

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 3月31日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：平成21年度～平成23年度

課題番号：21500985

研究課題名（和文） 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

研究課題名（英文） The actual conditions and technological issues for domestic
Electrical works in the Early Meiji era

研究代表者

前島 正裕（MAEJIMA MASAHIRO）

国立科学博物館・理工学研究部科学技術史研究グループ・研究主幹

研究者番号：50209368

研究成果の概要（和文）：明治初期における電気に関する産業の具体的な姿を描き出し、時計師、伸銅、木工、組紐、ガラス吹きなど伝統的職人の技が新しい技術の国産化過程において寄与したこと、その後の電気産業発展の鍵が新たな材料の研究開発であり、理学系と工学系の連携不足が発展の阻害となったことを示唆した。また資料調査の過程から、電信分野では大北電信会社関係資料の所在を確認し、電力・照明分野では国内に現存するブラッシュ式アーク灯2台について同定しそれぞれ異なる製造者を特定した。

研究成果の概要（英文）：This report shows that traditional craft techniques from the Edo era contributed to successful early modernization of Japanese electrical industries, and argues that lack of coordination between science and Engineering on material science posed an obstacle to next growth of Electrical industry.

And it has been understood that a Brush type arc lamp at The National Museum of Nature and Science was made by a design based on US patent No. 473 283 which was planned by Thomas E. Adams and that another Brush type arc lamp at the Electric Power Historical Museum in Japan had the “Ring clutch” mechanism which was designed by Charles Francis Brush.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学社会学・科学技術史

キーワード：技術史・

1. 研究開始当初の背景

現代の社会やその成り立ちを考える上で、科学や技術が社会に与える影響は無視できない。中でも電気技術が与えた影響は大きく、

欧米では David E. Nye ” Electrifying America ” (1990), Ronald C. Tobey ” Technology as Freedom ” (1996) や Ruth Schwartz Cowan ” More work for Mother ”

(1983)など、電気技術の発達を様々な視点から考察する研究が多数行われている。これらの研究は、多くの基礎的な実証研究の成果の上に成り立っている。明治初期に外国技術の導入から始まったわが国の電気技術の国産化は、長い時間をかけて成しえたもので、世界的に見ても多数の電気メーカーが活躍する現状とその発展過程は、海外からの関心も高い。近年国内でも「モノづくり」が再評価され、改めて日本の電気技術の発達にも興味が集ってきている。しかし多様な視点から技術の発達を捉える上で必要となる実証的な技術史の基礎研究は、残存する資料が少ないことなどにより盛んでない。

わが国における電気産業は、明治初期の電信の敷設と電気照明システムの輸入に始まる。電信は国策であったので、明治18年までの制度や人事については公式記録として『工部省沿革報告』や『大日本電信沿革史』がある。電力の分野では、東京電燈が第二電燈局を稼働させた明治20年以降、各地に電燈会社や部品を作る工場が操業して急速に産業が発展する。従ってこの時代以降の電気産業の歴史については、『日本電気事業発達史』、『明治工業史』や『日本科学技術史大系電気技術』などに詳しい。明治21年には電気学会も設立され電気技術の専門誌である「電気学会雑誌」が発行され、技術国産化の様子を知ることが出来る。しかしそれ以前の電気技術に関する記述は、『日本電気事業発達史』や「工学会誌」などに散見される程度であり、黎明期の電気技術国産化の過程については不明な点が多い。

そこで平成18年から20年まで代表として科学研究費補助金を受けた基盤研究(C)「幕末・明治前期における電気機械及び器具製造業の発達に関する基礎的研究」において、基礎データの収集を目的として、明治維新から明治20年までの間に、電気に関する機械器具を製造していた工場と当時電気産業にかかわっていた技術者及び職工1000名弱をリストアップした。

2. 研究の目的

明治10年代に工部省の製機所に集っていた職工達は、その後次々に工場を興し、技術の国産化を推し進めていく。これらの中には、現代の東芝や沖電気工業へと成長した企業もある。一方で三吉工場など、その後廃業した工場も多い。そこで本研究では、今まで実態が良くわからなかった明治初期の電気産業について、上記研究の成果を踏まえて各分野の主要製品、それらを製造する上で必要な技術と材料を明確化し、その課題への挑戦方法と、成功・失敗例を明らかにして、わが国における電気技術国産化過程の実態を描き出すことを目指した。具体的には博物館に所

蔵されている電信機、発電機、アーク灯などの実物資料と比較しながら要素技術ごとに技術導入時の問題点、自主開発へと向けた取り組みについて調べる。このような実態に即した調査は、

- (1)技術的土台の無い第三国に技術移転を行う場合の一般的な問題点とその解決法に示唆を与える
- (2)わが国の近代化の過程について、実証的なエピソードが掘り起こされることによって、国立科学博物館をはじめ、日本の国内で企画される技術の歴史の展示に寄与する。
- (3)各地の博物館の片隅に眠る電気技術黎明期の資料に相対的な評価の機軸を与える。と考える。

3. 研究の方法

本研究は明治初期の電気技術について、電信、電力などの具体的な個別技術に焦点を当て、一次資料である文書と博物館に残る資料を比較検討しつつ、当時の技術的課題とその克服過程を明らかにするものである。そのため文書館と博物館の調査、および材料を供給する問屋、職人集団に関する文献等の図書館調査が主な手段である。平成21年は電力分野を中心に、22年度は電信分野を中心に調査を行い、23年度は電気治療器や電線等その他の分野の調査と最終的な取りまとめを行った。

(1)予備調査

明治初期の電気産業の実態と技術的課題を把握するため、初めに日本電気事業発達史などの電気産業に関する基本文献の他に、明治時代の「独案内」や主要な博覧会の出品記録などを対象として、明治初期に国内で製作された電信、電燈、その他の電気器械および器具を調査した。さらに江戸時代の「買物独案内」、職人などに関する文献や国内外の企業カタログ等を収集し、幕末の産業や職人の状況、明治初期の国外における該当分野の技術などとの関係について把握を試みた。

(2)電力分野

電灯・電力分野の調査では、初めに黎明期の機器を所蔵する東京電力(株)電気の史料館、岩国学校教育資料館を対象とした。電気の史料館は、東京電燈をルーツとするわが国最大の電力博物館であり、電力分野のまとまった資料を有している。そこにおいて、アーク灯などの黎明期の電灯・電力器械と東京電燈創業当時の文書を調査した。岩国学校教育資料館では、東京電燈の初代技師長であった藤岡市助資料を調査した。また同館と東芝科学館では、三吉工場を興した三吉正一の文書資料を、国立国会図書館や東京都公文書館に

において田中久重、広瀬自慤関係資料などの調査を行った。

(3) 電信分野



図1 明治6年電信機製造帳

株式会社東芝のルーツのひとつである田中製造所を興した田中久重は、江戸時代からからくり師として名高かったが、維新後上京して器械工場を興し、電信寮から請け負い国内で初めてモールス形電信機の国産化に成功した。本研究

では国立科学博物館が所蔵する『明治6年電信機製造帳』『明治7年諸日記』『明治8年電信寮註文記』『明治九年一月ヨリ日記』をデジタル化・翻刻し、取引先や材料入手先を調査し当時の代表的電気工場の実態を把握することを試みた。また多久市郷土資料館の協力を仰ぎ、同史料館および御子孫宅において志田林三郎関係資料の調査を、通信総合博物館等において初期電信機等の資料を調査し、上記田中文書と合わせて電信機を調査した。

(4) その他の分野

電池、電線とコイルが発明されると、電気は電信、電灯以外にも電気治療器、呼出器械や理科教育機器などに応用された。それら製造物、製造者及び必要とされる技術を特定するため、『日本全国商工人銘録 明治25年版』、『第二回内国勸業博覧会列品図録』など明治初期の関連手工業に関する文献、大学博物館の医学史、工芸史資料や比較調査用の歴史的資料を購入して文献調査と実物資料調査を平行して行った。さらに京都白川、埼玉県膝折、大坂周辺の銅線産業史資料、太政官統計、区博物館所蔵文書や東京都公文書館に残る文献などから材料問屋などにおける電線の流通状況を調査した。

4. 研究成果

(1) 文献等予備調査

予備調査から明治初期の電信、電燈、その他の電気器械および器具について、その製造者、必要とされる技術及び主要な材料を把握した。表1に主要調査対象とした製造者を示した。電力分野では、明治16年にグラム発電機を製造した尾崎米吉、三吉正一の電話機器製造、藤岡以外の初期白熱電球製造者などの存在が明らかとなった。また明治20年頃ま

表1 調査対象製造者

電機応用器械、電流・電圧計、電信電話機	東京芝区 三吉正一
電気諸器械	東京京橋区 田中久重
グラム発電機	東京浅草区 尾崎米吉
電信電話諸器械	東京下谷 戸谷勝彦
乾式電池	東京神田 屋井先蔵
電燈、電燈機械・器具	東京京橋区 東京電燈
電気諸器械・電気展覧	東京浅草区 広瀬自慤
ウイムスシャースト氏発電機	東京浅草区 教育品製造
理科教育機器	東京下谷 山越製作所
電気器	東京浅草区 石代重兵衛
股換電燈	東京浅草区 早川伊三郎
白熱電球	東京京橋区 廣瀬新
眼科用電気燈	東京本郷区 萬木九兵衛
平流・感傳電気器	東京日本橋区 松本儀兵衛
屋内軽便電気燈外	大阪南区 八木東三郎
電気器械類	東京京橋区 沖牙太郎
電気治療器	東京本郷区 酒井嘉平治
医療用電気器	東京本郷区 佐々木金次郎
平流・感伝電気器	金子広吉
電気線	神奈川県横浜市 山田與七
硬銅線	京都市下京区 津田幸次郎
電池器	神奈川県三浦郡 石井清造外
銅、真鍮、板棒線類	大阪北区 大阪製銅
銅線	東京京橋区 日本製鐵
銅線	武蔵国膝折 徳生平左衛門 問屋 神田 三谷長三郎
銅線	武蔵国膝折 松下金次郎 問屋 神田 三崎芳之助
インスレール類、電池用素焼瓶	佐賀杵島郡 樋口治實

でも電気治療器、理科教育用インダクションコイル・電信用電池、電線などが伝統的手法で製造されており、かなり流通していたことが推測された。

(2) 電力分野

① 電力資料調査

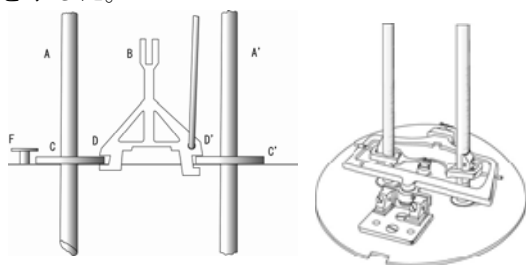
電気の史料館における調査に於いて、開業当時の許認可書類の他、明治期の照明に関する錦絵などを確認した。黎明期の機器は、発電機、電動機類は東京大学からの借用品であり、東京電燈株式会社から引き継ぐ機器類は、ブラッシュ・アーク灯など数点であった。岩国学校教育資料館の調査に於いて、藤岡市助の手帳、講演原稿、藤岡式電球、三吉正一の製品カタログなどを確認した。東芝科学館に於いても、三吉正一関係文書を確認し、初期の三吉工場の製品や業績について新たな知見を得た。成果の一部は、平成21年9月15日～11月29日まで開催した国立科学博物館企画展「日本を明るくした男達」でも活用し、調査した資料の一部を展示して一般の方へも広く紹介した。

初期の電力会社では、欧米から技術者を招き、欧米の発電機を使用することが多かったが、独自に挑戦する者も現れた。藤岡設計に

よる白熱電灯用発電機が現在電気の史料館に展示されている。これは東京大学から貸し出されたもので、数少ない現存する機器のひとつである。藤岡はこの発電機のほかにも、三吉製作所や石川島と協力していくつかの発電機、電動機を製作しており、電気技術の国産化に大きく寄与した。しかし、欧米の製品と比べて、使用者側の評価は必ずしも高くなかった。藤岡以外にも、尾崎など初期に発電機を製造した人物がいたが、その後の業績は不明だ。藤岡らは石川島製発電機の製造では鉄材の入手に苦勞している。発電機としての性能は、鉄心材料の磁気特性や電線の絶縁性など材料の性能に負うところが大きい。実用的回転機の開発では、これらが課題となったと考えられる。

②アーク灯調査

黎明期の発電機や電動機に関する技術史的な視点の研究に比べ、初期の電灯であるアーク灯についてはほとんど先行研究も無く国内の保存状況すら判然としていなかった。所在調査により電気の史料館、東京大学電気工学科、国立科学博物館で明治期の電灯用アーク灯の保存状況を確認した。その中の2台はブラッシュ式と呼ばれ黎明期に多用された開放型アーク灯であった。同アーク灯には藤岡が改良したものがあつたと伝わることから、2台の詳細な構造調査を行った。その結果、電気の史料館のアーク灯は、Charles Francis Brush のオリジナル設計によるものであることを確認した。レギュレータ部は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を指摘した。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がわかった。製造年は特許出願の 1890 年 7 月以降で開放型アーク灯が使われなくなった 1900 年頃までの間と推定される。図 2 に両アーク等のレギュレータ部を示した。



(左) 電気の史料館所蔵品 (右) 国立科学博物館所蔵品
図 2 Brush アーク灯レギュレータ部

これらの成果について国立科学博物館研究報告「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」として報告した。

電力産業は電灯から始まり、日本人最初の

電気工学者である志田林三郎や東京電燈の初代技師長であつた藤岡市助もアーク灯国産化の研究を行っていた。東京大学に保存されているアーク灯から、その国産化の苦勞がしのばれるが、上記 2 台のブラッシュ・アーク等の完成度とはかなり差異があり、上記 2 台に関する限り、藤岡氏改良の可能性は少ないとの結論に至った。

アーク灯の主要な部品は電磁石と炭素棒のギャップを調整する機構であり、特許の多くは後者に集中している。アーク灯実用化の鍵は、安定して長時間点灯することであつた。そのためには炭素棒のギャップ調整機構が必要であり、それを安定に駆動させるのは電磁石を含む電気回路であつた。炭素棒のギャップ調整機構には様々なタイプがあるが、その複製は時計師やからくり師にはそれほど難しくないとされる。しかし正確に電流をコントロールする電気回路を含めたアーク灯全体の国産化は難しかったと思われる。

③電球国産化

国内で初めて電球の国産化に成功した人物は、一般的に藤岡市助らと言われているが、明治 23 年 4 月の段階で藤岡の他に広瀬新と早川伊三郎が白熱電球の国産化に成功していたことを確認した。しかしその後の広瀬や早川の製造状況は不明である。電球の国産化には、ガラスの成型、フィラメントの製造、真空技術の確立などが必要であつた。藤岡はエジソンに協力を断られたため、英国からスワン電球用の製造機械を購入して国産化に取り掛かった。ガラス職人は岩城瀧之助の工場から雇い入れている。新興の電灯はガス灯より簡便で安全であつたが、産業としての成否は、ガス灯との価格競争に勝つことであつた。その要件として電球には安定して長時間点灯することが求められていた。とりあえず国産化に成功した藤岡らであつたが、その後外国製品との激しい競争が続き、ついに明治 38 年に GE との提携により技術導入を図った。白熱電球の研究が電子管、半導体へと発展したことは一般的に知られている。白熱電球の研究はまさに電子の世界への入り口であり、開発には広いスペクトルの研究が要求されたのである。

(3) 電信分野

① 田中久重文書にみる明治初期の電気工場の実態

田中久重は明治 6 年に上京し明治 8 年に京橋区南金六町で器械工場を創業した。その後明治 11 年に工場の大半が工部省電信寮に吸収されるまで、彼の工場は電信機製造の下請けとして電信機の国産化に大きな足跡を残した。田中は明治 6 年に電信寮の汐留倉庫からモールス稽古器の製造を請け負っている。稽古器とは値段などから電鍵のことと推定

される。当時の田中の工場は大吉（二代目久重）や川口一太郎を含め数名であった。久重はこれら製作に当たり、真鍮板を横須賀から取り寄せ加工を銅屋芳之助に、木工を大工の阿部仙（専）太郎に依頼している。明治8年にはシーメンス型のモールス電信機の複製に成功している。同機は電磁石とゼンマイを用いた時計機構から成り、ブレゲなどの指字電信機と異なりより精巧な構造をしているが、上京以前に万年時鳴鐘を製造していた久重にとって、困難な課題ではなかったと思われる。明治8,9年になると、旋盤やボール盤など様々な器械の注文もこなすようになり、日本各地から状差しや団扇器械の注文も受けているほか、石川島造船所の平野富二、川口の鋳物師岩田庄助などの町工場とも様々に取引をしている。その後工場の工員の多くは、明治11年に工部省の製機工場に吸収され、海外でも技術を学んだ田中精助と共に、国内の電信機製造技術を確立していった。

②電信機調査

逓信総合博物館の郵政資料館には、工部省や逓信省ゆかりの多数の電信機が保存されているが、中に工部省製やシーメンス製のモールス電信機がある。両者の構造は基本的に変わらない。モールス電信機は電磁石を用いて電流の断続により鉄片を動かし、その動きを紙に記録する機械である。初期の単信の電信装置は、信号を送信する電鍵とケーブル、微弱な信号で駆動する継電器、信号を監視する電流計、信号を受ける電磁石と紙を送る時計機構から成る。電鍵、電信機の国産化は①項に、ケーブルは(4)①項で触れた。電流を監視するガルバノメータは、電信寮汐留倉庫内の工場によって8年に国産化されている。志田の銘が刻まれたガルバノメータが、国立科学博物館に現存する。電流計は校正の問題は残るが、構造は幕末の「ワンカラシン」とさほど変わらないので、国産化は容易であったと推定される。継電器は遠方から来た信号を受けるためのもので、百里を超える通信には必須であった。しかし特に鋭敏な有極継電器に使用している磁鋼の国産化は、困難であった。

資料調査の過程から、逓信総合博物館で大北電信株式会社で使用していた電信機群の保存を確認した。同社は明治期に我が国の国際電信を独占していて、関係資料がKDDI小山史料館、長崎県引揚小屋、長崎市歴史民俗史料館に現存している。今回の調査により、小山史料館の資料は元々逓信総合博物館に保存されていたことが判明した。

(4)電信・電力主要機器以外の技術

①電線

明治の初期に国産の銅線が広く普及していたことは、京都、大坂、江戸の『買物独案

内』、銅屋の産業史や明治時代の博覧会の出品記録などからも明らかである。銅線に絹や木綿で螺旋状に被覆し絶縁する方法は江戸時代から知られていて、田中久重や三吉正一の工場でも早くから行われていた。電力用はそれに絶縁塗料を施し、木綿のブレードをかけさらに絶縁塗装をしたもので、後に東京線と呼ばれた。藤倉電線、山田与七や沖牙太郎の工場で製造されるようになるが、藤倉では当初ブレードの加工は組紐器械を応用して行っており、伝統的技術の応用であった。

しかし、強い張力がかかる電信用のケーブルや高い絶縁性が求められる海底ケーブルの国産化は困難であった。電信寮は明治13年に製機工場内に製線所を設け、釜石鉾山の鉄を用いて電信用亜鉛覆八番線の製造を試みるが、失敗に終わっている。明治30年には浅野応輔が主導し、日本人の手によって日本-台湾間海底ケーブルが敷設されるが、ケーブル本体と敷設船は、国産技術では叶わず英国製であった。なお調査の過程から、ケーブル陸揚小屋が石垣島に、関連するケーブル切断見本が東京大学に現存していることが分かった。

②電気関連器物の製作者

明治20年頃までの電気技術は産業化が始まったばかりの新しい技術であり、初期の工場は配線周りの簡単な器具や呼び出し器など電池、電線、電磁石から成る簡単な応用品から製造を開始した。それら国産化を現場で最初に手がけた工員は元木工、鋳物師、鍛冶屋や時計師であり、土台やスイッチ類などの部品は、簡単に模造できたと推定される。表2は明治10年頃の東京府内における金属加工系の各職工戸数である。その後、工部省製機所、田中製造所や三吉工場などが電気系エンジニアの揺籃となり、技術を身につけた職工が育っていった。電力技術の登場によって必要となった陶製碍子は深川栄左衛門らによって製造が試みられ、その後多くの工場が参入し高圧碍子以外は早い段階で国産化に成功している。これも伝統的な窯業の技術があったからである。

③電気治療器等の製造

幕末から明治にかけて、多くの電気治療器が製造されたことが知られている。電気治療

表2 東京の金属加工職人数

職 種	朱引	総
鍛冶	963	1,288
銅鉄物	798	899
銅延	47	47
真鍮延	2	2
鋳物	131	162
蒸気機械	5	5
西洋鉄物	6	6
轆轤細工	180	191
硝子細工	64	96
外科道具	4	4
根掛け	16	17
糸組	69	76

器は即ち発電機である。博覧会の出品記録などから東京だけでも酒井嘉平治、佐々木金次郎、金子広吉などが製造していたことがわかる。しかし博物館等に残る治療器の大半には、製造者を示す銘板が無く、それらを結びつけることは出来なかった。

(5) 結論

理科教育機器の中にはインダクションコイルなど、電気関係のものがいくつかある。それらを東京で製造していた製錬社、教育品製造株式会社や山越製作所は本郷の周辺にあった。尾崎米吉の工場も図3に示すように納品先の東京大学に近い。一方図4に示すように電信、電力関係の工場は、電信寮に近い京橋や芝に所在した。東京大学理科大学では、工部大学校とほぼ同じ時期にアーク灯が点灯され、また発電機が製作されていた。しかし工部大学校側ではその事実を知らなかったと推測され、両者間の交流があまり無かった様子が浮かび上がった。

19世紀末は欧米で電気の技術革新が急速に進んだ時代である。そのけん引役は、数学者、物理学者や化学者であり、組織的に動員する研究所の登場であった。わが国では欧米の実用化に数年遅れて電気技術を導入し、電気器械や部品類を次々と国産化していった。それをなし得たのは、伝統的な産業と技術を身につけた職人の存在があったからである。しかし4項の各研究結果で示したように、電気技術の更なる発展に対応するためには、基礎研究を必要とする新しい材料の開発が必要であり、この点に大きな課題があったと言えよう。



図3 東京大学と理科教育機器製造者



図4 工部大学校と電機器具製造者

これらの技術導入初期に伝統技術が果たした役割と限界について、電気学会電気技術史研究会に於いて、『電気技術導入初期における伝統技術者の役割と限界に関する一考察—電信機と被覆電線の事例を中心に—』として発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

①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、1-8、2010、査読あり

〔学会発表〕(計1件)

①前島正裕、「電気技術導入初期における伝統技術者の役割と限界に関する一考察—電信機と被覆電線の事例を中心に—」

電気学会・電気技術史研究会資料、HEE-11-007、19-22、2011年5月27日、依佐美送信所記念館

〔その他〕(計1件)

本研究の成果の一部は、平成21年9月15日～11月29日まで開催した国立科学博物館企画展「日本を明るくした男達」でも活用され、調査した資料の一部を展示して一般の方へも広く紹介した。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前島 正裕 (MAEJIMA MASAHIRO)

国立科学博物館・理工学研究部・研究主幹

研究者番号：50209368