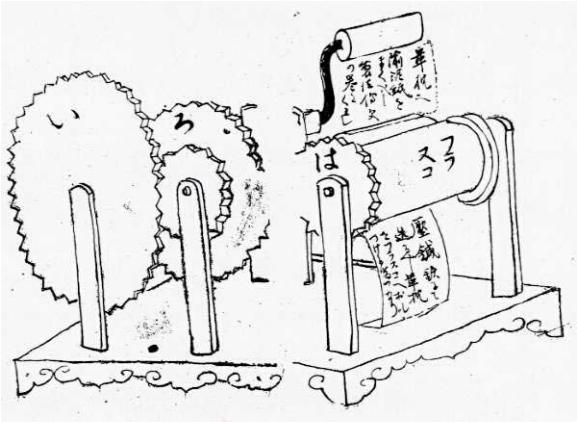

図11　松原右仲作の「エレキテル」を模したもの
（橋本宗吉の『究理原』の中に書かれていたもの）

⑺『阿蘭陀始制ヱレキテル究理原』のエレキテル（図12）

文化８年（1811）橋本宗吉（曇斎）が『エレキテル訳説』（年代不明）とこの『究理原』をともに出版と記しているが、本書は出版されなかった。従って『究理原』は写本で伝えられた。

宗吉は『ボイス』『ナチウル』の書を参考にエレキテルの製造方法・原理・しくみや30種類の実験と観察を記していることから、わが国初めての本格的な電気の文献と言える。

宗吉はエレキテルの詳細な解説を試みる前に、その原理を説明している。その一部を紹介してみると「「ヱレキテル」は「ヱレクトリシテイト」と云と倶に琥珀の力と云ことなり是によりて我輩ヱレキテルを魄力車と喚びヱレキテルの気を魄力と呼ぶ」とし、次に絶縁材料の説明では（ミュッセンブルクの書より得た知識）、琥珀や硝子の様に摩擦して塵を吸うような物を「有魄力」その逆の塵を吸わない物は「無魄力」と名付けた。有魄力の物は水晶、石類、石英、諸樹脂、硫黄、赤信石、硝子、磁器、木材、飾縁、綿糸、紙、象牙、毛髪、膠、封臘、皮革等を挙げ、無魄力の物は主として導体を指しているが、絶縁物でも液状のものや粉末のものは無魄力としている。また、「エレキテル箱の内滑車の図」における解説では、歯車によりハンドルを１回転すればフラスコは20回転するようになっている。回転を伝えるのに歯車の代わりにベルトを使用するのは簡易な製法とし、この場合ハンドル１回転にフラスコは７～８回転の割合となると述べている。これは、松原右仲の「エレキテル」を参考にして作ったと思われる。

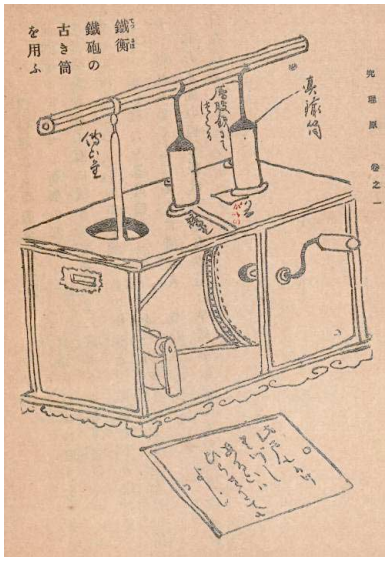

図12　「究理原」のエレキテル全形図

このエレキテルの特徴は、当館所蔵の蓄電瓶を使用した源内形式のものではなく、箱の上方に横たえた鉄衡（鉄砲の古い筒）に帯電させる方法で、『紅毛談』『紅毛雑話』形式のものである。また静電気を集めるために真鍮製の「伝い金」を用いたり、真鍮製の「誘い金」を取り付けてスイッチの役割をさせている点で、従来のエレキテルより実験を容易にさせていると思われる。そしてもう一点、従来のエレキテルと大きく異なる所は、「百人嚇」（ひゃくにんおびえ）「百人様」（ひゃくにんだめし）と名付けたライデン瓶（図13）を使用していることである。「百人嚇の図」の説明では、「百人おどしは阿蘭陀舶来の「ウヱイゲモント」にて水一升五合ばかり入るべき翠色角ふらすこを用ゆるなり中に薬を入軸をさしこみ口を封じ金がいにて外を張り・・・」と書かれていることから、

図13　百人嚇の図

図14　襖障子ごしに百人嚇を試る図　（個人蔵の複製本より）

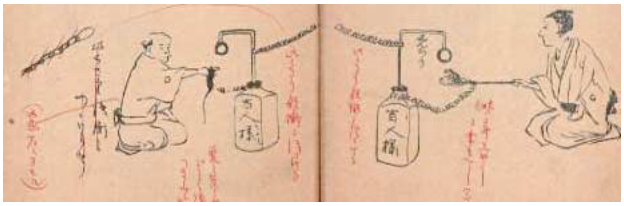

図15　鼠蛙雀を気絶させる図

図16　焼酎にうつしたる火にてたばこをのむ図

図17　泉州熊取谷にて天の火を取りたる図

1745年クライストが発明したライデン瓶と同形式である。このライデン瓶を使ったことで、紙人形を踊らせるのみのエレキテルではなくなった。これを使用したのが有名な「襖障子ごしに百人嚇を試る図」（襖ごしに百人の子供達が手をつなぎ、これに電気を通して驚かせること）（図14）である。本書ではこの他に、エレキテルの気で紙人形を踊らせる図、焼酎や火薬を燃やす図、蛙やねずみ、すずめ等を気絶させる図（図15）、エレキテルの気で焼酎に火をつけその火でたばこをのむ図（図16）、磁石の磁力を失わせる図、同百尺の鉄串にて天の火を取る図、泉州熊取谷で天の火を取る図（図17）等々の実験を図説している。

このエレキテルを使用した30項目の実験の内、治療は２つであることから、宗吉は摩可不思議な物からエレキテルを自然科学としてとらえている点や、各種の静電気実験を載せていることから、わが国電気実験の祖と言われている。

こうして、静電気研究の第一歩が示されたが、ヨーロッパでは1799年ボルタの電池が発見され動電気による研究が進んでいた。しかし日本では宗吉後、ペリー提督が幕府に電信機を献上するまで大きな進展は見られなかった。

⑻『野礼機的爾全書』のエレキテル

文化11年（1814）高森観好の弟子笠峰堀口多狆の著書である。

その中で、天明末に桂川甫周は源内製の壊れたエレキテルを古道具屋から入手し、門人の高森観好と弟の森島中良がこの研究をした。また観好が作ったエレキテルは60～70個と記している。

観好の孫である高森篤行の製作したエレキテル（製作年不明）（図18）は現存しているようである。

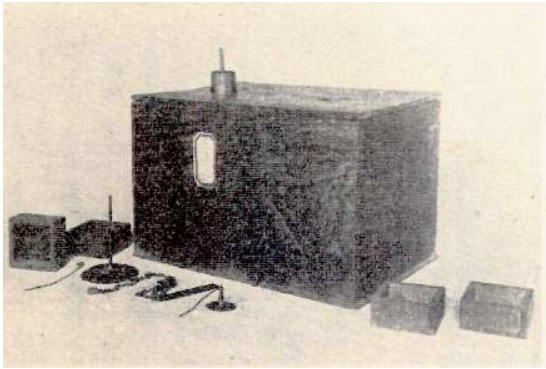

図18　高森篤行作の「エレキテル」（高森寛治氏所蔵）
（『江戸時代の科学』より）

⑼「阿蘭陀ゑりきてる」（図19）

木版１枚刷りのエレキテルの図であるが、宣伝に使用されたようである。

この１枚には色々な実験内容が描かれ、導線の先に房がついているのは検電のためと思われる。また、台の上では紙片が踊っているなど、見世物としてのゑれきてるのようである。中のしくみは判らないが、導線が箱の上から出ている点で、当館所蔵の源内型に似ている。

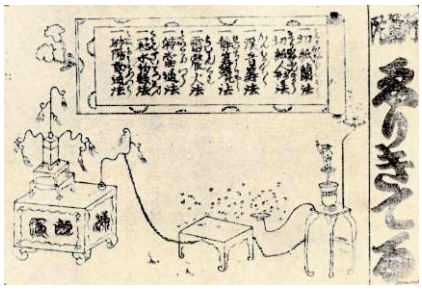

図19　広告に使われた「阿蘭陀ゑりきてる」
（『江戸時代の科学』より）

⑽『蘭畹摘芳』の「エレキテル」

文化14年（1817）に刊行され、大槻磐水訳定、大槻玄幹・山村才輔校、吉川良祐・長谷川宗僊筆談で、江戸の須原屋茂兵衛・伊八と大坂の河内屋義助・太助が上梓しているものである。

本書はこの時代の蘭学各分野にわたっての全知識を示す宝庫であったが、出版されなかったことや出版されても漢文であったことから、内容的にすぐれていても普及しなかった。

その中で、「エレキテル」の項には、「北越高峯幸庵曰　此器ヲ試ムル　春末暑熱中ニハ火ヲ発セズ　秋冬　早春ノ間現出スルナリ・・・」との記事があることから、エレキテルの火の出る時期を明白に示している。しかし、エレキテルの図説がないのが残念である。

⑾『内服同功』のエレキテル（図20）

安政４年（1857）石阪空洞が口授し門人山田貞順が筆記したものである。西洋医学の多彩な医療器具類による新療法は薬と同じ効能であるとして、内科医のための外科・新療法を紹介したものである。

その中に、電気治療法として２種類紹介されている。

その１つが、「越歴的兒法」でライデン瓶を備えた摩擦起電型のものである。エレキテルの適応域として、リウマチ・麻痺不遂・聾・唖・痙攣症、神経病・その他頑固経久の諸痛があげられている。この図のエレキテルは、『紅毛雑話』形式に、ライデン瓶と検電器としての房が取り付けられている。

もう１つは、萬延元年（1860）に最新型の「ガルバニ電気治療器」を記述している。コイルとボルタ電堆を使用したものである。

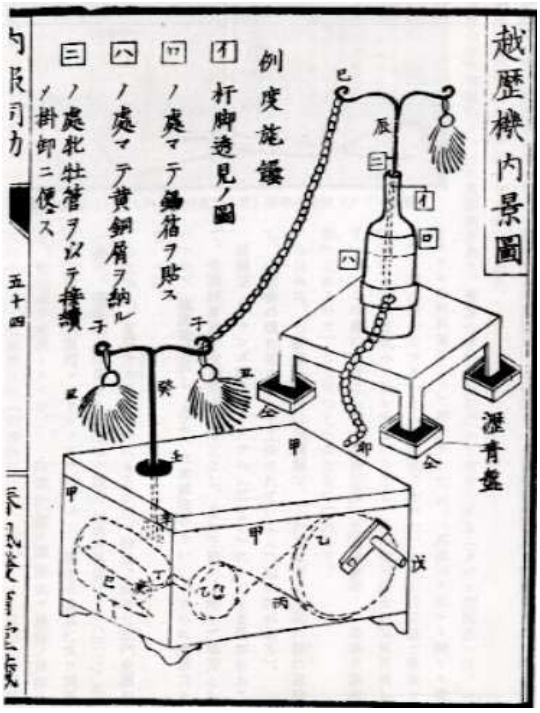

図20　『内服同功』の「エレキテル」
（『江戸科学古典叢書29』より）

安政４年の『内服同功』ではライデン瓶を使用した静電気による治療から、その３年後には動電気を利用した電気治療へと変化していることがわかる。

静電気は瞬時に消えてしまい、湿気に弱いなどから、ヨーロッパより入ってきたボルタの電池により、安定した持続型の電気を利用したことが窺える。

このようにして、源内没後のエレキテルの変遷を述べたが、外見及び内部構造ともに『紅毛談』形式がほとんどであり、箱内部には蓄電瓶が使用されていない形式である。当館所蔵のエレキテルのみ鉄くずの入った蓄電瓶を松脂で絶縁して使用している点で、源内は試行錯誤を続けながら創意工夫のすえ作り上げたものと言える。

4　電気の陰陽

陰陽は、今様に読むと「いんよう」であるが、昔は「おんよう」とか「おんみょう」とか読んで、古く７世紀の頃中国から伝わった、天地万物を支配する基本理念であった。その後時代が下るとだんだんと変貌し、時として人の心を惑わす怪しげな占いの一種に転じたらしい。もちろん本文の主題はこの占い術ではなく、電気のプラスマイナスのことであるが、「えれきてる」を調べている内に、もしかすると平賀源内は、陰陽術まがいのこともしたのではないかと思うようになった。

静電気の歴史の中から陰陽に関連する点だけを紹介する。

静電気は紀元前600年頃ギリシャのタレスが琥珀を擦って発見したと言われている。しかしその電気は、軽いものを引き付ける力を持った物質の状態であって、実体として捉えられてはいなかった。

電気が移動するものと理解されたのは、それから2000年以上も経った1730年代のことである。

1734年にフランスのデュフェ（du Fay）は種々の物質を摩擦して、それらがどのように帯電するかを調べた。その結果、電気には２種類あって、同種の電気は互いに反発し、異種の電気は互いに引き合うことを見付けた。そして硝子と何かを擦ったときの硝子の帯電が、樹脂と何かを擦ったときの樹脂の帯電とは互いに異なることから、前者を硝子電気、後者を樹脂電気と名づけた。

静電気には２種類あるという、このいわば二流体説に対して、1750年にフランクリンも同様な実験を行い、硝子電気を陽（正、プラス）電気、そして樹脂電気を陰（負、マイナス）電気と命名するとともに、電気は２種類あるのではなく、１種類の流体が過剰な状態にあるか、不足している状態にあるかによって帯電が起こり、プラスの電気が多い方から少ない方へ流れる放電により、平衡状態になるという一流体説を唱えた。この考えは、マイナスの電荷を持つ電子が流れるという現在の物理学と、符号は逆であるが基本的には一致して

いる。

1759年に英国のスィマ（Symmer）による二流体説が再登場したところを見ると、電気の元が一つか二つかについてはその後も議論が分かれていたらしいが、「えれきてる」が作られた１７７０年代には、現象的に陰（マイナス）の帯電と陽（プラス）の帯電があることは世の常識となっていたであろう。

摩擦電気には今尚分からない点が多々あるが、二つの物質を摩擦した場合、どちらがプラス（陽）にどちらがマイナス（陰）に帯電するかを示す帯電序列（帯電列）は一応できている。下に示すのは、ファラデイの帯電列といわれるものである。

（プラス）－獣皮、フランネル、象牙、羽毛、水晶、フリント硝子、綿、亜麻布、絹布、手、木材、樹脂（シェラック、琥珀）、金属、硫黄－（マイナス）

これによると、例えば毛皮で硝子を擦ると、毛皮はプラスに硝子はマイナスになり、硝子を絹布で擦ると、硝子はプラスに、絹布はマイナスになる。また絹布で琥珀を擦ると、絹布はプラスに琥珀はマイナスになる。この様に序列の左の方がいつもプラスになり、また列の中の間隔が離れた二つの物で擦った時ほど互いに大きく帯電する。

5　動電気の陰陽

物を擦って電気を起こす摩擦電気の次に、異なる金属を接触させて電気を得る方法が、18世紀の終わりに登場した。この接触電気を橋渡しとして、電池による動電気の時代が幕を開ける。

1793年にイタリアのボルタは、異種の金属を接触させてどちらがプラスになるかを調べて、次のような電位列を発表した。

（プラス）－亜鉛、鉛、錫、鉄、銅、銀、金、炭素－（マイナス）

これは帯電列と同様に、左の方が高い電位になる事を示す序列である。1800年にボルタは、希硫酸を染ませた厚紙を亜鉛と銀の板で挟んで一つの電池とし、それを何段も積み重ねた電堆（でんたい）を発明した。この電堆の両端を銅線で結べば、銀極から銅線を経て亜鉛極に電流が流れる（接触電位差は亜鉛極と銅線との間に生ずるので、電池内部で亜鉛極から銀極への電流、電池外部で銀極から亜鉛極への電流となる。）。帯電体の放電がプラスからマイナスに流れるのと同様に、電堆の電流も、銀極をプラス、亜鉛極をマイナスとしたとき、銅線に流れる方向と取ればよい。すなわち動電気の場合は、電流の流れ出す側を電池のプラス極、流れ込む側を電池のマイナス極と決められた。電池は化学反応から電気エネルギーを取り出す手段である。電池を使うと電解液の電気分解により陽極から水素ガスが出ることはすぐ分かる。そのことから電気の素は何かが問題になり、電気を帯びた粒子が導線の中を流れるという考えが生まれた。一方真空放電の研究から、陰極から出る微粒子が電気を運ぶ粒子であることが1890年に分かり、その電荷はマイナス（負）であることが1898年トムソンによって確かめられた。

こうして電子の実在が証明されたが、電流の方向が先に決まって、その実態である電子が後から分かったために、電子の電荷はマイナスとせざるを得なくなった。ということは、もしも動電気のプラスマイナスが、さらに溯って静電気のプラスマイナスが逆に定義されていたら、電流の方向はプラスの電荷をもった電子が流れる方向となり、非常に分かり易い物理学になったであろう。この食い違いの元をたどると、フランクリンに行き着

く。つまり彼が1750年にデュフェの硝子電気を陰電気、樹脂電気を陽電気と名付けてくれていたら、万事めでたしめでたしであったのである。

6　再び平賀源内の「えれきてる」

1750年にフランクリンが、電気の元は一つであって、それが多すぎると陽に帯電した状態になり、少な過ぎると陰に帯電した状態になると言い出した。そして1752年には雷は電気現象であることを証明し、ライデン瓶に貯めた電気が陰電気のことも陽電気のこともあることを見付けた。「えれきてる」はそれから20年近く経っているから、静電気の陰陽は常識になっていたであろうし、平賀源内も理解の程度は別として知っていた節がある。となると上蓋のVenus.♀とMars.♂は静電気の陰と陽を意味する文字と記号として何の問題もないようである。

冒頭に書いたように、平賀源内の「えれきてる」の出所は定かでないと書いた。しかし使っている材料やデザインを見ると、どうも自分で作ったもののように思える。その根拠は、発電用の硝子瓶も蓄電用の瓶も、茶褐色の薬瓶の類を流用したように見えるし、外箱は安い松板、絶縁材料は松脂と、すべて日本で入手容易なものばかり使っているからである。また外面に描かれた模様も一見西洋風ではあるが、図柄に統一性がなく、直線も手書きのように不揃いで、オランダで作られた既製品というより、手作り品に思える。平賀源内は絵心のあった人で、西洋画も描き、日本で初めて油絵を描いた人としても知られている。念のためオランダ大使館の科学アタッシェを通して、オランダの博物館に問い合わせたところ、源内の「えれきてる」のような構造と外見の摩擦起電機はないという返事が返ってきた。恐らく彼は壊れたオランダ製「えれきてる」を参考にして日本製の「えれきてる」を作り、洋風に見せるために唐草模様を描いてそこに「Venus.♀」と「Mars.♂」を書き入れた。これが事の真相ではないかと思う。「えれきてる」が平賀源内製である何よりの証拠は、電気的絶縁性のいい松脂に目を付け、それを使ったことであろう。

7　機能レプリカの製作と実演

重要文化財の「えれきてる」とは別に、本当に発電するレプリカの「えれきてる」が平成12年に当館によって製作された。そのレプリカは外観、構造はもちろん使った材料もすべて原機と同じにしてある。ただし軸受けのボールベアリングと、ゴムベルトだけは原機と違う。その理由は、実演するためのレプリカは耐久性を要求されるからである。

それが完成した時、先ず気懸かりだったのは果たして源内先生と同じように電気が起こるだろうかということであった。ハンドルを一生懸命回してみても数ミリの火花しか飛ばない。それも最初の内は何とか飛ぶが、回している内に飛ばなくなる。そこでガラス瓶の材質を変えたり、枕の外革や中身の綿を変えたりした。そして試行錯誤の末分かったことは、アースであった。ガラスと金属の摩擦の結果、ガラスの表面にできたプラスの電荷は、銅の鎖を通って蓄電瓶に貯えられる。一方金属粉を吹き付けた和紙上のマイナス電荷は、押さえ金具を通して木箱から畳へ、さらに大地に流れる。これが昔の「えれきてる」の電荷の動きであった。ところが今の「えれきてる」は、樹脂を張ったデスクの上に置かれ、床には絨毯が敷き詰められ、しかもビルの中ときては、分離したマイナス電荷は貯まるばかりで逃げ場がないのである。そこで、電灯線のアース側に導電マットをつなぎ、その上に「えれきてる」を載せ、さらに枕の押さえ金具（ステンレス製板）を導電マットに接続した。そしてガラス瓶と摩擦する金属を純銀の薄板

に代えた。その結果、何と長さ３センチにも及ぶ火花が飛んだのである。これは推定９万ボルトの電圧に相当する。もちろんいつの世も湿気は大敵である。それを克服するため箱の中に乾燥剤を入れ、源内先生がギブアップした梅雨時でも発電実験に成功している。

去る平成12年７月の「国際モダンホスピタルショウ2000」での「蘭学事始めコーナー」や12月には東海総合通信局で、また平成13年10月広島歴史博物館に招かれて、「えれきてる」の実演を行った。二百年以上も前にタイムスリップして、電気の神秘を目の当たりに見た多くの来館者から盛んな拍手を頂いた。その他、多数のテレビ局から一般向け番組として「源内のエレキテル」や「静電気」について等、また子供向け学習番組にも「機能レプリカによる静電気の実験」の要請にも応じている。

このようにして、機能レプリカは当時を再現し、かつ静電気の実験をすることにより、原理が理解できる点で、教育普及活動等にも役立つレプリカである。

【参考文献】

菊地俊彦［1978］『江戸科学古典叢書11』
「エレキテル全書・遠西奇器述・阿蘭陀始制エレキテル究理原・和蘭奇器」　恒和出版

菊地俊彦［1979］『江戸科学古典叢書17』
「紅毛談・蘭説弁惑」　恒和出版

菊地俊彦［1980］『江戸科学古典叢書31』
「紅毛雑話・蘭畹摘芳」　恒和出版

宗田一［1980］『江戸科学古典叢書29』
「内服同功・済生備考」　恒和出版

森島中良［1787］『紅毛雑話』

東京科学博物館［1934］『江戸時代の科学』
株式会社　博文館

平賀源内先生顕彰会［1970］『平賀源内全集　上下巻』名著刊行会

樋畑雪湖［1931］『江戸時代の交通文化』刀江書院

三崎省三［1925］『橋本曇斎先生遺構　和蘭陀始制エレキテル究理原』

ドイツ博物館『Elektrizitat』Published by Deutsches Museum

広島県立歴史博物館［2001］『江戸時代　芸備の科学と自然』（展示図録　第27冊）