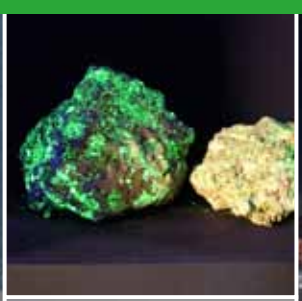
新学習指導要領対応

解説編［教師用］

チャレンジ！

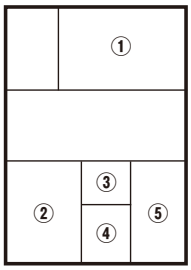
原子力ワールド

中学生のためのエネルギー副読本



文部科学省

経済産業省
資源エネルギー庁



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)

目　次〈[　]内は生徒用副読本のページ番号〉

※本文中の生は生徒用副読本を指しています。

■教科・単元対照表……2
■原子力・エネルギー教育を進めるに当たって……3
■授業展開例１　社会科……5
■授業展開例２　理科……7
■授業展開例３　総合的な学習の時間……9

はじめに……11[1]

チャレンジ1
日本と世界のエネルギー事情を知ろう
①私たちのくらしと電気……13[3]
②日本と世界のエネルギー事情……15[5]
③エネルギー利用を考えるための４つの視点……17[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……19[9]
②電源のベストミックス……23[13]

チャレンジ3
原子の世界を探ろう
①原子とは……25[15]
②原子の成り立ち……27[17]
③核分裂のしくみ……29[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……31[21]
②放射線を体験してみよう……33[23]
③放射線の利用……35[25]

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……37[27]
②原子力発電所の安全対策と地震対策……39[29]
③原子力施設で事故が起きた場合の防災対策……41[31]
④核燃料サイクル……43[33]
⑤放射性廃棄物の処理・処分……45[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……47[37]
②未来に向けて進められているさまざまな研究……49[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の役割……51[41]

資料編
①原子力の歴史と平和利用の取り組み……53[43]
②他の中学校の取り組みを見てみよう……55[45]
③各種コンクールの紹介……57[47]
④原子力・エネルギー学習に役立つ情報源……59[49]

ワークシートの使い方

○発展的学習やまとめのワークとしてご活用ください。
○ワークシートは左ページが生徒配布用、右ページが解説ページです。

ワークシート１　世界の国々の電源構成を比べてみよう……61
ワークシート２　原子力発電と太陽光、風力発電を比べてみよう……63
ワークシート３　身の回りの放射線を測ってみよう……65
ワークシート４　見えない放射線を見てみよう……67
ワークシート５　原子炉についてくわしく調べよう……69
ワークシート６　原子力発電の長所・短所をまとめよう……71

■原子力・エネルギーデータ集……73
■主な原子力・エネルギー関連見学施設……77
■新学習指導要領における関連記述……79
■原子力・エネルギー教育に関する国の制度……81

■教科・単元対照表

※単元名は中学校学習指導要領(平成20年３月告示)に基づいています。

ページ	タイトル	教科等		
		社会	理科	技術・家庭
	チャレンジ１： 日本と世界のエネルギー事情を知ろう			
3	①私たちのくらしと電気	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」	(第１分野)「電流とその利用」「様々なエネルギーとその変換」「エネルギー資源」	(家庭分野)「身近な消費生活と環境」
5	②日本と世界のエネルギー事情	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」		
7	③エネルギー利用を考えるための４つの視点	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」 (公民的分野)「世界平和と人類の福祉」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・2分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	
	チャレンジ２： いろいろな発電方法の特徴を知ろう			
9	①いろいろな発電方法のしくみと特徴		(第１分野)「電流とその利用」「原子の成り立ちとイオン」「様々なエネルギーとその変換」「エネルギー資源」	(技術分野)「エネルギー変換機器の仕組みと保守点検」
13	②電源のベストミックス	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」 (公民的分野)「世界平和と人類の福祉の増大」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・2分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	
	チャレンジ３： 原子の世界を探ろう			
15	①原子とは		(第１分野)「原子・分子」「原子の成り立ちとイオン」	
17	②原子の成り立ち		(第１分野)「原子の成り立ちとイオン」	
19	③核分裂のしくみ		(第１分野)「原子の成り立ちとイオン」	
	チャレンジ４： 放射線の世界を探ろう			
21	①放射線の基礎知識		(第１分野)「エネルギー資源」(第１・２分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	
23	②放射線を体験してみよう			
25	③放射線の利用			(技術分野)「生活や産業の中で利用されている技術」
	チャレンジ５： 原子力発電のしくみと特徴を知ろう			
27	①原子炉のしくみ		(第１分野)「様々なエネルギーとその変換」「エネルギー資源」	
29	②原子力発電所の安全対策と地震対策	(地理的分野)「環境問題や環境保全を中心とした考察」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・2分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	
31	③原子力施設で事故が起きた場合の防災対策	(地理的分野)「環境問題や環境保全を中心とした考察」		
33	④核燃料サイクル	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」	(第１分野)「エネルギー資源」	
35	⑤放射性廃棄物の処理・処分	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」	(第１分野)「エネルギー資源」	
	チャレンジ６： 原子力発電の今とこれからを知ろう			
37	①日本と世界の原子力発電の今・未来	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」 (公民的分野)「世界平和と人類の福祉の増大」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・2分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	
39	②未来に向けて進められているさまざまな研究	(公民的分野)「世界平和と人類の福祉の増大」「よりよい社会を目指して」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・2分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	(技術分野)「生活や産業の中で利用されている技術」
	最後に：学習したことをまとめて討論しよう			
41	●ディベートを通して考える原子力の役割	(地理的分野)「資源・エネルギーと産業」 (公民的分野)「世界平和と人類の福祉の増大」「よりよい社会を目指して」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・２分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	(技術分野)「生活や産業の中で利用されている技術」 (家庭分野)「身近な消費生活と環境」
	資料編			
43	①原子力の歴史と平和利用の取り組み	(歴史的分野)「現代の日本と世界」 (公民的分野)「よりよい社会を目指して」	(第１分野)「エネルギー資源」 (第１・２分野)「自然環境の保全と科学技術の利用」	

■原子力・エネルギー教育を進めるに当たって

原子力・エネルギー教育の意義と目的

人類は、豊かで便利な生活を追い求めて、現在の生活様式を作り上げてきました。多くの人々は、その豊かさや便利さを当たり前と感じ、享受しています。しかし、そうしたライフスタイルは、貴重なエネルギー資源を大量に消費し、結果として環境に大きな負荷をかけ、地域社会だけでなく、国境を越えた地球規模でのさまざまな問題を引き起こす原因となっています。また、エネルギー資源の９割以上を海外に依存する日本にとって、エネルギー問題は安全保障の面からも大きなリスクとなっています。

こうした問題に対処するためには、私たち一人ひとりが、エネルギーの効率的利用や環境保全に配慮した生活や責任ある行動をとるとともに、問題を引き起こしている社会経済の背景やしくみを知り、その構造を持続可能性の観点から変革していく努力が求められています。

また、国民の一人ひとりが原子力やエネルギーについての理解を深めることは、社会生活を営む上で極めて重要であり、小・中・高等学校を通じた学校教育段階から、子どもたちの発達段階に応じ、原子力やエネルギーについて学び、自ら考え、判断する力を育成することが大切です。学校教育の現場では、平成20年３月に小・中学校、平成21年３月に高等学校の学習指導要領が改訂され、「人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていること」、「持続可能な社会をつくることの重要性の認識」、「放射線の性質と利用」など、社会科や理科などの教科において原子力の利用などに関する内容の充実が図られたことから、今後、原子力やエネルギーに関する適切な教育・指導の充実が必要不可欠となります。

このような状況を踏まえ、次世代層及び教育職員への原子力やエネルギーに関する正しい知識の普及及び正確な判断能力を身に付けるための環境を整備し、原子力やエネルギーに対する理解促進につなげることが重要であります。

本副読本は、皆様が学校などにおいて原子力やエネルギーに関する学習に取り組まれる際、より充実した内容となりますよう制作したものであり、原子力やエネルギーの理解促進のための活動の一助となれば幸いです。

原子力・エネルギー教育を進める際のポイント

▶総合的・多面的な見方や考え方を育成しましょう

○原子力・エネルギー問題を解決するための単一・究極の方法はありません。原子力・エネルギー問題の解決に向けたさまざまな対策を考え、総合的な判断に基づいた意思決定が求められます。

○そのためには、一つの結論を学ぶというよりも、その結論に至る背景や過程を通して、多面的なものの見方、思考力、判断力を身につけることができるよう、授業の構成・展開を工夫・改善しましょう。

▶問題解決的・体験的な学習を大切にしましょう

○原子力・エネルギー問題の解決に向けた具体的な取り組みを考え、行動・実践していく能力や態度を養うためには、問題解決的な学習や体験的な学習を積極的に導入しましょう。

○自分たちの選択と行動によって現在そして将来の社会や暮らし、地球環境が変化するという「当事者意識」と「課題意識」を持たせることが大切です。

○原子力・エネルギー問題について地球的視野を持ちながら、身近な問題として追究しましょう。まさに、“Think Globally, Act Locally”（地球規模で考え、身近なところから実践する）が求められています。

▶多様な学習機会や地域の教育力を活用しましょう

○社会科、理科、技術・家庭科をはじめあらゆる教科を通じて、原子力・エネルギーに関わる基本的な事項の学習を確実に行いましょう。

○総合的な学習の時間、道徳、生徒会活動、クラブ活動、学校行事などを活用し、教科学習での成果を普段の生活や実社会の問題に関連付けるような展開を図り、家庭や地域社会と連携しながら、生きて働く力として身に付けられるように働きかけましょう。

○自治体、企業、社会教育機関、NPOなどが持っているさまざまな教育力（講師、教材、情報、施設、体験機会等）を積極的に活用し、子どもたちに学校では得られない貴重な経験を積ませましょう。

本副読本の作成に当たって重視したポイント

▶新学習指導要領を踏まえた内容・構成

○各教科における学習との関連付け

○教科間連携、総合的な学習の時間等との連携

○言語力、思考力・判断力・表現力等の育成

※新学習指導要領における主なエネルギー・環境関連記述は資料編(79ページ)をご覧ください。

● ● ●

▶一方的な価値観の押し付けとならない内容・構成

○原子力・エネルギー問題の現状に関する正確な情報提供

○原子力発電を含むさまざまな発電方法の長所と短所、短所への対策に関する情報提供

○エネルギー源および電源のベストミックスの重要性

● ● ●

▶児童・生徒にとって親しみ易い誌面作り

○学校段階に応じた内容・構成

○子どもたちの関心や日常生活に根差した切り口の提示や内容の展開

● ● ●

▶授業での使い易さを考慮した誌面作り

○各ページのポイント、発展学習へのヒント等の提示

○授業のねらい、展開例、関連データ・資料等の提示(解説編[教師用])

(参考) 国の原子力・エネルギー教育に対する主な政策

◇原子力政策大綱(平成17年10月、閣議決定)より抜粋

2-5-3. 学習機会の整備・充実

国は、引き続き、児童生徒の発達段階に応じて、放射線や原子力を含めたエネルギー問題に関する小・中・高等学校における指導の充実や、エネルギーや原子力に関する教育の支援制度の充実に取り組むことが重要である。地方公共団体は、こうした支援制度を積極的に活用することを期待する。この活動においては、科学的知見のみならず、学習者が原子力を含むエネルギーを取り巻く諸情勢に関する正確な知識を深められるよう、見解が分かれている事項についても、さまざまな視点から幅広く情報を提供することに留意するべきである。

◇エネルギー基本計画(平成19年３月、閣議決定)より抜粋

2. 知識の普及

特に、次世代を担う子供たちが、将来においてエネルギーについての適切な判断と行動を行うための基礎を構築するとともに、将来におけるエネルギー技術開発の担い手を育成するためには、子供の頃からエネルギーについて関心を持ち、正確な知識を基にして理解を深めることが重要であるため、エネルギーに関する教育の充実を図る。こうした取組に当たっては、関係行政機関、教育機関及び産業界が連携し、エネルギー関連教材やエネルギー施設の見学などの体験学習の充実など、さまざまな工夫を凝らすように留意しつつ、学校の授業におけるエネルギー教育の充実を図る。また、生涯学習の一環としてのエネルギー教育についても、そのための情報や機会の提供などを通じてその推進を図る。

■授業展開例１　社会科

【テーマ】 日本におけるエネルギー問題

【対象学年】 ２学年

【対象教科】 社会科

【単元の目標】 ◎エネルギー問題の原因や対策について考え、エネルギーの生産や消費について興味を示し、意欲的に追究しようとする(関心・意欲・態度)。

◎循環型社会を作るために、自分のできることや考えたことを行動に移し、その輪を広げるための方策を多面的・多角的に考えることができる(思考・判断)。

◎自分の疑問から課題を作り、調べ学習をすすめ、その結果から分析・まとめをすることができる(技能・表現)。

◎循環型社会の実現が必要であるという認識を持つことができる(知識・理解)。

【単元について】

(1) 教材観

過去の戦争の多くが資源やエネルギーをめぐる争いに端を発していることからも明らかなように、資源やエネルギーは生活や産業に不可欠なものであり、その確保が大きな課題である。また、人口の増加や産業の発展・生活水準の向上によってエネルギー消費量が増大している。そのため、資源やエネルギーの枯渇や消費量の増大に伴う環境汚染・破壊の問題が深刻になった。こういう状況の中、日本は鉱山資源・エネルギー資源に恵まれず、他方、エネルギーの大消費国でもあるため、エネルギー資源の確保が大きな課題になっている。

そこで、今回は日本の一次エネルギー供給の約１割、発電電力量の約３割を占める原子力発電を中心に、友だちと意見を交換し、そこから、今まで気がつかなかった視点で新たなエネルギーについて考えることにした。また、循環型社会を目指す第一歩を踏み出すために、環境面からも思考できることをねらいとしている。

(2) 指導観

課題の解決に向けて、自分の考えをもとに友だちと意見を交換しながら、よりよい考えを引き出すために、エネルギーに関する「話し合い」を設定した。話し合いを通して、自分の意見を、友だちに分かるように伝える・友だちの意見を最後まで聞く・分からないときは質問するなどを身につけさせながら、生徒 一人ひとりが考えを広めたり深めたりする学習ができるよう指導・助言をしたい。

【指導計画】（全６時間）

第　１　時：日本のエネルギー資源の変化や発電所の立地条件を考える。(観察ー関心・意欲・態度)

第２・３時：エネルギーに関する現状をニュースや新聞から探る。(ワークシートー思考・判断)

第４・５時：日本のエネルギー(発電のしくみ・長所・短所)について、意見を交換する。
(発表ー思考・判断、技能・表現、知識・理解)

第　６　時：一人ひとりが循環型社会をめざす活動をする。(観察ー思考・判断)

【展開例】

時限	学習活動および内容	指導上の留意点・関連する本書のページ
1	**課題１** **調べ学習を通して、日本のエネルギー需要の変化や発電所の立地条件を考え、自分の考えを持とう。** ○調べ学習をする。 参考資料を利用する。 ○調べたことをまとめる。 ○自分の考えをまとめる。	○エネルギー使用量が50年間で６倍以上に増加したことを話して、興味と危機感を持たせる。 ○地球温暖化問題にも関係があることを伝える。 ★教科書、インターネット、参考図書 【生５～６ページ、７～８ページ、37～38ページ】
2・3	**課題２** **ニュースや新聞からエネルギーに関する情報を集めよう。** ○集めた情報を原子力発電、水力発電、火力発電、自然エネルギーによる発電、その他に分類する。 ○分類した情報をプラス面・マイナス面に分ける。 ○前時の調べ学習と合わせ、それぞれの発電の必要性を考える（グループごとに）。	○情報がたくさん集められるように、生徒には早めに知らせる。 ○家庭生活を考えたとき、より快適な暮らしを求めていくので、年々電気の消費量が上がっていることを知らせる。 ○日本には資源が少ないため、世界のエネルギー事情に影響されることを説明する。 ○意見を交換することにより、エネルギーに関する新たな考えを持つことができるように、ニュースや新聞記事だけでなく、たくさんの資料を用意する。 ★教科書、インターネット、参考図書 【生３ページ、７～８ページ】
4・5	**課題３** **日本の将来のエネルギーについて考えよう。**	★教科書、インターネット、参考図書 【生５～８ページ、13～14ページ】
6	**課題４** **地球のために私たちができることを考えよう。** ○江戸時代の「リサイクル社会」について復習をする。 ○食料・資源・環境問題について調べ、まとめる。 ○問題点と解決策を考え、循環型社会の実現のための方法を考える。 ○学校や家庭で自分たちができることを考える。	○教科書や副読本に述べられている内容だけでなく、既習の学習事項と結びつけて考えさせる。 ○学校や家庭でできる再資源化の課題に着目しながら、循環型社会について考えさせる。 ○学習した事項をもとに、これからの生活で必要なことを具体的に考え発表させる。 ★教科書、インターネット、参考図書

（作成者）茨城県つくば市立豊里中学校　渡邊　美智子 教諭

■授業展開例２　理　科

【テーマ】 原子力発電のしくみと放射線

【対象学年】 ３学年

【対象教科】 理　科

【単元の目標】 ◎新聞やインターネット、本やパンフレットなどを通して、原子力による発電のしくみやその特徴を知ろうとする(関心・意欲・態度)。

◎原子力発電ではウランなどの燃料からエネルギーを取り出していること、ウランは放射線を出していることが理解できる(知識)。

◎自然からの放射線や放射線の性質、またその利用について理解できる(知識)。

◎原子力による発電の特性から、エネルギー資源の安定確保や地球温暖化と関連づけたり、発電を行う場合の課題を考えることができる(思考・判断)。

◎エネルギーを上手に使う必要性に気づき、エネルギーを有効に利用する態度がある(実践行動)。

【単元について】

中学理科３年のエネルギー資源では、人間が水力、火力、原子力など多様な方法でエネルギーを得ていることをエネルギー資源の特性と関連させながら理解させる学習を行う。

その中でエネルギーを有効かつ安全に利用することの重要性を認識させようとしている。水力や火力については、位置エネルギーや化学反応の学習が既習であるため理解しやすいが、原子力については原子核内部の反応が関係するため中学の範囲を超えた内容が多くなり、どのように発電するのか説明できずに来た。

そのため、原子力は社会科でも理科でも同じような授業だと感じる生徒も多く、また賛成・反対の討論かと意見を持つ生徒もいた。

原子力発電を理科的に理解するためには、ウランの核分裂、放射線、発電ができるしくみをある程度説明する必要がある。今回、新学習指導要領では放射線のことを扱えるようになり、原子の内部構造についても触れることができるようになった。さらに本副読本を利用すると、原子力に関する基礎事項も触れているため、この学習が可能となる。そこで原子力の事例として「原子力発電のしくみと放射線」を実施することにした。

【指導計画】（全４時間）

第　１　時：(1) 水力・火力

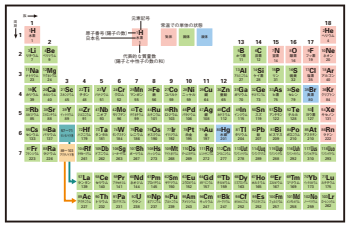
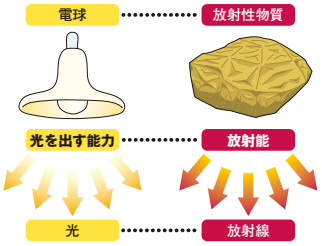
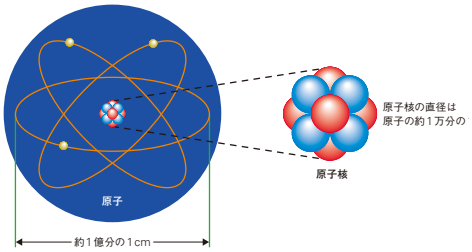
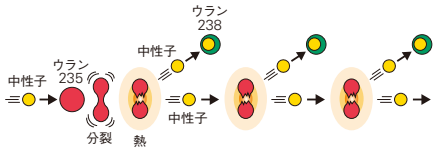
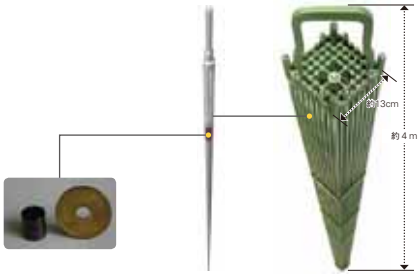
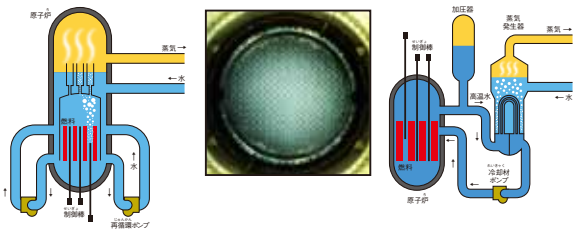
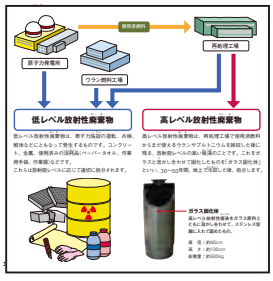
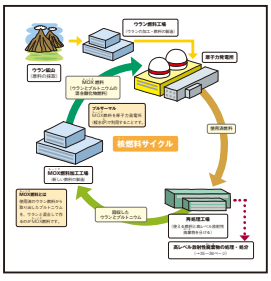
第２・３時：(2) 原子力

第　４　時：(3) 新エネルギー

【展開例】

主な準備：簡易霧箱、放射線測定器「はかるくん」など、放射線源(肥料、コンブなど)

あれば望ましいもの：原子力発電に関するビデオなど

時限	学習活動および内容	関連する本書の図表
2	**「原子力発電と放射線」** 導入：原子力発電について知っていることを聞く。 展開：①原子力発電に使うウラン燃料について説明する。 ・ウラン原子について(周期表) ・ウラン鉱石の紹介(紫外線の蛍光、ウランガラス) ・不安定な核と崩壊 核が壊れる→核の一部が飛び出す 電磁波がでる(放射線) 核は壊れやすい性質(放射能：放射線を出す能力)を持っている物がある ②自然放射線の体感 ・日常でも核が壊れる(霧箱の演示実験) (はかるくんの作業：単位について深入りしない) ③放射線の性質と利用	 
3	**「原子力発電のしくみ」** 展開：①原子核構造と同位体 ・ウラン235と238 ・ウラン235の核分裂 ・ウラン235の核分裂の連鎖反応 ・中性子の減速(水のはたらき) ・連鎖反応のしくみ ※原子力発電を理解するために必要な基礎的事項のみとする。 ②原子炉のつくり ・ペレット ・被覆管(燃料棒) ・燃料集合体 ・制御棒 ・原子力発電モデルの紹介 (沸騰水型(BWR)と加圧水型(PWR)) ・点火剤：中性子源 ・特　徴：・急な負荷には対応しにくい ・原子力発電と火力発電は類似している(水を沸騰させ水蒸気にし、タービンを回転させる) ・原子力発電は発電時に二酸化炭素を出さない ③反応後の生成物 ・放射性廃棄物 ・プルトニウムなど ○まとめ ・原子力発電を使う理由を考えてみよう ・原子力発電の限界と課題は何か考えみよう ・電源のベストミックスの必要性	     

(作成者) 東京都千代田区立九段中等教育学校　中村　茂 教諭

■授業展開例３　総合的な学習の時間

【テーマ】 発電所建設ゲーム

【対象学年】１～３学年
【対象教科】総合的な学習の時間
【単元の目標】◎班内で協力して発電所建設ゲームに意欲的に取り組むことができる。
◎建設条件にあった発電所の組み合わせを見つけることができ、特徴を説明できる。
◎いろいろな発電方法の特徴を把握し、電源のベストミックスの重要性を理解することができる。

【指導計画】（全５時間）
第１・２時：（1）日本と世界のエネルギー事情を知ろう
（2）いろいろな発電方法の特徴を知ろう
第３～５時：（3）いろいろな条件で発電所を建設してみよう

【展開例】

時限	学習活動および内容	指導上の留意点・関連する本書のページ
1・2	**（1）日本と世界のエネルギー事情を知ろう** ・日本と世界のエネルギー事情 ・エネルギー利用を考えるための４つの視点 **（2）いろいろな発電方法の特徴を知ろう** ・いろいろな発電方法のしくみと特徴 ・電源のベストミックス	【生５～８ページ】 ・エネルギー利用を考える４つの視点（エネルギー資源の有限性、安定供給、エネルギー自給率、地球環境への影響） 【生９～14ページ】 ・各電源の特徴を活かした適切な組み合わせ（電源のベストミックス）の重要性を理解する。
3～5	**（3）いろいろな条件で発電所を建設してみよう** ○これからの学習（3時間）の趣旨説明と班分け（1班３～４人程度） ○プリント（君は建設大臣！発電所を建てよう）を配布し、ゲームの方法、各発電所の特徴、計算の仕方を知らせる。 ○班で検討した結果を「発電所建設計画書」に記入。 ○班ごとに以下の観点を踏まえて検討結果の発表を行い、質疑応答、意見交換を行う。 ・どんなことに基準をおいて計画したか ・この計画の良い点と問題点	・計算機を用意する（各班２台程度）。 ・結果記入用紙は表計算ソフトの活用も考えられるが、単なる数字合わせに終わってしまう可能性もあるので、教師の回答例作成用などでの利用が望ましい。

〈プリント〉

君は建設大臣！　発電所を建てよう！

南太平洋に浮かぶ緑豊かな火山島、セレア共和国（架空の国）は、石油こそとれないものの、石炭は豊富にあり、天然ガス田も確認されている。また、ウラン鉱石の埋蔵も確認されている。しかし、ここでもツバルと同様に、温暖化による海面上昇は、この国でも他人事ではない状況にある。
このセレア共和国では、近い将来、現在の発電施設が老朽化し、すべて建て直す必要に迫られている。そこで、国内の全発電施設を廃止し、新たに建設することにした。
しかし、話は複雑で、「豊かな自然を残せ」と自然環境保護団体の動きや、海面上昇を考えると、二酸化炭素の少ない発電の必要もある。さらに、一方では通商産業大臣から国内での雇用確保の問題や、国民生活を守るために電気料金を低く押さえる要望も来ている。
そこで、君たちの智恵を使って、セレア共和国に合った発電施設を建設して欲しい。

［15年後の発電施設の目標］

設備容量：120万 kW以上の能力があり発電コスト：7.0円 /kWh以下

二酸化炭素排出率：0.390kg/kWh以下

［建設の手順］

①さまざまな発電所の特徴を考慮し、上の目標に合うようにそれぞれの発電所の建設個数を決め、「発電所建設計画書」に記入する。

②発電所の種類ごとに、設備容量、発電コスト、二酸化炭素排出量を計算する。

③最後に、発電コストと二酸化炭素排出量について、設備容量で割った平均値を計算し、目標に合うか確認する。

［各発電所の特徴］

発電所の種類	特徴	データ
石炭火力発電所	○セレア共和国には石炭は豊富にあり、現在の消費量ではあと150年は持つ。しかし、CO_2の発生量は多い。 ○コストは安いが、燃料が炭素のかたまりなので、燃やすとかなり多くのCO_2を排出する。	発電所１基あたり 2.5万kW 発電コスト 5.7円/kWh CO_2排出量 0.98kg/kWh
石油火力発電所	○セレア共和国では石油がとれないので輸入に頼っている。燃料が液体であるために石炭に比べて輸送が簡単。しかし、世界の可採年数はあと41年、最近値段が上がっている。 ○石油は100％輸入品、コストは高く、今後も上がる見込み。CO_2排出量も多い。	発電所１基あたり 2.5万kW 発電コスト 10.7円/kWh CO_2排出量 0.74kg/kWh
天然ガス火力発電所	○セレア共和国の沖合にはガス田が確認されている。これを開発すると、生産施設建設の投資コストが掛かるが、大きな雇用も見込める。 ○パイプラインで運べるので、ピーク時の急な発電にも対応できる。CO_2は出るが、発電コストも大分下がる。	発電所１基あたり 2.5万kW 発電コスト 6.2円/kWh CO_2排出量 0.61kg/kWh
原子力発電所	○セレア共和国には採掘可能なウラン鉱石が豊富である。需要があれば、加工に多くの人の雇用が生み出される。しかし、放射性廃棄物の保管場所はまだ決まっていない。 ○放射性物質を使う危険性はあるものの、雇用確保やCO_2排出量の少ない点は評価できる。	発電所１基あたり 2万kW 発電コスト 5.3円/kWh CO_2排出量 0.02kg/kWh
水力発電所	○セレア共和国は山が多く、また水量も豊富で、ダム作りの可能な地点は多い。貯水池は観光施設として利用可能。 ○大気に対する影響は少ないが、ダム建設で、島の貴重な自然を破壊し、生態系への影響も心配されている。	発電所１基あたり 1.3万kW 発電コスト 11.9円/kWh CO_2排出量 0.01kg/kWh
地熱発電所	○セレア共和国にはキャップロック層が自然保護地域の地下にあることが確認されている。 ○高温の水蒸気は地下から豊富にわき上がってくる。火山に関係するので、自然保護地域に建設することになる。	発電所１基あたり １万kW 発電コスト 16.0円/kWh CO_2排出量 0.02kg/kWh
太陽光発電所	○新エネルギーの１つとして注目されている。 ○パネルを敷き詰めるため、広い土地が必要となる。昼間しか発電できない、天気に左右されるなどの欠点がある。	発電所１基あたり 0.5万kW 発電コスト 44円/kWh CO_2排出量 0.05kg/kWh
風力発電所	○セレア共和国の東海岸付近は、年間を通して発電機を回すことのできる風が吹いている。 ○意外に多くの土地を必要とし、風切音や風任せの問題点もある。	発電所１基あたり 0.5万kW 発電コスト 13.1円/kWh CO_2排出量 0.03kg/kWh

※本展開例は、アメリカのエネルギー教育“NEEDProject”教材（エネルギーのトレード・オフ）を基に作成したもので、各発電所のデータはあくまでも便宜上の数値である。

（作成者）神奈川県秦野市立東中学校　加藤　和宏　教諭

はじめに

生徒の関心と学習意欲を喚起するためのヒント

▶身近な話題・タイムリーな話題から・・・・・・・・・・・

○身の回りにあるあらゆるものが原子力・エネルギー教育の入り口となる。

○電気、ガス、石油製品など、熱・光・動力などを得るために直接的に消費するエネルギー(直接エネルギー)だけでなく、身の回りにあるさまざまな製品の生産から流通・貯蔵・廃棄に至るプロセスで使われるエネルギー(間接エネルギー)にも目を向けさせることが重要である。

○特に、身近な話題やタイムリーな話題の活用は、生徒とエネルギー・環境問題との距離を近づける上で有効である。

(例)◆レジ袋削減の効果は?

⇒日本全国のレジ袋の年間消費量は約300億枚で、レジ袋1枚を作るのに石油約20mlが必要となる。仮に、家族 4 人が毎日各 1 枚節約すると、年間で500mlペットボトル約60本分の石油を節約する計算となる。

(出所:地球環境白書 http://www.glwwp.com/)

(例)◆クールビズ・ウォームビズのCO_2削減効果は?

⇒冷房温度28度を目安に設定したり、ノーネクタイなどのビジネススタイルを取り入れたりする企業やオフィスが増えている。2008年度のクールビズによるCO_2削減量は約172万トンで、約385万世帯の1カ月分のCO_2排出量に相当する。

⇒暖房温度20度を目安に設定したり、働きやすく暖かいビジネススタイルを取り入れたりする企業やオフィスが増えている。2008年度のウォームビズによるCO_2削減量は約143万トンで、約321万世帯の1カ月分のCO_2排出量に相当する。

▶意外性のある話題から・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

○常識を揺さぶるような意外性のある話題も、生徒たちのエネルギー・環境問題への関心を喚起する上で有効となる。

(例)◆信号機のライトは何個ある?

⇒日本全国の信号機約200万灯のうちLED式は約19万灯(2005年度)で、近年、LED式が増える傾向にある。LED式信号機のライト1個には約200個のLEDが入っている。つまり、一般的な車両用の青・黄・赤の信号機のライトの数は、LED式では約600個となる。なお、LED式の消費電力は電球型の約5分の1程度といわれている。

▶時間軸から今をとらえさせる・・・・・・・・・・・・・・・・

○自分たちが生きている今の時代が人類の歴史の中でどのような位置にあるのかを、エネルギー・環境の面からとらえさせることが、エネルギー環境の出発点となる。

(例)◆奥の細道を今の交通機関で回ると?

⇒松尾芭蕉が江戸時代(1689年・元禄2年)に約180日間かけて東北～北陸～岐阜を巡った「奥の細道」。現在、同じコースを今の交通機関を使いながら回ると約10分の1の期間で巡ることができる。そのかわりエネルギーの面で見ると、芭蕉の時代の約16倍のエネルギーが必要となる。

(出所:シリーズ環境単位 http://www.jp.horiba.com/sensorium/eu/)

(例)◆東京⇔大阪間の所要時間

⇒江戸時代:徒歩で10～20日
明治～昭和:蒸気機関車で約20時間
現在:自動車で約6時間、新幹線で2.5時間、飛行機で1時間

(例)◆世界のエネルギー消費量の変化

⇒40年間で約3倍、この10年間でも1.3倍

▶空間軸から日本や地域をとらえさせる・・・・・・・・・・・

○歴史的な観点と併せて、自分たちが住んでいる国や地域が、世界の中または日本の中でどのような位置にあるのかを、エネルギー・環境の面からとらえさせることも重要である。

(例)◆電気のある暮らしは世界共通か?

⇒電気のない暮らしをしている人は世界の総人口の約4分の1といわれている。

(例)◆日本人のエネルギー消費量は多いか少ないか?

⇒日本人1人当たりのエネルギー消費量はカナダの半分、モンゴルの3.1倍、ブラジルの2.7倍となっている(2007年)。

▶多面的な見方・考え方の訓練を・・・・・・・・・・・・・・・

○エネルギー・環境問題は日々刻々と状況が変化する流動性の高い問題であるとともに、一面的な見方や固定的な考え方では本質を捉えきれない多面性をもった問題であり、多面的かつ総合的なアプローチが重要となる。

(例)◆原油の可採年数は増えている?

⇒エネルギー資源の可採年数は、その年の確認埋蔵量を年間生産量で割ったもので、エネルギー消費量、価格、探査技術、生産・回収技術の進展などで変動する計算上の数値である。ちなみに「BP統計」の出典によれば、原油の可採年数は1975年の34年から2007年の42年へと増加している例もある。

(例) ◆二酸化炭素は悪者？

⇒二酸化炭素は温室効果ガスの代表的なものであるが、もし、大気中に二酸化炭素がなければ地表の平均温度はマイナス19℃になるといわれている。また、最近では、CO_2を積極的に有効利用する観点から「トリジェネレーション(発電＋廃熱利用＋発電時に出たCO_2の有効利用)」の研究も進められている。CO_2の用途としては、植物の光合成促進や工場からのアルカリ排水の中和剤などが考えられている。

▶ポジティブなメッセージの発信を・・・・・・・・・・・・・

○エネルギー・環境問題を取り巻く厳しい現状を正確に理解し、健全な危機意識を持つことは重要である。

○しかし、危機感をあおるだけでは、子どもたちの将来への悲観的な見方を助長することにもなりかねない。

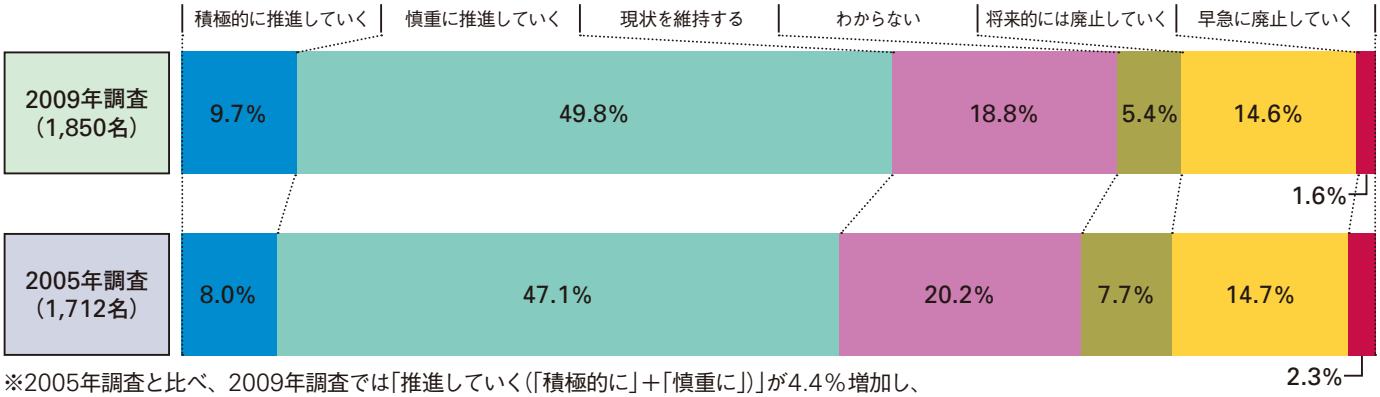
○問題解決に向けた取り組みの現状や今後の展望、日本が世界に貢献できる役割や技術、さらには、次代を担う子どもたちにチャレンジしてほしい分野・テーマなどのポジティブなメッセージを同時に発信することが重要である。

(例) ◆ CO_2排出ゼロの都市づくり

⇒世界有数の産油国であるアラブ首長国連邦(UAE)のアブダビでは、2015年の完成を目指して、再生可能エネルギーのみを使ったCO_2排出ゼロの都市「マスダール・シティ」の建設が始まっており、日本企業も参画している。

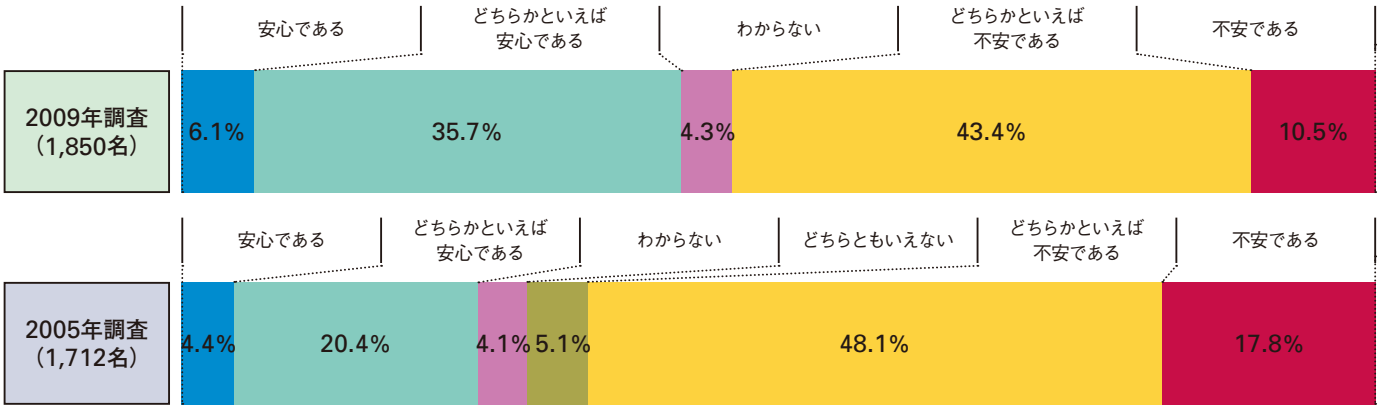
原子力発電に関する世論調査結果

Q1. 日本の原子力発電について、どのように考えますか？



※2005年調査と比べ、2009年調査では「推進していく(「積極的に」＋「慎重に」)」が4.4％増加し、「廃止する(「将来的に」＋「早急に」)」は僅かながら減少している。

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？



※2005年調査と比べ、2009年調査では「安心である(「どちらかといえば」を含む)」が17％増加し、「不安である(「どちらかといえば」を含む)」は12％減少している。

(注) 2005年調査では「どちらともいえない」という選択肢がある。

出所：内閣府「原子力に関する特別世論調査」

[調査対象] 全国20歳以上の者3,000名　[有効回収数(率)] 1,850名(61.7％)　[調査時期] 2009年10月15日～25日　[調査方法] 調査員による個別面接聴取

1 私たちのくらしと電気

チャレンジ 1 日本と世界のエネルギー事情を知ろう
1 私たちのくらしと電気

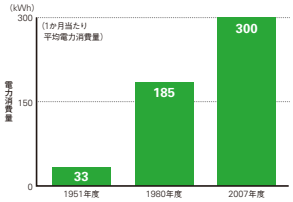
**私たちが毎日のくらしの中で最も多く使用しているエネルギーは電気です。
電気はコンセントがあればさまざまな電気製品を使うことができて便利なため、
その使用量は増え続けています。電気製品がなかったころのくらしと今のくらしは
どのように変わったのでしょうか？**

くらしの移り変わり

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。

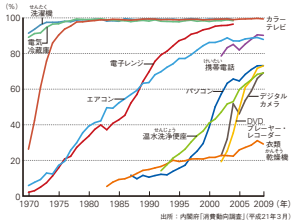
テレビや冷蔵庫など、私たちが当たり前のように使っている電気製品の多くは高度経済成長期以降に生まれました。そのころは家事を担う電気製品が主でしたが、今日では、より快適なくらしや娯楽のための電気製品も増え、多機能・高機能化しています。電気製品が増えるにしたがって、私たちが家庭で使う電気の使用量も増え、今では1か月当たり約300kWhの電気を消費しています。

◆1世帯当たりの電気の使用量



※数値は9電力会社平均値

◆主な電気製品の普及率

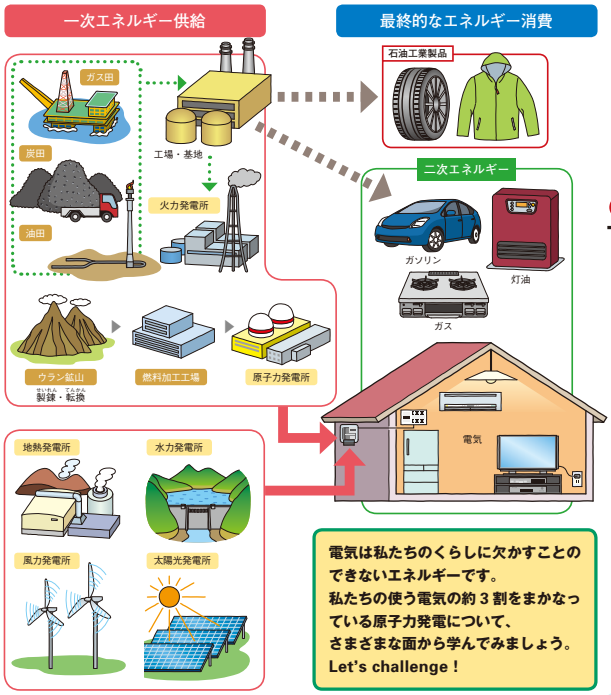


出所：内閣府「消費動向調査」(平成21年3月)

出所：電気事業連合会調べ

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。



**電気は私たちのく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！**

生徒用：3－4ページ

学習のねらい

◎自分たちのくらしと電気のかかわりについて関心を持つ。
◎一次エネルギー、二次エネルギーについて理解する。
◎さまざまな一次エネルギーから電気エネルギーが作られることを理解する。
◎昔に比べ現在ではエネルギー消費量が格段に増えた理由を考える。

指導上のポイント

◎昔に比べて、家庭には電気製品が増え、便利になった。
◎一次エネルギーとは自然界から得られるエネルギーのこと。
◎二次エネルギーとは一次エネルギーを加工したもの。
◎電気エネルギーは一次エネルギーとして存在しないこと。

■エネルギーの分類

日常的には機械や電気製品、交通機関などを動かす原動力という意味で、石油やガスなどのエネルギー資源や電気なども単にエネルギーと呼んでいる。

天然ガスや原料炭、原油などの化石燃料や風力、水力、ウランなどの自然から直接採取するエネルギーを一次エネルギーと呼ぶ。通常、一次エネルギーは利用しやすい形に変えて、私たちが最終的に消費する。これを二次エネルギーと呼び、電力、石油製品などの石油系燃料、石炭などの固形燃料、および都市ガスなどのガス燃料がある。

■エネルギーを表す単位

石油や石炭などそれぞれのエネルギー源には固有の単位がある。しかし、異なった単位のままでは比較や合計をすることはできない。そのため、エネルギーの仕事量を表す熱量を基本単位として換算する。日本の計量法では、国際単位(SI単位)であるジュール(J：Joule)を利用することになっている。この他、カロリー(cal)、原油換算 kl、石油換算トンなどがある。これらの単位は係数を用いて相互に換算することができる。例えば、1キロカロリーをジュールに直す場合は次のようになる。

1 kcal=(4.18605×10^{-3}) × 1 MJ
=0.00418605MJ=4186.05J

◆一次エネルギーと二次エネルギー

一次エネルギー（自然から直接得られるエネルギー）	→	二次エネルギー（利用しやすく加工などしたもの）
原料炭	→	石炭、コークス、練炭など
原油	→	ガソリン、灯油、軽油、重油など
天然ガス、原料炭、原油、ウラン、水力、太陽光、風力、地熱など	→	電気
天然ガス、LPガスなど	→	都市ガスなど

◆電気の単位

［電　　圧］ボルト（V）

電流を流そうとする力。電池を発明したボルタの名前から名付けられた。

［電　　流］アンペア（A）

電気が電線の中を流れる量。電流を研究したアンペールの名前から名付けられた。

［電気抵抗］オーム（Ω）

電気の流れにくさを表す。電気抵抗を発見したオームの名前から名付けられた。
抵抗(Ω)＝電圧(V)÷電流(A)

［電　　力］ワット（W）

電気の大きさ、1 秒間あたり 1 ジュール(J)のエネルギー。蒸気機関を発明したワットから名付けられた。電力設備の規模を表す際にも使われる。電力(W)＝電圧(V)×電流(A)

［電 力 量］ワットアワー（Wh）

1 時間に使った電気の量を表す。使用された電力量や発電された電力量を表す際にも使われる。
電力量(Wh)＝電力(W)×時間(h)

◆熱量単位換算表

～から ＼ ～へ	メガジュール(MJ)	キロワット時(kWh)	キロカロリー(kcal)	原油換算キロリットル(原油換算kl)	石油換算トン(石油換算t)
メガジュール	1	2.77778 × 10^{-1}	2.38889 × 10^{2}	2.58258 × 10^{-5}	2.38846 × 10^{-5}
キロワット時	3.6	1	8.59999 × 10^{2}	9.29729 × 10^{-5}	8.59845 × 10^{-5}
キロカロリー	4.18605 × 10^{-3}	1.16279 × 10^{-3}	1	1.08108 × 10^{-7}	9.99821 × 10^{-8}
原油換算キロリットル	3.87210 × 10^{4}	1.07558 × 10^{4}	9.25000 × 10^{6}	1	9.24834 × 10^{-1}
石油換算トン	4.18680 × 10^{4}	1.16300 × 10^{4}	1.00018 × 10^{7}	1.08127	1

生徒用：3－4ページ

2 日本と世界のエネルギー事情

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？

チャレンジクイズ

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

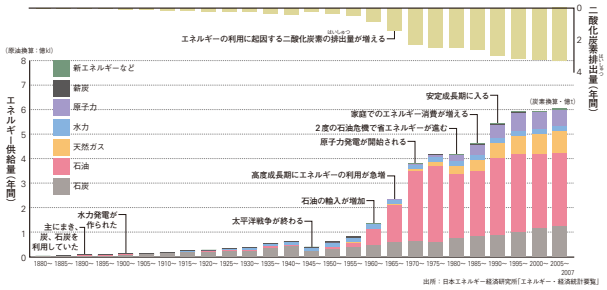
日本のエネルギー事情

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

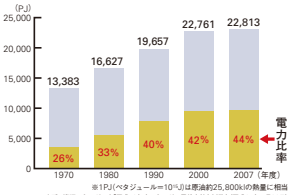


出所：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」

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。今後も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



※1PJ（ペタジュール＝10の15乗J）は原油約25,800kLの熱量に相当
出所：資源エネルギー庁「平成19年度エネルギー需給実績（確報）」（平成21年4月30日）

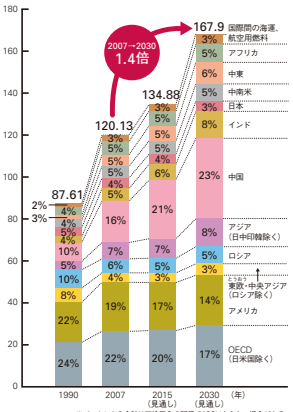
世界のエネルギー事情

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。

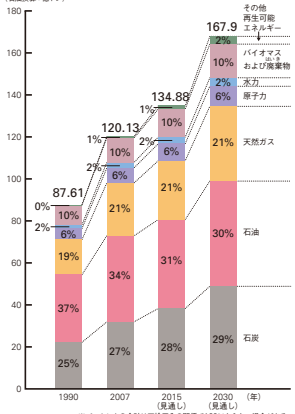
世界中が求めているエネルギーの量は急速に増えている中、国内に資源がほとんどない日本は、世界のエネルギー事情の変化に大きく影響されることはさけられません。

◆世界のエネルギー消費推移と見通し（地域別）



※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）



※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」

ココがポイント

◎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。

生徒用：5－6ページ

学習のねらい

◎エネルギー消費量のうち、電力消費量の割合が増えていることを理解する。
◎世界全体では、中国をはじめとしたアジア地域を中心にエネルギーの需要が急増しており、今後もさらに増大が見込まれていることを理解する。
◎日本の社会の変化とエネルギー利用の変換の関係について考えるとともに、エネルギーが果たしてきた役割を考える。

指導上のポイント

◎日本では高度経済成長期以降、エネルギーの消費量が急増すると同時に、二酸化炭素の排出量も急増した。
◎石油危機以降、天然ガスや原子力などエネルギーの多様化が進められた。
◎エネルギー消費に占める電力消費の割合は増え続けている。
◎世界ではアジア地域の経済成長に伴い、エネルギー消費量が増大する見込みである。

関連ワークシート　61～62ページ：ワークシート 1　世界の国々の電源構成を比べてみよう

■日本の一次エネルギー供給の変化

日本では、1960年代の高度成長期以降、特にエネルギー消費の増大が著しい。同時に二酸化炭素の排出量も増大している。

石油危機以降、石油に頼らない多様なエネルギー供給が求められ、近年は、天然ガスや原子力の比率が増えている。

火力発電に使用される天然ガスは、二酸化炭素の排出が少なく、硫黄酸化物を排出せず、石油や石炭よりクリーンなエネルギーである。

また温室効果ガスの排出削減の観点から、今後も原子力発電が積極的に導入される見込みである(生14ページ、37ページ参照)。

■電力消費量の割合の増大

エネルギー消費量全体に占める電力の比率は、電気製品の普及により年々増大している。これは、特にエアコンの普及拡大により、家庭用電力使用量が増加してきたのが主な原因である。また、技術革新により、電気機器1台あたりの消費電力は減少しているにもかかわらず、普及台数の増加により消費電力が増加し続けている。

昨今は、冬場の暖房需要による電気使用量の増加も見られ、寒冷地では夏より冬の電力使用量が多く、冬場のピークの需要対応も重要である。

■世界的なエネルギー消費の増大

世界のエネルギー消費は、特に産業革命以降、飛躍的に増大しているが、近年は、経済成長の著しい中国やインドなどアジア地域での増大が目立っており、今後もこの傾向が続くと見込まれる。そのため、世界的なエネルギー資源のひっ迫や地球温暖化への影響が懸念されている。

エネルギー消費の増大に対応するには、電源の多様化など、化石燃料に頼らないエネルギー源の確保が重要である。中でも発電時に二酸化炭素を排出しない原子力発電は、地球温暖化の防止の観点からも今後ますます導入が進むと思われる(生38ページ参照)。

エネルギー資源を輸入に頼っている日本は、世界的なエネルギー需要の増加の中、エネルギーの安定供給を図っていかなければならないという課題がある。

チャレンジクイズの答え

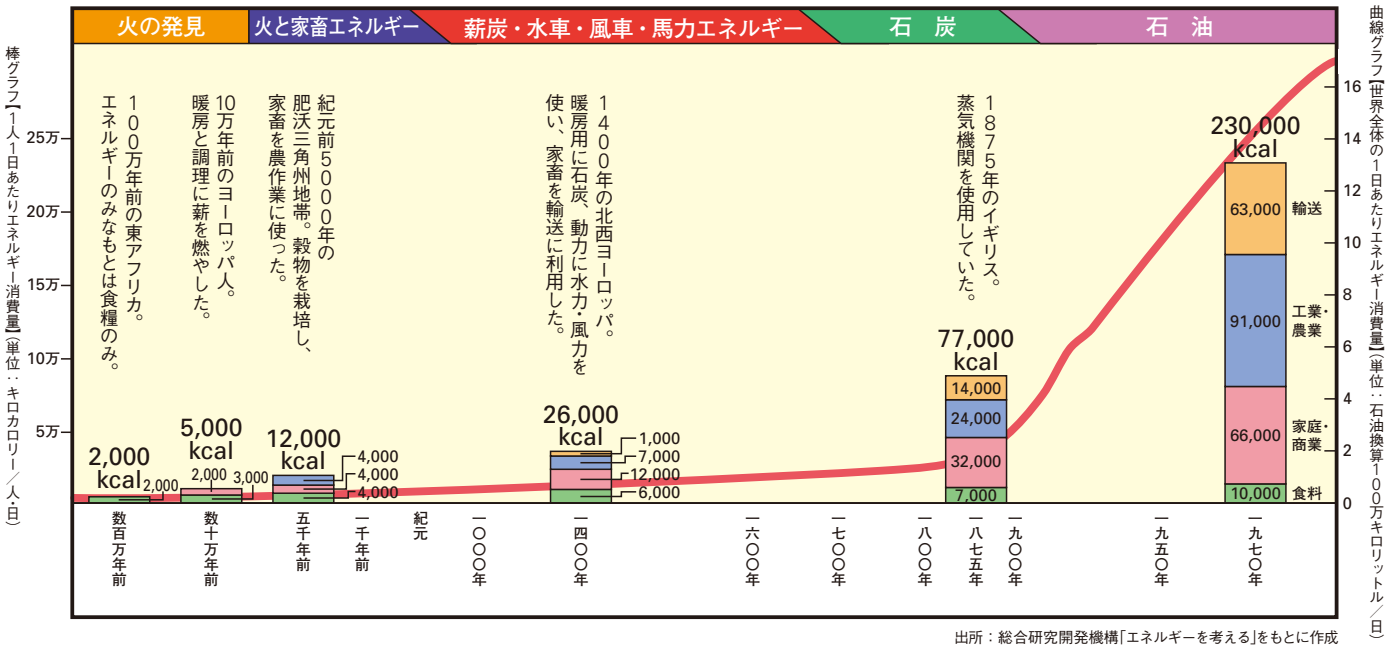
正解：①－③－②

①**産業革命**…18世紀後半、蒸気機関が改良され、イギリスを中心に産業革命が起こった。エネルギー源である石炭の消費量も増大した。

②**石油危機**…1973年、第4次中東戦争をきっかけに起こった第一次石油危機、1979年、イラン革命をきっかけに起こった第二次石油危機。日本はこの石油危機の経験から、石油代替エネルギーの開発や省エネルギーに取り組んできた。

③**世界初の原子力発電所**…1956年、イギリスで世界初の商用原子力発電所が完成した。

◆人類とエネルギー利用のかかわり



出所：総合研究開発機構「エネルギーを考える」をもとに作成

生徒用：5－6ページ

3 エネルギー利用を考えるための4つの視点

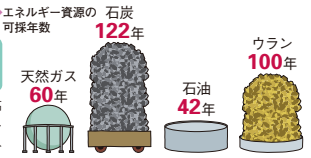
チャレンジ 1 日本と世界のエネルギー事情を知ろう
3 エネルギー利用を考えるための4つの視点

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。

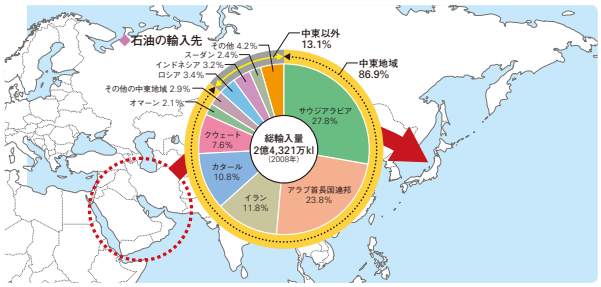
◆エネルギー資源の可採年数



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。

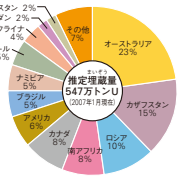
※2008年末（ウランは2006年末）
出所：天然ガス、石炭、石油は「BP統計 2009年」、ウランはOECD/NEA&IAEA「Uranium2007」

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」

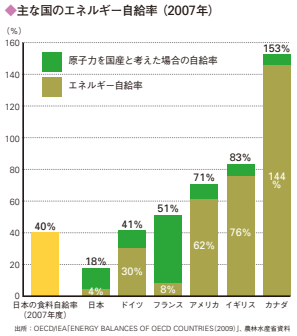
視点3：日本の低いエネルギー自給率を改善できること

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。

◆主な国のエネルギー自給率（2007年）



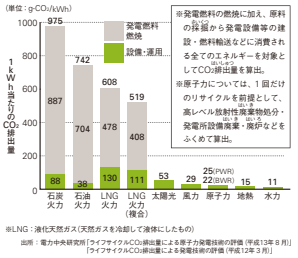
出所：OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES(2009)」、農林水産省資料

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。

◆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）」

ココがポイント

◎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。

学習のねらい

◎エネルギーの安定確保の観点から、エネルギー資源はできるだけ多くの国から輸入する必要があることに気づく。
◎日本はエネルギー資源に乏しいため、大部分を輸入に依存していることを理解する。
◎地球温暖化防止の観点から、発電時に二酸化炭素を出さない原子力や自然エネルギーが有効であることを理解する。
◎エネルギー資源には限りがあり、有効利用の大切さを考える。

指導上のポイント

◎エネルギー資源には限りがある。また、可採年数はエネルギー資源によって異なる。
◎石油の産出は中東地域にかたよっている。
◎ウランは、比較的世界中に分布しているので、輸入先を分散することができる。
◎エネルギー資源に乏しい日本は安定確保の観点からも、できるだけ多くの国から輸入する必要がある。
◎日本のエネルギー自給率はわずか 4％（原子力を国産とした場合は18％）である。
◎原子力、自然エネルギーは、発電時に二酸化炭素を発生しない。

関連ワークシート　61～62ページ：ワークシート 1　世界の国々の電源構成を比べてみよう

■有限なエネルギー資源とウランの有効性

エネルギー資源の可採年数は、需要の変動、技術革新による採掘採算性の向上や新しい資源の発見などにより増減する。しかし、資源は有限であり、いずれ枯渇することには変わりない。

ウランは、原子力発電で使い終わった燃料(使用済燃料)を再利用(リサイクル)できる(生33～34ページ)こと、また高速増殖炉(生 40ページ参照)を導入することにより、他のエネルギー資源より長期にわたって有効活用できると期待されている。

また、ウランは石油などの化石燃料と比べて少ない量で発電を行えるため、輸送や貯蔵が容易である。

生徒には、それぞれのエネルギー資源の産出国や輸入先を調べさせ、どんな違いがあるのか、なぜ多くの国から輸入する必要があるのか、石油の輸入が中東諸国にかたよっているとどんな問題があるのかなどを考えさせるのもよい。

◆100万kWの発電所を１年間運転するために必要な燃料の量

LNG(天然ガス)火力	93万トン
石炭火力	221万トン
石油火力	146万トン
原子力(濃縮ウラン)	0.0021万トン

※下記の条件の下に試算(設備効率はすべて80%)

	発電効率（発電端）	発熱量、または燃焼度
LNG火力	50.0%	約 54.5MJ/kg
石炭火力	43.0%	約 26.6MJ/kg
石油火力	41.8%	約 38.2MJ/ℓ
原子力	34.5%	約 45,000MWD/t

出所：総合エネルギー統計

■エネルギー源の安定確保

日本は1970年代の２度にわたる石油危機をきっかけに、エネルギー源の多様化や石油輸入の中東依存度の低減、省エネルギーに努めた。その結果、石油の一次エネルギーにおける比率は低下した。中東依存度も一時低下したが、現在は再び上昇している。

天然ガスや石炭は、石油に比べ世界に広く分布していることから比較的政治情勢の安定している地理的に近いアジア・オセアニアの国々から輸入されている。

ウランの産出国も特定の地域に偏在していないため、多くの国から輸入することが可能であるが、近年、各国による獲得競争も起こってきている。

■日本のエネルギー自給率改善のために

日本のエネルギー自給率は、食料自給率の約40％(2007年度)と比べても極めて低い４％となっている。

原子力発電の燃料であるウランも100％輸入にたよっているが、一度輸入すると長期間使うことができ、一度原子炉に入れると3～4年は使い続けることができる。

また、使用済燃料は再利用(リサイクル)できることから(生 33～ 34ページ、40ページ参照)、 国産に近いエネルギー(準国産エネルギー)といわれている。原子力を国産と考えた場合、エネルギー自給率は ４％から18％に上昇する。

■地球温暖化防止の手段である原子力発電

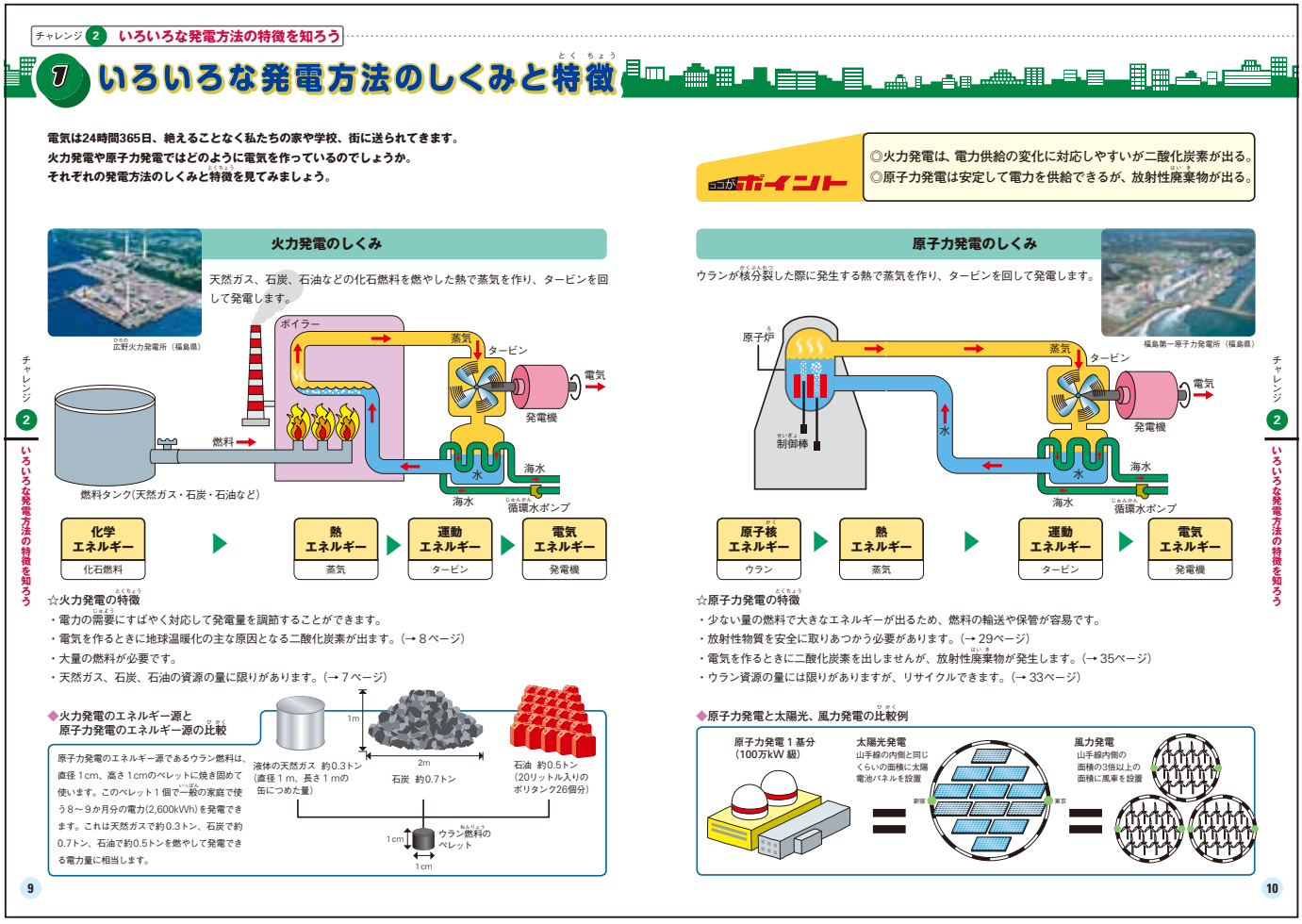
発電に伴う環境負荷の分析・評価は、電気を作るのに必要となる、燃料採掘、加工、輸送、廃棄物処理、発電所の建設や廃止などのすべての活動に伴う間接的な環境負荷も含めて、トータルの環境負荷で行われる(ライフサイクル評価)。

原子力発電は発電時に化石燃料を燃やさないため二酸化炭素を排出しないが、燃料のウランを濃縮するときに使う電力など設備・運用の部分で排出される。それらを含めても火力発電に比べれば少ない量の排出で済む。

原子力発電や自然エネルギーによる発電は、発電時に二酸化炭素を発生しないため、地球温暖化対策に有効である。

生徒用：7－8ページ

1 いろいろな発電方法のしくみと特徴



生徒用：9－10ページ

学習のねらい

◎いろいろな発電方法やそれぞれの特徴に関心を持つ。
◎いろいろな発電方法の中で、基幹電力である火力発電と原子力発電のしくみについて理解する。
◎火力発電と原子力発電はそれぞれどのようにエネルギーが変換し、熱を取りだしているのか理解する。
◎それぞれの発電方法の特徴について考える。

指導上のポイント

◎火力発電、原子力発電はともに、水を蒸気に変えて発電機に直結したタービンを回して発電するところは同じしくみである。
◎水を蒸気に変える熱源が、基本的に火力発電と原子力発電では異なるだけであり、火力では化学エネルギーが、原子力では、原子核エネルギーが源である。
◎各発電方法は、環境への影響、資源の調達などの面で長所、短所(課題)がある。

関連ワークシート	63～64ページ：ワークシート２　原子力発電と太陽光、風力発電を比べてみよう

■火力発電と原子力発電

ここでは特に、ひとつの発電所でたくさんの電気を作ることができる火力発電と原子力発電について、両者の共通点と長所・短所の理由をまとめ、生徒に理解させたい。

◆共通点

火力発電では、天然ガス、石炭、石油などを燃焼して得た熱で水を蒸気に変え、それを羽根車に吹き付けて回転させ、軸に直結した発電機を回して発電する(この羽根車の役割をする機械をタービンという)。
一方、原子力発電では、水を蒸気に変えるのにウランの核分裂によって発生した熱を使うことが火力発電と違うだけで、タービンを回して発電する点は共通である(核分裂のしくみについては、生19〜20ページ、27〜28ページ)。
なお、天然ガス、石炭、石油のみならず、ウランも資源の量に限りがある。

◆各発電方法の長所(◎)・短所(●)などの比較

1. 火力発電	2. 原子力発電
◎電気がたくさん使われる時間帯、あまり使われない時間帯で発電量を調節することができる。 [理由] 設備が比較的単純な構造であること、燃料の増減により出力の調節が容易あるため。	●火力発電のように短時間で大幅な発電量を変えるような運転には向かない。 [理由] 原子炉の安全確保、燃料の健全性確保を最優先とし、安全を十分に確保するために、温度の急激な変化を伴う運転を制限しているため。
◎熱を電気に変える効率(発電効率＝発熱量に対する発電量の割合)が40〜50%、最新型のもので約60%と高い。 [理由] 発電効率は、タービンを回す蒸気の温度・圧力が高いほど発電効率が高い。火力発電では蒸気の温度・圧力を比較的高くできるため。	●熱を電気に変える効率が約35%と火力発電に比べて低い。 [理由] 上記と同様の理由から原子炉冷却水(蒸気)の最高温度を制限しているため。
●化石燃料を燃やすときに二酸化炭素が排出されるので、それが温室効果ガスとして、地球温暖化の原因になる。 [理由] 炭素を多く含む燃料の燃焼時に出る熱を利用することから、必ず二酸化炭素を発生する。	◎ウランの核分裂によって出る熱を利用するので、発電時には二酸化炭素は一切発生しないが、●使い終わった燃料などから放射性廃棄物が発生し、それらを安全に取扱い、また処理・処分する必要がある。 [理由] 核分裂には中性子という放射線が必要であり、また核分裂により放射性物質が発生するため。
ただし、火力発電でも原子力発電でも、発電時以外の過程(燃料採掘、輸送、廃棄物処理、設備の建設、廃止などすべての活動)で二酸化炭素を排出する(28ページ参照)。	
●大量の燃料が必要である。 [理由] 火力発電の燃料は燃焼すると同時に全量が燃え尽きてしまい、絶えず燃料の補給が必要であるため。	◎少ない量の燃料で大きなエネルギーが出るのでより安定した電源である。 [理由] ウラン燃料は、火力発電燃料に比べると出力密度が極めて高いため、必要量が少量ですみ、輸送や貯蔵が容易であり、さらに、燃料を一度原子炉の中に装荷すると3〜4年間かけて発電し続けることができる上、一度使った燃料は再処理してサイクルできる。さらにウランを産出する地域が偏在していないことも合わせ、安定供給が望め、エネルギーセキュリティ上有利である。

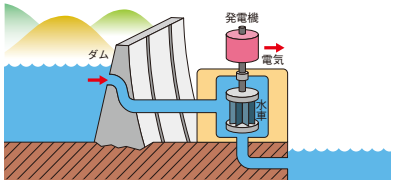
生徒用：9−10ページ

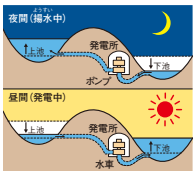
1 いろいろな発電方法のしくみと特徴

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のない水力、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れの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。





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。

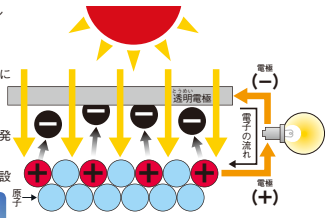
☆水力発電の特徴
- 自然のエネルギーを利用するので、石油などのように資源がなくなる心配がありません。
- 必要なときにすぐに発電できます。
- 電気を作るときに二酸化炭素を出しません。
- ダムにたまる水の量によっては発電できないことがあります。
- 新たなダムを作る場所を確保しづらくなっています。

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。

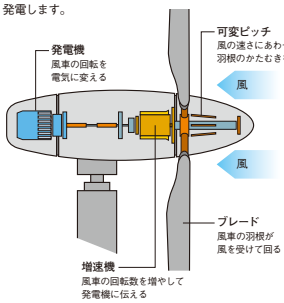


中部国際空港セントレア(愛知県)

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。

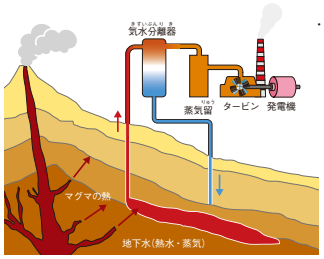


高萩 ウィンピラ発電所(北海道)

☆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？ 調べてみよう。

ココがポイント
- ◎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。

学習のねらい

◎水力、風力、太陽光、地熱などの自然(再生可能エネルギー)による発電のしくみについて理解する。
◎運転調整が可能な発電方式と困難な発電方式があることを理解する。
◎それぞれの発電のしくみの特徴、長所、短所(課題)を考える。

指導上のポイント

◎自然エネルギーは発電時に二酸化炭素を排出しない。
◎天候などの自然条件に発電量が左右される。
◎自然エネルギーは費用や規模、立地などの面で課題がある。

関連ワークシート　63～64ページ：ワークシート２　原子力発電と太陽光、風力発電を比べてみよう

■自然エネルギー

自然エネルギーを使う水力発電、風力発電、太陽光発電、地熱発電と、これらと同じように発電時に二酸化炭素を発生しない原子力発電との違いを比較し、生徒に理解させたい。

◆各発電方法の長所(◎)・短所(●)などの比較

水力発電	風力発電	太陽光発電	地熱発電
◎気候や地形が安定している限り、資源が枯渇することはない。 [理由] 降水は、太陽からの熱により海水が蒸発して出来た水蒸気が源であり、太陽活動が続く限り枯渇しない。	◎気候が安定している限り資源が枯渇することはない。 [理由] 風は、基本的に地球に入る太陽からの熱による対流が源であり、大気が安定して存在し、太陽活動が続く限り枯渇しない。	◎資源が枯渇することはない。 [理由] 太陽の活動は過去実質的に不変であり、今後50億年の間は劇的な変化もなく経過すると予想されている。	◎地下のマグマ溜りが固結したり、地下水が枯渇したり、大きな地殻変動がない限り資源は長期にわたりなくならない。
◎発電時に二酸化炭素を出さない。 [理由] 化石燃料などを燃やしたときの熱を利用する方式ではないため。ただし、いずれの発電でも、発電時以外の過程(設備の製造、建設、運営、廃止などすべての活動)で二酸化炭素を排出する。			
◎貯水池に水がたまっている限り、必要なときにすぐに発電できる。 [理由] 発電に高温度のものを利用することがないので、水路の弁を開放すれば数分で安定した全出力の発電状態にもっていける。また、揚水発電所では、電力需要の少ないときに上池に水をためることにより、この利点を生かすことができるため。	●風がないと発電できないし、風の向きや強さで発電量が変化するため安定した発電ができない。 [理由]風力発電は、毎秒5メートルの風速で最高の出力が得られ、毎秒25m以上の強い風速では機器を守るために風車の回転を止める。特に日本では、発電に適した風が安定して吹くところが少なく、発電所の利用率が20%と低いため。	●太陽が照っていないときは発電量が少なくなり、夜間は発電できない。 [理由] 夜間の月や星の光では弱すぎて実用的な発電はできない。昼間でも曇っているときは晴れているときの半分以下の発電しかできず、また水力発電のように、太陽光をためておくことは出来ないので、発電所の利用率が12%と低いため。	◎天候に左右されずに 24時間発電が可能。 [理由] マグマの熱は天候・昼夜の区別なく利用することができるため。
●新たなダムを作る場所を確保しづらい。 [理由] 可能な場所はほとんど開発済であり、新たな建設場所を得ることは地理的にも、社会的にも困難になってきているため。	●たくさんの電気を作るには広大な土地が必要。 [理由] 1基当たりの発電所の出力が小さいことに加え、風車は密集して設置すると、風の利用効率が下がるので、隣の風車との間隔を十分に空けなければならないため。	●たくさんの電気を作るには広大な土地が必要。 [理由] もともと太陽光はその面積当たりのエネルギーが低い上に、太陽電池パネルが光のエネルギーを電気に変換する効率が低いため。	●たくさんの電気を作るには、高温の地熱が得られる火山の近くの国立・国定公園に多く、場所の確保が難しい。 [理由] 優れた自然の風景地を保護する法律があり、特に厳しい環境審査が必要なため。
国内最大の揚水式水力発電の出力は、193.2万kW(関西電力奥多々良木発電所(兵庫県))	標準的な原子力発電所1基(100万kW級)と比較すると 100万kWの電気を作るには、山手線内側の面積の約3倍以上の面積いっぱいに風車を設置する必要がある。	100万kWの電気を作るには、山手線内側とほぼ同等の面積に太陽電池パネルを設置する必要がある。	国内最大の地熱発電所の出力は6万5千kW(東北電力柳津西山発電所(福島県))

調べてみよう！ の解説

上記および20ページ参照。

生徒用：11－12ページ

2 電源のベストミックス

2 電源のベストミックス

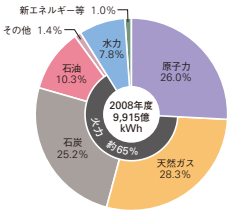
前のページで見たように、各発電方式はそれぞれ長所、短所を持っています。ひとつの発電方式にたよることなく、各々の長所を生かして発電するためにどのように工夫されているのか考えてみましょう。

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。

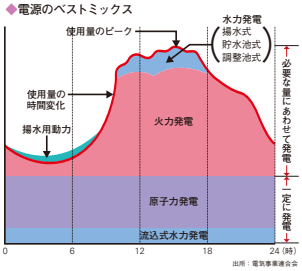
1970年代の石油危機が起きる前は、石油の割合が7割を超えていましたが、ひとつのエネルギー資源にたよる危険性を反省し、天然ガスや原子力などの割合を増やし、エネルギー源の多様化を進めています。

◆発電量とそのうちわけ



出所：資源エネルギー庁「電源開発の概要」

◆電源のベストミックス



出所：電気事業連合会

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す。

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。冷暖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。その電気も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。

チャレンジクイズ 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

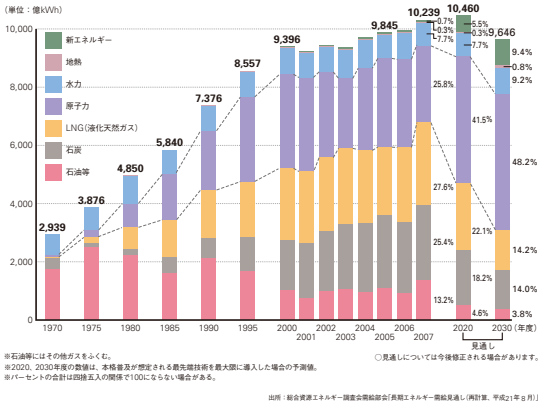
低炭素社会における原子力の役割

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



※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）」

ココがポイント
- ◎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。

生徒用：13－14ページ

学習のねらい

◎電気は大量に貯めておくことができないので、電力の需要に合わせて発電されていることを知る。

◎限りあるエネルギー資源を有効に使うため、電気を安定して供給するために各種発電方法を組み合わせて発電していることを理解する。

◎日本は低炭素社会づくりのためにどうすることが必要かについて考える。

指導上のポイント

◎電気の使用量は季節（夏と冬）や1日の時間帯（昼間と夜間）で大きく変動している。

◎電気の供給は、需要の変動に合わせて各種発電方式の特長を生かした組み合わせ（電源のベストミックス）で発電量を調節しながら行われている。

◎日本は二酸化炭素の排出量の少ない「低炭素社会」を目指している。

◎これからは、二酸化炭素を排出しない電源を増やす努力が求められている。

関連ワークシート　63～64ページ：ワークシート2　原子力発電と太陽光、風力発電を比べてみよう

■電力の使用量変化と電源のベストミックス

電気の需要は季節や１日の時間で大きく変化する。

朝、７時頃から人間の活動が始まり電気が使用され始める。午前中、電力使用量が上昇し、昼休みで一度低下するが、午後１時から再び上昇し、２時頃に最大となり、その後低下する。夕方から夜になると更に使用量は減り朝方まで低下する。人間の生活パターンと電気の使用量は相関している。

また、１年を通して見ると、電気の需要が一番多くなるのは、一般に夏場の午後２時頃といわれている。これは、家庭・事務所などでの空調設備が稼動し、工場がフル稼働するためである(北海道などの寒冷地では暖房需要が高い冬の最大電力が必要となる)。

蓄電池などで少量の電気をためることはできるが、大量の電気をためることはできない。そこで季節や時間とともに変動する電力需要量に対し、電気を供給する発電所側で調整する必要がある。

原子力発電や流込式水力発電は、頻繁な運転・停止や出力の調整が困難なため、ほぼ一定量の発電をするベース電源である。一方、火力発電や揚水式水力発電は、1日の需要の変化に合わせて出力を調整したり、発電したりすることが可能である。これらを適切に組み合わせる「電源のベストミックス」により、１日の需要の増減に対応している。なお、揚水式水力発電は、需要の少ない夜間に動力を用いて上池に水を汲み上げ、需要の多い日中に下池に水を流して発電するため、ためることができない電気を水の位置エネルギーとしてためることができる発電方法と考えることができる。

このように季節、時間とともに変動する需要に対応する供給電力として各種電源の特徴を考慮して発電方法が選定されている。

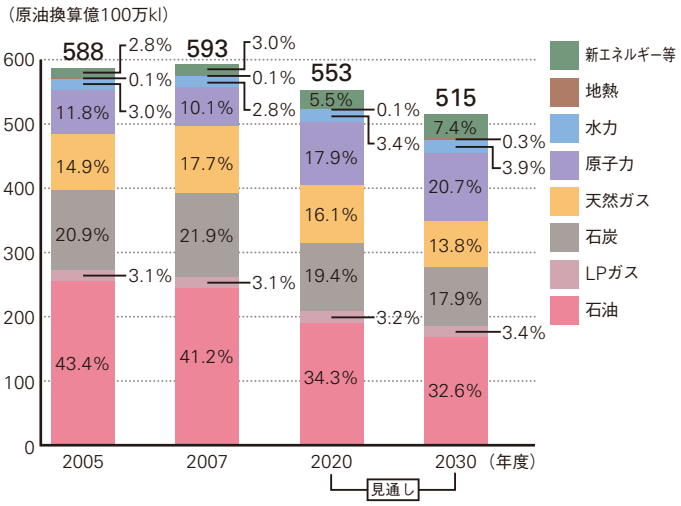
■低炭素社会に向けて

エネルギーの安定供給の確保と低炭素社会の実現を両立させるためには、発電時に二酸化炭素を出さない太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーのさらなる開発・導入や革新的技術開発とともに、原子力発電の役割が重要である。

「長期エネルギー需給見通し」は、将来の日本のエネルギー需給構造の姿を描いたものであり、３年程度に一度策定されている。直近では2008年に策定、2009年に再計算されている(今後修正される場合がある)。

原子力発電については、供給安定性、環境適合性、経済性などの面で優れていることから、需要に見合った供給力を確保するために、将来にわたる基幹電源として推進する必要があるとされている。

◆一次エネルギー供給の推移と見通し



※見通しについては今後修正される場合がある。
※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

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)」

チャレンジクイズの答え

正解：②ノー

世界各国の発電構成は、それぞれの国のエネルギー事情によって構成が大きく異なっている(61～62ページ参照)。

生徒用：13－14ページ

1 原子とは

1 原子とは

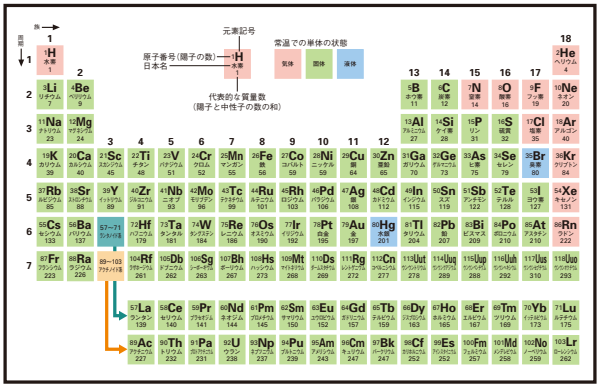
物質をどんどん小さくしていったらどうなるか？　物が燃えるとはどういうことなのか？
同じ体積でも重さはなぜちがうのか？　これらの問いは古くには哲学者によって、
近世には科学者によって、さまざまな議論がされてきました。原子にまつわる発見の歴史を見てみましょう。

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」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。

ココがポイント
- ◎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。）



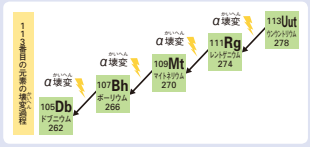
メンデレーエフはそれまで知られていた元素や化合物の性質を経験的に整理し、周期表として発表しました。彼の周期表にはそれまで発見されていなかったガリウム、ゲルマニウムが予言されていました。1906年、メンデレーエフはノーベル賞の候補になりましたが、フッ素の単離に成功したモアッサンに敗れ、翌年亡くなりました。

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って発見されました。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。

実験では一秒間に2.5兆個の亜鉛原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あり、まだ正式な名前は決まっていません。
※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)

生徒用：15－16ページ

学習のねらい

◎身の回りの物質について、その根源に興味を持つとともに、科学への関心を高める。
◎原子の発見、その解明について多くの人がかかわってきたことについて理解する。

指導上のポイント

◎身の回りの物質が原子の集まりであり、その原子の構造を理解し始めたのは近年である。
◎原子はその性質で分類することができ、その性質をまとめることで未知の原子を予想することができた。
◎現在では、人工的に作ることで新たな元素を発見している。
◎原子の重さは原子の中にある陽子と中性子の数で決まる。

■原子発見にかかわった科学者たち

原子の発見には、古くから多くの科学者たちがかかわってきた。

※年表の中から興味を持った科学者を１人取り上げて、調べ学習をさせるとよい。

デモクリトス　*Dêmokritos*

(紀元前470年頃ー紀元前370年頃)

古代ギリシャ最大の自然哲学者。アトモン(「原子」「不可分割」の意味)が無数に存在してそれらの配列の仕方と運動の仕方が物質の性質や状態を決めているという説を唱えた。

メンデレーエフ　*Dmitrii Ivanovich Mendeleev*

(1834ー1907)

ロシアの化学者。元素を原子量の順に配列したときに諸元素の間に周期的に似た性質が現れることを発見し、周期律を発表した。その後、この周期表によって存在と性質が予測された未知の３つの元素が発見されたことで、化学に新しい時代を画することになった。

ベクレル　*Antonie Henri Becquerel*

(1852ー1908)

フランスの物理学者。蛍光とエックス線の関係を探求中に、ウラン鉱から放射線を検出し、初めて原子核の崩壊現象研究の扉を開いた。この放射線が電界および磁界中で曲がること、しかもその一部はマイナスの電荷を持つ電子であることを確認した。放射能の単位ベクレル(Bq)の由来となった。

ラザフォード

Ernest Rutherford, Baron R. of Nelson and Cambridge

(1871ー1937)

ニュージーランド出身のイギリスの物理学者。アルファ線、ベータ線、ガンマ線の差を明らかにし、原子崩壊説を立てた。またアルファ線がヘリウムの原子核であることを証明した。また、アルファ線を使って、原子は原子核が中心にあってその周りを電子が回っている構造を持っているという原子模型を確立した。さらに、原子核反応を実現させるなど、物質構造の根本を明らかにした。

■原子核・原子番号・質量数

原子核は、プラス１の電荷を持った、質量が電子の約1,800倍の陽子と呼ばれる素粒子と、陽子とほとんど同じ質量の、電荷を持たない中性子と呼ばれる素粒子が集まってできている。原子核を構成するこれら陽子と中性子を核子と呼んでいる。

原子核の中の陽子の個数を原子番号とする。また、原子核の核子(陽子と中性子)の総数を質量数と呼ぶ。

■原子量

６個の陽子と６個の中性子の合計12個の核子からなる炭素(炭素12)の質量を12として、これを基準にして表した他の原子の質量を原子量と呼んでいる。質量数が238であるウラン238原子核の場合は、92個の陽子と、146個の中性子からなり、合わせて238個の核子の数で構成されているが、陽子と中性子の質量のわずかな違いなどから、原子量は238ではなく、238.05である。質量数が235であるウラン235の原子核の場合は、92個の陽子と、143個の中性子の合計235個の核子で構成されているが、同様に原子量は235ではなく、235.04である。

【Challenger's Eye解説】

ウンウントリウム(Ununtrium、Uut)とは

新しく発見された元素、または未発見であるが予想される元素は、正式な名前がつけられるまで仮の名前でよばれる。仮の名前を付けるには規則があり、

- **系統名は原子番号の各桁に対応する数詞(数を表す語)をつなげてつくる。**
- **語尾には“ium”を付加する。**
- **元素記号は数詞の頭文字をつなげる。**

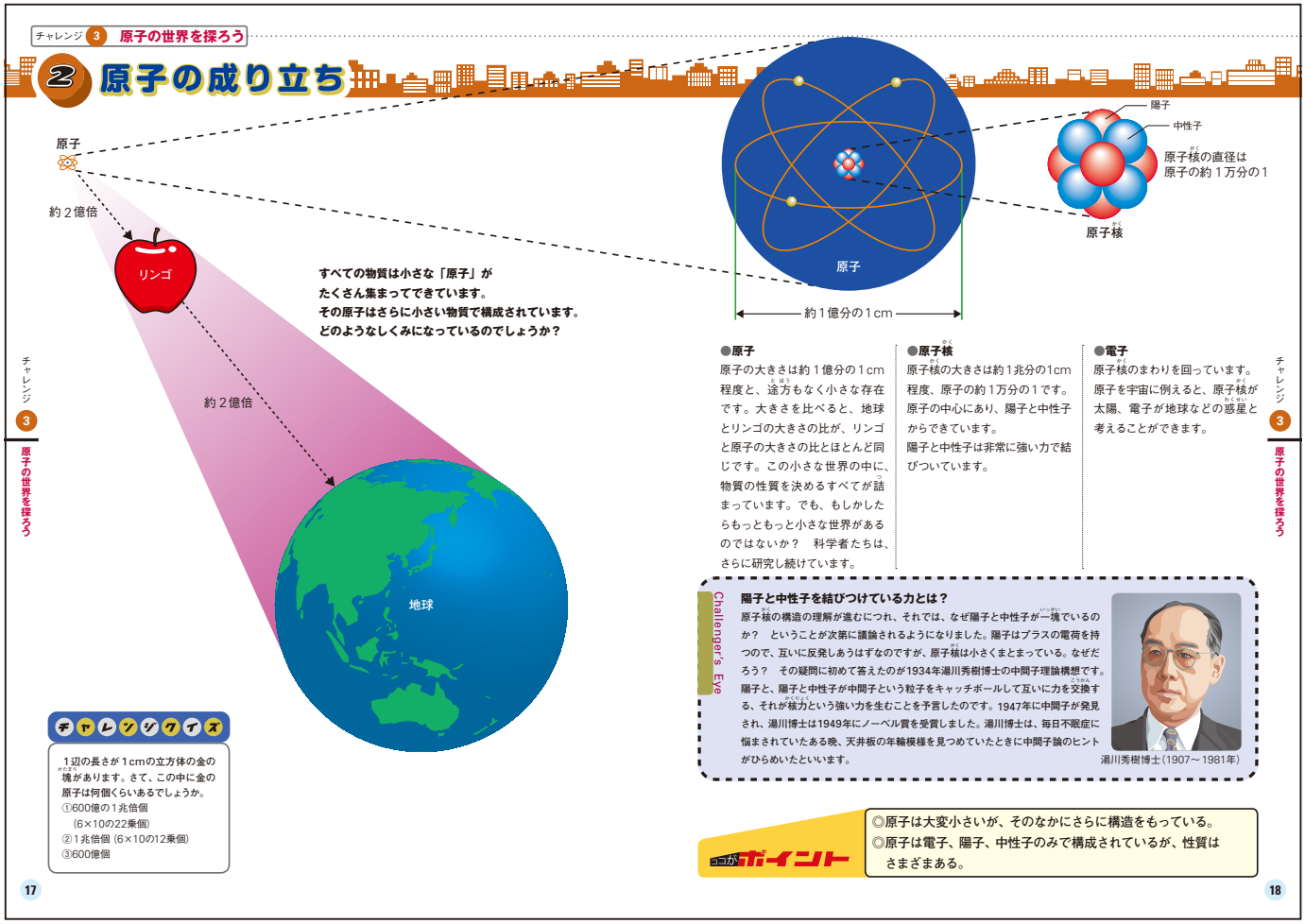
以上を守ることになっている。正式名称を付けるには命名権を得なければならず、これまでの習いでは３個発見できれば権利があるとされてきた。113番元素は２個が日本で発見されているので、さらに発見することで将来、命名権が得られることが期待されている。

◆数詞の表

0	nil	ニル
1	un	ウン
2	bi	ビ
3	tri	トリ
4	quad	クアド
5	pent	ペント
6	hex	ヘキス
7	sept	セプト
8	oct	オクト
9	enn	エン

生徒用：15ー16ページ

2 原子の成り立ち



生徒用：17－18ページ

学習のねらい

◎原子の大きさを理解する。
◎原子は、原子核の周りに電子が回る構造であることを理解する。
◎原子核を作るのは陽子と中性子であることを理解する。

指導上のポイント

◎原子とリンゴ、リンゴと地球の大きさを比べることで、原子の小ささのイメージを理解させる。
◎原子は原子核とその周りを回る電子で構成されている。
◎原子核は陽子と中性子からできている。
◎陽子と中性子はさらに小さな粒子からできている。

チャレンジクイズの答え

正解：① 600億の１兆倍個(6×10の22乗個)

金の１モルは197グラムである。また金の密度は19.3グラム／cm^{3}である。どの物質についても、構成する粒子(原子や分子)が6.023×10の23乗個が集まった量をまとめて１モルとする。

■原子の姿、大きさ

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る。例えば１立方センチの金の塊(質量19.3グラム)の塊は、6×10^{22}個(600億の１兆倍の個数)の金の原子が集まったものである。これから原子１個の大きさはいかに小さいかがわかるが、それをリンゴや地球と比べたものが、左ページの生徒用の図である。

金の原子の直径は約3.2オングストローム(１オングストローム＝10^{-10}m)であるが、原子力で使う元素ウランの原子の直径は約 3.4オングストロームであり、あまり違いはない。

原子は、さらに小さい「原子核」と「電子」により構成されている。

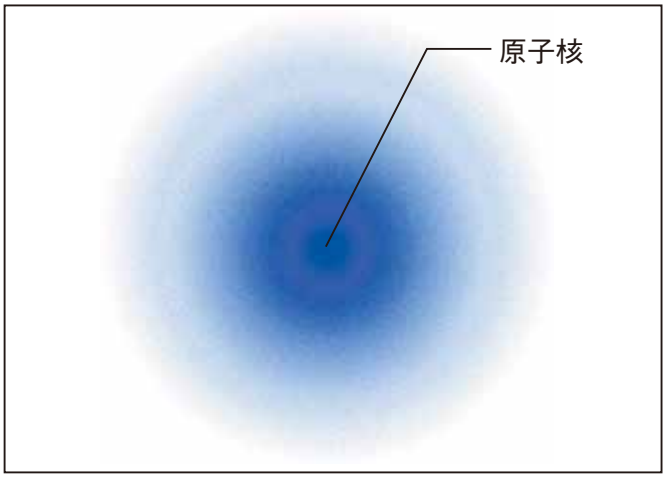
電子はマイナス １の電荷を持った質量が 9.1×10^{-28} グラムと軽い粒子である(直径は約36,000分の１オングストローム)。原子核の大きさは原子のおよそ１万分の1であり、複数個のプラスの電荷を持っている。

原子は、原子核の電荷の数と等しい数の電子が、原子核を中心に回りながら全体を囲んでいる。

しかしながら、電子の軌道は一定ではなく、ある程度の確率でしかその位置と速度を知ることができない。この確率的な電子の軌道のふるまいから、その姿は電子雲と呼ばれている。電子の大きさや原子の中での個数からみると、電子雲は非常に希薄な電子の集まりでしかなく､原子の中はほとんど何も無い空間であるといってよい。

ウランでは、原子核の電荷はプラス92であり、それを囲むマイナス電荷の電子の数も92で、原子全体の電荷はゼロになって釣り合っている。

◆電子雲のモデル



色の濃いところが電子の存在する確率が高いところ。

■陽子

陽子は1918年にアーネスト・ラザフォードによって発見された。アルファ粒子を窒素ガスに打ち込むと、水素の原子核固有の反応が検出され、これによりラザフォードは水素の原子核は窒素に含まれていると推測した。

当時、水素の原子核は電荷が１でありそれ以上分割することができないとされていたので、水素の原子核が最も基本的な物質の構成要素であると結論づけられた。ラザフォードは、この物質をギリシャ語の最初を表すプロトス(protos)からプロトン(proton)と名づけた。

■中性子

1930年にドイツのW・ボーテとH・ベッカーは強い透過力をもった放射線が放出されることを発見した。最初はこの放射線はガンマ放射であると考えられていたが、これはそれまでに知られていたどんなガンマ線よりも透過力が強く、実験結果はガンマ線説とは非常に異なっていた。

1932年、ジョリオ＝キュリー夫妻はこの謎の放射線がパラフィン、もしくは他の水素を含んだ化合物に当たると高エネルギーの陽子をはじき出すことを発見した。

1932年以降にイギリスの物理学者ジェームズ・チャドウィックは、この新しい放射線は陽子と等しい質量を持ち、かつ電荷を持たない粒子であると発表した。これが中性子である。

■陽子や中性子を原子核の中に閉じ込めている力

非常に小さな原子核の中に、これほど多くの粒子がぎゅっと詰め込まれているのは、これらの粒子のごく近くにだけ働く非常に強い「核力」と呼ばれる力で互いに結ばれているからである。この結びつきの力は、湯川博士が予言した中間子と呼ばれる素粒子を、粒子間で交換することで生まれる。

この核力は、プラス電荷とマイナス電荷の間の引き合う力や、磁石のN極とS極とが引き合う力や、リンゴが地球に引かれたりする重力のような、広い範囲におよぶ力に比べると、ごく狭い範囲でしか働かないが非常に強力な力である。

生徒用：17－18ページ

3 核分裂のしくみ

3 核分裂のしくみ

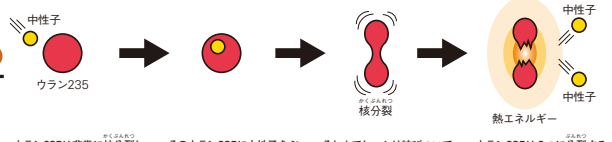
原子力とは、原子の「核分裂」という現象から生まれるエネルギーのことです。
いったいどんな現象なのでしょうか？

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

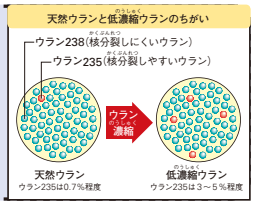
核分裂によって放り出された中性子は別のウラン235原子核にぶつかり、また核分裂が起こります。こうして次々と核分裂が起こることを「核分裂の連鎖反応」といいます。

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。

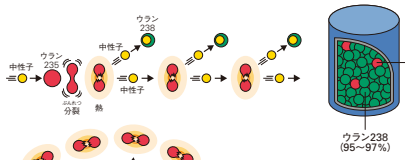


原子力発電と原子爆弾のちがい

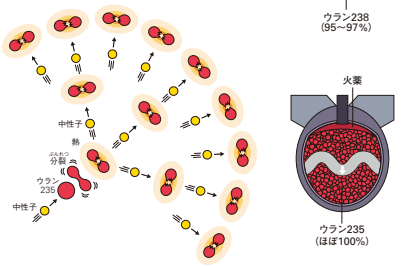
原子力発電と原子爆弾は、ともに核分裂によるエネルギーを利用する点では同じですが、そのしくみは根本的にちがいます。燃料となるウランは、ウラン235とウラン238が混ざっていますが、核分裂を起こすのはそのうちウラン235だけです。

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。

ココがポイント

◎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。

生徒用：19－20ページ

学習のねらい

◎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があることを理解する。
◎中性子がウランにぶつかることで核分裂が起きることを理解する
◎ウランが核分裂すると、新たに中性子が飛び出すことを理解する。

指導上のポイント

◎ウラン235とウラン238の違いがある。
◎ウラン燃料は天然ウランを濃縮して製造する。
◎原子力発電と原子爆弾は、ウランの濃縮、核分裂の仕方、その調節方法などに大きな違いがある。
◎原子爆弾ではウランを高濃縮している。
◎原子爆弾では中性子が3個以上でることで急速に核分裂が連鎖する。

■核分裂によるエネルギー

ウラン235やプルトニウム239の原子核に、外から中性子を当てて吸収させると、これらの原子核は不安定になって激しく振動し、やがて質量数の異なる別の原子核(普通は２個)に分裂し、同時に２～３個の中性子を放出する。

分裂する前の原子核は、その中の核子同士が強い力で結び合って蓄えていたエネルギー(結合エネルギー)と、分裂後にできた別の原子核がそれぞれ蓄えている結合エネルギーの合計を比較すると、分裂後のほうが小さくなっている。その差のエネルギーの大部分は、核分裂でできた原子核(核分裂生成物)を非常に勢い良く飛び散らせる運動エネルギーに変わる。残りのエネルギーは、発生した中性子の運動エネルギーと発生した放射線のエネルギーに変わる。

飛び散った核分裂生成物は燃料体(ペレット)の中の回りにある原子に衝突し、それらが次から次へと衝突を繰り返して燃料全体を熱していく。これが核分裂による熱エネルギー源である。

原子力発電で使う、わずか直径・高さが共に約１cmのペレットは、本来そのペレットが持っているエネルギーの数%程度しか使えないが、それから生まれる電気の量は、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する量に匹敵する。

■原子力発電での核分裂の利用

天然に存在するウランは、質量数が238、235のウランがそれぞれ約99.27%、0.72%が混ざっている(残りわずかに質量数234のウラン)。このように同じウラン(原子番号92)でも異なる質量数の原子があり、同位体とよばれる。

これらのウランのうち、質量数が235のウラン同位体は、通常は中性子を当てて吸収させると核分裂しやすいが、質量数が238の同位体は通常は中性子を吸収して原子番号と質量数がウランよりも大きいプルトニウムに変わる(正確には直接ではなく、ネプツニウムなどへの変換を経由)。

日本で商業的に使われている原子力発電所では、ウラン235の割合を少し高めた低濃縮ウランを燃料として使う。ウラン235が核分裂の際に発生する２～３個中性子の１つは、別のウラン235を核分裂させるために使われ、その反応を次から次へと伝える(連鎖反応)ことによって核分裂を持続させる。残りの中性子は、ウラン238に吸収されてプルトニウムに変換させ、残りは原子炉の中の他の材料(制御棒を含む)に吸収される。

また、ウランが核分裂したときの発生直後の中性子は非常に高い速度(高いエネルギー)を持っているのでウラン235を核分裂しにくい。そこで中性子は水(発生した熱を取り出す冷却水)の中の水素の原子核によって、ウラン235が核分裂しやすい速度に減速させて使われる。また、減速させるには時間が必要なのでコントロールしやすい。

■原子力発電の核分裂と原子爆弾の核分裂の違い

以上説明したように、原子力発電所の原子炉では、核分裂に使う中性子の量と、吸収される量を適切な比率に保つことによって連鎖反応が安定して起こるように制御し、安全に熱を取り出すしくみになっている。

一方、原子爆弾では、核分裂しやすいウラン235の濃度をほぼ100%まで高めて中性子を吸収するウラン238を排除し、中性子の速度を減速させる物質を使わない構造(高速の中性子を使って核分裂させた場合には、核分裂の際に発生する中性子の数が３個以上と多い)にしているので、核分裂の連鎖反応が一瞬にして拡大して、膨大なエネルギーが爆発的に発生する。

【Challenger's Eye解説】

ウランの濃縮

天然ウランを濃縮し、ウラン燃料とするには、精錬されたウランにフッ素を反応させて六フッ化ウランの状態にする。六フッ化ウランは56.5℃で気体になる。気体状の六フッ化ウランをウラン235とウラン238のわずかな質量の差を利用してウラン235の割合を高める。遠心分離法では、ドラムを回転させることでウランを分離させる。他にもガス拡散法や、レーザーを使う方法もある。

生徒用：19－20ページ

1 放射線の基礎知識

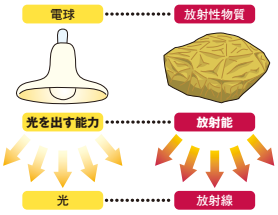
1 放射線の基礎知識

「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、私たちの回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か？

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つの原子核が壊変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個の原子核が壊変して放射線を出してカルシウムに変わります。

※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)

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の度合いを表す単位
放射線の人体への照射による将来の影響を表します。放射線を安全に管理するための指標として用いられ、通常の原子力施設や環境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

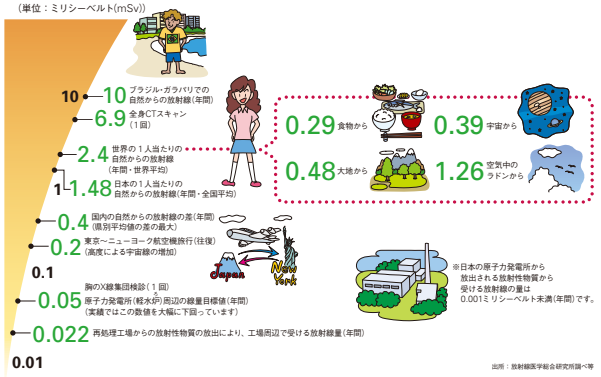
胸の検査などで利用されているX線は次のうち、どの素材でくい止めることができるかな？
①紙
②アルミニウムなどの板
③鉛や厚い鉄の板

放射線とその影響

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、発生源が何であっても影響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を及ぼすことがありますが、日常生活で受ける放射線のレベルであれば影響はありません。

◆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　、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
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

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

ココがポイント
◎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、身体に害を及ぼすが、少量の放射線であれば健康に影響はない。

生徒用：21－22ページ

学習のねらい

◎放射線の存在に関心をもち、意欲的に調べようとする。
◎放射線と放射能の違い、放射線の種類と基本的な性質について理解する。
◎線量の違いによる放射線の影響など、放射線を知る上での基本的な知識を得るとともに、身の回りの放射線の存在を知る。

指導上のポイント

◎放射線を出す物質を「放射性物質」、物質が放射線を出す能力のことを「放射能」という。
◎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」がある。
◎放射線には自然からの放射線と人工的に作り出された放射線とがある。
◎日常生活の範囲内で受ける放射線は身体に影響を及ぼすことはない。

関連ワークシート

65～66ページ：ワークシート 3　身の回りの放射線を測ってみよう
67～68ページ：ワークシート 4　見えない放射線を見てみよう

■放射線と放射能

物質が放射線を出す能力を放射能という。原子力発電の燃料であるウランは放射性物質である。また、核分裂後にできた核分裂生成物からも多くの放射線が発生する。放射性物質の放射能は時間が経つにつれ弱まり、元の半分の数になるまでの時間を「半減期」(34ページ参照)という。

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ある。

■私たちが日常的に受ける放射線

私たちは、宇宙や大地、食べ物など、自然界からさまざまな放射線を受けている。これらの自然界から１人の人間が１年間に受けている量は日本平均では1.48ミリシーベルト、世界平均では2.4ミリシーベルトである。

一方、人間が人工的に作り出して利用している放射線もある。胸の検査に用いられるX線など医療や工業、農業など幅広い分野で用いられている。

■放射線と人体

放射線が人体に与える影響は、放射線の種類や量によって異なる。一度に大量の放射線を受けると人体は害を受けることが分かっているが、100ミリグレイより低い放射線量で臨床症状は確認されていない。

例えば、胸のX線集団検診では１回に0.05ミリシーベルトの放射線を受けるが、健康に影響はない。

また、原子力発電所から周辺に放出される放射線量は年間0.001ミリシーベルト未満(2007年度)に抑えられており、非常に少ない量である。

なお、受ける放射線の種類や量が同じであれば自然界から受ける放射線でも、人工的に作り出した放射線でも発生源にかかわらず影響は同じである。

物理学者の寺田寅彦(1878～1935年)は随筆の中で「ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたりするのはやさしいが、正当にこわがることはなかなかむつかしい」と記している。

原子力や放射線についても、知らないままにイメージのみで判断するのではなく、正しく理解し、考えることが大切である。

■放射線の線量

グレイは単位質量当たりのエネルギー吸収で定義される「物理量」であり、シーベルト*(ここでは「実効線量」の単位として用いられている)は放射線被ばくによる将来の発がんリスクを簡略的に数値化した放射線防護のための「指標 **」である。実効線量は、がん、白血病、遺伝的影響などの確率的な影響 ***にのみ使用することができ、リンパ球減少、おう吐、脱毛、眼の白内障などの確定的な影響 ***の線量指標には使用できない。

確定的な影響が生じそうな被ばくの線量表現(約200ミリシーベルト以上)には、グレイを使用するのが適切である。

*「シーベルト」という単位は、実効線量のみならず、等価線量や、１センチメートル線量当量(「はかる君」などによる測定表示のための量)など、異なる定義の数量にも使用されるので、注意が必要である。

**人体に照射された放射線の種類や、照射された人体の部位(臓器・組織の別)の放射線に対する感受性で重みづけをして、グレイを基に計算される。

***確率的な影響：線量の増加とともに現れる確率が増加すると見なされる影響。
確定的な影響：あるレベルの線量を超えると必ず現れる影響。重篤度は線量とともに増加する。

◆放射線の種類と特徴

	性質	遮へいできるもの
アルファ(α)線	ヘリウムの原子核の流れ	紙
ベータ(β)線	電子の流れ	薄い金属板
ガンマ(γ)線 エックス(X)線	光などと同じ電磁波の仲間	鉛や厚い鉄の板
中性子線	中性子の流れ	水やコンクリート

チャレンジクイズの答え
正解：③鉛や厚い鉄の板
放射線にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線、中性子線などがあり、それぞれ異なった物質を突き抜ける透過力を持っている。
放射線は、こうした性質に基づいて適切な材料を使えばくい止めることが可能である。

生徒用：21－22ページ

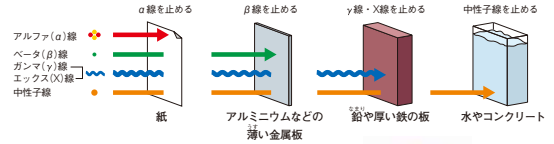
2 放射線を体験してみよう

2 放射線を体験してみよう

放射線は目で見ることはできません。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、共通した特徴のひとつは物を通り抜ける能力(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　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		
鉛		
アルミニウム		

④気づいた点をまとめましょう。

【まとめ】

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って放射線を出さないようになります。

ココがポイント

- ◎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。

生徒用：23－24ページ

学習のねらい

◎放射線は身近にあり、放射性物質も日常生活では、ごく普通に利用されていることに気づく。

◎放射線はさまざまな種類があること、また、放射線量を測定し確かめるとともに、線源からの距離や遮へいによって放射線からの影響を小さくできることを理解する。

指導上のポイント

◎放射線にはさまざまな種類があり、それぞれに透過力が異なる。

◎放射線は目には見えないが、測定器を用いて放射線量を測ることができる。

◎放射線の強さは、距離や遮へいによって異なってくる。

関連ワークシート

65～66ページ：ワークシート 3　身の回りの放射線を測ってみよう
67～68ページ：ワークシート 4　見えない放射線を見てみよう

■放射線と透過力

放射線は種類によって透過力や体への影響が異なっている。例えばアルファ線などは透過力が小さく、紙でも止めることができるが、体への影響は大きい。アルファ線を出す物質が体内に取り込まれると、重大な放射線障害が発生する。またエックス(X)線は容易に人工的に発生できるので、医療、工業分野に古くから利用されてきた。中性子は電気的に中性であるため、電気力を受けないので透過力が高い。

■放射線を測ってみよう

ここでは学校向けに貸し出しされている、簡易放射線測定器「はかるくん」を用いて、目には見えない放射線を測定し、放射線の存在を理解させる。

[身近な放射性物質の例]

①かこう岩(トリウム、ウラン、カリウム 40など)
②塩(カリウム 40)
③湯の花(トリウム、ウラン)
④カリ肥料(カリウム 40)
⑤船底塗料(トリウム 232)
⑥マントル
※キャンプのときなどに使用するランタンの芯
(トリウム 232)
⑦塩化カリウム

簡易放射線測定器「はかるくん」について
簡易放射線測定器「はかるくん」の貸出しは、学校教育支援を目的としており、利用者は小学生、中学生、高校生、学校等に限定されている。
■問い合わせ先
文部科学省　〒100-8959　東京都千代田区霞が関3-2-2
TEL.03-6734-4131(直通)
専用Webサイト→ http://hakarukun.go.jp/

[測定場所の例]

屋　内：木造やコンクリート建築のほかに、石造建築、煉瓦建築など
屋　外：自宅の庭、道路、田畑、神社、仏閣、公園など
その他：石きり場、石材店、トンネル、洞窟、池、湖、海、タワーの上など高いところ、雨や雪の降り始めの大地など

[注意事項]

測定の際、測定場所のようす(屋内なら壁材、床材など、屋外なら地面や周囲の特徴など)を記録させる。

■放射線の特徴

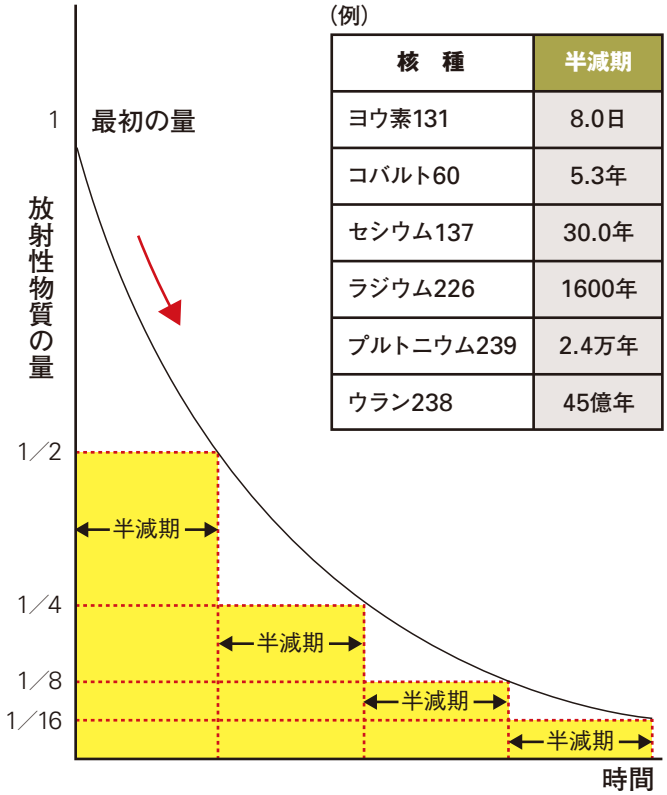
放射線の強さは放射線を出すものからの距離が遠くなるほど弱くなる。また、放射能は時間が経つにつれて弱くなる。

放射性壊変において、原子核が別の種類の原子核に変わって半分に減るまでの時間を半減期という。

◆放射性物質の半減期

(例)

核　種	半減期
ヨウ素131	8.0日
コバルト60	5.3年
セシウム137	30.0年
ラジウム226	1600年
プルトニウム239	2.4万年
ウラン238	45億年



生徒用：23－24ページ

3 放射線の利用

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か見てみましょう。

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。痛みをともなわない、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

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

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

日常生活での利用
X線検査、煙感知器、グロー管　など

＜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。

タイヤ

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といいます。食品についている害虫を駆除したり、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)

＜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などで、年代を調べることができます。

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

ココがポイント
◎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。

生徒用：25－26ページ

学習のねらい

◎放射線は医学、工業、農業、自然・人文科学など幅広い分野や日常生活の中で有益に利用されていることを理解する。
◎透過能力や電離作用といった放射線の特性と応用例について知る。
◎放射線について、科学的にとらえることの大切さやその有効な活用のあり方について考える。

指導上のポイント

◎放射線の利用分野は私たちのくらしと身近なところに数多くある。
◎放射線は透過能力や電離作用など優れた特性を持っている。

関連ワークシート

65～66ページ：ワークシート 3　身の回りの放射線を測ってみよう
67～68ページ：ワークシート 4　見えない放射線を見てみよう

■医学分野

ガン細胞などを手術をせずに破壊し、ガンを治療することができる。治療方法としては、外から放射線を照射する方法、患部に放射線を出す物質を埋め込む方法の2種類があり、いずれも痛みや熱さを感じない。また、手術のように切り取らずそのままの形として残すことができ、投薬治療のような副作用もほとんどない。現在、欧米においてはガン患者の多くが放射線を利用した治療を受けているといわれている。

■工業分野

自動車のダッシュボードやシートに使われる材料、タイヤ、水泳用のビート板、お風呂場のマットなどは、放射線の電離作用を利用して軽くて断熱性に優れた物質にしたり、強度を高めたりすることができる。また、材料にいろいろなはたらきをもった性質を付け加えることができ、空気清浄機のフィルターやボタン電池などにも利用されている。

■農業分野

農業分野では薬を使わずに害虫駆除や品種改良などにも利用されている。

放射線照射を利用した害虫防除の技術の一つに不妊虫放飼法がある。これは、放射線をあて、不妊にしたオスの害虫を野外に放して害虫の数を減らす技術である。不妊処理したオスを野生のオスよりも多く野外に放すと、野生虫どうしの交尾の機会が減って、次世代の害虫の数が減っていき、やがては絶滅してしまう。

日本では、1972年にゴーヤやキュウリなどの野菜類に大きな被害を与えていたウリミバエの駆除を目的として沖縄県農業試験場内に、ウリミバエ不妊化施設が建設されて実験をしてきた結果、1978年までに久米島のウリミバエ駆除に成功した。現在では、国際的な協力の下に、この技術によるハエの仲間の害虫根絶作戦が展開されており成果が上がっているが、すべての害虫に有効ではないこともわかってきている。

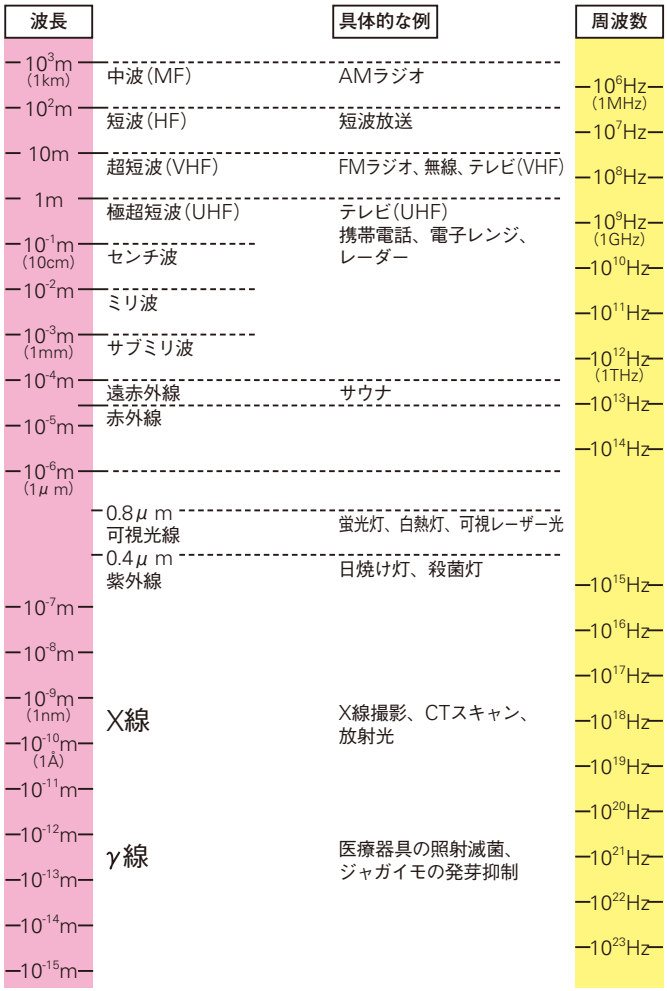
■自然・人文科学分野

遺跡などから出土した土器の年代測定には土器に付いた「こげ」や「すす」に含まれる炭素を測定して調べる。放射線を出す炭素は大気中でつくられている。それは、宇宙からやってくる放射線(宇宙線)によってつくられた中性子が空気中の窒素に吸収されると、放射線を出す炭素に変化する。食物が採取されると、炭素の取り込みはなくなり、放射線を出す炭素の量は時間とともに規則的に減っていく。そこで、放射線を出す炭素の量と出さない炭素の量の割合から食物の「こげ」の年代を測定でき、土器の年代が測定できる。

■日常生活での利用

身近なところでは、X線の透過作用を利用した空港の荷物検査などがある。また、煙感知器は放射線の電離作用を利用し、煙による電離電流の変化を感知するものである。

◆電磁波の種類と放射線

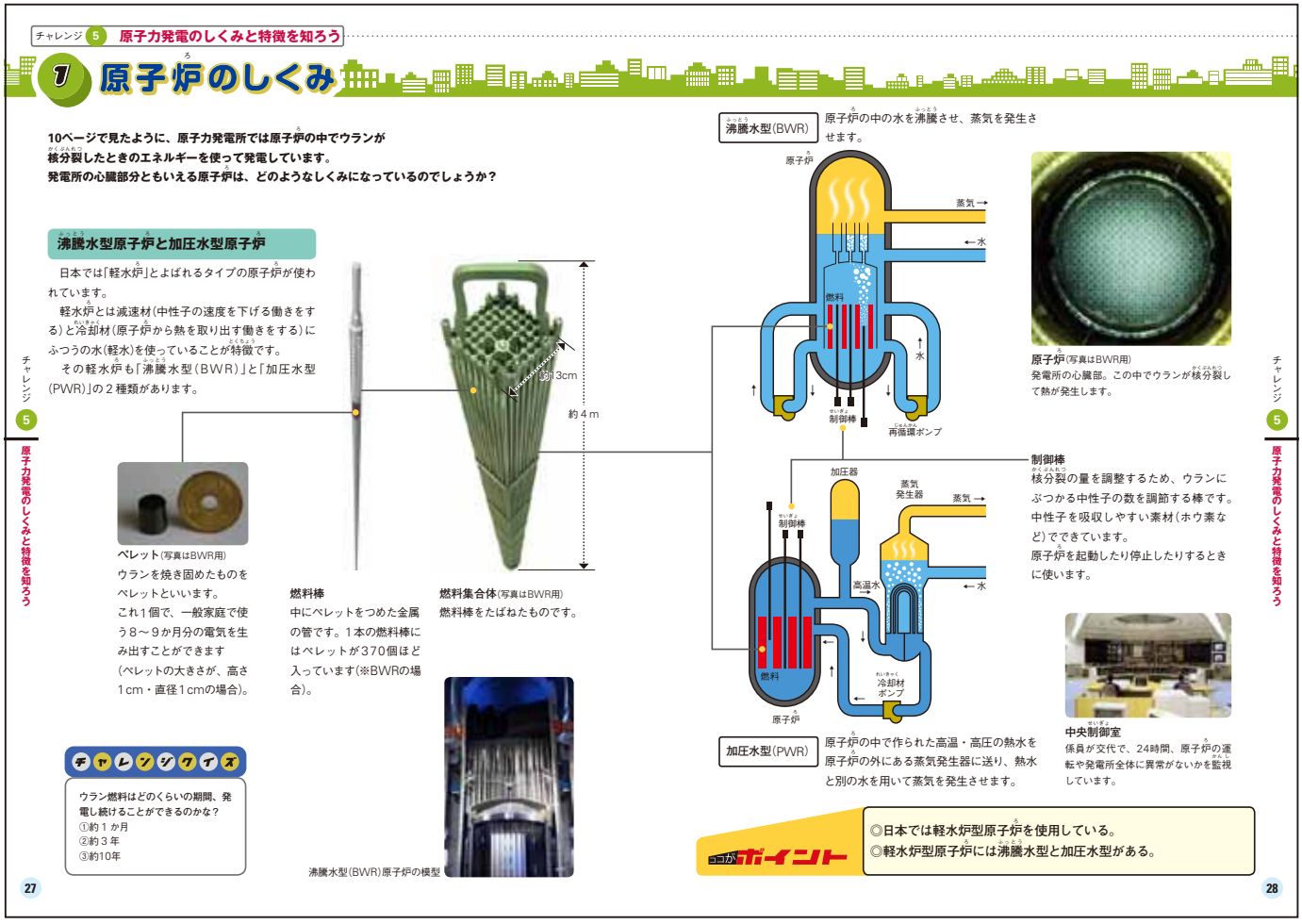


調べてみよう！ の解説

上記を参照。

生徒用：25－26ページ

1 原子炉のしくみ



生徒用：27－28ページ

学習のねらい

◎原子力発電がどのようなしくみによって行われているかのみならず、その利用のありかたに関心を持つ。
◎原子炉のおおまかな構造について理解する。
◎日本で使用されている２種類の原子炉（沸騰水型原子炉、加圧水型原子炉）について、その基本的な違いを理解する。

指導上のポイント

◎日本では冷却材に水を用いる軽水炉原子力発電を使用している。
◎軽水炉原子力発電には、沸騰水型と加圧水型がある。
◎沸騰水型原子炉は原子炉の中で蒸気を作る。
◎加圧水型原子炉は原子炉で作られた高温高圧水を蒸気発生器に送って蒸気を作る。

関連ワークシート	69～70ページ：ワークシート５　原子炉についてくわしく調べよう

■ウラン燃料とは

軽水炉ではウランを酸化物(UO_2)として焼き固め、高さ、直径約1cmの円柱にしている。焼き固めてあるので水に触れても反応せず、安定しているので原子炉の五重のかべのひとつとなっている。ペレットをジルコニウム合金製の被覆管に詰めて、さらにその被覆管を束にして燃料集合体としてひとつの単位とする。ジルコニウム合金を使うのは中性子を吸収しにくいからである。

■原子炉の自己制御性

日本の商業用の原子力発電で使用されている軽水炉は、温度が上昇すると核分裂をしにくいウラン238がより多くの中性子を吸収する現象(ドップラー効果)などを利用して、核分裂数が増加して原子炉の出力が上昇しても、燃料の温度が上昇することによって、ウラン 238 がより多くの中性子を吸収するようになるため、核分裂を引き起こす中性子が減少することにより、自ら核分裂を抑え、出力を下げる設計になっている。逆に、出力が下がって燃料の温度が低くなると、ウラン238は中性子を吸収しにくくなる。このような性質を軽水炉の自己制御性(固有の安全性)と呼ぶ。軽水炉はこの特性を利用しているので出力が急に上がることも下がることもしにくく、安定した出力を維持しやすいものとなっている。

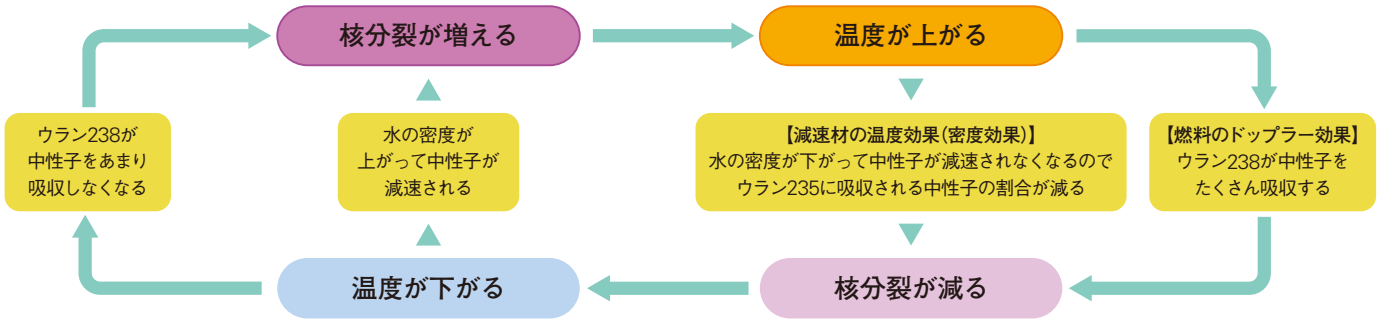
原子力発電は、原子爆弾と比べると、核分裂しやすいウラン235の割合が非常に低いこと、自己制御性という性質を持つことに加え、中性子の数をコントロールして核分裂を制御する制御棒を備えているため、原子爆弾のような核爆発は起こらない。

■中性子の減速

ウラン235は、高速の中性子よりも減速した中性子の方が核分裂を起こしやすい。そこで軽水炉では冷却材の水を減速材としても使っている。海外の原子力発電では黒鉛を減速材に使っているものもある。

生徒用：27－28ページ

◆軽水炉の自己制御性



◆沸騰水型と加圧水型の違い

		沸騰水型（BWR）	加圧水型（PWR）
蒸気の作り方		炉心の中で蒸気を作り、直接タービンに送る。	炉心の中では水を沸騰させず高温・高圧にし、その高温水を原子炉の外にある蒸気発生器に送って別の水を蒸気にする。
制御の方法	原子炉の通常の起動・停止および緊急の停止	沸騰水型、加圧水型ともに、制御棒の炉心への出し入れで出力の変更を行うが、運転中の細かな出力調整(制御)方法が異なる。	
	運転中の細かな出力調整	炉心内で水を循環させる量を再循環ポンプで加減して、沸騰で生じる気泡の密度を調整し、中性子の勢いを調節する。	炉心を循環する冷却水(一次冷却水)中の中性子を、吸収しやすいホウ素の濃度を変えることによって、中性子の量を調節する。
装置の構成		加圧水型に比べ構成が単純であるが、放射性物質がタービンまで流れるので、放射線の管理範囲が大きくなる。	放射性物質が原子炉内に留まるため、放射線の管理が比較的容易であるが、沸騰水型に比べ設備構成が複雑で、蒸気発生器等の設備管理が必要である。

チャレンジクイズの答え
正解：②約３年

ウラン燃料は発電を続けているうちに燃料の中のウラン235の割合が減ってくるため、定期的に交換しなければならない。燃料の交換は年に１度行われるプラントの定期検査時に合わせて約 1／３ずつ行われるが、ひとつの燃料集合体は約３～４年ほど使用することができる。

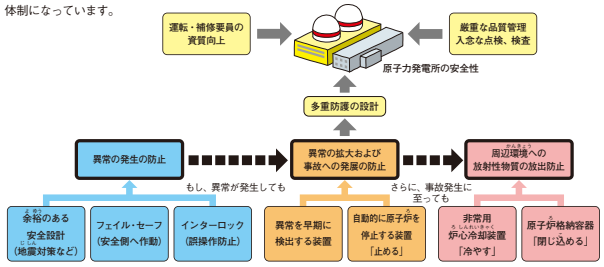
2 原子力発電所の安全対策と地震対策

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？

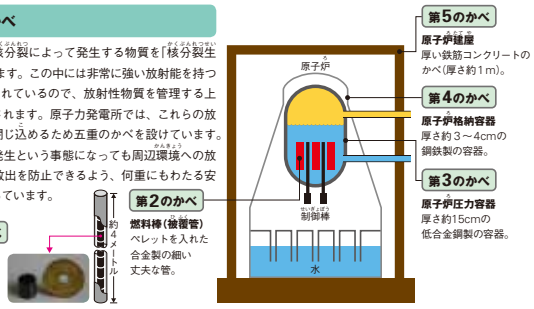
安全確保のしくみ

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。



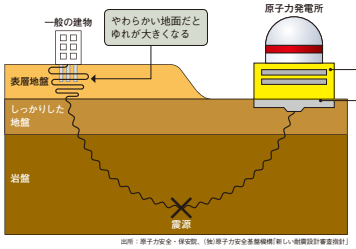
五重のかべ

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。



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。

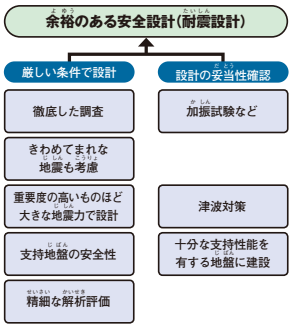


出所：原子力安全・保安院、（独）原子力安全基盤機構「新しい耐震設計審査指針」

岩盤の中で発した振動は、岩盤を伝わって地面近くの柔らかい地盤（表層地盤）の中でゆれが大きくなる性質を持っています。このため原子力発電所は、一般の建物とちがって、表層地盤を掘り下げて、十分な支持性能を持つしっかりした地盤の上に直接建てることにしています。

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。その設計がきちん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のか調べてみよう。

ココがポイント
- ◎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。

生徒用：29－30ページ

学習のねらい

◎原子力発電所には放射性物質を閉じ込める厳重な安全管理のしくみがあり、事故を防いでいることを理解する。
◎地震によって周辺環境へ影響を及ぼすことがないよう、厳しい立地条件や建物や設備の構造が決められていることを理解する。

指導上のポイント

◎多重防護の考えにより「異常の発生を防止」、「早期に検知し拡大防止」、「事故が発生した場合、周辺への放射性物質の放出防止」という３つのレベルで対策が講じられている。
◎五重の壁により、放射性物質は閉じ込められる。
◎地震・津波に対しては、最大の地震を考慮した設計・自動停止などの各種対策を施している。

関連ワークシート　69～70ページ：ワークシート５　原子炉についてくわしく調べよう

■安全確保のしくみ

原子力発電所は放射性物質を取り扱っており、それらが外部に漏れないように、設計、製造、建設、運転、保守の段階で安全性を高める努力が図られている。

原子力発電所では放射性物質を施設内に閉じ込める構造とした上で、多重防護の考え方を採用し、各種対策が講じられている。

■多重防護のしくみ

原子力発電所では放射性物質を施設内に閉じ込める構造とした上で、多重防護の考え方を採用している。まず「異常の発生を防止する」、次に「異常が発生した場合には早期に検知し事故に至らないようその拡大を防止する」、万一「事故が発生した場合にも、その拡大を防止し影響を低減する」という３つのレベルで対策が講じられている。

■ 五重のかべ

原子力発電所では、放射性物質が外に漏れ出さないように、五重にわたってかべを設けている。

第１の「かべ」［ペレット］

ペレットはウランの酸化物という化学的に安定なものを高温で陶磁器のように焼き固めたもの(セラミック)なので、大部分の放射性物質は、飛散せずペレットの中にとどまる。

第２の「かべ」［被覆管］

ガス状の放射性物質の一部はペレットの外部に放出されるが、ペレットが入っている燃料棒の被覆管は気密に作られているので、燃料棒の外には出ないようになっている。

第３の「かべ」［原子炉圧力容器］

何らかの原因によって放射性物質が原子炉内の冷却材にもれた場合でも、圧力容器や配管が防壁になり、外部に出さないようになっている。

第４の「かべ」［原子炉格納容器］

圧力容器の外側には、さらに格納容器という防壁があり、主要な原子炉機器をスッポリと包んでいる。これにより圧力容器から出てきた放射性物質を閉じ込めて、周辺への影響を低く抑える。

第５の「かべ」［原子炉建屋］

一番外側には厚いコンクリートで作られた原子炉建屋があり、放射性物質が外に出ることを防ぐ。

■原子力発電所の地震対策

日本は地震国であり地震に対し発電所の安全を確保する必要がある。このため、原子力発電所は大きな地震に対し放射線による被害を周囲に及ぼさないよう以下のような安全性の確保がなされている。

◆原子力発電所の地震に対する安全確保のためのポイント

段　階	対　策	説　明
設計段階における安全性の確認	①徹底した調査	敷地の地質・地質構造はもとより、周辺部を含め活断層や過去に発生した地震等を詳細に調査
	②極めてまれな地震動をも考慮した設計	極めてまれながら供用期間中に発生すると想定される水平方向と鉛直方向の２方向の地震動に対しても、安全上重要な機能が失われないような設計
	③詳細な解析評価	信頼性の高いコードを用いて、想定した地震動が発生したときの重要な建物・機器等の複雑な揺れについて解析し、耐震安全性を詳細にチェック
	④支持地盤および周辺斜面の安全性を確認	耐震安全上重要な施設を設置する地盤が、地震に対して十分な支持力を有していることを試験や解析を実施して確認するとともに、地震随伴事象として想定される施設の周辺斜面の崩壊等によっても、原子炉施設の安全機能に重大な影響を与えないことを確認
	⑤津波に対する安全性の確認	地震随伴事象として想定される津波について詳細な数値シュミレーション等を実施して、施設の安全機能に重大な影響を与えないことを確認
建設、運転段階における安全性の確保	⑥十分な支持性能をもつ地盤に建設	地震による揺れの振幅が小さく、十分な支持性能があり、すべりや有害な沈下等を生ずる恐れがない地盤に建設
	⑦自動停止機能	一定以上の揺れを検出したときには、速やかに原子炉を自動停止させるシステムを装備
	⑧振動台や加振機による耐震性の実証および耐震限界の把握	振動台や加振機を用いて、実機や実機相当の試験体に設計を上回る地震力を加え、施設の耐震性の実証、設計裕度の把握、設備機能の維持および解析に用いたコードの妥当性を確認

出所：原子力安全・保安院パンフレット「原子力発電所の耐震安全性」

調べてみよう！ の解説

原子力発電所や再処理工場では、放射性物質による周辺環境への影響を監視するため、敷地周辺の大気中の放射線量を24時間監視し、ホームページなどでリアルタイムに情報を公開している。さらに、敷地周辺の雨水・地下水・海水・農産物・魚介類・畜産物などを定期的に採取して、その中に含まれる放射性物質量を測定し、影響がないかどうかを確認している。また、立地自治体も電力会社などとは別に同様の監視を行っており、地元の有識者なども委員になっている環境放射線監視委員会などで結果を四半期ごとに評価し、ホームページなどで公表している。

生徒用：29－30ページ

3 原子力施設で事故が起きた場合の防災対策

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。

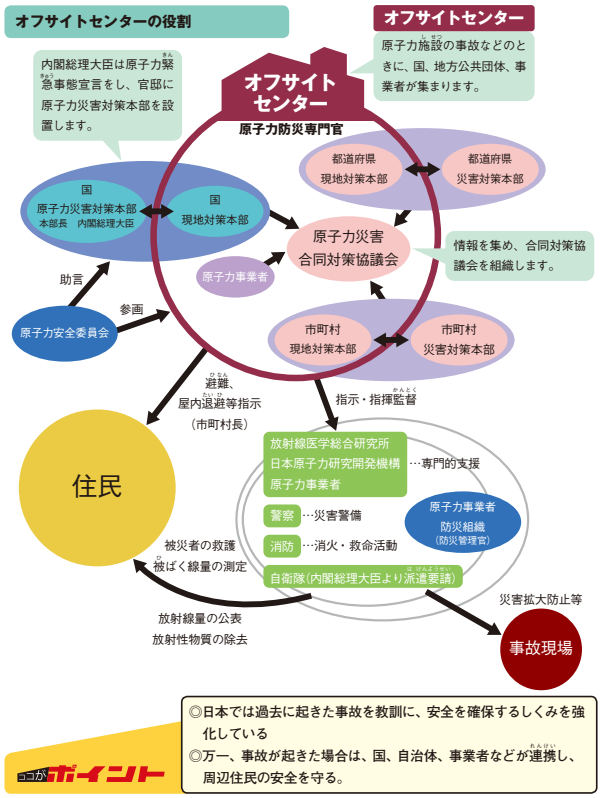
原因は運転員が原子炉の安全装置を動かないようにするなど、規則を守らなかったからです。日本の原子力発電所の原子炉は、チェルノブイリ原子力発電所で使われている形式の原子炉とはしくみが異なることや、安全確保の対策がなされていることから、同じような事故が起こることはほとんど考えにくいですが、この事故の後、より安全を守るための対策が図られています。

□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。



生徒用：31－32ページ

学習のねらい

◎過去の原子力発電所における事故と、その原因を知る。
◎事故の教訓が、現在の原子力発電所の安全対策に役立てられていることを知る。
◎原子力発電所の安全対策の重要性について考える。

指導上のポイント

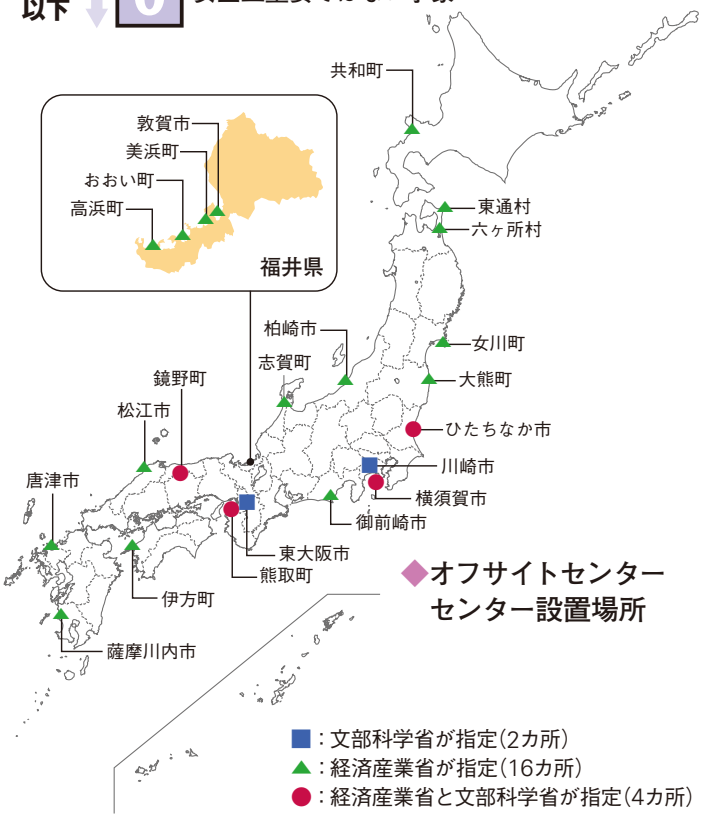
◎これまでに起きた原子力施設の重大な事故は、人為的なミスが主な原因であった。
◎事故の教訓を生かし、安全対策の強化を図っている。
◎万一、事故が起きた場合は、国、自治体、事業者が連携し、周辺住民を守る。

■国際原子力事象評価尺度とは

原子力施設での故障などは、交通事故などと違い、技術的かつ専門的な内容となり、重要性を判断するのが一般に難しいため、無用な不安を招くおそれがある。

このため、原子力施設の故障などに対しては、国際原子力事象評価尺度(INES)を用い、レベル０から７までの８段階での評価を行っている。

◆国際原子力事象評価尺度(INES)



■オフサイトセンターとは

日本では、1999年９月のJCOウラン加工施設(茨城県東海村)における臨界事故を契機に、万一、原子力施設で事故が発生したときに、

①迅速な初期動作と、国、都道府県および市町村の連携強化、②原子力災害の特殊性に応じた国の緊急時対応体制の強化、③原子力防災における事業者の役割の明確化などを規定した「原子力災害対策特別措置法」(原災法)を制定し、原子力防災対策の根本的な強化を図った。

この法律に基づき、原子力災害発生時には、現地に平常時から常駐している原子力防災専門官が、原子力施設近傍(全国22カ所)に設置した緊急事態応急対策拠点施設(オフサイトセンター)において警戒態勢の立ち上げを行うなど、原子力災害対策のための業務を実施する。

[平常時の役割]

オフサイトセンターには、平常時から原子力防災専門官と原子力保安検査官が常駐している。

このセンターは原子力防災訓練や、防災業務関係者などに対する研修にも使われる。

[原子力災害発生時の役割と機能]

原子力事業所の周辺において通常時よりも高い放射線が検出された場合や原子力施設において安全機能の一部が働かないなどの通報基準に定める異常事象が発生した場合には、事業者はすぐに国や地方自治体へ通報を行うよう義務付けられている。

各原子力事業所の所在地域の「原子力防災専門官」などは、この通報を受けると、事業者や自治体との間で迅速な情報収集、連絡を行い、オフサイトセンターにおいて活動を開始し、情報交換や対策の検討の拠点とする。

迅速な初期動作とあわせ、災害を最小限にくい止めるためには、国、地方自治体(都道府県および市町村)、関係機関などが有機的に連携して対応していくことも重要である。

このため、オフサイトセンターでは国の現地対策本部や地方自治体の現地対策本部などが一堂に会する「原子力災害合同対策協議会」を組織して、情報交換や対策の検討を共同して行う。

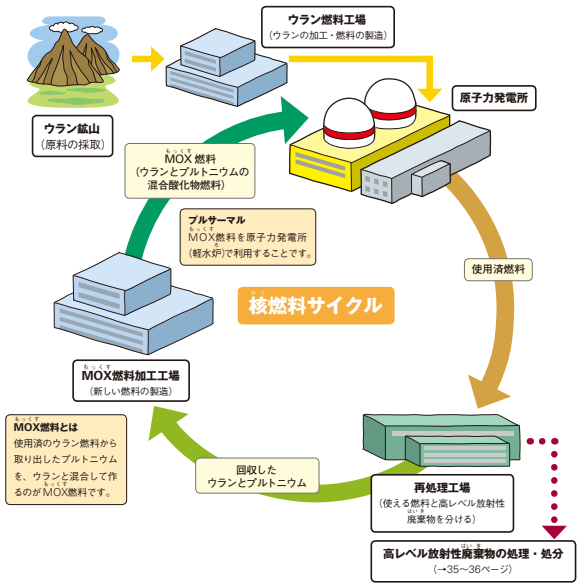
出所：(財)日本原子力文化振興財団「原子力2009」

生徒用：31－32ページ

4 核燃料サイクル

チャレンジ 5 原子力発電のしくみと特徴を知ろう
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？



核燃料サイクルとは

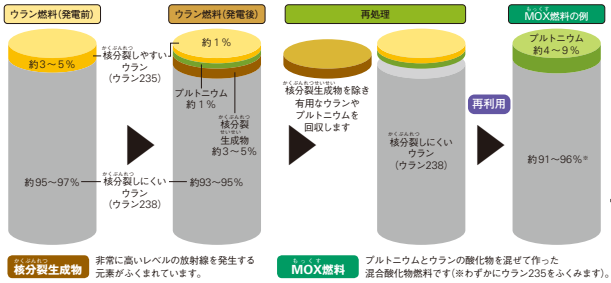
原子力発電は、化石燃料と異なり、燃料をリサイクルして使えるのが大きな特徴のひとつです。使い終わった燃料の中には、ウランやプルトニウム、核分裂生成物(廃棄物となるもの)がふくまれています。

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れる「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。

ココがポイント
- ◎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。

生徒用：33－34ページ

学習のねらい

- ◎ウラン燃料のリサイクルのしくみ(核燃料サイクル)について理解する。
- ◎発電によるウラン燃料の変化とMOX燃料の性質について理解する。
- ◎エネルギーの供給安定性やエネルギー資源の有効活用の観点から、核燃料サイクルの有効性について考える。

指導上のポイント

- ◎使用済み燃料の中にはまだ使うことができるウラン235や新たにプルトニウムが残る。
- ◎ウラン235とプルトニウムを取り出し、新しい燃料を作ることができる(核燃料サイクル)。
- ◎リサイクルして作った燃料をMOX燃料という。
- ◎燃料をリサイクルすることによって、ウラン資源の利用率が高まる。

■核燃料サイクルとは

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。

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、使用済燃料を化学処理して(=再処理という)ウランやプルトニウムと再利用できない核分裂生成物に分離した後、再び新しい燃料として利用する方針をとっている。

海外で採掘・精製し輸入したウラン→ウラン燃料工場→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

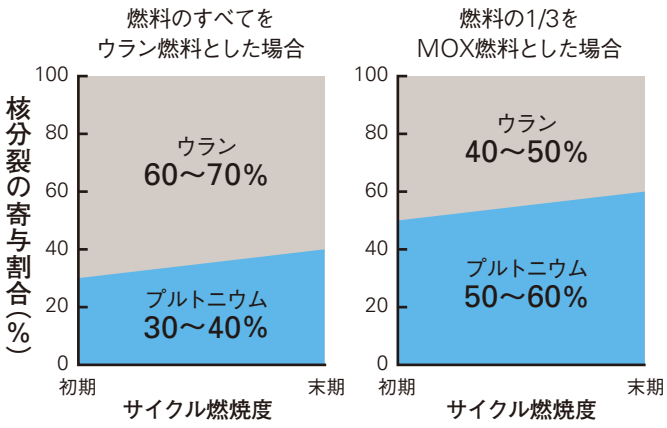
のように、原子力発電所を中心としてリサイクル利用する流れで、全体の工程を「核燃料サイクル」という。

■MOX燃料

通常のウラン燃料はウランのみ(ウラン235とウラン238)で作られるが、リサイクルする燃料は使用済燃料から取り出されたウランとプルトニウムを混ぜて作る。これを混合酸化物燃料というが、通称でMOX燃料(Mixed Oxide Fuel)と呼ばれている。

MOX燃料とウラン燃料を比較すると、その特性には多少の違いがある。プルトニウムはウランに比べて速度の遅い中性子(熱中性子)を吸収しやすいため、原子炉内の熱中性子の割合が、ウランを使う場合に比べていくらか減少するという特性がある。しかし、今までのデータや実験からMOX燃料の割合や配置を適切にすることなどで制御棒の機能に影響を与えないようにできる。このように、MOX燃料はウラン燃料と同じように十分安全を確保して利用することが可能である。

◆軽水炉におけるプルトニウムの核分裂寄与割合



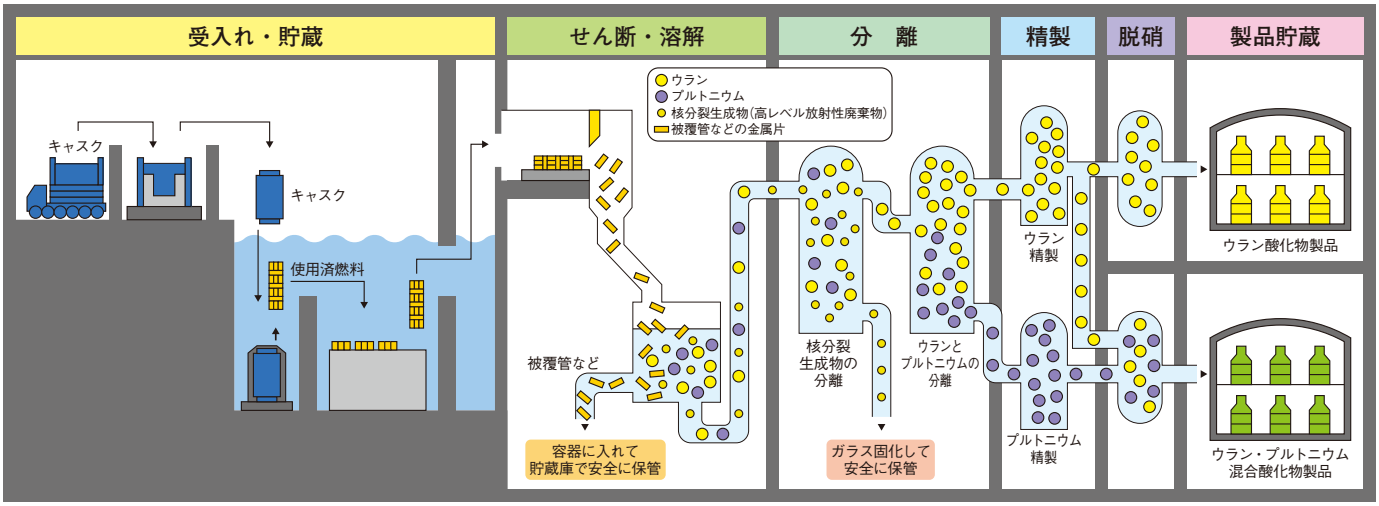
(平衡炉心の場合)

■プルサーマル

軽水炉でMOX燃料を利用することを「プルサーマル」という。プルサーマルという言葉は、プルトニウムの「プル」と一般に使われている軽水炉を意味する「サーマル・リアクター」を組み合わせた造語。

欧州ではすでに数多くの実績があり、日本でも2009年に九州電力(株)玄海原子力発電所３号機にて利用が開始された。電気事業者はおそくとも2015年度までに、全国の16～18基の原子炉でプルサーマルの導入を目指している。

◆再処理の主な工程



出所：日本原燃(株)

生徒用：33－34ページ

5 放射性廃棄物の処理・処分

チャレンジ 5 原子力発電のしくみと特徴を知ろう

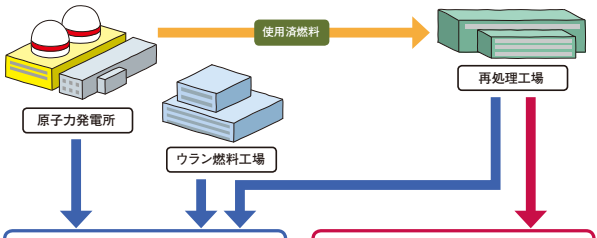
5 放射性廃棄物の処理・処分

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か？　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」に大きく分かれます。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、解体などにと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。

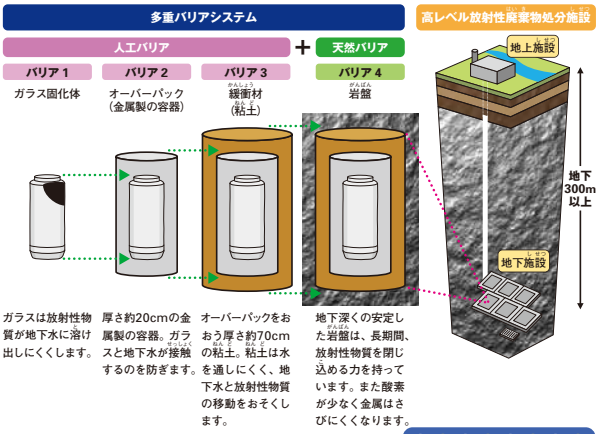
ガラス固化体
高レベル放射性廃液をガラス原料とともに溶かし合わせて、ステンレス容器に入れて固めたもの。

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



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う厚さ約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。

Challenger's Eye

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。

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

ココがポイント

◎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。

生徒用：35－36ページ

学習のねらい

◎原子力発電から発生する放射性廃棄物の種別について理解する。
◎放射性廃棄物の処理・処分のしくみについて理解する。

指導上のポイント

◎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。
◎それぞれの放射性廃棄物は安全に処分されることになっている。
◎高レベル放射性廃棄物は放射能レベルが高く、放射能レベルが低く（天然ウランと同程度）なるまでに数万年掛かるので、私たちの生活環境から十分に遠ざけて処分しなければならない。

■放射性廃棄物とは

原子力発電所やウラン燃料工場、再処理工場などの関連施設から、放射性物質を含んだ廃棄物が発生する。これを放射性廃棄物という。

放射性廃棄物は「低レベル放射性廃棄物」と「高レベル放射性廃棄物」に大別され、性質状、放射性物質の種類などに応じて、処分される。

■低レベル放射性廃棄物

原子力発電所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。これらは発電所内で焼却や圧縮をして容積を減らし、セメントやアスファルトで固めたものをドラム缶に密閉して保管した上、青森県六ヶ所村にある「日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センター」に運び、埋設処分されている。

■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「高レベル放射性廃棄物」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、取り扱いには注意が必要である。

日本では、高レベル放射性廃棄物を「ガラス固化体」という形状にしてから処分することにしている。ガラス固化体は廃液をガラス原料と混ぜて溶融し、ステンレス製容器に注入したものである。ガラス固化体は冷却のために30～50年間、地上で保管した後、地下300m以上の深い安定した地層中に処分する（地層処分という）ことが法律で決められている。

現在、使用済燃料の再処理を委託しているフランスやイギリスの工場から返還されたガラス固化体は、青森県六ヶ所村にある「日本原燃（株）高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター」に貯蔵されている。

なお、高レベル放射性廃棄物を地層処分する処分場については、現在公募で募集されている。

■海外の高レベル放射性廃棄物の処分の動向

高レベル放射性廃棄物の処分方法については、これまでに**①地上での長期管理②宇宙への放出③深海底に投棄④南極の氷床に処分**などの方策も検討されたが、現在は地層処分が最も問題点が少なく現実的ということで世界各国とも地層処分を検討している。

すでに地層処分場が決定した国はフィンランド。ほぼ処分場が決まったのがスウェーデン、フランスである。

生徒用：35－36ページ

◆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			廃棄物の例	処理の例	処分の例
原子力発電所	低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの極めて低い廃棄物	コンクリート、金属など	切断・圧縮など	浅地中処分
			放射能レベルの比較的低い廃棄物	紙、布、廃液、金属など	固化または切断・圧縮など	
			放射能レベルの比較的高い廃棄物	制御棒、原子炉内の構造物	固化または切断・圧縮など	余裕深度処分
ウラン濃縮工場 燃料加工工場		ウラン廃棄物		紙、布、廃液、金属など	固化または切断・圧縮など	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		TRU（ティーアールユー）廃棄物 （長半減期低発熱放射性廃棄物）		紙、布、廃液、金属など	固化または切断・圧縮など	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			廃液	固化	地層処分

チャレンジクイズの答え
正解：①約５g

１年間に原子力発電から出る高レベル放射性廃棄物の量は、１人当たりに換算すると約５gである。家庭から排出される一般廃棄物の量は１人当たり年間約 400kg（2007年度、出所：環境省「一般廃棄物処理事業実態調査の結果（平成19年度速報）」である。これと比べると高レベル放射性廃棄物の量はごくわずかであるが、強い放射線が人間や環境に影響を与えないよう、慎重に取り扱う必要がある。ちなみに出力100万キロワットの原子力発電を１年間運転した場合に相当するガラス固化体の本数は約30本となる。なお、2008年12月末までの原子力発電の運転により生じた使用済燃料から換算されるガラス固化体の本数は約22,200本である。

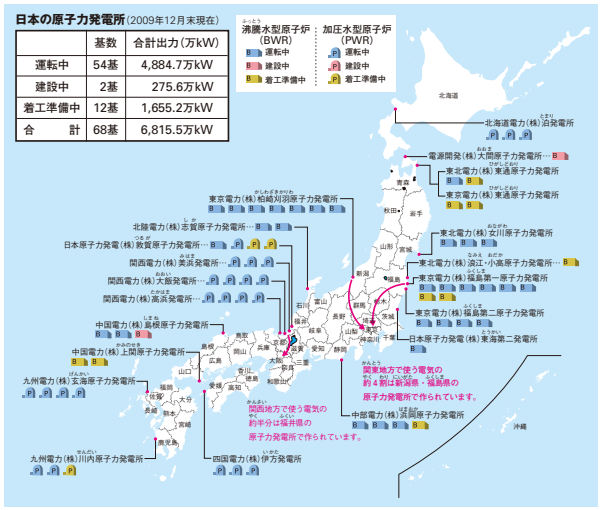
1 日本と世界の原子力発電の今・未来

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

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



日本の原子力発電所

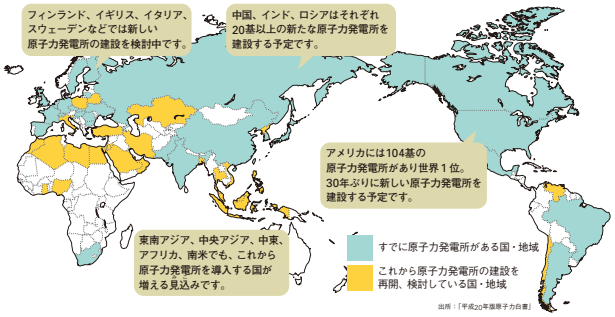
現在、日本には54基の商業用の原子力発電所があり、全部合わせると、4,884.7万kWの電気を発電する能力があります。建設中と着工準備中の原子力発電所は合計14基あります。

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増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



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	原子力はごくわずか、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」

ココがポイント
◎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。

学習のねらい

◎日本では今後も積極的に原子力発電の導入が進められる方針であることを知る。
◎世界でも、原子力発電を積極的に導入しようとする国が増えていることを知る。
◎環境問題への対応やエネルギーの供給安定性と取り組むために、原子力発電はどのような役割を持っているのか考える。

指導上のポイント

◎日本では54基の原子力発電所が稼働中、今後も14基が建設、着工準備中である。
◎世界でも、アジアを中心とするエネルギー需要の増加や地球温暖化防止の観点から原子力発電が見直されている。

関連ワークシート　61～62ページ：ワークシート 1　世界の国々の電源構成を比べてみよう

■日本のエネルギー政策

日本のエネルギー政策は2002年制定の「エネルギー政策基本法」で基本的視点が定められている。同法では「エネルギー安定供給の確保」と「地球温暖化防止など環境への適合」を第一とし、その上で「市場原理を活用」する方針となっている。エネルギーの需給については閣議で「エネルギー基本計画」を数年ごとに定めて計画の実現に取り組むことなどが定められた。

2005年10月に策定された「原子力政策大綱」では、日本における原子力発電の推進にあたっては「経済性の確保のみならず、循環型社会の追求、エネルギー安定供給、将来における不確実性への対応能力の確保など総合的に勘案するべきである」として、「使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウランなど有効利用することを基本方針とする」としている。

また「2030年以後も総発電電力量の30～40％程度という現状の水準程度かそれ以上の供給割合を原子力発電が担うことを目指すことが適切である」、「高速増殖炉については、経済性などの諸条件が整うことを前提に、2050年頃からの商業ベースでの導入を目指す」との基本目標を示している。

■原子力発電所の立地と電力の消費地

原子力発電所の建設に当たっては、

①広い敷地を確保できること。

②海岸沿いに位置することにより大量の冷却水を確保できること。

③事故の誘因となる可能性のある地震を考慮し、堅固な地盤を有すること。

が立地の条件として挙げられる。

電力の大消費地である大都市は河川の堆積平野に位置するため、堅固な地盤を確保することが難しく、①、②、③の条件を満たす地域は臨海部に集中している。

原子力発電所で発電された電力は、立地地域のみで消費されるわけではなく、その多くが東京、大阪、名古屋などの大都市部に送電され消費されている。原子力発電所から家庭までは非常に長大な電線で結ばれた経路をたどってきている。

このように消費地に生活する人々にとって原子力発電所は身近な存在ではないが、日常生活に必要不可欠な電力の安定供給に大きな役割を果たしている。

■世界の原子力発電をめぐる動向

1979年のアメリカ・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たが、最近では、地球温暖化対策やエネルギーの安定供給の観点からの原子力発電所の有効性に着目して新増設が見られるようになってきた。これを指して「原子力ルネサンス」と呼んでいる。

新規原子力発電所を建設、および建設計画している主な国は、アメリカ、フィンランド、イギリス、イタリア、スウェーデン、ロシア、中国、インドなど。

更に、世界的なエネルギー需要の伸びや石油価格の高騰、地球温暖化問題への対応の観点から、東南アジア（インドネシア、ベトナム、タイ）、中東諸国、アフリカ、南米などでも新たに原子力発電導入の動きが広まっている。

◆世界の原子力発電の開発状況

稼働中	30カ国で**436基** 設備容量の合計は**約３億7,000万kW**
建設・計画中	27カ国で**151基、約１億5,000万kW**
将来構想	37カ国で合計**270基** アメリカ20基、イギリス６基、 ロシア25基、中国76基、インド15基 ※南アフリカ、ブラジル、ウクライナなどでも大幅増加を計画。 ※ベトナムなど東南アジア、中東諸国で新規導入を計画。

世界原子力協会（WNA）2008年12月データより作成　出所：「平成20年版原子力白書」
※日本のみ2009年１月末時点

◆原子炉開発のステップ

実験炉	小規模な原子炉で、燃料の燃え方や材料についての基礎的な研究を行う。
原型炉	実際に発電する中規模な原子炉で、大型化するための技術や安全性を確かめる。
実証炉	実際に発電する大規模な原子炉で大型化に伴う技術を実証し、経済性の見通しを確かめる。
商業炉	発電した電気を売ることを目的とした原子炉である。

生徒用：37－38ページ

2 未来に向けて進められているさまざまな研究

チャレンジ 6 原子力発電の今とこれからを知ろう
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はなく、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。

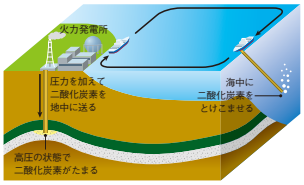
◆エネルギーの効率向上・低炭素化技術の例

・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）

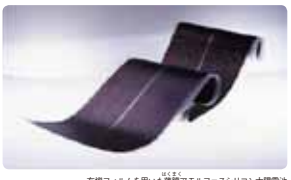
発生した二酸化炭素を効率よく回収して、地中に貯留する技術を二酸化炭素回収・貯留システム（CCS（Carbon Dioxide Capture and Storage）システム）といいます。二酸化炭素の排出量を大きく抑えることができます。



二酸化炭素回収・貯留システム（CCS）

・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

・燃料電池自動車

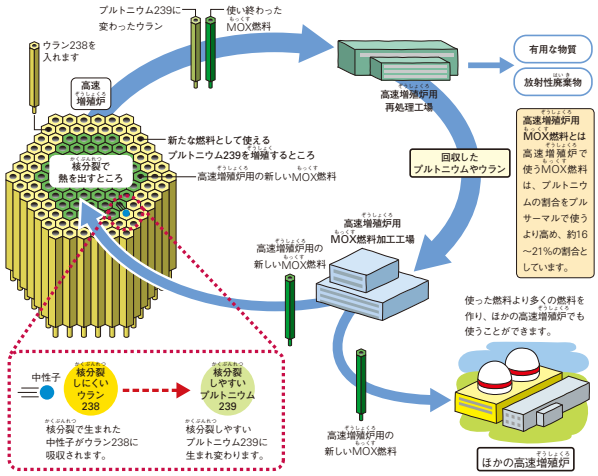
燃料電池は水素と大気中の酸素を化学的に反応させて、直接電気を作るシステムです。自動車の動力として期待されているほか、家庭用発電機としての開発も進んでいます。

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。

ココがポイント
- ◎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。

生徒用：39－40ページ

学習のねらい

- ◎日本では低炭素社会を実現するために中長期的視野に立った、さまざまな取り組みが行われていることを知る。
- ◎発電の分野においても二酸化炭素を出さない方法や、より効率的に発電を行う方法の技術開発が進められていることを知る。
- ◎現在、技術開発されているエネルギーを運用、利用するのは自分たちの世代であることに気づき、将来のエネルギー利用のあり方を考える。

指導上のポイント

- ◎中長期的視野に立った革新的技術の開発が進められている。
- ◎火力発電所から出る二酸化炭素を回収・貯留して二酸化炭素の排出量をゼロにする技術が開発されている。
- ◎太陽光発電や燃料電池などの新エネルギーも、より効率的な製品の開発が進んでいる。
- ◎高速増殖炉は発電しながら使った以上の燃料を作ることができる。

■火力発電の二酸化炭素排出を削減する技術

[高効率石炭火力発電]

石炭を燃焼させる従来の石炭火力発電と異なり、石炭ガス化複合発電(IGCC)という。これは石炭をガス化して発電に使い、その排ガスも発電に利用する発電システムである。二重の工夫で発電効率を高めることができ、二酸化炭素排出も減らすことができる。

[二酸化炭素回収・貯留システム(CCS)]

二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術とは、火力発電所や天然ガス鉱山など大規模な排出源で発生する二酸化炭素を、他のガスから分離・回収し、安定した地層に貯留したり、海洋に隔離したりすることにより、二酸化炭素を大気から長期間隔離する技術である。

■革新的太陽光発電

一般的な太陽電池はガラス板を使用したパネル状であるが、重量があること、自由に形を変えられないことから設置場所が限定されている。そこで金属箔やポリマーのように曲げることが可能なフレキシブル基板を利用すれば、自由に曲げることができる。そのため持ち運びも簡単になり、場所を選ばず設置が可能な太陽電池技術が実用化できる。

■燃料電池自動車

燃料電池自動車は次世代自動車・燃料の一つとして普及に向けた技術開発が進められている。

燃料電池は化学エネルギーから熱エネルギーや運動エネルギーに置き換わることなく電気エネルギーに変換されるため、発電効率が高い。

水素と水のみで発電でき、排ガスを出さないクリーンなエネルギーであるが、水素は安定した貯蔵方法の確立が課題となっている。

■高速増殖炉（FBR）

核分裂しやすいウラン235は天然ウランの中に0.7%しか存在せず、残りの99.3%は核分裂しにくいウラン238である。しかし、ウラン238は中性子を吸収させると核分裂しやすいプルトニウム239に変えることができる。

高速増殖炉では、ウラン238を核分裂しやすいプルトニウム239に効率よく変換することで、消費した以上の燃料を生み出すことができ(ウラン238をプルトニウム239に変える)、ウラン資源の利用効率が飛躍的に向上する。

日本では高速増殖原型炉「もんじゅ」(福井県敦賀市)を中核として、研究・開発が進められている。

生徒用：39－40ページ

調べてみよう！ の解説

●核融合とは

核融合とは、水素、重水素、三重水素など原子が原子核と電子がばらばらで原子核同士が直接衝突しやすくなった高温状態(プラズマ)のもとで、原子核同士が融合してヘリウム原子核などになること。このとき膨大なエネルギーが発生する。例えば、重水素と三重水素の原子核が融合してヘリウム原子核と中性子ができるが、このとき発生するエネルギーは、元の軽い原子核がそれぞれ原子核内の中性子や陽子の結合エネルギーとして持っていたエネルギーの合計よりも、できたヘリウム原子核内の中性子や陽子の結合エネルギーのほうが小さく、その差のエネルギーが核融合のときに放出される。この放出エネルギーの分だけ、核融合が起きる前後に原子核の質量が小さくなる(エネルギーと質量の等価性　$E=mc^2$)。

核融合研究は日本、旧ソ連、アメリカ、日本、欧州連合(EU)など、さまざまな国で進められてきた。現在は、日本をはじめ、欧州連合(EU)、中国、インド、韓国、ロシア、アメリカが共同で、次段階の核融合研究として国際熱核融合実験炉(イーター＝「ITER」)計画に取り組んでいる。

ディベートを通して考える原子力の役割

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

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。

41

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
論題「日本は原子力発電を廃止すべし、是か非か」 ・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。 ■1時間における流れ ①肯定側立論……(3分) (作戦タイム)……(1分) ②否定側質疑……(4分) (作戦タイム)……(1分) ③否定側立論……(3分) (作戦タイム)……(1分) ④肯定側質疑……(4分) (作戦タイム)……(1分) ⑤否定側第1反駁……(3分) (作戦タイム)……(1分) ⑥肯定側第1反駁……(3分) (作戦タイム)……(1分) ⑦否定側第2反駁……(3分) (作戦タイム)……(1分) ⑧肯定側第2反駁……(3分) (議論の評価) ⑨表決を行う ・挙手で行う ⑩感想を述べる ・さまざまな立場から、数名を指名する。 ⑪教師の解説と講評 ⑫感想文を書く	■準備物 評価用ワークプリント ■学習方法 ・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。 ■進め方 ・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。 ■教師の動き ・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。	<肯定側の主張の例> ・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。 ↓ <否定側の反駁の例> ・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。 <否定側の主張の例> ・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、普及に時間が掛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。 ↓ <肯定側の反駁の例> ・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。

42

最後に 学習したことをまとめて発信しよう

生徒用：41－42ページ

1. ディベートとは何か

(1) ディベートの歴史

・イギリスの国会(与党と野党の対決)や欧米の裁判のスタイル(原告と被告が1つの争い事を巡って論争)のシミュレートとして、社会人(若手)や学生の訓練用として始まったのがディベート(トレーニング用のゲームである)。
・日本には大学の英語サークルなどで、20年ほど前から入っていた。
・やがて、教育の場でも15年ほど前から、高校にも入り、中学校でも一部の教師が取り入れ出した。
・また、企業でも、新入社員の教育として取り入れ出した。
・現在は、企業の新しいプロジェクトの導入で、賛成側と反対側が対決する形で討論を行い、経営幹部などがそれを見た上で、判断する形が、当たり前のように取られるようになってきた。
・学校でも、新しい行事や校則を導入する際に、そのメリットとリスクを明らかにし、天秤にかけて判断する、といったことなどは実際に行われている。

(2) ディベートとは何か

・近年は、教育におけるコミュニケーションの重視において、ディベートが教科書に登場したり、テレビ番組に取り上げられたりするようになってきた(教科書では、小学校国語3社、小学校社会科3社、中学校国語5社、中学校公民5社が紹介している)。
・言葉は知っているが、見たことがない。または「勘違いなさっている」人が多い。テレビ番組でも「ディベート」の形式をとりながら実際には「ディスカッション」、というケースも多く見られる。
・ディベートは「ルールのある討論ゲーム」であり、言葉尻を捉えた発言や、人の発言を遮ることは禁止事項となっている。
・ただ「ディベートって何かよく分からない？」という声がよく聞かれるが、効果があるのは間違いないので、失敗を恐れず、まずは簡単な内容からステップアップしていっていただきたい。
・ディベートを「言葉のボクシング」(競技ディベートはこの傾向)と表現する人もいるが、教育活動としてディベートを行う場合は「言葉のキャッチボール」を重視すべきである。

(3) ディベート学習のねらい

○ディベートを学ぶ：簡易版から体験して、慣れてもらい、興味を持ってもらう。

○ディベートで学ぶ：テーマを通して、世の中について学ぶと同時に、コミュニケーションや説得することなどを学ぶ。

(4) ディベートの考え方

・捕鯨論争を例に取ると、最初の議論は「鯨は高等生物だ」、「捕鯨船での殺害方法が残虐だ」となる。日本の反論は「人間は動物の生命を奪い食べる宿命だ」、「捕鯨は瞬殺なので苦しまない」。これが認められると矛先が変更され「鯨は希少動物だ」となる。日本の反論としては「調査方法に問題あり」（増加しているとの調査結果もあり）、というように議論が展開される。

・他の代表的な論題例としては「原子力発電を廃止すべし」、「死刑制度を廃止すべし」などがある。

・大切なことは「根拠のある主張」、「わかりやすさ」、「相手の主張を良く聞く」、「メモをとる」、「相手の主張を受けた反論」、「説得力のあるスピーチ」などである。

2. ディベートをやってみよう

(1) ディベートに慣れよう

・まずは、簡単なテーマで討論をやってみよう。国会や裁判のような時間を規定した本格的なディベートではなく、大きな流れの中で、自由に討論を進めてみよう。この段階では、自分の訴えを人が聞いてくれることの喜びや、主張し合うといった討論の面白さが分かれば良い。

・例えば「男は女より得だ」、「大人は子どもより得だ」などは、さまざまな側面を出し合い、価値観の多様性や相手の主張に耳を傾けることなどを学習できるテーマである。

・「制服の廃止」、「校則の廃止」などは生徒指導にも使え、規則やルールがなぜ存在し、なぜ必要なのかを考えることができるテーマである。

(2) 本格的なディベートをやってみよう

・基本的な条件は、持ち時間は肯定・否定とも同じであること。現状を変えようとする話なので、肯定側からスタートし、途中で攻守が入れ替わり、最後は肯定側で締めくくる。だが、テーマを実行しても意味がない、今と同じだと判断されたら、否定側の勝利である。それは、現状を変える意味がないからである。

・細かい部分でのやりとりよりも、大きな議論をする方が生徒にとっても楽しく、また学習効果も高い。

・実際にディベートを行う際の流れとポイントは以下のとおり。

☆立論では、聞き取りやすいスピーチを考える。
☆さらに、分かりやすい根拠や具体的な事例をあげて説明するとよい。
☆質疑では、相手の主張の曖昧な点や例外、議論の大きさなどを問い質すとよい。
☆反駁では、相手の立論に対して、分かりやすい根拠や具体的な事例をあげて反論を行う。
☆また、相手の反論に対して、再反論を加える。
☆さらに、相手の反論に対して、論点を明らかにした上で、両者の主張を比べながら、自分の主張の重要性を訴える。
☆ジャッジは、両者の主張を聞き、メモにとりながら、どちらの主張の方がより説得力のあることを述べていたかを判断する。
そして、その具体的な論拠を明らかにしながら、判定を下す。

(3) 原子力について議論するために

・事前の資料の収集が重要である。特に、政府や公的機関、電力会社などの刊行物やホームページが充実している。

・インターネットでの検索では「ディベート、原子力」と入力すると、さまざまな資料が入手できる。過去のディベートにおける立論も数多く掲載されているので、参考にすると良い。

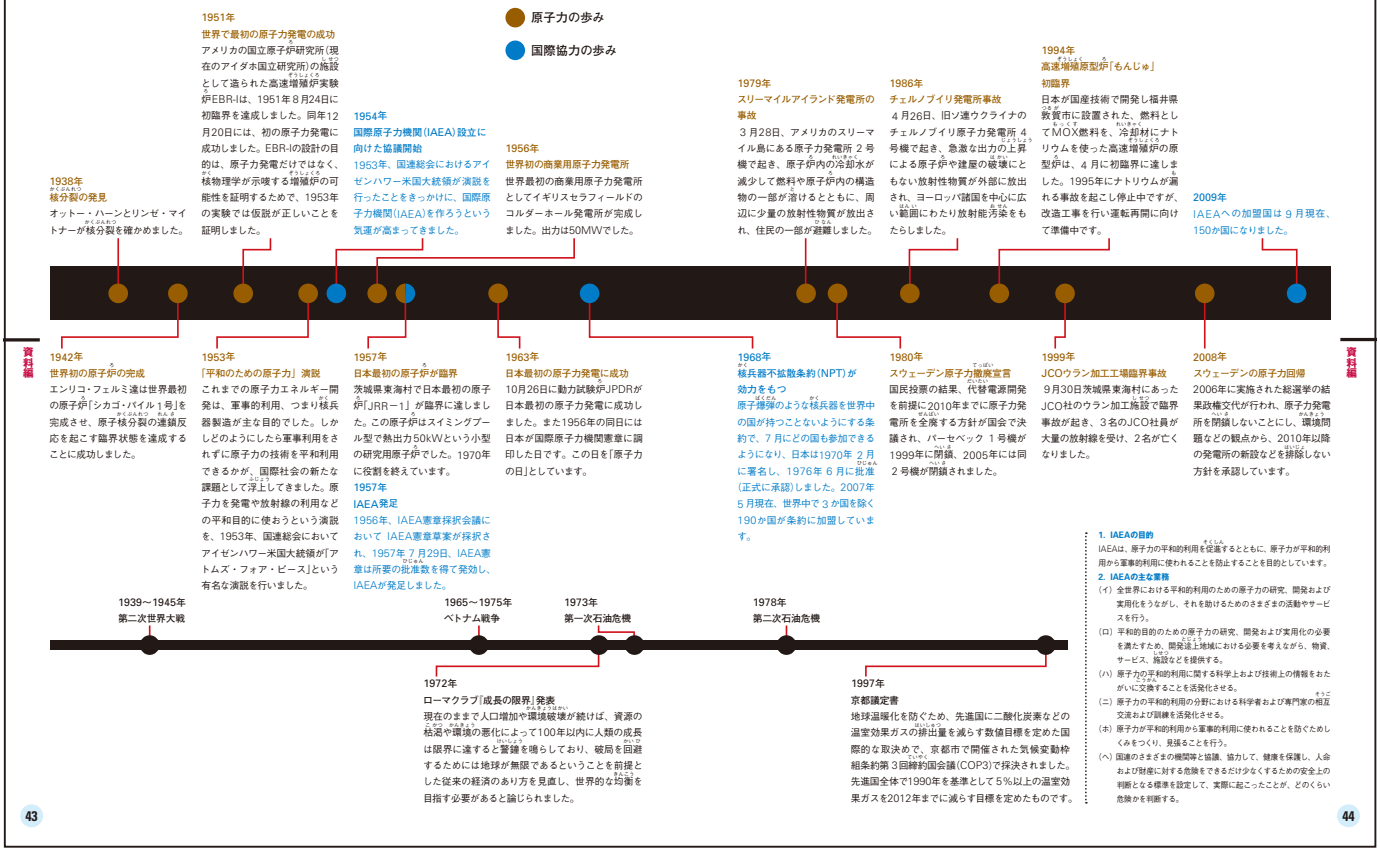
・ただし、インターネットの情報は、正確性に欠ける面があり、誤った情報や不確かな情報、古いデータなどが存在するので、必ず裏付けを取ることが必要となる。

生徒用：41－42ページ

※本稿（解説）は、神戸大学附属明石中学校教諭の宮嶋昭伸氏が作成した。

7 原子力の歴史と平和利用の取り組み

7 原子力の歴史と平和利用の取り組み



生徒用：43－44ページ

学習のねらい

◎原子力利用の歴史に関心を持つ。
◎原子力の利用が世界の合意を形成しながら進んできたことを理解する。

指導上のポイント

◎日本の原子力が世界に歩調をあわせて進んできた。
◎大きな事故が発生したことで、世界で原子力発電の新規建造が少なくなったが、近年、原子力発電が見直されている。

■原子力基本法

日本の原子力の研究・開発・利用の基本方針を示す法律で、1955年12月19日に公布、1956年１月１日に施行された。この法律は「原子力の研究、開発及び利用を推進することによって、将来おけるエネルギー資源を確保し、学術の進歩と産業の振興とを図り、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与する」ことを目的としたもので、基本方針として「原子力の研究、開発及び利用は、平和の目的に限り、民主的な運営の下に、自主的にこれを行うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資するものとする」という、いわゆる「民主、自主、公開の原子力三原則」が規定されている。

また、原子力委員会や原子力開発機関の設置についても以下のように規定されている。

[原子力委員会]

原子力の研究開発および利用に関する国の施策を計画的に遂行し、原子力行政の民主的な運営を図るため、総理府(現内閣府)に原子力委員会を置く(1956年発足)。

1978年には、原子力基本法の一部改正により、原子力委員会が改組され、新たな原子力委員会と原子力の安全規制を行う原子力安全委員会が発足した。

[原子力研究所・原子燃料公社]

政府の監督の下に、原子力の開発に関する研究および実験、その他原子力の開発促進に必要な事項を行わしめるため原子力研究所を、核燃料物質及び核燃料物質の探鉱、採鉱、精錬、管理などを行わしめるため原子燃料公社を置く(両機関とも1956年発足、現日本原子力研究開発機構)。

■日本と原子力の平和利用

「原子力基本法」に記されているように、日本の原子力利用は平和目的に限られている。

日本の再処理工場では、プルトニウムとウランが混合した状態でしか取り出せないしくみになっている上、万一、混合製品が盗難にあっても、原子爆弾を作るためには大規模な化学プラントでプルトニウムを分離しなければならず、製造は技術的に極めて困難である。

また、日本はIAEAの査察に応じ、核物質管理の透明性を高めて核物質の核兵器への転用がないことを世界に対して示している。

■IAEAの査察とは

IAEAの査察とは、核拡散防止のために国とIAEAの職員が実際に原子力施設の中へ立ち入り、国やIAEAへの報告に間違いがないかを調査・検証することである。そのことから「核の番人」と呼ばれている。

具体的には

- **施設に保管されている核物質の計量管理の記録内容と、国とIAEAに報告された内容に矛盾がないことを確認する。**
- **核物質の放射線を現場で測定したり、サンプルを取って化学分析したりして、申告されたとおりの核物質であることを確認する。**
- **核物質を適正に封じ込めているか、管理しているかを確認する。**

などである。

■IAEA事務局長に天野氏就任

国際原子力機関(IAEA)の事務局長に日本の天野之弥氏(前ウィーン国際機関日本政府代表部大使)が2009年 ７月の選挙で選ばれ、同年12月から正式に就任した。原子力の平和利用、核拡散防止の要となるIAEAのトップに日本人が就任するのは初めてで、任期は４年間である。

国際原子力機関(IAEA)の概要

【目　的】・原子力の平和的利用の促進
・原子力が平和的利用から軍事的利用に転用されることの防止
【設　立】 アメリカの提唱により1957年に設立
【本　部】 ウィーン(オーストリア)
【加盟国】 150カ国(2009年９月現在)
【組　織】
(総　会) 全加盟国の代表で構成され、毎年９月に本部で開催。
(理事会) 理事会によって指定される13カ国(日本を含むG8などの原子力先進国)と総会で選出する22カ国の計35カ国で構成。
(事務局) 事務局長の下に６名の事務次長が６局(管理運営、原子力エネルギー、保障措置、技術協力、原子力科学・応用、原子力安全・セキュリティ)の長として事務局長を補佐。職員数は約2,200名。

生徒用：45－46ページ

2 他の中学校の取り組みを見てみよう

生徒用：45－46ページ

資料編
2 他の中学校の取り組みを見てみよう

茨城県つくば市立
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つの立場に分かれて討論を行っているようす

■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。

［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(CO_2)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「CO_2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「CO_2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。

「節電ラベル」の掲示

「エコキャップ」の回収

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。

美浜原子力発電所(関西電力(株))を見学する生徒たち

■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模造紙

■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ようす

［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。

この他の取り組み例について、右記のホームページで紹介しています。　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/

エネルギーやエネルギーに密接に関連する環境などのテーマを取り上げたエネルギー教育活動を継続的に行っている学校を対象とした表彰制度として、「エネルギー教育賞」(主催：電気新聞)が平成18年度から設けられている。ここでは、平成21年度(第4回)エネルギー教育賞の中学校の部で「最優秀賞」を受賞した、秋田県大仙市立大曲南中学校の取り組みを紹介する。

第4回「エネルギー教育賞」優秀賞受賞校(中学校の部)

- 上越市立安塚中学校(新潟県)
- 安城市立篠目中学校(愛知県)
- 京都市立雲ケ畑中学校(京都府)
- 横浜市立汐見台中学校(神奈川県)
- 滋賀大学教育学部附属中学校(滋賀県)

⇒詳細は電気新聞ホームページまで　http://www.shimbun.denki.or.jp/

第４回「エネルギー教育賞」最優秀賞受賞校：秋田県大仙市立大曲南中学校の取り組み

教育課程上の位置づけ

学校全体でエネルギー環境教育を推進するため、総合的な学習の時間を核とし、各教科との連携を明示した「環境教育カリキュラムデザイン」を作成し、教育課程に位置付けられた計画性のある学習活動に取り組んでいる。このカリキュラムデザインは、学年ごとに全ての教科に関わりをもたせるような構造になっており、生徒たちには「環境学習カレンダー」として教室に掲示している。

○生徒会活動としては、選択技術とタイアップした「緑のカーテンプロジェクト」がある。アサガオを育てて緑のカーテンを作り、夏の暑さを和らげようという取り組みで、アサガオへの灌水は雨水をポンプで汲み上げて自動で行う。ポンプの動力源は太陽光パネルで発電された電力で、これは自然エネルギーを使って緑のカーテンを育て環境意識を向上させようという生徒会のアイディアである。設置作業や種植えは選択技術で行い、管理は生徒会で行っている。また、学校祭で「エネルギー・環境ブース」を設置し、学習成果の発表や、自転車発電やソーラークッカーの実演なども行った。

ソーラークッカーの実演

○大仙市内の12の中学校の生徒会執行部が一堂に会して開催される「大仙市中学生サミット」では、ポスター作成、実践発表や司会などの中心的な役割を担い、「REVOプロジェクト」(リサイクル・エコ・ボランティアにかかわる活動の総称)を積極的に推進した。

○学校外部との連携により講演会、出前授業、施設見学なども積極的に取り入れている。平成21年度における主な活動は以下のとおり。

・日本科学未来館での研修
(修学旅行の一環として)
・環太平洋自然エネルギー国際フォーラムへの参加
・専門家による講演会
(産業技術総合研究所、秋田県地球温暖化防止活動推進センターなど)
・出前授業
(環境ワークショップ、待機電力、フードマイレージなど)
・施設見学(能代火力発電所、風力発電所)

○PTAとの連携として、保護者を対象に、省エネ普及指導員による「家庭でできる省エネ対策」をテーマに講演会を行い、夏休みに家族で取り組む「大仙市環境家族宣言」に向けた意識の向上を図った。

○保護者や地域に向けた情報発信として、学校でのエネルギー環境教育への取り組みの現状とその成果を伝える環境通信「ESDom」を定期的に発行している。また、講演会や出前授業、地域での活動の様子などは、地域のインターネット新聞「県南日々新聞」にも掲載しているほか、地元メディアへの情報発信も行い、地元紙で取り上げられるケースも多い。

生徒用：45－46ページ

3 各種コンクールの紹介

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	独自に取り組ま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 教育委員会	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〜 ・私たちのくらしとエネルギー ・く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	・く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。

生徒用：47−48ページ

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

中田(なかだ)　喜文(よしふみ)さん（10歳　富山県）

経済産業大臣賞受賞作品

永井(ながい)　繭子(まゆこ)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。

■学習のまとめ・表現のポイント

<中学校学習指導要領解説「総合的な学習の時間」編(平成20年９月)より抜粋>

第２節　総合的な学習の時間の学習指導のポイント

1. 学習過程を探究的にすること

④まとめ・表現

情報の整理・分析を行った後、それを他者に伝えたり、自分自身の考えとしてまとめたりする学習活動を行う。そうすることで、それぞれの生徒の既存の経験や知識と、学習活動により整理・分析された情報とがつながり、一人ひとりの生徒の考えが明らかになったり、課題がより一層鮮明になったり、新たな課題が生まれたりしてくる。このことが学習として質的に高まっていくことであり、表面的ではない深まりのある探究活動を実現することにつながる。

例えば、調査結果をレポートや新聞、ポスターにまとめたり、写真やグラフ、図などを使ってプレゼンテーションとして表現したりすることなどが考えられる。相手を意識して、目的を明確にして伝えたいことを論理的に表現することで、自分の考えは一層確かになっていく。町づくりと町の福祉の問題を考えながら、自らの日ごろの行動の在り方、さまざまな立場の人とともに豊かに生きていく方法、これからの町づくりや自分自身にできることなどについて考えることになる。

こうした場面では、次の点に留意したい。

一つは、相手意識や目的意識を明確にしてまとめたり、表現したりすることである。だれに伝え、何のためにまとめるのかによって、まとめや表現の手法は変わり、生徒の思考の方向性も変わるからである。二つは、まとめたり表現したりすることが、情報を再構成し、自分自身の考えや新たな課題を自覚することにつながるということである。三つは、伝えるための具体的な方法を身に付けるとともに、伝えるべき内容を十分に蓄積しておくことである。例えば、レポートや論文、ポスター、プレゼンテーションソフトなどの手法を使って、探究活動によって分かったことや考えたことを、学級の友達や異学年の生徒、保護者、地域の人々、専門家などに分かりやすく伝える、といったことである。ここでは、各教科で獲得した表現方法を積極的に活用することが考えられる。文章表現やもちろん、絵画や音楽などを使ったり、それらを組み合わせたりしていく総合表現なども考えられる。(後略)

■「エネルギー教育フェア」での発表

経済産業省資源エネルギー庁では、(財)日本生産性本部・エネルギー環境教育情報センターと日本エネルギー環境教育学会との共催により、毎年、教育関係者や児童・生徒とその保護者などを対象に「エネルギー教育フェア」を東京都内で開催している。

この中で、エネルギー学習の成果を子どもたちがさまざまな手法や形態で発表する「エネルギー子どもサミット」が行われている。

下の写真は、昨年度と一昨年度の子どもサミットでの中学生たちの発表の様子である。

<「エネルギー教育フェア2008」での発表>

山陽女学園中等部(広島県)の生徒たちによる人形劇を交えた発表

<「エネルギー教育フェア2009」での発表>

徳島県立城ノ内中学校の生徒たちによる核融合をテーマにした演劇による発表

生徒用：47－48ページ

4 原子力・エネルギー学習に役立つ情報源

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**	03(5253)4111	http://www.mext.go.jp/
	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/
	経済産業省資源エネルギー庁	03(3501)1511	http://www.enecho.meti.go.jp/
	なるほど！　原子力AtoZ		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	03(5157)9700	http://www.nichidankyo.gr.jp/
	(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構	044(520)8600	http://www.jogmec.go.jp/
電　気	**電気事業連合会**	03(5221)1440	http://www.fepc.or.jp/
	(財)電力中央研究所	03(3201)6601	http://criepi.denken.or.jp/
原子力	**(財)日本原子力文化振興財団**	03(6891)1573	http://www.jaero.or.jp/
	(独)原子力安全基盤機構	03(4511)1111	http://www.jnes.go.jp/
	原子力発電環境整備機構(NUMO)	03(6371)4000	http://www.numo.or.jp/
	(独)日本原子力研究開発機構	029(282)1122	http://www.jaea.go.jp/
	原子力学習サイト		http://www.jaea.go.jp/09/9_1.shtml
	(財)高度情報科学技術研究機構	029(283)3833	
	原子力百科事典「ATOMICA」		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**	044(520)5151	http://www.nedo.go.jp/
	(財)新エネルギー財団	03(6810)0360	http://www.nef.or.jp/
エネルギー環境教育	**エネルギー環境教育情報センター**	03(3593)0936	http://www.icee.gr.jp/

生徒用：49ページ

◆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「偉人たちとの授業～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・問合わせ先）** **電気事業連合会** TEL.03-5221-1440 http://www.fepc.or.jp

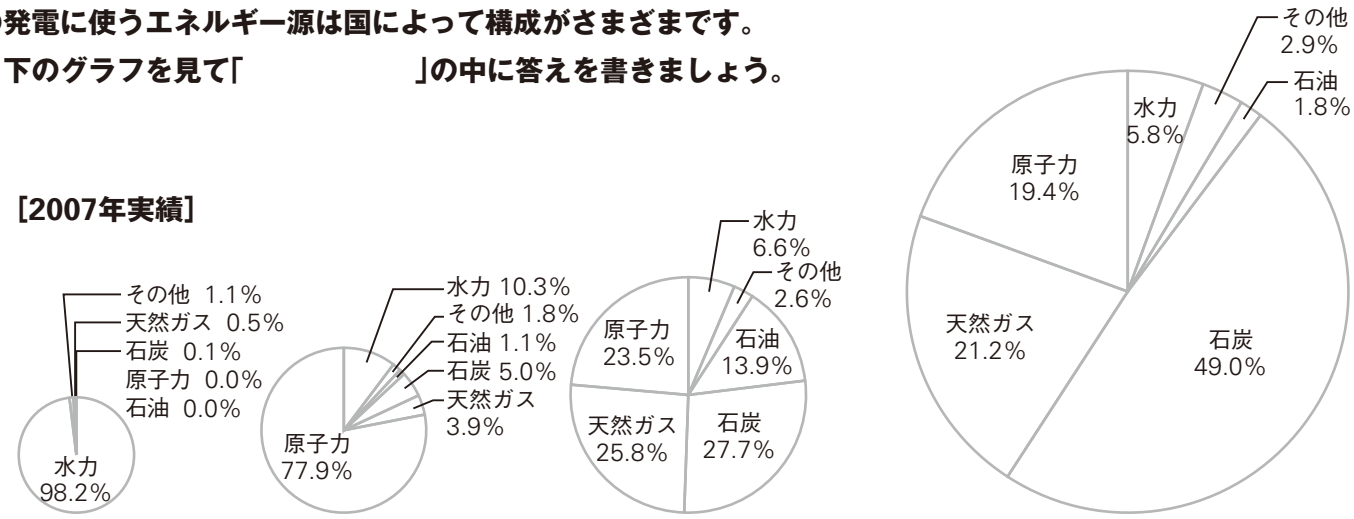
◆模型や実験教材などの貸し出しを行っている主な機関

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

ワークシート 1 世界の国々の電源構成を比べてみよう

●発電に使うエネルギー源は国によって構成がさまざまです。
下のグラフを見て「　　」の中に答えを書きましょう。

［2007年実績］

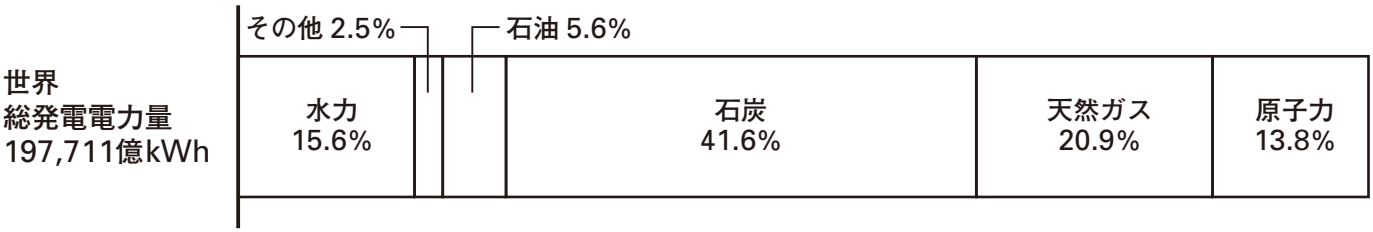


ノルウェー
総発電電力量
1,364億kWh

フランス
総発電電力量
5,644億kWh

日本
総発電電力量
11,235億kWh

アメリカ
総発電電力量
43,229億kWh



出所：OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009」、OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2009」

【ワーク１】

上のグラフは、日本、アメリカ、フランス、ノルウェーでの発電電力量(2007年)を資源別に分けたものです。円グラフの大きさのちがいは、これらの国の総発電電力量の比を表しています。世界全体でみると総発電電力量は2007年には197,711億kWhで、電源別の比率は、石炭41.6%、天然ガス20.9%、水力発電は約15.6%、原子力13.8%、石油5.6%、その他2.5%でした。

アメリカは総発電電力量43,229億kWhの「①　　」%を石炭火力発電で行っています。石炭や石油や天然ガスやウランを産出しない国にとっては、自国内で得られるエネルギー源としては水力や風力や太陽光などの自然エネルギーだけです。

ノルウェーは総発電電力量1,346億kWhのうち「②　　」%の発電を水力でまかなっています。しかし、ノルウェーの総発電電力量はアメリカの総発電電力量の「③　　」%しかありません。しかも、アメリカでの水力による発電量「④　　」億kWhに比べて少ない量です。一方、フランスは総発電電力量5,464億kWhのうち「⑤　　」%を原子力発電で行っています。

日本はエネルギー資源のほとんどを海外から輸入しています。この輸入が全部ストップしてしまうと発電ができなくなってしまいます。そうならないように、天然ガス、石炭、石油、原子力などを適切な比率で使っており、どれかひとつ輸入が止まっても電力の供給が全部止まってしまわないようにしています。また、天然ガスや石油はある程度の量を備蓄(びちく)しています。日本は「⑥　　」%を原子力発電で行っています。

原子力発電の燃料のウランは少ない燃料でたくさんの発電ができるので、輸送や保管が容易で、また一度原子炉(ろ)に燃料を入れると３～４年間使うことができること、またリサイクルできることから国産に近いエネルギー(準国産エネルギー)と考えられています。

生 P.5「チャレンジ１　②日本と世界のエネルギー事情」関連ワーク
生 P.7「　　〃　　③エネルギー利用を考えるための４つの視点」関連ワーク

ワークシート①

学習のねらい

◎世界では石炭や天然ガスなどの化石燃料で半分以上の電力をまかなっていることを知る。
◎国によって電源構成がまったく異なることを理解する。
◎それぞれの国が保有しているエネルギー資源の種類と量、また必要な電力の総量により電源構成が変わることに関心を持つ。

指導上のポイント

◎水力発電の割合がほとんどを占めるノルウェーと少ないアメリカとを、発電量で比べて見ると水力発電による発電量はアメリカの方が多い。
◎エネルギー資源がなく、また発電電力量の多い国では、化石燃料や原子力発電が多い。

【ワーク１】　解答：① 49　② 98.2　③ 3.2　④ 2,507　⑤ 77.9　⑥ 23.5

下に左ページのグラフの元になったデータに人口のデータも加えて表にした。１人当たりの電力消費量を各国で比べ、地域による差があることを学ばせてもよい。

代表国 発電量順 発電量（億kWh）（2007年）								人口	発電量(kWh)/人口	
	水力	その他	石油	石炭	ガス	原子力	総発電量	百万人	1年間	1時間
デンマーク	0.3	110.3	12.8	199.0	69.1	0.0	391.5	5.5	7,171	0.82
スイス	352.5	23.5	1.9	0.0	7.5	279.3	664.6	7.5	8,850	1.01
ノルウェー	1,339.4	15.1	0.3	1.5	7.4	0.0	1,363.5	4.7	28,950	3.30
スウェーデン	661.7	120.8	10.7	17.1	8.2	669.7	1,488.2	9.2	16,265	1.86
スペイン	277.8	319.8	185.0	744.0	925.1	551.0	3,002.5	44.9	6,692	0.76
イタリア	328.3	176.3	354.1	497.5	1,726.4	0.0	3,082.2	59.3	5,196	0.59
イギリス	51.0	166.7	47.1	1,383.2	1,644.8	630.4	3,922.8	60.8	6,454	0.74
韓国	36.2	11.1	251.7	1,707.0	823.7	1,429.3	4,259.1	48.5	8,789	1.00
ブラジル	3,739.2	191.4	138.0	102.4	155.8	124.6	4,451.4	191.6	2,323	0.27
フランス	581.9	101.0	61.5	282.2	220.1	4,397.5	5,643.7	63.6	8,878	1.01
ドイツ	209.0	735.3	110.8	3,105.6	729.0	1,405.1	6,295.5	82.3	7,653	0.87
カナダ	3,684.2	115.2	98.5	1,157.3	406.9	934.6	6,397.3	33.0	19,398	2.21
インド	1,237.2	136.6	329.4	5,495.3	666.8	168.7	8,034.1	1,123.3	715	0.08
ロシア	1,773.4	20.3	172.3	1,702.5	4,864.3	1,601.2	10,134.0	141.6	7,157	0.82
日本	740.4	286.5	1,562.8	3,107.6	2,898.6	2,637.9	11,234.9	127.8	8,794	1.00
中国	4,844.6	132.7	331.8	26,844.1	398.2	630.5	33,181.9	1,326.9	2,501	0.29
アメリカ	2,494.3	1,249.3	782.5	21,186.7	9,151.6	8,364.9	43,229.3	302.1	14,310	1.63
世界	30,843.0	4,942.8	11,071.8	82,247.9	41,321.7	27,284.2	197,711.3	6,609.3	2,991	0.34

※１人当たり１時間の平均電力量の各国比較は76ページ参照。

出所：OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009」、OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2009」

ワークシート 2 原子力発電と太陽光、風力発電を比べてみよう

【ワーク 1】それぞれの発電方法の共通点をまとめましょう。

【ワーク 2】それぞれの発電方法の発電できる条件について調べてまとめましょう。

原子力発電	
太陽光発電	
風力発電	

【ワーク 3】それぞれの長所、短所をまとめましょう。

	長所	短所
原子力発電		
太陽光発電		
風力発電		

生 P.9 ～ 12「チャレンジ 2　①いろいろな発電方法のしくみと特徴」関連ワーク

ワークシート ②

学習のねらい

◎それぞれの発電方法の共通点、相違点を理解する。
◎いずれも発電時に地球温暖化の原因となる二酸化炭素を出さない発電方法であるが、別の面では長所、短所があることを理解し、全発電構成の中でどのような使い方をしていけばよいか考える。

指導上のポイント

◎いずれの発電方法も発電時に二酸化炭素を出さない。
◎原子力発電は一定の出力で安定して発電することができる。
◎太陽光発電、風力発電は天候に出力が左右される。また、発電規模が小さい点が今後の課題である。

【ワーク 1】

原子力発電、太陽光発電、風力発電はともに、火力発電などと比べて発電時に二酸化炭素を出さないため（生 8 ページ参照）、地球温暖化対策に大変有効な発電方法である。太陽光発電、風力発電については「新エネルギー」として現在注目を集めているところである。

また、太陽光発電、風力発電は資源のいらない国産エネルギーである。原子力についても燃料となるウランは一度輸入すると長期間使うことができ、またリサイクルして使用することができるため、国産に近いエネルギー（準国産エネルギー）であると考えられる。

【ワーク 2】

原子力発電は、一定の出力で安定して発電できる。

これに対して、太陽光発電については昼間しか発電できない（さらに雨、曇りの日は発電出力が低下して不安定である）。

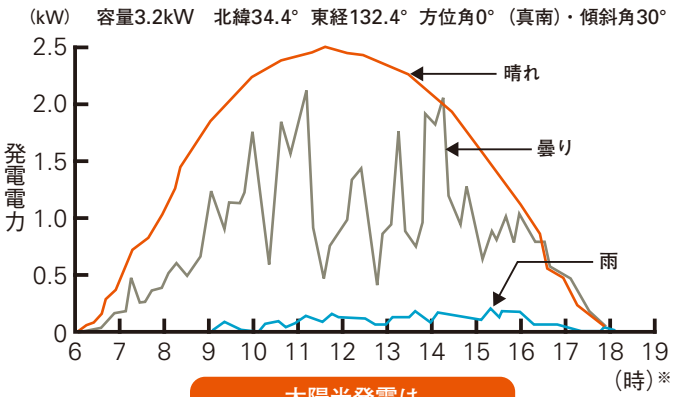
風力発電については風力を得られたときにだけ発電できるという不安定さがある（風向き・風速に時間的・季節的変動があり、発電が不安定である）。

【ワーク 3】

各発電方法の長所、 短所（特徴）については22ページ参照。

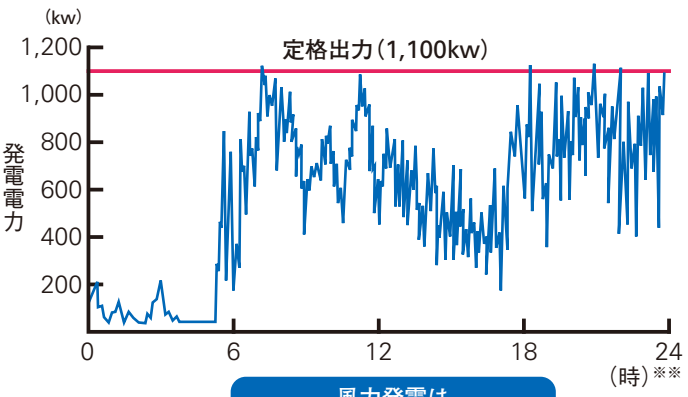
◆太陽光・風力発電の出力変動

太陽光発電の出力変動（春季）



太陽光発電は
時間と天気で発電量が変わる

風力発電の出力変動（冬季）



風力発電は
時間と天気で発電量が変わる

出所：※電気事業連合会資料
※※北海道電力ほりかっぷ発電所

ワークシート 3 身の回りの放射線を測ってみよう

【ワーク 1】

「はかるくん」を用いて身の回りの放射線を測って記録しましょう。

	木の床(ゆか)の上	コンクリートの床(ゆか)の上	石像	グラウンドの上	水の上
高さ 30cm					
高さ 2m					

【ワーク 2】

きょりや対象物が変わると数値はどう変わりましたか？　気づいたことをまとめてみましょう。

また、その結果について、みんなで話し合ってみましょう。

生 P.21「チャレンジ 4　①放射線の基礎知識」関連ワーク
生 P.23「　　〃　　②放射線を体験してみよう」関連ワーク

ワークシート ③

学習のねらい

◎「はかるくん」（γ線測定器）の使い方と、数値の読み方を学ぶ。
◎放射線が身の回りのいたる所にあることを、実験を通して理解する。

指導上のポイント

◎「放射線」はイメージが先行しがちであるが、自然からの放射線として身の回りに常に存在し、普段我々は放射線とともに生活をしている。

【ワーク 1】【ワーク 2】

・放射線には病院のレントゲンや原子力発電などの人為的なものに由来する放射線と、宇宙線や大地、食べ物など自然からの放射線がある。
・放射線は特別なものではなく、私たちの身の回りにもたくさんあることを実感させたい。
・生徒には、学校内外のさまざまな場所で放射線の測定を行わせ、測定した数値を比較させる。
・測定する高さを変えてみると、高い場所の方が地上からでる放射線の影響が少ないため、測定値は低くなる。

[実験上の留意点]

・測定試料などは別室などに保管し、「はかるくん」から遠ざける。
・感知する部分を、物で覆わない。
・電源を入れてから、時間を十分にとる。

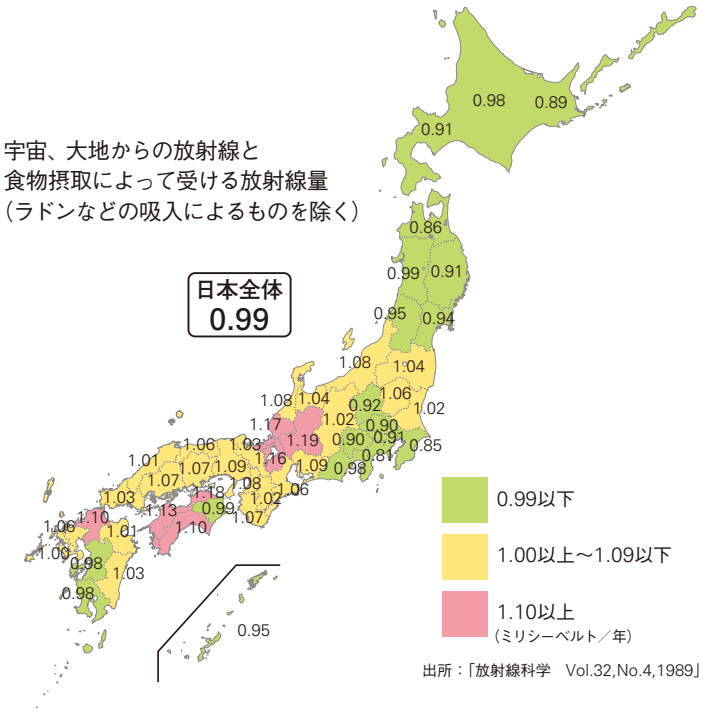
●「はかるくん」による測定値の地面状態との関係性

地面の状態も大きく測定値に影響する。例えば積雪がある地面では測定結果の数値は低くなる。これは地面から放出される放射線が雪に含まれる水分で弱められたためである。また、地面は土の上より岩石を含む地面の上の方が測定値は高くなる。

●「はかるくん」による測定値の環境別平均

主な場所としては、トンネルの中や石切場などが高くなっている。また、水面上では測定値は低くなっている。これは岩石が放射性物質を含んでいることによるものである。また、水は放射線を遮るので、水面上で測ったときは地面の上で測るときと比べて測定値は低くなる。

◆全国の自然からの放射線量



出所：「放射線科学　Vol.32,No.4,1989」

ワークシート 4 見えない放射線を見てみよう

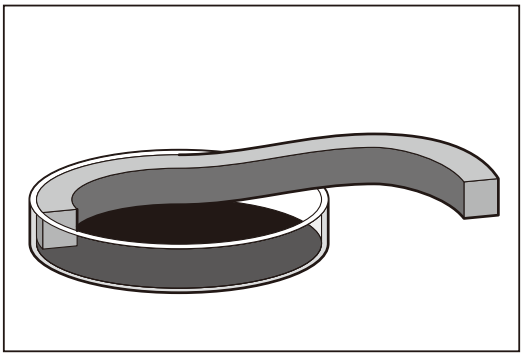
●放射線は目に見えないけど、放射線が飛んだ跡（飛跡といいます）は見ることができます。

【ワーク 1】霧箱を作って放射線の飛跡を観察しましょう。

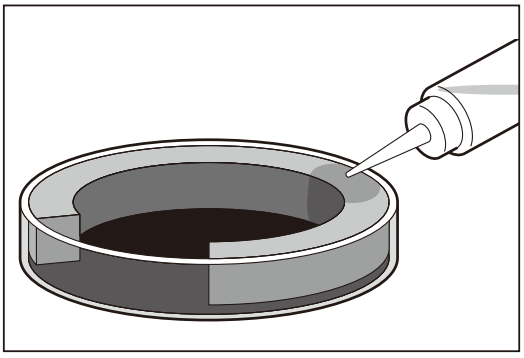
[用意するもの]

透明な容器、黒い紙、エタノール、スポイト、スポンジテープ、懐中電灯、発泡スチロール、ドライアイス、放射線源

①黒い紙を透明な容器の底に入れ、
内側にスポンジテープをはりつけます。

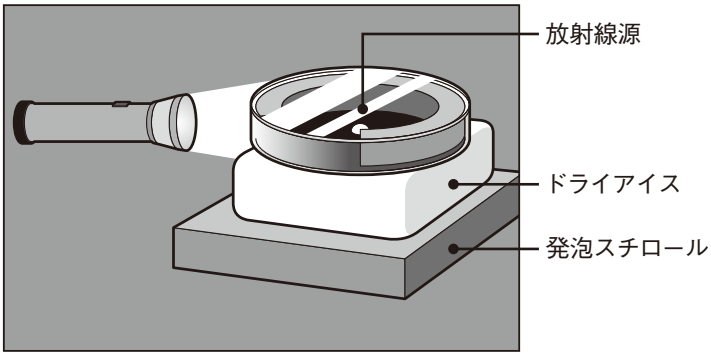


②スポンジテープにスポイトに入った
エタノールをたっぷりとしみこませます。



③線源を中央に置き、ふたを閉めます。ドライアイスの上に透明な容器をのせます。

④部屋を暗くし、懐中電灯で横から
照らし観察しましょう。



※ドライアイスは直接さわらない。
※エタノールは火の近くで使わない。

⑤ 3分くらい経つと変化が起きるはずです。飛跡は見えましたか？
どのような変化が起きたか記録しましょう。

ワークシート④

学習のねらい

◎霧箱を用いた飛跡観察で、本来は目に見えない放射線を体感する。

指導上のポイント

◎放射線自体は目で見ることができないが、霧箱を使えば放射線の通った跡にできる飛跡を観察することができる。

[放射線源取り扱い上の注意点]

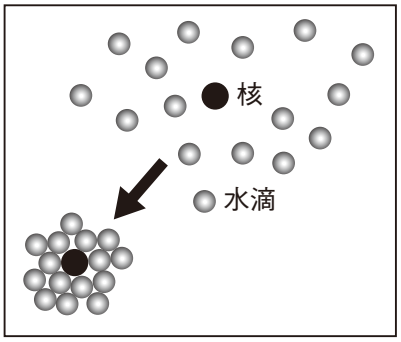
・実験に必要なとき以外は、線源は箱の中に入れておく。
・取り出すときには、線源に付けられた糸を持つ。できるだけ糸の端を持ち、線源からの距離を保つようにする。
・糸がとれるなど、線源の保管容器に異状があれば、直ちに報告させる。
・ドライアイスは素手で触らないよう注意する。
・エタノールは火の近くで使用しないよう注意する。

●飛行機雲の原理

霧箱で見る放射線の飛跡は飛行機が通った跡にできる飛行機雲に似た原理である。

飛行機が飛ぶ高度 1 万 mの気温は、地上から100m高くなる毎に0.6℃ずつ下がっていくので、－40℃くらいである。

水蒸気が－40℃に冷やされ過飽和となっているところに飛行機が通り、その飛行機の排ガスから出る塵などが核となることで霧ができ、飛行機雲が発生する。



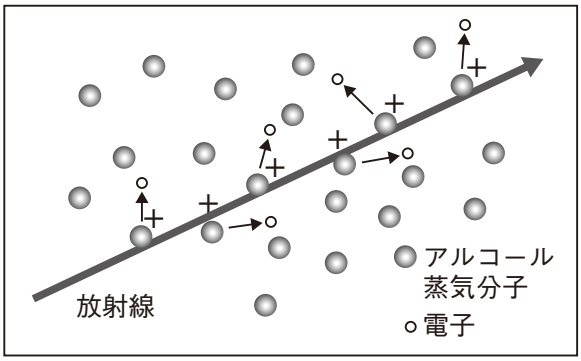
核(チリなど)があるとそれに水滴がつく

●飛跡が見えるしくみ

霧は空気中の水蒸気が寄り集まって小さな水滴になったものである。このとき空気中の塵などが寄り集まるときの核となる。空気中の水蒸気が急に冷やされ、限界以上に水蒸気を含んでいる不安定な状態(過飽和)であると霧はできやすくなる。

霧箱の中では過飽和な状態を作りやすくするために、水蒸気の代わりにアルコール(エタノール)の蒸気を利用する。室温とドライアイスとの温度差から、容器の中に過飽和状態を作る。

すると容器の中の線源から出るα線の飛んだ道に沿ってイオンができそれが核となって、飛行機雲のような霧となり、それが筋となって見える。これを「放射線の飛跡」と呼んでいる。



放射線によりはじき飛ばされた電子とイオンの対が核となる

霧箱を作るにあたって

学校教育支援を目的として、小学生、中学生、高校生、学校等を対象に、「霧箱実験セット」の貸出しを行っている。

■お問い合わせ先

文部科学省　〒100-8959　東京都千代田区霞が関3-2-2
TEL.03-6734-4131(直通)
専用 Webサイト→ http://hakarukun.go.jp/

ワークシート 5 原子炉についてくわしく調べよう

●現在、日本で発電に使われている原子炉は「軽水炉」という種類です。「軽水炉」は「沸騰水型」と「加圧水型」の２種類に分かれます。この２つの原子炉について調べてみましょう。

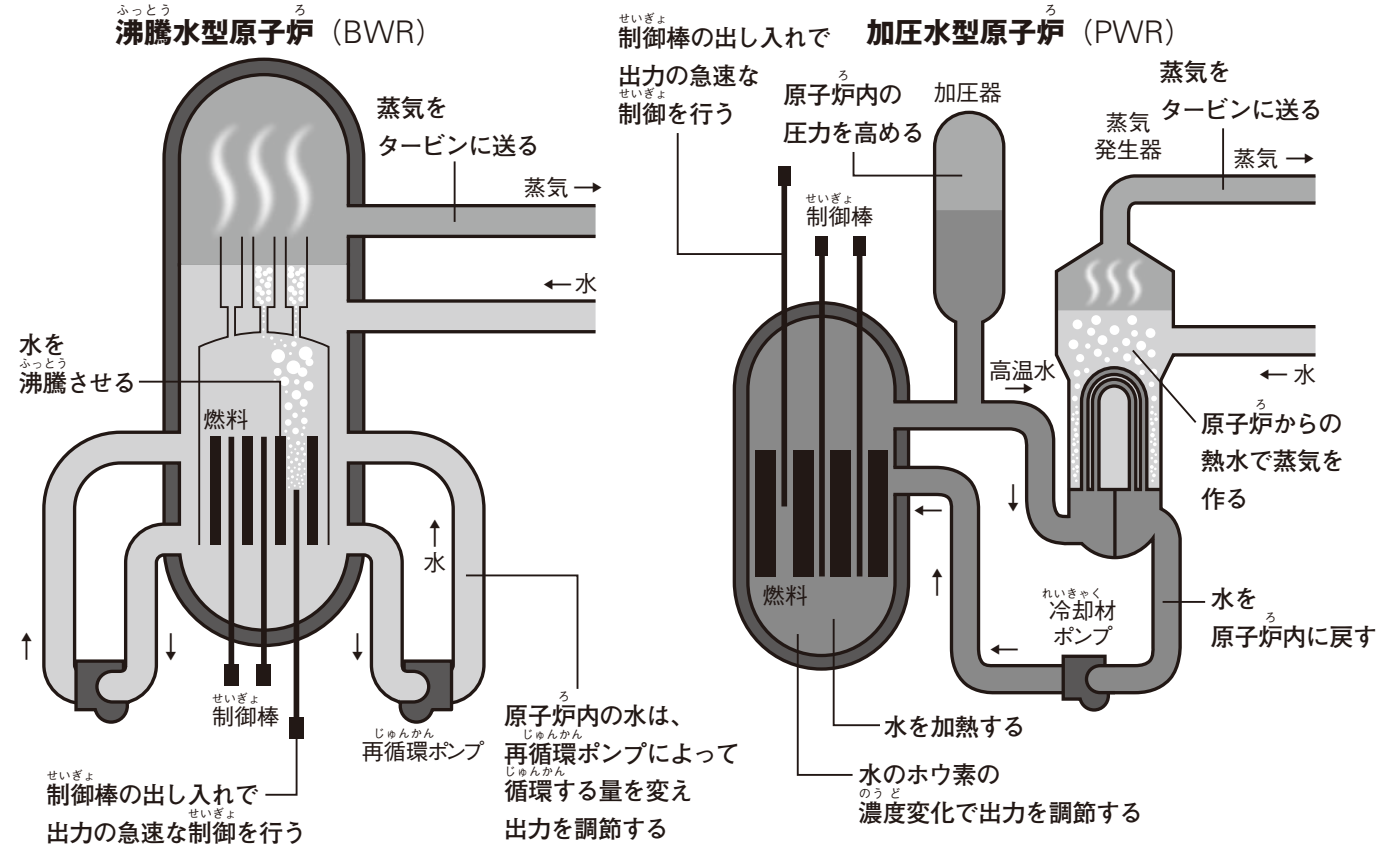
【ワーク 1】

沸騰水型原子炉と加圧水型原子炉の特徴をまとめましょう。

○沸騰水型原子炉の特徴

○加圧水型原子炉の特徴

◆原子炉のしくみ



学習のねらい

◎現在日本で使われている沸騰水型原子炉と加圧水型原子炉のしくみについて理解する。
◎次世代原子炉のひとつである高速増殖炉のしくみについて理解するとともに、将来のエネルギー供給の姿について考える。

指導上のポイント

◎沸騰水型原子炉は原子炉の中で蒸気を作る。
◎加圧水型は原子炉で作られた高温高圧水を蒸気発生器に送って蒸気を作る。
◎高速増殖炉は発電を行いながら使った以上の燃料を作ることができる原子炉である。

【ワーク 1】

どちらの原子炉も、燃料や減速材と冷却材に軽水(普通の水)を使っている点は同じである。

沸騰水型と加圧水型の大きな違いは、沸騰水型が原子炉の中で直接蒸気を発生させるのに対し、加圧水型では原子炉内の圧力を高め冷却水が高温でも沸騰しないようにし、蒸気発生装置を使って炉心を流れるのとは別の水で間接的に蒸気を発生させている点である。

■沸騰水型原子炉（BWR）の制御

沸騰水型原子炉では、その名の通り原子炉で水を沸騰させ、発生した蒸気で直接タービンを回す構造になっている。炉心の出力(核分裂の数)は、中性子を吸収するための制御棒の出し入れ(位置の調整)と、炉心を流れる冷却水の流量(再循環流量)の調節により、一定になるよう制御し運転する。

沸騰水型原子炉では冷却水中に沸騰による気泡が存在するので、再循環流量を変更すると単位面積当たりの減速材(冷却水)の量が変化する。このため、再循環流量を変化させることにより、減速材に当たって生じる熱中性子の量、つまり核分裂の量を制御することができる。初めて発電所を運転するときや、約１年に１回の定期検査が終了した後に原子炉の運転を再開するときは、新しい燃料を燃料全体の約３分の１装荷しており、燃料中のウランの濃度が高くなっている。このため、制御棒を炉内に挿入するとともに、再循環流量を低めに(単位面積当たりの減速材の量を少なく)設定する。運転時間に応じてこの再循環流量を多く(単位面積当たりの減速材の量を多く)していく。運転を継続しているうちにウラン235が消費されて濃度が低くなると、制御棒を若干引き抜き、再び再循環流量を低減し、同様の運転を繰り返す。

このような制御棒の引き抜き調整は、次の定期検査までの約１年間に数回実施する。通常、出力制御は、再循環流量の調節により行う。

■加圧水型原子炉（PWR）の制御

加圧水型原子炉では、原子炉の圧力を沸騰水型原子炉の２倍程度高めに加圧してあり、原子炉は冷却水を蒸気にすることなく高温にする役目を果たしている。この高温高圧の熱水を熱源として蒸気発生器において蒸気を発生させ、タービンを回す構造になっている。

加圧水型原子炉では、沸騰水型原子炉と異なり炉心の冷却水に気泡がないので、冷却水の流量で出力を制御することはできない。このため、冷却水に中性子を吸収するホウ素(ホウ酸の形で混入される)を混ぜ、この濃度を調節することにより出力の制御を行う。ホウ素は制御棒でも使用されている中性子吸収剤である。

原子炉の運転を再開するときは、ウラン235の濃度が高いので、余分な中性子を吸収するために炉内のホウ素濃度を高めにしておく。運転を継続することによりウラン235が消費されて濃度が低くなると、ホウ素の濃度を下げて中性子の数が減らないようにしていく。通常、出力制御は、ホウ素濃度の調節により行う。

ワークシート 6 原子力発電の長所・短所をまとめよう

●この副読本では、さまざまな角度から原子力発電を取り上げています。みなさんはどのくらい原子力発電について理解できましたか。原子力発電の長所、短所をまとめてみましょう。また、これから先、原子力発電はどのように活用されていけばよいと思いますか？　自分の考えをまとめてみましょう。

【ワーク 1】

次のキーワードをもとに原子力発電の長所、短所を考えてみよう。

キーワード：地球温暖化、二酸化炭素の排出量、資源の安定した確保、放射性廃棄物、原子力発電所の事故の歴史、核燃料サイクル、など

★原子力発電の長所

★原子力発電の短所

★学習してわかったこと、考えたことなど

生 P.41 最後に「学習したことをまとめて発信しよう」関連ワーク
本書で学んだことのまとめワーク

ワークシート ⑥

学習のねらい

◎本書で学んだことを整理してまとめるとともに、これからの原子力発電のあり方について考える。

指導上のポイント

◎長所、あるいは短所のみ取り上げるのではなく、多様な角度から考えさせる。
◎より詳しく知りたい事項については、本書以外の資料、インターネットなども活用し、理解を深めさせる。

■原子力発電の長所

①資源が入手しやすい

燃料のウランは石油と異なり、世界の中で産地が偏っていないので、入手しやすい(18ページ参照)。

②輸送や貯蔵がしやすい

少しの燃料で多くのエネルギーを発生できるため、燃料の輸送や貯蔵がしやすい。

③リサイクルできる

使用後の燃料は再処理することで、リサイクルできる。

④コストが安定している

原子力発電の発電コストは他の発電方法とくらべて高くなく、燃料費の割合が小さいため原料の価格による影響が少なく燃料の価格が変動しにくく安定している。

⑤二酸化炭素の抑制に貢献している

日本では二酸化炭素の約30%が発電により排出されている。二酸化炭素排出量抑制の取り組みで原子力発電は大きな役割を担っている。

■原子力発電の短所

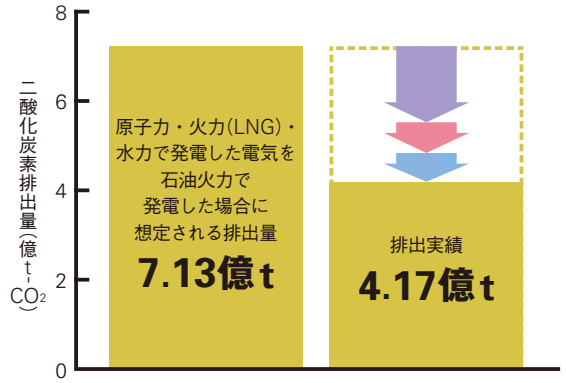
①放射性物質をあつかう

原子力発電の歴史を振り返ると、さまざまな事故(生31ページ参照)も起きているが、それを教訓とし、日本における原子力発電所では、事故を防ぐために、構造的、システム的にも万全の体制がとられ、人為的なミスを防ぐようにしている。また、運転員の訓練もこれまで以上に充実させてきているなど何重にも安全対策がとられている。

②放射性廃棄物が出る

原子力発電後に残った放射性廃棄物の処理・処分に関し、現在のところ高レベル放射性廃棄物の処分地が決定していないなど大きな課題がある。

◆二酸化炭素排出量の抑制効果(2007年度)



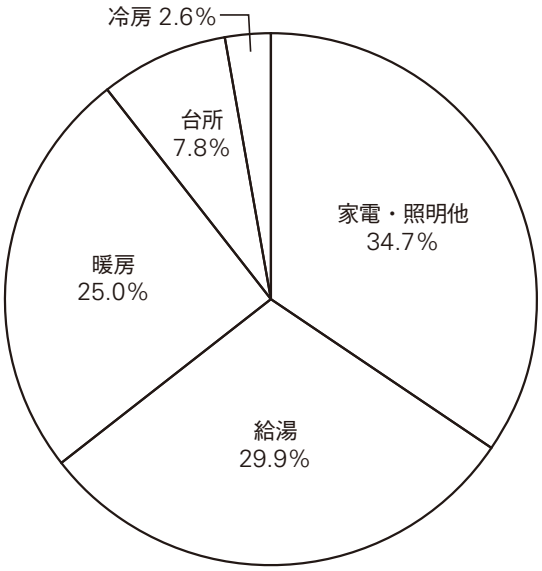
・日本では二酸化炭素の約30%が発電により排出されている。
・電力会社は、二酸化炭素排出量の抑制のためさまざまな取り組みを行っている。
・二酸化炭素排出量抑制の取り組みの中で、発電時に二酸化炭素を排出しない原子力発電は大きな役割を担っている。

原子力発電による抑制効果……**1.75億t**
LNG火力発電による抑制効果…**0.62億t**
水力発電などによる抑制効果…**0.59億t**

出所：電気事業連合会資料

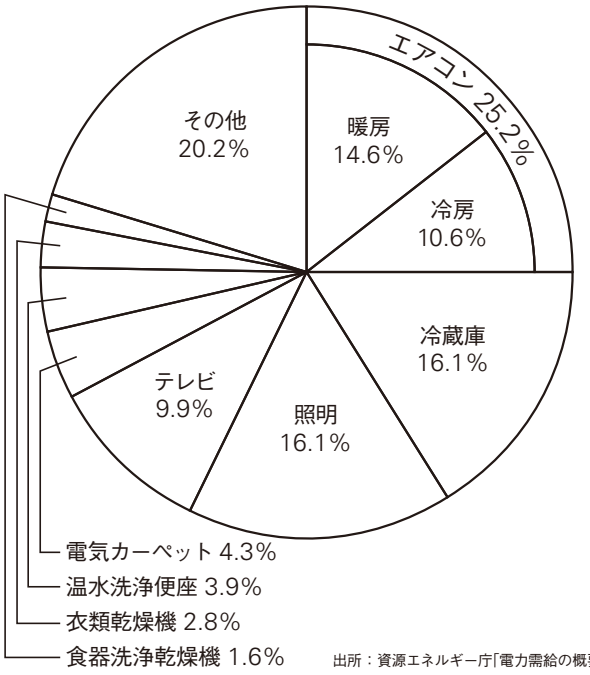
■原子力・エネルギーデータ集

◆家庭で使われるエネルギー消費量の割合（用途別）（2007年度）



出所：EDMC編「エネルギー・経済統計要覧」（2009年版）

◆家庭で使われる消費電力量の割合（機器別）（2003年度）※2003年度で終了したため本データが最新データ



出所：資源エネルギー庁「電力需給の概要」

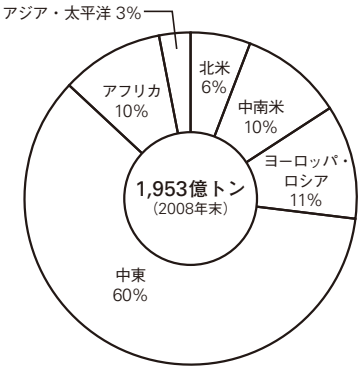
◆各発電方法の特徴

	エネルギー源の特徴	供給安定性	二酸化炭素の排出	発電コスト（およその値段）
火力発電	天然ガス、石炭、石油を燃やし発電する。 とりわけ石油は資源の枯渇が懸念されており、価格上昇などの不安要因がある。	△燃料を99％以上海外から輸入	▲発電時、二酸化炭素が発生	LNG　5.8 ～ 7.1円/kWh 石 炭　5.0 ～ 6.5円/kWh 石 油 10.0 ～ 17.3円/kWh
原子力発電	ウランの原子核エネルギーを利用し発電する。 放射線の管理が必要。放射性廃棄物の管理が必要。	○燃料は輸入だが、一度使用すると3～4年発電が可能リサイクルできる	○発電時、二酸化炭素の発生はない	4.8 ～ 6.2円/kWh
水力発電	川の水の位置エネルギーを利用し発電する。 大規模な水力発電の新設は難しくなってきている。	△水資源は国産だが渇水期は発電できない	○発電時、二酸化炭素の発生はない	8.2 ～ 13.3円/kWh
太陽光発電	太陽の光を利用し発電する。 エネルギー密度が低く、設置に大きな設置面積が必要。	△国産資源だが、夜間、雨の日は発電できない	○発電時、二酸化炭素の発生はない	49円/kWh
風力発電	風の力を利用し発電する。エネルギー密度が低く、広い設置面積が必要。	△国産資源だが、風のないときは発電できない	○発電時、二酸化炭素の発生はない	9 ～14円/kWh
地熱発電	地下深くのマグマの熱を利用し発電する。 設置に適した場所の確保が難しい。	○国産資源 天候に左右されない	○発電時、二酸化炭素の発生はない	16.2円/kWh

発電コストの出所：水力～原子力については「総合資源エネルギー調査会電気事業分科会第9回コスト等小委員会」（電事連試算）（2004年1月）
太陽光、風力については「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会中間報告」（2009年8月）**【前提条件】**運転年数：40年（太陽光、風力については20年）
地熱については「21世紀に向けた発電技術懇談会地熱部会中間報告（平成8年11月）」

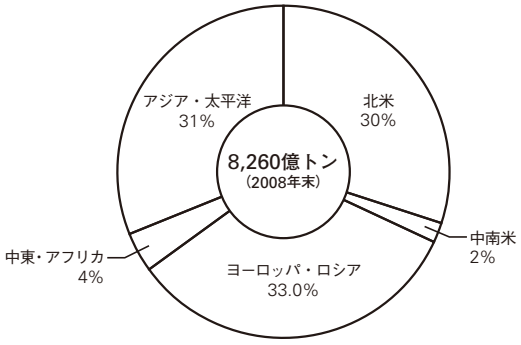
◆各エネルギー資源の確認可採埋蔵量

石　油



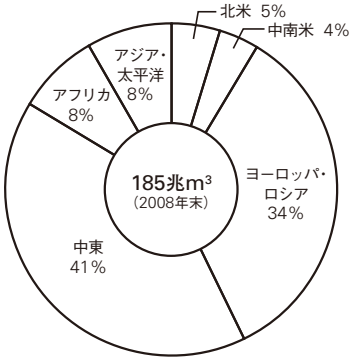
出所：BP統計

石　炭



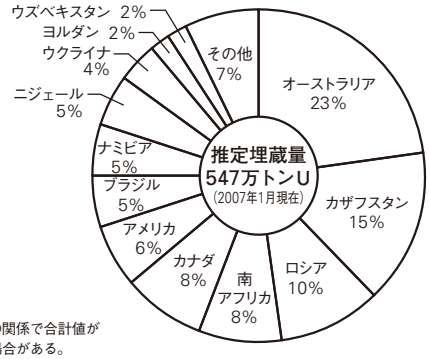
出所：BP統計

天然ガス



出所：BP統計

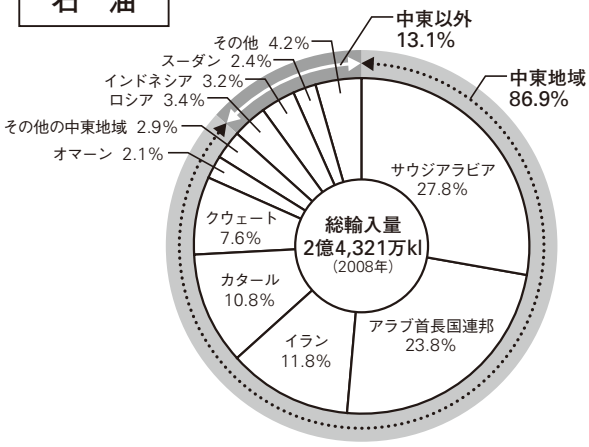
ウラン



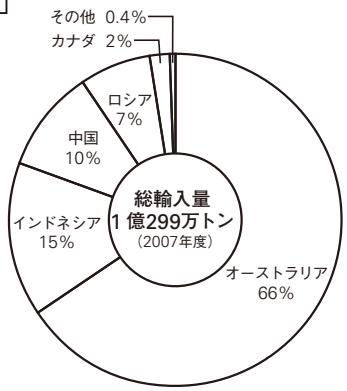
※四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。
トンU：金属ウランでの重量トン　出所：OECD/NEA&IAEA「Uranium2007」

◆各エネルギー資源の輸入先

石　油

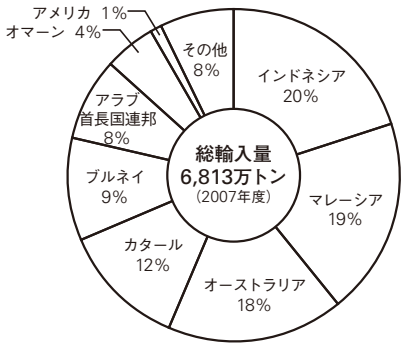


石　炭



出所：財務省貿易統計

天然ガス



出所：石油資料月報

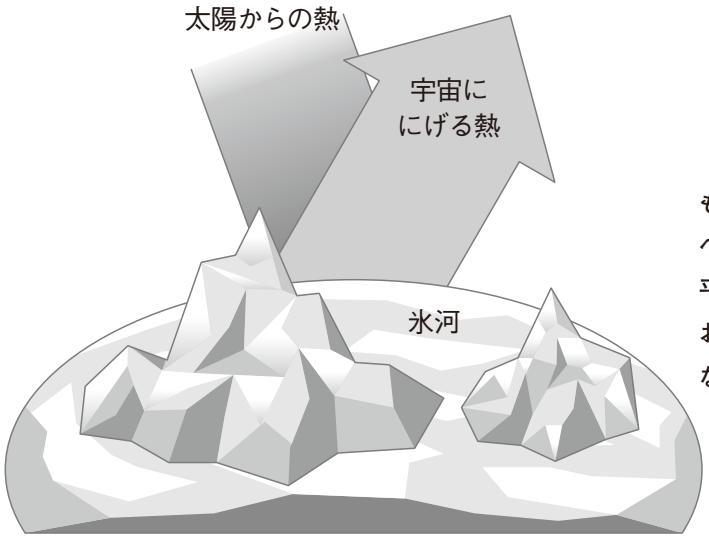
ウラン

輸入契約形態	相手先国	契約数量 (U_3O_8ショート・トン)
長期契約、短期契約および製品購入	カナダ、イギリス、南アフリカ、オーストラリア、フランス、アメリカ合衆国等	約284,400
開発輸入分	ニジェール、カナダ、オーストラリア	約59,000
	計	約343,300

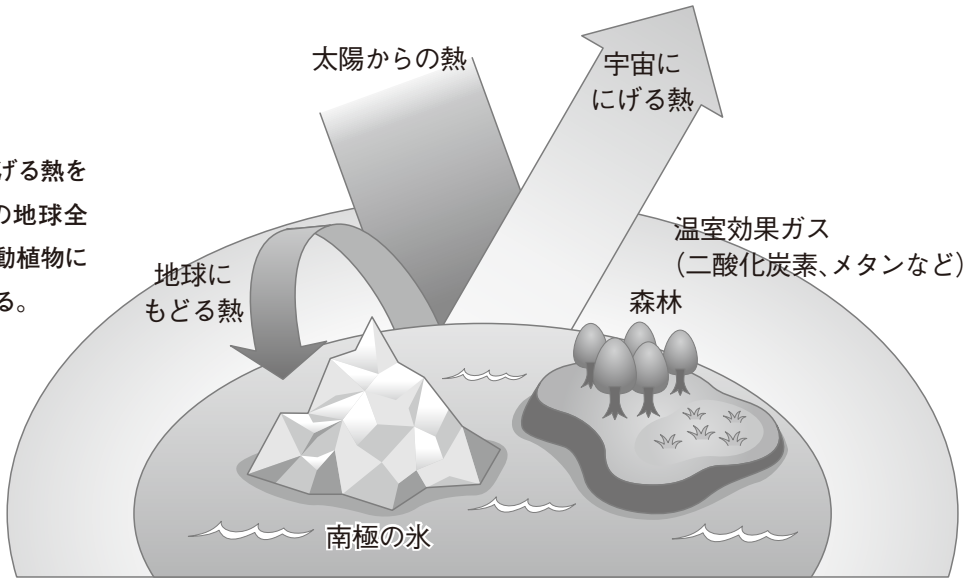
※1ショート・トン= 約0.907トン

出所：日本電気協会新聞部「原子力ポケットブック2008年版」

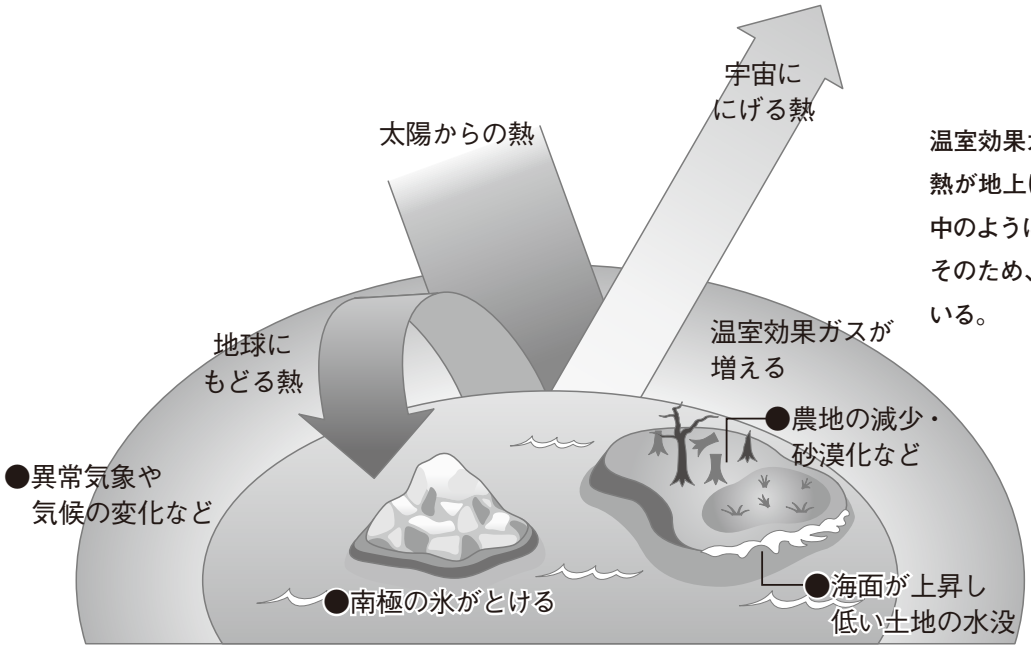
◆地球温暖化のメカニズム



もしも温室効果ガスがなかったら、熱がすべて宇宙ににげてしまうので、地球全体の平均気温は－19℃である。地表は氷におおわれ、人間や動植物は生きることができない。

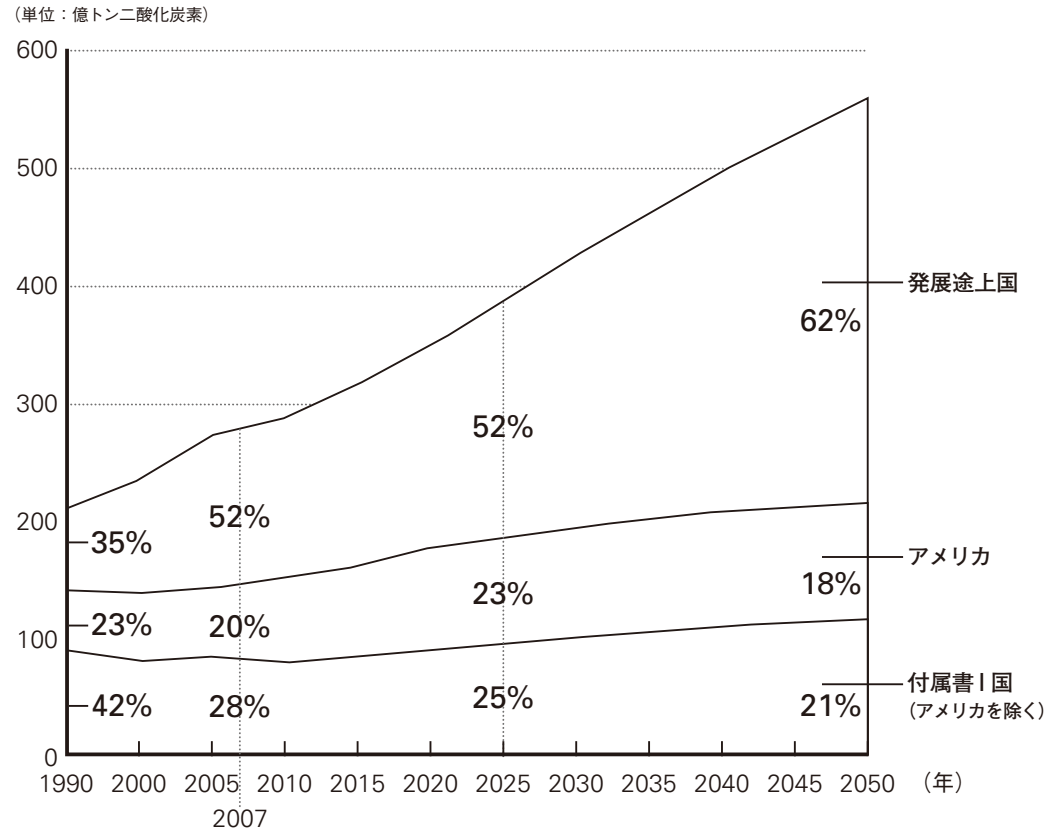


温室効果ガスがあると、宇宙ににげる熱を吸収するため気温が上がる。今の地球全体の平均気温は14℃で、人間や動植物にとって住みやすい環境となっている。



温室効果ガスが増えると、宇宙ににげる熱が地上にはねかえされ、まるで温室の中のように地球の温度が上がる。
そのため、さまざまな問題が起き始めている。

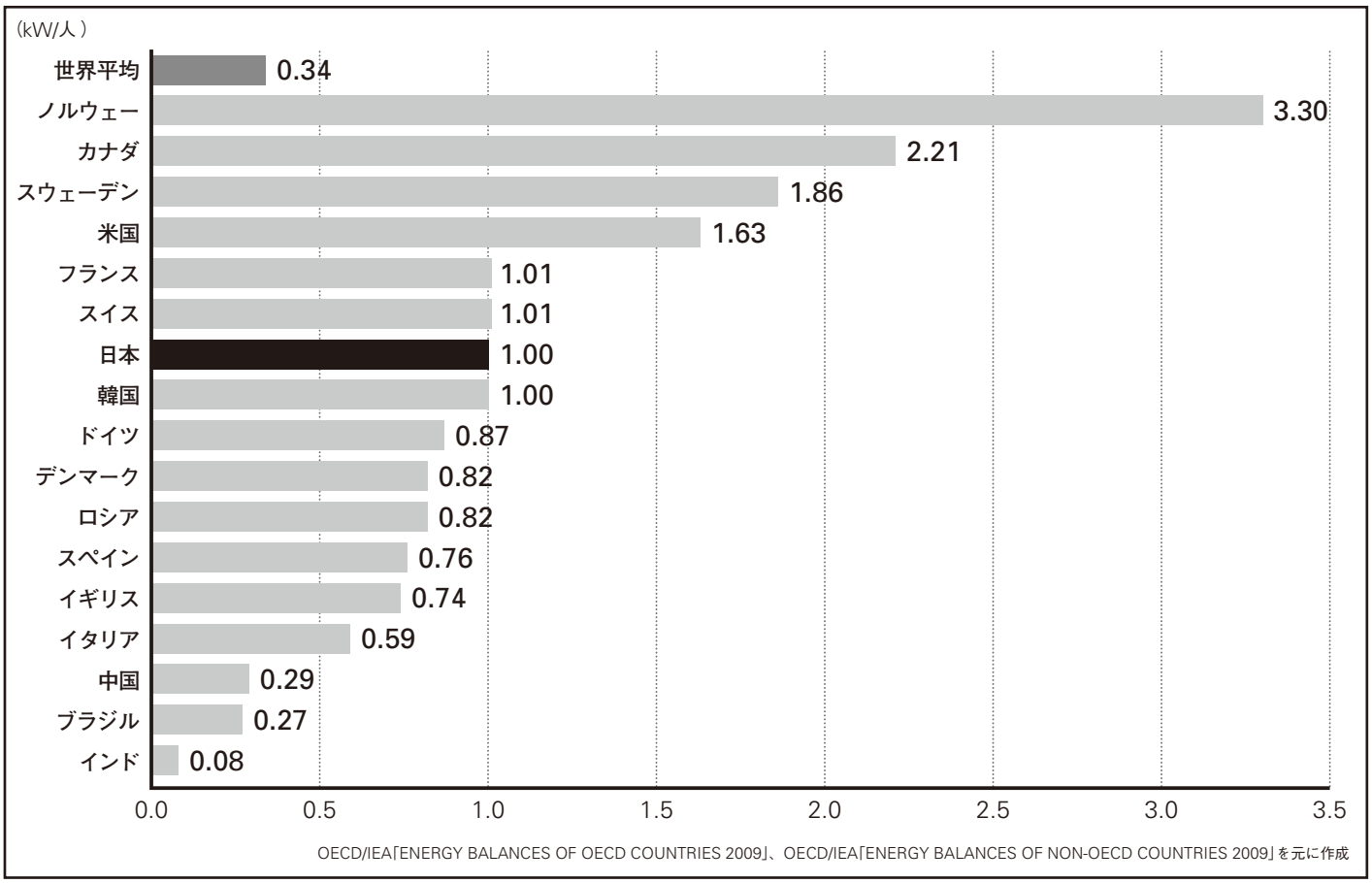
◆世界の二酸化炭素排出量の見通し



※付属書Ⅰ国：気候変動枠組条約で規定される附属書Ⅰ締約国（OECD）＋移行期経済国（旧ソ連、東欧諸国）のことで、
温室効果ガスの削減やさまざまな報告の義務を負っている国

出所：地球環境産業技術研究機構（RITE）

◆主な国の１人あたり１時間の平均電力使用量



OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009」、OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2009」を元に作成

■主な原子力・エネルギー関連見学施設

原子力

(独)日本原子力研究開発機構　幌延深地層研究センター PR 施設ゆめ地創館
北海道天塩郡幌延町北進432－2　01632（5）2772

原子力 PR センターとまりん館
北海道古宇郡泊村大字堀株村字古川45－1　0135（75）3001

北海道原子力環境センター
北海道岩内郡共和町宮丘261－1　0135（74）3131

六ヶ所原燃 PR センター
青森県上北郡六ヶ所村尾駮字上尾駮2－42　0175（72）3101

東通原子力発電所トントゥビレッジ
青森県下北郡東通村大字小田野沢字見知川山1－809　0175（48）2777

女川原子力 PR センター
宮城県牡鹿郡女川町塚浜字前田123　0225（53）3410

宮城県原子力センター
宮城県牡鹿郡女川町女川浜字伊勢12－7　0225（54）3322

福島第一原子力発電所サービスホール
福島県双葉郡大熊町大字夫沢字北原22　0120（291）344

福島県原子力センター
福島県双葉郡大熊町大字下野上字大野199　0240（32）2230

福島第二原子力発電所エネルギー館
福島県双葉郡富岡町大字小浜字中央378　0120（292）194

原子力科学館
茨城県那珂郡東海村村松225－2　029（282）3111

日本原子力発電東海テラパーク
茨城県那珂郡東海村大字白方1－1　029（287）1252

(独)日本原子力研究開発機構東海展示館　アトムワールド
茨城県那珂郡東海村村松4－33　029（282）2256

柏崎刈羽原子力発電所サービスホール
新潟県柏崎市青山町16 －46　0120（34）4053

柏崎原子力広報センターアトミュージアム
新潟県柏崎市荒浜1－3－32　0257（22）1896

静岡県原子力広報研修センター
静岡県御前崎市池新田5585　0537（85）1129

浜岡原子力館
静岡県御前崎市佐倉5561　0537（85）2424

アリス館志賀
石川県羽咋郡志賀町赤住ヌ部21　0767（32）4321

能登原子力センター
石川県羽咋郡志賀町安部屋亥34－1　0767（32）3511

美浜原子力 PR センター
福井県三方郡美浜町丹生　0770（39）1210

(独)日本原子力研究開発機構　アクアトム
福井県敦賀市神楽町2－2－4　0770（24）3918

(独)日本原子力研究開発機構　エムシースクエア
福井県敦賀市白木１丁目　0770（39）9222

日本原子力発電敦賀原子力館
福井県敦賀市明神町1　0770（26）9006

原子力の科学館あっとほうむ
福井県敦賀市吉河37－1　0120（69）1710

高浜原子力発電所ビジターズハウス
福井県大飯郡高浜町田ノ浦　0770（76）1366

大飯原子力発電所おおいり館
福井県大飯郡おおい町大島40字堤下　0770（77）3053

若狭たかはまエルどらんど
福井県大飯郡高浜町青戸4－1　0770（72）5890

ELGAIA OHI エルガイア おおい
福井県大飯郡おおい町成海字1号2番（「うみんぴあ大飯」地区内）　0770（77）2144

(独)日本原子力研究開発機構人形峠展示館
岡山県苫田郡鏡野町上斎原1550　0868（44）2328

島根原子力館
島根県松江市鹿島町佐陀本郷2955　0852（82）3055

伊方ビジターズハウス
愛媛県西宇和郡伊方町九町コチワキ3－204　0894（39）1399

愛媛県伊方原子力広報センター
愛媛県西宇和郡伊方町湊浦1995－1（伊方町民会館内）　0894（38）2036

玄海エネルギーパーク
佐賀県東松浦郡玄海町今村字浅湖4112－1　0955（52）6409

川内原子力発電所展示館
鹿児島県薩摩川内市久見崎町　0996（27）3506

環境放射線監視センター
鹿児島県薩摩川内市若松町１番地　0996（20）2230

電　力

ほくでん火力なるほど館
北海道勇払郡厚真町字浜厚真615番　0145（28）2121

三居沢電気百年館
宮城県仙台市青葉区荒巻字三居沢16　022(261)5935

電力館
東京都渋谷区神南1－12－10　03（3477）1191

電気の史料館
神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町4－1　045（394）5900

でんきの科学館
愛知県名古屋市中区栄2－2－5　052（201）1026

川越電力館テラ 46
三重県三重郡川越町大字亀崎新田字朝明87－1　059（363）6565

エネルギー科学館ワンダー・ラボ
富山県富山市牛島町18－7　アーバンプレイス3・4階　076（433）9933

エル・マール　まいづる
京都府舞鶴市千歳（舞鶴親海公園内）　0773（68）1090

南港発電所エル・シティ・ナンコウ
大阪府大阪市住之江区南港南7－3－8　06（6613）7458

中電ふれあいホール
鳥取県鳥取市片原1－201　0857（22）0354

J パワー＆よんでん Wa ンダーランド
徳島県阿南市福井町舟端１番地　0884（34）3251

九州エネルギー館
福岡県福岡市中央区薬院4－13－55　092（522）2333

電気科学館
沖縄県うるま市字宇堅657番地　070（5819）2532/2533

※これらは平成21年12月時点で見学の受け入れを行っている主な施設です。
※実際に見学を希望される場合は、必ず事前に電話などで確認の上、訪問してください。

エネルギー全般

科学技術館 03（3212）2440
東京都千代田区北の丸公園2－1

(独)日本原子力研究開発機構 むつ科学技術館 0175（25）2091
青森県むつ市大字関根字北関根693

(独)日本原子力研究開発機構 大洗わくわく科学館 029（267）8989
茨城県東茨城郡大洗町港中央12番地

群馬県エネルギー資料館 027（287）8061
群馬県勢多郡富士見村赤城山1－14

環境エネルギー館 045（505）5700
神奈川県横浜市鶴見区末広町1－7－7

大町エネルギー博物館 0261（22）7770
長野県大町市大字平高瀬入2112－38

豊橋市地下資源館 0532（41）2833
愛知県豊橋市大岩町字火打坂19－16

大阪市立科学館 06（6444）5656
大阪府大阪市北区中之島4－2－1

(独)日本原子力研究開発機構 きっづ光科学館ふぉとん 0774（71）3180
京都府木津川市梅美台8－1－6

石　油

出雲崎石油記念館 0258（78）4000
新潟県三島郡出雲崎町大字尼瀬6－57（越後出雲崎天領の里）

石油の世界館 0250（22）1400
新潟県新潟市秋葉区金津1172－1

石　炭

かみすながわ炭鉱館 0125（62）2885
北海道空知郡上砂川町字上砂川22

石炭の歴史村石炭博物館 0123（52）3456
北海道夕張市高松7－1 （夕張リゾート予約センター）

太平洋炭礦炭鉱展示館 0154（91）5117
北海道釧路市桜ヶ丘3－1－16 （青雲台体育館）

いわき市石炭・化石館 0246（42）3155
福島県いわき市常盤湯本町向田3－1

石炭記念館 0836（31）5281
山口県宇部市則貞3－4－1　常盤公園内

直方市石炭記念館 0949（25）2243
福岡県直方市大字直方692－4

田川市石炭・歴史博物館 0947（44）5745
福岡県田川市大字伊田2734－1

大牟田市石炭産業科学館 0944（53）2377
福岡県大牟田市岬町6－23

新エネルギー

Jパワー鬼首地熱発電所展示館 0229（82）2141
宮城県大崎市鳴子温泉鬼首字荒雄岳2－5

ウインドーム立川 0234（56）3360
山形県東田川郡庄内町狩川字笠山444－9

柳津西山地熱発電所PR館 0241（43）2634
福島県河沼郡柳津町大字黒沢

茨城県次世代エネルギーパーク 029（863）6868
茨城県内一円

ソーラーエネルギーセンター 0434（98）1231
千葉県佐倉市大作1－4－3佐倉第3工業団地内

TEPCO 新エネルギーパーク 0439（87）9191
千葉県富津市新富25

浜岡原子力館新エネルギーホール 0537（85）2424
静岡県御前崎市佐倉5561

愛知県あいち臨空新エネルギーパーク 052（954）6351
愛知県常滑市りんくう町3－6－3

日高港新エネルギーパーク 0738（20）9001
和歌山県御坊市塩屋町南塩屋450－10

真庭市地産エネルギーパーク 0867（44）4111
岡山県真庭市全域

室戸風力発電所 0888（22）9211
高知県室戸市室戸岬町字城山7036－16（四国電力高知支店）

北九州次世代エネルギーパーク 093（582）2238
北九州市若松区向洋町、響町、柳崎町、ひびきの

長崎次世代エネルギーパーク 095（895）2634
ハウステンボス　佐世保市ハウステンボス町1－1

八丁原発電所展示館 0973（79）2853
大分県玖珠郡九重町大字湯坪字八丁原601

山川発電所展示室 0993（35）3326
鹿児島県指宿市山川町大字小川字赤伏目2303

野間岬ウィンドパーク展示館 0993（59）5522
鹿児島県南さつま市笠沙町片浦16257－1

ガス

東京ガス袖ヶ浦工場 LNG プラザ 0438（62）3671
千葉県袖ヶ浦市中袖1－1

がすてなーにガスの科学館 03（3534）1111
東京都江東区豊洲6－1－1

GAS MUSEUM（がす資料館） 042（342）1715
東京都小平市大沼町2－590

東京ガス根岸工場PRセンター 045（751）1704
神奈川県横浜市磯子区新磯子町34

ガスエネルギー館 052（603）2527
愛知県東海市新宝町507－2

ガス科学館 072（268）0071
大阪府高石市高砂3－1

姫路ガスエネルギー館 079（246）1908
兵庫県姫路市白浜町灘浜１番地

■新学習指導要領における関連記述

＜参　考＞　中学校学習指導要領(平成20年３月告示)における主なエネルギー・環境関連記述

教科等	内容・内容の取扱い等
社　会／ 地理的分野	（2）日本の様々な地域 イ　世界と比べた日本の地域的特色 （ウ）資源・エネルギーと産業 世界的視野から日本の資源・エネルギーの消費の現状を理解させるとともに、国内の産業の動向、環境やエネルギーに関する課題を取り上げ、日本の資源・エネルギーと産業に関する特色を大観させる。 ウ　日本の諸地域 （エ）環境問題や環境保全を中核とした考察 地域の環境問題や環境保全の取組を中核として、それを産業や地域開発の動向、人々の生活などと関連付け、持続可能な社会の構築のためには地域における環境保全の取組が大切であることなどについて考える。
社　会／ 歴史的分野	（6）現代の日本と世界 イ　高度経済成長、国際社会とのかかわり、冷戦の終結などを通して、我が国の経済や科学技術が急速に発展して国民の生活が向上し、国際社会において我が国の役割が大きくなってきたことを理解させる。 ＜内容の取扱い＞沖縄返還、日中国交正常化、石油危機などの節目となる歴史的事象を取り扱うようにする。
社　会／ 公民的分野	（4）私たちと国際社会の諸課題 ア　世界平和と人類の福祉の増大 （前略）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させる。 イ　よりよい社会を目指して 持続可能な社会を形成するという観点から、私たちがよりより社会を築いていくために解決すべき課題を探究させ、自分の考えをまとめさせる。 ＜内容の取扱い＞社会科のまとめとして位置づけ、適切かつ十分な授業時間数を配当すること。
理　科／ 第１分野	（3）電流とその利用 電流回路についての観察、実験を通して、電流と電圧との関係及び電流の働きについて理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて電流と磁界についての初歩的な見方や考え方を養う。 ア　電流　（ア）回路と電流・電圧　（イ）電流・電圧と抵抗　（ウ）電気とそのエネルギー　（エ）静電気と電流 イ　電流と磁界　（ア）電流がつくる磁界　（イ）磁界中の電流が受ける力　（ウ）電磁誘導と発電 （4）化学変化と原子・分子 ア　物質の成り立ち （イ）原子・分子 物質は原子や分子からできていることを理解し、原子は記号で表されることを知ること。 イ　化学変化 （ウ）化学変化と熱 化学変化によって熱を取り出す実験を行い、化学変化には熱の出入りが伴うことを見いだすこと。 （5）運動とエネルギー 物体の運動のエネルギーに関する観察、実験を通して、物体の運動の規則性やエネルギーの基礎について理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて運動とエネルギーについての初歩的な見方や考え方を養う。 イ　力学的エネルギー （ア）仕事とエネルギー （イ）力学的エネルギーの保存 （6）化学変化とイオン ア　水溶液とイオン （イ）原子の成り立ちとイオン 電気分解の実験を行い、電極が物質に生成することからイオンの存在を知ること。また、イオンの生成が原子の成り立ちに関係することを知ること。 ＜内容の取扱い＞原子が電子と原子核からできていることを扱うこと。その際、原子核が陽子と中性子からできていることにも触れる。

教科等	内容・内容の取扱い等
	(ウ) 化学変化と電池 電解質水溶液と 2 種類の金属などを用いた実験を行い、電流が取り出せることを見いだすとともに、化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを知ること。 <内容の取扱い>電池については、電極で起こる反応を中心に扱うこと。また、日常生活や社会で利用されている代表的な電池にも触れること。 (7) 科学技術と人間 ア　エネルギー (ア) 様々なエネルギーとその変換 エネルギーに関する観察、実験を通して、日常生活や社会では様々なエネルギーの変換を利用していることを理解すること。 <内容の取扱い>エネルギーの変換については、その総量が保存されること及びエネルギーを利用する際の効率も扱うこと。 (イ) エネルギー資源 人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。 <内容の取扱い>放射線の性質と利用にも触れること。 ウ　自然環境の保全と科学技術の利用(第 1 分野・第 2 分野共通) (ア) 自然環境の保全と科学技術の利用 自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し、持続可能な社会をつくることが重要であることを認識すること。
理　科／ 第 2 分野	(7) 自然と人間 ア　生物と環境 (イ) 自然環境の保全と科学技術の利用 身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識すること。 <内容の取扱い>地球温暖化や外来種にも触れること。
技術・家庭／ 技術分野	A材料と加工に関する技術 (1) 生活や産業の中で利用されている技術 ア　技術の進展と環境との関係について考えること。 <内容の取扱い>技術の進展が資源やエネルギーの有効利用、自然環境の保全に貢献していること(後略)。 Bエネルギー変換に関する技術 (1) エネルギー変換機器の仕組みと保守点検 ア　エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知ること。 イ　機器の基本的な仕組みを知り、保守点検と事故防止ができること。 ウ　エネルギー変換に関する技術の適切な評価・活用について考えること。 (2) エネルギー変換技術を利用した製作品の設計・製作 ア　製作品に必要な機能と構造を選択し、設計ができること。 イ　製作品の組立て・調整や電気回路の配線・点検ができること。
技術・家庭／ 家庭分野	D身近な消費生活と環境 (2) 家庭生活と環境 ア　自分や家族の消費生活が環境に与える影響について考え、環境に配慮した消費生活について工夫し、実践できること。
総合的な 学習の時間	第 3 指導計画の作成と内容の取扱い 1(5) 学習活動については、学校の実態に応じて、例えば国際理解、情報、環境、福祉・健康などの横断的・総合的な課題についての学習活動、生徒の興味・関心に基づく課題についての学習活動、地域や学校の特色に応じた課題についての学習活動、職業や自己の将来に関する学習活動などを行うこと。 <解説書>　各学校において定める内容の設定／学習対象 [横断的・総合的な課題例] ・地域の自然環境とそこに起きている環境問題 ・自分たちの消費生活と資源やエネルギーの問題　　など

■原子力・エネルギー教育に関する国の制度

本ページに関する問い合わせ先
文部科学省　Ⅰ
TEL. 03-6734-4131（直通）
経済産業省資源エネルギー庁　Ⅰ～Ⅲ
TEL. 03-3501-1511

Ⅰ. 原子力・エネルギーに係る教育支援事業

学校教育段階から原子力・エネルギーに対する理解増進を図ることにより、国民一人ひとりが原子力に対する正しい知識や正確な判断能力を身に付けることで、国民との相互理解に基づいた原子力施策の推進を図る。

平成22年度実施予定

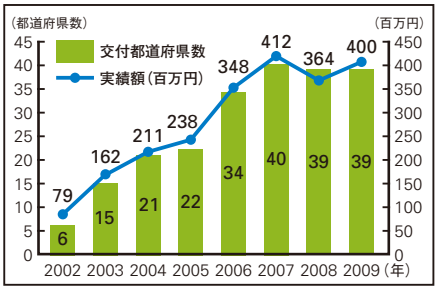
◇原子力・エネルギーに関する教育支援事業交付金

全国の各都道府県が学習指導要領の趣旨に沿って主体的に実施するエネルギーや原子力に関する教育にかかわる取り組みを支援。

交付限度額

①原子力発電施設等の立地道府県　10百万円／年
※２以上の事業所が所在する場合、１事業所につき５百万円／年を加算
②その他の都府県　10百万円／年
※平成22年４月改正予定（改正前：８百万円／年）
③高等学校における原子力人材育成取組支援　10百万円／年

◆交付都道府県数と実績額の推移
※平成21年度については見込み



◇原子力教育支援

原子力・エネルギー教育の質を向上させるため、各自治体のみでは取組が難しい全国的な教育支援事業を実施。

〈体験型〉
参加者に対する自ら学び考える機会の提供

○教育職員セミナー（基礎コース／応用コース）
小中高等学校の教員等が、専門家による講義や実習等により放射線や原子力に関する知識等を学ぶ機会を提供。

○ポスターコンクール
原子力にちなんだ応募作品の制作を通じた原子力に関する意識の喚起や理解増進。

○原子力施設の見学等
原子力・エネルギーに関する施設等の見学コース等の設計および実施。

〈学校教育型〉
学校教育現場における児童生徒の発達段階に応じた支援

○出前授業等の開催
児童生徒への原子力・エネルギーについての正しい知識の普及を図るための出前授業を実施。

○調査活動の支援
各地域の高校生が、原子力・エネルギーに関する発展的かつ自発的な調査研究および成果発表会の場を提供。

〈教材・情報等の提供〉
情報等の提供による授業等支援

○学習用機器の貸出し
身近な放射線を理解するための簡易な放射線測定器（はかるくん）の貸出しを実施。

○教育情報の提供
学校種別の実践事例、映像コンテンツや写真イラスト等の情報提供を実施。

○副教材等の制作・普及
原子力・エネルギーに関する副読本等の制作・普及。

Ⅱ. エネルギー教育実践校の選定・支援

授業や課外活動などを通じて、エネルギー教育に積極的に取り組もうとする学校を「エネルギー教育実践校」として選定し、研究実践費（実費）や教材・資料・情報の提供など、エネルギー教育の実践に関わるさまざまなサポートを行う制度で、「トライアル校」と「パイロット校」の２つのコースがある。

	エネルギー教育実践トライアル校	エネルギー教育実践パイロット校
募集対象	全国の小学校・中学校	全国の小学校・中学校・高等学校
選定数	小・中合わせて30校程度／年度	小・中・高合わせて30校程度／年度
認定期間	１年間	３年間
活動内容	○トライアル校学習テーマ一覧に基づき各学年・各教科で実践 ○年間総時間数は小学校が40時間程度、中学校が30時間程度	○学校や地域の特色を活かしながら以下の４つの課題を踏まえて実践 ①エネルギー安定供給の重要性 ②表裏一体である地球温暖化問題とエネルギー問題 ③多様化を求められる我が国のエネルギー供給 ④増加するエネルギー消費とエネルギー消費効率の改善
研究実践費	１校当たり30万円程度／年度	１校当たり40万円程度／年度
その他の支援	○教材・資料の提供　○講師・見学施設等の紹介　○専門家・事務局によるコンサルティング　等	

※平成21年度実施内容

Ⅲ. エネルギー教育推進会議

地域特性を活かしたエネルギー教育の実践・研究と普及・啓発、地域におけるエネルギー教育関係者の組織などを目的に、平成21年度に全国５地区に設置された組織で、メンバーは学校関係者（小・中・高・大）、教育委員会、エネルギー関連企業等で構成されている。当該地区の小・中・高校等に対する各種支援を積極的に行っている。また、全国レベルでの方針策定や各地区推進会議への助言等を行う「全国エネルギー教育推進連絡会議」も設置されている。

地　区	代表者
北海道・東北	杉山憲一郎氏（北海道大学大学院） 藤田　成隆氏（八戸工業大学）
関東・甲信越	島崎　洋一氏（山梨大学大学院）
中部・北陸・近畿	山下　宏文氏（京都教育大学）
中国・四国	八田　章光氏（高知工科大学）
九州・沖縄	中村　重太氏（九州女子大学）

※平成21年度現在

詳細はエネルギー環境教育情報センターHPを参照 ▶ 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！　原子力ワールド」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）、士幌町農業協同組合、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/

チャレンジ！

解説編
［教師用］

原子力ワールド

中学生のためのエネルギー副読本

リサイクル適性Ⓐ
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

VEGETABLE OIL INK

※この冊子は再生紙を使用しています。