

# 国立科学博物館所蔵の回転機用固定子と 回転子の製造年代に関する一考察

前島正裕

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

## Identification of the Stator and the Rotor for a Rotating Machine Stored in the National Science Museum

Masahiro MAEJIMA

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

**Abstract** The National Science Museum keeps the stator and the rotor for a rotating machine, which have been inherited from the Waseda University in 1968 with no information about them. The circuits, structures and dimensions of them were investigated and were compared with the alternating-current generator made by Ishikawajima Shipbuilding & Engineering Co., Ltd. in 1897. This paper shows the stator and the rotor are a couple of the parts of a single phase alternating-current generator known as a Hopkinson type with ten poles structure. The insulation material on wires, structures of the machine and finish of features strongly suggest that the stator and the rotor were made in 1890's. However the maker of them was not able to be specified on this research.

**Key words:** domesticated history of electrical technology in Japan, development of alternating-current generators

### 1. はじめに

実用的な発電機やアーク灯の発明によって、1870年代に欧米社会に広まり始めた電灯は、後に電力の利用へと発展し、社会を支えるインフラ技術となった。わが国でも工部大学校のエアトン教授の指導によって、明治11(1878)年に初めて公衆の前でアーク灯が灯され、明治20(1887)年には、東京電燈株式会社によって、東京南茅場町に完成した第二電燈局から、周囲の郵船会社や郵便局などに電気が送られ電灯が灯った。これは米国のエジソンが1882年にロンドンとニューヨークで火力発電所を稼働させて、白熱電灯照明事業を始めてから僅か5年後のことであり、電気をエネルギーとして使う電灯への本格的利用は、欧米でも始まったばかりであった。我が国初期の電灯供給事業はすべて輸入技術に頼っていたが、それから8

年後の明治28(1895)年には、挑戦的な試みとして国内の発電所に国産の大型200kW単相交流発電機が採用されるまでになった。

明治32(1899)年までは、我が国の電力技術発展の第一期に当たり、市内配電時代<sup>1)</sup>と呼ばれる。知識、経験や材料共に乏しいその期間は、電気技術の国産化にとって重要な時期であるが、電力分野では実証的な技術史研究はあまり無い。明治前期の国産電力技術に関する歴史資料は、東京大学などに数点が保存されているのみで、ほとんど存在しないからである。

国立科学博物館は、明治20年代に使用されたエジソン直流発電機やブラッシュ交流発電機などの電気機械類を数点所蔵している。それらの中に、詳細が不明の回転機用の固定子と回転子がある。その構造から、東京大学電気工学科所有の石川島造船所製三相交流発電機と類似点が多く、同じ時

代に製造された可能性があることから比較調査を行った。

## 2. 資料調査

調査対象である国立科学博物館所有の固定子を写真1に、回転子を写真2に示す。同資料はかつて早稲田大学理工学部電気工学科が保管していたものである。大学に保管されるに至った経緯などは記録されていない。両資料とも、全体的に汚損が激しく、また、名板等は一切無い。両資料を実



写真1. 回転機用固定子

測し、固定子の構造図を図1に、回転子の構造図を図2に示した。なお保存を第一に考え、今回の調査において通電試験は行わなかった。

固定子は、凸極形構造をしており、10極の回転機械用である。固定子コイルは、3個が現存しており、残っているコイルの結線状況から図3のように、一つおきに磁極の向きを互い違いに直列に結線していたと推定される。点線は、推測部分である。各コイルは、独立した鉄心に麻巻 $\phi 1.8$  mm銅線を巻いてコイルとし、それを鉄フレームに直接ボルトで取り付けており、極めて原始的な構造であることがわかる。回転子も同様に、ポール・アーマチュアと呼ばれる凸極形構造10極の回転機械用である。回転子コイルも、7個が現存してい

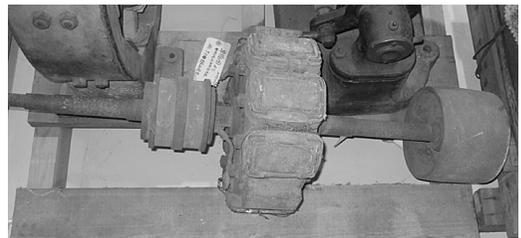


写真2. 回転機用回転子（電機子）

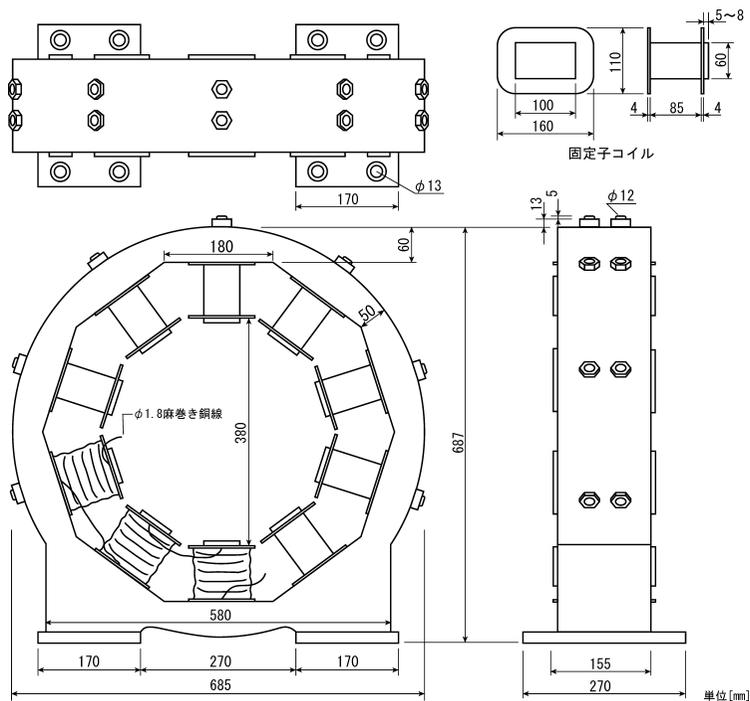


図1. 回転機用固定子実測図

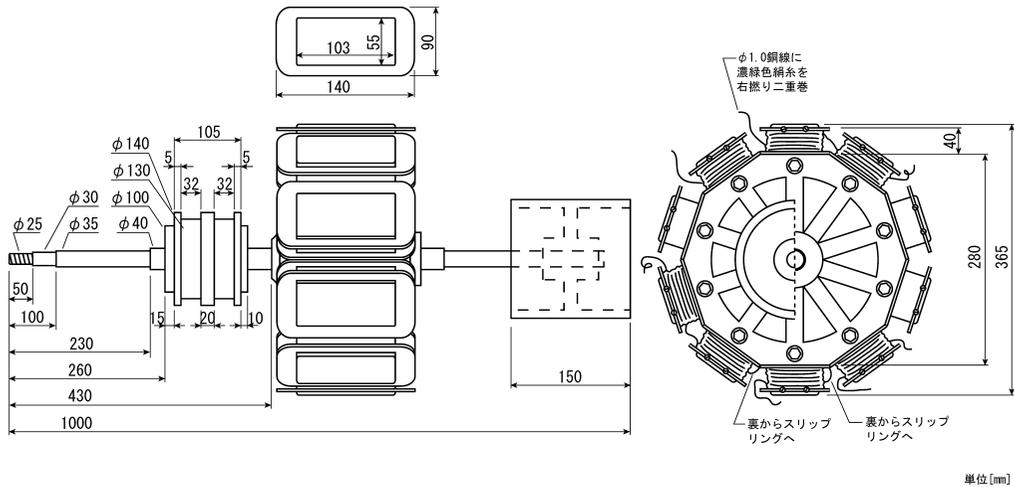


図2. 回転機用回転子（電機子）実測図

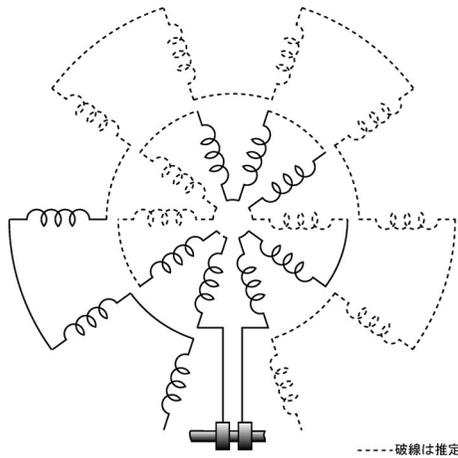


図3. 固定子・回転子（電機子）の結線予想図

るが、コイル同士を繋ぐ結線が一箇所しか現存していないため、そこから判断すると結線状況は、固定子と同じく図3のように、一つおきに磁極の向きを互い違いに直列に結線されていたと推定される。各コイルは独立した鉄心に絹巻φ1.0mm銅線を巻いて、上からコイル押さえて止め、それを鉄製フレームに直接ボルトで取り付けられており、固定子同様これも極めて原始的な構造である。

採寸の結果、固定子の内径と回転子の外径が非常に良く適合し、固定子と回転子の材質及びコイル形状も良く合うことから、同2点の資料は、一体の回転機械の固定子と回転子であることを確認した。また、回転子の軸に取り付けられている2

極のスリップリングおよび、固定子と回転子のコイルが共に磁極の向きが互い違いになるように直列に接続されていることから、この回転機械は、10極の単相交流発電機であることが分かった。本機は、回転子（以降電機子と呼ぶ）の軸を支える部分が欠損しているため、そこに取り付けられていたと推定されるブラシ及びブラシホルダーも欠損している。

### 3. 国産化初期の交流発電機との比較

わが国で初めて電灯・電力用の発電機が製作されるのは、明治16(1883)年である。東京浅草八幡町の器械製造人尾崎米吉は、東京大学理学部の委託と指導を受け、電気灯、鍍金および二次電池充電用のグラム発電機を製作し<sup>2)</sup>、工科大学校では藤岡市助が発電機を設計・製作しアーク灯を点火した<sup>3)</sup>。またこの年、三吉正一が東京芝区に電気工場を興し、電灯用の発電機の生産も開始した。この三吉工場が明治25、26年の頃盛んに製造していたのが、英国ホプキンソン形の単相交流発電機である<sup>4)</sup>。しかしこれらの機器は現存していないと思われる。

三吉工場以外では、石川島造船所が同じ時代に電気機械を製作していた。同所は船の建造の他に機械類も製造していたが、明治28(1895)年に中野初子の指導により東京電燈株式会社蔵前発電所の200kWの発電機を納品した。翌年に本格的に電機工場を設け、岡本高介を主任技師とし、中野初子

を顧問として強電流機器の製作に進出した。この石川島造船所が中野初子の設計によって、明治30(1897)年6月に製造した機械<sup>5)</sup>が現存する。調査対象資料と非常に良く似た構造のため、参考資料として実際に調査を行った。本機は現在、東京大学電気工学科の所有で、東京電力株式会社「電気史料館」に展示されている。外観を写真3に示す。本機も凸極形構造を持つホプキンソン形<sup>6)</sup>で、固定子6極、電機子9極の三相交流発電機である。



写真3. 三相交流発電機

銅製ブラシ及びブラシホルダーは、三組のうち一組が欠損している。各寸法の実測値を図4に示す。資料はガラスケースに収められていたため、天板を取り上から測定した。よって測定値には多少の誤差を含む。固定子コイル、電機子コイルとも欠損は無いが、結線は一部を除いて断線している。既存の結線から推測した固定子と電機子の結線図を図5に示す。固定子側は、各コイルは直列に接続されており、一つおきに逆向きにつながれている。電機子のコイルは、二つおきに3個のコイルが直列につながれて、それが一セットとなっている。電機子中央部の結線は確認できなかったが、Y接続と推定される。スリップリングは3極あり、以上から回転電機子形の三相交流発電機であることがわかる。

国立科学博物館所蔵の交流発電機との諸元比較を第1表に示す。両発電機とも鉄製の土台を基盤として、その上に固定子、その中に電機子、そしてそれを支える支柱からなる特徴的な構造をしている。また極数の違いはあるが、固定子および電機子ともに、凸極形構造で、各コイルは鉄フレームに直接ボルトで取り付けられているなど、同一の基本構造、製造方法で製作されている。一方相違点としては、固定子コイル並びに電機子コイルの断面や形状の差異。スリップリングの材質、コ

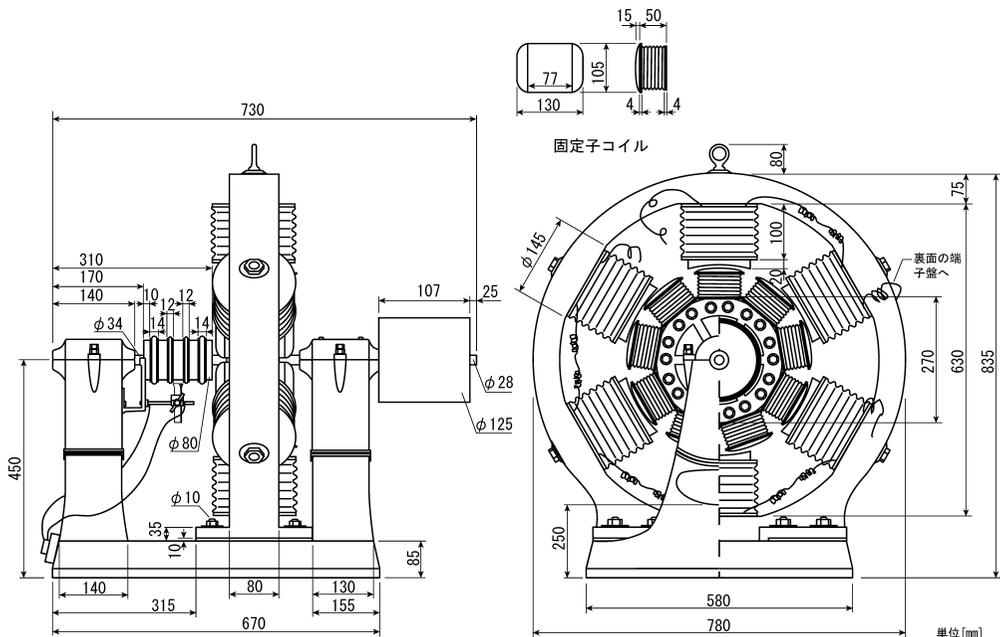


図4. 三相交流発電機実測図

表1. 主要緒元比較

名 称	交流発電機	三相交流発電機
固定子 / 電機子	凸極形 10 極 / 凸極形 10 極	凸極形 6 極 / 凸極形 9 極
全 長 [ mm ]	1000 ( 電機子長 )	730
全 幅 [ mm ]	685 ( 固定子外径 )	780 ( 固定子外径 )
電機子外径 [ mm ]	365	400
固定子フレーム幅 [ mm ]	155	80
製 造 年	不 明	明治 30(1897)年
所 有 者	国立科学博物館	東京大学

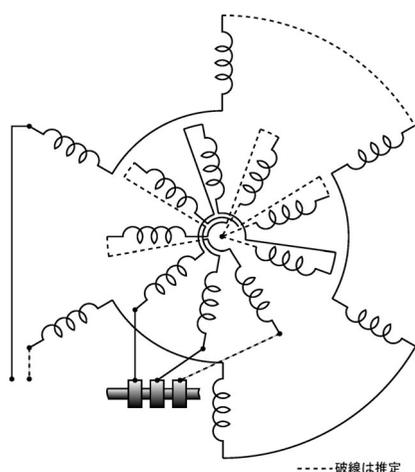


図5. 三相交流発電機の結線予想図

イルの電線の被覆，吊り輪の有無．固定子フレームの幅と固定子コイルの大きさの関係などが特徴的である．これらの事実からは，両発電機の製造者が同じと考える理由は得られない．

三吉工場，石川島造船所以外では，当時田中製作所が電気機械類を製作していた．二代目田中久重が跡を継いでいた田中製作所は，海軍用の諸機械並びに発電機，汽機，汽罐等を製造していたが，海軍からの受注減や不況で立ち行かなくなり，明治 26(1893)年に経営を三井家に引き継いだ．芝浦製作所として再出発後は，電気機械の製造に力を注いだ．明治 20 年代後半に実際にどのような機種を製作していたか，記録や実物資料はほとんど無いが，電気学会 50 年史には，「当時わが国の発電機は，直流はエヂソン型，交流はホプキンソン型単相に限られていた様子が分かる」<sup>7)</sup>として，明治 28 年頃の芝浦製作所の発電機組立工場が掲載されている．調査対象の固定子と電機子に非常によく似た同形の発電機を確認できるが，吊り輪の有無や発電機の極数が異なっており，国立科学

博物館の資料そのものではない．

三吉工場は，明治 30 年頃の財界不況の余波を被って明治 31(1898)年廃業し，芝浦製作所と提携した石川島造船所も明治 35(1902)年には，電気機器の製作を中止した．明治 31，32 年頃から電灯専門に使用される単相交流発電機は，新設発電所には採用されなくなり，それに代わり次第に動力用としても用いられる三相交流発電機が採用され，発電機も回転界磁型となってきて，明治 34 年頃には，100 kW～150 kW 程度の回転界磁型三相交流発電機が石川島造船所，芝浦製作所，明電舎等で製造され始めた<sup>8)</sup>．一般に発電機は大型化すると，ブラシ損や絶縁耐力の問題などから，回転界磁形の方が都合がよいからである．また明治 30 年代後半より，発電機はベルトドライブから汽機直結式へと替わって行った<sup>9)</sup>．従ってその後，固定子と電機子がともに凸極構造を持った発電機は，効率が悪いので生産されなくなっていったと推察される．

#### 4. ま と め

今回調査を行った発電機用固定子と回転子（電機子）は，ホプキンソン形の単相交流発電機のものであることがわかった．両資料はメートルスケールを用いて製作されていること，電機子コイルに使用されている電線が，明治中頃まで国産の電気機械・器具によく使用された濃緑色の絹巻き線であること，名板が無く，鋳物の精度や取り付け方法が非常に稚拙であることなどから，国産の可能性が極めて高い．このような構造の単相交流発電機が国内で主に生産されていたのは，明治 25～30 年頃の限られた時期である．明治 30 年代には国内でも積層鉄板が一般的となるため，固定子及び電機子のコイルの鉄心が積層鉄板を使用していない点も，同時代の国内製品である可能性を強

く示している。残念ながら石川島造船所と芝浦製作所製の可能性は低いことがわかった。当時は他にも吉村商会と奥村電機商会が発電機を製作しているが確認はできなかった。本資料がもし同時代の製品であれば、国産の発電機としては、極めて初期のものとなる。しかし、回転による振動を防ぐため、電機子巻き線同士の結線部分が紐で固定されているなど、実用された機械としての疑問も残り、逆に単純な構造故、教材として後世に作られた可能性も完全には否定できなかった。

最後に、三相交流発電機の調査の機会を与えていただいた東京大学電気工学科および東京電力株式会社「電気史料館」に感謝申し上げます。本研究は基盤研究(C)18520528「幕末・明治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」の一環として、文部科学省科学研究費補助金の助成を得た。

## 引用文献

- 1) 工学会編 1929.『明治工業史 電気編』東京 工学会, 312.  
国内の電気事業, 特に電力技術の発達初期を, 通常第一期: 市内配電時代, 第二期: 近距離送電時代, 第三期: 長距離送電時代の三期に分ける. 第一期は, 明治20年~明治32年まで. 送電電圧100V~3,500Vまでで, 供給範囲は, 十数キロ以内.
- 2) 東京大学編纂 1883.「東京大学毎月暑報 明治16年11月」東京 学藝志林, 第七拾六冊, 13.
- 3) 桑島正夫編 1938.『電気学会50年史』東京 電気学会, 517.
- 4) 日比種吉編 1956.『日本電機工業史』東京 日本電機工業会, 4.
- 5) 桑島正夫編 1938. 前掲書, 520.
- 6) Silvanus P. Thompson, 1905. *Dynamo-Electric Machinery*. London, E. & F. N. Spon, Ltd., 163-164.
- 7) 桑島正夫編 1938. 前掲書, 516-520.
- 8) 日比種吉編 1956. 前掲書, 332.
- 9) 加藤木重教 1916.『日本電気事業発達史 後編』東京 電友社, 830-831.