

中学生のためのエネルギー副読本

チャレンジ！
原子力ワールド



チャレンジ!

原子力

ワールド

中学生のためのエネルギー副読本



はじめに

●なぜ原子力発電のことが話題になるのだろう？

「原子力発電」という言葉を聞いて、みなさんはどんなイメージを持ちますか？

新聞やテレビのニュースで見たことがある人、過去の事故の話や

発電所が地震で停止したことなどを聞いたことがある人もいます。

一方で「発電する時に二酸化炭素を出さず、地球温暖化対策に重要な役割」、

「増え続ける発展途上国の消費電力をまかなう原子力発電」など、

原子力発電の持つメリットを取り上げるケースも増えています。

原子力発電をふくめた色々な発電方法にはそれぞれメリットやデメリットがあり、

原子力発電に対する人々の考え方もさまざまですが、私たちが使っている電気の約3割は

原子力発電によって作られているという現実があります。

いずれにしても、原子力発電が私たちの毎日の生活や地球環境問題に

深く関係していることだけは確かなようです。

Q1. 今後、日本の原子力発電について、どのように考えますか？



Q2. 日本の原子力発電について、どのように感じていますか？



出所：内閣府「原子力に関する特別世論調査」（調査期間）2009年10月15日～25日／（調査対象）全国の20歳以上の者3,000名

目次

チャレンジ ① 日本と世界のエネルギー事情を知ろう

- ① 私たちの暮らしと電気 3
- ② 日本と世界のエネルギー事情 5
- ③ エネルギー利用を考えるための4つの視点 7

チャレンジ ② いろいろな発電方法の特徴を知ろう

- ① いろいろな発電方法のしくみと特徴 9
- ② 電源のベストミックス 13

チャレンジ ③ 原子の世界を探ろう

- ① 原子とは 15
- ② 原子の成り立ち 17
- ③ 核分裂のしくみ 19

チャレンジ ④ 放射線の世界を探ろう

- ① 放射線の基礎知識 21
- ② 放射線を体験してみよう 23
- ③ 放射線の利用 25

③(鉛や厚い鉄の板)、27パーセント、約3年、36パーセント(約5g)
6パーセント：① - ③ - ②、13パーセント：②ノーマー、17パーセント：①(600億の1兆倍個(6×10の22乗個)、21パーセント
チャレンジの答え

●原子力発電のことをどのくらい知っているかな？

では、みなさんは原子力発電についてどのくらい知っていますか？ここでクイズです。

-
- Q1.** 原子力発電所の周囲では他の所と比べて放射線のレベルが高いので、人体に影響がある？
- Q2.** ヨーロッパでは原子力発電を廃止する国々が増えている？
- Q3.** すべての放射線は鉛や厚い鉄の板でないと止めることはできない？
-

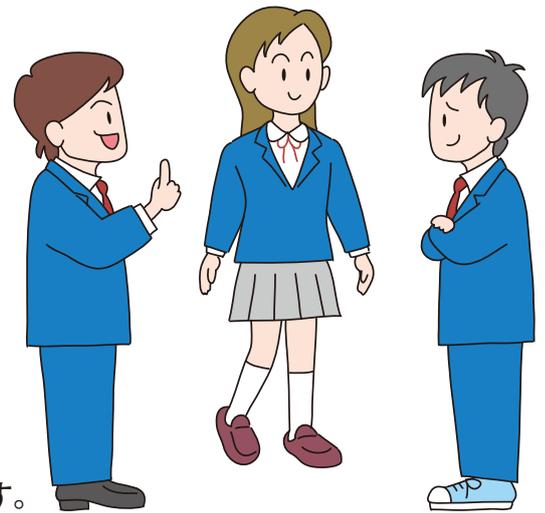
どうでしょうか。

答えはすべて“**No**”です。

自分たちの国でどのようなエネルギーをどう使うのかについて
私たち一人ひとりが考える必要があります。

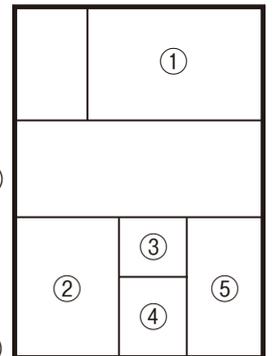
将来、みなさんが大人になったときに、
「あなたはどのような選択をしますか」という判断を
求められる機会が必ずやって来ます。

そのためにも、これからのエネルギー問題や
地球温暖化問題を考える上でさけて通ることができない
原子力発電のことについて、今から知っておいてほしいと思います。
では、原子力やエネルギーの世界にチャレンジしてみましょう！



表紙の写真

- ①原子力発電所(関西電力(株)／大飯発電所)
- ②高速増殖原型炉「もんじゅ」
(独)日本原子力研究開発機構
- ③ウラン鉱石
- ④ペレット
- ⑤原子炉模型(中部電力(株)／浜岡原子力館)



チャレンジ 5 原子力発電のしくみと特徴を知ろう

- ①原子炉のしくみ 27
- ②原子力発電所の安全対策と地震対策 29
- ③原子力施設で事故が起きた場合の防災対策 31
- ④核燃料サイクル 33
- ⑤放射性廃棄物の処理・処分 35

チャレンジ 6 原子力発電の今とこれからを知ろう

- ①日本と世界の原子力発電の今・未来 37
- ②未来に向けて進められているさまざまな研究 39

最後に：学習したことをまとめて討論しよう

- ディベートを通して考える原子力発電の役割 41

資料編

- ①原子力の歴史と平和利用の取り組み 43
- ②他の中学校の取り組みを見てみよう 45
- ③各種コンクールの紹介 47
- ④原子力・エネルギー学習に役立つ主な教材・資料
..... 48
- ⑤原子力・エネルギー学習に役立つ情報源 49

1

私たちの暮らしと電気

私たちが毎日の暮らしの中で最も多く使用しているエネルギーは電気です。
 電気はコンセントがあればさまざまな電気製品を使うことができ、便利のため、
 その使用量は増え続けています。電気製品がなかったころの暮らしと今の暮らしは
 どのように変わったのでしょうか？

暮らしの移り変わり

電気製品がなかったころの家事は今に比べて手間のかかる仕事でした。現在は、スイッチひとつでご飯が炊けたり、衣類を洗ってくれたり、家事の手間を省いてくれています。また、暑いときや寒いときも、エアコンなどで過ごしやすい環境を整えることができます。

テレビや冷蔵庫など、私たちが当たり前のように使っている電気製品の多くは高度経済成長期以降に生まれました。そのころは家事を担う電気製品が主でしたが、今日では、より快適な暮らしや娯楽のための電気製品も増え、多機能・高機能化しています。電気製品が増えるにしたがって、私たちが家庭で使う電気の使用量も増え、今では1か月当たり約300kWhの電気を消費しています。

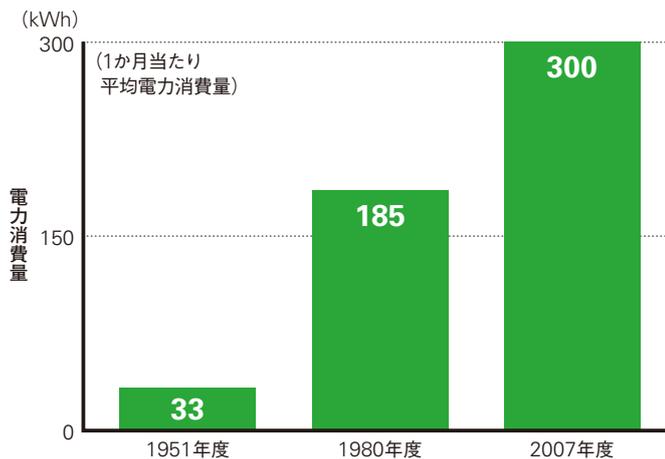
チャレンジ

1

日本と世界のエネルギー事情を知ろう



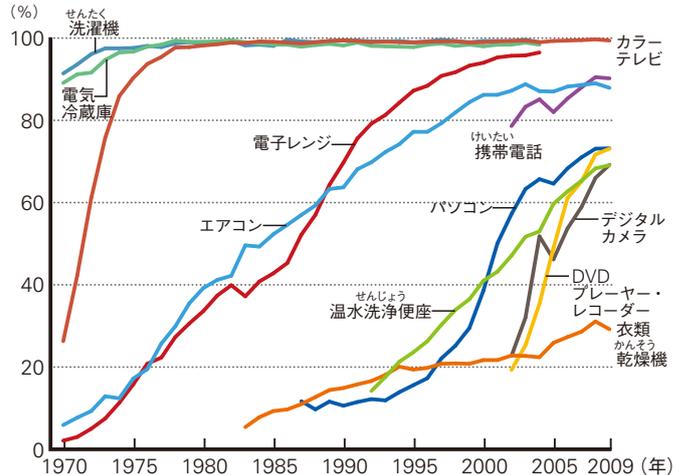
◆ 1世帯当たりの電気の使用量



※数値は9電力会社平均値

出所：電気事業連合会調べ

◆ 主な電気製品の普及率

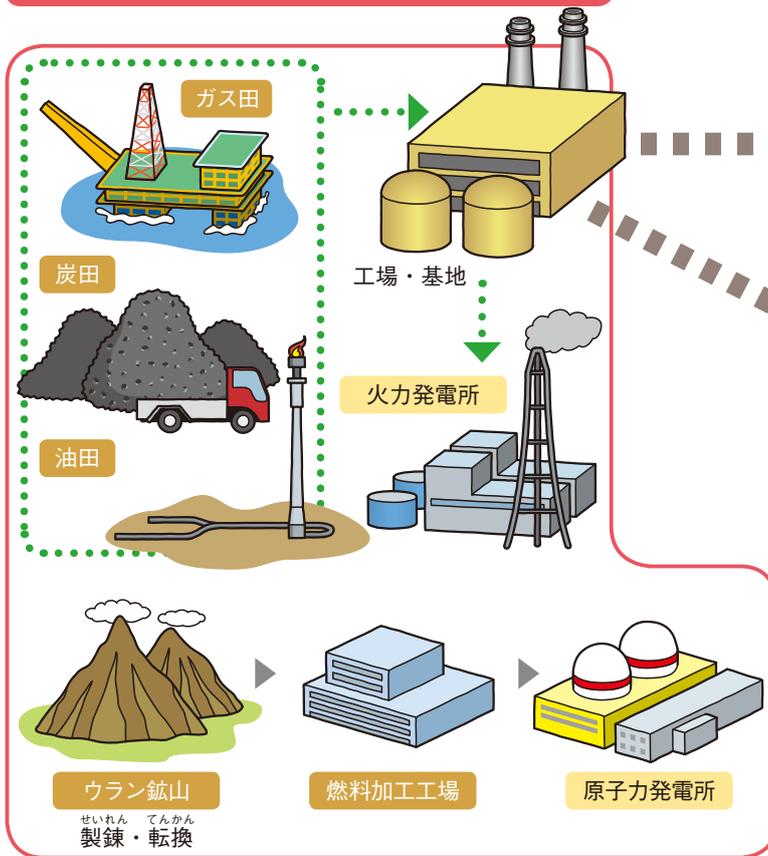


出所：内閣府「消費動向調査」(平成21年3月)

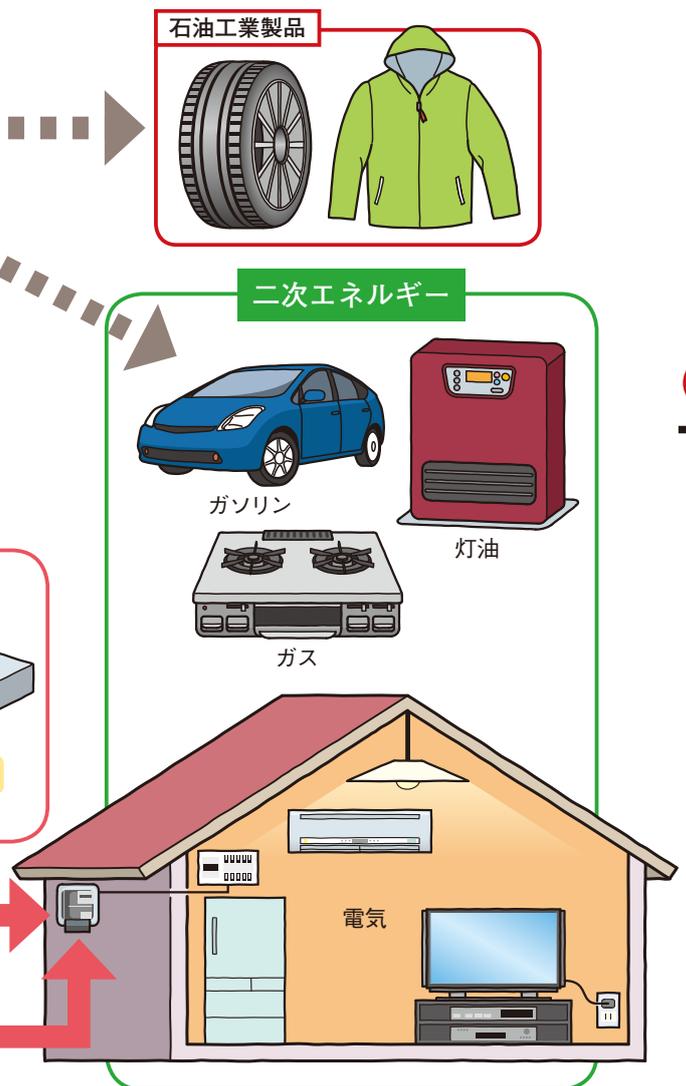
エネルギー資源から電気へ

天然ガス、石炭、石油などのエネルギー資源や、水力、太陽光、風力など自然から直接得ることができるエネルギーを一次エネルギーといいます。また、一次エネルギーを電気などの使いやすい形に変えたものを二次エネルギーといい、私たちが最終的に消費するエネルギーとなります。

一次エネルギー供給



最終的なエネルギー消費



電気は私たちの暮らしに欠かすことのできないエネルギーです。私たちの使う電気の約3割をまかなっている原子力発電について、さまざまな面から学んでみましょう。Let's challenge !

2 日本と世界のエネルギー事情

私たちのくらしや社会は電気などのエネルギーの利用によって成り立っています。
 エネルギーの消費量は、社会の発達の歴史とともに増え続けてきました。
 今、日本や世界ではエネルギーをどのように使っているのでしょうか？

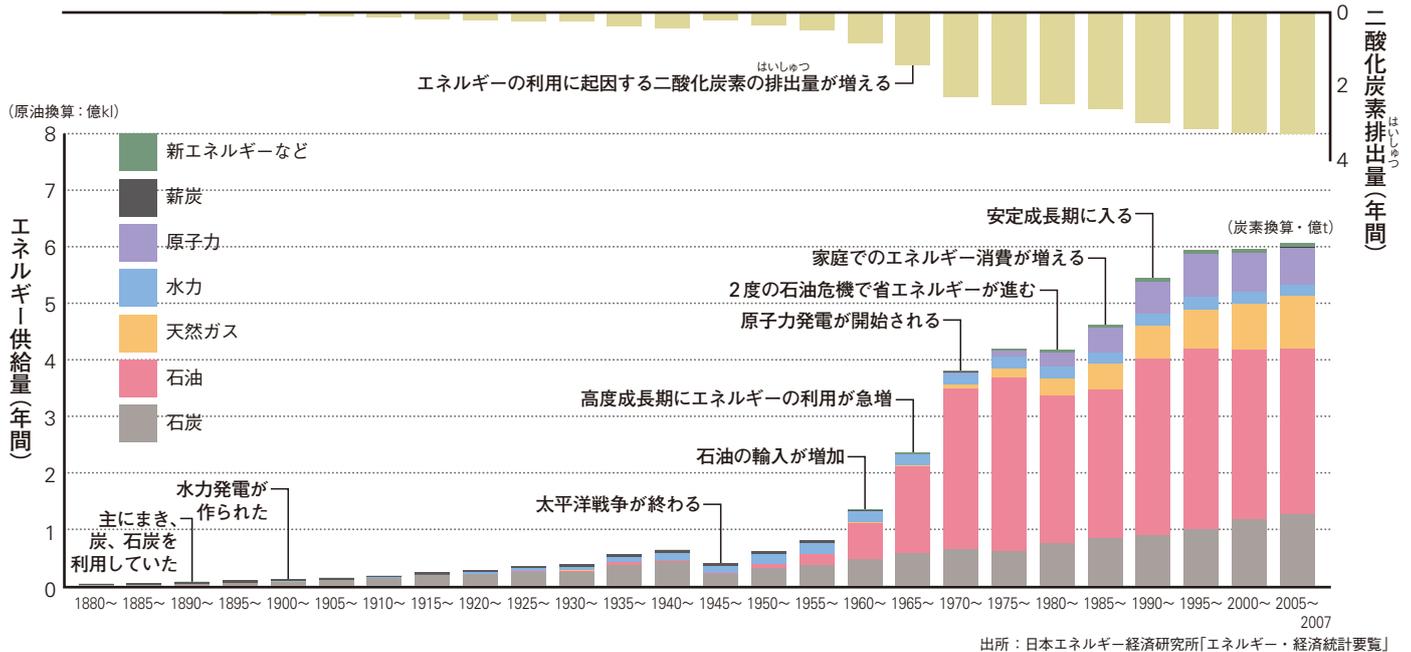
日本のエネルギー事情

日本全体で、エネルギーがどのくらい使われてきたかの変化を見てみましょう。1950～1970年代の高度経済成長期には、エネルギーの利用が急増しました。ここ50年くらいの間に6倍以上に増えています。

日本のエネルギー供給の構成は、高度経済成長期や二度の石油危機を経て大きく変わりました。

最近では、それぞれのエネルギー源の長所を生かし、原子力や天然ガスなどの利用が進んでいます。

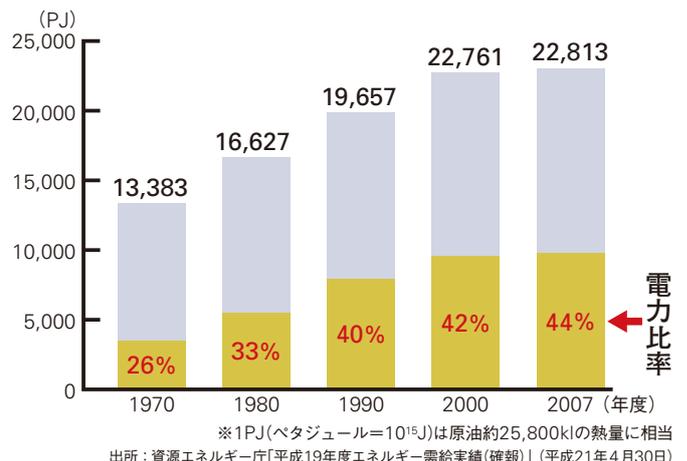
◆日本の一次エネルギー供給の移り変わり



一次エネルギー供給のうち電力供給のために消費されるエネルギーの割合を電力比率といいます。1970年度の電力比率は26%でしたが、2007年度では44%と大きく増えました。

電力比率が高くなった理由は、電気は安全で使いやすいので、その需要が増え続けてきたためです。今後この傾向は続いていくと予想されています。

◆一次エネルギー供給に占める電力の割合



次のできごとを時代が古い順にならべてみよう。

- ①産業革命 ②石油危機
- ③世界初の原子力発電所

世界のエネルギー事情

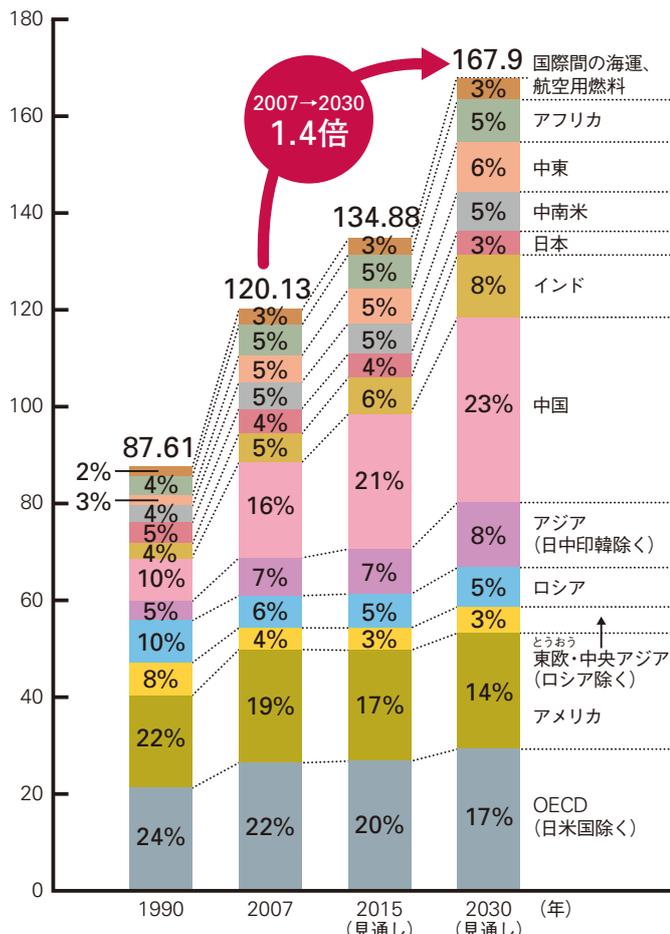
今から約20年後、2030年には世界中で必要となるエネルギーの量は現在の約1.4倍となり、その増える分の約半分はアジア地域によるものと見込まれています。

特に中国やインドなどの経済成長の著しい国では化石燃料を中心に必要量が大きくなります。

世界中が求めているエネルギーの量は急速に増えている中、国内に資源がほとんどない日本は、世界のエネルギー事情の変化に大きく影響されることは避けられません。

◆世界のエネルギー消費推移と見通し(地域別)

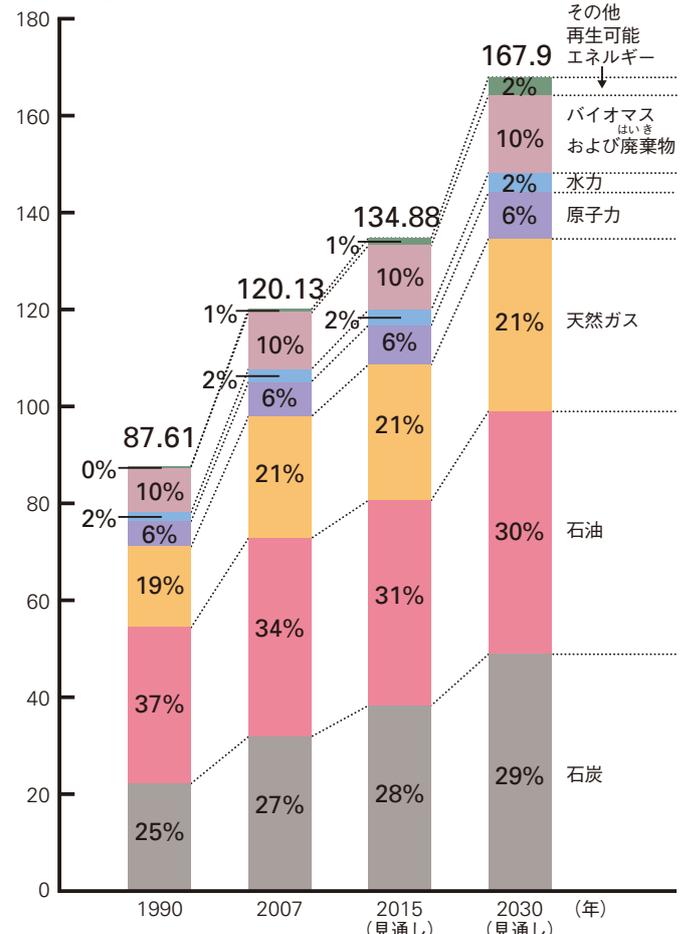
(石油換算：億トン)



※パーセントの合計は四捨五入の関係で100にならない場合がある。
出所：OECD/IEA [WORLD ENERGY OUTLOOK 2009]

◆世界のエネルギー消費推移と見通し(資源別)

(石油換算：億トン)



※パーセントの合計は四捨五入の関係で100にならない場合がある。
出所：OECD/IEA [WORLD ENERGY OUTLOOK 2009]

◎日本では高度経済成長期をきっかけにエネルギーの供給と消費が増えた。

◎今後、アジア地域を中心にエネルギーの消費が増える見込みである。

3

エネルギー利用を考えるための4つの視点

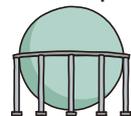
前のページで見たように、世界のエネルギー消費はこれからも増えていきます。でも、今のままエネルギーを使い続けていっても問題はないのでしょうか？

視点1：エネルギー資源は有限であること

6 ページで見たように、エネルギーの必要性が高まっている情勢の中で天然ガス、石炭、石油、ウランともに、世界中から集めても、右の図のような年数分しかない限られた天然資源であることに注目する必要があります。

◆エネルギー資源の 石炭
可採年数 **122年**

天然ガス
60年



石油
42年



ウラン
100年

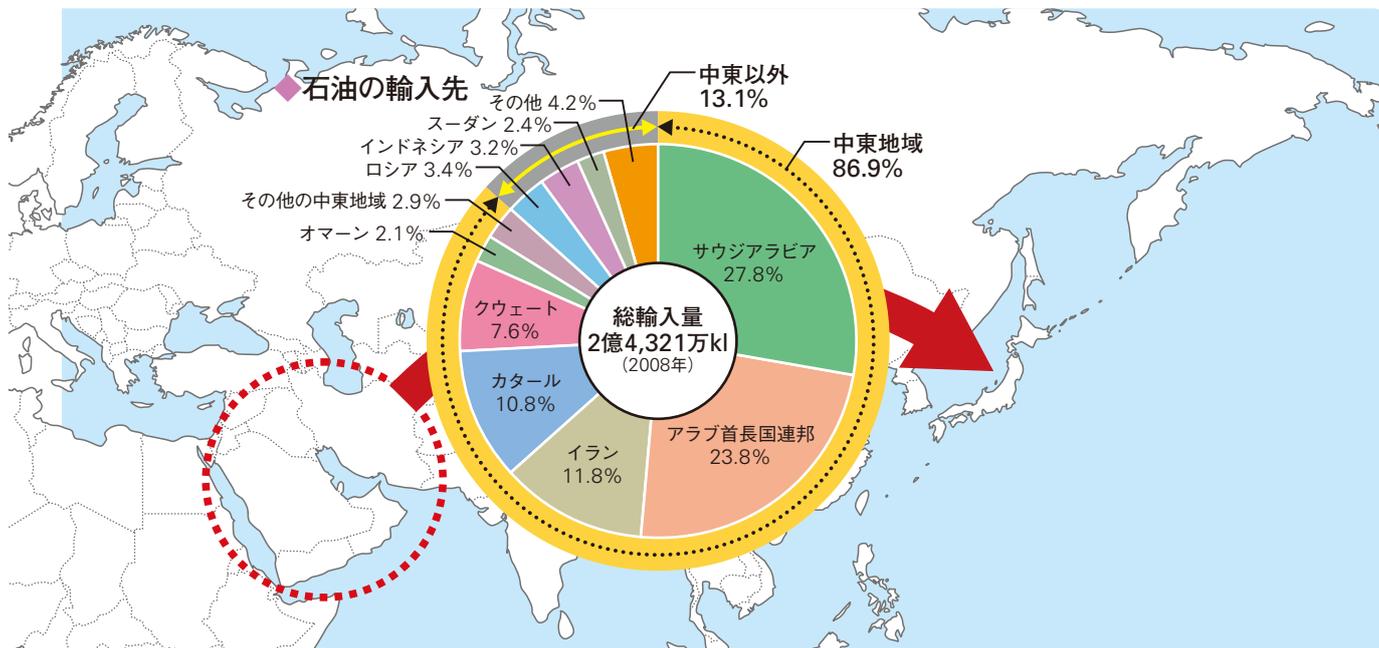


可採年数とは、今発見されているエネルギー資源をこのまま使い続けた場合、あと何年分残っているかを示した年数のこと。新しく資源が発見されたり、資源を使う量が変われば可採年数も変化します。

※2008年末(ウランは2006年末)

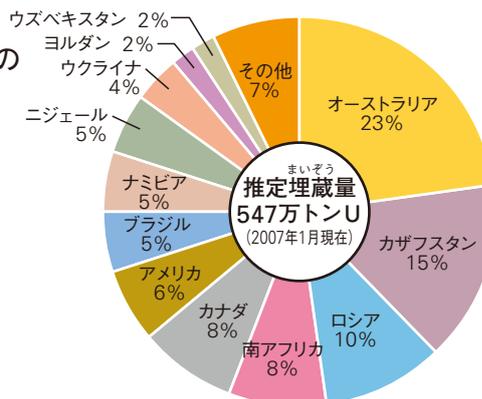
出所：天然ガス、石炭、石油は「BP統計 2009年」、ウランはOECD/NEA&IAEA「Uranium2007」

視点2：安定してエネルギー源を確保できること



石油は、天然ガスや石炭、ウランに比べて、その輸入先が非常に限られた地域(中東)に集中しています。したがって石油にたよりすぎることは、安定してエネルギー源を確保することの不安定な要素となります。そこで、長期にわたって安定して確保できるエネルギー源としては、比較的、世界中に広く分布している天然ガスや石炭、ウランがたよりになります。

◆世界のウラン資源の
埋蔵量



トンU：金属ウランでの重量トン 出所：OECD/NEA&IAEA「Uranium2007」

視点3：日本の低いエネルギー自給率を改善できること

生活や経済活動に必要なエネルギー源のうち、日本国内で確保できる比率を自給率といいます。

現在日本では石炭や石油だけでなく、天然ガスや原子力の燃料となるウランについてもほぼ全量が海外から輸入されているため、エネルギーの自給率は水力などわずか4%です。

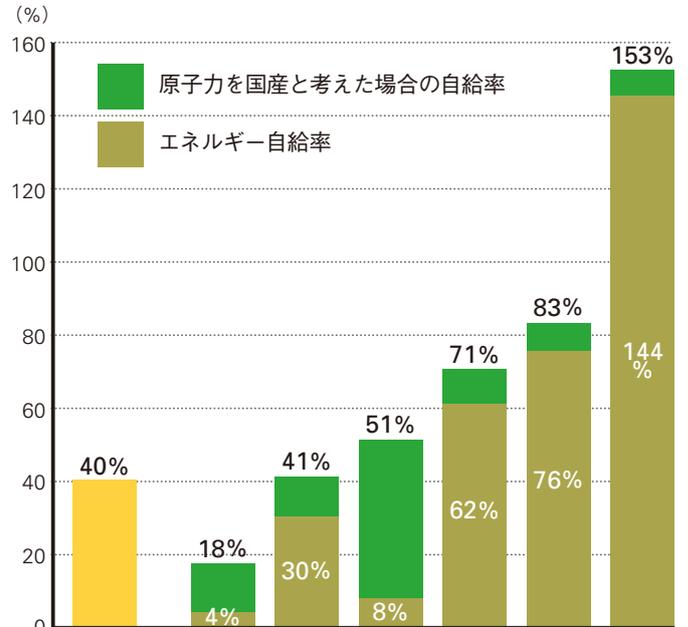
エネルギー源の中で、ウランは一度輸入すると長期間使うことができ、また再利用できることから、原子力を国産に近いエネルギー（準国産エネルギー）と考えることができます。この考え方によれば、エネルギー自給率は約18%となっています。

視点4：地球環境にやさしいことが求められている

天然ガス、石炭、石油などの化石燃料を使う火力発電は、発電時に地球温暖化の主な原因である二酸化炭素を出します。そのため、化石燃料を今までどおりに使い続けることは、大気中の二酸化炭素の量を増やすことになります。

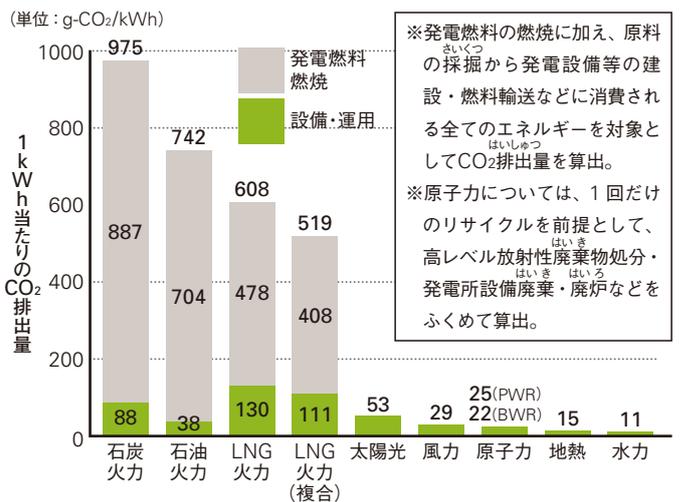
これからは原子力発電や自然エネルギーによる、発電時に二酸化炭素を排出量しない発電方法を増やしていったり、化石燃料を利用する際に発生する二酸化炭素をできる限り大気へにがさない技術の開発などが求められています。

◆主な国のエネルギー自給率（2007年）



出所：OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES (2009)」、農林水産省資料

◆電源別の二酸化炭素排出量



※LNG：液化天然ガス(天然ガスを冷却して液体にしたもの)
 出所：電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による原子力発電技術の評価(平成13年8月)」
 「ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価(平成12年3月)」

- ◎エネルギー資源には限りがある。
- ◎石油の産出国はかたよっているが、ウランは世界中に広く分布している。
- ◎化石燃料の利用で二酸化炭素が増え、地球温暖化が進んできている。

1 いろいろな発電方法のしくみと特徴

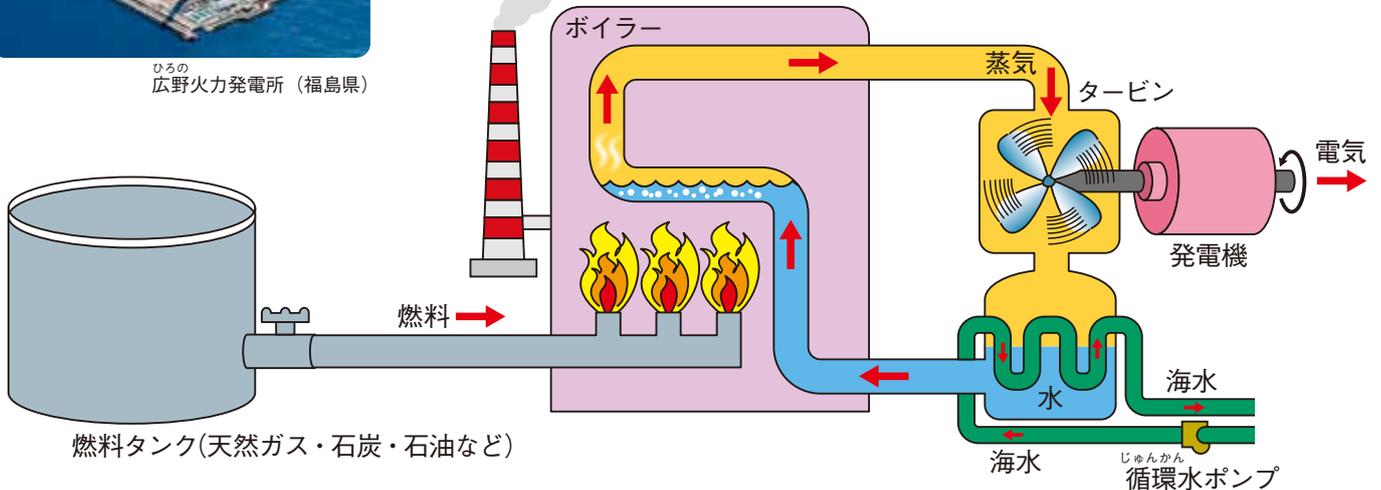
電気は24時間365日、絶えることなく私たちの家や学校、街に送られてきます。
火力発電や原子力発電ではどのように電気を作っているのでしょうか。
それぞれの発電方法のしくみと特徴を見てみましょう。



ひろの
広野火力発電所（福島県）

火力発電のしくみ

天然ガス、石炭、石油などの化石燃料を燃やした熱で蒸気を作り、タービンを回して発電します。



燃料タンク(天然ガス・石炭・石油など)

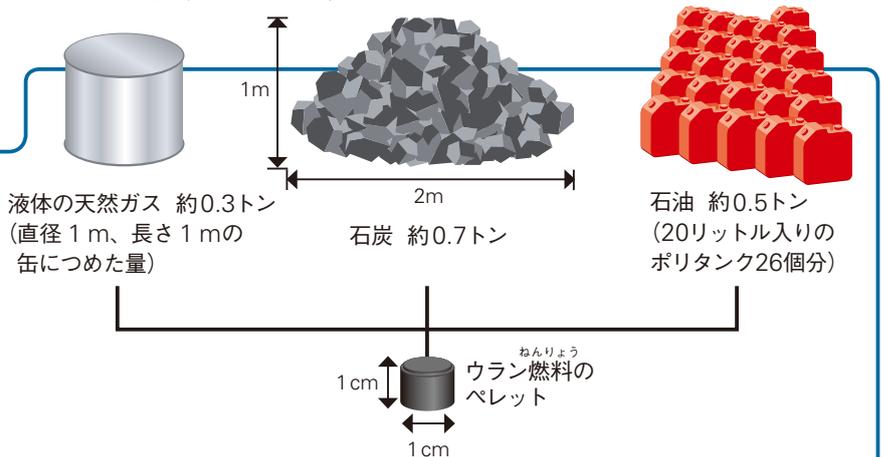


☆火力発電の特徴

- ・電力の需要にすばやく対応して発電量を調節することができます。
- ・電気を作るときに地球温暖化の主な原因となる二酸化炭素が出ます。(→ 8ページ)
- ・大量の燃料が必要です。
- ・天然ガス、石炭、石油の資源の量に限りがあります。(→ 7ページ)

◆火力発電のエネルギー源と原子力発電のエネルギー源の比較

原子力発電のエネルギー源であるウラン燃料は、直径1cm、高さ1cmのペレットに焼き固めて使います。このペレット1個で一般の家庭で使う8～9か月分の電力(2,600kWh)を発電できます。これは天然ガスで約0.3トン、石炭で約0.7トン、石油で約0.5トンを燃やして発電できる電力量に相当します。



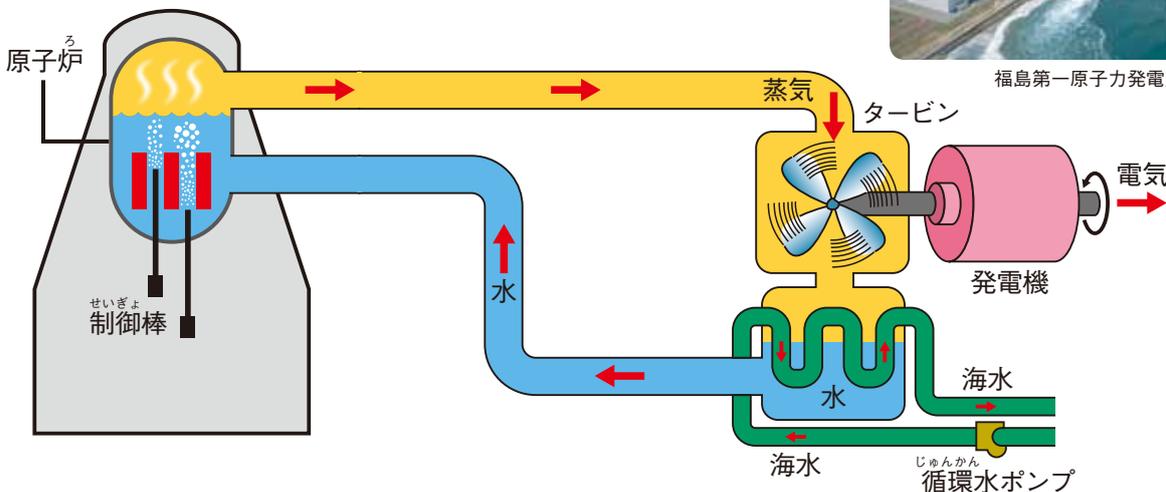
- ◎火力発電は、電力供給の変化に対応しやすいが二酸化炭素が出る。
- ◎原子力発電は安定して電力を供給できるが、放射性廃棄物が出る。

原子力発電のしくみ

ウランが核分裂した際に発生する熱で蒸気を作り、タービンを回して発電します。



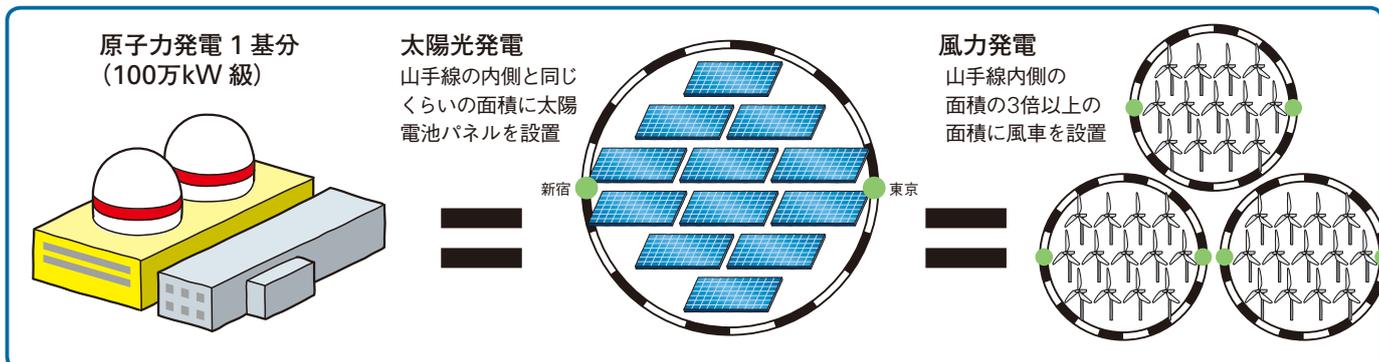
福島第一原子力発電所（福島県）



☆原子力発電の特徴

- ・少ない量の燃料で大きなエネルギーが出るため、燃料の輸送や保管が容易です。
- ・放射性物質を安全に取りあつかう必要があります。(→ 29ページ)
- ・電気を作るときに二酸化炭素を出しません、放射性廃棄物が発生します。(→ 35ページ)
- ・ウラン資源の量には限りがありますが、リサイクルできます。(→ 33ページ)

◆原子力発電と太陽光、風力発電の比較例

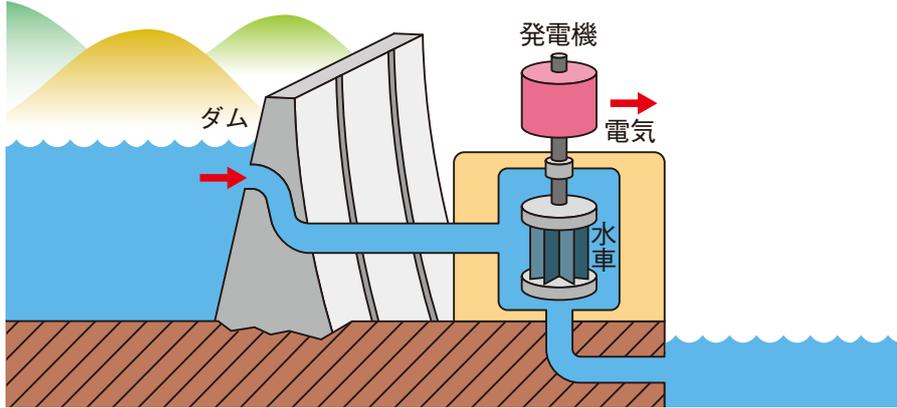


化石燃料を利用する発電方法とは異なり、資源がなくなることはない水力、太陽光、風力などの自然エネルギーを利用した発電もあります。

このようなエネルギーを再生可能エネルギーといい、日本でも積極的な導入に取り組んでいます。それぞれの発電方法のしくみと特徴を見てみましょう。

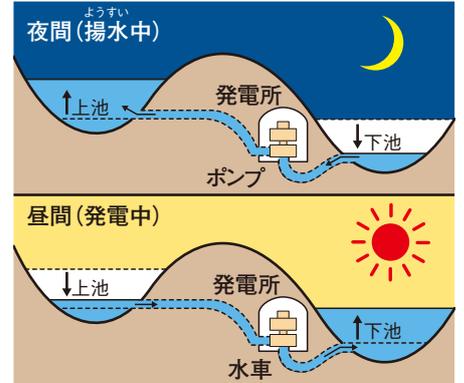
水力発電のしくみ

ダムなどにためた水や川の流る水が高いところから低いところへ流れる性質を利用し、水の力で水車を回して電気を作ります。



☆水力発電の特徴

- ・自然のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がありません。
- ・必要なときにすぐに発電できます。
- ・電気を作るときに二酸化炭素を出しません。
- ・ダムにたまる水の量によっては発電できないことがあります。
- ・新たなダムを作る場所を確保しづらくなっています。



揚水式水力発電のしくみ

電力使用量の少ない夜間に下の池から上の池へ水をくみ上げ、電力需要の多い昼間に上の池から下の池へ放流して発電します。



たごくら 田子倉発電所(福島県)

太陽光発電のしくみ

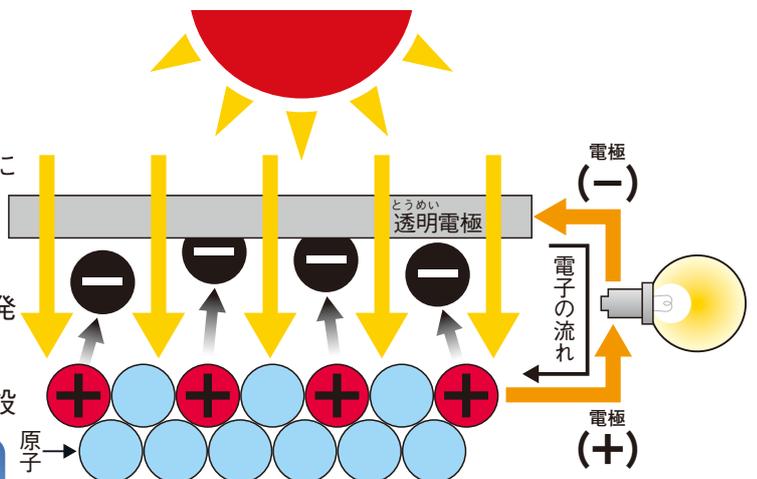
太陽の光のエネルギーを太陽電池によって電気エネルギーに変換して利用します。

☆太陽光発電の特徴

- ・自然のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がありません。
- ・電気を作るときに二酸化炭素を出しません。
- ・太陽が照っていないときは発電量が低くなり、夜は発電できません。
- ・たくさん発電するためには広大な太陽電池パネルの設置面積が必要です。



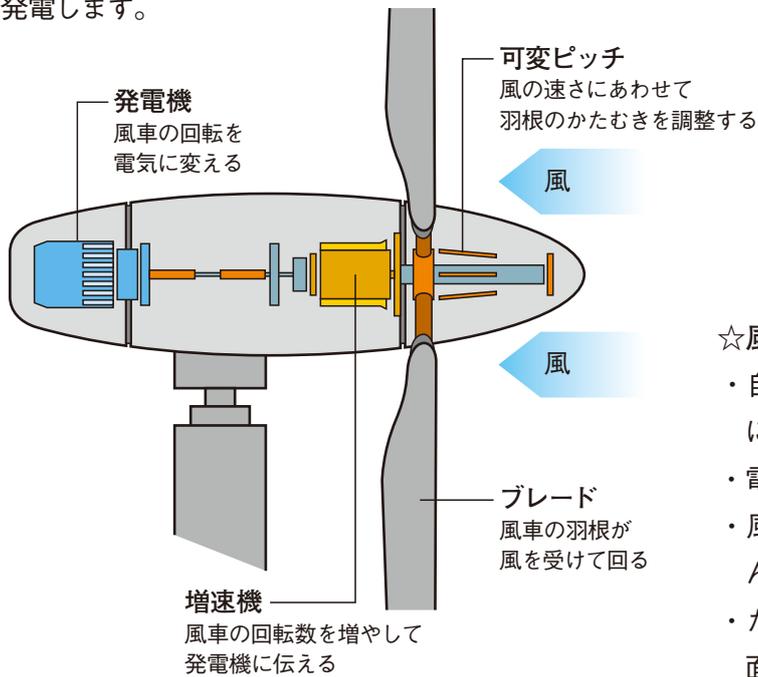
中部国際空港セントレア (愛知県)



物質の中にはプラスの電気とマイナスの電気が同じ数で集まっています。その表面の原子に光が当たると、光の持っているエネルギーで原子の中のマイナスの電気(電子)がはじき出されます。そのことを光電効果といいます。はじき出された電子を電極で集めて電球などにつなぐと電流が流れます。

風力発電のしくみ

自然に吹く風の力を利用し、ブレード(羽根)を回して発電します。



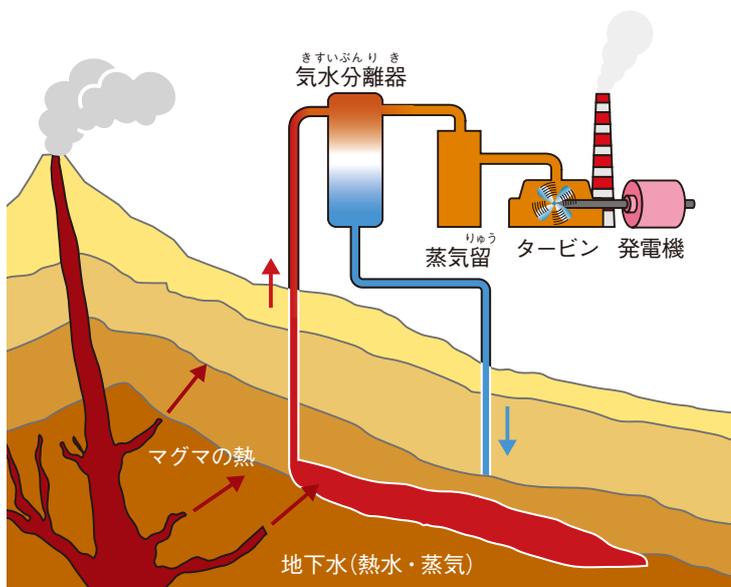
とままえ
苫前 ウィンピラ発電所(北海道)

☆風力発電の特徴

- ・自然のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がありません。
- ・電気を作るときに二酸化炭素を出しません。
- ・風の向きや強さで発電量が変化するため安定しません。
- ・たくさん発電するためには広大な風力発電機の設置面積が必要です。

地熱発電のしくみ

地熱発電は、地中の熱エネルギーを利用して発電します。マグマの熱を受けた熱水を取り出し、その蒸気でタービンを回し、電気を作ります。



☆地熱発電の特徴

- ・昼夜を通して発電でき、天候にも左右されません。
- ・電気を作るときに二酸化炭素を出しません。
- ・火山の多い日本には豊富な熱資源があります
- ・高温の地熱を得られる場所が国立公園などに多く、場所の確保が難しいという事情があります。
- ・蒸気中に配管などをさびさせやすい物質が多くふくまれるので、さびの発生防止や湯あかを掃除するなどの対策が必要となります。

調べてみよう!

原子力発電所で発電できる電気の量と同じ規模の太陽光発電所、風力発電所を作るにはどのくらいの設置面積が必要だろうか？ 調べてみよう。

- ◎自然エネルギーは電気を作るときに二酸化炭素を出さない。
- ◎水力、太陽光、風力は天候に左右される。
- ◎風力、太陽光は広い設置面積が必要である。
- ◎水力はダムを作るところを確保することが難しい。

2 電源のベストミックス

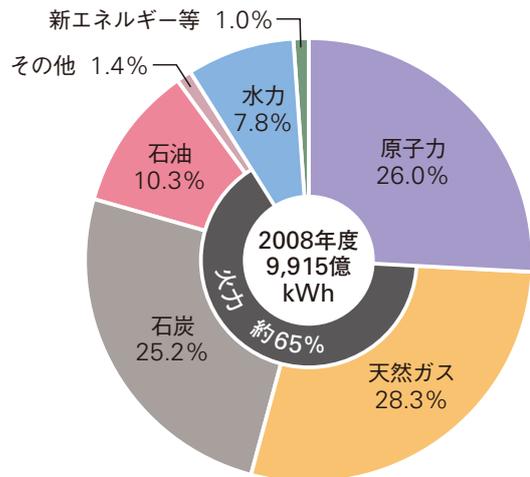
前のページで見たように、各発電方式はそれぞれ長所、短所を持っています。ひとつの発電方式にたよることなく、各々の長所を生かして発電するためにどのように工夫されているのか考えてみましょう。

日本の発電量とそのうちわけ

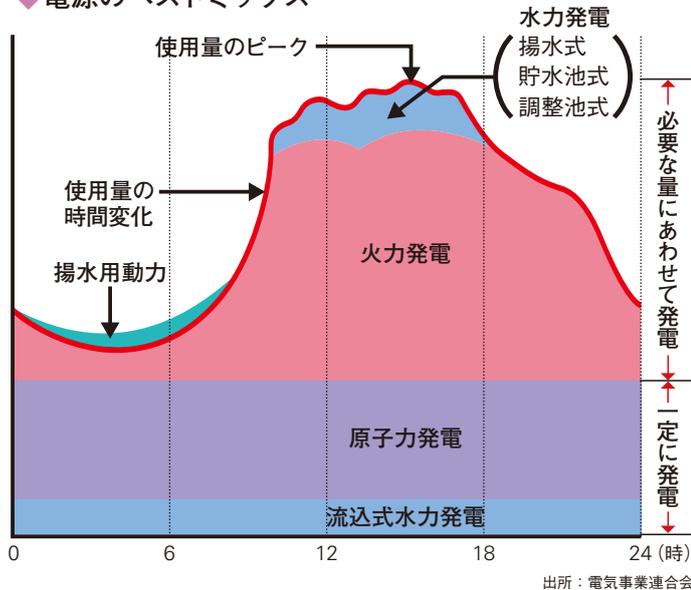
電気の発電量は年々増えており、2008年度は9,915億kWhで、今後も増え続けていくと予想されています。エネルギー源別のうちわけを見ると、もっとも多いのが天然ガス、次いで原子力、石炭、石油、水力となっています。

1970年代の石油危機が起きる前は、石油の割合が7割を超えていましたが、ひとつのエネルギー資源にたよる危険性を反省し、天然ガスや原子力などの割合を増やし、エネルギー源の多様化を進めています。

◆発電量とそのうちわけ



◆電源のベストミックス



揚水用動力とは、揚水式水力発電所で夜の間に水をくみ上げるために使われる電気のことで。

電源のベストミックスとは

電気の使用量は季節や時間によって変化します。1年のうちでもっとも使用量が多いのは8月(北海道などでは1月)です。1日のうちでは午後1時から4時ごろが一番多く使われています。

みなさんの普段の生活を思い出してみましょう。冷房をたくさん使っているときが、一番電気を多く使っている時間帯に当たります。その電気を蓄えておくことができないため、時間帯や季節に合わせて発電量を増やしたり、減らしたりしているのです。そのためにいろいろな発電方式の長所を生かし、組み合わせて発電しています。これを「電源のベストミックス」といいます。電気を安定して送る取り組みのひとつです。

電源のベストミックスは、ほかの国でも同じ組み合わせ？

- ①イエス ②ノー

低炭素社会における原子力の役割

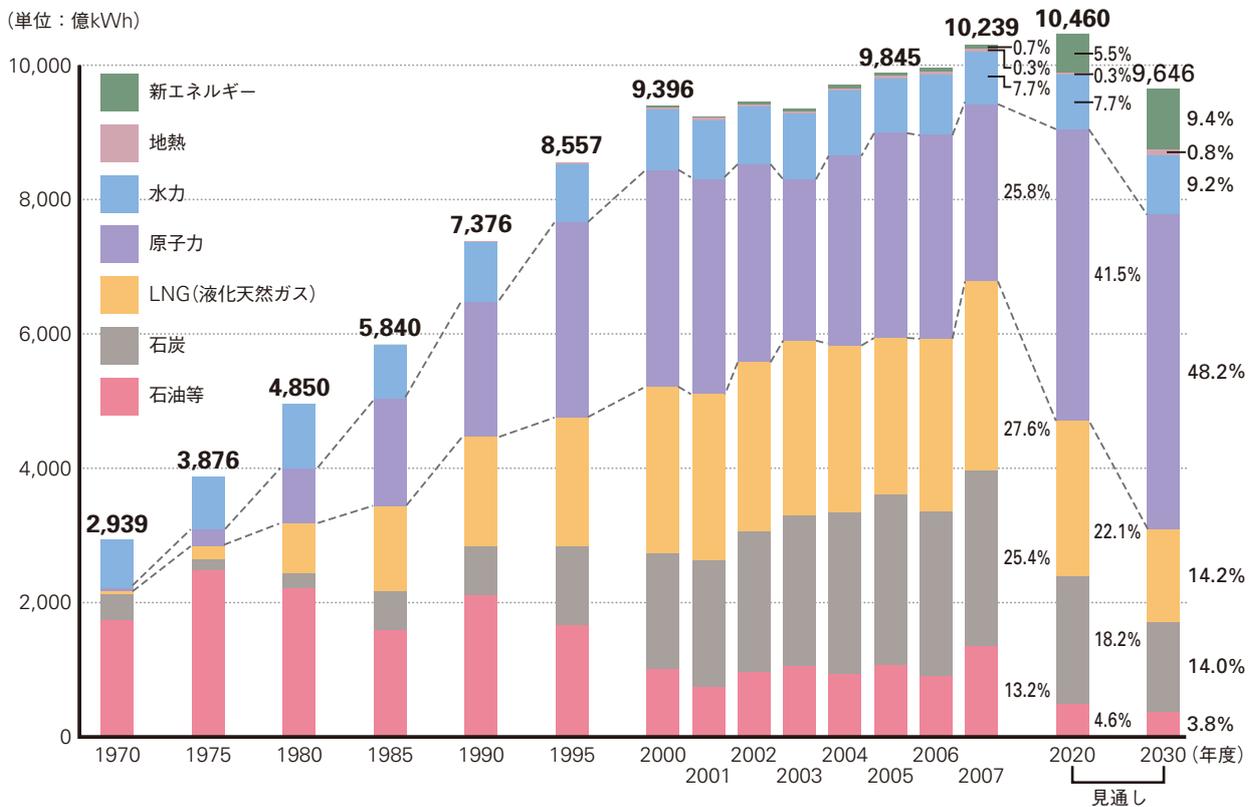
太陽光、風力、水力、地熱、原子力などの「非化石エネルギー源」で作る電力は、発電時に二酸化炭素を排出しないことから地球温暖化対策に有効です。革新的技術の開発を進める一方で、こうした既存エネルギーについてもさらに開発と導入に努めていく必要があります。

発電電力量で全体の約3割を占める原子力発電は、火力発電と置き換えることで、電力供給全体としての二酸化炭素排出量を減らすことができます。

135万kWの火力発電所1基が原子力発電所1基に置き換わると、年間約600万トンの二酸化炭素の削減が可能であるという試算があります(1990年の日本の二酸化炭素排出量の0.5%に相当します)。

◆発電電力量の移り変わり

(単位：億kWh)



※石油等にはその他ガスをふくむ。

※2020、2030年度の数値は、本格普及が想定される最先端技術を最大限に導入した場合の予測値。

※パーセントの合計は四捨五入の関係で100にならない場合がある。

○見通しについては今後修正される場合があります。

出所：総合資源エネルギー調査会需給部会「長期エネルギー需給見通し(再計算、平成21年8月)」

- ◎季節や時間で電力の需要は異なっている。
- ◎発電方式の特性で需要の変化に対応している。
- ◎原子力発電はほぼ一定の出力で発電している。
- ◎日本では「低炭素社会」を目指し非化石エネルギー源の割合を増やす方向である。

物質をどんどん小さくしていったらどうなるか？ 物が燃えるとはどういうことなのか？
 同じ体積でも重さはなぜちがうのか？ これらの問いは古くには哲学者によって、
 近世には科学者によって、さまざまな議論がされてきました。原子にまつわる発見の歴史を見てみましょう。

人類と原子発見の歴史

紀元前1500年ごろ ヒッタイト文明などで鉄の使用が始まった。

紀元前400～200年ごろ デモクリトスなどにより原子論が考えられ始めた。

1600年代 デカルトが原子論を否定する。

1766年 キャベンディッシュが水素を発見した。

1774年 プリーストリーが燃焼を激しくする気体(酸素)を発見する。

1777年 ラヴォアジエが燃焼は物質と酸素の結合と説明した。

1800年 ボルタは銀とスズの板をたがいちがいに何層にも重ね、食塩水ひたを浸すと電流が発生することを発見した。この発電装置を「ボルタの電堆でんたい」という。

1803年 ドルトンが分子の考えにつながる原子説を発表した。

1807～8年 デービーはボルタ電池を用いてさまざまな物質の電気分解を行い、カリウム、ナトリウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム、マグネシウムを発見した。

1869年 メンデレーエフが周期表を発表。

1875年 周期表で予言されていたガリウムが発見され、周期表の正しさが証明された。

1886年 モアッサンがフッ素たんにり たんどくかいりの単離(単独解離)に成功した。

1895年 レントゲンがX線を発見した。

1896年 ベクレルがウランの放射能を発見した。

1898年 キュリーがラジウム、ポロニウムを発見した。

1905年 アインシュタインが気体の分子運動の説明を行う。

1911年 ラザフォード、ガイガー、マースデンらはα線の散乱実験を行い、原子核かくを発見。この実験結果に基づいてラザフォードの原子模型を発表。

- ◎物質の根源は太古から考えられてきた。
- ◎「原子とはなにか？」が解明されたのは近年。
- ◎原子はその性質で分類することができる。

◆元素の周期表 (原子には多くの種類があります。元素の周期表は、原子の特性のちがいを規則的にならべたものです。)

族 →	1											13	14	15	16	17	18	
1	1H 水素 1											5B ホウ素 11	6C 炭素 12	7N 窒素 14	8O 酸素 16	9F フッ素 19	10Ne ネオン 20	
2	3Li リチウム 7	4Be ベリリウム 9											13Al アルミニウム 27	14Si ケイ素 28	15P リン 31	16S 硫黄 32	17Cl 塩素 35	18Ar アルゴン 40
3	11Na ナトリウム 23	12Mg マグネシウム 24	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31Ga ガリウム 70	32Ge ゲルマニウム 73	33As ヒ素 75	34Se セレン 79	35Br 臭素 80	36Kr クリプトン 84
4	19K カリウム 39	20Ca カルシウム 40	21Sc スカンジウム 45	22Ti チタン 48	23V バナジウム 51	24Cr クロム 52	25Mn マンガン 55	26Fe 鉄 56	27Co コバルト 59	28Ni ニッケル 59	29Cu 銅 64	30Zn 亜鉛 65	49In インジウム 115	50Sn スズ 119	51Sb アンチモン 122	52Te テルル 128	53I ヨウ素 127	54Xe キセノン 131
5	37Rb ルビジウム 85	38Sr ストロンチウム 88	39Y イットリウム 89	40Zr ジルコニウム 91	41Nb ニオブ 93	42Mo モリブデン 96	43Tc テクネチウム 99	44Ru ルロジウム 101	45Rh ロジウム 103	46Pd パラジウム 106	47Ag 銀 108	48Cd カドミウム 112	81Tl タリウム 204	82Pb 鉛 207	83Bi ビスマス 209	84Po ポロニウム 210	85At アスタチン 210	86Rn ラドン 222
6	55Cs セシウム 133	56Ba バリウム 137	57~71 ランタノイド系	72Hf ハフニウム 179	73Ta タンタル 181	74W タングステン 184	75Re レニウム 186	76Os オスミウム 190	77Ir イリジウム 192	78Pt 白金 195	79Au 金 197	80Hg 水銀 201	113Uut ウンウントリウム 278	114Uuq ウンウンクワドニウム 289	115Uup ウンウンペンニウム 288	116Uuh ウンウンヘクニウム 292	117Uus ウンウンセプトニウム 310	118Uuo ウンウンオクトニウム 293
7	87Fr フランシウム 223	88Ra ラジウム 226	89~103 アクチノイド系	104Rf ラザホーニウム 261	105Db ドブニウム 262	106Sg シーボギウム 263	107Bh ボーリウム 267	108Hs ハッシウム 273	109Mt マイトネリウム 268	110Ds ダームスタチウム 269	111Rg レントゲニウム 272	112Cn コペルニシウム 277	113Uut ウンウントリウム 278	114Uuq ウンウンクワドニウム 289	115Uup ウンウンペンニウム 288	116Uuh ウンウンヘクニウム 292	117Uus ウンウンセプトニウム 310	118Uuo ウンウンオクトニウム 293
			57La ランタン 139	58Ce セリウム 140	59Pr プラセオジム 141	60Nd ネオジム 144	61Pm プロメチウム 145	62Sm サマリウム 150	63Eu ユーロピウム 152	64Gd ガドリニウム 157	65Tb テルビウム 159	66Dy ジスプロシウム 163	67Ho ホルミウム 165	68Er エルビウム 167	69Tm ツリウム 169	70Yb イットルビウム 173	71Lu ルテチウム 175	
			89Ac アクチニウム 227	90Th トリウム 232	91Pa パラドキシム 231	92U ウラン 238	93Np ネプツニウム 237	94Pu プルトニウム 239	95Am アメリシウム 243	96Cm キュリウム 247	97Bk バークリウム 247	98Cf カリフォルニウム 252	99Es アインシュタインウム 252	100Fm フェルミウム 257	101Md メンデルビウム 258	102No ノーベリウム 259	103Lr ローレンシウム 262	

チャレンジ

3

原子の世界を探ろう

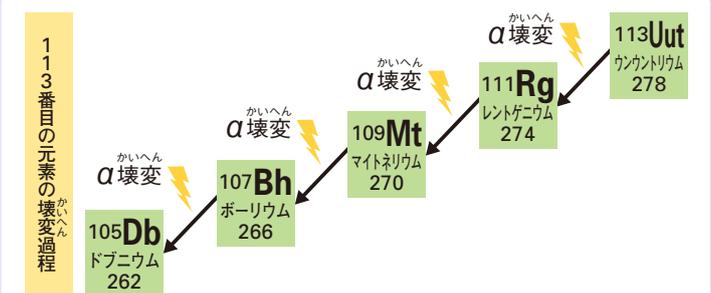
メンデレーエフはそれまで知られていた元素や化合物の性質を経験的に整理し、周期表として発表しました。彼の周期表にはそれまで発見されていなかったガリウム、ゲルマニウムが予言されていました。1906年、メンデレーエフはノーベル賞の候補になりましたが、フッ素の単離に成功したモアッサンに敗れ、翌年亡くなりました。

Challenger's Eye

113番目の元素(ウンウントリウム(Uut))の発見

ウランより重い元素の多くは、実験室の中で人工的に作られることにより発見されました。そのなかで113番目の元素は日本で発見されたのです。この元素を発見したのは独立行政法人理化学研究所の森田浩介専任研究員です。実験では一時間に2.5兆個の垂鉛粒子をビスマスの薄膜に照射し続け、80日後、約100兆回の衝突が起きたと考えられています。2004年7月23日18時55分、合成された原子核1個を観測しました。この原子核は合成されたあと、連続した4回のアルファ(α)壊変とそれに続く自発核分裂によって壊変しました。この一連の壊変の寿命および壊変エネルギーなどから、原子番号113の原子核が初めて合成されたと結論付けられました。2005年4月2日、さらに1個の観測をしました。

※ウンウントリウムは仮の名前で、まだ正式な名前は決まっています。
 ※壊変とは原子核が放射線を出して状態を変化させる現象のことです。(→24ページ)



2 原子の成り立ち

原子



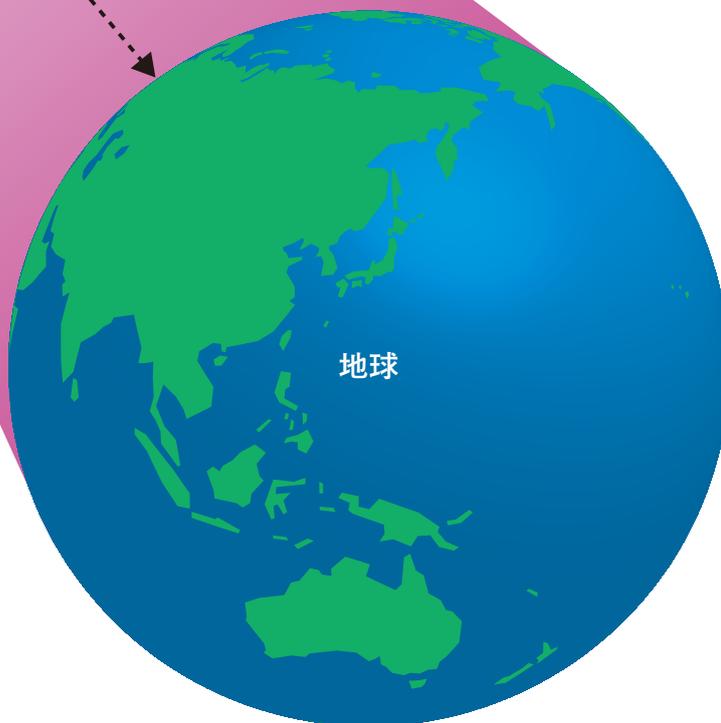
約 2 億倍



リンゴ

すべての物質は小さな「原子」が
たくさん集まってできています。
その原子はさらに小さい物質で構成されています。
どのようなしくみになっているのでしょうか？

約 2 億倍



地球

チャレンジ

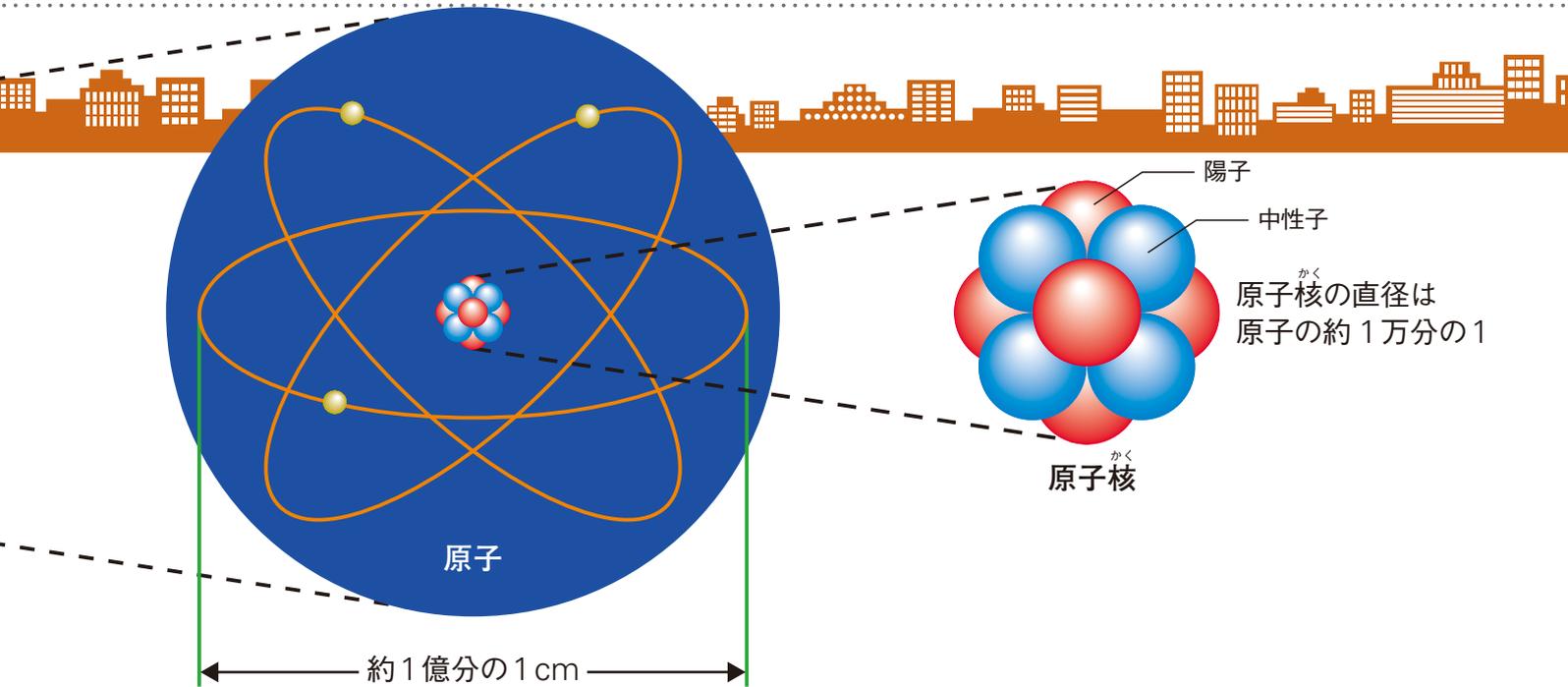
3

原子の世界を探ろう

チャレンジクイズ

1 辺の長さが 1 cm の立方体の金の塊かたまりがあります。さて、この中に金の原子は何個くらいあるのでしょうか。

- ① 600 億の 1 兆倍個
(6×10 の 22 乗個)
- ② 1 兆倍個 (6×10 の 12 乗個)
- ③ 600 億個



陽子
中性子
原子核の直径は
原子の約1万分の1

原子核

原子

約1億分の1cm

●原子

原子の大きさは約1億分の1cm程度と、途方もなく小さな存在です。大きさを比べると、地球とリンゴの大きさの比が、リンゴと原子の大きさの比とほとんど同じです。この小さな世界の中に、物質の性質を決めるすべてが詰まっています。でも、もしかしたらもっともっと小さな世界があるのではないかと、科学者たちは、さらに研究し続けています。

●原子核

原子核の大きさは約1兆分の1cm程度、原子の約1万分の1です。原子の中心にあり、陽子と中性子からできています。陽子と中性子は非常に強い力で結びついています。

●電子

原子核のまわりを回っています。原子を宇宙に例えると、原子核が太陽、電子が地球などの惑星と考えることができます。

チャレンジ
3
原子の世界を探ろう

Challenger's Eye

陽子と中性子を結びつけている力とは？

原子核の構造の理解が進むにつれ、それでは、なぜ陽子と中性子が一塊でいるのか？ということが次第に議論されるようになりました。陽子はプラスの電荷を持つので、互いに反発しあうはずなのですが、原子核は小さくまとまっている。なぜだろう？その疑問に初めて答えたのが1934年湯川秀樹博士の中間子理論構想です。陽子と、陽子と中性子が中間子という粒子をキャッチボールして互いに力を交換する、それが核力という強い力を生むことを予言したのです。1947年に中間子が発見され、湯川博士は1949年にノーベル賞を受賞しました。湯川博士は、毎日不眠症に悩まされていたある晩、天井板の年輪模様を見つめていたときに中間子論のヒントがひらめいたといっています。



湯川秀樹博士(1907~1981年)

- ◎原子は大変小さいが、そのなかにさらに構造をもっている。
- ◎原子は電子、陽子、中性子のみで構成されているが、性質はさまざまある。

ココがポイント

3 核分裂のしくみ

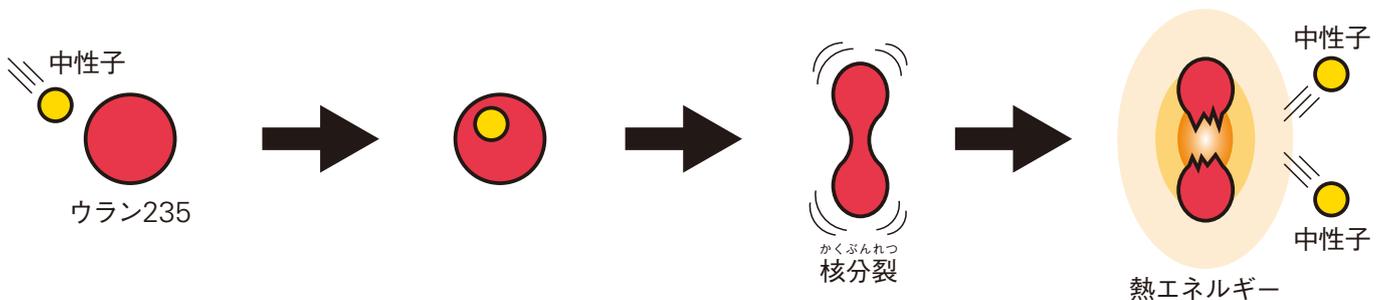
原子力とは、原子の「核分裂」という現象から生まれるエネルギーのことです。
 いったいどんな現象なのでしょう？

核分裂とは

核分裂とは、原子核が分裂して異なる原子核に分かれる現象です。ウランには核分裂しやすいウラン235と核分裂しにくいウラン238があります。原子力発電の燃料にはこの両方のウランが入っています。

ウラン235の原子核に中性子が飛び込むと、原子核は不安定な状態になり、分裂して異なる原子核に分かれます。このときエネルギーが発生し、また同時に数個の中性子も放出されます。

核分裂のしくみ



ウラン235は非常に核分裂しやすい原子核です。そのウラン235に中性子をぶつけると… それまでしっかり結びついていた陽子と中性子が不安定になります。ウラン235は2つに分裂するときに大きなエネルギーを出します。同時に2～3個の中性子が放り出されます。

核分裂の連鎖反応とは

核分裂によって放り出された中性子は別のウラン235原子核にぶつかり、また核分裂が起こります。こうして次々と核分裂が起こることを「核分裂の連鎖反応」といいます。

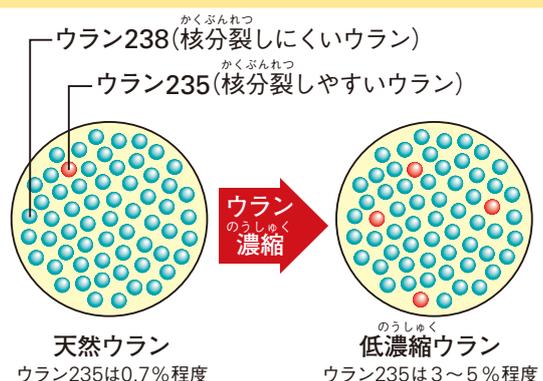
原子力発電所では核分裂の連鎖反応が一定の量で続くよう調節しています。そしてこの状態が続くことを「臨界」といいます。

Challenger's Eye

ウランの濃縮

天然のウラン鉱石にはウラン238が99.3%とウラン235が0.7%の割合でふくまれています。天然ウランのままでは、原子力発電所で使う燃料としてウラン235の割合が低すぎるので、これを3～5%程度になるよう濃度を高めます。これを「ウランの濃縮」といいます。

天然ウランと低濃縮ウランのちがい



チャレンジ

3

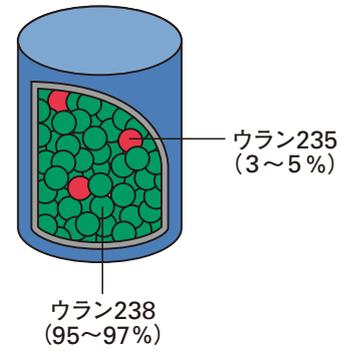
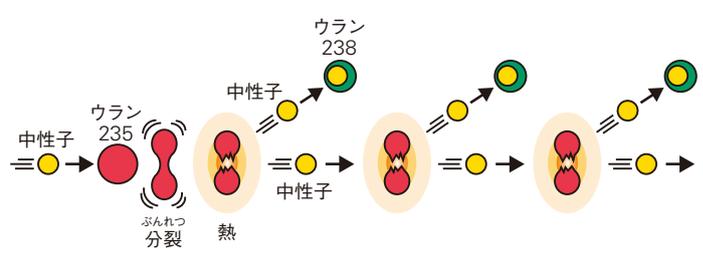
原子の世界を探ろう

原子力発電と原子爆弾のちがい

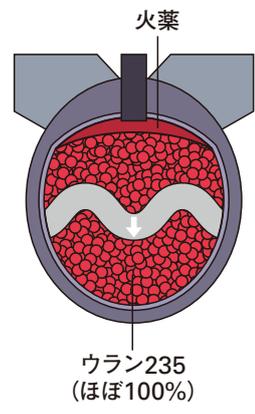
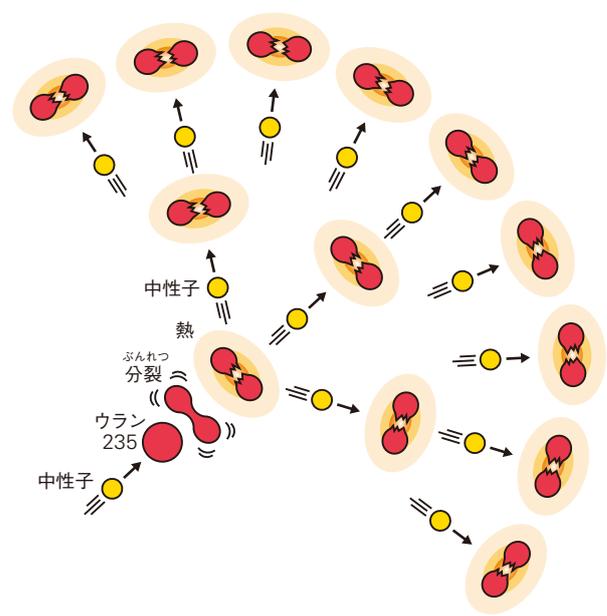
原子力発電と原子爆弾は、ともに核分裂によるエネルギーを利用する点では同じですが、そのしくみは根本的にちがいます。燃料となるウランは、ウラン235とウラン238が混ざっていますが、核分裂を起こすのはそのうちウラン235だけです。

原子力発電ではウラン235の割合が3～5%となっているのに対して、原子爆弾ではウラン235の割合をほぼ100%に濃縮して使われます。そのため、原子力発電ではゆっくりと核分裂の連鎖反応を起こさせてエネルギーを制御することができますが、原子爆弾では非常に短い時間で大量の核分裂の連鎖反応が起こり、一気に膨大なエネルギーが放出されます。原子力発電は、原子爆弾と比べウラン235の割合が非常に低く、核分裂を制御する制御棒などを備えているため、原子力発電所で原子爆弾のような核爆発が発生することはありません。

原子力発電の場合



原子爆弾の場合



ちがう点	原子力発電	原子爆弾
ウラン235の割合	3～5%	ほぼ100%
核分裂のしかた	ウランを少しずつ核分裂させます。	一瞬のうちにほとんどのウランを核分裂させます。
調節のしかた	制御機能を持ち、安定した核分裂連鎖反応となるように調節します。	核分裂連鎖反応を制御する装置がありません。

- ◎ウランのなかで核分裂を起こしやすいのはウラン235。
- ◎原子力発電の核分裂は制御することができる。
- ◎原子力発電と原子爆弾にはさまざまなちがいがある。

1

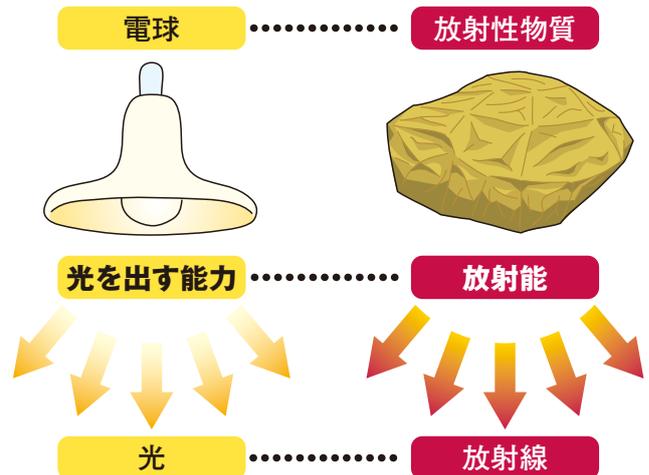
放射線の基礎知識

「放射線」と聞くと、なんとなく危ないような気がしませんか？
でも、私たちの周りにも放射線を出しているものがたくさんあります。
放射線とは、どのようなものなのでしょう？

放射線と放射能

原子力発電に利用されるウラン元素などは、核分裂かくぶんれつするときに「放射線」を出します。放射線を出す物質を「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」といいます。

電灯にたとえると「放射性物質」が電球であり、「放射線」が光です。



◆放射線・放射能を表す単位

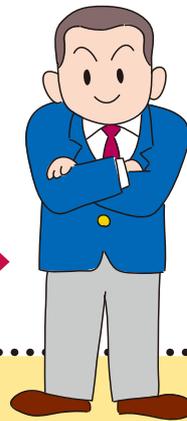
放射線や放射能の強さや量を表すには「ベクレル」「グレイ」「シーベルト」という単位が使われます。

ベクレル (Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位

1ベクレル=1秒間に1つの原子核かくが壊変かいへんすることを表します。
たとえば370ベクレルの放射性カリウムは、毎秒370個の原子核かくが壊変かいへんして放射線を出してカルシウムに変わります。

※壊変かいへんとは原子核かくが放射線を出して状態を変化させる現象のことです。
(→24ページ)



グレイ (Gy)

放射線のエネルギーが物質(人体)に吸収された量を表す単位
放射線が物質(人体)に当たると、持っているエネルギーを物質に与えます。1グレイ=1kgの物質が放射線により1ジュールのエネルギーを受けることを表します。

シーベルト (Sv)

受けた放射線による影響えいぎょうの度合いを表す単位
放射線の人体への照射による将来えいぎょうの影響を表します。放射線を安全に管理するための指標として用いられ、通常しせつの原子力施設や環境かんきょうの放射線のレベルで使用することができます。

チャレンジクイズ

胸の検査などで利用されているX線は次のうち、どの素材でくいとめることができるかな？

- ①紙
- ②アルミニウムなどの板
- ③鉛や厚い鉄の板

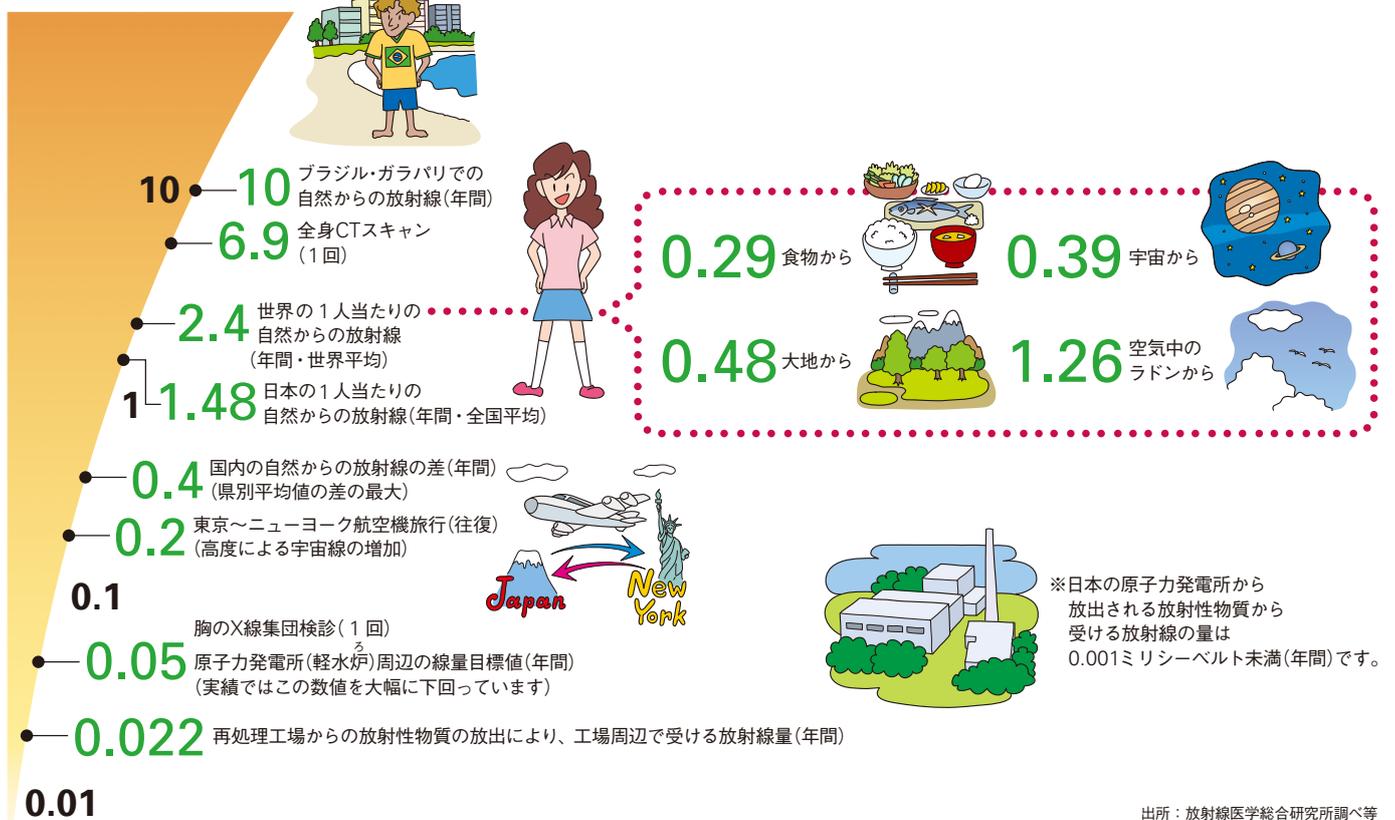
放射線とその影響^{えいきょう}

放射線は私たちの身の回りにもたくさんあります。大地や食べ物などから出ている自然からの放射線や病院のX線検査などで使われている放射線、原子力発電所から出る微量^{びりょう}の放射性物質から出る放射線があります。しかし、受ける放射線の量が同じであれば、発生源^{えいきょう}が何であっても影響^{およ}の度合いは同じです。

また、一度に多量の放射線を身体に受けると健康に害^{およ}を及ぼすことがあります。日常生活で受ける放射線のレベルであれば影響^{えいきょう}はありません。

◆放射線の量

(単位：ミリシーベルト(mSv))



◆体に受ける放射線量とすぐに現れる症状の関係(多量のγ、X線を一時に全身に受けたとき)

7000mGy	死亡
1000mGy	悪心、おう吐(10%の人)
500mGy	末梢血中のリンパ球の減少 ^{まっしょう}
100mGy以下	これより低い線量での臨床症状は確認されていない ^{りんしょう}

※γ線、X線を全身に受けたとき、ミリグレイ(mGy)はそのままmSvに換算^{かんさん}できます。(例えば100mGyは100mSvです)

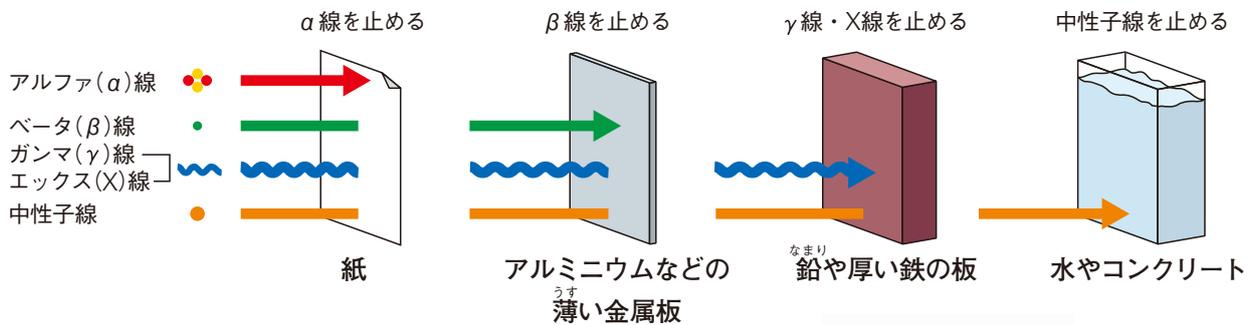
- ◎放射線・放射能を表す単位には「ベクレル」「グレイ」「シーベルト」などがある。
- ◎私たちは日常生活の中でも放射線を受けている。
- ◎放射線は大量に受けると、身体に害^{およ}を及ぼすが、少量の放射線であれば健康に影響^{えいきょう}はない。

2 放射線を体験してみよう

放射線は目で見ることにはできません。また、においもありませんし、手で触ったり、音を聞いたりもできません。しかし、このとらえどころのない放射線を測る方法があります。実験してみましょう。

放射線の種類と性質

放射線にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線、中性子線などの種類がありますが、共通した特徴とくちょうのひとつは物を通り抜ける能力とうか(透過力)を持っていることです。しかし、その能力は放射線の種類により異なります。



放射線を測ってみよう

放射線測定器「はかるくん」を使って、放射線の性質について調べてみましょう。

【用意するもの】

- 簡易放射線測定器「はかるくん」
- 特性実験セット
(上記2つについては、はかるくんWeb (<http://hakarukun.go.jp/>) にて無料で貸出ししています。)



簡易放射線測定器「はかるくん」

①まずは、自然界にある放射線の量を測ってみましょう。

【測定結果】

◎次に身近にある放射性物質の例として、特性実験セットに入っている以下の物を用意し、放射線量を測ってみましょう。

- ①かこう岩 ②塩 ③湯の花 ④カリ肥料 ⑤船底塗料とりよう ⑥マントル(ランタン用) ⑦塩化カリウム

【測定結果】

②放射線源からの距離きょりで、放射線量は変わるのか確かめてみましょう。

放射線源から「はかるくん」を 10、20、30、40cmと離していき、それぞれの表示された値を記録し、比べてみましょう。

【測定結果】

③放射線の透過作用を調べてみましょう。

放射線を遮へい(さえぎること)するためにはどんな材料を使えばいいのでしょうか。放射線にもさまざまな種類があり、その性質によって遮へい物も異なってきます。放射線源を使い、実際に測って確かめてみましょう。

放射線源を中央におき、4方向に15cm離して、「はかるくん」を置く。放射線源にアクリル、ステンレス、鉛、アルミニウムをセットし、放射線の強さを測る。



次に遮へいするものを2重にして同様に測定し、比較してみましょう。

【測定結果】		
枚数	1枚	2枚
アクリル		
ステンレス		
なまり鉛		
アルミニウム		

【まとめ】

④気づいた点をまとめましょう。

⑤学校の周辺の放射線量を測ってみましょう。

自然からの放射線量は地域、地質、周囲の環境条件などによって異なります。放射線量が高い地域はどんな場所、地質なのかを調べ、実際に測ってみましょう。また環境によって測定値がどのように変わるかを比べ、その理由を考えましょう。

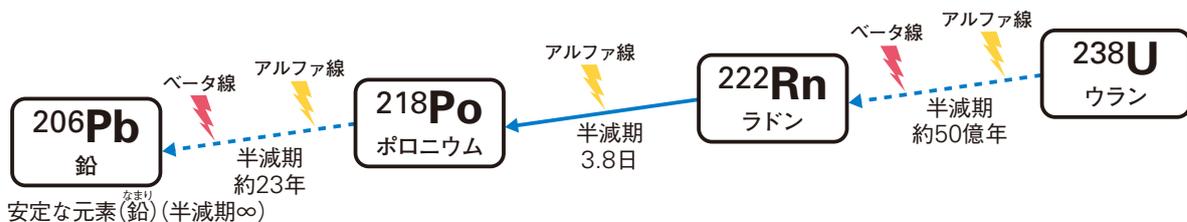
Challenger's Eye

放射線の壊変

安定した状態の元素からは放射線が出ません。不安定な元素が安定になろうとし、放射線を出しながら別の元素に変わります。このことを放射線の「壊変」といいます。

また、初期状態の不安定な元素の量がその半分の量に変化するまでにかかる時間を半減期といいます。半減期は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す。ウランも壊変をくり返しながら、ほかの放射性物質に変わります。最後には安定した鉛となつて放射線を出さなくなります。

ウランの壊変過程



- ◎放射線を測定する機器がある。
- ◎身の回りのものからも放射線が出ている。
- ◎身近なものでも放射線をさえぎるものがある。

3

放射線の利用

放射線は医学分野をはじめ、工業、農業、環境などさまざまな分野で役に立っています。どのような用途に使われているのを見てください。

放射線の種類と性質

放射線は物を通り抜ける(透過)能力や、電子をはじく作用、物の性質を変える作用などを持っています。技術の発達とともに、これらの特性を生かした利用が広がっています。

<医学利用> がんの放射線治療

手術で体を切らずにがんを直す方法です。がん細胞に放射線を当てるとその部分は破壊され、最終的には消滅します。痛みをとまなわない、身体の機能が失われない、などの利点があります。

これまではガンマ線やX線による治療が主でしたが、より効果が高く周辺の正常な組織に影響をあたえない炭素やネオンなどの重粒子線を用いた放射線治療も広まりつつあります。



重粒子線がん治療照射室((独)放射線医学総合研究所)

医学分野

がんの精密検査、がん治療、病気の診断、器具の滅菌 など

工業分野

タイヤ加工、物の厚さの計測、ビニール・プラスチック加工、着色、非破壊検査 など



タイヤ

<工業利用> タイヤの品質向上

プラスチックやゴムに放射線を当てると、耐熱性、耐水性、耐衝撃性、硬さなどが向上し、品質や機能を高めることができます。

自動車などのタイヤにもこの技術が使われており、強度を上げ、品質の安定化に役立っています。

調べてみよう!

興味のある分野の放射線利用について詳しく調べてみよう。



<農業利用> ジャガイモの発芽防止

食品に放射線を当てることを食品照射しょうしゃといいます。食品についている害虫くじょを駆除したり、ジャガイモの芽が出るのを防いだりできます。日本ではジャガイモのみに食品照射しょうしゃが認められています。

ジャガイモは一度発芽すると芽の底の部分に有害な物質が生まれますが、ガンマ線を照射すると発芽が抑制され、長期間にわたって保存が可能になります。ジャガイモに食品照射しても細胞分裂の盛んな芽の細胞以外に影響を与えることはありません。



ジャガイモへの放射線の照射(北海道・士幌町)

農業分野

ジャガイモの発芽防止、害虫駆除、品種改良 など

自然・人文科学分野

年代測定、化学分析、新しい元素、産地の特定、美術品の研究 など

日常生活での利用

X線検査、煙感知器、グロー管 など

<自然・人文科学利用> 年代測定

考古学や地質学、古代生物学などの分野では、年代の測定がとても重要です。考古学では「放射性炭素年代測定法」という方法を用い、遺跡の出土品にふくまれる炭素14という放射性物質の減り具合を調べることで、年代を調べることができます。



じょうもん 縄文時代晩期～ 弥生時代前期の土器 (財)山形県埋蔵文化財センター 所蔵

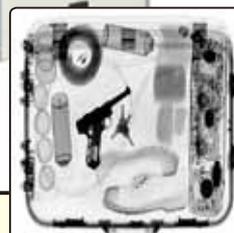
<日常生活での利用> X線検査

X線検査は、私たちが病院で受ける医療用のほか、空港などでの荷物検査にも使われています。

X線を当てれば、かばんを開けることなく透過像を見て内容物を判断したり、内部の物質を判定したりできます。



空港などで利用されている手荷物用X線検査装置



- ◎放射線は多くの分野で使われている。
- ◎日常生活で使っているものにも放射線が利用されている。

1

原子炉のしくみ

10ページで見たように、原子力発電所では原子炉の中でウランが核分裂したときのエネルギーを使って発電しています。

発電所の心臓部分ともいえる原子炉は、どのようなしくみになっているのでしょうか？

沸騰水型原子炉と加圧水型原子炉

日本では「軽水炉」とよばれるタイプの原子炉が使われています。

軽水炉とは減速材(中性子の速度を下げる働きをする)と冷却材(原子炉から熱を取り出す働きをする)にふつうの水(軽水)を使っていることが特徴です。

その軽水炉も「沸騰水型(BWR)」と「加圧水型(PWR)」の2種類があります。

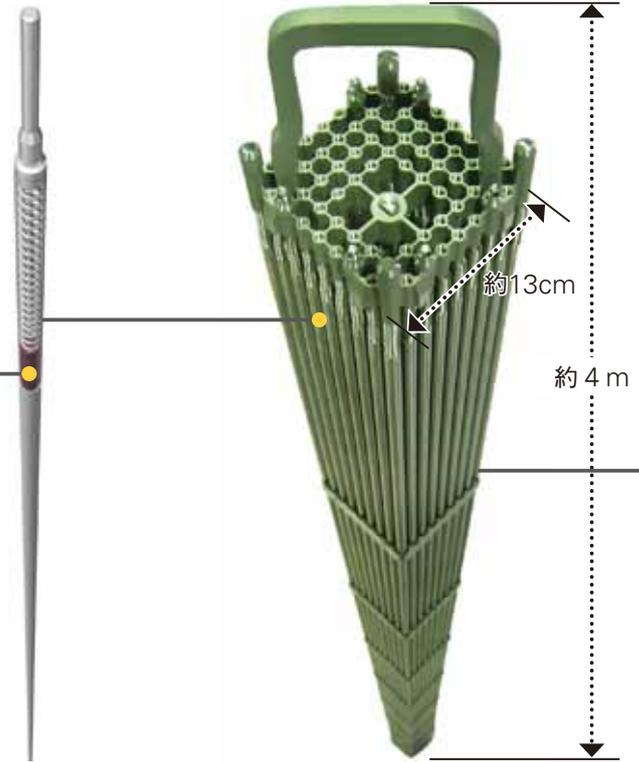
チャレンジ

5

原子力発電のしくみと特徴を知ろう



ペレット(写真はBWR用)
ウランを焼き固めたものをペレットといいます。
これ1個で、一般家庭で使う8~9か月分の電気を生み出すことができます(ペレットの大きさが、高さ1cm・直径1cmの場合)。



燃料棒
中にペレットをつめた金属の管です。1本の燃料棒にはペレットが370個ほど入っています(*BWRの場合)。

燃料集合体(写真はBWR用)
燃料棒をたばねたものです。

チャレンジクイズ

ウラン燃料はどのくらいの期間、発電し続けることができるのかな？

- ①約1か月
- ②約3年
- ③約10年

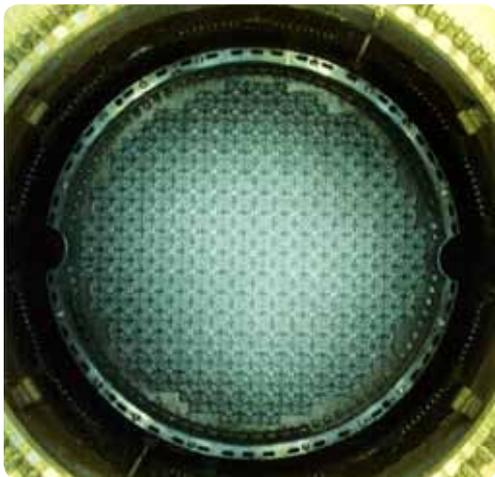
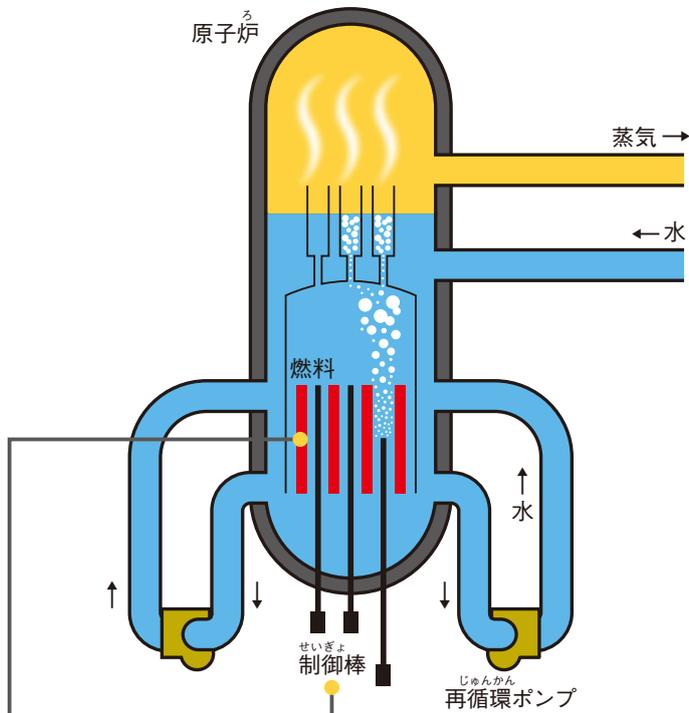


沸騰水型(BWR)原子炉の模型



沸騰水型(BWR)

原子炉ろの中の水を沸騰ふっとうさせ、蒸気ろを発生させます。



原子炉ろ(写真はBWR用)
発電所の心臓部。この中でウランが核分裂かくぶんれつして熱が発生します。

チャレンジ

5

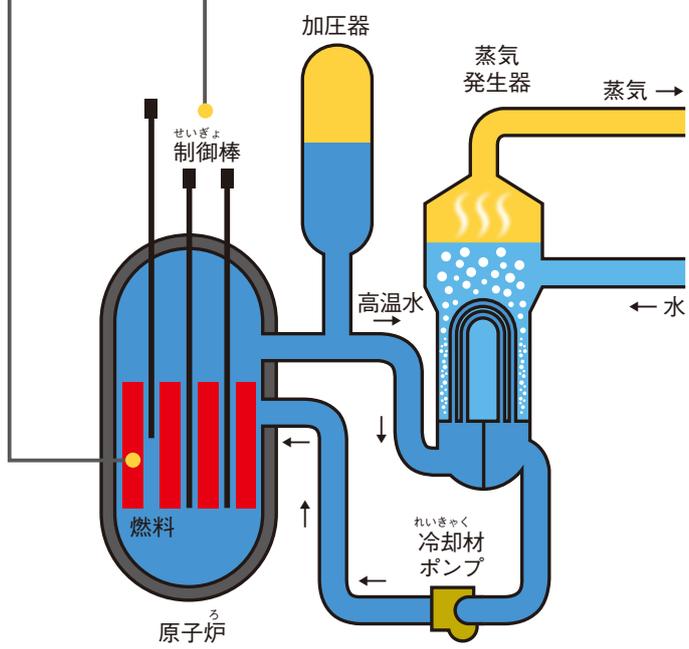
原子力発電のしくみと特徴を知ろう

制御棒

核分裂かくぶんれつの量を調整するため、ウランにぶつかる中性子の数を調節する棒です。中性子を吸収しやすい素材(ホウ素など)でできています。原子炉ろを起動したり停止したりするときに使います。

加圧水型(PWR)

原子炉ろの中で作られた高温・高圧の熱水を原子炉の外にある蒸気発生器に送り、熱水と別の水を用いて蒸気ろを発生させます。



中央制御室せいぎょ
係員が交代で、24時間、原子炉ろの運転や発電所全体に異常がないかを監視しています。

ココがポイント

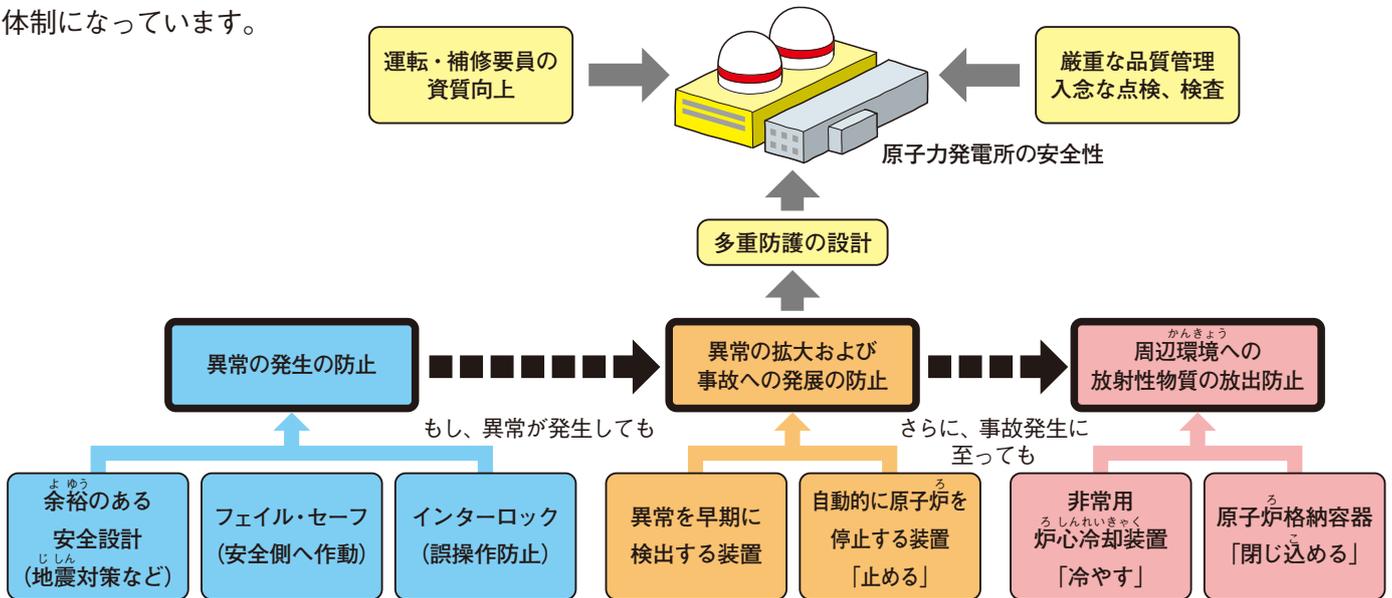
- ◎日本では軽水炉型原子炉ろを使用している。
- ◎軽水炉型原子炉ろには沸騰水型と加圧水型がある。

2 原子力発電所の安全対策と地震対策

原子力発電所では、原子炉の運転にともなって放射性物質が発生します。
 しかし、周辺の環境や人々に放射性物質の影響を及ぼすことがあってはなりません。
 原子力発電所では、どのようにして安全を守っているのでしょうか？

安全確保のしくみ

原子力発電所では「異常の発生を防止」することに努め、もし異常が発生しても「異常の拡大および事故への発展の防止」のため、異常を早期に検出し原子炉の運転を「止め」ます。万一、事故が発生しても原子炉を「冷やし」て放射性物質を「閉じ込める」多重防護の設計になっています。また、原子炉の状況は運転員が交代で24時間監視する体制になっています。

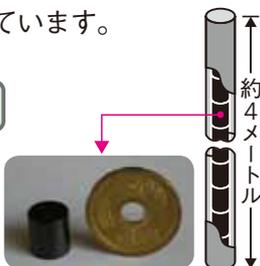


五重のかべ

ウランの核分裂によって発生する物質を「核分裂生成物」といいます。この中には非常に強い放射能を持つものもふくまれているので、放射性物質を管理する上で最も重視されます。原子力発電所では、これらの放射性物質を閉じ込めるため五重のかべを設けています。万一、事故発生という事態になっても周辺環境への放射性物質の放出を防止できるよう、何重にもわたる安全設計を行っています。

第1のかべ

ペレット
 ウランを焼き固めたもの。



第2のかべ

燃料棒(被覆管)
 ペレットを入れた合金製の細い丈夫な管。

第5のかべ

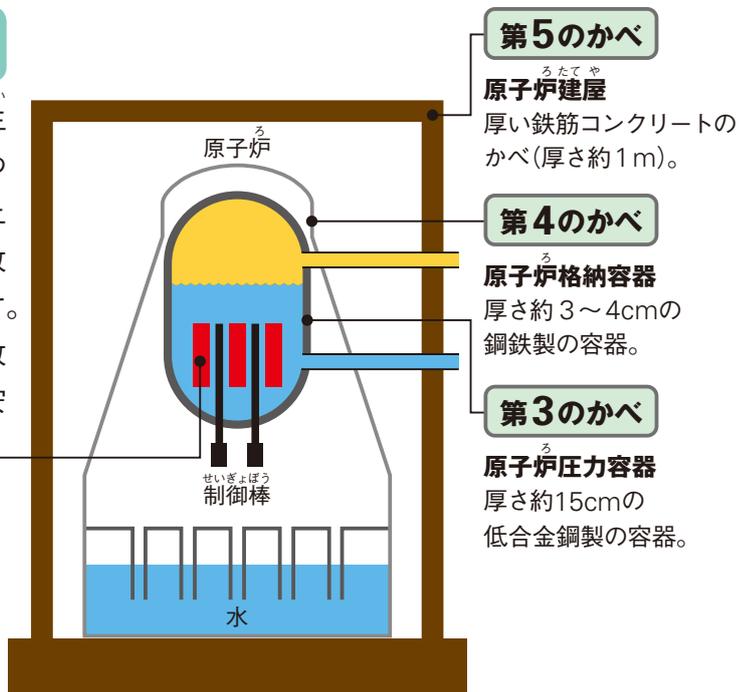
原子炉建屋
 厚い鉄筋コンクリートのかべ(厚さ約1m)。

第4のかべ

原子炉格納容器
 厚さ約3~4cmの鋼鉄製の容器。

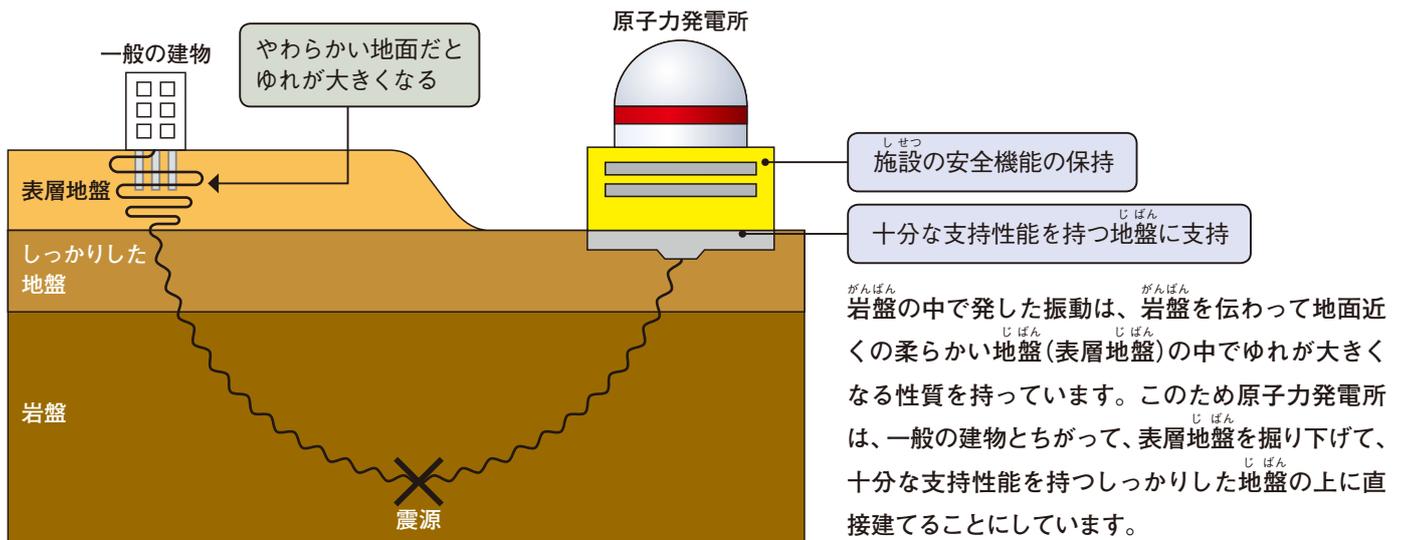
第3のかべ

原子炉圧力容器
 厚さ約15cmの低合金鋼製の容器。



地震対策のポイント

原子力発電所の建てられている場所では、建物や設備に大きな影響を与えるおそれがあるような地震がまれに発生するかもしれません。もし、そのような地震が起きても、周りに放射能が漏れても大きな影響がないように、重要な施設はその安全を保つ働きがこわれないように設計をする必要があります。



出所：原子力安全・保安院、(独)原子力安全基盤機構「新しい耐震設計審査指針」

原子力発電所を建てる際は、周囲も含めて詳細な調査を行い、きわめてまれではあるが、予定地に大きな影響を与えるおそれのある地震を想定し、それを考慮して重要な施設がこわれないような設計を行っています。その設計がきちとなされているかどうかを、大きな地震動を模擬できる大きな振動台で実物に近い設備をゆらす加振試験などを行って確かめています。

このほか、大きな津波が遠くからおそってきたとしても、発電所の機能がそこなわれないよう設計しています。さらに、これらの設計は「想定されることよりもさらに十分な余裕を持つ」ようになされています。

調べてみよう!

原子力施設から出る放射線の監視体制はどうなっているか調べてみよう。

余裕のある安全設計(耐震設計)

厳しい条件で設計

徹底した調査

きわめてまれな地震も考慮

重要度の高いものほど大きな地震力で設計

支持地盤の安全性

精細な解析評価

設計の妥当性確認

加振試験など

津波対策

十分な支持性能を有する地盤に建設

- ◎原子力発電所では、事故を未然に防ぎ、事故への発展を防止する対策が取られている。
- ◎原子炉は放射性物質を閉じこめる五重のかべで守られている。
- ◎大きな地震や津波にも耐えられるよう設計されている。

3

原子力施設で事故が起きた場合の防災対策

もし、原子力発電所やウランを[あつかう施設](#)で異常が発生した場合、周辺にくらす人たちの環境を守るためにどのような安全対策が取られているのでしょうか。過去に起きた原子力施設の事故と防災活動について見てみましょう。

主な原子力施設の事故

原子力発電は電気を作るときに二酸化炭素を出さず、少ない燃料でたくさんの電気を安定して作ることができます。しかし、これまでにいくつかの事故も起きています。

□スリーマイルアイランド原子力発電所の事故(1979年)

アメリカのスリーマイルアイランド原子力発電所で原子炉がこわれる事故が起き、放射性物質が発電所の外にもれました。しかし、放射性物質を閉じ込める機能が働いたために、放射性物質の放出量はわずかで、健康には問題のない低いレベルでした(1人当たり0.01ミリシーベルト)。

原因は機器の故障や運転する人の判断ミスが重なったことによるものです。

□チェルノブイリ原子力発電所の事故(1986年)

ウクライナ共和国(事故が発生したときはソ連)のチェルノブイリ原子力発電所の原子炉が一部こわれ、放射性物質が大気中に放出されました。放射性物質は空気の流れに乗って広がり、国境をこえヨーロッパの国々にも影響をもたらしました。この事故により、31人の死者が発生し、また、放射線による病気で多くの人々が苦しみました。

原因は運転員が原子炉の安全装置を動かさないようにするなど、規則を守らなかったからです。日本の原子力発電所の原子炉は、チェルノブイリ原子力発電所で使われている形式の原子炉とはしくみが異なることや、安全確保の対策がなされていることから、同じような事故が起こることはほとんど考えにくいですが、この事故の後、より安全を守るための対策が図られています。

□JCOウラン加工施設の事故(1999年)

茨城県のJCOウラン加工施設で事故が起き、作業員2人が死亡しました。また、周りに住む人も放射線を受けましたが、施設の外に放出された放射線のレベルは低く、健康や環境に影響はありませんでした。

原因は作業員が正しい作業手順を守らなかったためです。また、作業員が十分な安全教育を受けていなかったことも原因のひとつです。それにより原子炉の中と同じようにウランの核分裂の連鎖反応が施設内で起きてしまいました。この事故を教訓に、日本では原子力施設の近くにオフサイトセンターが設置されました。

日本では、このような事故を教訓に、原子力施設の事故を防ぐしくみを見直し、前よりも安全を確保するしくみとなっています。運転員の訓練を増やし、また、万一、運転員のミスが起きても安全機能が働くようなしくみ、つまり、事故が起きないように、また起こったとしても人体や環境に悪影響を及ぼさないよう、何重にも対策が取られています。



オフサイトセンターの役割

内閣総理大臣は原子力緊急事態宣言をし、官邸に原子力災害対策本部を設置します。

オフサイトセンター

原子力施設の事故などのときに、国、地方公共団体、事業者が集まります。



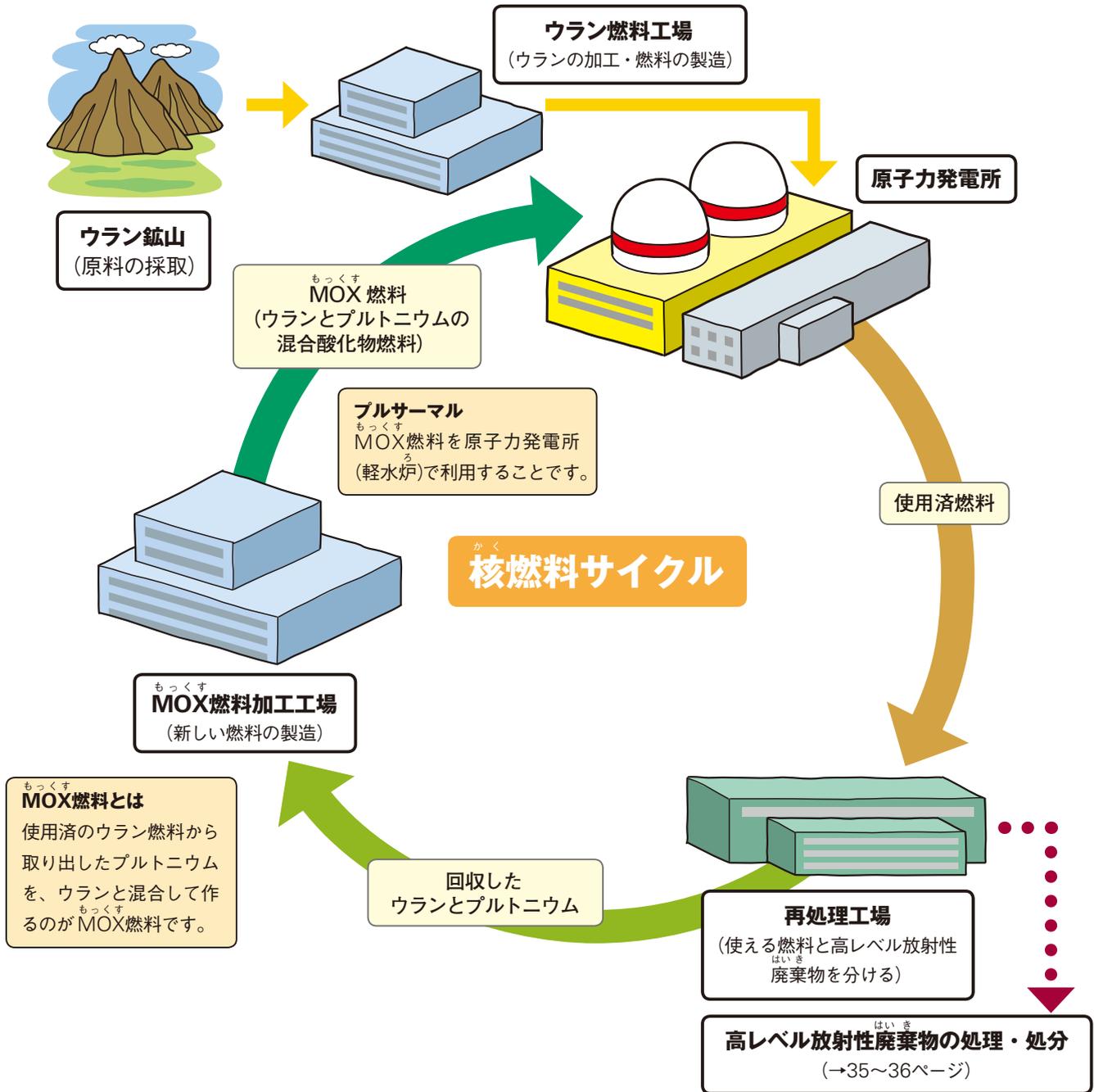
チャレンジ 5 原子力発電のしくみと特徴を知ろう

◎日本では過去に起きた事故を教訓に、安全を確保するしくみを強化している

◎万一、事故が起きた場合は、国、自治体、事業者などが連携し、周辺住民の安全を守る。

4 核燃料サイクル

使い終わったウラン燃料の中には、さらに使える燃料が残っています。
 原子力発電の燃料となるウランは、石油や石炭などと同じように資源に限りがあります。
 残った燃料はどのようにリサイクルされるのでしょうか？



チャレンジ

5

原子力発電のしくみと特徴を知ろう

核燃料サイクルとは

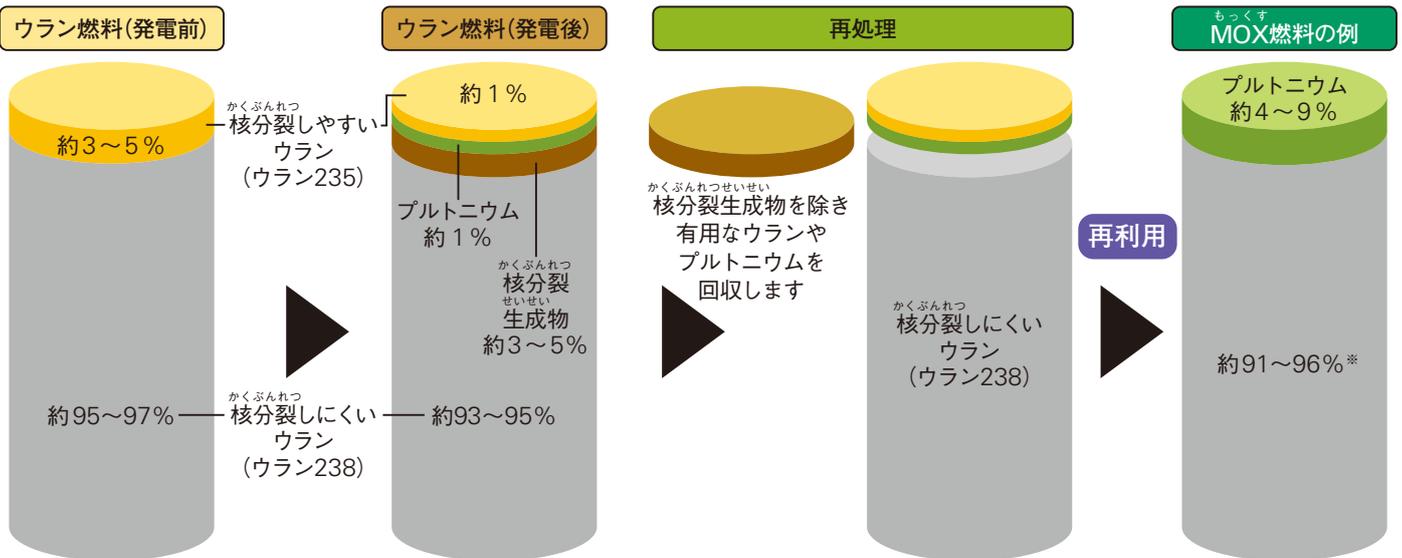
原子力発電は、化石燃料と異なり、燃料をリサイクルして使えるのが大きな特徴のひとつです。使い終わった燃料の中には、ウランやプルトニウム、核分裂生成物(廃棄物となるもの)がふくまれています。

プルトニウムは、原子炉の中で核分裂しにくいウラン238が変化してできたもので、ウラン235と同じように核分裂しやすい物質です。そこで日本では、このウラン・プルトニウム、核分裂生成物を化学的に分離・回収(再処理)し、新しい燃料を作って利用することにしています。このリサイクルのしくみを「核燃料サイクル」といいます。

ウラン燃料とMOX燃料

ウラン燃料は、3～4年程度原子炉の中で使われた後、新たな燃料と交換されます。使い終わった燃料から取り出したプルトニウムやウランは「MOX燃料」という新たな燃料に生まれ変わります。燃料をリサイクルすれば、1～2割のウラン資源の節約ができ、高レベル放射性廃棄物(→35ページ)を減らすことができます。

◆ウラン燃料とMOX燃料



核分裂生成物

非常に高いレベルの放射線を発生する元素がふくまれています。

MOX燃料

プルトニウムとウランの酸化物を混ぜて作った混合酸化物燃料です(※わずかにウラン235をふくみます)。

ウラン資源をよりむだなく使うために

ふつうの原子力発電(軽水炉)で使われている燃料は、そのごく一部しか再利用することができません。しかし、発電しながら新たな燃料を作る「高速増殖炉(→40ページ)」を使えば、燃料の利用率が飛躍的に高まります。

高速増殖炉とは、核分裂しにくいウラン238を核分裂しやすいプルトニウムに変えることによって、使った燃料より多くの新しい燃料を作ることのできる原子炉です。限りあるウラン資源をむだなく使うための取り組みとして研究・開発が進められています。

Challenger's Eye

プルトニウムは軽水炉でもすでに利用されている!?

今、日本の軽水炉で使用されているのは、核分裂しやすいウラン235の割合を3～5%に高めたウラン燃料です。原子炉の中に燃料を入れて、最初はウランだけが核分裂します。しかし、連鎖反応を続けているうちに、燃料中にプルトニウムが生成され、このプルトニウムも核分裂するようになります。運転中の原子力発電所で得られるエネルギーの約3分の1はこのプルトニウムの核分裂によって発電されています。

- ◎ウラン燃料はリサイクルできる。
- ◎使用済燃料をリサイクルして作った燃料をMOX燃料という。
- ◎プルサーマルはウラン資源を有効に活用する方法である。

ココがポイント

チャレンジ

5

原子力発電のしくみと特徴を知ろう

5 放射性廃棄物の処理・処分

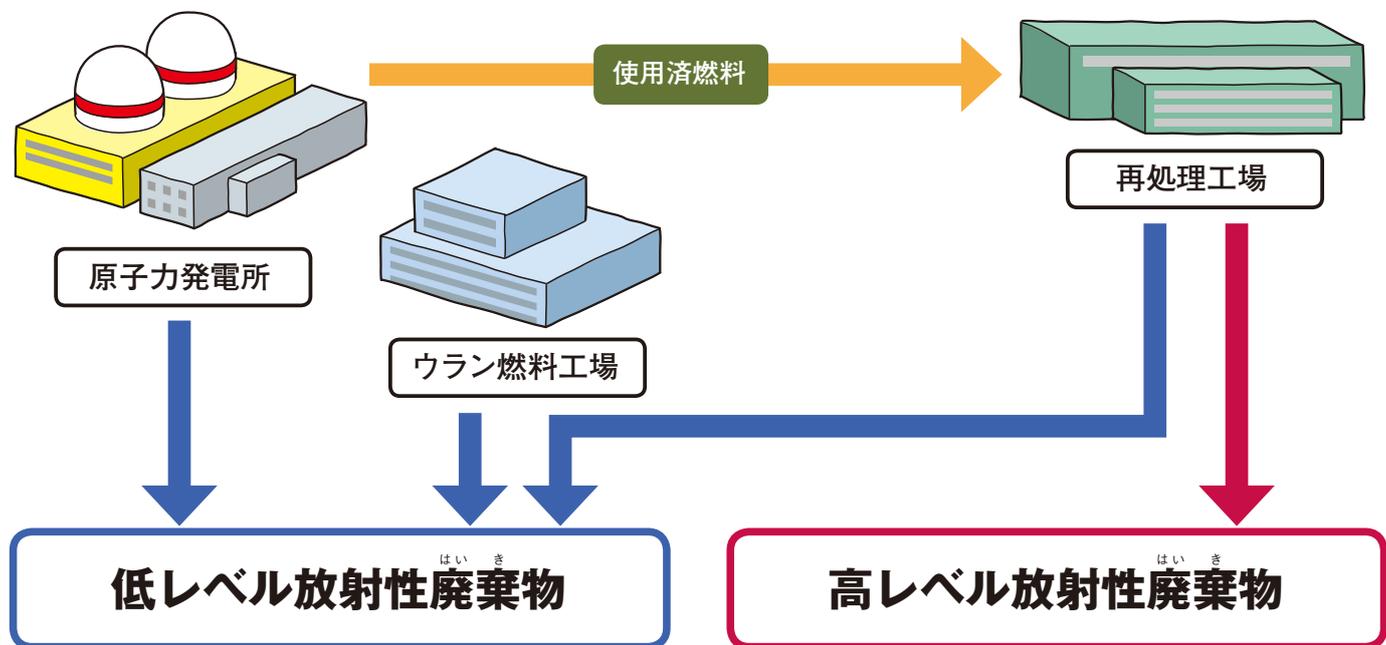
原子力発電では、放射性物質をふくんだごみが発生します。

どのようなごみなのでしょう？ そして、どのように処分されるのでしょうか？

放射性廃棄物とは

放射性物質をふくんだごみを「放射性廃棄物」といいます。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」に大きく分かります。低レベル放射性廃棄物はさらに、放射性廃棄物の種類や濃度、発生場所によって分類されます。

放射性廃棄物の処分は、これらの分類に応じて私たちが安全に生活を送れるように処分されます。



低レベル放射性廃棄物
 低レベル放射性廃棄物は、原子力施設の運転、点検、解体などにもなって発生するものです。コンクリート、金属、使用済みの消耗品（ペーパータオル、作業用手袋、作業服）などです。これらは放射能レベルに応じて適切に処分されます。

高レベル放射性廃棄物
 高レベル放射性廃棄物は、再処理工場で使用済燃料からまだ使えるウランやプルトニウムを回収した後に残る、放射能レベルの高い廃液のことです。これをガラスと溶かし合わせて固化したものを「ガラス固化体」といい、30～50年間、地上で冷却した後、処分します。



ガラス固化体

高レベル放射性廃液をガラス原料とともに溶かし合わせて、ステンレス容器に入れて固めたもの。

直径：約40cm
 高さ：約130cm
 総重量：約500kg

高レベル放射性廃棄物の処分

ガラス固化体は強い放射線を出すので、放射能レベルが十分に低くなるまで数万年は私たちの生活環境から隔離する必要があります。そこで地下300m以上の深い安定した岩盤に特別な処分施設を作り、処分(地層処分)する計画です。現在は、処分地を日本国内のどこにするか、候補地を公募している段階です。

高レベル放射性廃棄物の処分の方法

多重バリアシステム

人工バリア

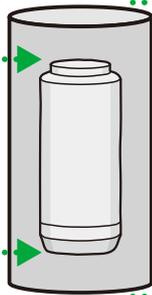
バリア 1

ガラス固化体



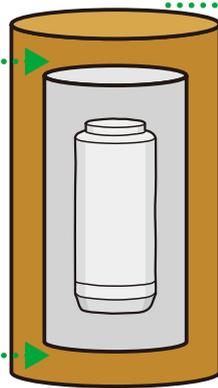
バリア 2

オーバーパック
(金属製の容器)



バリア 3

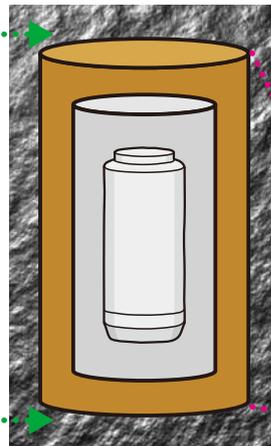
緩衝材
(粘土)



天然バリア

バリア 4

岩盤



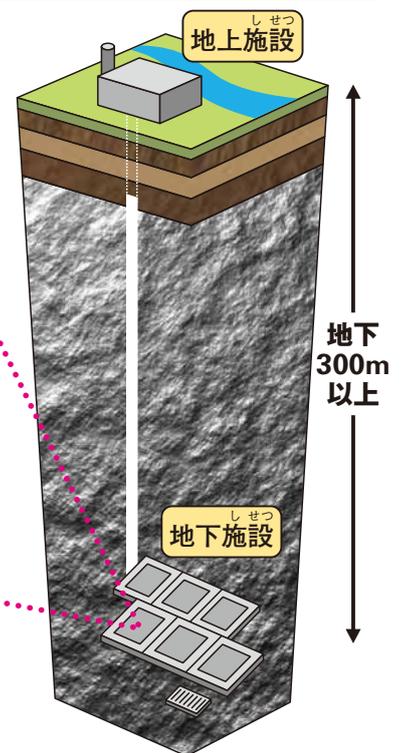
ガラスは放射性物質が地下水に溶け出しにくくします。

厚さ約20cmの金属製の容器。ガラスと地下水が接触するのを防ぎます。

オーバーパックをおお厚さ約70cmの粘土。粘土は水を通しにくく、地下水と放射性物質の移動をおそくします。

地下深くの安定した岩盤は、長期間、放射性物質を閉じ込める力を持っています。また酸素が少なく金属はさびにくくなります。

高レベル放射性廃棄物処分施設



チャレンジ

5

原子力発電のしくみと特徴を知ろう

チャレンジクイズ

日本の原子力発電から出る1年分の「高レベル放射性廃棄物」は、日本人1人当たりだと何グラム？

- ①約5g
- ②約100g
- ③約3,000g

海外での高レベル放射性廃棄物処分の状況

高レベル放射性廃棄物を地下深く安定した岩盤に処分することは、世界で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、フランスなど世界各国で処分地の選定、必要な研究開発などが積極的に進められています。

Challenger's Eye

- ◎放射性廃棄物には「低レベル放射性廃棄物」と「高レベル放射性廃棄物」がある。
- ◎高レベル放射性廃棄物は、ガラスといっしょに固化し、一定期間、貯蔵される。
- ◎高レベル放射性廃棄物は、地中深くに処分する計画である。

7

日本と世界の原子力発電の今・未来

ここまで見てきたように、原子力発電には長所もあれば短所もあります。
 一方で、日本や世界はエネルギーや環境をめぐる問題も解決していかなければなりません。
 日本、そして世界はどのように原子力発電と向き合っていくのでしょうか？

日本の原子力発電所 (2009年12月末現在)

	基数	合計出力(万kW)
運転中	54基	4,884.7万kW
建設中	2基	275.6万kW
着工準備中	12基	1,655.2万kW
合計	68基	6,815.5万kW

ふっとう 沸騰水型原子炉 (BWR) : 加圧水型原子炉 (PWR)

■ 運転中 ■ 運転中
■ 建設中 ■ 建設中
■ 着工準備中 ■ 着工準備中



チャレンジ

6

原子力発電の今とこれからを知ろう

日本の原子力発電所

現在、日本には54基の商業用の原子力発電所があり、全部合わせると、4,884.7万kWの電気を発電する能力があります。建設中と着工準備中の原子力発電所は合計14基あります。

さらに、高速増殖原型炉「もんじゅ」で、さまざまな研究を行いながら発電もする計画になっています。

世界の原子力発電をめぐる動向

1979年の米国スリーマイルアイランド原子力発電所の事故や、1986年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故などを契機に世界中で原子力発電所の建設が停滞した状況が続いていました。しかし最近では、地球温暖化対策やエネルギー安定供給の観点から、原子力発電所の有効性に着目して新增設や計画が見られるようになってきました。

◆原子力発電所の世界的広がり

フィンランド、イギリス、イタリア、スウェーデンなどでは新しい原子力発電所の建設を検討中です。

中国、インド、ロシアはそれぞれ20基以上の新たな原子力発電所を建設する予定です。

アメリカには104基の原子力発電所があり世界1位。30年ぶりに新しい原子力発電所を建設する予定です。

東南アジア、中央アジア、中東、アフリカ、南米でも、これから原子力発電所を導入する国が増える見込みです。

■すでに原子力発電所がある国・地域
■これから原子力発電所の建設を再開、検討している国・地域

出所：「平成20年版原子力白書」

アメリカ合衆国	1970年代以降、新規原子力発電所建設なし	▶ 30年ぶりに新規原子力発電所建設へ
イギリス、イタリア、スウェーデン	スリーマイルアイランド事故、チェルノブイリ事故以降、原子力に否定的	▶ 原子炉新規建設へ方向転換
中国、インド、ロシア	原子力のごくわずか、ロシアは約20年間新規建設ほとんどなし	▶ 各国とも20基以上の新設計画
スイス	チェルノブイリ事故後、脱原子力の国民投票	▶ 国民投票で脱原子力を否決 新規建設の必要性を認めている
国際エネルギー機関 (IEA)	これまで原子力をタブー視	▶ 2006年末、初めて原子力の役割を積極的に評価

出所：「平成20年版原子力白書」

- ◎日本では現在54基の原子力発電所が運転中、14基が建設中・着工準備中である。
- ◎世界では地球環境やエネルギーの安定供給の観点から原子力発電が見直されている。

2

未来に向けて進められているさまざまな研究

二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量を減らすため、すでにある技術の延長だけでなく、今までにない革新的な技術の研究・開発が進められています。どのような技術の開発が進められているのでしょうか？

エネルギー分野における革新的技術

日本では、地球温暖化問題への対応のため、温室効果ガスの排出量を大幅に削減する取り組みを進めています。また、この先もエネルギーを安定して使い続けるため、エネルギーの効率的な利用方法も考えていかなければなりません。

そのためには、思い切った革新的なエネルギー技術の開発が不可欠です。それぞれの技術の普及には、さらなる研究開発や低コスト化などの課題がありますが、今後、着実に進められていく予定です。

◆エネルギーの効率向上・低炭素化技術の例

・高効率石炭火力発電

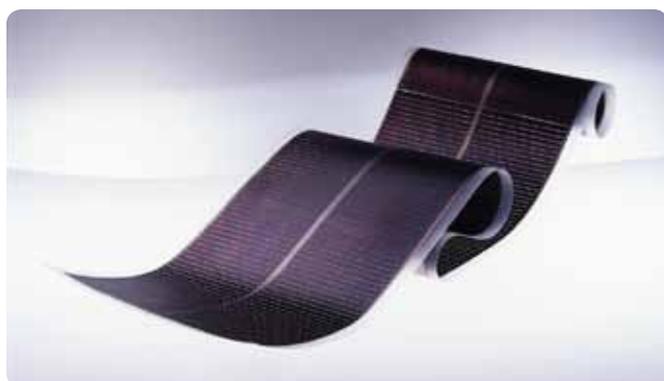
石炭をガス化して、火力発電の効率を飛躍的に高める技術を取り入れた、高効率石炭火力発電の開発が進んでいます。

・二酸化炭素回収・貯留システム(CCS)

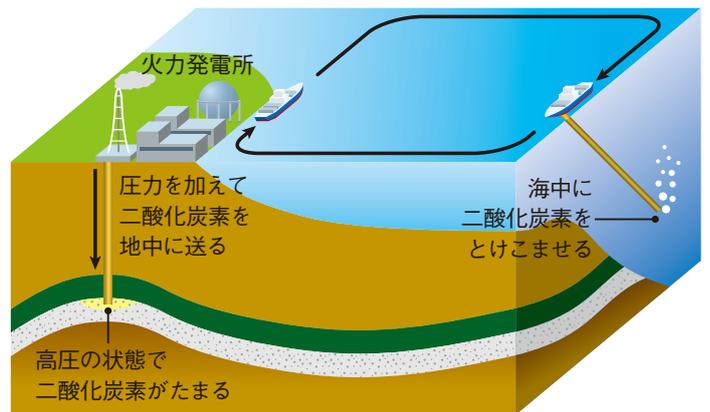
発生した二酸化炭素を効率よく回収して、地中に貯留する技術を二酸化炭素回収・貯留システム(CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) システム)といいます。二酸化炭素の排出量を大きく抑えることができます。

・革新的太陽光発電

超ミクロな構造や有機材料を活用した高効率で安価な太陽電池システムや、薄膜シリコンなどの自由に曲げてどこでも使えるような太陽電池技術です。



有機フィルムを用いた薄膜アモルファスシリコン太陽電池



二酸化炭素回収・貯留システム(CCS)

・燃料電池自動車

燃料電池は水素と大気中の酸素を化学的に反応させて、直接電気を作るシステムです。自動車の動力として期待されているほか、家庭用発電機としての開発も進んでいます。

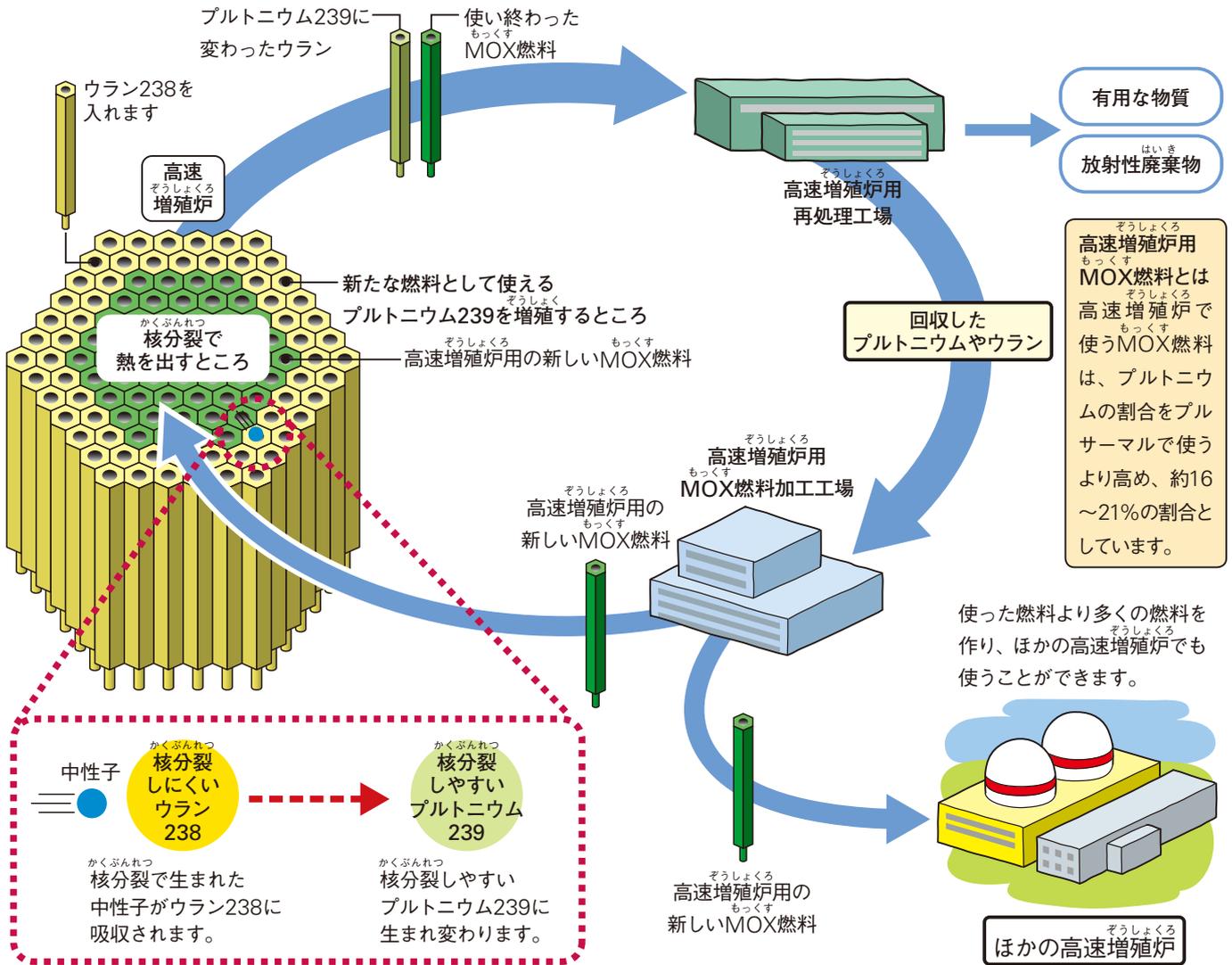


燃料電池自動車

高速増殖炉

高速増殖炉とは、発電しながら使った燃料より多くの燃料を作ることができる、つまり燃料が「増殖」する原子炉です。エネルギー革新技術のひとつとして将来の実用化に向けて研究されています。

◆高速増殖炉のしくみ



調べてみよう!

原子のエネルギーを取り出すには、原子力発電で使っている「核分裂」のほかに「核融合」という方法もあります。今、実用化を目指して世界の国々が協力して研究を進めています。どのようなエネルギーなのか、くわしく調べてみましょう。

- ◎現在日本では、短期から中期、長期的視野に立った原子力技術開発が進められている。
- ◎原子力以外についても二酸化炭素排出量を大幅に削減する技術やエネルギー利用の効率化について研究・開発が進められている。

ディベートを通して考える原子力発電の役割

エネルギーや原子力発電についていろいろ学習してきました。

特に原子力発電については、さまざまな意見や考え方があることもわかったと思います。

最後に、学習のまとめとして「ディベート」を通して原子力発電の役割を考えてみましょう。

1. ディベートとは？

ひとつのテーマ(論題)について、2つのグループが賛成と反対の立場に分かれて、聞き手に対し自分たちの議論の優位性を理解してもらうことを意図しながら議論すること。

2. ディベートのやり方

【論題例】「日本は原子力発電所を増やすべきか、減らすべきか」

【ねらい】 原子力発電のメリットとデメリットについて、さまざまな資料やデータをもとに多面的に考え、理解する。



A. 教科や総合的な学習の時間などで本格的に実践する場合(10時間計画)

(1) ミニ・ディベートをしよう(1時間)…楽しくディベートと出会う活動

- 4人1組になり、身近なテーマでの討論を1時間に2回行う。
1回は討論(ディベート)を行い、もう1回は評価(ジャッジ)を行う。
- テーマとしては「大人は子どもより得である」、「中学校では制服を廃止すべきである」などがある。流れは、最初のスピーチ・質疑応答・反駁をそれぞれ1分ずつ取り、間に作戦タイムを1分ずつはさむ。最後に、ジャッジはどちらに説得力があったかで判断し、判断理由をそえて評価する。

(2) ディベートのルールを知ろう(0.5時間)

- ディベートの準備の進め方、試合のやり方・流れ・時間配分・役割分担について知る。
- 選手や司会、時計係、ジャッジの活動内容を知る。

(3) ディベートの準備をしよう(4.5時間)…授業の半分ずつを使い9回に分けて行うことも可能。

- 図書館へ行って関係書物を借りて調べたり、パソコンでインターネット検索をしたりする。
- 団体や企業に問い合わせ、資料請求をしたり、家族や身近な大人と意見交換をしたりする。
- 集めた資料をもとに、自分の主張を加え、考察し、レポートにまとめる。
- 各人のレポートを持ち寄り、主張を定め、立論を構成する。
- 相手の主張を予測し、反駁材料を集め、議論の準備を行う。

(4) ディベートマッチをしよう(4時間)

- ディベーターは、資料を駆使し、相手側の主張をメモし、的確な反駁を行う。
- 司会は運営を担当し、円滑に議事を進める。
- 計時係はタイマーを操作して、時間を計り、残分を掲示する。
- ジャッジは、議論の内容をメモにとりながら、ステージごとの採点を行い、議論の勝敗を定める。

B. 行事や特設の時間などで試験的に取り組む場合(2時間計画)

- 体育館や大きな教室で、全校、または学年で行う
- 生徒会役員や有志で、1～2か月くらい前から準備を始める。
- ディベートの流れや立論のポイントなどは、プレゼンテーションソフトなどにまとめ、プロジェクターを使い、スクリーンに映し出すとわかりやすい。
- 司会者や発言者はマイクを使うといい。
- 判定は、教師が行う場合と、参観している生徒が投票(挙手)をして決める場合がある。
- 時間に余裕があれば、クラス毎にミニ・ディベートを1時間実施した後、このディベートを行うとより効果的である。

3. 実際の事例

神戸大学附属明石中学校3年生が、社会科(公民的分野)で取り組んだ実践を紹介します。

学習内容・活動	学習方法・資料教材など	備考
<p>論題「日本は原子力発電を廃止すべし、是か非か」</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クラス全員が、一度はディベーターを体験するようにチームを組む。学級規模や実態に応じてチームは4～8人程度とする。 ・ディベーターは肯定・否定双方が教壇前で向き合い、テーマに沿った討論を行う。 ・他の者はジャッジとして、ワークプリントにメモをとりながら、議論の勝敗を定める。 ・その他のテーマとしては「日本は、環境税を導入すべし、是か非か」、「日本は、サマータイム制度を導入すべし、是か非か」などがある。 <p>■ 1時間における流れ</p> <p>①肯定側立論……………(3分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>②否定側質疑……………(4分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>③否定側立論……………(3分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>④肯定側質疑……………(4分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>⑤否定側第1反駁……………(3分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>⑥肯定側第1反駁……………(3分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>⑦否定側第2反駁……………(3分) (作戦タイム)……………(1分)</p> <p>⑧肯定側第2反駁……………(3分) (議論の評価)</p> <p>⑨表決を行う ・挙手で行う</p> <p>⑩感想を述べる ・さまざまな立場から、数名を指名する。</p> <p>⑪教師の解説と講評</p> <p>⑫感想文を書く</p>	<p>■準備物 評価用ワークプリント</p> <p>■学習方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ディベーターは5人ずつ教壇前で向かい合う。 ・ジャッジは教室の後ろで参観する。 ・通常の机の並びと異なるので、会場は事前に設置しておく。 <p>■進め方</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ディベートはタイムテーブル通りに進む。 ・1回目の司会は教師が行うが、2回目以降は生徒代表が行う。 <p>■教師の動き</p> <ul style="list-style-type: none"> ・教師は全体を大観しながら、討議のメモを取り、最後の講評の準備を行う。 	<p><肯定側の主張の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ウラン資源の有限性に触れ、ヨーロッパでの事例を元に脱原発を主張する。 ・大地震や事故発生の危険性を、スリーマイルやチェルノブイリを事例として訴える。 ・廃炉の問題や放射性廃棄物処理のコストを、試算を元に説明する。 <p style="text-align: center;">↓</p> <p><否定側の反駁の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ウランと石油の可採年数の比較をした上で、核燃料サイクルの計画を説明し、持続可能なエネルギー供給だと主張する。 ・耐震設計などの安全対策を、国会議事録などを元に説明する。 ・石油などの化石燃料の枯渇が心配される未来においても、エネルギーを安定供給し続ける重要性は、お金に換算できないと訴える。 <p><否定側の主張の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・火力や水力の将来性の不安や問題点を述べ、エネルギーの安定供給の重要性を訴える。 ・安定供給が困難、普及に時間がかかるといった新エネルギーの課題を主張する。 ・日本のエネルギー自給率の低さを訴え、その向上が重要な課題であることを述べる。 <p style="text-align: center;">↓</p> <p><肯定側の反駁の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本だけでなく世界のエネルギー供給の安定を図るためにも、日本が新エネルギーを推進し、その低コスト化を実現させるべきだと訴える。 ・安全対策を取っていても、事故やミスは起きるものだと主張し、安全性の高い技術にシフトする重要性を訴える。

最後に

学習したことをまとめて発信しよう

原子力の歴史と平和利用の取り組み

● 原子力の歩み

● 国際協力の歩み

1938年 核分裂の発見

オットー・ハーンとリンゼ・マイトナーが核分裂を確かめました。

1951年

世界で最初の原子力発電の成功

アメリカの国立原子炉研究所（現在のアイダホ国立研究所）の施設として造られた高速増殖炉実験炉EBR-Iは、1951年8月24日に初臨界を達成しました。同年12月20日には、初の原子力発電に成功しました。EBR-Iの設計の目的は、原子力発電だけでなく、核物理学が示唆する増殖炉の可能性を証明するため、1953年の実験では仮説が正しいことを証明しました。

1954年

国際原子力機関 (IAEA) 設立に向けた協議開始

1953年、国連総会におけるアイゼンハワー米大統領が演説を行ったことをきっかけに、国際原子力機関 (IAEA) を作るという気運が高まってきました。

1956年

世界初の商業用原子力発電所としてイギリスセラフィールドのホルダーホール発電所が完成しました。出力は50MWでした。

1942年

世界初の原子炉の完成

エンリコ・フェルミ達は世界最初の原子炉「シカゴ・バイル1号」を完成させ、原子核分裂の連鎖反応を起こす臨界状態を達成することに成功しました。

1953年

「平和のための原子力」演説

これまでの原子力エネルギー開発は、軍事的利用、つまり核兵器製造が主な目的でした。しかしどのようにしたら軍事利用をされずに原子力の技術を平和利用できるかが、国際社会の新たな課題として浮上してきました。原子力を発電や放射線の利用などの平和目的に使うという演説を、1953年、国連総会においてアイゼンハワー米大統領が「アトムズ・フォア・ピース」という有名な演説を行いました。

1957年

日本最初の原子炉が臨界

茨城県東海村で日本最初の原子炉「JRR-1」が臨界に達しました。この原子炉はスイミングプール型で熱出力50kWという小型の研究用原子炉でした。1970年に役割を終えています。

1957年

IAEA発足

1956年、IAEA憲章採択会議において IAEA憲章草案が採択され、1957年7月29日、IAEA憲章は所要の批准数を得て発効し、IAEAが発足しました。

1963年

日本最初の原子力発電に成功

10月26日に動力試験炉JPDRが日本最初の原子力発電に成功しました。また1956年の同日には日本が国際原子力機関憲章に調印した日です。この日を「原子力の日」としています。

1939～1945年
第二次世界大戦

1965～1975年
ベトナム戦争

1973年
第一次石油危機

1972年

ローマクラブ『成長の限界』発表

現在のままで人口増加や環境破壊が続けば、資源の枯渇や環境の悪化によって100年以内に人類の成長は限界に達すると警鐘を鳴らしており、破局を回避するためには地球が無限であるということを前提とした従来の経済のあり方を見直し、世界的な均衡を目指す必要があると論じられました。



1979年

スリーマイルアイランド発電所の事故

3月28日、アメリカのスリーマイル島にある原子力発電所2号機で起き、原子炉内の冷却水が減少して燃料や原子炉内の構造物の一部が溶けるとともに、周辺に少量の放射性物質が放出され、住民の一部が避難しました。

1986年

チェルノブイリ発電所事故

4月26日、旧ソ連ウクライナのチェルノブイリ原子力発電所4号機で起き、急激な出力の上昇による原子炉や建屋の破壊にともない放射性物質が外部に放出され、ヨーロッパ諸国を中心に広い範囲にわたり放射能汚染をもたらしました。

1994年

高速増殖原型炉「もんじゅ」

初臨界

日本が国産技術で開発し福井県敦賀市に設置された、燃料としてMOX燃料を、冷却材にナトリウムを使った高速増殖炉の原型炉は、4月に初臨界に達しました。1995年にナトリウムが漏れる事故を起こし停止中ですが、改造工事を行い運転再開に向けて準備中です。

2009年

IAEAへの加盟国は9月現在、150か国になりました。

1968年

核兵器不拡散条約(NPT)が

効力をもつ

原子爆弾のような核兵器を世界中の国が持つことないようにする条約で、7月にどの国も参加できるようになり、日本は1970年2月に署名し、1976年6月に批准(正式に承認)しました。2007年5月現在、世界中で3か国を除く190か国が条約に加盟しています。

1980年

スウェーデン原子力撤廃宣言

国民投票の結果、代替電源開発を前提に2010年までに原子力発電所を全廃する方針が国会で決議され、パーセベック1号機が1999年に閉鎖、2005年には同2号機が閉鎖されました。

1999年

JCOウラン加工工場臨界事故

9月30日茨城県東海村にあったJCO社のウラン加工施設で臨界事故が起き、3名のJCO社員が大量の放射線を受け、2名が亡くなりました。

2008年

スウェーデンの原子力回帰

2006年に実施された総選挙の結果政権交代が行われ、原子力発電所を閉鎖しないことにし、環境問題などの観点から、2010年以降の発電所の新設などを排除しない方針を承認しています。

1978年

第二次石油危機

1997年

京都議定書

地球温暖化を防ぐため、先進国に二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量を減らす数値目標を定めた国際的な取決めで、京都市で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)で採決されました。先進国全体で1990年を基準として5%以上の温室効果ガスを2012年までに減らす目標を定めたものです。

1. IAEAの目的

IAEAは、原子力の平和的利用を促進するとともに、原子力が平和的利用から軍事的利用に使われることを防止することを目的としています。

2. IAEAの主な業務

- (イ) 全世界における平和的利用のための原子力の研究、開発および実用化をうながし、それを助けるためのさまざまな活動やサービスを行う。
- (ロ) 平和的目的のための原子力の研究、開発および実用化の必要を満たすため、開発途上地域における必要を考えながら、物資、サービス、施設などを提供する。
- (ハ) 原子力の平和的利用に関する科学上および技術上の情報をおたがいに交換することを活発化させる。
- (ニ) 原子力の平和的利用の分野における科学者および専門家の相互交流および訓練を活発化させる。
- (ホ) 原子力が平和的利用から軍事的利用に使われることを防ぐためしくみをつくり、見張ることを行う。
- (ヘ) 国連のさまざまな機関等と協議、協力して、健康を保護し、人命および財産に対する危険をできるだけ少なくするための安全上の判断となる基準を設定して、実際に起こったことが、どのくらい危険かを判断する。

他の中学校の取り組みを見てみよう

茨城県つくば市立
とよさと
豊里中学校

豊里中学校では、社会科、理科、技術・家庭科、総合的な学習の時間などの授業や部活動を通して、エネルギーや環境に関する学習を継続的に行っています。ここでは、社会科と部活動での取り組みを中心に紹介します。

【社会科での実践】…1年：火おこし体験 2年：エネルギー問題についての討論

1年の歴史の授業では、原始・古代人の火おこしの方法について、グループでの話し合いと実際の体験を行いました。この学習では、火打ち石の利用が最も古く、回転させた摩擦熱で発火する方法も、手もみ式→弓ぎり式→舞ぎり式へと時代を経て発展していったこと、原始・古代では火をおこすことはたいへんな重労働であったこと、そして、現代ではガスや電気を使えば簡単に火をおこすことができるなど、生活が便利になった一方で地球規模の環境問題が起きていること、などがわかりました。



火おこし体験にチャレンジ

2年の授業では「賛成派」と「反対派」の2つの立場に分かれてエネルギー問題についての討論を行いました。地球温暖化問題が深刻化する中で、自然エネルギーの利用がもっと進んでほしいと思います。生活の質を下げずに地球環境を守ることは本当にできるのでしょうか。こうした話し合いを通して、エネルギー問題についてひとつだけの価値や観念をもつのではなく、いろいろな視点から多面的に考えることの大切さを多くの生徒が実感しました。



2つの立場に分かれて討論を行っているようす

【部活動の実践】…エコクラブ「ひまわり」

エコクラブ「ひまわり」は、平成20年4月に発足しました。学校や家庭での生活の中で一人ひとりができる「エコ活動」の計画を立て、実践しています。まず、地球温暖化の仕組みや今なぜ二酸化炭素(CO₂)削減に取り組まなければいけないのかを「エコ新聞・ひまわり」で全校生徒に伝えました。また、一人ひとりの意識を高めるため学級訪問を行い「CO₂ダイエット宣言運動」への参加を呼びかけました。その結果、生徒から出された「CO₂ダイエット宣言用紙」は21年度には1,200枚以上も集まりました。この運動は、無理なく継続することが大切です。一

時的に気持ちが高まっただけで終わらないように、活動の様子をお互いに確認できるような掲示物を作成し、刺激し合っています。



「エコキャップ」の回収

「節電ラベル」の掲示

福井県美浜町
美浜中学校

美浜中学校では、外部機関との連携・協力のもと、原子力発電所立地地域としての特色を活かしたエネルギー環境学習を行っています。ここでは、総合的な学習の時間を活用した発電所見学などの体験的な学習を中心に紹介します。

[1年での実践]…発電所を見学しよう

全体で17時間を使った発電所に関する学習は、実験を通して発電の原理を学ぶ、福井県原子力センターによる出前授業からスタートしました。実際の発電所見学はクラス単位で行います。見学先は「耳川水力発電所・嶺南変電所(関西電力)」、「美浜原子力発電所(関西電力)」、「敦賀石炭火力発電所(北陸電力)」、「高速増殖炉もんじゅ(日本原子力研究開発機構)」の4か所です。クラスごとに5つのグループに分かれて、見学してわかったことや興味をもったことなどを模造紙にまとめ、発表の準備を行います。各クラスの5つのグループがそれぞれ5会場に分かれて発表を行い他のクラスと交流することで、自分たちが見学に行かなかった他の施設についても学習することができました。

発表会ではさまざまな疑問が出されました。この疑問を学習課題として、日本のエネルギー事情をテーマとした授業を行い、石油危機以降の電源構成の変化や、時間帯や季節などによって変動する電力消費に対応するため、それぞれの発電方法の特徴を考えた電力供給が行われていること、などについて学習を深めました。



発表用にまとめられた
かべ新聞



資料編

原子力発電所立地地域にある中学校として「エネルギーの安定供給と地球温暖化防止」と「自分たちの安全・安心の確保」という2つの視点からエネルギー環境学習を行うことが必要です。そこで最後に「原子力発電所の安全対策」について関西電力の方から直接説明を受ける出前授業と「福井県美浜原子力防災センター」の見学を行いました。防災センターでは、原子力施設で緊急事態が発生した場合の連絡体制、対策、災害発生時の避難方法などを知ることができました。

福井県美浜原子力防災センターでの学習の様子



美浜原子力発電所(関西電力(株))を見学する生徒たち



[3年での実践]…将来のエネルギーを考えよう

エネルギー環境学習のまとめとして、11時間を使った「持続可能な社会を実現するための将来のエネルギーを考える」学習を行いました。前半は、日本経済の発展とくらしの変化にエネルギーがどのようにかか

わってきたのか、といった歴史的な視点からの学習が中心です。後半は、50年後の社会や人々の暮らしを考え、そのためにはどのようなエネルギー戦略が必要なのかを自分なりに考える未来志向の学習です。

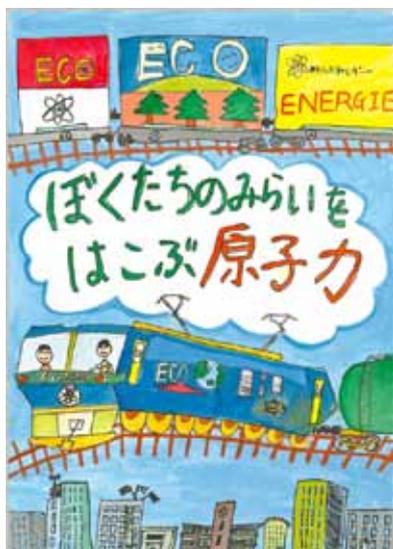
原子力やエネルギーをテーマにした主なコンクール

コンクール名	テーマ・内容	対象	主催
原子力や放射線、エネルギーに関する教育活動	独自に取り組みされている原子力や放射線、エネルギーに関する教育活動	学校などの団体	文部科学省 TEL.03(6734)4131(直通)
研究作品募集	簡易放射線測定器「はかるくん」を使った放射線の測定結果やレポート、学校の授業等での活用事例等	個人、友人や家族などのグループ 学校などの団体	文部科学省 TEL.03(6734)4131(直通)
中学生作文募集 (「10月26日・原子力の日」記念)	・地球のためにできること ～エネルギーと環境問題～ ・私たちの暮らしとエネルギー ・暮らしに役立つ放射線	中学生	(財)日本原子力文化振興財団 TEL.03(6891)1572 (独)日本原子力研究開発機構 TEL.029(282)1121
原子力ポスターコンクール	・暮らしをささえる原子力 ・放射線を使ってできること ・電気のごみについて考えよう ・自由テーマ	一般部門 (中学生以上)	文部科学省 TEL.03(6734)4131(直通) 経済産業省資源エネルギー庁 TEL.03(3501)1511
省エネコンテスト	省エネルギーの取り組みに関するオリジナルな事例	学校(小・中学校) 家庭	経済産業省資源エネルギー庁 TEL.03(3501)1511
新エネ・太陽電池工作コンクール	太陽電池や新エネルギーを使った工作	中学生部門 1～3年生	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 TEL.044(520)5100

※上の表は平成21年度に実施した各コンクールの概要をまとめたものです。

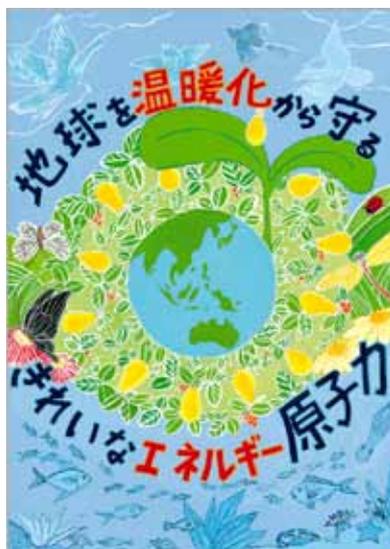
第16回(平成21年度) 原子力ポスターコンクール・上位入賞作品

文部科学大臣賞受賞作品



なかだ よしふみ
中田 喜文さん (10歳 富山県)

経済産業大臣賞受賞作品



ながい まゆこ
永井 繭子さん (13歳 埼玉県)

原子力ポスターコンクールは、ポスターという親しみやすい媒体を通じて、原子力や放射線についての理解と認識を深めていただくことを目的とし、文部科学省と経済産業省資源エネルギー庁の共催により実施しています。平成21年6月22日～9月8日の期間で作品を募集し、子ども部門(小学生以下)と一般部門(中学生以上)から、5,581点の作品の応募がありました。

◆主な教材・資料

タイトル	主な内容	発行年月・仕様等	発行・問い合わせ先
映像・写真・図表等 (原子力・エネルギーに関する副教材)	原子力・エネルギーに関する教育に活用できる映像、写真および図表等の副教材を掲載している。	原子力・エネルギー教育支援情報提供サイト「あとみん」 (http://www.atomin.go.jp/)からダウンロードが可能	文部科学省 TEL.03-6734-4131(直通)
資源エネルギー庁発行の原子力に関するパンフレット・リーフレット	原子力発電の基礎から、各データについて、一般向け、入門者向けに解説している。	2008年度発行 A4版パンフレット 観音開きのリーフレット	(発行) 経済産業省資源エネルギー庁(問い合わせ先) エネルギー・コミュニケーションセンター TEL.03-3580-2277
中学校用副読本「エネルギーから考える暮らしと産業」	エネルギー問題を家庭生活、産業社会、科学技術の側面からとらえ、エネルギー利用と地球環境問題とのかわりを豊富なデータを通して理解できる。	2009年3月発行 生徒用：A4版32ページ 教師用：A4版44ページ ※エネルギー環境教育情報センターのホームページからのダウンロードが可能	(発行) 経済産業省資源エネルギー庁(問い合わせ先) エネルギー環境教育情報センター TEL.03-3503-0936 http://www.icee.or.jp
中学校用DVD「偉人たちの授業～放射線を知る」	レントゲン、マリー・キュリー、チャールズ・ウィルソンなど放射線利用の歴史を切り拓いてきた偉人たちが、「放射線の出前授業」を行うというドラマ形式で展開する。	2009年3月制作 時間：約23分(3部構成)	(企画) (財)経済広報センター(協力・問い合わせ先) 電気事業連合会 TEL.03-5221-1440 http://www.fepec.or.jp

◆模型や実験教材などの貸し出しを行っている主な機関

機関名・申し込み先	貸し出し可能な主な教材
文部科学省 TEL.03-6734-4131(直通) http://hakarukun.go.jp/	【実験教材】簡易放射線測定器「はかるくん」、特性実験セット など ※全国の小学生・中学生・高校生・学校などへの貸し出しが可能
経済産業省北海道経済産業局 資源エネルギー部総合エネルギー広報室 TEL.011-709-2311(内線2634) http://www.hkd.meti.go.jp/hokns/lemd/index.htm	【模 型】風力発電、太陽光発電、燃料電池自動車、石炭焚蒸気機関、各種燃料見本 など 【実験教材】温室効果ガス実験キット、手回し発電機実験キット、ヒートポンプ実験キット など ※貸し出しは原則北海道内
中国地域エネルギーフォーラム TEL.082-227-1044 http://www.cef.jp/goods/index.html	【実験教材】エコワット、燃料電池、蒸気エンジン、風力発電機、手回し発電機、くだもの電池実験セット、放射線測定器、霧箱キット、 など ※貸し出しは中国地方の学校のみ
(社)九州経済連合会 九州エネルギー懇談会 TEL.092-714-2318 http://www.q-enecon.org/kyozai/index.html	【実験教材】火力発電モデル、豆蒸気タービン、水電解燃料電池車、風力発電機、手回し発電機、エコワット など 【その他】エネルギーすごろく、カルタ など ※貸し出しは九州地方の学校のみ

主なエネルギー関連機関

分野	機関名	電話番号	ホームページ
中央官庁	文部科学省 原子力・エネルギー教育支援情報 提供サイト「あとみん」	03(5253)4111	http://www.mext.go.jp/ http://www.atomin.go.jp/
	経済産業省資源エネルギー庁 なるほど！ 原子力AtoZ	03(3501)1511	http://www.enecho.meti.go.jp/ http://www.enecho.meti.go.jp/genshi-az/index.html
エネルギー 資源	石油連盟	03(5218)2305	http://www.paj.gr.jp/
	(財)日本エネルギー経済研究所 石油情報センター	03(3534)7411	http://oil-info.ieej.or.jp/
	(財)石炭エネルギーセンター	03(6400)5191	http://www.jcoal.or.jp/
	(社)日本ガス協会	03(3502)0111	http://www.gas.or.jp/
	日本LPガス団体協議会 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構	03(5157)9700 044(520)8600	http://www.nichidankyo.gr.jp/ http://www.jogmec.go.jp/
電気	電気事業連合会 (財)電力中央研究所	03(5221)1440 03(3201)6601	http://www.fepc.or.jp/ http://criepi.denken.or.jp/
	(財)日本原子力文化振興財団 (独)原子力安全基盤機構 原子力発電環境整備機構(NUMO) (独)日本原子力研究開発機構 原子力学習サイト (財)高度情報科学技術研究機構 原子力百科事典「ATOMICA」	03(6891)1573 03(4511)1111 03(6371)4000 029(282)1122 029(283)3833	http://www.jaero.or.jp/ http://www.jnes.go.jp/ http://www.numo.or.jp/ http://www.jaea.go.jp/ http://www.jaea.go.jp/09/9_1.shtml http://www.rist.or.jp/atomica/
新 エネルギー	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (財)新エネルギー財団	044(520)5151 03(6810)0360	http://www.nedo.go.jp/ http://www.nef.or.jp/
	エネルギー環境教育情報センター	03(3593)0936	http://www.icee.gr.jp/

中学生のためのエネルギー副読本

「チャレンジ！ 原子カワールド」企画制作委員会

【委員長】

山下 宏 文 京都教育大学教育学部教授

【委員】

飯本 武 志 東京大学環境安全本部准教授

石川 直 彦 全国小学校理科研究協議会／東京都練馬区立富士見台小学校教諭

大野 豊 全国小学校理科研究協議会／福井県美浜町菅浜小学校教諭

清原 洋 一 文部科学省初等中等教育局教育課程課教科調査官(理科)

久保 稔 独立行政法人日本原子力研究開発機構執行役・広報部長

佐藤 英 俊 電気事業連合会広報部部長

澤井 陽 介 文部科学省初等中等教育局教育課程課教科調査官(社会)

田村 学 文部科学省初等中等教育局教育課程課教科調査官(総合的な学習の時間)

中村 茂 全国中学校理科教育研究会／東京都千代田区立九段中等教育学校教諭

盛 秀 一 全国小学校社会科研究協議会／青森県青森市立浜田小学校教諭

山名 元 京都大学原子炉実験所教授

渡邊 美智子 全国中学校社会科教育研究会／茨城県つくば市立豊里中学校教諭

(五十音順・敬称略)

写真提供・協力：株式会社IHI検査計測、関西電力株式会社、京セラ株式会社、株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン、原子燃料工業株式会社、山陽女学園中等部(広島県)、土幌町農業協同組合、中部電力株式会社、つくば市立豊里中学校(茨城県)、電源開発株式会社、東京電力株式会社、徳島県立城ノ内中学校(徳島県)、独立行政法人日本原子力研究開発機構、財団法人日本原子力文化振興財団、株式会社日立製作所、富士電機システムズ株式会社、独立行政法人放射線医学総合研究所、本田技研工業株式会社、美浜町美浜中学校(福井県)、財団法人山形県埋蔵文化財センター(敬称略、五十音順)

平成22年2月発行

発行：文部科学省 <http://www.mext.go.jp/>

経済産業省資源エネルギー庁 <http://www.enecho.meti.go.jp/>

制作：(財)日本生産性本部・エネルギー環境教育情報センター

〒105-0003 東京都港区西新橋1-6-15 西新橋愛光ビル5階

TEL.03-3593-0936／FAX.03-3593-0930

<http://www.icee.gr.jp/>



年	組
年	組
年	組
名前	