

# 科学史のための「弁明」

## 科学史とはなにか、それはなぜ重要か

トレヴァ・ルヴィア トロント大学科学技術の歴史哲学研究所教授

内田正夫 / 訳 所員・総合文化研究所助手

2004年6月23日(水) 和光大学総合文化研究所の第2回招聘セミナーとして標記の講演会が開催された。本稿はこの講演原稿の全訳である。

トレヴァ・ルヴィア教授は訳者の所属する化学史学会創立30周年記念事業の一環としての招聘に応じて来日された。訳者はこの機会を捉えて当研究所での講演をお願いしたところ、快諾を得たものである。ルヴィア教授はオクスフォード大学で学位を取得、1968年カナダのトロント大学に着任され、科学技術の歴史・哲学研究所の中心人物として研究と教育に携わってこられた。1971年、19世紀における化学親和力概念の発展に関する最初の著書『親和力と物質』(*Affinity and Matter: Elements of Chemical Philosophy 1800-1865*, Oxford University Press) を出版されたが、この本は同時期に現れたサックレイ (Arnold Thackrey)、スコフィールド (Robert Schofield) らの著書と並んで、化学史における新しいヒストリオグラフィ (歴史叙述の方法) を提起するものであった。その後、ルヴィア教授は研究の領域をひろく社会の中における科学の諸側面へと拡げ、19世紀ロマン主義と科学、科学機器・装置の歴史、北極探検等々に関する多数の論文、著書を発表してこられた。

今回の講演は、科学史という学問分野にあまりなじみのない一般の人々にむけて、科学史とはどういう学問であるのかを語っていただいたもので、その成立から最近までの学問分野としての歩み、歴史叙述の方法をめぐるいくつかの論点

その中にはいわゆる進歩史観や相対主義的科学観をめぐる議論、科学実践の現場を重視する必要性の指摘などが含まれる を紹介し、科学教育における科学史の重要性を述べて締めくくられている。一般向けとは書いたが、講演内容の含蓄はこれから科学史を専門に勉強してみようという方々 (少数かもしれないが) にとっても有益な示唆を含むものと訳者は考えている。

セミナー当日は時間の都合で予定原稿の約半分を割愛したが、ここには原稿全文を訳出した。見出しと訳注は訳者が付した。訳文について愛知県立大学の犬野誠教授に多くの助言をいただいたことを記して感謝する。ただし、誤訳等があればもちろん訳者の責任である。

なお、ルヴィア教授の業績について詳しくは『化学史研究』第31巻第2号 (2004) を、来日中に行われたもう1つの講演については同誌第32巻第1号 (2005) を参照されたい。

今日ここで講演させていただきますことを光栄に存じます。私を日本に招いてくださった日本学術振興会、化学史学会、大野誠教授（愛知県立大学）、また講演の機会を与えてくださった和光大学総合文化研究所にお礼申し上げます。この講演はたいへん入門的なものですので、科学史の専門家にとっては初めて耳にすることはほとんどないでしょう。とはいえ、それぞれの方の専門領域の知識を別の観点から振り返っていただく機会にでもなれば幸いです。もう1つあらかじめお断りしておきたいことがあります。私が示します事例は、主に英語文化圏かもしくは他のヨーロッパ文化圏からのものであり、その他の伝統からのものはほとんどありません。これは、私がこれまでに受けた教育と私自身の見識の狭さが原因です。

## 科学は変わるもの

科学史が重要なのは科学が重要だからです。科学は何千年にもわたって重要な人間活動でした。たとえば、そのことは、ジョゼフ・ニーダム<sup>(1)</sup>が始めた中国の科学技術史に関する十数冊もの分厚い大著作から一目瞭然です。中国の科学に比べれば、西欧の科学は新参者にすぎませんが、国際的に近代科学のモデルになっています。良かれ悪しかれ、西欧科学は、私たちが生きているこの世界を支配するようになったのです。ですから、その歴史を理解することはなおのこと重要なのです。

日本の皆さんに、歴史を知ることがいかに重要かということをおぼろげに申すまでもないでしょう。しかし科学の歴史に関して、しばしばこう考えられています。すなわち、古い科学は新しい科学によって越えられたのだから、古い科学を忘れてしまってもかまわないし、それは単なる誤りとして捨ててしまえばいいのだ、と。たとえばアインシュタインはニュートン物理学の限界を示しました。イギリスの天文物理学者スティーヴン・ホーキングは『時間の歴史』の中でこう述べています。物理学の歴史では繰り返し見られることだが、科学者たちが遂に発見したと考えた正解は、みんな誤りであった、と。それなのに彼は、以前のすべての世代とは違って、私たちこそ正しい答えを知っていると主張するのです。この態度は、現代の科学もいずれは超えられるというあまり愉快でない事実から目をそらすものですし、現代科学に対する無批判な態度を助長してしまいます。アイザック・ニュートンは物事がもっとよくわかっていて、ベルナルドゥス・シルベストリス<sup>(2)</sup>を引用して、「も

(1) ジョゼフ・ニーダム Joseph Needham (1900-1995) イギリスの生化学者、科学史家。ケンブリッジ大学教授。龐大な『中国の科学と文明』(1954~)を刊行。

し私が他の人々よりも遠くが見えるとするなら、それは巨人たちの肩に乗っているからだ」と述べました。科学史は私たちに、自然界に関する古代の知識と同様、現代の知識についても、謙虚な見方を与えてくれるのです。

## 科学史学の成立 科学思想史

科学史という学問は比較的新しく、小さな分野です。科学者たちは何世紀にもわたり、先人たちに対する関心を表明してきましたが、集団として科学史家が姿を現したのは20世紀になってからです。アメリカ合衆国のジョージ・サートン<sup>(3)</sup>はその創始者といってもよいでしょう。(アメリカ)科学史学会の機関誌である『アイシス』<sup>(4)</sup>は1912年にサートンによって創刊されました。科学史の国際団体は国際科学史連合で、4年に1度大会を開催します。

けれども、研究の内容はしばしばバラバラです。たとえば、科学の実践に関心があって科学器具を研究している科学史家と、理論に重点を置く科学史家には、ほとんど接点がみられません。そのうえ、科学の分野は多岐にわたり、それぞれに歴史があり、それぞれに異なった専門知識が必要となります。バビロニアの天文学史を研究している科学史家が、20世紀の宇宙論史や生物学史や化学史を研究している科学史家と、どのような接点をもちうるでしょうか。科学史家や科学哲学者たちがずっと以前から述べてきたことですが、これこそ「科学的方法」だといったものではありません。そうではなくて、異なった分野の異なった科学者たちが用いる、しかも時代とともに変化する異なった科学的方法があるだけなのです。同様に、全分野を包括する科学もないのです。たくさんのいろいろな科学があるのです。

科学史が1つの学問分野と認められるより前、科学史は自然哲学者の「余技」でした。フランシス・ベーコン<sup>(5)</sup>は、あらゆる知識はたくさんの事実を「ヒストリー」の形にまとめるべきで、このヒストリーから一般的知識が引き出されてくるだろう、と論じました。自然の歴史、すなわち自然誌は現代でも生物系科学のなかで重要な部分であり続けています。しかし、ベーコンは社会の歴史や人間の知識の歴史も自然誌のなかに含めました。科学史はすべ

(2) ベルナルドゥス・シルベストリス Bernardus Silvestris 12世紀の哲学者。著書は『宇宙誌』(1145頃)。

(3) ジョージ・サートン George Sarton(1884-1956)ベルギー生まれのアメリカの科学史家。ハーバード大学教授。科学史の専門学術雑誌 *Isis* を創刊(1912)、国際科学史学会を創立した。

(4) 誌名は、*Isis: An International Review Devoted to the History of Science and Its Cultural Influences*。

(5) フランシス・ベーコン Francis Bacon(1561-1626)イギリスの哲学者、政治家。個別事例の集積から一般法則を導き出す帰納的方法を説いた。『学問の進歩』(1605)、『ノヴム・オルガヌム』(1629)など。

ての知識を包含しようとするベーコンの学問上の枠組みのなかに論理的に位置づけられたのです。18世紀にはイギリスの非国教派牧師であり自然哲学者であったジョーゼフ・プリーストリ<sup>(6)</sup>が、学生に自然哲学を教えました。その準備として、彼はまず電気の歴史を研究し、次いで現状を研究し、それからようやく自分自身の実験に着手しました。彼は化学でも光学でも同じやり方をとりました。先行者たちの探求と発見を知ることは、彼の自己教育の一部でありましたし、また学生に対する教育の一部でもありました。そのお陰で彼は科学知識の進歩に貢献することができました。フランスの化学者アントワーヌ・ローラン・ラヴォワジエ<sup>(7)</sup>は18世紀の化学革命の中心人物です。彼は、自分がこの革命の主役であることをはっきりと自覚しており、後期の論文においては他人の業績を認めようとしませんでした。しかし、1774年に出版された『物理・化学小論』では先行者たちの業績に繰り返し言及していましたが、それらを自分自身の研究の跳躍台として利用しました。彼の実験装置や実験テクニックはいずれも、先行者たちの範囲を超えて発展させたものですが、そこにも先人たちの影響ははっきりと見て取ることができます。巨人たちの肩に乗ることによって遠くを見ることができたのは、ニュートンだけではなかったのです。



しかし、プリーストリもラヴォワジエも、ニュートンと同様に先行者たちの業績を学んでいたとはいえ、自分がその科学分野の「歴史」を書いているとは思っていませんでした。そういう歴史を書く科学者は、19世紀になるまでほとんどいませんでした。19世紀は、科学者の伝記や各個別分野の歴史が書かれた偉大な時代でした。そして包括的な科学史の著述が試みられた最初の時代でした。これは実にいいタイミングでした。ドイツで科学的な歴史学が誕生し始めた時期と一致して、科学の諸分野が簇生してきたのです。物理学も生物学も、そして、どんな分野にせよ科学研究を实践する人を表すために「サイエンティスト」という新しい語が作られたのもこの時代でした。著

(6) ジョーゼフ・プリーストリ Joseph Priestley (1733-1804) イギリスの化学者、急進的非国教派の牧師。酸素の発見をはじめさまざまな気体を分離し、気体化学の発展に寄与した。

(7) アントワーヌ・ラヴォワジエ Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) フランスの化学者。近代化学の基礎を確立した。『化学原論』(1789) など。

名な化学者たちが化学や錬金術の歴史を書きましたが、それは必ずしも実験研究の第一線を退いてからではありませんでした。ヘルマン・コップ<sup>(8)</sup>のようなドイツ人の化学者たち、またマルサラン・ベルトロ<sup>(9)</sup>のようなフランス人の化学者は、特にたくさんの書物を書きました。彼らの歴史にはある程度ナショナリズムが入ることもありました。18世紀のフロギストン説<sup>(10)</sup>はドイツ人のシュターールによって提唱され、フランス人であるラヴォワジエによって論破された概念ですが、ドイツ人化学史家はフランス人よりもその説の長所を見ようとする傾向がありました。一方、あるフランス人化学者の著作は、「化学はラヴォワジエによって創始されたフランスの科学である」という言葉で始まっています<sup>(11)</sup>。

しかし、科学史の方法に関して最も興味深いのはイギリスの博識家ウィリアム・ヒューウェル<sup>(12)</sup>の方法でした。ヒューウェルは当時の指導的な化学者や物理学者と友人であり、彼らと文通をしておりました。「サイエンティスト」という語をつくったのも彼で、物理学者、化学者、生物学者、その他自然界を理解するという共通の関心を持つ人々を指すためにこの語を考え出しました。ヒューウェルはあらゆる自然科学を対象とした3巻本の科学史書(1837年)を書き、続いて2巻の科学哲学書(1840年)を書きました。彼の科学史の長所は、科学の進歩について信頼できる説明を与え、諸科学分野の間の繋がりを探究したところにあります。そしてこの歴史を使って発見の哲学を練り上げました。それによると、観察と実験は、人間の精神の創造力や想像力と結びつくようになるものでした。ヒューウェルにとって科学史と科学哲学は1つに統一された学問分野でした。同じことはフランスの新トマス主義者<sup>(13)</sup>の著述家ピエール・デュエム<sup>(14)</sup>についてもいえるでしょう。デ

(8) ヘルマン・コップ Hermann Kopp(1817-1892)ドイツの化学者。化学史の大著、*Geschichte der Chemie*(1843-47、4巻)は有名。

(9) マルサラン・ベルトロ Marcelin Berthelot(1827-1907)フランスの化学者、政治家。有機化学や熱化学を研究。化学史では『古代化学』(1889)などの著作がある。

(10) フロギストン説 phlogiston theory 18世紀初め、ドイツの化学者シュターールが提唱。ものが燃えるのはものからフロギストンという原質が逃げ去る現象であるとし、このことを基礎にして多くの化学変化を統一的に説明した。

(11) 「化学は……フランスの科学である。」19世紀のフランスの有機化学者、ウルツ(Adolphe Wurtz, 1817-1884)の言葉。*Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, (1869)序文。

(12) ウィリアム・ヒューウェル William Whewell(1794-1866)イギリスの哲学者、科学史家。ケンブリッジ大学教授。『帰納科学の歴史』(1837、3巻)、『帰納科学の哲学：その歴史に基づく』(1840、2巻)など。

(13) 新トマス主義 Neo-Thomism レオ13世(在位1878-1903)の回勅によって、19世紀後半以来の社会変動とくに社会主義の勃興に対抗し、カトリック神学・スコラ哲学を復興させようとした哲学運動。トマスとは13世紀のスコラ哲学者トマス・アクィナスのこと。

デュエムは天文学史の大著作や、科学方法論のすぐれた入門書を書きました。彼の『物理理論の目的と構造』(1906年)は、国ごとに科学のスタイルが異なっていることを見事に描き出しています。ヒューウェルと同様にデュエムは、科学実践の問題よりも、科学思想の方に関心を傾けました。デュエムはヒューウェル以上に科学を知的文化の一部として扱い、20世紀の科学史が科学思想の歴史として幕開けすることを決定づけた人物です。アレクサンドル・コイレ<sup>(15)</sup>がおこなった研究はデュエムの足跡を忠実にたどったものです。コイレの業績の多くは今でも科学史家には重要です。しかし、彼の方法には幾つか欠点がありました。1つは、彼は実践よりも思想を重視したので、科学史における重要人物を実践よりも思想を重視するプラトン主義者として描き出すことになりました。このことによって彼は、ガリレオらが報告した実験結果をあり得ないものとして切り捨ててしまいました。後の科学史家は、丹念な史料分析と復元実験を組み合わせ、それらの「あり得ない」結果が実際に得られたものであることを証明しました。トマス・セトル<sup>(16)</sup>とスティルマン・ドレイク<sup>(17)</sup>の2人は、復元実験と史料研究の結びつきがいかに効力を発揮するかを示した科学史家の代表格といえます。

19世紀において科学史の著者は一般に科学者でした。ところが20世紀になるとサートンの著作、その後はコイレなど大勢の著作によって、科学史は自立した学問分野となり、科学史家はお互い同士に向かって書くようになりました。サートンが創刊した学術雑誌『アイシス』は専門学会の雑誌でありましたし、現在もそうです。そして今では科学史一般を対象とした学術誌が多数あります。私が編集長を務めている『アナルズ・オブ・サイエンス』<sup>(18)</sup>もその1つです。この雑誌は、母体となる学会をもたない、この分野では数少ない学術雑誌の1つです。特定分野の学会や学術雑誌もたくさんあって、たとえば日本の化学史学会は化学史の分野では世界で2番目に古い学会であり、雑誌『化学史研究』を刊行しています。この分野で最も古いのは、(イギリス

(14) ピエル・デュエム Pierre Maurice Marie Duhem (1861-1916) フランスの物理学者、科学史家。天文学史、中世力学史を研究。『レオナルド・ダ・ビンチ研究』(1903-13) など。

(15) アレクサンドル・コイレ Alexandre Koyre (1892-1964) フランスの科学史家。綿密な史料批判に基づく科学思想史研究を行った。『ガリレオ研究』(1939) など。

(16) トマス・セトル Thomas Settle (1930-) アメリカの科学史家。著書に『ガリレオと実験科学』(1995) など。

(17) スティルマン・ドレイク Stillman Drake (1910-1993) アメリカの科学史家。『ガリレオの生涯』(1978) など。

(18) 誌名は、*Annals of Science: An international review of the history of science and technology since the renaissance.*

の)化学史・錬金術史学会とその雑誌『アンビックス』<sup>(19)</sup>です。学会や学術雑誌の他に、多くの大学に科学史の教授ポストがあります。学者がそのポストに就くわけですが、その昇進と終身雇用権の獲得はプロの科学史家仲間を想定した研究や論文によるのです。

専門の科学史家に向かって書くことによって、方法論はいっそう厳密になりました。その一方で、現場の科学者にも一般の歴史家にも訴えるところのない研究が多数見受けられるようになりました。スティルマン・ドレイクは晩年、科学史のこの傾向を不満に思うようになって、意図的に科学者に向かって書こうと努力し、何冊か科学者と共著で本を書きました。彼やその他幾人かの著名な科学史家たちは、より幅広い研究領域を求めて、非常に良く売れている『サイエンティフィック・アメリカン』をはじめポピュラーな一般科学雑誌に記事を書きました。

## 科学の現場と科学史

幸いにも今日では、科学者と共同して研究する科学史家の数が増加しています。そのなかでも最も顕著な人を挙げるとすれば、故フレデリック・ローレンス・ホームズ<sup>(20)</sup>です。彼の主要な著作には、ハンス・クレブズ<sup>(21)</sup>の2巻本の伝記がありますが、これはクレブズと常に連絡を取りながら、クレブズの実験ノートを隅々まで調べてまとめられたものです。メセルソンとスタールのDNAの複製実験<sup>(22)</sup>を扱った本も優れています。ホームズは18、19世紀の科学者に関する本も書いています。その場合も取り上げた人物の実験ノートや手紙を詳しく調べて、実験室の様子を再現しようとしています。クロード・ベルナル<sup>(23)</sup>やラヴォワジエについてこのような研究を行い、大いに成功しています。ホームズの本は、その重要さと完成度ゆえに、科学史家にとっても現場の科学者にとっても重要です。

科学史にとって歴史家も科学者も大切な読者です。だから、科学史の同僚

(19) 誌名は、*Ambix: The Journal of the Society for the History of Alchemy and Chemistry*。

(20) 故ラリー・ホームズ Frederic Lawrence Holmes (1932-2003) アメリカの科学史家。 *Meselson, Stahl, and the Replication of DNA: A History of the Most Beautiful Experiment in Biology* (Yale University Press, 2001) をはじめ、クレブズやラヴォワジエやベルナルに関する著書がある。 *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry* (The MIT Press, 2000) はルヴィア教授との共編著。

(21) ハンス・クレブズ Hans Adolf Krebs (1900-1981) ドイツ生まれ、イギリスの生化学者。呼吸のクエン酸回路を提唱 (1937)。

(22) メセルソンとスタールの実験 Matthew S. Meselson (1930-) と Franklin W. Stahl (1929-) はアメリカの生化学者。DNA二本鎖の複製メカニズムを解明した (1958)。

(23) クロード・ベルナル Claude Bernard (1813-1878) フランスの生理学者。『実験医学序説』 (1865) など。

だけを相手にして論文や著作を書くのは間違っています。かといって、科学者だけが私たち科学史家のすぐそばにいる同僚というわけではありませんし、そうであってもいけません。1960年代に科学史の課程がいくつも創立されましたが、これはC.P. スノウ<sup>24)</sup>が『二つの文化と科学革命』(1959年)で主張したことに対する1つの対応でした。この著作の表題に示されている2つの文化とは、自然科学と人文科学のことですが、スノウはこの2つの文化を隔てている大きな溝を心配したのです。科学史は両者の橋渡しを可能にするものとして提起されました。科学史は、歴史学の方法に根ざす学問分野であるとともに、自然科学の本質と内容を扱うからです。科学者のなかにも人文科学の精神を深く吸収し、音楽や文学を楽しむ人がいるのをよく見かけますので、スノウの見解は悲観的に過ぎるものでした。しかし、確かに、人文系の学者が科学に精通していることは余りありません。C.P. スノウは科学者ではありませんでしたが、学問の世界における知識と権力の構造を鋭く見通していました。2つの文化に関する彼の著作はここに潜む問題を提起したのです。そして、科学史はその問題を解決するのに役立つ一つの道だと、多くの人々が考えたのでした。

イギリスのケンブリッジ大学のハーバート・バターフィールド<sup>25)</sup>は科学史に取り組んだ歴史家のうちで最も著名な人物でした。彼は『近代科学の起源』(1949年)で、主として17世紀に起こった科学革命が、イエスの誕生以来の歴史上最も重要な出来事であったと主張しました。歴史家はこの大変革について説明しなくてはなりませんでした。バターフィールド自身の説明は生き生きとしてたいへん分かりやすく、広範な影響を与えました。しかしそれは、彼のもう1冊の著作『歴史のホイッグ的解釈』(1931年)<sup>26)</sup>の観点からするととても奇妙なものでした。後者の本でバターフィールドは、マコーレイ<sup>27)</sup>をはじめとする19世紀の歴史家が書いた歴史を、すべてが現在の状態へ向かって進歩するものとして描かれていると批判しました。ホイッグ主義の歴史家

<sup>24)</sup> C. P. スノウ Charles Percy Snow (1905-1980) イギリスの小説家、科学者、批評家。『二つの文化と科学革命』(1959)など。

<sup>25)</sup> ハーバート・バターフィールド Herbert Butterfield (1900-1979) イギリスの歴史家。ケンブリッジ大学教授。『近代科学の起源』(1949)は17世紀の科学革命をキリスト教誕生以来の最大の事件としてその思想的意義を主張した。

<sup>26)</sup> 歴史のホイッグ的解釈 ホイッグ史観とも呼ばれる。現代の観念や前提を過去に当てはめて歴史を解釈することで、歴史過程の実際の様相をゆがめて見てしまうことになる。勝利者史観、進歩史観ともいわれるように、現代の「正しい」状態へ向かって蒙昧から開明へと一直線に進歩してきたものとして歴史を描くことになる。邦訳書名は『ウィッグ史観批判』(1967)。

<sup>27)</sup> トマス・マコーレイ Thomas Babington Macaulay (1800-1859) イギリスの歴史家、政治家。ホイッグ党员。議員、閣僚、グラスゴー大学総長を歴任。『英国史』(1848-61)は名声を博した。



にとって、過去は意識的にせよそうでないにせよ、現在へ向かって作用する目的因があるかのように解釈されるものでした。これは、勝利者によって書かれた歴史でした。この歴史では、進歩の道を歩んでいない者は無意味なものとして切り捨てられてしまいます。ところが、バターフィールド自身が科学について書いた歴史は、まさにこういう歴史だったのです。化学革命はニュートン革命に1世紀遅れてやってきましたが、バターフィールドは化学革命を「遅れてやってきた」あるいは「延期された」革命、したがってこれは17世紀に起こるべきであった革命と見たのです。さらに悪いことに、18世紀の最後までフロギストン説を固守したジョーゼフ・プリーストリのような化学者を、ただ間違っていたどころか、間違った方向へ人々を導いた人物として描いたのです。

フロギストン主義者が間違っていたことには同意しましょう。しかし、彼らの議論をバターフィールドが示したものよりももっと詳しく調べることなく、彼らを誤った方向へ導いた人たちと呼ぶことはできません。プトレマイオスは地球中心の宇宙を信じていたことにおいて間違っていました。コペルニクスは惑星の運動を正円の組み合わせで説明しようと固執したことにおいて間違っていました<sup>㉞</sup>。ニュートンは時間と空間をユークリッド幾何学と同じように取り扱ったことにおいて間違っていました。プリーストリはフロギストン説を支持したことにおいて間違っていました。しかし、これらの科学者はみな、自然界の理解について偉大な貢献をしたのです。旧い科学はしばしば間違っていますが、しかしだからといって、それは「だめな科学」ではありません。私たちは、実験の厳密さや、次の発見に対して理論のもつ有用性や「よい科学」についての規範を、それぞれの時代に存在したものとして見なくてはなりません。いつも「良い科学」と「だめな科学」が存在してきたのです。たとえば化学では、19世紀初めにトマス・トムソン<sup>㉟</sup>が行なった分析結果はしばしば再現性がありませんでしたので、スウェーデンの偉大な化学者ベルセリウスがトムソンの結果を批判したのはまったく正当でした。しかし、それはトムソンの理論が間違っていたからではなく、彼の実験テクニックが下手だったからです。バターフィールドのホイッグ史観ではこの大

㉞ コペルニクスの惑星運動説 コペルニクスは『天体の回転について』(1543)において太陽中心説を述べたが、そこでは正円の組み合わせによって惑星運動を記述した。のち(1609)ケプラーによって惑星軌道は楕円であることが示された。

㉟ トマス・トムソン Thomas Thomson(1773-1852)19世紀スコットランドの化学者。ドルトンの原子論を支持。おおざっぱな実験から原子量が整数であること、したがって水素原子があらゆる原子の元であると考えられることを唱えたが、同時代の化学者の支持を得られなかった。

事な区別ができません。

近代科学の勃興の重要性についてバターフィールドほど重きを置くのではないにしても、科学が歴史において重要であったことは認識しなければなりません。そのことは20世紀に関して当然ですし、18世紀末から19世紀にかけての産業革命においても同様でありました。17世紀の科学革命のあとに産業革命が続きましたが、これは偶然ではありません。ところが、長年にわたってほとんどの歴史家は何の証拠も示さずに、産業革命の諸発明は科学に依存したと主張しました。しかし、彼らはこの「依存」の本質を説明できなかったのです。

## 科学の社会史

科学の社会史や文化史を研究する科学史家はその答えを出し始めました。その答えは、情報伝達と正当化のネットワークの中にありそうです。技術に上品な科学の雰囲気や漂わせることによって、新しい技術に投資することが魅力的なものになりました。科学の権威は、新規企業に出資する者にとって、産業上の利益と結びついたものでした。ラリー・ステュワート<sup>⑧)</sup>の『公共科学の勃興』(1992年)は、この過程を厳密な史料調査、社会史の方法、そして当時の機械や科学知識の理解に基づいて研究した最初の本です。

ここに最近の科学史で論争になっている1つの問題があります。科学史は、科学が重要だからこそ重要ですし、科学は理論、観察、実験、自然界との「関わり合い」を問題にします。科学史がこれらとの関わり合いを失ったら、その正当性の根拠を失ってしまいます。ジェームズ・セコード<sup>⑨)</sup>の最近の著書『ビクトリア朝のセンセーション』(2001年)は、1844年に匿名で出版されたロバート・チェンバース<sup>⑩)</sup>の『創造の自然史の痕跡』の執筆、出版活動や社会的受容についての優れた本です。セコードの著書は、この著作の歴史やビクトリア朝イギリスの読書文化について素晴らしい貢献をしています。ところが、ある科学者の書いた書評では、「セコードの本にはチェンバースの本につ

⑧) ラリー・ステュワート Larry Stewart 現代カナダの科学史家。サスカチワン大学教授。著書に、*The Rise of Public Science: Rhetoric, Technology, and Natural Philosophy in Newtonian Britain, 1660-1750*, (Cambridge University Press, 1992)。

⑨) ジェームズ・セコード James Secord 現代イギリスの科学史家。ケンブリッジ大学講師。著書に、*Victorian Sensation: The Extraordinary Publication, Reception, and Secret Authorship of Vestiges of the Natural History of Creation*, (University of Chicago Press, 2001)。

⑩) ロバート・チェンバース Robert Chambers(1802-1871) エジンバラの出版業者、著述家。『創造の自然史の痕跡』(1844)はダーウィンの『種の起源』刊行(1859)より前に、曖昧ながら進化の考えを述べた本で、一般大衆の読書の話題となった。

いてあらゆることが書いてある。ただし、科学を除いては」と述べられています。この書評者と同様に、私もこのことに戸惑いを感じています。チェンバースの本が一般に受容されたのは、当時の科学者が書いた書評に多くを負っていますが、彼らは科学的 content からこの本を判断しました。ところがセコードはそれについてほとんど述べていないのです。科学史家は科学史家相互にだけでなく、他分野の歴史家や科学者とも話ができません。

## 社会的文脈における科学史研究の成果

科学史は科学の内容を扱わなくてはなりませんが、科学をとりまく時代状況 [ コンテキスト ] も認識しなくてはなりません。科学は社会現象であり、同時に、知的で物質的な現象でもあります。トマス・クーン<sup>33)</sup>が独創的な著作『科学革命の構造』(1962年)で描いた科学は、規範的科学の時代と混沌・激動の時代とが交替するものでした。クーンは科学史家・科学哲学者になる前は物理学者として訓練を受けました。彼はパラダイム転換が科学者共同体の中で起こり、科学は社会的、制度的枠組みのなかで行なわれると考えました。多くの歴史家たちがクーンの後には続きました。一科学機関を取り扱ったものとして優れている研究は、英国科学振興協会の初期の活動を扱った、モレル<sup>34)</sup>とサックレイの『科学のジェントルマンたち』(1981年)や、ニコラス・ルプケ<sup>35)</sup>による比較解剖学者リチャード・オーウエンの伝記です。ルプケの本は、そのタイトルとは違って、科学者の伝記であるだけでなく、大英博物館(自然史部門)の創立について述べた本です。実際それは、一方で科学者の伝記であり、他方で科学研究機関の伝記であるというように、相互に関連した2つの伝記であるということもできるでしょう。これと同様な共生関係は、ハーバード大学比較動物学博物館とそこでのルイ・アガシの研究を扱ったメアリ・P. ウィンザー<sup>36)</sup>の本(1991年)にも見られます。比較解剖学、

<sup>33)</sup> トマス・クーン Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) アメリカの科学史家。『科学革命の構造』(1962)でパラダイム論を提唱。科学思想の転換は科学者集団およびそれが共有する規範概念の転換によるとした。

<sup>34)</sup> ジャック・モレル Jack Morrell 現代イギリスの科学史家。元ブラッドフォード大学講師。著書に、*Gentlemen of science: early years of the British Association for the Advancement of Science* (Clarendon Press, 1981)、*Science at Oxford, 1914-1939* (Clarendon Press, 1997) など。

<sup>35)</sup> ニコラス・ルプケ Nicolaas A. Rupke 現代ドイツの科学史家。ゲッチンゲン大学教授。著書に、*Richard Owen: Victorian Naturalist*, (Yale University Press, 1994)、*Göttingen and the Development of the Natural Sciences*, (Wallstein, 2002) など。

<sup>36)</sup> メアリ・P. ウィンザー Mary P. Winsor 現代カナダの科学史家。トロント大学教授。著書に、*Reading the Shape of Nature: Comparative Zoology at the Agassiz Museum*, (University of Chicago Press, 1999)。

比較動物学、自然史、古生物学、地質学などの科学では、明らかにコレクションと博物館が重要です。ルイス・パイエンソンとスーザン・シーツ・パイエンソン<sup>37)</sup>は最近の本でこの論を更に進め、科学史を制度面から幅広くみた、優れた本を出しました。

制度はしばしば、国家的なスタイルに対応する科学を形づくります。19世紀にアレクサンダー・フンボルトとカール・フリードリッヒ・ガウスが提案して設置された地磁気観測のネットワークは、世界中から同時期に集めた大量の地磁気データを蓄積し、中央の研究所でそれを整理し、集計しました。ウォルター・キャノン<sup>38)</sup>はこの種の科学を「フンボルト科学」と名付けました。それは国際的なものになりましたが、ドイツ起源の統制的で中央集権的な性格はその後の国際地磁気研究事業に影響を与えました。カナダで政府の援助を受けた最初の科学研究は、実用主義的な目的をもち、実験農場、カナダ地質調査所、自治領の昆虫学者によって、主にデータ収集に専念するものでした。これらの科学は目録作りに基礎を置いていました。スザンヌ・ツェラー<sup>39)</sup>の『カナダの発明』(1987年)はインベンション(発明)とインベントリ(目録)の語呂合わせで表題をつけたものですが、国家としてのカナダが誕生する時期の記載的科学を取り扱ったものです。

今日、科学が国際的なものであることは明らかですが、100年後の科学史家も、いろいろな国ごとに科学のあり方が制度的にも理論的にも違っている点を指摘できるのではないかと、私は思います。20世紀の初めにピエール・デュエムは、文学、園芸、物理学の領域でフランス文化とイギリス文化との違いを比較しました。彼の結論によれば、イギリスの園芸は人が手を加えない野生のまま、イギリスの文学は騒々しく行儀が悪く、イギリス科学は機械的モデルを工場みたいに使う、ということです。その反対にフランス文化では、科学を含めて、秩序があり優雅で形式が整っているのです。つまり、デカルトの夢が現実化したものであるというわけです。同じような二分法が19世紀初めにも見られました。その頃ドイツ哲学はポスト・カント観念論の頂点に達しており、ドイツ人化学者のヨハン・ヴィルヘルム・リッター<sup>40)</sup>、(ノルウ

<sup>37)</sup> ルイス・パイエンソンとスーザン・シーツ・パイエンソン Lewis Pyenson and Susan Sheets-Pyenson 現代アメリカの科学史家。ルイスはルイジアナ大学教授。共著、*Servants of Nature: A History of Scientific Institutions, Enterprises and Sensibilities* (Norton, 1999)。

<sup>38)</sup> ウォルター・キャノン Walter Cannon (Susan F. Cannon) (1925-1981) アメリカの科学史家。著書に、*Science in Culture: The Early Victorian Period* (Science History Publications, 1978)。

<sup>39)</sup> スザンヌ・ツェラー Suzanne Zeller カナダの科学史家。著書に、*Inventing Canada* (University of Toronto Press, 1987)、*Land of Promise, Promised Land* (1996) など。

エー生まれの鉱物学者で地球史研究者の)ヘンリク・シュテフェンス、デンマークの自然哲学者ハンス・クリスティアン・エルステド<sup>(41)</sup>は、みな自然哲学者フリードリッヒ・シェリング<sup>(42)</sup>の影響下にありました。イギリスとフランスはシェリングの哲学に猛反発していました。エルステドが、シェリングの影響もあって、電流の磁気作用の証明に成功すると、フランスのピエル＝ルイ・デュロン<sup>(43)</sup>はベルセリウスに宛てた手紙で、フランス人のほとんどは、これもドイツ人の白昼夢のひとつに過ぎないと考えてエルステッドの発見を無視していると書きました。ドイツ哲学を学んだことのあるアンドレ＝マリ・アンペール<sup>(44)</sup>だけがこのニュースを真面目に受け取り、そのおかげで他のフランス人の先を切って電磁気学理論を発展させることができたのです。

今日の私たちは、世界をめぐる情報伝達が一瞬であることを当然と考えています。多くの学術雑誌が電子出版されています。特に科学関係の出版は速いので、2、3ヵ月の出版の遅れが致命的でさえあります。しかしこれは最近の現象で、18世紀末から19世紀初めにかけてのフランス科学アカデミー紀要に掲載される論文は印刷刊行まで数年間を要することがしばしばでした。科学器具を外国へ輸出することもノンビリした仕事でした。新しい理論はそれを証明するのに新しい器具を必要とすることがしばしばありますから、これは深刻な問題でした。ナポレオン戦争の時代には数年間を要することもごく普通のことだったのです。

しかし一方、私たちは外国旅行が、現代のように速くて快適なものではなかったにせよ、普通のことであったことを記憶しておくべきです。ヨーロッパ内や、ヨーロッパと北アメリカの間では特にそうでした。アメリカの印刷業者であり、自然哲学者、外交官、政治家であったベンジャミン・フランクリンは大西洋を何度も往復しました。スコットランドの化学者ジョゼフ・ブラック<sup>(45)</sup>は、遠くへ旅行することはほとんどありませんでしたが、彼の学生

(40) ヨハン・ヴィルヘルム・リッター Johann Willhelm Ritter (1776-1810) ドイツの物理学者。水の電気分解 (1801)、紫外線存在を発見 (1802)。

(41) ハンス・クリスティアン・エルステド Hans Christian Oersted (1777-1851) デンマークの物理学者。電流の磁気作用を発見 (1819)。

(42) フリードリッヒ・シェリング Friedrich Willhelm Schelling (1775-1854) ドイツの哲学者。自然と精神を同根として、ロマン派哲学の基礎となる美的観念論を立てた。

(43) ピエル＝ルイ・デュロン Pierre Louis Dulong (1785-1838) フランスの化学者。固体元素の比熱と原子量に関するデュロン・プティの法則を発見 (1819)。

(44) アンドレ＝マリ・アンペール Andre Marie Ampere (1775-1836) フランスの物理学者。電磁気学の基礎を確立 (アンペールの法則)。

(45) ジョゼフ・ブラック Joseph Black (1728-1799) スコットランドの化学者。固定空気 (二酸化炭素) を発見 (1754)、比熱・潜熱を研究した。

たちはロシアやスペインなど多数の国々からやってきて、彼の教えを国際的に広めました。1780年代にロンドンで会合していたコーヒーハウス哲学協会<sup>(46)</sup>のメンバーたちは最新の科学知識を、文通、訪問者、また自分たち自身の旅行によって入手していました。彼らは最新の研究のことや、開発中の科学器具のことを知り、またしばしば出版の数年前に外国の論文の原稿を入手していました。科学の噂を仕入れたり、情報屋といえる人たちさえもいて、彼らは外国へ旅行して、情報を収集したり、科学器具を購入・販売して生計をたてていました。その一例は一時ポルトガルの修道士でもあった J.H. マジェランで、彼は修道会をやめてロンドンに移り、国際的な文通を活発に続け、旅行でそれを補強していました。

科学上の情報伝達は、少なくとも適切な知己をもつ人々にとって、17世紀末までに十分なスピードになっていましたし、その1世紀後には少なくとも科学の中心都市に住んでいる人々にとっては驚くほどのスピードになりました。発見の先取権は昔も今も科学者にとって重要です。だから出版、もしくは少なくとも日付がはっきりした目撃証言は先取権の主張にとって適切な道具でした。酸素の発見に関する論争<sup>(47)</sup>や、それに関連する水の組成の発見についての論争<sup>(48)</sup>からわかるように、もちろん欠陥のないシステムはありませんでした。

しかし、科学にとって出版が重要だとはいえ、技術にとっては秘密が重要でした。16世紀のベネチアではガラス製造法の秘密を漏らしたり、製造道具を外国人へ売ったりすることは死刑に値しました。18世紀末では、当時、最も効率的な蒸気機関とポンプの製造業者であったボルトン・ワット商会は、自分たちの秘密を守り、その一方で競争相手の秘密を手に入れるためにはどんなことでもやりました。18世紀のヨーロッパには産業スパイがはびこっていました。概して、発明家や企業家は利益と権力を求めましたし、一方、自然哲学者は理解と名声を求めました。ジョーゼフ・プリーストリはソーダ水の製法を発見し、それが健康によいと信じていました。彼は、科学知識を公開すべきだと考えましたので、その情報を出版しました。彼の友人ジェーム

<sup>(46)</sup> コーヒーハウス哲学協会 T.H. Levere & G. L'E Turner (eds.), *Discussing Chemistry and Steam: The Minutes of a Coffee House Philosophical Society, 1780-1787* (Oxford University Press, 2002) を参照。

<sup>(47)</sup> 酸素の発見 酸素ガスの発見(1774年頃)について、シェーレ、プリーストリ、ラヴォワジエのいずれが発見者かという論争。

<sup>(48)</sup> 水の組成の発見 水の組成が酸素と水素からなることの発見(1784年頃)の先取権をめぐる、ラヴォワジエ、ワット、キャヴェンディッシュらの論争。水論争と呼ばれる。

ズ・ワットのやり方とは対照的です。しかし、ワットもただの発明家や企業家ではありませんでした。彼は自然哲学者でもありました。多くの科学史家や技術史家がワットについて研究していますが、決定版といえる本はまだありません。

このことは科学史における1つの問題を浮かび上がらせます。サートンが1912年に『アイシス』を創刊した時、彼は科学と技術を連続するものと見なしました。彼は理論的な科学と応用的な技術のどちらも科学史の主題であると考えました。しかし、科学史家たちはますます科学思想の方に集中するようになり、技術史家たちはますます社会的文脈における機械や技術に集中するようになり始め、技術史家たちは我が道を行くようになり始めました。その結果、(アメリカ)技術史学会が創設され、その機関誌として『技術と文化』<sup>(49)</sup>が1959年に創刊されました。この雑誌名に示されている「文化」とは主に物質文化のことであり、文化史家の研究とは相当にかけ離れている点に注意しておく必要があります。近年では科学史がその範囲を広げてきました。『アイシス』は技術史の論文も掲載していますし、『アナルズ・オブ・サイエンス』も科学と技術を含めています。1992年、科学史と技術史の研究をさらに促進するためにアメリカ合衆国ではディブナー・インスティテュートが設立されました。少なくともこの点において、私たちはサートンの理想に立ち返りつつあると思います。

## データと理論 客観性

サートンは科学史が歴史学として厳密な方法をとることを望みました。彼の手法は科学の内容に焦点を合わせることでした。それは科学者に直接語りかけるものではありませんでしたが、科学者の機嫌を損なうようなものではありませんでした。しかし、最近の2、30年においては、常にそうであったとは言えません。

アメリカ合衆国のスタンレイ・フィッシュ<sup>(50)</sup>の研究によく表れているように、人文系の学問における理論発展によって、知識領域に特権的な位置を占めるものはないという見解が支持されるようになりました。また、私たちは

(49) 誌名は、*Technology and Culture: The International Quarterly of the Society for the History of Technology*.

(50) スタンレイ・フィッシュ Stanley Fish (1938-) 現代アメリカの文芸批評家。デューク大学教授。ミルトン『失楽園』などの研究を通して、読者こそが文学作品の主人公であるという文学理論を展開。

確実なことを何も知ることができないとか、ある主張の形式は少なくともその内容と同じく重要である、といった見解もそうです。しばしば見られたものですが、極端に言えば、これは客観的な知識とかが有効な情報伝達などが不可能であることを意味します。

権威ある『科学者伝記事典 (DSB、17巻)』の編者であるチャールズ・ギリスピー<sup>61)</sup>が、しばらく前に『客観性の刃』(1960年)を書きました。彼の主張によれば、科学史は自然界に対する私たちの理解が拡大して進歩し続けることを跡づけるものでした。彼は、科学者とは客観的知識を生産するものだと論じました。科学が時間とともに進歩するにつれ、知識の範囲も広がりました。たとえば、ラヴォワジエは古いフロギストン説を超えて化学を発展させましたし、ダーウィンは生物学において未知と既知の間にある境界線を前へ進めました。アルバート・アインシュタインの時空間の概念はニュートン物理学を客観的に前進させました。科学者の自然理解はいつでも不完全でしたし、今後も不完全なものにとどまることは必然でしょう。しかし、科学者がどこかで間違っているとしても、また袋小路に迷い込んでいても、それでも科学の社会的で知的な企ては、私たちが自然界について実際に知っていることを全体として前進させます。ギリスピーがその博識と独自の流儀によって展開した議論は、以上の通りです。確かに彼は正しかったと言えます。ところが彼の科学史の手法は、理論の発展とは知識の転換だとする、人文学で発展してきた新しい相対主義と衝突することになったのです。

もしも、脱構築主義やポストモダニズムが主張するように、科学者たちは自分たちの企てに対していかなる特別な立場をも主張することができないとするなら、私たちは自然についての好奇心というものの以外の動機を探さなくてはなりません。科学史家の中には、科学の偶像破壊を試みることに喜びを感じているように見える人たちもいました。彼らは、ニュートンの仕事は誤りによって混乱しているとか、パスツールは証拠を捏造したとか、ラヴォワジエは知識よりも権力を欲していたとか、と宣言しました。科学者や科学史家のなかには、英雄の正体をすっぱ抜かれたことに怒り出す人もいました。たいていの場合、それに続く論争では、誰も責任をとりませんでした。他所でもよく見られるように、学問の世界にも流行というものがあります。(判断や選択としての)嗜好の歴史は学問として豊かで刺激的な領域であることが

<sup>61)</sup> チャールズ・ギリスピー Charles Gillispie (1918-) 現代アメリカの科学史家。プリンストン大学名誉教授。19世紀フランスの科学者を中心に著書多数。 *Dictionary of Scientific Biography*, 16 vols., (Scribner, 1978-80) の編者。



明らかになってきました。幸いなことに、暴露ものの流行とそれに伴ういわゆる「サイエンスウォーズ」<sup>52)</sup>は衰えてきたように思われます。それでも科学史のなかには、まだ多くの科学者を悩ませている問題があります。進歩をどう考えるかというのが、その1つです。科学知識が進歩しないと論じることはできません。複雑な化合物分子をデザインして創り出すことは、キラル触媒<sup>53)</sup>の出現とともに、現代医学で決定的な役割を果たす、生物活性のある特定の物質を合成することを可能にしました。物理学の進歩は現代の電子工学、コンピュータ、原子力発電など、多数の技術革新をもたらしました。遺伝子工学は農業を変え、おそらく遠からず人類の健康にも影響を及ぼすでしょう。今ここで科学の応用にもなう社会的あるいは倫理的な問題を論じるつもりはありませんが、ただ、こういう応用が機能するというまさにその事実が、あるレベルでは、私たちが以前の人々よりも自然の様相をより多く知っているということの意味しているのです。まさにその通りです。科学史家の多くが何としてでもホイッグ史観を避けようと決意すると、彼らは進歩という概念でものを考えることが困難になり、単なる変化としてしか考えられないこととなります。19世紀のウィリアム・ヒューウェルは科学進歩に明確な説明を与える科学史と科学哲学を構築しました。クーンの科学革命の説明は、今では自然科学者よりも社会科学者の間でよく知られていますが、それは進歩については何も説明しません。カール・ポパー<sup>54)</sup>が提出した説明も同じく何も説明しません。ポパーの反証可能性という基準が意味するのは、ある理論が間違っていることを示すことはできても、それが正しいことは証明できないということです。科学史家はクーンやポパーの見解をとらなくても、科学論争をそれ自体の言葉で理解するように努力することで、その後の科学からそれを区別することができるでしょう。論争をそれ自体の言葉で理解することは歴史研究にとって重要な仕事ですが、それを通時的なセンスと結合することも必要です。それによって、私たちはその論争を、それ以前のものやそれ以降のものに関連付けることができるからです。

52) 「サイエンス・ウォーズ」 生物学者ポール・グロスの著書『高次の迷信』(1994)や物理学者アラン・ソーカルが雑誌『ソーシャル・テキスト』に投稿した風刺論文(1996)に端を発し、社会構成主義を主唱する科学論者と客観的実在を支持する科学者との間で行われた科学論争。

53) キラル触媒 生物界を構成する化合物分子には互いに重なり合わない(キラルな)鏡像の関係にある光学異性体が多いが、化学合成でこの異性体をつくり分ける分子触媒のこと。野依良治はこの不斉合成法の開発によって2001年度ノーベル化学賞を受賞した。

54) カール・ポパー Karl R. Popper (1902-1994) オーストリア生まれ、イギリスの科学哲学者。仮説の正しさの基準を「反証可能性」においた。著書は、『科学的発見の論理』(1934)など。

## 正確さと精密さ

科学者は知識に加えて、発見、先取権、社会的認知にも関心があります。学会は数世紀も前から大きな発見に対して賞を授けてきました。ノーベル賞は大発見に与えられる賞の中でも、おそらく最もよく知られているものです。現代の大学における科学は発見に重きを置く体制になっています。このことは発見のためにはたしかに良いことでしょう。しかし、「幸運の女神は準備のある心のみ微笑みかける」<sup>65)</sup>ものです。一流の科学者は二流の科学者よりも重要な発見をする可能性が高いのです。すべての実験家が同じ腕前だとは言えないとして、少なくとも、一流の科学者なら他人が再現できるような研究を行なうでしょう。18世紀のキャヴェンディッシュ<sup>66)</sup>は重力定数の測定を驚くべき正確さで達成しました。同時代の化学者たちが5%の精度で満足していたのに、彼は気体化学の研究でおよそ精度1%の結果を得ていました。ベルセリウスがトマス・トムソンは腕のよい実験家ではないことを知っていたのと同じく、彼も同時代の人々もキャヴェンディッシュはとびきりの実験家であることを知っていました。同時代人はこのような判断ができたのです。科学史家もそれができなくてははいけません。これはよい歴史を書くために必須のことで、現代の科学者から共鳴がえられるという利点もあるのです。

手ごわいけれどもやり甲斐のある1つの分野は最近の科学についての歴史です。人間にとってまた経済的にも非常に重要な医学研究に導かれて、分子生物学をはじめとする20世紀の生物学史に活発な研究関心が集まるようになってきました。この傾向を強めているのは、ヒトゲノム・プロジェクトに対する関心です。ダーウィン革命についての歴史的・哲学的研究が数十年間主役の座を占めていましたが、20世紀生物学の研究が今急速にこれにとってかわりつつあります。物理学では素粒子論の英雄伝に多数のよい成果が出てきました。デンマークの科学史家ヘルゲ・クラフ<sup>67)</sup>は20世紀物理学の立派な本を書きました。

私の研究領域である化学史の進展状況は、これに比べるとゆっくりとしたものです。古川安教授<sup>68)</sup>による高分子化学の誕生の歴史は、20世紀化学史に関する数少ない一流の研究成果です。日本の化学史学会は多数の会員を擁し、

<sup>65)</sup> 「幸運の女神は……」フランスの科学者パスツールの言葉。

<sup>66)</sup> ヘンリー・キャヴェンディッシュ Henry Cavendish (1731-1801) 18世紀イギリスの科学者。静電気の研究や水素ガスの密度測定などを行った。

<sup>67)</sup> ヘルゲ・クラフ Helge Kragh デンマークの科学史家。著書に、*Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*, (Princeton University Press, 1999) など。

その多くが化学者か化学教師です。これは他の国々が学ぶべきモデルです。アメリカ合衆国ではケミカル・ヘリテージ財団が化学史全般に関係しています。ただし、この財団は20世紀の、特に工業化学に焦点を当てています。ヨーロッパではクリストフ・マイネル<sup>59)</sup>がリーダーとなって化学史家を20世紀化学史の研究に向かわせようとしています。これまではラヴォワジエと化学革命が研究上、最大のシェアを誇っていましたが、私たちは19世紀の化学史については極めてよく知っています。これと対照的に、18世紀初めの化学史についてはほんの少ししかわかっていませんし、20世紀の化学史についてはもっと知られていません。マイネルはイギリスのピーター・モリス<sup>60)</sup>らとともに、特に20世紀を扱う研究会を開催したり、本や論文を執筆することを奨励しています。

科学史家や科学哲学者にとって興味ある質問、そして現場の科学者にとっても重要な質問は、証拠として価値があるのは何か、データはどのようにして証拠になるのか、ということです。ときおり実験や観察による証拠よりも理論が優先することがありますし、別の時には観測データが理論を根本的に変化させることもあります。後者の最も有名な例はおそらく、ケプラー<sup>61)</sup>がティコ・ブラーエ<sup>62)</sup>のデータを信頼したことでしょう。ティコは当時(16世紀後半)最高の観測機器をもっており、部下の観測者たちを訓練し、監督していました。彼のデータは卓越したもので、ケプラーがそれらを信頼したのも当然でした。火星の運動について、当時の理論的予測とティコの観測との間にごくわずかな不一致がありましたが、これによって、ケプラーは正円運動を否定し、惑星の楕円軌道を発見したのです。観測が理論に勝った例です。

これと対照的に、アイザック・ニュートンが、紛れもなく科学史上最大の業績の1つである『プリンキピア』(1687年)<sup>63)</sup>を出版した時、彼の理論が予測

<sup>58)</sup> 古川 安 現代日本の科学史家。日本大学教授。著書に、*Inventing Polymer Science: Staudinger, Carothers, and the Emergence of Macromolecular Chemistry*。(University of Pennsylvania Press, 1998)、『科学の社会史』(1989)など。

<sup>59)</sup> クリストフ・マイネル Christoph Meinel 現代ドイツの化学史家。レーゲンスブルク大学教授。ヨアヒム・ユンギウスの研究で知られる。

<sup>60)</sup> ピーター・モリス Peter Morris 現代イギリスの科学史家。ロンドンの科学博物館職員。著書に *The American Synthetic Rubber Research Program*。(Univ of Pennsylvania Press, 1990)、『*From Classical to Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*』(Royal Society of Chemistry, 2002)など。

<sup>61)</sup> ヨハネス・ケプラー Johannes Kepler (1571-1630) ドイツの天文学者。ティコ・ブラーエが多年観測した惑星の位置に基づいて、惑星の軌道が楕円であること、およびその運動法則を導いた(ケプラーの第一、第二、第三法則)。

<sup>62)</sup> ティコ・ブラーエ Tycho Brahe (1546-1601) デンマークの天文学者。観測機械を改良して望遠鏡出現以前の最良の観測結果を残した。太陽、惑星の位置観測結果はケプラーが法則を導く基礎資料となった。

した月の軌道運動は実際のデータとうまく合っていませんでした。論理的に  
いってこの不一致の原因には2つの可能性がありました。ニュートンの重力  
理論に修正が必要か、あるいは天文学者が提供した観測データに修正が必要  
かです。ニュートンは自分の理論にたいへん自信がありましたので、この不  
一致は観測の不手際によるものだと当然のように見なしました。そこで、彼  
は王立天文台長に観測をやり直し、もっと精密な観測データをとるように要  
求しました。天文台はその通りに行い、その結果、ニュートンが正しかった  
ことが証明されました。『プリンキピア』第2版にはこのデータが取り入れら  
れ、月の軌道の取り扱いは第1版よりもずっと満足のいくものになりました。

天文観測において正確で一貫したデータが得られるかどうかには個人誤差  
という問題があります。すぐれた天文学者の観測は一貫しているでしょうけ  
れども、ほかの同じくらいすぐれた観測者の観測と一致するとは限りません。  
19世紀のイギリスでは王立天文台長のジョージ・ビッドル・エアリは、部下  
の個人誤差が自分のものとあまり違う場合にはその部下をきっぱりと解任し  
ました。

もう1つの問題は、18世紀末のラヴォワジエの定量的化学のなかに見られ  
ます。彼の出版物によれば、彼の実験結果は非常に正確であったと考えたく  
なります。ところが彼の同時代人のなかには、まったく正当にも、彼の結果  
がそんなに正確であるはずはないと確信する人々がいました。そこで私たち  
は、ラヴォワジエの結果はなぜ、精密であるのに正確でなかったのかを問う  
てみることでできましよう。

ここで、正確さと精密さとの違いは重要です。リチャード・フォーティは  
それを古生物学博物館のある見学者のエピソードで説明しています。その見  
学者はある骨格化石につけてあったラベルを見て驚きました。そのラベルに  
は、その化石は3億17年前のものだと書いてあったのです。彼はこのとてつ  
もない精密さはどうやって得られたのかを学芸員に尋ねました。学芸員は答  
えました。彼女の前任者が17年前にこの化石の年代を3億年と推定したので  
した。

ラヴォワジエに戻りましょう。彼は当時、最高の実験装置を所有していま  
した。ラヴォワジエの精密天秤は最高の腕を持った職人が製作した、すばら  
しいものでした。現代の推定によると、彼の最上の天秤の感度は40万分の1

⑧ ニュートンの『プリンキピア』『プリンキピア 自然哲学の数学的諸原理』(1687)はニュート  
ンの主著。ニュートンの絶対時間・絶対空間の概念は20世紀初めアインシュタインの相対性原理  
によって乗り越えられた。

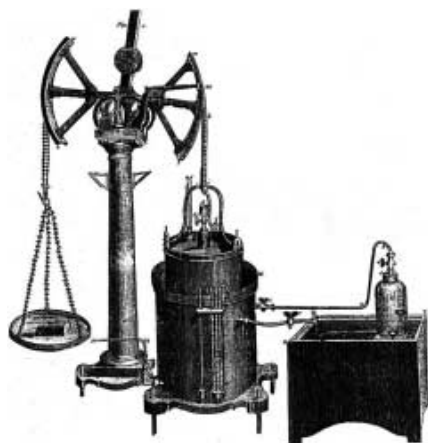


図1 ラヴォワジエのガスメータ（1785～87頃）  
一部の天文観測機器を除いて、当時最も高価な科学機器であった。

でした<sup>64</sup>。ラヴォワジエは比類のない精密天秤を使っていましたし、彼と彼の科学器具製造業者とで製作した美しいガスメータ（図1参照）<sup>65</sup>を使いました。彼の実験結果は、しばしば有効数字8桁まで示されました。しかし、何ということでしょう。彼の実験結果には20%くらいか、それ以上の誤差があったのです。彼は空気の組成を、酸素25%と窒素75%と計算しました。正しい値はもちろん酸素約20%です。もっと単純な重量測定ではもう

少し正確でしたが、それでも10%くらい違っていることもありました。すぐれた実験化学者がこのような良い器具を使っていたのに、なぜこのような悪い結果しか得られなかったのでしょうか。

この疑問に対する答えは主に次の2つです。第1は、ラヴォワジエは結果を8桁まで出しましたが、それは単に計算の結果だったことです。彼は試料をポンド単位で計りました。これを5ポンド、あれを3ポンドととり、それからその値を小さい単位のドラム（約1.77グラム）とかグレイン（約0.065グラム）に換算したのです。これが彼の実験結果における見かけの有効数字の原因ですが、それだけでは彼の誤差の大きさを説明できません。誤差は累積されます。最初の試料物質の不純さや、装置を組み立てた時のつなぎ目の密封の不完全さが誤差の主な原因でしょう。

けれども、誤差についてはもう1つ別の原因があります。それはラヴォワジエの定量的方法の根幹をなすバランス・シート法〔貸借対照表のように物質の収支を記載する方法〕にかかわります。化学反応において物質は不生不滅ですから反応物の重量は生成物の重量と正確に等しくなければなりません。これが等しくなった実験結果が1回でも得られればそれは正しいに違いない

<sup>64</sup> 感度は40万分の1 たとえば、400グラムの物質を秤量できる天秤で、その針の振れが検知できる最小量（感量）が千分の1グラムということ。

<sup>65</sup> ガスメータ gasometre 互いに反応する気体の体積を測定するためにラヴォワジエが用いた器具（図1参照）。

と、ラヴォワジエは考えました。しかし、とてもまずい実験なのに、偶然、反応物と生成物の重さが等しいように見えることもあり得るのです。

最後に、データを揉み込んで証拠を得るという例を、グレゴル・メンデルによるエンドウマメと遺伝の研究で考えてみましょう。彼の結果は明らかにうまく出来過ぎています。彼が実験結果を改竄したと想定する理由はありません。彼の助手たちは彼が求めているものを知っていました。それを知っていることで彼らは、[黄色か緑色かのよう]に分類に迷うようなサンプルを無視することができましたし、分類に迷いそうな育ちの悪い苗を間引くこともできたでしょう。ここに不正直を仮定する必要はありません。そういう選択は無意識に行われたと思われま

## 科学器具の歴史

理論とデータと証拠の関係について考察する中で、私はティコやラヴォワジエの化学装置のことを述べてきました。装置はデータを得るために設計されたものであり、データはある理論的文脈のなかで解釈されて、証拠となります。装置は、理論が求めているものに対応するように設計されています。したがって、目的を持って設計された装置を使う実験が、その枠組みとなる理論を支持する傾向にあるというのは驚くことではありません。イアン・ハッキング<sup>66)</sup>はこの傾向を、装置と理論の自己確証とうまく言い表しています。

科学器具は職人の作品としては調べられてきましたが、特別な例外を別にすれば、科学史では研究対象になっていませんでした。しかし、現場の科学者なら誰でも知っているように、器具と装置はしばしば科学実践の核心でさえあるのです。ピーター・モリスが編集した最近の著作は20世紀化学史の研究を盛り立てようとする目的を持ったもので、『科学機器の革命』という書名です(注<sup>66)</sup>参照)。私たちは、ガリレオの屈折望遠鏡とかニュートンの反射望遠鏡とか、17世紀に発明された一連の顕微鏡とか、ラヴォワジエの天秤やガスメータなど、少数のものについてはよく知っています。しかし科学史の大半に関して、私たちは装置についてほとんど理解していません。18世紀ヨーロッパには精密さを求める意欲がみなぎっていました。それが科学の要求によるものなのか、あるいは器具製作職人たちの職人氣質によるものなのか、私は後者だと思うのですが、それを決めることは容易ではありません。ジェシー・ラムズデン<sup>67)</sup>やその競争者たちは、目盛りをつけた観測器具の優秀さ

<sup>66)</sup> イアン・ハッキング Ian Hacking カナダの科学哲学者。トロント大学教授で、ルヴィア教授の同僚。最近の著書は、*The Social Construction of What*, (Harvard University Press, 2000)。

を競いました。それは精密さを極限まで押し上げました。ラヴォワジエの器具製作職人たちが気体を正確に測定したいというラヴォワジエの要求に押されたことは明らかですが、彼らの最上の天秤の精密さは、実験の必要性のほるか上をいっていて、名人芸のデモンストレーションでありました。

しかしながら、精密器具のなかには経済的および政治的必要性に応じて発明されたものもありました。イギリスの王立天文台は最初、ロンドン塔の要塞の中にあつた軍の陸地測量部に属していました。その理由は、海軍にとって正確な針路決定が不可欠であり、それは正確な天文観測に依拠していたからです。経度の測定は何ヶ月もあるいは何年にもわたる正確な時刻決定を必要としました。ジョン・ハリソン<sup>67)</sup>のクロノメータやそれに続くもっと小さな機械はこの要求に応じて製作されたものです。同じように19世紀の地磁気観測所は新しい地磁気観測器具によって可能になりました。地球磁場についての理解は、船の針路決定にとって決定的であり、それゆえ19世紀におけるイギリスのこの分野での貢献は、軍の造兵廠の部局である砲兵隊のもとで行われたのです。イギリス海軍の軍艦に搭載された地磁気観測器具は海軍水路部の検定を受けたものでした。

## 科学と軍、国家

このような事例における科学は明白に権力、すなわち国家の軍事的政治的権力に奉仕するものでした。20世紀にはこれがもっと露骨に顕れます。1914年から18年の第1次世界大戦は、化学者の戦争と言われるようになりました。1939年から45年の第2次世界大戦は物理学者の戦争でした。物理学者も化学者も生物学者もみな軍事目的のために国家に徴用されました。ロシアではヨゼフ・スターリンの暴政のもとで科学情報は国家機密と見なされ、誇るべき公共科学の公開性は国家に対する犯罪に変わってしまいました。同時に、とんでもなく非科学的なルイセンコの学説<sup>68)</sup>が政治的な正統学説に祭り上げられたのでした。

このような濫用があつたにもかかわらず、幸いなことにもっと建設的な事例もあります。ヨーロッパではナポレオン戦争の最中にもフランスとイギリ

<sup>67)</sup> ジェシー・ラムズデン Jesse Ramsden (1735-1800) イギリスの天文機械製造業者。

<sup>68)</sup> ジョン・ハリソン John Harrison (1693-1776) イギリスの時計技術者。温度変化や振動による誤差の少ない高精度の航海用時計クロノメータを発明した (1765)。

<sup>69)</sup> ルイセンコ事件 ソ連の農学者ルイセンコ (Trofim Denisovich Lysenko, 1898-1976) は獲得形質 (とくに春化处理) の遺伝を主張し、スターリンの支持を受けて権力を握り、この学説を農業に適用して、反対する農学者・遺伝学者をシベリヤへ追放した。スターリンの死後、凋落。

スの科学者たちは情報交換を続けていました。ロンドン王立協会会長のジョーゼフ・バンクスは、彼の事務所を使って、イギリスやフランスの捕虜となった科学者の帰還を手配しました。その活動はたいへん効果的だったので、ガヴィン・デ・ビア<sup>(70)</sup>は『科学に戦争は決してない』(1960年)という表題の本を書いたくらいです。「決してない」は言い過ぎですが、科学を自由への道と考えた人々はたくさんいます。ジョーゼフ・プリーストリは化学においては保守的、政治と宗教においては急進的な人でしたが、科学的真理を公に発表することは専制支配者と腐敗した政府を打倒するのに必ず役立つと主張しました。

## 科学と宗教

プリーストリはきわめてはっきりと、宗教における位階性と権威主義があらゆる点で政治上の絶対主義と同様に許されるべきではないと考えました。科学者と神学者との間の難しい関係は、当時もその後の歴史家にとっても、ずっと論争のテーマでありました。最も著名な例はガリレオ・ガリレイです。異端審問庁によるガリレオの告発とコペルニクス説撤回の強要によって、ルネ・デカルトは恐怖を抱き、宇宙論の論文『世界論』を印刷所から引き上げて、二度と出版しようとはしませんでした。ガリレオは「クリスティーナ大公妃への手紙」の中で、真理の源泉には2つあって、一方は神の言葉である聖書、他方は神の作品である自然界であると主張しました。これは受け入れやすい主張であるように見えますが、しかしガリレオは、自然の書物を読むことが科学者の仕事であるとし、神学者はこれに口を差し挟むなど警告したのです。ですから、自分自身では真面目なカトリック信者だと思っていたのですが、法廷に引き出されたのも無理はありませんでした。

アイザック・ニュートンは1687年の『プリンキピア』の中で神の力と支配について書いています。そして、彼の非正統的な神の概念に基づいて自然界を解釈しました。ハノーヴァーのライプニッツは、これによってイギリスにおける宗教の衰退が加速されると見なしました。しかしながら、自然から神を論ずる自然神学は、英国国教会のなかにしっかりと定着しました。しかし19世紀になると、自然神学を擁護する何冊ものブリッジウォータ叢書が出版される一方で、困った問題が発生してきました。自然史、地質学、古生物学な

<sup>(70)</sup> ガヴィン・デ・ビア Gavin Rylands de Beer (1899-1972) イギリスの動物学者。ロンドン大学教授、大英博物館長。『Sciences Were Never at War』(1960)は1689～1715の間のイギリスとフランスの科学者の情報交換を論じた本。



どの分野で生まれてきた疑問が多く、多くのキリスト教徒を困惑させる問題を提起したのです。チャールズ・ダーウィンはほとんど自分で気づかないうちに宗教心を失ったようです。ダーウィンの批判者たちは、自然選択による種の起源という彼の学説の含意を警戒するようになりました。彼の友人のなかには、雄弁で戦闘的なトーマス・ヘンリ・ハクスレイのように、教会の支配に反対する闘いを喜ぶ人たちもいました。ハクスレイは、「消沈した神学者たちは……まるで赤子のヘラクレスの眠るゆりかごのそばで絞め殺されているヘビのように」<sup>71)</sup>自然科学の周辺でのびている、と公言しました。科学とキリスト教の闘いはヨーロッパと北アメリカではラディカルな唯物論者を励ますものとなり、一方宗教的信念と科学活動を融合したいと思う人々をがっかりさせることになりました。科学史家のジョン・ブルックが幅広く論じ、ピーター・ボウラーが特定の問題についてはっきりと示しているように、科学と宗教の関係は、「闘い」という解釈では済まされなはずと複雑で興味深い現象です。

「科学と宗教」の論争に関わる史料が豊富にあり、活発な論争が続いていることで、多数の本や企画が現れました。たとえば、ジョン・ブルックとジョfrey・カントルによるジファード講演、科学と宗教の相互作用の研究を推進するテンブルトン財団の尽力、アメリカ合衆国における創造論者と進化論者の間の果てしない論争、オクスフォード大学における宗教と科学の研究講座の設置です。これらすべてが示していることは、それぞれの形で、この研究領域が活力をもち、重要だと考えられていることです。

キリスト教以外にもたくさんの宗教がありますし、宗教と科学の相互作用には今述べたこと以外にもいろいろなものがありますので、この講演後のディスカッションで私の理解を広げてくださるようお願いいたします。

## 科学史はなぜ重要か

最後に、この講演の題目である「科学史とは何か、それはなぜ重要か」に戻りましょう。科学は論ずるまでもなく重要です。その歴史について何がしかのことを理解することは科学者にとっても人文系の学者にとっても重要です。実は現代社会を構成する誰にとっても重要です。ただ、講演の最後にあたって、科学史が大いに貢献できる特別な領域を1つ指摘したいと思います。

<sup>71)</sup> ヘラクレスとヘビ 英雄ヘラクレスが不倫の子として生まれたとき、ゼウスの妻ヘラはこれを殺そうと2匹のヘビをゆりかごに放ったが、赤子のヘラクレスは両手でそれを絞め殺した、というギリシア神話にもとづく。

それは、中学・高校や大学における科学教育です。私が学生だった頃、教科書の初めの箇所にはその分野の短い歴史が紹介されていました。たとえば、化学原子、原子量、結合比についての記述の前に、ジョン・ドルトンのことが1段落だけ書いてありましたが、この歴史的な導入箇所と本文の説明との間には何の有機的繋がりもありませんでした。その後、学生が科学を学ぶのに役に立つ科学史に私が初めて出会ったのは、今から30年以上も前のことで、イギリスのオープン・ユニバーシティの化学入門の科目でした。その頃現場の化学研究者であり、科学史家でもあったコリン・ラッセル<sup>(7)</sup>は、学生に重要なテーマについて考えさせるために、化学者の論争を使っていたのです。彼は主に19世紀の事例を使いました。ただし、彼は用心深く、それを歴史として提示することを避けました。化学の学生たちは歴史をやっているのだとわかったらシラけてしまうだろうと言っていました。

最近、科学教員、教育学部の教授、科学史家、科学哲学者が一堂に会して、「国際科学史科学哲学・科学教育グループ」という名称の組織を立ち上げました。この団体はオーストラリア人のマイケル・マッシューズ<sup>(8)</sup>が編集する雑誌を発刊し、年会も開きます。その目標は、科学教育の伝統的なカリキュラムが要求する莫大な予算を節約し、他方で学生の科学理解と彼らの思考力・問題解決能力を増進するというものです。彼らは、科学の道に進もうとする生徒たちも、全く別の進路を選ぶ生徒たちにも、科学リテラシー〔科学の基本的理解力〕が得られるような中等教育を唱道しています。この組織の参加者たちは歴史的な事例を使います。たとえば、振り子の等時性の例を使って、ある概念がどのように発展したか、時代とともに問題はどのようにして解決されたかを提示します。この方法は、問題解決のためにどんなにさまざまな見方が必要となり、どんなにいろいろな科学分野が使われるかを明らかにします。この問題中心教授法は学生、生徒たちに、単に標準的な手順をあてはめることではなくて、関係する事柄は何かを理解させることによって、問題を解決することを教えようと意図しています。この企てには緊急性も強い要望もあります。その緊急性とは、多くの国々において大学進学率は上がっているのに、自然科学を専攻する学生の数は減少していることから来ています。訓練された科学者や科学教育者の不足を来している分野もすでに出始めているのです。

(7) コリン・ラッセル Colin Archibald Russell (1928-) 現代イギリスの科学史家。

(8) マイケル・マッシューズ Michael R. Matthews 現代オーストラリアの科学教育研究者。ニュー・サウスウェールズ大学教授。 *Science & Education* 誌を編集。

## 科学史を学ぶ意義

科学史は新しいタイプの科学教育を提供します。科学史は理科系だけでなく人文社会系の学生たちに対しても、共感を持って科学活動を理解するように支援することができます。科学史は科学の研究と実践を豊かにすることができます。科学史は、長い時間の中で発展してきた物質文化や知的文化における科学の役割を理解するのに役立ちます。そうすることによって、科学史は歴史教育においても、今日の学校や大学教育のなかでさらに縮小されつつある、大切だけれども軽視されてきた分野に貢献することができます。そして科学史は、過去の科学との切っても切れない繋がりを提供することができます。

科学史は原理的にこれらすべてを実行できます。実際には、科学史は少数の専門家による内向きの専門分野に留まり、現役を引退した科学者の仕事にとどまってきました。もっと幅広い読者と聴衆に働きかけることは、それを研究する者の責任です。ですからこうして日本の皆様に話す機会を与えられたことに、私はあらためて感謝します。私は自分の属する学問分野のことを、その長所も弱点も含めて、お話ししてまいりました。科学史の進むべき方向について若干の考えを皆さんと共有できたと思います。この点についても感謝いたします。この後の討論でいろいろと学ばせていただけたら幸いです。