

〔 連 載 〕

# 電気の世紀へ 第22回

< ウェストン社と標準電池・標準抵抗 >

松本 栄寿  
Eiju Matsumoto

読者は「標準電池」や「標準抵抗」といった言葉に違和感を持つだろう。現代では安定な電圧は電圧発生器から簡単にえられる、抵抗値もマルチメーターで精密に計れるからである。ウェストン社は創業以来、精密電気計測、それも直読式計器を一途に追った。その裏側をささえたのが標準抵抗であり標準電池であった。

## 1. 標準抵抗

マンガンが抵抗値の標準としても使えるほど優秀なことが分かった。これもドイツのPTBがマンガンに基に1892年に標準抵抗器を作り、さらに抵抗値の長期間安定性も確認したからである。マンガン標準抵抗器を世界中に使われる動機をつくった。

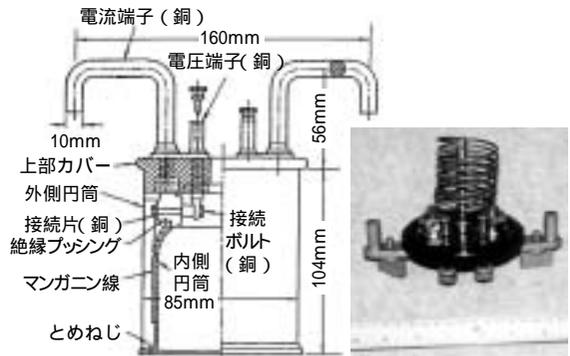
その40年ほど前のこと、1858年の大西洋横断海底ケーブル失敗の原因を追及する会議がもたれた。そこでなんと電圧や抵抗の基準がないことが明らかになった。そのとき国際抵抗標準として提案されたのは水銀柱の長さである。やがて国際標準器は量子ホール効果と呼ばれる素子に置き換わるが、マンガン標準抵抗器はどこにでも運べる実用的なメリットがあり副標準器として永らく使われてきた。

マンガン標準抵抗器の値は、実は工場の作業者の熟練に頼っていた。百万分の一(1ppm)の精度の抵抗器を作るには、まず線材の長さを調節し、ついで線を注意深くやすりでけずりながら途中で値をしらべ、何度も繰り返す作業はまさに名人技であった。抵抗器は0.001Ωから1MΩまで作られた。その値は一年で百万分の一も狂わない(第1図)

〔 抵抗標準の歴史を見てみよう 〕

1850年：イギリス1マイルの16番線銅線

1860年：ジューメンス、長さ1mの水銀柱0.96オーム  
提案



第1図 標準抵抗器の構造  
(PTB、ETL、リーズ・ノースラップ社など)

- 1861年：電気抵抗の標準化国際会議  
(海底電線の失敗が契機)
- 1892年：ウェストン「マンガン」発明
- 1892～1893年：ドイツ国立物理学研究所PTR・マンガン1オームの標準抵抗器を作る。
- 1907年：アメリカNBSが標準抵抗器開発・マンガン
- 1923年：電気試験所マンガン標準抵抗器を製作
- 1990年：抵抗の国際標準は量子ホール効果素子に

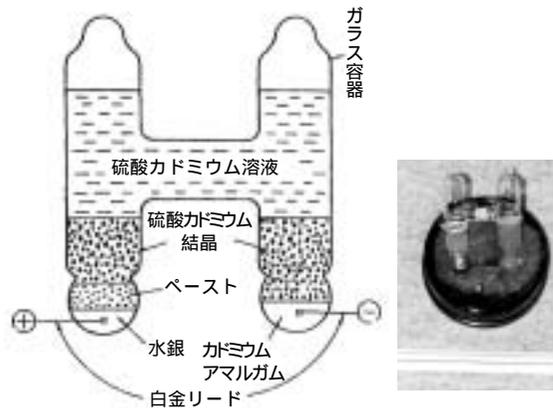
## 2. 電圧標準

標準電池とは、正確な値の得られる電池である。現代では電気回路の実験でも、正確な電圧が欲しければ精密電圧発生器のダイヤルをくるくる回せば、1,000ボルトでも99.99ボルトでも任意の安定な電圧が得られるから、何の不自由もない。

ウェストンは、電圧、電流を測定したり校正したりするには、簡単にどこでも使える計器(ポータブル)

と正確な基準となる電圧源が必要なことに気付いた。ボルタの電堆の発明以来、様々な電池が工夫された。鉛電池は大電力が得られるが、電位差計などの基準には年単位で安定な標準電池が必要であった。

ウエストンは標準電池の開発を1884年に始めた。それまで電圧標準として使われていたクラーク電池は、温度係数が大きく周囲の温度が変わると電圧が変わってしまう。完成したカドミウム標準電池はIECの国際標準にもなった。世の中にメートル原器を始めとして多くの標準器があるが、個人の発明したハードウェアで100年間も世界の標準として使われたものは他にない。日本でも「ウエストン標準電池」が準標準であったが、1990年「ジョセフソン素子」と物理的な素子になって標準電池に置き換えられた(第2図)。

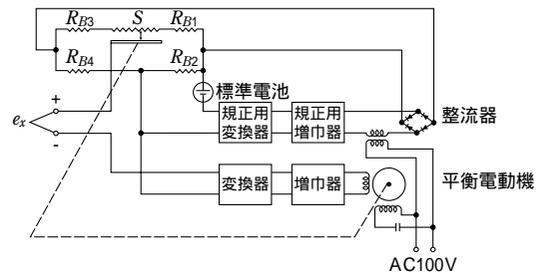


第2図 標準電池の構造  
(ウエストン社・横河電機・富士電気化学など)

### 3. ウエストンの標準はどこに使われたか

標準抵抗器は研究室のブリッジ回路で実験用に使われるのが主であったが、標準電池は意外な機器にも使われた。標準電池の内部は電解液の入ったガラス容器で電池をひっくり返すことは厳禁であったし、大きな電流を標準電池から直接得ることはできない。まことに扱いにくかった。なんと1960年代まで自動平衡記録計に一ヶずつ内蔵されていた。

自動平衡計器には基準電圧が必要である。測定する信号電圧と、内部の基準電圧を比較して平衡回路を動かし、ペンとインクで記録するからである。初期のケンブリッジ社、ウエスティングハウス社などでつくら



第3図 自動平衡記録計器内につかわれた電流規制回路  
標準電池を基準として、サーボ回路で安定な電圧・電流を発生させた。

れた機器には、1.5ボルトの乾電池が電圧基準として使われた。つまり電圧記録計は乾電池の電圧が基準であったから、数%の精度しかなかった。0.1%や0.2%の高精度記録計できたのは、ウエストン電池を基にして定電流・定電圧発生回路を内蔵できたからである。世界中で数十万ヶもの数が採用され、それらの計器は工場の現場でも使われた。プロセス・オートメーションの波にのったからである(第3図)。

〔電池の歩みを眺めてみよう〕

1800年：ボルタの電堆

1857年：ブランテ鉛電池(充電可能な二次電池)

1867年：ルクランシェ電池

(現代のマンガン電池の原型)

1872年：クラーク電池、亜鉛(-) 電解液(硫酸亜鉛) 水銀(+) 起電力は安定していた。しかし温度特性に難がある。

1892年：ウエストン標準電池を完成した。カドミウムアマルガム(-) 電解液(硫化カドミウム) 水銀(+) 飽和型電池で、起電力は20で1.0183ボルト、温度校正表がついていた。

1903年：AIEE(米国電気学会)のちIEC(国際電気標準機構)の国際標準に

1926年：ETL(日本の電気試験所)が標準電池を製作

1990年：電圧の国際標準はジョセフソンに

<参考文献>

- (1) Joseph F. Keithley: "The Story of Electrical and Magnetic Measurements from 500BC to the 1940s", IEEE Press, (1999), 193/201