進・資金管理センター  
「米国における高レベル放射性廃棄物処分」



気象庁 > 知識・解説 > 地震発生のしくみ「地震の起こる場所 - プレート境界とプレート内 -」

※2011年から2020年の期間に発生した地震の震央分布。  
点線は主要なプレート境界。震源データは、米国地質調査所による。

## 処分場選定済

米国 (ユッカマウンテン) 【注】(凝灰岩) 米国は処分地を一旦選定したものの、その後の安全審査が長期にわたって中断中	スウェーデン (フォルスマルク) (結晶質岩) 2011年建設許可申請、2022年事業許可発給	フィンランド (オルキオト) (結晶質岩) 2016年着工、2021年操業許可申請
スイス	中国	フランス (ピュール近傍) (粘土層)
カナダ		

資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について」(2023.2)

概要調査 [ボーリング調査等]      精密調査 地下調査施設による調査

地震の規模 (マグニチュード)

- 7.0
- 6.0
- 5.0
- 4.0

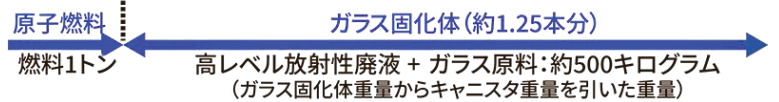
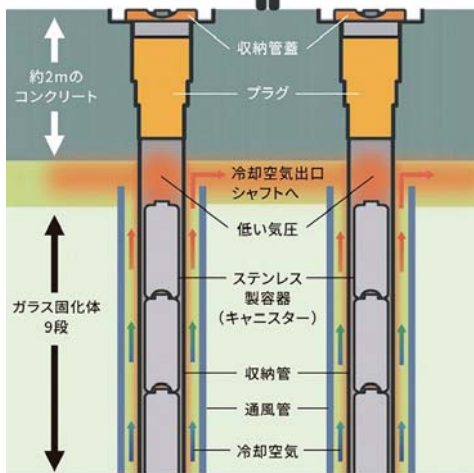
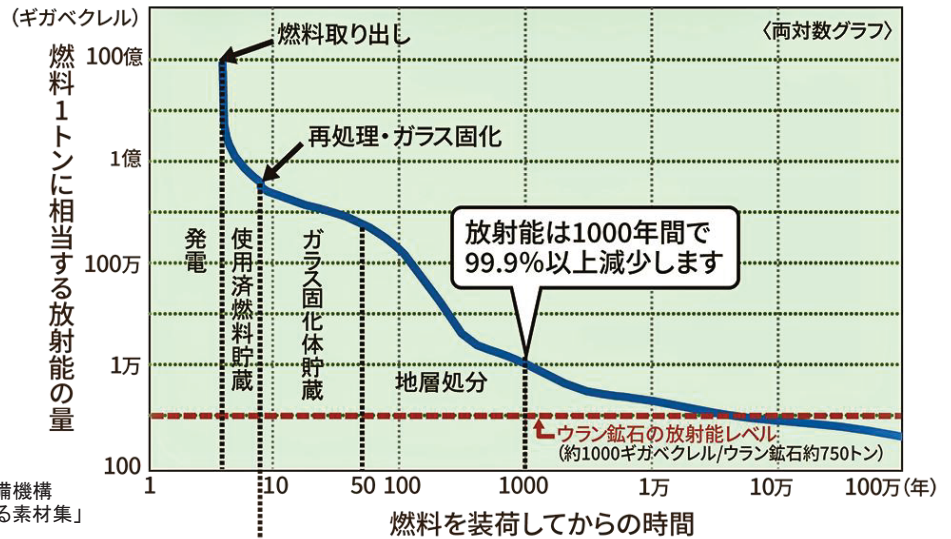
# 高レベル放射性廃棄物の放射能レベルがウラン鉱石レベルへ下がるには10万年かかる！

日本原燃(六ヶ所村)  
高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター  
・返還ガラス固化体1,830本収納  
(貯蔵容量2,880本, 2023年3月末現在)  
六ヶ所再処理工場  
・アクティブ試験ガラス固化体346本  
(貯蔵容量3,195本, 2023年3月末現在)  
日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)  
・ガラス固化体354本収納  
(貯蔵容量420本, 2023年3月末現在)

原子力規制庁「原子力施設に係る平成28年度放射線管理等報告について」, p.43(2017.10.4)



原子力発電環境整備機構 NUMO「授業で使える素材集」



貯蔵管理中 2,530本 (2023年3月末時点) | 既に 約27,000本相当 (2023年3月末時点)

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です。

原子力発電環境整備機構NUMO「地層処分関係データー高レベル放射性廃棄物の量(2023年3月末時点)」

ガラス固化体 2,530本(日本原燃2,176本、JAEA354本) ②

## 地層処分問題の経緯

- 1962年 高レベル放射性廃棄物処分の検討開始
- 1976/10/8 原子力委員会が「当面地層処分に重点おき、調査研究を進める」方針決定
- 1984/8/7 原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会中間報告書「放射性廃棄物処理処分方策について」(第2部 高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物処理処分方策について)
  - 「有効な地層」の選定では、「未固結岩以外であれば、岩石を特定する必要がない」
- 1999/11/26 核燃料サイクル開発機構「わ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 -」
  - 人工バリアと天然バリアの組み合わせで長期に閉じ込められる
- 2000年 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(最終処分法)制定、実施主体=原子力発電環境整備機構(NUMO)設立
- 2002年 全国市町村に最終処分場文献調査公募開始→2007年高知県東洋町応募・取下げ
- 2010/9/7 原子力委員会「高レベル放射性廃棄物の処分に関する取組みについて」を日本学術会議に審議依頼 ⇒ 2011.3.11東日本大震災で日本学術会議21期→22期引継
- 2012/9/11 日本学術会議が原子力委員会に回答(「総量管理」と「暫定保管」)
- 2013年 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会の下に放射性廃棄物WG(2013.7.5)と地層処分技術WG(2013.10.28)を設置
- 2013/12/17 最終処分関係閣僚会議を設置、文献・概要・精密調査の選定プロセスを追加
- 2015/5 最終処分基本方針改定「国が科学的有望地の提示を行う」を閣議決定
- 2015/12/11 「科学的有望地の要件・基準に関する地層処分技術WG中間整理(案)」
- 2015/12/18 最終処分関係閣僚会議で2016年中に「科学的有望地」の提示目指す
- 2017/7/28 最終処分関係閣僚会議で「科学的特性マップ」を了承



# 「核のごみ」処分地選び、電力業界主導 70～80年代

政府は来年、高レベル放射性廃棄物(核のごみ)の最終処分地に適した「有望地」を示す。

こうした候補地選びは1970～80年代は電力業界が主導していたことを、複数の電力関係者が証言した。東京電力や日本原燃サービス(現・日本原燃)が中心となり、九州や東北で検討。具体的に6地区が候補にあがったが、地元の反対などで実現しなかった。

選定は非公表で行われ、政府が関与することはなかったという。原発から出る核のごみは地下300メートルより深い地層に埋めて処分される。政府は70年代から地層処分の研究を始めたが、法制度を整備したのは2000年。それまでの間、候補地選びを担ったのが電力業界だった。

「(1971年の)福島第一原発1号機の運転が始まる前には各地の原発から出る廃棄物が将来、膨大な量になるという試算があった。早期対策が必要と、業界代表で候補地選びをした」こう話すのは、東京電力元社員の今井澄雄氏(66)。本店の原子力部にいた1970年代前半、候補地選びに関わった。

まず日本の海岸線の詳細な地図や航空写真を使い、5キロ圏内で民家がなく、活火山がない地点を調べた。北海道、東北、九州など計10カ所に絞り込んだ後、地質の文献調査などを経て、九州の無人島が候補になった。

1980年代に候補地選びに関わったのは、日本原燃サービスだ。九州電力元社員の徳田勝章氏(78)は本店の原子力立地担当だった1980年ごろ、協力して九州各地を視察した。

近隣に住民が少ない過疎地▼地質・地盤が安定▼海に面し、廃棄物などの搬入に適した港が建設できる、など処分地の条件に合う土地を探した。最終的に九州地方の4地区に絞り込んだ。「現地の地方議員らに接触して建設の可否を探った」という。

朝日新聞デジタル 2015年12月25日(金)7時12分



④

## これまでの応募の検討状況 (★応募検討が報道された地点)

- 2002/12 NUMOが公募開始
- 2003/ 4 ★福井県和泉村
- 2003/12 ★高知県佐賀町
- 2004/ 4 ★熊本県御所浦町
- 2005/ 1 ★鹿児島県笠沙町
- 2005/ 7 ★長崎県新上五島町
- 2005/10 ★滋賀県余呉町
- 2006/ 8 ★鹿児島県宇検村
- ★滋賀県余呉町(再)
- 2006/ 9
  - ★高知県津野町
  - ★高知県東洋町
- 2006/10
  - ★
- 2006/12 ★長崎県対馬市
- 2007/ 1 ☆応募
- 2007/ 2 ★福岡県二丈町
- 2007/ 3 ★鹿児島県南大隅町
- 2007/ 4 ★応募取下げ
- 2007/ 7 ★秋田県上小阿仁村
- 2008～

↓ 双方向シンポジウムの開催

資源エネルギー庁による広聴・広報活動  
(双方向シンポジウム、ワークショップ、  
全国エネキャラバンの開催等)

地元からのNUMOへの問合せ  
(継続的に多方面より問合せあり)

NUMOによる広報活動  
(テレビCM、新聞広告、座談会、  
機構広報誌配布等)

↑ ワークショップの開催  
全国エネキャラバンの実施

↑ 双方向シンポジウムの開催

NUMOが公募するも、「応募検討の報道」が大半、唯一「応募」の高知県東洋町でも町民の7割近い反対署名と町長辞職に伴う町長選で反対派町長が誕生、取り下げ！



⑤

地層処分の処分地選定の考え方:一定の安全上の基準がクリアされ、天然バリアと人工バリアを組み合わせた地層処分システムが成立する場所を選ぶ。  
“最適地”を選びそこで実施することを目指すものではない。

**科学的有望地:**処分地選定調査(文献調査、概要調査、精密調査)によって**最終処分施設建設地としての適性が確認できる可能性が高い**と評価できる地域

地質環境特性・長期安定性の観点から

一定の地理的範囲を「好ましい」と評価することは困難

- ①全国規模で利用可能な文献・データは極めて限られており、地下環境特性の評価にはボーリング調査等が必要。
- ②地下環境に期待される機能が発揮されるかどうかは、個別要素間の相互作用も踏まえた総合的な評価が必要であり、システムとしての成立可能性が低く総合的な適性は低いと評価されることがあり得る。
- ③数万年以上と長期間にわたる地質環境の長期安定性に影響を与える天然事象の影響について、十分なデータを踏まえた総合評価が必要。

## 地震・火山列島の日本に「科学的有望地」などあい得ない

経産省は、「科学的特性マップ」を2017年7月28日に提示したものの・・・

「科学的有望地」から「**好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域**」=「**将来的に段階的な調査の対象になる可能性がある地域**」へ後退させ、「説明活動」へ! ⑥

### 地層処分問題の経緯(2017/8以降)

2017/10/17~12/20 NUMO・資源エネ庁主催「科学的特性マップに関する意見交換会」  
全国28会場1,611名(平均58名、26~131名参加)

2017/12/27 NUMO評議員会設置調査チーム「調査報告書」「科学的特性マップに関する意見交換会」等への謝金・サービス提供条件に学生39名動員(東京5名、愛知2名、大阪12名、兵庫8名、埼玉12名)、電力会社関係者67名動員(関係者席96名参加とは別) 栃木、群馬、静岡、和歌山、奈良でも同様の呼びかけをしたが、学生は集まらなかった  
:NUMOから(株)地域力活性化研究室へ広報事業を委託→(株)オーシャナイズへ再委託

2020/11/17 北海道寿都町と神恵内村で文献調査開始(経産省認可)

○寿都町 隣接町村で反対の動き:島牧村(2020.12条例制定)、**黒松内町**(2021.3条例制定)、**蘭越町**(2021.12条例制定)

○神恵内村 隣接町村で反対の動き:古平町(2020.12意見書採択)、**積丹町**(2021.3条例制定)

2022/12/22 GX実行会議で岸田首相発言「高レベル放射性廃棄物の最終処分につながるよう文献調査の実施地域の拡大をめざし最終処分関係閣僚会議を拡充するなど政府を挙げてバックエンドの問題に取り組む」

2023/4/28 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」改定を閣議決定

◆国(経産省、地方支分部局)が主導し、地元電力・NUMO協働で**全国行脚(100以上の自治体を訪問)** ◆処分事業主体であるNUMOの**地域体制を強化** ◆**関心地域を対象に、文献調査の受入れ判断の前段階から、地元関係者(経済団体、議会等)に対し、国から、様々なレベルで段階的に、理解活動の実施や調査の検討などを申入れ** ◆文献調査受入れ自治体等を対象に、関係府省庁で連携し、最終処分と共生する地域の将来の持続的発展に向けた**各種施策の企画・実施(文献調査20億円、概要調査70億円)**





# 科学的特性マップ

## ○特性区分と要件・基準

・「**好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域**」は、**将来的に段階的な調査の対象になる可能性がある**と整理されている。

・「科学的特性マップ」は、**それぞれの地域が処分場所として相応しい科学的特性を有するかどうかを確定的に示すものではなく、処分場所を選定するまでには、「科学的特性マップ」には含まれていない要素も含めて、法律に基づき段階的に調査・評価していく必要がある。**

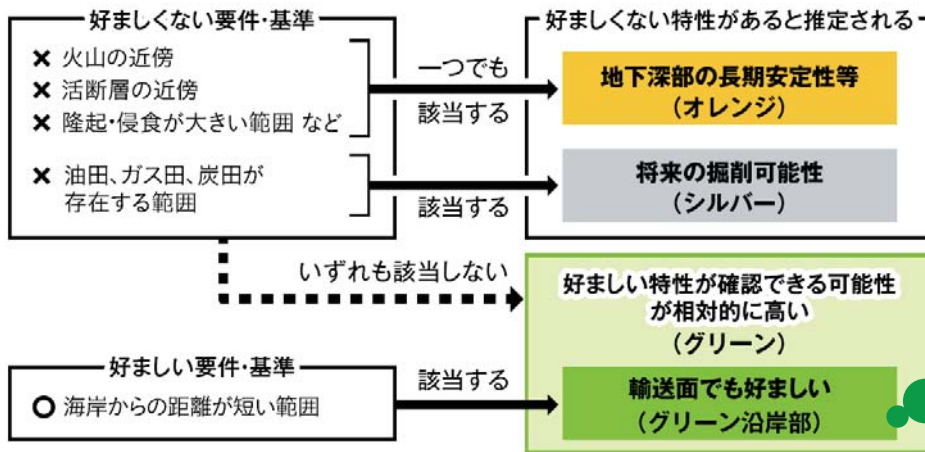
都道府県知事・市町村長殿

科学的特性マップは、科学的な情報を客観的に提供し、地層処分という処分方法の仕組みや我が国の地下環境等に関する国民の皆様の理解を深めるためのものであって、いずれの自治体の皆様にも処分場等の受入れの判断をお願いするものではありません。

マップの提示をきっかけに、国や事業者（原子力発電環境整備機構）は全国各地できめ細かな対話活動を丁寧に積み重ねてまいります。

（抜粋）

平成29(2017)年7月18日  
経済産業大臣



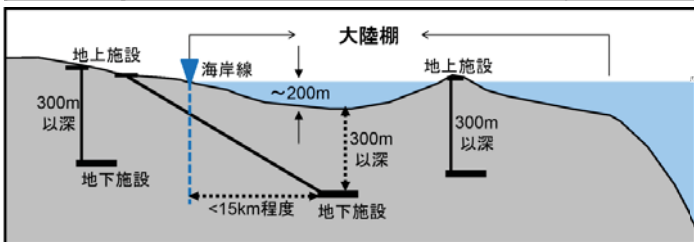
海岸から20km圏内  
沿岸部の  
「好ましくない要件・基準」  
に該当しない地域で  
調査・評価する！

### 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（断層のずれによる処分場の破壊等を防止）	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（処分場が地表に接近することを防止）	10万年間に300mを超える隆起の可能性のある、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℃/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・操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に深に分布
火砕流等の影響	火砕流などが及ぶところ（建設・操業時の地上施設の破壊を防止）	約1万年前以降の火砕流等が分布
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



- ・長距離輸送の場合は、海上輸送
- ・廃棄体輸送船が接岸可能で維持管理が容易な港湾の確保が可能
- ・港湾（海岸）からの輸送は20km（10km/h×2時間）程度より短い範囲
- ⇒ 島嶼部を含む沿岸部（地下施設が沿岸海底下に設置される場合を含む）
- ・大陸棚の幅は日本列島周辺で20～30km前後
- ・10万年程度の時間スケールでの隆起・沈降運動と海水準変動

### 「科学的有望地」

→ 「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い」地域

→ 科学的特性マップ

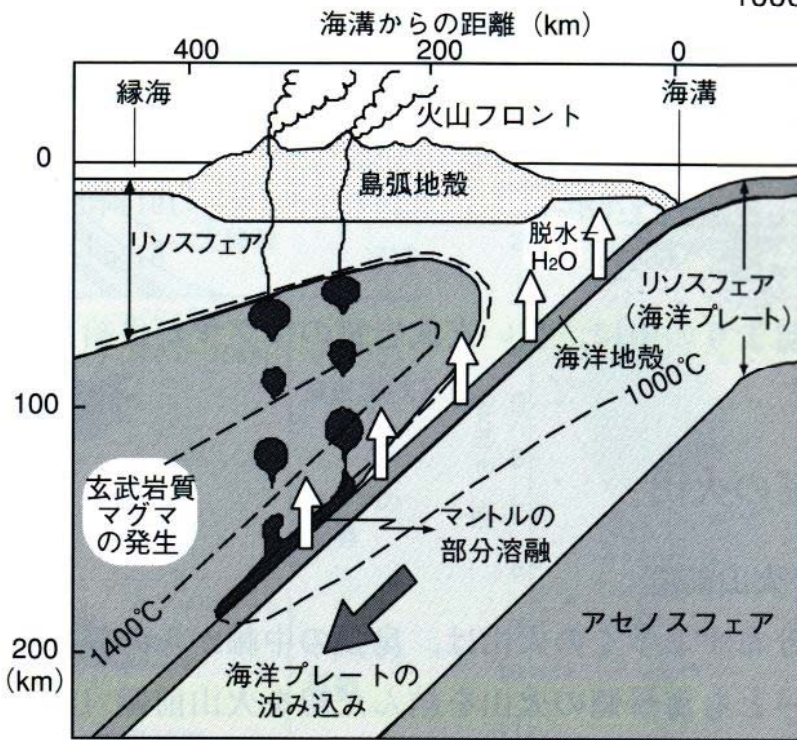
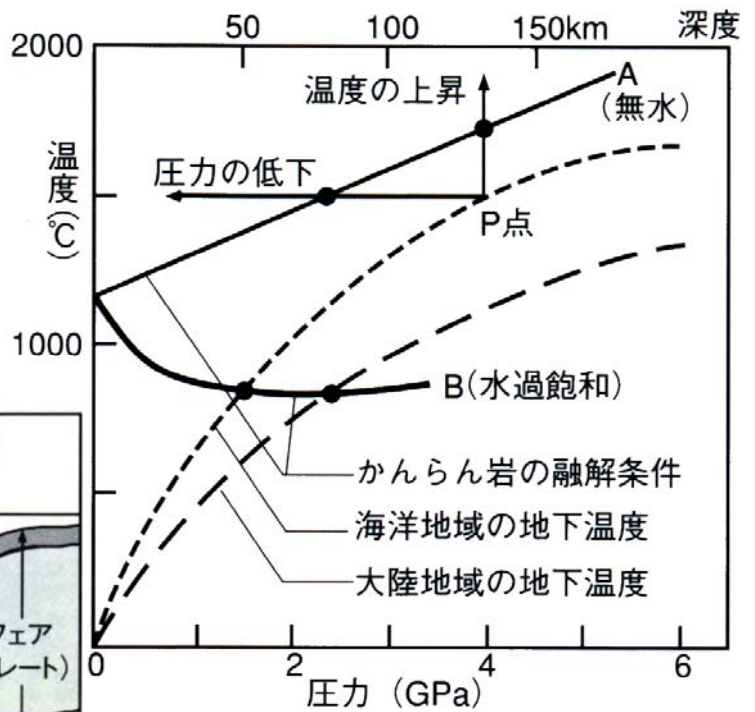
グリーンは国土の6割、その半分 = 国土の3割が濃いグリーン！





日本では、プレートの沈み込みが地震と火山の原因であり、地下に深地層処分に適した安定な地層など存在しない！

⇒ 処分できない使用済核燃料をこれ以上生み出さないことが現世代の責任



(上) マグマの発生と地下の温度・圧力の関係 (水が過飽和な条件Bでは、熔融温度が下がり、上部マントルのかんらん岩が溶融し始める)

(左) プレートの沈み込みによって生成されるマグマと火山フロント

(両図とも、酒井治孝「地球学入門：惑星地球と大気・海洋のシステム」東海大学出版会(2014.3.30)、左図は巽好幸「沈み込み帯のマグマ学」東京大学出版会(1995)が改作されている)

⑩

地震・火山活動の活発な日本では、安定した「科学的有望地」を提示できないため、「未固結岩以外なら岩石特定せず、人口バリアと天然バリアで対応する」方針へ転換、「好ましくない要件・基準に該当しない」地域ならどこでも処分場設計を具体化！？

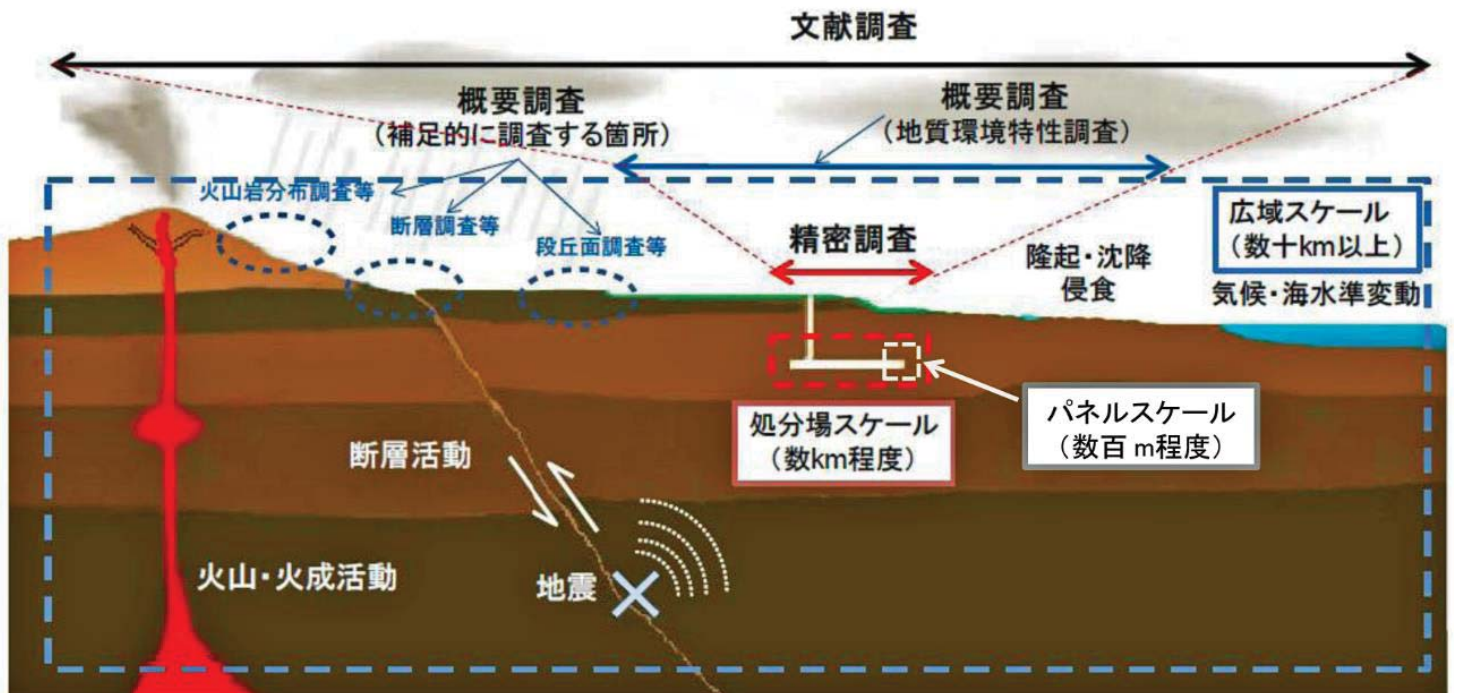


図 2.2-2 サイト調査の範囲と地質環境モデルのスケールとの関係

(「地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果(地層処分技術WGとりまとめ)」, 原子力小委員会 地層処分技術WG(2017)にNUMOが一部加筆)

⑪



# 高レベル放射性廃棄物問題とは何か？

長沢 啓行（若狭ネット資料室長、大阪府立大学名誉教授）

主催：サヨナラ原発福井ネットワーク

(1) 「科学的有望地」が「科学的特性マップ」になった理由

(2) ガラス固化体の炭素鋼容器オーバーパックは1000年程度で溶解  
TRU等廃棄物の廃棄体パッケージは早期に機能喪失・下流配置

(3) TRU等廃棄物による被ばく線量はヨウ素129が支配的

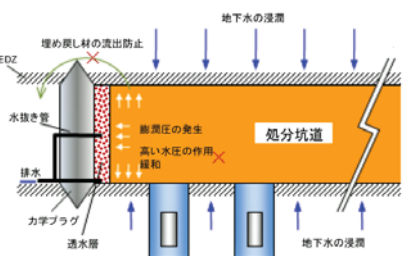
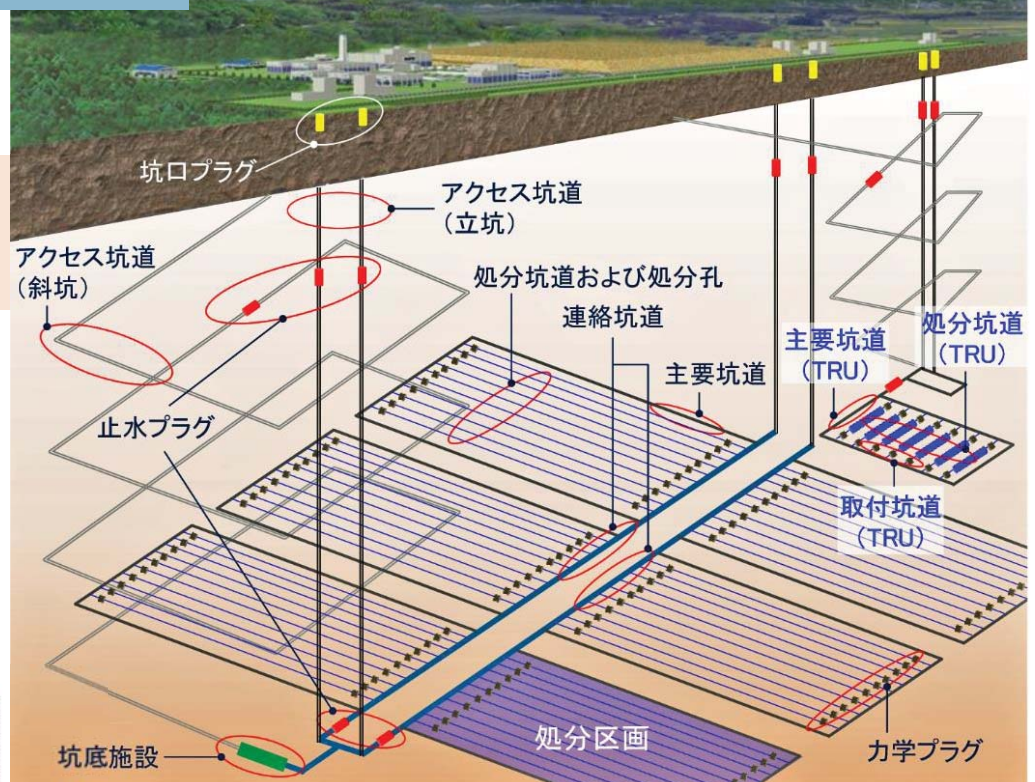
(4) 稀事象シナリオでは、緊急時被ばく状況や現存被ばく状況を想定

(5) 「現世代の責任」は、最終処分場建設ではなく、  
これ以上高レベル放射性廃棄物を生み出さないことである！

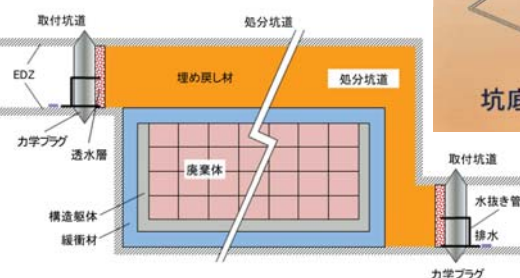
## 深地層処分の地下施設のイメージ

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—」第4章処分場の設計と工芸技術, pp.4-9~4-11およびp.4-86(2021.2)

ガラス固化体：4万本以上  
(年間1,000本)  
TRU廃棄物1.9万m<sup>3</sup>以上



(a) 高レベル放射性廃棄物処分場の処分坑道  
(縦置き・ブロック方式の例)



(b) TRU等廃棄物処分場の処分坑道

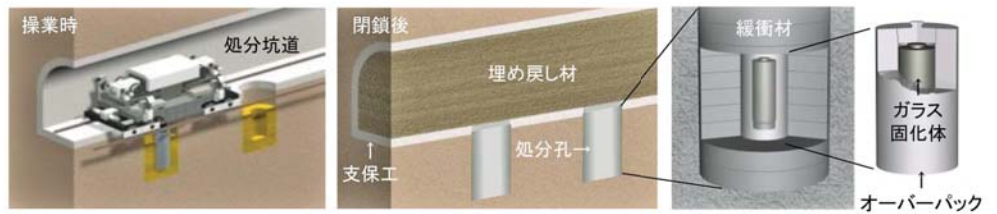
図4.5-12 力学プラグの設置位置と構造の概念図

◆ 操業期間中、廃棄体定置後に処分坑道を埋め戻し、地下水浸潤による埋め戻し材の埋戻し未完了空間側への膨出を防ぐため端部に力学プラグを設置。

◆ 閉鎖段階では処分場隔離のためアクセス坑道・連絡坑道などを埋め戻し、閉鎖を確実にするため止水プラグを設置。

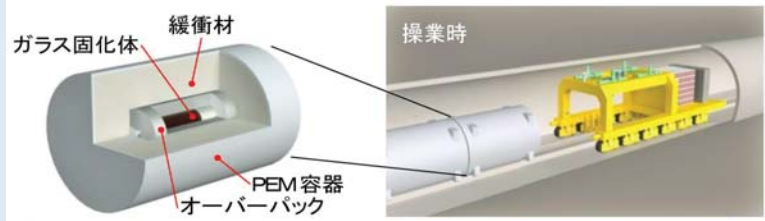
◆ アクセス坑道の坑口に偶発的侵入防止のため坑口プラグを設置。⑫

**高レベル放射性廃棄物の人工バリアは、ガラス固化体、オーバーパック(ガラス固化体を収納する堅固な金属製容器)、緩衝材(主成分は天然のベントナイト)で構成**



(a) 縦置き・ブロック方式

オーバーパックはガラス固化体と地下水の接触を防ぐもので、設計寿命は埋設後1000年。埋設後しばらくはガラス固化体の放射能や発熱性が高く、地下水の熱対流発生等により廃棄物の周辺環境が複雑でガラス固化体が地下水に接触した場合の評価の不確実性が高いため、この期間の閉じ込め機能を確実に担保するという考え方に基づく。



(b) 横置き・PEM方式

図 4.2-2 高レベル放射性廃棄物処分場の人工バリア

**TRU等廃棄物の人工バリアは、廃棄体パッケージ、廃棄体パッケージ間充填材、緩衝材で構成**

TRU(超ウラン元素 Trans-uranium)廃棄物:再処理工場やMOX燃料加工工場から出る低レベル放射性廃棄物で、ウランより重い元素を含むもの。使用済燃料被覆管の切断片(ハル)や燃料集合体末端部(エンドピース)(ハルやエンドピースは炭素14を多く含む)、再処理工場排気フィルター(廃液吸着材にヨウ素129を多く含む)、放射能が一定レベル以上の濃縮廃液(人工バリアに影響する硝酸塩を多く含む)や雑固体廃棄物

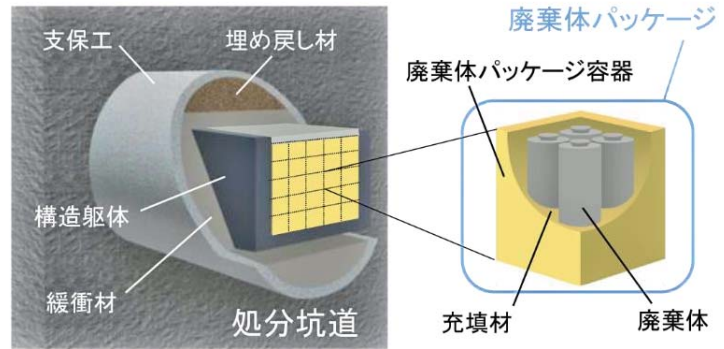


図 4.2-3 TRU等廃棄物処分場の人工バリア

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—」第4章処分場の設計と工学技術, pp.4-9~4-11およびp.4-88(2021.2)

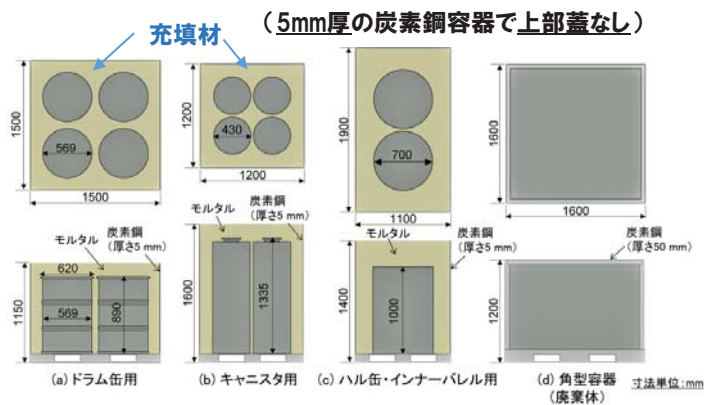


図 4.4-20 廃棄体パッケージAの形状寸法

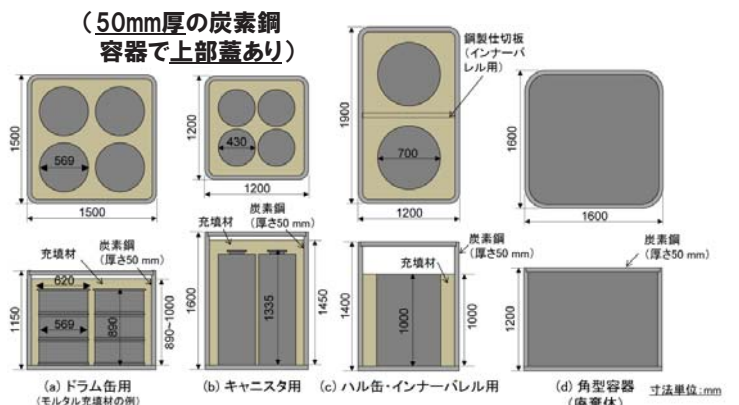


図 4.4-21 廃棄体パッケージBの形状寸法の例

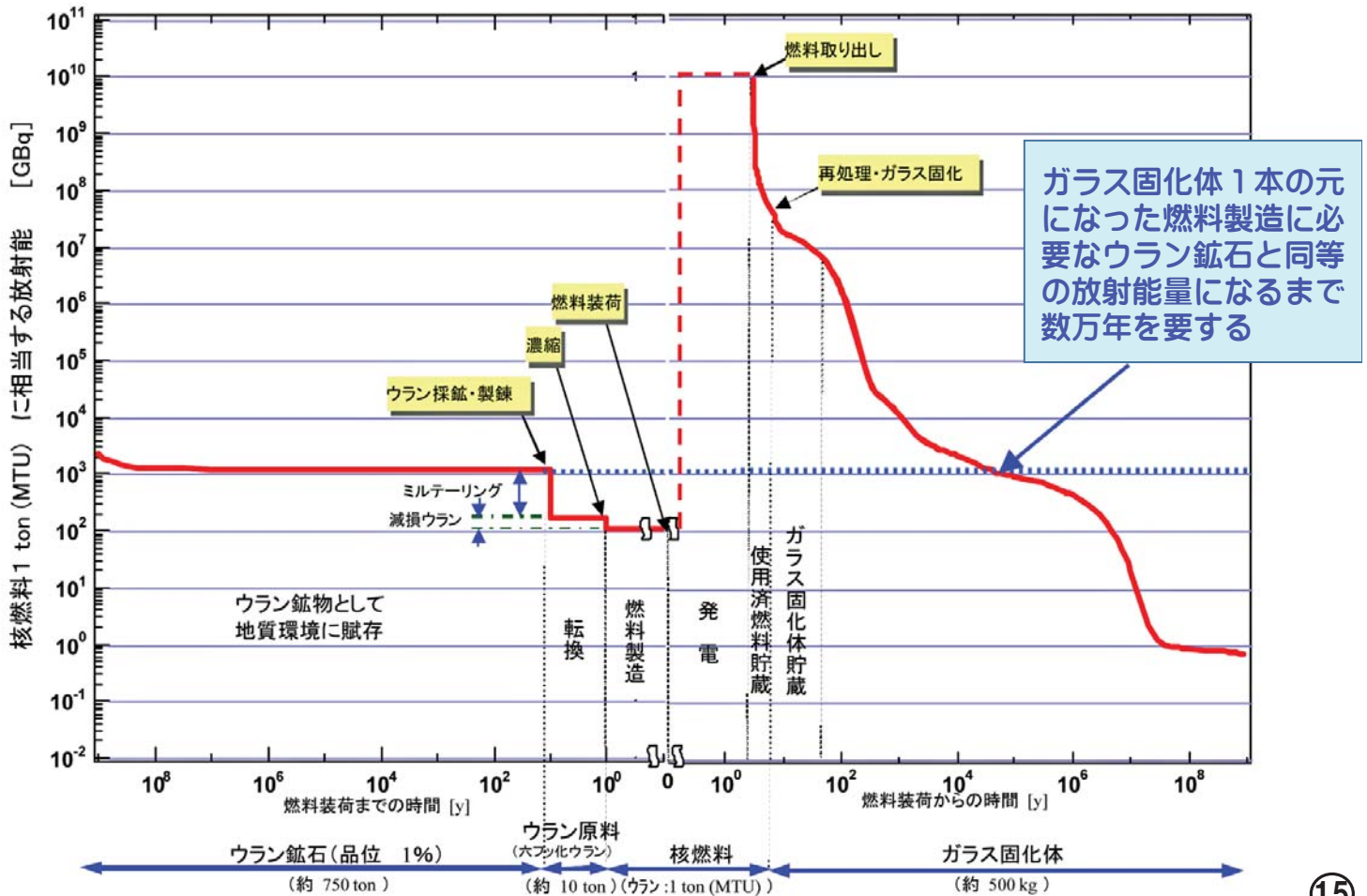
表4.4-12 TRU等廃棄物の廃棄体パッケージの諸元

廃棄体グループ	廃棄体	廃棄体収容数	廃棄体パッケージ内充填材		廃棄体パッケージ容器の鋼材(JIS鉄鋼記号)	
			廃棄体パッケージA	廃棄体パッケージB	廃棄体パッケージA	廃棄体パッケージB
1	ドラム缶	4	モルタル	モルタル	SM400A	SM400A
2	キャニスタ	4				
3	ドラム缶	4				
4L	ドラム缶	4	—	—	SM400A	SM400A
	角型容器	1				
4H	ドラム缶	4	モルタル	モルタルまたは乾燥砂	SM400A	SPV490
	インナーバレル	2	モルタル	乾燥砂		
	ハル缶	2	モルタル	モルタル		

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第4章処分場の設計と工学技術, pp.4-51~4-52(2021.2)



# ガラス固化体が有する放射能の時間的変化



15

原子力発電環境整備機構 (NUMO) 「包括的技術報告書 (レビュー版) の概要」, p.16 (2018.11.21)

「第2次取りまとめ」(1999)より引用

表6.1-6 設定した安全評価のシナリオ区分と対応するめやす線量

区分	考え方	仮のめやす
基本シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○適切なサイト選定とそのサイトの地質環境条件を考慮した設計によって、期待する安全機能を発揮するように構築された処分場において、生じる可能性が最も高いと想定されるシナリオ</li> <li>○このようなシナリオに対しては可能な限り被ばく線量を抑えるように、事業の実施主体として最善を尽くしたことを確認するため、諸外国の安全規制に適用されている基準の最小値を目標値として設定</li> </ul>	10 μSv/y
変動シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○基本シナリオに対して、科学的知見に基づき合理的に想定しうる不確実性を考慮したシナリオ</li> <li>○合理的に考えられる不確実性を考慮しても安全が確保できることを確認するためにIAEAやICRPで一般公衆に対して勧告されている線量拘束値(300 μSv/y)をとリスク拘束値(10<sup>-5</sup>/y)をめやす基準として設定</li> </ul>	300 μSv/y
稀頻度事象シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○適切なサイト選定とそのサイトの地質環境条件を考慮した設計によって、期待する安全機能を発揮するように構築された処分場に対しては、発生可能性が極めて小さいと考えられる自然現象にかかわるシナリオ</li> <li>○このようなシナリオを想定したとしても、著しい放射線学的影響がないことを確認するためのものであり、同じような考え方にとってICRPが示している被ばく状況の参考レベルの幅またはリスク拘束値を適用</li> </ul>	20-100mSv (1年目) 1-20mSv/y (2年目以降)
人間侵入シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地層処分システムは本来的に人間侵入が生じる可能性を最小限とするようにサイトを選定し、処分場の設計をすることによって構築されていることから、人間侵入シナリオが生ずる可能性は極めて小さい</li> <li>○その発生を想定したとしても、著しい放射線学的影響がないことを確認するためのシナリオであり、ICRPが示している同様のシナリオに対する被ばく状況の参考レベルの幅またはリスク拘束値を適用</li> </ul>	(引用者注: ICRPによる緊急時被ばく状況の参考レベル20~100mSv, 現存被ばく状況の参考レベル1~20 mSv/y, リスク拘束値10 <sup>-5</sup> /yを採用)

原子力発電環境整備機構 (NUMO) 「包括的技術報告書: わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, p.6-21 (2021.2)

16

## 処分場操業中は、周辺地下水は酸化性環境になり、ガラス固化体の発熱が続く 処分場閉鎖から数十年～数百年で地下水が再冠水する

### <処分場建設・操業から処分場閉鎖までの期間>

- ・坑道への湧水は排水され、坑道周辺の母岩中の水位は下がって坑道へ向かう水の流れが生じる。
- ・坑道から空気が供給され、母岩は部分的に水理学的不飽和状態、坑道周辺地下水は酸化性環境となる。
- ・処分坑道や処分孔を掘削した後、オーバーバックに封入した高レベル放射性廃棄物やTRU廃棄物を埋設、埋設が終了した処分坑道を埋め戻す。
- ・ガラス固化体定置後に廃棄体の発熱により周辺温度が上昇。埋設後の全期間を通じて人工バリアの性能が著しく低下する温度(緩衝材制限温度100℃)を超えないよう適切な間隔(処分坑道中心間距離12m以上)を設けて埋設。(⇒COGEMAによればガラス固化体を30～50年冷やすと650～450W/体になるというが…)
- ・処分坑道、連絡坑道、アクセス坑道および周辺の掘削損傷領域EDZ(Excavation Damaged Zones:母岩より透水性が高い)が相互に連結して地下水の短絡経路とはならないよう止水プラグを設置。

### <T1:処分場閉鎖から再冠水完了までの期間>

- ・処分坑道周辺の地下水は酸化性環境となる。埋め戻された坑道は周辺の母岩から徐々に地下水が冠水、母岩と一体になって飽和状態に回帰、建設・操業中に導入された空気中の酸素はオーバーバックや周辺母岩中の鉱物との反応等で消費され、地下水は本来の還元性に戻り(オーバーバックの腐食は水素発生型の極めてゆっくりとした形態へ移行)、廃棄体の発熱量低下に伴い元の地温レベルに下がっていく。このような飽和状態への回帰に要する再冠水時間は閉鎖後数十年～数百年程度。
- ・腐食や水の放射線分解に伴って発生する水素(酸素も発生)は地下水に溶存、または、緩衝材中や処分坑道、連絡坑道、母岩などを介して処分場から分散・移動。オーバーバックやガラス固化体キャニスタ、PEM容器、TRU等廃棄物の廃棄体パッケージ容器などの材料の鉄は、地下水を介して緩衝材と反応し緩衝材の変質を生ずる可能性が指摘されているが、その量はごくわずかだと考えられている。

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, pp.6-26～35(2021.2)

17

## 炭素鋼容器オーバーバックは、1000年程度で溶解、ガラス固化体は早期に開口 TRU等廃棄物は、数十年～数百年後の再冠水後、放射性物質が地下水へ移行

### <T2:再冠水完了から放射性核種の移行が生ずるまでの期間>

- ・腐食の進み方は、埋設廃棄体周辺の水質、地下水の飽和度、再冠水過程、廃棄体の熱の影響や放射線による地下水の放射線分解の結果生ずる酸化性物質の量などで異なる。オーバーバックは、高レベル放射性廃棄物の初期放射能が高く、発熱量の大きい約1,000年間は廃棄体と地下水との接触の防止が可能となるように大きな裕度を持たせて厚さを設計。最近の腐食に関する知見に基づくと、埋設後一万年間以上にわたって「廃棄体と地下水の接触の防止」という安全機能が期待できる可能性があることを示唆、オーバーバックの安全機能維持期間は少なくとも1,000年より長期にわたると考えられる。
- ・埋設後少なくとも1,000年経過後には、オーバーバックが破損し始め、「廃棄体と地下水の接触の防止」という安全機能を喪失する可能性がある。この安全機能による閉じ込めが維持されている少なくとも1,000年間には、ガラス固化体中の多くの放射性核種は放射性崩壊によって減衰し、放射能や放出される放射線や熱は著しく減少して、人工バリア周辺の温度は地温に緩やかに近づく過程にある。ガラス固化体のステンレス製キャニスタは、廃棄物ガラスを充填した際の熱や残留応力の影響などを考慮して長期間の耐食性を保持するように設計されていないため、早期に開口する可能性が否定できない。TRU等廃棄物についても、再冠水完了後、放射性核種の移行が次第に進んでいく。オーバーバックや廃棄体パッケージ容器など金属材料の腐食や水の放射線分解に伴う水素ガスの発生はこの期間も継続し、気相あるいは地下水中の溶質として緩衝材や充填材、埋め戻し材、母岩などを介して処分場から分散・移動する。

### <T3:放射性核種の移行発生から現在の地質環境の特性が大きく変化しないと考えられるまでの期間>

- ・高レベル放射性廃棄物処分場では、オーバーバック破損後、緩衝材を通過した地下水はガラスに接触しガラスは徐々に溶解を始める。ガラスの溶解が進行し地下水中の溶存ケイ酸濃度上昇に応じて、溶解速度は徐々に低下、ガラスと地下水との緩慢な反応による残存溶解速度に従う。緩衝材中では地下水の流れは極めて遅く、物質移動は拡散によるため、ガラス固化体から溶出した放射性核種はガラス表面の変質層や近傍に留まり、大部分の放射能濃度は緩衝材内側の間隙水に対する各元素の溶解度に抑えられる。

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, pp.6-26～35(2021.2)

18



• 三つの母岩中には、共通して割れ目のネットワークが形成されており、地下水はネットワーク中の連結した多数の割れ目の中を流動するが、母岩全体でみると透水性は低く、地下水の流れは緩やかである。母岩に到達した放射性核種は、割れ目内充填物あるいは基質へのマトリクス拡散の過程で生ずる鉱物への収着などの相互作用をしつつ、地下水の流れに沿って移流・分散メカニズムにより移行する。核種の一部は緩衝材中のベントナイトから形成されるコロイドや地下水中に存在する天然のコロイドに取り込まれ、コロイドとともに移行する可能性がある。新第三紀堆積岩類では、基質の透水係数がほかの岩種に比して比較的大きく、基質中でも地下水の流れを生ずる可能性がある。

• TRU等廃棄物処分場の下流側では、グループ3のTRU等廃棄物に含まれている硝酸塩や、TRU等廃棄物処分場で大量に使用されるモルタルなどセメント系材料の溶出によって地下水水質や母岩の構成鉱物に変化が生じ、母岩が「放射性物質の移行の抑制」機能を発揮するレベルに変化を与える。こうした物質が地下水に溶出しても、高レベル放射性廃棄物処分場の多重バリアシステムが有する「放射性物質の移行の抑制」機能のレベルを低下させないよう、TRU等廃棄物処分場は高レベル放射性廃棄物処分場の下流側に位置するように設計されている。

• 広域スケールの領域には、サイト選定で処分場スケールの領域から除外した活断層や大規模な断層が存在し、この領域において地下水が生活圏に至る主要な流動経路となりうる。こうした断層内部の鉱物組成などは、長期間の変質により周辺の岩盤とは異なっており、広域スケールの活断層や大規模な断層に至った放射性核種は、地下水の流れに沿って、断層内の変質鉱物への収着などの相互作用を行いながら、断層を支配的な経路として地質環境中を移行し生活圏に至る。地質環境中から生活圏への排出点は、広域的な地下水流動場や地形に応じて帯水層、河川、沿岸海域水、沿岸海域堆積層などが想定される。

• 生活圏に移行した放射性核種は、表層の水循環系に取り込まれて移行する。表層水循環系における水の動きは、地下深部から排出点までの地下水の動きと比較して一般に速く、水の量も多い。このため、生活圏における水中の放射性核種濃度は大きく希釈され均一化が進むとともに、表層水中を移行する過程で土壌などへの収着によって遅延される。表層水循環系には、飲料や灌漑による水の利用など人間の活動がかかり、これによって処分場から生活圏に移行した放射性核種による被ばくの可能性が生ずる。

## 深地層処分は、高レベル放射性廃棄物による放射能汚染を見えなくし、遅らせるだけ

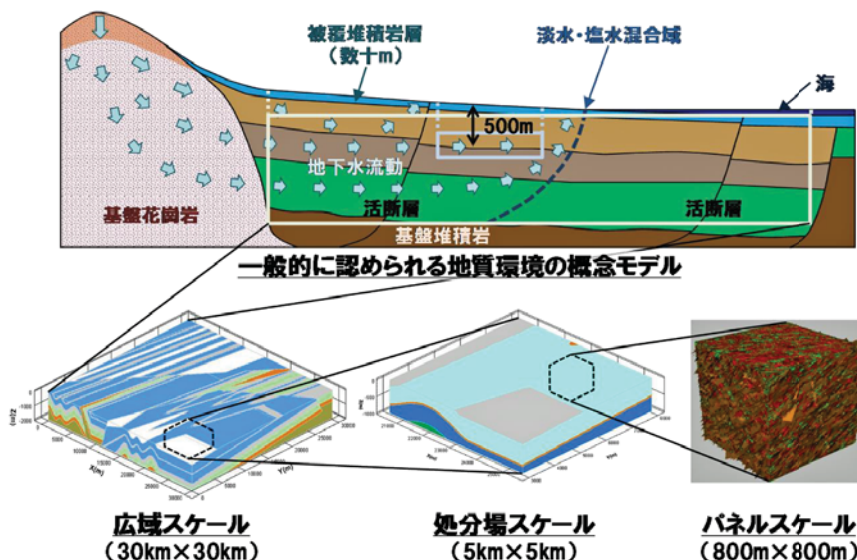
原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, pp.6-26~35(2021.2)

19

### <T4:地質環境の特性に関する不確実性が増大する期間>

• 地質環境の長期安定性に関する不確実性が徐々に大きくなると考えられる将来十万年程度より長い時間スケールでは、隆起・侵食や、地球規模での周期的な気候変動およびそれに伴う海水準の変動といった、広域的に生ずる緩慢で連続的なプロセスによって、長期間のうちに処分場を建設した場所を含む広い領域で、地形の変化やそれに伴う広域的な地下水の流れと表層水理系の変化などを生ずる可能性がある。これによって、処分場に埋設された放射性廃棄物から生活圏までの核種移行距離や移行時間が短縮するといった影響を受けることが考えられる。こうした影響は場所によって異なり、例えば、氷河作用の影響は山岳地域などの局所的な範囲にとどまる一方、沿岸域では隆起・侵食と海水準変動の影響が重複して生ずる場合もある。処分場はこのようなサイトに依存した地質環境特性の長期的な変動に起因する不確実性も考慮して、その影響が顕著とならないように深部の母岩中に建設するため、処分場を含む検討対象母岩内での地下水の流動状況は地層処分にとって好ましい状態が長期に維持される。

また、この時間スケールでは、発生の可能性はなお極めて小さいものの、処分場近傍に火山・火成活動、断層活動による影響が生ずる可能性がそれ以前の時間スケールに比して増加する。



「超長期にわたる安全性と危険性の問題に対処するに当たっての、現時点での科学的知見の限界」(日本学術会議)

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を計画。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程度の見込み。

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, pp.6-26~35(2021.2); 左図は「包括的技術報告書(レビュー版)の概要」(2018.11.21)

20

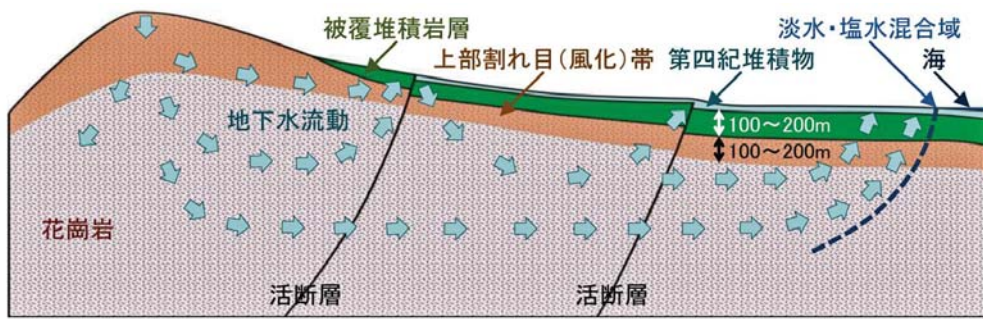


図 3.3-2 深成岩類の地質環境の概念モデル

地表に分布する**深成岩類**の90%以上が花崗岩類であり、**花崗岩類**を代表的岩種とする

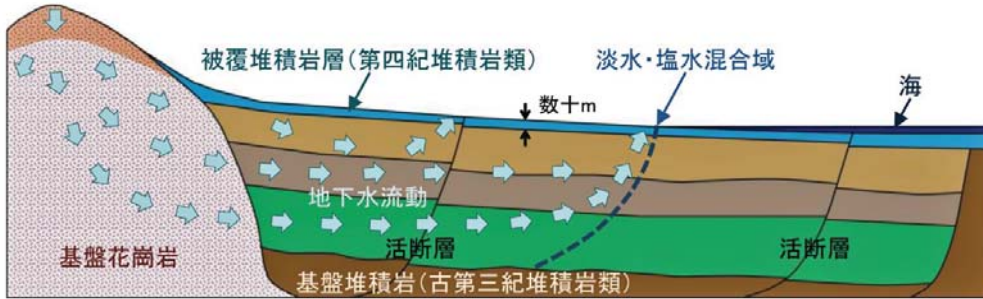


図 3.3-3 新第三紀堆積岩類の地質環境の概念モデル

**新第三紀堆積岩類**は、基盤となる花崗岩および古第三紀堆積岩類(2,303万年前~6,600万年前)の上に厚く分布、第四紀堆積岩類(現在~258万年前)によって被覆され、水平構造、単斜構造、褶曲構造といった地質構造を有する

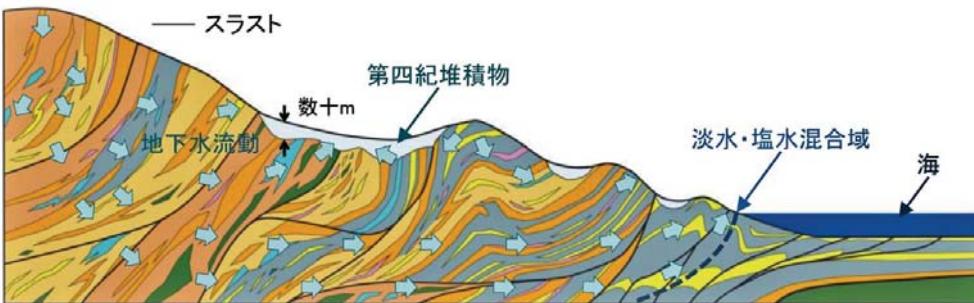


図 3.3-4 先新第三紀堆積岩類の地質環境の概念モデル

**先新第三紀堆積岩類**の地表分布の70%以上が付加体(海洋プレート沈み込み時に剥ぎ取られた地質体)に該当、付加体を構成する先新第三紀堆積岩類(新第三紀よりも古い時代、古第三紀以前)を対象とする。その際、スラスト(衝上断層)の発達および地層の破断・混在化による複雑な産状を考慮。 (21)

2023年8月27日

## 高レベル放射性廃棄物問題とは何か？

長沢 啓行 (若狭ネット資料室長、大阪府立大学名誉教授)

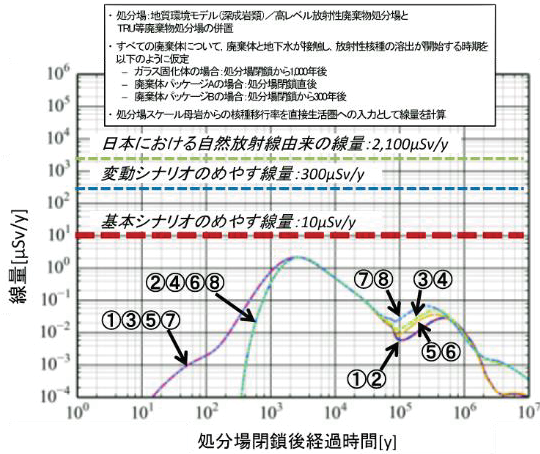
主催:サヨナラ原発福井ネットワーク

- (1) 「科学的有望地」が「科学的特性マップ」になった理由
- (2) ガラス固化体の炭素鋼容器オーバーパックは1000年程度で溶解  
TRU等廃棄物の廃棄体パッケージは早期に機能喪失・下流配置
- (3) TRU等廃棄物による被ばく線量はヨウ素129が支配的
- (4) 稀事象シナリオでは、緊急時被ばく状況や現存被ばく状況を想定
- (5) 「現世代の責任」は、最終処分場建設ではなく、  
これ以上高レベル放射性廃棄物を生み出さないことである！

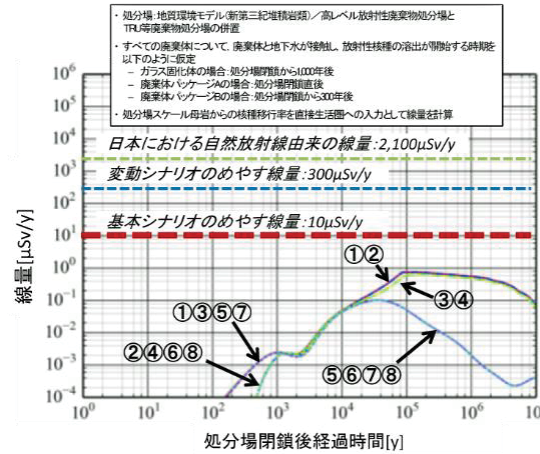


## 深成岩類の処分場

## 新第三紀堆積岩類の処分場

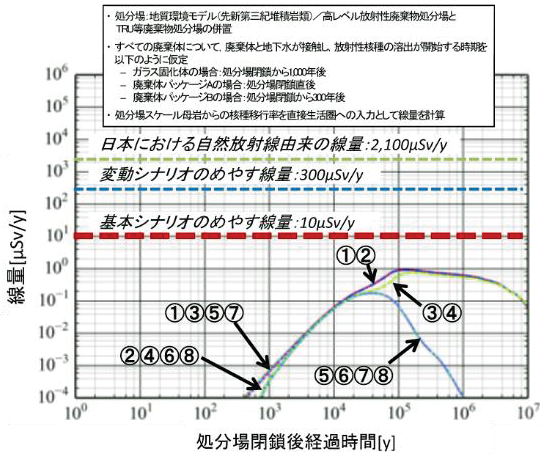


高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)とTRU等廃棄物を合わせた全体評価



原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, p.6-132(2021.2)

## 先新第三紀堆積岩類の処分場



各検討対象母岩におけるモデル水質	処分場の設計オプション (高レベル放射性廃棄物処分場とTRU等廃棄物処分場の併置)		
	高レベル放射性廃棄物 (定置方法)	TRU等廃棄物 (廃棄体パッケージ容器)	凡例
高 Cl 濃度	縦置き・ブロック方式	廃棄体パッケージA	①
		廃棄体パッケージB	②
	横置き・PEM方式	廃棄体パッケージA	③
		廃棄体パッケージB	④
低 Cl 濃度	縦置き・ブロック方式	廃棄体パッケージA	⑤
		廃棄体パッケージB	⑥
	横置き・PEM方式	廃棄体パッケージA	⑦
		廃棄体パッケージB	⑧

廃棄体パッケージAの核種溶出開始時期: 処分場閉鎖直後  
 廃棄体パッケージBの核種溶出開始時期: 処分場閉鎖から300年後

図6.4-22 処分場のバリエーションに対する処分場全体に起因する線量評価の結果(基本ケース:全体)②

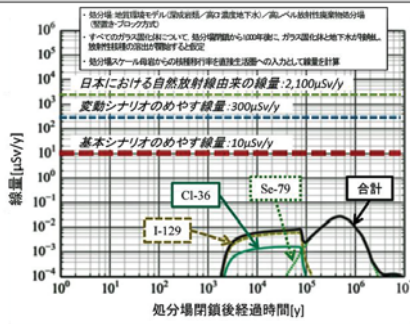
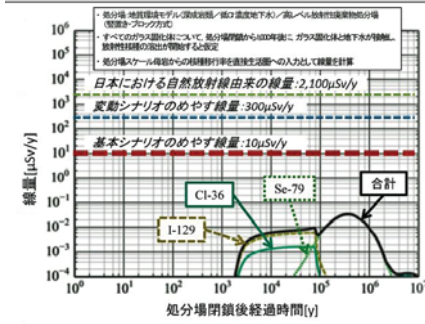
## 高レベル放射性廃棄物処分場

— 合計

— C14(有機) — Cl36 — Se79  
 — Sr90 — Mo93 — I129

低 Cl 濃度地下水

高 Cl 濃度地下水



原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, p.6-134,6-137, 6-140(2021.2)

図6.4-23 深成岩類の処分場に起因する線量と支配核種(基本ケース:高レベル放射性廃棄物処分場)

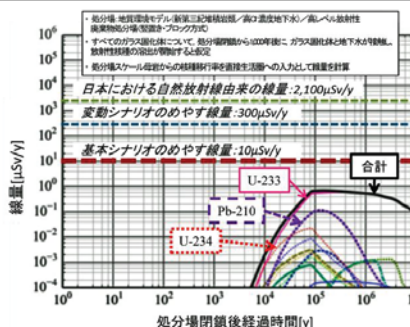
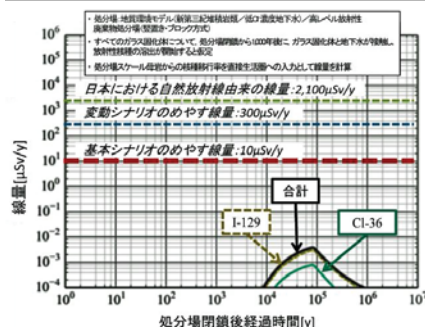


図6.4-24 新第三紀堆積岩類の処分場に起因する線量と支配核種(基本ケース:高レベル放射性廃棄物処分場)

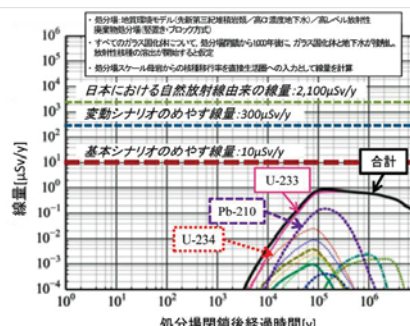
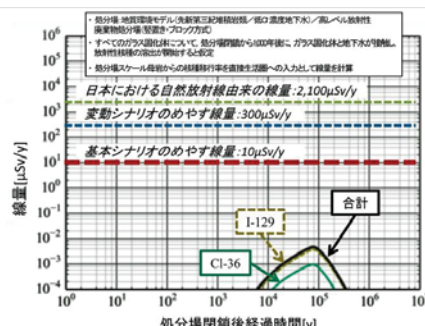
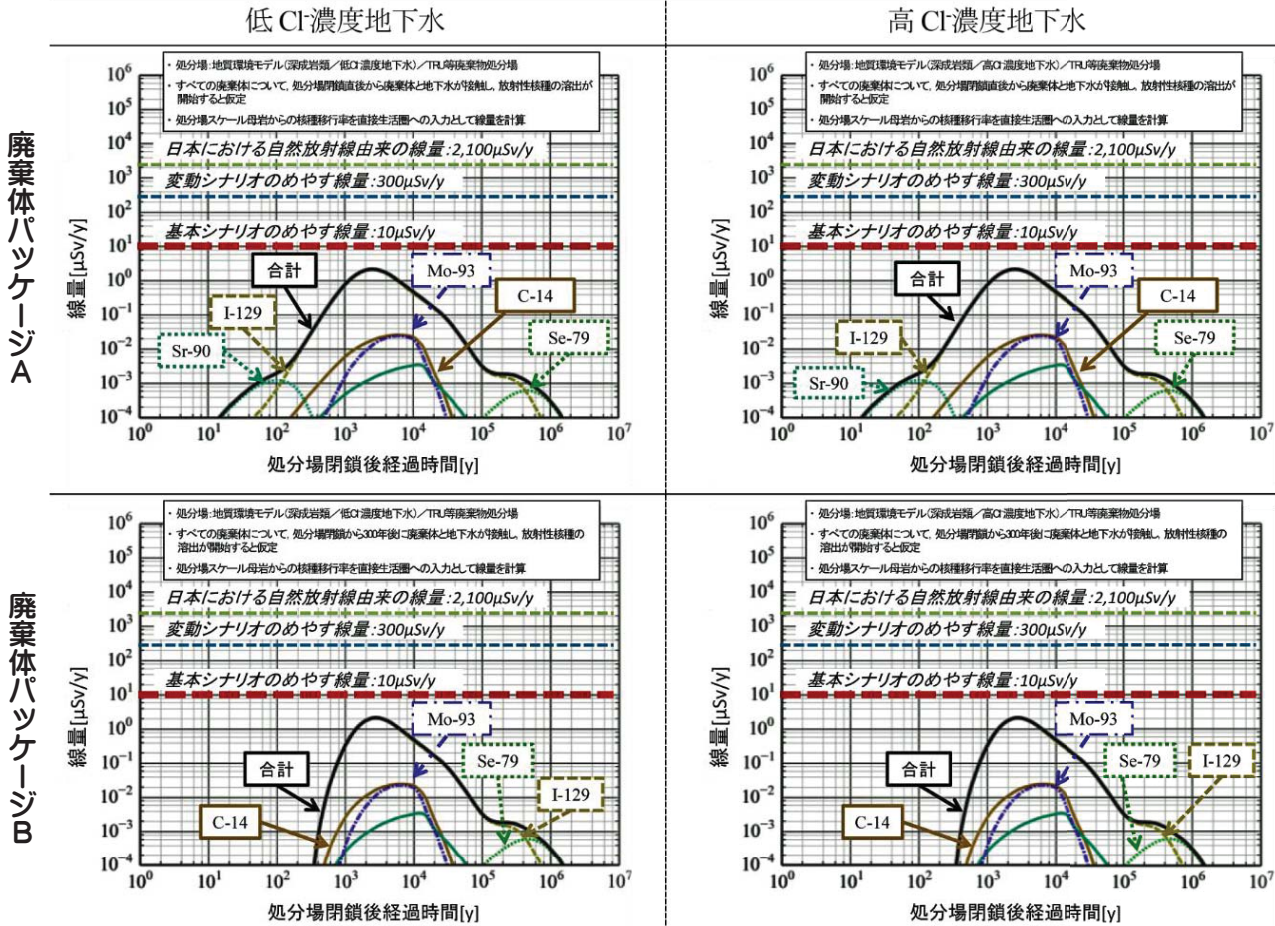


図6.4-25 先新第三紀堆積岩類の処分場に起因する線量と支配核種(基本ケース:高レベル放射性廃棄物処分場)





原子力発電環境整備機構 (NUMO)「包括的技術報告: わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, p.6-134(2021.2)

図6.4-23 深成岩類の処分場に起因する線量と支配核種(基本ケース: TRU等廃棄物処分場)  
 (廃棄体パッケージAの核種溶出開始時期: 処分場閉鎖直後, 廃棄体パッケージBの核種溶出開始時期: 処分場閉鎖から300年後)

2023年8月27日

# 高レベル放射性廃棄物問題とは何か？

長沢 啓行 (若狭ネット資料室長、大阪府立大学名誉教授)

主催: サヨナラ原発福井ネットワーク

- (1) 「科学的有望地」が「科学的特性マップ」になった理由
- (2) ガラス固化体の炭素鋼容器オーバーパックは1000年程度で溶解  
TRU等廃棄物の廃棄体パッケージは早期に機能喪失・下流配置
- (3) TRU等廃棄物による被ばく線量はヨウ素129が支配的
- (4) 稀事象シナリオでは、緊急時被ばく状況や現存被ばく状況を想定
- (5) 「現世代の責任」は、最終処分場建設ではなく、  
これ以上高レベル放射性廃棄物を生み出さないことである！



＜新規火山発生シナリオ/解析ケース(新規火山発生ケース)＞

■処分場近傍に新規火山が発生し地下施設へ直接的な影響を与える可能性を考慮

◇ 新規に火山が発生し、マグマが処分場に貫入

◇ マグマ貫入領域(火道面積相当領域)に存在する放射性核種がマグマとともに噴出物となって地表到達

◇ 地表に堆積した放射性核種を含む噴出物が土壌と混合、そこに人間が居住した場合の線量を算出

表6.4-9評価に用いた火道面積と噴出物量名称など

名称など	火道面積 [km <sup>2</sup> ]	噴出物量 [km <sup>3</sup> ]
三途川カルデラ	0.2	100
子持火山	0.07	10
上宝	4	40
雲仙岳	0.02	0.2

○最大被ばく線量:雲仙岳噴火の場合の0.09mSv/y

○第四紀火山中心から半径15kmの範囲を回避してサイトを選定すれば、東北日本での将来100万年間の100km<sup>2</sup>の領域における火山発生確率は10<sup>-6</sup>/y以下となり、がん死等のリスクは1×10<sup>-12</sup>/yとなる。

※ 処分場由来の放射線による年リスク=シナリオ発生に伴う線量 [Sv/回] ×リスク換算係数0.057/Sv(ICRP2007年勧告)  
 (「線量のリスクへの換算係数」は、「低線量・低線量率放射線に被ばくした結果、あるグループが受けるがん罹患および遺伝性影響の性別および被ばく時の年齢で平均化された1万人・1Svあたりの症例数に致死割合・QOL(生活の質)・寿命損失を加味して算出した1Svあたりの損害」×「年あたりシナリオ発生確率 [回/y]」)

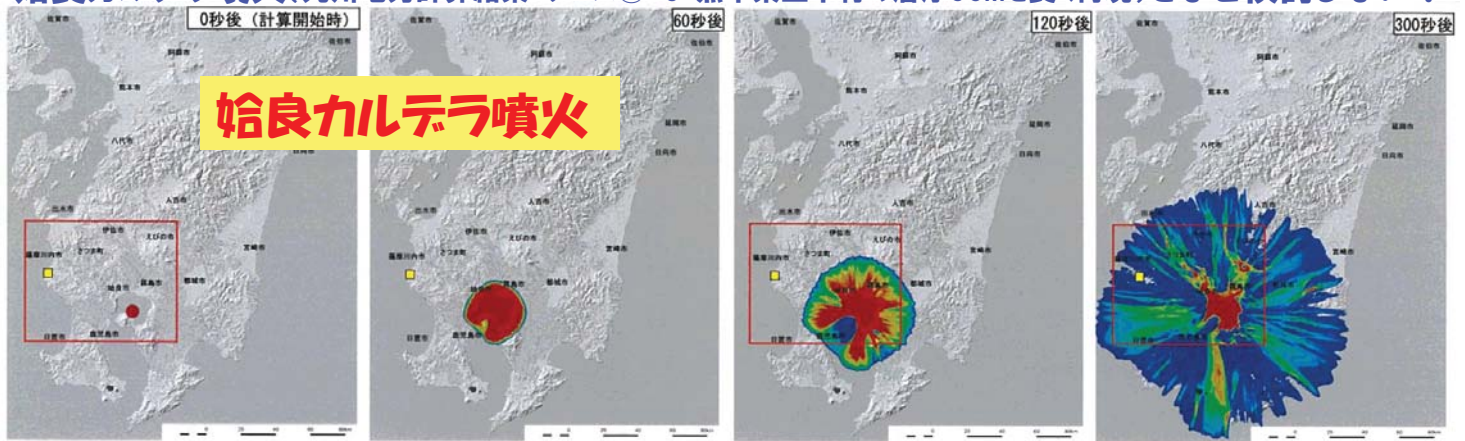
＜断層連結シナリオ/解析ケース＞

■処分場スケール内とその周辺の比較的小規模の断層が連結し、地下施設へ影響を与える可能性を考慮

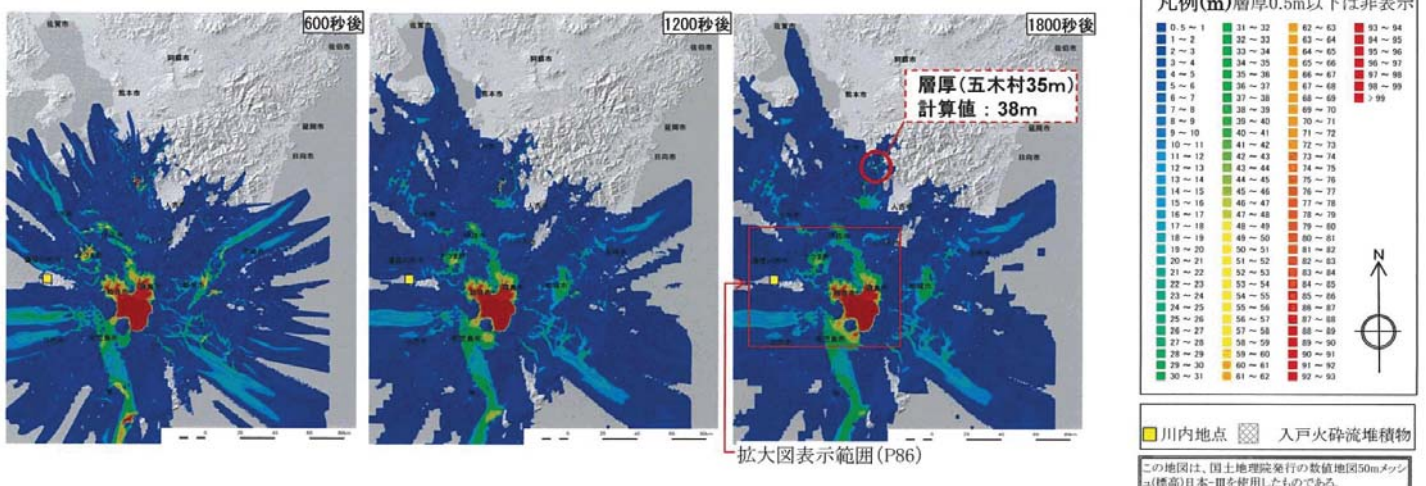
◇断層が伸展し地下施設に影響を与えるという観点では、このシナリオと断層伸展シナリオは共通しており、断層伸展シナリオに対応する解析ケース(断層伸展ケース)によってこのシナリオに対応する解析ケースを包含するように評価条件を設定する。

(25)

始良カルデラ噴火(九州電力計算結果:ケース②-9:熊本県五木村の層厚35mを良く再現)をなぜ検討しない?



川内原発へも火砕流が5分程度(500~700km/h)で到達(層厚0.5m以上)



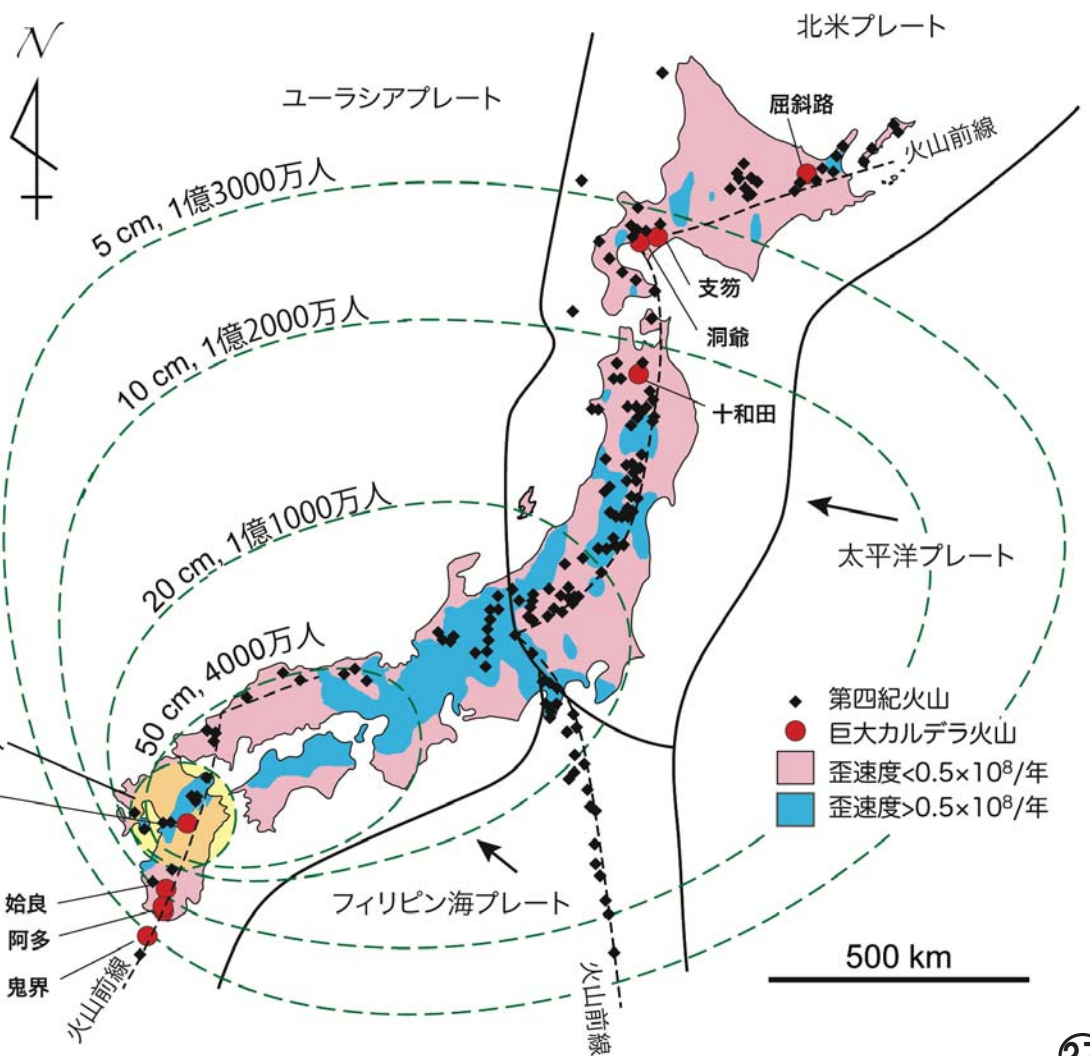
[噴出量200km<sup>3</sup>、底面摩擦係数0.02、パイル高さ9,000m、底面半径3,762m]

九州電力「川内原子力発電所 火山について」、第107回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合、資料1-7(2014.4.23)

(26)

# 日本列島の巨大カルデラ火山の分布と巨大カルデラ火山噴火 (VEI 8.4) の最悪のシナリオ

地下300mの処分場は巨大カルデラ噴火の火砕流・火山灰に耐えられるか？



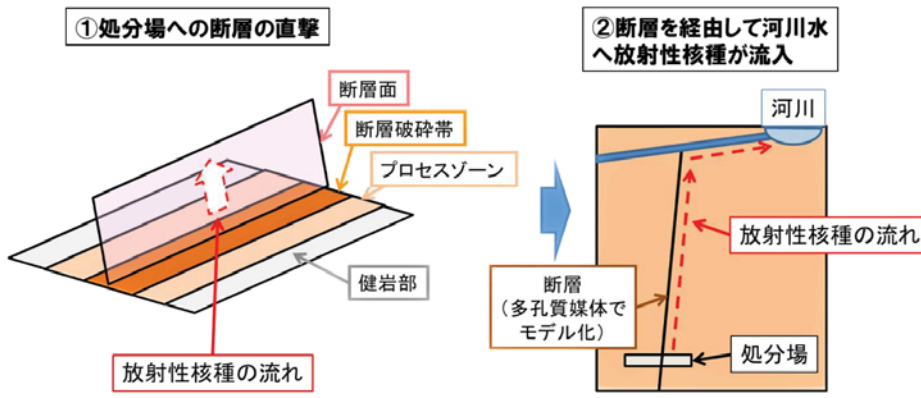
(異・鈴木 [http://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2014\\_10\\_22\\_01.html](http://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2014_10_22_01.html) (Y. Tatsumi and K. Suzuki-Kamata, Cause and risk of catastrophic eruptions in the Japanese Archipelago, Proceedings of the Japan Academy (日本学士院紀要), Series B, Vol. 90, No. 9 pp. 347-352 (2014))

## <断層伸展シナリオ/ 解析ケース(断層伸展ケース)>

■サイト選定において回避できなかった断層(伏在断層や活動性が低い断層, 未成熟な断層など)が伸展し地下施設へ影響を与える可能性を考慮

- ◇処分場閉鎖後の将来のある時期に伸展した断層が処分区画を直撃
- ◇断層破砕帯やプロセスゾーンの領域は断層が繰り返し活動することで徐々に発達するが, 保守的にこれらの領域が一度の活動で地表近傍まで十分に発達すると仮定
- ◇高レベル放射性廃棄物処分場の場合, 安全機能への影響は以下のように取り扱う:
  - 断層面と断層破砕帯の領域に位置するオーバーパック, 緩衝材, 周辺母岩は, 伸展断層で損傷, 安全機能喪失。断層面に位置するガラス固化体は損傷および地下水流速の増加に伴い, 溶解速度増加, 断層破砕帯に位置するガラス固化体は, 地下水流速増加に伴い, 溶解速度増加と仮定, ガラス固化体から, 地下水へ溶出した核種は伸展断層へ直接流入。
  - プロセスゾーンに位置する人工バリアについては, 安全機能への影響はほとんどない。周辺母岩については, 透水性が高くなると想定されるが, これを定量的に示すのは困難なため, その安全機能は考慮せず, ガラス固化体から溶出した核種は, 緩衝材からEDZに移行した後すべて断層へ流入。
- ◇TRU等廃棄物処分場の場合には, 以下のように安全機能への影響を取り扱う
  - 伸展した断層が直撃した処分坑道についてはグループ2を除き, すべての廃棄体から核種が瞬時に地下水へ溶出し伸展した断層へ直接移行
  - グループ2の場合, 金属部に含まれる核種が金属部の腐食に伴って溶出し断層へ移行
- ◇核種は伸展断層を經由して生活圏に移行
- ◇核種の移行経路となる断層は多孔質媒体として取り扱い, 移行過程における核種の収着を考慮
- ◇基本ケースおよび変動ケースと同様の排出点GBIと生活圏を設定





○最大被ばく線量:新第三紀堆積岩類のTRU等廃棄物処分場の14mSv/y  
 ○20km規模の断層が処分場スケールの領域に発生し直接的影響を与える発生頻度は $2.2 \times 10^{-7}/y$ となり、がん死等のリスクは $2 \times 10^{-10}/y$

図 6.4-33 断層伸展ケースの評価モデルの概念

表6.4-11 高レベル放射性廃棄物処分場に対する断層の影響範囲

母岩の岩種	1処分区画あたりの影響(廃棄体数)			総処分区画数
	断層面	断層破砕帯	プロセスゾーン	
深成岩類	139	2,780	3,753	6
新第三紀堆積岩類	131	2,096	4,454	6
先新第三紀堆積岩類	250	3,000	1,750	8

○高レベル放射性廃棄物処分場では、伸展断層の断層面や断層破砕帯に位置する人工バリアは、緩衝材やガラス固化体の安全機能喪失/著しく低下するが、大部分の人工バリアはプロセスゾーンに位置し安全機能が維持されると仮定しており、伸展断層へ移行する核種の量が抑えられる。

○TRU等廃棄物処分場の場合は、金属廃棄物の腐食に伴って核種が溶出するグループ2を除き、すべての廃棄体から核種が瞬時に地下水へ溶出し伸展断層へ移行すると仮定しており、また、TRU等廃棄物処分場には非収着性で半減期の長いI-129が多く含まれ、線量を支配している。

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, pp.6-164~168(2021.2)

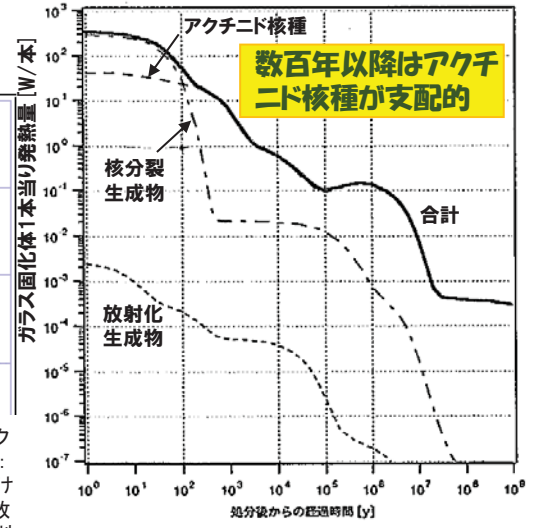
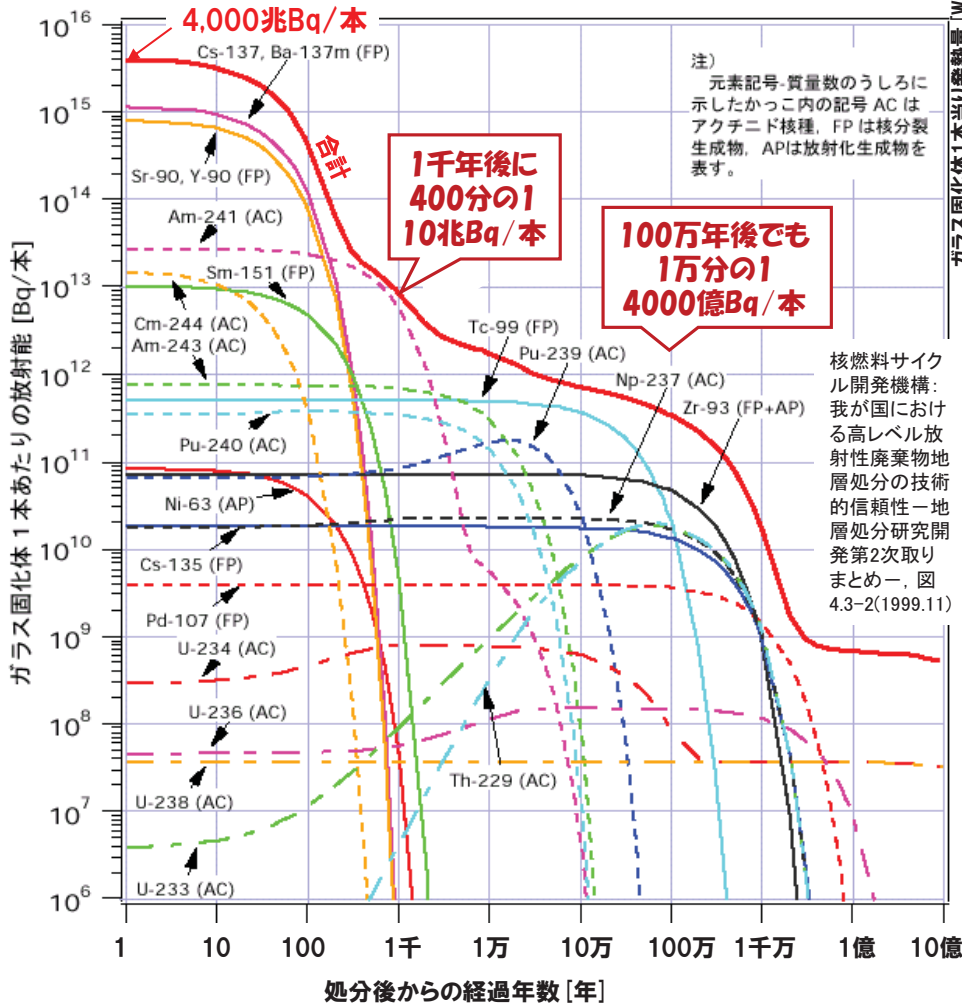
表6.4-13 高レベル放射性廃棄物処分場とTRU等廃棄物処分場に対する断層伸展ケースの最大線量

検討対象母岩	モデル水質(CI-濃度)	シナリオの発生時期に応じた線量評価における最大線量 [mSv/y]					
		高レベル放射性廃棄物処分場閉鎖後のシナリオ発生時期			TRU等廃棄物処分場閉鎖後のシナリオ発生時期		
		1,000年	1万年	10万年	1,000年	1万年	10万年
深成岩類	低	0.3 (Pu-239)	0.2 (Pu-239)	0.1 (Np-237)	4 (I-129)	4 (I-129)	4 (I-129)
	高	0.3 (Pu-239)	0.2 (Pu-239)	0.1 (Np-237)	4 (I-129)	4 (I-129)	4 (I-129)
新第三紀堆積岩類	低	0.1 (Tc-99)	0.1 (Tc-99)	0.08 (Tc-99)	14 (I-129)	14 (I-129)	14 (I-129)
	高	0.4 (Tc-99)	0.4 (Tc-99)	0.7 (U-233)	14 (I-129)	14 (I-129)	14 (I-129)
先新第三紀堆積岩類	低	0.1 (Tc-99)	0.1 (Tc-99)	0.07 (Tc-99)	4 (I-129)	4 (I-129)	4 (I-129)
	高	0.9 (Tc-99)	1 (Tc-99)	2 (U-233)	4 (I-129)	4 (I-129)	4 (I-129)

○高レベル放射性廃棄物処分場で、岩種やモデル水質の違いで支配核種が変わるのは、核種の移行経路である断層への収着分配係数が異なるため。事象発生時期により支配核種が変わるのは、ガラス固化体中での放射性崩壊・子孫核種生成で時期により放射能インベントリが変わるため。これらは、断層が直撃するまで核種が廃棄体中に閉じ込められ、断層が直撃した後に核種の溶出が始まるという仮定(基本ケースとは大きくかけ離れた仮定)を用いているため。

原子力発電環境整備機構(NUMO)「包括的技術報告:わが国における安全な地層処分の実現」第6章閉鎖後長期の安全性の評価, pp.6-164~168(2021.2)

# ガラス固化体の放射能の経時変化



- 核燃料サイクル開発機構：我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分技術の信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-，図4.3-2(1999.11)
- 日本原燃JNFL仕様 (モデル)**
- 濃縮度：4.5wt%
  - 燃焼度：4.5万Mwd/tU
  - 1,184.2日連続運転 (使用済燃料SNF)
  - 炉取出し後4年で再処理
  - ガラス固化体への移行率
    - U : 0.442% (SNFでは約230倍)
    - Pu : 0.548% (SNFでは約180倍)
    - H, C, I, Cl, 希ガス : 0%
    - その他 : 100%
  - ガラス固化体発生量：1.25本/tU
  - ガラス固化体重量：500kg/本
  - 固化ガラス重量：400kg/本
  - 製造後50年で地層処分

2023年8月27日

## 高レベル放射性廃棄物問題とは何か？

長沢 啓行 (若狭ネット資料室長、大阪府立大学名誉教授)

主催：サヨナラ原発福井ネットワーク

- (1) 「科学的有望地」が「科学的特性マップ」になった理由
- (2) ガラス固化体の炭素鋼容器オーバーパックは1000年程度で溶解 TRU等廃棄物の廃棄体パッケージは早期に機能喪失・下流配置
- (3) TRU等廃棄物による被ばく線量はヨウ素129が支配的
- (4) 稀事象シナリオでは、緊急時被ばく状況や現存被ばく状況を想定
- (5) 「現世代の責任」は、最終処分場建設ではなく、これ以上高レベル放射性廃棄物を生み出さないことである！



**全国の使用済燃料貯蔵量:約1万9,478tU**  
 (9電力、日本原子力発電、日本原燃の合計:2023.3末現在)

原子力発電環境整備機構NUMO「地層処分関係データ-使用済燃料の貯蔵量(2022年12月末時点)」をベースに、電気事業連合会「使用済燃料貯蔵対策の取組強化について(「使用済燃料の貯蔵状況と対策(2023年3月末時点)」に基づき、伊方のデータを2023年3月末時点に引用者が修正

**原発サイト貯蔵量 16,510tU(2023年3月末)**

**六ヶ所再処理工場 2,968tU(2010年3月末)**

- ・受入3,393tU(BWR1,703tU, PWR1,690tU)
- ・アクティブ試験(第5ステップ2010年3月末まで)  
 再処理425tU(BWR219tU, PWR206tU)  
 分離プルトニウム3.6tPu(核分裂性2.7tPuf)  
 (800tUのフル操業で6.8tPu(5.1tPuf))

**英仏再処理委託量 7,100tU**  
 (平成15年原子力白書)

**英仏保管プルトニウム 37.2tPu(2020年末)**  
 の利用策はすでに破綻!  
 まだ、再処理するの?

**負の遺産 = 使用済燃料を**  
**これ以上生み出すな!**

玄海 1,150tU

川内 1,070tU

島根 460tU

高浜 1,380tU

大飯 1,820tU

美浜 480tU

敦賀 630tU

志賀 150tU

柏崎刈羽 2,370tU

泊 400tU

東通 100tU

六ヶ所村再処理工場 2,968tU

女川 480tU

福島第一 2,130tU

福島第二 1,650tU

東海第二 370tU

浜岡 1,130tU

伊方 740tU

**原発サイトでは使用済燃料貯蔵フルが満杯に**  
**近づく一方、六ヶ所再処理工場はフルサーマル**  
**実施に応じた操業しかできず、リラッキングや**  
**乾式キャスク貯蔵施設立地に躍起となっている!** (32)

# 原子力発電所の廃炉問題に関する提言

2019年12月14日

## 原子力発電所の廃炉問題に関する検討委員会

原子力発電所の廃炉問題に関する検討委員会委員 (2019年12月現在:○は座長)

木原壮林

若狭の原発を考える会

末田一秀

核のごみキャンペーン関西、はんげんぱつ新聞編集委員

○長沢啓行

若狭ネット資料室 室長

山崎隆敏

反原発市民団体活動家

山本雅彦

福井県科学者会議

(あいうえお順)

検討の経緯:第1回2019年4月23日(火),第2回6月15日(土),第3回7月9日(火),

第4回8月31日(土),メール会議で表現改訂9~11月,第5回12月14日(土) (33)

# 原子力発電所の廃炉問題に関する提言

提言1:「廃炉」にされた原子力発電所の廃止措置においては、放射能で汚染された原子炉建屋等施設・構造物、機器・配管等の早期の解体撤去は行わず、そのまま密閉管理し、少なくとも100年程度の安全貯蔵期間をとるべきです。

提言2:福島事故を繰り返さないため、また、放射能汚染の危険が何万年も続く使用済燃料をこれ以上生み出さないため、原発の運転を止めるべきです。廃炉原発の使用済燃料乾式貯蔵は、運転中の原発のプールを空けるために利用されようとしており、福井県内・県外のどこにも立地を許すべきではありません。すでに生み出された使用済燃料は、再処理も、深地層処分も行うべきではなく、見える形で超長期に密閉管理すべきです。しかし、その具体的な方法については脱原発の下でしか国民的合意が得られないことを認識しなければなりません。

提言3:廃炉ビジネスは幻想です。廃炉後の地域経済を展望するためには、所内他号機の再稼働や増設などをあてにした原発依存体制と発想を転換し、住民自らが「廃炉を求め、原発依存の現状を打破する」姿勢に転じることが不可欠です。廃炉をチャンスと見なし、地域に根ざした地消地産の地域分散型エネルギー社会に基礎を置く地方分権型社会をめざすべきです。農林水産業の持続可能な「第六次産業化」で地域の雇用と収益を確保し、観光需要や農漁山村体験需要を地域へ呼び込むなど、力を合わせて、ハコモノ行政と原発依存社会からの抜本的脱却を図っていきましょう。

34

(2) 地震・火山国である日本には長期にわたって変動しない安定な地層は存在しません。高レベル放射性廃棄物(再処理を放棄すれば使用済燃料も含まれる)の深地層処分は、その危険を見えなくするだけであり、実施すべきではありません。

深地層処分実施主体の原子力発電環境整備機構NUMOは2018年11月に包括的技術報告書をまとめ、地層処分は「人間の生活環境に有意な放射線影響を与えるものではない」と主張しています。しかし、半減期28.7年のストロンチウム90(Sr-90)や半減期1,570万年のヨウ素129(I-129)は水に溶けやすく土壌に吸着されにくいいため、処分場閉鎖<sup>(注2)</sup>直後から放射能が溶出し始めます。現行の「TRU廃棄物パッケージA」では、わずか10年(Sr-90)ないし数十年(I-129)で地上へ到達し、生活環境の被ばく原因になります。処分場閉鎖300年後から溶出するとされる「TRU廃棄物パッケージB」に取替えても、「1,000年で放射能が溶出し始める」と想定されています。つまり、TRU廃棄物や高レベル放射性廃棄物を深地層処分すれば、早ければ10年程度で、遅くとも1,000年程度で、放射能が処分場から溶け出して生活環境を汚染していく恐れがあるのです。

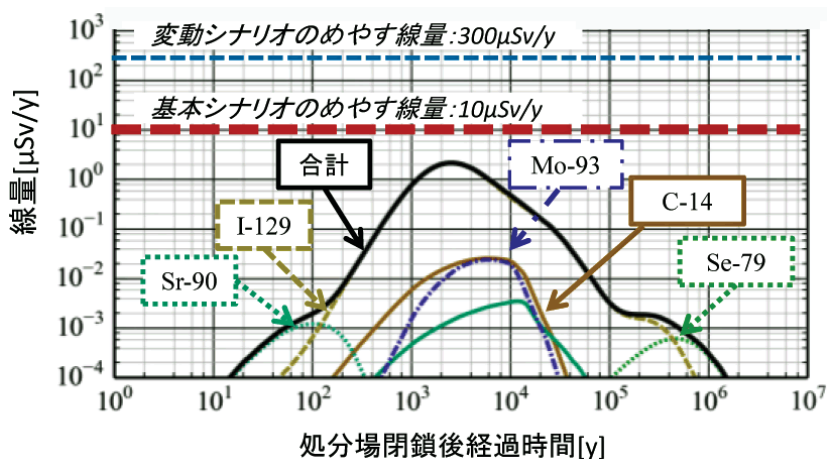
NUMOは「不確実さを考慮しても公衆の被ばく限度1mSv/年を下回る」と主張していますが、都合のよい仮定に基づくモデル計算にすぎません。また、稀頻度事象シナリオでは、埋設後に震源断層が活動して処分場を断裂するケースや火山マグマが噴出して処分場ごと吹き上げるケースが想定されていますが、これらのケースでは被ばく線量が1mSv/年を超えてしまうため、1年目は「緊急時被ばく状況の参考レベル20~100mSv」、2年目以降は「現状被ばく状況の参考レベル1~20mSv/年」を評価基準とし、この上限を超えなければよいとしているのです。これは、現行法令違反であるだけでなく、「深地層処分で将来世代に深刻な被ばくが生じても構わない」という身勝手な立場であり、高レベル放射性廃棄物を生み出した電力会社、原子力メーカー、国ひいては現世代の責任を顧みないものと言えます。

「絶対安全」と豪語された福島第一原発では、運転開始からわずか40年も経たないうちに、3基が一斉に炉心溶融事故を引き起こしました。国際的に未経験の深地層処分では、NUMO

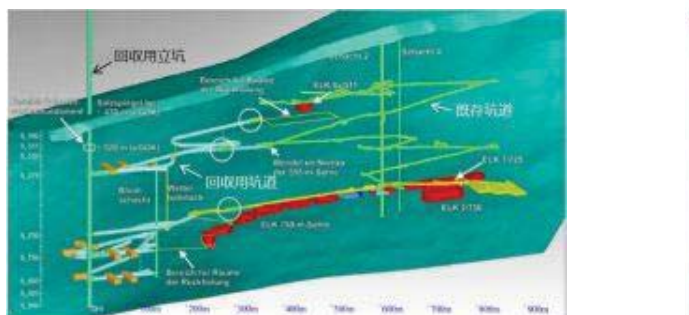
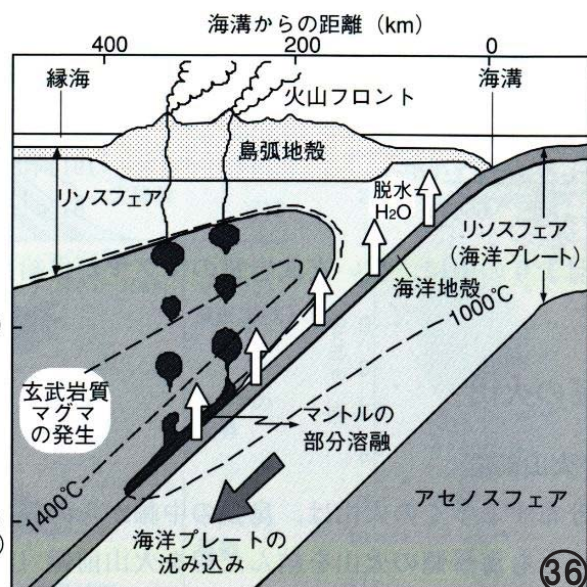
35



が「10年ないし1,000年は溶出しない」と豪語しても全く信用できません。現に、ドイツでは、安全だとされた岩塩層の低レベル放射性廃棄物処分場が危険だとわかり、その時点までに投棄された放射性廃棄物20万m<sup>3</sup>を回収することが2010年に決定されています。深地層処分では、処分した後に処分場が危険だとわかって、処分された高レベル放射性廃棄物を回収するのは不可能です。また、国は、福島事故前は1mSv/年の公衆の被ばく限度を法令で担保しながら、事故後には現存被ばく状況だとして1~20mSv/年の被ばくを強要し、200万人もの人々を放射線管理区域と同様の汚染状況下に放置して1mSv/年以上の被ばくを余儀なくさせ、20mSv/年未満で避難指示を解除して避難者への住宅支援を打ち切り、福島県民の被ばくの犠牲の上に福島事故をなかったことにしようとしています。NUMOによる緊急時被ばく状況や現存被ばく状況に基づく被ばく評価基準<sup>(注3)</sup>はこの立場を踏襲するものであり、許容できません。



深成岩類の処分場に起因する線量と支配核種（基本ケース：廃棄体パッケージA、低Cl<sup>-</sup>濃度地下水、核種溶出開始時期は処分場閉鎖直後）  
原子力発電環境整備機構NUMO「包括的技術報告書」(2018.11.21)



赤：処分室  
オリーブ緑：回収用立坑（新設）  
薄青：回収用坑道（新設）  
黄緑：既存坑道

アッセII研究鉱山での実規模キャスクを用いた実験の様相（写真提供：DBE）



アッセII研究鉱山は岩塩鉱山跡を利用して1967~78年に、現在のミュンヘン・ヘルムホルツセンター-HMGUが低・中レベル放射性廃物の試験的な処分を実施。その後、地下水の浸入により岩塩から成る処分坑道の安定性が確保できなくなるおそれがあることから、2010年1月に、廃棄物周囲の汚染された岩塩層などを含め約20万m<sup>3</sup>と見込まれている。アッセII研究鉱山では深度511m、725m、750m付近に設けられている13の処分室に合計約4万7,000m<sup>3</sup>の低・中レベル放射性廃棄物が処分。

◎原子力発電所及びその他の原子力関連施設の所在地

BGEは、2019年以降、2033年に廃棄物回収が開始されるまでの準備期間中にかかる費用の総額を約33.5億ユーロ（不確定幅±30%、約4,020億円、1ユーロ=120円で換算）と見積っている。

■	原子力発電所（商業用、運転中）
■	低（中）レベル放射性廃棄物処分場
◆	地下研究施設
▼	集中中間貯蔵施設
●	特性調査施設

原子力環境整備促進・資金管理センター「平成27年度原子力発電施設等安全技術対策委託費（安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査）事業報告書平成28年3月；海外情報ニュースフラッシュ、2020.4.2、2011.5.6



## <参考> ガラス固化体の製造欠陥

### ◇BNFLで1/3にガラス固化体の製造欠陥

2002年1月までに海外顧客向けガラス固化体519体が製造されたが、266体中254体に書類上の不備があり、監査された171体のうち52体は製造仕様を満たしていない。ガラス溶融しない水溶性のイエローフェーズが生成されていた。

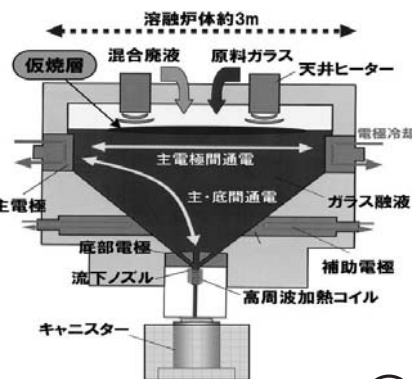
The documents, seen by The Whitehaven News, allege that “up to a third of filled drums are not fit to return to foreign customers. As of January 2002, 519 drums had each been filled with about 400 kgms of waste glass for overseas customers. 254 of 266 drums were found to have deficiencies in their clerical records. Most worryingly out of 171 drums audited, 52 were found to be non-compliant with the process specification.” The documents also reveal that the vitrification produces nuggets of soluble radioactivity that would be a future issue for any repository. The nuggets are radioactive yellow phase material which cannot be turned into glass. (Whitehaven news, 2005.9.15)

### ◇イエローフェーズ

イエローフェーズYPは、モリブデン酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ を主成分とした析出相のこと。ガラス溶融炉の中では主として液体（溶融塩）で、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類、陰イオン性のCr, S, P等が混入、さらにCs, Sr, Tc, アクチノイド等が共存する場合がある。YPは水溶性で、ガラスと共にキャニスター注入されると、処分時の放射性核種の移行挙動に影響を与える恐れがあり、混入は避けなければならない。ガラス固化体への廃棄物充填率を増やしたり、溶融炉の運転条件が適正範囲を超えたりすると、ガラスへ溶解するはずの廃液成分の一部が未溶解の状態ではガラス中に析出してYPになる。

### ◇ガラス溶融炉で流下を妨げる白金族元素

白金族元素とは、ルテニウムRu、ロジウムRh、パラジウムPd、オスミウムOs、イリジウムIr、白金Ptの6元素。白金族元素は、ホウケイ酸ガラスに溶解しにくく、密度が高いため、酸化物や金属粒子として析出・沈降・堆積する。高温ほど粒子沈降が速い。溶融炉上部の「溶融ガラス」には白金族粒子が分散、底部の「堆積ガラス」では $\text{RuO}_2$ の針状粒子が絡みあった150～200 $\mu\text{m}$ の白金族粒子となって沈降。白金族元素粒子の割合が高まると比抵抗が低く（電流が流れやすくなり）、堆積ガラスの粘度が高くなり、溶融炉からキャニスターへ流下しにくくなる。再処理工程では不溶解残渣となる。



六ヶ所再処理工場ガラス溶融炉概要 ③⑧

地層処分場の建設予定地であるフォルスマルクを含むスウェーデン南東部の岩盤は、19.5～17.5億年前（古原生代）に形成された結晶質岩。約4～2.5億年前には、大西洋側のプレート運動の圧力によってノルウェーとの国境となっているスカンディナ비아山脈が形成され、スウェーデン南東部の岩盤にも大規模な断層が生じた。約200万年前以降の新生代第四紀には、山脈の東山麓に氷河が何度も形成された跡が残っている。ウルム氷期として知られる最終氷期は約11万年前から始まり、最盛期にはスカンディナ비아半島全体が氷で覆われ、氷床の厚さは最大で3kmに達したと推定。この氷の重さのために地殻が沈み込み、スウェーデンとフィンランドの間にできた窪みが現在のボスニア湾。氷床の成長・後退につれて岩盤にかかる荷重が変化するので、断層が動いて地震が発生することもある。氷期が終わった約1万年前から現在まで、沈降した地殻が元に戻ろうとしてゆっくりとした隆起が続いている。フォルスマルクは、紀元前8800年頃には海面下150mのところであり、紀元前500年頃に陸地になった。表層5～6mの土壌は、氷床の動きによって岩盤が侵食されて運ばれた氷成粘土や礫の堆積物。処分場の建設予定地であるフォルスマルクにも大規模な断層がある。そのような断層の近くでは、その動きによって結晶質の岩石が引きちぎられ、細かく破碎しているが、そのことによって一定以上離れた所の岩体は相対的に安定となり、レンズ状の塊となって残っている。そのような岩体は「構造レンズ」と呼ばれ、フォルスマルクの地下約500mのところには、これまでのプレート活動や氷床荷重の変動による影響を受けていない、構造レンズが存在することがボーリング調査で確認されている。使用済燃料の処分場は、このような構造レンズ内の結晶質岩に建設される。

スカンディナ비아山脈の形成で影響を受けた領域  
古原生代（19.5～17.5億年前）に形成された岩盤

