

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

前島正裕

国立科学博物館理工学研究部 〒169-0073 東京都新宿区百人町3-23-1

Characteristics of Two Brush Type Arc Lamps Existed in Japan

Masahiro MAEJIMA

Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science,
3-23-1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

Abstract The National Museum of Nature and Science owns an old open air arc lamp which was called as a Brush type. And the Electric Power Historical Museum in Japan has a same style arc lamp. Both of them are perhaps only two in existence in Japan. However there are no information about their manufacturers, product descriptions, vintages and others. Investigating structures, dimensions and circuits of them, it has been understood that the former arc lamp was made by a design based on US patent No. 473 283 which was planned by Thomas E. Adams and that the later arc lamp had the “Ring clutch” mechanism which was designed by Charles Francis Brush. In addition, it is disputable that this Brush model’s lamp was manufactured by Brush Electric Co., because it was made on the centimeter gauge.

Key words: history of electrical technology in Japan, industrial heritage, Brush Arc Lamp

1. はじめに

独立行政法人国立科学博物館 (NMNS) と東京電力株式会社の電気の史料館 (EPHM) には、明治時代のアーク灯が数台保存されている。その中にブラッシュ式と伝わるが、銘板などが無く詳細も良くわからず、来歴も確かではないアーク灯が、それぞれ一台ずつ存在する。ブラッシュ式とは明治時代の初期に導入された Brush Electric Company による電気照明システムのことであり、我国で電気による「明かり」が実用的に使われるようになる 1882 (明治 15) 年前後から採用された。電気による照明は、電気を電力として利用する先がけでもあった。日本の電気技術のパイオニアである志田林三郎や、藤岡市助もアーク灯を研究したことが当時の工学会誌に報告されている。このような黎明期の技術資料を実証的に検証することは、我国における技術国産化の過程を知る上で、また技術

遺産の保存・活用の観点からも重要であるが、電力技術がもたらした民間活力によって導入・育成されたこともあり、政府が主導した電信技術と異なって歴史的記録や実物資料はあまり多く現存していない。そこで、本研究は国内に現存するアーク灯の中から、ブラッシュ式と伝わる古い開放型アーク灯の構造比較調査を行ったものである。

2. ブラッシュ式アーク灯システムと日本への導入

19世紀末は、電気による照明の黎明期であった。放電現象を利用した明かりを広く知らしめたのは、英国の科学者デービーであったが、その普及には効率的に安定して電気を起こすことができる発電機の発明が必要条件であった。1860年代後半から1870年代初めにかけて、ジーメンスやグラムらによって実用的な発電機が発明され、電気に

よる照明や電気鉄道が現実化した。

米国のチャールズ・F・ブラッシュ (Charles Francis Brush: 1849–1929) は、1869年に Michigan 大を卒業した後に、1873年から地元の鉱山関係の仕事についていたが、その間 Cleveland Telegraph Supply Company から資金援助を受けて、アーク灯用発電機の開発を行った。そして電気技術の企業化に見通しが立った1877年に鉄鉱ビジネスから転身し、電気の研究に専念したり。

ブラッシュのアーク灯システムは、1878年頃からクリーブランド市やフィラデルフィア市などで店頭のディスプレイに採用された。1880年にはインディアナ州のウォバッシュ (Wabash) 市に採用され、またニューヨークのブロードウェイの一区画を照らすまでになった。その後ブラッシュシステムは、瞬く間に全米各地に導入されていった。ブラッシュは1880年に、Brush Electric Company をクリーブランドで立ち上げ、本格的にアーク灯ビジネスを開始した²⁾。

ブラッシュ成功の鍵は、実用的なアーク灯とアーク灯用の発電機の発明にある。1870年代末のアーク灯の多くは、複雑な時計機構によって二本の炭素棒間の放電間隔を制御するものが多く、一旦消弧すると自働再起が難しく、回路を切断してしまうなどの問題を抱えていた。ブラッシュはいくつかの発明を通して、単純な構造で信頼性のある、自働調整器付のアーク灯を開発した³⁾。

ブラッシュ電灯会社は、海外での電灯事業にも意欲的であり、英国や日本にも積極的に進出した。我国でも1882 (明治15) 年頃には、産業として電灯に注目するものが現れはじめた。事業家の横山孫一郎と大倉喜八郎は、東京市街にアーク灯供給事業を企画していたが、同じ頃、別の電灯事業も設立に向け準備中であり、二派は合同して東京電燈会社を設立する事となった。その準備事務局は、明治15年7月に、東京銀座の大倉組前にてアーク灯を点灯した。その際、使用された発電機と二千燭光のアーク灯はブラッシュ式である⁴⁾。その後、明治21年の東京電燈会社の第一電灯局開業をはじめとして、明治22年に京都電燈、明治23年に横浜共同電燈などに白熱電燈と併置してブラッシュ式アーク灯が導入された⁵⁾。

3. ブラッシュアーク灯の基本構造

ブラッシュのアーク灯の特徴について把握する

ために、米国特許 (US PATENT) を調査した。これらブラッシュのアーク灯に関する特許の中で Electric Arc Lamp に関する特許分類 Current US Classification (CCL) 314 (Electric Lamp) に分類されたものを Table. 1 に示す。なおアーク灯に関する特許は、CCL/314 以外にも CCL/313 (Electric Lighting Apparatus), CCL/315 (Electric Lighting) などあるが、調整器部の構造に関する主要特許は、CCL/314 に分類されている。ブラッシュ以外の申請者も含めたこの範疇の総件数は、No. 20,255 (March 18, 1858) から No. 7,766,175 (August 3, 2010) まで 3,206 件であり、その内1880年代には、590 件が承認されている。

1) リング・クラッチ機構

ブラッシュのこれらの特許の中で、最初に承認されたものは US patent No. 203 411 である。特許には、ブラッシュアーク灯の基本的な作動原理である「リング・クラッチ」機構が示されている。同特許の図を Fig. 1 に示した。図中左は通電前、右は通電後の状態を示している。同機構は大きな電磁石 A、その中心を通る中空のコア C その中心を上下に動く炭素棒ホルダー B そして、その炭素棒を持ち上げるワッシャ状のリング D の中をホルダーが通る構造から成っている。電磁石と炭素棒ホルダーは、電氣的に直列に繋がれている。通電前は、同図左のように、上部炭素棒とホルダーは自重により下がり、下部の炭素棒と接触している。この状態の時、リング D はホルダー直径より少し大きめに作られているので、水平になっている。

通電すると、電磁石はコアを引き上げ、コアに繋がった L 字型のフックが同図右のように、リング D の一端を引っ掛け、斜めに持ち上げる。するとそれに引っ掛けられて、炭素棒ホルダーも上に引き上げられる。従って、上下炭素棒間に間隔が生じ、アークが発生する。この時、最初のギャップ長はギャップ調整用ボルト D' により制限される。

Table. 1 Brush's US Patents on CCL/314

US PATENT No.	Application filed	Patented
203 411	Sept. 28, 1877	May 7, 1878
212 183	May 7, 1878	Feb. 11, 1879
219 208	May 15, 1879	Sept. 2, 1879
219 209	May 16, 1879	Sept. 2, 1879
219 211	July 3, 1879	Sept. 2, 1879
219 213	October 24, 1878	Sept. 2, 1879
312 184	August 7, 1880	Feb. 10, 1885

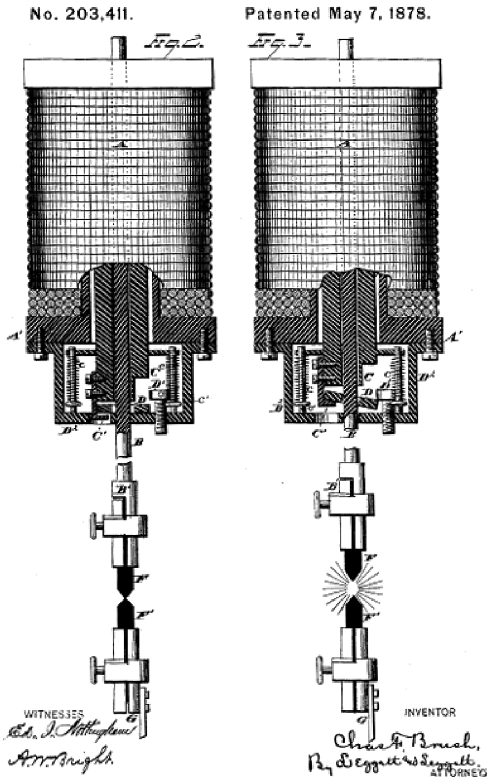


Fig. 1 Ring Clutch Mechanism on the US Patent No. 203 411

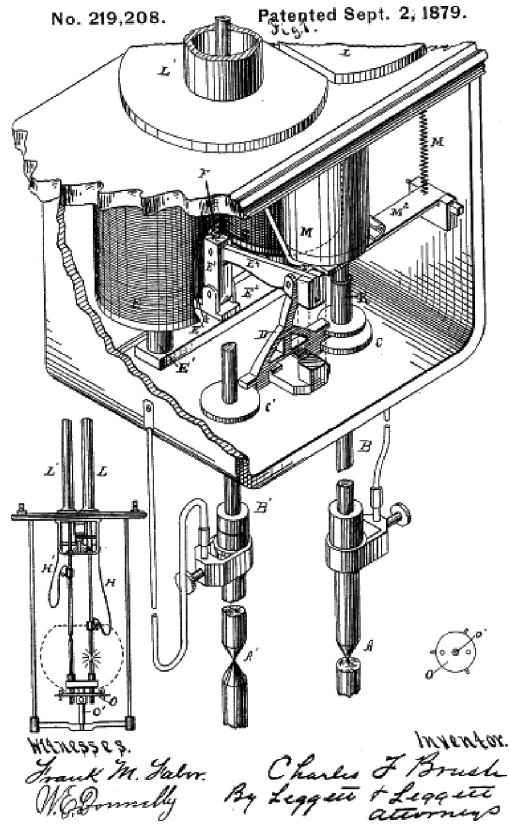


Fig. 2 Double-carbon Lamp Regulation System on the US Patent No. 219 208

ランプが動作して時間が経ち炭素棒が短くなると、両炭素棒間の間隔が開く。すると抵抗が増えて電流が減り、電磁石の力が落ち、コアが下がる。その結果リングDは再び水平になり、初期状態へと戻る。こうして、炭素棒がすべて消耗してしまうまで、自動的に作動する。この機構はシンプルでありながら、炭素棒の交換時以外、メンテナンスフリーの動作を可能にした。

2) ダブルカーボン・システム

次の主要な発明は、US Patent No. 219 208である。同特許の図をFig. 2及びFig. 3に示す。この発明の勘所は、Fig. 2中左下に書かれているように、炭素棒を2本使用するための工夫である。Fig. 3は主要な部分の拡大図である。リングで炭素棒ホルダーを引っ掛け持ち上げる機構は同じであるが、炭素棒を二本並列に配置し、その間に「リフター」と呼ばれる三角の機構を追加した。Fig. 3において、通電状態となるとリフターは左の炭素棒ホルダーを先に持ち上げる。左側では上下の炭素棒間

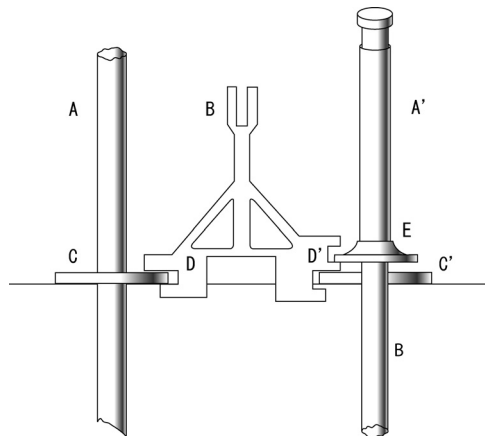


Fig. 3 Triangular Lifting Device from the US Patent No. 219 208

に間隔が生じるが、この時右はショートなのでアークは起きない。そしてリフターはそのまま持ち上がり、次に右側が上がる。すると、右側炭素棒

の上下間でアークが生じ、光を発する。図中筒Eの機能は、右側のカーボンホルダーのストッパーである。右の炭素棒がある一定以上短くなると、筒Eが上に当たり、右のホルダーが先に持ち上げられるようになる。そして、今度は左の上下カーボンの間隔が開き、光を発する。こうして左右の炭素棒が順番に動作する。この機構により、炭素棒2本で16時間程度自働で動作することが可能となり、一昼夜炭素棒の交換無しでも連続点灯が可能となった。

3) カットアウト機構

アーク灯実用化に貢献したもう一つの大きな発明は、CCL/314の範疇ではないが、US Patent No. 234 456である。これは、カットアウトに関するもので、その構造をFig. 4に示す。一つの発電機から多数のアーク灯を直列に繋いだ場合、その中の1台が故障して電気が流れなくなると、全部のアーク灯が消灯してしまう。それを避けるためカットアウトを設けて、故障時はバイパス回路に流れるように工夫したのである。このカットアウト装置の開発によって、中央ステーションの一台の発電機から直列に繋いだ多数の電灯に電気を供給するシステムが実現した。これらの発明により、ブラッシュのアーク灯は、ガス灯に競って1880年代に一時代を築いた。

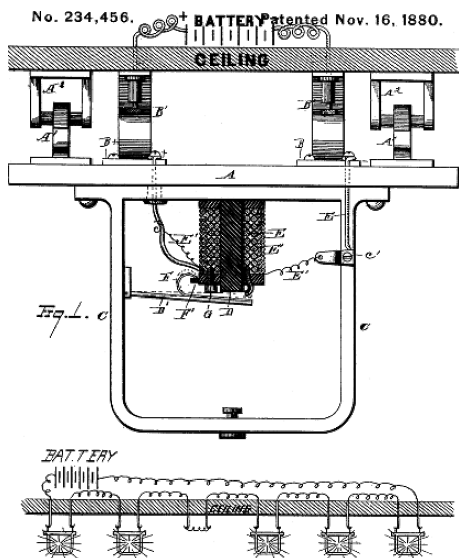


Fig. 4 Cutout Mechanism on the US Patent No. 234 456

4. 東京電力株式会社電気の史料館所蔵の アーク灯とその特徴

電気の史料館に現存するアーク灯の外観と概寸をFig. 5に示す。2組の炭素棒を備えた典型的な開放型のアーク灯である。大きく分けると、上部の炭素棒ホルダー用ハウス、中央部の調整器部、下部の発光部から成っている。上部は真鍮製の金属製である。発光部は上下それぞれ2組の炭素棒とその支えからなり、発光するのは、上下の炭素棒の間である。

発光部の上にある調整器部 (regulator) をFig. 6に示す。調整器部の基板は鋳物でできており、内部には上下に貫通する2本の炭素棒ホルダー、その間隔の下方にホルダーを上下させる三角形のリフター、その奥にリフターを作動させる2個のコイルA及びA'、調整器部上部にカットアウト用コイルBが一個設置されている。炭素棒ホルダーを上下させるための、リフターは金属製である。手前のCより炭素棒ホルダーを通して、炭素棒に電源が給電されている。リフター部の拡大図をFig. 7に示す。リング・クラッチとリフターの機構は、US Patent No. 219 208 とほぼ同じである。その作動原理は、同じであるので、ここでは省略するが、Fig. 3と比較すると、本資料のリフターは簡素であり、制限装置Eがない代わりに、US Patent No. 203 411に掲載されているギャップ調整用ボルトFが左側のリング横にある。

同資料は、切削加工による部品が多く見受けられ、またリフターなどは手作業による跡が見られる。明治初期には、国内でも開放型アーク灯の研究がされていた。日本の電気技術のパイオニアである志田林三郎や、藤岡市助もアーク灯を研究したことが1884年の工学会誌第三十六巻547頁の記述「日本電気燈之話」に報告されている。志田は自ら考案・改良したアーク灯を上野駅開業式に用いた。そしてそれは「銅輪ヲ用ヒテ炭素ヲ支ル棒ヲシテ、電鑄ノ心棒ノ中心ヲ上下スル様仕掛ケタルハーツノ改良ナリ」⁶⁾としている。付図を見ると、原理や初期のモデルは、ブラッシュが考案した、「リング・クラッチ」機構に良く似ているが、上野駅で使用した改良型モデルは、電磁石が炭素棒の同軸上にはない。

一方ロンドンの科学博物館にも同系統の資料が保存されている。Brush Arc Lamp (Inv No 1891-104) がそれである。製造は、The Brush Electrical

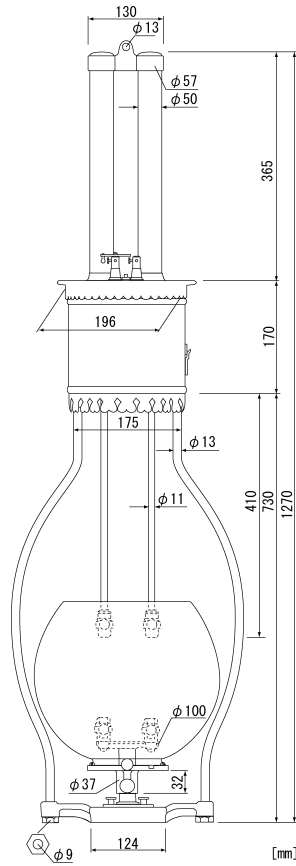
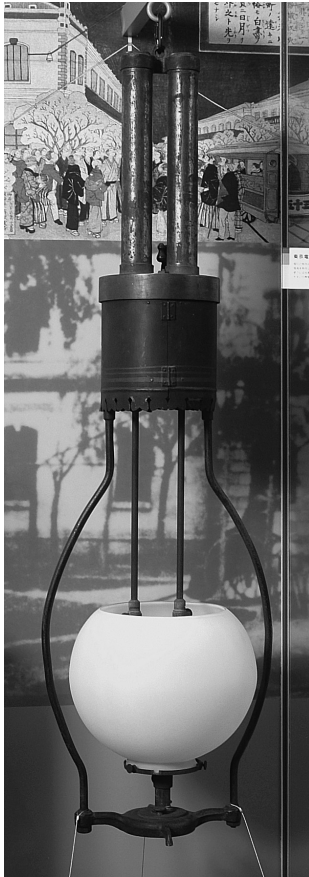


Fig. 5 An Arc Lamp Stored in the EPHM (tender from EPHM)

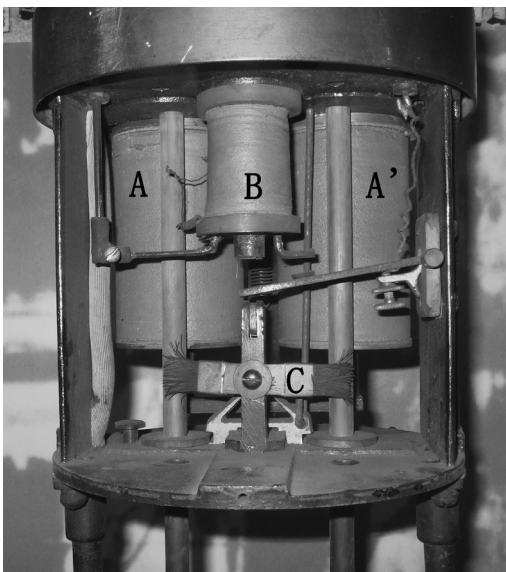


Fig. 6 Regulator part of the EPHM's Lamp

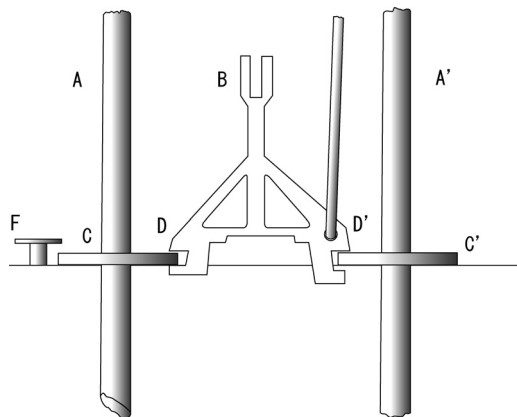


Fig. 7 A Drawing of Triangular Lifting Device from Fig. 6

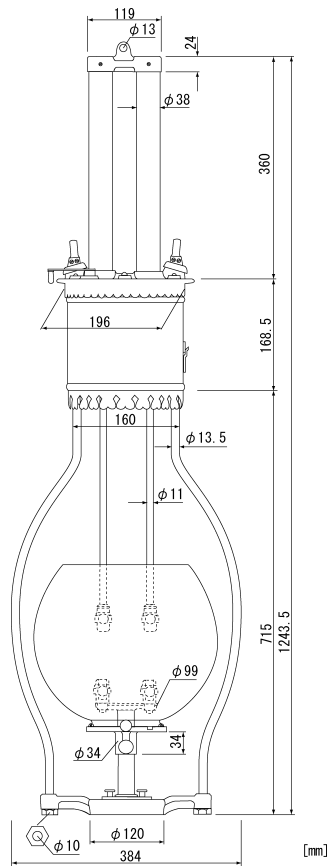


Fig. 8 An Arc Lamp Stored in the NMNS

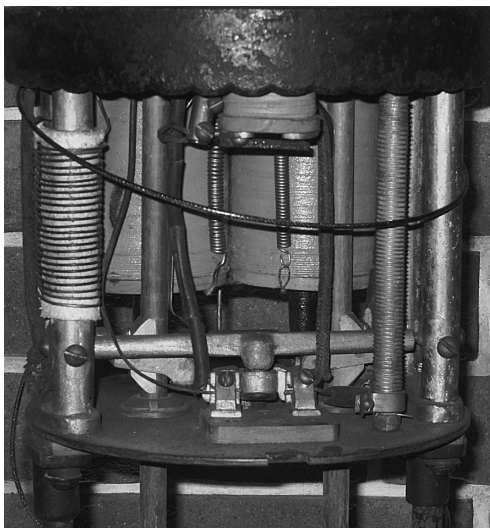


Fig. 9 Regulator part of the NMNS's Lamp

Engineering Co. Ltd.となっている。下部炭素棒を支える支持体構造の差異などはあるが、調整器部は、Fig. 6とほぼ同じであり、二個の電磁石、カットアウトコイル、リフターや給電方法などは同じである。

5. 国立科学博物館所蔵のアーク灯

国立科学博物館所蔵のアーク灯の外観図と概寸をFig. 8に示す。外観は非常にFig. 5に示した電気史料館の資料と似ているが、法量など多少異なる点があることが分かる。史料館のアーク灯に比べ、調整器部より下が少し短く、その分全長も少し短い。また上部炭素棒ホルダー用カバーは、史料館のものより細く鋳物製である。電極部も異なり、調整器部上部に左右に分かれている。そして大きく異なるのは、調整器の部分である。Fig. 9に写真を示す。Fig. 2やFig. 6より、はるかに複雑

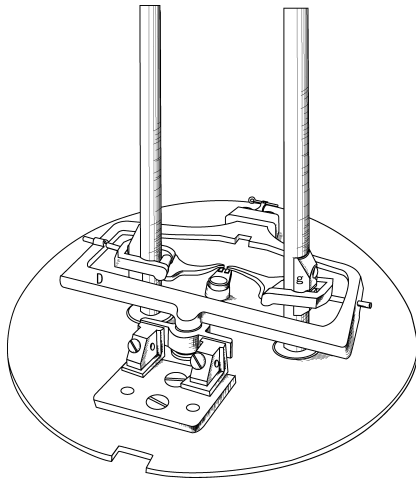


Fig. 10 A Drawing of Friction-clutches Device from Fig. 9

な構造であることが分かる。主要な部分をイラスト化してFig. 10に示した。

本機と非常に良く似た特許がThomas E. Adamsによって出されている。Thomas E. Adamsは、1882年からBrush Electric Co.で働き始め、アーク灯と電鉄の世界で多くの発明をなした。同社は1889年にThomson-Houston Electric Companyに買収され、そのThomson-Houston Electric Co.が、Edison General Electric Companyと合体して1892年にGeneral Electric (GE)となった。そしてBrush Electric Co.の子会社で、トムソンに吸収後はその支配下にあったSwan Lamp Manufacturing Co.が1895年に解散すると、Adamsは1895年にE. J. Bagnellとともに、Adams-Bagnell Company of Clevelandを立ち上げた。社員の多くは、以前Brushの会社で働いていた人々である。英国や日本にブラッシュシステムを導入したC. W. Phippsもそうである。この会社は、アーク灯と白熱電球を生産しており、アダムスは、この会社ではアーク灯の生産を担当していた⁷⁾。従ってアダムスの特許を使ったアーク灯は、ここで生産されたと考えてよいと思われる。

1890年7月8日に提出され、1892年4月19日に認められたアダムスの特許US Patent No. 473 283をFig. 11に示す。上下動する炭素棒ホルダーを、クラッチ機構を用いて持ち上げる方法は同じであるが、その機構は“Friction-clutch”と称して、はるかに複雑な構造になっている。特徴的なのは、ブラッシュ方式のリングの代わりに、炭素棒ホル

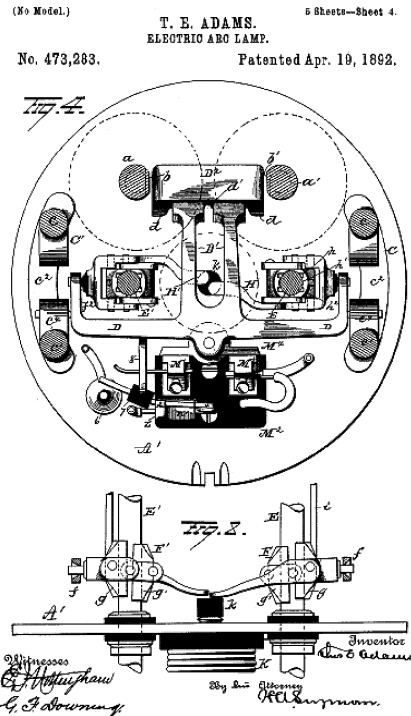


Fig. 11 A Regulator Design on the US Patent No. 219 20

ダーを持ち上げる仕掛けg, g'である。これをFig. 10と比較すると、調整器内部の部品配置、フリクション・クラッチの基本構造などは同じであることが分かる。一方で科学博物館のアーク灯には、ホルダーを掴む部品gの片側g'が無く、クラッチを作動させるバーDの形が異なるなど、幾つか差異がある。1900年に発行された藤田経定の『電燈初歩』⁸⁾には、ブラッシュ弧状燈が紹介されていて、機構の説明に加え、実物をスケッチしたと思われる調整器部の図と、Fig. 10のような炭素棒ホルダーを掴む部品が描かれている。

同書によれば、ブラッシュアーク灯は一般的に直流で使用し、電圧は50V前後を適当としている。千二百、二千燭光の二種類あり、二千燭光だと10A、従って消費電力は500Wとなる。炭素棒の太さにより出力は変わるが、一般的に直径9~11mmが推奨されている。科博所蔵のアーク灯の忠実なレプリカを作成し、動作確認も行った。その際、カットアウト部分は回路から除外した。電源は、100Vの電燈線から整流し、電流制限を設けて直流点灯させた。炭素棒は、上側に9mm、

下側に11 mmを使用し、上にプラスを下にマイナスを繋いだ。炭素棒の軸のずれによる多少のちらつきはあるが、おおむね機構は良好に作動し、ほぼ定格に近い500 W前後の出力となった。

6. ま と め

国内に現存する2台のブラッシュ式と呼ばれる開放型アーク灯を調査した。外観上は良く似ているが、電極を上下させる調整器部分の構造に大きな違いがあり、各寸法や材質にも違いがあることが分かった。中原岩三郎が1893(明治26)年の電気学会雑誌第六十四号に掲載した「孤光燈」では、Fig. 7とFig. 10に非常に良く似た機構を示し、前者を「右に述べたるブラッシュ燈ハ殆ど十五年前より絶へず盛に使用し居たりし」、後者を「近頃又多年の経験により種々の改良を施したる一の孤光燈を製造せり」⁹⁾として紹介している。また1909(明治42)年発行の『荒川電気工学上巻』第11版でも同様に、前者をブラッシュ式の「元と用ゐられて居たもの」、後者を「現今ブラッシュ式の弧光灯に用ゐられて居る炭棒を保持する装置」¹⁰⁾と表記している。これらのことから、国内に導入されたブラッシュ式アーク灯には明治20年代中頃を境に二種類あり、電気史料館所蔵のアーク灯は前者のグループに属し、国立科学博物館所蔵のものは後者の一つであることが分かった。現在確認されている国内のブラッシュ式アーク灯はこの2台のみである。

電気史料館のアーク灯は、Charles Francis Brushの設計そのものであり、Brush Electric Co.製だとするとその製造年代は、US Patent No. 203 411とNo. 219 208の構造が混在していることから、1878年前後に製造された可能性が指摘できる。ただし、このアーク灯はセンチメートル・スケールで製作されていると思われる箇所があり、特許を元に国内で製作された可能性も完全には捨てきれない。

一方、国立科学博物館所蔵のアーク灯は、ブラッシュの会社で働いていたThomas E. Adamsの設計によるものであることから、製造年は特許出願の1890年7月以降と考えられる。また開放型アーク灯は、炭素棒の消費が激しく点灯時間が短

いため、密閉型アーク灯が普及すると使われなくなったことから、同資料も1900年頃より前のものと推定される。

今回の調査では、年式を特定するまでにいたらなかった。ブラッシュのアーカイブは米国オハイオ州クリーブランドにあるCase Western Reserve University Libraries, Special Collectionと、Western Reserve Historical Society, History Libraryに所蔵されており、前者にはLaboratory Notebooksなどが保存されているのでこれらの調査を今後の課題としたい。

最後に、アーク灯の調査を承諾していただいた東京電力株式会社電気史料館および、調査に協力いただいた原口芳徳同館元館長と大木功課長に感謝申し上げます。本研究は文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(C) 21500985「明治初期の電気産業における技術的課題と国産化の過程」より助成を得た。

引用文献

- 1) Hammond, John Winthrop and Pound, Arthur, 1941. General Electric Company: Electric engineering—United States. Philadelphia, New York, J. B. Lippincott Company: 7–10.
- 2) Gorowitz, Bernard et al., 1976. The Edison Era 1876–1892; The General Electric Story Volume 1. The Elfun Society and the Hall of History Foundation, New York: 10–19.
- 3) Favre, Jeffrey La, 1998. The Brush Arc Lamp. <http://www.lafavre.us/brush/lamparc.htm>.
- 4) 新田宗雄編, 1936.『東京電燈開業五十年史』東京, 東京電燈株式会社: 4–12.
- 5) 加藤木重教, 1916.『日本電気事業発達史 前編』, 電気友社: 446–463.
- 6) 田岡忠次郎, 1884.「日本電気燈之話」工学會誌, 第三十六卷: 528–548.
- 7) Covington, Edward J., 1999. Incandescent Lamp Manufacturers in Cleveland, 1884–1905. privately printed.
- 8) 藤田經定, 1900.『電燈初歩』電気友社: 126–129.
- 9) 中原岩三郎, 1893.「孤光燈」電気学会雑誌, 第六十四号: 259–265.
- 10) 荒川文六, 1901.『荒川電気工学 上巻』, 丸善株式会社: 236–237.