

江戸から明治の電気

乾 昭文*¹, 山本 充義*², 川口 芳弘*³

Electricity in the Period from Edo to Meiji of Japan

Akifumi Inui*¹, Mitsuyoshi Yamamoto*², Yoshihiro Kawaguchi*³

Abstract: The authors here describe some historical aspects of electricity in the period from Edo to Meiji of Japan, based on some Japanese classical literatures. The first half of the Edo was the age of static electricity. The Elekiter was the Japanese name of the frictional electro-static generator used for electric experiments in the 18th century. In Japan Gennai Hiraga made his own Elekiter in 1776, the age of Meiwa, with reference to an Elekiter from Holland during his second trip to Nagasaki in 1770. The latter half of the Edo was the age of electricity using the battery. Applying the battery to a small type of electro-magnetic machine and electro chemical technique, electricity stepped forward to practice. Under the modern policy of Meiji administration, Europe and American civilization were introduced to Japan widely and rapidly, and the age of civilization in Japan was established. The communication changed from porter to telegraph, and the lighting changed from oil to electricity. These transformations were not able to be established easily. These successes were owing to the flow of sciences and to the learning of the electricity from Edo to Meiji period of Japan.

Key words: History, Electricity, Magnetism, Static Electricity,

1. はじめに

本学理工学部紀要第2号(2009)に、“漢籍古典からの中国の電磁気”を掲載した¹⁾。これに続いて、“古典からの日本の電気”について述べる。日本の場合、電気関連の古典で考証性のあるのは江戸時代からで、ここを事始めとして、「江戸から明治時代の電気」について話を進める。

明治政府の近代化政策のもと、欧米の文明が広くかつ急速に導入され、文明開化の流れができた。通信は飛脚から電信に、照明は油から電気が変わった。この変革は簡単にできるものではなく、江戸時代から培われた学術の底流があつてのことである。この意味で、我が国初期の電気学術発展の経緯、いわば前史を語るのに、江戸時代から明治中期ごろまでを目安とした。

江戸時代のことは大槻如電(おおつきによでん、1845

～1931年)著“新撰洋学年表、大正15年11月”(以下、年表、図1)があり²⁾、天正元年(1552年)から明治10年までの洋学の流れが詳細に羅列記述されている。明治時代のことは国立国会図書館の「明治期刊行図書マイクロ版集成」がある³⁾。電気学会は明治21年(1888年)に創立されたが、創立の立役者である学会幹事、志田林三郎の創立記念演説からは当時の電気事情を知ることができる。これらを参考に文の道筋を作ることにした。

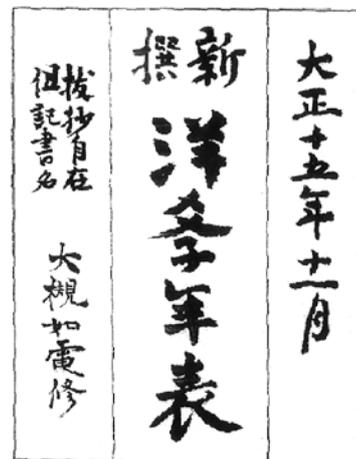


図1 大槻如電の新撰洋学年表²⁾
天正元年(1552年)から明治10年までの洋学の流れの記述あり

*¹ 国士舘大学 理工学部 電子情報学系 教授
Professor, Department of Electronics and Informatics Engineering, Kokushikan University

*² 元 埼玉大学 教授, 元 拓殖大学 教授
Former Professor, Saitama University, Takushoku University

*³ 元 国士舘大学 工学部 電気電子工学科 教授
Former Professor, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kokushikan University

いうまでもなく、江戸時代は鎖国であったが、オランダ商館を通じ、貿易品だけでなく、西洋事情も入ってきた。彼の地の優れた科学知識を知り、これを習得しようとする機運が逐次高まった。八代将軍吉宗は1720年、医術の向上、産業振興の観点より、キリスト教に関係のないオランダ書（蘭書）の輸入を認めた。以後、オランダ経由の西洋知識を貪欲に吸収しようとする人々を輩出した。かの有名な前野良沢、杉田玄白の解体新書（安永3年、1774年）もその例で、蘭書からの翻訳書である。電気の場合にも後述の様に色々なものがあるが、その元は蘭書で、伊、英、仏、独などの書も蘭語を介しての和訳蘭書で読むことになる。明治時代になると伊、英、仏、独、米などの原書とその直接翻訳が多く出回るようになった。

本論文では、「江戸時代から明治時代の日本の電気」について、学術的発展の歴史的経緯を整理してまとめ、考察する。

2. 日本の電気事始め

静電起電機エレキテルを用いて電気を初めて発生させたのは平賀源内で、明和時代（1770年頃）のことである。このことから電気事始めは江戸時代とする。これを2つに分ける。前半はエレキテルの静電気の時代で、静電気は実用面での評価は低い基礎知識としては有用なものである。後半は電池を用いた動電気で、小型電磁機器、電気化学などへの応用があり、実用面への第1歩を踏み出したといえる。

2.1 江戸時代前半のこと（静電気時代）

明和2年（1765年）に、“紅毛談（オランダ話）、後藤梨春（ごとうりしゅん、1696～1771年）撰”がある⁴⁾。この中でエレキテルが初めて紹介された。長崎でこの機器により治療を受けた知人からの話をもとに書いたもので、図2に示すように不正確なものである。それでも平賀源内はこれに興味を持ち、機器の開発、それを世に広めた動機になったと思われるもので、この点では大きな意義がある。

年表²⁾によれば、明和7年（1770年）に“平賀源内長

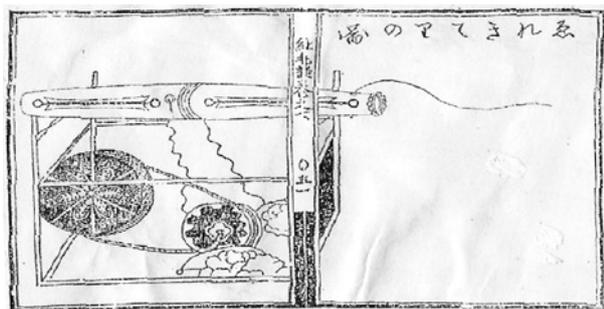


図2 後藤梨春の紅毛談（オランダ話）⁴⁾に記載のエレキテル

崎に赴き電気発興の用法を伝え来て大いに其効能を誇れり”とある。“厚生新編”⁵⁾によれば、源内はエレキテルを知り、長崎に赴き蘭館に出入りし、機器を熟覧し、破損したものを持ち帰り修理に取り掛かった。原理がわからず、7年かけて1776年にやっと修理に成功した。その後、十数台を作り世に広めたが、動作原理を明らかにすることに積極的ではなかったので、彼の没後、その術は一時絶えた。彼の作った1台が道具屋の手を経て蘭学者桂川甫周（かつらがわほしゅう）に持ち込まれた。彼は弟の森島中良と弟子の高森親好と協力してその術を解明し、6、70台を製作し世に広めた⁶⁾。以下にその後の発展の経過を述べる。

天明7年（1787年）に“紅毛雑話（こうもうざつわ）、森島中良（もりしまちゅうりょう、1754～1810年）撰”がある⁷⁾。雑話には図3のエレキテルが医療に用いられている様子が描かれている。(a)はエレキテルの内部で、電荷発生部を、(b)はエレキテルによる治療の状況を示したものである。エレキテルで発生した正の電荷は大地から絶縁した台の上の患者に与えられ、帯電状態にする。施療者が先端がラッパ状になった金属棒を患者の痛部に近づけると、両者間に火花放電が起き、痛部から熱を取り去るといふものである。

その後、江戸以外でも出回るようになり、天明5年（1785年）には名古屋の大須観音門前で興行が行われ、医療効果大と宣伝している⁸⁾（図4）。寛政8年（1796年）の攝津名所図絵には大阪伏見で医療機器として実演販売している絵がある⁹⁾（図5）。

上記はいずれも医療効能を述べたものだが、文化8年（1811年）に“阿蘭陀始制エレキテル究理原、橋本宗吉口授”がある¹⁰⁾。橋本宗吉（雲斎）はエレキテルを単なる医療機器から自然の理を探求する実験装置に広げた。これにより彼は我が国の電気実験の祖と言われている。次に彼の業績を示す。

彼は上記の書の中で、エレキテルの原理、これを用いた実験例を29条34附图に記載している。エレキテルは人



(a) エレキテルの内部 (b) エレキテルによる治療の状況

図3 エレキテルによる治療状況⁷⁾
絶縁台上の患者の頭部より火花が出ている

の体より熱を取る機器と思われているが、橋本宗吉は蘭書ブイズ (Johannes Buys, 1764~1838年) の原文を読み、本来の目的は天地諸現象を知るため、これらを小さな空間に再現し、理解するものだとしている。例として、鉢に水をたたえ、これにエレキテルで電荷を与え、その上に手を指し出せば、水面から指に火花が飛ぶ¹⁰⁾ (図6-(a))。筑紫のしらぬ火、丹後の竜燈、その他海上

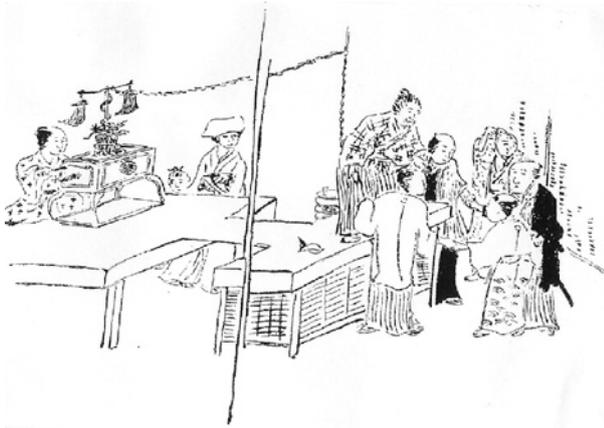


図4 大須観音門前にてエレキテル興行
高力種信稿の猿猴庵日記⁸⁾ (天明5年 (1785年)) より



図5 舶来品蝙蝠堂の店内でエレキテル実演販売
秋津竹離島の攝津名所図絵⁹⁾ (1796年) より



(a) エレキテルで充電した水より火を出す図

(b) 天より火を取る図

図6 エレキテルにより火を取りだす図
橋本宗吉の阿蘭陀始制エレキテル究理原¹⁰⁾ (1811年より)

に顕われる火は、皆空中の魄力 (越歴, エレキ) と推定されると言っている。また、図6-(b)に示すものは¹⁰⁾、友人が泉州で天から火を取るところを示したものである。

エレキテルは、元来は蘭法医学者が医療に供するために製作したものであるため、その効能に疑念を持たれるようになることと姿を消すことになる。また、時代は静電気から電池を用いた動電気に移った。

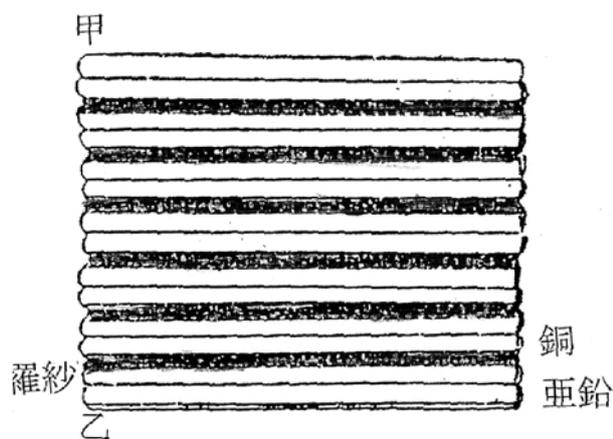
2.2 江戸時代後半のこと (動電気時代)

文政8年 (1825年) に、“気海観瀾 青地林宗 (あおちりんそう, 1775~1833年) 撰”がある¹¹⁾。内容は自然現象を解説したもので、種本はブイズの蘭書からであり、その中に越歴吉的爾質 (エレキテル) がある。1頁程度の短文で詳細の物ではない。まず、静電気のことを述べられ、次いで、電堆の説明がある。“近くイタリアの瓦爾華, ガルバーニ (Luigi Galvani, 1737~1798年) 発明の一器有。銅と亜鉛各扁平なること錢の如きものを取り、これを重畳する法を以て摩擦すること無くして、斯の質を發揮する”とある。始めて、摩擦越歴ではない動電気のあることを紹介した。ボルタ (Alessandro Volta, 1745~1827年) の電堆発表後25年のことになる。ガルバーニとボルタの区別がなく、両金属板の間に電解液を浸したフェルトなどの介在物もなく、未だ伝聞程度の物と解される。

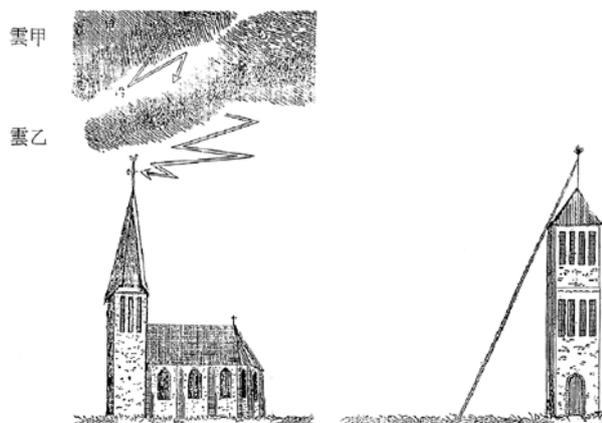
他に雷に関する説明があるが、次に述べる川本幸民の“気海観覧広義”で同じ図を使った説明があるので¹²⁾、それに譲る。

嘉永4年 (1851年) に“気海観瀾広義 川本幸民 (1810~1871年) 撰”がある。注として、“青地著気海観瀾の余義を広め、遺漏を補ひ十五卷とす”とある。幸民は青地の娘婿で、始め医学を修めたが、岳父の業を継ぎ理化学を修めこれに従事した。広義卷十一は越歴で、“支那人は近日電気と訳す。然れども越歴的児の名我邦に行なわれること久し、故に今通称に従う”と述べ、電気なる言葉の由来と通称は越歴と記述。瓦爾発尼期 (ガルバニズム) (電堆) の説明は図7(a)を用い正確なものになっている。摩擦電気と金属電気とは同じものだが前者は軽迅、後者は重遅なるものとし、同じものの証拠とし、銀錢を口に含み、亜鉛線の一端を目の縁に置きその他端を銀錢に触れば雷の如き電光が走ると。

雷の説明では図7(b)を用い、萬物には凡て越歴を持つ、その度合の違う時は均一になるように動く。雲は増極、大地は減極、両者が均一になるように火花が出る。これが雷である。雷雲のときは雲は数層となり、上下相対する。上層雲の越素は下層の雲に引かれ、電光が発生する。下層の雲の越素増し、地面に近づけば、これに向かって雷が発生する。ここに塔や高い樹木があれば、これに落雷する。塔もしくは高層建屋上に長柱を建て、そ



(a) 瓦爾発尼期 (ガルバニズム) (Voltaの電堆の説明)



(b) 雷放電

(c) 避雷の図

図7 江戸時代後半における電気の説明
川本幸民の気海観瀾広義¹²⁾より (1851年)

の頂に尖鋭な金属を付け、これに鎖を結び塔より下ろして地下に埋めれば、越素地に逃れ、建屋焼失から免れるとして図7(c)が示されている。避雷針である。

幸民には他にも通信技術や電気科学技術などの多くの著述があり、例えば“遠西奇器術¹³⁾(えんせいききじゅつ)(1854年)”では、西洋最新技術の電信機、蒸気機関、汽車などの紹介がある。“化学通¹⁴⁾”では、水の電気分解など電気化学の記述があり、幕末の理工学に大きな足跡を残し、明治4年62歳で没した。

江戸時代の締めくくりとして、幕府自ら手掛けた“厚生新編⁵⁾”があることを紹介する。(年表)文化8年(1811年)に“幕府新に天文方に蛮書和解御用の一局を設け外国文書の翻訳に備ふ”とある。本書はフランス、ショメール(Noel Chomel, 1633~1712年)の百科全書Dictionnaire Economique(図8)¹⁵⁾を蘭書版に重訳したものを種本として使用、電気、磁気は大槻玄沢(おおつきげんたく、1757~1827年)、宇田川玄真(うだがわけんしん、1770~1835年)らが担当した。単なる翻

図8 ショメールの百科事典、フランス語版¹⁵⁾
(矢印のところにChomelの名前あり)

訳書というよりは日本の研究事情を盛り込んでおり、静電起電機エレキテルを用いて初めて電気を発生させたことに始まる、江戸時代の電磁気学事情を知るのに有用である。

3. 明治初期の電気事情

最初の電気事業は電信である。(年表)安政元年(1854年)に、“正月米国使節再来る。通交条約を結はじむ。米国進物中に電信機、蒸気車あり、小型なれど実用に供すべし、数百歩の間に銅線を架し、軌道を敷きその使用運用を示して泰西の利用を実検せしめたり”と、また、“翌年天文方山路父子テレグラフ使用御用被命八月於浜苑器械装置して電信の利用を將軍に親覽に供す”とある。これが我が国での最初の電信機の公開実演である。

明治に入り、新政府は電信は民事、軍事ともに重要なものとし、その発展に力を入れた。(年表)明治2年に、“東京横浜間電信線開通、5年大阪通信、8年電信線幹線全通、伊藤工部卿上奏曰く方今政化ヲ資ケ人智ヲ進ムルニハ電信線ノ功多シ、陸線ハ東京ヨリ長崎ニ至リ又青森ニ至ル、北ハ函館ヨリ小樽マデ遍ク偏リ架設セラル”とある。かくて電信は着々と架設が進む。明治10年には電話の試み、公衆電話は明治20年代に開設があり、今日の情報産業へと発展した。その後の経緯は関係書に委ねることにする。

我が国の電気照明は、明治11年(1878年)、エアトン(William Edward Ayrton, 英、1847~1908, 1873~79

年来日)による工部大学(東大工学部の前身)でのアーク灯から始まる。1882年エジソンはロンドン、ニューヨークで白熱電球による照明事業を始めた。明治16年(1883年)に東京電灯会社の創立があり、遅れること5年の明治20年(1887年)には、エジソンの25kW直流発電機による電灯用給電が行われた(図9)¹⁶⁾。以後、産業振興政策のもと、電気は動力用としても広く使用され発展の一途をたどった。

表1に事業用として設置された発電設備の状況を示す。この表から、当時の人々が外来技術をいかに意欲的に取り入れたかが知られる。日本最初の事業用水力発電

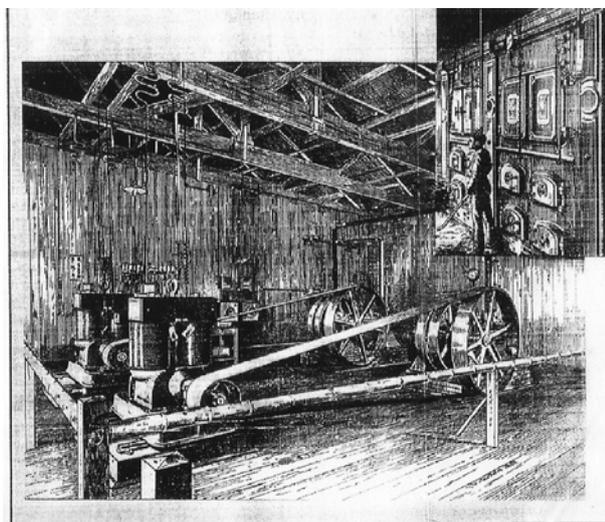


figure 1. Edison bipolar dc generators at an early Tokyo power station as pictured in the 20 July 1889 *Electrical World*.

図9 東京電灯による最初のエジソン機を用いた発電所¹⁶⁾(明治25年)

所である蹴上発電所の例では直流あり、交流ありで、交流は単相、二相、三相、周波数は50, 60, 125, 133Hzとばらばら、あたかも博覧会の陳列品のように各種、各様の発電機が並んだ。これは最新鋭機を次々に取り入れたため、これでは並列運転は不可能、発電所の運営はさぞ不便だったであろうと推察される。ではあるが、国産技術確立を目指す後進の者には極めて有用な資料、見本になったのに違いない。

当時の国産多相交流発電機には、二相60kW(明治27年、蹴上)、三相150kW(明治34年、小田原電鉄)、誘導電動機では三相25馬力(明治28年、三井鉱山)がある。当時としては記録的なものである。しかし、その他多くの発電所の発電機は表1にも示す通り、GEをはじめまだ輸入品である。

最初の長距離高電圧送電は表1の駒橋発電所(山梨県大月市)から東京の早稲田変電所までの47哩(約76km, 1哩(り)=1マイル=約1.6km)-15000kW-55kVがある(明治40年)。なお、当時これに使用される機器の製作は国産では無理で、発電機はジーメンス(Siemens)、変圧器はGE(General Electric)社製である。

上述の事業の学術的支えとなった電気学会は、明治21年(1888年)会員数841名で設立された。第1回の総会で掲載した学会誌第1号の目次¹⁷⁾を図10に示す。電信関連が多く、まだ電力の関心が薄いことが知らされる。まず、会長榎本武揚(時の通信大臣)の設立の趣旨の演説の後、幹事志田林三郎の演説があり、工業の進歩は実験に裏付けられた理論が必要で、学会は媒体役となるなど一般論を述べている。そして、電信、電灯、電鉄、送電などの国内外の現状を述べ、次で未来像におよぶ。

表1 明治期(1887~1907年)の発電機設置状況

年度	事業者または設置場所	定格(製作者)	備考
1887明20	東京電灯	dc - 25k (Edison)	最初の火力発電所用(東京)
1889明22	大阪電灯	1φ - 125Hz - 30k (T-H)	最初の火力発電所用(大阪)
1891明24~ 1897明30	蹴上変電所(京都)	dc - 80~200k (GE) 1φ - 125Hz - 60/75k (GE) 2φ - 133Hz - 60k (*) 3φ - 50Hz - 80k (Siemens) 3φ - 60Hz - 100/150k (GE)	国内最初の事業用水力発電所(合計2022HP) 発電機計19台 水車ベルトン20台 (*) Stanleyと国産
1895明28	東京電灯	1φ - 100Hz - 200k (国産)	当時国産最大級
1896明29	東京電灯	3φ - 50Hz - 265k (AEG)	最初の三相機
1897明30	大阪電灯	1φ - 60Hz - 150k (GE)	Mono-cyclic機
1905明38	大阪電灯	3φ - 60Hz - 500k (GE)	最初のターボ発電機(大阪)
1906明39	東京電灯	3φ - 50Hz - 1000k (WH)	同上(東京)
1907明40	東京電灯	3φ - 50Hz - 3900k (Siemens)	最初の大規模水力発電所 駒橋発電所 総出力15000k

(注) φは相数, Hzは周波数, kはkWまたはkVA

電気学会雑誌第一輯目次 明治二十一年

○本會記事

- 一 事務報告 (明治二十一年六月) 六三
- 一 事務報告 (明治二十一年七月) 六三
- 一 事務報告 (明治二十一年九月) 一四五
- 一 事務報告 (明治二十一年十月) 一三五
- 一 事務報告 (明治二十一年十一月) 一〇一

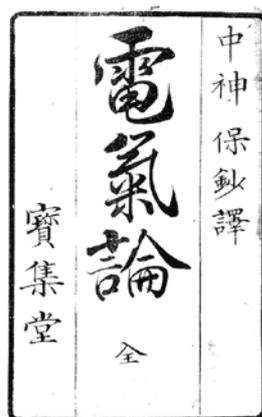
○演説

- 一 演説 會長 榎本武揚 三
- 一 演説 幹事 志田 三三 九
- 一 演説 幹事 山田 義太郎 七一
- 一 演説 幹事 吉田 正秀 一四九

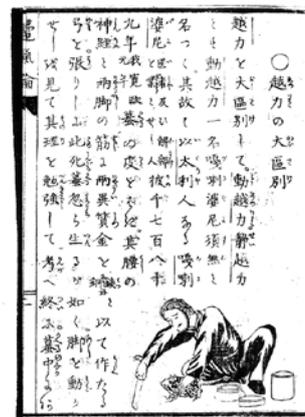
○寄書

- 一 寄書 工學士 大井 才次郎 二八
- 一 寄書 工學士 石井 雅一 三三
- 一 寄書 工學士 藤田 雄 三五
- 一 寄書 工學士 西方 七郎 九八
- 一 寄書 工學士 石川 留三郎 一〇六
- 一 寄書 工學士 安田 幸太郎 一八四
- 一 寄書 工學士 田岡 幸太郎 一八五
- 一 寄書 工學士 川左 隆四郎 一八九

図10 電気学会雑誌第1号 明治21年創立総会の目次¹⁷⁾



(a) 表紙



(b) 静電気と動電気の区別

図11 電気論¹⁸⁾

ナイアガラの水力はニューヨークを不夜城にし、日光の華嚴の滝は東京で点灯と電車を動かすのは遠くないこと、上海、香港で演ずる唱歌、音楽を東京で坐して聞けること(ラジオのことか)、光を電気で伝送し、遠隔の地にある人を相互に見られること(テレビ電話のことか)は夢でないこと、地震や農作物の豊凶を予知するのは戯事ではないことなどを述べている。

志田は工部大学校の第1回の卒業生で、官費留学生となり、英国で3年間過ごし、帰国後、電信局に入り、電信、電話事業発展に貢献、工部大学校教授も兼任した。電気学会設立では組織を作るなど中心的役割を果たし、内外に通じる高く広い学識で学会の指導的立場にあった。しかし、天は二物を与えず、ということか、この英才は多くの人々に惜しまれながら僅か38歳の若さで夭逝(ようせい)した。

4. 明治初期の学術書

電信は明治初期に、電力は明治20年代に本格的事業になった。外来技術や機器の導入、運転にはそれなりの学術書を必要とする。明治初期のものは翻訳書またはそれに近いものだが、江戸時代と違って、発行国原書からの直訳ができるようになった。以下にその例を示すが、最初期のものは概ね電磁気が中心で、これに電信、避雷、電鍍(でんと)などの追記がある程度で、説明も定性的なものにとどまっている。図11に最初期の電気専門書“電気論”の表紙を(a)に、静電気と動電気の区別を記載した部分を(b)に示す¹⁸⁾。

当時の人々が電気に関し、どのような認識を持っていたのかを知るために電気論を借りることにする。“電気論”の書名は電気だが、この言葉は馴染みが薄く、当時は越歴の方が一般的であったと述べている。さらに、働く力を越力、働く質を越素、萬物すべて越素を持つと述べている。越素に陰陽があり、越歴には静越歴と動越歴(図11-(b))があること、雷は越歴であり、これを見極



(a) 英国チェンバーズ編百科事典の翻訳書(深間内基訳)²³⁾ (b) 英国フレミングの電磁氣学(瓜生寅訳)²⁴⁾

図12 文部省指導の翻訳書2例

めたのはフランクリン(Benjamin Franklin, 1706~1790年)で、避雷針などの説明がある。当時は動電気といっても素朴な電池があるのみで実用性がなく、静電気に関心が深いことが知られる。

明治10年代に入ると数式を使い定量的な説明で実用性のあるものも現れた。翻訳書には民間で自主的に作られたもの^{19)~22)}と、百科全集のような大物で当時の民間の力では負えず、政府自ら乗り出し多数の学者を集め、翻訳、編集したもの^{23) 24)}とがある。図12に文部省指導の翻訳書の例を示す。

明治11年、英国のチェンバーズ(Ephraim Chambers, 1680~1740年)編百科事典“百科全書”(Information for the people, 1728年)5版、電気及び磁気、深間内基訳²³⁾が文部省印行で出されている(図12-(a))。優れた他国の文化を導入しようとする場合、その国の文化をまとめた百科事典は有用である。原著は18世紀百科事典の範として発刊、判を改めて出版が続けられた。外国文化導入に熱心であった政府自ら乗り出し、翻訳編集した。

第3冊に電磁気があり、応用として電信機、電気化学、さらに空中電気、地磁気などがあるが、いずれも定性的説明の段階のもの、例えばオームの法則 (Ohm's law) では、「埃歴流体 (電流) の強弱は発電の活性度 (電圧) によるだけでなく、導体の良、不良による」との定性的説明にとどまっている。

明治14年発行の“電鑄 (でんじ、電磁) 両気論”²⁴⁾、文部省編輯 (へんしゅう) 局発行 (図12-(b)) の原書は、英国エジンバラ (Edinburgh) 大学教授弗梨明然物 (フレミング, John Ambrose Fleming, 1849~1945年) 著、電磁気学1780年第4版で、訳者は瓜生寅である。本書は頁数738の大書で、前述のチェンバーズ本に比較すれば、頁数は数倍、当時としては最新重要電磁気書であった。内容は電気機器などの応用部分を除けば今に通じるものの、表現、文章は漢文調、述語も今と違い読解には難渋する。以下に具体例を示すが、括弧内は現在表現である。

- (i) オームの法則 (Ohm's law)

$$\text{気流} = \frac{\text{電動力}}{\text{抗力}} \quad \left(I = \frac{V}{R} \right)$$

- (ii) ファラデー (Faraday) の電磁誘導

素数 (単位) 電動力 (電圧) ハ基数実勢、地界 (磁界)、横割 (横断) スル基数速度ヲ以テ移動スル基数長、一条杆ニ生ズルモノ ($e = Bvl$)

- (iii) アンペア (Ampere) の電磁力

平行気流 (電流) ハ互ニ引接スルモノナリ而シテ方向反対ノ平行気流ハ互ニ衝放スルモノナリ ($f = \pm ki_1i_2$)

磁石地界ノ実勢ヲ強 (B) トシ、気流ノ強弱ヲ流 (i) トシ、ソノ間の角度ヲ天 (θ) トシ而シテ基力ヲ力 (f) トスレバ、(図13において) 力 = 強 × 流 × 正弦天 ($f = iB\sin\theta$)

- (iv) 円輪ノ平面ニ垂線ヲ為シテ提出スル軸上乙点ノ磁石磁界ノ実勢 (叩力) ハ下記 (図13)

$$\text{叩力} = \frac{\text{周} \cdot \text{流} \cdot \text{距}^{\frac{2}{3}}}{(\text{距}^{\frac{2}{3}} \pm \text{天}^{\frac{2}{3}})^{\frac{3}{2}}}$$

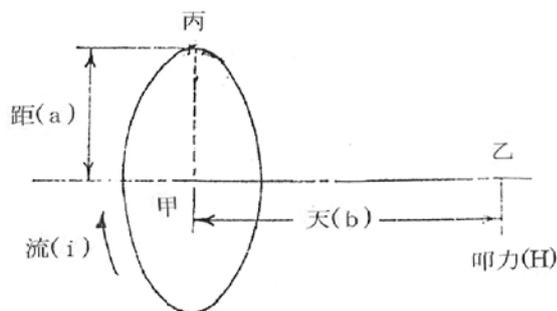


図13 円周ノ平面ニ垂直ヲ為シテ提出スル軸上乙点ノ磁石地界ノ実勢 (叩力) (円形コイルによる磁界H)

$$\left(H = \frac{2\pi a^2 i}{(a^2 + b^2)^{\frac{3}{2}}} \text{e.m.u} \right)$$

今は数式を表すのにアラビア数字表現が用いられているが、理解しやすい表現の有難みがある。

第18編以降には応用があり、ごく初期の発電機、電動機、電信機さらに地磁気と羅針盤、避雷針などがある。これらのものは当時としてはまだまだ珍しいものだったに違いない。

5. 明治後期の実用書

明治も20年、30年代に入ると電力応用は本格化し、特に、日清、日露の戦勝後は世界列強に伍せる国造りに向かって、政府の積極的な産業振興政策のもと一段と進んだ。

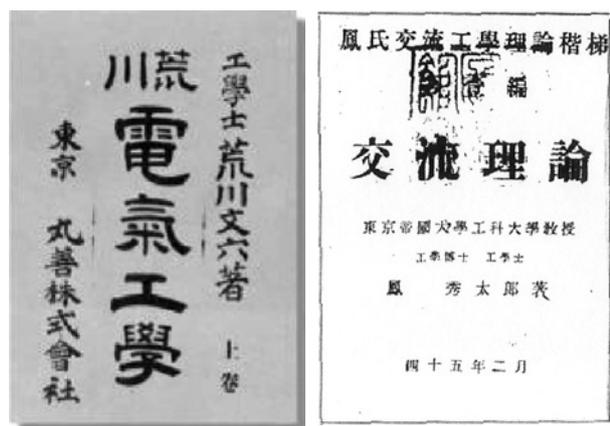
表1に見られるように、明治20年代に単相交流が導入されたが、負荷は照明が主で、力率は1に近く、配電距離も短かったので、回路の取り扱いが直流の延長で済んだ。明治30年代に入ると3相交流が導入され、電動機応用が一段と進み、給電範囲も拡大するのに伴い、交流回路理論、機器諸特性などの把握が必要になる。これに応える実用書も多く出回るようになった。電気工学書の発展の経緯も読み取れる。これも一つの技術の流れと考えられる。次に2例を挙げ、それにより当時の事情を知ることとする。

- (i) 電気工学一斑 M35年 大島辰之助²⁵⁾

単なる訳本から脱し、内外の諸資料を集め、自らのものとして書かれた専門書としての意義が感じられる。内容は電気機器と、これに関連して三相を含む交流回路の解析を行ったものである。発電機の例には、WH社二相650kW-60Hz-550V-150rpm機と、GE社三相1500kW-60Hz-2300V-180rpm機が、誘導電動機にはWH社三相500HP-60Hz-400V-200rpmがあり、変圧器には原理図と、米国では40kVが使われていることが述べられている。機器を現用機に入れ替えれば初級電気工学教科書として今に通用する。当時の実務者に有用なものであったに違いないと思われる。

- (ii) 電気工学講義 M43年 伊藤淳三郎編、原著者
スタインメッツ (Charles Proteus Steinmetz,
1865~1923年、米)

スタインメッツは交流回路、機器の広範囲な研究を行い、多数の論文、文書を発表し、交流電気理論の元祖的存在となった。彼は1892年GE社に入り、技術のバックボーンとして終身貢献した。その傍らユニオン (Union) 大学の教授を兼ね、学生の教育にもあたった。本書は学生向けに書かれたもので、編者の言を借りれば、電力の発生、制御、遠送分配、応用について平常の運転から異常の場合まで言及し、電気工学を細大漏らさず明快平易に述べている。本書は我が国の実務者にとつ



(a) 荒川文六著電気工学²⁶⁾ 明治37年初版
上, 中, 下三巻
10版(改訂版明治40年)まで版を重ねる

(b) 鳳秀太郎著交流理論²⁷⁾ 明治45年出版
第2編に変圧器及び誘導電動機
(大正2年)あり

図14 明治最後を飾る名著2編

て有用なものであったと思われる。

スタインメッツには専門者向けに“Theory and Calculation of Alternating Current Phenomena”がある。1897年(M30)に初版が、それから20年にわたり加筆、補修が行われて1916年の5版では頁数は422から746頁になり、高い専門性のある回路、機器、過渡現象の三部作となった。彼は交流電気諸量を複素数で表示し、インピーダンス $z=r+jx$ で表わした。電流 i と起電力 e は $i = \frac{e}{z}$ のオームの法則で表わされ、損失は抵抗のみに関係することから説き起こし、複雑な回路解析を容易にするなど、今日の電気工学理論を確立した。この書は我が国でも学者、高級技術者に愛読され、不朽の名作として、1930年(昭和5年)になり岡田成敏氏等7名により翻訳されている。

最後に、明治最後を飾る名著、荒川文六著電気工学²⁶⁾、鳳秀太郎著交流理論²⁷⁾のあったことを付記する(図14)。

こうして、明治末までには内外の電気工学専門書は整い、大正、昭和、平成の発展での準備ができたことになる。

6. 終わりに

今の我が国は技術大国である。これに至る経緯の中で、江戸、明治学術の底流があったことを述べた。世界に伍せるレベルの自主技術確立には、機器の製作と実系統での運転を通じ、必要があれば有償にて欧米最新技術の導入を行い、絶えることのない技術革新を行ってきた先覚者の努力のあったことは言うまでもない。

参考にした文献の多くは神奈川県立図書館と横浜市立図書館で閲覧したもので、その際、館員の皆様から何かとお世話を賜ったことに謝意を表したい。また、一部は国士館大学図書館を通じて他大学の図書館の蔵書を取り寄せたものもある。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 乾, 山本, 川口:「漢籍古典からの中国の電磁気」, 国士館大学理工学部紀要, 第2号, pp8~16, 2009
- 2) 大槻如電:「新撰洋学年表, 大正15年11月」, 1927
- 3) 国立図書館:「明治期刊行図書マイクロ版集成」
- 4) 後藤梨春:「紅毛談(オランダ話)」, 1765
- 5) 大槻玄沢, 宇田川玄真, 他:「厚生新編」, 1811
- 6) 笠峰堀口多仲:「野礼機の爾(エレキテル)全書」, 1814
- 7) 森島中良:「紅毛雑話」, 1787
- 8) 高力種信:「猿猴庵日記」, 1785
- 9) 秋津竹離島:「撰津名所図絵」, 1796
- 10) 橋本宗吉:「阿蘭陀始制エレキテル究理原」, 1811
- 11) 青地林宗撰:「気海観瀾」, 1825
- 12) 川本幸民撰:「気海観瀾広義」, 1851
- 13) 川本幸民:「遠西奇器術」, 1854
- 14) 川本幸民訳編:「化学通」, 1869
- 15) Noel Chomel, "Dictionnaire Economique", 1709
- 16) Electrical World, July, 1889
- 17) 電気學會(電気学会)雑誌, 第1輯, 1888
- 18) 中神保訳:「電気論」, 1871
- 19) 松村良肅:「登高自卑」, 1872
- 20) 槽川潤三輯(集):「理学百科小事典」, 1872
- 21) 脩度列耳:「越歴新編」, 1873(1871, プロシア版, 明石朝幹抄訳)
- 22) 安代良輔:「博物新編:標注」1877(原書はベンジャミン・ホブソン(Benjamin Hobson, 中国名, 合信))
- 23) 文部省印行(深間内基訳):「百科全書」, 1878
- 24) 文部省編輯局(瓜生寅訳):「電鑄両気論」, 1881
- 25) 大島辰之助:「電気工学一斑」, 博文館, 1902
- 26) 荒川文六:「電気工学」, 丸善, 1904
- 27) 鳳秀太郎:「交流理論」, 丸善, 1912