

「高レベル放射性廃棄物の処分問題」を学ぶ基本教材

教師用解説編

電気を作ると出るごみについて考えよう

くらしの中から出るごみはどこへいくの？

わたしたちの家庭からは、もえるごみ、もえないごみ、リサイクルできる資源ごみなどが出ます。

スーパーマーケット、商店、事務所などからもごみが出ます。

ごみは埋め立て処分場やリサイクル工場へて処分場に運ばれます。

みなさんは、電気を作るときにもごみが出ることを知っていましたか？
どんなごみが出て、どのように処分するのかな？
いっしょに考えよう。

NUMO 原子力発電環境整備機構

小学生向け

高レベル放射性廃棄物について考えよう

原子力発電所で使った燃料には、燃え残りのウランや発電の過程で新たに生まれたプルトニウムが含まれています。これらは私たちの生活から出るごみと同じように再利用できます。日本では、この使用済み燃料をリサイクルし、新しい燃料を作る材料として利用することになっています。

ウランを採り出す → 燃料加工工場 → 使用済み燃料 → 再処理工場 → 高レベル放射性廃棄物

再処理工場では、使用済み燃料をリサイクルしますが、再処理後には放射能レベルの高い廃液が残ります。これをガラスと混ぜ合わせて固めたものがガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）です。高レベル放射性廃棄物は、わたしたちが毎日の生活の中から出している廃棄物に比べ、非常に少ない量です。しかし、強い放射線と熱を出すので、きびしい管理が必要です。

高レベル放射性廃棄物の処分が大きな課題になっています。わたしたちが使う電気を作るときに出る廃棄物のゆくえについて、みんなで考えてみましょう。

NUMO 原子力発電環境整備機構

中学生向け

目次

| | |
|-------------------------|----|
| 1. 本教材のご利用にあたって | 1 |
| 2. 高レベル放射性廃棄物とは | |
| (1) 原子力発電における核分裂 | 3 |
| (2) 核燃料サイクルとは | 4 |
| (3) 放射性廃棄物とは | 5 |
| (4) ガラス固化体とは | 6 |
| (5) 高レベル放射性廃棄物の処分方法 | 7 |
| (6) 地層処分とは | 8 |
| (7) 地層処分の実施について | 10 |
| (8) 科学的特性マップとは | 11 |
| (9) 諸外国における地層処分の現状 | 13 |
| (参考) 放射線の基礎知識 | 14 |
| 3. 授業展開例 | 15 |
| 4. ワークシート集 | 22 |
| 5. エネルギー教育関連の教材、情報等のご案内 | 29 |



監修：基本教材改訂監修委員会

1. 本教材のご利用にあたって

■はじめに

持続可能な社会の実現のためにエネルギー問題の解決は必須の課題です。エネルギー問題は、SDGs（持続可能な開発目標）においても17の目標のひとつに設定されているとともに、気候変動への対策にも直接かかわっています。そして、この問題の解決に関しては、その主体者である私たち一人一人の行動が何よりも重要となります。そうした行動がとれるためには、私たちがエネルギーやエネルギー問題について正しく知り、よく考え、適切に判断していくためのしっかりとした学習が不可欠です。

エネルギー問題をめぐる今日的で、将来に向けて避けて通ることのできない重要な課題のひとつに、原子力発電に伴って生じ存在する高レベル放射性廃棄物の処分があります。この課題は世代を超えて取り組まなければならない課題であり、次世代を担う児童・生徒にとっても避けて通ることのできない課題となります。したがって、SDGsの達成そして持続可能な社会の実現に向けた教育という観点からも、エネルギーやエネルギー問題の学習において、この問題を扱っていくことが求められるのです。

高レベル放射性廃棄物の処分をめぐる課題について児童・生徒が知り、考え、判断するために、本教材が少しでも役立つことを願っております。

基本教材改訂監修委員会

■小学生用教材について

○本教材の学習のねらい

- ・電気を作るとごみが出ていることに気づき、高レベル放射性廃棄物の概要について理解する。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題は、私たちが責任を持って解決しなければならない課題であることを考え、判断する。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題に対して、自分たちの問題として解決していこうとする態度を育む。

■本教材の活用のしかた

| | |
|-----------------------------|--|
| 総論 | 新しい学習指導要領では「知識及び技能」「思考力・判断力・表現力など」「学びに向かう力、人間性など」の3つの柱からなる「資質・能力」を総合的にバランスよく育むことが求められています。また、どのように学ぶかも重要視されています。「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」です。エネルギーに関する課題の解決へ向けて児童一人一人が考え、自分なりの答えにたどり着く過程にはそれら全てが含まれています。エネルギーに関する課題、そして高レベル放射性廃棄物の処分問題の課題は、学習指導要領が示す3つの柱を一体的に育むことが可能な教材だと考えます。 |
| アクティブ・ラーニング | 高レベル放射性廃棄物の地層処分の課題は、社会の大きな課題の一つといえます。この重要な課題といえる高レベル放射性廃棄物の処分問題を自分たちの課題ととらえ、自分なりに考え解決策を探究していく過程は課題解決学習の学び方を学ぶための有効な教材であるといえます。 |
| 学びに向かう力・人間性 | エネルギーに関する課題は答えの決まっていないものばかりです。答えの決まっていない課題の解決に向けて児童一人一人が前向きに考えた結論は尊重されるべきものです。一人一人の考えが肯定されることはその児童の自己肯定感・自己有用感を高めることができ学びに対する意欲が向上することが期待できます。 |
| 教科横断的な学習 (カリキュラム・マネジメント) | 新しい学習指導要領では、各学校におけるカリキュラムマネジメントの推進が求められています。エネルギーに関する課題や高レベル放射性廃棄物の処分に関する課題は、他教科と結びつけて教科横断的に進めることができます。特に学習の基盤となる資質・能力や現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力の育成のためには、教科等横断的な学習を充実させることや、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善を、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通しておこなうことと学習指導要領には記されており、その実現に適した教材です。 |
| 実際の社会との結びつき | 高レベル放射性廃棄物の地層処分問題をより身近な課題ととらえ、その解決に向けて考えることは社会の一員であることを意識することができます。この社会的な課題である高レベル放射性廃棄物の課題を考えることを通して社会へ参画する態度を養うことが大いに期待できます。 |
| 連携について | エネルギーに関する課題は専門的な知識の裏付けが必要となることが多く、教材研究も大変です。だからこそ、教師は児童とともに学ぶ姿勢が大切だと思います。学習指導要領では、カリキュラムマネジメントの観点から人的、または物的な体制を確保・改善することが求められています。学校外の専門的な機関と学習のねらいにそった連携が重要です。連携することで、次のような効果が期待できます。 ○専門的な知識 ○具体的な現場の様子からの学び ○体験的な活動の実施 ○授業を組み立てる上でのアドバイス 等 いずれも連携先との事前の打ち合わせが大切になると思います。この教材ではNUMOの力を借りて授業を進めることが可能です。教師も児童と一緒に学びながら授業を進めていく姿勢で取り組むのはいかがでしょうか。 |

■ 中学生用教材について

○ 本教材の学習のねらい

- ・ 発電に伴って出る廃棄物について知るとともに高レベル放射性廃棄物の性質について理解する。
- ・ 高レベル放射性廃棄物の適切な処分方法について考え、この問題は私たちが責任を持って解決しなければならぬ問題であることを考え、判断する。
- ・ 高レベル放射性廃棄物の処分問題に対して、自分たちの問題として解決していこうとする態度をもつ。

■ 本教材の活用のしかた

| | |
|--------------|--|
| 社会科 地理的分野 | <p>地理的分野では、学習指導要領の「C日本の様々な地域 (2) 日本の地域的特色と地域区分 ③資源・エネルギーと産業 ア (ウ) 日本の資源・エネルギー利用の現状、国内の産業の動向、環境やエネルギーに関する課題などを基に、日本の資源・エネルギーと産業に関する特色を理解すること。」に該当する単元の発展として高レベル放射性廃棄物を取扱うことを目的としています。地理的分野では、グローバル化、都市化、情報化などの社会の変化に対応して、地域の動向や課題に着目させ、ここでは、我が国は、資源やエネルギーの大量消費に伴う環境問題、エネルギー問題を抱えた国の一つであることを知らせ、国際的な課題の一つである高レベル放射性廃棄物の処分について、すでに国内にもあるその処分をどう実現していけばよいか、生徒に考えさせたい。そして、科学的特性マップを示しながら、自分の住んでいる町の位置から適している地域の分布、場所の広がりや隣接地との経済的な結びつき、人間と自然環境との相互依存関係、空間的相互依存作用や人々の対応などに着目させ、そこで生ずる問題と他国や処理しなかったらどうなるかということを有機的に関連付け多面的・多角的に考察し、表現させるための教材として活用してください。</p> |
| 社会科 公民的分野 | <p>公民的分野では、学習指導要領の「D私たちと国際社会の諸課題 (1) 世界平和と人類の福祉の増大 アの (イ) の地球環境、資源・エネルギー、貧困などの課題の解決のために経済的、技術的な協力などが大切であることを理解すること。」に該当する単元の発展として高レベル放射性廃棄物を取扱うことを目的としています。公民的分野では、地理的及び歴史的分野の学習の成果を活用し、グローバル化する国際社会に主体的に生きる平和で民主的な国家及び社会の形成者に必要な公民としての資質・能力の基礎を育成するために、特に資源・エネルギーについては、有限である資源・エネルギーについて、一層の省資源、省エネルギー及びリサイクルなどの必要性が求められていたり、温暖化や高レベル放射性廃棄物の処分の問題など、課題の解決のために国際的な協力が大切であったりすることを理解させる。そして、対立と合意、効率と公正、分業と交換、希少性などに着目して、自国の処分方法や場所について、多面的・多角的に考察し、構想した自分の考えの過程や結果を説明したり、論述したり、表現したりするための教材として活用してください。</p> |
| 中学校理科 総論 | <p>中学校理科では、「エネルギー」の第2学年・第3学年で「放射線について」、「地球」の第1学年「大地の成り立ちと変化」で日本列島の地学的な特徴を考えるために必要な知識を学習します。さらに、第3学年「エネルギー資源の有効利用」では、原子力発電のしくみと特徴について理解を促します。原子力発電では、ウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していることから、原子力発電に関わる使用済燃料の存在に触れ、「高レベル放射性廃棄物の処分問題」を解決すべき課題として学習の中で取り上げる場面を設定します。ここでは、本教材を使用して、放射線について科学的に理解することや、分野や単元を問わず学んだ知識を活用して処分の方法を検討することは、生徒たちが自ら思考し、判断する力を育成することにつながると考えられます。さらに、この学習活動を通して、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かし多様な人々との協働を促す教育の充実が期待されます。</p> |
| 理科 第1分野 | <p>第1分野では、第2学年 (3) 電流とその利用 (ア) ④「静電気と電流」で真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れます。さらに、第3学年 (7) 科学技術と人間ア (ア) ⑦「エネルギーとエネルギー資源」において、エネルギー資源の利用、発電の一つとして原子力発電のしくみ、ウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していることを学習します。ここでは本教材を使って原子力発電の使い終わった燃料の処理と、高レベル放射性廃棄物の発生について触れることができます。</p> |
| 理科 第2分野 | <p>第2分野では、第1学年の (2) 大地の成り立ちと変化 (ア) 身近な地形や地層、岩石の観察、(イ) 地層の重なりと過去の様子、(ウ) 火山と地震②火山活動と火成岩、④地震の伝わり方と地球内部の働きにおいて、地下の様子、成因と過程を学習します。花こう岩を使って放射線を測定できることや、放射線を使って化石の年代が測定できること等を提示します。さらに本教材を使って原子力発電のしくみと使用済燃料の存在に触れ、高レベル放射性廃棄物の存在について簡単に説明します。ここで、科学的特性マップを使い日本列島の地質の概要を把握し、高レベル放射性廃棄物の処分方法として、地層処分を紹介することができます。</p> |

エネルギー全般や原子力発電のしくみなど、高レベル放射性廃棄物の処分問題を学ぶ前段のテーマについては、経済産業省資源エネルギー庁発行の副教材をご活用ください (29ページをご参照ください)。

2. 高レベル放射性廃棄物とは

(1) 原子力発電における核分裂

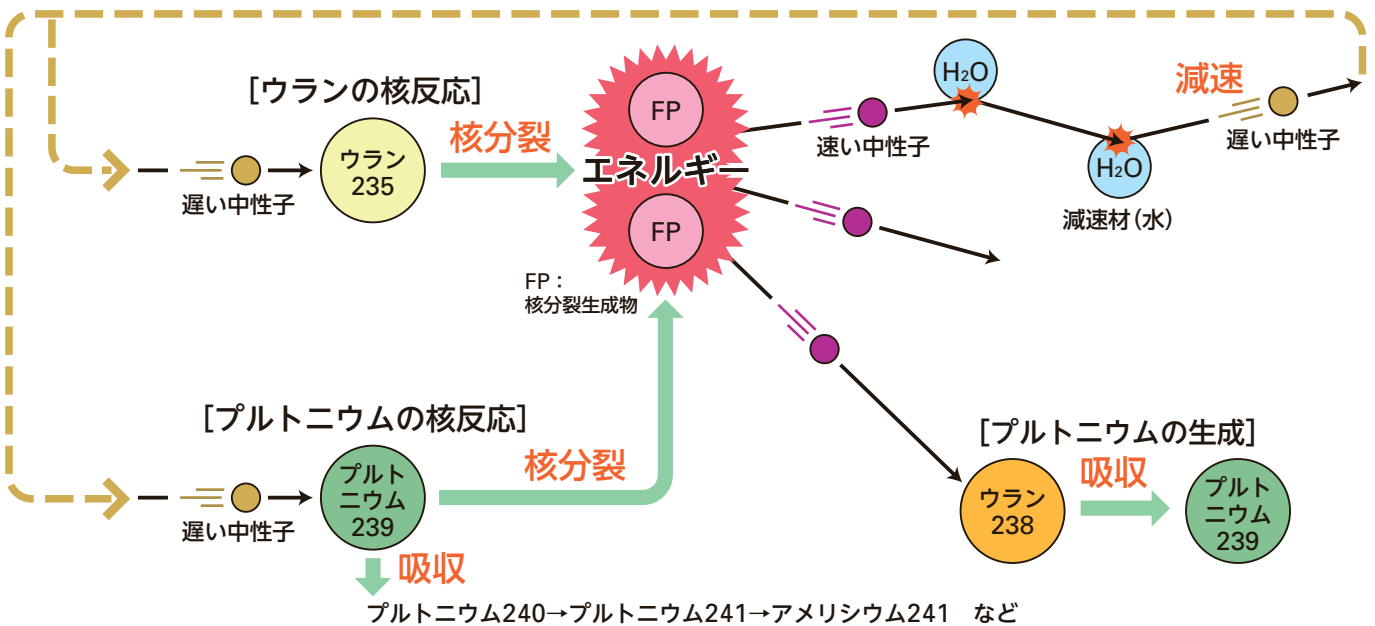
原子力発電は、燃料にウランを使用した発電方法である。天然に存在するウランは、核分裂しやすい「ウラン235」が約0.7%、核分裂しにくい「ウラン238」が約99.3%混ざっている。原子力発電では、ウラン235の割合を3~5%に高めた「低濃縮ウラン」を燃料として使っている。

核分裂反応は、ウラン235に中性子がぶつかることによって起きる。また、核分裂しにくいウラン238が中性子を吸収すると、核分裂しやすいプルトニウム239に変わる。このプルトニウム239にさらに中性子がぶつかり核分裂が起きる。核分裂反応が始

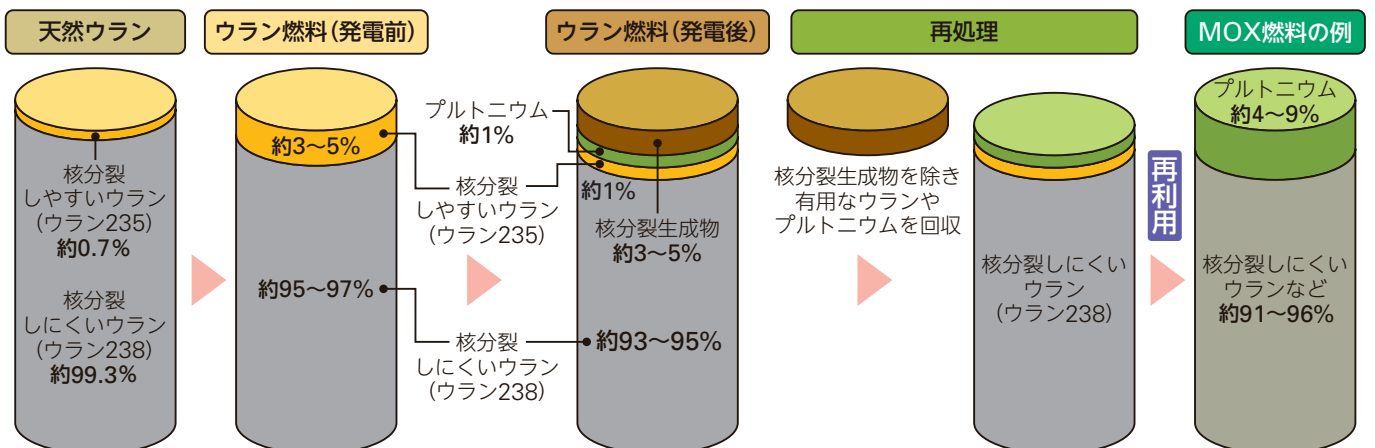
まると、次々と連続して反応が起こり（連鎖反応）、熱エネルギーが発生する。このように原子炉の中では、ウランとプルトニウムが同時に熱エネルギーを生み出している。

使用済燃料には、ウランや新しく生成されたプルトニウムのように、再利用できるものが95~97%残されている。使用済燃料を再処理して、ウランやプルトニウムと再利用できない非常に高い放射能を持つ核分裂生成物などに分離した後、再び新しい燃料を作ることができる。再処理によって、ウランの利用効率は1.18倍になる。

■核分裂のしくみ



■燃料の変化



MOX燃料：プルトニウムとウランの酸化物を混ぜてつくった混合酸化物燃料(わずかにウラン235を含む)
核分裂生成物：非常に高いレベルの放射能を持つ元素が含まれている

(2) 核燃料サイクルとは

小学校用教材 ▶ P.3 / 中学校用教材 ▶ P.1

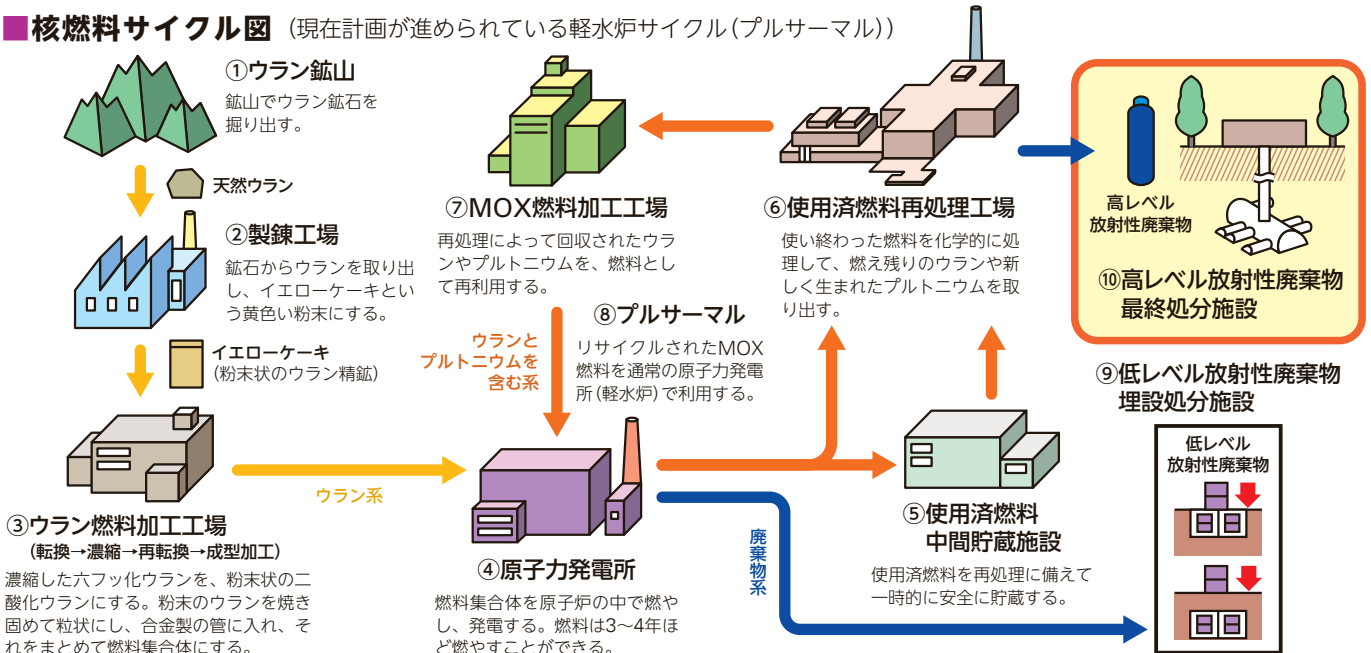
核燃料サイクルとは、原子力発電で使い終わった燃料から核分裂していないウランや新たに生成されたプルトニウムなどをエネルギー資源として回収し、再び原子力発電の燃料に使うしくみのことである。

原子力発電の燃料は約3~4年で交換されるが、日本はウランを全量海外から輸入しているので、これらの再利用はウラン資源の有効活用になると同時に、エネルギー資源の安定確保にも寄与する。このため日本では、ウラン資源のより有効な活用を図るため、使用済燃料の再処理をおこないリサイクルす

ることを基本とし、核燃料サイクルの確立に向け取り組んでいる。

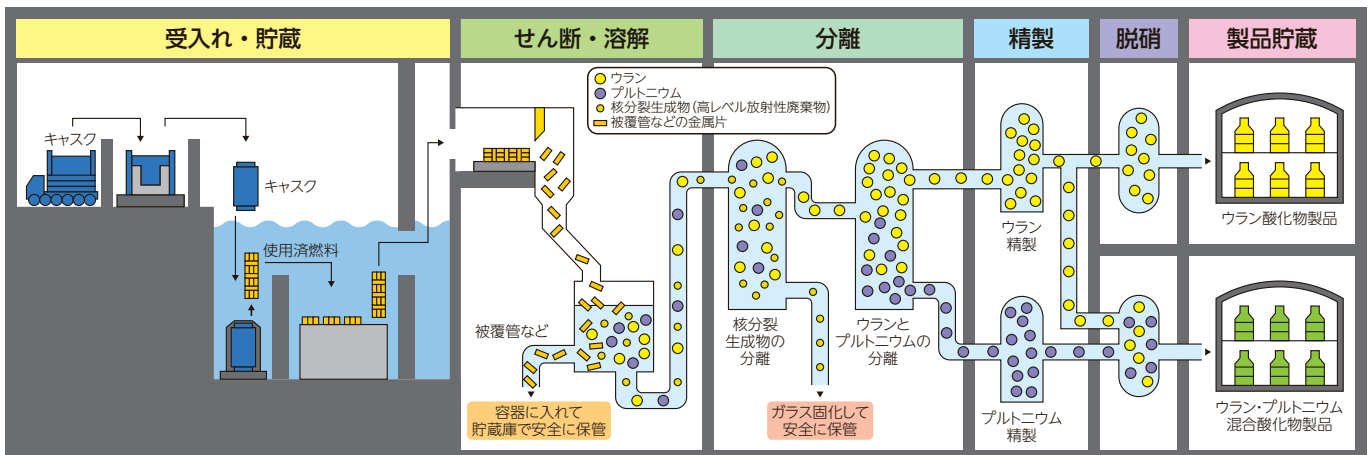
再処理によって回収されたウランとプルトニウムはMOX (Mixed OXide) 燃料として新たな燃料になり、現在の原子力発電 (軽水炉) で利用 (プルサーマル) することになっている。その際に最終的な廃棄物として発生するのが核分裂生成物を主成分とする「高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体)」である。

■核燃料サイクル図 (現在計画が進められている軽水炉サイクル(プルサーマル))



[海外で採掘・精製し輸入したウラン→ウラン燃料加工工場→原子力発電所→(使用済燃料)→再処理工場→MOX燃料加工工場→原子力発電所] のように、原子力発電所を中心としてリサイクル利用する流れで、全体の工程をさして「核燃料サイクル」という。※低レベル放射性廃棄物は、⑥使用済燃料再処理工場、⑦MOX燃料加工工場などからも発生する。

■再処理の主な工程



(3) 放射性廃棄物とは

小学校用教材 ▶ P.3～4 / 中学校用教材 ▶ P.1～2

放射性廃棄物とは、原子力発電所やウラン燃料工場、再処理工場などの原子力関連施設から発生する廃棄物のことをいう。放射性廃棄物は「高レベル放射性廃棄物」と「低レベル放射性廃棄物」に大別され、放射能レベルなどに応じて、処分される。

○高レベル放射性廃棄物

原子力発電で使用したウラン燃料を再処理すると放射能レベルが高い廃液が残る。これをガラスと融かし合わせて固化したものを「高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）」という。高レベル放射性廃棄物には半減期の長い放射性物質や、短期間に強い放射線を発生する放射性物質が含まれているので、取り扱いには厳重な注意が必要である。

なお、使用済燃料を直接処分する国では、使用済燃料を高レベル放射性廃棄物とする場合もある。

○低レベル放射性廃棄物

原子力関連施設から出る廃棄物のうち、放射能レ

ベルの低いものを「低レベル放射性廃棄物」という。

例えば、原子力発電所の運転、点検に伴い発生するもので、作業服、軍手、靴下、洗濯水、検査時に交換した機器（フィルターなど）がある。低レベル放射性廃棄物は、発生場所や放射能レベルによってさらにいくつかの区分に分けられ処分されている。

■放射性廃棄物の種類と処理・処分方法

| 発生場所 | 廃棄物の区分 | | 処分の例 |
|--------------------|------------|---------------------------------------|----------|
| 原子力発電所 | 低レベル放射性廃棄物 | 放射能レベルの極めて低い廃棄物 | 浅地中処分 |
| | | 放射能レベルの比較的低い廃棄物 | |
| | | 放射能レベルの比較的高い廃棄物 | 余裕深度処分 |
| ウラン濃縮工場 燃料加工工場 | 低レベル放射性廃棄物 | ウラン廃棄物 | 浅地中処分 |
| | | | 余裕深度処分 |
| | | | 地層処分(未定) |
| 再処理工場 MOX燃料加工工場 | 低レベル放射性廃棄物 | テールアルニュー TRU廃棄物 (長半減期低発熱放射性廃棄物) | 浅地中処分 |
| | | | 余裕深度処分 |
| | | | 地層処分 |
| 再処理工場 | 高レベル放射性廃棄物 | 地層処分 | |

■廃棄物の種類とその概要

| | 廃棄物の種類 | 廃棄物の例 | 発生源 | 廃棄物発生量(年間) | 処分の例 |
|-------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 原子力発電 | 高レベル放射性廃棄物 | ガラス固化体 | 再処理施設 | 1.4t/日* | 地層処分 |
| | 低レベル放射性廃棄物 | 制御棒、炉内構造物、廃液、フィルター、消耗品、コンクリート、金属等 | ・原子力発電所 ・ウラン濃縮・燃料加工施設 ・再処理施設等 | 50t/日* | ・浅地中処分 ・余裕深度処分 ・地層処分 |
| 火力発電 | 二酸化炭素(CO ₂) | | 火力発電所 (石炭、石油、天然ガスの合計) | 4.57億t-CO ₂ | 効率を高めて減らし大気中に放出 |
| | 硫黄酸化物(SO _x) | | 火力発電所 (石炭、石油の合計) | 11.5万t | 装置で除去した後大気中に放出 |
| | 窒素酸化物(NO _x) | | 火力発電所 (石炭、石油、天然ガスの合計) | 14.3万t | 装置で除去した後大気中に放出 |
| | 石炭火力の石炭灰 | 石炭焼却灰 | 石炭火力発電所 | 899万t | 再生、埋め立て等 |
| 廃棄物 | 一般廃棄物 | 家庭から排出される生ごみ、粗大ごみ、オフィスから排出される紙くず等 | | 4,272万t | 再生、焼却、埋め立て等 |
| | 産業廃棄物 | 事業活動に伴って生じた汚泥、動物の糞尿、がれき類等 | | 3億7,572万 | 再生、焼却、埋め立て等 |

※高レベル放射性廃棄物は平成12～18年の推定値であり、実際には毎日発生しているわけではない。低レベル放射性廃棄物は平成25年度の実績値。

出所：原子力規制庁「平成25年度 実用発電用原子炉施設、研究開発段階発電用原子炉施設、加工施設、再処理施設、廃棄物埋蔵施設、廃棄物管理施設における放射性廃棄物の管理状況 及び放射線業務従事者の線量管理状況について（平成26年9月）」、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会電力需給検証小委員会「電力需給検証小委員会報告書（平成27年10月）」より一般電気事業者の温室効果ガス排出量（2014年度）、電力需給に関する検討会合／エネルギー・環境会議需給検証委員会「第10回 需給検証委員会（平成24年10月）」、一般財団法人石炭エネルギーセンター「石炭灰全国実態調査報告書（平成30年度実績）」、環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成30年度）について」／「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書平成30年度速報値（概要版）」

(4) ガラス固化体とは

小学校用教材 ▶ P.3~4 / 中学校用教材 ▶ P.2~3

使用済燃料の中には、再び燃料として利用できるウランやプルトニウムが含まれている。それらを再処理工程で回収した後、再利用することのできない高レベル放射性廃液が残る。これをガラス原料とともに高温で融かし合わせてからステンレス製の容器に流し入れ固めたものが「ガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）」である。

※再処理せずに使用済燃料をそのまま処分する国（フィンランドやスウェーデンなど）では、使用済燃料そのものが高レベル放射性廃棄物となり、これが地層処分される。

ガラス固化体には半減期が短いものから長いものまでさまざまな放射性物質が含まれている。製造直後のガラス固化体は、人間が近づくことのできないほど高い放射能を持っているが、その多くは、半減期が比較的短いセシウム137、ストロンチウム90などによるもので、比較的早く放射能が減衰する。

ガラス固化体の放射能は1000年後にはガラス固化体製造直後の約3000分の1、1万年後には約1万分の1、10万年後には約3万分の1になる。

それ以降は、半減期の長いネプツニウム237、アメリシウム243などの放射能が大部分となり、ゆっくりと減衰していく。

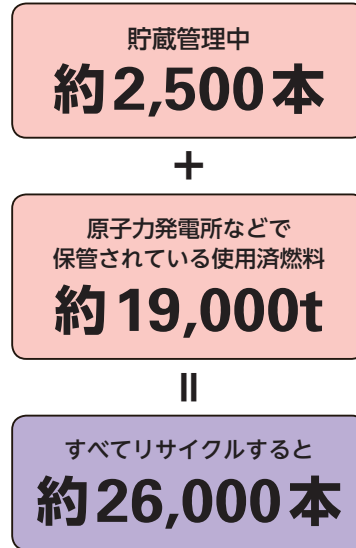
■ ガラス固化体に含まれる主な放射性物質とその半減期

| | |
|-----------|--------|
| ストロンチウム90 | 約29年 |
| セシウム137 | 約30年 |
| アメリシウム243 | 約7400年 |
| テクネチウム99 | 約21万年 |
| ネプツニウム237 | 約214万年 |

○ ガラス固化体の貯蔵

製造直後のガラス固化体は放射能が非常に強く、また、放射性崩壊（不安定な原子核が放射線を放出してより安定な原子核に変化すること）に伴って発熱しているため、冷却のために専用の貯蔵施設である日本原燃（株）の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター（青森県六ヶ所村）で30~50年間、貯蔵・管理されることになっている。50年後のガラス固化体の表面線量は製造直後の約150万mSv/時から約16万mSv/時に減少、表面温度はおよそ200℃以上から100℃程度まで低下する。

■ ガラス固化体の発生量



すでにガラス固化体として貯蔵管理されているのは約2,500本（2020年3月末時点）である。

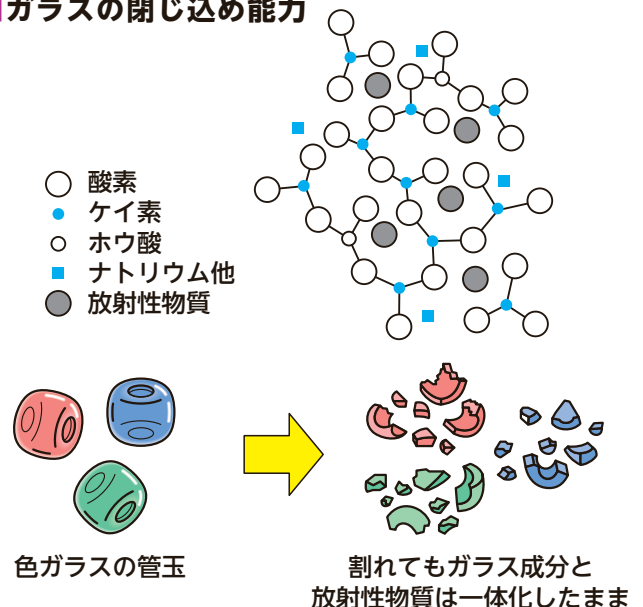
また、これまでの原子力発電利用の結果として、約19,000tの使用済燃料が保管されており（2019年12月末時点）、ガラス固化体にすると約26,000本（再処理分を含む）になる。

○ ガラスの性質

ガラス固化体で用いるホウケイ酸ガラスの化学構造は、主成分であるケイ素とホウ素とが酸素を介して網目状に配置された構造（網目構造）を形成しており、ガラス固化体中では高レベル放射性廃棄物を構成する放射性物質がこの網目構造の中に均質かつ安定に取り込まれる。

色ガラスも何らかの着色元素をガラスの網目構造の中に含んだものであるが、色ガラスが割れても色の成分だけが流れ出すことはないように、ガラスの成分と放射性物質も一体化しており、仮にガラスが割れても中から放射性物質だけが流れ出すようなことはない。また、ガラスは水に非常に溶けにくく、長期間にわたり変質しにくいという性質もある。

■ ガラスの閉じ込め能力



(5) 高レベル放射性廃棄物の処分方法

小学校用教材 ▶ P.5 / 中学校用教材 ▶ P.3

高レベル放射性廃棄物には半減期の長い放射性物質が含まれているので、長期にわたって人間と其の生活環境に対して放射能の影響が及ばないようにする必要があるので、その方法としては、次の3つが考えられる。

- ① 人間の生活環境へ影響が及ばないように長期にわたって人間が管理する。
- ② そもそも危険性を小さくする。
- ③ 人間の生活環境から十分離れた場所に長期にわたって隔離する。

①の方法は、これまでに発生した高レベル放射性廃棄物が施設内で安全に貯蔵管理されていることから実績のある方法だが、長期にわたって人間による管理を続けるための制度を保つ必要があり、数万年以上の管理を保証することは難しく、また、将来の世代に負担を負わせることになってしまう。

②の危険性を小さくする方法は、高レベル放射性廃棄物等の中に残留する半減期の長い放射性核種を半減期の短い核種に変換するための技術で、基礎的な研究が進められている。しかし、この技術はまだ

研究開発の段階であって、商業規模で実現するためには多くの課題がある。また、将来、この技術が実用化されても、半減期の長い核種の量が少なくなるだけですべてがなくなってしまうわけではない。

③の人間の生活環境から離れた場所に隔離する方法としては、横方向へ遠ざけると他の生活環境に近づくことになるので、宇宙に隔離する方法と地下深くに隔離する方法が考えられる。このうち、宇宙空間に放出する方法は、ロケットの発射技術などの信頼性に問題があり、また、不測の事態における影響が甚大なため、現在では検討されることはほとんどない。地下深部に隔離（地層処分）するのは、地層が本来持っている、物質を閉じ込める性質を巧みに利用する方法と考えられる。

■ 地表と地下のリスク

| | 地表のリスク | 地下のリスク |
|-------|-------------------|--------|
| 天然現象 | 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 |

■ 高レベル放射性廃棄物の管理・処分方法 (⊗: メリット、⊖: デメリット、⊕: 国際条約)

| 人間による管理 | 地上保管 | 地上で人間による長期間の管理 | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 目に見えて管理ができるので安心感がある。 ⊖ 施設の維持管理が伴う。 将来の世代にまで監視の負担を負わせる。 将来の状況に不確実性が多い（テロ・戦争の勃発による管理不能や経済破綻による維持管理が不能となる）。 |
|---------------------|------|----------------------------|---|
| 人間による管理を必要としない場所に処分 | 宇宙処分 | 宇宙空間に放出 | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 高レベル放射性廃棄物が地球上に存在しなくなる。 ⊖ 宇宙空間への処分は、発射技術等の信頼性に問題がある。 コストがかかる。 |
| | 海洋投棄 | 海洋に投棄 | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ コストがかからない。人間の管理を必要としない。 ⊖ 深海の状況が把握されていない。海洋が汚染される。 ⊕ 海洋投棄を規制している「ロンドン条約（廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約）」により禁止されている。 |
| | 氷床処分 | 南極などの厚い氷の下に隔離 | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ コストがかからない。人間の管理を必要としない。 ⊖ 氷床の特性解明が不十分である。 ⊕ 極地の氷床への処分は「南極条約（南極条約・環境保護に関する南極条約議定書）」により禁止されている。 |
| | 地層処分 | 地下深く安定した地層（岩盤）に埋設 | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 人間による長期管理が不要。生物圏への影響が避けられる。 設備がないため維持管理が必要とならない。 ⊖ 処分場の受け入れが課題。 |
| 放射性物質の危険性を小さくする | 核種変換 | 長寿命の核種の一部を短寿命核種、安定核種に変換し減量 | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 高レベル放射性廃棄物が減少する。 ⊖ 発展途上の技術である。 原理的にすべての変換は不可能。 |

(6) 地層処分とは

小学校用教材 ▶ P.5 / 中学校用教材 ▶ P.4~5

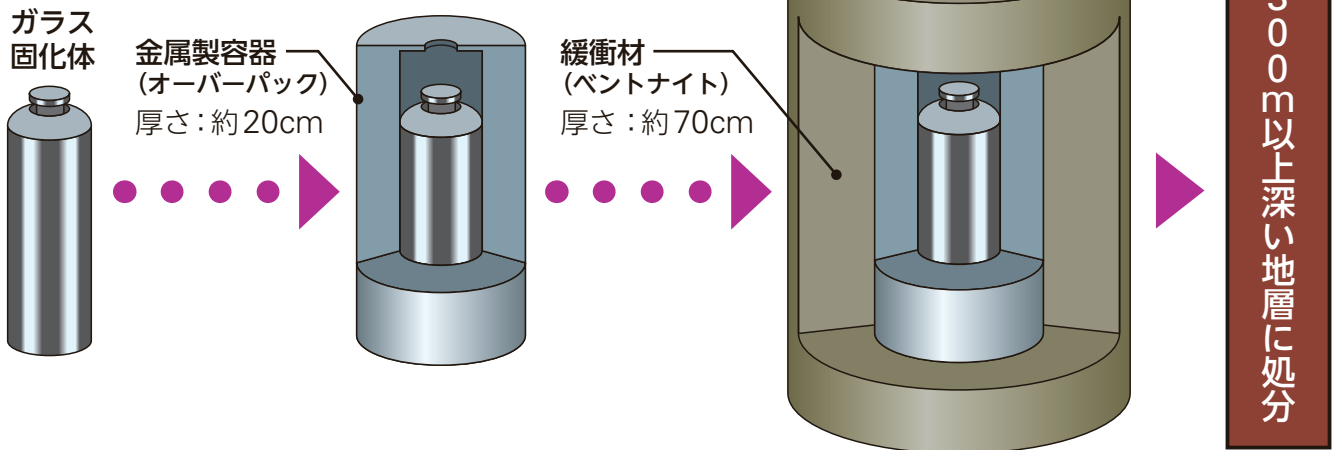
地層処分は、人間の生活環境から隔離された深くかつ安定な地層（岩盤）において、人工的な複数の防護壁（人工バリア）と地質環境（天然バリア）とを組み合わせることによって、放射性物質を閉じ込めようという「多重バリア」の考えに基づいている。

人工バリアの役割は、処分場を閉鎖した後の安全性に関するもので、放射性廃棄物に地下水が接触することを防ぐ機能、また、万一放射性物質が地下水へ溶け出したとしても、その移動を遅くしたり、放射性物質を取り込んで（吸着して）地下水の中から放射性物質を取り除く機能などである。これらの機

能により放射性物質を地下深くに閉じ込める。

人工バリアは「ガラス固化体」、「金属製容器（オーバーパック）」、「緩衝材（ベントナイト）」からなる。

このページでは「金属製容器」と「緩衝材」について解説する。（なお、「ガラス固化体」と「金属製容器（オーバーパック）」に関しては、放射性廃棄物を処分場に埋める際に壊れない十分な強度をもつこと、放射性物質が漏れ出さない閉じ込め性能をもつことなどにより、処分場操業中の安全確保の役割も有している。）



●金属製容器（オーバーパック）の性質

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ぐのが主な役割である。金属製容器は地下水と接触すれば腐食する心配があるが、地下の深いところで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まない。そのため1000年間の腐食量は、多くても3cm程度であるとされている。

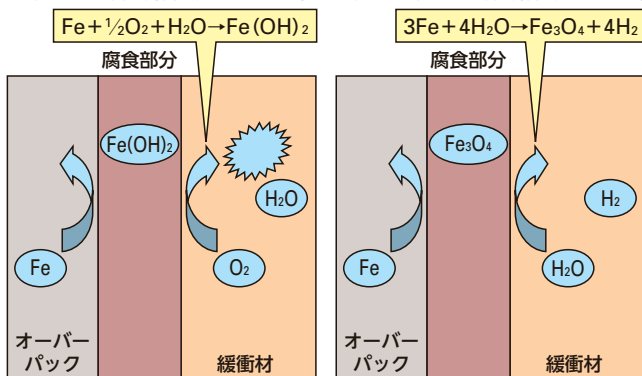
●緩衝材（ベントナイト）の性質

緩衝材には、ベントナイトと呼ばれる粘土が用いられ、金属製容器全体を取り囲むように設置される。ベントナイトは水と接触することで膨らみ水を通しにくくなり、地下水の動きを抑える働きがある。また、物質が吸着しやすい特性を持っているため、放射性物質の移動を遅らせる特性を持っている。

■オーバーパック腐食メカニズムの模式図

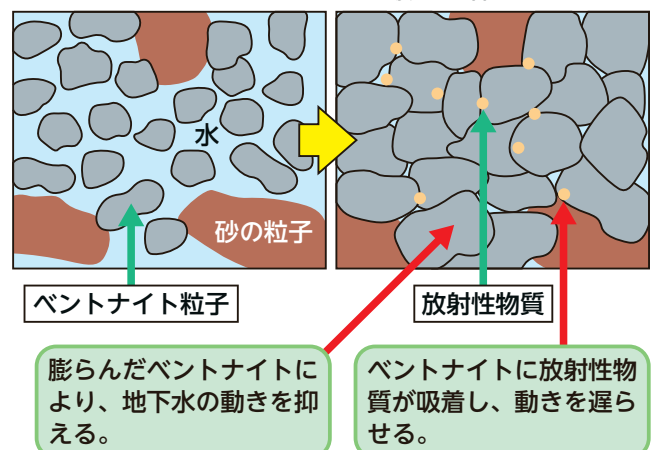
金属の腐食は酸素がある場合とない場合では異なり、酸素がない状態では腐食する速度が遅いことが知られている。

酸素による腐食（腐食速度が速い） 酸素がない状態での腐食（腐食速度が遅い）



■ベントナイトの働き

吸水により
ベントナイトが
膨らみ締め固まる



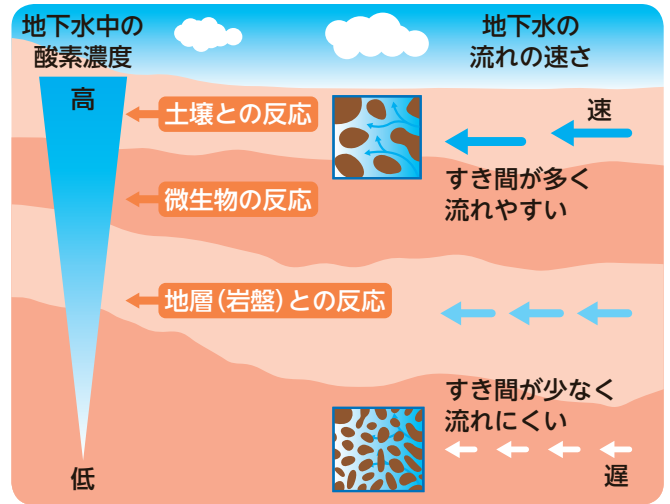
○天然バリアとは

天然バリアの役割は、地層が本来持っている閉じ込め能力を利用し、長期にわたって放射性物質を人間の生活環境から隔離しようというものである。

地層処分をした場合、地下水への影響が懸念されるが、地下深部の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ため、放射性物質は地層中に漏れ出したとしても、地上に到達するまでには長い時間がかかり、その間に放射能は小さくなっていく。

また、岩盤は放射性物質を吸着する性質があり、その移動はさらに遅くなる。

■天然バリアの役割



●放射性物質を吸着

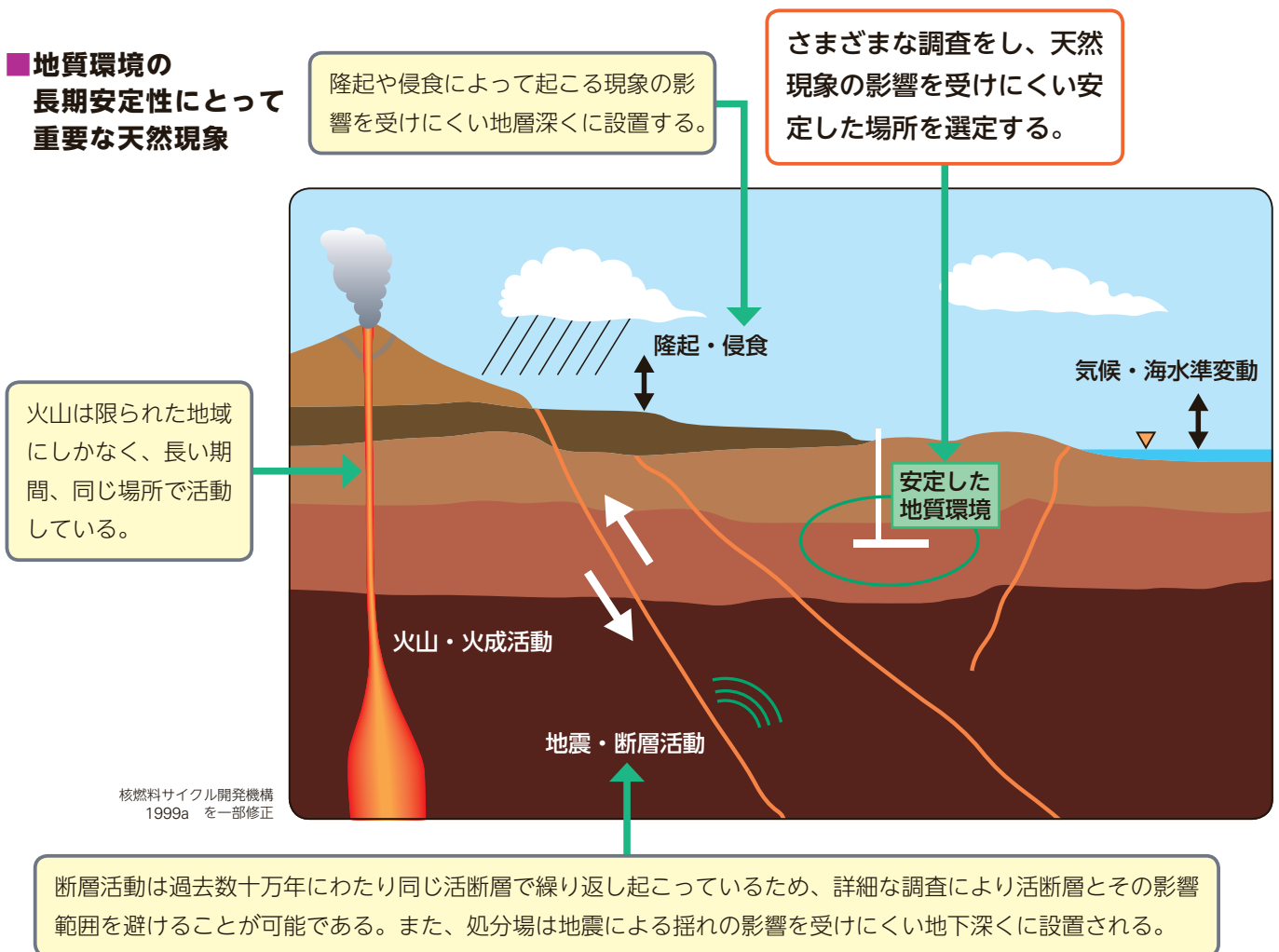
岩盤は放射性物質を吸着する特徴があり、移動を遅らせる役割をもつ。

○考慮すべき天然現象への影響と対応

日本列島は火山が多数あり、また地震や断層活動が多いが、これまでの調査・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るため、それらの地域を避けて処分に適した場所を選ぶことが重要である。

火山活動、地震・断層活動、隆起・侵食、気候・海水準変動といった天然現象は、処分場の破壊、地下水流動や水質の変化などを起こし、地層処分の安全性に影響を及ぼす恐れがある。処分場には、これらの天然現象が及びにくい安定した地層を選定する必要がある。

■地質環境の長期安定性にとって重要な天然現象



(7) 地層処分の実施について

小学校用教材 ▶ P.6 / 中学校用教材 ▶ P.5～6

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、2000年に制定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法）」に基づき設立された、原子力発電環境整備機構（NUMO）が実施主体である。

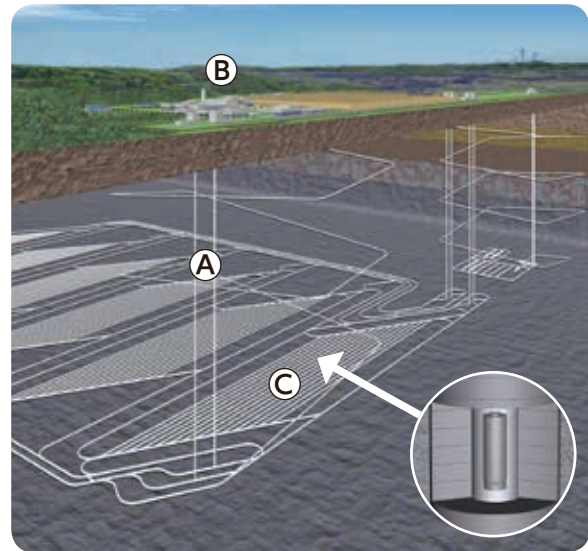
NUMOは処分施設建設地の選定や施設の建設、操業、施設の閉鎖などをおこなうことになっている。

地層処分施設は、地質環境や廃棄物の特徴に応じて、設計・建設される。すでに発生している約26,000本相当（2020年3月末時点）に加え、今後の原子力発電所の稼働状況に応じて増えることを想定し、40,000本以上のガラス固化体を処分できる施設を計画している。

○処分施設建設地の選定

NUMOは調査を受け入れる自治体の公募を2002年から開始した。2007年には国からの申し入れと併用することになり、2015年には次の①、②に示す基本的な方向性が決められた。

①現世代の責任として地層処分を前提に取り組みを進めつつ、将来世代が最良の処分方法を再選択で



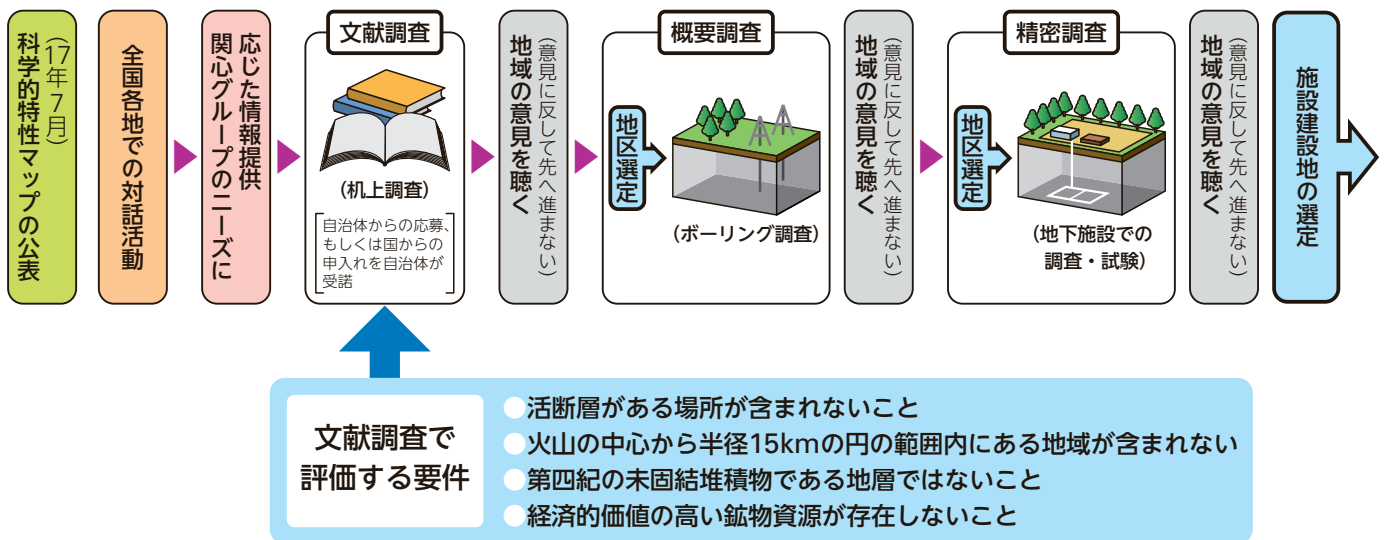
■高レベル放射性廃棄物処分施設のイメージ

- ①深さ：300m以上
- ②地上敷地面積：1～2km²
- ③地下施設：6～10km²

- きるよう可逆性・回収可能性を担保する
- ②国が、地域の科学的特性マップを提示し、重点的な理解活動をおこなった上で、複数地域に対し申し入れを実施する
- その後、2020年には文献調査を開始した。

■地層処分の立地選定プロセス

地層処分は100年以上の長期にわたる事業です。



●処分地の選定プロセス

- 日本では、最終処分法に基づき、処分場の建設地を次の段階的なプロセスで調査・選定し、建設することになっている。
- ・文献調査：文献その他の資料により火山や活断層の活動記録などの調査をおこない、概要調査地区を選定する。
 - ・概要調査：地表からのボーリング調査などによって、地質や地下水の流れなどを調査し、精密調査地区を選定する。
 - ・精密調査：地表および地下施設から地下深部の調査をおこない、処分施設を建設するのに適切な場所かどうかを決定する。調査を次の段階に進める際には、都道府県知事と市町村長の意見を聴き、その意見に反して次の段階へ進まない。

(8) 科学的特性マップとは

小学校用教材 ▶ P.6 / 中学校用教材 ▶ P.5

ある場所が地層処分に相応しいかどうかを見極めるためには、火山活動や断層活動といった自然現象の影響や地下深部の地盤の強度や地温の状況など、さまざまな科学的特性を総合的に検討する必要があります。そうした科学的特性については詳しくは現地調査をおこなって把握する必要があるが、既存の全国データからも多くのことが分かっている。

「科学的特性マップ」は、地層処分に関係する地域の科学的特性を既存の全国データに基づき一定の

要件・基準に従って客観的に整理し、全国地図の形で示したものである。

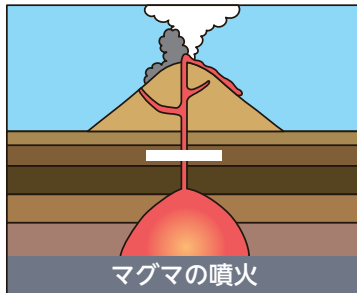
科学的特性マップによって、地層処分を行う場所を選ぶときにどのような科学的特性を考慮する必要があるのか、それらは日本全国にどのように分布しているか、といったことを大まかに俯瞰し、地層処分のしくみや日本の地質環境などについて理解を深めていくことが必要である。

■ 考慮すべきさまざまな科学的特性の例

地下深部の科学的特性が長期にわたって安定的か？

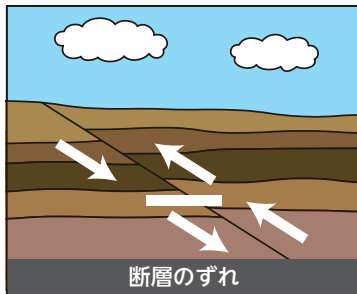
× 火山に近い

将来にわたって火山の活動が処分場を破壊することのない場所を選ぶ。



× 活断層に近い

大きな断層のずれが処分場を破壊することのない場所を選ぶ。



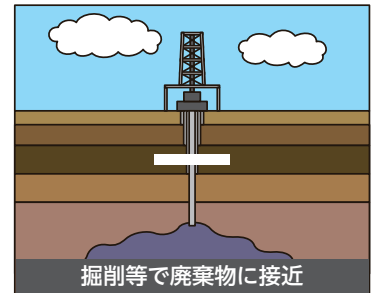
× その他、地下の科学的特性が地層処分に適さないところ

地盤の隆起の速度が大きすぎないか、地下の温度が高すぎないか、地盤の強度が不十分でないか、などを考慮する。

将来の人間が気づかずに近づいてしまわないか？

× 地下に鉱物資源がある

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



輸送時の安全性が確保されるか？

○ 陸上輸送距離が短い (海岸から近い)

陸上輸送にかかる時間や距離は短い方が安全上好ましい。



自然から学ぶ ～ローマ時代の鉄釘～

スコットランドの古代遺跡の地下から数万本以上の鉄釘が発見されました。これらの釘は約2000年も経っていたにもかかわらず、周辺部分以外はほとんど錆びておらず、そのまま使える状態でした。これは、地下で酸素が少ない環境が作られ、金属が腐食するような反応が起こりにくいことを示す一例です。地下深部にはほとんど酸素がなく、さらに金属が腐食しにくいので、物質を長期間閉じ込めておくことができます。



ローマ時代 (紀元前約85年頃) の釘

Courtesy of Mr. Bill Miller

タイム・カプセルEXPO'70

タイム・カプセルEXPO'70は、1970年の大阪万博の際、現代文化を5,000年後の人類に残すために地下15mに埋設された特殊ステンレス製の2個のカプセルです。これを地下水から守るためにもベントナイトが使われています。

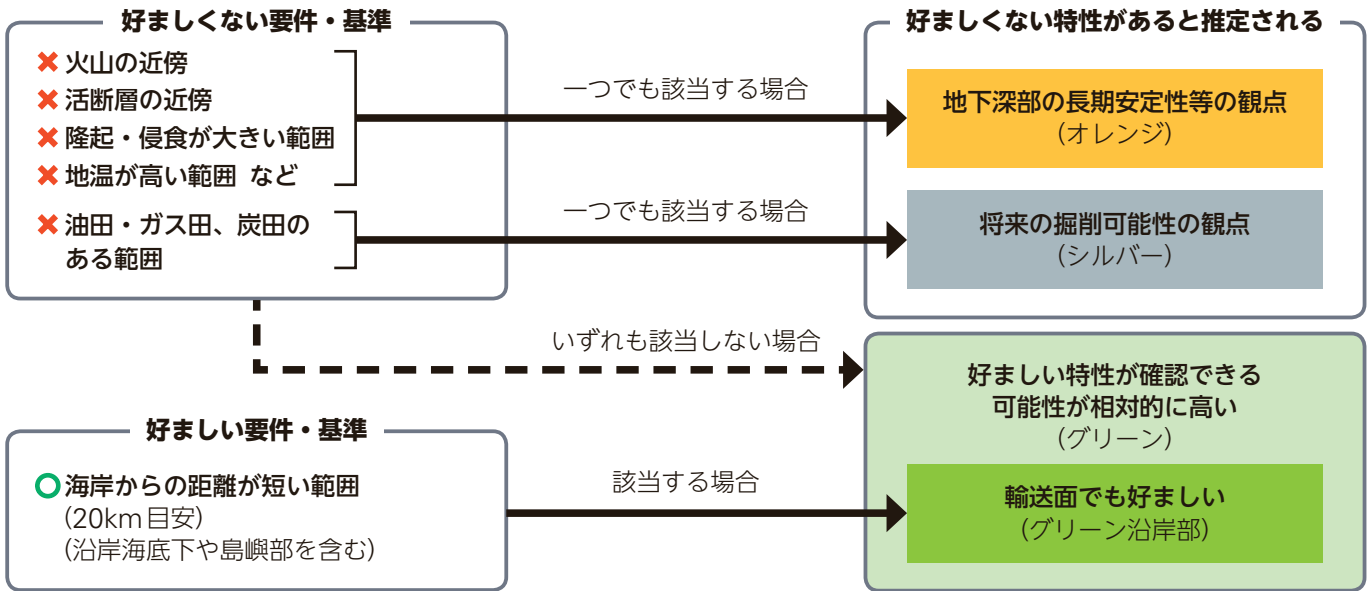
2000年に1回目の確認のために発掘したところ、地下水からしっかり守られていることが確認されました。



写真提供：パナソニック株式会社

タイム・カプセルEXPO'70

科学的特性マップにおける地域特性の区分



科学的特性マップの要件・基準

○好ましくない特性があると推定される： **オレンジ** **シルバー**

| | 要件 | 基準 |
|------------|--|---------------------------------------|
| 火山・火成活動 | マグマの処分場への貫入と地表への噴出により、物理的隔離機能が喪失されないこと | 火山の中心から半径15km以内等 |
| 断層活動 | 断層活動による処分場の破壊、断層のずれに伴う透水性の増加などにより閉じ込め機能が喪失されないこと | 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 | 著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近により、物理的隔離機能が喪失されないこと | 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 | 処分システムに著しい熱的影響を及ぼす地熱活動により、閉じ込め機能が喪失されないこと | 15℃/100mより大きな地温勾配 |
| 火山性熱水・深部流体 | 処分システムに著しい化学的影響を及ぼす火山性熱水や深部流体の流入により、閉じ込め機能が喪失されないこと | pH4.8未満等 |
| 未固結堆積物 | 処分場の地層が未固結堆積物でないこと | 約78万年前以降の地層が300m以深に分布 |
| 火砕流等 | 操業時に火砕物密度流などによる影響が発生することにより施設の安全性が損なわれないこと | 約1万年前以降の火砕流等が分布 |
| 鉱物資源 | 現在認められている経済的価値の高い鉱物資源が存在することにより、意図的でない人間侵入などにより地層処分システムが有する物理的隔離機能や閉じ込め機能が喪失されないこと | 石炭・石油・天然ガス・金属鉱物が賦存 |

○好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い： **グリーン**

・輸送面でも好ましい： **グリーン沿岸部**

| | 要件 | 基準 |
|----|--------------|------------------|
| 輸送 | 海岸からの距離が短いこと | 海岸からの距離が20km以内目安 |

※安全性や核セキュリティの観点から、沿岸からの距離が短い範囲が国の審議会により推奨された。

・科学的特性マップについて
詳しく調べるには

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



・全国の科学的特性マップ

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/maps/kagakutekitokuseimap.pdf



・地域毎の科学的特性マップ

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/area.html



(9) 諸外国における地層処分の現状

小学校用教材 ▶ P.6 / 中学校用教材 ▶ P.6

高レベル放射性廃棄物の処分については、地層処分を進めることが国際的に共通の考え方になっている。処分場が完成した国はまだないが、フィンランドはすでに処分場の建設が始まっている。また、ス

ウェーデンは処分場の候補地が決まり、建設前の安全審査がおこなわれているところである。

地層処分計画を進めている各国の状況は次のとおりである（2020年12月現在）。

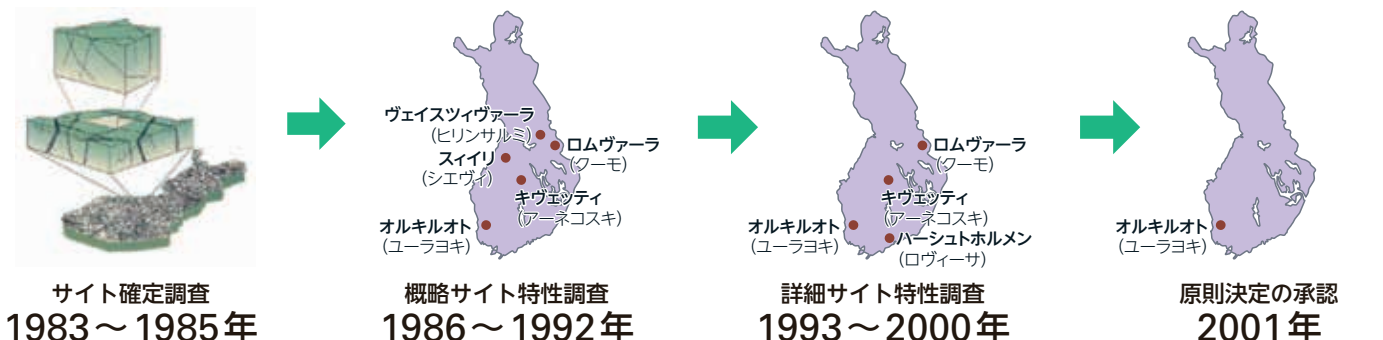
■世界各国の取り組み

| 国名 | 廃棄物形態 | 処分候補地 | 操業予定 | 進捗状況 |
|---|-----------------|----------|------------------|--|
| フィンランド  | 使用済燃料 | オルキオト | 2020年代 | <ul style="list-style-type: none"> 1983年より選定開始、2001年にオルキオトを処分地に決定 2015年11月、政府が処分場建設を許可、2016年12月建設開始、2020年代操業開始目標 |
| スウェーデン  | 使用済燃料 | フォルスマルク | 2031年頃 | <ul style="list-style-type: none"> 1992年より選定開始、2009年にフォルスマルクを処分地に選定 2011年3月、処分場の立地・建設許可申請提出、2030年試験操業開始予定 |
| フランス  | ガラス固化体 | ビュール近傍 | 2035年頃 | <ul style="list-style-type: none"> 1980年より選定開始、2010年にビュール近傍を処分地とする方向で調査開始許可 2021年後半、地層処分場の設置許可申請をおこなう予定 2035年頃からパイロット操業開始予定 |
| スイス  | ガラス固化体 使用済燃料 | 未定 | 2060年頃 | <ul style="list-style-type: none"> 2008年、3つの候補地域を提案し、処分地の選定開始 2019年、3つの地域で現地調査を順次開始 2031年頃に処分地を決定し、2060年頃、操業開始予定 |
| カナダ  | 使用済燃料 | 未定 | 2040年～ 2045年頃 | <ul style="list-style-type: none"> 2010年より処分地選定プロセス開始、2012年9月末までに22の地域が関心表明 初期調査を実施し、良好な結果を得られた2地点で現地調査を実施中、2023年までに1地点を選定予定 |
| イギリス  | ガラス固化体 使用済燃料 | 未定 | 2075年頃 | <ul style="list-style-type: none"> 2008年、処分場選定プロセスに関心を示す自治体を募集開始し、2つの市が関心を表明したが、後に撤回 2018年、新たなサイト選定プロセスを開始 |
| アメリカ  | ガラス固化体 使用済燃料 | ユッカマウンテン | 2048年 | <ul style="list-style-type: none"> 1982年より選定開始、2002年にユッカマウンテンを処分地として選定したが、2009年、政権交代により撤回 2017年、政権交代によりユッカマウンテン計画継続の方針 |
| ドイツ  | ガラス固化体 使用済燃料 | 未定 | 2050年代以降 | <ul style="list-style-type: none"> 1970年代からゴアレーベンで探査活動を実施していたが、2000年より調査凍結 2017年、新たなサイト選定手続きを開始、2031年頃に処分地決定を目標にする |

出所：経済産業省資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について（2020年版）」などを基に作成

（2020年12月末現在）

■フィンランドにおける処分地選定の事例



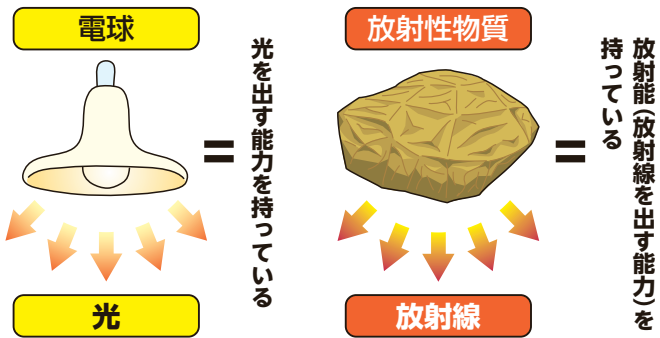
出所：「ポシヴァ社EIA報告書」より作成

(参考) 放射線の基礎知識

○放射線と放射能

「放射線」を出す物質のことを「放射性物質」、放射性物質が放射線を出す能力のことを「放射能」という。高レベル放射性廃棄物から出る放射線は、ウラン元素や核分裂によってできた核分裂生成物によって発生する。

■放射線と放射能のちがい



○放射線・放射能の単位

放射性物質が放射線を出す能力（放射能の強さ）を表すには「ベクレル (Bq)」が用いられる。土や食品、水道水などに含まれる放射性物質の量を表す時に使われ、ベクレルで表した数値が大きいほどそこから多くの放射線が出ていることを意味している。

一方、人体が受けた放射線による影響の度合いを評価するには「シーベルト (Sv)」を用いる。シーベルトで表した数値が大きいほど、発がんや遺伝性影響のリスクが高くなる。また、放射線のエネルギーが物質や人体の組織に吸収された量は「グレイ (Gy)」で表す。

○放射線の特徴

放射線が人体に与える影響は放射線を出すもののからの距離が遠くなるほど弱くなる。また、放射能は時間が経つにつれて弱くなる。放射性元素が別の元素に変わって（放射性崩壊または壊変）、放射能の強さがもとの半分になるまでの時間を「半減期」という。半減期の長さは放射性物質によって異なり、秒単位のものから何億年というものまでさまざまである。

○放射線からの遮へい

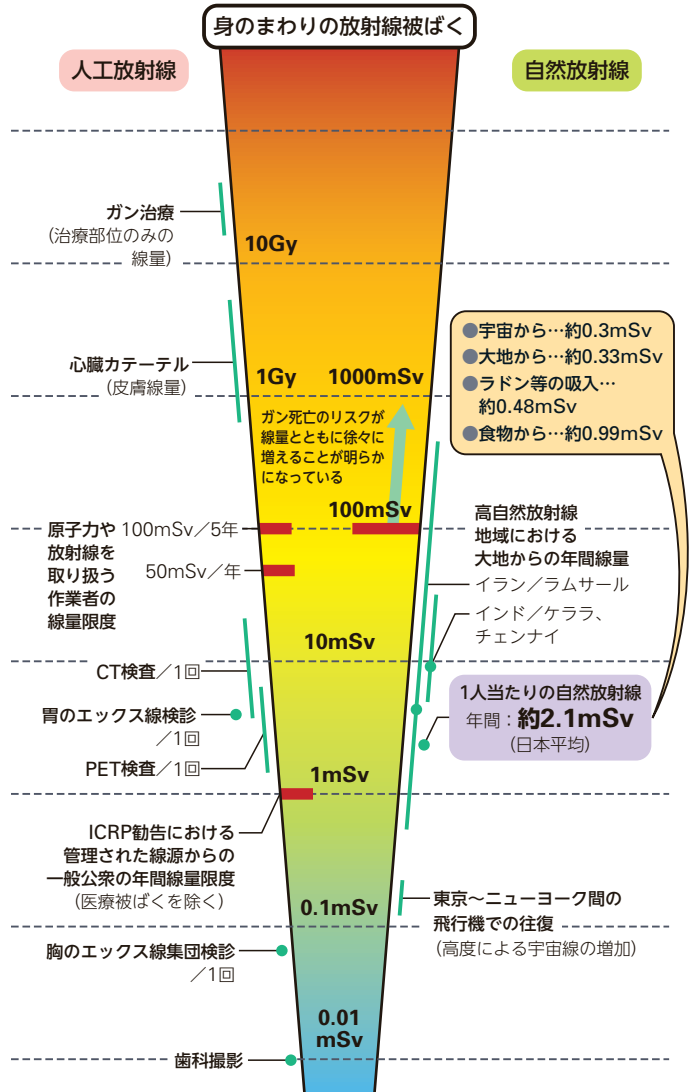
放射線にはアルファ線やベータ線、ガンマ線、エックス線、中性子線などの種類がある。共通した特徴の一つはものを通り抜ける能力（透過力）を持っていることだが、その能力は放射線の種類により異なり、鉄や水などで遮ることができる。

○自然放射線と人工放射線

放射性物質はもともと地球を構成している元素にも含まれており、ウランやトリウムなどがある。半減期の長い核種は今も地層の中に残っており放射線を出している。身近なところでは、食物に含まれている微量の放射性物質や土壌、建材などからも出ている。また、宇宙からは、宇宙線と呼ばれる放射線が地上に降り注いでいる。これらの自然界に存在する放射線を、自然放射線という。

こうした自然放射線のほか、私たちが人工的につくり出している放射線もある。その代表的なものが、レントゲン撮影に用いられるエックス線である。エックス線は容易に人工的に発生でき、医療、工業分野に古くから利用されてきた。

■日常生活で受けている放射線



・ UNSCEAR2008年報告書
 ・ ICRP2007年勧告
 ・ 日本放射線技術協会医療被ばくガイドライン
 ・ 新版 生活環境放射線(国民線量の算定) などにより、放医研が作成(2013年5月)

(1) 数値は有効数字などを考慮した概数。
 (2) 目盛(点線)は対数表示になっている。目盛が一つ上がる度に10倍となる。
 (3) この図は、引用している情報が更新された場合変更される場合がある。

3. 授業展開例

| | | | |
|------|------|-------|------------|
| 対象学年 | 小学4年 | 教科・単元 | 社会科：くらしとごみ |
|------|------|-------|------------|

(1) 学習のねらい

- ・電気を作るのにごみが出ることに気づく。
- ・電気のごみの中には危険なものがあり、適切に処分しなければならないことを考える。

(2) 単元における位置づけ

- ・社会科4年「くらしとごみ」の単元の学習が終わった後に発展として取り上げる。
- ・社会科4年「飲料水、電気、ガス」の選択で、電気を選択した場合の発展として取り上げる。その場合は指導計画の第1時は省略する。

(3) 指導計画（3時間扱い）

| | 学習活動 | ☆指導 ◎教師の支援 ◆評価 |
|-------------|---|---|
| 1 時 限 | <ul style="list-style-type: none"> ・健康で住みよいくらしを支えているしくみについて考える。 ・電気が届く道のりをコンセントからさかのぼって紙に書く。 <div style="border: 1px solid black; background-color: #fff9c4; padding: 5px; text-align: center;"> 電気はどのようにして 私たちのところに届くのだろう。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・発電所調べをする。 ・調べてわかったことを書く。 ・調べてわかったことを発表し合い、各発電所の特徴や問題点を知る。 | <ul style="list-style-type: none"> ☆飲料水、ガス、電気が生活には必要であることを押さえる。 ◎飲料水の供給の学習を振り返った後に、電気の道のりについて考えさせる。 ◎コンセントから発電所までさかのぼり、電気が届く道のりを示すと共に発電のしくみを説明する。 ☆調べる発電所が偏らないように、一つだけ決めさせる。 ☆各発電所の特徴に加え、地球温暖化、資源枯渇、燃料輸入、安全対策等も引き出すようにする。 ◆各発電所の特徴や問題点を意欲的に調べようとしている。 |
| 2 時 限 | <ul style="list-style-type: none"> ・暮らしや社会から出るごみについて絵を見ながら考える。 ・可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみについてその処分方法をまとめる。 ・発電所から出る環境に影響を与える主なごみと対策を調べる。 <div style="border: 1px solid black; background-color: #fff9c4; padding: 5px; text-align: center;"> それぞれの発電所からどのような 環境に影響を与えるごみが出ているのだろう。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートの答えを合わせる。 | <ul style="list-style-type: none"> ☆本教材「電気を作ると出るごみについて考えよう」を配布して考えさせる。 ◎ワークシート①（P.22）に記入させる。 ◎「かがやけ！みんなのエネルギー」P.30～31等を活用させる。 ◎ワークシート①（P.22）に記入させる。 ◆発電所から出る環境に影響を与える主なごみについて対策を理解する。 |
| 3 時 限 | <ul style="list-style-type: none"> ・高レベル放射性廃棄物について調べる。 ・高レベル放射性廃棄物を処分するときに気をつけなくてはいけないことを考える。 ・高レベル放射性廃棄物を処分するにはどのような方法がよいか考え、発表し合う。 <div style="border: 1px solid black; background-color: #fff9c4; padding: 5px; text-align: center;"> 高レベル放射性廃棄物はどうすれば 安全に処分できるだろう。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・どんなところに処分したらよいのか、それぞれの方法のよい点、悪い点を考え、ワークシートに書き、発表し合う。 ・地層処分について知る。 | <ul style="list-style-type: none"> ☆本教材「電気を作ると出るごみについて考えよう」を配布して調べさせる。 ◎ワークシート②（P.23）に記入させる。 ◎ワークシート③（P.24）に記入させる。 ◆高レベル放射性廃棄物の処分方法について適切な方法を考えようとしている。 ☆本教材「電気を作ると出るごみについて考えよう」のP.5～6を活用し、地層処分について知らせる。 |

対象学年

小学5、6年

教科・単元

社会科、理科、家庭科：
電気を作ると出るごみについて考えよう

(1) 学習のねらい

- ・電気を作るとごみが出ていることに気づき、高レベル放射性廃棄物の概要について理解する。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題は、私たちが責任を持って解決しなければならない課題であることを考え、判断する。

(2) 本時の位置づけ

- ・社会科5年「国土の環境と人々の生活」
 - ・理科6年「電気の利用」または「生物と環境」
 - ・家庭科5、6年「環境に配慮した生活の工夫」
- 上記の学習後の発展学習として1時間扱いでおこなう。

(3) 本時の展開（1時間扱い）

| | 学習活動 | ☆指導 ◎教師の支援 ◆評価 |
|-----|--|--|
| 導入 | <p>1. 環境問題について話し合う。</p> <p>事前に提出した環境問題のカードがどのように分類されて掲示されているのかを考え、発表する。</p> <p>分類例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「エネルギー、温暖化」 ・「ごみ、資源」 ・「自然、生命」 | <p>☆各自が知っている環境問題を発表させ、さまざまな環境問題について考えさせる。</p> <p>◎事前に「知っている環境問題」を名刺サイズのカードに書かせて集めておき、分類し、模造紙に貼っておく。</p> <p>☆直前の学習内容に関連した環境問題について確認する。また、既習事項でない環境問題についての知識がある児童には発表させる。</p> <p>◆さまざまな環境問題を視点に合わせて考えようとしている。</p> |
| 展開 | <p>2. 高レベル放射性廃棄物の存在を知る。</p> <p>①発電所から出る廃棄物の環境に与える影響と対策を知る。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #ffffcc; text-align: center;"> <p>それぞれの発電所からどのような環境に影響を与えるごみが出ているのだろう。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートの答えを合わせる。 <p>②高レベル放射性廃棄物について調べる。</p> <p>③高レベル放射性廃棄物を処分するときに気をつけなくてはいけなことを考え、そのためにどのような方法で処分したらよいかを考える。</p> <p>④高レベル放射性廃棄物を地層処分することにした理由をほかの方法と比べて考え、発表し合う。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #ffffcc; text-align: center;"> <p>高レベル放射性廃棄物はどうすれば安全に処分できるだろう。</p> </div> | <p>☆本教材「電気を作ると出るごみについて考えよう」を配布して考えさせる。</p> <p>◎ワークシート① (P.22) に記入させる。</p> <p>◎「かがやけ! みんなのエネルギー」P.30～31等を活用させる。</p> <p>◆発電所から出る環境に影響を与える主なごみについて対策を理解する。</p> <p>◎ワークシート② (P.23) に記入させる。</p> <p>◎ワークシート② (P.23) に記入させる</p> <p>☆本教材「電気を作ると出るごみについて考えよう」のP.5～6を活用し、地層処分について知らせ、ほかの方法と比べて考えさせる。</p> <p>◎本時では挙手による発言で発表し合うが、2時間扱いにするならば、ワークシート③ (P.24) に記入させ、次時にグループ内発表していく展開も考えられる。</p> <p>◆高レベル放射性廃棄物の処分方法について適切な方法を考えようとしている。</p> |
| まとめ | <p>3. 振り返りワークシートを書き、学習を振り返る。</p> | <p>☆記述を発表し、今日の学びを交流させる。</p> <p>◆環境問題は私達が解決していかなければならない課題であり、その中の一つに、高レベル放射性廃棄物の処分問題があることに気づく。</p> |

(1) 学習のねらい

- ・原子力発電による高レベル放射性廃棄物の処分方法について一人一人が考えをもち、よりよい処分方法について互いの意見を交流させたり、考えを深めたりする。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題に対して、自分たちの問題として解決していこうとする態度をもつ。

(2) 単元における位置づけ

- ・国語、理科、社会、家庭科の教科とのクロスカリキュラムを進める。
- ・未来のエネルギー構成を考える視点で各発電方法のメリット・デメリットを学習する中で、原子力発電のデメリットとして高レベル放射性廃棄物の問題を学習課題として取り上げる。

(3) 指導計画（前時までのエネルギー学習を基に、3時間の高レベル放射性廃棄物に関する学習をおこなう）

| | 学習活動 | ☆指導 ◎教師の支援 ◆評価 |
|-------------|--|---|
| 1 時 限 | <ul style="list-style-type: none"> ・前時までの学習内容を振り返り、発電方法を確認する。 ・それぞれの発電方法のメリット・デメリットを確認する。 <p style="text-align: center;">原子力発電の メリット・デメリットについて考えよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電の際に「高レベル放射性廃棄物」が出ることを知る。 ・高レベル放射性廃棄物はどんなものか資料を使って知る。 | <ul style="list-style-type: none"> ☆前時までに、子ども達がまとめた資料を使って発電方法、発電方法のメリット・デメリットを振り返る。 ◎ワークシート① (P.22) を活用する。 ◎「電気を作ると出るごみについて考えよう」の資料を活用する。(リサイクル、危険性) ◆高レベル放射性廃棄物について、関心をもつことができる。 |
| 2 時 限 | <ul style="list-style-type: none"> ・前時を振り返り、原子力発電のデメリットを確認する。 <p style="text-align: center;">高レベル放射性廃棄物の処分方法を考えよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・5つの処分方法を知り、よい点、悪い点を考える。 ・5つの処分方法から一人一人が最適な方法と考えるものを選び、理由も考える。 ・グループで自分の考えを発表し、話し合う。 ・それぞれの意見を全体で交流する。 ・活動の振り返りをおこなう。 | <ul style="list-style-type: none"> ☆前半で5つの処分方法や後半で地層処分についての説明をする。 ◎ワークシート③ (P.24) を活用し、それぞれの処分方法のよいと思われる点・悪いと思われる点を整理しやすいようにする。 ◆自分の考えをもとに、よりよい処分方法について話し合うことができる。 ◎全体の話し合いでは、安全面、コスト（費用）、現実性を意識して話し合いができるようにする。 ☆次時には、専門機関のNUMOが来校することを伝え、NUMOへの質問（地層処分について、今日の学習でわからなかったこと、疑問点）を考える。 |
| 3 時 限 | <ul style="list-style-type: none"> ・地層処分について説明を受ける。 <p style="text-align: center;">地層処分についてくわしく知ろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ベントナイトの実験をおこなう。 ・前時までに出了質問に対する回答をしてもらう。 ・DVDを活用し、地層処分の振り返りをおこなう。 ・活動の振り返りをおこなう。 | <ul style="list-style-type: none"> ☆NUMOによる、地層処分の特別講義を受ける（連携授業）。 ◎質問は事前に、NUMOに送り、子ども達のすべての質問にお答えしていただくようにする。 ◆地層処分について、自分なりの考えをもつことができる。 |

(4) その他

学習のまとめとして、自分たちの町の未来を想像した模型づくり（発電の仕方を選択）、2030年の自分たちが考えるエネルギーミックス等が想定される。

| | | | |
|------|------|-------|---------------------------------|
| 対象学年 | 中学3年 | 教科・単元 | 社会科（公民分野）： 日本の資源・エネルギー問題を考える |
|------|------|-------|---------------------------------|

(1) 学習のねらい

- ・原子力発電をめぐる課題である高レベル放射性廃棄物の処分について概要を知る。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題を自らの課題として考え、それを解決していこうとする態度をもつ。

(2) 本時の位置づけ

- ・公民的分野「資源・エネルギー問題」の重要な課題の一つとして学習する。
- ・地理的分野「日本のエネルギー」の学習の発展として取り上げる。

(3) 本時の展開（1時間扱い）

| 時間 | 具体的な学習活動 | 指導上の留意点・配慮事項・評価 | 準備物 |
|------------|---|--|-------------------------|
| 導入 10分 | ○これまでの学習を振り返り、日本のエネルギーの現状を確認する。 | ・副教材を用い、以下の事柄について整理する。 －資源の希少性、自給率の低さ －エネルギーと地球温暖化の関係 －原子力発電所の位置づけと現状 | 副教材「わたしたちのくらしとエネルギー」 |
| 展開1 15分 | 高レベル放射性廃棄物とは何か。 | <ul style="list-style-type: none"> ・導入をふまえ高レベル放射性廃棄物の発生理由を確認する。 ・本教材を活用し、高レベル放射性廃棄物の性質、現状について説明する。 ・高レベル放射性廃棄物は既に存在し、安全に処分しなければならないものであることの理解を促す。 ※理科の放射線の学習成果と関連づけられればさらによい。 | 本教材「高レベル放射性廃棄物について考えよう」 |
| 展開2 25分 | 高レベル放射性廃棄物をどのように処分したらよいだろうか。 | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○5つの処分方法を知る。 ○どの処分方法がよいか個人→グループで検討し、結果について根拠をもって発表する。 ○全体でそれぞれのメリット、デメリットを確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・5つの処分方法を紹介する。 ・ワークシート③（P.24）を活用し、メリット、デメリットなど選択の根拠を示すように指導する。 ・処分方法の選択について、ワークシートの記述内容から地層処分についての理解の評価をおこなう。 ・日本も世界の国々も地層処分を選択し、進めていることを伝える。 | |
| まとめ 10分 | 関心を持って考え続けよう。 | <ul style="list-style-type: none"> ・「処分地が近隣につくられるとしたらどう考えるか」について、グループで意見交換させる。 ・意見交換の内容から、高レベル放射性廃棄物は日本全体の課題であり、近い将来の有権者として課題に対する自らの考えをまとめ、表現できているか評価をおこなう。 | |

(1) 学習のねらい

- ・日本と世界のエネルギーについて、「持続可能性」という視点から課題について知る。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題を自らの課題として考え、それを解決していこうとする態度をもつ。

(2) 本時の位置づけ

- ・公民的分野「資源・エネルギー問題」の重要な課題の一つとして学習する。
- ・地理的分野「世界の諸地域(日本の資源・エネルギーと産業)」の学習の発展として取り上げる。

(3) 本時の展開

| 時間 | 具体的な学習活動 | 指導上の留意点・配慮事項・評価 | 準備物 |
|------------|---|---|---|
| 導入 10分 | ○これまでの学習を振り返り、日本のエネルギーの現状を確認する。 | ・副教材を用い、以下の事例について整理する。 →エネルギー資源の自給率の低さ (P.12) →エネルギー資源の輸入事情 (P.16) →持続可能な社会をめざす再生可能エネルギー (P.26) | 副教材 「わたしたちのくらしとエネルギー」 P.12、16、26 ・エネルギー自給率 ・エネルギー備蓄、在庫日数 |
| 展開1 20分 | <p style="text-align: center;">震災後の日本のエネルギー政策と課題について 「持続可能性」という視点で考えよう。</p> <p>○二つの円グラフから日本のエネルギー政策の変化を確認する。</p> <p>○原子力発電の利点と欠点をまとめ、理解する。</p> <p>○高レベル放射性廃棄物はどのようなものか知る。 →使用済燃料・ガラス固化体・人工バリア・約26,000本等の用語を確認する。</p> <p>○その処分について、世界と日本の取り組みについて知る。ワークシートにまとめる。 →安全に配慮した処分が必要なこと、長期間にわたる取り組みが必要なことを知る。</p> | <p>・導入をふまえ、発電用エネルギー資源の変化の円グラフを提示し比較させ、特徴をとらえさせる。</p> <p>・原子力発電の利点と欠点をまとめ説明する。</p> <p>・エネルギーを使用することで発生した高レベル放射性廃棄物について性質・現状を説明する。</p> <p>・高レベル放射性廃棄物の処理について、安全に処分する方法を知らせ、特に、世界的にも地層処分を選択していること、理解を促す。ワークシート⑤ (P.26) の記入で評価する。</p> | 副教材 「わたしたちのくらしとエネルギー」 P.26～27 副教材 「わたしたちのくらしとエネルギー」 P.17、21、39 本教材 「高レベル放射性廃棄物について考えよう」 ・原子力発電のごみはどんなもの ・地層処分って何だろう |
| 展開2 20分 | <p style="text-align: center;">高レベル放射性廃棄物をどのように処分したらよいか。 科学的特性マップを使って考えよう。</p> <p>○科学的特性マップを見て、自分の住んでいる地域について確認する。</p> <p>○自分の町や隣の市町村に作るとしたらどう考えるか個人の意見をまとめる。</p> <p>○グループで意見を確認した後、全体で意見交換する。</p> | <p>・科学的特性マップをグループに配布し、自分たちの町を確認させる。</p> <p>・もし自分の町や隣の市町村に作るとしたらどう思うか、自分の考えをまとめさせる。</p> <p>・グループで意見を確認させ、全体で意見交換をさせる。</p> <p>※賛成・反対のディベートにもっていくことも可</p> | 科学的特性マップ https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/ よりダウンロード可能。 ※地域ブロック別の地図もあります。 ※拡大してグループ数準備 |
| まとめ 10分 | <p style="text-align: center;">「持続可能性」という視点で高レベル放射性廃棄物の処分はどうすればいいか、関心をもって考え続けよう。</p> <p>○地層処分の現況から、誰かではない自分の関わる問題であることを知り、感想をまとめる。</p> | <p>・意見交換の内容と寿都町、神恵内村の事案から、高レベル放射性廃棄物は日本全体の課題であることを理解させる。また、近い将来の有権者として課題に対する自らの考えをまとめ、表現できているか評価をおこなう。</p> | 寿都町・神恵内村の新聞記事など |


(1) 学習のねらい

- ・原子力発電のしくみ、放射線の存在を知り、放射性廃棄物の存在について知る。
- ・原子力発電から出るごみの処分、高レベル放射性廃棄物の地層処分を考える。

(2) 本時の位置づけ

- ・中学校第1学年2分野 第1学年の(2)大地の成り立ちと変化の学習の中で取り上げる。

(3) 本時の展開

| 時間 | 具体的な学習活動 | 指導上の留意点・配慮事項・評価 | 準備物 |
|----------------------|---|--|---|
| 導入 5分 | <p>原子力発電からでる「ごみ」の地層処分を考える。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・電気を作る方法を確認する。 (例) 水力発電 火力発電 風力発電 太陽光発電 他 | 副教材 「わたしたちのくらしとエネルギー」 P.37～41 |
| 展開 25分 15分 | <ul style="list-style-type: none"> ○原子力発電のしくみ（ウランを燃料として使っていること）、「ごみ（高レベル放射性廃棄物）」は、放射線を出していることを知る。 ○「ごみ」の処分方法について、「地層処分」があることを知る。 ○地下のようすについて、特性を示す資料から特徴をまとめる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・手回し発電機を回すエネルギーとウランから出る放射線のもつエネルギーの大きさを関連付ける。 ・科学的特性マップを提示し、地層処分に影響がある土地のようすを整理する。 | 手回し発電機 科学的特性マップ https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/ よりダウンロード可能。  ※地域ブロック別の地図もあります。 |
| まとめ 5分 | <ul style="list-style-type: none"> ○原子力発電のしくみと「ごみ」が発生すること、その処分方法をまとめる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電、放射線についてまとめた記述から評価する。 ・日本列島の地下のようすの特徴の記述と、高レベル放射性廃棄物の地層処分を関連付けて考えたようすの記述から評価する。 | ワークシート⑥ (P.27) |

対象学年

中学3年

教科・単元

理科:

放射線について知ろう。エネルギーの今後について考える

(1) 学習のねらい

- ・発電方法を確認しエネルギー変換について理解を深め、核エネルギーとしての放射線の性質についての理解を促し、放射性廃棄物の存在を知る。
- ・放射線の性質の知識から、高レベル放射性廃棄物の処分方法を考える。
- ・高レベル放射性廃棄物の処分問題に対して、自分たちの問題として解決していこうとする態度をもつ。

(2) 本時の位置づけ




- ・理科「第一分野（7）科学技術と人間（ア）エネルギー（イ）エネルギー資源」の学習の中で取り上げる。
※放射線の基礎知識、放射線の観察（霧箱）、発電方法については事前に学習済みの場合
- ・中学校2年理科「第一分野（3）電流とその利用（ア）電流の⑤ 静電気と電流」において、真空放電と関連づけた放射線の性質と利用についての学習後に、本指導案の実施が可能である。

(3) 本時の展開

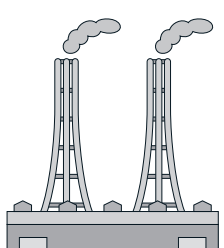
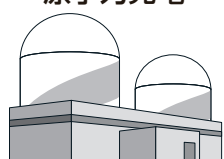
| 時間 | 具体的な学習活動 | 指導上の留意点・配慮事項・評価 | 準備物 |
|-----------|--|--|---|
| 導入 10分 | 放射線について知ろう。エネルギーの今後について考える。 | | 資料（JST、文科省副読本） 副教材 「わたしたちのくらしとエネルギー」P.42～45 手回し発電機 |
| | ○放射線の基礎知識を振り返る。 ・放射線の種類、放射線と放射能の違い、放射線と放射能の単位、霧箱実験、遮蔽実験の結果 ○さまざまな発電方法の確認をする。 | ・資料を工夫して、特徴を確認する。 ・電気エネルギーを作るために必要なエネルギーを確認する。 （例）水力発電 →位置エネルギー 火力発電 →化石エネルギー、熱エネルギー 原子力発電→核エネルギー | |
| 展開 15分 | ○放射線の今後について考える。 ①高レベル放射性廃棄物の存在を知る。 | ・リーフレットを使って、放射線量の距離による変化、時間による変化、遮蔽物による変化を取り上げる。 | 本教材「高レベル放射性廃棄物について考えよう」 |
| 20分 | ②高レベル放射性廃棄物の処分方法を知る。 ③半減期について知る。 ④ベントナイトの特徴を確かめる。 | ・荒木田、田んぼの畔などを例にとり、地層処分において、ベントナイトの役割についての理解を促す。 | |
| まとめ 5分 | ○放射線の特徴と地層処分の課題をまとめる。 | ・放射線の性質についてさまざまな特徴をあげて説明している箇所（学習の内容のまとめ）から、理解の評価をおこなう。 ・高レベル放射性廃棄物の処分について、実験の結果と具体的な方法を関連づけて説明している記録から、思考の評価をおこなう。 | ワークシート⑥（P.27） |

■ごみの処分について考えよう

◎それぞれのごみは、どのように処分されるのか知っていることをまとめましょう。

| ごみの種類 | もえるごみ  | もえないごみ  | 資源ごみ  |
|-------|--|--|---|
| 処分方法 | | | |

◎それぞれの発電方法からどのようなごみが出るのか、ア～オからえらんで書きましょう。また、それらのごみに対してどのような対策や処分がされているのか、a～dからえらんで書きましょう。

| 発電方法 | ごみ(ア～オ) | 対策や処分(a～d) |
|--|---------|------------|
| 火力発電  | | |
| 原子力発電  | | |

- ア. 二酸化炭素 にさんかたんそ
- イ. 石炭灰 ばい
- ウ. いおう酸化物 さんかぶつ
- エ. ちっそ酸化物
- オ. 使い終わった燃料 ねんりょう

- a. セメントの材料やさまざまな使い道にリサイクルされている。
- b. 装置で取りのぞいてへらしている。
- c. リサイクルして新しい燃料を作る材料としている。
- d. 効率的に電気を作ることこうりつてきで、発電するときに出る二酸化炭素の量りょうをへらす取り組みをしている。

※天然ガスてんねんは液体えきたいにするときにいおう分ふじゆんぶつや不純物を取りのぞかれている。

■高レベル放射性廃棄物ほうしゃせいはいきさぶつについてわかったこと

◎高レベル放射性廃棄物とはどのようなごみですか？ とくちょうについてわかったことをまとめましょう。

A black and white illustration of a young girl with short hair, wearing a school uniform, sitting at a desk. She is holding a pen and writing on a piece of paper. There is a small mouse icon on the desk to her right.

◎高レベル放射性廃棄物しよぶんを処分するとき、どのようなことに気をつけないといけないと思いますか。

A black and white illustration of a young boy with short hair, wearing a school uniform, sitting at a desk. He has a thoughtful expression, with his hand on his chin. There is a piece of paper on the desk in front of him.

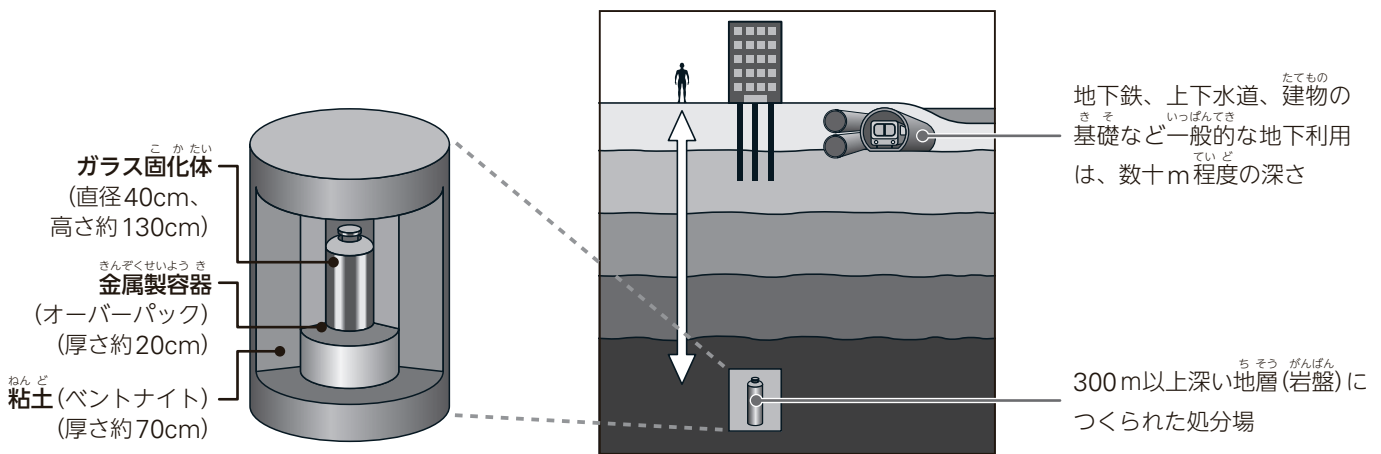
◎高レベル放射性廃棄物しよぶんを処分するにはどのような方法がよいと思いますか。自分の考えを書きましょう。

A black and white illustration of a young girl with pigtails, wearing a school uniform, sitting at a desk. She has a happy expression and a lightbulb icon above her head, indicating an idea. There is a pencil and a piece of paper on the desk.

高レベル放射性廃棄物を処分する方法について考えよう

◎日本では、さまざまな方法を検討した結果、高レベル放射性廃棄物を地下深くにうめることにしました。それぞれの方法にはどのような特ちょうや問題点があるのか考えてみましょう。

(実現できる案なのか、ほかの国の人にめいわくをかけないかなどを考えてみましょう)



| 処分の方法 | 特ちょう・問題点 |
|---------------------------|----------|
| 地下にうめる (地層処分) | |
| 宇宙に持って行く (宇宙処分) | |
| 海にすてる (海洋投棄) | |
| 南極の氷の下にうめる (氷床処分) | |
| 施設をつくって 保管する (地上保管) | |

■電気を作ると出るごみについてまとめよう

◎主な発電で生じる^{はいきぶつ}廃棄物にはどのようなものがあるのでしょうか。

100万kWの発電所を1年間運転するとき生じる^{しより}廃棄物の量とどのように処理されているのかを調べまとめましょう。

| 発電方法 | 廃棄物 | 発生量 | 処分方法 |
|----------------|-----|-----|------|
| 火力発電 (天然ガス) | | | |
| 火力発電 (石油) | | | |
| 火力発電 (石炭) | | | |
| 原子力発電 | | | |

◎高レベル放射性廃棄物を処分するときどのような問題点があるのかまとめましょう。

◎問題点をどのように解決したらよいと思いますか。自分の考えを書きましょう。

◎海外では高レベル放射性廃棄物をどのように処分する予定なのか調べ、まとめましょう。

■高レベル放射性廃棄物をどのように処分したらよいだろうか

◎高レベル放射性廃棄物を処分するときどのような問題点があるのかまとめてみよう。

◎高レベル放射性廃棄物とはどんなものだろう。()の中に言葉を入れよう。

原子力発電所で使い終わった()燃料はリサイクルできますが、()する際に残る廃液を溶かしたガラスと一緒に固めたものを()といい、これが高レベル放射性廃棄物です。全国の原子力発電所内に約()トンの使用済燃料があり、今後、再処理すると約()本のガラス固化体ができます。

◎高レベル放射性廃棄物の処分方法についてまとめよう。

◎科学的特性マップを見て、自分の町や隣の市町村に処分場ができるとしたらどう思いますか。

◎グループの意見、全体の意見を聞いて、自分の意見を再度考えてみよう。

自分の意見：

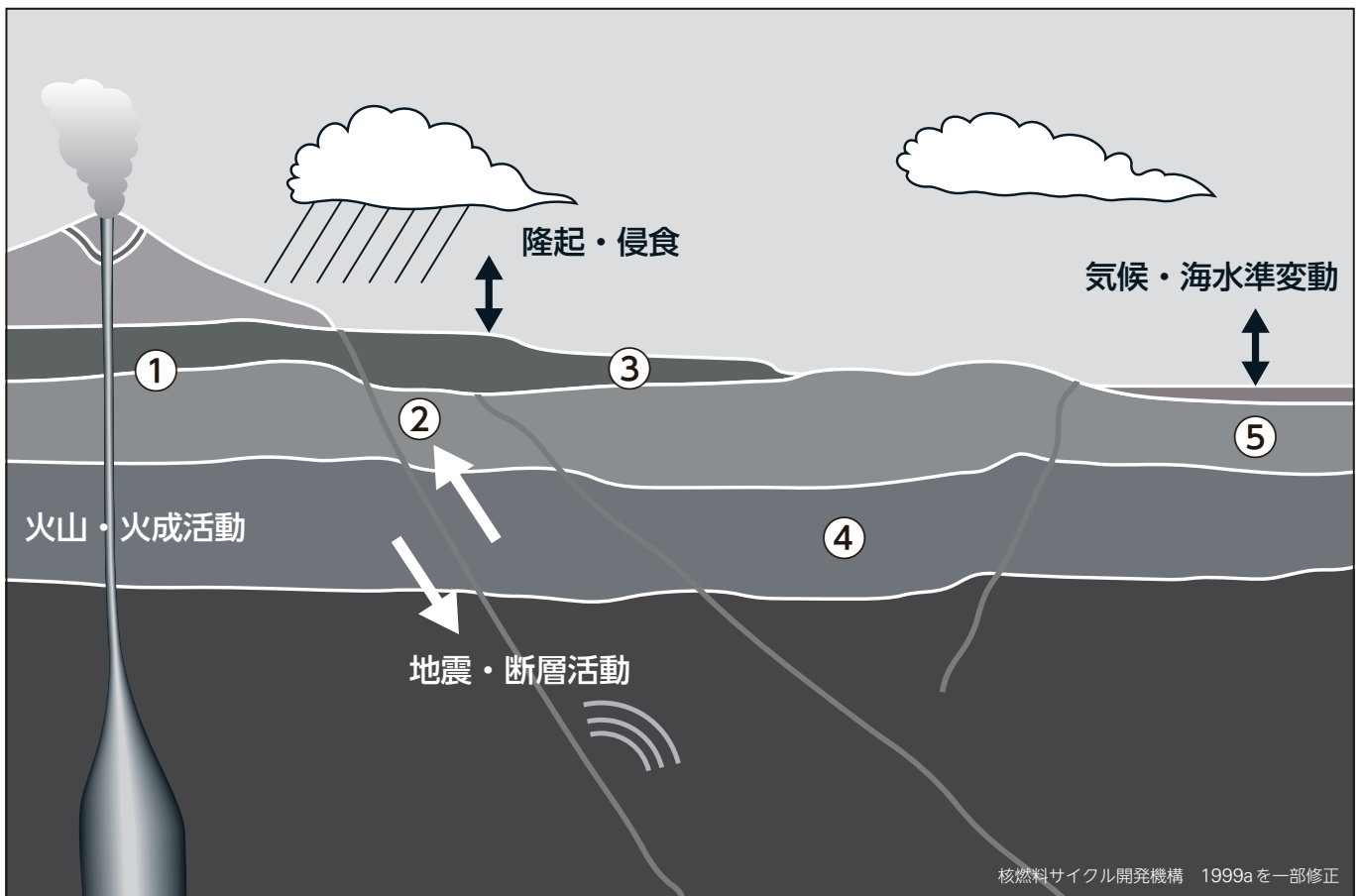
理由：

◎「持続可能性」という視点で高レベル放射性廃棄物の処分はどうすればいいか、自分の考えをまとめてみよう。

自分の意見：

理由：

■ 地層処分に適した場所を考えよう



核燃料サイクル開発機構 1999aを一部修正

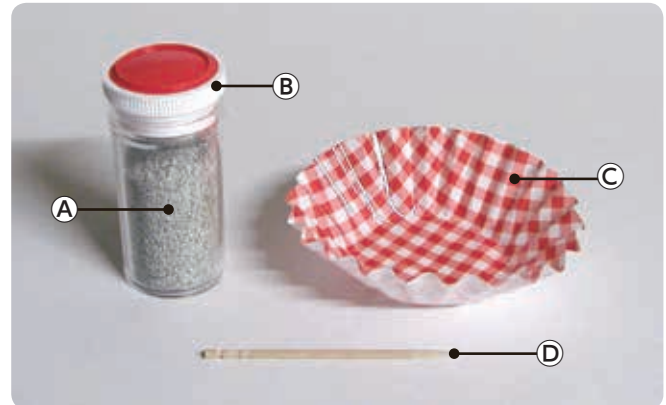
◎①～⑤の場所について、地層処分に適しているかどうか考え、適していると思う理由、または適していないと思う理由を書きましょう。

| 番号 | 適していると思う理由、または適していないと思う理由 |
|----|---------------------------|
| ① | |
| ② | |
| ③ | |
| ④ | |
| ⑤ | |

■ベントナイトの性質を知ろう (実験)

用意する物

- ① ベントナイト
- ② 小さいプラスチック容器
(おかずカップより直径の小さなもの)
- ③ おかずカップ
- ④ つまようじ



実験の手順



- ① プラスチック容器に3分の2程度まで水を入れる。



- ④ プラスチック容器を持ち上げ、容器の口についたベントナイトが砂状から粘土質に変わっていることを確かめる。



- ② おかずカップにベントナイト (スプーン2杯分程度) 入れる。



- ⑤ ベントナイトの底からつまようじを刺し、水が漏れないことを確認する。



- ③ ①のプラスチック容器を上下逆にして②のベントナイトの上に素早くかぶせる。そのまま10秒程度おさえる。

◎ベントナイトとは

ベントナイトは、海底・湖底に降り積もった火山灰や溶岩が性質を変えることでできあがった粘土鉱物の一種である。

◎ベントナイトの特徴

- ・水を吸うと膨張する
- ・膨張すると水を通しにくくなる
- ・放射性物質を吸着しやすい

5. エネルギー教育関連の教材、情報等のご案内

NUMOでは、高レベル放射性廃棄物の地層処分について、次世代を担う子どもたちに学校での教育を通して、正確でバランスのとれた情報を伝えていくために、授業研究会支援事業や各種情報の提供を行っています。エネルギー教育支援のページでは、研究会の活動報告や指導案、授業レポートなどを掲載しています。



NUMOウェブサイト
<https://www.numo.or.jp/eess/>



■ 小冊子のご案内

『高レベル放射性廃棄物の地層処分を世界とともに』は、海外の地層処分に関する取り組みや先進事例等についてのご紹介や意見交換をおこなったシンポジウムやセミナー、講演会の内容をまとめた小冊子です。

資料お問い合わせ先
<https://www.numo.or.jp/pr-info/pr/panf/>



■ 副教材のご紹介

この教材を有効にご活用いただくために、エネルギー全般について学べる副教材もご活用ください。

副教材お問い合わせ先

◎株式会社朝日広告社 エネルギー教育推進事務局
 E-mail : energy@title-inc.jp
 * ホームページからもダウンロードできます。
 エネルギー教育情報ステーション
<https://www.energy-education.go.jp>



「高レベル放射性廃棄物の地層処分を世界とともに」



小学生向け副教材
 「かがやけ! みんなのエネルギー」



中学生向け副教材
 「わたしたちのくらしとエネルギー」

■ 主なエネルギー環境関連機関

| | | | |
|-------|-------------------|----------------|---|
| 中央官庁 | 経済産業省資源エネルギー庁 | 03 (3501) 1511 | https://www.enecho.meti.go.jp/ |
| | 文部科学省 | 03 (5253) 4111 | https://www.mext.go.jp/ |
| | 環境省 | 03 (3581) 3351 | https://www.env.go.jp/ |
| 電力関連 | 電気事業連合会 | 03 (5221) 1440 | https://www.fepc.or.jp/ |
| | (一財)電力中央研究所 | 03 (3201) 6601 | https://criepi.denken.or.jp/ |
| 原子力関連 | 原子力発電環境整備機構(NUMO) | 03 (6371) 4000 | https://www.numo.or.jp/ |
| | 原子力規制委員会 | 03 (3581) 3352 | https://www.nsr.go.jp/ |

NUMO 2020年度 基本教材改訂監修委員会

委員長

山下 宏文

国立大学法人京都教育大学教育学部 教授

委員

青木 久美子

世田谷区立千歳中学校 主幹教諭

永井 一也

仙台エネルギー環境教育推進研究会 代表

中岡 章

エコット政策研究センター 代表

(五十音順、敬称略)

ワークシートの答え

<22ページ>

◆火力発電

ア. 二酸化炭素 → d. 効率的に電気を作ること、発電するときに出る二酸化炭素の量をへらす取り組みをしている。

イ. 石炭灰 → a. セメントの材料やささまざまな使い道にリサイクルされている。

ウ. いおう酸化物 → b. 装置で取りのぞいてへらしている。

エ. ちっそ酸化物 → b. 装置で取りのぞいてへらしている。

◆原子力発電

オ. 使い終わった燃料 → c. リサイクルして新しい燃料を作る材料としている。

<26ページ>

原子力発電所で使い終わった (使用済) 燃料はリサイクルできますが、(再処理) する際に残る廃液を溶かしたガラスと一緒に固めたものを (ガラス固化体) といい、これが高レベル放射性廃棄物です。全国の原子力発電所内に約 (19,000) トンの使用済燃料があり、今後、再処理すると約 (26,000) 本のガラス固化体ができます。

<27ページ>

- ① (例) 火山・火成活動の影響を受けるおそれがあるため適さない。
- ② (例) 地震・断層活動の影響を受けるおそれがあるため適さない。
- ③ (例) 地表に近く、隆起や侵食の影響を受けるおそれがあるため適さない。
- ④ (例) 天然現象の影響が及びにくい安定した地層なので適している。
- ⑤ (例) 地表に近く、隆起や侵食、海水準の変動の影響を受けるおそれがあるため適さない。

原子力発電環境整備機構 (NUMO)

〒108-0014 東京都港区芝4-1-23 三田NNビル2階

NUMO

🔍 検索

