

化学史研究会編集

化学史研究

1984年 第1号

(第26号)

論文

丸沢常哉の大正デモクラシイ期の活躍 廣田 鋼 藏 (1)

化学革命と科学方法論 横山 輝 雄 (10)

寄 書

Sandmeyer 反応の100年に当たって —発見の経緯と反応の解明—
..... 竹 林 松 二 (17)

教育シリーズ

科学における類比的想像力の働き
—ファント・ホフと近代溶液理論の成立— 藤 井 清 久 (21)

解 説

プリーストリーは何故に化学への道を歩んだか 柏 木 肇 (30)

紹 介

立花太郎著『化学を創ってゆく道すじ』 小 塩 玄 也 (40)

『化学史研究』総目次 (第1号～第25号) (42)

内 田 老 鶴 圃

1984年 3月

アンケート結果報告

本会が創立10年目を迎えた機会に、今後の運営方針に会員諸氏の御意見を反映をさせるため、昨年第2号において簡単なアンケートを実施いたしましたが、十分ご理解いただけなかったためか残念ながら予期した程の回収率をあげることができませんでした。しかし、寄せられた回答はいずれも貴重なご意見ですのでここに記録に留め今後の指針としたいと思えます。

まず会の名称の変更については、大半が賛成で、案としては「日本化学史学会」、あるいは「化学史学会」などがありました。反対意見としては会創立当時の空気を残しサロン風あるいは風格があるので現在のままでよい、名前より内容充実を求めるものもありました。

会誌名変更については現在のままでよいとする意見が変更すべきという意見より多数でした。名称案としては「化学史」、「化学史研究誌」、「化学史学会誌」などがありました。

教育シリーズについては回答が多く会員の関心の高いことが認められます。全体の印象としてはよしとするものが第1位ですが、難解、専門的、論文的、テーマが細かい、統一性に欠けるなどがあり、意図があいまいである、史実の概説よりも教育的意義を論ずるべきだとの批判的意見がありました。今後取りあげるべきテーマとし

ては、錯体化学、分析化学、生化学、周期律、量子化学、地球化学、酸アルカリ、化学技術史、日本の化学、錬金術などがあげられました。

昨年の総会で世話人より提案、可決した会則改定についてはほとんどの方が無回答でした。

その他企画してほしい年間行事としては年1回程度の外人講演会あるいは夏の学校開催の要望がありました。

さらに会誌としてとりあげるべき記事としては、境界領域の化学史、化学技術史・産業史が指摘され、化学史教育の実践例なども気軽に投稿できるようにしてほしいとの要望もありました。

会の運営全般に関しては、イデオロギーにかたよらない中立の立場で化学史を研究する場であってほしいという意見と、化学と人間社会の関わりを考える会になるべきとの意見がありました。

アンケートの結果は以上のようにありますが、本会としては、会の体質を学会的にするかサロン風にするか、会誌の性格を学会誌とするか会員誌とするか、それぞれ両者をどのように調和していくかが問われている時機にあり、この結果をもとに今後討論を重ねて早急に新しい方向を確立したいと思っております。

KAGAKUSHI

The Journal of the Japanese Society for the History of Chemistry

1984, No. 1 (No. 26)

Editor: Hazime KASHIWAGI

The Activity of Tsuneya Marusawa in the Democratic Period of Taisho Era	Kozo HIROTA (1)
Chemical Revolution and the Case Study Approach	Teruo YOKOYAMA (10)
Centennial of the Sandmeyer Reaction. The Discovery and Elucidation of the Reaction	Matsuji TAKEBAYASHI (17)
Analogical Imagination in Science. —van't Hoff and the Modern Theory of Solutions.—	Kiyohisa FUJII (21)
"Why did Priestley take up Chemistry?" The First One of a Series of Priestley Memorial Lectures, delivered by M.P. Crosland	Hazime KASHIWAGI (30)

The Japanese Society for the History of Chemistry
2F Minamizawa Building, 21-8, Ichigaya Sanai-cho,
Shinjuku-ku, Tokyo, Japan 162

丸沢常哉の大正デモクラシィ期の活躍

廣 田 鋼 藏

(大阪大学名誉教授、日大大学院非常勤講師)

§1. はしがき

丸沢常哉(1883—1962)は、『新中国生活十年の思ひ出』(1961, 非売品)と『新中国建設と満鉄中央試験所』(1979, 二月社)の著書により¹⁾, 旧満鉄社員以外の人にも知られるに至った。

彼は終戦時、大連にあった南満州鉄道KK中央試験所の所長だった。同所を、彼は円滑しかも無傷にソ連に、ついで中国に引き渡す仕事を完遂。それ以後も、彼は精神的と肉体的の多くの苦難をなめながらも、多数の旧所員を指導、率先して徴用に応じ残留、新中国建設を支援。昭和30年(1955)2月に帰国した。丸沢は明治16年(1883)3月生れであるから、その時72歳の高齢であった。その上、帰国直前の一ケ年間は、中国側の要請により、遠く四川省の小都市長寿県にある小工場に技師として働いた。これらの行動は自らの発意で、終戦前、満鉄の副総裁待遇顧問だった責任上から、中国侵略のお詫びとしての実践だった。それと共に新中国建設に心から協力するためだった。

他方、丸沢の名は、古稀を過ぎた人には、大正期に新聞紙を賑わした万有還銀術事件に関与し、九大教授を退職した学者として記憶に残っていよう。だが、この学者が上述の丸沢と同一人物と気付く人は少ない。何れにしても、この二つの事柄に共通するのは、自己の責任感の強さである。引揚げが戦後十年目というのも、残留旧所員の最後の十人と行動を共にした責任感の結果だった。

以上丸沢の行動基礎となった思想は、彼の九州帝国大学教授時代の言行の解析により明らかになる。その一端については、すでに筆者は“万有還銀術事件”と題し報じたことがある²⁾。本稿では、本事件ばかりでなく、それに関与するに至った彼の心境とそれに関連する民衆立研究所創設問題や、工業化学会年会講演について紹介する。これらは、丸沢の全生涯の足跡を理解する上ばかりでなく、大正デモクラシィの科学界への反映として興味があろう。

§2. 新鋭教授丸沢常哉の覚悟

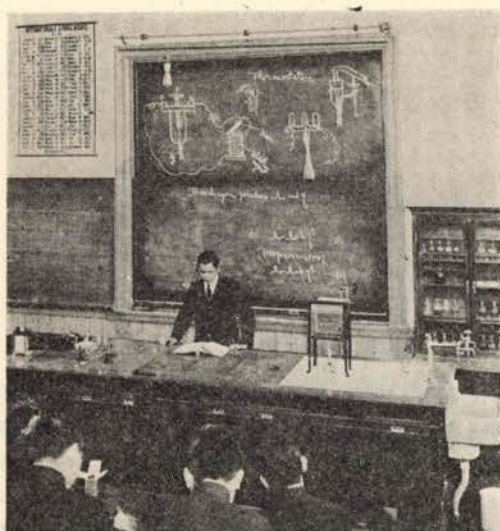
明治40年(1907)7月、東京帝国大学工科大学応用化学科を優秀な成績で丸沢は卒業。直ちに日本舎密製造KKに入社。2年後に東京工業試験所に入所。さらに2年後、新設の九州帝国大学工科大学応用化学科助教授を拝命。3ヶ年のドイツ留学を終え、大正3年(1914)4月帰国。同年8月同大学教授に昇進。以後、大正12年(1923)4月、万有還銀事件に関与した責任を感じてか依願退官。その約10年間新鋭教授として活躍した。奇しくもこの教授在任期間は、第一次世界大戦(欧州大戦)の勃発から関東大震災の年までに相当し、いわゆる大正デモクラシィ華やかな時期に対応する。

このような社会的背景が、その頃の彼の言行にも明らかに示されている。これによって彼が当時の自由主義的、民主主義的空氣を大いに吸っていたことが判る。やがてわが国の思想界の潮流は、全体主義的、国家主義的へと次第に傾いていく。彼自身の思想もその中に埋没していった。だが、彼の民主主義が敗戦を契機に、再び目覚めることになったと、推測される。

さて若冠31歳で教授に任命された丸沢の担当講座は、工学部*共通の理科教室の化学であった。当時の九大には理学部が未だなかった。こういう事情を考慮してか、彼の講じた分析化学は、物理化学の色彩の濃い内容だった、という(第1図)。彼は、大正5年5月に Wilhelm Ostwald の著書を訳し、『化学の原理——すべての化学教科書に対する緒言』として丸善から出版しているが³⁾、恐らく前記講義の基本資料としたのであろう。この事実はまた、彼が晩年まで、工学者としては珍しく物理化学に理解を示したことに関連があろう。

さて他方、丸沢が研究対象としたのは、当時重要なバルブの製造法であった⁴⁾。彼がこの研究にいつ頃から着手したか明らかでないが、大正6年には『工業化学雑誌』20巻(1917)481と737ページに、「亜硫酸紙料蒸煮

* 大正8年の新大学令発布までは、正式には工科大学であるが、以後簡単のため工学部と記す。



第1図 九大における丸沢の講義 真珠のネクタイ
ピンをつけた丸沢と旧型電球とが対照的

用紙の本性並に其作用に関する研究」と題し、長編の論文を発表した。さらに、同年1月これを九大に学位論文として提出し、工学博士を受領した。内容は、亜硫酸パルプの蒸煮溶液の本性及び高温における挙動を詳しく述べたもので、これらに基づきパルプ製造法を論じた成果である。さらにこの結果を発展させ、重亜硫酸アンモニウムを使用する新パルプ製造法の特許をわが国ばかりでなく、米国・カナダ・スウェーデンに出願し、何れも特許権を得た⁵⁾。

本法は数年後、米国でも関心と呼び類似特許が出現したが、我国ではまもなく堤清六の関心と呼んだ。彼は大战時に巨財を得、日魯漁業KKの社長となるが、シベリヤの林産資源開発にも関心があった。そこで大正9年始め、丸沢は木材からパルプ製造の中間工業試験に要する費用約30万円支出を条件に、内外の全特許を彼に譲渡した。その後、彼の没落も原因し、丸沢式パルプ製造法は、そのまま直ちには工業化しなかった。だが、重亜硫酸マグネシウムを用いる改良法の形で、昭和期に入り、工業化するに至った⁶⁾。

さて、以上のような状況にあったから、丸沢自身が意気軒昂だったのも当然である。もちろん民間の工業化学界においても、この程度の成果はあった。としても、民間を指導するはずの工科大学教授陣に、それほどの成果はなかったからである⁷⁾。こうした状況は東西両帝大の工学系教授が教育と外国文献紹介に力を入れ、研究に力を注がなかった結果であった。この観点に立って、大正8年までの旧制度の論文提出による博士を調べると、東

大助教授で丸沢より2年先輩の田中芳雄(1881—1966)が、明治44年に論文博士を得ているに過ぎない。教授はすべて推薦により工学博士を受領している。ただしこの頃からようやく研究重視の空気が生まれ、丸沢より1年先輩の喜多源逸(1883—1952)がその好例であった。彼は、大正10年東大より京大に移り、教授となって喜多学派を開花させた。東大では前述の田中が大正8年に、また、亀山直人(1890—1963)がようやく大正14年教授に就任し、独自の学派を開く。

余談となるが、当時わが国で独創的化学技術といえば、理学出身の池田菊苗(1864—1936)の味の素創製とか、東京工業試験所の辻本満丸(1877—1940)に指導される油脂工業位といえよう。この点から東工試(現、化学技術研究所)で親しく接する機会のある辻本を具体的に指導はされなかったが大変に尊敬する、と旧中試所員の筆者に語っている。

このような事情で、しかも第一次世界大戦を契機とする科学技術向上を要望する世論に、丸沢は象牙の塔を出る。それがやがて彼の一生の針路を大きく変えることになる。

§3. 民衆立研究所の創設

大正9年10月26日の東京日日新聞(現在の毎日新聞東京版の前身)は九大の教授グループが福岡市に民衆立研究所なる機関を創設する、と報じた。以後数年存続するこの機関を、簡単のため以下民研と略称する。

民研は、3年前の大正6年発足の財団法人理化学研究所(現在の特殊法人のその前身)と同じく、民営である。だが、その設立構想も、経過も、それと異なっていた。民研は官・学・財界の三者の合作で生まれ、渋沢栄一や桜井錠二、高峰譲吉のような財学界の大物の発起人が中心となっている。これに多額の政府資金を投ずるために、議会で設立法案を通過させた産物である。これに加え皇室からは巨額の内帑金が寄せられ、財界人もこれにならって寄付した。研究施設は政治・学問の中心地東京におかれた。ただし仙台・京都などの帝大の教授にも研究の委託は行ったが、

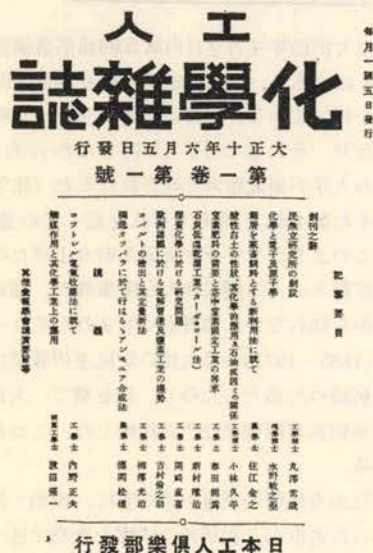
しかもその頃、東京にもう一つ国立の研究機関が誕生した(大正7年)。東京工業試験所の分身の形式をとった臨時窒素研究所がそれである。もちろんこれにも巨額の政府資金と多くの人材がつぎこまれ始めていた。

これに対し、僻地というべき福岡に生ぶ聲をあげた民研は、全く対照的な性格を有していた。

民研の発起者は、九大医学部の宮入慶之助教授⁸⁾、工学部の河村幹雄教授と丸沢常哉教授、これに提案者の医



第2図 民研創設に関する新聞
切り抜きノートの表紙



第3図 工人化学雜誌1卷1号表紙

学部助手神田左京氏である。だが、その推進者は丸沢であった。これを裏付けるものが、彼が遺したノートに張られた九州日報紙の切り抜きである（第2図）。これは大正11年3月26日夜、福岡市記念館で開催の民研第一回講演会の記事と丸沢の“民研創設の由来”と題する連載記事とから成っている。全くこれと同様の題名と趣旨の

ものが、大正10年6月5日発行の『工人化学雑誌』第1巻第1号の冒頭にも寄稿されている(第3図)。後者はB5判10ページの長文である。つぎにその要約を述べるが、その前に本論説の目的を書いた序論を紹介する。

《民衆立研究所の創設は九州帝国大学医学部の神田左京君の熱心なる提唱に基くもので、同君が昨年10月新聞紙に公にされました「独逸留学難と其根本的救済策」と云ふ一文が民衆立研究所の生れ出る抑の始まりであります。此一文の要旨を極めて簡単に紹介しますと、我国は明治の初年来、年々多数の留学生を独逸国に派遣して同国から學術を教はり、辛くも新知識の命脈を繋いで来たが、かの全世界の大乱突発後独逸は敵国となったため一時我国は新知識の供給所を失ってしまった。平和克復後我留学生は早速独逸国に向って押しかけたが、種々の事情から最早戦前の如く好遇はして呉れぬ。》(句読点挿入)。

それではどうやって此の独逸留学難を解決すべきか、またわが国がその解決ができなければ、わが国は将来国際的に大変苦しい立場となる、として、彼はつぎのように述べる。

わが国は連合国の一員として戦勝国として国際的地位が向上し、火事泥的に工業生産も上昇し、やっと先進国の仲間に入りかけた。と同時に、これらの諸国からねたまれ始めた。そのねたみの原因は、わが国に生産向上をもたらした技術が、実は彼らの模倣に過ぎない、との批判である。何やら現在のわが国が欧米から聞かされるものと同じであるが、丸沢が当時すでに、やはりこう論じているのは、興味がある。

さて当時は、科学技術が最も進んでいたドイツからの技術導入が困難となったのが、わが国には大問題だった。その打開のためには、基礎研究段階の向上から、わが国で努力する必要がある。さらにそのために一大研究機関を作る必要がある。以上の結論に達するには、丸沢は平易なたとえ話を用いたり、留学時にたまたま訪独された乃木将軍が歓迎会の席上で行った、興味ある挨拶の一部：

《自分が欧州諸国を巡遊するに当り、逢ふ人毎に日本の武勇を賞讃して呉れる。然し我國の學術方面に就ては些の讃辭をも耳にしない。此事は自分として誠に心外で耐らぬ。諸君は孰れも學術の研究に従事せられて居る方々である。何卒我國の爲に御努力を乞ふ。……》

を挿入したりしている。また以上の結論達成のため教育機関以外に、研究を中心とする機関を設立する必要がある、と主張する丸沢らが、構想したのが民衆立研究所の

設立である。

もちろん以上の主張は他の科学者も抱いていた。特に桜井錠二(1858—1939)のごときは明治期から、その種の機関誕生に努力していた。その成果が前述の理研設立となったといえる。これに対し臨時窒素研究所の方は国産技術のアンモニア合成工場設立を目的としているので、民研に対する丸沢らの意図とはやや内容が異なっていた。そこで理研などと比べつつ民研の設立構想を説明する。

まず強いて民研との差を求めれば、理研の設立は最初に提唱の時期は大戦前のわが国が極度の不景気状況にあり、その打開策だった。逆に似た点を求めれば、大学外に研究を中心とする機関を設置し、有能な人材を集め、すぐれた研究に専心させることにあった。大正10年の時点で、大学は5帝大に加えて、学制改革により単科大学が多数誕生または誕生が予定された。また私学にも早大には理工学部が創立された。だが、前述したように、依然として大学は教育が中心であり、また研究意欲がある教員があっても研究費が不足だった。この意欲を実現させるのが、理研設立の目的で、実際にその目的が成功したのは周知の事実である。では、民研の場合に、丸沢はどのようにして目的を達成しようとしたのか。

理研の場合には、まず所要資金を集め、これを有能と思われる学者に与え、自由にテーマを選択させ研究させた。これに対し民研では、資金と設備不足の壁に直面中の民間人の研究開発を援助するのが目的である。では資金と設備はというと、万人に趣旨を訴えて、1,000万円⁹⁾の基金を集めて賄うとする。この1,000万円というのは、当時の全国1,000万の全家庭が1円ずつ拠出することを仮定した数字である。

この提案はもちろん実現不可能で、実施可能な案として、丸沢はつぎのように計画した。研究場所としては、九大の研究室を提供する。ここに集まる研究者に1人あたり4,000円提供すれば、研究費も衣食住費も足りる。そこで50万円の基金があれば、6%の利息で、毎年7～8人の研究者を養成できよう。この計画を聞き伝え、早速多額の寄付申込みがあり、またこれに応援すると申し入れた人もあった、と記されている。

民研はその後公開学術講演会を行い、神田の螢の発光機能などの発表があったが、これらは省略し、その創立に対する科学史的考察を加えよう。

一般人民・庶民・大衆と同義に使用される民衆は、今次戦後の昭和25年発足した国鉄の民衆駅があるが、その流行の最初は、大正5、6年の民衆芸術とかその頃本邦初演の“民衆の敵”(イブセン)に示される。まさに大正デ

モクラシの産物である。これを丸沢らは、新しい研究機関に付したのであった。実際に、内容も名称にふさわしく、在野の民間研究者の発展と支援とにあった。同様な理念が民研主催講演会テーマにも示されている。



第4図

(大正11年12月2日九州日報)
万有還銀術真相発表の予告

たとえば大正12年4月2日の第5回通俗講演会の広告(第4回)によると、河村幹雄が“男女共学問題”と題する講演を行っている。実はこの頃ようやく女権拡張の聲が大となり、それまで男子しか許さなかった帝大にも、女子の入学が東北帝大で許されだした(化学では黒田チカがその第1号)。恐らくそれを巡っての議論だったろう。このようなテーマを民研が取り上げたのも、当時を彩る話題といえる閨秀歌人白蓮事件が、福岡に関連したためかも知れない。伯爵家に生まれた彼女・白蓮・柳原燐子(1885—1971)は九州の炭坑王伊藤某に嫁したが、政略結婚のためだったので、彼を棄て、大正12年、若い民衆運動家宮崎竜之助¹⁰⁾と結婚した。これが、その事件である。

この特色ある民研の没落を語る前に、政治・社会にも関心があった丸沢の、民研外の活躍を次章で述べよう。

§4. 工業化学会における講演

丸沢が当時の学界の空気に批判的だったのは、前章の民研の設立に示される。これは自然科学界に問題に限られるが、もっと広く人文科学を含む学界行政に対する意見を開陳する機会が、その頃彼に到来した。

欧州大戦の終る前月、すなわち大正7年10月、連合国側各国の学士院代表者33名がロンドンに会合し、各国が

共に既存の国際学術連盟を脱退し、これに代る新連盟の結成を決議した。その決議によると、新学術連盟には、敵側のドイツ・オーストリー両国は除外することが含まれている。この会議には、わが国からも2名の代表が出席している。なお、この決議は、開戦当初ドイツの学者・芸術家93名連署の宣言書への返答とみられる。

だが、戦争が終わってみると、この決議には妥当な点もあるが、両国学者を国際学界から閉め出すのは、行きすぎだとの声が、わが国で聞かれた。その反対に、文部省派遣者が参加した以上、これを守るべきだと論ずる人もいた。だが大正11年12月の第1回のわが国の学術研究会議で、工業化学会会員井上仁吉(東北帝大教授)は、前記決議の不当を論じ、両国を新国際会議に参加させるべきだとした。その後、わが国の医学会も同様に決議した。丸沢はこの問題につき、大正12年5月8日の工業化学会年会で、“学術の研究と国際関係”と題し、意見を発表した¹¹⁾。

丸沢はまず、学術の研究には国境なしとし、これをデイヴィの業績に対し当時敵国のフランスがナポレオン賞を与え、デイヴィも喜んでこれを受けた事実で説明した。彼はついで、今回の新国際学術連盟からのドイツ・オーストリー両国除外決議に入り、この決定に反対した。理由は学術が政治に利用されてはならないこと及び両国の業績が無視できない以上、現実には除外が不可能なことである。さらに彼は進んで、文部省は派遣委員が決議に賛成しているのに、多数の留学生をドイツに送っている矛盾を指摘している。

以上の事実はまさに、

《家風が悪いからといって絶交を申し渡した友人の家に可愛い娘を行儀見習に遣った》

ようで、矛盾の上厚顔とも云うべき遣り口で、文部省は一国の文数を司る資格があるか、とまで述べている。

彼の激しい攻撃は、さらに文部省の態度を支持する上杉慎吉(東大教授)に向けられる。上杉は1月19日の東京日日新聞に、さきの井上や医学会における主張は、

《厳然たる我が代表者の決議せる所を内より抗議するが如きは信を列国に失い国家の品位を墜[＊]す極めて大なるもの……断じて非なり》

とし、これに反対するのは、国を誤る“迂儒”としている。丸沢は自分が上杉の所見に反する点を認めた上、さらにその後『中央公論』に発表した上杉の、“国家は最高の道徳である”との主張にも批判を加えている。また自分の主張はドイツの歓心を求めるためのものでない点を述べ、同国の“民衆”が、為政者・資本家及び偽学者に欺かれた事実同情している。

この丸沢の講演から十数年後、周知のようにわが国には米英よりドイツに親しむグループが国内に力を伸ばしだした。その理論的支持を与えた一因が上杉慎吉の憲法理論であったが、ここにはこの興味ある事実を、単に指摘するに止める。

つぎに丸沢は話題を転じ、“住み難き世を住み易くするため”に、わが国の青年技術者が工人倶楽部なるものを組織し、技術の創造により文化に貢献するため活動中と聞き、これを期待する、と述べている。なお、彼がこの組織にいかに関心したかは、前述したように同組織の機関誌なる『工人化学雑誌』の創刊号巻頭に、“民研創設由来”を寄稿した事実¹²⁾に示されている。

そして最後に、“今や真の学者が奮起して為政家を戒め資本家に教え而して民衆を正路に導くべきの時である”……“真理を開きこの光の下に正義の為め人道の為めに努力せねばならぬ時である”，と結んでいる。(文を筆者平易化)

注意すべきは、本講演でも丸沢は、前章で紹介したように、民衆——人民集団——が念頭から離れていなかった。今日でいう主権在民の思想をすでに有していた、と思われる¹³⁾。

だが、美濃部学説に通ずる、この思想は次第に軍部の批判を受けるようになる。そして昭和5年(1930)のロンドン海軍軍縮条約調印に際しこれは政治問題として表面化した。“人民の名において In the name of people”と明記されたその条約への調印は、天皇の軍隊を統帥する大権を侵した、というのが理由である。この事件に憤激した一青年により浜口雄幸首相が狙撃され、重傷を負うことになる。この頃には、民衆なる用語は、次第に社会から陰に身をひそめていった。

§5. 万有還銀術事件による失脚

大正10年1月6日早朝、丸沢は訪問客の羽鳥辰蔵の話聞いた。かねて来意は長文の手紙で知っていたが、さらに詳細な説明を聞くためである。彼はそれまでバルブ製造法の研究に専心していたが、以後2年間その方向は大転換することになる。

一時間にわたる羽鳥の説明は、興味あると共に、その内容に化学者としていよいよ驚かされた。彼によれば、数年来の努力で、遂に自宅に設けた簡単な装置で、通常の土砂から銀粒子が得られる、というのだから。だが、この素晴らしい成果の企業化相談を、在京の公的・民間の機関や理研に持ち込んでも、全く受け付けてくれない。思案にあまっていた折、“新聞で民研の創設を知り、お手紙した”，と言う。丸沢は現在の化学では不可能な

事柄であるが、在独中に師のトラウベ教授から似た話を聞いたことがある。その上、今まで何回か行われた第三者の立会実験には、何れも詐術が発見されなかった。また羽鳥はそのようなインチキをしそうな人物と思えなかった。とすれば、今まで専門学者が見逃していた何かを彼が発見したのかも知れない。こう考えて、4月12日、羽鳥が実験所とする埼玉県川口在の彼の自宅を訪問した。

ここで丸沢の心境を想像すると、恐らく彼は創設早々の民研の資金を、この研究の完成で入手できないか、と考えたのであろう。次にこの考えは、大正10年(1921)という時点では、必ずしも丸沢の不明として責められない。ボーアの原子構造理論が出て9年目、まして原子核反応の必要条件などに全く定説がなかった¹⁹⁾。各国で元素の変換が試みられたが失敗した。現にわが国でも、2〜3年後に長岡半太郎が水銀を金に変える実験をし、一時成功が伝えられた。丸沢がたとえ還銀に失敗しても、何らかの新事実が得られる、と考えたとしてもおかしくない。これが当時の学界の状況だった。

4月12日の立会実験には、神田も同席し、持参した福岡の箱崎海岸の砂、ついで羽鳥宅のカキツバタを試料とした。操作は羽鳥と助手の飯塚秋一が行ったが、木炭の火力で高温処理した試料をつぼ中から眼前で見事銀粒子が出現した。なお、残りの4種の持参試料も、その後同様な結果を得た旨、福岡に報告された。だが、丸沢は九大に戻り同じ方法で実験したが、結果は否定的だった。

そこで6月2日再び羽鳥宅を訪れたり、“羽鳥氏の試金研究”と題する寄稿を、6月18, 19, 21日の東京朝日

新聞(現、朝日新聞東京版)に発表し、彼は次第に熱中する。遂には何回か自ら羽鳥宅に泊りこみ実験に参加するに至る。だが結局、羽鳥の主張する万有還銀術なるものは、飯塚助手の詐術による結果と判った。その全貌は、さきに筆者が紹介したので¹⁹⁾、重複部分は成るべく省略し、丸沢が残した11冊の小手帳と1冊のノートにより、彼の心境などを追跡する。

まずノートはA6判72ページより成り、第5図に示すように表紙に“羽鳥式試金法”とあり、大正10年12月上旬から翌年5月下旬までの研究(No.1—99)のまとめである。これは小手帳6冊に記された生のデータに対応している。その間の実験回数は計397回、6種の炉を使用した。またその一部は、九大炉で実施している。この頃までは、これが詐術とは気付かず、熱心に追試研究の最中と思われる。このノートの第1—2ページに研究着手にあたっての、丸沢の覚悟を示すつぎの序文が書かれている。これは詐術と判る約半年前の彼の心境を示す大切な資料である。

序 言

大正10年11月25日付ヲ以テ九州帝国大学工学部長吉町太郎一ニ辞表ヲ提出シ地行東町ノ居ヲタタミ、余ハ単身29日早朝福岡ヲ出発、30日午後3時羽鳥邸ニ入ル

羽鳥式試金法ヲ学術的ニ大成セントスル熱烈ナル目的ヲ以テ羽鳥邸ニ滞留シ、炉及竈ニ宿ル神秘ノ扉ヲ開カントス

本誌ハ如上ノ目的ヲ以テ羽鳥翁ト協力シテ研究セル事項ノ記録ナリ。

研究ノ方針トシテハ種々ノ構造ノ炉ヲ作製シ、各ニ就テ全様ナル操作ヲ反復シ、結局特別竈ニ到達セズトモ換言スレバ如何ナル初心者ニテモ、直チニ銀粒子ヲ抽出シ得ル如キ炉ノ構造ヲ解決セントスルニ有リ。

既ニ本年九月始メ羽鳥翁ノ築造セル「民研炉」並ビニ此ニ次イデ全翁築造セル「旧炉」ノ如キハ此ノ条件ニ叶フモノナリト雖、今ヤ破レテ原形ヲ留メザルニ至レリ、其ノ構造ノ大体ハ翁ノ記憶ニ存スト雖、如何セン精密ナル寸法、曲面等ハ不明トナレリ。

故ニ余自身種々ノ考察ノ下ニ炉ノ構造ヲ設計シテ研究ニ従事スルト全時ニ、羽鳥翁ニ乞ウテ翁ノ記憶ヲタドリ行キテ往時ノ民研炉ノ如キモノヲ再造セント欲ス。(原文のまま)

だがやがて、助手の飯塚秋一不在の場合には銀が得ら



第5図 丸沢ノート(研究日誌)

月・日	新	箱	五	九	下	小	計	備考
10.20	10.11	1	1	1	1	1	1	上+下
10.21	10.12	1	1	1	1	1	1	
10.23	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.24	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.25	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.26	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.27	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.28	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.29	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.30	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
10.31	10.11	1	1	1	1	1	1	他、新製同、
小計	10.11	1	1	1	1	1	1	
11.1	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.2	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.3	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.4	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.5	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.6	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.7	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.8	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.9	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.10	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.11	10.12	1	1	1	1	1	1	
11.12	10.12	1	1	1	1	1	1	
小計	10.12	1	1	1	1	1	1	

第6図 丸沢の最終小手帳の最終ページ



第7図 丸沢の最終小手帳の表紙

れない事実が発見され、彼を追及した。その結果彼は妬のふいごをひく苦しさから、燃料木炭に硝酸銀溶液を浸ませた、と自供した。第6図は追求直前の10月20日から11月9日までのデータのまとめである。最右行のらんに示すように、“秋一休”の折は、全ての実験で銀が抽出されていない。なお、第7図は、これを掲載した最終小手帳の表紙である。

このように職をかけての意気込みで丸沢は努力した。だが、全くそれは、詐術と判る。大正11年11月のことであった。そこで博士は、同年12月1日総長に、さらに同日の工学部教授会に詳細を報告した。そして翌2日の「民研」講演会に、万有還銀術なるものは学術上に何の価値なし、との報告を行った。（第4図の講演題目参照）このように、博士は本問題に対して学者としての役割を果たしたが、かねての覚悟どおりに辞表を提出し、大正12年4月7日付で依願免官となった。その理由は新聞紙などで世間を騒がせた責任というより、初めから何かの詐術なりとの批判や、そのため公務をおろそかにした点への反省のためであろう。これ以外に、当時の新聞にあらぬ噂が掲載されて、丸沢を苦しめていたのも一因であろう。

§6. エピローグ

民衆立研究所という独創的研究機関の推進者、丸沢常哉は、発足早々に、万有還銀術事件に巻きこまれ、不幸にも彼の意図は挫折した。その結果、工業化学会の講演に示されるように学界刷新の意気に燃えた、この新鋭教授が、学界からたとえ一時にもせよ、引退せざるを得ないことになった。

身心共に疲れ果てた丸沢が一まず安住の地としたのは、房総半島南端の洲崎灯台に近い、波左間海岸の堤清六の別荘であった。ここに近い保田には、奇しくも大正9年に恋愛問題で東北帝大を去った石原純が住んでいた。だが、大正11年末、アインシュタイン来日を期に、すでに石原は再起し、華々しく活躍していた。

一家と共に同地に移り住んだ丸沢は、ここで関東大震災を迎える。それから約1年後、新設の旅順工科大学の教授に任命され、再び学者の道を歩むことになる。

こうして大陸に渡った彼は、バルブ製造の他に¹⁰⁾、同地の長山列島に産する特殊塩の研究も行った。特殊塩とは通常の天日製塩では生産できぬ正六面体の粒子より成る食塩で、微褐色ではあるが高密度の上、塩化ナトリウムの純度が95%以上と高い。このためガラス原料としてその増産が期待された。だが、その生産機構が不明だった、その研究を委託された丸沢は、内藤伝一助手の協力

により、特殊塩中の0.01%以下の含有マンガンがその生成に関連することを見出した。さらにこれが塩田に含まれる微量マンガン塩に由来すると考え、同じ状況で特殊塩を実験室でも産出させることに成功した¹⁷⁾。

現在では、母液中に含まれる微量の不純物が、生成する結晶の形態と生成速度とを支配することは常識となっている。だが1920年代末では、まだ珍しい知見であった。これを発見したのは、丸沢がまだ研究能力に依然秀でていた証明といえよう。

昭和4年、丸沢は新設の大阪工業大学の教授に迎えられる。これが昭和8年大阪帝国大学工学部に改編された後工学部長に選ばれる。そして4年後、最高顧問の資格で満鉄入りし、再び大陸に活躍することになる。この頃には、満州事変(昭6)、5.15事件(昭8)、2.26事件(昭11)と世相を変える大事件が相ついで発生し、大正デモクラシーの空気は全く消え去っていた。

本稿に述べた科学者として、この特色ある丸沢の、本稿以後の言行を、筆者は取りまとめ、つぎに投稿し目下印刷中である。『生産と技術』36巻(1984)4月号(阪大生産技術研究会発行)。題名「丸沢常哉先生言行録」。

謝 辞

終りに、本稿作成に関し、貴重な資料を借用させて頂いた丸沢博士の嗣子廣氏と近親の丸沢美千代さんに、深謝する。またご批判を頂いた畏友大形孝平氏ならびに特殊塩の研究に関しご教示頂いた先輩田中泰夫博士に、あわせてお礼申し上げる。

註と文献

- 1) この両書には、丸沢の書いた部分以外に、種々の付録的記載が多数含まれている。その中にも丸沢を知る上に重要な資料がある。
- 2) 廣田鋼蔵、『科学と実験』、32(1981)12月号、15ページ。
- 3) *Prinzipien der Chemie: Eine Einleitung in alle chemischen Lehrbücher* (1907)。本書の内容は題名どおりで、各論は全く書かれていない。彼の化学観が述べられている。
- 4) 当時、わが国でビスコース法人絹が工業化されたが、亜硫酸パルプは、その出発原料だった(現在のテイジンの創立は大正7年)。

- 5) 日本特許31,676; 31,940; 31,941; 45,447; 50,160. U.S.P. 1,244,525.
- 6) 丸沢,「丸沢式パルプ製造法中間工業試験成績」,『紙業雑誌』,30(1935),No.1,2; 31(1936),No.1~7.
- 7) 戦後、丸沢が筆者に漏らしたこの批判を、その後検討したところ、そのとおりと判った。Cf. 廣田『本誌』,5(1976),36ページの第3表
- 8) 日本住血吸虫の中間宿主みやりがいの発見者として知られる衛生学者。
- 9) 封書の郵便料金が、当時0.03円で現在60円から考えると、当時の1,000万円は現在なら200億にあたる。
- 10) 宮崎竜之助(1892—1971)は大陸浪人滔天(1870—1922)の子、東大では新人会員として鳴らし、当時大学を卒業したばかりだった。
- 11) 『工業化学雑誌』,24(1921),818—27.
- 12) 本誌の編集委員には、帝大教授の名はなく、東京工業試験所を中心とする大学卒業後数年位の少壮工学系技術者が名を連ねている(計21名)。
- 13) 民衆の民を丸沢は、市氏(=国民)でなく臣民と考えていたならば、以下の記載はやや変ずる必要がある。その可能性を示すつぎの挿話を旧中試所員I氏から聞いた。
昭和15年前後のある日、午飯のため町のレストランに出掛け、ぼったり丸沢所長に出会った。食事が済み、いざ帰所となった際、所長用自動車への便乗を、彼から、“これは天皇陛下が所長用として提供されたものだから”と言われて断られた、という。ちなみに旧満鉄は、現在でいえば、特殊法人であった。
- 14) すでに大正8年に、E. Rutherford が原子核破壊に成功していたが、未だ広く知られていない状況だった。
- 15) 文献²⁾以外に、『新中国生活十年の思い出』の付録、吉村倫之助、259~278ページに詳しい。
- 16) T. Marusawa, D. Naito, J. Uchida, 'Beiträge zur Kenntnis des Sulfitzellstoff-Kochverfahrens. I.', *Memoirs, Ryojun College of Engineering*, 1(1929), No.4.
- 17) 丸沢常哉,『化学工業時報』昭和5年12月1日号; 『工業化学雑誌』,34(1931),609。丸沢の研究の翌年以後、岡宗次郎(東大工)、山本健吉(理研)らにより、わが国でもこれを支持する報告が多数発表された。Cf. 田中泰夫,『海塩工業文献集』,日本塩学会 1950,28~29ページ。マンガンイオンの添加により結晶生成速度がおそくなるので、この発見は実用化されていない。

The Activity of Tsuneya Marusawa in the Democratic Period of Taisho Era

Kozo HIROTA

(Osaka University, Prof. Emeritus)

Dr. Tsuneya Marusawa (1883-1962) is well-known for his brilliant management and transfer of facilities of the Central Research Institute of South Manchurian Railway Company, as completely operatable entity, to the USSR and the Chinese authorities in the most difficult period after the World War II, when he was Director of the Institute. He is also deeply admired and respected for his keen sense of responsibility and fulfillment of commitment by remaining in China, overcoming all kinds of rigors perseveringly, tenaciously and patiently, until he repatriated with the last of the Japanese engineers when their jobs had been completed.

The purpose of the present paper is to introduce some of his significant activities which stemmed from his indomitable conviction in the so-called democratic period of Taisho era, when he was a young professor of the Kyushu Imperial University. They were:

- a) He established a research organization sponsored and supported by civil fund alone in

1920, to assist promising but unknown researchers with little monetary background.

- b) He delivered a strong address at the annual meeting of Kogyo-kagakukai (The Society of Chemical Industry) in 1922, appealing that Germany and Austria be invited to the International Union of every science against the opposite view asserted by a famous nationalist, Professor S. Uesugi.

- c) He dared, though not without apprehension, to support the research on conversion of various substances into silver conceived and initiated by a farmer researcher, as a research project relevant to the spirit of the research organization above-mentioned.

This research project known as "Banyu-Kangin Jutsu" proved, however, to be a hoax, in spite of his effort lasting for more than a year. Marusawa assumed the responsibility and resigned from professorship voluntarily; however, only a few years later, he was again appointed professor of Ryojun Technological College.

化学革命と科学方法論

横 山 輝 雄

(南山大学文学部)

1. はじめに

化学革命 (Chemical Revolution) は、従来の化学史において最も重要な一章をなすものとされてきた。19世紀の後半から、化学史書が編集されてくると、その過程で、近代化学の出発点に位置する化学革命の意義が強調された。またその頃同時に進行していた化学教科書の作成において、巻頭に歴史的序論をおくことが慣行化した。その中で必ずとりあげられるのが、化学革命と、Dalton の原子論から気体反応の法則を経て Avogadro の分子論へといった筋道であった。

こうした歴史的序論のねらいは、一つには近代化学というものが、どのような歴史の中で、先人の業績の上につくられてきたかを明らかにすることであり、また他方それは、化学の基本的概念 (原子、分子等) への導入をねらうものでもあった。

さらにまた、こうした歴史的序論は、科学の方法や論理を理解させるのに適当であるとして、単に化学に限定されない科学概論とか科学哲学の書物でもとりあげられるようになった。そこでは特に化学革命の事例が好んでとりあげられ、Lavoisier によるフロギストン理論の「反証」(refutation) すなわち、それを誤った理論として棄却すること、あるいは「決定的実験」(crucial experiment) すなわち、特定理論の妥当・非妥当のテストを直接の目的とする実験、について語られてきた。化学革命の事例は、こうした説明のための典型的事例となり、そのための史料集までもが編集されることになり、広く普及していた¹⁾。

ところが近年、科学哲学において、従来の科学方法論が批判されてくると、科学史事例を、方法論の説明のための単なる例示として断片的にとりあげること疑問が呈され、科学哲学者が、科学理論発展構造の分析のために、積極的に歴史研究を行うようになってきた。そうした中で、科学史記述に関する方法論が問題とされるようになり、科学哲学者による historiography についての議

論が盛んに行われるようになってきた²⁾。そしてこうした historiography についての議論は、「ホイッグ史観批判」「帰納主義科学観批判」という方向をもつものであり、例えば化学史家 Thackray らが行っている別の文脈における historiography 論³⁾とも関連するものをもって

いる。科学理論発展構造の分析という観点から、化学革命の事例をとりあげたものは、50年代に Toulmin の先駆的研究があるが⁴⁾、60年代に入り、科学史・科学哲学の新しい動向とともに盛んになってきた。Agassi は、自身科学史の研究を積極的に行っているが、その historiography 論において、化学革命の事例を取り扱っている⁵⁾。さらに、Kuhn は、こうした領域での新動向に大きな影響を与えた『科学革命の構造』において、化学革命の事例をとりあげた。Kuhn は、「コペルニクス革命」「アインシュタイン革命」といった他分野の科学史をも含めた包括的概念として、「科学革命」(scientific revolution) の概念を提出したが、その一つの典型例として化学革命の事例がとりあげられ、本書で繰り返言及されることになった⁶⁾。その後、Kuhn の提出した議論をめぐって、いろいろ議論がなされてきたが、Kuhn 批判として有力なものは、Lakatos の議論である。彼は、Kuhn が、科学理論発展構造の分析に重要な貢献をしたことは認めるが、その心理学主義・社会学主義を伴った議論を、知識の客観的進歩を認めない相対主義であると批判する⁷⁾。彼は historiography についての包括的な論文を著したが⁸⁾、その影響下に科学史の事例研究がいろいろと行われるようになった⁹⁾。その中で Musgrave は、Lakatos の議論を基にして、直接に化学革命の事例を分析してみせた。

本稿は、Lakatos, Musgrave 的な方向での分析の積極的な面を認めつつも、その批判をめざすものである。そして、最後にそれが、Thackray らの historiography 論とどう関連しているかについても検討し、あわせて科学社会学者の化学革命研究についてもふれたい。

2. 化学革命と科学方法論（その1）

従来の化学革命の記述は、おおむね、次の三つの科学方法論の一つ、あるいは複数のものを暗黙のうちに前提にして、それに従って議論してきた。Musgrave は、いろいろな化学史書の記述に即して具体的な批判を展開した、化学革命についての case study を行ったが、それは大すじ次のようなものである¹⁰⁾。

(1) 「帰納主義」の記述とその欠陥

帰納主義 (inductivism) とは、科学の理論は、実験事実から導出され、実験事実によって証明されたものであるとする。その立場からすると、化学革命は、未熟な誤った思弁の結果生じたフロギストン理論が、事実によって証明された Lavoisier 理論で置きかえられた過程とされる。

しかし、Lavoisier の理論は、彼が当時手にしていた実験事実から導出され、また証明されたものではなく、彼は多くの「飛躍」を行っている。すなわち、彼の理論は、実験事実よりもずっと多くの内容を含んでいたし、またその実験事実から必ずしも彼の理論が論理的に導出されるわけではない。また、彼の理論には、熱のカロリック理論とか、酸はすべて酸素を含んでいるといった現在は偽とされている内容も含まれている。ある特定の理論が、そのまますべて事実によって証明されることはなく、またフロギストン説の側でも、かなり多くの事実を説明しうるのである。

(2) 反証主義とその欠陥

反証主義 (falsificationism) は、ある科学理論が、事実によって証明されきることはない、とする。しかし、逆のこと、すなわち、理論は、それと矛盾する事実が出現した場合には反駁 (refutation) され、棄却されるとする。この立場からすれば、最初は、フロギストン説が、いろいろな事実を一応矛盾なく説明していたので、それが支持をうけてきたのは正当なことであるとされる。化学革命は、フロギストン説が、説明することのできない新事実の出現（燃焼後の重量増加現象など）によって反証された過程であるとされる。

しかし、そもそも反証例とされている重量増加現象などの事実、Lavoisier 以前からよく知られていたし、それについてのフロギストン説の側からの説明も与えられていたのである。フロギストン説に対する反証例とされるのは、重量増加の他に、密閉容器の内部ではなぜ燃焼がしばらくすると止むか、またなぜ周囲の気体の体積が減少するのか、あるいは、そもそも真空中で燃焼がおこらないのはなぜか、などがある。こうした事実は、当

時からよく知られていた。

こうした事実を、フロギストン理論は、次のように説明した。フロギストンは、燃焼する際に可燃物から空気によって吸いとられて、可燃物の外に出されるのである。密閉容器中の空気は、一定量のフロギストンを吸収すると飽和してしまうし、真空中では、そもそもフロギストンを受け入れるものがないのである。燃焼後の体積減少については、フロギストンで飽和した“phlogisticated air”は、通常の空気よりも体積が少なくなることが、水分を含んだ綿は通常のものよりも体積が少なくなるという事実との類比によって説明された。

燃焼後の重量増加現象の説明は、いろいろになされてきた。そもそもこの事実は直接にフロギストン理論を反証するものではない。それがフロギストンの否定に導くのは、次の三つの前提がすべて成立している場合だけなのである。(1)フロギストンは重量をもつ。(2)燃焼(煅焼)の過程では、金属に対して重量をもったものが他に付加されることはない。(3)もしも、重量のあるものが取り去られ、他に重量のあるものが付加されなければ、燃焼後の重量は、もとのものよりも減少する。

この三つの前提のうちの、少なくとも一つを否定すれば、重量増加の現象は、フロギストン説と矛盾しなくなる。フロギストンは「軽さ」をもつとして第一の前提を否定したり、また Boyle の「火の粒子」(fire particle) が付加するとしたり、加熱によって、密度の増大したより重い空気が付着するようになるとしたりして第二の前提が否定されたり、また、フロギストンが空気よりも軽いとすれば、フロギストンが放出され、あいた部分に空気が入って重量増加をもたらす、というように第三の前提が否定されたりした。こうしたいろいろな説は、いずれも当時の化学者が考えていたものである。

こうしたことからすれば、フロギストン理論が「反証」されたとも言えないのである。

3. 化学革命と科学方法論（その2）

帰納主義も反証主義も化学革命の論理構造を明らかにできないとすると、どうなるのであろうか。一つの考え方としては、ちょうどある人が劇的な回心によってある宗教に入信するのにたとえられる「改宗現象」というものがある。宗教的回心による改宗は、合理的な論証や説得の次元を超えた突然の啓示や飛躍であるが、科学理論の転換もこれで説明しようとする説である。しばしば Kuhn に帰せられるこの見解によれば、化学革命（あるいは一般に科学革命）は、科学者集団における世界観の転換による集団改宗現象であるとされる。そこには、何

ら合理的な過程は存在していないとされる。Kuhn 自身が、こうした見解を本当にもっていたのかどうかは、疑問があるけれども、前節のように、帰納主義も反証主義もともに化学革命の論理構造を解明するのに十分なものでないとする、こうした見解も一見もっともらしく思われよう。

しかし、化学革命を、全く何の論理も働いていない非合理的な過程とするのは早計であろう。前節での議論は、従来素朴に考えられていたような形での合理的移行の存在を否定するものではあっても、合理的な議論一般の可能性を否定したものではない。従来の説明が歴史的事例をうまく取り扱えなかったのは、それが、理論と事実との関係を二元的に取り扱っていたからであって、むしろ新旧理論の二つを対比的に考え、それと事実という三元的な取り扱いをする必要が示唆されているといえよう¹¹⁾。ある理論を単独でとりあげた場合には、それが事実によって証明されることもないし、また反証されることもない。その意味で、単一の理論と事実との関係から、理論の確立や棄却の理由を説明することはできないのである。

一般に科学革命と呼ばれる時期においては、新・旧二つの理論が競合している。そしてその間の決着は、一時期に行われるのではなく、ある一定の長さの期間を通じてなされる。そして理論は、その中核的部分と、補助的部分とをもった重層構造から成立している¹²⁾。一見反証例と思われる変則事例は、それだけでは当の理論の中核にまで影響せず、むしろある補助的部分の修正によって、その変則例を取り込んでしまうのである。フロギストン理論にとっての中核的部分は「燃焼とは、可燃物からフロギストンが遊離することである」と表現されよう。しかし、これだけでは、それを経験にどう適用するかが、はっきりと規定されていない。フロギストンをどのようなものと理解するのか(重さがあるのか、単離可能なか、等々)をさらに具体的に補助的部分として付け加えないと、実際に具体的な場面には適用できないのである。

このように考えれば、ある理論が独立にある事実によって反証されるものではないことは納得がいく。というのは、補助的部分の修正によって、中核的部分を守ることができるからである。いわゆる「ad hoc 仮説」の導入といわれている事態がこれであり、それは決して非科学的な言いのがれやこじつけではなく、科学において普通に行われていることなのである。

さらにまた、いわゆる大理論の場合、その補助部分には、たえず修正置換が行われており、たえず全体として

変化しているということがある。Stahl のフロギストン説と、Priestley のそれとは、かなり性格がちがっている。(Priestley の場合には、フロギストンは、単離しうるものである。)同様のことは、Lavoisier の側についても言える。

フロギストン理論は、Stahl によって提出されてから、補助的部分をいろいろと修正置換して、新しい事実をとり込むことに成功してきた。化学革命は、そうして支配的になっていたフロギストン理論に対して、Lavoisier によって提出された新理論が挑戦してそれを打倒した過程であった。しかし、そのことは、Lavoisier 側が、はじめから自らの優位性を他に対して示し得た、ということではない。むしろ、Lavoisier の側は、いろいろな変則例に直面しており、それが取り除かれるのは、ずっと後になってからなのである。フロギストン理論の側でも、補助的部分をいろいろと修正することによって、Lavoisier の側に都合がよいと思われる事実をも吸収しうるのである。そのため、科学革命の時期に論争しあっている科学者は、二つの理論の間でどう判断すべきかで困難に直面する。ある決定的な規準によって、二つの理論の間に決裁をつけることができないからである。科学者は、徐々にいろいろな有利な点を新理論に認めてそちらを支持するようになるが、しかしそれは多かれ少なかれ程度問題の部分を含んでいる。Kirwan は、はじめフロギストン説を支持していたが、しばらく後で Lavoisier 説を支持するように態度を変えた。しかし、Priestley は、最後までそうしなかった。彼は、Lavoisier 説に、いろいろな変則的事例がつきまとっていることを正しく指摘していた。さらにまた19世紀に入ってから、Davy は、一時期、フロギストン説を復活させるべきではないか、と考えたこともあった。こうしたことは、決して非科学的な態度ではない。

4. 科学史の再構成

ところが、一たん新理論が勝利すると、旧理論の欠陥を明らかにし、新理論の優位を示すいろいろな実験が工夫される。あるいは、過去の実験が、遡って、そのように再解釈される。そうした仕事は、勝利した理論の下での通常科学の仕事であり、教科書編集の作業でそれが利用される¹³⁾。その結果、旧理論は、新理論のその後展開された形と比較されることになり、新理論が当初の形態においてもっていた諸欠陥は、ふれられないか、あるいは、たいした問題ではないとされる。また旧理論が当時行っていた反批判の方も、無視されたり、あるいは全くの言いのがれであったように処理される。現在とは大き

く異なっていた当時の文脈が無視されるため、旧理論の支持者が行っていた反論は、確かにそのようにみえるのである。

とくに、従来の科学史は、科学的事実の発見の priority を確定するという問題意識を強くもっていたため、特に科学理論の転換の場面における複雑な性格は、無視されることになった。とりわけ化学史においては、物質の分離や同定といった実験操作が歴史貫通的に存在しているとして、そうしたことが、数学史や物理学史などと比べて一層強調されてきた。

化学革命と関連して有名なのは、「酸素の発見」の問題である。Kuhn が指摘したように、これは一つの過程として理解されなければならない。酸素（「脱フロギストン空気」ではなく）の発見は、Hales, Priestley, Lavoisier らを経て実現される一連の過程であって、確かに、Priestley と Lavoisier は、その中で重要な役割を果たしているが、この二人の一方あるいは、双方ともで、「酸素の発見」が完了するわけではない。それは、二番目以降のアルカリ金属や希ガスの発見とは性格が違う。こうした発見の場合には、（もちろん純度の程度といった問題はあっても）発見は、ある時点、ある特定の人物に同定しうるであろう。酸素の発見も、さまざまな気体の中からそれを分離し、識別する規準を述べた人物としては、Priestley があげられるであろう。この点での争点は、おそらくそう大きなものではないであろう。そして「脱フロギストン空気」の発見者が Priestley であることは確かである。

しかし、「脱フロギストン空気」の発見者と「酸素の発見者」は、同一ではない。後者には、その気体の燃焼過程等における役割の理解も必要であるからである。にもかかわらず、従来この区別が、はっきりとなされなかったのは、その二つが、同一の事実に対する、解釈の差にすぎないものとされてきたからである。こうした理解は、科学上の発見の役割を誤解することからきている。つまり、基礎的観察のレヴェルに、理論レヴェルの発見が還元しうるものという前提に基づいている。しかし、科学上の意義のある経験とは、ある基礎的観察を、理論概念の経験への適用とともに確立することなのである。これは、Priestley と Lavoisier の両者が、ともに行ったことである。このレヴェルでの争いがなかったら、この論争は、科学史的に意義の大きなものではなく、ただ、先取権争いに関する、古い科学社会学の一つの分析事例にすぎぬものとなる。それは歴史的な文脈の理解を欠いており、この論争を、二番目以降のアルカリ金属や希ガスの発見と同水準のものとみなすことになってしま

う

5. Lakatos, Musgrave への批判

以上のような議論は、Kuhn, Lakatos, Musgrave らによって解明されてきた方向にそったものである。特に、科学理論の発展を二つの理論と、事実という三項関係で理解していくことは、Lakatos, Musgrave と基本的に同じである。先に第2節でみた彼らの議論は、概ね肯定的なものである。にもかかわらず、彼らの議論には、重大な疑問もある。

Lakatos や Musgrave の historiography は、「科学史の合理的再構成」(rational reconstruction) と呼ばれる。すなわちそれは、実際の科学史の中にみられる理論的に飛躍した部分や誤った部分に修正を加えて、実際とは違うけれども理論的に一貫すればこうなったはずだという過程を想像して描くわけである。彼らは、Popper の「第三世界」哲学によって¹⁴⁾、次のように議論する。それは、現実の科学史 (actual history) を、本来あるべきであった科学の理念的発展過程（それは「合理的再構成」が与える）と、不純物のまざったものと考え。例えば、アインシュタイン個人が、実際にどう考えたかという actual history とは別次元で、理論それ自体の発展を考えるべきであるということになる。actual history が、reconstruction からずれる部分は、「脚注でふれる」ことになり¹⁵⁾、これは実際 Musgrave の化学革命の叙述でも行われている。こうした試みは、教育的効果という点では大いに有効性があり、例えば、科学教育に科学史を導入する、という場合には、示唆するものがある¹⁶⁾。しかし教育的効果それ自体は、科学史叙述を正当化するものではない。こうした議論は、確かに素朴な形での「ホイッグ史観」ではないし、またそれは確かに批判されているのだが、にもかかわらず、かえってよりホイッグ史観を強化したものになってしまうのである。

それは、彼らの内在史 (internal history) と外在史 (external history) の区別と、内在史の外在史に対する優位というテーゼにもあらわれている。つまり、前者は、本来あるべき理念的発展の記述であり、後者は、それに実際の過程で付加されている不純物の介入を記述するものである。詳細は別稿になるが¹⁷⁾、こうした分析方法は、「後知恵」(hindsight) すなわち、当の状況の中にはどちらとも決定できない事柄について、その後の事後の結果を知っている優位に基づく科学的所産正当化の論理を、科学理論発展の構造と同一視する誤りに基づいている。実際の科学の発展においては、彼らのいう外的なものは、内的なものと結びついている。蒸気機関

の技術的課題は、熱力学の内容にも入りこんだし、また思想・宗教上の問題は、自然発生説をめぐる論争を内側から規定するものであった¹⁸⁾。

Musgrave は、化学革命を説明すべき外的因子として、国民感情、世代論、化学命名法の三つをあげて、そうしたものは不要であり、Lakatos のプログラムが化学革命を内在的に説明すると主張している。確かに前二者のような外的因子が不十分なことはそのとおりであるが、第三のものは、検討の余地があろう。また、Musgrave らの説明は、それが全部正しいとしても、せいぜい「第三世界」すなわち Popper の哲学でいう人間の実際の思考過程とは独立した理論内容から構成される論理的な次元、でしか成立しないのである。actual history に「脚注でふれる」ものは、それ自体は科学史とはならない。彼らの内的・外的的境界づけは、あくまで再構成したもののについて成り立つだけである。

6. 化学史家の historiography 論との関連

Lakatos, Musgrave らの科学哲学的問題意識を前面におし出した科学史記述に対して、近年の科学史家の批判はきびしいものがある¹⁹⁾。彼らは、Lakatos らの科学史記述が、一次史料的水準で不正確であることを指摘し、そしてさらに、「後知恵」や「合理的再構成」といった考え方は、そもそも科学史を現在の立場から見ものであり、「当時の歴史的文脈」をこそ明らかにすべき科学史の仕事と矛盾すると言う。

一次史料レビューでの研究の不十分な点については、彼らの指摘の正しいものは、Lakatos からも十分受け入れる余地があろう。しかし、それ以上の一般的主張は、二面性を持っていると考えられる。前節でみたように、Lakatos らの方法論は欠陥を持っており、それを指摘した限りは正当なものを含んでいる。しかし、それが行き過ぎて、Lakatos らが行った帰納主義批判や反証主義批判の正当な成果や、そうした問題意識の全体を、科学史にとって不必要なものとするれば、それは正しくあるまい。確かに「当時の歴史的文脈」を追求するのが科学史の仕事であるのは、そのとおりである。しかし、そのことは、現在の知識をすべて退けて、当時の一次史料を「偏見のない開かれた心」で読めば、自動的に科学史叙述が可能になる、といった科学史の方法としての帰納主義を何ら正当化するものではない。確かに、一次史料レビューでの研究は、できる限り進められなければならないが、しかし、科学史として叙述する際には、不可避免的に、何を重要なものとして取りあげ、しかもそれをどう評価するかということが介入するのである。

そのように考えるなら、科学哲学に導かれた近年の科学史叙述は、化学史家 Thackray らの historiography 論とも実は共通するものを持っている。Thackray は、「歴史のホイッグ的解釈」や「帰納主義的科学観」を批判しているが、同じような言葉は、Agassi や Kuhn の議論にもみられ、それは内容上の共通性を持っている。それは、現代科学の知識を所与として、歴史の中にその先行者をさがし出して、先行者を善玉に、そうでない部分を悪玉（「偏見」「思弁の介入」等）とする科学史記述を批判し、その当時の歴史的状況の中から科学史の評価は行われるべきであって、誤った理論や、思弁的な事柄についても正当に評価しなければならない、とする点である。一言で言えば、それは従来の、教科書風科学史を批判する点で両者は共通している。

しかし、Thackray らの場合には、古い科学史叙述が前提としている科学哲学を批判するというよりは、従来の歴史叙述では欠落していた歴史的素材を発掘し、歴史像の具体的転換を求めたものであった。それは、化学革命だけが必ずしも、18世紀化学史の中心線ではないことを明らかにしようとしたものであった。そこにおいては、従来の科学哲学を批判する自覚的作業がないため、異なった時代の文脈が、どのようにして他のものへ移っていったかを分析する際に、そのメカニズムの分析が十全になされず、それぞれを並置するのに止まる可能性も生じうるであろう。

それに対して、科学哲学者の「ホイッグ史観批判」「帰納主義批判」は、歴史像の具体的な改訂をねらったものではなく、歴史叙述の中に登場する「発見」「実証」「反証」「確立」などの理論的概念の検討に基づくものであった。彼ら自身が、一次史料水準での科学史の専門家ではないため、しばしば、従来の歴史事例の再解釈という形でその作業が進められることになり、そこが科学史家の批判をも招くことになった。

しかし、そうした点は科学哲学者といえどもとり入れるものである。科学史家と科学哲学者の両者の「ホイッグ史観批判」「帰納主義批判」は、その遂行している水準が違っており、相互に対立する関係にはない。前者を一次科学史とすれば、後者はそれからつくられる二次科学史である。もちろん、後者の中に一部見られる「合理的再構成」の傾向が、過度なものになれば、それは一転して、むしろ「ホイッグ史観」を強化するものにもなりかねない点は先に見た。しかし、これは、二次科学史の立場の必然的帰結ではない。科学哲学者の問題意識を評価する人々の内部からも、そうした点についての批判は起こっている²⁰⁾。

以上のように、Thackray らの「ホイッグ史観批判」「帰納主義批判」と、科学哲学者のそれは、目標の点で共通するものをもちながらも、レベルの違う水準で遂行されたものであった。本稿は、主として後者の立場にそって、化学革命の historiography を問題にしてきた。そのため、歴史的素材は従来のものを踏襲することにもなった。18世紀化学史を全体的に再構成する作業は、今後の課題である。

7. 科学社会学者の化学革命研究との関連

最後に、近年刊行された科学社会学者の研究と、本稿の関連について簡単にふれておきたい。McCann は、科学社会学の観点から、化学革命の事例研究を行った書物を刊行した²¹⁾。従来の科学社会学者は主として現代科学をその分析対象としてきたが、彼は、Merton 派の科学社会学的手法を用いて、当時の学術雑誌の論文を、新学派形成とからめて分析した。この書物の個々の点の検討は、別の機会に譲るとして、次の点だけは指摘できよう。まず第一に、彼が「化学革命」という用語を用いていることからわかるように、彼の理解は、従来の「ホイッグ的化学史」のそれとほぼ一致している。新しい化学史研究の展開は、ほとんど意識されていない。この点は、科学哲学者の化学革命研究と同じである。McCann には、科学哲学的・方法論的関心はうすく、Merton のような素朴実証主義的科学観をとっている。歴史像が古いことが必ずしも彼の研究の意義を失わせるものでないのは、科学哲学者について前節で指摘したのと同じである。むしろ問題なのは、彼が、科学社会学の近年の展開に無自覚であり、旧来の Merton 派の立場に留まっていることであろう。ちょうど、科学哲学者の化学革命研究が、「帰納主義」「反証主義」等々のいろいろな立場からなされたように、科学社会学者の化学革命研究も、Merton 派、新 Kuhn 派等々のいろいろな立場からなされるべきであろう。そして、5 節で述べたような問題を考慮しながら、研究を行っていくことが、将来の課題となろう。

8. 結論と展望

化学革命は、従来の方法論はむしろ、反証主義や、Lakatos の研究プログラムの方法論でも十分に説明のつくものではなく、科学における立証、説得の構造における非形式的な要素の介入を示唆している²²⁾。こうした case study は、科学史家から批判されているが、決して科学史家固有の仕事と矛盾するものではなく、関心の重点がずれているのである。

化学革命についての社会学的 case study についての具体的検討や、化学史における他の事例（例えば、Avogadro 仮説の忘却問題等）の研究をもふまえた科学方法論一般の研究が今後の課題となろう。

文 献

- 1) Conant, J. B. (ed.), 'The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789', *Harvard Case Histories in Experimental Science*, Vol. 1 (Harvard Univ. Press, 1957), pp.65-116. 化学革命に対する編者の基本的な見方は、次の書物に述べられている。
Conant, J. B., *Science and Common Sense* (Yale Univ. Press, 1951); 佐々木申二・伏見康治訳『常識から科学へ』（白楊社, 1952）
- 2) Lakatos, I., *The Methodology of Scientific Research Programmes* (Cambridge Univ. Press, 1978). Laudan, L., *Progress and Its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth* (Univ. of California Press, 1977) など。
- 3) Thackray, A., 'The Chemistry of History', *History of Science*, 5 (1966), 124. Thackray, A., 'Has the Present Past a Future?' in Stuewer, R. (ed.), *Historical and Philosophical Perspectives of Science* (Univ. of Minesota Press, 1970), pp.112-33. 柏木肇「化学史, By Whom, For Whom—その Historiography に関連して」, 『本誌』1 (1974), pp.2-10 参照。
- 4) Toulmin, S. E., 'Crucial experiments: Priestley and Lavoisier', *Journal of the History of Ideas*, 18 (1959), pp.205-20.
- 5) Agassi, J., *Towards a Historiography of Science (History and Theory Beiheft 2)* (1963)
- 6) Kuhn, T., *Structure of Scientific Revolutions* (Univ. of Chicago Press, 1962); 中山茂訳, 『科学革命の構造』（みすず書房, 1971）
- 7) Lakatos, I., 'Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes', 注2の著書に所収。こうした議論については、Chalmers, A. F., *What is this Thing Called Science?* (Univ. of Queensland Press, 1979); 高田紀代志・佐野正博訳『科学論の展開』（恒星社厚生閣, 1983）を参照。
- 8) Lakatos, I., 'History of Science and its Rational Reconstructions' 注2の著書に所収。
- 9) Howson, C. (ed.), *Method and Appraisal in the Physical Sciences* (Cambridge Univ. Press, 1976) 本書は、注8の Lakatos 論文を序論とし、次の Musgrave 論文を含めた5篇の case study を含んでいる。
Musgrave, A., 'Why did Oxygen supplant Phlogiston? Research Programmes in the Chemical Revolution' (pp.181-210). なお、次の書物も、科学哲学的関心から化学革命を扱ったものである。
Ströker, E., *Theoriewandel in der Wissenschafts-*

- geschichte, *Chemie im 18. Jahrhundert* (Vittorio Klostermann, 1982)
井山弘幸「近代化学の成立」, 渡辺正雄編『科学の世界』(共立出版, 1982), pp.157-176も参照.
- 10) Musgrave の注9論文による.
- 11) 伊東俊太郎「科学理論発展の構造」, 『思想』(1974) 1月号 pp.34-48.
- 12) 注2の Lakatos, Laudan の著書及び注7の Charlmers の著書参照.
- 13) Kuhn, T., *op. cit.*, p.136; 前掲訳書 p.153.
- 14) Popper, K., *Objective Knowledge* (Oxford Univ. Press, 1972); 森博訳『客観的知識』(恒星社厚生閣 1974) 参照.
- 15) 注8の Lakatos 論文及び注9の Howson 編書の各論文. Lakatos 自身の研究は, Lakatos, I., *Proofs and Refutations* (Cambridge Univ. Press, 1976); 佐々木力訳『数学的発見の論理』(共立出版, 1980)
- 16) 村上陽一郎「科学史の記述方法」, 『歴史としての科学』(筑摩書房, 1983) pp.84-101.
- 17) 拙稿「科学理論の経験的基礎」, 『科学基礎論研究』 56 (1980), pp.31-35.
- 18) 拙稿「自然発生説の歴史」, 村上陽一郎編『生命思想の系譜』(朝倉書店, 1980) pp.97-141.
- 19) 例えば, Brooke, J. H., 'Avogadro's Hypothesis and its Fate, A Case Study in the Failure of Case-Studies', *History of Science*, 19 (1981) pp.235-273.
- 20) Lakatos に対する Laudan の批判など.
- 21) McCann, H. G., *Chemistry Transformed: The Paradigmatic Shift from Phlogiston to Oxygen* (Ablex, 1978)
- 22) Feyerabend, P., *Against Method* (NLB, 1975); 村上陽一郎, 渡辺博訳『方法への挑戦』(新曜社, 1981) 参照.

* * *

《付 記》

本稿は, 昭和58年度文部省科学研究費に基づく成果の一部である.

Chemical Revolution and the Case Study Approach

Teruo YOKOYAMA

(Faculty of Literature, Nanzan University)

The Chemical Revolution has been one of the most important subjects in the history of chemistry. A number of books and articles have been written on this subject by historians. Recently philosophers of science have published works dealing with developments in the philosophy of science, with case studies drawn from the history of science. Musgrave published a case study of the Chemical Revolution from the standpoint of 'the methodology of scientific research programmes'.

Historians of science criticize the works by the

philosophers and regard them as of little value. But the historians misunderstand the aim of the philosophers. Their concern is not to write a history of science, but to point out inadequacy of the accounts of the Chemical Revolution and other cases, given by naive 'inductivist' or 'falsificationist' historiography, which is adopted by most of the historians. So there is no inconsistency between the historians and the philosophers.

The same is true of the sociologists' case study, e.g. McCann's.

184
3/10

Sandmeyer 反応の100年に当たって

——発見の経緯と反応の解明——

竹 林 松 二

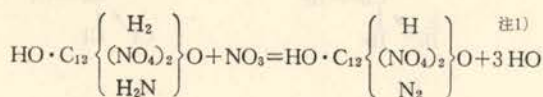
(大阪大学名誉教授)

芳香族ジアゾニウム塩の溶液に銅(I)塩を作用させて、そのベンゼン環にハロゲン原子やシアン基などが置換した生成物を得る反応は Sandmeyer (ザントマイヤー) 反応と呼ばれ、合成化学上広く応用されているが、この反応が見出されてから今年で 100 年になる。そこで Sandmeyer の時代にさかのぼって、この反応が見出された経緯やこの反応の解明に関する研究の推移について、その概要を述べる。

1. ジアゾニウム化合物の発見

芳香族ジアゾニウム化合物は 1858 年 Griess (グリース) によって見出された。これより先、1854 年マールブルク大学の Kolbe (コルベ) の研究室で Gerland (ガーラント)¹⁾ がペンザミン酸 (アミノ安息香酸) の水溶液に亜硝酸ガス (無水亜硝酸と硝酸の反応で発生) を作用させてオキシ安息香酸を得たとき、反応液の色の変化から中間体の生成が予想された。当時マールブルク大学の学生であった Griess は Kolbe のもとで、この反応をアルコール溶液中で行うと中間体を得やすいことを見出したが、この中間体は燃焼試験の際に爆発したと伝えられている。

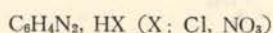
1858 年になって Griess²⁾ は取り扱いやすい資料としてピクラミン酸 (アミノジニトロフェノール) を用い、そのアルコール溶液に亜硝酸ガスを速やかに通じて窒素の含量の多い黄色結晶を得た。1860 年この生成物が炭酸カリウムの水溶液の作用で窒素を放ってジニトロフェニル酸 (ジニトロフェノール) になることを認め、この黄色中間体を「ジアゾ」化合物とみて、Diazodinitrophenol と名付けた³⁾。



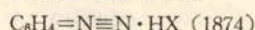
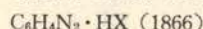
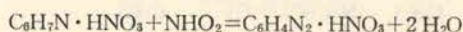
ピクラミン酸 ジアゾジニトロフェノール
[HOC₆H₂(NO₂)₂NH₂] [HOC₆H(NO₂)₂N₂] 注2)

Scheme 1

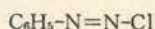
その後、アニリンの塩酸塩や硝酸塩から生成するジアゾニウム化合物を一般式



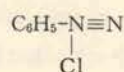
で表し、[C₆H₄N₂] を塩基とみなした⁴⁾。



これに対して、1866 年 Kekulé (ケクレ)⁵⁾ は I 式を与え、1869 年 Blomstrand (ブロムストラント)⁶⁾ は II 式を提唱したが、



(I)



(II)

1877 年 E. Fischer (フィッシャー)⁷⁾ は還元するとフェニルヒドラジンが生成することから I 式を支持した。そのために、1895 年 Bamberger (バンベルガー)⁸⁾ や Hantzsch (ハンチ)⁹⁾ が Blomstrand の式を評価し、Hantzsch が「ジアゾニウム」化合物と命名するまでは、I 式が一般に用いられた。

2. Sandmeyer 反応の発見

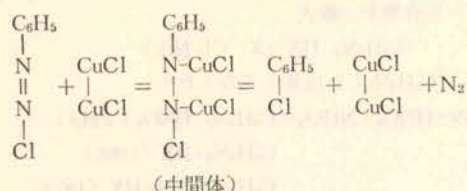
このような状況のもとで、1884 年チューリッヒの工科大学で V. Meyer (マイヤー) の助手をしていた Sandmeyer¹⁰⁾ はフェニルアセチレンを合成する目的で、アニリンに亜硝酸ナトリウムと塩酸を作用させてジアゾニウム化合物 (彼は Diazobenzolchlorid と呼んだ) の溶液をつくり、これに銅のアセチリドを作用させた。目的物は得られなかったが、塩化第一銅とともに塩素を含む油状物質を得て、この化合物がクロロベンゼンであることを確認した。Sandmeyer はこの反応にあずかる物質は塩化第一銅であるかも知れないと考えて、これを確かめるために上記のジアゾニウム化合物の溶液に塩化第一銅の塩

注1) Liebig の原子量、C=6, H=1, O=8, N=14 による。

注2) []内は現在の表現で書き変えた化学式。

酸溶液を加えた。直ちに激しい反応が起こって油状物質が析出したが、副反応を伴って樹脂状物質や固体物質が生成した。そこで方法を変えて塩化第一銅の塩酸溶液をあらかじめ温めておき、これにジアゾニウム化合物の溶液を徐々に滴下した。この方法によってアニリンから72%の収率でクロロベンゼンを得ることができた。Sandmeyer 反応はこのようにして見出された。

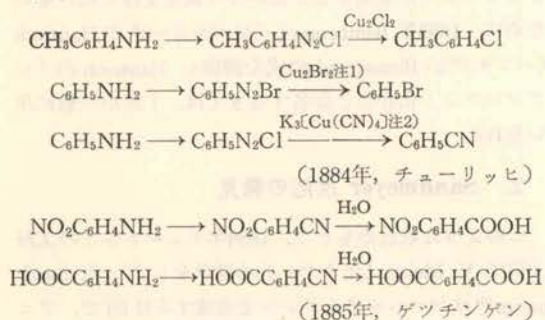
彼はこの反応を塩化第二銅や塩化鉄の存在で試みたが、全く効果がなかった。よって、この反応の過程を Scheme 2 のように表し、色の变化から中間体の生成を想定した。



Scheme 2

同じ年(1884)に Sandmeyer は臭化第一銅やシアン化第一銅とシアン化カリウムの錯塩を含む溶液を用いて、ジアゾニウム化合物を経て芳香族第一アミンのアミノ基を臭素原子やシアン基に置換することに成功し¹¹⁾、その翌年には生成したシアン化合物を加水分解して種々のカルボン酸を合成した¹²⁾。

(例)



Scheme 3

3. Sandmeyer 反応における触媒の作用

Sandmeyer は反応の中間体として、Scheme 2 に示したような銅錯体を想定したが、Lellmann (レルマン) と Rémy (レミー)¹³⁾ は β -ナフチルアミンのジアゾニウム化合物について(1886年)、また Hantzsch¹⁴⁾ はアニリン

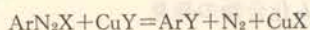
注1) 硫酸銅の硫酸酸性溶液に臭化カリウムと銅片を加えてつくった溶液

注2) 硫酸銅の水溶液に過剰のシアン化カリウムを加えた溶液

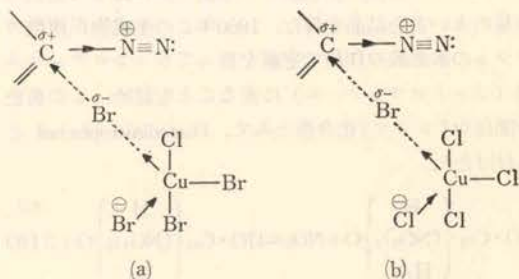
のジアゾニウム化合物について(1895年)、それぞれ低温度における Sandmeyer 反応で銅を含む赤色化合物を単離した。これらの化合物は不安定で温めると窒素を放って分解して、相当するハロゲン化アリールを与えた。彼らはこのような赤色化合物を反応の中間体と認め、それぞれ $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{N}_2\text{Cl} \cdot \text{Cu}_2\text{Cl}_2$ および $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2\text{Br} \cdot \text{Cu}_2\text{Br}_2$ で表した。

さらに Hantzsch は Sandmeyer 反応で生成するハロゲン化アリール (ArX) のハロゲン原子(X)がジアゾニウム = ハライド (ArN_2X) のXに由来するものか、それとも第一銅塩のハロゲン原子に基づくものかを確認するために、1900年 Blagden (ブラクデン) とともに¹⁵⁾ 非水溶媒(例えばジメチルスルフィド)中で、(1) $p\text{-BrC}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{Br}$ と CuCl 、(2) $p\text{-BrC}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{Cl}$ と CuBr の反応を調べた。(1)の場合には主として $p\text{-BrC}_6\text{H}_4\text{Cl}$ が得られ、(2)の場合はほとんどすべて $p\text{-BrC}_6\text{H}_4\text{Br}$ であった。

この結果から彼らは生成するハロゲン化アリールのハロゲン原子は銅塩のハロゲン原子の置換によるものとした。



その後、1941年になって Hodgson (ホジソン) ら¹⁶⁾ は上記の Hantzsch-Blagden 機構を再検討するために、いわゆる「混合 Sandmeyer 反応」を試みた。すなわち、同一のジアゾニウム塩について、(a)濃い臭化水素酸に溶かした塩化第一銅を用いた場合と、(b)濃塩酸に溶かした臭化第一銅を用いた場合に生成する2種のハロゲン化アリールの収率を比較した。例えば p -ニトロアニリンのジアゾニウム塩について、(a)の場合には ArCl と ArBr の比が4:96であったが、(b)の場合には60:40であった。この結果に対して Hodgson は(a)では $[\text{CuClBr}_3]^{3-}$ 、(b)では $[\text{CuBrCl}_3]^{3-}$ の形態で第一銅塩が反応に関与するものと考え、これらの錯イオンでは臭素のほうが塩素よりも脱離しやすいためであると説明した (Scheme 4)。

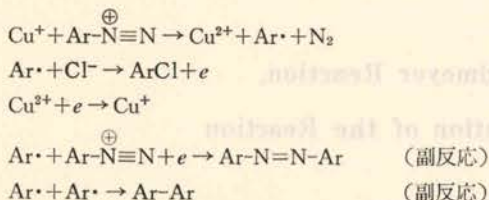


Scheme 4

なお、反応溶液の酸の濃度が低い場合にしばしば認められるジアリール (Ar-Ar) の生成については、 $[\text{ArN}_2]^+$

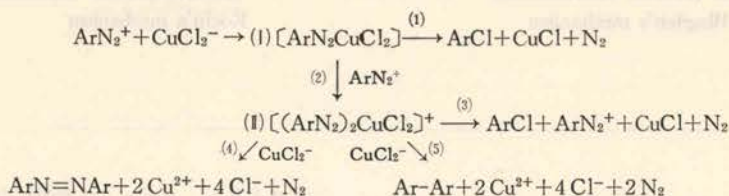
が第一銅塩によって還元されて $\text{Ar}\cdot$ ラジカルを生成し、それが二量化した結果であると考えた。

Waters (ウォーターズ)¹⁷⁾ は第一銅塩の還元性こそ副反応のみならず、Sandmeyer 反応自体に重要な役割を演じるものとして、1942年次の機構を提出した (Scheme 5)。



Scheme 5

これより先、第一銅塩が Sandmeyer 反応における唯一の触媒か否かを確かめる実験が Hodgson ら¹⁸⁾ によって試みられたが、1949年 Pfeil (プファイル) と Velten (フェルテン)¹⁹⁾ はジアゾニウム塩の p -位に NO_2 や Cl のような電子吸引性の置換基が存在する場合には塩

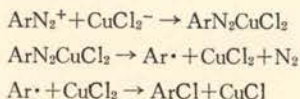


Scheme 7

すなわち、一般には ArCl の生成は(1)の段階で進むが、最初から ArN_2^+ が大過剰に存在するときは、錯体(II)の形成(2)が(1)よりも速くなり、 ArCl はもっぱら(3)の段階で生成するようになる。なお、(4)や(5)の反応も起こって、アゾ化合物 ($\text{ArN}=\text{NAr}$) やジアリール ($\text{Ar}-\text{Ar}$) が副生する。

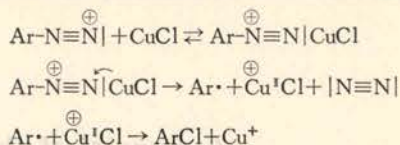
さらに、 ArN_2^+ の置換基の電子吸引性が強いほど ($p\text{-NO}_2 > p\text{-Cl} > \text{H} > p\text{-CH}_3 > p\text{-CH}_3\text{O}$)、 ArCl の生成が促進されることを示した。

その後、Kochi (コーチ)²⁰⁾ は p -ニトロベンゼンジアゾニウムクロリド [$p\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2$] Cl の塩化銅(I)による分解で、ヨウ素を加えておくと、ヨウ素が速やかに消費されて p -ニトロヨードベンゼン $p\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{I}$ が高収率で生成することから、 $\text{Ar}\cdot$ ラジカル機構を支持した (Scheme 8)。



Scheme 8

化銅(II)や塩化鉄(III)もまた有効な触媒であることを示した。しかし、塩化銅(I)を用いる本来の Sandmeyer 反応については、中間錯体 $\text{Ar}-\text{N}\equiv\text{N}^+\text{CuCl}$ の分子内1電子移動を伴う分解反応を仮定した (Scheme 6)。



Scheme 6

同じ年 (1949) に Cowdrey (コウドリー) と Davies (デーヴィース)¹⁹⁾ は反応溶液の pH やイオン強度を一定にした条件下で Sandmeyer 反応の速度論的研究を行い、次の結果に基づいてこの反応の過程を Scheme 7 のように表した。

$$\begin{aligned}-\frac{d[\text{diaz}]}{dt} &= k_1[\text{ArN}_2^+][\text{CuCl}_2^-] \\ \frac{d[\text{azo}]}{d[\text{ArCl}]} &= k_2[\text{CuCl}_2^-]\end{aligned}$$

この機構は教科書にも採用されている。

文 献

- 1) B. W. Gerland, *Ann.*, **91**, 185 (1854).
- 2) P. Griess, *Ann.*, **106**, 123 (1858).
- 3) P. Griess, *Ann.*, **113**, 207 (1860).
- 4) P. Griess, *Phil. Trans.*, **154**, 684 (1864); *Ann.*, **137**, 39 (1866).
- 5) F. A. Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie*, **II** (1866), p. 717.
- 6) C. W. Blomstrand, *Chemie der Jetztzeit*, **4** (1869), p. 272.
- 7) E. Fischer, *Ber.*, **10**, 1337 (1877).
- 8) E. Bamberger, *Ber.*, **28**, 444 (1895).
- 9) A. Hantzsch, *Ber.*, **28**, 1734 (1895).
- 10) T. Sandmeyer, *Ber.*, **17**, 1633 (1884).
- 11) T. Sandmeyer, *Ber.*, **17**, 2650 (1884).
- 12) T. Sandmeyer, *Ber.*, **18**, 1492, 1496 (1885).
- 13) E. Lellmann and A. Rémy, *Ber.*, **19**, 810 (1886).
- 14) A. Hantzsch, *Ber.*, **28**, 1734 (1895).
- 15) A. Hantzsch and J. W. Blagden, *Ber.*, **33**, 2544 (1900).

- 16) H. H. Hodgson, S. Birtwell, and J. Walker, *J. Chem. Soc.*, 1941, 770; H. H. Hodgson, *Chem. Rev.*, 40, 251 (1947).
 17) W. A. Waters, *J. Chem. Soc.*, 1942, 266.
 18) E. Pfeil and O. Velten, *Ann.*, 565, 183 (1949).
 19) W. A. Cowdrey and D. S. Davies, *J. Chem. Soc.*, 1949, S. 48.
 20) J. K. Kochi, *J. Am. Chem. Soc.*, 79, 2942 (1957).

Centennial of the Sandmeyer Reaction.

The Discovery and Elucidation of the Reaction

By Matsuji TAKEBAYASHI

(Osaka University, Prof. Emer.)

This review includes the following items:

1. Discovery of diazonium compounds.
2. Discovery of the Sandmeyer reaction.
3. Action of catalysts in the Sandmeyer reaction.
 Isolation of reaction intermediates
 Hantzsch-Blagden's mechanism

Mixed Sandmeyer reactions
 Waters' mechanism
 Effects of cupric and ferric chlorides
 Pfeil-Velten's mechanism
 Cowdrey-Davies' mechanism
 Kochi's mechanism

雄 報

1984環太平洋国際化学会議 (PAC CHEM '84) について

表記につき日本化学会より連絡がありましたので、本会に関係のありそうな部分だけピックアップして、会員各位にお知らせいたします。

- 期間 1984年12月16日(日)～21日(金)
- 場所 アメリカ合衆国ハワイ州ホノルル市
- 主催 アメリカ、カナダおよび日本の3国化学会
- 登録料 本会会員は事前175ドル(当日225ドル)、登録者の家族および学生は50ドル(75ドル)

○プログラム トピックスを設けたシンポジウムと10部門に分類された一般講演(15分+5分)のほか、ポスターセッションも設けられる。発表は英語。(化学史は、化学教育、化学情報、計算機とともに第8部門を構成する。化学史関係のシンポジウムはない)

○講演申込 5月1日(必着)。500～1,000語の詳細要旨が必要

○事前登録および団体旅行申込 10月31日(予定)

○問合せ先: 日本化学会環太平洋国際化学会議係(〒101 東京都千代田区神田駿河台1-5. 03-292-6161)

(総務委員 島原健三)

科学における類比的想像力の働き

—ファント・ホフと近代溶液理論の成立—

藤井清久

(東京工業大学工学部教育方法研究室)

1. 序

近代溶液理論は、オランダの化学者ファント・ホフ (Jacobus Henricus van't Hoff, 1852—1911) と、スウェーデンの化学者アレニウス (Svante August Arrhenius, 1859—1927) の手によって、成立したと言われている。もちろん、溶液理論はギリシア以来、各時代にさまざまな理論が形成され、修正を受け、あるいは新しい理論が提出され、各時代における化学理論の重要な核心の一つとなってきた。ファント・ホフ以前の溶液理論のなかで有力なものの一つは、粒子間の親和力によって溶液を説明する理論であった。現在ではまったく顧みられないこの理論は、ファント・ホフ以前の多くの化学者にとって、説明のモデルとしてはかなりの魅力をもっていた。なぜ、どのような魅力をもっていたのかという問題は、ファント・ホフの理論を理解するのと同程度に重要な問題である。したがって、この種の問題は、場所を改めて論すべき作業であると思われる。この作業の重要性を認識した上で、ここでは、ファント・ホフの溶液理論とは何であったのか、彼の理論が近代的であったゆえんは何なのかについて、考察してみたい。

前述のように、ファント・ホフ溶液理論の出現以前には、きわめて長い歴史が存在するわけであるが、それにもかかわらず、彼の理論の出現には、他の場合とはいささか異なる劇的な要素が、まつわりついているような印象を与える。その理由は、何ととっても、19世紀後半における、欧米の科学者を二分した、溶液理論をめぐる大論争である。この論争をめぐる詳細は、ドルビー (P. G. A. Dolby) の論文²⁾に譲るが、溶液論争は、原子論争とともに、19世紀末の化学界を揺がした大論争であった。簡単にいえば、この溶液論争は溶液の構造についての論争で、溶液を親和力によって生ずるとみなす学派と、溶液を混合気体と同様なものとみなす学派とが対立した。前者の理論を支持したのがロシアの化学者メンデレーエフ (Dimitrij Ivanovich Mendeléeff, 1834—1907)

およびイギリスの化学者ピッカリング (S. U. Pickering), アームストロング (Henry Edward Armstrong, 1848—1937) 等であり、後者の理論を主張したのが、ファント・ホフ、アレニウス、そしてドイツ化学界の大御所ウィルヘルム・オストヴァルト (Friedrich Wilhelm Ostwald, 1853—1932) であった。

この種の論争が生じたこと自体が、いかにファント・ホフ理論が当時の化学者にとって、にわかに支持し難い性質のものであったかを、きわめて如実に示している。そもそもファント・ホフ以前の溶液理論は、溶媒と溶質との相互作用を、化学力 (親和力) や物理力 (粒子間力) で説明するのが、ごく一般的な考え方であった。だが、このような溶液理論に対して、まさに正反對の溶液像を描いたのがファント・ホフであるが、実はファント・ホフ以前にも、伝統的溶液像を真向から否定した科学者が19世紀初頭にいた。その人物こそ、原子論提唱者のドールトン (John Dalton, 1766—1844) であった。ドールトンが強調したことは、「水あるいは他の諸気体の中へ圧力によってとけこみ、圧力を除くと再び完全に分離するすべての気体は、機械的に液体と混じりあっているのであって、液体と化学的に結合しているのではない³⁾」という点であった。

ドールトンの溶解理論は、トムソン (Thomas Thomson, 1773—1852) など当時の化学者の大多数から批判を浴びたが、ドールトンが気体の溶解に関する機械的仮説につきまとう困難性を解決する道筋を模索する中で、原子論を提出した経過はよく知られている⁴⁾。

ファント・ホフの溶液論も、その考え方の根底において、ドールトンと共通している側面がある。たしかに、ファント・ホフは、浸透圧の原因についての推測の中で、「溶液による水に対する牽引作用 (die wasseranziehende Wirkung der Lösung)⁵⁾」とも考えることができる」と述べている。しかし、ファント・ホフの論述全体から考えて見ると、この言明は、当時一般的であった溶液理論 (親和力を溶液の原因とする) に対する口先だけの忠

誠であって、むしろファント・ホフの本心は、浸透圧が溶質分子の半透膜への衝突に起因する⁹⁾という考えに傾いていたとみなす方が、正しいように思われる。つまり、ファント・ホフもドールトンと同様に、溶液における一切の(化学的・物理的)力を捨象するところから、自分の理論を組み立てているのである。この論理的構成の特異性と、溶液論争の劇的効果が相まって、当時の科学者にファント・ホフ理論が印象深く受け容れられたのではないかと思う。この小論においては、ファント・ホフ溶液理論の構成・枠組みを、1887年に発表された彼の論文「溶液と気体との類似性における浸透圧の役割」の内容を分析することによって考察してみることにする。

2. ファント・ホフの溶液理論

(1) 気体の圧力と溶液の浸透圧との類比

ファント・ホフが彼の理論を初めて発表したのは1886年スウェーデンの学士院紀要とオランダの科学雑誌(共にフランス語で、内容は少し異なる)であるが、これらの論文は1887年に彼がオストヴァルトと共に編集した『物理化学雑誌』(*Zeitschrift für physikalische Chemie*)の第1巻にドイツ語で転載された。ファント・ホフは、この論文の冒頭で、つぎのように述べた。

溶液中の化学平衡の法則に関して知ることを目的の本質とするある研究の中で、つぎのことがしだいに明らかとなった。すなわち、溶液と気体とは前者にあっては所謂浸透圧、後者にあっては通常の圧力を取り扱うかぎり、物理的關係に根深い類似性(eine tiefgehende Analogie)が、むしろほとんど同一性とさえ言い得るものが存する⁷⁾。

ここでファント・ホフが述べている「溶液中の化学平衡の法則に関する研究」とは、彼の著作『化学動力学研究』(*Études de Dynamique Chimique*, Amsterdam, 1884)における「親和力」についての研究であった。ファント・ホフは、この研究の中で、「化学親和力」を熱力学を用いて定量化することを試みていた。彼は、ドイツの植物学者プフェファー(Wilhelm Friedrich Philipp Pfeffer, 1845—1920)の行った浸透圧に関する実験結果を用いて、硫酸塩がもつ結晶水に対する親和力の大きさを推論していた⁸⁾。ファント・ホフは、プフェファーの研究結果を、同僚であるオランダの植物学者ド・フリース(Hugo de Vries, 1848—1935)より聞き知った。この親和力についての研究を通じて、プフェファーの浸透圧に関する研究を知悉していたファント・ホフは、溶液における浸透圧と気体の圧力とは、類比的に考えて、同一性質のものではないかと推測するようになったことは、

想像に難くない。ファント・ホフは、この類推の過程をつぎのように述べている。

半透膜(die halbdurchlässige Membran)は、溶液を扱う一つ的手段となる。この手段は、気体について用いられる手段と、きわめてよく類似している。この種の類似性が生じる原因は、気体状態に特有な張力(Spannkraft)が、いまや溶液の場合は浸透圧(osmotischer Druck)という形で導入されるという事実からもたらされることは明白である⁹⁾。

しかも、この類似性は、偶然とは考えられない。ファント・ホフは、次のように強調する。

われわれがここで扱っているのは、人為的に強いられた類似性ではなく、本性に深く根ざした類似性である¹⁰⁾。

気体と溶液との両方における圧力の現象が、本性に深く根ざした類似性から生じているとすれば、両圧力が生じる機構も、また本質的に同一でなければならない。ファント・ホフは、気体と溶液における圧力(張力と浸透圧)が生じる機構を次のように推測する。

気体の張力は、気体分子が容器壁に衝突することが原因であり、溶液の浸透圧の場合は、溶質分子が半透膜に衝突することが原因である。溶媒分子は半透膜の両側にあって膜を通過できるので、考慮にいらる必要はない¹¹⁾。

ファント・ホフは、ここでは明白に分子運動論の考えを採用しているが、浸透圧を分子間引力によって説明する可能性を、完全に捨てているわけではない。この説明は、少なくとも当時ではまだ有力であった。ファント・ホフにとっては、「他方、もし浸透圧を水に対する(溶質分子の)引力の表現とみなすならば、浸透圧の値は、単位体積中の牽引分子数に比例する¹²⁾」という可能性も、完全に否定はできなかった。しかしながら、ファント・ホフの論文を読んだ印象としては、彼が分子運動論的機構を、ほとんど支持しているかの印象を得ることは免れない。実際、1903年にファント・ホフは、浸透圧が分子運動に起因することを明言している¹³⁾。

さて、気体と溶液とにおける圧力の類似性が認められるとすれば、気体と溶液とは同種の対象として扱うことができるであろう。このことが真であるとすれば、その利点は明らかである。すなわち、気体に適用し得る法則は、溶液にも適用できるのである。ファント・ホフは、この類似性が成立するならば、溶液への熱力学第二法則の適用が、いまやきわめて容易になると述べている¹⁴⁾。そこでファント・ホフは、気体と溶液との類似性を証明することに着手するのであるが、両者の類似性はあらゆ

る場合に成立するわけではない。ファント・ホフは、両者の間に類似性が見られるのは、溶液が「理想気体」に匹敵し得る程度に希釈された「理想溶液」、すなわち、溶質分子の相互作用、および、溶質分子の体積が無視し得るほどの希釈された溶液、においてのみであることを注意している¹⁵⁾。

(2) 希薄溶液へのボイルの法則の適用

気体と溶液との類似性(同等性)を証明するために、ファント・ホフはまず、希薄溶液にボイルの法則が適用できることを、証明しようとする。そこでファント・ホフは、ライプチヒ大学植物学教授ブフェファーの得た浸透圧についての実験結果を、全面的に採用した。ブフェファーは、フェロシアン化銅の薄膜を半透膜として利用し、さまざまな濃度のシロ糖溶液に対する浸透圧を測定し、15°C前後で下記のような結果を得た¹⁶⁾。

シロ糖溶液と浸透圧(半透膜17.1cm²)

C: 濃度(重量%)	P: 浸透圧(mmHg)	P/C
1	535	535
2	1,016	508
2.74	1,518	554
4	2,082	521
6	3,075	513

P/Cがほぼ一定であることは、圧力と濃度とが比例すること、したがって、圧力と体積とが反比例することを示していた。すなわち、希薄溶液においても、気体の場合と同様に、ボイルの法則が成立する。

またファント・ホフは、ブフェファーの実験結果以外に、ド・フリースの得た実験結果も、溶液において、ボイルの法則が成立することを証明していると述べた¹⁷⁾。すなわち、ド・フリースは、植物細胞を用いた生理学的研究の結果、糖・硝酸カリウム・硫酸カリウム溶液の濃度変化が、細胞膜における等しい浸透圧の変化をもたらすこと、つまり、浸透圧と溶液濃度の比例性を示した。

(3) 希薄溶液に対するゲ・リュサクの法則の適用

ファント・ホフは、気体における圧力(P)と絶対温度(T)との関係についてのゲ・リュサクの法則が、希薄溶液についても、適用できるかどうか検討した。ファント・ホフは、熱力学上の理論的考察から、体積(すなわち濃度)が一定で変化しない場合は、 P/T ＝一定であることを結論した¹⁸⁾。ファント・ホフは、理論的考察からだけではなく、ブフェファーの得た別な実験結果からも、圧力と絶対温度が比例すること¹⁹⁾、また、オランダの生理学者ドンデルス(Franz Cornelis Donders, 1818-89)とハムビュルヘル(Hartog Jacob Hamburger)とが動物細胞を用いて行った、ド・フリースと同様な生理

学的実験の結果から、硝酸カリウム・塩化ナトリウム・糖溶液における温度変化が、等しい浸透圧の変化をもたらすことを示した²⁰⁾。

さらにファント・ホフは、あまり説得的な証明ではないが、管に入れた溶液が、部分的な温度差によって、部分的な濃度差を生じるという、ソレ(Jacques Louis Soret)の結果も付け加えた²¹⁾。

(4) 希薄溶液に対するアヴォガードの法則の適用

すでにファント・ホフは、希薄溶液について、気体の場合と同様に、ボイルの法則、ゲ・リュサクの法則が適用できることを、理論的・実験的に証明したが、つぎにアヴォガードの法則も溶液に適用し得ることを証明しようとする。

まずファント・ホフは、気体と液体とが共存する系、たとえば、気体酸素と液体酸素とがピストンをもったシリンダー内に存在する系を想定する。そして、熱力学的にこの系が可逆過程であると仮定すれば、気体の圧力Pと酸素水溶液の浸透圧pとは、同等であることを、熱力学的考察から理論的に証明する²²⁾。その後で、ファント・ホフは、次のように想像する。

ここで到達した結論は、後述するように繰り返して確認されるのであるが、一方ではゲ・リュサクの法則が溶液に適用し得ることを、新たに証拠立てている……しかしながら、他方において、見出されたこの関係は、アヴォガードの法則を拡張できるという重要性をもっている。いまこの法則は、張力の代わりに浸透圧を考えさえすれば、あらゆる溶液に適用できる。つまり、等浸透圧、等温において、どんなに異なった溶液であろうとも、その等体積は等数の分子を含み、しかも圧力と温度を等しくする気体の等体積に含まれる分子数とも等しいのである²³⁾。

ここまでは、理論的考察に基づいたファント・ホフの推測である。ここにおいて彼は、これまで再三登場したブフェファーの実験結果と、フランスの化学者ラウル(François Marie Raoult, 1830-1901)の実験結果とを用いて、理論的結論を実験的に証明しようとする。

最初にファント・ホフは、ブフェファーが測定したシロ糖溶液の浸透圧が、等温等体積において、気体(水素)の圧力と等しいことを示そうとする²⁴⁾。まず1%のシロ糖溶液を考える。これは1グラムのシロ糖を100グラムの水に溶解したものである。その場合の溶液の体積は100.6cm³である。そこで、シロ糖溶液の浸透圧を、等モル(2/342グラム)の水素が示す圧力と比較するわけである。水素は、1気圧0°Cにおいて、1lが0.08956

グラムであるから、2/342グラム (100.6cm³) の濃度は、換算すれば、1 l 中に0.0581 g の分子が含まれることになる。ところで、ブフェファのデータは、0℃で0.649 気圧で得たものであるから、温度 t の時の水素の気圧は $0.649(1+0.00367t)$ である。そこでさまざまな温度における水素の圧力を、等温におけるショ糖の浸透圧と比較すると、次の結果が得られる。

温度(t)	浸透圧	水素の圧力
6.8	0.664	0.665
13.7	0.691	0.681
14.2	0.671	0.682
15.5	0.684	0.686
22.0	0.721	0.701
32.0	0.716	0.725
36.0	0.746	0.735

ファント・ホフは、ショ糖溶液の浸透圧が、等温において等体積の水素が示す圧力と同一であることを確認し、等体積のショ糖溶液と気体水素とは、等数の分子を含むことを結論した (なぜならば、浸透圧は、ショ糖分子の半透膜への衝突によって、水素の圧力は、水素分子の容器壁への衝突によって生じるからである)。

次にファント・ホフが、アヴォガドロの法則が溶液においても成立することを示す目的でとりあげた第二の実験結果は、ラウルが発見した蒸気圧降下の現象であった。水の蒸気圧に比較して、水溶液の蒸気圧が低くなる現象は、すでに早くから知られていた²⁵⁾。ゲ・ルユサク (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778—1850) は、比重1.096 の塩溶液は、蒸気圧が水の蒸気圧の0.9倍であることを、また、プリンセプ (James Prinsep, 1799—1840) は1836年に、この比率が温度とは無関係であることを発見した。プリンセプの結果は、フォン・パボ男爵 (Lambert Heinrich Joseph Anton Konrad Freiherr von Babo, 1818—99) が1847年に一般化し、1858年にヴェルナー (Adolph Wüllner) は、水溶液の蒸気圧降下が濃度に比例することを発見した。オストヴァルトは1885年に、1,000グラムの水に1グラム分子の物質を溶解したさまざまな溶液の蒸気圧降下は、ほぼ等しいことを述べた。そして、1887年にラウルは、エーテルを溶媒として用いた場合、次の式が成立することを示した²⁶⁾。

$$K = \frac{f-f'}{fp} \times M \quad (1)$$

f, f' は、それぞれ溶媒と溶液の蒸気圧、 p は溶媒100グラムに溶かした溶質の重量、 M は溶質の分子量である。ファント・ホフはラウルが分子蒸気圧降下 (diminution moléculaire de tension de vapeur) と呼んだもの

((1)式の右辺) が一定であることは、(1)式を変形して見れば、蒸気圧降下 $(f-f'/f)$ とモル濃度 (p/M) とが比例することを示すことになる、述べた。このことは、溶質のモル濃度が等しい場合は、溶液の蒸気圧が等しいことを意味した。そこでファント・ホフは、「同一溶媒において溶液の浸透圧が等しければ、その溶液の蒸気圧も等しくなる²⁷⁾」という一般法則が成り立つと信じた。すなわち、アヴォガドロの法則は、溶液においても、気体の場合と同じく適用できるのであった。

さらにファント・ホフは、ラウルの氷点降下についての実験結果にも言及した。ラウルは、すでに蒸気圧降下の理論に先がけて、1878年に氷点降下、蒸気圧降下、および沸点上昇の間には比例性があることに注意を促していたが、1882年には、Aを溶媒100グラムに1グラムの物質が溶けている時の溶液の氷点降下、 M を物質の分子量とすれば、 $AM=K$ は同一の溶媒についてはほぼ一定であることを示していた²⁸⁾。溶媒100グラムに物質 P グラムが溶けているときの氷点降下を C とすれば、 $(C/P)M=K$ であるから、蒸気圧降下の場合と同様な式が成り立つ。ファント・ホフは、ラウルの氷点降下の実験事実も、「等体積中に等数の分子を含み、かつ、それゆえアヴォガドロの法則から浸透圧の等しい溶液は、同じく同一の氷点を有する²⁹⁾」ことを結論していると考えた。

最後にファント・ホフは、アヴォガドロの法則が溶液に適用できることを証明するために、より一般的な法則「グルベル・ヴォーゲ」の法則が、溶液においても気体の場合と等しく成立することを示そうと試みた³⁰⁾。ファント・ホフは、

$$a_1' M_1' + a_1'' M_1'' + \dots \rightleftharpoons a_{11}' M_{11}' + a_{11}'' M_{11}'' + \dots$$

なる溶液反応において、 $\sum (a_{11} \log c_{11} - a_1 \log c_1) = \text{一定}$ であることを熱力学的な理論的考察から示した (c_1, c_{11} は濃度、あるいは活性質量)。つまり、この式は、「グルベル・ヴォーゲ」の式を対数で表現したものに他ならなかった。

(5) 溶液における変則性

ラウルはすでに、分子氷点降下、分子蒸気圧降下の事実を示していたが、ラウルの実験結果は、有機溶媒に有機化合物を溶解した場合に限られていた。ラウルはいち早く水溶液に塩を溶解した場合は、「分子氷点降下」は一定とならず、変則的な値をとることを注意していた³¹⁾。ファント・ホフも、このことを十分心得ていたので、「溶液にアヴォガドロの法則を適用し得ることを高く評価することは、はばかれる」と考えていた³²⁾。しかしながら、スウェーデンの化学者アレニウスからもたら

された一通の手紙は、ファント・ホフの抱いた一抹の危惧を払拭した。

すでにアレニウスは、1887年に「水に溶解した物質の解離について」という論文を発表し、その中でファント・ホフが提出した理論、すなわち、「一定体積に含まれる分子数が一定であるならば、一定温度において気体が示す圧力は、同一条件で多くの物質が液体中に溶けて示す浸透圧と等しい」という理論は、「多くの物質」については正しいが、重大な例外も多く存在することを指摘していた³³⁾。つまり、かなり多くの水溶液は、アヴォガードの法則から考えられるよりも、もっと大きい浸透圧を示すのである。

この種の現象に関してアレニウスの下した推理は、つぎのようなものであった。気体の場合でも、アヴォガードの法則より逸脱する場合がある。よく知られている例は、塩素、臭素、ヨウ素などの場合で、この種の気体は高温状態で、単原子に解離する。気体物質がある場合には解離することが、アヴォガードの法則がいかなる場合にも適用できないことの原因である。そうだとすれば、液体の場合にも、同様な事態が生ずるのではなからうか。いくつかの物質が、水溶液中で解離することは、水溶液の電気的性質から支持されるであろう。ドイツの物理学者クラウジウス (Rudolf Julius Emmanuel Clausius, 1822—88) も、すでに1857年に、電解質の分子がイオンに解離し、イオンが個別的に運動することを示唆している。

だが、液体に溶解した物質が容器壁に対して示す「浸透圧」は、近代分子運動論に従って、この物質の最小部分が、容器壁に衝突した場合に生ずる、とみなさなければならない。それゆえ、この見解に従って、上述のように解離した分子は、遊離状態でイオンが容器壁に及ぼすのと同じ大きさの圧力を、容器壁に及ぼすと仮定しなければならない。そうだとすると、もし電解質分子のどれくらいの部分がイオンに解離するかを計算できるとすれば、ファント・ホフの法則から浸透圧を計算することができるであろう³⁴⁾。

アレニウスの議論は、きわめて明快である。彼は、浸透圧の原因が親和力である、とはもはや述べていない。浸透圧は、粒子の容器壁への衝突に起因すると述べることに、ためらいを覚えていない。ファント・ホフも、おそらくアレニウスの議論によって、浸透圧の分子運動論的原因に、確信をもつようになったにちがいない。

ファント・ホフは、アレニウスの研究から示唆を受けて、溶液の中には、イオンに解離しているために、ア

ヴォガードの法則には従わない種類のものがあることを知った。そこでファント・ホフは、「 i 係数」なるものの導入を提案した³⁵⁾。「 i 」とは、気体で言えば、気体の体積や圧力が状態方程式 $PV=RT$ に従わずに、 $PV=iRT$ に従うことを意味する。つまり、気体の体積や圧力が、理想気体の場合よりどの位逸脱しているかの比率を表すのが、 i であると考えることができる。溶液の場合も同様に考えて、理想溶液からの逸脱の度合いを表すものが i である。

アレニウスは、このファント・ホフの考え方を敷衍して、1887年の前掲論文の中で「活動度係数 (Aktivitätskoeffizient)」なる概念を提出し³⁶⁾、これを α で表した。アレニウスによれば、分子は、イオンが自由に運動する「活性」分子と、イオンが互いに結合した状態を保っている「不活性」分子との、二つの状態をとることができる。そして、電解質の「不活性」分子は、無限希釈状態において、「活性」分子に転化する。そこで、 m を不活性分子数、 n を活性分子数、 k を各活性分子が解離したとき生ずるイオン数 (例えば、KCl の場合、 $k=2$) とすれば、

$$i = \frac{m+kn}{m+n}$$

となる。すなわちファント・ホフの i は物質が実際に示す浸透圧と、解離していない不活性分子だけからなる物質が示す浸透圧との比と考えることができる。そこで、

$$\alpha = \frac{n}{m+n}$$

とすると (すなわち、活性分子数の全体分子数に対する比とすると)、

$$i = 1 + (k-1)\alpha \quad (2)$$

となる。つまり、ファント・ホフの i と、アレニウスの α との関係は、(2)式で示される。アレニウスは、(2)式が妥当であることを実験的に証明するために、溶液の氷点降下に関するラウルの実験より得られた i の値と、コールラウシュ (Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch, 1840—1910)、オストヴァルトらの電導度の実験より求めた α の値を(2)式に代入して得られた i の値とが、多くの物質 (非電解質、塩基、酸、塩) において、一致することを示した。アレニウスは、この結果から、彼が計算に当たって前提とした次の二つの仮説は、正しいことが確認されたと結論した。

1. ファント・ホフの法則は「 $\ddot{o}\ddot{o}$ かたの物質について成立するだけでなく、 $\ddot{a}$ ら $\ddot{y}$ る物質、とくにこれまで例外とみなされてきた物質 (水溶液中の電解質) についても成立する。
2. (水溶液中の) $\ddot{a}$ ら $\ddot{y}$ る電解質は、ある部分が

(電気的・化学的關係において) 活性分子より成り、他の部分が不活性分子より成る。不活性分子は、希釈度が增大するにつれて活性分子の状態になるので、無限希釈溶液においては、活性分子のみ存在する。

アレニウスは、最後に、不活性分子は溶液中においては、単独分子として存在し、会合状態にはないと仮定して以上の計算を行ったと述べ、さらに希薄水溶液中で塩はイオンに完全に解離するので、塩水溶液は、電導度、氷点降下、屈折当量、中和熱等の現象で、加成性を示すことを指摘した。

3. 科学における想像力：ファント・ホフの科学観

近代溶液理論は、前章で述べたように、ファント・ホフによって、おおかたの骨格が創られた。だが、ファント・ホフの理論は、いくつかの変則的事実(例えば、塩の水溶液のふるまい)を説明できなかった。その変則性をうまく説明して、ファント・ホフの理論を救ったのが、アレニウスの理論であった。ファント・ホフの革新的理論は、伝統的な親和力理論の枠から大きく飛躍しており、それゆえ、当時の化学者全員にすぐに認められるところとならず、化学界に大論争を巻き起こしたのであった。ファント・ホフが、気体と溶液との間に類似性を認め、両者がほとんど同一のものとして扱い得ると述べたことは、現代の我々が想像する以上に、当時の化学者には受け入れ難い理論であったと思われる。ファント・ホフの理論は、最終的には化学者の全てが受け入れるところとなったが、伝統的思考枠組みから飛躍した仮説が承認されるまでには、いかに多くの紆余曲折を経なければならぬかを示す良い例であろう。

ファント・ホフが、気体と溶液との同質性を直感的に確信し、そこから、彼の仮説を創り上げ、検証していった過程において、きわめて重要な役割を果たしたのは、疑いもなく、デーヴィ(Humphry Davy, 1778—1829)が「類比を求めるさいの活発であざやかな想像力」と呼んだものであった。つまり、ファント・ホフのすぐれた理論を生み出したものは、気体と溶液との同質性を心に描いた、彼の豊かな想像力であったといえることができる。しかもファント・ホフは、自らが豊富な想像力の持主であったばかりでなく、科学において「想像力(imagination)」が占める位置の重要性をよく認識していた化学者であった。ファント・ホフのアムステルダム大学教授就任講演は、そのことをよく示しているだけではなく、彼の科学観を知る上でも重要な論文である。

ファント・ホフは、はじめライデン大学で数学を専攻したが、後にボン大学でケークレ(Friedrich August Kekulé von Stradonitz, 1829—96)に、パリでヴュルツ(Charles Adolphe Wurtz, 1817—84)について化学を学び、1874年にユトレヒト大学で学位を得た。その後、獣医学校の化学・物理学講師を経て、1878年にアムステルダム大学の化学・鉱物学・地質学教授となった。前記の教授就任講演「科学における想像力³⁷⁾」は、1878年10月11日に行われた。以下では、この講演の内容に即して、ファント・ホフの想像力論、および科学観を考察してみたい。

ファント・ホフは、彼の著作に対する、ドイツの化学者コルベ(Adolph Wilhelm Hermann Kolbe, 1818—84)の意地の悪い批判を引用することから、彼の講演を始めた。ファント・ホフは、前年に発表した論文に手を加え、1875年に小冊子『空間における化学』(*La chimie dans l'espace*, Amsterdam)を出版し、その中で炭素原子を四つの頂点で他原子と結合している正四面体として考えると、二つの幾何学的異性体の存在をうまく説明することができると述べた。ほとんど同じ時期に、フランスの化学者ル・ベル(Joseph Achille Le Bel, 1847—1930)も、同様な趣旨を発表した。コルベは、獣医学校の若い化学者ファント・ホフに、異常とも思える激しい罵倒を浴びせた。コルベは、ドイツにおける化学研究の著しい衰退の原因が、均衡のとれた行き届いた化学教育の欠如に起因すると述べた後で、次のように書いた。

この結果、一見すると造詣が深く、かつ、巧妙に見えるが、実のところ取るに足らないびっくり仰天するような自然哲学が、雑草のようにはびこってしまっている。この種の自然哲学は、精密科学がすでに一掃してしまったものだが、人間精神の大きい弱点を隠匿している物置き小屋から、似而非科学者が現今またぞろ引きずり出して、近代的な装いをこらし、身分不相応な上流社会にひそかに押し出させようと誰かが目論んでいる娼婦のように、ほお紅を新しく塗らたくったものである。もしこの見解をおおげさだとお考えならば、最近ファント・ホフとヘルマンの両氏が出版した『空間における原子の配列』なる、空想的たわ言で満ちた小冊子を読んで見たまえ。もっとも、なんとか読めるならばの話であるが。

ファント・ホフは、コルベのこのような言辭こそが、想像力を講演の主題として選んだ理由であると説明した。

ファント・ホフにとって、科学の任務とは原因と結果との関連を探究することであり、その意味で科学はきわ

めて実際の性格のものであった。科学が言葉の最高の意味において実際のなものであるとするならば、原因と結果との関連を研究する際に果たす想像力の役割とは何であろうか。

最初にファント・ホフは、原因と結果との関連が、第一段階として観察によって正確な知識を得ること、第二段階として知られたものの中に関係性を見出すこと、の二つの段階を通じて研究されると考えた。第一段階の「観察」自体は、我々の五感を通じてなされるが、その「観察」が価値あるものである限り、それには次の事柄が含まれていた。

- a) 観察の時機、もしくは観察の対象を選択すること。
- b) 観察したものに、成行きに応じて変更を加えること。
- c) 観察を容易ならしめる方策、とくに、多くの場合観察を可能にする唯一の手段である方策、を発見すること。

原因と結果との関連を探る第二段階は、次のことを伴っている。

- d) 現象間の一致、あるいは不一致を考察すること。
- e) 一連の原因（仮説）を考えて、生じた結果を事実と比較し、原因を確定すること。

a) から e) がファント・ホフにおける因果関係を探究する戦略であるが、各操作において、「想像力」はいかなる役割を果たすのであろうか。ファント・ホフによれば、「想像力」は、次のように定義される。「単純な観察による場合と同程度の確実さで対象を認識するために、対象がもつ諸性質にもかかわらず、それを心に描く能力」。

この想像力は、前記の五つの操作の中で、重要な役割を果たす、というのがファント・ホフの見解である。まず a) の場合は、観察の時機、あるいは観察の対象の選択が問題となる。例えば、フランスの天文学者ルヴェリエ（Urbain Jean Joseph Leverrier, 1811—77）が予言した海王星を発見したアメリカの天文学者ヴァルカン（Vulcan）は、地球と太陽との間に海王星が位置した時に、太陽が暗黒になって見えると信じられていたこととは逆に、日蝕時における新惑星の観測を思いついて、海王星を発見した。この「思いつき」は、心の中で可能な場合を予測し、その中から一つの場合を選択することによって生じた。すなわち、この「思いつき」は、批判的判断力と想像力との結合から生まれたのであった。

b) は、観察されたものを、状況に応じて変更を加え

る場合である。例えば、物理学者ティンドゥル（John Tyndall, 1820—93）は、発酵について研究している時に、発酵物質に接している空気から塵粒子を除くことを考えついた。彼は、実験箱の内側にグリセロールを塗布して、浮遊物質を吸着させた。この「思いつき」も、想像力の働きであった。

c) は、観察を容易にするだけでなく、観察を可能にする唯一の手段を発見する場合である。この例としては、眼の網膜を観察しようとしたヘルムホルツ（Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, 1821—94）が考案した「検眼鏡」をあげることができる。ヘルムホルツは、瞳孔を通じて眼の網膜を観察しようとする際に、観察者の眼と被検者の眼との間に光源を置かなくてはならず、そのことによって観察が妨害されるという難問を解決するために、孔のあいた鏡を考案した。この発明も、想像力と批判的判断力との相乗作用であった。

第二段階としての d) は、観察されたもの相互間の、一致あるいは不一致を、認識する場合である。ファント・ホフは、この操作の例として、ミッCHEルリヒ（Ernst Eilhard Mitscherlich, 1794—1863）の「同形律」をあげた。ミッCHEルリヒは、リン酸塩とヒ酸塩について研究し、同じ形で結晶化する化合物は、組成においても類似していることに気づいた。ミッCHEルリヒが、ヒ酸塩を見て、以前扱ったリン酸塩を想起したのも、想像力の働きであった。

e) は、一連の可能と思われる原因（仮説）を想定して、生じる結果を事実と比較し、原因を確定する操作である。ファント・ホフは、この例として、ケプラー（Johannes Kepler, 1571—1630）の惑星についての研究をあげた。ケプラーが、24年間を通じて得た観測データから、ケプラーの法則を得たのも、想像力の賜物であった。

ファント・ホフは、以上のように、科学が原因と結果の関係を追求していく諸段階において、いかに想像力が重要な役割を果たすかを強調した。もちろん、ある人間が、これらの操作に必要な資質をもっていたとしても、その能力を働かせなくては、何の役にも立たない。「熱意」や「不屈の努力」として表れる推進力こそ、研究者の心の中にのみ存在し、想像力の結果として表現される着想の追求に、最も重要なものであった。そして、この種の想像力の創造こそが、良くも悪くも、奇蹟をもたらすのであった。

ファント・ホフは、科学における想像力の働きを高く評価したが、想像力には健全な種類のもので、そうでないものの二種があることにも注意を促した。ファント・

ホフは、すぐれた科学者における芸術家的傾向を、健全な想像力の発露とみなした。彼は、すぐれた科学者の伝記を調査した結果、ニュートン(Sir Isaac Newton, 1643—1727)、ボイル(Robert Boyle, 1627—91)、ファラディ(Michael Faraday, 1791—1867)、デーヴィなど53名の科学者が、芸術家的傾向をもっていたことを指摘した。しかしながら、ファント・ホフによれば、ある科学者の場合には、想像力の過剰が妄想、迷信などを生み出したことも指摘した。ファント・ホフは、このような例として、ケプラーの天体運行における音階的調和についての信念、ブリーストリ(Joseph Priestley, 1733—1804)の特殊な宗教的信念など、いくつかをあげた。

しかしながら結論として、ファント・ホフは、想像力を妥当な範囲で用いるならば、想像力は科学において生産的で重要な役割を果たすことを強調し、キュヴィエ(Georges Léopold Chrétien Frédéric Dagobert Cuvier, 1769—1832)がヴォクラン(Louis Nicolas Vauquelin, 1763—1829)とデーヴィとを比較して述べた以下に掲げる言葉を引用して、彼の講演を締めくくった。

ヴォクランは、無数の研究を行い、重要で注目すべき考察を下して、科学知識を拡大したにもかかわらず、デーヴィと同程度の器量をもった人物と考えることはできない。ヴォクランの名前は書物の中で幾つかの節に現れるが、デーヴィの名前は各章の表題に現れる。ヴォクランは、まったく飾り気のない様子で、カンテラを手にして、ほんの僅かに不明でしかない事物を観察し、最も目につかないすみのすみに目を通した。デーヴィは、ワシのように飛翔し、物理学と化学との巨大な領域に輝く火をともして光をあてた。

教育の中で、化学は細かな事実を暗記する教科と考える生徒は多い。事実、そう考えざるを得ない教育がなされている場合が多い。この種の傾向は、教育者・化学者の中に、ヴォクラン・コルベ的な化学観をもっている人間が多いことを反映している。しかしながら、ファント・ホフにとって、化学とはまさに詩に近いものだった。彼は、バイロンの詩に魅せられ、詩人になることさえ考えたことがあったといわれている³⁸⁾。ファント・ホフは、母親宛につぎのように書いている。「もし私が、かのきわめて感動的なバイロンのとりこになっていなかったとしたならば、私は干からびた科学者集団の中でいち早くしなびてしまったことでしょう」。

文 献

- 1) 「溶液理論」の包括的な歴史には、次のものがある。
P. Walden, 'Die Lösungstheorie in ihrer geschicht-

lichen Aufeinanderfolge', *Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge*, XV Band, Verlag von Ferdinand Enke, 1910, pp.277-454; S. Arrhenius, *Theories of Solutions*, Yale Univ. Press, 1912; J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Vol. IV, Macmillan, 1964, pp. 637-662. 「溶液理論」の現代史には、次の論文がある。J. H. Hildebrand, 'A History of Solution Theory', *Annual Review of Physical Chemistry*, **32**, 1-23 (1981).

「溶液理論」の「原典論文集」には、次のものがある。Harry C. Jones (tr. and ed.), *The Modern Theory of Solution—Memoirs by Pfeffer, van't Hoff, Arrhenius, and Raoult*, Harper Scientific Memoirs, 1899; *Theory of Solutions and Stereo-Chemistry*, Arno Press, 1981 (この「原典集」には、前者の「原典集」がそのまま再録されている); *The Foundations of the Theory of Dilute Solutions, Papers on Osmotic Pressure by J.H. van't Hoff and on Electrolytic Dissociation by Svante Arrhenius*, Alembic Club Reprint, No. 19 (1961).

- 2) P. G. A. Dolby, 'Debate over the Theory of Solution: A Study of Dissent in Physical Chemistry in the English-Speaking World in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries', *Historical Studies in the Physical Sciences*, **7**, 297-404 (1976).
- 3) J. Dalton, 'On the Absorption of Gases by Water and other Liquid', *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, [ii] **1**, 283 (1805). (この論文は、Alembic Club Reprint, No. 2, *Foundations of the Atomic Theory* に収録されている。抄訳が『近代学の源流—物理学篇 I』。北海道大学図書刊行会, 1974, 240-244頁にある)。
- 4) 村上嘉一, 「近代原子論の発展—Dalton と原子論—」, 『本誌』, **1983**, 33-42, が参考となる。
- 5) J. H. van't Hoff, 'Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen', *Z. physik. Chem.* **1** (1887), 481-508 (481).
- 6) van't Hoff, *ibid.*, 483.
- 7) van't Hoff, *ibid.*, 481.
- 8) van't Hoff, *Études de Dynamique Chimique*, Amsterdam 1884, pp.177-185.
- 9) van't Hoff, Ref. 5), 482.
- 10) van't Hoff, *ibid.*, 482.
- 11) van't Hoff, *ibid.*, 483.
- 12) van't Hoff, *ibid.*, 485.
- 13) van't Hoff, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie*, Band II, Brunswick, p. 27; Partington, Ref. 1), p. 654.
- 14) van't Hoff, Ref. 5), 483.
- 15) van't Hoff, *ibid.*, 483.
- 16) W. Pfeffer, *Osmotische Untersuchungen*, Leipzig, 1877, p. 71.
- 17) van't Hoff, Ref. 5), 484.
- 18) van't Hoff, *ibid.*, 485-6.

- 19) van't Hoff, *ibid.*, 487.
- 20) van't Hoff, *ibid.*, 487.
- 21) van't Hoff, *ibid.*, 487-8.
- 22) van't Hoff, *ibid.*, 489-90.
- 23) van't Hoff, *ibid.*, 490-1.
- 24) van't Hoff, *ibid.*, 492-3.
- 25) Partington, Ref. 1), pp.648-650.
- 26) F. M. Raoult, 'Sur les tensions de vapeur des dissolutions faites dans l'éther', *Comptes rendus*, **103** (1886), 1126; 'Loi générale des tensions de vapeur des dissolvants', *ibid.*, **104** (1887), 1431.
- 27) van't Hoff, Ref. 5), 493.
- 28) F. M. Raoult, 'Loi générale de congélation des solvants', *Comptes rendus*, **95** (1882), 1030.
- 29) van't Hoff, Ref. 5), 496.
- 30) van't Hoff, *ibid.*, 498-500.
- 31) Raoult, Ref. 28), 1032.
- 32) van't Hoff, Ref. 5), 500.
- 33) S. Arrhenius, 'Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe', *Z. physik. Chem.*, **1** (1887), 631-48 (631).
- 34) Arrhenius, *ibid.*, 632.
- 35) van't Hoff, Ref. 5), 501.
- 36) Arrhenius, Ref. 33), 632.
- 37) van't Hoff, *Imagination in Science*, (tr. by G. F. Springer), Springer-Verlag, 1967.
- 38) G. F. Springer, 'Translator's Notes', in van't Hoff, *ibid.*, p. 3.

Analogical Imagination in Science

—van't Hoff and the Modern Theory of Solutions—

Kiyohisa FUJII

(Department of Education, Tokyo Institute of Technology)

In 1886, van't Hoff proposed the modern theory of solutions, in which he stated that there is a deep-seated analogy—indeed, almost an identity—between solutions and gases, so far as their physical relations are concerned. And he verified his hypothesis on the basis of Pfeffer's experiments on osmotic pressure and Raoult's experimental results on the lowering of vapor-pressure and the lowering of freezing point, etc..

In forming his proposition, van't Hoff's analogical imagination must have obviously played an

important role. His suggestions were so much different from traditional affinity theories of solutions that the debate on his theory arose between van't Hoff, Arrhenius, Ostwald and British chemists, Pickering and Armstrong.

Van't Hoff advocated the sound use of imagination proposed the kinetic theory of solutions after Dalton had suggested the mechanical theory of solutions.

Van't Hoff was possibly the first chemist who tion in science in his inaugural lecture.

プリーストリは何故に化学への道を歩んだか

柏 木 肇

(名古屋大学名誉教授)

1. 信仰と化学

昨年はジョージフ・プリーストリ (Joseph Priestley, 1733, 3, 13—1804, 2, 6) の生誕250年にあたり、祖国のイギリスや晩年に難を避けて移住したアメリカなどの各地で記念集会被開催された。壮年期に滞在して気体化学の研究を軌道にのせた、ゆかりの地リーズでも、昨年の3月、化学史家モリス・P. クロスランド¹⁾が当地の大学 (University of Leeds) の無機化学教室に招かれて一連のプリーストリ記念講演を行った。最初の講演を要約した論文がイギリス科学史学会の雑誌 (*BJHS*) に掲載されたので、ここではその論文に述べられているクロスランドの主張を解説して、後れ馳せながらプリーストリ生誕記念のしるしとしたい。

さて考察すべき問題の核心はプリーストリの信仰と化学との関連に由来する。その意味から山岡先生がかつて『化学史伝』に記述されたプリーストリ観を引用しよう。

プリーストレイについて殊に奇怪に思われるのは、彼が極めて強い自由意志の人であって、基督教の教義に関しても、政治上の主義に関しても、周囲と相容れないほど新しい思想を持っていたのに、何故化学の学理に於てのみ保守信徒たるに甘んじていたか、(すなわち) フロジストン説に帰依すること余りに深く、その迷妄を脱することが出来なかったかの一事である。……

薄命の科学者、不運の宣教師、固陋頑迷の学説の為にその頭は栄光の冠を失ない、急進自由の信仰の故にその身は遂に平安の衣を奪い去られたのである²⁾。

この文章には、プリーストリを「固陋頑迷な学説」とらわれた化学の「保守信徒」と断じたために、彼の不遇の生涯を悼み、それに鎮魂の辞を饒けることもままならないもどかしさが滲み出ている。

『イギリス人名辞典』(*DNB*) プリーストリの項の著

者ハートック³⁾は彼を神学者にして科学の徒 (theologian and man of science) と規定した上で19頁にわたる長文の記事を書いている。プリーストリの原理はまさしく彼が敬虔なクリスチャンとして生きたところに根ざしている。山岡先生の文章は彼の篤信と化学の進歩とが何故に結びつかなかったかを歎く。その愁訴は進歩の観念を導入して神学と化学との関係を論じた時代錯誤に由来する。しかしその裏側には、この関係を明らかにすることが、プリーストリの化学を理解する鍵であるという確信がひそんでいる。それはプリーストリの発見をラウワジエ化学と対比させる伝統的な歴史記述の視点 (ヒストリオグラフィ、修史法) からの解放に重要な手懸かりを与える。先生が新しいヒストリオグラフィの門口に立ちながら遂にそれを突破し得なかったとしても無理はない。おそらく先生が『化学史伝』のこの部分を執筆したと思われる1920年代の初期以来、現在に至るまでおよそ60年、この疑問に解決の曙光を見出したのは漸く近年のことすぎないからである。

さて、この疑問は次のふたつの部分に分解される。

- i. 基本的に神学者であった彼が何故に化学に注意を向け、かつその研究に従ったか。
- ii. 化学とは彼にとってそもそも如何なる正体のものであったか。すなわち後世の歴史家が彼を「空気化学者」(pneumatic chemist) と呼ぶに至った、その実験的研究の総体は彼の信仰にとって如何なる意義を有していたか。

化学理論において「保守」性を批判されたプリーストリの側面は第二の部分の考察を通じて明らかにされるが、ここではクロスランドの論文に基づいて、主として第一の問題におけるプリーストリの動機を解説する。

クロスランド論文の表題「空気化学者としてのジョージフ・プリーストリに対する現実的な視点」(*A Practical Perspective on Joseph Priestley as a Pneumatic Chemist*)⁴⁾における「現実的な」とは、「理念的」(ideal) あるいは「知的」(intellectual) などの形容と対立する用語であ

る。後者の視点では、ブリストリが何故に化学的研究に携わるに至ったかについて、これを彼の思想ないしは知的傾向の赴く必然的な帰結として考察し、この過程のメカニズムに論理的な整合性を与えることが主眼となる。

しかし、この種の思想や知識の論理は、彼が身を委ねる研究に随伴して、彼の内部でこれをチェックし正当化する基準となり、また観察結果を解釈し理論を構成する要因とはなり得ても、化学に参入するという彼の行為を動機づけた起動力を説明することはできない。実際の行為を媒介するのは、種々の局面において固有の原因があり、さきの論理はこの局面に関与するが、それを演繹することはできない。あたかも実在気体の理想気体からの偏倚がその気体に固有であり、この個性、偶然性は理想気体に関するアイデアルな定式化から演繹することができないと同様である。「現実的な」という表題は、事態をこのような個性性を重視して理解すべきことを意味している。

2. 著述家ブリストリ

クロスランドは先ずブリストリがきわめて多産な著述家であることに注目する。それは量的に厩大であるばかりでなく、関心が払われた分野が広範にわたっていることにも特徴がある。DNBにおけるハートックの記述はブリストリの著作を次のように分類している。1. 神学、信仰(51)。2. 語学および教育(6)。3. 歴史(7)。4. 政治、社会(17)。5. 心理学と形而上学(7)。6. 科学(12) 括弧内の数字は著作の種類を示す項目数であるが、ひとつの著作が複数巻からなるもの、種々の刊本、他国語への翻訳がある場合も単一の項目にまとめられているから、実際の書誌はさらに増大する。ジョン・T. ラットが編纂した『神学ほか各種のブリストリ著作集』は全25巻に上るが⁵⁾、しかも、これには科学に関する著作が含まれていない。この『著作集』は1817年から15年の日子を費やして刊行され、ブリストリのみならず、その交信相手や彼らの直近子孫と接触する機会を持った編者ラットのブリストリに対する関心が、現代のブリストリ研究の基準とは著しく相違していることを示している。ブリストリの科学に関するハートックの記述も興味があるが、その著作目録は、リチャード・スコウフィールドが、主としてブリストリから発信された書簡を集めて構成した『科学者ブリストリの自伝』中の年代別目録によって、より完璧に近い姿に改められている⁶⁾。

ブリストリが厩大な著作を遺したのは、早くから文筆に馴染み、その習慣を身につけたからである。そして

それに若干の理由があったことは、晩年に祖国を離れて渡米した直後に書き上げられた自伝とも言うべき『ジョージ・ブリストリ博士の回顧録』⁷⁾から窺うことができる。同名の祖父ジョージはイングランド国教会(アングリカン・チャーチ)に属していたが、両親は穩健なカルヴァン派の信徒であった。母の死後9歳になった彼は、寛容ではあったが意志強固なカルヴァン主義者であった伯母セアラ(Mrs. John Keighley, Sarah K.)にひきとられ、その庇護のもとで養育された。この伯母や、そのヨークシャー・ヘクモンドワイク(Heckmondwike, Yorkshire)の住居オールド・ホールに集まった非国教徒たちから大きな感化を受けたが、彼のうちに芽生えた篤信と自尊は、やがて彼を伯母の信仰からも離脱させる。彼は、如何なる宗派であれ、正統とみなされた信仰に身を寄せようとすると、自分が独立不羈の人格の担手であるか否かについて、つねに自省を怠らない人物、つまり異端者として成長していたことを悟ったのである。

彼は自分の信念を正当化するだけでなく、己の思想や見解が社会に役だつことを信じた。それゆえ、これを人々に鼓吹し、時にはそのためにあえて論争の火だねを蒔くことも辞さなかった。しかし吃りでひどい言語障礙に悩まされた彼は、勢い文筆に頼り、その才能を極度に発揮しなければならなかった。会話による議論とは異なり、文筆の習慣は彼の内省をさらに深めてゆく。彼が名声を得ようとするならば、ペンから流麗な文字を生み出す作家としての道ではなかったにせよ、自分の文章が人々を裨益する上で効果的な反響を呼び起こさなければならないことを自覚したのである。彼が自分にふさわしく生きるためにもっとも直接的に神学にかかわったとすれば、著述家の道は聖職者としての名声を伴うものでなければならなかった。

3. クロスランドにおけるブリストリ問題

前記『回顧録』には、ブリストリが青年期、さまざまな機会をとらえて科学の各分野の素養を深めようと努めたことが記されている。このことはクロスランドも一般論として述べているように、18世紀のイギリス科学がいわゆる自然神学(natural theology)と密接な関係を保ちながら存続したという、その特徴の表れである。信仰と必然的にリンクして存在した科学の姿は現代のそれと著しく異なっている。科学に携わった人々(men of science)は、科学に基づいて何らかの世界観を提示することを自らに任務として課したのである。そして世界観の中核に据えられ、これを構成するのに重大な役割を果たしたのが、その宗教的信条であったことは言うまでも

ない。この科学は自然哲学 (natural philosophy) と呼ばれ、哲学の重要な分野とみなされた。自然哲学者は科学によって神の存在と創造の事業、世界における神の機能に関し、人々が如何に理解すべきかについて責任を負う立場にあったのである⁹⁾。哲学のエキスパートでなくても教会人が自然神学を構成することもあれば、自然哲学者自身、教会人あるいは在俗の信者としてこの事業に参画したことも決して稀ではない。

しかし、ここで注意すべきことは、自然哲学そのものは、時代や社会が容認した科学の規範のもとに存在するのであって、そこに必ずしも直接的に宗教的要素が介入してくるわけではない。個々の著作として具体的に表現されたものには、自然哲学と神学との境界が明確でない場合もある。しかし端的に言うならば、自然哲学 (科学) は自然神学の素材である。これまで科学史家が科学的著作の成立と継起を逐い、あるいは科学的発見や理論の展開を記述しながら、しばしばそこに宗教的要素の参入を意識しないで済んだのはそのためである。

しかし実際には自然哲学から自然神学を構成する場合に種々の形而上学が成立する。人々の間で異端と正統性 (heterodoxy and orthodoxy) が問題にされ、科学のヒストリオグラフィにとって形而上学の考察が重要となるのは、主としてこの場面においてである。また宗教と政治、言い換えれば各宗派に属する教会の中で、ある特定のものが世俗的な政治権力の適法性を神学の面から擁護しながら、多かれ少なかれこれと結びついていたことは、少なくとも19世紀半ばまでのイギリスの歴史が明らかにしているとおりでである。したがって異端のレッテルは単に宗教上の問題として意味を有するにとどまらない。ブリストリをめぐる状況はまさにその典型的な実例でもあったのである。

科学と宗教との関係を論ずるのに、両者の間の闘争を前提とする立場がある。すなわち宗教あるいは教会の権威が科学的真理を断罪したり、これを歪曲して科学の進歩を妨げる事例はしばしば見られた。したがって科学は宗教的権威に抵抗し、これと闘争し、その妨碍を排除しながら合理的思考の根拠を一步步拡大することによって進歩を遂げなければならなかったという解釈 (闘争命題) である⁹⁾。これはイギリスでは19世紀末に成立した科学のヒストリオグラフィで、多数の科学史家がこれに追随した。その結果この立場から記述される科学史は強固な伝統を形成することになった。それに対し、固定的な闘争命題を反省する立場からは、宗教は必ずしも科学と矛盾するものではなく、それらは両立し得るとみるヒストリオグラフィが成立した。

たとえばニュートンの場合では、近代科学の始祖とも呼ばれる卓越した科学者であった彼が、何故に神学に深くかかわったかという形で問題が提起される。しかし闘争理論の立場からは、ニュートンが24年もの長期間王立協会の会長として学界に君臨した彼の権威を説明することはできない。妥協論ないし両立論もあらかじめ彼の権威を救済することが前提となり、複雑な歴史的事実を解明するには無益で不毛な議論に終始するだけである。重要なのは、問題提起の仕方が逆だちしていることを理解することである。すなわち名誉革命 (1688—9) 後のイングランドの状況下で、キリスト教の教義を淳化救済することに使命感を抱いたニュートンが、何故に、また如何にして自然哲学の研究に関与しようとしたかを問わなければならないのである¹⁰⁾。

ブリストリの場合も同様である。17世紀末期に自然神学の伝統を変革したニュートン主義者ら (Newtonians) の緊張感は、ブリストリの時代にはすでにかなり弛緩していたが、未曾有の産業社会が出現しつつある状況を背景にして、自然神学は新しい位相を迎えることになった。それは新しい論争を生み、アングリカン・チャーチのイデオロギーの支柱となった自然神学に対する懐疑と批判が新たな興奮を呼びながら蘇える気配を示し始めていた。クロスランドの一般論はこの点に言及したことにほかならないが、ブリストリの場合に特に慎重な注意を払わなければならないのは、若きジョージの信仰に異端への契機が訪れ、それとともに自然神学や形而上学の問題に関連して、博愛の精神に富んだ野心的な青年の内部に生じた新しい緊張と、これが推移した経過である。ここでクロスランドが注目しているのは、この緊張感のもとに不安と動揺に苛まれ、安住の地を求めて転々と居を移し続けた牧師ブリストリの経歴であった。その略歴を簡単な年譜の形で示せば次のとおりである。

1737年 4歳、母方の祖父、ジョージ・スウィフト方にあずけられる。

1742年 9歳、伯母ケイリ夫人の庇護にはいる。

1744年 11歳、バトリ・グラマ・スクール (Batley Grammar School) に入学。

1752年 19歳、非国教徒学校ダヴェントリ・アカデミー (Daventry Academy) に入学。スフラヴサーンドの自然哲学著作、デイヴィッド・ハートリの『人間論』などに親しむ。

1755年 22歳、サフォーク州ニードム・マーケットで副牧師となる。

1758年 25歳、チェジャのナントウィッチに移住。牧師、私塾を開く。

1761年 28歳, 1757年に創立されたウォリントン・アカデミー (Warrington Academy) のチューターとなる。傍ら布教活動を継続。

1762年 29歳, メアリ・ウィルキンソン (Mary Wilkinson) と結婚。この頃から化学実験を開始。

1766年 33歳, 王立協会々員 (F.R.S.) となる。

1767年 34歳, 6月『電気学の歴史』を完成, 9月リーズに転出, ミル・ヒル教会付ユニテリアン派牧師となる。

1772年 39歳, 『光学の歴史』出版, 『フィロソフィカル・トランザクションズ』に投稿する最初の論文「種々の空気に関する考察」の予稿を執筆 (論文は73年に出版)。

1773年 40歳, 第2代シエルバン伯ウィリアム・F. ペティ (William F. Petty, Second Earl of Shelburne) の司書となり, ウィルトシャーのカーン (Calne, Wilts) の別邸に居住。

1780年 47歳, パーミンガムに移住, ニュー・ミーティング・ハウス (The New Meeting House) の牧師補。『月』の会の会員となる。

1791年 58歳, 7月14日パーミンガム事件, 7月18日ロンドンに避難。11月友人リチャード・ブライスの死後, その後任としてハクニのグラヴル・ピット教会 (Gravel Pit Chapel, Hackney) の牧師に就任。

1795年 62歳, アメリカに渡り, ニューヨーク, フィラデルフィアを経て, ノーサンバランド (Northumberland, Pennsylvania) に住む。

1804年 71歳でこの地に歿するまで, 帰国を志したが果たさなかった。

以上の経歴からクロスランドはブリストリ問題を整理して

i. 彼はなぜ何故に頻々として居を変えたか

ii. 若い牧師はなぜ何故科学, 特に化学に関心を抱いたかというふたつの要点に集約されたとした。そしてこれらの疑問を解く鍵として, 生涯にわたって追求された神学とのかかわり, 知識人として成功をおさめるために払った努力, 社会に対する道徳的, 政治的関心, 最後に精神的独立への執着などを挙げ, また前記ふたつの問題に対して与えられるべき解答の間には, おそらく何らかの関連があるに違いないと推論する。

4. 科学 (自然哲学) への関心の端緒

ダヴェントリ・アカデミーでの学業を卒えた後, ブリストリは薄給を覚悟してサフォーク州のニーダム・マーケット (Needham Market, Suffolk) の副牧師となっ

た。保護者であったセアラ伯母の希望を受けいれ, 終生の職業として牧師の道を選ぶことを決意したのである。この彼が科学に関心を向けるには如何なる理由があったのであろうか¹¹⁾。

彼は誠実なクリスチャン, 神学の研鑽にうちこんだという自負から, 確信を抱いて説教壇に登った。しかし, やがて彼がアリウス派に属し, キリストの神性を否定する見解を抱いていることが明らかとなり, 会衆の集まりは悪くなり, その数に依存する収入も激減した。彼は経済的苦境に立たされたが, 精神の自立を強く望み, イングランド国教会に帰属するように勧めた友人の忠告をしりぞけ, 神学研究を深めるにしたがって, 彼を育てたカルヴァン派の信仰の雰囲気とも距離をおくようになった。このことは, 彼をめぐる状況を一層厳しくする。このような場合に, 若い聖職者が子供たちに「教義問答」 (Catechism) を教えて収入を補うのが普通であったが, 自分が「正統的なクリスチャンではない」との思いから, 教育が宗教にわたることは避けるべきだと判断した。

1学期半ギニーの教授料で古典学や数学を教えることと, 年12ギニーで生徒を自宅に寄宿させることを提案した¹²⁾。

この提案は, もともと乗気ではなかった教師の仕事をあえて選ばなければならないと覚悟したときに, 信仰宗派には左右されないようなカリキュラムを組み, それらから一見中立的にみえる教材を作りあげる方が得策であると割りきったことを意味している。提案は現実のものとはならなかったが, この戦術的後退は彼の生涯に訪れたひとつの転機であった。同じく牧師であった一人の友人の誘いがあったので, これを受けたブリストリはニーダム・マーケットの生活を見切り, 逃げるようにこの地を捨てチェンジャのナントウィッチ (Nantwich, Cheshire) の組合教会牧師を引き受け, 新しい任地に向けて出発した。

サフォークではともすれば人の口の端に上って信仰上の非難や反感を誘った論争の火だねは, ここナントウィッチではほとんど話題になることがなかったので, 比較的平穏で快適な環境に恵まれて, 彼は私塾を開くといつかねての計画を実現した。上級の生徒には, 自然哲学をカリキュラムに採り入れた。夜は夜で, ある富裕な弁護士に家庭教師として出張し, 一日中ほとんど休みなく働きとおした。おかげでニーダムでの借金を返済するのに汲々とした生活からも徐々に開放され, 「若干の書物と小型の空気ポンプや発電機などの哲学的 (科学的) 器具を購入することができる」までになった¹³⁾。

一方1757年にウォリントン・アカデミーが創設されたとき、理事会の間では、ブリーストリがダヴェントリで発揮した才能をみこんで、彼をチューターとして迎えようという気運があった。それは暫くの間人事の関係で遷延されていたが、1761年6月になって漸く彼を正式に採用することが決定された。ウォリントンは産業革命の胎動を背景に、新しい産業都市のひとつとして成長する可能性を秘め、リヴァプールへの街道の要衝としても賑わっていた。アカデミーはオクスブリッジへの入学を拒まれていた非国教徒(dissenters)の子弟を収容するために設けられた教育機関で、これらの大学に比肩する基準のもとに運営されており、教育の目的も新しい時代の要請にこたえることができる「活発な市民を養成する」ことに主眼がおかれていた。

彼が去った後のナントウィッチでの後継者が彼の私塾をひきつぐことに話がまとまったので、彼はアカデミーが提供した語学と文学のチューターをひき受けることにした¹⁴⁾。もともと数学・自然哲学の教師を望んでいた彼にとって、この地位は最善のものではなかったが、多数のアリウス派牧師が集まって醸し出している活気あるアカデミーの雰囲気は彼を惹きつけるのに十分であった。またウォリントン・アカデミーが他の古典的教養学とともに、如何に自然哲学の教育を重視していたかは、1760年度の理事会報告に記載された次の一節からも容易に理解することができる。

実験によって自然に関する知識の改善をはかることは、今や世界中の有識者の注目を惹く課題であると思料される。ここに哲学(*主として物理学的な分野)に関する通常の実験に加うるに、さらに重要な化学に関する諸過程、特に当地の商工業と関連を有する操作の若干を以てするならば、裨益するところ、けだしきわめて大ならんと信ずる¹⁵⁾。

ブリーストリは教育に携わった体験から、信仰に対して中立的な自然哲学に関する著作活動に従う決意を固めた。彼の最初の科学的著作『電気学の歴史と現状』¹⁶⁾は、ウォリントン・アカデミーのこのような雰囲気为背景として成立したのである。

この際、最初の対象として電気学ではなく化学の研究を選んだとしても、少なくとも上記理事会報告の趣旨からの逸脱とはならなかったであろう。その点については彼も十分承知していた。

これまで哲学は物質が示す比較的顕著な諸性質にかかわってきた。すなわち電気学のみならず化学や光と色彩に関する学説は、これら著しい性質が依存する物質の内部構造の洞察にわれわれを導入してく

れるように思われる。……(こうして)新しい世界がわれわれの視野に開かれ、かの偉大なアイザック・ニュートン卿その人のみならず、彼の同時代人の栄光も、斬新な思考の分野を開拓する新時代一連の哲学者によって翳るかと思われるほどである(下線は筆者)¹⁷⁾。

しかしおそらくブリーストリはここで電気学と化学の何れを選択するかという単純な問題に決着を迫られたのではないと思われる。

彼に触発された自然哲学に対する関心は著述家としての観点に由来するものであり、直ちにオリジナルな研究者の道を志したわけではない。また語学と文学のチューターという彼の地位も副次的には考慮にいれられたであろう。それゆえ彼の自然哲学への介入は文献学的な研究、すなわち実験哲学の全分野にわたって、その歴史を記述することであった。しかもこの種の著作を公刊することが時代の要請にこたえる道であると信じたのである。どの分野から手がけるとしても、この事業はひとりの人間ではとても手に負えない龐大な内容を含んでいる。けれども彼が突破口を開くならば、他の人々がこれに追随していずれは全分野に関する歴史を展望することが可能になるはずであった。自然哲学の歴史を著述するに当たって、先ず電気学を選んだことについては次のように説明されている。

電気学の歴史を記述するという企ては、資料が乏しくもなければ多きにすぎることもない現在まさに手頃であり、またこれら資料が各地に分散して存在し、ために企画が大いに歓迎され、特にイギリス人に対して格別有益な著作が成立すると思われるこの時期に執筆することになったのは、まさに時宜を得たと言うべく、まことに幸運な企てに恵まれたと言うほかはない。

さらに主題それ自身も私に恵まれた幸運の最たるものである。思うに自然哲学における各種の分野で歴史を記述するのにこれほど適切な主題はまたとない。すべて、きわめて短期間のうちに、しかもごく最近に達成された多数の発見が、まことにみごとな関連を保ちながら陸続としてあいつぎ、のみならずこの舞台で主役を演じた人々が現存している点では、他の如何なる領域も誇り得ないところである¹⁸⁾。こうして著述への準備をすすめる傍ら、アカデミーで先輩格であったジョン・セドン¹⁹⁾に、電気学の研究ですでに名をなしていたロンドン在住のジョン・カントン²⁰⁾への紹介状を書いてくれるように依頼した。1765年12月18日付けセドンの紹介状を携え、ブリーストリは勇躍ロン

ドンに向けて出発した。ロンドンではカントンを通じて著名な学者の間に多くの知己を得たが、ベンジャミン・フランクリン、ウィリアム・ウォトソン²¹⁾およびリチャード・プライス²²⁾らとの交流は、科学を含む彼の知的形成に大きな影響を与えた。1766年6月彼らの推挙によってブリストリは王立協会の会員(F. R. S.)に選任され、科学的経歴の第一歩を踏み出したのである。

5. 期待を裏切った『光学の歴史』

ウォリントンでは牧師として教会で説教する義務はなかったが、彼は余暇には聖職者としての奉仕事を怠らなかった。それゆえ、アカデミーでの生活はみどり豊かなものではあったが、このままチューターとしてとどまり、やがて自然哲学の研究を専業とする道に転進するつもりは彼の念頭になかった。妻メアリの健康上の理由もあって、1767年9月アカデミーを辞してリーズに転出し、ミル・ヒル教会(Mill-Hill Chapel)付きの牧師となった。

リーズにおける彼の科学活動の特徴は気体化学の実験を本格的に開始したことである。同時に神学への献身に対する使命感はますます燃えさかり、多数のトラクト(Tracts, 神学論文)を書いている。彼は神学と科学の二正面作戦を展開したように見える。

リーズで私の実験に関心を寄せたのは、外科医の(ウィリアム)ヘイ氏だけだった。彼は熱心なメソジスト教会の信者で、しばしば私の神学論文に(反)論を寄せたが、私たちの会話はもっぱら哲学的(科学的)な問題に限られ、神学については一言も触れず、きわめて自由活発にかわされたのであった²³⁾。

この引用にはすでに言及したような「科学の中立性」に対するブリストリの確信が表現されている。すなわち科学は中立的であるが故に、神学上の悶着から逃れることができる恰好な避難所であり、したがって神学では見解が分かれる友人とも共同して科学の研究に精進し、意見を交換することができるという信念である。それはブリストリが科学に惹きつけられた理由として、クロスランドが整理、列挙している事項のひとつである²⁴⁾。

- (i) 理性の働きに対する気分転換。
- (ii) 教材用、したがって収入源の確保。
- (iii) 神学論争からの逃避。
- (iv) 知識の増進と名声を上げるための手段。
- (v) キリスト教信仰をきたえる手段(自然神学)。
- (vi) 物在論(materialism)体系の構築²⁵⁾。

ブリストリがウィリアム・ヘイと知りあったのは1769年頃、実験における協力の成果は、1773年刊の『フィロ

ソフィカル・トランザクションズ』に掲載されたブリストリ論文「種々の空気についての考察」の付録に記述されている²⁶⁾。しかし実際には、彼はこのヘイとも宗教上の見解の相違から、やがて袂別したのである²⁷⁾。彼の悲劇、特にバーミンガム事件以後、彼の晩年を襲った不安と孤独感は、彼が自然哲学の政治、宗教からの中立性の観念に執着しながら、これが結局は幻想でしかなかったことを理解し得なかったことにある。

リーズに移ったブリストリは『電気学の歴史』が予想以上の成功をおさめたことを知って、自然哲学の歴史の第2作として光学の歴史の執筆に着手し、1770年中にはその大半を書きあげた。これが『視覚、光および色彩に関する諸発見の歴史と現状』(『光学の歴史』と略称、1772年刊)である²⁸⁾。この著作もまづまづのでき栄えであったが、

きわめて多額の費用を要する仕事だったので、予約申込を受け付けて出版しなければならなかった。しかし売行は芳しくなく、これほど労多く、経費がかさむ仕事をさらに続行してゆく元気はすっかり沮喪してしまった²⁹⁾。

多額の経費と訴えているのは、言うまでもなく著述のための資料となる書籍、雑誌などを購入するのに要した費用である。今度の『光学』でも、さきの『電気学』でも、ブリストリがめざしたのは、先人の業績のみならず最近の研究成果をも含めて、実験哲学の各分野の現状を教科書に近い形で体系的に叙述することであった。この目的を達成するためには、その分野の各主題に関する各種資料を可能な限り多数渉猟、評価し、それらの記述の間の脈絡を探り、進歩の足跡を明らかにしなければならない。そして著作の真価は、文献を忠実に前後照合し、その作業を正確な脚註で表現するという文献学的方法が如何に十分に発揮されているにかかっていた。

こうして彼は多数の著作や雑誌を発注、購入した。これらの目録は『光学の歴史』の巻末に掲載されており、全体で267種に上った³⁰⁾。これらは7~8冊からなる著作集や雑誌なども一括して単一項目として記載されているから、全体の冊数はこれをはるかに凌駕する。『電気学の歴史』のカatalogに掲載されているのは約70種、『光学の歴史』のカatalogと部分的に重複するものがある一方で、前著を編述する際に入手すべくして果たさなかったものや、その後の新刊書などを含めて、『光学』の準備には、夥しい数に上る文献をきわめて短期間に調達したことになる。1770年7月30日、シオフィラス・リンジに宛てた手紙には、すでに購入した分でも100ポンドにもなるが、やりかけたからには、さらに多額の出費

も覚悟しなければならないと訴えている³⁴⁾。100 ポンドと言えば、リーズにおける牧師給料のほぼ1年分に相当する。年末12月1日には出版元 J. ジョンスン書店の予約申込書が印刷配布された³⁵⁾。そのほぼ1年後1771年11月18日ジョーン・カントンに宛てて、『光学の歴史』ではすっかりあてがはずれたこと、こんなことなら神学の勉強を続けていた方がよかったと愚痴をこぼしている³⁶⁾。予約注文は520冊近くあり³⁷⁾、『光学の歴史』の予価は1ギニーと定められていたから、著者として彼が受け取る印税で書籍代を賄うなど思いも及ばないことであった。

この頃すでに二児をもうけており、生活の困窮を強いられた上に巨額の借金を抱え、実験哲学に関する著作計画、したがってこの計画の実現に焦点をあわせた彼の科学への介入は、ここで一頓挫をきたしたのである。ブリーストリはこの事情を『回顧録』の中で次のように回想している。

そんなわけで計画を遂行するために切角沢山の本を購入したのに、やむを得ず計画を放棄し、これからは自分の独創になる実験を行わなければならなかった³⁸⁾。

『光学の歴史』の収支でおもわくがはずれたことについてカントンに愁訴した頃と相前後して、同じ趣旨の手紙をリチャード・プライスにも書いている。この手紙で注意すべきことは、実験哲学とその著述に関する展望を自ら遂行する独創的な実験によってきり開こうとする意図が示唆されていることである。たとえば1771年10月19日付けの手紙では、燃焼や腐敗の結果固定空気が生成し、そのためにこれを含む空気は石灰水によって容積が減少することについて報告した後、次のように書いている。

この、退屈でなかなか解釈し難い実験には、印刷中の第1巻(『光学の歴史』)にかかったときにくらべてずっと長い時間をかけたと言えば、あなたは信用しないかもしれませんが、けれども費用の点では実験の方が比較にならないほど安くつきます³⁹⁾。

『光学の歴史』が刊行され、出版元から販売実績に関する最終報告を受け取ったブリーストリは、1772年9月27日プライスに宛てて『実験哲学の歴史』に関する計画は放棄するとしながらも次のように書いている。

余暇をみつけて、空気についてのもろもろの発見に関する歴史を書くつもりです。それは、この主題についての私自身の観察がすでに夥しく蓄積しており、この仕事では、おそらく有利な立場にいたいと思われるからです。しかし実験を行うにしても、なるべく費用がかさまないものを選ぶように心がけています⁴⁰⁾。

6. 空気に関する実験的研究の開始

ブリーストリが固定空気に関する実験を開始したのは、リーズに移った1767年の秋であり、翌年の正月には早くも観察したさまざまな現象についてプライスに報告している。『回顧録』によれば、これらの実験を手がける機縁となったのは、たまたまリーズでの最初の住居が醸造所に隣接する所にあつて、醗酵によって生成する固定空気(二酸化炭素)をいわば試供品として、無料で入手できたからである。

この住居を引越してから、私は固定空気を独力で製造しなければならなくなった。ひとつの実験を行うと次々と別の実験を思いついたが、それはこの問題についてあれこれ発表した各種の論文に明確かつ真率に記述しておいたように、この目的のために便利であるがとびきり安価な装置を相ついで開発していったからである。

これらの実験を開始した当時、私は化学についてはほとんど無知であった。ウォリントンのアカデミーでターナ博士が行った一連の化学講義を聴講するまでは、ある意味では化学については考えてみたこともなかったのである。しかしこのことは後からふりかえてみると、どちらかと言えば却って好都合であった。というのは自分だけの独特な考えに合わせて自由に装置を考案したり、操作を試みたりすることができたからである。あらかじめ規格どりの化学操作に習熟していたならば、それ以外の操作にはおいそれと気がつかずに終ったであろう。この種の新奇な操作法を知らなかったなら、新しい事実の発見にも恵まれなかったのである⁴¹⁾。

この部分の『回顧録』の記述は誤解を生みやすい。リーズの醸造所から提供された固定空気が彼の空気化学に関する研究の端緒となったように錯覚させるのである。しかも彼の化学上の成果をはじめて発表したパンフレットおよび論文を掲載した『フィロソフィカル・トランザクシヨンス』の刊行年から、彼の化学実験の開始期を1772年またはそれに先だつ若干年であると判断させてしまう。事実そのように記述している科学史書もある⁴²⁾。一旦誤解してしまうと、ウォリントン・アカデミーにおけるターナの講義も、これと相前後する頃行われて、ブリーストリはわざわざウォリントンに出かけてターナを聴講したのではないかと考えられてくる。しかしそれは彼のウォリントン時代に遡るべきことであり、化学実験はその頃からぼつぼつ手がけられていたことが、現在までほぼ明らかにされている⁴³⁾。

上記1772年は『光学の歴史』の出版年でもある。それまでの約10年間余暇を利用して継続的に行われた化学実験は、精神のリクリエーションをはかるための趣味の域を出なかった。しかし、そのことは実験があてもなく踏みこんだ迷路の中の放浪でしかなかったことは意味しない。それが、彼の生命そのものであった神学から派生した自然哲学への関心の一部であったことに変わりはない。気体研究にかかわる中で、1771年頃を境としてその前後における彼の心構えを区別する上で決定的に重要なのは、文献学的な著作を継続するという意図を放棄するの止むなきに至ったとき、きわめて少額の出費で独創的な実験を行いうる展望を発見したことである。しかも他人の業績に依存するのではなく、自前の解釈と結論を生み出し、さらにこれから新しい実験の構成へと進むことによって、自然哲学著作への新たなアプローチを見出した点にある。現代と異なり、18世紀には自然哲学の如何なる分野でも特殊な技術的習熟を前提としない限り、そのエキスパートになるために長い準備期間は必要としなかった。彼が企てた『歴史と現状』の著述に要求されるのは、むしろ文献学的習熟であった。やや誇張して言うならば、それらの著作は自然哲学それ自身であるよりは人文学(Arts)に属する成果であった⁴³⁾。

「独創的な実験」への開眼は、自然に直接的に問いかける契機を彼にもたらした。彼の自然との関係は、ここで人文学から科学への転換を遂げたのである。彼の神学は気体が演ずるさまざまな姿態と直接的に遭遇した。著述家として経済的窮境に呻吟し、生活の安定が何にもまして期待されたときに、装置や材料の安価という気体研究に附随する大きなメリットを発見したことは、彼を空気化学への道に駆りたてるインパクトとして十分であった。

クロスランドも注意を喚起しているように、気体化学の実験が電気学や光学あるいは他の物理学的領域の研究に必要な器械、装置にくらべて安価であることが、彼をして化学を選ばせたのではない。彼の転換は著述の手段の変更によってもたらされたのである。さきに引用した1772年ブライスに宛てた手紙には、「空気についてのものもろもの発見に関する歴史を書くつもり」と述べられているにもかかわらず、彼が、その後間もなく気体化学の集大成として出版した著作は『歴史』の表題を捨て、『種々の空気に関する実験と考察』に改められており⁴⁴⁾、彼の自然哲学における新たな位相への変換が示唆されている。

7. ブリストリは化学者か

クロスランドは論文の末尾で、ブリストリ化学の本質と彼が何故にラウワジェ化学の受容を拒否したかについて簡単に触れている。しかしこの部分は彼の論文の主題ではなく、またここに解説した論点より、これまではるかに大きな歴史の課題として論じられてきたものである。しかし、それは本文の趣旨ではないので解説から割愛し、ただこの問題に関連して、ジョン・G. メカヴォイの注目すべき論文について一言するにとどめよう。その論文は「《空気哲学者》」ジョージ・ブリストリ、1762年から1781年に至るブリストリの化学思想における形而上学と方法論」と題して、イギリスの「錬金術および化学史学会」の機関誌『アンビクス』誌上に4回にわたって分割掲載された120頁を超える長篇で、ブリストリ・ヒストリオグラフィに変革をもたらしたものである⁴⁵⁾。

彼はブリストリの空気に関する研究が、人類の福祉を推進させようとする「敬虔な実利主義」(‘pious utilitarianism’)に支えられており、自然の道徳性を強調する自然神学と密接に関連する構造を有することを説得する。メカヴォイのブリストリ像は、決して化学者としてではなく、「空気哲学者」すなわち神学から導かれた問題意識を、空気に関する実験的研究を通じて展開しようとした人物のそれとして描かれている。

これに対してリーズの大学、哲学部の科学史家ジョン・クリスティとその門下ヤン・ゴリンスキは、メカヴォイのブリストリについて、単にヘイルズやキャヴェンディッシュらイギリス化学の伝統に身を寄せた化学の姿を示すにとどまり、この伝統の枠組を超えてブリストリ化学の実体に迫りえなかったとして、メカヴォイの分析を皮相的であるとみる。それゆえブリストリが、たとえば地質学や光学など他の領域ではなく、何故に実験化学に執着したかを明らかにし得なかったとしてメカヴォイの研究を批判する。それはクリスティらが化学の「内在的」(‘intrinsic’)な本性を重視するヒストリオグラフィからする批判である⁴⁶⁾。このヒストリオグラフィのもとでは、個々の化学者または特定の化学において重要な役割を果たした人物が、如何なる方法論的特質のもとで化学実験を遂行し、また自己の化学について語っているか(practice and discourse)の分析が焦点に据えられる。同時にこの内在的特質は、これが「外在的」(‘extrinsic’)な要因によって規定されてゆく歴史的論理によって説明されなければならないとする。

ジョルジュ・キュヴィエはブリストリを評して「そ

の娘を認知することを拒んだ近代化学の父」と呼んだ。ブリストリは確かに化学者、それも第一級の化学者として記憶される人物である。クリスティらの主張によれば、ブリストリ化学にはそれに固有な実体があり(内在的分析)、外在的な因子としての彼の神学と形而上学がこれを必然的に誘導するときに、如何なる役割を果たしたかを明らかにしなければならない。しかしメカヴォイの分析によれば、ブリストリはたまたま化学者であり、あるいはそのようにみえただけである⁴⁵⁾。おそらくメカヴォイはブリストリを化学者とみなす立場から出発したのではなく、彼の「化学」をその神学的世界観から演繹したのである。したがってブリストリ「化学」の内在的特質を論ずる意図を持たなかったであろう。筆者はクリスティらの議論を誤解することをおそれる一方で、空気化学に関する視点としてクロスランドが自ら「現実的」と呼ぶ立場が、メカヴォイの分析と必ずしも矛盾するものではないと考える。

註

- 1) クロスランド (Maurice P. Crosland) はイギリスのケント大学 (University of Kent at Canterbury) の科学史課程の責任者。主な研究領域は18, 19世紀フランスおよびイギリスの科学、科学の制度、化学史など。榊友彦「モーリス・クロスランド著『ゲイ・リュサック——科学者とブルジョワ』(1978)の紹介」、『本誌』, 16 (1981年7月), 44-7 参照。
- 2) 山岡望, 『化学史伝』脚註版, 内田老鶴圃新社, 1968, pp.63-4.
- 3) *The Dictionary of National Biography*, Vol. XVI, London, repr. 1973, pp.357-76. 執筆者ハートック (Sir Philip Joseph Hartog, 1864-1947) はマンチェスターのヴィクトリア大学で化学を学ぶ。英語教育者。DNB には40名近くの物理学者、化学者の項目の執筆を担当した。
- 4) *British Journal for the History of Science*, 16 (1983), 223-38.
- 5) J. T. Rutt (ed.), *The Theological and Miscellaneous Works of Joseph Priestley*, 25 vols. in 26 pts., London, 1817-32. ラット (John Towill R., 1760-1841) 18世紀末ユニテリアン教会に加入、指導的役割を果たす。ブリストリとの交流から『著作集』の編纂を志した。
- 6) Richard Schofield (ed.), *A Scientific Autobiography of Joseph Priestley (1733-1804)*, Cambridge, Mass. 1966. 「ジョージ・ブリストリの科学的著作年代別目録」は本書の379-93頁に収録。
- 7) *Memoirs of Dr. Joseph Priestley, to the Year 1795, written by himself*, London, 1806. ジャック・リンジはラット編『著作集』中の第1, 2巻に断片的に含まれている『回顧録』を再生、新たに序文を付して編纂し、『ジョージ・ブリス

トリ自伝』として出版した。『回顧録』には科学者としてのブリストリより、神学思想家、実践者としての面目が表れている。『回顧録』からの引用はリンジ編『自伝』に基づく。Jack Lindsay (ed., with introd.), *Autobiography of Joseph Priestley*, Bath, Somers. 1970.

- 8) ブリストリも『電気学の歴史と現状』(註, 16) 初版のまえがきに (p. xxiii) 次のように書いた。

哲学者 (* 科学者) たるもの、世の人より人格高潔で善良たらんと心がけねばならない。神のみわざに思いを致すとき、もろびとに崇高な徳を付与し、彼らの慈悲心を擧げ、その本性に巣喰う卑賤、低劣、利己心を消し去り、偉大な万物の創造主の道德的完璧にあこがれるよう論すべきである。……驚嘆すべき世界の構造、自然の法則について、より多くを知れば知るほど、それらに賞讃すべき効用が宿っており、万人に幸いをもたらすことをますます明らかに悟るのである。

- 9) 闘争命題あるいは闘争モデル (Conflict theme, warfare model). このヒストリオグラフィに基づく典型的な科学史はドレイパ (1811-82, アメリカ化学会初代会長) の『宗教と科学の闘争史』(邦訳: 平田寛, 社会思想社, 1968). John William Draper, *History of the Conflict between Religion and Science*, New York, 1874. 宗教と科学との関係についての歴史を理解する入門書としては、オープン・ユニヴァーシティが編纂した科学史 (OU 科学史) 中の「科学と信仰——コペルニクスからダーウィンまで」が好適である。The Open University, *Science and Belief: from Copernicus to Darwin*, 6 Blocks, Milton Keynes, 1974. 邦訳: 渡辺正雄, 成定薫, 大谷隆利『OU 科学史』1, 「宇宙の秩序」(Blocks 1-2), 大阪: 創元社, 1983; 藤井清久『同』2, 「理性と信仰」, (Blocks 3-4), 1983.
- 10) マーガレット・C. ジェイコブ『ニュートン主義者とイングランド革命, 1689-1720』の序論参照。Margaret C. Jacob, *The Newtonians and the English Revolution 1689-1720*, Hassocks, Sussex 1976, 15 ff.
- 11) ブリストリの略伝については杉山忠平『理性と革命の時代に生きて——J. ブリストリ伝——』(岩波新書, 1974) 参照。
- 12) 『回顧録』, p. 84.
- 13) 『回顧録』, p. 85.
- 14) チューターは非国教徒学校 (Dissenting Academy) 教師の呼称で、教授 (professor) に相当し、学寮内に住居をもつ。
- 15) ギブズ『ジョージ・ブリストリ。科学の冒険家、真理の衛士』から引用。F. W. Gibbs, *Joseph Priestley. Adventurer in Science and Champion of Truth*, London and Edinburgh, 1965, pp. 17-8.
- 16) Joseph Priestley, *The History and Present State of Electricity*, London, 1767. 第2版は1769年

- 刊. R. スコウフィールドは増補第3版(全2巻, 1775)をもとに, 序論を付して復刻版(New York and London, 1966)を作成した.
- 17) 『電気学の歴史』初版へのまえがき中の一節, pp. xiv-xv.
- 18) 『電気学の歴史』, pp. x-xi.
- 19) John Seddon, 1725-1770. アリウス派の牧師でウォリントン・アカデミーの設立発起人のひとり, 後に校長となる.
- 20) John Canton, 1718-1772. イギリスではじめてフランクリンの雷・電気説を受け入れた「電気家」(electrician). 1749年 F.R.S., 後に R.S. の評議員. 『電気学の歴史』の著述ではしばしばプリーストリを助言した.
- 21) Sir William Watson, 1715-1787. 医師, 「電気家」同じく F.R.S.
- 22) Richard Price, 1723-1791. アリウス派の牧師, F.R.S. 経済通で保険業務に携わった. 一方, 光学, 電気学, 化学などの科学的分野から, 物質理論, 形而上学に至るまで種々の問題でプリーストリに助言を与えた. シェルバン伯に彼を推薦したのもプライスである.
- 23) 『回顧録』, p. 95.
- 24) クロスランド, *BJHS* 論文, p. 230.
- 25) プリーストリの物象論は神学的色彩の濃い『質料と精神についての論考』で完成した姿を現す. 物質に力を帰属させ, しかもそれから空間的要素を排除することによって, 二元論的な立場における靈魂の観念をしりぞけた. そのために彼は無神論者とみなされ, 交友の範囲を著しく狭めることになったが, プリーストリにとって, この見解こそ, 神の遍在と創造の事業を説明するばかりでなく, すべてのキリスト教の教義を健全な基礎におくことができる唯一の立場であることを確信したのである. *Disquisitions relating Matter and Spirit, etc.*, London, 1777.
- 26) 'Observations on Different Kinds of Air', *Philosophical Transactions*, 62 (1772), 147-252; —, with an 'Appendix, containing an account of some experiments made by Mr. Hey', *ibid.*, 253-256.
- 27) William Hey, 1736-1819. プリーストリに協力していた当時はメソジスト教会に属していたが, その後イングランド教会に転じた. 1783年に創設された「リーズ文学哲学協会」(Leeds Literary and Philosophical Society)の初代会長となる.
- 28) *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, London, 1772; repr. in facs., Millwood, N.Y., 1978.
- 29) 『回顧録』, p. 95.
- 30) 『光学の歴史』には267種の文献のほか, 未購入のもの23種が挙げられており, 八方手を尽くしたが遂に入手できなかった, しかし再版の機会までには入手して活用するつもりであるとのことわり書きが添えられている.
- 31) Theophilus Lindsey, 1723-1808. ケインブリッジの出身者であるがユニテリアン派の牧師となった. プリーストリともっとも頻繁に手紙をやりとりした友人のひとり.
- 32) スコウフィールド, 註6), p. 75.
- 33) スコウフィールド, 註6), p. 92.
- 34) 『光学の歴史』には, 巻頭7頁にわたって予約申込者の氏名が挙げられている. 彼の友人の多数がこの中に見出されるのは当然であるが, フランクリンが20部注文しているのが注意を惹く.
- 35) 『回顧録』, p. 95.
- 36) スコウフィールド, 註6), p. 90.
- 37) スコウフィールド, 註6), pp. 108-9.
- 38) 『回顧録』, pp. 94-5.
- 39) たとえば安田徳太郎『新訳ダンネマン大自然科学史』, 第6巻, 東京:三省堂, 1978, p. 356. 訳者註ではプリーストリの空気化学にとって重要な年として1773年を挙げているのみで, 特にその開始時には触れていない. しかし醸造所のエピソードが言及されているから, 開始時期として1770年前後を想定させる.
- 40) スコウフィールドはウォリントンにおけるターナ(Matthew Turner, 歿 1788?)の連続化学講義が1762年に行われ, それ以後は行われた形跡がないとして, プリーストリのターナ聴講は1762年であると推定している. またターナは講義に先だつ同年3月16日セドドンに宛てた手紙の中で, プリーストリが化学者たるにふさわしい素質を有していると褒めていることを挙げ, プリーストリは1762年以後ウォリントンで余暇に化学の実習を行う機会があったであろうと論じている. スコウフィールド, 註6), pp. 9-11.
- 41) クロスランド, *BJHS* 論文, p. 238.
- 42) *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, 3 vols., London, 1774, 75, 77. この表題は彼が尊敬するフランクリンの電気学研究のそれと一致する. プリーストリは自分の仕事の実験的研究としてフランクリンのそれに追隨しうことを願ったのかもしれない. Benjamin Franklin, *Experiments and Observations on Electricity, made at Philadelphia in America*, London, 1751.
- 43) J. McEvoy, 'Joseph Priestley, "Aerial Philosopher": Metaphysics and Methodology in Priestley's chemical thought from 1762 to 1781', *I. Ambix*, 25 (1978), 1-55; *II. ibid.*, 98-116; *III. ibid.*, 153-175; *IV. ibid.*, 26 (1979), 16-38.
- 44) ジョン・クリスティおよびヤン・ゴリンスキ「用語の普及, 化学のヒストリオグラフィの革新」. 著者らのヒストリオグラフィは論文の冒頭に説明されている. John R. R. Christie and Jan V. Golinski, 'The Spreading of the Word: New Directions in the Historiography of Chemistry 1600-1800', *History of Science*, 20 (1982), 235-266.
- 45) プリーストリ自身1778年2月4日, ジェイムズ・

ケアに宛てて次のように書いている。

私はいわゆる化学と自然哲学に属する他の諸部門との中間を歩んでいます。自然哲学では私の評判は至極よいけれども、化学では何かと言えば私に文句をつける人がいます。だからこの点はできるだけ気をつけねばなりません。

スコーフィールド、註6), p. 164. なおケア (James Keir, 1735-1820) は化学者、化学工業の経営者、ルーナ・ソサイエティ (月の会) の会員。1791年7月14日パーミンガム事件の引金となったフランス革命記念集会で座長をつとめた。

(48ページより続く)

シンポジウム

1. 宇田川榕菴の燃焼理論に関する考察
—「酸素」・「酸化」の概念の翻訳と明治初等理科教科書への影響— (井上隆史) iv
2. 本木昌造『秘事新書』と河野禎造『農家備考』
—幕末明治初期の環境化学— (千野光芳) v
3. イギリス留学時代の市川盛三郎・杉浦重剛の事蹟 (大沢真澄) vi
4. 大坂舎密局の遺産に関する化学史的調査 (藤田英夫) vii

5. 明治初期の化学者像・事例研究(I)
永松東海とその『定性化学試験要領』(i)予備的調査 (永松一夫) viii
6. O. ケルナー—駒場における彼の講義について— (力丸光雄) ix

招待講演 江戸時代後期の製薬化学技術

- 駆梅用水銀剤製造を中心に— (宗田 一) x

一般講演

1. 中世ヨーロッパにおける薬局技術の化学史的意義 (安江政一) xi
2. 酸素の発見と同時発見論 (横山輝雄) xii
3. C. Daubeny の『原子論序説』(1831年)の再評価 (大野 誠) xiii
4. C. W. シェーレの『空気と火の化学的論考』とその註をめぐって (松尾幸季) xiv
5. Boyle の粒子説 (熊谷陽一) xv

6. R. カーワンの農芸化学—土壌の問題を中心として— (斎藤茂樹) xvi
7. 白寿を迎えた Sandmeyer 反応 (竹林松二) xvii
8. 近代上水道敷設と上水水質分析制度の確立 (塩川久男) xviii
9. 機器分析の歴史—定性定量分析から状態分析、キャラクタリゼーションへ— (本淨高治) xix
10. T. Heuflinger のバンド構造の研究 (1916—1920) (藤崎千代子) xx

1983年第4号 (第25号) (1983年12月)

- 化学史周辺雑感 (仁田 勇) 123
論文 阿波藍、とくに薬製造技術の史的展開について (Ⅱ) (鎌谷親善) 127
解説 油脂化学者辻本満丸先生
—一人となりと研究業績— (橋本哲太郎・加藤秋男・山岡正和) 140
教育シリーズ 化学史と化学教育の結合について (廖 正衡) 154
広場 1983年の年会に出席して (立花太郎) 161
MIT で見た科学と技術と社会の一断面 (亀山哲也) 162
紹介 引用文献数の統計処理が意味するもの (藤崎千枝子) 164
資料 池田菊苗の Royal Institution 滞在 (廣田鋼藏) 166

〔紹介〕

立花太郎著『化学を創ってゆく道すじ』

B 5, 240頁, 1983, 化学同人

極めて興味深く密度の高い本である。長くお茶の水女子大学教授を務め1980年春退職した著者が、諸処に発表して来た論稿と自らの研究回顧とを纏めたもので、広い視野は豊富な情報に満たされ、透徹した思想が細やかな心遣いによって色あげられて、すぐれた読物となっている。化学者によって書かれたこの種の書物が稀なことから貴重な一冊であり、また、曲り角にある科学技術の中でも特に化学が矢面に立たされている今日、時宜を得たものと云えよう。

本書は5章から成っている。以下順を追って概観してみたい。

I. 化学者と物質 (42頁)

化学を、理論的統一的理解の半面を含みつつもあくまで物質の多様性にかかわるものとしてとらえ、かかる物質と取り組む化学者たちの様々なドラマを紹介しつつ化学者の特質を明らかにして行く。さらには我が国の化学の受容と自立の道程、学風・伝統の形成に及んでいる。この中で、従来とかく批判され勝ちだった池田菊苗の実証主義が積極的に再評価されているのが注目される。

環境汚染など現代の問題に関して、著者は、物事を総合的に捉えにくい化学者の職人的特質によることを指摘し、化学工業製品として一種類の物質を長く造りつづけることを避け、一定量に達する毎に物質種を転換することを提案し、これが本書の第一の提言となっている。

II. 化学における素朴な疑問 (32頁)。

著者が修学途上抱った疑問10件ほどについて、その後の解決や同様な疑問を抱いた学生の例などと共に述べられ、興味ある化学教育論となっている。筆者も、我が意を得たりと思うもの、またそのような疑問を持ち得なかった事を恥ずべきか、持たなかったことを感謝すべきか…と云った感じのものもあるが、概して、著者の疑問は「素朴な」とは云ってもかなり程度が高いと云えそうである。

また、これら素朴な疑問の多くは化学の基礎に触れ、自然科学の根本問題に係わること、また、化学史上の論争に密接に関連し、化学史の中に解決の手がかりのあることを指摘している。かくして、科学史は科学教育者の重要な素養であり、大学の教職課程において科学史を必修科目とすること、これが本書の第二の提言となっている。

III. エネルギー問題と人間文化 (37頁)。

現代文明社会とエネルギー利用との関係、生活物質のエネルギー分析から説きおこし、オストワルト、ソディ、池田菊苗の三人の先達について、そのエネルギーを中心とする思想、理論、業績、社会的関心などを紹介し、表題にふさわしい広範な議論を展開している。

本章は、著者が、その退官に際して、著者の尽力によってお茶の水女子大学大学院の人間文化研究所に設置された科学史研究コースを記念して行った講演によるもので、著者がとりわけ意を注いだものと思われる。

従来批判的にのみ見られ勝ちであったオストワルトの実証主義、エネルギー論の再評価が行われている点は注目される。

最後に、環境破壊の問題の中心がエントロピーにあることが指摘され、生態系をも包含する新しい技術形態の必要が説かれ、そのために著者は、第三の提言として、非平衡非可逆系の過程論的な熱力学を中心とする動的な化学理論の研究確立を訴えている。

IV. おりおりの化学論 (15頁)。

表題どおり、おりにふれて書かれた短い化学論7件がまとめられている。一貫した主題のないのは当然であるが、化学者と云う特殊な人間の集団だけで通用する暗黙の合意や約束事、それらを表す特殊な言葉の存在と、それが化学教育上しばしば障害になることを指摘した「化学者の言葉」をはじめ、II章とも関連する化学教育論となっているものが多い。

V. 螺旋と物質 (96頁)。

著者自身の20年来の研究回顧で、導入部を除いて、新たに書き下ろされたものである。

IV章まで暇を見てはやや断片的に読み進んで来た筆者はここで一度立ち止まり、纏まった時間の得られるのを待って一気に読むこととなった。一つの主題で貫かれた全巻の半分に近い多彩な内容をゆっくり味わいたいと思い、また、粗末な読み方では第一著者に失礼だと思ったからである。

蛋白質の単分子膜の研究を機縁として広く自然界の螺旋構造に興味を抱いた著者は、半ば偶然にめぐり合った、 γ -ベンジルグルタミン酸のポリペプチドと金属石ケンである12-ヒドロキシルステアリン酸リチウムとを材料として、それらが析出する際に形成する繊維状の析出物の巨視的な（と云っても電子顕微鏡的な）螺旋構造の左巻き右巻きが、それらの分子構造のL型とD型によって決定されることを発見、確立したのであった。研究はさらに種々の条件に関して充実発展させられ、単分子膜や液晶などとの関連に至るまでが描かれている。

さまざまな苦勞を重ね曲折を経て得られたL型の12-ヒドロキシルステアリン酸リチウム試料を電子顕微鏡にかけて……、さて、そのあまりきれいでない視野の中に予想どおりの左巻きの繊維を見つけた時、“ついにやった!”という実感がこみ上げた、という実験担当神原助手の手紙のくだりは全篇の山場と言えよう。ここを読んだ筆者は、ラセミ酒石酸塩の分割の立合実験に成功した時のビオーとパストゥール、光学異性錯体の合成と分割に成功した時のキングとウェルナーとの逸話を自然に想い合わせていた。

著者は、パストゥールが酒石酸塩の結晶形の鏡像関係に基づいて、それらの分子に螺旋構造を想定したことと丁度反対に、分子の左右性からその巨視的集合体の左右構造を追求しているのであることを自覚したと述べている。その他、例えば同時研究者たちとの葛藤などに関しても、著者が常に“化学史の中での研究”を明確に意識していることがわかる。その他この中には、発端以来の

様々な人間交流をはじめ研究のアイディア、実験法の検討、研究設備の苦勞などあらゆる事柄が織り込まれて、“化学を創って行く道すじ”が余すところなく語られている。化学を志す後輩に対する著者畢生の贈り物であると云えよう。

化学はいかにあるべきか……? そのためには化学史に学べ、と言われる一方で、ある化学研究者達は化学史を現実から遊離した学問的遊戯のようにいい、少なくとも何か迂遠なもののように見られ勝ちである。本書はまさにこのギャップを埋めてくれる性格のものであり、現代の諸問題に関する化学史的考察の有用性を例証し、また反面、現代の問題に直結する化学史のあり方をも示唆してくれる本であると云えよう。

本書の特長を完全に紹介することは、本書以上の名文でもない限り不可能なことを思い知り、何よりも本書自体を一読いただくことおすすめして筆を擱く。

(小塩玄也)

会 報

年・総会以降の会の活動をご報告いたします。

第1回総務委員会。1983年10月29日(土)。ICS 会議室。出席者5名。企画関係、編集関係の報告があったのち、つぎの事項を審議した。

1)日本化学会1984年春期年会特別講演の講演者および座長の推薦、2)世話人会議事録の作り方、3)会費未納会員の処置、4)アンケート集計結果の発表方法、5)Wotiz教授講演会の開催、6)来年度年会会場、等。

第2回総務委員会。12月10日(土)。東洋大学経営学部事務室。出席者5名。会計、編集、企画関係、報告があったのち、つぎの事項を審議した。

1)会費未納会員の処置、2)事務局の移転、3)年・総会

マニュアルの作成、4)会誌未着その他の会誌関係トラブルの対策。

第1回編集委員会。10月22日(土)。お茶の水女子大学理学部化学演習室。出席者名。つぎの事項について報告および審議を行った。

1)第4号(通算25号)の編集方針、2)年齢での発表者に対する投稿の依頼、3)次号以降への投稿の見込み、4)総務委員会からの審議依頼事項、等。

第2回編集委員会。12月10日(土)。東洋大学経営学部会議室。出席8名。つぎの事項について報告および審議を行った。

1)第4号(通算25号)掲載原稿の最終決定、2)投稿原稿(3編)の審査依頼、等。

化学史研究 総目次 (第1号~第25号)

第1号 (1974年3月)

- 創刊に際して (玉虫文一) 1
 論文 化学史, By Whom, For Whom
 —その Historiography に関連して— (柏木 肇) 2
 日本における硫酸工業のはじまり
 —造幣寮硫酸製造所— (鎌谷親善) 11
 槌田竜太郎研究(I)
 —新簡易原子価論をめぐる— (塚原徳道) 23
 化学的結論における物理学的方法と化学的方法について
 —Lewis と Bohr を中心に— (大沼正則) 31
 寄書 日本における原子論的な中等化学教育の始まり
 (三井澄雄) 38
 原典翻訳 A. L. Parson 磁子説による原子構造論
 —解説と Part I の訳— (藤崎千代子) 42
 紹介 C.A. Russel (introd.): *Essai sur la théorie des proportions chimiques et sur l'influence chimique de l'électricité* by Jöns Jakob Berzelius. (柏木 肇) 50
 広場 科学史国際会議(第14回)化学史分科会について (田中 実) 10
 化学史研究会への不調和感 (脇岡義人) 53
 日本科学史学会化学史分科会1973年度プログラム 55

第2号 (1974年8月)

- 化学史研究の健やかな発展を望んで (仁田 勇) 1
 論文 量子化学への動きはじめについて (田辺振太郎) 3
 久原躬弦のベックマン転移の研究 (藤井清久) 11
 斥力, 空気, 蒸気
 —ニュートン, ヘールズ, デザグリエー (吉田 忠) 16
 William Higgins と原子論 (脇岡義人) 24
 原典翻訳 A. Avogadro: “物体の元素粒子の相対的質量とそれらの化合比の決定方法についての試論” —その解説と日本語訳— (斎藤茂樹) 40
 紹介 Arnold Thackray, John Dalton: *Critical As-*

ssments of His Life and Science

(藤井清久) 51

- 雑報 第14回科学史国際会議 (XIV CIHS) 化学史分科会(田中 実): 化学史分科会の講演者と題目一覧 54

第3号 (1975年8月)

- 分子科学(構造化学)の始まった頃 (水島三一郎) 1
 論文 化学史の Historiography と構造主義 (田辺振太郎) 4
 フィンチの雇入れをめぐる—
 —造幣寮硫酸工場との関連で— (鎌谷親善) 11
 文献解題 *Ambix* 最近の11年 (柏木 肇) 18
 紹介 T.H. Levere, *Affinity and Matter; Elements of Chemical Philosophy* 1800—1865 (藤井清久) 47
 1974年度化学史研究会総会プログラム 56

第4号 (1975年11月)

- 桜井先生と長井先生 (小竹無二雄) 1
 論文 明治前期における原子論 (藤井清久) 5
 寄書 同志社波理須理化学校—明治中期—化学系私立学校の歩み— (中村 馨) 16
 解説 上野彦馬の『舎密局必携』 (大岩正芳) 20
 原典翻訳 A. L. ラヴォアジエ: 一般に燃焼を論ず
 —解説と訳— (武藤 伸) 29
 A. L. Parson: 磁子説による原子構造論
 —Part II・III の訳— (藤崎千代子) 34
 雑報 「*Ambix* 最近の11年」追記 (柏木 肇) 48

第5号 (1976年12月)

- 研究回顧—トロポノイド化学のおいたち— (野副鉄男) 1
 論文 ブトレロフ—西欧との接触— (柏木 肇) 12
 槌田竜太郎研究(2)—新簡易原子価論と電子対反発則— (塚原徳道) 29
 解説 物理化学の研究から見た日本化学の成長 (広田鋼蔵) 36
 寄書 第4号掲載論文によせて (宗田 一) 44
 紹介 奥野久輝: 『希ガスの発見と研究』 (「化学の原典」第9巻) (吉野諭吉) 47

第 6 号 (1977年 6 月)

ハフニウムの発見とX線分光分析の創始

(木村健二郎) 1

論文 アメリカの化学史運動の一側面

—Edgar Fahs Smith をめぐって—

(河原林泰雄) 6

R. W. アトキンソン—生涯と彼による上水水質

分析について— (塩川久男) 20

寄書 Markownikoff 則

—その背景と趣意— (竹林松二) 25

リッテルの墓をたずねて

—付 マイヨの墓— (塚原徳道) 27

解説 量子化学50年の進歩

—有機電子説の発展への寄与— (東 健一) 29

原典翻訳 M.A.A. Gaudin: “限られた無機物体の内

部構造の探究および電気・熱の伝導度…”

—その解説と日本語訳— (斎藤茂樹) 33

紹介 科学教育と科学原典—小島頼男編『反応速度論

—化学の原典5—』 (神 友彦) 40

奥野久輝編『元素の周期素—化学の原典8—』

(奥田典夫) 42

島村 修編『有機電子説—化学の原典12—』

(高橋 詢) 43

第 7 号 (1978年 6 月)

我国における分子線による研究の発展

(小寺熊三郎) 1

論文 コントの実証哲学における化学 (藤井清久) 9

明治前半期における上水水質分析について

(塩川久男) 20

寄書 藍(青藍)—イシジゴの研究を通して見た構造

化学史の一断片 (大作 勝・彌宣田久男) 27

有機化学者 Cannizzaro とその時代

(竹林松二) 32

解説 小竹無二雄先生の業績リストと経歴

(久保田尚志) 34

John Dalton (1766—1844) 研究の展望

(舩岡義人・内田正夫・徳元琴代・小峯としえ) 46

第 8 号 (1978年10月)

界面化学への道

—片山正夫教授生誕 100 年にちなんで—

(玉虫文一) 1

Chemistry in Britain at the End of the Nineteenth

Century

(D. M. Knight) 7

Knight 論文の解説

(柏木 肇) 13

化学史関係の蔵書目録を作って配りましょう

(山岡 望) 18

山岡 望先生を悼む

(奥野久輝・井本 稔・水渡英二・渡辺 照) 19

リービッヒと私

(山岡 望) 23

山岡望先生経歴・著作目録

26

1978年度総会プログラム

課題講演

明治初期における日本の化学—西欧との対応—

1. 英国における科学の制度化 (成定 薫) 30

2. 明治期における原子論

—西欧との対応において— (藤井 清久) 32

3. 明治初期のお雇い外人教師たち—グリフィス,

クラーク, ダイバーズ, アトキンソンのばあい—

(塩川久男) 34

一般講演

1. 工業試験所の設立について (鎌谷親善) 36

2. 臨時窒素研究所について—日本最初的大型プロ

ジェクトはいかにして完成されたか—

(亀山哲也・鎌谷親善) 37

3. わが国における高分子化学に関する初期の研究

について (相馬順一) 38

4. Platon の物質理論 (熊谷陽一) 39

5. ブリュッゲルの『錬金術師』について

(大沢真澄) 40

6. ロバート・プロット, その自然誌における化学

の役割 (柏木 肇) 41

7. Scheele の実験を再現して

—化学史でたどる化学実験— (日吉芳朗) 42

8. 近代化学の成立における気体装置の発展

(舩岡義人) 43

9. 19世紀初期のイギリス農芸化学

—H. Davy の場合— (斎藤茂樹) 44

10. C. Friedel と有機合成—その歴史的背景—

(竹林松二) 45

11. 原子価電子論の形成および化学構造の概念

—加成性および光学性と磁性— (藤崎千代子) 46

12. 初期のアメリカ化学会化学教育部会の組織と活

動 (河原林泰雄) 47

第 9 号 (1979年 2 月)

論文 初期のアメリカ化学会化学教育部会の組織と活

動(1)

(河原林泰雄) 1

- 大正前期の工業分析化学—いわゆる銑鉄一千万円
訴訟事件について— (古谷圭一) 9
- 寄書 科学史資料としての美術材料 (杉下龍一郎) 19
- 解説 鮫島実三郎の業績目録とその解説
第1部 研究業績 (立花太郎) 23
- 追悼 田中 実先生を悼む
(東 健一・奥田典夫・内田正夫) 37
- 資料 山岡先生に答えて
—私の蔵書の一部— (奥野久輝) 39
アレンビック・クラブ・リブリントの目録
(柏木 肇) 40
- 紹介 山岡 望『化学史塵』 (武藤 伸) 41
スプロンセン『周期系の歴史』 (鎌谷親善) 42

第10号 (1979年6月)

- Urban と Perrin—フランス留学の思い出—
(植村 琢) 1
- 論文 ル・シャトリエの原理の成立過程
—化学における類推的想像力— (藤井清久) 5
臨時窒素研究所
—設立の背景— (亀山哲也・鎌谷親善) 15
初期のアメリカ化学会化学教育部会の組織と活
動(Ⅱ) (河原林泰雄) 27
- 解説 鮫島実三郎の業績とその解説
第2部 学会活動 著書 教育 (立花太郎) 39
- 紹介 メンデレーエフ『化学の原論』上・下
(田返振太郎) 48
ゲイ・リュサック討論会 (柏木 肇) 4
イギリスの化学史シンポジウム (柏木 肇) 14

第11号 (1979年10月)

- 化学研究会1979年度年・総会プログラム
招待講演
桜井錠二博士とその関係資料について
(阪上正信) 3
加賀藩における火薬の歴史 (須賀操平) 14
金沢における幕末から明治初期の科学書について
—とくに化学書を中心にして— (寺畑喜朔) 18
シンポジウム「化学史と化学教育」
1. 高校理科における科学史の意義と実際
(高橋哲郎) 22
2. 生徒は化学の歴史に対してどのような興味と関
心を示すか (中塚五郎) 23
3. 成長期の子供の理科教育と化学史(米田昭二郎) 24
4. 化学とは何か—その歴史的展開— (大沢真澄) 26

5. 歴史的な方法で化学の基礎を教える教科書『化
学史による新基礎化学』について (小塩玄也) 27
6. 一般教育における科学史 (紫藤貞昭) 28
- 一般講演
1. ブルシェン・ブルーの源流をたずねて
—動物油のなぞ— (日吉芳朗) 29
2. 電子計算機の歴史と結晶化学 (関崎正夫) 30
3. 化学史と関連づけた有機化学実験 (竹林松二) 31
4. 無機化合物の有機溶媒への抽出の歴史
(本浄高治) 32
5. L. Pauling の化学結合論と G.N. Lewis
(阿部裕子) 33
6. 国立化学系試験研究機関と国家政策
(鎌谷親善) 34
7. 黒色火薬の起源 (岡田 登) 35
8. 含密便覧について (千野光芳) 36
9. ジャン・レイと「定量化」の問題
—煅焼の際の重量増加の証明の背景—
(松尾幸幸) 37
10. ドイツ19世紀前半の科学 (板垣良一) 38
11. 光のコスモロジー—ハンフリ・デーヴィの処女
論文について— (柏木 肇) 39
12. Royal Institution における H. Davy
(大野 誠) 40
13. 化学革命の修正?—デーヴィのラヴォワジェ理
論への反応 (松尾幸幸) 41
- 紹介 D.M. Knight, *The Transcendental Part of
Chemistry* (大野 誠) 42
Clio は化学と離婚すべきか
—Brush の化学教育論について—
(梅田 淳) 46

第12号 (1980年3月)

- 放射性アイソトープの発見と研究 (奥野久輝) 1
- 論文 Pauling 化学結合論の形成について
(阿部裕子) 10
- 解説 久原躬弦の経歴と業績(Ⅰ) (後藤良造) 20
- 資料 「物庵」とは誰の雅号か
—故田中実先輩にお答えする— (廣田鋼藏) 31
山岡先生をしのんで—先生のある書簡—
(H. O.) 34
Chymia の巻別目次と事項索引 (藤井清久) 36
化学史及び周辺分野の出版物(1978) 44
化学史研究会金沢大会を顧みて (玉虫文一) 47

第13号 (1980年7月)

- 池田菊苗先生の講義 (林 太郎) 1
 解説 久原躬弦の経歴と業績(Ⅱ) (後藤良造) 14
 論文 The Chemistry of Organic and the Inorganic:
 a Study in the Dynamic Interaction of
 Concepts (J. H. Brooke) 37
 J. H. ブルック博士論文の解説 (柏木 肇) 56
 紹介 A. J. Rocke, The Reception of Chemical
 Atomism in Germany (大野 誠) 36

第14号 (1980年10月)

化学史研究会1980年度年・総会プログラム

シンポジウム「化学史教材と化学教育」

1. 科学教育の場面における科学史 (村上陽一郎) 3
2. 中学校における化学史教材の取扱いについて
(鳥山由子) 5
3. 化学教育確立期における化学教育
—ドイツ・イギリスの場合— (寺川智祐) 7
4. アメリカの化学教育の初期の状況
—Lavoisierの化学命名法の導入と受容と定着—
(丸石照機) 9
5. 空気の化学史とその活用について (宮田光男) 10
6. 化学史上の実験
—天然物との取り組み— (日吉芳朗) 12
7. ウランの歴史
—一般教育における化学史導入の一例—
(大沢真澄) 14

一般講演

1. 吉雄常三著『粉砲考』
—江戸時代化学実験書として— (千野光芳) 15
2. 幕末から明治初期における化学実験器の製作に
ついて (森 正由) 16
3. 『化学訓蒙』について (力丸光雄) 17
4. 「味の素」の発明について
(廣田鋼藏・山口達明) 18
5. 近代上水道誕生小誌・函館のばあい
(塩川久男) 19
6. 筒状(管形)火器の起源と発展 (岡田 登) 20
7. ゲーテと化学 (立入 明) 21
8. 「化学現象の生成に与る諸力」 J. F. ダニエル
の『化学哲学研究入門』の戦略 (松尾幸季) 22
9. 19世紀前半の農芸化学
—H. Davy と J.A. Chaptal との関係を中心
として— (斎藤茂樹) 23

10. 遊離基概念の発展 (竹林松二) 24
11. 無機化合物の分離分析に用いられる有機試薬の
歴史 1825—1891 (本净高治) 25
12. Bohrのスペクトル理論の形成と Drudeの分散
理論 (藤崎千代子) 26
13. ヨーロッパ留学期の Pauling (阿部裕子) 27

第15号 (1981年3月)

- 地球化学概念の内包と外延 (菅原 健) 1
 論文 Spinach as an Alchemical Antidote to Heavy
 Metal Poisoning (O. T. Benfey) 8
 セオドア・ベンフィ紹介 (中山 茂) 12
 第一次世界大戦と工業技術の振興策
(鎌谷親善) 13
 原典翻訳 L. バストゥール：フランス科学について
 の省察 (成定 薫) 29
 雑報 1980年度化学史研究会年會を顧みて
(竹林松二) 44
 資料 化学史及び周辺分野の出版物(1979) 46
 論文抄録 (大谷隆利, 藤井清久, 小松真理子) 41

第16号 (1981年7月)

- 互変異性に関する概念の発展 (竹林松二) 1
 論文 造幣局硫酸製造所における事業の展開
 —明治8〜18年— (鎌谷親善) 8
 寄書 無機化合物の有機溶媒への抽出の歴史
 —1842〜1941— (本净高治) 22
 教育シリーズ シリーズ「化学教育における化学史」
 を始めるに当たって (林 良重) 28
 原子量と原子構造—プラウトの仮説の誕生・没
 落・復活— (藤井清久) 29
 雑報 独自の風格を備えた化学史の大著—山岡先生の
 『化学史傳』に関する私的考察— (廖 正衡) 39
 ブラウン運動の発見を巡って
 —教育に対する化学史の有用性— (廣田鋼藏) 42
 書評 モーリス・クロスランド著『ゲイ・リュサック
 —科学者とブルジョワ』(1978)の紹介 (榊 友彦) 44
 資料 化学史及び周辺分野の新刊書(1980) 48

第17号 (1981年9月)

- 化学史研究会1981年度年・総会プログラム 1
 特別講演 たたら製鉄の歴史について (潮見 浩) 3
 シンポジウム「19世紀中葉における科学・社会・思想

——化学を中心として」

1. 実証主義とフランス化学—ベルトッロー—ヴェル
ツ論争をめぐる— (藤井清久) 4
2. ドイツ化学の形成 (柏木 肇) 5
3. 19世紀アメリカ化学の専門職業化について
(河原林泰雄) 7
4. BAAS と化学 (松尾幸季) 9

課題講演「化学と諸科学学問の分化と総合化」

1. 総合科学部の目指す研究・教育 (武森重樹) 10
2. 学際的研究者としてのピアジェ (山本多喜司)

一般講演

- 1-1 光音響効果と透明純液体の可視部吸収の発見
(中垣良一) 11
- 1-2 有機金属化合物の発見 (竹林松二) 12
- 1-3 環境放射能発見のいきさつ
—Elster と Geitel のあゆみ— (阪上正信) 13
- 1-4 分析化学において用いられている人名実験器具
の歴史 (本浄高治) 14
- 2-1 一般教育と史的視点 (糸山東一) 15
- 2-2 愛媛県における理化教育のおこり—明治初期—
(村上嘉一) 16
- 2-3 『遠西医方名物考補遺』巻7, 8 (元素編第一,
第二)の原本の一つについて (菅原国香) 17
- 2-4 小森愚堂の化学的知識—『薬名早引』『気液観潤
記聞』にみる (千野光芳) 18
- 2-5 地質調査所とコンサルト (鎌谷親善) 19
- 2-6 臨時窒素研究所におけるアンモニア合成研究の
展開 (亀山哲也・鎌谷親善) 20
- 2-7 大河内正敏と科学主義工業の誕生
(松尾重樹) 21
- 2-8 フロジストン理論と決定的実験 (横山輝雄) 22
- 2-9 18世紀第4・四半世紀の科学界におけるカーワ
ンの役割 (松尾幸季) 23

論文 John Dalton と倍数比例の法則
—その発見をめぐる— (井山弘幸) 24

教育シリーズ 質量作用の法則に関するグルベルグと
ヴォーゲの研究 (川井 雄) 33

紹介 奥野久輝『江戸の化学』 (小塩玄也) 41
『バストウール』 (山口達明) 42

論文抄録 (小松真理子) 43

1982年第1号 (第18号) (1982年1月)

論文 ハラタマと日本の化学 (芝 哲夫) 1

寄書 透明純液体の可視部吸収帯の発見と高振動励起
状態の化学 (中垣良一) 17

教育シリーズ 反応速度の認識と反応速度論の形成

—ヴィルヘルムを中心として— (小塩玄也) 20
資料 1980年代のわが国の技術政策について
(亀山哲也) 32

広場 個人広告欄の設置 (廣田鋼蔵) 19
紹介 『アイシス』文献目録について (柏木 肇) 37

レスター『化学と人間の歴史』 (藤井清久) 40

1982年第2号 (第19号) (1982年5月)

論文 池田菊苗博士の後半生の活動と思想
(廣田鋼蔵) 49

工業試験所の起源

—地質調査所の設立に至る過程— (鎌谷親善) 59
解説 柴田雄次先生の業績とその解説 (第一部)
(山崎一雄) 81

教育シリーズ M. Faraday: 講演者たちのアドバイス
(山口達明) 88

紹介 ジェンキン等「X線電子分光法の展開」
(中垣良一) 93

飯島 孝『日本の化学技術—企業史にみるその
構造—』 (亀山哲也) 94

故野村昭之助 教授を悼む
追悼 故 野村昭之助 教授 (奥野久輝) 95
野村昭之助 教授を偲ぶ (吉野論吉) 95

1982年第3号 (第20号) (1982年9月)

解説 柴田雄次先生の業績とその解説 (第二部)
(山崎一雄) 97

教育シリーズ 化学史文献—その種類と利用法につい
て— (柏木 肇) 104

広場 「化学史研究」1982年第2号 (第19号) を通読
しての所感 (玉虫文一) 114

紹介 Felix Franks, *Polywater*
Henry Guerlac, *Newton on the Continent*
(井山弘幸) 115, 124

日本薬学会百年史編纂委員会編『日本薬学会百
年史』

日本分析化学会編『日本分析化学史』
(鎌谷親善) 116, 117

資料 化学史及び周辺分野の新刊書 (1981) 118

1982年度年・総会プログラム

特別講演

1. 麦角アルカロイドの生産・全合成研究を顧みて
(阿部又三) iii

シンポジウム

1. 化学史文献—化学史教材化への利用—

(柏木 肇) iv

2. 化学史資料の文献調査について (服部一敏) v

3. 未刊手稿史料の整理と管理 (安澤秀一) vii

一般講演

1. 理科必読『気海観瀾』と嘉永七年『理学提要』

(千野光芳) ix

2. 明治期の化学用語の研究(Ⅱ)

—元素名について— (菅原国香) x

3. わが国への天然物有機化学導入の経緯について

(安江政一) x

4. 日本におけるソーダ工業のはじまり

(鎌谷親善) xii

5. 古典的な錯塩の合成—生徒実験と演示実験—

(日吉芳朗) xiii

6. 化学史から見た探求のあり方—化学史と化学教育に対する—考察—

(本浄高治) xiv

7. F. Wöhler の有機合成とその時代 (竹林松二) vx

8. S. Arrhenius はアレニウス式を提案したか

(廣田鋼蔵・山口達明) xvi

9. 農芸化学におけるラヴォアジエとフルクロア

(斎藤茂樹) xvii

10. 19世紀前半のイギリスにおける教育観

—W. ヒューエルを中心として— (梅田 淳) xviii

11. 化学革命とは何か

(大野 誠) xix

12. 化学革命の方法論的研究序説 (井山弘幸) xx

1982年第4号 (第21号) (1982年12月)

論文 PLATON の物質理論 (熊谷陽一) 135

教育シリーズ 有機酸研究とシェーレのとりくみ

(日吉芳朗) 143

寄書 わが国最初のサラン粉製造 (宗田 一) 154

原典翻訳 19世紀中葉のイギリス科学技術教育

—1851年ロンドン大博覧会に関する L.

ブレイフェアの講演— (山口達明) 161

紹介 アメリカの化学史研究 (古川 安) 174

玉蟲先生追悼

前会長 玉蟲文一先生を悼む (奥野久輝) 176

弔 辞 (柏木 肇) 177

不肖中の不肖として (永松一夫) 178

玉蟲文一先生を偲んで (渡邊正雄) 180

玉蟲文一先生を偲んで (林 良重) 181

玉蟲先生経歴・著書・論文・総説等目録 182

1983年第1号 (第22号) (1983年3月)

論文 長井長義をめぐって

—帰国当初の研究業績と地位の変転—

(安江政一) 1

寄書 金属イオンの分析に用いられる分成有機試薬の

歴史 (1825~1953) (本浄高治) 9

解説 堀場信吉の業績と経歴 (水渡英二) 19

教育シリーズ 近代原子論の発展

—Dalton と原子論— (村上嘉一) 33

広場 現代化学史の生き証人としての玉蟲文一博士

(廣田鋼蔵) 43

1983年第2号 (第23号) (1983年7月)

研究回顧—重付加反応の研究をめぐって—

(岩倉義男) 47

寄書 プルシアンブルーの源流をたずねる

(日吉芳朗) 56

総説 リービヒ研究の現状

(W. H. ブロック 訳・解説 板垣良一) 61

教育シリーズ 金属触媒作用についてのテーラーの活

性中心説 (川井 雄) 75

紹介 戸倉仁一郎著『化学のあけぼの—化学者カンニ

ツァロの生涯—』 (小塩玄也) 83

奥野先生追悼

奥野久輝葬送式弔辞 (立花太郎) 84

奥野久輝先生のご逝去を悼む (石森富二郎) 85

奥野さんを悼む (山崎一雄) 86

奥野久輝先生経歴・著書・論文・解説等目録 87

1983年第3号 (第24号) (1983年9月)

論文 阿波藍、とくに薬製造技術の史的展開について

(I) (鎌谷親善) 95

教育シリーズ 化学親和力の概念 (祢宜田久男) 111

広場 『OU科学史 I 宇宙の秩序』の刊行にあたっ

て (成定 薫) 116

イギリスにおける化学史研究の動向

(藤井清久) 118

資料 化学史及び周辺分野の新刊書 (1982) 120

1983年度年・総会プログラム i

特別講演 化学史周辺雑想 (仁田 勇) iii

(以下40ページに続く)

会 告

1984年度 年・総会のご案内

化学史研究会本年度の年・総会を下記の要領で開催いたします。

1. 会 期 1984年10月13日(土), 14日(日)

2. 会 場 成蹊大学 (東京都武蔵野市吉祥寺北町)

3. 日 程

○第1日	一般講演	10:00~12:00
	特別講演 (交渉中)	13:00~14:00
	パネル・ディスカッション「化学史研究会の10年をふり返って」	14:00~17:00
	総 会	17:00~17:30
	懇親会	18:00~20:00
○第2日	一般講演	10:00~12:00
	特別講演 (交渉中)	13:00~14:00
	一般講演	14:00~16:00

(プログラムの編成上時間帯に変更があるかもしれません。)

4. 一般講演の募集

○希望者はハガキに講演題目、氏名、住所、所属機関名、希望時間(20分+5分または30分+5分のいずれか)、連絡先(住所および電話番号)を記入して6月20日までに下記準備委員会までお申し込み下さい。なお、お一人で1題目に限ります。

○講演申込者は2000字以内の講演要旨を7月20日までに提出していただきます(詳細は準備委員会よりご連絡いたします)。

○講演時間および順序の調整はプログラムの編成の都合上、準備委員会にお任せください。

5. パネラーの募集

○上記パネル・ディスカッションにパネラーとして参加ご希望の方は、6月20日までに準備委員会までハガキでお申し込みください。

○討議の内容としては、本会の成立事情と歴史、化学史と化学教育、化学史と化学研究、化学史と化学技術、化学研究史の現状と将来、などを予定しております。

6. 申し込み先

〒180 東京都武蔵野市吉祥寺北町 成蹊大学工学部 島原研究室気付

化学史研究会年会準備委員会 電話0422515181内線577

会費納入のお願い

1984年度の会費(5,000円)の納入をお願いいたします。振替用紙は本号および前号に綴じこんでありますので、それをご利用ください。当会の会費は前納制になっております。会の運営に支障を来さぬよう、ぜひともご協力のほどを。

化学史研究会専用電話のお知らせ

前号でお知らせしましたように本会事務局が下記に移転しました。前号ではまだ電話番号が決まっておりませんでしたが、電話番号が決定しましたのでお知らせします。

〒162 東京都新宿区市谷左内町21-8 南沢ビル2階

化学史研究会 電話 03-260-8773

会費納入のお願い

本会の会費は前納制になっております。

1984年度(1984.4.1~1985.3.31)分会費5,000円を至急お送り下さい。すでに御送金下さった方でも、会費改訂を御存知なくて4,000円のみお送り下さった方は至急1,000円を追加してお送り下さい。振替用紙は本号にも綴じこんであります。

1983年度会費未納の方(本号の封筒にその旨スタンプしてあります)は、1983年度分4,000円と本年度分5,000円の計9,000円を至急お送り下さい。なお、すでに納入済みにもかかわらず行き違いのため督促いたしました場合は、ひらにご容赦下さい。

なお、本会からの領収証は発行せず、郵便局発行の振替払込受領証をもって代用させていただきます。

講演会のお知らせ

講 師 Prof. J.H.Wotiz (Southern Illinois Univ.)
演 題 Kekulé's Dreams: Fact or Fiction? (通訳あり)
日 時 5月19日(土) pm 4:00~5:30
場 所 早稲田大学理工学部51号館 2階会議室(新宿区大久保3-4-1)

Wotiz教授は、米国イリノイ州カーボンデールにある南イリノイ大学化学科で、アセチレンあるいはアレン化合物、有機金属化合物に関して多くの研究業績を残されていますが、12年程まえから化学史と化学教育に興味をもち現在その方面で国際的に活躍されています。J. Chem. Educ. 誌の“Story behind Story”欄の編集者やアメリカ化学会(ACS)の化学史部会長を務められ、一昨年ACS化学史センター(CHOC)の設立にあたっては中心的役割を果たされ、現在同センターの顧問をされています。

今回の講演は、1890年の“ベンゼン祭”でケークレによって語られたという有名な二つの夢の逸話(1854~5年ロンドンでのC-C結合と1861~2年アントワープでのベンゼン環)に関するものです。ダルムシュタット工科大学のケークレ文庫に納められている当時の新聞や手紙、あるいはベンゼン環の“モンキー構造”の原典であるBerichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft (1886)などをもとに、これらの夢がケークレの作りごとであると推論しています。

このような内容ですのでどうぞお気軽にお出かけ下さい。さらに、講演終了後、簡単なパーティを51号館地下早大生協レストランで開催する予定です。

連絡先：千葉工業大学工業化学科 山口達明 (TEL 0474-75-2111 ex266)

なお、同教授の講演会は、このほかに次の場所でも行われますのでご案内申し上げます。

- 5月22日(火) pm 4:00~ 千葉大学教養部G-10教室
「スライドでみる化学の歴史—ヨーロッパ科学博物館めぐり」(通訳あり)
連絡先 千葉大学教養部 深尾謹之介教授 (TEL 0472-51-1111)
- 5月26日(土) pm 2:00~ 東京学芸大学図書館 AVホール
「Something You Did Not Know About Kekulé」
連絡先 東京学芸大学化学教室 田矢一夫教授 (TEL 0423-25-2111)
- 6月1日(金) pm 2:00~ 大阪大学理学部化学教室 (日本化学会関西支部主催)
「Something You Did Not Know About Kekulé」
連絡先 阪大理学部 芝 哲夫教授 (TEL 06-844-1151 ex4190)
- 6月4日(月) am 10:00~ 鳥取大学工学部 (日本化学会中国四国支部主催)
「Something You Did Not Know About Kekulé」
連絡先 鳥取大学工学部 中島路可教授 (TEL 0857-28-0321 ex476)

化学史研究 1984年 第1号(通巻第26号) 1984年3月30日発行

編集・発行 ©化学史研究会 編集代表者 柏木 肇

〒162 東京都新宿区市谷左内町21-8 南沢ビル 2階

化学史研究会 TEL. 03(260) 8773

発売(書店扱い) 御内田 老鶴園

〒102 東京都千代田区九段北1-2-1 TEL. 03(262)2689

印刷 御大和印刷

〒173 東京都板橋区栄町25-16 TEL. 03(963)8011代