

「エジソンの発明」

横河電機
松本栄寿

エジソンは19世紀アメリカを代表する発明家である。天才とは「99%の汗と1パーセントのスピリットである」との言葉を残した努力型の人間であった。しかしその多彩さは、バラエティに富んだエジソンの発明にある。蓄音機、映画、白熱電球と人の五感に直接訴えるモノを新たに世に出した。これほど多方面に活躍した発明家があったらだろうか。

多くの日本人は京都の竹が白熱電球に使われたことを知っている。しかし、彼の足跡をたどって見ると単なる白熱電球の発明家ではなく、電灯照明事業、今日で言えば照明システムを開発した人物であったことが分かる。

ウエストオレンジ・エジソン記念館

ニュージャージー州のメンロパーク研究所、大規模な研究工場ウエストオレンジは、エジソンの発明の起点であった。今でも保存されているウエストオレンジのエジソン記念館を訪ねよう(図1)。

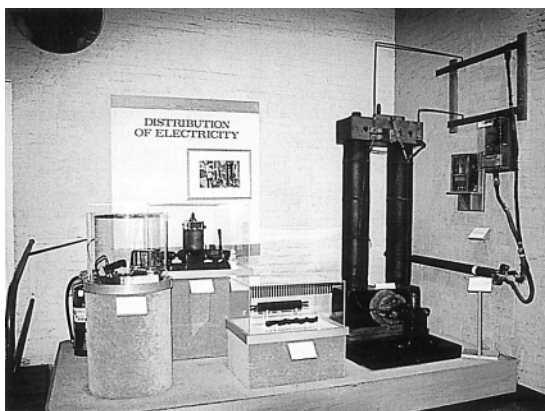


図1 エジソン記念館入口：電力の配電展示
右壁：エジソン電流計とケミカルメーター
その隣：ジャンボ発電機

入口にはメアリーアンの名称で知られる発電機が展示され、吸引式の電流計、それにケミカルメーター電力量計が壁に取り付けられている。

エジソンは1847年オハイオ州の片田舎で生まれ、3か月しか正規の学校教育を受けなかった。やがて電信士として活躍し、電信器の改善から始めた発明家としての生涯は白熱電灯の発明によって不動なものとなり、「メンロパークの魔術師」と呼ばれた。

白熱電球を実現しようとしたのは、エジソン1人ではなかった。19世紀の半ば以来、カーボンや白金を使って20人以上の発明家がしのぎを削っていたのである。しかし、高抵抗のフィラメントを使って、約100ボルトに電球を並列につないで、それぞれ独立に点滅ができる方式、ねじ式のソケットを使って自由に交換できる電球、中央発電所から各需要家に電気を供給する配電システムをつくったのはエジソンである(図2)。

当時、街頭にはガス灯が使われ、電気照明にはアーク灯が導入されようとしていた。パリ万国博覧会では、オペラ通りをヤプロチコフの「電気ろうそく」(アーク灯)が照し、観客の目を引いていた。しかし、アーク灯は屋外にしか向かない。なぜならば、まるで花火のように明るくパチパチと音もする。太陽の光と変わらないくらいにまぶしすぎた。さらに複数のアーク灯を直列につなぐので全体で高電圧をかける。アーク灯の電極間隔を一定に保つには複雑な制御機構が必要であった。

一般の事務所や家庭の照明にはガス灯が普及していたが、室内で使用するには衛生的ではなく爆発の危険もあった。壁が黒ずみ絵画は変色し、大量の酸素を消費するため部屋にいる人が目眩や頭痛を覚えるという悪影響もあった。硫黄やアンモニアの臭いが発生したり、ガスは室内での使用に

は適してはいなかった．つまり，ガスは照明用としてはやがて去りゆく運命にあった．一般大衆は，それに代わる照明の到来を待ち望んでいた．

白熱電球のフィラメント

エジソンは真空ポンプの改良に取り組むとともに，耐久性に富むフィラメントの開発を最重点目標とした．フィラメントこそ彼が構想を練る照明システムの根幹となる大切な部品であり，熱で溶けないフィラメントをつくらうとした．それには，フィラメント材料と，それを高真空のガラス容器の中に封じ込めなければならなかった．

はじめは白金を採用しようとしたが，白金は熱せられるとガスを発生して，かえってフィラメントの寿命が短くなった．この手詰まりを炭素を使うことで回避しようとした．最初に使ったのは，炭素処理を施したループ状の厚紙である．だが，最終的には厚紙製のフィラメントに代わって，竹を使用することにした．エジソンは，材料を求めて世界中に部下を派遣し，中国と日本の竹に目をつけた．結局選ばれたのは京都の竹，特に八幡の真竹であった．この地に育つ10年もの竹は粘着性と柔軟性に富み，古来，弓，茶道の道具，扇子の材料として使われてきた．エジソンはまっすぐに伸びている竹の中央の部分だけを指定した．

当時イギリスには，エジソンの手強い競争相手としてスワンがいた．彼はエジソンより一年前に白熱電球を発明したと主張していたが，スワンの造ったフィラメントは径4ミリメートル，それに対してエジソンは0.4ミリメートルのフィラメントを造ることができた．誰の目でみても，当時としては高電圧の110ボルトの電気を各家庭に供給して，電球を並列につないだから，独立にスイッチで自由に点けたり消したできる，エジソンの電球がすぐれていた．

1879年10月21日には，エジソンがメンロパーク研究所ではじめて40時間にわたって連続点灯に成功した．その年の暮れにメンロパークの研究所に人々をまねき，鉄道駅までの道を白熱電球が明々と照らして，人々に新しい照明法を印象づけようとした．ねらいは的中し，3,000人の人々が

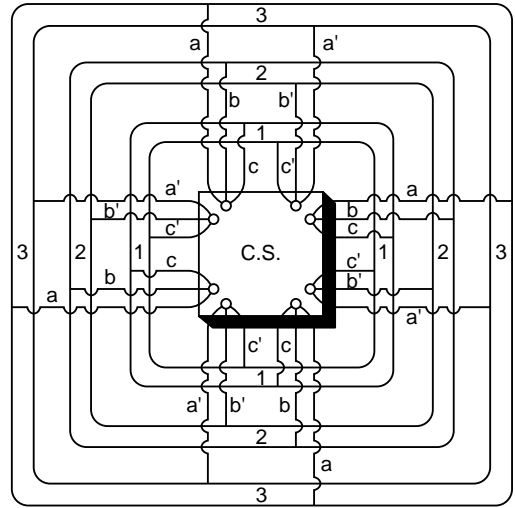


図2 配電システム
エジソンの米国特許 239147(1881/3/22)

ニューヨークから臨時列車を仕立ててやってきて，「目に優しいやわらかな光を」鑑賞した．「メンロパークの魔術師」の本領を發揮した日であった．

ニューヨークの中央発電所

彼はビルごとに発電機を据え付けるのではなく，町の中央に発電所を作って，その発電機を電線を通して各家庭，事務所に送ろうとした．直流方式であるが効率よく送ろうと，2線式，3線式などと多方式を試みた．

1882年，エジソンはロンドンとニューヨークのパール街に中央発電所と，地域照明システムを完成させた．発電所からはタコ足のように，送電線を張り巡らせる．そのときの送電線は，ガスや水道の本管と同じように地中に埋設した．発電所に近い部分は銅製のコンジット，個々の建物にケーブルを引き込むには二次配線(フィーダー線)を使用した．送電用ケーブルはマニラ麻でくるんだのち，長い鉄パイプ中に通す．次に上等のアスファルトに，パラフィンと蜜蝋を加え絶縁材をつくり，ケーブルに絶縁処理を施した．通りから各戸へ引き込まれるフィーダー線は，パラフィンなどの樹脂をしみこませた綿布で銅線の部分を保護した．また，一つひとつの電灯に「安全ワイヤ」

と呼ばれる回路遮断機(ヒューズ)が取り付けられ、過剰な電流が流れた場合には、焼き切れる仕組みになっていた。つまり安全に使えるよういろいろと工夫している。

ニューヨークの地域照明システムは初の試みでもあったが、当時の電球の明るさは、すでに普及していたガス照明と同じ明るさの16燭光を選んだ。また、この電球のフィラメントが切れたときには、すぐさま交換できるように電球とソケットは、ねじ込み構造とした。「根本が細く、下が太く、涙の滴のような形をした16燭光の電球」を、コードに接続された磁器製のソケットにねじ込み、ソケットについている蝶ねじをひねると回路がつながり、明かりがとる方式である。

ちなみにこの電球のねじ込み部分をエジソンソケットと呼び、今日でも全世界共通の寸法である。エジソンの炭素フィラメントはタングステンフィラメントになり、もう何処にも見られない。直流

システムもない。エジソン方式の蝋管タイプの蓄音機ももう使われていない。百年たった今でも使われている電球のエジソンソケットこそは、エジソンの名声を伝える唯一の遺産といえよう。

ケミカルメーター

エジソンの電灯照明にとって、競争相手はガス灯であったから、料金も同じ方式をお客が要求した。それは電球の数に基づく定額制ではなく、使った量に応じて支払える従量制である。顧客毎に電気の使用量をはかるインスツルメントには、エジソンは電気分解の原理を利用したユニークな計器「ケミカルメーター」を採用した(図3)。電気の使用量を重量に換算する発想である。このガラス容器内には2枚の亜鉛板がついており、亜鉛板は硫酸亜鉛の溶液に浸しておく。

電気が回路を通して各戸に供給されると、電流がこの電極を通して1枚の亜鉛板から亜鉛が溶融し、その溶けた亜鉛がもう1枚の亜鉛板に付着する。そして月1回この亜鉛板を取り出して重量を測定すれば、付着した亜鉛の重さで使用した電力量がわかる仕組みであった。エジソン自身も多くの機械的な構造の電量計を考案していたが、構造が比較的簡単なケミカルメーターを選んだ(図4)。

図には2つのガラス容器があるが、第1の容器の電流の3分の1が、第2の容器に流れるように組み立てられている。したがって、月に1回、第1の容器を検量する。つまり亜鉛の重さをはかるとすると、第2の電極は3倍だけもつことになる。また、第2の電極は年3回はかるとどめ、第1の付着量と比較することによって、自己チェックもできる構造であった。ガラス容器の下部にあるのはシャント抵抗で、はかる電流は5,10,20,40,80,100アンペアと各種のユーザーに対応させたようである。精度は1.5%程度であった。その下に電球とサーモスタットがある。周囲温度が低いとき溶液が凍結しないよう自動的に加熱される構造であった。このようなメーターは直流方式であるから可能になった。日本でも東京電灯の直流区域で明治の末まで使われていたようである。

このケミカルメーターは、構造は簡単であった

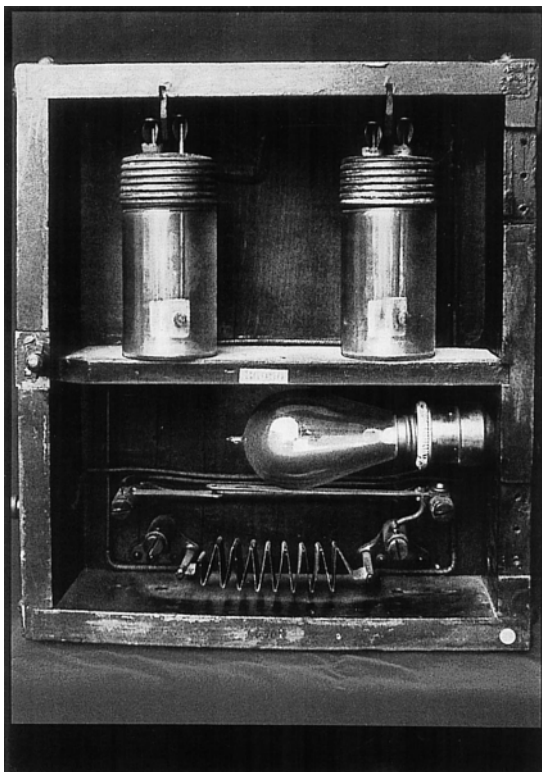


図3 ケミカルメーター(写真)
スミソニアン・アメリカ歴史博物館蔵

がお客様から見ると不満が残った。それは使った電気の量が直接自分では見られない。エジソン電気会社が持ち帰って、電極の重さをはかって、送られた請求書を信用するしかないといった、致命的な欠陥があった。

さて、エジソンのパール街中央発電所には、電圧や電流をはかるインスツルメンツはあったのだろうか。実はほとんどなかった。発電機から外にでる電線の周りに釘をおいて、電流が流れると釘が引きつけられるから良い、そばに灯した電灯が明るくなれば良いといった原始的な方法しか使っていなかったようだ。エジソンは電力量計以外のインスツルメンツにはあまり注意を払わなかった。

交流の登場

電力の発生から消費までを、エジソンはシステム化したことになる。しかし、彼のとった方式が直流であったため、ニューヨークの中央発電所から数キロメートルそこそこの需要家までしか送電できなかった。送電線の電気抵抗のために、途中で電圧が落ちてしまったのである。太い銅線を使えばよいが、不経済で使えない。

これを救うには、送電する時に高圧に上げ、使う場所で低圧にすればよい。細い電線でも遠隔地へ送れる。これは交流電力を使えば解決できる。つまり発電所の出口で、変圧器トランスを使って10,000ボルトに上げて、送電線につなぐ。遠く離れた需要家の近くで変圧器で逆に10,000ボルトを110ボルトに下げれば良い。しかし、この方式はエジソンには理解されず、最後まで直流方式がよいと執着し交流は危険であるとまで宣伝した。

1880年代半ばまで、エジソンとウエスチングハウスを中心にして、アメリカ中を二分する激しい交直論争が闘わされた。しかし、1886年ウエスチングハウスがナイヤガラ発電所に交流を採用し高圧11,000ボルトで40キロメートルを送電した。大量の電力輸送が可能となり、アルミニウム精錬のような新事業が起こされたのも交流伝送のお陰である。

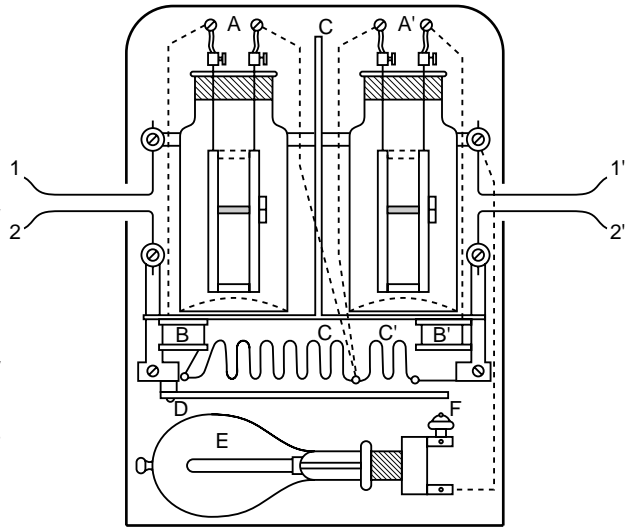


図4 ケミカルメーターの構造

- A : マンスリセル
- A' : 3カ月セル
- B, B' : 補償抵抗
- C, C' : A, A'のシャント抵抗
- 例 : C : 0.01ohm, C' : 0.0025 ohm
- D : サーモスタット
- E : 加熱ランプ
- F : 接点

とうとう論争に終止符が打たれた。こうなると、電気メーター(正式には電力量計)も交流方式が必要になる。ケミカルメーター方式ではむりがある。電力工業には必ず必要な計器ではあるが技術的には難しい。お金のからまるインスツルメンツであるにもかかわらず、はかる電流は過渡的には定格の百倍に達し、しかも歪んだ波形で正確にはかり、雨に打たれても風に吹かれても、過酷な雰囲気でも10年間も無調整で動作するインスツルメンツが求められる。逆に魅力あるテーマとして多くの技術者が競った。やがて誘導式と呼ぶ積算電力計が本命となってくるが、そこに至る道程は稿を新たにしよう。

<参考文献>

- 1) Francis Jehl "Menlo Park Reminiscences" vol.2, The Edison Institute(1959)
- 2) Edison Electric Light Co., "Six Years' Practical Experience with the Edison Chemical Meter"(1888)