

身近な電気学入門

—電池から家庭の電気まで—

西村寿雄

身近な電気

【質問1】

私たちは、生活を豊かに楽しくするために、電気をいろんなところで使っています。

私たちは主に次の電気を使っています。それぞれ、どんなものに使っているでしょうか。思い浮かぶものを書いてみましょう。

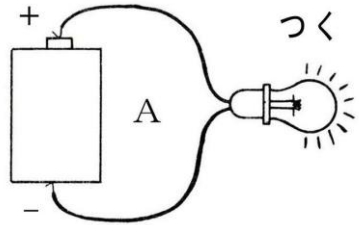
(電池)

(コンセントから取り出す電気)

電池で使う電気

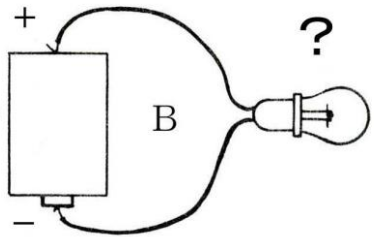
わたしたちの身の回りにある電気で、生活に利用している電気には、電池で使う電気とコンセントから取り出す電気があります。まず、電池で使う電気について次の問題をやってみましょう。

まず、電池に豆電球を図のようにつなぐと豆電球はつきます。(A図)



【質問2】

それでは、電池のプラス、マイナスを入れ替えて豆電球につなぐと、豆電球はつくでしょうか。(B図)



よそう

- ア. つく
- イ. つかない

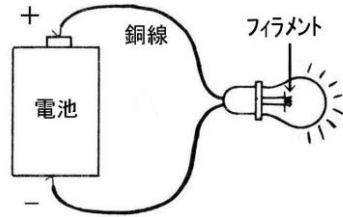
やってみましょう。

豆電球と発光ダイオード

【質問2】の図でも電球はつきます。

豆電球の場合は、電池のプラス、マイナスが反対になっても、同じように電気が流れます。

豆電球に電池をつなぐと、電気の力がプラス側から銅線を通して豆電球に、そしてまた銅線を通して電池に伝わります。



銅線にも豆電球にも同じように電気が流れているのに、どうして豆電球だけ光が出るのでしょうか。

銅線に比べてフィラメントは、電気がずっと通りにくく作られています。電気は、銅線ではスムーズに流れますが豆電球のフィラメントでは急に流れにくくなり、ここで熱と光を出すのです。

こんどは、豆電球にかわって、発光ダイオードを使ってみましょう。

発光ダイオードを見たことがありますか。最近では、電球にかわって信号機や街のかざり（イルミネーション）などでよく使われています。エルイーディーLEDとも言います。

発光ダイオードを一つ、手にとって見てみましょう。発光ダイオードには少し長い線と短い線が出ています。長い線と短い線となにが違うのでしょうか。



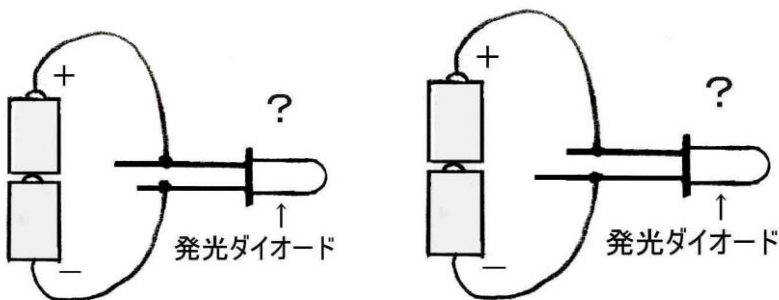
発光
ダイオード

まずは、つぎの問題に予想を立ててみましょう。

【問題1】

下の図のように電池と発光ダイオードをつなぐと、発光ダイオードはつくでしょうか。

A図の場合は、発光ダイオードの長い方に電池のプラスがつながっています。B図の場合は、発光ダイオードの短い方に電池のプラスがつながっています。



A

B

予想

- ア. 発光ダイオードはどちらもつく
- イ. 発光ダイオードは「A」の時だけつく。
- ウ. 発光ダイオードは「B」の時だけつく

どうでしょう。

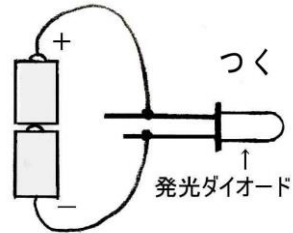
発光ダイオードは一方通行

前ページの実験結果は「イ」でした。

電池の回路では、発光ダイオードの長い線を電池のプラス側に、短い線を電池のマイナス側につけた時（A）だけ、発光ダイオードはつきます。発光ダイオードの線を反対につなぐとつきません。

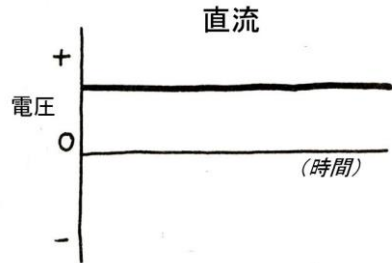
発光ダイオードは、その長い線から短い線に向かって、一方向だけに電気が流れるように作ってあります。

電池の回路では、プラス側からマイナス側に電気が流れるので、図の場合、発光ダイオードはずっとついています。



発光ダイオードに電気が流れている様子を、時間とともにグラフに表すと右図のようになります。

電池のプラス側からいつまでも電気を送っているというグラフです。



このような電気を〈^{ちよくりゆう}直流〉と呼んでいます。

発光ダイオード (LED) (Light Emitting Diode)

発光ダイオードというのは、〈少しの電気でも明るく光るランプ〉として作られた部品です。電気の量は、豆電球の1/10ぐらいで明るくつきます。信号機や街の飾りなどはほとんど発光ダイオードに変わっています。

発光ダイオードのことをLEDとも言います。最近では、100ボルトの家庭の電気も使えるように工夫されたLED電球も出ています。

家庭の電気と発光ダイオード

今度は、家庭にあるコンセントの電気に、発光ダイオードをつなぎます。

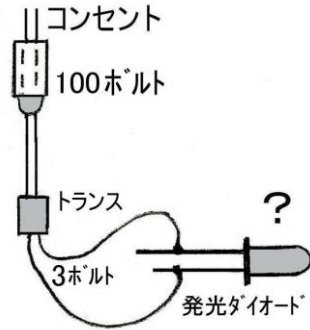
家庭には 100 ボルトの電気があるので、3ボルトぐらいの電気に下げる機器（トランス）を間に入れて使います。

【問題2】

① 3ボルトの家庭の電気に右図のように発光ダイオードをつなぐと発光ダイオードはつくでしょうか。

予想

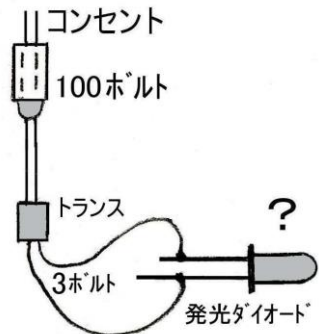
- ア. 発光ダイオードはつく
- イ. 発光ダイオードはつかない。



② それでは、発光ダイオードの向きを変えて、右図のようにつなぐと発光ダイオードはつくでしょうか。

予想

- ア. 発光ダイオードはつく
- イ. 発光ダイオードはつかない。



どうでしょう。やってみましょう。

家庭の電気

家庭の電気（3 ボルト）に発光ダイオードをつなぐと、上下とも発光ダイオードはつきます。発光ダイオードの長い線と短い線を入れ替えてつないでも、発光ダイオードはつきます。

家庭の電気は、電池のようにプラス、マイナスがきまっていないのです。

【問題3】

ここに、二つの発光ダイオードを図のようにつないで、家庭の電気からとった3ボルトでつけることにします。

発光ダイオード（A）は電気の流れが
左から右に、

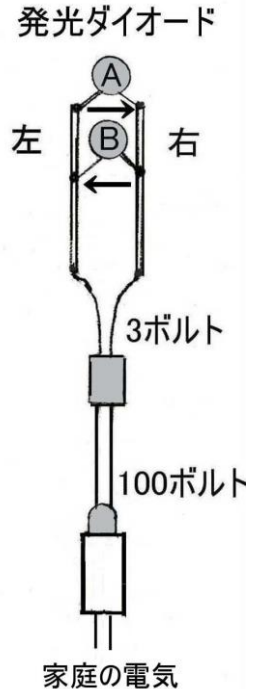
発光ダイオード（B）は電気の流れが
右から左に

流れるようにつけてあります。

こうして、家庭の電気（3 ボルト）につなぐと、二つの発光ダイオードはどのようにつくでしょうか。

- 予想 発光ダイオードは
- (ア) 二つともつく
 - (イ) 一つだけつく
 - (ウ) どちらもつかない

実験



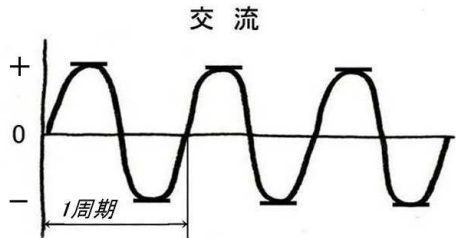
交流の話

問題4の装置に家庭の電気をつないで、上下の発光ダイオードがついたままこの装置を横に振ってみます。すると発光ダイオードの光は下の図のように2列で、断続的な線が見えます。

しかも、右図のように互い違いに光る場所がずれて見えます。これは、上下の発光ダイオードは互い違いにずれながら光っていることになります。これは、向きを変えた電気が互い違いに流れているからです。

予想の答えは「ウ. 断続的に見える」でいいでしょう。本当は互い違いに断続的に光って見えていることになります。

このようすをくわしく見える機械で見ると、右のグラフのように見えます。



家庭の電気は 0 ボルトを中心に交互に向きを変えて電気エネルギーを伝えています。こういう電気を交流^{こうりゅう}電気と呼んでいます。交流電気は、プラス→マイナス→プラス→マイナスというふうに、プラス、マイナスをくり返してエネルギーを送っています。

このくり返している回数を測るテスターで交流電気を測ってみると、関西以西では1秒間に60回、関東以北では50回になります。

蛍光灯の下で手をかざしてふってみましょう。手がふれて見えます。蛍光灯が点滅をくり返しているからです。これも家庭の電気が交流であることの証です。



高田陽著『電気電子のことがわかる事典』

電流と磁石

1799年、ボルタは亜鉛版と銅板で電気が起きることを発明しました。電池の発明です。その後乾電池も発明され、電気の研究が進んでいきました。

1820年、デンマークのエルステッドは、ボルタの電池を使って学生の前で実験していました。すると、不思議なことが起きていることに学生が気付きました。

「先生、そばにある磁石の針がふれています」

「なにになに？」

「ほんとだ。これはどうしたことだろう」

このようなことからエル

ステッド（と学生）は、電気を流すとその周りに磁気が発生することを発見しました。

それを知ったイギリスのファラデーは1831年

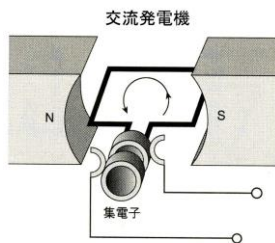
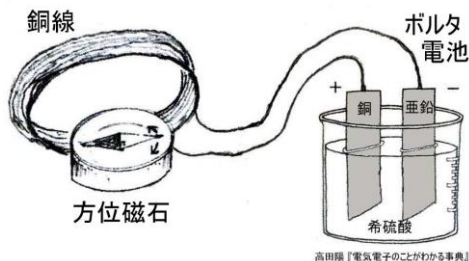
「電気が流れると磁気生まれるのなら、磁気から電気が生まれてもよいではないか」

と気づきました。そして、磁気から電気を起こすことが研究されました。交流発電機の誕生です。

電気を工場や生活に利用するには、多量の電気を作る必要があります。そこで発電機がどんどん作られました。

永久磁石の中で右図のように回転させれば交流電気が得られます。直流発電機も発電機の少しの工夫によって作れるようになりました。

ゼネコンを回してみましょ。ゼネコンの中がどのようになっているか、できればのぞいてみましょ。



交流と直流の競い合い

家庭や工場で使う電気は交流電気が使われています。それでは、なぜ、交流電気が広く使われるようになったのでしょうか。

電気が最初に人々の役に立ったのは、夜でも明るく照らす電灯です。特にアメリカのエジソン（1828～1914）が発明した白熱電灯は、明るくて長時間（40 時間）使えるようになり、実用品として使われるようになりました。

そうになると、エジソンは、発電機を作ってより遠くの人にも電気を送ろうと考えました。エジソンは、電球のソケットや安全のためのヒューズ、電力計なども作って、いよいよ電気事業を始めました。このとき、エジソンが使った電気は、110 ボルトの直流電気でした。

ところが、しばらくするととても困った問題にいきあたりました。電気を送る距離が長くなるにつれ、電気の損失が多くなり電圧が下がってしまうことです。

このことを知ったアメリカのウェスティングハウス（1864～1914）は、

「高い電圧にして送電すると電気の損失が少なくてすむ」

「交流電気なら電圧を自由に上げ下げできるので便利だ」といって、交流の電気を広げようとなりました。

すると、エジソンは

「高い電圧にして送電すると、感電事故が起きて危険だ」と、猛反対して、ウェスティングハウスと対抗しました。こうして、アメリカではエジソンとウェスティングハウスと電力の広め方で激しい争いが始まりました。

さて、どちらに軍配が上がったのでしょうか。

交流電気でより遠方へ

電気のエネルギー（電力）は電圧×電流で表されます。電圧を高くするほど電流は少なくなり、送電線から熱となつてにげていく率が低いのです。例えば 100A の電流を流すと

$$100 \text{ ワット} = 1 \text{ ボルト} \times 100 \text{ アンペア}$$

となります。これを 1 アンペアに減らすには電圧（ボルト）を 100 ボルトにするといいわけです。

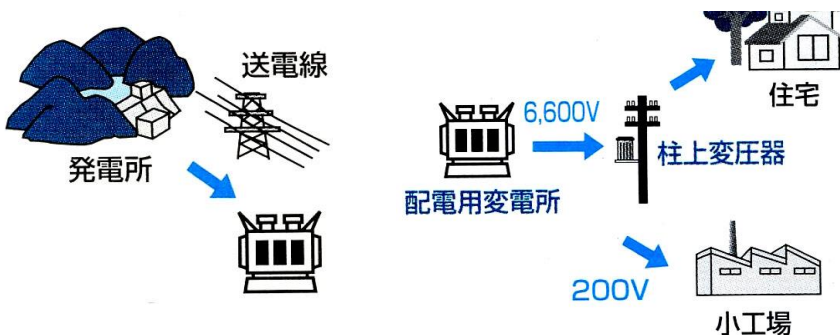
送電の時、電流が多いほど電気が熱となつてにげてしまいます。発電所から遠くへ電気を送るには、どうしても電流を減らして電圧を高くする方が得なのです。

電圧を高くしたり低くしたり自由に変えられるのは交流です。（このしくみについては後でお話します）直流では途中で電圧を高くしたり低くしたりすることができないのです。

そこで、エジソンの直流電気はだんだん使われなくなり、ウェスティングハウスの交流電気が使われるようになったのです。

日本では発電所で起きた電気は数十万ボルトの交流に変えて遠くまで送られます。

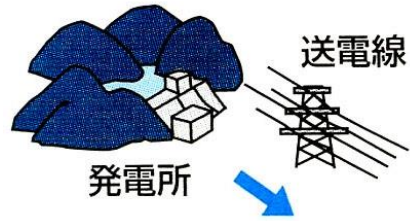
一般の工場や家庭には、変電所や電柱にあるトランスでさらに低い電気に変えて送られています。



藤瀧和弘著『電気の基本としくみ』

大発電所のデメリット

大きな発電所で作った電気は、背の高い大きな送電線を使って野を越え山を越えて遠くまで送られています。



しかし、この方式は、場合によっては困る時があります。どんな時でしょうか。

一つは、大電力にかなう発電所を作っていることです。今日のように産業や工業が大きく発達してくると電気の使用量はどんどん増えてきます。しかも、いつでも安定して電気を届けなければなりません。そのような要求に応えるためには、水力、火力だけでは足りなくなり、原子力発電にも頼らざるをえないことになってきているということです。

二つは、発電所のどこか1箇所で事故が起きると、広範囲に停電することです。そういう事故も現実起きています。

上のような反省にたって、今は、小範囲に電気を送るスマート発電も試みられています。効率の良い太陽電池などによる小さな発電所が各地で作られつつあります。そうすると、大がかりな送電設備や変電所を作らなくても、近くに電気を送ることも可能になるかも知れません。

エジソンが生きていたらどんなことを考えるでしょうか。

変圧器（トランス）の話

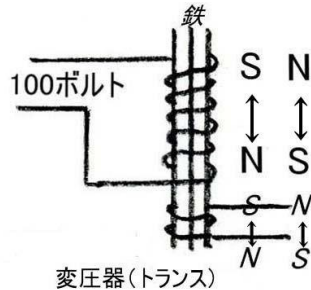
小型ラジオやカメラの電池、携帯電話機などを充電するために使う AC アダプター（^{じゅうでんき}充電器）があります。

その^{じゅうでんき}充電器は、交流 100 ボルトのコンセントにつないでいるのに、出てくる電気は 3~5 ボルトぐらいの直流なのです。

^{じゅうでんき}充電器の中はどうなっているのでしょうか。

充電器の中には、まず、100 ボルトの交流電気を数ボルトの交流電気に変える^{へんあつき}変圧器（トランス）が入っています。^{へんあつき}変圧器（トランス）ではどうして低い電気を取り出せるのでしょうか。

交流電気は、プラスとマイナスが交互に入れ替わる電気です。（10 ページ参照）変圧器の片方の線に 100 ボルトの交流をつなぐと、交流電気がプラスとマイナスと交互に入れ替るために、変圧器に N,S の磁力が交互に起きます。



変圧器（トランス）

すると、N,S の磁力に反応して、少ない巻き数の導線に S,N の磁気が起き、それによって電気が起きます。そのとき、出てくる電圧は線の巻き数によって決まってきます。

例えば、100 回の巻き数に対して5回だけ巻いたトランスに 100 ボルトを入れると、5ボルトの交流電気を取り出すことができます。

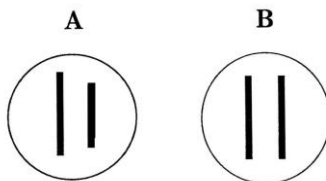
しかし、カメラや^{けいたい}携帯などに使われている電池は直流電気です。

そこで、^{じゅうでんき}充電器（アダプタへ）の中には、数ボルトに変えた交流電気を、直流電気に変える部品も同時に組み込まれています。

【問題6】

家庭（学校など）には電気の差し込み口があります。コンセントと言います。そのコンセントの差し込み口を図にしてみました。

コンセントの形はA，Bどちらだと思えますか。



予想

- ア. Aのようになっている
- イ. Bのようになっている
- エ. きまっていない

観察

実際に近くのコンセントを見てみましょう。

長さの異なるコンセント

家庭や学校などの建物に付けられているコンセントは、左右の長さがちがっています。Aが正解です。

家庭のコンセントの電気は交流電気です。交流電気というのは、電池のようにプラス、マイナスがきまっていません。ですから、電気器具のプラグをコンセントにつなぐ時は、ふつうはコンセントの左右（上，下）を気にしなくても良いのです。

では、どうしてコンセントの左右の長さを変えて区別されているのでしょうか。

家庭に来ている電気は、電池とちがってたくさんの電流が流れる可能性があります。もし、電気器具が古くなったりして漏電（ろうでん）でもしたら大変です。強い電流が電気器具の外側などに流れ、それにさわった人間が感電したりものが燃えたりします。

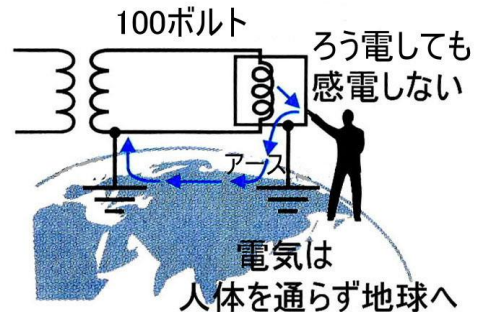
そうした事故を少なくするために、配線の片側を地球につないでいるのです。これをアース（接地）と言います。

水を使う洗濯機などは、かならずアース線をして使います。

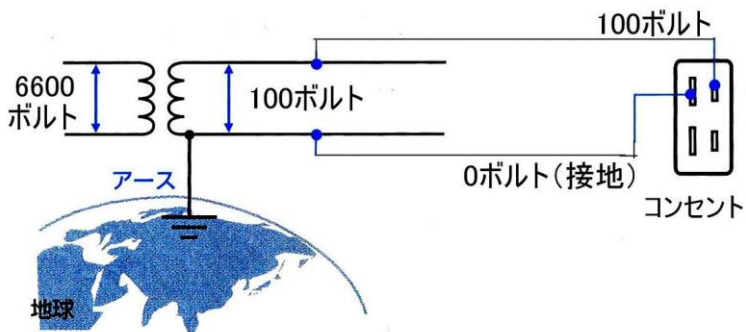
こうすることによって、もし、漏電（ろうでん）が起きてても、電気はアースを通過して地球の中に流れてしまい、人間には大きな電気は流れないようにになっています。

そこで、家庭での配線では、どちらがアース側なのかわかるようにコンセントに工夫がしてあるのです。

コンセントの差し込み口の片方を長くして、長い方をアース側にしてあります。



藤瀧和弘著『電気の基本としくみ』



そういえば、電車は上に一本の線があるだけです。電車は一本の線だけで走っているのでしょうか。いえいえ、電車もちゃんと2本の線で走っているのです。もう一本は線路を使っています。

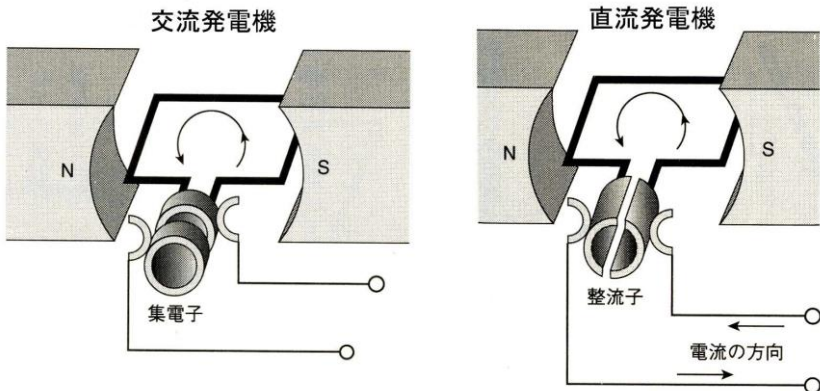
おわり

補足1 電化製品と交流, 直流

電化製品では、交流、直流をどのように使い分けているのでしょうか。
 携帯用の充電器やパソコンなどは、交流電気を直流電気に変えて使っています。

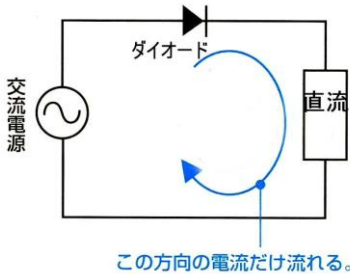
蛍光灯	交流	管内に交互に電子を出すため交流
LED 電球	直流	LED は直流
洗濯機	交流・直流	モーターは交流。マイコンは直流
掃除機	交流・直流	モーターは交流, マイコンは直流
ドライヤー	交流	発熱や送風は交流
テレビ	直流	各電子部品は直流
パソコン	直流	電子部品はすべて直流
電子レンジ	直流	マグネトロンを作動させるため高圧直流。強い電波 (2450 MHz) を発射する

補足2 交流発電機と直流発電機



回転子での電気の取り方（集電子・整流子）によって、交流発電機と直流発電機の違いが出る。

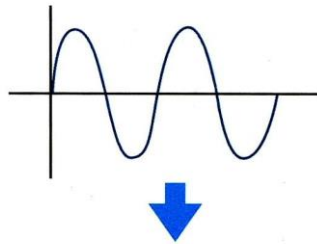
補足3 交流から直流への変換回路



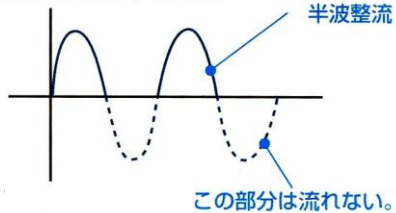
交流を直流に変える回路
(実際にはもう少し複雑な回路が使われる)
基本回路

ダイオードを使ってとりだしたプラス電気のみを、充電器にためて平坦な直流にする。

交流電源の波形



直流になる前のプラス波形



藤瀧和弘著『電気の基本としくみ』

【付録の問題】

発電所で起きた電気は、たくさんの送電線を伝わり、変電所や変電器（トランス）を通過して家庭に来ています。

では、電柱から家庭に入っている送電線は何本でしょうか。

予想

- ア. 1本
- イ. 2本
- ウ. 3本
- エ. 4本以上

予想したら、次のページを見てみましょう。

送電線の話

ふつう、電柱と電柱の間に張られている電線は3本です。また、電柱から家庭に入っている電線も3本です。各家庭で使用する電氣量が少なかった昔は2本だったのですが、現在は3本使われています。

「コンセントは2口なのに、どうして3本の線が家庭に入っているの？」

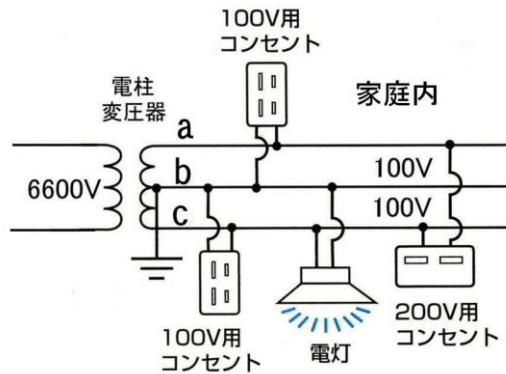
と思われるかもしれません。

最近は電氣冷蔵庫やエアコン、炊飯器など、電氣を沢山使う機器が家庭に入っています。すると、2本の電線では使用電氣量に耐えられなくて熱を出すことも考えられます。

そこで今は家庭にも、三本の線が入っています。

家庭のコンセントや電灯は、3本のうちの2本（b-a, b-c）を取り出して、100ボルトとして使っています。

エアコンなどのように200ボルトの機器を使うときはa-cを使います。



藤瀧和弘著『電氣の基本としくみ』

工場にも同じ三本線が入っています。しかし、工場ではモーターを効率よく動かせるように家庭の電氣とは違った特別な電氣を使っています。（三相交流）

参考図書

大森充香訳 『エジソンと発明』 丸善

板倉聖宣・湯沢光男・由良文隆共著

『電気となかよくなろう後編 電流を上手に使う法』 板倉研究室

高田陽著 『電気・電子のことがわかる事典』 西東社

藤瀧和弘著 『電気の基本としくみ』 秀和システム

- 下記で何度も検討していただきました。

大阪プラン研究会, 名古屋社会の科学・科学読物合同研究会

2012,12,08