O-27

ベンジャミン・フランクリンによる電気の研究

A study of electricity by Benjamin Franklin

○安岡拓也[1]，　植松英穂[2]
Takuya Yasuoka[1], Eisui Uematsu[2]

Abstract: We investigated the concept of electricity by Benjamin Franklin. Franklin is known as a scientist of electricity and an inventor of lightning rod. He was interested in the phenomenon of electricity when he saw the experiment by Archibald Spenser in 1746. After that, he proposed the outline of his one-fluid theory of electricity in his letter to Peter Collinson. In this letter, Franklin explained the experiment on frictional electricity pursuant to his one-fluid theory of electricity. Furthermore, he proposed that "vitreous" and "resinous" electricity were changed the name to positive and negative respectively.

１．本研究の背景と目的

ベンジャミン・フランクリン Benjamin Franklin は，1790 年にフィラデルフィアでその生涯を閉じるまで，持ち前の強い向上心で様々なことに取り組み，18 世紀のアメリカを代表する人物として有名である．彼は印刷業者・ジャーナリスト・哲学者・発明家・慈善事業家・政治家・外交官・文学者という多彩な肩書きを持つが，科学者としての一面も存在し，電気分野の研究成果は今でも残されている．フランクリンの電気現象に関する著名な業績として，凧を用いた雷に関する実験(1752 年)が挙げられる．彼は凧に長い鉄針を取り付けて空中に揚げることで，湿った麻紐に雷の電気を導き，ライデン瓶に同電気を蓄えることに成功した．このことによって，雷が電気の放電現象と同等であることが実験的に確認されたのである．

他方，フランクリンの電気現象に関する業績には電気に関する一流体説も顕著な成果として挙げられる．1750 年，彼は「電気の本性は非常に微細な粒子からなる一種類の流体である」として，電気の不足を「負の電気」，電気の超過を「正の電気」と称し，物体中の電気の量を「電荷」と呼んだとされている．なお，このフランクリンの主張によって，シャルル・フランソワ・デュ・フェ Charles François de Cisternay du Fay が「ガラス電気」と「樹脂電気」と称したものは，それぞれ正，負と呼ばれることになり，電流の流れる向きが電子の流れと逆になってしまう．

ところが，フランクリンが電気に関する一流体説の概要をはじめて提唱したのは，1750 年より以前の 1747 年に英国の植物学者であったピーター・コリンソン Peter Collinson に宛てた手紙の中であったという．そこで本発表では，フランクリンが電気に関する一流体説を提唱した背景と考え方をコリンソンへの手紙から明らかにする．

２．コリンソンに宛てた実験に関するフランクリンの手紙

1746 年, フランクリンはボストンにてアーチボルト・スペンサーArchibald Spenser の電気の実験を目撃する．その実験に対してフランクリンは「彼は専門家ではないため実験は不十分であった．しかし主題が私には極めて新しかったので, 私を驚かすとともに喜ばせた」と評価し関心を抱いた．フィラデルフィアに戻った後，ロンドンのイギリス王立協会会員コリンソンより，使用説明書付のガラス管の贈り物を受け取り，ボストンで見た電気実験に何度も挑戦し, 説明書の実験や新たな実験の数々に成功する．その結果報告を器具のお礼と兼ねて，1747 年 7 月 11 日付けでコリンソンに手紙を送っている．そもそもフランクリンとコリンソンはすでに手紙のやり取りをしており，今回の手紙ではフランクリンがガラス管を用いた実験を行い, 何か新しい発見があればコリンソンに報告するという約束のもとに書かれたものである．同手紙にはフランクリンの行った複数の実験内容が書かれており，その中にはフランクリンが上記の電気に関する一流体説に至ったきっかけとなる実験が記載されている．

その実験とは以下の通りである．ある 3 人の人物Ａ・Ｂ・Ｃがいる．人物Ａ・Ｂの両者は電気漏れを防ぐために蠟の上に少し離れて立たせ，人物Ｃは床の上に立たせてＡ・Ｂの様子を観察する．その後，Ａはガラス管を摩擦し，Ｂは摩擦後のガラス管に指を近づけ触れ，さらにＡ・ＢとＣがお互いに指を近づけた際の反応について調べる．この実験よりＡ・Ｂの両者は床の上に立っているＣに火花を与えることができ，彼らは帯電することがわかる．しかし，Ａ・Ｂが蠟の上でガラス管をこする途中，またはその後に互いで触れ合っても彼らは帯電しないという結果が得られた．

１：日大理工・院（前）・物理　２：日大理工・教員・物理

この結果に対して，フランクリンは以下のような推論を立てた．この 3 人はあらかじめ天然で，ある一定量の電気を各自の中に保有しており，Aはガラス管を摩擦することで自分の中に含まれていた電気をガラス管に集める．Bが手をガラス管に近づけると，Aからガラス管に集まった電気を受け取る．この両者の電気のやり取りは蠟の上で行うため，外部に漏れることなく電気をそのまま保持し続け，Aは電気が不足，Bは過剰の状態となる．この二人は床の上に立っているCからすると，電気を多量に持っているように見える．なぜなら，C は[ちょうどよい量の]電気しか持っていないためである．そのため，CがA・Bに近づくと，電気の受け渡しが起こり火花を見ることが出来るのである．接触後は電気量が元に戻るため，火花が発生しない．もしまた彼らが電気を受けているときに接触していても，3 人の持つ電気量は直ちに均衡されるだけで，電気は 3 人の間を循環するだけとなる．さらに推論で次のような新語を設けた．「この実験の際，Bは陽性に電気を受けているといい，Aは陰性に受けているという．あるいは，プラス，またはマイナスに電気が伝わるということについては，次のことだけを知っていれば結構です．すなわち，ガラス管または球を摩擦すると，その瞬間に，おのずからその部分に電気があつまります．そして，摩擦が止むと，いま帯びた電気を，みずからより電気保有量の少ない物体に補えます.」

３．フランクリンの一流体説とデュ・フェの二種電気説

上記の手紙が送られたころは，デュ・フェが 1734 年に提唱した二種電気説（ガラス電気と樹脂電気）が主流であったが，フランクリンは当初デュ・フェの描像を知らなかった．またフランクリンは直接的にデュ・フェの二種電気説を否定している記述は見られない.

一方で，フランクリン同様，電気は一つの流体により構成されているという考えに至る研究者も存在した．イギリスのサー・ウィリアム・ワトソン William Watson は，実験を行い「電気は物体間の最短あるいはもっとも導通のよい経路に沿って移動する」と推論した．しかし，フランクリンはコリンソン宛の手紙内で，ワトソンの推論を次のように否定している.「こうして，ワトソン氏が示したように，電気を循環させることもできますし，また電気を帯びた物体を，ほかの電気の保有量の少ない物体に接触させ，後者に電気を持たせることもできます．但し，これには，後者は電気補給路のたたれていることが要件です．あの利発なワトソン氏が，彼の著した続編で，電気は，天井から電線をつたわって銃身に流れ入り，それからガラス球につたわり，風車や水車に伝わってこれらをまわし，また機械や人に伝わるのであると述べているのは、誤りであったと思われます．あの時の電気は，電線を伝わって注ぎ込まれたのではなく，むしろ，追い出されたのであると思われます．そして，あの時，人や車はマイナスの状態になったのだと，つまり物体がふつう保有しておるべき電気量より，少なくそれを持った状態にあると，解釈すべきだと思われます.」．この考え方は現代の電気における考え方と同一であり，フランクリンがそのことに初めて行き着いた事実が，この手紙の内容より考察出来る.

４．まとめと今後の課題

フランクリンの一流体説は，一般には 1750 年に提唱とされているが，フランクリンが書いた手紙の内容により，1747 年頃から一流体説に対して，実験をもとにある程度理論を構築していたことが分かる．また，フランクリンはワトソンの説を否定していることより，自身の一流体説に自身があったということも分かった．今後の課題として，同時期における電気に関する考え方やその背景にある関わり方について，より詳細な研究を進めていきたい.

５．文献

[1] フランクリン著；蕗沢忠枝編訳：『フランクリンの手紙』，岩波書店，　pp. 114-149，1951 年.
[2] 渡邊利雄訳：『フランクリン自伝』，中央公論新社，2004 年.
[3] Ｅ．Ｔ．ホイッテーカー著；霜田光一，近藤都登訳：『エーテルと電気の歴史 上』，講談社，pp. 60-70，1977 年.
[4] Franklin, Benjamin Bigelow, John : “The complete works of Benjamin Franklin”, Vol.2 , pp58-90, 1747.