

〔 連 載 〕

## 電気の世紀へ 第20回

< 発明の時代 ウェストンの電気計器 >

松本 栄寿  
Eiju Matsumoto

電力の需要が拡大するにつれ、エジソンの素朴な電気をはかる道具「吸引式」より、現場で使え、精度も良い電気をはかる計器が必要になった。フランクリンのフィラデルフィアから北へ100キロ、ニュージャージー州ニューアーク近傍には電気工業の黎明期に活躍した二人の発明家・企業家がいた。トーマス・エジソン(1847～1931)はメンロパークに、エドワード・ウェストン(1850～1936)はニューアークに研究所を設立して発明を争った。

二人とも白熱電球で競い、エジソンは電力供給事業を始め、ウェストンは電気計器の企業を興した。電球も計器も材料や素材の研究が主であり、技術のキーポイントであった。

### 1. ウェストンの発明

ウェストンが実用化したものに電気計測の三要素がある。それらは電気技術の基礎となり、電気の実用化に不可欠な重要コンポーネントとなった。ポータブル(携帯用)精密直流電気計器、抵抗材料マンガニン、電圧の基準となる標準電池の発明である。

「ウェストンの経歴」

- 1850年：英国バーミンガム近郊で生れる
- 1870年：ニューヨークで電気メッキをはじめ。
- 1877年：ウェストン・ダイナモ社設立
- (エジソン) 1879年：エジソン白熱電球発明
- (エジソン) 1882年：エジソンパール発電所
- 1886年：精密直流電流計(0.25%)を完成、ウェストン電気計器社を設立
- 1888年：合金コンスタンタンを発明
- 1891年：交流電圧計、ウェストン標準電池
- (交流) 1892年：ウエスティングハウス・ナイヤガラ発電所交流完成
- 1892年：合金マンガニンを発明

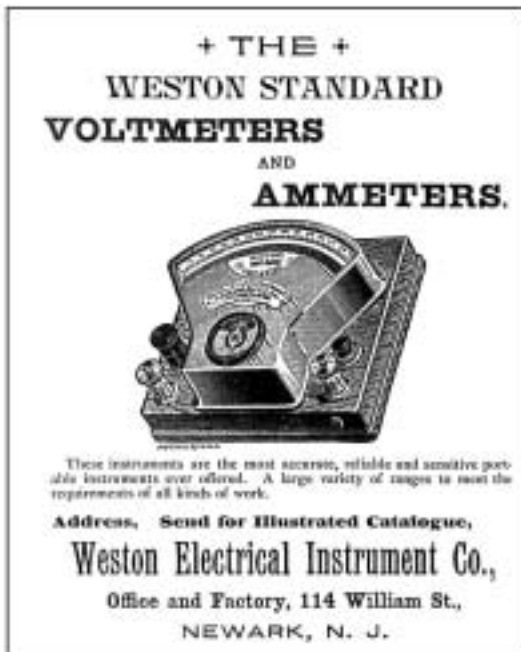
- 1893年：シャント方式大電流計
- 1908年：ウェストン標準電池IEC国際標準に採用される。
- 1924年：電気計器社を子息、エドワード・ファラデー・ウェストンに譲る。

### 2. 精密直流電気計器

ウェストンはニューヨークのブルックリン橋のアーケド照明に成功し、彼の直流ダイナモは好評であった。1886年フィラデルフィア電気博覧会にダイナモ数台を出品する機会があった。しかし、現場であまりにも調整に手こずってしまった。電圧や電流を手早くはかる道具がなかったためである。当時はポテンショメータ(電位差計)とガルバノメータで間接的に電流や電圧を計った。針が動いてその目盛を読むと、電圧値(ボルト)や電流値(アンペア)が直読できる計器の必要性をウェストン自身が感じ取っていた。

ウェストンは精密直流電流計(0.25%)に造り、それにポータブル(日本語で携帯用)と名付けた。何故か? それまでの計器はポータブルではなかった。電流計も研究室では使えたが、誰でもが外に持ち出して使えるモノではなかった。

彼は革命的な方法をとった。「永久磁石」、「コイル・ピボット」、「ヒゲゼンマイ」の採用である。永久磁石による磁界と、コイルに流れる電流とで生ずる回転力をバネでバランスさせる。コイルに指針をつけその先で目盛板の数字を読む。長年月にわたって強さが変わらない磁石が基準となる。そんな磁石があるか? 誰しもが信用しなかった。また特性の変わらない渦巻きバネも必要になる。ウェストンは鉄材の磁化、バネ材の焼き鈍しに多くの時間をつかった。しかしその計器でもアメリカ国内で認められるには時間がかかった(第1図)。



Portable type precision dc meter developed in 1886 (courtesy IEEE History Center)

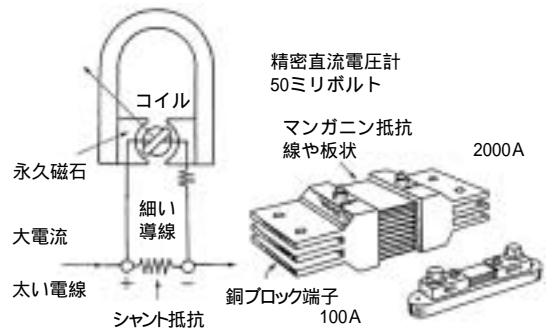
第1図 ウェストンの携帯用精密直流電気計器

「永久磁石」「コイル・ピボット」「ヒゲゼンマイ」「マンガニン分圧器」を採用した。

### 3. 大電流計器（シャント方式）

それまでは数百アンペアをはかる電流計でも、測定する電流を計器内部に直接引き入れ、錘とバランスさせる「吸引式」であった。しかし大電流は計器内部で熱を発生し、計器の特性に悪影響を与えた。また、配電盤の中でも電流計までのリード線が長いと大きな電力損失を招いた。

シャント抵抗方式の電流計とは、例えば100Aをはかる際には0.5mΩの抵抗を作り、これに電流を流して両端に生ずる50mV電圧を精密電圧計ではかる方式である。シャント抵抗は配電盤の入口に置くので、全体の電力損が少ない。この抵抗に、初めは合金ジャーマンシルバーを使ったが、流れる電流で発熱して値が変わってしまう。つまり全体として測定精度が悪くなる。これを救うのは安定な抵抗材の発明である。ウェストンは追及した。



第2図 シャント抵抗方式と電流計：発生した熱は両側の銅端子ブロックから放熱される。抵抗材料マンガニンが生命であった。

#### 〔抵抗材三種の特徴〕

- 「ジャーマンシルバー」：銅/ニッケル/亜鉛：白色の合金、温度特性があまり良くない。
- 「コンスタンタン」：銅/ニッケル：室温以下：正、室温以上：負温度係数、「銅」との間に熱起電力を生ずる欠点がある。
- 「マンガニン」：マンガン12%/ニッケル4%/銅84%、低温度係数、低熱起電力の特徴、温度係数0～10：0.000025、15～30：ゼロ。堅く加工が難しい。

シャント方式の大電流計器は、20世紀はじめの電力工業の立ち上がる時期に答えたものであった。シャント抵抗器では発生する熱を端子ブロックから放散させたが、水冷式も造られた。これで配電盤内の電力損失を数百分の一まで減すことができた。

例えば、1台の600Aの計器でもそれまで盤内の損失計器の消費電力は85Wに達したが、シャント方式では、わずか0.02Wであった。

ウェストン社は、高精度の携帯用精密直流計器と、マンガニン・シャント方式大電流計の両輪で支えられた。これらの製品化には、電気技術と言うよりは、安定な抵抗のマンガニンを線材や、平板状にする金属加工生産技術が必要であった。アメリカにはない技術で、はじめは線引きや加工はドイツの企業に依頼せざるを得なかった（第2図）。

#### <参考文献>

- (1) David Woodbury：“A Measure for Greatness”, McGraw Hill, (1949)