高レベル放射性廃棄物の処分について 一緒に考えてみませんか?

日本原子力学会バックエンド部会バックエンド週末基礎講座 資料

2014年 10月19日

原子力発電環境整備機構 技術部 吉村公孝



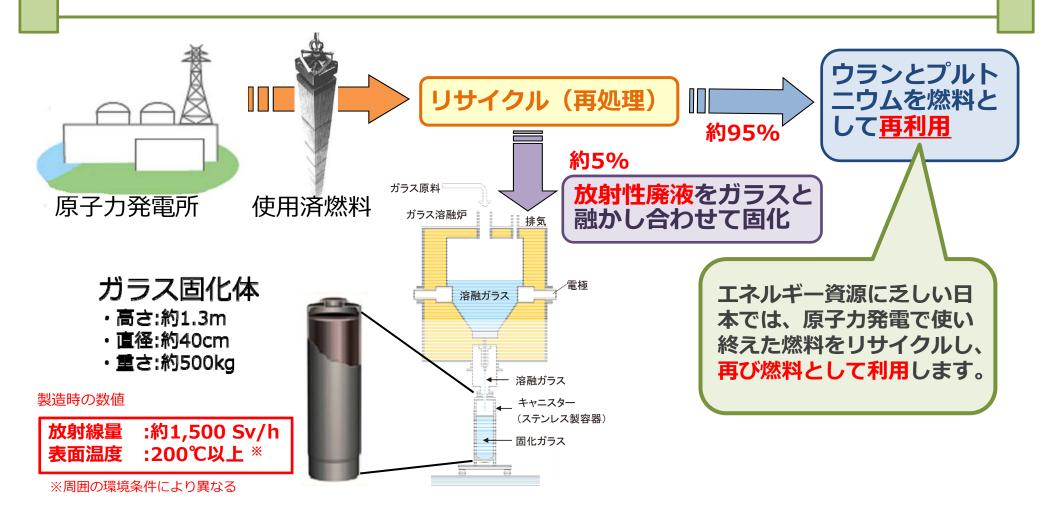
目次

- 1. 高レベル放射性廃棄物ってなんだろう?
- 2.高レベル放射性廃棄物はどうやって処分するの?
- 3.地層処分って本当に安全なの?
- 4.地層処分はどのように進めるの?
- 添付 参考資料

1. 高レベル放射性廃棄物ってなんだろう?

高レベル放射性廃棄物って何ですか?

原子力発電所で使い終わった燃料(使用済燃料)をリサイクル(再処理)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(ガラス固化体)です。



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ってどれくらいあるの?

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合わせ、約25,000 本のガラス固化体となります。

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)

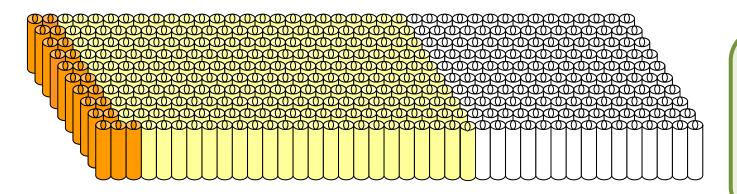
既に

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 を計画中です。

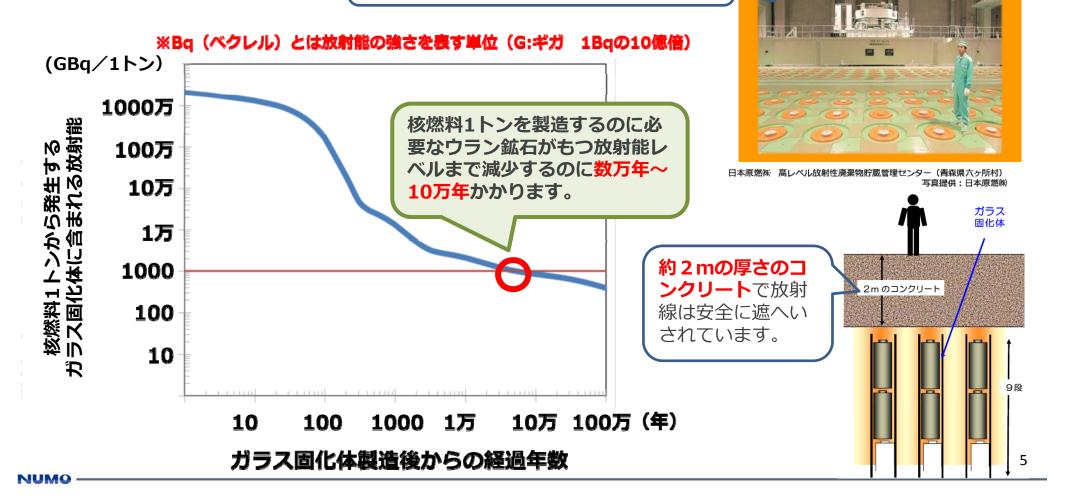


次の世代に負担を残さない ためにも、原子力発電によ る電気を利用してきた私た ちの世代でできるだけ早く 処分に道筋をつけなくては なりません。

高レベル放射性廃棄物って危険じゃないの?

放射能レベルは非常に高く危険ですが、適切な対策を施すことにより、安全に管理されています。

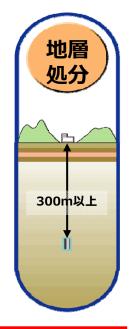
地層処分ができる温度 (100度前後) に 下がるまで保管します。 (30年~50年)



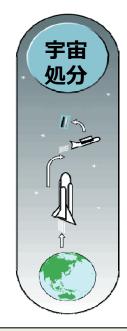
2. 高レベル放射性廃棄物はどうやって処分するの?

どうして地層処分が選ばれたの?

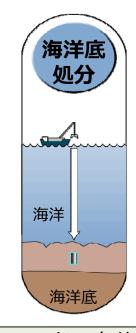
世界各国でさまざまな処分方法が検討されてきましたが、「地層処分」が最適な方法であることが、国際的に共通な認識となっています。



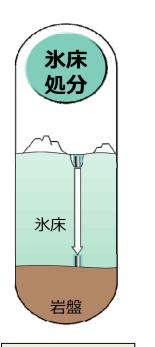
地層が本来 もっている 閉じ込める 性質を利用



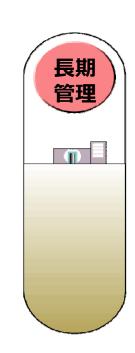
発射技術等の 信頼性に問題



ロンドン条約 により禁止



南極条約に より禁止



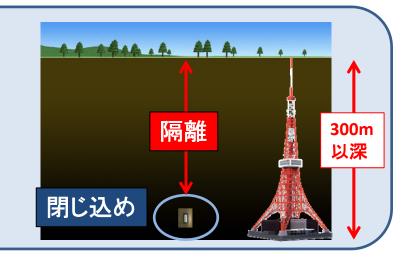
人間による 恒久的な管 理が困難

地層処分ってどうやるの?

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、閉じ込めます。

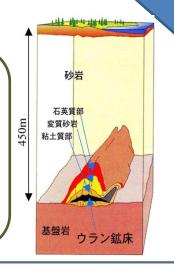
基本的な考え方

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ます。



カナダのシガーレイク

ウランは<mark>約13億年</mark>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<mark>安定に保存</mark>され ています。



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 に溶けやすいですが、 それでも溶けずに残っ ています。

生息:9040~8850万年前



写真提供:日本化石資料館

地表で保管しておくことではなぜいけないのですか?

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 影響されやすいです。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難しいことです。 また、将来の世代に負担を残すことになります。

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

地下は長期間にわたり 人間の生活環境から隔 離するのに適していま す。

何か急に出てきた話のように思えるのですが?

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ました。

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

日 本

国際

1962年:原子力委員会報告書「高レベル放射性廃棄物の処分方針について」検討開始

1976年:原子力委員会決定「放射性廃棄物対策について」 地層処分研究スタート

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

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

2013年~: 放射性廃棄物ワーキンググループおよび地層処分技術ワーキンググループにおける審議

1957年: 米国科学アカデミー会議 地層処分の概念が初めて提示

1977年: OECD/NEA報告書様々な処分方法のうち、「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」との結論

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」との結論

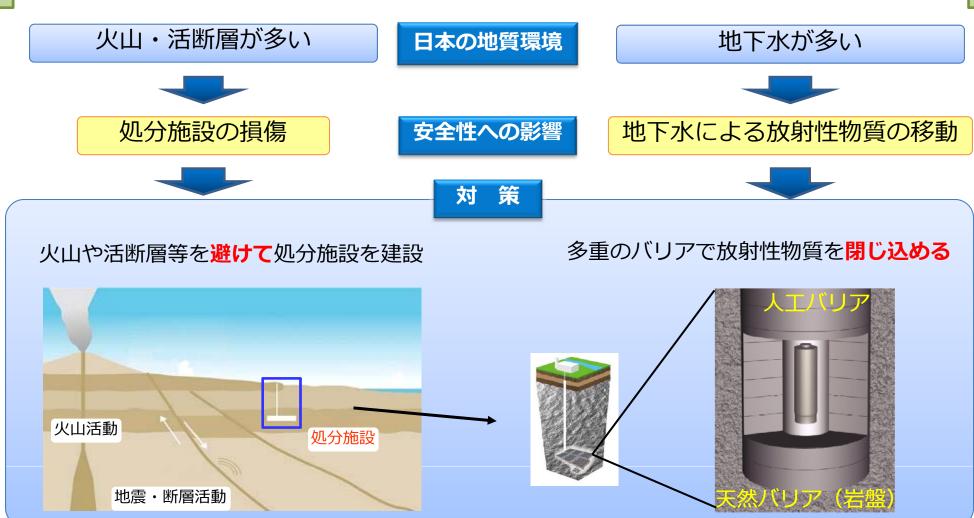
2011年: スウェーデンが処分施設の建設許可を国に申請

2012年: フィンランドが処分施設の建設許可を国に申請

3. 地層処分って本当に安全なの?

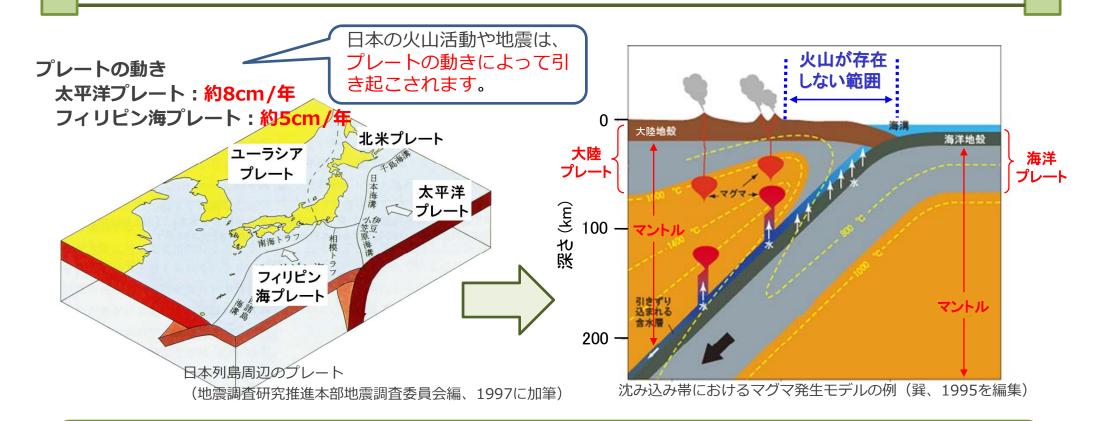
地層処分にはどんな危険性があるの?

火山や活断層が多いことなどが心配されています。ただし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です。

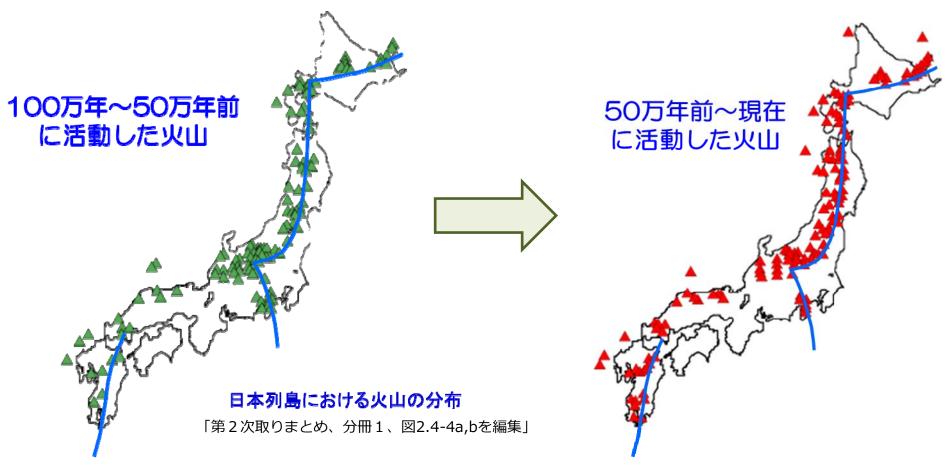


火山は避けることができるの?

①マグマが発生する深さはお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 発生しません。



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ます。 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ません。このため、詳細な調査により火山を避けることができます。



活断層はどうやって避けるの?

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ます。このため、詳細な調査により活断層とその影響範囲を 避けることが可能です。



~ 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となります。

②まだ隠れた活断層もあると考えられますが、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です。

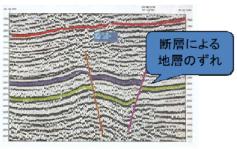
【1.物理探查】



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

【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

【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】



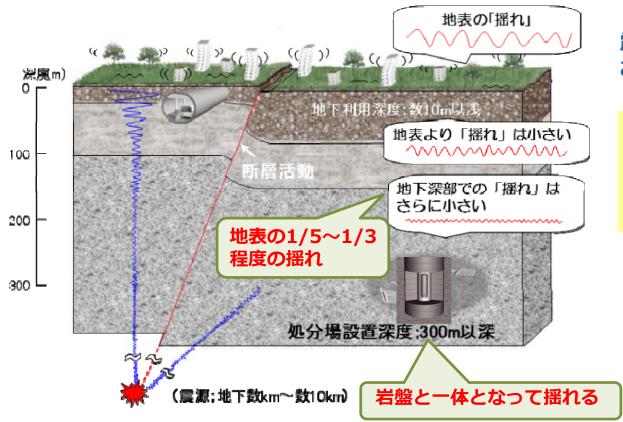
地下深くにある断層の直接 目視による調査



岩石サンプルの例

巨大地震がきても平気なの?

地下の揺れは地表に比べ小さく、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です。



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

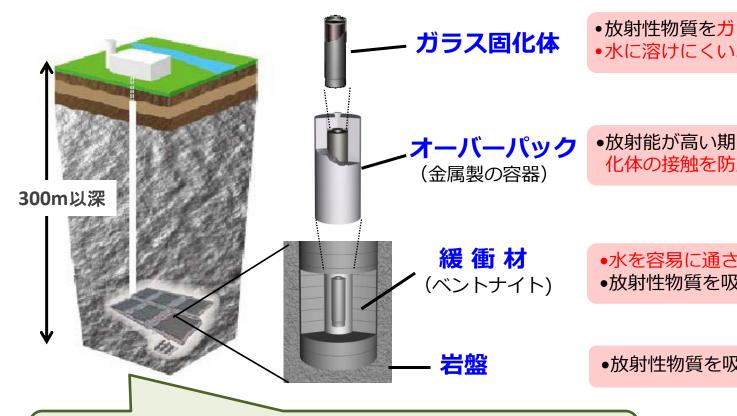




(土木学会(第1次)・地盤工学会合同調査団 調査速報より)

地下水は大丈夫なの?

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ます。



- 放射性物質をガラス構造に取り込む。
- •水に溶けにくい。

●放射能が高い期間、地下水とガラス固 化体の接触を防止。

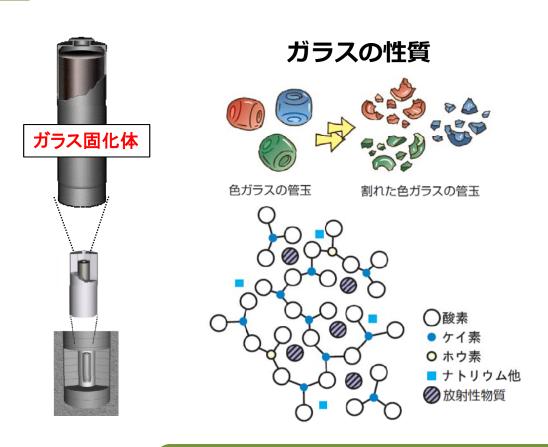
人工 バリア

- 水を容易に通さない。
- ◆放射性物質を吸着し移動を遅らせる。
- ●放射性物質を吸着し移動を遅らせる。

地下深部の地下水の流れは非常に遅い性質を持っています。 (平均的な流速で1年に数mm程度)

ガラスが割れても大丈夫?

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、<mark>ガラスが割れても直ちには溶け出しません。</mark>



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) のガラス工芸品 (写真提供: PPS通信社)

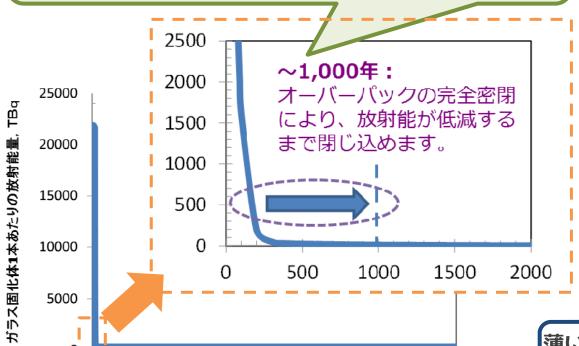
ガラス固化体が全て溶けるまで 7 万年 以上かかると考えられています。

オーバーパックは金属なので錆びてしまうのでは?

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。

オーバーパック (厚さ:約20cm)

放射能が急激に減る少なくとも1000年の間、鋼鉄製で 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。



6万

8万

10万

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。

※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

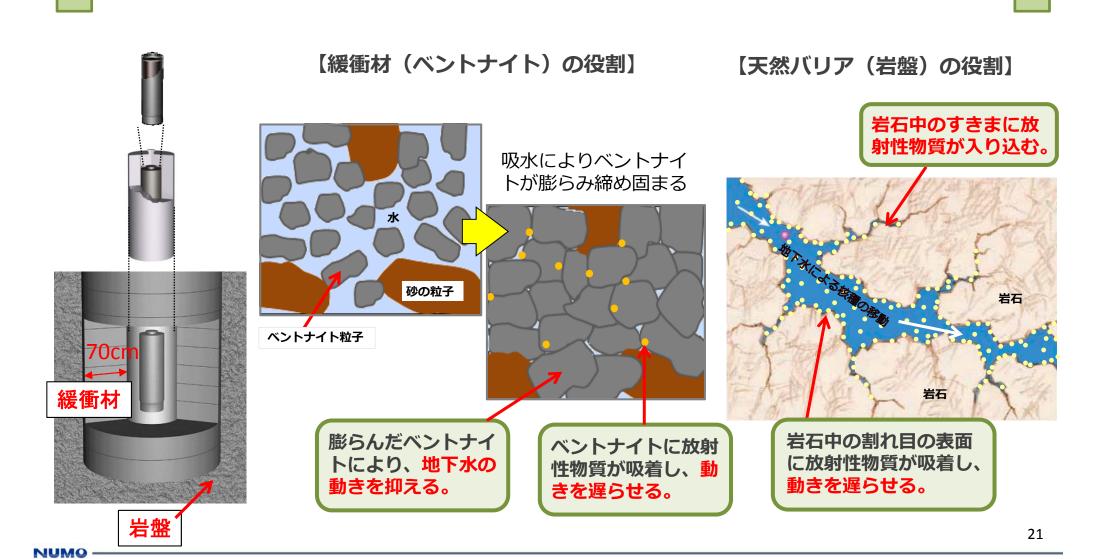
処分場閉鎖後からの経過時間, 年

4万

2万

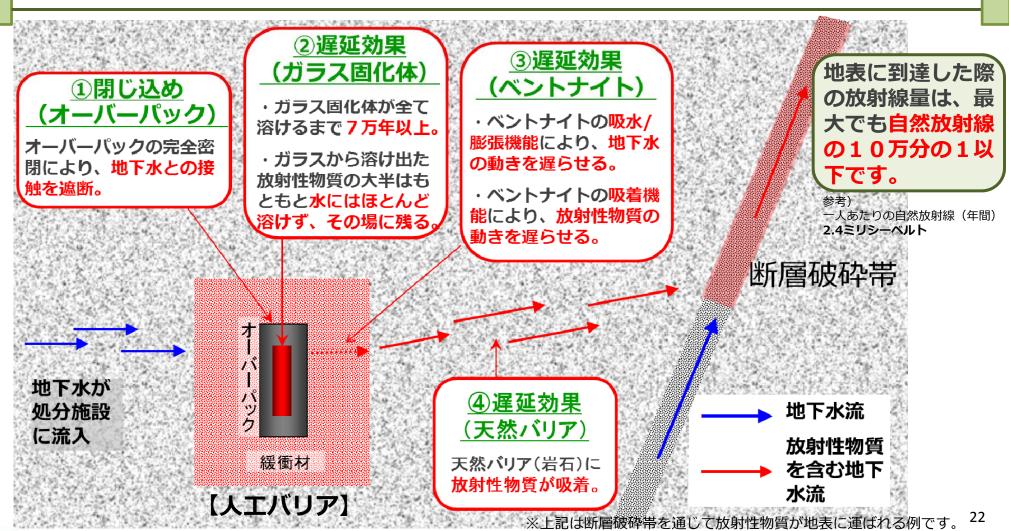
ガラス固化体から放射性物質が溶け出したらどうするの?

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。



放射性物質が地表まで流れてくることはないの?

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。

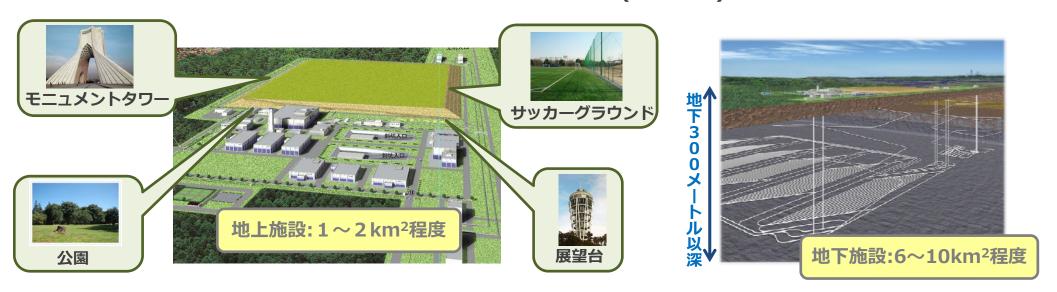


4. 地層処分はどのように進めるの?

地層処分場はどのくらいの大きさになるの?

ガラス固化体を4万本以上埋設できる施設を計画中です。

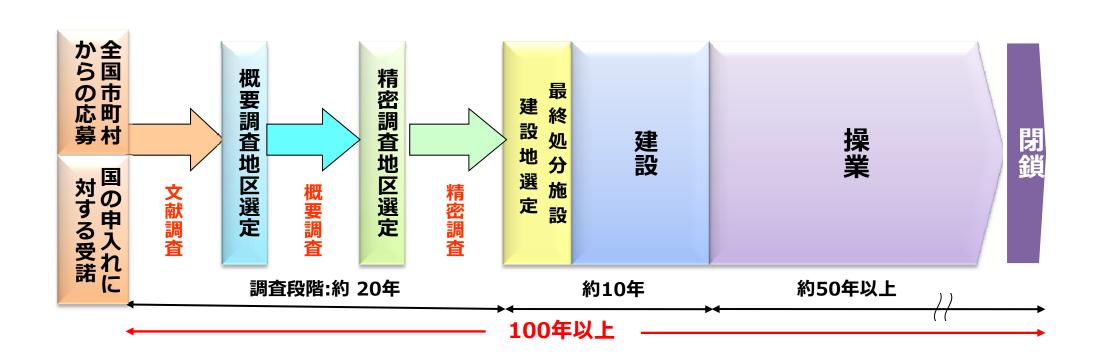
高レベル放射性廃棄物処分施設(イメージ)



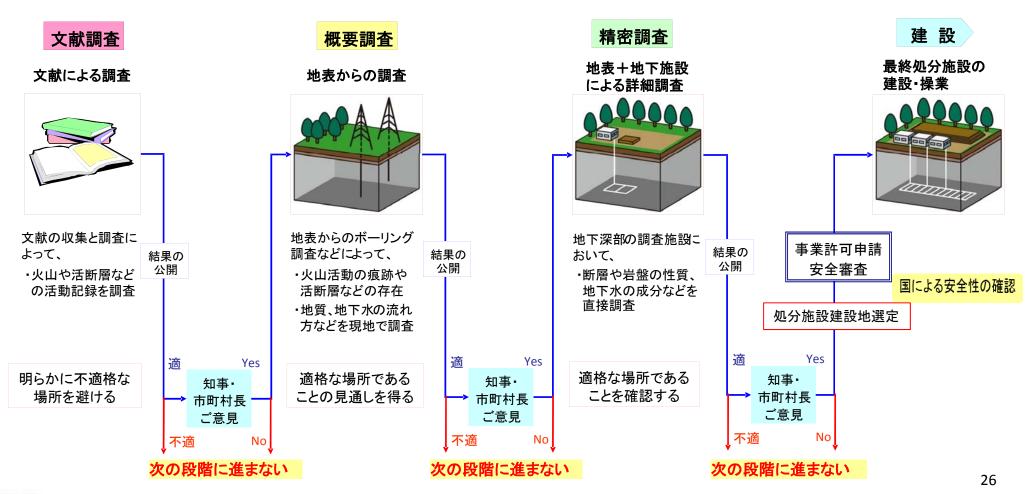
- □ 処分費用 約3.5兆円 ※高レベル放射性廃棄物(2.8兆円)とTRU廃棄物(0.7兆円)の合計
 - ▶電力会社等から原子力発電による発電量等に応じて拠出金として徴収
 - ・法律で定められており、単価は毎年国により見直されます。
 - ・一家庭あたり毎月20円程度(原子力発電の割合を仮に1/3とした場合)
 - ▶拠出金は全額外部機関(原子力環境整備促進・資金管理センター)に積立
 - ・国の承認のもと、必要額を取り戻して使用します。
 - ・拠出金の積立額は約1兆円(2013年度末)

日本の地層処分はどのように進めるの?

①調査から建設・操業・閉鎖まで100年以上に及ぶ事業です。



- 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います。
- ※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み ません。



国において事業の見直しや安全性の再検討が行われていると聞いたのですが?

①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、<mark>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</mark>し、今後に向けた議論を行いました。

放射性廃棄物ワーキンググループ

【設置目的】

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】

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、おのお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。

②最終処分に向けた新たなプロセスが検討されました。

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

※参照元:経済産業省作成資料

加速化に向けた新たなプロセス(案)

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

みや支援策等を検討 ※地域の合意形成の仕組

可逆性・回収可能 性を担保した取組

> 地層処分の技術的信頼性の定期的評価 代替処分オプションの調査 研究等

※下線印は、新規または強化する取組案

NUMO

NUMOってどんな組織?

①電気事業者等によって設立された経済産業大臣による認可法人です。

~原子力発電環境整備機構(NUMO)~ (Nuclear Waste Management Organization of Japan)

【業務内容】

概要調査地区等の選定



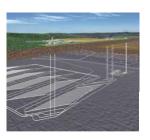


地層処分の実施









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ます。

~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



PR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SKB 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

③「地域の一員」としてまちづくりのお役にたちたいと考えています。

NUMOの基本姿勢

処分事業は、100年以上の長期に わたります。

NUMOは「地域の一員」として 共に考え、共に行動します。

まちづくりを意識した事業展開

- ■相互理解促進
- ■地域の長期ビジョン等の策定・実現
- ■事業の本格化とまちづくり方策の充実
 - <施設建設後の地域への波及効果>
 - ・資材調達など地元発注の増加
 - ・建設・操業に伴う雇用の増加
 - ・施設設置に伴う固定資産税収の増加

国の支援策

社会全体の利益を地域に還元するため、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し、実施します。

④皆さまのニーズに沿うかたちでまちづくりが進むようお手伝いを させていただきます。



☆地場産業の活性化 働く場所の増加、若者の定住

- ・農業や漁業の振興
- ・加工施設の拡充

☆高齢者福祉の充実

- ・訪問介護の充実
- ・老人ホームの新設・改修



☆子育て支援の充実

・保育所の新設・改修保育時間の延長

☆災害に強いまちづくり

- ・学校・公共施設の耐震補強
- ・ 防災無線の拡充

☆便利な暮らし

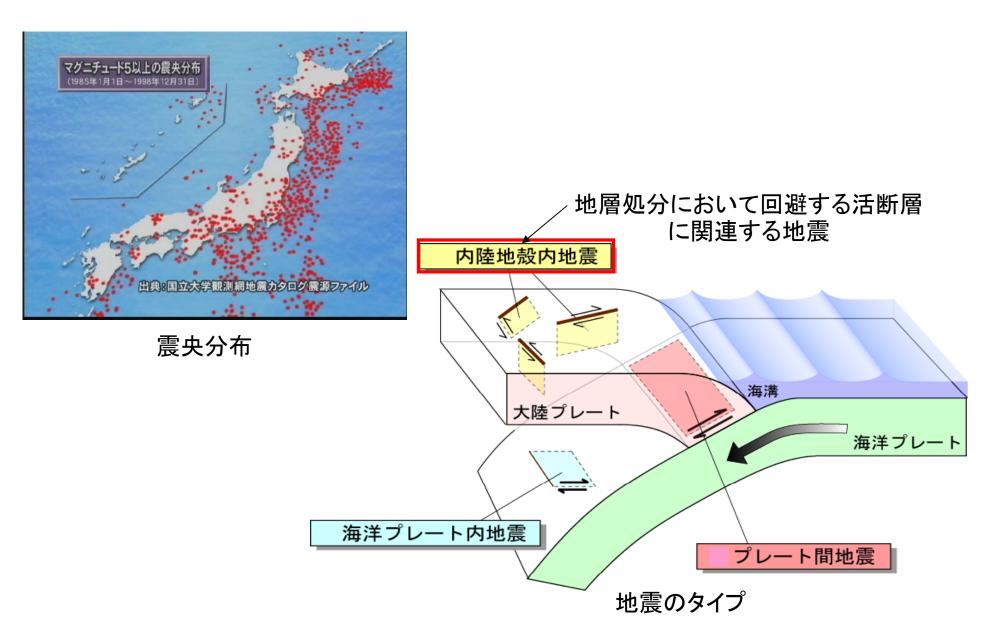
- ・お買いものバスの導入
- ・図書館・スポーツ施設の整備

参考資料

- ・日本の地質環境
- ・操業期間中の安全性の検討
- ・諸外国における地層処分の状況
- ・放射性廃棄物
- ・地層処分について
- ·放射性廃棄物/地層処分技術WG
- 放射線

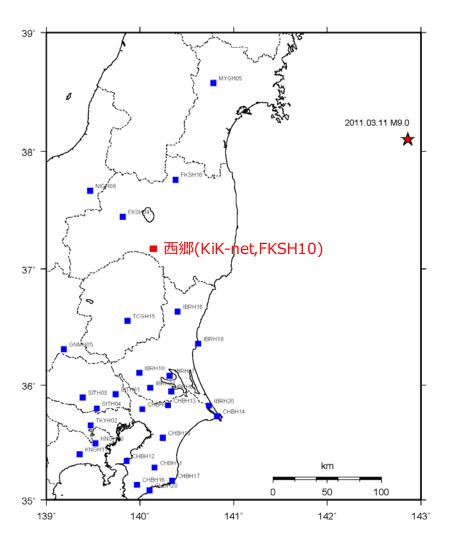
日本の地質環境

さまざまなタイプの地震と回避すべき活断層

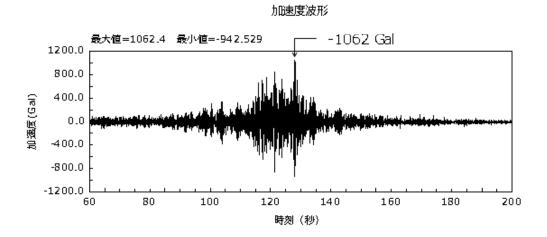


地震が及ぼす地層処分施設への影響

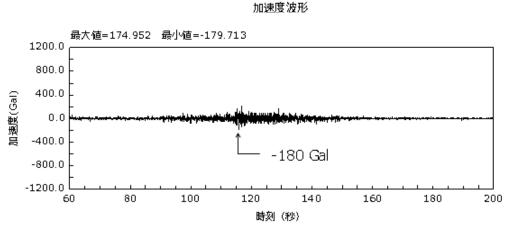
福島県西郷における地震波形の観測例(KiK-net FKSH10)



地表波形(NS方向成分)



地中波形(NS方向成分) 地震計設置深さ GL-200m



※KiK-net:基盤強震観測網(独立行政法人防災科学技術研究所)

隆起·沈降·侵食

【降起・沈隆】

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)**と推定されています。

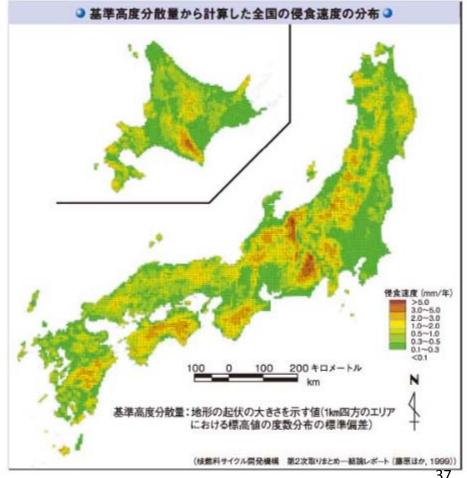
【侵食】

侵食は面的侵食と河川による下刻の二つに分 けられています。

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**と推定されています。



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 することができます。



操業期間中の安全性の検討

操業期間中における作業の流れ

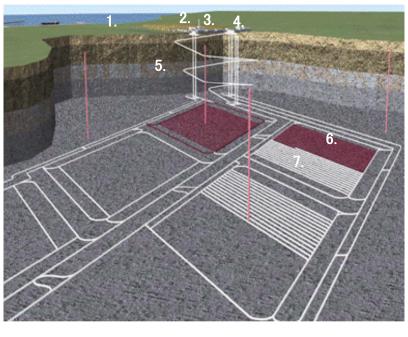
1. 地上施設への輸送



2. ガラス固化体受け入れ・検査・ 一時仮置き







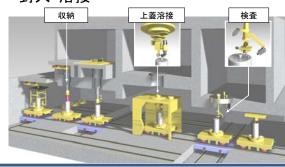
7. 処分坑道の埋め戻し



6. オーバーパックの搬送と定置



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

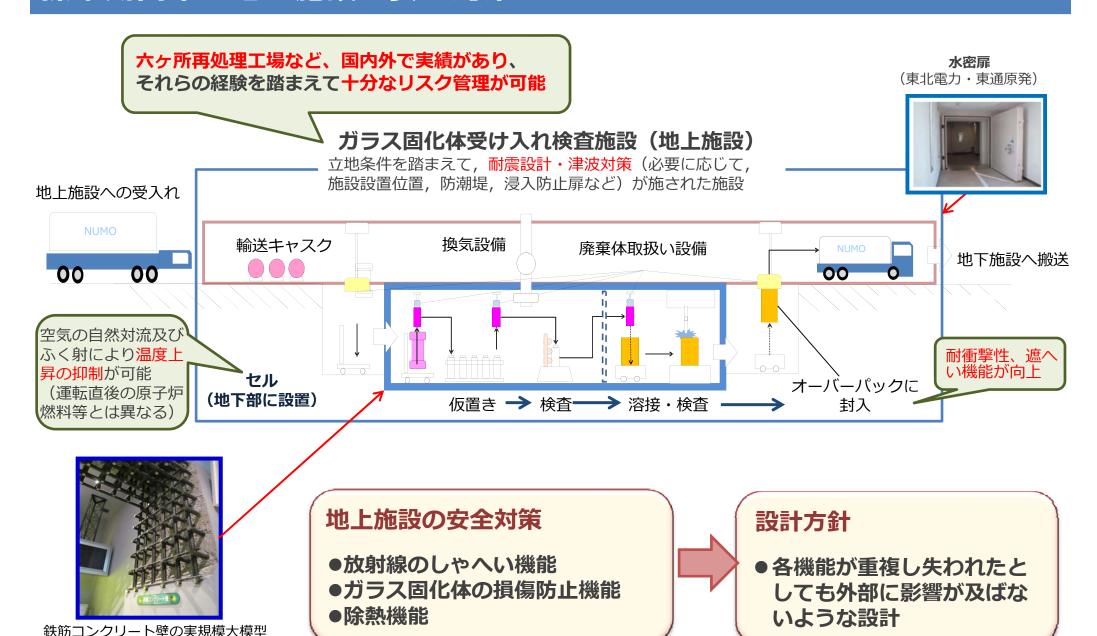


5. アクセス坑道の搬送





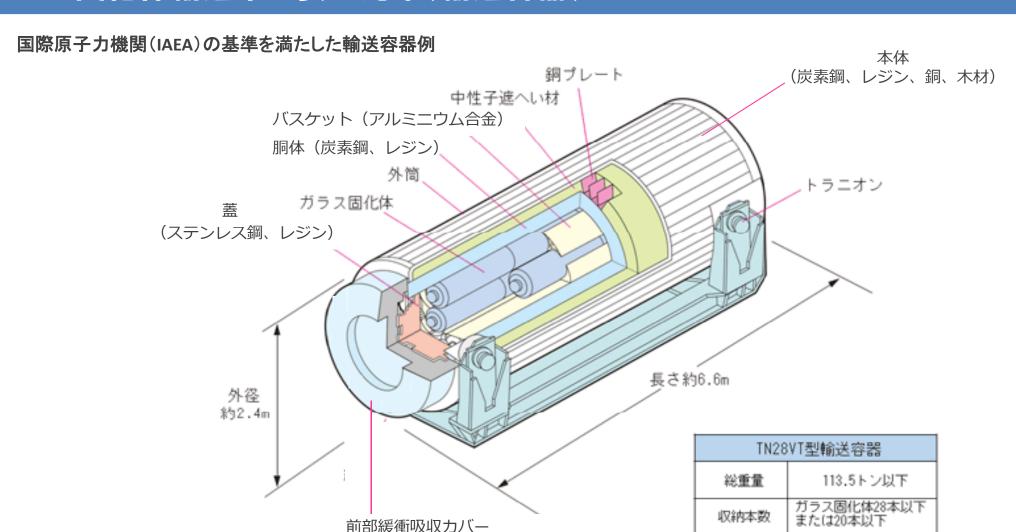
操業期間中の地上施設の安全対策



NUMO

(日本原燃・六ヶ所PR館)

ガラス固化体輸送中の安全対策(輸送容器)



出典:「原子力・エネルギー」図面集2011

(木材、ステンレス鋼、レジン)

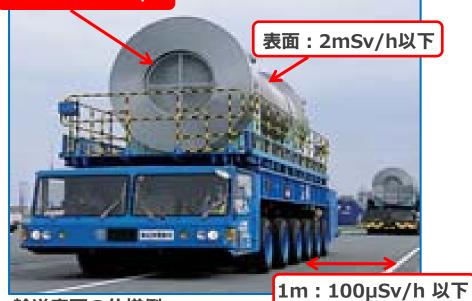
高レベル放射性廃棄物の輸送には、専用の容器(キャスク)が用いられます。この輸送容器は、放射線の遮へい能力を備えていることや、輸送中に事故(火災、落下、海に沈むなど)が発生しても放射性物質が漏れ出ないよう**国が定めた基準に基づいて**頑丈に造られています。

41

ガラス固化体輸送中の安全対策(陸上輸送)

- ・陸上輸送時は隊列輸送を実施
- ・事故時に<u>関係機関への通報/連絡、火災時の消火、避難勧告、汚染拡大の防止等の措置</u>が速やかに実施できるように定期的に訓練を実施

内側:約200Sv/h



輸送車両の仕様例

連結部の無い自走式(スリップ防止)、緊急停止ボタン設置

・全幅:約3.2m ・全高:1.8m

・車両重量:約33.7トン ・最大積載量:約135トン **落下試験や耐圧、耐火試験**などにより閉じ込め性、遮へい性などを確認



落下試験例

※資料提供:(一財)電力中央研究所

1971年以降、世界中で、7,000回以上の使用済燃料の輸送が行われていますが、放射性物質の漏洩などの事

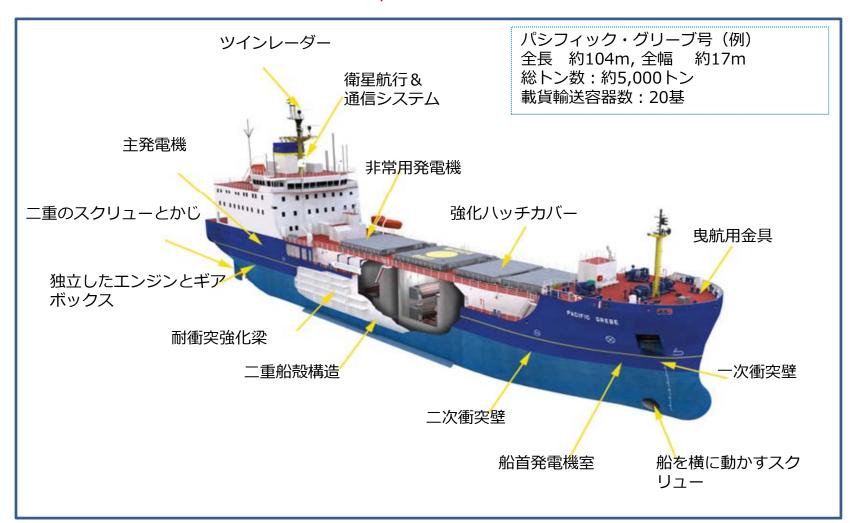
故は発生していません。 ^(注)

(注)World Nuclear Association Information Library

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します。この輸送船には、安全対策の点で①二重船設構造②耐衝突構造③広範な消火設備④二重の航行/通信設備/エンジン/かじ/スクリューなどの特長があります。



原子力発電と地層処分(操業期間中)の安全確保策の比較



原子力発電の安全確保策の 基本的な考え方



地層処分の安全確保策の基本的な考え方

原子炉を「止める」

原子炉を「冷やす」



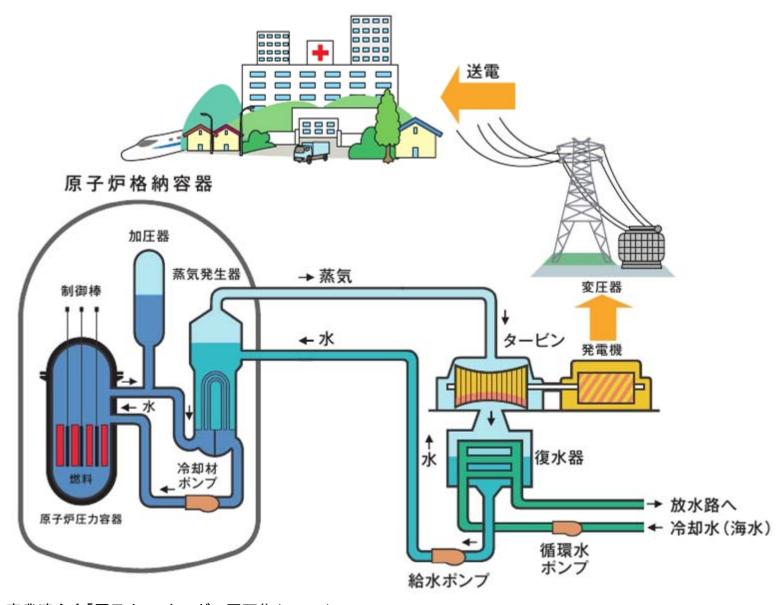
- ガラス固化体に含まれる核分裂性物質はごく微量であり、**臨界状態 に至る可能性はない**。
- また、ガラス固化体の発熱は**自然**冷却でも対応可能。

「放射性物質を閉じ込める」



・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。

加圧水型炉(PWR)原子力発電のしくみ



出展:電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集(2014)」

鉱山などの地下施設の深さ

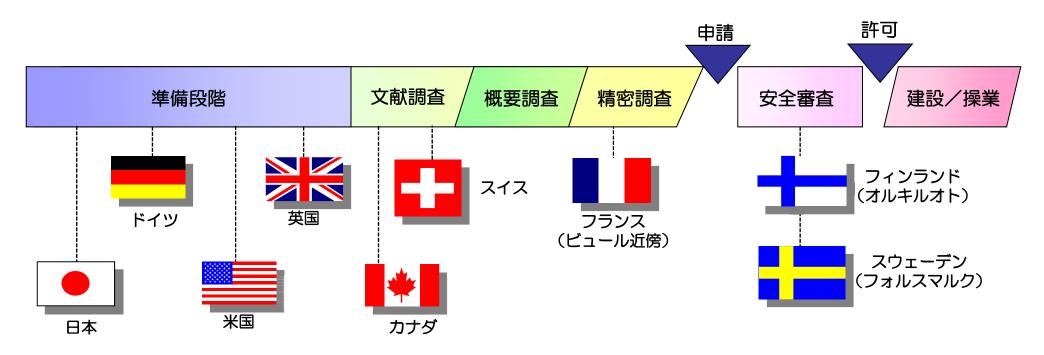
	名称	深さ	場所
鉱山	菱刈(ひしかり)鉱山	約200m	鹿児島県伊佐市
	釜石(かまいし)鉱山	約450m	岩手県釜石市
	別子(べっし)銅山	約1000m	愛媛県新居浜市
	石見(いわみ)銀山	約200m	島根県大田市
炭鉱	住友奔別(すみともぼんべつ)炭鉱	1222m	北海道三笠市
	北炭幌内(きたたんほろない)炭鉱	1044m	北海道三笠市
	日炭高松炭鉱	1014m	福岡県遠賀郡
発電所	葛野川(かずのがわ)揚水発電所	約500m	山梨県大月市
	神流川(かんながわ)揚水発電所	約500m	群馬県多野郡/長野県南佐久郡
トンネル	青函トンネル	海面下約240m	北海道~本州

諸外国における地層処分の状況

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	オルキルオト	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	未定 (ビュール地下研究所近 傍から立地候補地を政府 へ提案)	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地域について今後 検討が行われる)	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、2001年にオルキルオトを最終処分地に決定。現在、安全審査中。
- ・スウェーデン:1992年より選定開始、2009年にフォルスマルクを最終処分地に決定。施設建設に向けて、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。ビュール近郊を処分地とする方向でその是非につき公開討論中。
- ・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(2013年)。 選定プロセスの見直し中。
- ・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)。選定プロヒスの見直し中。
- ・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。

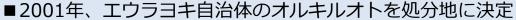
諸外国における地層処分事業の進捗②

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ます。

【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:



- ■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。
- ■今後のスケジュールは、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。
- ■今後のスケジュールは、2015年建設開始、2029年操業開始の予定。





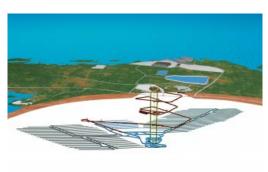
諸外国の状況(フィンランド)



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: 処分開始予定 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

原則決定の承認 2001

【立地選定への地域・住民意見の反映】

- ①処分地決定に係る原則決定段階(精密調査地区選定段階)まで、地元の拒否権を担保
- ②法令により、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。

EIAは事業による環境への影響を評価するとともに、市民が入手可能な情報を提供し参加する機会を増やしています。

- ・ニュースレターや展示会等による住民への情報提供
- ・公開討論、小グループとの会合や候補自治体の議会向け会議の開催
- 意識調査の実施

(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)



候補自治体の各世帯に EIAニュースレターを配布

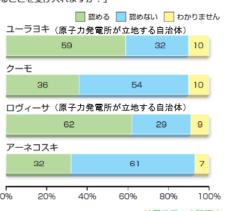


展示等による情報提供活動



コミュニケーション活動

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 51

諸外国の状況(スウェーデン)



処分実施主体: SKB社

2011年3月: 立地·建設許可申請

2025年頃: 処分開始予定 **廃棄物形態**: 使用済燃料



SKB社の輸送船を使用した展示



エスポ岩盤研究所見学ツアー

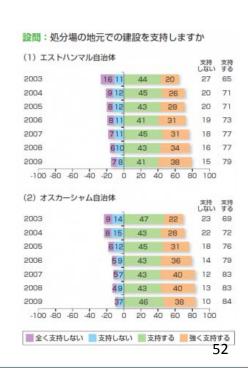
【立地選定への地域・住民意見の反映】

①処分地決定に係る原則決定段階(精密調査地区選定段階)まで、地元の拒否権を担保 ②法令により、事業者は原則決定申請前に県域執行機関と協議を行い、環境影響評価(EIA)を実施する ことが義務づけられています。

【意識把握と情報提供】

SKB社はサイト選定過程の透明性を確保するため、初期段階から地元自治体の幅広い層との対話を実施。

- ・住民との交流を図ることを目的に展示会や情報冊子の配布、セミナーなどを開催
- ・教材や教師用資料を作成し、学校への情報提供を実施 (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/教材のトピックスは 技術的なことから論理的なことまで幅広く、廃棄物問題を社会問題として捉えた教材)
- ・意識調査の実施 (処分場建設に対する調査では2003年は60%が肯定的な結果でしたが、2009年には約80%まで増加)

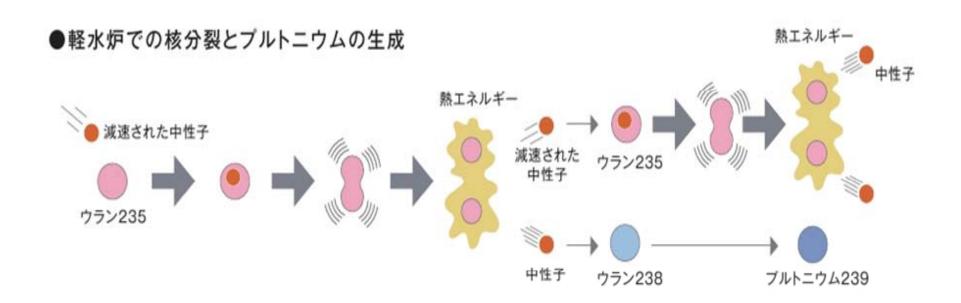


諸外国における地層処分施設の設置深度の考え方

	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。
フランス	ビュール地下研究所の 近傍の予定	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。
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ず,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。
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)。 53

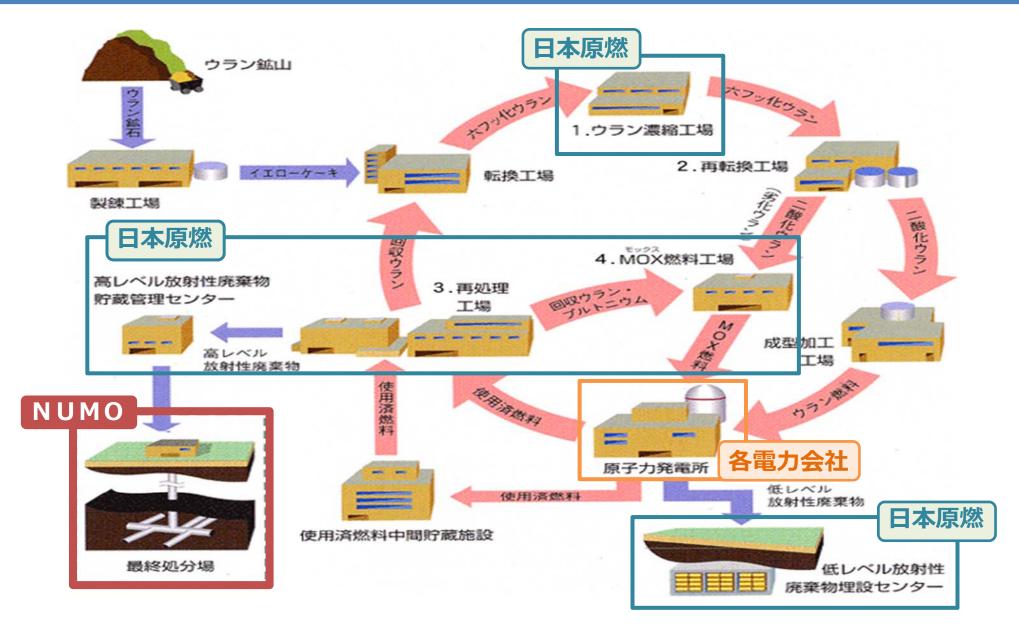
放射性廃棄物

ウランの核分裂とプルトニウムの生成・核分裂



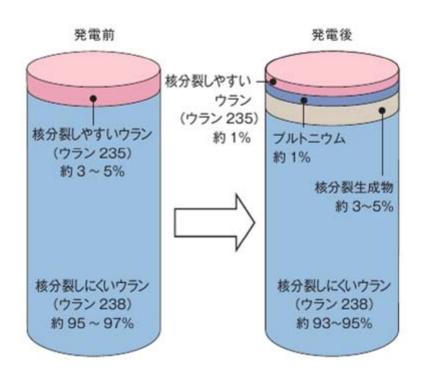
※電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集(2014)」を一部加工

核燃料サイクルのしくみ



軽水炉内でのウラン燃料の燃焼による変化

発電前後でのウラン燃料の変化(例)

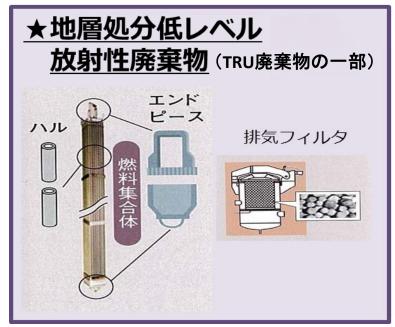


※電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集(2014)」を一部加工

放射性廃棄物の種類

原子力発電所や再処理工場などから出てくる廃棄物







福島県の原発事故により放射性物質に汚染された廃棄物

★指定廃棄物

処分の実施主体は

国(環境省)・地方自治体



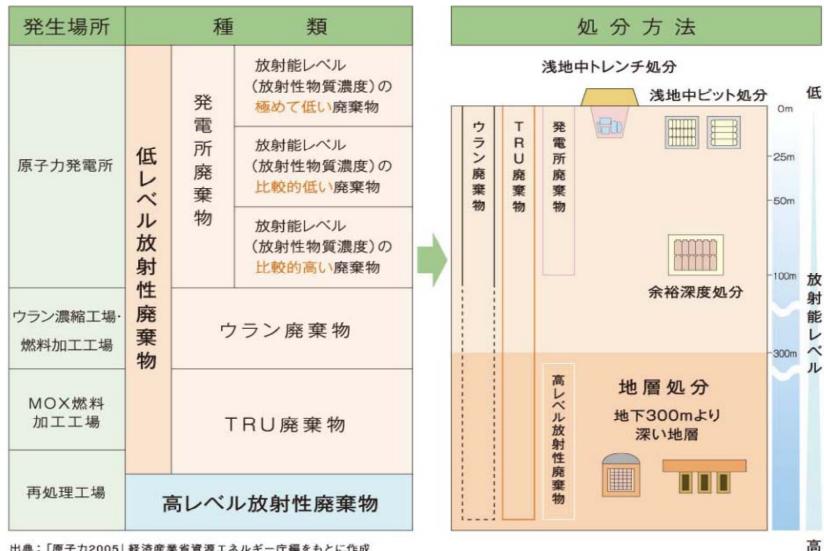






出典:環境省 指定廃棄物処理情報サイト

放射性廃棄物の処分方法



出典:「原子力2005」経済産業省資源エネルギー庁編をもとに作成

指定廃棄物(出典:環境省 指定廃棄物処理情報サイト)

指定廃棄物:

原子力発電所の事故により放射性物質に汚染 された廃棄物











処分実施主体:

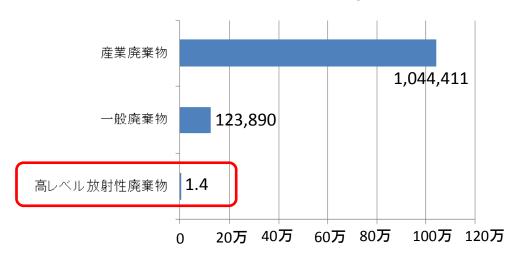
国(環境省)あるいは地方自治体



- ※1:放射性物質汚染対処特措法で安全確保のための基準(焼却灰のセメント固型化など)が決まっています。
- ※2: 国が新たに最終処分場を設置する場合は遮断型構造を有する処分場を設置します。
- ※3:公共の水域及び地下水と遮断されている場所への埋立とします。また、福島県では中間貯蔵施設保管されます。

発生廃棄物の量

発生廃棄物の量(トン/日)



注)産業廃棄物及び一般廃棄物:平成23年度実績(環境省HP参照)/高レベル放射性廃 棄物:平成12~18年推定(全体での使用済燃料発生量を年1000tuと仮定した場合)

日本人一人の一生 (80年)で ゴルフボール3個分 の体積



※電気の1/3を原子力発電でまかなった場合

100万kWの発電所(100万人の電力) を1年間運転するときの廃棄物

火力発電

(石炭・石油・天然ガス)



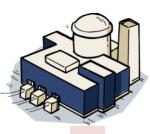
化石燃料の燃焼に より発生した廃棄物

重金属を含む灰

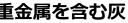
CO2

500万トン

原子力発電



再処理の過程で残る 廃棄物





ガラス固化体 10.5トン(26本)

参照元:エネルギー白書2013など

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です。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ます。

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年後には約8分の1)

※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

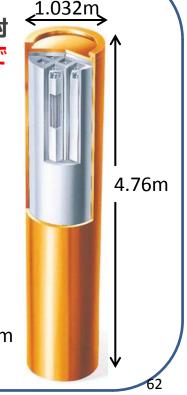
再処理した場合、高レベル放射 性廃棄物としての体積が低減で きる(試算例:約1/4に低減)

キャスクに入った 使用済燃料: 3.98m³

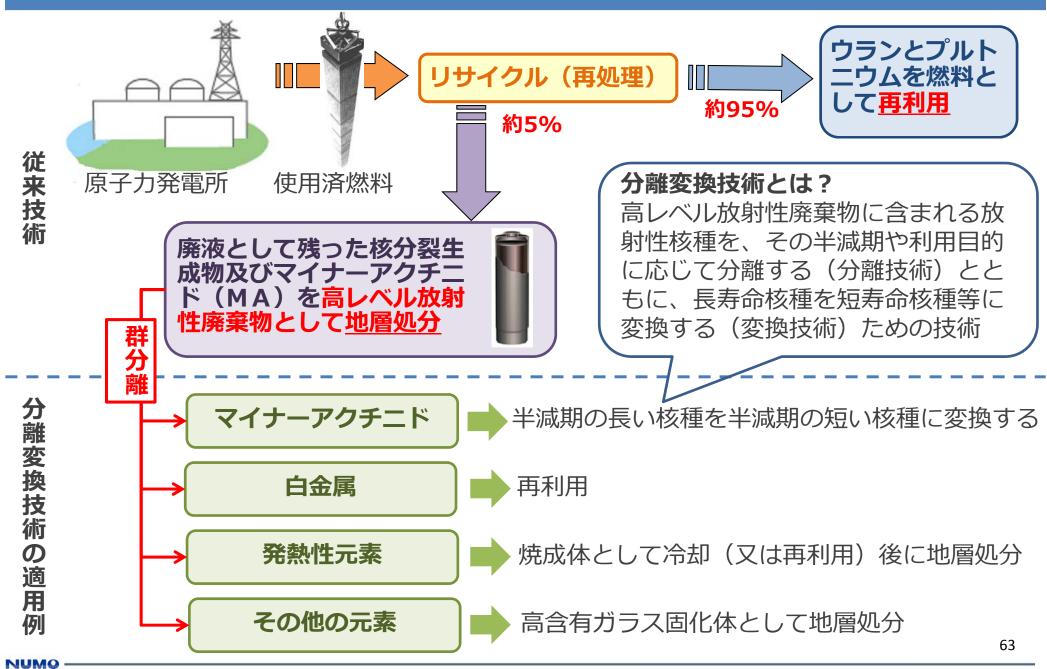
オーバーパックに入った ガラス固化体: 0.91m³

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





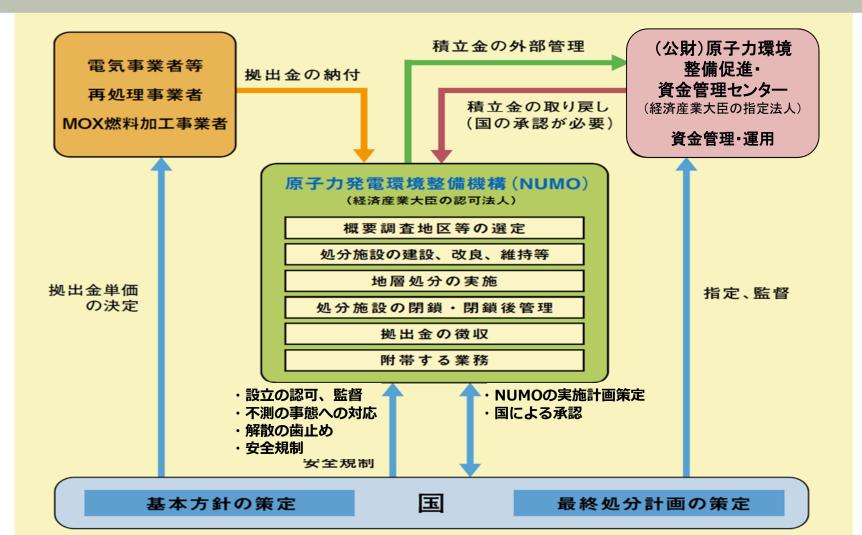
分離変換技術



地層処分について

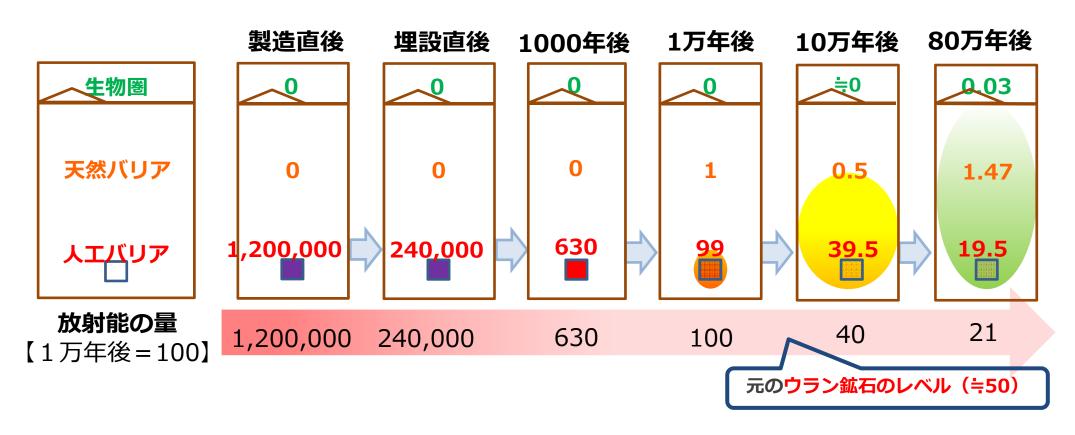
原子力発電環境整備機構(NUMO)

NUMOは、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」に基づき設立された 経済産業大臣の認可法人です。



放射性物質の移動

放射性物質のほとんどは人工バリア内に残り、生物圏に出てくるとしても数十万年後。その間に放射能全体の量は低減し、生物圏に出てくるのは埋設当初の1,000万分の1以下です。



⁽注) 1.放射能レベルの低下と、放射性物質の人工バリアから天然バリア、生物圏に達するまでの移動分布の割合を模式的に示したもの。 2.①オーバーパックは1,000年で壊れる②ガラス固化体は7万年で全て溶ける③放射性物質は最大限水に溶ける等、<u>あえて厳しい仮定を置いて推計</u>。

地層処分のリスク

想定されるリスク	対応策など
埋めてしまうとガラス固化体の 状況を直接目で確認することが できない。	直接確認することはできませんが、地中の「閉じ込める性質」を利用して、 人間の生活環境に影響を及ぼさないように隔離する ことができます。また、 処分孔を閉鎖した後のモニタリング について、現在検討中です。
将来,新たな火山や活断層が発 生するかもしれない。	火山は過去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ません。また、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ます。 そのため、 詳細な調査により火山や活断層を避けることができます。
オーバーパックが1000年間もたないかもしれない。	オーバーパックの設計では、厚さの減少について2つの腐食の形態を考えています。一つは閉鎖後に坑道内部に残る酸素による腐食で1.18cm、もう一つは酸素がない環境での腐食で1000年間で平均1cm(凸凹を考慮して2cm)の深さまで進展すると評価され、約3cm(設計では大きめに4cmと設定)が腐食代となります。このうち、酸素のない環境での腐食により減る厚さは大き目の腐食速度で見積もられていて、地下深部の環境で観測される実際の腐食速度では、平均1cmの腐食の進行に1万年以上の期間が必要です。
ガラスが7万年よりも前に、全 て溶けてしまうかもしれない。	解析では7万年と評価していますが、高めの温度と初期に観測される大きな溶解速度などの実験値を使用した設定値です。近年の研究においては、ガラスの溶解速度は時間とともに低下する可能性が示唆されており、そのような実験結果に基づけば、ガラスの溶解に要する期間は数十万年以上となります。
大地震などによって岩盤中の地 下水の流れが変わるかもしれな い。	これまでに、地震による地下水位の変化などの現象が発生しましたが、ほとんどが1年以内に元の状態に戻っています。 一方で、2011年4月11日に発生した福島県浜通り地震では、地震後から湧水が発生し、現在も続いているため、引き続き検討する必要があります。 参考)地震などにより処分場の置かれる地下深部の化学的な環境が大きく変わるとは考え難く、水の流れの増加による線量の増加は大きく見積もって100倍(年間0.0004ミリシーベルト)程度にとどまります。

放射性廃棄物/地層処分技術WG

地層処分技術ワーキンググループ

国がワーキンググループを設置し、地質環境の長期安定性について、改めて最新の科学的知見を反映した再評価を行い、地層処分を行ううえで好ましい地質環境特性や長期安定性を確保できる場所が、日本に広く存在することを再確認しました。

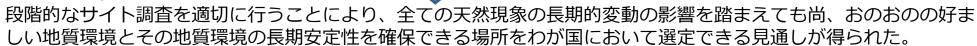
地層処分技術ワーキンググループの設置目的

地層処分研究開発成果第2次取りまとめから10年以上が経過し、研究開発が 進展するとともに、東北地方太平洋沖地震をはじめとする自然事象が発生して 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。

※WGメンバー:委員長 杤山 修 原子力安全研究協会処分システム安全研究所長 他委員は学会から推薦された方など計11名



【再評価の結果】



【今後の信頼性向上に向けた研究課題】

- (例1) 広域的現象の理解に関する研究課題 火山分布、地熱活動、断層活動、隆起・侵食、深部流体などの評価に反映するための、知見・調査事例の収集や 評価手法の整備
- (例2) 概要調査以降の調査・評価手法に関する研究課題 断層活動性、断層活動の影響範囲、地下水流動などの評価に反映するための、調査事例の蓄積や評価手法の整備₆₉

放射性廃棄物ワーキンググループ(1)

国がワーキンググループを設置し、国民の理解に向けた取組みや立地選定プロセスの改善など、最終処分への取組みを見直しています。

放射性廃棄物ワーキンググループの設置目的

処分制度の創設以降10年以上を経た現在においても最終処分地の選定に向けた目途が立っ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多様な専門家による議論・検討を実施。



※WGメンバー: 委員長 増田 寛也 (株)野村総合研究所顧問/東京大学公共政策大学院客員教授 他委員は研究者、ジャーナリスト、原子力立地地域関係者など計12名

見直しの内容

1. 最終処分に向けた現世代の取組のあり方

地層処分にはなお不確実性が存在し、社会的信頼も不十分



可逆性・回収可能性を適切に確保し、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。

- ①処分場を閉鎖するまでの間は、回収可能性を維持する。(一度埋めたガラス固化体を取り出せるようにしておく。)
- ②処分場を閉鎖する時期(回収可能性を維持する期間)は、閉鎖しないでどの程度の期間安全に管理できるの か調査研究を行った上で、その範囲内で地元の意向等も踏まえ、決定・見直す。
- ③その間に、放射性廃棄物の減容化・有害度の低減に向けた研究開発など「代替処分オプション」の研究開発 を進める。また、開発状況や各調査の結果などを踏まえ、処分方法の見直しを実施する。

放射性廃棄物ワーキンググループ②

2.処分地選定に向けた取組の改善

(1) 現状の公募制の下では自治体の説明責任・負担が重い



科学的により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

(2) 住民不在で進められるとの懸念



多様な立場の住民が参加する**地域の** 合意形成の仕組みが必要

(3) 社会全体の利益を地域に還元するため、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

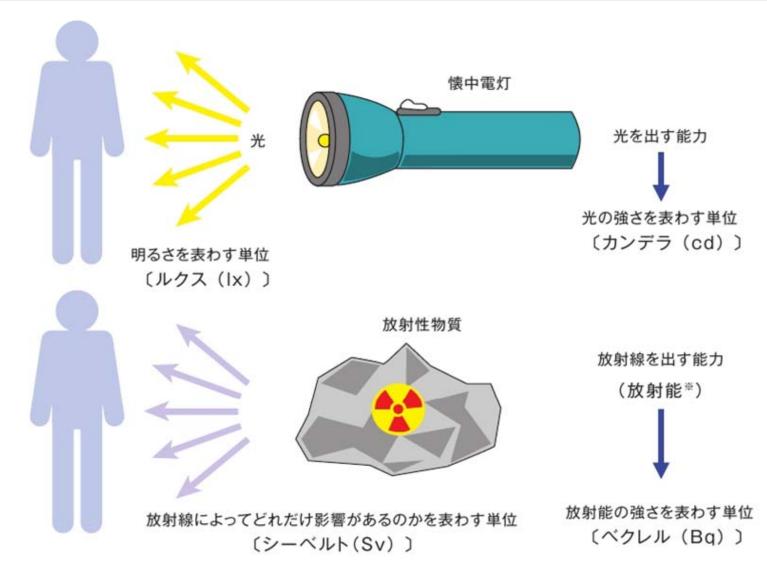
3. 処分推進体制の改善

- (1) NUMOの取組改善と国の適切な監督の実施
 - ・NUMOは、組織としてのガバナンスを強化し目的意識を持った組織へと変革していくことが 求められていることをしっかりと自覚し、抜本的な改善策を改めて検討し、講じていくべき。
 - ・国は、NUMOの事業目標やこれを踏まえた取組の内容・効果・効率をしっかりとチェックし、 組織ガバナンスを含め改善を促していくことが必要。
- (2) 信頼性確保に向けた第三者評価の活用

国は、"行司役"的視点に立った第三者評価を実施する仕組みを整備し、処分方法の妥当性など 技術面での評価や、国とNUMOによる合意形成に向けた活動の評価を継続的に実施していくこ とが不可欠。

放射線

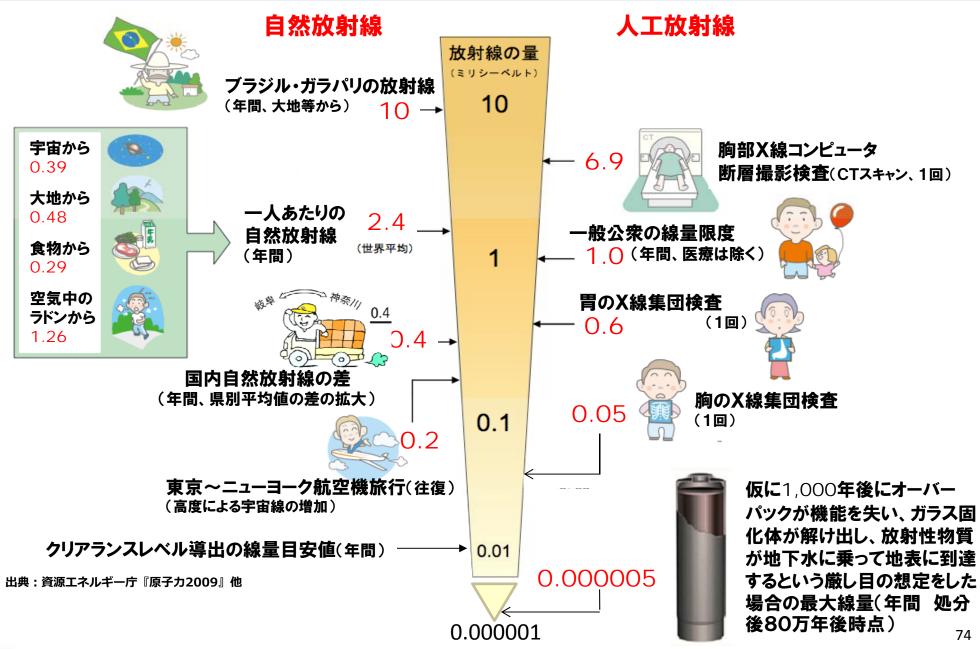
放射能と放射線



※放射能を持つ物質(放射性物質)のことを指して用いられる場合もある

出展:電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集(2014)」

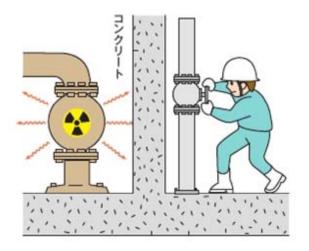
日常生活と放射線



放射線防護の基本

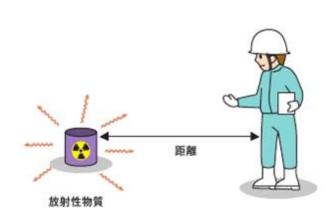
1.遮へいによる防護

(線量率)=遮へい体が厚い程低下



2.距離による防護

(線量率)=距離の二乗に反比例



3.時間による防護

(線量)=(作業場所の線量率)×(作業時間)



※電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集(2014)」を一部加工