

(3) さまざまな発電方法

理科

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

動画へGO!

『発電のしくみ (火力発電と原子力発電)』九州電力

動画へGO!

『風力発電のしくみ-中学』NHK for School

理科 エネルギーと科学

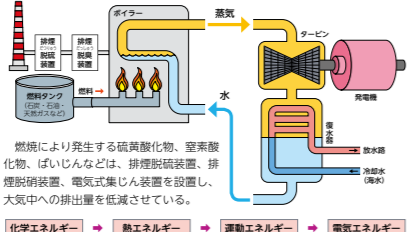
(3) さまざまな発電方法

◆発電のしくみ

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

火力発電のしくみ

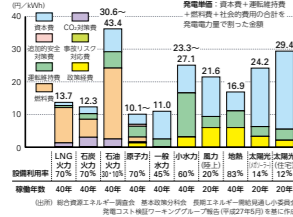
石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を燃やして得られる熱で高温高圧の蒸気を作り、タービンを回して発電する。



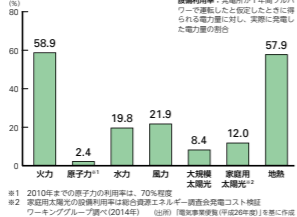
●火力発電の特徴

	石炭	石油	天然ガス(LNG)
安定供給	資源の埋蔵地域が世界に広く分布している	資源の埋蔵地域が中東に集中している	資源の埋蔵地域が比較的狭い
環境保全	火力発電の中では二酸化炭素排出量が多い	二酸化炭素の排出量は天然ガスより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	他の化石燃料に比べ安い	石油価格の変動が大きい 他の化石燃料に比べ高い	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漏れたり、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(2014年モデルプラント)



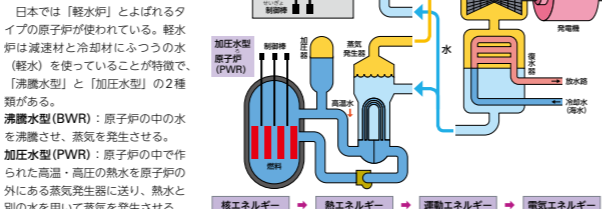
●設備利用率(2013年度)



理科 エネルギーと科学

原子力発電のしくみ

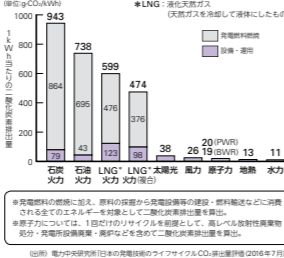
ウランが核分裂した時に発生する熱で蒸気を作り、タービンを回して発電する。



●原子力発電の特徴

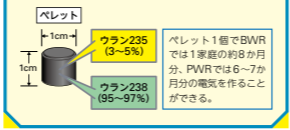
	原子力発電
安定供給	ウラン燃料は少量で大きなエネルギーを得られるので、商業に輸入する必要がない(放射性物質であることから厳重な管理が必要) 資源の埋蔵地域が世界に広く分布している 燃料をリサイクルできるため原子力発電といえる
環境保全	発電時に二酸化炭素を排出しない
経済性	少ない量で大きなエネルギーを得られるため、発電コストが安い
安全性	放射性物質を扱うため、厳重な安全管理、厳重な放射線管理が必要である 放射性廃棄物の適切な処理・処分が必要である

●発電方法別の二酸化炭素排出量



トピックス ウラン燃料とは?

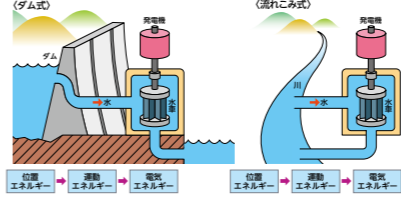
原子力発電の燃料はウラン鉱石を加工したものである。天然のウラン鉱石にはウラン238が99.3%とウラン235が0.7%の割合でふくまれている。天然ウランのままでは原子力の燃料としてウラン235の割合が低すぎるので、これを3~5%程度になるよう濃度を高めている(これを「ウランの濃縮」という)。



理科 エネルギーと科学

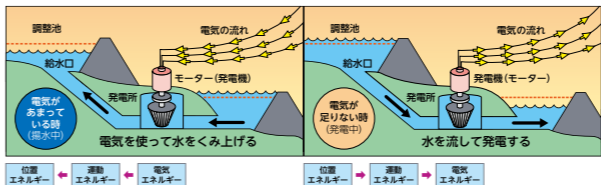
水力発電のしくみ

ダムなどにためた水や川の流れを利用して、水が高いところから低いところへ流れる水の流れを回して発電する。



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

	一般水力	揚水式
安定供給	・発電が枯渇することのない国産エネルギーである ・(ダム式) 必要に応じて発電できる(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) ・(流れこみ式) 常に流れ続ける水を利用する。発電量を自由に調整できるが、1日を通してほぼ一定の発電量がある	・電気を使えば上層エネルギーの貯蔵が「蓄電池」の働きがある ・(ダム式) 必要に応じて発電できる(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) ・(流れこみ式) 常に流れ続ける水を利用する。発電量を自由に調整できるが、1日を通してほぼ一定の発電量がある
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恐れがある	・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恐れがある
経済性	(ダム式) 貯水コストに比べてダムの建設費用がかかる (流れこみ式) ダムを必要としないので建設費用が低く、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 ・揚水に必要な電気の量が10とすると、7割の電気が発電できない
安全性	洪水時の水害対策への注意喚起が必要である。台風や大雨による決壊のリスクがある	

●コラム 電気は貯められる?

家に置くガスや水道は、それぞれガス会社のタンクや水道管にそのまま貯まっています。では、電気はどこかに電気として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、電気の形で貯まっています。化学物質や高低差などの別のエネルギーとして貯めて、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った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。

◆各発電方法の特徴

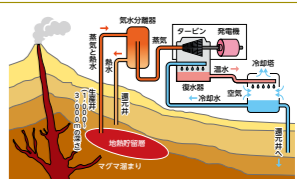
各発電方法にはそれぞれ特徴がある。エネルギー資源に乏しい日本では、資源を確保しつつ、環境負荷をできるだけ抑え、経済的、長期的に安定供給できる発電方法の組み合わせが求められている。

	火力発電	原子力発電
電源	燃料に天然ガス、石炭、石油を利用。火力発電の燃料は燃焼と同時に全量が燃え尽き、絶えず補給が必要であるために大量の燃料が必要である。	燃料にウランを利用。ウラン燃料は、化石燃料にくらべるとエネルギー密度が極めて大きいため、少ない量の燃料で大きなエネルギーを得ることができる。
出力の調整	燃料の増減により出力の調節が容易であるため、電気がたくさん使われる時間帯、あまり使われない時間帯で発電量を調節することができる。	原子炉の安全確保、燃料の健全性確保や温度の急激な変化を伴う運転制限をしているため、一定の出力で運転を続ける必要がある。
発電効率・設備利用率	蒸気の温度・圧力を高くすることによって、発電効率を高めることができる。従来型の火力発電の発電効率は40~50%、最新型では約60%である。	原子炉冷却水(蒸気)の最高温度を制限しているため、発電効率は約35%と火力発電にくらべて低い。
環境負荷	炭素を多く含む化石燃料の燃焼によって、二酸化炭素が排出される(燃料によって排出係数は異なる)。燃料によっては硫酸化合物や窒素化合物や煤じんを発生するため、除去する必要がある。	使用済燃料などから放射性廃棄物が発生するため、それらを安全に取扱い、また処理・処分する必要がある。
課題	燃料を海外からの輸入に頼っているため、燃料の安定確保の取り組みが必要である。とりわけ石油は地政学的リスクの高い中東地域への依存度が高い。	東京電力福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえ、一層の安全対策の高度化が課題である。また、使用済み燃料の最終処分問題の進展も課題である(59ページ参照)。

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。

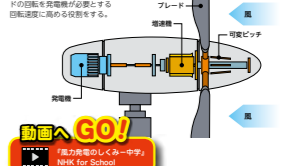
熱エネルギー → 運動エネルギー → 電気エネルギー



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。最近では、陸上における適地が減少していることや陸上とくらべ海上の方が風況がよいことから、洋上風力発電が目立っている。

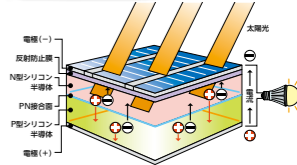
運動エネルギー → 電気エネルギー



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	・火山のおおひ日本には豊富な熱源がある ・昼夜を通して発電でき、天候にも左右されない	・資源が枯渇することのない国産エネルギーである ・風の向きや強さで発電出力が大きく変化する ・(ダム) 必要に応じて発電できる(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) ・出力の変動に対応するための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の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	・高熱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、環境を壊さないよう配慮が必要である	・発電時に二酸化炭素を排出しない ・騒音や低周波音が発生する ・鳥害のブレードに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高圧環境に影響をあたえる場合がある ・たくさん発電するためには広大な面積が必要である
経済性	建設費が高額で時間がかかる	・たくさん発電するためには多くの風車を建てることが必要である	・自然災害によって発電設備がこれほど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(58ページ参照)
安全性	・天然ガスや石油は、それぞれガス会社のタンクや水道管にそのまま貯まっています。では、電気はどこかに電気として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、電気の形で貯まっています。化学物質や高低差などの別のエネルギーとして貯めて、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った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。		

調べるページ: P11 (地熱発電設備の取りまとめ) P18~19 (最新のエネルギーミックスを考えよう) P60~61

調べてみよう: バイオマス発電や波力発電、潮流発電などについて調べてみよう。

学習のねらい

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

学習のポイント

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

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

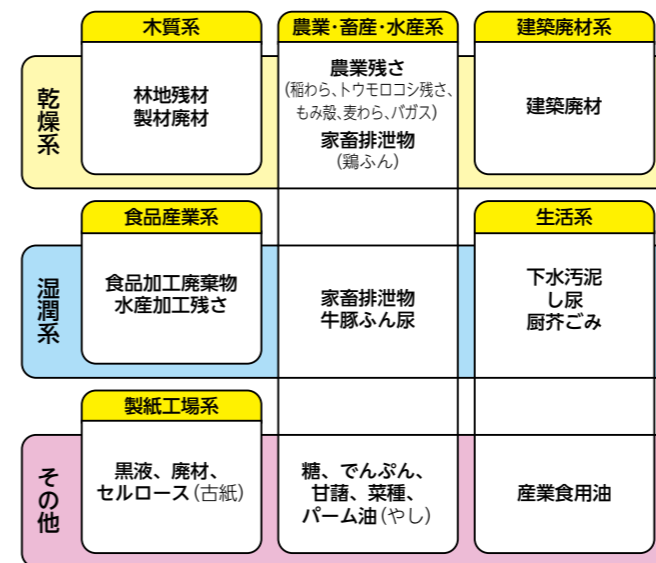
	太陽光発電	風力発電
電源	太陽の光を利用。比較的短期間に再生が可能で、資源が枯渇する恐れのない再生可能エネルギーである。	風の力を利用。比較的短期間に再生が可能で、資源が枯渇する恐れのない再生可能エネルギーである。
出力の調整	夜間に発電できない。また、太陽光の強さによって発電量が変化するため、発電量の変動が大きく、需要に応じた調節ができない。	風がないと発電できない。また、風の向きや強さで発電量が変化するため、発電量の変動が大きく、需要に応じた調節もできない。
設備利用率・発電効率	昼間でも曇天時は晴天時の半分以下の発電しかできないため、事業用太陽光発電の年間平均設備利用率は約14%である。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

◆バイオマスエネルギーとは

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

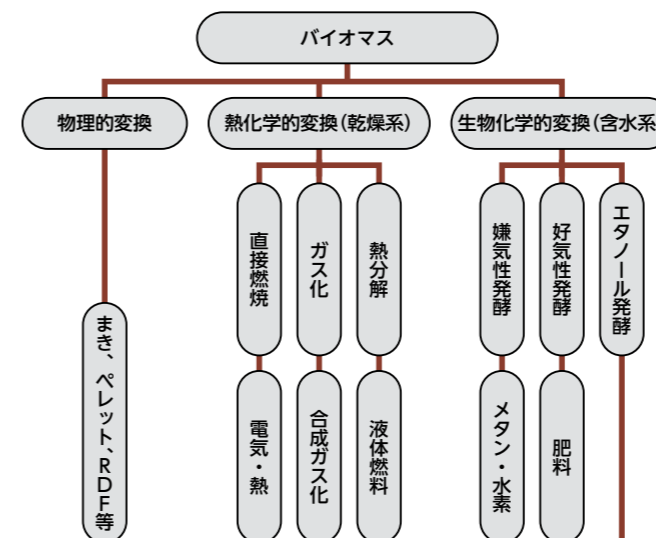
バイオマスエネルギーは原料の性状や取り扱いの形態などから、廃棄物系と未利用系に大別される。利用方法は直接燃焼のほか、エタノール発酵などの生物化学的変換、炭化などの熱化学的変換による燃料化などがある。

バイオマスの分類



(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」

主なエネルギー利用形態



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

◆中小水力発電

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

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

すでに開発済みの大規模水力に比べて、まだ開発できる地点が多く残されており、今後も開発が期待されている。



有田川町菅一川小水力発電所 和歌山県有田郡
写真協力: 有田川町役場

◆海洋エネルギーとは

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

○波力発電: 波の運動エネルギーを利用してタービンを回す発電方法



久慈波力発電所 (若手島久慈市)
写真協力: 東京大学生産技術研究所

○潮流発電: 潮流や海流の運動エネルギーを利用してタービンを回す発電方法

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