

ボイルの真空実験からホークスビーの公開科学講座へ ——1700年代における教育方法の改革——

From Boyle's Vacuum Experiences to Hauksbee's Public Science Lecture :
Reformation of Education Method in 1700's

松 野 修
MATSUNO Osamu

Robert Boyle (1627-1691) was one of the first natural philosophers who commenced to make the scientific experiments public in the conference of the Royal Society of London. This meeting was semi-closed, limited about 50 members, the Fellows of the Royal Society though. Following this virtuoso Boyle, F. Hauksbee (1660-1713), J.T. Desaguliers (1683-1744) and other opened the door which closed up common people through arranging the public science lectures in London in 1700's.

Especially, F. Hauksbee contributed greatly to science education reform. First of all, he succeeded Boyle's study by using the air pump. Second, the original improvements on the air pump by him made it easy to carry out many experiments in front of people, because his pump was tough, reliable and easy to use. Not only manufacturing pumps for his own use, he sold them to other curious persons who want to try the experiments by themselves. Finally, he also improved social technology which made it easy to access for the laboratory, inviting citizens to the public science lectures. Any people became to be able to take part in experiments performed by Mr. Hauksbee, the Fellow of the Royal Society there, if they just pay some fee.

He worked as a lecturer, a promoter and a provider of the equipment of the public science lectures which started in 1700's. It is sure that T. H. Desaguliers was a crucial successor of F. Hauksbee as a lecturer and as a promoter as well.

1. ボイルが公開した科学実験

(1) 王認学会での公開実験

1658年、ロバート・ボイル (Robert Boyle:1627-1691) はカスパル・ショットの『水気学の器械』(1657年)を通じてマクデブルグ在住のオットー・フォン・ゲーリケ (Otto von Guericke: 1602-1686) が空気ポンプを開発したことを知り¹, これに触発されて自らも空気ポンプの製作を企画し

¹ Kaspar Schott, *De Arte Mechanica-Hydraulico*, 1657.

た。ボイルは当初グレートレクスにポンプの製作を依頼するも果たせず、1659年冬ロバート・フック (Robert Hooke: 1635-1703) の協力を得て完成せしめるに至った。ボイルはこの装置を使ってその後1年の間に40以上の実験を遂行し、1660年冬にその成果を発表した²。ボイルはこれらの実験をオックスフォード在住中に行ったのだが、1660年ロンドンに王認学会が設立され、ボイル自身もロンドンに移住すると王認学会の会員と共に研究活動を行うようになり、1661年5月27日、このポンプを学会に寄贈した³。ボイルはロンドンに移る前から改良型のポンプを開発しており、その装置を使って新たな実験に専心していたからでもあった。

王認学会ではもっぱらフックがこの空気ポンプを操作してさまざまな実験を例会で見せ、会員たちに空気の性質に関する議論の基礎を提供した。パーチ編『王認学会の歴史』は毎回の例会でどんな実験が披露され、どんな議論がなされたのかを克明に記録している。空気ポンプを使った実験については1661年2月13日、デンマーク大使が学会の会合に訪れた際「ボイル氏の空気ポンプの実験を楽しまれた」との記事が最初である⁴。1662年5月7日には「ボイル氏のポンプのはたらきが本会の会員数人によって自らの腕でもって確かめられた。彼らは空気が抜き出されると、自分の腕がレシーバの中に引き込まれるのを体験した」とある⁵。1669年に出版した『空気ばね論 続編 第1部』では、ボイルは空気ポンプの中に生物を入れて空気を抜く実験については何も報告していない。しかし王認学会の会合ではしばしば動物実験が行われていた。たとえば1662年5月14日には「ボイルのエンジンの中に手を入れる実験がウィルキンス博士によってもういちど繰り返すように指示された。その中にへびを入れる実験もおこなわれた」とある⁶。

彼らは海外の研究者ともさかんに交流を行った。オランダから来たクリスチアン・ホイヘンス (Christiaan Huygens; 1629-1695) やフィレンツェから来たロレンツォ・マガロッティ (Lorenzo Magalotti: 1637-1712) を学会の例会に招いた⁷、ドイツ在住のゲーリケの実験についても学会で報告され追試された。1664年に出版されたカスパー・ショットの『新奇技術』には、ゲーリケが空気ポンプを使って行った実験について報告されていた。王認学会ではこの本に記された実験のひとつを「マクデブルグの実験」と称して追試している⁸。1672年11月6日にはゲーリケ著『マクデブルグの新実験』がフックによって紹介され、そこに収められた硫黄玉の実験の追試が提案されている⁹。王認学会の会員自らが実験台になったこともあった。1671年2月から3月にかけてフックは巨大な容器を制作し、その中に入って空気を抜いた状態を体験したという記録がある¹⁰。王認学会ではその後も実験助手としてパパンを迎えて空気ポンプを使った実験を継続し、その成果

² Robert Boyle, *New experiments physico-mechanical: touching the spring of the air, and its effects*, 1660.

³ Thomas Birch, *History of the Royal Society of London*, rev. ed., 1968, Vol. 1, p. 23.

⁴ *Ibid.*, p. 16.

⁵ *Ibid.*, p. 82.

⁶ *Ibid.*, p. 83.

⁷ Shapin and Shaffer, *Leviathan and Air Pump*, 1985, p. 235, p. 277.

⁸ Thomas Birch, *op. cit.*, pp. 414-428. 1664年4月13日, 4月27日, 5月4日, 5月25日.

⁹ *Ibid.*, Vol. 3, p. 59.

¹⁰ *Ibid.*, Vol. 2, p. 473.

は1682年『空気ばね論 続編 第2部』にまとめられた¹¹。

公開の場で実験を行い、社会的に認定された事実を基礎にして議論をすすめようとする王認学会の姿勢は王政復古期の政治的、宗教的混乱を背景にした研究戦略の一環であったと指摘されている¹²。王認学会が Nullius in verba（「言葉によらず」）を自らのモットーとして掲げたとおり、彼らにとって実験の公開と、実験結果という事実に関する参加者の同意は、揺籃期の科学研究活動に対して社会的権威を付与するために不可欠な要因だった。しかもその事実は実験結果のみならず、その際に使用される装置の構造、試料の出処、操作の手続きなどについても同様の検証が求められた。研究成果の正当性を保証するこれらの公準要件は、同時代に並行して活動していた錬金術師たちと袂を分かち決定的な分岐点でもあった。実験の過程を公開しないのは錬金術師の特質であったからである¹³。

（2）ボイルの個人的な資質

近代実験科学の成立にとって実験の公開は必要不可欠な条件だったとはいえ、ボイルが私人として示した公開への姿勢は、実験科学を成立させるための必要条件をはるかにうわまわる態のものだった。ボイルはオックスフォード在住時代から多くの見学者を実験室に招き入れており、後に王認学会の会員として共に活動する者たちだけでなく親戚、友人、そして友人の友人まで実験に同席させた¹⁴。ロンドンに移ってからもその姿勢は一貫していた。ボイルの近隣の住人はボイルの社交性の高さについてこう証言している。

「ウェストミンスター寺院大聖堂の高位聖職者、大聖堂名誉参事会員であるトーマス・デント博士は次のように言っている。『わたしはボイル氏が毎朝のように多くの人をもてなしているのを目にしたものだ。その人たちはじつにさまざまな国からフランス、スペイン、ドイツ、それにいろんなお国なまりのある英国各地から来ていた。その人たちはじつに楽しそうで、うきうきとした雰囲気だった。そこで交わされる会話はいつでも和やかで、だれもが好奇心にあふれていた』。ボイルの社交性の高さについてマディソンの著書から引用を重ねよう。「だれでもかたんに彼に面会できるために、じっさい多くの見知らぬ人たちがあまりに多く会いにくるために、ボイル氏の時間があまりに多く浪費される結果になった。それでもなお彼はそういう人たちを受け入れようとしたし、自分が家にいる限り面会を拒もうとはしなかった。だから彼は〈旅人の気持ちがわかる人〉として知れ渡っていた。」「彼はこのことを訪問客に対する自分の義務だと考えていたのだろうが、それは

¹¹ Robert Boyle, *A Continuation of New Experiments Physico-Mechanical*, 1682.

¹² Steven Shapin, "Pump and Circumstance: Robert Boyle's Literary Technology," *Social Studies of Science*, November 1984, vol. 14, no. 4, pp. 489.

¹³ とはいえボイルは当時の多くの技術者がその技術を秘匿しているという条件に阻まれて、自らも上述のような公準を必ずしも遵守できていない点について弁解をしている。ref. Robert Boyle, "A Preominal Essay wherein with some considerations touching Experimental Essays in General," 1661, M. Hunter ed., 1999, p. 31.

¹⁴ 松野 修「ロバート・ボイル『空気ばね論』(1660)における実験立会人」『愛知県立芸術大学紀要』45号, 2016年。松野 修「ロバート・ボイルの実験室——ボイル『空気ばね論』(1660)と『空気ばね論続編第1部(1669)の分析を中心に——」愛知県立芸術大学紀要』46号, 2017年。

単に礼儀にかなったふるまいという枠を越えていて、彼にとってもはや宗教的な献身の一種ですらあった」¹⁵。

1665年、首都にペストが蔓延したため、その夏多くの上級階級の者がオックスフォードに避難した。暇をもて余したこの者たちはボイルの私宅を訪れて時間をつぶしたという。そのようすをマディソンはこう書いている。「1665年のロンドン、ペスト大流行の折り、オックスフォードにいたボイルのところには暇をもてあました人びとがぞろぞろやってきた。」「オックスフォードに大勢の人たちが流れ込んできたために、ボイルはこんなふうにならざるを得なかった。今や英国のありとあらゆるところから、ものすごい人数の人たちが、今日一日だけでなく、ここ数週間というもの、何人もがわたしに会いに来てきている。だからわたしは今週中にはもうリーズには行かず、ここから4、5マイル離れたところに逃げ出すつもりでいる。そうすればわたしは時間を確保できるだろう。つまり食べたり、眠ったり、読んだり、書いたりするために必要な時間を確保できるだろう」¹⁶。じっさいジョン・イープリンはその日記にこう記している。「1664年10月20日、オックスフォードに行き、2日間おおいに楽しんだ。翌日ボイル氏を訪れた。彼は今ここ〔オックスフォード〕にいる。そしたらウォレス氏とレン氏もそこにいたので、逆さまになった水銀柱や望遠鏡が置いてある塔に行き、貴重書室へも行った。一昨日、この望遠鏡で水星の太陽面通過を観測するつもりだったが、経度があまりに高かったので何も見えなかったとのことだった」¹⁷。

ボイルには上流階級に属する者に対して当然にも要求される社会的圧力が働いていたとしても、当時の社会常識の水準から見てもあまりに寛大といえるほどボイルが自らの実験室を公開するに至ったのは、自らが創出しつつある実験科学を発展普及させるうえで、その必要性を人一倍自覚していたからであろう。とはいうもののボイル(とその姉ラネラ夫人)が自宅への訪問を許したのは、特定の者に限られていたことは言うまでもない。だれが招かれざる客であるか、その境界がどこにあるかは明示こそされなかったが、しかし当事者のあいだではそれは暗黙のうちに了解されていた。そしてまたシェイピンが指摘するように¹⁸、そこに招かれた者たちはその場にふさわしいふるまいをするよう期待されていた。王認学会への参加資格も、ボイルの実験室への入場許可と基本的には同じ原理が働いていた。はっきりと明文化されてはいなかったとはいえ、王認学会の会員たちと個人的なつながりがない者、身分的に場違いな者には学会の扉は固く閉ざされていたのである。

2. 公開講座のはじまり

(1) デザギュリエとホークスビーの関係

1700年代における公開科学講座の開催はこうした境界をとりはらい、参加費さえ払えば身分、学歴、性別、年齢に関係なく文字どおりだれでも実験のようすを見学し、体験できる機会を提供す

¹⁵ R. E. W. Maddison, *The Life of the honorable Robert Boyle*, 1969, p. 107.

¹⁶ *Ibid.*, p. 120.

¹⁷ *The Diary of John Evelyn*, Vol. 2, (1647-1676), reprint ed. 1906, p. 216.

¹⁸ Steven Shapin, "The House of Experiment in Seventeenth Century England," *ISIS*, 1988.

るものだった。

従来、英国における公開科学講座の濫觴は最初期の公開科学講座の講師であり、公開科学講座の普及に最も影響力の大きかった J. T. デザギュリエ (John Theophilus Desaguliers: 1683-1744) の証言をもとに説明されてきた。王認学会で初代実験主任を務めていたロバート・フックが 1703 年に亡くなった後、ニュートンが学会の会長職を引き受けたものの、魅力的な実演者がいなくなったこともあって学会の活動は低調になった。学会の低迷を苦慮したニュートンは F. ホークスビー (Francis Hauksbee: 1660-1713) に学会で実験を披露するよう託したが、彼は 40 歳の若さで亡くなってしまった。そこでフランスから亡命してきたユグノーの息子、J. T. デザギュリエを実験主任に据えた。デザギュリエは当時 30 歳、ニュートンの期待に応じてみごと学会を立てなおしただけでなく、学会の外でも公開実験講座を開くようになったという説明である¹⁹。

デザギュリエは『実験哲学の連続講座』の「まえがき」でこの事情についてこう書いている。「わたしは 1710 年ごろから実験哲学の講座をするようになった。わたしより前にはオックスフォード大学でジョン・キール (John Keill: 1671-1721) が実験をもとにしてニュートン哲学の講座を開いていた。それとは別にホークスビーも講座を開いていた。ホークスビーの講座の方は不思議な現象をいろいろな実験で見せるだけで、自然の仕組みが理解できるようにはなっていなかった。だからそれは正しくは〈実験講座〉というべきだ。これに対してキールの講座は実験を順に積み上げていくことで哲学が理解できるようになっていた。こちらは〈実験哲学講座〉というべきで、わたしはキールのやり方に従うことにした。「わたしはロンドンにやってきてこういうことに気がついた。実験の助けを借りればニュートン哲学はどんな階層の人でも、どんな職業についている人でも、ご婦人方にとって歓迎されるのだ。わたしはこのことを知ってとてもうれしくなった。たいいていの人たちは、ニュートン哲学を理解するには数学の素養が必要なんじゃないかと思って震えあがってしまうのだ」。「わたしは 1710 年から今日 [1734 年] まで、連続講座を 121 回やってきた。現在、実験哲学の公開講座を開いている人はイングランドだけでなく世界じゅうに 11 人か 12 人にいる。自慢させてもらいたいのだが、そのうち 8 人はわたしの講座から学んだ人たちなのである」²⁰。

たしかにニコラス・ハンスが評するように、デザギュリエの連続科学講座は 1700 年代における画期的な業績として評価されていたし、デザギュリエの後から実験哲学の講座を始めた講師たちはみな、デザギュリエの講座を自分の講座のひとつのモデルと見なしていた。彼が書いた序文や読者案内ですらその後のいろいろな本でまねされたほどであった²¹。デザギュリエ自身は自分よりも以前にホークスビーがロンドンで公開科学講座を開いていたことを認めてはいるものの、ホークスビーの講座は「実験哲学講座」とは呼べない代物だったと低く評価している。しかし実際にはデザギュリエはホークスビーの仕事に大きく負っていた。この点についてはモートン、ウエズとブランランドが詳しく報告している。

¹⁹ 永田英治『たのしい講座を開いた科学者たち—科学と科学教育の源流—』星の環会, 2004 年, 54 ページ。

²⁰ J.T. Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy*, 1st. ed., 1734, Preface.

²¹ Nicolas Hans, *New Trend in Education in the Eighteenth Century*, 1951, p. 140.

デザギュリエは「1710年ごろから実験哲学の講座をするようになった」と書いているが、デザギュリエがロンドンで公開科学講座を行った日付が正確にわかっているのは1713年5月である。この日、デザギュリエは故ホークスビー夫人の同意を得てか、依頼を受けてか、とにかく亡くなったホークスビーの店舗で講座を開いた。モートンとウェズは当時の新聞広告記事をもとに詳しくその事情を解説している。それによれば、かつて医療器具と科学実験器具を製造販売していたホークスビーの店で同姓同名の甥フランシス・ホークスビーも働いていた。その甥がフリート・ストリート(Fleet-street)の小路を挟んで別の店を開いたため、叔父のホークスビーと商売敵になってしまった。当時、自分の店で公開科学講座を開催し、店主がその講師を務めたり、人気のある講座に実験器具を提供することは、彼らが扱っている商品の信用に大きく寄与し、売りに直結した。そのため2軒の店は公開科学講座についても、1712年1月ごろからライバル関係になっていた。しかしホークスビー(叔父)が1713年に亡くなってしまったので、その後を受けてデザギュリエがホークスビー(叔父)の店で公開講座を担当することになったのである。しかしこの頃、ロンドンに移ってきて科学講座の講師として働き始めたのはデザギュリエだけではなかった。ウィリアム・ホイストン(William Whiston:1667-1752)もケンブリッジ大学のルーカス講座のポストを辞めさせられてロンドンにやってきた。ウィルソンは甥のホークスビーと組んで公開講座を始めたので、その後も〈ウィルソンとホークスビー(甥)〉対〈デザギュリエとホークスビー夫人〉のいさかいは『デイリー・クーラント』紙の宣伝欄を通じて当時のロンドン市民に知られることになった。デザギュリエは王認学会でホークスビーのあとを継いだだけでなく、ロンドンでの公開講座でもホークスビーの後継者だったのである²²。

(2) ホークスビーの業績とその意義

ホークスビーの業績については注目すべき点が3つある。ひとつは王認学会を主として発表の場にして行った実験研究である。ブランドランドは『王認学会紀要』を読む限り、1675年にボイルが空気ポンプについて書いたあと、1704年にホークスビーが再び書き始めるまで30年間は空白時代だった」と指摘しているが²³、それだけでなくホークスビーが行った研究はまちがいなくボイルの研究を継承したものだ。ホークスビーは1703年から1713年までほぼ毎週、王認学会の例会でさまざまな実験を見せ、それをもとに『王認学会紀要』に50本近くの論文を書いた。彼はその成果を『物理器械実験集』にまとめているが、その内容を検討するとボイルが空気ポンプを使って研究していたことを基礎に研究を発展させていることがわかる。

もうひとつは空気ポンプの改良と普及である。ボイルは生前、ロバート・フックやドニ・パパンの協力を得て3つのタイプの空気ポンプを開発し、それを使って数多くの実験研究を行った。ボイ

²² Alan Mortton & A. Wess, "Science as Polite Culture Early scientific lectures in London 1700-45," in *Public and Private Science The King George III Collection*, 1993, pp.40-54.

²³ Terje Brundland, "From medicine to natural philosophy, Francis Hauksbee's way to the air pump," *The British Journal for the History of Science*, Vol. 41, Issue 02, 2008, p. 239.

ルは自分のポンプの仕組みを秘匿しなかったし、ボイルの提供した情報をもとに他の研究者もポンプを自作することを期待していた。けれどもポンプの製作には多大な費用がかかったうえに、ボイルが考案したポンプの構造は脆弱で、しかも熟練した高度な技能が求められた²⁴。じっさい王認学会に寄贈された初代のポンプは、フックが管理し彼が操作しなければ成果は期待できなかった。このためポンプの自作については2, 3の試みがなされたにとどまり、1600年代には空気ポンプは普及には至らなかった。ホークスビーはこの限界を突破することができた。医療用のガラス器具の改良から着手して、ついにはダブル・シリンダータイプのポンプを開発するに至ったからである。ホークスビーが開発したポンプは1600年代に製作されたものと比べて格段に堅牢で扱いやすかった。ホークスビーはこれを使って自ら実験研究を行なっただけでなく、ポンプを多数製作し、販売した。ホークスビーの開発したダブル・シリンダータイプのポンプは1700年代における標準的な空気ポンプのモデルとなって世界中に普及した。ポンプの普及にともなって実験を目のあたりにできる人の数は飛躍的に増加した。ボイルは実験がいろいろなしかたで複製され、実験事実の信憑性が社会的に保証されることを望んでいたけれども、ポンプの改良によってそのことが技術的に可能になったのである。

これと関連してホークスビーは実験室に容易にアクセスできる社会的な技術も開発した。ホークスビーは自らが講師となって市民を対象とした公開実験を行ったからである。ロンドンで、つまり世界で初めて実験装置を使って公開科学実験講座を行ったのは、他ならぬホークスビーとその仲間だった。ホークスビーらが1700年代に扉を開いた公開科学講座は、王認学会の周りに厳然と存在していた境界をとりはらい、参加費さえ払えば身分、学歴、性別、年齢に関係なく文字どおり誰でも実験のようすを見学し、体験できる機会を提供した。ホークスビーは王認学会の会員として、毎回のようにその場で実験をして見せていたのだから、その彼が市内で実験講座を開催するなら、王認学会での実験を目にするのと同じである。

(3) ホークスビーの経歴とポンプの開発

ホークスビーの経歴とその仕事についてはブランドランドの一連の詳しい研究があるので、その研究をもとに簡潔に要約しておく。ホークスビーは1660年コルチェスターに生まれた。兄のところに呉服商として徒弟に入ったのち、1669年1月、自らが製造する医療機器について初めて新聞の広告を出した。その記事には「これはこれまでとちがったやり方で瀉血をするための道具」であって、内科医や外科医たちに来店して詳細を見るようにと書いている。1699年から1703年までに『フライング・ポスト』、『ザ・ポストマン』、『ザ・ガーディナー』などの新聞に少なくとも25回、独自に開発したカップング・グラスについて広告を出している。ブランドランドはホークスビーがそのしくみを詳しく説明した広告記事をもとに、この器具は熱した空気を冷まして空気を抜く従来

²⁴ 松野 修「ロバート・ボイルにおける空気ポンプの構造と操作法」日本物理教育学会にて発表, 2015年8月九州大学。
Osamu Matsuno, Reproduce of Robert Boyle's air pump, American Association of Physics Teachersにて発表, July 2015, Maryland Univ.

のタイプとは異なった、小型のシリンジ (Syringe) であったにちがいないと推測している。「ホークスビーの瀉血器具 (Cupping device) は〈ボイルの真空〉 (Vucuum Boylenum) を利用した英国で最初の道具であった」というのである。ブランドランドは「当時発行された新聞紙を数千ページにわたって調べたが、ホークスビーが製造販売したような瀉血用のポンプを扱った者には他にはだれもいなかった」と報告している。ホークスビーはこの器具をただ単に製造販売するだけでなく、顧客に使い方を詳しく説明し、利用者の声に応じて使い易く改良していった。器具に新しい改良を加えたときには、「以前に購入した方には器械1個について12ペンス、ガラス容器1個につき6ペンスで新式のものとの交換する」という良心的な商売をしていた。こうして医療関係者と知的な交流を深めていったのだが、その中には王認学会の会員もいたのだろう。ホークスビーはそうした人たちから得た情報をもとに、自らのカップping・グラスをさらに発展させ、実験器具として使用可能な器具を開発するに至った。1701年11月13日、ホークスビーは新しい空気ポンプを販売すると広告する。ホークスビーがこのとき宣伝したポンプは、ハリスが『器械学事典』(1704年刊初版)で図解しているものだったと言われている²⁵。1702年10月にはさらに「ポンプだけではなく、これを使って行うことのできる実験のためのすべての器具をいっしょにつける」という広告を出した。ホークスビーはその後、自分のポンプについてだけでなく、それを使った一連の実験についても広告を出すようになった。

さて1703年3月にフックが死去すると同年11月30日にニュートンが王認学会の会長に就任する。それから2週間後の12月15日、ホークスビーは初めて王認学会に招かれて自作のポンプを使って実験を披露した。この日はニュートンが会長として初めて例会に参加した日でもあった。ホークスビーがそこで使った空気ポンプは1701年に開発した旧式のものであって、ダブル・シリンダータイプのポンプではなかった。新式のポンプの開発に成功したのはおそらく1704年末から翌年の初旬であつたらう。1705年5月、彼は初めてダブル・シリンダータイプのポンプを広告している。9月にはニュートンから、自然哲学の愛好者たちのためにそのポンプを持参して実験を見せてくれるよう依頼され²⁶、11月には王認学会の会員に任ぜられる。毎週、そこで実験を見せるためである。ホークスビーのような職人が王認学会の会員に推挙されるのは例外的なことであつて、ロバート・フックのあとを継いだと評してもよい²⁷。

ホークスビーが公開科学講座に携わるようになったのは、この新式のポンプの開発が成功したことと深く関係していると考えられる。というのもホークスビーが初めて公開講座に関与したのは1705年1月で、その講座の案内には「この講座ではホークスビーの改良したポンプを使う」とされているからである。正確にはこの講座の主催者は王認学会会員ジェームズ・ホジソン (James Hodgson:1672-1755)、会場はセント・ポール・チャーチヤードにあったモア (More) の店だった。ただし事前の申し込みはホークスビーの店舗でも受け付けるとしている。しかもこの講座はロンド

²⁵ John Harris, *Air Pump*, in *Lexicon Technicum*, 1704.

²⁶ Alan Morton & A. Wess, *op. cit.*, p. 48.

²⁷ 以上は Terje Brundland, *op. cit.*, pp. 209-240 による。

ンで初めての、つまりは世界で初めての公開科学講座であった。ホークスビーは公開科学講座の開催に初めから深く関わっていたわけだ。王認学会の会員になってからは、ホジソンと並んで、ホークスビーの名も講師として広告に現れるようになった（1706年1月から）。王認学会の会員としての社会的信用と彼の開発した空気のポンプの使い易さが相まって公開講座を成功させたと言えるだろう。

ホークスビーは新しく開発したダブル・シリンダータイプのポンプを公開講座のために使っただけでなく、他の者も自分で使えるようにこれを販売した。1705年5月『Post Man』紙にはこのポンプの宣伝が載っており、それによれば「このタイプのポンプだと空気をうんと抜いたときでも大きな力が必要ないので使い易い」と説明されている。ポンプ本体だけでなく、そのほか20種類ものいろいろな実験用の器具がついていて価格は全部で25ポンドだった。サミュエル・モリノー（Samuel Molyneux :1689-1728）はさっそくこのポンプを購入した。彼が購入したポンプには空気を抜くためのガラス容器（18-20インチの高さがあった）、鉛玉と羽根の落下実験をするためのガラス管、白熱した鉄板に火薬をふりかける実験のための器具、手のひらをかざして空気を抜く実験のための器具、レシーバの上から吊すことのできるベル、特別なしかけのついた四角のびんなどがついていた。このびんには弁がついているので、びんの中の空気は抜かれるけれども、レシーバに空気を戻してもびんには空気が入っていないので、びんは外から押されて内側に割れる。次にびんの弁を閉じたままレシーバから空気を抜くと、びんは外側に向かって割れる。これらの器具の使い方についてはホークスビーからモリノーへの手紙に書かれていたとのことである²⁸。ホークスビーは公開講座を自ら始めただけでなく、他の者が科学講座の講師として活動するための条件を整えたのだった。

ホジソンとホークスビーは1707年からフリート・ストリートにあったホークスビーの店で講座を開くようになった。その後、ホジソンはクライスト・ホスピタルの数学教師に任じられたので（1709年）、公開講座の講師を降りることになったが、ホークスビー自身はそれからあとも、1713年に亡くなるまで自分で公開講座を開催している。それらの講座は英国で初の日刊新聞『デイリー・クーラント』紙をはじめ、当時ロンドンでさかんに発行されるようになった新聞の広告欄に掲載され、街中に広報された。当時ホークスビーの店舗があったフリート・ストリート界隈は新聞社が軒を並べていた一角でもあった。ロンドンではその頃さかんに新聞が発行されるようになっていたのである。ちなみにホークスビーの店があったワイン・オフィス・コートには、後に英語辞書の編纂で有名なサミュエル・ジョンソン（Samuel Johnson:1709-1784）が住むことになる。ホークスビーらが公開科学講座を開催できるようになった社会的な条件として当時におけるジャーナリズムの発展も寄与していたのである。

²⁸ 以上は Terje Brundtland, "Francis Hauksbee and His Pump," *Notes and Record The Royal Society Journal of the History of Science*, 2012, no. 66, pp.253-272 による。ほかに Terje Brundtland, "After Boyle and the Laviathen: the second generation of British air pump," *Annals of Science*, Vol. 68, No. 1, 2011, pp. 93-124 も参照。

(4) ホークスビーの実験のようす

ホークスビーの公開科学講座の詳細については別の機会に譲るとして、ここではホークスビーの店を訪れた人の証言を紹介しておく。フランクフルト在住のウッフェンバッハ (Zacharias Conrad Uffenbach:1683-1734) は 1710 年、ロンドンに滞在中ホークスビーの店舗を訪れて以下のような記録を残している。「1710 年 6 月 28 日朝、わたしたちは最初にワイン・オフィス・コートにあるホークスビーの家を訪ねた。本人には会えなかったが、彼の甥にあたる若い人がわたしたちを案内し、ポンプを使ってよく知られた実験を見せてくれた。」

このとき案内に出た甥はのちにホークスビーの商売敵になる同姓同名のホークスビーであったことはまちがいない。このときに見せられた実験はありふれたもので、とくに感興を引かなかったようである。ウッフェンバッハの一行はホークスビー(叔父)に直接会って実験を見せてもらいたかったので、日を改めて出直すことにした。「ホークスビー氏がこのポンプにつけ加えた考案と彼がこのポンプを使って行ったすばらしい実験の数々については彼が書いた本『器械実験集』(ロンドン、1709 年刊) に詳しく説明されている。わたしたちはその本を 6 シリングで購入した。この本を宿でじっくり研究してから、その実験をもう一度見せてもらうことにした。そうすれば得るところが大きいだろう。そういうわけでわたしたちはいつまたここを訪れるべきか、その日どりについてあらかじめ決めておいた。それからわたしたちは、鋳物工場を見るためにムーア・フィールドに馬を走らせたが、そこには寂れた建物のほかには何もなかった」²⁹。

「1710 年 10 月 28 日 わたしたちは自然哲学者であり実験家でもあるホークスビー氏の家を訪ねた。彼はこの近くに住んでいるのだ。わたしたちは彼にすばらしい演示と実験を見せてもらって大いに驚いた。特に光の性質に関する実験は非常にすばらしく、しかもとても不思議だった。わたしたちは彼が出版した本をとりだして、この本の中に書かれている実験をいくつか見せてくれるよう頼んだ。最初にわたしたちは〈図版 VII の 6〉に載っている実験を見せてもらうことにした。ガラスレシーバの中にどうやって絹の糸を吊り下げるのが、どうやって空気ポンプを使ってその中の空気を抜き出すのか、順を追って見せてもらった」。

〈図版 VII の 6〉にある実験とは、まわりに絹糸を何本か埋め込んだ円盤をガラス容器の中に入れ、空気を抜いてからガラス容器を擦るという実験である。こうすると静電気のために絹糸がガラス容器に引っぱられる。空気を抜いた容器をこすって静電気を発生させるという一連の実験はホークスビーが独自に開発したもので、これまでだれも試みたことがなかった。この実験を初めて目にしたウッフェンバッハは詳しくそのようすを記している。「空気は自分の力で上の方から出ていった。それから彼はレシーバを右に、こんどは左にと勢いよく回転させはじめた。そうしておいてから周りにいる誰かがレシーバに指をあててこすると、中にある絹糸は指に向かって近づいたり遠ざかったりする。ガラス容器に指を入れなくてもだ。口から息を吹きかけるだけでも同じ効果がおきた」。「次にもっと大きなガラス玉にとりかえ、そのガラス玉から空気を抜き、これを暗闇で勢いよ

²⁹ Translated and edited by W. H. Quarrell and Margaret Maret, *the Travels of London in 1710 the travels of Zacharias Conrad Uffenbach*, p. 77.

く回転させた。誰かがこのガラスに向かって手をかざし強く力を入れて擦ると、ガラスの中が明るく光る。しかし指をほんの少しだけ、たとえば1インチくらい離すとガラス玉から火のようなものが外に向かって出てくるのがわかる。このとき彼が少しだけ空気を入れると光の色は変化し、しかも光はもっと強くはっきりしてきた。彼はこういうことを何回か繰り返したのだが、そのたびに毎回ちがったことがおきた。最後に彼がかなりの量の空気を入れたとき、ある人の指はガラス玉から1インチ以上離れていたのだが、このときには何かが勢いよく突進してくるような音がした。」

この実験についてホークスビーは自著の『実験集』「第2部 実験5」で詳しく述べている³⁰。ウッフェンバッハはこの記述をあらかじめ読んできて、この場で再現してくれるよう頼んだのだ。一行はこの現象を初めて目にして大いに驚いたわけだが、この現象を目撃するには、あたりがじゅうぶん暗くなっていることが必要なので、一行はおそらく夜になってからホークスビーを訪問したのだろう³¹。

ホークスビーの時代には、この発光現象を説明できるだけの科学理論は整っていなかった。ただし真空中における発光現象は、ボイルらが初めて空気ポンプを製作したときから注目していた現象だった。ボイルは何度もこの現象がおきる条件を確定しようと試み、発生の機序についても推測を重ねたが、結局は不明のままに終わっていた³²。ホークスビーはボイルのこの研究を継承し、再現可能な条件を見つけ出すことができたのである。

ウッフェンバッハはその日、こんな実験も見せてもらったと書いている。「わたしたちはこの珍しい空気ポンプを使って、彼が考案した有名な実験をいろいろ見せてもらった（そのポンプについては以前に記した本の中で詳しく述べられている。その本にはポンプを描いた銅版画も収められている）。それはたとえばベルやぼうこうを使った実験である。」「最後に彼は小さな四角のびんを持ってきて、これを丸いフラスコの下につないで置いた。フラスコの口は塞がれているが、両者をつなぐ一箇所穴が開いていて、その穴にぼうこうの一片が括りつけてある。このボウコウのために空気はフラスコ〔と四角のびん〕から出ていくことはできるが、フラスコ〔と四角のびん〕には戻れないようになっている。こうしておいてからフラスコと四角のびんの中から空気を抜く。すると四角のびんは丸くないので、こなごなに砕けた」³³。

空気を抜いた容器の中でガラス玉を破裂させる実験はボイルが『空気ばね論』の「実験9」と『空気ばね論 続編第1部』の「実験9」で行っている。同じ実験はホジスンとホークスビーが1706年ごろに広告した公開講座のパンフレットでも見せることになっていた³⁴。しかし容器の形状に

³⁰ Francis Hauksbee, *Physico-Mechanic Experiments of Various Subjects*, 1709, reprint ed. 1970.

³¹ この実験は2016年12月23日、岡崎自然科学研究機構カンファレンスセンターで開催された大道仮説実験ワークショップにおいて、吉川辰司が自作の装置によって再現した。

³² Robert Boyle, *op. cit.*, 1660, pp.265-270. Robert Boyle, *A Continuation of New Experiments Physico-Mechanical*, 1682, M. Hunter ed., 1999, pp. 152-153.

³³ *Ibid.*, pp.169-170

³⁴ "An Account of Hydrostatical and Pneumatical Experiments To be perform'd in the Course, at the House of Mr. Hauksbees, in Wine-Office-Court, in Fleet-street," 1706 (?).

よって破裂したり破裂しなかったりすることを示す実験はそこには記されていない。この実験では同じように空気を抜いても片方だけが破裂するので、「びんが破裂したのは〈真空嫌悪〉のせいではないのだ」とわかりやすく説明できる。これはたいへん優れた実験である。この実験はゲーリケの『マクデブルグの新実験』「第 26 章」に記載がある³⁵。ホークスピーはゲーリケの著書を参考にするか、独自に工夫を重ねて 1710 年までにこの実験を考案したのだろう。

3. デザギュリエの公開講座

(1) ホークスピーの継承

ホークスピーが亡くなる直前に、ホークスピーの甥はウィルスンと組んで公開講座を始めるようになった。そこでホークスピー夫人は彼らに対抗するためにデザギュリエと組むことにした。デザギュリエは、ホークスピー(叔父)の娘婿リチャード・ブリジャー(Richard Bridger)が製作したポンプを使い、ホークスピー夫人が経営する店舗で講座を開いた。1713 年 5 月 4 日、デザギュリエは『デイリー・クーラント』紙に講座の広告を出しているが、この記事には「イズリントンにあるデザギュリエ氏のフランス語学校のほか、フリート・ストリートのハインドコートにあるホークスピー夫人の店でも予約を受付ける。そして講座はそこで行われる」とある³⁶。1714 年にもデザギュリエはまだ「ホークスピー未亡人の店で講座を開催する」と広告している。デザギュリエは 1714 年 7 月に王認学会の会員になり、翌年 1715 年秋からはウェストミンスターのチャンネルロー(Channel Row)にある自宅で講座を開くようになった。それでも 1717 年に出版した講座の概要(Physico-Mechanical Lectures)には、「この本はデザギュリエのところだけでなく、[ホークスピーの後継者である]ブリジャーとそれからヴリーム(William Vream)のところでも販売されている」と記されている³⁷。デザギュリエはまちがいにホークスピーのあとを継ぎ、そのうえで講座の内容を発展させたのである。

(2) デザギュリエの講座のようす

デザギュリエはその後、1715 年から 1738 年まではロンドンの自宅で、1739 年から 1744 年まではロンドンの中心部コベントガーデンにあったベドフォード・コーヒーハウスで実験哲学の連続講座を開いた。デザギュリエの講座の内容についての詳細は別の機会に譲るとして、ここではデザギュリエの講座に参加した人の記録を紹介する。

1741 年 3 月 6 日、ロンドンに駐在していたプロイセンの外交官ビールフェルト男爵(Baron Jacob Friedrich von Bielfelf)はベルリンの友人ヨルダンに宛てて手紙を書いている。「当地での仕事は荷が重い」などとグチをこぼしたあと、彼はこう続けている。「わたしは毎週 2 回、自分の仕

³⁵ Otto von Guericke, *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*, 1672, 松野 修訳『真空空間に関する(いわゆる)マクデブルグの新実験』2009 年、楽知ん研究所刊、60-62 ページ。

³⁶ Audrey T. Carpenter, *John Theophilus Desaguliers*, 2011, p. 28.

³⁷ *Ibid.*, p. 268.

事を抜け出して有名なデザギュリエ博士の講座に出席している。博士はウエールズ皇太子付きの牧師なのだが、彼はここで実験哲学講座を開いているのだ。この講座は毎年2月から始まり、毎週月曜午後6時から講義がなされる。天文学についての別の講座は毎週火曜午前11時から始まった。1回の講義は約2時間。物理学の連続講座には22回、天文学の連続講座には16回の講義があった。」

この講義ではいろいろな実験が実演された。その目次には器械学には17の実験、流体静力学には25の実験、気体力学には25の実験、光学には15の実験が挙げられている。受講料は物理学の講義が2ギニー半(約5万円)、天文学の講義もほぼ同額だった。「この講座にはほとんどすべての外国から高官たちが集まっている。この講座に参加するためにだ。博士の住まいは、一教授宅の聴衆席というよりは、むしろ議会の大広間といったほうがいような外観である。われわれは彼に相当な高額を支払うのだが、その見返りとして博士はわれわれを厚くもてなすためにあらゆる配慮を惜しまないでいる」。デザギュリエはしばしば自らの講座を「ベッドフォード・コーヒーハウスで行なう」と広告しているのだが、そのためあたかもこの喫茶店を借り切って実験講座が開催されたかのように誤解されることがある。実際は建物の地上階にベッドフォード・コーヒーハウスの店舗があり、その上階にデザギュリエの住居があって、そこの大広間に聴衆を集めて実験を見せていたのである。数多くの実験器具もそこに保管されていたのだろう。

「博士はわれわれに自然の隠された原動力を見せてくれる。物理学、適確な呼び方をすれば器械学、水力学、気体力学、光学、天文学などがすべてこの講座に含まれている。たぶん君のすばらしい図書館にもこの博士の著書『実験哲学の連続講座』というタイトルの本があるだろう。……彼の講座はこの本が基礎になっている。けれど彼はここではその説明をするにあたって、そのすべてを多数の器械を使って行うのだ。彼はまるで、自然をすべてわれわれの目の前に映しだし、自然に自らの働きを行わしめるかのようだ」。この著書は1734年に初版第1刊が発行され以来、1763年まで版を重ね、のちの公開科学講座の標準となった本である³⁸。

かつて科学実験は王認学会の会員しか見ることのできなかつた代物だったが、こうして多くの人がびとがそれに参加できるようになった。その気持ちをビールフェルトは、「正直に言うが、この講座に参加していると言葉にできないほどの喜びを感じる。わたしは最高に満ち足りた気持ちにならずにこの講座から帰ったことはない」と友人に伝えている。ビールフェルトはデザギュリエが見せた天球儀(オーラリ)に特に感銘を受けたようだ。「この器械を使えばこのわたしにだって、ほとんど何の興味も関心も持っていないレディに1か月で天文学を教えることができるだろう。とはいえこんな器械は誰にでも手に入るものではない。博士はこのために1千ポンドもの費用を支払っているのだ」と書いている。ビールフェルトはこの講座でデザギュリエとその実験を手伝っていたジョージ・グラハムや聴衆との間で摩擦の問題について議論が交わされたこと、グラハムは後日その議論をもとに実験装置を改良したことを伝えている³⁹。

³⁸ J. T. Desaguliers, *A Course of Experimental Philosophy*, 1734.

³⁹ Audrey T. Carpenter, *op. cit.*, pp. 39-40.

デザギュリエは空気ポンプや天球儀に限らず、じつにさまざま主題について実験を示し、その意味を解説している。とはいえ空気ポンプを使った実験に限っては、自著『実験哲学の連続講座』の中に、ウィリアム・ヴリームWilliam Vreamの著した冊子をそのまま引用している⁴⁰。この冊子の表題を訳せば以下のとおり。『故ホークスビー氏の最良にして最後の考案になる空気ポンプの説明 この器械を使った50のとてもおもしろい実験のやりかたつき 空気ポンプと真空鐘、それにこの器械に付属しているすべての部品が興味深い銅版で描かれている』。この冊子を販売している場所は「著者の自宅(セブン・ディアル近く、エール・ストリート、ロイアル・オークの2軒となり)とリチャード・ブリジャー氏(フリート・ストリート、ハインド・コートのはずれ)」とある。さらにこの2箇所では「空気ポンプ(シングル・シリンダータイプとダブル・シリンダータイプがあります)」、「空気を圧縮する器械」「吸角法のための小ポンプ」「吸角ガラス(ワインのアルコールに炎をともして使うタイプ)」「各種吹き上げ管」「静水ばかり」「各種ガラス製天候計、気圧計、温度計、海洋気圧計、携帯用温度計。湿乾計測器」などなどを販売すると広告している。リチャード・ブリジャーについては「王認学会会員、故ハクスビー氏の弟子」と明記されており、ホークスビーの娘婿リチャード・ブリジャーであることはまちがいない。デザギュリエの講座は、少なくとも空気ポンプに関しては、ホークスビーの功績を最後まで継承していたのだった。

4. おわりに

ヴリームはタワーストリート・アカデミー(Tower Street Academy)で自然哲学を教えたこともある。ロンドン旧市街のはずれにあったこの学校は1700年代の英国に出現しはじめた新しいタイプの学校のひとつとして有名だった。これらの中等学校では伝統的なラテン語だけでなく、英作文、フランス語、イタリア語などの現代語、算術、数学、複式簿記、絵画、フェンシングやダンスなどそれまでにない科目が教えられるようになった。スポーツ、釣り、体育、政治経済などという科目を用意した学校もあった。このため、これらの学校は近代的な学校のはじまりとして英国教育史の研究者にも注目されてきた。注目すべきは、これらの新しいタイプの中等学校では、その多くに「実験つきの自然哲学コース」が設けられていたことである。「自然哲学」とは、今日の科学のことと考えてよい。学校で自然哲学(科学)が教えられるようになったのも、こうした新しいタイプの学校が最初だった。タワーストリート・アカデミーにも自然哲学のコースが設けられていて、希望者は3ギニー(約6万円)の追加受講料を支払えば参加することができた⁴¹。ラテン語などの基礎科目以外は希望者だけが別料金を払って受講したのである。こうした学校の中でも、お金を支払いさえすれば身分や縁故に関係なくだれでも、実験つきの科学講座を受講できるようになった。デザギュリエが発展させた実験哲学講座は、こうして英国の私立学校やパブリックスクールでも、自由選択の特別講座として取り入れられるようになっていった。B. サイモンは1800年代に制度化されるにいった英国の教育史を描くにあたり、その基礎となった先駆的な教育運動としてバーミンガ

⁴⁰ William Vream, *A Description of the air-pump*, 1717.

⁴¹ Nicolas Hans, *op. cit.*, p. 83.

ムとリバプールの中間にあったウォリントン・アカデミー（Warrington Academy, 1757-1786）から筆を起している⁴²。この学校はタワーストリート・アカデミーの地方版であった。サイモンがこの書に収めた最初の挿し絵は、ダブル・シリンダータイプの空気ポンプや天球儀を使った実験講座のようすを描いたジョセフ・ライト（Joseph Wright: 1734-1794）の作品である⁴³。サイモンは知っていたのだろうか。その源流を溯ればホークスビーの公開講座に、ボイルの王認学会にいきつくことを。

ボイルが王認学会の中で開始した実験科学の公開はフランシス・ホークスビーやデザギュリエ、ウィリアム・ヴリームという人たちの手によって公開科学講座の場に移され、後には学校の特別講座の場へと進出していった。かつて当時の人びとからは「宗教的な祈りに近い」とすら評された寛大このうえないボイルの個人的な資質をもってしても、科学実験講座をひろく一般の人たちに公開することは不可能だった。彼らはその扉をポンプの改良という器械学的な改良、講座の開催という社会的技術の開発、コーヒーハウスの普及や日刊新聞の刊行という文化的背景を組み合わせることによって押し開いていったのだ。フランスの食通ブリア・サヴァランは『美味礼賛』の中で、革命前に手の込んだご馳走をいただくには腕効きのコックを雇っている邸宅に招待されないかぎり不可能だったが、革命後にはだれでも然るべき代金を支払いさえすれば、どんな料理でも食せるようになったと感慨深く書いている。同様のことが科学教育の世界でもおこっていたのだ。

ニコラス・ハンスは1700年代英国における新しい教育の潮流を概観し、「1900年代におけるいろいろな教育理念、たとえば『ライフステージに応じた教育』、『活動的教授法』、『進度別学習』など、近ごろ『新教育』と呼ばれているものは、複合課程学校や職業技術訓練も含めて、別に新しくもなんともない。それらはすべて1700年代の私営学校の中に祖先を見つけることができる」とまとめている⁴⁴。日本では「直観教授法」や「実物教授法」などの「新しい」教授法が、あたかもペスタロッチら1700年代後半における教育家の独創でもあるかのように説明されることがある。しかし近ごろ「新しい教育」と呼ばれているものは、教授方法の改革を含めて、別に新しくもなんともない。それらはすべて1600年代における科学実験研究に、1700年代における公開科学講座に祖先を見つけることができる。なぜなら板倉聖宣が指摘するように⁴⁵、科学教育は科学とともに生まれたのだから。

⁴² Brian Simon, *Studies in the History of Education 1780-1870*, 1960.

⁴³ a Philosopher giving a Lecture on the Orrery, an Experiment on a Bird in the Air Pump.

⁴⁴ Nicolas Hans, *op. cit.*, pp. 209-210.

⁴⁵ 板倉聖宣『科学と科学教育の起源』、2000年、仮説社刊、2ページ。