

主題2 電気を届ける仕組み

- コンセントの向こう (1) -

2. 電気を届ける仕組み

コンセントの向こう（1）

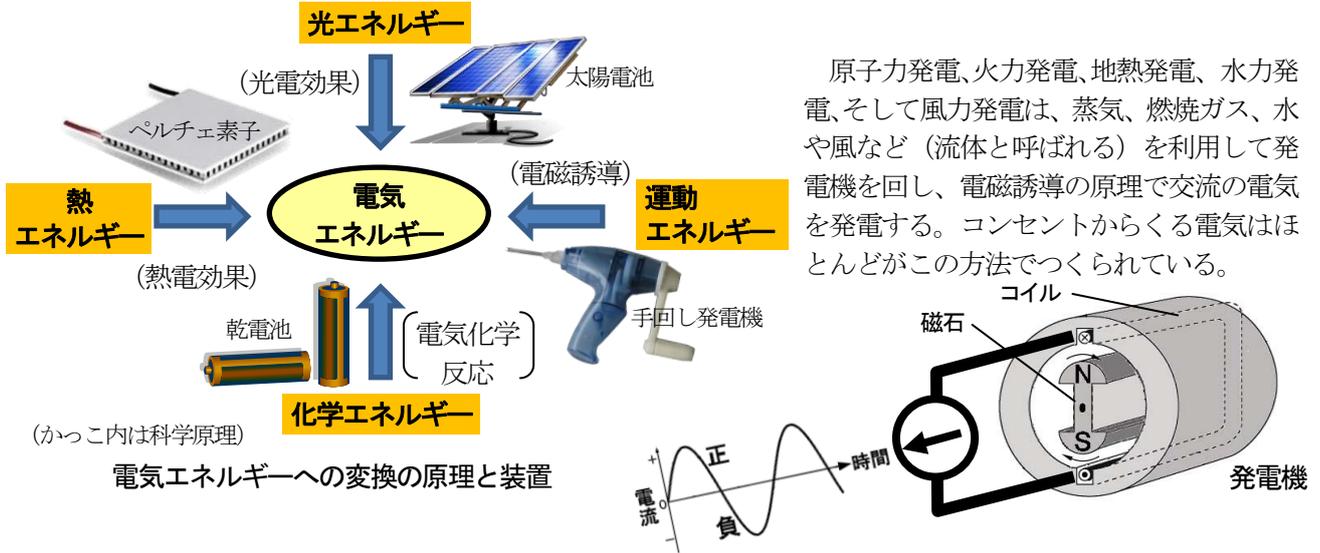
どうして？ 電気エネルギーはコンセントにつなげば利用できる。
 どんなエネルギーがどのように変換されて届いているのだろう。



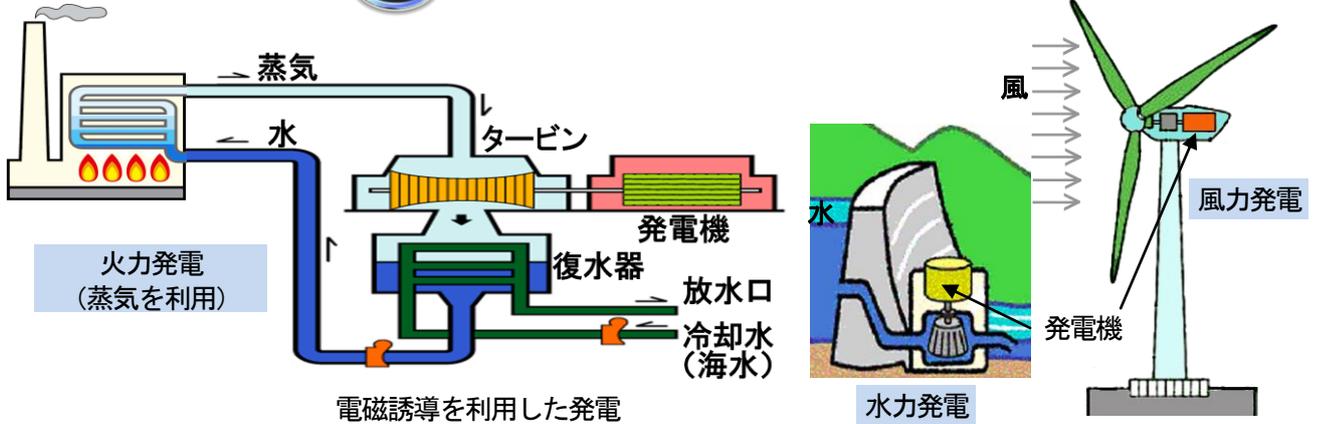
まず、
予想しよう

1. エネルギー変換と発電

エネルギーは様々な形態をとるが、科学原理を使った変換装置によって電気エネルギーに変換できる。



・コンセントの電気で、電磁誘導以外の方法で作られているのは何の電気だろう？



<発電効率>

元々のエネルギーに対する最終的な電気エネルギーの割合を発電効率と呼ぶ。上図の火力発電を見ると、加熱源のエネルギーが電気エネルギーになるまでに様々なエネルギー変換の過程を経由しており、それぞれの過程で目的外のエネルギーへの変換・移動（すなわち損失）が生じる。最終的に電気エネルギーになる割合は発電方式によって大きく異なる。

発電方式	効率	発電方式	効率
原子力発電	約 35%	大規模水力発電	約 85%
最新鋭火力発電	約 60%	太陽光発電	約 15%
従来型火力発電	約 40%	大規模風力発電	約 30%

<コンセントの電気、乾電池の電気>

家庭で使われているコンセントの電気と乾電池の電気には、次のような特性がある。

項目	コンセント	乾電池
電気の種類	交流	直流
周波数(Hz：ヘルツ)	50/60Hz	—
電圧(V：ボルト)	100/200V	1~数V

特性が異なるこれらの電気はそのままつなぐことができず、相互に融通し合うには、これら全てを合わせてやる装置が別途必要になる。太陽光発電の電気は直流なので、交流にする装置を介してコンセントの電気とつながっている。また、東日本と西日本の境界には周波数変換所が設置されている。

2. 発電所からコンセントまで

<周波数>

日本の交流電源の周波数は東西で分かれており、西日本が 60Hz、東日本が 50Hz である。太陽電池や燃料電池の電気は直流であるため、コンセントの電気へつなぐときは変換装置によって交流にしている。



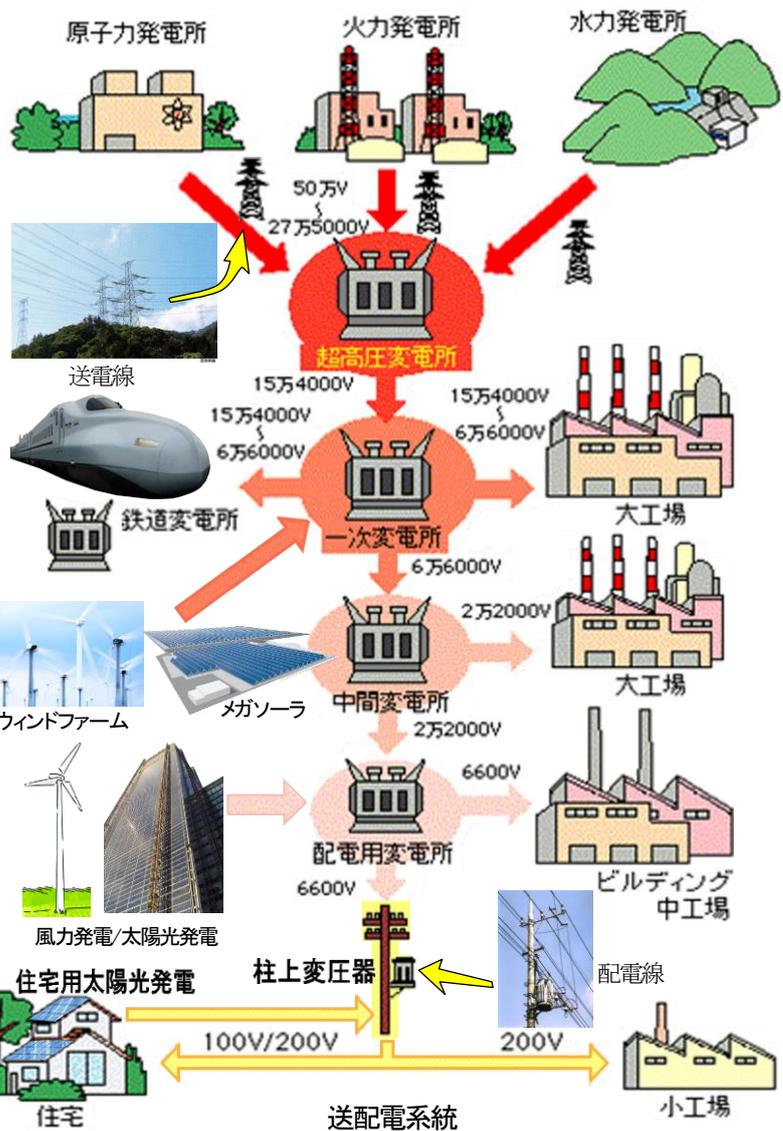
<電気の通り道>

発電所でつくられた電気エネルギーは、右図に示す道を通して家庭のコンセントに届く。これまでは上から下へと旅をする電気がほとんどであったが、道の途中や終着である家庭から参加する電気も増えつつある。次の学習に備えて、コンセントに届くまでの電気の旅を観察しておこう。



- ・電気エネルギーが発電所からコンセントに届くまでに、どれくらいの時間がかかるだろう？
- ・電圧を上げて、また下げているのはどうしてだろう？

まとめ



- ・最初の予想と実際のエネルギー変換とを比較し、類似点と相違点について振り返ろう。
- ・電気エネルギーは自然界から産出する一次エネルギーではなく、二次エネルギーの一つであることを確認しよう。

<再生可能エネルギーによる電気>

再生可能エネルギーとは、自然環境の中で繰り返し起こる現象（日射や風など）から取り出すエネルギーのことだ。使った後もエネルギー源（太陽や地熱）からの供給が続くので、その範囲内であれば連続的に利用できる。

再生可能エネルギーの利用は熱利用以外ではほとんど発電用であり、「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」では、買い取り対象として、①太陽光、②風力、③地熱、④小水力、⑤バイオマス、の5種類をあげている。

再生可能エネルギー電気には、更新の範囲内であればいつまでも使え、環境負荷も少ない長所があるが、一方で、発電量が限られ高価である、天候の影響を受けるなどの短所がある。これらの得失を踏まえて利用していくことが大切だ。

<電力と電力量>

電力 (kW) と電力量 (kWh) は混同されることが多いので、取り扱いには注意しよう。

1000kW の風力発電とは最も良い風が吹いたときに 1000kW の発電ができることを意味している。したがって、最も良い風が 1 時間連続して吹き続けられれば 1000kWh の電力量を発電できる。しかし、100kW の風しか吹き続けられれば、1 時間の発電量は 100kWh である。

この用語は発電側だけでなく消費側にも使われる。800W のドライヤーは最大で 800W の電力を消費する。しかし、最大電力でも 6 分間しか使用しなければ、消費電力量は 80Wh である。これは 100W の電球を 1 時間連続して使った時の電力量よりも少ない。

主題2「電気を届ける仕組み（コンセントの向こう（1）」の学習展開

授業のねらい：様々な形態のエネルギーを電気エネルギーに変換（発電）する仕組み、それを需要側に届ける電力輸送の仕組みを学ぶ。火力発電や原子力発電などでは元のエネルギーを発電機の回転エネルギーに変え、電磁誘導によって電気エネルギーに変えていること、並びに、電気を届けるため様々な電源を組み合わせ周波数を一定に保ちながら電力消費の増減に対応していること、更に再生可能エネルギーによる電気の大量導入に向けた対応など新たな取り組みが始まっていることを簡潔に説明できる。

所要時間：2時間（1と2あわせて）

学習の展開（1）

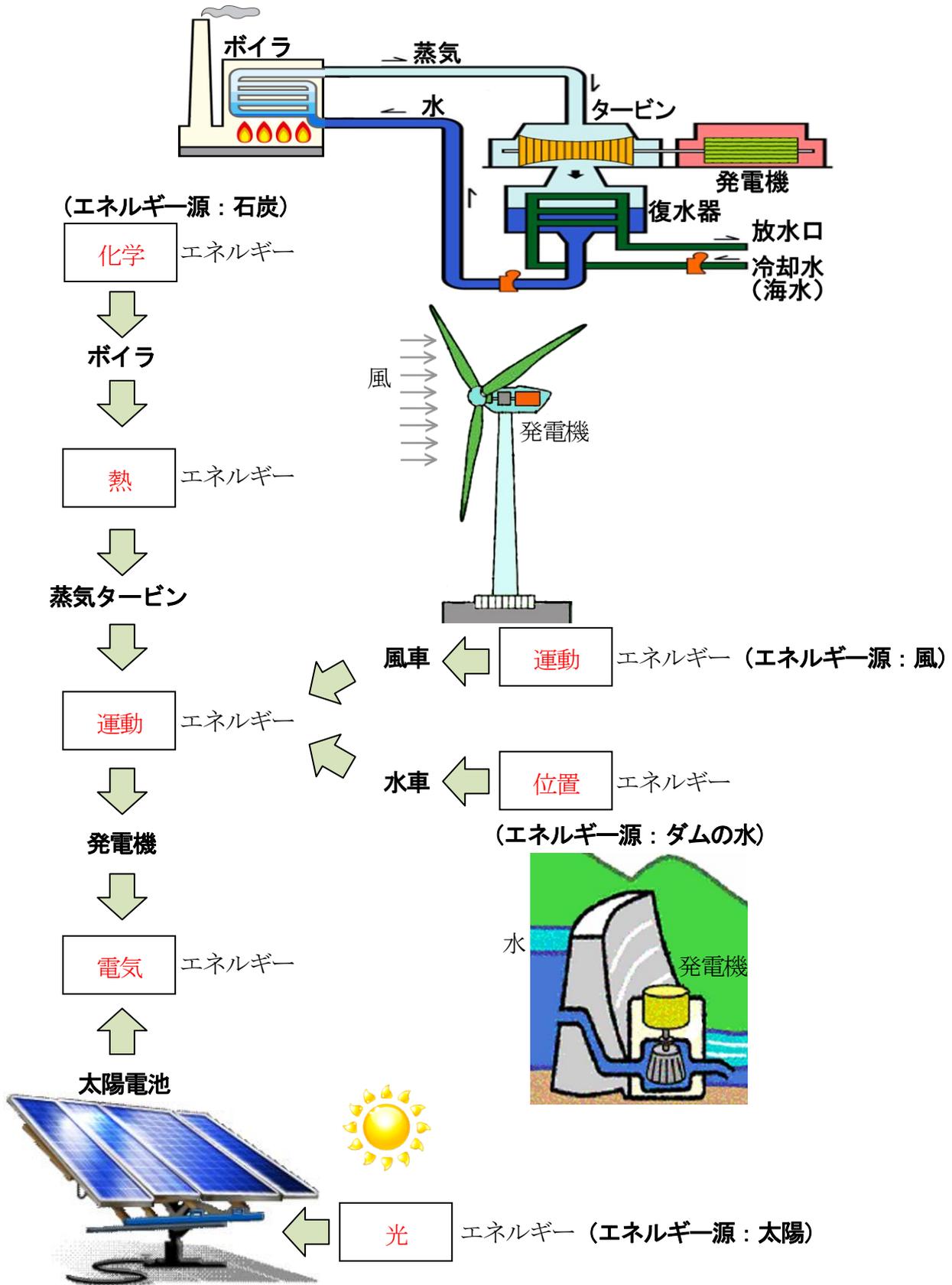
WS：ワークシート

学習項目	学習のポイント	教師用資料・WSとの関連等
<p><問いかけ> 電気エネルギーはコンセントにつなげば利用できる。どんなエネルギーがどのように変換されて届いているのだろう。想像してみよう。</p> <p>1. エネルギー変換と発電</p> <p>エネルギーの形態と変換装置</p> <p>電磁誘導</p> <p>様々な発電方式とエネルギー変換</p>	<p>様々なエネルギー源を起点にし、発電所から送られる電気エネルギーを終点として、その間を変換装置の名称と、装置の前後でのエネルギー形態でつなぎ、エネルギー変換の過程を確認する。発電時のエネルギーチェーンを示したワークシートを用いてもよい。</p> <p>発電とは、自然界のエネルギーを、科学原理を応用した変換装置を使って、電気エネルギーに変換することである。</p> <ul style="list-style-type: none"> エネルギーには様々な形態があり、相互に変換が可能なことを確認する。 電気以外の形態のエネルギーを電気エネルギーに変換する科学原理をあげ、実生活に様々な形で取り入れられていることを紹介する。 コンセントを通して利用できる交流の商業用電力のほとんどは、電磁誘導を利用して発電する回転型の発電機でつくられている。 <p><実習例1></p> <ul style="list-style-type: none"> コイルと棒磁石を使って、電磁誘導を調べてみよう。 <ul style="list-style-type: none"> 電磁誘導の実験は理科で実施していると思われるが、経験者が少ないようであれば必要に応じて取れ入るとよい。 火力・原子力・水力・風力発電では、水蒸気・水・空気でエネルギーを羽根車に伝え、それにつながった発電機の電磁誘導によって発電している。 <p><質問1></p> <ul style="list-style-type: none"> コンセントの電気で、電磁誘導以外の方法でつくられているのは何の電気だろう？ <p><実習例2></p> <ul style="list-style-type: none"> 発電実験装置で発電してみよう。 <ul style="list-style-type: none"> 電力会社等には蒸気をつくり羽根車を回して発電させる実験装置を保有しているところがある。可能ならば装置を借りたり演示実験を依頼したりするとよい。 	<p>WS1「発電所でのエネルギーの変換・移動」</p> <p>教師用 Q1,Q4 エネルギー及びエネルギー資源にまで遡って説明が必要な場合は Q2、Q3 も利用</p> <p>Q4 コイル、棒磁石 検流計など</p> <p>教師用 Q5-Q7</p> <p>Q7 の追加 Q</p> <p>教師用 Q5,Q8,Q9 WS2「蒸気による発電実験」</p>

学習項目	学習のポイント	教師用資料・WSとの関連等
<p>2. 発電所からコンセントまで</p> <p>送配電系統（電気の通り道）</p> <p><まとめ></p> <ul style="list-style-type: none"> 最初の予想と実際のエネルギー変換とを比較し、類似点と相違点について振り返ろう。 電気エネルギーは自然界から産出する一次エネルギーではなく、二次エネルギーであることを確認しよう。 	<p>発電所から家庭のコンセントまでの通り道を概観させ、次のポイントを押さえる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ほとんどの電気エネルギーは発電所からの一方通行である。 一旦超高圧にし（地域によるが図では 27.5 万～50 万 V）、家庭に届くときは再び 100/200V の低圧に下げられている。 <ul style="list-style-type: none"> 交流の科学原理を押さえない場合、WS3 が利用できる。 周波数が東日本（50Hz）と西日本（60Hz）とで異なる <ul style="list-style-type: none"> 周波数が異なったり、交流と直流の機器を組み合わせたりする場合の科学原理を押さえない場合、WS4 が利用できる。 <p><質問2></p> <ul style="list-style-type: none"> 電気エネルギーが発電所からコンセントに届くまでの時間はどれくらい？ <ul style="list-style-type: none"> 時間遅れが生じたり、途中で捨てられたりすることはない。いくつかの選択肢を示して選ばせてもよい。また、kW と kWh の意味を混同した議論が時折見受けられるので、可能なら生徒に質問し、誤解があれば解消しておくのが好ましい。 電圧を上げてまた下げているのはどうして？ <ul style="list-style-type: none"> 商業用の電力系統に交流が採用されている一つの理由でもある。 <p>学習結果を予想と比較させ、それぞれの発電方法におけるエネルギーの変換・移動を再確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気エネルギーは二次エネルギーの仲間であり、一次エネルギーまたは他の二次エネルギーから変換して初めて利用できるエネルギーであることを押さえる。必要に応じ、国内の発電所で発電していても、発電に使用する一次エネルギーのほとんどを、海外に依存していることと関連付けて再確認する。 	<p>教師用 Q10-Q12</p> <p>WS3「送電と電圧の変換」</p> <p>WS4「直流と交流の変換」</p> <p>教師用 Q12-Q13 生徒用のコラム欄</p> <p>Q10 WS3「送電と電圧の変換」</p> <p>教師用 Q2</p> <p>主題1「導入-1」の教師用 Q4</p>

ワークシート1：発電所でのエネルギーの変換・移動^{かん}

の中に、エネルギーの種類を記入しよう



ワークシート2：蒸気による発電実験

1. ボイラに冷たい水を入れたままで点火し、点火から羽根車が回るまでの時間を確認する（送電スイッチは切っておく）。
2. 羽根車の回転数が十分高くなってから、送電スイッチを入れる。
3. 送電スイッチを入り切りすると、羽根車（発電機）の回転数がどうなるか確認する。



蒸気による発電実験装置

【考察しよう】

1. 燃料のエネルギーが、何によって（変換装置とエネルギーキャリア（運ぶ物）、どのようなエネルギーの形態で、どこへ運ばれたか押さえよう。
— 目的外のエネルギーの変換移動にも注意しよう
2. 送電スイッチの入り切りによって回転数がどの方向に変化するか調べ、その意味を考えよう。
3. 点火から羽根車が回り出す（又は発電開始）までの時間にはどういう意味があるだろう。これを短くするにはどうしたらよいだろう。
4. 実際の設備との違いを想像してみよう。

ワークシート3：送電と電圧の変換^{かん}

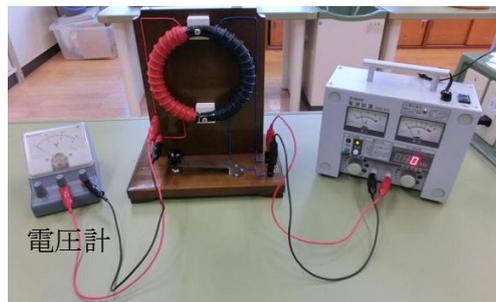
1. 図の実験器具は、ファラデーの誘導電流実験器^{ゆう}という。右のコイル（一次コイル）と左のコイル（二次コイル）はつながっていない。これを使って、実験をしてみよう。

(1) 電源装置で、右のコイルに直流電圧をかけたときに、左のコイルに電圧は生じるか？

A.

(2) 電源装置で、右のコイルに交流電圧をかけたときに、左のコイルに電圧は生じるか？

A.

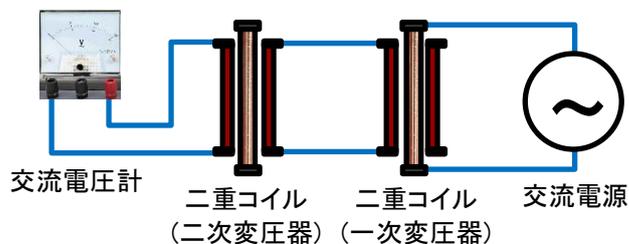


<ファラデーの誘導電流実験^{ゆう}>

2. 二重コイルを使って、送電の実験をしてみよう。

(1) 送電の原理

次の回路の片方の二重コイルに交流電圧^{じょじょ}をかける（電圧は徐々にあげていく）。もう一方の二重コイル側に電圧が生じるか確認してみよう。

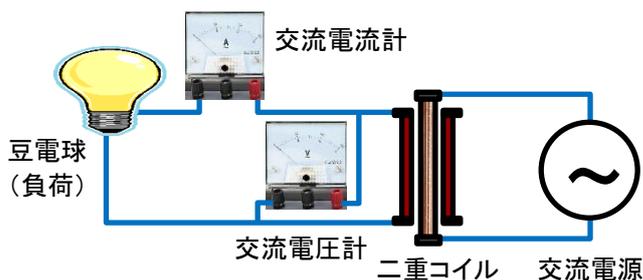


<送電システムを模擬した回路^ぎ>

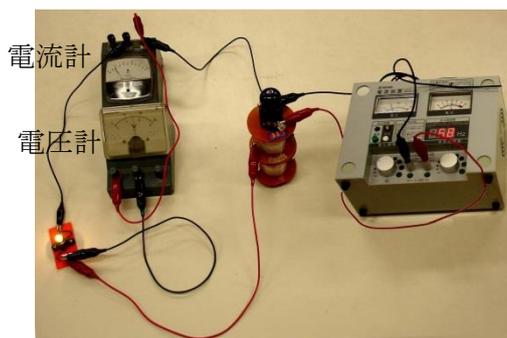


(2) 電力の輸送

一次コイルが 240 回巻き、二次コイルが 500 回巻きの二重コイルを使って、二次コイルに豆電球をつなぎ、一次コイル側に交流数Vの電圧をかけて、二次コイルの豆電球にかかる電圧と流れる電流を測ってみよう（コイルの巻数、負荷の種類、かける電圧は例示）



A.



【まとめ】

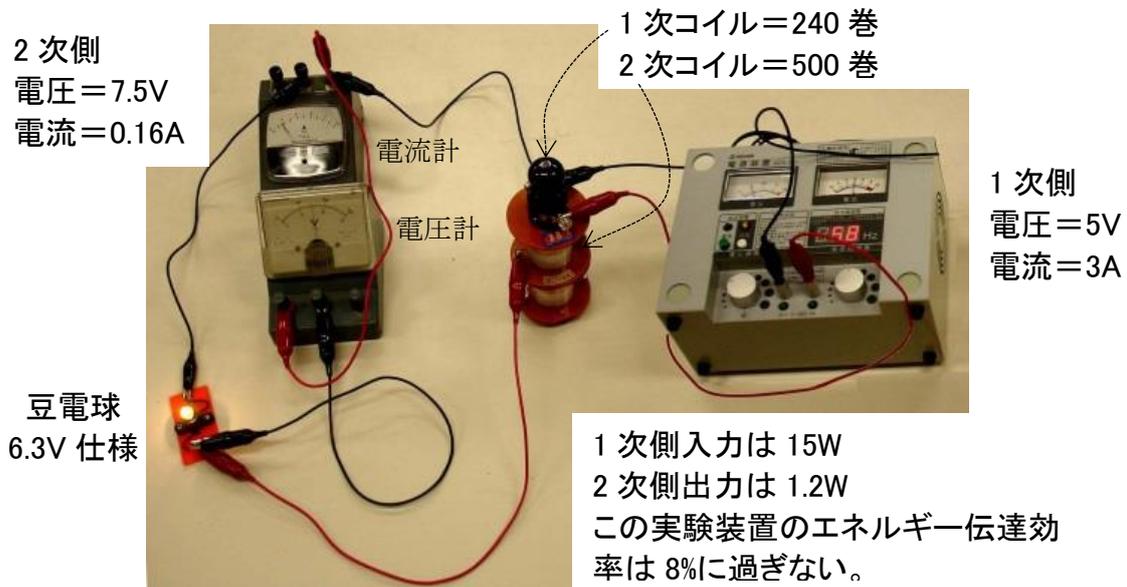
1, 2の実験より、直流にない交流の特徴^{ちやう}として、コイルを使うことによって、

① () を変えられる

② 電線が直接つながってなくても () を伝えられる

ことが分かる。

<電力の輸送の実験例>



注. 低電圧仕様の豆電球を使用すると、2次コイルの抵抗値との関係で、変圧比（コイルの巻数比）が1より大きくても、2次側の電圧が低くなりやすい。子供が混乱しないように、高電圧仕様のものを使用した方がよいと思われる。

【補足】

電球などの仕事率（電力）は、「電圧」×「電流」である。したがって、電圧を2倍にすると、同じ仕事をするのに必要な電流は半分でよい。

送電線などにはわずかだが抵抗があり、電流が流れると発熱（損失となる）する。この発熱量は電流の二乗に比例する。したがって、電流が半分になれば、同じ仕事をした時の送電線での損失を、 $1/4$ （ $= (1/2) \times (1/2)$ ）にできる。

送電線が長いと損失も増えるので、長距離の送電線では、非常に高い電圧が用いられている。（わが国で最も高い送電電圧は Vである）。

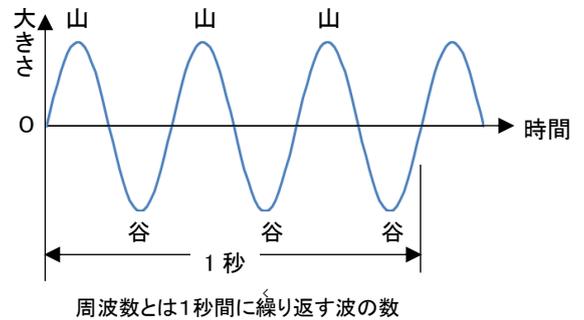
注1. 交流の場合、仕事率の計算には力率を乗じる必要があるが、豆電球は力率=1とみなしてよい。

2. 生徒用資料の送配電システムでは、超 高圧変電所の電圧が27万5千V~50万Vとなっているが、東京電力の一部に100万Vが採用されている。

ワークシート4：直流と交流の変換^{かん}

コンセントの電気は交流である。交流は下の図のように、電圧・電流の向きが周期的に変化している。山と谷の1つ分（1つの波長）を1周期と言い、1秒間の周期数を周波数（単位：Hz（ヘルツ））と呼ぶ。図では、1秒間に3周期の波があるので、周波数は3Hzである。

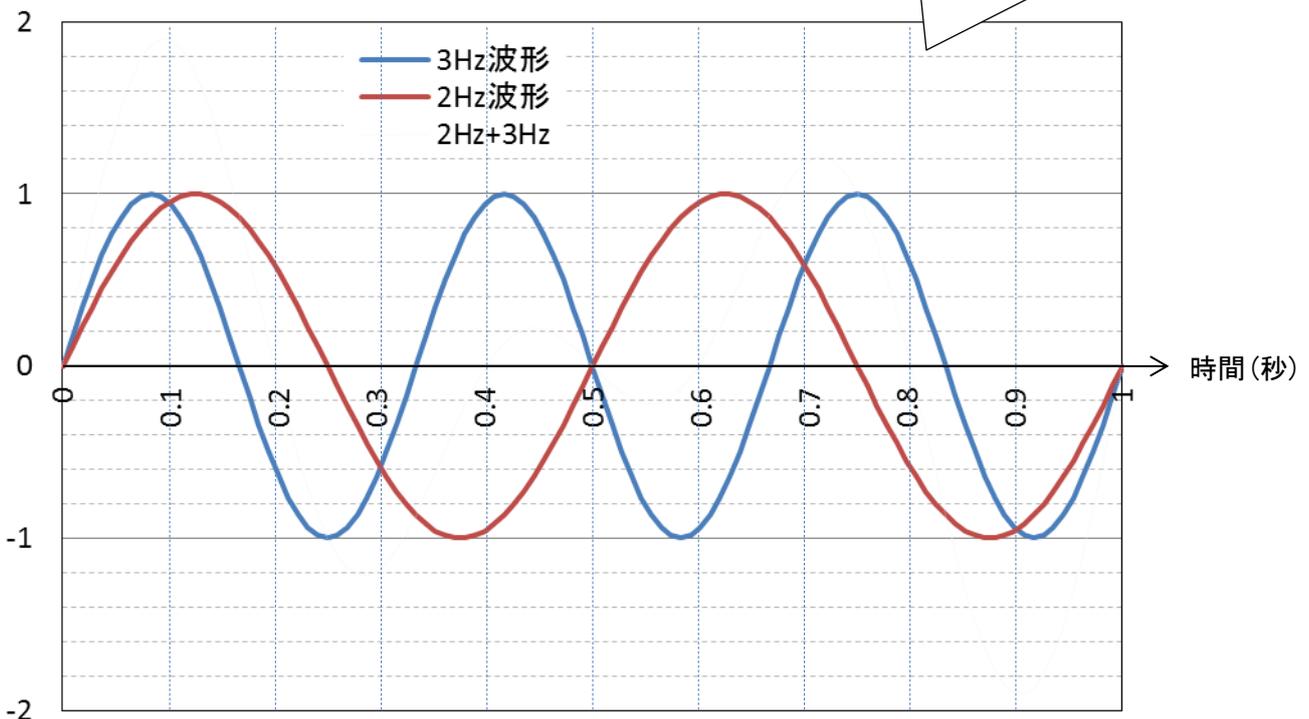
日本の交流電源の周波数は東西で分かれており、東日本が50Hz、西日本が60Hzである。一方で、近年、急速に導入が進む太陽電池は直流電源である。また、パソコンなど電気製品には直流を使用するものも多い。東西で周波数が異なる交流電源、直流電源である太陽電池、そして直流を使用する電気製品の関係について、考えてみよう。



1. 周波数が異なるものを重ね合わせるとどうなるか、2Hzと3Hzのグラフを合成して、どのような形になるかえがいてみよう（0.1秒ごとに足し合わせた値をグラフ上にえがき、その値をなめらかな線でなぞってみよう）。その結果から、異なる周波数の電気を重ねるとどうなるか考えてみよう。

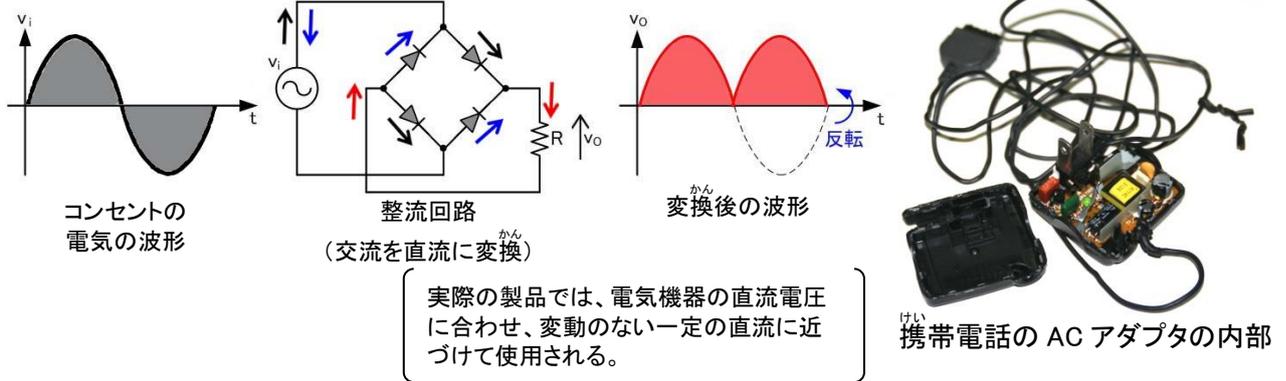
2Hzと3Hzの合成

振動数の少し異なる音叉を同時に鳴らして、音でも確かめてみよう。



異なる周波数の電気を重ねるとどうなると思いますか：

2. コンピュータや携帯電話などはコンセントの電気をそのまま使えないので、ACアダプタ（交流(AC)を直流(DC)にする装置）で、交流を直流にして使ったり充電したりしている。その仕組みを見てみよう。

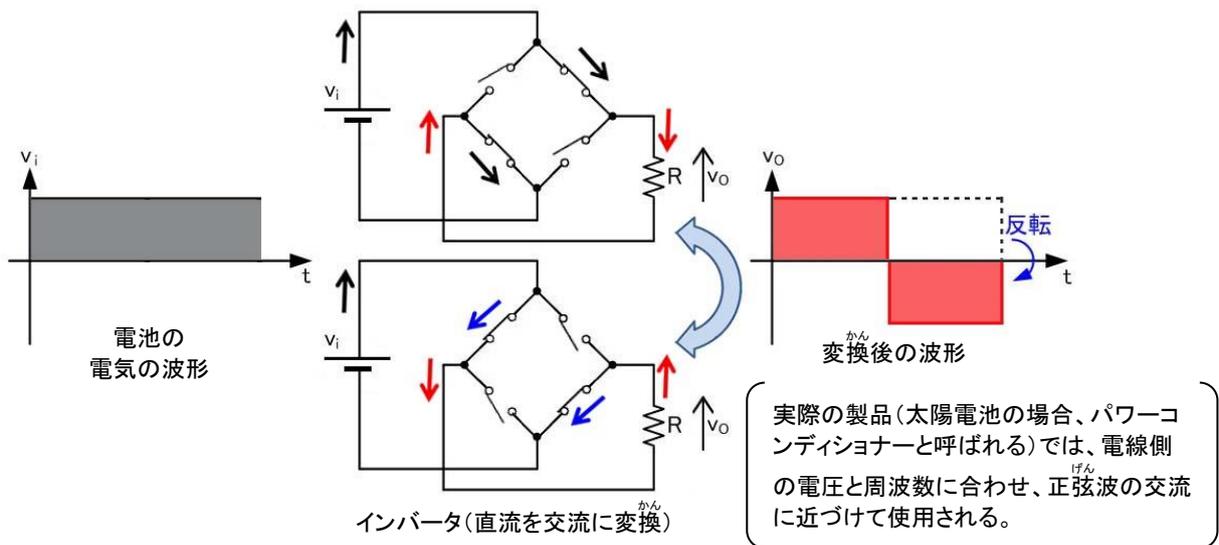


余裕があれば、整流回路を作り、交流が直流になったこと（電圧測定、LED点灯）※を調べてみよう。

※ 交流を直流電圧計で測定すると、正側と負側で相殺されて ± 0 となる。直流に変換されれば指示が現れる。

LEDは直流で使用する装置であり極性がある。したがって、直流に変換後は、接続の方向によって、点灯したりしなかったりする。

3. 太陽電池は直流電源である。これを交流が流れる電線につなぐには、コンピュータの場合とは反対に、交流を直流にする装置が必要になる。その仕組みを見てみよう。



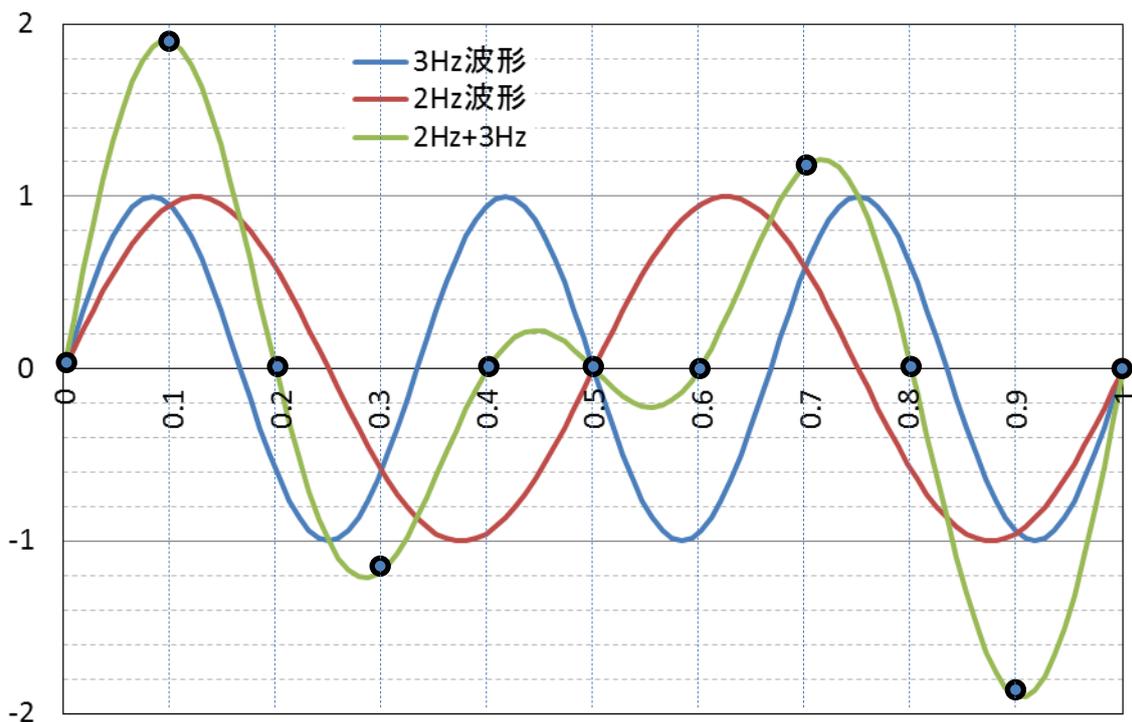
車内で電気製品が利用できるように、車の電源（12Vまたは24Vの直流電池）を交流に変換するインバータが市販されている。余裕があれば、直流が交流になったこと（電圧測定、LED点灯）を調べてみよう。

4. 東日本と西日本間で電力を受け渡しするには、周波数変換（50Hz \leftrightarrow 60Hz）が必要となる。このため、東京電力（50Hz）と中部電力（60Hz）の境界付近に、佐久間（容量：30万kW）、新信濃（容量：60万kW）、東清水（容量：30万kW）の周波数変換所が設置されている。

ところで、周波数変換とはどのように行うのだろうか。上述の質問に対する回答を参考に考えてみよう。

1. 周波数が異なるものの重ねあわせ

2Hz と 3Hz の合成



異なる周波数の電気を重ねるとどうなるか：上図からわかるように、変動が大きく電源としては利用できない。2つ以上の交流電源を組み合わせるには、周波数をぴったり合わせる必要がある。

4. 周波数変換とはどのように行うの^{かん}だろう。
一旦直流 (DC) にした後、再び所定の交流 (AC) に変換する。
すなわち
AC(50Hz) => DC => AC(60Hz)
AC(60Hz) => DC => AC(50Hz)

Q1 エネルギーとは？

エネルギー：仕事をする能力

- ・平たく言えば、「何をするにもエネルギーがいる」ということ
- ・何かをすると、必ずその過程で、エネルギーの変換や移動がある

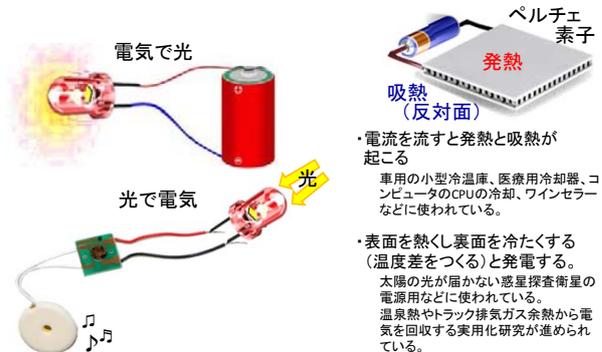
エネルギーの種類

次のような種類(形態)があり、相互に変換できる。

- | | |
|---------|-----------|
| 運動エネルギー | 位置エネルギー |
| 熱エネルギー | 化学エネルギー※ |
| 光エネルギー | 原子核エネルギー※ |
| 電気エネルギー | など |

※主題3参照

どんなエネルギーも相互に変換できるとは……



Q2 エネルギーとエネルギー資源の関係は？

天然から安定的に産出し(または存在し)、エネルギーを高密度に閉じ込めた物(または現象)を、我々はエネルギー資源として利用している。

(注)太陽光、風力、地熱などは、括弧内の表現の方が適切と考えられる(Q3参照)

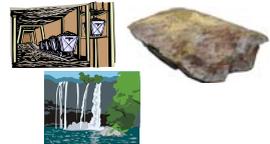
- | | |
|-----------|-----------|
| 【エネルギー資源】 | 【エネルギー形態】 |
| ・高地の水 | ：位置エネルギー |
| ・石炭・石油・ガス | ：化学エネルギー |
| ・ウラン・トリウム | ：原子核エネルギー |
| ・太陽光 | ：光エネルギー |
| ・地熱 | ：熱エネルギー |
| ・バイオマス | ：化学エネルギー |
| ・風・海流 | ：運動エネルギー |

電気は自然界から採れないのか……

電気エネルギーは天然に算出するエネルギー(一次エネルギー)ではなく、一次エネルギーなどから変換して得られるエネルギー(二次エネルギー)である。

一次エネルギー

自然界に存在するままの形でエネルギー源として利用されているもので、石油・石炭・天然ガス等の化石燃料、ウラン、水力・太陽光・地熱等自然から直接得られるエネルギーのことをいう。



二次エネルギー

電気、ガソリン、軽油、灯油、都市ガス、水素ガス等の、一次エネルギーを加工して得られるエネルギーのことをいう。一次エネルギーから二次エネルギーに加工される段階で損失が発生する。



Q3 再生可能エネルギーとは？

- ・自然環境の中で繰り返し起こる現象から取り出すエネルギー。
- ・使った後もエネルギー源※から連続的に更新されるので、更新の範囲内であれば永続的に利用できる。

※①太陽光、②地熱、③太陽と月の引力

化石燃料やウランは使ったと減るだけなので、再生可能エネルギーではない

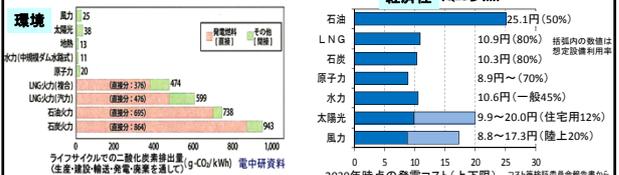
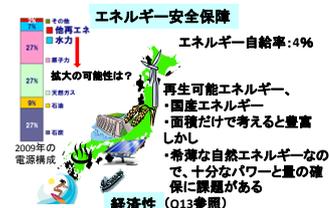


再生可能エネルギーの特徴は……

三つのEの代表的視点で見よう。

- ・エネルギー安全保障:安定確保
 - ・環境:地球温暖化防止
 - ・経済性:合理的な価格
- ・エネルギー安全保障: Energy Security
・環境: Environmental Protection
・経済性: Economical Efficiency

国産エネルギーで、二酸化炭素の排出が少ない利点。しかし、費用と安定供給に課題がある



Q4 発電に利用できる方法は？

発電方法は様々であり、それを利用した発電装置（エネルギー変換装置）が身の回りにあふれている。

元のエネルギーの形態	電気が起こる現象（科学原理）	発電装置と利用製品例
光（電磁波）	光電効果	太陽電池、電卓、時計
熱（温度差）	熱電効果	ペルチェ素子、温度計
化学エネルギー	電気化学反応	一次電池、二次電池（充電電池）、燃料電池
運動エネルギー	圧電効果	圧電素子、電子ライターの着火装置、体重計
運動エネルギー	電磁誘導	自転車の発電機、手回し発電機、水力・風力・火力・原子力の発電機

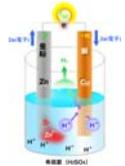
どのような原理で(1)・・・

光電効果

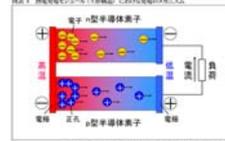


電気化学反応

イオン化傾向の差によって電解液中をイオンが移動し電極間に起電力が発生する。



熱電効果



温度差で電子及び正孔のバランスが崩れ、物質の両端間に起電力が発生する。

圧電効果

圧力で結晶格が歪み、物質の両端間に起電力が発生する。

どのような原理で(2)・・・

電磁誘導 棒磁石 コイル

【実験してみよう】

検流計

発電機

磁石

コイル

実際の発電機では磁石を連続的に回転させ、交流の電気をつくる

電磁誘導による発電は、

- ・変換効率が高い
- ・出力変化が容易
- ・小型で大出力

などの長所があり、コンセントからの電気のほとんどがこの方法で発電されている。

手回し発電機は直流だけど・・・

手回し発電機の原理

磁石

コイル

ブラシ

整流子

コンセントに入る電気の発電機と異なり、コイルが回る

・整流して一方の流れ（直流）にしている。

・乾電池の電流と異なり、脈打っている

Q5 発電機は何で回る？

蒸気を使った発電では、発電機と蒸気タービン（羽根車）を同じ軸でつなぎ、蒸気エネルギーで回る

【実験してみよう】

エネルギーの変換・移動の流れを押さえよう

・負荷を入り切ると回転数がどうなるか確認しよう

蒸気ノズル（噴出口）

発電機

蒸気タービン（羽根車）

反対側からみると

大きな異なる羽根車を何段も重ね合わせた蒸気タービンが、4組つながっている

実際の設備例

蒸気による発電実験装置

軽い蒸気でパワーが出るのかな・・・

流体（水や蒸気）が運べるエネルギーは速度の3乗に比例

質量: m

速度: V

断面積Aの配管を質量mの流体が速度Vで移動

単位時間tにAを通過する量(M)は

$$M = mAV$$

Mが運んだエネルギー(E)は、

$$E = \frac{1}{2} MV^2 = \frac{1}{2} mAV^3$$

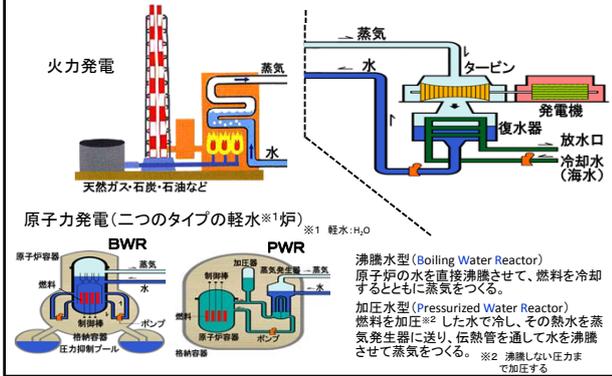
軽い水蒸気でも速度を上げれば大量にエネルギーを運べる

エネルギー源	理論出力 (kW/m ²)
太陽光 平均日射量	0.947
風力 風速 20m/s	5.16
水力 落差 100m	43,500
水蒸気 超々臨界圧 蒸気密度 74kg/m ³ マッハ0.8(400m/s)	2,370,000

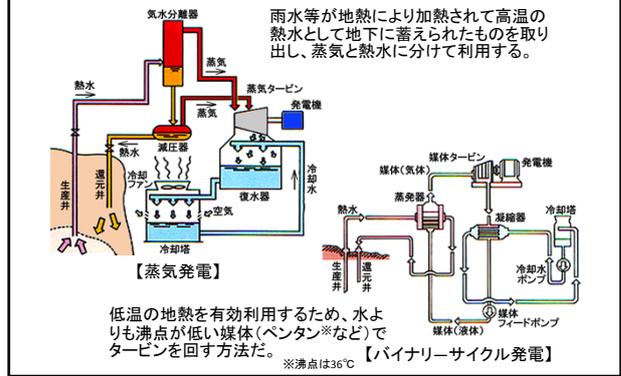
理論出力 (kW/m²)

内山洋明「エネルギー-鳥の眼、虫の眼」
原子力文化2005.2に寄稿
(参考)

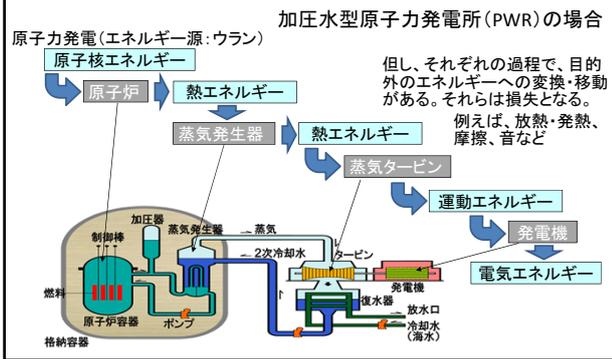
Q6 蒸気はどのようにしてつくる？



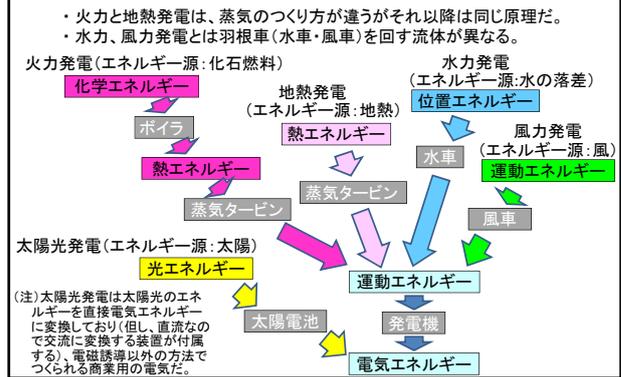
地熱発電では……



Q7 エネルギー源から発電機までのエネルギー変換の経路は？

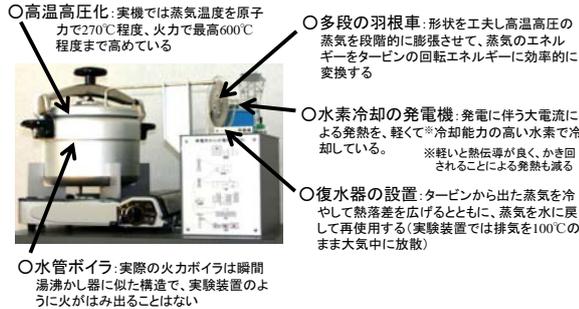


他の発電方式では……



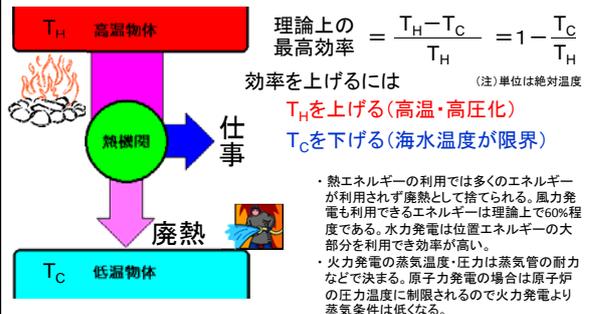
QS 発電実験装置と実機の違いは？

・実機では発電効率をあげるため様々な技術が取り入れられている。



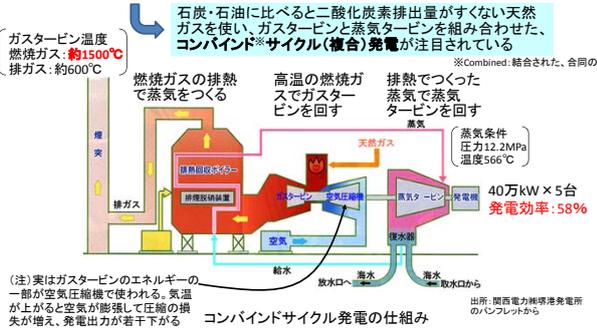
高温高圧にするとなぜ効率がよくなる……

熱エネルギーを利用する装置から取り出せる仕事の割合は、絶対零度からみた温度差以上に上げられない宿命がある。



Q9 温度はどこまで上げられるの？

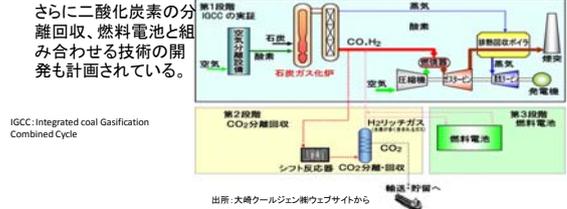
現在の蒸気だけを使った火力発電で圧力・温度を上げるのは、ボイラの配管強度などから、眼界に近づいている。



石炭火力が見直されていると聞いたけど……

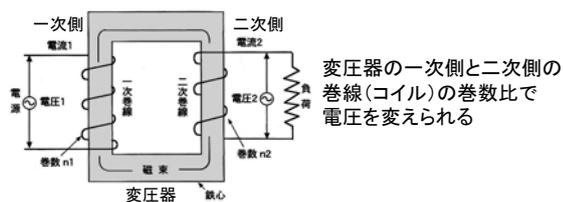
石炭は石油や天然ガスより二酸化炭素を多く排出するが、世界中に豊富にあり、安価なので、技術の進歩によって見直されている。

- 日本の石炭火力発電は発電効率、環境対策とも優れている。国内的には電力の安定供給に、海外に展開すれば、CO₂削減・環境改善に貢献できる。
- 石炭は固体なのでそのままではコンバインドサイクルの技術が使えないが、ガス化によってそれを可能とする技術(IGCC)の実証が進められている。
- さらに二酸化炭素の分離回収、燃料電池と組み合わせる技術の開発も計画されている。



Q10 なぜ交流？

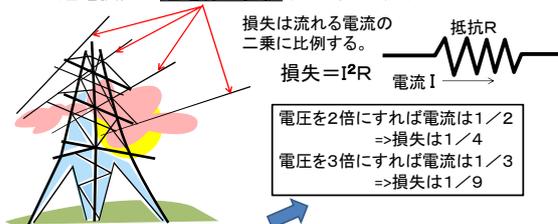
交流は変圧(電圧の上げ下げ)が簡単にできる



高圧にすれば送電損失を小さくできるので、発電所から都市部までの送電線の電圧は、可能な限り高められてきた。

電圧を高くするとどうして損失が減る……

送電損失は送電線の抵抗などで発生する



送っている電力P(W)は電圧(V)と電流(I)の積
 電圧を2倍にすると、同じ電力を送るのに必要な電流は半分が済む

$$P = V \times I = (2V) \times \left(\frac{1}{2}\right)$$

Q11 東西で周波数が違うのはなぜ？

欧米から発電機を導入した歴史の経緯にある

- 明治時代に使われ始めた発電機が、
- ・東日本で50Hzのドイツ製発電機
 - ・西日本で60Hzの米国製発電機

昔、統一することも検討されたが、

- ・統一コストが膨大
- ・増加する需要へ対応する必要から、現在に至っている。

周波数が違う地域間の電力のやり取りには、周波数変換設備を使う(3力所ある)
 合計容量: 120万kW



海峡では直流送電も使われている(両端で元の周波数に戻す)

出所: 電事連HP資料に加工

日本全国同じ周波数にできないの……

膨大な費用、労力、時間を必要とするため、極めて困難。仮に統一したとしても、東西融通のメリットは限定的。

<周波数統一時の課題>

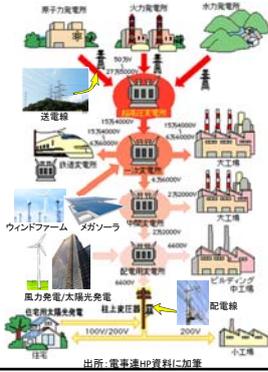
電気を送る側

- ・周波数を変える側で、設備を置き換えていく必要(機器の過熱や回転数が変わるなどの理由で)。
- ・電気を止めずに変えるための移行措置が必要(二重の設備)。
- ・仮に同じ周波数にしたとしても、東西の距離が長過ぎて安定性に懸念があるので、分割運用の可能性。
 =>周波数が統一されている米国(60Hz)は3エリア、欧州(50Hz)は5エリアに分割されている。
 =>融通を可能とするには、融通余力の確保が前提

電気を使う側

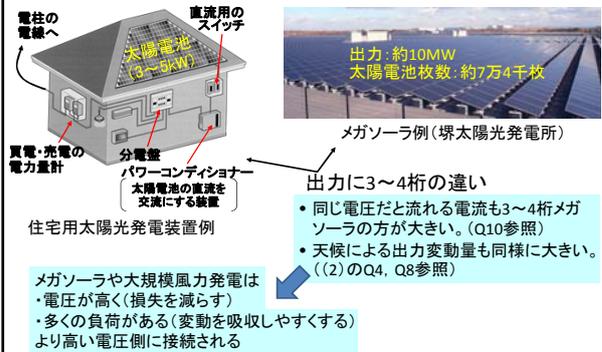
- ・回転する機械は使えなくなるものが多い。
- ・最近では多くの電化製品が周波数フリーになったが、部品の取換えを要するもの(電子レンジ、一部の蛍光灯など)もある。まだ、周波数フリーでない旧来の製品を使っている家庭も多い。

Q12 家庭に届くまでの経路は？



- 基本的に電気エネルギーは発電所から消費地までの一方通行。
- 太陽光や風力発電などの電気エネルギーは、発電規模や立地などによるが、消費地に近いところに入ってくる。
- 電気エネルギーは光速で伝わるので、発電所から家庭まで瞬時に届く。

メガソーラはなぜ住宅用と違うところにつなぐ……



Q13 電気エネルギーの単位は？

電力(kW)と電力量(kWh)

- W(ワット)は1秒間当たりの電力、kは千倍を表す補助単位
1[kW(キロワット)] = 1000[W(ワット)]
- 電力量は電力と時間の積、1kWの電力を1時間(h)使用すると、
1[kW] × 1[h] = 1[kWh]
- 「発電電力」と「消費電力」という言葉があるように、kWとkWhは発電設備と(電力)消費設備の両方に用いられる。



出力1,000kWの
風力発電設備

- 連続的に発電できる最大出力が1,000kW
- 1,000kW相当の風が1時間吹き続けたときの発電電力量は、
 $1,000\text{kW} \times 1\text{h} = 1,000\text{kWh}$



出力800Wの
ドライヤー

- 連続的に使用できる最大出力時の消費電力が800W
- 800Wで6分間(0.1時間)使い続けたときの消費電力量は、
 $800\text{W} \times 0.1\text{h} = 80\text{Wh}$

電力と電力量にはどんな意味がある……

- 電力とはパワー、すなわち「エネルギーの流れの速さ」
パワーが強いと、①仕事早い、②高い能力の仕事ができる



パワーがあれば、大量の水を速く飛ばせる

- 電力量とはエネルギー(量)、すなわち発電又は消費した電気エネルギーの総量
エネルギーが多いと、多くの仕事ができる



(急がなくていいのなら) いずれ水が貯まる

