

日本のエネルギーの現状から 高レベル放射性廃棄物の 地層処分について考える

私たちの生活に欠かせないエネルギーは、どこから来ているのでしょうか。島国の日本には資源が少なく、エネルギーの多くを海外からの輸入に頼っています。一方で、さまざまなエネルギーを使って電気をつくる過程では、処分が必要な廃棄物も生まれます。では、原子力発電によって生じる高レベル放射性廃棄物は、どのように安全に処分すればよいのでしょうか。日本のエネルギーの課題を手がかりに、地層処分について考えてみましょう。

エネルギー資源が少ない日本では、安定して電気をつくるために、どれかひとつに頼らず、いろいろなエネルギーを組み合わせることが大切だよ。
（一財）日本原子力文化財団 エネ百科

日本は、2040年度に再生可能エネルギー、火力発電、原子力発電をバランスよく使うことを目指しています。私たちが安心して電気のある生活を送るためには、できるだけ安く、環境にも配慮した電気を、安全につくるのが大切です。原子力発電は、発電時にCO₂を出しません。さらに、燃料をリサイクルできるという特徴があります。一方で、その過程で生じる高レベル放射性廃棄物の処分が大きな課題です。ここでは、原子力発電の仕組みと廃棄物の処分方法について学びます。
（グラフ1）2040年度エネルギー比率の目標



1 日本ではどんなエネルギー資源を利用している？

化石燃料(石炭・石油・天然ガス)	%
原子力	%
水力	%
再生可能エネルギー(太陽光・風力など) <small>※水力を除く</small>	%

2 日本の発電方法の特徴を調べよう

	長所	短所
火力		
原子力		
水力		
太陽光		
風力		

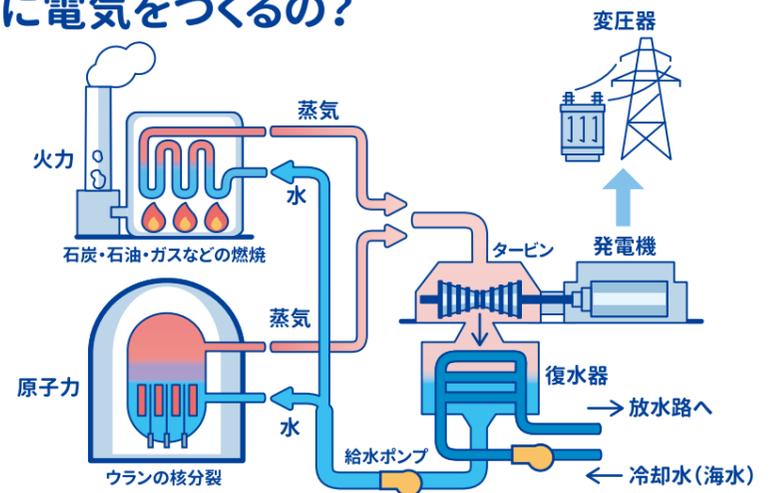
3 日本のエネルギーや電気について考えてみよう

ここまで学んだことをもとに、日本のエネルギーや電気について気づいたことや、現在かかえている課題・問題点を自分の言葉でまとめてみましょう。

もしエネルギーを石炭や石油などの化石燃料だけに頼るとどんな問題が起こる？
輸入先はどのような国だろう？

原子力発電はどのように電気をつくるの？

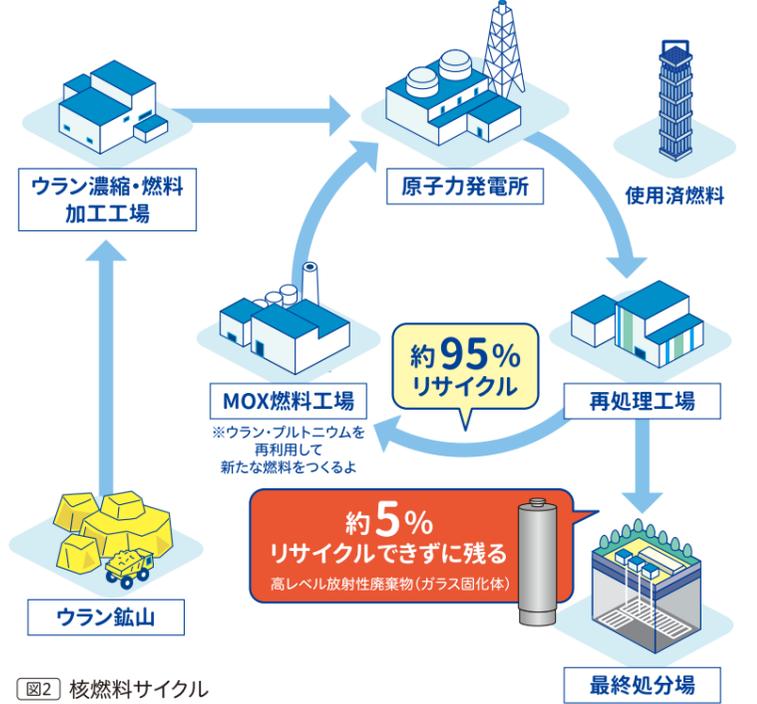
原子力発電では、火力発電と同じように蒸気力でタービンを回して電気をつくります。火力発電は石炭や天然ガスなどを燃やし、水を熱して蒸気をつくりますが、原子力発電ではウラン燃料を使って核分裂という反応を起こし、そのときに出る熱で蒸気をつくります。
※図は沸騰水型原子炉の例です。



原子力発電はどのように電気をつくるの？
（一財）日本原子力文化財団 原子力総合パンフレット

使い終わった燃料の約95%はリサイクルしてもう一度燃料に

原子力発電で使い終わった燃料のなかには、まだ使えるウランや新しくできたプルトニウムが残っています。これらを取り出してもう一度燃料として使う仕組みを「核燃料サイクル」といいます。原子力発電の燃料は約3~4年で交換されます。日本はウランを海外から輸入しているため、使用済燃料をリサイクルすることで資源を大切に使い、安定したエネルギーの確保につながります。



使用済燃料の約95%は再利用できるけど、残りの約5%は再利用できない廃液として残るんだ。この廃液をガラスと高温でとかし合わせ、冷やして固めたものを、放射能レベルが高いことから「高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)」と呼ぶよ。
P3. 図4

年 組 名前

高レベル放射性廃棄物の「地層処分」について調べてみよう

高レベル放射性廃棄物は、放射線の影響を考
え、長い期間にわたって人々の生活環境から安
全に遠ざける必要があります。こうした課題を解
決するために、国際的にも認められていて、日本
でも法律で定められた方法が、地下300mより
深い場所に埋める「地層処分」です。ここでは地
層処分の考え方や仕組みについて学びます。

縮尺
1/500
地層図

高レベル放射性廃棄物の地層処分場が
つくられる地下300mは、どのような
場所なんだろう。ここでは
縮尺を500分の1にそろえて、
地層の深さごとの特徴や
スケール感を理解しよう。



4階建ての校舎 (地上16m)



隔離する

- 人が簡単に近づくことができない。
- 地震や台風などの自然現象や、火災や事故といった人の活動の影響を受けにくい場所である。

閉じ込める

- 酸素がほとんどない。そのため、サビなどの化学反応が抑えられ、ものを変化させにくい。
- 地下水の流れは地表と比べてとてもゆっくり。

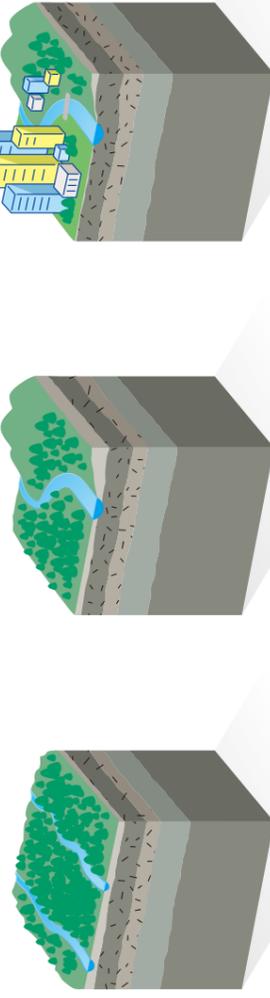
地下の深いところにある岩盤や地層が持つ「ものを閉じ込める力」を利用した方法が地層処分だよ。安定した岩盤に高レベル放射性廃棄物を埋めることで、人の生活環境に悪い影響が出ないように、長い時間、安全に閉じ込めておく方法なんだ。



地層処分とは、地下深くにある岩盤の性質を利用した処分方法です。では、地下300mより深い場所には、どのような特徴があるのでしょうか。

さらに地下深部は長い年月にわたって安定していることも大きな特徴です。地表は自然現象や人の活動によって変化しますが、地下深部は数十万年から100年以上、大きな変化がありません。[図6]

[図6] 地下環境の安定性



約100万年前

- 現在と同様の地殻変動が始まる
- 現生人類(ホモ・サピエンス)が出現
- 地上は森や川などの状態が変化
- 地下深部は大きな変化なし

約25万年前

- 地上は人により開発
- 地下深部は大きな変化なし

現在

安全に閉じ込めるための多重バリア

地層処分では、ガラス固化体や金属製の容器、緩衝材といった人工のバリアと、地下深部の環境である天然バリアを組み合わせて、放射性物質を閉じ込めます。これを「多重バリア」といいます。

この多重バリアで、長期間にわたり放射性物質を人の生活環境から隔離し、その動きを閉じ込めます。[図7]

[図7] 人工バリアの仕組み

ガラス固化体

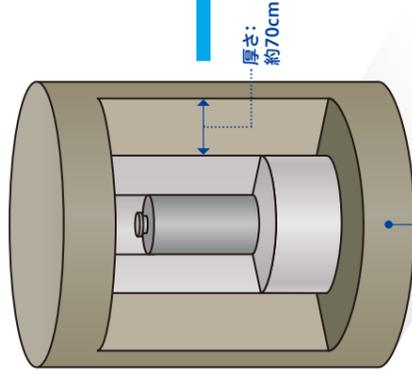
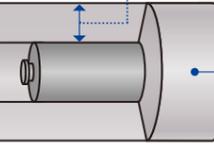
放射性物質をガラスの細かな構造のなかに閉じ込める
そのため万が一ガラスが割れても、放射性物質だけが外に流れ出すようなことはありません。

金属製の容器(オーバーバック) 厚さ:約20cm

ガラス固化体と地下水の接触を防ぐ
地下深部の地下水には酸素がほとんど含まれていないため、金属がサビる速さは遅くなります。

緩衝材(ペントナイト) 厚さ:約70cm

地下水や放射性物質の移動を遅らせる
材料のペントナイトは、水を吸うとふくらみ、すき間が少なくなつて水を通しにくくなります。



地下
300m以上深い
地層に処分!



地下300m

150m

100m

50m

地下水に含まれる酸素の量
多

地震の揺れ

地下水を押し流そうとする力が強く、すき間が多い地帯近くでは地下水の流れが速い

水運・下水道 (地下約20m)

一般的な地下鉄 (地下約30~40m)

地下トンネル (地下約30~40m)

深い場所の地下鉄 (地下約50m)

処分場に適している場所とは？

地層処分を安全に行うには、その場所が本当に適しているか、長い年月にわたって安定しているかをくわしく調べる必要があります。そのため、将来起こるかもしれないさまざまな自然現象や変化を想定し、それにどう対応するかを考えよう。人の生活環境に問題となるような放射線の影響が出ないことを確かめます。

こうしたことから、処分地を選ぶときには、火山や活断層の有無、地下の温度、地下水の流れや水質、岩盤の性質などについて、長い期間の安定性という視点から、ていねいな調査を行います。[図8] [図9]

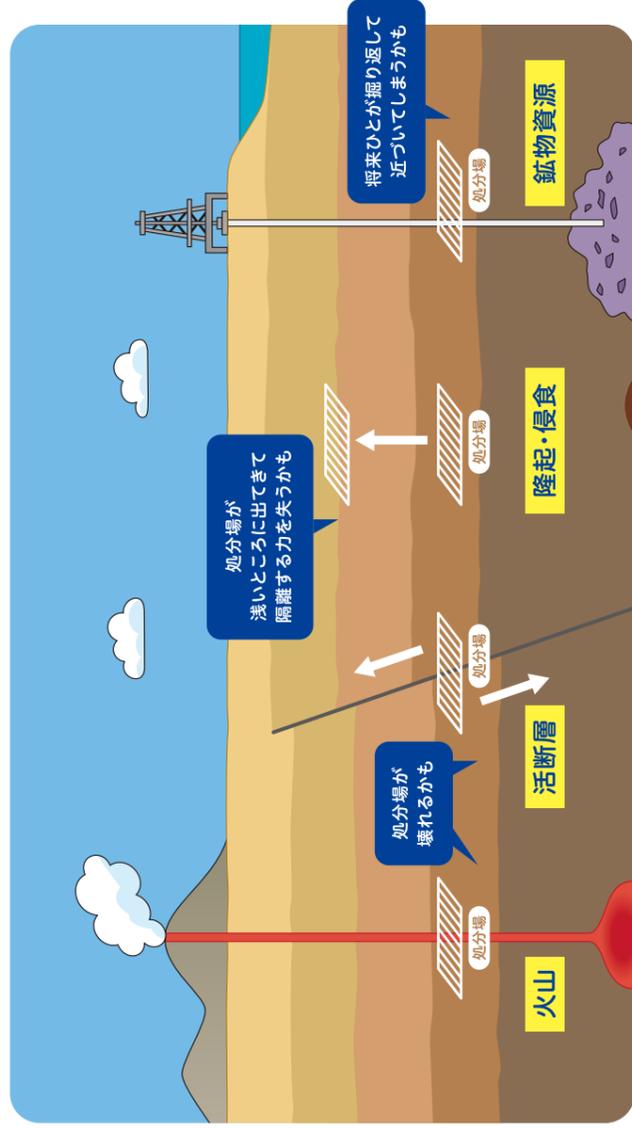
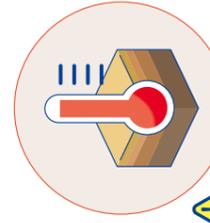
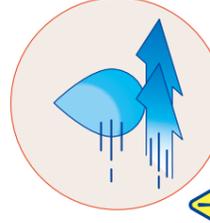


図8 避けるべき場所

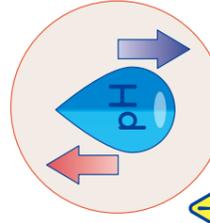
こういう条件だとリスクが高いよ。



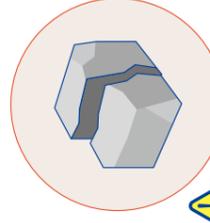
地下の温度が高すぎる



地下水の流れが速い



地下水のpHが高い/低い



岩盤が変形しやすい

図9 好ましくない地質環境

自分たちの住んでいる地域を見てみよう！

科学的特性マップ[図10]は、地下の様子や地質の特徴を、すでにある全国のデータを使って調べ、基準に従って整理し、わかりやすくまとめたものです。地層処分場として好ましくない可能性がある場所にはオレンジやシルバーで示されています。また、好ましい特性がある可能性がある場所はグリーンで、さらにそのなかでも輸送面で好ましい沿岸部を濃いグリーンで表現しています。

ただし、この地図は「どの地域が地層処分に適しているか」をはっきり決めるものではありません。実際に処分場を選ぶためには、この地図に載っていない情報もふくめて、法律で決められた3つの段階の調査を進めていく必要があります。▶[P08]「地層処分の実現に向けて」参照

4つの色で表した地域の科学的特性の区分

【オレンジ】
火山や活断層に近い

【シルバー】
地下に鉱物資源がある
※調査すると、その場所に鉱物がないことを確認できる場合があります。この点に注意する必要があります。

【グリーン】
好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い

【濃いグリーン】
グリーンのうち輸送面でも好ましい(海岸から近い)

科学的特性マップ

(2017年 経済産業省のホームページで公表)

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/nw/kagakutekitokuseimap/

よりダウンロード可能です。



※地域ブロック別の地図もあります。



地上保管し続けることに
問題はありますか？

科学的根拠にもとづいて
“地層処分”が選ばれたんだよ



出所:資源エネルギー庁「科学的特性マップ」をもとに作成

ってどんなところ？



200m

250m

300m

地震の揺れ

小

地下水に含まれる酸素の量

少

地下深部は
地下水の流れが速い
(1年に数mm程度)



マグマはもっと
地下深くだよ！



「廃棄物」の最終処分について考えよう

放射線ってなに？

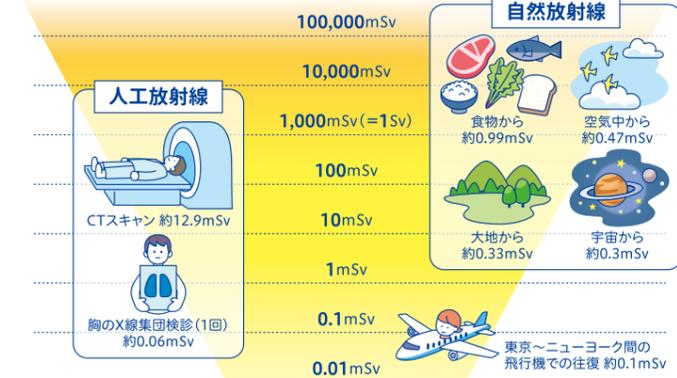


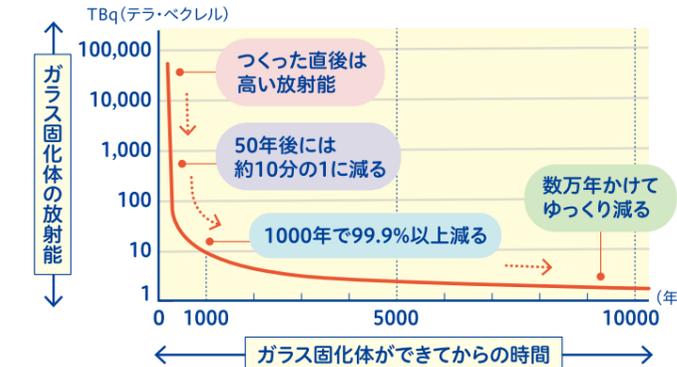
図3 身のまわりにある放射線(日本平均) mSv(ミリシーベルト)
参考: (一財)日本原子力文化財団「原子力総合パンフレット」2024年度版

放射線とは、放射性物質から出る粒子や光の仲間(電磁波)のことです。放射線を出す力を「放射能」といいます。放射線が人の体に与える影響は「シーベルト」で表し、種類やあたる部位によって異なります。放射線は目に見えませんが身の回りにあり、自然から受けるものを「自然放射線」といいます。日本人が1年間に受ける自然放射線の量は平均で約2.1ミリシーベルトです。図3

放射線は医療や工業、農業などでも役立てられているよ。でも、強い放射線を短い時間に多く受けると、体に影響が出ることがわかっているんだ。



高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の放射能の変化



※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。(出所)資源エネルギー庁資料

図5 ガラス固化体1本あたりの放射能レベルの変化

ガラスは水に溶けにくく、放射性物質を長期間閉じ込める性質があります。つくられた直後のガラス固化体は放射能が高く、熱も高いため、約30～50年間、専用の施設で冷却・保管・管理されます。この間に表面温度は200℃以上から約100℃まで下がり、放射能も約10分の1になります。放射能は時間とともに減り、1000年後には99.9%以上減ります。図5 人の生活環境に影響を及ぼさなくなるまで数万年ほどかかるため、人の生活環境から離れた場所で長い期間安全に隔離する必要があります。

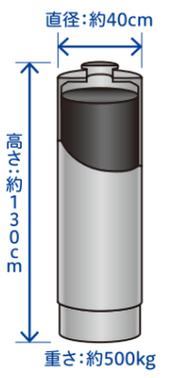


図4 ガラス固化体

これまで、高レベル放射性廃棄物の処分についていくつかの方法が検討されてきました。ここまでの内容を踏まえて、あなたならどんな方法を選びますか？

- ア 地層処分 (地下に埋める)
- イ 宇宙処分 (宇宙に持って行く)
- ウ 海洋投棄 (海に捨てる)
- エ 氷床処分 (南極の氷の下に埋める)
- オ 地上保管 (地上で管理する)

選んだ方法

理由

日本では1966年から原子力発電が始まり、すでに廃棄物と使用済燃料があるよ。リサイクルしてガラス固化体にするのとどのくらいの量になるのか調べてみよう。

すでに約 本 相当ある



地層処分の実現に向けて

高レベル放射性廃棄物の地層処分は、2000年にできた「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」にもとづいて進められています。この法律により設立された原子力発電環境整備機構(NUMO)が処分地の選定から施設の建設、操業、閉鎖までを担当します。

- 処分地に適した場所を調べる**
日本には処分に適した場所が多くあると考えられています。処分地を選ぶときは、数万年前まで地下深部の岩盤が安定しているかを確かめる必要があります。火山や断層の位置、土地の隆起や侵食の起こり方などをくわしく調べます。
- 段階を分けて進める調査**
処分地を決めるための調査は3段階で行われます。まず、火山活動などを文献やデータで調べる文献調査を行います。次に、穴を掘ったり地層を調べたりする概要調査をします。最後に、地下施設を造って試験する精密調査を行います。調査中に放射性廃棄物は持ち込みません。
- 対話を重ねて調査を始める**
このような調査は、自治体が応募したり受け入れを決めたりして、始まります。調査の結果はくわしく分析し、説明会や話し合いの場を設けて、広く公開します。そのうえで、次の段階に進むかどうかは、市町村長や都道府県知事に意見を聞いて決めます。地域の人たちと話し、進めることが大切です。

処分に適した場所をいねいに調べ、地域のみならず話し合っ決めて

世界の国々では、高レベル放射性廃棄物をどう処分しているの？

地層処分は日本だけではなく、原子力発電を利用する多くの国で進められています。国によって進み具合は異なりますが、地域の理解を得ながら長い時間をかけて処分地を選ぶ点は共通しています。フィンランドではすでに試運転が始まり、スウェーデンでも、施設の建設が進められています。図11

調査段階前 | 文献調査 | 概要調査(ボーリング調査) | 精密調査(地下施設での調査) | 処分地選定済

スペイン	日本	英国	ロシア	スイス ※申請中	フィンランド ※試運転中
ベルギー	ドイツ	中国	韓国	カナダ ※申請準備中	スウェーデン ※建設中
				米国 ※審査中断中	フランス ※申請中

図11 世界各国の状況(2026年時点)
※各国の進捗を日本の地層処分事業段階に相当する位置で示しています。段階の構成・順序は各国で異なります。※現段階での事業の進捗を示しているもの、計画の中止などで変更があります。

考えよう、地層処分

ここまで日本のエネルギーや高レベル放射性廃棄物の地層処分について調べたり考えたりしたなかで、気づいたことや、今後自分たちがこれらのことにどう向き合っていくかを考えてみましょう。

課題

.....

.....

.....