わたしたちのくらしとエネルギー

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

VEGETABLE OIL INK

2023.2

わたしたちのくらしとエネルギー

経済産業省資源エネルギー庁

学習指導要領対応



わたしたちのくらしとエネルギー

経済産業省
資源エネルギー庁

目　次

思い出そう、小学校で学んだこと　小学校で学んだエネルギーや環境関連の学習のふり返り … 2

「エネルギーを学ぼう」 …… 4

1 わたしたちの生活とエネルギー

技術・家庭科 **家庭分野** で学ぶ

スペシャル動画「クイズ！何の数字 de SHOW【家庭科編】」

（1）食生活とエネルギー …… 6
- 家庭分野　日常食の調理
- 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

（2）衣生活・住生活とエネルギー … 8
- 家庭分野　衣服の計画的な活用、日常着の手入れ
- 家庭分野　住居の基本的な機能
- 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

（3）くらしの中のエネルギー … 9
- 家庭分野　自立した消費者としての消費行動の工夫
- 家庭分野　消費生活・環境についての課題と実践

2 わたしたちの社会とエネルギー

社会科 で学ぶ

スペシャル動画「クイズ！何の数字 de SHOW【社会科編】」

（1）エネルギーの安定供給のために －Energy Security－ …… 12
- 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）

（2）地球環境問題への取り組み －Environment－ …… 18
- 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）

（3）くらしを支えるエネルギー －Economic Efficiency－ … 20
- 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）

（4）より安全なエネルギーに －Safety－ …… 28
- 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）

3 エネルギーと科学

理科 で学ぶ

スペシャル動画「クイズ！何の数字 de SHOW【理科編】」

（1）人類の発展とエネルギー …… 32
- 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）
- 理科　大地の成り立ちと変化（地層の重なりと過去の様子）

（2）地球温暖化のしくみ …… 36
- 理科　気象とその変化（自然の恵みと気象災害）
- 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）
- 理科　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）

（3）エネルギーの変換 …… 37
- 理科　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）
- 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　運動とエネルギー

（4）さまざまな発電方法 …… 39
- 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　運動とエネルギー
- 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）

（5）放射線とは …… 44
- 理科　電流とその利用（電流）
- 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）

4 エネルギーと技術

技術・家庭科 **技術分野** で学ぶ

スペシャル動画「クイズ！何の数字 de SHOW【技術編】」

（1）ものづくりとエネルギー …… 48
- 技術分野　材料と加工の技術

（2）作物育成とエネルギー …… 49
- 技術分野　生物育成の技術
- 技術分野　情報の技術

（3）電気の安定供給 …… 50
- 技術分野　エネルギー変換の技術

（4）エネルギーを有効に使う技術 … 54
- 技術分野　エネルギー変換の技術

（5）これからのエネルギー利用と技術 …… 58
- 技術分野　エネルギー変換の技術
- 技術分野　情報の技術

5 探究しよう！（まとめ）

スペシャル動画「クイズ！何の数字 de SHOW【総合学習編】」

総合的な学習の時間 で学ぶ

テーマ　1　太陽光発電の課題 …… 60
テーマ　2　高レベル放射性廃棄物の現状 …… 61
テーマ　3　未来のエネルギーミックスを考えよう … 62
テーマ　4　家電製品を選んでみよう …… 63
テーマ　5　未来のエネルギー利用技術を探ろう … 64
もっと知りたい！　動画リンクリスト …… 66

エネルギーや環境についてインターネットで調べてみよう！ …… 68

◎この副教材について

エネルギーや環境をとりまく問題は、いろいろな教科の学習と関連しています。

この副教材で理科や社会科、技術・家庭科などの教科を通じて基本的な知識を学びましょう。そして他教科との関連を知ることによって、総合的に問題をとらえて理解を深めましょう。

思い出そう、小学校で学んだこと

エネルギーについて、小学校の社会科や理科、家庭科の授業で勉強したことをふり返ってみよう。
みんなはどのくらい覚えているかな？　中学校ではより深く、広く多くのことを学習しよう！

くらしの変化



電気を守る人々の仕事



いろいろなエネルギー



電気をつくる・ためる・変換する



輸入されるエネルギー資源



資源エネルギー庁HPより
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/kokusaisigensenryaku_02.html

地球温暖化問題



さまざまな発電



環境や資源に配慮した生活



この副教材で学ぶキーワード（五十音・アルファベット順）

ア行
一次エネルギー……12，13，14，15，34，38
ウラン……15，16，20，21，32，38，40，44，45
エコ・クッキング……6
エネルギー自給率……12
カ行
化石燃料……4，18，26，27，32，36，38，39
火力（発電所）…12，20，21，22，23，24，25，27，28，30，34，39，50，53，56，57，58，64
クリーンコールテクノロジー……56
原子力（発電所）……12，13，20，21，22，23，24，25，26，28，29，34，35，37，40，44，46，47，50，59，61
サ行
最終エネルギー消費……13
再生可能エネルギー……12，19，22，23，24，25，26，27，41，42，51，52，53，57，58，60，62，64
自然共生社会……11
持続可能な社会……11，35
循環型社会……11
水力（発電所）…22，23，24，25，26，34，37，38，41，50，62
石炭…4，12，13，15，16，18，20，21，22，23，24，25，26，32，33，34，35，39，43，54，56，57，62
石油……4，9，12，13，15，16，18，20，21，22，23，25，26，27，28，32，34，35，38，39，48，54，64
石油ショック……12，13，16，35
タ行
太陽光発電／パネル……22，23，24，25，26，27，38，42，51，53，57，59，60，62，64
地球温暖化……4，18，19，30，35，36
地球環境問題……19
低炭素社会……11，19
天然ガス…4，12，13，15，16，17，20，21，22，23，24，26，32，35，39，41，49，54，62，64
ナ行
二次エネルギー……20，34，38
燃料電池……34，43，55，56，57，59，64
ハ行
風力発電……22，23，24，26，30，42，51，53，64
放射性物質……21，29，32，34，40，44，45，46，47，61
ラ行
ライフサイクルエネルギー……10
リサイクル……8，10，11，48，60，64
リデュース……8，48
リユース……8，48
アルファベット・数字
S+3E……5，62
SDGs……11
3R……8，11

「エネルギーを学ぼう」

■わたしたちのくらしと地球温暖化

近年、わたしたちの身近で起こる自然災害の規模が大きくなっているようです。台風や集中豪雨、竜巻、土砂崩れ、干ばつ、山火事など、いろいろな災害のニュースを聞くようになりました。なぜなのでしょうか？　この原因はもしかしたら自分たち人間の活動に関係しているのではないかと考えたことはありますか？

産業革命以降のわたしたちは、それまで利用してきた自然エネルギーの代わりに地中にある石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料を使うようになりました。そこで新たに生まれた問題が地球温暖化です。化石燃料は地球温暖化の原因物資のひとつとされる二酸化炭素を排出するため、地球の平均気温が上がるといわれています。それにより、異常気象などを引き起こすと考えられています。

■世界の中の日本

わたしたち、日本の社会を見渡すと、街には食べ物があふれ、エアコンのスイッチひとつで快適に過ごしたり、スマートフォンやパソコンで世界中の人々と会話やゲームをしたりすることができます。そのような豊かで便利なくらしは、なぜできるのでしょうか？　また、世界中の人は、そのようなくらしができているのでしょうか？

『世界がもし百人の村だったら』※という本があります。この本では世界を100人の村としてみて、25人は食べ物がなく、17人は水がないとしています。また20人が世界で使うエネルギーの80%を使っていると書かれています。

わたしたち日本人の多くは、食べ物、水、エネルギー資源に困らずに生活できていると思っていましたが、ロシアのウクライナへの軍事侵攻が起こってからはどうでしょうか。



日本では、食べ物は約40%しかとれず、残りの60%は世界の国々から、お金を払って、船や飛行機に乗せて燃料を使って運んできたものです。また、燃料のもとであるエネルギー資源もわずかしかとれないため、やはり海外から買っています。

わたしたちのくらしは、世界の国や自然から食べ物やエネルギー資源を得て成り立っています。つまり、わたしたちの社会は、自然環境やエネルギーによって支えられているといえます。

■日本の未来とエネルギー

日本のエネルギー政策は、地球温暖化といったグローバルな問題や、日本が経済的に自立していくための重要な要素のひとつであり、数年に一度見直して、将来の目標と、それを達成するための考え方や方法を決めています。東日本大震災以降、日本では、この政策の基本として次の4つを挙げており、これらを総称してS+3Eと呼んでいます。

「安全性（Safety）」
「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）」

未来の日本人や世界の人々が、幸せに過ごせるようにするためには、わたしたちはこのS+3Eをどのようにとらえ、どんな行動をとればよいのでしょうか？

■持続可能な社会をめざして

今、世界は、公平で、自然の資源供給と浄化能力の範囲内でわたしたちがくらしていける持続的な社会を創るために、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）で、2030年に向けて二酸化炭素の排出量を減らし、さらに2050年には、二酸化炭素の排出量を実質ゼロにするという「カーボンニュートラル」を宣言しました。2021年に開催されたCOP26終了時点で150か国以上がこの目標を掲げています。

エネルギーは日本の豊かさの源泉であることから、生活や地域社会をエネルギーの視点からふり返ることは、今まで述べた社会問題を身近なものとし、社会を持続可能なものに変えていく力を育むはずです。みなさんは、ぜひこの副読本を使って、すべての教科の学びを活かし、自らの生活を改善して、新たな社会を創造し実現するために必要な力を身につけることで、自らの未来を切り拓いていかれることを期待します。

※『世界がもし100人の村だったら』池田 香代子（著）、C. ダグラス・ラミス（翻訳）、マガジンハウス（2001年発行）

出所
① 大洪水による被害（2015年9月、茨城県常総市）
② 高度経済成長期のコンビナートの様子（1972年、三重県四日市市）
③ 福島第一原子力発電所の解体作業（2019年、福島県双葉郡）
出典：東京電力ホールディングス
④ 「パリ協定」が採択されたCOP21（2015年、フランス・パリ）
⑤ 災害による太陽光発電設備の破損（2018年、兵庫県姫路市）

（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
～地球を冷まさ。～ |
COOL CHOICE：北海道』
動画チャンネル環境省 COOL CHOICE

◆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、片づ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



旬の食材や地元産の食材を選ぼう
- 旬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。

必要なもの、量だけ買おう
- 買い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。

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。
- 簡易な容器や包装のものを選ぼう。



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つけよう
- 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、冷蔵・冷凍しよう。



エネルギーを上手に使おう
- 加熱するときは鍋底の水滴をふき、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をきってから捨てよう。



- 汚れの少ないものから洗いおけを使って洗おう。



- 鍋や皿の汚れは洗う前に拭き取ろう。

※「エコ・クッキング」は東京ガス株式会社の登録商標です。　（参考）東京ガス（株）エコ・クッキング、消費者庁パンフレット

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。

◎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

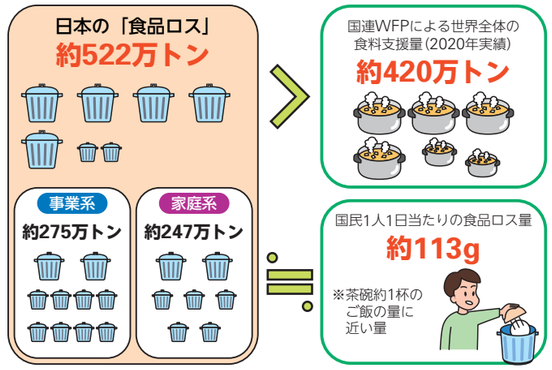
◎その他の教科：
- **歴　　史**…現代の日本と世界（日本の経済発展）
- **技術分野**…生物育成の技術

◆「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。

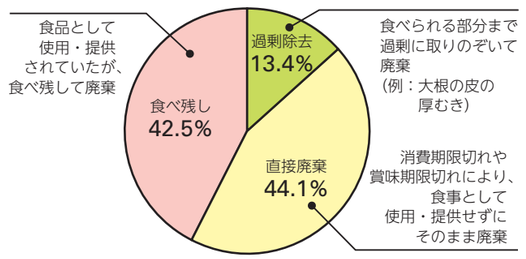
動画へGO!
『食品ロスを考えよう
【3分版】』
九都県市首脳会議
廃棄物問題検討委員会

●日本の食品ロスの状況



「食品ロス量」令和2年度推計（農林水産省、環境省）、「食品ロス削減関係参考資料（令和4年6月14日版）」（消費者庁）より作成

●家庭からの食品ロスのうちわけ（令和2年度）



※食品ロスは「食品が食用に供された後に、または食用に供されずに廃棄されたもの」
（出所）環境省資料を基に消費者庁にて作成

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。

- **農林水産省の食品ロス・食品リサイクルに関するHP**
  http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/index.html
- **消費者庁の食品ロス削減に関するHP**
  https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/（食べもののムダをなくそうプロジェクト）

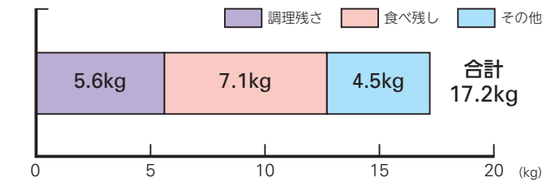
●消費期限と賞味期限の違い

	賞味期限	消費期限
意味	おいしく食べることができる期限（best-before）。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。	安心して食べられる期限（use by date）。製造日からおおよそ5日以内に品質が劣化するなど、傷みやすい食品に表示されている。期限が過ぎたら食べない方がよい。
表示	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。
対象の食品	スナック菓子、カップめん、缶詰、レトルト食品、ハム・ソーセージ（※1）、卵、牛乳（※2）　など	弁当、サンドイッチ、生めん、総菜、ケーキ　など

（出所）政府広報オンラインを基に作成

※消費期限や賞味期限は、表示されている保存の方法で保存した場合の、開封前の期限。一度開封したら、期限にかかわらず早めに食べること。
※1　ハム・ソーセージも加工方法・包装形態によっては「消費期限」が記載されているものもある。
※2　牛乳の期限表示は2種類あり、超高温殺菌した牛乳は長持ちするため「賞味期限」が、低温殺菌牛乳は「消費期限」が記載される。

●給食からの食品ロス



※その他には調理残さと食べ残し等を分けて把握していない場合の合計量も含まれる。
※アンケート調査に食品廃棄物の発生量の回答のあった686校から、発生量を推計
（出所）環境省「平成26年度 学校給食センターからの食品廃棄物の発生量・処理状況調査結果」

食品ロスは学校給食からも発生している。全国の小・中学校から発生する児童・生徒一人当たりの食品廃棄物の発生量は約 17.2kg（年間）だった。そのうち食べ残しは7.1kgである。残食率（出席した人数分の提供量に対し、食べ残された量の割合）は約6.9%だった。食べ残しを減らす工夫を話し合おう。

関連するページ
○家庭で使われているエネルギー……P.9
○消費生活とエネルギー……P.10
○スマートアグリ（農業）……P.49

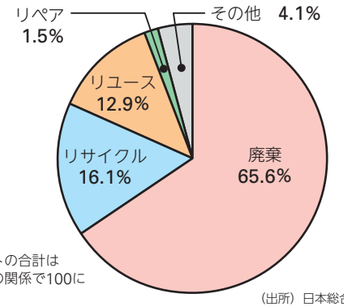
考えてみよう
食品ロスになりやすい食品はどのような食材だろう。また食品ロスを減らすための工夫を考えよう。

（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。

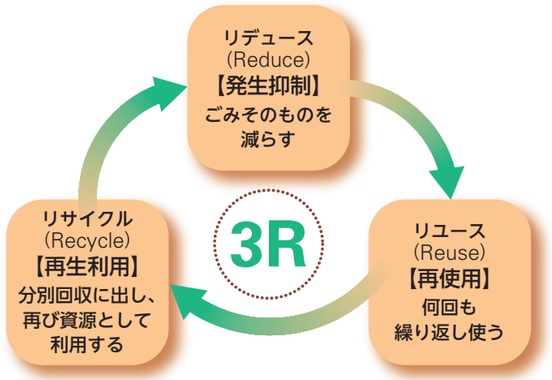
●繊維製品の廃棄率（2009年）



※パーセントの合計は四捨五入の関係で100にならない。

（出所）日本総合研究所資料より作成

●わたしたちにできる取り組み



3Rに、以下の言葉を加え、5R、6Rなどと呼ぶ場合もある。

リフューズ(Refuse) **【拒否】**……いらないものは買わない、もらわない

リペア(Repair) **【修理】**…… 修理しながら長く使い続ける

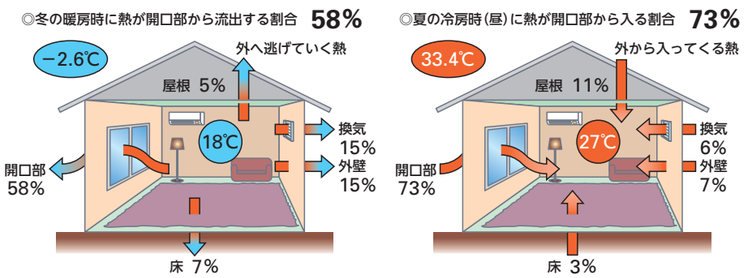
リフォーム(Reform) **【改良】**……服などを作り直す

●**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/

◆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することができる。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くらせる。

●室温に最も影響をあたえるのは窓



※平成11年省エネ基準レベルの断熱性能の住宅での試算例

（出所）（一社）日本建材・住宅設備産業協会 「Q&A」を基に作成

住宅で最も熱の出入りが大きいのは窓である。家の断熱性能や形状などによって異なるが、冬に窓から暖房の熱が逃げる割合は約6割、夏の冷房中に熱が入ってくる割合は7割以上となっている。冷暖房を効率的に使うためにはカーテンやすだれを利用すると効果的である。

◎**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
  エネルギー変換の技術

関連するページ
○家庭で使われているエネルギー……P.9
○持続可能な社会をめざして……P.11
○ものづくりとエネルギー……P.48
○これからのエネルギー利用と技術……P.58～59

考えてみよう

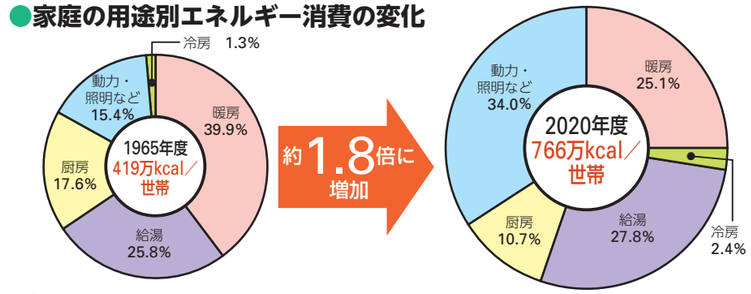
衣服と住まい方を工夫して、環境に優しい生活のしかたを考えてみよう。

（３）く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。

●家庭の用途別エネルギー消費の変化



※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。

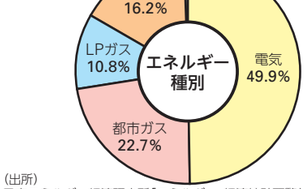
（出所）日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、総務省「住民基本台帳」を基に作成

家庭で消費しているエネルギーの量は、1965年とくらべ約1.8倍に増加している。消費割合は、動力・照明など、給湯、暖房の順に多い。

動力、照明などの消費割合が大きく増えた要因は、さまざまな電気製品が普及し、また大型化・多機能化したためである。

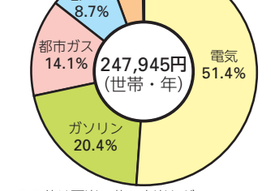
わたしたちが家庭で使用しているエネルギーのおよそ半分は電気である。また、家計のエネルギー関連消費支出を見てみると、電気代が約5割を占め、次いでガソリン、都市ガス、LPガスとなっている。

●家庭で使われているエネルギーの種類（2020年度）



（出所）
日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、
資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、総務省「住民基本台帳」を基に作成

●家計のエネルギー関連消費支出（2020年度）



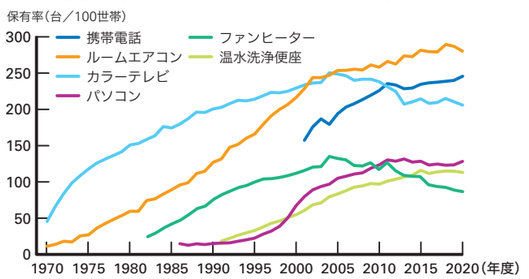
※その他は石炭、薪、木炭など。
※二人以上の世帯。
※パーセント小数点以下を四捨五入しているため、合計しても100にならない。

（出所）総務省「家計調査年報」「家計調査」

◆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。

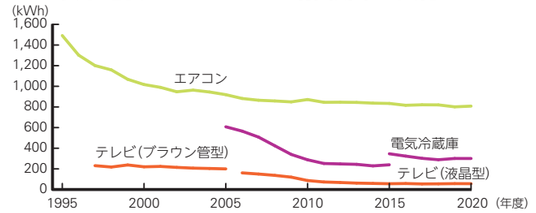
●家庭用エネルギー消費機器の保有状況



※カラーテレビのうち、ブラウン管テレビは2012年度調査で終了。

（出所）内閣府「消費動向調査（二人以上の世帯）」を基に作成

●主要家電製品のエネルギー消費効率の変化



※エアコンは冷暖房期間中の消費電力量。冷暖房兼用・壁掛け型・冷房能力2.8ｋＷクラス・省エネルギー型の代表機種の単純平均値。
※電気冷蔵庫は年間消費電力量。定格内容積400リットルとする場合。定格内容積当たりの年間消費電力量は主力製品（定格内容積401～450リットル）の単純平均値使用。2015年度以降JIS規格が改訂されている。
※テレビは年間消費電力量。ワイド32型のカタログ値の単純平均値。
（出所）資源エネルギー庁、（財）省エネルギーセンター「省エネ性能カタログ」等より作成

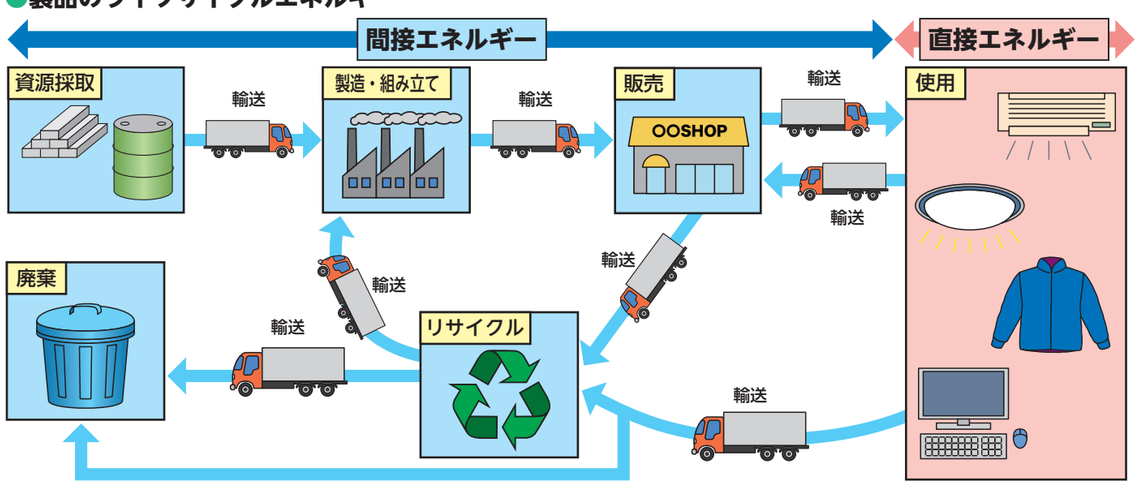
●**省エネに関するHP** https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/index.html

◆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。

直接エネルギー	電気やガス、ガソリンなど、熱や光、動力を得るためにわたしたちが直接的に消費するエネルギー
間接エネルギー	農作物や衣服、自動車など、さまざまな製品の生産から流通、貯蔵のために使われるエネルギー

●製品のライフサイクルエネルギー



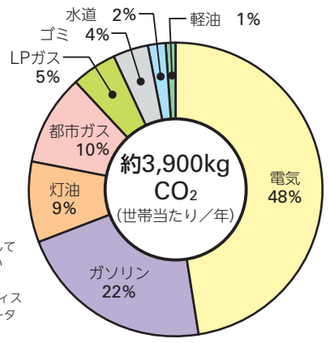
◆家庭の二酸化炭素排出量を減らそう

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-CO_2*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。

*世帯当たりの二酸化炭素排出量3,900kg-CO_2を365日で割った数値。

●家庭からの二酸化炭素排出量
（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。
（出所）温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2020年度）」

コラム　レジ袋をやめてマイバッグに変えたらエコ？

みなさんはマイバッグを持っていますか？　マイバッグの一生（ライフサイクル）で、どれだけのエネルギーを利用して二酸化炭素を排出したかを考えてみましょう。マイバッグ1枚を作るには、レジ袋の数百枚から数千枚分のエネルギーが使われ二酸化炭素を排出します。マイバッグ1枚分のエネルギーを節約するには、レジ袋を何枚断ることが必要でしょうか？　エコなくらしに向けた活動は確かに素晴らしいです。しかし、利用するときだけでなく、物が生まれてから使用されて処分されるまでの一生を考え、自分に合った省エネ生活はどうしたらよいかを考えてみましょう。

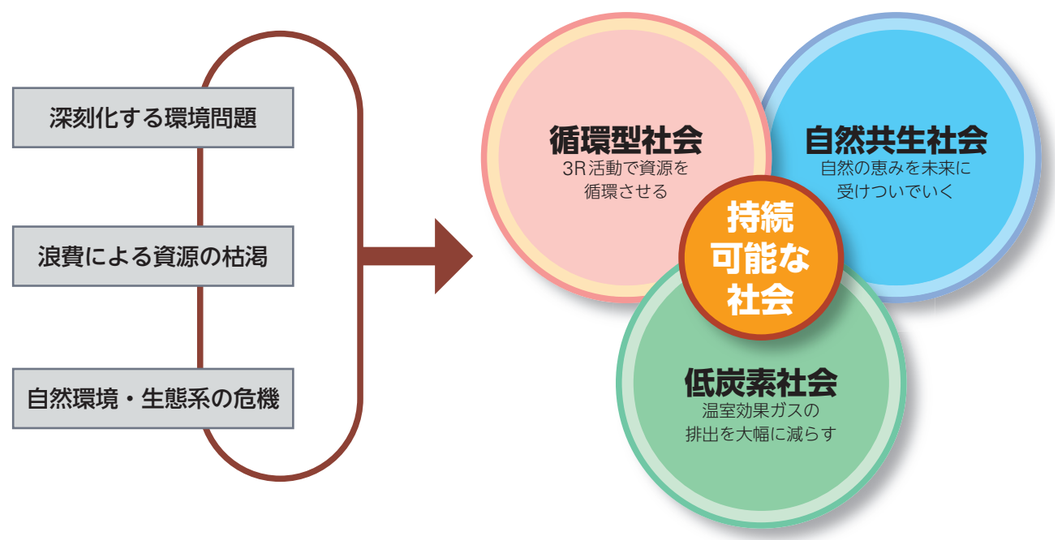
※エコバッグの活動は、エネルギーの視点だけでなく、ごみを出さないために必要とされています。

◎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：
- 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

◆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持続し、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。



わたしたちにできる 循環スタイル
- □買う前に本当に必要か考えよう
- □買い物に行くときは マイバッグを持っていこう
- □飲み物はマイボトルを用意しよう
- □ごみを出さない工夫をしよう
- □ごみは分別して出そう
- □リサイクル商品を選ぼう

わたしたちにできる 低炭素スタイル
- □人がいない場所の電気は消そう
- □エアコンの温度はこまめに 設定しよう
- □近くに出かけるときは歩いて いくか、自転車で行こう
- □シャワーや水道の水を 出しっぱなしにしないようにしよう
- □省エネタイプの製品を選ぼう

わたしたちにできる 自然共生スタイル
- □地元で採れた旬のものを食べよう
- □自然や生きものにふれ、 大切にしよう
- □自然保護活動などに参加しよう
- □環境負荷の低い商品を選ぼう

2015年の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」は、持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成されており、地球上の誰一人として取り残さないことを誓っている。発展途上国のみならず、先進国自身が取り組む普遍的なものとして、日本も積極的に取り組もうとしている。

関連するページ
○地球環境問題への取り組み…… P.18～19
○発電方法別の二酸化炭素排出量 …… P.40
○ものづくりとエネルギー …… P.48

◎「消費者市民社会」とは
消費者一人ひとりが、周囲や将来の世代、社会経済や地球環境のことを考えながら、消費行動を通して、公正で持続可能な社会の形成に積極的に参画する社会のことを「消費者市民社会」という。

実践しよう　「消費者市民社会」の視点で、商品やサービスを購入しよう。

（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）
- 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）

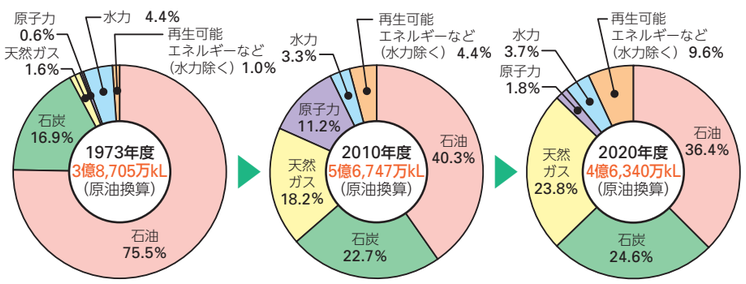
◆一次エネルギー供給の移り変わり

第二次世界大戦後、日本は経済復興し、世界有数の経済大国に発展した。なかでも1950年～1970年代の約20年間を高度経済成長期と呼び、それ以降、エネルギー需要が急増した。

石油の供給量は大きく増え、第一次石油ショックの起きた1973年度には、石油が一次エネルギー国内供給の８割近くを占めていた。

現在も石油の割合は大きいが、天然ガスや再生可能エネルギーの割合に変化もあり、さまざまな要因で、日本ではエネルギーの多様化が進められている。

●一次エネルギー国内供給の変化



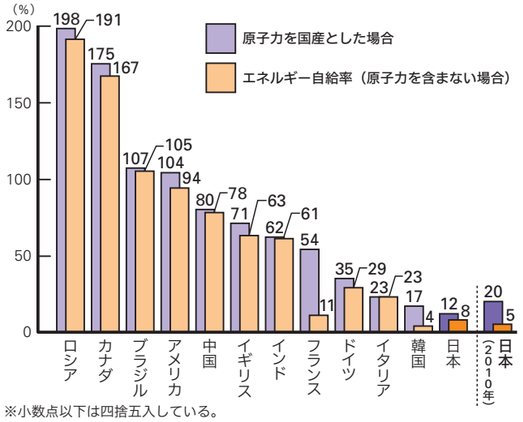
※パーセントは小数点以下を四捨五入しているため、合計しても100にならない場合がある。
※原油換算はエネルギーの量を原油におきかえた量。
※「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。

（出所）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

◆日本のエネルギー自給率

日本には国内で産出できるエネルギー資源がほとんどないため、国内で供給されるエネルギー資源の大部分を輸入にたよっている。そのため、エネルギー自給率が12.1％（2020年度は11.2％）と、諸外国にくらべ大変低い。

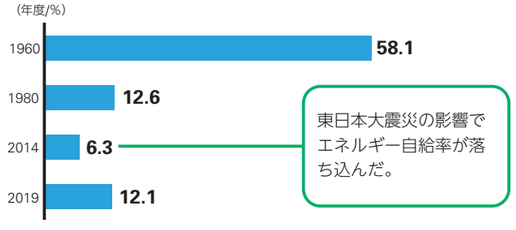
●日本と世界の主な国のエネルギー自給率（2019年）



※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

●日本のエネルギー自給率の移り変わり



※IEAは原子力を国産エネルギーとしている。
※エネルギー自給率（%）＝国内産出／一次エネルギー供給×100。
（出典）IEA「World Energy Balances 2021 Edition」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

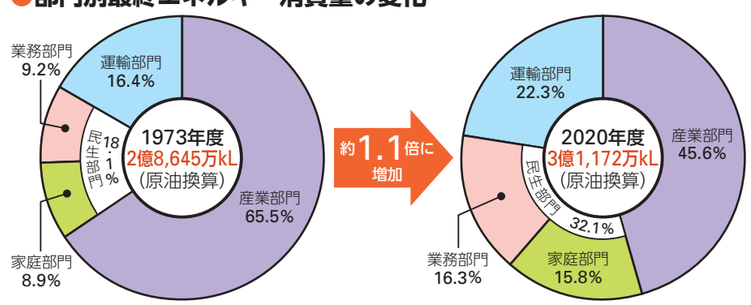
エネルギー自給率が低いと、資源を他国に依存しなければならない。そのため日本のエネルギー事情は国際情勢の影響を受けやすいという課題を抱えている。

◆最終エネルギー消費の移り変わり

２度の石油ショックを経験した日本では、製造業をはじめとする産業部門で省エネルギー対策を徹底的に進めた。その結果、産業部門のエネルギー消費量の変化は小さくおさえられている。

一方、生活様式の多様化や電気製品の保有率の上昇、自家用車の普及、物流の発展などによって民生部門、運輸部門のエネルギー消費量が増加し、割合が高まっている。なかでも電力需要は年々大きくなっている。

●部門別最終エネルギー消費量の変化

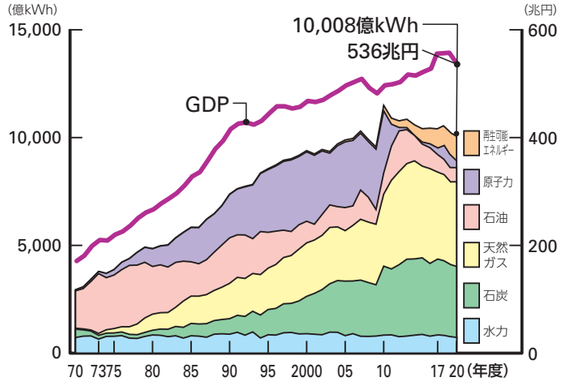


※パーセントの合計は四捨五入の関係で100にならない。
※「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。

（出所）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

産業部門：農林水産業（第一次産業）と製造業、鉱業、建設業（第二次産業）
民生部門：家庭部門（自家用車を除く）と事務所やホテル、百貨店などの業務部門（第三次産業、運輸関係を除く）
運輸部門：自家用車やバス、鉄道などの旅客部門と陸運、海運、航空貨物などの貨物部門

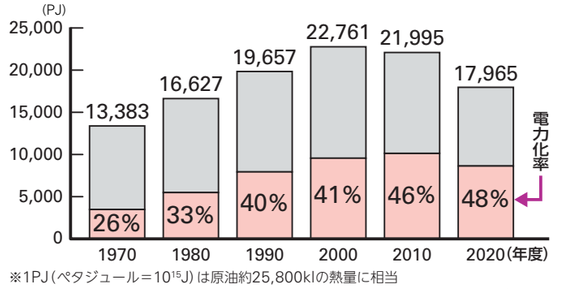
●発電電力量とGDPの移り変わり



※実質GDP（2015年基準）

（出所）資源エネルギー庁「電源開発の概要」「電力供給計画の概要」、「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算」を基に作成

●一次エネルギーに占める電力の比率（電力化率）



※1PJ（ペタジュール＝10^{15}J）は原油約25,800klの熱量に相当

（出所）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」

日本の発電電力量は国内総生産（GDP）と同じように増加してきたが、2011年以降は東京電力福島第一原子力発電所の事故をきっかけに節電意識が高まったことや、家庭を含めた省エネルギー機器の普及などにより減少傾向にある。

トピックス　一次エネルギー供給と最終エネルギー消費

一次エネルギーとは自然から採取されたままの物質を源としたエネルギー（石炭、石油、天然ガス、水力、原子力など）のことをいい、この供給量を「一次エネルギー供給」という。「最終エネルギー消費」は、産業部門、民生部門、運輸部門の各部門で実際に消費されたエネルギーの量のことである。最終エネルギー消費は、一次エネルギーから加工・転換する際のロスがあるため、一次エネルギー供給のおよそ70％になる。

関連するページ
○石油の輸入事情／石油の輸入価格 …… P.16
○エネルギー資源の安定確保 …… P.17
○エネルギー資源の供給と利用形態 …… P.20
○エネルギー資源の特徴と使われ方 …… P.21
○日本の諸地域とエネルギー …… P.22～25

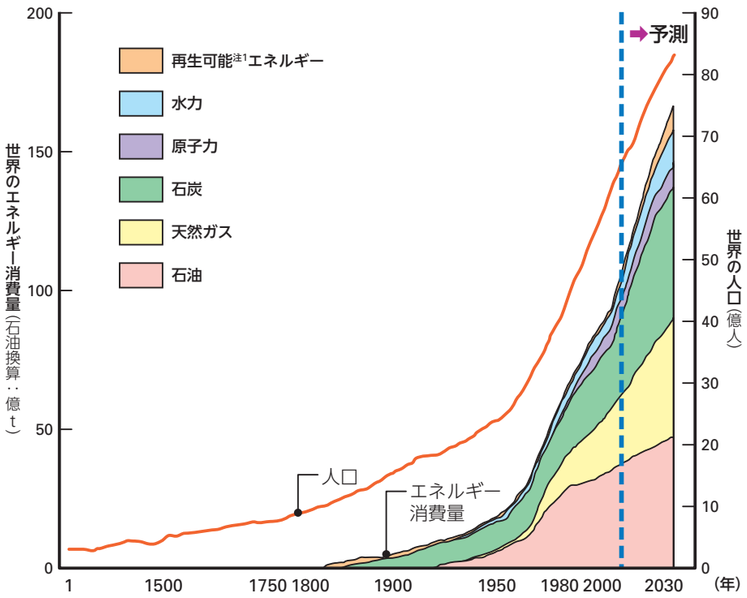
考えてみよう　石油ショック以降、産業部門が徹底的に進めた省エネルギー対策を調べてみよう。

◆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量は、産業革命以降、工業化にともなうエネルギーの大量消費により、急速に増加し続けている。その移り変わりと今を見てみよう。

エネルギーの消費量の増大には二つの要因があり、ひとつは経済成長、もうひとつは人口の急激な増加である。今後は特にアジアやアフリカなど、発展途上国を中心に人口の増加が予想されている。発展途上国の人口増加は、経済成長とともに、エネルギーの消費量の増加と密接に関わり合っている。

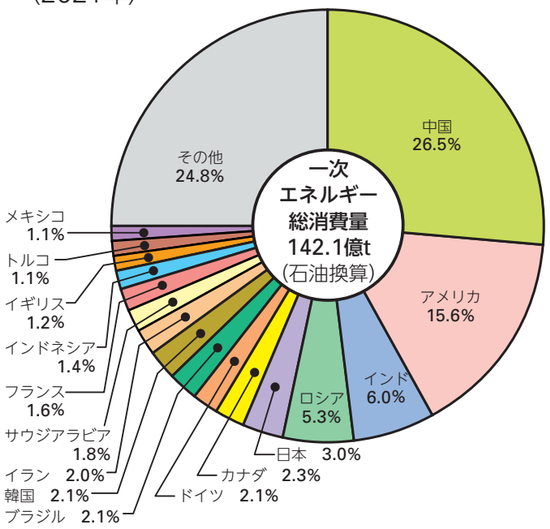
●世界のエネルギー消費量と人口のうつりかわり



（出所）United Nations,"The World at Six Billion","World Population Prospects 2010 Revision"
「Energy Transitions: History, Requirements,Prospects」,
BP「Statistical Review of World Energy June 2012」,「Energy Outlook 2030: January 2013」

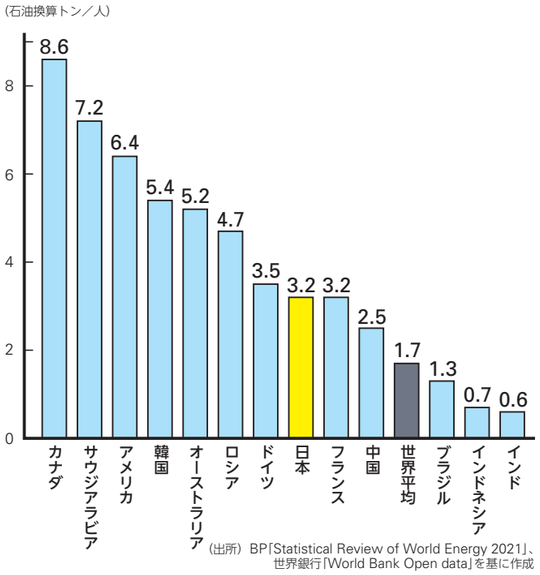
（注1）バイオ燃料を含み、水力は含まない。

●世界の一次エネルギー総消費量と国別うちわけ（2021年）



（出所）BP「Statistical Review of World Energy 2022」を基に作成

●主な国の一人当たりの一次エネルギー消費量（2020年）



（出所）BP「Statistical Review of World Energy 2021」、
世界銀行「World Bank Open data」を基に作成

「世界の一次エネルギー総消費量と国別うちわけ」と「主な国の一人当たりの一次エネルギー消費量」のグラフを見くらべてみよう。そして気がついたことを書き出してみよう。

考えてみよう

人口増加とともにエネルギー消費が増えることで、今後起こる問題を考えてみよう。

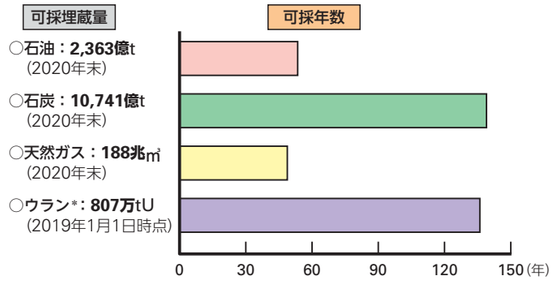
◎社会科：
- 地　理…世界の諸地域
- 地　理…日本の地域的特色（資源・エネルギーと産業）
- 歴　史…現代の日本と世界（日本の経済発展、グローバル化する世界）
- 公　民…私たちと国際社会の諸課題（資源・エネルギー、持続可能な社会）

◎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

◆限りあるエネルギー資源

わたしたちが電気やガスなどの形で使っているエネルギーは、石油や石炭、天然ガス、ウランなどのエネルギー資源がもとになっている。これらのエネルギー資源は無限ではない。

●エネルギー資源の可採埋蔵量と可採年数



＊260米ドル/kgU以下で回収可能な資源量。
＊可採年数は世界のウラン需要量5.92万トンU（2018年）として算出。
（出所）石油、石炭、天然ガスはBP「Statistical Review of World Energy 2021」、
ウランはOECD／NEA-IAEA「Uranium 2020」

コラム

化石燃料はいつ枯渇する？

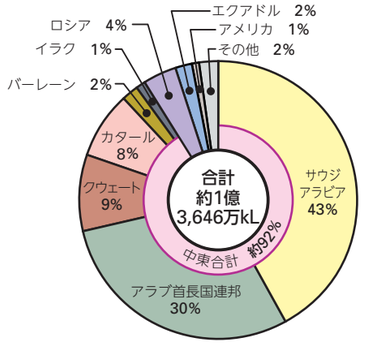
昔から石油は後40年程度で枯渇するといわれていますが、何十年たってもいまだに40年程度といわれています。どうしてなのでしょう？

正確には地球の石油資源の残存量ではなく、現在採掘している油田に埋蔵が確認されている量を「確認可採埋蔵量」と呼び、その年の生産量で割った数字を「可採年数」として表記しています。最近では40年の数字が少しずつ増えて50年を超えていますが、採掘技術の向上や新たな石油資源の発見などによって増加したことが原因です。地球の資源残存量はどの程度でしょうか？　地球には確認されている「確認可採埋蔵量」の4倍程度の石油があるといわれています。石油以外の石炭や天然ガスについても、ほぼ同じように考えてよいでしょう。

◆日本のエネルギー資源の輸入先

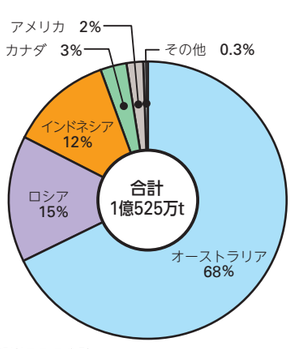
石油はサウジアラビアやイランなどの中東に大きく依存している。また、天然ガスや石炭についてもそのほとんどを海外からの輸入にたよっている。

●石油の輸入先（2020年度）



（出所）経済産業省「資源・エネルギー統計年報」を基に作成

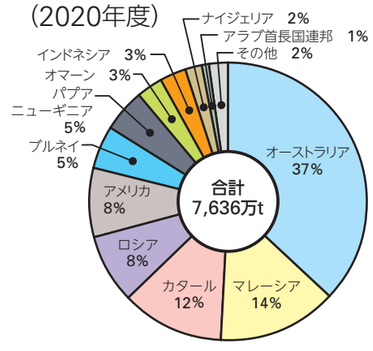
●石炭の輸入先（2020年度）



※一般炭のみの合計

（出所）財務省「貿易統計」を基に作成

●天然ガス（LNG）の輸入先（2020年度）



（出所）財務省「貿易統計」を基に作成

※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。

●ウランのおもな輸入先（2014年）

相手先国	カナダ、オーストラリア、カザフスタン、ニジェール、ナミビア、ウズベキスタン、など

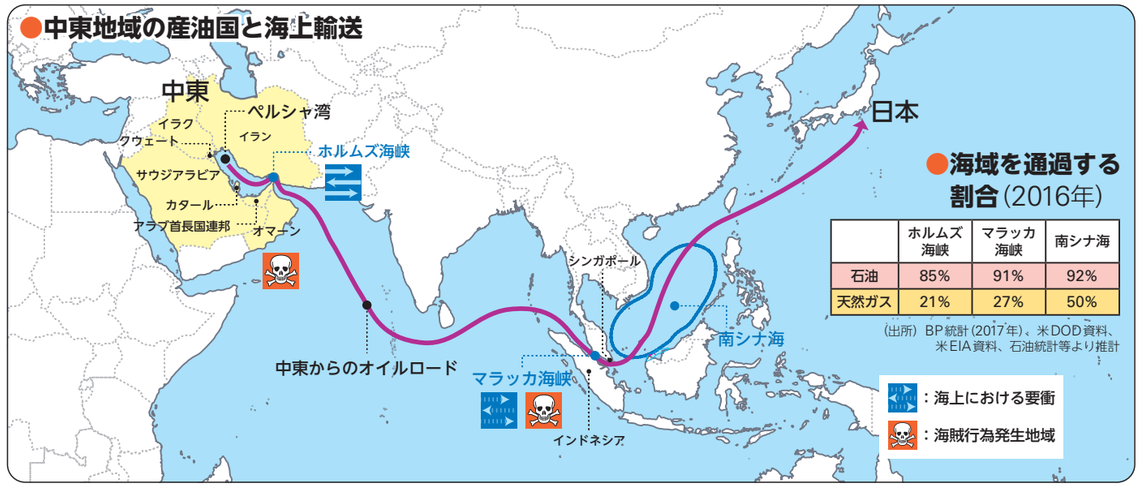
（出所）貿易統計（2014年1月～12月）

関連するページ

○一次エネルギー供給の移り変わり …… P.12
○石油の輸入事情／石油の輸入価格 …… P.16
○エネルギー資源の安定確保 …… P.17
○エネルギー資源の供給と利用形態 …… P.20
○エネルギー資源の特徴と使われ方 …… P.21
○日本の諸地域とエネルギー …… P.22～25
○人類の発展とエネルギー …… P.32～35

◆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。



●エネルギー資源の備蓄・在庫日数

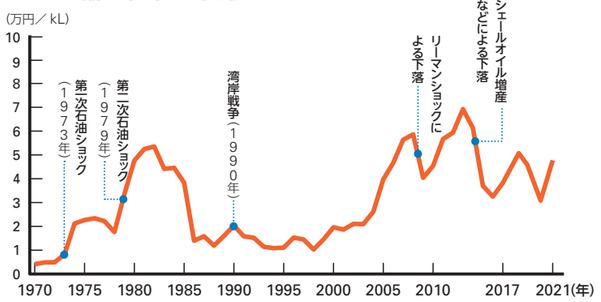
		備蓄日数	備蓄量
石油	国家備蓄	144日分	4,440万kl
	民間備蓄	84日分	2,589万kl
	産油国共同備蓄	5日分	152万kl
	合計	233日分	7,181万kl
LPガス	国家備蓄	51.6日分	139万トン
	民間備蓄	56.8日分	153万トン
	合計	108.4日分	292万トン
石炭	民間在庫	約29日分	−
天然ガス(LNG)	民間在庫	約20日分	−
ウラン	民間在庫	約2.9年分	−

※石油、LPガスは2022年6月末現在
※石炭は、資源エネルギー庁「電力調査統計」2019年度火力発電燃料実績（年度末貯蔵量）より算出
※天然ガスは、JOGMEC「天然ガス・LNG在庫動向」2020年より算出
（ガス発電用在庫に加え、都市ガス用在庫も含む）
※ウランは、電力中央研究所「原子燃料の潜在的備蓄効果」2016年より
※石油の備蓄量は製品換算
（出所）資源エネルギー庁資料

石油はさまざまな用途で利用され、くらしや産業に欠かせないエネルギー資源である。また、LPガスは家庭用ガスとして広範囲の地域で使われている。そのため日本では、輸入できなくなってしまった場合に備えて、石油とLPガスの備蓄をおこなうようにしている。

一方、天然ガス（LNG）は国家備蓄制度がなく、流通のための民間在庫のみである。

●石油輸入価格の推移



※日本に到着する石油の価格（CIF価格＝Cost,Insurance and Freightの略）、引き渡し地までの保険料、運送料を含む。　（出所）財務省「日本貿易統計」を基に作成

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で影響を及ぼす。

石油の輸入価格が変動する原因は、国際市況、産油国の生産調整、中東などの産油国に関わる政治情勢などの影響が大きい。2021年以降、コロナ禍で落ち込んでいた需要の回復や円安、ロシアのウクライナ侵攻などを背景に、輸入価格の上昇が続いている（2022年8月の速報値：95,610円）。

◎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)

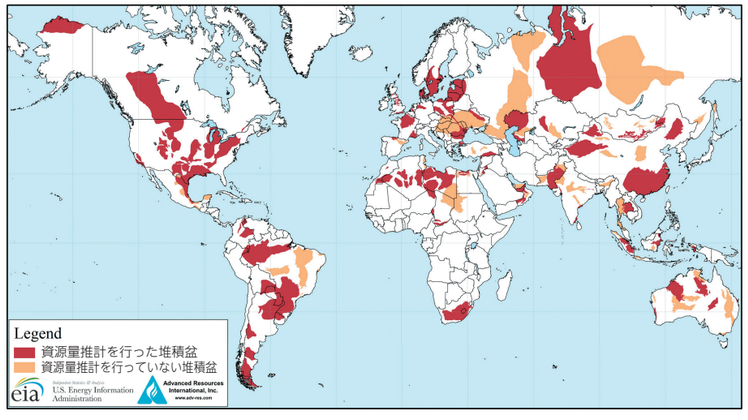
◆シェール革命

シェールガスやシェールオイルは、世界のエネルギー供給構造を大きく変化させる可能性があるためシェール革命とよばれるようになった。

「シェールガス」、「シェールオイル」は頁岩（シェール）とよばれる堆積岩から採取される。2000年代になって効率よく採掘できる技術が確立し、特に北米において生産量が急増している。

シェール資源は世界中に分散しており、世界のシェールガスの技術的回収可能資源量は約214.4兆㎥、シェールオイルの技術的回収可能資源量は約574億トンと推計されている。今後、シェールガスやシェールオイルが大量供給されるようになると、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。

●世界のシェールオイル・シェールガス資源量評価マップ(2015年)

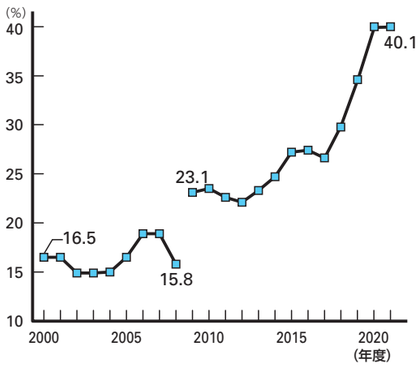


※「可採資源量」とは、技術的に生産することができる石油資源量を表したもので、経済性やその存在の確からしさなどを厳密に考慮していないという点で、「確認埋蔵量」よりは広い範囲の資源量を表す。
（出所）EIA「World Shale Resource Assessments」(2015年9月)を基に作成

◆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



※2008年度までは石油のみの自主開発比率、2009年度以降は国産を含む石油、天然ガスの自主開発比率
（出所）資源エネルギー庁調べ

トピックス　日本の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、ロシアからパイプラインを通し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にするということ。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。



オーストラリアで日本企業が開発を手がけたイクシス ガス・コンデンセート田。LNGとLPG、コンデンセート（超軽質油）を生産できる。(オーストラリア)

関連するページ
○日本と世界の主要国のエネルギー自給率 …… P.12
○世界のエネルギー消費の移り変わり …… P.14
○日本のエネルギー資源の輸入先 …… P.15
○限りあるエネルギー資源 …… P.15

考えてみよう　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。

（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

◆地球温暖化

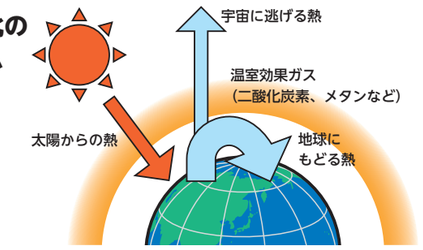
地球温暖化とは、大気中の温室効果ガスの濃度が高くなり、地球の平均気温が高くなることをいう。地球の温室効果ガスは18世紀まで安定していたが、産業革命以降、石炭や石油などの化石燃料を大量に消費して二酸化炭素を大量に排出したことが、温室効果ガスの増大につながり、地球温暖化の主な原因と考えられている。

●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。
- マラリア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、病害虫の増加で生産が減少したりするなど。（出所）IPCC第6次評価報告書

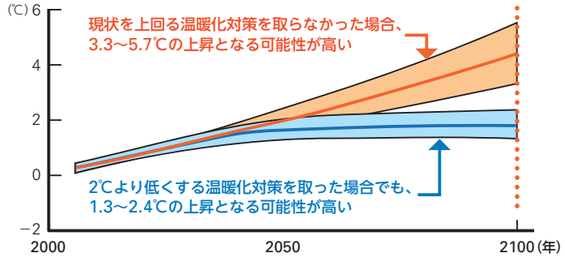
●地球温暖化のメカニズム

（P36参照）



●21世紀末における地上気温の変化

世界の平均気温は1850～1900年とくらべ、2011～2020年の間にの間に1.09℃上昇した。このまま地球温暖化が進むと、今世紀末には地球の平均気温が最大で約5.7℃上昇すると予測されている。



※1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化予測（工業化前からの気温上昇）
（出所）IPCC第6次評価報告書より全国地球温暖化防止活動推進センター作成資料を基に作成

温室効果ガス（二酸化炭素やメタン、一酸化二窒素、フロン類など）には宇宙に逃げる熱（赤外線）を吸収し、地球を適度な温度に保つはたらきがある。しかし温室効果ガスが増えすぎると、宇宙に逃げる熱をより吸収するため、地球の温度が上がる。

動画へGO! 『地球温暖化』 NHK for School

◆地球温暖化防止の取り組み

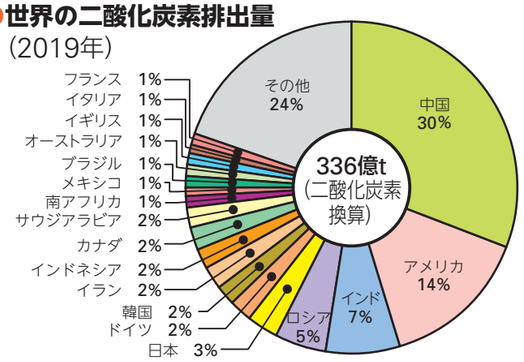
1992年、世界各国は「環境と開発に関する国際連合会議」において、地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意し、「国連気候変動枠組条約」を採択した。1995年以降、毎年開催される「気候変動枠組条約締約国会議（通称COP：Conference of the Parties）」を通し、温室効果ガスの排出を削減する対策を進めてきた。

●主な国際的な取り組みの流れ

1992年		国連気候変動枠組条約　採択
1997年	COP3	京都議定書　採択
2008～2012年		京都議定書　第一約束期間
2013～2018年		京都議定書　第二約束期間
2015年	COP21	パリ協定　採択
2016年	COP22	パリ協定　発効
2018年	COP24	パリ協定　実施ルール決定
2021年	COP26	グラスゴー気候合意　採択 （パリ協定　ルールブック完成）

※2020年にパリ協定から離脱したアメリカは、2021年2月に復帰した。

●世界の二酸化炭素排出量（2019年）



（出所）IEA「Greenhouse Gas Emissions from Energy」2021 Editionを基に作成
※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。

◆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は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。

また、2021年、イギリスで開催されたCOP26では、パリ協定の目標の実現に向けた具体的なルールを決め、2050年のカーボンニュートラル、脱炭素社会をめざすことが示された（グラスゴー気候合意）。カーボンニュートラルとは、温室効果ガスの排出を削減しつつ、植林などで温室効果ガスの吸収をうながして、排出量と吸収量の差し引きをゼロにする考え方である。

●主な国・地域の温室効果ガス削減目標

（2021年11月）

国名	削減目標	比較年
日本	2030年度において46%減	2013年比
中国	2030年までにGDP当たりの二酸化炭素排出を60～65%減	2005年比
インド	2030年までにGDP当たりの二酸化炭素排出を45%減	2005年比
EU	2030年までに55%減	1990年比
ロシア	2050年までに実質排出量を約60%減	2019年比
アメリカ	2030年までに50～52%減	2005年比

（出所）国連気候変動枠組条約に提出された約束草案より抜粋、全国地球温暖化防止活動推進センターまとめを基に作成

◆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以上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

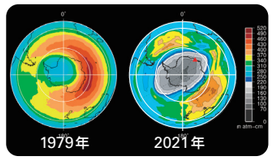
人間が経済を発展させ、豊かで快適な生活を求めた結果、自然の循環環境システムがくずれ、さまざまな環境問題が起きている。

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、国際的な協力が必要である。

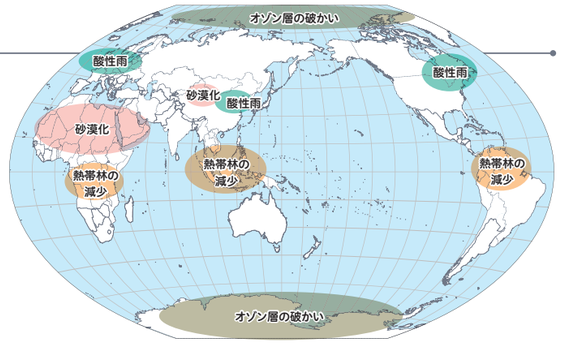


砂漠の中、わずかに残った植物を食べつくすヤギたち（チャド共和国）
写真出所：緑のサヘル（Action for Greening Sahel）

南極域のオゾン全量分布図（10月）



グレーの部分がオゾンホール（オゾン層が破壊された部分）を示している。
（出所）米国航空宇宙局（NASA）提供の衛星データを基に気象庁が作成したものに加筆



関連するページ
- ○持続可能な社会をめざして…… P.11
- ○蒸気機関と産業革命…… P.33
- ○未来のエネルギーミックスを考えよう…… P.62

考えてみよう　地球温暖化対策に関して、国際社会において日本の果たすべき役割を考えてみよう。

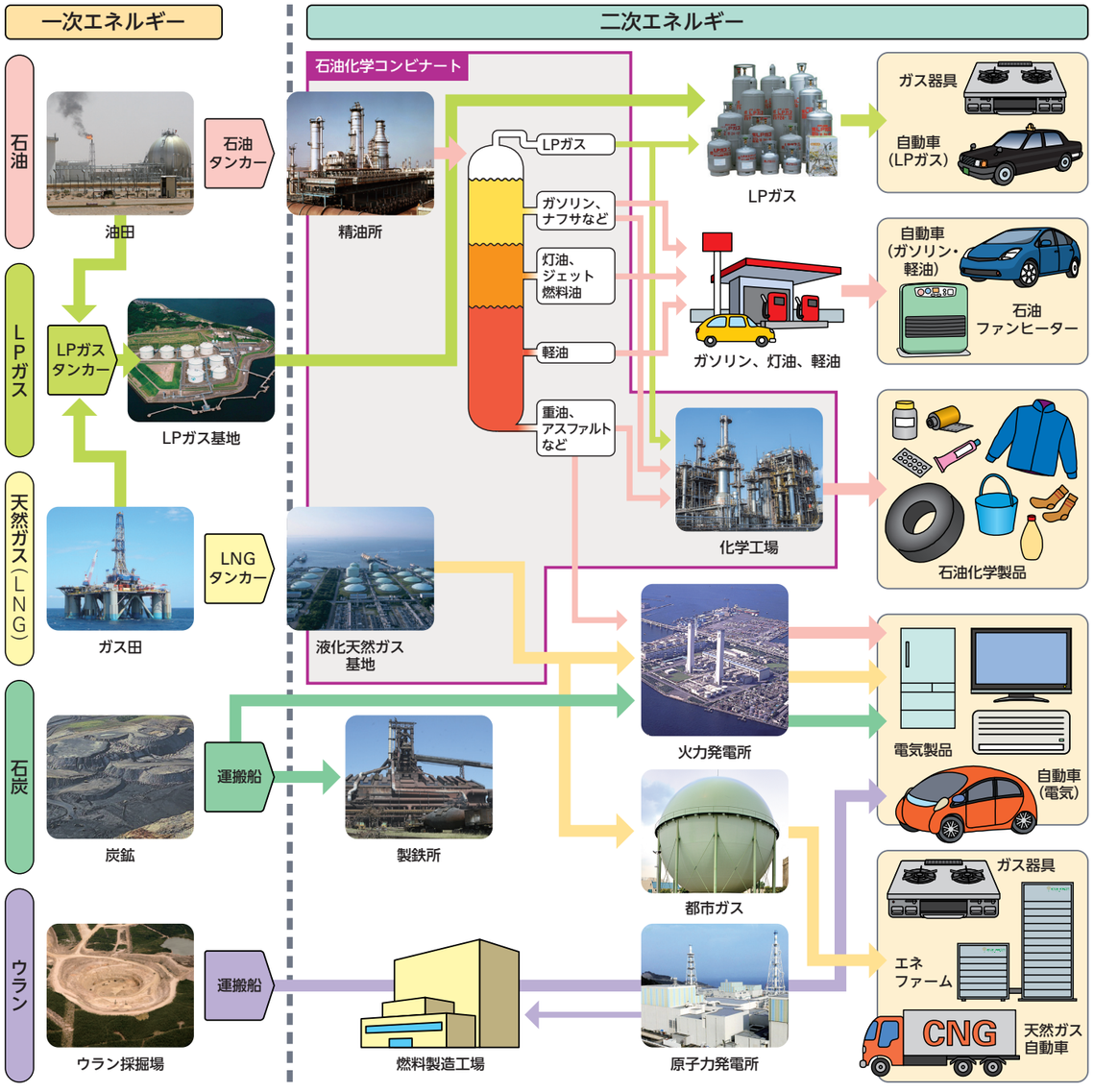
（３）くらしを支えるエネルギー　－Economic Efficiency－

◎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

◆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。

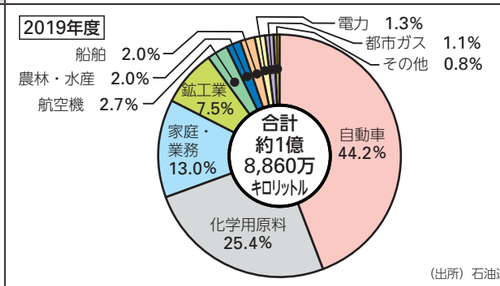
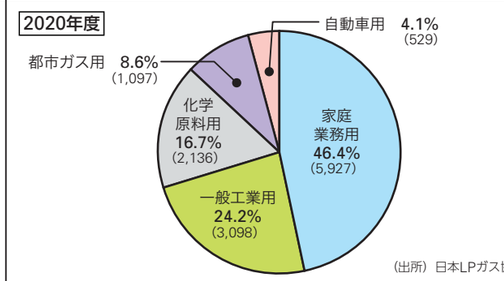
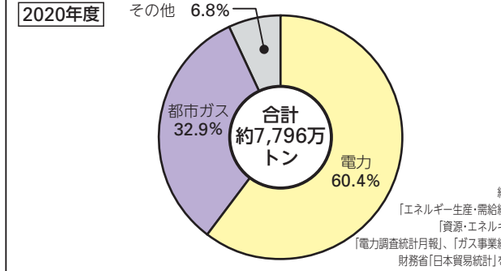
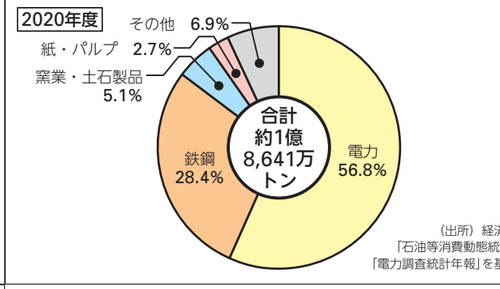


トピックス

エネルギーの分類

わたしたちが日常利用している石油や天然ガスなどを単に「エネルギー」と呼ぶ場合があるが、これらは「エネルギー資源」の意味である。エネルギー資源は、供給の段階から最終的に消費される段階まで、一次エネルギー、二次エネルギーに分類して表すことができる（38ページ参照）。

◆エネルギー資源の特徴と使われ方

	主な特徴（○長所、●短所）	使われ方	各エネルギー資源の利用用途うちわけ
石油	○常温・常圧の状態で液体なので、貯蔵と運搬が容易である ○備蓄ができる ●埋蔵地域にかたよりがある ●燃焼時に二酸化炭素や窒素酸化物、硫黄酸化物が出る ●価格の変動が大きい	石油を蒸留・精製することでさまざまな油に分離・抽出できるため、火力発電の燃料のほか、自動車や飛行機などの燃料として使用される。また、石油化学製品の原料となり有機物を作ることができるため、多様な使い道がある	 （出所）石油連盟調べ
LPガス	○液体にすると体積が小さくなり運びやすい ○硫黄分などの不純物をほとんど含まない ○備蓄ができる ●埋蔵地域にかたよりがある ●燃焼時に二酸化炭素や窒素酸化物が出る ●価格の変動が大きい	油田やガス田から出てくるガスを冷却して液化し、LPG（液化石油ガス、Liquefied Petroleum Gas）として輸入される 家庭用のプロパンガス、自動車や工場の燃料、ガスライター、カセットコンロなどに利用されている	 （出所）日本LPガス協会
天然ガス（LNG）	○埋蔵地域のかたよりが少ない ○液体にすると体積が減って運びやすくなり、硫黄分や不純物を取り除くことができる ●輸出入基地の建設や特殊な輸送タンカーが必要なのでコストがかかる ●燃焼時に二酸化炭素や窒素酸化物が出る	ガス田で採掘された天然ガスを冷却して液化し、LNG（液化天然ガス、Liquefied Natural Gas）として運ばれてくる 火力発電や都市ガスの燃料として使われている	 （出所）経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計」、「電力調査統計月報」、「ガス事業統計月報」、財務省「日本貿易統計」を基に作成
石炭	○埋蔵地が世界各地に分散しており、埋蔵量も豊富である ○比較的安価である ●石油やガスにくらべ、燃焼時の二酸化炭素や窒素酸化物、硫黄酸化物の排出量が多い	一般炭と原料炭に大別される 一般炭は、発電所やセメント産業などで多く使用され、原料炭は鉄鋼原料用としてコークスを製造するために利用されている	 （出所）経済産業省「石油等消費動態統計年報」「電力調査統計年報」を基に作成
ウラン	○少ない燃料で大きなエネルギーを得られる ○発電時に二酸化炭素を出さない ●他のエネルギー資源にくらべ、厳しい安全管理が必要である ●放射性廃棄物が発生する	原子力発電の燃料に使われている	

※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。

関連するページ
- ○最終エネルギー消費の移り変わり …… P.13
- ○限りあるエネルギー資源 …… P.15
- ○日本の諸地域とエネルギー …… P.22～25
- ○一次エネルギーと二次エネルギー …… P.38
- ○発電方法別の二酸化炭素排出量 …… P.40

考えてみよう

これらのエネルギー資源が確保できなければ、私たちの生活はどうなるのかを考えてみよう。

◆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っている。

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。

動画へGO!
『坂出発電所 バーチャル見学動画』 四国電力



（出所）
水力・火力発電所：各電力会社HP（2019年7月末現在）等を基に作成
太陽光発電所：エレクトリカル・ジャパンHP（2019年9月末現在）を基に作成
風力発電所：NEDO「日本における風力発電設備・導入実績（2018年3月末現在）」を基に作成
原子力発電所：一般社団法人 原子力安全推進協会HP（2022年8月末時点）を基に作成
石油・LPガス備蓄基地：石油天然ガス・金属資源機構資料を基に作成
ガス田・油田：天然ガス鉱業会資料を基に作成
炭田：石炭エネルギーセンター資料を基に作成

◎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（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

●日本の油田・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産出されている。

[油田]

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「燃ゆる水（燃水）」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日本海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。

（2020年度）

	国内生産量	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%

（出所）経済産業省「資源・エネルギー統計」、「エネルギー生産・需要統計年報」等を基に資源エネルギー庁作成

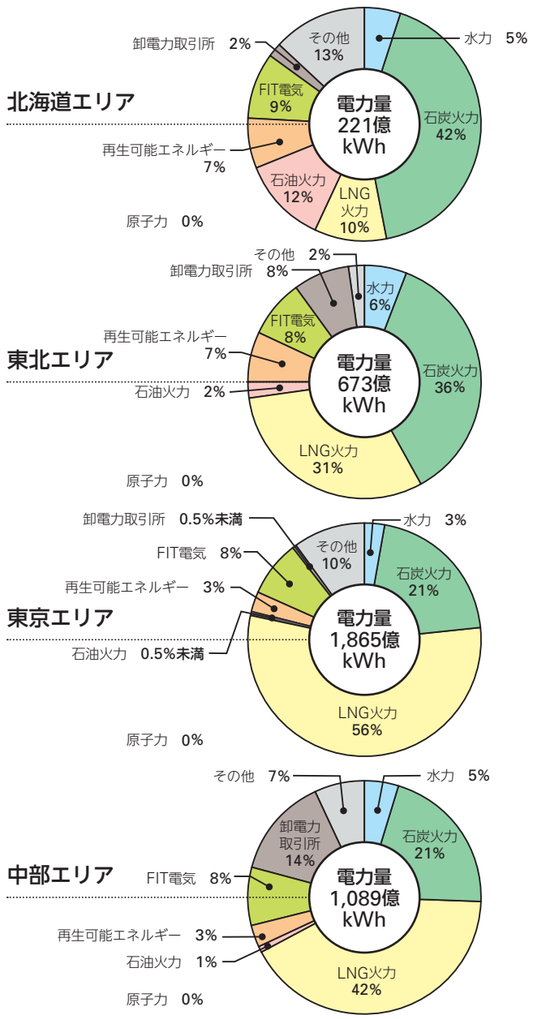
●風力発電導入量上位10道県（基数順）

道県	設備容量（kW）	設置基数（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
島根県	178,070	87

※2021年12月末現在

（出所）一般社団法人 日本風力発電協会

●各エリアの電源構成（2021年度）



※四捨五入の関係で合計が100%にならないことがある。
※水力：設備容量3万kW以上の発電所のみ。
※再生可能エネルギー：太陽光、風力、水力（3万kW未満）、バイオマス、地熱のうちFIT電気を除く。
※卸電力取引所：水力、火力、原子力、FIT電気、再生可能エネルギーなどが含まれる。
※その他：他社から調達している電気で発電所が特定できないものなどが含まれる。
※電力量は販売電力量。

（出所）北海道電力株式会社、東北電力株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、東京電力エナジーパートナー株式会社、中部電力株式会社各社のHP資料を基に作成

関連するページ
○一次エネルギー供給の移り変わり …… P.12
○エネルギー資源の供給と利用形態 …… P.20
○さまざまな発電方法 …… P.39～43

考えてみよう

自分の住んでいる地域の特性と発電構成を見て気がついたことをまとめよう。また、他の地域とくらべて気がついたことをまとめよう。

◆日本の諸地域とエネルギー（西日本）

みんなの地域の電源構成と他の地域を調べてみよう。



大飯（おおい）発電所

福井県若狭湾岸には４つの原子力発電所、13の原子炉（うち５基は廃炉）がある。立地は北陸だが、３発電所（美浜、大飯、高浜）は関西電力が運営しており、関西へ送電されている。

写真提供：関西電力株式会社



奥多々良木（おくたたらぎ）発電所

国内最大出力の純揚水式発電所（兵庫県朝来市）。山中に６基の発電機を備え、最大193.2万kWの発電能力を持つ。ダムからの放水開始後、１基なら約３分で送電することができる。

写真提供：関西電力株式会社



三池炭鉱（みいけたんこう）

福岡県有明海沿岸地域はかつて日本の主要な石炭の産地だった。1873（明治６）年に藩営から官営へ、1889（明治22）年に民営となり、1997（平成９）年に閉山。一世紀以上にわたり採炭をおこない、日本の産業の近代化を牽引した。



（大牟田市石炭産業科学館所蔵）

写真提供：
一般財団法人
石炭エネルギーセンター



四日市（よっかいち）コンビナート

1960年代に日本で初めて形成された石油化学コンビナート（三重県四日市市）で、高度経済成長期を支えた。一方で、当時は大気汚染や工場排水による水質汚染などの公害問題も発生した。

宮崎亀（かめ）の甲（こう）太陽光発電所

宮崎県東諸県郡のゴルフ場跡地に造られた太陽光発電所。50万㎡の土地に10万枚以上の太陽光パネルを設置し、年間発電量4,000万kWh（一般家庭消費電力量の約11,000世帯分に相当）と想定している。

写真提供：
株式会社NTT
ファシリティーズ

凡例

- 火力発電所（100万kW以上）
- 原子力発電所
  - 安全性の確保を大前提に再稼働中
  - 原子炉設置変更許可を取得した炉
  - 新規制基準への適合性審査中の炉
  - 適合性審査未申請の炉
  - 廃炉を決定した炉
- 水力発電所（15万kW以上）
- 太陽光発電所（5万kW以上）
- 風力発電所（3万kW以上）
- 地熱発電所（1000kW以上）
- 国家石油備蓄基地
- 国家LPガス備蓄基地
- LNG基地
- 主な油田
- 主なガス田、水溶性ガス田
- 主な炭田

（出所）
水力・火力発電所：各電力会社HP（2019年7月末現在）等を基に作成
太陽光発電所：エレクトリカル・ジャパンHP（2019年9月末現在）を基に作成
風力発電所：NEDO「日本における風力発電設備・導入実績（2018年3月末現在）」を基に作成
原子力発電所：一般社団法人 原子力安全推進協会HP（2022年8月末時点）を基に作成
石油・LPガス備蓄基地：石油天然ガス・金属資源機構資料を基に作成
ガス田・油田：天然ガス鉱業会資料を基に作成
炭田：石炭エネルギーセンター資料を基に作成

関連するページ
○一次エネルギー供給の移り変わり … P.12
○エネルギー資源の供給と利用形態 … P.20
○さまざまな発電方法・…… P.39～43

◎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（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

●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いたといわれる。

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以上の炭鉱が開かれていた。

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。

（2020年度）

	国内生産量	総供給に占める割合
石炭	約75万t	約0.4%

（出所）財務省「日本貿易統計」、石炭フロンティア機構「コールデータバンク」を基に資源エネルギー庁作成

●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7,800万kW（2021年末、REN21「自然エネルギー世界白書2022」調べ）となり、好天時の昼間、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況を構築しなければならない。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、太陽光発電や風力発電などの天候に左右される発電に関しては、バックアップ用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はもとより、それぞれの設備が安定供給を考慮したシステムであり、ライフサイクルで見て、エネルギーや経済収支を満足することが求められ、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。

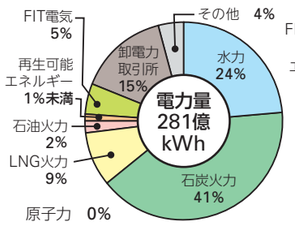
このため、利用者には一層の省エネルギーの促進が求められる。



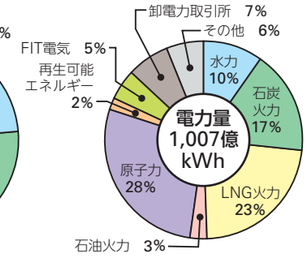
災害による太陽光発電設備の被害例
（写真出所）資源エネルギー庁「日本のエネルギーを知る10の質問」

●各エリアの電源構成（2021年度）

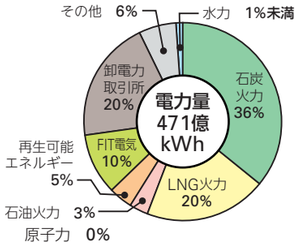
北陸エリア



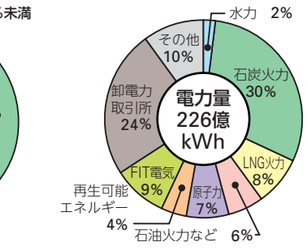
関西エリア



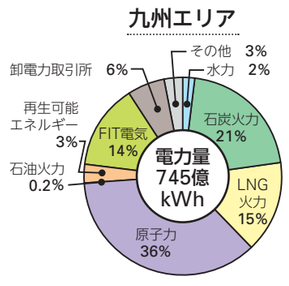
中国エリア



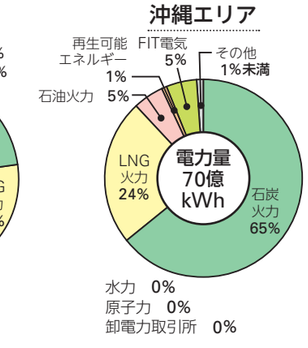
四国エリア



九州エリア



沖縄エリア



※四捨五入の関係で合計が100%にならないことがある。
※水力：設備容量3万kW以上の発電所のみ。
※再生可能エネルギー：太陽光、風力、水力（3万kW未満）、バイオマス、地熱のうちFIT電気を除く。
※卸電力取引所：水力、火力、原子力、FIT電気、再生可能エネルギーなどが含まれる。
※その他：他社から調達している電気で発電所が特定できないものなどが含まれる。
※電力量は販売電力量。

（出所）北陸電力株式会社、関西電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社、沖縄電力株式会社、各社のHP資料を基に作成

◎日本と世界の国々をくらべてみよう
●エネルギーデータまるっとWorld Map!のHP
https://energy-kyoiku.go.jp/special/map/

考えてみよう
世界の国々のエネルギー事情について調べ、日本との違いについて考えてみよう。

◎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）

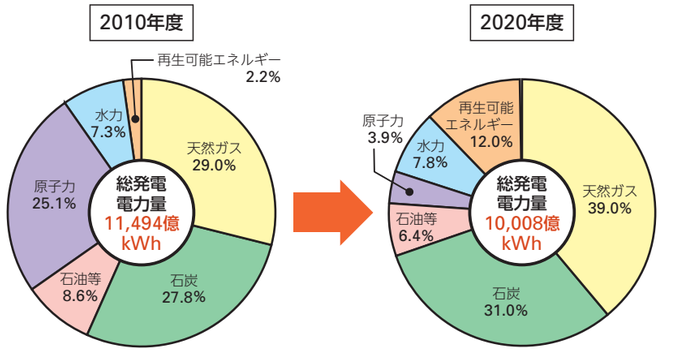
◎その他の教科：
- 理　科…科学技術と人間（エネルギーと物質）
- 技術分野…エネルギー変換の技術

◆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。

動画へGO! 『資源エネルギー庁×鷹の爪「みんなで支える再生可能エネルギー」』 資源エネルギー庁

●発電用エネルギー資源の変化



※四捨五入の関係で合計が100%にならないことがある。

（出所）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

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。

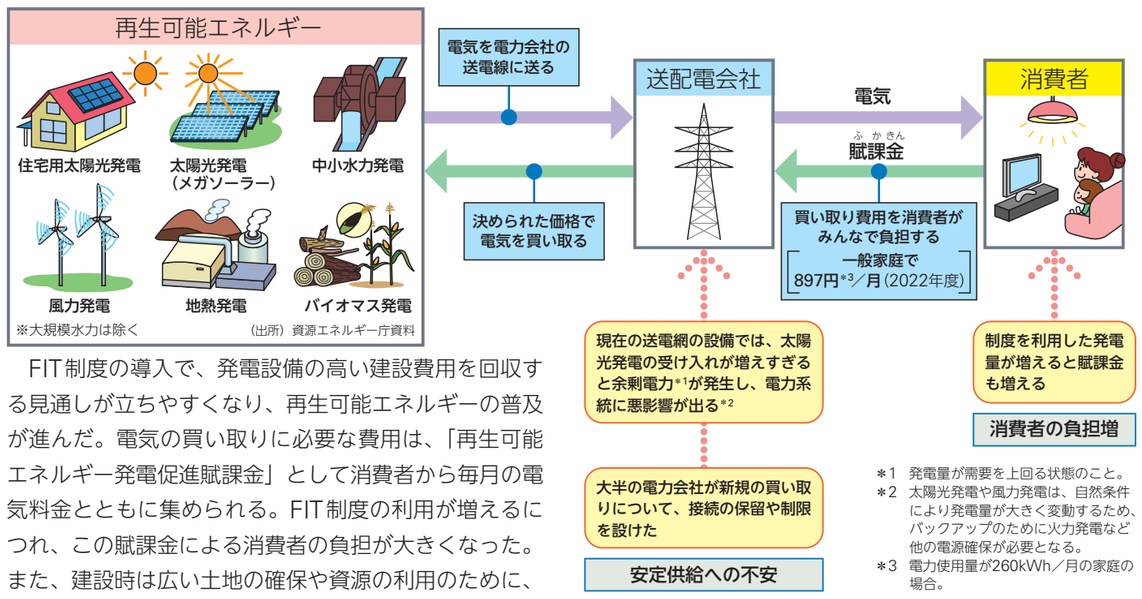
化石燃料への依存が高まると、燃料コストの上昇による電気代の値上がり、二酸化炭素排出量の増加といった影響もある。再生可能エネルギーは環境負荷が低い国産エネルギー資源として今後いっそうの導入が期待されている。

◆再生可能エネルギーの導入をめぐって

動画へGO! 『FIT制度って何だろう？』 資源エネルギー庁

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



（出所）資源エネルギー庁資料

FIT制度の導入で、発電設備の高い建設費用を回収する見通しが立ちやすくなり、再生可能エネルギーの普及が進んだ。電気の買い取りに必要な費用は、「再生可能エネルギー発電促進賦課金」として消費者から毎月の電気料金とともに集められる。FIT制度の利用が増えるにつれ、この賦課金による消費者の負担が大きくなった。また、建設時は広い土地の確保や資源の利用のために、地元との調整に時間がかかる事例も出てきた。

＊1　発電量が需要を上回る状態のこと。
＊2　太陽光発電や風力発電は、自然条件により発電量が大きく変動するため、バックアップのために火力発電など他の電源確保が必要となる。
＊3　電力使用量が260kWh／月の家庭の場合。

●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。

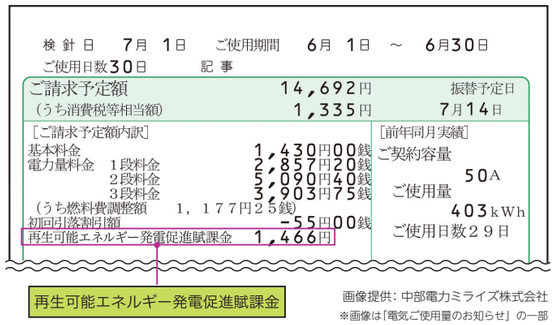
さらに、再生可能エネルギー発電促進賦課金が加わり、電気料金は上昇傾向にある。こうした傾向は、家計の負担を増やすだけではなく、電力を大量に消費する企業の利益を圧迫し、海外へ生産拠点を移すなど、日本経済に大きな影響を及ぼしつつある。

●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。

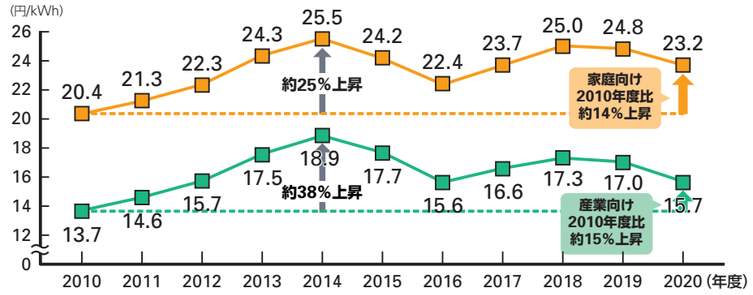
住宅用太陽光発電については一定の導入が進んでいるため、2019年度より買取価格を家庭用電気料金並みの価格におさえ、また設置10年を超えたものから買い取りを終了することになっている。

●電気使用量のお知らせ例



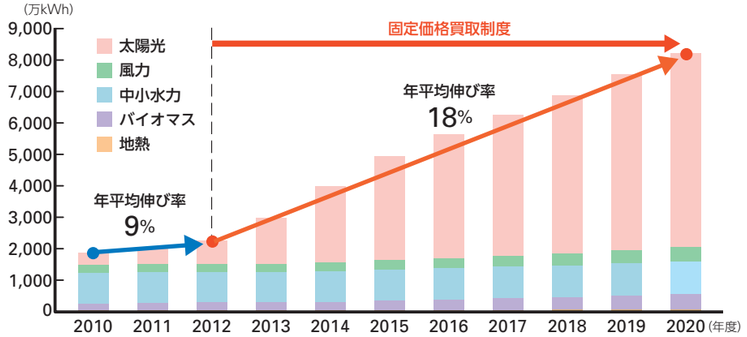
画像提供：中部電力ミライズ株式会社
※画像は「電気ご使用量のお知らせ」の一部

●電気料金平均単価の推移



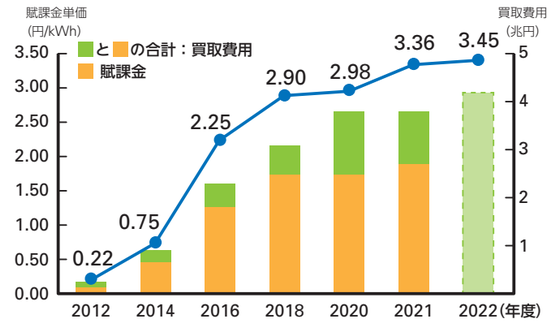
（出所）「発受電月報」、各電力会社決算資料を基に作成

●再生可能エネルギーの設備容量の推移



（出所）JPEA出荷統計、NEDOの風力発電設備実績統計、包蔵水力調査、地熱発電の現状と動向、RPS制度・固定価格買取制度認定実績などを基に資源エネルギー庁作成

●再生可能エネルギー発電促進賦課金の推移



※2022年度は約4.2兆円（想定）

（出所）資源エネルギー庁資料を基に作成

関連するページ
○持続可能な社会をめざして…… P.11
○さまざまな発電方法…… P.39～43
○電気を安定供給するためのしくみ …… P.50～51

調べてみよう
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を調べてみよう。

（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）
・技術分野…エネルギー変換の技術

◆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。ひとたび災害が発生すると、わたしたちのくらしに欠かすことのできない電気、ガス、水道などのライフラインも大きな被害を受ける。

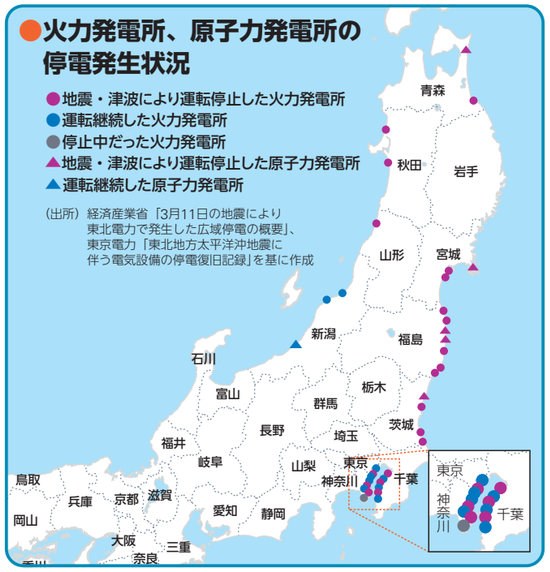
2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による東日本大震災は、多くの人命を奪い、東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。

●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、送電鉄塔や電柱が倒れたりし、内陸部では地震の震動によって機器などが壊れた。多くの発電所が運転を停止し、電気の需要が発電量を上回ってバランスがくずれたため、広範囲で停電が発生した。

停　　電：東北電力管内／約466万戸
　　東京電力管内／約405万戸
復旧状況：東北電力管内／3日で約80％解消、
　　6月18日に全面復旧

●火力発電所、原子力発電所の停電発生状況



●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。また、津波などの影響でオイルターミナルや充てん所、販売所が被災したために出荷が止まった。供給ルートが確保されてからは、避難所などでLPガスが活用された。

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。復旧作業後には、一戸ずつ回って安全を確認してからガスの供給を再開した。



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。3月21日に塩釜油槽所にタンカー輸送ができるようになってから徐々に供給不足が解消した。


がれきの中で営業再開したガソリンスタンドの前で給油を待つ車列
（宮城県南三陸町）

稼働停止：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できた。

◆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を起こした。現在も廃炉に向けた取り組みが進められている。

東京電力福島第一原子力発電所は、地震によって停止したが、その後の津波によって電源を失ったことなどにより、建屋や原子炉が大きく損壊された。

これまでの現場の作業員の努力や国内外の英知を結集した作業により現在は安定状態を保っているが、周辺地域の人々が安心して暮らせる環境を取り戻すためにも、事故を起こした原子力発電所を安全に片付けていく「廃炉作業」は重要な取り組みだ。

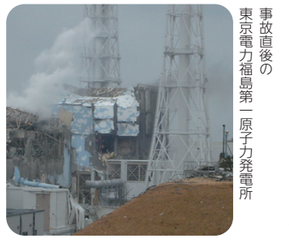
今後の廃炉作業を進めるため、2021年4月には、原子炉建屋から日々、発生する放射性物質を含む水をALPSという装置で浄化した「ALPS処理水」について、海に流して処分する方針が決められた。これによって環境や人の体への影響は考えられないが、「環境や生物が汚染される」といった、事実とは違う認識が広まる「風評」を心配する声もある。その影響が出ないよう、国は、安全性を伝える取り組みを続けている。

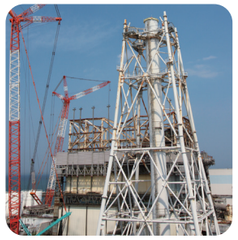
●福島の復興・再生へのあゆみ

東京電力福島第一原子力発電所の周辺地域の住民は放射線の影響を避けるため、多くの人々が地域を離れて生活を送らなければならなくなった。

事故後より除染作業を続けてきた結果、2022年8月までに一部を除いた地域で避難指示が解除された。学校や病院が再開し、商業施設も開業しているが、依然、福島県全体で今でも約2.8万人が避難生活を続けている（2022年12月現在）。

福島県産の農水産品は、震災直後に放射性物質の影響により、出荷量が激減した。そこで県や生産者は農水産物の放射性物質のモニタリング検査を行い、食の安全・安心を確保するための取り組みをおこなっている。生産者が栽培や飼育状況を管理している農産物や畜産物に含まれる放射性物質は年々減少し、今では基準値を超えるものはほとんど見られない。


写真提供（2点とも）：東京電力HD株式会社
事故直後の東京電力福島第一原子力発電所


廃炉作業が進められている東京電力福島第一原子力発電所


2020年3月に供用を開始した、JR双葉駅と東日本大震災・原子力災害伝承館、双葉町産業交流センターをつなぐシャトルバス（2021年3月撮影）
写真提供：資源エネルギー庁

◆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。

国は「シビアアクシデント」と呼ばれる重大事故を防止するための基準を設け、シビアアクシデントが起きた場合の対策を講じるよう定めた。事業者は、地震対策や津波対策、電源・冷却設備の強化をおこなっている。

また、自治体は、原子力防災体制の重要性を再認識し、地域の原子力防災体制の充実・強化を進めている。原子力発電所からおよそ30km 圏内では原子力災害に備えた防災対策の重点区域となっており、万が一に備え、定期的に原子力防災について学んだり、防災訓練をおこなったりしている。

動画へGO!
『「福島第一原子力発電所は、今」～あの日から、明日へ～（ver.2021.3）』
東京電力ホールディングス

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

関連するページ
○家庭で使われているエネルギー……P.9
○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.50～51

調べてみよう
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。

◆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害が発生しており、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。電気やガス、水道などのライフラインにも大きな影響を与えることがあり、災害への備えが重要になっている。日本では近年の自然災害の経験をふまえ、電力やガス、燃料などのエネルギー源の供給インフラの強靭化（レジリエンス性の向上）に向けた取り組みを進めている。

●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。



地震翌日のコンビニエンスストア
（2018年9月8日・北海道恵庭市）



節電のため看板の灯りが消えたままのビル
（2018年9月11日・北海道札幌市）

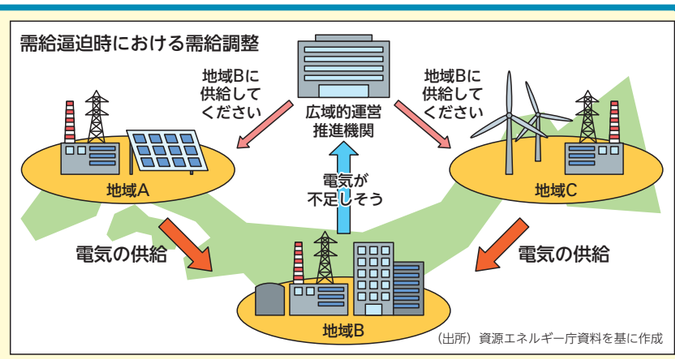
被害の概要	北海道全域（最大約295万戸）が停電、停電が99%の世帯で解消するまで約50時間かかった。また、停電解消後も主力火力発電所の復旧に時間がかかったため、安定供給まで約2週間かかった。
原因	地震発生時、苫東厚真火力発電所では北海度全域の電力需要の約半分をまかなっていたが、震源地に近かったため損傷し緊急停止した。電力の需給がくずれ周波数が大きく変動したため、一部地域を強制的に停電（負荷遮断という）させ、稼働している他の火力発電の出力を上げることでバランスを維持しようとした。しかし、停電しなかった地域で目を覚ました人たちが電灯やテレビをつけたために急激に電力需要が増え、2回目、3回目の負荷遮断をおこなっても周波数の急低下を防げず、稼働中の火力発電、水力発電所、風力発電所すべてが緊急停止したためブラックアウトが起きた（電気の周波数と同時同量については50ページ参照）。
対策	・大規模停電の発生を未然に防ぐためには各発電所のインフラ設備が安全であるかどうかの点検が重要であると同時に、大規模発電所に電力供給力が集中しすぎないよう分散化が必要である。 ・北海道電力ではLNG火力発電所の運転開始を前倒しして稼働させたり、北海道と本州を結ぶ「北海道本州間連系線」の増強に取り組んでいる。

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

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給電指令所とリアルタイムで連携し、各地域の電力需給状況や送電網の運用状況を見守っている。災害や事故が発生し供給の不足が見込まれた場合は、広域機関から即座にほかの地域に指示が出され、地域間で電力の融通がおこなわれるようになっている（52ページ参照）。



（出所）資源エネルギー庁資料を基に作成

◎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…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

●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。



台風21号による強風で倒れた電柱
（2018年9月5日・大阪府泉南市）

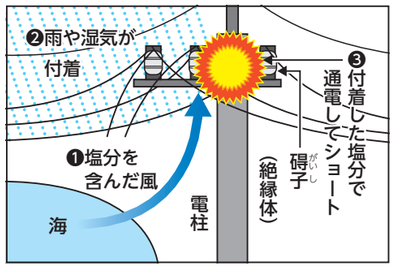
被害の概要	電柱が1300本以上倒れ、関西・中部地方を中心に約240万戸が停電した。ほとんどの地域では停電から数日で復旧したが、倒木や土砂崩れなどで損傷地点に立ち入れない地域が多く、全面復旧までに16日間かかった。
課題	・被害の全容の把握、停電状況と復旧見通しの情報提供に時間がかかった。また、ホームページの停電情報が更新されなかったり、コールセンターの電話が繋がりにくくなった。 ・被害規模が大きく他地域の電力会社から作業員が応援にかけつけたが、停電復旧に時間がかかった。また、倒木、土砂崩れ、障害物などで通行できない地域は復旧まで長時間かかった。
対策	・現場情報をリアルタイムに収集し、被害状況・復旧見通しの収集・提供の迅速化を図る。 ・他の電力会社の応援派遣による初動の迅速化や、関係機関、自治体と連携した復旧活動の円滑化を図る。 ・倒木等の撤去を迅速におこなえるよう、道路管理者（整備局、自治体など）との連携を強化する。

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

●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。

塩害による停電のしくみ



被害の概要	・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、電車のおくれや運休が発生した。 ・静岡県では配電線から火花が発生する現象が300件以上起きた。
対策	電力会社や鉄道会社では、絶縁体である碍子を洗浄して塩分を除去したり、塩分のつきにくい部品に交換したりするなどの対策をおこなっている。

●高潮による被害

高潮とは、台風など強い低気圧が沿岸部を通過するときに発生する海面の高まりである。高潮が発生すると、低地に浸水被害が一気に広がり被害が発生する。

被害の概要	・浸水や家屋の破損・流出、船舶の損傷・衝突などのほか、交通機関、電気、水道、通信などのライフラインにも影響を与えるおそれがある。電気については電柱の倒壊・流出による送電停止や、発電所の浸水による障害、停電が想定される。
対策	・高潮による越波や地震による津波が想定される地点には、防潮堤、消波ブロックなどを設置する。 ・高潮などにより浸水の可能性がある施設は、電源設備の浸水対策を強化する。

関連するページ

○家庭で使われているエネルギー……P.9
○地球温暖化……P.18～19
○電気を安定供給するためのしくみ……P.50～51
○地域間連系線の強化……P.52

考えてみよう
もしも停電した場合のためにどのようなそなえをしたらよいか考えてみよう。

（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：
- **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）
- **技術分野**…エネルギー変換の技術

◆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った。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46億年たった今で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

今、わたしたちが消費している石油や天然ガス、石炭などの化石燃料は、数億年から数千年前の植物や海洋・湖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が、土砂の重みや地熱によって液状に変化したと考えられている。

●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

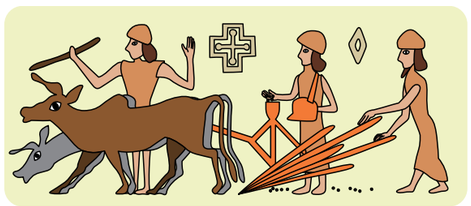
2億年前から6500万年前に繁殖していた生物の死がいが泥と一緒に海底につもって、地熱を受け生成されたものと考えられている。

関連するページ
○限りあるエネルギー資源 …… P.15
○エネルギー資源の特徴と使われ方 …… P.21
○放射線とは …… P.44

◆人類と火の発見

○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はなく、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、人間の大脳皮質も発達がうながされたと考えられている。



考えてみよう　化石燃料を使い続けるとどうなるのか考えてみよう。

◆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。

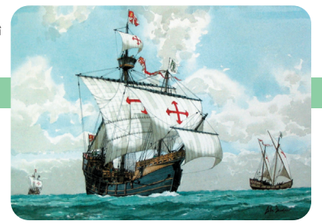
また、風力や水力などの自然エネルギーも水車や風車、帆船などで活用する工夫が重ねられた。

◆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。

それまで暖房用に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。



コロンブスが大西洋を横断航海し、新大陸（アメリカ）へ渡った帆船

➡自然エネルギーの利用
➡化石エネルギーの利用（石炭が中心）
➡電気エネルギーの利用

50万年前 火の発見 ・火を利用するようになった

紀元前3000年 ・風を利用した船の使用（帆船）
・ろうそくの発明

紀元前1万年 ・農耕や牧畜が始まる

紀元前2万年 ・オイルランプの発明

紀元前580年 ・ギリシャのターレスが布で琥珀（こはく）を磨くとほこりが吸い寄せられることを発見（静電気の発見）

紀元前100年 ・水車の発明

1400～1500年 ・大型帆船による大航海時代

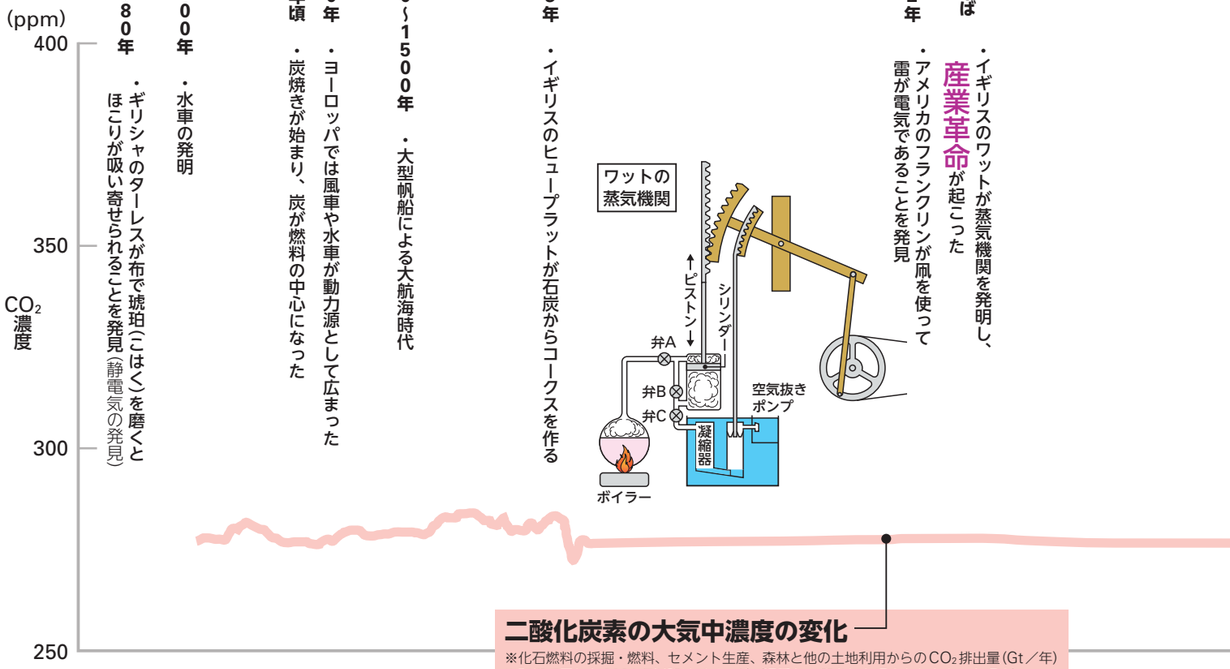
1603年 ・イギリスのヒュープラットが石炭からコークスを作る

1752年 ・アメリカのフランクリンが凧を使って雷が電気であることを発見

18世紀半ば ・イギリスのワットが蒸気機関を発明し、産業革命が起こった

1000年 ・ヨーロッパでは風車や水車が動力源として広まった

800年頃 ・炭焼きが始まり、炭が燃料の中心になった



二酸化炭素の大気中濃度の変化
※化石燃料の採掘・燃料、セメント生産、森林と他の土地利用からのCO_2排出量（Gt／年）
※破線で示した2021年以降はイメージ（温暖化対策をした場合としなかった場合）
（出所）IPCC第6次評価報告書 WG Ⅱ、WMO温室効果ガス世界資料センターの資料を基に作成

（出所）「アイザック・アシモフの科学と発見の年表」などを基に作成

◎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：
- **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）
- **技術分野**…エネルギー変換の技術

関連するページ
○持続可能な社会をめざして…… P.11
○一次エネルギー供給の移り変わり …… P.12
○エネルギー資源の特徴と使われ方 …… P.21
○一次エネルギーと二次エネルギー …… P.38
○さまざまな発電方法…… P.39～43

考えてみよう

「火の利用」、「産業革命」、「石油革命」は人類の文明を大きく発展させた。次に時代を大きく変えるエネルギーは何か、考えてみよう。

◆石油革命

1950年ころ、中東やアフリカに相次いで大油田が発見されたり、石油の新しい採掘方法が開発されたりして、石油が大量にとれるようになった。日本でも1960年代に、エネルギー資源の主役は石炭から石油へ代わった。これを「石油革命」という。

石油は自動車や船、飛行機などの交通機関に欠かせない燃料である。また、火力発電や工場の機械を動かす燃料として、石油化学製品の原料として、経済の成長を支えてきた。

◆電気エネルギーの利用

電気エネルギーは、火力や水力などの一次エネルギーを変換して、利用しやすく加工した二次エネルギーである。社会の発展とともに、人々はエネルギーにパワーだけでなく、快適さやクリーンさも求めるようになってきた。

電気エネルギーは、スイッチひとつで簡単に使える便利なエネルギーであるため、その需要は増加の一途をたどってきた。発電方法は水力や火力、原子力、自然エネルギーが利用されるようになった。

◆エネルギー資源の多様化

日本は二度の石油ショックの経験から、ひとつの資源にたよる危険性を学び、エネルギー資源の多様化を進めてきた。

そして、石油や天然ガス、石炭などの化石燃料に加え、原子力（核エネルギー）や自然エネルギーなどを、それぞれの特性を生かしてバランスよく使っていくことで、安定したエネルギーの供給がおこなわれた。

また、地球温暖化問題を解決するためにも、エネルギーの多様化が求められている。

◆わたしたちのめざす社会

2011年に起きた東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所の事故は、日本のエネルギー利用のあり方を大きく変えるきっかけとなった。

まず安全であること、安定して利用し続けられること、経済的に見合うこと、地球温暖化防止をはじめとした環境への配慮がなされていることが求められている。

持続可能な社会を実現するために必要なことを考えよう。

➡自然エネルギーの利用
➡化石エネルギーの利用　〈石炭が中心〉　〈石油の利用拡大〉　〈天然ガスの利用拡大〉
➡電気エネルギーの利用
➡核エネルギーの利用

1800　1900　1950　2000　2050

1800年
・イタリアでボルタが化学変化を利用して電流を取り出す電池を発明

1826年
・ドイツのオームが「オームの法則」を発表

1831年
・イギリスのファラデーが発電機を発明

1839年
・イギリスのグローブが燃料電池の原理を発明

1850年頃
・「エネルギー保存の法則」の発見

1879年
・アメリカでエジソンが電球を発明

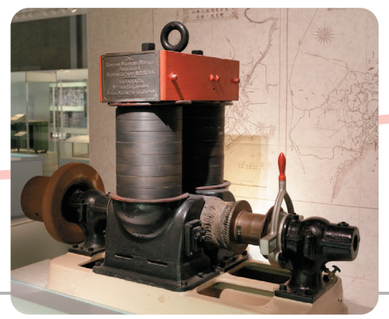
1887年
・日本初の火力発電所完成（東京）

1891年
・日本初の水力発電所完成（京都）

1895年
・ドイツのレントゲンがX線を発見

1896年
・フランスのベクレルが放射能を発見

1901年
・日本初の製鉄所創業（福岡県北九州市・八幡製鉄所）


日本初の火力発電所で使用されていた発電機（エジソンダイナモ）
写真提供：国立科学博物館

1913年
・電力の動力需要が電灯需要を超える

1915年
・猪苗代水力発電所から初の長距離送電（福島～東京）が始まる

1919年
・イギリスでラザフォードが核反応の実験をおこなう

1940年
・アメリカが日本への石油輸出を停止

1945年
・第二次世界大戦終結

1950年代
・高度経済成長期に入り、冷蔵庫、洗濯機、白黒テレビが「三種の神器」といわれた


日本初の水力発電所（鐵上発電所・京都）
写真提供：関西電力株式会社

二酸化炭素の大気中濃度の変化

1954年
・世界初の原子力発電所完成
・アメリカでベル研究所がシリコン太陽電池を発明

1960年代
石油革命
・エネルギーの主役が石炭から石油に代わった

1964年
・東京オリンピック開催

1966年
・日本初の原子力発電所が完成（茨城県東海村）

1960年代
・カラーテレビ、クーラー、自動車（カー）が3Cとよばれ、普及した

1973年
・第一次石油ショック

1974年
・石油に代わるクリーンなエネルギーの研究開発が始まる（サンシャイン計画）

1978年
・省エネルギーの研究開発が始まる（ムーンライト計画）

1979年
・第二次石油ショック


青色発光ダイオード

1988年
・二酸化炭素の温室効果について世界的に関心が持たれる

1989年
・日本の赤﨑勇、天野浩らによって青色発光ダイオードの原理が見つかる

1992年
・地球的規模の環境問題を討議する国際会議「地球サミット」開催

1993年
・日本の中村修二が青色発光ダイオードの実用化に成功した

1997年
・第3回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）にて「京都議定書」採択

2000年代
・持続可能な社会への変換が提唱される

2015年
・第21回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）にて「パリ協定」採択

2021年
・東京オリンピック・パラリンピック開催

2030年
・パリ協定における温室効果ガスの削減目標年度

2050年
・カーボンニュートラルの実現目標年度

400
350
300
250
CO_2(ppm)

動画へGO!
『転機をむかえる日本のエネルギー』
NHK for School

（２）地球温暖化のしくみ

◎理　　科：
・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）

◎その他の教科：
・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）
・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）
・技　　術…生物育成の技術

◆太陽の熱が地球にとどまる

200年ほど前にくらべ、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。

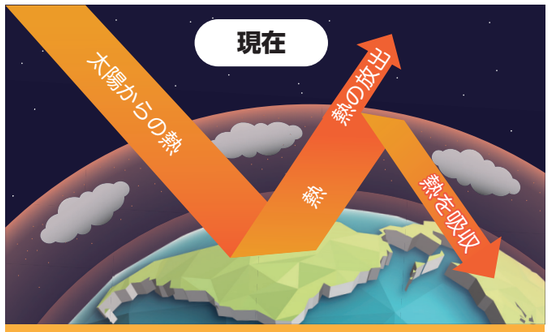
これらは「温室効果ガス」といわれている。大気中の温室効果ガスの濃度が高まると、それがビニールハウスのような役割をして、本来宇宙に逃げるはずの太陽や地表の熱をより多く地球にとどめてしまう。この結果、地球の表面温度が上がり、地球温暖化（気候変動）を引き起こす。

●地球温暖化のしくみ



畑のイメージ

太陽光は土（地面）などを温めるが、そこでたくわえられた熱（赤外線）の多くは大気中を介して宇宙に逃げていく。



ビニールハウスのイメージ

太陽光はハウスの中の土（地面）などを温める。たくわえられた熱（赤外線）は、大気中の温室効果ガスが吸収するため宇宙に逃げにくい。

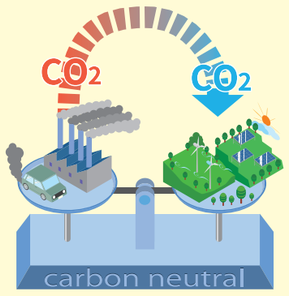
トピックス

地球温暖化への新しい取り組み

温室効果ガスの排出量と吸収量の釣り合いをとり、実質ゼロにする考え方をカーボンニュートラルという。

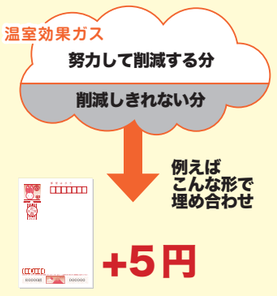
そして、温室効果ガスの削減に努めるとともに、削減しきれない部分については別の場所で埋め合わせようというのが、「カーボン・オフセット」という考え方だ。例えば、企業であれば温室効果ガス削減プロジェクトに投資したり、個人であればカーボン・オフセットの表示がある製品を購入したりする方法がある。

カーボンニュートラル



温室効果ガスの排出量と、森林などによる温室効果ガスの吸収量が同じなら、大気中の温室効果ガスは増えない。

カーボン・オフセットの例



年賀はがきを、５円の寄付金を上乗せして購入し、森林を育てることに役立ててもらう。

（３）エネルギーの変換

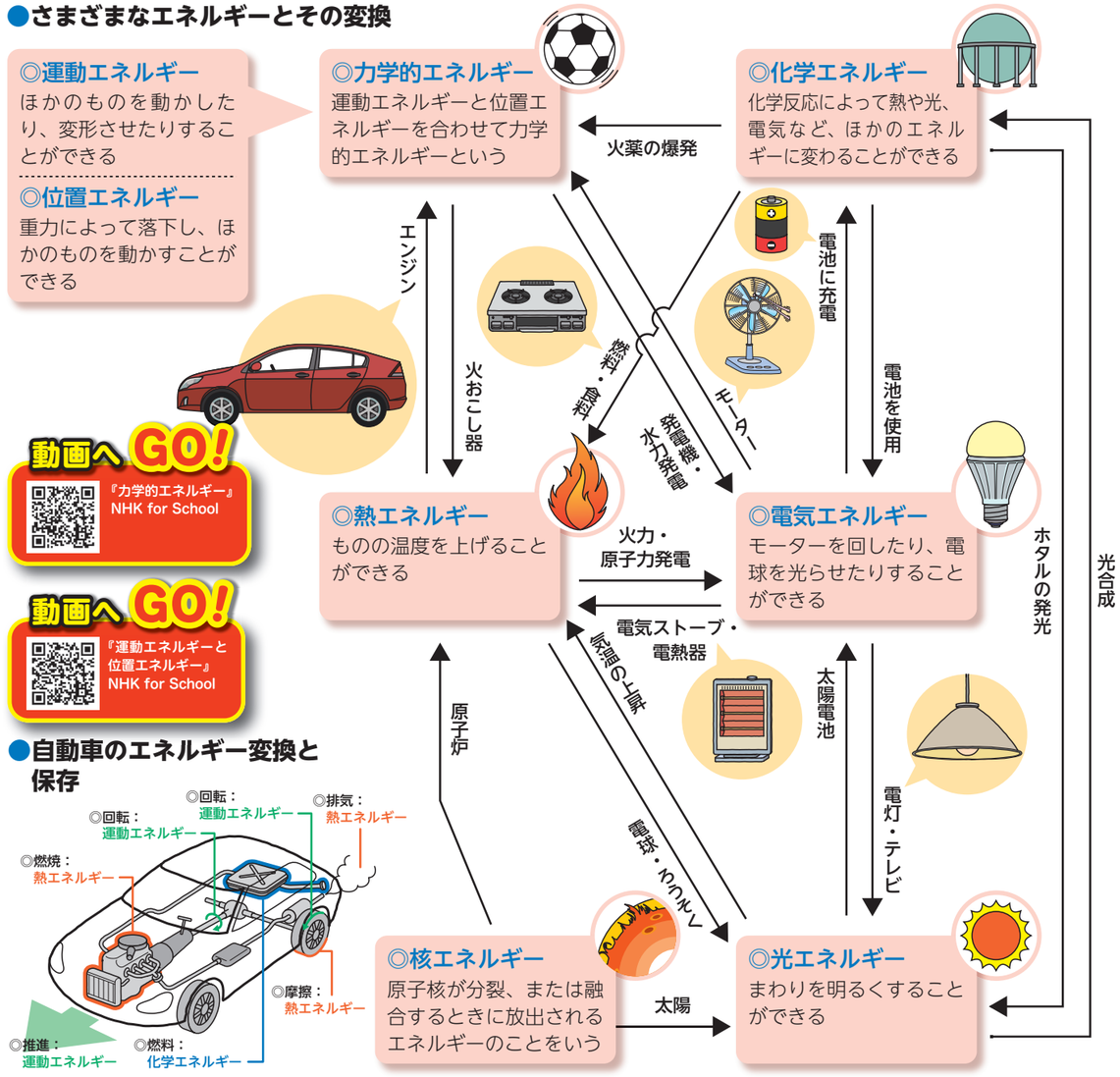
動画へGO!
『エネルギーの変換』
NHK for School

◆エネルギーとは

エネルギーとは、「仕事をすることができる能力」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



●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えることができる（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」に変わることで、走ることができる。

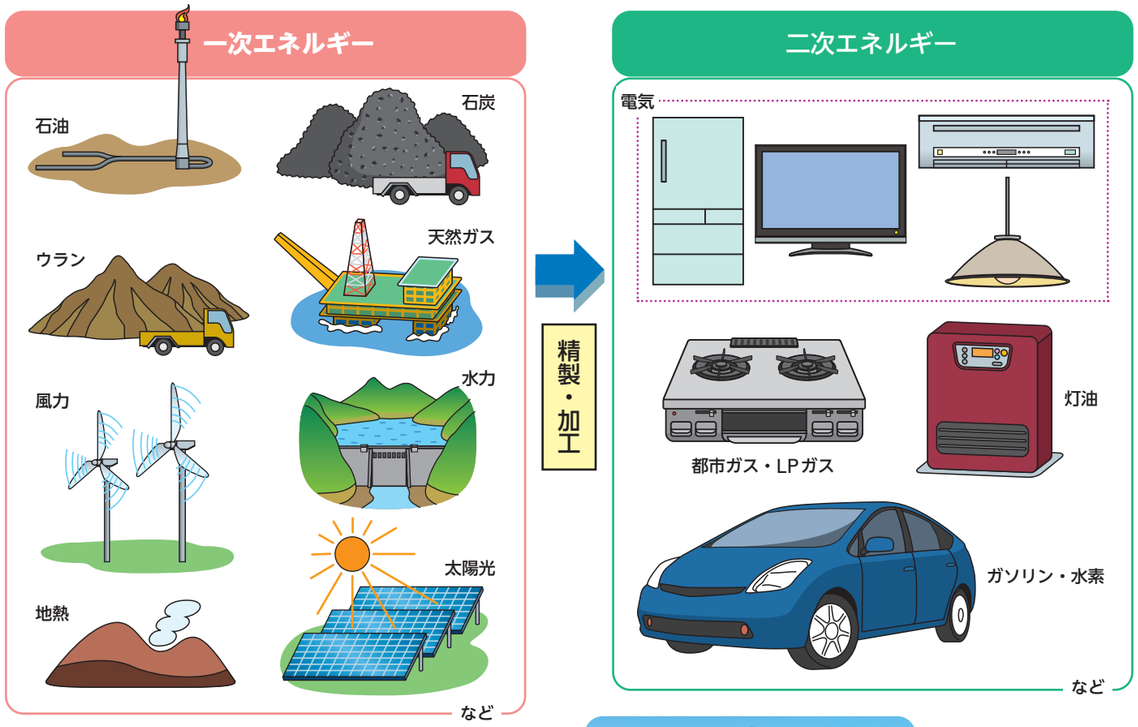
このように、わたしたちはいろいろなエネルギーを目的に合った形に変えることで、くらしに役立てている。

◎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

◆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。



トピックス

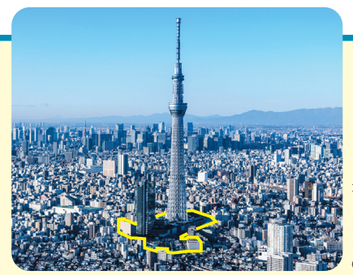
未利用エネルギーとは？

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てい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生活排水や中・下水の熱	⑤河川水・海水の熱
②清掃工場の排熱	⑥工場排熱
③超高圧地中送電線からの排熱	⑦地下鉄や地下街の冷暖房排熱
④変電所の排熱	⑧雪氷熱

など



地中熱を利用した地域熱供給システムが導入されている「東京スカイツリータウン®」（東京都墨田区）
©TOKYO-SKYTREETOWN

関連するページ
○エネルギー資源の供給と利用形態 …… P.20
○エネルギー資源の特徴と使われ方 …… P.21
○さまざまな発電方法 …… P.39～42
○発電方式別発電単価／設備利用率 …… P.39
○エネルギーを有効に使う技術 …… P.54～57
○未来のエネルギーミックスを考えよう …… P.62

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。

（4）さまざまな発電方法

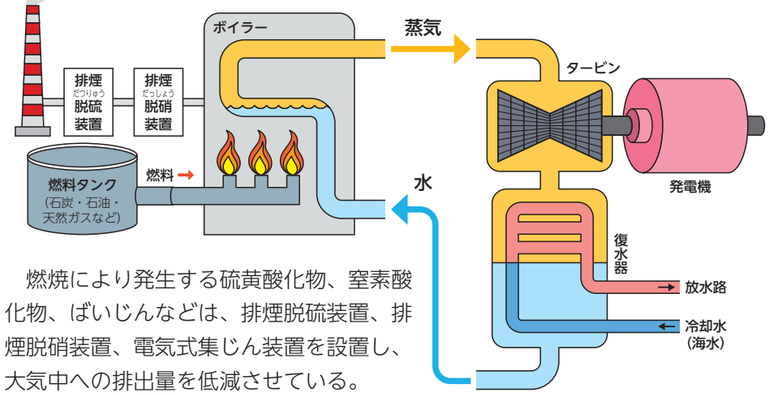
動画へGO!
『発電のしくみ（火力発電と原子力発電）』
九州電力

◆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。

火力発電のしくみ

石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を燃やして得られる熱で高温高圧の蒸気を作り、タービンを回して発電する。



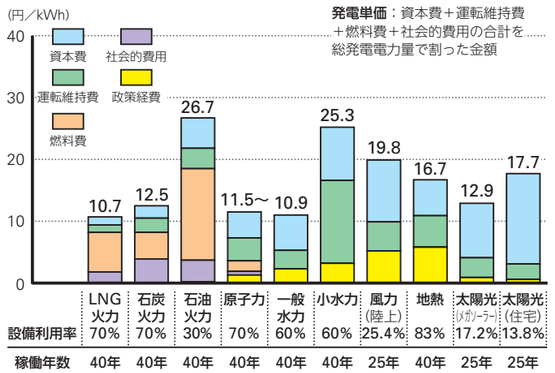
燃焼により発生する硫黄酸化物、窒素酸化物、ばいじんなどは、排煙脱硫装置、排煙脱硝装置、電気式集じん装置を設置し、大気中への排出量を低減させている。

化学エネルギー ➡ 熱エネルギー ➡ 運動エネルギー ➡ 電気エネルギー

●火力発電の特徴

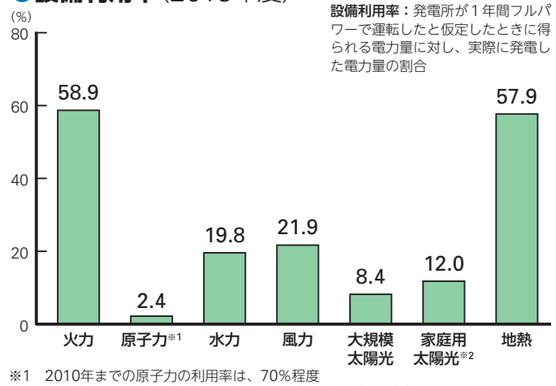
	火力発電		
	石炭 主成分は炭素（C）、ほかに酸素、水素、微量の硫黄、窒素を含む	**石油** ・主成分は炭化水素（CH_2）、ほかに少量の硫黄、酸素、窒素などさまざまな物質を含む ・発電燃料となる重油は炭素数が多い	**天然ガス（LNG）** 主成分はメタン（CH_4）、ほかにエタン、プロパン、ブタンなどを含む
安定供給	エネルギー資源の量に限りがある		
	資源の埋蔵地域が世界に広く分布している	資源の埋蔵地域が中東にかたよっている	資源の埋蔵地域のかたよりが小さい
環境保全	発電時に二酸化炭素を排出する		
	・火力発電の中では二酸化炭素排出量が多い ・SOx（硫黄酸化物）やNOx（窒素酸化物）の除去装置が必要である	二酸化炭素の排出量は天然ガスよりは多いが石炭より少ない	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安い	・石油価格の変動が大きい ・ほかの化石燃料にくらべ高い	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）



（出所）総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 長期エネルギー需給見通し小委員会発電コスト検証ワーキンググループ「発電コスト検証に関する報告（令和3年9月）」を基に作成

●設備利用率（2013年度）



※1　2010年までの原子力の利用率は、70%程度
※2　家庭用太陽光の設備利用率は総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ調べ（2014年）

（出所）「電気事業便覧（平成26年度）」を基に作成

◎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

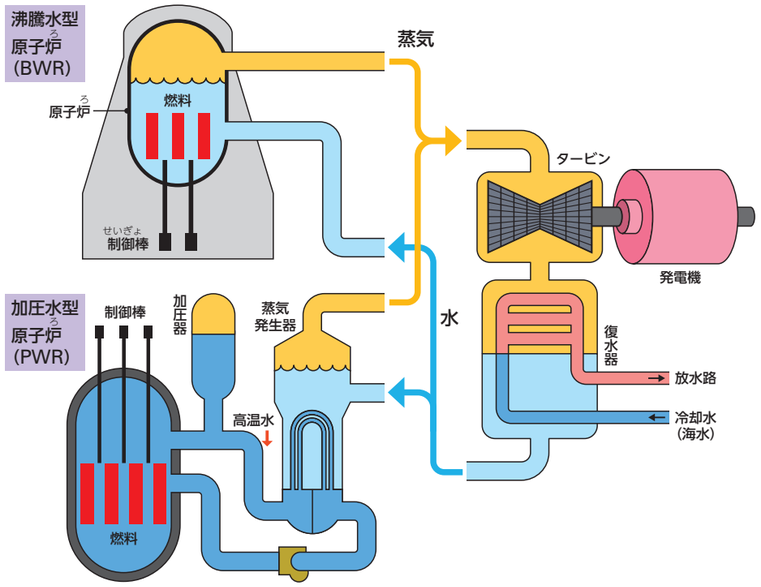
原子力発電のしくみ

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、蒸気を発生させる。

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発生させる。

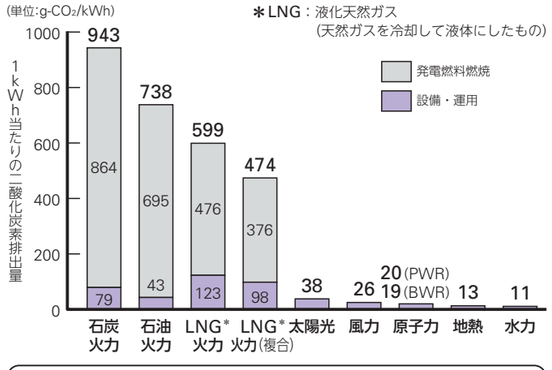


核エネルギー → 熱エネルギー → 運動エネルギー → 電気エネルギー

●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、頻繁に輸入する必要がなく、長期間安定的に発電できる（放射性物質であることから厳重な管理が必要） ・資源の埋蔵地域が世界に広く分布している　・燃料をリサイクルできるため準国産エネルギーといえる
環境保全	・発電時に二酸化炭素を排出しない　・原子炉過酷事故時に放射性物質の放出・漏洩が懸念される
経済性	少ない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 ・核分裂や放射性物質の崩壊熱を除却するための装置の適切な管理運用が必要である ・原子炉過酷事故を想定した地域住民を含め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



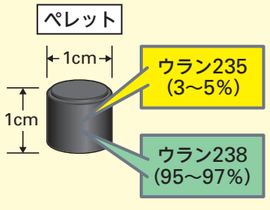
※発電燃料の燃焼に加え、原料の採掘から発電設備等の建設・燃料輸送などに消費されるすべてのエネルギーを対象として二酸化炭素排出量を算出。
※原子力については、1回だけのリサイクルを前提として、高レベル放射性廃棄物処分・発電所設備廃棄・廃炉などを含めて二酸化炭素排出量を算出。

(出所) 電力中央研究所「日本の発電技術のライフサイクルCO_2排出量評価(2016年7月)」

トピックス

ウラン燃料とは？

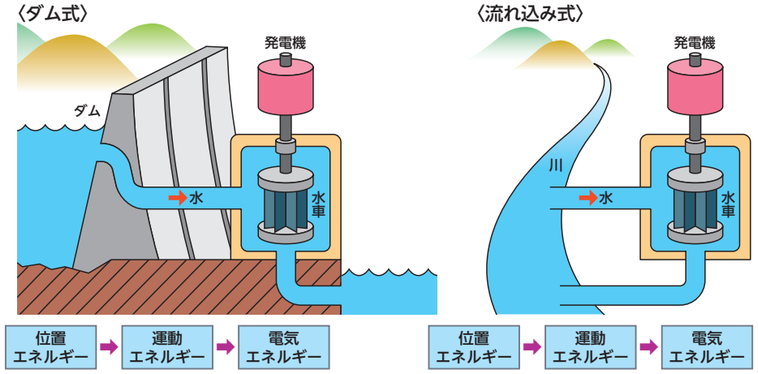
原子力発電の燃料はウラン鉱石を加工したものである。天然のウラン鉱石には核分裂をしないウラン238が99.3%と、核分裂をするウラン235が0.7%の割合で含まれている。天然ウランのままではウラン235の割合が低すぎて燃料として利用できないので、これを3～5%程度まで濃度を高めている（これを「ウランの濃縮」という）。



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。

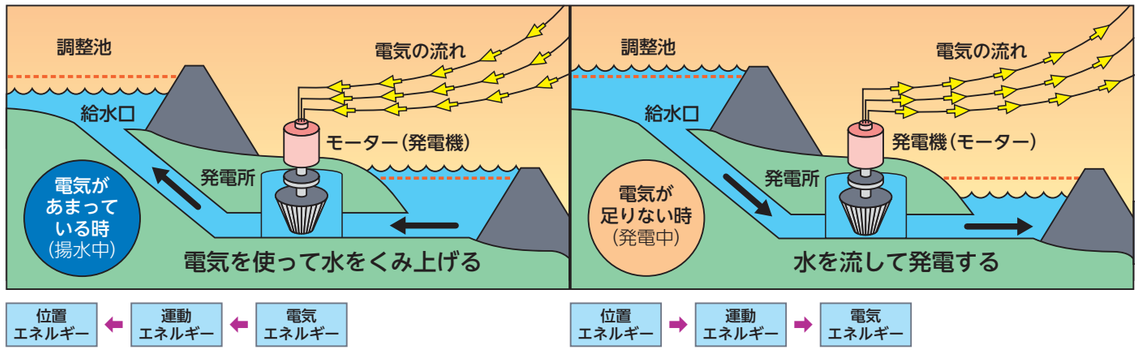
水力発電のしくみ

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見込まれるとき、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

	水力発電	
	一般水力	揚水式
安定供給	・資源が枯渇することのない国産エネルギーである **〈ダム式〉**必要なときにすぐ発電できる（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〉**河川に流れる水をそのまま利用するので発電量を自由に変えられないが、1日を通して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 ・起動・停止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〉**流れ込み式にくら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 ・揚水時に必要な電気の量が10とすると、7くらいの電気しか発電できない
安全性	放水時の水難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

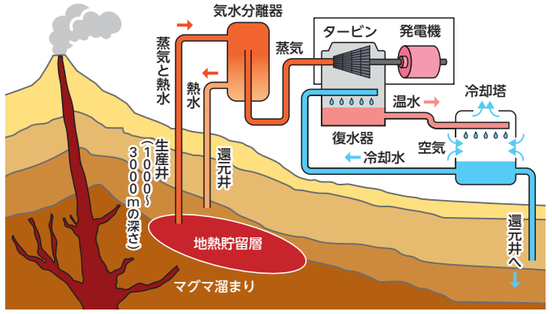
電気は貯められる？

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の形で貯まっています。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、電気の形では貯まっていません。化学物質や水の高低差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。このため電気は消費者が使う分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 （P.53参照）。

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。

熱エネルギー ➡ 運動エネルギー ➡ 電気エネルギー

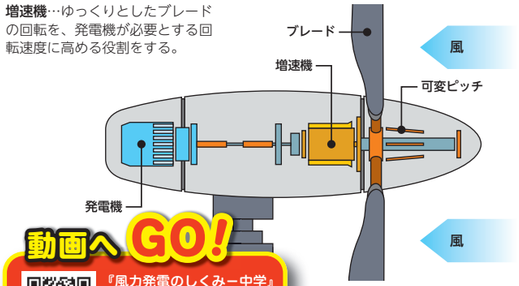


風力発電のしくみ

自然に吹く風の力を利用し、ブレード（羽根）を回して発電する。最近は、陸上における適地が減少していることや陸上とくらべ洋上の方が風況がよいことから、洋上風力発電が注目されている。

運動エネルギー ➡ 電気エネルギー

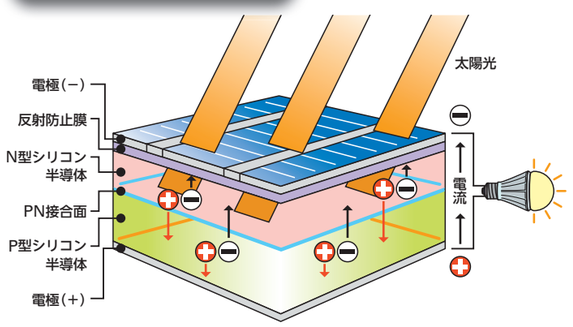
増速機…ゆっくりとしたブレードの回転を、発電機が必要とする回転速度に高める役割をする。



太陽光発電のしくみ

太陽光発電は、光を受けると電気エネルギーを発生する半導体を利用した発電方式で、この半導体を太陽電池という。太陽の光のエネルギーを直接、電気エネルギーに変換して発電する。

光エネルギー ➡ 電気エネルギー



●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	資源が枯渇することのない国産エネルギーである		
	・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化するため、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との併用が期待されている
環境保全	発電時に二酸化炭素を排出しない		
	高温の地熱を得られる場所が国立・国定公園内や、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	建設計画から運転開始まで時間がかかる	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…… P.11
○地球環境問題への取り組み…… P.18～19
○未来のエネルギーミックスを考えよう…… P.62

調べてみよう　バイオマス発電や波力発電、潮力発電などについて調べてみよう。

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、燃えるごみや木くず、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、収集運搬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

	木質系	農業・畜産・水産系	建築廃材系
乾燥系	林地残材 製材廃材	農業残さ （稲わら、トウモロコシ残さ、もみ殻、麦わら、バガス） 家畜排泄物 （鶏ふん）	建築廃材
湿潤系	食品産業系 食品加工廃棄物 水産加工残さ	家畜排泄物 牛豚ふん尿	生活系 下水汚泥 し尿 厨芥ごみ
その他	製紙工場系 黒液、廃材、セルロース（古紙）	糖、でんぷん、甘藷、菜種、パーム油（やし）	産業食用油

（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」

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、CO_2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も期待されている。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。



神戸市にある水素発電所

写真提供：川崎重工業

アンモニア発電

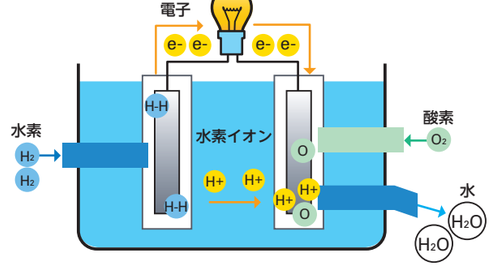
アンモニアは燃焼してもCO_2を排出しないため、近年では「燃料」として注目されている。現在は石炭火力発電に混ぜて燃やす「混焼」を中心に実証実験が進められている。

ただし、燃料としての需要が高まれば価格高騰が予想されるほか、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作る。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

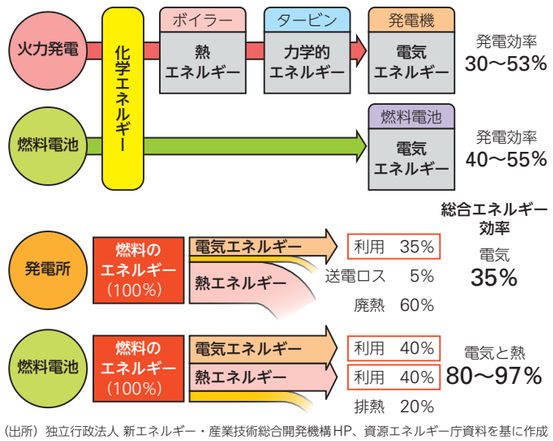


燃料電池の化学反応　$2H_2+O_2 \rightarrow 2H_2O+$電気

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



（出所）独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構HP、資源エネルギー庁資料を基に作成

（５）放射線とは

動画へGO!
『放射線について』
J-POWER

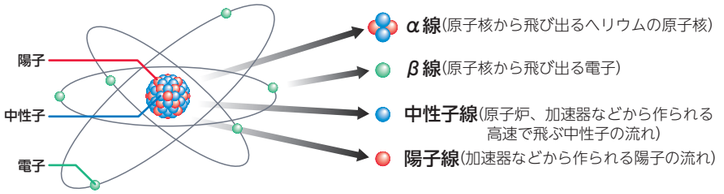
◆放射線とは

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。

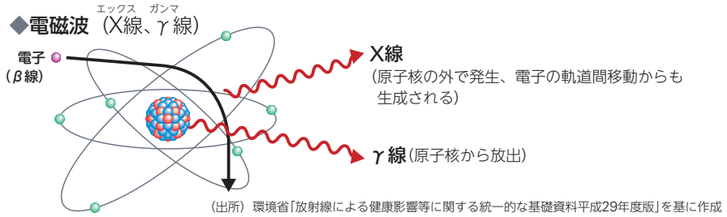
放射線を出す物質を「放射性物質」といい、放射性物質が放射線を出す能力のことを「放射能」とよんでいる。原子力発電に利用されるウランは、核分裂するときに「放射線」を出すとともに、いろいろな放射性物質に変わる（壊変する）。

●放射性物質から放出される放射線

◆粒子線（α（アルファ）線、β（ベータ）線、中性子線、陽子線）



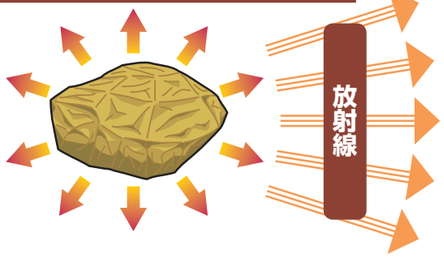
◆電磁波（X（エックス）線、γ（ガンマ）線）



（出所）環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」を基に作成

●放射線・放射能を表す単位

放射性物質＝放射線を出す能力（放射能）を持つ



ベクレル（Bq）
放射性物質が放射線を出す能力を表す単位
１ベクレル＝１秒間に１つの原子核が壊変することを表す。

グレイ（Gy）
放射線のエネルギーが物質や人体の組織に吸収されたエネルギー量を表す単位



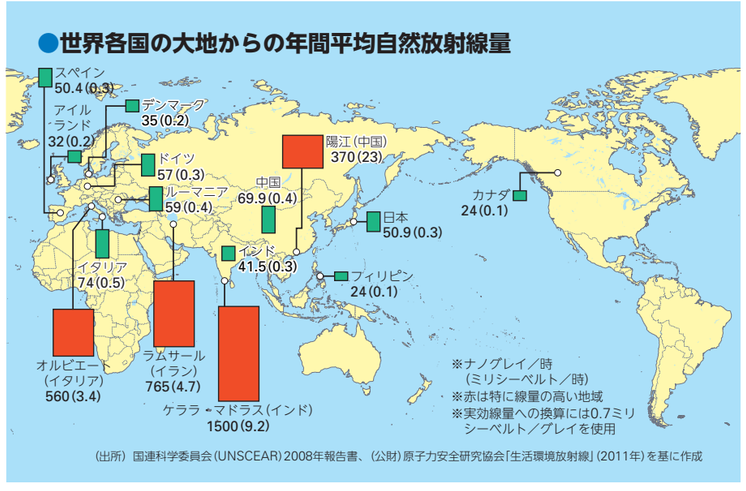
シーベルト（Sv）
人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位
放射線を安全に管理するための指標として用いられる。

◆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。

世界各地における年間自然放射線量は、一部の地域を除いてほぼ同じレベルである。自然放射線量がとりわけ高い地域は、他の地域とくらべて土壌や岩石に含まれる放射性物質が多いことが原因と考えられている。

●世界各国の大地からの年間平均自然放射線量



（出所）国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書、（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線」（2011年）を基に作成

◎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）

◎その他の教科：
- 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

◆人工放射線の利用

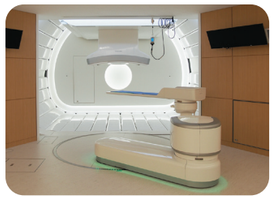
放射線には物を通り抜ける（透過）能力や、電子をはじく作用、物の性質を変える作用などがある。これらの特性を生かし、各分野で放射線が利用されている。

医　学

◎がんの放射線治療

放射線治療はがん細胞の成長を遅らせるために、あるいは縮小させ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、細胞が分裂して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少なくしたりする。

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。



重粒子線がん治療照射室
写真提供：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

農　業

◎ウリミバエの根絶

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「不妊虫放飼法」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線を照射して生殖細胞を破壊し、その不妊虫を野に放って野生虫と交尾しても卵がふ化しないようにする方法である。

不妊虫をどんどん野に放せば、野生虫同士の交尾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、1993年までにウリミバエを根絶させた。



ウリミバエ

工　業

◎素材の品質向上

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

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。



ラジアルタイヤ

自然・人文科学

◎年代測定

考古学や地質学、古代生物学などの分野では、年代の測定がとても重要である。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すす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、年代を推定することができる。



AMS（加速器質量分析法）による炭素14年代測定法によって年代が測定された土器（財）大阪府文化財センター所蔵

日常生活

◎X線検査

X線検査は、わたしたちが病院で受ける医療用のほか、空港などで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、内部の物質を判定したりすることができる。





空港などで利用されている手荷物用X線検査装置

食品加工

◎放射線照射食品

放射線照射食品とは食中毒の予防などのため、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。



放射線照射食品の例（ビーフステーキ）
写真提供：JAXA/NASA

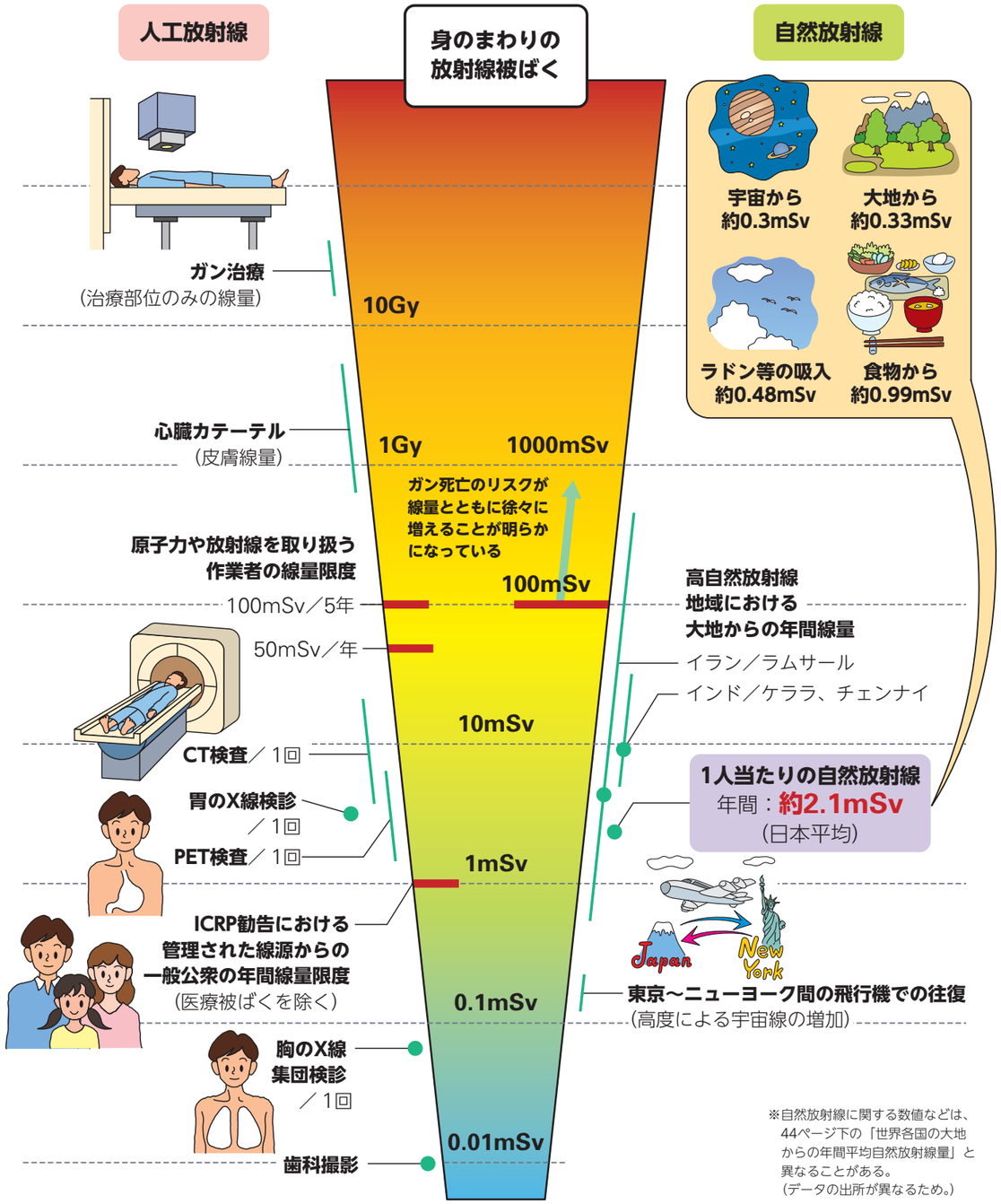
※日本国内では発芽防止を目的とする馬鈴薯への放射線照射以外、食品への放射線照射はおこなわれていない。

関連するページ
○原子力発電所の事故……P.29
○宇宙の起源とエネルギー……P.32
○放射性廃棄物の処分……P.47
○高レベル放射性廃棄物の現状……P.61

●放射線副読本のHP（文部科学省）
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/housyasen/1410005_00001.htm

調べてみよう
放射線から身を守るのに適した遮蔽（しゃへい）物を調べてみよう。

●人工放射線と自然放射線



※自然放射線に関する数値などは、44ページ下の「世界各国の大地からの年間平均自然放射線量」と異なることがある。
（データの出所が異なるため。）

・UNSCEAR2008年報告書
・ICRP2007年勧告
・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
・新版　生活環境放射線（国民線量の算定）などにより、放医研が作成（2018年5月）
(1) 数値は有効数字などを考慮した概数。
(2) 目盛（点線）は対数表示になっている。目盛がひとつ上がる度に10倍となる。
(3) この図は、引用している情報が更新された場合、変更される場合がある。

（出所）量子科学技術研究開発機構の資料を基に作成

地球上には、自然起源の放射性物質と人工的に生成された放射性物質がある。

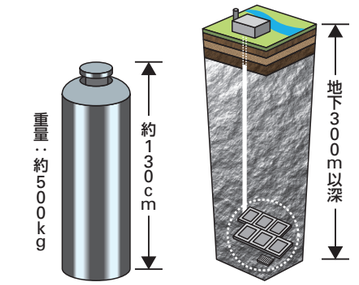
自然起源の放射性物質は、地球が誕生したときから存在するもの（地球起源核種）と宇宙線の作用で生成するもの（宇宙線起源核種）とがある。

◆放射性廃棄物の処分

原子力発電により、放射性物質を含んだごみ「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。

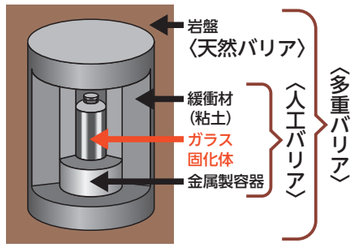


ガラス固化体のイメージ　処分施設のイメージ

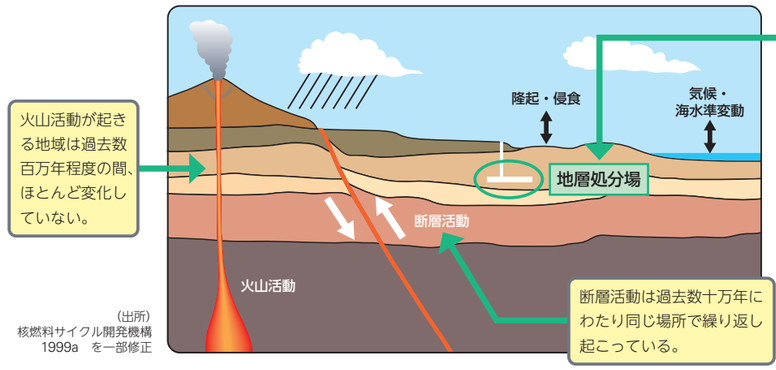
●地層処分のしくみ

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密閉するために、ガラス固化体をオーバー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）



（出所）
核燃料サイクル開発機構
1999a　を一部修正

地層処分をおこなう上では火山や断層に近いところは避ける必要がある。これまでの調査・研究によると火山活動や断層活動は同じ場所で繰り返し起こっているので、それらの地域を避けて処分に適した場所を選ぶことが重要である。

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り、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

ガラス固化体には半減期が短いものから長いものまでさまざまな放射性物質が含まれている。製造直後のガラス固化体は、人間が近づくことのできないほど高い放射能を持っているが、その多くは半減期が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、比較的早く放射能が減衰する。それ以降は、半減期の長いネプツニウム237、アメリシウム243などの放射性物質が大部分となり、ゆっくりと放射能は減衰していく。

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
アメリシウム243	約7400年
テクネチウム99	約21万年
ネプツニウム237	約214万年

関連するページ
○原子力発電所の事故とその後……P.29
○宇宙の起源とエネルギー……P.32
○高レベル放射性廃棄物の現状……P.61

調べてみよう
宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士はどのくらいの宇宙放射線を受けるのか調べてみよう。

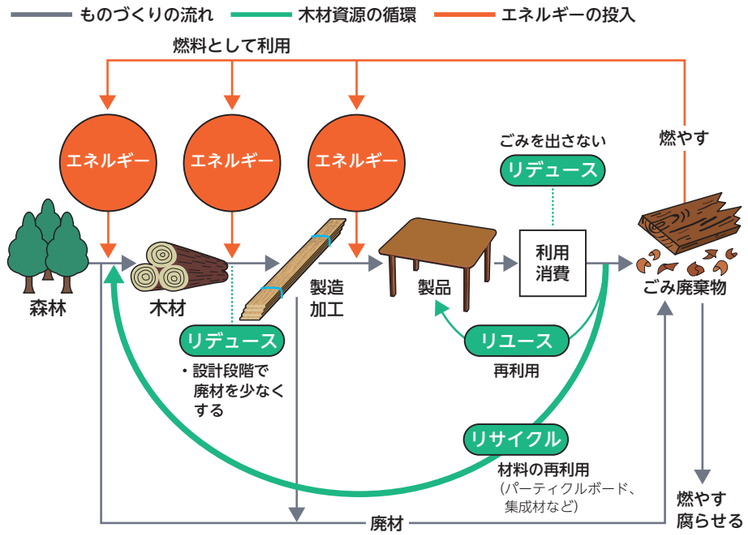
（１）ものづくりとエネルギー

◆ものづくりと循環型社会

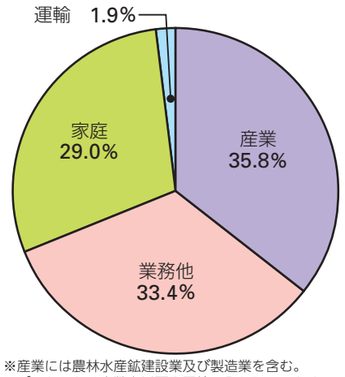
ものづくりでは、資源を材料にするとき、材料を加工して製品にするとき、製品を運搬するとき、再利用・廃棄するときなど、製造から廃棄まで多くのエネルギーが使われている。

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。

●木材資源による循環



●部門別電力最終消費のうちわけ（2020年度）



※産業には農林水産鉱建設業及び製造業を含む。
※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。
（出所）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

工場ではわたしたちが生活で利用する電気よりも多くの電気がものづくりに使われている。

●ものづくりでのエネルギーを減らす工夫

ものづくりをするときに使うエネルギーを減らす新技術が開発されている。

◎工業炉の例

工業炉は、石油や天然ガスなどの燃料を空気を使って燃焼させる。炉内の温度が高温になればなるほど、窒素酸化物（NOx）が大量に発生してしまうため、以前の工業炉の熱利用率は約35％で、残りは燃焼排ガスとともに大気中に放出されていた。

現在は日本の工業炉メーカーが共同で開発した「高温空気燃焼技術」を用いた「高性能工業炉」が開発され、従来方式炉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。

◎セメントの例

セメント製造に由来する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はわかっていたが、コンクリートの固まりがおそくなるなどの課題があった。

「ECMセメント」は、大学・企業のチームが成分構成から製造法、新しいセメントを用いた建設技術の研究開発をおこない、高炉スラグの混合率を60～70％に高めたものである。従来セメントにくらべ、コンクリート由来の二酸化炭素排出量が約6割削減されている。

◎技術分野：
・材料と加工の技術

◎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

関連するページ
○持続可能な社会をめざして…… P.11
○太陽光発電のしくみ…… P.42
○スマートコミュニティと技術……P.58～59

（２）作物育成とエネルギー

動画へGO!
『【Society5.0】スマート農業とは…』BUZZMAFF ばずまふ（農林水産省）

◆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ることで、超省力・高品質生産を実現する新たな農業である。

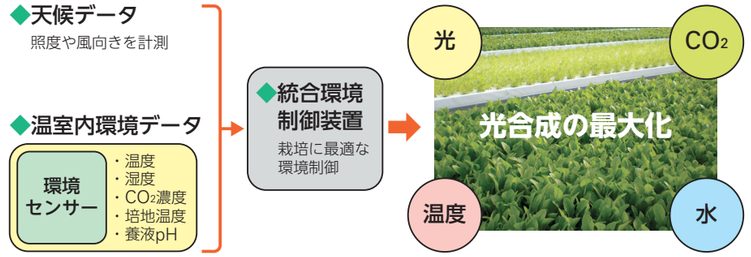
●スマートアグリシステムを採用した植物工場

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、情報の技術を多種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。


野菜工場（北海道苫小牧市／株式会社Jファーム）


出荷直前のミニトマト

●高度栽培制御システム



（出所）（株）Jファーム

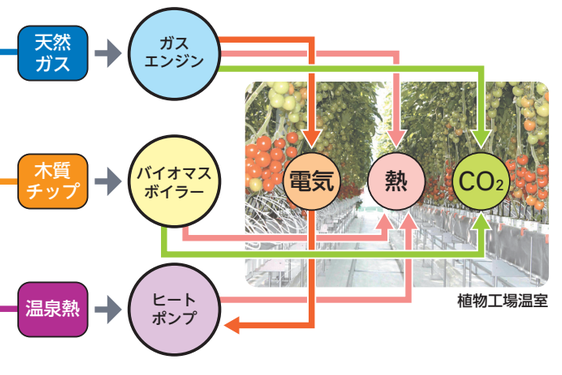
この工場ではオランダ型高度栽培制御システムを導入している。温室内外の各所に設置したさまざまなセンサーが、日射・風向きなどの天候データや温室内の温度・湿度など多くのデータを取り込み、植物の生育に最適な条件となるようコンピュータで制御している。

●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は施設の機械・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。余った電気は売電できる。

◎**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温し、安価な熱源として利用する。



◎技術分野：
・生物育成の技術
・情報の技術

◎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

関連するページ
○エネルギーの高度利用…… P.54
○ヒートポンプ…… P.54

調べてみよう
ICT技術を活用した省エネ農業事例について調べてみよう。

（３）電気の安定供給

動画へGO!
『東京電力パワーグリッドの使命・仕事』
東京電力パワーグリッド

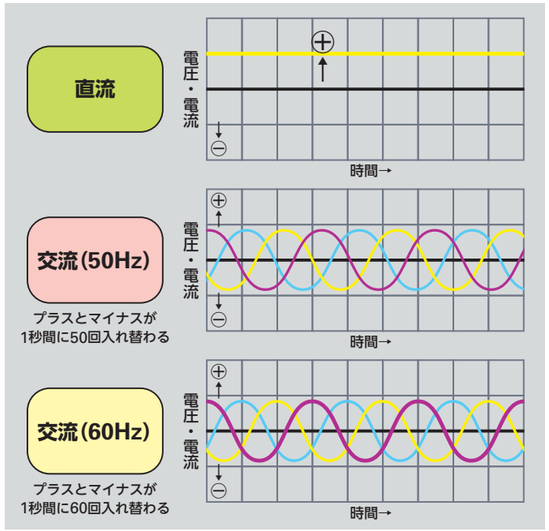
◎技術分野：
・エネルギー変換の技術

◎その他の教科：
・理　　科…電流とその利用（電流、電流と磁界）

◆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」という。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る。

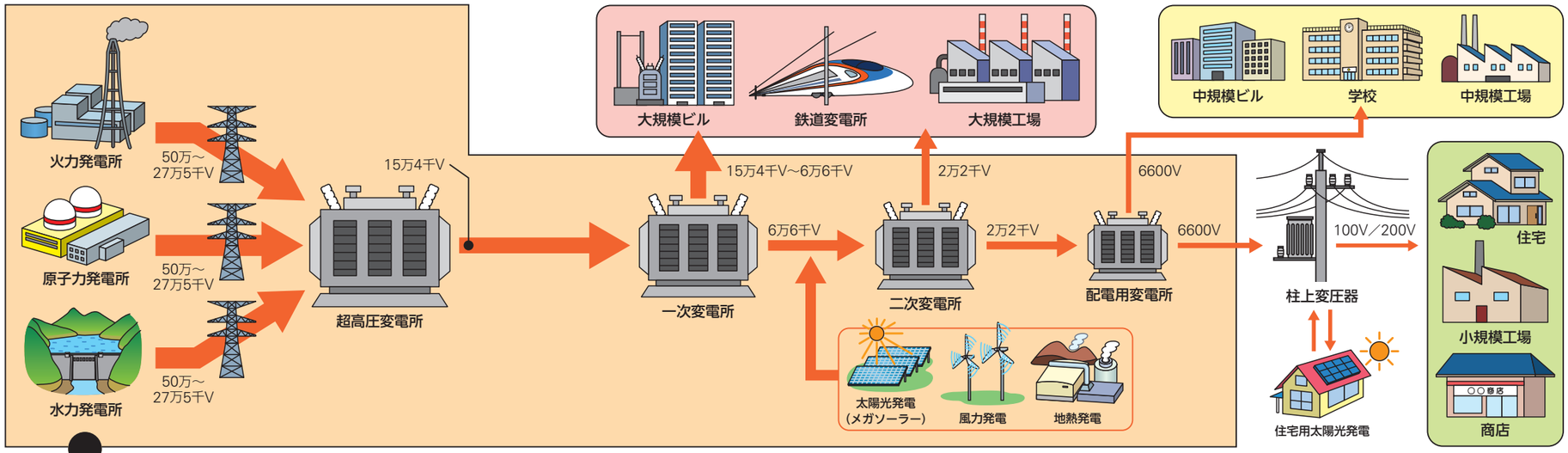
●電流の種類と周波数



※送電線は3本一組で電気を送っている。それぞれの電線には波のタイミングが異なる電気が流れている。

電流には、同じ方向に同じ大きさで一直線に流れる直流と、電流の流れる方向が変わる交流の２種類がある。発電所で作られた電気は交流で送られてくる。東日本は50Hz、西日本は60Hzの周波数の交流を使っている。

●送電の流れと給電指令系統



●電力需給のひっ迫注意報

猛暑や厳寒が続きエアコンなどの電力を使いすぎて、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」という。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う（53ページ参照）。そのようなリスクを避け、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る。

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攻の影響でエネルギー調達がむずかしくなったことも挙げられる。

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段階で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。

◎わたしたちにできること

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。

	電力消費量	節電のヒント
エアコン	約33%	・夏は冷やしすぎず、冬は温めすぎない温度設定に ・必要なときだけつける ・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 ・無駄な開閉をしない ・ドアを開ける時間を短くする
照明	約9%	・白熱電球から電球型蛍光ランプや電球型LEDランプに取り替える ・使わないときは消す

（出所）平成30年度電力需給対策広報事業の結果を基に作成

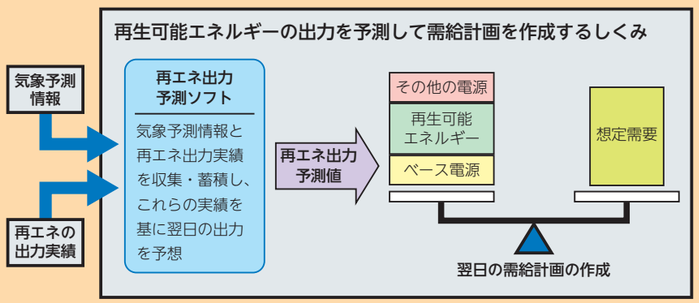
●中央給電指令所の役割

電気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。



中央給電指令所
写真提供：関西電力株式会社



（出所）中国電力株式会社資料を基に作成

●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即座に作る「電力系統安定化システム」が導入されている。



系統給電所　写真提供：関西電力株式会社

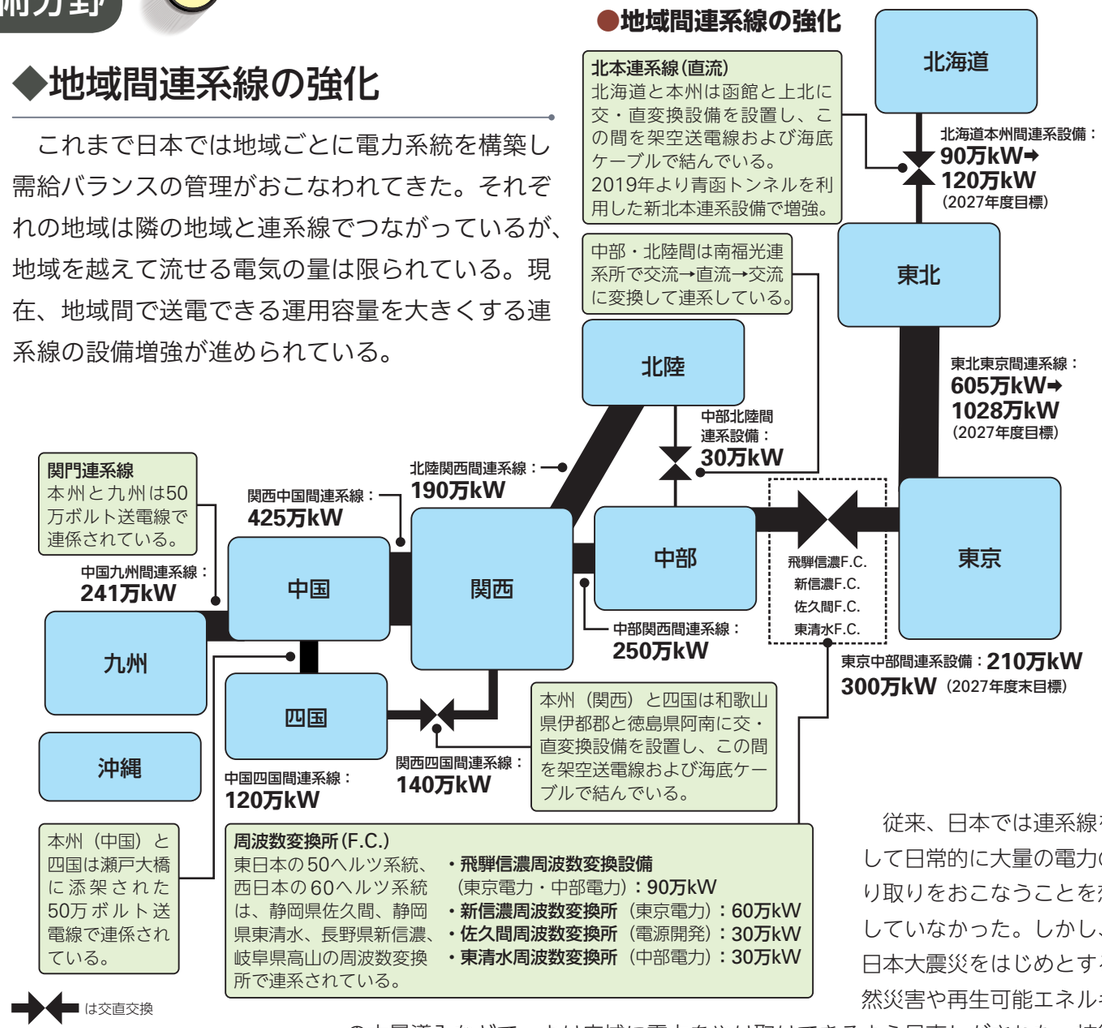
関連するページ
○地域間連系線の強化……P.52
○電気の安定供給と再生可能エネルギー……P.53

調べてみよう
家庭に送られる電気はなぜ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、直流か交流か調べてみよう。

◆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でつながっているが、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。

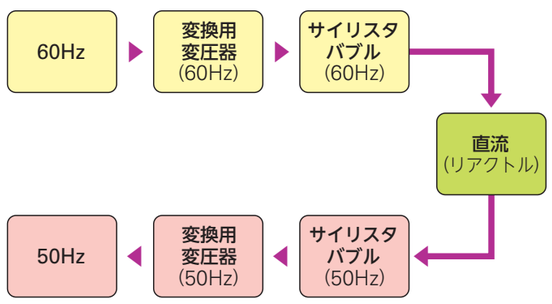
●地域間連系線の強化



（出所）資源エネルギー庁資料を基に作成

従来、日本では連系線を通して日常的に大量の電力のやり取りをおこなうことを想定していなかった。しかし、東日本大震災をはじめとする自然災害や再生可能エネルギーの大量導入などで、より広域に電力をやり取りできるよう見直しがされた。技術的な課題であった地域間連系線の運用容量が増強されると、他地域からの融通による、地域単位での電力不足の解消、再生可能エネルギーによる電力過多の調整などができ、電力の安定化を図ることができる。

●周波数変換(交直変換器)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。

トピックス

交流連系と直流連系

電力系統間の連系は主に交流連系によりおこなわれているが、周波数の異なる系統間の連系や大電力輸送を必要とする連系、長距離ケーブルによる連系については、直流連系されている。

その理由は、

①**周波数の異なる系統の連系が可能**

②**地域内の電力系統の安定性を保てる**(連系している系統の周波数の乱れや故障などの影響を受けない)

③**ロスの少ない送電が可能**(直流連系は交流連系よりも送電損失が少ないという特徴がある)

④**長距離の場合、建設コストを低減できる**(交流連系とくらべ電線の数が少なくてすみ、鉄塔も小さくできる)　などである。

◆電気の安定供給と再生可能エネルギー

東日本大震災以降、太陽光発電を筆頭に再生可能エネルギーを利用した発電所が増加している。しかし、天候に左右される変動型再生可能エネルギーは発電量の予測や出力の制御がむずかしいため、送配電線の周波数・電圧に影響を与え、電力の安定供給の課題となっている。

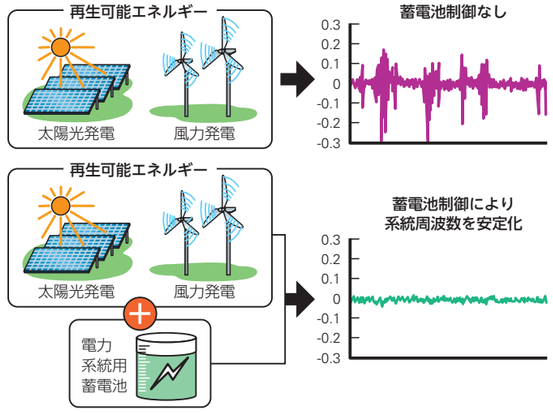
●周波数と電力の品質

電力の需要と供給のバランスがくずれると、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、需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、大型化をするための技術開発が進められている。

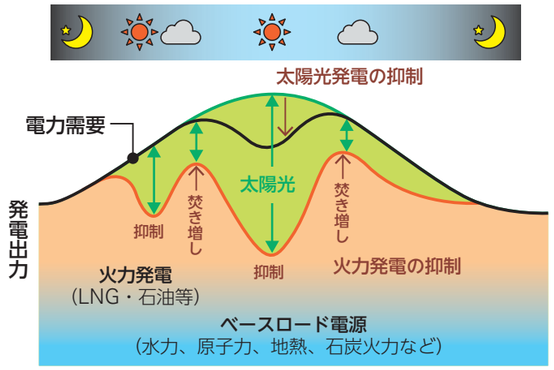
また、太陽光発電、風力発電の出力変化量を推定して、それを相殺するように蓄電池の充放電を制御することで電力の需給バランスを保ち、安定した周波数の電力を供給できる「再生可能エネルギー対応蓄電池制御技術」が開発されており、大容量蓄電池を備えた変電所を導入する動きが徐々に進んでいる。



◎**技術分野**：
・エネルギー変換の技術

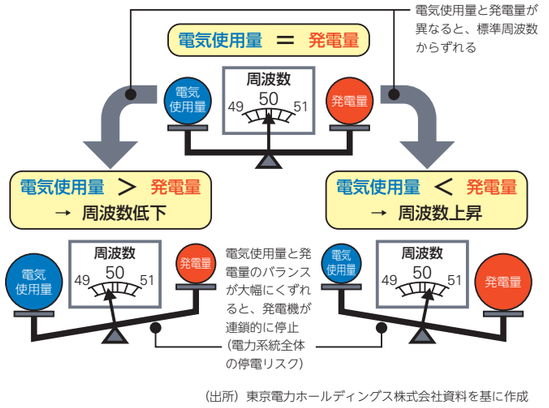
◎**その他の教科**：
・**理　　科**…化学変化とイオン(化学変化と電池)
・**理　　科**…電流とその利用(電流、電流と磁界)

●最小需要日(5月の晴天日等)の需給イメージ



（出所）資源エネルギー庁調べ

●電気使用量と発電量のバランス



（出所）東京電力ホールディングス株式会社資料を基に作成

電気は多く貯められないので、使う分だけ作られて光と同じ速さで送られる。これを「同時同量」という。

電気の消費量（需要）と発電量（供給）のバランスが大幅にくずれると、大規模な停電につながることもある。電力会社では周波数の変動幅を±0.1～0.3Hz以内になるよう目標を設定し、刻々と変わる電気の使用量を予測して発電量を調整している。

関連するページ
○**電気を安定供給するためのしくみ** ……P.50～51
○**太陽光発電／風力発電のしくみ** ……P.42
○**これからのエネルギー利用と技術** ……P.58～59

調べてみよう

なぜ東西で周波数が違うのか、統一しない理由を調べてみよう。

（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）

◆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

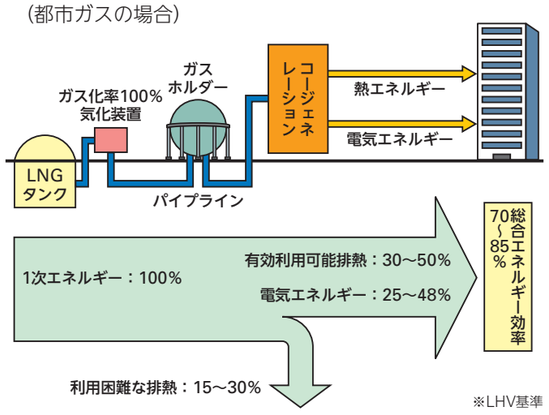
コージェネレーションとは、天然ガスや石油、石炭、LPガスを燃焼させ、発電をおこなうと同時に発生する熱を温水や蒸気の形で取り出し、冷暖房や給湯として利用するシステムである。電気と熱を同時に利用するため、約70～85％という高いエネルギー利用効率が実現できる。熱需要のある病院や宿泊・商業施設などが密集した地域に近接してシステムを設置すると、エネルギーの高度利用が図られる（58ページ参照）。



高効率ガスコージェネレーション発電機を導入し、発生した電力や熱エネルギーを施設全体で活用（東京イースト21）

●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）



※LHV基準

●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。電力の貯蓄用途で使われる蓄電池には鉛畜電池、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蓄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。

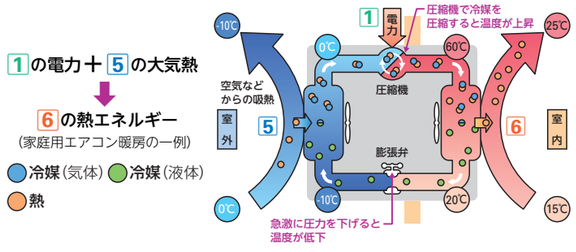
●用途別リチウムイオン二次電池の要求寿命特性（例）

用途	電池容量	使用期間	充電頻度	使用期間×充電サイクル
携帯機器	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 （12万km走行として）
家庭向け定置	6kWh	10年以上	2～3回／日 （ピークシフトモード）	10年 6000サイクル
産業用定置	50kWh	～10年	2～3回／日 （ピークシフトモード）	10年 10000サイクル

※電力貯蔵用蓄電池は使用期間、充電サイクルともに最も耐久性が要求される。

（出所）エリーパワー株式会社資料

●ヒートポンプ



（出所）一般財団法人　ヒートポンプ・蓄熱センター資料

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ることで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）

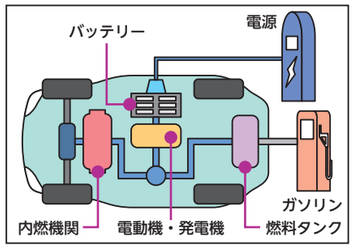
バッテリーに蓄電した電気を動力源としたモーターを回して走る自動車である。家庭用の電源でも充電ができる。ガソリン車とくらべてエネルギー効率がよく、走行時に二酸化炭素を排出しない。電気を多く蓄電できるリチウムイオン二次電池の開発により、今では長距離走行が可能になるなど性能が向上している。

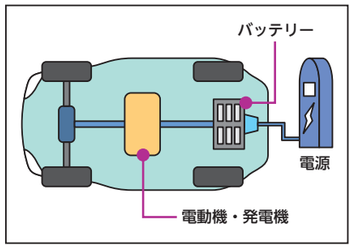
家庭に電気を供給する機能を備えているので、停電時に電源としての利用が可能である。

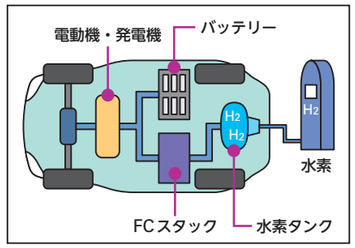
●燃料電池自動車（FCV）

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。

充てん時間が3分程度とガソリン車とほぼ変わらない。現在は水素を充てんできるステーションが少ないことが課題となっている。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。







（出所）一般社団法人次世代自動車振興センターHPを基に作成

●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 （GoGoEV2022年10月3日の情報）	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・充てん時間	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

※航続距離は一充電、または一充てん時の数値。EVは日産自動車リーフe+G、PHVはトヨタ自動車プリウスPHV、FCVは本田技研工業クラリティ FUEL CELLの数値（一般社団法人 次世代自動車振興センターHPのCEV補助金対象最新車両情報より転載）。
※EV・PHVに搭載されている電池容量により、充電時間は大きく異なる。

関連するページ
○電気の安定供給と再生可能エネルギー……P.53
○これからのエネルギー利用と技術……P.58～59

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。

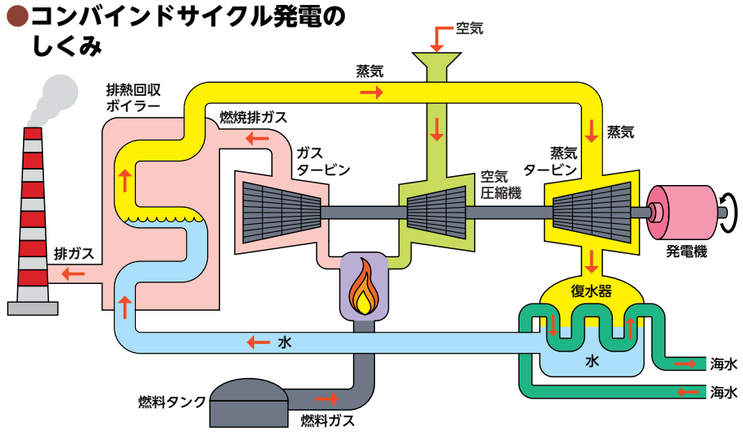
◆火力発電の高効率化

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、火力発電の高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沸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。

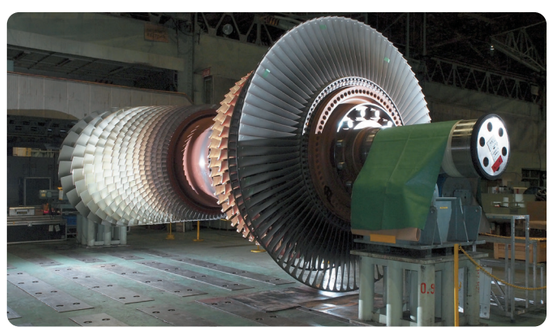
●コンバインドサイクル発電のしくみ



●ガスタービンの高効率化と技術開発

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鋳造してつくられ、さらに遮熱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。



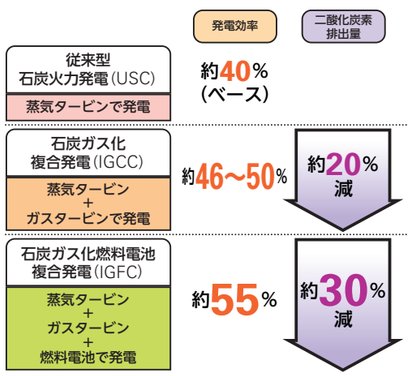
1500℃級ガスタービンのローター
写真提供：新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

●クリーンコールテクノロジー

石炭は埋蔵量が豊富で産出地にかたよりがないというメリットがあるが、燃焼すると、LNGや石油にくら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「クリーンコールテクノロジー」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。

●クリーンコールテクノロジーの発電効率



※発電効率の数値は送電端、高位発熱量基準（HHV）
（出所）経済産業省「次世代火力発電に係る技術ロードマップ　技術参考資料集」を基に作成

◎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）

●石炭ガス化複合発電（IGCC）

従来の石炭火力は石炭を固体のまま燃焼させるが、IGCCは石炭をガス化することによりガスタービンと蒸気タービンを回すコンバインドサイクル発電ができるため、発電効率が高くなる。また、ガス化する際に硫黄酸化物の除去、窒素酸化物を抑制・分解できる。従来は利用されていない発電に適さない低品位の石炭も利用できる。



広野IGCC発電所
IGCCを採用した最新鋭の石炭火力発電所（福島双葉郡）。福島復興に向けて2021年11月に運転が始まった（出力54.3kW）。発電効率約48%と世界最大の高効率を実現。従来型石炭火力発電とくらべ、二酸化炭素排出量を約15%低減している。
写真提供：広野IGCCパワー合同会社

●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

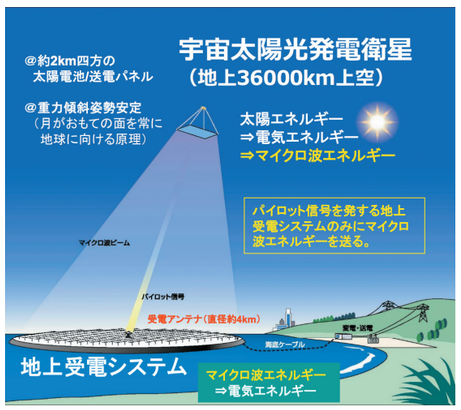
二酸化炭素排出量の削減	発電効率を従来型の約40%から約55%に高めることにより、二酸化炭素の排出量を約3割減らすことができる。
利用炭種の拡大	従来の石炭火力発電には不向きで、あまり活用されていない低品位炭（亜瀝青炭など）を利用できる。
効率的な二酸化炭素分離・回収	石炭のガス化によって発生する可燃性ガスは、燃焼させる前の高圧の状態で二酸化炭素を分離すれば90%以上を回収できる。
石炭灰の容量減少が可能	発電による複製品（石炭灰）をガラス状の固化物として排出するため、灰の容積を従来の石炭火力発電とくらべて半分程度まで減らすことができる。

◆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

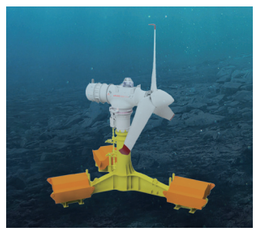


（出所）経済産業省製造産業局宇宙産業室、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構「宇宙太陽光発電における無線送受電技術の高効率化に向けた研究開発事業委託費の概要（中間評価）」（2022年1月14日）

●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、一定した潮汐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。



長崎県・五島列島付近の海底に設置する潮流発電機のイメージ
写真提供：九電みらいエナジー（株）

関連するページ
○地球温暖化……P.18
○燃料電池発電……P.43

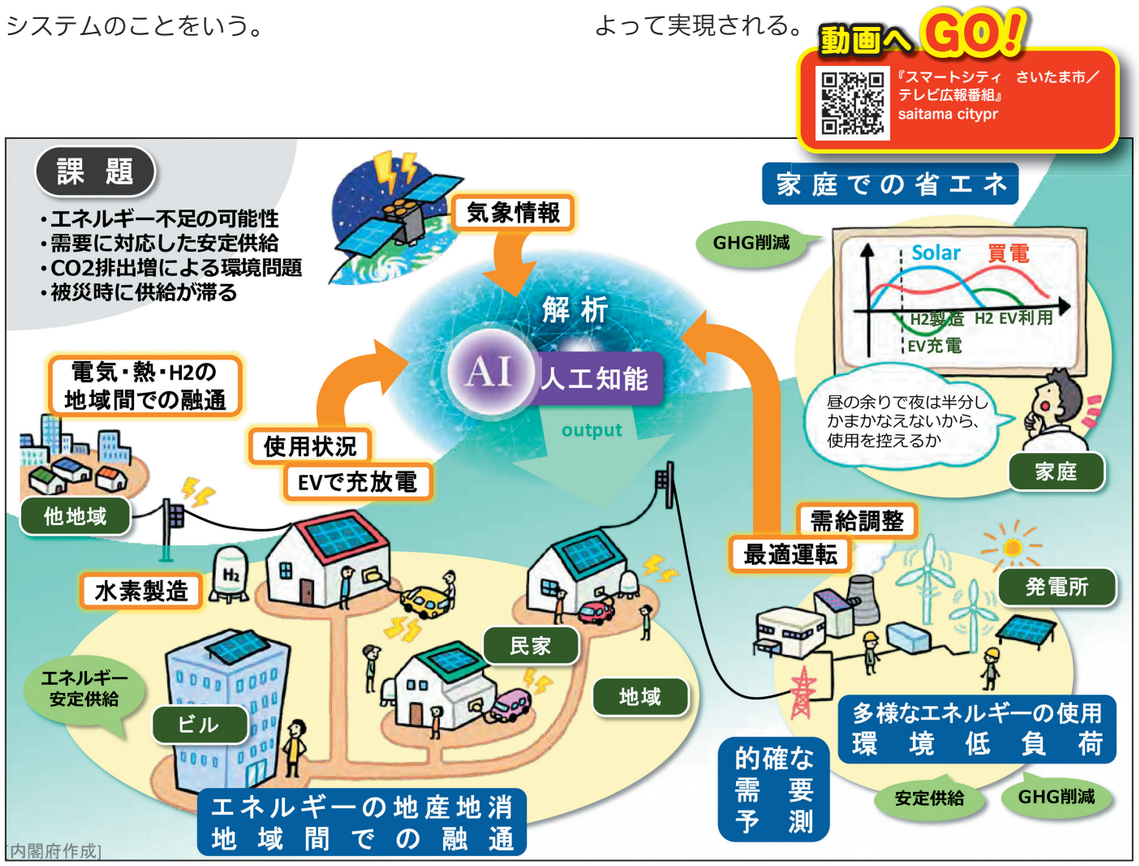
調べてみよう
二酸化炭素を回収する技術について調べてみよう。

（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・制御をするこれ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。



（出所）内務省　Society5.0「科学技術イノベーションが拓く新たな世界」説明資料

●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、より高度な電力需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靭化や、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

◎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）

●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。



エネルギーの使用状況などはいつでもディスプレイで確認できる。
©ジャパン・スマートシティ・ポータル

●スマートメーター



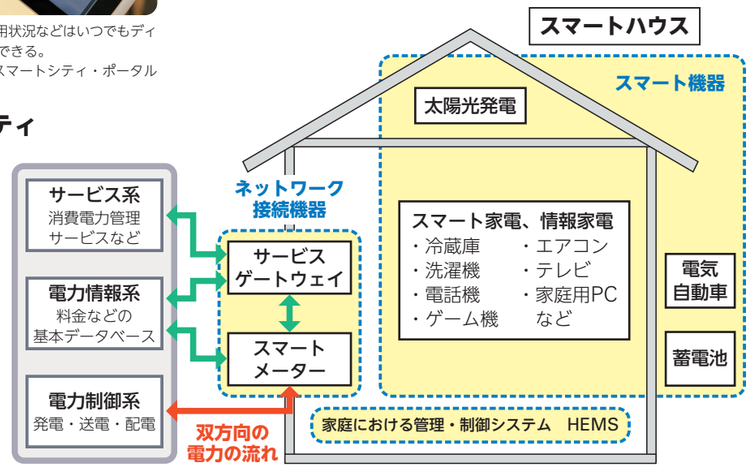
家庭と電力会社、ガス会社をネットワークで結ぶ、電気やガスの「見える化」のためのシステムで、エネルギーをむだなく使うことができる。

[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

写真提供：東京電力HD株式会社

●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。



（出所）独立行政法人 情報処理推進機構（IPA）資料を基に作成

コラム

技術の革新は失敗を糧にしてこそ！

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、原子炉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ってしまいました。

このことを技術的な視点から捉えたとき、どのような問題解決が考えられるでしょう？　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れる材料に変えたり、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こと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。

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 ……P.50～51
○未来のエネルギーミックスを考えよう……P.62

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。

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。

テーマ 1 太陽光発電の課題

動画へGO! 『太陽光発電の問題点』 NHK for School

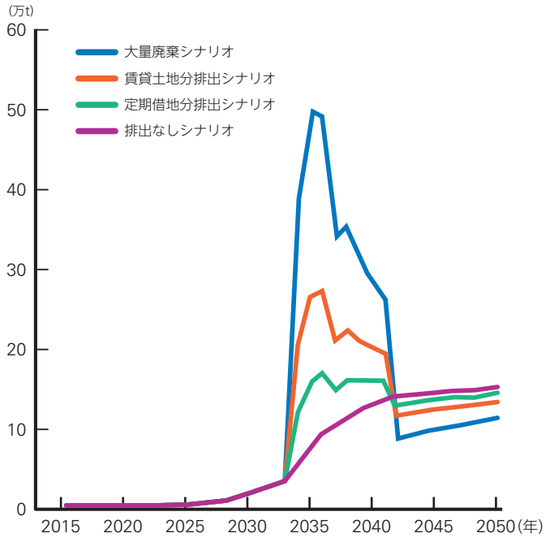
太陽光パネルの廃棄問題

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年代半ばころから、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、処理業者が有毒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毒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



※①出力低下に起因して排出され、②FIT買取期間終了後も一定期間、発電事業が継続されてから排出される場合の推計

（出所）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）推計

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処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。



台風による水害で被災した太陽光パネル



問題点

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基準は十分か。

考えてみよう

◯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。

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（＝地層処分する）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。

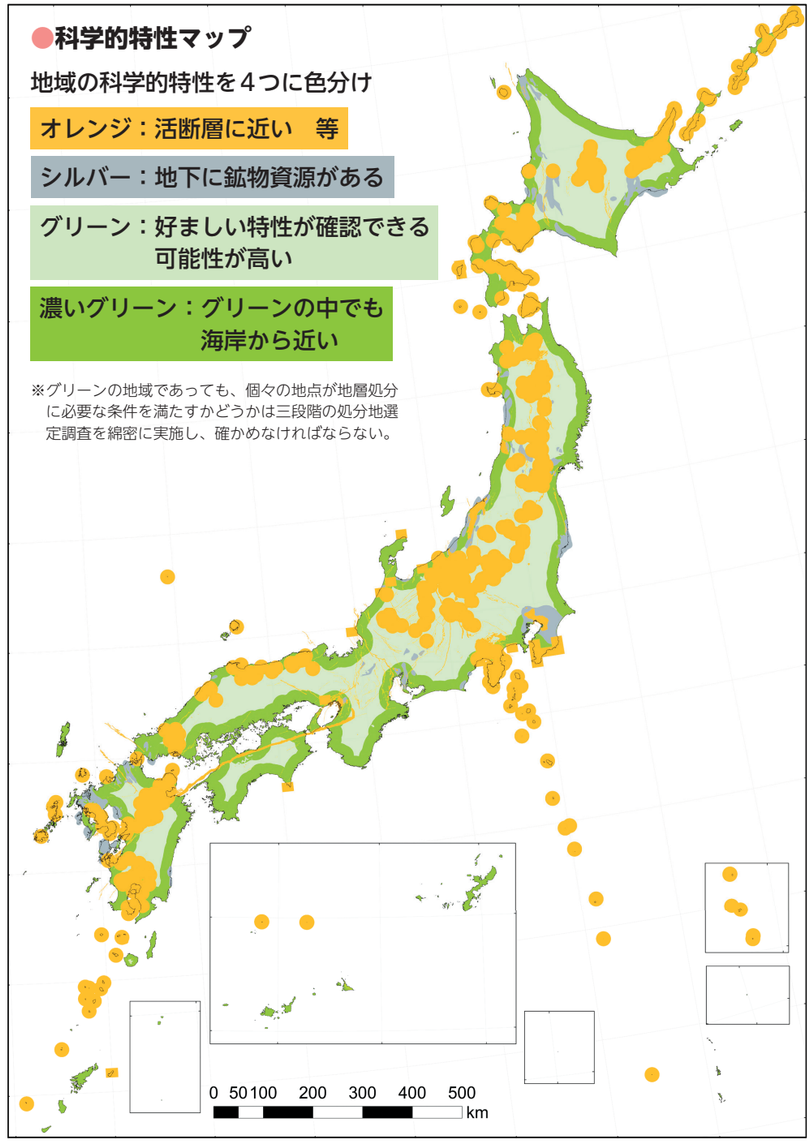
地層処分を実現していくことが社会全体の課題であることへの理解促進を図るため、このマップの公表をきっかけに、全国各地で対話活動がおこなわれている。

●科学的特性マップ

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
濃いグリーン：グリーンの中でも海岸から近い

※グリーンの地域であっても、個々の地点が地層処分に必要な条件を満たすかどうかは三段階の処分地選定調査を綿密に実施し、確かめなければならない。



◎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/ichikarashiritai/

◎「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表用サイト」
http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/
よりダウンロードできる。
※地域ブロック毎の地図も用意されている。

考えてみよう

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。

テーマ 3 未来のエネルギーミックスを考えよう

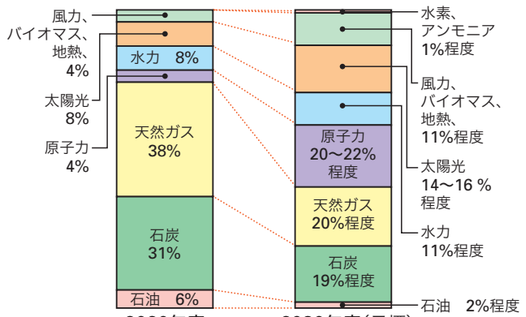
◆10年後のエネルギーミックスは？

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。

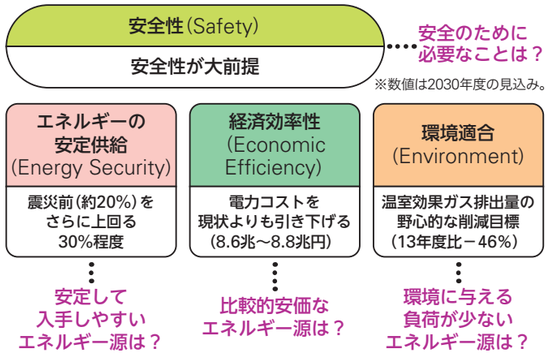
「エネルギーミックス」とは、電気の安定供給を図るため、火力や水力、原子力などさまざまなエネルギーを最も適したバランスに構成することをいう。エネルギー源ごとの強みを発揮し、弱みを補えるようなエネルギーミックスの構成を自分で考えてみよう。

●発電用エネルギー資源の目標

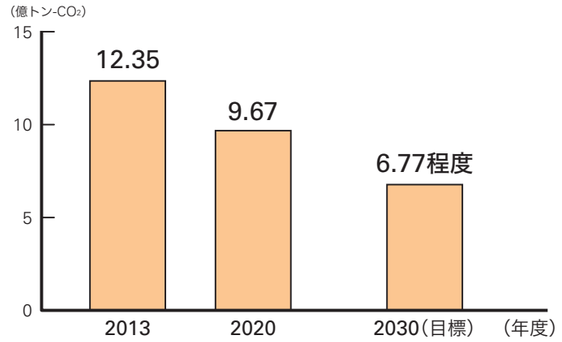


※パーセントは小数点以下を四捨五入しているため、合計しても100にならないことがある。
（出所）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」「2030年度におけるエネルギー需給の見通し」を基に作成

●S＋3Eと目標



●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

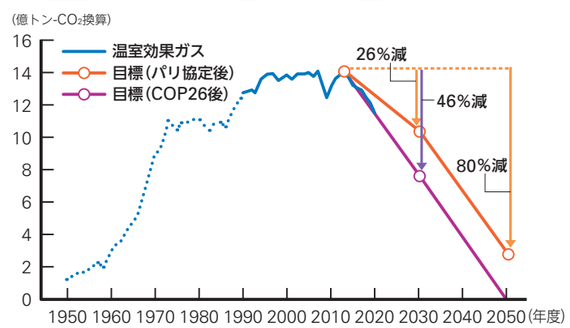


（出所）資源エネルギー庁「2030年度におけるエネルギー需給の見通し」を基に作成

◆日本のエネルギー未来予想図をつくろう！

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量を増やしたり、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。

●温室効果ガス排出量の推移と目標



※1990年以前の数値は環境省資料を基に作成。破線部は公式統計が無いため二酸化炭素排出量から推計。
（出所）環境省資料・国立環境研究所資料を基に作成

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い替えればいい？

「部屋のエアコンが壊れたので、買い替えたい」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。

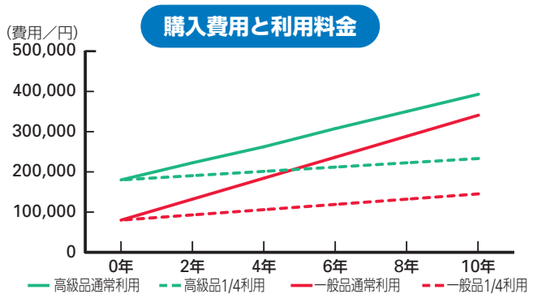
例として、同じ容量の二つの製品を比較してみよう。

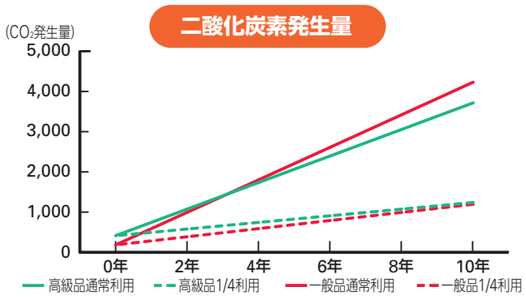
	A 高級品	B 一般品
購入価格	180,000円	80,000円
省エネ達成率	112％（★★★★★）	100％（★★☆☆☆）
電気代（通常利用）	年間21,300円	年間26,100円

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、東京で冷房に3.6か月（27℃設定）、暖房に5.5か月（20℃設定）利用し、6時から24時まで使用した場合とした。居間などで常に使う場合は「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（エコット家計簿*2）。

このグラフを見て、経済や環境の視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。







＊1 省エネ性能カタログ
https://seihinjyoho.go.jp/catalog/

＊2 エコット家計簿
http://www4.plala.or.jp/ecotto/

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。

●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　使い終えた家電製品、どうしたらいいの？
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/kaden_recycle/katei/case/case_01.html

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

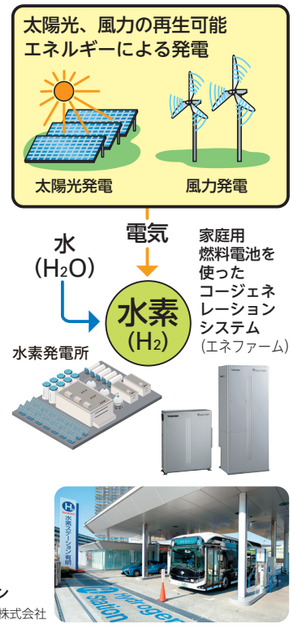
水素は宇宙で最も豊富にある元素で、宇宙全体の約70％を占める。太陽をはじめとする宇宙の星のほとんどは、水素をエネルギーとして光っている。地球上では酸素が結びついて「水」として多く存在しているが、水素は新しいエネルギーとして大きく注目されている。

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（電気を使って水から取り出したり、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。

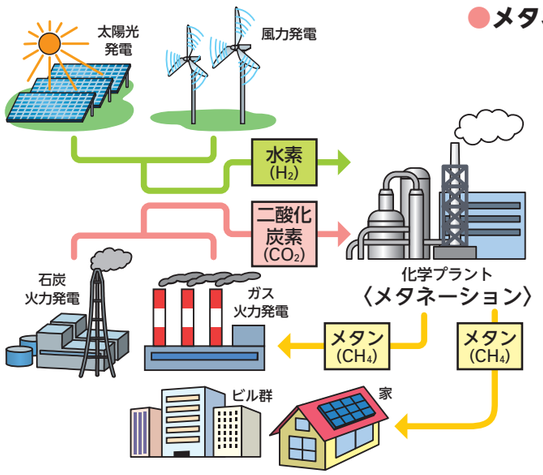
●水素利用のイメージ



水素ステーション
写真提供：岩谷産業株式会社

◆カーボンリサイクルの技術

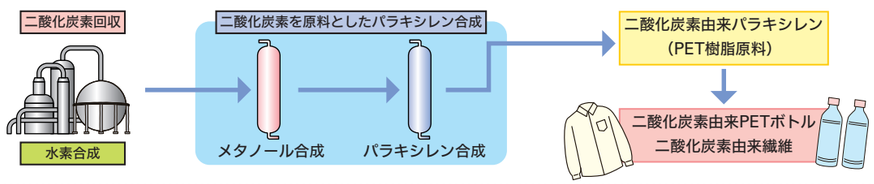
二酸化炭素を分離・回収し、新たな資源として再利用し、大気への二酸化炭素排出を抑制する一連の流れを「カーボンリサイクル」という。二酸化炭素と水素を合成して、天然ガスの主成分であるメタンを製造する技術（メタネーション）や、二酸化炭素からペットボトルなどを製造する技術の開発に取り組んでいる。



●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量と相殺される。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



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。**

電力バランスゲーム ～町に電気をとどけよう～

電力需給バランスを考えて発電所に指令を出し、うまく町に電気をとどけられるか、チャレンジしてみよう！

https://www.enecho.meti.go.jp/about/kids/game/



◀ゲームトップ画面



ゲーム操作画面▶

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】
【再生可能エネルギー・新エネルギー】
【原子力】
【安全・防災】
【エネルギー総合・その他】

○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】

もっと知りたい！ 動画リンクリスト

※ アイコンがあるものは、本文にもリンクがあるものです。

関連ページ	動画タイトル	出典	URL／二次元バーコード
6	『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	https://www.youtube.com/watch?v=2U_msGyhan8
7	『食品ロスを考えよう【3 分版】』	九都県市首脳会議 廃棄物問題検討委員会	https://www.youtube.com/watch?v=id4q70EtUC0
12～17	『エネルギー消費国・日本 - 中高』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005311218_00000
18	『地球温暖化』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005403157_00000
18～19	『地球環境の悪化』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005310404_00000
18～19	『地球温暖化がもたらす変化』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005300648_00000
18～19	『酸性雨』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005403158_00000
18～19	『砂漠化』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005403254_00000
18～19	『沖縄の環境問題　サンゴの減少』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005310520_00000
22	『坂出発電所バーチャル見学動画』	四国電力	https://www.youtube.com/watch?v=kkjUR89ES3E
26	『資源エネルギー庁×鷹の爪「みんなで支える再生可能エネルギー」』	資源エネルギー庁	https://www.youtube.com/watch?v=HNm08ZsGUr4
26	『ＦＩＴ制度って何だろう？』	資源エネルギー庁	https://www.youtube.com/watch?v=n945Hn4mdN8&t=16s
20～27	『ＦＩＴ制度からの卒業って何？』	資源エネルギー庁	https://www.youtube.com/watch?v=xqau01KpvBw&t=2s
20～27	『新しい制度ではどうなるの？』	資源エネルギー庁	https://www.youtube.com/watch?v=NKHimAZg8aI&t=9s
20～27	『認定失効制度とは？』	資源エネルギー庁	https://www.youtube.com/watch?v=mR9uSUAbEFA&t=8
20～27	『これからのエネルギーはどうなるの？』	資源エネルギー庁	https://www.youtube.com/watch?v=P_l0odC2-lA
28～31	『東日本大震災の教訓を未来へ ～いのちを守る防災教育の挑戦～［釜石市・黒潮町の取組紹介動画］（字幕入り）』	内閣府防災	https://www.youtube.com/watch?v=6Z6LbvS4UrY
29	『2021/3/3（水）「福島第一原子力発電所は、今」～あの日から、明日へ～（ver.2021.3）』	東京電力ホールディングス	https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=61709&video_uuid=n0gm136v
30	『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	https://www.youtube.com/watch?v=zRA7eVxh4Yk
31	『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	https://www.youtube.com/watch?v=a8cZIpcaNIY

※ 環境により再生できない動画があります。　※広告などが表示される動画があります。
※ 読み取りにくいときは、ほかのバーコードを紙などでかくすと読み取りやすくなります。

関連ページ	動画タイトル	出典	URL／二次元バーコード
35	『転機をむかえる日本のエネルギー』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005310442_00000
36	『エネルギーの変換』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/bangumi.cgi?das_id=D0005110119_00000
36	『力学的エネルギー』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/bangumi.cgi?das_id=D0005110116_00000
36	『運動エネルギーと位置エネルギー』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005301386_00000
38	『発電のしくみ（火力発電と原子力発電）』	九州電力	https://www.youtube.com/watch?v=8DPSu8RjYus&t=114s
42	『風力発電のしくみ－中学』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005400630_00000
44	『放射線について』	J-POWER	http://jpower.gallery.video/portal/detail/videos/原子力を知る/video/6016757872001/【04】放射線について?autoStart=true
49	『【Society5.0】スマート農業とは…』	BUZZMAFF ばずまふ（農林水産省）	https://www.youtube.com/watch?v=U7dDTM6xYLE
50	『東京電力パワーグリッドの使命・仕事』	東京電力パワーグリッド	https://www.youtube.com/watch?v=R7zSSnSHPWs
53	『ひらめき！　ピカールくん』	電気事業連合会	https://www.youtube.com/watch?v=-bsDZFaIPw8&list=PLU1rMGJ19kkZY9xq1I3fxbDhnGBECOvCP&index=14
50～53	『電気を送る・配る・届ける』	関西電力送配電 YouTube チャンネル	https://www.youtube.com/watch?v=GOZSuVYD57Y
58	『スマートシティ　さいたま市／テレビ広報番組』	saitama citypr	https://www.youtube.com/watch?v=g38AG848DR0
60	『太陽光発電の問題点』	NHK for School	https://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005320584_00000
62	『コヅーのなんでやねん！「エネルギーをミックスするってなんなん？」第３話』	四国電力	https://www.y outube.com/watch?v= zUytjsywc70

（2022年９月現在）



エネルギーや環境についてインターネットで調べてみよう！

■中央官庁	
経済産業省資源エネルギー庁	https://www.enecho.meti.go.jp/
・エネこれ	https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/
・再エネキッズシティ	https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kids-city/
・再エネにはどんなものがあるの？（資源エネルギー庁）	https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kids-city/library.html
・再エネシアター（資源エネルギー庁）	https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kids-city/theater.html
文部科学省	http://www.mext.go.jp/
・中学生のための放射線副読本	http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/detail/1409740.htm
環境省	http://www.env.go.jp/
・放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料	https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryo.html
■石油について	
石油連盟	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	https://oil-info.ieej.or.jp/
（独）エネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）	http://www.jogmec.go.jp/
（一財）石油エネルギー技術センター	http://www.pecj.or.jp/
石油鉱業連盟	https://www.sekkoren.jp/
■石炭について	
（一財）石炭フロンティア機構	http://www.jcoal.or.jp/
・石炭について学ぶ	http://www.jcoal.or.jp/intern/
■ガスについて	
（一社）日本ガス協会	https://www.gas.or.jp/
日本LPガス協会	http://www.j-lpgas.gr.jp/
日本LPガス団体協議会	http://www.nichidankyo.gr.jp/
■電気について	
電気事業連合会	https://www.fepc.or.jp/
（一財）電力中央研究所	https://criepi.denken.or.jp/
（一財）日本原子力文化財団	https://www.jaero.or.jp/
原子力規制委員会	https://www.nsr.go.jp/
原子力発電環境整備機構（NUMO）	https://www.numo.or.jp/
■新エネルギーについて	
（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）	https://www.nedo.go.jp/
（一財）新エネルギー財団	https://www.nef.or.jp/
■省エネルギーについて	
（一財）省エネルギーセンター	https://www.eccj.or.jp/
■地球温暖化について	
Fun to Share	https://ondankataisaku.env.go.jp/funtoshare/
全国地球温暖化防止活動推進センター	https://www.jccca.org/
■リサイクルについて	
（一社）産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター	http://www.cjc.or.jp/

わたしたちのくらしとエネルギー

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　勘郎　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]

髙倉　健太郎　中間市立中間東中学校　教諭
滝本　穣治　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）

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、昭和のくらし博物館、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

わたしたちのくらしとエネルギー

2023年2月改訂

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

制　作：株式会社博報堂
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。