

のとする。囊には何處にも破損のない事は勿論である。この大きな細胞を純粹な鐵鹽の溶液の中に入れると直ぐに囊中の液は灰色となり次いで黒色と變ずる。この結果に依つて、鐵鹽は囊を通して模型の細胞の中に浸入し、タンニン酸を黒くする事が分る。又、タンニンは囊の外の液中に浸出する事が出来ない事も明かである。即ちこれは一方の側だけの作用であつて、鐵鹽がすべて膠狀の囊の中に這入つて了ふまで、この反應は續くのである。

細胞の活動

次に植物の根のこの活動を實際に驗べて見やう。細胞が土中から鹽類を吸ひ取り、細胞内に化學的變化を起すと、其の變化は細胞の壁から外へは再び返る事が出来ない。故に必然的に細胞の中には物質が蓄積されて細胞は大きくなる。そして之が最大限の大きさに達すれば二つに分裂する。そして兩部分とも獨立した細胞となり、又成長し、分裂する。この細胞の作用は根の部分に限られたものではない。植物の綠色の部分形成する細胞は大氣に曝されて、炭酸瓦斯を吸ひ取り、炭酸瓦斯は細胞中に入れば、其の中の水と化合して水酸化炭素を作り、段々と

蓄積されて来る。即ち植物細胞は入るには易いが、決して出る事の出来ない見たいなものである。そして此の作用が根や綠の部分に起る事は既に研究した通りであるが、綠の部分に於ては、葉が廣い仕事場となり、精巧な器械に依つて大氣から炭酸瓦斯を吸収する事を實際に知る事が出来る。

種子の生長

裸出の土器の上や、濕氣のあるフェルトの上に生えるタガラシの種子を見ては、鹽類を含む土がないのに、細胞は如何して何處から其の營養を攝るかの疑が起るであらう。併し實驗に依つて、種子は全然土とは獨立して成長するものであると云ふ事が明かになれば、これを説明するのに都合が好い。種子は、水に依つて作用を促されるところの必要な化學的成分をその中に含んでゐる。種子の細胞は炭酸瓦斯を吸収して炭酸瓦斯を吐出する。換言すれば種子は吾々と同様の呼吸をするのである。種子は芽生えしてから、蓄への營養物を使ひ盡すまでには、根や葉が土中の鹽類や、空中の瓦斯から營養分を攝り得るまでになつてゐるのである。

前には、土壤は岩石の崩壊したものから出来てゐる事を述べたが、それから考へても、植物が土のみから其の營養分を求め得ない事が分るであらう。この事實は、既に或る學者が柳の挿枝を一定量の土に成長させて實驗した結果確められた。そこで、根だけに就て言ふと、植物の營養分は土中に含まれてゐる物質であることが分る。併し、この多くの要素の中で何れが特に植物の生育に必要なものであるかを見る事が問題である。

その爲めに相似た二つの植物を、同じ形の器に入れて、度々實驗を行つた。一つ／＼の要素を順次に一方の植物の土から取り去り、他の舊の儘の土の方の植物とその成長を比較して見るのである。斯くして、直ちに植物の成育に必要な要素が発見された。これから人造肥料が實際に適用される様になつたのである。

人 造 土

近來は種々の實驗に依つて此の事實が一層明瞭になつた。それは砂、硝子片、及び同質の物質で作つた人造土にも必要な化學的成分さへ加へれば、植物を成長せしめ得る事が分つたから

である。この方法に依り、極めて不毛の土地を豊饒な地とする事が出来る。斯くして種々の化學的成分の効果が立派に確められた。

植物と窒素

古人が植物にも精靈があると推定して種々の問題を片附けて居つた事は前に述べた通りである。前世紀の初め頃までも、物理的、化學的法則で説明出来ない現象は悉く活力に歸して、片附けて了つた。然し此の活力も間もなく植物學者が困難な問題を切り抜ける假定に過ぎない事が分つた。植物の成長は矢張り普通の化學的、物理的法則に依るもので、成長の現象を説明するのに何も活力や植物の精神を引合に出す必要はないのである。昔は窒素瓦斯は大氣の五十分の四を占めてゐて、植物の構成上大切な要素であるから、葉は必要の窒素を空中から吸収するのであらうと思はれて居つたが、五十年程前にこれは自然の理でない事が發見せられた。即ち葉の細胞は窒素瓦斯を吸収する事が出来ない。たゞ窒素が他の要素と一緒に化合物となつて居る時に限つて、根の細胞がこれを吸収し、必要な丈けの窒素を攝り得るのである。従て葉は寧ろ

る無用の添加物と考へられてゐた。併し矢張り葉が營養物の攝取上に重要な役目を勤める事が實際に知られたのは、其後餘程経つてからである。

葉の大切な事——葉の呼吸

十九世紀の末年に、窒素は一つは土中にある微生物の作用に依り植物の營養となる事が分つた。けれども、何んな種類の微生物が實際活動するのであるかは容易に分らなかつたが、幾多の實驗研究の結果、二種の微生物の働いてゐる事が分つた。これ等のニトロ、バクテリア（硝酸バクテリア）の一つはアムモニヤから亞硝酸鹽を作る力があり、他のものは、亞硝酸鹽と酸素とを化合して硝酸鹽を作る力がある。一つは圓若しくは楕圓形をなし、他の一つは竿狀をなして、他のバクテリアと明瞭な區別をなしてゐる。

實驗に依ると植物は土から炭素を攝らなくとも生存し得る。併し植物の殆ど半分は炭素であるから、此の大切な食物は葉に依つて得られる事は明白である。この種の實驗に依れば、植物は根から炭素を取り得ない事はないが、併し葉が主要な通路である事は疑ひない。

光線に曝されてゐる植物の葉から出る瓦斯を集めて驗べて見れば酸素である。吾々は子供の折から、植物は炭素を吸入して酸素を出し、それは吾々の呼吸と全く反對であると思つてゐた。併し植物、實際は炭素一、酸素二の割合より成る炭酸瓦斯を吸収し、この炭素瓦斯が分解して炭素は植物の組織内に入り、酸素は排除されるのである。

炭酸瓦斯に関するプリストレー博士の實驗——葉緑素

一世紀前有名な化學者の先達、ジョセフ・プリストレー博士が植物の葉の此の作用を示す簡単な實驗を試みた。即ち

鐘形の硝子瓶をとり、内側を煙を消すために水で濕し、火の點いた燭燭に被せると、直ちに瓶には炭酸瓦斯で充滿する。此の單純な方法で瓶中の空氣の酸素を悉く燭燭の炭素と化合せしめた。酸素が盡きれば燭燭は燃え止む。又火の點いた別の燭燭を瓶中に挿込めば直ちに消えて了ふ。斯く炭酸瓦斯を用意して、新しい綠葉を入れ、葉の作用を促進せしめるために瓶を或る時間太陽の光線に曝した。そして今度燃えてゐる燭燭を入れた時は、焰は前同様に消えずに長

く燃焼し續けた。即ち炭酸瓦斯許りであつた瓶中に酸素が出来たのである。即ち葉が炭素を攝り酸素を排出した事になる。この炭酸瓦斯を酸素にする作用は、葉緑素を含む細胞内のみに行はれるもので、葉緑素は葉や莖に緑色を與へるものである。この葉緑素が太陽の光線に刺戟されて、細胞が吸収した炭酸瓦斯を分解するのである。然らばこの葉緑素を持たぬ植物は如何であらうか。斯様な植物、即ち菌類、——其の中でも茸がよく知られてゐるが——は有機物が既に存在する土中に於てのみ生存し得るのである。

植物の呼吸を動物のそれと反對であると思ふのは誤である。植物は動物と同様に、酸素を吸ひ、炭酸瓦斯を出すものであるとされた時代があつた。併し二つの判然たる機能がある事を確める必要がある。即ち酸素を呼び、二酸化炭素を出す眞の呼吸があると共に、植物の緑色部は炭酸瓦斯を吸収してその炭素を同化し、自餘の酸素を放出する重要な機能がある事である。そしてこの同化作用は植物の特異な性質であり、呼吸作用は動、植物即ち全生物に共通であるのは面白い現象である。

植物學者は顯微鏡により細胞の増殖、及び實際の生育状態を研究して、この作用は光線のな

い夜に於て起る現象である事を發見した。初め實驗者は夜間にこれ等の觀察をしやうとしたが、植物は夜の間、冷い穴藏の中に入れて置けば、これ等の細胞分裂が止むので、斯うして翌日觀察し得る事が分つた。算術的に言へば、分裂によつて殖えると云ふ事は一寸バラドックスの様に聞える。即ち如何程部分の數を多くしても全體は増加する事はない筈である。細胞分裂の場合も最初は分裂が起るだけで増加はしないが、前述の通り、各細胞は吸収に依つて増大し、實際の生長を來すのである。事實細胞が其の極限の大きさに達すると、その中間に規則正しい隔壁が出来、段々に細胞は二つに分れて、各々獨立の細胞となる。丁度或種のバクテリアと同様な状態である。この方法で單一の細胞が複雑な細胞となるのである。

植物の雌雄と蕃殖

古人は蕁麻^{なつめ}や、杜松類等には雌雄兩性がある事を知つてゐた。併しこれが明瞭になつたのは二世紀前である。これは有花植物に限られた事としてあつたが、現今ではすべての植物に雌雄の別がある事が發見された。但し單なる分裂に依つて増殖する單純な組織のものは別である。

併しすべての植物の雌雄が判然と區別されてはゐない。樺、松、檜、玉蜀黍等の如く同じ一本に兩性の花が附く場合が多く、又、植物にはこの雌雄兩性の區別すら無いものがある。即ち雄蕊と雌蕊とが同一の花中にあるのである。

雄蕊はよく見る通り、綺麗な直立した蕊絲で、その先きに囊が附いてゐる。この小囊は破れて、黄色い粉を撒き散らす。これは生殖要素の一となるものである。そして昆虫が或る花の花粉を他の花の雌蕊に運ぶ役目をする事は約百年以前から知られて居つた。又あの輝かしい花の色や、芳しい香りや、蜜などは、花自身のためのものではなくて、昆虫を誘引して生殖作用の際、花粉を運搬する役目をさせるためのものである事も分つて來た。故に花は近付いて來る昆虫の、習慣や形に適する様な形狀を備へてゐる。蟲が或る花の雄蕊に觸れた後、他の花に行けば前と同じ體の部分が頭柱に觸れ、その頭柱の棒狀の表面に生殖要素を運ぶ様な微妙な組織になつてゐる。其處からこの花粉は雌蕊の中の他の要素に達する管を下すのである。輝かしい色の花や香や、蜜などのない花は風に運搬して貰ふのであつて、園丁や、素人園藝家が花壇に、風のために雜草が吹き運ばれて生えるのに困るのは屢々見る事である。風の媒介で生殖作用をする植物

物には蟲に依つて生殖する植物に見る様な美麗さはない。

植物の進化

動物界に於てその進化の跡が明な如く、植物界にもそれを認る事が出来る。植物の化石を驗べて見れば、地球の初期に於ては草木の形態が至極簡單なものであつた事が分る。最初には水草のみ存し、次いで苔が現れ、すぎな、石松が其後に現はれてゐる。すぎな、石松は地球の石炭層が埋つた頃、非常に多かつたものである。これ等は皆孢子植物で、今述べた方法で蕃殖するのではない。羊齒の葉についた孢子があつて、風に煽られて撒布し、或る状態の下に、この簡單な細胞は發育して草木となるのである。種子のある植物はこれ等より進化したものであつて、進化の最初に現はれたのが球果植物である。其の次ぎに有花植物が生じ、現在最も多數を占めてゐる。今日に於ける複雑な植物が過去の簡單な植物より進化した事よりも、蕁、蕊等の微細な構成を有する美しい花が、單なる葉から進化したものである事は更に不思議に思はれるであらう。

この章で簡単に説明した植物學の問題を終る前に、「電氣に依る穀物及び植物の増殖。」と云ふ新しい發達の一つを考慮して見るのも面白い事であらう。

植物學と共に生物學を形成する動物學には特別の章を設けなかつたが、これは動物學に面白い點がないのではなく、その理由は、科學界の發見の區域は非常に廣くて、動物學の一部は前の古代の生物を述べた講と人間の由來と云ふ題中の進化の講で既に含まれてゐるからである。

第十三講

電氣と穀物植物

二世紀前に於ける電氣栽培の實驗

穀物と植物の成長が電氣に依て促進される事は一般に認められた事實であるが、これは以前に一度試みられて放棄され、近來に至つて再び發見されたものの一つである。

植物の電化が既に一七四六年に試みられたとは何うしても信じ得ない事に思はれる。電氣に關する發明に就て考へて見ても當時は全く電氣科學の初期で、電流すらまだ發見されてゐなかつた。一七七六年に發行されたジョセフ・プリストレー博士の著書に次の様な記事がある。「一七四六年十月、マッイムブレイ氏がエヂンバラで、二本の桃金娘（オウゴン）にその月の間電氣を通じ、て置いた處が、電氣を通ぜられなかつた他の同種の灌木よりも早く小枝や花を附けた。」と。これが植物の成長に電氣を應用した最初の記録である。

此のエヂンバラの外科醫が如何にして電氣が植物の成長を促進せしむるかを見出したかは分らない。恐らくは實際運轉中の起電機の近くにあつた植物に及ぼした影響を偶然に見て、それから思ひ付いたのかも知れない。一方に於て、電氣に就いての古い記録を研究して見た人は、電氣が植物に及ぼす影響を見るために意識的に試みられた實驗に依つて、電氣の刺戟的效果が發見されたものである事を知つてゐる。實際昔の記録を讀んで見ると、これ等實驗者達は何でも電氣に依つて完成されない物はないと思つてゐたらしい。單に水に電流を通じて生きた昆蟲をつくり出さうとしたものさへある。而も彼は首尾よく微細な有機體を作り得たと信じてゐたが、勿論、これは既に水中に棲息してゐた生物を刺戟したに過ぎない事は言ふまでもない。又或る人は鳩、猫其他の動物に電氣を通じて見て、動物の目方が確かに減つたと言明してゐる。彼は更に二十歳から三十歳までの若い男女に試みて、五時間電氣を通じた後、以前よりも數オンス目方が減つたと言つてゐる。併し、保健法の目的に電氣を用ゐたと云ふ事は少しも記されてゐない。又他の實驗者は妻の手首の惡瘡に、電氣を通じて置いて、其の瘡から電氣の火花を散らして之を治療したと言つてゐる。斯の種の奇妙な實驗記録はいくらもある。これで見ると

植物に電氣を通ずると云ふ事が、眞更ら無意識に行はれた事でもあるまいと思ふ。

エヂンバラの學者が二本の桃金娘^{ペンシユクラ}に電氣を通ずる事に始めて成功した事が知れると、他の電氣機械を持つてゐる人々も實驗をやり始めた。さる有名な佛蘭西の科學者は、數種の植物をよく電氣を受ける様に絶縁體の盆に入れて、慎重な實驗を數度試みた。そして其結果は電氣を受けぬ植物より二日若しくは三日早く其の芽を出したさうである。他にもまだ驚く様な實驗をした者があり、電氣の植物に及ぼす效果に就ては疑ひなしと云ふ事になつた。

避雷針に依る電氣栽培——古畫に表はれた電氣應用

面白い事には、古代の實驗者はその植物を刺戟するのに大氣の電氣を用ゐてゐる。避雷針はフランクリンが電氣を空中より捕集し得る事を發見した結果出來たのだが、電化栽培者はこの避雷針の理を應用してゐる。即ち金屬の避雷針を空中に建て、成長しつゝある植物の近くにその電氣を送ると、植物の容子が生々^{いき}となり、その蕃殖が増して來たと言つてゐる。

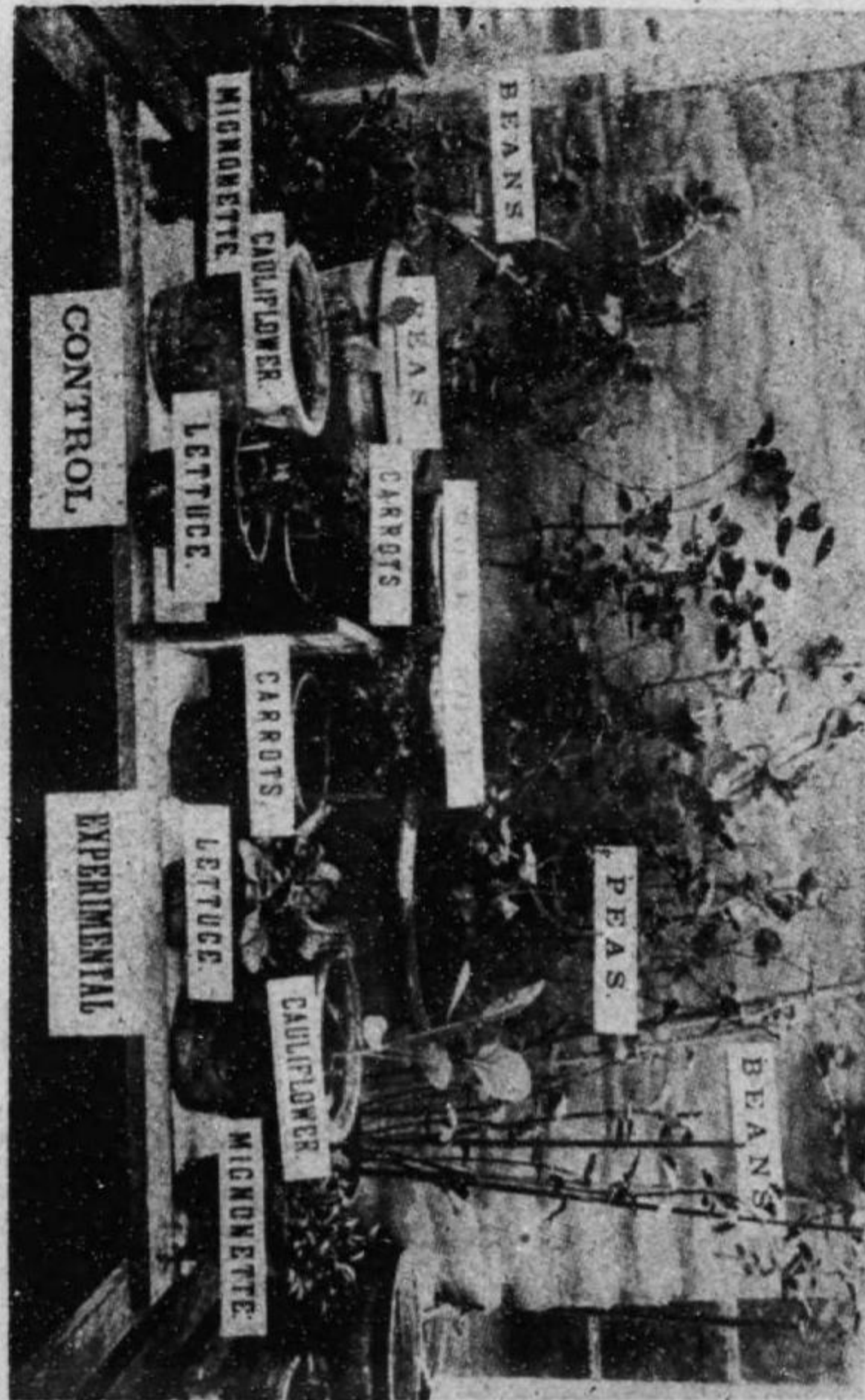
次に古い繪の翻刻があるが、これを見ると更に又他の植物の電化法が示されてゐる。園丁が

電氣が土に洩れない様な仕掛けになつてゐる車の上に立つて居る。絶縁線を以て簡単な電氣機械から園丁の手にある撒水管に電氣が来る。これに依つて水が電化され、電氣は水の射出に依つて植物に運ばれるのである。

正確な數字を計算した面白い實驗が他にもある。其の結果が、同時に、同一状態の下に電化されないで生長した他の植物と比べてある。芥の種子を二三の離れた瓶に植える。一つの瓶はコントロールとして用ゐられ、電氣を受けないから、その中の種子の成育は普通の状態である。次ぎに第二の全く同じ瓶に種子を植えて電氣を通じ、二週間後に比べて見る。普通状態の種子の成育は一時八分の一であり、電氣を通じた方は二時四分の三である。即ち約二倍の成長であり、且つ電化された方はその高さに比例して生き／＼として繁つた。

水仙の實驗

これと同様に他の學者は、弱々しい水仙を大きな電氣機械を使用する部屋へ持つて來たら、大層生氣附いて來たと言つてゐる。その水仙は普通以上の高さとなり、その大きさに比例して



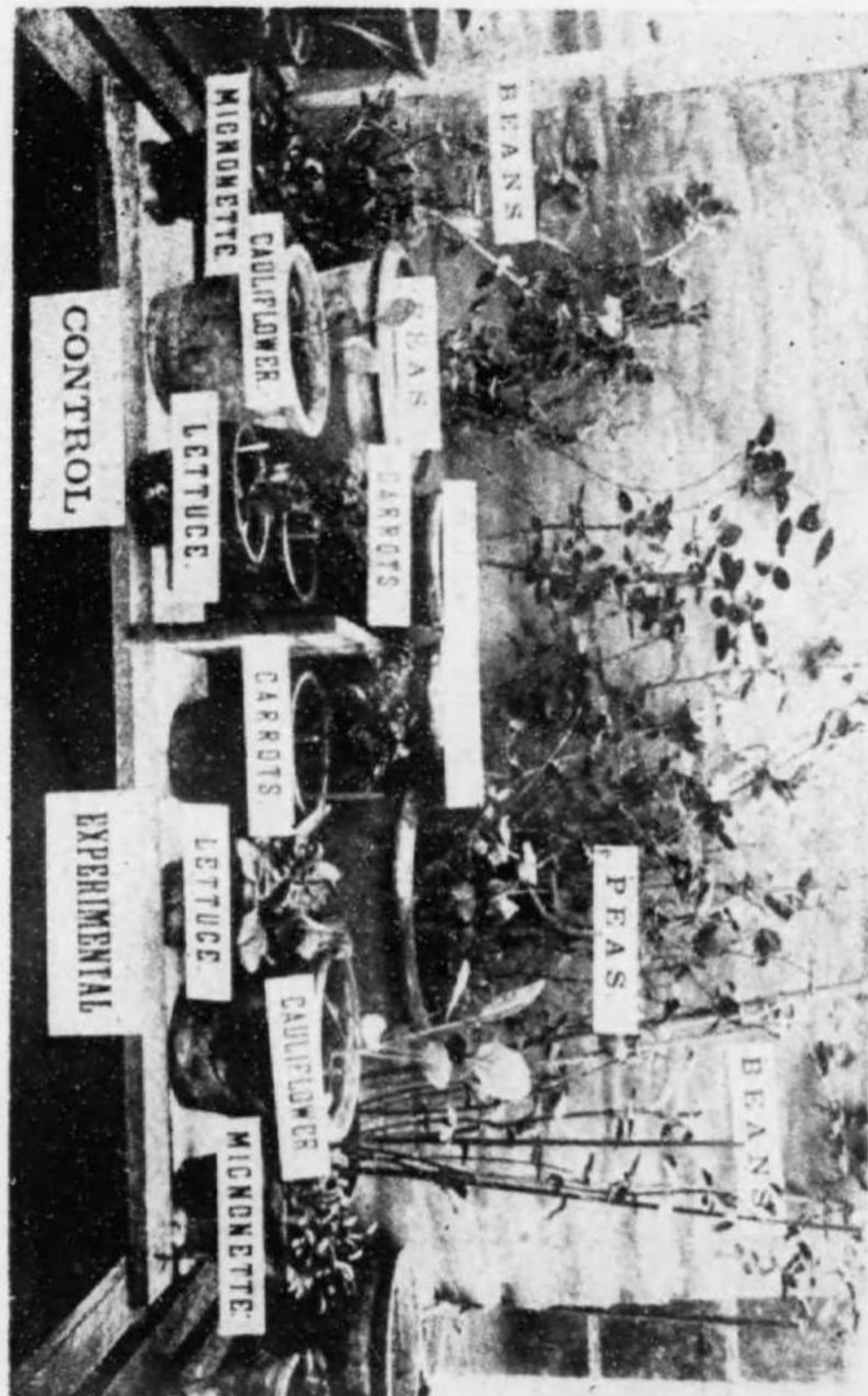
・較比育成のさ物植一同たじ通な氣電さ物植いなり通な氣電・
(のもたし育成で應狀の通譽はのもる在に方左らか板隔の央中)

電氣が土に洩れない様な仕掛けになつてゐる車の上に立つて居る。絶縁線を以て簡単な電氣機械から園丁の手にある撒水管に電氣が来る。これに依つて水が電化され、電氣は水の射出に依つて植物に運ばれるのである。

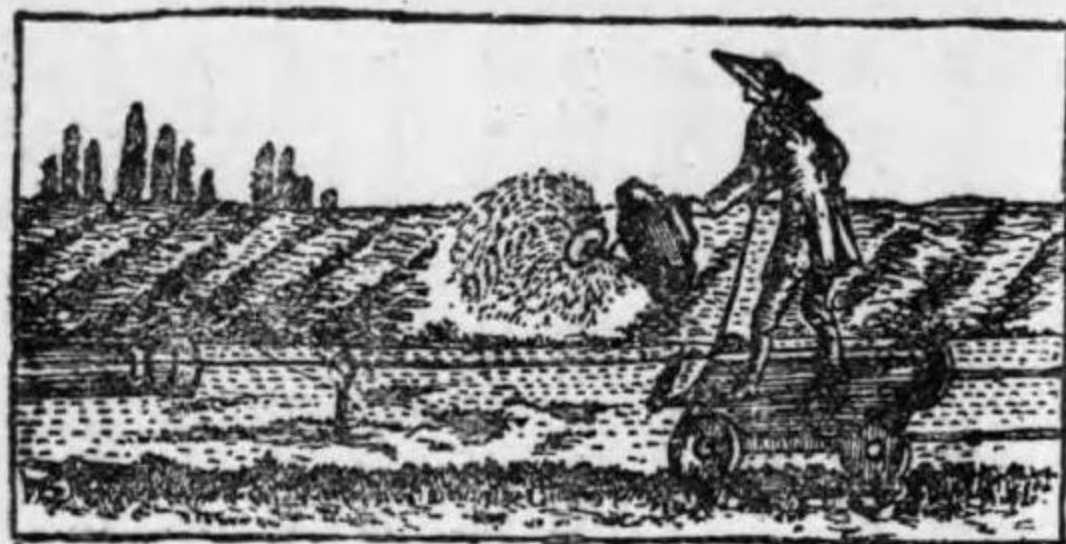
正確な數字を計算した面白い實驗が他にもある。其の結果が、同時に、同一状態の下に電化されないで生長した他の植物と比べてある。芥の種子を二三の離れた瓶に植える。一つの瓶はコントロールとして用ゐられ、電氣を受けないから、その中の種子の成育は普通の状態である。次に第二の全く同じ瓶に種子を植えて電氣を通じ、二週間後に比べて見る。普通状態の種子の成育は一時八分の一であり、電氣を通じた方は二時四分の三である。即ち約二倍の成長であり、且つ電化された方はその高さに比例して生き／＼として繁つた。

水仙の實驗

これと同様に他の醫者は、弱々しい水仙を大きな電氣機械を使用する部屋へ持つて來たら、大層生氣附いて來たと言つてゐる。その水仙は普通以上の高さとなり、その大きさに比例して



・較比育成のさ物植一同たじ通を氣電さ物植いなじ通を氣電・
(のもたし育成で態狀の通普はのもる在に方左らか板隔の央中)



第五圖 往古耕作の昔繪

丈夫でよく繁つたさうである。

併もこの電気栽培、實際に大仕掛に應用された事業は、その當時は未だなかつた。それは其の時分の電気機械と云へば、かの硝子板を手で廻す位のものであつたのである。然るに、それから稍々後十九世紀の中頃に至つて或る有名な學者が、電気は植物の成育とは全然無關係で、以上の結果を得たのは他に未だ認められて居らない原因があると言明したので、この電気の効力に關する考へは次第に顧みられなくなつて、折角の發見も事實上忘れられた觀があつた。

電気効能説の再現

十九世紀の終り頃になつて、電気的植物に及ぼす効果は、再び瑞典の學者に依て發見された。或る有名な學者は、『瑞典の教授は、極光で知られてゐる北方の

空の美しい現象を眞似やうとして實驗してゐた。丁度教授はその實驗を彼の溫室内でやつてゐたが、ふと其の近所に起る電氣の影響を受けて、植物がよく茂つてゐるのに氣がついたのであるから、此の發見はほんの偶然的なものである』と言つて居るが、自分の見る所では恐らくそれには間違ひあると思ふ。何故かといふと、教授は溫室の事には餘り重きを置いてゐない様であるが、若し、これが彼の發見の方法であれば、當然これに言及してゐべき筈である。そしてこの問題に就ての著書の初めに、この調査を促した原因が多數ある事を述べ、次に、北極地方を數度航海した際に植物の成育狀態を観察した事を叙べてゐる。更に進んで『土地や氣候の條件が植物の發育に不適當と考へられる處に、植物が茂つてゐるのが不思議に思はれた。そして植物が短期間に成育するのみでなく、花の香りも高く、葉の緑もつや／＼しいのが、たまに見るものには珍らしいものであつた。これ等二三の理由から電流にその原因があるのではないかと考へ付いて調べた結果、それが極光にあることを發見したのである。』と彼は言つてゐる。溫室の實驗は、彼の電氣の理論を明にするために、行はれたのである事は殆んど疑がない。

穀物と電氣實驗——電線と放電

教授は電流を通ずる事が植物の成長及作物畑に及ぼす効果を證明するために、種々の實驗を試みた。彼は今世紀の初め頃、面白い實驗の記録を残して死んだが、これ等の實驗は英國の人々に受け繼がれ、彼等は之を石油機關に依つて運轉する小さな靜電機を用ゐて試みられた。後になつて放電線を地上から高く上げるために動力を増加した。そして最初の實驗では電線を地上十八呎の處に張り渡したがこれは勿論不便な事であつた。そこで更に大きな設備をして、電柱で支持された地上五十呎の電線を用ゐて、良い結果が得られる事が分つた。それから電線は畑の間の道を妨げる事なく、その下を一杯荷を積んだ車が通り得る様になつた。

電柱も、その上の電線が輕いので一町毎に一本で足りたので、殆ど邪魔にはならなかつた。同一列の柱の間は七十碼あり、隣の列の柱とは百碼距つてゐた。電氣は動力室から電柱の各列に沿ふて張られた電線に依つて導かれ、この線の間には、より細い線が十二碼毎に張られてゐる。つまり縦百碼に、横十二碼の目を持つた網を頭上に渡した事となる。

この頭上の網に電流を通ずる方法に就いての微細な點は、茲にはその必要がないから省く。兎に角、音もなく、眼にも見えない電氣が土に放射されて、植物の發育は著しくよくなる。或る場合には電化畑に於ての穀物の粒の數は四十パーセントも多くなり、莖もまた非常に成長した。實驗は馬鈴薯、豆、胡蘿蔔、トマト、草莓等にも及んだが、其の効果は何れも著しいものであつた。

これ等の戸外の實驗は何れも高壓の放電に依つて試みられた。或は音もなく、眼にも見えぬ放電が、果して土に達するだらうかとの疑があるかも知れないが、其事實は次の様に簡単に證明が出来る。即ち二人の人がこの電線網の下に、或る長さの電線を持つて立てば、その電線が火花を放つのを見るであらう。これに依つて電流と土との間には電氣が満ちてゐる事が分る。

小 發 電 所

電氣裝置のしてある小さな發電所で、機械の兩極から出てゐる短絡を一呎以内に近ければ、その間に完全な電氣火花を生じ、眞の稻妻が短距離内に光るのが見える。この電線の中、一方

は土に連り、他方は頭上の電線網に電氣を導く。第二の線と同じ性質の空中線と、土との距離は十五呎位のものである。この距離の間には火花は飛ばないが、常に電氣の放射が行はれてゐるのである。電氣は絶えず通じてゐるのではなくて、日没後の短時間と、曇天にて、植物が太陽光線を受ける事の少ない時に行ふのである。

眞の電氣栽培の効果を實驗するためには同時に、同様な種子を植えた、全く等しい二つの地面が必要である。一方は電化された試験地域であり、一方は電化されずに自然のまゝになつてゐる野生植物である。斯くして其の結果の眞の比較が得られるのである。

電光の刺激——水銀電氣

一世紀前ウィリヤム、シイメンス卿は電氣の光を用ゐて太陽光線を増大しやうと考へ、電氣のアークライトで以つて溫室内で試験をした。その溫室には豆、鷹元豆、小麥、大麥、燕麥、花甘藍、及び草莓、黒莓、桃、葡萄、トマトが廣い部分に亘つて植えられた。

最初の程は強い電氣のアークライトから来る光は植物に害がある様に思はれた。そこで彼は

工夫を凝らして、水蒸氣を射出し、光を弱めやうと考へた。その水蒸氣は光と植物との間に雲の様な役目をするのである。この變化は多少の効果を與えたが、その結果は思はしくなかつた。そこで彼は電氣のアーケ燈を硝子の圍ひの中に入れた處が植物に及ぼす効果は非常に著しくなつた。就中草莓は、最も効果が顯著であつた。そして電氣の影響を受けない方がまだ色も附かない中に、一方は既に熟する様になつた。

この實驗は倫敦の帝室植物園に於て大規模に採用されて、アーケライトは自動車に据え付けられ、徐ろに溫室の屋根に沿ふて、前後に移動し得る様に造られた。光は水壁を通して變化されランプを働かせるのは夕方の短時間であつた。數週間にして、電氣を通ぜられた植物、——菊、げんのしやうこ、トマト、——は野生の電氣を受けない方の二倍の高さとなつた。これと同じ實驗は亞米利加に行ても行はれたが、植物が光に餘り近く置かれてない限り、何處でも成功であつた。本頁に對して居る圖は、大きな水銀電燈を裝置した植物の溫室内に於ての成育状態を示してゐる。左側は通常の状態で成長した植物であり、右側は左側と全く同一状態の下で成育し、たゞ毎夕短時間宛水銀電燈から電氣の放射を受けたものである。野生の側と實驗の側と

の花甘藍^{ナハボタシ}を比較して見よ。何れもその成育状態は著しく異つてゐる。殊に、電氣を受けた豌豆。蠶豆は繁々と發育してゐるのが分る。

穀物、植物の電氣栽培が多たの効果あることは疑のない事である。遠からず氣候の不順な季節に於ても、放電に要する僅かの費用で、偉大な太陽の恩恵の缺乏を補ひ得て、その不作を免れる事が出来ると思ふ。

最後に斷つて置くが、これ等の實驗はたゞ單に小さな花園に於て行はれたのみでなく、數町の畑の作物に就ても試みられたのである。

第十四講

物質の構成

古代の考へ

本章の標題は純化學の問題と直接の關係はない様に思はれるが、併し近世の化學は物質の構成の研究であると定義されてゐる。

この定義は化學と云ふ學科が近世に起つたものである事を自から語つてゐるのである。けれども化學的技術は數千年の昔からあつた。古人は死人を木伊乃にする化學的方法を知つてゐる。又硝子や、石鹼の製法も分つてゐた。併し是等は理論を離れて偶然に發見された實地の法則に依るので豫め結果を想像されて試みられたのではない。

勿論物質の性質に就て多少の注意を拂つてゐた古代の哲學者はあつたが、これ等は單なる推測であつて、本當に實驗研究に依つて學理を會得したのではない。彼等は化學工業を無視して

居つた。そして斯かる研究に従事する事は寧ろ學者の價値を落すものと考へてゐた。従つて學說を發表するも、實驗に依る證明を自ら避けてゐた傾向があつた。

古代に於ける大哲アリストートルは萬有は空氣、水、土、火より成つてゐるとしたが、これ等を要素と名付けた時、之を單なる物質とはせず何れも各々獨立した一元素であると考へた。併し古代の哲學者達の用ゐた原素なる語は種々の複雑した意味を持つてゐたので、或る者は水が唯一の萬物構成要素なりとし、土すら水から出來てゐると言つた。或る者は空氣がそれであると云ひ、萬物は空氣に出て、空氣に歸るのだとした。是等の人々は雨は空氣の凝固したものであると考へてゐた。又或るものは火とし、又ある者は土と考へた。

アリストートルはこの四要素は相互に變はるものだと考へた。即ち水は空氣に、空氣は水に變ると信じてゐたらしい。そして物が互に變へられる位なら、普通の金屬を高價な金屬に變へたいと思つたのも無理もない事で、斯んな事を研究した鍊金術者が自分の研究が普通一般に知れわたると、金は他の安い金屬と同一になつて、特別の價を有せぬ事となるから彼等は極力それを秘密にしてゐた。九百年前の辭書には「化學とは金銀を人工的に製出する事である。」と誌

してある。

仙丹——昔の人の金屬に對する考へ

又、鍊金術者と詐稱してた無賴の徒も多かつたが、眞面目に仙丹を求める人も決して少くはなかつた。萬物を變じて金とする石、即ち仙丹は魔術的のものではなくて、安い金屬を金銀に變形する化學的作用を持つてゐる普通の物質と思はれてゐた。又この仙丹は生命を無限に延ばす不可思議な強壯藥、即ち不老藥であるとも言はれ、更に何でも溶かして、すべてのものを溶液にする性質を有つものと稱へられてゐた。

要するに當時の人達は金屬に對して奇妙な考へを有つて居て、金屬も土中に生じ植物界のものと同じ様に繁殖すると信じてゐた。若し或る金屬が全部採り盡された時には、或る期間放置すれば、その金屬は再び富の源泉となつて新しい金屬が現れ出ると想つてゐたのである。

斯の如く鍊金術者達は不可能な目的のために努力してゐたが、其の間に彼等は多くの化學的智識を得た。併し、不老不死の仙丹の發見が到底絶望な事を知つた時、最早、化學的研究に

興味を有たなくなつた。

化學の新觀念

併し四百年前頃になつて、瑞西の一鍊金術者は、化學の目的は金を製くるのではなくて、藥を製くるのだと言明した。けれども當時にあつては彼の思想が餘りに進化的であつたので彼は終に故國から追放され、旅から旅へと漂泊してゐたが、時が経ると共に、彼の思想は漸く世間から認められる様になつて來た。それから人體の健康、不健康は全然體內の化學的變化による事が分つた。そして十七世紀の中頃まで、それ等が化學の主目的であるとされてゐたのである。矢張り十七世紀の中頃であつたが、英國の有名な科學者は、化學の目的は萬有の構成を知るにありと喝破したが、是れ實に現今の化學の基礎である。

化學の問題は極めて廣大に亘り、空氣の構成、水の構成、燃燒の原理等二三の重要な問題を研究するだけでも他の事に係つてゐる邊はない程澤山ある。

燃焼とは何か

先づ當時の研究の對稱となつたのは燃焼の問題である。一世紀間を通じてこの神秘を解く事が化學の主なる目的であつた。そしてこの發見をするために化學者達は種々の藥品に就て新しい他の事實を知ることが出来た。著者がその著「現代の科學觀念」中にも叙べてゐる様に、化學者達が發見した順序に並べられた各元素を見ると、多數の元素は未だ考究されない中に、既に發見されてゐた事が明かである。併し十七世紀の中頃までは、元素の眞の意味の明瞭な理解がなかつた事も亦事實である。そして發見された元素も當時は單に新しい化學的物質であると丈け思はれてゐたものが後になつて、それ等は本當の元素であることが分つた様な有様である。事實十七世紀までは未だアリストートルの、所謂火、水、風、土の四元素説を固執してゐた化學者が多かつた。近代化學の基礎を固めたと言はれるロバート・ボイルすら、アリストートルの説を疑つたと言つて、當時の一鍊金術者を非難してゐる。彼はこの鍊金者をその爐の煙で眼が見えなくなり、頭は掻き亂され、煤けた實驗に依らねば何事も分らぬ者共で、到底アリス

トートルの説などは彼等輩には理解し得やう筈がないと言つて居つた。而かもそのボイル自身が後になつて、元素は分解出来ないものであり、且つ元素でないすべての物質は種々の元素の結合に依つて構成されてゐると言明した。斯様な單純な方法で彼は化學的化合物の組成と分解に就ての説明を與へた。彼は、燃焼の神秘を解くことが出来なかつたけれども、空氣がこの神秘的現象に重大な役目をしてゐる事を教へた。

燃素に関する奇想

ロバート・ボイルの直ぐ後に、大層奇妙な考へを案出した化學者があつた。即ち、燃焼の眞體を可燃性の物體內にある微妙な物質が熱に依つて物體內から驅り出されるものであると考へ此の火の要素に燃素と命名した。そして石炭は殆ど熱に因つて無くなるから、大部分が燃素から出来てゐると考へてゐた。

この燃素の考へはロバート・ボイル以前に出さうなものであるが、事實は彼が元素の觀念を發表した後に出て、而も一百年間位此説が行はれてゐた。更に不思議なのは、酸素の發見者は

この説を死ぬまで固く信じてゐた事である。これは十九世紀に入つてからの話である。

空氣の成分が発見されるまでは、此の燃焼の理がよく了解されなかつたのは當然である。化學の知識を有たぬ者は何んな智者でも、若し空氣は何から出来てゐるかを自分で見出せと言はれたならば、全く當惑するであらう。然らば空氣の成分に就ての知識は何うして得られたのか。

古代人と空氣——他の氣體

古代の人は空氣を單純な物質なりと思惟し、これを元素の一として分類してゐたのである。そればかりでなくエリザベス朝後十七世紀まで化學者等も亦さう考へてゐた。十八世紀の終りまでは、實に、空氣は合成物であることが分らなかつたのである。他の氣體が発見された時すら、それは普通の空氣の變はつたものであると考へてゐた。そしてボイルに至つて、空氣の或る成分は燃焼に必須なものである事が漸く分りかけて來たが、併し未だこの成分を空氣から分離する事は出来なかつた。酸素の發見に依つてこれが全く完成されるまでには其の後實に百年の時日を費した。

間もなく他の氣體が発見された。化學者達は、空氣の一部分が火と生命を支持するのに必要なことに氣がついた。燃焼物或は動物を硝子瓶の様な圍ひの中に密閉すると、この火や生命を支持するに必要な成分は使ひ盡さるゝものと考へた。そしてこの成分を火氣と呼んだ。彼等は或る種の物質、例へば硝石の如きものは殊にこの火氣を多量に有してゐる事まで觀察したが、それ以上には進め得なかつた。

最初に空氣の性質を究めた人——炭酸瓦斯と酸素の發見

空氣の性質に就ての最初の確實な發見者はゼームス、ワットの交友である一スコットランド人ジョセフ、ブラツクである。彼は潜熱と云ふ問題に關聯して有名な學者であるが、多年グラスゴー大學で化學の教授を勤め、後にエディンバラ大學の教授となつた人である。彼は當時新しく發見された合成物の炭酸マグネシウムを熱して、空氣とは著しく異つた氣體が生ずる事を發見した。この新氣體は生石灰に吸収され、チョークに變じた。彼はこれを不揮發空氣と呼んだが、これが即ち今日吾々が炭酸瓦斯と稱へてゐるもので、密閉した處で蠟燭を燃せば發生し、又吾

々が呼吸する時、吐き出すものである。ジョセフ、ブラックはこれは單なる普通の空氣の變形ではなく、或る物體が他の物體と異つてゐる様に、全然違つたものである事、并びにたゞ一つ相違せる點は各種の氣體は眼に見えぬだけだと云ふ事を明かにした。

ブラックがエヂンバラの教授をしてゐる時、醫學博士の學位論文を書かうとしてゐた或る學生に、蠟燭が空中で燃えた後に残るものを題目として研究する事を奨めた。終に此の學生は蠟燭を密閉して燃した後に残る氣體の一部が不揮發空氣(炭酸瓦斯)である事を發見した。そしてこの不揮發空氣(炭酸瓦斯)を皆器中の石灰水に吸収させても、まだ燃焼を助けもせぬが、石灰にも吸収されない今一つの氣體が残つてゐた。即ち不揮發空氣が燃焼中に出来たのであるが、今一つの氣體、即ち火氣(酸素)が蠟燭の燃焼に依つてなくなつた後に残る氣體も亦普通の空氣の一部分である事も分つた。この氣體は今日呼ぶ窒素である。

併し、當時の哲學者は如何なるものでも燃焼する時は、燃素が生ずるものと思ひ、従て空中から酸素を吸収するのだとは考へ付かなかつたのである。彼等は蠟燭の燃素が空氣中に入つたのだと思つたから、この殘部の氣體(窒素)を燃素空氣と云つた。窒素(ナイトロゼン)と云ふ名

は後になつて、この氣體がニトレ(硝石)の大部分を成してゐる事から、佛蘭西の或る化學者が付けたものである。

空氣の合成に關する第二の重要な發見はジョセフ、プリストレー博士に依て行はれた。殊に彼が此の問題に關係する様になつたまでの経路が頗る面白い。彼が牧師として少許の俸給を受けて居つた時、傍ら學校を經營して他に收入の道を得やうとした。そして學校には實驗の設備をして、自然科學を教へて居つたのである。それから數年後彼は偶々釀造所の隣の家に住んでゐたので、その當時發見された不揮發空氣(炭酸瓦斯)の書を読んで、それが物質が醗酵する途中に生ずるものである事を知つた。勿論釀造所の桶の中には此の不揮發空氣が多量に出来てゐたに違ひない。そこでプリストレーは自分の爲めにも是を實驗して見る好機械であると考へた。

博士は炭酸瓦斯が水に溶解する事を發見し、二三分間で非常に氣持のよい泡の立つ一杯の水を作り出すことが出来た。更に博士は、若し瓦斯に壓力を加へるなら一層多量の瓦斯を吸収した氣持の良い水が得られるであらうと言つてゐた。併し、今日炭酸水の栓を抜く時、當時のプリストレー博士の事を想ふ人などは殆どあるまい。

この炭酸瓦斯の實驗に依つて、博士は種々試みた後、他の種の氣體を作り出した。そして種々のものを燃して種々の氣體を作り出さうと試み、次で赤い水銀の酸化物を熱して見ると、一種の氣體が発生して、普通の空氣以上に燃焼を助けるものがある事を知つた。そこで、燃素の存在を固く信じてゐた彼はこれを非燃素氣體と名付けた。この名前は烏渡バドックスの様に思はれる。何故と云ふに燃焼を助ける氣體は燃素氣體と呼ぶのが當然だと思はれるからである。併しこれ等古代の化學者達はこの事を反對に考へてゐた。即ち燃焼體が空中から酸素をとるのではなくて、空氣が燃焼體から燃素をとり出すのだと考へてゐたのである。換言すれば、彼等は今日吾々の云ふ酸素を、それ自身が燃素を持つて居らぬから、これを他から吸収する特性のある一種の氣體であると考へた。これと同じ様に窒素が燃素氣體と云はれた理由も自から解るであらう。それは明かに燃素で飽和されてゐるから、それを吸収する餘地がない、従つて燃焼を助け得ないからである。問題を逆に見る事を忘れると、どの氣體が燃素氣體で、どれが非燃素氣體だか分らなくなる。

プリスレー博士はこの新發見を良氣體或は活氣と言つた。それは、これが生命を支えるのに

必要な事が、二十日鼠を或場所へ密閉して試みた實驗に依つて、證明されたからである。二十日鼠は、器がこの活氣で充されて居れば、普通の空氣で充されてゐるよりも遙かに長く生きてゐる事が出来る。酸素なる語を此の活氣なる語に替へたのは、この初期の化學者達が、これが酸の元素だと信じてゐた結果である。

素人化學者の多くは赤熱した木片を酸素中に入れると、輝しい光が發するのを見て、酸素の性質を試み、面白がつてゐるが、酸素は非常に燃焼を助けるもので、白熱した時計の發條をその中に入れても、普通の燃焼體の様によく燃えるものである。

上述の如く、空氣の性質に關するすべての實驗は英國の化學者に依つて行はれたが、燃焼の理を完全に發見したのは其の後にでた佛蘭西の大化學者ラポアシーである。彼は物體が燃える時は、それが空氣の成分と化合するのであつて燃素などと云ふ元素はないことを明示した。又金屬片が燃焼するとは、空氣中の酸素の一部と化合する事で、燃素を失ふのではなく、却つてその重さが殖える事を實際計量して證明した。所謂燃素に酸素と云ふ名を付けたのは實にこのラポアシーであつた。

既に前講で紹介した英國の有名な化學者、ヘンリー、カベンディシは更に大きな發見即ち空氣の二大成分である酸素と窒素とは化合させ得る事を見出したのである。この二つは空氣中では化合してゐるのではなく、砂と砂糖とを掻き交ぜる事が出来る様に、たゞ混合してゐるだけである。そして彼は大氣中に於けるこの二氣體の割合を見出したのであるが、此の發見は實に彼の非常な苦心と忍耐との結晶であつて、その發見に就ても極めて興味の深いロマンスがある。彼は電氣の火花を引續いて散らすと、この二つの瓦斯は徐々に化合して亞硝酸を作る事を知つた。當時電氣の火花は手で廻す硝子板の機械で作り得るのみであつたので、彼は助手と交る／＼二週間以上も電氣機械を廻し續けねばならなかつた。斯くして彼は二氣體の割合が判然と分り、大體に於て窒素は五分の四、酸素は五分の一の體積を占めてゐると言明した。彼は尙、其時既に少量の他の瓦斯も存在することを指摘したが、後に至りそれは少量の炭酸瓦斯、アムモニヤ、水蒸氣も空氣中に含む事が發見された。而かもこれで空氣の成分は全部分析された事だと思つてゐたのが、最近になつて更に又、新しい成分が發見された事は吾々の知つてゐる通りである。

水の成分とカベンディシの發見

序に、カベンディシが水の組織を發見した事を述べて置かう。當時、化學者達は未だ水の性質を知らなかつた。併し是の時代には最早水が空氣や土に變形し得る要素であるなどと信ずる者は殆どゐなかつたが、それでも尙、水は單一の物であつて、化合物であるとは考へ付かなかつた。カベンディシは水素瓦斯と酸素瓦斯との混合體は密閉して置けば爆發する事を發見し、それが爆發すると、瓦斯はなくなり器中に純粹の水が少量出來た。これに依りこの二つの瓦斯が結合して水を作る事が分つた。

ゼームス、ワットとラヴォアシーは、二人共水の組織の發見者として世に知られてゐる。然しこの佛蘭西の化學者であるラヴォアシーは、カベンディシの實驗が發表される前に、既にこの事を知つてゐたと云ふのは事實であらう。又、ワットの友人達が、彼を實際の發見者であると思はなかつたのは、彼は自分の發見を發表する前に、既にカベンディシの實驗の結果を詳知してゐた筈であると思はれたからである。

水の様な液体が、二つの氣體の化合物だとは、鳥渡、普通の人には考へられない事であらうが、後の講で述ぶる物質の構成に就て多少了解したなら、何んな想像力の鈍い人でも、水が水素と酸素との化合物であることは容易に信じ得ると思ふ。そして此の二氣體を化合して水を製り得るばかりでなく、又水を分解してこの二つの氣體にする事も出来る。器に水を盛り、その中に電流を通すれば、水の分解が起り、水は徐々になくなつて、其處には酸素と水素とが残る。水素の體積は酸素の二倍である。この事は電氣の講で詳述することにしよう。

物質の大部が實際に於て二ツ以上の元素で構成されてゐることが分ると、ついで物質をその成分に分析する事が熱心に試みられる様になつた。十九世紀の初期に於ては、二十八許りの元素が分析されたが、その後一ケ年に二、三位の割合で新しい発見があつた。勿論一つも新発見のなかつた年もないではない。十九世紀の初期以來都合五十一の新元素が発見され、今日では元素の数は全部で八十許りとなつた。併し此の大部分は比較的稀なもので普通の人には知られてゐない。(註。或は十八世紀の末には既に三十三の元素が知られてゐたと云ふものもあるが、その當時の元素表の中には、元素でないものが載せてある。尤も光や熱は元素とも思はれるものである。)

のである。)

ダルトンの原子発見

二十世紀の初め、クエーカー宗徒の化學者ジョン、ダルトンが元素に關して新しい発見をして以來新発見は續々として起つたのである。ダルトンの発見は、元素が化合して化合物を作る時は、常に重量と一定の比率を保つてゐると云ふのである。

ダルトンは或る瓦斯を分析してゐるとき、沼氣が生油氣中にある酸素の丁度二倍の酸素を含んでゐる事を見出したが、これが彼の発見の端緒であつた。又、炭酸瓦斯中の酸素量は一酸化炭素の酸素の量の丁度二倍である事も分つた。故に若し物質が眼に見えない分子から成つてゐるとすれば、少くとも其の割合は分る筈であると考へた。引き續き、他の種々な實驗を行い、新材料が提供された。例へば、二つの元素から其の化合の割合の相違に依つて三つの異つた化合物が出来る事が分つた。第一の場合は兩者を等量に、第二の場合は二と一の割合に、第三の場合は四と一の割合である。

又或る元素は種々の異つた比率で化合して、それに應じて性質の違つた物質が生ずることを發見した。例へば窒素と酸素とは、化合して五つの全然異つた物質を作り出すことが出来る。即ち窒素十四を酸素の八、十六、二十四、三十二、四十の各々と化合せしめる事が出来るのである。この酸素の量はすべて八で割り切れる事は明白であらう。斯くしてダルトンは元素は簡單な整数の比率で化合する事を發見し得た。

原子と分子——原子量

偶々或る昔の哲學者で、すべての物質は眼に見えぬ原子で出来てゐると言明したものがあつたが、ダルトンはこの説を受け納れ、更に全然新しい意義を與へた。今日では化學者は水の分子の構成をはつきり知つてゐるが、その當時は水素一原子と酸素一原子とが結合して水の分子を作ると考へられてゐた。この原子や分子は全然眼に見えないものであることは言ふまでもない事で、如何に精功な顯微鏡を用ひても到底之を見る事が出来ない。勿論これ等原子一個々々の實際の重量は知り得ないが、ダルトンはその相對的の重量を求める事が出来た。原子量と云

ふ時は、或る一つの元素を標準にとり、それを單位として計算するのである。そこで、この標準に比例した各元素の重量を述べる必要がある。ダルトンが、既知の元素中最も軽い水素原子を單位としたのは、極めて自然な事である。彼は最も簡單な場合を基準として、他のものとの比例をとつた。水の一分子は、一つの水素原子が、一つの酸素原子と化合して出来てゐると考へてゐた彼は、水を合成するには水素の一重量に對して、酸素の八重量を要する事から推論して酸素の原子量を八と定めた。

二元素が異つた各種の化合物を作る事から、ダルトンは各元素の單一原子のみが常に結合するのではないと氣付いたが、併し、主成分として、一原子の簡單な場合をのみ取らねばならなかつた。當時あれ程分析に巧だつた彼も、これ以上には進み得なかつた。そして彼は、唯だ假説に基いて研究してゐたので、相當量だけしか研究し得ない事も自ら知つてゐたのである。

後になつて、水の一分子は二個の水素原子と一個の酸素原子との結合である事が發見せられたが、當時酸素の原子量は十六とされ、これに水素原子が二つ結合するものとされてゐたので其の比例は依然として八對一であつた。次ぎの發見は、原子は一定の結合力を有すると云ふ事

であつた。例へば或る元素の一原子は他の元素の一原子とのみ結合し、又或るものは、一原子で他の二原子、或は三、四、五原子と結合するものである。これは大発見であつて、原子價と云ふ學説として知られてゐる。そしてこれは、ダルトンが原子説を立ててから五十年後に発見されたものであつた。

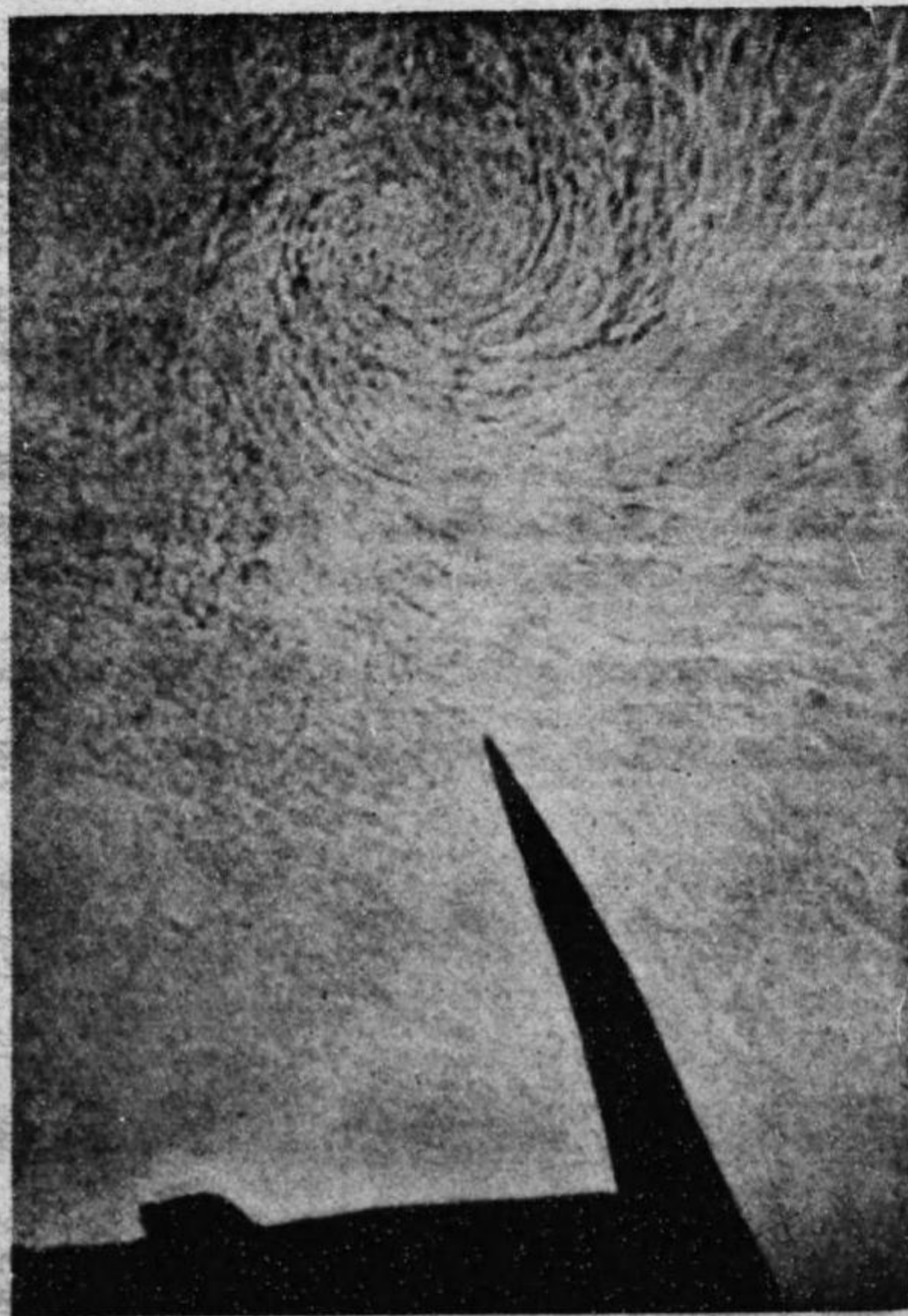
週 期 律

尙、後に至つて、すべての元素をその原子量の順に並べると第八番目毎の元素は、その化學的性質が互ひに似通つてゐる事が発見された。これは一定の週階オクタイフをなすものである。例へば素人化學者が皆知つてゐる様に、軟金屬のソヂウムとポタシウムは相似た點が多く、この兩金屬の小片を、表面の濕つたところへ投げ付ければ、何れも火を發する。ところが、元素の週期表にはこの二金屬は正しく週階オクタイフを距てゐるのである。すべての元素に於ても同様で、八つ宛の各群に分たれて居り、第一群の最初の元素は次ぎの群の第一の元素に、第二番目は次の群の第二番目に照應してゐる。

大膽な豫言——其實現——新元素

化學的オクタイヴの発見は週期律と稱へられ非常に面白いものであるが、此處に詳述の餘地がないから、卷末に附録として、稍詳しく述べる事とした。只局外者にとつて面白いことは、発見者が其の週期表に空いた場所を多く残したと云ふ事である。彼はこれ等の空いた場所に適合する元素はまだないが、やがて発見せられるであらうと言つてゐる。これは大膽な豫言で、彼は將來発見されるであらうと思はれる各元素の性質さへ豫言してゐる。そして彼の存命中に各國の化學者に依つてこれ等の元素が発見されたとは何んと愉快な事ではないか。

再び立ち戻つて、空氣の組織を今少し深く考究して見やうと思ふ。約三十年前レイリー卿は酸素、水素、窒素の原子量を極めて正確に計る仕事を始めた。そして酸素、水素は容易に分つたが、窒素の實驗中、空氣中から得た窒素と他の化合物から得た窒素との原子量に差異がある事を見出した。即ち空氣中から得た窒素が僅かに重かつたのである。他の化學者は、何か計算に誤があるのではないかと思つた。そしてレイリー卿とウィリヤム、ラムゼイ氏との間には此の



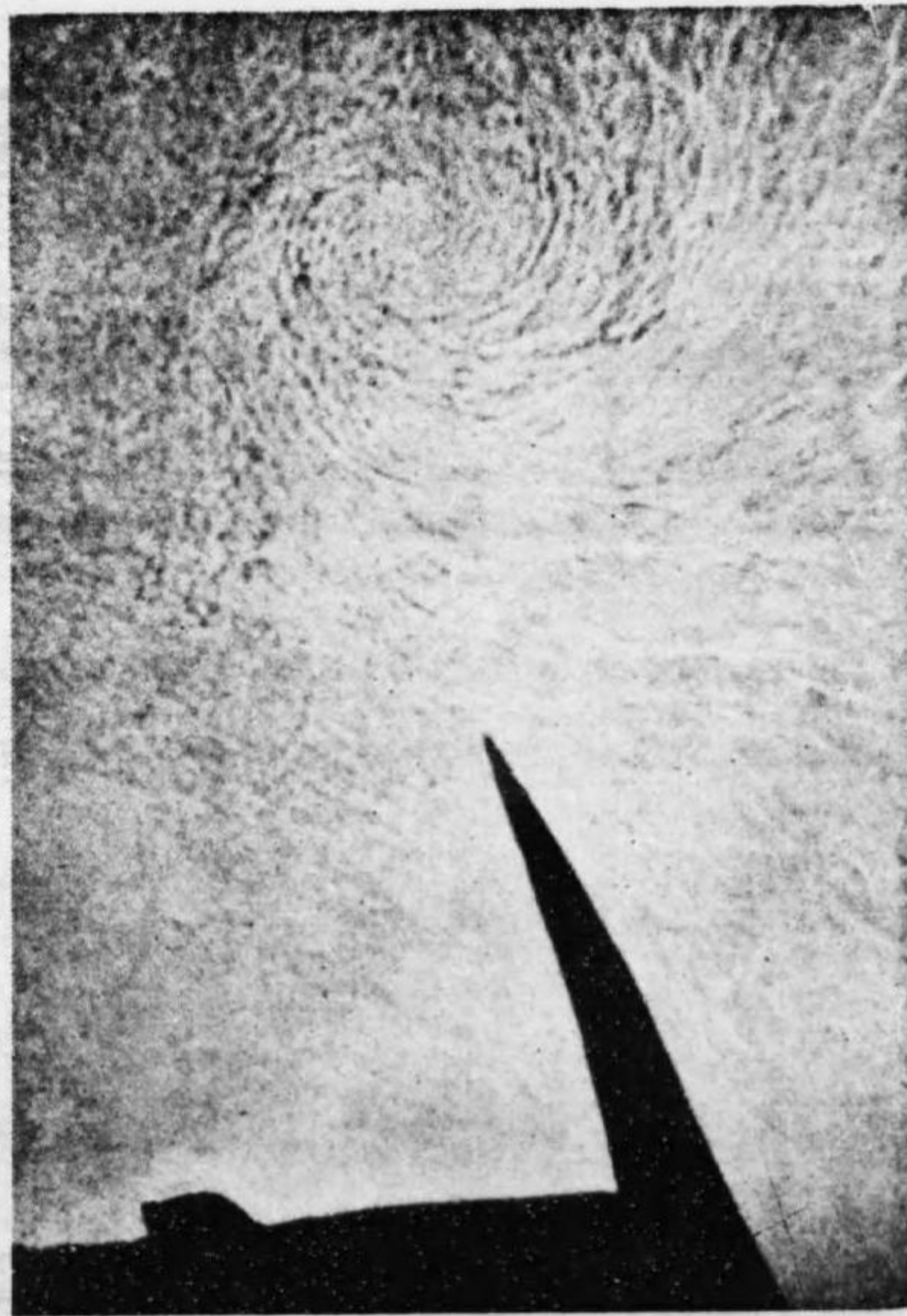
空気の運動・飛行機推進の迅速な運動に依りてカメラに撮ら
たれ空気の運動。

問題に就て次の様な議論が行はれた。即ち、レイリー卿は化学的に作つた窒素には何か軽いものが幾分交つてゐるに違ひないとし、ウィリヤム・ラムゼイ氏は大氣中の窒素が自身より重いものを少量含んでゐるのであらうと云ふのであつた。斯くて兩者銘々に此の問題を解決するため研究にとり掛かつた。

ウィリヤム・ラムゼイ氏は空気を赤熱した銅の上に通して酸素を吸収せしめ、更に赤熱したマグネシウム屑の上を通して窒素を吸収せしめた。これで、空中の主要瓦斯を全部とり去つたのである。そこで残りの瓦斯を驗べて見て、新元素を発見し、それにアルゴンと名付けた。これは空氣の約一パーセントを占めるもので、この當時まですべての化學者はその存在を知らないで、窒素と一緒に重さを計つてゐたのである。其後アルゴンも亦純粹なものでなく、更に四個の他の元素がこれに附隨してゐる事が分つた。これ等の稀な五元素は原子價として前に述べた結合力が全然ない様に思はれる。それはこれ等の中どの元素も他の元素とは決して化合しないからである。

問題に就て次の様な議論が行はれた。即ち、レイリー卿は化學的に作つた窒素には何か軽いものが幾分交つてゐるに違ひないとし、ウィリヤム、ラムゼイ氏は大氣中の窒素が自身より重いものを少量含んでゐるのであらうと云ふのであつた。斯くて兩者銘々に此の問題を解決するため研究にとり掛かつた。

ウィリヤム、ラムゼイ氏は空氣を赤熱した銅の上に通して酸素を吸収せしめ、更に赤熱したマグネシウム屑の上を通して窒素を吸収せしめた。これで、空中の主要瓦斯を全部とり去つたのである。そこで残りの瓦斯を驗べて見て、新元素を發見し、それにアルゴンと名付けた。これは空氣の約一パーセントを占めるもので、この當時まですべての化學者はその存在を知らないで、窒素と一緒に重さを計つてゐたのである。其後アルコンも亦純粹なものでなく、更に四個の他の元素がこれに附隨してゐる事が分つた。これ等の稀な五元素は原子價として前に述べた結合力が全然ない様に思はれる。それはこれ等の中どの元素も他の元素とは決して化合しないからである。



・空氣の運動・飛行機推進器の迅速な運動に依つてカメラに撮ら
・たれ空氣の運動。

太陽にのみ在るものと思はれてゐた元素

この五元素の一つ、ヘリウムは最も興味の深いものである。これはノーマン、ロッキヤー卿が、ずつと昔、一八六八年に、太陽中に之を発見してから、多年太陽や其他の星に限られたものであると思はれてゐた。(星の化學の発見は後章に述べる。)ヘリウムと名付けられたのは、希臘語で太陽の事をヘリオスと云ふので、これが初め太陽中に見出されたからである。吾々は太陽には、我が地中の組織中にはない元素があると考へてゐた。併し、ウィリヤム、ラムゼイ氏はアルゴンを発見した後、ウラニウム金屬の一つであるクレヴェイイトと云ふ鑛石で實驗してゐる中、殆ど窒素を含まない一瓦斯を得た。そして分光器に依つて驗べて見ると、これは太陽中のあの神秘的な瓦斯、ヘリウムと全く同様のものである事が分つたのであつた。

第十五講

化學上の發見

有機化合物とは

自然に存在する化學的合成物は少くない。甘蔗その他の植物の液汁からは砂糖が作られる。又吾々は植物を栽培して、それから採つた自然分泌物で彈性護膜を製くる。其他、染料、護膜、樹脂等を採取し得る植物もある。

又更に動物の中にも自然に存在する物質が多い。魚類からは種々の油が得られ、吾々自身の體の中にも、種々の目的に用ひられる分泌液がある。從來これ等の自然の産物は、實驗室の中で作られたる化學的化合物と全然異つたものであると考へられて居つた。事實、百年許り前までは、すべての化學者達は生物には自然の化合物を作るのに必要な活力を有つて居ると信じて居つた。そして斯様な物質は有機物と稱せられ、その他の化合物はすべて無機物と名附けられ

た。

活力説の消滅

十九世紀の初め、瑞典のある大化學者は有機化合物を分析して、これ等も亦普通の元素から出来てゐる事を發見したが、尙ほ活力の存在を信じてゐた。然るに間もなく活力説を全然覆す程の大發見が現はれた。それは獨逸の化學者が、吾々の體内に生ずるある化合物を實際に實驗室の中で作つたのである。即ち、彼は所謂活力の助けを借らずに、無機物から神秘的な有機物を作り出す事に成功したのである。

化合物を作る化學的方法を合成^{シンシエシス}と云はれる。この合成といふ希臘語は綜合する意味である。これに對して、「分解」といふ化學上の言葉があるが、これも解放、分散の意味の希臘語から出たものである。乃ち組成された化合物をすべて「合成せられた」と云ひ、その化合物は「合成物」と呼ばれる。

自然物の製造

この有機合成物を無機物から作り出す発見は重大な結果を齎した。此の化学者は實驗室の中で、ある有機化合物を作る事を得たが、この化合物はもし作られなければ、遠距離の地から輸入されねばならないものであつた。勿論、これを商業上收支相償ふ様に作り得る方法が発見されるまでには、相當の時日を要したが、遂にこれを輸入すると同じ費用で、或はそれ以下の費用で作り得る様になり、初めて實業上の議題となるに至つた。

アリザリンと言ふ染料を作るために、^{あかね}茜の大栽培が歐羅巴の大陸に盛であつたが、この化学者はこれと全く同じ物質を實驗室の中で作り得る事を見出した。それは代用品や模造品を作れるといふのではなくて、茜の中に自然に存在するアリザリンと全く同じものを作り得る様になつたのである。この化学工業を大規模に行へば、輸入するよりも遙かに低廉にアリザリンを製造し得る事が分つたので、其のために特に茜を栽培する事は、最早必要でもなく、又有利な事業でもない様になつた。

その他の自然染料ばかりでなく、多くの物質、例へば以前は支那、日本に生ずるある樹木からしか作られなかつた樟腦なども合成される様になつた。かくて化学者は多數の有機物を作り得る様になつたが、その多くはたゞ化学上興味の深いものに過ぎないものか、或は商業上の根底を有しないものであつた。

自然護謨と人造護謨

近年、人造護謨の事をよく耳にするが、事實人造護謨は代用品或は模造品であつて、純粹な護謨ではない。これ等は多くは自然護謨と他の物質とを混じたものである。先年眞の合成護謨が實驗室で作られたが、これは栽培護謨と競争出来る様な低廉な價で製造し得る望みがあるのである。

大規模に合成護謨を製造する際の一つの困難は、この護謨を作るに必要な物質の原料を、何處から低廉に得るかといふ事であつた。そして、精密な實驗の結果、澱粉が最良の原料であると斷定された。即ち澱粉は酸酵に依つてフリーゼル油に變化され、フリーゼル油は更にアイソブレ

ンといふ物質に變化し得る事が發見された。このアイソブレンを重合さへし得れば、これから護謨を作り得る事は當時既に知られて居つた。換言すれば、アイソブレンは護謨と全く同一の原子より成り、只その結合の様式を異にするのみであるから、要する所は、原子相互の關係を變へて、護謨と同じ組織にする事であつた。

今日多くの傑れた化學者達が、このアイソブレンを重合する方法の發見に努力してゐる。嘗て彼等の中のある一人が、休暇中、外に出掛けてゐる間、一片のナトリウム金屬をあるアイソブレンに接觸せしめて置いた。二ヶ月後彼が歸つて來た時、そのアイソブレンは護謨の固い塊に變つて居つた。この問題を研究してゐた化學者は、すべて英國人であつたが、獨逸のある化學者もこれとは無關係に、全く異つた方法で同様な結果に到達したのである。

斯くして出來たものが人造護謨ではなくて、眞實の合成護謨であるといふ事は、局外者には鳥渡分り難い事であらう。これは自然に産する護謨と全く同一なものであつて、不純物を少しも含んでゐないといふ大きな利益を持つてゐる。

この合成護謨の製造方法を研究してゐる中に、一方ではアセトンを低廉に造る方法が發見さ

れた。アセトンは彈藥製造に用ひられる有機化合物で、常にその供給に不足を感じて居つたものである。當時歐羅巴の各政府はアセトンを大いに必要として居つたので、この比較的低廉に且つ無限にアセトンを製造し得る方法の發見は甚だ重要な事であつた。

ミルクの人造

一九一三年の初め、ミルクを合成的に製造したといふ報告が獨逸から傳へられた。合成砂糖や合成脂肪の事實を容易に承認した人々も、此のミルクが實驗室内で造られたといふ報告を直ちに首肯する事は出來なかつた。彼等はそれは實際のミルクと全く同じものではあり得ないと考へた。併し乍ら、活力の考へが驅逐された今日、假令化學者があらゆる必需食料品を造るのに成功したと聞いても、吾々はこれを承認するのに何等の不思議を感じないであらう。ミルクが自然に依つて腺から造られるものだからとて、必ずしもそれと同一のミルクが他の方法で作られないとは限らない。併し近代如何に多くの發見がなされたとしても、すべての食料品を實驗室内で作る事は、少くとも現代に於ては不可能に思はれる。併しある遠き將來に於ては、人

類の全食料が科學食料製造所から供給せられる時が至るであらう。これが高價な生活費の一解決法となるであらうといふ事も考へられない事ではない。

勿論斯かる驚くべき大變化は急激な革命の形をとつて來るものではない。若しさうでなかつたならば、百姓や小作人などは一體どうなる事であらう。工業界に於ても同様である。工業界の變化は革命よりも寧ろ進化の形を取つて來るものであるが、その時ですらも多數の勞働者が失業に苦しまねばならない。例へば動力織機が發明されてから既に百年以上にもなるのに、まだ地方では少數の手織機の織工が働いてゐる。併し年の若い男女は新しく昔からの此の商賣を習ふ事をしないから、従つて次第に衰へて、今日では殆んど全くその跡を絶つて了つた。併し自然食料から合成食料への變化が、何うして急激であつてはならないか。それは今日の世界の狀態を見れば直ぐこれを了解し得るであらう。

有機物の成分——有機物製造の困難——その理由

現在約八十の元素が知られてゐるが、その中自然有機化合物の大部分に含まれてゐるものは

炭素、水素、酸素、窒素の四元素に過ぎない。炭素はすべての有機化合物に缺く可らざるもので、他の一元素、二元素、或は三元素と種々の割合で結合してゐる。そして、單に此の事實だけでは、化學を少しも知らない人をして、有機化合物は甚だ簡單なもので、容易にこれ等の數元素に分解せられ、又容易に合成せられ得ると想像せしめるかもしれない。けれども事實さうではない。ある有機化合物を分解する事は容易な事ではない。實際、今日のあらゆる方法を以てしても完全に分解出来なかつた化合物は甚だ多い。又ある者は、その構造が詳細に分つてゐる有機化合物を見て、各元素をその知られてゐる割合に結合せしめれば、何んな化合物でも合成する事は左程六ヶ敷い事であるまい、と思ふかもしれない。併し、それは其の人々が考へる様に爾かく簡單ではない。必要な二三の元素をある一定の割合に結合せしめたところで、これ等の原子は異つた風に結合して、全く異つた化合物が出来るのである。例へば、澱粉と綿とは全く同一な原子が、全く同一な割合に結合したものであるが、たゞその原子が異つた風に結合してゐるといふ差異があるのに過ぎない。

更に、果糖と、ミルクを酸敗せしめる酸とを分拆して見れば、これ等の二つの物質は、全く

異つた化合物ではあるが、全然同一の原子が同一の割合に結合して出来たものである事が分る。而も前者は甘く、後者は苦く、前者は液体であり、後者は固体であり、前者は美しい結晶となり、後者は決して結晶してない。

合成食料の製造が決して簡単な事でない事はこれで了解されるであらう。ある複雑な有機化合物の分解は殆んど不可能であるのみならず、又假令これに成功したとしても、再びこの化合物を作る事は甚だ困難である。といふのは、同一の原子であつても種々の仕方に結合し、目的の化合物とは全く異つた物質を作るからである。

面白い化學的作用と難問題の解決

化學上の他の興味ある発見は、接觸作用として知られてゐるものである。ある二つの物質はこれを混合しても結合しないが、第三の物質をこれに接觸すれば、これ等を化合せしめ、而もこの第三の物質には何等の變化を生じない。例へば酸素と水素とは混合して數年間放置しても決して化合しないが、この混合物に白金綿の小片を投入すれば、大爆發を惹起す程の激しさで

急激に化合する。爆發の後、この白金綿を調べて見るに、その化學的の組成は最初と全く同一である。ある佛蘭西の化學者がこの問題を研究して、次の様な事を発見した。白金綿をこの混合物中に入れると、白金は急激に水素と化合し、この新しい化合物が生ずるや否や、再び酸素に働いて原子の急激な變動を惹起する(即ち爆發)。その間に酸素原子と水素原子は化合して、白金綿は元のまゝ残るのである。この第三者の接觸作用は極めて廣い範圍に亘り、實地の化學に於て甚だ有用なものである。

勿論、必ずしもすべての接觸作用が爆發を伴ふとは限らない。化學的結合が種々の速さで起る事は周知の事であらう。上述の如き酸素と水素との急激な結合もあれば、空氣中の酸素と石炭中の炭素との如き、絶えず焰を生ずる緩かな結合もある。更に、空氣中或は水中の酸素が鐵と化合して錆アツサビを生ずる如き、極めて緩慢な結合もある。

液體 空氣

化學よりも寧ろ物理學の領域に屬してゐる面白い発見があるが、序に茲に述べておかう。約

四十年前、酸素、窒素、水素の瓦斯を液化しようといふ試みがあつた。佛蘭西の二化學者はこれ等の瓦斯を非常な高壓の下に壓搾し、同時に極めて低い溫度に冷却した。そして急にこの壓力を除いて、瓦斯の分子をしてその振動のエネルギーの大部分を消盡せしむるといふ考へであつた。かくして更に冷却を加へると、壓搾せられた瓦斯の分子をより密に接近せしめ、茲に所謂「液體」の状態になるに相違ないと期待されて居つた。當時これ等の化學者は恐らくそれが成功したものと認められ、化學者自身もその裝置の側面に液化した瓦斯の滴を見たと思つて居つた。併し乍ら今日では、斯様な仕方では精々目に見える蒸氣を作つた位のものである。

數年後、露西亞の二化學者は更に壓力を増し、溫度を減じて、酸素、窒素を液化する事に成功した。併し、まだ水素を液化する事は出来なかつた。彼等の中の一人は、二年後更に普通の空氣を液體にする事に成功したが、十年後になつても尙水素は液化し得なかつた。

二十年後、倫敦の學士院に於て、この執拗な水素を液化しようといふ試み、遂にサー、ジェームス、デウアが成功した。空氣が液化する溫度は零下一九〇度(攝度)であるのに對して、水素は零下二五〇度に冷却しなければ液化しない。

空氣を液化し得るといふ事實は一般の興味を呼び、これを多量に造る裝置が工夫さるゝに至つて、多くの面白い實驗が公開された。吾々の呼吸する空氣が、目に見える水と同様な液體に變化するとは、——勿論低い溫度ではあるが——考へても不思議である。これが一つの器から他の器に移されたり、卓子や床に漏れた液體空氣が氣化したりするのを見るのは奇妙な事である。その溫度は甚だ低いから、普通の溫度のものをその中に入れば、液體空氣は激しく沸騰する。花或は葡萄を液體空氣の中に浸せば、これ等の植物は極めて固く、脆くなり、美麗な固い粉に碎けて了ふ。

第十六講

電氣に關する發見

最初の實驗

電氣の應用は極く最近に起つたものであるが、これに關する知識の初めは、女王エリザベス時代に始つた實驗期を越えて、遠く三千年の昔に溯る。

最初の發見は極めて簡單なもので、琥珀を摩擦して、これが藁或は他の軽い物を引き附けるのを觀察した位の古風な實驗であつた。これ等が琥珀に引きつけられる運動、或はこれに固着する有様などは、何か其處に生命があるのではないかといふ考へを暗示した。それで古代人はこの現象を説明して、摩擦から熱と生命とを生じた結果、琥珀が精神を得たのであると考へた。世紀が流れて約二千年の間、人々は、摩擦に依つて軽いものを引きつける特質を生ずるものは唯琥珀のみであると信じて居つた。三百年前に至るまでこれ以上の發見はなされなかつた。其

の後、硫黄、樹脂、ガラスなどの如き普通の物も琥珀と同様な作用を持つてゐる事を發見したのは、女王エリザベス時代の醫者(ウィリアム、ギルバート博士)であつた。そして琥珀といふ希臘語が“electron”である所から、“electricity”といふ語を紹介したのも亦彼であつた。この時に至るまで、電氣と稲妻との間に何んな關係があると云ふ事などは、誰も想像したものとはなかつたが、ある獨逸の實驗者が可成大きな硫黄の塊を紡錘の上に載せ、これを廻して摩擦した結果電氣を大規模に起す際には、光と音(即ち電氣火花)とが伴ふ事が發見された。乃ちこの電氣火花が稲妻の微少な閃光と酷似してゐる事を暗示したのであつた。

又、軽い物體が摩擦された硫黄の塊に引きつけられる際に、その物體が一旦硫黄に接觸すれば、そのために反撥されるといふ事實が發見された。更に、その塊の近くに、且つこれに接觸しない様に吊された物體にも感電する事も分つた。これ等の電氣火花、同じ電氣を帯びた物體間の反撥、近距離にある物體間の感應等は、すべて十七世紀の極く始めに發見されたのである。

晴雨計に關する面白い實驗

これと殆ど時を同じうして、偶然に他の面白い発見があつた。ある實驗者が水銀晴雨計を用ひて實驗してゐた時、偶々その管はよく眞空にされてゐなかつた。そして、此の管を振蕩した際、水銀の分子間の摩擦のために電氣が生じ、そのために水銀は蒸氣となり、管の中の空氣の分子は美しい光輝を放つた。この實驗は又、電氣火花以外に電光に就ての最初の證據を示したものである、特別の興味あるものである。近頃の水銀蒸氣ランプは事實この最初の實驗を擴大したものである。

傳導體と絶縁體

次の発見は寧ろありふれた事の様に見えるが、而かも極めて重要なものである。それは或る實驗者が兩端にコルクを嵌めたガラス管に帶電させやうと試みてゐた時、此のコルクは摩擦されないのに軽い物體を引きつける事を発見した。この事は實驗者に不思議に思はれたに違ひない、といふのは電氣はガラス管に沿ふて擴がらない。又、帶電せしめ様と思ふ部分はこれを摩擦しなければならぬからである。併も、電氣がコルクとガラスとの接觸點を越えて、コ

ルクの方に擴つた事は明瞭である。この實驗者は電氣が縦の棒を傳はり得る事を発見し、更に細索で作つた導線に沿ふて電氣を遠距離に送らうと試みた。最初はこの導線を麻絲で吊したために失敗に終つたが、次にこれを絹絲に取換えて、電氣を或る距離まで送り得る事を発見した。これ等の觀察の結果、ある物質は電氣の良導體であり、あるものは不良導體であり、又他のものは電氣を全く傳へない事が分つた。

電氣の實驗は女王エリサベス時代の初期に初まつたものであるが、前節に於て述べたやうな発見に達するまでには相當の時日を要した。實際、琥珀だけが帶電體ではないといふ事の発見と、導體、不導體の発見との間は、百年以上も経過してゐるといふ事を聞いて驚く讀者も少なからう。その間にスチュアート家が王位に即き、更にハノーヴァー家が之に代つたのである。

電氣の二種類

尤も、ジョージ二世の時代に住んでゐた賢明な人々の中には、摩擦したガラスや、樹脂で造つた棒切を以て長い間實驗してゐた哲學者の考へを首肯しないものも多かつた。電氣に二種類

あるといふ發見もこれ等の傍觀者にとつては實際の價值あるものの様には思はれなかつた。この發見は極めて簡單に行はれた。自由に動く様に吊された軽い物體が帶電すれば、これを帶電せしめた硫黃塊はまたこの物體を反撥するといふ事は既に知られて居つた。宛もすべての帶電體が互に反撥するかの様に見えたが、更に、硝子棒に依つて帶電した物體は、帶電してゐる硝子棒からは反撥し、樹脂棒には引きつけられる事が發見された。

これ等の實驗から、硝子片を摩擦して生じた電氣と、樹脂片を摩擦して生じた電氣との間に何か差異のある事が明かになつた。軽い物體はこれ等の帶電體の何れにも引きつけられるが、この物體が一方の帶電體に接觸して帶電すれば、直ちにその帶電體からは反撥し、他の種類の帶電體には引きつけられる。

この電氣の二種類を區別するために、硝子棒の摩擦に依つて生じた電氣は、硝子電氣と呼ばれ、樹脂に依つて生じた電氣は「樹脂電氣」と呼ばれたものである。同種の電氣を帶びた二箇の物體は互に反撥し、硝子電氣を帶びた物體と樹脂電氣を帶びた物體とは互に引きつける。この電氣は兩方共電氣を帶びない物體を引きつけるけれども、電氣に二種類ある事については疑ふ

餘地がない。

電氣に二種類ある事は佛蘭西の實驗者の發見した所であるが、それは唯だ、硝子棒と樹脂棒とを用ひたのみであつた。然るにその時より約六十年前既に獨逸に於て硫黃球の機械が發見され、三十年程前英國に於て硝子球の機械が發明されたのであるが、是れなどは等閑に附せられて居つた。當時この考へは再び勃興して、獨逸の實驗者達に依つて發電機は大いに改良された。これ等は發見よりも寧ろ發明と言ふべきものであるから、茲ではその詳細について述べる事を止めて、それよりも是れを用ひて發見された事だけを取扱ふ。

人を絹絲で繋いでおくか、或は絶縁臺の上に立たせて、電氣が地面に逃げられないようにすれば、その人も帶電して、その體の各部分から火花が出る様になる事が發見された。更に實驗を進めた結果、如何なる物體も絶縁臺の上に載せれば帶電せしめ得る事が分つた。

ライデン瓶

前記の發見は最初英國に於て行はれたのであるが、これが動機となつて、數年の後には和蘭

に於て更に進んだ他の發見を齎した。物體が帶電してゐる時、その物體を完全に絶縁して置かないと、電氣は直ちに何處かに逃れ去つて了ふといふ事が觀察された。ライデンの一教授は、ガラスは電氣の不導體であるから、ガラス瓶に入れた水に電氣を蓄える事が出来る筈だと考へた。彼はガラス瓶に水を入れ、その水中に鐵釘を置いた。この釘は瓶から突き出て居て、電氣を水に傳へる役目を勤めるのである。彼は最も進歩した發電機を用ひた。瓶中の水に充電した後、この教授の實驗を援助して居つた一富豪が、偶然この鐵釘に觸れた處、驚くべき電氣の衝動を受けた。其の時、教授は、その富豪が別段に驚くにも及ばない事に驚いたのであらうと考へて、自らその實驗を再び試みて見た。そして、その試みの後、彼は佛蘭西の一化學者に送つた手紙の中に斯う言つてゐる。「そのショックは非常に強烈で、假令佛蘭西の王冠を報酬に呉れると言はれても、再びその實驗を繰返す氣が起らぬ」と。

この電氣衝動の結果は多少誇大して傳へられた傾向はあるが、併も幸にして實驗者は尙この研究を捨てなかつた。其の後間もなく、瓶の中に錫箔を貼れば、水と同様な働きをする事、硝子板或は硝子瓶の兩側に錫箔を貼れば更に良好な結果を得られる事が發見された。そんな譯か

ら、この瓶は、發生の地に因んで、ライデン瓶と命名されたのである。

科學者がこのライデン瓶の作用を研究した結果、内側の錫箔には、外側とは反對の電氣が帶電してゐる事が分つた。ライデン瓶に關するこの説明を與へたのはベンジャミン・フランクリンである。そして恐ろしい彼の稻妻も電氣火花の大仕掛なものに過ぎないといふ事を證明したのも、亦同じくアメリカの大哲學者であり、大政治家である彼であつた事は周知の事實であらう。

稻妻の實驗

初期の發電機で起こしたあまり長くない電氣火花ですらも、恰度、稻妻の閃光その儘であつたので、多くの人々はこの兩者が全く同一なものである事を信じて居つたが、而も容易にこの説を證明する事が出来なかつた。フランクリンは、空中に高く金屬導線を擧げて、これによつて雲から電氣を導かうと考へた。先づ高い塔に金屬棒を結び附けて實驗しやうと思ひつき、フィラデルフィアに建造中の極めて高い尖塔の上に待つてゐた。然し永い間待つても遂に良い機會がなかつたので、今度は他の方法で、即ち紙鳶で以て導線を空中に擧げる事を試みた。その中

に、フランクリンのこの問題に關する著書の一部が佛蘭西に着くと、同國の或る實驗者が、高く空中に棒を立て、之に依て大氣中の電氣を導く事に成功した。まだ蒸氣船のない當時に於ては報道の傳はるのは極めて遅かつたので、この佛蘭西に於ける實驗の報道が亞米利加に達する前に、フランクリンも亦紙鳶に依つてこの實驗に成功したのであつた。

フランクリンの紙鳶は雨に堪えるやうに絹で作られ、聚電子の役目をする金屬の尖端が取り附けてあつて、紙鳶から地上に電氣を導く爲には普通の絲が用ひられた。麻絲は電氣の良導體ではないが、これを濕すと立派な導線となる事が、發電機に關する初期の實驗中に發見されてゐた。フランクリンが次第に近づいて来る雷雨の中に立つて實驗してゐる間に、その絲は雨のためには濡れた。その絲の下端は金屬製の電鍵に結ばれ、この電鍵に絹のリボンを附し、そして、リボンが濡らないで絶縁體となつてゐる様に彼は蓋ひのある小屋の中に立つてゐた。かくの如くして彼はこの電鍵に帶電し、これから火花も出ることを、ライデン瓶にも充電し得る事を發見した。

ベンジャミン、フランクリンのこの大膽な實驗に次いで、他の實驗者は紙鳶の絲の代りに針金

を用ひて、十呎の長さの火花を出す事に成功した。併し、ある露西亞の實驗者は、自分の室に導いた鐵の避雷線で實驗の最中、大雷雨のたゞに致命的のショックを受けたのであつた。

哲學者と靴下の實驗——電氣の正負

以上はすべてジョージ三世が英國の王位に即く以前の事であつた。絹の靴下を穿く事は當時の慣習であつて、ある少し風變りの哲學者はいつも同時に二足の靴下を穿いて居つた。彼は多分毛絲の靴下の上に絹の靴下を穿いて居つたのであらう。彼は又、白と黒の絹靴下を以て實驗を行つた。彼は上の方の靴下を脱ぐ時に、下の方の靴下との間にキイ／＼といふ音を發するのを聽いて、その靴下が帶電してゐるのではないかと思つた。この簡単な觀察から研究の歩を進めて、上方の靴下と下方の靴下とは互に引き付けられ、そして上方の靴下の間に、或は下方の靴下の間には互に反撥する事を發見した。彼が凡そ二十年以前に發見せられた二種の電氣を得てゐる事は明かであつた。かくして電氣に二種類ある事は更に明かとなつた。そしてベンジャミン、フランクリンの單電流説が紹介されるに至つて、正電氣、負電氣といふ術語が起つた。あ

る物體に於ては電氣の流れが過剰し、他の物體に於ては不足する、これが即ち帯電の異つた二状態間の相違であるといふ考へである。

ガルヴァニの蛙

この頃(十八世紀の後半)には既に電氣機械は方々の實驗室や個人の邸宅に据附けられて居つた。伊太利の醫者ガルヴァニ——彼は又解剖學の教授でもあつた——は、電氣の冷血動物の神經組織に及ぼす影響を見るために、電氣機械を用ひて實驗して居つた。偶々極く最近殺した蛙の四肢が、電氣機械の近くにある金屬製の支柱に懸けてあつた。電氣機械が火花を發する度毎に、その蛙の肢が痙攣的に收縮するのが觀察された。これを見てガルヴァニは、新しく殺した蛙の肢は、放電の有効な指示器となるであらうと考へた。これが今日檢電器と稱する所のものである。

六年の後、ガルヴァニは雷雨の際に大氣中に放電があるか否かを試験しやうと思ひ、新しく殺した蛙の肢を檢電器として用いた、かくの如き考へで、彼は蛙の肢を露臺に持出し、それ

を銅製の鈎に掛けて鐵の欄干の上に置いた處が、電氣機械の影響を受けた時と同じく、蛙の肢は痙攣的に收縮した。ガルヴァニは蛙の肢が電氣の存在を示してゐると信じて居ても、その電氣は一體何處から來るか解らなかつた。教授の答はかうである。「電氣は動物の體内に生ずる。そして、神經の連つてゐる銅が欄干の鐵に接觸し、その鐵に筋肉が接觸すれば、放電が起る。最近殺した蛙の筋肉と神經とは絶えず電氣を生じ、かくして繰り返し放電し得るのである」と。五年後、ガルヴァニは此の實驗に關する記録と、彼の到達した結論とを發表した。これは、彼が最初實驗室内に於て、偶然蛙の肢の痙攣するのを發見してから十一年後の事であつた。他の伊太利の教授ヴォルタは、ガルヴァニの與へた説明に反對した。彼は蛙の肢は電氣の生ずる事と何等關係がないと斷言し、電氣放電は二箇の似通つた金屬の接觸に因るものであると主張して、兩教授は互に自己の説を固持して居つた。

電流の誕生

第三の伊太利の教授は、濕つた肉塊の化學的作用が電氣の發生に幾らか關係のある事を暗示

した。これは事實である事が分つた。といふのは、凡そ七年の後、ヴォルタ教授は銅板と亜鉛板とを重ね、その上に酸性の水で濕した布を敷き、またその上に二枚の金屬板を重ね、斯様にして實驗した結果、彼は蛙の肢の助けを借らなくても、電氣が生ずる事を發見したのである。濕した布は間もなく乾燥して、電氣作用が止つて了つた。そこで、彼は酸性の水を充したガラス鉢の中に、この二枚の金屬板を入れて試みた。そして、かくの如き鉢を多く繋ぎ合して、著しい電流を得る事が出来た。

實際、これは大發見であつて、電流の誕生とも言ふべきものである。近頃の電池はすべて、このヴォルタの最初の鉢を改良したものに過ぎない。そして電流の發見者をガルヴァニとするか、ヴォルタとするかは極めて興味ある問題である。ある傑れた學者は一八七六年に發行された著書の中にかう述べてゐる、「この發見に關してヴォルタもガルヴァニと同様な名聲を得る權利を持つてゐるが、何んと云つても優先權はガルヴァニに歸する。」と。併し、吾々は遺憾乍ら共鳴する事は出来ない。何故かと云ふと、成る程ガルヴァニが蛙の肢の痙攣する奇妙な現象を發見した事は本當である。けれども、彼は動物の身體組織に何うして電氣が起るかと云ふ事に精細

な説明を試みたに止つてゐる。そして彼は解剖學者として解剖學上興味のある問題である事を示したにすぎなかつた。ガルヴァニの効績はこれ以上に及んではゐない。一方ヴォルタは、更に進んでその眞理を探究し、終に電流の大發見をなした。其處にはもう議論の餘地がない様に思れる。兎に角ガルヴァニの蛙の肢の痙攣を發見した事が、ヴォルタを導いて電流の發見と云ふ偉大な獲物を捕捉せしめたのは明瞭な事實である。唯だガルヴァニの最初の發見と、ヴォルタの顯著な發見との間に、十二年を経過してゐる事は一般には知られてゐないのである。

ヴォルタは伊太利から倫敦の帝國協會々長に信書を送つて、電流の發見を告げ、金屬板を重ねて實驗した事を述べてゐる。その方法が極めて簡單であつたので、數人の人は直ちにこの實驗を試みた。一緒に働いて居つた英國の二人の實驗者は、電流を水に通ずる時、水の中へ、そして外へ電氣を導く針金の兩端から、ワスの泡沫が生ずるのを觀察した。其時彼等はそれが一方の針金からは水素瓦斯が、他の針金からは酸素瓦斯が発生するのであると云ふ事を發見したのである。これは勿論、非常に重要な發見で、嘗て、カベンディシが水は酸素と水素より成ると斷言した通り、今や水がその兩つの瓦斯に分解されたのである。これに續いて他の色々の實驗

が行はれ、數個の鹽類も分解し得る事が發見された。

面白い金屬の發見

水の電氣分解が發見されてから七年後、サー・ハムフリー・デイヴィは更に實驗を進め、強力な電池を用ひて、これまで單一な物と考へられて居つた二三の物質を分解する事に成功した。彼は炭酸加里及び曹達が、當時未だ知られて居らない金屬から成つてゐる事を發見した。デイヴィが倫敦の學士院に於て、その大電池の電流を少量の炭酸加里に通じ、金屬様のキラ／＼する小球を發見した時には、興奮の餘り、宛かも小學校の兒童の様に、實驗室のあたりを飛び廻つたといふ事である。彼は實に新しい未知の元素を發見し、電氣分解に依る大工業の基礎を作つた人である。

電燈の導因となつた發見

約六年の後、デイヴィーは電流に依つて非常に明るい光が得られる事を發見した。二千個の電

池を繋ぎ合せて學士院の大電池から、二本の電線を導いて、その兩線の端に木炭筆を結び附けた。そして電氣回路に小さな隙を作る様に木炭の兩尖端を僅かに離して置くと、尖端は白熱して強い光が生ずる事を發見した。彼は木炭を平らに置いた處が、その光の流れは熱せられた空氣の昇るために上方に弧形を畫いた。この光のアーチ形から「アークライト」といふ名前が出て來たのである。併し近頃のランプには、炭素棒は垂直にしてあるから、この様なアーチ形の光は出ない。

サー・ハムフリー・デイヴィーのこの簡単な發見から、電燈の大事業が起つた。併しこれが發見された當時は、電氣の光を大規模に利用する望みはなかつた。何故ならば、その時分は電流は電池より他に得るよい方法がなく、必要な電光を得るためには、非常に大きな電池を必要としたからである。

更に次章に於て電流を得る他の方法の發見について述べ、そしてこの發見が如何にして電氣工學の基礎となつたかを物語らうと思ふ。

第十七講

電氣工學に關する發見

電氣の應用——磁力と電氣との關係

前講に述べた電池の發見に依つて、吾々は電氣を一層容易に制御し得る様になつた。實際、絶縁體を充電したり、放電せしめたりしか出来ない間は、電氣を實地に應用する望は殆んどなかつたのである。

電流發見の結果、頑固な物質の電氣分解や實用的の電燈が發見された。併し電氣を大規模に應用する事は、大きな電池を連續して用ひなければならぬ所から、殆んど不可能であつた。これは費用が要る許りでなく、電流は直ぐ弱くなつて了ふ。そして間歇的に電池を用ひなければ、實用に供する事は出来なかつたからである。然らば電流を大規模に起し得る裝置が如何にして工夫さるるに至つたのか。

最初の發見は至極簡單なものではあるが、而もそれは極めて重要な事である。丁抹の教授ハンス、クリスチャン、オエルステッドは、電氣の通じてゐる電線の附近に、羅針盤の針を持て來ると、その磁針は廻轉して、電線と直角の位置を取る事を發見した。これは磁力と電氣との間に密接な關係を有つてゐる明かな證據である。若し電線を通してゐる電流の方向を變へれば、磁針も亦その位置を變へ、再び電線に對して直角となるが、此の場合その北極は逆の方向を指してゐる。

オエルステッドの發見はほんの偶然の發見に過ぎないと言ふ人もあるが、電氣と磁力との間の關係は既に之より以前に正確に暗示されてゐて、この丁抹の教授はその關係の存在を研究してゐた人々の中の一人であつたのである。

最初にこの發見を實地に應用したものは指針電信機である。これは近くにあるコイルを流れる電流に應じて、小磁針が左右に振動するものである。併し、その當時は一般に事物の進歩が遅く、指針電信機に關する最初の實驗が行はれるまでには十七年、この發明が一般公衆に利益を與へる様になるまでには、實に二十五年を経過してゐるのである。併し、吾々が興味を以て

知りたいと望むものは、この實地の應用に關してではなく、遠くその發見の時代の事である。佛蘭西の大物理學者アムペアは電磁氣の作用を支配する多くの法則を發見したが、茲では主として新しい現象の發見について考察して見ようと思ふ。

磁石の作り方——磁石と同様な作用を有する電流

電流が附近の磁針に影響を及ぼす事が發見されてから間もなく、英國の科學者ディヴィーと佛國の科學者アラゴは各々別々に普通の鋼鐵の針が近くの電流の影響を受けて磁化する事を發見した。若し電流の流れる電線を螺旋狀に巻いて、そして針をそのコイルの中に入れると、この結果は更に著しくなる事が分つた。これは確かに大なる進歩であつた、といふのはその時まで磁石を作る唯一の方法は、天然磁石或はこれに依つて作られた他の磁石で、鐵片を摩擦する位の事だけであつたのである。

アラゴは又、電流の通じてゐる銅線は丁度鋼鐵の磁石と同様な働きをする事を知つた。彼はその様な電線を鐵屑の中に挿入して引き出して見た處、それが一面に鐵屑で蔽はれてゐるのを

見出した。そしてその鐵屑は電線の電流を断てば離れて了ふ事を知つた。次いで或る英國人も非常に重要な發見をなした。彼は軟鐵片は鋼鐵よりも容易に磁化され、そして更に軟鐵は周囲の電線に電流が通じてゐる間だけ磁力を保つてゐる事を發見した。この發見によつて任意に斷續し得る便利な磁石が出来たのである。モールズの電信機、電話機及び電氣ベルは即ちこの電磁石の應用である。

その當時、ミカエル、ファラデーは、倫敦學士院に於て、電流と磁石とに關して實驗をして居つた。彼は電流を通ずる電線を、磁石の周圍に絶えず廻轉せしめ得る事を發見した。この簡單な實驗は總て電氣モーターの基礎となつた考へではあるが、當時ファラデーは未だ其處迄の考へは持つて居なかつた。

廻轉銅板の實驗

佛蘭西に於てはアラゴも亦磁石の研究に従事して居つた。彼は磁石となつた針の磁氣の強さを決定する方法を發見しようと思つた。彼の考へは、この針を羅針盤の針の如く吊して、左右

に振動せしめ、それが地球の影響を受けて、一分間に幾回振動するかを調べやうとするのであつた。最初彼は針の運動を観察するために、木片に目盛をした圓を畫き、これを振動してゐる針の下に置いた。又或る時には、その運動を調べる標準として、銅片を用ひた事もあつたが、偶々同一の針の振動数は木板の上よりも、銅板の上に在る方が、より尠い事を發見した。彼は銅の小片の代りに完全な圓板を用ひて見たが、これは針の運動を更に弱くし、又針が圓板に近ければ近い程その効果が著しかつた。

銅の圓板と磁針との間には明かに或る牽引力が存在する。これを證明するために、アラゴはこの銅板を動く様に裝置して、これが近くにある針を自分と一緒に引き附けるか否かを調べた。磁針はそのために偏るばかりでなく、後にはその偏りが増加して、圓板と同じ方向に廻轉し始めた、勿論その速さは圓板よりも遅く、その後について緩に廻るのではあるが。更に廻轉のために亂された空氣が、この磁針を廻轉せしめる力ではない事を證明するために、彼は、廻轉してゐる銅板と吊された磁針との間に、一枚の紙を置いたが、その作用は以前と少しも變らなかつた。この作用は數年後ファラデイが他の發見をするまで説明する事が出来なかつた。

電氣感應

ファラデイは尙ほ倫敦學士院に於て實驗を續けて居つたが、前に述べた電線の廻轉する發見の後十年にして、彼は又更に電流を電線に通じたり、或は斷つたりする際に、この電線と偶々平行の位置にあつた近くの電線に電流が生じると云ふ事を發見したのである。

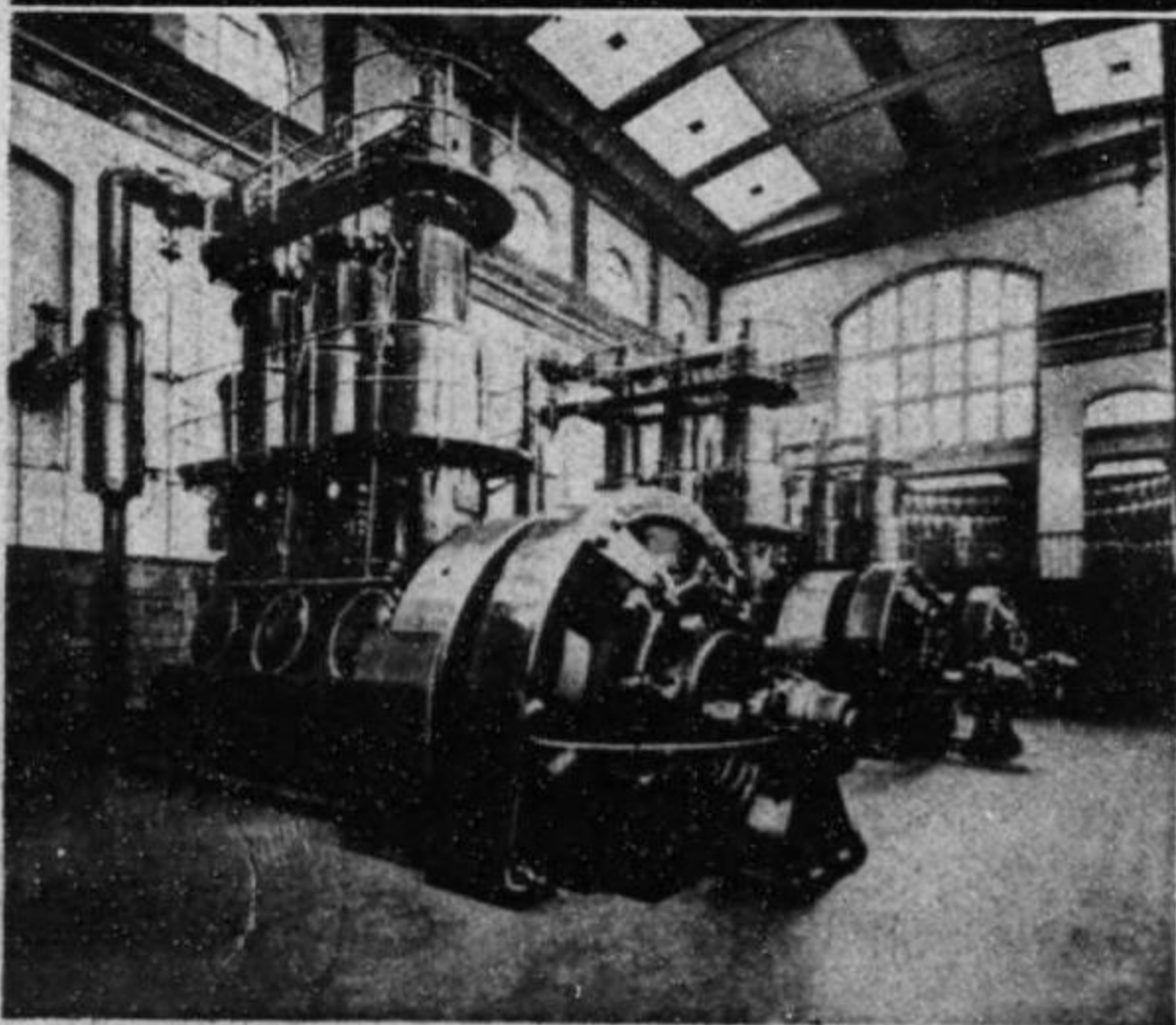
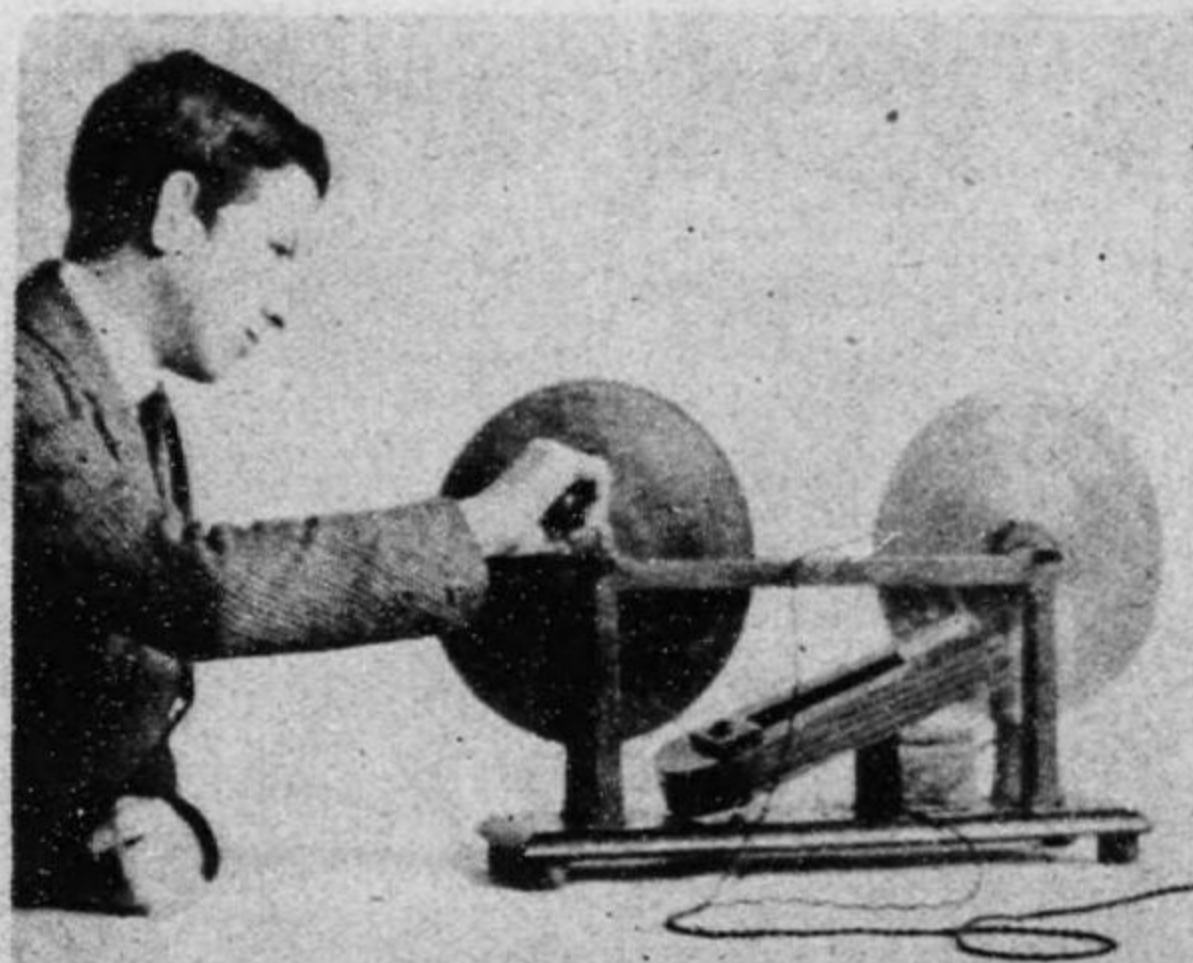
この現象の効力を一層増大するために、ファラデイは木塊に二個の線輪コイルを巻き、麻の布を兩者の間に充分に絶縁した。次に一方のコイルの兩端を電池に結び、他のコイルの兩端を電流計に結び付け、そして、この第二のコイルの中に生ずる電流を示す様にした。一次コイルに電流を斷續する毎に、電流計は二次コイルに瞬間的の電流の生ずるのを示した。この發見から大きな誘導線輪が發明された。これは一次コイルの電流を迅速に斷續して、二次コイルに誘導電流を生ぜしむるものである。そして若し二次コイルの巻き數を多くすればする程、生ずる電壓はこれに應じて大きくなる事が發見された。かくして、電池から出る電流も非常に高い電壓を出すのである。最初の誘導コイルの中には、最も良好な電線で長さ二百八十哩に餘る二次

コイルを有し、四十時の火花^{スパーク}を出し得るものがあつた。今日に於ては誘導コイルは、X光線其の他の目的に用ふる電流を得るのに用ひられてゐる。

初期の直流發電機

ファラデイの他の大発見は、アラゴの研究した銅板が近くの磁針を引きつける理由を説明した計りでなく、これから電気工業の基礎が生れたのであるが、それは簡単な発見で、實際はアラゴの實驗の多少變化したものに過ぎない。

ファラデイは銅圓板を強い磁石の兩極の間に入れて廻轉せしめた。そして、その銅圓板に電流を起したのである。彼は圓盤の軸と縁の摩擦に依て廻轉板から電流を誘出する事を得た。これは實際大発見である。何故かと云ふと、その時までは電氣を得る最良の方法は、單に科學的の電池に過ぎなかつたのであるが、この発見に依て全く異つた發電の方法、即ち磁石の近くに於て電氣の導體を機械的に廻轉せしめて發電する方法が新たに案出されたからである。勿論、廻轉する物が電氣の導體であるか磁石であるかは重要な事ではない。次いで磁石或は



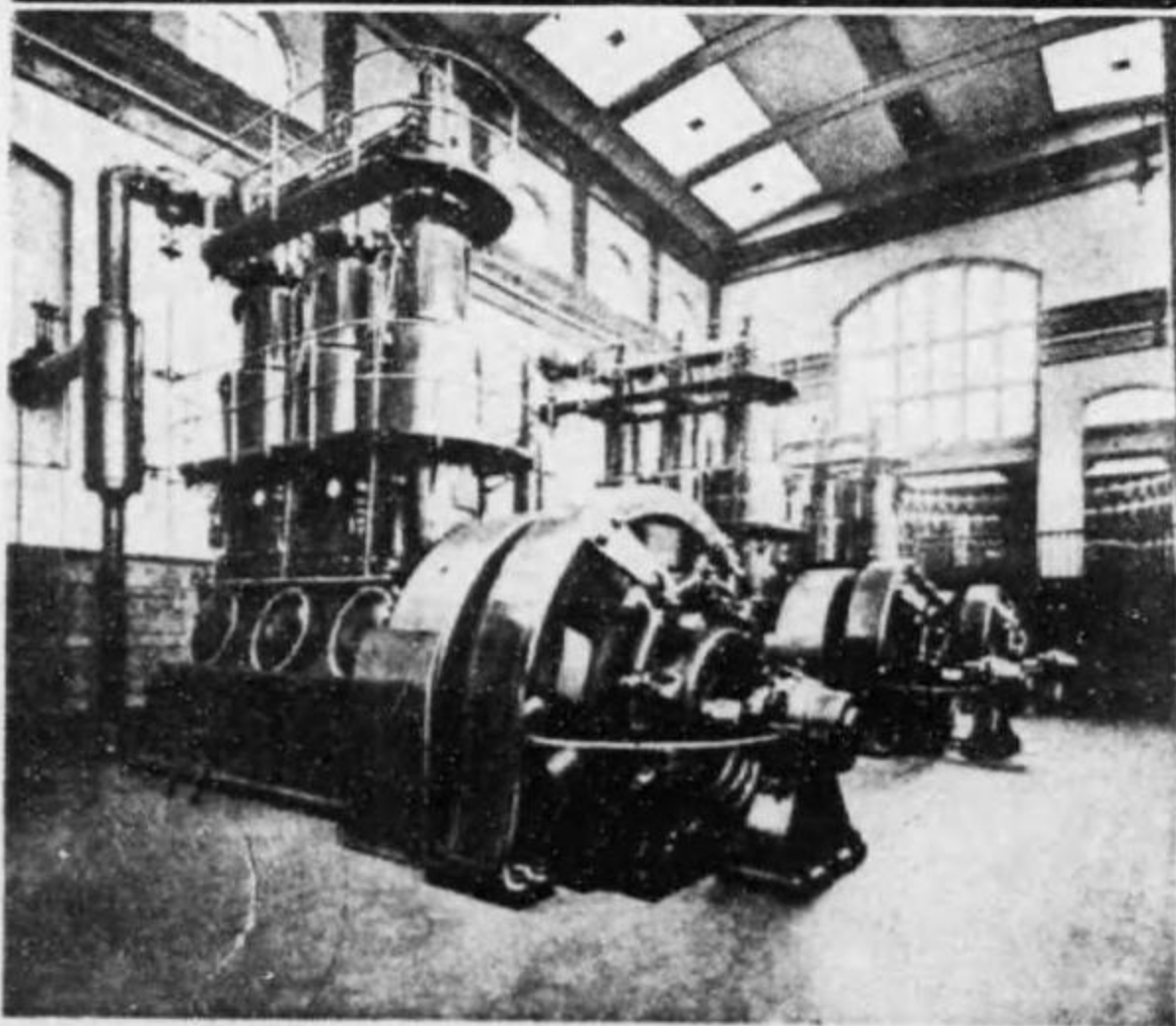
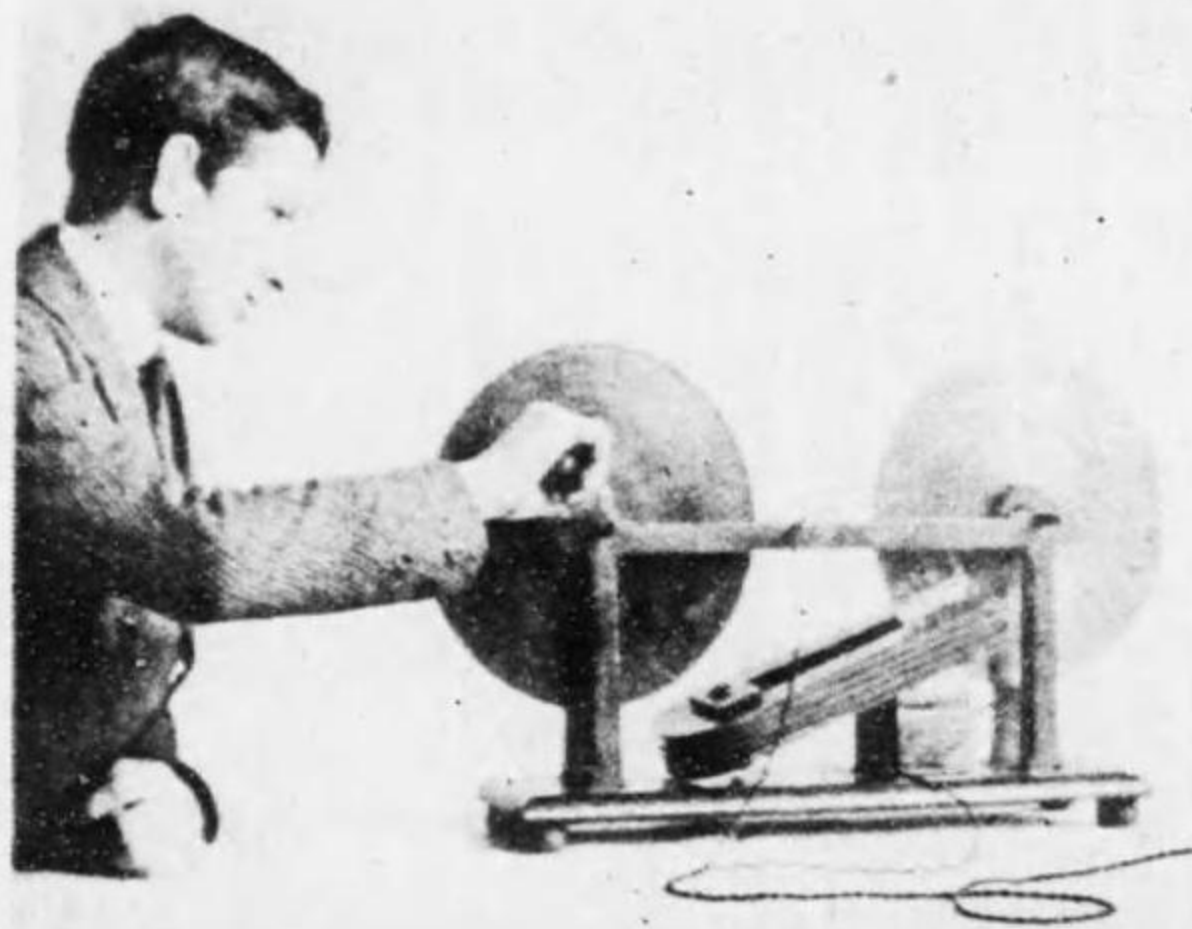
驗實昔がーテラアフ、ルイハミは圖上・見發大のーテラアフ・
たし歩進の近最は圖下、し示を型模のさ石磁さ板平銅たひ用に
簡の圖上のーテラアフに實は機電發な巧精のこ。るあで機電發
るあでのもたし發を芽萌に驗實の置裝な單

コイルを有し、四十時の火花^{スパーク}を出し得るものがあつた。今日に於ては誘導コイルは、X光線其の他の目的に用ふる電流を得るのに用ひられてゐる。

初期の直流發電機

ファラデイの他の大発見は、アラゴの研究した銅板が近くの磁針を引きつける理由を説明した計りでなく、これから電気工業の基礎が生れたのであるが、それは簡単な発見で、實際はアラゴの實驗の多少變化したものに過ぎない。

ファラデイは銅圓板を強い磁石の兩極の間にに入れて廻轉せしめた。そして、その銅圓板に電流を起こしたのである。彼は圓盤の軸と縁の摩擦に依て廻轉板から電流を誘出する事を得た。これは實際大発見である。何故かと云ふと、その時までは電氣を得る最良の方法は、單に科學的の電池に過ぎなかつたのであるが、この発見に依て全く異つた發電の方法、即ち磁石の近くに於て電氣の導體を機械的に廻轉せしめて發電する方法が新たに案出されたからである。勿論、廻轉する物が電氣の導體であるか磁石であるかは重要な事ではない。次いで磁石或は



驗實昔がーテラアフ、レイハミは圖上・見發大のーテラアフ・
たし歩進の近最は圖下、し示を型模の磁石と板平銅たひ用に
筒の圖上のーテラアフに實は機電發な巧精のこ。るあて機電發
るあでのもたし發を芽萌に驗實の置装な單

コイルを運動せしめる簡単な機械が發明せられたが、諸君の中には面白半分に電氣のショックを受けるために、この様な磁石發電機の實驗を試みられた人もあらう。これは最初の發電機であつて、廻轉銅板の實驗にその萌芽を發したものである。本頁に對する挿圖の上部はこの裝置を示したものである。

實用的の發電機が作られたのは、ファラデイの大發見から四十年後の事である。茲にはその實際の應用に言及しないが、唯だ發電機に於ては銅板の代りに線輪コイルが用ひられ、幼稚な耐久磁石の代りに強力な電磁石が用ひられた事だけを述べるに止めて置く。そこで、電流は原動機に依つて廻される線輪コイルから導き出され、その生じた電流は一部分電磁石を刺戟するために用ひられる。因に、電氣モーターは發電機を逆に作つたものである。コイル又は電動子が電流の供給を受けければ、近くの電磁力はこれを引きつけ、かくして連續的の廻轉運動が起るのである。

熱に依て電流を起こす方法

ファラデイの機械的運動に依つて電流を起こす發見に先つて、ある獨逸の教授は全く異つた

方向でもう一つの方法を発見した。彼は各々異つた二片の金属を接ぎ合せ、そして其の金属の他の兩端に電線を結んで、恰度この一對の金属片を電池の様な形とした。そこで、この二金属片の接ぎ目を熱するだけであつて、その回路中に電流の生ずる事を見出した。そして又、蒼鉛にアンチモニーを接ぎ合したものは、他の金属と組合せたよりも、最も成績の良い事が分つたので、これを應用して電流を起こす極めて精巧な熱電堆が作られたのであるが、これは大規模な發電機としては實際の役には立たないのである。

けれども此の熱電堆も他の方面に於て實用的價值のある事が認められた。即ちこれは溶鑛爐等の溫度を記録する熱度計に用ひられる、容易に鎔解しない金属の二片を接ぎ合せ、耐火磁器の管の中に入れ、その長い管の一端から二本の電線を通す、そして管の他端を爐の中に入れて、その高熱のために外部の電線の回路中に直ちに電流が生じる。この小電流に依つて爐中の溫度を測定するのであるが、その他にはこの電流の用途がない。爐の溫度が高ければ高い程多量の電流が生ずる。その電流は小磁針の位置を變へ、電流が多ければ多い程、指針の位置の變動も多くなる。この指針は電流の強さを示すのであるが、亦その電流に相應する溫度の昇降を

間接に表すのであるから、盤面には溫度の目盛が記されてゐる。これは普通の寒暖計では測り得ない高温、或は低温を読む一つの方法である。

電信の發明

電氣に關する實用的の大發明は、悉く前講に述べた發見に基礎を有してゐる。序にこれらを一瞥するのも面白いであらう。指針電信機は、指針の入れてある電線のコイルに、電流が流れる度に、その磁針が偏るやうな仕掛になつてゐる。モールス電信機は、電磁石が鐵片を引き附けたり、離したりして、横杆を動かし、紙リボンの上に所要の點や線を現出せしめ得る様になつてゐるのである。電鈴に於ても、電磁石が横杆を引きつけたり離したりして、呼鐘を打つて音響を發する。電燈は炭素線を用ひて、ハンフリー、ディヴィの幼稚な電氣アークの實驗を再現したものである。ディヴィは又、更に細い木炭筆に電流を通すれば白熱する事を見出してから細い炭素線を真空球に入れ電流を通すれば、便利な明るいランプ、即ち白熱電燈となる事を見した。蒸氣機關は、電磁石の兩極の間に大きな線輪を廻轉せしめ、大規模に電流を生ずる事

のであるが、これも唯だファラデーの最初の實驗を繰返したものに過ぎない。電氣モーターが發電機を逆に造り變へたものである事は前に述べた通りである。

電話の發明

電話機が電磁石の發見に基いて出来たものである事は更めて言ふまでもないが、他の發見も亦電話の發明を助けてゐる事が尠くない。鐵片の近くに電流を通じてこれを磁化する際に、周囲のコイルの電流を轉換する瞬間、その鐵片が明かな音響を發する事が發見された。そして、その音響は丁度鐵を打つ様な音であつた。後、此の電流を種々の速度に斷續する毎に音響も變はる事が分つた。そして脈動の度に應じて調子の間隔も増加するのである。かくして樂音を遠距離に送り得る事が發見され、これから電話機が發明されたのであるが、電話機に於ては、音響に依て振動する薄い金屬板、即ち振動板に依つて、脈動が調節される。この脈動は電線を傳はつて遠距離に到り、電磁石をして第二の鐵振動板に、送話機の振動板と全く同一な振動を與へしむる。故に、受話機を耳に當てると、その間に介在する空氣は耳の鼓膜に振動を傳へ、送話

者がその肺、聲帶、口、舌、齒、唇を以て發したそのまゝの感覺を傳へるのである。

無線電 と電送寫眞の發明

一方に於ては、電氣界特殊の發見である無線電信が發明された。その第一歩は獨逸の少壯教授の重要な發見であつた。誘導線輪の端子の間などに、電氣火花が生ずる時、空間のエーテルの中に一列の電波が送り出される事は既に知られて居つた。併し、未だその實在を證明し得たものは誰もなかつた。この獨逸の少壯教授は火花間隙に依り單コイルを以て、電波の存在を検出し得る事を發見した。彼は電波を一方から干涉する様に鉛の壁に反射せしめてこの目に見えない電波の波長を知つた。この電波を捉へる方法の簡單な發見は、これに依つて空間を通じて信號を遠距離に送るといふ考へを暗示した。數年の後、今度は佛蘭西の實驗者が、電波を検出する他の方法を發見した。彼は粗らい金屬屑の堆體は、電流がその中を流れる際に、可成な抵抗を表はすが、周囲のエーテル中の電波が偶々この鏹屑に及べば、この電氣抵抗は一層著しく減少する事を知つた。

この発見から出發して、無線信號の受信機が發明された。粗い金屬屑を塞めた管を、電鈴と電池を附せる廻路の中に置く。この管の目的は、空間を通つて遠距離の送信機から送られた電波に依つて作用する、非常に鋭敏な鈴押の役目をする事である。電波が此の管に達すれば、金屬屑は結合して、局部電池の電流をして鈴に達せしめる。そこで鈴の呼鐘の腕はこの管を打つ（或は揺ぶる）様な装置になつてゐるのである。この装置で他の無線信號をも受ける事が出來た。それから又更に鋭敏な受信機が發明されたのである。

序でだから述べるが電送寫眞の方法の基礎は極めて簡單なものである。光線がセレンウム金屬に當れば、金屬の電氣抵抗はこれに當る光の量に應じて變化する事が發見された。透明な寫眞を通し、次第に寫眞全體の上にその跡を畫く光の筆はセレンウム電池に働き、その過剰の電流を調節する。この常に變化する電流は遠方の局に達し、第二の光の筆を調節し、この光の筆は送信局の装置と一致して、感光板の表面に寫眞を再現するのである。

以上電氣工學の導因となつた發見、電氣の實地應用を誘致せしめた發見の跡を尋ねたが、電氣そのものの性質に關する發見の事は次の講に於て述べる。

第十八講

電氣及び物質の性質に關する發見

電氣に關する奇妙な考へ

電氣に二種類ある事が久しい前に發見された事に就ては既に前講で述べた。當時、科學者が電氣を微妙な液體と考へたのは無理もない事である。中には電氣は非常に燃え易い液體で、僅かの衝動で發火するものであるとさへ考へるものもあつた。兎に角、電氣の火が絶縁體から逃れて大氣と混合して了ふなどと言ふ考へは、昔の電氣學者の間には普通の事であつた。

最初の實驗者の中には、二つの全く異つた電氣の液體がある事を暗示し、又或るものは、帶電の二つ異つた状態は、ある同一液體の過剰と不足とに依ると明言した。この一液體或は二液體が非常に不思議な性質を持つてゐる事は、彼等がそれから何の重量を感知し得ないと言つた事から考へても想像される。實際電氣液體は彼等には非常に不思議なものであつた。遂に彼等

の中にはこの發見し得ない液體は全く存在しないといふ意見さへ起るに至つた。光や熱が運動の一形式であると同様に、電氣も亦そうではないかと思はれたのである。

空間のエーテル

初め、光と輻射熱は一種の物質であると考へられてゐたが、後に至つてこれは空間に存在するエーテルの波動である事が發見された。そこで、物體の溫度はその分子の振動に依つて生ずるものであり、熱い物體は冷い物體と、何か異つたものを持つてゐるのではなくて、單にその状態が異つてゐるに過ぎない。これと同様な理由から電氣も一時は實際に存在するものではないとさへ見做されて居つた。要するに一物體が充電されたり、或は放電したりする場合、何かあるものがこれに加つたり、或は除かれたりするのではなくて、單にその状態が變化するのであると考へられて居つた。

ある意味に於て、これはエーテルの發見とも言へる。それは電氣、光、輻射熱等の現象を充分説明するにはエーテルの存在を必要とするからである。けれども又一方から見ると、

エーテルは發見し得るものではない。少くとも吾々がそれに手を觸れ得る様な物質ではないとも言ひ得る。この不思議な媒介者が空間に存在してゐて、太陽或は遠く星からの光波を傳へ、火からは輻射熱を傳へる。そして又無線電信の電波を運ぶものであるとは一般に信じられてゐる所であつて、これがすべて所謂エーテルの波である。

クラーク、マックスウェルの電波がエーテル中に存在するといふ豫言に依つて、この考へ方は著しく強調された。彼は光がエーテル中に於ける電磁波動に過ぎない事を數學的に證明した。彼は誘導線輪の放電に依つて、非常に長い電波が生ずる事を述べてゐるが、獨逸の少壯教授がその存在を實際に發見した方法は前に述べた通りである。續いて電氣は單に運動してゐるエーテルそのものに過ぎないといふ考へが起つた。吾々の先驅者である一學者は、一八九二年にその著書中に次の如く述べてゐる、「これまで長い間電氣と稱せられて來たものが、エーテルの一つの形、或は寧ろエーテルその物の表現の一形式であるといふ事は、物理學上に於ける諸事象と同様に確實な事であると思はれる。『充電』或は『電氣の』といふ様な言葉はそのまゝ存続しても差支へないが、『電氣』といふ言葉は當然次第に消失すべきものである。」と。併し數年の後

の新発見と共に、この假説は消失して了つた。

和蘭の一教授は凡そ十年程前、光の電磁波は物質の原子の周囲を廻轉してゐる帶電微粒子に依つて生ずる、といふ事を暗示した。これ等の微粒子は電氣を帯びた無限に小さい物質の粒子と考へられ、その運動してゐる電氣がエーテルに影響を及ぼすのであると想像されてゐたのである。

眞空管とそれから得た知識

この微粒子が暗示された一年程前に、英國の一科學者サー、ウィリアム、クルックは、眞空管に關する面白い電氣實驗を行つた。彼は眞空管の眞空度がある程度に達すれば、その管中の陰極から射線が放射される事を発見した。更にこれ等の光線は必ずしも陰極から陽極に向つて直進するものではなく、その陽極を管の側に置いた場合にも、その射線はこの位置に關係なく、依然として直進すると云ふ事が分つた。そして陰極を平圓板の形に作つた場合には、光線はその圓板の平面に直角に放射された。又陰極をカップ形にすれば、宛も光が凹面鏡に依つて集中

される如く、この射線も一點に集中する事が発見された。

クルックはこれ等の射線を物質の微粒子の流れであると信じて居つた。眞空管の中には、空氣或は眞空にする前に充してあつた瓦斯が幾分か残つて居る。乃ちこの稀薄な瓦斯が光を發し、その微粒子が管中の電氣放電の影響を受けて、大きな力で射出される様に思はれた。更に實驗を進めて、この微粒子の流れと思はれるものは、丁度電氣或は電流を傳へる導線の様な働きをする事が分つた。かくして、物質の第四の状態、即ち氣體よりも更に稀薄な超氣體がクルックに依つて発見されたやうに思はれたのであつた。

然るに、獨逸の科學者はこの射線が物質の微粒子から成るといふ意見を承認しないで、その性質を一般的疑問として殘し、それをカソード放射線(陰極線)と命名した。

陰極線の面白い實驗

獨逸の或る一教授の助手は、この陰極線の性質を明かにせんとして、面白い實驗を試みた。眞空管のガラスはこれ等の射線を閉ぢ込めてゐるが、彼は管中の必要な眞空を保つて置いて、

この射線の逃れ出口を作らうと考へた。そこで彼は石英なれば吾々の眼に見えない陰極線を透過すであらうと信じて、——紫外線に就ては後の講の光線の處で述べる——この石英で出口を作らうと試みたが、石英も亦真空管の硝子と同様に陰極線を通さない事が發見された。

數年の後、この實驗者はある面白い發見をなした他の教授の助手として働いて居つた。當時既に陰極線が熾光性の物質に當ればその物質が光輝を放つ事は一般に知られて居つた。この教授は、管中の射線の通路中の熾光性の物質の前に、一枚の金屬箔を置いた場合にも、射線はその金屬を浸透して、彼の螢光を發する事を發見した。

この實驗は、若しこの金屬箔を丈夫にして、真空管の窓とする事が出来れば、陰極線を管外に導き得るといふ考へを、彼の助手に暗示した。陰極線がどれ程の厚さの箔を通し得るかを調べるために、彼はその教授と同様な實驗をより厚い金屬のスクリーンを用ひて試みた。次に前の真空管の石英の窓の代りにアルミニウムの窓を作り、かくして陰極線を大氣中に導き出す事に成功した。

射線が管中に存在する事は、稀薄にされた瓦斯的の微粒子の燦然たる光輝から考へても、熾光

性のものを刺戟する性質から考へても明かである。射線が濃厚な空氣中に出れば、見えなくなつて了ふが、その存在はその通路に熾光性の物質を置いて螢光を發せしめる事に依つて檢出する事が出来る。そこで、一般の人はこの實驗に依つてこの射線は固體を通す事が分つたので、射線も亦光即ちエーテル衝動の一つの形に違ひないと云ふ結論を承認するであらう。

飛行する微粒子

然り、實驗者自身ですらも陰極線がエーテル内の衝動である事を證明し得たと信じて居つた。この射線が磁石のために偏る事は既に知られてゐた。英國の一科學者はその偏りの量とその原因となる力を調べ、又電氣量の、その電氣を運ぶものの質量に對する比率を計算した。彼は電氣を運ぶ微粒子の存在する事は認めて居つた。若し最初に想像された様にそれが物質の微粒子とすれば、その質量が物質の分子の質量と一致するか否かを計算し得る筈である。彼の計算の結果は、その質量が甚だ小さくて、計算に困難を感じる程である事を示してゐる。併し乍ら實驗者は陰極線中に或る性質の微粒子のある事を信じ、これを「陰極粒」と名付けた。そして、その

計算された質量は甚だ小さかつたので、他の科學者はこの結果を認めないでその計算に何か誤があるのであらうと思つた。續いで前に述べた様に、射線が眞空管の金屬の窓を通して外に出る事が發見された。そこで、この事が、飛行する微粒子に關する計算に誤りがあつた事を證據立てる様にも思はれた。斯様にして五年の間はかの獨逸の實驗者は、出口をつけた眞空管に依つて、飛行する微粒子の様なものが存在しない事を證明し得たと信じて居つたが、新しい事實が發見されるに及んで、彼が誤つて居り、かの英國の數學者の方が正しく、微粒子は實在するといふ事が明かになつた。

次で、この眞空管を逃れ出た射線は、非常に速い速力で傳播するにも拘らず、濃厚な空氣に遇へば直ちに靜止する事が發見された。空氣の分子が爾く急激にエーテルの衝動を止め得ない事は明かである。實際射線は普通の空氣中に於ては四吋以内で靜止してしまふ。かくして、陰極線は實際何かの微粒子から成り立つてゐるといふ結論に達した。

以前の發見に依つて、陰極線が丁度陰電氣を帶びた微粒子の様な働きをする事が分つた。既知の最も小さい物體は水素原子であり、電氣の最小量は電氣分解（溶液に電流を通じてこれを

分解する事)の際に、一原子に依つて運ばれる量である。陰極線の微粒子とその有する電氣量とに、かの計算された比率を適用すると、微粒子の質量が最小原子の質量の千分の一であるか或は電氣量が最小量の一千倍であるか、その何れか一つでなければならぬ事は明かである。電氣分解の際原子に依つて運ばれる電氣量は電氣の單位であると信すべき充分の理由がある。従つて陰極線の微粒子は何うしても既知の最小原子(水素)の一千分の一でなければならぬといふ事が明かになつたのである。

電子とは

この陰極線の微粒子は勿論普通の物質の形になつてはゐないが、すべての物質はこれを含んでゐる。ケムブリッジのカベンチシ實驗室のサー、ジェー、トムソンは深くこの問題を研究し、それを明かにした結果、現在では物質の原子よりもこれ等の微粒子に關する方がより多く確められてゐる。微粒子といふ語は幾分普通の物質の様な感じがするので、後、電子と改名された。この電子はその出所の如何に拘らず同一であり、同一の質量、同一の電氣量——常に陰

電氣——を有してゐる。電子は陰電氣の單位である。

電子の検出法

十六年以前かの和蘭の教授が、發光體の原子の周圍を廻り、所謂光といふエーテルの波を起すと斷言した微粒子は、恐らく、この電子の事であるまいか。そして他の和蘭のある教授がこの微粒子の存在を疑ひないものと認めた。若しこれ等の電氣量が瓦斯の焰中の原子の周圍を運動してゐるものならば、その運動は強力な磁石の影響を受ける筈である。宛も飛行する微粒子が眞空管中に於けると同様に、この和蘭の教授はその實驗にナトリウムを撰んだ。ナトリウムの光は分光器を通して調べると、そのスペクトルの黄色い部分に、有名な二本の輝線があるからである。

スペクトルを考へる際に述べるが、その各線はエーテル波の一定の率を表してゐる。スペクトルの各線はピアノの鍵に似てゐて、スペクトルの一端に近ければ近い程、その調子即ち振動數は低く、他端に近ければ近い程、振動數が多い。

その實驗者はスペクトルの黄線が一本だけ見える様に分光器を裝置した。ナトリウム焰が其のまゝの状態である限り、その廻轉してゐる電子は絶えず正規の波を送つて、スペクトルに一定の線を生ぜしめる。併し焰を強力な電磁石——この時始めて用ひられたのであるが——の兩極の間に入れ、これに電流を通すれば直ちに焰は強い磁界の内に入り、電子の廻轉運動は、その磁界に對する方向に従つて、或は速められ、或は妨げられる筈である。若し、この變化が兩方とも起らないとしても、少くともスペクトルの線はスペクトルに沿ふて僅かに一方に移動する筈である。

和蘭の教授は、磁石を焰に作用せしめ、分光器を通して熱心に觀察し、電流を通じた瞬間、一本の輝線が直ちに二本の線に分れ、一つは左に、一つは右に僅かに移動する事を知つた。即ち人間が眼に見えない電子の廻轉を左右したのである。この發見は一八九六年に行はれたので吾々はこの年を電子説成立の年と見做す。この電子説に依つて種々の問題が合理的に説明されたのである。

電子の速さ

サー、ジェー、ジェー、トムソンは眞空管中に於ける電子の實際の速さを発見した。彼は長い眞空管を装置し、その管の中の電子の流を同時に電界と磁界に作用せしめた。そして、一方の偏りを他方の偏りに對向せしめ、互に相殺せしめるために必要な力を正確に発見した。この未知の速力は、磁界の力に依て分けられた電界の力に等しく、且この兩つの力を計算する事が出来るのである。

かくして眞空管中の電子は、一秒數千哩の速力で飛行してゐる事が発見された。その速力は眞空管の内容に關係を有し、内容が稀薄になればなる程、速力は大きくなる。最も完全に眞空にされた管中に於ては、秒速十萬哩に達し、そして眞空の度を加減すると速力も五千哩位に減する。

電子の電氣量と、その質量との比率は斯様にして容易に決定された。一定の電氣力を以て飛行して居る電子をその直進の通路から偏らしめたが、その方法はすべての電子が同一であると

いふ発見と同様で、管中に殘留する瓦斯の如何を問はず、すべての電子は同一の比率を持つてゐる。

電子の質量を考察する際、その電氣量は、電氣分解に於て水素原子に依つて運ばれる單位量と同一であると假定された。これは合理的假定であつたが、尙幾分假定たるを免れなかつた。併し後に至つて一原子の電氣量を實際に計算する方法が工夫され、この假定の正しい事が證明された。かくして電子の速度、電氣量、質量が實際に発見されたわけである。

電氣量

電子の発見は事實、これまで持て餘されてゐた問題に新しい光明を與へたのである。帶電體はこの陰電子が過剰にあるもの、或は缺乏してゐるものと考へられた。非帶電體が、一定量の陰電子と平衡すべき(即ち中和すべき)一定量の陽電氣を有つてゐる事は既に認められて居つたが未だこの陽電氣を発見する事が出来なかつた。それは飛行する電子の場合と同様に物質から離れては発見されない。そこで、これは陰電氣の如く原子的性質のものとも思はれないから、先

づ陽電氣の觀念を心に描いて、陰電子の如く一物體から一物體に自由に移り得ない陽電氣の小
球を想像する事が、この困難を除く最も簡単な方法であつた。

硝子棒を絹布で摩擦する際、分離し得る電子は、硝子の表面から絹布を通り、實驗者を通り
て、地球に逃れ去ると考へられる。かくて硝子棒の電子は缺乏し、従つて陽電氣球の電氣量は
陰電氣のそれよりも多くなる。吾々はこれを硝子棒が陽電氣を帯びたと稱するのである。若し
絹布が絶縁してあれば電子は實驗者を通つて逃れ去る事が出来ない。絹布に蓄積し、絹布はた
めに陰電氣を帯ぶる事となるであらう。

電氣に關する知識が未だ幼稚であつた時、帶電體の何れの種類も單獨では生じ得ない事は既
に知られて居つた。陰電氣がある物體に生ずるとき、これに相應する陽電氣が他の物體に生ず
る。電子の移動はこの場合を説明する、即ち一物體が得る處のものを他の物體が失ふのである。
反對の電氣を帯びてゐる物體の間に電氣放電が起る理由も、それから説明する事が出来る。一
方の優越な陽電氣が他方の分離し得る電子を引きつけ、かくて一方から他方に電子の放射が生
ずる。電子は又必ずしも一物體から他の物體にのみ飛び行くものとは限らない。ある場合には

二物體の間に往復振動して遂に普通の狀態に靜止する事も發見された。この場合に電子の全部
の移動は單に第二の端數を生ずるに過ぎない。

電 流 と は

そこで電子の發見は如何なる程度まで電流の性質を説明する助けとなるであらうか。一般に
導線の中の各原子が、一時に一電子を近くの他の原子に傳へると想像されてゐる。この移動は
その線に沿ふた一方向に行はれるか、或は原子間の電子の振動であるかである。前者は即ち直
流であり、後者は即ち交流である。

磁 氣 と は

磁氣の概念はこの電子の發見に依つて如何に變化したか。電子説の未だ成立しない時には、
鐵の各原子はそれ自身一個の小磁石で、普通の鐵に於ては幾百万の原子が從横無盡に錯雜して
ゐるので、その磁力は互に中和してゐるのであると考へられてゐた。この假定を以てすると各

小原子磁石が、例へば軟鐵の周圍に電線を巻いた電磁石の場合のやうに、近くの電線を流れる電流の影響を受ける事は容易に想像出来る。従つて、この無數の原子磁石がすべてその北極を一方に、南極を他の方向に向け、兩方相俟つてその磁力の性質を表すものと考へる事も出来る。これは恐らく合理的な考へ方ではあつたが、その理由は何うしても説明する事が出来ないで、矢張り、原子を磁石と假定しなければならなかつた。

導線を流れる電流が磁石と全く同様な働きをする事から、鐵の各原子の周圍に電流が流れてゐると想像された。併し電氣が発見されるまでは、何んな風にして電流が原子の周圍に存在するかは分らなかつた。廻轉板に依つて運ばれる電氣が電流と同様な價值を持つてゐる事は、電子以前に発見されて居つたから、今や電子と呼ぶ電氣の小量が、衛星の如く鐵の原子の周圍を廻轉し、かくて原子の電流を形成してゐると考へられるに至つた。この電流が磁石の如く働く事併に運動する電子は磁界と呼ぶ状態をエーテル中に作る事も既に知られてゐるのである。

フ、ラディの電氣誘導に關する大発見に於て、その作用の動因が實にこれ等の電子であることを認める——勿論フ、ラディは全くこの事を知らなかつたが。彼は電流を一線に通ずる時、これ

に平行な他の電線に誘導電流の生ずるのを発見したが、これは第一回路中に於ける電子の運動の急激な變化がエーテルを亂し、それが第二線の電子を亂すからである。

分子の構造

電子の発見から發達した最も興味のある研究は、物質の構造に關する事である。電子以前に於ては、元素の原子は相集つて分子を構成し、分子は自由な状態に於て存在する物質の最小微粒であると想像され、そして、これ等の分子が元素の原子から成つてゐる事は既に知られて居つた。又、原子は元素の性質を保有する最小微粒であると定義されてゐる。元素の分子はそれ自身の原子から成り、その中には一分子を形作るのに、二乃至五原子を要するものがある。化合物の分子は二種以上の元素の原子より成り、そのあるものは數百の原子の結合より出来てゐる。

原子の構造

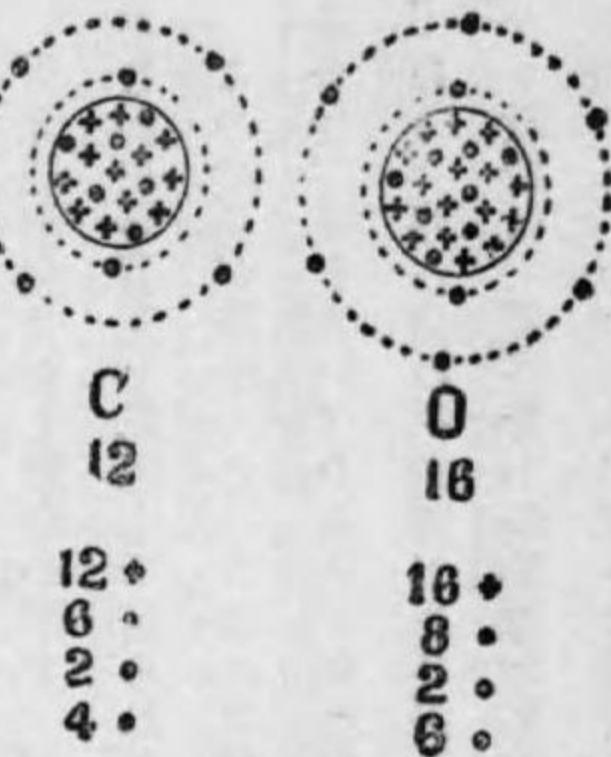
電子論の上から最初の観念は、恰度廻轉する電子から成つてゐる太陽系の組織を小さくした様なものに見て居た。當時未だ陽電氣の性質は發見されてゐなかつたので、原子はその中に無數の原子が運動してゐる陽電氣の小球であつて、この原子は太陽系の遊星と同じ様な理由で運動を續け、何等それを阻止するものがないのであると考へられて居つた。

更に近頃になつて、原子のこの観念は幾分變更された。原子が陰陽の電氣より成る事は以前の通りであるが、唯だ現在に於ける原子の観念は極めて土星の場合に類似してゐる。即ちその中央の惑星は陽電氣を帯びた中心を表し、陰電氣が其周圍を包む。即ち陰電子から成つてゐる外側の環は衛星として廻轉してゐる。昔の考へでは、この衛星たる電子の運動はエーテル波との接觸に依つて變ずると思はれて居つたが、後に至つてこの衛星の環は原子の周圍に不變の運動を續け、エーテル波の接觸に依つて單に振動を受けるに過ぎないと考へられる様になつた。

すべての原子は陰陽の電氣から成つてゐるので、金の原子も、水素の原子も同一のものから出来てゐる譯である。始めてこの考へを聞いたものは、誰れでもそれは合理的な考へではあらうが、單に想像から引き出されたもので恐らく事實ではあるまいと言ふかもしれない。成程さ

うも言へる。けれども、自然は原子中に電子の存在する證據を吾々に與へてゐる。それに就て

は後講に於て述べる。



序だが、原子は電氣引力に依つて集合して居り、従つて化學的結合も亦實際は電氣的結合であるといふ考へも一寸面白い説である。前述の水の電氣分解に於て、電池に結ばれた陰極及陽極のより優れた引力のために、水素原子と酸素原子が分離するのを認め得るであらう。分子間の凝集力も亦電氣引力の變化した一つの形に過ぎない。

今日に於ては陽電氣も亦原子の様な者であり、水素原子の核が陽電氣の單位であると言ふべき充分の理由がある。

次の挿圖は三原子——H（水素、原子量一）、C（炭素、

原子量十二）、O（酸素、原子量十六）——を表してゐる。何れも、陰電氣の微粒⊙と陽電氣の微粒⊕が同じ數だけある事が分るであらう。