

# アーク灯の歴史と復元のための試作

大 倉 宏 \*

## 概 要

アーク灯は最初期の電流利用例であり、1851年フランスのデュボスクは最初の商業的アーク灯を製作している。日本で最初に公の場で燈った電灯はこのデュボスク式アーク灯であり、このアーク灯を復元する意義は大きい。今回復元のための試作を行ったので報告する。

### 1. はじめに

ボルタの電池の発明は1800年であった。これにより電流を利用することが可能になった。1802年、ロシアの物理学者ペトロフによりアーク放電が発見され、同年デービーも炭素電極によるアーク放電を発見した。彼は、1808年(あるいは1815年)2000個のボルタ電池を使ったアーク灯の公開実験にも成功した。

明るいアーク光を出すため炭素棒が使われたが電極は非常に高温になり、蒸発したり燃えたりして短くなると放電は維持できない。それがアーク灯の欠点であり最大の問題点で、長時間使用するには対向する電極の間隔を一定に保つ工夫が必要であった。

当時は性能のよい発電機が無くアーク灯は電池で点灯させることが多かったが、ステイト(1836年あるいは1847年)やセリン(1857年)は時計仕掛けで対向する炭素棒電極を動かすしくみを作った。デュボスク(1851年)はセリンと並んで最初の商業用アーク灯を作った一人であった<sup>1)</sup>。

一方、ヤブロチコフは、平行に炭素電極を配した「電気ロウソク」を交流で点灯させる方法を発明した(1876年特許)。これが実用的なアーク灯と呼ばれることもあり、1878年のパリ万国博覧会では、オペラ座大通りに64個のヤブロチコフのアーク灯が設置された。

アーク灯がガス灯に取って代わるためには性能のよい発電機が必要であった。ブラッシュは発電機とともにアーク灯照明システムを構築した(1878年頃)。

### 2. 日本初の電灯

1878年、日本で初めて公の場で燈った電灯はアーク灯であった。ちなみに、エジソンが白熱電球を発明したのは翌1879年である。明治元年が1868年なので1878年は明治11年になる。まさに文明開化の時代で、この年の3月25日、東京木挽町(銀座)に電信中央局が開業し、祝賀晩餐会が虎ノ門の工部大学校(東大工学部の前身)の大ホールで行われた。このとき、時の工部卿伊藤博文は、エアトン教授にアーク灯を点灯させることを命じた。

エアトンはイギリスから来たいわゆるお雇い外国人で、優秀な学者であり、教師であった。彼は、藤岡市助、中野初子、浅野応輔ら学生を指導し、グローブ電池50個を使ってアーク灯の点灯に成功した。

「藤岡市助伝」には、「宴会席上は白夜の感を呈し、貴客拍手して大いにこれを歓迎したが、それは束の間で、やがて会場にシューという音を聞くと同時に、アーク線(ママ)は切れて宴席はたちまち暗黒となる<sup>2)</sup>」と記されているとある。この日を記念して後に3月25日は電気記念日に制定された。

このときのアーク灯がフランス製のデュボスク式アーク灯であった。天井に吊るされた(設置された)と言う記述があるが、現在写真や図面で手に入るものは、全てテーブルなどに置いて使われる形状のものだけなので、どのように吊るし点灯したのか詳細は分からない。

なお、一般人の見た初めての電灯は、明治15年(1882年)11月11日、東京銀座2丁目大倉組前(現在の松屋銀座店向かい)のブラッシュ式アーク灯<sup>3)</sup>の点灯である。このときの情景は『錦絵に表れた「電気事業」事始』として現在休館中の電気の資料館所蔵の「東京銀座通電気灯建設之図」という錦絵に残され有名である。白熱電球(熱熾灯)は1884年6月25日の

\*大阪市立科学館(中之島科学研究所)  
ohkura@sci-museum.jp

上野駅での鉄道開通式<sup>4)</sup>(あるいは1883年1月22日の鹿鳴館夜会)である。大阪では、明治19年(1886年)大阪紡績(通称三軒家紡績、東洋紡の前身)でエジソン式直流発電機により夜間照明のため白熱電球が利用された<sup>5)</sup>。

### 3. デュボスク式アーク灯

デュボスク(Jules Duboscq 1817-1886)は比色計の発明でも有名な人物で、アーク灯の電極を調整する時計機構を考案した。彼のアーク灯とされるものには、さまざまな年号が付けられているが、1851年のロンドンの世界博覧会でアーク灯により金メダルを受賞し、1855年と56年にはパリでも受賞し、1853年には彼の装置を使った写真撮影法の本を出版している<sup>6)</sup>ので、発明は、1840年代後半から1850年代前半であったと思われる。

炭素棒電極のアーク灯を電池で点灯させると陰極に比べ陽極はより早く消耗する。デュボスクはラック・ピニオンで電極を繰り出したが、ギヤ比を2:1にして陽極の方をより早く繰り出すようにしてアーク光の出る場所を一定に保つ工夫をしている。この歯車はぜんまいバネで動かしたようだ。

当時、劇場でも使われたほか、幻灯機の光源としても使われたようだ。幻灯機用のフードのついたデュボスク式アーク灯の写真・動画・図版がネットでいくつか見ることができる。またセリンのアーク灯が動画で見ることができる<sup>7)</sup>。セリンのアーク灯は重力で動くようだが機構は良く似ているようである。

ネットでは、「フーコー&デュボスク電磁レギュレータ(Foucault & Duboscq electromagnetism regulator)」というものが散見される。これは、フーコーの発明した電磁的調節機構にデュボスクの機械式機構を組み合わせたものであろう。

レオン・フーコーは、1851年地球の自転を照明する振り子実験を成功させたことで有名な物理学者である。医学校を中退した彼は、師のドネの顕微鏡写真撮影のため、アーク灯の電極を電磁石を使って一定速度で動かす電気調節装置を発明した。フーコーは、ドネが45年に著した「顕微鏡学教程」の第2巻の共著者になっている<sup>8)</sup>。

### 3. 笹尾氏のアーク灯(東芝未来科学館蔵)

昭和53年(1978年)、日本最初のアーク灯の点灯から100年ということで、当時のアーク灯を再現しようという機運が高まり、照明文化研究会の副会長だった笹尾局之氏(故人)が、デュボスク式アーク灯を復元した<sup>9,10)</sup>。

残念ながら既に当時の実物、及び資料が残ってい

なかったのも、パリの国立工芸学校の資料センターにあったアーク灯の資料などから笹尾氏は外観を復元している。このアーク灯は今でも点灯させることができ、今年の2月にJR川崎駅前にオープンしたばかりの東芝未来科学館に常設展示として展示されている。



笹尾氏の製作したアーク灯(東芝未来科学館蔵)

真鍮製で大きさは、高さ約60センチ、円筒部の直径は15センチ。スライダックで降圧した交流20~40V程度で点灯する。炭素棒は直径2ミリ程度のものがついていた。上下の電極が2:1の割合で動くところはオリジナルと一緒にあるが、電極が自動的に繰り出す機構までは再現されてなく、本体円筒部から出たレバーつまみを回して動かすようになっていた。電極の動きは滑らかであった。点灯時は電極の減りをレバーつまみで追いかけて放電を持続させる。内部の機構は見せていただけなかったが、後に入手した図面で見ると、想像した通りラック・ピニオンであった。

### 4. アーク灯復元の試作

#### 4-1. 試作品

笹尾氏のアーク灯の写真や、いくつかのデュボスク式アーク灯の写真や図面を元に、株式会社リテン(京都府久御山町)に委託して実際に点灯できるアーク灯を試作した。

筐体はプラスチック製で、支柱や皿部はステンレスである。上部の電極は固定で、顕微鏡の鏡筒を動かす調整ネジを改造して下部の電極がネジを回すことにより移動させることができる。大きさや外観はできるだけ笹尾氏が復元したアーク灯に似せた。

スライダックで降圧した20~25Vで点灯させることができる。電極は入手しやすい製図用の2ミリφの鉛筆芯を使



試作したアーク灯

うようになっている。鉛筆芯、電圧を適当に選べば、調整ネジを操作し下部電極を動かすことで 5~10 秒程度放電状態を維持することができる。

#### 4-2. 点灯結果と考察

電極炭素棒には、三菱鉛筆芯ホルダー用替芯(2 ミリφ)を使った。4H から 4B まで様々な硬さのものが市販されているのでいくつか試してみた。電圧は 20~25 Vで行った。

光らせ方は、電極を最初に接触させてから少し離すものだと思っていたが、1~2 ミリの間隙を最初から開けておき、スライダックで電圧を徐々に上げると 15~20V 付近で放電が起こった。紫外線が出るので、サングラスを装着して実験を行った。

電極が消耗するので、つまみで電極を動かさないと放電は終わってしまう。うまく電極を動かせば 5 秒以上点灯させることは可能であるが、熱で器具が破損する心配があったので、あまり長時間点灯させることができない。また、



火坑(本文参照)はできないが、放電させると先端が尖ってくる。先端は赤熱し、放電後みると白い灰が付いている。

上下の電極が正確に対向してなく1~2 ミリずれている。遊びがあるので、支柱部分に力を加えながら対向させ、つまみで電極

を操作しなければならない。けっこうコツが必要である。

エジソンの実験と称して、スライダックを使って 0.5 ミリのシャープペンシルの芯に通電し白熱(赤熱)させて光らせる実験がある。数秒で芯が燃えたり蒸発したりで終わるのだが、最後はわずかな時間アーク光を放つ。この実験の経験からハードな芯は割れ易いことを知っていたので2Hは向かないだろうと思っていたが、果たしてそうであった。

2Hは弾けて危険であった。HBはうまく行くこともあるが、割れてしまうことがある。Bはヒビが入ることもあったが割れることはなかった。まあまあである。2Bは良好であった。4Bも良好であるが、消費が速いように感じた。

電極は、硬く炭素量の多いものが適しているそうだが、相反する条件である。ブラックさが増すにつれ良好になっていく傾向があったが、あまりブラックだと消費が激しいようである。今のところ2B辺りがベストであるように思える。

最近、芯は赤熱する程度に通電、あるいは蒸し焼きし、糊(あるいは油?粘土成分?)を飛ばしてから使えばよい<sup>11)</sup>とアドバイスをいただいた。ハードな芯が割れ易いのは、芯の中の油のようなものが温度が上がり、揮発するせいかもしれない。

スライダックの他に、20V5Aまで出せる直流電源装置があったので、それでも試してみた。ぎりぎりアーク光を出せるが、明るいアーク光を出そうとすると針が振り切れるまでボリュームを上げないといけないので、メインにはスライダックで実験した。

### 3. さいごに

アーク灯の歴史は 200 年ほどあるが、白熱電球の台頭とともにやがて姿を消し、限られた場所にしか残らなかった。1880 年代アメリカでは 590 件にもものぼる特許が承認されたそうだが、アーク灯の技術は既に廃れていて、当時の機械や放電の機構を文献で追うことは容易ではない。同じ発明・発見の記録も複数のネット上に異なる年が書かれているような状態である。

アーク灯は、直流で点灯すると陽極の先端に火坑という凹所ができ、これが高い輝きの光源となる<sup>12)</sup>そうである。ぜひとも調べてみたいが、今回の実験の範囲では、火坑はできていない。

火坑のできない原因のひとつは、炭素棒が細すぎたのではないだろうか。東芝未来科学館で見せていただいた笹尾氏のアーク灯には 2 ミリφの炭素棒が付いていたので、我々も入手しやすい 2 ミリφを使うこととして、試作を製作した。

しかし、後に入手した笹尾氏の文章や図面によると 4 ミリφとある。おそらく炭素棒は消耗品なので後に入手しやすい 2 ミリφに付け替えられたのであろう。

2 ミリφより太い炭素棒は、理科実験の電気分解用の電極くらいしかないと考えていたが、ホルダー芯には太さにバリエーションがあり、5.7 ミリφくらいまでは、比較的容易に入手できるようである。器具の取り付け部分を太い芯を取り付けられるよう改造してぜひ試したい。電源装置にも多少不安が残るが、電池なりバッテリーを使うなりすれば可能であると考えられる。

### 謝辞

東芝未来科学館の荘司金秋氏には、開館直前の多忙な時に、笹尾氏のアーク灯を見せていただき、また解説いただいた。感謝いたします。

国立科学博物館の前島正裕氏には、ブラッシュ式をはじめ様々なアーク灯の原理、笹尾氏のアーク灯のことなどを教えていただいた。感謝いたします。

日本電気協会関西支部の西美憲氏には、笹尾氏の記事やアーク灯の図面を探し出していただいた。感

謝いたします。また、東芝未来科学館には、笹尾氏の  
アーク灯の図面を提供いただいた。感謝いたします。

- 11) 筒井和幸(大阪教育大学附属高等学校)私信
- 12) 日本大百科全書(小学館 1984 年版)のアーク灯  
の項より

## 参考文献

- 1) W. James King ‘The development of electric  
technology in the 19th century’  
<http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/zoom/faraday/applielec/King.pdf>
- 2) (社)日本電気協会ホームページ  
[https://www.kandenkyo.jp/pdf/yukari\\_vol01.pdf](https://www.kandenkyo.jp/pdf/yukari_vol01.pdf)  
より。昭和 3 年発行の「藤岡市助伝」に書かれてい  
るとある。ちなみに、大正 6 年に編まれた藤岡博士  
寿像建設委員会編の「工学博士藤岡市助君伝」  
が近代デジタルライブラリーから見れるが、この記  
述はない。1998 年ゆまに書房から人物で読む日  
本経済史第 9 巻として瀬川秀雄編纂で出された  
「工学博士藤岡市介伝」は大正 6 年の「工学博士  
藤岡市助君伝」の復刻。
- 3) 前島正裕「日本国内に現存するブラッシュ式と呼  
ばれる 2 台のアーク灯について」(国立科学博物  
館研究報告 E 類 33 巻(2010 年))
- 4) 石崎有義「白熱電球の技術の系統化調査」(国  
立科学博物館技術の系統化調査報告)
- 5) 電気の歴史(日本の電気事業と社会)(電気事業  
連合会のホームページ  
<http://www.fepc.or.jp/enterprise/rekishi/>)。ち  
なみに、東京電灯会社が創業するのがこの年。同  
ページには、1884 年には大阪の劇場でアーク灯  
が使われたとある。1989 年までに、神戸電灯、大  
阪電灯、京都電灯、名古屋電灯が相次いで開業  
した。なお、大阪の環境 2011(大阪府環境白書  
<http://www.fepc.or.jp/enterprise/rekishi/meiji/>  
)2 ページには、1883 年とあるが、これは大阪紡績  
の操業年と間違えたのだろう。同所は、創業時か  
ら石油ランプを使用して深夜業を行っていた。
- 6) バーモント大学物理学科のホームページ  
[http://www.uvm.edu/~dahammon/museum/Jules  
Duboscq.html](http://www.uvm.edu/~dahammon/museum/JulesDuboscq.html) より
- 7) YouTube の  
[https://www.youtube.com/watch?v=EhsjiSvLLA  
Q](https://www.youtube.com/watch?v=EhsjiSvLLAQ) から作動の様子を見ることができる。
- 8) アーミル・D・アクゼル「フーコーの振り子」  
(早川書房)
- 9) 笹尾局之・落合勉「アーク灯を求めて」(電気技術  
史第 24 号平成 13 年 6 月 18 日発行 (社)電気学  
会 電気技術史技術委員会)
- 10) 笹尾局之「デュボスク・アーク灯復元について」  
(「あかり」照明文化研究会会報(平成 15 年))