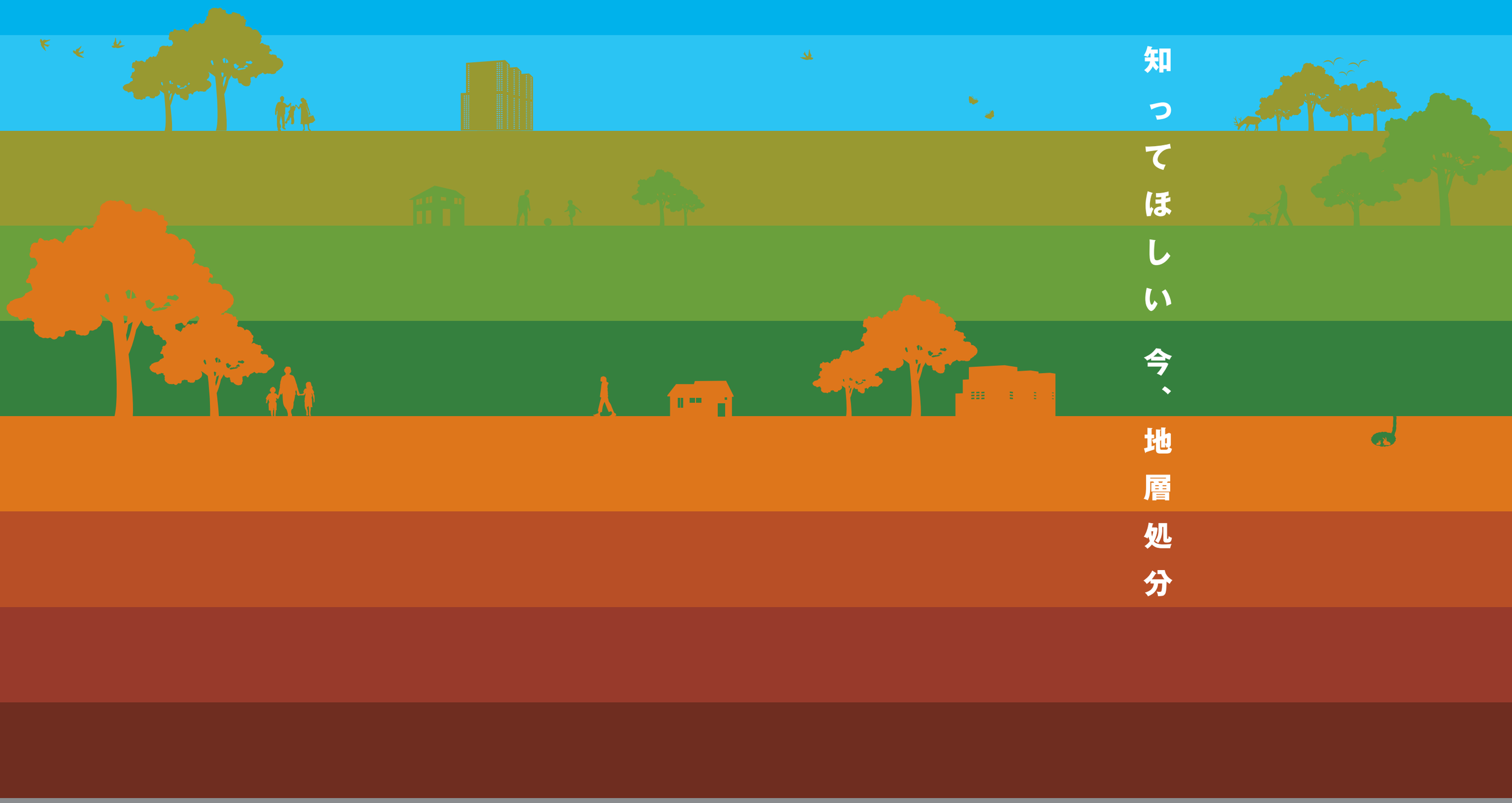


知ってほしい 今、地層処分

お問い合わせ
原子力発電環境整備機構
NUMO（ニューモ：Nuclear Waste Management Organization of Japan）
〒108-0014 東京都港区芝4-1-23 三田NNビル2階 立地部立地グループ
TEL.03-6371-4003 FAX.03-6371-4101 Webサイト. http://www.numo.or.jp

PRINTED WITH SOY INK TM
環境に配慮して、再生紙と大豆油インクを使用しています。
2013.10

放射性廃棄物の地層処分に向けた取組み

NUMO 原子力発電環境整備機構

わたしたち原子力発電環境整備機構(NUMO)は、放射性廃棄物の安全・確実な地層処分をめざして取り組んでいます。

原子力発電は、使い終えた燃料を再処理して、ウランやプルトニウムを取り出し、

再び燃料として使うことができます。その原子燃料のリサイクルの過程で

「高レベル放射性廃棄物」と「地層処分を行う低レベル放射性廃棄物※」が発生します。

これらの廃棄物は、放射能が十分低くなるまでわたしたちの生活環境から

長期間にわたり隔離するために、深い安定した地層中に処分することが必要です。

地層処分については、日本においても約30年以上前から国の研究開発が進められ、

技術的基盤は整備されており、海外でも着実に進められています。

放射性廃棄物の地層処分は、電気を利用しているわたしたちの世代が、

解決しなければならない課題です。

P4−P5　地層処分を行う放射性廃棄物とはどのようなものですか?
原子燃料サイクルと地層処分を行う放射性廃棄物

P6−P7　なぜ、地層処分が選ばれたのですか?
地層処分が選ばれた経緯

P8−P9　地層処分はどうやって行うのですか?
放射性廃棄物を閉じ込めるしくみ

P10−P11　どのような場所が地層処分に適しているのですか?
地層処分施設の建設可能地域

P12−P13　地層処分施設はどのような技術でつくるのですか?
地層処分施設の建設技術

P14−P15　どのような地層処分施設になるのですか?
地層処分施設

P16−P17　処分施設建設地はどのように選定するのですか?
処分施設建設地の選定

P18−P19　地域との共生はどのように進めるのですか?
地域共生の取組み

※再処理工場とMOX燃料工場（再処理によって回収されたウランとプルトニウムを取り扱う燃料加工工場）の操業および解体に伴って、発熱が小さく半減期が長い「TRU廃棄物」と呼ばれる低レベル放射性廃棄物が発生します。（ウランより原子番号が大きい放射性核種（TRU核種:Trans-uranium）を含む廃棄物であることからTRU廃棄物と呼ばれます。）この中に、高レベル放射性廃棄物と同様に地層処分することが必要なものがあります。
この地層処分を行う低レベル放射性廃棄物を、以下、本資料では「地層処分低レベル放射性廃棄物」と呼びます。

宇宙から見た地球の夜景

地層処分を行う放射性廃棄物とはどのようなものですか?

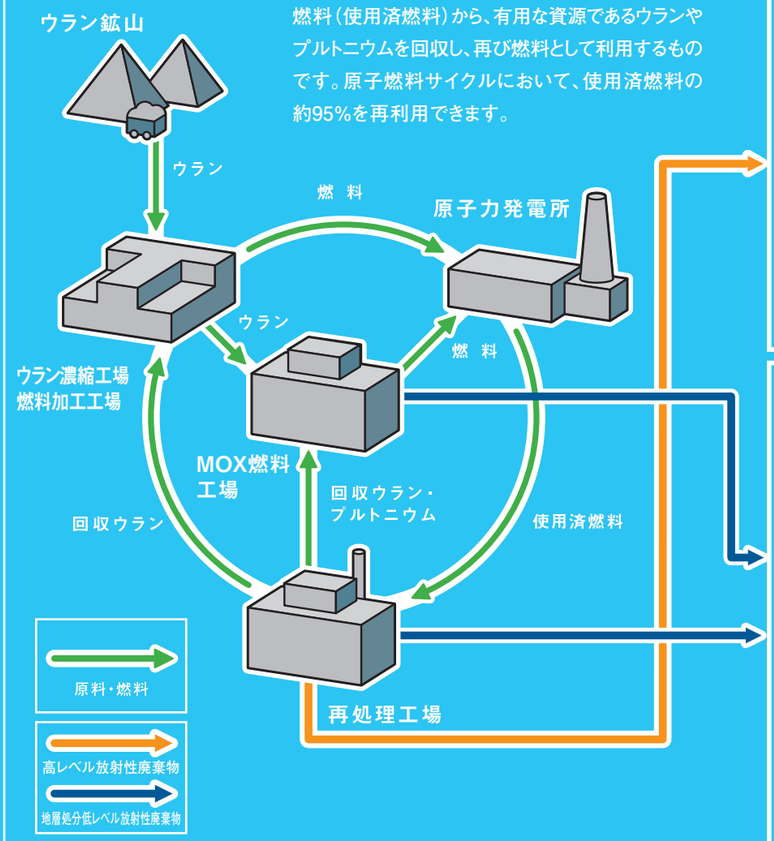
使い終えた原子燃料は再処理することで
再び燃料として利用できます。
その原子燃料のリサイクルの過程で
高レベル放射性廃棄物と
地層処分低レベル放射性廃棄物が発生します。

エネルギー資源に乏しい日本では、ウラン資源を有効利用するため、原子力発電で使い終えた燃料を再処理してウランやプルトニウムを取り出し、再び燃料として利用する「原子燃料サイクル」を進めています(図1)。
この再処理の過程で、高レベル放射性廃棄物が残ります。
高レベル放射性廃棄物は、わたしたちの生活環境から長期間にわたり隔離する必要があるため、地下300mより深い安定した地層中(岩盤)へ処分(地層処分)します。
また再処理やMOX燃料加工の過程および再処理工場やMOX燃料工場の施設解体時に、さまざまな低レベル放射性廃棄物が発生します。このうち半減期(最初にあった放射能の量が半分になるまでの時間)の長い核種が一定量以上含まれるものなどは、高レベル放射性廃棄物と同様に地層処分します。

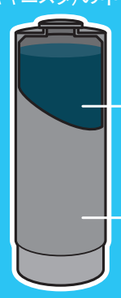
(図1)

使用済燃料を再利用する原子燃料サイクル

原子燃料サイクルは、原子力発電で使い終えた燃料(使用済燃料)から、有用な資源であるウランやプルトニウムを回収し、再び燃料として利用するものです。原子燃料サイクルにおいて、使用済燃料の約95%を再利用できます。



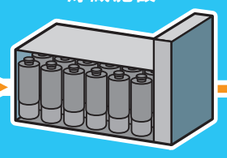
高レベル放射性廃棄物
(ガラス固化体)
放射能の高い廃液をガラス原料と融かし合わせてステンレス製容器(キャニスタ)の中で固めます。



寸 法:直径/約40cm 高さ/約1.3m
総重量:約500kg

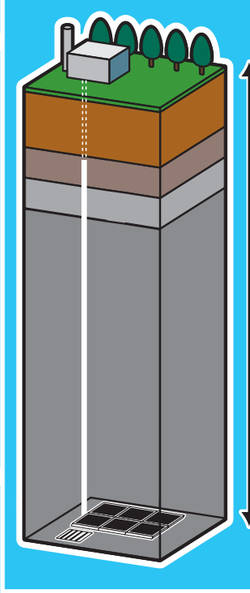
高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター
写真提供:日本原燃(株)

高レベル放射性廃棄物貯蔵施設



30年~50年程度、冷却のために貯蔵管理します。

地層処分施設



地層処分低レベル放射性廃棄物の例

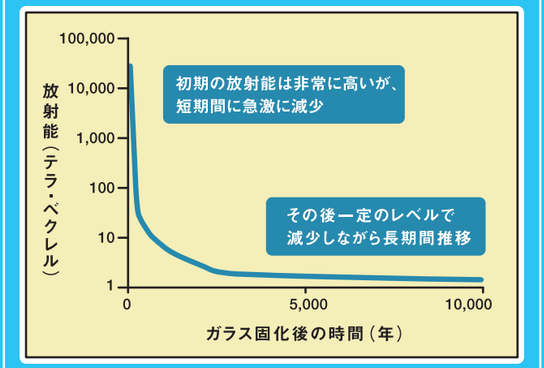
- 排気フィルタ(廃銀吸着材)
- ハル・エンドピース(燃料被覆管のせん断片(ハル)、燃料集合体末端部(エンドピース))
- 濃縮廃液(放射能が一定レベル以上のもの)
- 雑固体廃棄物(放射能が一定レベル以上のもの)

処 理
(廃棄体化)
減容化した後、所定の容器に入れます。

(注)再処理工場、MOX燃料工場から発生する地層処分を行う放射性廃棄物を記載しています。

(図2)

高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)1本あたりの放射能の推移



※ベクレルとは放射能の強さを表す単位のことであり、1テラ・ベクレルは1兆ベクレルです。

(図3)

高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の発生量

日本国内で貯蔵管理中 1,930本 (平成24年12月末)
既に発生した使用済燃料を換算 約24,800本 (平成24年12月末)
将来発生見込みの合計 約40,000本※ (平成33年頃)

地層処分低レベル放射性廃棄物の発生量

約18,100㎥と見込まれています。※

※「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」(平成20年3月閣議決定)による。

なぜ、地層処分が選ばれたのですか?

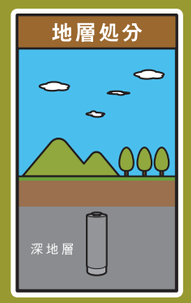
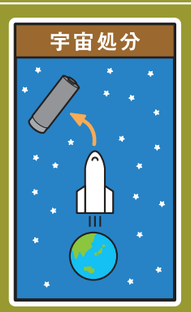
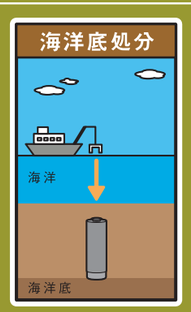
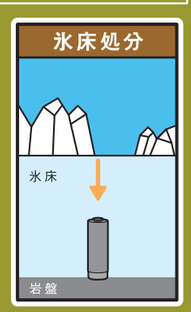
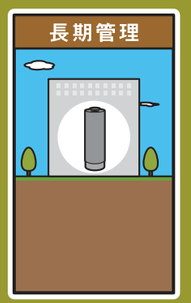
**放射性廃棄物を数万年以上にわたり
人間の生活環境から隔離するために
さまざまな処分方法が検討されました。
地層処分は深い地層が本来持つ物質を閉じ込めるという
性質を利用する処分方法です。**

放射性廃棄物を数万年以上にわたり人間の生活環境から隔離するために、国際機関や世界各国で
さまざまな処分方法が検討されてきました(図1)。
その中で、深い地層が本来持つ物質を閉じ込めるという性質を利用した、深い地層の安定した場所への「地層処分」が
人間による管理を必要としない方法として国際的に共通した考え方となっており、フィンランド・スウェーデンでは、
すでに処分地が決まっています(図2)。日本でも地下300mより深い安定した地層中(岩盤)に処分することとしています。
深い地層には、地下水の流れが遅い、酸素が少なく物を溶かしにくいなどの特性があります。
また、地層そのものにも地下水中に含まれる物質を取り込む性質があり、
長い期間にわたって安定して物質を閉じ込める能力があると考えられています(図3)。
実際に地層が放射性物質を閉じ込める性質を持っていることも分かっています。カナダのシガーレイクには、
ウランを長期間閉じ込め、今日に至るまで安定した状態で保存されてきた鉱床が存在します(図4)。

(図1)

地層処分の選択

検討された方法

人間による管理を必要としない				人間による管理
地層処分	宇宙処分	海洋底処分	氷床処分	長期管理
				
地層が本来持っている、物質を閉じ込める性質を利用。	発射技術の信頼性に問題がある。	廃棄物などの海洋投棄を規制しているロンドン条約により禁止。	南極条約により禁止。氷床の特性等の解明が不十分。	将来の世代にまで管理の負担を負わせてしまう。

(図2)

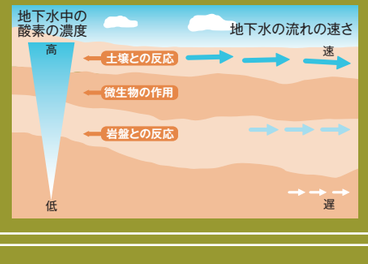
諸外国における放射性廃棄物の地層処分の状況

国　　名	廃棄物の形態	処分地	操業予定
フィンランド※1	使用済燃料	オルキルオト	2020年
スウェーデン※1	使用済燃料	フォルスマルク(エストハンマル自治体)※3	2029年
フランス	ガラス固化体 カテゴリーB廃棄物※2	ビュール地下研究所近傍より選定される予定	2025年

※1 フィンランド・スウェーデンでは、使用済燃料を高レベル放射性廃棄物としてそのまま処分することとしているため、日本の地層処分低レベル放射性廃棄物に相当するものがありません。
※2 地層処分低レベル放射性廃棄物を含むカテゴリー。
※3 実施主体であるスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社(SKB社)が選定。

(図3)

深い地層での地下水の性質

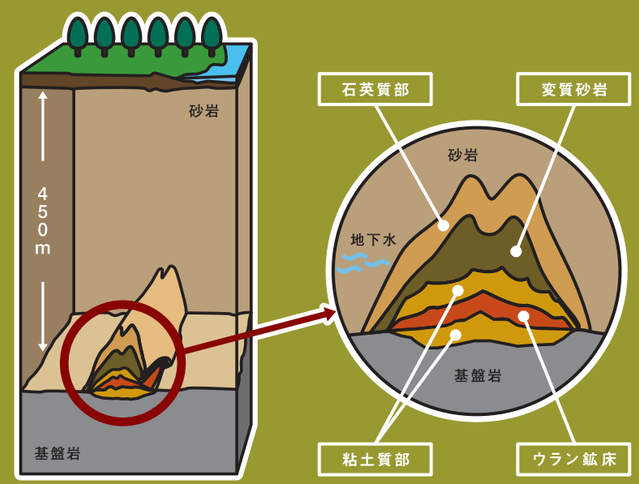


酸素が少なく、地下水の流れが遅い環境では長期間にわたって放射性物質を地下に閉じ込めておくことができると考えられています。
地表に降った雨水は、溶け込んでいる酸素が、深い地層に達するまでに土壌中の微生物によって消費されたり、土壌や岩盤と反応することにより、酸素をほとんど含まなくなると考えられます。このような地下水は、物を溶かしにくく、金属を腐食させにくいという性質を持っています。また深い地層では地表付近に比べて地下水の動きは非常に遅く、1年間に数ミリメートル程度しか動かない場所があります。

(図4)

深い地層が本来持つ物質を閉じ込める性質

カナダのシガーレイクでは、約13億年前に閉じ込められたウランが、今日に至るまで安定した状態で保存されています。
これは、深い地層の環境が、長い期間にわたって物質を閉じ込める性質があるということを示しています。



地層処分は どうやって行うのですか?

人工バリアと天然バリアを組み合わせた
「多重バリアシステム」で、長期にわたり
放射性物質の動きを抑え閉じ込めます。

高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物は、廃棄物の特徴に応じた適切な人工バリアを施したうえで、地下300mより深い安定した地層(天然バリア)中に処分します。
人工バリアと天然バリアを組み合わせた「多重バリアシステム」で閉じ込めることにより、長期間にわたり安全に放射性廃棄物をわたしたちの生活環境から隔離することができます。
高レベル放射性廃棄物は、放射能が高く発熱が大きいことから、それがある程度減衰するまでの期間(少なくとも1000年間)、ガラス固化体が地下水と接触しないようにオーバーパックと呼ばれる厚い金属製の容器に収納し、1体ずつ間隔を空けて処分します。
これに対し、地層処分低レベル放射性廃棄物は、十分に放射能が低く発熱が小さい※ことから、そのような容器に収納せず、ハル・エンドピースを例にとると、廃棄体をまとめて廃棄体パッケージにし、積み重ねて処分します。

※処分直後の時点で高レベル放射性廃棄物の約80分の1(放射能)、約130分の1(発熱)です
(地層処分低レベル放射性廃棄物のうち、放射能が高く発熱の大きい、ハル・エンドピースの場合)。

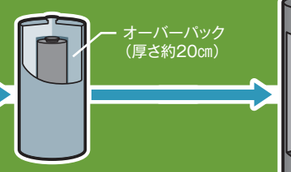
高レベル放射性廃棄物

ガラス固化体

[放射性物質をガラスの中に閉じ込め地下水に溶け出しにくくします]

放射性物質はガラスと一体化した状態で閉じ込められます。

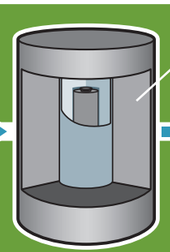
オーバーパック [金属製の容器]



[地下水をガラス固化体に触れにくくします]

オーバーパックは、ガラス固化体の放射能がある程度減衰するまでの期間、地下水とガラス固化体の接触を防ぎます。

緩衝材 [締め固めた粘土]



[地下水と放射性物質の移動を遅らせます]

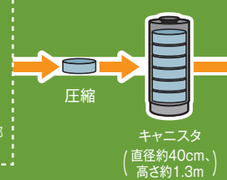
緩衝材は、水を通しにくく、物質の移動を抑制するなどの特性を有するベントナイトという粘土を主成分としています。

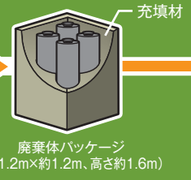
地層処分低レベル放射性廃棄物 (ハル・エンドピースの例)

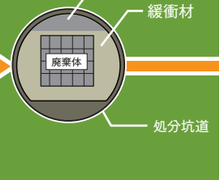
充填材

緩衝材 [締め固めた粘土]

圧縮して、容器(キャニスタ)内に封入します。







[放射性物質の移動を遅らせます]

充填材は、放射性物質を吸着してその移動を遅くする働きをします。充填材としてセメント系材料などを検討しています。

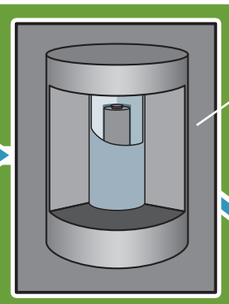
[地下水と放射性物質の移動を遅らせます]

緩衝材は、水を通しにくく、物質の移動を抑制するなどの特性を有するベントナイトという粘土を主成分としています。

人工バリア

(注)形状・大きさ・材質については一例を示す。

岩盤



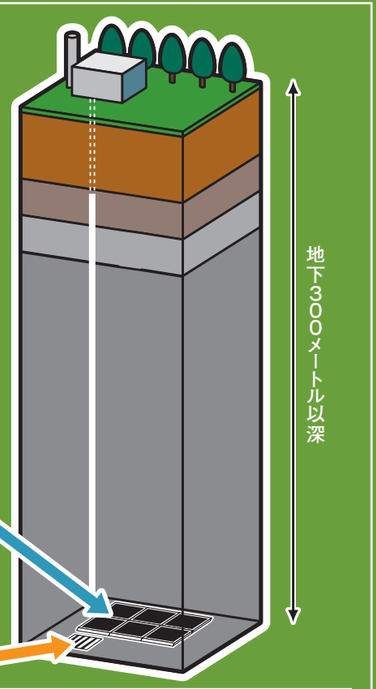
[放射性物質の移動を遅らせます]

深い地下にある岩盤では、地下水の動きが極めて遅く、放射性物質は岩盤にしみ込んだり、吸着されたりすることで、その移動がさらに遅くなります。

[放射性物質の移動を遅らせます]

深い地下にある岩盤では、地下水の動きが極めて遅く、放射性物質は岩盤にしみ込んだり、吸着されたりすることで、その移動がさらに遅くなります。

天然バリア



地層処分施設

放射性物質は人エバリアと天然バリアによって、しっかりと閉じ込められます。地下300mよりも深いところに処分することで、放射性物質が溶け出したとしても、わたしたちの生活環境にもたらされるにはきわめて長い時間を要し、それによる放射線はわたしたちが日常生活の中で受けている放射線に比べて十分に低く、人間の健康に影響はありません。

多重バリアシステム

どのような場所が地層処分に適しているのですか?

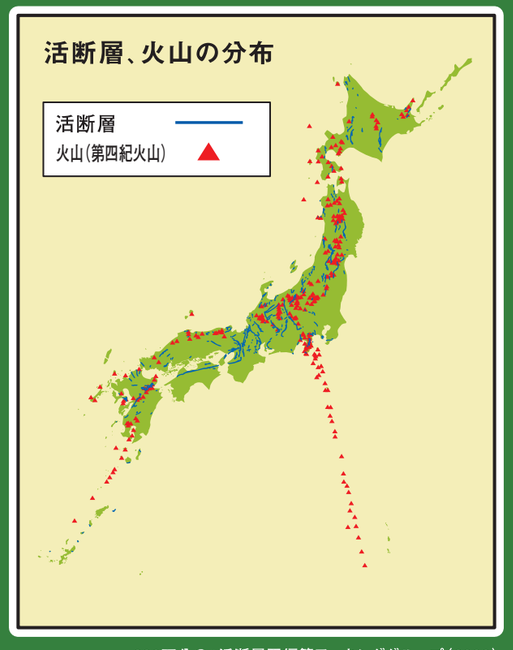
火山活動や断層活動の影響が及ばない安定した地層を選びます。

日本には火山が多数あり、地震や断層活動も多いため、それらの調査・研究が進んでいます。
調査・研究によると、火山活動や断層活動は限られた地域内で繰り返し起こっています（図1）。
したがって、こうした活動地域を避けることにより、
火山や活断層の影響を受けにくい安定した地域を選ぶことができます。
また地層処分施設は、隆起・侵食の起こりやすい地域についても、調査を行ったうえで避けるように考慮します。
地層処分の安定性を損なうおそれのある自然現象が及ばない安定した地層は、日本にも広く存在しています。
地層処分施設は、条件を満たす地域であればさまざまな地質環境に建設することが可能です（図2）。
ＮＵＭＯでは、火山、活断層、隆起・侵食等の調査、評価に関する技術開発を着実に進めております。

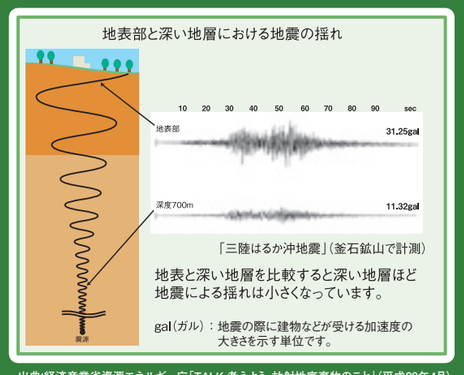
（図1）

安定した地層の選択

日本は、火山活動や断層活動が多いため、その調査・研究が進んでいます。これらの調査・研究によると、火山活動は過去200万年前からほとんど活動地域に変化がなく、断層活動についても、過去数十万年にわたり同じ活断層で繰り返し起こっています。また、地震については、一般的に深い地層では地上に比べてはるかに揺れが小さいことが分かっています。



200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ（2000）
および第四紀火山カタログ委員会編（1999）を編集



「三陸はるか沖地震」（釜石鉱山で計測）

地表と深い地層を比較すると深い地層ほど地震による揺れは小さくなっています。

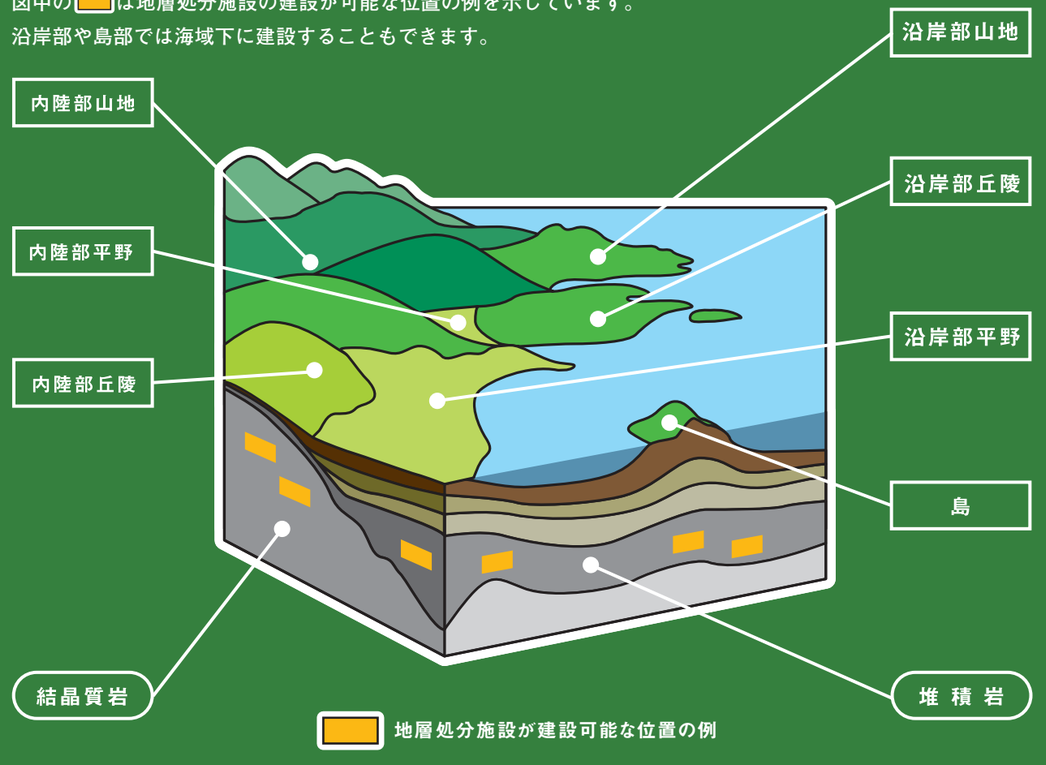
gal（ガル）：地震の際に建物などが受ける加速度の大きさを示す単位です。

出典:経済産業省資源エネルギー庁「TALK.考えよう、放射性廃棄物のこと」（平成20年4月）

（図2）

地層処分施設の建設可能地域

地層処分施設が建設できる地域は、必要な面積が確保できて、安定した場所であれば、
内陸部や沿岸部、山地など さまざまな場所が考えられます。
図中の▭は地層処分施設の建設が可能な位置の例を示しています。
沿岸部や島部では海域下に建設することもできます。



地層処分施設はどのような技術でつくるのですか?

地層処分施設の建設地を選定するため、試験的に孔を掘るボーリング調査や地下調査施設の設置など、約 20 年にわたって詳細な調査を行います。
また、最新の知見を反映した「しらべる」「つくる」「たしかめる」技術により将来にわたり安全な地層処分施設を建設します。
さらに、東日本大震災などから得られる新たな知見も反映していきます。

しらべる　深い地層はどうやって調べるのですか？

実際の地下施設と同じ深さに地下調査施設を設置して、詳細に調べます。

地層処分に適した場所を選定するために、「文献調査」「概要調査」「精密調査」の3段階の調査を約20年にわたって行います。「精密調査」では、実際の地下施設と同等の深さに地下調査施設を設置して、地下水の成分や、岩盤の強さ、鉱物の種類、割れ目の状態などを詳細に調べます。

約20年にわたって慎重に進められる地層処分施設の建設地選定

段階的な調査により、処分場としての適性を慎重に確認していきます※

文献調査	概要調査	精密調査	
応募区域の地質環境等に関する資料・文献による調査	試験的に孔を掘るボーリング等地上からの調査	地下調査施設での調査	国による安全審査

フランスでは実際に調査用の坑道を掘り、地下調査施設での精密調査の段階に入っています。

＊写真提供：ANDRA

※国は、各段階の選定において関係都道府県知事および市町村長の意見を聴いてこれを十分尊重しなければならないとされており、その意に反して選定が行われることはありません。

つくる　地下深くに処分施設を建設できるのですか？

実績のある信頼性の高い土木技術で、建設できます。

日本ではこれまでも、地下発電所や道路、鉄道のトンネルなど地下深くに大規模な施設を建設してきました。地下施設の建設は、これらに用いられた信頼性の高い技術を駆使して行います。

地下施設建設技術の例

東京電力神流川発電所の大空洞建設時の実際の様子

＊写真提供：東京電力株式会社

深度約500mより深いところに大空洞を建設した事例が多数あります

トンネルボーリングマシン※による掘削のイメージ

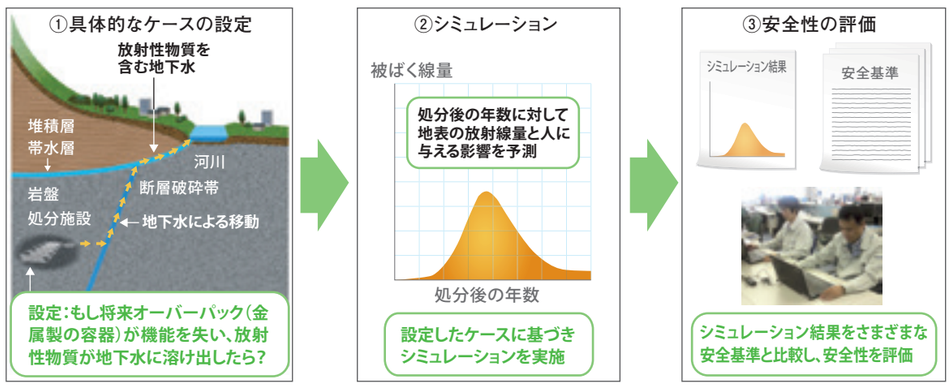
※岩盤を切削しながらトンネルを掘り進める機械

たしかめる　遠い将来の安全をどうやって確かめるのですか？

遠い将来に起こり得るさまざまなケースを設定し、それを評価することで安全性を確かめます。

地層処分は長期にわたる安全性の確保が重要です。そのため、地層の状態や人工バリアの変化などについて、「もし…したらどうなるか?」といったケースを設定し、それに基づいてシミュレーションを行います。その結果を、国が定める基準と比較して安全性を評価します。

「たしかめる」手順のイメージ



どのような地層処分施設になるのですか?

地層処分施設は、地質環境や廃棄物の特徴に応じて設計、建設します。

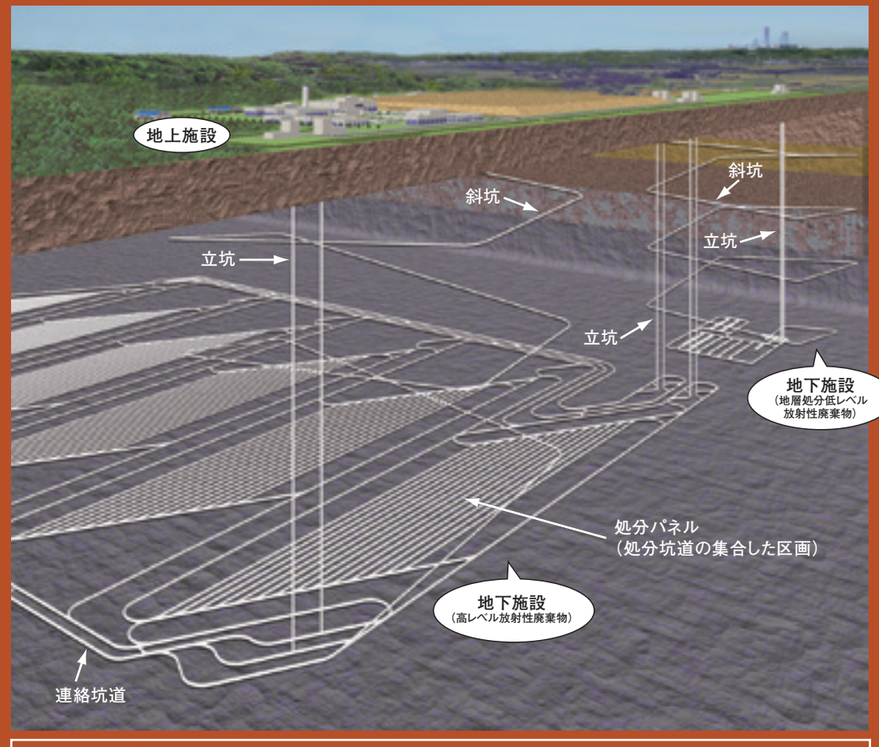
地層処分施設は、地質環境や廃棄物の特徴に応じて、人工バリアや地下施設のレイアウトを工夫して設計・建設します（図1）。
地下施設は地下300mより深い安定した岩盤中に建設し、4万本の高レベル放射性廃棄物と
19,000m^{3}の地層処分低レベル放射性廃棄物を人工バリアと共に埋設できる規模※とする計画です。
また、高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の地層処分施設は、
それぞれ別の場所に設置することも、同じ場所に設置すること（併置）も可能です。
NUMOは、処分施設建設地の選定、施設の建設、地層処分の実施、施設の閉鎖・閉鎖後の管理などや、
それらに必要な費用の徴収を行っています（図2）。
あわせて、事業の推進に必要な技術開発についても、国や関係機関の基盤研究開発成果を踏まえ、
実施主体として処分事業の安全な実施や経済性および効率性の向上などを目指し着実に進めております。

※「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」（平成20年3月閣議決定）を踏まえた施設規模です。

（図1）

地層処分施設のレイアウト例

高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の地層処分施設を併置した例。



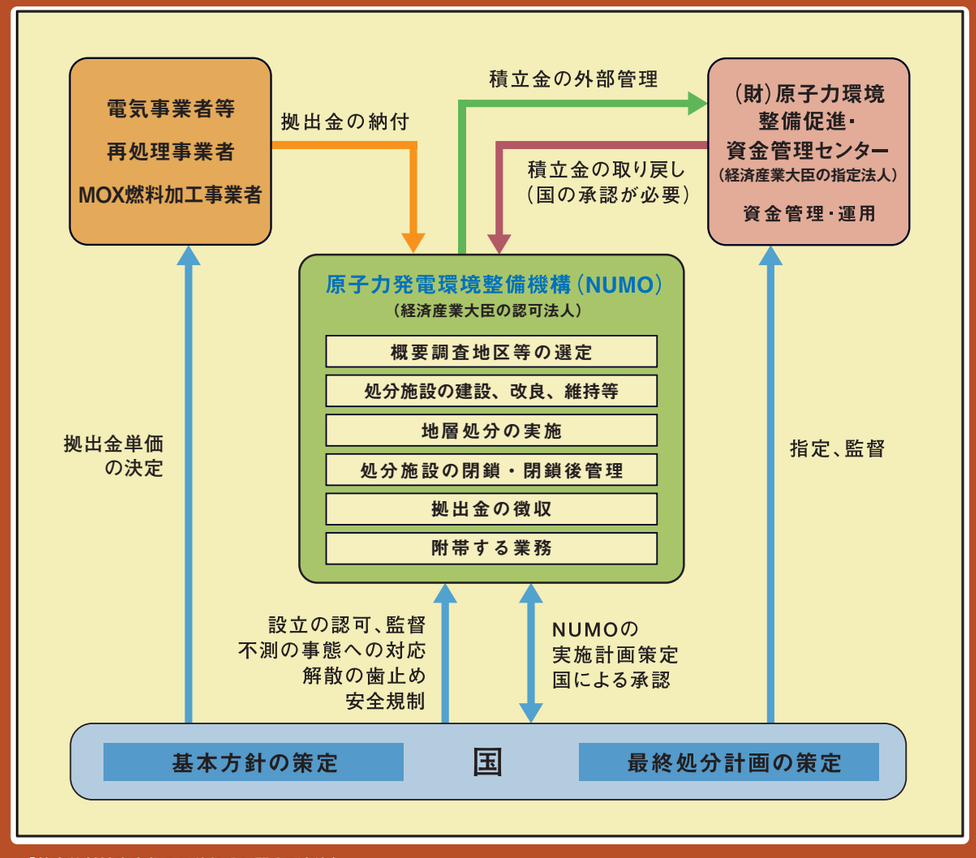
仕様の一例（結晶質岩、深度1000mの場合）

地上施設	高レベル放射性廃棄物の地下施設	地層処分低レベル放射性廃棄物の地下施設
・敷地面積:1～2km^2	・大きさ（平面）:約3km×約2km	・大きさ（平面）:約0.5km×約0.3km

（図2）

NUMOの事業内容

法律※に基づき経済産業大臣の認可法人として2000年10月に設立されたNUMOは、国の監督のもと、電力会社などと連携して地層処分事業を安全・確実に進めていきます。



※「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」

処分施設建設地はどのように選定するのですか?

**処分施設建設地の選定は3段階の調査を経て行い、
地域のみなさまの声を十分に反映して進めていきます。
処分施設建設地の選定は平成40年前後を目途、
操業開始は平成40年代後半を目途としています。**

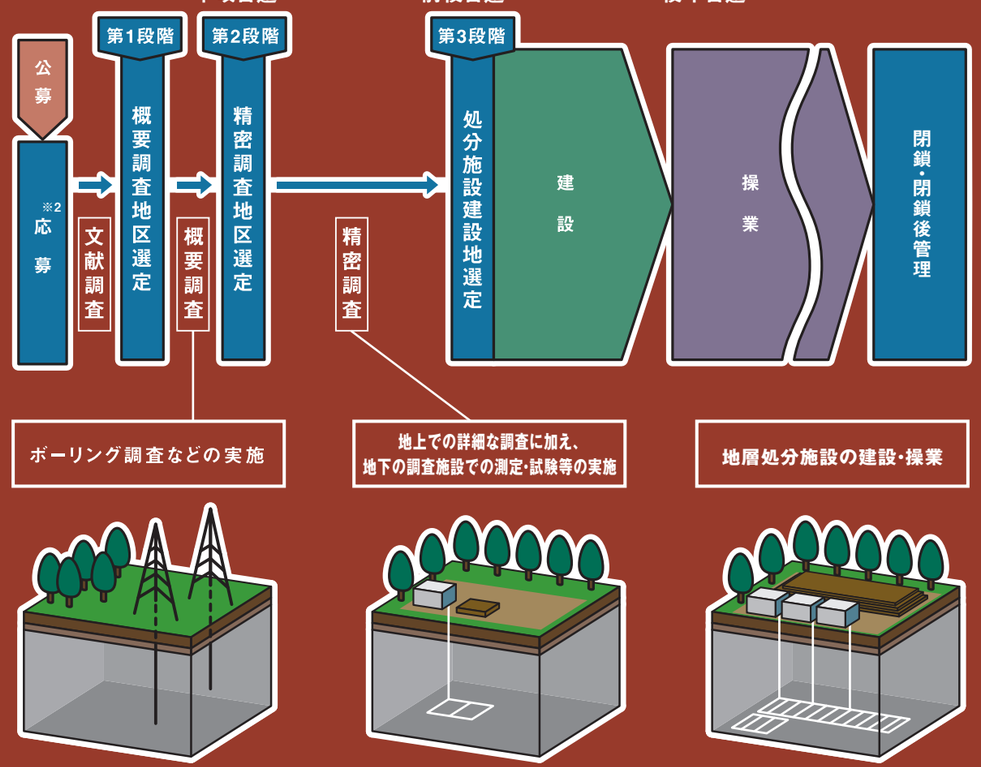
NUMOは、事業の透明性を図りつつ、地域の意向を十分尊重する観点から、全国の市町村を対象に「最終処分施設の設置可能性を調査する区域」の公募を行っています(図1)。
応募をいただいた区域については、火山や活断層などの地質的な条件※が処分施設建設地として明らかに不適切でないことを確認後、3段階のプロセスで調査・選定を行っていきます。
まず文献その他の資料により調査を行い、文献調査をもとに「概要調査地区」を選定したうえで、概要調査、精密調査を行い、処分施設建設地を選定します。
また、それぞれの調査の段階で報告書を作成し、これに対して地域のみなさまから意見書をいただく機会を設けます(図2)。
国は、この各段階の選定において関係都道府県知事および市町村長の意見を聴いてこれを十分尊重しなければならないとされており、その意に反して選定が行われることはありません。

※ 地質的な条件
・陸域では空中写真判読等、海域では海上音波探査等に基づいて全国的に調査された文献に示されている活断層がある場所が含まれない。
・将来数万年にわたるマグマの活動範囲の拡がりの可能性を考慮し、火山(第四紀火山)の中心から半径15㎞の円の範囲内にある地域が含まれない。

(図1)

処分事業スケジュール

処分施設建設地の選定は、3段階のプロセスを経て行われ、NUMOはこれを省略して処分施設建設地を選定することはできません。



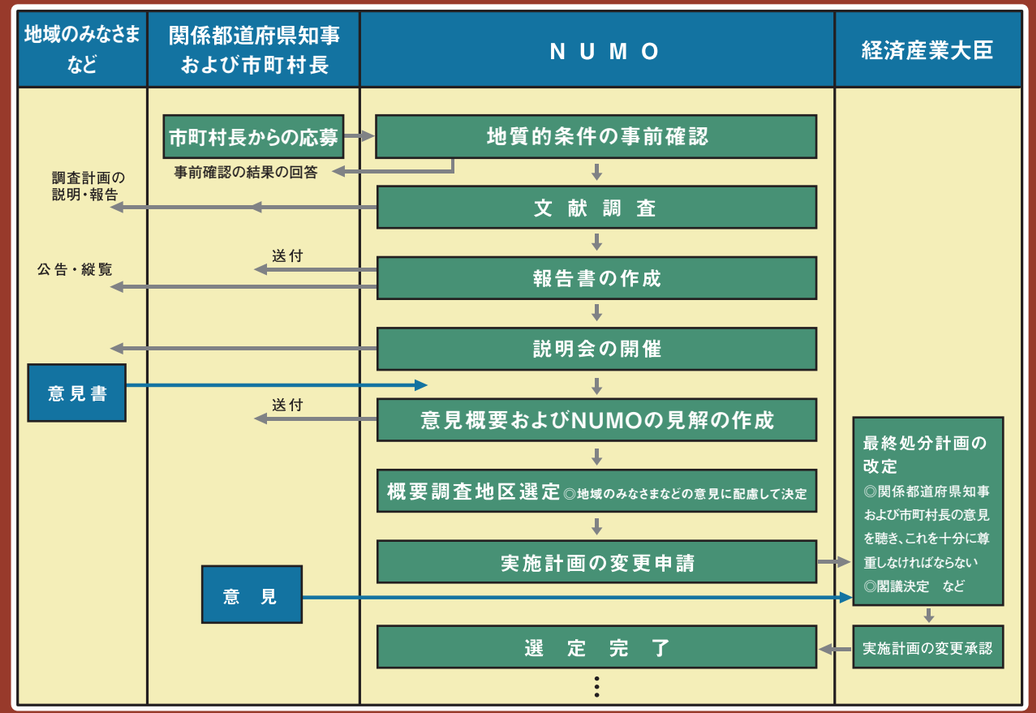
※1「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」(平成20年3月閣議決定)による。
※2 地域の意向を十分に尊重しつつ、国が市町村に対し、文献調査実施の申入れを行う場合もあります。
その場合、市町村長は、国の申入れに対して受諾の可否を表明することとなります。

(図2)

選定プロセスにおける地域の意見反映のしくみ

各段階の選定において、自治体や地域のみなさまのご意見が反映されるしくみになっています。

●概要調査地区の選定プロセス



※精密調査地区の選定、処分施設建設地の選定も同様の手続きで進めます。

地域との共生は
どのように進めるのですか?

地層処分事業は長期にわたる事業であり、
地域と事業が共に発展することが必要と考えています。
NUMOは、地域の一員として、
共に考え、共に行動していきます。

地層処分事業は100年以上の長期にわたる事業です。地域の実情に応じた共生策を地域と共に検討し、事業を通して地域の活性化や住民福祉につなげることが必要と考えています（図1）。
国は、調査を行う地域に対し、文献調査の段階から、電源三法交付金制度の「電源立地地域対策交付金」を交付し、処分事業の地域共生を支援します。この交付金は、調査区域が所在する市町村とその隣接市町村、および都道府県に対し、地域振興策の検討や産業振興事業などのために交付されます（図2）。
また、わたしたちNUMOにおいても、処分事業の効果が地域の発展につながるよう、地域と一緒になって地域のビジョンと処分事業とを結ぶ方策を検討し、国、電力会社などの関係者とも連携しながら、着実に実現していきたいと考えています。
処分事業にともなうさまざまな波及効果と地域共生事業の成果とがあいまって、豊かで活気のある未来のまちを共に築いていきたいと思います。

（図1）

地域共生

NUMOは、地域の発展に向け、みなさまのご理解をいただきながら、共に歩む関係を築いていきたいと考えています。

NUMOの基本姿勢

地域の一員として共に考え、共に行動し、
地域が真に望む地域づくりに努力します。

地層処分事業

事業の基盤となる地域の発展がなければ、
長期にわたって地層処分事業を
進めることはできません。

地　域

真に地域が望む発展でなければ、
長期にわたって
持続するものとはなりません。

地域共生

100年以上にわたって共に発展に向けて
歩む関係を築くことが地域共生。

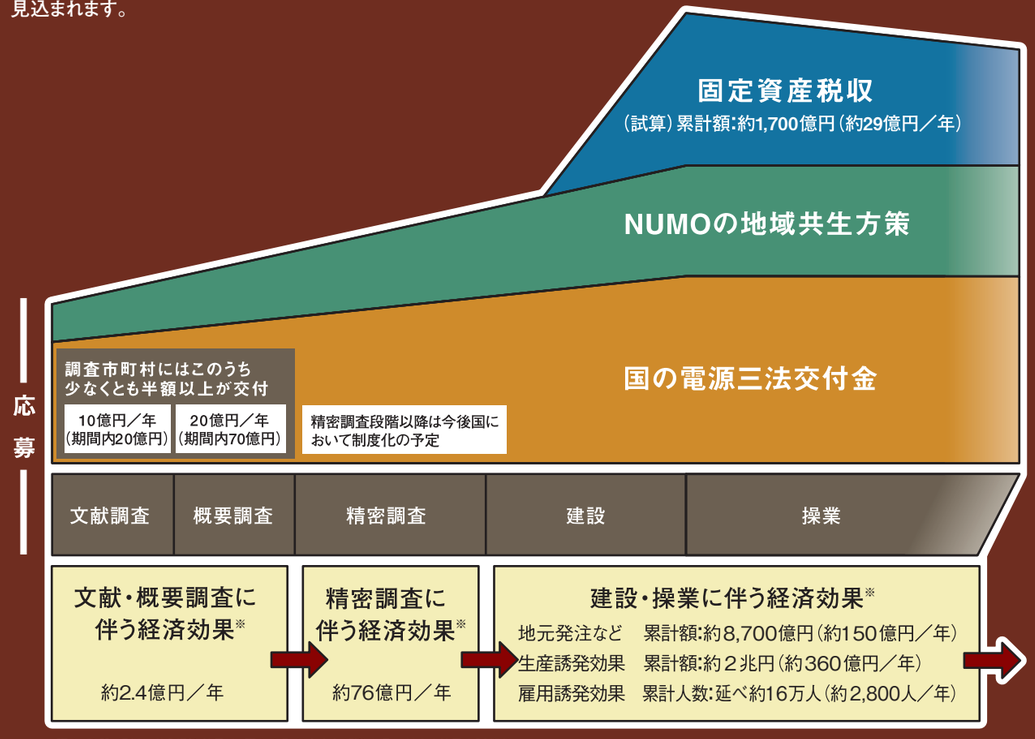
地域共生の方策には、大きく4つの取組みがあります。

- 地域と共に長期ビジョンをつくり、その実現に向けて努力します。
- 地域のみなさまとの相互理解を進めていく活動を行います。
- 地域の持続的発展につながっていく事業を行います。
- 社会の変化に合わせて共生方策もしっかり対応していきます。

（図2）

波及効果

地層処分事業は調査、建設、操業、閉鎖・閉鎖後管理と多くの段階を経る長期にわたる事業であり、地域には、地域共生事業の成果をはじめとしてさまざまな波及効果が期待されます。調査段階においては、年間数億円から10数億円程度の自治体への財源効果が地域活性化に寄与し、建設・操業段階になると、さらなる財源効果に加え、事業の本格化による一層の波及効果が見込まれます。



※調査・建設・操業に伴う経済効果は、調査市町村を含む都道府県に対する効果の試算値
●諸数値は、高レベル放射性廃棄物と地層処分低レベル放射性廃棄物の処分施設を併置した場合