



西条発電所 (愛媛県西条市)

第 3 章

3

電流と磁界



スタート動画



Before & After
学習前に書こう

電気はどのように
つくられるだろうか。



ワークシート

単元 4

1

電流がつくる磁界

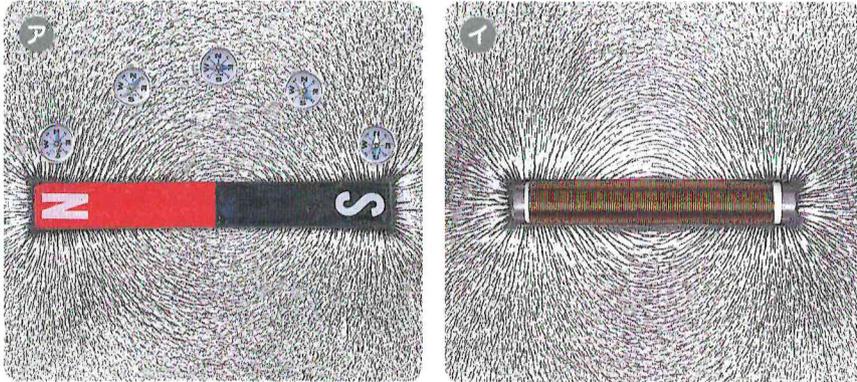


図1 棒磁石と電磁石のまわりに鉄粉をまいたときのような様子

★1 これまでに学んだこと

磁力 → 中1

- 2つの磁石を近づけると、同じ極の場合は反発し合い、異なる極の場合は引き合うように力がはたらく。

電磁石のはたらき → 小5

- コイルの中に鉄しんを入れて、磁力を強めたものが電磁石である。
- 電磁石に流す電流を大きくしたりコイルの巻数を増やしたりすると、磁力は強くなる。
- 電磁石に流す電流の向きを逆にすると、電磁石の極も逆になる。

磁石は、鉄のできた物を引き寄せる。また、磁石にほかの磁石を近づけると、引き合ったり反発し合ったりする。このような力を**磁力**^{じりょく}★1といい、磁力がはたらく空間を**磁界**（**磁場**）という。

磁界の中に磁針を置くと、その場所によってN極の指す向きが変わる。これは磁界に方向性があるからである。磁針のN極が指す向きを、**磁界の向き**という。

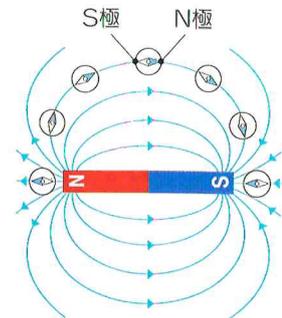
図1 アのように、棒磁石のまわりに鉄粉をまくと、磁界のようすが模様として現れる。この模様にしたがって磁界の向きを表すと、N極から出てS極に入る線がかける。このようにして磁界のようすを表した線を**磁力線**という。

図1 イのように、電磁石でも同様に鉄粉の模様ができることから、電磁石でも棒磁石と同様の磁界ができることがわかる。

ここがポイント

磁力線の性質

- ① N極から出てS極に入る。
- ② 間隔がせまいところほど磁界は強い。
- ③ とちゅうで折れ曲がったり、交わったりしない。



コイルのまわりの磁界のようすは、どのようになっているのだろうか。

仮説

？に対する自分の考えは？

電磁石の中の鉄しんをぬいてコイルだけにすると、コイルの内側の磁界はどうなるだろうか。

実験 6



実験手順

コイルを流れる電流がつくる磁界

実験の目的 コイルに電流を流し、鉄粉や磁針を使って、コイルのまわりの磁界のようすを調べる。

実験の方法

準備する物 □エナメル線 □鉄粉 □ガーゼ □輪ゴム □磁針 □厚紙
□木片(2) □粘着テープ □電流計 □スイッチ
□クリップつき導線 □電源装置 □小型容器 □電熱線または抵抗器
(回路に大きい電流が流れないように、抵抗として入れる。)

注意

●コイルや電熱線が発熱するので、
模様ができたならスイッチを切る。

ステップ 1

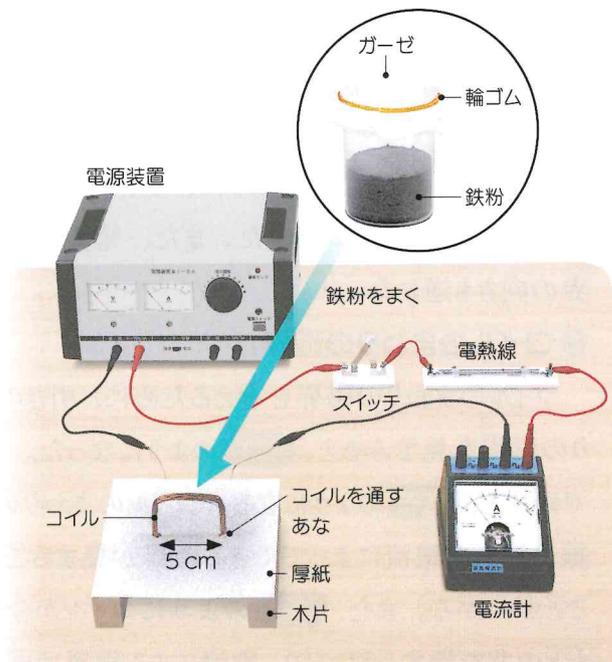
実験装置をつくる

- 1 エナメル線を40回程度巻いて、コイルをつくる。
- 2 容器に鉄粉を入れて、ガーゼをかぶせる。
- 3 厚紙の中央に、コイルを差しこんでとめ、厚紙を木片などの上に置いて、粘着テープで固定し、水平になるようにする。

ステップ 2

磁界のようすを観察する

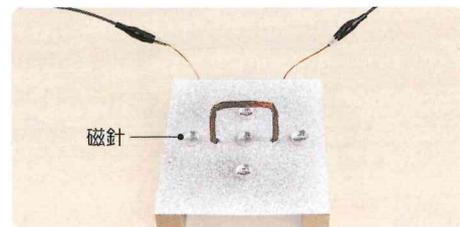
- 4 右図のような回路をつくる。
 - 5 コイルに約1 Aの電流を流し、鉄粉を一様にまきながら、厚紙を指で軽くたたき、磁界のようすを観察する。
- ① 鉄粉の模様ができないときは、電熱線を変えるなどして、電流を大きくする。



ステップ 3

磁界の向きを調べる

- 6 コイルのまわりに磁針を置き、電流を流し、磁界の向きを調べる。
- 7 電流の流れる向きを変えて、磁界の向きを調べる。



結果の見方 ●コイルの内側やまわりの鉄粉のようすはどうなったか。

考察のポイント ●電流の向きが変わると磁界の向きはどうなるか。

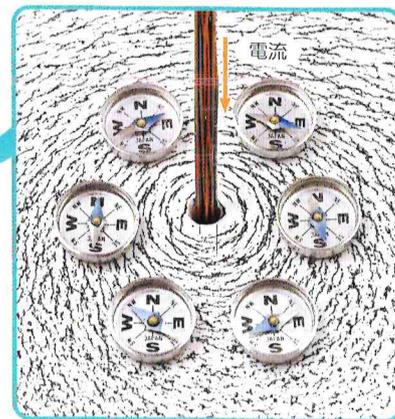
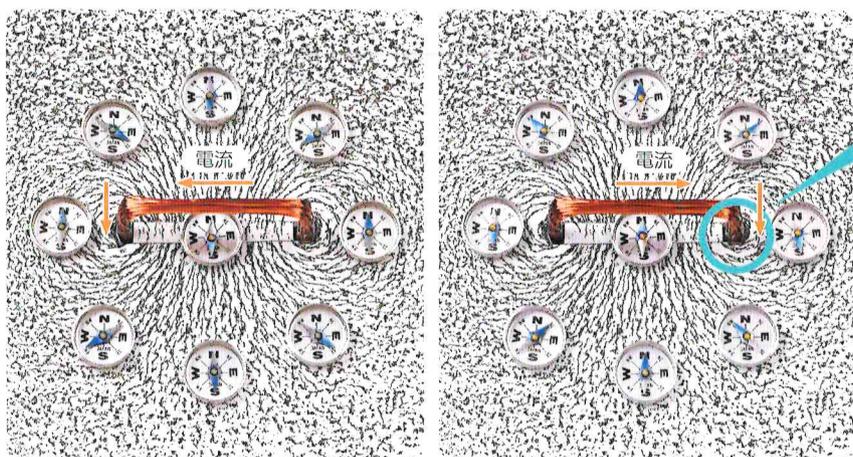


図1

実験6の結果の例

実験から

図1のように、コイルの内側と外側で、逆向きの磁界ができた。また、電流の向きを逆にすると、磁界の向きも逆になった。

● コイルのまわりの磁界

コイルのまわりの磁界を考えるために、引きのばしたコイルのまわりの磁界を見てみると、図2のようになった。このようすを磁力線で表すと、図3のようになる。コイルのまわりの磁界は、1本の導線に流れる電流によってできる磁界が集まることで強められていることがわかる。また、図4のようにコイルから遠ざかると、磁針はもとの北を指すようになり、電流による磁界は弱くなっていくことがわかる。

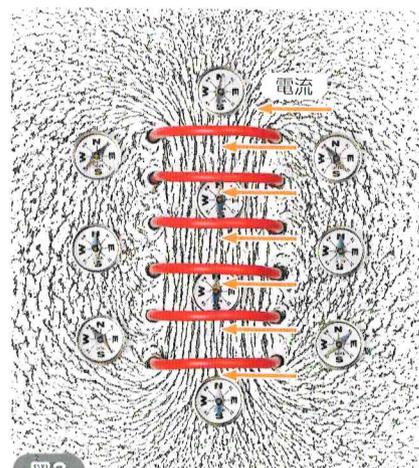


図2

引きのばしたコイルのまわりのようす

コイルの内側の直線上にある磁針は下を指しているが、それ以外の磁針は上に傾いている。

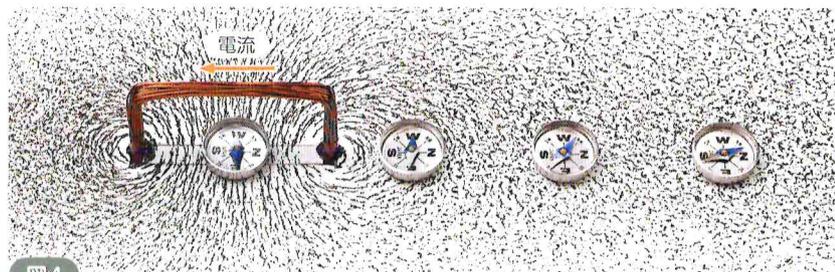


図4

コイルからの距離と磁界の強さ

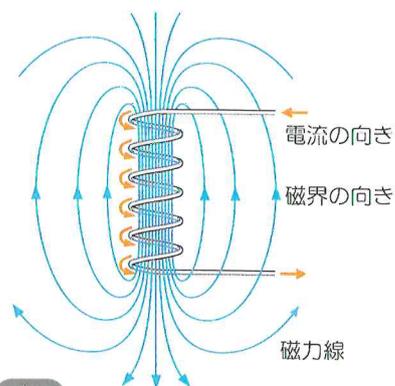


図3

コイルのまわりの磁力線



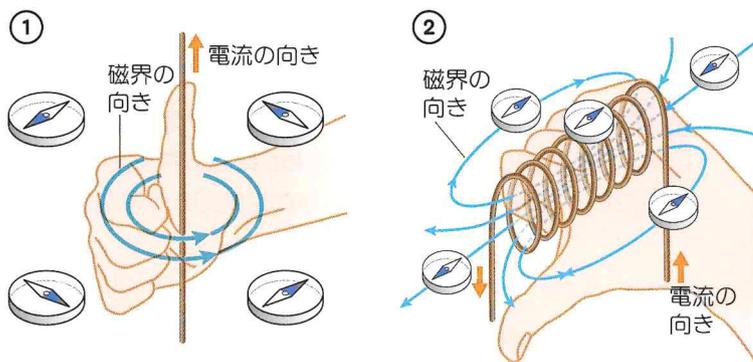
268ページの？に対する自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード → 電流、磁界、コイル)

電流のまわりの磁界

導線に流れる電流によってできる磁界には、次のような特徴がある。

- ① 導線を中心として、同心円状に磁界ができる。電流の向きを右手の親指の向きに合わせると、残りの指の向きが磁界の向きになる。
- ② 電流の向きを、にぎった右手の人差し指から小指までに合わせると親指の向きが磁界の向きになる。
- ③ 導線から遠ざかると、導線に流れる電流による磁界は弱くなる (図4)。

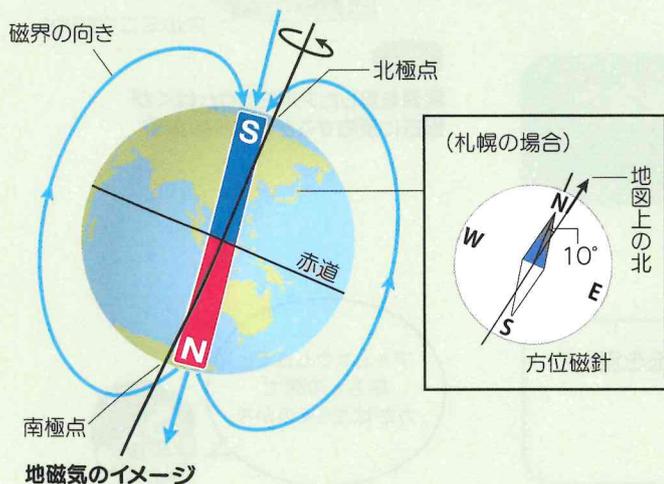


【なるほどね!】

本当の北はどこ?

地球は、北にS極、南にN極がある、大きな磁石のように考えることができます。方位磁針のN極は、地球を磁石と考えたときのS極の方向を示しています。しかし、方位磁針が示す北と地図上の北(北極点)や南(南極点)はいつちしていません。地球の磁界のことを地磁気といいます。方位磁針が示す北はゆっくり変化しています。

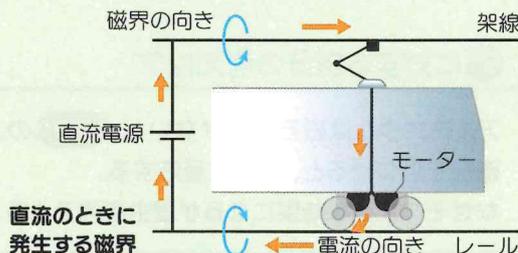
北極点の方向は、方位磁針が示す北より、札幌では東に約10°、那覇では東に約5°と、場所によりずれています。



茨城県石岡市には地磁気観測所があり、地球の磁界の向きや大きさを測定しています。地磁気を正確に測定するために、観測所の近くの鉄道では、直流ではなく交流
→ P.281 が使われています。直流では、架線やレールに一定の向きの電流が流れ、一定の向きの磁界ができます。その磁界が地磁気の測定に影響するためです。



地磁気観測所周辺の路線



2 電流が磁界から受ける力

問題発見

レッツ スタート!

図1のように、モーターにはコイルと磁石が使われている。磁石やクリップなど、身のまわりにある物を使ってクリップモーターをつくり、コイルがなぜ動くのか考えてみよう。



スタート動画

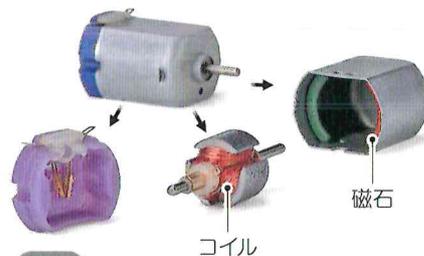
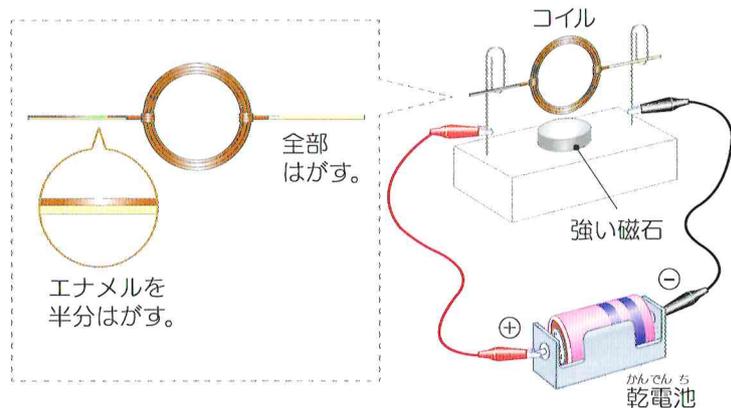


図1 モーターを分解したようす

5



図2 スピーカーのしくみ

いっばんてきにモーターやスピーカーには、コイルと磁石が使われている(図1、図2)。モーターが回転したり、スピーカーの振動板が振動したりするのは、どのようなしくみののだろうか。

コイルに電流を流すと、磁界ができることは学習した。ここでは、コイルを流れる電流と、磁石の磁界によって、コイルにどのようなことが起こるか調べよう。

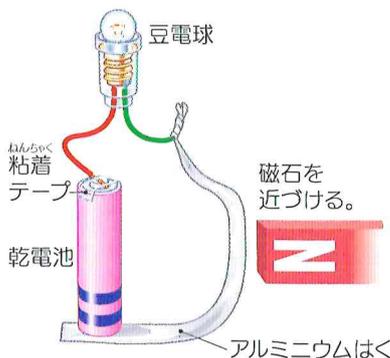


図3 電流を流したアルミニウムはくが磁石に反応するかを調べる実験

10

?

磁界の中に入れたコイルに電流を流すと、コイルはどうなるだろうか。

仮説

?に対する自分の考えは?

アルミニウムは磁石につかないが、図3のように電流を流して磁石を近づけると、磁石に反応する。なぜそのような結果になるか理由を考えよう。



15

実験 7



実験手順

磁界の中で電流を流したコイルのようす

実験の目的 U字形磁石の磁界の中に入れたコイルに電流を流し、コイルがどのように力を受けるかを調べる。

実験の方法

- 準備する物
- コイル(実験6で使った物)
 - 電熱線または抵抗器ていごうき
 - 電源装置
 - 電流計
 - U字形磁石
 - クリップつき導線
 - 割りばし
 - 自在ばさみ
 - スタンド
 - スイッチ
 - 粘着テープ

注意

- コイルや電熱線が発熱するので、観察するときだけ電流を流す。

ステップ 1

コイルが動くかどうかを調べる

- 1 コイルの一部が、U字形磁石の磁界の中に入るようにつるし、回路をつかって電流を流す。

ステップ 2

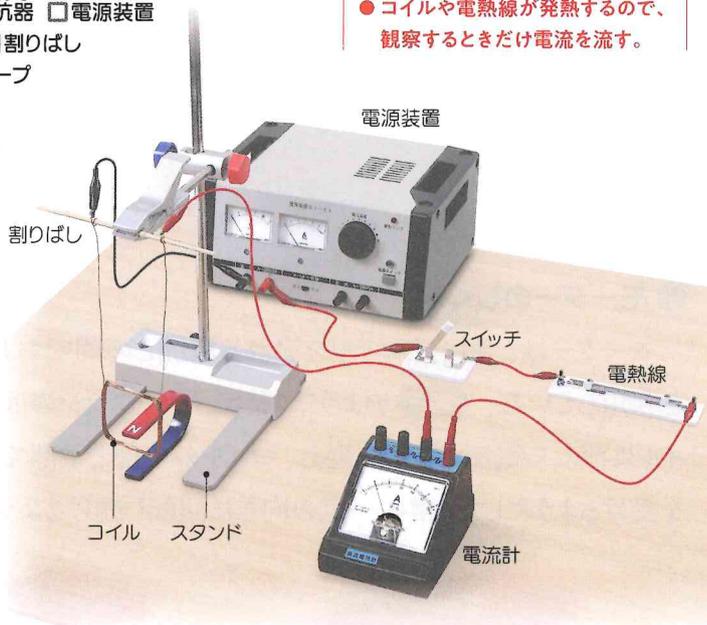
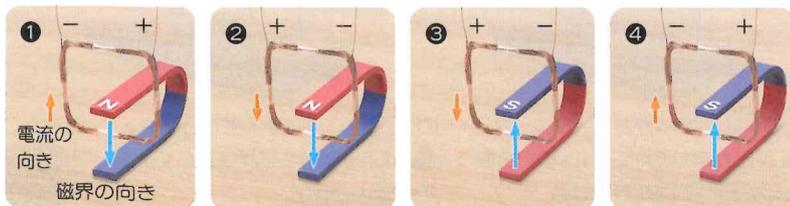
コイルに流れる電流の大きさを変える

- 2 1の回路で、コイルに流れる電流を大きくする。

ステップ 3

電流の向きや磁石の磁界の向きを変える

- 3 磁石の磁界の向きや電流の向きを変えて、コイルが受ける力の向きを調べ、図①～④に記入する。



別法

手回し発電機を電源として用いる

- 1の回路の電源装置のかわりにつなぐ。手回し発電機を回す速さを変える。また、逆に回す。



結果の見方

- 電流の大きさを変えると、コイルが受ける力はどうなったか。
- 電流の向きや磁石の磁界の向きを変えると、コイルが受ける力の向きはどうなったか。

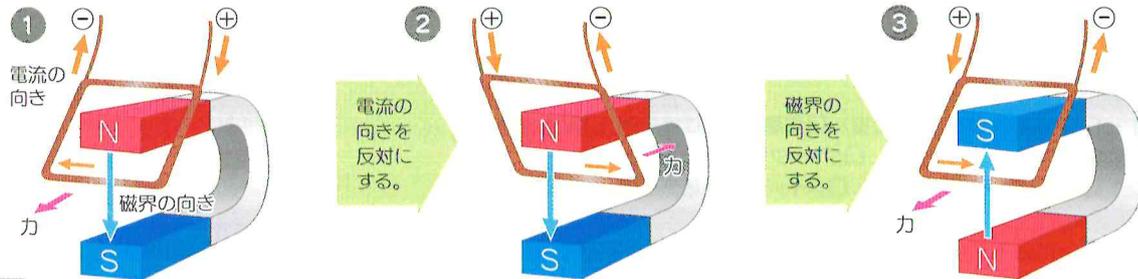
考察のポイント

- コイルが受ける力の大きさや向きには、どのようなことが関係しているか。

実験から

磁界の中でコイルに電流が流れると、コイルは動いた。電流を大きくすると、コイルの動きも大きくなったことから、強い力を受けたことがわかる★¹。また、受ける力の向きは、電流の向きと磁界の向きによって決まる。

★¹ 1本の導線に電流を流しても、コイルと同じように力を受ける。



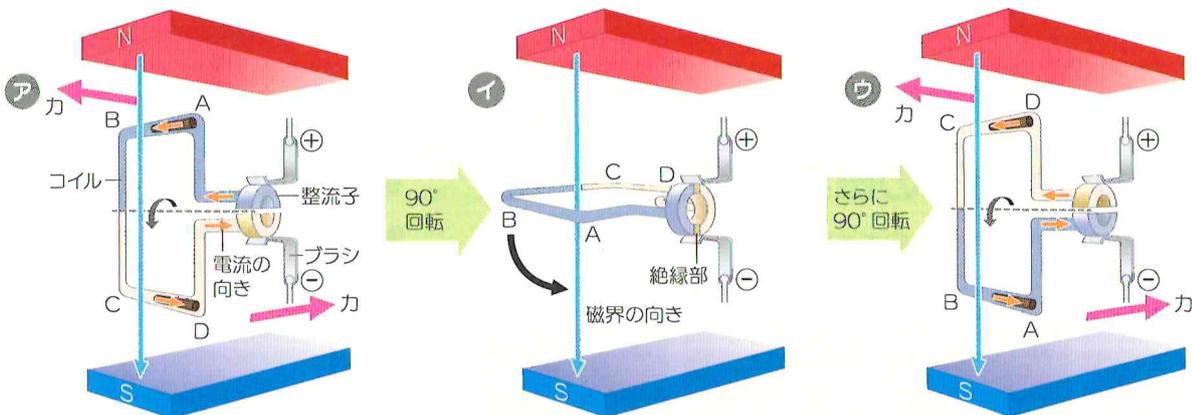
資料動画

図1
実験7の結果例

● モーターのしくみ

モーターは、磁石とコイルを流れる電流との間でおよぼし合う力を利用している。図2のように、整流子★²とブラシのはたらきで、コイルに流れる電流の向きを変え、コイルの上部と下部で逆向きの力を受けるようにして、常に一定の向きに回転し続けるようにしている。

★² 整流子は、コイルを流れる電流が、常に回転し続ける向きに磁界から力を受けるように、ブラシと組み合わせて電流の向きを切りかえる役目をしている。



コイルの上部と下部で受ける力の向きが反対のため、コイルは回転を始める。

整流子の絶縁部とブラシがふれていて、コイルには電流が流れないので、力ははたらかず、アのときの勢いで回転を続ける。

CDが上部、ABが下部にきても、アと同じ向きに力がはたらくよう電流が流れる。



シミュレーション

図2
モーターが動く原理

272ページの？に対する自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード → 電流、磁界、コイル)

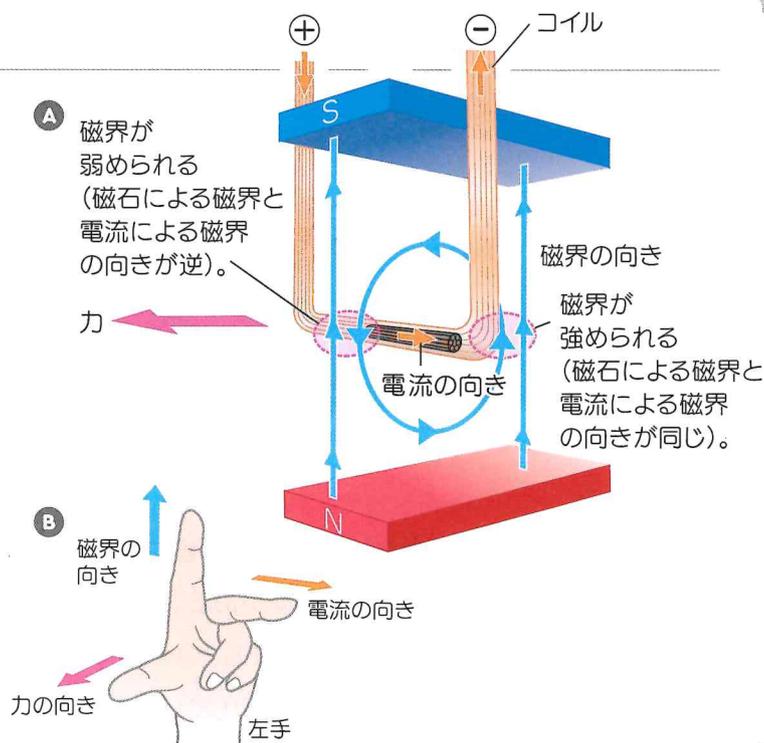
272ページの「レッツ スタート!」でつくったクリップモーターの回転するしくみを考えよう。

電流が磁界から受ける力の向き

図Aのように、電流による磁界の向きと磁石による磁界の向きが同じところは磁界が強くなり、逆向きのところは弱くなる。このとき、磁界の強い方(右側)から弱い方(左側)に、電流は力を受けている。

コイルを流れる電流が、磁石の磁界から受ける力の向きを知るには、次のような考え方がある。

図Bのように、左手の親指、人差し指、中指を、おたがいが直角になるように広げ、人差し指を磁界の向き、中指を電流の向きとすると、親指が力の向きになる。これをフレミングの左手の法則という。



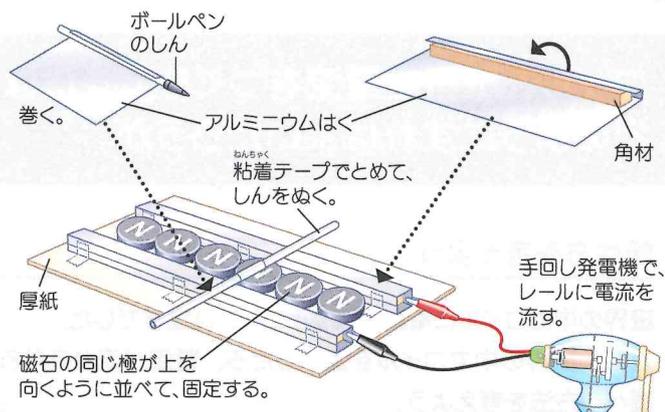
おてがる科学

リニアモーターをつくってみよう

- ① 厚紙の上に両面テープを貼り、図のように磁石を固定する。
 - ② アルミニウムはくを巻いたレールをつくる。
 - ③ アルミニウムはくを巻いたパイプをつくる。
 - ④ アルミニウムはくのパイプとレールを配置し、手回し発電機を回してレールに電流を流す。
- ⑤ 手回し発電機を回す向きを逆にするとどうなるか。

パイプ

レール



3 発電のしくみ



図1

発電所の発電機

図1の発電機は、回転軸^{じく}をまわして発電している。この回転軸のまわりには非常にたくさんのコイルがある。また、図2のような発電式の懐中電灯では、ふって発電するとき、中の磁石が動き、コイルと磁石が近づいたり、遠ざかったりしている。

このように、発電機は物体を動かすことで電気エネルギーを得る^{★1}装置といえる。では、コイルと磁石をどのように使えば、電流をつくり出すことができるのだろうか。ここでは、発電機で電流をつくり出すしくみ^{★2}について調べよう。

発電機とモーターは何かちがうのかな。

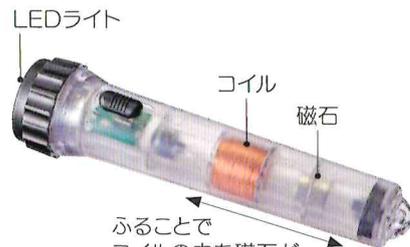
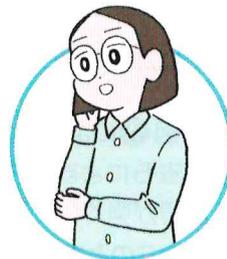


図2
発電式の懐中電灯

★1 これまでに学んだこと

電気の利用 →小6

- 手回し発電機でモーターを回すと、電気をつくることができる。

★2 技術・家庭で学ぶこと

電気をつくるしくみ
→中学 技術



コイルと磁石で電流をつくり出すにはどのようにすればよいだろうか。

構想

調べ方を考えよう

磁界の中でコイルに電流を流すとコイルは動きだした。逆に、磁界の中でコイルを動かしたら、電流が流れるだろうか。調べる方法を考えよう。

理科の見方・考え方



コイルや磁石の動かし方と、電流の流れ方の関係に着目しよう。

実験 8

コイルと磁石による電流の発生



実験手順

実験の目的 コイルと磁石を近づけたり、遠ざけたりして、どのような向きや大きさの電流が、どのようなときに発生するか調べる。

実験の方法

準備する物 □コイル(2)・・・1つは巻数2倍のもの
□クリップつき導線 □棒磁石(2種類) □検流計

棒磁石
コイルをつきぬけないように動かす。

コイル

ステップ 1

棒磁石を動かす

1 右図のような回路をつくり、棒磁石をコイルに近づけたり遠ざけたりする。

ステップ 2

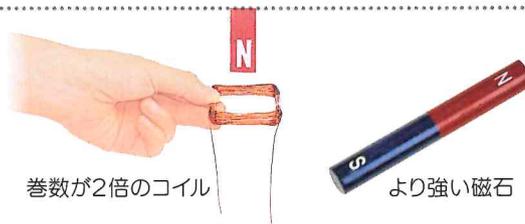
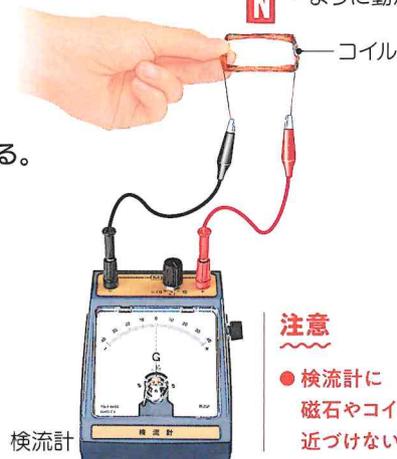
磁石を動かす速さや磁石の極を変える

- 2 棒磁石を動かす速さを変える。
- 3 棒磁石の極を逆にして、1、2の操作を行う。

ステップ 3

巻数の多いコイルや強力な磁石にする

4 コイルの巻数を2倍に変えたり、より強い磁石に変えたりして、1～3の操作を行う。



結果の見方

- 電流が大きくなるのはどのようなときだったか。
- 電流の流れる向きには、規則性があっただろうか。

考察のポイント

- 磁石の動かし方と電流の流れ方の間には、どのような関係があるか。
- コイルの巻数や磁石の強さと電流の流れ方の間には、どのような関係があるか。

基礎操作

検流計の使い方



操作説明

わずかな電流しか流れない場合、検流計を使う。検流計は真ん中に原点0があり、+端子から電流が流れこむと右側に、-端子から電流が流れこむと左側に針がふれる。

注意

- 非常に敏感な計器なので、磁石やコイルを近づけない。
- 運ぶときや保管するときは、両方の端子を導線や金属板でつないでおく。



実験から

コイルに磁石を近づけたり遠ざけたりしているときに、電流が流れた。図1のように、コイルに磁石を近づけるときの電流の向きは、遠ざけるときの電流の向きは逆になった。コイルを動かすときも同様であった。また、磁石の極を変えても、流れる電流の向きは逆になった。巻数の多いコイルや強い磁石を使うと、流れる電流は大きくなった。

● 電磁誘導

磁石やコイルを動かすことで、コイルの内部の磁界が変化すると、その変化にともない電圧が生じて、コイルに電流が流れる。この現象を電磁誘導といい、このときに流れる電流を誘導電流という。誘導電流はコイルの巻数が多いほど、また磁界の変化が大きいほど大きくなる。電磁誘導を利用して電流をつくり出しているものが、発電機である。

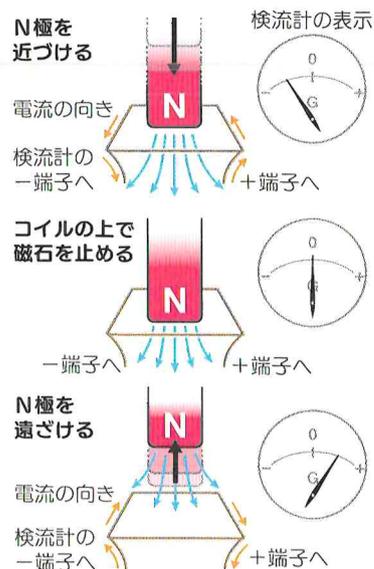
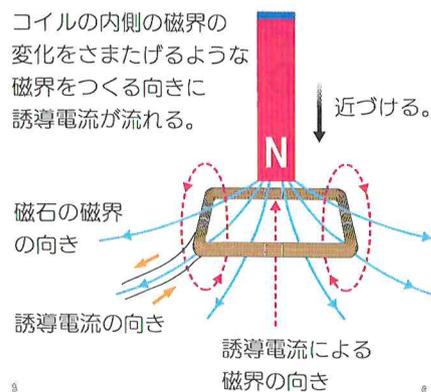


図1

実験8の結果例

発展 | 高校

コイルに流れる誘導電流の向き

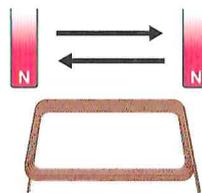


276ページの？に対する自分の考えをまとめよう。
(使用するキーワード → 磁界、変化)

活用

学びをいかして考えよう

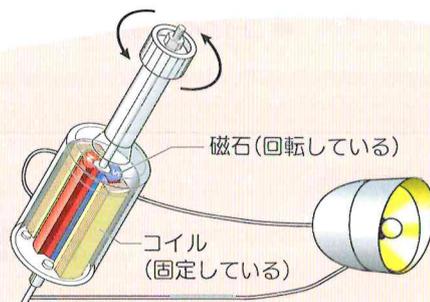
コイルの上で磁石を右の図のように動かしたとき、コイルには電流が流れるだろうか。その理由も考えよう。



【まちなか科学】

自転車の発電機

自転車のライトの発電機には、コイルと磁石が入っています。タイヤの回転が伝わり磁石が回転することで、コイルと磁石が近づいたり遠ざかったりして誘導電流が発生します。コイルと磁石が近づくとときと遠ざかるときでは、



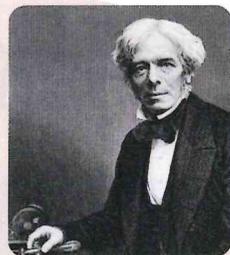
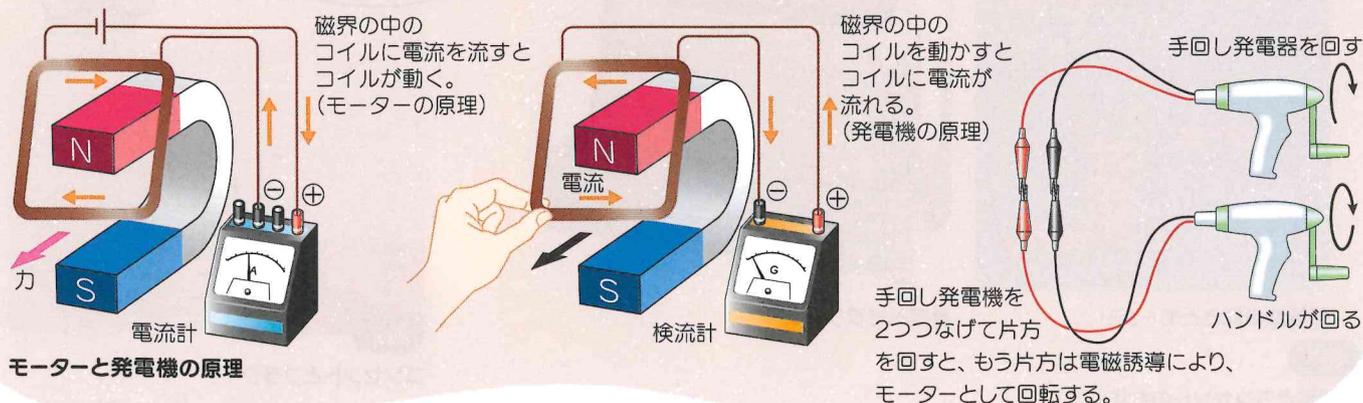
誘導電流の向きは逆になり、向きが変わるときに電流が流れなくなります。それは、タイヤの回転をおそくするとライトが点滅することからわかります。 #自転車 #こいで発電



【歴史にアクセス】

モーターと発電機の原理

ファラデーは、電流が磁界をうみ出すことができるなら、逆に磁界から電流を発生させることができないだろうか



マイケル・ファラデー
(イギリス、
1791年～1867年)

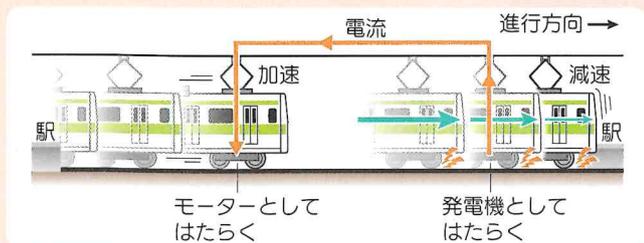


【まちなか科学】

こんなところにも電磁誘導が!

電車のモーターと発電ブレーキ

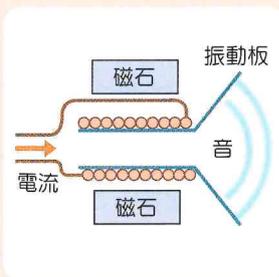
電車は架線とパンタグラフでつながった回路に流れる電流をモーターに流して加速しています。逆に、モーターを発電機として作動させると、減速することができます。減速時に発電した電流は、かつては車内の抵抗器に流して熱に変えていましたが、現在では、ほかの電車の走行や照明などに利用するのがいっぱいになってきました。



電車のモーターとブレーキのしくみ

スピーカーとマイクロフォン

スピーカーは、コイルを流れる電流と、磁石の磁界により、振動板が振動することを利用して音を出しています。逆に、マイクロフォンは、音によって振動板が振動して誘導電流が生じることを利用しています。



スピーカーのしくみ

自動改札機

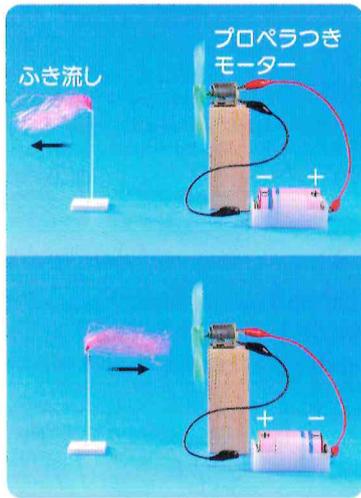
電車やバスに乗るときに使うICカードには、コイル型のアンテナが内蔵されています。読みとり機による磁界の変化をICカードのアンテナがとらえると、誘導電流が流れてICチップが起動し、データをやりとります。



自動改札機のしくみ

#電磁誘導 #誘導電流

4 直流と交流



乾電池の向きとモーター



黒板ふきクリーナー



図2

コンセントとプラグ

コンセントやプラグに+極、-極の表示はないが、コンセントは左側の方があなが長い。

図1

乾電池とコンセントのちがい

問題発見

レッツ スタート!

図1のモーターの回転のようすから、それぞれのモーターに流れる電流のちがいについて考えてみよう。

かんてん ち プラス マイナス

乾電池の+極と-極を逆につなぐと、逆向きに電流が流れ、モーターは逆に回転する。一方、図2のように、コンセントには+極と-極の表示はなく、せん風機などのプラグを逆にして差しても、逆に回転することはない。+極と-極が決まっている乾電池からの電流と、コンセントからの電流は、別の性質の電流と考えられる。

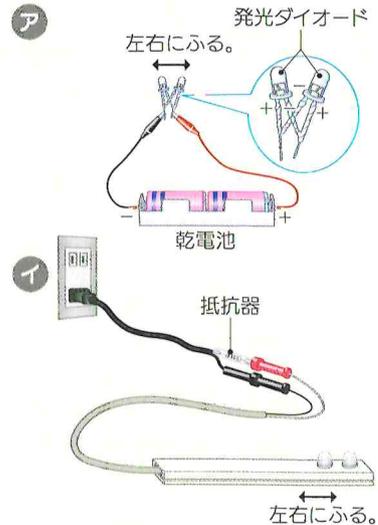
?

乾電池からの電流とコンセントからの電流は、どのようにちがうのだろうか。

仮説

？に対する自分の考えは？

色の異なる2個の発光ダイオード★1を図3のようにして、乾電池につないだときと、抵抗器(15 kΩ程度)をつないだうえでコンセントにつないだときとを比べると、どうなるだろうか。



注意

● 自作する場合は必ず抵抗器を入れ、電源装置で行う。

図3

発光ダイオードにより電流の向きを調べる実験

★1 発光ダイオードは、あしの長い方を電源の+極、短い方を一極につなぐと点灯し、逆につなぐと電流が流れず点灯しない。

● 直流

● 図3 アの乾電池につないだ発光ダイオードを左右にふると、片方だけが点灯し続ける(● 図4 ア)。このことから、乾電池による電流は、+極から回路を回って-極に流れ、電流の向きは変わらないことがわかる。このように、一定の向きに流れる電流を**直流**という。

● 交流

● 図3 イのコンセントにつないだ2つの発光ダイオードを左右にふると、両方が交互に点滅する(● 図4 イ)ことがわかる。このことから、コンセントに流れる電流は、流れる向きが交互に入れかわっていることがわかる。このように、電流の向きが周期的に変化する電流を**交流**という。

● 電圧の時間変化をオシロスコープで見ると、直流が一定であるのに対し、交流は波のような形になり、向きが変化するとき電圧が0となる瞬間がある(● 図5)。この波形の1秒あたりの波のくり返しの数を**周波数**といい、単位は**ヘルツ**(記号Hz)が使われる。



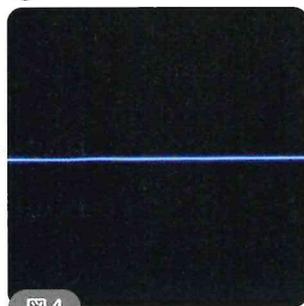
【まちなか科学】

国内に50 Hz地域と60 Hz地域があるのはなぜ?

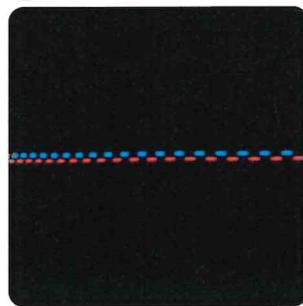
日本の電源の周波数には、50 Hzと60 Hzの地域があります。そのちがいは、明治時代に東日本ではドイツから50 Hzの発電機、西日本では60 Hzの発電機をアメリカから導入したことによります。

50 Hz、60 Hzの境目には、右図のように周波数変換所がありますが、変換できる電力量は限られています。災

ア 直流の場合



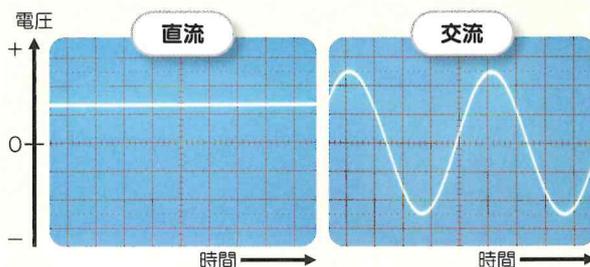
イ 交流の場合



● 図4

直流と交流のちがいを

交流の場合、● イのようにコンセントによる電流は向きが変わるので、2個の発光ダイオードが交互に点灯している。



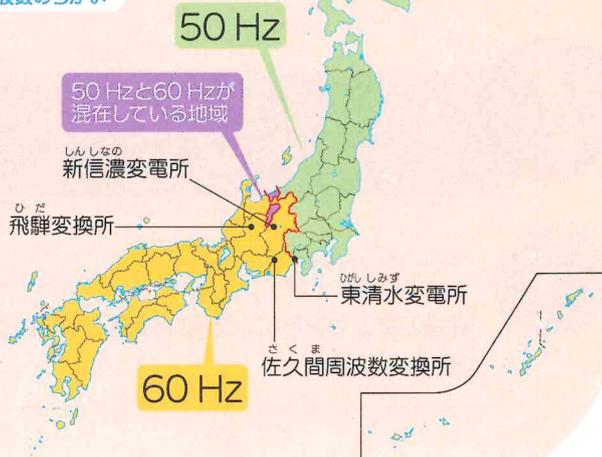
● 図5

直流と交流をオシロスコープで見たときのようす

オシロスコープは電圧の時間変化を示す器具である。

害時などに、周波数の異なる地域へ大量に送電する必要があるときの対応について課題があります。

#周波数のちがいを



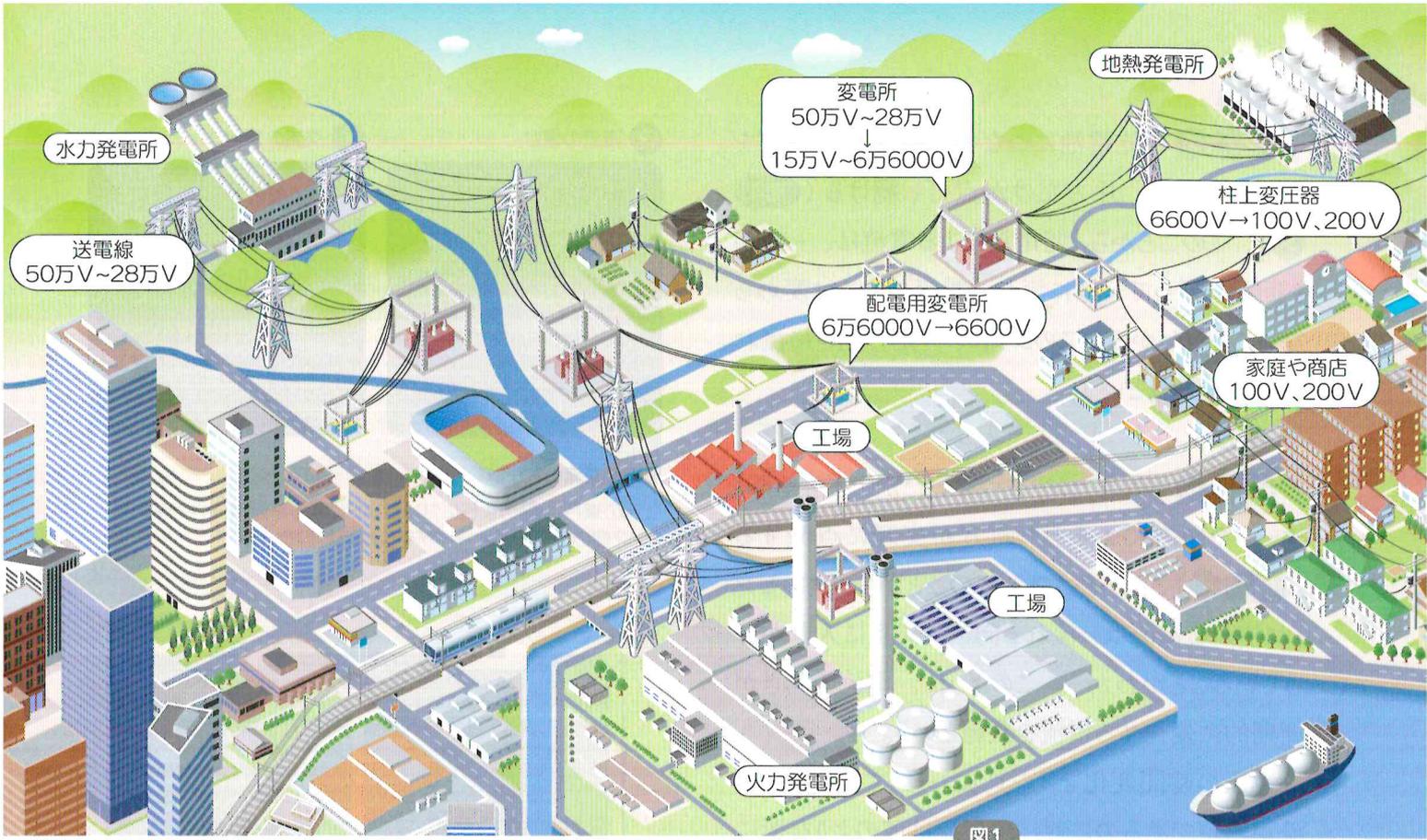


図1

発電所からの送電例

電力の損失の割合が小さくなるように、電圧が大きいままで送電し、数か所の変電所で段階的に電圧を小さくしている。

交流の送電

発電所から消費者側(事業所・家庭など)に電気が送られるとき、送電線の抵抗^{ていこう}によって熱が発生し、電気エネルギーの一部が失われてしまう。そこで、発電所からは、エネルギーの損失を小さくできるよう、電圧を大きく(電流を小さく)して電気を送り出している。家庭のコンセントの交流は、送電中^{★1}に変圧器によって電圧を下げ、100Vまたは200Vの電圧に変えたものである(図1)。また、送電線は抵抗を小さくするくふうをし、熱の発生を小さくしている^{★2}。

★1 技術・家庭で学ぶこと

電気を供給するしくみ
→ 中学 技術



他教科の内容

● 発電所でつくられた交流の電気を配電用変電所まで送ることを送電、配電用変電所から家庭や工場などに送ることを配電という。

★2 アルミニウムは同じ太さ、長さのときの抵抗が銅よりも大きい → P.258 が、アルミニウムで送電線をつくると、銅に比べて密度が小さく、同じ質量でも太くすることができるので、抵抗が小さくなる。



280ページの ? に対する自分の考えをまとめよう。

(使用するキーワード → 電流、向き)

活用

学びをいかして考えよう

家庭のコンセントに、交流が送電されている理由を調べてまとめてみよう。



【まちなか科学】

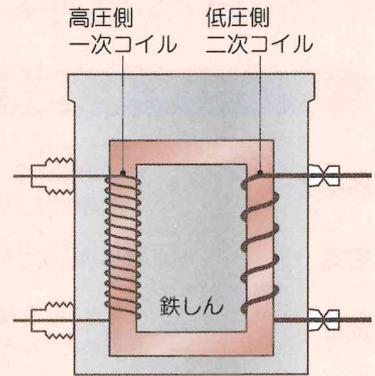
柱上変圧器のしくみ

右図のような、電柱の上にある箱のような物を見たことがありますか。これが変圧器です。変圧器は鉄しんと巻数の異なる2個のコイルからできていて、巻数の多い一次コイルに大きい電圧の電流を流すと、巻数の少ない二次コイルには、それよりも電圧の小さい誘導電流が流れます。こうして、変圧器で電圧を変えることができます。

#電柱の上の箱の正体 #変圧器のしくみ



変圧器



変圧器のしくみ

章末

学んだことをチェックしよう



章末問題

1 電流がつくる磁界 →P.268、271

- 磁針のN極が指す向きを()の向きという。
- 直線状の導線に電流を流すと、導線のまわりには、同心円状の()ができる。

2 電流が磁界から受ける力 →P.274

- 磁界の中にある導線に電流が流れている場合、電流を大きくすると、導線が受ける力はどうなるか。
- 磁界の中にある導線に電流が流れている場合、電流の向きを逆向きにすると、導線が受ける力はどうなるか。

3 発電のしくみ →P.278

- コイルに磁石を近づけるとときと遠ざけるとときで、流れる電流の向きはどうか。
- コイルに近づけたり遠ざけたりする磁石の極を変えると、流れる電流の向きはどうか。

4 直流と交流 →P.281、282

- 周期的に電流の向きが変化している電流を()という。
- 交流には変圧器によって()を変えられる利点がある。

学びを生活や社会に広げよう

電流によって磁界ができること、磁界の変化によって電流が流れることは、それぞれ私たちの生活にどのように役立っているだろうか。

自分の考えをノートに書こう



学習前と比べて自分の考えがどう変わったかな。

Before & After
学習後も書こう

電気はどのように
つくられるだろうか。