

60048

教科書文庫

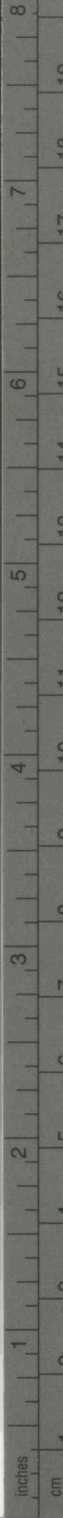
6
420
45-1949
01304 49839

Kodak Gray Scale

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



© Kodak, 2007 TM: Kodak



Kodak Color Control Patches

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black

© Kodak, 2007 TM: Kodak



教科書文庫
6
420
45-1949
0130449839

文部省検定済教科書

私たちの科学 15

電気はどのように 役立っているか

中学校 第3学年用



広島大学図書

0130449839

三省堂

中央図書館

教科書文庫

6

420

45-1949

0130449839

広島大学図書

0130449839





昭和24年10月10日 文部省検定済
中学校 理科用

私たちの科学 15
電気はどのように
役立っているか

中学校 第3学年用

三省堂編修所編
代表者 亀井寅雄

広島大学図書

0130449839



三省堂出版株式会社

編修委員長 星 合 正 治

編 修 委 員

浅 生 貞 夫	野 口 尙 一
藤 島 亥 治 郎	丘 英 通
萩 原 雄 祐	大 越 諄
畠 山 久 尙	桜 井 芳 人
加 藤 元 一	白 井 俊 明
加 藤 茂 数	須 藤 俊 男
三 野 与 吉	田 村 剛
三 輪 知 雄	谷 村 功
新 野 弘	友 野 史 生

目 次

まえがき 1

I

1 摩擦電気の実験 3

2 電気力線とはどんなものか 6

3 電気をうまく利用するまで 10

4 電流とはどんなものか 13

5 電池のいろいろ 16

6 電流と電圧と抵抗との関係 22

II

7 磁石の実験 26

8 電流で磁石がつくれる 30

9 電気で物を動かすことができる 34

III

10 磁石を使って電流をつくる 41

11 電気を多量に起すにはどうすればよいか 46

12 水力や火力による発電 50

13 電気は発電所から、工場や家庭へどのようにして送られるか 53

14 交流でまわるモーターができるだろうか 57

IV

15 電気は熱や光を出す 63

16 電流は物を分解する 71

17 ラジオはどうして伝わるか 74

18 電気の利用は今後ますます盛んにならなければならない 80

電気に関するおもな発明および発見 82

索引 1~2

ま え が き

私たちの生活に、電気はどんなに役立っているだろうか。もし、電気がないならば、私たちの生活はどんなになるだろうか。

まず、私たちの手近なところから考えてみよう。夜になると電燈をつけ、夜でも昼と同様の活動が続けられる。私たちの生活を豊かにするラジオも、電気の働きである。また、電気こんろ・電気アイロン・電気時計・扇風機・電気冷蔵庫なども家庭生活に用いられているものであって、これらも電気の働きによっている。一步足を外に踏み出すと、電気の力で走っている都内電車が見える。郊外の電車も、電気機関車も、みな電気の力によって走る。これらのものが動かなくなったら、私たちはどんなに不便を感じるだろうか。また郊外電車や汽車が安全に運転できるのは信号の力であって、その信号も電気で作っている。

有線電信電話や無線電信電話の発明によって、私たちは、家にいながら日本じゅうは言うに及ばず、世界じゅうの人々と、話をしたり、電報で直ちに通信したりすることができるのも電気の働きによる。

次に、私たちの生活に関係のあるいろいろのものは、工場で作られるのであるが、この工場の機械を動かすのにまた電気が使われている。すなわち、工作機械・製糸機械・はたおり機械・起重機など、みな電気で動いている。

また、農村でも田畑のかんがい、排水用のモーター、脱穀機、養

蚕、害虫誘殺、電気栽培などに電気が利用されている。

また、自動車が走るのはガソリンの力であるが、そのガソリンを自由に爆発させるのに電気の火花を使っている。さらにまた、船舶における電気の利用は、照明や動力用がおもであるが、電気による推進も考えられている。

電気はまた、鉱山においても、動力、坑内の電気鉄道、坑内照明などに役立っており、一般医療方面でも、X線・紫外線・熱線・太陽燈などの利用や、電気聴音器で胎児の心音・呼吸音・ラッセルなどを電流に変えて聞くこともできる。

さらに進んで電気化学の方面について見ても、電気は盛んに利用されている。電気分解によって、アルミニウムやマグネシウムを作るし、電気メッキにも電気を用いる。電気炉にも電熱器が利用されて、カーバイドの製造や、製鉄・製銅にも重要な働きをしている。

これら電気の働きを考えると、みな電気による光・熱・動力・電波・電気分解などの作用を、うまく利用したものである。

このように考えてみると、電気は実に私たちの生活や社会生活になくってはならないものであることがわかる。しかし、一般の人々には、これほど重要な電気のことが、まだまだじゅうぶん理解されていない。それは電気そのものが直接目で見ることができなくて、たゞその電気によるさまざまな現象が見られるのみであるからである。それでは、この電気とはどんなものであり、どんな性質のものか。またどうして起され、どのようにして利用されて、私たちの生活に役立っているかを考えてみよう。

I

1 摩擦電気の実験

物をこすると電気が起きるだろうか。
物をこすって起きる電気はどんな働きをするか。
電気はどんなものでも通るだろうか。

実験1 図1のように、よくかわいたガラスの棒を絹布でこすって、羽毛や紙片などの軽い小さいものに近づけて、その羽毛や紙片がどうなるかを調べよ。またエボナイト棒を毛皮でこすって、同じような実験を行ってみよ。

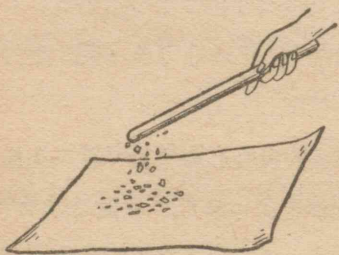


図1 摩擦電気の実験

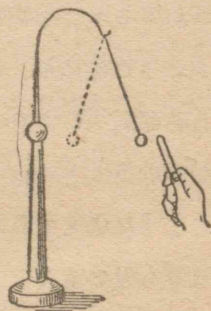


図2 ガラス棒の電気がコルクを引きつけたり、はねのけたりする。

実験2 図2のように、コルクの小片（金ばくかアルミニウムはくで包めばなおよい）を絹糸でつるし、これに絹布でこすったガラス棒を近づけると、コルクは引きつけられるかどうかを調べよ。またガラスの棒をコルクに触れてからその棒をコルクに近づけてみよ。

実験3 図3のように、二つのコルクを絹糸でつるし、絹布でこすったガラス棒を両方のコルクに触れる時、コルクは互にはねのけ合うか、それとも引き合うかを調べよ。また一方のコルクにガラス棒を、他方のコルクに絹布を触れて、コルクがどうなるかを調べよ。

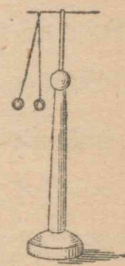


図3 二つのコルクが同種の電気をもち互にしりぞける。

なお実験2および3で、エボナイト棒を毛皮でこすって同様の実験をしてみよ。実験1は空気に湿度の少ないときでないとうまくできない。

これらの実験から次のことがわかる。

ガラス棒に起った電気と絹布に起った電気とは種類が違うことがねかり、そしてまた

同種の電気は互にはね返し、異種の電気は互に引き合うことがわかる。

このような現象を電気現象といい、物体に電気現象を表わさせる原因となるものを電気という。また摩擦によって電気が起きたといい、この電気を摩擦電気という。また物体がこのような電気現象を有している時、物体は帯電している、または電荷を有するといわれる。

実験1,2および3でガラスや毛皮に起った電気を正電気または陽電気といい、絹布やエボナイトに起った電気を負電気または陰電気という。正電気を+記号で、負電気を-記号で表わすことがある。

摩擦によって電気が起るのは、ガラスと絹布との間や、エボナイトと毛皮との間にかぎらない。たいてい二つの違う種類の物をこすると

電気が起る。物によって電気の起る程度が違っただけである。そして二つのうち一方には必ず正電気、他方には必ず負電気が現われる。

次の物のうちで、どれでも二つの物をとって互にこすると、上位のものに正電気、下位のものに負電気が生ずる。

獣皮—フランネル—ガラス—紙—絹布—手—金属—ゴム—
エボナイト

摩擦で起きた正負の電気を接触させると、両方の電気は全く消えて、物を引きつけたりはね返したりする性質は示さなくなる。それで

摩擦で起きた正負の電気の量は全く相等しいということがわかる。正負の電気が合して電気の性質を失うことを、電気が中和するという。

摩擦によって起きた電気のように、物の表面にたまっていて動かない状態にある電気を静電気という。

研究1 金属の棒(たとえば銅の棒)を手を持って、絹布でこすって実験2の実験を行ってみよ。

研究2 金属の棒にガラスの柄のついたものの、柄のところを手を持って(柄のついたものがなければ、絹布で棒を包みその上を手で持つ)同様の実験をしてみよ。

研究3 摩擦電気の実験を行う時に、絹布や毛皮や棒がよくかわいている時と、湿っている時では電気の起る程度が異なるかどうかを調べよ。

金属の棒を直接手で持って実験すると、摩擦で起きた電気は人間のからだを伝わって大地へ逃げるが、ガラスまたは絹は電気が通りにく

いからガラスの柄のあるものを用いたり、棒を絹布で包むと金属の棒に電気が残る。銅や人間のように電気を通じやすいものを電気の導体といい、ガラスや絹のように電気の通りにくいものを、電気の不導体または絶縁体という。純粹の水は不導体であるが、不純の水は導体である。それで不導体に湿気があると導体となり、研究3のことがわかる。

問1 純毛のシャツをぬぐ時にばちばちということがある。また髪をくしですく時にもばちばちということがある。これはなぜだろうか。

問2 手でうっかり電燈の電気の来ているところにさわると、びりびりっとすることがあるのはなぜだろうか。ぬれた手でさわるとどうであろうか。

問3 次のものの中で、正しいものと正しくないものとを分けなさい。

- (1) 電荷には、正と負と中性とがある。
- (2) 異なった符号の電荷は互にはね返す。
- (3) 異なった符号の電荷は互に引き合う。

2 電気力線とはどんなものか

帯電した物が離れていても互に引き合ったりはね返したりするのはなぜだろうか。電気力線とはどんなものだろうか。

物体が帯電しているかどうかを調べるにはどうしたらよいか。

実験 図4のように、絶縁した一つの導体 AB の A 端に、帯電した物すなわち帯電体(たとえば絹布でこすったガラス棒)を近づけて、導体の A および B 端に現われる電気を調べよ。

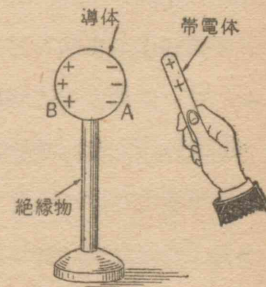


図4
静電気誘導の実験

この実験から次のことがわかる。

一つの導体に帯電体を近づけると、帯電体に近い導体の側には帯電体の電気と異なった種類の電気が現われ、遠い方の側には帯電体と同種の電気が現われる。このように帯電体を他の物に近づけると、それに電気が誘導されるのであって、この現象を静電気誘導という。

物体が帯電しているかどうかを調べたり、またその電気の種類を実験するためには、図5に示すような金ばく検電器を用いるとよい。これは2枚の金ばく(またはアルミニウムはく)が1本の金属の棒の先に並べてつけてある。

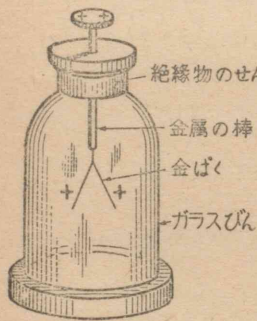


図5 帯電の有無を調べる金ばく検電器

帯電体を金ばく検電器の金属の板に触れると、電気の一部ははくに移り、はくは互にはね返すからはくが開く。この開きの大小では帯電の強さを知ることができる。またはくに正の電気を与えて開かせておき、次に帯電体を金属の板にふれる。そしてはくの開きが増せば、帯電体の電気は正であり、開きが小さくなればその電気は負である。

1の実験1や実験2で、帯電体が帯電しない紙片やコルクを引きつけるのは、帯電体を近づけると、その帯電体に近い方に帯電体と異なった電気が静電気誘導で現われて引き合うからであると考えられる。ここで考えなければならぬことは、帯電したものが離れていても互に引き合ったり、はね返したりするのはなぜだろうか。また帯電したものを帯電しないものに近づけると、触れないのにどうして電気が現われるのだろうか。

ファラデーは、この現象を掘り下げて考え、電気力線というものゝ存在を仮定したのである。これはもちろん実在のものではないが、一つの模型であって、この模型によって静電気のいろいろの現象がうまく説明される。このような模型の例としては、地図の等高線がある。この等高線は実在のものではないが、これによって地形を知ることができ、電気力線も同様に、これによって電気の力の働いている場所、その力の方向や強さを示すのである。

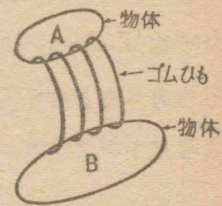


図6 電気力線の考え方

さて、ファラデーは物体における電気の存在を、図6のように、二つの物体・A・B間にゴムのひもをかけたような状態と仮定している。すなわち電気は必ず正と負とが一对となって現われるから、その間に電気力線というゴムひもがかけられて、それが引き伸ばされた時のような力が作用していると説明したのである。

この電気力線には次の性質がある。

- (1) すべての電気力線は正の電荷から出て負の電荷に終る。
- (2) 電気力線にそって引き合う力が働いているが、これはゴムひもが短くなるうとする性質に似ている。
- (3) 電気力線はおのおの互にその側方に押し合っている。
- (4) 二つの導体の間に考えられる電気力線は、おのおの導体の表面から垂直に出ている。

いま、符号の違う等しい量の電荷を持っている二つの球形の導体があるとすると、その間の電気力線は図7のようになる。

電気力線がゴムひものように単に、引き合うだけなら、すべての電

電気力は導体の最も短い距離に集まることになる。ところがその電気力は側方へ押し合う力があるので、この力と集まろうとする力とがつりあった状態となるから、図7のようになる。

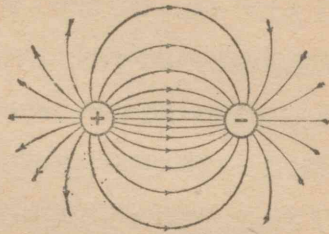


図7
異なった種類の、等しい量の電荷から出る電気力線のありさま

次に、二つの球形の物体が等量で

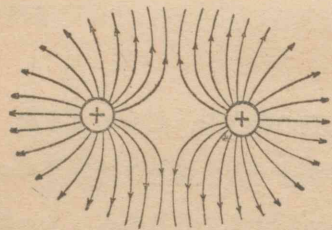


図8
同種の等しい量の電荷から出る電気力線のありさま

同種類の電荷を持っている場合の電気力線は図8のようになる。

1の実験1や実験2の時に、ガラス棒を絹布でこすって、絹布を棒から離れた時の電気力線の状態を示すと図9のとおりであって、電気力線の一部

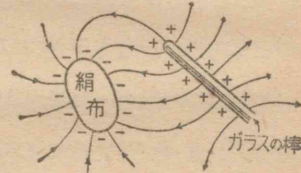


図9
ガラス棒を絹布でこすり、互に離れた時の電気力線

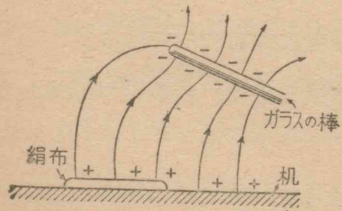


図10
絹布を机の上に置いた時の電気力線

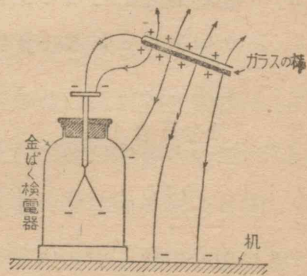


図11
帯電したガラス棒を金ばく検電器に近づけた時の電気力線

は机の方へも向かっている。図10は、絹布を机の上に置いた時の状態を示している。この時は、絹布と机との間の電気力線はすべてなくなってしまう。図11は、ガラス棒を金ばく検電器に近づけたところを示している。

正の電荷のあるところから、電気力線が出発し、その終るところには必ず負の電荷があると考えられる。そこで静電気誘導ということは、正の電荷があれば、どこかに負の電荷があるということから必然的に生まれてくると説明されるのである。

また異種の電荷が引き合うのは、電気力線がゴムひものように短くなるようにする性質から説明され、同種の電荷が互にはね返すのは、電気力線がおのおの互にその側方に押し合うことから説明できる。

クーロンは、二つの電荷の間に働く力すなわち電気力*についている実験して、この電気力は二つの電荷の距離の自乗に逆比例し、二つの電荷の大きさの積、すなわち電気量の積に比例するという結果を得た。これを静電気に関するクーロンの法則という。

研究 中和の現象を電気力線で考えてみよう。

問1 電気力線とはどんなものか。

問2 金ばく検電器で、物体の帯電の量を調べることができるか。

3 電気をうまく利用するまで

電気はいつごろから知られていたのだろうか。

* 真空中で、等しい量の電気を1cm離しておいた時に、互に作用する電気力が1ダインであるような電気量を電気量の単位とする。これを電気量の1C.G.S.静電単位という。この電気量の1C.G.S.静電単位は小さすぎるから、これの 3×10^9 倍を実用単位として、これを1クーロンという。

雷が電気であることはどうしてわかったか。

摩擦電気はうまく利用できない。うまく利用できる電気はどうしてつくられたか。

1 や2で述べたように、物体をこすって起る摩擦電気は、古代からこはく(琥珀)をこすることによって知られていた。しかし、この現象を科学的に研究することは、16世紀の末ごろまでは行われなかった。1600年のはじめに、ギルバートは磁石やこはくなどが示す吸引作用や反ばつ作用を研究し、1660年ごろゲールケがいおろを手で摩擦する起電機を考案した。その後、18世紀の中ごろから電気の研究は盛んになってきた。そのころは、まだ基礎的な研究であって、電気が利用されるまでには達していなかった。このころ摩擦を利用する起電機を使って電気を起し、それをある程度ためておく装置が発明された。この起電機を改良した一例を示すと図12のようなものがある。図の両端にあるガラスびんのようなものは、ライデンびんといわれるもので、図13のような構造である。

ライデンびんはガラスのびんの内と外とに、すずのはくをはったものであって、

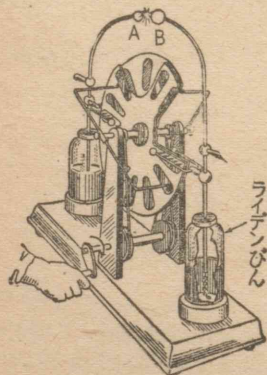


図12 起電機の一例

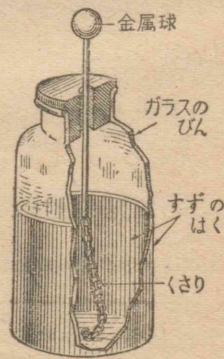


図13 ライデンびん

びんのふたに金属の棒を貫ぬき、その上端に金属球をつけ、下端にはくさりをつけ、これを内のはくにふれさせたものである。このようなものは電気をためることができるのであって、蓄電器といわれている。

図12の起電機のハンドルをまわすと、電気が両端のライデンびんにためられ、その電気がじゅうぶんたまると、上端の二つの向き合った金属球の間に火花が飛ぶ。これは電気が空気の絶縁を破って流れるためである。このように火花は電気の働きによる。



図14 避雷針の一例

1750年ごろに、ベンジャミン=フランクリンはたこを揚げて雷が電気であることを確かめ、図14のような避雷針がつくられた。これによって恐れられていた落雷を科学の力で防ぐことができたのである。これが電気の研究が人生に役立った最初といえることができる。

摩擦電気は物の表面にたまって動かない状態にあることが多いが、電気が導体を伝わって動くと考えられるものを動電気といい、一般に電気というのはこの動電気のことをいう場合が多い。摩擦電気はこれをうまく利用することができない。

1800年ごろに、電池が発見され、この電池ではじめて電気を長い時間連続して電流として流すことができるようになった。これを利用して電流についてのいろいろの作用の研究が行われ、電気がうまく利用されるようになった。

しかし、まだこの電池ではじゅうぶん多量の電気を得ることがむずかしいが、1830年ごろ、発電機という電気を起す機械が発明され、

今日のように電気がたいそう役立つようになった。

研究 1 避雷針の構造やその働きについて調べてみよ。

研究 2 フランクリンがたこを揚げて雷が電気であることを確かめたが、その方法はどのようなものであったかを調べてみよ。

4 電流とはどんなものか

電位とはどんなものか。

電子とはどんなものか。

図 15 のように、正に帯電した導体 A と、負に帯電した導体 B とを針金のような導線で結ぶと、両方の電気が中和するために電気が動く。このように電気が移動することは、電気の流れと考えられるから電流という。



図 15
電流の一例

摩擦で起したような電気は非常に少量であるから、これで電流を流してもほんの少しの間だけしか流れないので、うまく利用できない。それで電池や発電機(あとで学ぶ)が用いられ、あとからあとから電気が起され、連続した電流をうることができる。

電気の状態は水にたとえて考えられることが多い。図 16 のように A・B の水おけに水を入れてあって、その水位に差がある時に、A・B の底を管でつなぐと A から B へ水が流れ水位が等しくなって水は流れなくなる。

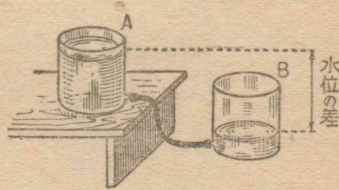


図 16
水位の差による水の流れ

電気も水と同様に考えられるのであって、電気にも水位に相当する電位ということばが用いられる。図 15 で、A から B へ電流が流れる時に、A は B より電位が高いという。そうして電気は電位の高い方から電位の低い方へ流れようとするのである。正電気と負電気を結ぶと、正電気から負電気へ電流が流れるから、正電気は負電気より電位が高い。しかし電位の高い正電気から電位の低い正電気へも電流は流れるから、いつでも正から負へ流れるとはかぎらない。

要するに電流が流れるのは、電位の差があるためであって、それを電位差という。ちょうど水位の差があつて水が流れるのと同様に考えられる。この電位差のことを普通に電圧という。

一般に地球の電位を零とかりにきめて、一つの物体が地球より高い電位にあれば、それは正の電位を持つといい、地球より低い電位にあれば、それは負の電位を持つという。しかし地球を零電位とするのは便宜上であつて、絶対的のものではない。

水を絶えず流れさせようとするためには、適当な方法で水位の差が保たれるようにしなければならない。それと同様に、電気を絶えず流れさせようとするには、適当な方法で電位の差すなわち電圧を保つようにしなければならない。電位差を保つて、連続して電気を流そうとするには力を必要とするのであって、この力を起電力という。この起電力は電圧で示されるから、起電力のことを電圧ということもある。電位・電圧・電位差・起電力はいずれもボルトという単位で測られる。

今までは、電気力線や電流や電位というものを考えて電気の現象を知ろうとしたのであるが、さらに掘り下げて、電気力線や電位の原因

となるものは何であるかを考えてみよう。

電気は直接目で見ることはできないが、この電気の働きである電燈や電熱器や電車の動くのは見ることができる。この電気は何であるかということを説明するために、電子というものの存在が想像されたのである。

この世の中にあるすべての物質は、その分子からできており、その分子はさらに非常に小さい原子からできていると考えられる。この原子は物質を形作っている最も小さいもの

と考えられていたが、その後いろいろ研究された結果、この原子は図 17 のように正電荷を持っている非常に小さい原子核と、その周囲をある姿でまわっている負電荷を持った電子^{*}とからできていると考えられるようになったのである。この

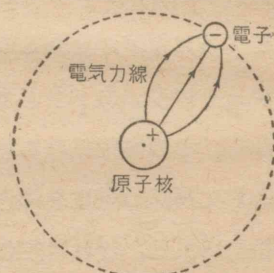


図 17
原子の構造

原子の原子核の正電荷と、電子の負電荷とは中和の状態にあつて、外部に対してはなんら電気の働きを示さない。

さて、電流は正電気と負電気との引き合う力で移動すると考えられるが、電子ということばを使えば、さらに本質的な説明ができる。電子は負電荷を持っているから、低い電位から高い電位の方へ引かれて

^{*} この電子の大きさや、質量や、その電荷はどれほどであるかという

電子の半径	1.9×10^{-13} cm
電子の質量	9×10^{-28} g
電子の電荷	4.77×10^{-10} C.G.S. 静電単位
	1.59×10^{-19} クーロン

である。すなわち電子の半径は、1cm の約1億分の1の5万分の1であり、質量は9g の1億分の1の1億分の1のさらに1億分の1の1万分の1である。

その方へ流れて行く性質がある。それゆえ電流が導体を流れることは、電子が電流の流れと反対の方向に移動していると考えられる。この電子の移動する状態は、原子の中の電子が全体としてある速さで移動する。そして原子どうしは電子を互に交換し合うことになり、電子が動くと考えられる。そこで電流が通ったあとでも、物質の状態ははじめと変わらないのである。導体は自由に電子を通すが、絶縁体は電子が通りにくいとされる。

また、摩擦電気もこすることによって、物体の電子が移り、電子の多くなった方が負に、電子をとられた方が正に帯電されると考えられる。

問 1 1 アンペアの電流が流れるためには、1 秒間に電子が何個移動しなければならないか。たゞし1秒間に1クーロンの電流量が流れる時に1アンペアの電流が流れたという。

問 2 次の文の空所へ適当なことばを入れなさい。

- (1) 水の分子は.....の一つの.....と.....の二つの.....とから成り立っている。
- (2) 原子はさらに小さい粒子に分けられ、負の電荷を持つものは.....といわれ、正の電荷を持つものは.....といわれる。
- (3) 電子は.....の電荷を持ち、原子核は.....の電荷を持っており、.....の負の電荷と.....の正の電荷との量は等しい。

5 電池のいろいろ

電池でどうして電流を流すことができるだろうか。

乾電池はどのようにして作られるだろうか。

乾電池は使っているとついにはだめになるが、外から電気を入れて何度も使える電池ができないだろうか。

乾電池と蓄電池とはどんなに違っているか。

実験1 亜鉛の板と銅の板と吸取紙とをそれぞれ数枚を用意して、吸取紙にき硫酸をしみこませて、図18のように、亜鉛の板と銅の板との間にはさんで順々に積み重ねる。そしてその両端の亜鉛の板と銅の板とに針金をつなぎ、それを電圧計につないで電圧計の振れを調べよ。また、亜鉛の板と銅の板との数を変えて電圧計の振れを調べよ。

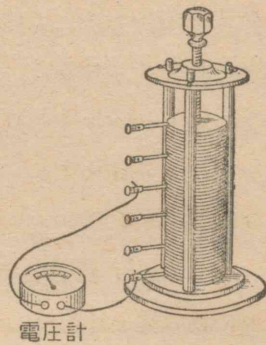


図18
ボルタの電対の一例

実験2 ガラスの器と、亜鉛の棒と、銅の棒と、き硫酸とを用意し、図19のように、ガラスの器の中へき硫酸を入れ、その中へ亜鉛の棒と銅の棒とを立てて、それを針金で電圧計につないでその振れを調べよ。また豆電球にもつないでみよ。

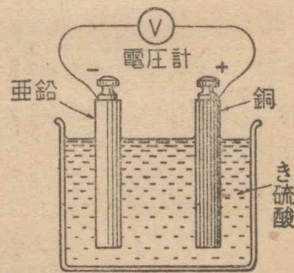


図19
ボルタの電池

実験1のような装置はボルタが発明したものであって、ボルタの電対といわれる電池の一種である。実験1で電圧計(電位差を測るもの)が振れるのは、この装置で起電力ができて、電流が少しではあるが電圧計を流れるからである。

実験2でも実験1とほぼ同様の性質のあることがわかる。これはボルタの電池といわれている。

実験1や実験2のような電池でどうして電流が流れるようになるの

だろうか。

き硫酸の中に銅板や亜鉛板をつけると、銅や亜鉛がき硫酸の中にとけて、亜鉛の付近では硫酸亜鉛の、銅の付近では硫酸銅の溶液ができている。この溶液では、亜鉛や銅の原子は金属のときの原子とは様子が違って、原子の中からある数の(銅や亜鉛では二つ)電子を取り去ったような状態(これをイオンという)になっている。

次に銅の電子は亜鉛に比べてずっと堅く保たれているから、電子は亜鉛の原子の中にあるより銅の原子の中にある方が保たれやすい。そ

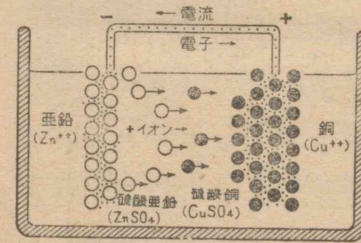


図20 ボルタの電池の働きを電子とイオンとで説明する模型

れで、もし亜鉛と銅とを針金でつなぐと、それを通して電子は自由に流れることができるから、電子は亜鉛から流れ出て銅にはいりこんでいく。この電子が亜鉛から流れ出ると、亜鉛は金属としての亜鉛でなくなり、その中の正のイオンは溶液の中へ流れ出て行く。一方銅の中へはいった余分の電子は溶液の中にある銅のイオンを引きよせて、金属の銅を作る。このような作用で、亜鉛がイオンとなって溶液中に流れこんで消費されてしまうまで続くのである。そこで外部の針金の中では、電子が亜鉛から銅に移動し、電池の内部では亜鉛から銅に向かって正のイオンが流れていると考えられる。この状態を模型で示すと図20のとおりとなる。

これらの電池で、銅の方を陽極、亜鉛の方を陰極という。

研究1 自転車のランプや懐中電燈などの電池は、乾電池を使うこ

とが多い。この乾電池の使用ができなくなったものをこわして、その構造を調べてみよ。

円筒形の乾電池をこわして中を調べると、図 21 のようになっている。外側に紙があって、これをとると亜鉛の筒がある。それをはがしてみるとボール紙が巻いてあって、その中に黒いどろどろのものがある。その黒いどろどろのまん中に炭素の棒がはいっている。

ボール紙には塩化アンモニウムと塩化亜鉛と水とがしみこませてある。黒いどろどろのようなものは、二酸化マンガと黒鉛と塩化アンモニウムとをねり合わせたものである。

この乾電池は図 22 に示すようなルクランシェ電池を持ち運びや取り扱いに便利にしたものである。

二酸化マンガは陽極にできる水素と化合させるためのものであり、炭素粉は電気が流れやすくするためのものである。この二酸化マンガンの働きがのろいから、

続けて使うよりも、時々休んで使う方がよい。

新しい乾電池 1 個の電圧を電圧計で測ってみると、ほぼ 1.5 ボルトである。この乾電池は使っていると電圧がさがって、もうだめになる

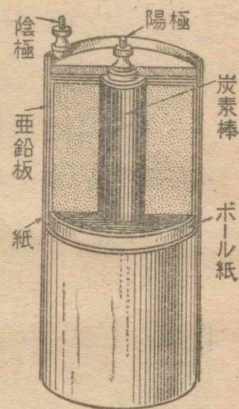


図 21 乾電池の構造の一例

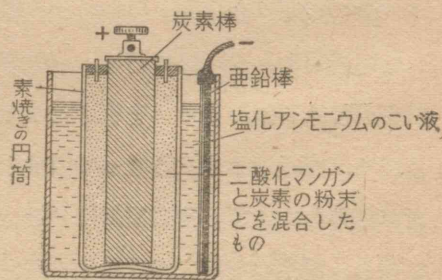


図 22 ルクランシェの電池

と二度と電池として役立たせることはできない。ところが、蓄電池といわれる電池は電圧がさがっても、それに外部から電気をつぎこんで(充電という)、何回もくり返して使用することができて便利である。

研究 2 もし蓄電池があったら、その構造を調べてみよ。

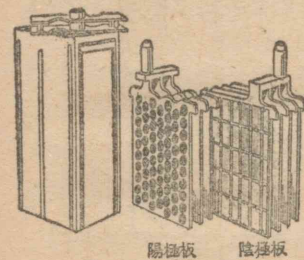


図 23 鉛蓄電池の構造

普通の蓄電池は鉛蓄電池といわれるものが多い。

鉛蓄電池の構造を示すと、図 23 のとおりであって、陽極板は暗かっ色の過酸化鉛、陰極板は灰青色の海綿状鉛であって、これが電池のたいせつな働きをする。極板の間にはそれらが触れ合うのを

防ぐために薄い木の板か、穴のあるエポナイト板か、ガラス棒がおいである。そしてこれらが一つの入れ物の中に入れられ、き硫酸の液がはいっている。

鉛蓄電池はいちばんはじめ使う時には、外部から電気を送りこまなければならない(これを初充電という)。すなわち二つの鉛板をき硫酸の液の中に入れて、外から電気を流すと、陰極の鉛面には水素ができ、陽極の鉛面には、そこにできる酸素と鉛とが作用して二酸化鉛 (PbO_2) ができる。このようにして得られる鉛板と二酸化鉛板とがき硫酸 (H_2SO_4) の中で相対して置かれると起電力ができる。この状態を示すと図 24 (A) のとおりである。次に両極の間を適当な導線でつなぐと電流が流れる(これを放電という)。この時陰極の鉛は溶けて硫酸鉛 ($PbSO_4$) となり、一方陽極では、できる水素のために二酸化鉛は硫酸鉛と水となる。この状況を示すと図 24 (B) のとおりである。

このように両極に硫酸鉛 ($PbSO_4$) ができると、これは硫酸溶液には溶けないか

ら、両極をおよび電流が流れなくなる。そこでこんどはまた、外から電池に電気を送りこんではじめの状態にもどすのである(これを充電という)。この充電の時には、両極にある硫酸鉛は陰極では鉛に、陽極では二酸化鉛となつてはじめの状態にもどる。この状況を示すと図 24 (C) のとおりである。

鉛蓄電池の1個の電圧は約 2.1 ボルトである。この電池を使用して電流を流すと電圧がだんだんさがって 1.8 ボルトぐらいになり、さら

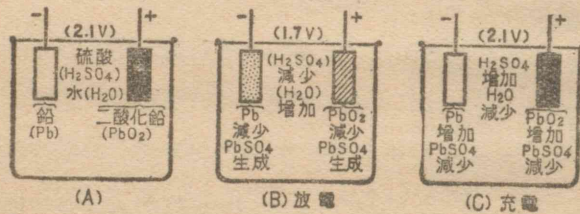


図 24 蓄電池の充放電のありさま

に続けて使うと電圧が急にさがって、それ以上使うと電池が悪くなる。そこで 1.7 ボルトないし 1.8 ボルトぐらいとなった時に、外部から電気を送りこんで充電をしなければならない。充電する時は、電気を送る電源の正を蓄電池の正の極に、電源の負を蓄電池の負の極につなぐのである。充電ができたかどうかは、電池の電圧、極板の色、ガスの盛んな発生、液の比重等からわかる。

蓄電池には器の大きいものや小さいものがあるが、どれでも起電力は等しい。たゞ電気をたくわえる能力(これを容量という)が違う。いま 5 アンペアずつ流して 10 時間使えるとすれば、その蓄電池は $5 \times 10 = 50$ アンペア時の容量があるといわれる。

現在電気をやゝ大量にたくわえることができる装置としては、この蓄電池を用いるよりほかに方法がない。電気は現在いろいろの方面に

利用されているが、簡単に大量の電気をたくわえる方法がないのが一つの大きな欠点である。

研究 3 研究 1 の電池のほかに、まだいろいろの電池がある。どんなものがあるか調べてみよ。

研究 4 乾電池と蓄電池との特徴と欠点とを調べ、両者を比較して、どんな所にとの電池を用いたらよいかを調べてみよ。

問 1 蓄電池を充電するにはどのような方法で行えばよいか。

問 2 乾電池は長い時間引き続いて使うより、時々休ませて使う方がよい。なぜだろうか。

問 3 次の文のなかっこの中で、どれが正しいかを示しなさい。

- (1) 化学的作用で電流を流す電池は、(硫酸)(酢)(電池を作る液)(変性アルコール)の中に(二つの金属でない電極)(二つの等しい電極)(金属と金属でないもの)(二つの異なった電極)を持たなければならない。
- (2) 電池では、(イオン)(原子)(電子)(分子)が陰極から陽極へ電池の(外部)(内部)の道を通って移動する。

6 電流と電圧と抵抗との関係

導体の抵抗は何によってきまらるだろうか。

電流と電圧と抵抗との間には、どんな関係があるだろうか。

実験 乾電池 2 個、豆電球数個、適當の長さの銅の針金数本、電流計、電圧計を用意し、乾電池と豆電球とのつなぎ方を次のようにいろいろ変えて、電流の流れるありさまを調べてみよ。

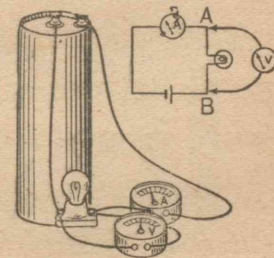


図 25 電池に 1 個の豆電球をつないだ場合

(1) 図 25 のように 1 個の電池に 1 個の豆電球をつないで、豆電球を流れる電流を電流計で測り、豆電球の両端の電圧 (AB 間の電圧) を電圧計で測る。

(2) 図 26 のように、1 個の電池に (1) の時使用したと同じ豆電球 2 個をつないで、電池から流れる電流、豆電球 1 個ずつの両端、および 2 個の両端の電圧 (AC, AB, BC 間の電圧) を測る。

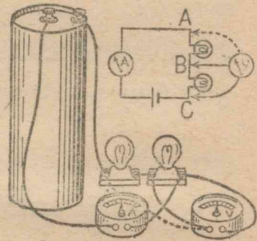


図 26
電池に 2 個の豆電球を
直列につないだ場合

(3) 図 27 のように、1 個の電池に (2) で使用した豆電球 2 個をつないで、電池から流れる電流、豆電球 1 個ずつを流れる電流 (電流計を FA 間, AB 間, CD 間の適当なところに入れる) および豆電球の両端の電圧 (AB 間, CD 間) を測る。

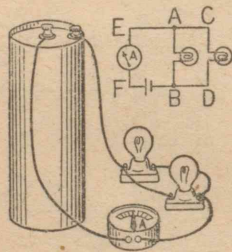


図 27
電池に 2 個の豆電球を
並列につないだ場合

(4) 図 28 のように、2 個の電池をつなぎ、豆電球 1 個 (これは 3 ボルト用豆電球) をつけ、電池から流れる電流、および電池 2 個の両端の電圧、各電池の両端の電圧、豆電球の両端の電圧 (AD, AE, ED, DC 間の電圧) を測る。

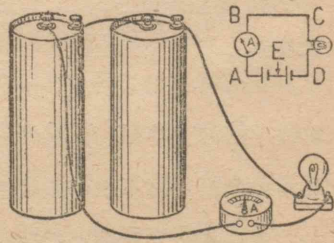


図 28
2 個の電池を直列につなぎ、1 個
の豆電球をそれにつないだ場合

(5) 図 29 のように、2 個の電池をつなぎ、豆電池 1 個 ((4) の時の豆電球) をつけ、2 個の電池から流れる電流の和、各電池から流れる電流 (電流計を BC 間, AE 間, AF 間に入れる), および 2 個の電池の両端の電圧 (AD 間) を測る。

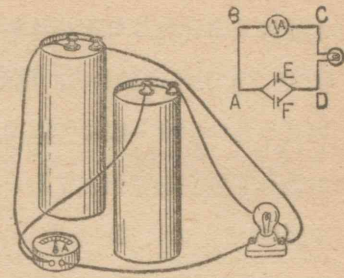


図 29
2 個の電池を並列につなぎ、1 個
の豆電球をそれにつないだ場合

これらの実験から次のことがわかる。

(2) のような豆電球のつなぎ方を直列といい、(3) のような豆電球のつなぎ方を並列という。したがって (4) の電池のつなぎ方は直列、(5) のつなぎ方は並列である。

(1)(2)(3) の実験から、豆電球は電流の流れを制限するものであることがわかる。電球の中に細い針金がある。これが電流を妨げる。このように電流の流れを妨げる性質を電気抵抗あるいは略して単に抵抗という。

(2) と (3) との実験を比べると、直列では針金の長さが 2 倍となって電流は $\frac{1}{2}$ となり、並列では針金の長さは一定で、針金の切口の面積が 2 倍となり、電流が 2 倍となったと考えられる。このことから

抵抗は導線の長さに正比例し、切口の面積に逆比例することがわかる。なお抵抗は物によっていろいろ変っている。銀や銅は抵抗が低く、ニクロム線は抵抗が高い。

また (2) と (3) との実験から、同一の抵抗を 2 個直列につなぐと抵抗は 2 倍となり、電流は $\frac{1}{2}$ となる。それを並列につなぐと抵抗は $\frac{1}{2}$ とな

り電流は2倍となることがわかる。

(4) と (5) との実験から、電池を直列につなぐと起電力は加えられ、並列につないでは一般に起電力は増さない。またこの実験から、起電力すなわち電圧を2倍とすると、電流は2倍となることがわかる。そこで(2)(3)(4)(5)の実験から

電流の強さは電圧(起電力)に正比例し、抵抗に逆比例するということがわかる。これはオームがいろいろ実験して発見したものであって、オームの法則という。

オームの法則を式で示すと $\text{電流} = \frac{\text{電圧}}{\text{抵抗}}$
電流、電圧および抵抗の単位は、アンペア、ボルトおよびオームが用いられるから、この式は

電流のアンペア数 = $\frac{\text{電圧のボルト数}}{\text{抵抗のオーム数}}$
となる。

いま、1.5 ボルトの電池に 100 オームの抵抗をつなげば $\frac{1.5}{100} = 0.015$ アンペアの電流が流れることがわかる。

研究 1 実験 (1) と (2) との豆電球の光り方を比べて、(2) の方が暗いのはなぜか調べてみよ。

* 電流の単位アンペア

1 秒間に 1 クーロンの電流量が流れる時、1 アンペアという。また硝酸銀 (AgNO₃) の溶液に電流を流し、1 秒間に 0.001118 g の銀を析出する電流をいう。

電圧の単位ボルト

硫酸第一水銀 (HgSO₄) と摂氏 4 度で飽和している硫酸カドミウム (CdSO₄) の溶液に水銀とカドミウムアマルガムとを両極としたカドミウム標準電池の起電力は 1.0187 ボルトであるとする。

抵抗の単位オーム

1 ボルトの電圧を加えた時 1 アンペアの電流が流れるような抵抗を、1 オームという。

研究 2 実験 (5) では電池が並列につないであるが、電池を 1 個とした場合の豆電球の光り方を調べ、両方のつなぎ方で長く使用するとすれば、どちらが長く使えるかを調べよ。

研究 3 実験 (1) で、電流計と電圧計の入れ方にはいろいろあるが、その入れ方をどうすれば最も正しく測れるかを考えよ。

問 1 前の実験で、電圧計と電流計との読みから豆電球 1 個の抵抗を求めなさい。

問 2 使用電圧の違ういろいろの豆電球 (1.5 ボルト用、3 ボルト用、6 ボルト用など) の抵抗を実験 (1) の方法で測って求めなさい。

問 3 次の文のうちのどれが正しいかを示しなさい。

- (1) 6 ボルトの電池に 30 オームの抵抗をつなぐと (0.2)(0.5)(35)(100) アンペアの電流が流れる。
- (2) 100 ボルトの電池にある抵抗をつなぎ 5 アンペアの電流が流れると、その抵抗は、(0.04) (2) (20) (500) オームである。
- (3) 50 オームの抵抗を通じて 4 アンペアの電流が流れると、その時の電圧は、(2000) (200) (1.5) (0.5) ボルトである。

II

7 磁石の実験

磁石とはどんなものか。

磁石は摩擦電気と似た性質を持っているだろうか。

磁力線とはどんなものだろうか。

磁力線と電気力線とは似ているだろうか。

実験 1 棒磁石を鉄粉の中に入れて、鉄粉が磁石につく状態を調べよ。

この実験で鉄粉は、図 30 のように磁石の

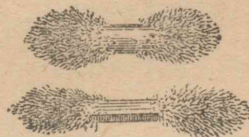
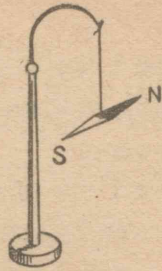


図 30 棒磁石に鉄粉のつく状態を示す。

両端の附近によくつき、中央の部分にはほとんどつかない。この鉄を引きつける力の強いところを磁極という。またこの鉄を引きつける性質を持たせる原因を磁気という。

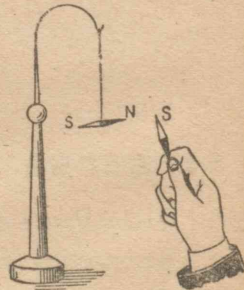


実験 2 図 31 のように、磁針を糸でつるしてみ、磁針はどんな位置で止まるかを調べよ。

図 31
磁石を自由に動くようにしてつるすと、南北をさす。

この実験で、磁針は南北の方向をさして止まる。北の方をさす極を北極または正極、南の方を指す極を南極または負極という。普通、北極を N、南極を S という記号で示す。

実験 3 図 32 のように、磁針をつるし、その先端にいま一つの磁針の先端を近づけてみる。N 極に N 極を近づけた時、および N 極に S 極を近づけた時、つるした磁針はどうなるかを調べよ。



この実験から、
磁石の同種の極は互にはね返し合い、異種の極は互に引き合う
ということがわかる。このことは正負の電気的作用と似ている。

図 32
磁石の同種の極は互にはね返し合い、異種の極は互に引き合う実験。

実験 4 図 33 のように、U 字形磁石の一つの極に鉄のくぎを近づ

けると、磁石の極に引かれてぶらさがり、そのくぎの先に別のくぎをつけると図のようにぶらさがることを実験せよ。

これは磁石の極、たとえば N 極に鉄片を近づけると、この鉄片の N 極に近い方の端に S 極が現われ、遠い方の端に N 極が現われて鉄片が磁石となる。それで磁石の N 極と鉄片に現われた S 極とが引き合ってぶらさがるのである。このように磁石の近くに鉄片を置くと、その鉄片が磁石となる作用を磁気誘導作用といい、電気の静電気誘導の作用と似ている。実験 1 で鉄粉が磁石につくのも、鉄粉が磁石となって引きつけられるからである。鉄・ニッケル・コバルトなどは磁石になるが、銅やアルミニウムなどの多くの金属や木片・紙・ガラスなどは磁石とならない。

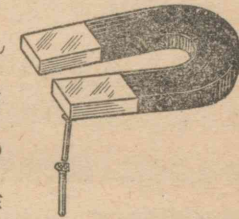


図 33
U 字形磁石の先にくぎのつくさま

ギルバートは、地球は一つの大きな球状の磁石であって、地球の南極の附近に磁石の N 極があり、地球の北極附近に磁石の S 極があると考えた。それゆえ、磁針が南北をさすのは、磁針の N 極が地球の S 極に引きつけられ、磁針の S 極が地球の N 極に引きつけられるためである。しかし、地球の N、S 極は、地球の両端に正確に一致していないから、磁針は正確な南北をささない。この地球がどうして磁石になっているのかその原因はよくわかっていない。

実験 5 図 34 のように、U 字形磁石の上に紙をのせて、その上に鉄粉をまいて、紙を軽くたたくと鉄粉がどんな具合になるかを調べ

よ。棒磁石の場合、二つの棒磁石のN極を接近した場合などについて、同様の実験をしてみよ。

この実験で、鉄粉は図 34 のように、連続して整列する。

磁石の力、すなわち磁力が働いているところの磁界の状態が一見してわかるように、磁力の働く方向を示す線を想像して、磁力線という模型を考える。いろいろの磁石の磁力線を示すと図 35 のとおりであって、電気力線とよく似ている。磁力線は、磁石の N 極から出て S 極に終ると仮定する。

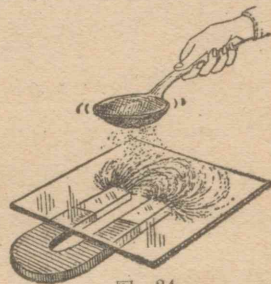


図 34
U字形磁石に鉄粉をふりかけたときのありさま

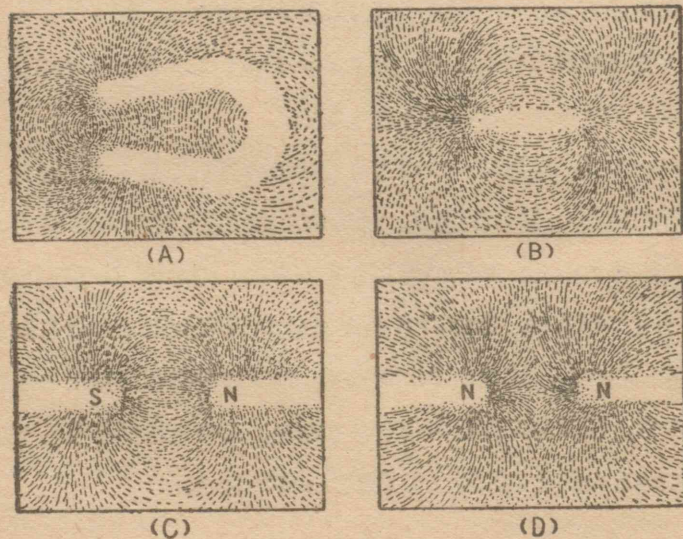


図 35

いろいろの形の磁石の作る磁力線

(A) は U 字形磁石。(B) は棒磁石。(C) は棒磁石の N と S とが接近している時の磁力線。(D) は棒磁石の N と N とが接近している時の磁力線

電気力線と磁力線とは、電気と磁気とのいろいろの現象を考えるのにたいせつなものである。発電機も電動機も磁力線の働きであり、ラジオも、電気力線と磁力線との働きである。帯電した物体や磁石が空間を通じて作用する現象は、この電気力線や磁力線で考えるとわかりやすい。

研究 1 実験 1 で磁石が鉄を引きつける力は、端が強く中央の部分が弱い、これはなぜだろうか。

研究 2 磁針を地球の表面に対して、水平にも垂直にも動くようにさへて、どの位置で止まるかを調べてみよ。

研究 3 磁力線と電気力線とを比べて、磁力線の性質を考えてみよ。

問 1 地球の磁力線を描いてみなさい。

問 2 実験 4 で使ったくぎが一つの磁石となるのはなぜだろうか。

問 3 次の文の空所へ、適當のことばを入れなさい。

- (1) くぎのような軟鉄とばねにするような鋼を強い磁界に持ってくると……で磁石となる。磁界を取り去ると……は直ちに磁石の性質がなくなるが、……は長く磁石となっている。
- (2) 小さい鉄の棒をつるし、磁石の N 極をその一つの端に近づけた時に、鉄の棒が……れるならば、鉄の棒は磁石であって、その端は N 極である。
- (3) 磁極には次の二つの性質がある。同種の極は互に……, 異種の極は互に……。

8 電流で磁石がつくれる

電流が流れている導体やコイルのまわりには、何ができるか。

電流を流して磁石ができるだろうか。

電磁石を利用したものには、どんなものがあるか。

実験1 図36のように、
小さい磁針の上へ一本の
まっすぐな導線を持って
きて、この導線に電流を

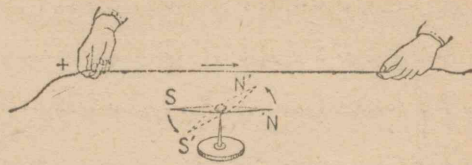


図 36
電流によって磁針が振れる

流して磁針がどうなるか
を調べよ。導線を通れる電流の方向を反対にしたり、磁針と導線との位置をいろいろ変えて実験してみよ。

実験2 図37のように、紙に直角に導線を貫ぬき、紙の上に鉄粉をまき、導線に電流を通じて、紙を軽くたたいて鉄粉がどうなるかを調べよ。

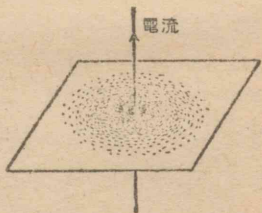


図 37
電流によってできる磁力線

実験1で、図36の矢印のように電流を流すと、磁針は回転してN/S'のような位置にくる。電流の方向を反対にすると、磁針の振れは反対となる。電流の強さ、あるいは導線と磁針との距離が変わると、磁針の振れ方が違う。また実験2では、図37に示すように、鉄粉は導線を中心としてそのまわりに幾重にも円形をなして整列する。

これらの実験から、電流は一つの磁気作用を示すことがわかる。

1820年にエルステッドは実験1のような実験を行って、電気と磁気との間に密接な関係のあることを発見したのである。

電流は磁気作用を示すから、電流の流れている導線のまわりには磁力線ができると考えられ、電流の方向と、できる磁力線の方向との間

には次のような関係がある。

電流を右ねじの進む方向に一致させると、磁力線の方向は、このねじをねじこむ時まわす方向と一致する。

これを右ねじの法則といい、その関係は図38のとおりである。次に導線で一つの輪を作り、これに電流を通じた時にできる磁力線は右ねじの法則でわかるのであって、図39のようになる。

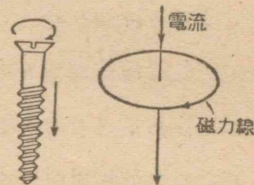


図 38
電流の流れる方向と、磁力線の方向との関係 (右ねじの法則)

実験3 図40のように、導線(エナメル線・綿巻き線などがよい)をぐるぐる何回も輪に巻いたもの(これを線輪またはコイルという)に電流を通じ、コイルの一端を磁針の一端に近づけてみよ。

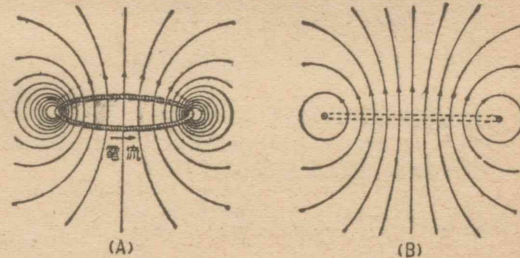


図 39
導線で輪を作り、これに電流を流した時の磁力線のありさま

実験4 軟鉄の棒に導線(エナメル線または綿巻き線)をぐるぐる何回も巻いたコイルを作って、実験3と同様の実験をしてみよ。また、導線の電流の強さを変えたり、コイルの巻き数を変えたりして実験してみよ。

これらの実験から次のことがわかる。

7の実験3とよく似た働きをする。これは、コイルに電流を流すと、コイルの一つ一つの輪にできる磁力線が皆同じ方向に重なり合って、ちょうどコイルが1個の棒磁石であるような性質を示すからである。コイルの電流の方向と磁力線の方向とは図41のとおりであり、図のようにNSができて、1個の棒磁石に置きかえられる。

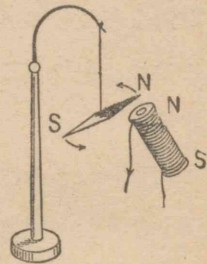


図40
電流の流れているコイルを磁針に近づけると、磁針は振れる。

コイルが磁力を起す力は、電流が強いほど、また巻き数が多いほど強い。また鉄の棒に導線を巻いたコイル、すなわち鉄心入りのコイルは、鉄心のないコイルよりも磁石の働きが強い。このようにコイルに鉄心を

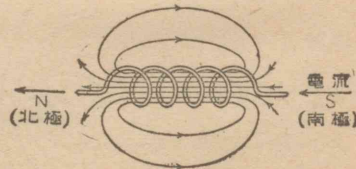


図41
コイルの電流の方向と磁力線の方向との関係

入れ、電流によって強い磁力を得るものを電磁石という。電磁石の鉄心には軟鉄を用い、永久磁石になるのをさげ、電流が流れている時だけ強い磁石になるようにする。電磁石の応用は非常に多いのであって、電鈴・継電器・受話器・ラジオの高声器など、みなこれを利用したものである。

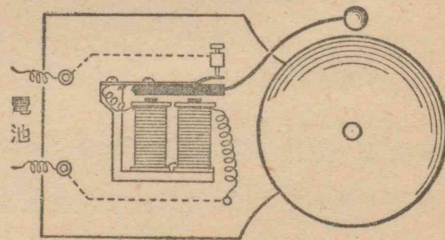


図42 電鈴の構造

研究1 図42は電鈴の構造を示したものである。どうしてベルがなるのか考えてみよ。

研究2 電磁石を利用したものに、どんなものがあるか調べてみよ。

ラジオ受信機の音を出すものとして、高声器がある。この高声器には、マグネチック高声器とダイナミック高声器とがある。マグネチック高声器は、電磁石をうまく利用したものであって、その一例を示すと図43のようである。

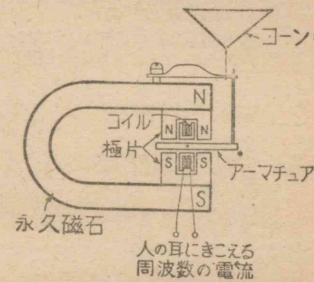


図43
マグネチック高声器の構造

問 次の文の空所へ、適当なことばを入れなさい。

- (1) 電流の流れているコイルは.....のように働き、電流が流れなくなると、コイルは.....として働かない。
- (2) 鉄心のはいつたコイルは.....となる。その極は.....によってきまる。
- (3) 電磁石の近くに小さい棒磁石をつるし、電磁石に、ある方向に電流を流すと、棒磁石は.....れ、電流の方向を反対にすると.....れる。

9 電気で物を動かすことができる

磁場の中へ導線を置いて、それに電流を流すとどうなるか。

磁力線の方向と、電流の方向と、その二つの間で働く力との関係はどうか。

モーターはどうして働くのだろうか。

電車が自由に走るのは、どうしてだろうか。

実験 図44のように、細い導線が自由に動くようにしてさげ、その下端を水銀を入れた小さいさちらに接触させておく。そして端子の

間に電池をつなぎ、電流を矢印の方向に流す。いま U 字形磁石を、図のように導線の近くへ持ってきて、導線が動くかどうかを調べよ。また導線の電流の流れる方向を反対にしたり、磁石を裏返しにして実験してみよ。

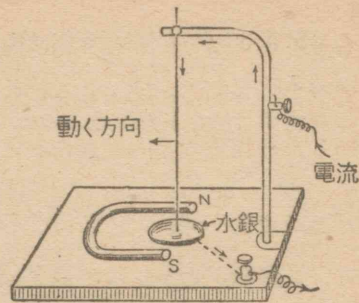


図 44 電流の流れている導線が磁石の力で動く実験

いま、図の矢印の方向に電流が流れ、磁石の NS が図の位置にあるとすると、導線は左に動いて、導線の下端は水銀から離れて電流が流れなくなる。電流が流れないと力が作用しなくなって、導線はもとの位置にもどる。もどると電流が流れて再び導線は左へ動く、こうして導線はふるえる。どうしてこのように力が働くのだろうか。

図 45 (A) のように、磁極 NS の作る磁力線の中へ、紙面の表から裏の方へ向かって

電流が流れる導線を入れたとする。この時導線を流れる電流で作られる磁力線は、点線の

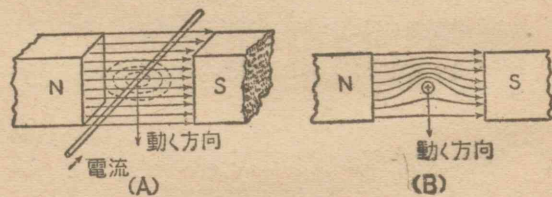


図 45 導線を流れる電流で作られる磁力線と、磁石の磁力線との合成磁力線のありさま

ように円で示される。そうすると、磁極で作られる実線の磁力線と導線の電流で作られる点線の磁力線とがいっしょになって、新しい一つの磁力線ができる。すなわち導線の上の方では、両方の磁力線が加わって前より磁力線が密になり、反対に下の方では両方の磁力線が打ち消し

合って疎になる。その状態は図 (B) のようになる。ところが磁力線は電気力線と同様に縮もうとする性質があるから、導線は上の密な磁力線のために下の方へ押されるような力が働くのである。

この場合の磁力線の方向、電流の方向およびその二つの間で働く力の方向は

左手の母指、食指、中指を互に直角になるように開き、中指を電流の方向、食指を磁力線の方向に合わせると、母指はできる力の方向を示す

という関係で示される。これをフレミングの左手の法則という。図 46 はこの法則の関係を示したものである。

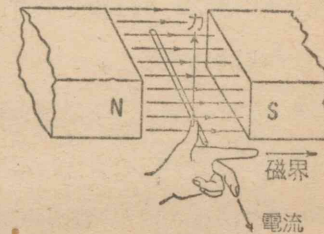


図 46 フレミングの左手の法則

磁力線と電流との間でできる力は、電気を利用する時に重要なものであって、電動機(モーターともいう)

はこの原理を応用し、電流で回転する力を起させたものである。電車や電気機関車が走るのは、このモーターの働きによる。また、電流計・電圧計やダイナミック高声器等も、このモーターと同じ原理によるものである。

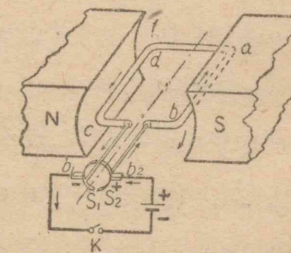


図 47 直流モーターの原理

研究 1 図 47 はモーターの構造原理を示すものである。どうして回転するのか調べてみよ。

開閉器 K を閉じて電流を流したとすれば、電流はブラッシ b_2 、整

流子 s_2 を通り、導体 ba , dc を図の矢印の方向に流れ、 s_1 , b_1 を経て電源にもどる。図の位置で導体に電流が流れると、フレミングの左手の法則で導体 ab は下方へ、導体 cd は上方へ動く。そして 180 度回転すると、 ab , cd を流れる電流は整流子 s_1s_2 (これはコイルに固着されている)、ブラシ b_1b_2 の動きで反対となり、 cd は下方へ、 ab は上方へ動き、かくしてコイルは回転し続けるのである。これは直流で回転するもの

であるから、直流電動機 (直流モーター) といわれる。実際のもはコイルの中に鉄心があり、コイルもたくさん用いられている。実際のモーターの一例を示すと図 48 のとおりである。

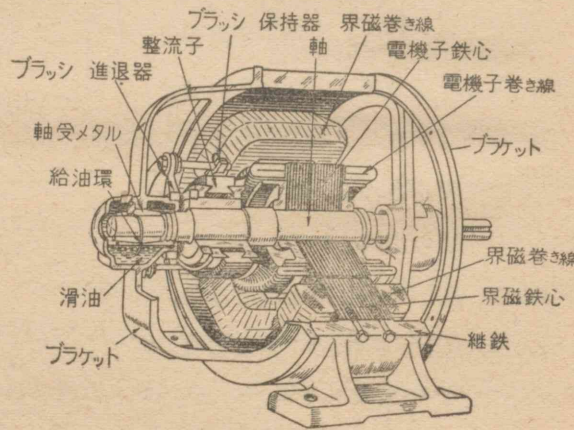


図 48 実際の直流モーター

研究 2 モーターは図 49 のような電磁石の考え方でその回転するわけを説明することができる。どうして回転するのか調べてみよう。

実際のモーターの磁石 (界磁という) は電磁石であって、外から来る電流を利用しているが、そのやり方は図 50 (A)(B) のように直巻きのしかたと分巻きのしかたがある。

分巻きの方は、界磁の強さが一定であるから回転するコイル (これ

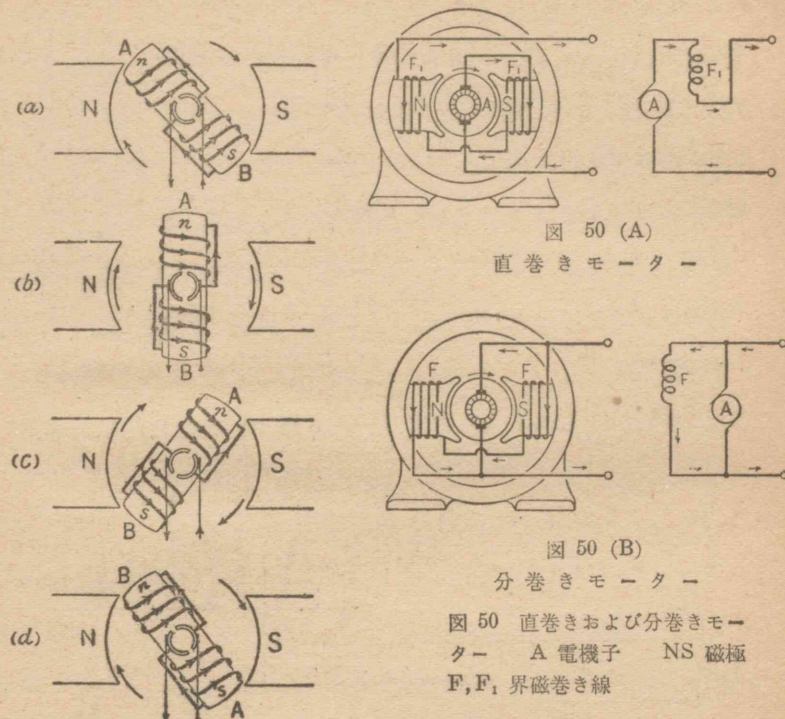


図 50 (A) 直巻きモーター

図 50 (B) 分巻きモーター

図 50 直巻きおよび分巻きモーター A 電機子 NS 磁極 F, F₁ 界磁巻線

を電機子またはアーマチュアという) の回転数はあまり変わらない。

直巻きの方は、電機子の回転のしかたで、それを通る電流が変わり、それと同時に界磁の強さも変わるから回転数が変わる。はじめとまっている時に、電流が流れはじめると電流は多く流れ、界磁も強く、電機子の電流も強いから、強い力で回転しはじめる。回転しはじめて回転が速くなると、このモーターが発電機となって (これは 11 節で学ぶ)、逆の電圧ができるから (これを逆起電力という) 電流が減る。

電車や電気機関車のように、止まっていて動き出す時に大きな力があるし、また速さをいろいろ変えたいような時には、この直巻きのモ

ーターが都合がよい。

市街電車の大型のものでは 50 馬力のモーターが 2 台、省線電車などでは 150 馬力のものが 4 台、電気機関車では 300 馬力ぐらいものが 4 台とか 6 台つけてある。市街電車では 600 ボルト、省線電車や電気機関車では 1,200 ボルトまたは 1,500 ボルトの直流電圧を用いている。電流は架空線からはいってレールなどを通ってもどるものが多い。家庭の電燈などは交流である（この交流と直流とについては、あとで研究しよう）。

電車に電気が送られるありさまの一例は図 51 のとおりである。

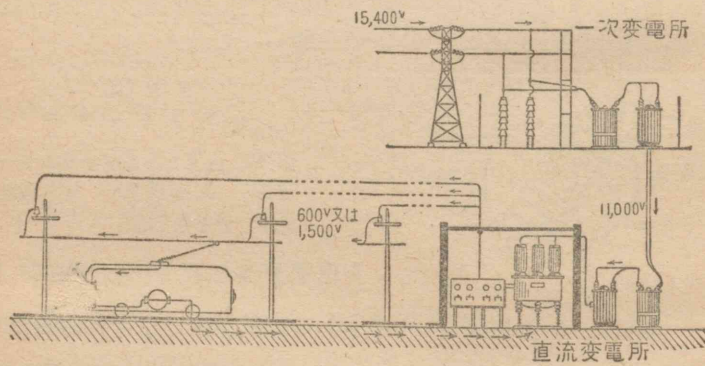


図 51 電車に電気を送るありさま

研究 3 電車の運転台を見ると、図 52 のような制御器があって、このハンドルをまわすと電車が動き出したり、速さが変わったり、止まったりする。その働きは図 53 のようになっている。そのわけを調べてみよう。また電車が前へ進んだり、あとへもどったりするが、これはどうしてだろうか。

図 53 で、T は架空線(トロリー)であって、そこから電流がはい

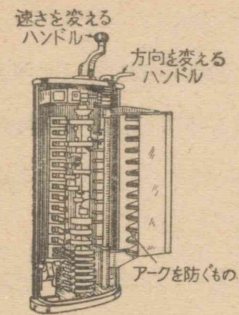


図 52 電車の制御器

り、抵抗器 R を通り二つのモーター M_1M_2 を通って E なるレールへ行く。ハンドルを最初の位置にやると、a のようであって、 M_1M_2 と R と

が直列になっており、 M_1M_2 が回転していないから、たくさんの電流が流れ、電車が動き出す。電車が動き出すと逆起電力で電流が減るから、ハンドルを次の位置(ノッチ)にやり c のように接続されると、抵抗 R が半分となり、電流が増す。さらに電車が速くなると反作用が大きくなるから、ハンドルを次の位置にやると、d のようになり、抵抗 R を使わないようにする。さらに速さを増そうとする時は、ハンドルを次の位置(こゝから並列と書いてある)にやると e のようになって、モーター M_1M_2 は並列となり、抵抗 R をみな使う。 M_1M_2 が並列となると、一つのモーターに加わる電圧が直列の時の 2 倍となり、電流がたくさん流れて速度が増す。その後は前と同様にハンドルを動かすと、抵抗 R が順次減っていき、速さが増すのである。

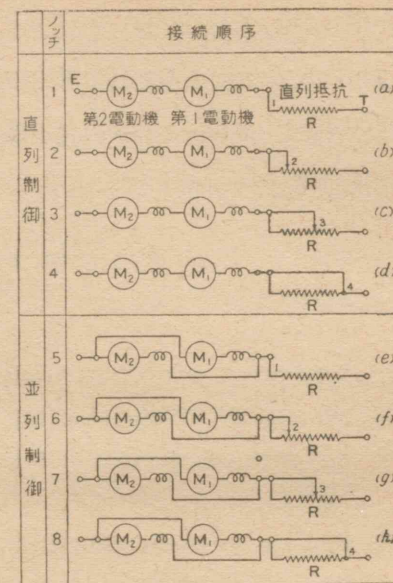


図 53 直列と並列にする順序

また電車の進む方向を反対にするには、図 52 の方向を変えるハンドルを動かして、電機子を流れる電流の方向を変えるのである。この電流が変われば、フレミングの左手の法則によって回転が反対となることがわかる。

研究 4 電流を測る電流計や電圧を測る電圧計(いずれも直流に用いるもの)の構造を調べて、その働きを考えてみよ。

問 1 次の文の中のかっこの中で、正しいものを示しなさい。

- (1) 磁極の間に置いた導線の運動は、(電流の流れを反対にする)(電流を強くする)(細い線を用いる)(電流の方向と磁力線の方向を反対にする)ことによって反対にすることができる。
- (2) 磁極の間に置いた導線の運動の速さは、(電流の流れを反対にする)(電流を増す)(細い線を用いる)ことによって速くなる。

問 2 フレミングの左手の法則について説明しなさい。

III

10 磁石を使って電流をつくる

電流を作るために磁石はどんなに用いられるか。

コイルを通っている磁力線が変化すると、コイルに電流が生ずるだろうか。

磁力線を導線がきると、その導線に電流が流れるだろうか。

電池の発明で電流がたやすく得られ、電気の研究が盛んになり、人生に役立つようになったが、しかし、電池で電燈をじゅうぶんつけたり、電車を走らせることはむずかしい。蓄電池を使えば、ある程度電

燈をつけたり、電車を動かすことはできるが、その電池を充電する電気はどうして得られるか。

電気を多量に連続して起すものに発電機(ゼネレーター)というものがある。これを知るために、まず次の実験をやってみよう。

実験 1 図 54 のように、円形の鉄心(鉄の針金を円形にたくさん

巻いたもの、あるいはラジオ

用の小形トランスの鉄心でも

よい)に、綿巻き線(絹巻き

線・エナメル線でもよい。こ

れらを被覆線という)を A と

B との二か所にたくさん(数

十回から数百回)巻く。そしてこのコイルの一方(どちらでもよい)

に電池とスイッチとをつなぐ(電池には直列に抵抗器をつなぐとよ

い)。もう一つのコイルに検流計(少しの

電流を測る電流計であって、指針は中央

にあり、電流の流れ方で左右どちらにも

振れる)をつなぐ。このようにして、コ

イル A の方のスイッチを開閉して、検流

計が振れるかどうかを調べよ。

実験 2 図 55 のように、被覆線をたく

さん巻いたコイル(巻き数は数百回)の両

端に検流計をつなぎ、棒磁石の一端を急

にコイルの中へ入れたり出したりして、

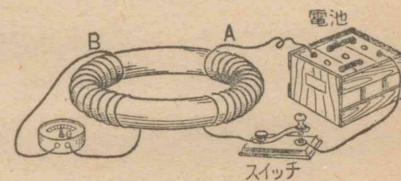


図 54

Aの回路を開閉すると、Bの回路に電流が流れる。

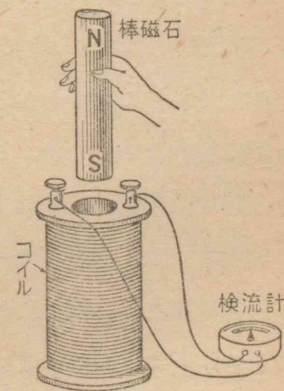


図 55 棒磁石をコイルの中へ入れたり出したりすると、コイルに電流が流れる。

検流計が振れるかどうか、振れるとすればどんなぐあいに振れるかを調べてみよう。

実験3 図56のように、被覆線をたくさん巻いたコイルを二つ用意し、一つのコイルに電池で電流を流し（抵抗器を直列につなぎ電流の大きさを加減するとよい）、もう一つのコイルには検流計をつなぎ、電流の流れているコイルを、急に検流計のつないであるコイルに近づけたり、離したりして検流計が振れるかどうか、また振れるとすればその振れ方を調べよ。

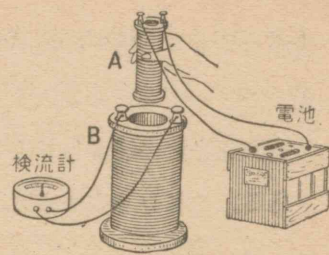


図 56
コイルAをコイルBに近づけたり離したりすると、コイルBに電流が流れる。

これらの実験から次のことがわかる。

実験1はファラデーが行った実験である。コイルAとBとはつながれていないが、スイッチでコイルAに電流を流したり、きったりする瞬間だけ、コイルBの検流計が振れてコイルBに起電力ができ、電流が流れることがわかる。電流が引き続いて流れている状態では検流計は振れない。また、この場合電流が流れはじめる時と、流れなくなる時では検流計の振れ方が反対である。

実験2では、棒磁石の一極を急にコイルに近づけると、検流計はある一方に振れる。次にこれを急に離すと検流計は反対に振れる。棒磁石をコイルに近づけたまゝでは検流計は振れない。また棒磁石の極を反対として実験すると、検流計の振れ方は反対となる。

実験3でも、他の実験と同様に、電流の流れているコイルAを急

に近づけたり離したりする瞬間だけ、もう一つのコイルBの検流計が振れる。

これらの実験1, 2, 3は、違った実験のようであるが、磁力線について考えると全く等しい。それで、これらの実験から次のようにい表わすことができる。

電気回路と交わっている磁力線の数が変化すると、その変化がある間だけ、回路の中に起電力を生じ、電流が流れる。

このような現象は、磁気と電気との間の働きであるから電磁誘導という。

研究 実験1, 2, 3で、磁力線の変化するありさまと、起電力によって流れる電流の方向との関係を調べてみよう。

この関係を詳しく調べると、図57のようになる。これは実験2の場合であって、今磁石のN極を近づけるとすると、その磁力線は実線のとおりであって、これがコイルの中で増加しようとする。この時コイルでできる起電力の方向は、実線の磁力線を妨げるような方向である。すなわち、図の点線の磁力線がその起電力による電流で作られるような方向である。他の場合も同様である。次に、磁石を離す時は、実線の磁力線がコイルの中で減少しようとするのであって、コイルの電流は反対となる。そこでこの状態は次のように示される。

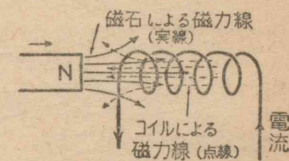


図 57
電磁誘導による起電力の方向

電磁誘導で回路の中のできる起電力は、回路と交わる磁力線の増減を妨げるような方向に起る。

これをレンツの法則という。

実験4 図58のように、磁極NSの間で、導線abを磁力線に対して直角の位置に置き、その導線を急に上下させて、その導線につないだ検流計が振れるかどうか、振れるとすればその振れ方はどうであるかを調べよ。

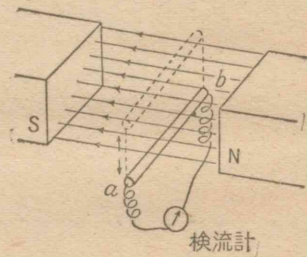


図58 導線を磁力線の中で動かすと起電力ができる。

この実験で、導線が磁力線を切ると、その切っている間だけ導線に起電力ができることがわかる。この時、導線にできる起電力の方向と、磁力線の方向と、導線の運動の方向との

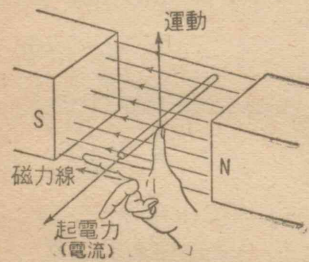


図59 フレーミングの右手の法則

間には次の関係がある。

右手の母指・食指・中指を互に直角に開き、母指を導線の運動の方向、食指を磁力線の方向に合わせると、中指が誘起される起電力の方向を示す。

これをフレーミングの右手の法則という。図59はこの関係を示す。

これまで説明した電磁誘導をうまく利用すると、発電機を作ることができる。

問1 電気を起すにはどんな方法があるか。

問2 次の文の中で正しいものと誤っているものとを区別しなさい。

- (1) 導体の周囲の磁場が変化すると、その導体に電流が生ずる。
- (2) 磁場の中で導体が磁力線を切るように動かす時、その導体を速く動かせば動かすほど誘起される起電力は強い。
- (3) コイルの中へ棒磁石を急にさし入れた時と、急にそれを抜き取った時とコイルに生ずる電流の流れの方向は等しい。

11 電気を多量に起すにはどうすればよいか

発電機はどうして作られるだろうか。

発電機で作られる電流にはどんな種類があるか。

直流と交流とはどんなに違うか。

電気を多量に発生させる機械に発電機というものがある。発電機には交流発電機と直流発電機との二つがある。いずれも電気を発生させる原理は電磁誘導に基づくものであって、交流発電機のことをわかれば、直流発電機もわかる。

実験 電磁石・コイルなどを用意し、図60のように組み立て、コイルを磁石の間で回転し、電気の起る状態をいろいろ調べてみよう。

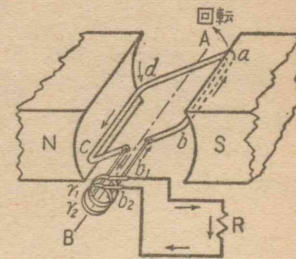


図60 交流発電機の原理

図60は、最も簡単な発電機と考えられる。磁極NSによる磁力線のあるところで、コイルabcdが軸ABを中心として回転する。コイルの一端bは軸に固定

されている集電環といわれる r_2 につながれている。一方コイルの一端 c も同様に集電環 r_1 につながれている。そして軸が回転してもブラシ $b_1 \cdot b_2$ によって外の回路たとえば検流計 G にいつもつながれている。

いま、コイル $abcd$ を AB を軸として反時計式に回転させると、 ab および cd の導線の中にはフレミングの右手の法則によって、図の矢印の方向に電流が流れる。次に、コイルが 180 度回転すると、 ab と cd とは全く反対の位置となる。すなわち cd と ab との導線の中の電流の方向は反対となり、外部への電流は、 b_2 から b_1 に向かって流れ、前と反対になる。

コイルを一回転すると、起電力は、零・正の最大・零・負の最大と変化する。この状態を示すと図 61 のようになる。このような発電機で得られる電流を交流といひ、このような発電機を交流発電機という。

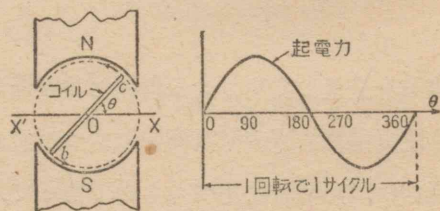


図 61
(左)は図 60 を前から見たところ、(右)は起電力とコイルの回転した角との関係を示す。

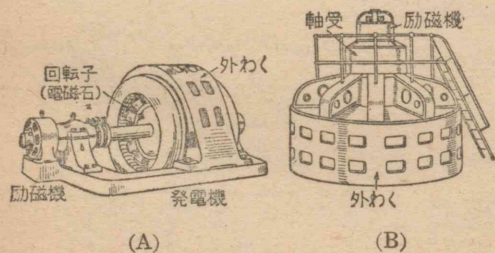


図 62
発電所で使われる発電機の一例
(A)横軸発電機 (B)縦軸発電機

とになる。

コイルと磁石との関係は、コイルが固定されていて、磁石が回転してもよい。それで実際の発電機は作りやすくするために、磁石(電磁石)が回転するようになっている。発電所にある交流発電機の一例を示すと図 62 のとおりである。これはたくさんの電磁石が回転するものである。

図 63 のように、磁極 NS の中で、互に 120 度ずつ角度が傾いた三つのコイル A, B, C を一つとして回転させると、 A, B, C につながった三つの回路には、それぞれ図 64 のような a, b, c の交流ができる。もし図 63 の OD

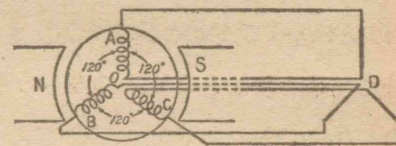


図 63
三相交流の原理

にあたる 3 本の線をいっしょにすると、そこに流れる電流は図 64 の

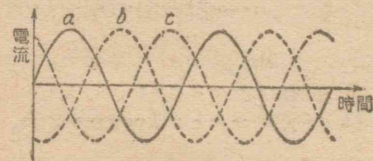


図 64
三相交流の波形、3 本の線に a, b, c がそれぞれ流れる。

交流の和で示され、それはいつも零である。電流がなければ電線は不要である。それで発電機からは 3 本の線が出て、それぞれに交流が流れて行けばよい。このようなものを三相交流という。三相交流

の方が発電機が小さく安くできるから、一般の発電機は、ほとんど三相発電機である。

交流に対して、電池から得られる電流のように、電流の流れる方向もその大きさも変わらない電流を直流という。いろいろの場合に直流がほしいことがある。直流を得る発電機はできないだろうか。

研究 1 図 65 のような装置で、直流が得られるかどうかを調べてみよ。

これは直流発電機といわれるものであって図 60 のものほとんど等しいのであるが、図 60 の集電環のところが違っている。図 65 では、集電環

(これを直流発電機の時はい整流子という) は 1 個であって、それが二つの部 $s_1 \cdot s_2$ に分けられ、コイルの c および b 端がそれぞれ $s_1 \cdot s_2$ につながれている。ブラシは $b_1 \cdot b_2$ であって、これがコイルの回転に従って、 b_1 が s_1 に、 b_2 が s_2 に、また b_1 が s_2 に、 b_2 が s_1 に交互につながるようになっている。このようになっていると、コイルの回転でコイルに誘起される起電力によって、外部に図 66 のような一定方向の電流が得られる。そこでこのコイルの数を非常にたくさんにし、整流子の数もコイルの数に相当して増すと、電池から得られる直流によく似た直流が得られる。

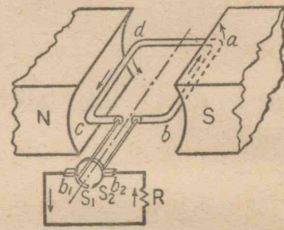


図 65 直流発電機の原理

図 66 のような一定方向の電流が得られる。そこでこのコイルの数を非常にたくさんにし、整流子の数もコイルの数に相当して増すと、電池から得られる直流によく似た直流が得られる。

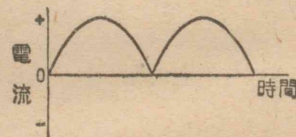


図 66 図 65 のような直流発電機(コイルが 1 個)から得られる電流の形

研究 2 送電線や町の電柱を通る高圧線は、何本ずつ組になっているか調べてみよ。工場などへ行っている電線は何本であるか。私たちの家にきている電線は何本か。

問 1 直流発電機と直流電動機とを比べてみなさい。

問 2 導線に交流が流れている時と、直流が流れている時とでは、磁場はどう違うだろうか。

問 3 交流が流れている導線の近くに小さい棒磁石をつると、その磁石は振れるかどうか。

12 水力や火力による発電

水力を使って、どうして電力が起されるだろうか。

火力を使って、どうして電力が起されるだろうか。

研究 1 近くに発電所(発電機を運転して電気を起す所)があったら見学し、また送電線(発電所で起した電気を送る所まで送る電線)や変電所(電圧を変えて配電する所)や町にある配電線などを調べ、発電所で起された電気が、どういう道すじで家庭や工場へ配電されるかを調べよ。

発電機で電気を起すことができるが、他から力を加えて発電機を回転させなければならない。発電機をまわすには、水の流れ落ちる力を利用する水力発電や、石炭をたいて水蒸気を作りタービンをまわす火力発電がある。なおジーゼル機関などを利用するものもある。

わが本州の地形と、雨の多いことを考えると、大小の河川は常に豊富な水をたゞえていることがわかる。この河川を利用して水力発電所が設けられている。この水力発電所は建設する時に費用がたくさんかかるが、利用する水は天から与えられたものである。しかし、河川は夏に水が少なくなり、冬は凍ってじゅうぶん電気を起すことができない。そこでその補いとして火力発電所を用いる。しかしそれは建設する費用は少ないが、燃料である石炭等が常に入用である。

水力発電所は、水位の高い所の水を水位の低い所へ落す時の力を利用して水車をまわし、その水車のまわる力で発電機をまわして、電気

を起すのであるが、この水の力について考えてみよう。

湖水の水は、まるで眠っているようであるが、水の重さは湖の底や岸を大きな力で圧している。またこの水が滝口から落ちると、ものすごい働きをする。滝口の水面と滝つぼの水面との差を落差という。この落ちる水が水車をまわす力は、落差と水の量とでさまる。高い所からたくさん水が落ちるほど大きい仕事をする。

水力発電所は、水の落ちる所にできる力を利用するのであるが、この落差を作るのに二つの方法がある。一つは河水の量は少ないが、落差の大きい所を利用するものであって、図 67 のように、川上で川を

せきとめて、水路に導き、川下の水槽に流し、そこから水圧管で水を落し、水車をまわすものであって、このような方法の発電所を水路式発電所という。いま一つは、落差は小さいが水の



図 67 水路式発電所のありさま

量の多い所を利用するものであって、図 68 のように、川幅いっぱい川底から数十メートルの高さのコンクリートのダム(堰堤)を作り、水をせきとめて、そのダムの真下に発電所を設けて、水車をまわすもので

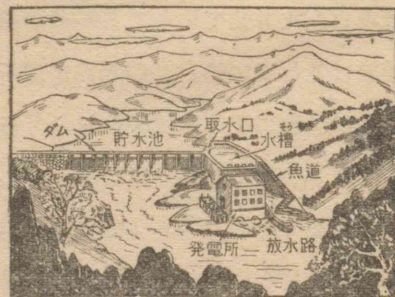


図 68 ダム式発電所のありさま

いう。最近はこの二つの方法の中間のもの、すなわち落差もあり、水

量もある方式が使われるようになってきた。

水でまわす水車にはいろいろあるが、水の量が少なくて、落差の大きい時に用いられるものは、図 69 のようなものであって、ペルトン水車といわれる。また水の量が多いが落差の小さい時に用いられるものは、図 70 のようなものであって、フランシス水車といわれるものである。

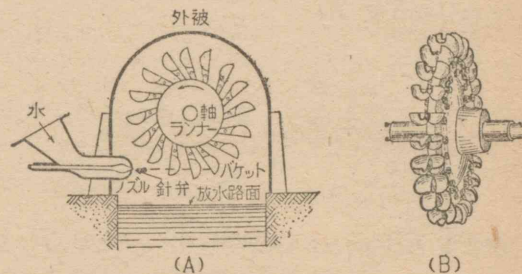


図 69 ペルトン水車 (A)ランナーと水の出るところ (B)ランナー

わが国のように燃料は乏しいが、割合に水に恵まれている国では、水力発電を主とし、火力発電を補いとするのが都合がよい。わが国ではじめて水力発電所が

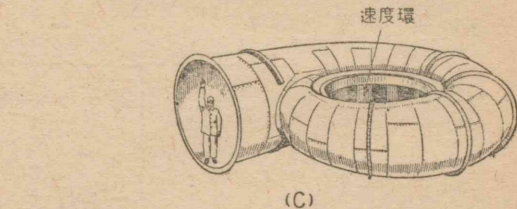
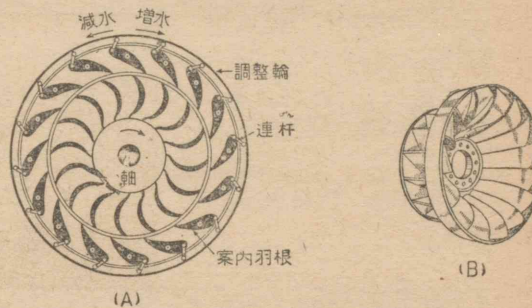


図 70 フランシス水車 (A)案内羽根とランナー (B)ランナー (C)水を導くもの

造られたのは 1892 年であって、琵琶湖の水を利用したものである。はじめは水路式発電所が設けられたが、大正の終りごろからダム式発電所が設けられるようになった。また水車もはじめは横軸型のものであったが、最

近では大きい縦軸型のものが造られるようになった。一台で 14 万馬力^{*}のものも造られている。また一つの発電所で起せる電気は、数万から数十万キロワットである。

わが国で造られているダム^々の大きいものは、木曾川の三浦ダム（高さ約 85 m）であるが、米国のボールドーダムは、ダムの高さが約 220 m である。

研究 2 わが国のおもな水力発電所はどこにあるかを調べてみよう。

13 電気は発電所から、工場や家庭へどのようにして送られるか

電力を送るのに高い電圧を使うと、どうして都合がよいか。

電圧を高くしたり低くしたりすることが、自由にできるだろうか。

火力発電所は、燃料を船で運ぶことやタービンを冷やすための水をたくさん使うことなどのために、町の近くの河口附近に設けられるが、水力発電所は落差のある水を利用するため、人里離れた山の中にあることが多い。そこでこの水力発電所で起された電気^{**}の力すなわち電力を、町の工場や家庭へ送らなければならない。これを送電および配電という。

電車や電気機関車では、直流が用いられているが、その他のものは交流を用いているものが多い。そこで三相の交流を三つの線路を用い

* 1 馬力 = $\frac{3}{4}$ kw, 人間 1 人の出す力は $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{10}$ 馬力である。1 kw はだいたい 100 kg の目方^々のものを 1 秒間に 1 m の高さまでもちあげる仕事である。

** 図 71 に示してあるように、発電所から第一次変電所までが送電であって、それから先は配電といわれる。

て送電している。

水車をまわす水の力は、その落差と、水の量とできまる。すなわち

この二つの積で水の力は示される。これと同様に電気^々の力は、電圧と電流との積で示され、これを電力という。それで、発電所で起された電気^々の力を送る時には電力を送ることを考えなければならない。発電所から数百キロ離れた遠い所へ電力を送る時に、導線の抵抗のために電気がむだに消費されて損失となる。このむだに消費される電力は、電流の自乗と抵抗との積で示されるから、太い導線を使って、抵抗をできるだけ小さくすると同時に、電流を小さくする必要がある。電力は電圧と電流との積で示されるから、電圧をできるだけ高くし、電流をできるだけ小さくすると、同一

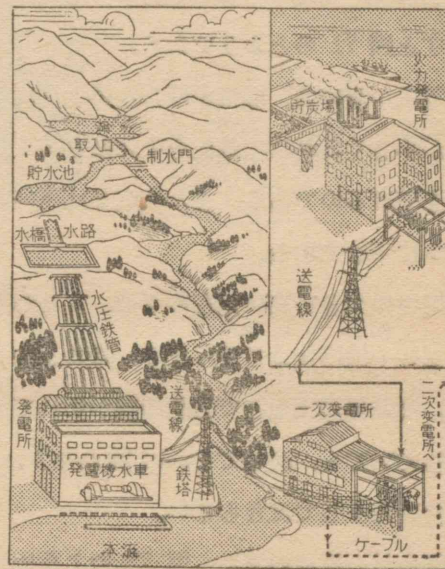


図 71 (A) 送 電

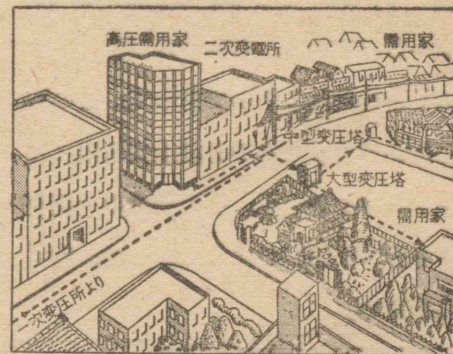


図 71 (B) 配 電

発電所から工場や家庭まで電力が送られる道すじ

の電力を送るのに損失が少なくすむ。

発電所から町の工場や家庭まで電力が送られる径路・状態の概要を示すと図 71 のとおりである。

電圧が高いと、電気が漏れないようにすることはむずかしいし、電圧が小さくなれば、電圧をそれほど高くしなくてもよいため、順次電圧を下げるのである。また家庭では高い電圧は危険であるから 100 ボルトに下げている。

電力の大きい高い電圧のもの、すなわち高圧は危険であるから、その電柱や鉄塔によじ登ったり、たこがつかってもそれを取ろうとしたり、また暴風雨などで高圧の線が切れてぶらさがったり地面にはったりしていても、決してそれに触れたり、またいだりしてはならない。

町や村の電柱の上に、図 72 のように黒い箱のようなものがある。電線が 2 本は入り、別のところから電線が出て、家庭へ行っている。これが変圧器（トランス）といわれるものであって、この柱の上にあるようなものを柱上変圧器（柱上トランス）という。その構造の一例を示すと図 73 (A) のようであって、動く部分がない。

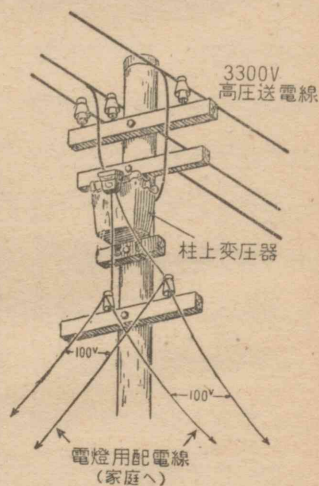


図 72
柱上トランスのありさま

* 交流では 300 ボルト以下を低圧、3,500 ボルト以下を高圧、3,500 ボルト以上を特別高圧という。

直流では 600 ボルト以下を低圧という。高圧・特別高圧は交流と同じ。

変圧器はファラデーが実験に使ったもの（図 54）と同様の働きであって、図 73 (B) で

示される。図によってわかるように、鉄の心に銅線を巻いたコイルが二つある。一つのコイルを一次といひ、いま一つのを二次と

いひ、いま一次コイル

に交流が流れると、磁力線ができ、磁力線は鉄心を通りやすいから、そこを通過して二次コイルの中を通る。二次コイルを通る磁力線が変わると、電磁誘導で起電力がそこにできる。この起電力で二次にできる電圧 V_2 と一次電圧 V_1 との比は、二次コイルの巻き数 n_2 と一次コイルの巻き数 n_1 との比に比例する。だから二次電圧 $V_2 = V_1 \times \frac{n_2}{n_1}$ で示される。一次と二次とのコイルの巻き数を適当にすれば電圧を自由に上げたり下げたりできる。

このトランスは、電力の大きい所（発電所や一次変電所）に使うものは大きい。ラジオ受信機の中にもあるが、これは非常に小さい。このトランスで、交流電圧を自由に簡単に、高くしたり低くしたりすることができて、電気の利用がたいへん便利になったのである。

問 1 発電所で起された電力を、町の工場や家庭まで送る時に、いろいろの電圧を使うのはなぜか。

問 2 トランスの一次の導線の巻き数が 300 回で、二次の導線の巻き数が 30 回である時、一次に 100 ボルト加えると二次の電圧は何ボルトになるか。

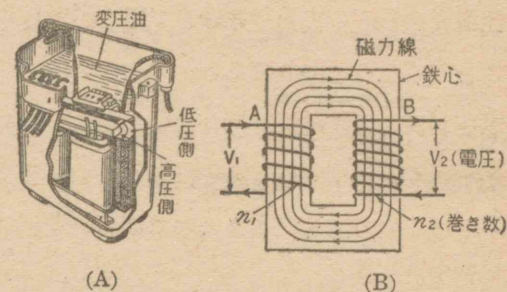


図 73
柱上トランスの構造と原理
(A) 構造 (B) 原理

問3 トランスはどんな所に用いられているか。

14 交流でまわるモーターができるだろうか

交流でまわるモーターは、どんな構造になっているだろうか。

電気のメートルで、どうして使った電力がわかるだろうか。

電気をを用いて時計ができないだろうか。

直流でまわるモーターについては学んだのであるが、交流でまわるモーターはどんなものであろうか。家庭にある積算電力計(使った電力の量を示すもの)をよく見ると、中に薄い円板がまわっている。これも交流のモーターの一種である。

実験1 図74のように、銅の薄い円板の中心に軸を通して、その上と下とを摩擦の少ないものでさへ、図のように強いU字形の磁石で円板をはさみ、その磁石を円板のまわりに沿ってまわし、円板がまわるかどうかを調べよ。

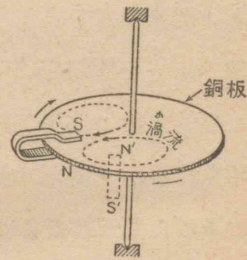


図74

アラゴの円板の実験。磁石をまわすと円板がまわる。

実験2 図75のように、二つのわく形の coils (0.3mmの被覆銅線を200回ぐらい巻く)を直角に交わせ、その中へ銅の

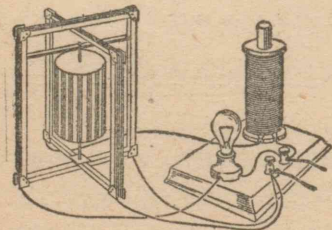


図75 誘導電動機の模型による実験

円柱(直径7cm、長さ10cmぐらいのもの)を入れ、上と下とをさへて回転できるようにする。そしてコイルの一方に鉄心入りのコイルを直列に入れ他方のコイルにはランプを直列に入れて、家庭に來ている交流

をつないで、円柱がまわるかどうかを調べてみよ。

実験1は、アラゴが行った実験であって、アラゴの円板という。銅板は、中心から放射状に無数の銅線が並んでいると考えられる。いま磁石を矢印の方向に動かすと、磁石NSの磁力線が銅板の銅線を切ることになる。そのためフレミングの右手の法則によって、銅板の一部に矢印の方向に電流が流れ、他の適当な所を通過して、電流は図の道を流れることになる。これを渦流という。この電流のために図のN'S'の磁石ができ、このN'がU字形磁石のSに引かれて、磁石の動きについてまわることになる。

次に実験2は、交流でまわるモーター(誘導電動機)の模型である。

実際にできているモーターについて考えてみよう。図76のような固定された鉄心にみぞがあって(簡単に説明するため少しのみぞが示してある)、そのみぞに図77のようなコイルが1-4、3-6、5-2の順にはめてある。そしてこの、おのおののコイルに図78のような三相交流の電流を別々に流す。コイル

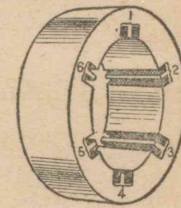


図76 誘導電動機の固定された鉄心

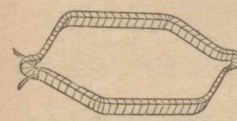


図77

誘導電動機のコイル

1-4にAの電流を、コイル
3-6にBの電流を、コイル

5-2にCの電流を通じたとする。今図76の1-4のコイルに図78の①の点の

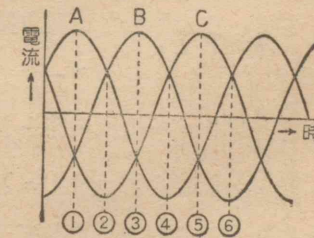


図78

三相交流の波形

Aの電流が流れると、図79(1)のような磁力線ができて磁石NSが図の位置にあると考えられる。この場合コイル5-2, 3-6にも図78の①点のB・Cの電流が流れてコイル1-2による磁力線を助ける。次に、少しおくらせて図76の5-2のコイルに図78の②の点のCの電流が流れて、図79(2)のように磁石ができると考えられる。さらに図76の3-6のコイルに図78の③の点のBの電流が少しおくらせて流れると、図79(3)のように磁石ができると考えられる。次に図78の④⑤⑥の電流に対しては、図79(4)(5)(6)のように磁石が順次できることになる。こうして、図78の交流の1サイクルで、図79の(1)から(6)までのように、磁石NSが右まわりに一回転することになる。このような磁界を回転磁界という。

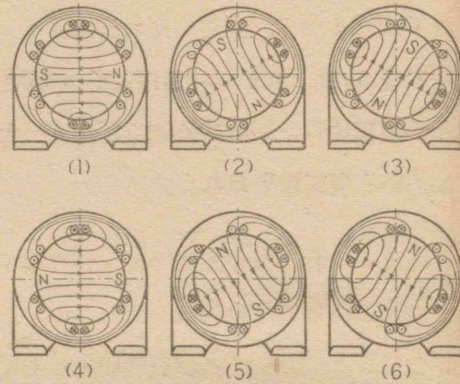


図 79

三相交流がコイルを流れたときできる磁力線が変化する大きさ。⊙は電流が紙面の表から裏へ流れることを示す。

さて、この回転する磁力線の中へ、図80のような円柱のアーマチュアを入れると、アラゴ円板の時と同じ考え方で渦流ができ、アーマチュアがまわることになる。このようにして三相交流でまわるモーターができる。実験2でも、コ

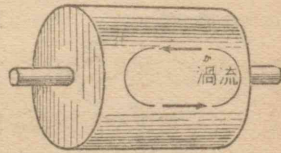


図 80
アーマチュアに渦流ができてまわる。

イルの一方に鉄心入りコイルが直列にはいついて、その電流がおくられて流れるから、直角に交わったコイルに交互に電流が流れ回転磁界ができる。回転磁界ができれば、電磁誘導で円柱がまわるわけである。誘導電動機は、回転する速さがほぼ一定であるから、工場などで機械を動かすのに用いられる。

研究1 私たちの家庭で日々使う電気は、電気メーター(積算電力計)で測ってその代金を支払うのである。このメーターはどんな構造になっており、どうして使用した電気の量を示すようになっているか調べよ。

このメーターの構造は、図81のようであって、電気を使うとまわ

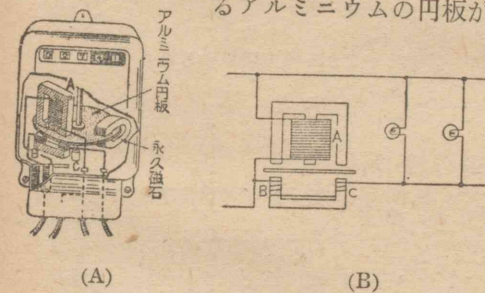


図 81

電気メーター

(A) 構造 (B) 回路

るアルミニウムの円板がある。この円板の上には、三つの極のある電磁石Aがある。その下には円板をはさんで二つの極のある電磁石BおよびCがある。Aは細い線がたくさん巻いてあって、図81(B)のように電圧に比例した電流が流れて電磁石となり、BおよびCは太い線が少し巻いてあって、電燈や電熱器を流れる電流で電磁石になる。なおよく調べると、コイルBとCとは巻き方が反対となっている。さて電磁石A・BおよびCに電流が流れる時、Aは線がたくさん巻いてあるから、こゝを流れる電流はBおよびCを流れる電流よりおくらせて流れ、そ

の状態は図 82 のようになる。だから A・B および C でできる磁力線は、図 83 のようになり、磁石を (a) (b) (c) (d) と順次左から右へ動かしたと同様に考えられる。それで、実験 1 のように、磁石を円板に沿って動かすのと同様になり、アルミニウム板が回転するのである。なお、図 81

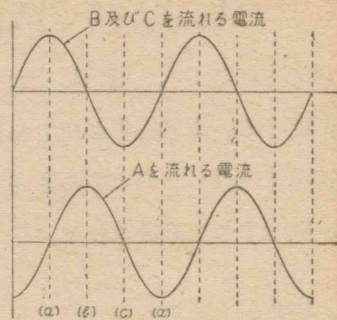


図 82 電気メータの電磁石を流れる電流

でわかるように永久磁石があって、制動の働きをしているから電流が流れなく

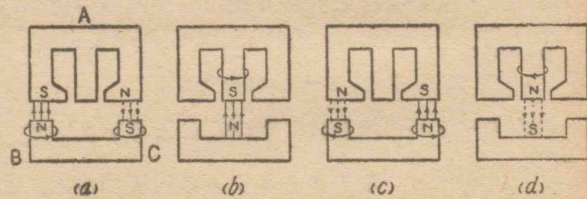


図 83 電磁石でできる磁力線が移るありさま

なった時、すぐ止まるようになる。

また、アルミニウム円板の心棒は、歯車じかけで連結されて、図 84 のように目盛がでるようになっている。

電気を使う時の電気の量すなわち電力量は、電圧と電流と時間との積で示され、普通キロワット時で示される。

このメータでは、A による電圧と、B および C による電流とで働くから電

力量を示すことになり、回転円板の回転数がキロワット時を示すことになる。メータの一位の数字はキロワット時を示すから、目盛によ

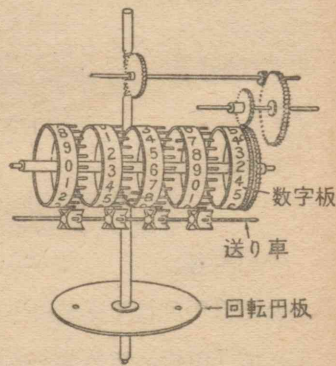


図 84

電気メータの目盛を示す構造

って、どれだけの電力を使ったかを知ることができる。

これとよく似たものに電気時計がある。

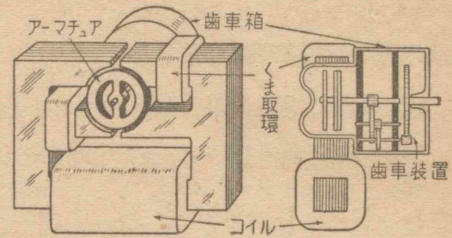


図 85

電気時計の構造と歯車装置

研究 2 電気時計にはいろいろあるが、図 85 に示すような構造のものについて、図 86 を参考としてその働きを調べてみよう。

研究 3 誘導電動機はどんな所に用いられるかを調べてみよう。

問 1 直流のモーターと交流のモーターとを比べて、どこが違っているかを示しなさい。

問 2 図 81 の電気メータの先月の 1 日の

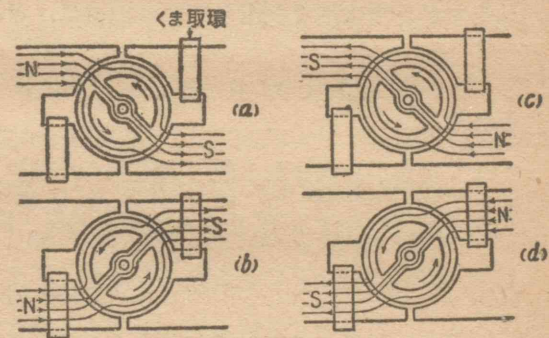


図 86

電気時計のまわるわけ

目盛が 18214 であって、今月の 1 日の目盛は 18237 であったとすれば、1 か月に何キロワット時使ったことになるか。またどうして電気メータは使用量を示すのであるか。

研究 4 モーターを使っている工場が近くにあったら、そこを見学し、どんなモーターがどのように使われているかを調べてみよう。

IV

15 電気は熱や光を出す

電流が流れると、どうして熱ができるだろうか。

電気こんろや電気アイロンはどんな構造だろうか。

電気こんろや電気アイロンを、じょうずに使うにはどうすればよいだろうか。

電球はどんな構造になっているだろうか。

電球の中の光を出す部分は、何で作られているだろうか。

私たちが日常生活で利用している熱には、どんなものがあるだろうか。

それには

- (1) 自然から恵まれる熱(太陽熱や地熱)
- (2) 燃焼でできる熱(まき・木炭・石炭・油・ガス)
- (3) 電流の働きでできる熱(電熱器・アイロン)

などがある。この中で電流の働きでできる熱すなわち電熱は、他のものに比べて次のようなよいところがある。(1) 非常に高い温度が得られること、(2) 取扱いが簡単で容易であること、(3) 温度の加減が容易であること、(4) 煙や有毒のガスがでないから衛生的であることなどである。

しかし一方、器具の価がやゝ高いこと、電線を使うからどこでも利用することができないなどの欠点があるが、よいところがたくさんあるから今後ますます利用されるだろう。

研究 1 私たちの家庭で使う電気こんろや電気アイロンは、どんな構造になっており、どうして熱が出るかを調べてみよう。

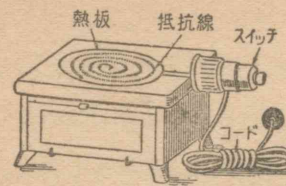


図 87
電気こんろの構造

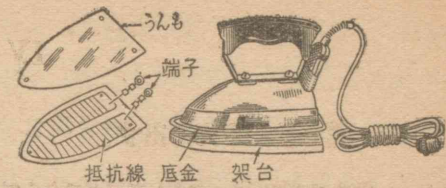


図 88
電気アイロンの構造

図 87 は電気こんろの一例であり、図 88 は電気アイロンの一例である。電気こんろや電気アイロンに電流を流すと、抵抗線のところだけ赤くなって熱を出し、他の部分からは熱が出ないのはなぜだろうか。このわけはむずかしいが、次のような考え方もある。

金属線の中を電流が流れるということは、電子が移動することであって、金属線の抵抗が小さい時は電子が動きやすく、抵抗が大きい時は動きにくい。そこで、いま抵抗の大きい線の中をむりにたくさんの電流を流してやると、電子が通りにくい所を無理に通ることになり、その部分の物質の原子を盛んに動かすことになって熱が出る。

抵抗の大きい所を電流が流れると熱が出るのであって、抵抗が小さいと、同一の電流が流れても熱が出ない。それで、抵抗の大きい抵抗線の所だけ赤くなって熱の出ることがわかる。

導線に電流を流してできる熱量は、電流の強さの自乗と、導線の抵抗と、時間との積に比例する。

* 抵抗 R (オーム)の導線に電圧 E (ボルト)を加え、電流 I (アンペア)を流すと、消費される電力 P は $P=EI$ で示され、 $E=IR$ で示されるから $P=I^2R$ となる。これが t 秒間消費されたとすると、消費される電力量 W は

$$W=I^2Rt \text{ ワット/秒}$$

となる。またこの電力で発生する熱量を H カロリーとすると

$$H=0.24 I^2Rt \text{ カロリー/秒}$$

となる。また 1 キロワット時 ≈ 860 カロリー

これをジュールの法則という。

電熱器に使う金属線としては、ジュールの法則からわかるように、抵抗の大きいものがよい。いま長さ 100 m, 切り口の面積 1mm^2 のいろいろの金属の抵抗を調べると、だいたい第1表のとおりである。

第1表 いろいろの金属の抵抗の値

金属	温度(°C)	抵抗(オーム(Ω))
銀	20	1.6
銅	20	1.7
アルミニウム	20	2.8
鉄	20	9.8
タングステン	20	5.5
タングステン	1000	35
洋銀	—	20~40
ニクロム	—	100~110

表からわかるように、ニクロム線が電熱器に適している。研究1で調べた電気こんろや電気アイロンの抵抗は、このニクロム線である。

* このニクロム線は、ニッケルとクロムと鉄との合金であって、酸化しにくく高温に耐えるのである。

ニクロム線の代用として、ニッケルを用いない鉄クロム線(アルミニウム・鉄・クロム・コバルトの合金)があるが、これは酸化しやす

* ニクロム線には二種ある。

- (1) 1150°C までの使用に適するもの
 ニッケル 75~80% クロム 15~20% 鉄 0~10%
- (2) 900°C 以下の使用に適するもの
 ニッケル 60~70% クロム 10~20% 鉄 10~30%

くて切れやすい。ニクロム線と鉄クロム線とを見分けるには、磁石に吸いつきやすい方が鉄クロムと思えばよい。

電熱器にどのくらいの抵抗線を使ったらよいかをきめるのは、なかなかむずかしいが、料理用の電熱器(100ボルト用)としての適当なワット数と、ニクロム線の直径と長さを示せばだいたい第2表のとおりである。

第2表 ニクロム線の使用電力と直径・長さ・抵抗との関係

ワット数	ニクロム線 番号 B. S.	直径(mm)	長さ(m)	抵抗(Ω)
300	24	0.51	6.2	33.3
400	23	0.57	5.8	25.0
500	22	0.64	5.9	20.0
600	21	0.72	6.2	16.7
700	20	0.81	6.2	14.3
800	19	0.91	7.1	12.5
900	19	0.91	6.5	11.1
1,000	18	1.02	7.4	10.0

問1 電熱器の熱線の直径が不同であったり、表面にきずがあったりするとどうなるだろうか。

問2 電気こんろの熱線の端に近いところの温度は、まん中の部分より低いのはなぜだろうか。

問3 電気こんろの熱線の一部を口で吹くと、その温度が下がり色が黒くなるのはなぜだろうか。

研究2 電気こんろの熱の伝わり方と電気アイロンの熱の伝わり方を調べてみよう。

研究3 電気こんろや電気アイロンのしょうずな使い方について調べてみよう。

電気こゝろは、500 ワットか 600 ワット以下のものを使うようにして、1 キロワット以上のものを使うと危険である。それは、家の中の電線は電燈をつけるのに安全なような線が用いてあるから、たくさんの電流が流れるものは危険である。熱線とコードなどのつなぎめは、ゆるまないようにしなければ、そこで抵抗が増し、高い熱を出し事故を起すことがある。

電気アイロンは普通目方で表わされて、何ポンドのアイロンという。アイロンの種類と使う電力量との関係は、だいたい第3表のとおりである。

第3表 電気アイロンの目方と電力量

種類	目方(g)	1時間使った時の電力量(キロワット時)	60ワットの電燈をつけるとした時の時間
3ポンドアイロン	1360	0.23	約4時間
4ポンドアイロン	1810	0.3	5時間
5ポンドアイロン	2270	0.4	約6.5時間

電気アイロンはスイッチを入れてから 10 分ぐらいすると、150°C ぐらいの温度になり、約 1 時間スイッチを入れっぱなしにしておくと、熱線のところは約 550°C、底金は約 400°C となり、アイロンの中の絶縁物が悪くなる。布地によって適当な底金の温度があって、それはだいたい第4表のとおりである。

じょうずに電気アイロンを使うには、アイロンをかけようとするもの

第4表 布地とアイロンの温度との関係

布地の種類	底金の温度(°C)
絹製品	約130
薄毛製品	約140
厚毛製品	約150
麻製品	約150
もめん製品	約160

をそろえておいて手順よく使う。スイッチを入れてから数分は薄いものを、温度が高くなるにつれて厚いものにかける。そして 20 分から 30 分ぐらいで一度スイッチを切って、余熱を利用する。余熱の利用はどんな電熱器にもたいせつなことである。

問4 次の文の空所へ適当なことばを入れなさい。

- (1) 抵抗の大きい所をたくさんの電流が流れると熱がでるのは.....の働きで説明できる。
- (2) 導線に電流が流れてできる熱量は、.....と.....と.....との積に比例する。これは.....の法則といわれる。
- (3) 電気アイロンの中には.....がはいっており、それに電流が流れて.....ができる。

研究4 私たちの家庭で使う電球の切れたのがあったら、それをこわして構造を詳しく調べてみよ。特に中の光の出る細い線について調べてみよ。

電球には図 89 のように、A および B の二種がある。ガラス球の中は、(B) は真空(完全な真空ではない)になっているが、(A) はガスがはいっている。

電球として最もたいせつな部分は、電流が流れて光を出すフィラメントである。図 89 (A) の西洋なし形のガス入り電球のフィラメントは、細い線(タングステン)が小さいコイルの形となり、さらにそれが大

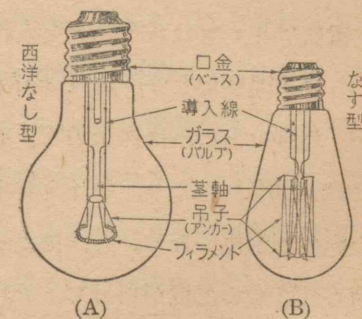


図 89 電球の構造の一例 (A) 西洋なし形(ガス入り電球) (B) なす形(真空電球)

さいコイル状になっいる。その形状は図 90 (B) のとおりである。この
 ようなものは、二重コイル-フィラメン
 トという。図 89 (B) のなす形の真空電球
 のフィラメントはタングステンの細い線
 であって、コイル状にはなっていない。

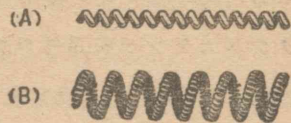


図 90

(A) ガス入り電球のフィラメント

(B) 二重コイル-フィラメント

物を熱すると、はじめは赤黒い色をしているが、だんだん温度を上げると明かるい赤色となり、 100°C ぐらいの温度になると桃色になる。さらに温度を高くするとだいたい色になり、 $1,500^{\circ}\text{C}$ 以上になると白色となる。このように物体を高温に熱すると、そのまわりに光や熱や紫外線など（これらをふくしゃ線という）を出すのであって、これを温度ふくしゃという。このふくしゃ線は温度の四乗に比例する。太陽の光は白色であるが、その表面の温度は $6,000^{\circ}\text{C}$ ぐらいであるといわれている。

物を熱して光を出させる時に、温度を高くすると急に光がよく出るようになり、与える熱と出る光との割合は、太陽ぐらいの温度の時がいちばんよい。それで、もし電球のフィラメントも太陽ぐらいの温度にすればよいが、どんなものでもこのぐらいの高温ではとける。それで、できるだけ高温でもとけにくいものとして、はじめ炭素線が考えられた。この白熱電球はトーマス=エジソンが発明(1879年)したのであって、はじめのころはこの炭素線を用いた炭素電球であった。この炭素は高温に耐えるけれども、真空中でその原子が蒸発しやすく、それがガラス球の内面について黒くなるため、じゅうぶん高い温度にすることがむずかしい。

その後いろいろ研究されて、炭素よりも蒸発しにくいタングステンを用いることが考案された。温度を高くするためには線を細くするこ

とが必要である。このタングステンはごく細くすることができ、高温にも耐え、長く使えるから都合がよい。真空中で熱するのは炭素でもタングステンでも同じであるが、これは燃えるのを防ぐためである。このタングステン-フィラメントを真空球の中へ入れた電球が、真空タングステン電球(真空電球ともいう)である。

このタングステンを用いた電球でも、フィラメントを高温にすると、タングステンが蒸発する。このタングステンの蒸発を防ぐために、ガラス球内に窒素・アルゴンなど(空気中にかすかにある気体で、酸素のように高温でもタングステンと化合しない)の気体を1気圧程度にして入れるのである。このようなガスを入れるとタングステンの蒸発は防がれるが、このガスがフィラメントで熱せられて上昇し、ガラスの上部でひやされて下へおり、対流を生じてフィラメントの熱を奪うことになる。そこで、コイルに巻いたタングステン-フィラメントをさらに大きいコイルに巻いて熱の逃げるのを防ぎ、フィラメントを高温に保つようにするのである。このようにしたものはガス入り電球といわれている。タングステンをういた電球のフィラメントの温度は普通 $2,500^{\circ}\text{C}$ 前後である。このガス入り電球は真空電球に比べると、15% から 20% ぐらい明かるくなり、エジソンの発明したころの電球に比べると、同じ電力で 5~6 倍も明かるくなっている。

問 5 次の文の空所へ適当なことばを入れなさい。

- (1) ガス入り電球のフィラメントは細い.....で作られ、その形は.....である。
- (2) 電球のタングステン-フィラメントが蒸発するのを防ぐために、ガラス球内に.....などの気体を入れる。このような電球は.....といわれる。
- (3) 電球のガラス球の中の空気が抜いてあるのは.....が.....しないためである。

16 電流は物を分解する

水を電気で分解することができるだろうか。

電気を使ってメッキをすることができるだろうか。できるとすれば、どうしてできるのだろうか。

電気を使ってアルミニウムができるだろうか。

実験1 図91のように、ガラスの容器に食塩を溶かした水を入れ、

その中へ2本の電極を入れ、電極に電池と電流計とを直列につなぎ、電流が流れるかどうかを調べよ。また電極の所にどんな変化が起るかを調べよ。

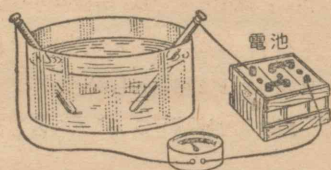


図 91

電解質の中を電流が流れる実験

実験2 図92のように、水に一滴か二滴の硫酸をまぜた液を入れた容器に2本の試験管をさかさにして入れ、それぞれの下に電極をさし入れ、この電極を電池につないで電流を流し、どんな変化が起るかを調べよ。

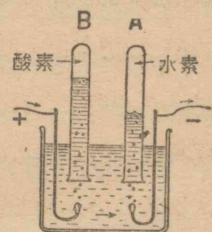


図 92 水の電気分解

水は電流が流れにくいから、実験1のように食塩を入れると、電流が流れやすい。この電流の流れるのは、普通の導体を電流が流れるのとは違っており、これは次のように考えられている。

一般に、酸やアルカリや塩類を水に溶かすと、それらが水に溶けた液のある部分には、陽電気または陰電気を持ったイオンというものに分かれる。このようにイオンに分かれる物質を電解質という。そこで食塩 (NaCl) の水に溶けた液の一部分は正

の電気を持ったナトリウムイオン (Na^+) と負の電気を持った塩素イオン (Cl^-) とに分かれる。そして正の電気を持ったナトリウムイオンは負の電極の方へ、負の電気を持った塩素イオンは正の電極の方へ動く。このようにして電流が流れるのである。また塩素イオンは、正の電極すなわち陽極で塩素ガスを出し、ナトリウムイオンは負の極すなわち陰極でナトリウムができ、それがたゞちに水と作用して水素ガスを出し、か性ソーダを作ることになる。

また実験2では、き硫酸が分かれて正の電気を持った水素イオン (H^+) と、負の電気を持った硫酸イオン (SO_4^{2-}) となり、水素イオンは、陰極へ移動して水素を出し、硫酸イオンは、陽極の方へ移動し、そこで水と作用して硫酸と酸素とを出す。それで、陽極から酸素が出ることになる。硫酸は水と作用してき硫酸となり、結局硫酸は減りも増しもしない。

実験1や実験2のような現象を電気分解という。

実験3 図93のように、ガラスの容器に硫酸銅 (CuSO_4) の水に溶けた液を入れ、2枚(1枚でもよい)の銅板を入れ、その中にメダルのような金属をつるし、電池の陽極を2枚の銅板の方へ、電池の陰極をメダルの方へつないで電流を流すと、どんな変化が起るだろうか。

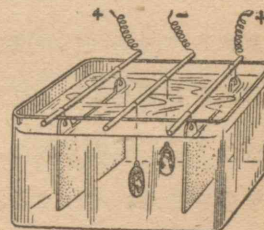


図 93

電気メッキの一例

この実験では、硫酸銅の水に溶けた液は正の電気を持った銅イオン (Cu^{2+}) と、負の電気を持った硫酸イオン (SO_4^{2-}) となり、銅イオンは陰極すなわちメダルの方へ移動し、そこで銅イオンの正の電気と電池の負の電気とが中和して、銅となってメダルの表面につく。一方硫酸イオンは陽極の方へ動き、負の電気は中和し、陽極の銅を溶かして硫酸銅となる。このような現象が電流の流れている間引き続いて起り、メダルの表面に銅が美しく薄く一様につくのである。これを銅のメッキという。まじりもののある銅から純銅をとるのにもこの方法が利用され、電気分

銅法という。

実験 1 や実験 2 や実験 3 では、水に溶けた液の電気分解であったが、高い温度でとけた塩類や酸化物も電気分解を行うことができる。カリウム・ナトリウム・カルシウム・マグネシウム・アルミニウムなども、この高温でとけた状態で電気分解を行って作られる。

たとえば、ボーキサイトといわれるアルミニウムの鉱石を処理してアルミナ（アルミニウムの酸化物 Al_2O_3 ）とし、それを図 94 のような電気分解装置に入れ、上からと下からと炭素の電極を入れ、氷晶石（アルミニウムの化合物）をまぜ、10 ボルトぐらいの低い電圧で何千アンペアという大きい電流を流し、その時の熱でこれらをとかし、電気分解を行うのである。そうすると、アルミナはアルミニウムと酸素となり、アルミニウムは陰極に集まり、酸素は陽極の炭素をへらすのである。このようにしてアルミニウムが作られる。

アルミニウムは、この電気分解によって作ることが発見されるまでは実用されていなかったが、この方法で作られるようになって、私たちの生活にたくさん用いられるようになった。これも電気のおかげである。

研究 1 電気分解を利用してマグネシウムを作る方法を調べよ。

研究 2 金・銀・ニッケルなどをメッキするには、どんな液を使ってどのように行

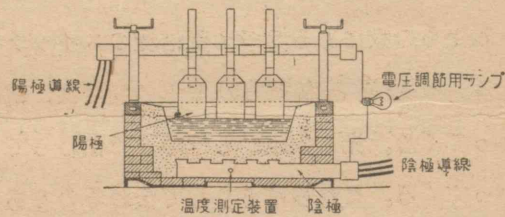


図 94

アルミニウムを電気分解で作る一例

えばよいかを調べよ。

17 ラジオはどうして伝わるか

電波はどうして発見され、どうして作られるだろうか。またどうして伝わるだろうか。

火花を飛ばせて電波を発生させることができるだろうか。

雷が鳴る時に電波がでるだろうか。

私たちの家にあるラジオ受信機のスイッチをひねると、ラジオが聞える。放送局と私たちの家との間には、電線もないのにラジオが伝わってくる。光も太陽から地球まで伝わってくる。遠い所の音も伝わってくる。これらはどうして伝わるのであろうか。

いま、太鼓をたたくと図 95 のように、太鼓の皮の振動によってそのまわりの空気が振動し、空気の密の所と粗の所とができ、空気が粗密の波のようになって四方へ伝わるのである。これを音波という。

また図 96 のように、静かな池に石を投げこむと、そこに水の波ができて、それが四方へまるい形となって伝わって行く。

ラジオも光も、音波や水波のように、電気の波と磁気との波（電磁

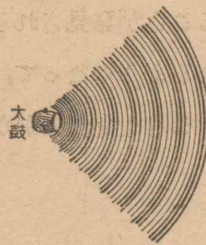


図 95

音波の伝わるありさま



図 96

水の波の伝わるありさま

波といひ、普通電波といふ)となつて伝わって行くと考えられている。水の波でわかるように、波の高いところから、隣の波の高いところまでの長さを波長といひ、この波が1秒間に変化(振動)する数を周波数といひ、その単位はサイクルである。電燈などの交流も電気の波と考えられ、その周波数は50または60サイクルである。

波の伝わる速さと周波数と波長との間には次の関係がある。

$$\text{速さ} = \text{波長} \times \text{周波数}$$

第5表 電 磁 波

波 長 (cm)			
2000000	長 波	無線用電波	電 波
300000	中 波		
20000	中短波		
5000	短 波		
1000	超短波		
10			
0.5			
0.01			
0.0000810	赤 色	可 視 光 線	赤 外 線
0.0000640	橙 色		
0.0000590	黄 色		
0.0000550	黄 緑 色		
0.0000492	緑 色		
0.0000430	青 色		
0.0000380	紫 色		
0.0000200			
0.0000120			
0.0000010			
0.0000001			
0.000000001			
0.0000000002			

電磁波には、ラジオや光もあるが、その他に赤外線・紫外線・X線・γ線などもあり、それらの波長を示すと第5表のとおりである。

研究1 ラジオの波(一般に電波といふ)はどうして発見され、また、どうして作られたかについて調べてみよ。

そのためには、まず図97に示すように、交流電源eによって蓄電器Cを流れる電流について考える必要がある。蓄電器^{*}というは、ライデンびんと同じ働きをするものであつて、二つの金属の板の間に絶縁物(空気・油・紙など)のあるものであり、図98はラジオのバリコンといわれるものであつて蓄電器の一つである。この蓄電器に電流が流れるのであるが、よく考えてみると疑問が生じる。それは、金属板の間には、電流の流れない絶縁物、たとえば空気があつても電流が流れるからである。これは、空気の原子の中の電子が、二つの金属板に加えられる交流の電圧によって、互にその位置を変えたと考え、電子の移動は電流となるから、蓄電器の中を電流が流れると考えられるのである。交流電源の周波数が高くなると、高い周波数の電流が蓄電器を流れるのである。そこで図97のように、蓄電器の金属板と交流電源とを導線でつなぐと、その線にも電流が流れて、その導体のまわりに磁力線ができる。

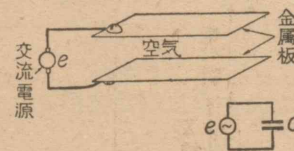


図97 蓄電器の一例

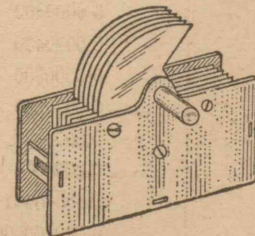


図98 バリコン(可変蓄電器)の一例

* 蓄電池とまちがえないようにすること。

さて、マクスウェルは 1865 年に、周波数の高い交流を蓄電器を通じて流すと磁力線ができ、またその磁力線が変化すると起電力ができるという二つの法則をもととして、いろいろ理論的の計算を行って、電磁波ができて空間を伝わるということを見いだした。

その後 1888 年になって、ヘルツが図 99 に示すような有名な実験を行って、マクスウェルの理論の正しいことを、証明したのである。

ヘルツの実験は図 99 (A) に示すように、二つの金属球を向かい合せておき、その金属球にそれぞれ金

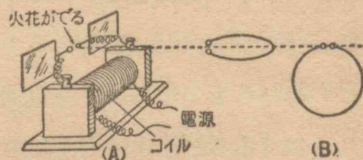


図 99 ヘルツの実験

属棒と金属板とをつけ、この二つの金属球にコイルによって高い電圧を加える。電圧がじゅうぶん高くなると、金属球の間に火花が飛ぶ。火花をよく調べると、一つの火花でも非常に早い速度で交互に火花ができていく。それでこの火花が飛ぶことは高い周波数の電流が流れることになる。そこで、図 99 (B) に示すような、金属球を先につけた導線の輪を作って、(A) から離して適当な所(適当な位置)に置くと、(A) で火花が飛ぶと同時に、(B) の金属球の間で火花が飛ぶ。この時(左)の位置で火花は最大、(右)では火花が生じない。これは次のように考えられる。

(A) で火花が飛ぶと、マクスウェルの考えたように電磁波ができて、電気の波と磁気の波とが空間を伝わる。これは電気力線と磁力線とが伝わるとも考えられ、この磁力線が伝わって、(B) のところに行き、(B) の導線が磁力線を切るようになって、(B) の導線中に起電力ができる。(左)の位置では磁力線を切るが、(右)の位置では切らない。この起電

力がじゅうぶん大きいと、(B) の金属球の間に火花が飛ぶと考えられる。いいかえれば、火花が(A) で飛ぶと同時に(B) で火花が飛べば、(A) から電波が出て空間を伝わり(B) まで行くという実験による証明となるのである。これがヘルツの実験である。この(A)の装置をヘルツの発振対という。

図 99 のヘルツの実験で、(A) の発振対から出ていく電波と磁波との状態を示せば、図 100 のように考えられ、これが四方へ光の速さと等しい速度 (3×10^{10} cm/s) で伝わって行く。

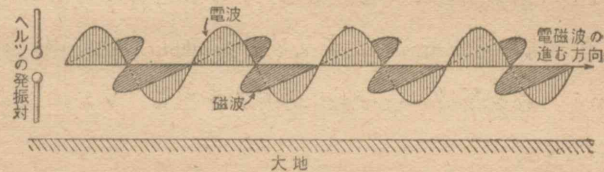


図 100 ヘルツの発振対から出る電磁波

このヘルツの発振対から電磁波の出る状況は、また、図 101 のような考え方で説明される。

図 101 (A) で、ある瞬間に電流が上から下に向かって流れるとすれば、図のように磁力線と電気力線とができ、次に、電流が反対となって下から上へ向かって流れると、磁力線も電気力線も反対の方向にできる。これがくり返して行われ、(B) のようになる(これは電気力線だ

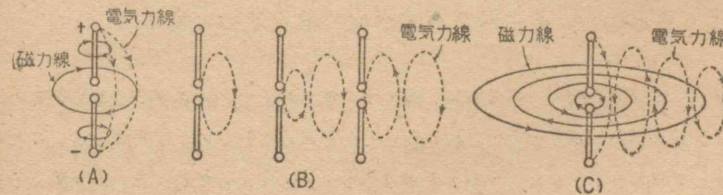


図 101

ヘルツの発振対(空中線と考えられる)から電波が出るありさま

け示す)。前にできたものが導体から離れて空間を伝わって行くと考えられるのであって、図 101 (C) のようになる。

図 100 のようにヘルツ発振対が大地に対して垂直であるとする(放送局の空中線は大地に垂直である)、電気力線は大地に対して垂直に、磁力線は大地に平行になっているのである。放送局の空中線(アンテナともいう)では火花を飛ばすのではなく、非常に速く変化する交流(周波数の高いもの)を流して火花と等しい働きをさせている。そこで磁力線と電気力線とが放送局の空中線から送り出され、空間を伝わって私たちの家の所までくる。そして、私たちのラジオの空中線(普通は、電燈線で空中線の代わりをする)に達し、空中線の導線が磁力線を切って、電磁誘導で空中線に起電力を生じ、ラジオが聞えるようになるのである。

問 1 ラジオ受信機に使う空中線の大きさや形が違ると、ラジオがよく聞えたり、よく聞えなかったりするのなぜか。

問 2 電波が地球の表面に沿って伝わるとすれば、赤道に沿って一まわりするのに何秒かかるか。

ヘルツの実験からわかるように、火花が出るとそこから電波が出る。雷が鳴る時にラジオを聞いていると、がりがりという。これは雷が火花であるから、そこから電波が出て聞えるのである。

研究 2 ラジオを聞いている時に、遠い所で雷が鳴ると、いなびかりが見えると同時にラジオががりがりといい、少したってからごろごろという音が聞える。これはどうしてだろうか。また、ラジオががりがりといってからごろごろと音が聞えるまでの時間を測って、雷の鳴っている所までの距離がわかるかどうか調べてみよう。

18 電気の利用は今後ますます盛んにならなければならない

電気は実にさまざまな働きをするものであって、私たちの家庭の生活や社会の生活に、各方面で広く役に立っていることがわかっただろう。今までに学んだことは、電気が私たちの生活に役立っているすべてではなく、まだまだたくさん利用されていることは、まえがきでもわかるだろう。

また、いままで学んだことは、物の考え方や、いろいろの現象に疑問を起し、それらをどこまでも掘りさげて、じゅうぶん理解するまで調べたり、研究したりする態度を作ろうとしたものである。それで、実際に電気を使ったり、機械を作ったりしようとする、さらに一つ一つについて、もっと詳しく調べる必要がある。

電気が私たちの生活に役に立つようになったのは、ひとりふたりの力ではなく、たくさんの人々が、いろいろの現象について、血のにじむような研究をしたことや、それらをもととして私たちの生活に役に立つように、絶えずくふうした努力の結果である。私たちの小さい力も、たくさん集まると大きい仕事をするものである。

雷についてはかなり研究されているが、まだじゅうぶんわかっていないところがあるようである。しかし、雷の持つ電気の量が非常に大きいことはわかっている。もし、これを捕らえてたくわえておき、それを利用することができたら、どんなに役に立つだろうか。今日では、電気を多量に簡単にたくわえることができない。もしこれができるならば、ずいぶん利用されるだろう。水の多い夏に、水力電気をたくさん起し、それをたくわえておいて、冬の水の少ないときに使えば

よいだろう。また、汽車でも、自動車でも、飛行機でも、汽船でも電気をもちこんで楽に動かすことができるだろう。農村の電気の利用なども、いろいろと考えられているが、まだまだじゅうぶんではない。苗床や温室用に少しは使われているが、今後はもっとうまく使われてよいだろう。家庭の電気の利用も、まだほんの一部と考えられる。料理用の電熱や暖房や冷蔵庫などにも使われ、スイッチひとつひねれば、たちどころにいろいろの仕事ができるようになりたいものである。このように電気が役に立てば、主婦の時間が節約されて、ほかのことに有効に使われるだろう。太陽燈や螢光燈も利用され、テレビジョンももっとよいものが作られ、世界のできごとが家庭にしながら手に取るように見ることができたら、私たちの生活はどんなに豊かになるだろうか。電話や電気自動車も各家庭に持ちたいものである。

わが国の発電には、水力と火力とが利用されているが、このほかに太陽熱・地熱・風力・潮の干満などのエネルギーを発電に利用できないだろうか。電力がたくさん安く得られるならば、今日の発達の間でも、私たちの生活にずいぶん役立つだろう。また電気を使う機械でも、今日できているものは取扱いや、能率や、じょうぶさの点で完全なものであるとはいえないだろう。これらも、今後くふう改良されて、もっとよいものを安く得られるようになれば、どんなに便利だろうか。なお、いろいろ研究すると、思わぬ方面にまで電気が役立つようになるかもしれない。

これらの問題は、若い人たちが、自分たちの生活や社会生活のじゅうぶんでない点を見きわめて、それらを解決するように、みなが力を合わせて研究し、くふうし、努力することによって解決されるだろう。

電気に関するおもな発明および発見

年 代	で き ごと	発明または発見者(生国)
B.C 600ごろ	こはくの摩擦電気	タールス(ギリシア)
A.D 1600	地磁気の理論	ギルバート(イギリス)
1676	光の速度	レーマー(デンマーク)
1733	二種の電気	ジェフェー(フランス)
1745	ライデンびん	クライスト(ドイツ)
1746	"	クナユス(オランダ)
1752	雷の本性	フランクリン(アメリカ)
1775	磁気の引力斥力の法則	クーロン(フランス)
1788	静電気の引力斥力の法則	クーロン(フランス)
1800	ボルタ電池	ボルタ(イタリア)
1820	電流の磁気作用	エルステッド(デンマーク)
1820	電流計	シュワイゲル(ドイツ)
1820	電磁石	アラゴ(フランス)
1820	アンペールの法則	アンペール(フランス)
1820	ビオサヴァールの法則	ビオ(フランス) サヴァール(フランス)
1826	オームの法則	オーム(ドイツ)
1831	感応電流	ファラデー(イギリス)
1831	自己感応	ヘンリー(アメリカ)
1832	最初の発電機の製作	———
1833	ファラデーの法則(電気分解)	ファラデー(イギリス)
1833	電 信	ガウス(ドイツ) ウエーバー(ドイツ)
1834	レンツの法則	レンツ(ロシア)
1836	電気メッキ法	ヤコビー(ドイツ)
1836	感応コイル	ペーヅ(アメリカ)
1837	電 信 機	モールス(アメリカ)
1841	電流の熱作用	ジュール(イギリス)
1857	電解質溶液の電離	クラウジウス(ドイツ)
1858	真空放電	ガイストラ(ドイツ)
1860	蓄電池	ブランテ(フランス)

年 代	で き ご と	発明または発見者(生国)
1865	光の電磁波説および電磁波の存在	マクスウェル(イギリス)
1875	電 話	ベ ル(イギリス)
1878	マイクロホン	ヒュ ー ズ(イギリス)
1879	白熱電球	エ ジ ソ ン(アメリカ)
1879	電 車	ジーメンス(ドイツ)
1888	電磁波の実験的証明	ヘ ル ツ(ドイツ)
1895	X 線	レンチェン(ドイツ)
1897	無線電信	マルコーニ(イタリア)
1901	熱 電 子	リチャードソン(イギリス)
1902	電 離 層	ケネリー(アメリカ)
1903	写真電送	ヘビサイド(イギリス)
1904	二極真空管	コ ル ン(ドイツ)
1907	三極真空管	フレミング(イギリス)
1910	タングステン電球	ド=フォレー(アメリカ)
1921	テレビジョン	クーリッジ(アメリカ)
		ミハリ(ハンガリー)

注 B. C. 西暦紀元前
A. D. 西暦

索 引

あ	く	せ
アーマチュア 38	空中線 79	正極 27
アラゴの円板 58	クーロンの法則 10	制御器 39
アンペア 25		正電気 4
	検流計 42	静電気 5
い	原子核 15	静電気誘導 7
イオン 18		整流子 49
一次コイル 56	こ	積算電力計 57
陰極 18	コイル 32	絶縁体 6
陰極板 20	高圧 55	ゼネレーター 42
陰電気 4	交流 47	線輪 32
	交流発電機 47	
え	さ	そ
えんどう 環堤(ダム) 51	サイクル 47	送電 53
	三相交流 48	送電線 50
お	三相発電機 48	
オーム 25		た
オームの法則 25	し	帯電 4
温度ふくしゃ 69	磁気 27	帯電体 6
音波 74	磁気誘導作用 28	ダム(環堤) 51
	充電 20	ダム式発電所 51
か	集電環 47	炭素電球 69
界磁 37	周波数 75	
回転磁界 59	ジュールの法則 65	ち
ガス入り電球 68	初充電 20	蓄電器 12, 76
渦流 58	磁力線 29	蓄電池 20
火力発電 50	真空タングステン電球 70	柱上トランス(柱上変圧器) 55
乾電池 19	真空電球 70	中和(電気の) 5
		直巻きモーター 38
き	す	直流 48
起電機 11	水力発電 50	直流電動機 37
起電力 14	水路式発電所 51	直流発電機 49
逆起電力 38		直流モーター 37
金ぱく検電器 7		

直列	24		ボルタの電池	17	
		に	ボルタの電対	17	
			ボルト	25	
			ま		
抵抗	24	ニクロム線	65		
電圧	14	二次コイル	56		
電位	14	二重コイル-フィラメン			
電位差	14	ト	69	マグネチック高声器	34
電荷	4			摩擦電気	4
電解質	71	は			
電気	4	配電	50	み	
電気アイロン	64	白熱電球	69	右ねじの法則	32
電気現象	4	波長	75		
電気こんろ	64	発電機	42	め	
電機子	38	発電所	50	メッキ	72
電気抵抗	24	バリコン	76		
電気分解	72			も	
電気分銅法	72	ひ	モーター	36	
電気メーター	60	避雷針	12	ゆ	
電気力	10				
電気力線	6	ふ	U字形磁石	27	
電子	15	負極	27	誘導電動機	58
電磁石	33	ふくしゃ線	69		
電磁波	75	負電気	4	よ	
電磁誘導	44	不導体	6	陽極	18
電動機	36	フランシス水車	52	陽極板	20
電池	17	フレーミングの左手の		陽電気	4
電熱器	63	法則	36	容量	21
電波	75	フレーミングの右手の			
電流	13	法則	45	ら	
電力	53	分巻きモーター	38	ライデンびん	11
電鈴	33			落差	51
		へ			
		並列	24	る	
		ヘルツの発振対	78	ルクランシェ電池	19
と		ペルトン水車	52		
導体	6	変圧器	55	れ	
動電気	12	変電所	50	レンツの法則	45
トランス	55				
		な			
		ほ			
南極	27	放電	20		
鉛蓄電池	20	北極	27		

私たちの科学 15
電気はどのように役立っているか

中学校第3学年用

昭和25年2月1日 初版印刷
昭和25年2月5日 初版印刷
昭和26年3月5日 再版発行
昭和26年3月10日 再版発行

定価 23 円 50 銭

著者 三省堂編修所
代表者 亀井寅雄

発行者 三省堂出版株式会社
代表者 亀井寅雄

印刷者 三省堂神田工場
代表者 今井直一

発行所 三省堂出版株式会社

Approved by
MINISTRY
OF EDUCATION
(Date Oct. 17, 1950)

(¹⁵/_{三省} 中理 908)

(略称 中理科 電気)

広島大学図書

0130449839

