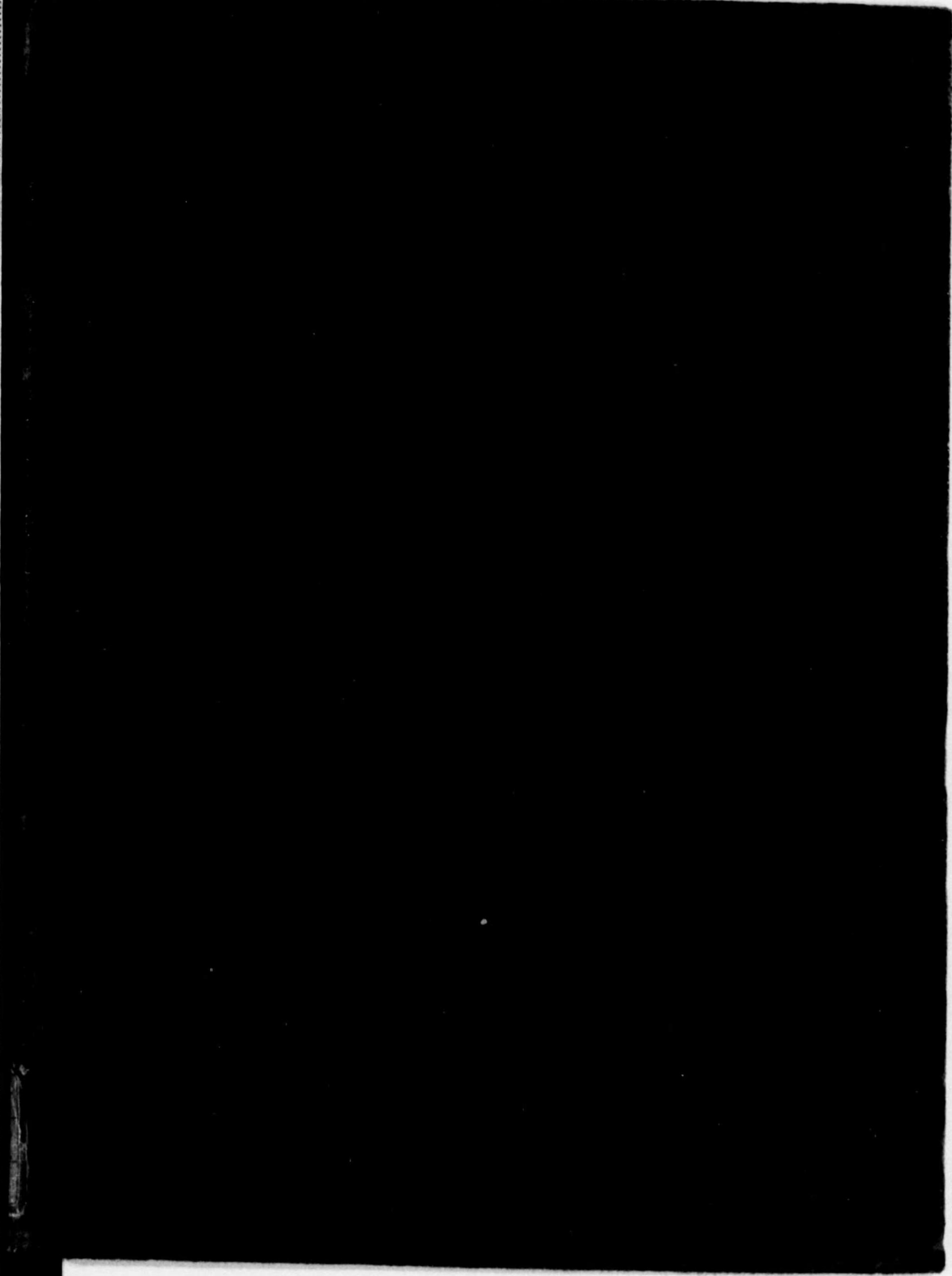


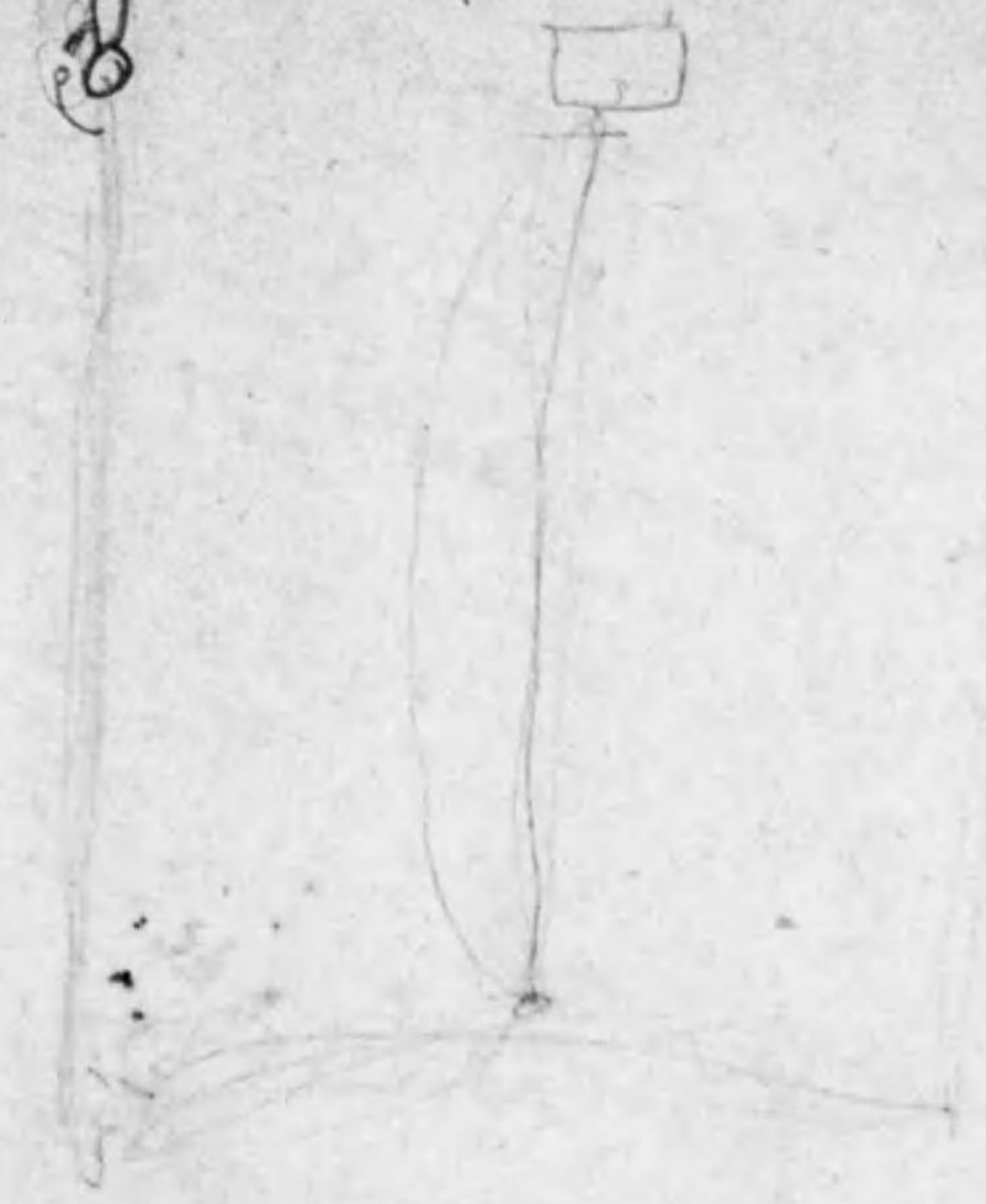
始



997

34

8



8

No 1.

540
D582
3



初等電氣工學



電機學校編



540
D582
3

540
D582
3

は し が き

本書は、少しも電氣の知識を持つてゐない人々に對し、基礎學科と並行して、毎週一時間づつ、一箇年間講述する教材として編んだものである。

前篇の冒頭にも述べてある通り、電氣に對して興味を深からしめ、其の常識を養ふ目的で記述したもので、専門學科へ進む入門書である。従つて小學校を出ただけの人にも、よくわかる様に平易に書いてあるから、電氣科の學生に限らず、電氣に關する一般の豫備知識を得たいといふ人々にも向くものと思ふ。

總べて理窟めいた事は後廻しにして、先づ電氣工學發達の跡をたづね、簡単な二、三の用語を説明して、電燈、電車、電信、電話等の、卑近な應用方面をさきに述べ、電氣はどうして起すか、どうして吾々の家庭に送られるかと云ふやうな事を、簡単に説明して前篇を結んだ。

後篇に於いては、磁氣と電氣との理窟をあつさり述べて、直流の電氣回路に及び、オームの法則の活用を示し、電燈料金などの簡単な計算の例をも述べた。更に電流のいろいろな作用を説いて發電機、電動機、變壓器等、直流及び交流の主なる機械の構造を略述し、終りに電氣の取扱ひに關する注意を述べてある。

テレヴィジョン、トーキー、光線電話等の、いはゆる新らしいものを追ふ事はやめたが、電氣工學の一般を約200頁のうちにを

さめてある。教材に使用する場合には、實物や實例を示し、實驗などを適宜に加へ乍ら講述して貰へば、一層好果を収め得ると信ずる。間口が廣くて奥行の狭小な記述振りに終つた點は、本書の目的の上から已むを得ない次第である。

記述の順序の拙い所や、内容の不備な點は大方の御示教を仰いで、改めて行きたいと思ふ。前篇と後篇とをまとめ、單行本として上梓するに際し 一言以つて自序とする。

昭和十一年一月

編 者 識 ず

初 等 電 氣 工 學

前 篇

目 次

第一章 電氣工學の發達

1. はしがき	1
2. 電氣の現象はいつ頃から知られてゐたか	1
3. 電氣の研究はいつ頃から始められたか	2
4. 現今廣く用ひられてゐる電氣は摩滅して起すのではない	3
5. 電氣の應用は圍めて廣くなつた	4

第二章 重要な術語及び實用單位

1. 電氣には陽電氣と陰電氣とがある	6
2. 電氣の通り易いものと通り難いものがある	6
3. 電流の單位をアムペアといふ	8
4. 電流は電位の高い方から低い方へ向つて通ずる	9
5. 電位の差を電壓といひ、これをヴォルトで計る	10
6. 電流の通るのを妨げる性質を抵抗といひ、單位はオームを用ひる	10
7. 電流と電壓と抵抗との間には一定の關係がある	11
8. オームの法則は重要なものである	12
9. 電流を I 、電壓を E 、抵抗を R といふ記號で表はすことがある	12
10. 仕事をする速さをパワーといふ	14
11. 電氣のパワーを電力といひ、その單位にワットを用ひる	16
12. ワットはヴォルトとアムペアとの積である	13
13. 電氣の爲す仕事の量を電力量といひ、ワット時で表はす	16

14. ワット時の千倍をキロワット時といふ……………17
 15. 電気は計器を用ひて計ることができる……………18

第三章 電燈と照明

1. 電火は昔にくらべて非常に進歩した……………21
 2. 電燈には弧光燈、白熱電燈、真空放電管燈などがある……………25
 3. 弧光燈は家庭用には適當でない……………27
 4. 白熱電燈は最も廣く用ひられてゐる……………28
 5. 初めは電球の纖維に炭素線を用ひた……………28
 6. 現今最も多く用ひられてゐるのは、タンダステン纖維の電球である……………29
 7. 電球には真空電球と瓦斯入電球とがある……………31
 8. 白熱電球にはいろいろなものがある……………32
 9. 普通の家庭では主にコード、ペンダントを用ひる……………34
 10. 電球の各部にも夫々名前がある……………35
 11. 照明には並を巧みに用ひる必要がある……………37
 12. 電燈の用ひ方にもいろいろある……………37
 13. 照明の仕方で物が變つて見えることがある……………39
 14. 照明には種々の方式がある……………39
 15. 健康に必要な紫外線を多く出す電燈もある……………41
 16. 放電管燈は廣告や看板に盛んに使はれるやうになつた……………42
 17. X線は工業上にも用ひられる……………45

第四章 電気應用の交通機關

1. 電車は電動機を用ひて車輪を動かすものである……………46
 2. 電気鐵道はいつ頃から實際に用ひられたか……………47
 3. 電車は次第に廣く用ひられるやうになつた……………49
 4. 電気鐵道は他の鐵道にくらべて勝れた點が澤山ある……………59
 5. 電気鐵道に必要な主なる設備……………60

6. 電車の主要な部分は、車體と臺車とである……………54
 7. 電車線が一本のものと二本のものどよう違ふか……………55
 8. 制御器は電車を止めたり動かししたりする装置である……………57
 9. 制動機は電車を早く止める爲めのものである……………58
 10. 長距離の幹線鐵道には電気機關車が用ひられる……………59
 11. 自動遮断器や避雷器は車輦内の機械器具を保護するものである……………61
 12. 多数の電車を連結運轉する時は一人の運轉手が全體を制御する……………62
 13. 電車にはいろいろ風變りなものがある……………63
 14. 軌道の要らない電車もある……………64
 15. ケーブルカーも電気で運轉するものである……………65

第五章 發電と送電配電

1. 電流には直流と交流とがある……………67
 2. 大仕掛に電氣を起すには發電機を用ひる……………68
 3. 發電機を起すには何か力が必要である……………68
 4. 發電機と原動機とを備へた所を發電所といふ……………68
 5. 原動機を動かすには、水力又は火力に依るものが多い……………69
 6. 我國は水力が比較的豊富である……………69
 7. 水を導く路を水路といふ……………69
 8. 水を水路へ取入れる所を取入口と稱する……………71
 9. 水槽から水車へ水を導く管を水壓管といふ……………72
 10. 水車には衝動型と反動型とがある……………73
 11. 火力發電所には蒸氣力によるものが多い……………76
 12. 汽力發電所には蒸氣機が必要である……………77
 13. 汽力發電所の原動機としては、蒸氣タービンと蒸氣機關が用ひられる……………78
 14. 蒸氣タービンは水力の場合の水車のやうなものである……………78
 15. 配電機は電氣を支配する装置である……………80
 16. 發電所で起した電氣は、種々の系統を経て需要家へ送られる……………81

17. 變壓器は電壓を上げたり下げたりするものである.....	84
18. 電氣を使ふには、餘り高い電壓では都合が悪い.....	84
19. 電氣を遠くへ送るには電壓を高くしなければならない.....	85
20. 送電線には裸線が用ひられる.....	86
21. 配電線には絶縁線が用ひられる.....	87
22. 送電線にも避雷器が必要である.....	87
23. 繁華な市内等には地中電線が用ひられる.....	88

第六章 電信と電話

1. 電信は古くから實用化されたものである.....	89
2. 磁石は南北を指し、鐵を吸引する性質がある.....	90
3. 電流によつて磁石を作る事が出来る.....	91
4. 電信は電磁石を應用したものである.....	92
5. 電話には送話器と受話器とが必要である.....	93
6. 送話器は音聲の變化を電流の變化に變へるものである.....	94
7. 受話器は電流の變化を音聲の變化に變へるものである.....	95
8. 無線電信や無線電話は電波を空中に傳へて通信するものである.....	97
9. 電鈴も電磁石を應用したものである.....	100
10. 電鈴の原理は電信の原理と同じである.....	100

75

初等電気工學

後 篇

目 次

第一章 磁 氣

1. 電氣と磁氣との間には密接な關係がある.....	1
2. 磁石の同極は反撥し異極は吸引し合ふ.....	2
3. 磁力の作用を及ぼす空間を磁界といふ.....	3
4. 磁界の性質は磁線と云ふものを假定するとよく判る.....	4
5. 磁線は環状をなしてゐる.....	4
6. 磁界内では磁石は常に磁線の方向を指さうとする.....	5
7. 磁界に置くと磁石になるものを磁性體といふ.....	6
8. 磁性體には磁氣を殘留する性質がある.....	7
9. 磁界に磁性體を置くと磁線はそれに引かれて集る.....	8
10. 一つの磁石は澤山の磁石に分ける事が出来る.....	10
11. 鐵には飽和と云ふ性質がある.....	11
12. 磁石を保存するには保磁子を用ひる.....	12

第二章 電 氣

1. 電氣は何であるか.....	14
2. 物を摩擦すると電氣が起る.....	15
3. 電氣に二種ある事も實驗によつて判る.....	16
4. 靜電誘導と云ふ事によつても電氣が起る.....	17
5. 雷は電氣の放電である.....	19
6. 避雷針は電氣を少しづつ中和させるものである.....	21

- 7. 簡単に連続した電流を得るには電池を用ひる.....23
- 8. 電池はポンプのやうなものである.....25
- 9. 大地の電位は零である.....25
- 10. 連続して電流の通る路は環状である.....27

第三章 電気の回路

- 1. 電流の通る路を電路と云ふ.....28
- 2. 電路の開閉をなすものを開閉器と云ふ.....28
- 3. 電路は普通判り易く簡単な線で書き表はす.....29
- 4. 抵抗は物の種類によつて違ふ.....30
- 5. 同種類のものの抵抗は長さに正比例し切口の大きさに逆比例する.....31
- 6. 金属の抵抗は温度が昇れば高くなる.....33
- 7. 電圧と電流とを知つて抵抗を計算する法.....34
- 8. 電流と抵抗とを知つて電圧を計算する法.....35
- 9. 電圧と抵抗とを知つて電流を計算する法.....36
- 10. 直列につないである多くのものの全体の抵抗は各抵抗の和である.....38
- 11. 並列とは多くのものが各其の両端で一緒になつてゐることである.....41
- 12. 並列になつてゐるものの全体の抵抗は大變小さくなる.....41
- 13. 電流は並列になつてゐる各抵抗に逆比例して分れて通る.....44
- 14. 電流が通ると電圧は其の部分の抵抗に従つて降下する.....49
- 15. 分路を作ると或る導體を通る電流を隨意に變へることが出来る.....53
- 16. 二點を短絡すると云ふのは極く抵抗の少いものでつなくことである.....55
- 17. 電源には内部抵抗といふものがある.....55
- 18. 電池も直列や並列につなく事が出来る.....57
- 19. 電流計は直列に電圧計は分路に用ひる.....60

第四章 電流の作用

- 1. 電流が通ると熱が出る.....63

- 2. 電燈も要するに電熱を應用したものである.....63
- 3. 蓄電池は電氣を蓄へるものである.....64
- 4. 電流が通ると其の周圍に磁線が出来る.....65
- 5. 電流及び磁線の方向は右ネジの例でよく判る.....66
- 6. 線輪の起磁力は電流と巻數とに關係する.....68
- 7. 鐵心を入れると線輪の磁力が強くなる.....69
- 8. 磁線と電流との間には力が作用する.....69

第五章 電力量と電力

- 1. 電氣の仕事の量はジュール又はワット時で計る.....71
- 2. 電氣料金は電力量を基として計算する.....72
- 3. 一馬力は0.746 キロワットに相當する.....74
- 4. 入力に對する出力の比を能率と稱する.....75

第六章 直流發電機と電動機

- 1. 發電機は起電力を起すものである.....78
- 2. 導體が磁線を截ると起電力が起る.....79
- 3. 起電力の方向は右手三指の規則でわかる.....80
- 4. 界磁は磁線を作る部分である.....81
- 5. 發電機の電機子は起電力の生ずる所である.....82
- 6. 電機子には磁線を増す爲めに鐵心を用ひる.....83
- 7. 電機子の巻線は絶縁する必要がある.....84
- 8. 整流子は起電力の方向を一定にする裝置である.....85
- 9. 刷子は電機子の導體から外部の導體へ巧く電流を導く役をする.....88
- 10. 發電機から電力を取り出す事を荷をかけると云ふ.....89
- 11. 直流發電機には分巻、直巻、複巻の三種類がある.....90
- 12. 發電機に掛け得る負荷には限度がある.....93
- 13. 直流發電機は其の儘直流電動機としても使へる.....94

14. 発電機と電動機との関係は風車と電気扇との関係に似てゐる.....95
 15. 電車には直流直巻電動機が主として用ひられる.....96

第七章 交流の機械

1. 交流を起すには交流発電機を用ひる.....97
 2. 交流発電機には界磁の回轉するものが多い.....98
 3. 交流発電機には勵磁機が必要である.....100
 4. 交流にはオームの法則はその儘では使へない.....101
 5. 交流電動機のうちでは誘導電動機が最も廣く用ひられてゐる.....102
 6. 交流が廣く用ひられるのは變壓器で自由に電壓を變へ得る爲めである.....105
 7. 變壓器の變壓比は一次巻線と二次巻線との巻數の比に等しい.....106

第八章 電気利用上の注意

1. 電気は危いものである.....109
 2. 用ひ方に依つては劇薬も良薬にする事が出来る.....110
 3. 電気工事は規程に従つて施行せねばならぬ.....111
 4. フューズの代りに電線などをつけてはならぬ.....111
 5. コードは傷めないやうにせねばならぬ.....113
 6. 電線には觸らぬやうにするがよい.....113
 7. 不注意は何事にも禁物である.....114
 8. 生兵法は大抵のものである.....115

— 終 —

初等電気工学

前篇

電機學校編

第一章 電気工学の發達

1. はしがき 電気の應用は頗る廣く、その學理は極めて深遠である。従つて僅かの時間に、電気工学の總べてを述べ盡すことは到底できない。ここでは日常われわれが眼にし、或は耳にする多くの電気に関する事柄のうち、極く通俗平易なものだけを簡単に述べることにする。電気工学のホンの入口を覗く程度に過ぎないが、これによつて諸君が、少しでも電気に對して興味と常識とを深くし、進んで更に程度の高い電気工学を學ぶ踏臺として呉れるならば、誠に幸ひである。

2. 電気の現象はいつ頃から知られてゐたか 電気の不思議なはたらきの一つが、此の世の中に初めて知られたのは、随分古い事である。西曆紀元前 585 年に、希臘のターレスと云ふ人が、琥珀を摩擦したら、傍にあつた小さい塵が、琥珀の表面に吸ひ付けられるのを發見した。これが電気の現象の發見された最

初であると云はれてゐる。ターレスは、自然科学者として、その當時有名な學者であつたが、然しこれが電気のはたらきによるものである事は、いろいろと考へをめぐらしたけれども、遂にわからなかつた。

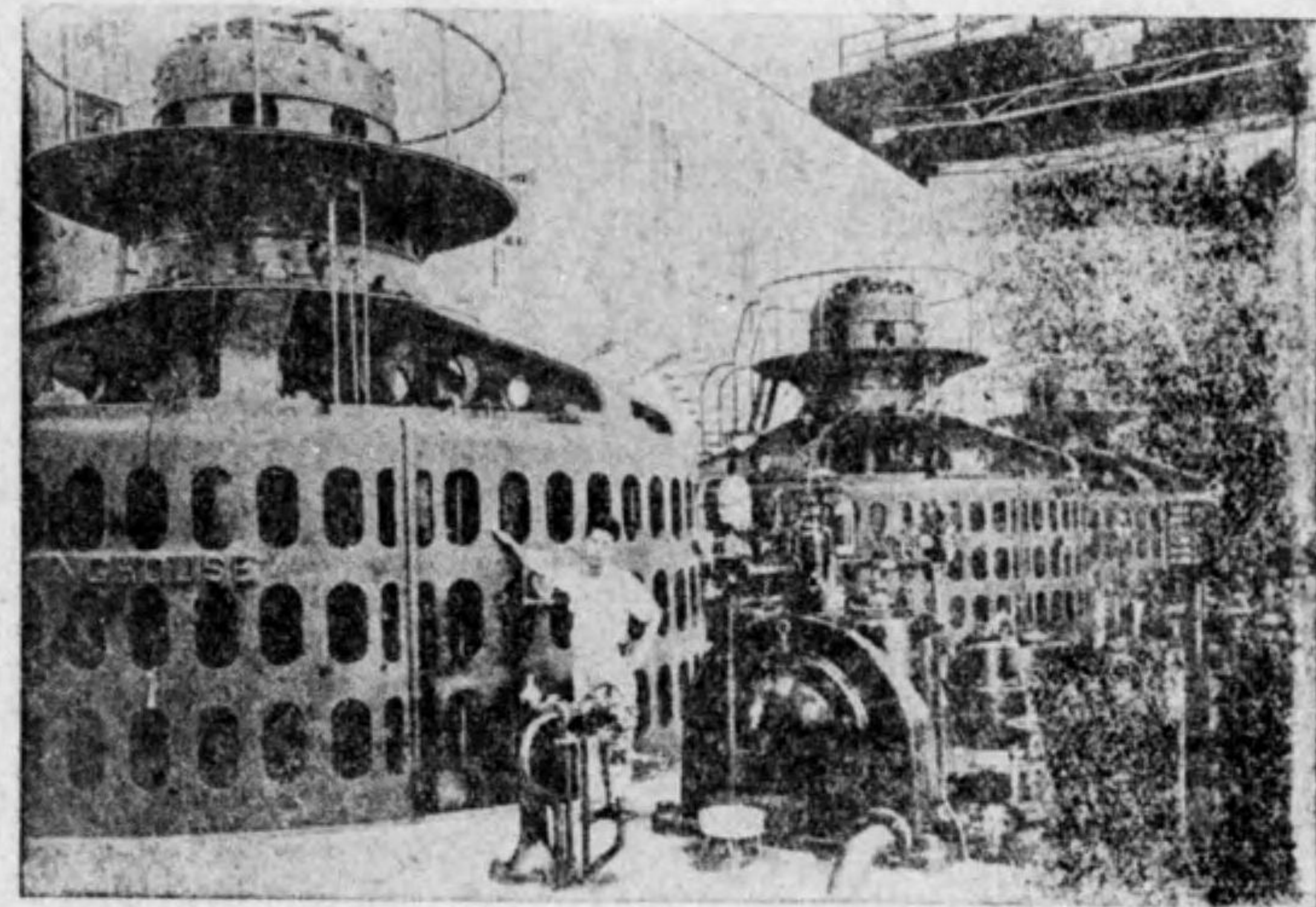
3. 電気の研究はいつ頃から始められたか 斯うして古くから其の現象を認められてゐた電気も、かなり永い間、誰も省みる者がなかつた。何分電気は眼にも見えず、手にもとれず、色も臭ひも無いものであるから、其の存在はなかなか容易にはわからず、また強ひてこれに就て、研究をしようとする人も無かつたのである。

西暦 1600 年の頃に、英國のギルバートが、フトした事から琥珀と他の物とが擦れ合つて、其處に小さな軽い物が吸ひ寄せられてゐるのを發見し、熱心にその不思議な現象に就て研究を始めた。さうして琥珀に限らず、いろいろな物を摩擦すると同じやうな現象の起ることを確かめた。此の時にギルバートが、“電気”と云ふ言葉を初めて用ひた。なほギルバートは、磁石に関する研究もして、電気と磁気との區別を發表し、世の電気研究者のトップを切つた。それ以來、電気の研究者が、世界各國に次第に現れて、多くの發明や發見が、年を逐うて續出した。これ等先人の血のにおむやうな努力が、積み重ねられて、確固不拔な電気工学のいしづゑとなり、現今のやうに偉大な電気文化が生れたのである。

4. 現今廣く用ひられてゐる電気は摩擦して起すのではない 總べての物は摩擦をすると電気が起る。ただ摩擦するものと摩擦されたものとの種類によつて、電気的作用の著しいものもあるし、微弱なものもある。琥珀などは比較的電気の起り易いものである。

しかし摩擦によつて起る電気では、如何に大きなものを一生懸命に擦つたところで、到底電燈をつけたり、電車を走らせたりす

第 1-1 回



發電機

るのに用ひる事ができない。電気は物を摩擦した場合に起る特殊な現象によつて、此の世に發見されたものではあるが、それだからと云つて、現今盛んに使はれてゐる電気を、摩擦で起してゐる

ものだと早合點してはいけない。電池といふ化學的作用で電氣を起すものもあるが、これも大仕掛に永續して電氣を得るものとしては適當でない。

多くの人の工夫、研究は、遂に發電機の完成を促した。發電機は、摩擦とは全く異なる方法と原理とに基いて、大仕掛に電氣を起す機械である。今日では此の發電機で起した電氣を、廣く利用してゐるのである。

5. 電氣の應用は極めて廣くなつた 前に述べたやうに、電氣の現象が世の中に知られたのは、随分古いのであるが、電氣が實際に應用されるやうになつたのは、決して古いことではない。水力や蒸汽力の應用にくらべると、遙かに 第 1-2 回
若輩である。

しかし乍ら、その進歩發達は、實にめざましいもので、“今日は電氣の世の中である”といふ言葉を、平氣で使つて誰も怪しまない様になつた。諸君の頭の上にある電燈や、朝夕乗る電車は勿論、電話でも電信でも、或は無線電話でも、無線電信でも、寫真電送でも、トーキーやテレヴィジョンでも、總べて電氣の應用である。その外、時計も電氣で動かせるし、電氣の煖房は無論、電熱器で御飯も焚けるし、風呂も沸かせる。饅頭も蒸せるし、牛肉も焼かれる。殊に



電気ストーブ

大型、小型の電動機や電熱器の應用は、近來特に廣くなつて、枚舉に違がない程である。従つて電氣の機械や器具は、その種類も非常に多く、かなり大きなものから、頗る小さいものまで、大小さまざまなものがある。

第二章 重要な術語及び實用單位

1. 電気には陽電気と陰電気とがある 二つの異なるものを互に摩擦すると、どちらにも電気が起る。しかし其の電気の性質が、擦つた方のと擦られた方と違ふのである。一方を陽電気又は正 (+) 電気、他方を陰電気又は負 (-) 電気と名づける。例へば硝子の棒を絹の布で摩擦すると、硝子の棒には陽電気が起り、絹の布には陰電気が起る。陽電気と陽電気、又は陰電気と陰電気とは互に反撥し合ひ、陽電気と陰電気とは互に吸引し合ふ性質がある。

二つのものを摩擦した場合に、どちらに陽電気或は陰電気が起るかといふ事は、その摩擦し合つた物の種類によつて定まるのであるが、何れにせよ一方に陽電気、他方に陰電気が起るものであつて、決して此の二種以外の電気は起らない。

2. 電気の通り易いものと通り難いものがある

金属の棒を、絹のハンケチで摩擦しても電気が起る。しかし金属の棒を、ちかに手に持つて居たのでは、決して軽い物へ近づけても、それを吸ひ付けない。若し金属の棒に硝子の柄をつけて、その柄の所を持つて摩擦すると、立派に軽い物を吸ひ付ける。

これは一體どうした譯であらうか。硝子の柄をつけた爲めに、

金属の性質が變る筈がない。金属や人の身體や地面などは、電氣を通し易いから、金属棒を手に持つて居て摩擦をすると、起つた電氣は人の手や足を通つて、ドンドン逃げて行つて了ふ。それだから少しも電氣の作用を現はさない。ところが硝子や絹や磁器のやうなものは、電氣を殆んど通さないから、硝子の柄をつけて、其處を持つてゐると、起つた電氣の逃げ道が無いから、金属の棒に溜つてその作用を現はし、小さな軽い物などを吸ひ付けるやうになるのである。箒の中に降つた雨は、ドンドン外に洩れて少しも溜らないが、バケツの中に降つた雨は溜る。硝子の柄をつけるのは、恰度箒を洗面器の中に入れて置くやうなもので、雨水の逃げ場が無くなるから、其處へ溜るのである。

この様に物には電氣を通し易いものと、通し難いものがあるから誠に有難いので、どちらか一方だけしか無かつたなら、到底電氣を廣く利用する事ができなかつたであらう。電氣を通し易いものを導體と云ひ、電氣を通し難いものを不導體と稱する。しかし不導體と云つても、全く電氣を通さないものは無い。又導體と云つても、電氣の通るのを少しも妨げないものは無い。普通導體と呼んでゐるものは金属、炭、不純な水などで、不導體といはれてゐるものは、陶器や磁器、油、紙、硝子、毛皮、エボナイト、樹脂、絹、乾いた空氣などである。どちらとも區別し難いものを、半導體といふ事がある。人體、木材などは其の半導體に屬するものである。

特に電気の逃げ去るのを防ぐ爲めに、不導體を用ひた場合には、その不導體を**絶縁物**といふ事がある。絶縁物を用ひて電気の通れないやうにする事を**絶縁**するといふ。

3. 電流の単位を**アムペア**といふ 金属の棒を手に持つたままで摩擦すると、起つた電気がみな人の身體を通つて逃げて行く事は、前の節で述べた通りである。また陽電気の起つたもの

と、陰電気の起つたものとを、導體でつなぐと、此の二種の電気は、互に吸引し合ふ性質があるから、導體を傳つて兩種の電気が結びついて一緒になつて了ふ。此のことを電気が導體を通つて**中和**するといふ。

斯様に、電気の起つてゐるものと電気の起つてゐないものとを導體でつなぐか、或は陽電氣を持つてゐるものと、陰電氣を持つてゐるものとを導體でつなぐと、電氣は導體を通つて移つて行く。これは恰かも水が管の中を流れて行くのに似てゐるから、電氣の流れ即ち**電流 (current)** といふ。

發電機といふ機械も、要するに陽電氣と陰電氣とを、絶えず別



電流の作用を研究したアムペア

第 2-1 圖

別に集めて、之れを導體でつなげば、連続して電流が得られるやうに工夫したものである。電流を計るには、**アムペア (ampere)** といふ單位を用ひて、1アムペアの電流とか、5アムペアの電流とか云つて、その大小を表はす。アムペアの代りにAといふ字を使ふことがある。即ち1アムペアは1A、5アムペアは5A といふやうに書く事がある。

4. 電流は電位の高い方から低い方へ向つて通ずる

陽電氣の起つてゐる甲と、陰電氣を持つてゐる乙とを、導體でつなぐと電流が流れる。此の際、実際にはどう電流が通るのか見えないが、兩方から流れるものと考へると、甚だ不明瞭で不便であるから、電流は甲から乙へ、即ち陽電氣を持つてゐる方から、陰電氣を持つてゐる方へ向つて通るものと定めてある。

さうして甲と乙とを導體でつなぐと、陽電氣が甲から乙へ流れるやうな場合には、甲は乙よりも**電位が高い**といふ。電位といふのは、水の場合の水位のやうなもので、高い水位の水と低い水位の處とを管でつなぐと、水流が生ずるやうに、電位の高いものと低いものとの、導體でつなぐと、電流が高い方から低い方へ向つて通るのである。しかし電氣は水のやうなものだと思つては困る。水は高い所から低い所へしか流れないが、電氣は電位の違ひさへあれば、導體でつなぐと下から上へ向つて流れることもあるのである。

5. 電位の差を電圧といひ、これをヴォルトで計る

前節に述べたやうに、水を流すには、水の流れ出す所と落ちつく所との間に、差が無ければならぬ。これと同じ様に電流を通ずるには、その通さうとする導體の兩端の間に電位の違ひ、即ち電位の差がなければならぬ。この電位の差を電圧 (voltage) といふ。水の場合の水位の差のやうなものである。水位の差が大であれば、水流の勢が激しいと同様に、同じ導體を用ひても、電圧が高い程電流が大きくなる。電位も電圧も之れを計るには、共にヴォルト (volt) といふ單位を用ひる。ヴォルトは略してVといふ字で表はす事がある。即ち3ヴォルト、10ヴォルトなどと書く代りに3V、10Vと書いてもよい。

6. 電流の通るのを妨げる性質を抵抗といひ、單位はオームを用ひる 電位の差のある二つのものを、導體でつなぐと、必ず電流が通る。しかしどんな良い導體でも、電流の通るのを少しも妨げないものは無いと云ふ事は、前にも述べた通りで

第2-2圖



電池を發明したヴォルタ

ある。この電流の通るのを妨げる性質を、その導體の電氣抵抗、又は略して單に抵抗 (resistance) と云ふ。さうして此の抵抗を計るには、オーム (ohm) と云ふ單位が用ひられる。オームと書く代りに、 Ω と云ふ略字を使ふことがある。即ち抵抗6オーム、8オームなどと書く場合に、抵抗 6Ω 、 8Ω などと書くのである。

抵抗は、電流の通るのを妨げるやうな性質であるから、同じ電位差のある所をつなぐにしても、抵抗の多いものでつなぐと、それよりも少い抵抗のものでつないだ場合よりも、通る電流がすくなくなるのである。

7. 電流と電圧と抵抗との間には一定の関係がある

或る電位差のある二つのものを、針金でつないだ場合に、その針金を通る電流は、此の兩端の電圧が高ければ高い程大きくなる。また兩端の電圧が一定であれば、抵抗の少い針金を用ひた時程、通る電流が大きくなる。そこで電圧と電流と抵抗との三つのもの間には、一定の関係が成り立つと云ふ事がわかる。次に其の關係を述べよう。

第2-3圖



重要な法則を述べたオーム

8. オームの法則は重要なものである 獨逸のオーム

といふ人は、前節に述べた電圧、電流、抵抗の三つの関係を、実験によつて確かめ、これを世に公けにした。即ち、或る電流の通り路を作ると、その通り路に通ずる電流は、その通り路の両端の電圧に正比例し、その通り路の全体の抵抗に逆比例する、といふのである。簡単に書くと次の通りである。

電流は電圧に正比例し、抵抗に逆比例する。

これをもつと判り易く、式の形に書いて見ると次のやうになる。

$$\text{電流のアムペア数} = \frac{\text{電圧のヴォルト数}}{\text{抵抗のオーム数}}$$

この関係をオームの法則といひ、電気工学上重要な規則である。

9. 電流を I 、電圧を E 、抵抗を R といふ記號で表はす 事がある 一般に電流の代りに I 、電圧の代りに E 、抵抗の代りに R といふ記號が使用されてゐる。そこで電流のアムペア数は I 、電圧のヴォルト数は E 、抵抗のオーム数は R といふ記號で表はす事にすると、前に述べたオームの法則を、次のやうな簡単な式に書き直すことができる。

$$I = \frac{E}{R}$$

誠にあつさりした記憶し易い式となる。その代り、 I と云つたら電流のアムペア数の身代り、 E と云つたならば電圧のヴォルト

数の代理、 R と云つたなら抵抗のオーム数の代りであると、直ぐに思ひ出せるやうにして置かないと、折角の簡単な式も何にもならない。

この $I = \frac{E}{R}$ といふ關係から、 $E = IR$ 、 $R = \frac{E}{I}$ といふ關係のある事がわかるから、電流、電圧、抵抗の三つのうち、どれか二つの値がわかつて居れば、残りの一つを計算する事ができる。一例を擧げて見よう。

例題 1. 抵抗が 500 オームある導體の兩端に、100 ヴォルトの電圧を與へたなら、その導體を幾アムペアの電流が通るか。

解 $E = 100$ ヴォルト、 $R = 500$ オームであるから $I = \frac{E}{R}$ を用ひて、

$$I = \frac{100}{500} = 0.2 \quad \text{答 } 0.2 \text{ アムペア}$$

例題 2. 200 ヴォルトの電圧ある所を、抵抗 20 オームの電線でつないだなら、電線には幾アムペアの電流が通るか。

解 $I = \frac{E}{R}$ といふ式に、 $R = 20$ 、 $E = 200$ を當て嵌めると、

$$I = \frac{200}{20} = 10 \quad \text{答 } 10 \text{ アムペア}$$

例題 3. 抵抗 10 オームの針金に、0.5 アムペアの電流を通ずるには、その針金の兩端に幾ヴォルトの電圧を加へたらよいか。

解 $R = 10$ オーム、 $I = 0.5$ アムペアであるから、これを $E = IR$ の式に代入して、

$$E = 0.5 \times 10 = 5 \quad \text{答 } 5 \text{ ヴォルト}$$

例題 4. 300 オームの抵抗を有する導体に2アンペアの電流を通すには、その導体の両端に、幾ヴォルトの電圧を與へたらよいか。

解 $E=IR$ の式に $I=2$, $R=300$ を代入して
 $E=2 \times 300=600$ 答 600 ヴォルト

例題 5. 或る導体の両端に、10 ヴォルトの電圧を與へた時、2アンペアの電流がその導体を通つたといふ。導体の抵抗は幾オームであるか。

解 $E=10$ ヴォルト, $I=2$ アンペアであるから、これ等の値を $R=\frac{E}{I}$ の式に代入して、

$$R=\frac{10}{2}=5 \quad \text{答 5 オーム}$$

例題 6. ある針金に 40 アンペアの電流が通つた時に、その針金の両端の電圧が 200 ヴォルトであつたと云ふ。針金の抵抗は幾らか。

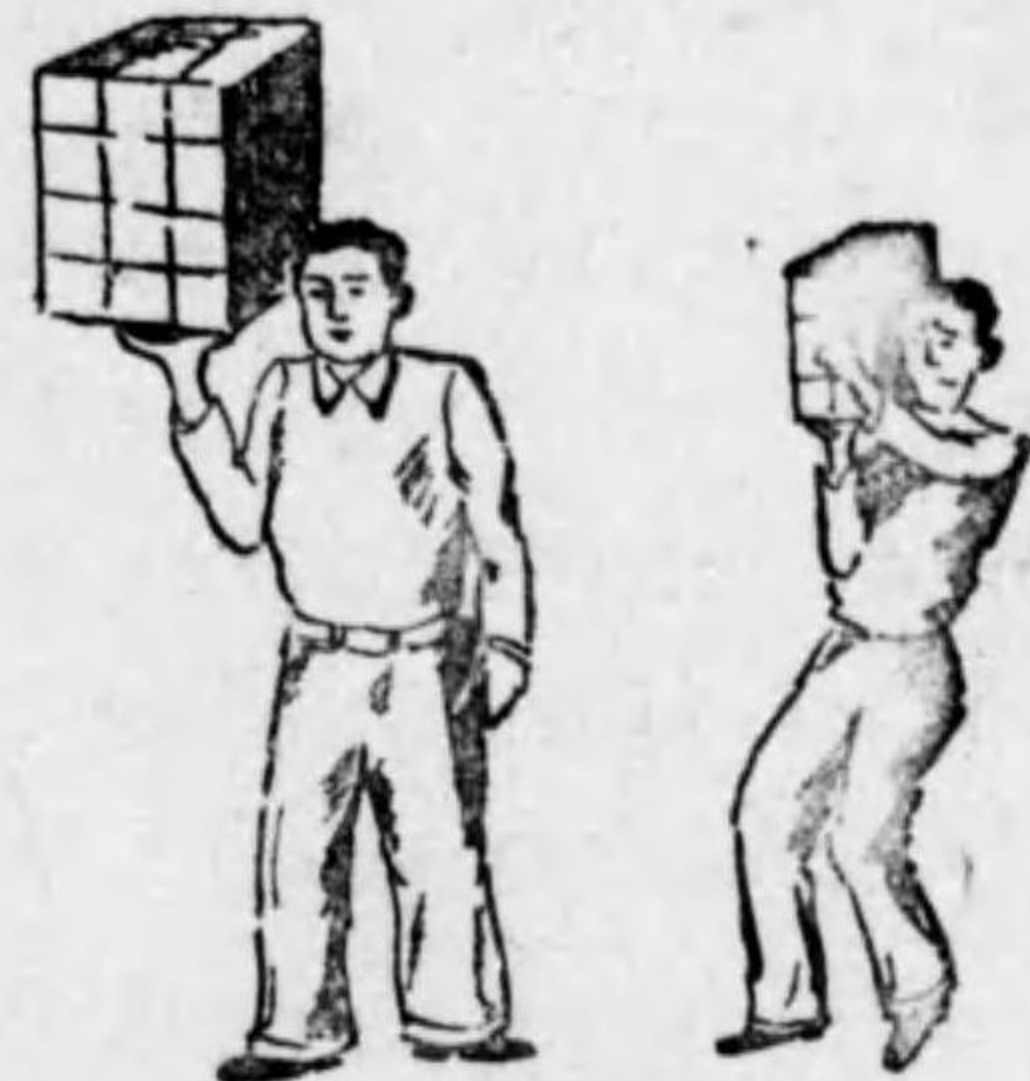
解 $R=\frac{E}{I}$ に $E=200$, $I=40$ を代入すると
 $R=\frac{200}{40}=5$ 答 5 オーム

10. 仕事をする速さをパワーといふ 電気でも、水でも、また人間でも、いろいろな仕事をさせる事が出来る。しかし同じ仕事を 10 時間かかる人もあるし、5 時間で完成する人もある。15 時間かかつて半分しか出来ないといふ人もあらう。機械でも多

$$R=\frac{E}{I}=\frac{10}{2}=5 \Omega$$

く仕事をさせる事のできるものもあるし、あまり仕事をさせると参つて了ふ弱蟲もある。又同一の機械でも、一生懸命に働いて、澤山仕事をする時もあり。懶けてあまり仕事をせぬ時もある。

第 2-4 圖



同じ時間に澤山仕事の出来る人とあまり出来ない人とがある

このやうな場合に、仕事に対する勤怠強弱を表はすには、一定の時間内にどれだけ仕事をするか、即ち時間に對する仕事の割合を以つてする。時間に對する仕事の割

合、即ち仕事の速さの早い人は一定の時間に澤山の仕事ができるし、仕事の速さの遅い人は、あまり仕事ができないわけである。此の仕事の速さをパワー (power) といふ。パワーが二倍のものは、同一の時間に二倍の仕事をする。また同じ分量の仕事をするのには、パワーが二倍のものは、半分の時間で済む譯である。

第 2-5 圖



蒸気機関を發明したワット

11. 電気のパワーを電力といひ、その單位にワットを用ひる

電気も亦いろいろの仕事をする事ができる。電気の爲す仕事の速さ即ち電気のパワーを電力といふ。電力の單位には普通ワット (watt) を用ひる。ワットといふ單位は、かなり小さいから、大きい電力を計るには不便である。故に大きい電力はワットの 1000 倍、即ち 1000 ワットを單位にとり、之れをキロワット (kilowatt) で表はす。1 キロワットは 1000 ワット、5 キロワットは 5000 ワットに相當するのである。一般にワットは W、キロワットは kW といふ記號で表はしてゐる。

12. ワットはヴォルトとアムペアとの積である 1 ワットと云ふのは、1 ヴォルトの電壓で、1 アムペアの電流が通る時の電力に相當するのである。故に電力のワット數は、ヴォルト數とアムペア數とを掛け合せたものである。電力を P といふ字で表はせば、 $P=EI$ といふ關係がある。例へば 100 ヴォルトで、5 アムペアの電流が通る場合の電力は、 $100 \times 5 = 500$ で、500 ワット或は 0.5 キロワットである。

13. 電気の爲す仕事の量を電力量といひ、ワット時で表はす 仕事の量は、ただ單に仕事の速さだけで比較する事が出来ないものである。我輩は 10 のパワーを持つてゐると威張つたところで、何もせずにブラブラ遊んで居ては、少しも仕事

できないであらう。假令 1 だけしかパワーのない人でも、一生懸命になつて休まず仕事を勵むならば、遂には大きな仕事も爲しとげ得るのである。

1 時間に 10 の割合で仕事をする甲の人が、2 時間だけ働いてサッサと歸つてしまひ、1 時間に 5 の割合で仕事をする乙の人が 10 時間セッセと働いたとすれば、その二人の仕上げた仕事の量は、どちらが大きいであらう。云ふまでもなく、甲の人は 20 だけしか出来ないが、乙の人は 50 の仕事をしたのであるから、乙の人はパワーが小さくても、仕事の量は断然大である。

此の様なわけで、仕事の量は、パワーと働いた時間とに依つて定めなければならない。電気の仕事の量は、これを電力量といひ、電力とその働いた時間との積で表はされる。さうして之れを計る單位としてワット時 (watt-hour) が用ひられる。即ちワット時 = ワット \times 時間である。100 ワットの電力で、1 時間に爲す電力量は、 100×1 で、100 ワット時である。60 ワットの電球を 1 時間點するには、 60×1 で、60 ワット時の電力量を必要とするわけである。

14. ワット時の千倍をキロワット時といふ ワット時といふ單位では小さ過ぎる時には、キロワット時 (kilowatt-hour) といふ單位を用ひる。1000 ワット時を 1 キロワット時といふのである。ワット時は Wh、キロワット時は kWh といふ略字で書

き表はすこともある。

40 ワットの電球を、毎日 10 時間づつ 30 日間つけるには、 $40 \times 10 \times 30 = 12000$ で、12000 ワット時、即ち 12 キロワット時の電力量が要るのである。

電力量は電気の爲した仕事の量を表はすものであるから、これを計つて、電気の仕事に対する種類の料金を計算する基準とするのである。

よく「今月はうちで 15 キロ使つた」などといふ言葉を、平気で使ふ人があるが、電気の場合ならば、それは 15 キロワット時の事である。ただ 15 キロと云つたのでは、米を 15 キログラム食つたといふのか、電燈の點火に 15 キロワット時の電力量を要したといふのか、甚だ不明瞭である。キロメートルもキログラムも、キロワットもキロワット時も、單にキロキロと呼ぶのはよろしくない。キロといふのは千といふ意味なのである。前後の言葉で判断のできることもあるが、考査の答案などに、答 幾キロなどと書かない様にして貰ひたい。

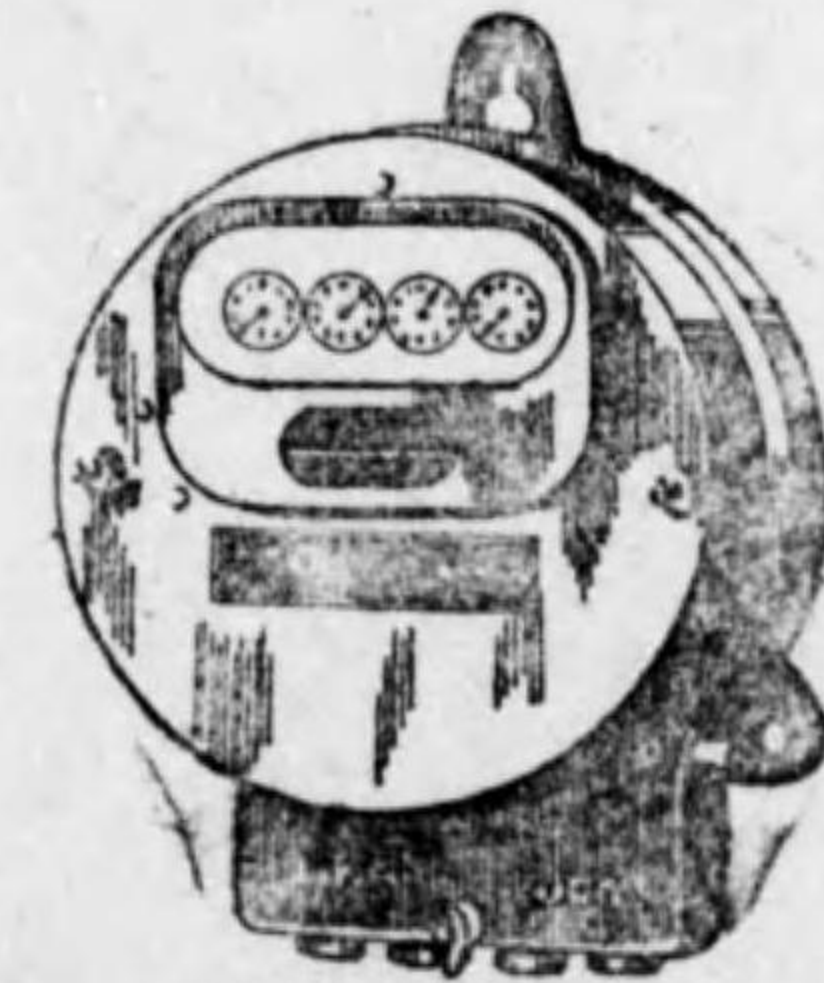
15. 電気は計器を用ひて計ることができる はかりで目方を計つたり、ものさしで長さを計つたりすることができるやうに、電気も姿は見ることができないけれども、電流でも、電圧でも、或は電力でも電力量でも、その大きさを計ることができる。計ることができればこそ、みなそれぞれ単位があるのである。

電気を計るものを計器 (meter) といふ。俗にメートルとかメーターといふのがそれである。電

流を計る計器は電流計、電圧を計る計器は電圧計、電力を計る計器は電力計、電力量を計る計器は積算電力計又はワット時計

といふ。何れも單位の目盛と、指針とがあつて、電流計はアンペア数を、電圧計はヴォルト数を、電力計はワット数を、積算電力計はワット時数を、直ちに読みとる事ができるやうになつてゐる。

第 2-6 圖



指針型の積算電力計

第 2-7 圖



現字型の積算電力計

一般の家庭に取付けられる計器は、電力量をキロワット時数で示す積算電力計であつて、之れには、指針が目盛を示すものと、數字が現れて電力量を示すものとの二種がある。指針が示す方を指針型、數字の現れる方を現字型といふ。この計器は、取附けた時から以後の電力量を積算して現はすものであるから、今月中の電力量を知る爲め

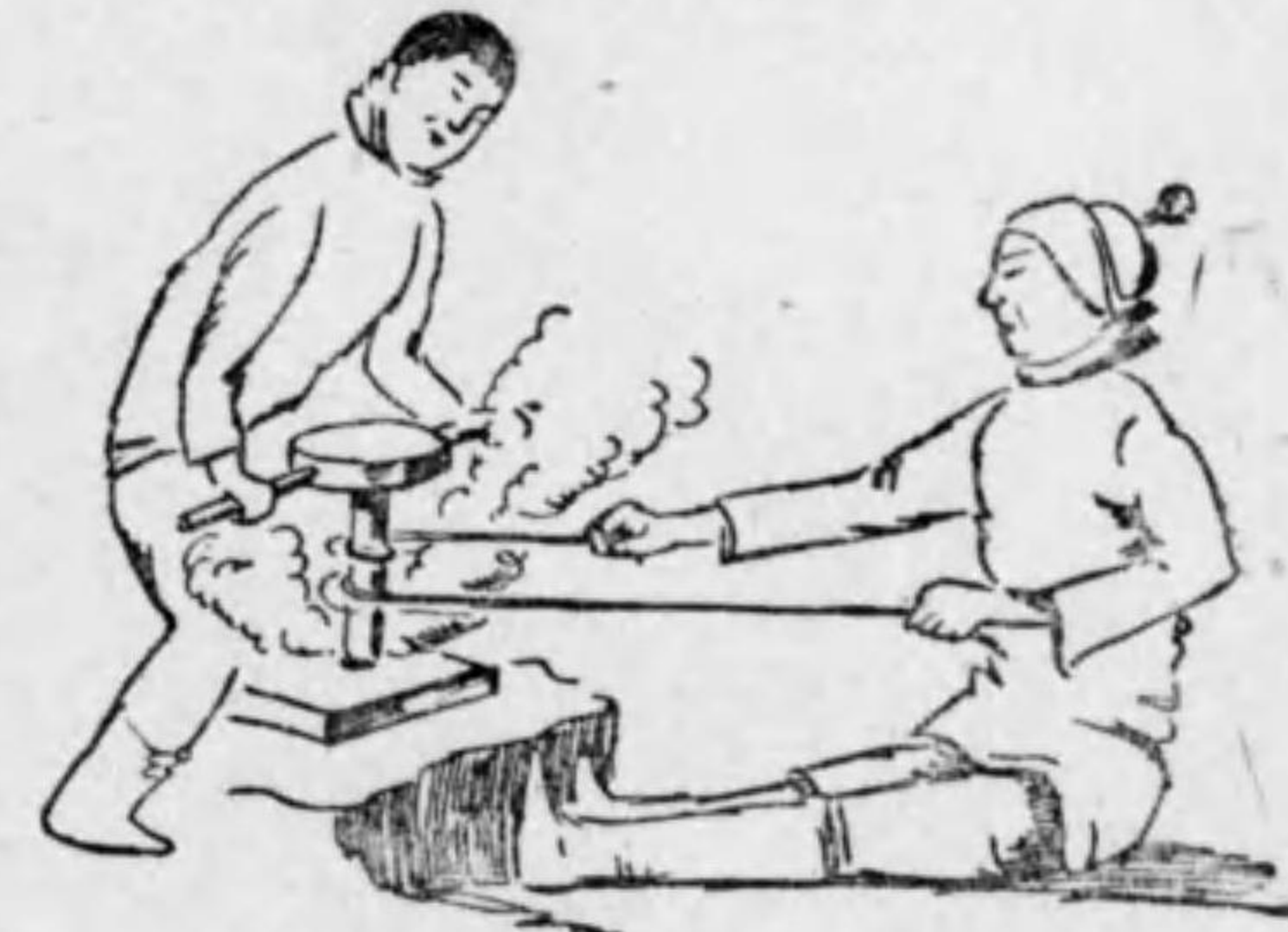
には、今月末に積算電力計が示したキロワット時数から、先月末に示したキロワット時数を、差引かなければならないのである。

さうして其のキロワット時数の差に應じて、電燈電力会社では其の会社の規定に従ひ、今月の電気料金の計算をするのである。

第三章 電燈と照明

1. 燈火は昔にくらべて非常に進歩した 太古の時代には、木と木、又は石と石とを強く摩擦して火を起し、これを土器に入れた木材に移

して、あかりとしたものである。燎火(にわび)といふのがその事である。儀式用としては、皿形の土器に細く割つた木材を盛り、火を移して燃したもので、



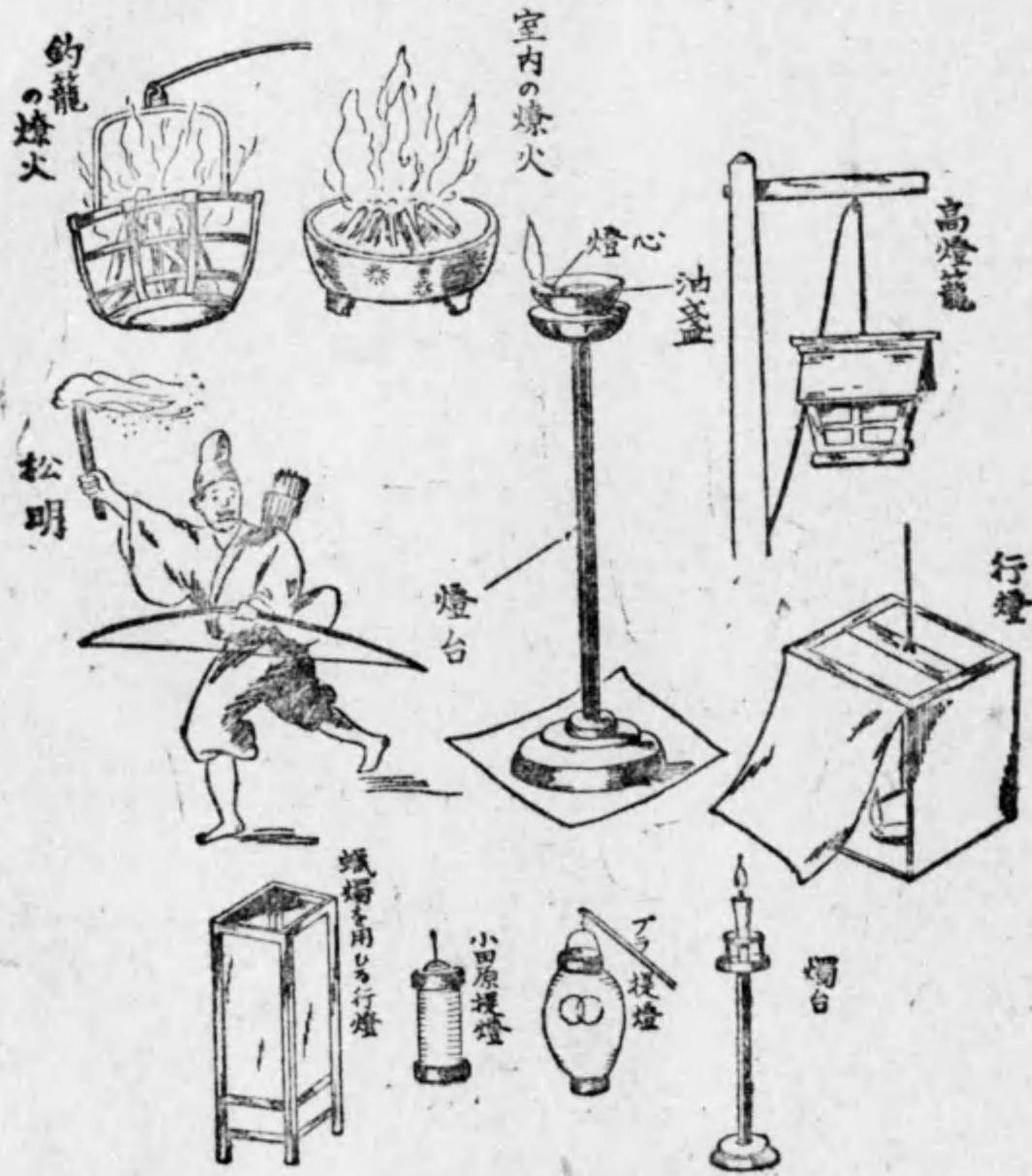
木を摩擦して火を起してゐる所

これを火釜(ほべ)と稱へた。屋外用のあかりとしては、主として松明(たいまつ)が用ひられた。

我が紀元564年以後、三韓交通時代になつて、魚油や動物油等を燃料とする、油燈が用ひられるやうになつた。その頃には燈心の代りに澤山の木片や布片を、油の中に浸して用ひたといふことである。間もなく菜種油のやうな植物油も用ひられるやうになつたが、油燈は殆んど一部の上流にのみ使用され、一般の人人は木材を燃して燈火としてゐた。

我國に佛教が傳へられると共に、燈火具にもかなりの變化があ

第 3-2 圖



昔のいろいろな燈火

つた。油燈は進歩して臺座や支柱の上に油盞を設け、燈心を用ひて點火する立派な燈臺が用ひられるやうになつた。神社、佛閣等には、金燈籠や石燈籠、木製の燈籠なども獻せられ、松明の進歩

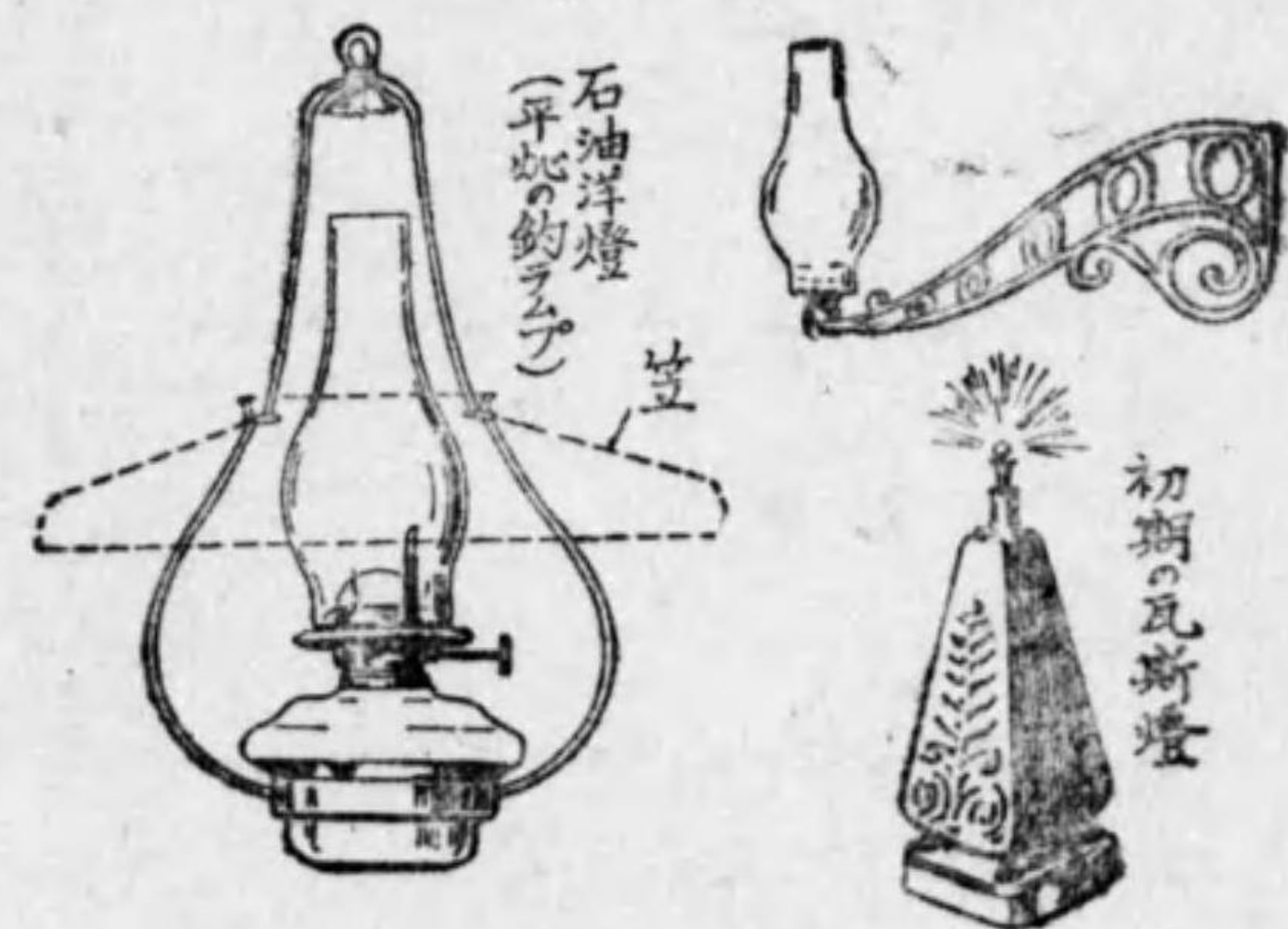
したものと見るべき、脂燭といふものも奈良朝時代にできた。脂燭といふのは木材を油に浸し、手に持つ所だけ紙を巻いたものである。

我が紀元 2000 年以後、室町時代となつて、石燈籠のやうなものは形式的のものとされるに至り、便殿燈のやうな燈臺の裸火に覆ひをしたものが現れ、携帶に便利な行燈（あんどん）が盛んに用ひられるやうになつた。また蠟燭の元祖ともいふべき、奇妙な松脂蠟燭が、此の時代に現れた。

徳川時代になつて、立派な蠟燭が作られるやうになり、行燈も蠟燭用のものと變り、燈臺に代つて燭臺が一般に使用された。携帶用の燈火としては、松明に代つて提燈が盛んに用ひられるやうになつた。

明治時代となつて、歐米との交通が開かれると同時に、歐米の文物が、滔滔として我國へ入つて來た。燈火と云へば行燈と提燈との外には無いかのやうに

第 3-3 圖



石油洋燈と瓦斯燈

思はれてゐた所へ、石油洋燈が姿を現はした。行燈に慣れた人人の眼から見ると、石油洋燈の明るい事は驚くばかりであつた。良いものは早く普及し、不便なものが廢れるのは當然で、世の人人が競うて石油洋燈を用ひるやうになつた。しかし、やがてその石油洋燈が、同じ理由のもとに、瓦斯燈に幾分かその職を奪はれ、更に白熱電燈の出現によつて、石油洋燈も瓦斯燈も、追ひ拂はれてしまつたのである。

瓦斯燈は明治5年頃から、横濱や神戸で用ひられたが、次第に東京、大阪、長崎などでも使用するやうになつた。しかし當時マントルがなかつたから、あまり良い燈火とはいへなかつた。明治24年頃にマントルが我國にも傳はつた。これを使用すると非常に綺麗な光が出るし、發光能率も大變よくなつたが、ただマントルの破損し易いのが缺點であつた。そのころは現在用ひられてゐる白熱電燈も、既に市場に現れてゐたのであるが、何分にも値段が高くて、一般向きでなかつたから、瓦斯燈も相當に都會地の燈火として幅を利かせてゐたものである。

白熱電燈は西曆1879年(明治12年)に、實用的なものが發明された。我國で初めて點火したのが、明治18年であつた。明治20年には東京電燈會社が、一般の需要家の電燈に電力を送つて、初めて點燈をした。しかし其の料金も10燭半夜燈1ヶ月1圓といふ有様で、當時1圓といふ金額は、なかなかの大金であつたから、電燈は一つの贅澤品で、餘程の物好きか金満家でなければ

ば、つけるものでは無いと思はれてゐた。

しかし、電氣工学の進歩發達は、何時までもそんな状態にしては置かなかつた。間もなく電力の發生や分配が、確實且つ容易となり、設備も改良され、電燈自身も進歩し、安價になつたので、兩兩相俟つて點燈費も非常に低廉となつた。さうなると明るくて便利で安全な電燈の歡迎されるのは當然のことで、世を擧げて電燈を常用燈とするやうになつて、他の燈火は全くその影をひそめてしまつたのである。

明治時代は各方面に一大變革を來したが、燈火に於いても非常な改革が行はれ、著しい進歩發達を遂げた。電燈の普及發達は特に目覺しく、その普及率は世界屈指の國といはれるやうになつたのである。

2. 電燈には弧光燈、白熱電燈、眞空放電管燈などがある 電氣の燈火即ち電燈のうちで、最も早く用ひられたのは弧光燈(arc lamp)である。これは西曆1801年の頃に、英國のデーヴィーが發明したものである。二本の炭素棒の先を接觸させて電流を通じた後、少し炭素棒を離すと、其處が青白い焰で續き、電流は焰を通つて上下の棒の間を通ずる。そして焰の處が非常に高い温度となつて、強い光を出すやうになる。この光を利用したのが弧光燈である。

明治11年3月25日に、東京の電信中央局の開業式が、華華

しく擧げられ、その夜の祝宴の席に、我國最初の電燈が點せられた。此の最初の電燈は、實に此の弧光燈であつた。當日は尙、電信中央局と工部大學校との間に、電話線を架設して、初めて通話を行つた。斯様に3月25日は、電信中央局の開局によつて、電信が一段の進歩を示し、電話によつて初めて遠隔の人の話聲を聞く事ができ、弧光燈の素晴らしい明るさに驚嘆したといふ、電気にとつて誠に意義の深い日であるから、特に此の日を電気の記念日としてゐる。

現今一般に廣く用ひられてゐるのは、**白熱電燈** (incandescent lamp) である。これは西曆 1879 年 10 月 21 日に、米國のエヂソンに依つて完成されたものであるが、英國のスワンなども早くから、この研究をやつてゐた。第 3—4 圖はエヂソンの發明した當初の白熱電燈で、ガラス球の中の空氣を抜きとり、中に炭素の線を封入したものである。炭素の様な抵抗の高い且つ熔け難いものを、細い線にすると、ますます抵抗が高くなる。此の様な線には僅かの電壓を加へても、それを通る電流の爲めに高い熱が出る。線がその熱のために、何千度といふ高い溫度になると、強い光を出すやうになる。白熱電燈はその光を利用したものである。斯様に抵抗の高い線を、高溫度に熱して、つまり白熱状態と

第 3—4 圖



エヂソンの發明した最初の白熱電燈

して、その出す光を燈火として用ひるのが、白熱電燈であつて、弧光燈とは全然異なる理窟を應用したものである。

細長い硝子の管の中にある空氣を抜きとつて氣壓を低くし、その代りに極く僅かの特別な瓦斯を入れ、硝子管の兩端に相當の電壓を加へると、硝子管の中で放電が起り、入れてある瓦斯の種類によつて、さまざまな色の光を出すやうになる。この光を應用したものを、**放電管燈**或は**真空管燈**といふ。

獨逸のガイスレルといふ人が、西曆 1858 年に真空放電による、いはゆるガイスレル管といふものを作つたが、これを放電管燈として作つたのは、米國のムーアで、西曆 1893 年の頃である。

電燈には以上述べたやうに、弧光燈、白熱電燈及び放電管燈の三種類がある。

3. 弧光燈は家庭用には適當でない 弧光燈には、いろいろな種類のものがあるが、何れも家庭用の燈火としては適當でない。從來もその爲めに公園とか街路の照明、青寫眞の焼付、活動寫眞や幻燈の映寫機用などに用ひられるに過ぎなかつた。しかし次第に大きな白熱電球が出来るやうになつて、現今では燈火として殆んど使はれてゐないと云つてもよい程である。ただその焰即ち電弧は、非常な高い溫度のものであるから、此の熱を應用して金屬を接ぎ合せる事ができるので、弧光燈としてよりも、弧光熔接の方面に、此の原理が廣く用ひられるやうになつた。

4. 白熱電燈は最も広く用ひられてゐる 現今電燈といへば、白熱電燈のことであると云つてもよい程、白熱電燈が一般の照明用として普及した。中にはこれを電気と呼ぶ人さへある。「暗くなつたから電気をつけて呉れ」と云ふと、變だとも思はず、白熱電燈のスキッチを入れて點燈する。獨逸では電車が早く普及したので、電気といへば電車のことで、「ちよつと電氣に乗つて行つて來る」と云つた調子ださうだが、我國では電燈即ち白熱電燈が、非常な勢で一般化したから、電燈を電氣と呼んでも不思議に思はないのである。

白熱電燈は、電燈のうちでも、取扱ひが甚だ簡單で便利であるし、隨意の明るさのものを隨所につけることができ、極めて安全なものであつて、他の燈火の到底太刀打のできぬ長所を持つてゐるから、此の様に迅速な普及發達を見たのである。

5. 初めは電球の織條に炭素線を用ひた 電球の中に封じ入れてある細い線、即ち電球の光を出す部分を、織條(filament)といふ。エヂソンもスワンも、みな此の織條に用ひる材料を得る爲めに、非常な苦心をしたのである。普通の金屬線などを使ふと、高い溫度になつた時に直ぐに熔けて了ふ。

織條が燃え切れないやうにするために、電球の中の空氣を抜き去つて、眞空にして見たが、それでも巧く行かない。エヂソンが

最初に成功したのは、木綿絲を炭化したものを織條として使用した炭素織條電球であつた。その後もエヂソンは、撓ゆまず織條の材料の選定に努力し、我國の京都府八幡の竹が、最もよい事を認め、この八幡の竹を炭化したものを數年間使用した。

西曆 1888 年頃になつて、纖維素を原料として、良質の炭素線を作ることができるようになり、これを織條とした白熱電球が、盛んに使用されて、一躍炭素織條電球の時代を現出したのである。

しかし、より能率の良い、白い明るい光を出す、壽命の永い織條を作りたい、と云ふ多くの人人の努力は、次第にいろいろな織條の電球を生み、改良進歩を示すに至つた。

6. 現今最も多く用ひられてゐるのは、タングステン織條の電球である 炭素織條の電球も、だんだん改良の結果進歩して來たが、光の色は黄赤味を帯び能率も悪くて、未だ大變結構なものとは云へなかつた。織條の溫度をもつと高くする事ができれば、もつと白い良い光を出すやうになるが、溫度を高くすると早く切れて了ふと云ふやうな譯で、大いに世界中の學者が頭をしぼつてゐたが、遂に考へ付いたのはタングステンといふ鐵石

第 3-5 圖



炭素織條の電球

を、電球の織條にするといふ事であつた。

タングステンは西暦 1783 年に、瑞典のシェールによつて発見され、鐵や銅などと混ぜて、その堅さを増すことなどに用ひられてゐた。西暦 1904 年に、奥國のユスト及びハナマンの二人が、協力して研究の末、このタングステンを電球の織條として用ひることを考案したのである。しかし、タングステンは非常に脆いため、少しの震動でも直ぐ切れるといふ有様であつた。我國でも東京から京都へ、タングステン織條の電球を送つたところが、全部織條が切れてしまつて、京都では一つも使へなかつたといふ昔話も傳へられてゐる程である。

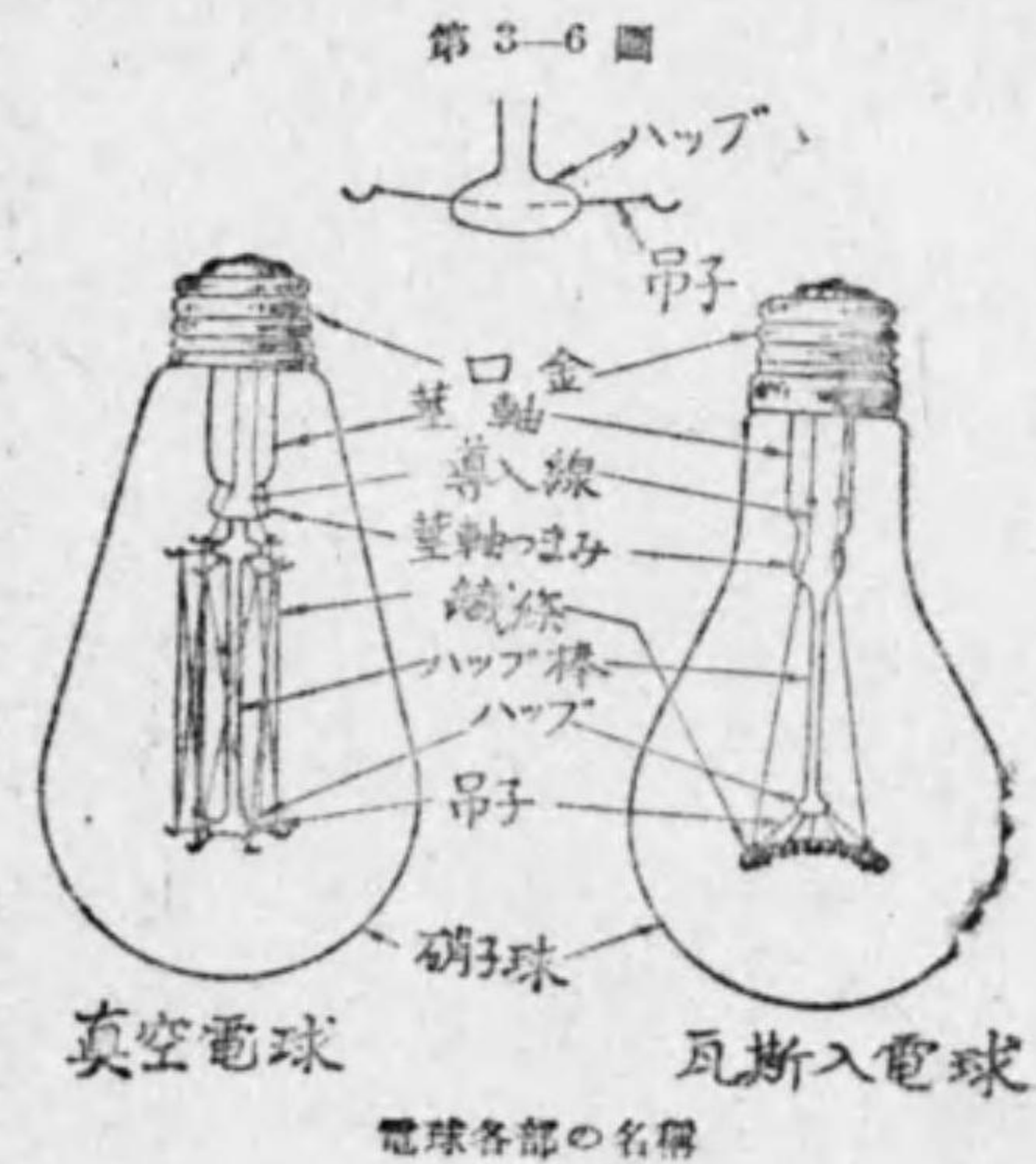
しかし乍ら、此の缺點だけで、タングステンを織條として落第だと決めて了ふのは、誠に惜しかつた。タングステンは炭素には劣るが、その他のものに比べて、非常に高い温度に耐へる。織條として有望な性質を持つてゐる。何とかしてこれを丈夫な織條にしたいものだと、多くの人人が考へた。これはなかなか困難であつたが、西暦 1910 年に、米國のクーリッチが、遂に此の難問題を解決した。クーリッチが脆いタングステンを、丈夫な思ふ通りの細い線に引き伸ばす方法を考案したのである。

炭素はタングステンより高い温度に耐へるが、或る程度以上になると、熔けないけれども盛んに蒸發するやうになる。其の爲めに、それ以上の温度にする事が出来なかつた。しかしタングステンは、炭素が蒸發をする温度以上になつても、その蒸發が炭素よ

り遙かにすくない。そこで織條としてタングステンが多く使用されるやうになり、現今電球といへばタングステン織條電球の獨り舞臺で、炭素織條の電球などは、容易に見ることが出来ないやうになつたのである。

7. 電球には真空電球と瓦斯入電球とがある 電球の中の織條に電流を通じた場合、織條が酸素と化合して燃え切れては困るから、前にも述べたやうに、電球を製作する際に、空氣ポンプで電球の中の空氣を、全部抜きとつて了ふ。斯うした電球を真空電球といふ。

タングステンの織條でも、矢張り温度が或る程度以上に高くなると、蒸發が激しくなつて來る。蒸發を防ぐ工夫をしなければ、それ以上の温度にする事ができない。そこで考へられたのは、電球内の空氣を抜き取つて、代りにアルゴンか或は窒素のやうな、織條を燃す力の無い瓦斯を入れる事である。瓦斯を入れると、それに抑へつけられて、織條の蒸發が減少する。蒸發が少くなるから、真空の



場合よりも温度を幾分か高める事ができ、従つて白い良い光を出させる事ができるやうになる。この瓦斯を入れた電球を瓦斯入電球と稱する。

瓦斯入電球は、西暦 1913 年に米國のラングミュージアが初めて作つたものである。

真空電球には、第 3—6 圖のやうに織條を直線狀に、上下へ引掛けたものが多く、瓦斯入電球には織條の表面積を少くし、熱を奪ひ去られることを防ぐために、螺旋狀に卷いた織條を用ひる。25 ワット以下の小さい電球には、瓦斯を入れても餘り効果が無いから、瓦斯入にしないのが普通である。

8. 白熱電球にはいろいろなものがある 白熱電燈は、電球内の織條が強く熱せられて光るのであるから、瓦斯入電球のやうに、織條が螺旋狀に卷かれてコデンマリと出来てゐるものは、點火してゐる際に直接これを見ると、甚だ眩しく感ずる。この眩しさを防ぐために、電球の硝子を艶消しにしたものがある。これを艶消電球といひ、硝子の外側から艶消しを施したものを外面艶消電球、内側から艶消しにしたものを、内面艶消電球といふ。外面艶消電球は汚れ易い。艶消電球には、電球全部を艶消しにした全艶消電球、下の方半分だけ艶消しにした半艶消電球などがある。上の方の頸の所を少し残して、八分目程度の艶消しをしたものも、近頃多く用ひられるやうになつた。

電球の硝子を、淡い青味を帯びたもので作つた電球を、晝光電球といふ。タングステン電球は、炭素電球に比べると、遙かに白い光を出すか、日光に比べると、未だ未だ黄赤味を帯びてゐる。晝光電球はその赤味をなくして、日光の色に似た光を出すやうにしたものである。色のついたものを取扱ふ場所に適當である。

電球を艶消硝子にしたり、色硝子にしたりすれば、光が幾分かこれに吸収されて、透明な硝子球のものよりは、明るさが幾分か減することはやむを得ない。

電球の硝子を、ウランを含んだ淡い黄色の硝子にしたものを、カナリヤ電球といふ。これは董外線（紫外線）を殆んど外へ出さないから、眼のためによい電球である。

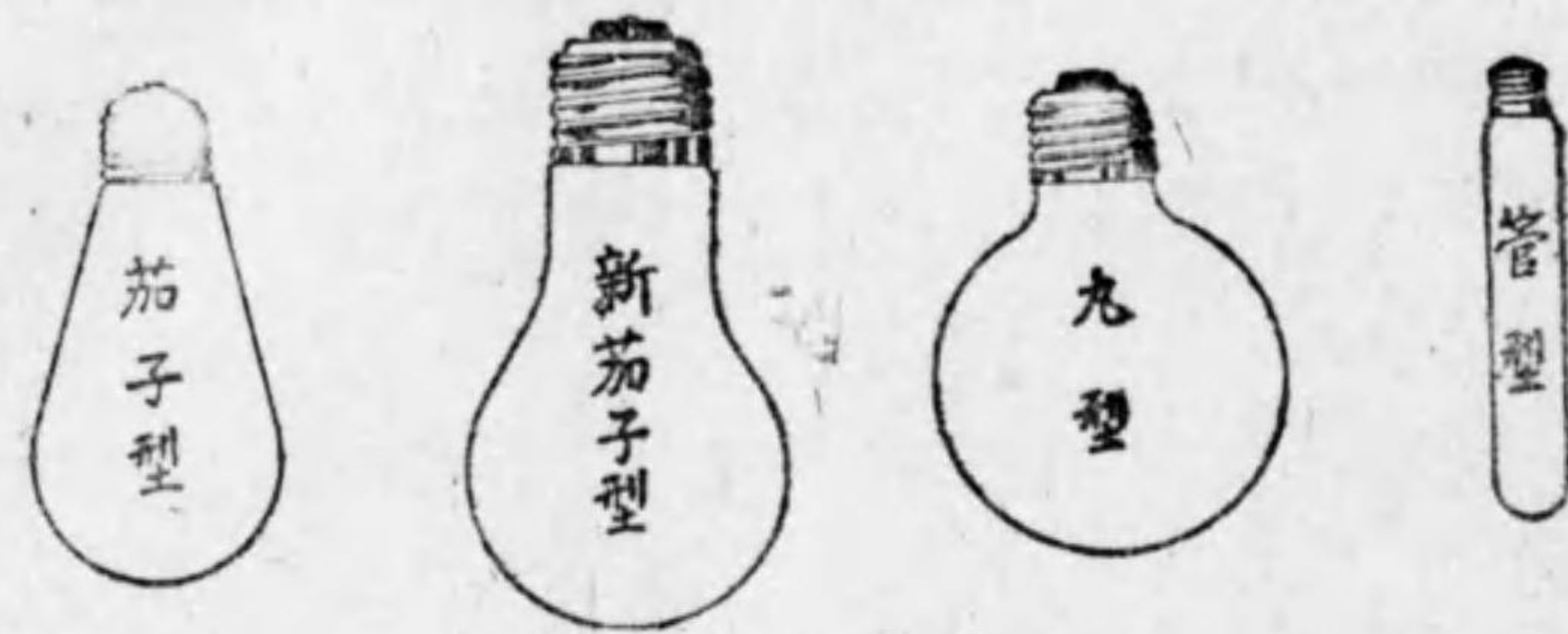
電球の硝子の内面に、特別な白い塗料を施したものに、全光電球（全照電球）といふのがある。これは外から織條の存在もわからぬ程で、電球全體が白く見え、氣持のよい光を出すものである。又一つの電球で、明るさを變へ得る親子電球や變燭電球などもある。その外さまざまな色硝子で電球を作つた色電球は、廣告や裝飾、暗室などに用ひられる。

運動場や作業場を照らす投光器用としては、500 ワット、1000 ワットといふやうな、大きな電球も使用されるし、懐中電燈や自動車内などには、電池で點火する豆電球が使はれる。

活動寫真用、實物幻燈用、前照燈用、燈臺用、寫真撮影用など、その使用目的に應じて、現今では數へ擧げられない程、いろいろ

な白熱電球が作られるやうになつた。

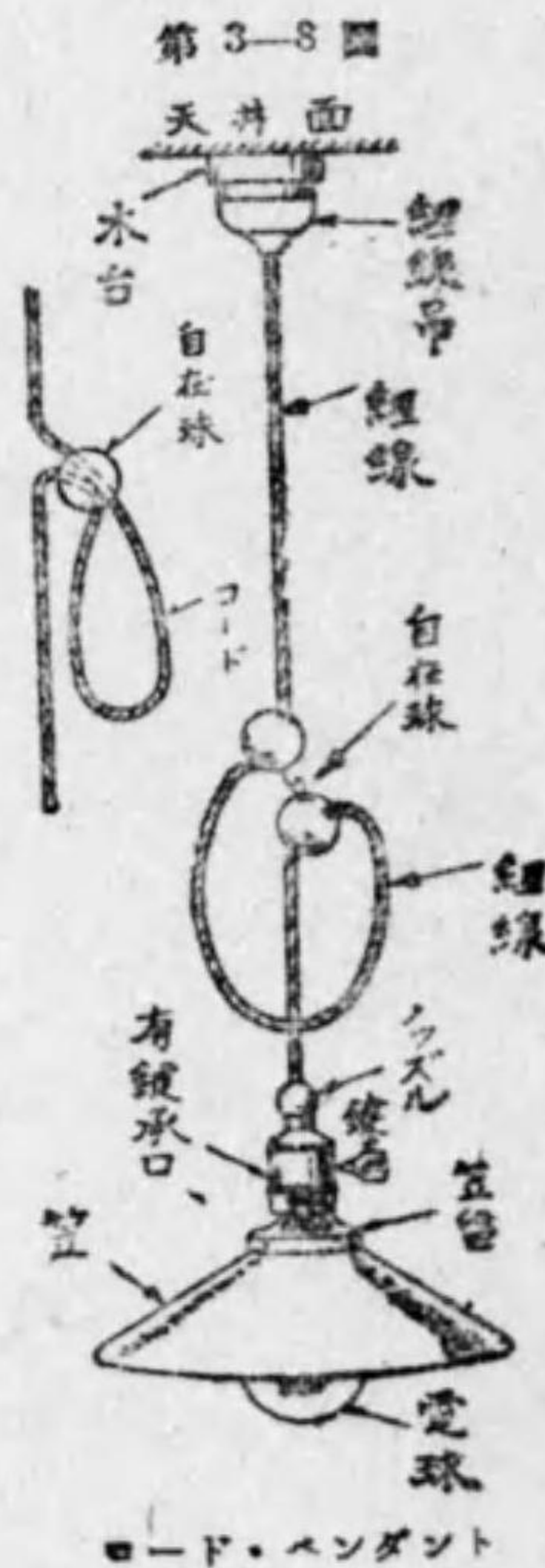
第 3-7 圖



電球の形状

これ等の電球の外形も、種種様様であるが、普通一般の家庭に用ひられる電球は、茄子型及び新茄子型（洋梨型ともいふ）の電球である。特殊の電球には、丸型又は管型のもの、蠟燭形や焰形のものなどもある。

9. 普通の家庭では、主にコード・ペンダントを用ひる 普通一般の家庭に於いては、白熱電燈器具を天井から紐線で吊り下げて用ひる。紐線は電流の通路になるもので、細い銅線を多数一組とし、これを二組別別に絶縁したもので、コードと云つてゐる。コードで吊り下げたものを全體を、コード・ペンダントと稱



する。コード・ペンダントの各部分の名稱は、第 3-8 圖に示す通りである。日常われわれの眼にするものであるから、名前をよく記憶して貰ひたい。

10. 電球の各部にも夫夫名前がある 第 3-6 圖には、直線織條の真空電球、及び螺旋織條の瓦斯入電球の、各部分の名稱を附記してある。導入線は、電球の内と外との間を連絡する線であつて、この線と硝子との間に空隙ができると、電球内に空気が入り込む心配がある。そこで導入線は、温度が變化しても、硝子と一緒に伸び縮みするやうな、特別な金屬で作る。以前は導入線として白金が使はれたが、これは高價なために、現今ではニッケル鋼に銅を被覆したものなどが用ひられる。

電球には製作所によつて、いろいろの名前の電球があるが、何れにせよ電力があまり要らなくて、安くて明るく、壽命が永くて、何時までも新しい時と變りの無いものがよいのであるが、さう巧くばかりは行かない。人間でも健康の如何に勝れた人とはいへ、九十歳、百歳となると、腰が曲る、頭は禿げる、齒は抜ける、目が悪くなる、骨と皮ばかりになる、といふやうに次第に弱つて来て、遂にこれといふ病氣もせずに死んで了ふ。

電球も如何に丁寧に取り扱つても、使つてゐるうちにだんだん織條が瘦せて、遂に斷線して了ふのもあるし、斷線しなくても明るさが非常に減つて來るものもある。永くきれないで良い電球だなど



と、うつかり褒める譯には行かない。明るさが2割以上も減つたら、断線しなくても取換へた方がよい。また如何に明るくて電力がすくなくて済む電球でも、忽ち切れて了つて、のべつ取換へなければならぬやうでも困る。値段が馬鹿に安くても、非常に電力の要るものや寿命の短いものもある。電球を使用するに當つて、その消費電力、明るさ、寿命、電球の費用といふやうな點は、特に考慮を拂はなければならぬ。

電球の大きさは、從來主として真空電球は光度即ち或る方向に出る光の強さで表はし、16 燭、24 燭、32 燭、50 燭などといふ様に燭を単位としてゐたが、近頃は瓦斯入電球は勿論、真空電球でもその電球の消費電力で表はしたものが多くなつた。20 ワット、30 ワット、40 ワット、60 ワットなどといふやうに、切りのよいワット數で大きさを表はすやうになつた。現今最も大きい電球は我國では 30 kW のものであるが、外國では 50 kW のものも作られた事がある。

電球の口金の所か或は硝子球に、100-32c. などと書いてあれば、100 ヶルトの電圧を加へた時に、32 燭の明るさを出す電球、C-100-40 W などと書いてあれば、瓦斯入電球で、100 ヶルトを加へた時に、40 ワットの電力を消費する電球といふ意味である。C の代りに B とあるのは、真空電球である。粗惡な電球には、銘記してある燭光を出さないものや、銘記してあるワット數の電力よりも、餘計に電力を消費するものなどもあるから、少し

位高い値段でも信用のできる製品を選ぶ方がよろしい。

11. 照明には笠を巧みに用ひる必要がある 照明といふのは、其の目的に應じて光をうまく利用することである。電球に笠をつけるのも、電球から出る光を笠で反射させて、できるだけ目的の所を明るく照らし、且つ眩しさを防ぐ爲めである。

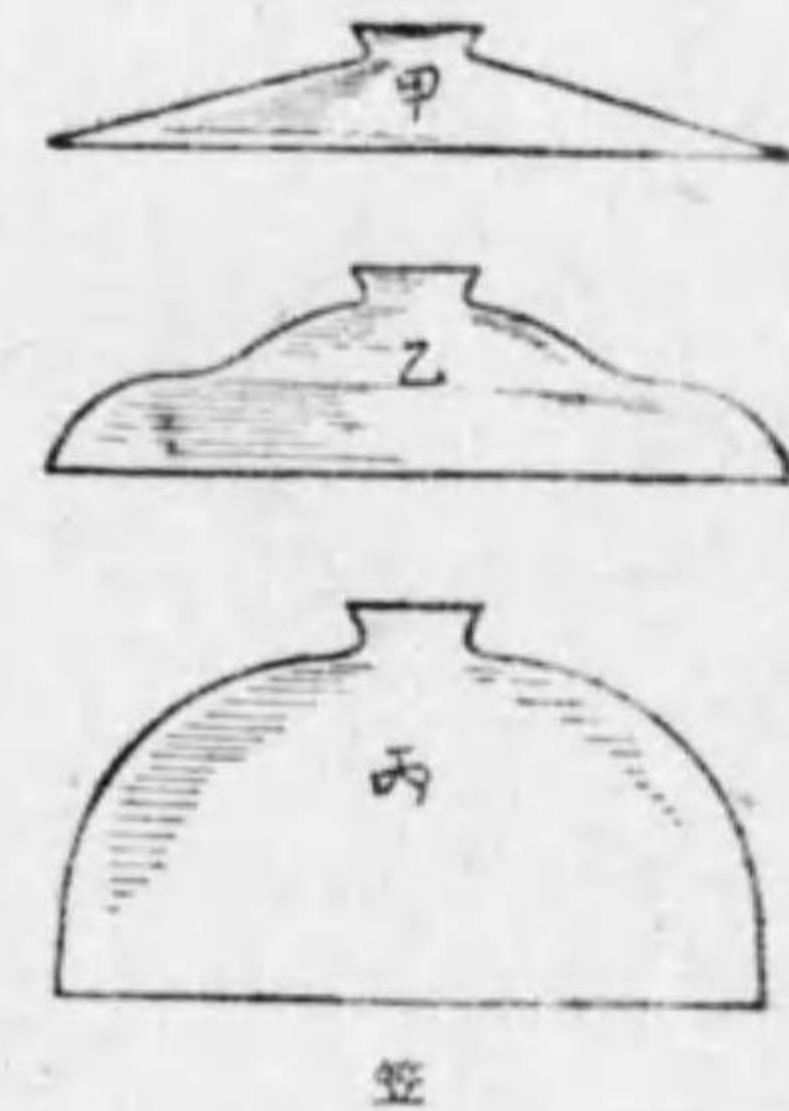
特に透明な硝子の電球を用ひた場合には、深い笠をつけて、直接キラキラする織條が、眼に見えない様にしないと眼を傷める。

笠には比較的淺いものと深いもの、及び、その中間の深さのものなどがあつて、形状はいろいろである。大抵は乳白色の硝子で作つたものを使ふが、外を色硝子にしたものもあるし、模様をつけたものもある。金屬製のものもある。何れにしても内側は光をよく反射させるやうに工夫せねばならぬ。布製或は紙製の笠などもある。

笠には比較的淺いものと深いもの、及び、その中間の深さのものなどがあつて、形状はいろいろである。大抵は乳白色の硝子で作つたものを使ふが、外を色硝子にしたものもあるし、模様をつけたものもある。金屬製のものもある。何れにしても内側は光をよく反射させるやうに工夫せねばならぬ。布製或は紙製の笠などもある。

12. 電燈の用ひ方にもいろいろある 電燈をつけるにはその照らす場所に應じて、適當な器具を用ひなければならない。さうして所要の明るさに照らすには、どの位置に、どんな高さに

第 3-9 圖

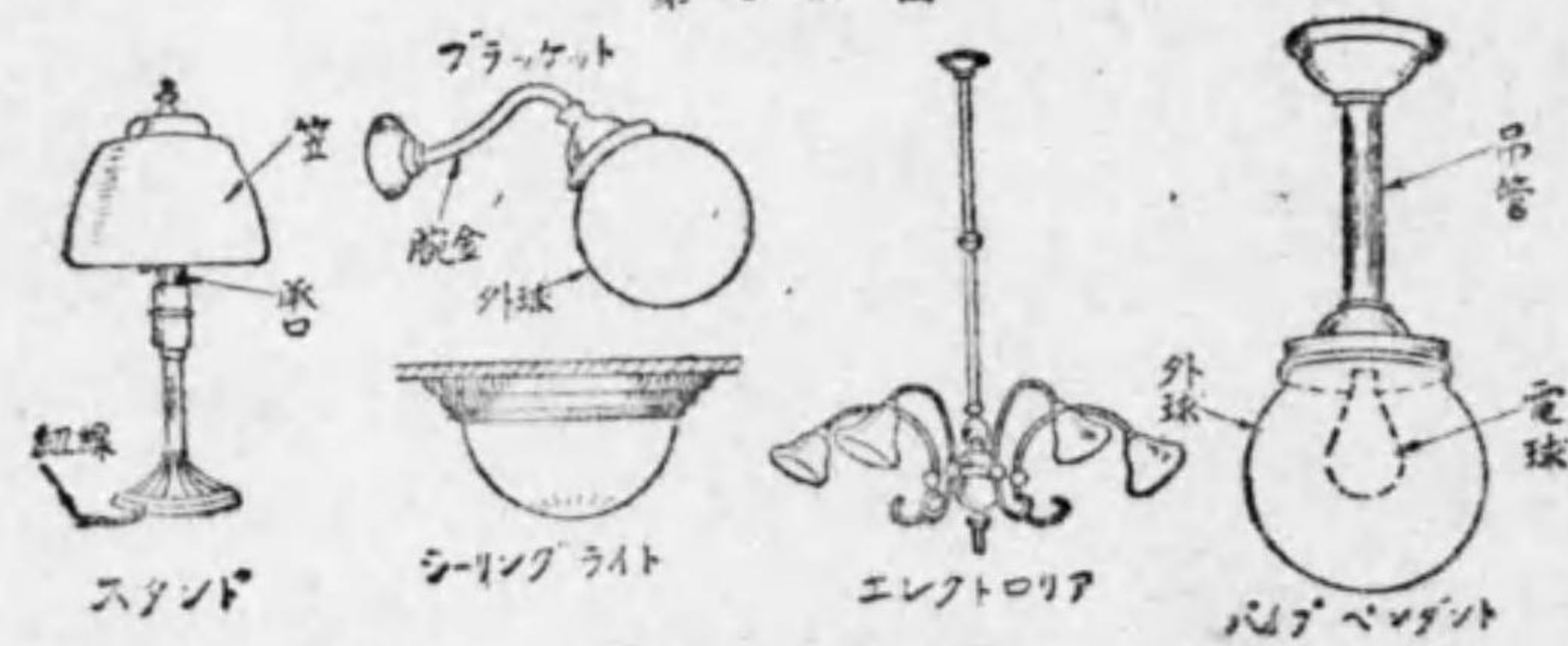


し、何程の大きさの電球を、如何なる器具によつて、點火したらよいかを定めなければならぬ。屋内ならば天井の色や四圍の状態なども考へなければならず、なかなかむづかしいものである。

机の上のやうな、一局部を照らすときには、**電気スタンド**のやうな、移動させるのに容易なものが便利である。天井から吊り下げた器具がブラブラ動いては工合の悪い所などには、パイプで吊り下げたものを使ふ。大型の器具は鎖で吊り下げる事もある。

柱や壁から腕金を出して、その先に電球を取付け、附近を照明することもある。これを**ブラケット**といふ。天井の低い所には、直接天井に承口を設けて、電球をつけることがある。之れを**シーリング・ライト**といふ。大廣間の中央に、多數の枝管を有するパイプを吊り下げ、種種の意匠を凝らして裝飾し、枝管の先に笠と電球とを取付けて點燈するものを、**エレクトロリア**又はシヤ

第 3-10 圖



電燈のいろいろな用ひ方

ンデリアといふ。第 3-10 圖はこれ等の電燈器具を示したものである。

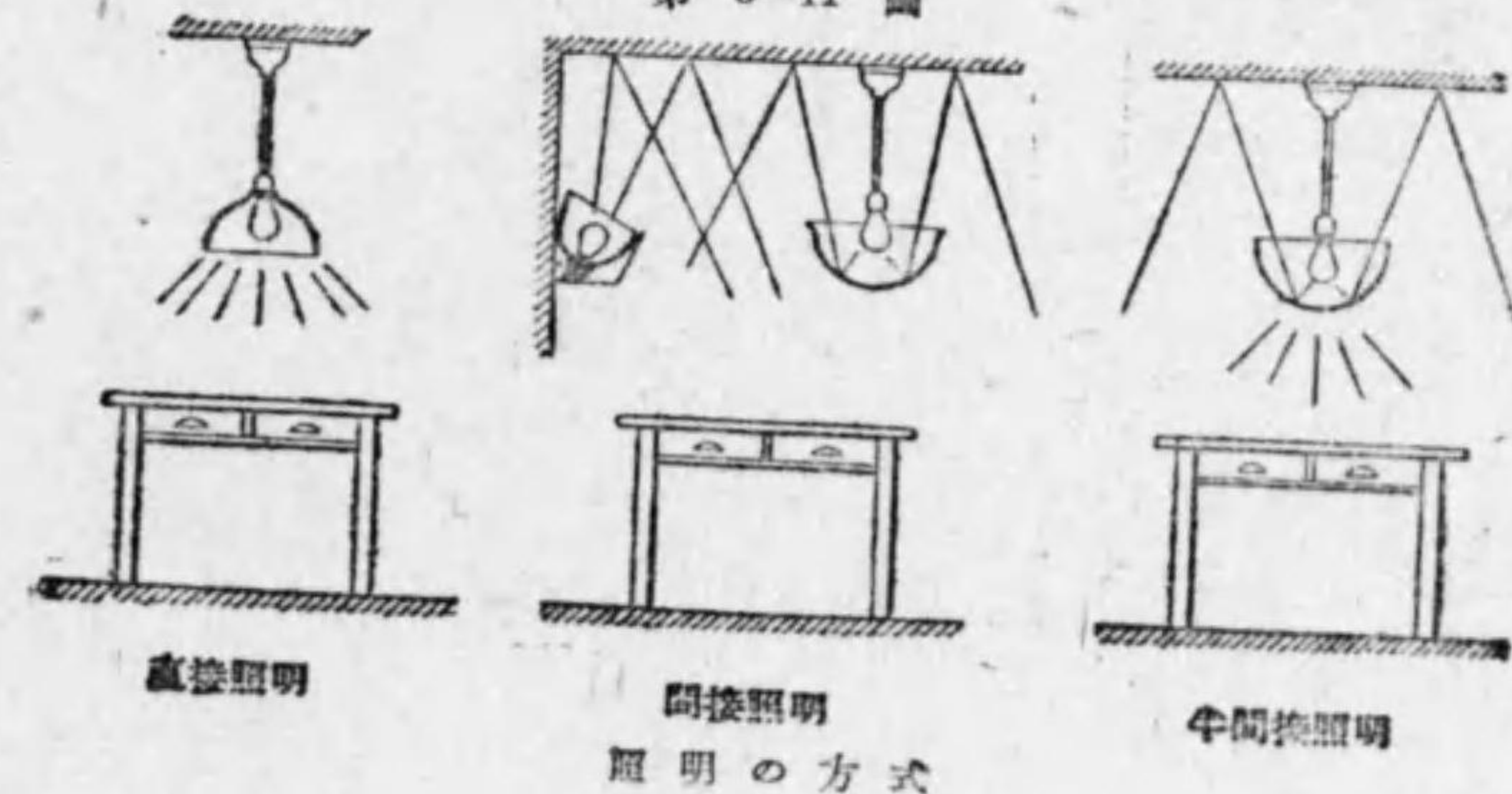
屋外に取付ける電燈には、電球を裸にするよりも、外球（グローブ）を被せた方が、電球の保守にも役立つ。又大きな電球ならば、屋内でも外球を用ひて全圍ひ式にするか、或は笠と半球形の外球とを組合せた半圍ひ式にした方が、眼の爲めにもよらしい。

13. 照明の仕方で物が變つて見えることがある 同じ物でも、之れを下から照らした時と、上から或は横から照らした時とでは、それぞれ變つて見えるものである。色彩の施してあるものなどは、これを照らす光の色によつて、殊にはげしく變つて見える。それが爲めに次第に照明のことが、やかましく言はれ、研究されるやうになつて來たのである。

14. 照明には種種の方式がある 照明をする場合に、これを光の取扱ひ方から方式を分類すると、大體次の三種となる。

- 1. 直接照明
- 2. 間接照明
- 3. 半間接照明

第 3-11 圖

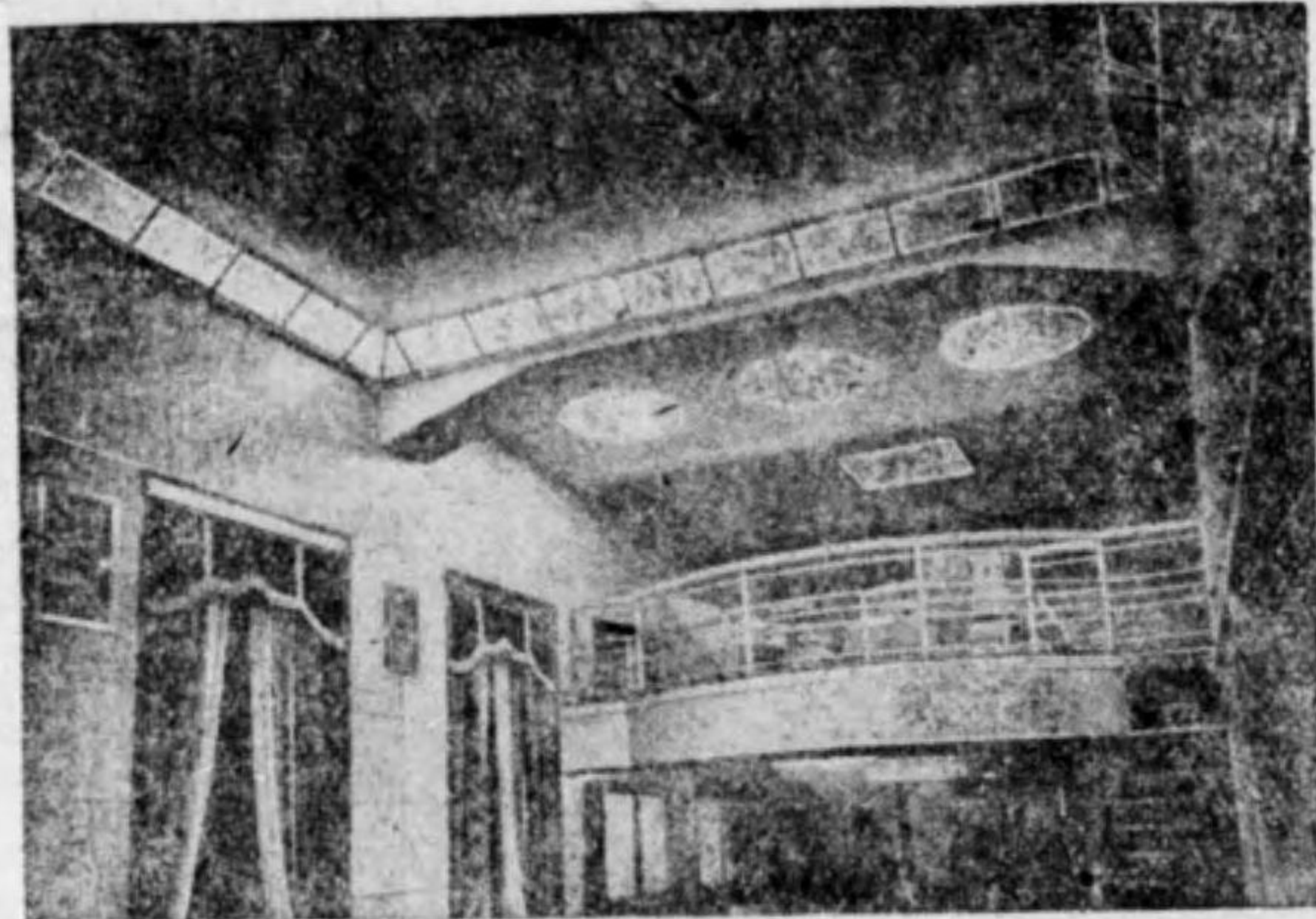


照明の方式

また電燈器具の用ひ方から分類すると、**全般照明**と**局部照明**の二種となる。

第 3-12 圖

その外に建築化照明とか、**コロラマ照明**とか云ふやうな特殊の照明方法もある。



建築化照明

直接照明といふのは、

大部分の光が照明すべき場所へ、直接電球から来るやうにしたもので、最も一般的な照明方式である。

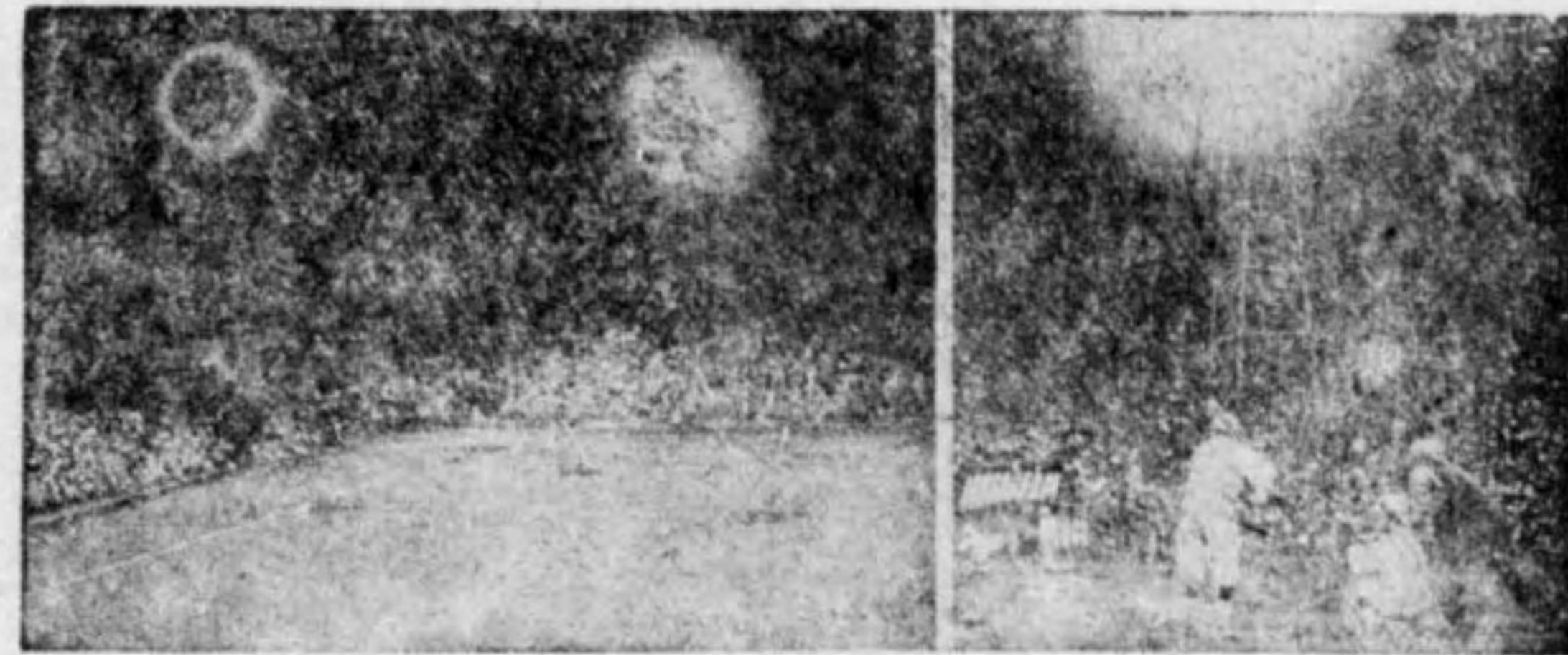
間接照明といふのは、電燈から出る光が、全部一旦天井又は壁に當つて、それによつて反射された光で、目的の場所を照らすもので、眼の爲めには良いが、經濟上あまり良好な照明法とは云ひ難いものである。

半間接照明といふのは、直接照明と間接照明との折衷とも見るべきもので、電球から出る光の過半を、天井や壁によつて反射させ、他は下からかぶせてある半透明な硝子の笠を通して、直接出る光を利用するものである。

全般照明といふのは、大きい電球を一定の高さ、一定の間隔で、

一様に配置する方式で、事務所や工場などに用ひられる。

第 3-13 圖



夜間野球試合中の戸塚グラウンド

局部照明といふのは、特にあかりを必要とする所だけに、小さい電球を用ひて點燈するものである。工場などでは、仕事の種類に應じて、全般照明と局部照明とを合せて用ひる場合もある。

運動場の照明や溢光照明などには、投光器が用ひられる。その外、照明を施す目的によつて、いろいろの名前がつけられてゐる。

15. 健康に必要な紫外線を多く出す電燈もある 近頃特に健康第一といふ様な聲を盛んに聞くやうになつた。そこで健康上に効果のある、紫外線を特に多く出すやうな電燈ができた。**太陽燈**、**バイタライト・ラムプ**、**水銀バイタライト・ラムプ**などといふのはそれである。

太陽燈は石英管の中に水銀を入れて一つの極とし、他の一つの極をタングステンで作つたもので、管の中で水銀の蒸氣を作り、そこを電流が通過すると、青白い光を出す。此の光は紫外線が豊

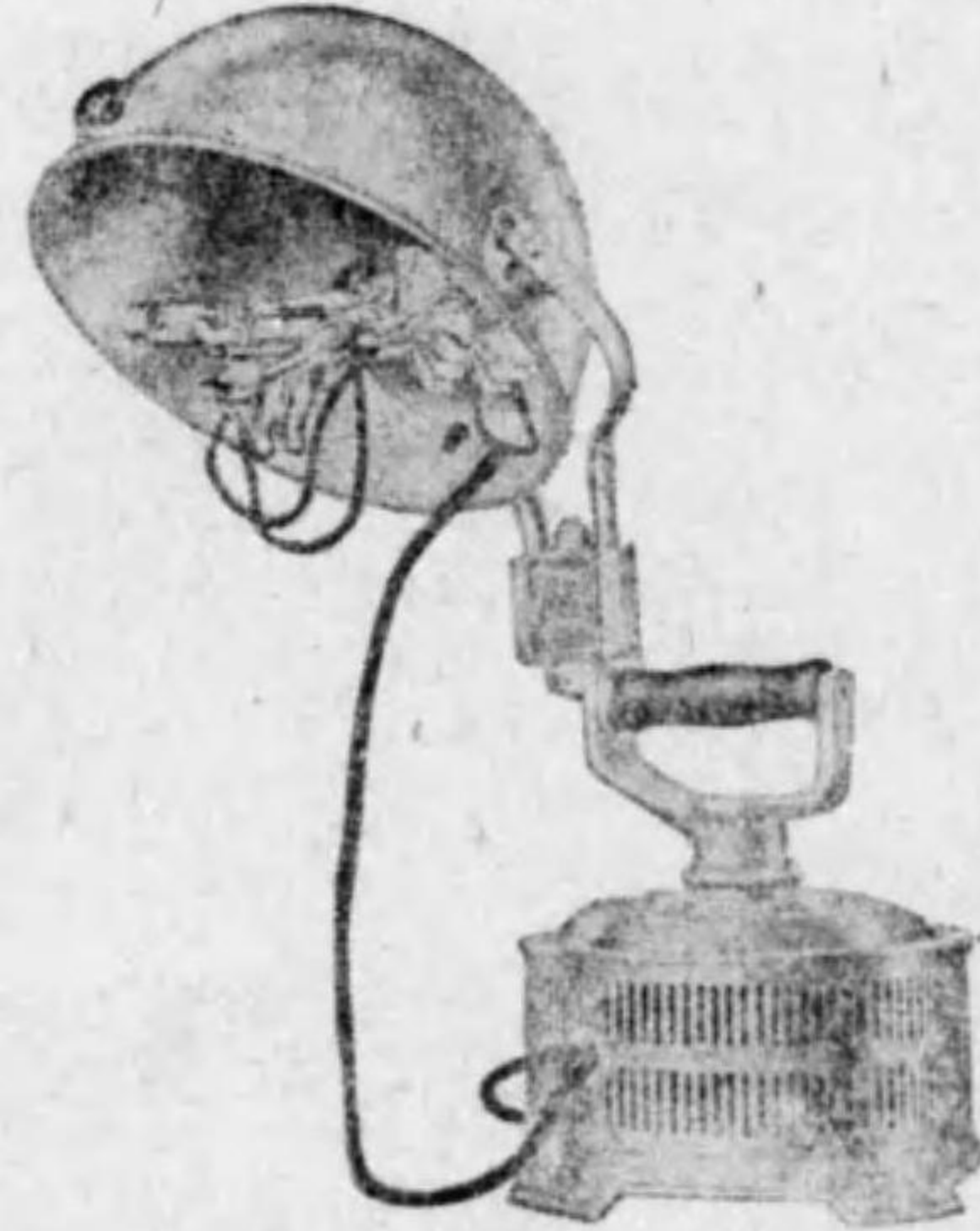
富であるから、光浴用として用ひられる。殺菌力が強いから、消毒、医療にも用ひられる。またこれから出る光を、莖外線のみを通す硝子をあてて、それを通すと、寶石や絹その他の真偽を鑑別をすることもできる。

パイタライト・ラムブは、瓦斯入電球と同じ外観のものであるが、特に寿命を犠牲にして、繊維が高い温度になるやうにし、硝子球を莖外線をよく透す硝子で作つたものである。太陽燈は少しく大袈裟過ぎるから、近頃は此のラムブが光浴用として広く使はれる様になつた。

水銀パイタライト・ラムブといふものも、普通の瓦斯入電球のやうなものに、水銀を入れたもので、繊維に電流が通つて白熱すると、その熱で水銀が蒸發し、水銀蒸氣の中で電弧を生ずる。其處から強い莖外線が出るのである。

16. 放電管燈は廣告や看板に盛んに使はれるやうになつた 放電管燈では、中に入れてある瓦斯の種類によつて、光の色がいろいろに變ることは、前に述べた通りである。例へばネ

第 3-14 圖



太陽燈

オンを入れると赤橙色、水銀とアルゴンを入れると青紫色、炭酸ガスを入れる

第 3-15 圖

と白色、黄緑色の硝子管内に水銀とアルゴンを入れると緑色の光が出る。瓦斯の純淨度によつて、多少色が違つて來ることがあるが、何れも極めて鮮やかな色であるから、廣告や看板用として誠に適當である。



ネオン管を用いた廣告看板

ネオン管燈が以上のうちでも、比較的放電電壓が低い。それでも大體太さ 15 mm 位の管で、長さ 1 m につき 1000 ヴォルト位の電壓が必要である。従つて之れを點火するには、變壓器と云ふ電壓を變へる機械を設備しなければならない。しかし電流は極く

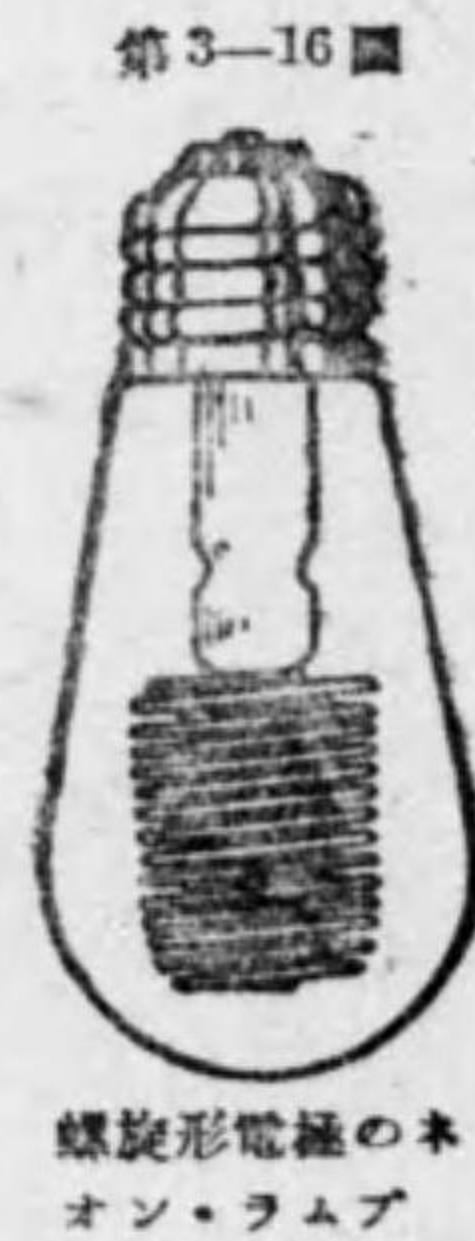
僅かであるから、消費電力はそんなに大きくなる。その爲めに非常な勢で広く利用されるやうになつたのである。ネオン管は、西暦 1918 年に佛國のクロードが完成したものである。

人の注意を惹くやうにするために、キラキラと管の中で動くネオン管もあるが、これは管の中に更に細い硝子管を、澤山に詰め込んだものである。

此の管を一筆がきの文字や繪の形に曲げると、いろいろなものが出来るから、廣告には容易にその趣旨を表はす事ができて、甚だ都合がよい。

ネオン管燈を初めてつけたのは、我國では横濱の廣島屋旅館で、大正 11 年のことである。しかし之れを廣告として採用したのは、東京に於いて大正 15 年に、白木屋が SHIROKIYA と屋上にネオン管で表はしたのが最初である。

ネオン・ラムプは、小型の電球と同じ硝子球内に、螺旋形或は平らな半圓形の二つの電極を入れたもので、中にネオン瓦斯が入れてあるから、電極間の僅かの距離の放電によつて、兩極が赤橙色の光を出す。これは消費電力が 1 ワットか 1.5 ワットといふ極く少いものであるから、電極をいろいろな形に作つて、廣告や裝飾としたり、寢室や廊下等の終夜燈としたり、配電盤や其の他の表示燈などとして使用される。又ネオン燈の出す光



は、電流に正比例し、殆んど慣性がないから、電流の變化を光の變化に變へるなどといふ方面にも、近頃應用されるやうになつた。

これ等の放電燈は、白熱電燈のやうに高く熱せられて光を出すものではないから、點火中の硝子管に手を觸れても、白熱電球のやうに熱くはないのである。

17. X線は工業上にも用ひられる 真空管内の空氣をだんだん抜き去つて、氣壓を 0.01 乃至 0.001 mm といふやうに、極く低くすると、放電の際に陰極から、陰電氣を帯びた電子といふ微粒子が飛び出すやうになる。更に一層真空の度を高めると、陰極から出た電子が、陰極と相對立してゐる板に衝突する。さうして其の板から特殊な線を放射する。この線をX線又は發見者の名に因んで、レントゲン線と云ふ。西暦 1895 年に獨逸のレントゲンが之れを發見したからである。

西暦 1912 年にクーリッヂが、クーリッヂ管と稱するX線を出す真空管を發明した。今日では之れが大いに用ひられてゐる。

X線は醫學上盛んに應用されるやうになり、近頃では携帯用の簡便な器械まで出來てゐるが、工業上にもいろいろの應用がある。

鑄物の罅の有無を調べるとか、精密な器械の内部の構造を、外から見るとかいふやうに人間の眼で見ることの困難な所のものを、まのあたり見ることが出来るやうになつたのは、全くX線のお蔭である。

第四章 電気應用の交通機關

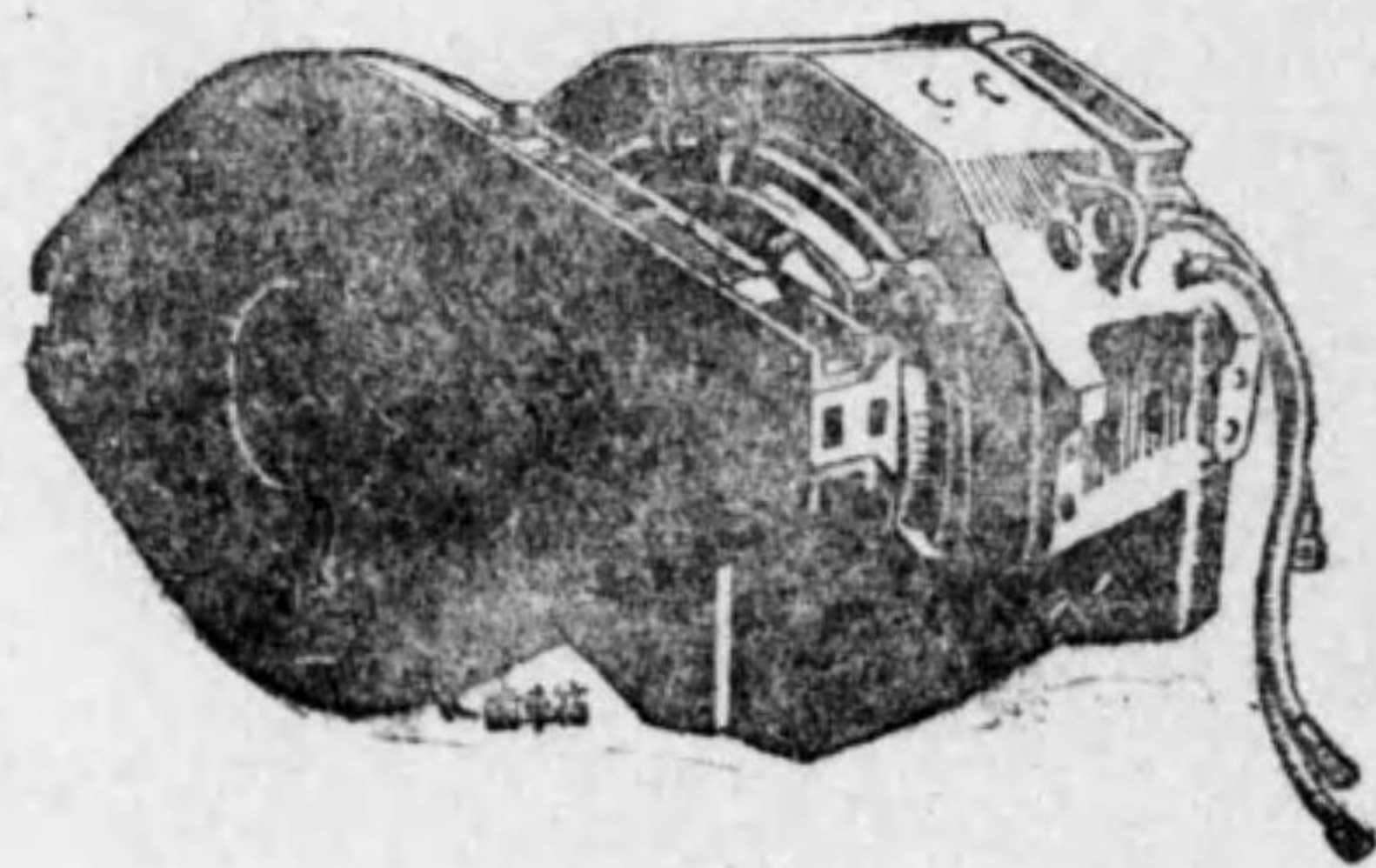
1. 電車は電動機を用ひて車輛を動かすものである

電氣を應用した交通機關としては、電車を初めとして、多數の列車を牽引する電氣機關車、路面の鋼索鐵道、架空索道、無軌道電車、懸垂電車、電氣自動車などいろいろあるが、ここでは主として、最も廣く利用せられてゐる、電車に就て簡単に述べることにする。

いろいろな物を載せて運搬する車を車輛といふ。車輛には車輪を取附けて、クルクル廻るやうにすると、物を運搬するのに甚だ樂である。

レール（軌條）を敷設した道、即ち軌道を作つて、其のレールの上に車輪が工合よく載るやうにし、レールの上で車輛を廻すと、一層圓滑に、車輛を動かすことが出来る。

軌道上に於いて車輛を運轉し、人畜その他の物を運んで、交通及び運輸の役をなすもの



電車用の電動機

第 4-1 圖

を、一般に鐵道と呼んでゐる。

車輛を動かすには何か力が要る。その動力に何を用ひるかと云ふ事によつて、馬車鐵道、蒸汽鐵道などの種類を生ずる。電車や或は多數の列車を引いた電氣機關車を、軌道上に走らせて、人や荷物を運ぶのが電氣鐵道 (electric railway) である。

電車や電氣機關車は、車輛に電動機 (motor) といふ電氣の作用で回轉する機械を備へたもので、電動機に電流を通じて、其の軸を回轉させ、その回轉をうまく車輪の軸に傳へて、軸に取附けてある車輪を廻し、レールの上を走らせるものである。

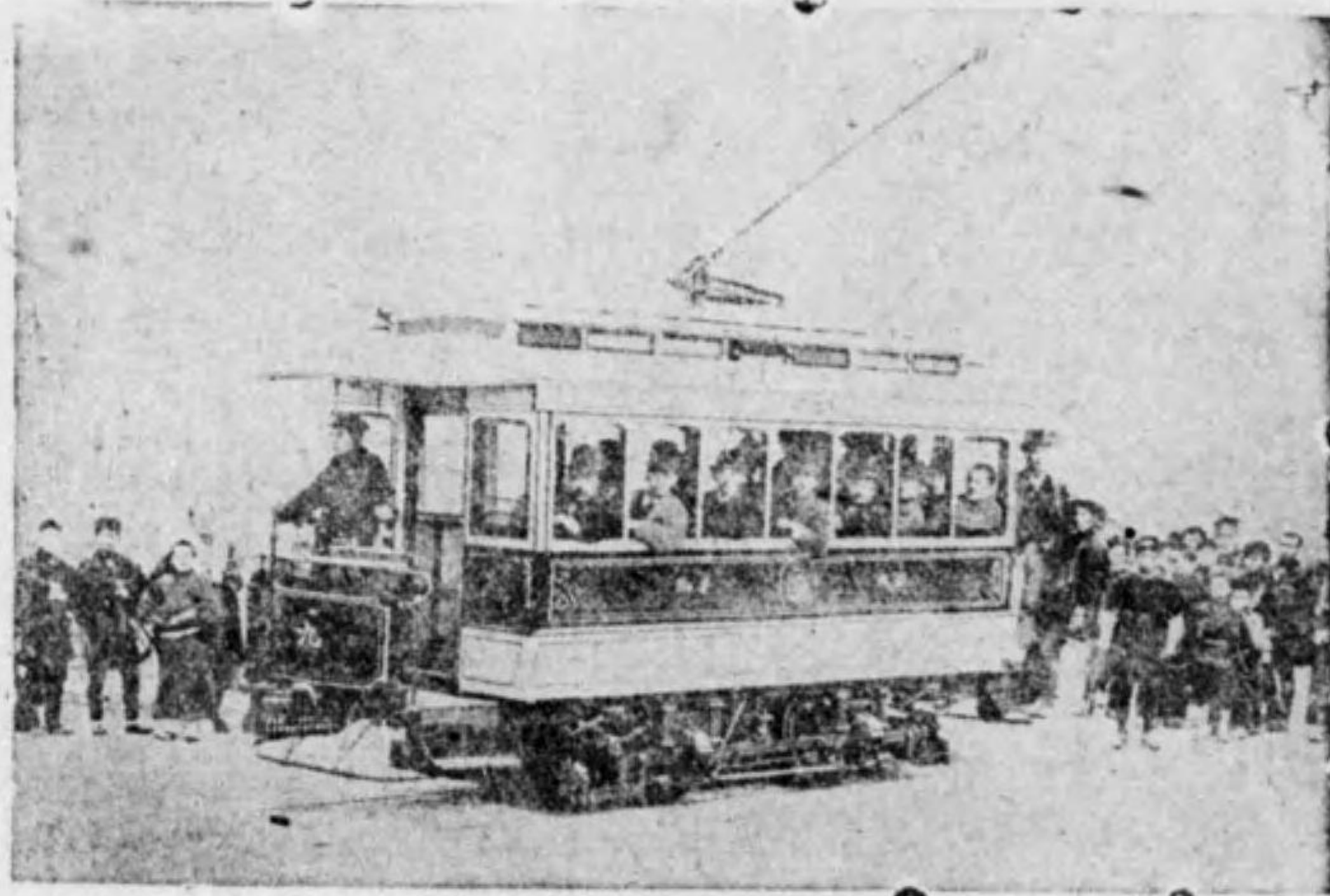
2. 電氣鐵道はいつ頃から實際に用ひられたか 電氣を應用して、車輛を動かさうとする工夫は、西曆 1835 年に米國のデズンボートといふ人の試みたのが、最も古いもののやうである。しかし之れは、電磁石の吸引力を利用して往復運動を起し、その往復運動を回轉に變へるやうな仕掛けのもので、誠に幼稚なものであつた。その後、ダヴィットソン、ページ、クリーン、エヂソンなどと云ふ人々が改良を加へて、いろいろ進歩したものが考案されたが、然し電動機が完成されるまでは、實用的なものが出来なかつた。

西曆 1879 年に、獨逸のグーナー・シーメンスがシーメンス・ハルスケ會社に於いて電動機を備へた車輛を作り、これに 3 輛の簡単な車輛を引張らせて、ベルリンで運轉したのが、實際に人を

乗せて走つた世界最初のものである。これは電車といふより、寧ろ電気機関車ともいふべきもので、牽引した車輛に十數人を分乗させ、周囲 300 m 程の橢圓形な軌道上をグルグル廻つて見せた。この試みに成功したシーメンスは、實際に電気鐵道の敷設をしようと思ひ、西曆 1881 年に、ベルリンとリヒテルフェルデ間、約 2.4 km の軌道を造り、電車を運轉し始めた。これが實際賃金を取つて、乗客を運んだ電気鐵道の、世界最初のものである。

我國で初めて電車の運轉を試みたのは、明治 23 年に東京上野公園に開催された博覽會の時、櫻ヶ岡と兩大師との間に、330 m ばかりの軌道を造り、米國製、長さ 5 m、22 人乗りの電車の運轉

第 4-2 圖



開業當時の京都の電車

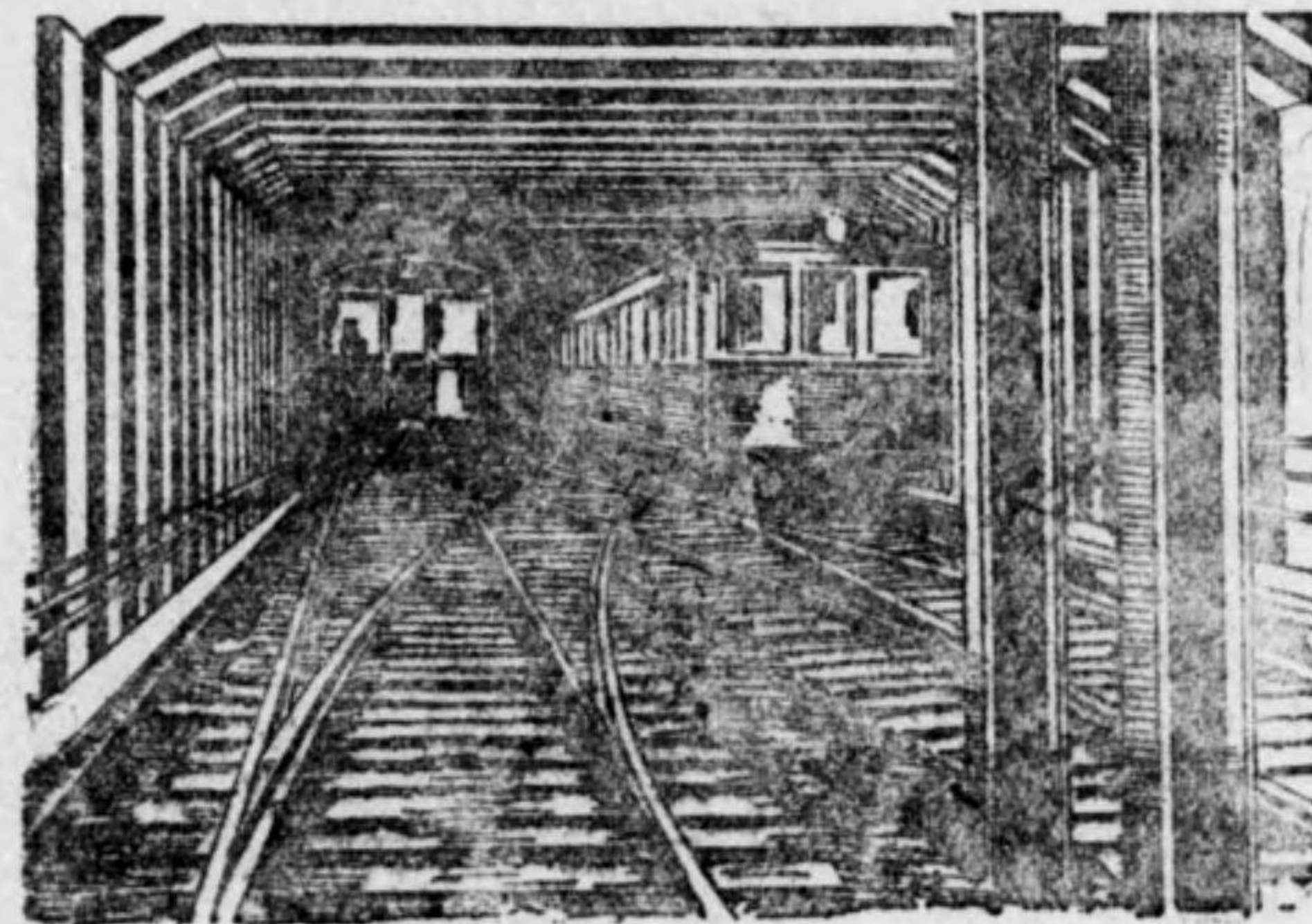
を行ひ、一般の觀覽に供した。電動機は 15 馬力 (11.2 kW) のも

のを一箇取附けた電車であつた。當時之れを見た人人は、馬の無いのに走る車が出来たと云つて非常に驚いた。

實際營業に用ひた電気鐵道は、明治 28 年に開始した京都電気鐵道が、我國最初のものである。當時はあまり早いので危険だといふので、電車の前に日中は旗を、夜間は提灯を振り乍ら、先驅がついたといふやうな話もある。

3. 電車は次第に廣く用ひられるやうになつた 我國でも亦外國でも、電気鐵道は初めは大きな市街の交通機關として、馬車鐵道の代りに多く用ひられた。之れを市内路面鐵道と云ふ。それが次第に發達して、郊外鐵道、市間鐵道、或は高架鐵道や地

第 4-3 圖



地下鐵道

下鐵道等の市内高速度鐵道といふやうなものが現れ、遂に蒸氣鐵

道の代りに、幹線（長距離）鐵道に電氣列車を用ひる所さへ生ずるに至つたのである。従つて車輛も大型のものが用ひられるやうになり、速度も次第に高くなつて來た。

4. 電氣鐵道は他の鐵道に比べて勝れた點が澤山ある

電氣鐵道は他の鐵道に比べて、發車や停車が極めて簡單で迅速に行はれ、速度や輸送力も大きくする事ができるし、勾配の相當に急な所でも平氣で運轉ができる。汚い煤煙を吐かないから衛生上甚だよいし、且つ水力によつて電氣を起して之れを使へば、大いに石炭を節約する事ができる。

斯様な見地から、次第に蒸汽鐵道の領分まで犯して、汽車の代りに電車又は電氣列車を用ひるやうになつて來たのである。

5. 電氣鐵道に必要な主なる設備 電氣鐵道に必要な設備は、かなり澤山にあるが、主なるものを擧げて見ると、普通次のやうなものである。

- a. 軌道, b. 車輛, c. 電車線路, d. 發電所及び變電所,
e. 停留場或は停車場, f. 車庫, g. 信號裝置

軌道はレールを敷いて車輛の通路を限定し、安全に交通運輸機關としての役目を果たすために必要なもので、充分堅固に造らなければならない。専用の軌道ならば、レールが路面上に出てゐても差支へがないが、市内鐵道などでは、いろいろなものが軌道上を

通つたり、或は横切つたりするから、他のものの通行の妨げにならないやうに、レールを敷設して軌道を造らなければならぬ。

レールは二本を並行に敷いて一組とする。レールが一組のものを

單線軌道、往復二

組を有するものを複

線軌道といふ。單線

軌道では、往復の電

車が一組のレールの

上を通るのであるか

ら、適當な所に待合

せの爲めのレールを

設ける必要がある。

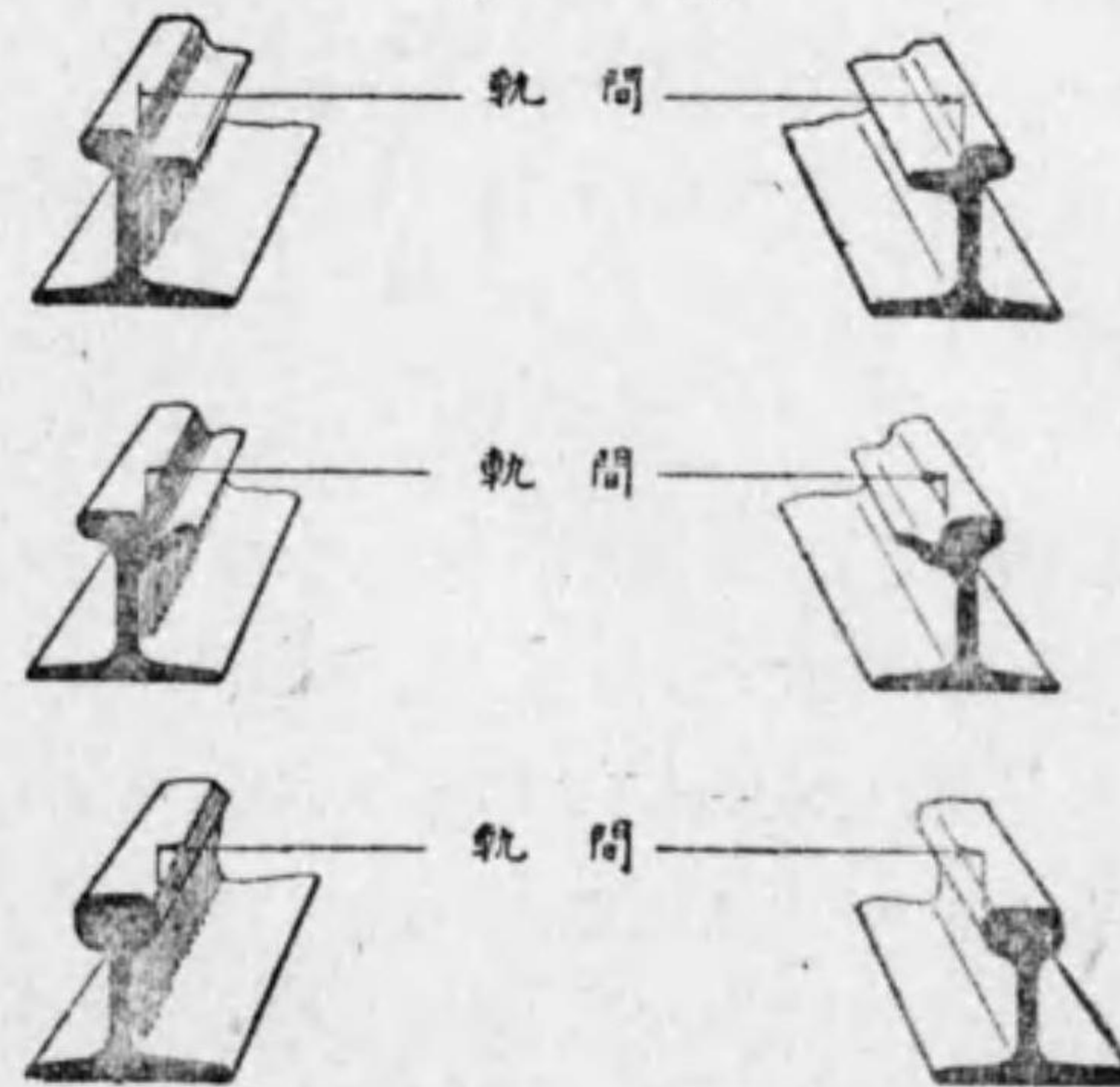
レールは鋼鐵で作

つたもので工字 (T)

形、溝形、段形のものなどが用ひられる。第 4—4 圖は、これ等のレールの断面を示すものである。レールの大きさは、1 m の長さにつき、その重量を kg で表はすのが普通である。22 kg, 30 kg, 37 kg, 50 kg などのレールがよく使はれる。

一組のレールの間隔を軌間といふ。軌間は何處を計つても同じ長さでなければならない。軌間の標準は 1.435 m であるが、鐵道によつて、まちまちのものを用ひてゐる。此の標準軌間のもの、及びそれより大きな軌間のものを廣軌といひ、標準軌間より狭い

第 4—4 圖



軌條の形狀と軌間

ものを狭軌と云つてゐる。我が國有鐵道では 1.067 m の狭軌を採用してゐる。

車輛としては電動車と附隨車と電気機關車とが、普通用ひられてゐる。電動車とは、電動機を設備して、單獨運轉もできるし、多數聯結して運轉する事もできるもので、一般に電車と呼んでゐるものである。附隨車は普通の車輛で、電動機その他の電気装置を備へてゐないものである。従つてこれは、電動車か或は電気機關車に引かれるか押されなければ動けない、獨り歩きの出来ないものである。電気機關車は、蒸汽機關車と同じやうな目的に使はれるもので、これに乗客や荷物は載せないが、大きい電動機を備へてゐて、多數の附隨車を引き、その使命を果すものである。長距離の運轉に主として用ひられる。

これ等の車輛には、その目的に應じて、大小さまざまのものがあつて、形式も千差萬別である。

電車或は電気機關車に備へつけてある電動機へ、電流を供給する爲めには、架空式といつて、軌道の上に電線を架設し、その電線に、變電所から電流を通ずる方法と、第三軌條式といつて、軌道に沿うて特別なレールを、大地と絶縁して敷設し、これに電流を通ずる方法などが用ひられてゐる。架空式の場合の電線は、電車線といひ、第三軌條式の場合の、電流を通ずるレールを導軌條といふ。

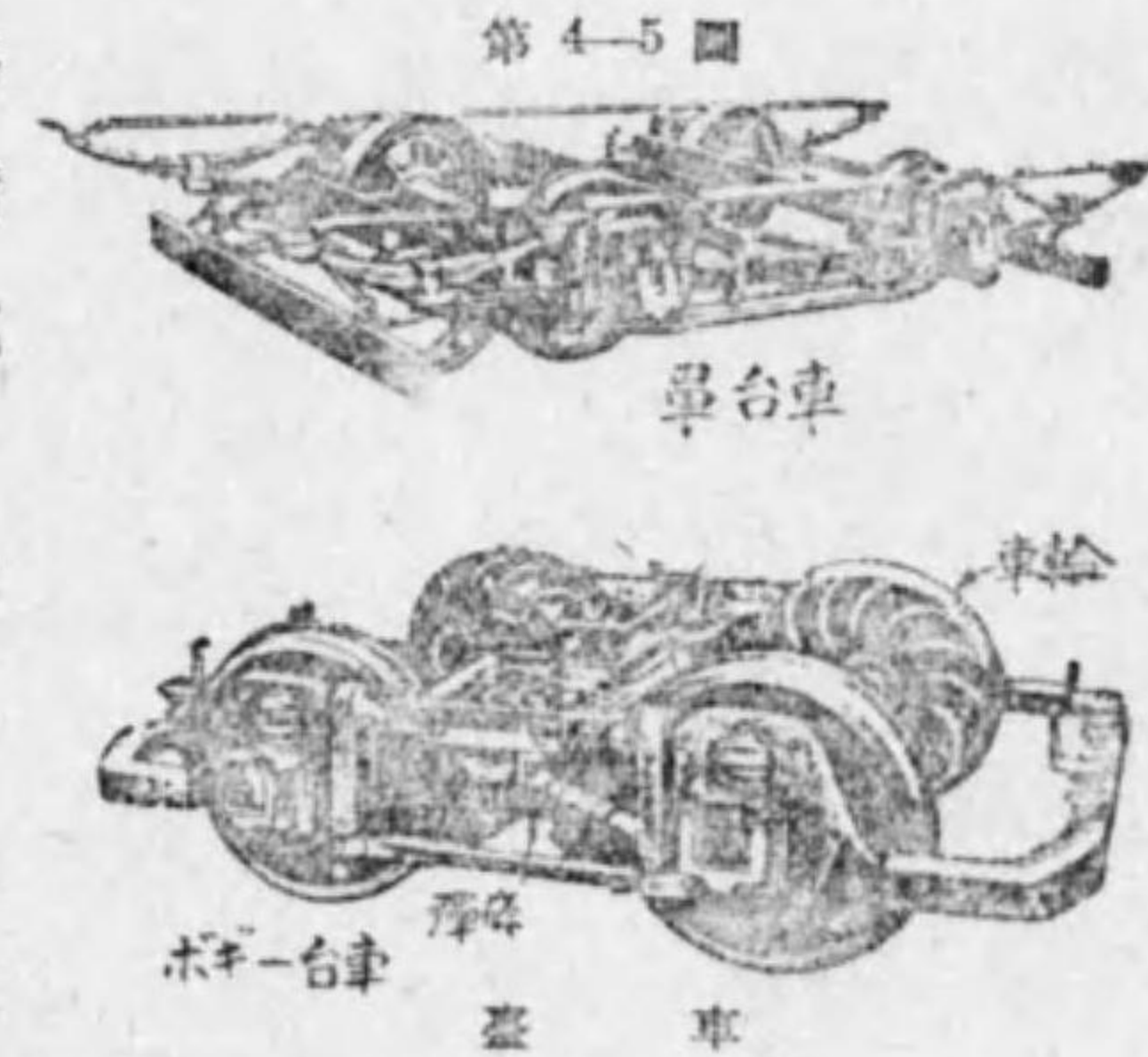
電車線や其の他の、電車に電流を供給する爲めの導體、及びそ

の導體を支持し保藏する一切の工作物を總稱して電車線路といふのである。電車線を架設するには、架空式では直接吊架式や鏈線吊架式等の方式によつて吊架し、張線式又は腕金式などと云ふ方法で、電車線を支持するのが普通である。

發電所で起した電氣を、直接電車線路へ通ずる事は殆んどなく、大抵は變電所で、電車に適當な電流の種類に變へたり、電壓を適當に變へたりして、之れを饋電線といふ電線で、電車線や導軌條に送るのである。

乗客や其の他の乗降の爲めに、適當な場所に停留場又は停車場を設けなければならぬ事はいふ迄もない。又車輛を休憩させたり、検査や簡単な修繕などをする爲めに、車庫も必要である。

安全に車輛を運轉する爲めには、信號の装置を完備させて置かねばならぬ。電車の通路の繁閑に應じて、旗を使用したり、腕木を用ひたり、色燈を使つたりする。色燈を使つて自動的に信號を行ふ方法が多く用ひ

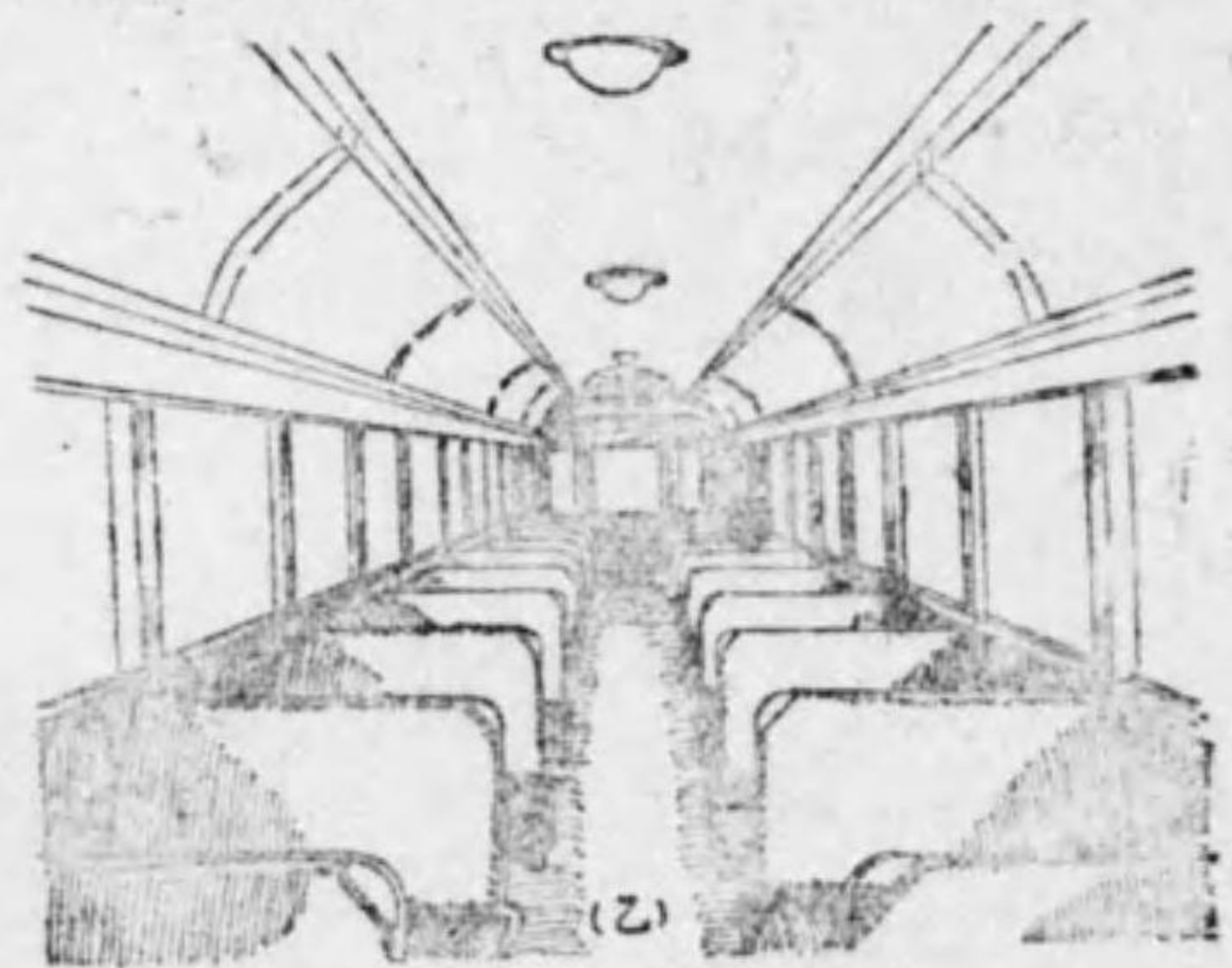


られてゐる。此の場合には赤色が危険即ち通行禁止を、綠色又は青色が安全即ち其の區間に進行してもよい事を意味する。此の二色の外に橙色又は黄色の電燈で、注意の意味を表はす事もある。

6. 電車の主要な部分は、車體と臺車とである

電気鐵道に使用する車輛は、乗客や荷物を容れる部分即ち車體と、車輪や車軸を有する臺車との二つの主要部分からできてゐる。車體は木製、鋼製又は半鋼製である。車體と臺車との間には、鋼製材で作つた臺枠を使用する。

車體內には乗客の座席を設ける。縦座席のものが一般に多く使用されるが、横座席のものもある。窓には硝子戸、錠戸等を設ける。比較的小型の電車は、四つの車輪を備へた一つの單臺車の上に車體を載



縦座席(甲)と横座席(乙)

せる。之れを四輪車又は單車といふ。四輪車は市内の鐵道その他、比較的乗客の少い鐵道に用ひられる。臺車には 15 乃至 20 kW (又は 25 馬力) 位の電動機を、2 箇備へた程度のもが多い。大型

第 4-6 圖

の電車には、四つ或は六つの車輪を持つたボギー臺車を、車體の前後に 2 箇取

付けて用ひる。四つの車輪を有する臺車を二箇用ひる場合が多い。この車輛をボギー車と稱する。

ボギー車で

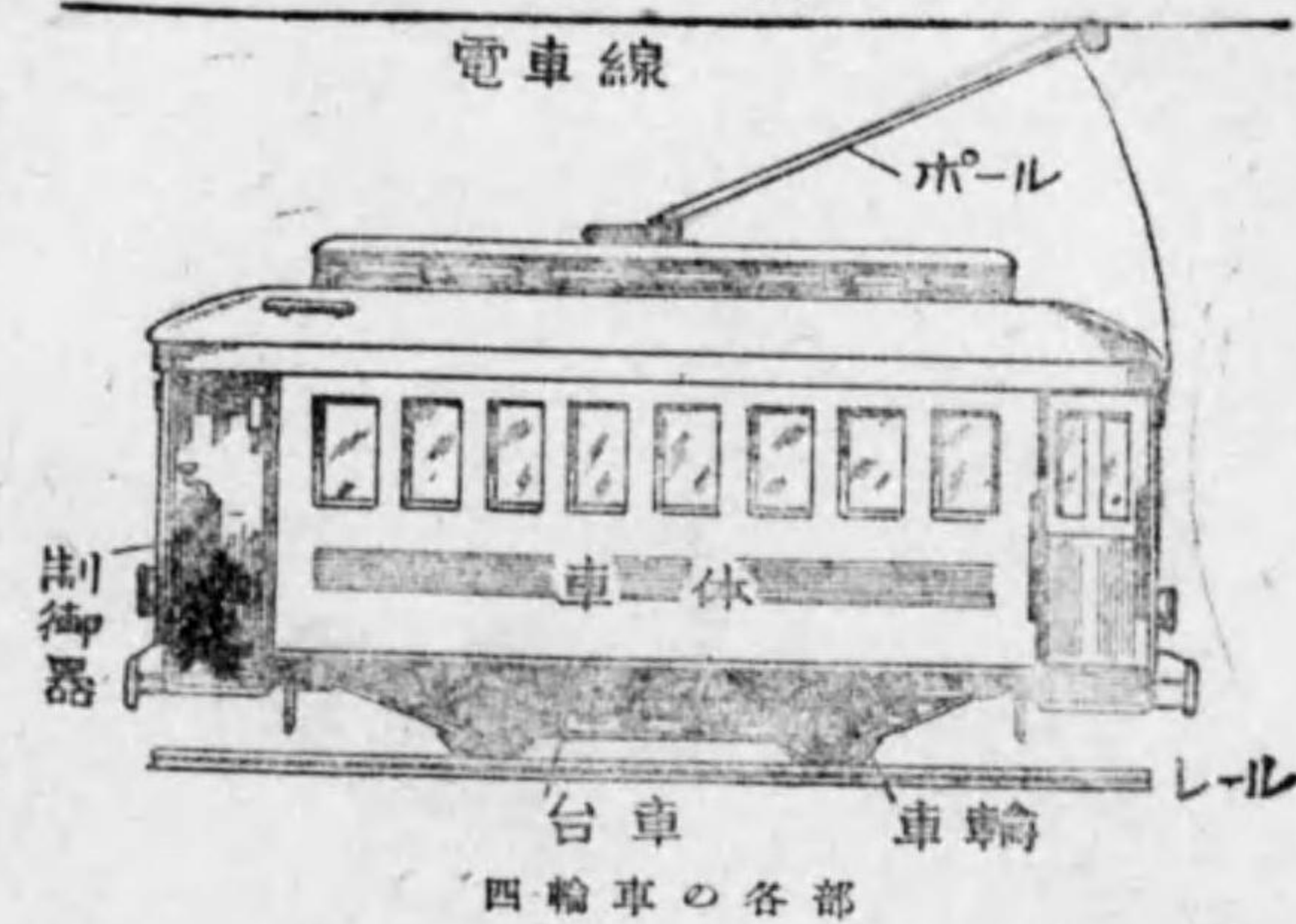
は、二つの臺車が何れも車體に固着されずに、或る範圍内は車體と異なる向きに、自由に動くことが出来るやうになつてゐるから、曲線の軌道でも支障なく通過する事ができる。市内の鐵道に用ひるボギー車は、30 乃至 40 kW (35 乃至 50 馬力) 程度の電動機を、前後の臺車に各 1 箇ずつ備へたものが多い。

高い速度で運轉する電車は、車體も頑丈に造り、電動機も大きな出力のものを、2 箇或は 4 箇備へる。

7. 電車線が一本のものと二本のものとのどう違ふか

架空式の電気鐵道には、電車線が一本のものと二本のものがある。一本のものを架空單線式、二本のものを架空複線式といふ。電車内に電流を送るには、電流が往く路と歸る路と、二本の導體

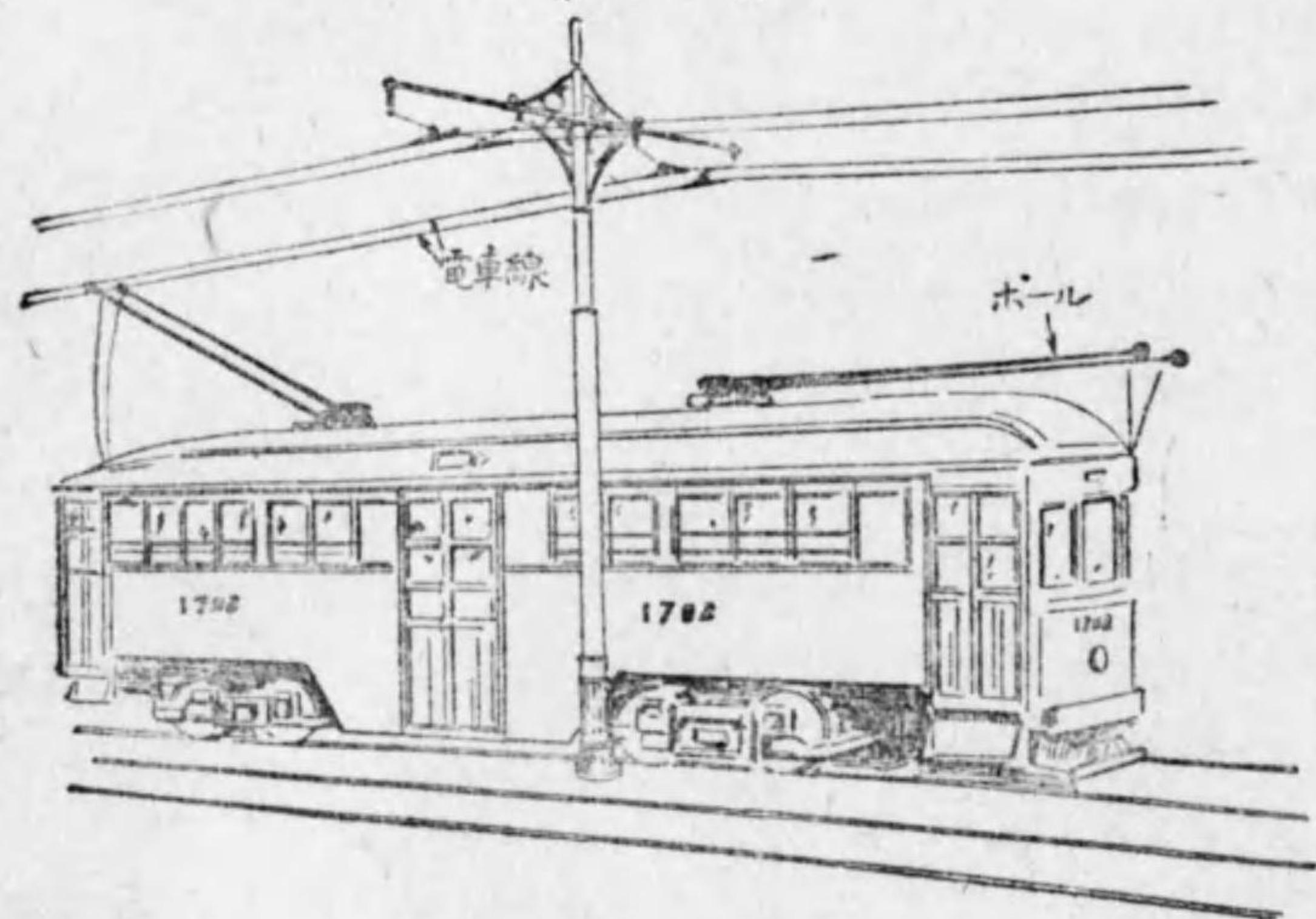
第 4-7 圖



四輪車の各部

がなければならぬ筈である。それだから二本の電車線を使い、電

第 4-8 圖



架空複線式のボギー車

車の屋根の上にあるボールの、一方から電流が入つて、他の一方から出て行くのは、成程と思はれるが、一本の電車線しかない架空単線式といふのは、一體どうなるのかといふ疑問が起る。

架空単線式や第三軌條式に於いては、電流の歸り路として、車輛の走行するレールを利用してゐるのである。従つて斯様な場合には、レールのつなぎ目などを特に注意して、電流の通り易いやうにしなければならない。ボンドなどといふ、銅の太い針金や銅の板を使つて、兩方のレールのつなぎ目に橋のやうに之れを渡したり、レールとレールとを熔接したりするのも、電流が通り易い

やうにする爲めである。

それならば何故手数と費用のかかる、架空複線式と云ふ様なものがあるのであらうか。大地は一種の導體であるから、レールを電流の歸り路にすると、どうしても多少レールから大地へ電流が洩れる。洩れた電流が、地中の水道の鐵管や瓦斯管などを通る。さうしてこれ等の管を腐らせる。そこで繁華な市街のやうに、地中に埋設物の多い所を通る電車は、架空複線式を採用してゐるのである。しかし適當な方法を講ずれば、架空單線式としても地中の埋設物に悪い影響を與へるのを、防ぐことが出来るやうになつたから、近頃は架空複線式を用ひてゐた所でも、之れを架空單線式に改めるやうな傾向になつた。

8. 制御器は電車を止めたり動かししたりする装置である
運轉手が電車の運轉をするには、運轉臺にある黒塗の箱のやうなものの、上に出でゐる柄を握つて、右へ廻したり左へ廻したりしてゐる。此の黒塗りの箱を制御器 (controller) といふ。制御器の上面には、大小二つの把手 (ハンドル) が出てゐる。小さい方は方向轉換用の把手で、大きい方は電動機へ行く電流を、送つてやつたり或は止めたり、多く通したり少くしたりして電力を加減し、電動機を速度をいろいろに變へる爲めの把手である。

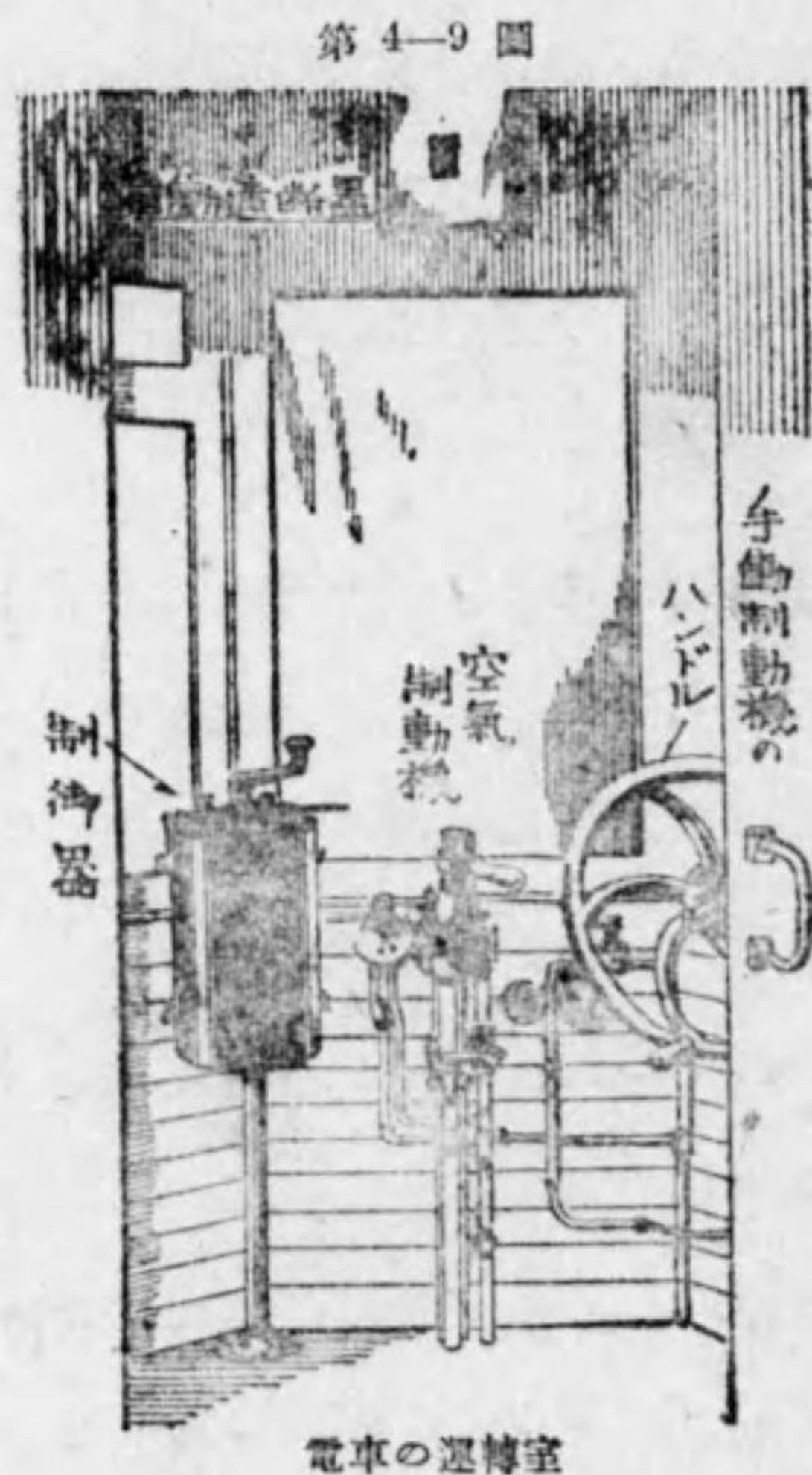
停車してゐる時に、急にエライ速度で動き出したり、高い速度で走つてゐる時に、急に停車したりしては、乗客が其の度毎にひ

つくり返つて了ふ。電動機は速度は歯車の仕掛けで、回転を減じて車軸に傳へる様にするのが普通であるが、いくら歯車で回転を減するやうにしてあつても、急発車や急停車はよろしくない。又軌道は平坦な所ばかりではなく、登り道もあれば下り坂もある。曲線の所もあるし、前の方に何か障害物が現れることもある。運転手は絶えず前方を注視して、制御器の把手を放さぬやうにし、状況に応じて速度の加減をしなければならない。

9. 制動機は電車を早く止める爲めのものである 電

車を停車させるには、先づ制御器の把手を動かして、電動機へ行つてゐる電流を断ち切つて、電動機の回転を止めなければならない。然し電車は電流を止めても直ぐには停車をしない。今まで走つて来た餘勢即ち慣性があるから、猶も進行を續ける。これでは實際に於いて困る。

そこで停留場又は停車場の近くへ來たら、豫め電流を止めて、速度を次第に低くし、適當の時に車輪の周に強い壓力を加へて、



回転を妨げ、之れによつて所定の位置に停車させるのである。この歯止めを働かせる役を爲すものを制動機 (brake) といふ。

制動機には、壓搾空氣の作用で車輪の周にある歯止め即ち制輪子を働かせる空気制動機、運転手が手で制動機の柄を廻して、槓杆の作用で制輪子を働かせる手動制動機などが多く用ひられる。壓搾空氣は電車の床下にある空気ポンプと、之れに附屬する電動機とで自動的に作る。床下でゴトゴト音の聞える事があるのは、そのポンプの働いてゐる音である。そのほかに制御器の把手で働かせる非常用の電気制動もある。制動機は大事なもので、若し故障でも起つては大變であるから、必ず二種以上を一つの電車に備へる事になつてゐる。

登山鐵道や鋼索鐵道など特殊の鐵道に用ひられる電車には、又特別な制動機を設備する必要がある。

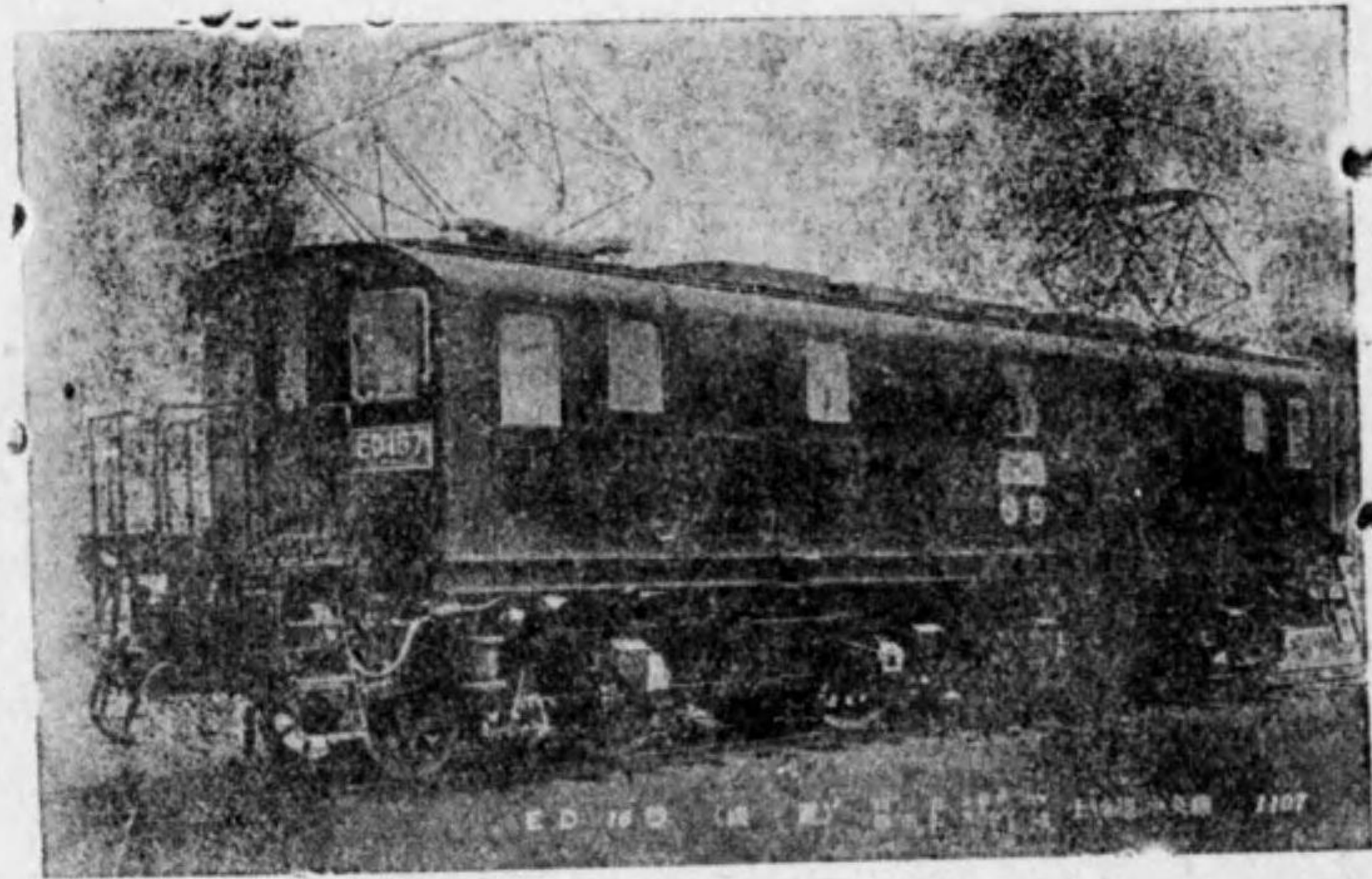
10. 長距離の幹線鐵道には電気機關車が用ひられる

電気機關車は、電車と同様に車輛に電動機を備へたものであるが、之れに乘客を乗せるのではなく、多數の附隨車を連結して牽引するのが役目である。それだから車體も鋼鐵製の丈夫なものとし、電動機も大きな出力のものを、4 箇又は 6 箇といふやうに多數用ひる。

幹線鐵道のやうな、長距離の區間を運轉するには、單獨の電車或は電車と附隨車の連結運轉をするよりも、電気機關車を用ひて

多数の附隨車を引かせ、いはゆる電気列車運轉を行ふ方が得策である。電気鐵道が次第に發達するにつれ、旅客列車用、貨物列車用等種種の形式の電気機關車が現れ、非常な改良進歩を見た。

第 4-10 圖



電 氣 機 關 車

我國有鐵道では、明治 45 年に信越線の横川と輕井澤間、即ち碓氷峠の電化を見たが、大正 14 年には東京と國府津間、東京と横須賀間の旅客列車が、電気運轉に改められ、昭和 3 年には熱海線、同 6 年には中央線の飯田町と甲府間、昭和 9 年 12 月には、丹那トンネルの開通によつて東海道線一部の變更と共に、更に沼津まで電化された。斯様に蒸汽機關車の代りに電気機關車を用ひる所が、次第に殖えて來た。現今では、小は 7 廬位の重量のものから、大は 108 廬に至るまで、車輛の大きさもいろいろな電気機關

車が使用されてゐる。

電気機關車を始め、大きな電車を高い速度で運轉するには、電車線の電壓も、1000 ヴォルト乃至 1500 ヴォルトといふやうに高くし、鏈線吊架式に依つて電車線を吊架し、車輛に電流を取入れるには、パンタグラフを使用する。

11. 自動遮斷器や避雷器は車輛内の機械器具を保護するものである 電車の運轉臺の手の届き易い所に、柄のついた黒い箱が取附けてある。これは自動遮斷器といつて、過大の電流が其處を通つて、中へ入らうとする時に、自動的に電流の通路を断ち切つて、車内の電動機や其の他の器具を、保護する役目をするものである。

これはポール又はパンタグラフから、電流が通つて來て、直ぐの所、即ち車内の機械、器具へ通する手前に取附けなければならぬもので、つまり普通の家の引込口にある、電燈線の安全開閉器のやうなものである。

この外に電車内には、雷避けの装置をする。市内電車のやうに、兩側に澤山高いもののある所を走る電車なら、あまり雷の心配はないかも知れないが、しかし雷は時に電車線路などに入り込んで、人の想像も及ばぬ悪戯をすることがある。電車線から何時雷の電氣がやつて來ないとも限らない。又直接電車へ落雷する場合もないとは云へない。現に昭和 6 年 8 月 12 日の夜の雷雨に、京濱線

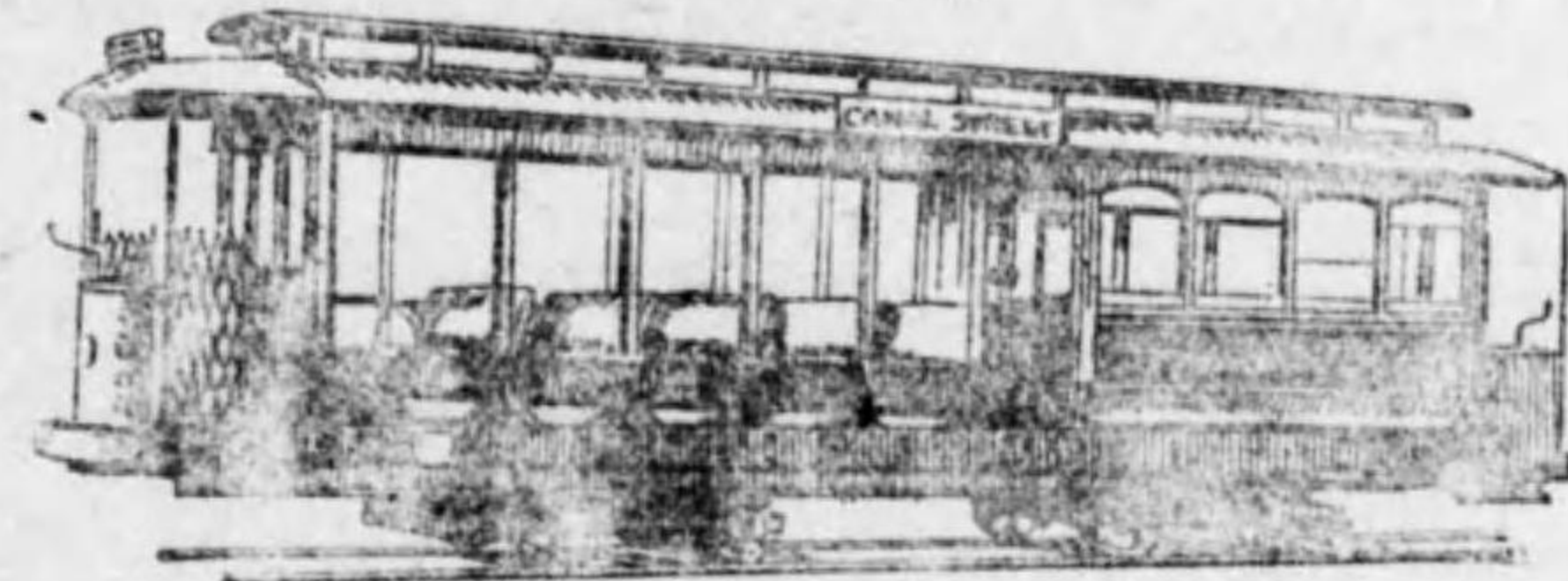
で省線電車に落雷した事がある。ポールやパンタグラフなどから若し雷の電氣が入つて來たら、うまく他へ逃がしてやらなければならない。自動遮断器へ電流が通つて行く手前に、電線をグルグル巻いた所が作つてある。之れは普通の電流だと、何んの雜作もなく通過するけれども、雷の電氣はこれが嫌ひである。それだから其の近くに分岐した路を作つて、それへ避雷器をつけて置くと、雷の電氣はグルグル巻きの廻り路を通らずに、其の避雷器のある路を通つて、難なく大地へ逃げて行つて了ふのである。

12. 多数の電車を連結運轉する時は一人の運轉手が全體を制御する 市内の鐵道などでは、頻繁に乗客を運ぶ必要があるから、小型の電車を單獨で、出来るだけ短い間隔を置いて運轉する。停留場も近い距離にあるから、速度も一般に低い。電車線の電壓も500ヴォルト乃至600ヴォルト位の程度である。

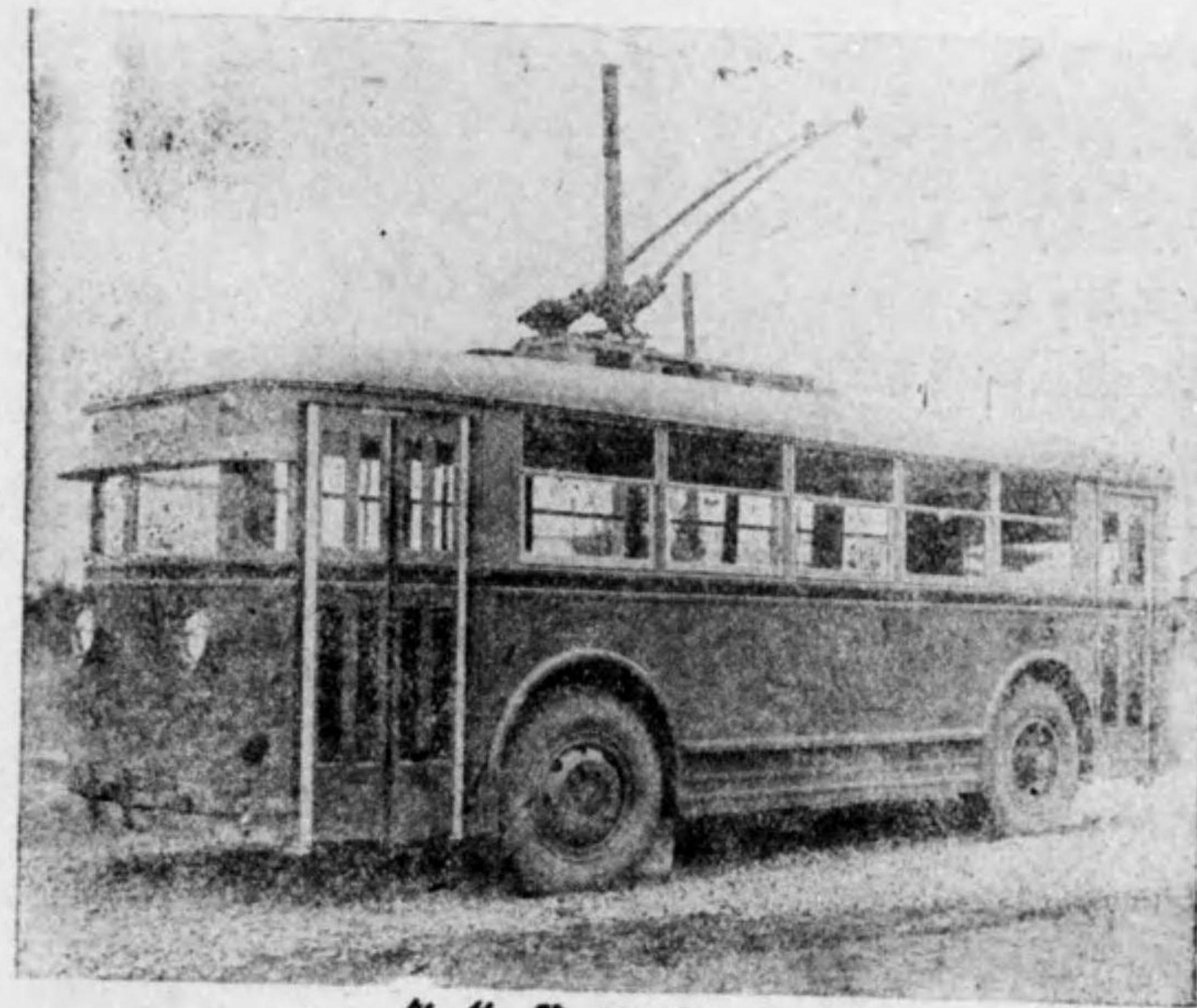
しかし其の他の鐵道では、速度の高いことが要求されるから、停車場の間隔も比較的遠くし、一定の時間を置いて、一度に多数の乗客を運ぶやうにすることが多い。従つて大型のボギー車を、多数連結して運轉するのが普通である。電動車と附隨車を連結することもあるし、電動車と電動車とを連結することもある。電動車と附隨車を一輛置き位に連結することもある。斯様な場合には、各電動車を電線で連絡して、先頭の電動車の運轉手が一人で、全體の電動車を制御するやうにしてゐる。

13. 電車にはいろいろ風變りなものがある 電車の出入口や窓に戸があつて、車内を締め切る事ができるやうなものを、密閉車とい

ふ。我國には此の式のものが多い。暖國や歐米の遊覽地な

第 4-11 圖
半密閉半開放車

第 4-12 圖



密閉電車

どには、自由に側面から昇降のできる、周壁のない電車も用いられてゐる。これを開放車と稱する。

座席を増し、展望をよくする目的で、二階をつけた電車もある。小型の車輛で、低速度運轉のものに用ひられる。我國でも大阪で一度試みた事があるが、現今では使はれてゐない。

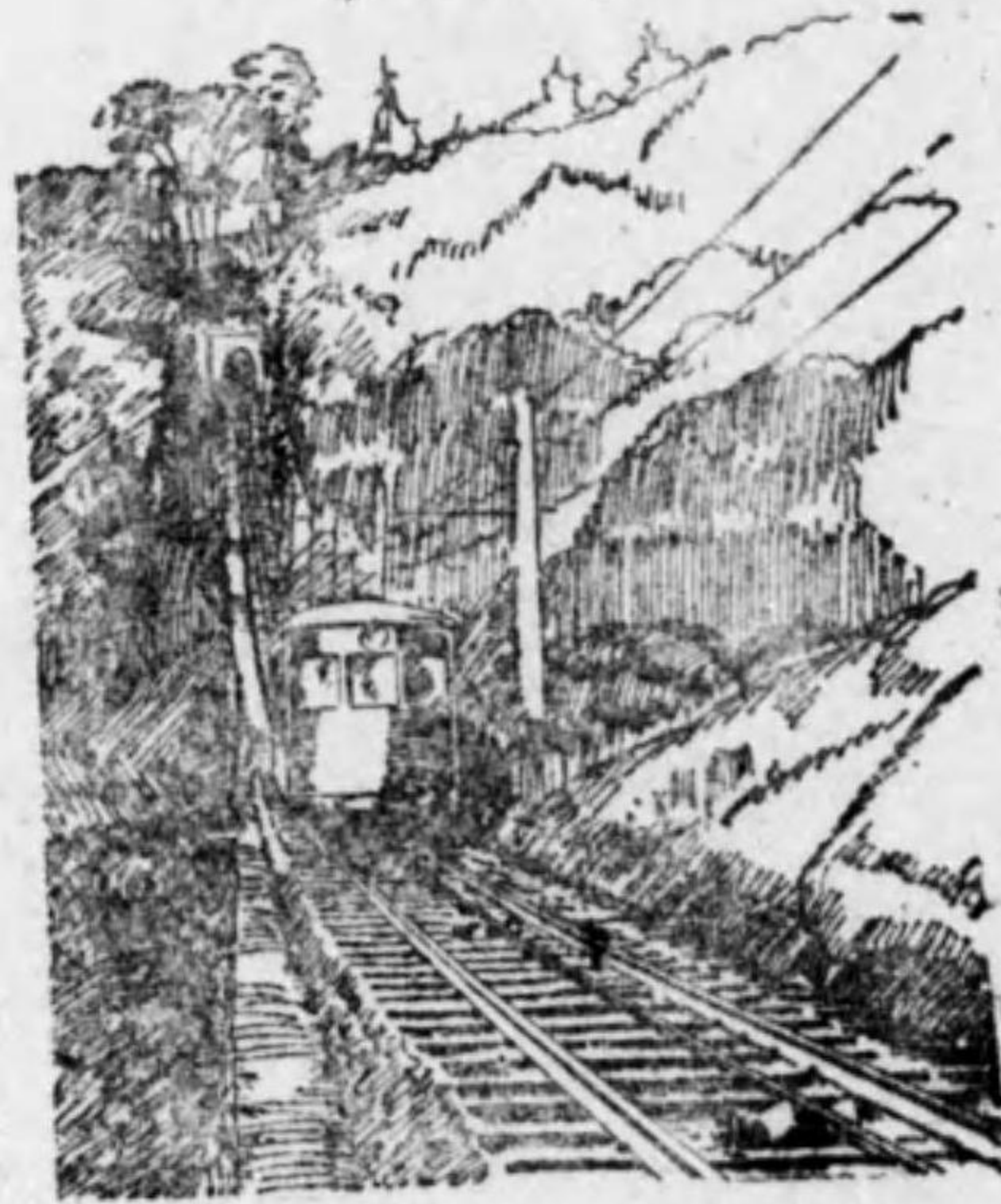
乗客の混雑を少くし、停車時間を減ずるために、乗客が入口で収金箱に賃金を入れるやうになつてゐるものもある。これは出口と入口が區劃されてゐる。賃金前拂電車ともいふべきものである。

昇降に便利なやうに、床を低くした電車もあるし、ステップレス・カーといつて、踏段なしのものもある。

14. 軌道の要らない電車もある

軌道の要らない電車、即ち無軌道電車は、我國では昭和2年に初めて兵庫縣に於いて運轉が開始されたが、次第に都會地に於いても廣く用ひられるやうになるであらう。

これは車體は普通の電車のやうで、二本の電車線からポールによつて電流を取るの



路面ケーブルカー

第 4-13 圖

ある。ポールの先が、電車が道路の一方へ寄つても、外れることのないやうに工夫されてゐる。車輪は自動車のやうにゴムの外輪をつけたものを使用する。軌道を作る必要がないが、道路が悪いと車輪を傷めるし、車輛の動搖が激しくなるから、道路に舗装を施さなければならない。

15. ケーブルカーも電気で運轉するものである 鋼索鐵道は、急勾配の處に軌條を敷き、鋼索を用ひて車輛を動かすもので、路面ケーブルカーといはれてゐる。

車輛を鋼索の兩端につないで、捲揚場で圓盤に巻きつけ、適當な動力で圓盤を回轉させ、釣瓶式に二つの車輛を上下させるものであつて、動力としては電力を使用し、電動機に依るものが最も多い。

現今高山の名所舊跡に鋼索鐵道を敷設した所が、澤山にあることは、諸君の知らるる通りであるが、中でも榛名山鋼索鐵道は、傾斜亘長 2090 m で最も長いものである。



架空ケーブルカー

第 4-14 圖

架空索道即ち架空ケーブルカーは、空中に架設された鋼索を軌道とし、之れに車輛を吊り下げて、別に設けられた牽引鋼索によつて、車輛を動かすものである。鑛山等にて鑛石を運んだりするのに、古くから用ひられたものであるが、近頃山岳地方の名勝地などにも用ひられるに至つた。我國では明治 24 年に足尾銅山で、鑛石運搬に用ひたのが嚆矢である。架空索道も亦牽引鋼索を移動させるには、電動機を使用するのである。

我國の比叡山の架空ケーブルカーは、水平な 666 m の索道を有し、16 人乗りの車輛が、千仞の谷を俯瞰しつつ、牽引鋼索により靜かに引かれるやうになつてゐる。

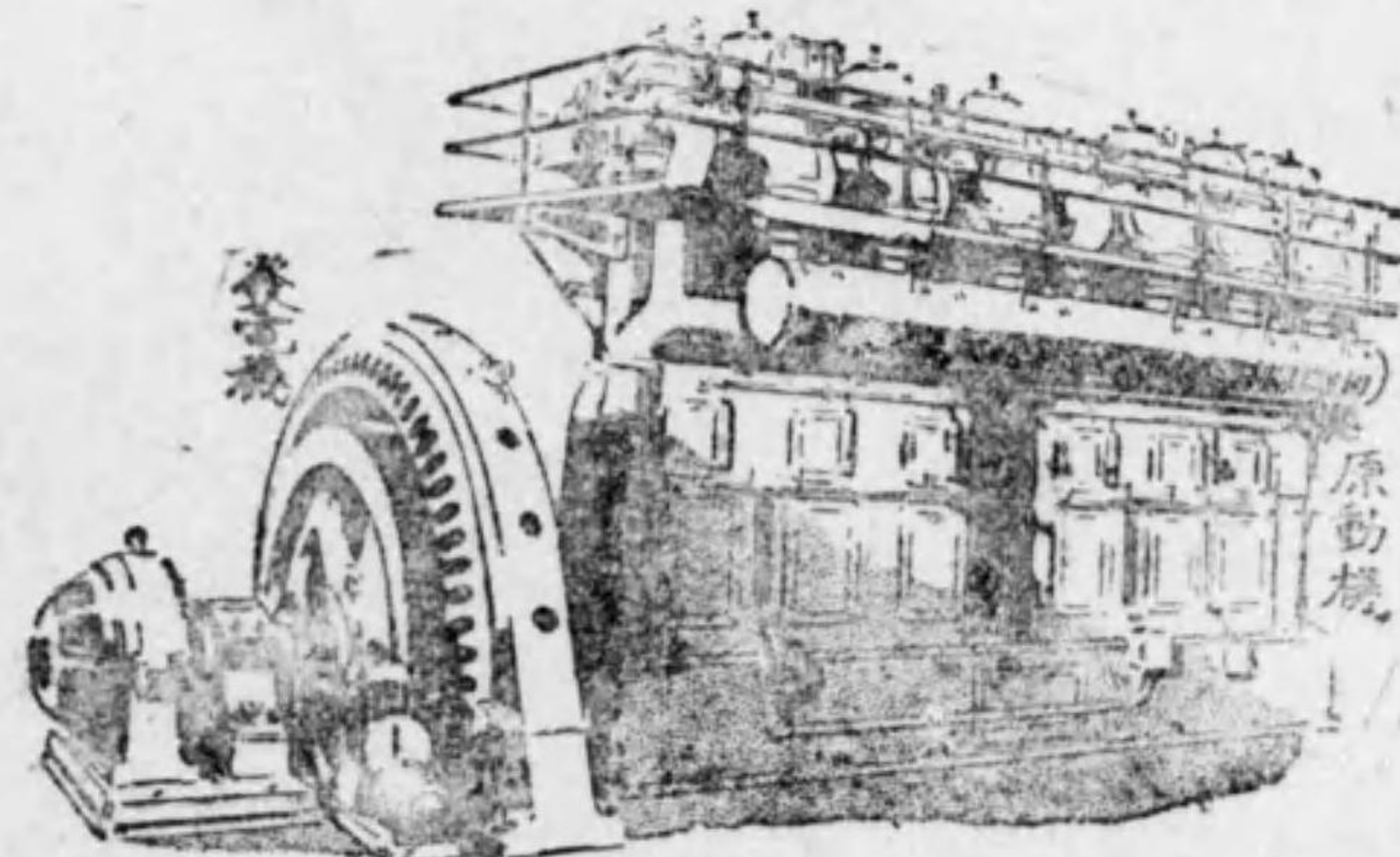
第五章 發電と送電配電

1. 電流には直流と交流とがある 電池の陽極と陰極とを針金でつなぐと、電流が陽極から陰極に向つて通ずる。此のやうに、いつも一定の方向へ通ずる電流を直流といふ。

電流には直流の外に、交流といふのが多く用ひられる。交流は直流と違つて、規則正しくその流れる方向が反對になるものである。交流には交流獨特の便利な點があるので、發電所ではわざわざ交流を起して、これを遠くへ送つてゐる。われわれの使つてゐる電燈も、交流によつて點火されてゐるのである。

電車の電動機としては、直流で動くものが最も適當であるから、

第 5-1 圖



發電機と原動機

斯様に是非直流が欲しい場合には、発電所で起した交流を、變電所で直流に變へて、用ひる様にしてゐる。

2. 大仕掛に電氣を起すには發電機を用ひる 電池は極く簡便に小さい電位差を生じ、僅かの直流を得るために用ひられるものである。直流でも交流でも、大仕掛に大きな電力を發生させるには、發電機を使用する。發電機には直流發電機と交流發電機とがある。

3. 發電機を廻すには何か力が必要である 發電機は電池と違つて、その儘動かさずに置いては、決して電氣が起らない。水車なり蒸気タービンなり、或は蒸気機關なり、その他の機械を用ひて、グルグルその軸を廻してやらなければならない。發電機は、これを回轉させるといふ事が最も肝要である。此の發電機を廻してやる機械を、原動機と云つてゐる。

4. 發電機と原動機とを備へた所を發電所といふ 發電機及び原動機を設備した所が、發電所である。原動機を動かすには、また何か力が必要である。此の原動機を動かす原動力が何であるか、といふ事によつて發電所にいろいろな種類を生ずるのである。

發電所には、その使用する原動力によつて原動機を動かし、發電機を廻して電氣を起し、之を需要地へ送るやうにするまでの

一切の設備がしてある。

5. 原動機を動かすには水力又は火力に依るものが多い 原動機を動かす原動力としては、水力、火力、風力などがあるが、一般に用ひられてゐるのは、水力と火力とである。

水力を利用するのは、水力發電所である。これは水を高い所から低い所へ落して、その勢で水車を廻し、それで發電機を運轉するものを云ふ。火力のうちには、瓦斯力によるものや重油を燃料とするものなどもあるが、最も多いのは石炭を燃して、その熱で水蒸気を作り、此の蒸気で蒸気タービン又は蒸気機關を運轉し、之れを原動機として用ひる、汽力發電所である。

6. 我國は水力が比較的豊富である 我國は地勢の関係上、比較的急流の河川に富んでゐる。急流や高い位置にある湖水が多ければ、水力發電には至極都合がよい譯であるから、我國では水力發電所が主として採用され、火力發電所は、水力の利用の困難な場所や、或は水力の渇水時の補給用、故障の場合の豫備などに設けられてゐるものが多い。

7. 水を導く路を水路といふ 水力を利用する爲めには、水を高い所から低い所へ落さなければならない。瀧の様なものや澤山あると、大變に工合がよい。然しさう都合の良い所に瀧があるといふわけにも行かず、あつても水が僅かであつたり、發電所



川の水を発電所で利用する迄の経路

で使ふと瀧が無くなつて了つて、困る場合もある。

そこで普通は山地の急な河川の水を利用する。先づ川の上流の勾配の急な所を選んで、川の水をせきとめる。水をせきとめるには、川を横切つて堰堤といふ堤を築くのである。さうして別に緩やかな勾配の溝を掘つて、それへ水を導き、丁度都合のよい崖のやうな所へ来ると、其の崖から水を落して、水車 (water turbine) を回轉させるのである。此の川から発電所の上まで、水を導いてくる溝を水路と稱する。

水路は平坦な野原のやうな所ばかりに作る事ができない。途中に山でもあると、トンネルを作つて、その中に水を通し、谷があると橋を架けて、その上を水を通すこともある。

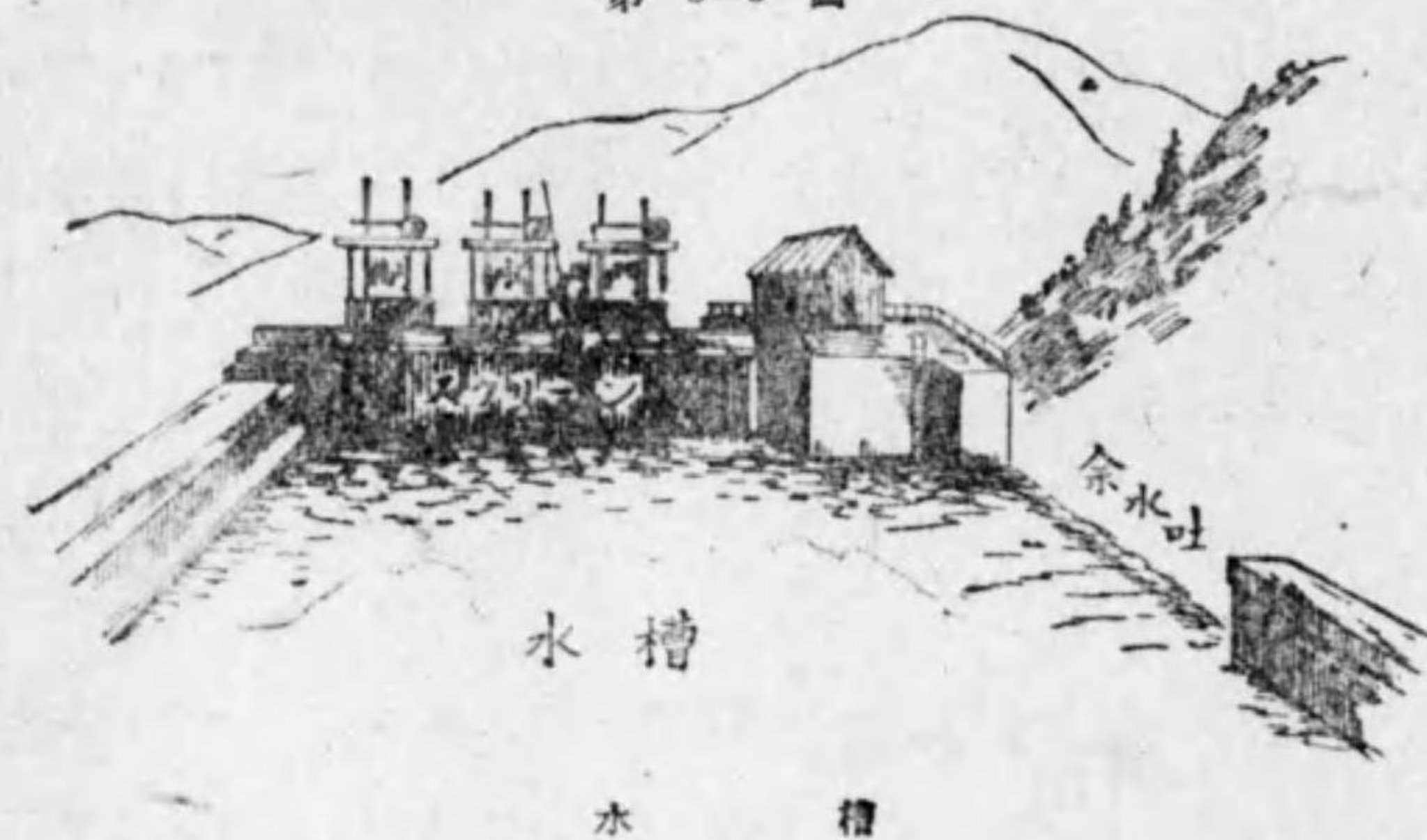
8. 水を水路へ取入れる所を取入口と稱する 水を川から水路へ取入れる所を取入口といふ。水を川から取入れるには、前節に述べたやうに、水を堰堤でせきとめ、水路の方へ送つてやる。水路の入口、即ち取入口には、制水門といふものがあつて、水路へ流れて行く水を、大體加減する。水が水路に深く進む前に、更に門扉を設けて発電所へ行く水を加減し、ラックといふ櫛の齒のやうなものを備へて置いて、水を其のラックを通して流し、流れて来た浮木や枯枝などが、それへ引掛る様にしてある。又水を一時門扉の手前に淀ませ、流れて来た土や砂を沈ませる。さうしてその傍に、餘水吐及び土砂吐と稱する吐口を設けて、沈

んだ土砂は土砂吐から吐き出させ、若し取入口から流れて来た水が餘計な時には、餘分の水は餘水吐から元の川へ返すやうになつてゐる。

土砂吐口の門は水底にあつて、平常は閉ちて置くが、土砂が溜ると時々あけて、水と一緒に吐き出させるのである。

9. 水槽から水車へ水を導く管を水圧管といふ 水路を通して緩い勾配で発電所の上まで導いて来た水を、大きな水溜

第 5-3 圖



を作つて置いて、その水溜へ一時淀ませる。この水溜を水槽と稱する。

水槽にも普通土砂吐や餘水吐を設ける。水槽から発電所内の水車まで水を急に落すには、一般に鐵管を使用する。この鐵管を水圧管といふ。水車は水圧管の終端についてゐて、管内の水を受けて回轉するのである。水槽から水圧管へ水の入り込む口には、ス

クリーンを設けて浮遊物を取り除き、制水門を備へて通水を加減

第 5-4 圖



水力発電所の外観

する。

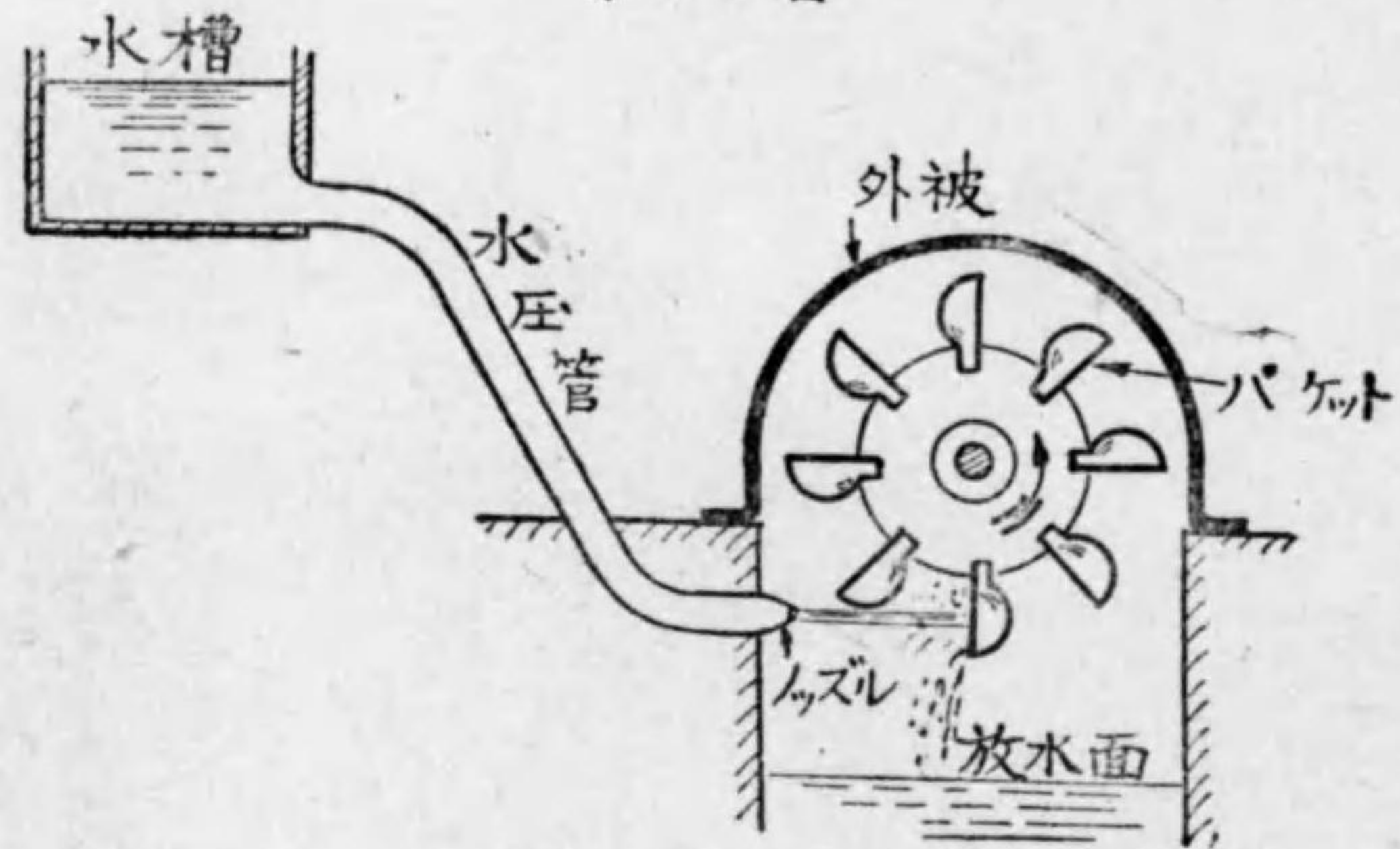
10. 水車には衝動型と反動型とがある 水車には衝動型と反動型との二種がある。此の二つの型は、水のはたらく工合が全然違ふもので、同じ水車でも毛色が變つてゐる。

水を鐵管で高い所から導いてくると、その尖端からエライ勢で噴き出す。その噴き出す水の前に、板のやうなものを置くと、水がその板に衝突して、板を向ふへ押し動かす。衝動水車は此の原理を應用したものである。

水の噴き出す口を嘴管（ノズル）といひ、水が衝突するもの

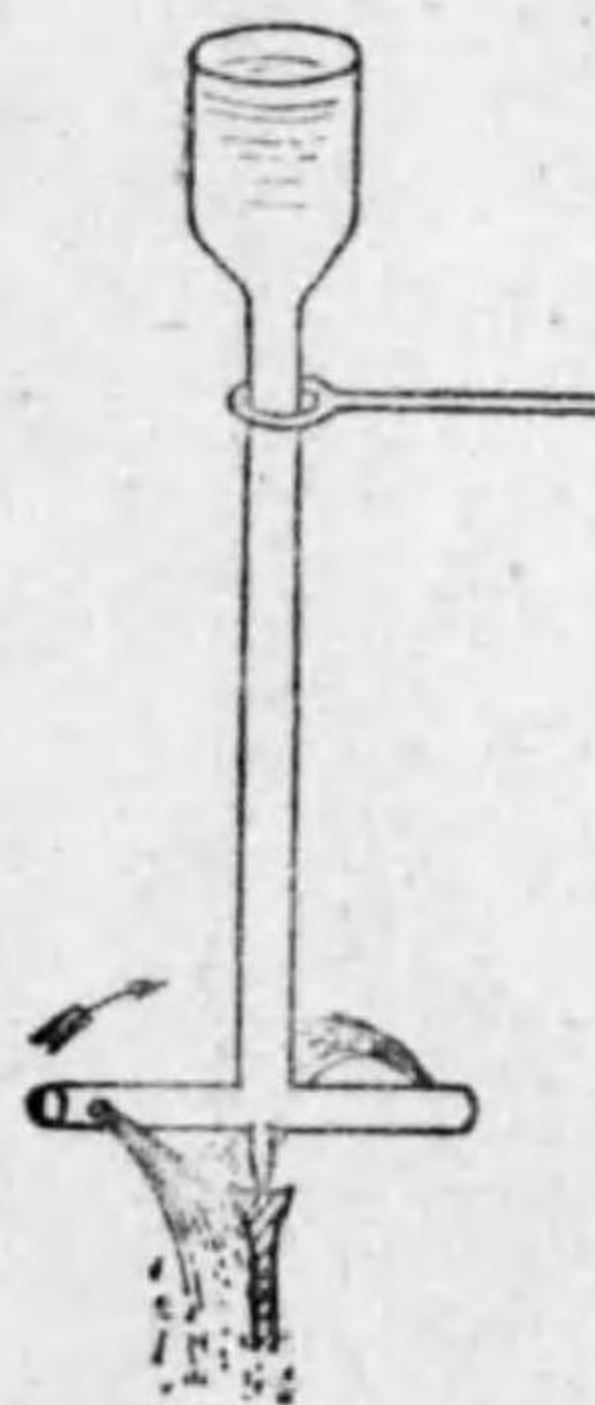
をバケットといふ。水車の軸には、周圍に澤山のバケツを取附

第 5-5 圖



衝動水車の原理

第 5-6 圖

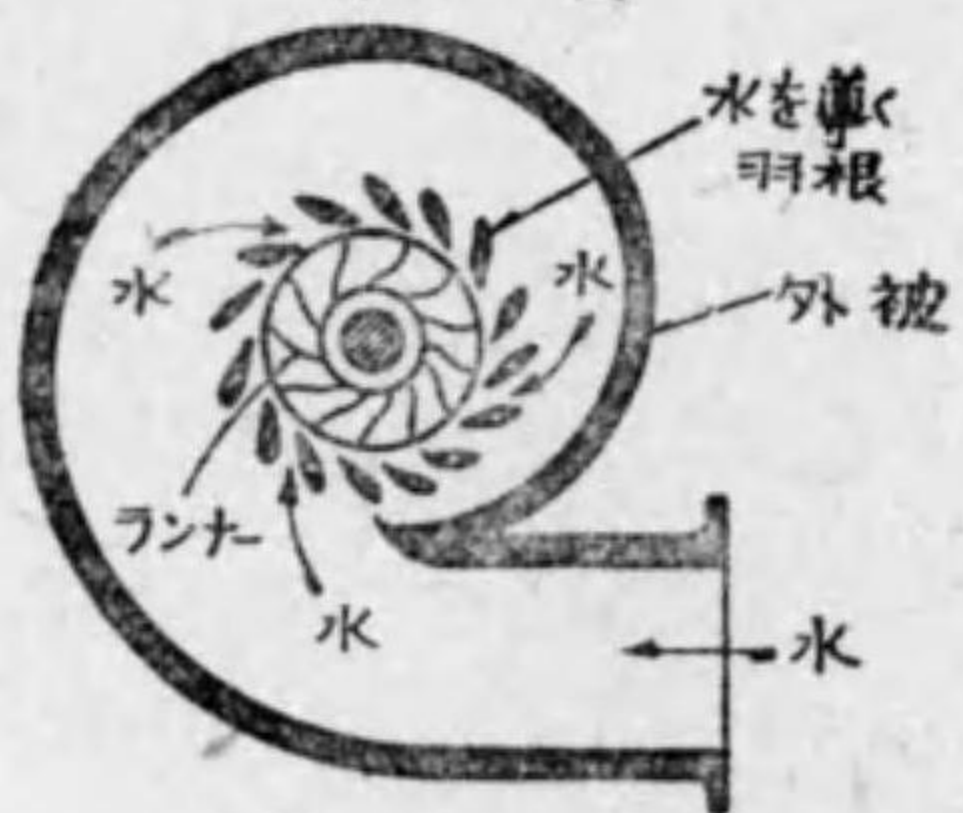


反動水車の原理

けた車のやうなものが固定されてゐて、ノズルから噴射する水が、次から次へと周圍のバケツを押しやり、その勢で水車が回轉するのである。衝動型の水車で現今専ら用ひられてゐるのはペルトン水車である。

水は四方へ等しい壓力を及ぼすものである。故に或る管に水を入れ、一ヶ所に横から穴を明

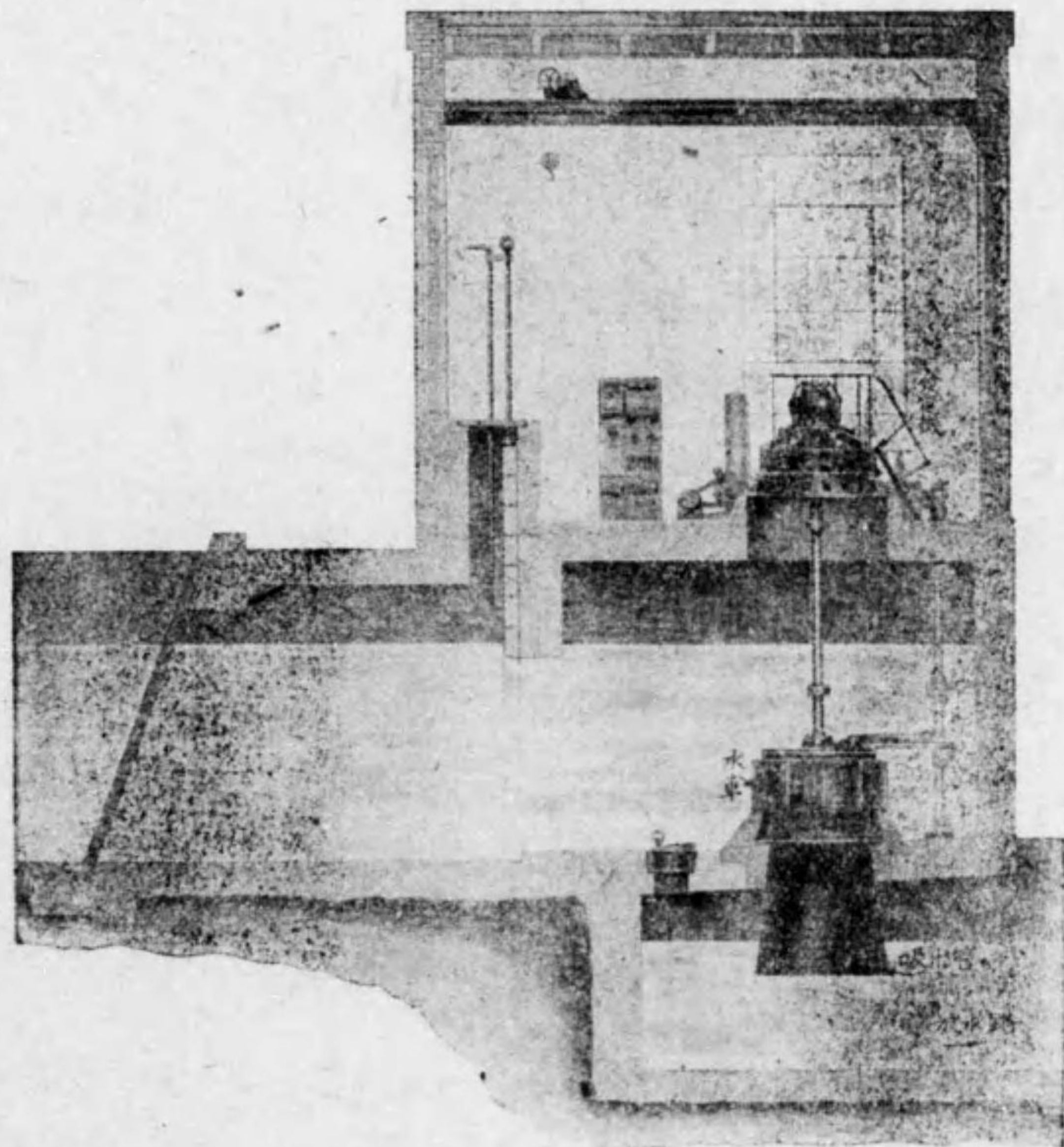
第 5-7 圖



反動水車の水の通路

けて水を噴き出させると、その方向に對する壓力が無くなるから、水の噴き出る方向と反對の方向に押される。若し穴の明いてゐる管を、自由に廻る事が出来る様にしてやると、水の噴出する方向と反對の方向に廻るものである。反動水車は之れと同じ理窟で回轉する様に出てゐる。第 5-7 圖は反動型の水車の、水の流れる

第 5-8 圖



反動の水車及び發電機を有する發電所

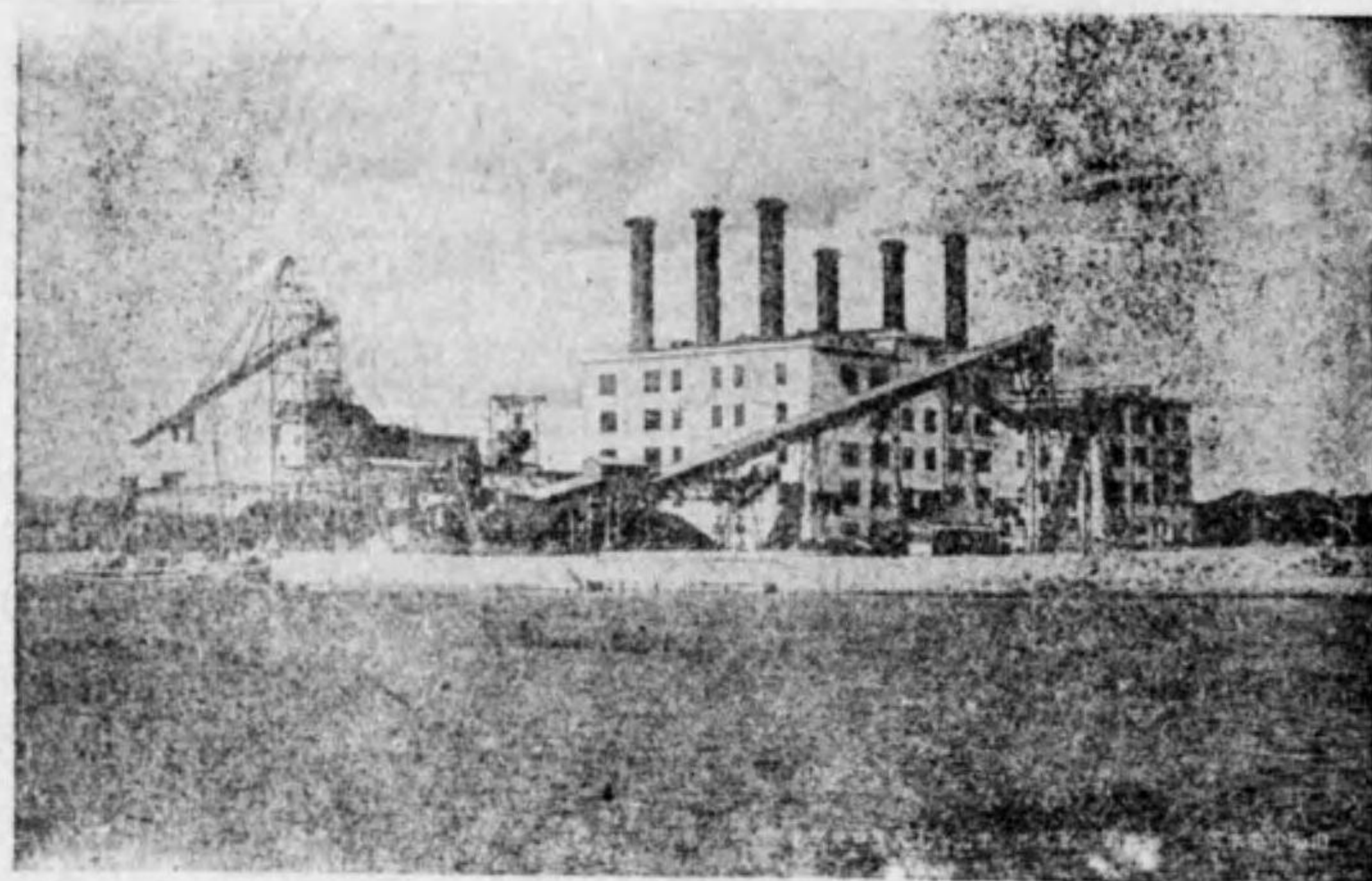


有様を示したものである。反動型の水車では、水をうまく導く羽根と、その水を受けて廻る羽根車とが必要である。此の水を受けて廻る羽根車をランナーといふ。ランナーの羽根から、水が外へ流れ出る時に、その反動でランナーを回轉させるのである。反動型の水車では、フランシス水車とプロペラー水車とが多く用ひられる。

水車には調速機（ガバナー）といふものが取付けてある。これは水車の速度を一定に保つ爲めのもので、若し水車の速度に變化が起ると、調速機が働いて、水車へ行く水を加減するやうになつてゐる。

11. 火力発電所には蒸気力によるものが多い 火力発電所のうちでは、前にも述べたやうに、蒸気を作つて蒸気タービ

第 5-9 圖



火力発電所の外観

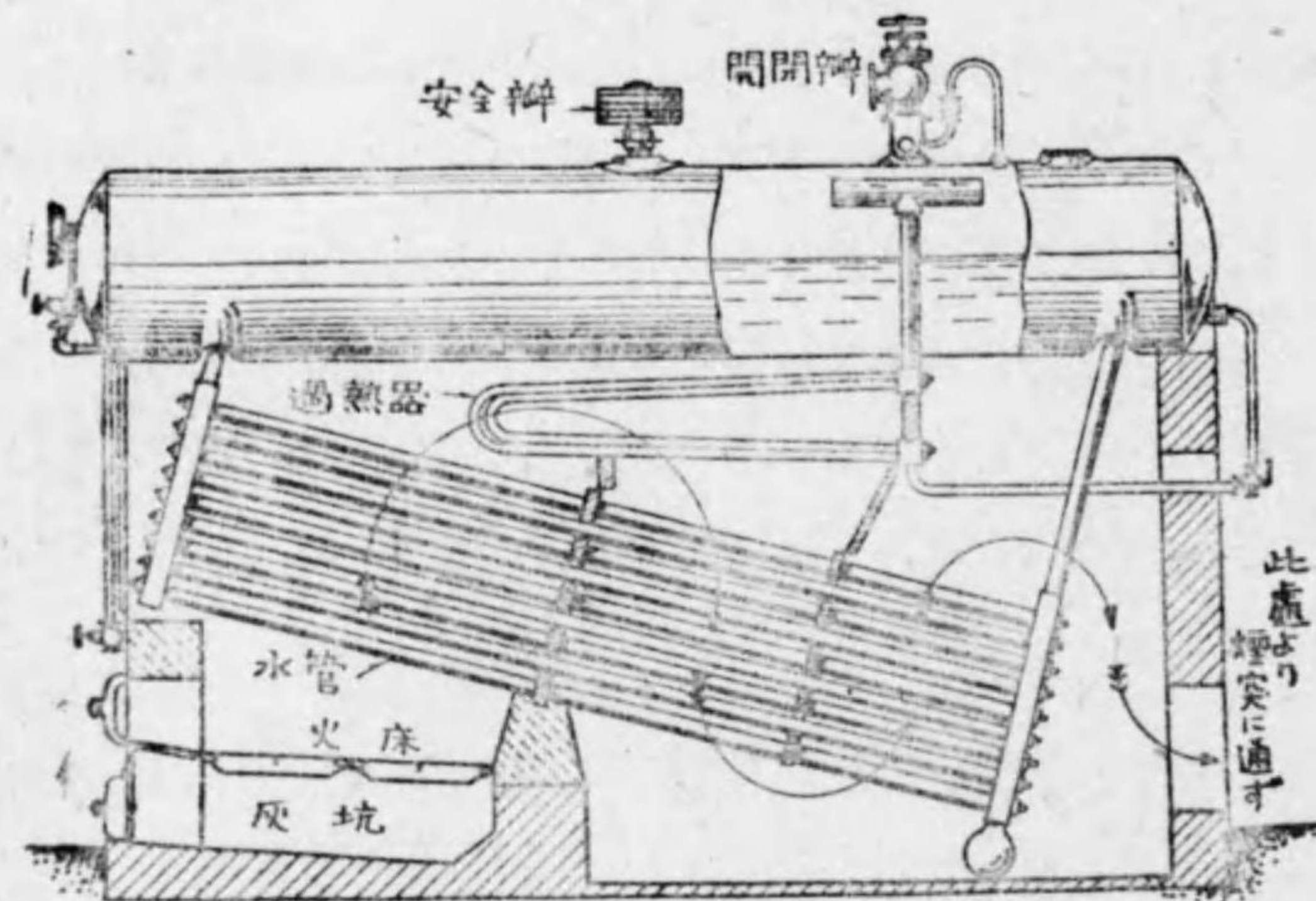
ン又は蒸気機關を動かすものが多い。蒸気を作るには水を沸かさなければならぬ。水を沸かすには何か燃料を焚かなければならぬ。火力発電所の燃料としては、主として石炭が用ひられる。従つて火力発電所に於いても良質の水が必要である。又石炭の運搬に便利で、且つ石炭の安く得られるやうな所に建設するのが良いのである。水力の電気で電燈をつけると白く光るが、火力の電気でつけると赤い、などといふ事は断じてないので、水力発電所でも火力発電所でも、同じ發電機を回轉させて、同じ電氣を起す所なのである。

12. 火力発電所には蒸気罐が必要である 火力発電所では、先づ石炭を燃して、水から水蒸気を作る必要がある。此の役目を爲すものが蒸気罐（steam boiler）である。蒸気罐にはいろいろな形のものがあつた。然し其の目的はみな同じである。大仕掛な鍋でも釜でもよい譯である。ただ鍋や釜では有効には働かせられない。そこでいろいろ工夫して、なるべく少い石炭で多くの蒸気を作らうといふので、種種の蒸気罐が考へられたのである。

蒸気罐のうちでは、水管式のものゝ廣く用ひられてゐる。その主な部分は鐵製の罐胴と水管とである。水が罐胴と水管とを、自由に循環することが出来るやうになつてゐる。石炭を火床の上で燃すと、高温度の瓦斯が出て、水管の間を縫つて之れを温め、煙突へ逃げて行く。瓦斯が水管の間を通る際に、燃焼によつて出來

た熱が、水管内の水に傳はる。水の一部は蒸發をする。之れに依

第 5-10 圖



蒸気罐の内部

つて水の對流が起り、蒸気は罐胴の上の方へ集る。さうして過熱器といふものの中へ行つて更に熱せられ、蒸気母管に集つて、それから管で蒸気タービンや蒸気機關に送られる。場合によつては過熱器を用ひない事もある。

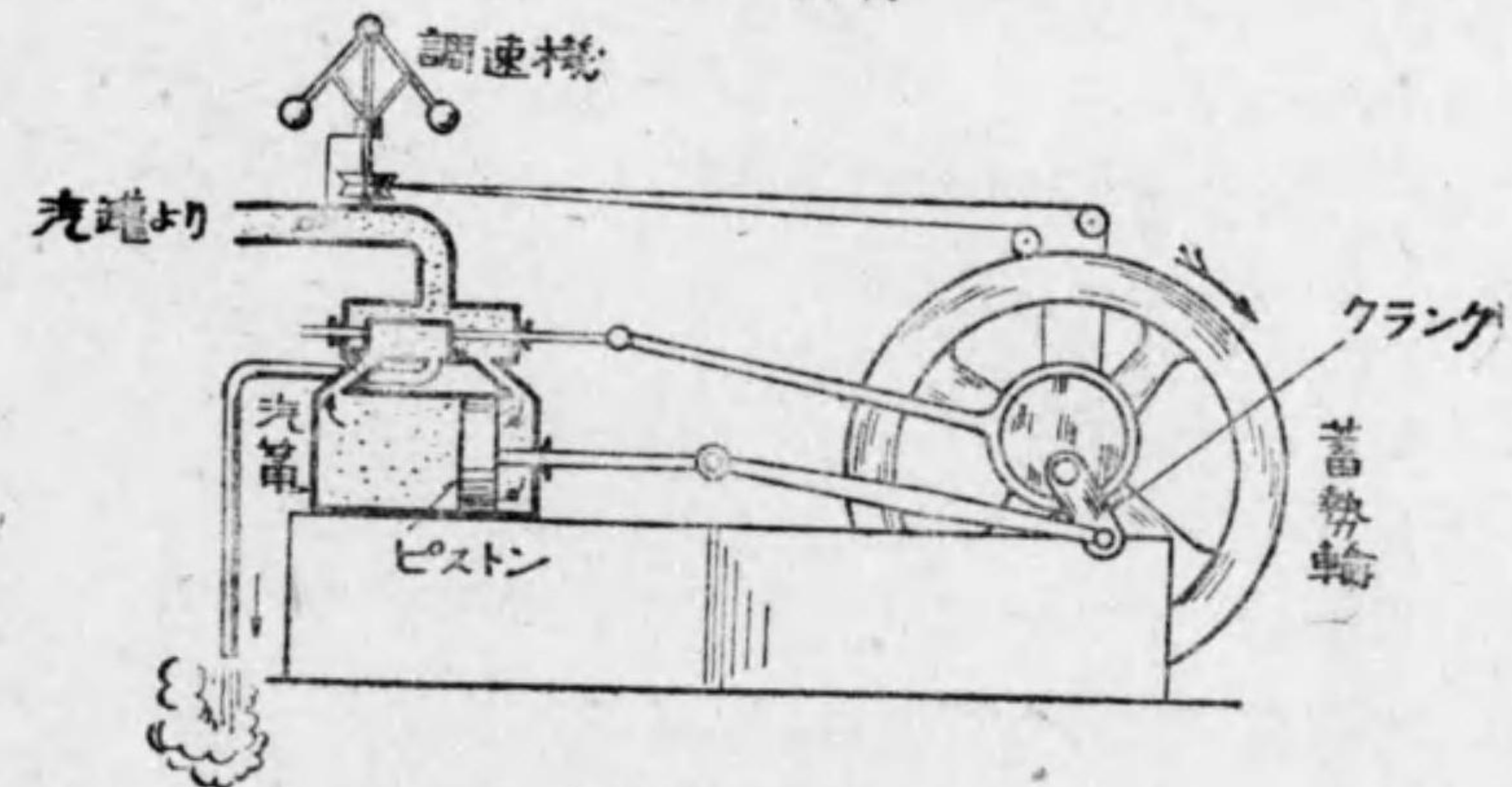
蒸気罐には給水用のポンプや罐内の、水の有無を見る水準計、蒸気の壓力を計る壓力計、若し壓力が非常に高くなると破裂する虞れがあるから、それを防ぐ爲めの安全弁などが必要である。

13. 汽力發電所の原動機としては蒸気タービンと蒸気機關が用ひられる 今まで屢ば述べた通り、汽力發電所では、

發電機を廻す原動機として、蒸気タービンや蒸気機關を用ひる。

蒸気機關 (steam engine) は、英國のワットが發明したものである。之れは蒸気の膨脹力を利用したもので、汽筒といふ圓筒形

第 5-11 圖



蒸気機關の構造

のものの中にピストン (活塞) と稱する圓形の厚い板を嵌め、汽筒の兩端から交互に蒸気を送り込んで、ピストンを汽筒内で往復運動させる。ピストンに眞棒をつけて置いて、その眞棒の往復運動を、クランクといふものを用ひて回轉運動に變へて、發電機を回轉させるものである。蒸気機關の軸には、蓄勢輪 (はずみ車) といふ重い大きな車をつけて、その慣性を利用して回轉を一様にする。

14. 蒸気タービンは水力の場合の水車のやうなものである 蒸気タービン (steam turbine) の廻るのは、全く水力の

場合の水車と同じ理窟である。水車では之れを動かすのに水を用ひるが、蒸気タービンでは、水の代りに蒸気を用ひる點が違ふだけである。矢張り衝動型もあるし、

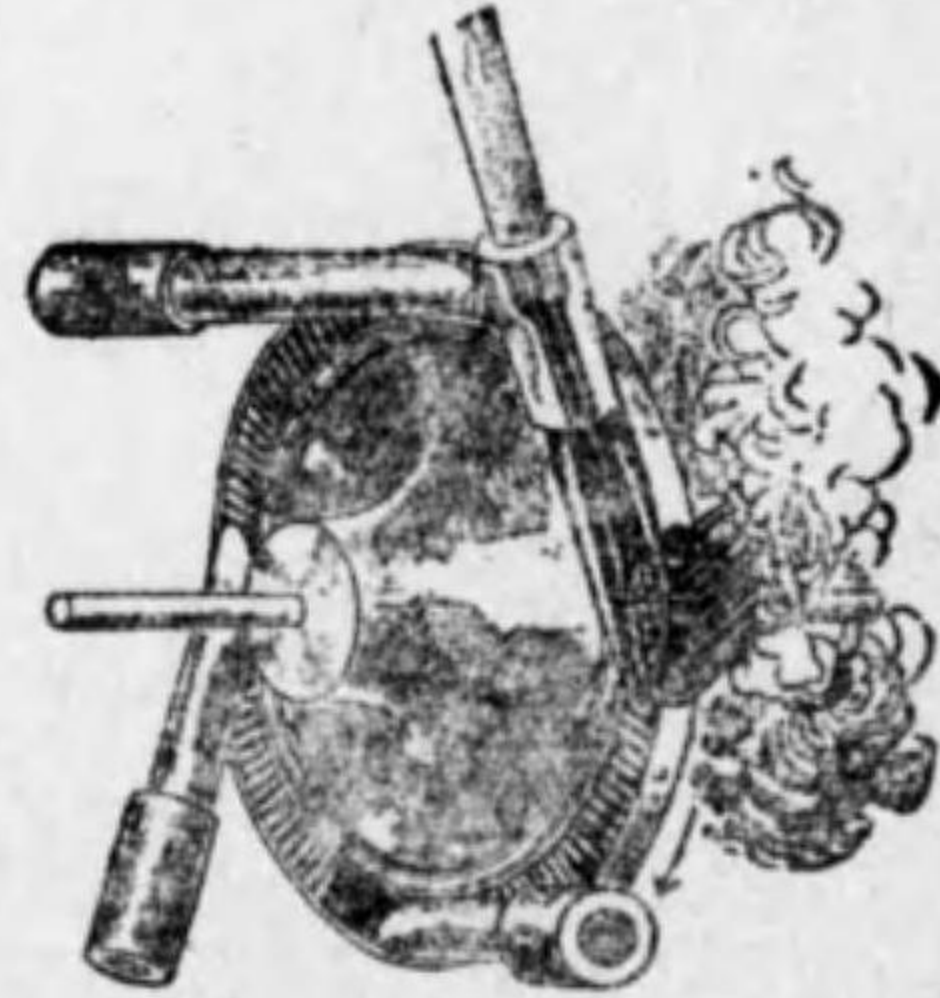
反動型のものも出来る。併し蒸気と水とは性質が違ふから、羽根の構造や蒸気を作用させる状態などは、多少水車と趣きが異なるが、回轉する原理は同じことである。蒸気タービンは蒸気機關よりもいろいろの點で勝れてゐるから、現今の汽力發電所で

は殆んどみな蒸気タービンを用ひてゐる。蒸気タービンや蒸気機關などを汽機と總稱する。汽機にも調速機が必要である。

蒸気タービンや蒸気機關を、原動機として用ひる場合には、復水器といふものを使つて、その排汽を冷却するやうにすると工合がよい。排汽を復水器に導いて、冷たい水で充分に冷やして、蒸気を元の水にすると、排汽が原動機から逃げ去るのを容易にすることができるし、元に還つた水を再び蒸気罐に送つて、繰り返し繰り返し用ひることが出来る。

15. 配電盤は電氣を支配する装置である 發電機を用ひて電氣を起し、之れを需要場所へ送つて、電燈をつけたり電氣扇を廻したり、電熱器をつけたり其の他いろいろな事に利用する

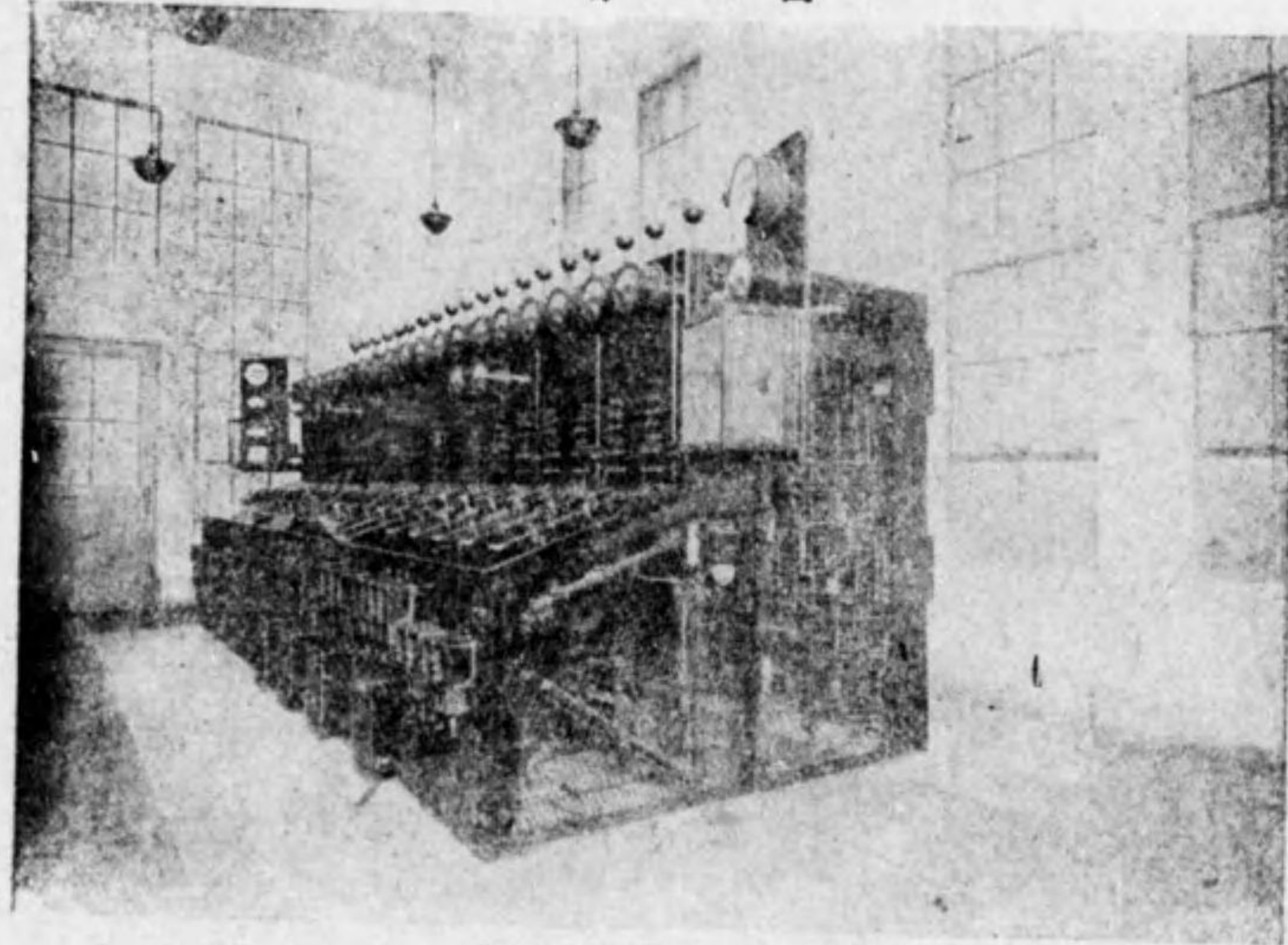
第 5-12 圖



衝動型蒸気タービンの原理

場合には、發電機の電壓や電流を計つたり、或は開閉器 (switch) を設けて電流を止めたり、通してやつたりしなければならない。

第 5-13 圖



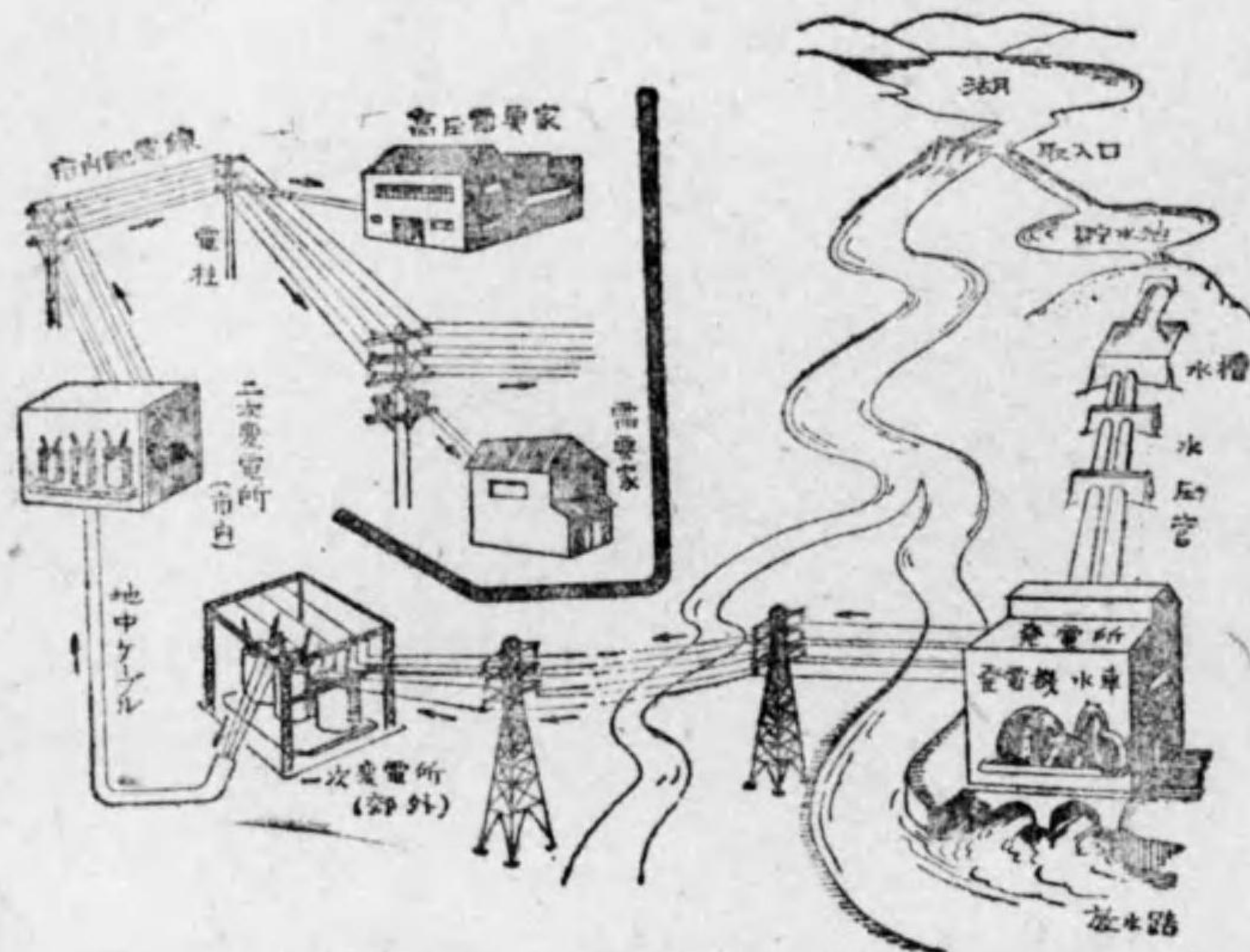
變電所内の配電盤

これ等の事を行ふ爲めに、主要な場所に配電盤といふものが用ひられる。配電盤は普通大理石又は特殊の絶縁耐熱性の板、或は鐵板に絶縁塗料を施した板の面に、種種の計器や開閉器等、電氣を支配するのに必要なもの一切を取附けたものである。

16. 發電所で起した電氣は、種種の系統を経て需要家へ送られる 水力で電氣を起す場合ならば、先づ水力で水車を廻し、發電機を回轉させて電氣を起す。さうしてこれを發電所にある變電所で、變壓器 (transformer) といふものを用ひて電壓を

高くし、送電線路によつて一次變電所へ送る。一次變電所は多く需要地の郊外などに設けられる。此處で又變壓器によつて少し電壓を下げ、地下ケーブル或は普通の架空送電線を経て、市内の二

第 5-14 圖

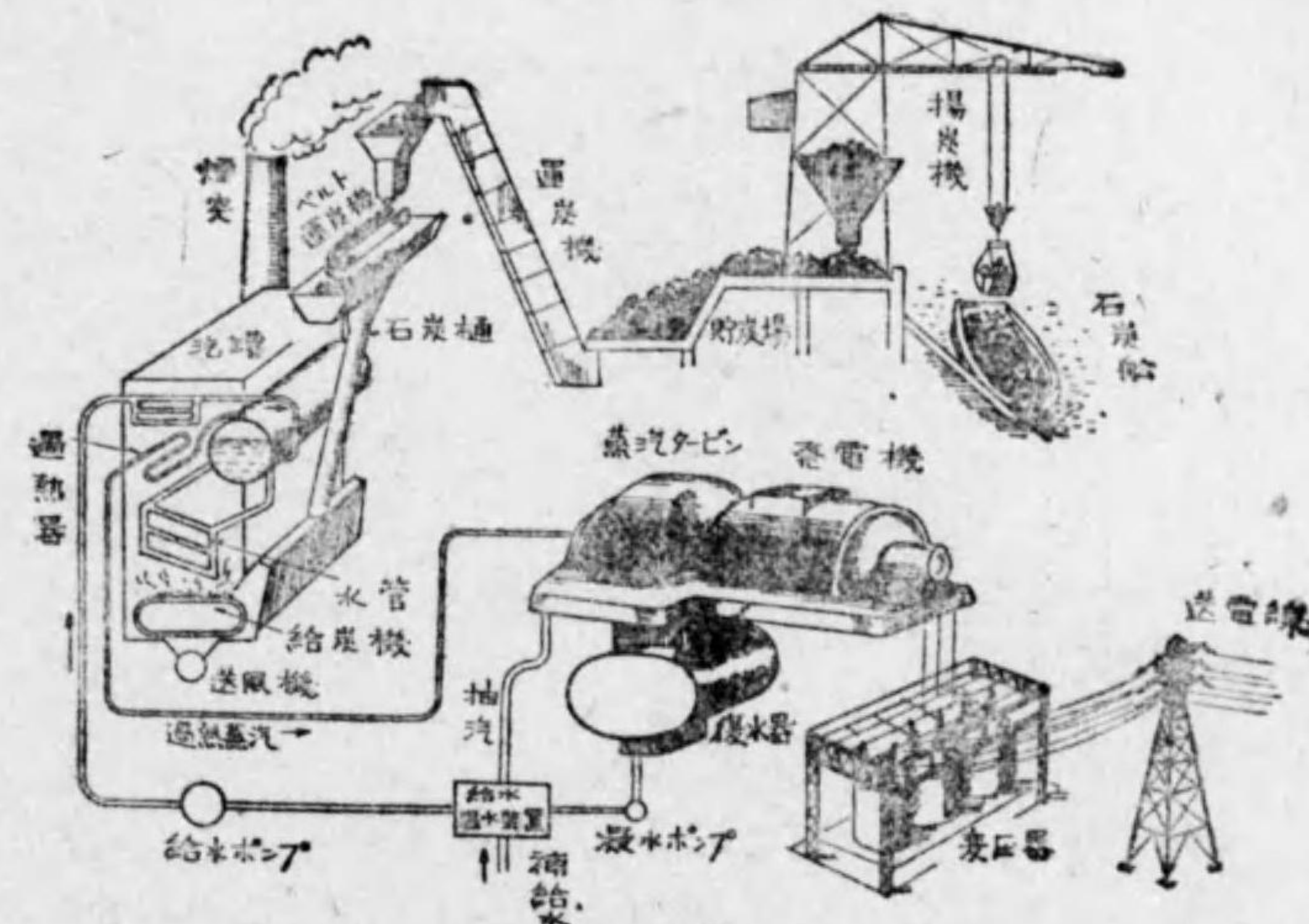


水力発電所から需要家迄の経路

次變電所へ送る。此處で又變壓器によつて、市内を引張り廻してもよい様な電壓に下げる。さうして配電線路によつて、需要家のそばまで配電し、電柱の上に載つてゐる柱上變壓器といふ變壓器で、更に屋内へ引込んでよい程度まで電壓を下げ、引込線で需要家の屋内へ引き入れる。山の中の發電所から、長い間を斯うしたいろいろな器械設備を経て、われわれの家まで、日夜休みなく電氣が送られてゐるのである。

汽力によつて發電する場合も、大體同じやうなものであるが、

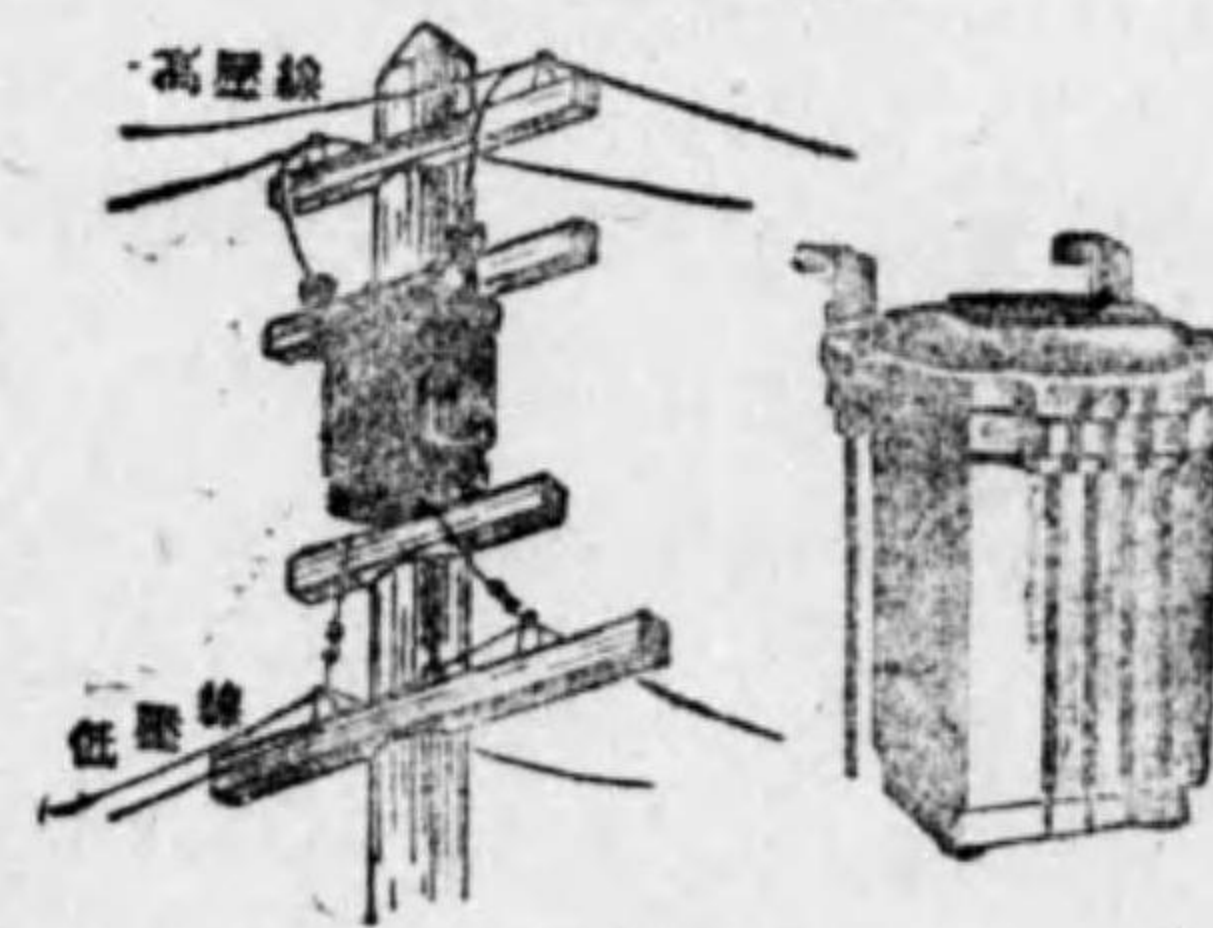
第 5-15 圖



汽力發電所で石炭から電氣が生れる迄の経路

汽力發電所は多くの場合、需要地附近に建設されるから、發電所から送電線路を経て、市内の變電所へ送られることもあり、發電所から變壓器で電壓を下げて、直ぐに配電線路を経て配電される場合もある。それか

第 5-16 圖



柱上變壓器

ら先は、前に述べたのと同じ経路で需要家に達するのである。

17. 変圧器は電圧を上げたり下げたりするものである

前節に述べた様に、送電や配電には盛んに変圧器といふものが用ひられる。変圧器は交流の電圧を上げたり下げたりする装置であつて、これによつて 3000 ヴォルトのものを 100 ヴォルトに下げる事も出来れば、100 ヴォルトの電圧を 10000 ヴォルトに上げる事も出来る。誠に重寶な機械である。

交流は斯様に變壓器を用ひて、自由に且つ容易に電圧を高くしたり、低くしたりする事が出来る。直流では電圧を變へるのは、なかなか容易の業ではない。

實際電氣を使ふ場合には、電圧を上げたり下げたりする必要が非常に多く起る。現今一般に何處の電燈電力会社でも、みな交流を使つてゐて、直流は極めて特別な場合にしか用ひられないのは、交流では變壓器を使つて、簡単に電圧を上げたり下げたりする事が出来る爲めである。

18. 電氣を使ふには、餘り高い電壓では都合が悪い

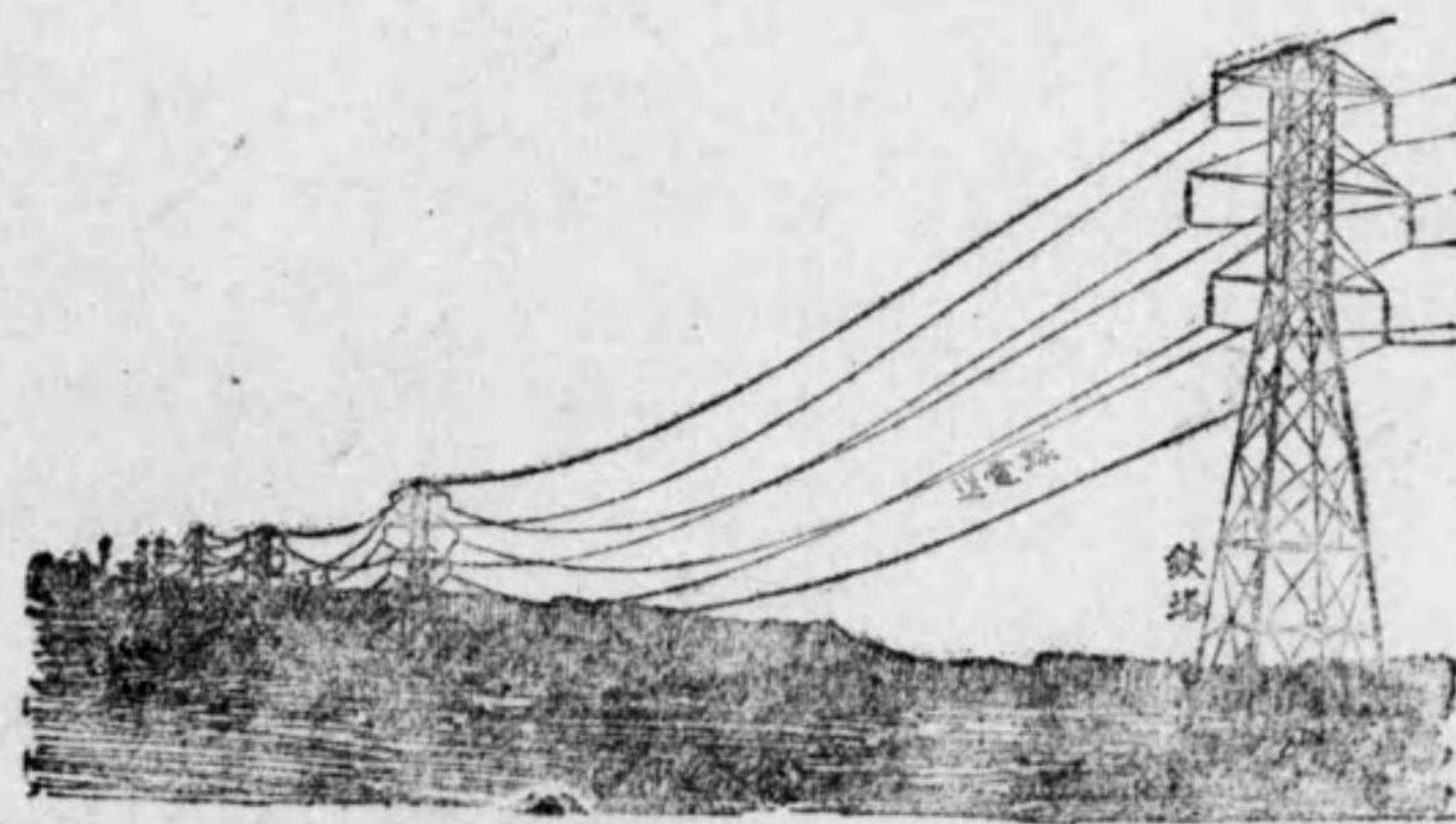
電氣を使ふのには餘り電壓が高くない方がよい。電壓が高くなると、いろいろの不都合がある。第一危険で仕方がない。1000 ヴォルト以上の電氣に觸れたら、先づ大體人間は死ぬものと覺悟せねばならぬ。又電燈のやうなものは、高い電壓で使用するものを作る事が、殆んど不可能と云つてもよい。電壓が高いと絶縁といふ事もなかなか容易ではない。だから實際に電氣を使ふ時には

たとへ高い電壓で送つて來ても、それを低い電壓に下げて使はなければならぬ。

19. 電氣を遠くへ送るには電壓を高くしなければならない 電氣のする仕事の速さは、前にも述べた通り、電流と電圧とを掛け合せたものに比例する。故に一般にいふと、同一の電力を送る爲めには、電圧を高くすると電流は少くてもよいし、電圧を低くすれば電流を多くしなければならない。電流が多くなると、その通り路を廣くしてやる必要がある。即ち電線の太いのを
用ひなければならぬ。

送電する距離が近い時には、電線の太さが少し位太くなくても、たいしたことが無いかも知れないが、距離が遠くなれば遠くなる

第 5-17 圖



鐵塔を用ひた送電線

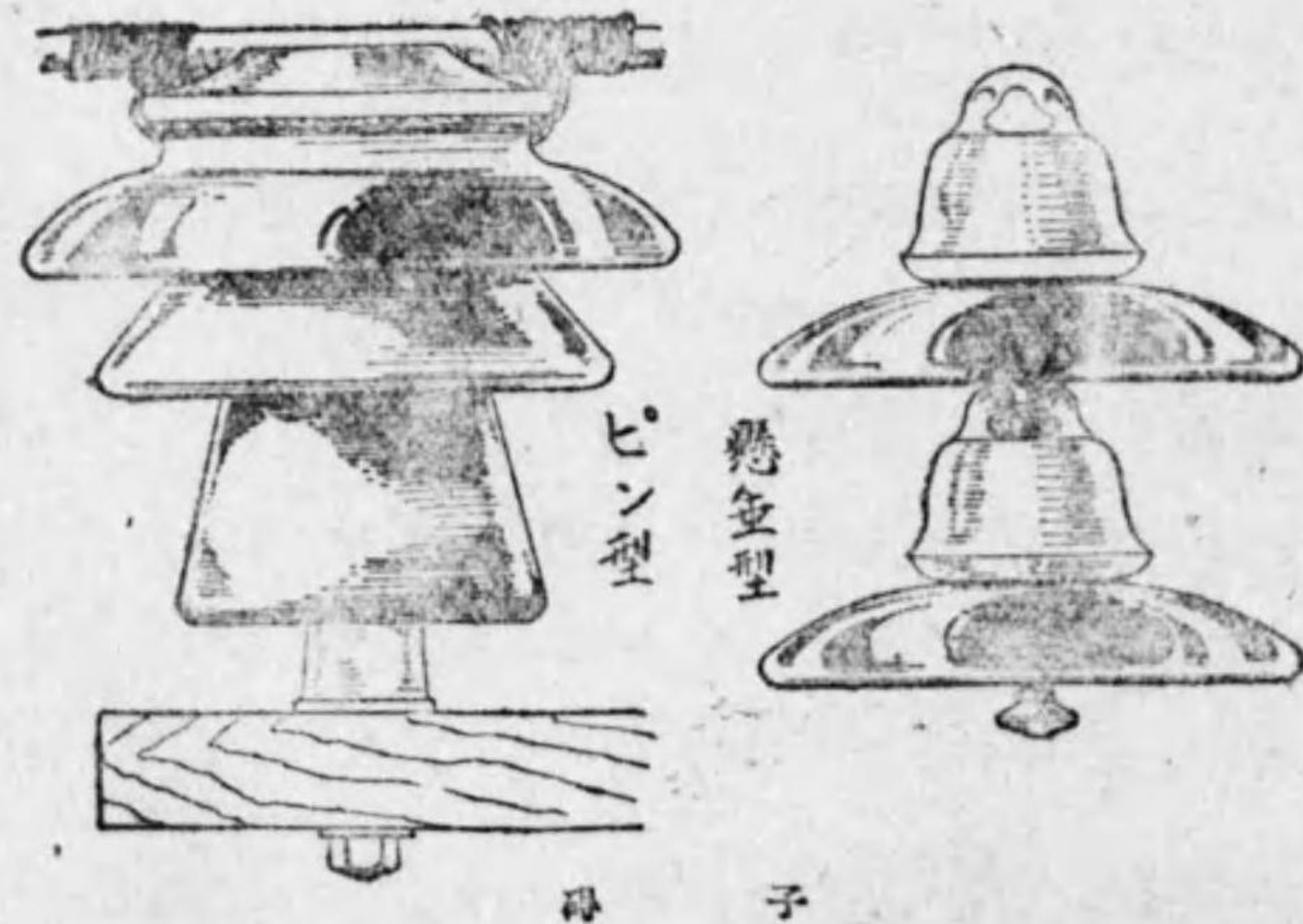
$$\frac{E}{R} = \frac{1000}{2000} = 0.5$$

ほど電線の太さの僅かの違ひでも、なかなか馬鹿にはできない。非常な費用の違ひになる。それだから送電距離が長い程、送電の電圧を高くするのである。現在我國で採用されてゐる送電電圧の最も高いのは、154 000ヴォルトのものである。

斯様なわけで、交流発電機で起した電気を、非常に高い電圧にして遠くへ送り、需要地で低い電圧にして使用するといふやうに、電圧を上げたり下げたりする必要があるから、變壓器の役目はかなり重要なものである。

20. 送電線には裸線が用ひられる 送電線は一般に電圧の非常に高い電気が通る。さうして其の距離も長く、主として野

第 5-18 圖



原や山を通過して架設される。それだから電線には、裸のままの銅線が用ひられる。時としてはアルミニウムの線が用ひられる事

もある。電圧の高い電気は危険であるし、若し他の導體に送電線が觸つたりすると、其處から洩れて逃げて行く虞れがある。

そこで高い鐵の櫓を組んで鐵塔を作つたり、高い木の柱を地上に立てて、その上に電線をしばりつけ、他の物に觸れない様に電線を支へる。然し電線をただ直接、鐵塔や木柱の上に載せたり、縛りつけたりする譯には行かない。若し直接縛りつけると、電気はこの鐵塔や木柱を傳つて逃げて行つて了ふ。それでは困るから鐵塔や木柱の上の方には、碍子 (insulator) といふ絶縁物を取付けて、その碍子に電線を縛りつける。

碍子は普通磁器で作つたものを使用する。送電線路には懸垂型やピン型などの碍子が用ひられる。勿論電圧に應じて、その送電線の電圧に耐へる碍子を用ひなければならない。

21. 配電線には絶縁線が用ひられる 配電線路には、普通木柱やコンクリート柱、鐵柱などが用ひられる。さうして電線は送電線のやうに裸でなく、着物をきせたものを用ひる。銅線の上に、薄く木綿絲を捲き、その上を更に木綿絲で網のやうに組んだもの、或はゴムで被覆した上木綿絲で編組したものなどに、防水剤を浸み込ましたものが使はれる。

22. 送電線にも避雷器が必要である 送電線のやうに野や山を走つてゐるものは、特に大雷雨の御見舞を受け易い。雷の電気の爲めに送電線に高い電圧の電気が出来ると。さうして之れ

が変圧器や発電機の所へやつてくると、絶縁が破られたり、種類の被害を受けることがある。

発電所や変電所のやうに、電気の機械器具を設備してある所では、その被害から免れる様にする爲めに、避雷器を用ひてゐる。避雷器は若し斯様な高い電圧の電気が生じて、電線路を通つてやつて来た場合に、うまく他の所へ之れを逃がして了ふ役をなすものである。

23. 繁華な市内等には地中電線が用ひられる 繁華な都市などでは、いろいろなものが地上に立てられるから、その上電柱を立てたり電線を引張つたりすると、ますます混雑するばかりでなく、體裁も餘りよろしくない。そこで配電線を架空線としないで、地中線とする事がある。此の場合の電線には**地中電線**(ケーブル)といふものが用ひられる。電線にはいろいろなものがあるが、銅線を先づ油紙のやうなもので絶縁した上、鉛の管に入れて、絶縁防水剤を浸した麻絲を捲き、アスファルトのやうなものを塗りつけたものなどがある。電線を通る電気の電圧に応じて、それぞれ嚴重に電線の周圍を堅めてある。又布設する場所によつて、更に外周をいろいろなもので覆ふ事がある。之れを**鎧装**するといふ。水底などに用ひる電線は特に頑丈に鎧装してある。

電線や太い架空線には、一本の太い針金の代りに、細い銅線を多數撚り合せたものが用ひられる。之れを**撚線**といふ。

第六章 電信と電話

1. 電信は古くから實用化されたものである 電氣を應用したものは、随分澤山あるが、そのうちで**電信**(telegraph)は最も古いものである。遠く離れた所へ合圖をするには、昔はのろしを揚げて、その煙を楯でおさへて、煙を少くしたり多くしたりして信號に使つたり、旗のやうなものを動かして、簡単に意志を通じたりしたものである。

マラソンの本元ギリシャでは、マラソン・ボーイといふのを使つて、傳令の役を勤めさせた。我國でも昔は早打、早駕籠などといふものが用ひられたが、複雑な通信は人が行つて話をするか、手紙を届けるよりほかに方法がなかつた。

今では郵便が発達して、手紙も非常に早く届くやうになつたが、急を要する場合には、電信や電話で、極めて僅かの時間に、遠隔の地と通信を交はす事ができるやうになつた。

遠く離れた所へ合圖をするのに電氣を用ひようとしたのは、西暦 1745 年にライデン瓶が発明されて、その後間もない頃からであつて、テムス河に針金をかけ渡し、向ふ岸の人が之れをライデン瓶につなぎ、こちらの人が針金を握つて居て、向ふ岸の人がライデン瓶に電氣を送ると、こちらの握つてゐる人の手にビリビリと感ずると云つたやうな、誠に奇抜なものであつた。その後こ

れを改良して、ライデン瓶の内外の箔に電線をつなぎ、その二本の線の他端を少し離して向ひ合せ、ライデン瓶に電氣を送ると、向ひ合せの二本の線の端に、バチバチと火花が出るやうにしたものを、26箇作つて並べ、一箇一箇の両端には札を立てて置いて、これに A, 次は B, 次は C とその札に文字を書いて、火花の出た所の札の文字を順次に讀んで、これを綴り合せて通信の意味を知るといふやうな式のものにした。

電池が発明され、電流の作用の研究が進むまでは、完全なもの出来なかつたが、西曆 1832 年に、米國のモールスが實用的な電信機を発明し、文字の記號を定めて、今日用ひられてゐる様な電信の皮切りを行つたのが、電信の廣く利用される端緒となつたのである。

2. 磁石は南北を指し、鐵を吸引する性質がある 磁石 (magnet) には、南北の方向を指す性質があるから、昔から方向を知る爲めに用ひられた。南を指す方の端を南極、北を指す方の端を北極といひ、南極は S, 北極は N といふ記號を用ひて表はす。

磁石には磁鐵礦のやうに、天然のものもあるが、人工によつて磁石を作ることもできる。普通われわれが

第 6-1 圖



棒 状



馬 蹄 形



針 状

磁石の形状

眼にする磁石は、棒状、針状或は馬蹄形のもので、方向を見るには針状のものが用ひられる。

第 6-2 圖

磁石には南北の方向を指すといふこと以外に、鐵を吸引するといふ性



磁石が鐵粉を吸ひ付けた所

第 6-3 圖



電磁石で鐵板を運ぶ所

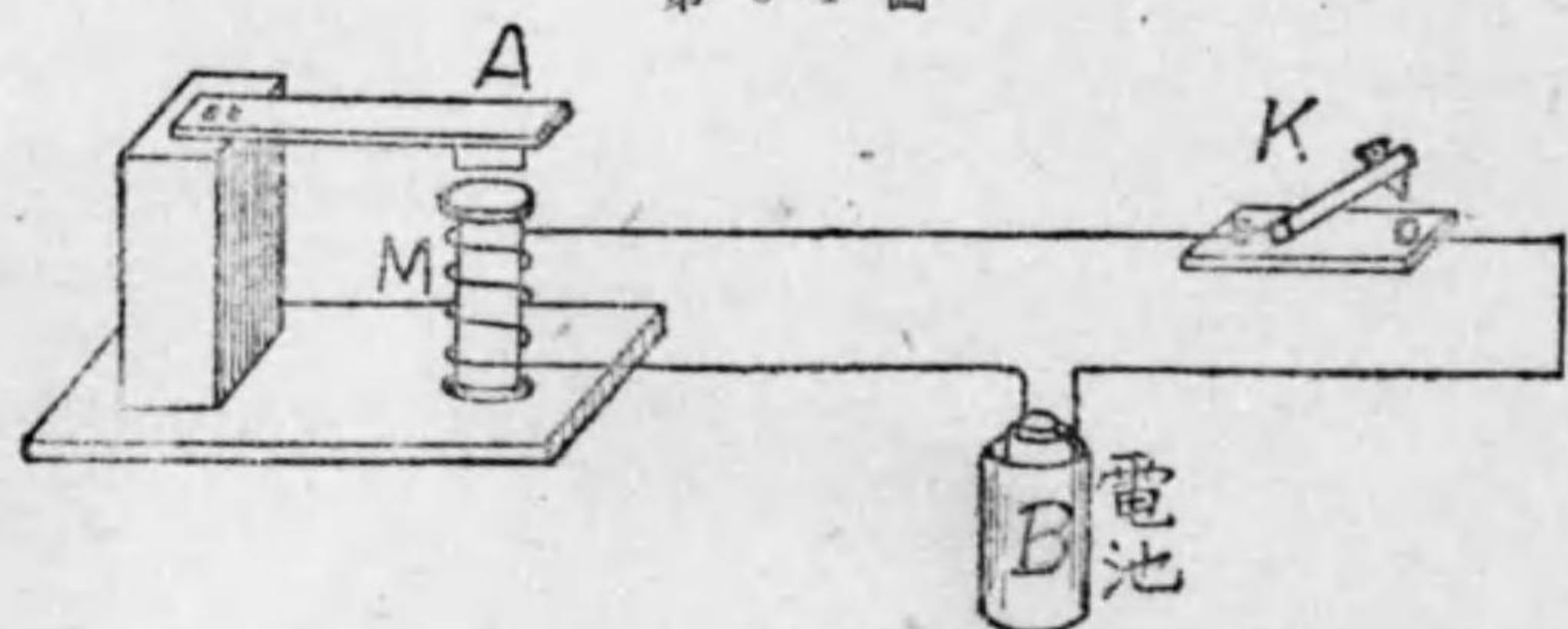
質がある。工業上に磁石を用ひるのは、主として此の性質を利用する爲めである。試みに鐵粉の中へ、磁石の端を入れて見ると、第 6-2 圖に示すやうに、見事に鐵粉がその端に吸ひ付けられる。第 6-3 圖は電磁石を應用して、鐵板を運搬してゐる所を示すものである。

3. 電流によつて磁石を作る事ができる 軟鐵の棒に、絶縁した針金をグルグル巻きつけ、その針金に電流を通ずると、軟鐵棒は磁石になる。さうして電流の通るのを止めると、磁石で

は無くなる。斯うして電流によつて人工的に作った磁石を、電磁石 (electro-magnet) といふ。電磁石はこのやうに、電流を通じてゐる間だけ臨時に磁石になる。之れがなかなか重要な點である。

4. 電信は電磁石を應用したものである 第6-4圖のAは弾性のある軟鐵片で、その下のMは電磁石である。Bは電

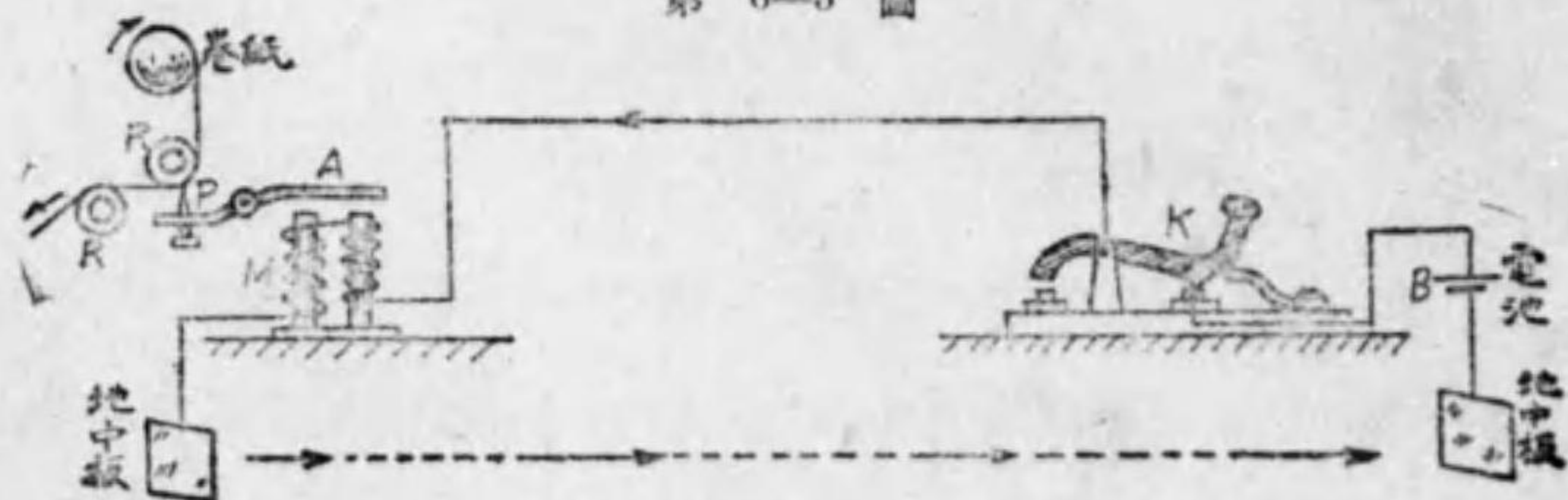
第6-4圖



電信の原理

池, Kは電鍵と稱する押釦のやうなものである。今Kを押して通路を連絡すると、電池の+極から電流がMへ通ずるから、Mは磁石になる。Mが磁石になるとAを吸ひ付ける。Kを離すと、Mの線輪 (coil) に電流が通じなくなるから、Mは磁石でなくなり、A

第6-5圖



電信機の略圖

は彈條のために元へ戻る。Kの押し方で長い間Mに電流を通ずることもできるし、短くすることも出来る。

これが電信の原理である。もう少し實際に近い路圖を示すと、第6-5圖のやうになる。受信器の軟鐵片Aの一端に、インキの出るペンPをつけ、ペンはAがMに吸ひつけられてゐる間、卷紙を押してゐる。卷紙は時計のやうな仕掛けで、一定の静かな速さで動いて行く。Rはローラーで、二箇のローラーにより、卷紙が常にピンと引張られて、弛まないやうになつてゐる。電線を節約するために、電流の歸り路は大地を利用するのが普通である。

發信所でKを長く押してゐると、卷紙には長い線が現れ、Kを押して直ぐに離すと、卷紙には點が書かれる。例へば・—がイだとか、・—・—がロだとか記號を定めて置けば、或る言葉を容易に遠くへ傳へる事ができるのである。

5. 電話には送話器と受話器とが必要である 電話 (telephone)も亦電磁石を應用したものの一つであつて、西曆1876年に米國のベルが發明したものである。電話は電信と違つて、顔は見えないけれども、向ひ合つて話をすると同じやうに、相互に通話をすることが出来る。

我國で公衆用の電話交換が、初めて開始されたのは、明治23年であつて、當時百方勧誘して、東京市内で加入者179人を集め得たのであつた。それが現今全國で百萬に近い加入者を算するに至

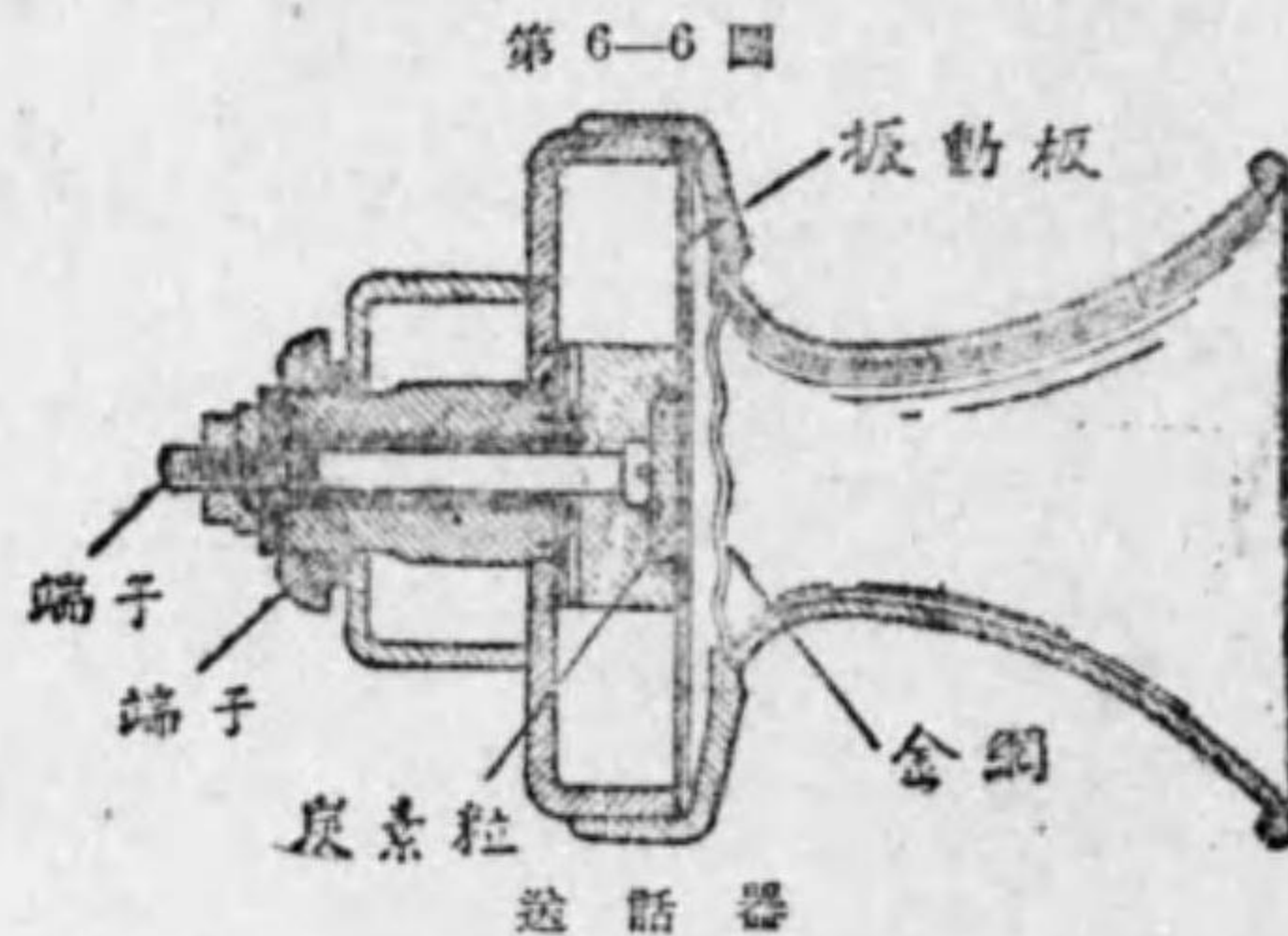
り、なほ外國との間にまで無線連絡による電話が開通して、談話を交換し得るやうになつたのを見ても、如何に電話の便利なものであるかを窺ふことができると共に、其の發達に一驚を喫せざるを得ない。

電話で通話をするには、相手に話をする爲めの送話器と、相手の話を聞く爲めの受話器とが必要である。加入者の電話機は電線で交換局につながれてゐて、相手の番號を呼ぶと、交換局で相互の線を接続して呉れる。交換局には人手によつて電話交換を行ふ手動局と、機械的にこれを行ふ自動局とがある。

6. 送話器は音聲の變化を電流の變化に變へるものである われわれが話をすると、その音聲によつて空氣が振動し、疎密な空氣の波ができる。さうしてその波が、丁度水の波紋のやうに四方へ傳はる。

第 6-6 圖は電話の送話器の圖であるが、送話器の喇叭口の前で聲を出すと、その奥

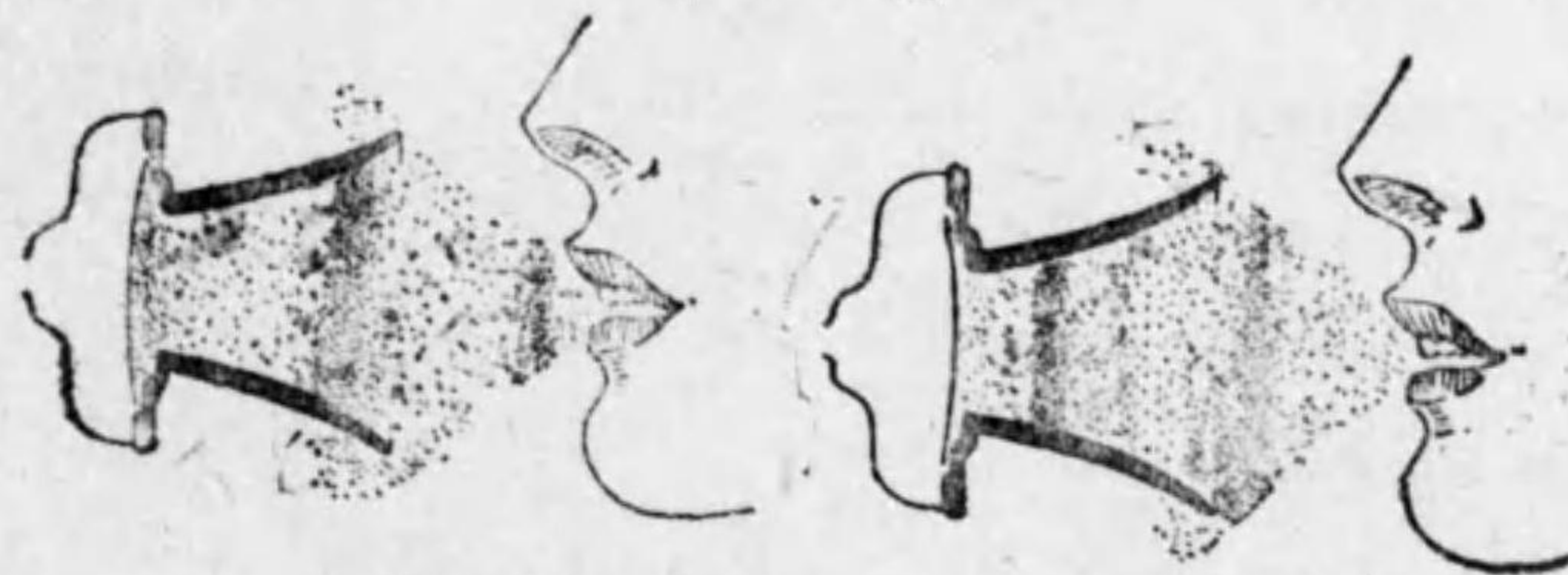
にある振動板といふ薄い板に、音聲によつて出來た疎密の波がぶつつかる。さうすると波の疎密に應じて、振動板が振動をする。密の



第 6-6 圖

波が當ると強く押され、疎の部分^{はこ}が當ると反對の方へ返る。即ち振動板へ音聲があたると、振動板がペコペコ動く。振動板のうしろには、炭素の粒を入れた匣があつて、炭素の粒は、強く押され

第 6-7 圖



音聲による疎密の波が振動板を動かす

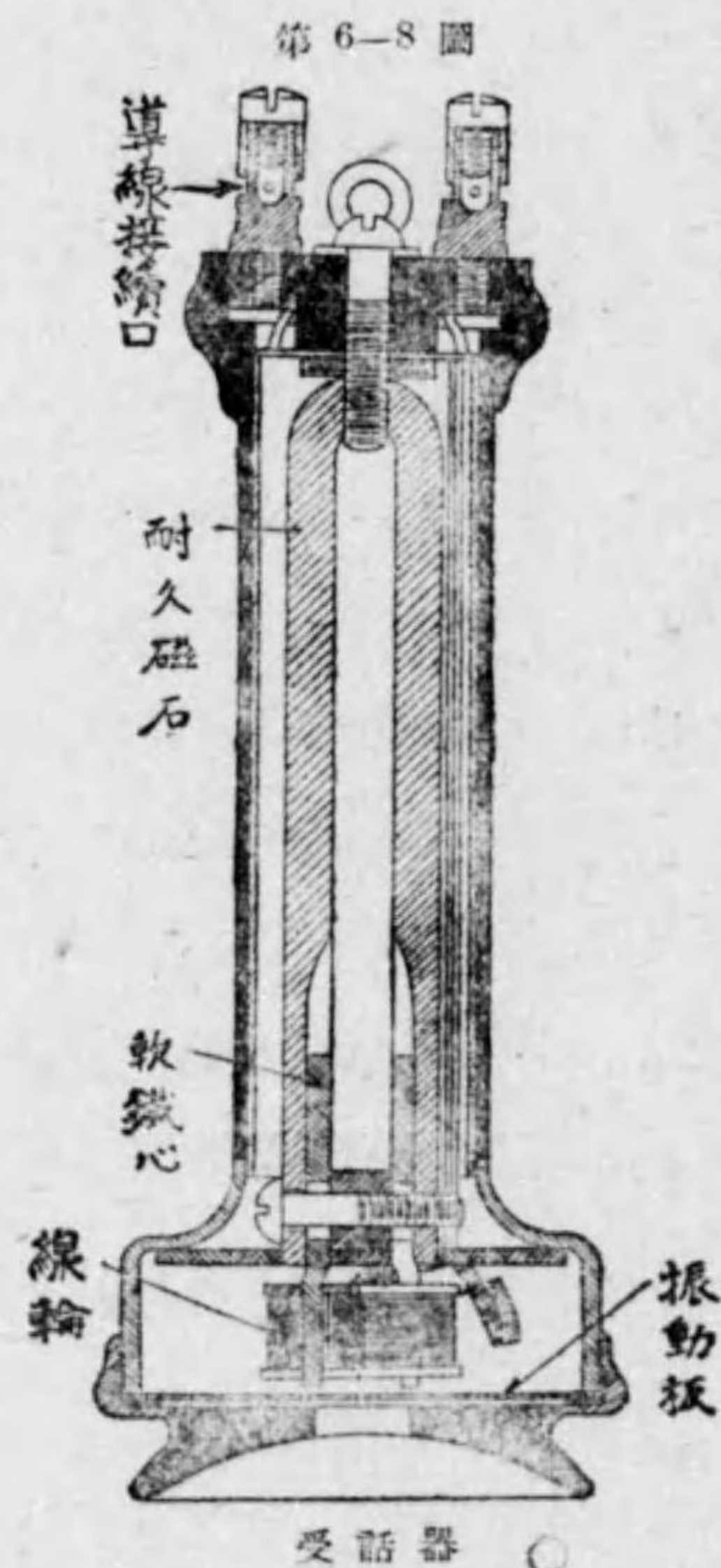
ると密着して、よく電流を通すやうになり、緩めると接觸が悪くなつて、電流が通り難くなる。そこで振動板の振動によつて、炭素の粒が電流を通じ易くなつたり、通じ難くなつたりする。

電池から電線で電流を通じて、炭素粒の所を電流の通路にして置くと、振動板の振動に應じて、電流が變化をすることになる。この電流の變化は全く音聲の變化と同じである。

7. 受話器は電流の變化を音聲の變化に變へるものである 送話器によつて、音聲の變化を電流の變化に變へることができるから、此の變化した電流を、電線によつて相手の受話器に通すると、受話器の中にある電磁石の磁力の強さが、電流の強さに應じて、いろいろに變る。即ち電流の變化の通りに、電磁石の強さが變化する。

そこで電磁石の前に弾性に富んだ振動板を置くと、振動板が磁石に引かれたり放されたりする。即ち電流の變化に應じて、振動板がペコペコ振動をする。送話器の振動板の振動と、全く同一の振動を、受話器の振動板がすることになる。受話器の振動板の振動が、空氣を振動させ、疎密の空氣の波を再び此處に現し、これが相手の耳の鼓膜を振動させて、音聲を聞きとらせることができるのである。要するに受話器は、送話器と丁度反對に、電流の變化を音聲の變化に變へるものである。

第 6—8 圖は受話器の構造を示すものである。受話器はリシーバともいふ。無線電話などに使はれる受話器も、全く同じ原理によるものである。電線のつながる所を端子といふ。兩方の端子から導線を各別別に筒の内側を通して、下部の線輪につないである。線輪は二つあつて、それぞれ軟鐵の心を有する。軟鐵心は筒形の所にある細長い馬蹄形耐久磁石の兩極にネジで止めてあつて、線輪の下に一寸頭を出して、振動板に接近してゐる。



音聲によつて變化した電流が、一方の端子から受話器に入つて來ると、その電流が線輪を通り、電流の變化に應じて、磁石の強さが變るから、振動板も亦それと同じに變化した振動をする。さうして音聲を再現させるのである。

受話器に耐久磁石又は永久磁石といふものを使ふのは、電流の變化に應じて磁石の力を弱めるやうに働かせ、受話器の感じ方をよくするためである。

8. 無線電信や無線電話は電波を空中に傳へて通信するものである。無線電信は西曆 1895 年に伊國のマルコニが發明したものであるが、その後多くの人人の努力によつて、無線電話が完成され、無線電話の放送はラヂオといふ言葉によつて、誰一人これを知らぬ人は無いやうになつた。ラヂオは西曆 1900 年に、デンマークのバウルゼンが初めて試みたと云はれてゐる。我國では大正 14 年 (西曆 1925 年) 3 月に初めて無線電話の放送が開始されて以來、躍進的の發達をなして今日に及んだのである。

交流は前にも述べたやうに、規則正しく方向が變るものである。普通電燈などに使ふ交流は、一秒間に 100 回又は 120 回方向が變化する。一往復を 1 サイクルといふから、100 回方向の變る交流は 50 サイクル、120 回方向の變る交流は 60 サイクルである。此のサイクル数を周波數といふ。

何萬、或は何十萬、何百萬サイクルといふやうな、周波數の高

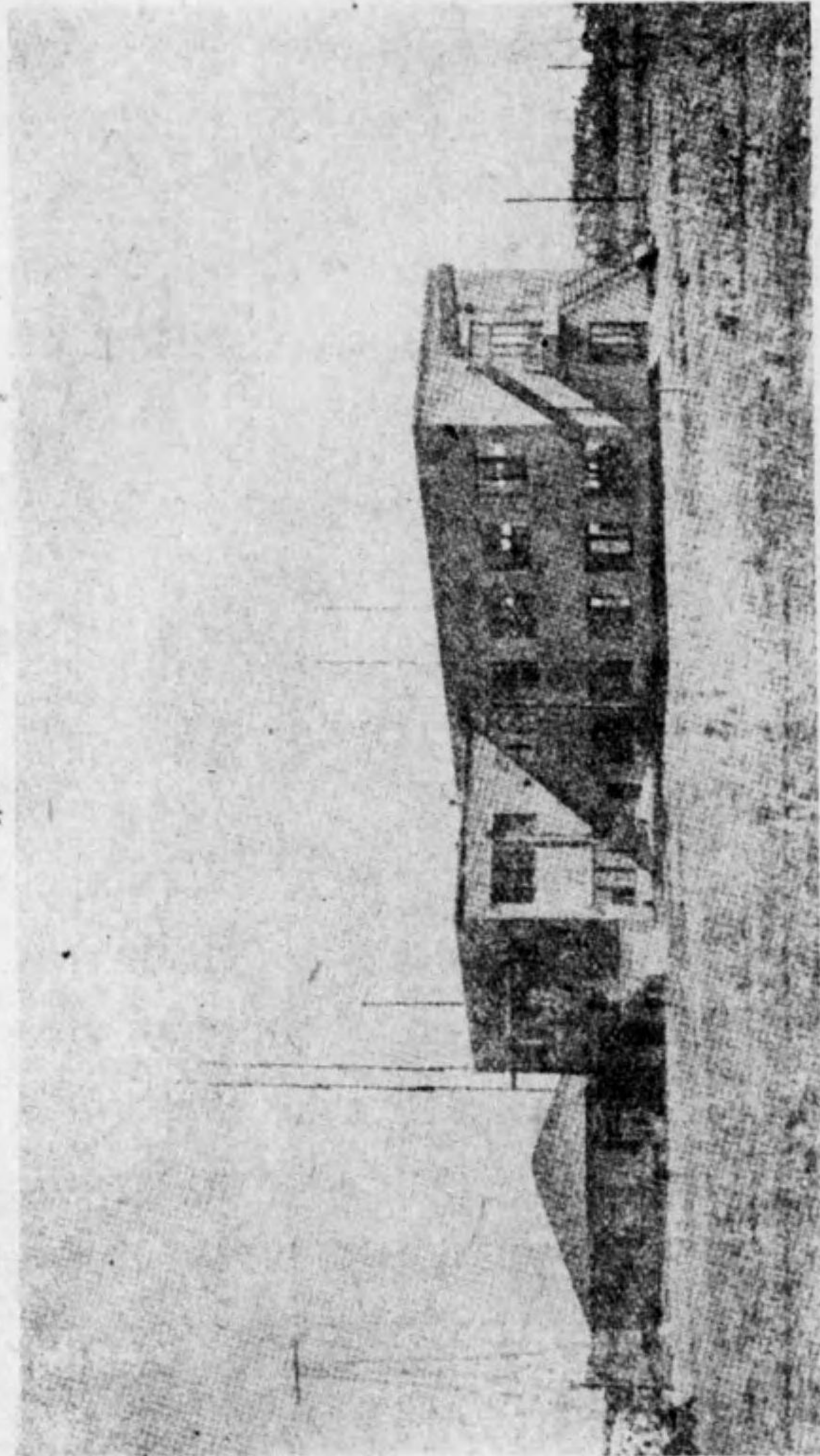


図 6-9 無線電信局

無線電信局の名称通り

い電流を振動電流といふ。空中線に振動電流を通ずると、その周囲に波動が生ずる。この波動を電波といふ。電波は丁度水の波紋のやうに、八方に非常な速さで擴がつて行く。

無線電信は電線を使はないで、この電波を利用して符號を遠くへ送るものである。發信所の空中線から出た電波が、受信所の空中線にあたると、その空中線にも振動電流を生ずる。これをうまく受話器で聞きとれるやうに装置をすれば、發信所で一寸電鍵を押すと、僅かの間電波が起きて、受信所の受話器にトンと音をさせ、電鍵を長く押すと、受話器にはツーと長い音がする。これを組合せて符號を定め、通信を行ふのである。

無線電話も其の原理は無線電信と同じであるが、電信では單純な符號を送るだけであるから、符號に應じて或は長く或は短く、振動電流を起せばよいのであるが、無線電話では話をつづけるのであるから、絶えず振動電流を起す必要がある。續いて振動電流の通じてゐる空中線に、送話器即ちマイクローフンを附けて、これに向つて話をするると、その音聲に應じて、強さの變つた電波が、空中線から出て行く。これが受話装置の空中線にあたると、その受話装置の電氣の通路にも、同じやうに音聲によつて變つた電氣振動が起る。これを真空管や鑛石を使つて、うまく受話器で聞きとれるやうな電流とし、受話器又は擴聲器へ通じて、再び音聲に變へて聴取するのである。

詳しいことは本科へ進んでいづれ次第に電氣工学のいろいろな

事を習ふのであるから、その時にわかるやうになる。此處では、無線電信や無線電話も決して魔法ではない、電波を空中に傳へて、空中を電線の代りに使つて通信や通話をするものである、といふ事だけわかつてゐれば結構である。

9. 電鈴も電磁石を應用したものである 電鈴 (bell)

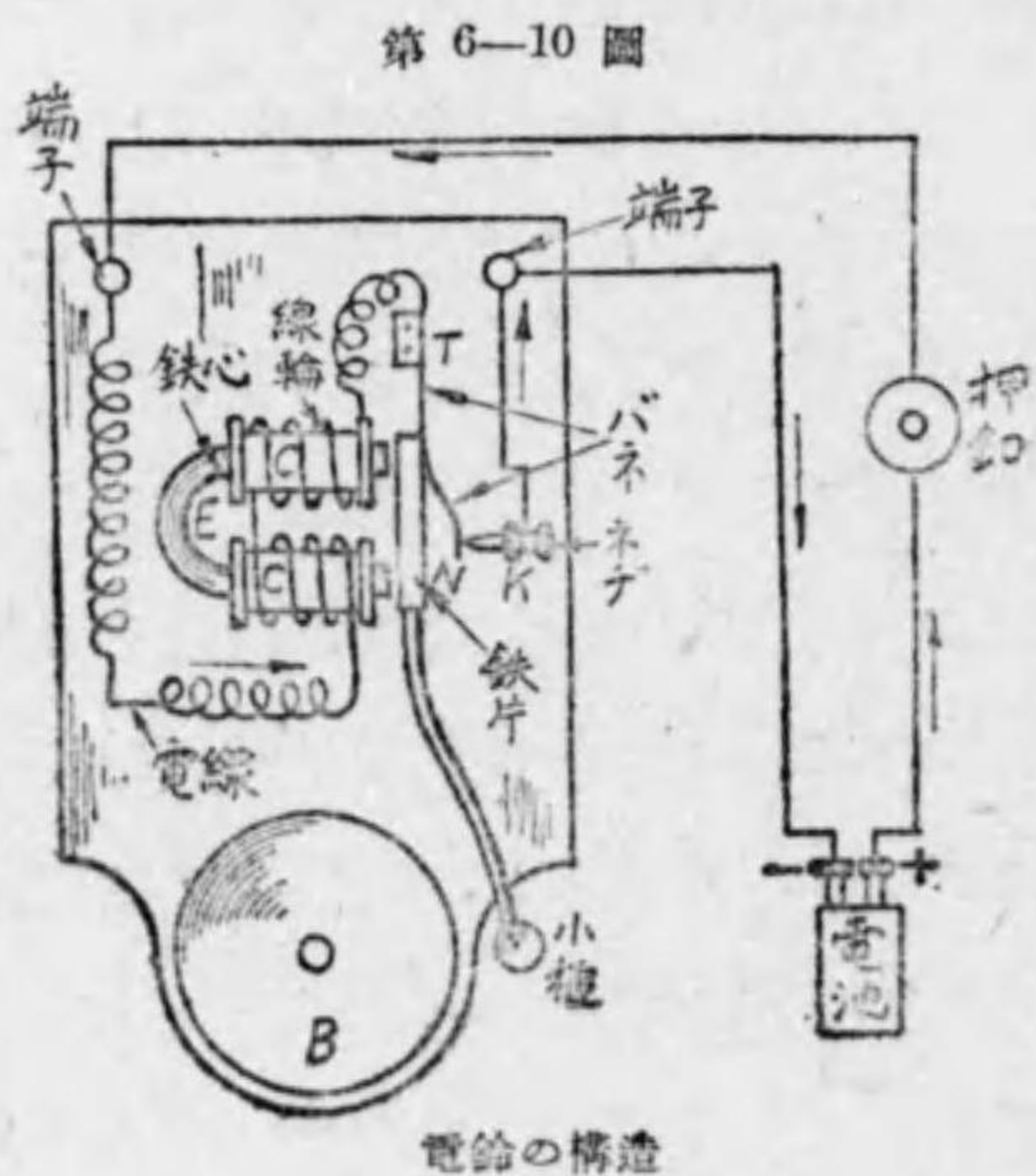
も亦電磁石を應用した簡単な信號の装置である。屋内の信號として専ら用ひられてゐる。玄関や座敷或は客間などに、押釦があつて、これを押すと女中部屋や書生部屋に設備してある電鈴が、鳴るやうになつてゐる。

電鈴を働かせるための電気は、普通一般に電池を用ひてゐるが、ベル變壓器といふものを使つて、電燈線の電壓を下げて、電鈴に用ひることもできる。電鈴を設備するには、此の電流を得る源、

即ち電源と、電鈴及び押釦、並に電鈴と押釦との間をつなぐ二本の電線などが必要である。

10. 電鈴の原理は電信の原理と同じである

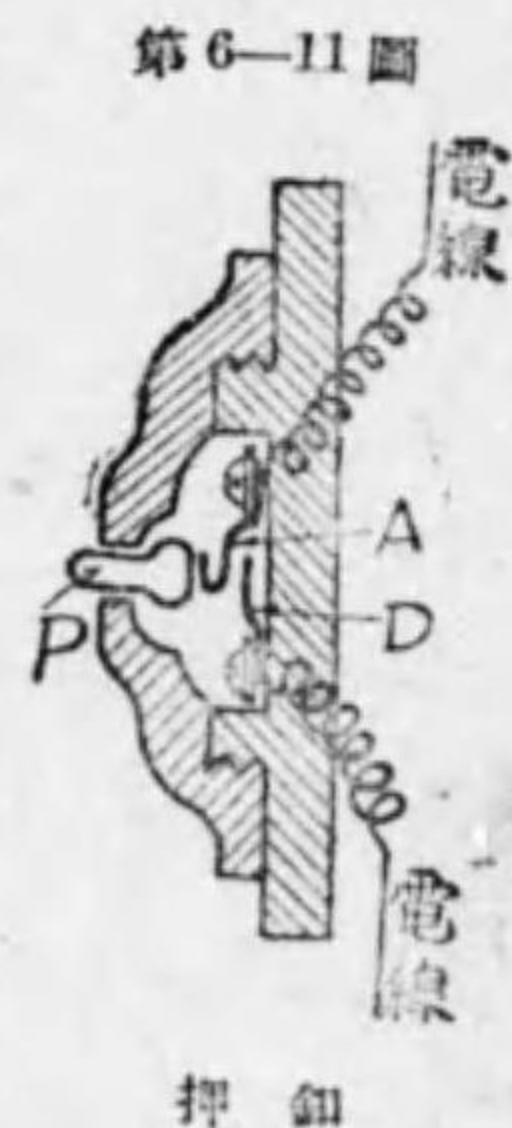
第6—10圖は電鈴の構造を示す略圖で、その原理は全く電信の原理と同じであ



る。Eは馬蹄形な軟鐵の心で、その兩方の棒に線輪Cが巻いてゐる。二つの線輪は連絡されてゐる。此の線輪の前に、馬蹄形の軟鐵心Eの兩端に接近して、Nといふ記號で示した軟鐵の小片がある。此の鐵片はTといふバネに取附けられてゐる。Tの先端には棒がついてゐて、棒の先が小さい球になつてゐる。此の球が槌の役をなすものである。鐵片Nの背中には、小さいバネが取附けてあつて、此のバネは常にネチKと接觸してゐる。槌のそばには、Bといふお椀をふせたやうな形の金物が取附けてある。

これ等のものは、一つの板の上を取附けられて、圖のやうに電線でつながれる。端子といふのは、電線を接続するつなぎ目の處で、普通は小さいネチを用ひる。Bは板から少し離して取附けた方がよい。二本の電線は、それぞれ二つの端子につなぎ、天井裏や壁の中など人目に立たない所を通して、押釦を取附ける所まで布き、その二本の電線の端を押釦へ、第6—11圖の様につなぐ。電線の途中で、邪魔にならない所を選んで、電池を二本の電線のうち、どちらか一方の電線の途中につないで置くのである。

斯うして第6—11圖のやうな押釦の釦Pを押すと、同圖のバネAが押されて、下の金屬片Dと接觸する。これによつて兩方の電線がつながるから、第6—10圖の接続では、矢印で示す様に電流が通る。すると線輪を通る電流の爲めに、馬蹄形鐵心Eは電磁石とな



つて、軟鐵片Nを吸ひつける。Nが吸ひ付けられると、その先端の小槌が、ヨツンと鈴Bの縁を叩く、それと同時にNの背中のバネが、ネヂKから離れる。さうすると電流が断たれるから、電流が通らなくなる。電磁石Eは磁石でなくなる。EはNを吸ひ付けてゐた力を失ふから、NはバネTのために元の位置に戻る。

Nが元の位置に戻ると、背中のバネとKとが接觸するから、又電流が通る。Eは再び電磁石となつて、Nを吸ひ付ける。かうした働作を繰り返すから、押釦を押してゐる間、槌は鈴を打つては戻り、戻つては打つといふわけで、ヂリヂリヂリと鳴りつづけるのである。

—— 前篇 終 ——

初等電気工学

後 篇

電機学校編

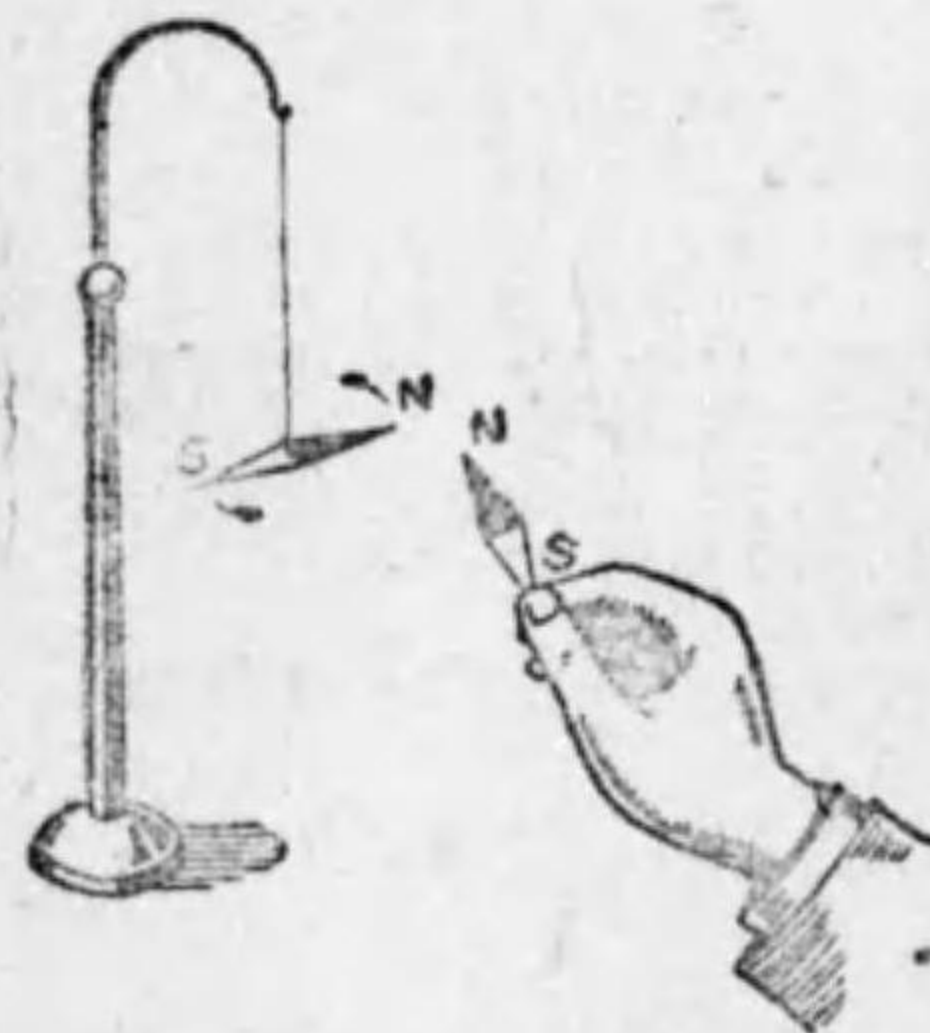
第一章 磁 氣

1. 電氣と磁氣との間には密接な關係がある 摩擦電氣の作用を發見した希臘のターレスが、西曆紀元前600年ごろに、磁鐵礦といふ礦石が、小さい鐵片を引きつける性質を持つてゐる事を發見した。細い鋼鐵の棒を、磁鐵礦で二、三回擦つても、其の鋼鐵の棒が鐵の粉などを引きつけるやうになる。

斯様に鐵を引きつけるやうな性質の事を磁性と云ふ。磁性を持つてゐる物體を磁石 (magnet) と稱する。磁石の現はす磁性の原因をなすものを、磁氣 (magnetism) と云つてゐる。偶然同じ人に依つて發見された電氣と磁氣との間には、極めて重要な關係のある事が、西曆1831年に、英國の物理學者ファラデーによつて發見された。ファラデーが此の關係を明らかにして以來、發電機や電動機の理窟がハッキリと判り、電氣の應用が非常な勢で發達したのである。

2. 磁石の同極は反撥し異極は吸引し合ふ 棒磁石 (bar magnet) や馬蹄形をした蹄形磁石 (horseshoe magnet), 磁針 (magnetic needle) などを、鐵粉の中へ入れて引き出すと、その両端に澤山の粉が吸ひつけられる。即ち磁石の両端の部分は、

第 1-1 圖



同極は反撥し異極は引き合ふ實驗

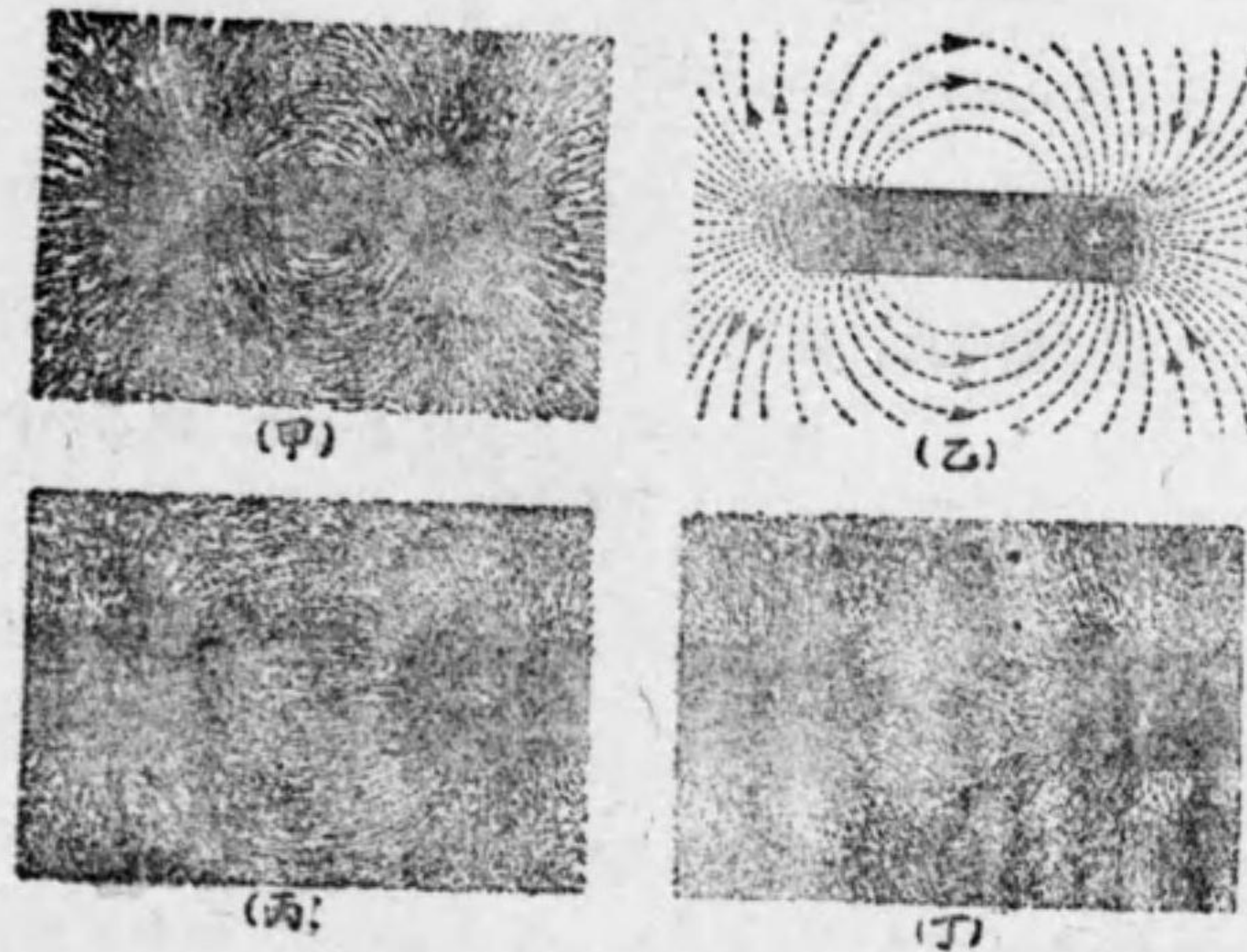
特に鐵を吸引する力が強い。此の磁石の両端を磁極又は單に極 (pole) といふ。

棒状又は針状の磁石を中央で支へて、自由に水平に廻る事が出来るやうにして置くと、大體南北の方向に兩端が向いて止まる。さうして北の方を指す極はいつでも北を指し、南の方を指す極はきまつて南を指すもの

のである。北を指す極を北極 (north pole), 南を指す極を南極 (south pole) と云ふ。北極は N 又は +, 南極は S 又は - と云ふ記號を用ひて表はすのが普通である。

第 1-1 圖に示すやうに、一つの磁針の中央を絲で吊して置いて、他の磁針の一方の極を、吊した磁針の兩方の極へ交互に近づけて見ると、必ず同じ極は反撥し合ひ、異なる極は互に吸引し合ふものである。即ち南極と南極及び北極と北極とは、互に反撥し合ひ、南極と北極とは互に吸引し合ふから、磁石の南極と北極とは、

第 1-2 圖



磁力のはたらく有様を示す線

其の性質が全く違ふものであることが判る。これは丁度電氣の場合に、同種の電氣は互に反撥し、異種の電氣は互に吸引し

合ふのと似てゐる。

3. 磁力の作用を及ぼす空間を磁界といふ 磁石がそばにある鐵片を吸ひ付けたり、或は同じ磁極を近づけると反撥し、異なる磁極を近づけると互に吸引したりするのは、磁力と云ふものの作用に依るのである。

一つの棒磁石及び二つの棒磁石の同じ極や異なる極を、向き合せたものの上に硝子の板を置き、その上に鐵の粉を振り撒いて、硝子板を軽く叩くと、鐵の粉は第 1-2 圖に示すやうに點線状に綺麗に並ぶ。さうして極に近い所ほど鐵粉が密集する。これに依つて、磁力がどんな工合に働いてゐるかを知る事が出来る。此の磁力の

作用を及ぼす空間を、磁界 (magnetic field) と稱する。

4. 磁界の性質は磁線と云ふものを假定するとよく判

る 磁界の有様は斯様に、磁石の兩極の間に、連続して並んだ

第 1-3 圖



極に近い程澤山の釘を吸ひ付ける

鐵粉の示す曲線によつて、明らかに判るから、鐵粉が並んで示したのと同じ形の、線を想像して、之れを磁線と名づけ、此の磁線によつて磁界の強さや方向を表はすことにしてあ

る。磁線の示す方向は、磁力及び磁

界の方向である。又磁線の密度(濃さ)は、磁極に近い所ほど密で、磁極から遠ざかるに従つて粗くなる。これによつて磁極に近い所では磁界の強さが強く、磁極から遠ざかるに従つて、磁界の強さが弱くなる事が判る。

5. 磁線は環状をなしてゐる 鐵粉の配列に依つて、磁

線は磁石の外部では、兩極の間を連絡する曲線になる事が判るが、

磁石の中にも兩極をつなぐ線があ

るものと假定し、磁線は第 1-4

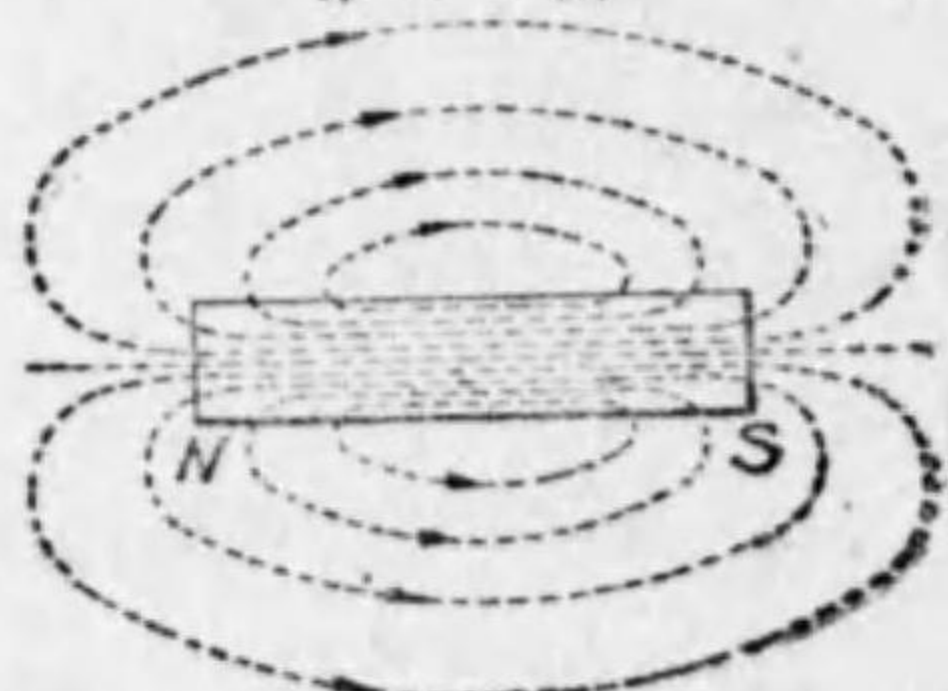
圖のやうに、環状をなしてゐるも

のと考へる事が出来る。

さうして此の磁線は、普通一般

に磁石の外部では、N 極から出て

第 1-4 圖

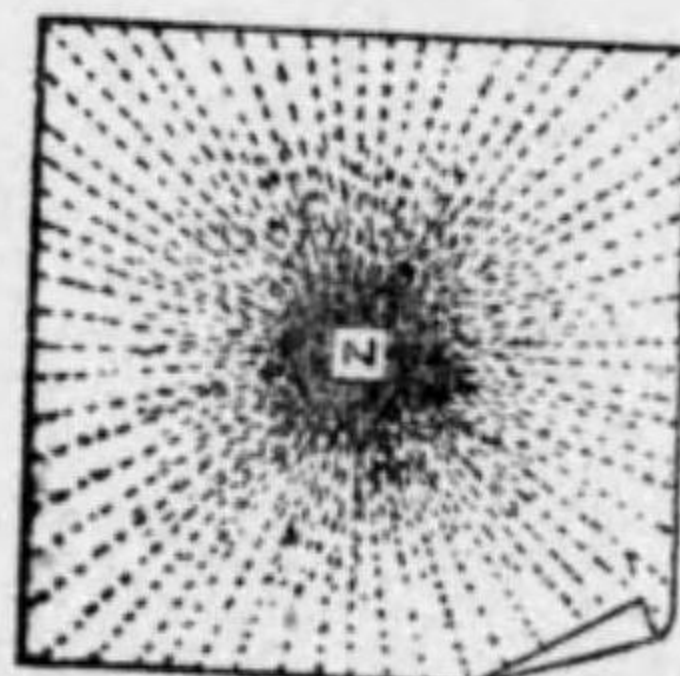


磁線は環状をなす

S 極に向ふものと定め、磁石の内部では其の反對に、S 極から N 極へ歸るものと定めてゐる。即ち磁線は、第 1-4 圖に矢印で示したやうに、常に N 極から出て空間を通つて S 極に向ひ、磁石の内部を通つて N 極へ歸るものと定めてある。N 極から S 極に至るまでの磁線、即ち磁石の外の空間にある磁線の事を、特に磁力線と呼ぶ場合もある。

第 1-5 圖は棒磁石の一端 N 極の小口の上に硝子板を置いて

第 1-5 圖



棒磁石の磁界を小口の方から見た有様

鐵粉を撒き、硝子板を軽く叩いた場合の、鐵粉の配列を示すものである。これによつて磁石を其の小口の方から見ると、磁界の有様がどんな風になつてゐるかが判る。又此の圖によつて、磁線は一つの平面だけではなく、N 極から四方八方へ出て、S 極へ向ふものである事も知られる。

磁力の強弱は、其の磁石の N 極から四方八方へ出て S 極へ向ひ、更に磁石の内部を通つて、S 極から N 極へ向ふ磁線の、總數によつて定まる譯である。1 ミリメートル四方の所に磁線が 5 本の割合にある場所は、同じ 1 ミリメートル四方に 1 本の割合に磁線のある場所に比べて、5 倍の磁力があるのである。

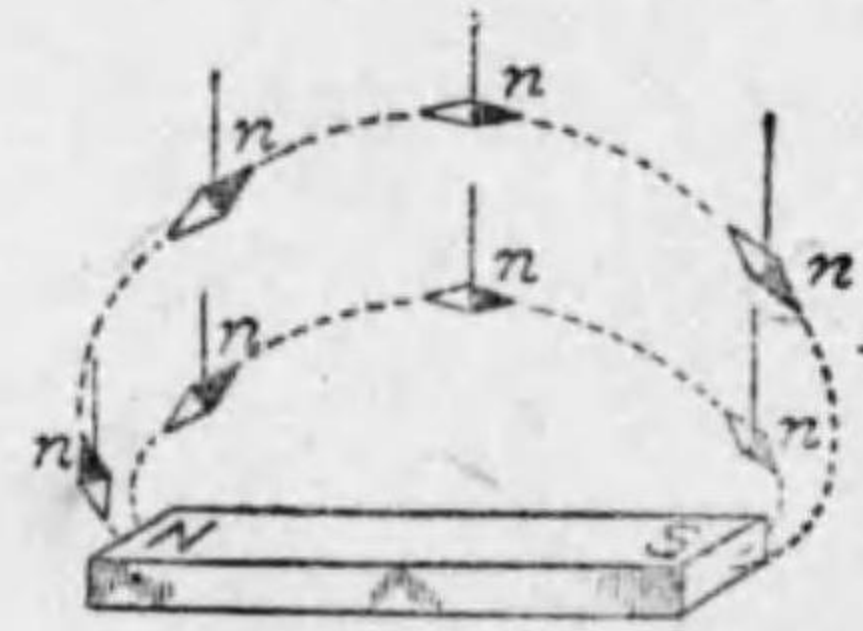
6. 磁界内では磁石は常に磁線の方角を指さうとする

或る磁界内へ小さな磁針を吊して、その小磁針が自由に動く事

の出来るやうにして置くと、小磁針の N 極は磁界を作つてゐる棒磁石の S 極に引きつけられ、N 極に反撥され、又小磁針の S 極は反對に、大きな棒磁石の N 極に引かれ、S 極に斥けられて、第 1—6 圖に示すやうに、常に磁界の如何なる所へ置いて、其の點を通つてゐる磁線と同じ方向に並ぶものである。

斯様に磁界内に於いては、磁針は磁線と同じ方向を指さうとする。地球も一つの大きな磁石であるから、われわれの住む空間がその磁界になつてゐる。従つて若し磁針のそばに、之に影響を及ぼすやうな他の磁石が無ければ、磁針は常に略ぼ南北の方向を指し、決して其の他の方向を指さうとしないのである。

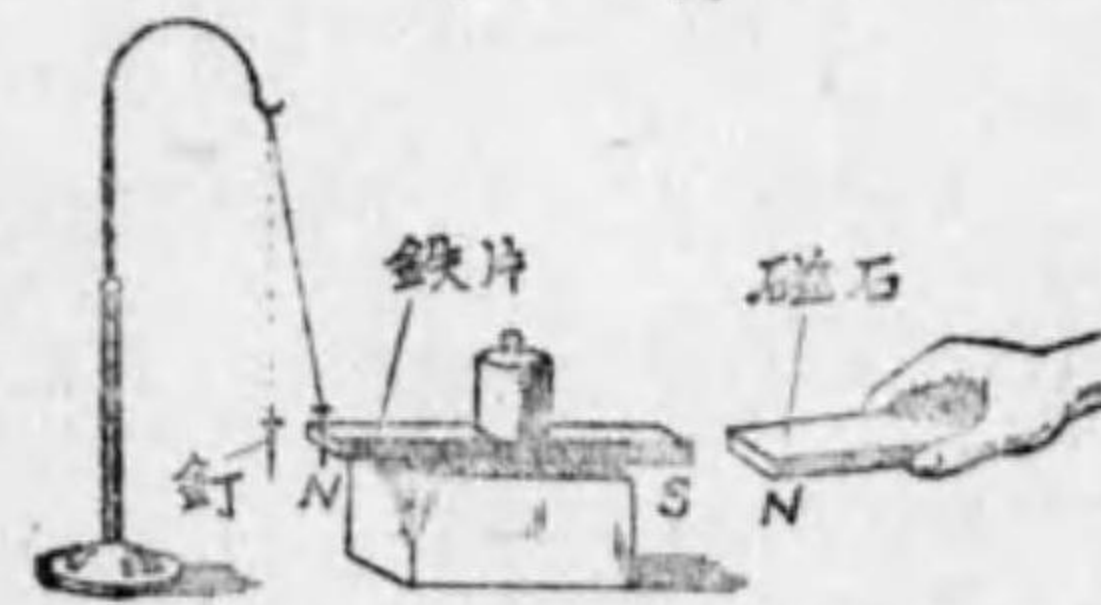
第 1—6 圖



磁石は磁線の方向を指す

7. 磁界に置くと磁石になるものを磁性體といふ 強い磁石のそばへ鐵片を持つて行くと、その鐵片が吸ひ付けられる

第 1—7 圖



磁氣誘導の作用で鐵片が磁石となり、吊つた釘を吸ひ付けた所

のは、磁界の影響を受けて、磁石の S 極に近い端に N 極が出来、N 極に近い方には S 極が出来て、鐵片も一つの磁石となる爲めである。此の様に磁界へ持つて来た爲めに磁石になる事を、

磁氣誘導 (magnetic induction) によつて、鐵が磁化 (magnetize) されたと稱する。

磁氣誘導によつて磁化されるものは、餘り澤山には無い。軟鐵や鋼鐵の外に、ニッケル、コバルト、マンガン、クロムなどがある。これ等のものを磁性體と云ふ。磁性體のうちでも、軟鐵や鋼鐵は特に強く磁化されるから、工業上には他のものを餘り用ひないで、軟鐵や鋼鐵を用ひる。銅や木材、木綿などを磁界内へ持つて來ても、決して磁石にならない。斯様に磁氣誘導の作用を受けないもの、即ち磁化されない物は、之れを非磁性體と稱へる。

一つの磁石の一端に小さい鐵片を持つて來ると、其の鐵片は磁

第 1—8 圖



磁氣誘導の作用で小鐵片が順次磁石になる

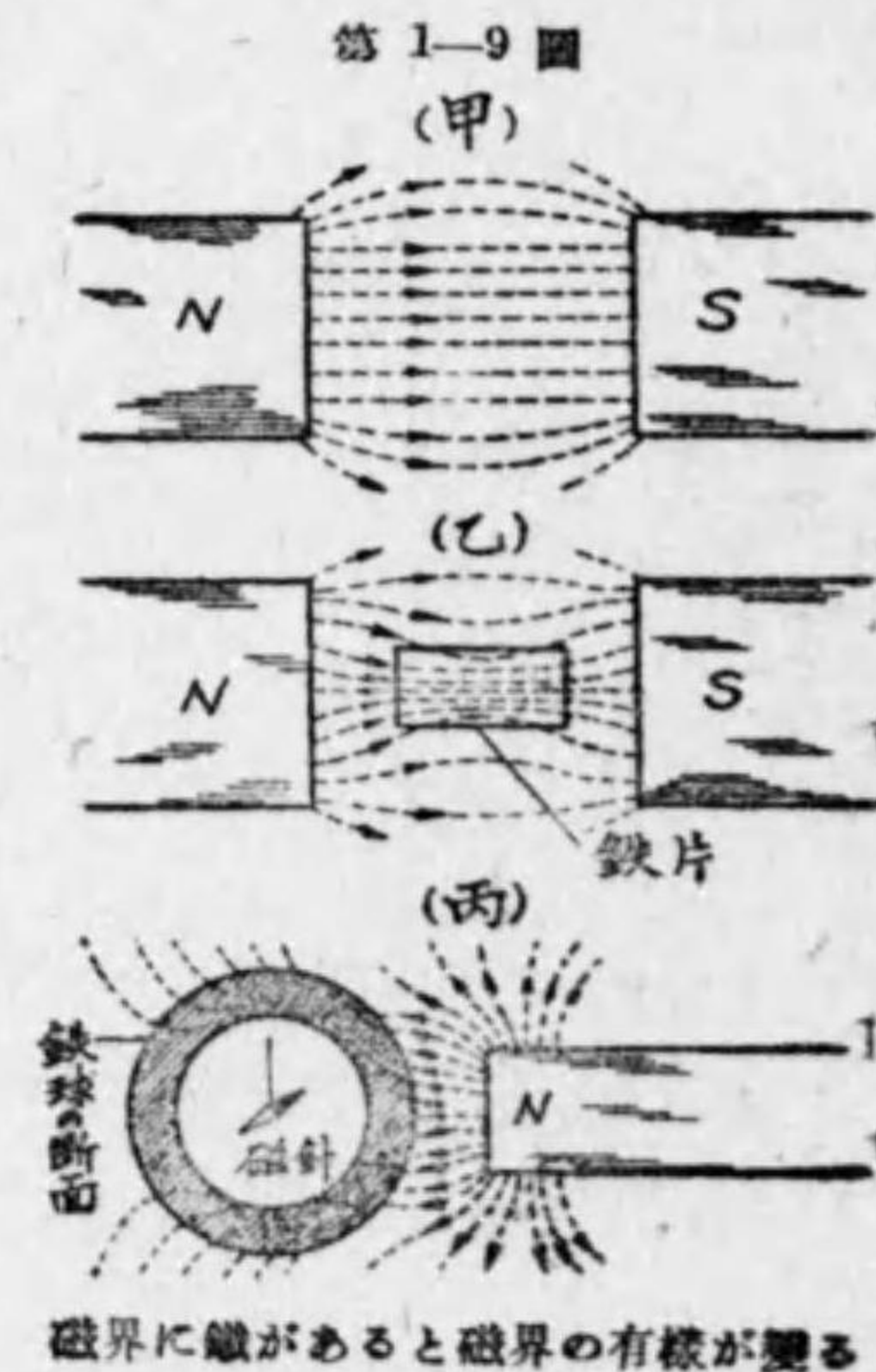
氣誘導作用によつて磁石になるから、N 及び S の二つの極が出来て、本元の磁石に吸ひ付けられる。次にもう一つ他の鐵片を持つて來て、誘導作用によつて磁化された前の鐵片の一端へ近づけると、その鐵片も亦磁化された鐵片から、誘導作用を受けて磁石になり、それに吸ひ付けられる。斯うして第 1—8 圖のやうに、順次に多くの鐵片を、一つの磁石の一端から垂れ下げる事が出来る。然し或る程度以上になると、磁力が鐵片の重さに勝てず、鐵片が落ちてしまふ。

8. 磁性體には磁氣を残留する性質がある 強い磁石

の近くへ持つて来て、磁気誘導によつて磁石になつた鐵片を本元の磁石から遠ざけると、鐵片の磁氣の大部分は無くなつて了ふが、然し幾らかは残つてゐてなかなか無くならない。此の居残りしてゐる磁氣を、**残留磁氣 (residual magnetism)** と稱する。残留磁氣は鐵の成分によつて異なるもので、**炭素を多く含んでゐる堅い鋼**などは、特に磁氣を残留する性質が強い。

普通の棒磁石や蹄形磁石、磁針などは、此の性質を利用して、**鋼片を強い磁界内へ持つて来て十分に磁化し、その残留磁氣を利用したもので、之れを特に一時的の磁石と區別して、耐久磁石 (permanent magnet)** と云ふ。強い磁界を作るには、電磁石が用ひられる。磁鐵鍍のやうな、天然に磁性を持つてゐる礦物もあるが、これは實際に磁石としては用ひられてゐない。

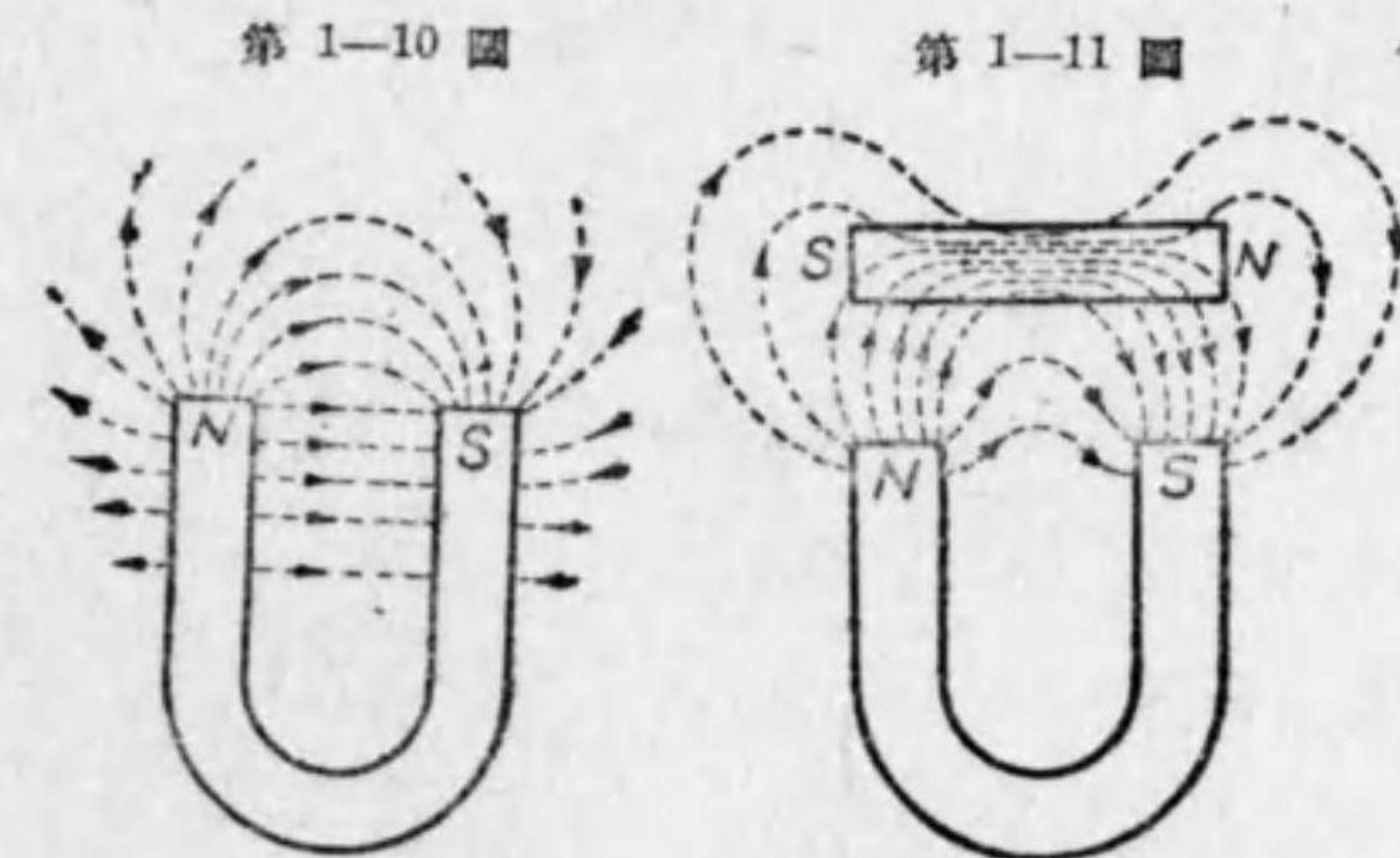
9. 磁界に磁性體を置く
と磁線はそれに引かれて集る 二つの磁石のN極とS極とを向ひ合せて置くと、兩極の間には第 1—9 圖甲に示す様な磁界が出来る。此の向ひ合つてゐる二つの極の間に、一つの鐵片を持つて来て置いたとする



磁界に鐵があると磁界の有様が變る

と、其の磁界の磁線は、同圖の乙に示すやうに、大分様子が變つてくる。磁線は鐵片の中を通らう通らうとして、鐵片の所へ集つてくる。これは鐵が磁線を通し易いから、磁線は成るべく鐵の中を通らうとして集つて來るのである。若しゴム毯のやうに中の空つぽな鐵の球を、磁石のそばへ持つて來ると、磁線は同圖丙に示すやうに、外側の鐵に引きつけられて、鐵の部分を通るから、球の中の空所は、少しも磁線が通らない。従つて球の内部に磁針などを入れても、決して磁石に引きつけられない。知らん顔をしてゐる。それだから磁針を鐵の箱の中などに入れて置いては、必ずしも南北の方向を指さないものである。

前に述べた様に、磁界に磁性體を持つて來ると、磁線が磁性體



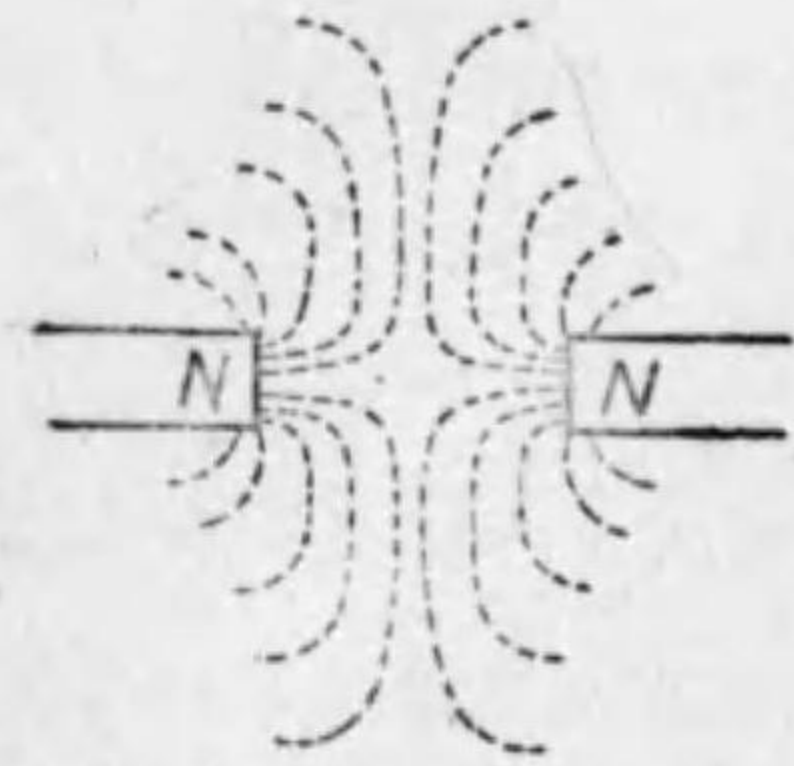
蹄形磁石の磁界

蹄形磁石のそばに鐵片を持つて來た場合の磁線の有様

を通つて、磁氣誘導作用により、磁性體が磁石になる。磁石になると、此の磁石からも磁線を出すから、磁性體の内部の磁線は、外部の磁線に比べて、非常に多くなる。今此處に一つの蹄形磁石があるとする。その磁界の有様は第 1—10 圖に示す通りである。若し此の磁石の附近に鐵片を持つて來たとすれば、第 1—11 圖の

やうに、其の鐵片の中を大部分の磁線が通るやうになる。さうして其の磁線は、鐵片の向つて左の方から入つて、右の方から出て行くから、鐵片は左端が S 極、右端が N 極なる一つの磁石となつて、蹄形磁石に吸引されるのである。これは磁線は常に短く縮ま

第 1-12 圖



同極を向ひ合せた場合の磁線

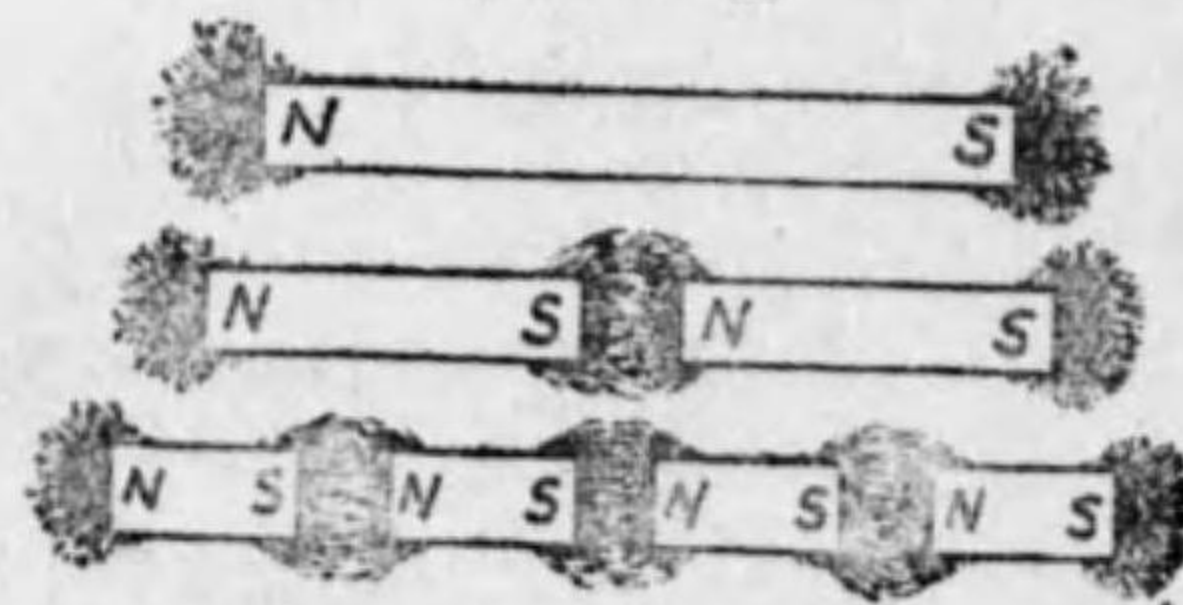
うとする性質があるから、引き寄せられるものと考へる事が出来る。尙又磁線は長さが短くなると同時に、磁線と磁線とのお互の間には、磁線の長さに直角の方向へ互に斥け合つて、遠ざかうとする性質があるから、同じ磁極を向ひ合せると、互に反撥し合ふのである。

10. 一つの磁石は澤山の磁石に分けることが出来る

一つの長い棒磁石を真ん中から二つに切つて見ると、一方は N 極のみとなり、他の一方は S 極のみになるかといふと、決してさうではない。鐵粉を撒布して調べて見ると、兩方共別別に立派な一つの磁石となり、一端が N 極、他端が S 極になつてゐる事が判る。

四つに分けても五つに分けても、各片は何れも N, S の兩極を有する磁石で、一

第 1-13 圖



一つの磁石は多くの磁石に分けられる

極だけの磁石にはならない。これは鐵は極くこまかい澤山の磁石から成り立つてゐて、普通は此のこまかい磁石が、各勝手な方向を向いて、互にその作用を打消し合ひ、何等磁石のやうな性質を示さないが、磁界へ持つて來て磁化すると、之れ等の頗る小さい磁石が、磁線の方に行儀よく配列し、丁度觀兵式に號令一下總べての兵士が同じ方向を向いた時のやうに、同じ極が同じ方向を向いて並ぶものと考へられる。それだから磁石を澤山に分けても、皆それぞれ一箇の磁石になるのである。

この鐵を磁界の外へ出すと、今まで磁線に依つて、無理に同じ方向を向いてゐた微小な磁石が、磁線が無くなつて整列させる力が消えるから、ヤレヤレと云ふ譯で又元のやうに、勝手な方向に向き、磁石の性質を外部へ現さなくなる。

11. 鐵には飽和と云ふ性質がある 鐵の内部を磁線を多く通せば多く通すほど、鐵を磁化させる力が増し、磁石の強さも強くなる譯であるが、しかし鐵の中の極く微小な磁石が、悉く行儀よく整列して了へば、それ以上はいくら磁化する力を増しても、磁石の強さは増加しない。

號令をかけて生徒を整列させる場合に、聲が小さければ聞えない爲めに、他を向いてゐるものもあらうが、全體に聞える様な聲で號令をかけて、一同がキチンと整列して了へば、それ以上は如何に大きな聲を出しても、變りが無い筈である。

鐵を磁石にする場合にも、一定の限度がある。もはやこれ以上強く磁化する事が出来ないやうになつた時は、鐵が磁線に満腹して飽きた時である。此の事を鐵が磁氣飽和(magnetic saturation)に達したと云ふ。或は簡単に鐵が飽和したとも云ふ事がある。

12. 磁石を保存するには保磁子を用ひる 耐久磁石を

簡単に作るには、磁石の N 極又は S 極のうち何れか一方の極を、鋼鐵棒の一端に當てて、他端に向けて何回も、同じ方向にのみ摩

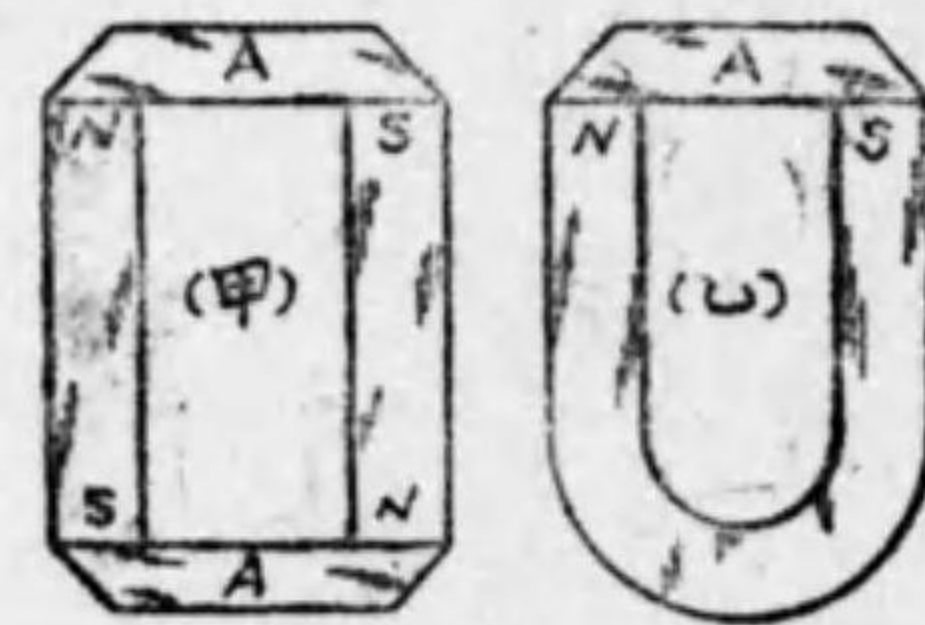


磁石の作り方

擦すれば、その鋼鐵片を磁石にする事が出来る。鋼鐵棒の中央から反對の方向に向つて、一方は磁石の N 極のみを用ひて擦り、他の半分は S 極のみを當てて擦つてもよい。強い耐久磁石を作るには、電流の作用を應用して鋼鐵を磁化する。

耐久磁石はその儘使はずに置いても、永い月日のうちには自然に其の兩端から磁氣を失つて、磁力が弱くなつて来る。そこで之れを保存

する場合には、棒磁石ならば極を反對にして、二つの棒磁石を並行に置き、第 1-15 圖甲に示すやうに、兩端の N 極と S 極との間に、A の様な軟鐵片を橋の如くかけ渡



耐久磁石の保存法

して置けばよい。又蹄形磁石なら矢張り此の圖の乙に示すやうに、一つの軟鐵片 A を N 極と S 極との間に附けて置けばよい。斯うして置くと、磁氣誘導によつて軟鐵片 A は磁石となり、N 極のそばに S 極、S 極のそばに N 極が出来て相吸引し、磁線は外部へ出ないで、軟鐵片の中を通つて行くから、磁石の磁氣は容易に失はれる事がない。

斯様に磁石を使用しない時に、兩極の間に附けて置く軟鐵片 A を、保磁子と名づける。耐久磁石でも、之れを強く叩いたり、或は焼いたりすると、磁性を失ふものである。

第二章 電気

1. 電気は何であるか 電気 (electricity) の本體は何であるかと云ふ事は、昔から多くの學者が、いろいろ研究をしたが判らない。電気といふのは、いはゆる電氣的な現象を現はすものに名づけた名稱であつて、光や熱と同じやうに、どんなものであるか其の正體を見る事は出来ない。

然し電気はどうすれば起るか、どんな働きをするか、われわれは之れをどんな風に利用するか、と云ふ様な事が判れば、別に電気は何であるかと云ふ事が判らなくても、少しも差支へがないのである。

有名な英國の電気學者ケルヴィン卿が、ある日電気の工場を見に行つた時に、案内をした若い技師が、ケルヴィン卿とも知らずに、得意になつて説明をした。一まはりしてからケルヴィン卿が此の案内の技師に向つて、「君はよく電気の事を知つてゐるが、一體電気といふものは何だらうか」と質問したので、若い技師は今までの得意な顔を赤くして、大いに閉口したといふ話がある。

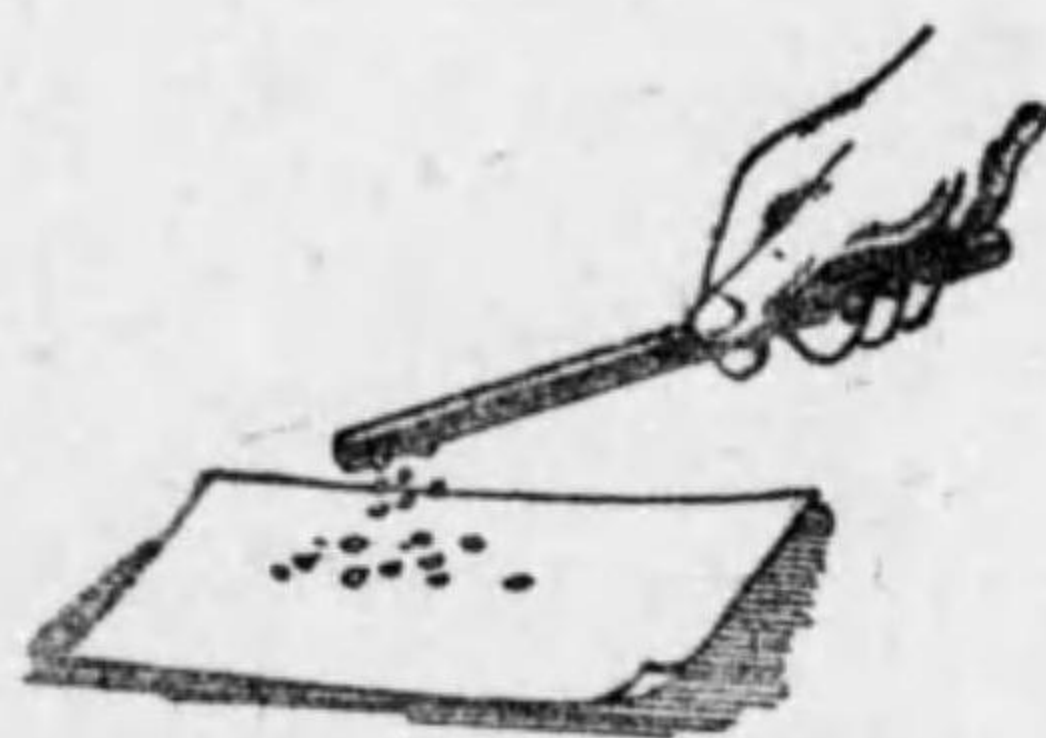
しかしわれわれは、此の若い技師のやうに、電気の性質をよく知つて、其の應用が充分判れば、それで澤山である。電気は何であるかと云ふやうな事は、偉い學者達の研究に委せて置けばよいのである。

2. 物を摩擦すると電気が起る 種類の違ふ二つの物を

互に摩擦すると電気が起る事は、諸君が今までに何度も聞かれたであらう。乾いた木片を焼いて、羅紗かハンケチで摩擦し、それで紙片や

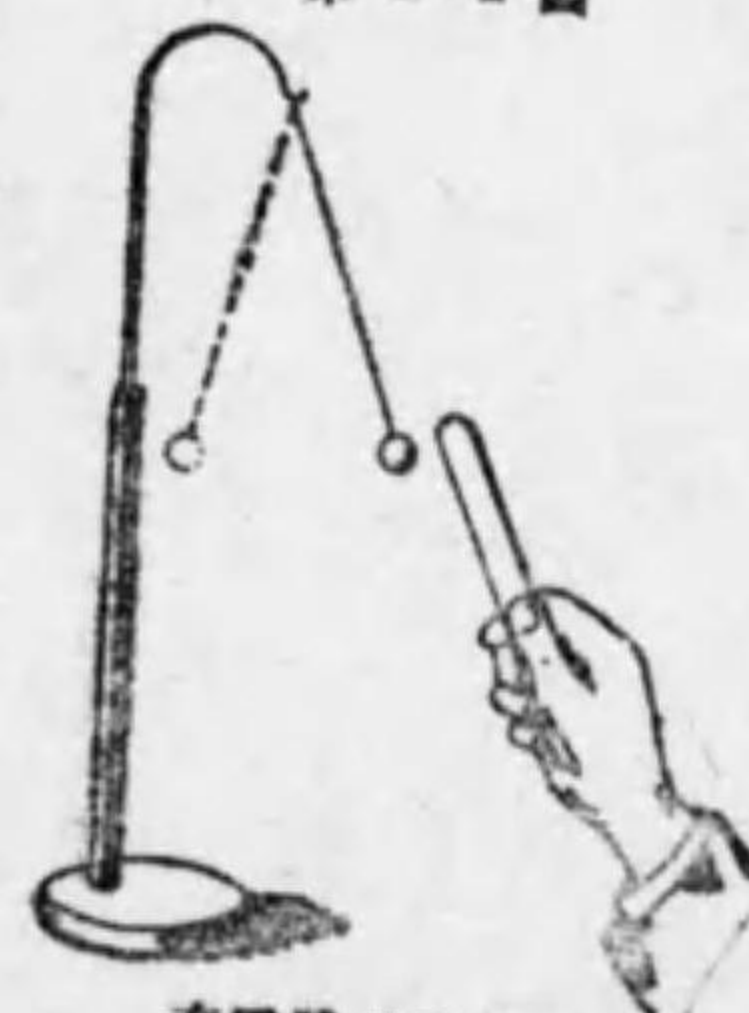
第 2-1 圖

塵を吸ひ上げる事は、小供がよくする戯らである。乾いた絹で



充電體は軽いものを吸ひ付ける

第 2-2 圖



充電體が燈心の球を吸ひ付ける

よく乾かした硝子棒を摩擦しても、エポナイトを毛皮で擦つても、硝子棒やエポナイトが、細かに切つた紙片や、燈心の様な軽いものを吸ひ付ける。之れは摩擦によつて電気が起つたからである。摩擦によつて電気の起つたものを、其のものが**充電 (charge)** されたと云ひ、充電されたものを**充電體**と稱する。

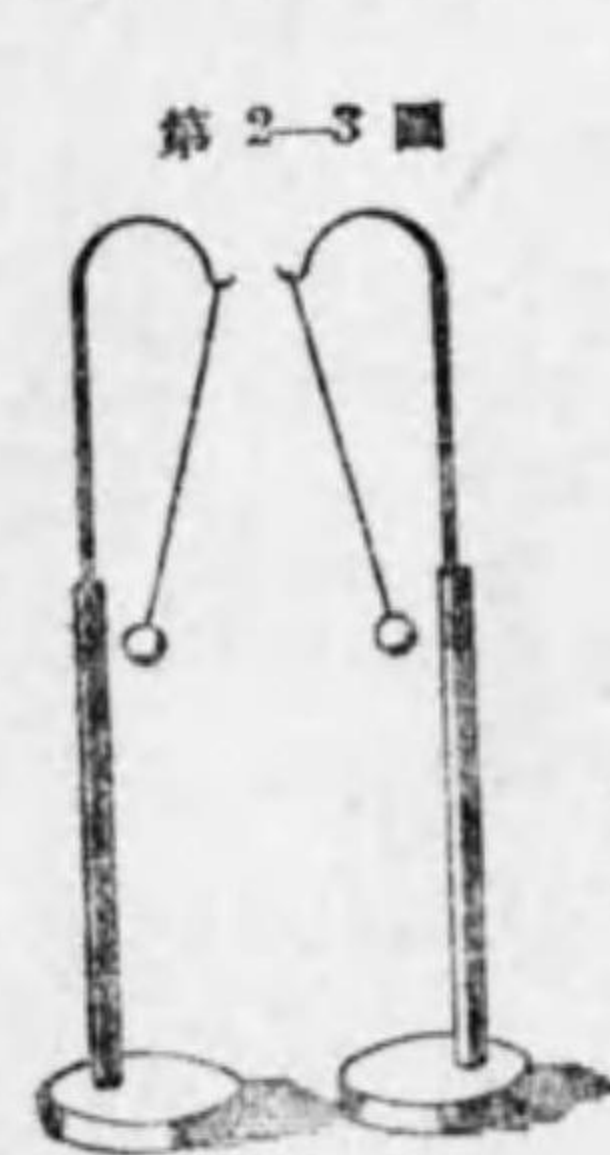
第 2-2 圖に示すやうに、絹絲で吊した燈心又は木髓球に、フランネルか絹布で摩擦した硝子棒を近づけると、燈心は一度硝子棒に飛びつくが、直ぐに離れて了つて、今度はいくら硝子棒を近づけても、**タムタム**逃げ廻つて決して吸ひ付かないやうになる。然しその逃げ廻る燈心に、硝子棒を擦つた絹布を近づけると、こ

れも一度は飛び付くが、直ぐに逃げ廻るやうになる。之れに依つて、二つの異なる物を摩擦すると、どちらにも電気が起ると云ふことが判る。

今逃げ廻るやうになつた燈心に、塵や小さな紙片を近づけると、燈心が之れ等のものを吸ひ付ける。これで充電されたものに觸れた爲めに、燈心に電気の移つた事が判る。

3. 電気に二種ある事も実験によつて判る 燈心を絹

糸で吊したものを二つ持つて来て、先づ硝子棒を絹布で摩擦し、



第 2-3 圖
同種の電氣を持つ充電體は反發し合ふ

充電した硝子棒を兩方の燈心に觸れさせて電氣を移し、二つの燈心を近づけると、互に撥き合つて決して近づかない。これはどちらの燈心にも、硝子棒の電氣即ち同種の電氣が移つたからである。

然し若し一方の燈心には硝子棒を觸れさせ、他の燈心には絹布を觸れさせて近づけると、互に二つの燈心が引き合ふ様になる。これで硝子棒に起つた電氣と、絹布に起つた電氣とは、異なる性質のものである事が判る。

硝子棒に起きた電氣は陽電氣又は正電氣 (+) (positive electricity) で、絹布に起きた電氣は陰電氣又は負電氣 (-) (negative electricity) である。さうしてどんな物を摩擦しても、二種の電氣が別別に同じ量づつ起り、

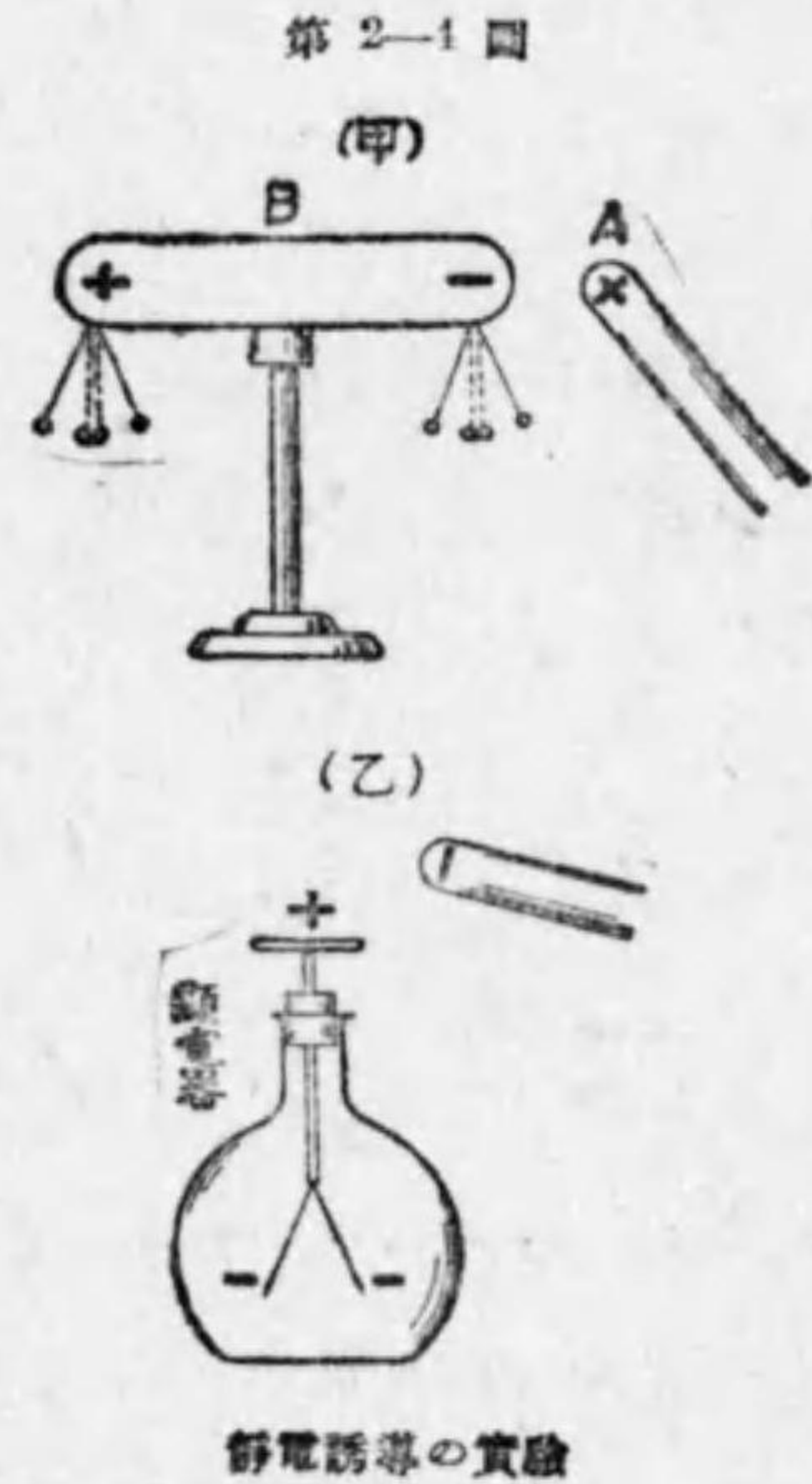
決して此の二種以外の電氣は起らない。斯様に摩擦した爲めに起る電氣を、摩擦電氣 (frictional electricity) といふ。

二つの異なる物を摩擦した場合、どちらに陽電氣又は陰電氣が起るか云ふ事は、摩擦する物に依つて定まるのである。たとへば硝子と絹とを摩擦すると、硝子に陽電氣が起るが、硝子と猫の毛皮とを摩擦すると、硝子に陰電氣が起る。どちらに陽電氣、どちらに陰電氣が起るかは、實驗によつても判るが、次のものに就て云へば、序列の上のものに陽電氣が起り、下のものには陰電氣が起る。さうして序列の離れてゐるもの程、電氣が起り易いものである。

- (1) 猫の毛皮, (2) 毛布, (3) 硝子, (4) 絹, (5) 手, (6) 金屬, (7) 封蠟, (8) ゴム, (9) 硫黃, (10) エボナイト。

4. 靜電誘導と云ふ事によつても電氣が起る 第 2-4

圖甲に示す様に、絶縁物の臺をつけた導體 B を、充電された A の近くに持つて來ると、此の導體が恰かも磁石のそばへ鐵片を持つて來た場合のやうに、充電された A



の影響を受けて、A に近い方の側に、A と反対の電氣を生じ、A に遠い方の側には、A と同種の電氣を生ずる。斯様に充電された物に接觸させなくても、ただその近くへ持つて來ただけで、導體は充電體の影響を受け、之れに電氣を生ずるものである。此の事を静電誘導 (electrostatic induction) と名づける。或は静電感應とも云ふ。

静電誘導に依つて生じた陰陽の兩電氣は、充電體から遠ざけると、中和して全く無くなつて了ふ。此の事から静電誘導によつて生じた二種の電氣の量は、相等しい事が判る。

静電誘導に依つて電氣を生ずるのは、どう云ふ譯であらうか。總べての物は同じ量の陽電氣と陰電氣とを持つてゐるものであるが、普通の状態では之れが中和してゐて、電氣を持つてゐるやうな働きを示さない。しかし之れを充電體に近づけると、中和して結びついてゐた二種の電氣のうち、充電體と同種のは遠くへ斥けられ、異種のは近くへ引き寄せられて分離し、一方へ陰電氣、他方へ陽電氣が集るのである。

丁度磁氣誘導に依つて、鐵の中の微小な磁石が整列するのと似てゐる。充電體が軽い物を吸引するのも、静電誘導に依つて生ずる電氣の作用に過ぎない。例へば燈心の球を充電體に近づけると、球の充電體に近い所に充電體と異なる電氣が生じ、遠い所に同種の電氣が生ずる。さうして充電體の電氣が、球の近い端に生じた異種の電氣を引く力が、遠い所に生じた同種の電氣を斥ける力より

も大きいから、球は充電體に引かれ、引かれると充電體の電氣が球に移るから、今度は逃げ廻る様になるのである。

5. 雷は電氣の放電である 陽電氣を持つてゐるものと、陰電氣を帯びたものとを、次第に接近させると、火花 (spark) を發し、ビシリと音を立てて、兩方の電氣が中和する。此の火花を出して中和する事を放電 (discharge) と云つてゐる。雷 (thunder) は正に此の現象と同じものである。

われわれの住む地球を取圍んでゐる空氣は、電氣を帯びてゐて、

第 2-5 圖

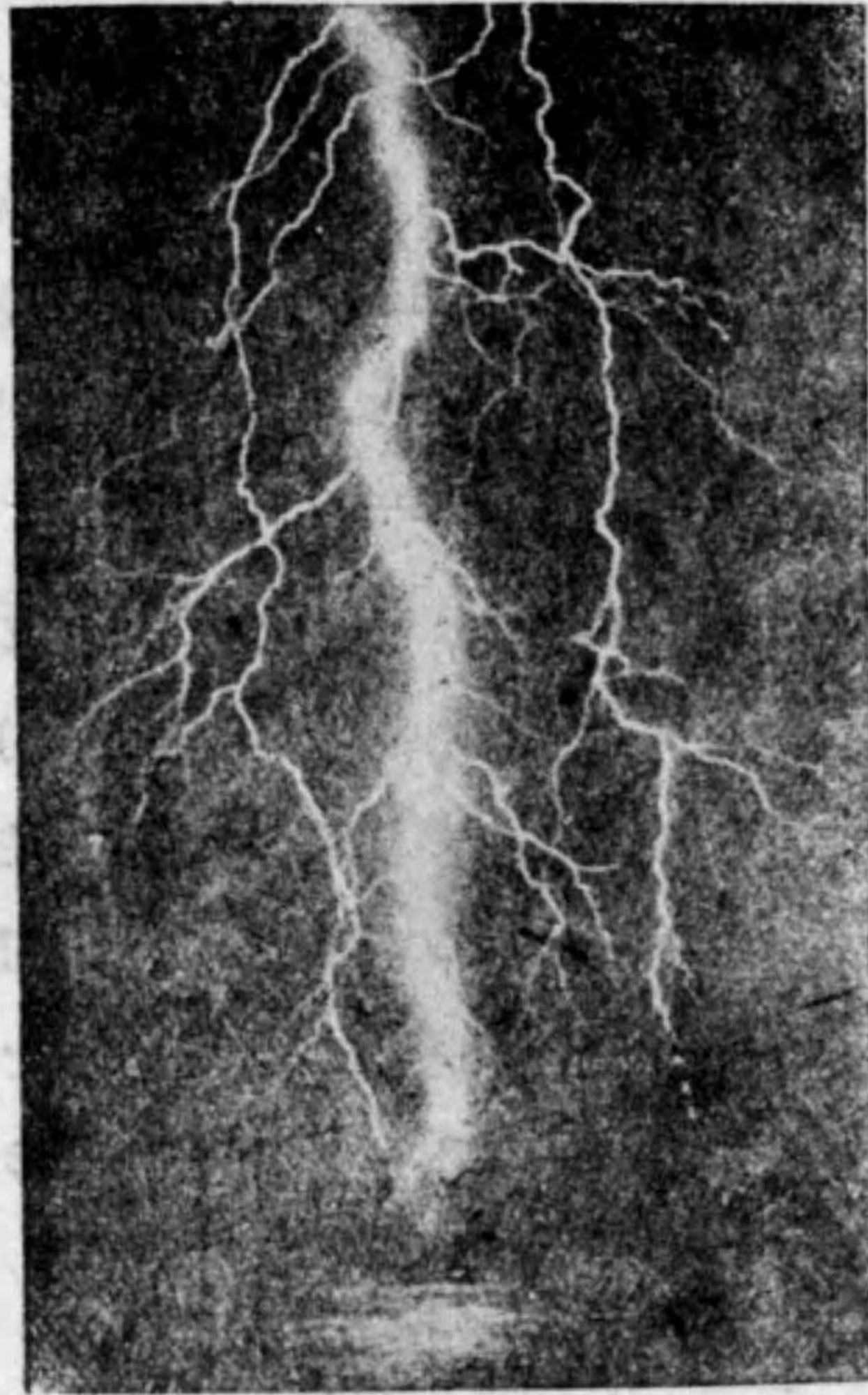


フランクリン

其の空中電氣 (atmospheric electricity) が放電する際に生ずる音が雷で、火花が電光 (lightning) である事は、西暦 1752 年に米國のフランクリンが、風を揚げて實驗した結果、明かにしたものである。

一體空中電氣は、晴天の時には普通陽電氣が多いが、雨天の場合などには、陰、陽二種の電氣が生じ易い。どう云ふ原因であるかは、はつきりしないが、之れ等の電氣が雲に生じて、フワフワ空中を動いてゐるうちに、多量に陽電氣を帯びた雲と、陰電氣を帯びた雲とが近づくと、兩方の電氣が中間の空氣を破つて、破裂放電をするのである。多量の電氣が一時に放電する

第 2-6 圖



落 雷 の 刹 那

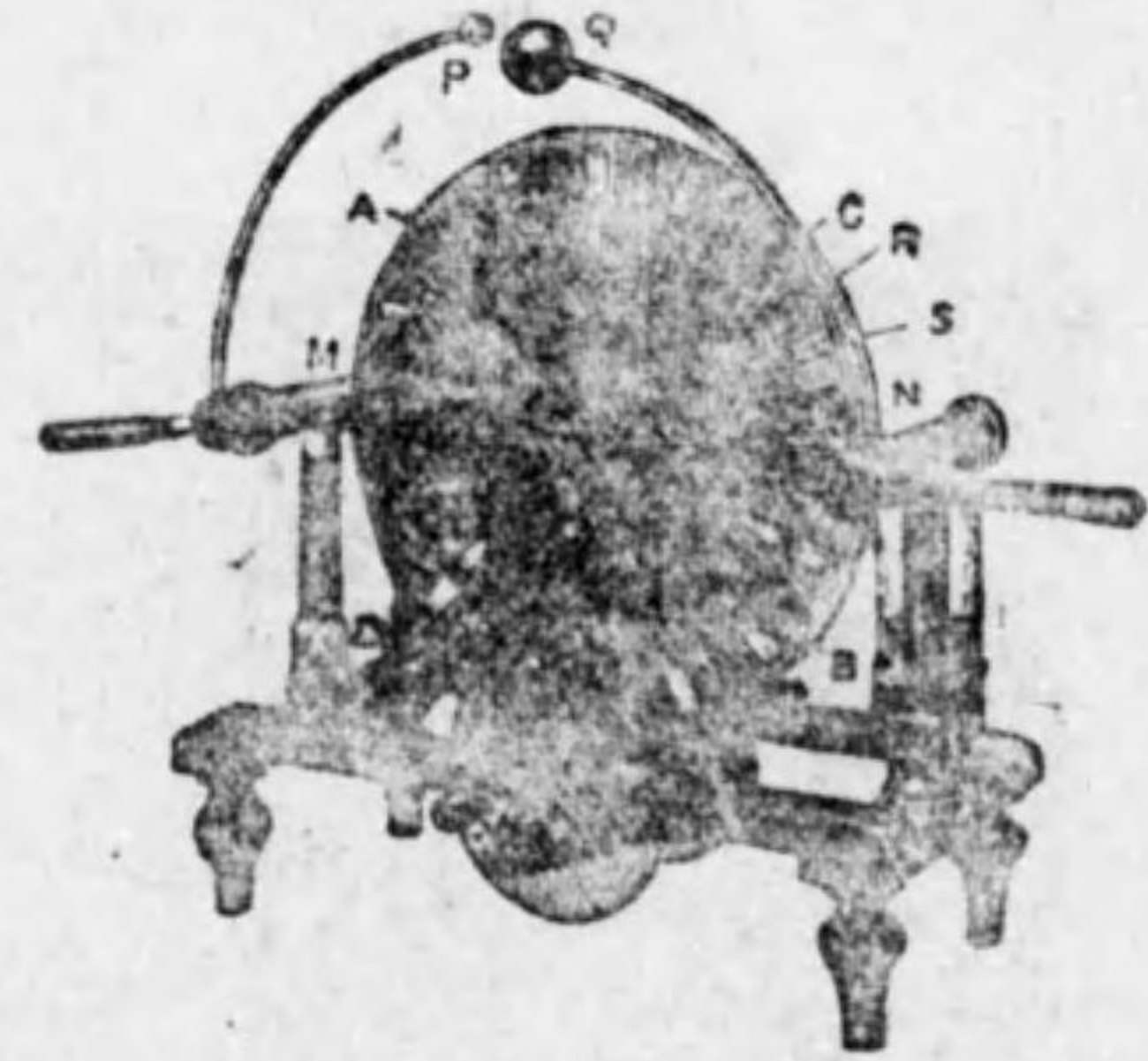
起し、その放電球の間に破裂放電をさせても、雷と同じやうな現象を見る事が出来る。さうして其の人工的の雷から推察してみると、空中に起る雷は恐ろしく高い電壓によつて生ずるものである事がわかる。

多量に電氣を持った雲が、地面に近い所へ來ると、其の雲に近い地面には、靜電誘導によつて雲の持つ電氣と違つた電氣が生じ、兩方の電氣が互に引き合つて、地上の電氣は家でも樹木でもなん

から、エライ光と音とを發する。此の光と音とは同時に出るのであるが、光は非常に速くわれわれの眼に達するけれども、音は空氣を傳つて來る爲めに時間が掛つて、幾分遅れて耳に達する。従つてピカリと光を見て、ゴロゴロと音を聞くまでの時間が短い程、放電が自分に近い所で起つた譯である。

靜電誘導の作用を應用して作られた起電機といふもので、比較的少量に電氣を

第 2-7 圖



起 電 機

P及びQ……導體の球、M及びN……金屬の棒、
A、B及びC、D……先端に刷子の附いた金屬棒、
R及びS……硝子又はエポナイトの圓板。

でも、高い所を傳つて少しでも雲に近づかうとする。若し其の引き合ふ力が強くて、雲も地面に近づいて來ると、空氣を破つて放電する事がある。之れが即ち落雷である。落雷の際には火花が地面と雲との間に續く。高い煙突や樹木などは、斯様に靜電誘導を受ける事が強く、電氣はさうした尖つたものに集り易いものであるから、特に落雷する事が多いのである。それだから雷のある時に高いものそばに寄つたり、電氣の通り易い導體を身につけてゐるのは危険である。

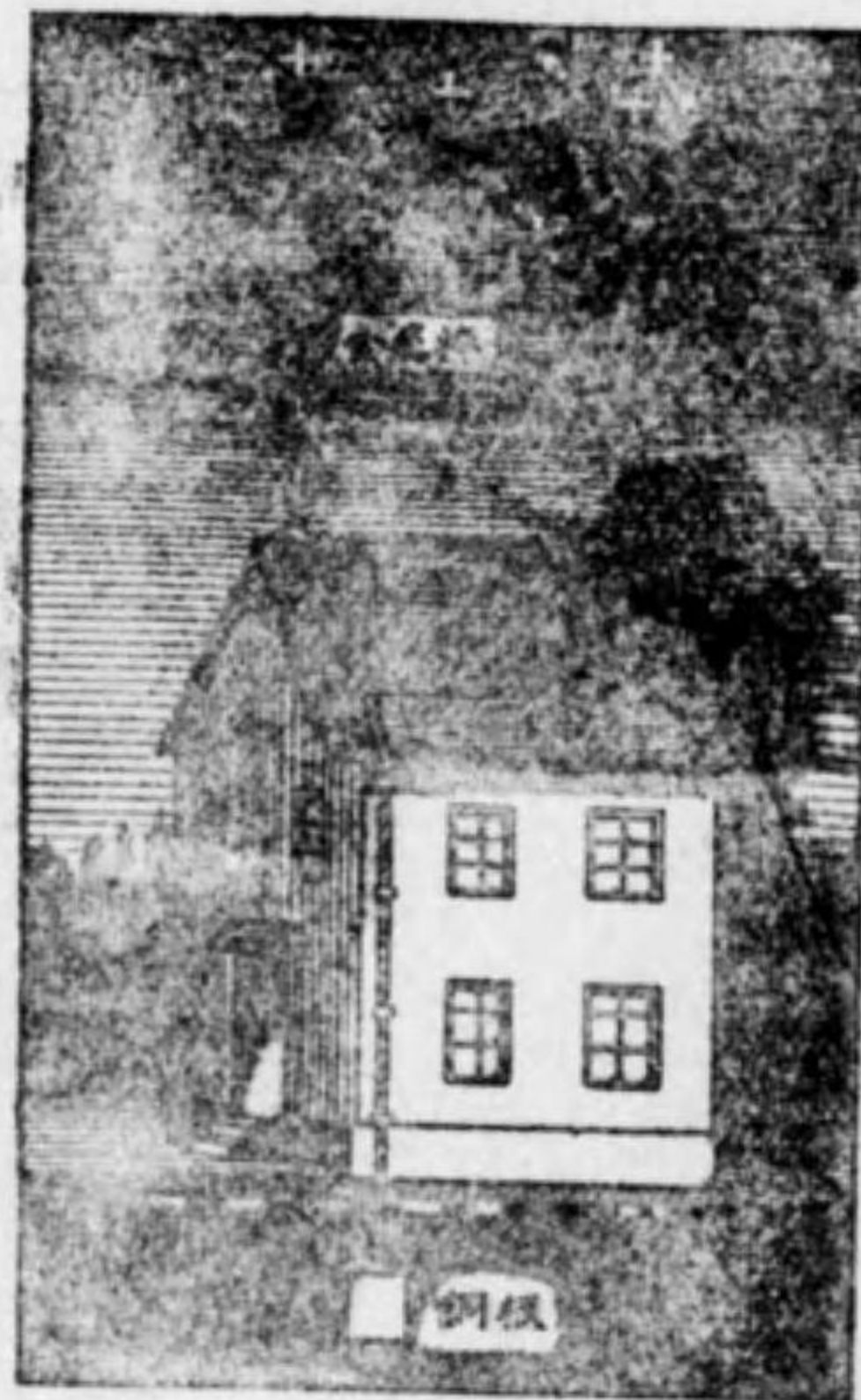
空中電氣や摩擦電氣のやうに、一つの物體に靜止してゐて、之れをたとへ導體でつないでも、一時に放電してしまつて、永續して用ひられない電氣を、實際に光や熱や動力として用ひてゐる電氣と區別する場合には、靜電氣 (static electricity) と稱する。

6. 避雷針は電氣を少しづつ中和させるものである

落雷をすると、家を焼いたり、人を殺したり、樹木を裂いたり、

大變な被害があるから、たびたび落雷されては誠に閉口する。どうにかして之れを防ぐ方法があるまいかと云ふので、考へつたのが**避雷針** (lightning conductor) である。

第 2-8 圖



避雷針

要するに静電誘導によつて、多量に出来た電氣が、一時に放電するから大變な事が起るのである。之れを少しづつ、済し崩し的に静かに中和させれば、害が無い筈である。そこで建物や煙突や高い塔などのやうな、静電誘導の作用を受け易いものの上に、先の尖つた錆び難い金属の棒を立て、棒の根元に針金のやうな導體をつないで、大地に連結して置く。さうすると、静電誘導で地面に電氣が出来ても、導體を傳つて金属棒の尖端から、少しづつ静かに中和して、一時に多量の電氣が放電するのを防ぐ事が出来る。

然し避雷針は電氣を持った雲即ち雷雲を、大好物の金属棒を立て、しかも地上から異種の電氣を之れに導いて、高いものの近くへわざわざ呼んで来て、少しづつ中和させるのであるから、若し金属棒の先が錆びてゐたり、大地との接續が不完全であつたりすると、折角呼び寄せた雲の電氣が、少しづつ中和されずに、一時

要するに静電誘導によつて、多量に出来た電氣が、一時に放電するから大變な事が起るのである。之れを少しづつ、済し崩し的に静かに中和させれば、害が無い筈である。そこで建物や煙突や高い塔などのやうな、静電誘導の作用を受け易いものの上に、先の尖つた錆び難い金属の棒を立て、棒の根元に針金のやうな導體をつないで、大地に連結して置く。さうすると、静電誘導で地面に電氣が出来ても、

に空氣を破つて放電するから、不完全な避雷針の爲めに、却つて災害を惹き起す事があるから、注意しなければならない。此の點から考へる避雷針はむしろ招雷針とも云ふべきものである。

避雷針の尖端には、普通金又は白金を付け、地中の濕氣の多い場所を選んで、銅板或は銅の撚線を輪の形に曲げたものを埋め、金属棒と地中の銅板或は銅線との間は、成るべく曲り路を作らないやうに、良い導體で接續するがよい。

雷鳴の盛んな時は、家の中なら柱や壁、電燈線などの近くへ寄らないのが安全である。動物園の小鳥のやうに、地上に金網を張つて、其の中に入つてゐるのが最も安全な譯である。

7. 簡単に連續した電氣を得るには電池を用ひる

摩擦や静電誘導によつて起つた電氣は、異種のもを導體でつないでも、一時は電氣が通るが、直ぐに電位の差が無くなつて、

第 2-9 圖



簡単な電池

電氣が通らなくなる。これでは實用にならないから、導體でつないで電氣が通つても、絶えずその両端に電位差 (potential difference) を生じて、連續して電氣を通す方法が、いろいろ工夫された。其のうちで最も簡単なのは電池 (electric cell) である。

電池は西曆 1799 年に、伊國のヴォルタが發明したもので、こ

れは稀硫酸の中に、銅板と亜鉛板とを向ひ合せて立てた頗る簡単なものであつた。此の銅板と亜鉛板とを適當な抵抗の針金で結ぶと、電氣は銅板から亜鉛板に向つて連續して通る。電流の方向は陽電氣の通る方向とする事に定めてあるから、此の場合には電流は針金を、第 2—9 圖に示す矢の方向に通る事になる。

電流が通ると同時に、亜鉛板が溶け始め、銅板からは水素が盛んに出る。此の時兩方の板を調べて見ると、銅板に陽電氣が起り、亜鉛板に陰電氣が生じてゐる事が判る。それで銅板を陽極、亜鉛板を陰極と名づける。陽極の電位は常に陰極よりも高く、兩極板の間の電位差は無くならない。

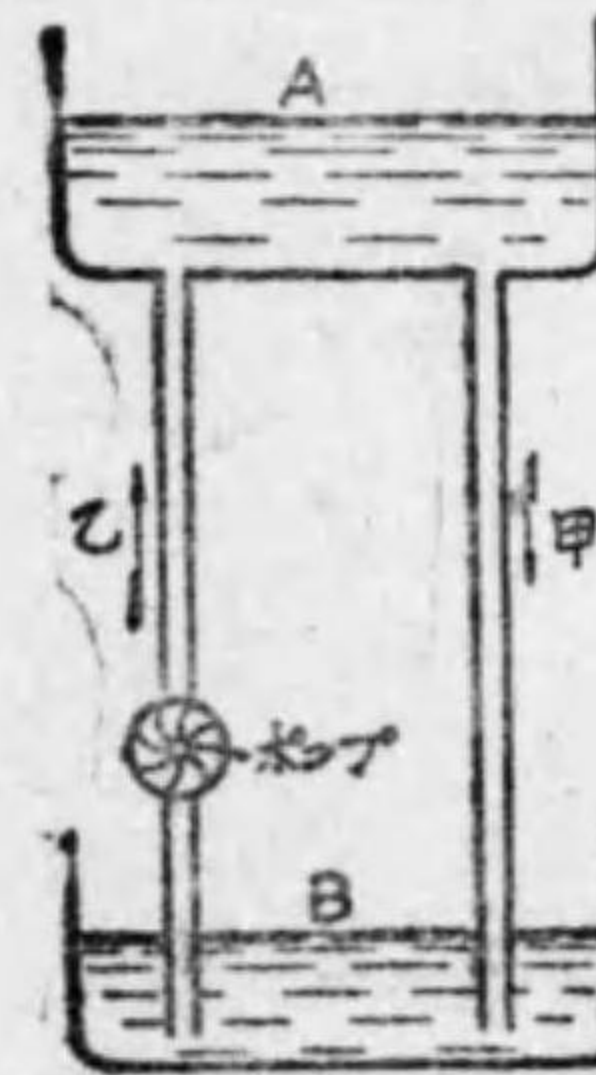
其の後いろいろな電池が考案された。例へばダニエル電池、重クロム酸電池、ブンゼン電池、ルクランシェ電池、乾電池など種種のものが出来た。それぞれ違つた藥品や、いろいろな異なる極板を用ひたものである。

電池のやうに、電流が通つても其の電壓がなくならないで、引きつづいて電流を生せしめる能力を持つてゐるものを、其のものが起電力 (electromotive force 略して E. M. F.) を持つてゐると云ふ。即ち起電力とは、電氣を起す本元の兩極の間に、電壓を生せしめる能力である。電氣を起す本元の事を電源 (electric source) と名づける。電源は起電力を持つてゐるから、絶えず其の兩極間に電位差を生じ、兩極をつなぐと連續した電流を得る事が出来るのである。

起電力の大きさは、電源が発生する事の出来る電壓の大きさと同じである。従つて矢張りヴォルトといふ單位を用ひて表はされる。ヴォルタの電池は凡そ 1 ヴォルトの起電力を有つてゐる。ヴォルトは斯様に電位、電壓及び起電力の三つのものを計る單位として用ひられてゐる。發電機も要するに大仕掛に起電力を発生し、外部へつないである針金の兩端の電壓を、常になくならない様にする機械なのである。

8. 電池はポンプのやうなものである 電池のはたらきを、他のものに譬へて見ると、丁度ポンプの働きのやうなもので

第 2—10 圖

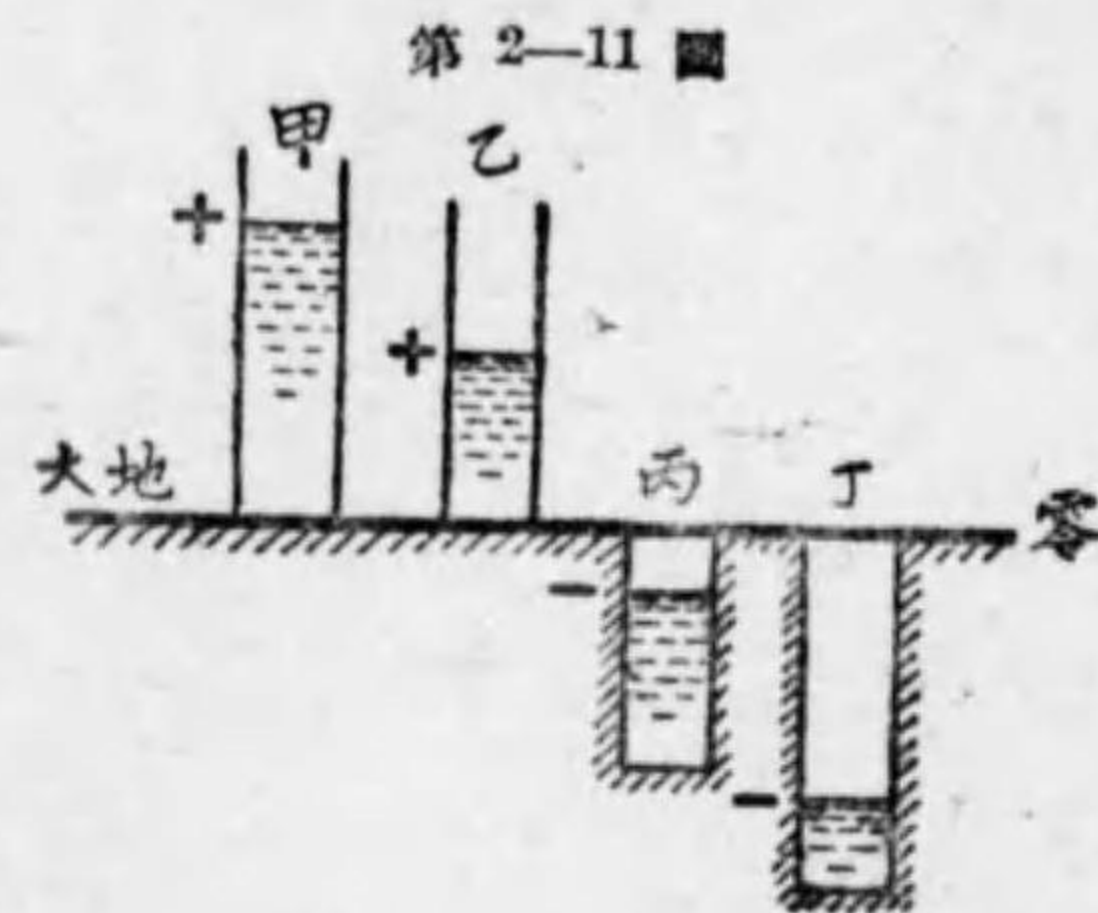


ポンプで水を上げると甲には絶えず水流が生ずる

ある。第 2—10 圖に於いて、A と B とに水溜がある。A の水溜と B の水溜とを、甲の管でつなぐと、A の水は B へ流れる。若し何も装置をしなければ、A の水は遂に無くなつて了ふ。然し A と B との間に、もう一本の管乙をつないで、その鐵管の途中にポンプを付け、甲の管から落ちて来た水を、ポンプで乙の管から A へ上げてやれば、甲の管には連續して水が流れる。電池は此のポンプのやうな働きをするものと考へる事ができる。

9. 大地の電位は零である 摩擦や靜電誘導によつて起した電氣は、或る電位を持つてゐる。電位が 10 ヴォルト高いと

か、500 ヴォルト低いとか云ふのは、大地を零として、大地より10 ヴォルト高いとか、500 ヴォルト低いとか云ふ意味である。



電位の高低の喩へ

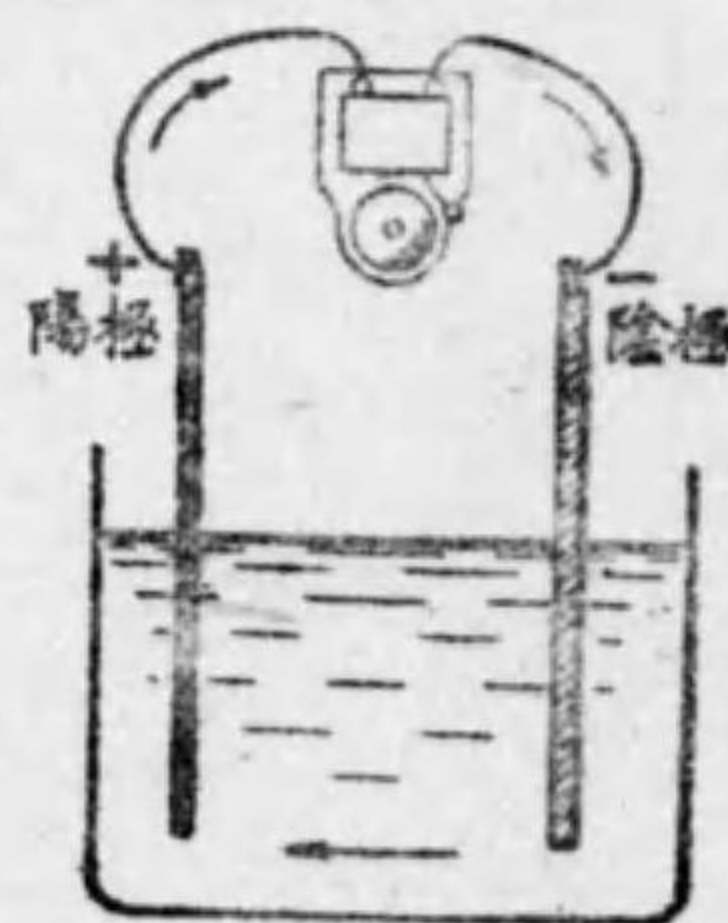
水位が5m高いとか10m低いとか云ふのは、地面を基準にして、水が5m高い所にあるとか、10m低い所にあると云ふ事を意味するのと同様である。

斯様に電位は大地を基準として、其の電気と大地との間の差

で高低を表はすのである。陽電気を持つてゐるものを大地へつなぐと、大地へ向つて陽電気が通じ、陰電気を持つてゐるものを大地へつなぐと、大地へ向つて陰電気が移るから、一般に云ふと陽電気を持つてゐるものの電位は零より高く、陰電気を持つてゐるものの電位は、零より低いと云ふ事になる。何故かと云ふと、電流の通る方向は陽電気の通る方向をとり、且つ電流は電位の高い方から低い方に向つて、通するものと決めてあるからである。

電池は陽極に陽電気を、陰極に陰電気を集めて、常に其の間に電位の差を作るもので、丁度井戸の水を、ポンプで高い所へ汲み上げるやうな働きをするもので

第2-12圖



電池の内部では電流が陰極から陽極へ向つて通ずる

ある。即ち陽極と陰極とを、適当な抵抗の導體でつなぐと、陽極から陰極に向つて電流が通ずる。しかし電池の内部では、反對に陰極から陽極に向つて電流が歸つて行くのである。之れは第2-10圖を見ても判る通り、甲の管から落ちて來た水が、ポンプに依つて乙の管から反對に流れて歸るのと同じ事である。

10. 連続して電流の通る路は環状である 前節に述べたやうに、電池の陰陽兩極を導體でつなぐと、電流は陽極から出て導體を通り、陰極へ向つて通じ、更に電池の内部を、陰極から陽極の方へ向つて通ずる。電池の外部と内部とをまとめて考へると、絶えず電流を通ずる爲めには、電流が往く路と歸る路とが互につながつて、一つの環の様な形の通り路が無ければならない。即ちどんな場合でも、常に連続して電流の通つてゐる路は、環状をなしてゐるものである。

第三章 電気回路

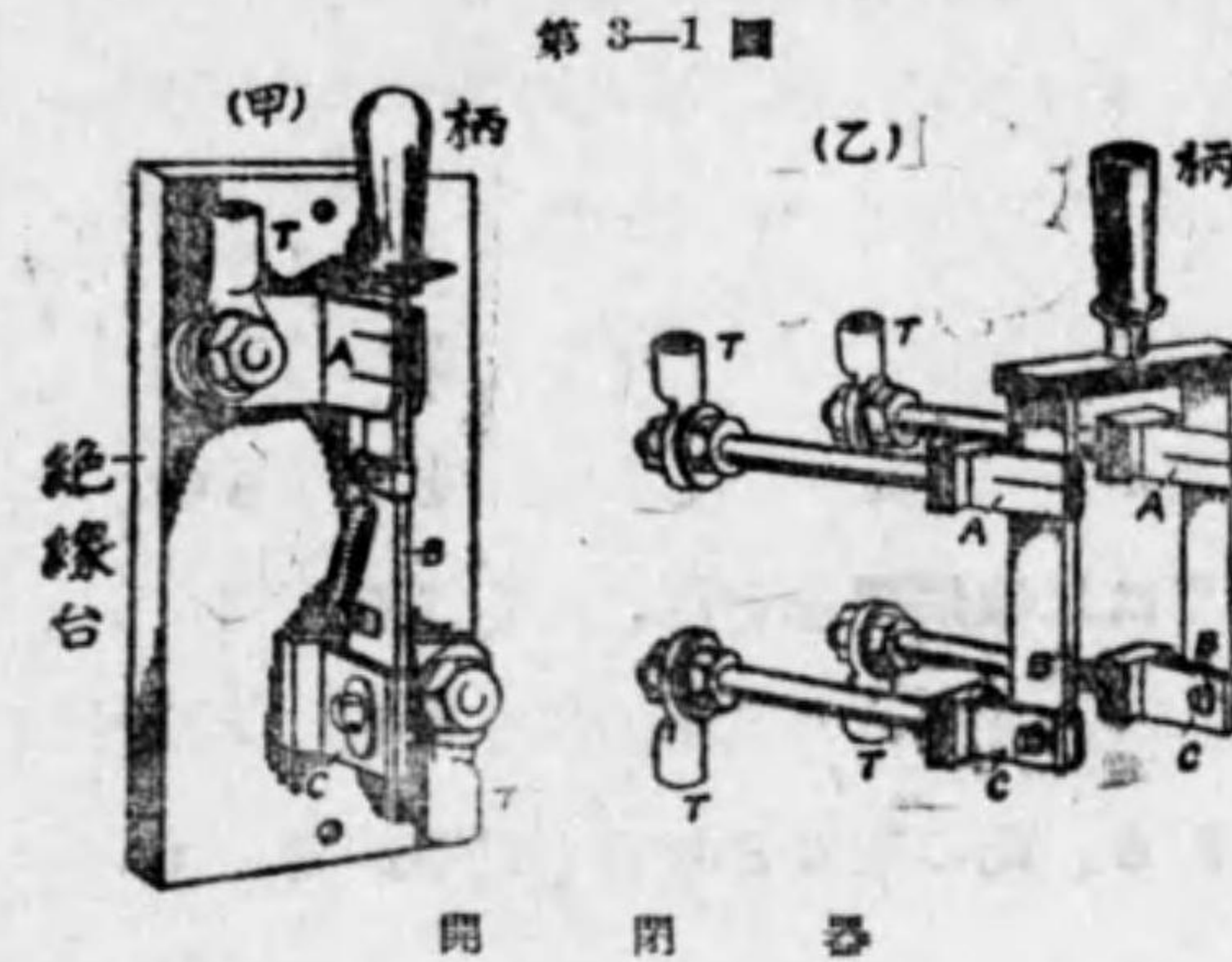
1. 電流の通る路を電路と云ふ 電流を通ずる爲めには、前にも屢ば述べた通り、電源の陰陽兩極を導體でつないで、電流の通り得るやうな路を作らなければならない。如何に高い所に水があつても、水の通路が無ければ、水が流れないのと同様に、電位の差があつても、其處を導體でつなげなければ、電流が通らないのである。

此の電流を通ずる爲めに作った路を、電気の回路又は簡単に之れを電路 (electric circuit) と稱する。電路は必要に応じて、電流を通したり或は止めたりすることがある。電路を電流の通れるやうにする事を、電路を閉ぢると云ひ、電路の一部の接續を斷つて、電流が通れないやうにする事を、電路を切るとか或は開くと云ふ。

閉ぢられた電路を閉電路 (closed circuit)、開かれた電路を開電路 (open circuit) と稱する。

2. 電路の開閉をなすものを開閉器と云ふ 電路を開いたり或は閉ぢたりする装置を開閉器 (switch) と呼んでゐる。開閉器にはいろいろな種類があるが、要するに通る電流の大小や電壓の高低に依つて、用ひる開閉器の形や種類が違ふだけで、其の役目は何れも同じ事である。

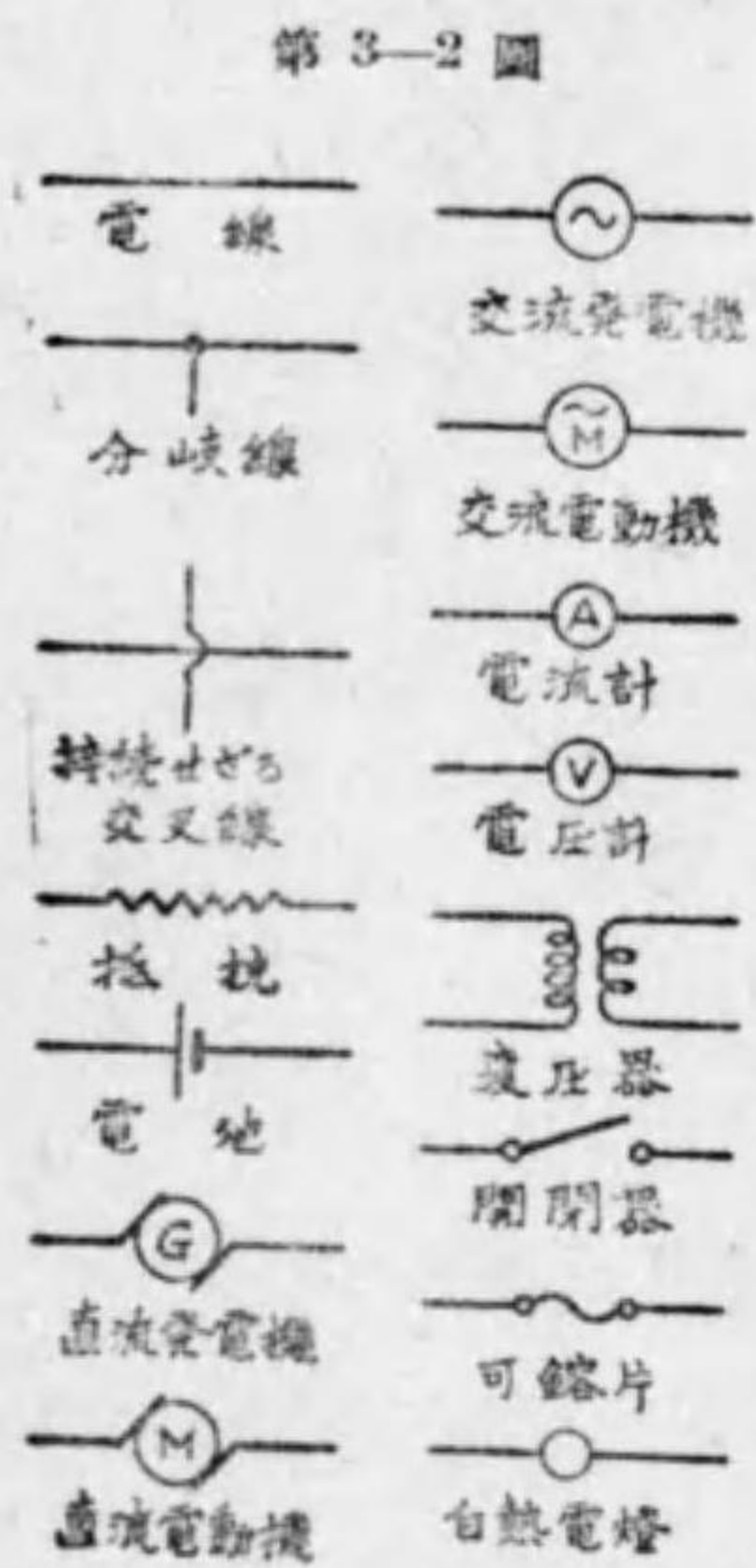
第 3—1 圖の甲及び乙に示したのは、双形開閉器と稱するもの



で、T はそれぞれ電線を接續する端子 (terminal) である。A、B 及び C の部分は、何れも銅で作られ、B は絶縁物の柄に依つて、前の方に動かす事が出来るやうになつてゐる。A の部分は縦に二つに割れてゐるから、圖に示すやうに、B がその割れ目へ嵌め込まれる。B と C とは自由に動けるやうに取付けてあるから、柄を動かして、A と B との間を接續したり切つたりして、電路の開閉を行ふのである。此の圖の甲に示すやうに、一ヶ所で電路を開閉するものを單極開閉器と云ひ、乙に示すやうに、二ヶ所で開閉するものを、兩極開閉器と稱する。

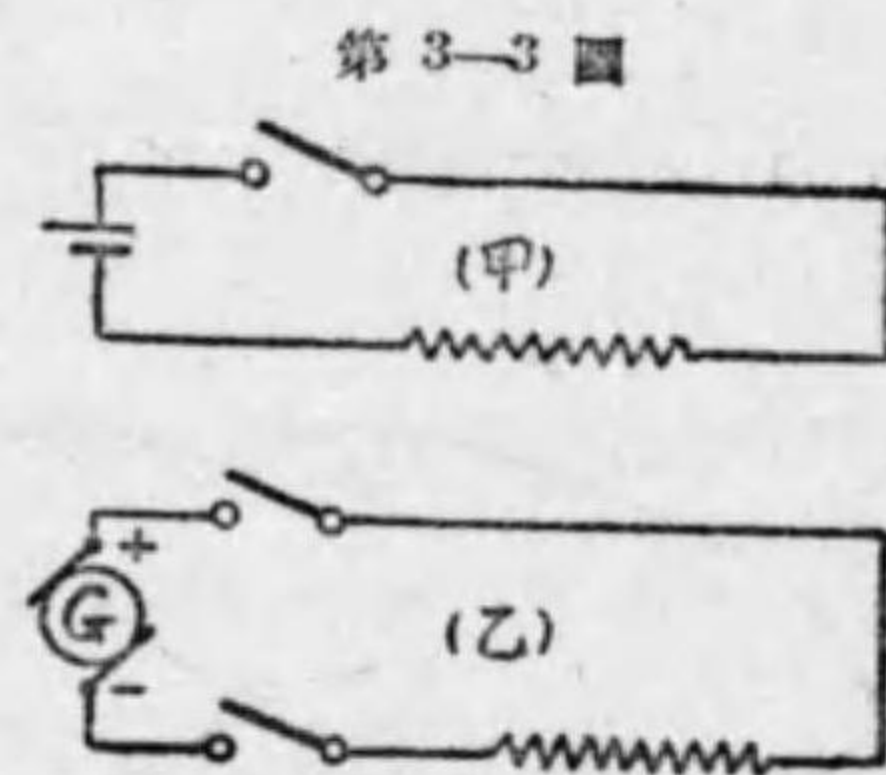
3. 電路は普通判り易く簡単な線で書き表はす 電気の回路即ち電路の状況は、普通簡単な線を用ひて、判り易く略圖に依つて示す事が多い。又電路に接續されてゐるものを書き表はすにも、簡単な記號 (symbol) を用ひる。第 3—2 圖に其の主なるものを示してある。第 3—3 圖は此の記號を用ひて、前節に述

へた二種の開閉器の、使用される有様を、極く簡単に示した略圖



主なる電気用記號

である。此の圖の甲は電池と或る抵抗とのつながれた電路を、乙は直流発電機と或る抵抗とを接続した電路を示すもので、甲は單極開閉器を用ひて電路を開閉する有様、乙は兩極開閉器を使用した場合である。此の圖はどちらも電路が開かれて



簡単な電路の一例

ゐる所を示すものであるから、電路には勿論電流が通つてゐない譯である。

電池を示す線二本のうち、細くて長い方は陽極で、太くて短い方は陰極と決めてある。従つて若し開閉器を閉むると、電流は此の環狀の電路を、陽極から出て、圖の電路を向つて右廻りに通つて陰極へ歸るのである。

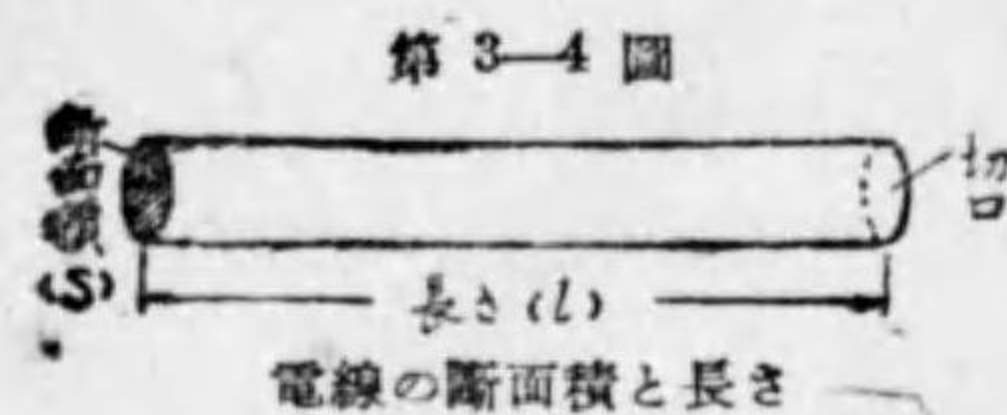
4. 抵抗は物の種類によつて違ふ 前篇に於いても述べた通り、物には電流が通らうとすれば、それに逆らふ作用があつて、其の作用を抵抗といふのである。電流が導體を通るときに、

導體の兩端の電位差、即ち電圧が同一であつても、導體の種類により、又太さや長さの違ひによつて、通る電流の強さも變つてくる。これは導體の抵抗がそれぞれ異なる爲めである。

同じ太さや長さでも、銅線と鐵線とを比較して見ると、銅線の方が電流が通り易い。即ち銅線よりも鐵線の方が抵抗が高いのである。人の身體などは、銅や鐵よりも更に其の數萬倍も抵抗が高い。しかし銅でも銀に比べると、銀よりは抵抗が高い。従つて銅よりも銀の方が電氣の導線として適當な譯であるが、それでは費用が掛つて仕方が無いから、電路を作るには主に銅線を用ひる。

5. 同種類のものゝ抵抗は長さに正比例し切口の大きさに逆比例する 前節に於いて述べたやうに、導體の抵抗は其の種類によつて違ふものであるが、同じ種類のものでは、長さや太さによつて異なる。同じ種類の同じ太さのものならば、長いもの程電流が通り難い。即ち抵抗が高いのである。さうして長さが2倍のものは、抵抗も2倍になり、長さが3倍になると、抵抗も3倍になる。之れを數學的に云ふと、抵抗は長さに正比例すると云ふことになる。

次に同じ種類で同じ長さのものならば、その切口の面積の大きいもの程電流は通り易い。即ち抵抗が低いのである。さうして切口の大きさが2倍になると、抵抗は $\frac{1}{2}$ になり、斷面積が3倍になると抵抗は $\frac{1}{3}$ になる。數學的に云ふと、抵抗は切口の大きさに逆



比例するといふ事になる。つまり
同じ種類のものでは、細くて長い
もの程、その抵抗が高いのである。

今導体の長さを l メートル、太さ即ち切口の面積を S 平方ミ
リメートル、抵抗を R オームとすれば、

$$R \propto \frac{l}{S}$$

上の様な比例式を以つて書き表はす事が出来る。 \propto といふのは
比例すると云ふ事を示す記號である。之れを等式に書き直すと次
の様になる。

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

ρ は導体の種類や、温度などによつて定まる値で、數學の方で
は之れを、比例常數と稱する。此の ρ は、各種類の導体に固有の
値であるから、電気工学上では之れを固有抵抗と云ふ。

長さ1メートル、断面積1平方ミリメートルの導体の抵抗は、
上の式に依つて、次のやうに表はされる。

$$R = \rho \frac{1}{1} = \rho$$

従つて、或る導体の固有抵抗 ρ は、長さ1メートル、断面積
1平方ミリメートルなる其の導体の抵抗に相當する事が判る。銅
線の固有抵抗は、温度 30°C に於いて約 $\frac{1}{55}$ オームである。

例題 1. 直徑 2 mm, 長さ 345 m の銅線がある。此の銅線の

抵抗は幾らか。

解 ρ を $\frac{1}{55}$ オームとし、 l は 345 m, 直徑 2 mm の銅線の半
徑は 1 mm だから、断面積 S は $3.14 \times 1^2 = 3.14$ で、3.14 平方ミ
リメートルである。之れ等の値を $R = \rho \times \frac{l}{S}$ に代入して

$$R = \frac{1}{55} \times \frac{345}{3.14} \approx 2 \quad \text{答 約 2 オーム}$$

6. 金屬の抵抗は温度が昇れば高くなる 導体の抵抗
は温度が變ると違つて來るものである。炭素や各種の溶液は、そ
の温度が高くなると、一般に抵抗が低くなる。然しわれわれが導
體として主に使用する金屬は、一般にその温度が高くなると、抵
抗の値も増加するものである。

温度が攝氏の1度増す毎に、抵抗はどれだけ増すかと云ふ其の
割合は、金屬の種類に依つて違ふが、銅ならば大體 0.4 パーセン
ト位づつ抵抗が増すのである。0.4 パーセントといふのは、 $\frac{0.4}{100}$
の割合といふ事であるから、0.004 の割合のことである。それだ
から例へば、攝氏0度の時に 10 オームの抵抗を有する銅線が、
攝氏1度の時には抵抗が幾オームになるかと云ふと、 $10 \times \frac{0.4}{100}$
 $\times 1 = 0.04$ オームだけ増して $10 + 0.04 = 10.04$ オームになる。さ
らに温度が1度高くなつて、攝氏2度の時には、 $10 \times \frac{0.4}{100} \times 2$
 $= 0.08$ オームだけ増して 10.08 オームとなる。斯様に此の銅線
は温度が1度増す毎に 0.04 オーム宛抵抗が増すから、攝氏50度

の時には $10 \times \frac{0.4}{100} \times 50 = 2$ オームだけ増して、12 オームの抵抗となる譯である。

此の様に導體の抵抗は温度によつて變るから、取扱ひにも注意せねばならない。然し金屬でも合金類は、一般に温度が變つても抵抗が殆んど變らないものである。

7. 電圧と電流とを知つて抵抗を計算する法 或る導體を電流が通る場合、通る電流1アムペアにつき其の兩端に1ヴォルトの電壓を要する時に、其の導體の抵抗が1オームあるものと決めてある。従つて或る導體の抵抗が幾オームであるかを知るには、其の導體を通る電流1アムペアにつき、幾ヴォルトの電壓をその兩端に與へたらよいか判ればよい。即ち電流のアムペア數に對する電壓のヴォルト數の比が、抵抗のオーム數である。之れを式の形に書くと次の様になる。

$$\text{抵抗のオーム數} = \frac{\text{電壓のヴォルト數}}{\text{電流のアムペア數}}$$

此の關係は前篇に於いても簡単に述べたが、電壓のヴォルト數の代りに E 、電流のアムペア數の代りに I 、又抵抗のオーム數の代りに R といふ記號を用ひると、上の式は次の様になる。

$$R = \frac{E}{I}$$

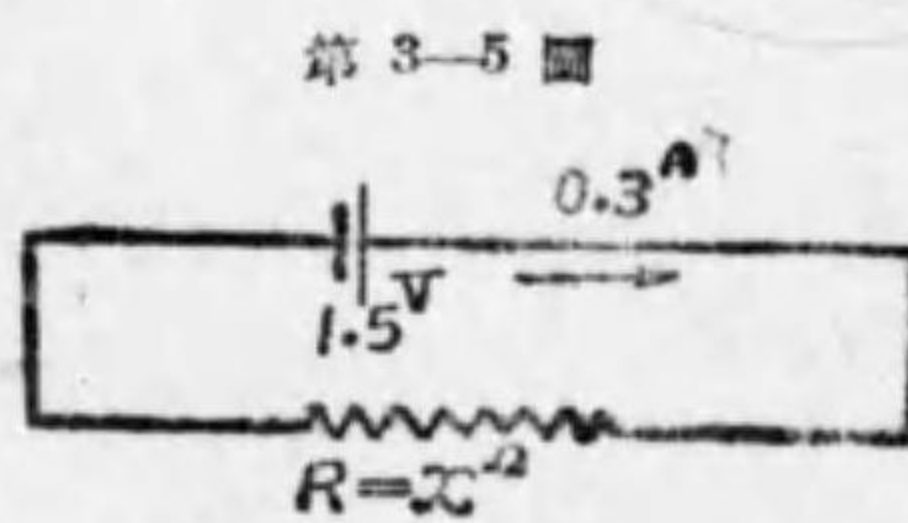
此の式から電圧と電流とが判れば、容易に抵抗の値を計算することが出来る。

例題 2. 或る導體の兩端に100ヴォルトの電壓を與へたら、20アムペアの電流が通つたと云ふ。此の導體の抵抗は幾オームであるか。

$$\text{解 } R = \frac{100}{20} = 5$$

答 5 オーム

例題 3. 起電力1.5ヴォルトの電池1箇を、或る抵抗の針金につないだ時、0.3アムペアの電流が通つたとすれば、其の針金の抵抗は幾オームであるか。



例題3の附圖

$$\text{解 } R = \frac{1.5}{0.3} = 5$$

答 5 オーム

例題 4. 或る導體の兩端に6ヴォルトの電壓を與へた時、1.5アムペアの電流が通じたと云ふ。此の導體の抵抗はいくらか。

$$\text{解 } R = \frac{6}{1.5} = 4$$

答 4 オーム

8. 電流と抵抗とを知つて電壓を計算する法 5オームの抵抗の導體に20アムペアの電流が通つてゐる時は、その兩端に100ヴォルトの電壓を要することは、前節の例題2によつてわかり、同じく5オームの抵抗の針金に、0.3アムペアの電流が通つてゐる時には、その兩端に1.5ヴォルトの電壓が必要な事は、例題3によつて判つた。さうして抵抗の値を計算するには、

電圧のヴォルト数を、電流のアムペア数で除して求めたのである。之れ等の事から、電圧のヴォルト数は、電流のアムペア数と抵抗のオーム数とを掛け合せて、求める事が出来るといふ事が判る。即ち

電圧のヴォルト数 = 電流のアムペア数 × 抵抗のオーム数

記號を用ひて表はすと $E=IR$ といふ式が得られる。電流と抵抗の値が判れば、電圧の値は此の式から計算が出来る。

例題 5. 抵抗が 20 オームある針金に、0.5 アムペアの電流を通ずる爲めには、其の針金の両端に幾ヴォルトの電圧を與へたらよいか。

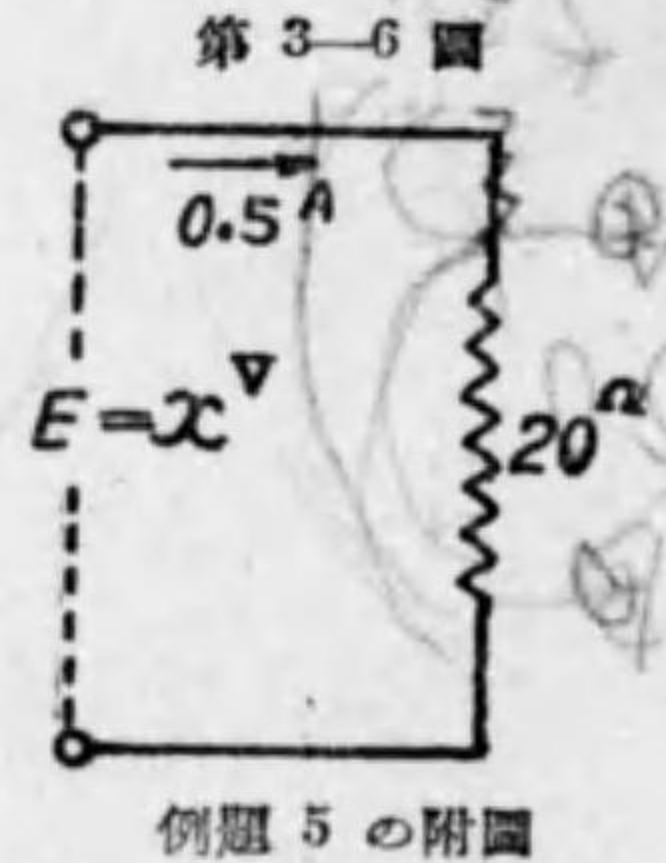
解 $E=0.5 \times 20=10$ 答 10 ヴォルト

例題 6. 抵抗 5 オームの導體に 10 アムペアの電流を通すためには、其の導體の両端に幾ヴォルトの電圧を與ふべきか。

解 $E=10 \times 5=50$ 答 50 ヴォルト

9. 電圧と抵抗とを知つて電流を計算する法 導體の両端に或る電圧を與へると電流が通る。導體の抵抗が高ければ通る電流が少いが、導體の抵抗が低いと電流が多く通る譯である。

1 オームといふのは、両端に 1 ヴォルトの電圧を與へた時に、1 アムペアの電流を通ずるやうな導體の抵抗であるから、両端の



電圧が 1 ヴォルトで、抵抗が 1 オームの時には、1 アムペアの電流が通ずる。従つて 1 ヴォルトの電圧を、抵抗が 2 オームのものに與へると、電流は前の半分の 0.5 アムペア通ずる。若し同じ 1 ヴォルトの電圧を、0.5 オーム即ち $\frac{1}{2}$ オームのものに與へると、電流は 2 アムペア通る譯である。

一般に導體の両端に與へた電圧のヴォルト数を、其の導體の抵抗のオーム数で除せば、導體に通ずる電流のアムペア数が判る。即ち次の様な關係がある。

$$\text{電流のアムペア数} = \frac{\text{電圧のヴォルト数}}{\text{抵抗のオーム数}}$$

これを今まで用ひて來た記號で、簡単に書き表はせば、次の様になる。

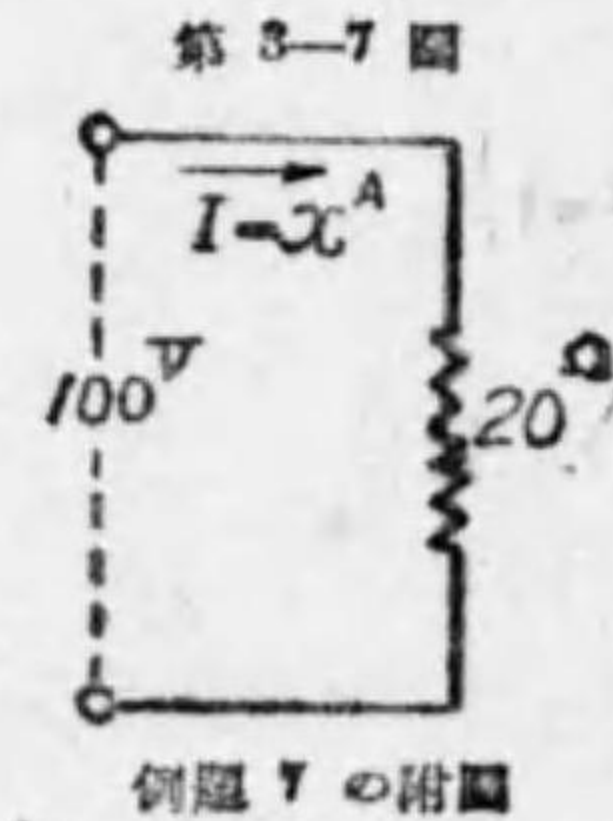
$$I = \frac{E}{R}$$

此の式から、電圧と抵抗との値を知つて、電流の値を計算する事が出来る。

例題 7. 抵抗が 20 オームある電線の両端に、100 ヴォルトの電圧を與へた時、電線には幾アムペアの電流が通るか。

解 $I = \frac{100}{20} = 5$ 答 5 アムペア

例題 8. 兩極間の電圧 1.08 ヴォルトの電池がある。その兩極を抵抗 2 オームの銅線でつなぐと幾アムペアの電流が通るか。



Handwritten calculation: $\frac{1.08}{2} = 0.54$

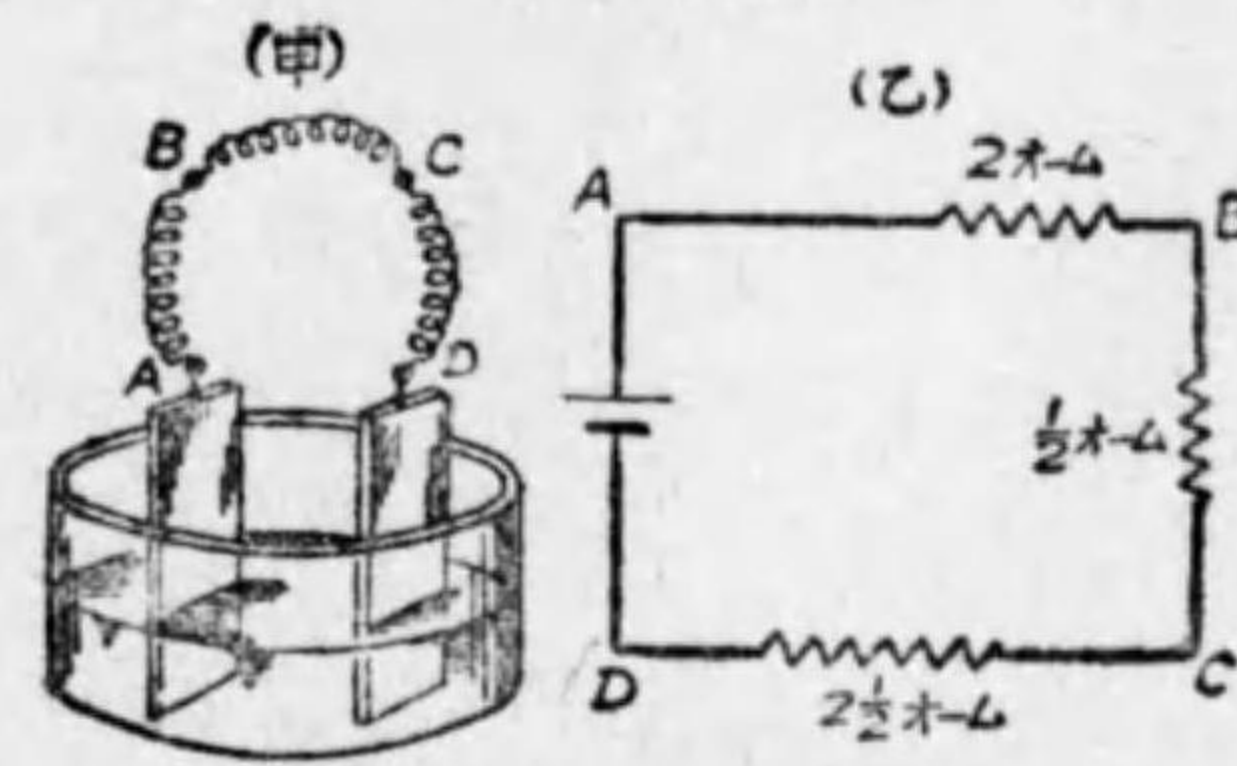
解 $I = \frac{1.08}{2} = 0.54$ 答 0.54 アムペア

以上述べたやうに、電気回路の或る定まつた部分の電圧、電流、抵抗の三つのもの間には、一定の法則に従ふ関係がある。さうして三つのものうち、何れか二つが判つておれば、残りの一つを計算する事が出来る。此の三つのものの関係はオームが実験から求めたもので、之れをオームの法則 (Ohm's law) と云ひ、電気回路の計算の基礎となる重要なものであるから、再び前篇で述べた所を此處に繰り返したのである。公式といふものは、計算には至極重寶なものであるから、基礎となる式は、よく記憶して置いて貰ひ度い。

10. 直列につないである多くのものの全体の抵抗は各抵抗の和である 今までは一つの種類のものの両端に、電圧を與へた場合に就て述べた。然しいろいろな抵抗のものや、種類の異なるものが、順次に澤山つないである回路では、全体の抵抗が一つのものでつないだ場合と違つてくる。此の場合に電流がどんな風に通るであらうか。

例へば第 3—8 圖甲に示すやうに、電池の兩極の間を、A から B までは銅線、B から C までは銀線、C から D までは鐵線でつないだとする。銅線の抵抗が 2 オーム、銀線の抵抗が $\frac{1}{2}$ オーム、鐵線の抵抗が $2\frac{1}{2}$ オームであると假定する。之れを簡単な

第 3—8 圖



電池の兩極間を、直列に接続した三種の線をつないだ場合

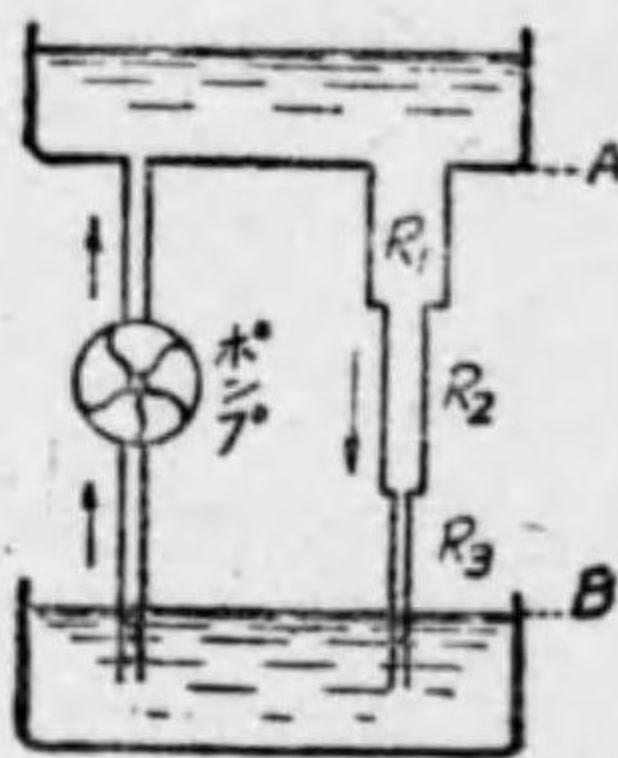
略圖で示すと、同圖乙のやうになる。此の場合導體全部を通る電流は幾アムペアになるかと云ふと、先づ此の回路全體の抵抗は、銅線と銀線と鐵線との三つのものの抵抗の和、 $2 + 0.5 + 2.5 = 5$ で、5 オームの抵抗のものただ一つで、電池の兩極を接続したのと同じ事になる。従つて電池の兩極間の電圧を 1 ヴォルトとすれば、此の回路を通る電流は $1 \div 5 = 0.2$ で、0.2 アムペアになる。さうして 0.2 アムペアの電流が、銅線も銀線もまた鐵線も通る。此の場合には決して電流は抵抗の多い線は少く通り、抵抗の少い所は多く通るといふ様な不公平な通り方をしないのである。必ず或る電圧を加へた二點間につないであるもの全体の抵抗によつて、同一の値の電流がどの抵抗をも通るものである。

此の様に銅線から銀線、銀線から鐵線と順次たてつなぎに接続する事を、直列 (series) に接続すると稱する。直列につないだ場合には如何に多くの抵抗を、又如何なる種類のものをつないでも、上に述べたやうに、其の全体の抵抗は、つないである各抵抗の和になる。

水の場合に就て考へて見ると、第 3—9 圖に示すやうに、太さや長さの違ふ三本の鐵管、 R_1 、 R_2 、 R_3 を順次に連結して水を流す

と、各管一本ずつの場合よりも、管の全体の長さ即ち A B 間の長さが増すから、水が流れ難くなる。水流に対する抵抗が増して、A B 間の全体の抵抗は R_1, R_2, R_3 のどの管の抵抗よりも大となる。さうして水流はどの管も同一である。決して R_1 の管は多く水が流れ、 R_3 の管は少く流れるといふやうな事は無い。多くの抵抗を直列につないだ場合にも、全くこれと同様である。

第 3-9 圖



抵抗を直列に接続した場合を説明する喩へ

電路全体の抵抗の事を、その電路の合成抵抗 (combined resistance) と云ふ。一般に R_1, R_2, R_3, \dots なる抵抗を有するものを、直列に接続した場合の合成抵抗を、 R といふ記號で表はすと、次のやうな式で示す事が出来る。

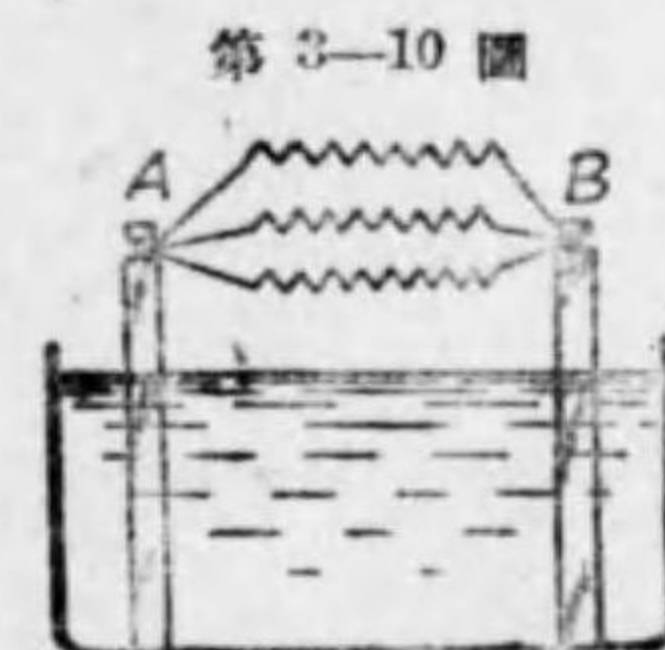
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

例題 9. 抵抗が 3 オームの銅線と、5 オームの鐵線と、4 オームの銅線と、3 オームの洋銀線とを、直列に接続したなら、其の合成抵抗は幾オームとなるか。又此の直列に接続したもので、1.5 ヴォルトの起電力を有する電池の、兩極をつなぐ時は、幾アンペアの電流が通するか。

解 合成抵抗 $R = 3 + 5 + 4 + 3 = 15$ 答 15 オーム

電 流 $I = \frac{1.5}{15} = 0.1$ 答 0.1 アンペア

11. 並列とは多くのものが各其の兩端で一緒になつてゐることである



電池の兩極間に三つの抵抗が並列につないである場合

電路はただ一本の針金のみで出来てゐるものとは限らない。電池の兩極の間をつなぐ針金が、二本の場合もある。その外三本に分れてゐる場合もあろうし、四本又は五本の針金で二點間をつなぐ場合もある。

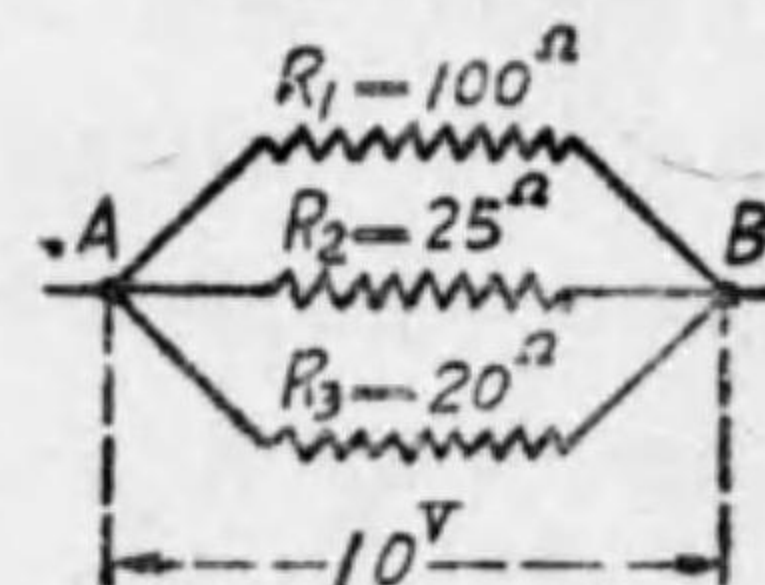
斯様に二箇以上の導體を用ひて、第 3-10 圖に示すやうに、各導體の一端を、同一の點 A に結び、各導體の他端をみな他の同一の點 B に結びつけた時、之れ等の導體が並列 (parallel) に接続されてゐると稱する。

12. 並列になつてゐるものの全体の抵抗は大變小さくなる

多くの導體が並列に接続されてゐる場合の全体の抵抗、即ち合成抵抗は、矢張り各導體の抵抗とは異なる値になつてくる。しかも直列の場合と違つて、各導體のどの抵抗よりも、其の合成抵抗が小さくなる。

今第 3-11 圖のやうに、100 オームの抵抗のある導體 R_1 と、抵抗 25 オームの導體 R_2 と、抵抗 20 オームの導體 R_3 とを、A B 間に並列につなぎ、A B 間に 10 ヴォルトの電壓を與へたとすれば、 R_1 には $10 \div 100 = 0.1$ で、0.1 アンペアの電

第 3-11 圖



三つの抵抗が並列に接続された場合の略圖

$$\frac{1}{100} + \frac{1}{25} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{100} + \frac{1}{25} + \frac{1}{20} = \frac{1+4+5}{100}$$

流が通じ、 R_2 には $10 \div 25 = 0.4$ で、0.4 アムペアの電流が通り、 R_3 には $10 \div 20 = 0.5$ で、0.5 アムペアの電流が通ずる。それだから三つの導體を通る全体の電流は、 $0.1 + 0.4 + 0.5 = 1.0$ で、1 アムペアになる譯である。

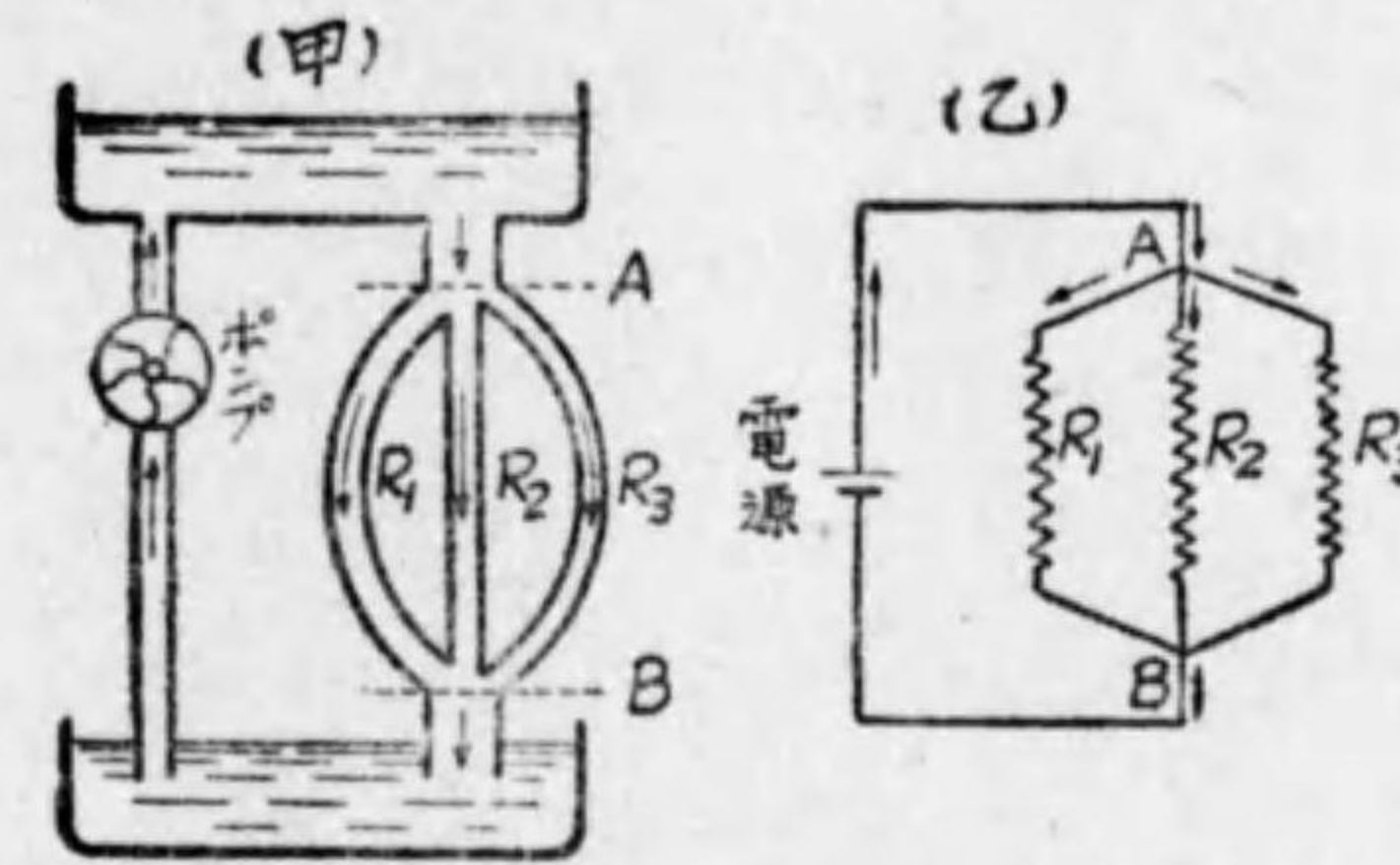
今一本の針金の両端に 10 ヴォルトの電圧を與へた時に、1 アムペアの電流が通じた場合を考えると、その針金の抵抗は 10 オームとなる。

同じ電壓の所をつないだ場合に、同じ電流が通るならば、其の抵抗も亦同じでなければならない。故に抵抗 100 オーム、25 オーム、20 オームの三つの導體を、一つにまとめたものの抵抗は 10 オームでなければならぬといふ事になる。第 3—11 圖に於ける A B 間の合成抵抗は、A B 間に 10 オームの抵抗がたゞ一つの場合と全く同じ事になる。何故かといふと、何れの場合にも A B 間に 10 ヴォルトを與へた時、A B 間を 1 アムペアの電流が通るからである。

此の様に 100 オーム、25 オーム、20 オームの三つの抵抗の合成抵抗は 10 オームであつて、各抵抗のどれよりも小さくなるものである。之れは導體がどれか一つの場合よりも、長さが同じで太さが増したのと同じ事になるからである。

水の場合を例にとつて、導體が並列につながれてゐる電路を考へて見よう。第 3—12 圖甲に示す様に、太さの異なる三本の鐵管 R_1 、 R_2 、 R_3 を、両端がそれぞれ A 及び B で一緒になるやうに、並

第 3—12 圖



抵抗を並列につないだ場合を説明する爲め(甲)とその場合の電路(乙)

列に連結して、之れに水を流すと、鐵管が三本のうち何れか一本だけの場合よりも、澤山の水が流れる。A の所まで流れて來た水は、三本の管に分れて流れ、B で一緒になつて下へ落ちる。A 及び B を通る水は、三本の管を通る水の和に等しいのである。三本の管の太さを合せたものに等しい一本の太い管を、三本の代りに A B 間につないだ場合と同じ事になる。即ち管を三本用ひると、何れか一本の場合に比べて、餘計に水が流れるから、一本の場合よりも三本の場合の方が、水の流れに逆ふ作用即ち抵抗が少いと考へる事が出来る。

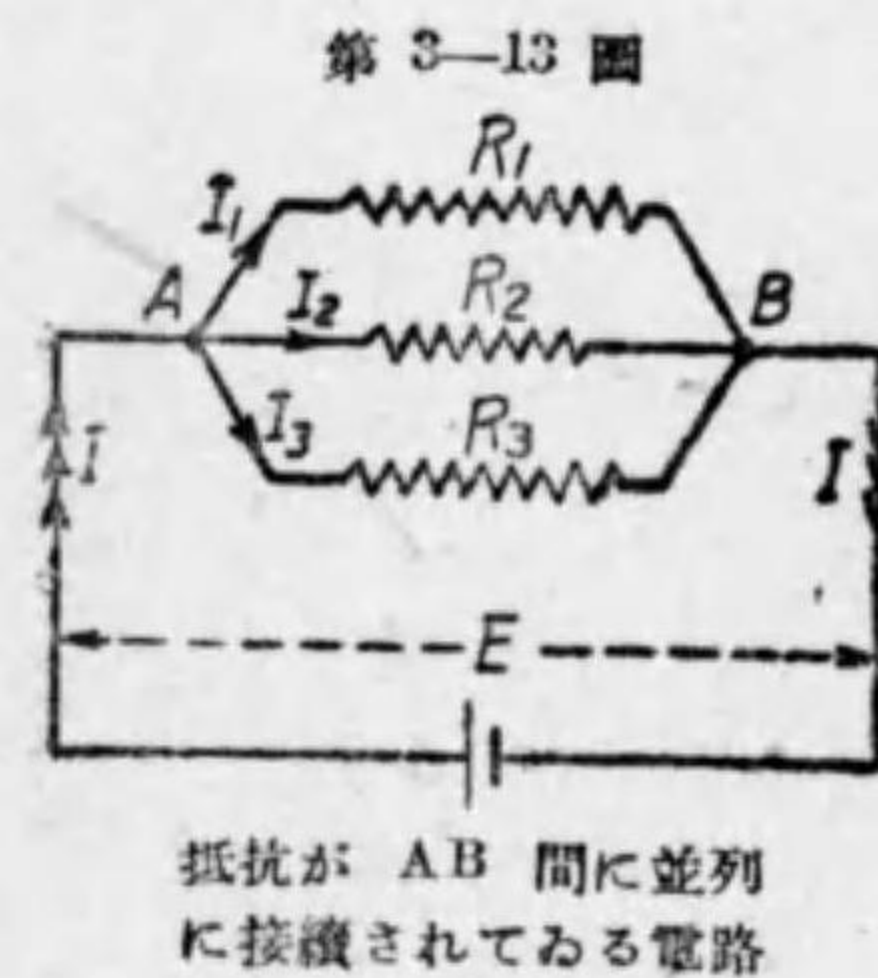
さうして並列に接続された場合には、A と B とは R_1 の兩端であり、又 R_2 及び R_3 の兩端にもなつてゐるから、どの管の兩端の水位の差も同一である。

以上水を例にとつて説明した場合と同様に、第 3—12 圖の乙に示すやうに、 R_1 オーム、 R_2 オーム、 R_3 オームの抵抗を有する導體を、A B 間に並列に接続して、A B 間に或る電圧を與へると、各導體を別別に一つづつ接続した場合よりも餘計に電流が通り、A 及び B を通る電流は R_1 、 R_2 、 R_3 を通る電流の和に等しい。

$R = \frac{5}{10}$
T S

さうして A B 間に與へた電壓は、三つの導體の何れにも同一に加へられる。抵抗の値が異つても、並列に接続された各抵抗は、みな同一の電壓を受けるのである。

13. 電流は並列になつてゐる各抵抗に逆比例して分れて通る



第3—13圖に示すやうに、 R_1 オーム、 R_2 オーム、 R_3 オームの抵抗を有する三つの導體を、A B 間に並列に接続し、A B 間に E ヴォルトなる電壓を與へたとする。此の場合電池から出る電流 I アムペアは、A 點で I_1 アムペア、 I_2 アムペア、 I_3 アムペアの三つに分れて各導體を通り、B 點で一緒になつて電池の陰極へ歸る。

R だの E だの I だのと云ふと、如何にも雲を掴むやうで、甚だ判り難いと思ふ人もあるだらうが、2 とか 3 とか云ふのと同じ事である。數字の代りに文字を使ふと、いろいろな計算をする基となる式が、その儘結果に出て來て大變便利なものである。機會ある毎に練習して、文字を使ふ事に馴れると、數字などで式を憶えるよりも、遙かに樂に記憶が出來て都合の良いものである。

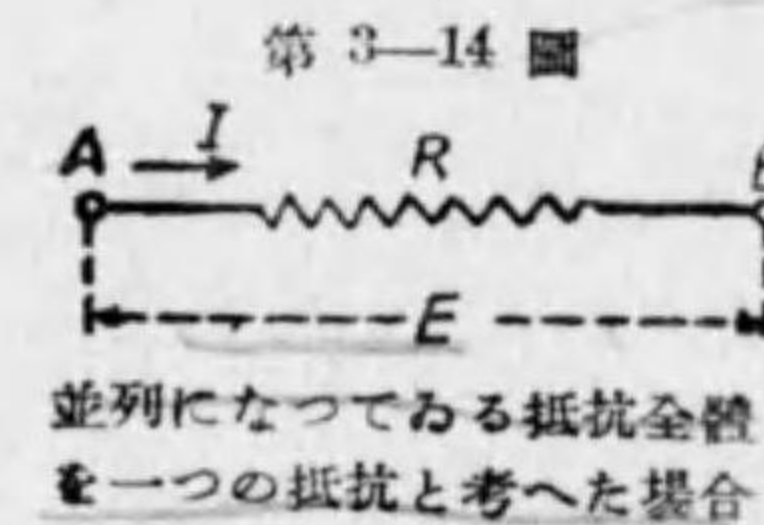
偪て上に述べたやうな電路があるとすれば、オームの法則によつて、次のやうな關係が無ければならない。A から R_1 を通つて B に至る電路を通る電流 I_1 は、 $I_1 = \frac{E}{R_1}$ 、同様に $I_2 = \frac{E}{R_2}$ 、又

$I_3 = \frac{E}{R_3}$ となる。即ち並列になつてゐる各導體を通る電流は、それぞれ其の導體の兩端の電壓に比例し、其の抵抗に逆比例して通るのである。さうして A から入る電流及び B から出る電流 I は、 $I_1 + I_2 + I_3$ に等しい。

上に述べた事から、次のやうな關係のある事が判る。

$$I = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

今此の場合の A B 間の抵抗を一つのものと考え、一つの導體



と置き換へて第3—14圖に示すやうに、その兩端 A B 間に矢張り E ヴォルトの電壓を與へた時、之れに前と同じ値の電流 I アムペアが通るものとすれば、其の

導體の抵抗を R オームとせば、オームの法則により $I = \frac{E}{R}$ といふ關係があるから、此の I の代りに前の $E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$ を入れると次の式が得られる。

$$\frac{E}{R} = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

此の兩邊を E で除せば次のやうな關係になる事が判る。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

一般に
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

R は三つの抵抗を一つと考えたもの、即ち三つの合成抵抗を表

はすから、合成抵抗 R は次の式で表はされる。

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots}$$

此の式を用ひて、並列に接続されたものの合成抵抗を計算する事が出来る。即ち並列に接続されたものの合成抵抗の逆数は、各抵抗の逆数の和に等しいから、合成抵抗は各抵抗の逆数の和の逆数に等しくなるのである。

例題 10. 抵抗が 10 オーム、2 オーム、2.5 オームある三つの導體が、並列に接続されてゐる時、その合成抵抗は幾オームか。

解 合成抵抗を R とすれば、

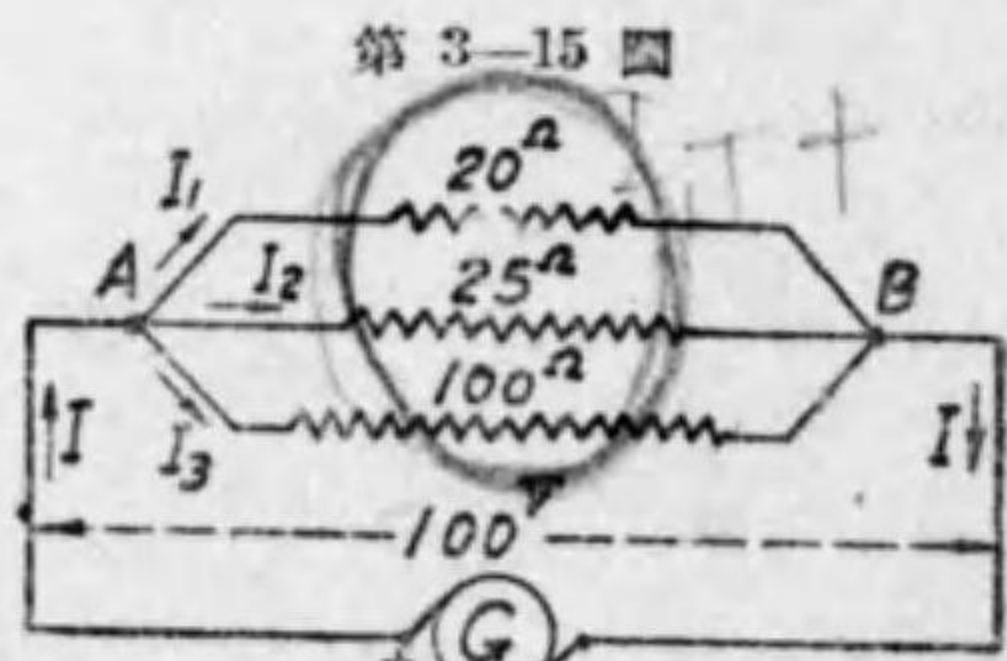
$$R = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2.5}} = \frac{1}{0.1 + 0.5 + 0.4} = \frac{1}{1} = 1$$

答 1 オーム

例題 11. 第 3—15 圖に示すやうに、それぞれ 20 オーム、25 オーム、100 オームの抵抗を有する三つの導體を並列に接続し、その両端 AB 間に 100 ヴ

ボルトの電圧を與へた時は、各抵抗には幾アムペアづつの電流が通するか。又 B から出て行く電流は幾アムペアか。

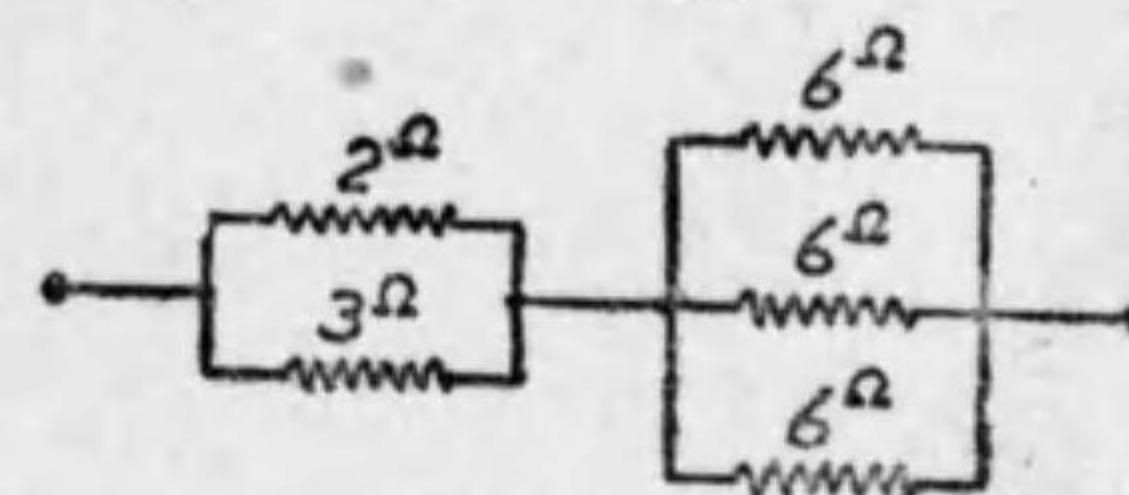
解 20 オームの所を通る電流 $I_1 = \frac{100}{20} = 5$ アムペア、25 オ



例題 11 の附圖

ームの所を通る電流 $I_2 = \frac{100}{25} = 4$ アムペア、100 オームの所を通る電流 $I_3 = \frac{100}{100} = 1$ アムペア、又 B から出て行く電流 $I = I_1 + I_2 + I_3 = 5 + 4 + 1 = 10$ アムペア。

例題 12. 抵抗が 2 オーム及び 3 オームなる二つのものを、並列に接続したものと、6 オームの抵抗あるものを三つ並列に接続したものとを、



第 3—16 圖

例題 12 の附圖

第 3—16 圖のやうに直列に接続したなら、その合成抵抗は幾オームとなるか。

解 2 オームと 3 オームとを並列にしたものの合成抵抗 R は

$$R = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ オーム}$$

又 6 オームの抵抗三つを並列にしたものの合成抵抗 R' は

$$R' = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6}} = \frac{6}{3} = 2 \text{ オーム}$$

R と R' とが直列になつてゐるから、全體の合成抵抗 $R + R'$ は次のやうに 3.2 オームとなる。

$$R + R' = 1.2 + 2 = 3.2 \text{ オーム}$$

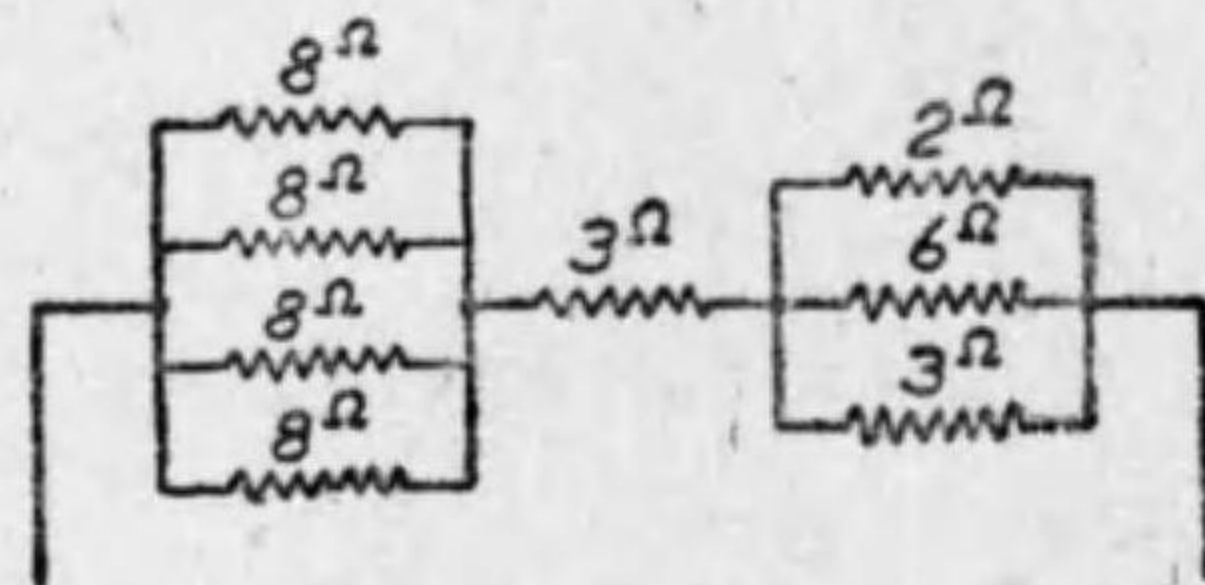
此の例題によつてわかる通り、相等しい抵抗が多數並列に接続されてゐる場合の合成抵抗は、一つのもの抵抗を、並列になつ

てあるだけの数で除した商に等しい。例へば 10 オームの抵抗を五つ並列につなげば、其の合成抵抗は $\frac{10}{5}=2$ オームとなる。

例題 13. 第 3—17 圖の

第 3—17 圖

やうに八つの抵抗が接続される時、其の合成抵抗は幾オームとなるか。



例題 13 の附圖

解 8 オームの抵抗四つが並列になつてゐる部分の合成抵抗は、

$$\frac{8}{4}=2 \text{ オーム}$$

2 オーム, 6 オーム, 3 オームの三つの抵抗が並列になつてゐる部分の合成抵抗は、

$$\frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}} = \frac{1}{\frac{3}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6}} = \frac{1}{\frac{6}{6}} = \frac{6}{6} = 1 \text{ オーム}$$

上の二つの部分の抵抗と 3 オームとは直列に接続されてゐるから、全部の合成抵抗 R は次の通りで、6 オームとなる。

$$R=2+3+1=6 \text{ オーム}$$

例題 14. 電流は並列に接続された各抵抗に、逆比例して通ずる事を證明せよ。

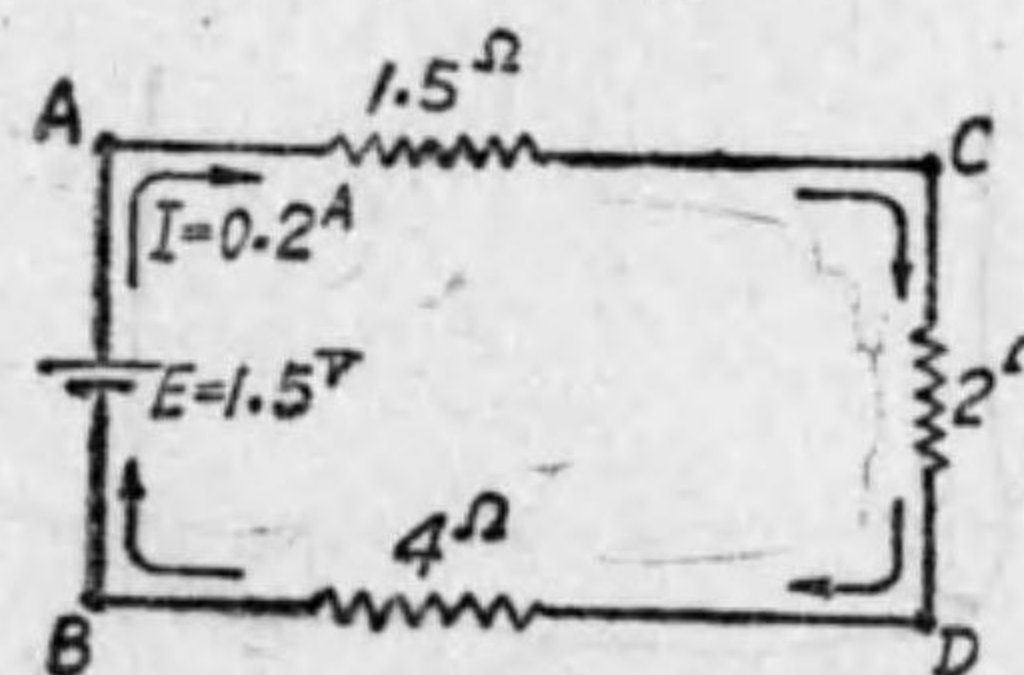
解 並列に接続された抵抗を R_1 及び R_2 とし、 R_1 を通る電流を I_1 , R_2 を通る電流を I_2 , 両端の電圧を E とすれば

$$E=I_1 R_1, E=I_2 R_2$$

故に $I_1 R_1 = I_2 R_2$ 従つて $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

14. 電流が通ると電圧は其の部分の抵抗に従つて降下する 起電力 1.5 ヴォルトの電池の兩極に、1.5 オーム, 2 オーム, 4 オームの三つの抵抗を直列に接続した、第 3—18 圖のやうな電路があると、其の合成抵抗は 7.5 オームとなり、此の電路には 0.2 アンペアの電流が通ずる。電流が通ずる爲めには、電位の差が無ければならない。此の電路の A, C, D, B なる各點に於ける電位を考へて見ると、A よりも C が、C よりも D が、D よりも B が低い電位にある筈である。即ち A が最も電位が高く、B が最も電位が低い。此の様に電路内に於いては、電流の方向へ進む程電位がさがる。

第 3—18 圖



抵抗によつて電圧が費されることを説明する爲めの圖

無ければならない。此の電路の A, C, D, B なる各點に於ける電位を考へて見ると、A よりも C が、C よりも D が、D よりも B が低い電位にある筈である。即ち A が最も電位が高く、B が最も電位が低い。此の様に電路内に於いては、電流の方向へ進む程電位がさがる。

今 B 點の電位を基準にして、之れに對する A, C, D 各點との電位の差、即ち AB 間の電圧, CB 間の電圧, DB 間の電圧を考へて見ると、 $E=IR$ から、AB 間の電圧は、ACDB を通る電流と、其の間の抵抗との積で、

$$0.2 \times (1.5 + 2 + 4) = 0.2 \times 7.5 = 1.5 \text{ ヴォルト}$$

CB間の電圧は、CDBを通る電流と其の間の抵抗との積で、

$$0.2 \times (2 + 4) = 0.2 \times 6 = 1.2 \text{ ヴォルト}$$

DB間の電圧は、DBを通る電流と其の間の抵抗との積で、

$$0.2 \times 4 = 0.8 \text{ ヴォルト}$$

である。此のやうに電流が通ると起電力が費され、その爲めに電圧が順次にさがる。此の事を抵抗による電圧降下 (voltage drop) と稱する。電圧降下

は其の部分の抵抗と電流との積に等しい。



電圧降下を説明する喩へ

上に述べた例では、

全体の抵抗 7.5 オームの電圧降下は 1.5 ヴォルトで、AC間の 1.5 オームの回路では 0.3 ヴォルト、CD間では 0.4 ヴォルト、DB間では 0.8 ヴォルトの電圧降下がある。

例へば此處に 150 斤, 90 斤, 60 斤の重さの三つの石があつて、之れを一本の繩でつないで、同じ力の人が 10 人で曳つ張る場合に、150 斤の石は 150 斤相當の抵抗をし、90 斤は 90 斤相當の抵抗をするから、三つの石を曳く爲めに要する 10 人の力も、150 斤の石の爲めに 5 人の力が費され、90 斤の石の爲めに 3 人の力が費され、60 斤の石の爲めに 2 人の力が費されるものと考へる事が出来る。

電流が通る場合にも丁度之れと同じやうに、その部分の抵抗に

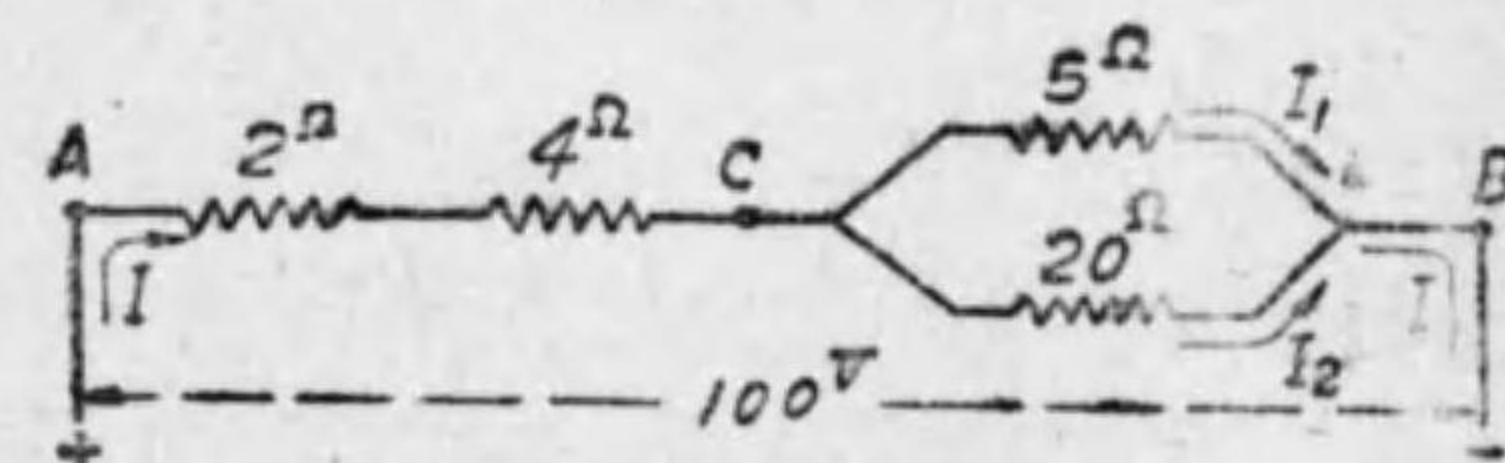
従つて電圧が費され、電路全體の抵抗によつて、電路の兩端に與へられた電圧が費されるのである。

電氣の最も便利な點は、發電所で發電機を運轉して起電力を起し、電線によつて遠く離れた所へ電流を送つて、電燈や電車や其他いろいろなものに用ひる事が出来るといふ事である。電氣を利用するには必ず長い電線を必要とする。従つて相當の抵抗があるから、抵抗の爲めに起電力の一部が費されて、常に幾分か損をするものである。

例題 15. 抵抗が

第 3-20 圖

0.08 オームの電線二本を用ひて、50 アムペアの電流を通ずる場合、其の電圧降下



例題 16 の附圖

は何程か。

解 電流を I 、電線一本の抵抗を r 、電圧降下を e とすれば

$$e = 2Ir = 2 \times 50 \times 0.08 = 8 \text{ ヴォルト}$$

例題 16. 第 3-20 圖に示すやうに接続された、電路の兩端 A B 間に 100 ヴォルトの電圧を與へたなら、各導體に通ずる電流はそれぞれ幾アムペアか。

解 AC間に直列に接続された 2 オーム, 4 オームには同一の電流が通ずる。之れを I とする。1 アムペアの電流が、並列に接続されてゐる 5 オームと 20 オームとに分れて通ずる。5 オーム

を通る電流を I_1 アムペア、20 オームを通る電流を I_2 アムペアとすれば、 $I=I_1+I_2$ である。

先づ AB 間の合成抵抗 R を計算すると、次のやうになる。

$$R=2+4+\frac{1}{\frac{1}{5}+\frac{1}{20}}=6+\frac{1}{\frac{4}{20}+\frac{1}{20}}$$

$$=6+\frac{20}{5}=6+4=10 \text{ オーム}$$

故に全電流は

$$I=\frac{E}{R}=\frac{100}{10}=10 \text{ アムペア}$$

2 オーム、4 オームには共に 10 アムペアの電流が通る。

次に AC 間の電圧を E_1 ヴォルト、CB 間の電圧を E_2 ヴォルトとせば、

$$E_1=10 \times (2+4)=60 \text{ ヴォルト}$$

$$E_2=10 \times \left\{ \frac{1}{\frac{1}{5}+\frac{1}{20}} \right\}=10 \times 4=40 \text{ ヴォルト}$$

故に 5 オームに通ずる電流 I_1 は次の値になる。

$$I_1=\frac{E_1}{5}=\frac{40}{5}=8 \text{ アムペア}$$

又 20 オームに通ずる電流 I_2 は次の値になる。

$$I_2=\frac{40}{20}=2 \text{ アムペア}$$

此の例題によつて、オームの法則は電路の全體に就て成り立つ

ばかりでなく、電路の一部に就ても成り立つことが判る。即ち電流が電路を通つてさへおれば、それがたとへ一部分であらうが、電路の全體であらうが、そんな事には無關係である。

例題 17. 長さ 1 km につき 2.21 オームの抵抗を有する銅線を用ひて、20 アムペアの電流を、50 m 離れた所迄送るものとするれば、電壓降下は幾ヴォルトか。

解 1 km につき 2.21 オームの抵抗ある銅線の、50 m の抵抗 R は、

$$R=2.21 \times \frac{50}{1000}=0.1105 \text{ オーム}$$

電流 I は 20 アムペアで此の電流を送るには往復二本の電線が必要だから、抵抗は一本の抵抗の 2 倍である。電壓降下が一本の場合の 2 倍になると云つてもよい。電壓降下を e とすれば、

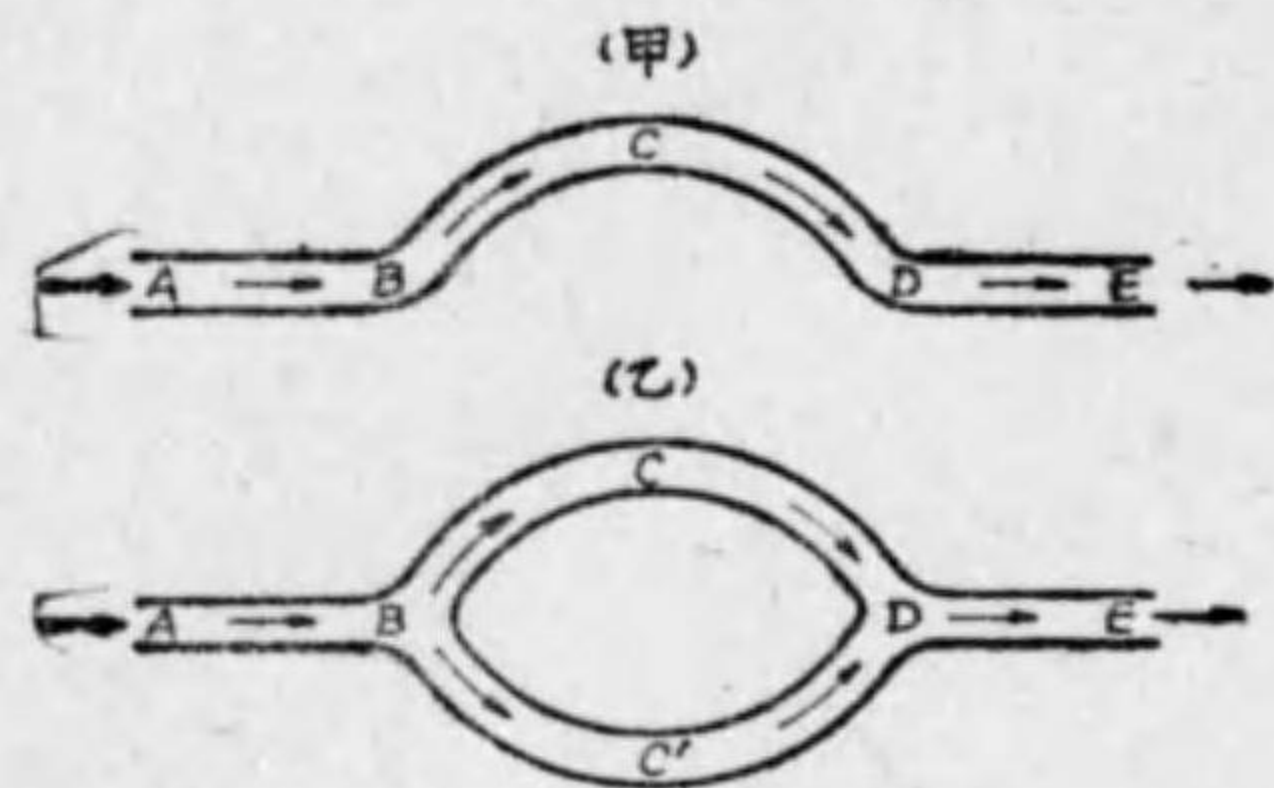
$$e=2 \times 20 \times 0.1105=4.42 \text{ ヴォルト}$$

此のやうに電線路の抵抗の爲めに、電壓が降下するから、電力を受ける所で、例へば 100 ヴォルトの電圧を必要とするならば、送り出す所では、その電線路の電壓降下だけ、100 ヴォルトよりも高い電圧で送らなければならない。

15. 分路を作ると或る導體を通る電流を随意に變へることが出来る 第 3—21 圖の甲に示すやうに、一本の鐵管があつて、其の中を水が流れてゐるものとする。今管の一部分 BD 間を流れる水を、他の部分 AB 間及び DE 間を流れる水より

0.1105

第 3-21 圖



分路の喩へ

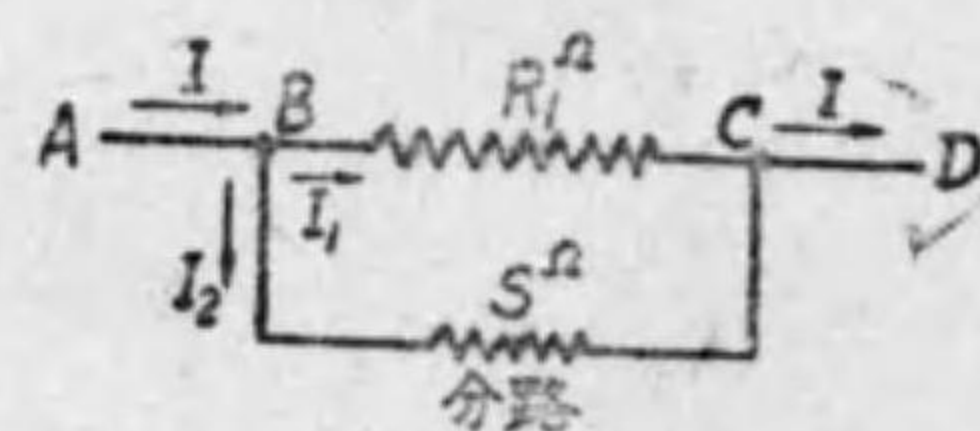
も、少くしたいと云ふ場合には、BDの間に乙に示すやうに脇道を作ればよい。例へば AB 間を流れる水が、1 時間に 10 リットルの割合の時、BD 間を流れる水を、1 時間に 5 リットルの割合にするには、BCD と同じ太さの管 BC'D で脇道を作ればよい。即ち BD 間に管を並列につなげば、AB を通つて来た水が、B の所で分れて流れるから、BCD を流れる水は、脇道のない場合よりも少くなる。どれだけ少くなるかは、脇道の大きさに依るので、太い脇道を作る程、脇道の方を餘計に流れるから、元の道を通る水が少くなる。

これと同様に、第 3-22 圖のやうな電路の一部の R_1 オームを通る電流 I_1 を、他の部分 AB や CD を通る電流 I よりも少くするには、 R_1 と並列に他の導體で脇道

を作ればよい。此の脇道を分路 (shunt circuit) と云ふ。分路の抵抗を S オームとすれば、 S オームの値によつて、 R_1 を通る電流の減少する割合が、いろいろに變つて来る。 S を小さい値にする程、 I_1 が少くなる。

も、少くしたいと云ふ場合には、BDの間に乙に示すやうに脇道を作ればよい。例へば AB 間を流れる水が、1 時間に 10 リットルの割合の時、BD 間を流れる水を、1 時間に 5 リット

第 3-22 圖



分路を示す圖

16. 二點を短絡すると云ふのは極く抵抗の少いものでつなぐことである 前節に述べた様に、 R_1 オームの抵抗に分路を作れば、分路の抵抗 S を小さくすればする程、 R_1 を通る電流 I_1 が少くなり、 S を通る電流 I_2 が大になる。従つて若し分路の抵抗を非常に小さくして、殆んど零にすると、電流は殆んどみな分路を通り、抵抗 R_1 の方は通らなくなる。此の様な場合に、抵抗 R_1 は短絡 (short-circuit) されたと稱する。一般に或る二點間を短絡すると云ふのは、其の二點間を極めて抵抗の少い、殆んど抵抗が零に近い導體でつなぐ事である。

17. 電源には内部抵抗といふものがある これまでは主として、電路の或る定まつた部分の電壓、電流、抵抗などに就て述べて来た。電池又は發電機を含めた、環状をなす電路の、全體に就て述べた場合にも、別に電池や發電機は、電流の通るのを妨げる作用がないものとして、其の兩極間の電壓のみを考へて来た。然し實際は電池や發電機のやうな電源にも、それぞれ多少の抵抗がある。

第 3-23 圖



電池の内部降下を説明する爲めの圖

第 3-23 圖に示すやうに、電池の兩極 AB 間に R オームの抵抗を接続して電路を作ると、電流 I は陽極から R を通つて陰極に歸り、電池の内部では陰極から陽極に向つて通る。斯様に電源自身の内部も電流が通るから、電源も電流の通る

のを妨げる抵抗作用を現すのである。此の電源内の抵抗を**内部抵抗** (internal resistance) と稱する。内部抵抗に對して、電源の外部につながれた抵抗を、**外部抵抗**と云ふ事がある。第3—23圖に於いて、電池の内部抵抗を r オームとすれば、之れと外部抵抗 R とは、直列になつてゐるから、此の電路全體の合成抵抗を R_0 オームとすれば、次のやうな關係がある。

$$R_0 = R + r$$

故に此の電路に I アムペアの電流が通つてゐる時に、此の電路に要する全體の電圧は、 $I(R+r) = IR_0$ ヴォルトとなる譯である。即ち電源の起電力は IR_0 ヴォルトでなければならない。従つて電源の起電力を E_0 ヴォルトとすれば、 $I = \frac{E_0}{R_0} = \frac{E_0}{R+r}$ であるから、次のやうにも書き表はすことが出来る。

$$\text{電路の電流} = \frac{\text{起電力}}{\text{全電路の合成抵抗}} = \frac{\text{起電力}}{\text{電源の内部抵抗} + \text{外部抵抗}}$$

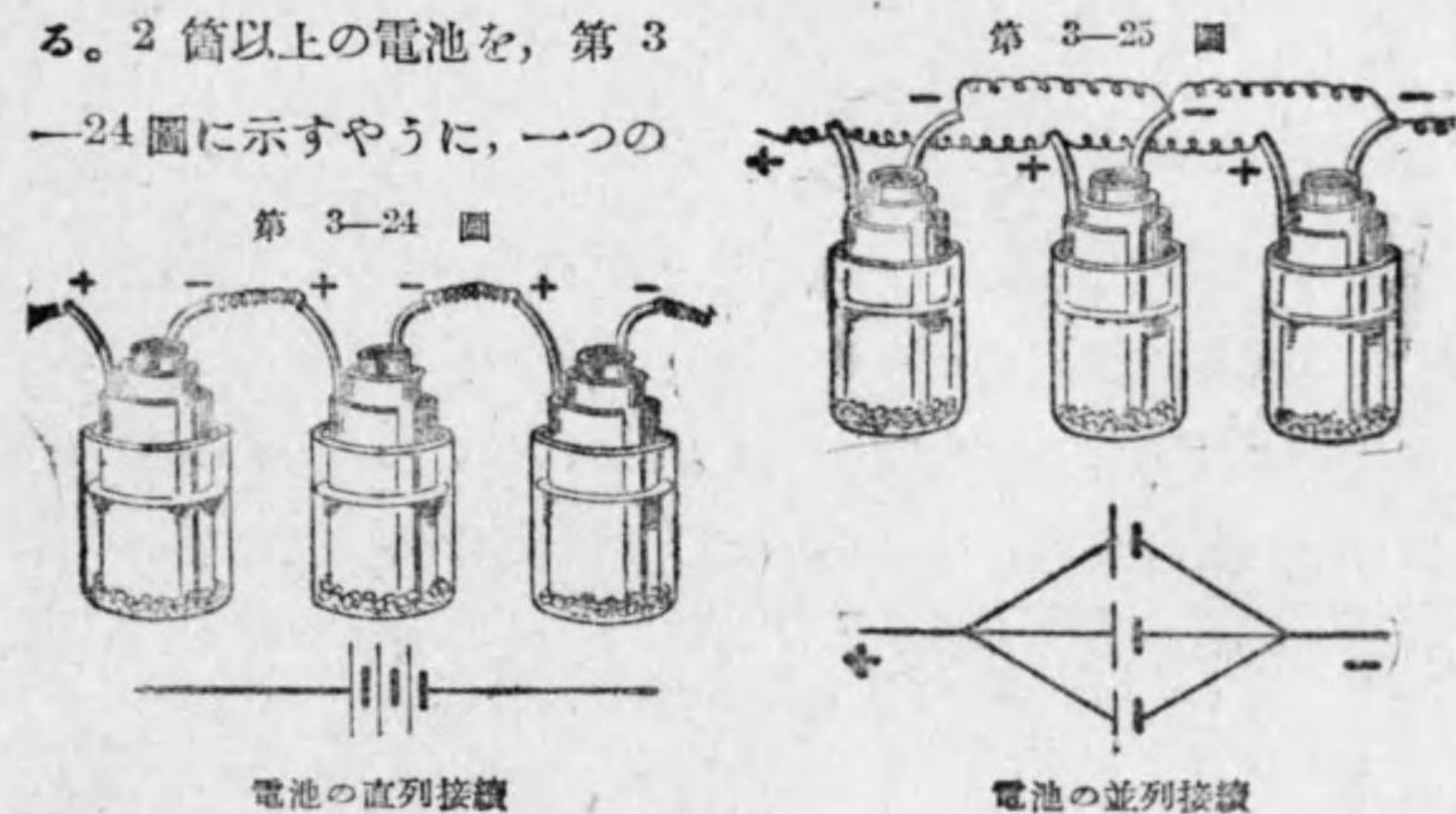
例題 18. 起電力 2 ヴォルト、内部抵抗 0.5 オームの電池の兩極に 2 オームの抵抗を接続した時、此の電路には幾アムペアの電流が通ずるか。

$$\text{解 } I = \frac{E_0}{R+r} = \frac{2}{2+0.5} = \frac{2}{2.5} = 0.8 \text{ アムペア}$$

此の場合 2 ヴォルトの起電力のうち、外部抵抗によつて $0.8 \times 2 = 1.6$ ヴォルトが費され、電池の内部で $0.8 \times 0.5 = 0.4$ ヴォルトが費される事になる。此の電源の内部で降下する電圧を**内部降下**と稱する。電池から電流をとると、此の電流が電池の内部をも通

り、内部降下を生ずるから、陰陽兩極間の電圧は、電池から少しも電流をとらない時は、起電力に等しいが、電流をとると内部降下だけ低くなる。

18. 電池も直列や並列につなぐ事が出来る 電池は一つ宛用ひるものとは限らない。何箇でも同時に使用する事が出来る。2 箇以上の電池を、第 3—24 圖に示すやうに、一つの



電池の陽極を次の電池の陰極へ、その電池の陽極を又その次の電池の陰極へと、順に接続する方法を、**直列接続**と云ふ。

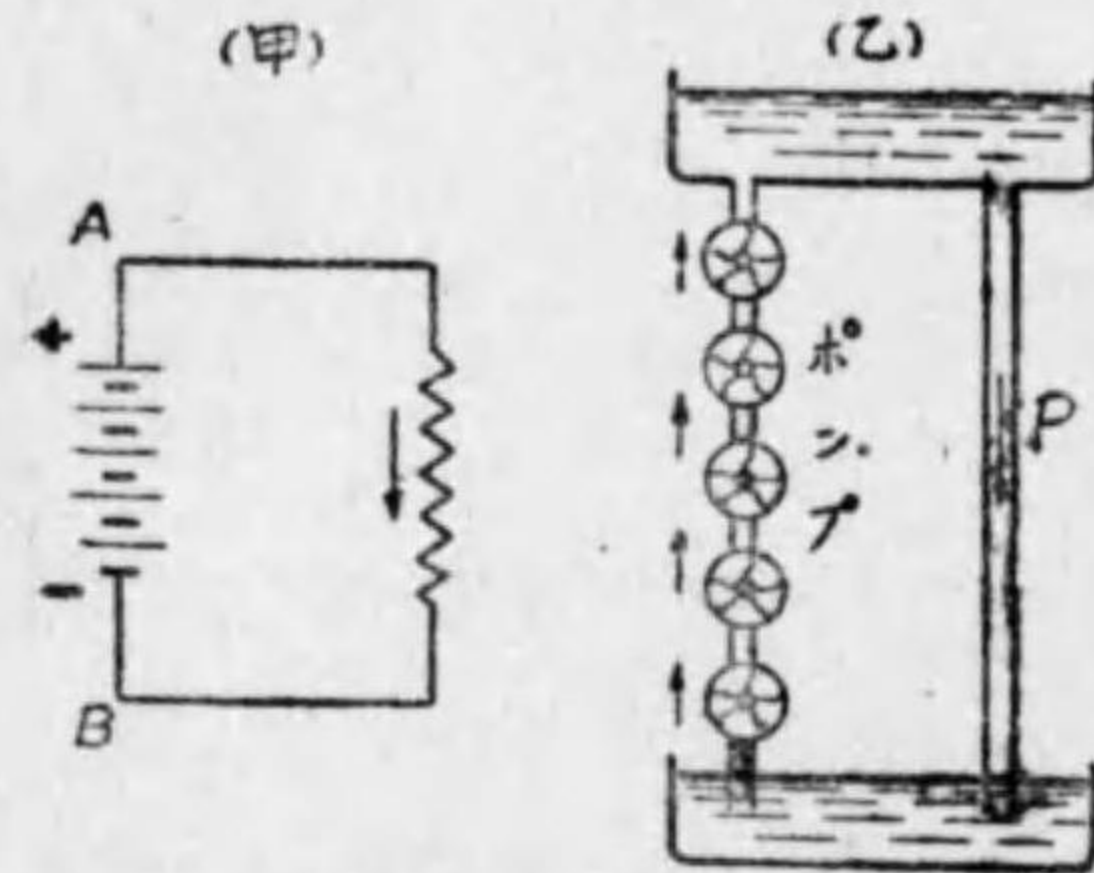
又第3—25圖のやうに、二つ以上の電池の陽極は陽極で、一つに纏めてつなぎ、陰極は陰極同志一纏めに接続する方法を、**並列接続**といふ。斯様に多くの電池を接続して、一組の電源としたものを**バッテリー (battery)**といふ事がある。

多くの電池を直列又は並列に接続した場合、その起電力や内部

抵抗が、どうなるかを考へて見よう。

第3—26圖の甲に示すやうに、5箇の電池を直列に接続したも

第3—26圖



電池を多数直列に接続した場合の圖とその喩へ

のがある。同圖乙に示すポンプの例で判るやうに、水を上げ得る高さは、ポンプ1箇を使ふよりも、5箇使つた方が遙かに増加する。5箇のポンプの水を押し上げる力が、次次に加はるからである。然し此の場合に管Pを通る水流も、各ポンプを通る

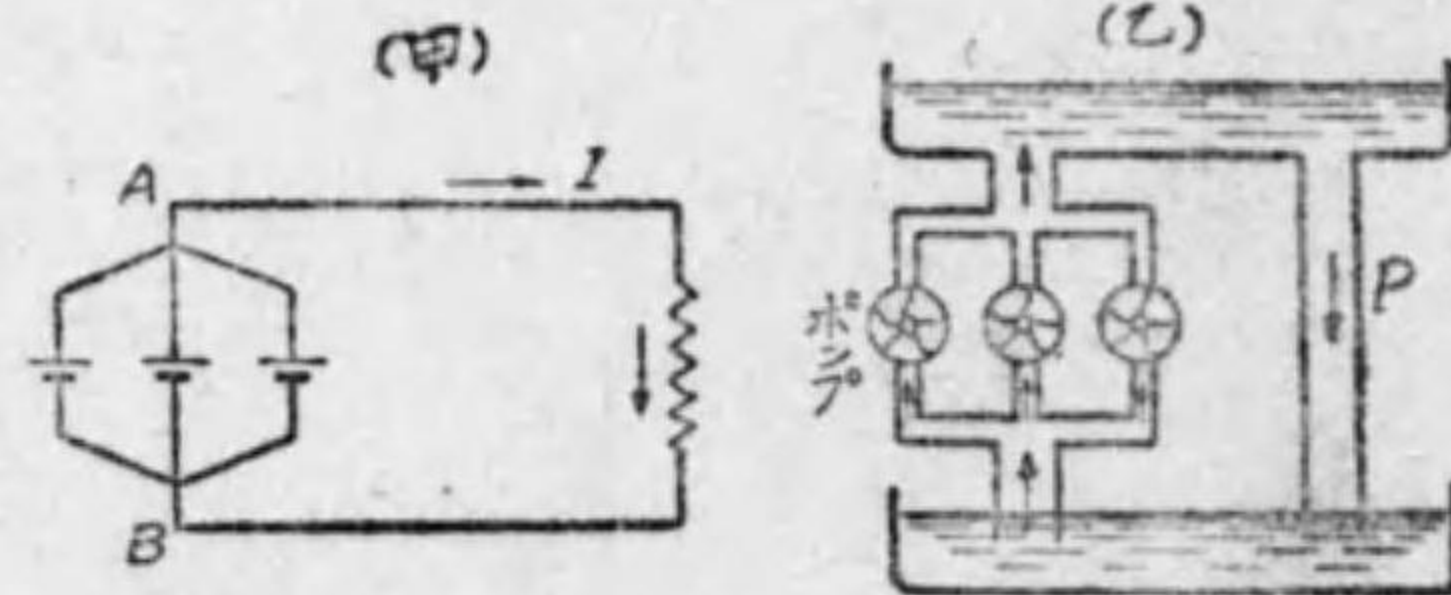
水流も同じである。之れと同様に甲の電路でも、各電池の起電力は互に加はる様になるから、AB間の起電力は、直列に接続された各電池の起電力の總和になる。

又此の場合には各電池の内部抵抗も、みな直列になつてゐるから、全體の内部抵抗は、各電池の内部抵抗の總和になる。

次に第3—27圖の

第3—27圖

甲に示すやうに、3箇の同じ電池を並列に接続したものとすると。これは水の場合に譬へると、



電池を並列に接続した場合の圖とその喩へ

同圖乙のやうにポンプがつながれてゐるものに相當する。水を壓

し上げ得る高さは、ポンプ1箇の場合と變りがない。然し各ポンプは別別の管でそれぞれ水を上げるから、管Pを通る水は、各ポンプを通つて流れる水の和になる。

之れと同様に甲に示す電路に於いても、AB間の起電力は、電池1箇の起電力に等しい。さうして各電池の内部抵抗は、並列になつてゐるから、電池1箇分の内部抵抗よりも少くなる。此の場合は3箇の電池の内部抵抗がみな等しいから、全體の内部抵抗は、1箇の内部抵抗の $\frac{1}{3}$ になる譯である。又電路の電流 I は各電池に等しく分流する。

電池を直列又は並列に接続する場合に、種類の違ふ電池は直列に使ふ事は出来るが、並列に使ふ事は出来ない。數箇の電池を並

第3—28圖



異なる電池を並列に使ふのは良くない事を説明する喩へ

列に使ふのは、たとへば數人の人が肩を並べて、物を負ふて運ぶやうなものである。背の高さが揃つてゐればよいが、非常に背の高い人や低い人が

ゐると、身長の高い人ばかりが荷を負つてしまひ、低い人は少しも荷を負はずに、却つて邪魔をするばかりである。

例題 19. 起電力1ヴォルト、内部抵抗0.5オームの電池10箇を直列にした場合の、全體の起電力及び内部抵抗を求めよ。

解 全起電力を E 、全内部抵抗を r とすれば、

$$E_0 = 1 \times 10 = 10 \text{ ヴォルト}$$

$$r = 0.5 \times 10 = 5 \text{ オーム}$$

例題 20. 起電力 1 ヴォルト，内部抵抗 0.3 オームの電池 5 箇を並列に接続した場合の全体の起電力及び内部抵抗を求む。

解 全起電力は 1 ヴォルト，全内部抵抗 $r = \frac{0.3}{5} = 0.06$ オーム

例題 21. 起電力 1.8 ヴォルト，内部抵抗 2 オームの電池 5 箇を並列に接続し，その両極間に 3.2 オームの抵抗ある導体を接続したなら，幾アンペアの電流が外部の電路に通ずるか。

解 電池の内部抵抗 $r = \frac{2}{5} = 0.4$ オーム

電路全体の抵抗 $R = 0.4 + 3.2 = 3.6$ オーム

起電力は 1.8 ヴォルトであるから，

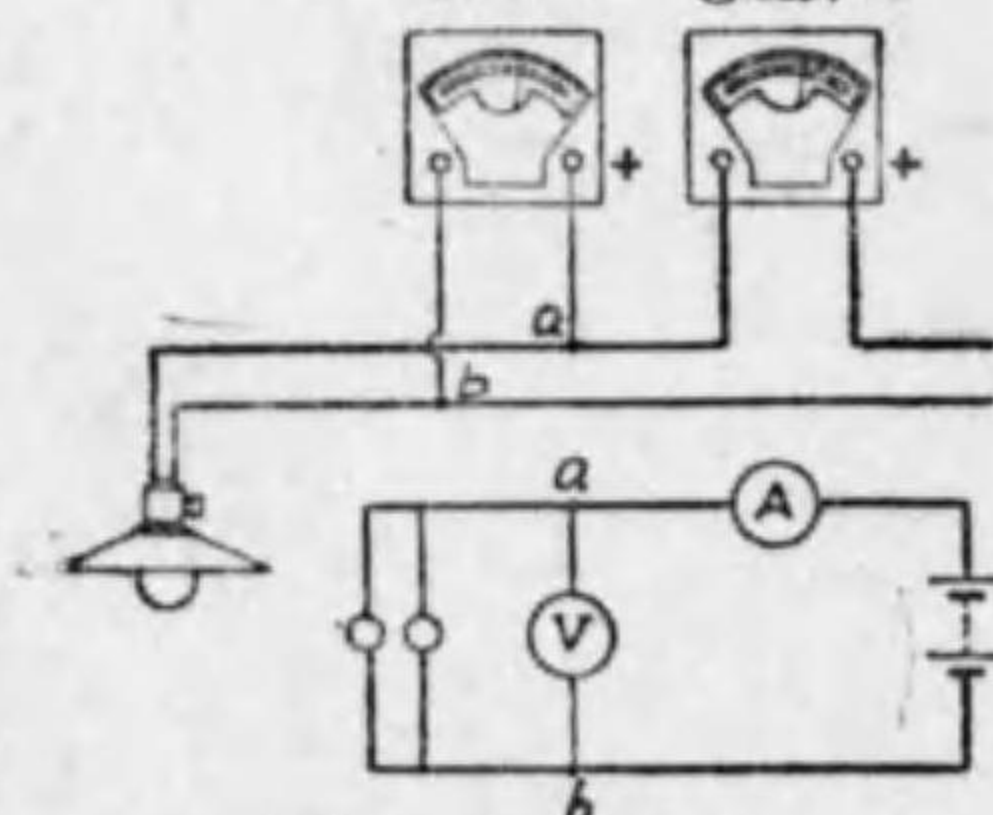
外部電路の電流 $I = \frac{1.8}{3.6} = 0.5$ アンペア

19. 電流計は直列に電圧計は分路に用ひる 電流を計

るには電流計 (ammeter) を，電圧を計るには電圧計 (volt meter)

第 3-29 圖

電圧計(V) 電流計(A)



電流計と電圧計との用ひ方

を用ひるのであるが，之れ等の計器を電路に接続するには，第 3-29 圖に示すやうにする。即ち電流計 (A) は，電流を測らうとする電路を開いて，其處に直列に接続する。さうすると，其の部分を通る電流が電流計を通り，その電流のアンペア数を，

電流計が目盛を指して示すのである。

電圧計 (V) は二點間の電圧を測るものであるから，圖のやうに測らうとする a, b の二點間に接続する。指針が矢張り目盛を指して，その電圧のヴォルト数を示すのである。此の圖に於いては電流計は，外部抵抗に通ずる電流を測り，電圧計は a b 間の電路と並列に即ち分路につながれて，此の二點間の電圧を測つてゐるのである。

第四章 電流の作用

1. 電流が通ると熱が出る 点火してある白熱電球に、手を觸れて見ると暖か味を感じる。これは纖維を電流が通つた爲めに、熱が出たからである。抵抗のあるものに電流が通ると、必ず熱が出る。どんな物でも多少の抵抗を有つてゐるものであるから、電流が通ると、多少に拘らず熱が出るものと思つてよろしい。此の熱を電熱と稱する。

電流の仕事をする能力即ちエネルギー (energy) の一部が熱となる。此の熱となるエネルギーを、ジュール (joule) といふ単位を用ひて J で表はせば次の式のやうになる。

$$J = I^2 R t \quad \text{ジュール}$$

1 ジュールといふのは、1 アムペアの電流が、1 オームの抵抗を通つた時に、1 秒間に熱となつて費される電氣の仕事の量で、 I は電流のアムペア數、 R は抵抗のオーム數、 t は時間の秒數である。

普通熱量の單位には、カロリー (calorie) を用ひるが、1 ジュールは約 0.24 カロリーに相當する。

上に述べた式から判るやうに、電流の値及び其の通る時間が同じならば、抵抗の多いもの程多量の熱を發生する。それだから、抵抗の多い線を作つて、これを種種の器具に他と絶縁して取付け、

電流を通じて多量の熱を生せしめて、電氣煖爐、電氣湯沸、電氣アイロン、電氣七輪其の他いろいろな電熱器 (electric heater) を作る事が出来る。

第 4-1 圖



電氣アイロンと電氣七輪

斯様に電流が通ると熱が出るから、若し電路に規定以上の電流が通するやうな事があると、電線が非常に熱せられて、火事になるやうな場合もある。それだから電路の要所要所には、^{フューズ}可熔片 (fuse) をつないで置いて、若し通る電流が一定以上になると、他

第 4-2 圖



可熔片

の部分の温度が昇らないうちに、フューズが熔けて電路を開くやうにしてある。フューズは蒼鉛と鉛と錫との合金で、低い温度で熔け易い性質がある。さうしてその太さに應じて、一定の値以下の電流には耐へるが、それ以上の値の電流が通ると、直ちにその熱の爲めに熔けて、身を犠牲にして電路を保護するのである。

例題 1. 500 オームの抵抗に、0.2 アムペアの電流を 4 時間通すると、幾ジュールの熱量になるか。

$$\text{解 } J = I^2 R t = (0.2)^2 \times 500 \times (4 \times 60 \times 60) = 288\,000 \text{ ジュール}$$

2. 電燈も要するに電熱を應用したものである 物を

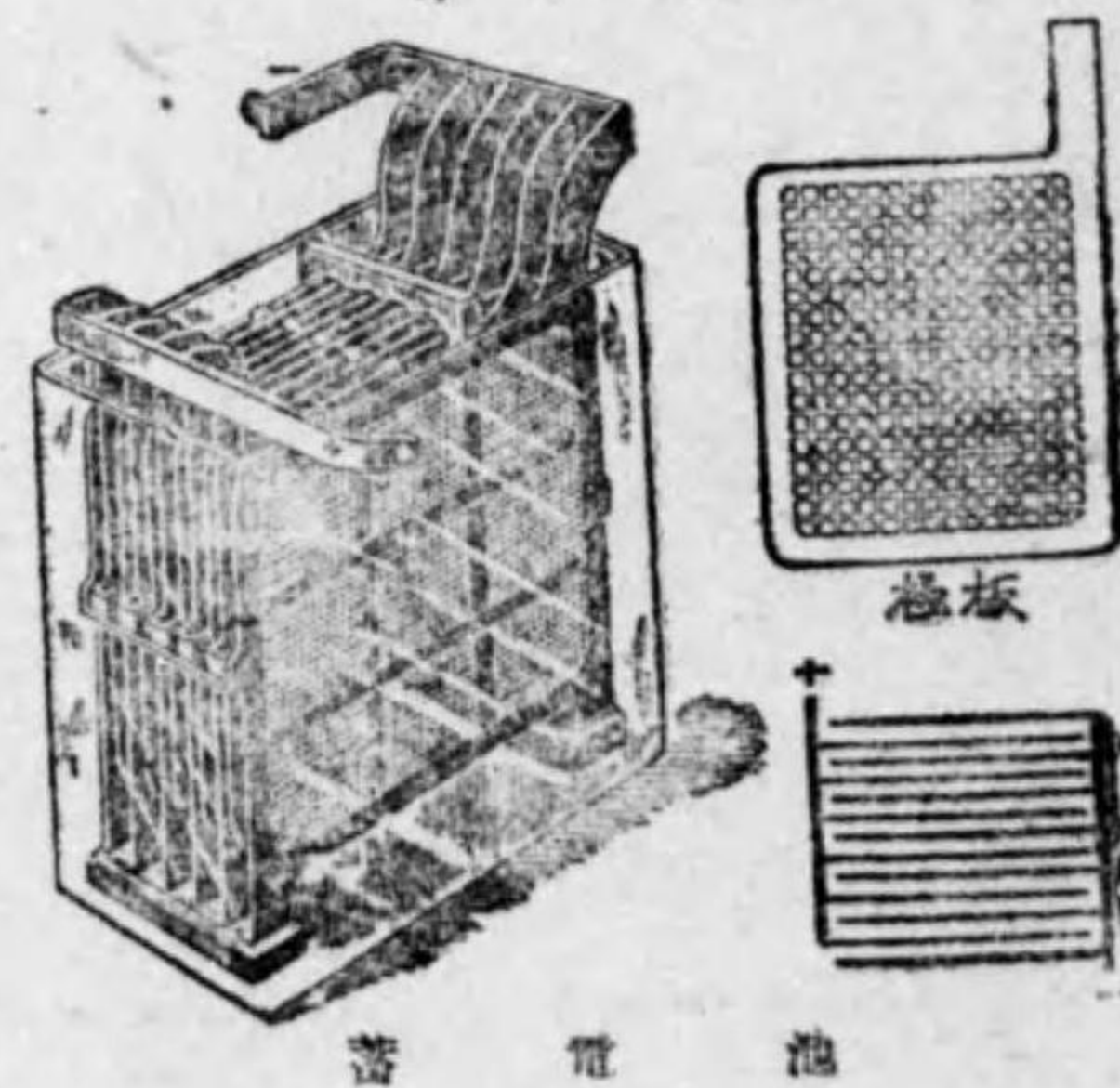
熱して次第に温度を高めて行くと、だんだん赤くなり、橙色になり、黄色になり、遂に白い光を出すやうになる。白熱電燈は此の理窟を應用したものである。

大きな電流の通つてゐる電路を、開閉器で開く場合に、青白い焰が出る。電車のポールが外れる時にも、電車線とトロリーとの間に青白い焰がつづく事がある。弧光燈は此の焰即ち電弧 (electric arc) を應用したものである。

電弧は非常に高い温度のものであるから、之を應用して金属を溶かして接ぎ合わせる事が出来る。電気熔接 (electric welding) といふのが夫れである。又電弧の熱を利用すると、熔け難い物を溶かしたり、或は高温度を必要とする化學變化を行はしめる事が出来る。斯様な事を行ふ装置を電気爐と云ふ。

3. 蓄電池は電気を蓄へるものである われわれが貯金

をして置いて、不時の費用を要する場合に、之を引き出して使ふやうにして置くと便利である。電気も餘り電力の要らない時に、發電機が一生懸命廻つて起電力を起してゐるやうな場合、これを蓄へて置いて、



澤山に電力の入要な時に、之を取り出して使ひ、發電機に苦勞をさせないやうにする事が出来ると工合が良い。蓄電池 (accumulator) は、其の爲めに工夫されたものである。

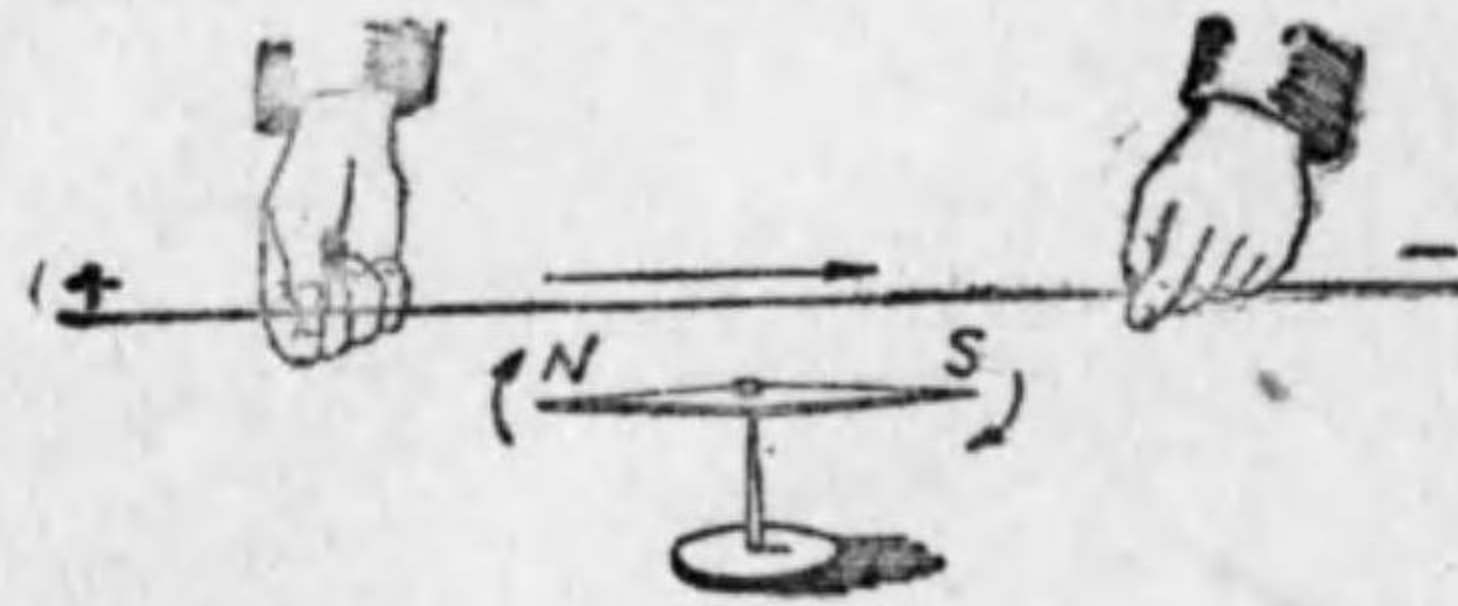
蓄電池は電流の化學的作用を應用したもので、いろいろな構造のものがあるが、最も普通に用ひられる鉛蓄電池は、硝子の箱の中に稀硫酸を入れ、その中に二つの鉛板を立てて、一方を陽極他方を陰極としたもの、或は多くの鉛板を交互に立て、一つ置きにつないで、その一方を陽極、他方を陰極としたものである。極板は格子形で多數の小さい孔があり、豫め一酸化鉛を稀硫酸で煉つたものを、その孔に充めてある。

蓄電池の兩極に電源の兩極をつないで電流を通すると、電流の作用で硫酸の電気分解が起り、電流を斷つと陰陽兩鉛板の極の間に起電力が生ずる。電流の入用な時には、蓄電池の兩極板の間に電路を接続すれば、電流を取り出すことができる。放電した蓄電池は又充電をすれば、何度でも使用する事が出来る。蓄電池は潛水艇や電気自動車、蓄電池電気機關車、列車點燈その他、なかなか廣く用ひられてゐる。

4. 電流が通ると其の周圍に磁線が出来る

一つの磁針の上の方に、磁針と平行になるやうに電線を置き、其の電線に直流を通すると、磁針は必ず第 4-4 圖に示す矢の方向に動いて、電線と丁度十文字になる。電線を通る電流を斷つと、磁針は元の

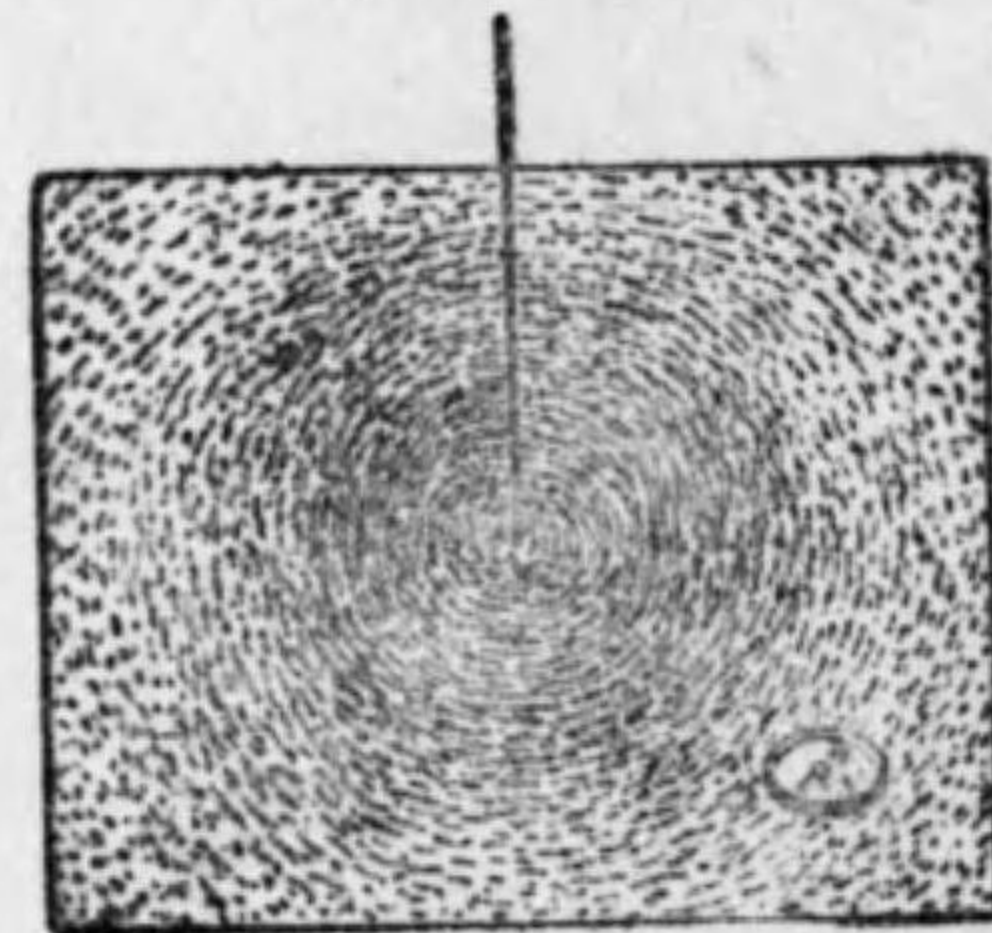
第 4-4 圖



磁針の上に電流の通つてゐる電線を持つて来た所
用 (magnetic action) を有するものである事が、此の實驗で確か
められた。

又厚い紙の中央に穴を明け、其の穴に電線を真直ぐに通し、其
の電線に電流を通じて置いて、
紙の面に鐵粉を撒いて、之れを
軽く叩くと、第 4-5 圖に示す
やうに、電線を中心として其の
周圍に 同心圓狀に鐵粉が配列
される。之れに依つて電線に電
流が通すると、其の周圍が磁界
となつて、磁線が出来ると云ふ
事がわかる。

第 4-5 圖



電流に依つて生ずる磁界

5. 電流及び磁線の方向は右ネジの例でよく判る

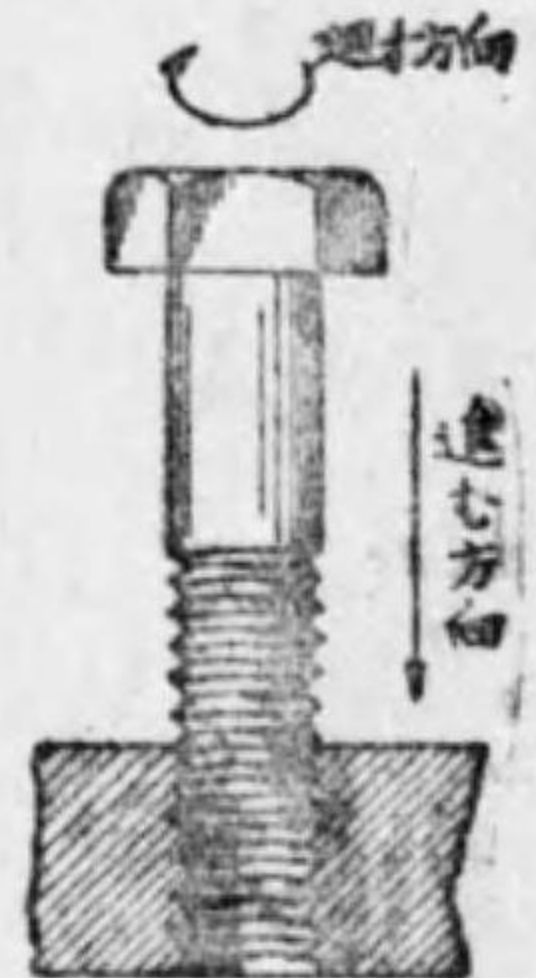
電流にも磁線にも方向がある。電流の方向と磁線の方向とは、
どんな關係になつてゐるかを次に述べよう。製圖で學ばれたやう

南北の位置に戻る。
之れは西曆 1819 年
に丁抹のエアルス
テッドが、實驗に依つ
て発見したことであ
つて、電流は磁氣作

に、普通使用するボルトや木ネジなどは、右ネ
ジと云つて、時計の針の廻る方向と同じ方向へ
廻すと、物へ捻ぢ込む事が出来る。

電流と磁線との方向は、丁度此の右ネジの進
む方向と廻る方向とで表はされる。第 4-6 圖
に示すやうに、電流の方向を右ネジの進む方向
にとると、此の場合に生ずる磁線の方向は、此
のネジを捻ぢ込む時に廻す方向と同じになる。
之れを右ネジの規則と云つてゐる。

第 4-6 圖

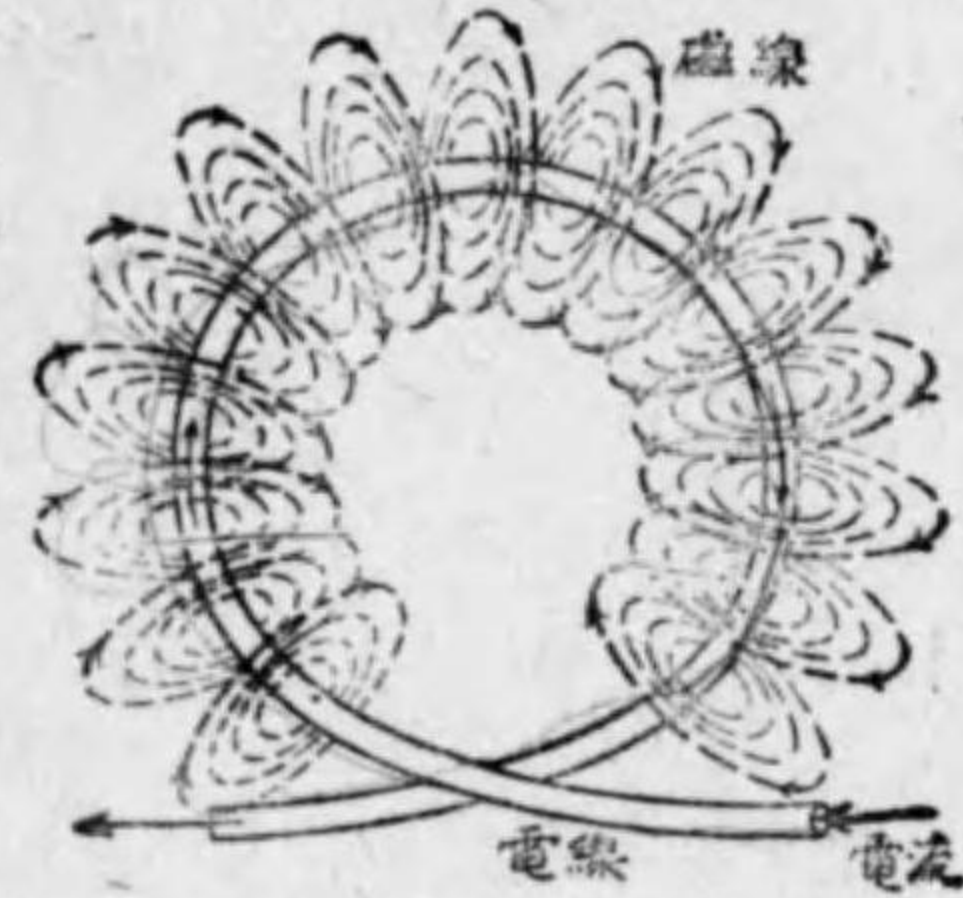
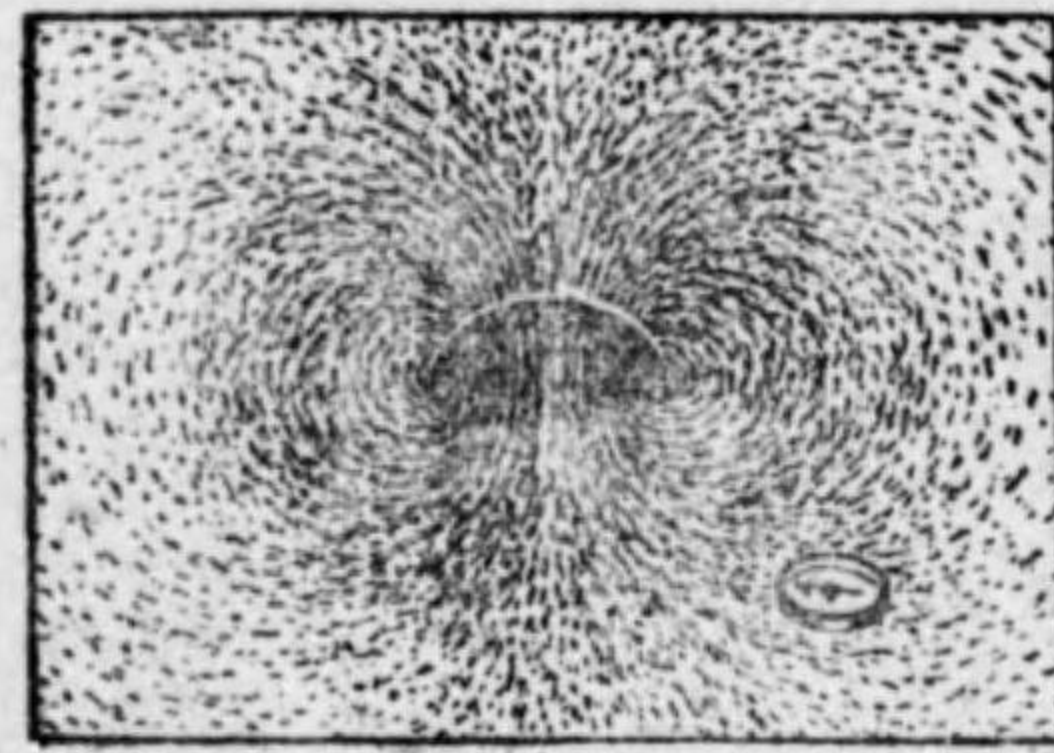


針金を圓形に曲げて、之れに電流を通して、
その周圍に矢張り右ネジの規則に従つて磁線が
出来る。即ち第 4-7 圖のやうに曲げた針金に、實線の矢印で示
した方向に電流を通すると、點線で示すやうな磁線が出来

る。従つて針金をグルグル何回も螺旋狀に曲げた線輪に、第 4-8
圖に示すやうな方向に電流を通すると、針金の一卷き毎に生ずる
磁線が、皆同じ方向になるから、重なり合つて恰かも一つの磁石
によつて生ずる磁線のやうになる。此の場合には電流の方向は、
右ネジの廻る方向、磁線の方向は右ネジの進む方向と考へればよ
く判る。

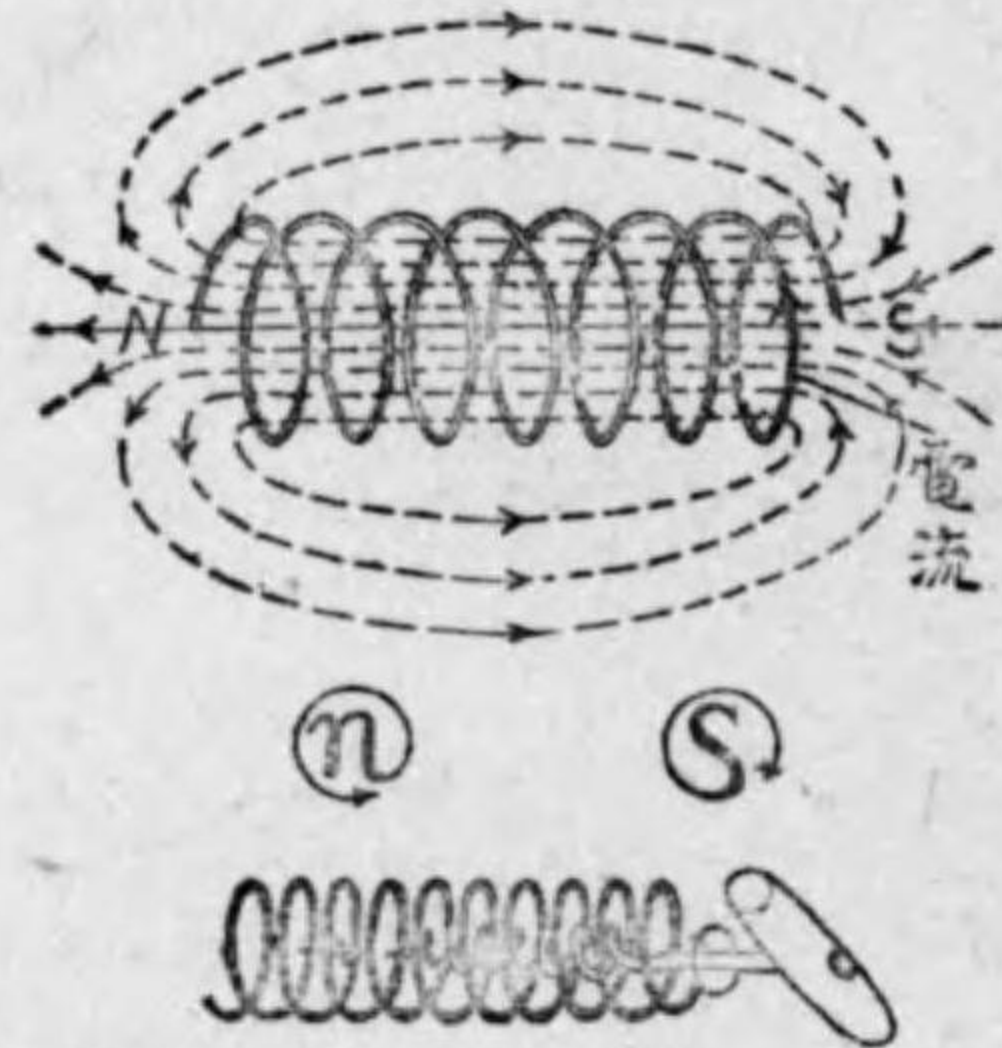
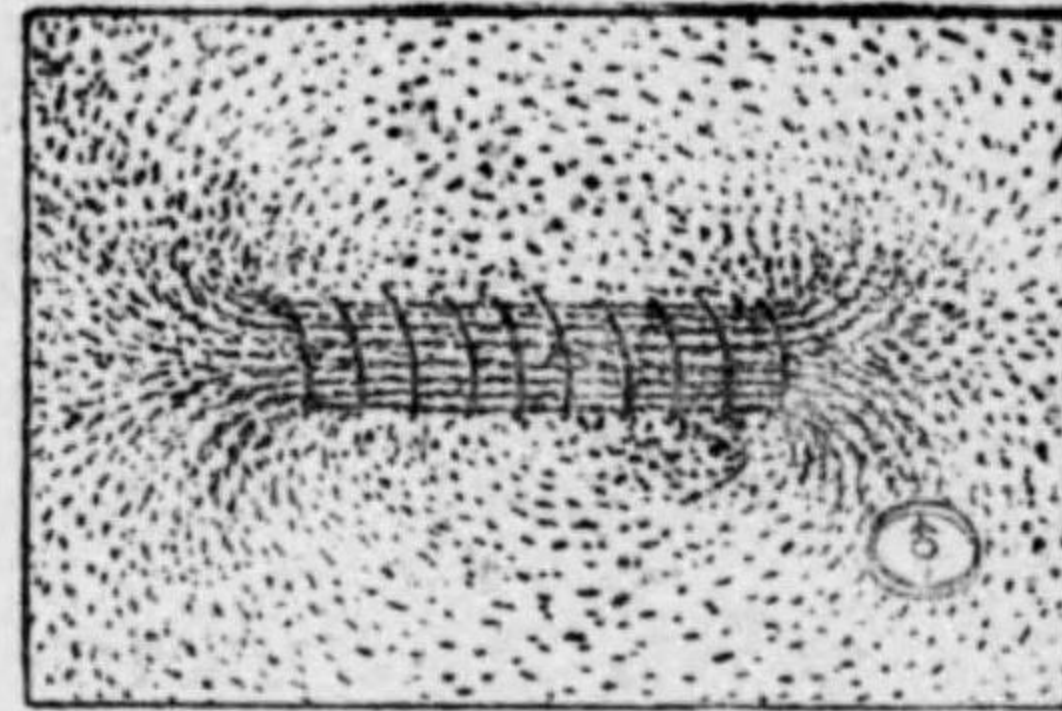
第 4-8 圖のやうに電流の通つてゐる線輪を、一つの磁石と考
へると、磁線が線輪から出て行く出口、即ち線輪の左の方が N
極で、磁線の入口即ち線輪の右の方が S 極になる譯である。

第 4-7 圖



圓形に曲げた電線に生ずる磁界

第 4-8 圖



線輪によって生ずる磁線の方向

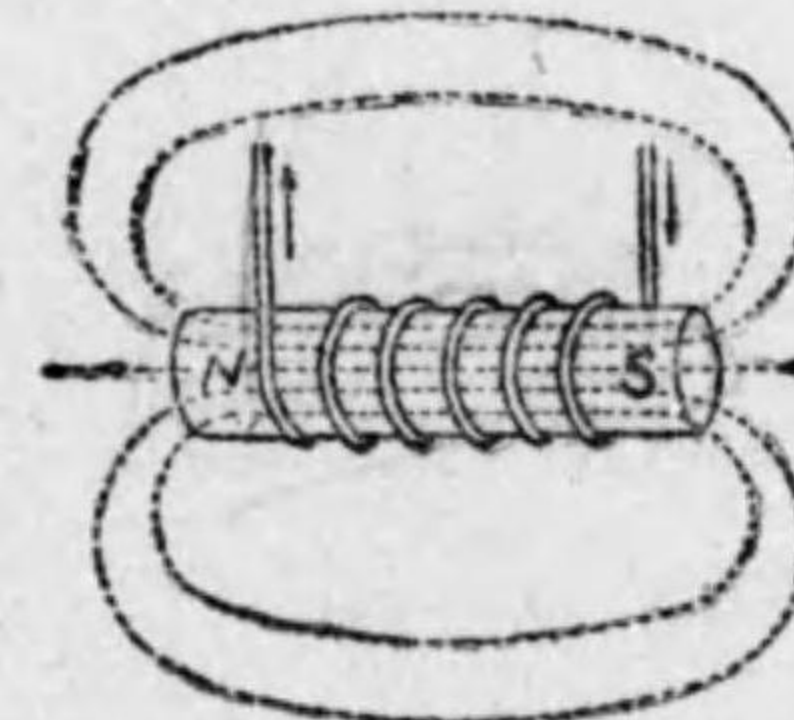
6. 線輪の起磁力は電流と巻数とに關係する 線輪に電流を通すと磁線が出来て、一つの磁石のやうな働きをするが、此の場合の磁力の強さは、線輪の巻数が多ければ多い程、又線輪を通る電流が大なれば大なる程強くなる。即ち磁力は線輪の巻数と電流との積に比例する。磁線を生じて磁力を起す原因を起磁力 (magnetomotive force) と云ひ、電流のアンペア数と線輪の巻いてある回数との積を、**アンペア回数 (ampere-turns)** と云ふ。故

に起磁力はアンペア回数に比例すると云ふ事が出来る。従つて線輪の起磁力は、實用上アンペア回数を單位として表はすことが出来る。

例へば 100 回巻いてある線輪に、2 アンペアの電流が通する時は、その起磁力は $2 \times 100 = 200$ アンペア回数である。

7. 鐵心を入れると線輪の磁力が強くなる 第 4-9 圖

第 4-9 圖



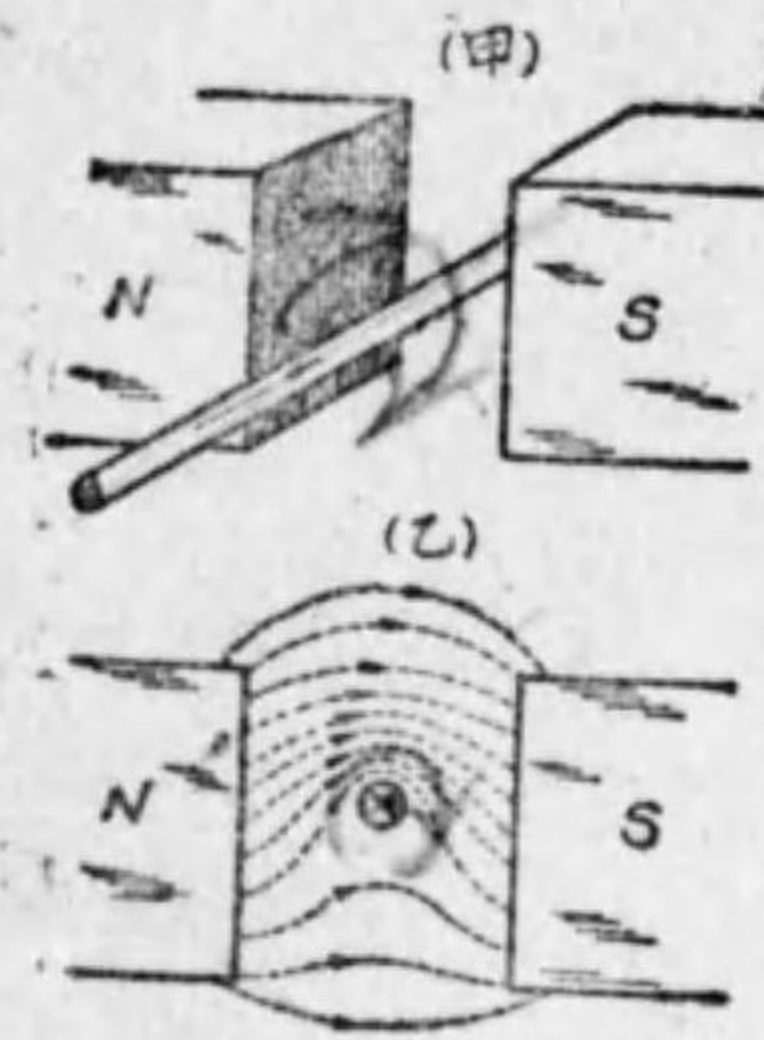
線輪内に鐵心を入れた場合

に示すやうに、絶縁した線輪の内部に軟鐵の心を入れて、線輪に電流を通すと、鐵の心を入れない場合に比べて、非常に磁力が強くなる。これは鐵が磁化されて強い磁石となるからである。さうして此の場合に出来る磁極は、磁線の入口が S 極、磁線の出口が N 極で

ある。線輪を通る電流を断つと、鐵は磁氣を殆んど失つて僅かの残留磁氣のみとなる。之れが電磁石であつて、電鈴、電信、電話を始め、いろいろなものに應用されてゐる。

8. 磁線と電流との間には力が作用する 磁石の N と S とを向ひ合せて置き、その間の磁界内に第 4-10 圖のやうに真直ぐな電線を置き、之れに圖に示す方向に電流を通すと、電線は下の方へ押し下げられる。此の場合に、磁石の間の磁線と、電線の周圍に生ずる磁線とは、電線の上の方に於いては方向が同じ

第4-10圖



磁線と電流との相互の作用

になり、電線の下の方では方向が反対になるから、電線の上方は磁線が密となり、下方は打消し合つて粗となる。さうして磁線が縮まうとするために、電線を下の方へ押しさげる力が作用するのである。

此の磁線と電流との相互の間に作用する力を、**電磁力** (electromagnetic force) と稱する。此の作用を應用すると、電氣のエネルギーを機械的のエネルギーに變

へる事が出来る。電動機が廻るのも此の理窟に依るのである。

斯様に電流と磁線との間には力が作用するから、電流の通じてゐる二本の電線が並んでゐる場合にも、その間に力が働く譯である。同じ方向に電流の通つてゐる二つの電線の間には、吸引力が働き、反対の方向に電流の通つてゐる二つの電線の間には、互に反撥する力が生ずるものである。此の電流と電流との間に力が作用することを、**電流力作用**と云ふ。いろいろな計器は、**電磁力**や**電流力**の作用を應用して作られる。

第五章 電力量と電力

1. 電氣の仕事の量はジュール又はワット時で計る

電氣はいろいろの仕事をする。即ち電流はエネルギーを持つてゐるのである。電流のなす仕事の量を電力量と稱する。電力量の単位にはジュール或はワット時、キロワット時等が用ひられる。1ワット時は3600ジュールに當るから、1キロワット時は3600000ジュールに相當する。

われわれの家庭に於いて、電燈其の他のものに要する電力量を測るには、積算電力計を用ひてゐる。さうして此の計器の指示する単位には、キロワット時を使用してゐる。

例題 1. 或る 16 燭の白熱電燈に 100 ヴォルトの電壓を與へると、0.2 アムペアの電流が通ずる。此の電球を 100 ヴォルトの電壓で毎日 5 時間づつ 30 日間點火した場合には、其の電力量は幾何となるか。

解 電力量 = 電力 × 時 = 電壓 × 電流 × 時であるから、一日即ち 5 時間に要する電力量は、

$$100 \times 0.2 \times 5 = 100 \text{ ワット時}$$

故に 30 日間の電力量は $100 \times 30 = 3000$ ワット時

1000 ワット時が 1 キロワット時であるから、3000 ワット時は

$$\frac{3000}{1000} = 3 \text{ キロワット時} \quad \text{答 3 キロワット時}$$

例題 2. 前の例題に於ける5時間分の電力量をジュールで表はせ。

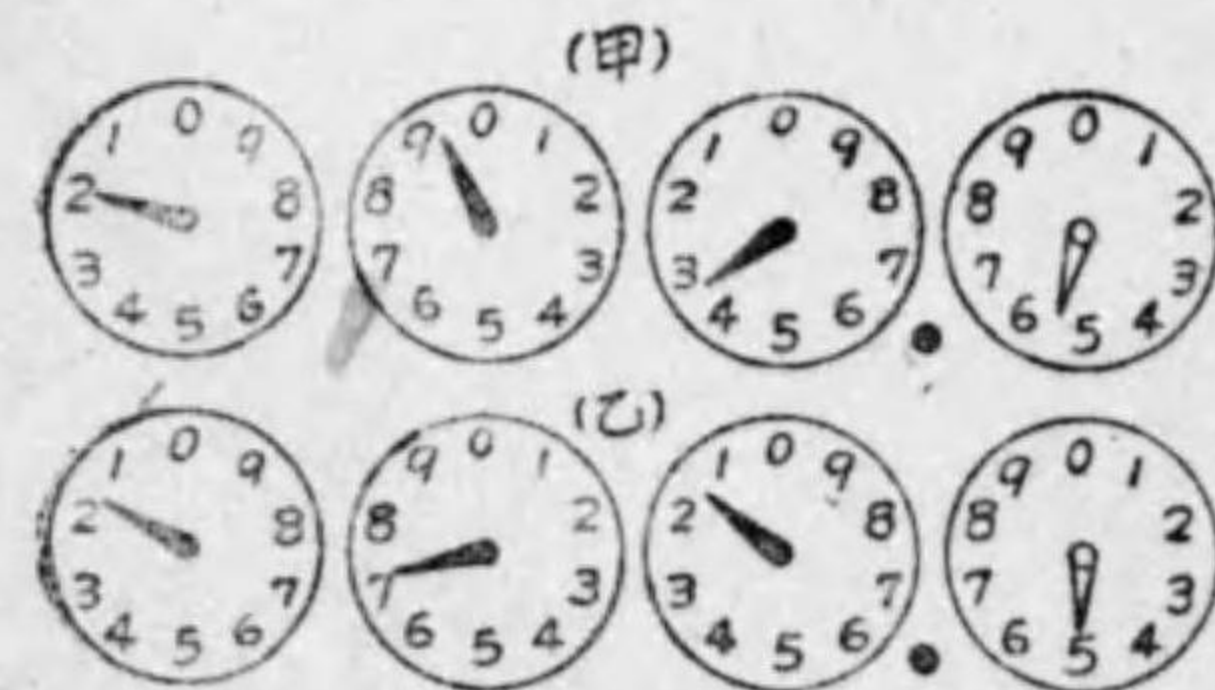
解 $J = I^2 R t = E I t$ ジュールで、 t は秒で表はされた時間であるから、

$$100 \times 0.2 \times (5 \times 60 \times 60) = 360\,000 \text{ ジュール}$$

2. 電気料金は電力量を基として計算する 電気料金の制度には、俗に月極めと稱する定額制と、俗にメートル制と稱する従量制とがある。定額制と云ふのは一定の大きさの電球を、一燈一ヶ月何程と定めて、點燈してもしなくても毎月其の一定の料金を支拂ふものである。それだから例令僅かの時間でも、規定以上の大きな電球を使つたりすると、電氣を擅用即ち盗用した事になる。従量制では自由に何燭、何ワットの電球をつけても關はない。一定の期間に使用した電力量を計器で測つて、それに従つて料金を支拂へばよいのである。

或る月末に檢針した際、積算電力計の讀みが193.5 キロワット時で、其の前月末の讀みが、

第5-1圖



171.5 キロワット時であつたとすれば、此の一ヶ月間に要した電力量は、 $193.5 - 171.5 = 22$ キロワット時である。

或る月の指針(甲)と其の前月の指針(乙) 若し電気料金が1キロワット

時につき14錢であるとせば、此の場合の一ヶ月の料金は $0.14 \times 22 = 3.08$ 圓となる譯である。

然し實際に於いては従量制の料金は、使用した電力量の多い程、割合が安くなるやうにしてある。これは會社によつて異なるが、例へば、

一ヶ月一燈に付最初の 1 kWh (基とも書く)	16 錢
“ 次 の 1 kWh	14 錢
“ 其の次の 1 kWh	10 錢

上の様に次第に電力代が遞減される。又屋内の布線が電燈會社のものであると、其の貸付損料として一燈に付5錢位の割合で、毎月料金に加算し、計器も會社で取附けたものは、其の大きさに應じて毎月貸付料をとる。

例題 3. 電燈 10 燈を取附けた従量制の需要家がある。料金が最初の使用燈數に等しきキロワット時は 16 錢、次は 14 錢、其の次は 10 錢とすれば、15 キロワット時及び 23 キロワット時の電力量を使用せる場合の各料金を求む。

解 15 kWh を使用せる場合は

$$(0.16 \times 10) + 0.14 \times (15 - 10) = 2.30 \text{ 圓}$$

23 kWh を使用せる場合は

$$(0.16 \times 10) + (0.14 \times 10) + 0.10 \times (23 - 20) = 3.30 \text{ 圓}$$

例題 4. 電燈 4 燈が従量制で、1 燈が定額制の需要家がある。従量制は例題 1 と同様に料金が遞減され、定額制は 1 燈 40 錢で

ある。外に計器貸付料 20 銭，布線貸付料 1 燈に付 5 銭とすれば，9 キロワット時を使用せる場合に支拂ふべき料金は幾何となるか。

解 従量制 4 燈分の料金は

$$0.16 \times 4 + 0.14 \times 4 + 0.10 \times 1 = 0.64 + 0.56 + 0.10 = 1.30 \text{ 圓}$$

布線貸付料 5 燈分は $0.05 \times 5 = 0.25$ 圓

之れに定額制 1 燈分 0.40 圓と，計器の貸付料 0.20 圓を加算すると，料金の総額は次の様になる。

$$1.30 + 0.25 + 0.40 + 0.20 = 2.15 \text{ 圓}$$

3. 一馬力は 0.746 キロワットに相當する 仕事の速さをパワーと云ふ事は，既に前篇に於いて述べた。電氣のパワー即ち電力と電力量との間には，次のやうな關係がある。

$$\text{電力} = \frac{\text{電力量}}{\text{時間}}$$

即ちパワーは單位時間に爲される仕事であつて，工率とも云はれ，ワット又はキロワットといふ單位で表はされる。尙從來機械的のパワーの單位として，馬力 (horse power) といふものも用ひられて來た。1 馬力は 0.746 キロワットに相當する。

例題 5. 或る電熱器に 200 ヴォルトの電壓を與へたら，15 アンペアの電流が通つた。此の電熱器の電力は幾何か。

解 電力 $P = EI$ であるから，

$$200 \times 15 = 3000 \text{ ワット} = 3 \text{ キロワット}$$

例題 6. 抵抗 $R = 500$ オームのものに，電流 $I = 0.2$ アンペアを通じた時，その電力は幾ワットであるか。

解 $P = EI = IR \times I = I^2 R$ であるから

$$P = 0.2 \times 500 \times 0.2 \text{ 又は } P = (0.2)^2 \times 500 \text{ を計算して } 20$$

ワットと云ふ答が得られる。

例題 7. 東京電燈株式會社の入ッ澤發電所には 12500 馬力の水車が 6 台ある。此の水車全體のパワーは何キロワットであるか。

解 12500 馬力をキロワットに直せば

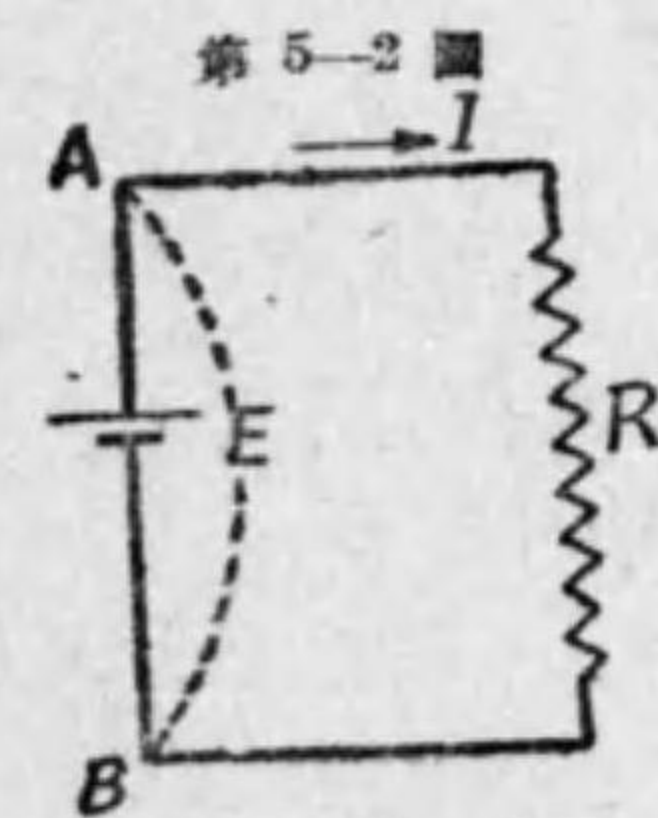
$$0.746 \times 12500 = 9325 \text{ キロワット}$$

9325 キロワットの水車が 6 台あるから合計は

$$9325 \times 6 = 55950 \text{ キロワット}$$

4. 入力に對する出力の比を能率と稱する 或る電池

の兩端子に， R オームの抵抗を接続した時電流 I アンペアが通じたとすれば，電源の兩端子 AB 間の電壓 E は， IR ヴォルトであつて，外部へ供給される電力 P は $I^2 R$ ワットである。電池



電池の出力の説明

には内部抵抗があるから，之れを r オームとすれば，内部抵抗の爲めに費される電力は， $I^2 r$ ワットである。従つて電池の發生する電力 P_0 は， $I^2 R$ ワットと $I^2 r$ ワットとの和である。

電池の兩端子間の電壓 E を，端子電壓

(terminal voltage) といふ。電池から外部へ供給する電力は、端子電圧 E と電流 I との積であつて、此の電力を電池の出力(output) と稱する。電池の出力を P ワット、電池の内部抵抗によつて費される電力を P_1 ワットであるとすれば、電池の発生電力 $P_0 = P + P_1$ であつて、出力は必ず、発生電力よりも、その内部抵抗によつて費される電力だけ、少くなるものである。さうして P_1 ワットは電源の内部で無益に費される。

電源が発電機のやうなものであると、発電機は他の機械からエネルギーを受け、之れを電気のエネルギーに変へて、電線で外部へ送るから、発電機の内部抵抗ばかりでなく、回転する部分の摩擦や、空気の抵抗などによつて、無益に費されるパワーもある。水車や蒸気タービン等から、発電機に與へられるパワーを、入力(input) と稱する。入力に対する出力の比を、発電機の能率(efficiency) といふ。即ち

$$\text{能率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}}$$

此の能率は1よりも小さい數で、普通パーセント(%) 即ち百分率で表はされる。発電機に限らず總べての機械の能率は、その機械の入力に対する出力の比で表はすものである。機械を運轉する爲めに、無益に費されるパワーの全部を總損失と云ふ。従つて此の場合の入力は 出力+總損失であつて、出力は 入力-總損失である。

例題 8. 出力 85 キロワットの発電機がある。總損失が9キ

ロワットであるとせば、此の時の発電機の入力及び能率は何程か。

解 入力=出力+總損失=85+9=94 キロワット

$$\text{能率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} = \frac{85}{94} = 0.904$$

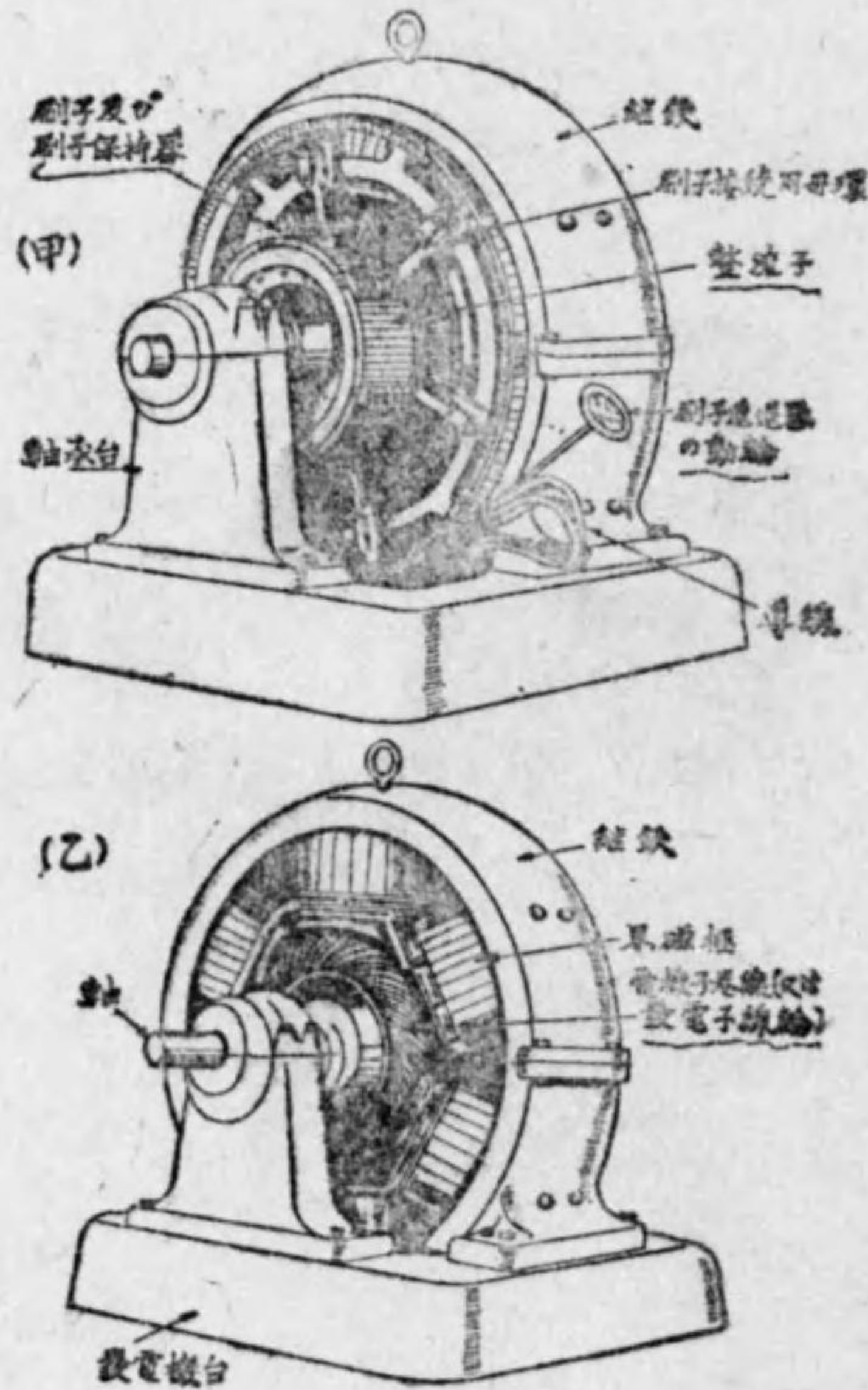
百分率で表はせば $0.904 \times 100 = 90.4\%$

第六章 直流発電機と電動機

1. 発電機は起電力を起すものである 発電機(electric generator)は電池のやうに起電力を起すものである。電池は極く簡便に、小さい起電力を起すのに用ひられるものであるが、発電機は大仕掛に大きな起電力を得る爲めに用ひられるものである。

発電機に起電力を起させるには、原動機(prime mover)を用ひて、之を回轉させなければならない。原動機としては水力発電所では水車、汽力発電所では蒸汽タービン、蒸汽機関等が用ひられ

第 6-1 圖



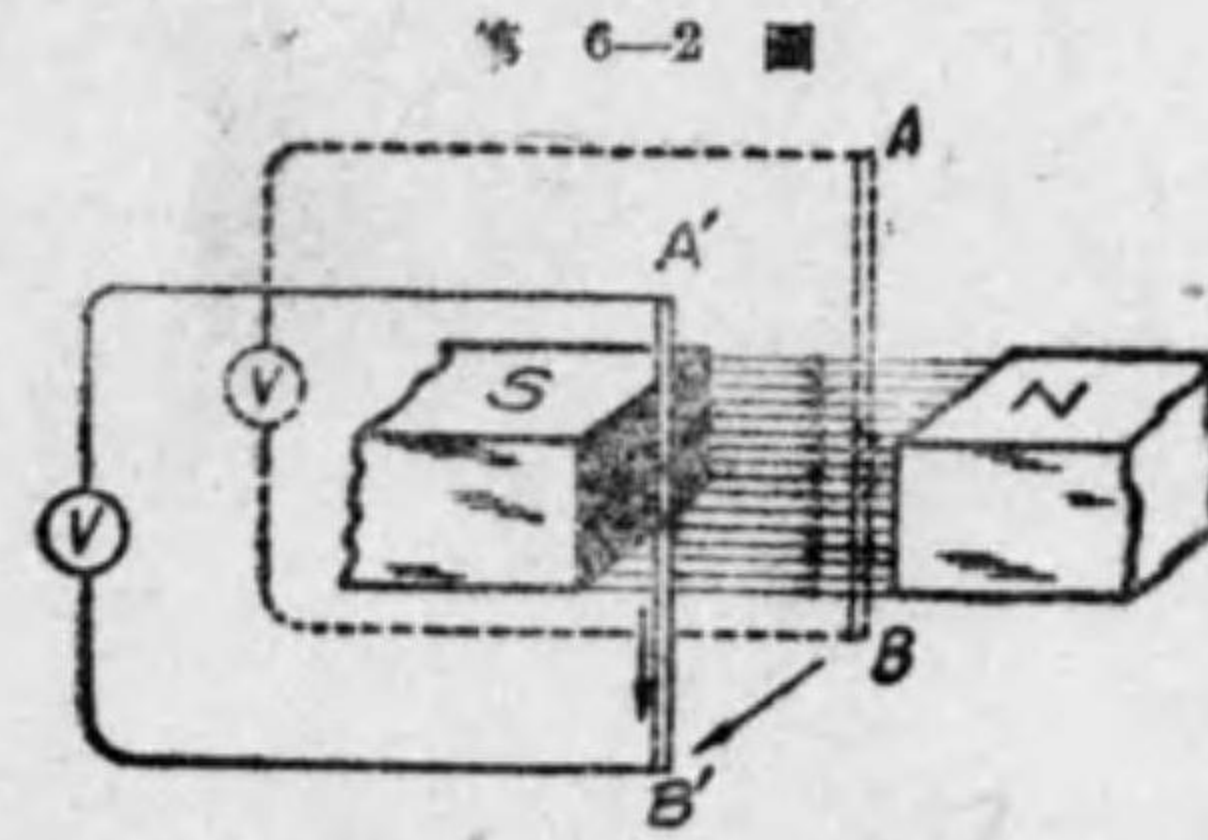
直流発電機

る。発電機には直流を起す直流発電機 (direct-current generator or dynamo) と、交流を起す交流発電機 (alternating-current generator or alternator) とがある。

第 6-1 圖は直流発電機の圖で、甲は其の前面、乙は背面を示すものである。此の圖に依つて、先づ主なる部分の名稱を記憶して貰ひ度い。発電機は之れを原動機で廻してやる必要がある。従つて発電機には、回轉する部分と動かない部分とがある。

動く部分は、原動機によつて廻される軸 (shaft) と、軸に固定されてゐる電機子又は發電子 (armature) 及び整流子 (commutator) である。動かない部分は、外側の圓い枠即ち軛鐵 (yoke) と、其の内側に固定されてゐる磁極 (magnetic pole), 軸を支へる軸承 (bearing), 整流子から導線へ電流を取出す仲介をする刷子 (brush) 等である。之れ等のもの全體が發電機台の上に支へられてゐる。

2. 導體が磁線を截ると起電力が起る 第 6-2 圖のやうに磁極 N と S とを向ひ合せて置き、その間の磁界内で一本の電線を、圖に點線で示した A B の位置から、實線で示した A' B' の位置まで動かして、此の電線で磁線を截ると、電線の



うに磁極 N と S とを向ひ合せて置き、その間の磁界内で一本の電線を、圖に點線で示した A B の位置から、實線で示した A' B' の位置まで動かして、此の電線で磁線を截ると、電線の

両端に接続された電圧計 V の指針が動いて、電線に起電力の起つた事が示される。さうして此の起電力の爲めに電線に電流が通ずる。此の電流を誘導電流と云ふ。

斯様に導體が磁線を截ると、その截つてゐる間は常に導體に起電力が生じ、従つて電流が通ずる。之れがファラデーの發見した重要な事柄で、電磁誘導 (electromagnetic induction) の作用と云つてゐる。發電機はこの電磁誘導作用の原理によつて、起電力を起す機械である。

3. 起電力の方向は右手三指の規則でわかる 導體が

磁線と截り合つてゐる間は、導體に起電力が誘導されるが、其の起電力の方向は、磁線の方向と導體を動かす方向とによつて違つてくる。例へば前節の第 6-2 圖のやうな場合には、起電力及び此の起電力に依つて通ずる電流の方向は、電線の A' から B' の方向に向ふ。此の磁線の方向と、導體を動かす方向と、導體に生ずる起電力の方向との關係に就て、フレミングと云ふ人が、右手三指の規則と稱する便利なものを考へた。



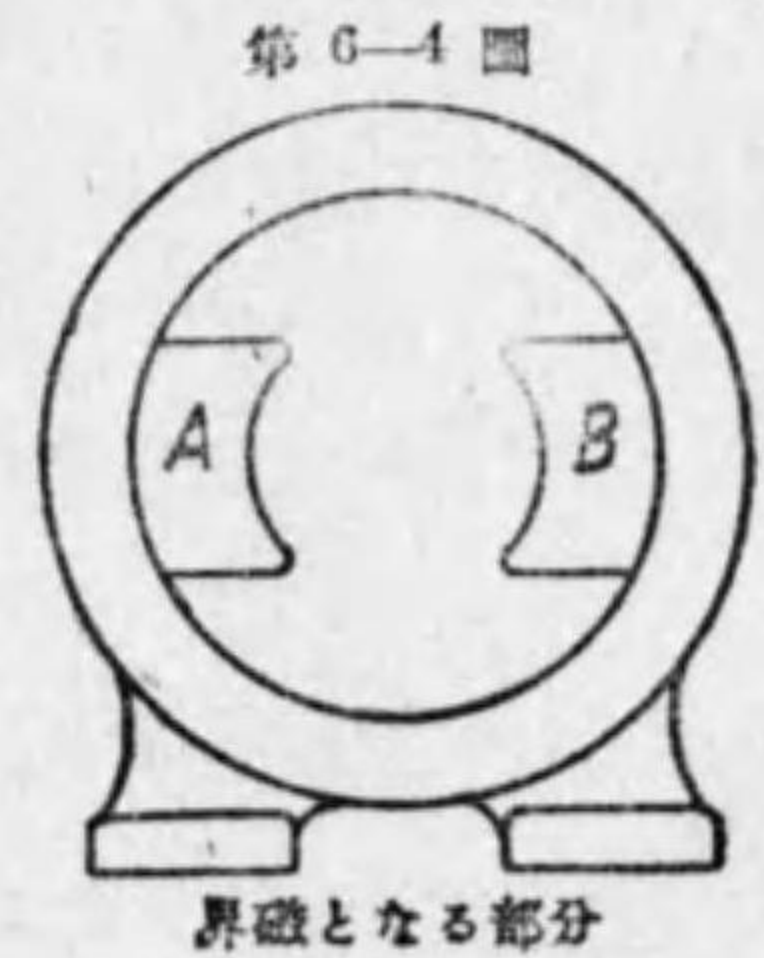
それは第 6-3 圖に示す様に、右手のオヤウビ 拇指と ウチサシユビ 食指と ミナカユビ 中指とを、互に直角になる様に充分に開き、拇指の指す方向を導體を動かす

方向と一致させ、食指を磁線の方向に向けると、起電力の方向は中指の指す方向になると云ふのである。之れは大事な規則だから忘れない様にして貰ひ度い。右手を出すには出したが、どの指が何を表はすのか忘れて了つては困る。食指はシ、クシだから食事と考へ、食ジだからジ線を表はし、中指は長いから電線と考へ、導體を電流のナカれる方向、即ち起電力の方向を表はすものとし、拇指は強い指だから導體を動かす方向を示すといふ様な工合に、自分で記憶法を考案して、憶え易い様に工夫すると便利である。

4. 界磁は磁線を作る部分である 發電機は電磁誘導の

作用を應用して、導體に起電力を起すものである。従つて磁線を澤山作る仕掛けと、磁線のある場所で導體を動かす装置とが、その重要な部分である。磁線を作るには耐久磁石でもよい譯であるが、耐久磁石では磁性が弱くて、多くの磁線が出ない上に價額もかさ 嵩むから、極く小さな發電機の外は用

ひない。普通の大きな發電機には、安價に澤山の磁線を作る事の出来る電磁石を用ひる。



磁線を作り出す所を界磁

