



発行：経済産業省資源エネルギー庁
 制作：株式会社博報堂
 エネルギー教育推進事業事務局

わたしたちの暮らしとエネルギー

〈教師用「解説編」〉

経済産業省資源エネルギー庁



わたしたちの 暮らしとエネルギー

教師用
[解説編]

目次

- はじめに..... ii
- この副教材を使って授業をされる方へ..... iii
- エネルギー教育を進めるにあたって留意すべき4つの視点..... iv

※単元・題材は「学習指導要領(平成29年告示)」に対応。

ページ	タイトル	教科単元・題材との関連			
		家庭分野	社会科	理科	技術分野
2	思い出そう、小学校で学んだこと				
4	「エネルギーを学ぼう」				
技術・家庭科 家庭分野 1 わたしたちの生活とエネルギー					
6	(1) 食生活とエネルギー	日常食の調理 衣食住の生活についての課題と実践 消費生活・環境についての課題と実践	歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展)		生物育成の技術
8	(2) 衣生活・住生活とエネルギー	衣服の計画的な活用、日常着の手入れ 住居の基本的な機能 衣食住の生活についての課題と実践 消費生活・環境についての課題と実践			材料と加工の技術 エネルギー変換の技術
9	(3) 暮らしの中のエネルギー	自立した消費者としての消費行動の工夫 消費生活・環境についての課題と実践	歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界)	科学技術と人間 (自然環境の保全と科学技術の利用)	材料と加工の技術
社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー					
12	(1) エネルギーの安定供給のために - Energy Security -		地理…世界の諸地域 地理…日本の地域的特色 (資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域 歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界) 公民…私たちと国際社会の諸課題 (資源・エネルギー、持続可能な社会)	科学技術と人間 (エネルギーと物質)	エネルギー変換の技術
18	(2) 地球環境問題への取り組み - Environment -	消費生活・環境についての課題と実践	地理…世界の諸地域 歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界) 公民…私たちと経済 (公害の防止と環境保全) 公民…私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)	科学技術と人間 (自然環境の保全と科学技術の利用)	材料と加工の技術
20	(3) 暮らしを支えるエネルギー - Economic Efficiency -		地理…世界の諸地域 地理…日本の地域的特色 (資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域 歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展) 公民…私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)	科学技術と人間 (エネルギーと物質)	エネルギー変換の技術
28	(4) より安全なエネルギーに - Safety -		地理…日本の地域的特色 (資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域 公民…私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)	大地の成り立ちと変化 (自然の恵みと火山災害・地震災害) 気象とその変化 (自然の恵みと気象災害)	エネルギー変換の技術



ページ	タイトル	教科単元・題材との関連			
		家庭分野	社会科	理科	技術分野
理科 3 エネルギーと科学					
32	(1) 人類の発展とエネルギー		歴史…近世の日本 (産業や交通の発達) 歴史…近代の日本と世界 (欧米諸国における産業革命) 歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界)	科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用) 大地の成り立ちと変化 (地層の重なりと過去の様子)	エネルギー変換の技術
36	(2) 地球温暖化のしくみ		公民…私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会) 地理…世界の諸地域 歴史…現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界)	気象とその変化 (自然の恵みと気象災害) 科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用) 自然と人間 (生物と環境、自然環境の保全と科学技術の利用)	生物育成の技術
37	(3) エネルギーの変換			電流とその利用 (電流、電流と磁界) 化学変化とイオン (化学変化と電池) 運動とエネルギー	エネルギー変換の技術
39	(4) さまざまな発電方法			電流とその利用 (電流、電流と磁界) 化学変化とイオン (化学変化と電池) 運動とエネルギー 科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)	エネルギー変換の技術
44	(5) 放射線とは		公民…私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)	電流とその利用 (電流) 科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用) 大地の成り立ちと変化 (地層の重なりと過去の様子、火山と地震)	材料と加工の技術 生物育成の技術 エネルギー変換の技術
技術・家庭科 技術分野 4 エネルギーと技術					
48	(1) ものづくりとエネルギー	衣食住の生活についての課題と実践 消費生活・環境についての課題と実践			材料と加工の技術
49	(2) 作物育成とエネルギー	衣食住の生活についての課題と実践 消費生活・環境についての課題と実践			生物育成の技術 情報の技術
50	(3) 電気の安定供給			化学変化とイオン (化学変化と電池) 電流とその利用 (電流、電流と磁界)	エネルギー変換の技術
54	(4) エネルギーを有効に使う技術			電流とその利用 (電流、電流と磁界) 化学変化とイオン (化学変化と電池) 科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)	エネルギー変換の技術
58	(5) これからのエネルギー利用と技術	消費生活・環境についての課題と実践		科学技術と人間 (自然環境の保全と科学技術の利用)	エネルギー変換の技術 情報の技術
総合的な学習の時間 5 探究しよう!					
60	テーマ ① 太陽光発電の課題				
61	テーマ ② 高レベル放射性廃棄物の現状				
62	テーマ ③ 未来のエネルギーミックスを考えよう				
63	テーマ ④ 家電製品を選んでみよう				
64	テーマ ⑤ 未来のエネルギー利用技術を探ろう				



○はじめに

エネルギー・資源に恵まれない日本は、それらを輸入し、付加価値の高い製品を生み出すことで豊かな社会を築き上げてきました。また、私たちは、このような経済発展の中で起こった公害などの諸問題を、自然科学の探究と社会制度改革や技術開発によって、克服してきました。ところが、東日本大震災やこれに伴う東京電力福島第一原子力発電所事故は、このような私たちの努力を再考させるきっかけになりました。子どもたちがこれからの予測しがたい社会を生き抜くためには、新たに定義された学力を身につけ、それを活用して自身や社会を変革していく実践力が重要です。また、持続性の観点から考えると、他者との関係・公平性や時間的・空間的な連続性を意識し、多様な価値観を受け入れながら新たな価値を創造する力が求められます。これらの力を育むために有用な題材の一つに、私たちの生活を豊かにしてきた「エネルギー」があります。この資料集（副教材）は、エネルギーと関連が深い社会科、理科、技術・家庭科を柱として、2019年に作成されました。このたび、学習指導要領の意図を踏まえ、データや資料の更新、内容の修正や補充、GIGAスクール構想への対応、さらには授業展開例との関係性の強化を図ることで、子どもたちがより学びやすく、先生方が授業で利用しやすくなるように工夫しました。この資料集がきっかけとなり、魅力ある授業が展開されることを願っています。

委員長 藤本 登
(長崎大学教育学部教授)

○本書の作成にあたって重点をおいたこと

本書の作成にあたっての基本的な考え方は以下のとおりです。

- ・生徒が、エネルギーやエネルギー・環境問題に関する関心を高め、正確な知識を習得し、それを基に理解を深める環境をつくることが重要
- ・エネルギーを大切にする心や、それを実生活で実行する実践的な力を培うことが重要

こうした基本的認識に基づき、以下の項目を編集方針としました。

- 学習指導要領、教科書等を踏まえた基本構成とする。
- エネルギーやエネルギー・環境問題について、最新で使いやすいデータを提供し、総合的な理解が得られるように配慮する。
- 日常生活や産業活動を支えるエネルギーの恩恵により生活の豊かさを得たものの、その代償も大きいこと（光と影）について理解を深める。
- エネルギーやエネルギー・環境問題に対する生徒の当事者意識の醸成と、問題解決に向けた取り組みを喚起する。

特に中学校におけるエネルギー教育では、エネルギーに関する理解を深め、省エネルギー、省資源に結びつく諸活動を通してエネルギー・環境問題の背景や解決の方向性について多角的に考察、理解し、エネルギー・環境問題に対する課題意識を醸成するとともに、その解決に向けて適切に判断し行動できる能力を養うことが必要です。

○この副教材を使って授業をされる方へ

技術・家庭科 家庭分野

日々の暮らしの中で、私たちがエネルギーを使わない日はありません。限りあるエネルギー資源を有効に活用するには、生活場面に関わるエネルギーに目を向けて、使い方を工夫し実践していくことが求められます。本副教材は「B衣食住の生活」や「C消費生活・環境」の学習を深めることに役立ちます。家庭分野の目標である「生活を工夫し創造する資質・能力の育成」に向けて、ぜひご活用いただきたいと思います。

社会科

多くの社会科教員は、日本が資源を輸入に頼っていることを教え、食料自給率が低いことも伝えています。しかし、エネルギー自給率が12.1%（2019年度）という現状を教えることはそれほどありません。本副教材では、自給率を含め、日本が直面するエネルギー問題から世界の問題まで、S+3Eの視点で新しい資料を適切に提示し、説明を加えました。エネルギー関連單元だけではなく、他の單元でもグラフや表などの資料が活用できます。また、他教科のページの内容を歴史や公民で取り上げることもできます。ぜひ、多くの先生方の工夫で、積極的に活用していただきたいと思います。

理 科

理科では、エネルギーや科学技術に関連する單元が各学年にあります。この副教材を活用することで、3年生で学習する「科学技術と人間」や「自然と人間」につなげていくように学習を展開することができます。副教材の活用を通して、私たちの生活とエネルギーが大いに関わっていることを学び、さらには、理科の学習が生活に役立つことを実感できるようになることが期待できると考えます。

技術・家庭科 技術分野

最初に、材料の製造や加工、そして生物育成の技術に関わるエネルギーや環境負荷について取り上げました。続いて、エネルギーの安定供給、社会の発展を考えたときに考慮すべきエネルギー変換の技術の紹介で構成しています。他教科の内容とも関連が深く、これらの資料を活用することで、技術の発展を主体的に支え、技術革新を牽引する力を育てることに役立つと考えます。また、過去、現在、未来のエネルギー変換技術の発展とその背景を考えていくことで、最適解を見出す力が育まれると考えます。

専門家

私たちが生きていく上で、一日たりとも欠かすことのできないものがあります。その代表例が水、空気、食糧、エネルギーです。エネルギーは、社会科、理科、技術・家庭科などさまざまな教科にまたがり、系統立てた授業が難しく、また、これが「正解」という答えもないことから、学校現場で定着しているとはいえません。次の時代を担う生徒たちが、自ら考えて行動に結びつけられるように、最新の情報を有する外部の専門家の協力を仰ぐことが大事だと思います。

○エネルギー教育を進めるにあたって留意すべき

4つの視点

1 エネルギーの安定供給の確保 (エネルギー資源小国)

学習の目標

資源小国である日本では、エネルギーの安定供給確保が重要課題であることを知り、その解決策を考える。

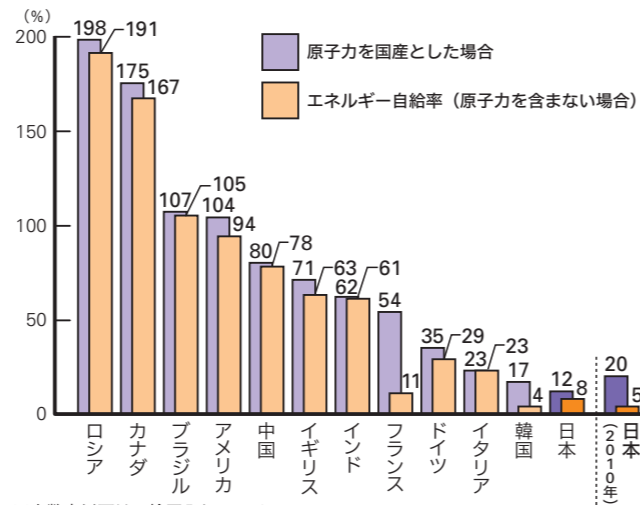
エネルギーを大量消費しながら日本は経済発展を遂げ、豊かで快適な暮らしを享受してきた。しかし日本はエネルギー資源に乏しく、そのほとんどを海外からの輸入に依存しており、エネルギー自給率は12.1% (2020年度は11.2%) しかないこと、中国やインドをはじめとする新興国の経済成長に伴うエネルギー需要の増加により世界のエネルギー需給が逼迫していること、紛争や為替レートの変動などにより世界経済が大きな影響を受けていることを理解できるようにする。また、日本では一次エネルギーの48% (2020年度) を電力として使用しており、エネルギーの安定供給の確保が、安全・安心な社会を確立する上で必要不可欠であることを理解できるようにする。

このような状況下において、日本として、社会を持続させるために必要な量のエネルギーを、経済的に見合う価格で安定的に供給するための方策を社会的、科学・技術的な観点から考察できるようになることをめざす。

関連ページ

- ▶ エネルギーの安定供給のために 12～17ページ
- ▶ 電気を取りまく環境の変化、他 26～27ページ

●日本と世界の主な国のエネルギー自給率(2019年)



※小数点以下は四捨五入している。

(出所)IEA「Data and statistics」を基に作成

関連教科単元・題材

地理	・世界の諸地域 ・日本の諸地域 ・日本の地域的特色 (資源・エネルギーと産業)
歴史	・現代の日本と世界(日本の経済発展)
公民	・私たちがと経済(公害の防止と環境保全) ・私たちが国際社会の諸課題 (資源・エネルギー、持続可能な社会)
理科	・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
技術	・エネルギー変換の技術

○4つの視点を理解するヒント

最初の『1 エネルギーの安定供給の確保』、『2 地球温暖化問題とエネルギー』は、現在のエネルギー問題が起きている原因です。その解決策を考えるために、後の『3 多様なエネルギー源とその特徴』、『4 省エネルギーに向けた取り組み』があり、それぞれ関連し合っているととらえることができます。エネルギーを題材とすることで、学校は各教科や総合的な学習の時間等による教科横断的な学びを創ることができ、子どもたちに求められている資質・能力を育成することができます。まずは、先生方、実践の中で理解を深めてみませんか。

2 地球温暖化問題とエネルギー問題 (化石燃料の大量消費と二酸化炭素の排出)

学習の目標

地球温暖化問題をエネルギー問題としてとらえることができ、エネルギー利用の方策を考える。

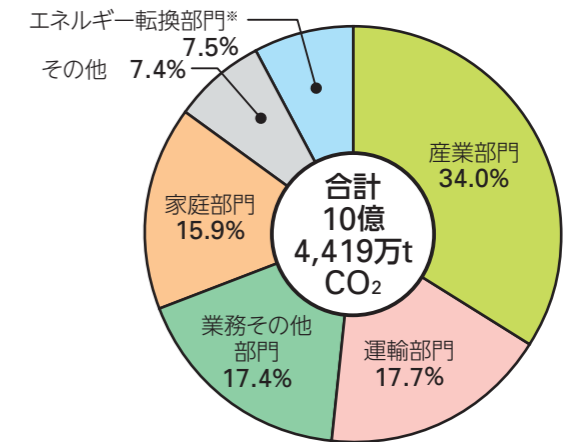
持続可能な社会構築に向けて、SDGsで示された課題の一つに地球温暖化問題がある。その主要な原因として温室効果ガスである二酸化炭素濃度の上昇があるといわれており、2015年に開催されたCOP21において、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとして、パリ協定が採択された。また、日本は2020年10月に、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルをめざすことを宣言した。日本が排出している温室効果ガスの84.1%はエネルギー起源の二酸化炭素であり、この排出抑制が温暖化対策に重要である。

この問題に向き合うにあたって、エネルギーの利用という切り口からどのような社会的、科学・技術的な方策があるか、考察できるようになることをめざす。

関連ページ

- ▶ 暮らしの中のエネルギー 9～11ページ
- ▶ 地球環境問題への取り組み 18～19ページ
- ▶ さまざまな発電方法 39～43ページ
- ▶ エネルギーを有効に使う技術 54～57ページ
- ▶ これからのエネルギー利用と技術 58～59ページ

●二酸化炭素排出量のうちわけ(2020年度)



※パーセントは小数点以下を四捨五入しているため、合計しても100にならない場合がある。
※電気・熱配分後の割合
(発電や熱の生産に伴う排出量を、その電力や熱の消費者からの排出として計算したもの)
※エネルギー転換部門とは、石油・石炭などを電力などの他のエネルギーに転換する部門。
事業用発電(発電所)、地域熱供給、石油製品製造、など

(出所) 温室効果ガスインベントリオフィス

関連教科単元・題材

歴史	・現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界)
公民	・私たちがと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)
理科	・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
技術	・エネルギー変換の技術

※この副教材では「石油」「石油製品」を総称し、「石油」に統一表記している(本来、「石油」は天然にできた燃える鉱物油とその製品の総称で、地下から採取されたままの状態のものを「石油」、石油を精製して製品化したものを「石油製品」という)。

3 多様なエネルギー源とその特徴 (エネルギー源のメリット・デメリット、S+3E、エネルギーミックス)

学習の目標

エネルギーの安定供給確保と地球温暖化対策のために、エネルギー源を多様化することが必要であると考察できる。

現在使用されているエネルギー源には石油・天然ガス・石炭といった化石燃料、原子力・再生可能エネルギーといった非化石エネルギーがあるが、それぞれには特徴があり、たとえば輸入依存度・発電コスト・二酸化炭素排出量などの観点から、メリット・デメリットがあることを理解できるようにする。

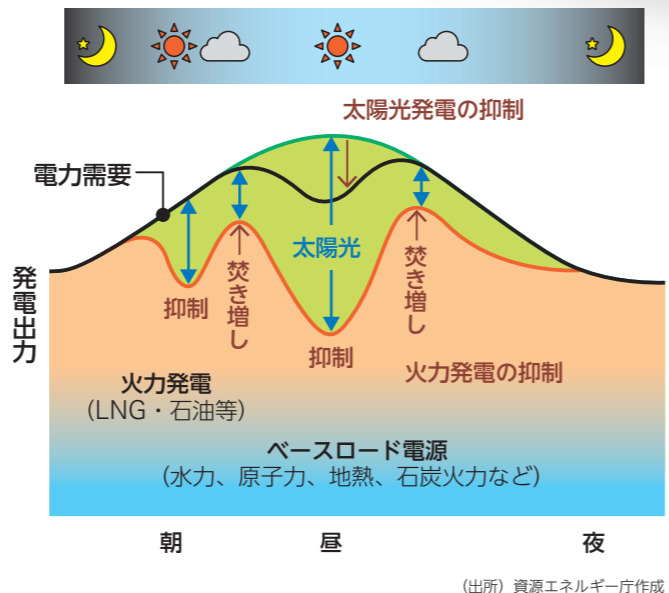
その上で「安全性(S)」を大前提に「エネルギーの安定供給(Energy Security)」、「経済効率性の向上(Economic Efficiency)」、「環境への適合(Environment)」という3つのバランスを考慮しながら、エネルギーミックスを考えることが重要であることを理解できるようにする。特に、一次エネルギーのおおよそ半分を電力として利用している私たちは、電力の安定供給をするために必要な電力の消費と供給のバランスを確保するための技術としての送配電、蓄電や新しい発電方法と、それらを導入するために必要となる社会基盤の確立に向けた取り組みの必要性についても理解できるようにする。

さらに将来的には科学・技術の進展をみすえた持続可能な新しい社会システムの構築について、中・長期的な視野で考察できるようになることをめざす。

関連ページ

- ▷ エネルギーの安定供給のために 12～17ページ
- ▷ さまざまな発電方法 39～43ページ
- ▷ エネルギーを有効に使う技術 54～57ページ

● 最小需要日(5月の晴天日など)の需給イメージ



(出所) 資源エネルギー庁作成

関連教科単元・題材

地理	・世界の諸地域 ・日本の諸地域 ・日本の地域的特色 (資源・エネルギーと産業)
公民	・私たちが国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)
理科	・電流とその利用(電流、電流と磁界) ・化学変化とイオン(化学変化と電池) ・運動とエネルギー ・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
技術	・エネルギー変換の技術

4 省エネルギーに向けた取り組み (省エネのさらなる推進)

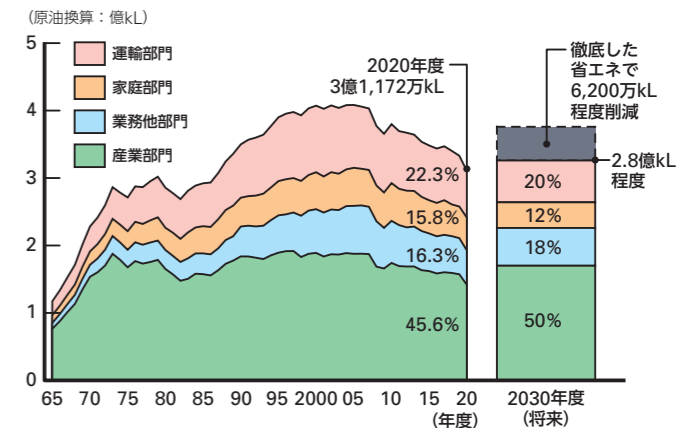
学習の目標

エネルギー消費効率を改善するためには、私たち一人一人が省エネを実践するとともに、日本の高い省エネ技術を外国に普及させる国際貢献も重要であることを考察できる。

日本は石油ショック以降、省エネの進展や産業構造の変化などにより産業部門ではエネルギー消費はほとんど増えていないが、家庭やオフィスの民生部門や、運輸部門ではエネルギー消費が大きく増加していること、日本のみならず、世界規模でエネルギー消費は急激に増加していることをとらえ、持続可能な社会の構築のためには、エネルギーの消費を改善していく必要があることを理解できるようにする。

その上で、我が国の、そして世界のエネルギー消費を改善していくために、私たち一人一人が暮らしの中で何をおこなうべきか、また既存技術や革新技術を社会としてどのように活用すべきか、そして日本は世界に対してどのような貢献ができるかを考え、行動できるようになることをめざす。

● 最終エネルギー消費の移り変わり



※原油換算はエネルギーの量を原油に置き換えた量。
※「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。
(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、「2030年度におけるエネルギー需給の見通し」を基に作成

関連ページ

- ▷ 食生活とエネルギー 6～7ページ
- ▷ 衣生活・住生活とエネルギー 8ページ
- ▷ 暮らしの中のエネルギー 9～11ページ
- ▷ 暮らしを支えるエネルギー 20～27ページ
- ▷ エネルギーを有効に使う技術 54～57ページ
- ▷ これからのエネルギー利用と技術 58～59ページ

関連教科単元・題材

理科	・電流とその利用(電流、電流と磁界) ・化学変化とイオン(化学変化と電池) ・運動とエネルギー ・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
技術	・生物育成の技術 ・材料と加工の技術 ・エネルギー変換の技術 ・情報の技術
家庭	・日常食の調理 ・衣食住の生活についての課題と実践 ・消費生活・環境についての課題と実践 ・衣服の計画的な活用、日常着の手入れ ・住居の基本的な機能

(1) 食生活とエネルギー

動画へGO!

『火ではなく熱を使って節約
～地球を冷ませ。～』
COOL CHOICE：北海道
動画チャンネル環境省 COOL CHOICE

動画へGO!

『食品ロスを考えよう
[3分版]』
九都府市首脳会議廃棄物問題検討委員会

家庭分野

- ・日常食の調理
- ・衣食住の生活についての課題と実践
- ・消費生活・環境についての課題と実践

その他の教科

- 社会科歴史…現代の日本と世界(日本の経済発展)
- 技術分野…生物育成の技術

技術・家庭科
家庭分野

1 わたしたちの生活とエネルギー

(1) 食生活とエネルギー

◆エコ・クッキング*でおいしく食べよう

エコ・クッキング*とは環境のことを考えて買い物、調理、片付けをする調理スタイルのことをいう。エネルギーのむだやごみを減らし、環境に配慮した食生活を送ろう。

買い物

物の食材や地元産の食材を選ぶ

- ・物の食材は栽培時に必要なエネルギー量が少ない。
- ・距離が近いところで作られた食材は運搬にかかるエネルギーが少ない。

マイバッグを持っていこう

- ・マイバッグを持参し、レジ袋は断ろう。
- ・軽易な容量や包装のものを選ぼう。

必要なもの、量だけ買おう

- ・買すぎは食品ロスの原因になりやすい。事前に冷蔵庫内などを確かめ、必要な食材をメモに書き出そう。
- ・余ったときは冷凍保存するなど工夫しよう。

調理

残っている食材から使おう

- ・「そのうち食べる」食品は食品ロスになりやすい。
- ・賞味期限を確認し、古いものから使おう。

食材を使い切ろう

- ・冷蔵庫内を整理整頓し、余っている食材を上手に使おう。
- ・野菜や果物の皮をむきすぎるなど過剰除去をせず、できる限り活用しよう。

料理の作りすぎに気を付けよう

- ・作りすぎに注意し、食べられる量だけ盛りつけよう。
- ・余ったら別の料理にリメイクしたり、冷凍・冷蔵しよう。

エネルギーを上手に使おう

- ・加熱するときは鍋底の水溜をふき、ちょうどよい水量と火力にする。また、蓋を利用しよう。

片付け

水を大切にしよう

- ・生ごみはできるだけ水気きってから捨てよう。
- ・汚れた少ないものから洗いおけを使って洗おう。
- ・器や皿の汚れは洗う前に拭き取ろう。

献立や調理方法を少し工夫するだけでエネルギーの消費量や二酸化炭素の排出を減らすことができる。調理をするときの習慣にしよう。

◆「もったいない」食品ロス

日本では、年間約2,372万トンの食品廃棄物が出されている。このうち食べられるのに捨てられてしまう食品（食品ロス）の量は、約522万トンと試算されている。家庭から廃棄される食品ロスの量は約247万トンである。

●日本の食品ロスの状況

日本の「食品ロス」約522万トン

約276万トン (家庭)

約247万トン (小売店)

約113g (1人1日)

●消費期限と賞味期限の違い

賞味期限	消費期限
おいしく食べることができる期間 (Best before)。この期限を過ぎても、すぐに食べられないというわけではない。	安心して食べられる期限 (Use by date)。製造日からおおよそ10日以内の消費期限が設定されている。過期が過ぎたら食べない方がよい。
3か月を超えるものは、年月で表示し、3か月以内のものは年月日で表示。	年月日で表示。
スタック菓子、カンパネ、惣菜、シリアル食品、ハム・ソーセージ(生)、魚、牛乳(生) など	惣菜、サンドイッチ、生めん、惣菜、ケーキ など

●家庭からの食品ロスのうちわけ(令和2年度)

食品として使用・処分されずに食べ残された食品

- 食べ残し 42.5%
- 賞味期限切れ 44.1%
- 消費期限切れや賞味期限切れにより、廃棄として処分・廃棄された食品 13.4%

約522万トンの食品ロスの約半分は、家庭から出たものである。家庭での食品ロスで、最も多いのが「直接廃棄(44.1%)」。次いで「食べ残し(42.5%)」である。買い物は必要に応じて購入したり、調理で作りすぎないようにしたりして、「もったいない」食品を減らす工夫をしよう。食品ロスは生産・流通段階でも発生している。生産者や食品業界では、食品廃棄を減らすためにどのような取り組みをしているか調べてみよう。

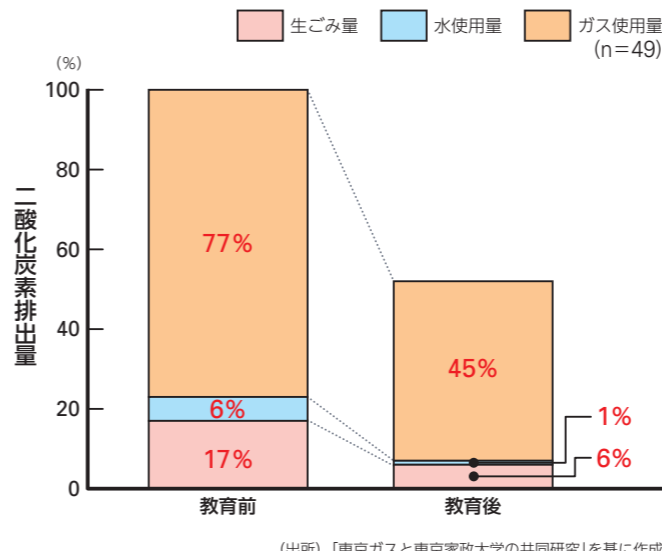
◆エコ・クッキング*の実践

エコ・クッキング*は、節電活動などと同様に家庭で簡単に取り組むことができ、習慣づけることによって手軽に省エネ効果を積み重ねることができる。

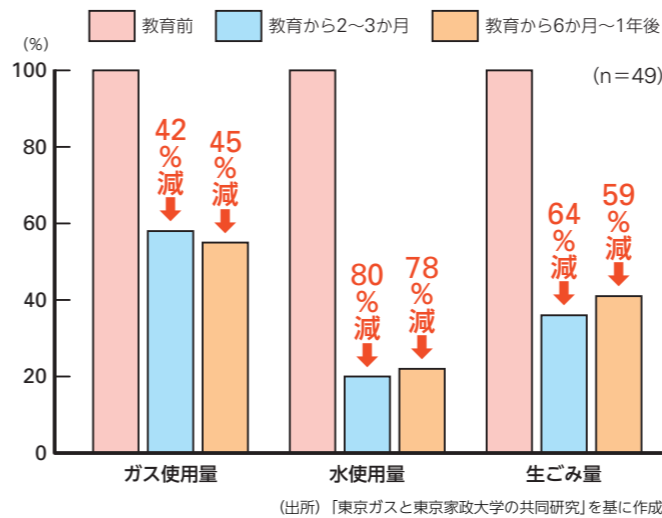
東京ガス(株)と東京家政大学による共同研究「エコ・クッキング*の教育効果」では、エコ・クッキング*の教育を受けた後の二酸化炭素排出削減に効果を認めている。同じ献立に対し、教育前後でガス使用量、水使用量、生ごみ量が削減された。また、エコ・クッキング*の効果がどの程度継続するかを調査したところ、約1年たっても削減に効果があり、一度学習したことが身につけていることがわかる。

家庭での日常的な調理についても、効率的な調理機器の選択や調理手順、ガスコンロの使用手法など、環境に配慮したエコ・クッキング*の手法を取り入れられるようになることが望ましい。

エコ・クッキング*教育前後の二酸化炭素排出量の変化



エコ・クッキング*の教育効果の継続



◆食品ロスの現状

日本では、年間約2,372万トンの食品廃棄物が排出されている。このうち、本来食べられるのに廃棄されているもの、いわゆる「食品ロス」は、年間約522万トン含まれると推計されている(2020年度)。日本の食料自給率は現在37%(2020年度)で、大半を輸入に頼っている。その一方で、食べられる食料を大量に捨てているという現実を目を向けさせたい。

食品ロスのうちわけ

発生場所	食品ロスとなっているもの	発生量
食品メーカー	定番カット食品や期限切れ食品などの返品 製造過程で発生する印刷ミスなどの規格外品	275万t
小売店	新商品販売や規格変更に合わせて店頭から撤去された食品 期限切れなどで販売できなくなった在庫 など	
レストランなどの飲食店	客が食べ残した料理 客に提供できなかった仕込み済みの食材 など	247万t
家庭	調理の際に食べられる部分を捨てている 食べ残し 冷蔵庫などに入れたまま期限切れとなった食品 など	
合計		522万t

(出所) 2020年度食品廃棄物推計値(環境省、農林水産省)を基に作成

食品ロスを減らす工夫

- 食材を「買い過ぎず」「使い切る」「食べ切る」
 - 残った食材は別の料理に活用する
 - 「賞味期限」と「消費期限」の違いを正しく理解する
 - 賞味期限：おいしく食べることができる期限。この期限を過ぎても、すぐに食べられないということではない
 - 消費期限：期限内に食べることが望ましい期日
 - 外出時での食べ残しを防ぐために、注文時に量を確認したり、食べられないものは抜いてもらう
- (出所) 政府広報オンラインを基に作成

◆食料とエネルギー

現代は物流や鮮度管理技術の向上、チェーンストアの全国展開などにより、地域外の食料を安価に入手することができるようになった。また、ビニールハウスやガラス温室などを用いた施設栽培による農作物生産が増え、旬を問わず野菜を食べられるようになった。

しかし、エネルギー消費の観点から考えると、遠方地域から運ばれてきたり、旬を考慮せず食材を選んだりすることは、不必要なエネルギー消費をおこなうことにつながる場合もある。

※旬以外に供給される農産物のすべてが、施設栽培で作られているわけではないことに留意する。

(2) 衣生活・住生活とエネルギー (3) 暮らしの中のエネルギー

家庭分野

- ・衣服の計画的な活用、日常着の手入れ
- ・住居の基本的な機能
- ・衣食住の生活についての課題と実践
- ・消費生活・環境についての課題と実践

その他の教科

- 技術分野…材料と加工の技術
- 技術分野…エネルギー変換の技術

(2) 衣生活・住生活とエネルギー

◆持続可能な衣生活とは？

サイズが小さくなったり、もう着なくなったりした服、みんなはどうしているだろう。わたしたちが着ている衣服も多くの資源やエネルギーを使って作られている。捨てる以外の方法を考えてみよう。

◆快適な室内環境を考えよう

今のわたしたちのくらしは、エアコンなどを使用し、簡単に暑ければ涼しく、寒くなったら暖かくなることができる。しかし、季節に合わせた工夫をすれば、少ないエネルギーで快適にらせる。

◆省エネタイプの電気製品を選ぼう

生活様式等の変化からエネルギー消費機器の保有率が高まっている。消費量の多い電気製品ほど、省エネ性能の高い製品を選べば効果的な省エネにつながる。63ページを参考に省エネ家電を選んでみよう。

◆わたしたちができる取り組み

3R

- リデュース (Reduce) 【発生抑制】** 余りものを減らす
- リサイクル (Recycle) 【再生利用】** 分別回収し出し、再び資源として利用する
- リユース (Reuse) 【再生使用】** 何度も繰り返し使う

3Rに、以下の言葉を加え、5R、6Rなど呼ぶ場合もある。
リフューズ (Refuse) 【拒否】 ……いらぬものは買わない、もらわない
リペア (Repair) 【修理】 ……修理しながら長く使い続ける
リフォーム (Reform) 【改良】 ……服などを作り直す

◎環境省のサステナブルファッションに関するHP
http://www.env.go.jp/policy/sustainable_fashion/

◆繊維製品の廃棄率(2009年)

リペア 1.5%
 リサイクル 16.1%
 リユース 12.9%
 廃棄 66.6%
 その他 4.1%

◆室温にも最も影響をあたえるのは窓

窓の断熱性能が断熱性能から入る割合 73%
 外へ逃げている熱 33.4℃
 内へ逃げている熱 15%
 床 7%
 壁 5%
 天井 3%

◆家庭分野

- ・衣服の計画的な活用、日常着の手入れ
- ・住居の基本的な機能
- ・衣食住の生活についての課題と実践
- ・消費生活・環境についての課題と実践

(3) 暮らしの中のエネルギー

◆家庭で使われているエネルギー

わたしたちは、毎日のくらしの中で電気やガス、石油など、多くのエネルギーを使っている。どのような用途に使っているのか見てみよう。

◆家庭用エネルギー消費の変化

1965年度 1970年度 2020年度
 約1.8倍増加

◆家庭で使われているエネルギーの種類(2020年度)

電気 49.9%
 ガソリン 14.1%
 都市ガス 23.7%
 LPガス 10.8%
 灯油 0.6%

◆省エネタイプの電気製品を選ぼう

生活様式等の変化からエネルギー消費機器の保有率が高まっている。消費量の多い電気製品ほど、省エネ性能の高い製品を選べば効果的な省エネにつながる。63ページを参考に省エネ家電を選んでみよう。

◆主要家電製品のエネルギー消費効率の変化

エアコン、冷蔵庫、洗濯機、テレビ(液晶型)のエネルギー消費効率の向上を示すグラフ。

(2) 衣生活・住生活とエネルギー

◆学習のねらい

- 衣生活と3Rの関係性に気づき、衣生活のあり方を考える。
- 衣生活を通じ、資源の有効利用を実践する。
- 住生活とエネルギー有効利用の関係性に気づき、住生活のあり方を考える。

◆学習のポイント

- 3Rに加え、リペアやリメイクなどは衣服を有効利用できる方法である。
- 季節に応じて、日差しの入射量の工夫や、風通しや断熱材料を有効に活用する。

◆[授業展開例] 関連ページ

→お気に入りの衣服の寿命をのばそう～衣服の一生とエネルギー～ (50～51ページ)

(3) 暮らしの中のエネルギー

◆学習のねらい

- 家庭生活で使われるエネルギーの種類や用途について理解する。

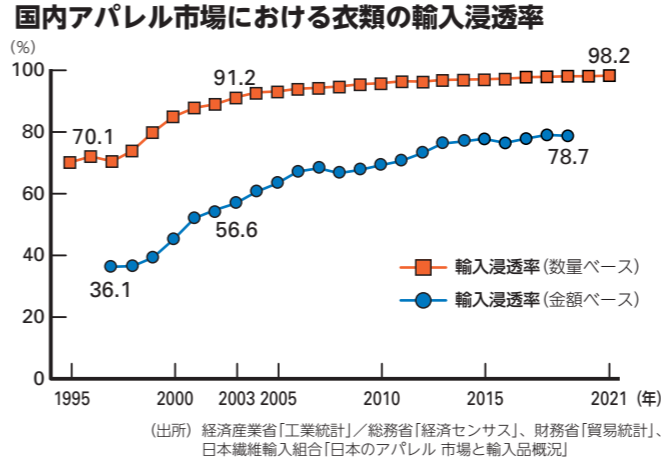
◆学習のポイント

- 私たちの便利で快適なくらしは、大量のエネルギー消費の上に成り立っている。
- 消費者の権利と責任～石油製品から考える消費者の責任ある行動とは～ (52～53ページ)

◆衣料品の輸入浸透率

近年は、低価格衣料専門店や海外のファストファッションの市場拡大により衣料品の低価格化が進んだ。気軽に購入しやすい反面、使い捨てにならないよう、購入前によく検討することが望ましい。

衣料品の輸入浸透率は数量ベースで98.2% (2021年)、金額ベースで78.7% (2019年) で年々増加し続けている。自給率で考えると食料自給率以上に低く、私たちは外国のエネルギーを使って衣料品を手に入れているともいえる。



◆衣料品のリサイクル

繊維製品のゴミを減らし、または資源化する方法には、リデュース、リユース、リサイクルの3つがある。特に衣料品の再資源化についてはさらに細かく分かれている。

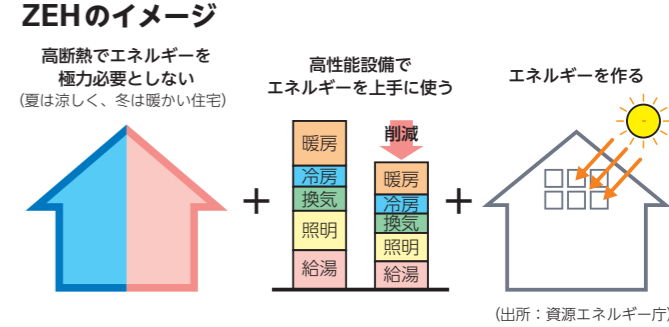
リユースでは、主に家庭中心におこなわれているリフォームのほか、国内外で中古衣料として売買されている。近年は、大手アパレルメーカーによる古衣回収サービスも増えつつある。リサイクルには、マテリアルリサイクル(再生使用)とケミカルリサイクル(化学原料としての再生利用)、サーマルリサイクル(熱回収)の3つの方法があり、マテリアルリサイクルのうちウエスや反毛分野の事業化のみが進んでいる。

◆快適な住まい

住環境の快適性をつくる主な要素には①温感の調節、②通風・換気、③採光がある。冷暖房の温度設定は何度が適切か、風をどのように取り入れるのか、日差しの有効活用とカーテンなどによる遮光とのバランスを考え、エアコンなどに頼りすぎないくらし方が望ましい。

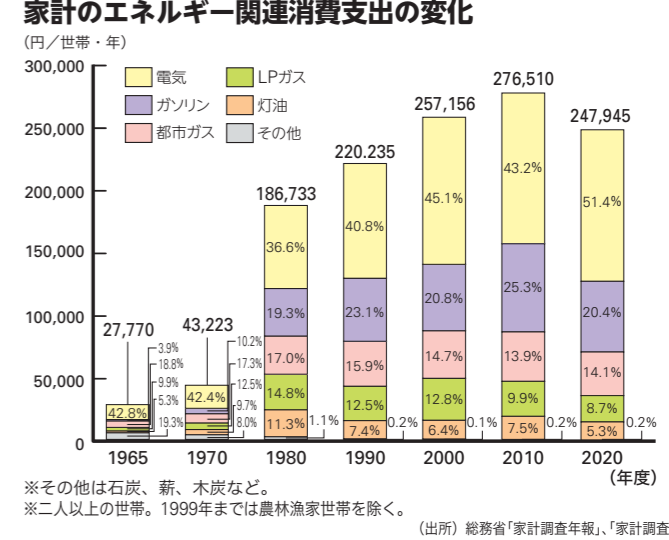
◆ZEHとは

ZEHとは、net Zero Energy House (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)の略語で、「エネルギー収支をゼロ以下にする家」という意味である。住宅の断熱性の向上や省エネ性能を上げ、太陽光発電などでエネルギーを作ることによって、年間の一次エネルギー消費量(空調、給湯、照明、換気など)の収支をプラスマイナスゼロにすることをめざした住宅をいう。使用するエネルギーの量を大幅に減らしつつ、夏は涼しく冬は暖かいという快適な室内環境を保ちながら省エネルギーが可能になる。



◆家庭におけるエネルギー消費の変化

日常生活におけるエネルギー消費は時代とともに大きく変わっている。電気、ガソリンの支出割合が年々多くなっている。



◆省エネタイプの電気製品

省エネを進めるためには、エネルギーを多く使っているところに対し取り組むことが効果的である。家庭でエネルギーを多く使う機器は、エアコンなどの空調機器、冷蔵庫や洗濯機などである。省エネ行動と合わせ、電気製品の買い替え時には省エネタイプを選択することも効果を高めるポイントである。

(3) 暮らしの中のエネルギー

家庭分野

- 自立した消費者としての消費行動の工夫
- 消費生活・環境についての課題と実践

その他の教科

- 社会科歴史…現代の日本と世界（日本の経済発展、グローバル化する世界）
- 理科…科学技術と人間（自然環境の保全と科学技術の利用）
- 技術分野…材料と加工の技術

家庭分野 1 わたしたちの生活とエネルギー

技術・家庭科 家庭分野 1 わたしたちの生活とエネルギー

◆消費生活とエネルギー

わたしたちが消費している食べ物から衣服、自動車、住宅まで、あらゆる製品は、生産・加工の過程や製品を輸送する段階で、多くのエネルギーを消費している。これらはわたしたち消費者の立場から見れば、間接的にエネルギーを使用していることになる。

◆製品のライフサイクルエネルギー

資源採取 → 生産・組み立て → 販売 → 使用 → 廃棄 → リサイクル

◆家庭の二酸化炭素排出量を減らそう

わたしたちは毎日のくらしで多くのエネルギーを消費し、二酸化炭素を排出している。家庭から排出される二酸化炭素の量は、1日で約10.7kg-CO₂*である。これは1本の杉の木が1年間に取り込むことができる二酸化炭素の量に相当する。排出量の半分近くを電気からの排出が占めている。

◆持続可能な社会をめざして

わたしたちの毎日の生活は、必要以上にエネルギーや資源を消費しており、環境問題が深刻化している。そのため、問題の解決を図りつつ、将来にわたって経済成長を維持し、環境と調和のとれた「持続可能な社会」を作ることが求められている。

◆ライフサイクルアセスメント(LCA)とは

ライフサイクルアセスメントとは、資源採取から製造、流通、使用、廃棄に至るまでの製品の一生（ライフサイクル）で、環境に与える影響を分析し、総合的に評価する手法のことである。製品は、エネルギー消費量や二酸化炭素排出量、鉱物資源使用量、処分時にリサイクルできないごみの量など、製品の環境分析を定量的・総合的に評価する。私たち消費者も、商品を購入、使用、廃棄する際、そのライフサイクルを考慮する必要がある。

◆「持続可能な社会」とは

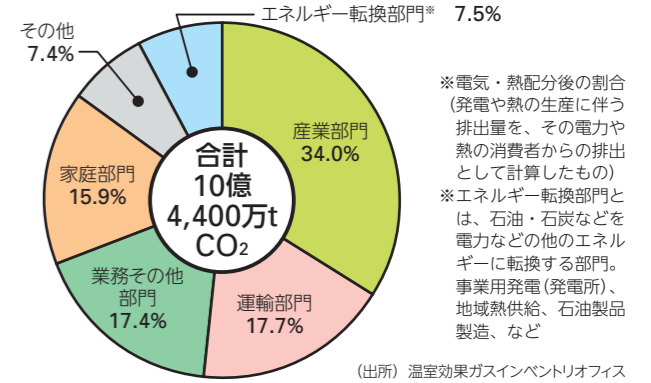
「持続可能」という理念は、1987年、国連の環境と開発に関する世界委員会（WCED）の最終報告書「地球の未来を守るために（Our Common Future）」（いわゆる「ブルントラント報告」）において提唱された。ブルントラント報告では、「持続可能な開発」とは「将来の世代のニーズを充たしつつ、現在の世代のニーズをも満足させるような開発」をいう、とされている。以来、「持続可能な開発」という考え方は世界中で広く用いられるようになり、今日の地球環境問題に関する世界的な取り組みの基礎となっている。

◆日本の温室効果ガス排出の現状

日本の温室効果ガス排出量は年間約11億5,000万トン（2020年度、二酸化炭素換算）となっている。

そのうちエネルギー消費によって発生した二酸化炭素は10億4,400万トンである。部門別では産業部門、自動車などの運輸部門、業務、ビル用などの部門からの排出量は近年減少傾向で推移しているが、家庭部門での排出量は増加している。

二酸化炭素排出量のうちわけ(2020年度)



◆循環型社会の形成と自然環境

経済社会における物質循環を適切におこなうことができれば、自然環境への負荷を少なくすることができる。消費者自らが、現在および将来の世代にわたって、社会経済情勢や地球環境に影響を及ぼし得ることを自覚して消費行動をおこなう「消費者市民社会」においても、限りある資源を循環させ、次世代に豊かな自然環境を引き継ぐことが期待されている。

◆「持続可能な社会」とは

「持続可能」という理念は、1987年、国連の環境と開発に関する世界委員会（WCED）の最終報告書「地球の未来を守るために（Our Common Future）」（いわゆる「ブルントラント報告」）において提唱された。ブルントラント報告では、「持続可能な開発」とは「将来の世代のニーズを充たしつつ、現在の世代のニーズをも満足させるような開発」をいう、とされている。以来、「持続可能な開発」という考え方は世界中で広く用いられるようになり、今日の地球環境問題に関する世界的な取り組みの基礎となっている。

日本では、持続可能な社会は「健全で恵み豊かな環境が地球規模から身近な地域までにわたって保全されるとともに、それらを通じて国民一人一人が幸せを実感できる生活を享受でき、将来世代にも継承することができる社会」と定義されている（平成18年4月閣議決定「第3次環境基本計画」）。

◆直接エネルギーと間接エネルギー

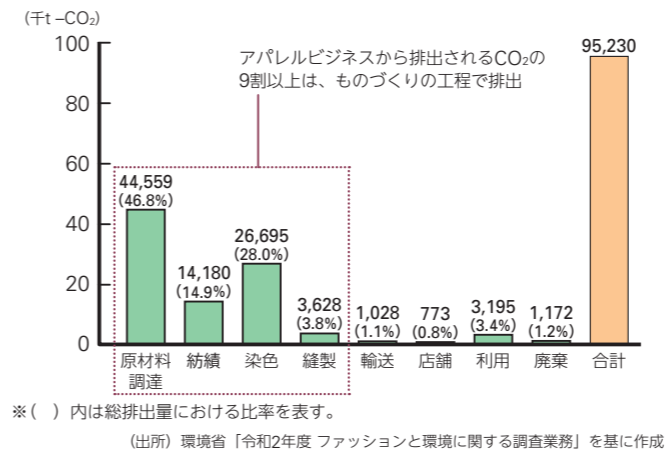
電気やガス、ガソリンなどは、直接的に消費するエネルギーである。これに対し、間接エネルギーは目には見えないが生活必需品などの生産・加工の過程や、製品を輸送する段階で使われるエネルギーである。目に見えないだけに実感しにくいものであるが、私たちのくらしを支えるために、意外に多くのエネルギーが使われている。

製品の間接エネルギーは、消費者がそれを使用する期間の長短にかかわらず一定量である。一方、直接エネルギーは製品を使用する段階で消費されることから、使用期間の長短に比例する。消費生活に必要なエネルギーをトータルで考えると、直接エネルギーだけでなく間接エネルギーまで含めた製品のライフサイクルエネルギーを考える必要がある。

◆ライフサイクルアセスメント(LCA)とは

ライフサイクルアセスメントとは、資源採取から製造、流通、使用、廃棄に至るまでの製品の一生（ライフサイクル）で、環境に与える影響を分析し、総合的に評価する手法のことである。製品は、エネルギー消費量や二酸化炭素排出量、鉱物資源使用量、処分時にリサイクルできないごみの量など、製品の環境分析を定量的・総合的に評価する。私たち消費者も、商品を購入、使用、廃棄する際、そのライフサイクルを考慮する必要がある。

国内での衣類のライフサイクルにわたる二酸化炭素排出量



◆日本の温室効果ガス排出の現状

日本の温室効果ガス排出量は年間約11億5,000万トン（2020年度、二酸化炭素換算）となっている。

家庭分野 1 わたしたちの生活とエネルギー

- ものの生産・輸送などに投入された間接エネルギーも消費していることを理解する。
- 消費生活とエネルギー消費の関係性に気づき、毎日のくらしのあり方を考える。
- 暮らしの中のエネルギーの利用が地球温暖化問題に直結していることに気づき、ライフスタイルの見直しを実践する。
- 低炭素社会、循環型社会、自然共生社会の考え方を理解し、持続可能な社会のあり方を考え、実践する。
- 私たちの便利で快適なくらしは、大量のエネルギー消費の上に成り立っている。
- 家庭では、直接的に利用するエネルギーだけではなく、ものの消費を通じて間接的にエネルギーを消費している。
- 人間社会の活動は、自然環境や生態系に影響を及ぼしている。

学習のねらい

学習のポイント

【授業展開例】関連ページ

→消費者の権利と責任～石油製品から考える消費者の責任ある行動とは～ (52～53ページ)

(1) エネルギーの安定供給のために - Energy Security -

社会科 地理...世界の諸地域
地理...日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
歴史...現代の日本と世界(日本の経済発展、グローバル化する世界)
公民...私たちと国際社会の諸課題(資源・エネルギー、持続可能な社会)

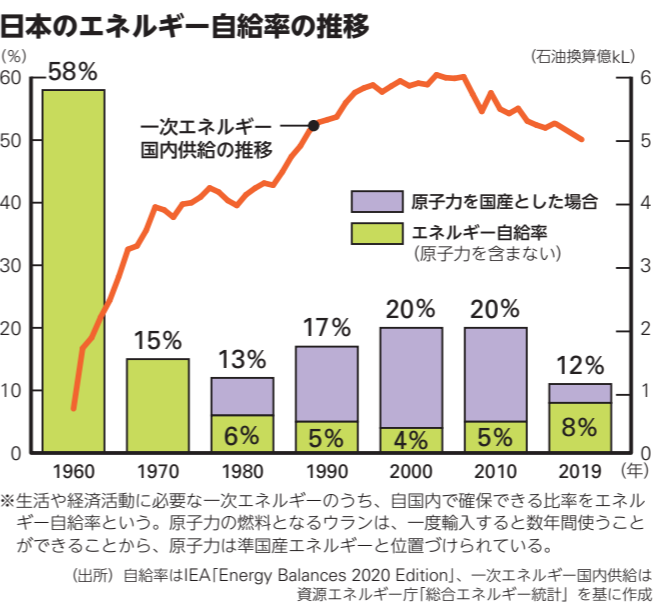
その他の教科 理科...科学技術と人間(エネルギーと物質)
技術分野...エネルギー変換の技術

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー
(1) エネルギーの安定供給のために - Energy Security -
◆一次エネルギー供給の移り変わり
◆最終エネルギー消費の移り変わり
◆日本のエネルギー自給率
◆発電電力量とGDPの移り変わり
◆一次エネルギーに占める電力の比率(電力化率)

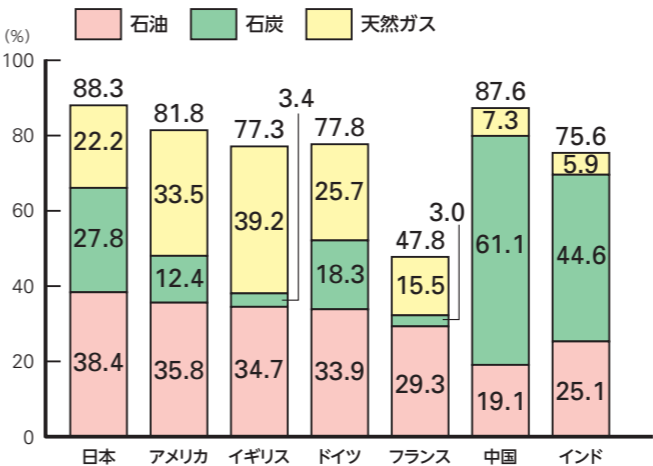
◆日本のエネルギー自給の現状

生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち、国内で確保できる比率をエネルギー自給率という。日本はかつて国産石炭や水力などの国内天然エネルギー資源を利用していたため、1960年度には約6割の自給率であった。しかし、高度経済成長期以降、エネルギー需要が急増し、石油が大量に輸入されるとともに石炭も輸入中心へと移行した。さらに石油ショック以降に導入された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。2019年度の日本の一次エネルギー自給率は12.1%である。

日本は世界で5番目に一次エネルギー消費量が多い国であるが、国産のエネルギー資源をほとんど持たないことから、エネルギー政策において安定供給が重要課題となっている。



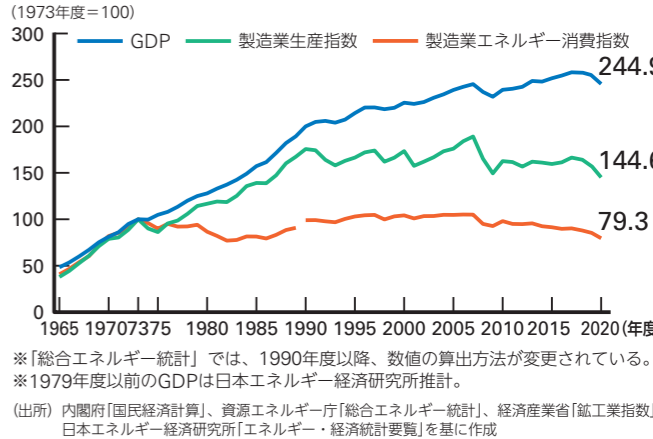
日本と世界の主な国の化石燃料依存度(2019年)



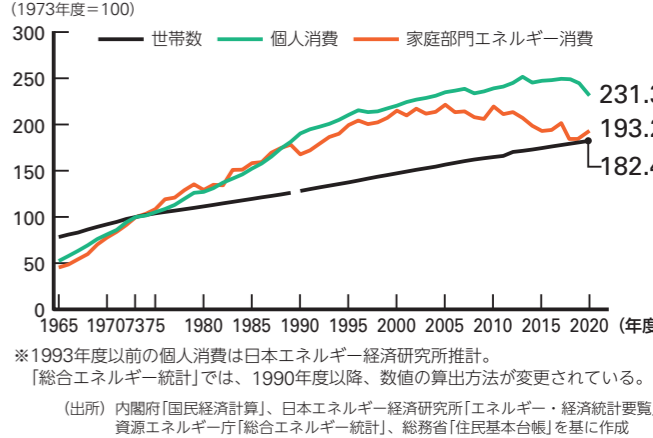
◆最終エネルギー消費の移り変わり

部門別エネルギー消費の動向を見ると、1973年度から2020年度までの伸びは、産業部門が0.8倍、業務部門が1.9倍、家庭部門が1.9倍、運輸部門が1.5倍である(viiページのグラフ参照)。産業部門では第一次石油ショック以降、経済成長の中でも省エネルギー化が進んだことから同程度の水準で推移してきた。一方、家庭部門・運輸部門ではエネルギー利用機器や自動車などの普及が進んだことから大きく増加した。

製造業のエネルギー消費と経済活動



家庭部門のエネルギー消費と経済活動



◆一次エネルギー供給と最終エネルギー消費

一次エネルギーから二次エネルギーに変換する際に生じる変換ロス、発電時が最も多い。例えば、火力発電の熱効率が40%とすると、電気を100作るため250の一次エネルギーが必要となり、150は熱エネルギーとして周辺環境に放出されている。一般的に、一次エネルギー供給の約70%が最終エネルギー消費であり、残り30%は各種製品として加工・使用されたものや、電力などのエネルギー変換ロスである。

学習のねらい

- 日本のエネルギー需給構造は高度経済成長や石油ショックを経て大きく変化してきたことを理解する。
日本のエネルギー自給率は諸外国に比べてもとりわけ低く、エネルギー安定供給への取り組みが重要であることを理解する。
日本のエネルギーの消費構造は経済成長とともに電気への需要が高まってきたことを理解する。

学習のポイント

- 一次エネルギーを供給するエネルギー資源は時代とともに変化・多様化している。
日本はエネルギー資源の大部分を輸入に頼っており、エネルギー自給率は12.1%(2019年度)である。
産業部門は省エネルギーを進めているためエネルギー消費量の割合が減ったが、民生部門や運輸部門は割合が増えている。
発電電力量はGDPに比例する形で伸びてきた。
エネルギー資源供給の変化の理由(原因)を理解する。(参考:人類の発展とエネルギー、32~35ページ)

授業展開例 関連ページ

- 資源・エネルギーから見た日本の特色(8~9ページ)

(1) エネルギーの安定供給のために -Energy Security-

社会科 地理...世界の諸地域 地理...日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業) 歴史...現代の日本と世界(日本の経済発展、グローバル化する世界) 公民...私たちと国際社会の諸課題(資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科 理科...科学技術と人間(エネルギーと物質) 技術分野...エネルギー変換の技術

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー
◆世界のエネルギー消費の移り変わり
◆世界のエネルギー消費と人口のうつつりかわり
◆限りあるエネルギー資源
◆日本のエネルギー資源の輸入先
◆世界の一次エネルギー総消費量と国別うちわけ
◆主要国の一人当たりの一次エネルギー消費量
◆世界の一次エネルギー総消費量と国別うちわけ(2021年)
◆主要国の一人当たりの一次エネルギー消費量(2020年)
◆石油の輸入先(2020年度)
◆石炭の輸入先(2020年度)
◆天然ガス(LNG)の輸入先(2020年度)
◆ウランのおもな輸入先(2014年)

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

学習のねらい
世界のエネルギー消費量は増加し続けていることを理解させ、人口とエネルギー消費量の関係性に気づく。
エネルギー資源の有限性と、発展途上国も含めた将来のエネルギー消費量の変化が社会に与える影響を考える。
日本はさまざまな国からエネルギー資源を輸入していることを理解する。
世界の主要なエネルギー供給は、石油、天然ガス、石炭といった化石燃料である。
中国やインドは急速な経済成長を背景に、エネルギー消費量が増加している。
一人当たりのエネルギー消費量が多いのは、主に先進諸国である。
エネルギー資源には限りがあり、資源によって使い続けられる年数は異なる。
石油の輸入は政情の不安定な中東に頼っている。
資源・エネルギーから見た日本の特色(8~9ページ)

[授業展開例] 関連ページ

◆人口・経済とエネルギー

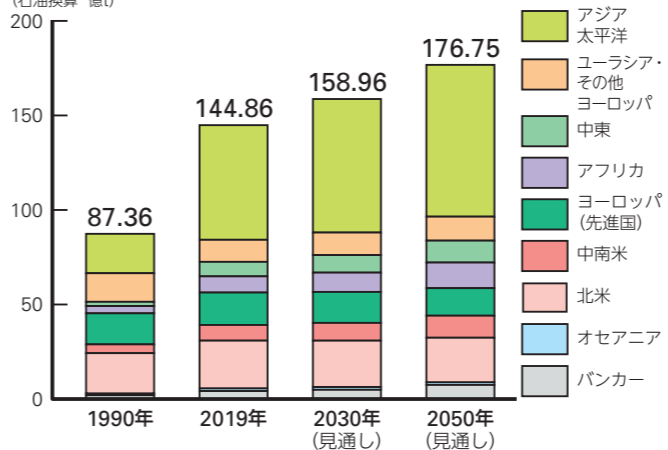
産業革命以降のエネルギー消費量の増大は、経済発展と人口増加の相乗効果によってもたらされた。今後も世界のエネルギー消費量は途上国の経済成長に伴い、増加し続けていくものと考えられている。

◆世界のエネルギー消費の変化

世界のエネルギー消費量は、1990年まではヨーロッパと北米が世界のエネルギー消費の45%程度を占め、開発途上国を含むアジア太平洋は24%程度だったが、2050年までにこの状況は逆転すると見られている。

国際エネルギー機関IEAは、天然ガスと石油は今後もエネルギー消費の大きな部分を占める一方で、再生可能エネルギーの増加・効率改善が石炭消費の伸びを食い止めるだろうと予測している。

世界の一次エネルギー消費の実績と予測



※見直しはレファレンスシナリオ。
※パンカーは、どの国の消費にも属せない数値(海上輸送などに関わる消費量)を表す。
(出所) IEA[World Energy Balances 2021 Edition]、見直しは一般財団法人 日本エネルギー経済研究所(IEEA)

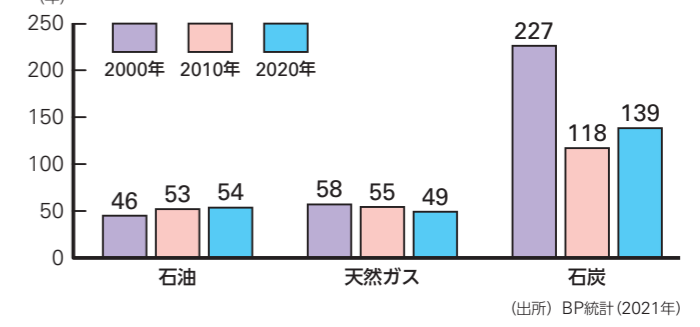
◆確認可採埋蔵量と可採年数

現在の技術で経済的に採掘が可能であると確認されている資源量を「確認可採埋蔵量」といい、これを年間の生産量で割った値を「可採年数」とよんでいる。可採年数は、確認されている可採埋蔵量を現在のペースで生産した場合に採掘できる期間を表している。可採年数は今後も可採埋蔵量、あるいは生産量の変動によって変化する。

1970年代の石油ショック当時は石油の枯渇問題が深刻に懸念されたが、採掘技術の向上や新たな石油資源の発見・確認によって、1980年代以降、可採年数はほぼ40年程度の水準を維持し続けてきた。近年は確認可採埋蔵量の拡大やシェールガス・オ

イルの生産などもあり、可採年数はむしろ増加している。一方、石炭は中国やインドなどの経済成長に伴い需要が増加し、可採年数は急速に減少している。

エネルギー資源の確認可採年数の変化



◆石油の輸入

石油の主な生産国は中東地域を中心にアメリカ、ロシアなどである。日本では石油ショック以降、中東地域など特定の地域に頼りすぎないように輸入先の多様化を図り、一度は中東からの輸入依存度が低下した。しかし、1990年以降、再び中東依存度は上昇傾向にあり、2020年度の石油輸入先は約9割が中東地域となっている。
*石油の輸送ルートについては16ページ参照。

◆天然ガスの輸入

天然ガスは-162℃前後まで冷却すると液化(液化天然ガス=LNG:Liquefied Natural Gas)する。欧米諸国では気体のままパイプラインで輸送しているが、日本はこの天然ガスの特性を利用し、産出国で液化し、特殊なタンカーで輸入している。
主な輸入先は日本から地理的に近いアジア・オセアニア地域である。LNGタンカーで片道約1週間かけて運ばれてくる。

◆石炭の輸入

日本にも石炭は埋蔵されており、かつては盛んに採掘されていた。1960年代以降安価な海外炭の輸入量が増え、現在ではほぼ全量を輸入に頼っている。
石炭は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国々から輸入されている。

◆ウランの輸入

日本はウランの100%を輸入に頼っており、輸入先はカナダ、オーストラリア、カザフスタンなどである。安定供給の観点から長期購入計画を結んで輸入しているが、供給源の多様化が課題となっている。

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

(1) エネルギーの安定供給のために - Energy Security -

社会科

- 地理 …世界の諸地域
- 地理 …日本の地域的特色 (資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
- 歴史 …現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界)
- 公民 …私たちと国際社会の諸課題 (資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科

- 理科 …科学技術と人間 (エネルギーと物質)
- 技術分野 …エネルギー変換の技術

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

◆石油の輸入事情

日本で使用される石油の約9割は、1万2千km以上離れた中東から海上輸送されている。また、天然ガスはオーストラリアのほか、東南アジアや中東から海上輸送されている。その過程で、政治・軍事情勢が不安定なホルムズ海峡や海賊行為が横行しているマラッカ海峡、国際社会で緊張が高まっている南シナ海を通過しなければならない。

◆中東地域の産油国と海上輸送

中東地域の産油国と海上輸送のルート。中東から日本への輸送には、インド洋と南シナ海を通過する必要がある。また、海上における緊張地域も示されている。

輸送経路	中東	マラッカ海峡	南シナ海
天然ガス	21%	27%	52%

◆エネルギー資源の備蓄・在庫日数

資源	備蓄	日数	備蓄	日数
石油	国家備蓄	144日分	4,440万バレル	-
	民間備蓄	84日分	2,589万バレル	-
	産油国共同備蓄	5日分	152万バレル	-
合計	233日分	7,181万バレル	-	-
LPガス	国家備蓄	516日分	130万トン	-
	民間備蓄	56日分	13万トン	-
	合計	108.4日分	292万トン	-
天然ガス(LNG)	民間備蓄	約20日分	-	-
	民間備蓄	約20日分	-	-
	民間備蓄	約20日分	-	-

◆エネルギー資源の安定確保

エネルギー資源を輸入にたよっている日本は、世界のエネルギー動向の影響を受けやすい。そのため輸入相手国の多様化や国内外での自主資源開発、主要産出国との関係強化など、安定した供給を確保するためにさまざまな努力をしている。

◆石油、天然ガスの自主開発比率の推移

2000年度までは石油のみの自主開発比率。2009年度以降は天然ガスを含む。2020年度は40.1%に達している。

◆石油輸入価格の推移

石油は、家庭で使用するガソリンや石油化学製品の原料としてだけでなく、農業、工業、船舶や飛行機などの燃料として欠かすことのできない資源である。そのため、石油価格の変動は、わたしたちの生活にもさまざまな場面に影響を及ぼす。

◆エネルギーセキュリティ

2022年、ロシアのウクライナ侵攻を背景に、原油や天然ガスの価格が高騰。特に、ロシアからバイパスルートを通じて天然ガスを供給していたEU各国では、エネルギーの確保が急務となった。

エネルギーセキュリティとは、こうした社会情勢の変化などに過度に左右されず、必要な量を適正な価格で安定的に入手できるような状態を指す。エネルギー資源の多くを輸入に頼る日本では、輸入相手国のさらなる分散のほか、国産エネルギーの開発を進めている。

日本がエネルギーを安定して得るためには、どうすればよいかを考えてみよう。

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

◆エネルギーセキュリティ

経済活動や市民生活を営む上で、必要な量のエネルギーを安定的・合理的に、適正な価格で確保することをいう。エネルギー安全保障とも呼ばれ、世界情勢が変われば、エネルギー供給が止められてしまうリスクもあり、その対策に取り組むことはとても重要だ。

エネルギー資源の多くを輸入に頼る日本では、輸入国の分散や備蓄、資源の多様化、権益の獲得といったさまざまな側面からの対策が必要である。近年、日本の近海に「メタンハイドレート」という大量資源の存在がわかり、エネルギーの海外依存から抜け出す国産資源として期待されている。ただし、商業化のめどは立っていない。

一次エネルギー自給率、エネルギー利用効率を上げるためには、再生可能エネルギーの供給拡大とともに、供給インフラの災害対応も鍵を握る。

◆石油の海上輸送とチョークポイント

エネルギーの輸送経路の安全確保は一つの課題だ。海上輸送ルートとして世界的によく使われている狭い海峡を「チョークポイント」と呼び、ホルムズ海峡、マラッカ海峡は、リスクの高いチョークポイントとなっている。2021年には、日本のコンテナ船による座礁事故でスエズ運河が通行不能になり、世界経済に大きな影響を及ぼした。近年は、周辺海域の領有権などをめぐって南シナ海のリスクの高まりが懸念されている。

◆エネルギー資源の備蓄

石油は日本の一次エネルギーの4割近くを占めており、その輸入先は中東地域に約9割を依存している。第一次石油ショック後、国際エネルギー機関(IEA)が発足し、各加盟国に90日分の石油備蓄が義務づけられた。これを受けて日本では1975年に石油備蓄法が制定され、本格的な民間備蓄が始まり、1978年からは国家備蓄も開始された。産油国に日本国内の石油タンクを貸し出し、供給危機の際に供給を受ける「産油国共同備蓄事業」もおこなわれている。

◆石油価格の変動

2000年以降の石油価格に影響を及ぼす要因には、

地政学的なリスク、中国やインドをはじめとする非OECD諸国での需要の急増、資源ナショナリズムの台頭、探鉱・開発投資の消極化などが挙げられてきた。近年は、ドル相場との関係や他の商品市場との関係など、石油は金融資産としての性格も強くなっている。

石油価格は、2008年にアメリカ大手証券会社の経営破綻を契機に発生した経済危機(リーマンショック)によって急速に下落した。その後、一次は価格が上昇したが、2014年以降は、シェールオイルをはじめとする非OPEC産油国の供給増加やOPEC産油国が市場におけるシェア確保を重視したこと、非OECD諸国の石油需要の伸びが鈍化し始めたことなどから、石油価格は再び下落した。

2017年からはOPECプラス協調減産の影響で価格変動が繰り返された。2020年には参加国の足並みがそろわなくなり、協調減産体制を終了。しかし、コロナ禍で世界の石油需要は落ち込み、価格は大幅に急落した。それを受け、減産の調整をおこない、経済活動の再開とともに価格は上昇していった。2022年のロシアによるウクライナ侵攻により、石油価格はかつてない上昇が見られた。

中長期的には、アジア、中東などでの需要増加は確実なものと考えられ、将来的には石油需給が逼迫することも予想されている。

◆シェール革命による世界のエネルギー需給構造の変化

2000年代後半以降、アメリカやカナダでは、シェール層に含まれる非在来型の天然ガス・石油の商業生産がおこなわれるようになり、近年は、北米以外の地域でも開発が進められつつある。シェールガスやシェールオイルは、今後の国際的なエネルギー需給構造を大きく変化させる可能性があると考えられており、「シェール革命」ともいわれている。

アメリカはシェールオイル生産量が急激に増加した結果、2018年にサウジアラビア、ロシアを抜き石油生産量世界第一位となった。日本も2017年よりアメリカからシェールガスの輸入を開始した。エネルギー需給構造の変化は、中長期的には、アメリカによる中東情勢への関与を弱めさせ、結果として中東情勢をより不安定化させる可能性や、アジアにおけるエネルギー需要の中心となる中国の影響力の拡大といった、エネルギー問題の枠を超えた国際関係の変化を引き起こす原因にもなり得る。

学習のねらい

- 日本のエネルギー事情を踏まえ、その課題や国際社会との関係の重要性に気づく。
- 石油価格が私たちの社会や暮らしに与える影響について考える。
- 日本がエネルギーを安定供給し続けるため、どのように取り組んでいけばよいか考える。

学習のポイント

- 石油は政情の不安定な中東地域から多く輸入され、リスクのあるルートを通って輸送しなければならない。
- 石油価格が変動する原因は、世界情勢や経済情勢などの影響が大きい。
- シェールガスは世界のエネルギー事情を変える可能性のあるエネルギー資源である。

(2) 地球環境問題への取り組み - Environment -

社会科 地理...世界の諸地域 歴史...現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界) 公民...私たちと経済 (公害の防止と環境保全) 公民...私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科 家庭分野...消費生活・環境についての課題と実践 理科...科学技術と人間 (自然環境の保全と科学技術の利用) 技術分野...材料と加工の技術 動画へGO! 『地球温暖化』 NHK for School

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー (2) 地球環境問題への取り組み - Environment -

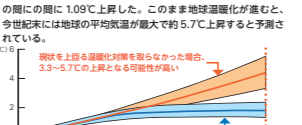
地球温暖化

地球温暖化とは、大気中の温室効果ガスの濃度が高くなり、地球の平均気温が高くなることをいう。地球の温室効果ガスは18世紀まで安定していたが、産業革命以降、石炭や石油などの化石燃料を大量に消費して二酸化炭素を大量に排出したことが、温室効果ガスの増大につながり、地球温暖化の主な原因と考えられている。

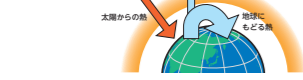
地球温暖化の影響

- 海水が熱で膨張し海面が上昇する。
内陸部では乾燥化(砂漠化)が進む。
熱帯地域では台風、ハリケーンなど熱帯性の低気圧が猛威を振るい、洪水や高潮などの被害が多くなる。
マリアナなど熱帯性の感染症の発生範囲が広がる。
気候の変化で作物が正常に育たなかったり、病虫害の増加で生産が減少したりするなど。

21世紀末における地上気温の変化



地球温暖化のメカニズム



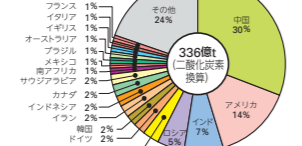
地球温暖化防止の取り組み

1992年、世界各国は「環境と開発に関する国際連合会議」において、地球温暖化対策に世界全体で取り組むことに合意し、「国連気候変動枠組条約」を採択した。1995年以降、毎年開催される「気候変動枠組条約締約国会議(通称COP: Conference of the Parties)」を通じ、温室効果ガスの排出を削減する対策を進めてきた。

主な国際的な取り組みの流れ

Table with 2 columns: Year and Event. Rows include 1992 (UNFCCC), 1997 (COP3), 2008-2012 (COP13), 2013-2018 (COP19), 2015 (COP21), 2016 (COP22), 2018 (COP24), 2021 (COP26).

世界の二酸化炭素排出量(2019年)



パリ協定とその後

パリ協定とは世界全体で温室効果ガスの排出をおさえ、地球温暖化対策に取り組もうという国際的な枠組みであり、世界のほとんどの国が参加している。COP21で採択されたパリ協定は先進国を対象とした京都議定書とは異なり、途上国も含むすべての国を対象としていることや、温室効果ガスの削減だけでなく気候変動への適応、資金支援などの幅広いテーマを含んでいる。世界共通の長期目標として地球の平均気温上昇を産業革命前からの2℃より十分低く保ち、1.5℃以下におさえること、また、21世紀の後半に世界の温室効果ガス排出を実質ゼロにすることを目標に掲げて努力することが決まった。

主な国・地域の温室効果ガス削減目標

Table with 4 columns: Country, Target, Comparison, and Year. Rows include Japan (46% reduction by 2030), China (60-65% reduction by 2030), India (45% reduction by 2030), EU (55% reduction by 2030), Russia (70% reduction by 2030), and USA (50-52% reduction by 2030).

日本の取り組み

日本は2030年度において2013年度の温室効果ガス排出量と比べて46%削減する目標を定めている。さらに2050年にはカーボンニュートラルを実現することを長期目標に掲げている。経済と環境の両立を図りつつ、再生可能エネルギーなど低炭素な発電方法を今までのスピードで増やしたり、エネルギーを効率的に使う革新的技術を導入したりする取り組みが進められている。

その他の地球環境問題

人間が経済を発展させ、豊かで快適な生活を求めた結果、自然の循環環境システムがくずれ、さまざまな環境問題が起きている。これらの問題には経済の発展だけでなく、発展途上国の貧困や人口増加なども関係している。一部の国の取り組みでは問題の解決は困難で、国際的な協力が不可欠である。



国際的な取り組みとパリ協定

地球温暖化防止のための国際的な取り組みとしては、1995年より「気候変動枠組条約締約国会議(COP)」が開かれている。1997年のCOP3で採択された京都議定書では、先進国のみに対し2008年～2012年における温室効果ガス排出削減の数値目標を定めた。しかし、排出量が急増していた中国やインドなどの発展途上国からの排出量についても措置を求める声が高まってきた。

これらを受け、「パリ協定」は2015年12月12日にCOP21で採択された。175か国・地域が署名し、世界の温室効果ガス総排出量の55%を占める55か国による締結という発効要件を満たし、2016年11月4日に正式発効した。2018年のCOP24ではパリ協定の実施ルールの合意が決定。2021年開催のCOP26では、「グラスゴー気候合意」が採択され、地球の気温上昇を1.5℃に抑えるシナリオが織り込まれた。154か国・1地域が年限を区切ったカーボンニュートラルの実現を表明している。

※アメリカは2020年11月にパリ協定を離脱したが、2021年2月に復帰した。

なお、地球温暖化に関する科学的、技術的、社会経済的な最新の知見に基づいた影響、対策などについては、IPCC※(Intergovernmental Panel on Climate Change = 国際的な国連気候変動に関する政府間パネル)でまとめられたものが公表されており、国際的な取り組みに役立てられている。

※IPCCの第5次報告書では、温室効果ガスの緩和策を前提として将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なものを選んだ「RCPシナリオ(Representative Concentration Pathways)」が作成された。第6次報告書では、温暖化の原因が人間活動であると断定し、気温上昇の予測シナリオとリスク評価が改められた。RCPシナリオに基づいた将来の気候の予測や影響評価などに関する報告は、社会経済シナリオの策定に役立てられている。

日本の取り組み

日本は2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度の水準から46%削減、さらに「2050年カーボンニュートラル」を長期目標に掲げている。目標の達成には二酸化炭素の低排出なエネルギーミックスの推進と、一層のエネルギー効率化の追求が必要である。2030年には徹底した省エネルギーをおこなった上、再エネを36~38%、原子力を20~22%とし、水素・アンモニア発電1%を加えるなど電源構成の見通しが示されている(生徒用62ページ参照)。

企業には自社の排出量をさらに削減するだけでなく、高機能素材や低炭素・省エネ製品の開発・国内

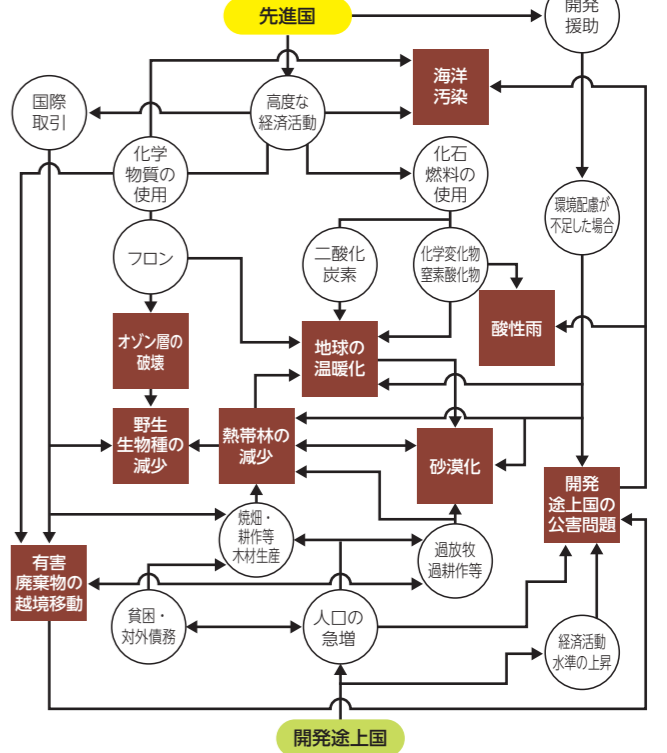
外への普及を進めることが求められている。また私たちには、生活の中でのエネルギーの使い方や消費行動を見直すことが求められている。その中で忘れてはいけないことは、経済と環境の両立を図っていく姿勢である。経済発展がなければ温暖化対策に有用な革新的イノベーションは生まれず、画期的な省エネ製品への買い替えを促すことも難しくなる。低排出型社会実現のため、排出削減の取り組みを、経済や社会の発展に向けた取り組みとセットで進めていくことが重要となっている。

複雑に絡み合う地球環境問題

私たち人間が経済を発展させ豊かで快適な生活を求めた結果、自然環境のバランスが崩れ、さまざまな環境問題が起きている。これらの問題は経済の発展だけでなく、発展途上国の貧困や人口増加など、社会的、経済的に複雑な原因が絡み合っている。また、その影響は一つの国や地域に留まらず、国境を越え地球規模で顕著化している。今、私たちが直面している地球環境問題は、先進国も発展途上国も地球上すべての人々が加害者であり、同時に被害者でもあるといえる。

これからの未来、私たちがエネルギー利用と環境保全の調和をどのように図っていくかが重要な課題となっている。

地球環境問題の相互関係



(出所) 日本環境協会「環境シリーズNo.51」を基に作成

※地球温暖化とオゾン層の破壊は原因、事象が異なる環境問題である。混同しないよう注意が必要である。

(3) 暮らしを支えるエネルギー - Economic Efficiency -

社会科 地理...世界の諸地域
地理...日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
歴史...現代の日本と世界(日本の経済発展)
公民...私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科 理科...科学技術と人間(エネルギーと物質)
技術分野...エネルギー変換の技術

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー
(3) 暮らしを支えるエネルギー - Economic Efficiency -
エネルギー資源の供給と利用形態
エネルギー資源はさまざまな過程で形を変え、エネルギー源や日用品としてわたしたちの家庭に届けられている。
エネルギー資源の特徴と使われ方
石油、LPガス、天然ガス(LNG)、石炭

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

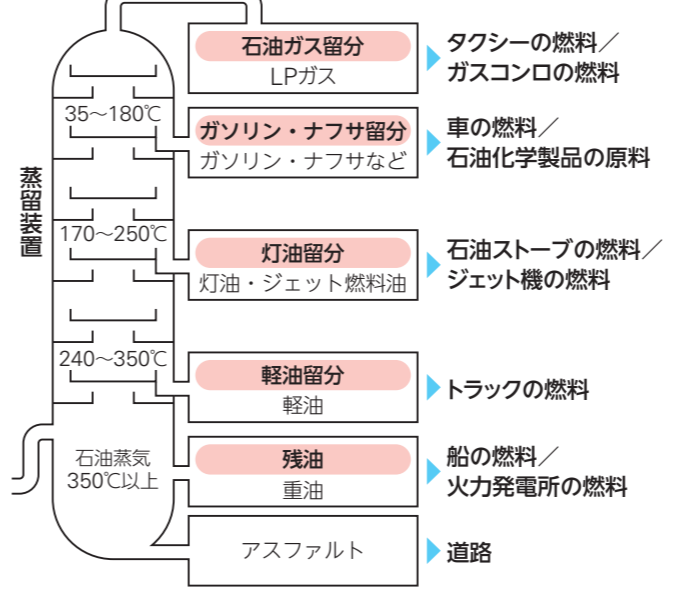
石油

世界で一番消費されているエネルギー資源である。
くらしや社会を支える基幹エネルギーとなっている。
発電の燃料や熱源、動力源のほかに、化学製品など工業製品としても利用されるなど、幅広い用途を持ち、多様な分野で使われている。
燃焼時に地球温暖化の原因となる二酸化炭素や硫黄酸化物、窒素酸化物を排出する。

石油の精製

石油は350℃の炉の中で熱せられてガスとなり、蒸留装置へ送られる。送られたガスは軽いものは上へ、重いものは下へと分かれ、そこで冷えて液体に戻り、それぞれの製品へと分かれていく。
その後、必要に応じて分解や混合などの化学処理がおこなわれ、ガソリンや灯油などの石油製品が製造される。また、硫黄などの不純物もここで取り除く。石油からはさまざまな石油製品が製造されるが、製造することのできる割合は石油の品質により決まっているため、需要に応じて特定の一製品だけを製造することはできない(連産品)。従って、ある一つの製品の生産を調整しようとした場合は、同時に生産される他の製品にも影響を及ぼす。

蒸留装置のしくみ



LPガス

LPガスは主として油田(石油)、ガス田(天然ガス)から一緒に出てくるもので、それを分離することで生産される。このためその資源量は天然ガス、石油の埋蔵量に依存する。また、LPガスは過去におい

ては油田、ガス田で焼却などの処分がされていたもので、資源の有効利用を図ったエネルギーでもある。天然ガスなどと同じ化石燃料に分類されており、炭素数の異なるプロパンとブタンがある。
低温、または高圧力で液化するため運搬が容易である。硫黄分がほとんど含まれず、発熱量当たりの二酸化炭素排出量も比較的少ないクリーンなエネルギー資源である。

天然ガス

石油に比べ資源が世界各地に分布しており、埋蔵量も豊富である。国内でも僅かながら生産しているが、約98%を輸入に頼っている。石油ショック以降石油に代わるエネルギーとして積極的に導入を進めている。約60%は火力発電の燃料、約33%は都市ガスの原料として利用されている(2020年度)。
天然ガスは化石燃料の中では熱量が高く、液化する際、硫黄分などの不純物を取り除くことができる。また、石油や石炭に比べ二酸化炭素の排出が少ないという特徴を持っており、化石燃料の中では比較的クリーンなエネルギー資源である。

石炭

発電の燃料や熱源として利用されるほかに、鉄鋼生産の原料としても用いられている。世界に広く分布し、埋蔵量も豊富で安価な反面、固体のため輸送は不便である。
石炭は他の化石燃料に比べ発熱量当たりの二酸化炭素、硫黄酸化物、窒素酸化物の排出量が多いという課題を抱えている。現在、石炭をガス化して高効率に燃やすなど、石炭利用に伴う環境負荷を低減する技術(クリーン・コール・テクノロジー)の開発(56~57ページ)が進められている。

ウラン

ウランは発電の燃料としてのみ利用されている。天然ウランには核分裂するウラン235が0.7%しか含まれていない。そのため原子力発電の燃料には、このウラン235の比率を3~5%まで高めた低濃縮ウランを使用する。
エネルギー密度が高く、少量で発電が可能である上、発電に伴って二酸化炭素や大気汚染物質を出さないという利点がある。核分裂によって放射性物質が生じることから、これを閉じ込めるために徹底した安全管理が要求される。

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

(3) 暮らしを支えるエネルギー - Economic Efficiency -

社会科

- 地理…日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
- 歴史…現代の日本と世界(日本の経済発展)
- 公民…私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科

- 理科…科学技術と人間(エネルギーと物質)
- 技術分野…エネルギー変換の技術



『坂出發電所 パーチャル見学動画』 四国電力

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

日本の諸地域とエネルギー(東日本)

日本は東西南北に長い国で、地域によってエネルギー事情が異なる。自分の住んでいる地域の地形や気候、産業などを思い出しながら地図を見てみよう。



- 社会科…日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
- 歴史…現代の日本と世界(日本の経済発展)
- 公民…私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

日本の油・ガス田

日本は世界有数のエネルギー消費国である。現在、石油、天然ガスのほとんどは世界各国から輸入されているが、わずかながら国内でも生産されている。

【石油】 古くは「日本書紀」の天智天皇七年(668年)七月に越の国(現在の新潟県)より天智天皇に「燭の水(燭水)」が献上されたという記述がある。現在も新潟県や秋田県の新潟県沿岸などで石油が採掘されている。

【ガス田】 日本にはガス体のまま圧縮されて溜まっている天然ガスと、地下水に溶け込んでいる水溶性天然ガスがある。新潟県、千葉県、北海道などで天然ガスの生産をおこなっている。

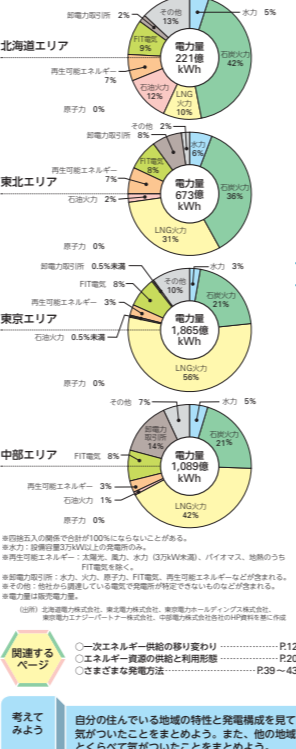
	国内生産	国内供給に占める割合
石油	約51万kL	約0.4%
天然ガス	約161万t	約2.1%

風力発電導入量上位10道県(基効順)

道県	設置容量(kW)	設置基効(基)
青森県	655,633	334
北海道	491,060	301
秋田県	648,159	296
鹿児島県	266,410	149
三重県	202,300	115
静岡県	190,500	109
和歌山県	170,720	101
岩手県	153,790	98
福島県	175,985	95
鳥取県	178,070	87

- 理科…科学技術と人間(エネルギーと物質)
- 技術分野…エネルギー変換の技術

各エリアの電源構成(2021年度)



自分の住んでいる地域の特性と電源構成を見て気づいたことをまとめよう。また、他の地域とくらべて気づいたことをまとめよう。

学習のねらい

- 地域によってエネルギーの使われ方が異なることを理解する。
- 地域によって発電方法に特色があることを理解する。
- エネルギー資源を輸入に頼る日本だが、わずかながら国内で生産されていることに気づく。

学習のポイント

- それぞれの地域は気候風土、産業などの特徴に合わせてエネルギーを利用している。
- 火力発電が中心だが、原子力や水力、再生可能エネルギー発電の割合が高い地域もある。
- かつては国産のエネルギー資源も使われていた。

授業展開例 関連ページ

- 資源・エネルギーから見た日本の特色(8~9ページ)

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

日本の諸地域とエネルギー(西日本)



- 社会科…日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
- 歴史…現代の日本と世界(日本の経済発展)
- 公民…私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

日本の炭鉱

日本では江戸時代の初期から石炭を薪の代わりに利用して使われていた。明治時代に入り、石炭は鉄鋼の製造に欠かせない資源として日本の近代化を支えた。石炭は九州、中国、関東、東北、北海道の各地で採掘され、最盛期にはこれらの地域を中心に全国に900以上の炭鉱が開採された。現在、北海道の7炭鉱を除いてすべての炭鉱は閉山している。

	国内生産	総供給に占める割合
石炭	約75万t	約0.4%

太陽光発電

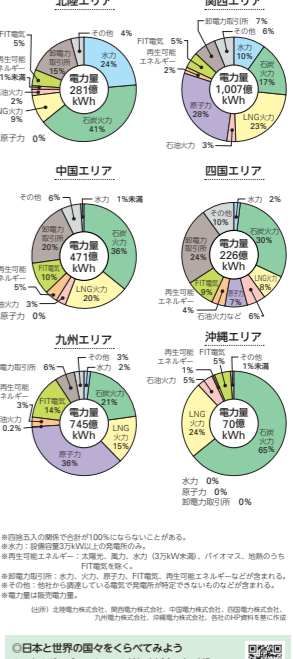
2012年から始まった「固定価格買取制度」は、全国各地で太陽光発電設備の導入を後押しした。その結果、全国レベルの導入量が約7800万kW(2021年末、REN21「自然エネルギー世界白書2022」調べ)となり、好天候の日照、特に電力需要が少ない春や秋の休日には、供給電力の多くをまかなえるようになった。ただし、曇りや雨の時、また夜間の電力需要には対応できないため、火力発電に代表されるような、バックアップ用の電源を常に待機させる状態を構築しなければならぬ。最近では、蓄電池を備えるシステムを設置し、積極的に対応を図るケースが増えてきている。

今後の電源開発

電気は特性上、使用量に応じて発電するしくみとなっている。このため、太陽光発電や水力発電などの天候に左右される発電に関しては、バックアップに火力発電が不可欠だ。今後開発される電源には、景観や環境への配慮もとり、それぞれの設備が安定供給を考慮したシステムとなり、ライフサイクルで見て、エネルギーを経済的に活用できることが求められる。蓄電池などに置き換えるためには、さらなる技術開発と時間が必要である。このため、利用者には一層の省エネルギーの促進が求められる。

- 理科…科学技術と人間(エネルギーと物質)
- 技術分野…エネルギー変換の技術

各エリアの電源構成(2021年度)



日本と世界の国々をくらべてみよう

エネルギーデータをまとめたWorld MapのHP https://energy-kyoiku.jp/japanese/map/

世界のエネルギー資源生産国ベスト5(2021年)

順位	国名	シェア
1	アメリカ	18.5%
2	サウジアラビア	12.2%
3	ロシア	12.2%
4	カナダ	6.0%
5	イラク	4.6%

[天然ガス]

順位	国名	シェア
1	アメリカ	23.1%
2	ロシア	17.4%
3	イラン	6.4%
4	中国	5.2%
5	カタール	4.4%

[石炭]

順位	国名	シェア
1	中国	50.8%
2	インドネシア	9.0%
3	インド	8.0%
4	オーストラリア	7.4%
5	アメリカ	7.0%

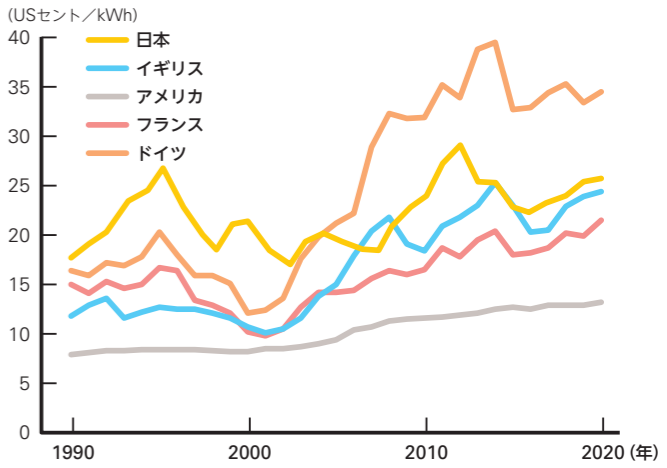
(出所) BP「Statistical Review of World Energy 2022」

世界の電気料金事情

2000年以降、世界各国の電気料金は上昇傾向にある。主な理由の一つは世界的な化石燃料価格の上昇で、特に火力発電比率の高い国ではその影響が大きく、低い国では小さい。また、再生可能エネルギーによる発電比率が上昇している国では、その国のエネルギー政策に基づく租税公課(付加価値税、電力消費税など)の負担増による価格上昇が起きている。

※日本は租税公課ではなく「再生可能エネルギー発電促進賦課金」として負担することになっている(26~27ページ参照)。

日本と世界の主な国の家庭用電気料金の推移



※事業用の料金は、家庭用の約50~65%程度と国によって異なる。(出所) IEA「Energy Prices and Taxes」を基に作成

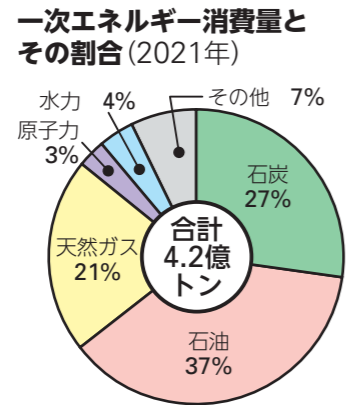
◆世界と日本のエネルギー事情

世界各国のエネルギー消費事情は、それぞれの国のエネルギー資源の有無、気候や文化、経済発展の度合いなどによってさまざまであり、各国のエネルギー事情は異なる。

2022年のウクライナ侵攻に対するロシアへの経済制裁により、化石燃料をロシアに依存してきた世界各国では需給が逼迫し、エネルギー・資源価格高騰を招いた。欧州ではロシアからのパイプラインで輸入していた天然ガスの不足により、エネルギーセキュリティにも大きな影響が及ぼされた。

日本は世界で5番目に一次エネルギー消費量の多い国であるが、国産のエネルギー資源をほとんど持たないことから自給率が低く、エネルギー政策において安定供給が重要課題となっている。

〈日本〉
国土面積：37.8万km²
人口：12,461万人
名目GDP：4,932,556百万USドル

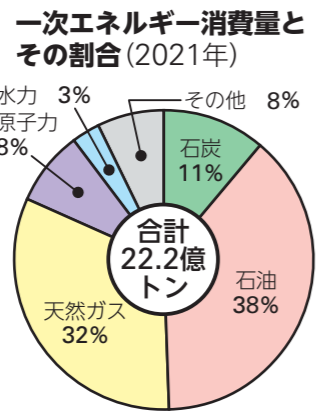


◆アメリカのエネルギー事情

世界第2位のエネルギー消費国であるアメリカでは、化石燃料の消費割合が8割を超えている。近年は、シェールガスやシェールオイルなどの非在来型資源の生産が本格化し、石油輸入国から輸出国に転じた。アメリカを中心としたシェールガス、シェールオイルの実用化は「シェール革命」とよばれている。

ロシアのウクライナ侵攻により、ロシア産の原油・天然ガス等の輸入は全面禁止し、太陽光発電を含めた国産再生可能エネルギーを強化しようとしている。

国土面積：983.7万km²
人口：33,700万人
名目GDP：22,996,075百万USドル

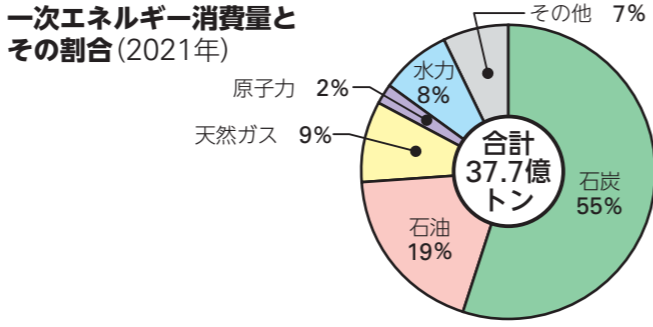


◆中国のエネルギー事情

人口増加と急速な経済発展によって、エネルギー消費が急増してきた。現在、世界第1位のエネルギー消費国で、そのエネルギー消費の半分以上をまかなっているのは石炭である。

エネルギー資源に恵まれた国であるが、急激な消費の伸びにより、エネルギー資源の輸入量が増加し、エネルギー自給率は8割ほどである。石炭を中心に、ロシア産エネルギーへの依存が高まっている。

国土面積：956.3万km²
人口：142,589万人
名目GDP：17,744,640百万USドル

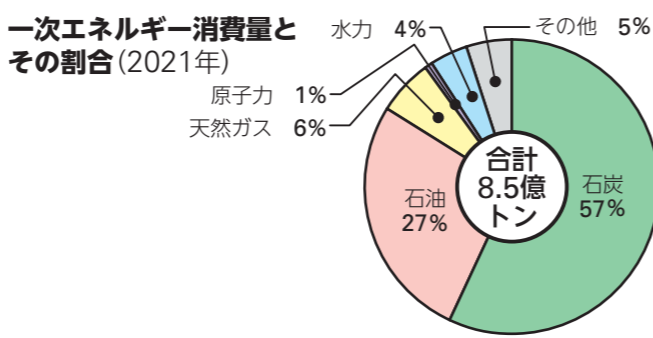


◆インドのエネルギー事情

約14億人という世界第2位の人口を抱えるインドは、中国、アメリカに次いで世界第3位のエネルギー消費国である。主に産業部門で使われている電力は石炭の割合が50%を超えている。また、薪や藁、牛糞などの非商業エネルギーの利用が見られる。慢性的な電力不足が問題となっている。

2023年には人口14億2900万人となり、中国を追い越すと見られ、エネルギー消費量の増大に伴って安価なロシア産石炭・原油を輸入する方針である。

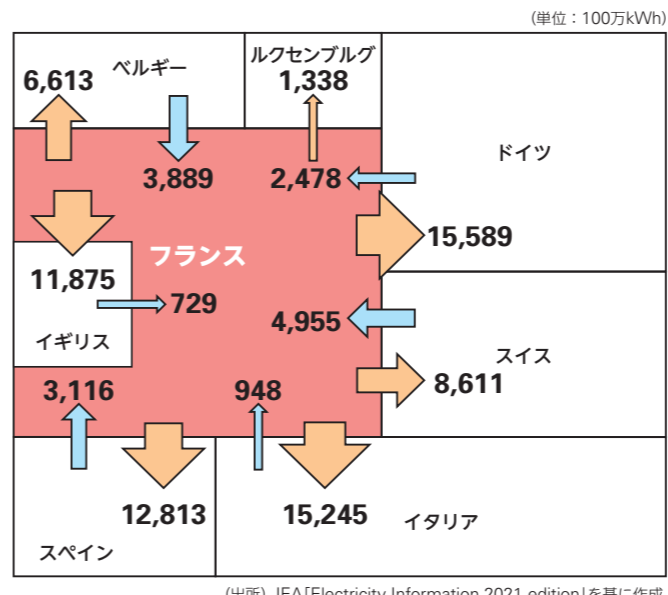
国土面積：328.7万km²
人口：140,756万人
名目GDP：3,176,296百万USドル



◆EUのエネルギー事情

EU諸国は国境を越えて労働力やサービスなどの行き来が活発である。エネルギーも電力送電網や天然ガスのパイプライン網が国境を越えて発達しており、エネルギーの輸出入が盛んである。

フランスを中心とした電力輸出入の状況(2019年)

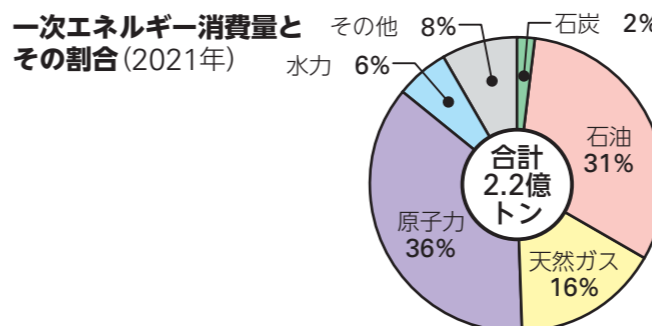


◆フランスのエネルギー事情

日本と同様に国産のエネルギー資源をほとんど有していない。キューリー夫妻以来、自国の原子力技術に誇りを持ち、原子力利用を進めてきた。原子力は、仮に海外からの調達途絶した場合でも数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できるため、化石燃料に比してエネルギーセキュリティの改善に貢献する。

しかし、原子炉の多くは改修などにより稼働が制限される課題も抱えており、原子力発電の比率は下がってきている。2022年には、最大14基の原発を2050年までに増設する計画を発表した。

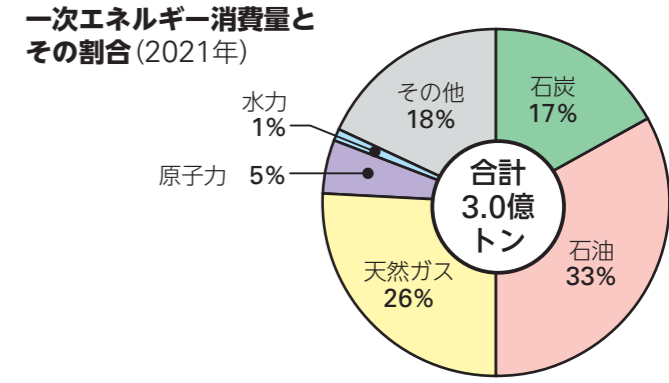
国土面積：54.9万km²
人口：6,453万人
名目GDP：2,957,425百万USドル



◆ドイツのエネルギー事情

ヨーロッパ最大のエネルギー消費国である。石油ショック以降、原子力利用を推進してきたが、2011年の東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、原子力ゼロ政策に転換し、再生可能エネルギーの導入を進めている。ロシア産天然ガスへの依存度が高く、ロシアのウクライナ侵攻に際し、その転換を迫られている。

国土面積：35.8万km²
人口：8,341万人
名目GDP：4,262,767百万USドル

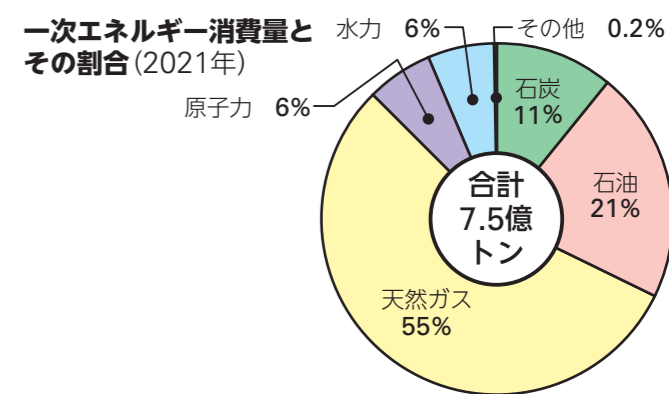


◆ロシアのエネルギー事情

日本の45倍という広大な国土をもつロシアは、天然ガス(埋蔵量世界1位)、石炭(同2位)、石油(同6位)などエネルギー資源に恵まれている。天然ガスはパイプラインを通じ、主にヨーロッパへ輸出されていたが、ウクライナ侵攻以降は、各国がロシア産化石燃料からの早期脱却を図っている。

国内での消費は天然ガスが50%を超えており、世界第4位のエネルギー消費国であるが、エネルギー

国土面積：1,709.8万km²
人口：14,510万人
名目GDP：1,778,530百万USドル



※一次エネルギー(商取引される燃料)には、発電に使用される最新の再生可能エネルギーを含む。
※パーセントは小数点以下を四捨五入しているため、合計しても100にならない場合がある。
(出所) 消費量(2021年)：BP [Statistical Review of World Energy 2022]、人口(2021年)：UN [World Population Prospects 2022]、国土面積(2020年)：Food and Agriculture Organization of UN資料、名目GDP(2021年)：IMF [World Economic Outlook Database]

(3) 暮らしを支えるエネルギー - Economic Efficiency -

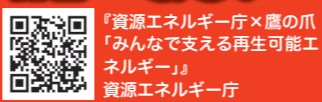
社会科

- 地理...日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
歴史...現代の日本と世界(日本の経済発展)
公民...私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

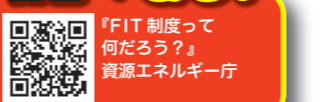
その他の教科

- 理科...科学技術と人間(エネルギーと物質)
技術分野...エネルギー変換の技術

動画へGO!



動画へGO!

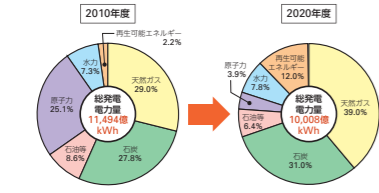


社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

電気をとりまく環境の変化

震災後、日本の発電用エネルギー資源には大きな変化があった。国内の原子力発電所の多くが停止しているため(2022年現在)、代替エネルギーとして化石燃料に依存することになった。

発電用エネルギー資源の変化

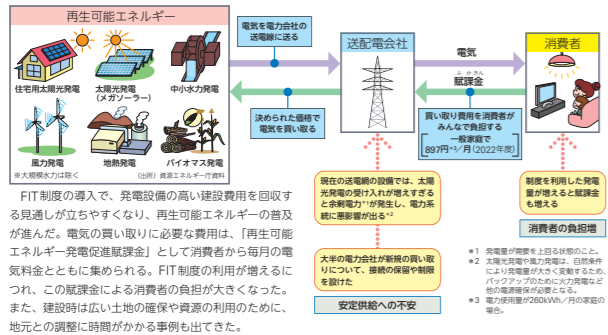


2010年度の発電量の内訳と比べ、2020年度は天然ガスや再生可能エネルギーの割合が大きく増え、原子力の割合が小さくなっている。化石燃料への依存が高まると、燃料コストの上昇による電気代の値上がり、二酸化炭素排出量の増加といった影響もある。再生可能エネルギーは環境負荷が低い国産エネルギー資源として今後いっそうの導入が期待されている。

再生可能エネルギーの導入をめぐる

国では再生可能エネルギーの普及を進めるため、2012年に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(FIT法)」(2017年から改正FIT法)を施行した。この法律に基づき「固定価格買取制度(FIT)」が導入された。これは、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスで発電された電気を、電力会社が一定価格で一定期間買い取ることを国が約束する制度である。

固定価格買取制度のしくみと問題点



電気料金の変化とその影響

電気料金は火力発電の燃料である化石燃料価格や為替の変動などに影響される。震災以降は電気料金の値上げが相次いだため、一時期は大幅に上昇した。2014年以降は石油価格の下落などにより料金水準は低くなったが、2017年以降、再び上昇している。2010年度とくらべると、2020年度の平均単価は家庭向けで約14%、産業向けで約15%上昇した。

さらに、再生可能エネルギー発電促進賦課金(FIT)の導入により、電気料金は上昇傾向にある。こうした傾向は、家計の負担を増やすだけでなく、電力を大量に消費する企業の利益を圧迫し、海外へ生産拠点を移すなど、日本経済に大きな影響を及ぼしつつある。

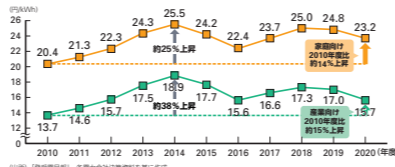
固定価格買取制度の見直し

FITによる買取費用は、2020年度に4兆円近くにもなり、2030年には5兆8,000億円~6兆円と想定される。再生可能エネルギーのコストをできるだけおさえ、一人ひとりの負担を抑制しつつ普及を図る取り組みが必要である。住宅用太陽光発電については一定の導入が進んでいるため、2019年度より買取価格を家庭用電気料金並みの価格におさえ、また設置10年を超えたものから買い取りを終了することになっている。

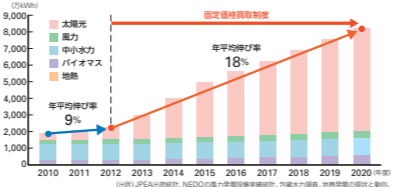
電気使用量のお知らせ

Table showing electricity usage information for a specific date (6/30), including total usage, peak usage, and average usage.

電気料金平均単価の推移



再生可能エネルギーの設備容量の推移



再生可能エネルギー発電促進賦課金の推移



関連するページ

持続可能な社会をめざして... P11
さまざまな発電方法... P39-43
電気を安定供給するためのしくみ... P50-51

日本の電気料金のしくみと比較するため、外国の電気料金のしくみも調べてみよう。

電気をとりまく環境の変化

東日本大震災の影響により、2013年9月以降原子力発電所の運転停止が続いていたが、2015年8月から川内原子力発電所(鹿児島県)が運転を再開し、2022年7月現在、10基の原子力発電所が再稼働している。

電源として海外からの化石燃料に依存する割合についてみると、震災前(2010年度)は約6割だったものが、2020年度には約8.5割に増加している。

再生可能エネルギーの固定価格買取制度

東日本大震災の翌年、再生可能エネルギーへの期待が高まっていた中で施行された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(FIT法)」は、再生可能エネルギー導入を拡大させる大きな原動力となった。FIT法に基づき「固定価格買取制度(FIT)」の認定を受けると、余剰電力を国が決めた価格で電力会社買い取ってもらえるため、多くの事業者が再生可能エネルギーの発電に参入したことから、2012年7月以降、新たに運転を開始した設備は約6,136万kW(2021年3月時点)と、制度開始前にくらべ約4倍になった。

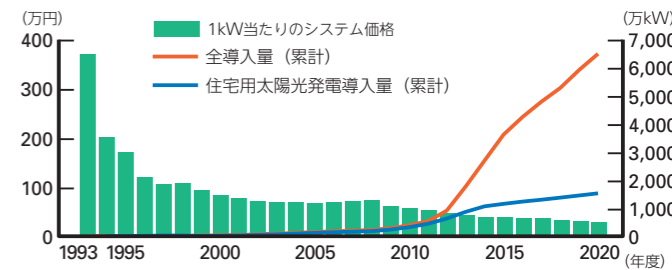
その一方、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、賦課金による国民負担の増大や事業用太陽光に偏った導入の拡大など、さまざまな課題が生じた。こうした課題に対応するため、2017年にFIT法は改正され、FIT認定を受けて一定期間が過ぎても発電を始めない事業者は買取期間が短縮されるなど、事業者にも責任をもって発電をおこなうよう促すルールが設けられた。また、住宅用の太陽光発電の買取価格を家庭用電気料金並みの低価格に抑え、大規模な太陽光発電については入札制度を導入し、事業者に競争を促すなど、国民の負担を抑えながら再生可能エネルギーの導入を拡大していくことをめざしている。

再生可能エネルギーの大量導入への課題

再生可能エネルギーが大量に導入された場合、休日など需要の少ない時期に余剰電力が発生するなど、天候などの影響で発電量が変動し、電気の安定供給に問題が生じる可能性がある(50~53ページ参照)。そのため、発電量の抑制やバックアップとなる火力発電の整備や蓄電池の設置、送電線の整備などの対策が必要になる。

策が必要になる。

太陽光発電の国内導入量とシステム価格の推移



※システム価格は住宅用(10kW未満)の平均値。(出所) システム価格: 資源エネルギー庁資料を基に作成。国内導入量: 2014年度までは「太陽光発電普及拡大センター」資料、2015年度以降は資源エネルギー庁「固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイト」を基に作成。

FIT買取費用と賦課金の影響

FITに基づく再生可能エネルギーの設備導入の増加により、2022年度に電気利用者の負担となる賦課金はkWh当たり3.45円、1か月の電力使用量が260kWhの家庭で年間約10,764円になる。

さまざまな要因による電気料金の上昇で、家計の負担が増加していくことになる。また、電力を大量に消費する産業や中小企業の企業収益を圧迫し、海外への生産移転を招いたり、海外からの対日投資拡大の障害となりかねない。エネルギーミックスが想定する2030年の再エネ買い取り費用は、5兆8,000億円から6兆円まで膨らむ可能性がある。再エネのコストをできるだけ低減させ、国民の負担を抑制しつつ、再生可能エネルギーの普及を図る制度の抜本的見直しが検討されている。

FIT買取費用と賦課金の推移

Table showing the trend of FIT purchase fees and surcharges from 2012 to 2030 (forecast). It shows a steady increase in both categories over time.

※2030年度の予想はエネルギーミックスが想定するFIT買取費用(出所) 資源エネルギー庁資料

(4) より安全なエネルギーに - Safety -

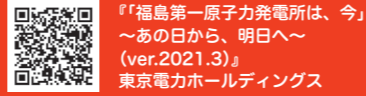
社会科

- 地理...日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
公民...私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科

- 理科...大地の成り立ちと変化(自然の恵みと火山災害・地震災害)
理科...気象とその変化(自然の恵みと気象災害)
技術分野...エネルギー変換の技術

動画へGO!



(4) より安全なエネルギーに - Safety -

東日本大震災によるライフラインへの被害

日本は地形や地質、気象条件などから台風や豪雨、豪雪、洪水、土砂災害、地震、津波、火山噴火などによる自然災害が発生しやすい国土である。...

電気
被害状況: 太平洋側では津波によって変電所が壊れたり、送電線や電柱が倒れたりし、内陸部では地震の揺動によって機器などが壊れた。...

火力発電所、原子力発電所の停電発生状況
●地震・津波により運転停止した火力発電所
●地震・津波により運転停止した原子力発電所

LPガス
LPガスはガスボンベで供給されているため、被害は比較的限られていたが、津波や停電の影響で、各戸の点検作業に支障をきたした。...

ライフラインも大きな被害を受ける。
2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災は、多くの人命を奪い、東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。

供給停止: 約166万戸が供給停止
(東北3県/岩手県・宮城県・福島県)
復旧状況: 4月21日に全面復旧(流失家屋を除く)

都市ガス
工場などへガスを供給する圧力の高いガス管に大きな被害はなかったが、家庭などにガスを供給する圧力の低いガス管に被害があり供給を停止した。...

供給停止: 約46万戸が供給停止
(東北3県/岩手県・宮城県・福島県)
復旧状況: 約1か月で約80%解消。約2か月で約90%解消。5月3日に全面復旧

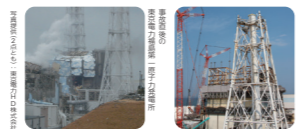
石油製品
津波によって東北・関東沿岸部の製油所、油槽所などの石油供給拠点と多くの給油所が被災した。この時、石油製品を貯めているタンクの多くは無事であったが、停電や機器が水につかってしまったことにより被災地の石油供給拠点から出荷ができず、また、船舶(港湾)、鉄道、道路などの交通網も被災していたため被災地でガソリンが不足し、給油所には給油を待つ自動車の長い列ができた。...

供給停止: 東北・関東地方にある9製油所中、6製油所が稼働停止し、2か所で火災が発生した。
復旧状況: 稼働停止となっていた6製油所のうち、3月17日に2製油所、3月21日にさらに1製油所が再稼働し、国内需要量に対する生産能力は確保された。

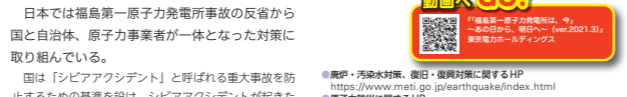
原子力発電所の事故とその後

東日本大震災では、津波によって東京電力福島第一原子力発電所も大きな被害を受けたことで、地域に甚大な被害をもたらす原子炉事故が起こった。...

福島第一原子力発電所事故の教訓をふまえた対策
日本では福島第一原子力発電所事故の反省から国と自治体、原子力事業者が一体となった対策に取り組んでいる。...



動画へGO!



●廃炉・汚染水対策、復旧・復興に関するHP
https://www.meti.go.jp/earthquake/index.html
●原子力防災に関するHP
https://www8.cao.go.jp/jp/genshiryoku_bousai/index.html

家庭で使われているエネルギー
●原子力発電のしくみ P.40
●放射線とは P.44
●電気を安定供給するためのしくみ P.50~P.51
震災後、ライフラインを守るために、国や企業などが実施している災害対策を調べてみよう。

- 災害時にライフラインの復旧に携わった人々のはたらきについて理解する。
東京電力福島第一原子力発電所の事故が日本に与えた影響およびその教訓について理解する。
原子力発電所の安全対策や原子力防災についての取り組みを知り、原子力発電の安全性について考える。
東日本大震災発生時は、被災地域のみならず日本全国から集まった作業員がインフラ復旧に携わった。
東京電力福島第一原子力発電所では、30~40年かけて解体・廃炉作業がおこなわれる。
再稼働する場合、原子力発電所の安全対策が進められている。

東日本大震災

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード9.0という日本周辺における観測史上最大の規模だった。また、それに伴って大津波が発生し甚大な被害を東北三県を中心にもたらした。...

東京電力福島第一原子力発電所の事故

東京電力福島第一原子力発電所は、地震により緊急停止したが、地震と津波によって原子炉の冷却に必要な電源と装置の機能が失われたことから、原子炉内の水位が低下し燃料が露出した。1・3号機では燃料を覆う金属が高温になり水蒸気と反応したため水素が異常に発生し、漏れた水素により建屋で水素爆発が起こった。...



写真提供: 東京電力HD株式会社 (2019年4月9日撮影)

廃炉に向けた取り組み

現在は、廃炉に向けて使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ(燃料と構造物などが溶けて固まったもの)の確認や取り出しに向けた準備や、ALPS処理水処分への対策などが段階的に進められている。

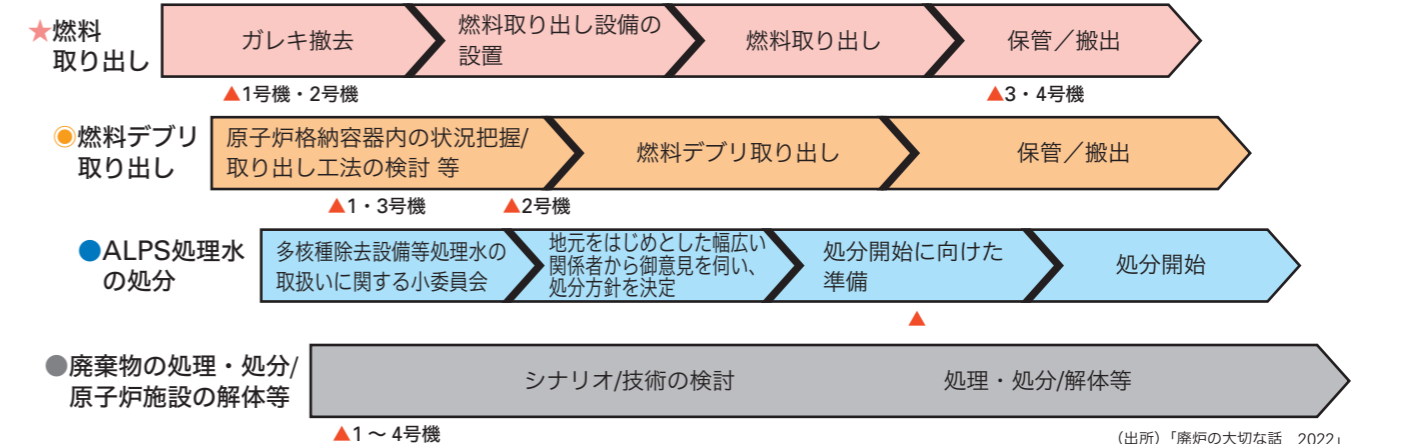
廃炉に向けた取り組みの現状

Table with 2 columns: 取り組み (燃料取り出し, 燃料デブリ取り出し, 汚染水対策) and 現状 (使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリの確認や取り出しに向けた準備や、ALPS処理水処分への対策などが段階的に進められている。)

ALPS処理水の処分

福島の復興の大前提となる廃炉を進めるために、ALPS処理水(原子力発電所建屋内にある放射性物質を含む水を、トリチウム以外の放射性物質が安全基準を満たすよう浄化したもの)の処分が必要。2021年4月、ALPS処理水を、2年程度の準備期間を経て、海洋放出する方針が決定された。...

廃炉全体の工程



(4) より安全なエネルギーに - Safety -

社会科

地理...日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
公民...私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

その他の教科

理科...大地の成り立ちと変化(自然の恵みと火山災害・地震災害)
理科...気象とその変化(自然の恵みと気象災害)
技術分野...エネルギー変換の技術

動画へGO!

『北海道胆振東部地震から学ぶ④(ブラックアウト)』
消防庁動画チャンネル

動画へGO!

『令和元年東日本台風から学ぶ(全編)』
消防庁動画チャンネル

社会科 2 わたしたちの社会とエネルギー

◆自然災害による電力への影響

日本はその位置、地形、地質、気象などの自然的条件から、台風、豪雨、豪雪、洪水、土砂災害、地震、津波、火山噴火などによる災害が発生しやすい国土である。近年は毎年のように水災が発生しており、今後、地球温暖化に伴う気候変動によりさらに頻発・激甚化することが予想されている。

●ブラックアウト

2018年9月6日午前3時7分、北海道で発生した北海道胆振東部地震は北海道全域で「ブラックアウト」を引き起こした。ブラックアウトとは大手電力会社の管轄する地域のすべてで停電が起こる現象(全域停電)である。

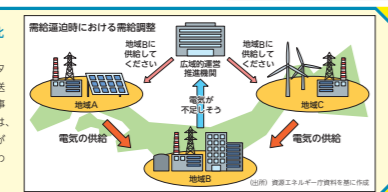


Table with 2 columns: 被害の概要, 原因, 対策. Details about the 2018 Hokkaido earthquake power outage.

動画へGO! QR code and text for video resources.

トピックス

他地域との電力融通システムの強化
「電力広域的運営推進機関(広域機関)」は電力事業者の中央統制指令とリアルタイムで連携し、各地域の電力需給状況や送電線の運用状況を監視している。



◎社会科: 地理-日本の地域的特色(資源・エネルギーと産業)、日本の諸地域
公民-私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

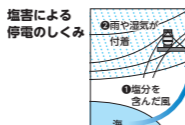
◎台風による大規模停電

近年は甚大な被害をもたらす台風や豪雨が増えている。平成30年台風第21号(2018年)は非常に強い勢力で上陸し、関西地方を中心に大きな被害をもたらした。強風がふき、電柱の倒壊や電線の切断などが各所で発生し、およそ240万戸が停電した。



◎塩害

塩害とは海水の塩分を多量に含んだ風による被害で、送電線や電気設備に付着すると絶縁不良による事故が起きる。



◎被害による停電のしくみ

平成30年台風第24号(2018年)が通り過ぎた後に、強風でふきつけられた海水の塩分による塩害が起きた。千葉県では電車の架線から火花が出るなどし、電車のおくれや遅延が発生した。

Table with 2 columns: 被害の概要, 課題, 対策. Details about typhoon damage to power infrastructure.

動画へGO! QR code and text for video resources.

Table with 2 columns: 被害の概要, 対策. Details about salt damage to power lines.

家庭で使われているエネルギー
◎地球温暖化...P18
◎電気を安定供給するためのしくみ...P50~51
◎地域連係システムの強化...P52

- 自然災害によって、さまざまな停電被害が起こるしくみを理解する。
→電気などのライフラインは私たちのくらしや社会に不可欠なので、災害時の安定供給について考える。
→自然災害により、ライフラインに大きな影響が出た場合の備えについて考える。

- 地震や台風などの自然災害が原因となり停電が起こる。
→電力会社などでは災害発生時を想定した対策に取り組んでいる。
→災害発生後のインフラ復旧には、多くの人々が携わっている。

◆災害と停電

電力会社では万一の機器の故障による停電などを防ぐため、パトロールや送配電ルートが多様化をおこなっている。そのため、日本は他の先進国と比べても停電回数が少ない。しかし、大地震や大型台風、豪雨によって断線、電柱倒壊など送配電設備に被害が及び、広範囲に停電が発生する場合がある。

◆北海道全域停電の経緯と復旧

北海道胆振東部地震は2018年9月6日に発生した最大震度7の地震である。地震により北海道電力管内のほぼ全域で電力供給が止まる「ブラックアウト」が発生した。その原因は、地震の震源地と近かった苫東厚真火力発電所の2・4号機が停止、水力発電所とつながる複数の送電線がすべて切れてしまい、電力消費量に発電量が追いつかなくなったためである。そのため周波数が低下し、風力発電も停止した。北本連系設備からの緊急融通や水力・火力発電の起動により一度は周波数が安定したが、苫東厚真火力発電所1号機の出力が下がり停電に至った。このように複合的な要因が重なり、電力需給のバランスがとれず周波数が低下し、他の発電所も次々と停止したため電力供給がすべて止まった。

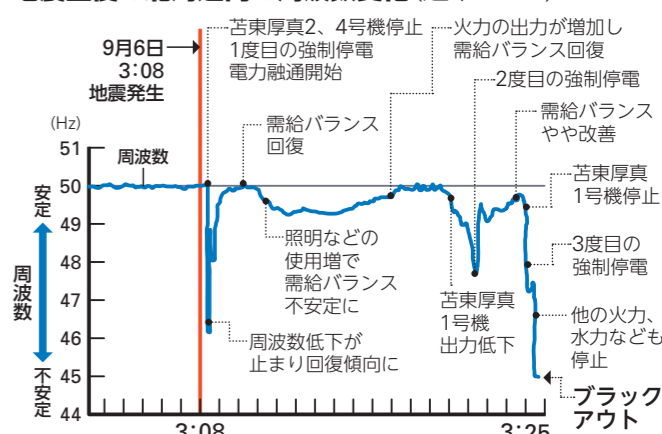
また、完全復旧までに時間を要したため、道内では全域の家庭、業務、産業の各部門に対して電力需要の増加する平日8時30分~20時30分の間、約2割減の節電を呼びかけた。地震から約2週間後、苫東厚真火力発電所1号機が復旧したことで需給の安定化ができた。

激甚災害と停電戸数

Table with 3 columns: 災害名, 最大停電戸数と復旧に要した日数. Lists major disasters like the Great Hanshin Earthquake and Great East Japan Earthquake.

(電力の安定供給のしくみについては50~53ページ参照)

地震直後の北海道内の周波数変化(通常50Hz)



(出所) 電力広域的運営推進機関「平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会最終報告」を基に作成

◆災害への対応とレジリエンス強化に向けた取り組み

近年、多発する自然災害によって電気、ガス、ガソリン、灯油などのライフラインにも大きな被害が発生していることから、国ではエネルギーの安定供給を確保するためのレジリエンス性の強化に向けた取り組みを進めている。

- 今後取り組むべき対策
・大規模停電の再発防止策
・インフラ強靱化などによる防災対策
・事業者と他社、関連機関、自治体の連携の迅速化・円滑化など
・リアルタイムな情報収集・発信の強化など

※「総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会 中間整理」については https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/datsu_tansoka/20190730_report.html参照

(1) 人類の発展とエネルギー

理科

- ・科学技術と人間（エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用）
- ・大地の成り立ちと変化（地層の重なりと過去の様子）

その他の教科

- 社会科歴史…近世の日本（産業や交通の発達）
- 社会科歴史…近代の日本と世界（欧米諸国における産業革命）
- 社会科歴史…現代の日本と世界（日本の経済発展、グローバル化する世界）
- 技術分野…エネルギー変換の技術

動画へGO!

『転機をむかえる日本のエネルギー』NHK for School

理科 3 エネルギーと科学

(1) 人類の発展とエネルギー

◆宇宙の起源とエネルギー

137億年前にビッグバンによって誕生した宇宙は、膨張し、冷えながら、さまざまな物質を作り出していた。その中には放射性物質も含まれていた。放射性物質は、46億年前に地球が誕生したときから地球を構成している物質であり、主なものにウランやトリウムなどがある。これらは放射線を出す能力（放射能）が弱まるのに長い時間がかかるため、地球が誕生してから46億年たっても地層の中にその多くが残っている。

現代のわたしたちは、地球が生まれたときから地層の中にあるウランを取り出し、核燃料として利用している。

◆化石燃料の起源

- 石油

約2億年前から約6500万年前に繁殖していたプランクトンなどの生物の死がいなどが地中にうもれて形成されたものと考えられている。
- 石炭

約3億年前に形成された森林の植物が地中につもって、土砂の重みや地熱を受けて石のように固い石炭に変化したものと考えられている。
- 天然ガス

2億年前から6500万年前に繁殖していた生物の死がいと一緒に海底につもって、地熱を受け生成されたものと考えられている。

◆人類と火の発見

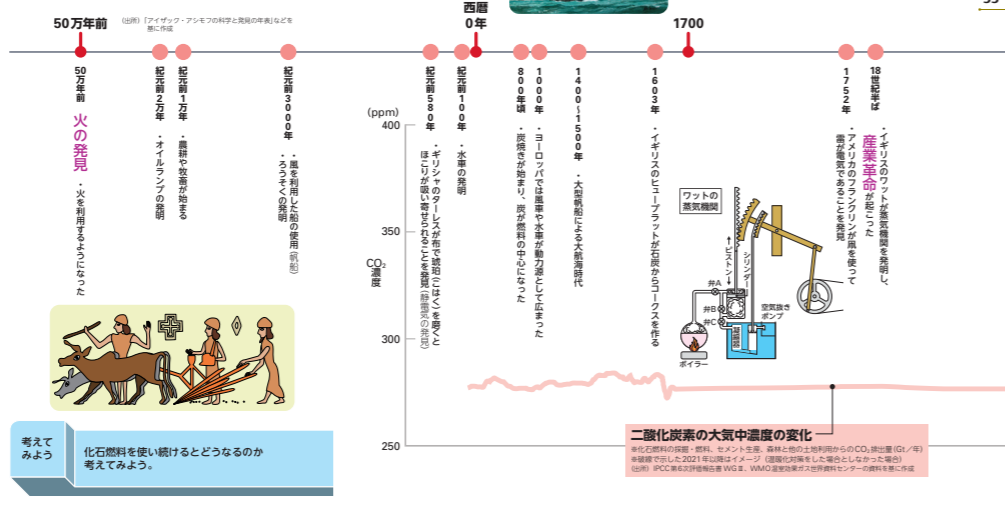
人類が火を利用するようになったのはおよそ50万年前といわれている。最初、人は薪を燃やし、それを暖房や料理に使っていた。火を通した食物は安全性、保存性が高まっただけでなく、加熱によってやわらかくなった肉などは消化しやすいため、人間の脳皮質も発達しやすくなったと考えられている。

◆自然エネルギーの利用

火から光と熱を得られるようになった人間は、やがて食料を定期的に収穫できる農耕や牧畜を始め、定住するようになった。牛や馬の力は畑を耕すための動力源として利用された。また、風力や水力などの自然エネルギーも水車や風車、帆船などで活用する工夫が重ねられた。

◆蒸気機関と産業革命

18世紀半ば、ワットが蒸気機関を改良し、それは工場での動力源のほか、蒸気機関車、蒸気船などさまざまな分野に応用されるようになった。蒸気機関の利用によって、これまでの畜力や自然エネルギーにくらべて生産力は大幅に向上した。それまで暖房用のみ使われていた石炭が原動力として利用され、その消費量も飛躍的に増大することとなった。また、石炭が豊富だったイギリスを中心に産業革命が起こり、文明も急速に発展した。



化石燃料を使い続けるとどうなるのか考えてみよう。

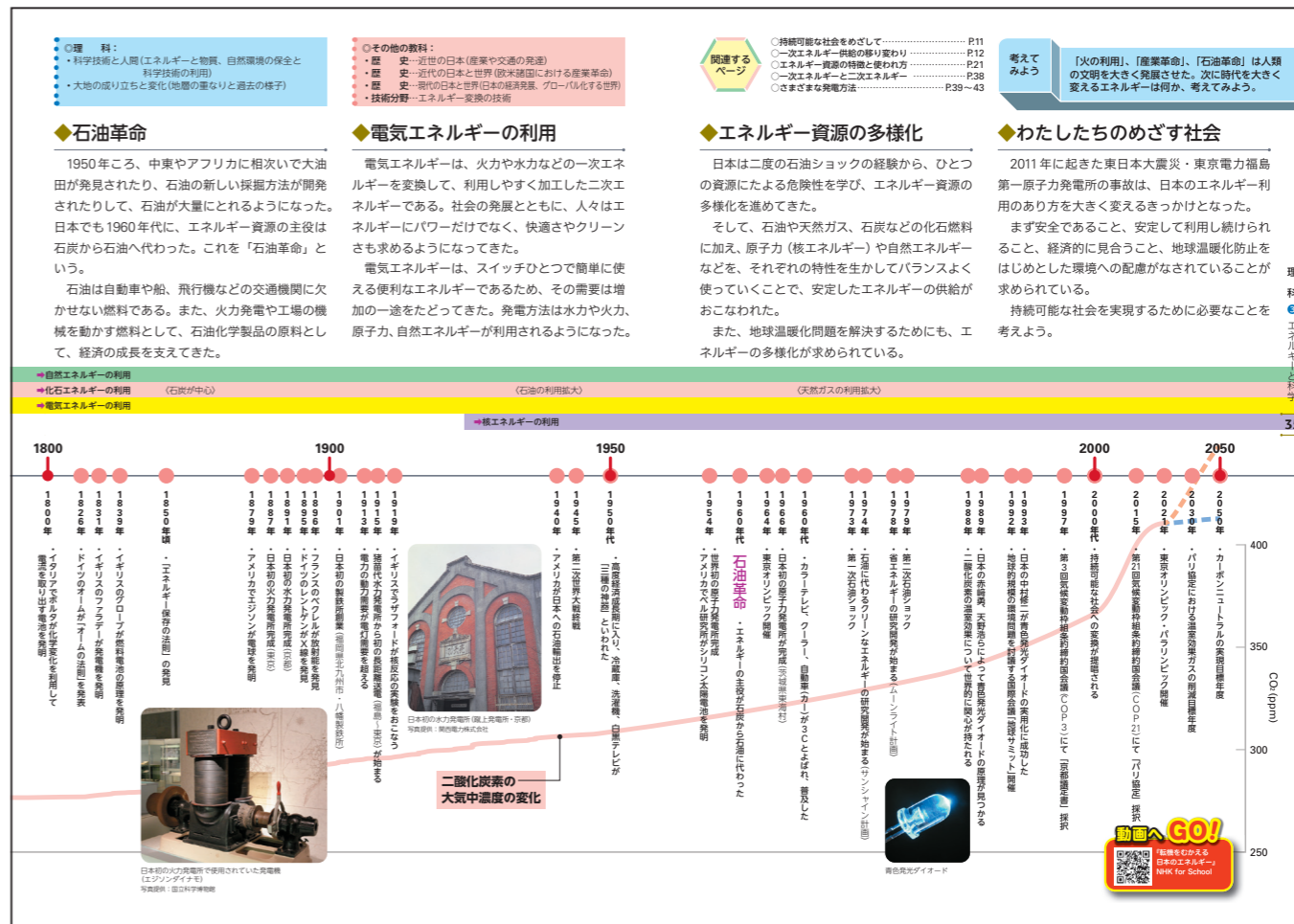
学習のねらい

- 核エネルギーや化石燃料の起源を知り、私たちが今使っているエネルギー源は、地球が長い年月をかけて蓄えてきたものであると理解する。
- 人類のエネルギー利用の変遷と社会の変化について考え、人類にとってエネルギーが果たしてきた役割を理解する。
- 技術が生活や産業で果たしている役割を、エネルギーや資源との関係の中で理解する。
- 化石燃料の大量消費により地球環境に負荷をかけていることを理解する。

学習のポイント

- 放射性物質は、地球が誕生したときからある。
- 化石燃料は、長い年月をかけてできたものである。
- 人類が初めて手に入れたエネルギーは火であり、その後、さまざまなエネルギーを利用する過程で文明を発達させてきた。
- 産業革命前は、自然エネルギーの利用が主であったが以降は、石炭の時代から石油の時代、そして天然ガスや原子力などエネルギーの多様化が図られた。

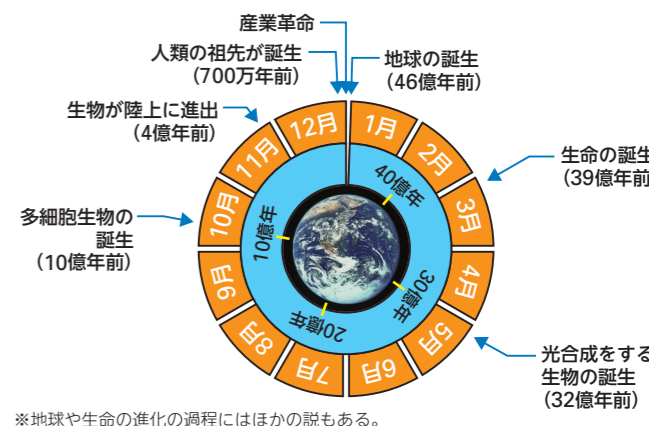
- 【授業展開例】 →産業革命の発展（10～11ページ）
- 関連ページ →高度経済成長と石油危機（12～13ページ）



◆地球の歴史を1年に置き換えると

地球が誕生してから現在までの歴史を1年のカレンダーに置き換えると、人類の祖先が誕生したのは12月31日の午前10時40分ごろと考えられる。また、産業革命は午後11時59分58秒に起きたとされる。人類は1年の残り2秒の間に、地球が長い年月をかけて作ってきた化石燃料を使い、地中に固定されてきた炭素を人為的に放出したことで、これまでバランスのとれていた自然界の炭素サイクルに大きな影響を及ぼしている。

地球の歴史を1年に置き換えると…



◆脱炭素化に向けた次世代技術とイノベーションの例

分野	主要要素	低炭素化を軸とした現状
運輸 (2.0億トン)	車体、システム	内燃機関、手動運転、金属車体
	燃料	化石燃料
産業 (2.8億トン)	プロセス	スマート化の進展
	製品	化石エネルギー原料
民生 (1.1億トン)	熱源	石油、ガス、電気
	機器	高効率機器
電力 (4.4億トン)	火力	石油、石炭、天然ガス
	原子力	第3世代+原子炉(現在の最新型)
	再生可能エネルギー	導入に制約がある(導入コスト、調整電源コスト、系統など)

脱炭素化を軸とした将来	
電動化、自動運転、マルチマテリアル	メタネーション・水素サプライ
電気、水素、バイオ燃料	
CO ₂ 回収・貯留技術(CCUS)、水素還元、さらなるスマート化	
非化石エネルギー原料	
電気、水素など	
機器のIoT化、M2M(機器間接続)制御	
CO ₂ 回収・貯留技術(CCUS)、水素発電など	
次世代原子炉	
蓄電×系統革新	

※()内は2019年のエネルギー起源CO₂排出量
※メタネーション…水素とCO₂からメタンを合成する技術

(出所) 資源エネルギー庁作成資料を基に作成

◆放射性物質の起源

放射性物質はもともと地球を構成している元素にも含まれており、原始放射性核種とよばれている。

これらの核種は放射線を出しながら安定した元素(安定核種、安定同位体)に変わっていった。これを放射壊変という。しかし、半減期(放射性核種の数が増減によってある時点から半数になるまでの時間)が長い放射性核種は、今も地球上に残って放射線を出している。

原子力発電の燃料として利用されているウランのうち、ウラン238の半減期は約45億年と長く、地球誕生時に存在した量の半分が残っている。ウラン235は半減期が7億年で、初期の量の10分の1が

残っており、私たちは、これらをエネルギー資源として利用している。

◆人類と炭素サイクル

地球上の炭素が、分布する大気、陸上、海洋、地圏の間を交換・移動し循環することを「炭素サイクル」と呼ぶ。循環の過程で、炭素は二酸化炭素や種々の有機物、化石燃料など、さまざまに姿を変える。

18世紀の産業革命以前は、森林をはじめとする自然の生態系で炭素循環の均衡が保たれていた。しかし革命以降は、化石燃料の燃焼などにより二酸化炭素等の温室効果ガスが大気中に大量に放出されたことで、炭素の循環の環境に変化が生じている。

◆化石エネルギーの生成過程

石油

①生物やプランクトンなどが死んで、海や湖の底に溜まる。

②土砂の重みや地熱によって圧縮されケロジェンと呼ばれる有機物になり、やがて液状の石油になる。

③圧力によりガス・塩水とともに石油が地表に向かってしぼり出され、すき間の多い地層に溜まる。

石炭

①木や植物などが枯れて海や湖の底に溜まる。

②土砂の重みや地熱によって、石のように固い石炭となる。

③地下に穴を掘って石炭を運び出す。

天然ガス

①生物の死がい長い年月をかけて泥とともに海底に溜まる。

②泥は圧縮されて泥岩になり、ケロジェンと呼ばれる有機物となって地熱に分解され、天然ガスができる。

③天然ガスはすき間の多い岩石の中を水や油よりも軽いため上昇し、逆さにしたお椀のような地層の下に溜まる。

(出所) 石油連盟資料集より作成

◆人類の歴史とエネルギー

人類はエネルギー資源の獲得に応じて、その利用用途を徐々に高度化・多様化させてきた。エネルギー消費量もエネルギーの利用用途の拡大に加え、石炭や石油、天然ガスなど使い勝手のよいエネルギー源の普及により、一貫して上昇してきた。

人類とエネルギーの関係は約50万年前に薪などを使って火を利用し始めたときから始まったといわれている。その後、農耕や牧畜を始めた人類は、移動や輸送に家畜や風力(帆船)を利用したり、穀物を製粉するために水力や風力を、暖房や炊事のためには主として薪を利用していた。そのエネルギー消費量およびエネルギーの利用用途は、非常に限られたものであった。

18世紀に入り産業革命が起ると、石炭をエネルギー源とする蒸気機関が工場や輸送機器(蒸気機関車等)の動力源として利用された。エネルギーの消費量は工業化の進展に伴い急速に増加し、エネルギーの利用用途も広がることとなった。これによって社会の生産力が上昇し、より便利でより豊かな生活を享受することもできるようになった。

さらに、エネルギーの利用用途が広がるに従って、エネルギー源にも一層の汎用性が求められるようになった。このため20世紀中頃には、石炭よりも使い勝手がよく利用用途を拡大しやすい石油が主要な

エネルギー源としての地位を占めるようになった(石油革命)。

また、電気エネルギーの利用が産業部門、家庭部門で普及し、消費量も拡大した。発電に利用できるエネルギー開発が進められ、今日では、石油や石炭、天然ガス、原子力、自然エネルギーなどエネルギー源が多様化している。

◆Society 5.0

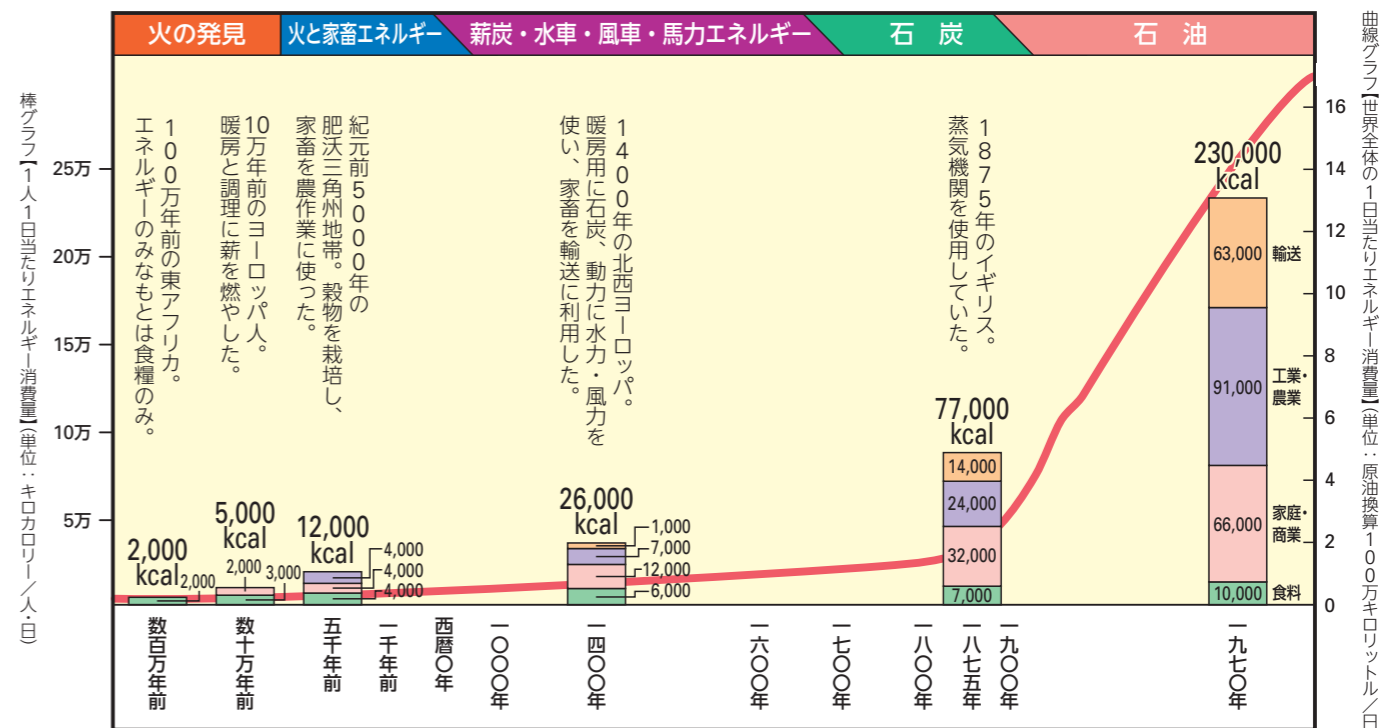
「Society 5.0」とは、これからの日本がめざすべき未来社会の姿として第5期科学技術基本計画で提唱されたものである。

狩猟社会(Society 1.0)、農耕社会(Society 2.0)、工業社会(Society 3.0)、情報社会(Society 4.0)に続く、新たな社会を指すもので、人類社会発展の歴史における5番目の新しい社会の姿ともいえる。この未来社会は経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会(Society)と位置づけられている。

(エネルギー分野における新たな価値の事例については58ページ参照)

※文部科学省：
「動画でわかる Society 5.0 令和3年版科学技術・イノベーション白書」
<https://youtu.be/NpK08gtYihw/>
内閣府HP「Society 5.0」：
https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html

人類のエネルギー消費量の移り変わり



(出所) 総合研究開発機構「エネルギーを考える」を基に作成

(2) 地球温暖化のしくみ

理科

- ・気象と変化 (自然の恵みと気象災害)
- ・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
- ・自然と人間 (生物と環境、自然環境の保全と科学技術の利用)

その他の教科

- 社会科公民 … 私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)
- 社会科地理 … 世界の諸地域
- 社会科歴史 … 現代の日本と世界 (日本の経済発展、グローバル化する世界)
- 技術分野 … 生物育成の技術

理科 3 エネルギーと科学

(2) 地球温暖化のしくみ

◆太陽の熱が地球にとどまる

200年ほど前に比べ、経済や産業は飛躍的に発展した。これに伴い、工場等の排気ガスとして、二酸化炭素やメタンガス、一酸化二窒素、フロンガスなどが大量に放出されるようになった。さらに、化石燃料の使用や森林伐採も、二酸化炭素の増加を促している。

これらは「温室効果ガス」といわれている。大気中の温室効果ガスの濃度が高まると、それがビニールハウスのような役割をして、本来宇宙に逃げはるはずの太陽や地表の熱をより多く地球にとどめてしまう。この結果、地球の表面温度が上がり、地球温暖化 (気候変動) を引き起こす。

200年前 vs 現在

●地球温暖化のしくみ

●温室効果ガスの排出と吸収量の釣り合い

●カーボンニュートラル

●カーボン・オフセットの例

●未利用エネルギーとは?

●未利用エネルギーの例

学習のねらい → 地球温暖化を科学的な視点で理解し、必要な対策がなにか考える。

学習のポイント → 人為的な介入が自然環境のバランスを壊す。

◆地球温暖化という現象

地球温暖化の主な原因は、石油や天然ガスなどの化石燃料の大量使用や、自然界や農業などの産業で発生・排出された二酸化炭素、メタンガス、一酸化二窒素、フロンガスである。これらが温室効果ガスといわれるのは、太陽光が放つ赤外線を吸収し、放出する性質があるためである。

地表面で反射・放射された赤外線を温室効果ガスが吸収し、その吸収した赤外線を放出、この一部が地表面に返ってくる。これが繰り返されることにより、大気の温度が上昇する。

温室効果ガスは、太古より地球の温度を保つはたらきを担ってきたが、現在はその急激な増加によりバランスが崩れ、平均気温上昇に傾いている。

◆混同しやすい現象との違い

【地球温暖化】

現象	・地球の平均気温が上昇する。
原因	・温室効果ガス (二酸化炭素、メタンガス、一酸化二窒素、フロンガス)
影響	・海面の上昇 ・異常気象 ・熱帯で多い伝染病の流行 (マラリアなど) ほか
対策	・国際的な協力での、温室効果ガスの削減

【オゾン層の破壊】

現象	・大気のオゾン層に穴が開く。
原因	・フロンガス
影響	・紫外線が増える。 →皮膚がんや白内障、免疫力の低下など人間への影響。プラスチックの劣化など
対策	・フロンガス使用製品の制限 (古い冷蔵庫などはノンフロン製品に置き換えるなど)

(3) エネルギーの変換

理科

- ・電流とその利用 (電流、電流と磁界)
- ・化学変化とイオン (化学変化と電池)
- ・運動とエネルギー

その他の教科

技術分野 … エネルギー変換の技術

(3) エネルギーの変換

◆エネルギーとは

エネルギーとは、「仕事をするのできる能力」のことである。ものを動かしたり、ものを温めたり、まわりを明るくしたりできるのは、エネルギーが変換されるからである。

エネルギーは、熱エネルギー、運動エネルギーや位置エネルギー、光エネルギー、電気エネルギーなどのさまざまな姿で、わたしたちの身のまわりに存在している。

◆さまざまなエネルギーとその変換

●運動エネルギー: ほかのものを動かしたり、変形させたりすることができる

●力学的エネルギー: 運動エネルギーと位置エネルギーを合わせて力学的エネルギーという

●位置エネルギー: 重力によって落下し、ほかのものを動かすことができる

●化学エネルギー: 化学反応によって熱や光、電気など、ほかのエネルギーに変わることができる

●熱エネルギー: ものの温度を上げることができる

●電気エネルギー: モーターを回したり、電球を光らせたりすることができる

●核エネルギー: 原子核が分裂、または融合するときに放出されるエネルギーのことをいう

●光エネルギー: まわりを明るくすることができる

●自動車のエネルギー変換と保存

エネルギーはほかのエネルギーに変換することができる (エネルギーの変換)。例えば自動車は、ガソリンなどの「化学エネルギー」が燃焼によってエンジンで「熱エネルギー」などに変わり、そのエネルギーがピストンを動かして「運動エネルギー」に変換することで、走ることができる。このように、わたしたちはいろいろなエネルギーを目的に合った形に変換することで、くらしに役立てている。

理科 3 エネルギーと科学

- 電流とその利用 (電流、電流と磁界)
- 化学変化とイオン (化学変化と電池)
- 運動とエネルギー

◆一次エネルギーと二次エネルギー

人間はさまざまなものをエネルギー資源として利用している。石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料や、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資源を一次エネルギーという。また、一次エネルギーを電気などの使いやすい形に変換したものを二次エネルギーという。わたしたちが生活で利用するエネルギーの多くは二次エネルギーである。

一次エネルギー

二次エネルギー

●未利用エネルギーとは?

未利用エネルギーとは、夏は大気よりも冷たく、冬は大気よりも温かい河川水・下水などの温度差エネルギーや、工場などの排熱といった今まで利用されなかったエネルギーのことをいう。これらの未利用エネルギーはヒートポンプ技術などを活用したり、地域の特性に応じて段階的に複数回利用するエネルギーシステムを整備し、エネルギーを効率的に利用することで、地域の熱需要に応えることができる。

●未利用エネルギーの例

1 生活排水や下水の熱	2 湖川水・海水の熱
3 工場・商業施設の排熱	4 工場排熱
5 家庭用冷暖房からの排熱	6 地下鉄や地下道の冷暖房排熱
7 電機設備の排熱	8 電機排熱

●エネルギー資源の供給と利用形態

○エネルギー資源の特徴と使われ方

○さまざまな発電方法

○発電方式別発電効率・設備利用率

○エネルギーを有効に使う技術

○未来のエネルギーミックスを考えよう

●関連するページ

●考えてみよう

身のまわりにある電気製品は、どのようなエネルギー変換をしているのか考えてみよう。

- 物理学におけるエネルギーの基本的な概念について理解する。
- エネルギーにはさまざまな種類やはたらきがあることを理解する。
- エネルギーの変換と保存について理解する。
- 私たちはエネルギーを変換することで、さまざまな用途に利用していることを理解する。

- エネルギーとは「仕事をするのできる能力」のことである。
- 私たちの身のまわりに存在しているエネルギーは、さまざまな要因によってお互いにすがたを変えている。
- エネルギーがすがたを変えるときは、変換の前後でエネルギーの全体量は変わらない (一部が熱などのすがたで大気中に放出される場合がある)。
- エネルギー (資源) を一次エネルギーと二次エネルギーに分類することができる。

学習のポイント

◆エネルギーとは

エネルギーとはギリシャ語の「エネルゲイア= (仕事をする能力)」から派生した言葉であり、日常的には機械やものを動かす原動力という意味で使われる。一般的に使われるようになったのは、イギリスの物理学者トマス・ヤングが1807年に用いたのが最初である。

物理学では「仕事をする能力」を意味するが、社会科学ではエネルギー資源も、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エネルギーと呼ぶこともある。

このエネルギーを、一次エネルギーと二次エネルギーに分類する方法もある。自然界から直接得られる石油や石炭、天然ガス、自然エネルギーなどを「一次エネルギー」、一次エネルギーを加工・転換した電気やガソリン、都市ガスなどを「二次エネルギー」という。

◆エネルギーの単位

エネルギーの単位には、ジュール (J) とカロリー (cal) の2つの単位がある。一般的には国際単位 (SI 単位) であるジュールを使うことが決められている (食べ物を持つ熱量を表す場合はカロリーが使われる)。
・1J = 地球上で約102g (小さなリンゴぐらいの重さ) の物体を1m持ち上げるときの仕事

熱量単位換算表

単位名	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

◆電気の単位

【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づけられた。	●電流 (A) = $\frac{\text{電圧 (V)}}{\text{抵抗 (\Omega)}}$
【電圧】 ボルト (V)	電流を流そうとする圧力。電池を発明したボルタの名前から名づけられた。	●電圧 (V) = 電流 (A) × 抵抗 (\Omega)
【電気抵抗】 オーム (\Omega)	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づけられた。	●抵抗 (\Omega) = $\frac{\text{電圧 (V)}}{\text{電流 (A)}}$
【電力】 ワット (W)	電気によるエネルギー、1秒間当たり1ジュール (J) のエネルギー。蒸気機関を発明したワットの名前から名づけられた。	●電力 (W) = 電圧 (V) × 電流 (A)
【電力量】 ワットアワー (Wh)	1時間使った電力の量を表す。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)

・1cal = 1gの水の温度を1℃上昇させるのに必要な熱量
1calは4.186ジュールに相当する。また、ジュール、カロリーは、電力量 (Wh) や原油 (L)、石油 (t) に相互換算できる。

◆エネルギーの種類

運動エネルギー	一連の動作により、ものを動かすエネルギーを運動エネルギーという。運動エネルギーは速さや物体の質量により、エネルギーの値が変化する。運動エネルギーは、位置エネルギーと合わせて「力学的エネルギー」ともよばれ、その総和は常に一定である。これを「力学的エネルギーの保存の法則」という。
位置エネルギー	高い位置にあるものは、位置エネルギーを持っている。この大きさは、同じ高さの場合、物体の重さが重い方がより大きな値となる。また、同じ重さの物体の場合は、より高いところにある方が大きくなる。
化学エネルギー	元の物質から別の物質に変化することを化学変化という。物質は、分子を構成する原子間の結合の強さなどの違いにより、決まった結合のエネルギーを持っている。化学変化の前後で、反応前の物質と反応後の物質が持っている結合のエネルギー量に違いがある場合、その差だけエネルギーの出入りがあったことになる。このエネルギーを化学エネルギーという。この時に発生、または吸収されるエネルギー量を反応熱といい、熱を発生する反応を発熱反応、吸収する反応を吸熱反応という。
核エネルギー	原子核が持つエネルギーを核エネルギーという。ウランのような重い原子核が分裂して質量数が半分程度の軽い原子核になると、核反応の前後で質量の合計が変わり、反応後の方が軽くなる。この軽くなった分だけエネルギーが放出される。

(4) さまざまな発電方法

理科

- ・電流とその利用 (電流、電流と磁界)
- ・化学変化とイオン (化学変化と電池)
- ・運動とエネルギー
- ・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)

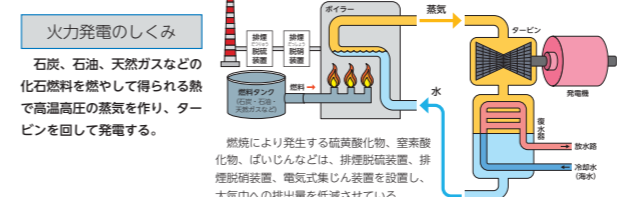
その他の教科

技術分野…エネルギー変換の技術

(4) さまざまな発電方法

◆発電のしくみ

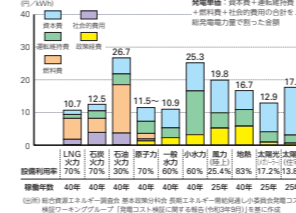
電気を作るしくみには、電磁誘導の原理を応用した発電機を使う方法と、半導体などの物理・化学的性質を応用した太陽電池や燃料電池を使う方法などがある。



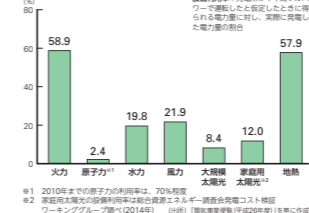
●火力発電の特徴

	石炭	石油	天然ガス (LNG)
安定供給	資源の埋蔵地域が世界に広く分布している	資源の埋蔵地域が中東に集中している	資源の埋蔵地域のかたがたが広い
環境安全	火力発電の中では二酸化炭素排出量が多い	二酸化炭素の排出量は天然ガスより多い	火力発電の中では二酸化炭素排出量が比較的少ない
経済性	ほかの化石燃料にくらべて安い	石油価格の変動が大きい	石炭よりは高いが石油より安い
安全性	燃料の輸送中や保管中に燃料が流出したり、火災が発生したりしないよう適切な管理が必要である		

●発電方式別発電単価 (2020年モデルプラント)



●設備利用率 (2013年度)



理科 エネルギーと科学

原子力発電のしくみ
ウランが核分裂したときに発生する熱で蒸気を作り、タービンを回して発電する。

日本では「軽水炉」とよばれるタイプの原子炉が使われている。軽水炉は減速材と冷却材にふつうの水 (軽水) を使っていることが特徴で、「沸騰水型」と「加圧水型」の2種類がある。

沸騰水型 (BWR): 原子炉の中の水を沸騰させ、蒸気を生産させる。
加圧水型 (PWR): 原子炉の中で作られた高温・高圧の熱水を原子炉の外にある蒸気発生器に送り、熱水と別の水を用いて蒸気を生産させる。

原子力発電の特徴

	原子力発電
安定供給	ウラン燃料は少量で大きなエネルギーを得られるので、増産に輸入する必要がなく、長期安定供給に期待できる (放射性物質であることから厳重な管理が必要)。
環境安全	発電時に二酸化炭素を排出しない。原子炉事故発生時に放射性物質の放出・漏洩が懸念される。
経済性	少量の燃料で大きなエネルギーが得られるため、発電コストが安い。
安全性	放射性物質を扱うため、徹底した安全確保、厳重な放射線・放射性物質の管理が必要である。放射性廃棄物の適切な処理・処分が必要である。核分裂で放射性物質の崩壊熱を発生させるための装置の適切な管理運用が必要である。原子炉事故発生想定した地域住民を誘った防災訓練が必要である。

●発電方法別の二酸化炭素排出量 (2019年)

トピックス
原子力発電の燃料はウラン鉱石を加工したものである。天然のウラン鉱石には核分裂をしないウラン238が99.3%と、核分裂をするウラン235が0.7%の割合で含まれている。天然ウランのままではウラン235の割合が低すぎて燃料として利用できないので、これを3~5%程度まで濃度を高めている (これを「ウランの濃縮」という)。

ウラン濃縮とは?
ウラン235 (3~5%)
ウラン238 (95~97%)

ペレット1個でBWRでは1家庭の約8か月分、PWRでは6~7か月分の電気を作ることができる。

学習のねらい

- 主な発電方法のしくみと長所・短所を知り、共通点、相違点を考える。
- それぞれの発電方法はどのようなエネルギー変換をして電気を作っているのか考える。
- それぞれの発電方法はエネルギー源によって環境負荷が異なることを理解する。

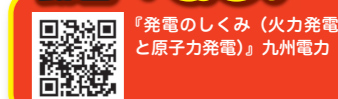
学習のポイント

- 発電方法は、電磁誘導による発電機を使う方法と半導体などの電池を使う方法に大きく分けられる。
- 火力発電で使われている燃料は、石炭、石油、天然ガスなどで、いずれも化石燃料である。
- 原子力発電の燃料はウランである。
- それぞれの発電方法で、二酸化炭素排出量は異なる。
- 水力発電、風力発電、地熱発電、太陽光発電は、有限なエネルギー資源を必要としない。
- 揚水式水力発電は蓄電池と同じ働きをする。

授業展開例 関連ページ

- 資源・エネルギーから見た日本の特色 (8~9ページ)
- 日本の発電エネルギーミックス (16~17ページ)

動画へGO!



動画へGO!



水力発電のしくみ

ダムなどに貯めた水や川の流れを利用し、水が高いところから低いところへ流れる力で水車を回して発電する。

揚水式水力発電のしくみ

発電量が使用量を大きく上回ったとき、下の池から電気を使って上の池へ水をくみ上げる。逆に発電量より使用量が多くなると、上の池から下の池へ水を流して発電する。

水力発電の特徴

	一般水力	揚水式
安定供給	・資源が枯渇することのない再生可能エネルギーである ・必要に応じていつでも発電できる（ダムに貯まっている水の量によっては発電できないこともある） （流れ込み式）別に流れる水をそのまま利用するの発電量を自由に定まらねいが、1日を過ぎればほぼ一定の発電をおこなえる	・電気を水の位置エネルギーの形で蓄えておく「蓄電池」の働きがある ・貯水・発電・送電が短時間でできるため、電気が不足したときに、緊急に発電できる
環境保全	・発電時に二酸化炭素を排出しない ・ダムを建設するときに環境を破壊するおそれがある	・発電時に二酸化炭素を排出しない ・ダムを建設するときに環境を破壊するおそれがある
経済性	（ダム式）流れ込み式に比べてダムの建設に費用がかかる （流れ込み式）ダムを必要としないので建設費用をおさえられる ・燃料を使わないので発電コストが安い	・ダムの建設に費用がかかる ・送電時に必要な電気の量が10とすると、7くらいの電気が発電できる
安全性	洪水時の水害事故への注意喚起が必要である。台風や豪雨による決壊のリスクがある	

コラム 電気が貯められる？

家に届くガスや水道は、それぞれガス会社のタンクや浄水場にそのままで貯まっています。では、電気はどこかに電気の形で貯まっているのでしょうか？ 電気は少量であれば電池などに貯められますが、電気の形では貯まりません。化学物質や水の電解などの別のエネルギーとして貯めていて、電気に戻して利用しています。このため電気が消費者が使っただけ発電されています（同時同量と呼びます）。誰かが電気のスイッチを入れた瞬間、その分だけ多く発電するように制御されています（P53参照）。

理科 3 エネルギーと科学

地熱発電のしくみ

マグマの熱を受けた熱水・蒸気を取り出し、その蒸気でタービンを回して発電する。また、温泉水などの熱水を利用した発電方法（バイナリー発電）なども開発されている。

再生可能エネルギーの特徴

	地熱発電	風力発電	太陽光発電
安定供給	・火山の多い日本には豊富な熱資源がある ・昼夜を通して発電でき、天候にも左右されない	・風の向きや強さで発電出力が大きく変動するため、供給量が安定しない ・出力の変動に対応するため、蓄電池との併用が期待されている	・発電量が天候に左右されるため、供給量が安定しない ・出力の変動に対応するため、蓄電池や電気自動車への併用の期待されている
環境保全	高温の地熱を熱める場所が国・道・指定公園や、温泉地の周辺などに多く、景観を損なわないよう配慮が必要である	・騒音や低周波振動が発生する ・風車のブレードに鳥が巻き込まれてしまうことがある	太陽光パネルの反射光が周辺環境に影響をあたえる場合がある
経済性	建設費から運転開始まで時期がかかる	たくさん発電するためには多くの風車を建てる土地が必要である	たくさん発電するためには広大な面積が必要である。震災後に比べて発電コストが低減している
安全性	蒸気の中には火山性ガス（硫化水素など）が含まれるので、周辺環境への影響を及ぼさないよう対策が必要である	自然災害によって発電設備がこわれ、周辺地域へ被害を及ぼさないよう保守点検が必要である	自然災害によって発電パネルがこわれ、周辺地域へ被害を及ぼさないよう保守点検が必要である（60ページ参照）

関連するページ

- 持続可能な社会をめざして……………P11
- 地球温暖化への取り組み……………P18～19
- 未来のエネルギー・ミックスを考えよう……………P62

調べてみよう

バイオマス発電や波力発電、潮流発電などについて調べてみよう。

◆各発電方法の特徴

各発電方法にはそれぞれ特徴がある。エネルギー資源に乏しい日本では、資源を確保しつつ、環境負荷をできるだけ抑え、経済的、長期的に安定供給できる発電方法の組み合わせが求められている。

	火力発電	原子力発電
電源	燃料に天然ガス、石炭、石油を利用。火力発電の燃料は燃焼と同時に全量が燃え尽き、絶えず補給が必要であるために大量の燃料が必要である。	燃料にウランを利用。ウラン燃料は、化石燃料にくらべるとエネルギー密度が極めて大きいため、少ない量の燃料で大きなエネルギーを得ることができる。
出力の調整	燃料の増減により出力の調節が容易であるため、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。	原子炉の安全確保、燃料の健全性確保や温度の急激な変化を伴う運転制限をしているため、一定の出力で運転を続ける必要がある。
設備利用率・発電効率	蒸気の温度・圧力を高くすることによって、発電効率を高めることができる。従来型の火力発電の発電効率は40～50%、最新型では約60%である。	原子炉冷却水（蒸気）の最高温度を制限しているため、発電効率は約35%と火力発電にくらべて低い。
環境負荷	炭素を多く含む化石燃料の燃焼によって、二酸化炭素が排出される（燃料によって排出係数は異なる）。燃料によっては硫黄酸化物や窒素酸化物や煤じんを発生するため、除去する必要がある。	使用済燃料などから放射性廃棄物が発生するため、それらを安全に取扱い、また処理・処分する必要がある。
課題	燃料を海外からの輸入に頼っているため、燃料の安定確保の取り組みが必要である。とりわけ石油は地政学的リスクの高い中東地域への依存度が高い。	東京電力福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえ、一層の安全対策の高度化が課題である。また、使用済み燃料の最終処分問題の進展も課題である（61ページ参照）。

	水力発電	揚水式水力発電	地熱発電
電源	河川の水の流れを利用。比較的短期間に再生が可能で、資源が枯渇する恐れのない再生可能エネルギーである。	余剰電力を使用してくみ上げた水の流れを利用。 ※河川を流れる水もあわせて利用する混合揚水式水力発電もある。	マグマの熱を利用。比較的短期間に再生が可能で、資源が枯渇する恐れのない再生可能エネルギーである。
出力の調整	貯水池に水がたまっている限り、必要ときにすぐに発電できる。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なる。	必要ときにすぐに発電できる。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なる。ただし長時間の供給はできない。	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ので、24時間発電することができる。
設備利用率・発電効率	水力の発電効率は80～90%であるが、渇水期などの関係で、年間平均設備利用率は40～50%になる。	水をくみ上げるために利用した電力の7割くらいしか発電することができないため約3割のエネルギーロスがある。	一年を通じて一定量を発電できるため、設備利用率が約83%と高いが、蒸気の圧力、温度が火力発電より低いため、蒸気量に対する発電量は低い。
環境負荷	ダムや発電所を建設する際に周囲の自然環境を破壊する恐れがある。また、ダムで水を堰き止めることにより、生態系に影響を及ぼすこともある。	ダムや発電所を建設する際に周囲の自然環境を破壊する恐れがある。また、ダムで水を堰き止めることにより、生態系に影響を及ぼすこともある。	地熱の蒸気中には、有毒な火山性ガスが含まれているため、大気排出に際して、しっかりと拡散する必要がある。
課題	大規模な水力発電に適した地点はほとんど開発済みであり、環境保護の観点からも、新たな開発は難しい。近年は既にあるダムを利用したり、川の流れをそのまま利用したりする中小水力発電の開発が進められている。	揚水発電は原子力発電のバックアップとして開発され、夜間の余剰電力で揚水をおこなっていた。近年は太陽光発電による余剰電力で昼間に水をくみ上げているが、発電量以上に揚水に電力を消費するためロスが多く、利用には工夫が要る。	熱源が主に国立公園特別保護地区・特別地域内にあり、場所の確保が難しい。地下熱源調査から運転開始まで9～13年掛かる。

	太陽光発電	風力発電
電源	太陽の光を利用。比較的短期間に再生が可能で、資源が枯渇する恐れのない再生可能エネルギーである。	風の力を利用。比較的短期間に再生が可能で、資源が枯渇する恐れのない再生可能エネルギーである。
出力の調整	夜間に発電できない。また、太陽光の強さによって発電量が変化するため、発電量の変動が大きく、需要に応じた調節ができない。	風がないと発電できない。また、風の向きや強さで発電量が変化するため、発電量の変動が大きく、需要に応じた調節もできない。
設備利用率・発電効率	昼間でも曇天時は晴天時の半分以下の発電しかできないため、事業用太陽光発電の年間平均設備利用率は約14%である。	風力発電は風の運動エネルギーの最大30～40%程度を電気エネルギーに変換できる。日本における平均的な設備利用率は陸上で約20%である（洋上は30%程度が見込まれる）。
環境負荷	太陽光モジュールの中にはカドミウムやセレンなど有害物質が含まれている製品もあるため、廃棄時には適正な処理が必要である。	モーター音やブレードの風切り音により、騒音・低周波振動が発生し、健康被害を訴える人もいる。また、バードストライク（鳥が衝突する事故）も問題になっている。
課題	天候や日照条件などにより出力が不安定であるため、大量に導入されると電力系統のコントロールに影響を与えることが懸念されている。そのため、蓄電池との組み合わせなどによる出力安定化などの対応が求められている。	天候や日照条件などにより出力が不安定であるため、大量に導入されると電力系統のコントロールに影響を与えることが懸念されている。そのため、蓄電池との組み合わせなどによる出力安定化などの対応が求められている。また、風力発電は、適地が限られているため、大量導入には新たな送電線の設置が必要である。

コラム そのほかの注目される発電方法例

理科 ・科学技術と人間（エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用）

その他の教科
社会科地理…日本の地域的特色（資源・エネルギーと産業）、日本の諸地域
社会科公民…私たちと国際社会の諸課題（地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会）
技術分野…エネルギー変換の技術

コラム そのほかの注目される発電方法例

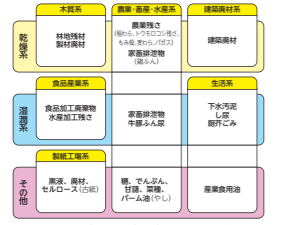
◆次世代のエネルギー

次世代のエネルギーは、前ページで紹介した発電方法のほかにも、さまざまなものが実用化されている。次に、それぞれの魅力や課題を紹介する。

バイオマス発電

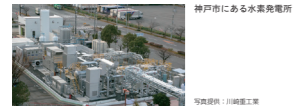
「バイオマス」とは、動物や植物などから生まれた生物資源のこと。バイオマス発電では、化石燃料を使わず、燃えこみや木くず、家畜のふんなど、再生可能な生物資源を燃料にして発電する。カーボンニュートラルなエネルギーとして期待されており、資源が安定的に確保できれば、温暖化対策に貢献が大きい。課題としては、収量確保にコストがかかる点が挙げられる。

◆バイオマス発電の分類



水素発電

水素または「水素+他の燃料」を既存の燃料と置き換えて発電する。発電時のエネルギー効率が高く、CO₂などの廃棄物も排出されない。水素は電気を使って水から取り出す以外にもさまざまな資源からつくることができるため、エネルギー輸入依存度の高い日本にとってはエネルギー安全保障の面で期待されている。気体のままでは大量の輸送や貯蔵が難しいため、-253℃の超低温で液体にして扱う技術開発が必要とされ、進められている。



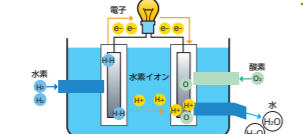
アンモニア発電

アンモニアは燃焼してもCO₂を排出しないため、近年では「燃料」として注目されている。現在は石炭火力発電に混ぜて燃やす「混焼」を中心に実証実験が進められている。ただし、燃料としての需要が高まれば輸送コストが予想されるほか、製造時には二酸化炭素が発生する。燃焼すると窒素酸化物を排出する。腐食性などの毒性が強い、といった課題がある。

燃料電池発電

燃料電池発電では、水素と酸素を化学反応させ、水を生成する過程の中で電気を生ずる。発電効率が高く、安定供給が可能。また廃棄物は水のみで、騒音もない。小規模でもエネルギー効率が低下しないため、家庭用燃料電池や燃料電池自動車としても利用されている。しかし、発電コストが高額になりやすいといった課題がある。

●燃料電池のしくみ

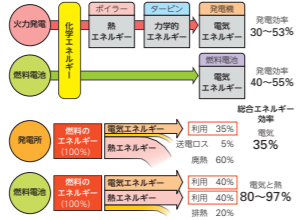


燃料電池の化学反応 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{電気}$

負極 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

正極 $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

●燃料電池のエネルギー効率

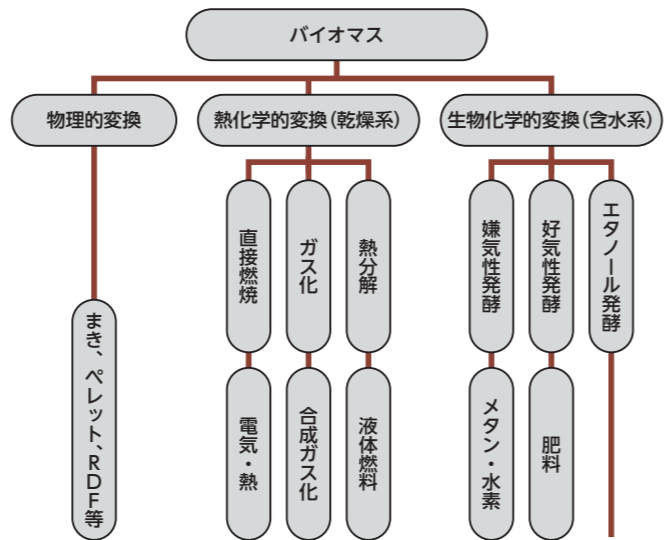


◆バイオマスエネルギーとは

バイオマス（生物起源）エネルギーとは、動植物に由来する有機物（化石資源を除く）で、エネルギー源として利用可能なものをいう。特に植物由来のバイオマスはその生育過程で大気中の二酸化炭素を吸収しながら成長するため、これらを燃焼させたとしても追加的な二酸化炭素は排出されない場合・条件があることから、「カーボンニュートラル」なエネルギーとして扱える場合がある。

バイオマスエネルギーは原料の性状や取り扱いの形態などから、廃棄物系と未利用系に大別される。利用方法には物理的変換のほか、エタノール発酵などの生物化学的変換、炭化などの熱化学的変換による燃料化などがある。

主なエネルギー利用形態



※RDF：Refuse Derived Fuelの略で、廃棄物（ごみ）から生成された固形燃料
（出所）資源エネルギー庁「新エネルギー導入ガイド：企業のためのAtoZ バイオマス導入」

バイオマス発電の例



グリーン発電大分は、林業や製材業などの木材産業が主要な産業となっている大分県日田市で、林地残材や未利用間伐材、製材過程で発生する木くずを利用した発電所（出力5,700kW）。発電所に隣接する園芸ハウスに排温水を安価で提供するなど、低コスト・低炭素化農業の実現及び活性化も図っている。

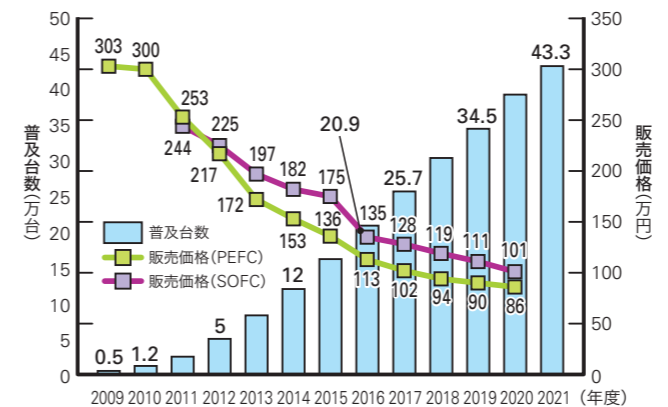
◆水素と燃料電池

水素は水や多様な一次エネルギーから製造することができる。例えば再生可能エネルギーの導入が進めば、その余剰電力などを水素に変換して貯め、必要に応じて電力に再変換することができる。

エネルギー源の多様化に寄与するとともに、利用時に二酸化炭素を排出せず、エネルギーの利用効率が高いため環境負荷の低減にもつながるなど、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うことが期待されている。

日本では、世界の中でも家庭向け燃料電池「エネファーム」や燃料電池自動車の導入が進んでいる。エネファームとは、家庭用燃料電池コージェネレーションシステムのことである。都市ガスやLPガスなどから、改質器を用いて水素を取り出し、発電する。同時に、発電時の排熱を給湯に利用することができる。また、天然ガス火力発電所への水素混焼や水素専焼の技術も2030年に向けて開発が進められている。

エネファームの普及台数と販売価格の推移



※PEFCは固体高分子型、SOFCは固体酸化物型
（出所）コージェネレーション・エネルギー高度利用センター、燃料電池普及促進協会のデータを基に資源エネルギー庁作成

◆中小水力発電

日本は地形が急峻で、また雨量に富んでいるため、落差と流量に恵まれている。水力発電は重要な純国産エネルギーとして利用が進められてきた。近年は「中小水力発電」の建設が活発化している。

中小水力は出力がおおむね10,000~30,000kW以下の発電設備をいう。河川の流水を利用する以外にも、農業用水や上下水道を利用する場合もある。

すでに開発済みの大規模水力に比べて、まだ開発できる地点が多く残されており、自然災害への対応を含め今後も開発が期待されている。



1000kWを下回る小水力発電所（富山県砺波市／新明発電所）写真提供：JVAECC

◆海洋エネルギーとは

海に囲まれている日本は海洋エネルギーが豊富である。現在はいずれも実証試験段階だが、燃料を必要としない再生可能エネルギーとして期待されている。

○波力発電：波の運動エネルギーを利用してタービンを回す発電方法



久慈波力発電所（若手県久慈市）写真協力：東京大学生産技術研究所

○潮流発電：潮流や海流の運動エネルギーを利用してタービンを回す発電方法

○温度差発電：表層の温かい海水（表層水）と深海の冷たい海水（深層水）との温度差を利用する発電方法

(5) 放射線とは

理科

- ・電流とその利用 (電流)
- ・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
- ・大地の成り立ちと変化 (地層の重なりと過去の様子、火山と地震)



その他の教科

- 社会科公民 … 私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)
- 技術分野 … 材料と加工の技術
- 技術分野 … 生物育成の技術
- 技術分野 … エネルギー変換の技術

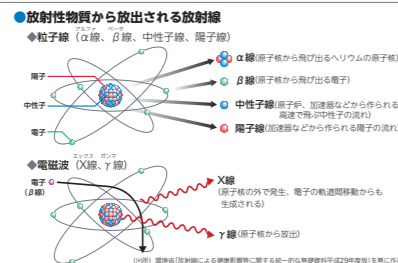
理科 3 エネルギーと科学

(5) 放射線とは

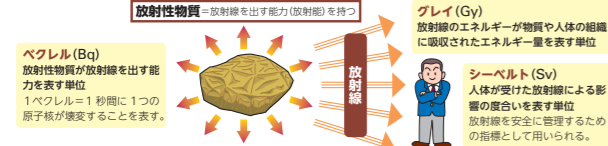
◆放射線とは

放射線は、高いエネルギーを持ち、光の速さに近い高速の粒子 (粒子線) と波長の短い電磁波に大別される。

放射線を出す物質を「放射性物質」といい、放射性物質が放射線を出す能力のことを「放射能」とよんでいる。原子力発電に利用されるウランは、核分裂するときに「放射線」を出すとともに、いろいろな放射性物質に変わる (壊変する)。

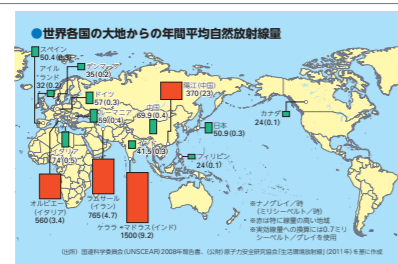


◆放射線・放射能を表す単位



◆日常生活と放射線

私たちの身のまわりにある放射線には、大地や食べ物などから出ている自然放射線と、病院のX線検査などで使われている人工放射線がある。



理科 3 エネルギーと科学

(5) 放射線とは

◆人工放射線の利用

放射線には物を通り抜ける (透過) 能力や、電子をはく作用、物の性質を変える作用などがある。これらの特性を生かし、各分野で放射線が利用されている。

<p>医学</p> <p>●がんの放射線治療</p> <p>放射線治療はがん細胞の成長を遅らせるために、あるいは小さくするために放射線を使用する治療法である。用いられる放射線の種類には、X線、γ (ガンマ) 線、電子線などがある。放射線は細胞のDNAに作用し、細胞が分裂し数を増やす能力をなくしたり、細胞が自ら死んでいく現象を増強したりして、がん細胞を消滅させたり小さくしたりする。</p> <p>体の外から放射線を当てる「外部照射」と、体の内側からがん細胞やその周辺に放射線を当てる「内部照射」がある。</p>	<p>農業</p> <p>●ウリミバエの根絶</p> <p>ウリミバエは繁殖力の強い有害ミバエのひとつで、沖縄県で農作物に被害をもたらしていた。このハエを根絶するために「不妊虫放射線法」が用いられた。この手法は、増殖させたウリミバエのサナギにγ線を照射して生卵細胞を破壊し、その不妊虫を野に放って野生虫と交配しても肉がふ化しないようにする方法である。</p> <p>不妊虫をどんだん野に放せば、野生虫同士の交配が減って世代とともに虫が減り、やがて撲滅できる。沖縄県では1972年から根絶実験を開始した。</p>	<p>工業</p> <p>●素材の品質向上</p> <p>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、品質や性能を高めることができる。</p> <p>自動車のラジアル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る。</p>
<p>自然・人文科学</p> <p>●年代測定</p> <p>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ある。考古学では「放射性炭素年代測定法」という方法を用い、遺跡の出土品に付着していた炭素などに含まれる炭素14という放射性物質の量を調べることで、年代を測定することができる。</p>	<p>日常生活</p> <p>●X線検査</p> <p>X線検査は、わたしたちが病院で受ける医療用のほか、空港などの荷物検査にも使われている。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、内部の傷みを判定したりすることができる。</p>	<p>食品加工</p> <p>●放射線照射食品</p> <p>放射線照射食品とは食中毒の予防のため、放射線を照射し殺菌・殺虫した食品である。放射性照射食品は長期保存できることから、肉料理などが宇宙ステーションでも食べられている。</p>

◆放射線が人体に与える影響

一度に多量の放射線を受けると人体を形作っている細胞が壊されて、さまざまな影響が出る。しかし、放射線が人の健康に及ぼす悪影響についてはまだ科学的に十分な解明がなされていない。100mSv以下の低い放射線量を受けることで将来がんなどの病気になるかどうかについては、多様な見解がある。また、これまでのところ、被ばくをした人の子孫に放射線の影響があるという十分な研究結果は得られていない。しかし、低線量被ばくについては、安全性を確保するために、多くの知恵を集めて、早急に検討し、適切に対処することが必要となっている。

国際放射線防護委員会 (ICRP = 専門家の立場から放射線防護に関する勧告をおこなう国際NGO) は、科学的には影響の程度が解明されていない少量の放射線を受けた場合でも、線量とがんの死亡率増加との間に比例関係があると仮定して、合理的に達成できる範囲で線量を低く保つよう勧告している。

自然放射線であっても人工放射線であっても、受ける放射線量が同じであれば人体への影響の度合いは同じである。

※放射線に関する最新の科学的知見については、環境省の「放射線による健康影響等に関するポータルサイト」がある (<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/>)。

◆放射線を正しく怖がる

明治時代の物理学者、寺田寅彦が随筆の中で「物を怖がらなさ過ぎたり、怖がり過ぎたりするのはやさしいが、正當に怖がることはなかなか難しい」と書いているが、放射線についてもその通りで、それが理科で学ぶゆえんである。

また放射線に関する風評で福島県の産業などが大きな被害を受けている現実を直視し、どうしたら風評被害を防ぐことができるかを社会科等他教科との連携の中で、生徒と一緒に考えてみることも大切である。

◆放射線・放射能の単位

放射性物質が放射線を出す能力 (放射能の強さ) を表すには「ベクレル (Bq)」が用いられる。土や食品、水道水などに含まれる放射性物質の量を表す時に使われ、ベクレルで表した数値が大きいほど、そこから多くの放射線が出ていることを意味している。一方、人体が受けた放射線による影響の度合い

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

◆自然放射線と人工放射線

地球上の岩石や鉱物の中にはもともとウラン、トリウム、ラジウムなどの放射性物質が含まれていて、これらは絶え間なく放射線を出している。身近なところでは食物に含まれている微量の放射性物質や土壌、建材などからも出ている。また、宇宙からは宇宙線と呼ばれる放射線が地上に降り注いでいる。

これらの自然界に存在する放射線を自然放射線という。

こうした自然放射線のほか、私たちが人工的に作り出している放射線もある。その代表的なものが、レントゲン撮影に用いられるX線である。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。

◆放射線の飛跡を見よう (霧箱による実験)

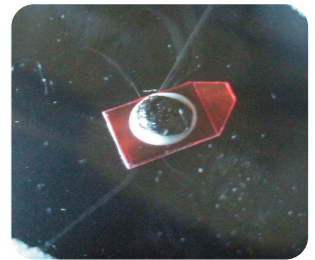
霧箱とは放射線を検出するための装置である。イギリスの物理学者チャールズ・ウィルソンによって発明された。霧箱は、飽和状態のアルコール蒸気などをガラス箱にとじこめたものである。その箱の中を放射線 (アルファ線、ベータ線など) が通ると、通り道でつくられる正・負のイオンが種になって、アルコールの霧の粒を通り道にそって筋状に見ることができる。これを「放射線の飛跡」と呼んでいる。

霧箱は理科教材販売店で取り扱っているほか、手近な材料を使って作ることができる。

※放射線教育支援サイト「らでい」 (<https://www.radi-edu.jp/>) では、放射線教育の実施を検討する教育職員等への支援を行っている。実践紹介や資料集、指導案などのコンテンツがある。

◆放射線に関する教材

「中学生・高校生のための放射線副読本」が、文部科学省より発行されている。放射線の基礎的な性質について理解を深めるための内容になっている。教材の入手は、文部科学省 初等中等教育局教育課程課 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1409776.htm) まで。



(5) 放射線とは

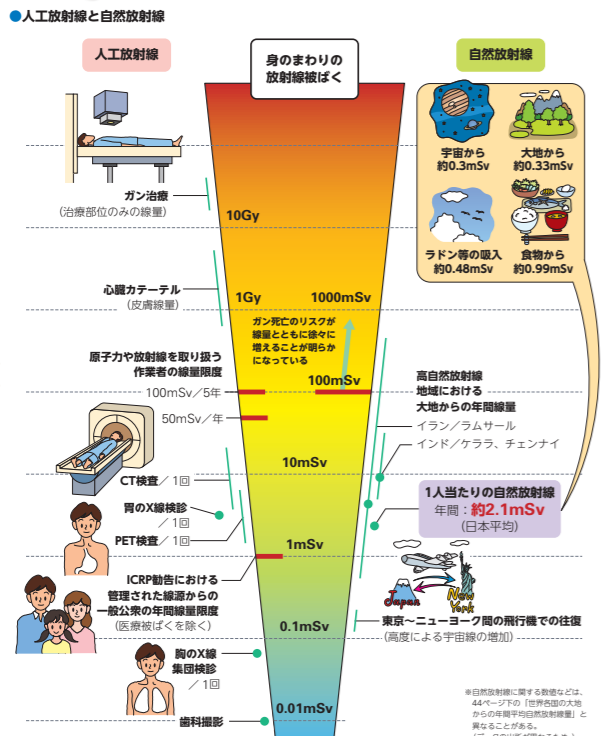
理科

- ・電流とその利用 (電流)
- ・科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)
- ・大地の成り立ちと変化 (地層の重なりと過去の様子、火山と地震)

その他の教科

- 社会科公民 … 私たちと国際社会の諸課題 (地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)
- 技術分野 … 材料と加工の技術
- 技術分野 … 生物育成の技術
- 技術分野 … エネルギー変換の技術

理科 3 エネルギーと科学



放射線廃棄物の処分

原子力発電により、放射性物質を含んだ「放射性廃棄物」が発生する。その処分の実現が重要な課題となっている。

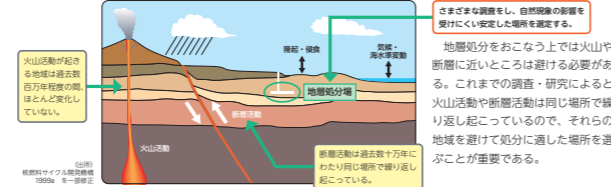
放射性廃棄物は「高レベル放射性廃棄物」と「低レベル放射性廃棄物」に大きく分けられる。原子力発電により発生した使用済燃料は、資源として利用できるプルトニウムなどを回収 (再処理) すると放射能レベルが高い廃液が残る。これを高温のガラスと溶かし合わせ、ステンレス製容器に流し込んで固めたものを「ガラス固化体」(高レベル放射性廃棄物) という。

このガラス固化体は、日本では地下300m以上の深い安定した岩盤に埋設 (= 地層処分) することになっている。こうした処分方法は世界各国でさまざまな検討がなされてきたが、今日では「地層処分」が最も適した方法であることが国際的に共通の認識である。

地層処分のしくみ

地層処分する際は、地下300m以上の深い安定した岩盤に埋設する (= 天然バリア)。その際は、放射能が大きく減少するまでの期間 (少なくとも1000年以上) は放射性物質をしっかりと閉じ込めるために、ガラス固化体をオーバパックという厚い金属製容器に格納し、さらに緩衝材 (粘土) で包む (= 人工バリア)。天然バリアと人工バリアを組み合わせた多重バリアによって、長期間にわたって放射性物質を人間の環境から隔離し閉じ込める。

地層処分をおこなう上で考慮すべき自然現象 (例)



これまで原子力発電を利用した結果、約1万6千トンの使用済燃料が各発電所などで保管されている (2022年9月現在)。こうした高レベル放射性廃棄物は、将来世代に負担を先送りすることなく処分場所を決めていく必要がある。最終処分問題について一人ひとりが考え、問題の解決に向けた理解を深め、取り組みを進めていくことが重要である。61ページを見て高レベル放射性廃棄物の現状を考えよう。

ガラス固化体に含まれる主な放射性物質とその半減期

放射性物質	半減期
ストロンチウム90	約29年
セシウム137	約30年
プルトニウム239	約24,100年
プルトニウム241	約14.3年
プルトニウム243	約25,300年
プルトニウム244	約120,000年
プルトニウム247	約214万年

ガラス固化体には半減期が長いものから短いものまでさまざまな放射性物質が含まれている。放射性物質の半減期は、人間が生きていくのが長いとはならない限り、ほとんど変化しない。その多くは半減期が数十年のストロンチウム90、セシウム137などによるもので、放射能が大幅に減少する。また、半減期の長いプルトニウム239、プルトニウム243などの放射性物質は大部分がなくなり、残ったものは放射能が減少していく。

◆宇宙ステーションの放射線環境

宇宙放射線は地球の大気と磁場に遮られて地上にはほとんど届かない。しかし、国際宇宙ステーション (ISS) が周回している高度400km前後の上空では非常にエネルギーの高い宇宙放射線が降り注いでいる。

ISSは船壁に守られてはいるものの、打上げ可能な重量などの関係から、現在のところ放射線の遮へいのみを目的とするシールドのようなものは設けられていない。そのためISSに滞在する宇宙飛行士の被ばく量は1日当たり0.5~1ミリシーベルトと評価されている。このため、ISS滞在中の1日当たりの被ばく線量は、地上での数か月~半年分に相当することになる。

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) ではISS搭乗宇宙飛行士の放射線による被ばくを適切に管理するため、生涯の被ばく線量制限値を独自に設定し管理をおこなっており、宇宙飛行士ごとに生涯に受ける宇宙からの放射線量の上限は500~1000ミリシーベルト (国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士被ばく管理規程 (2013年6月26日改正)) と決められている。

ISS内では放射線環境の変動をリアルタイムに把握し、ミッション中の被ばく線量を限りなく低く抑えるよう管理されている。また、宇宙飛行士が実際に被ばくした線量を把握し、生涯の被ばく線量を制限以下に抑えるよう管理している。

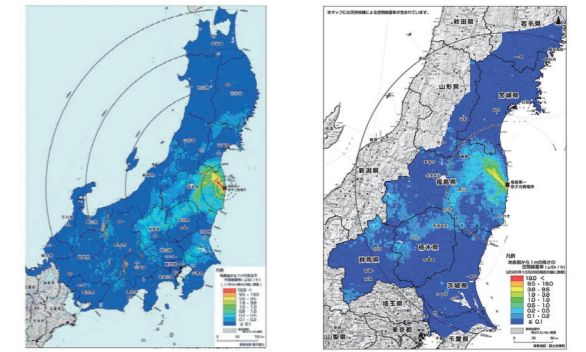
◆原子力発電所事故と放射線

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって環境中に放出された大量の放射性物質は、継続的にモニタリングがおこなわれ、空間線量の分布状況、放射性セシウムの沈着状況などが調査されてきた。東京電力福島第一原子力発電所から北西方向に伸びる領域が放射線量の高い地域である。80kmの空間線量率は線量が高い地域、低い地域ともに年月を経て下がってきていることが確認されている。

※原子力規制委員会の「放射線モニタリング情報ポータルサイト (<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/>)」では、全国の現在の空間線量率をみる事ができる

※厚生労働省HPの「東日本大震災関連情報 (https://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html)」では、食品中の放射性物質の基準値など、食品の安全に関する情報を見ることが出来る。

福島県、およびその近隣県の空間線量率の分布



文部科学省発表 2011年12月16日 原子力規制委員会発表 2021年2月15日 (出所) 環境省「放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料 (令和3年度版)」

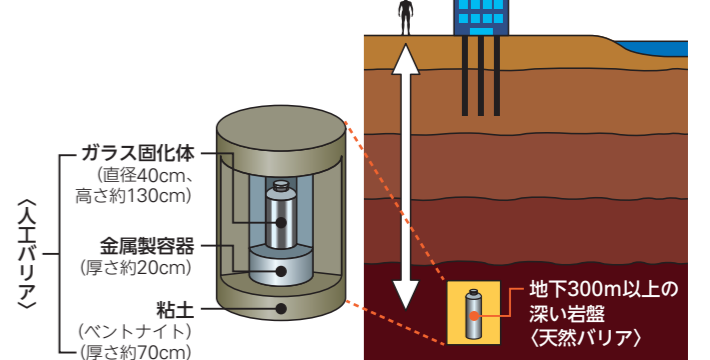
◆高レベル放射性廃棄物の地層処分

高レベル放射性廃棄物は原子力発電の運転に伴って発生する。高レベル放射性廃棄物には長期間にわたって強い放射線を発生する放射性物質が含まれているため、長期にわたって人間とその生活環境に対して影響が及ばないようにする必要がある。

高レベル放射性廃棄物の処分については地層処分を進めることが国際的に共通の考え方になっている。日本でも高レベル放射性廃棄物の地層処分を進めるための取り組みがおこなわれている。

地層処分は人間の生活環境から隔離された、深く、かつ安定した地層で、「人工バリア」と「天然バリア」を組み合わせることによって放射能を閉じこめようという「多重バリア」の考えに基づいている。

多重バリアシステム



地下深部がもつ特徴と地下深部に埋めるメリット

- ① 地下は酸素が少ないため、ものが変化しにくい
→ 地上ほど腐食などの影響を受けない
- ② もの動きが非常に遅い
→ 遠い将来、放射性物質が漏れ出しても、ほとんどが地下にとどまり続ける
- ③ 人の生活環境から遠く離れている
→ 生活環境に影響を与えない

※高レベル放射線廃棄物の地層処分については61ページも参照

学習のねらい

- 人が瞬間的に受ける放射線量が多くなると、人体に影響があることを理解する。
- 放射線利用の長所と短所を考えさせることで、放射線を正しく怖がる態度を身につける。
- 原子力発電により発生する放射性廃棄物の処分の必要性和課題について知る。

学習のポイント

- 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。
- 日常生活の範囲で受ける放射線は、身体に影響を及ぼすことは無い。
- 放射性廃棄物は適切な処分が必要である。

(1) ものづくりとエネルギー (2) 作物育成とエネルギー

技術分野

- 材料と加工の技術

技術分野

- 生物育成の技術
- 情報の技術

動画へGO!

『[Society5.0] スマート農業とは…』 BUZZMAFF ばずまふ (農林水産省)

その他の教科

- 家庭分野…衣食住の生活についての課題と実践
- 家庭分野…消費生活・環境についての課題と実践

その他の教科

- 家庭分野…衣食住の生活についての課題と実践
- 家庭分野…消費生活・環境についての課題と実践

技術・家庭科 技術分野 4 エネルギーと技術

(1) ものづくりとエネルギー

◆ものづくりと循環型社会

ものづくりでは、資源を材料にするとき、材料を加工して製品にするとき、製品を運搬するとき、再利用・廃棄するときなど、製造から廃棄まで多くのエネルギーが使われている。あなたのものづくりをふり返り、どんなときにどんなものにエネルギーが使われていたのか考えてみよう。

◆部門別電力最終消費のうちの割合(2020年度)

部門	割合
産業	35.5%
業務	29.0%
家庭	33.4%
運輸	1.9%

◆ものづくりでのエネルギーを減らす工夫

- 木村資源による循環: 木材資源の循環とエネルギー投入の削減。
- セメントの例: セメント製造由来の二酸化炭素排出量は、日本全体の約4%を占めている。高炉スラグ(製鉄製造で発生する副産物)の混合率を高めればエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を減らせることがわかってきた。現在日本のセメントメーカーは、共同で開発した「高温空気燃焼技術」を用いた「高性能セメント」を開発し、従来のセメントにくらべてエネルギー消費量と二酸化炭素排出量が30%以上、窒素酸化物(NOx)排出量が50%以上削減されている。

(2) 作物育成とエネルギー

◆スマートアグリ(農業)

スマートアグリとは、エネルギー変換の技術やIoTと栽培の技術を組み合わせて、超省力・高品質生産を実現する新たな農業である。

●スマートアグリシステムを採用した植物工場

植物工場とは、施設内で植物の生育環境(光、温度、湿度、二酸化炭素、養分、水分等)を制御して栽培をおこなう施設である。人工的に作り出したエネルギーを活用することで天候や季節に左右されず、計画的に安定した品質と収量の植物を栽培できる。北海道苫小牧市にある植物工場では、情報の技術が多様なデータの処理・解析に活用し、温室内の環境を制御している。

●植物工場における多様なエネルギー資源の活用

- 天然ガス…天然ガスで発電した電気を施設の機械・照明などに利用し、排熱(温水)は温室の暖房に使う。発電時に発生する排ガス中の二酸化炭素は光合成の促進に利用する。このシステムを「トリジェネレーションシステム」という。余った電気を売電できる。
- バイオマス…ボイラーで木質チップなどを燃やし、熱(温水)と排ガス中の二酸化炭素を温室に供給する。
- 温泉熱…温泉熱を利用してヒートポンプで温室を加熱し、安価な熱源として利用する。

●その他の教科:

- 家庭分野…衣食住の生活についての課題と実践 P42
- 家庭分野…消費生活・環境についての課題と実践 P58-59

(1) ものづくりとエネルギー

学習のねらい

- ものづくりとエネルギー利用の関係性に気づく。
- ものづくりの設計段階から省資源、省エネルギーの手段を考え、実践できるようになる。

学習のポイント

- ライフサイクルを通じて省エネルギー、省資源的な方法を考慮した、材料と加工の技術の選択や管理・運用を考えることができる。

(2) 作物育成とエネルギー

学習のねらい

- 生物育成の技術とエネルギー利用の関係性に気づく。
- 野菜工場のプラスとマイナスを評価し、条件に応じた栽培の技術の選択や管理・運用を考えることができる。

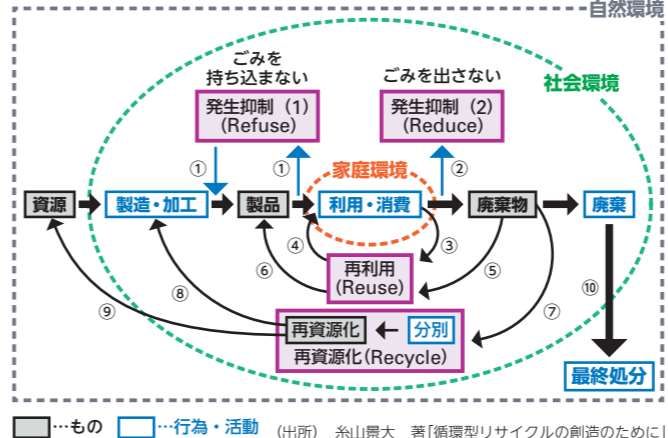
学習のポイント

- 栽培の技術の評価し、条件に応じた栽培の技術の選択や管理・運用を考えるためには、エネルギー消費などの視点も必要であることに気づかせる。

◆ものづくりと循環型社会

循環型社会の観点からものづくりを見ると、資源の採取から製造・加工、利用や消費、廃棄の全ライフサイクルを通して、資源やエネルギーの利用を最小限にし、また、資源の再生利用を最大限にするのが望ましい。下の「循環型社会の概念図」は、4つのR(リサイクル、リフューズ、リデュース、リユース)によって資源や製品の循環がなされていることを示している。4Rに必要なエネルギー量は、矢印の長さ(距離)に比例している。例えば、リサイクルは資源の再利用にはなるが、エネルギーの投入量が多い。一方、リユースは、エネルギーの再投入量が少なくすむ。また、設計の段階で廃材が出ないようにすればリフューズになる。

循環型社会の概念図



◆高性能工業炉の開発

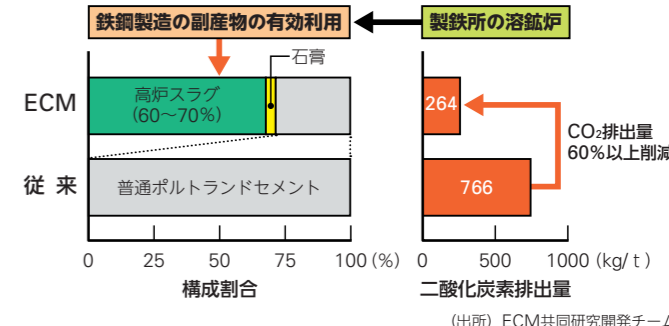
工業炉は製造業の幅広い分野で使用されていることから、日本全体のエネルギー消費量の約15%を占めている。効率改善の方法の一つに「リジェネレイティブバーナー」と呼ばれる燃焼技術があったが、排熱回収率を高めるほど窒素酸化物(NOx)の発生が増加してしまうため、工業炉の省エネルギー化と環境負荷低減の両立は困難と考えられてきた。しかし、1990年代初めに熱回収率を高めても窒素酸化物発生量が増えない燃焼方法を日本の工業炉メーカーが発見し、高性能工業炉の開発・実用化が進んだ。

◆ECMセメントの開発

日本で消費されている主なセメントは「ポルトランドセメント」と呼ばれ、石灰石、粘土、珪石、石膏をもとに作られている。セメント製造はエネルギー

多消費産業であるため、大幅な二酸化炭素排出量の削減は難しいと考えられてきた。ECM(エネルギー・CO₂・ミニマム)セメントは、新たな混合剤の開発や材料成分・構成の最適化などで高炉セメントの弱点を補い、原料由来の二酸化炭素排出量を6割以上削減できる。

ECMによる二酸化炭素排出量削減効果目標



◆植物工場とは

植物工場は、施設内で植物の生育環境(光、温度、湿度、二酸化炭素濃度、養分、水分など)を制御して栽培をおこなう施設園芸のうち、環境、および生育のモニタリングを基礎として、高度な環境制御と生育予測をおこなうことにより、野菜などの植物の周年・計画生産が可能な栽培施設である。植物工場は「太陽光型」、「太陽光・人工光併用型」、「人工光型」に分類することができる。人工光型は太陽光を使わずに閉鎖された施設である。LEDなどの人工光を利用し、高度に環境を制御して周年・計画生産をおこなう。2012年には106か所だった人工光型植物工場は、2022年には190か所※まで増加した。

※(出所) 日本施設園芸協会「大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例調査」令和3年度

◆植物工場のプラス面・マイナス面

〈プラス面〉 植物工場は、外部からの影響を軽減、もしくは受けずに植物の生産が可能な点である。特に人工光型植物工場では、植物生産にとって最適な環境を作り出すことができ、計画的、安定的に周年生産できる、年間をとおして高い品質を維持できる、設置場所を選ばないなどのメリットがある。

〈マイナス面〉 設備導入費や光熱費がかかるため露地栽培にくらべて高コストであること、植物工場野菜のブランド確立ができていないことなどから、参入事業者の経営の安定化が課題である。

(3) 電気の安定供給



技術分野 ・ エネルギー変換の技術

その他の教科
理科 … 化学変化とイオン (化学変化と電池)
理科 … 電流とその利用 (電流、電流と磁界)

(3) 電気の安定供給

◆電気を安定供給するためのしくみ

発電所から送電線、変電所、配電線などのすべての電力設備のシステムを「電力系統」といいます。電力系統は周波数・電圧をつねに一定に保ち、品質を維持しながら利用される場所まで送られます。

●電流の種類と周波数

●電力需給のひっ迫注意報

猛暑や厳寒が続くエアコンなどの電力を駆使して、需要量が供給量の上限に迫ってしまう状態を「電力ひっ迫」といいます。需要量と発電量のバランスがくずれると電流の周波数が乱れ、大規模停電などを引き起こしてしまふ(53ページ参照)。そのようなリスクを避けて、安定した電力供給ができるようにするために、政府や電力事業者は国民に節電を呼びかけて対策をしています。

ひっ迫の主な要因は急な気候変動であるが、災害による発電所の停止や、ロシアのウクライナ侵襲の影響でエネルギー調達が多岐化したことなども挙げられる。

注意報は、予備率(電力供給の余力)が5%を下回ると予想されるときに、前日の16時をめどに発令され、予備率に応じて、3段階呼びかけがおこなわれる。電力の供給対策が講じられる一方で、わたしたちも省エネ・節電の取り組みを積極的に進めていく必要がある。

●送電の流れと給電指令系統

●中央給電指令所の役割

電気の使用量と発電量が常に一定のバランスを保つため、電力需要の予測や発電所ごとの発電量の計画と指令などをおこなう。中央指令所で発電所の出力を遠隔自動制御するシステムも導入されている。近年は天候に発電量が左右される再生可能エネルギーによる発電量の予測や出力変動への対応が課題となっている。

●系統給電所・地方給電所の役割

系統給電所はつねに変電所や送電線など電力系統の状態を監視し、適切な電力潮流・圧力を維持するよう変電所など電気の流れる道すじを監視し、安定かつ効率的に運用するように制御している。自然災害などで送電線に問題が発生した場合は、停電エリアが拡大しないよう、問題のある場所を迂回する送電ルートを用意している。「電力系統安定化システム」が導入されている。

●わたしたちができること

エアコン、冷蔵庫、照明は家庭での電力消費量の5割以上を占めている。電力消費量の大きい家電の節電が効果的だ。

家電	電力消費率	節電のヒント
エアコン	約33%	夏は涼しく、冬は暖かくする。必要に応じてフィルターをこまめに清掃。
冷蔵庫	約16%	物を詰め込みすぎない。扉を開けるときは時間を短くする。
照明	約9%	自然光からLED電球や省エネ電球に交換する。使わないときは消す。

●再生可能エネルギーの出力を予測して需給計画を作成するしくみ

●関連するページ

- 地産地消システムの強化……………P52
- 電気の安定供給と再生可能エネルギー……………P53

●調べてみよう

家庭に送られる電気のなせ交流なのか調べてみよう。また、家庭で使っている電気製品は、電流が交流か調べてみよう。

学習のねらい

- 暮らしや社会に不可欠な電気を送るための送電・配電技術について理解する。
- 電力需給のバランスをコントロールする中央給電指令所のはたらきを理解する。
- 電気は大量には貯められないので需要に応じて発電量を調整しなければならないことを理解する。

学習のポイント

- 超高压で送り出された電気は、需要地で必要に応じた電圧に下げられて供給されている。
- 電気は大量に貯めておくことができないので、常に需要に合わせて発電がコントロールされている。
- 電源の組み合わせは、それぞれの発電方式の特徴や長所、短所を考慮し、バランスのとれた構成になるよう考えられている。

【授業展開例】関連ページ

- 保守点検の大切さに気付こう (36～37ページ)

◆中央給電指令所の役割

電気は大量に貯蔵しておくことができません(近年は大容量の蓄電池が研究・開発が進んでいる)、生産と消費が同時に行われるため(電気の速さは光速とほぼ同じ)、需要量を上回るように発電量をコントロールしなければならない。また、供給の安定性(燃料の入手のしやすさ)、環境への影響(二酸化炭素排出量)、経済性(燃料コスト)などを考慮し、どのように電源を組み合わせるかバランスの取れた構成になるよう調整をおこなっている。

中央給電指令所では、時々刻々変化し続ける電気の使用量を予測しながら、発電所の発電量を調整する指令を出し、周波数を一定に調整している。また、送電線の流れを管理し、変電所や送電線などの送電設備に異常や故障が起きた際の対応も、中央給電指令所の重要な業務である。

◆系統給電所・地方給電所の役割

系統給電指令所の下には各地に点在する地方給電所がある。電力会社によって給電指令所は基幹給電制御所、地方給電所は給電所、系統制御所、給電制御所など名称が異なる。

系統給電所では、送電線や変電所などの設備に異常がないかを常時監視し、電力ネットワークをコントロールする、発電所で作られた電気を無数に広がる送電網を使って安定的に送る最適なルートを決める、電圧を適正な値に調整する、などの業務をおこなっている。万が一、自然災害などで事故が発生した場合には、その復旧計画や指令も系統給電所の仕事である。

◆送電のしくみと送電ロス

発電所で発電された電気は、交流で需要地に送られている。電流には直流と交流があるが、発電された電気を交流にする理由は変電が容易なためである。

電気が届けられる過程で、その一部は送電線の抵抗などのために、途中で熱となって大気中へ逃げってしまう。これを「送電ロス」といい、送電ロスは電圧が低いほど、送るまでの距離が長いほど大きくなる。日本の送電網の場合、発電量に対して約5%程度を損失している。

電気を高压で送るのは、こうした送電ロスを減らすためである。近年は、電力需要の増加と電源の大容量化・遠隔化・安定供給に対応するため、送電線

の高压化が図られており、27万5,000～50万Vで送電されている。そのため、需要地に近づくにつれて変電を繰り返して徐々に電圧を下げている。

◆「日本版コネクト&マネージ」とは

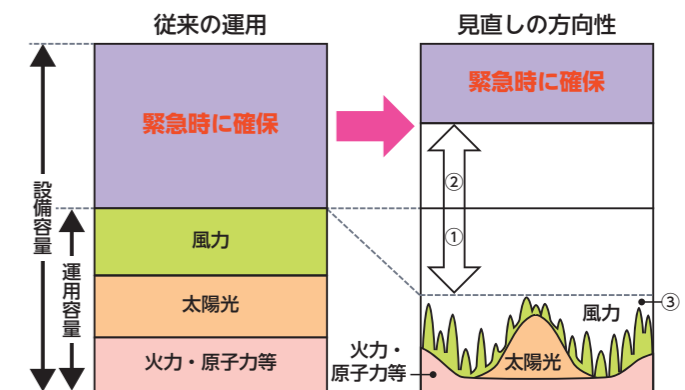
日本の電力系統はこれまで大規模発電所と需要地を結び形で形作られてきたが、再生可能エネルギーの立地ポテンシャルとは必ずしも一致していない。再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、電力系統の容量が足りず接続できない例が見られるようになり、この系統制約が大きなネックとなる可能性がある。しかし、新しく送電設備を作ったり増強するにはコストと時間がかかるため、既存の送電設備や技術で緩和・解消する方法が検討されている。

現在導入方法が検討されている「日本版コネクト&マネージ」では、これまでの運用ルールを変更して、緊急時に空けていた容量や他の電源が発電していない時間などの「すきま」をうまく活用し、よりたくさんの電気を流せるように工夫するのである。2021年には、空き容量を活用して新しい電源をつなぐ、ノンファーム型接続の運用が開始された。その出力制御は空き容量に合わせておこなわれる。

※電力広域的運営推進機関 (<https://www.occto.or.jp/grid/index.html>) では電力の安定供給や送配電設備の効率的利用などへの取り組みに関する情報を公開している。

日本版コネクト&マネージのイメージ

	従来の運用	見直しの方向性
空き容量の算定	全電源がフル稼働する前提で算定	実態に近い想定で算定【下図①に該当】
緊急時用の枠	半分程度を確保	事故時(落雷など)に電源を電力系統から瞬時遮断する装置の設置を条件として、一部枠を平常時に開放【下図②に該当】
出力制御を前提とした接続	通常は想定せず	電力系統の混雑時の出力制御を前提として、新規電源の接続を許容(系統が空いているときの容量を活用)【下図③に該当】



(出所) 経済産業省「総合エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会/再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会中間整理(2018年5月)」

(3) 電気の安定供給

技術分野

・エネルギー変換の技術

その他の
教科

理科…化学変化とイオン（化学変化と電池）
理科…電流とその利用（電流、電流と磁界）

◆地域間連系線の強化

これまで日本では地域ごとに電力系統を構築し需給バランスの管理がおこなわれてきた。それぞれの地域は隣の地域と連系線が繋がっているが、地域を越えて流せる電気の量は限られている。現在、地域間で送電できる運用容量を大きくする連系線の設備増強が進められている。

●地域間連系線の強化
北陸と本州は旧国境と上北に交差する交流変換設備を設置し、この機能を架設する電線および海底ケーブルで結んでいる。
2019年より青函トンネルを利用した新北陸連系線が完成し、北陸と本州間の送電容量が大幅に増加した。

●周波数と電圧の品質
電力の需要と供給のバランスがずれると、周波数や電圧に乱れが生じる。工場などで使用しているモータは周波数が乱れると回転数が変動し、製品の品質に影響が出てしまう。そのため周波数や電圧の変動が小さい高品質な電力を送り続けることができるよう維持されている。

●電力系統の安定をはかる蓄電池と制御技術
太陽光発電、風力発電は天候によって発電量が変動するので、需要に合わせて電力量を確保することがむずかしい。そうした再生可能エネルギーの不安定性の問題を解決する装置として期待されているのが蓄電池である。電力が余ったときに電力を貯蔵し、必要に応じて送電網に電気を送ることが可能になる。現在のところ、高価格であること、大型化がむずかしいことから、低価格化、大型化するための技術開発が進められている。

●電気使用量と発電量のバランス
電力会社では、常に一定の周波数、電圧で電気を供給できるよう品質の安定に努めている。例えば繊維工場で使われている織機のモーター回転数に乱れが発生すると、仕上がった生地に織りムラができるなどの不具合が生じてしまうため、常に調整目標範囲内に収まるよう調整している。

●周波数変換（交流変換器）のしくみ
60Hzの電気を50Hzにする場合：60Hzの交流の電気を周波数変換設備で直流の電気に変え、今度はその直流の電気を50Hzの交流の電気に変える。50Hzの電気を60Hzに変換する場合はこの逆になる。

●蓄電池の種類
一次電池（乾電池）
二次電池（充電式電池）
燃料電池
光電池（太陽電池）

◆東日本と西日本の周波数のちがいが

日本では、静岡県の富士川と新潟県の糸魚川辺りを境にし、東日本は50Hz、西日本は60Hzの電気が送られている。東西地域の周波数を50Hz、60Hzに分化させるきっかけは、明治時代に東京電灯浅草発電所がドイツ製50Hz発電機を、大阪電灯幸町発電所がアメリカ製60Hz発電機を導入したことである。大正時代初頭から第2次世界大戦直後までに4回の周波数統一の動きがあったが、いずれも莫大なコストと時間がかかり、設備の改造過程で供給力不足を招くことから実現されず、現在も2つの周波数が使用されている。

東西で電力を融通する場合、同じ周波数に変換しなければならない。現在は、飛騨信濃周波数変換設備（岐阜県・長野県）、佐久間周波数変換所（静岡県）、新信濃周波数変換所（長野県）、東清水周波数変換所（静岡県）の4か所で、電力融通がおこなわれている。変換設備の合計容量は210万kWだが、事故などに備え、実際に使える能力は150万kW程度である。

◆電力の品質と再生可能エネルギー

電力会社では、常に一定の周波数、電圧で電気を供給できるよう品質の安定に努めている。例えば繊維工場で使われている織機のモーター回転数に乱れが発生すると、仕上がった生地に織りムラができるなどの不具合が生じてしまうため、常に調整目標範囲内に収まるよう調整している。

周波数維持の指標には時間滞在率（標準周波数から実測周波数が一定の変動幅に維持された時間の比率）がある。各電力会社は平常時の調整目標を下の表の通り設定している。

再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入されて以降、太陽光発電を中心に設備導入が増大しているが、太陽光発電や風力発電は、天候によって発電量が大幅に変動する。電力の品質を保つためには、火力発電などの出力調整が可能な電源をバックアップとして準備するほか、発電した電気を大規模な蓄電池に蓄えるなどの対策が必要となる。

各供給区域の周波数調整ルール

供給区域	北海道	東北・東京	中部・北陸・関西・中国・四国・九州	沖縄
標準周波数	50Hz	50Hz	60Hz	60Hz
調整目標範囲	±0.3Hz	±0.2Hz	±0.2Hz	±0.3Hz
±0.1Hz以内滞在率目標	-	-	95%以上	-

（出所）電力広域的運営推進機関資料

◆優先給電ルールとは

太陽光や風力などの再生可能エネルギーは天候によってその出力（発電）が大きく変動するうえ、そのコントロールが困難である。条件に恵まれれば、電力の需要以上に発電する場合もあり、そのままにしておくと需要と供給のバランスがくずれて大規模な停電などのリスクが発生してしまう。そのため需要以上に発電され電気が余る場合にはあらかじめ決められた順に電源を制御する「優先給電ルール」が設けられている。

2018年秋、九州や四国では優先給電ルールの順に出力制御をおこなっても電力が余ったため、太陽光発電の出力制御が初めておこなわれた。

優先給電ルールのイメージ

出力の制御などをおこなう順番

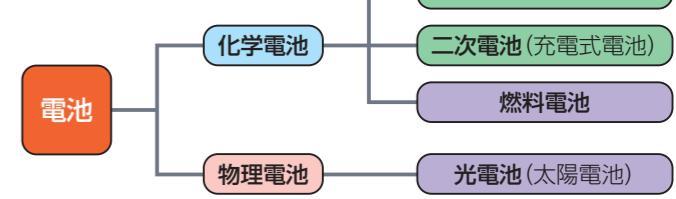
- ・火力発電（LNG・石炭・石油など）の発電量を減らす
- ・揚水式水力発電の動力として電気を使用し需要を増やす
- ・連系線を活用し他のエリアへ電力を融通する
- ・バイオマス発電の出力を制御する
- ・太陽光発電・風力発電の出力を制御する

◆蓄電池

蓄電池は化学電池のひとつで、二次電池とも呼ばれる。蓄電池には鉛蓄電池、ニッケル水素蓄電池、リチウムイオン二次電池などさまざまな種類がある。その中でリチウムイオン二次電池は、体積、重量当たりの電気蓄積量が大きい上に急速充電・急速放電が可能のため、電気自動車から電力貯蔵のための定置用まで幅広い利用が見込まれている。

これまでは電気は貯めることができないことを前提に、需要の最大値に合わせた発電設備を作る必要があった。現在は、蓄電技術の進展で大規模な蓄電池の開発が進んだため、発電量が多いときには大規模な蓄電池へ蓄え、少ないときやゼロのときには蓄電池から出力することが可能になり、将来的には電力需要の負荷平準化への寄与が期待されている。

電池の種類



学習のねらい

- 直流と交流の違いを理解する。
- 東日本と西日本では周波数が異なっていることを知り、相互融通には技術的な理由から限度があることを知る。

学習のポイント

- 周波数を変換するためには、一度、直流に変えてから別の周波数に変えている。
- 一部の連系線も変換所で交流を直流、直流を交流に変換して連系している。
- 東西間の周波数変換は静岡県と長野県、岐阜県の4か所でおこなわれている。

(4) エネルギーを有効に使う技術

技術分野 ・エネルギー変換の技術

その他の教科
理科 …電流とその利用 (電流、電流と磁界)
理科 …化学変化とイオン (化学変化と電池)
理科 …科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)

技術分野 エネルギーと技術

(4) エネルギーを有効に使う技術

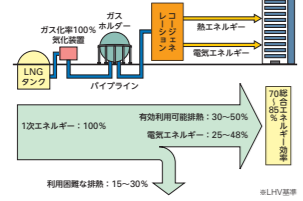
◆エネルギーの高度利用

エネルギー効率の飛躍的向上やエネルギー源の多様化に寄与する新技術をエネルギーの高度利用技術という。

●コージェネレーションシステム

コージェネレーションとは、天然ガスや石油、石炭、LPガスを燃焼させ、発電をおこなうと同時に発生する熱を温水や蒸気等の形で取り出し、冷暖房や給湯として利用するシステムである。電熱を同時に利用するため、約70~85%という高いエネルギー利用効率を実現できる。熱源のある病院や宿泊・商業施設などが密集した地域に近接してシステムを設置すると、エネルギーの高度利用が図られる(58ページ参照)。

●コージェネレーションシステムのしくみ (都市ガスの場合)



●リチウムイオン二次電池

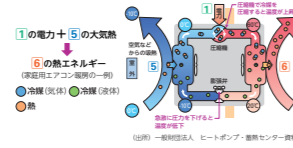
電気は電気エネルギーの形で貯めることはできないが、化学エネルギーなどほかのエネルギーの形で蓄電することはできる。蓄電池は化学電池のひとつで、二次電池とも呼ばれる。電力の貯蔵用途で使われる蓄電池には鉛蓄電池、ニッケル水素蓄電池、リチウムイオン電池、NAS電池などさまざまな種類がある。その中で、リチウムイオン二次電池はスマートフォン

や電気自動車などの電池としてすでに利用されている。リチウムイオン二次電池はエネルギー密度が高い、自己放電が小さいなどのメリットがある。一方でエネルギー密度が高いために過充電・過放電に弱い、発熱しやすいなど、耐久性・安全性の面から電力貯蔵用の大型化に課題があった。現在は、正極にリン酸鉄リチウムなどを使用することで安全性の高い電池が開発され、実用化も徐々に始まっている。

●用途別リチウムイオン二次電池の要求寿命特性 (例)

用途	電池容量	使用期間	充電頻度	使用期間×充電サイクル
携帯電話	10Wh	~3年	1回/日	3年 1000サイクル
電気自動車	30kWh	~10年	300kmごと	10年 400サイクル (127km走行/日として)
家庭向け蓄電池	6kWh	10年以上	2~3回/日 (ビュートモード)	10年 6000サイクル
産業用途	50kWh	~10年	2~3回/日 (ビュートモード)	10年 3000サイクル

●ヒートポンプ



ヒートポンプとは、少ない投入エネルギーで空気中などの周辺環境の熱エネルギーを利用する技術のことである。エアコンや冷蔵庫、エコキュート (ヒートポンプ給湯器) などに利用されている。最新のヒートポンプエアコンは1の投入エネルギーで6の熱エネルギーを得ることができる (最新型ヒートポンプエアコンの場合)。

◆次世代自動車

ガソリンなど化石燃料をほとんど使わない自動車を次世代自動車 (クリーンエネルギー自動車) と呼ぶ。

●プラグインハイブリッド自動車 (PHV)

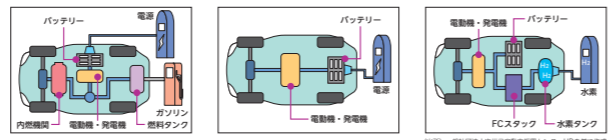
ガソリンエンジンと電気モーターを組み合わせて化石燃料の消費を減らし、効率よく走る自動車である。プラグからの充電ができないハイブリッド自動車にくらべ、プラグインハイブリッド自動車は家庭などでも充電ができるので、電気自動車とハイブリッド自動車の両方の長所を持っている。

●電気自動車 (EV)

バッテリーに蓄電した電気を動力源としたモーターを回して走る自動車である。家庭用の電源でも充電ができる。ガソリン車とくらべてエネルギー効率が高く、走行時に二酸化炭素を排出しない。電気を多く蓄電できるリチウムイオン二次電池の開発により、今では長距離走行が可能になるなど性能が向上している。家庭に電気を供給する機能を備えているので、停電時に電源としての利用が可能である。

●燃料電池自動車 (FCV)

燃料電池で作った電気でモーターを回し、走る自動車である。走行時に二酸化炭素を排出しない、多様なエネルギー源から製造された水素を使用できるという特徴を持っている。使用できるステーションが少ない。また、車両価格が高額なことから、普及に向けて製造コストの低下につながる技術開発が進められている。



●次世代自動車の比較

	電気自動車	プラグインハイブリッド自動車	燃料電池自動車
動力	モーター	エンジンとモーター	モーター
動力源	電気	電気とガソリン	水素
補給方法	家庭の電源、充電ステーション (全国に21,859か所 (2022年10月現在))	ガソリンスタンド	水素ステーション (全国に163か所 (2022年10月現在))
航続距離	約550km	EV走行距離: 60km ガソリン走行距離: 約1,300km (燃料消費率 30.3km/L)	約750km
環境性能	走行中に排気ガス、二酸化炭素を排出しない	エンジンを利用しているときは排気ガス、二酸化炭素を排出する	走行中に排気ガス、二酸化炭素を排出しない
充電・充電時間	普通充電: 2~13時間程度 / 急速充電: 20~60分で80%程度まで充電		3分程度

●電気の安定供給と再生可能エネルギー……P53
●これからのエネルギー利用と技術……P58~59

考えてみよう
燃料電池の性質を調べ、どのような用途で使うとよいか考えてみよう。

◆コージェネレーションシステム

コージェネレーションシステムは電力と熱を生産し供給するシステムの総称である。内燃機関を用いる方法、蒸気ボイラーおよび蒸気タービンを用いる方法、そしてガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた方法に分けることができる。

民生分野では、病院や商業施設、地域冷暖房、ホテル、清掃工場、下水処理場、スポーツ施設、大規模オフィスビルなどで導入されている。

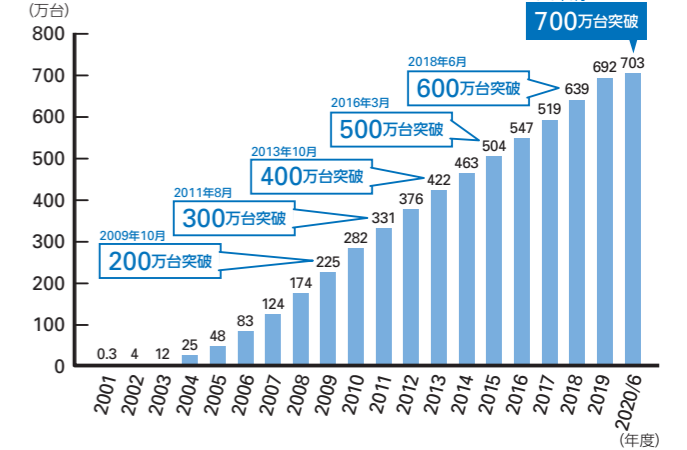
産業分野では、化学・石油化学、機械 (自動車等)、鉄鋼・金属、電気・電子、エネルギー (石油精製、ガス、共同火力)、食品・飲料・畜産、繊維、紙・パルプなどさまざまな産業で導入されている。

◆ヒートポンプ

ヒートポンプとは、少ないエネルギーで低温の熱源から熱を集めて高温の熱源へ送り込む装置である。ヒートポンプの片側が冷却されると、同時に反対側が加熱されることになる。化石燃料の燃焼とは異なり、ヒートポンプのしくみ自体からは二酸化炭素が排出されない。また、熱源には、空気中の熱や工場の低温排熱、河川水や工場排水、地中熱など、利用価値がなかった熱エネルギーを利用することができる。そのため、省エネ技術としてだけでなく、未利用エネルギーの活用という点からも関心が集まっている。

ヒートポンプを用いた家庭用給湯器エコキュートの普及も拡大し、2020年6月末には累計出荷台数が700万台を超えた。

エコキュート累計出荷台数



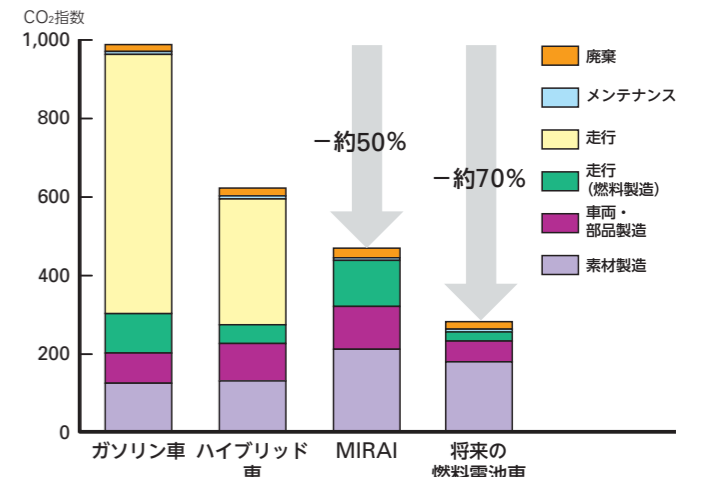
(出所) 一般社団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター (2020年7月資料)

◆スマートモビリティ社会とは

スマートモビリティ社会とは、次世代自動車とICT (情報通信技術) を活用した高度道路交通システムを組み合わせることにより、環境に配慮しながらスムーズで快適な移動を実現する交通手段やシステムを整えた社会である。

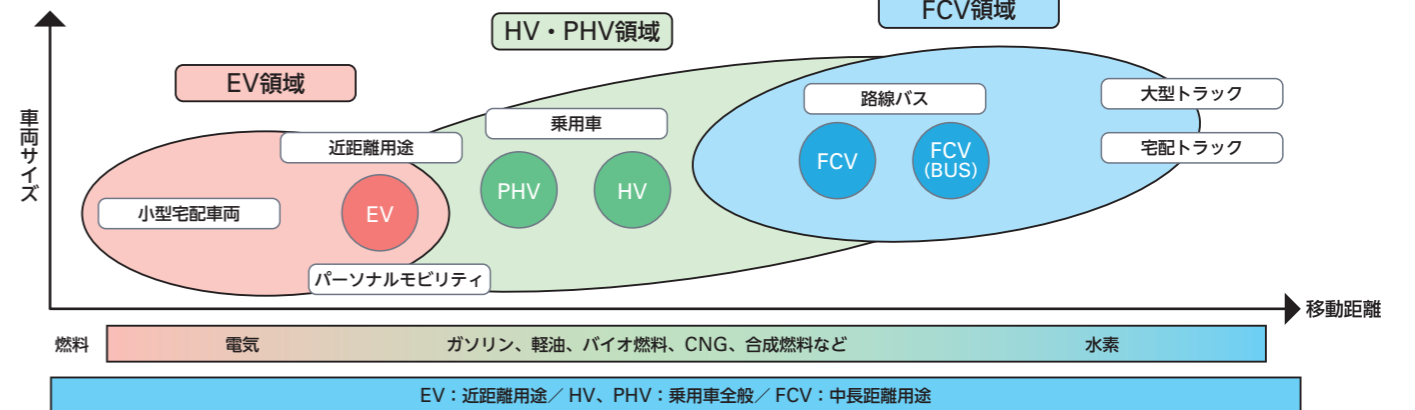
ハイブリッド自動車や電気自動車、燃料電池自動車は、環境負荷が低いいため、これからの一層の普及が期待されている。

自動車のライフサイクルアセスメント評価



※ MIRAIとは、トヨタ社製の燃料電池車のこと。(出所) トヨタ自動車(株)資料

モビリティの棲み分けイメージ



※EV: 電気自動車、HV: ハイブリッド自動車、PHV: プラグインハイブリッド自動車、FCV: 燃料電池自動車 (出所) トヨタ自動車(株)資料を基に作成

- 低炭素社会の実現に向け、さまざまな技術開発が進められていることを知る。
- 新たな技術の開発や創造が、エネルギー資源の有効利用、自然環境の保全に貢献することを理解する。
- 従来からあるエネルギーの新しい利用に向けた技術も進んでいることを理解する。
- エネルギーの高度利用の技術には、燃料電池やコージェネレーションシステム、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車などがある。
- 水素は将来性を期待されたエネルギー源で、家庭や自動車などで利用する技術が実用化されている。
- 燃料電池は、エネルギーの変換効率が高い。

(4) エネルギーを有効に使う技術

技術分野 ・ エネルギー変換の技術

その他の教科
理科 … 電流とその利用 (電流、電流と磁界)
理科 … 化学変化とイオン (化学変化と電池)
理科 … 科学技術と人間 (エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)

技術・家庭科
技術分野
4 エネルギーと技術

◆火力発電の効率化

現状では、再生可能エネルギーによる発電技術
だけでは、生活や社会に必要な電力を安定供給す
ることができない。二酸化炭素排出削減のためには、
火力発電の効率化が重要になる。

●コンバインドサイクル発電

コンバインドサイクル発電は、ガ
スタービンと蒸気タービンを組み合
わせて発電効率を高めた発電方式
である。通常の火力発電より少ない燃
料で同じ量の電力を作ることができ、
二酸化炭素の排出量を減らすことが
可能だ。燃料を燃やして高温のガス
を発生させ、ガスタービンを回して
発電をおこなった後、ガスタービン
から出る排ガスの余熱で水を蒸騰さ
せ蒸気タービンによる発電をおこな
う。コンバインドサイクル発電の熱
効率は、日本の火力発電所の熱効率
が平均45%程度であるのに対し、60%以上のものも開発されている。

●ガスタービンの効率化と技術開発

火力発電所で使われている蒸気タービンの蒸気温度は
約600℃程度であるのにくらべ、ガスタービンのガス
温度は最新型で約1600℃と非常に高温である。
ガスタービンは高い温度で燃料を燃やした方がより多
くのエネルギーを取り出せるため、燃焼ガスの温度を
上げていくことがエネルギー効率の向上につながる。しか
し、燃焼温度の高温化にはタービンのブレード(翼)の
耐熱性、耐久性という課題があり、つねに研究開発がお
こなわれてきた。現在、日本で開発された最新のガスタ
ービンのブレードはニッケルをベースとした超合金を誘
導してつくられ、さらに冷却コーティングなどによって
高温に耐えられるようになっている。

●コンバインドサイクル発電のしくみ

●グリーンコールドテクノロジー

石炭は埋蔵量が豊富で産出地にかたよりのないとい
うメリットがあるが、燃焼すると、LNGや石油に比べて
二酸化炭素や硫黄酸化物(SOx)、窒素酸化物(NOx)
の排出量が多いのがデメリットである。
その石炭の弱点を克服する技術を「グリーンコールド
テクノロジー」と呼ぶ。現在、発電分野で研究開発が進め
られているものには、石炭をガス化して燃料にする「石
炭ガス化複合発電(IGCC)」やIGCCと燃料電池を組
み合わせた「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)」
などがある。

●グリーンコールドテクノロジーの発電効率

発電方式	発電効率	削減率
石炭火力発電(ISO)	約40%	約20%減
石炭ガス化複合発電(IGCC)	約46~50%	約20%減
石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)	約55%	約30%減

◆研究開発が進む未来の技術

●宇宙太陽光発電

将来の新エネルギーシステムとして、昼夜や天候に左
右されず電力の計画的な供給が可能な宇宙太陽光発電シ
ステム(SSPS: Space Solar Power System)の実
現が期待されている。日本ではもちろん、海外におい
てもさまざまな検討や技術開発がおこなわれている。

●宇宙太陽光発電システムのイメージ

●潮流発電

潮流発電は、潮流の運動エネルギーを利用して、水車
などによって回転エネルギーに変換して発電する方式である。
海に囲まれた日本では、海洋再生可能エネルギー(波
力、潮流、海流、海洋温度差)による発電方式に大きな
可能性がある。なかでも潮流発電は、太陽光などと異なり、
一定した潮流力により年間を通して安定した発電が見込ま
れる。そのため広く普及が期待され、研究が進められている。

●石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)

IGCCをさらに高効率化する発電方式として期待され
ているのがIGFCである。石炭のガス化によって発生す
る可燃性ガスの中には一酸化炭素と水素の混合ガスが含ま
れている。IGFCはこの混合ガスに含まれる水素を利用し
燃料電池による発電をおこなう。さらに、ガスター
ビン、蒸気タービンで発電をおこなう。3種類の発電方式
を組み合わせたトリプル複合発電で、二酸化炭素排出
量を従来の石炭火力から約3割低減できる。

●石炭ガス化技術の特徴

二酸化炭素排出量の削減	発電効率を従来の約40%から約55%に高めることにより、二酸化炭素の排出量を約3割削減することができる。
利用炭種の拡大	従来の石炭火力発電には不向きで、あまり活用されていない低品位炭(資源炭)も利用できる。
効率的な二酸化炭素分離・回収	石炭のガス化によって発生する可燃性ガスは、燃焼させる前の高圧状態で二酸化炭素を分離すれば90%以上を回収できる。
石炭灰の容量減少が可能	発電による副産物(石炭灰)をガラス状の固化物として排出するため、従来の燃焼後の石炭火力発電とくらべて半分以上減らすことができる。

◆次世代型火力発電の技術進歩

従来の方式による火力発電は二酸化炭素排出量が多いため、LNG火力発電、石炭火力発電それぞれで高温化・高効率化を図り、環境負荷を低減させる開発が進められている。現在、LNG火力はすでにガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクルが実用化されており、発電効率は50%を超えている。

石炭火力については石炭をガス化し、LNG火力の高温ガスタービン技術を適用した石炭ガス化複合発電(IGCC)を実用化、さらには石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)の開発も進めている。

◆コンバインドサイクル発電(Combined Cycle発電)

ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式。圧縮した空気の中で燃料を燃やしてガスを発生させ、1500℃という高温でガスタービンを回して発電をおこなう。ガスタービンを回し終えた排ガスは、十分な余熱を持っているため、この余熱で水を沸騰させ蒸気タービンによる発電をおこなう。2種類のタービンを組み合わせることで、熱エネルギーを効果的に利用することができる。

構造は一般的な火力発電に比べ複雑だが、同じ燃料でも小型の発電機をいくつも組み合わせると多くの電力を得ることができる。また、ガスタービンの起動・停止操作が容易で、電力需要に即応できる。LNG火力発電ではすでに広く導入されている。

◆石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)

IGCCをさらに高効率化、低炭素化する技術が「石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC=Integrated coal Gasification Fuel cell Combined Cycle)である。石炭のガス化によって発生する可燃性ガスの中には一酸化炭素と水素の混合ガスが含まれている。

IGFCはこの混合ガスに含まれる水素で燃料電池による発電をおこない、さらに、ガスタービン、蒸気タービンで発電をおこなう。3種類の発電方式を組み合わせるとトリプル複合発電をおこなうもので、実証試験が進んでおり、実現できれば従来の石炭火力発電に比べ二酸化炭素排出量を約3割低減できる。

◆未来の技術

宇宙太陽光発電システム(SSPS)は、宇宙空間に太陽電池とマイクロ波送電アンテナを配置し、太陽光エネルギーを電気に、その電気をマイクロ波に変換して地球上の受電アンテナへ送電する。その後、地上受電システムでマイクロ波を電力に再変換し、エネルギー源として用いる構想である。現在JAXAにおいて、21世紀後半以降の実現を目指して研究開発が進められている。

潮流発電の開発では、2021年に長崎県五島市の奈留瀬戸の水深約40メートルの海底に日本で初めてとなる500kWの大型潮流発電機の設置に成功し、実証実験がおこなわれてきた。2022~2025年度には、同じ場所で発電機を商用規模の1,000kW級に改造し、電力系統に連系した実証が進められている。一般に潮流発電には毎秒1メートル以上の流速が必要だが、奈留瀬戸では最大で毎秒3メートル以上となることから、国から実証実験の場所として選ばれている。



長崎県五島列島付近に設置する潮流発電機
写真提供: 九電みらいエナジー株式会社

●宇宙太陽光発電
<https://www.kenkai.jaxa.jp/research/ssps/ssps-ssps.html>

●潮流発電
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/tidalcurrent_pg/index.html

- 学習のねらい
- 低炭素社会の実現に向け、さまざまな技術開発が進められていることを知る。
 - 新たな技術の開発や創造が、エネルギーや資源の有効利用、自然環境の保全に貢献することを理解する。
- 学習のポイント
- 発電効率を高め、発電量当たりの二酸化炭素排出量を減らす発電システムが開発されている。
 - 技術革新をおこなうことで技術的課題が解決できる。



(5) これからのエネルギー利用と技術

技術分野

- ・エネルギー変換の技術
- ・情報の技術

その他の教科

- 家庭分野…消費生活・環境についての課題と実践
- 理科…科学技術と人間（自然環境の保全と科学技術の利用）

動画へGO!



技術・家庭科
技術分野

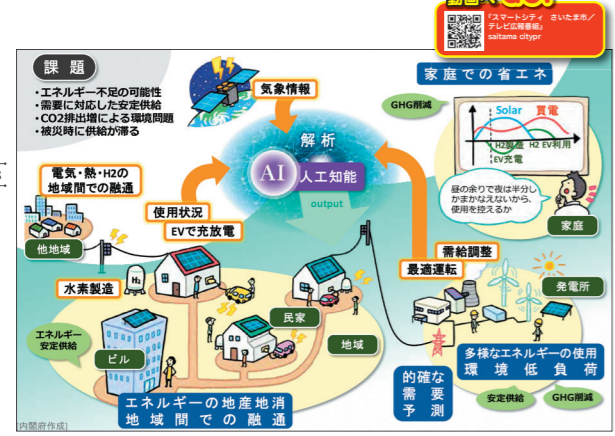
エネルギーと技術

(5) これからのエネルギー利用と技術

◆スマートコミュニティと技術

スマートコミュニティとは、町全体で電力の有効利用や再生可能エネルギーの活用を図るため、エネルギー変換の技術と情報・通信技術を活用してエネルギーの管理・制御をこのからの社会システムのことをいう。

スマートコミュニティはスマートグリッドやスマートメーターなどの設備・機器と発電所、再生可能エネルギー設備、家庭のエネルギー消費機器などを通信ネットワークにより連動することによって実現される。



●次世代送電網-スマートグリッドとは

スマートグリッドとは、現在の送電網に情報通信技術(ICT)を導入して、効率よく電気を供給する次世代の送電網のことである。従来の火力発電など電力会社から送られてくる電気と、地域や家庭で発電した再生可能エネルギーなどによる電気を一体的に運用するため、高速通信ネットワーク技術などを活用して情報を管理し、効率や品質を高めるための電力供給システムである。エネルギー消費機器の使用状況の測定により消費量と発電量を効率的に制御することで、より高度な電力供給システムの構築をめざしている。

●スマートグリッドと情報セキュリティ

スマートグリッドが本格的に普及すると、接続された個々の機器から、電力使用などに関するデータや個人情報が多量に情報通信ネットワークに流通することになる。そうなると、情報通信ネットワーク全体に大きな負荷がかかったり、不正アクセスなどによるセキュリティを脅かす危険が生じたりすることが課題となってくる。そこで、スマートグリッドの情報通信ネットワークの強靱化や、安全性・信頼性を保つための研究開発や実証試験が進められている。

技術分野:

- ・エネルギー変換の技術
- ・情報の技術

●HEMSとは

HEMS(Home Energy Management System: 家庭用エネルギー管理システム)とは、電力やガス、水道の使用状況から太陽光発電、燃料電池、蓄電池などをトータルに管理するシステムのことである。エネルギーの需要と供給のバランスを予測し、家庭用蓄電池や次世代自動車、太陽光発電、家庭用燃料電池などを最適な状態に制御してくれる。このような制御は、中小規模のビル全体でも行うことができる。これをBEMS(ビル用エネルギー管理システム: Building Energy Management System)という。

その他の教科:

- ・家庭分野-消費生活・環境についての課題と実践
- ・理科-科学技術と人間(自然環境の保全と科学技術の利用)

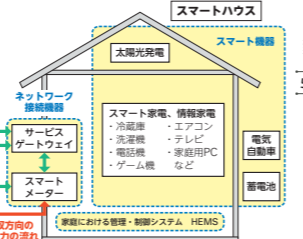
●スマートメーター

家庭と電力会社、ガス会社をネットワークで結ぶ、電気やガスの「見える化」のためのシステムで、エネルギーをむだなく使うことができる。

(機能の例)
・自動検針
・リモート接続・切断
・電力消費量の見える化
・電気製品の制御 など

●スマートハウスと情報セキュリティ

スマートハウスとは、情報通信技術を使って家庭内のエネルギー消費を最適に制御する住宅をさす。家に組み込まれているHEMSや家庭用太陽光発電、電気製品などの機器は、電力事業者やサービス事業者と双方向のネットワークに接続されている。そのため、セキュリティ対策やプライバシーの確保が課題である。



コラム

技術の革新は失敗を糧にこそ!
東北地方太平洋沖地震の発生時、東日本にある原子力発電所はすべてが停止しました。しかし、原子力は発電を停止した後も冷却を続けなければなりません。東京電力福島第一発電所では、地震後の津波によって非常用の自家発電設備が海水に浸かってしまい、原子炉の冷却用水をくみ上げるポンプが使用できなくなりました。このことを技術的な観点から捉えたとき、どのような問題解決が考えられるでしょうか? 例えば、自家発電設備を水に浸からないように高いところに設置したらどうでしょう。水に浸かっても電気系統を浸水から守る材料に変えたり、原子炉を自然に冷却できるような大きさやしくみにするのはできないでしょうか。そのほか、人がいなくても自動でコンピュータが判断し、安全に動かすようにするなど、さまざまな既存技術の改良・応用や新技術の開発が考えられるはずですが、安全に、安定したエネルギー生産をおこなうためには、人々の願いの実現だけに頼ってはいけません。今回のような教訓を生かし、さまざまな制約条件を踏まえた上での最適解を求めることが必要です。技術を革新するには、失敗を糧にすることが大切なのです。

関連するページ

- 電気を安定供給するためのしくみ……P50~51
- 未来のエネルギーミックスを考えよう……P62

考えてみよう

みんなの家でもエネルギーを効率的に使う方法を考えてみよう。

学習のねらい

- スマートコミュニティの概念を理解し、エネルギー利用と情報通信技術を結び付けた技術のプラスとマイナスを考える。
- エネルギー変換の技術革新を行っていくことが、持続可能な社会を実現していくことに気づく。
- スマートグリッドは、再生可能エネルギーの導入が抱える課題と関連していることに気づく。
- スマートグリッドのプラスとマイナスを評価し、持続可能な社会をめざしたエネルギー変換の技術の改良や応用を考えることができる。

学習のポイント

- スマートグリッド、スマートハウスなどは、スマートコミュニティの概念を実現する設備・機器である。スマートグリッドとは、現在の送電網に情報技術を導入して、効率よく電気を供給する次世代の送電網である。
- スマートグリッドの導入は、解決すべき課題があるが、現在、技術開発や実証試験が進められている。
- IoTの進展により、情報セキュリティの重要性が高まっている。

授業展開例
関連ページ

- 自然災害時に備えた電力を確保しよう (40~41 ページ)

◆スマートコミュニティとは

ICT(情報通信技術)や蓄電池などの技術を活用したエネルギーマネジメントシステムを通じて、分散型エネルギーシステムにおけるエネルギー需給を総合的に管理・制御する社会システムのことである。

スマートコミュニティは、町全体での電力の有効利用や再生可能エネルギーの活用によって、電力、熱、水、交通、オフィス、工場、家庭など社会全体のスマート化をめざし、環境への負荷を低減しつつ快適な生活を両立するための社会インフラシステムである。2011~2014年度には国内4地域(横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市)でスマートグリッド、スマートコミュニティのあり方について実証事業がおこなわれた。いずれの地域も目標とした二酸化炭素排出削減率をクリアし、省エネ効果が実証されている。同時に技術面においては標準インターフェイス(OpenADR、ECONET-Lite)、ディマンドリスポンス、蓄電池群制御、車両からの給電技術(V2H)、CEMSなどについて検証され、今後の課題、展開の方向性が検討された。以降は、エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスや地産地消型エネルギーシステムの構築について実証事業が進められている。

※エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス: VPPやDRを用いて、送配電事業者、小売電気事業者・需要家、再エネ発電事業者といった取引先に対し、調整力、インバランス回避、電力料金削減、出力抑制回避などの各種サービスを提供する事業のこと。

※VPP(バーチャルパワープラント): 需要家側エネルギーリソース、電力系統に直接接続されている発電設備、蓄電設備の保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御(需要家側エネルギーリソースからの逆潮流も含む)することで、発電所と同等の機能を提供すること。

※DR(ディマンドリスポンス): 需要家側エネルギーリソースの保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させること。

スマートコミュニティの今後の課題

経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・各要素技術(EMS等)・機器(蓄電池等)のコストが高い。 ・熱導管や自営線の設置等、エネルギー融通をおこなうためのコストが高い。 ・ランニングコストを回収するためのビジネスモデルを描くことが困難。
推進主体	<ul style="list-style-type: none"> ・利害関係者調整、事業推進等をおこなう事業全体の推進役が不在。 ・エネルギー事業者等の専門家(会社)の参加が必要。
需要家のメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者側にメリットがある仕組みに偏重しており、需要家側のメリットが不明確。

(出所) 第16回次世代エネルギー・社会システム協議会(平成26年4月24日)資料より資源エネルギー庁作成

○**地域間での融通**: 双方向のネットワークで結ばれた地域では、エネルギーを巧みに融通し合うことによって電力利用の集中を避けることができる。例えば、日中、各家庭の太陽光発電でつくった電気を多くの人が活動するビジネスエリアに供給したり、また雨の地域と晴れの地域でエネルギーの受け渡しをすることが可能になる。地域という単位でエネルギーを上手にやりくりすることで、その利用率を大きく向上させられる。こうした「エネルギーの地産地消」を促進していくことが、結果的に低炭素社会の実現につながっていくことからスマートコミュニティの実現が期待されている。

○**スマートグリッド**: 電力の利用効率を高めたり、需給バランスを取ったりして、電力を安定供給するための新しい電力送配電網のことを「スマートグリッド」という。スマートグリッドの構築は、再生可能エネルギーを大量導入するために不可欠なインフラのひとつである。

○**スマートハウス**: 省エネ家電や太陽光発電、燃料電池、蓄電池などのエネルギー機器を組み合わせ、利用する家のことをいう。生活の快適性を損なうことなく節電や省エネができる。

○**スマートメーター**: 電気料金の「見える化」の基盤となる通信機能付きの電力メーターである。情報を発信するだけでなく、コントロールセンターからの情報の受信にも使われる。現在、電力各社で導入が進められており、日本の全事業所への導入に続き2024年度末までに全世帯にも導入される予定だ。

○**HEMS**: これまでエネルギーバランスの調節は供給サイドのみで担ってきたが、その役割を需要サイドでも担う際に不可欠なのが「HEMS」(ホーム・エネルギー・マネジメント・システム=Home Energy Management System)である。

HEMSはエネルギーの利用状況を「見える化」し、家庭内の電気製品を一括してコントロールし、エネルギー利用状況に合わせて自動的にエネルギー使用量を最適化することで、省エネができる。また、家庭用太陽光発電、家庭用燃料電池などを最適な状態に制御し、効率的に活用できるシステムである。

○**BEMS**: HEMSのシステムを中小規模のビル全体に適用し、ビル全体のエネルギー使用量をコントロールするシステムがBEMS(ビル用エネルギー管理システム=Building Energy Management System)である。建物の空調・照明などの設備機器や蓄電池を制御することで、最適な省エネができる。

テーマ 1 太陽光発電の課題

総合的な学習の時間 5 探究しよう！

わたしたちの社会はさまざまな問題を抱えている。自分が興味を持った問題について調べ、どのような取り組みを進めたらよいか自分の考えをまとめよう。

動画へGO! 『太陽光発電の問題点』 NHK for School

テーマ 1 太陽光発電の課題

太陽光パネルの廃棄問題

2012年に再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）がスタートして以降、太陽光発電の導入が拡大した。太陽光パネルの製品寿命は約25～30年なので、2030年代半ばごろから、耐用年数を経過した使用済み太陽光パネルが大量に廃棄されることが想定される。

太陽光パネルの種類によっては、鉛やセレン、カドミウムなどの有害物質が使用されているものもある。しかし、国が太陽光パネルの廃棄・リサイクル状況を調べたところ、処理業者が有害物質を含んでいる可能性を理解していなかったり、太陽光パネルメーカーが有害物質に関する適切な情報を提供していなかったりしたことがわかった。今後、適正な廃棄処理・リサイクルが課題となっている。

●太陽光パネルの排出(使われなくなる)見込み量(推計)
・太陽光パネルの年間排出量のピークは2035～2037年ごろ
・年間17～28万トン程度

○太陽光発電がその役割を終えたときの処分方法を考えてみよう。
○台風や大雨などで破損した太陽光パネルの危険性について考えてみよう。

災害と太陽光発電

台風や大雨などの災害による破損パネルへの対応が問題となっている。斜面に設置された太陽光パネルが土砂とともに崩れる被害や、家屋の倒壊による被害が増加している。

太陽光パネルは壊れたり水没したりしても日光が当たると発電するため、接触すると感電するおそれがある。また、水に長時間浸かると有害物質が流出し、土壌汚染につながるおそれがある。

壊れたパネルの危険性が周知されていない。感電などの防止策をとらずに放置されるケースがある。斜面に設置された太陽光パネルの安全管理は十分か。

問題点

◆太陽光パネルの廃棄

太陽光発電事業は参入障壁が低いために従来の発電事業者だけでなく、さまざまな事業者が取り組みやすく、なおかつ、事業の途中で事業主体が変更されることが比較的多くある。また、太陽光パネルの種類によって有害物質の種類や含有量が異なっている。このような特性を持つことから、将来の太陽光発電設備の大量廃棄をめぐっては懸念が持たれている。

- ① 放置・不法投棄のおそれ**
将来的な廃棄を想定して廃棄・リサイクル費用の確保をしている事業者が少ないため、耐用年数を過ぎた太陽光パネルが放置されたり不法投棄されたりする懸念がある。
- ② 有害物質が流出・拡散するおそれ**
太陽光パネルに使用されている鉛、セレン、カドミウムなどの有害物質はそれぞれ適切な処分方法が異なる。しかし、含まれる有害物質の情報が公表されていないなどの理由で、廃棄物処理業者が適切な処分をおこなっていないケースがある。
- ③ 最終処分場がひっ迫するおそれ**
2040年前後の太陽光パネルの廃棄のピーク時には、使用済み太陽光パネルの年間排出量が産業廃棄物の最終処分量のおよそ6%になるという試算がある。そのため一時的に最終処分場がひっ迫する懸念がある。

現在こうした懸念に対し、適正処理に関する情報提供をおこなうためのガイドラインや、適正なりサイクル・処理を促す取り組みが進められている。

現在こうした懸念に対し、適正処理に関する情報提供をおこなうためのガイドラインや、適正なりサイクル・処理を促す取り組みが進められている。

2018年の災害による太陽光パネルの被害状況(50kW以上)

		西日本豪雨	台風21号	北海道地震	台風24号
原因	合計	19	23	3	3
	水没	8	-	-	-
	土砂崩れ	11	-	-	-
	強風	-	20	-	3
	高潮	-	3	-	-
損傷部位	パネル	10	21	2	3
	パワーコン	9	5	1	1
	キュービクル	4	1	-	-
	その他	9	7	2	2

※台風21号は強風によるパネルの飛散被害が多い。
※原因と損傷部位については重複あり。(出所) 資源エネルギー庁資料

テーマ 2 高レベル放射性廃棄物の現状

テーマ 2 高レベル放射性廃棄物の現状

原子力発電に伴って発生する「高レベル放射性廃棄物」は、将来の世代に負担を先送りしないよう、地下深くの安定した岩盤に埋設する（＝地層処分）方針である（47ページ参照）。高レベル放射性廃棄物を長期にわたり人間の環境生活から隔離する地層処分では、火山活動や断層活動などが安全確保に影響をあたえることを考慮する必要がある。経済産業省資源エネルギー庁ではわたしたち一人ひとりが地層処分のしくみや日本の地質環境の理解や関心を深めることができるよう、考慮すべき火山や断層といった地域の科学的特性を全国地図の形で客観的に色分けした「科学的特性マップ」を公表した。

地層処分を実現していくことが社会全体の課題であることへの理解促進を図るため、このマップの公表をきっかけに、全国各地で対話活動がおこなわれている。

科学的特性マップの入手方法
経済産業省資源エネルギー庁「科学的特性マップ公開サイト」
http://www.anecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/w/kagakutekitokuseimp/
よりダウンロードできる。
※地層処分場所の地図も掲載されている。

科学的、かつ客観的に、どのような土地が好ましいのか、どのような土地が好ましくないのか考えてみよう。

科学的特性マップ
地域の科学的特性を4つに色分け
オレンジ：活断層に近い 等
シルバー：地下に鉱物資源がある
グリーン：好ましい特性が確認できる可能性が高い
薄いグリーン：グリーンの中でも海岸から近い

◎地層処分についてより詳しく知りたい場合はこちらをチェック
原子力発電環境整備機構 (NUMO)
<https://www.numo.or.jp/chisoushobun/chikarashiritai/>

◆地層処分問題と科学的特性マップ

科学的特性マップは、地層処分（47ページ参照）をおこなう場所を選ぶ際にどのような科学的特性を考慮する必要があるのか、それらは日本全国にどのように分布しているか、といったことを大まかに俯瞰できるよう、マップの形で示されたものである。

科学的特性マップは、それぞれの地域が処分場所として相応しい科学的特性を有するかどうかを確定的に示すものではなく、処分場所を選定するまでには、科学的特性マップには含まれていない要素も含めて、法律に基づき段階的に調査・評価していく必要があるとされている。

好ましくない範囲の要件	
火山・火成活動	マグマの処分場への貫入と地表への噴出により、物理的隔離機能が喪失されないこと
断層活動	断層活動による処分場の破壊、断層のずれに伴う透水性の増加などにより、閉じ込め機能が喪失されないこと
隆起・侵食	著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近により、物理的隔離機能が喪失されないこと
地熱活動	処分システムに著しい熱的影響を及ぼす地熱活動により、閉じ込め機能が喪失されないこと
火山性熱水・深部流体	処分システムに著しい化学的影響を及ぼす火山性熱水や深部流体の流入により、閉じ込め機能が喪失されないこと
未固結堆積物	処分場の地層が未固結堆積物でないこと
火砕流等	操業時に火砕物密度流などによる影響が発生することにより、施設の安全性が損なわれないこと
鉱物資源	現在認められている経済的価値の高い鉱物資源が存在することにより、意図的でない人間侵入などにより地層処分システムが有する物理的隔離機能や閉じ込め機能が喪失されないこと
好ましい範囲の要件	
輸送	海岸からの距離が短いこと

◎ 地層処分についてより詳しく知りたい場合はこちらをチェック
原子力発電環境整備機構 (NUMO)
<https://www.numo.or.jp/chisoushobun/chikarashiritai/>

動画へGO!
『太陽光発電の問題点』
NHK for School

テーマ 3 未来のエネルギーミックスを考えよう

総合的な学習の時間 5 探究しよう！

テーマ 3 未来のエネルギーミックスを考えよう

◆10年後のエネルギーミックスは？

日本では2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度の水準から46%減らすことを目標としている。そのためには「S+3E」の観点から、できる限りの取り組みをおこなう必要がある。

エネルギー資源や発電方法にはそれぞれ長所と短所があり、環境に影響をあたえず、経済的な価格で安定して使い続けるためには特定のエネルギーにたよることはできない。

「エネルギーミックス」とは、電気の安定供給を図るため、火力や水力、原子力などさまざまなエネルギーを最も適したバランスに構成することという。エネルギー源ごとの強みを発揮し、弱みを補えるようなエネルギーミックスの構成を自分で考えてみよう。

●S+3Eと目標

- 安全性(Safety)** 安全のために必要なことは？ 安全性が大前提
- エネルギーの安定供給(Energy Security)** 震災時(約20%)をさらに上回る30%程度
- 経済効率性(Economic Efficiency)** 電力コストを削減し(約10%)さらに下げる(8.6兆~8.8兆円)
- 環境適合(Environment)** 温室効果ガス排出量の削減(約46%)

◆発電用エネルギー資源の目標

2020年度 2030年度(目標)

◆日本のエネルギー-起源の二酸化炭素排出量の変化と目標

◆日本のエネルギー-未来予想図をつくらう！

パリ協定時、日本は長期目標として温室効果ガスの排出量を、2013年度の水準から「2050年までに80%削減」しようと世界に提唱した。日本の場合、2013年度の80%減は1960年度の排出量に相当する。しかしながら今から60年以上前の社会にもどることは不可能である。目標の実現に近づくためには、再生可能エネルギーの導入を増やしたり、エネルギーを最大限効率的に使うための革新的な技術であったり、多面的な取り組みを進めていくことが重要となっている。

関連教科単元・題材

社会科公民…私たちと国際社会の諸課題(地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会)

理科…科学技術と人間(エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用)

技術分野…エネルギー変換の技術

技術分野…情報の技術

テーマ 4 家電製品を選んでみよう

総合的な学習の時間 5 探究しよう！

テーマ 4 家電製品を選んでみよう

◆COOL CHOICE(環境省)

くらしが便利で豊かになるにつれて、わたしたちはたくさんの家電製品に囲まれて生活するようになった。地球上の限りあるエネルギーを有効に使うには、どのような製品を選べばよいだろうか。

環境省は、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量削減のための取り組みとして「COOL CHOICE」を推進している。脱炭素社会づくりに貢献する「製品への買い替え」「サービスの利用」「ライフスタイルの選択」など、日々の生活の中で賢い選択をすることが期待されている。

●どんなエアコンに買えばいい？

「部屋のエアコンが壊れたので、買いたい」というとき、どんな製品を購入すればよいだろうか。経済産業省「省エネ性能カタログ」¹⁾には、メーカーの製品名と型番ごとに製品の性能や省エネ基準達成率が記されているので調べてみよう。

例として、同じ容量の二つの製品を比較してみよう。

	A 高級品	B 一般品
購入価格	180,000円	80,000円
省エネ達成率	112% (★★★★★)	100% (★★☆☆☆)
電気代(通常利用)	年間21,300円	年間26,100円

購入費用と利用料金、二酸化炭素発生量を右のグラフに示した。エアコンの場合、使い方は地域によって異なる。グラフの年間電力消費量は、東京の場合に5.6kWh(22℃設定)、都府県に5.5kWh(22℃設定)利用し、6時から24時まで使用した場合とした。図解などで使い比べ場合は「通常利用」、時々しか利用しない場合は「1/4利用」とした。

また、エアコンの製造に関わる二酸化炭素発生量は2.3kg/1,000円、使用時(電気)の二酸化炭素発生量は15.5kg/1,000円として算出した(「コトコト家計簿」²⁾)。このグラフを見て、経済や環境の観点から製品によってどんな特徴があるか考えてみよう。さらに、これから製品を購入する際にどんなことに注目したらよいか考えてみよう。

●省エネ性能カタログ <https://seihinyoho.go.jp/catalog/>

●エコネット設計簿 <http://www4.plala.or.jp/ecott/>

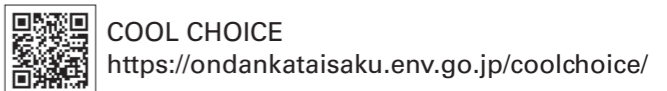
●省エネポータルサイト https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/howto/entertainment/index.html#1

●経済産業省 使い続けた家電製品、どうしたらいいの? https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/kaden_recycle/katei/case/case_01.html

考えてみよう

- 同じ製品でも、使い方によってエネルギーの消費量は異なる。使い方の工夫を調べて考えよう。
- 家電製品は、いつか手放すときが来る。廃棄に関する制度やしくみを調べて、廃棄の仕方を考えよう。

しを脱炭素化するために、さまざまな情報を「ゼロカーボンアクション30」として発信している。



◆家電製品の省エネ化

1973年と79年の石油ショックを受けて、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)が1979年に制定された。省エネ法では、32製品について、エネルギー効率を上げることを促している。家電製品としては、エアコン、冷蔵庫、電気便座などが指定されている。対象製品のエネルギー消費効率の目標基準は、その時点で商品化されている最もエネルギー消費効率のよい製品の性能や、技術開発の将来の見通しなどを考慮して定められている(トップランナー制度)。この制度に後押しされて、各製品の省エネ技術が進化してきた。

◆統一省エネラベル

家電製品の購入の際には、「統一省エネラベル」の情報から省エネ性能を知ることができる。ラベルの表示は、省エネ法で小売事業者に努力義務として課されている。

①多段階評価点

省エネ性能の高い順に5.0~1.0までの41段階で表示(多段階評価点)。★(星マーク)は多段階評価点に応じて表す(5.0は★五つ)。

②省エネルギーラベル

省エネ性マーク、省エネ基準達成率、エネルギー消費効率、目標年度を表示。

【通年エネルギー消費効率(APF)の計算方法】

$$APF = \frac{\text{1年間に必要な冷暖房能力総和(kWh)}}{\text{機種ごとの期間消費電力量(kWh)}}$$

③年間の目安電気料金

1年間使用した場合の経済性を、年間の目安電気料金で表示。

各エネルギー源の位置づけと方向性

	位置づけ	2030年目標	2030年に向けた政策の方向性	2050年に向けた政策の方向性
再生可能エネルギー	重要な低炭素の国産エネルギー源	電源構成比 36~38%	主力電源化を徹底し、最大限の導入を促す。適地確保、コスト低減、系統利用における制約の克服などに取り組み、地域との共生を図りながら、国民の負担を抑えて安定供給に取り組む。	カーボンニュートラル実現に向けて電化の促進、電源の脱炭素化を図るための主力電源として、最優先の原則のもとで最大限の導入に取り組む。水素や蓄電池の活用も鍵を握る。
原子力発電	重要なベースロード電源	電源構成比 20~22%	安全性の確保を大前提とし、原子力の社会的信頼を得ながら、安定的に利用できるようにする。安全最優先の再稼働、使用済燃料対策、核燃料サイクルなど、さまざまな課題に対応しながら、核融合などの研究開発も進めていく。	安全を最優先し、脱炭素化の中で可能な限り原発依存度を低減する。社会的信頼の回復は不可欠。人材・技術・産業基盤の強化、安全性・経済性・機動性に優れた原子炉の追求、バックエンド問題解決に向けた技術開発を進める。
化石燃料	石油	電源構成比 41%	安定供給を踏まえ、設備容量を確保しつつ、電源構成に占める火力発電の比率をできる限り引き下げていく。高効率化を進めながら、脱炭素化に向けての技術を確認し、コスト低減をめざす。一方、災害時にも対応できるよう、安定供給体制を確保する。	再生可能エネルギーの変動性を補う調整力として重要なエネルギー源であるため、安定供給を確保する。脱炭素化に向けて、火力政策の野心的で抜本的な転換、次世代化・高効率化を進めながら、非効率な石炭火力発電をフェードアウトさせる。
	石炭			
	天然ガス			
水素・アンモニア	カーボンニュートラルに必要な不可欠な二次電源	電源構成比 1%	水素を新たな資源として、社会的な実装を加速し、製造技術の開発も進めながら活用する一方、利用を拡大する。	電力システムの主要な供給力・調整力として機能するよう、技術的な課題の克服、供給コストの低減を進めていく。
省エネルギー、他		2020年比で発電量 6.7%省エネ	「改正省エネ法*」ではエネルギー使用の合理化の対象に非化石エネルギーが追加された。徹底した省エネのさらなる追求をすることともに、すべてのエネルギーの消費効率向上をめざす。	あらゆる分野で技術革新をおこなうことで、省エネを推進する。産業界全体で非化石エネルギーへの転換を進めながら、すべてのエネルギーの合理化を図る。

*「エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律」(2022年5月改正) (出所) 資源エネルギー庁「第6次エネルギー基本計画」を基に作成

テーマ 5 未来のエネルギー利用技術を探ろう

総合的な学習の時間 5 探究しよう！

テーマ 5 未来のエネルギー利用技術を探ろう

◆水素社会の可能性

水素は宇宙で最も豊富にある元素で、宇宙全体の約70%を占める。太陽をはじめとする宇宙の星のほとんどは、水素をエネルギーとして光っている。地球上では酸素が結びついて「水」として多く存在しているが、水素は新しいエネルギーとして大きく注目されている。

水素はさまざまな用途に使うことができ、石油などを代替する未来のエネルギーの中心的役割を担うことが期待されている。日本は水素エネルギーに関連する燃料電池の分野で高い技術を持っており、水素社会の実現を進めることは、日本の産業競争力の強化にも役立つと考えられている。

◆エネルギー源としての水素の特徴

①さまざまな資源から作ることができる（電気を使った水から取り出したリ、石油や天然ガスなどの化石燃料、メタノールやエタノール、下水汚泥、廃プラスチックなど、さまざまな資源から作ることができる。）
②水素から電気を作ることができる。発電時に発生する熱も利用することができる。
③発電するときに二酸化炭素を排出せず、環境に負荷をあたえない。

◆水素利用のイメージ

太陽光、風力の再生可能エネルギーによる発電
水素製造
水素貯蔵
水素輸送
水素利用
燃料電池車
コージェネレーションシステム
（エネファーム）
水素ステーション
水素貯蔵
水素輸送
水素利用

◆カーボンリサイクルの技術

二酸化炭素を分離・回収し、新たな資源として再利用し、大気への二酸化炭素排出を抑制する一連の流れを「カーボンリサイクル」という。二酸化炭素と水素を合成して、天然ガスの主成分であるメタンを製造する技術（メタネーション）や、二酸化炭素からペットボトルなどを製造する技術の開発に取り組んでいる。

◆メタネーションのしくみ

水素と発電所などから排出される二酸化炭素を原料として合成されたメタンは、利用時の二酸化炭素排出量が合成時の二酸化炭素回収と相殺される。メタンは天然ガスの主成分なので、将来的には都市ガスや発電に利用していくことも考えられる。

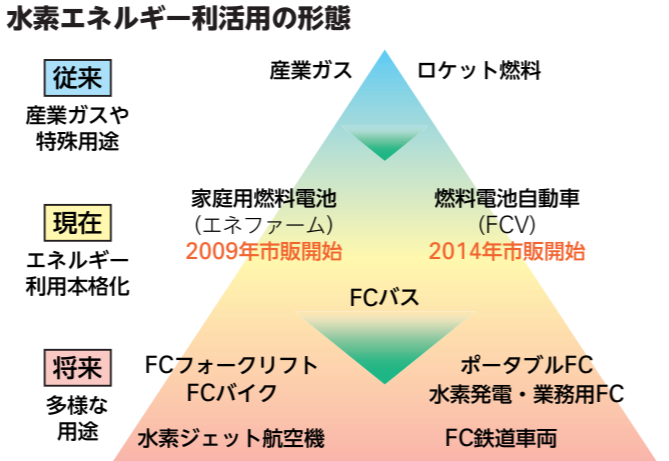
◆二酸化炭素由来のペットボトルなどの製造の流れ

二酸化炭素回収
二酸化炭素由来のメタン（メタネーション）
二酸化炭素由来のPETボトル
二酸化炭素由来のPETボトル

考えてみよう 水素はどのような場所や用途で利用したらよいか考えてみよう。

大も見込まれ、社会に大きな変化をもたらす可能性がある。日本は水素エネルギーに関する高い技術を持っており、水素社会の実現を進めることは、日本の産業競争力の強化にも役立つと考えられる。

- 水素社会の実現に向け、クリアすべき課題としては、
- 海外資源などから水素を大量に調達・利用するための、製造、貯蔵、輸送技術、水素発電技術の更なる開発
 - 燃料電池自動車（FCV）やエネファームなどにおける燃料電池システムの性能向上とコストダウン
 - ガソリンスタンドのように水素を充填できる「水素ステーション」のインフラネットワークの拡充、規制の見直し
- などが挙げられる。



※発電やモビリティのみならず、CO₂フリー水素による産業分野等の低炭素化を図る（水素基本戦略）
（出所）各種資料より資源エネルギー庁作成

◆カーボンリサイクルの技術

化石燃料から排出される二酸化炭素の量に歯止めをかけるため、「二酸化炭素を新たな資源として活用する技術」が注目されている。

- カーボンリサイクルの技術としては、
- 二酸化炭素と水素からメタンを製造して、都市ガスや発電に利用する「メタネーション」
 - 大気中より二酸化炭素濃度の高い温室内で植物の光合成を最大化し生産性を向上させる「植物工場」
 - 二酸化炭素と水素からペットボトルの原料などの化学製品製造、二酸化炭素を鉱物化しコンクリート原料への利用
- などが挙げられる。

関連教科単元・題材

社会科公民…私たちと国際社会の諸課題（地球環境、資源・エネルギー、持続可能な社会）

理科…電流とその利用（電流、電圧と磁界）

理科…化学変化とイオン（化学変化と電池）

理科…科学技術と人間（エネルギーと物質、自然環境の保全と科学技術の利用）

技術分野…エネルギー変換の技術

◆水素社会の可能性

水素は、「環境」「エネルギーセキュリティ」「産業競争力」の観点で、日本にとって大きな可能性がある。

電気や水素などを動力源とする次世代自動車や、ガスなどを効率的に利用するコージェネレーションの導入などにより、エネルギー源としての利用の拡

「明日からできるエネルギー教育授業展開例 [中学校編]」のご案内

副教材「わたしたちの暮らしとエネルギー」と同様、学習指導要領や、これに基づく教科授業の内容等を踏まえて作成された教材です。付属のワークシートを用いて、生徒の理解度を確認することができます。



○「授業展開例」ポイント

- 初めてでも取り組みやすい解説
使用する教材や参考資料が示されており、授業準備の短縮にもつながります。
- 教科学習とエネルギー教育の関連性が明示されている
普通の授業にエネルギー教育を取り入れられるように、教科ごとの学習目的や評価のポイントを解説しています。
- 生徒の全体的な学習を促すワークシート付き
ワークシートにはグラフが豊富に挿入されており、エネルギーについてのより深い学びを促すことが可能です。

○「授業展開例」を活用した授業事例

技術分野 2学年相応 エネルギー変換の技術

保守点検の大切さに気付こう

本時の目標 機器の性能を維持し、エネルギー変換の技術を有効に利用するために大事なことに理解する。 ※本時は2時間かけてよい。

本時の評価基準 知識・技能 機器の性能を維持し、エネルギー変換を有効にするためには、保守点検が必要であることを理解している。

具体的学習活動・内容	使用する教材・資料/指導上の留意点
①授業開始の導入活動として、保守点検の重要性を、身近な事例から説明し、生徒の関心を高める。 「保守点検はなぜ必要なのか」を身近な事例から説明し、生徒の関心を高める。	※事前に、授業などエネルギーの導入に関する基礎的な知識のしくみについて学習している。 ①個人・グループで各自保守点検の重要性を、授業で行われている点検・修理・交換の写真を活用する。
②学習意欲を高める。 保守点検の重要性を説明し、生徒の関心を高める。	
③学習意欲を高める。 保守点検の重要性を説明し、生徒の関心を高める。	
④グループで学習し、整理した内容を、①学習意欲を高める。 保守点検の重要性を説明し、生徒の関心を高める。	④人からの整理した内容は、ICTや少人数グループなどの活動を通して共有させる。また、そのための考えや活動はグループで共有する。
⑤振り返り（学習意欲を高めるために必要です）。 あなたの意見を発表してください。 あなたの意見を発表してください。	⑤社会を支えているインフラの技術も、身近な事例に変わっている。保守点検の重要性を説明し、生徒の関心を高める。

学習課題 保守点検の大切さに気付こう

年 組 番 名 前

1. 保守点検は何のためにするのでしょうか？ 今思うことを書いてください。
ヒント：次のキーワードを参考にしよう。 ◎安全 ◎安定 ◎効率 ◎事故 など

2. 保守点検について確認しましょう。
保守とは _____
点検とは _____

【課題】「保守点検はなぜ必要なのか説明しなさい」
① あなたのグループで考えたグループの内部について、人に説明できるように、まとめよう。
② 他のグループの説明も下にもまとめよう。
※◎は、■だから、▲である、というふうに統一する。

グループA 「たこ足機」

グループB 「北極星のフラッグアット」

グループC 「1000の保守点検の取り組み」

3. 保守点検は何のために必要なのでしょう。安全、安定、効率、事故などのキーワードに注目して②の左右を比べ、同じところ、似ているところを探しながら、説明を書いてみましょう。
(例) 供給と需要のバランスが取れていないため事故が起きている

4. 保守点検は何のためにするのでしょうか？ あなたの言葉で教えてください。
ヒント：次のキーワードを参考にしよう。 ◎安全 ◎安定 ◎効率 ◎事故 など

副教材の関連ページ 技術分野 (3) 電気の安定供給 (50～53ページ)

「授業展開例」HP 未来を考える・創るSDGsエネルギー学習推進ベースキャンプ <https://energy-kyoiku.go.jp/teaching-materials/>

未来を考える・創る
SDGsエネルギー学習推進
ベースキャンプ



検索 資源エネルギー庁 学習推進

https://energy-kyoiku.go.jp



エネルギー教育で活用できる各種教材を掲載するウェブサイトです。

社会

理科

技術
家庭

各教科の授業で
エネルギーを学ぶ！

総合的な学習の時間

エネルギーを通して
SDGsを学ぶ！

エネルギー教育に関する教材のご案内

○授業支援パッケージ

概要

学習指導案、授業映像、板書計画、授業で配布するワークシートなどを提供しています。エネルギーに詳しくなくても学校の地域事情や子供たちの実態にあわせて授業内容をアレンジすることができます。

https://www.gas.or.jp/kyoiku/

お問い合わせ先

授業支援パッケージの活用についてのお問い合わせ（日本教育新聞社）
TEL:03-3280-7058 / Eメール：plan@kyoiku-press.co.jp

※上記の情報は、2022年8月末日現在のものです。

主なエネルギー環境関連機関

中央官庁	経済産業省資源エネルギー庁	03 (3501) 1511	https://www.enecho.meti.go.jp/
	資源エネルギー庁では、エネルギーの最新情報をお知らせするために「メールマガジン」を発行しています。登録は資源エネルギー庁のホームページからどうぞ。また、エネルギー関係の最新データを掲載したパンフレットを無料で配布しています。		
	文部科学省	03 (5253) 4111	http://www.mext.go.jp/
エネルギー資源関連	環境省	03 (3581) 3351	https://www.env.go.jp/
	石油連盟	03 (5218) 2305	https://www.paj.gr.jp/
	(一財) 日本エネルギー経済研究所石油情報センター	03 (3534) 7411	https://oil-info.ieej.or.jp/
	(独) エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC)	03 (6758) 8000	http://www.jogmec.go.jp/
	(一財) 石油エネルギー技術センター	03 (5402) 8500	http://www.pecj.or.jp/
	石油鉱業連盟	03 (3214) 1701	https://www.sekkoren.jp/
	(一財) 石炭フロンティア機構	03 (6402) 6100	http://www.jcoal.or.jp/
	(一社) 日本ガス協会	03 (3502) 0111	https://www.gas.or.jp/
	日本LPガス協会	03 (3503) 5741	http://www.j-lpgas.gr.jp/
	日本LPガス団体協議会	03 (5157) 9700	http://www.nichidankyo.gr.jp/
電力関連	電気事業連合会	03 (5221) 1440	https://www.fepc.or.jp/
	(一財) 電力中央研究所	03 (3201) 6601	https://criepi.denken.or.jp/
原子力関連	(一財) 日本原子力文化財団	03 (6891) 1571	https://www.jaero.or.jp/
	原子力規制委員会	03 (3581) 3352	https://www.nsr.go.jp/
	原子力発電環境整備機構 (NUMO)	03 (6371) 4003	https://www.numo.or.jp/
新エネルギー関連	(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)	044 (520) 5207	https://www.nedo.go.jp/
	(一財) 新エネルギー財団	03 (6810) 0360	https://www.nef.or.jp/
省エネルギー関連	(一財) 省エネルギーセンター	03 (5439) 9710	https://www.eccj.or.jp/
地球温暖化問題関連	Fun to Share	03 (3581) 3351	https://funtoshare.env.go.jp/
	全国地球温暖化防止活動推進センター	03 (6273) 7785	https://www.jccca.org/
リサイクル関連	(一社) 産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター	03 (5209) 7704	http://www.cjc.or.jp/

わたしたちの暮らしとエネルギー

エネルギー教育副教材改訂・実践委員会

■改訂委員

[委員長]

藤本 登 長崎大学教育学部 教授

[委員]

小清水 貴子 静岡大学学術院教育学領域 准教授
坂本 憲明 福岡教育大学理数教育学域・理科教育研究ユニット 教授
中岡 章 エコット政策研究センター 代表
山本 照久 加古川市立加古川中学校 校長
渡邊 茂一 国立教育政策研究所 教育課程研究センター研究開発部 教育課程調査官

■実践委員

[委員/家庭分野]

佐貫 浩子 藤枝市立青島中学校 教諭
鈴木 裕乃 焼津市立豊田中学校 教諭
増田 裕子 掛川市立北中学校 教諭

[委員/社会科]

佐藤 勲 鹿児島市立東谷山中学校 教頭
副田 明彦 鹿屋市立輝北中学校 校長
中野 正貴 薩摩川内市立東郷学園義務教育学校 教諭
宮ヶ谷 雄二 鹿児島大学教育学部附属中学校 教諭
山下 勲郎 鹿児島県立埋蔵文化財センター 文化財主事
◎山下 信久 指宿市教育委員会 学校教育課課長

[委員/理科]

青木 久美子 世田谷区立千歳中学校 主任教諭
大方 祐輔 広島大学附属福山中・高等学校 教諭
栗栖 裕司 北広島町立芸北中学校 教諭
佐伯 貴昭 三次市立甲奴中学校 校長
山下 雅文 広島大学附属福山中・高等学校 教諭

[委員/技術分野]

高倉 健太郎 中間市立中間東中学校 教諭
滝本 穰治 茨城大学教育学部附属中学校 教諭
三浦 寿史 熊本市教育委員会 学校教育部教育センター 指導主事

※所属・役職は2022年9月現在(五十音順・敬称略 ※◎は教科代表)

資源エネルギー庁HP
「エネこれ」のご案内

検索 資源エネルギー庁 エネこれ

http://www.enecho.meti.go.jp/about/special/



資源エネルギー庁のホームページではエネルギーに関する話題をわかりやすく解説しています。記事を見つけやすくするため、8つのジャンルと4つのキーワードに整理しました。

○8つのジャンル

【エネルギー安全保障・資源】
【地球温暖化・省エネルギー】
【福島】
【電力・ガス】

○4つのキーワード

【インタビュー】
【基礎用語・Q&A】
【国際】
【エネルギー白書】

写真提供・協力

株式会社IHI検査計測、株式会社アフロ、有田川町役場、岩谷産業株式会社、AP/アフロ、株式会社NTTファシリティーズ、公益財団法人大阪府文化財センター、大崎クールジェン株式会社、沖縄県病害虫防除技術センター、海外ウラン資源開発株式会社、川崎重工業株式会社、関西電力株式会社、気象庁、九電みらいエナジー株式会社、国際石油開発帝石株式会社、国土交通省関東地方整備局、国立科学博物館、株式会社JERA、JFEエンジニアリング株式会社、ジャパン・スマートシティ・ポータル、常磐共同火力株式会社、昭和の暮らし博物館、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、新日鐵住金株式会社、一般財団法人石炭エネルギーセンター、全国小水力利用推進協議会、全国地球温暖化防止活動推進センター、中部電力ミライズ株式会社、中国電力株式会社、電源開発株式会社、東京ガス株式会社、東京大学・生産技術研究所、東京電力エナジーパートナー株式会社、東京電力パワーグリッド株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、株式会社東武エネルギー・マネジメント、東北電力株式会社、内閣府、NASA/JAXA、日本LPガス協会、一般社団法人日本ガス協会、一般社団法人日本熱供給事業協会、広野IGCCパワー合同会社、福島県いわき市立小名浜第一小学校、株式会社毎日新聞社/アフロ、緑のサヘル (Action for Greening Sahel)、宮城県仙台市立館小学校、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム、株式会社ユーラスエナジーホールディングス、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (五十音順・敬称略)

イラスト：うかいえいこ、渡辺 優

わたしたちの暮らしとエネルギー

2023年2月改訂

制作：株式会社博報堂

発行：経済産業省資源エネルギー庁

http://www.enecho.meti.go.jp/

エネルギー教育推進事業事務局

〒104-0061

東京都中央区銀座7-17-2

アーク銀座ビルディング4F

(株式会社ヴァリアス・ディメンションズ内)

TEL:03-6228-4646

※本副教材に掲載されたイラスト、写真等は著作権法により保護されているため、授業以外の目的での利用・転載・無断複製は固くお断りいたします。