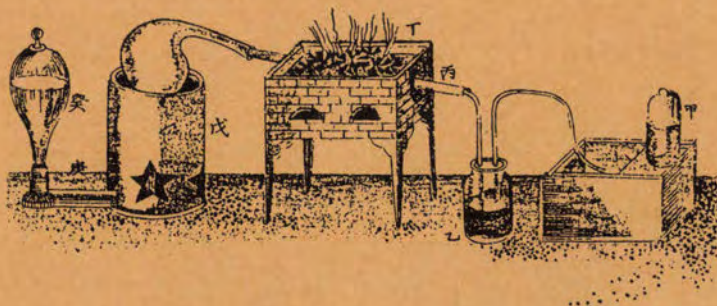


化学史研究

第20巻 第4号 1993年

(通巻第65号)

論文	古代ギリシア原子論再考	和泉 ちえ	233 (1)
	H. Staudinger の研究とドイツ高分子化学工業の誕生 —ポリ酢酸ビニルの研究開発をめぐる Staudinger とドイツ化学工業界の人たち—	田中 穆	243 (11)
特集	技術史シリーズ第5回 硝酸製造技術の歴史—工業物理化学の視点から—	川合 智	259 (27)
広場	『化学史研究』20年間の歩み—回顧と展望— アグリコラ生誕500年 西日本支部の誕生 —支部設立会議と1993年度研究講演会の報告—	大野 誠	283 (51)
		原田 馨	294 (62)
		川崎 勝	297 (65)
紹介	D. M. Knight, <i>Ideas in Chemistry: A History of the Science.</i>	大野 誠	302 (70)
会報	1993年度総会報告	大野 誠	304 (72)



化学史学会

会 告

1994年度化学史研究発表会講演募集

主催 化学史学会 協賛 日本化学会

日 時 6月11日(土)・12日(日)

会 場 長崎大学教養部 (〒852 長崎市文教町1-14 準備委員: 大野 誠)

シンポジウムテーマ: 蘭学研究の現状と課題

一般講演(第1日, 講演時間30分)およびシンポジウム講演(第2日, 講演時間40分)を下記の要領で募集します。

講演申込締切: 3月19日(土)

講演希望者はハガキに一般講演かシンポジウムの別, 講演題目, 氏名, 所属, 連絡先(郵便番号・住所・電話番号)を記して, 下記へお送り下さい。

講演要旨締切: 3月31日(木)

要旨は, 会誌『化学史研究』で刷り上がり1頁(一般講演)か2頁(シンポジウム講演)になるよう, 一般講演では市販の400字詰原稿用紙(横書)5枚あるいは, ワープロ原稿2,000字(ともに図・表を含めて), シンポジウム講演では400字詰原稿用紙10枚, あるいはワープロ原稿4,000字(図表とも)で書き, 下記へお送り下さい。この要旨の到着をもって講演申込手続きの完了といたします。なお, 要旨に関しては, 『化学史研究』1993年第3号を参照し, 講演内容を具体的に記すとともに文献も記載してください。

申込先: 〒101 東京都千代田区神田錦町2-2

東京電機大学工学部 人文社会系列 古川研究室気付

化学史学会事務局 1994年度年会準備委員会(全文を明記して下さい)

第10回化学史研究春の学校と第3回化学史・教育フォーラムの案内

「春の学校」と「化学史・教育フォーラム」を同じ会場で連続して開催しますので, 会員・非会員を問わず, ふるってご参加下さい。

1. 場 所 東京大学先端科学技術研究センター 45号館1階 会議室(目黒区駒場4-6-1)

2. 日時と内容

春の学校: 化学古典復刻研究会より 1994年3月26日(土) 午前10時~午後5時

- | | |
|-----------------------------------|----------------|
| 1. 19世紀後半に中国で翻訳された化学関係書について | 八耳 俊文(青山女子短大) |
| 2. 大田雄寧と東京医事新誌 | 土井 康弘(法政大) |
| 3. 火薬の事例 | 鎌谷 親善(東洋大) |
| 4. 和本の見方—遠西観象図説を例として— | 千野 光芳(愛知学院大学) |
| 5. オランダにおけるラヴォアジエ化学の受容と蘭学 | 吉田 忠(東北大) |
| 6. 宇田川榕菴「諸厄利斯瀉利塩考」について | 芝 哲夫(蛋白質研) |
| 7. 「化学新書」とその原著「Schule der Chemie」 | 阪上 正信(金沢大名誉教授) |

化学史・教育フォーラム 1994年3月27日(日) 午前10時~午後4時

話題提供者: 阪上 正信(金沢大名誉教授)・紫藤 貞昭(日本大)・島原 健三(成蹊大)

座 長 林 良重(放送大)・小塩 玄也(玉川大)

〔論 文〕

古代ギリシア原子論再考

和 泉 ち え*

1. はじめに

哲学史上 Materialism の刻印を押される原子論ではあるが、古代ギリシアにおけるその思想の誕生の場面に目を向ける時、レウキッポスならびにデモクリトスの語る原子の意味内容を明らかに Material として解釈しうる確たる文献学的証拠は実は存在しない。けれどもアリストテレスによる原子論批判以来、原子は物体 ($\sigma\omega\mu\alpha$) あるいは固体 ($\sigmaτερεόν$) 等と同一視され、その存在は三次元延長体の様態において議論されるのが常であった。それゆえ例えば原子の分割可能性ならびにその諸属性をめぐる問題は¹⁾、認識論を抱き込みつつ二千年來の懸案事項となっており、また、現存する三百余のデモクリトスの断片の大半を占める所謂倫理学的教説と原子論それ自体との関係²⁾は、原子論を機械論的な Physical-System と見なす前提と共に、「自然の問題から人間の問題へ」というギリシア哲学史解釈の正統的構図の中へ収斂させるべく論じられてきたきらいがある。

レウキッポスならびにデモクリトス当時における原子概念を再考しつつ、彼らの描く原子論的世界像を遠望する手がかりを本稿は新たに模索するものである。

2. 原子の原像

レウキッポスならびにデモクリトス当時における原子概念の内実、原子論の系図をめぐる問題

に左右される³⁾。

ギリシア思想の嫡流をイオニア的一元論の系譜に求めるアリストテレス以来主流の哲学史観の下では、アブデラに本拠地をおく原子論といえどもこのイオニア的伝統の中に吸収され、その場合原子とは、万物の根源を「物体的原理」に求めるイオニア思想のモチーフの一変奏として解釈される傾向にあった。けれども、反イオニア的存在論を展開したエレア派の系譜の中に原子論を位置付けるとき、もはや原子はイオニア流の「物体的原理」ではなく、エレア派の「有の原理」を背負う存在として浮上するのである。

原子とは、イオニアの「物体的原理」なのか、それともエレアの「有の原理」なのか、本章においてこの問題を検討する。

2.1 物体としての原子

原子を物体 ($\sigma\omega\mu\alpha$) として紹介したのはアリストテレスが最初であった。『形而上学』第1巻において繰り広げられるアリストテレス流ギリシア思想史絵巻の中で⁴⁾、レウキッポスならびにデモクリトスの語る原子は、アリストテレスの解説を付与されて、物体 ($\sigma\omega\mu\alpha$) として取り扱われたのである。そのくだりをここで確認しておこう。

レウキッポスとその仲間のデモクリトスは、万物の構成要素について次のように語る。即ちそれは、充実体 ($\tau\acute{o} \pi\lambda\eta\rho\epsilon\varsigma$) と空虚 ($\tau\acute{o} \kappa\epsilon\nu\acute{o}\nu$) である、と。彼らの言う充実体とは「在るもの $\tau\acute{o} \acute{o}\nu$ 」という意味をもち、一方空虚とは「在らぬもの $\tau\acute{o} \mu\eta \acute{o}\nu$ 」という意味をもつ。解説するならば、充実体とは固体 ($\sigmaτερεόν$) であるがゆ

1993年3月7日受理

* 日本学術振興会特別研究員
連絡先

えに「在るもの $\tau\acute{o} \delta\epsilon$ 」なのであり、空虚とは紛れもなく「在らぬもの $\tau\acute{o} \mu\eta \delta\epsilon$ 」なのである。ゆえに彼らは「在らぬものは在るものに劣らずある」と語る。解説するならば、空虚の存在は物体 ($\sigma\acute{\omega}\mu\alpha$) の存在に劣るものではないということなのである。

(Aristoteles, *Metaphysica*, A, 985b4-9)

写本校訂上の問題を多々抱える上記の箇所ではあるが⁵⁾、この記述から看取されるように、レウキッポスとデモクリトスの語る原子即ち「充実体 $\pi\lambda\eta\rho\epsilon\varsigma$ 」は、アリストテレスの解説の中で、「固体 $\sigma\tau\epsilon\rho\epsilon\delta\epsilon$ 」という中項を介して感覚対象としての「物体 $\sigma\acute{\omega}\mu\alpha$ 」に換言されている。この換言の根拠は、『形而上学』におけるこの一節が、イオニア的「物体原理 $\sigma\omega\mu\alpha\tau\iota\kappa\eta \acute{\alpha}\rho\chi\eta$ 」の系譜を綜覧する文脈⁶⁾に組み込まれている事情に由来すると思われるが、一方アリストテレスの概念枠においても、原子を素材 ($\psi\lambda\eta$) として紹介する以上、その存在様式は感覚的物体として語られる必要があった⁷⁾。

けれども文献学的にみるならば、原子を元来指示する「充実体 $\pi\lambda\eta\rho\epsilon\varsigma$ 」の用語は、イオニア的「物体原理 $\sigma\omega\mu\alpha\tau\iota\kappa\eta \acute{\alpha}\rho\chi\eta$ 」の枠組に帰属するものではなく、その先行用例はエレア派の断片の中に見出されるものなのである⁸⁾。このエレア派との関係を救う限り、もはや原子をイオニア的物体原理として解釈するわけにはいかないだろう。原子の原像は、エレアのロゴス空間の中で再構成されなければならない。

2.2 非物体的「有」としての原子

イオニア思想の系譜の中に原子論を据えたのはアリストテレスであったが、しかしまた同時に彼は、原子論とエレアのパラダイムの連続性について語ることを憚らなかつた⁹⁾。上記に引用した箇所 (*Meta.* A, 985b4-9) においても、レウキッポスとデモクリトスの語る「充実体と空虚」の対句が、「在るものと在らぬもの」というエレア派

のモチーフと共に登場していることは¹⁰⁾、両者の思想的枠組の共通性を端的に示唆するといえよう。そしてさらに、原子論とエレア派の内的連関を証言する記述は、アリストテレス『生成消滅論』における次のくだりである。

レウキッポスとデモクリトスは、自然に即した「有」の原理を、彼ら自身の原理として立てた。(Aristoteles, *De Generatione et Corruptione*, A, 325a 2-3)

ここに登場する「自然に即した有の原理」とは¹¹⁾、文脈上、エレア派の「有 $\tau\acute{o} \delta\epsilon$ 」の原理を指示すると解釈される¹²⁾。そしてこの解釈を採用する限り、レウキッポスとデモクリトスの語る原子をエレア派の「有 $\tau\acute{o} \delta\epsilon$ 」と同族とみなすことには何の支障もないだろう。原子とは、エレア的「有」であってイオニア的「物体」ではないのである。

エレア派の「有」の概念は、イオニア的パラダイムの中心に位置する「物体原理」を根底から揺るがすものであった。地水火風などの物体原理によって自然万有を説明するイオニア流自然探究は、エレア派によって「誤謬の道」とみなされ¹³⁾、「実なき欺瞞」として強く否定されたのである¹⁴⁾。自然現象一切を迷妄として拒絶するエレア派においては¹⁵⁾、「有」の道こそが唯一の「真理の道」であり¹⁶⁾、その「有」とは、「ここに現れてはいないが、しかし思惟において確固として現存するもの¹⁷⁾」即ち感覚によってではなく、「ロゴスによって判定 $\kappa\rho\iota\nu\alpha\iota \delta\epsilon \lambda\acute{o}\gamma\omega\iota$ 」されるべき存在とされた¹⁸⁾。しかし、このエレア派の「有」をめぐる諸解釈においても、アリストテレス流のイオニア中心思想史観が執拗にその影を落とす。その結果「有」もまた、イオニアの「物体原理」の系譜の中にとりこまれる傾向にあるといえよう¹⁹⁾。エレア派の「有」をも「物体」とみなす解釈は、今日においても、アリストテレス以来の伝統をもつ権威ある主張なのである²⁰⁾。

けれどもこの紙面では、この種のアリストテレス的偏向をもつ正統的解釈を踏襲することは控えて、レウキッポスとデモクリトスの原子概念と強い絆をもつエレア派の「有」の内実を、彼らの断片に即して再考したいと思う。

（i） パルメニデスにおける「有」

エレア派の祖パルメニデスのヘクサメトロスの中で、「有」は次のように語られている。

有は、あらゆる方向において
完結していて、玉なす球の塊のように
中心からどの方向にも等距離にある。

（Parmenides, Fr. 8. 42-44）

この「玉なす球の塊のように εὐκύκλον σφαίρης ἐναλίγκιον ὄγκωι」という表現を、「有」をめぐる詩的比喩とみなすのか、あるいはそれを「有」の形態の露顕とみなすのか、前4世紀の学説誌家以来論争の的となっているこの問題は²¹⁾エレア派の「有」の内実を規定する重要な二者択一を迫るものといえよう。この議論において、前者の立場——即ち、この一節を詩的比喩と解釈する立場——を採用する限り、「有」の非物体性はとりえず保証されるが、一方「玉なす球の塊」という表現を「有」の形態に直接結び付けるならば、「有」を物体とみなす根拠を少なからず提供することになる。この論争の次第について詳細に検討する資格は本稿には与えられていない。しかし、事物の生成消滅とその運動変化の現れ一切を迷妄として否定し拒絶するエレア派の世界認識を尊重する限り、そしてまた、「あてどない眼と、鳴り騒ぐ耳と、舌とを働かせる²²⁾」ことを通しては決して知ることのできない「有」の存在の超越性を擁護する限り、「玉なす球の塊」などという生々しい表現によって「有」の形態が写実される事態は、本来ありうべからざることを思われる。ゆえに本稿においては、この問題をめぐる二者択一的議論のうち、前者の立場を採用する。即ち「玉なす球の塊」という一節は、「有」

にまつわる詩的比喩として解釈されるべきなのである。

けれどもその場合、この詩的比喩の内実が再び吟味されなければならない。比喩の内容に「有」の実像がどの程度まで反映されているのか、逆に言えば、比喩によって「有」の存在がどの程度まで規定を受けているのか、その関与のあり方が問題となるからである。この点について古典学者諸家は、「玉なす球の塊」という詩的比喩から「有」の質すなわちその「物理的均一性」を導出することを提案している²³⁾。しかしこの提案もまた、エレア派の「有」の概念を物的存在の次元にひきつけすぎるものと言わざるをえない。「有」とは、この世の現れ一切を迷妄として否定するエレア派の世界認識の核に据えられた概念であり、そこにはもはや物体（σῶμα）に付帯する感覚的属性が介在する余地はないのである。その意味においても、「玉なす球の塊」という詩的比喩を、「有」の具体的性質の一つに重ね合わせる解釈は控えるべきであろう。実際「玉なす球の塊」という表現それ自体は、ピュタゴラス的伝統において、存在の完全性を示す象徴として登場しており、エレア派の「有」にまつわる固有の表現ではないのである。けれどもイエーガーによって指摘された、ピュタゴラス派とパルメニデスの球体の比喩の連鎖は²⁴⁾、詳細な立証を欠くという理由において諸家の積極的支持を得るものではなかった²⁵⁾。観念論の祖としてのパルメニデス像を擁護するあまり、また彼の哲学の独自性純粋性を強調するあまり、思想史的影響関係の吟味からは隔離された地平においてパルメニデスの言説は論じられるのが常だからである。

しかしこのパルメニデスの断片8が、本来的に、「徴σῆμα」を用いた論証形式を踏む²⁶⁾ヘクサメトロスであることを尊重するならば、その一節に登場する球体の比喩に対して文脈を度外視した超越性を付与することは慎まなければならないだ

ろう。この比喩には、ヘクサメトロスが生来有する修辞学的効果と、また哲学詩としての論証形式が要請する「徴」の提示、という二つの役割が同居するのであって、そこに「有」の実像との直接的対応関係を見出すことは誤読と思われる。それゆえ、球体の比喩をパルメニデス個人の哲学的独創性に帰することは控えて、むしろ比喩の出自を求めることこそ、即ち球体の比喩の母体となった思想的伝統の存在を確認することこそ、パルメニデスのヘクサメトロスに内在する詩的技巧を抽出する途といえよう。同時にまた、この比喩を通して表象される「玉なす球の塊」は、斯様な歴史的背景に裏打ちされつつ、「有」の存在を論証するに足る「徴 $\sigma\eta\mu\alpha$ 」として機能すると解釈される。

実際パルメニデスの断片8には、「有」の存在を論証する徴がいくつか織り込まれている。

一つのもの、連続するもの (Fr. 8. 6)

分割されえぬもの (Fr. 8. 22)

不動のもの (Fr. 8. 38)

限界の中で一様均質 (Fr. 8. 49)

ピュタゴラス的伝統に基づくこれらの徴は、「玉なす球の塊」という比喩のヴァリアティオとしてヘクサメトロスの中に繰り返し現れ、「有」の存在をめぐる循環論証を形成する。「有」の存在証明は、かかる徴を用いてこそはじめて成立するのであって、この構造を承認する限り、これらの徴を「有」の実像と同一視する誤読は回避されよう。「有」は物体でもなければ抽象概念でもない、「玉なす球の塊」という徴と共に必然的に論証される、完全存在なのである。

しかしここに至って、パルメニデスの方法論が問題となる。即ち、「有」をとりまくこれらの徴が描出する鮮やかな表象像 ($\varphi\alpha\nu\tau\alpha\sigma\iota\alpha$) とは一体何であるのか、という問題である。けれどもむしろパルメニデスは、徴と表象像と思惟の連動の次第について解説を付すわけではない。認識論において表象像の問題が肯定的に取り扱われる

ようになるのは、主にアリストテレス以降のことなのである²⁷⁾。

本稿において、この問題について何がしかの見通しを提示しようとするならば、アリストテレス『靈魂論』第3巻を繙かなければならない。思惟活動が成立する場面において表象像が如何なる役割を果たすのか、その過程をアリストテレスはかなり明確に論じているからである。

思惟と感覚との間に、それらとは独立に存在する表象像を導入したアリストテレスは、「思惟可能な靈魂には、表象像が、いわば知覚像として存する」(*De Am.* III. 431a14) と述べ、「思惟する時には、同時に表象像も観なければならない」(*ibid.* 432a8) と語る。外界にその起源をもつ感覚像 ($\alpha\iota\sigma\theta\eta\mu\alpha\tau\alpha$) とは種を異にする表象像 ($\varphi\alpha\nu\tau\alpha\sigma\iota\alpha$) を²⁸⁾、思惟 ($\nu\omicron\sigma\epsilon\iota\nu$) 成立のための条件に据えることによって、思惟像 ($\nu\omicron\eta\mu\alpha\tau\alpha$) の生成過程が記述されたのである。かかるアリストテレスのファンタシア論の下に「思惟においてのみ現存する」(Parmenides, Fr. 4. 1) といわれるパルメニデスの「有」を再考するとき、「玉なす球の塊」という表現によって「眼前彷彿たらしめ」²⁹⁾ られた表象像の認識論的意味もまた明らかとなろう。即ち「有」を思惟すること、は、斯様な表象像なしには不可能なのである。

以上の点を確認しつつ、原子論への橋渡し役を演じたエレア派のメリッソスにおける「有」の原理の展開を以下検討する。

(ii) メリッソスにおける「有」

ヘクサメトロスによって「有」を語ったパルメニデスとは違い、メリッソスは散文で「有」を綴った。

有が存在するとすれば、それは一としてあるものでなければならない。他方、もしそれが一であるなら、それは物体 ($\sigma\omega\mu\alpha$) をもたねることが必然である。だが、それが厚さをもつなら、部分をもつことになるだろう。もし

て、それはもはや一ではないだろう。

(Melissus, Fr. 9)

「有」の非物体性を主張するメリッソスのこの断片は、パルメニデスの「有」の概念を修正するものとして解釈される傾向にある³⁰⁾。なぜなら既に論じたように、パルメニデスの「有」とは、アリストテレス以来主流の解釈において、物体とみなされてきたからである。けれども本稿は、先に述べたように、パルメニデスの「有」を非物体的存在と解する立場を採る。ゆえに、「有」の非物体性を明示する上記のメリッソスの断片は、パルメニデスの徒といわれるメリッソスならではの、パルメニデスの非物体的「有」概念に対する誠実な注釈と評されるべきであろう。メリッソスの断片9は、パルメニデスの「有」の概念を補強するものなのである。

しかし「有」の非物体性を、比喩を用いずに直示するメリッソスにおいては³¹⁾、パルメニデスの体系が内包する矛盾点もまた露わにその顔を出す。「有」が現実には物体をもたぬ以上、パルメニデスにおいては否定された「非有」即ち「空虚」も、「有」と同等の存在の権利を主張しうることになるからである。

メリッソスはこの論理的矛盾を、運動変化の現れすべてを迷妄として拒絶するエレア派の前提を盾に、駆逐しようと試みる。

いかなる空虚も存在しない。なぜなら、空虚は在らぬものであるから。在らぬものが存在することは不可能なのだ。有は不動だ。なぜなら有は、退くところのない、充実体なのである。けれども、万が一にも空虚が存在するのであれば、有は空虚へ向かって退くだろう。しかし、空虚は存在しないので、有は退くところをもたないのだ。

(Melissus, Fr. 7. 7)

このメリッソスの議論が示すように、「空虚」の存在の否定は、「有」の運動の不可能性をその

根拠とする³²⁾。しかし「有」の運動の不可能性のテーゼは、エレア派がアプリアリに共有する前提であって、その前提の放棄に際しては論証の手続きは必要ではない。その意味において、運動変化の現象を拒絶するエレア派の出発点は、すぐれて心情的なものといえよう。「空虚」の否定は、この心情的前提を根拠としてのみ論証されるのである。

けれども、このエレア派の前提を放棄し、かつメリッソスによる「有」の非物体性の直示を是認するならば、上記の断片においてはじめてエレア派のパラダイムに登場した「空虚 κενόν」の概念は³³⁾、その非物体性ゆえに、「有」と等価な存在の権利を得ることになる。原子論が誕生したのは、この地平であった。

在らぬものは、在るものに劣らず有る。

(Leucippus, A 6; Democritus, Fr. 156)

原子論のマニフェストとでもいうべきこの一節は、エレア派の存在論の自己展開の帰結なのである。生成消滅、運動変化の現象を受容する限り、そしてまた、「有」の非物体性を直示する限り、エレア派のパラダイムは、「在るものと在らぬもの」という非物体的「有」の原理を核とする原子論へと転換せざるをえなかった。本節の冒頭で引用した、エレア派と原子論の連続性を語るアリストテレスの証言には、以上の顛末が端的に集約されているのである。

原子論が、エレア派の非物体的「有」の原理を核とする以上、感覚的性質をもたぬ原子を Material とみなす必要はどこにもない。原子は、非物体的「有 τὸ ὄν」なのである。その存在は、例えばレウキッポスとデモクリトスが「充実体 πλήρες」というエレア派起源の用語を用いて原子を表現したように、原子をめぐる表象像 (φαντασία) を喚起する言葉と共に始めて思惟されるものであろう。古来注釈者が原子を言及する際に用いた「固体 στερεόν」あるいは「物体 σώμα」等の言葉は³⁴⁾、非物体的原子を観

るための表象像を提供する限りにおいて容認されようが、これらの表現を原子と同一視する誤読は極力避けなければならない。

3. 表象像としての原子論的世界像

「在るものと在らぬもの」という表現をとりこそすれ、非物体的「有」の原理をエレア派から継承した原子論のパラダイムは、「生成も消滅も、また運動変化も存在の多様性をも決して否定することのないロゴス³⁵⁾」を産出するものであった。この自然学的世界描写を支える方法論の基盤は、アナクサゴラスの次の言明に求めよう。

明らかならざる事柄を視覚化すること、これが現象なのだ。(Anaxagoras, Fr. 21 a)

デモクリトスが強い共感を抱いたというこの一節は³⁶⁾、当時エレア派から「誤謬の道」と非難され瀕死の状態にあった自然探究の営みに、新たな存在意義を付与する学的方法論を提供するものであった。即ちアナクサゴラスは、語りえぬ明かならざる事柄(ἄδηλα)を比喻を用いて探究し、それを視覚に訴える現象(φαινόμενα)として描出することこそが自然探究の方法論である、と端的にかつ声高に説いたのである³⁷⁾。アナクサゴラスのこの主張は、当時の自然学的諸分野に強い影響を及ぼしたといわれる。原子論も、その例外ではなかった³⁸⁾。

認識には二つの形態がある。ひとつは真正のもの、もうひとつは暗いものである。暗い認識には、視覚、聴覚、味覚、触覚などすべてこの種のものが属している。もう一方のものは、真正の認識であって、それは暗い認識からは切り離された、全く別のものである。暗い認識がもはやこれ以上見ることもできず、聞くことも嗅ぐことも、味わうことも、触れることによって感覚することもできず、……するとき……(以下欠落)。

(Democritus, Fr. 11)

色や甘さ苦さは慣習上の存在にすぎない。真実に存在するのは、原子と空虚のみ。

(Democritus, Fr. 125)

この二つのデモクリトスの断片にみられる「暗い認識σκοτίνη」と「真正の認識γλησίη」の対比あるいは「慣習上のνόμῳ存在」と「真実のἐστὶν存在」の対比は、先のアナクサゴラスの言明に登場した「明らかならざる事柄 ἄδηλα」と「現象 φαινόμενα」の対比に呼応するといえよう³⁹⁾。ゆえにアナクサゴラスの方法論を原子論に重ね合わせるならば、原子論の方法論とは、暗い認識(σκοτίνη)を視覚化し、真正な認識(γλησίη)としての現象(φαινόμενα)を導出する手続きとして定式化されよう。この過程において使用される比喻は、原子論においては「原子と空虚」の原理にまつわる言表なのである。

前章で述べたように、「原子と空虚」とは原子論のパラダイムの中心に位置する非物体的「有」の原理であり、それは感覚的属性を一切もたぬ存在とされた⁴⁰⁾。けれども表象像(φαντασία)の介在によって「原子と空虚」をめぐる事柄は視覚化され、その結果明らかならざる事柄(ἄδηλα)即ち暗き認識(σκοτίνη)は、鮮やかな輪郭をもつ現象(φαινόμενα)として眼前に彷彿と浮かび上がることになる。それゆえ原子論のパラダイムには、「原子と空虚」を思惟するための表象像を喚起させる言説が多々織り込まれている。

まず、「生成と消滅γένεσις καὶ φθορά」という古代ギリシャの自然探究における伝統的モチーフは、原子論においてはどのような現象(φαινόμενα)として描出されているのか、この点を概観してみよう。

原子は、形態の差異ゆえに不調和になり、空虚の中を運動する。そして、運動しながら互いに触れて接合するような具合に接近し、結合する。けれども真実には、そこから自然的

事物が生ずるわけではない。なぜなら、複数のものがひとつになることは、全く不条理だからである。ところでそれら実体が、しばらくの間結合している原因は、それら物体（原子）が互いに嵌まり込み、また噛み合わされていることにある。つまり、原子の或るものは尖状、或るものは鉤状や凹凸状など、その形態上の差異が多様だからである。必然的に生じる力によって、それらが激しくゆすぶられ分離分解するまで、原子は互いに結合している、とデモクリトスは考えた。

(Aristoteles, Fr. 208)

アリストテレスの散逸した『デモクリトスについて』の断片が伝えるように、「生成と消滅 *γένεσις καὶ φθορά*」のモチーフは、原子の「結合と分離 *σύνκρισις καὶ διακρισις*」の過程として描出されている。このような現象の導出に際して、「尖状、鉤状、凹凸状」等の形 (*σχῆμα*) が原子に付与され、その表象像を通して原子相互の結合分離は視覚的な現象 (*φαινόμενα*) として眼前に彷彿と再現されるのである。しかもこれらの原子の形は、具体的に指定されずに「限りなくある」⁴¹⁾とみなされており、「同一の事柄といえども人それぞれに別の見え方をする」⁴²⁾という原子論の視座の下では、世界に対する複数の解釈が共存するのであった⁴³⁾。その意味においても、原子の形とは、原子に付与された属性というよりはむしろ「生成と消滅」の出来事を原子の「結合と分離」の現象として視覚化するための、具体的な表象像を任意に提供する一種の比喩といえるだろう。

同様の手法は、事物の質的变化 (*ἀλλοιώσις*) に関する原子論的解釈においても看取される。水が氷に変化したり、葉の色が変化したり、粘土が陶器に変化するなどの質的变化 (*ἀλλοιώσις*) は、形ある原子の配列 (*τάξις*) や位置 (*θέσις*) の変化に起因する現象として描出さ

れたが、この次第をアリストテレスは、次のように端的に要約紹介している。

ANとNAは配列により、 Ξ とHは位置により区別される。

(Aristoteles, *Metaphysica*, A, 985b 18-19).

原子の形、配列、位置をめぐる表象像が介在する限り、明らかならざる事柄 (*ἄδηλα*) は次々と視覚化され、具体的かつ明瞭な現象 (*φαινόμενα*) として描き出されていく。アナクサゴラス方法論を踏襲するとはいえそれを展開させた原子論は、如何なる出来事をも掬いとる、表象像と比喩に彩られた緻密な網の目をはりめぐらすものであった。「その方法論において他を凌いでいる」とのアリストテレスの原子論評価は⁴⁴⁾、正鵠を得たものといえよう。デモクリトスが「学問の五種競技者」として、倫理学、自然学、数学、音楽、技術の各分野に優れた成果を修めたと伝えられるのも⁴⁵⁾、原子論のパラダイムのこのような特質に由来すると思われる。

けれども、あらゆる現象を映しだす原子論は、そこに揺曳する原子論的世界像に対して何ら責任を負うものではなかった。世界について複数の解釈を認め、自然万有を意志なき必然 (*ἀνάγκη*) の支配下におく原子論のコスモスにおいては、自然探究の伝統的文脈の中に古来常に登場してきた、万物を統治する神的あるいは知的存在者はその出番を失い、一定の志向性をもつ世界像を積極的に構築する動機も、その棲み家を追われたのである。このような事態は、原子論が内包する真理観の発露として理解されよう。現象一切を迷妄として拒絶しつつも「真理の道」を高らかに謳い上げたエレア派とは対照的に、原子論は現象すべてを受け入れつつも、真理に関しては不可知論を説くのである。

人間が真理から切り離されていることを、はっきりと知らなければならない。

(Democritus, Fr. 6)

それぞれのものが如何なるものであるのかを真に知ることは不可能である。

(*ibid*, Fr. 8)

真理に関しては、我々は何も知らない。それというのも、真理は深淵のうちにあるから。

(*ibid*, Fr. 117)

非物体的「有」の原理をエレア派から受け継ぎながらも、「生成も消滅も、運動変化も存在の多様性も決して否定することのないロゴス」を原子論が導出したのは、このような不可知論、即ちエレアの「真理の道 ἀληθὴς ὁδός」に対する深い断念に促されてのことなのである。原子の形、配列、位置という表象像を用いる限り、明らかならざる事柄(ἄδηλα)は次々と視覚化され、現象(φαινόμενα)として描出されていく。原子論が目ざしたことは、このような徹底した世界描写であり、さらなる原理の追求は価値なきこととみなされるのであった⁴⁶⁾。「真理の道」が跡絶えるトポスにおいて、「在るものと在らぬもの」をめぐるファンタシアは、暗き認識(σκιῇ)を鮮やかな現れ(φαινόμενα)に変えるのである。

4. 結 論

以上本稿において手繰り寄せたエレア派—アナクサゴラス—原子論を結ぶ糸は、古代ギリシャにおける原子論を近代科学の源流として奉る従来の評価に対して、ささやかな否を唱える傍証のひとつにはなりえたと思う。レウキッポスとデモクリトスにおける原子論とは、世界に関するエピステーメ(真知)を目ざすものではなく、むしろそれは徹底した不可知論に裏付けられたポイエシス(詩作)の一種なのである。エレア派起源の非物体的「有」の原理すなわち「原子と空虚」を核とする原子論のパラダイムは、アナクサゴラスの「明らかならざる事柄を視覚化すること。これが現象なのだ。ὅψις ἀδηλῶν τὰ φαινόμενα」

の言葉と共に、「原子と空虚」をめぐる表象像(φαντασία)が描く現れ(φαινόμενα)を次々と産み落とす。その機構の解明は、最近ようやく着手されたばかりの「徴と表象像」をめぐるギリシャ哲学の研究成果を待たねばなるまい⁴⁷⁾。

文献および注

- 1) 原子の不可分割性は、理論的、数学的レベルにおいて成立するのか、それとも物理的レベルにおいて成立するのか、この議論の動向を総括するものとして、W. K. C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy*, II. Cambridge UP, 1965, pp. 503-507. それ以降の見解として、D. J. Furley, *Two Studies in the Greek Atomists*, Princeton UP., 1967, pp. 44-110. Furley に対する批判は、E. Hussey, 'Review of Furley, *Two Studies in Greek Atomists*', *Philosophical Review* 78 (1969) p. 258. また、この問題について示唆多い論考として、山口義久「デモクリトスとアリストテレス」(『自然観の展開と形而上学』) 紀伊国屋書店, 1988年.
- 2) 古典的見解は、C. Bailey, *The Greek Atomists and Epicurus*, Oxford UP., 1928, pp. 186-214. Bailey の見解に修正を加えつつ、デモクリトスの倫理学を再構成したものとして、G. Vlastos, 'Ethics and Physics in Democritus', R. E. Allen, and D. J. Furley, edd. *Studies in Presocratic Philosophy*, II. New York, 1975, pp. 381-408; C. H. Kahn, 'Democritus and the Origins of Moral Psychology', *American Journal of Philology* 106 (1985) pp. 1-31.
- 3) 原子論の母体をイオニア思想に求めるのか、それともエレア派に求めるのか、原子論の創始者レウキッポスならびにデモクリトスの出生地にまつわる諸伝承と共に、当時の学説誌家においても統一見解は得られていない。H. Diels und W. Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, II. Berlin, 1952, 6 Auflage, (DK と略記). 67A1, A4, A8, 68A1.
- 4) Aristoteles, *Metaphysica*, A, 983b 6-995a 20.
- 5) レウキッポスとデモクリトスの学説に対するアリストテレスの注釈が混入するこの箇所は、叙述の重複を回避するという名目の下に校訂が加えられているが、「在るもの τὸ ὄν」と「充実体 τὸ πλήρες」と「固体 τὸ στερεόν」を同

- 義とみなし重複文を削除する Jaeger の提案は、アリストテレス流の換言の意図を汲みとる配慮に欠けるという点で、筆者は賛同しかねる。W. Jaeger, *Aristotelis Metaphisica*, Oxford Classical Text, 1957, p. 13.
- 6) *Metaphysica*, A, 983b6-985b22.
- 7) H. Cherniss, *Aristotle's Criticism of Presocratic Philosophy*, New York, 1964, p. 99.
- 8) J. Burnet, *Early Greek Philosophy*, London, 1930, p. 337; W. D. Ross, *Aristotle's Metaphysics*, I, Oxford UP., 1953, p. 139; DK 30 B7.
- 9) 例えば, *Physica*, A, 187a1-3, *De Generatione et Corruptione*, A, 324b32-325a12 等。Furley, *op. cit.*, (n. 1), pp. 79-103.
- 10) Ross, *op. cit.*, (n. 8), p. 139.
- 11) テクストは, 「ἀρχὴν ποιησάμενοι κατὰ φύσιν ἢ περ ἐστὶν」(325a2-3) であり, この「ἀρχὴν κατὰ φύσιν ἢ περ ἐστὶν」を直訳すれば「自然に即した原理」となるが, Joachim は「ἀρχὴν κατὰ φύσιν, ἢ περ ἐστὶν」と校訂し, 「自然に即した<有>の原理」と読ませることによって, 原子論とエレア派の関係を強く示唆する箇所として解釈することを提案した。本稿も Joachim のこの提案を採用する。H. Joachim, *Aristotle on Coming-to-Be and Passing Away, A Revised Text with the Introduction and Commentary*, Oxford UP., 1922, p. 27, p. 159.
- 12) レウキッポスとデモクリトスの「自然に即した有の原理」の紹介直後の文脈は, Explanatory γάρ で始まるエレア派紹介が続く。Aristoteles, *De Generatione et Corruptione*, A, 325a3-20.
- 13) Parmenides, DK 28B 6.3.
- 14) DK 28B 8.52.
- 15) Aristoteles, *Metaphysica*, A, 984a29-984b1.
- 16) Parmenides, DK. 28B 8.17.
- 17) DK. 28B 4.1.
- 18) DK. 28B 7.5.
- 19) Aristoteles, *De Caelo*, 298b21.
- 20) Cherniss, *op. cit.*, (n. 7). p. 38 ff.; K. Bormann, *Parmenides, Untersuchungen zu den Fragmenten*, Hamburg, 1971, pp. 1-8. (日下部吉信訳『パルメニデス』, 法政大学出版局, 1992年, 3-14頁.)
- 21) 詩的比喩として解釈する立場は, 6世紀の Simplicius を筆頭に, 今世紀においては Fränkel, Tarān, Calogero 等。また, 「有」の形態の露頭とみなす立場は, 前4世紀の Theophrastus, Eudemos を筆頭に今世紀においては Vlastos 等。Bormann, *op. cit.*, pp. 171-179.
- 22) DK 28B 7.4.
- 23) 例えば, Fränkel, Untersteiner, Tarān 等。Bormann, *op. cit.*, p. 172.
- 24) W. Jaeger, *The Theology of the Early Greek Philosophers*, Oxford UP., 1946, p. 107.
- 25) L. Tarān, *Parmenides*, Princeton UP., 1965, p. 160.
- 26) M. F. Burnyeat, 'The Origins of non-deductive inference', J. Barnes, J. Brunschwig, M. Burnyeat, and M. Schofield, ed., *Science and Speculation*, Cambridge UP., 1982, p. 194.
- 27) M. Schofield, 'Aristotle on the Imagination', J. Barnes, M. Schofield, and R. Sorabji, ed., *Articles on Aristotle. III: Metaphysics*, London, 1979, p. 103, p. 132.; M.F. Burnyeat, *op. cit.*, (n. 26), pp. 193-238.
- 28) M. Schofield, *op. cit.*, (n. 27), p. 112.
- 29) Aristoteles, *Rhetorica*, Γ. 1411a35.
- 30) Guthrie, *op. cit.*, (n. 1), pp. 110-113.
- 31) パルメニデスは, 「有」をロゴスの次元で考察し, メリッソスはそれをヒュレーの次元で論じた。両者の基本的視座の相違は, アリストテレスによって既に指摘されている。Metaphysica, A, 986b18-20.
- 32) 事物の運動の不可能性を根拠に空虚の存在を否定したことは, メリッソス独自の論法といわれる。G. S. Kirk, J.E. Raven, and M. Schofield, ed., *The Presocratic Philosophers*, Cambridge UP., 1983, 2nd ed., p. 398.
- 33) Guthrie, *op. cit.*, (n. 1), p. 104.
- 34) レウキッポス, デモクリトスの真正断片には, 原子を「物体 σώμα」あるいは「固体 στερεόν」として指示する箇所はない。DK 67B 1-2, DK 68B 1-298.
- 35) Aristoteles, *De Generatione et Corruptione*, A, 325a24-26.
- 36) DK 59B 21a, DK 68A 111.
- 37) H. Diller, 'ὅψις ἀδηλῶν τὰ φαινόμενα', *Hermes* 67 (1932), pp. 14-42; G.E.R. Lloyd, *Magic, Reason and Experience*, Cambridge UP., 1979, p. 134.
- 38) G. E. R. Lloyd, *Polarity and Analogy*, Cambridge UP. 1966, pp. 337-341.
- 39) アナクサゴラスの Fr. 21a とデモクリトスの Fr.

- 11を関連づける試みは, Lloyd, *op. cit.*, (n. 37), p. 134, n. 45. にみられるが, 両者の断片の具体的対応関係については触れられていない.
- 40) 例えば, Aristoteles, *De Generatione et Corruptione*, A, 326a 2.
- 41) *Ibid.*, 315b 11-12.
- 42) *Ibid.*, 315b 13.
- 43) 原子論の名の下に伝わる宇宙創生説にも幾通りかあり, このことは伝承の真偽問題よりもむしろ原子論における解釈の自由度を反映すると思われる.
- Diog. Laert., IX. 31-32; Aëtius, I. 4. 1-4;
- Diodorus, I. 7. 1-5.
- 44) Aristoteles, *op. cit.*, (n. 40) 315b 1.
- 45) Diog. Laert. IX. 37.
- 46) Aristoteles, *Physica*, Θ, 252a 35-252b 1.
- 47) 例えば M.F. Burnyeat, *op. cit.*, (n. 26) pp. 193-238.; D. Sedley, 'On Signs', J. Barnes, J. Brunschwig, M. Burnyeat, and M. Schofield, edd, *op. cit.*, (n. 26) pp. 239-272.
- *断片引用は, 廣川洋一『ソクラテス以前の哲学者』講談社, 昭和62年を参照し, 一部改変しつつ用いたことを記し謝意を表す.

A Reinterpretation of Greek Atomism

Chiye IZUMI

(Special research fellow of Japan Society
for the promotion of Science)

The concept of Atom has been considered as Material from the time of Aristotle. This ordinary interpretation is based on several documents written by doxographers whose view of the world did not belong to the atomism. Atomists of the fifth century, however, had not used such vocabularies as 'sōma' and 'stereon' to indicate the atom. We must pay more attention to the philological fact that the word 'plēres' denoting atom is originated from the Eleatics. This conceptual continuity from Eleatic Being to Atom suggests that the atomism itself was born not from the Ionian tradition but from the Eleatic arguments. If this issue is saved, the atom does not mean material.

In respect of the methodology, Atomism depends much on Anaxagoras's dictum, i.e. 'opsis adelōn ta phainomena', which has had a strong influence over the inquiry into nature after the time of the Eleatics. To accomplish this method, some metaphorical devices have been required to picture out the phenomena, and in the atomism, the principle of Atom and Void have played the metaphorical role with 'phantasia' such as shapes, orders and arrangements of atoms. We should consider that Atomism belongs to the Greek tradition which interprets the natural world by using 'sēmeion' and 'phantasia'. Having a deep agnosticism, the atomic theory did not aim at the scientific truth of the world.

〔論 文〕

H. Staudinger の研究とドイツ高分子化学工業の誕生

—ポリ酢酸ビニルの研究開発をめぐる Staudinger と
ドイツ化学工業界の人たち—

田 中 穆*

1. 前 書 き

前報¹⁾で述べたように、H. Staudinger (シュタウディンガー) がデュッセルドルフ (Düsseldorf) の講演会で巨大分子説主張のために提示した幾つかの研究材料について、その研究の動機あるいは選択の理由、その後の進展経過、さらに工業界への波及効果などの問題を検討しているが、本報ではポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールに関する Staudinger の研究と、当時の工業界の人達との交流の状況について述べたい。

こうした検討を行うに当たっては、C. Priesner²⁾ および H. Morawetz³⁾ の著書の他に、Hoechst AG, 社により創立 100 周年を記念して刊行された、*Dokumente aus Hoechster Archiven - Beiträge zur Geschichte der Chemie* (1964) 中の 5 分冊^{4~8)} 等を参考として、考察を行った。

2. ポリ酢酸ビニルに関する Staudinger の研究

2.1 デュッセルドルフでの講演

1926 年 9 月 23 日に開かれた、デュッセルドルフでの講演会における Staudinger の講演⁹⁾ については既に概要を紹介した¹⁾ が、その中で、コロイド状溶解性高分子量物質の例の一つとしてポリ酢酸ビニルを挙げ、Hoechst 社のサンプルを用いたことを明らかにした上で、このものは有機溶剤

に可溶でヘミコロイド状であるものの、しかし水には不溶であること、そしてこれをけん化すると、水に可溶でコロイド状を呈する有機溶剤には不溶の、ポリビニルアルコールに変化すること、さらにまた、このアルコールを酢酸で再エステル化することによってポリ酢酸ビニルに戻し得るという実験結果を化学式を用いて説明し、明らかに会合性コロイドとは区別された真正コロイドの存在、つまり高分子量物質の存在を主張したのである。

前報でも述べたように、Staudinger はこの他に、ゴム、ポリオキシメチレン、ポリスチロールなどを用いた豊富な実験事実に基づき、有機化学的な立場から主原子価結合による巨大分子存在の可能性を諄々と説明したわけであるが、当時、アセチレンを原料とした有機合成化学工業の開拓が進みつつある中で、その誘導体の応用の道を模索していた工業界の多くの人たちに衝撃的な感銘を与えたのである。

2.2 Staudinger の研究の動機

Staudinger のポリ酢酸ビニルの研究は、1912 ~ 13 年に申請された Griessheim Elektron 社の F. Klatte (クラッテ、後述) の特許^{10, 11)} を、Friedländer の特許抄録集¹²⁾ から検索して興味を抱いたことが動機とみられるが、それは彼の研究論文¹³⁾ (後述) にこれらの特許が引用されていることから明らかであろう。ただこの酢酸ビニルモノマーをアセチレンから合成する厄介さのために後回しにされていたのであろうが、1920 年代半ば頃になると、ドイツではこのモノマーの試験生産が始められるに至ったこと、また前報¹⁾ でも述

1993 年 6 月 18 日受理

* ポリプラスチックス(株)
連絡先

べたように、当時の彼のゴムやセルロースに関する研究の閉塞感からの脱却策として、モデル化合物を用いた、一種の迂回の道を選択しようとする時期でもあったことから、遂にこの研究に踏み込んだものと見られる。

Hoechst 社に残されている古文書の中の1925年10月3日付 Staudinger 宛の送り状⁵⁾によると、その前のニュルンベルグ (Nürnberg) におけるドイツ化学者協会大会の際に、A. Voss (フォス、後述) に対し御依頼のあった下記薬品を今日発送した旨記されている。すなわち、

2kg 合成樹脂 (酢酸ビニル重合物)

約 200g ずつ 酢酸ビニル

酢酸セルロース

シェラック

コロホニウム

メチルセルロース

となっている。このニュルンベルグの大会というのは、同年9月10日に開催されたドイツ化学者協会の総会のことと見られ、Staudinger はここで「ゴムの化学構造について」という講演を行ったが¹⁴⁾、この会合の間に Hoechst 社の Voss を探し当てて依頼したのであろう。

ところが Staudinger の回顧¹⁵⁾によると、

私が1926年にフライブルグ(Freiburg i.Br.)に移った後に、ヘキストのIG. 染料工業の所長であったG. Kränzlein (クレンツライン、後述) ならびに電気化学工業組合 (Consortium 社、後述) から酢酸ビニルの単量体と重合体が提供された。当時G. Kränzlein は塊状重合によるポリ酢酸ビニルの工業的製造に関する実験をおこなっていた。そして私は比較的大きな塊を処理することが当時どれほど困難であったかを今なお覚えている。

と語られている。この二つの記録から察すると、1925年10月に Hoechst 社から送られた試料は予備テスト的に使われたが、チューリッヒ (Zürich)

からフライブルグへの移転のため中断されたか、あるいは試料は未使用のままフライブルグに運ばれ、本格的な実験は1926年フライブルグ移転後に始められたということなのであろう。

3. Consortium 社との交流

3.1 Consortium 社の接近

Staudinger のデュッセルドルフでの講演が工業界に与えた衝撃の反響が間もなく現れはじめたが、その一つは Consortium 社の接近である。同社では既に1924年に、Staudinger と同様にポリ酢酸ビニルのけん化によりポリビニルアルコールが得られることを発見していた¹⁶⁾ のである。この発見に関する同社々内報告書 (1924年7月31日付) が公開されており、Hoechst 社の資料¹⁷⁾ や C. A. Finch の著書¹⁷⁾ に引用されているが、それは W. O. Herrmann (ヘルマン、後述) と W. Haehnel (ヘーネル) の2人によって記されたものである。

その中には、酢酸ビニルモノマーのけん化の場合には不安定なビニルアルコールモノマーがアセトアルデヒドに異性化して、残留物が樹脂化してしまうのに対し、酢酸ビニル重合体の場合には重合体ビニルアルコール (“Piol”) が得られることが記録されている。この発見事実の特許申請されたものの、社内に秘せられたままになっていた。その当時は、簡単な重合現象については知られていたが、ポリ付加とポリ縮合の区別は明確にされていない状況であったから、当日の、化学式を明示した Staudinger の発表は強力な裏付けを得たようなものであったろう。逆に Staudinger にすれば、自説の実証者が早速にも現れてきたのであるから、百万の味方を得た思いであったに違いない。

かくして両者の話し合いが進み、1927年の *Berichte* 誌に両者からの報文が発表されることになった。Consortium 社からは W. O. Herrmann と W. Haehnel の連名の、「ポリビニルアルコー

ルについて」というタイトルで¹⁸⁾、主としてポリビニルエステルのけん化によって得られるポリビニルアルコールの分析値、性状値、種々の物性値、化学的特性などが報告された。Staudinger 側からは K. Frey (フライ) と W. Starck (シュタルク、後述) との連名で、「高分子量化合物について」の研究報文シリーズの第 9 報、「ポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールについて」と題して¹³⁾、主として Hoechst 社と Consortium 社から提供された試料を用い、ポリ酢酸ビニル樹脂の氷点降下法による分子量測定、溶液粘度の測定、分別沈でん法または分別溶解法によるフラクション分別、けん化によるポリビニルアルコールの生成とその特性、ポリビニルアルコールの再エステル化の問題などが報告された。

3.2 Consortium 社と W. O. Herrmann について

Consortium 社は Konsortium für Elektrochemische Industrie GmbH (C と K が混用されることが多いが、一般には C が使用されている) の略で、Alexander Wacker (ワッカー、1847—1922) の創立した研究会社である^{19, 20)}。Wacker は 19 世紀末頃からヨーロッパにおける水力電気の開発に大きな貢献をしたが、電気を化学に応用することについても卓見をもち、ヨーロッパの 3 ケ所にカーバイド工場を建設した。しかしカーバイドアセチレンの主用途であった灯火の分野が、電灯の普及発展によって甚大な影響を受ける事態に至ったので、この苦境を打開すべく彼は 3 ケ所のカーバイド工場を出資者として、電気化学の発展、特にカーバイドおよびアセチレンの用途開発を推進するための研究所を設立したわけである。電気化学工業組合という名称はこのような経緯によるものである。

一方、Wacker は 1914 年に Dr. Alexander Wacker Gesellschaft für elektrochemische Industrie GmbH. (略称: Wacker Chemie) 社

を設立し、ブルグハウゼン (Burghausen) に工場を建設して Consortium 社の研究成果を工業化する体制を整えた。その特筆すべき成果は、Herrmann らによって研究されたアセチレンからアセトンに至る合成で、前報¹⁾でも述べたように、F. Hofmann らによって推進された「メチルゴム」の原料として、第 1 次大戦中から工業生産が推進された。戦後は酢酸、無水酢酸などの開発に力が注がれ、1920 年代に入って酢酸ビニルなどの研究が重点的に進められつつあったわけである。

W. O. Herrmann は 1886 年シレジア地方 (現在はポーランド) のブレスラウ (Breslau) に生まれ、その地の大学で 1908 年に学位を取得した後、一旦同大学の微生物学研究所に入所したものの、すぐに Consortium 社の招請に応じて転身した²⁰⁾。

彼の業績としては、上述のアセトン製造技術の確立など、数々のアセチレン化学に関する合成技術の開拓の他に、ポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールの研究と工業化などが挙げられる。後者については、工業化の当初は充分の需要がなく、合成化学とは違って、その応用と用途開発に数々の努力を積み重ねることによって、ようやく成功に導いたのである。1958 年には倉敷レイヨン (現在、クラレ) 社の招きで来日し、各地で講演会が開かれた²⁰⁾。

4. Hoechst 社²¹⁾ との交流

Hoechst 社で刊行された古文書集第 15 分冊⁵⁾ には、1926 年 9 月頃から 1929 年 1 月までの Staudinger と Hoechst 社との往復文書が集録されている。欠落が全くないわけではなからうが、当時の状況がよくわかるので、主な文書の要旨と他文献²⁾からの補足を加えて、当時の交流の事情を表記しておいた (表 1. および 2.)。これらの個々の説明は省略して、概略的な流れを述べておこう。

4.1 Staudinger の立場と姿勢

Staudinger のポリ酢酸ビニルの研究の始動は、

表 1 H. Staudinger と Hoechst 社との文書の交流 (1925-27年)

Dok. No. # ₁	文書日付 (年 月日)		文書の 流れ # ₂	要 旨
3	1925	10. 3	H→S	要請のあった酢ビモノマーとポリマーとを送付したことの連絡.
—	1926	3-6月	—	St. 一門チューリッヒよりフライブルグに移転.
—		9 月	—	デュッセルドルフでの討論講演会
5		10.19	S→H	ポバールに関する H 社の特許の写しを貰ったことの謝辞. 酢ビモノマー分譲の依頼, 併せて研究支援の要請.
7		11.12	S→H	低温重合物の強靱性に注目, このようなサンプルがあれば送って欲しい.
8		11.26	H→S	Griessheim 社の特許に従った低温光重合物のサンプルを送る.
—*	1927	1 月	—	H. Mark との文通始まる.
12		4. 2	S→H	3月23日に H 社を訪問し, 研究支援を受けるために説明した自分の研究の概要報告と所見を書類にまとめて送る. (当日は Duden, Kränzlein, Voss らが応対).
13		4.21	S→H	Consortium 社からポバールの試料を貰ったこと, 同社と Ber. 誌に同時発表することを提案したが, H 社も参加してはどうか.
16		5. 5	S→H	塩化ビニルまたは臭化ビニルのモノマーおよびポリマーを提供願いたい.
17		5. 7	H 社内部	S 教授への報告素案. 低温重合法では, 良い結果は得られていないし, S 教授指示の光照射法も問題が多い. 分子量を溶液粘度で比較する考え方にも疑念あり, 機密保持のため Ber. 誌への発表はしたくない. (Voss から Kränzlein へ).
18		5.17	H→S	(上記報告案の表現を温和な形に修正). 酢ビの重合について, 比較的高温の重合法はうまく行っているが, 低温重合法についてはまだ問題が多いことを報告.
—		5.31	—	Voss がフライブルグを訪問. 酢ビの重合について意見交換.
—		6. 3		
20		6. 2	S→H	Voss の来訪により得るところがあったと感謝し, 討論の成果を報告, 光照射重合における酸素の影響, ポバールの紡糸テストの考え方を説明.
21		6. 4	H 社内部	(Voss より Kränzlein へ). 上記の出張報告. なお個人的意見として, この協力研究を強力に進めるのであれば, もう一人増員してほしい.
22		6.15	同上	上記出張報告の補足. St. 研究室の活況(研究アイテム, 装置など)の報告. 総勢約10-15人で, 幅広く学術的な研究が進められている.
25		10. 4	H→S	所望の紡糸装置を送った. しかし多少適当でないところもあるので, 実験室用のオートクレーブに転用されても結構, 低温重合の方は, 目下太陽が照らないので大量の樹脂が得られていない, もう少し待つてほしい.
27		10.11	S→H	上記手紙への謝辞と近況報告, クロロ酢酸ビニルに興味を持っているので, その合成法について教えてほしい.

註: #₁ 文献 5) 所収の Dok. No.#₂ S: Staudinger, H: Hoechst 社 (主として代表署名は Kränzlein)

* 文献 2)

上述のように, Hoechst 社の試料を貰い受けた時期からと見られる (Dok. 3) が, 正式に研究支援の要請を Hoechst 社に対して行ったのは1926年10月と見られる (Dok. 5). 続いて翌年3月23日に彼は自ら Hoechst 社に出かけて行って, 支援を受けるために, 自研究室の研究概況とポリ酢

酸ビニルの応用についての所見などを報告している (Dok. 12). この中で彼は既に, 分子の平均的大きさ, 樹脂の強度, 融点, および溶液の極限粘度などの間にある種の関係があるらしいこと, 浸透圧法と溶液粘度法などにより分子量を測定する可能性があること, 分子量の高い, 良い樹脂を

表2 表1の続き (1928—29年)

Dok. No. # ₁	文書日付 (年 月日)		文書の 流れ # ₂	要 旨
29	1928	3・1	H→S	H社の重合研究は相当進歩し、品質の良い樹脂が製造できるようになったので、500キログラムをお送りする。分子量を調べて頂きたい。
—*		5月	—	H. Mark との文通再開。
28		5・18	S→H	近況報告。欄外に Kränzlein の Voss 宛のメモ書きあり (S教授に光重合法の非実用性を漸次理解して頂くよう努力するという趣旨。——若い人たちの不満をたしなめたものか?)
—*		6月	—	Fikentscher (BASF) フライブルグのコロキウムに参加
30		6・13	H社内部	H社本部より Kränzlein へ。S教授希望の水銀ランプ照射装置購入の金額振込済みの連絡 (700マルク)
33	1929	1・26	H→S	W. Starck 君の当社入社を説得願いたい。 “Mowilith”-Nおよび-H樹脂の製造状況の報告。そのうち1000キログラムをお送りした。光重合法は工業生産方式としては適当ではないことを説明。
—*		10・17	—	H社に招待され、S教授講演。
—*		10・22	S→H	上記招待の謝礼。なお1000マルクの金額の交付を受けたことへの謝辞。
—*		10・23	S→H	A. Schmidt への手紙。 先日の訪問の謝礼。K. H. Meyer と H. Mark との関係修復のための会談の仲介をして欲しい。

註：#_{1,2}：前表に同じ。

*：文献2)

得るには純度の良い出発物質を使用することが肝要であることを述べ、ポリ酢酸ビニルやポリビニルアルコールの用途としてフィルム、糸、接着剤などについて意見を披瀝している。

その後、彼は Consortium 社のことを頭に置いて Hoechst 社としてのポリビニルアルコールに関する特許の補強を訴えたり、低温重合物の強靱性に注目して低温光照射重合法を推奨したりしている (Dok. 5, 7, 8)。また Consortium 社との同時研究発表に際して Hoechst 社の参加も勧めている (Dok. 13) が、Hoechst 社の方は機密保持のためという理由で辞退している (Dok. 17)。

この頃の Staudinger の立場としては、当時なお低分子会合説に固執して彼の巨大分子説に異を唱えていた学界の人たちを首肯させるための高分子化合物存在の証明、換言すればそれらの分子量の測定を通して高分子概念の確立に力を注いでいたわけであるが、Hoechst 社からの研究支援を受ける以上、同社に対し何らかの寄与をしたいとは

考えていたのであろう。ただ彼自身工業界での経験がないだけに、その姿勢には明確な指導性が欠けていたようである。当時の Hoechst 社での最大関心事は酢酸ビニルの重合に関する工業的な製造技術の確立にあった筈であるが、種々の材料についての重合現象の断片的な知見を有している彼にしても、本格的なラジカル重合の系統的研究に着手するまでには手が廻らず、その成果は1935年頃まで待たねばならない状況であった²²⁾。

結局、彼はこの時期低温光照射重合法に拘泥し、Hoechst 社に購入して貰った紡糸装置 (Dok. 20) と水銀ランプ照射装置 (Dok. 30) を用いて、酢酸ビニル低温重合物、またはそれからのポリビニルアルコールについての紡糸を試みる構想を持ったようであるが、他の仕事に終われたまま結実には至らなかったものと見られる。

4.2 Hoechst 社の立場

一方、Hoechst 社の方も Staudinger に対して具体的な要望課題を提案した形跡はなく、支援を

行う中で Staudinger の研究成果を適宜取り入れようという考え方であったと見られる。当時の研究所長であった Kränzlein は Staudinger の主張に共鳴し、染料化学の時代に実績を挙げた産学協同の良い伝統を活かしたいと考えていたようである。

この頃 Hoechst 社は、P. Duden (ドゥーデン、1868–1954)^{23, 24)} がアセチレンからアセトアルデヒド、酢酸、アセトンなどを段階的に製造する技術を開発し (1917年頃)、逐次、それらの誘導体を含めた工業化を進めつつあったが、ポリ酢酸ビニルに関しては、先行していた Wacker Chemie 社に対し 50% の資本参加をするという手を打ち (1920年)、未成熟の市場における過当競争を避けつつ両社並行の形で、開発を進めていた。酢酸ビニルの重合については Kränzlein らが、主として過酸化物を用いた塊状重合法による技術確立を急いでいたわけで、そのような状況の中で Staudinger の低溫光照射重合法の提案は、甚だ迷惑な話であった筈である。

A. Voss がやや反抗的な意見を Kränzlein の許に提出しているのはこうした背景があるからである (Dok. 17, 18, 21, 25)。「目下太陽が照らないので大量の樹脂が得られていない」という報告 (Dok. 25) は大変面白い。また Voss がフライブルグの研究室を訪問して、実験に関する意見交換を行った時の出張報告 (Dok. 21, 22) も興味あるもので、同研究室ではポリ酢酸ビニルばかりでなく、他のポリマーに関する研究が、10~15人のスタッフで活発に推進されている様子が、羨望とも不満ともとれる形で報告されている。

Kränzlein はこのような Voss らの若い人たちの不満を宥めながら、Staudinger に対してはその学説の信奉者としての姿勢を崩さず、ようやく軌道に乗りはじめた工場のポリ酢酸ビニルの状況を報告してその分子量測定を依頼 (Dok. 29, 33) する一方、提案された低溫光照射重合法の非実用

性を婉曲に説得している (Dok. 28, 33)。そして Hoechst 社が念願としていた、Staudinger の許でその思想を学んだ門下生、W. Starck の入社招請に成功したのである (Dok. 33)。

1929年10月17日、Staudinger は Hoechst 社に招かれて、「Kekulé の構造論に基づく有機高分子量物質の構造」という講演²⁵⁾を行い、歓待を受けたのである²⁾。

4.3 Hoechst 社の人たち

ここに登場した二、三人の人たちについて簡単に紹介しておくことにする。

G. Kränzlein (1881–1943)²⁶⁾、ヴァッサトリュディンゲン (Wassertrüdingen, ニュルンベルグの南西) に生まれ、ニュルンベルグの工業高校を出た後小さな化学会社に勤め、苦学の末に博士号を取得して1908年 Hoechst 社に入社した。先ず染料の研究に従事して重要な建染染料、羊毛染料、およびインダンスレン染料などの開発、また彼の名を冠したアントラゾル染料の発見などの功績を挙げ、アリザリン製造部門のリーダーとして1920~30年代の Hoechst 工場における染料事業を支える重責を果たした²⁷⁾。その後研究所長を兼ね、合成樹脂分野の将来性に着目するとともに Staudinger の主張に共鳴して研究を推進し、社内の理解が充分得られない時期に研究資源の確保に努めて、ポリ酢酸ビニル関連の製品化を成功に導いたのである。このことは IG. 社内の他の工場にも刺激を与え、特にルートヴィヒスハーフェン (Ludwigshafen) における合成樹脂研究を促進する要因ともなった。また後述するように、IG. 社内の技術者を糾合して合成樹脂技術委員会などを主宰する役割も演じた。

1930年代にはドイツ化学者協会の合成樹脂化学専門グループの座長などを勤めて、指導的発言を行ったようであるが、幾つかの講演記録が残っている^{28, 29)}。(写真1)。

しかしナチスの登場でヘキスト (Höchst) 地区

はこれに共鳴する人が多く、彼もその影響を強く受けるようになったため³⁰⁾、Staudingerの方がこれを忌避する形で次第に親密度が薄れていったようである。Staudinger のメモ³¹⁾によると、自分の申請した特許に対して彼は態度を変えて低い評価額の返答をしたと憤慨しているが、後に



写真1 Dr. Georg Kränzlein

Staudinger 自身、この特許はそれほど工業的な利用価値はなかったことを認めているのを見ると³²⁾、疎遠の原因はむしろ、Staudinger のナチスに対する被害者意識にもあったと見られる。

逆に Kränzlein の方は Staudinger の信奉者の立場で、いろいろと彼を庇護し続けたものと見られる³³⁾。例えば、Kränzlein は上記の講演²⁹⁾の中で Staudinger の功績を讃えた後、アメリカなどの外国にくらべてなお合成樹脂に関する基礎研究が不十分であることを訴えて、フランクフルト (Frankfurt) に開設される合成樹脂研究所に期待を表明しているが、Staudinger の有力な弟子であった W. Kern (ケルン、1906–1985) がこの研究所に招かれたもののその計画は挫折し、しかもナチスの圧力で離職を余儀なくされたとき³¹⁾、Hoechst 社への入社を受け入れたのも彼であった^{30, 31)}。

A. Voss (1882–1940)⁸⁾ はホルスタイン (Holstein) 地方のズューダーハステット (Süderhastedt) に生まれ、フレンズブルグ (Flensburg) の実業高等学校に学び、大学入学資格を得てからベルリ



写真2 Dr. Arthur Voss

ンで化学を学んで学位を受けた。約1年ほどE. Fischer(フィッシャー, 1852-1919)の私費助手を勤めてから、同教授の推薦で1910年にHoechst社に入った。彼は在社期間の殆どを研究所で過ごしたが、その間、フェノールとアセトアルデヒドからの縮合型樹脂、人造シェラックや鞣皮剤などの製造研究を経て、ポリ酢酸ビニルの工業化のための研究に従事し、重要な役割を果たした。F. Klatte(後述)との連携、Staudinger研究室との連絡、あるいは後進の若い研究者たちの督励といった仕事を、Kränzleinの右腕となって誠実に推進したのである。彼の注目すべき仕事の一つにビニル化合物の混合重合(共重合)を初めて手がけたことが挙げられよう⁸⁾。当時は、各処で類似の研究が始められていたであろうが、それらの成果は公表されていない時期であったから非常に独創性があったものと評価される。それは特許として1930年に申請されたもので³⁴⁾、その実施例にはスチロール、酢酸ビニル、あるいは塩化ビニルなどと無水マイン酸との組み合わせの重合について記載されている。(写真2)

W. Starck(1901-1985)³⁵⁾はケルン(Köln)の生まれで、チュービンゲン(Tübingen)およびグライフスワルド(Greifswald)で化学を学んでからフライブルグのStaudingerの許で「ポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールについて」のテーマで学位を取得した¹³⁾。1929年Hoechst社に入社し、研究所においてKränzleinとVossの下でポリ酢酸ビニル周辺の研究を担当し³⁶⁾、1931年には研究所の合成樹脂部門のリーダーに任ぜられているようであるが、地味な人のようで、特に目立った事績は残していない。

5. F. Klatteについて^{4, 6)}

次にStaudingerの研究を触発する発見をし、また時機の熟さない時代に自ら合成樹脂開拓の苦難な道を歩んだKlatte(1880-1934)という人

のことに述べておくことにする。

彼はハノーバー(Hannover)地区のディーフォルツ(Diepholz)で生まれ育ったが、市長であった父親が早く亡くなったために進学コースを変更し、ギムナジウム第7年学級の時点で卒業して各地の薬局で見習奉公をしてからベルリン大学で仕上げの勉強を行い、1907年博士試験に合格した。続いて農業大学付属の醗酵産業研究所のE. Buchner(ブッフナー, 1860-1917)教授の許で酵素に関する研究に従事した後、1908年Griessheim Elektron社に入社した。これ以後の彼の主な事績を表3. にまとめておいた。

このGriessheim社³⁷⁾は、ルブラン法によるソーダ製造を目的として1856年に設立されたが、その後電解法による苛性ソーダと塩素の製造法の開発に成功し、さらし粉業界を牛耳るといった形で電気化学工業分野で系統的多角化に成功し、当時のドイツ化学工業界で重要な地位を占めるに至った会社である。やがてドイツ化学工業の企業合同の動きの中で、同社は1916-17年にHoechstグループに入り、続いて1925年にIG. 染料会社へ組み入れられてゆくわけである³⁸⁾。

Griessheim社に入った彼は、1912-13年頃からアセチレンからのビニルエステルおよびハロゲン化ビニルの合成、およびそれらからの樹脂状物の発見を行い先駆的な特許^{10, 11, 39)}を出願した。これらの特許がStaudingerの目に止まり、その研究を触発することになるわけである。一方、彼はこれらの発見の中から先ずクロロ酢酸ビニル重合物を製品化した(商品名、'Mowilith-G'、この商品名は後にHoechst社の酢酸ビニル系樹脂の商品名として継承された。'G'はGriessheimからとったと言われている)。彼によると、アセチレンからのビニルエステルの製造において、酢酸との反応の場合エチリデンジアセテートの生成量が多くて肝腎の酢酸ビニルの収量が低いのに対し、クロロ酢酸の場合は目的のモノマー収量が良好で

表 3. F. Klatte の事績

年	Klatte の事績
1908	Griessheim-Elektron 社に入社.
1912	アセチレンの付加反応による有機酸ビニルエステル, およびハロゲン化ビニルモノマーの合成法を発見, 特許を申請.
1913	有機酸ビニルエステル, およびハロゲン化ビニルからの樹脂状物を得る方法を発見, 特許を申請. その後上記の重合物から不燃性セルロイド代替物を目的とした応用研究に従事.
第一次世界大戦中	クロロ酢酸ビニル重合物 (Mowilith-G) を航空機用ラッカー材料として, 約40トン生産したが, 終戦により休止. その他のビニルエステル (安息香酸ビニルなど) の研究を進める.
1917	発病咯血, 入退院を繰り返す.
1920年代はじめ	Consortium 社の W. O. Herrmann と知り合い, 協同研究. 酢ビモノマーを C 社に供給する一方, 合成法の改良, および工業的重合法の研究に協力.
1925	企業合同による IG. 社の発足により, Hoechst グループの Kränzlein の指揮下に入り, そのブレインとして同社の酢酸ビニル樹脂の工業化に協力.
1928	Hoechst 社と Consortium 社との仲介を行い, 酢ビ事業に関し情報交換, 特許の共有化などについて友好的な取り決め. Hoechst 社の酢ビ事業が軌道に乗ってからは, ラインフェルデン工場で塩化ビニモノマーの試製造を行い, IG. 社内各工場に供給する一方, 自らも重合研究を進め, その開発推進に努めた.
1930	彼の主唱で次のような会議が開催された. 1 月 그리스ハイムにおいて塩化ビニル会議. 7 月ヘキストにおいて, Kränzlein を座長にして第 1 回合成樹脂委員会会議. (以後1932年 4 月まで 8 回ほどの開催記録あり. 彼は第 4 回以降欠席)
1931	病気再発, 入院
1934	2 月10日クラーゲンフルトのサナトリウムで死去.
1965	12月26日 PVC 開発50年を記念して, Hoechst 社はクラーゲンフルトにおいて Klatte 顕彰講演会を開き, 同地の彼の墓地を清掃改修した.

あること, その重合物は相当硬く, かつハロゲンを含んでいるために難燃性であること等の理由で開発が先行したようであり, 第 1 次大戦中主に航空機用ラッカーの用途に約 40 トンの生産が行われた.

この場合の重合法は, 50~100kg のモノマー仕込み量でほうろく引き装置を用い, 少量の過酸化ベンゾイルを加えて加熱し約 2 時間で粘ちようなシロップ状の初期重合物に変化させた後, これを約 5l 容量のガラスフラスコに分割移し入れてから, 屋外の南面階段上で太陽光に当てて固化重合させるという原始的な方法で行われ, 重合時間は天候とシーズンによって 8 日から 8 週間を要したと言われている. 重合物は急冷して塊を取り出し, 付着したガラス片を取り除いてから旋盤で削り屑状にしていたようである.

このようにして生産された 'Mowilith-G' も終戦とともに需要を失ってしまったので, 彼は他のビニルエステル重合物の研究に力を注ぎ, 例えば安息香酸ビニルなどに興味を抱いていたようであるが, ポリ酢酸ビニルは軟らかすぎるという見方で, 余り大きな期待は持っていなかったようである.

彼は 1917 年に発病咯血して入退院を繰り返す不幸に見舞われ, 仕事に復帰したのは 1920 年に入ってからのものであるが, この頃 Consortium 社 (以下 C 社) の接近で W. O. Herrmann と知り合い, C 社の酢酸ビニルの開発計画に協力することになった. 彼は C 社に酢酸ビニルモノマーを供給するとともに, モノマーの合成法の改良や工業的重合法の研究について助言したようであるが, このことによって C 社側は無水銀法 (酢酸亜鉛—

活性炭触媒)の、気相循環方式の酢酸ビニルモノマーの製造法を開発するに至り、また重合法についても光照射法を卒業して制御性のある塊状重合技術に辿り着くことができたのである。そして Wacker 社は1924年頃から、小規模ながら 'Vinnapas' (同社ポリ酢酸ビニルの商品名) の生産を開始した。

ただこのような技術進歩にも拘らずポリ酢酸ビニルの需要は思うようには開けず、市場開拓も遅々たるものであった。折しも酷しい財政事情の中、Griessheim 社は Klatte を説得して、1926年に彼の特許の権利を放棄してしまったが、後述のような結果が目前に迫っていただけに惜まれることであった。

Griessheim 社が IG. 傘下に組み入れられてからは、Klatte は Kränzlein の指揮下に入り、そのブレインとして、当時推進されつつあったポリ酢酸ビニルの工業化を支援した。そして1928年6月には、彼が仲介役となって C 社との間で、ポリ酢酸ビニルおよびポリビニルアルコールに関する特許問題についての会議が開かれ、市場が未成熟な時期における過当競争を避けるために、両社間で友好的な情報交換と特許の共有化についての取り決めが行われ、Hoechst 社はいよいよポリ酢酸ビニル事業の推進を決断するに至った。Duden は C 社の無水銀気相法によるモノマー製造技術を高く評価し、この方法の採用による工業化が進められることになった。

Hoechst 社の 'Mowilith' (Hoechst 社のポリ酢酸ビニルの商品名) 事業が緒につきはじめてからは、Klatte は年来の夢であったポリ塩化ビニルの工業化の気運を盛り上げるための活動を開始した。その拠点をラインフェルデン (Rheinfelden) 工場に移し、塩化ビニルモノマーを IG. 社内の各工場に配布し、各工場での研究進捗状況を把握する一方、Kränzlein を座長として IG. 社内の有力メンバーを集めて塩化ビニル会議、続いて合

成樹脂技術委員会を開催し、各工場間の情報交換、研究予算および分担等について論議を行っている。後者の会議の出席者の中には K. H. Meyer (マイヤー) や H. Mark (マルク) らの名前も見られる。

彼はポリ塩化ビニルの安価さ、強靱さに惹かれ、難燃性のセルロイド代替用途を意識していたようであるが、当時の技術レベルでは、重合の制御性、樹脂の加工の際の熱安定性などの問題に対する解決策が容易には見出せず、遂に志を果たさぬうちに再び発病し、1934年クラーゲンフルト (Klagenfurt) のサナトリウムで不帰の人となった。塩化ビニル樹脂の一部生産がはじめられたのはその翌年の頃であった⁴⁰⁾ ('Igelit MP' など)。

それにしても、薄幸の生涯を送った Klatte は、ポリ酢酸ビニルの分野で奇妙な、しかし重要な役割を果たしたものである。彼はその先駆的な特許によって Staudinger の研究を触発する一方、Consortium 社の Herrmann とめぐり合ってその研究を助け、そしてさらに編入された Hoechst 社においても、その工業化を支援するとともに両社の友好的な協力関係を仲介することによって、ドイツにおけるポリ酢酸ビニル事業づくりに貢献したのである。

Staudinger と Klatte との邂逅は Hoechst 社において行われた可能性があるが、具体的な記録はない。しかし、例えば、Staudinger が急にクロロ酢酸ビニルに興味を抱いていろいろの問い合わせをしていること (表2, Dok. 27)、一方 Klatte 側でも、Starck が入社する前にその学位請求論文の写しを入手しようとしている記録 (1925年2月25日付)⁷⁾ や、彼の主宰する上記の技術委員会において、新着雑誌所載の Staudinger の論文を議題に乗せてこれを評価している記録 (1930年1月8日付)⁶⁾ などが残されていることを見ると、両者の間には多分に親近の意識が働いていたことが窺える。



写真3 Dr. Fritz Klatte

1965年 Hoechst 社はポリ塩化ビニル開発50年を記念して、クラーゲンフルトにおいて Klatte 顕彰の講演会を開催するとともに、同地にある彼の墓地を改修して、「近代合成樹脂化学の開拓者」の碑銘を刻んだ黒大理石の墓碑を建てたが、技術者を尊重するドイツ化学企業の面目躍如という感に打たれる。(写真3)

6. その後の Staudinger の研究報文

1927年に発表¹³⁾以後、Staudinger はポリ酢酸ビニルに関し2論文を発表している。その一つは「高分子量化合物について」報文シリーズの第52報、「ポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールについて」と題するもので⁴¹⁾、表2の Dok. 33 に見られるように、Hoechst 社から送られた工場生産の樹脂と、自研究室で調製された、加熱または光照射重合物試料、並びにそれらから得られたポリビニルアルコール試料などについての溶液粘度の測定と、粘度律から算定した分子量に関する報告である。要するに、Hoechst 社から支援を受けて行った協同研究の総括ともいえるべきものである。‘Mowilith-H, -N’についてはそれぞれ、重合度 230 (分子量 20000) と 100 (9000) の値が示され

ているが、こうしたデータを報告することによって粘度律の妥当性を論ずるとともに、Hoechst 社に内在していた疑念に答え、製造技術研究に対する指針を示そうとしたものであろう。この中には他に、酢酸ビニルの重合ではスチロールの場合よりも微妙に酸素の影響を受け易いという知見や、クロロホルム溶液中で重合させて得た、塩素を含有する分子量約 3000 のポリ酢酸ビニルを、赤リンと沃化水素酸とで還元するとリンを含まない、比較的高分子量のパラフィンが得られたという結果などが記されている。

他の一つは、報文シリーズ第247報、「高分子量合成樹脂の化学構造について」と題するものである⁴²⁾。ここでは比較的高分子量のポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールについて、浸透圧法と溶液粘度法とのデータから K_m 恒数の算定値を求めると、その値は非常に低く、しかもその値は重合度とともに低くなること、また別に工業品ポリ酢酸ビニルをけん化すると等重合度的でない、より低重合度のポリビニルアルコールが生成すること等の異常が認められたことが報告されている。さらにポリアクリル酸エステルでも同様な傾向が観察されることから、これらの異常は、モノマー中の不純物によるポリマー中の不規則性が原因であると推論している。しかしこの結論はやや妥当性を欠くもので、後に彼自身認めているように¹⁵⁾、酢酸ビニルは重合の際にアセチル基から側鎖を生じて、分枝構造を形成し易いことなども考慮する必要があるようである。なお、この報文には IG. 社のヘキストおよびルートヴィーヒスハーフェン工場、並びに Wacker 社への謝辞が記されている。

上記の分枝の問題については、後に、ポリアセチル酢酸ビニルを扱った報文⁴³⁾が出されているが、ここでは省略する。

7. ポリ酢酸ビニルの工業化への道^{4, 7, 8, 17)}

酢酸ビニルモノマーについては、既に上述した

ように、Klatte からはじまって Consortium 社の人たちの努力によって工業的な製造技術が確立されるに至ったが、モノマーから重合物に至るいわゆる重合の段階において、工業的な技術を確認する道程は決して容易なものではなかった。

まずモノマーの純度については、今日では常識的なことであるが、当時としては予想以上に高度な精製が必要であった。Klatte や Staudinger が低温光照射重合法に拘泥したのも、モノマーの純度が低いために分子量を高くする、やむを得ぬ方策であったとも言えよう。さらに Staudinger も指摘しているように、酸素の微妙な影響も軽視できない因子であり、こうした要因が絡まって重合の再現性が低下し、時には暴走反応を惹起したりすることが多かったと言われる。事実、重合が爆発的に進んで屋根まで吹き上げる事故に遭遇したり¹⁶⁾、あるいは触媒を加えていないモノマーを放置しておくだけで爆発的な重合を起こしたという苦い経験²⁰⁾を味わっていたようである。

また重合の際の発熱、そして重合によって粘性を増した系の温度制御の問題も厄介であったし、続いて生成した重合物の、高粘性乃至は半固体状塊の取り扱いも難儀な、泥臭い仕事であった。このように規模を大きくした実験の段階で改めて認識させられる問題も多く、当時の製造研究は実験室と工場との間を常にさまよっているといった状況であった。

かくして、モノマー純度を改善する一方、重合を開放系の容器中で、モノマーを一挙に大量仕込みをせずに徐々に導入する方式で、重合触媒（主として過酸化ベンゾイル）とある種の反応遅延剤（今日では調節剤という。ここでは主としてアルデヒド類）とをモノマーに加え、その種類や量、あるいは添加時期などを変動させた詳細な検討を行って、次第に制御性のある重合が行えるようになり⁸⁾、重合を所望の、任意の重合率に止めることも可能となったのである²⁰⁾。こうして Wacker

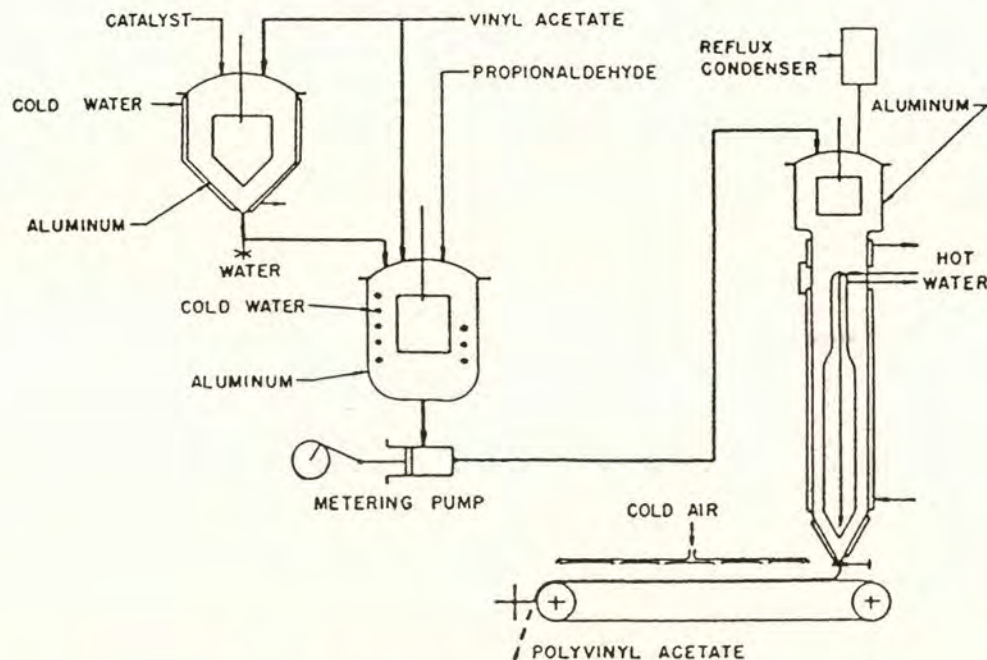
社に続いて Hoechst 社でも1928年頃から小規模の生産が開始されるに至った⁸⁾。

しかし、当初は市場も未成熟で、当面の競合材料であった天然樹脂や亜麻仁油にくらべてもコスト高であり、その特性も充分認識されていなかったために、独自の用途分野を開拓し、本格的な生産体制に入るまでにはかなりの時間が必要であった。

Hoechst 社の 'Mowilith-N, -H' (N: 低粘度, H: 高粘度タイプ) の当初の製造状況は次のようなものであった⁸⁾。すなわち、外部から加熱した、底部が円錐状のアルミニウム製シリンダーに、少量の重合物と過酸化ベンゾイル、およびアセトアルデヒドを添加溶解させた酢酸ビニルモノマーを10~12時間の間に冷却器を通して徐々に滴下し、滴下終了後、なお2~3時間加熱して重合を終了させ、次に加熱下に容器を真空にして溜出物を追い出した後、残された塊をポンプ循環による加熱オイルで加熱して軟化させ、滑車を介して軸状に引き出してから特殊の旋盤で切削するという方式で、1バッチ当たり約100kgの規模であったようである。NとHとはアセトアルデヒドの量の差によってつくり分けた。

さらに高粘度タイプのHHグレードの場合、上と同様の装置を用いるが、重合触媒として過硼酸ソーダを用い、生成重合物が高粘性で強靱であることを考慮して、予め重合の前に0.5mmの厚みのアルミニウム製薄肉内挿容器を反応器内に嵌め込んでおいて、重合終了後にこの挿入容器の方を滑車で引き抜くという方式で生産していたということである。

しかしその後、ルートヴィヒスハーフェンの C. Wulff (ウルフ, 1901-1983) らによってスチロールの連続塊状重合プロセス（後報の予定）が開発されたのに刺激されて、Hoechst 社はこれを応用した、酢酸ビニルの連続塊状、および酢酸エチルを溶媒に用いた連続式溶液重合の技術を確認

図1 I.G. 社における酢酸ビニルの連続塊状重合プロセス⁽⁴⁾

(1931—33年頃)した。前者は第2次大戦終了時、低粘度品 50t/月の能力で稼動していたようである。その概要を図1に示しておく^{8, 44, 45)}。

続いて1934年頃には乳化重合法によるポリ酢酸ビニルエマルジョンの生産が両社で行われるようになり⁴⁶⁾、また Wacker 社ではけん濁重合法による樹脂の製造もはじめられて、第2次大戦終了時の生産能力は、Hoechst 社で約 1000 余 t、Wacker 社で約 400 t の月産に達していたと報ぜられている⁴⁷⁾。その大半の用途はレザー、紙、織物用の接着剤で、また溶液タイプのものはニトロセルロースラッカーへの配合用に応用されたようである。併せてポリビニルアルコールやポリビニルアセタールも少量ながら生産が行われていた。

このようにポリ酢酸ビニル工業は、有機化学の延長の形で進められた染料工業やベークライト工業とは明らかに異なった産学協同の道を模索しなければならなかった⁴⁸⁾。すなわち、Staudinger の側は高分子概念の確立という形での分子量の明確化に、他方工業の側は泥臭い、「きたならしい」

高分子物質の取り扱いから始まって、それを生産性の高い高分子化学技術にまで高める形での連携協力化が進められたのである。両者の間に迷いや疑念が生まれたかも知れないが、それを支えたものは、「企業は学問の発展を援助し、その成果を自己の技術に取り入れていかねばならない」⁴⁹⁾、そして「学問と産業が共存共栄関係になければならない」⁴⁹⁾とするドイツ化学工業界に根付きつつあった信念、あるいは伝統のようなものであったと見ることができよう。当時より少し前の時代に、Haber—Bosch 法の名で呼ばれる合成アンモニア技術が化学と工業との連携によって確立された歴史⁵⁰⁾とも相通じる、当時のドイツに漲る時代の精神でもあったのであろう。

8. ま と め

Staudinger のポリ酢酸ビニルに関する研究は当時 Griessheim Elektron 社にいた F. Klatte の特許に触発されたと見られるが、その後ポリ酢酸ビニルの工業化研究を初めていた Hoechst 社か

ら試料を貰い受けて、はじめて実際の研究に着手したのである。デュッセルドルフの講演会で、彼は数多くの実験データの一つとして、ポリ酢酸ビニルのけん化と再エステル化の過程において溶液コロイド性が保持されることを報告し、巨大分子量化合物存在の主張を行ったが、Consortium社のW. O. Herrmannらが同様の事実を既に発見していたことから両者の親密な交際が始まり、1927年に両者はそれまでの研究成果を同時発表した。

一方、StaudingerはHoechst社から手厚い支援を受けることになり、その間の研究は現実的な同社への貢献に結び付かなかったものの、結局、ポリ酢酸ビニルなどの試料を活用して粘度律を確立し、その工業品の分子量測定という形で恩顧に報いた。

当時Hoechst社の研究所長であったG. KränzleinはStaudingerの信奉者として連携維持に努めるとともに、IG. 社に組み入れられたKlatteをブレインとして、A. Vossらの若い研究者達を督励し、さらにStaudinger門下のW. Starckの入社を成功させてスタッフの充実をはかりながら、茨の道であったポリ酢酸ビニルの工業化を成功に導いたのである。

Klatteは先駆的な開拓者の経験を活かして、Consortium社、続いてHoechst社のポリ酢酸ビニルの研究を助けるとともに両社間の友好的な話し合いの仲介を行った。さらにKränzlein主宰の技術委員会を発足させ、IG. 社内の合成樹脂技術者を糾合し、その気運を盛り上げることに尽力した。

こうした人たちが互いに巡り合い、助け合ってポリ酢酸ビニル事業の基盤が確立されていったのである。

謝 辞

貴重な私文書の閲読および複写をお許し下さっ

たDr. M. Staudinger夫人とドイツ博物館古文書室の方、また古文書集刊行物、各種資料並びに写真などの御提供を頂いたHoechst社研究開発部門の方々に深甚なる感謝を申し上げます。

またWacker社々史資料のコピーを御送付頂いたワッカーケミカルズ・イーストアジア社の方々にも謝意を表します。

文 献 と 注

- 1) 田中 穆, 『本誌』19, 172, 247 (1992).
- 2) C. Priesner, H. Staudinger, H. Mark, u. K. H. Meyer—*Thesen zur Grösse und Struktur der Makromoleküle* (Verlag Chemie, Basel, 1980).
- 3) H. Morawetz, *Polymers—The Origins and Growth of a Science* (John Wiley & Sons, New York, 1985).
- 4) *Dokumente aus Hoechster Archiven — Beiträge zur Geschichte der Chemie* (Farbwerke Hoechst AG.).
Heft 10: Dr. Klatte Pionierpatente. Bildung von Kunstharzen durch Licht (1966).
(Dr. Klatteの先駆の特許. 光照射による合成樹脂の生成).
- 5) *Ibid.*, Heft 15: Zur Strukturaufklärung der Makromoleküle: Ein Briefwechsel zwischen Prof. Staudinger und Dr. Kränzlein (1966).
(巨大分子構造解明に関するStaudinger教授とDr. Kränzleinとの間の文通).
- 6) *Ibid.*, Heft 17: Anmerkung Dr. Klatte in der IG. (1966).
(IG. 社におけるDr. Klatteの事績への理解).
- 7) *Ibid.*, Heft 23: Verschlungene Pfade zwischen Labor und Betrieb. Die Anfänge der Mowilith-Herstellung (1967).
(実験室と工場との間の錯綜した道のり, Mowilith ((ポリ酢酸ビニル))の製造のはじまり).
- 8) *Ibid.*, Heft 24: Arthur Voss—Ein Leben für die Kunstharze (1967).
(アルトゥール・フォス—ある合成樹脂のための生涯).
- 9) H. Staudinger, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* (以下Ber. と略す), 59, 3019 (1926).
- 10) DRP 271, 381 (Griessheim Elektron社). アセチレンと有機酸とからのビニルエステルモノマー

の製造に関するもの。

- 11) DRP 281, 687 および 281, 688 (Griessheim Elektron 社)。有機ビニルエステルから工業的に価値ある製品を製造する方法 (重合) に関するもの。
- 12) P. Friedländer, *Fortschritte der Teerfarben-Fabrikation* (Springer Verlag, Berlin, 1877-1930)。
- 13) H. Staudinger, K. Frey u. W. Starck, *Ber.* **60**, 1782 (1927)。
- 14) C. Priesner, *Der wissenschaftliche Nachlass von H. Staudinger (1881-1965) in Deutschem Museum - Katalog* (München, 1982), S. 19。
- 15) H. シュタウディンガー著, 小林義郎 (訳) 『研究回顧 高分子化学への道』 (岩波書店, 東京, 1966), 195ページ。
- 16) W. Freiesleben, *Im Wandel Gewachsen, Der Weg der Wacker Chemie 1914-1964* (Wacker Chemie GmbH, München, 1964), SS. 48-49。
- 17) C.A. Finch, *Polyvinyl Alcohol - Properties and Applications* (John Wiley & Sons, New York 1973) 所収。Chapt. 1 'Historical Development of Polyvinyl Alcohol' (by H. Winkler)。
- 18) W.O. Herrmann u. W. Haehnel, *Ber.* **60**, 1658 (1927)。
- 19) *Von der Karbidlampe zum Mikrochip - Die Geschichte der Wacker-Chemie in Stichworten* (1989) - Wacker Chemie 社のパンフレット。
- 20) 長野浩一, 山根三郎, 豊島賢太郎 共著 『ポパー』 (高分子刊行会, 京都, 昭45), 5-35ページ。
- 21) 第2次大戦の前後で, Hoechster Farbwerke vorm Meister Lucius & Brüning → IG. 社 Hoechst グループ → 戦後 Farbwerke Hoechst AG. vorm Meister Lucius & Brüning → 現在 Hoechst AG. と呼称が変わっているが, ここでは簡単に Hoechst 社と記すことにする。なお Höchst は同社工場の所在地々名 (フランクフルトに隣接した町) である。
- 22) H. Staudinger u. W. Frost, *Ber.* **68**, 2351 (1935)。
- 23) 文献2) の S. 366。
- 24) E. Bäuml, *Die Rotfabriker - Familiengeschichte eines Weltunternehmens* (R. Piper GmbH, München, 1988), SS. 227, 263。
- 25) H. Staudinger, *Helv. chim. Acta* **12**, 1183 (1929)。
- 26) *Sonderdruck aus Neuer Deutscher Biographie*, 12 (1980)。
- Hoechst 社の好意により入手。
- 27) K. ウィンナッカー著, 児玉信次郎, 関 英夫, 向井幸雄 (共訳) 『化学工業に生きる』 (鹿島研究所出版会, 東京, 昭49), 57ページ。
- 28) G. Kränzlein, 'Entwicklung, Umfang, Bedeutung und Chemie der Kunststoffe', *Angew. Chemie* **49**, 917 (1936)。
- 29) G. Kränzlein, 'Chemische Forschungen auf dem Kunststoffgebiet', *Kunststoffe* **28**, 29 (1938)。
- 30) 例えば, 文献3) の p. 162。
- 31) *Staudinger Archiv*, B-II-76 (Deutsches Museum)。
- 32) 文献15), 189ページ。
- 33) 古川 安, 『本誌』**20**, 1 (1993)。
- 34) DRP 540,101 (発明者: A. Voss u. E. Dickhäuser)。
- 35) Hoechst 社資料。
- 36) W. Starck, 'Über organische Polyvinylester', *Kunststoffe* **38**, 197 (1948)。
- 37) L. ハーバー著, 鈴木治雄 (監修), 佐藤正弥, 北村美都穂 (訳), 『世界巨大化学企業形成史』 (日本評論社, 東京, 1984), 175-176 ページ。
- 38) 同上, 429-446 ページ。
- 39) DRP 278,249 (Griessheim Elektron 社, 発明者: F. Klatte) - ハロゲン化水素のアセチレンへの付加生成物の合成法。
DRP 281,877 (Griessheim Elektron 社, 発明者: F. Klatte) - 角質代替物, フィルム, 人造繊維, ラッカー等への易加工性可塑物の製造法。
DRP 671,889 (IG. 社 - Hoechst グループ, 発明者: F. Klatte u. H. Müller) - 高分子量ポリハロゲン化ビニルの製造法。
- 40) R. Vieweg (Herausg.), *Kunststoff Handbuch, Band II / 1 Polyvinylchlorid* (Krekeler u. Wick) (Carl Hanser Verlag, München, 1963) 所収, 'Beiträge zur geschichtlichen Entwicklung des Polyvinylchlorids bis zum Beginn der Grossproduktion und die anschließende wirtschaftliche Auswirkung', SS. 1-8 (von H. Fikentscher)。
- 41) H. Staudinger u. A. Schwalbach, *Liebigs Ann. Chem.* **488**, 8 (1931)。
- 42) H. Staudinger u. H. Warth, *J. prakt. Chem. N.F.* **155**, (1940)。
- 43) H. Staudinger u. M. Häberle, *Angew. Chem.* **64**, 532. (1952) および H. Staudinger u.

- M. Häberle, *Makromol. Chem.* **9**, 52 (1953).
- 44) R.D. Dunlop and F.E. Reese, *Ind. Eng. Chem.* **40**, 654 (1948).
- 45) H. Hopff, *Kunststoffe* **49**, 494 (1959).
- 46) 『エマルジョンの化学と工業』(高分子刊行会, 京都, 1968) 所収「ドイツのエマルジョン工業」(由良政昭および下川渉), 105~106ページ.
- 47) G.M. Kline, *Mod. Plast.* **23** (Oct. 1945), 152 J-152 K.
- 48) 星野芳郎, 『星野芳郎著作集, 第1巻, 技術論』(勤草書房, 東京, 1977) 所収, 「現代技術史学の方法」313-331ページ.
- 49) 文献 26), あとがき. および児玉信次郎著『研究開発への道』(東京化学同人, 東京, 1978), 284ページ.
- 50) 広田鋼蔵, 「アンモニア合成反応の発見」, 『触媒』**13**, 225-230 (1971). および, 広田鋼蔵, 「アンモニア合成法の成功と第一次大戦の勃発」, 『現代化学』**1975**, 60-67ページ.
- 51) 鈴木重行, 「人物評伝, Dr. Werner Kern」, 『高分子』**14**, 514-516 (1965). および, 木下雅悦, 「Staudinger の後継者, Werner Kern 教授」, 『化学』**27**, 472-476 (1972).

H. Staudinger's Research and the Birth of the Polymer Industry in Germany:

The Research and Development on Polyvinylacetate by Staudinger and Chemists in German Chemical Industries

Atsushi TANAKA

(Polyplastics Co.)

H. Staudinger had been affected by Klatte's patents concerning vinyl acetate polymers, but started his research for the first time in 1926 on polyvinyl acetate supplied by Hoechst AG.

After the lecture meeting in Düsseldorf, he became intimate with persons of Consortium GmbH., a subsidiary company of Wacker Chemie, who had already discovered polyvinyl alcohol by the same preparing route as him, and they published their reports separately at the same time.

On the other side, Staudinger made efforts toward his research through the assistance of Hoechst, although he could not give adequate counsel to them beyond presentation of molecular weight data estimated by viscosity measurements of polymers produced by Hoechst.

G. Kränzlein, manager of research laboratory of Hoechst, while making efforts to keep sincere friendship with Staudinger, led

successfully to the production of polyvinyl acetate through solving problems of handling dirty and troublesome materials, and of regulating unexpected and complicated polymerizations.

F. Klatte, the pioneer of polyvinyl esters, after cooperating with Consortium was active in Hoechst group of IG. As assistant to Kränzlein, he contributed to establishing the production method of polyvinyl acetate through advising younger chemists, intermediating between Hoechst and Consortium on patent problems, and projecting IG's committee meetings on polymer problems.

Thus, the researches on polyvinyl acetate lighted up by Staudinger were developed and reached to production successfully through hard efforts and cooperations of chemists in the German chemical industries.

硝酸製造技術の歴史—工業物理化学の視点から—

川 合 智*

1. はじめに

硝酸製造プロセスは、1902年、アンモニア酸化法がOstwaldによって提案され¹⁾、1913年に原料アンモニアの合成が工業的に開始されると²⁾、この方法が唯一の工業的硝酸製造プロセスとなった。

それ以前は、電弧法による硝酸の製造がかなり大規模に行われていたが、その反応の平衡や速度の推定、あるいは改良研究のために物理化学的な研究手法の貢献するところが大きかった。

また、今日、アンモニア酸化法が確立されたとは言っても、現在なおプロセスの改良や最適化が行われており、その検討の中で物理化学的アプローチは不可欠となっている。

なお、工業化には至らなかったが、空気中の窒素を高温において酸化し酸化窒素を直接合成するというプロセス（熱化学法あるいはWisconsin法と称する）も、一時期米国において本格的に研究され、この反応が極めて高温で反応速度の実測が難しいために、反応速度の推定にEyringの絶対反応速度論の適用が試みられた。

このようなことから、硝酸製造プロセスの歴史を物理化学的視点からとらえる事は意味があり、工業物理化学の有用性を確かめる事になると共に、今後のプロセス開発に対しても何らかのヒントを与える事になるであろう。

ここに、工業物理化学の視点とは、

- 1) 反応の平衡や速度の推算
- 2) 流動、伝熱、相平衡を含めた物性の推算

3) 触媒の開発

- 4) 以上を総括した、プロセス条件の設定、プロセスシステムの設計

がどのように製造技術改良に関わって来たかという見方である。

本稿は、硝酸製造技術の歴史を述べるものであるから、必ずしも物理化学的因子が余り関与していない場合であっても、歴史的に重要なプロセスについては記述する。

硝酸製造プロセスは、初め、天然の硝酸根（硝石）を硝酸の形で回収する事から始まったが、硝石が資源として偏在していた事と、賦存量が少ないために、空中窒素の固定法である電弧法によって替わられた。しかし電弧法もエネルギー効率が低く、コストが高いためにアンモニア酸化法に置き換えられた。

以下、歴史的順序に従って、硝石分解法、電弧法、アンモニア酸化法、熱化学法（Wisconsin法）について述べる事とする。

2. 近代化学工業以前の硝酸製造プロセス

空気中の窒素から化学的方法によって大量に安定に硝酸を製造する方法を、近代的化学工業としての硝酸製造プロセスと考えてよいだろう。

近代化学工業成立以前は、天然の硝酸カリウムや硝酸ナトリウムを硫酸によって分解し、硝酸を回収した。

また、古くは、硝酸塩と銅や鉄の硫酸塩とを高温に熱して硝酸を回収していた。

硝石（硝酸カリウム）は、ヒツジ小屋やウマ小屋の乾いた土を集めて来て、硝石畑を作って回収していた。

1993年5月14日受理

* 三菱化成企画開発室
連絡先

硝石畑の例を図1に示す³⁾。図1において、Cが硝石畑である。硝石畑の材料には、乾いた土以外に植物の腐敗物や割り石が加えられる。硝石畑から回収された硝酸塩含有粗原料は、小屋Aの大桶で抽出処理される。この方法の原理は、堆積土中の有機系窒素をバクテリアによって分解させ硝酸塩($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)とした上で、灰(K_2CO_3)で複分解し、水で抽出するものである。

この方法は、日本においても戦国時代、江戸末期、明治時代など軍用火薬の必要性が高まった時代に行われたが、明治以降、輸入硝石にとって替わられた。

硝石はインドでも産出されたが、世界的に最も多く用いられたのはチリ硝石(硝酸ナトリウム)である。

我が国での硝酸製造の最初は明治6年、造幣局



図1 硝石畑³⁾

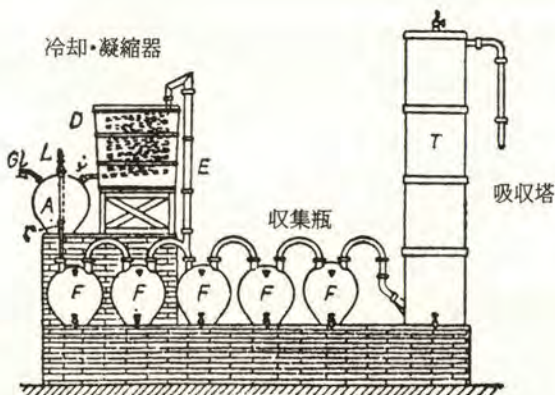
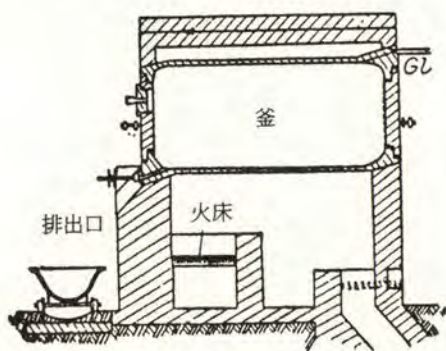


図2 Griesheim 式硝酸製造装置¹⁰⁾

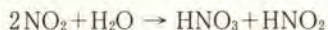
におけるもので、明治8年度の生産高として6トンと報告されている⁵⁾。明治13年には輸出も行われている⁶⁾。

明治26年には、御料局王子製造所においても生産が行われている⁷⁾。

民間においても生産されており、明治36年、第5回内国勸業博覧会に出品された製品は純良であったという⁸⁾。

化学会社の例を挙げると、住友化学では、ハルトマン式を採用し大正6年から昭和3年まで生産を行ったが、その後、昭和6年、アンモニアの製造開始と共にアンモニア酸化法が採用され、Frank-Caro 式によって昭和9年から生産を開始した⁹⁾。

硝石分解法による硝酸製造プロセスの例として、Griesheim 式硝酸製造装置を図2に示す¹⁰⁾。図において、硝石は硫酸と共に釜で加熱され、硝酸蒸気を放出し、硝酸蒸気はGLを通して(図2左)吸収系(図2右)へ導かれる。蒸気はAにおいて凝縮されるが NO_2 によって着色しているのでLから空気を吹き込んでこれを除くと同時に NO_2 の凝縮の結果



によって生じた HNO_2 が硝酸中に夾雑物として存在するのを除く。Aから排出された蒸気は冷却器Dによって冷却、凝縮され、凝縮された部分はAに逆流して製品となる。凝縮しない蒸気は

Eを経て数個の収集瓶Fを潜り最後に稀硝酸を滴下している吸収塔Tに至る。硝酸は収集瓶Fより取り出される。

硝石分解法は明治から大正年間まで広く行われたものであるが、住友化学の例に見られるようにアンモニア酸化法の登場と共に全てこの方法に置き換えられた。

硝酸塩の分解による硝酸の製造については、物理化学的に特記すべきものはないが、プロセスの各部について化学工業的に考えると、エアレーションによる脱色、冷却・凝集・分離、向流式ガス吸収など適正な設計であるといえよう。

このプロセスの操業に関連して、日本が産業の近代化に急であった明治時代の中葉、粗悪なインド硝石を精製するために、当時未だ一般的ではなかった化学的知識を懸命に活用して、塩化カリによる複分解法を適用して精製に成功したという事例は引用する価値があると思う⁴⁾。

3. 電弧式硝酸製造プロセス

空中窒素を固定して、大規模に硝酸を製造する工業技術として初めて登場したのが電弧式硝酸製造プロセスである。

3.1 電弧法の発明と工業化の概要

空气中に電弧を飛ばす事によって空気の水素が減少し、酸性物質が出来る事を初めて観察したのはPriestley (1775)である¹¹⁾。しかし、これが硝酸の生成反応である事を確かめたのはCavendish (1783)である¹¹⁾。

Cavendishの研究を硝酸製造法に応用したのはLefebure (1859)であるが、彼女の特許は実際に工業化されなかった¹²⁾。

電弧法における電炉の研究は20世紀初頭に非常に多く行われ、電炉の形式として、大規模に工業化されたBirkeland-Eyde法以外に、Pauling (1902), Kowalsky-Moscicky (1903), Schönherr (1907) など多数の方法がある¹³⁾。

この中、Schönherr 炉については、東京工業試験所において改善研究が詳細に行われており、本稿では3.4で、その成果を引用する。

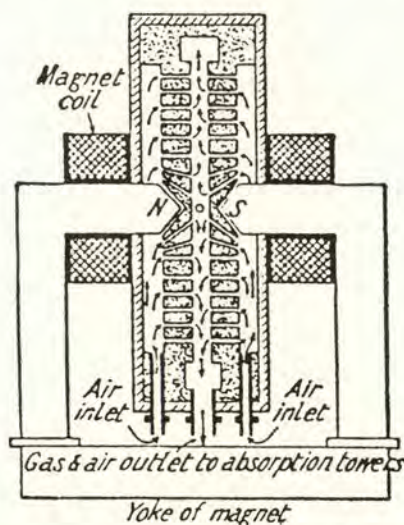
実際に電弧法を工業化したのはAtmospheric Product Co. で、Bradley と Lovejoy の特許に基づいて、ナイアガラ瀑布からの電力を利用して硝酸の製造を行ったが (1902)、採算がとれず数年の中に操業を中止した¹⁴⁾。

電弧法を用いて商業的に硝酸製造を行ったのは、ノルウェーのNorsk Hydro Co. で、Birkeland と Eyde の特許に基づく方法を採用した (1903)。この事業は盛んとなり、1916年にはNorsk Hydroは年間35000トンの窒素を固定したといわれる¹⁴⁾。

我が国では、昭和電工喜多方工場において昭和22~29年頃^{14),15)}、秩父セメント秩父工場において昭和22~23年の間¹⁶⁾、電弧法が稼動した。

Birkeland-Eyde の炉を図3に¹⁷⁾、Schönherr の炉を図4に示す¹⁸⁾。

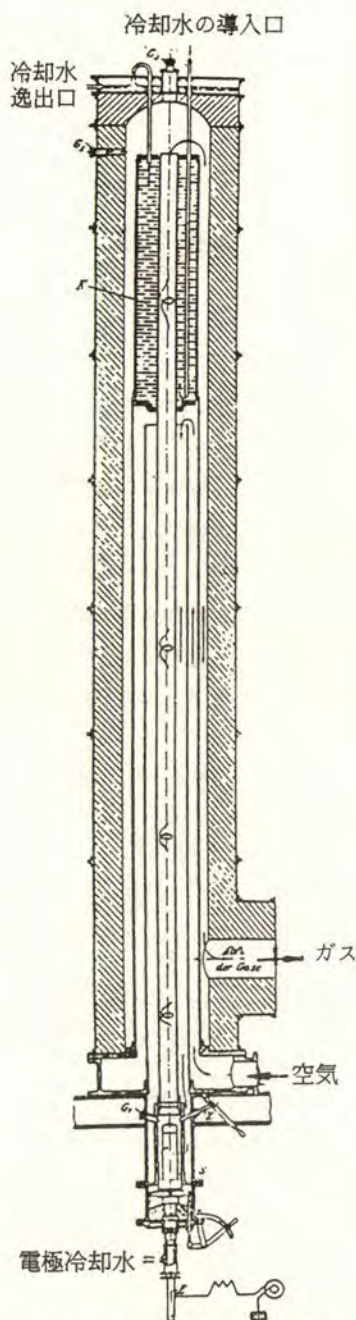
図3は縦断面図で、電炉外筒内部を空気が上昇し、図に描かれている耐熱レンガに開けられた孔を通して炉中心部に達する。炉中心が反応域で、



K. Birkeland and S. Eyde's Furnace (Longitudinal section showing electromagnets and reaction chamber).

図3 Birkeland-Eyde の炉¹⁷⁾

そこで空気は電弧に衝突し反応する。電弧は外部からの強力な磁場によって反応域で上下方向に広げられるように工夫されている。



Cross-Section of Furnace.

図4 Schönherr 炉¹⁸⁾

反応した流体は炉中心部より下方に取り出され、吸収工程へ送られる。

図4も縦断面図で、この炉は、最外筒、外筒、内筒、中心筒より構成される。空気は下部より導入され、外筒と内筒の間を上昇し、一旦、上部で反転されて下降した後、炉中心部で反応しながら上昇し、炉頂で冷却されてから外周部を下降しつつ最外筒で冷却されて外に取り出される。

電弧法において、炉から取り出された流体中のNOの濃度は低く、水に吸収させて硝酸を製造するのは困難であるから、通常はカルシウム等と反応させて固定する。

3.2 電弧法におけるプロセス上の課題

電弧法のプロセス上の課題は次の2つである。

- 1) 反応率を高めてNOの濃度を上げる。
- 2) 電力消費量を少なくする。

これらを実現する為に、物理化学的考察が有効と考えられたのは次のa)~c)であり、この中a)は最も基本的なものである。

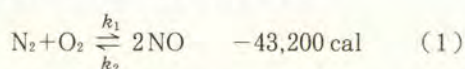
- a) 反応の平衡を知る。
- b) 反応の速度を、できれば、正反応(NOの生成)の速度と逆反応(NOの分解)の速度を別々に知る。特に、電弧の性状との関係を知る。
- c) 電極の材質及び形状と電力消費量の関係を知る。

プロセス設計の上からは、b)も重要であって、何らかの方法で正反応速度が大きく逆反応速度が小さいような条件を実現する事が望ましい。

3.3 電弧法の物理化学

まず最初に、反応の平衡定数と速度定数について述べる。

電弧法の反応は次式で示される。



この反応は可逆反応で、平衡定数は正反応からも逆反応からも求められる。平衡定数Kは(2)

式で定義される。

$$K = [\text{NO}]^2 / [\text{N}_2][\text{O}_2] \quad (2)$$

平衡濃度の測定は、系が高温になって行くに従って設備上の制約が出てくるので、高温における平衡定数が計算で求められれば大変有意義である。

平衡定数 K と温度との関係は、熱力学によって次の如く求められる¹⁹⁾。

$$d \ln K / dT = -Q / RT^2 \quad (3)$$

$$(Q = -21,600 \text{ cal})$$

本式を積分すれば

$$\ln(K/K_1) = Q(T_1 - T) / RTT_1 \quad (4)$$

となる。

従って、温度 T_1 での平衡定数 K_1 がわかっていれば温度 T での平衡定数 K が計算で求められる。 K_1 がわかっていない場合は、Nernst の経験的な化学定数を用いれば(3)の積分定数を求める事ができる。

電弧法の研究が行われた頃(1905~1910年)は、未だ量子論は確立されておらず、平衡定数の計算は熱力学的手法によらざるを得なかった。後に述べるように、統計熱力学を利用すれば平衡定数をかなり正確に推算する事ができるが、熱力学的手法では、上に述べた如く K_1 を知るか、あるいは Nernst の化学定数を用いなければならないという限界があった。

Nernst²⁰⁾ は、2200K における NO 濃度の測定値を用いて平衡定数を求め、それより NO の平衡濃度を計算した。計算結果を表 1 に示す。表 1 において、実験値は²¹⁾、いろいろな方法で測定したものであるが、計算は実験値を良く予測している。

表 1 NO の平衡濃度 x (%)

T (絶対温度)	x (計算値)	x (実験値)
2023	0.64	0.52-0.80
2033	0.67	0.64
2195	0.98	0.97
2580	2.02	2.05
2675	2.35	2.23

表 2 NO の生成及び分解の速度定数
(k_i の単位は $\text{mol}/\text{cm}^3 \cdot \text{min}$)

$^{\circ}\text{K}$	k_1	k_2
1000	1.74×10^{-7}	4.0×10
1500	2.33×10^{-1}	3.78×10^4
1900	1.20×10^3	9.06×10^6
2100	5.55×10^4	1.40×10^8
2500	6.98×10^7	3.37×10^{10}
2900	5.48×10^{10}	8.07×10^{11}

次に、反応速度について述べる。

(1) に対する反応速度式は次式で示される。

$$dx/dt = k_1[\text{N}_2][\text{O}_2] - k_2[\text{NO}]^2 \quad (5)$$

ここに、 x は NO の濃度、 k_1 は正反応の速度定数、 k_2 は逆反応の速度定数である。

Jellinek は磁器製あるいは白金製などの管を用いて NO の生成と分解の速度定数 (k_1 と k_2) を測定し、表 2 に示す値を得た²²⁾。

k_1 は高温 (2900K) で k_2 と同じ桁数の値に近づいて来るが、低温 (1000~1500K) では $10^5 \sim 10^6$ 程度、桁違いに k_2 が大きい。

すなわち、高温で正反応を進める必要があると同時に、逆反応を抑える為には極めて急速に低温に持って行く必要がある。

この事は、電弧法のプロセス設計においては、急速冷却システムが極めて重要である事を示している。

前にも述べたように、この反応は可逆反応であるから、正反応速度と逆反応速度が正しく測定されている場合、平衡定数 K を $K = k_1/k_2$ から求める事もできる。この事は逆に、 k_2 と K から k_1 を求める事の可能性も示している。 k_2 は k_1 に較べて非常に大きい為に測定が比較的容易であり、 k_2 と K から k_1 を求める方法は有効である。

3.4 電弧法の改良研究

電弧法における NO の生成濃度は極めて低い。Birkeland-Eyde 法で 1~1.5% (混合気中の NO 濃度)、Schönherr 法で 2~2.5% である。また、電力の利用効率も約 3% と低い。

これらを改良するために多くの研究がなされ

たが、我が国においては、大正年代の中葉に、小寺房治郎、北脇市太郎、横山武一によって Schönherr 炉の研究が行われ、また、この頃、電気工学の立場から井上俊彦も Schönherr 炉の研究を行った。

大正末期から昭和の初めにかけて、岡崎直喜及び山村義次が Schönherr 炉の研究を行った¹⁴⁾。Schönherr 炉は、Birkeland-Eyde 炉よりも構造が簡単であり、反応成績も良いので、研究の対象として適していたものと考えられる。

以下、電弧法における各プロセス因子の効き方と、その改良の方向を示す。特に引用を示さない所は、前記諸先輩の成果によるものである。

3.4.1 ガス濃度

(1) 式より、第一近似として N_2 と O_2 の衝突頻度を最も大きくとる（即ち、 $N_2=O_2=50\%$ とする）事が有利なように思われる。

しかし、実験結果によると、必ずしも窒素と酸素の等量混合物が好ましいわけではなく、 $O_2=40\%$ で反応速度が最大である例、 $O_2=90\%$ で NO の収率が最大である例などがあり、電弧放射の周波数も関係している²³⁾。

この事は、(1) の反応の機構が、 N_2 や O_2 の分解から生じた N や O の原子の数、 $N+O_2 \rightarrow NO+O$ や、 $O+N_2 \rightarrow NO+N$ の反応速度の大きさ等、いろいろな因子によって支配されており、最適条件は単純に決められない事、逆に、反応機構を解明する事によって、より最適な条件を見出しうる事を示唆している。

一方、NO ガスの吸収工程を有利にする為に、反応器でガスを循環させ、吸収工程に行く NO の濃度を大きくするという考え方がある。

これは、東京工業試験所で実際に研究され²⁴⁾、予期したとおり NO ガスの濃度を高める事ができた。

3.4.2 系の圧力

Le Chatelier の定理によれば、(1) の反応の平

衡は圧力に影響されない。然しながら、プロセス的には平衡のみならず速度も重要であり、正反応速度を大きく、逆反応速度を小さくするような圧力条件が存在すれば有利である。速度論的に考えると、圧力の上昇は分子の衝突数を増やす事であるから、正反応も逆反応も進む事になるが、(1) の反応は通常の条件では平衡よりも著しく左へ偏っているから、圧力を上げて分子の衝突数を増やせば (1) 式は平衡の方向へ（即ち右へ）進む事が期待される。実際、低圧領域では圧力の増加に伴って正反応の反応率が增大する事がわかった²⁵⁾。

3.4.3 電弧の性状

NO の生成を高温で行って、生成した NO の分解を抑える為に直ちに冷却を行うような、正反応と逆反応を別々に制御する不可逆な反応方式を想定するものとすれば、周波数の高い電弧を適用する事によって、NO の発生（電弧の投入）と NO の冷却（電弧の停止）を交互に高速に行わせる事ができると考えられる。

実際、高周波数の電弧が良いと報告されているが、詳しく調べてみると電弧の出力によって周波数の最適値が異なる事もわかった²⁶⁾。

電弧の安定性も重要である。電弧が安定であれば反応域として電弧が有効に働くが、不安定である場合には有効な反応域が小さくなると考えられる。

電弧を安定化する為には気体の流れは層流である事が望ましく、レイノルズ数で表すと小さい程良い。即ち、反応管の直径を D 、流速を u 、密度を ρ 、粘度を μ とすると、レイノルズ数 ($Du\rho/\mu$) は、 D 、 u 、 ρ が小さい程小さくなり、電弧は安定する筈である。東京工業試験所において、昭和22年（1947年）頃、井上（春成）、島、佐々木、植木、井上（俊彦）、山村、砂金らは幅広い条件で実験を行い²⁷⁾、レイノルズ数が低い方が電弧が安定している事を示した。

3.4.4 電極の材質²⁸⁾

電力消費の効率を良くする為に、低イオン化ポ

テンシアル（即ち、仕事関数が小さいもの）で、多数の電子を発生する電極が望ましいと考えられる。電弧が交流の場合であってもこの考え方は成立し、このような電極として、Li または Ba の酸化物でコーティングしたものや、Li, Ba, Ca, Ag を銅極中に添加したものが良い。

3.4.5 触媒の利用

電弧の発生域に触媒を共存させれば、NO の生成反応に有利ではないかと思われる。工業的なプロセスとしては流動層のような形式とせざるを得ないが、実験室的には電弧の発生する管の内面に触媒をコーティングする事によってもテスト可能である。

このようにして、Mutel らは MoO_3 を触媒として反応を行わせ、著しく収率向上を計る事ができた²⁹⁾。

また、Cavadias らは $\text{WO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 触媒を用いて、 N_2-O_2 等量混合物について、 N_2 の転換率 8% と、大きい値を実現した³⁰⁾。Cavadias らの反応炉を図 5 に示す。図 5 において、ガスは、触媒層流動用に炉下部から、プラズマ発生用に炉の横から供給される。反応したガスは炉頂より取り出す。

3.5 今日における電弧法研究開発の意義

電弧法は、電力の発生過程で既に熱効率 40% 程度（現状火力発電所の場合）と、ハンディキャップを負っており、電力の供給側で相当の合理化を行わないと経済的に成立する可能性は少ない。

しかるに、今日、フランス、アメリカを中心に電弧法の研究が行われているのは、一つには、電力供給コストの低減を前提としているであろうが、もっと基礎的な方面、例えば、正反応と逆反応の制御を分子論的に踏み込んで考えると、エネルギー源として太陽熱を考えると、本質的な飛躍を意図したもののように思われる³¹⁾。

現代における分子論や反応工学の進歩を前提とすると、電弧法について改めて見直す価値はある

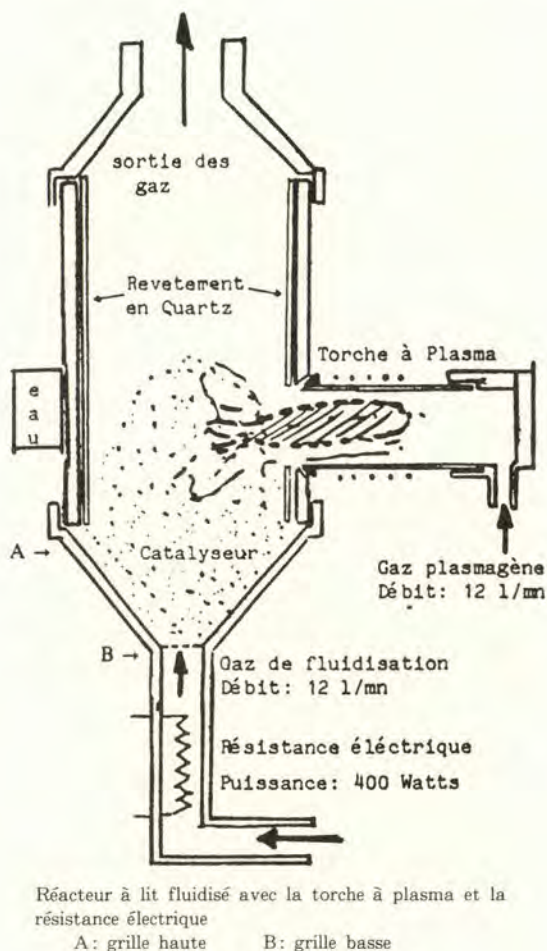


図 5 流動層型電弧式反応炉³⁰⁾

と言えよう。

4. アンモニア酸化法

4.1 アンモニア酸化法の発端³²⁾

アンモニアを酸化すると酸化窒素ガスが得られるという現象は、古く 18 世紀から知られており、Milner は赤熱した過酸化マンガン上で酸化窒素ガスを得ている (1788 年)。また、Vauquelin は 1797 年、Guyton de Morveau は 1803 年、過酸化マンガン上で硝酸アンモニウムを得ている。

アンモニアが、酸素という気体の存在によって反応し、硝酸を生ずるという事は Fourcroy (1800 年頃) や Henry (1809 年) によって指摘された。

白金触媒を用いてアンモニアを酸化し硝酸を作る工業技術の発生は、あらまし次のとおりである。

1817年, Davy は, ガスの燃焼に対する白金線の触媒作用について報告し, 1823年, Doebereiner は白金線の代わりに白金海綿が用いられうる事を示した。

一方, フランスにおいて1825年以来硫酸製造の研究を行っていた Kuhlmann は, 国から依頼されて硝石の成因を研究したが(硝石は鉛室法硫酸の触媒の原料), そこにおいて, 硝酸根が天然に合成されたアンモニアに由来するものと考えた。

Kuhlmann は, Doebereiner が示した白金海綿の触媒作用に着目し, アンモニアを酸化して酸化窒素ガスを得る事ができた(1838年)。

このように, アンモニア酸化法の工業化への端緒は Kuhlmann によるものである。それ故, Kuhlmann の名は特筆されてよい。

なお, 白金を金属の形で, そのまま触媒として用いる方法は Schoenbein が指摘したものである(1857年)。

Ostwald は, 白金を用いたアンモニアの酸化を1901~1906年頃研究していたが, 1908年には彼の方法を用いた硝酸プラントが Bochum 近郊で3 t/d の規模で工業化された³³⁾。

白金網に対して垂直に混合ガスを流通させる現在の工業的反応炉は Kaiser が初めて開発したものであり(1909年), 引き続いて Frank-Caro が実用化したものである。

4.2 アンモニア酸化法における物理化学的課題

硝酸製造における工業物理化学の視点は最初に述べたとおりであるが, アンモニア酸化法においては次の項目が物理化学的に見た課題である。

- i) アンモニア酸化反応の選択率(正反応=NOの生成, 副反応=N₂の生成)を支配する因子を知る。さらに, 反応率の理論計算の為に, 触媒層近傍での物質移動と熱移動の機構を知る事が望ましい。

- ii) 酸化窒素の酸化(NO→NO₂)に関する平衡定数及び速度を知る。

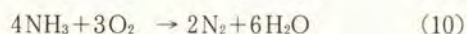
- iii) NO₂の吸収速度を知る。温度, ガス組成, 液組成がどのように効くかを知る(圧力については, 明らかに高压が有利である)。

以上の結果を用いる事によりプロセスの合理化を図る事が可能となる。

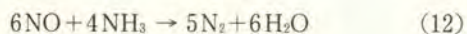
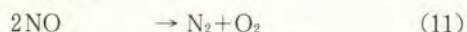
4.3 アンモニア酸化法の物理化学

アンモニア酸化による硝酸の製造には次の3つの段階がある。

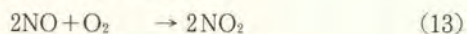
[NH₃の酸化]



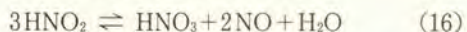
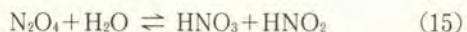
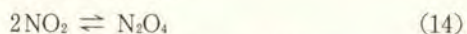
反応速度の解析に当たっては, 以下の式を考える事もある。



[NOのNO₂への酸化]



[NO₂の水への吸収]



以下になおいて, まず, 最初の本格的な工業装置である Frank-Caro 炉建設以前の研究を述べ, 次いで, それ以後の物理化学的研究の成果とプロセスの進歩への貢献を述べる。

4.3.1 Frank-Caro 炉建設以前の研究

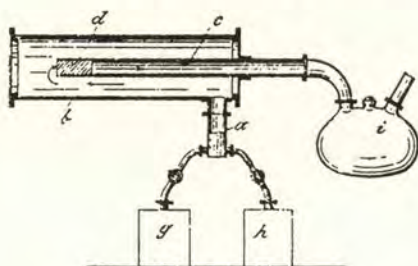
Ostwald の最初の特許(1902)¹⁾に記載された方法を図6に示す。図において, a は混合ガスを導入する供給管, b は外筒, c は反応したガスを取り出す細い管, d は触媒, g と h はガス供給ポンプ, i は反応物の受器である。

Ostwald は特許の中で, 供給ガス組成, 触媒温度を規定しており, 供給速度はなるべく大きくすべき事を述べている。触媒については, 金属状の白金, パラジウム, イリジウム, ロジウムやマ

No. 858,904.

PATENTED JULY 2, 1907.

W. OSTWALD.
PROCESS OF MANUFACTURING NITRIC ACID.
APPLICATION FILED JUNE 24, 1906.



Witnesses:
P. Schmidt
H. B. Brown

Inventor:
Wilhelm Ostwald,
By *Knights & Co.*
Attorneys

図6 Ostwaldの最初の硝酸製造装置¹⁾

ンガン、鉛、銀、銅、クロム、ニッケル、コバルト、バナジウム、モリブデン等の酸化物について研究し、スポンジ状の白金が良い事も述べている。

Ostwaldの研究は、本質的にアンモニア酸化法における重要因子を全て押さえている。

工業装置としては、Ostwaldの方法はガスと触媒の接触法にスケールアップ上の難点があり、これを解決する必要があった。これは、Kaiserによって、ガスを白金網に垂直に通すという方法によって解決された。

Kaiserの改良方式を図7に示す³⁴⁾。図7において、原料ガスは左上から入り、外筒に沿って一旦下降した後、下部でUターンして内筒中を上昇する。触媒は、内筒の上部に水平に設置されており、電熱で予熱されている。

以上の研究で、現在のアンモニア酸化法の原型が出来上がったといえよう。

アンモニア酸化器(炉)の最適条件に関する初期の研究としては、Wehrheim (1910), Meneghini (1912), Reinders (1912) らのものがあ、酸化温度に対して反応率(NOへの転換率)の極大値が存在し、ガスの供給速度を大きくすると、この極

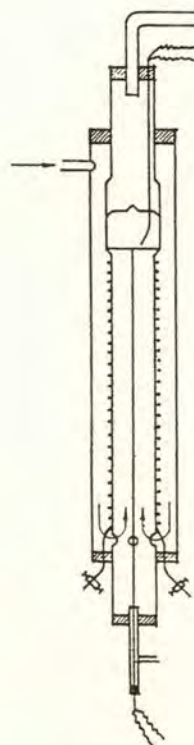


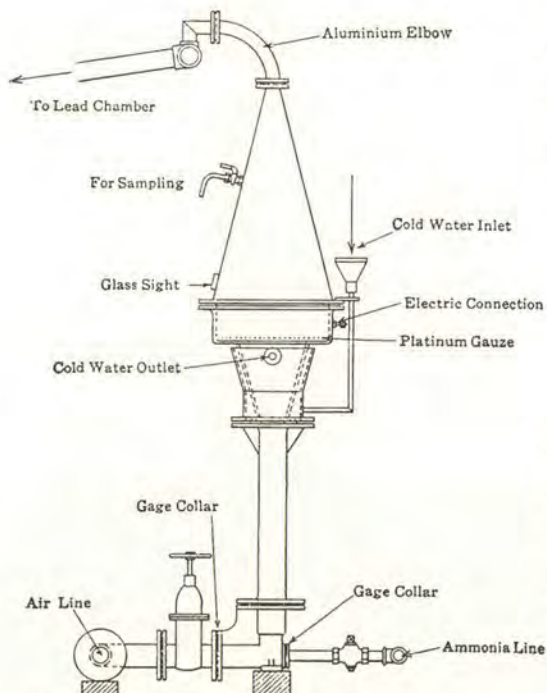
図7 KaiserによるOstwald法の改良³⁴⁾

大値は高温側に移行する事がわかった。

このようにして、Frank-Caro法の成立以前に、アンモニア酸化器の最適条件についてある程度概念が存在したと考える事ができる。

Frank-Caroの酸化器を図8に示す³⁵⁾。原料アンモニアと空気は酸化器下部から供給され、酸化器中央に水平に置かれた触媒(白金網)表面で反応が行われ、反応ガスは上部出口から吸収工程へ送られる。

NOの酸化についてはRaschig (1905), LungeとBerl (1906)の研究がある。RaschigはNOのNO₂への酸化の中間体について調べた。LungeとBerlは $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$ の反応を考えて、酸化反応速度が $[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$ となる3次反応を提案した。NOの酸化、NO₂の吸収工程に関する研究は設計資料とする事はできないが、反応・吸収機構のイメージを与える事ができた。

図8 最初の Frank-Caro のアンモニア酸化器³⁵⁾

4.3.2 アンモニア酸化の研究

Andrussow は、既往の研究をレビューした上で自身の実験値も用い、ガス速度～温度～NO への転換率の関係を図9のように整理した(1926)³⁶⁾。

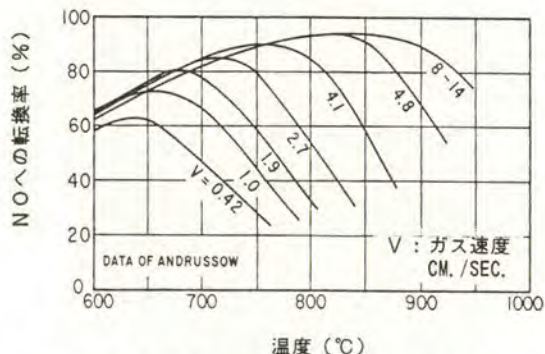
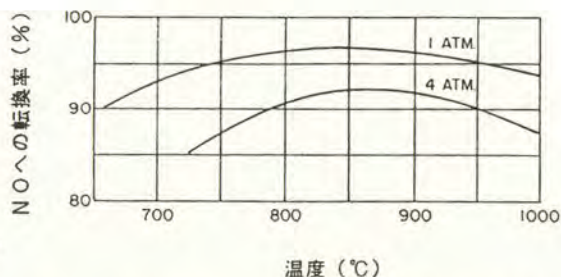
図9によると、ガス速度が大きい程アンモニアのNO への転換率を大きくする事ができ、その場合の最高温度は高い方へ移っていく事がわかる。

20世紀初頭に行われた研究は、温度に最適値がある事を示してはいたものの、データはバラついており定量性に欠けたが、Andrussow の研究は精度の高いものであり、最適値に対する定量的な議論が可能となった。

次に、圧力と転換率の関係を図10に示す³⁷⁾。

図10から、反応圧力を高める事(1→4atm)はアンモニアの転換率をかなり下げる事がわかる。

20世紀初頭では、プラント圧力を高める事はできなかった(装置材料の耐圧性が不足した)、この関係を利用する必要はなかったが、後に、プ

図9 NH₃ のNO への転換率とガス速度、温度との関係³⁶⁾図10 NH₃ のNO への転換率に及ぼす圧力の影響³⁷⁾

ラント圧力の増加がプロセスの合理化上必須となるにおよんで、この関係は非常に重要な意味を持つようになり、加圧による転換率の低下を如何に抑制するかが一貫した課題となった。

以上が1930年以前の古典的な研究であるが、1950年にはZawadzkiによって触媒表面上の機構が研究され、1960年頃には触媒面上の反応と触媒付近の拡散について研究が行われるようになった。NH₃の酸化反応が白金網上で瞬時に行われる事から、Oele³⁸⁾は白金網近傍の流れを定常な拡散流と考え、全体の反応が拡散律速であるとして、理論的に次式を得た。

$$\text{拡散速度} = D \cdot (RT_g)^{-1} \cdot (\bar{z})^{-1} \text{ kmol/m}^2 \text{ sec atm NH}_3 \quad (17)$$

ここに、 D はアンモニアの拡散係数、 T_g はガスフィルム温度、 $\bar{z}$ は網目間拡散距離である。実際の反応率をもっと複雑であるが、兎に角、反応速度を流動や拡散を含んだ総合的な現象としてと

らえた意義は大きい。この方向の研究は大類らによって完成され、プロセス最適化に用いられた³⁹⁾ (後述する)。

4.3.3 NO 酸化の研究

(13) の反応は気相無触媒反応で、温度が低い程速度が大きい事、3 次反応である事等から、物理化学的にも多くの注目を惹いた。

Raschig や Lunge 及び Berl の研究は、未だ、プロセスの改良に資するところは無かったが、Bodenstein の研究 (1918~22) は精密であった⁴⁰⁾。Bodenstein は (13) 式の反応速度を求め、次式を得た。

$$d[\text{NO}_2]/dt = K_1[\text{NO}]^2[\text{O}_2] \quad (18)$$

(13) 式の平衡定数を図11に、反応速度定数 ((18) 式) を図12に示す。

図11, 12より、NO₂ の生成は低温が有利であるから、NO の酸化のみ考えれば低温が有利となるが、吸収工程では吸収速度も考慮して温度を決めるので必ずしも低温が有利とはならない。この事は4.3.4に述べる。

4.3.4 NO₂ 吸収の研究

硝酸製造設備費のうちで吸収塔の占める割合は常圧法で40%を超え、加圧法でも20~25%であるといわれ、吸収塔をコンパクトに設計する事は非常に重要である。

吸収の反応は (15) 式によって行われるが、副生する HNO₂ の分解や NO の再酸化が必要で、吸収機構は複雑である。

この工程に関する研究の流れは、まず、反応吸収の平衡の研究から着手され、次いで、反応吸収の速度の研究、吸収機構を考慮に入れた反応速度式の研究と実際の吸収塔 (シーブトレイなど) への適用という順であった。

反応吸収という観点から、この現象を初めて研究したのは Burdick (1921)⁴¹⁾ である。

Burdick は、反応吸収 ((14)~(16) 式) の平衡定数を

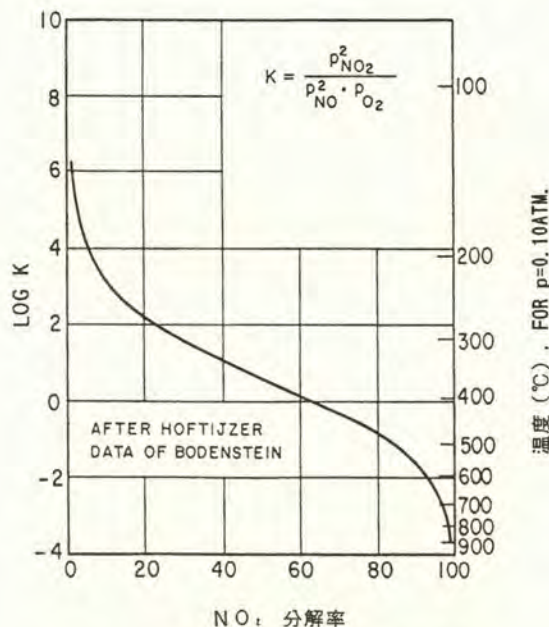


図11 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ の平衡定数⁴⁰⁾

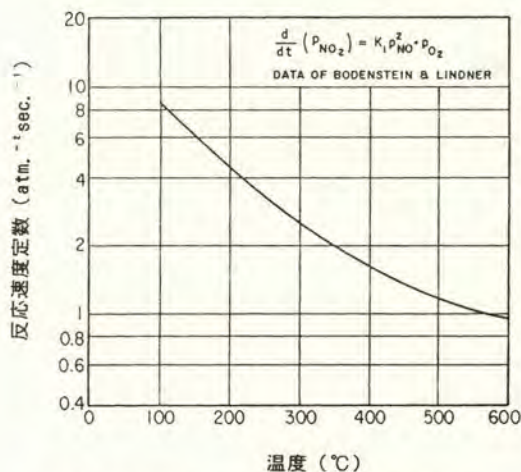


図12 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ の反応速度定数⁴⁰⁾

$$K = (P_{\text{NO}})(P_{\text{HNO}_3})^2 / (P_{\text{NO}_2})^3 (P_{\text{H}_2\text{O}}) \quad (19)$$

$$K' = P_{\text{NO}} / P_{\text{NO}_2}^3 \quad (20)$$

$$K'' = P_{\text{HNO}_3}^2 / P_{\text{H}_2\text{O}} \quad (21)$$

と表して K , K' , K'' の値を求めた。

Burdick の研究によって、加圧吸収に対する物理化学的基礎が初めて与えられたという事ができる。加圧吸収のプロセスが出来上がったのは、

1927～28年頃である。

吸収工程におけるこの平衡の定数は、その後も研究が進められ、Carberry (1959)⁴²⁾ によって正確にまとめられたが、吸収塔の設計において基本的な定数として用いられており、特に K' の値は最も重要な因子として、硝酸濃度と温度をパラメーターとしたチャートの形で、今日、よく用いられている。

吸収工程を初めて速度論的に研究したのは Abel (1928～30)⁴³⁾ である。彼の研究は、液中の酸濃度、イオン濃度、気相での酸化窒素の分圧などに着目したもので、Denbigh (1947)⁴⁴⁾ や Hoftyzer の研究の先駆となるものである。

また、Sherwood (1937)⁴⁵⁾ らは、濡れ壁塔を用いて化学工学的研究を行い、気液界面の物質移動をレイノルズ数や境膜の厚さとの関係でとらえた。これは、その後の化学工学的研究に先鞭をつけたものである。

Denbigh⁴⁴⁾ は、理論的及び実験的研究により、吸収速度を次のとおり求めた。

$$r_a = K_o a \{ [N_2O_4] - C [N_2O_4]^{0.25} [NO]^{0.5} \} \quad (22)$$

さらに、彼は、酸濃度が高くなれば C が小さくなる事、温度の上昇により $K_o a$ が小さくなる事を示した。

その後の詳しい検討によれば、吸収温度の最適値は、酸濃度 60% では低温よりも 20～40℃ とやや高温が良く、70% 以上では 60℃ 位が良い事がわかった。

Denbigh の研究によって、吸収速度に着目した吸収塔の設計に一つの指針が与えられた。

吸収のメカニズムを基礎とした反応吸収速度式は、初めて Andrew によって提案された(1961)⁴⁶⁾。彼は、吸収速度式をシーブトレイを用いた吸収塔に適用し、実績との良い一致を見た。

亜硝酸の分解 (16) 式) 速度を考慮した吸収速度の研究は小宮山らによって行われ、殆ど完成の域に達した (1978)⁴⁷⁾。

吸収塔の大きさは、加圧吸収とする事により大幅に小さくなるが、吸収塔各段における酸濃度や NO_2 ガスの分圧に適した温度を採用する事により、さらに小さくなると共に、最終製品の濃度を大きく、排ガス中の NO_x 濃度を小さくする事ができる。

このようにして、1960年代の初めから今日に至るまで、硝酸吸収工程の合理化、ひいては製品品質の向上と環境面での改善が行われるようになった。

4.4 我が国におけるアンモニア酸化法の研究

我が国におけるアンモニア酸化法の研究は、大正7年(1918年)、臨時窒素研究所の設立とともに着手され、大正9年頃から試験結果が得られるようになった⁴⁸⁾。

大正13～14年(1924～25年)には、内田による、白金及び鉄-ビスマス系触媒での研究が発表された。

昭和初年～12年(1937年)頃には、東京工業試験所において佐々木により各種触媒系について研究が行われた。

ここで行われた研究は何れも高い水準にあって、多くの研究成果が企業化された。今日では、主として民間企業において、プロセスの改良という立場から研究が行われている。

以下、それらについて紹介する。

4.4.1 アンモニア酸化触媒、反応速度、反応率の研究

白金触媒は高価で減損もある。硝酸製造原価に占める白金触媒費の割合は、3% (中圧酸化)～7% (高圧酸化) 程度と大きい。

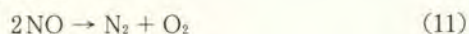
内田は、当時 BASF が実用化していた Fe_2O_3 — Bi_2O_3 系の触媒を用い、反応速度、反応率(アンモニアの NO への転換率)を求めた⁴⁹⁾。

彼は、まず、(9) の反応が 1000K 以上の高温でも殆ど 100% 進行する事を Nernst の熱定理を用いた平衡定数計算より確かめた。また、反応時間を

長くとると (11) の反応迄進んでしまう筈だから、短い接触時間 (反応時間) が重要であると考えた。

彼は、実験により、触媒組成として Fe_2O_3 100 部に対して Bi_2O_3 3~5 部が最適である事、温度は $570\sim 580^\circ\text{C}$ が良い事、接触時間は 0.025 秒が良い事を示した。

次に、内田は理論的考察を行って、触媒で最初に不安定な化合物 (NO) が出来 ((9) 式)、それから安定な化合物 (N_2) が次式に従って生ずると考えた。



時間的に反応を追跡すると、最初に (9) 式が起きて、次いで (11) 式が進むのであるから、極めて短い接触時間では時間と共に NO は増えるが、或る程度長い接触時間になると NO は分解して時間と共に NO 収率は下がる。

このように考えて、内田は、接触時間 0.016~0.094 秒の間で実験し NO 生成率の推移を追跡した。

また、反応速度式については、拡散が支配的な反応であるから、次の如く表されるとして、

$$dx_1/dt = k_9(1-x_1) \quad (23)$$

$$dx_2/dt = k_{11}(x_1-x_2) \quad (24)$$

x_1 ; NO 生成率 (アンモニア 1 モル当たり)

x_2 ; NO の分解より生じた N_2 の生成率

両反応速度式を連立させて方程式を解いた。その結果、

$$x_1 - x_2 = \eta = \{k_9 / (k_{11} - k_9)\} \{\exp(-k_9 t) - \exp(-k_{11} t)\} \quad (25)$$

の形で表す事ができた。この式を用いて、先に実験で得られたデータより k_9 , k_{11} を求めた。 k_9 及び k_{11} は、白金触媒上における値に対しそれぞれ $1/28$, $1/27$ である事がわかった。内田の考えは、巨視的で、酸化物触媒上での機構として必ずしも真実とはいえず、白金触媒上の機構としても完全ではないが、当時の成果としては高い水準のものであった。彼の研究は中間工業試験まで実施

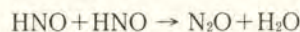
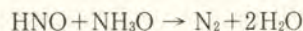
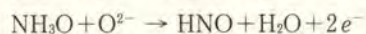
され、平均反応収率 83% で合計 9t の硝酸を製造した⁵⁰⁾。

佐々木は白金代替触媒について広範な実験を行った⁵¹⁾。

彼は、まず、鉄網、銅網、 Fe_2O_3 - Bi_2O_3 系を実験し、活性点の希釈という概念に到達した。次いで白金を少量含む Be, Ce, Th, Ni, W, Al, V の酸化物触媒を検討し、これらの研究に続き、最終的に酸化コバルトを主体としてアルミニウムを添加した触媒が最良である事を示した。これは、反応収率 94% と良好で、昭和電工川崎工場で実用化された。

彼は、加圧下での酸化の研究も行い、Fauser の結果と異なる値を得たが、これは、触媒径の差その他によるものとした。

酸化物系触媒での反応メカニズムは次の如く考えられる⁵²⁾。



触媒としては O^{2-} 濃度が高く、HNO を多く生成する程 N_2O の生成率は大きくなる。金属酸化物の場合、 O^{2-} 濃度は白金のそれに比し極めて大きいので、生成物として N_2O が多い (白金の場合は NO が主体) 事実がうなずける。この反応は、Langmuir 型の吸着によって開始される事がわかっている。各化学種 (O^{2-} , NH_3 , NH_3O など) の吸着の選択性を統計力学的に求め、また、触媒を含めた各化学種の電子状態 (反応性) を調べる事によって、安価で活性の高い酸化物系触媒の開発指針が得られる事が期待される。

最近の反応収率の研究としては、大類ら³⁹⁾ のものがある。

大類らは、白金触媒を用いた場合のアンモニア酸化反応として、(9), (11), (12) 式を考え、 $r_9 = k_9 C_{\text{NH}_3}$, $r_{11} = k_{11} C_{\text{NO}}^2$, $r_{12} = k_{12} C_{\text{NH}_3} C_{\text{NO}}^{0.5}$ (C は何れ

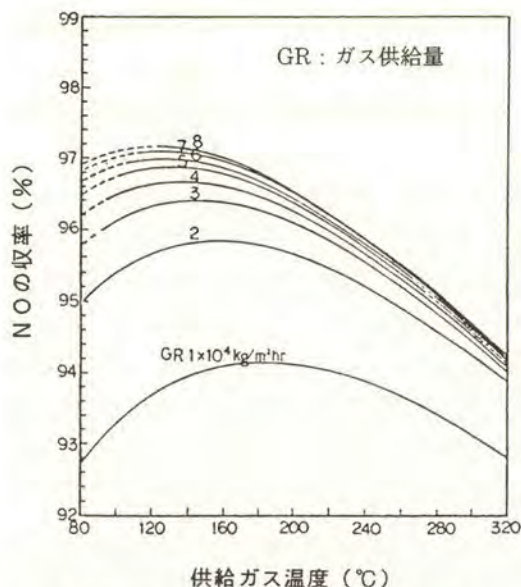


図 13 アンモニア酸化法における供給ガス温度、ガス流速と NO 収率の関係³⁹⁾

もガス中の濃度)であり、反応速度と触媒近傍の拡散とが共に支配的である事を示し、また、ガス供給量、供給温度、触媒枚数、反応圧力と反応収率の関係を精度よく求めた。大類らの求めた結果の一例を図13に示す。図13の収率(アンモニアのNOへの転換率)は図10の値に比べて4%程度大きい、これは、反応条件最適化の効果である。

4.4.2 NO₂ 吸収メカニズムに関する研究

前述の如く、硝酸製造設備費のうちで吸収塔の占める割合は非常に大きいから、吸収工程の高効率化に関する研究は重要である。

4.3.4において、 $k_G a$ は一定ではない事を述べたが、これは、(14)~(16)の反応平衡が常に吸収工程を支配している事を示している。

小宮山らは⁴⁷⁾ 吸収工程を支配する素過程がHNO₂の分解((16)式)にあるものとして、この速度を研究した。

液中物質移動係数 $k_L a$ 、ガス中物質移動係数 $k_G a$ 、液相/供給ガス比 V_L/F の関数として、

$$\alpha = (1/k_L a) / \{ (1/k_G a) + (V_L/F) \} \quad (26)$$

を定義し、 α が小さいとき(ガス側物質移動抵抗

大)はNOのみが液相→気相に移り(反応は(16)式に従う)、 α が大きいとき(ガス側物質移動抵抗小)はHNO₂が液相から気相に移る事を示した。

実際の吸収塔では α が小さい場合のメカニズムに従う方が良いから(NOを液相から追い出して気相中で酸化反応を進める)、液の流動を大きくして $k_L a$ を大きくするか、 V_L (液溜)を大きく、 F を小さく(分散供給など)するのが良いといえる。

4.4.3 新プロセスの発明

硝酸の需要は、有機合成原料用の濃硝酸として用いられることが多い。NH₃ 1モルからHNO₃ 1モルを製造するとき、1モルのH₂Oが副生するから、濃硝酸を製造するためには水を系外に排出しなければならない。

また、水-硝酸系はHNO₃ 62%に共沸点を有するので、蒸留によって濃硝酸を作る事はできない。住友化学では⁵³⁾、酸化反応生成水のドレンアウト、NO₂ガスの希硝酸による吸収と放散・濃縮など、相平衡を巧みにシフトさせる事により濃硝酸製造プロセスの開発に成功した。

また、古く、村山力蔵は、アンモニアと酸素を多段に分割供給する方法を発明し⁵⁴⁾、この方法は日本窒素工業系各社で企業化された。

4.5 アンモニア酸化法の進歩と物理化学

以上の物理化学的考察からもわかるように、プロセス最適化の方向として

- i) NH₃の酸化は低圧が良く、かつ、酸化温度、流速に最適値がある。
- ii) NO₂の吸収は高圧が良く、吸収温度は酸濃度との関係で決まる。

という事になる。

一方、このプロセスは気相中心のプロセスであるから、生産性を高める為にはプロセス全体を高圧として、生産量当たりの設備費を下れば良い事がわかる。

そこで問題となるのは、高圧にする事によってアンモニア酸化工程の反応率が下がる事で、この不利を如何に避けるかという事が一貫して本法の課題であった。

プロセス進歩の基本的な流れとしては全系を常圧→加圧の方向に持っていく事であり、これに合わせて種々のプロセス条件最適化が行われた。

4.5.1 プロセス加圧化のメリットに関する基礎的研究

アンモニア酸化法が加圧化されていったのは1920年代半ばで、アメリカ、イタリー、ドイツでほぼ同時期に行われた。加圧化のメリットを初めて明確に示したのはFauser⁵⁵⁾である。彼は、まず、酸化工程において、大気圧から5気圧に加圧する事により、白金単位重量あたりの硝酸生産量が約4倍になる事を示した。吸収工程においても、大気圧から5気圧にする事により N_2O_4 の吸収量が約5倍となり、吸収速度も大きくなる事を示した。

du Pontでも、同時期に研究を行っており⁵⁶⁾、大気圧から7気圧に加圧する事により吸収系の体積が20分の1になると述べている。

このようにして、プロセス加圧化のメリットが確かめられ、以後、硝酸製造プロセスは中圧(4~6atm)から高圧(8~10atm)へと進んでいった。

4.5.2 アンモニア酸化法の代表的プロセス

初期の常圧酸化常圧吸収法(a-aと略記)と、

今日工業的に行われている常圧酸化加圧吸収法(a-pと略記)、加圧酸化加圧吸収法(p-pと略記)のフローシートを図14に示す⁵⁷⁾。a-aに属するものとしてFrank-Caro法、a-pに属するものとしてUhde(Ⅲ)、Kuhlmann, Fauser(Ⅰ)法など、p-pに属するものとしてdu Pont, Fauser(Ⅱ)、Chemico, Uhde(Ⅱ)、IG法などがある。

プロセス上、最も注目されるアンモニア酸化圧力の影響について、表3に示す⁵³⁾。

酸化圧力と反応収率の関係は、すでに述べたとおりである。圧力が高くなるに従って単位時間当たりの反応量が増えるので、酸化温度を高く維持する事となり、白金網の枚数と損耗量が増える。

4.5.3 プロセスの進歩に対する物理化学の貢献

4.3, 4.4に述べた研究成果(研究者名)と4.5.2に述べた各種プロセスの発展について図15に示す。

図15より、物理化学の貢献を次のように評価する事ができる。

i) 1900~1915年(Frank-Caro法の成立まで)

NH_3 酸化とNOの酸化、 NO_2 の吸収について、初等的ではあるが物理化学的データが取り揃えられ、初めて工業的なプロセスの組み立てが可能となった。

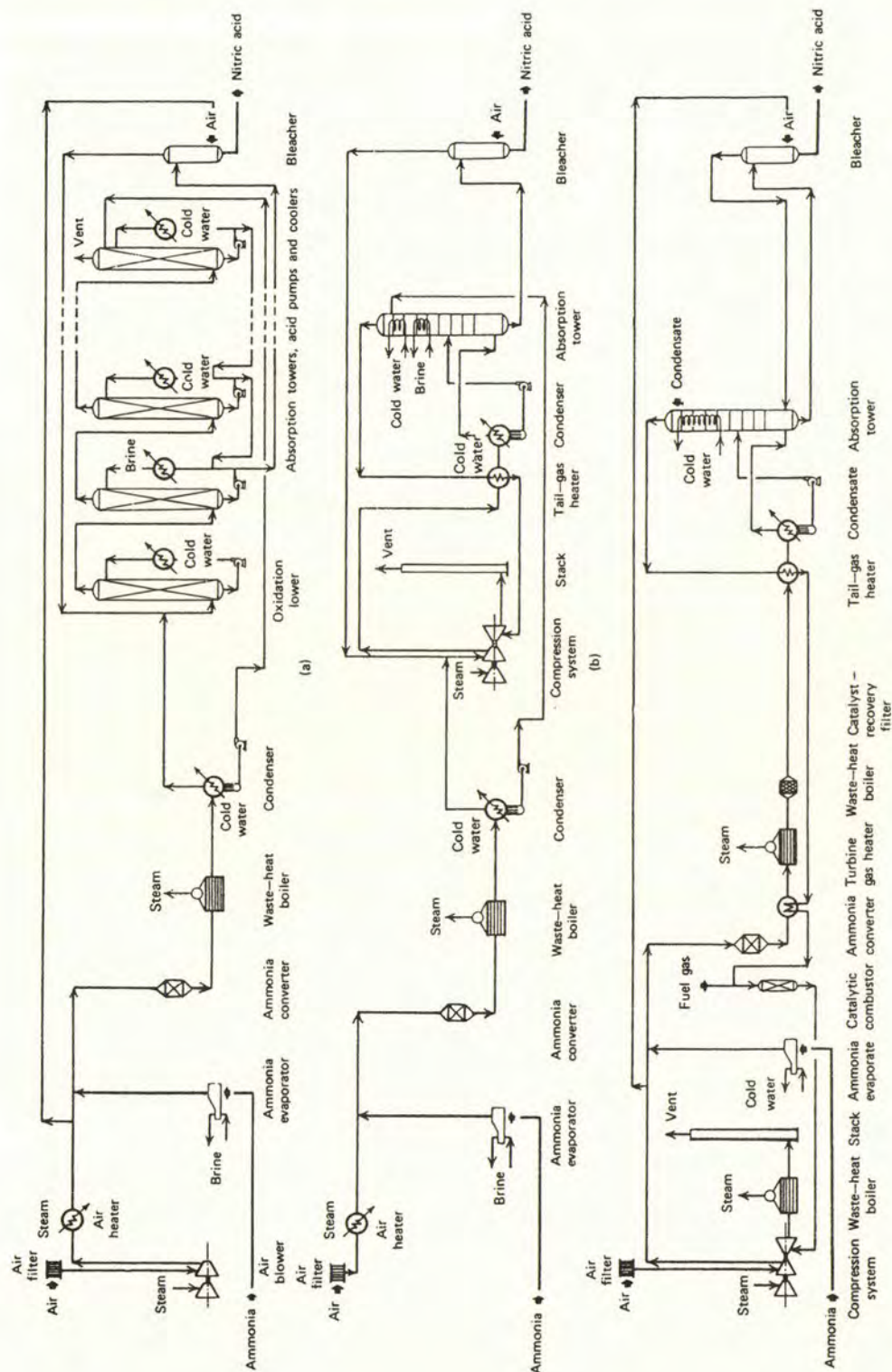
ii) 1925~1930年(加圧一貫プロセスの成立)

Andrussow, Bodenstein, Burdick, Abelらによって基礎データの定量性が高められた。

Fauser, du Pont社は加圧一貫法の有利な事を基本的には把握していたが、実際に加圧酸

表3 アンモニア酸化圧力とその影響

酸化圧力	常 圧	中圧 (4~6 atm)	高圧 (8~10 atm)
反 応 収 率	98%	97%	96%
酸 化 温 度	850℃	850~900℃	900~930℃
白金網の枚数	3~4	6~8枚	15~20枚
NH_3 処理量 (N換算)	2.5~3 t/m ³ 日	8~10 t/m ³ 日	25~35 t/m ³ 日
白金損耗量	45~60 mgPt/t・HNO ₃	100~130 mgPt/t・HNO ₃	250~300 mgPt/t・HNO ₃
触媒寿命	6ヵ月	4ヵ月	2ヵ月



(a) Atmospheric nitric acid plant. (b) Split-pressure nitric acid plant. (c) High pressure nitric acid plant.

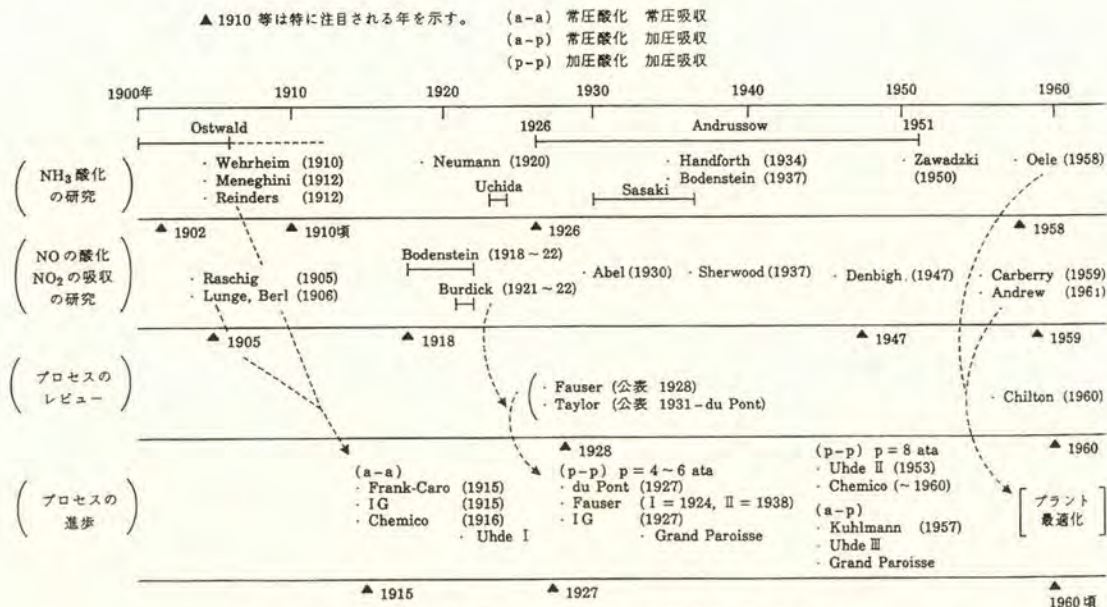


図 15 アンモニア酸化法における物理化学的研究とプロセスの進歩

化のデータを採用する必要があった。du Pont 社では、この方式を確立するためにベンチプラント、パイロットプラントを実施した(1920年代)⁵⁶⁾。Fauser は1928年に加圧法のデータを公表している⁵⁵⁾。図10の Fauser のデータは、当時の実測値であって、加圧酸化法における初期の代表的データである。

なお、加圧一貫法については、高压に耐える材質(ステンレススチール)の開発も大きく貢献している。

iii) 1960年前後(反応工学の進歩とプロセスの最適化)

Oele らの研究をはじめとして、流動、拡散を考慮した、よりミクロスコピックな研究が進んだ。この研究は、後に、大類らによって完成された³⁹⁾。即ち、大類らは、白金網近傍で逆混合を含む反応モデルを提案し、反応が拡散と表面反応の両方で支配される事を示すと共に、白金網の枚数、温度、NH₃ 転化率について初めて定量的な説明ができる事を示した。

以上のような検討の積み重ねによって、硝酸製

造原価の大幅な削減、製品硝酸の高濃度化(50→70 重量パーセント)、排出ガス濃度の低減等が可能となった。

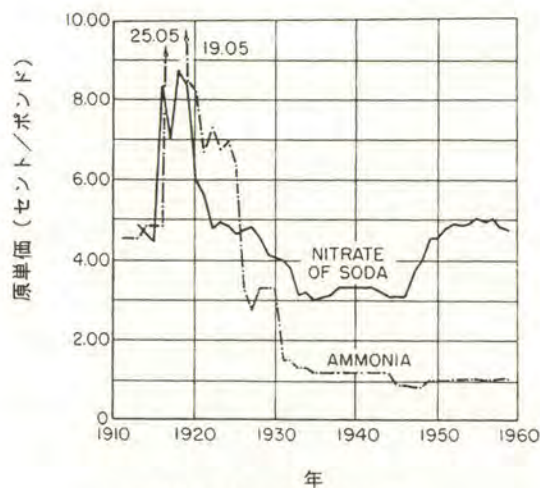
製造原価削減のあらましを次に述べる。

中圧一貫法(圧力 5~6 atm)を基準にとると、変動費(アンモニア、触媒、電力等)の原価全体に占める割合は約 70%、固定費(設備費、人件費等)の占める割合は約 30% である⁵⁸⁾。

原価削減の効果は、圧力上昇による固定費削減が最も大きく、常圧法に比し中圧法は約 10% (総原価として)の削減ができた。

次に、プロセス最適化によるアンモニア原単位削減を見ると、図10より、1 気圧の場合と 4 気圧の場合でアンモニアから NO への転換率として約 5% の差があったが、現在では、表 3 に見られるように、常圧と中圧とで反応収率(転換率)の差は 1% にとどまっている。これを原価に対する効果に換算すると約 3% の低下となる。

その他、プロセス設計の最適化を行う事により、設備の縮小やユーティリティの削減が可能で、コストの削減となる。

図 16 硝酸の原料コスト⁵⁹⁾

次に、原料アンモニアのコストの面から技術の進歩について考察する。硝酸 1 ポンド当たりの原料アンモニアコストの推移を図16に示す⁵⁹⁾。図16より、1920～30年にかけてのコストの低下は、工業的アンモニア合成法の確立とコストダウンによる事が読みとれる。1930年頃のコストの低下は、アンモニア製造コストの一層の合理化によるものである。1960年頃になると原料コストの低減は見られない。この事は、逆に、今日においては原料以外のコスト、即ち、設備費、ユーティリティ費などのコスト削減が必要で、プロセス最適化による設備のコンパクト化と省エネルギーが重要な事を示している。

4.6 アンモニア酸化法の今後の課題

アンモニア酸化法は確立されたとはいっても、改良の余地が残されている。その主たる課題を次に示す⁶⁰⁾。

課題Ⅰ 白金に代わる触媒の開発。これについては4.4.1にも述べた。

課題Ⅱ NOの酸化工程の効率化。これは、触媒を用いて酸化速度を速める事が有効である。

以上の課題は、いずれも工業物理化学の問題として取り組むべきものとする。

5. Wisconsin プロセス (熱化学法)

アンモニア酸化法による硝酸製造は、空中窒素を固定するのに、水素を用いて反応しやすい形(NH_3)に一旦変化させた後に酸化させて NO_2 とするもので、最初の原料(N_2)から最終製品(HNO_3)に至る過程を考えると、水素は有効に作用しているものの、化学量論的には最終的に(副生 H_2O となって)殆ど無駄となっている。

空中窒素の固定法として、空中窒素を直接酸化させる電弧法は電力原単位が極めて大きく、現在では全く経済性に劣る。 N_2 は高温で酸化して NO となるので、電力を用いる事なく高温で発生する事ができれば、空中窒素の直接酸化硝酸製造プロセスが成立する筈である。

第二次世界大戦が勃発した当時(1939年)、アメリカでは真剣にこの考えが取り上げられた。

粒状固体を用いた熱交換器を研究していたCottrellは、粒状固体を用いた高温の発生と急速な冷却を組み合わせれば窒素酸化物の生成が可能であると考えた。この方法はWisconsin大学で取り上げられ、プロセス開発される事となった。

5.1 Wisconsin プロセスの概要

Wisconsin プロセスのフローシートを図17に示す⁶¹⁾。図において、空気はブローヤによって、切替式バルブ(四方弁)を経由して炉に導入される。炉の構造は後述するが、ここで燃料ガスの助けを借りて高温を発生させ、同時に窒素の酸化反応を行わせる。炉を出たガスは、後熱器(Booster Heater)で加熱された後、吸収塔底部の熱交換器に導かれて、ここで吸収塔内のシリカゲルを暖める事によって、シリカゲルに吸着された NO_2 ガスを放出させると共に、自身は温度が下がる。

吸収塔で授熱の役目を終えたガスは、乾燥塔で乾燥された後、酸化されて吸収塔に導入される。

吸収塔の構造は特殊で、塔頂からシリカゲルを投入し、 NO_2 ガスを吸着しながら流下したシリ

カゲルは、塔下部で加熱されて NO_2 ガスを放出する。 NO_2 ガスは最終的に水に吸収されて硝酸となる。

Wisconsin プロセスにおける炉の構造を図18に示す⁶²⁾。この炉は切替式になっていて(図17の a

部とb部), 互いに blow と run を繰り返すようになっている。即ち, ブローから四方弁を経て上昇したガスは, 右側の固体粒層で暖められながら炉の中心に向かい, 炉中心の空間部で燃料と共に燃焼し, 極めて高温となって NO ガスを生成

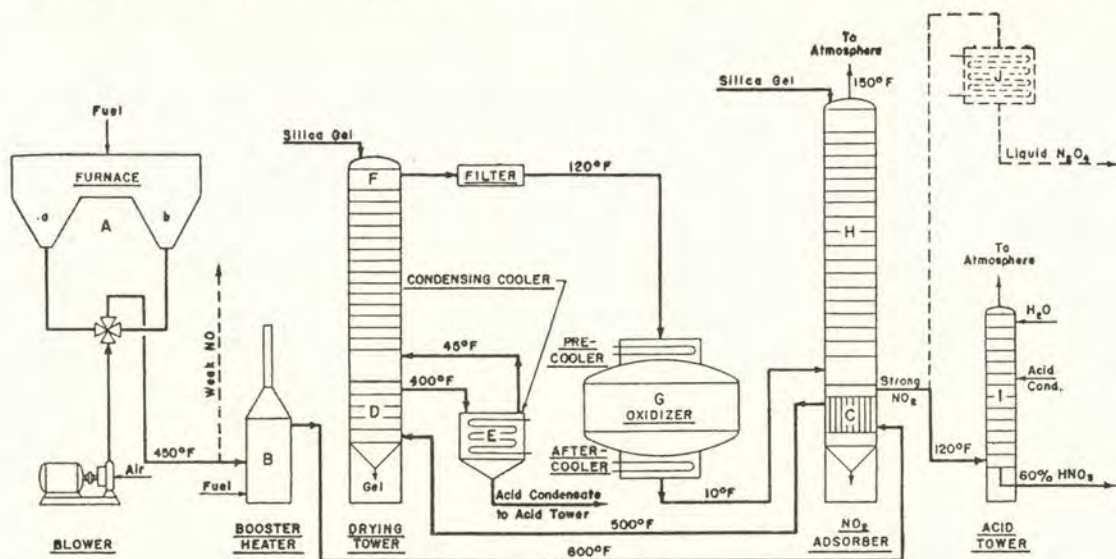
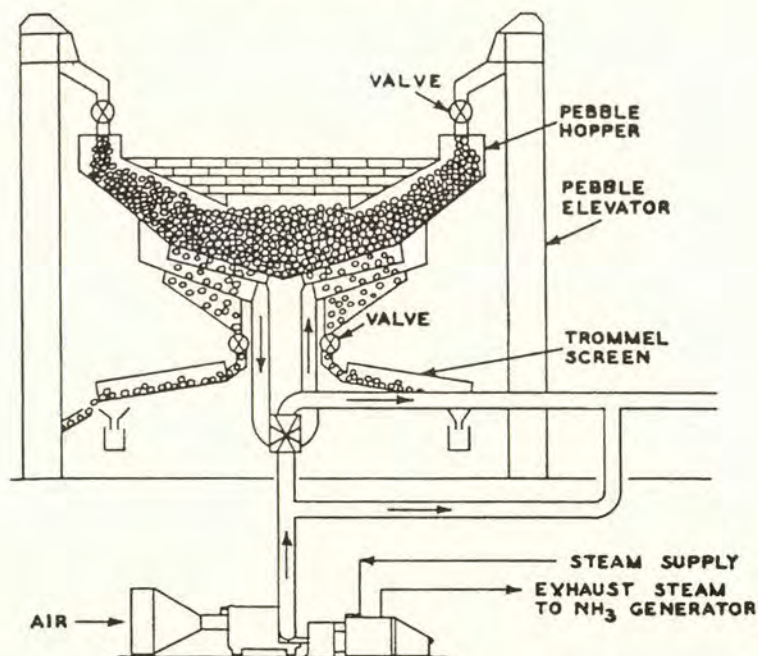
図 17 Wisconsin プロセスフローシート⁽⁶¹⁾

図 18 Wisconsin プロセスの炉構造⁶²⁾

する。このガスは、左側の固体粒層を加熱しつつ自身は冷却されて下降し、四方弁を経て吸収工程へと送られる。

5.2 Wisconsin プロセスの物理化学

約 2000°C という高温における反応の平衡と速度の測定は、Nernst や Jellinek らによって行われていたとはいっても、やはり相当の困難を伴う。Wisconsin プロセスが研究された頃（1940～1950年代）は20世紀初頭と異なって、分子論の手法は著しく進んでおり、物理化学的推論は一段と有効であった。

統計熱力学によれば、反応の平衡定数は以下のとおり正確に求められる⁶³⁾。

反応 $aA + bB \rightarrow cC$ において、

$$K_p = \frac{(q_c)^c}{(q_A)^a (q_B)^b} \left(\frac{kT}{e} \right)^{(c-a-b)} \times e^{-\Delta U_0/RT} \quad (27)$$

ここで、 q_A 等は分配関数で、 ΔU_0 は内部エネルギー差である。

分配関数は次式で与えられる。

$$q_{(i)} = g \frac{(2\pi mkT)^{3/2} V e}{h^3} \times \frac{1}{\pi \sigma} \left\{ \frac{8\pi^3 (I_x^2 I_y^2 I_z^2 \dots)^{1/n} kT}{h^2} \right\}^{n/2} \times \prod_j^{3N-3-n} (1 - e^{-h\nu_j/kT})^{-1} \quad (28)$$

(記号の意味は周知であるので説明を省略する)

(28)式より、分子の定数のみから分配関数が求められる。

Gilbert らは、この方法によって (1) の反応の平衡定数を求めた⁶⁴⁾。彼等の計算結果を表4に示す。

表4の値を表2のものと較べてみると、表4における NO の濃度の方が若干大きい。この場合、理論計算による表4の結果の方が正しいというべきであろう。

反応速度を理論的に求める事は非常に難しいが、Gilbert らは、NO の分解速度定数 k_2 の値を Eyring の絶対反応速度論の方法を用いて以下のように求めた⁶⁴⁾。即ち

$$k_2 = A e^{-E^*/RT} \quad (\text{NO 分解速度定数}) \quad (29)$$

において、

1) 頻度因子 A は

N_2 , O_2 , NO の原子間距離が活性錯合体でそれぞれ 20% 伸びるとして活性錯合体の振動数を求め、これより $A \sim 10^9 \text{ atmos}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$ を得た。

2) 活性化エネルギー E^* は

Hirshfelder の規則によって⁶⁵⁾、2分子反応の場合は結合の解離エネルギーの 28% であるとして、 $E^* = 70000 \text{ cal/mol}$ を得た。

また、 $k_1 = k_2 \times K$ で k_1 を求めた。

これらの結果を実測値と比較すると、充分、考

表 4 (1) の反応の平衡定数と NO 濃度⁶⁴⁾

Temperature, °K	K_p , Atmos. $\times 10^4$	Volume Per Cent NO		
		20% O_2	10% O_2	5% O_2
1800	1.21	0.44	0.31	0.22
1900	2.31	0.61	0.43	0.31
2000	4.08	0.81	0.57	0.40
2100	6.86	1.05	0.74	0.53
2200	11.00	1.33	0.94	0.67
2300	16.90	1.64	1.16	0.82
2400	25.10	2.00	1.42	1.00
2500	36.00	2.40	1.70	1.20
2600	50.30	2.84	2.01	1.42
2700	68.70	3.32	2.34	1.66

察に値するものである事がわかった。

絶対反応速度論は、理論としては問題無しとしないが(経験的因子を導入せざるを得ない)、むしろ、実用的な目的を持って経験的因子も取り入れながら活用すればよいと思われる。

なお、熱化学法で得られたNOの濃度も低いので、これを効率的に回収する為に、触媒を用いたNOの酸化、吸着剤を用いたNO₂の捕集が必要となる。

触媒としては活性炭が、吸着剤としてはシリカゲルが良い事がわかった。

5.3 Wisconsin プロセスの評価

このプロセスが開発された頃には、既にアンモニア酸化法が確立され、唯一の商業的硝酸製造プロセスとあって良い状況であった。従って、同じ空中窒素の直接酸化法である電弧法とは、研究開発の置かれた環境が大いに異なっている。

Wisconsin 法のねらいは、アンモニア酸化法に対抗して、これに太刀打ちできるプロセスを開発する事であった⁶³⁾。

本法は、電弧法と異なって、反応部を含めた全体が高温にさらされる為に、高強度、高寿命の耐熱材が要求される。この、耐熱性の問題をクリアして、希薄なNOガスの捕集を小さな装置で行う(加圧燃焼などもあり得よう)事に成功し、かつ、熱回収を充分行えば、アンモニア酸化法が原料アンモニア合成工程で約50%の熱効率である事を考えると、経済的に成り立つプロセスとなりうる。

ここに述べた技術的問題の解決は、このプロセスが開発された当時(1940~50年頃)に較べて、現在の技術水準をベースに考えれば比較的容易ではないと思われる。

NOの酸化触媒の開発やNO₂の吸着剤の開発は、工業物理化学の課題と考える事ができる。

6. 考察及びまとめ

硝酸製造プロセスの開発において、工業物理化

学の果たした役割は大きかった。しかしながら、その貢献の内容を全体的に眺めると、新しいプロセスの発明というよりも、主としてプロセスの合理化に対して果たしたところが大きかった。

電弧法、アンモニア酸化法の萌芽は既に18世紀からあり、20世紀になってこれらが実用化されたのは、新しい原理の発明というよりは工業化と改良の研究によるものであった。

しかし、実際の工業的な見地からすると、新しい原理の発明よりもプロセスの合理化の方が、はるかに大きい寄与をしている(硝酸製造の場合)。

アンモニア酸化法が圧倒的な競争力を持ち得たのは、一つには、工業的アンモニア製造法の成功によるものであり、今一つは、加圧化によるコストの削減である。これらは何れも原理の問題というよりは工業としての合理化の成果である。

電弧法は原理的に劣っている(生成NOの濃度が低い)という面は確かにあるものの、反応率、電力原単位、生成ガス捕集法などの合理化が不十分な状況にあって、その間にアンモニア酸化法が競争力を得たと考えることができる。

Wisconsin 法は原理的に優れた面があるものの、工業的な面(反応炉、捕集系)でかなり未熟なままで終了してしまったものである。現在の技術水準をベースに考えれば、工業的に成立する技術となりうるのではないかと思う。

以下、各プロセスの開発において物理化学の果たした役割を総括する。

i) 電弧法においては、反応平衡の推定に際し熱力学の手法が有効であった。また、可逆反応である事に着目して、熱力学的な考え方を用いて、逆反応速度から正反応速度を推定する事もできた。

プロセスの合理化としては、電弧の形状、周波数、気体の流れ、電極の性状等、多くの研究の成果があった。

工業的には、電力の利用効率が3%程

度と低く、かつ、低濃度の NO_2 の捕集は効率が悪いので、製造原価は高かった。

最近の研究によれば、触媒の利用によって電力効率は約30%まで到達する事ができ²⁹⁾、現在のアンモニア酸化法に匹敵する段階まで来た。

低濃度の NO_2 を低コストで回収する技術が出来れば、工業的に成立する可能性はある。

- ii) アンモニア酸化法においては、工業化が初めて行われた頃、アンモニアの供給速度や最適酸化温度の研究が行われ、現在のアンモニア酸化法の原型の成立に貢献した。

その後、アンモニア酸化工程に関する速度、物質の拡散等を分子論的あるいは総合的に研究する事によって、酸化工程の合理化が行われた。

NO_2 吸収工程の合理化については、反応吸収の機構、平衡、速度を研究する事により、吸収系の最適化(製品濃度上昇、排ガス濃度の低下、装置のコンパクト化等)が可能となった。

プロセス全体としては、何と云っても、加圧化による合理化が大きく、Fauserやdu Pont社は、加圧化のメリットを予測した上で開発研究を行い、今日の加圧プロセスの先駆となった。

アンモニア酸化法における我が国の研究は非常に優れたものであった。

- iii) Wisconsin法は、アンモニア酸化法に代替しうるプロセスを目標に開発されたが、工業的な面(高温反応炉の耐熱性と寿命、低濃度 NO_2 の捕集技術の限界)から実用化に至らなかった。

この開発研究においては、統計熱力学の手法による反応平衡定数の推定や、遷移状態法による反応速度の推算が行われ、結果

は有効であった。

このプロセスは、アンモニアを経由しない直接合成法であるだけに、現在の技術を見て見なおせば、工業的に成立する可能性も無くはない。

プロセスの物理化学的な研究と、エンジニアリング的な研究(工業物理化学は前者を主体とする)は、プロセス開発の上で車の両輪であって、反応や吸収のメカニズムは物理化学的研究によって明らかにされねばならないし、加圧の効果や流れの影響などはエンジニアリング面から明らかにされねばならない。

硝酸製造技術の進歩は、この事を良く物語っている。

謝 辞

本稿の作成に当たって、当社肥料無機事業部主席 頼 昭一郎氏、同部員 斉藤和夫氏、尾崎 肇氏の協力を得た。

また、工業技術院物質工学工業技術研究所無機材料部無機機能制御研究室室長 亀山 哲也博士に貴重な資料を提供して頂きました。深く謝意を表します。

文 献

- 1) Wilhelm Ostwald, American Patent 858904, filed June 26, 1902.
- 2) 高橋武雄『化学工業史』(産業図書, 1973), 142頁.
- 3) チャールズ・シンガー他著, 高木純一他訳『技術の歴史』(筑摩書房, 1962), 第3巻, 289頁.
- 4) 棚橋寅五郎「吾邦化学工業沿革に就て」『日本科学技術史大系21巻, 化学技術』(日本科学史学会編, 第一法規出版, 1964), 146頁.
- 5) 鎌谷親善『日本近代化学工業の成立』(朝倉書店, 1989), 512頁.
- 6) 同上書, 156頁.
- 7) 同上書, 220頁.
- 8) 文献4), 143頁.
- 9) 『住友化学工業株式会社史』(住友化学工業株式会社, 1981), 61-63頁.
- 10) 宇野昌平『無機製造化学I』(共立出版, 1952), 171頁.
- 11) Mellor, *Comprehensive Treatise on Inorganic*

- and Theoretical Chemistry*, Vol. VIII, p. 366.
- 12) *ibid.* p. 367.
- 13) *ibid.* pp. 368-376.
- 14) 井上, 島, 佐々木, 植木, 井上, 山村『東工試報』第44回, 第1号, 22頁(昭和22年).
- 15) 日本化学会編『日本の化学百年史』(東京化学同人, 1978), 601頁.
- 16) 『秩父セメント五十年史』(秩父セメント株式会社編, 昭和49年), 345頁.
- 17) Mellor, 前掲書 p. 374.
- 18) Schönherr, *Trans. Am. Electrochem. Soc.* **16**(1909), p. 144.
- 19) 田村幹雄『物理化学』(上)(至文堂, 1970), 96頁.
- 20) W. Nernst, *Z. anorg. Chemie*, **49** (1906), 213.
- 21) W. Nernst, *Z. Elektrochem*, **12** (1906), 527.
- 22) K. Jellinek, *Zeit. anorg. Chem.* **49** (1906), 229.
- 23) Mellor, *Supplement to the Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry* Vol. VIII, Supplement II, 'N', Part II (1967), p. 176.
- 24) 佐々木『東工試報』第44回, 第2号, 77頁(昭和22年).
- 25) W. Cotton, *Trans. Electrochem. Soc.* **91** (1947), 519.
- 26) 文献23), p. 180.
- 27) 『東工試報』第44回第1号(1~2報), 第2号(3~4報), 第3号(5報), (1924).
- 28) 文献23), p. 181.
- 29) B. Mutel et al, *Rev. Phys. Appl.*, **19** (1984), 461-464.
- 30) S. Cavadias et al, *Bull. Soc. Chim. France*, **1986**, 147.
- 31) US. DOE Report SERI-CP-251-2680 (1985), 177.
- 32) 森『臨時窒素研究所報告』第9号, 3頁(大正14年(1925)).
- 33) Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology* (3rd Ed 1981), Vol. 15, p. 854.
- 34) *Chem. Met. Eng.* **20**(1919), 470.
- 35) *Met. Chem. Eng.* **19**(1916), 425.
- 36) L. Andrussow, *Z. angew. Chemie*, **39**(1926), 321.
- 37) G. Fauser, *Chem. Met. Eng.* **37**(1930), 604.
- 38) A. P. Oele, *Chem. Eng. Sci.* **1958**, 8, 146.
- 39) 『化学工学論文集』**6**, No. 4, 378 (1980).
- 40) M. Bodenstein, *Z. Elektrochem.* **24** (1918), Nr. 13/14, 183.
- 41) C. L. Burdick, E. S. Freed, *J. Am. Chem. Soc.* **43**, 518 (1921).
- 42) J. J. Carberry, *Chem. Eng. Sci.* **9** (1959), 189.
- 43) E. Abel, H. Schmid, *Z. physik. Chem.*, **132**, 55; **134**, 279; **136**, 135 (1928).
- 44) K. G. Denbigh, A. J. Prince, *J. Chem. Soc.* **20**(1947), 790.
- 45) T. K. Sherwood, F. S. Chambers Jr., *Ind. Eng. Chem.* **29**(1937), 1415.
- 46) S. P. S. Andrew, D. Hanson, *Chem. Eng. Sci.* **14**(1961), 105.
- 47) H. Komiyama, H. Inoue, *J. Chem. Eng. Jpn.* **11**(1978), 25.
- 48) 『東工試ニユース化学工業資料』Vol. 13. No. 8 (工業技術院東京工業試験所, 1979), 42頁.
- 49) 内田『臨時窒素研究所報告』第7号(大正13年(1924)), 第8号(大正14年(1925)).
- 50) 内田, 津田『硝酸』(産業図書, 1954), 10頁.
- 51) 佐々木『東工試報』第26回, 第11号(1931), 第27回, 第3号(1932).
- 52) 多羅間公雄『酸化』『触媒工学講座7 触媒反応(2) 一酸化・脱水素・分解—』(地人書館, 1967), 42頁.
- 53) 大類他『化学工学』**47**, (7), 452 (1983).
- 54) 村山力蔵「アムモニア瓦斯を酸化する方法」, 特許77175号(昭和3年).
- 55) G. Fauser, *Chem. Met. Eng.* **35** (8)474 (1928).
- 56) G. B. Taylor et al, *Ind. Eng. Chem.* **33** (8) 860 (1931).
- 57) Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology* (3rd Ed. 1981), Vol 15, p. 859.
- 58) ECN Nitric Acid Supplement, January, 30, 1970.
- 59) T. H. Chilton, *Chem. Eng. Prog. Monograph Series*, No. 3, Vol. 56, 1960.
- 60) 山中国司, 『硫安工業』, 1971, 28.
- 61) E. D. Ermenc, *Chem. Eng. Prog.* **52** (1956), 488.
- 62) E. D. Ermenc, *ibid.* (1956), 149.
- 63) 田村幹雄『物理化学』(下)(至文堂1971), pp. 958-971.
- 64) N. Gilbert et al, *Ind. Eng. Chem.* **40** (1948), 1719.
- 65) J. O. Hirshfelder, *J. Chem. Phys.*, **9**(1941), 645.

A History of Industrial Nitric Acid Processes: Physical Chemistry's Contribution to the Process Development

Satoshi KAWAI

(Mitsubishi Kasei)

A history of industrial nitric acid processes is reviewed from the view point of the contribution of physical chemistry.

Three processes (arc process, NH_3 oxydation process, Wisconsin process) are reviewed.

On the arc process, thermodynamics was effective for the estimation of chemical equilibrium.

Physico-chemical investigations about NH_3 oxydation kinetics and NO_2 absorption mechanism have contributed much for optimization

and cost reduction for the ammonia oxydation process.

Statistical thermodynamics and transition state theory were effective for estimation of equilibrium constant and reaction rate constant for the reaction in Wisconsin process.

Japanese researchers' contributions are reviewed.

A few themes are pointed out to be investigated for future development.

表紙図説明

『舎密開宗』 第四十八章 水の分解 水を分解して水素を捕集する方法の図

甲：水素を捕集するガラス鐘

戊：水の入ったレトルトを熱する炉

乙：分解しないで出てくる水を受けるビン

癸：燈油を貯えたびん

丙：中に巻いた鉄線を入れた鉄の筒

庚：燈油を通す管

丁：鉄の筒を熱する炉

鉄の筒(銃身)の中に巻いた鉄線を入れ、炉の中に横に通し、一端を水を入れたレトルトにつないで、やや高くする。他の端を曲管につなぎ、曲管の他の端を水を満たした水槽のガラス鐘の下に入れる。炉に炭火をおこし、鉄の筒を赤熱し、一方燈油を燃やしてレトルトの水を熱すると、水蒸気は鉄の筒を通過する間に分解される。すなわち、水蒸気の酸素は鉄と化合し、水素は曲管から出てガラス鐘内に集まる。註：この方法はラヴワジェの方法にもとづく。

〔広 場〕

『化学史研究』20年間の歩み

—回顧と展望—

大 野 誠*

はじめに

今年は本誌にとって一つの節目にあたる。『化学史研究』が1974年3月に本学会の前身たる化学史研究会によって産声をあげてから、今年でちょうど20周年になるからである。幸運にもこの節目に際会できた者として、本誌の20年間の歩みを振り返りつつ、今後を展望しようというのが本稿の目的である。

このことに直接かかわるので、あらかじめ本稿の立場について述べておきたい。というのも、本誌の歩みを振り返るといっても、それにはいろいろなアプローチが考えられるからである。たとえば、化学史学会の活動そのものを歴史研究の対象とし、その一環として本誌を検討するというものがある。この観点にたつならば、そもそも化学史学会がわが国の科学史研究のなかでどのような位置を占め、また一種の運動体ともみなしうる学会活動の背後に時代のどのようなイデオロギーを認めうるのか、といった問題にまで視野を広げなくてはなるまい。そのためには、たとえば現代史研究者が行うように、学会の創立メンバーへのインタビューを実施するなどして、本誌以外にもさまざまな史料を収集しなくてはなるまい。しかし、こうした研究は、筆者の現在の力をはるかに超えているので、ここでは断念せざるをえない。そこで本稿は、これとは別の視点から、すなわち新参の編集委員が今後にむけての参考資料を得るというプラクティカルな立場で作業を進めたい。

本誌ではすでに本稿と同様な試みが2件発表されているので、最初にそれらについて簡単に触れておこう。第一は、化学史研究会創立10周年記念のシンポジウム報告である¹⁾。これは、創立10周年の時点でのものであるため、本稿が対象とする時期のほぼ前半に限られている。またその内容は、公開座談会という形式に規定され、かなり概略的なものであった。もう一つは、本誌の50号発

刊を記念して発表されたものである²⁾。これはまだ数年前の報告なので、扱う時期も本稿とかなり重なり、かつその観点は学会の様々な活動と関連づけて本誌を捉えようとするものであった。アプローチとしては誠に当をえたものといえる。

それゆえに、重複を避けるために、本稿では『化学史研究』がこれまでにどのような知識を蓄積してきたかを検討することにしたい。これに関しては、まだ十分論じられていないと考えるからである。おそらくどの学会誌にもあてはまることであろうが、学会誌1冊が提供する知識の量や範囲はきわめて限定されており、個々の論稿がいかに独創的な知見を含むにせよ、それだけでは全体との関連などは見通しにくい。このことは、著作と比較すれば明らかであろう。しかし1冊あたりについてはこうであるにしても、学会誌の意義や魅力は雑誌の継続的な発刊による知識の集積にある。そうであるならば、わが『化学史研究』は、いったいどのような知識を集積してきたのであろうか。また、そこに見られる特色とは何であろうか。

以下では、まず『化学史研究』20年間の様子を、編集面での変化や各欄の掲載状況から検討する。次いで、掲載された論稿を西洋と日本の分野に区分し、それぞれの分野にどのような特色が見られるかを明らかにしたい。最後に、これらをもとにして、本誌の今後について筆者なりの展望を述べてみたい。

なお、以下の論述ともかかわるので、筆者と編集委員会との関係について触れておきたい。筆者が編集委員会に加わったのは1991年からであるので、上述したように筆者は新参の編集委員の一人である。したがって、本稿で扱う大半の時期について筆者はいわば「部外者」であった。内部事情を知らないために生ずる誤解もあるであろうが、逆に「外側」から見た観察であるがゆえに何か参考になる点があるかもしれない。いずれにせよ、本稿が編集委員会を代弁するものではないことはあらかじめことわっておきたい。

1993年12月4日受理

* 長崎大学教養部

連絡先：〒852 長崎市文教町1-14

1. 『化学史研究』の性格

最初に、本誌20年間の歩みを1号ごとの編集面での変化に注目して検討してみよう。表1がその結果をまとめたものである。

これについて幾つかのことを述べておこう。まずは、編集主体の変更についてである。表からもわかるように、『化学史研究』の編集は、第29号を境として化学史研究会から化学史学会に移行した。これは、学会外部から見ると、「同好者の研究会」から「正規の学会」への移行と受け取られよう。その結果、極言すれば、第28号以前の論文は正規の論文とはみなせないとする見解があるかもしれない。しかし、この「研究会」から「学会」への移行は、あくまで形式的な名称の変更にすぎなかった。というのも、すでに明らかにされているように、「第3号の編集からは論文や寄書に対して査読、審査を経て掲載の可否を判定する手続きを実行に移した」³⁾からである。つまり本誌では当初から論文の審査制を採用していた。このことは、たとえば審査制をとっていない『生物化学史研究』とは明らかに性格を異にする。しかも、一部に委員の交替はあったものの、編集委員会には発刊以来、継続性が見られるのである。

こうして本誌は化学史研究会創立以来の伝統を継承してきたことになるが、そのなかで見過ごされてならない変化は、1982年から開始された季刊制（年4回の発刊体制）である。これは学会への移行という名目上の変更よりも、はるかに実質的な意義をもつものであった。これにより蓄積される知識は以前に比べ、大幅に増加することになったからである。

ここにも示唆されているように、『化学史研究』の伝統は一挙につくりあげられたものではなかった。特に初期の数年間に関しては、編集委員会に不慣れな点があったことも否めない。たとえば、編集委員会が存在したにもかかわらず、第3号や第8号では論稿の区分がまったく明示されておらず、逆に第16号ではこの号にしか存在しない「書評」欄が突如として“新設”された。また、今では論文末に欧文レジュメを添付することはごく普通のことだが、こうした書式が採用されるようになったのは、早く見積もっても第9号になってからである（これ以降においてもレジュメのない論文が散見される）。

さらに言えば、初期の寄書には、現在ならばおそらくは広場の欄に掲載される論稿が含まれていた（たとえば

表1 『化学史研究』20年間の足跡
—編集面での変化

通巻 号数	発刊年 (No.)	内 容
1	1974 (1)	論稿の区分は論文・原典翻訳・紹介・広場
2	(2)	
3	1975 (1)	論稿の区分なし。1974年総会の講演プログラムを掲載
4	(2)	「解説」登場
5	1976	「研究回顧」登場（実質的には第3号より開始）
6	1977	
7	1978 (1)	表紙裏に英文目次、投稿規定に総説・史料・雑報を追加
8	(2)	論稿の区分なし。Knight氏の論文、年会講演要旨を掲載
9	1979 (1)	論文に英文要旨を添付したものが登場。「資料」登場
10	(2)	
11	(3)	年会特集号（ただし、紹介は掲載）
12	1980 (1)	年会参加記を掲載。「資料」に「化学史などの出版物」
13	(2)	
14	(3)	年会特集号
15	1981 (1)	
16	(2)	「教育シリーズ」開始。編集委員名を公表
17	(3)	年会特集号（ただし、論文・教育シリーズも掲載）
18	1982 (1)	
19	(2)	
20	(3)	第1号～20号の英文目次掲載
21	(4)	
22	1983 (1)	
23	(2)	「総説」登場
24	(3)	
25	(4)	
26	1984 (1)	
27	(2)	
28	(3)	編集委員名を明記
29	(4)	編集が「化学史学会」となる
30	1985 (1)	表紙に英文目次、10周年記念シンポジウム特集
31	(2)	「技術資料」開始
32	(3)	
33	(4)	
34	1986 (1)	「討論」新設
35	(2)	中国人研究者の記念講演掲載
36	(3)	
37	(4)	
38	1987 (1)	
39	(2)	
40	(3)	
41	(4)	
42	1988 (1)	「特集ラヴウジェ研究入門」開始
43	(2)	
44	(3)	
45	(4)	
46	1989 (1)	
47	(2)	論文が1編も掲載されず
48	(3)	「新着科学史書から」登場
49	(4)	
50	1990 (1)	
51	(2)	
52	(3)	
53	(4)	
54	1991 (1)	
55	(2)	
56	(3)	
57	(4)	「特集技術史シリーズ」開始
58	1992 (1)	
59	(2)	「科学史研究の新潮流」開始
60	(3)	
61	(4)	

第5号や第6号の寄書)ので、寄書の考え方自体が現在とは異なっていた可能性がある。これに関連すると思われるのが、寄書の英語表記である。第20号に掲載された英文目次において寄書は Letter と訳されていたが、第54号以降では Note になっている。Letter と Note では意味することがかなり異なっていないだろうか。

以上のような不備がみられるにせよ、『化学史研究』が独自の伝統を築いてきたことは確かであろう。この独自の伝統が何かは本稿全体で明らかにするつもりであるが、あらかじめ顕著な特色だけを指摘しておこう。端的にいうとそれは、本誌が論文・寄書以外にも実に多彩な欄を設けて論稿を掲載してきたことにある。創刊号に示されている論稿の区分は、論文・寄書・原典翻訳・紹介・広場という、きわめてシンプルなものであった。しかし、季刊制以前の時期においても、解説、研究回顧、総説、教育シリーズ、資料、雑報の各欄がつくられ、さらにそれから現在までの間に、技術資料、討論、特集ラヴワジェ研究入門、特集技術史シリーズ、科学史研究の新潮流の各欄が登場するようになった。もっともこのなかには、特集ラヴワジェ研究入門のように、実質的にはその役割を終えつつあるものもあるが、それにしても、これほど多くの欄を設けている学術雑誌は他にない。

編集委員会がなぜこのような多彩な欄を設けてきたかについては、必ずしも定かではない。教育シリーズや特集ラヴワジェ研究のようにその趣旨が公表されている場合もあるが、しかし、それらはむしろ少数派であって、他の欄については明確な説明がなされてこなかったからである。そのため、この点については類推するしかないが、次のような考えに基づいていたと思われる。

- 1) 会員の化学史研究に対する多様な関心に応じようとしたもの。教育シリーズや研究回顧の一部がその例といえる。特集技術史シリーズもこれに加えてもよいかもしれない。
- 2) まだわが国では十分な研究蓄積がない領域に関して、その水準を世界的なレベルに近づけようとするもの。特集ラヴワジェ研究入門のほか、解説や総説の一部が該当しよう。
- 3) 歴史的な位置付けは今後委ねられるが、史料収集という観点から意義をもつもの。資料や技術資料の一部、また特に日本人科学者の業績と経歴をあつかった解説がこの範疇に入る。
- 4) 化学史研究の視野を広げようとするもの。特集技

術史シリーズや科学史研究の新潮流がその例である。

- 5) 会員相互の意見交流を活性化しようとするもの。創刊以来、広場の欄が設けられていたが、アヴォガドロの分子説をめぐる本学会内部で論争が生じ、広場とは別に討論の欄が新設された。

次に、各欄の年次別の掲載状況を見よう。表2がその結果である。

結果の検討に入る前に、表の作成方法について述べておかねばなるまい。採用した方法が結果に大きな影響を与えるからである。第一に論稿の数え方である。問題となるのは、分割して掲載された論稿であるが、これは全部で1編と数えることにした。したがって、ある論文が2回に分けて掲載されたなら、それぞれを0.5編とみなす。第二に、対象から外したものであるが、年会の講演要旨(ただし、招待講演の一部については「解説」相当とみなし、これに区分した)、資料の「化学史周辺の出版物」、1頁にも満たない論文抄録、広場の欄以外の会報、ニュースの類である。

第三に、論稿の区分については、すでに述べたように、一部に明らかな混乱が見られるし、論稿の区分が明示されていない場合も少なからず散見されるので、次のように取り扱うことにした。当該号に区分が示されていない第3号と第8号については、第20号の英文目次の区分に従った。これら以外で、区分が明示されていない論稿については、内容、分量、書式(注や文献の有無)により筆者が適宜判断した。一方、区分が明示されているものについては、基本的に編集委員会の区分に従ったが、内容を判断して、区分を変更したものがある。たとえば、「特集ラヴワジェ研究入門」のなかの「文献案内」は「解・総説」欄ではなく、「紹介・総合」に区分した。また「教育シリーズ」のなかには、本論が原典の翻訳となっているものがあるので、これは「原典翻訳」欄に区分した。これらを含め、区分を変更したものについては備考欄に明示しておいた。なお、「解・総説」欄に含めたのは、解説、総説のほか、各号の序文の「研究回顧」とは区別されて掲載された「研究回顧」、技術資料、特集ラヴワジェ研究入門、特集技術史シリーズ、科学史研究の新潮流、さらに「招待講演」の一部である。また「討論」は広場欄の論説に相当すると判断した。

表の結果について検討しよう。なお、あらかじめ注意を喚起しておく、1982年の前と後では発刊数が異なるため、数値を単純に比較することはできない。

表 2 各欄の年次別掲載状況

* 年会講演要旨, 化学史周辺の出版物, 会報・ニュースの類は対象としない.
「技術資料」は「解・総説」に, 「討論」は「広場・論説」に分類した.

年度	序	文		論文	寄書	解・総説 特集・回顧・潮流	原典 翻訳	資料	紹 介				広 場		追悼	備 考
		巻頭言	回顧						邦書	翻訳書	外国書	論文	総合	論説	参加記	
74(2)	2			7.5	1	0	1.5				2(1)				1	
75(2)			2	3	1	1	1.5				1		1			3の柏木は紹介・総合へ
76(1)			1	1.5	1	1				1(1)						
77(1)			1	2	2	1	1			3(3)						
78(2)			2	3(1)	2	2								1	1	8の山岡は広場・論説へ
79(3)			1	4	1	4		2	1	2(1)	1	1			1	11の招待講演3報は解説へ
80(3)			2	2(1)	0	1	2	2				1	1	1	1	12の広田は広場・論説へ, 12の玉虫は広場・参加記へ
81(3)			2	4(1)	1	2	1		1	1(1)	1	4	2	2	1	15の論文抄録は紹介・論文へ, 16の雑報2は広場・論説へ
82(4)				4	2	4	2	1	3	1	3	1		3(1)	2	18の亀山は広場・論説へ, 19の山口は原典翻訳へ, 21の古川は広場・論説へ
83(4)			1	2	2	8(2)		1	1			1		4(1)	1	1
84(4)	2			8(2)	2	4		1	5		1	1		1	1	1
85(4)	1			3(1)	1	8(1)			1	2(1)	2(1)	1	1	2	5(3)	31の藩は解説へ
86(4)	1			4	2	6(2)		1	1	1(1)	1			3	2	34の藩, 楊は解説へ
87(4)	1			5(1)	2	1				3(2)		2	1(1)	3	2	
88(4)			1	1	4	7			2		2	1	2(1)	2	4(1)	43の大野は紹介・総合へ
89(4)	1			0	3	7			6	2(1)		1	1	3	5(1)	紹介では他に「新着科学書から」が1
90(4)	2		1	2	0	1		2	2	3				4(1)	4	
91(4)	1		1	1.3	2	5		1	6	3	4			4	3	56の川崎は紹介へ, 新着科学史書が3
92(4)				4.7	3	5.5			7	1	2	1		3	5(2)	新着科学史書が3
93(2)				2	2	3.5			3	1					2	
合計	11	15	64(7)	34	72(5)	7	11	39	24(11)	20(2)	15	6(2)	36(3)	37(7)	6	

()内は外国人

()内は原典

()内は海外での様子を扱ったもの

最も顕著な点は、「解・総説」欄に掲載された論稿の数が「論文」・「寄書」を凌駕していることである。先に指摘した『化学史研究』の特色は、論稿数にも反映しているのである。

各欄ごとに検討すると、次のようになる。

＜論文欄＞

平均すれば、各号当たりの論文掲載数は1編ということになるが、この欄の特徴は年度によって掲載数にかなりの幅がある点である。この平均掲載数を基礎とすれば、創立時（1974年度）の掲載数は、発刊数を考慮しても群を抜いている。このことは、『化学史研究』が「論文集」としてスタートしたことを物語っている。1984年度の掲載数も合計8編（各号2編ずつ）と他の年度を凌駕しているが、なぜこのようになったかについて、特別な理由は見当たらない。ただし、8編のうち外国人研究者の論文がこの年度だけ2編であることは注目されよう。これに対して、1988年度と89年度は両方あわせても1編しか掲載されず、「編集委員会はいうまでもなく、理事会も深刻な危機感のとりこになった」とされる時期であった⁴⁾。にもかかわらず、『化学史研究』が継続的に刊行できたのは、「解・総説」の論稿がその欠落を埋め合わせてくれたからである。

＜寄書欄＞

論文欄に比べると、この欄の掲載数は安定しており、平均すれば1号当たり0.5編である。ただし、筆すべきは、全部で34編のうち、実に14編（41%）が竹林松二氏一人に負っていることである。

＜解・総説欄＞

この欄も年度によって掲載数にかなりの幅がある。掲載数が多い年度を見てみると、1983年度では半数が教育シリーズ、1985年度では半数が教育シリーズと技術資料、1988～89年度の「危機の時期」には合計14編のうち10編が教育シリーズと特集ラヴワジェ研究入門によって占められていた。この欄で問題なのは、「特集」や「シリーズ」が設けられていた時期にもかかわらず、1編しか論稿が掲載されない年度があったことであろう。

＜原典翻訳欄＞

この欄に顕著な事態はこの10年余りの間、事実上、この欄が開店休業の状態にあることである。ただし、これは、学会がこの方面での努力を怠ってきたことを意味しない、というのも、『化学史研究』ではこうであっても、学会は創立10周年記念事業として『原子論・分子論

の原典』3巻を刊行したからである。このなかには多数の原典翻訳が掲載されていた。言ってみれば、学会がこの3巻の完成に精力を注いできたがゆえに、この欄はとり残されてしまったと考えられよう。

＜紹介欄＞

全体としてみれば、この欄は後半の10年間に、掲載数を着実に増加させてきた。翻訳書のなかでは原典の紹介が多いことも特色の一つである。とはいえ、欧米の学会誌や『科学史研究』と比較するなら、紹介すべき著作の絶対数はまだ相当少ない。また、海外の研究書をこの欄で取り上げてきたことは、『化学史研究』の長所の一つと考えられるが、数が少ないことに加えて、途切れがちであることが問題点である。

＜広場欄＞

この欄は80年以降、よく活用されている。特に「参加記」の増加が目覚ましい。「自己評価」作業の一環ともいえる「年会参加記」が定着したことに加え、「春の学校」、「夏のサロン」などの活動がこの欄に大きく寄与している。また、85年以降は海外で開催された学会や研究集会の報告、あるいは留学体験記が掲載されるようになり、これも新しい兆候といえる。

2. 研究テーマに見られる特色

以上で対象にした論稿のうち、論文、寄書、そして表2で「解・総説」として区分した論稿に絞って、本誌がこれまでにどのような研究テーマの論稿を掲載してきたかを検討したい。論文、寄書のほかに、「解・総説」欄の論稿を加えたのは、これらが量的にも多いばかりでなく、本誌にとって重要な位置を占めてきたからである。一方、これら以外を対象からはずしたのは、ここでの関心が研究状況の特色を見ることにあるため、紹介を中心としたものは省くべきだと判断したからである。もちろん、ある論稿を「研究」か「紹介」かに区分する際にはかなりの困難が伴う。実際、ここでは対象外とした「巻頭言」、「広場」、「資料」などの論稿には、「研究」の延長上にあるものがかかなりあるし、逆にたとえば、「特集」のなかには実質的には「紹介」に過ぎない論稿も含まれている。それゆえ、以上のような選択はかなり機械的なものであるが、対象とする論稿が相当の数にのぼるため止むをえない措置である。なお、第5号と第6号の寄書は、1.で述べたように、内容上「広場」に相当すると考えられるので対象から外した。一方、ここでの関心か

らえば年会の講演要旨を対象に含めるべきであろうが、そうすると数が多くなりすぎ、かつ別の考察を必要とすることもあるので割愛することにした。

対象とする論稿を、その研究テーマにしたがって西洋、日本、その他に分類しなおしたのが、表3～5である。「その他」は西洋または日本に分類しづらいものをまとめただけなので、基本的な区分は西洋と日本といえる。研究分野をこのように分けた理由は、地域という便宜的な区分以上に、これらの分野では研究の在り方がかなり異なっているからである。表の示し方について一言しておく、ここでは研究テーマに関心があるため、論稿の数については明示しなかった（ただし、注では関連する論稿を示した）。また、表3と表4においては、それぞれのテーマがどの論稿に対応するかを示そうとして、できるかぎり論題の一部を使うように心がけた。こうした簡略化した記載は、表のスペースに制約があるからである。

それぞれの分野ごとに検討してみよう。

A) 西洋分野

表3から読み取れる顕著な点は、この分野における研究テーマが、いわゆる「学説史」を中心として、一方では化学という学問にいわば素材として不可欠である試薬や器具の歴史へ、他方ではその担い手たる人物の研究へと広がっていることである。このことは、それぞれの研究においては新しい見方が提示されているにせよ、大枠では伝統的な化学史が依然として重要な位置を保ち続けていることを物語っている。もちろん、少数ながら、これまでの化学史では扱われてこなかったような新しい研究が見られることも確かである。たとえば、ラヴワジェ夫人やシュタウディンガーの政治的葛藤などがその例である。だが、「ラヴワジェと化学革命」と「ドルトン原子論」に関する論稿の数が多いこと——それゆえ、表では太字で示した——に端的に表れているように、この分野では「学説史」が軸となって研究が展開していることは明らかである。

化学史研究がこのように「学説史」中心でよいかどうかについては、議論のあるところであろう。批判の、よりラディカルな立場からすれば、化学史研究が学説史の伝統に固執するかぎり、歴史研究としての化学史研究の展望はひらけないということになろう。そうであるならば、批判派は伝統的な化学史への批判に止まらず、新しい研究領域の開拓で自らの主張を実現してゆくことが

是非とも必要である。

ところで、海外での化学史研究や以下でみる日本分野の研究と比較するならば、表3からは別の特色も見てとれる。それは、当然あってしかるべき研究領域が抜け落ちている点である。

まず、時代について検討してみると、わが国の研究のほとんどは18世紀後半以降に集中しており、これ以前については研究がきわめて不足している。古代や中世はもとより、世界的にはかなりの研究蓄積がある「科学革命」の17世紀に関してもボイルを扱った論文があるに止まり、18世紀前半の研究不足も歴然としている。ラヴワジェとドルトンに関する研究が進展してゆくことはそれ自体歓迎すべきことだが、これらの「大物」によって化学史を代表させるという態度にはもう終止符を打つべきである。

次に、特に日本分野での研究状況と比較するならば、明らかに幾つかの領域が未開拓のまま取り残されている。第一に、組織や社会的側面を扱った研究がごく少数しかない。第二に、技術については皆無に近いのである。

こうして、西洋分野では明らかに蓄積された知識に偏りが見られる。

B) 日本分野

化学理論が西洋を中心に展開してきたという歴史的事情のためであろうか、この分野では「学説史」が中心的な位置を占めていない。むしろ「学説史」へのこだわりがないがゆえに、独自の研究領域が開拓されている。時代としては、江戸末期から明治・大正・第2次大戦末までの昭和期というほぼ百年間に限定されているが、大きな特徴はこの「独自の研究領域」それ自体にある。

表4の上から見てゆこう。この分野でも概念や思想、著作が対象とされることがあるが、その場合でも問題関心の中心は、学説の展開ではなく、西洋からの移植に伴う異文化接触の問題であろう。たとえば、蘭学やお雇い外国人を題材とした研究がその例といえる。この種のテーマは学会でも繰り返し論じられているため周知のものが、しかし意外なことに、論稿の数がそれほど多くはなく、研究テーマの領域も限られている。

これに対して、人物研究には際立った特色が認められる。それは、わが国の化学研究（工学や教育関係をも含む）の伝統を築いてきた人物の研究がかなりの数にのぼるという点である。そのほとんどは人物の経歴と業績を扱ったもので、史料収集という観点からはたいへん価値ある成果といえる。ただし、これらはあくまで個別

表3 西洋分野の研究状況⁵⁾

年	近代以前	1700年	1750年	1800年	1850年	1900年	1950年
物質・器具・反応の歴史・試薬		分析用有機試薬 ⁶⁾ ブルシア シュレーと有機酸 ¹⁰⁾ 赤血塩の発見 ¹²⁾ 酒石塩 ⁸⁾ アミノトリ ザイゼ塩 ¹⁷⁾ 人名実験器具 ¹¹⁾ 金属イオン分析用有機試薬 ⁹⁾ 無機化合物の抽出 ⁷⁾ インジゴ ¹⁴⁾ 竹林氏による有機人名反応 ¹⁸⁾ ガラスの構造 ¹⁹⁾ 非量論化合物 ¹⁵⁾					
理論・概念の変遷		化学神和力 ²⁰⁾ 酸と塩基 ²¹⁾ ラヴワジエと化学革命 ²²⁾ ベルトレ・アヴオガドロ分子説 ²⁴⁾ 質量作用 ³⁰⁾ プラウト仮説 ²⁶⁾ ドルトン原子論 ²⁵⁾ 有機・無機化学の相互作用 ²⁷⁾ 有ル・シャトリエの原理 ³¹⁾ 液晶 ³²⁾ 物理化学の百年 ³³⁾ 量子化学 ³⁶⁾ 金属触媒 ³⁴⁾ ゴム構造論争 ³⁵⁾ シュタウディンガーと高分子化学 ⁴⁰⁾ ルイス・ボアアの方法 ³⁷⁾ ボウリング化学結合 ³⁸⁾ 常磁性緩和 ³⁹⁾					
人・学派の思想	プラントン ⁴¹⁾ ボイル ⁴²⁾	英国のニュートン主義者 ⁴³⁾ (デザグリエ等) ヘイルズ ⁴⁴⁾ ヘイルズ ⁴⁴⁾ シャタールとその学派 ⁴⁵⁾ ラヴワジエ夫人 ⁴⁸⁾ ハリントン ⁴⁹⁾	ブリーストリ ⁴⁶⁾ W. ヒギンズ ⁴⁷⁾ コント ⁵⁰⁾ リービッヒ ⁵¹⁾	ティンダル ⁵²⁾ ファント・ホフ ⁵⁴⁾ ブトレロフ ⁵³⁾	ラングミュア ⁵⁶⁾	フランス物理化学の出現 ⁵⁵⁾ シュタウディンガーの政治的葛藤 ⁵⁷⁾	
組織・社会など	中世薬局技術 ⁵⁸⁾	←—非国教徒学校 ⁵⁹⁾ —→				英国化学 ⁶⁰⁾ 米国化学教育部会 ⁶¹⁾ 米国化学史運動 ⁶²⁾	

表 4 日本分野の研究状況⁽⁶³⁾

年	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
研究・概念・思想・用語	宇田川榕菴と生化学 ⁽⁶⁴⁾ 積極と消極 ⁽⁶⁵⁾ 化学という用語 ⁽⁶⁶⁾ 上野舎密局必携 ⁽⁶⁷⁾ 金沢の化学書 ⁽⁶⁸⁾															
人物研究																
組織・団体																
社会																
技術	加賀藩における火薬 ⁽⁶⁹⁾ 阿波藍製造技術 ⁽¹¹⁰⁾ 砂糖製造 (江戸～明治初期) ⁽¹¹¹⁾															

的なレベルに止まるため、それぞれの人物をどのような歴史的文脈に位置付けるのかといった点は今後の課題として残されている。

以上とともに、日本分野での大きな特徴は、組織や社会との関係を扱った研究が少なからず存在することである。これは、世界的に「科学の社会史」という研究領域が開拓されつつあることを考慮すれば、たいへん意義深い成果といえる。ただし問題なのは、西欧で行われている「科学の社会史」と比較するならば、問題関心の方向が必ずしも同じではなく、議論がうまく噛み合わない点である。それゆえ、西欧の研究成果との接点を見いだす努力が今後必要であろう。

技術に関しても、知識が蓄積されつつあることは、こ

の分野での明らかなメリットといえる。

C) その他

以上の2分野にどうしても納まらなかった研究テーマを、論題どおりに表5に示した。論稿の数としては必ずしも多くない領域もあるが、A)~H)の項目それ自身が、本誌における問題関心の多彩さを物語っていよう。このなかで特筆すべきは、第一に、現代の科学技術研究者による「研究回顧」がかなりの数にのぼっている点である。これらの論稿はそれ自身、化学史研究の成果とはみなせないが、来るべき21世紀の化学史研究にとってはきわめて貴重な手がかりとなるものであろう。第二は、中国化学史に関する論稿である。ここでは対象から外した「紹介」や「広場」欄の論稿をも含めると、これに関

表5 その他¹¹⁹⁾

A) ヒストリオグラフィー 「化学史, By whom, For whom—その Historiography に関連して」¹²⁰⁾, 「化学史の Historiography と構造主義」¹²¹⁾, 「化学史研究に関する理論問題」¹²²⁾ B) 化学教育との関連 「化学史と化学教育の結合について」¹²³⁾ C) 文献調査の方法 「化学史文献—その種類と利用法について」¹²⁴⁾ D) 哲学的考察 「分析への認識論的障害」¹²⁵⁾, 「定量的科学におけるあいまいさについての考察」¹²⁶⁾ E) 科学史研究全般にかかわるもの 「科学史資料としての美術材料」¹²⁷⁾, 「Women in Science ことはじめ」¹²⁸⁾, 「魔女狩りと近代ヨーロッパ」¹²⁹⁾, 「実験と実験室をめぐる新しい科学史研究」¹³⁰⁾ F) 中国科学史 「Spinach as an Alchemical Antidote to Heavy Metal Poisoning」¹³¹⁾, 「現代科学への東洋の貢献—科学機器の発明と明治期の科学者をめぐって」¹³²⁾, 「近代の考古学的発見とその科学研究による製紙の起源について」¹³³⁾, 「中国の近代化学の先駆者徐寿の生涯と貢献」¹³⁴⁾, 「古代中国の化学の概説」¹³⁵⁾, 「中国化学史研究の展望」¹³⁶⁾ G) 技術資料 「化学技術研究所の歴史的記念物」¹³⁷⁾, 「島津製作所創業記念資料館」¹³⁸⁾, 「日本の油しめ具とろうしめ具」¹³⁹⁾ H) 研究回顧（巻頭言の欄も含む）	「化学史研究の健やかな発展を望んで」¹⁴⁰⁾, 「分子科学(構造化学)の始まった頃」¹⁴¹⁾, 「トロポノイド化学のおいたち」¹⁴²⁾, 「ハフニウムの発見とX線分光分析の創始」¹⁴³⁾, 「我国における分子線による研究の発展」¹⁴⁴⁾, 「Urbain と Perrin—フランス留学の思い出」¹⁴⁵⁾, 「放射性アイソトープの発見と研究」¹⁴⁶⁾, 「地球化学概念の内包と外延」¹⁴⁷⁾, 「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」¹⁴⁸⁾, 「重付加反応の研究をめぐって」¹⁴⁹⁾, 「化学史周辺雑感」¹⁵⁰⁾, 「基礎科学として重要な化学史研究」¹⁵¹⁾, 「日本におけるバイオテクノロジーの源流」¹⁵²⁾, 「研究—特に探究について(体験に基づく見解)」¹⁵³⁾, 「ウプサラのバイオ分離科学学派の研究史事始」¹⁵⁴⁾ I) 原典翻訳 「A. L. Parson 磁子説による原子構造論」¹⁵⁵⁾, 「ゴードンの1833年論文」¹⁵⁶⁾, 「バストゥール: フランス科学についての省察」¹⁵⁷⁾, 「Faraday: 講演者たちへのアドバイス」¹⁵⁸⁾, 「Great Exhibition における Playfair の lecture」¹⁵⁹⁾ J) その他(広場, 資料, 紹介のうちで分量の比較的多いもの, ただし, 書評は除く). 「Ambix 最近の11年」¹⁶⁰⁾, 「Chymia の巻別目次と事項索引」¹⁶¹⁾, 「Isis 文献目録について」¹⁶²⁾, 「アドルフ・フォン・バイアーの学問的業績」¹⁶³⁾, 「コップとホフマン—歿後100年に寄せて」¹⁶⁴⁾, 「リッテルの墓をたずねて」¹⁶⁵⁾, 「Divers の墓を訪ねて」¹⁶⁶⁾, 「『物庵』とは誰の雅号か」¹⁶⁷⁾, 「東京帝国大学理学部旧制化学科における卒業研究発表会のプログラム(1916-1953)」¹⁶⁸⁾, 「1980年代のわが国の技術政策について」¹⁶⁹⁾
--	--

わる論稿は無視できない数に達する。また A) や B) に、中国人研究者によるものが含まれていることを考慮すれば、本誌が中国との知的交流につとめてきたことは、明白であり、本誌の特色の一つといえる。

今後に向けて

これまでの分析をもとにして、『化学史研究』の今後について考察を進めたい。その際、表2の結果は20年間の経験としてたいへん重い意味をもっているのを、これを無視して議論することは単なる希望の表明でしかあるまい。それゆえ、この表に戻って顕著な点を確認しておこう。最も大事な点は、「論文」や「寄書」と共に、「解・総説」欄の論稿が『化学史研究』にとって重要な位置を占めてきたことであった。したがって、これをどう受け止めるかが、『化学史研究』の今後にとって分岐点と考えられる。

一つの考え方は、学術雑誌である以上、『化学史研究』はもっと「論文」誌として純化すべきだというものであろう。したがって、この立場にたてば、「解・総説」欄の論稿に『化学史研究』のスペースを割くことは学術雑誌としては邪道だということになる。この考えには2つのことが含まれているので、順次検討してみよう。

第一は「論文誌」にするという点である。この20年間の経験は、季刊制のもとでは、どんなに多くても1号あたり2編、平均すれば1編の論文を掲載するのが、自然な姿であることを教えている。となると、論文の絶対数をこれ以上に多くすることは、一時的にはありうとしても、長期的には不可能であろう。というのも、現状のままでは投稿者の絶対数には限りがあり、その数が大幅に増加する見込みはないからである。したがって、現行のまま「論文誌」をめざす方法としては、季刊制をやめ、年1回刊行制に変更することである。こうすれば、確かに体裁としては「論文誌」らしくはなるが、「解・総説」・「紹介」・「広場」などの欄が分量の面で大きな制約を受けることは明らかであり、会員に提供される情報の総量は確実に減少するであろう。このようにしてまで、論文誌にこだわる必要があるだろうか。

第二は、「解・総説」欄の論稿を掲載することが「邪道だ」と考える点である。確かに、この欄の論稿には「研究」よりは「紹介」に近いものが含まれているが、そうであるなら、この欄は会員に何らかの意味ある知識を提供してこなかったのであろうか。そしてもし「解・

総説」欄を全く廃止するとすれば、例えば、日本分野の特色としてあげた人物研究に関する研究蓄積は、今後『化学史研究』では期待できなくなるが、それでよいであろうか。

以上の「論文誌」志向路線に対して、筆者はこれまでの『化学史研究』の伝統を継承するという「保守的」な立場から、別の性格規定を提案したい。それは、一言で表現すれば、「総合誌」としての『化学史研究』である。これは、一面では単に現状を肯定しただけのものと受け止められるかもしれないが、そうではない。多彩な「解・総説」欄の存在意義を積極的に承認するとともに、今後とも「総合誌」としての機能を果たすべく、編集委員会が自覚的に新しい「特集」や「シリーズ」を企画することを意味しているのである。新企画の具体的内容については、2. での検討結果に示唆されている。特に西洋分野については、これまでの研究領域に偏りがみられるので、これを是正する努力が必要である。「論文」はもともと会員個人の関心に基礎をおくため、「論文」が投稿されるのを待っているはこの点はなかなか正されまい。それゆえ、この点に関して編集委員会のイニシアティブに期待したいのである。

最後に、本稿での作業を行いながら感じたことについて記しておきたい。それは、同じ雑誌でありながら、とりわけ西洋と日本分野の研究では、両者がそれぞれの成果をほとんど視野に収めることなく研究を進めているという点である。これはまことに不幸な事態といわなくてはならない。両者の対話が真剣に進められていくことを切に希望する。

<付記>

本稿の概要は、1993年11月6日の年会一般講演で発表した。質疑の時間およびその後にご批判やご意見をお寄せいただいた、阪上正信、鎌谷親善、柏木肇、古川安の各氏に対してこの場を借りてお礼申し上げたい。

注と文献

- 1) 鎌谷親善・藤井清久・大沢真澄「公開座談会『化学史研究会10年の歩み』(発言要旨)」『本誌』, 30号(1985), 36頁。
- 2) 柏木肇「50号までの足跡」『本誌』, 50号(1990), 3-7頁。
- 3) 同上, 3頁。
- 4) 同上, 4頁。
- 5) 表3の研究テーマの典拠について、文献はいずれも本誌に掲載されたものである。スペースを

- 節約するため、表2の備考欄と同様の書式で示すことにする。すなわち、著者の苗字と通巻号数のみを記載する。また本来なら、研究テーマごとに改行すべきだが、スペース節約のため、改行は表の項目ごとにのみ行う。なお、その研究テーマに関連した論稿が、広場、原典翻訳などの欄に掲載されている場合は（ ）内に示す。その際、どの欄に掲載されたかを通巻号数の後に、次の略号を用いて表示した。巻頭言：巻、広場：広、原典翻訳：訳、紹介：紹、討論：討、資料：資。
- 6) 本浄, 43. 7) 本浄, 16. 8) 日吉・中山, 42. 9) 本浄, 22. 10) 日吉, 23. 11) 本浄, 29. 12) 日吉・中辻, 44. 13) 中島, 30. 14) 大作・瀬宜田, 7. 15) 川井, 30. 16) 日吉, 21, 54. 17) 日吉, 48. 18) 川井, 46. 19) 竹林, 6, 7, 26, 29, 31, 34, 39, 42, 46, 49, 54, 58, 59, 61, 62. (16, 巻).
- 20) 瀬宜田, 24 (後半は日本への移植を扱っているもので、日本分野にも区分できる). 21) 中原, 50. 22) 横山, 26. 大野, 42. 杉山, 43. 島原, 46. 鶴田・大野, 47. 柴田, 49. 内田, 49. 藤井, 55. 金森, 57. (武藤, 4, 訳. 大野, 43. 川崎, 56. このうち大野, 川崎のものは表2では紹介に区分した.) 23) 藤井, 32. 24) 大野, 31. (齊藤, 2, 訳. 唐木田, 33, 討. 山口, 47, 討. 大野, 48, 討.) 25) 脇岡・内田ら, 7. 井山, 17. 村上, 22. 藤井, 45. 26) 藤井, 16. 27) Brooke, 13. 28) Woriz・Rudofsky, 29. (古川, 33, 紹.) 29) 小塩, 18. 30) 川井, 17. 31) 藤井, 10. 32) 立花, 58. 33) 立花, 39. 34) 川井, 23. 35) 和田, 38. 39. 36) 田辺, 2. 東, 6. 37) 大沼, 1. 38) 阿部, 12. 39) 川井, 39. 40) 田中, 37, 60, 61.
- 41) 熊谷, 21. 42) 吉本, 36, 61. (50, 資. 52, 資.) 43) 吉田, 2. 44) 川崎, 60. 45) 川崎, 44. 46) 柏木, 26. 47) 脇岡, 2. 48) 川島, 60. 49) 大野, 63. 50) 藤井, 7. 51) ブロック, 23. 52) 杉山, 57. 53) 柏木, 5. 54) 藤井, 26. 55) ナイ, 27. 56) 中川, 27. 57) 古川, 62.
- 58) 安江, 27. 59) 藤井, 47. 60) Knight, 8. 61) 河原林, 9, 10. 62) 河原林, 6.
- 63) 表4の研究テーマの典拠について、文献の示し方は、5)と同じ。
- 64) 矢部, 33. 65) 広田・大岩, 57. 66) 菅原, 38. 67) 大岩, 4. 68) 寺畑, 11. 69) 塩川, 7. 70) 菅原, 28. 71) 藤井, 4. 72) 内田・沖ら, 34 (これは資料欄に掲載されたもの) 73) 広田, 5. 74) 立花, 45. 75) 立花, 33. 76) 三井, 1. 77) 塚原, 1, 5.
- 78) 芝, 18. 79) 鎌谷, 3. 80) 塩川, 6. 81) 安江, 22, 37. (次の論稿は西洋分野にも区分できるが、安江の22の延長線上にあるのでここに含めておく。安江, 28.) 82) 後藤, 12, 13. 藤井, 2. 83) 阪上, 11. (田中, 57, 広) 84) 木下・後藤, 31. 85) 島尾, 57. 86) 広田, 19. (林, 13, 巻. 広田, 25, 資. 広田, 27, 広.) 87) 玉虫, 8 (巻頭言にあたるものとして掲載されたものだが、含めておく). 88) 橋本・加藤ら, 25. 89) 山崎, 19, 20. 90) 広田, 26, 91) 畑, 34. 92) 水渡, 22. 93) 立花, 9, 10. 94) 久保田, 7.
- 95) 藤田, 29. 96) 鎌谷, 1, 16. 97) 鎌谷, 19. 98) 中村, 43. 99) 鎌谷, 40, 41. 100) 鎌谷, 63. 101) 亀山・鎌谷, 10. 102) 三輪, 41. 103) 鎌谷, 35. 104) 広田, 37. 105) 鎌谷, 15. 106) 岡本, 50. 107) 古谷, 9. 108) 田中, 61, 62. (田中, 54, 広) 109) 須賀, 11. 110) 鎌谷, 24, 25. 111) 木下・田中, 43. 112) 宗田, 21. 113) 鎌谷, 56, 58, 59. 114) 永山, 34. 115) 飯島, 51, 52, 53. 116) 寺田, 57. 117) 佐伯, 61. 118) 木岡・広瀬ら, 58.
- 119) 文献の示し方は、5)と同じ。
- 120) 柏木, 1. (柏木, 34, 巻. 柏木, 34, 巻.) 121) 田辺, 3. 122) 廖, 32.
- 123) 廖, 25. (柏木, 46, 巻. 日吉・中山, 46, 広. 林, 36. 日吉, 61)
- 124) 柏木, 20. (大野, 53, 広.)
- 125) 金森, 44. 126) 唐木田, 47. (唐木田, 45, 討.)
- 127) 杉下, 9. 128) 小川, 59. 129) 鈴木, 62. 130) 橋本, 63.
- 131) Benfey, 15. 132) ベンフィ, 38. 133) 潘, 31. 134) 楊, 34. 135) 潘, 34. 136) 島尾, 35. (島尾, 30, 紹. 島尾, 39, 紹. 廖, 43, 紹. 島尾, 45, 紹. 関連するものとして中国人研究者による論稿を示しておく) 廖, 16, 雑報. 山口・劉, 38, 紹.)
- 137) 亀山, 31. 138) 立入, 33. 139) 阿部, 35.
- 140) 仁田, 2. 141) 水島, 3. 142) 野副, 5. 143) 木村, 6. 144) 小寺, 7. 145) 植村, 10. 146) 奥野, 12. 147) 菅原, 15. 148) 中垣, 18. 149) 岩倉, 23. 150) 仁田, 25. 151) 岡村, 30. 152) 高橋, 42. 153) 宗像, 52. 154) 高木, 60.
- 155) 藤崎, 1, 4. 156) 齊藤, 6. 157) 成定, 15. 158) 山口, 19. 159) 山口, 21.
- 160) 柏木, 3. 161) 藤井, 12. 162) 柏木, 18. 163) 中辻, 40. 164) 柏木, 61. 165) 塚原, 6. 166) 藤井, 30. 167) 広田, 12. 168) 佐々木・立花, 54, 55. 169) 亀山, 18.

〔広 場〕

アグリコラ生誕500年

原 田 馨*

地球は巨視的に見れば鉄と岩石でできた惑星であるといえる。地球の中心には鉄いん石と同じようなコアがあり、その外側に強塩基性岩のマントルが重なり、一番外側には地殻があり、花こう岩質の大陸が覆っていると考えられている。これらの層状構造は結晶化による分別の結果生まれたものである。地殻は均一ではなく、さらに種々の地質学的活動の結果物質の分別が進行した。人類に有用な化学物質が地殻の特定の場所に濃縮している場合これらを鉱床という。鉱床と云われるためには採鉱して採算がとれる程度に濃縮されると共に採鉱が容易であることが必要である。

地中にある有用物質の採集と冶金は古代から行われており、人類はこれらを利用して石器時代、銅器時代、青銅器時代及び鉄器時代を経験した。古い時代の採鉱、採鉱及び冶金の経験的知識はギリシア(テオフラストス)、ローマ(プリニウス)の時代から記述されている。西欧ではルネッサンス以降特にドイツでは鉱山業が盛んになり、16世紀の始めにはドイツ語で書かれた鉱業に関する書物が出版された。これに続き、ドイツにおいて発展した鉱山業一般についての技術をまとめた書物が『デ・レ・メタリカ』である。著者ゲオルク・パウエル(Georg Bauer)は1494年3月24日ザクセン地方のグラウカウ(Glauchau)に生まれ、1555年11月21日ケムニッツ(Cheumnitz)で死亡した。彼は文献学者であり、医者として医療活動を行うと共にザクセンにおける鉱山業に非常な関心を持っていた。彼は当時の風習に従い名前をラテン風に改めゲオルギウス・アグリコラ(Georgius Agricola)と称した*。パウエルとはドイツ語で農夫のことであり、ラテン語で農夫を意味するアグリコラを

姓とした。彼はライプツィヒ大学で文献学、哲学を学び(1514~1517)、ツビカウ(Zwickau)の公立学校の教師、教頭を務めた(1518~1522)。次いでイタリアへ留学し(1522~1526)、ボロニアとヴェネチアで古典学と医学を学び、1526年医学博士となりドイツに帰国した。1527~1530年には鉱山の町ヨハヒムスタール(Johachimsthal)市の医者、薬剤師として働き、1531年以降医者としてケムニッツ市に移り住み、三度にわたり市長としてケムニッツ市の行政に携わった。

アグリコラはイタリア留学後、故郷のザクセン地方の鉱山業全般について関心を示し、鉱山業の知識の収集に努めた。彼が鉱物に興味を持つようになった一つの理由は古い文獻に金属を含む物質が薬として使われているのを知っていたからであろう。同時代のパラケルスス(Paracelsus, 1493~1541)は無機物質を医薬として用いている。彼は調査の結果ザクセンにおける鉱山業は昔の文獻とは無関係に経験を基にして独自の発展を遂げたものであることを見だし、これらの技術を体系的に記述することを思い立った。ルネッサンス期以降次第に学のある職人が生まれ、彼らのもつ技術のノウ・ハウを学問的に記述する人が生まれたが、アグリコラの場合には独自に発展を遂げた鉱山技術を鉱山業に関わっていない医学者がその詳細を学者の言葉(ラテン語)で記述したのである。彼の住んだザクセンは鉱業冶金術の観察に最適の地理的条件を持つ地方であった。彼はザクセン選帝侯の保護を受け、晩年には年金を支給され、また税金を免除される特典を得ていた。1556年、アグリコラの死の翌年にスイスのバーゼルで出版された『デ・レ・メタリカ』は鉱山学に関する当時の技術の集大成であり、さらにヴェフリック(B. Wefring)が画いた多くの木版画を含んでいることによりこの書物の価値を一層高めている。グーテンベルクの聖書の印刷からはば一世紀後の西欧世界では、書物の印刷出版が盛んになり、文化の発展に大きな役割を果たすようになっていた。デ・レ・メタリカのドイツ語訳は1557年、イタリア語訳は1563年、ラテン語の第二版は1561年に出版された。英訳は鉱山学者であったフーバー夫妻により1912年刊行された。Herbert

* アグリコラのラテン名は図にあるように色々な形に変わる。名はGeorgio, Georgii, Georgiusと、また姓はAgricola, Agricolaeと記されているが、これらはラテン語の名詞の格変化である。Georgioは与格および奪格、Georgiiは属格、Georgiusは主格の形で、Agricolaも主格(と呼格)、Agricolaeは属格と与格である。

1993年10月18日受理

* 松蔭女子学院短大
連絡先:

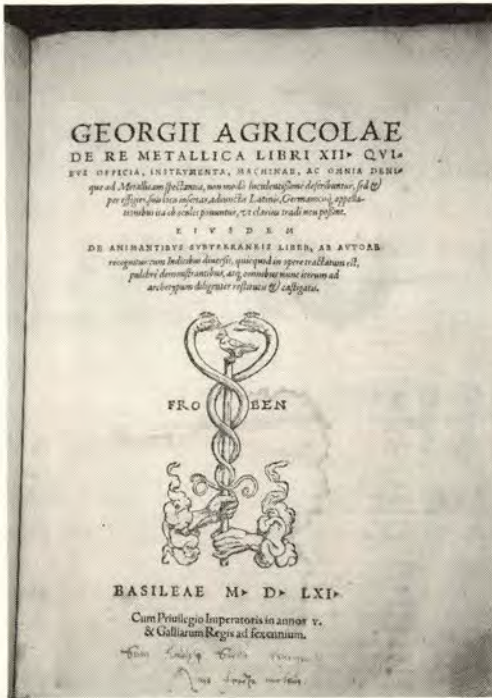


図1 デ・レ・メタリカの原本の中表紙



図2 グラウカウの小公園に立つアグリコラの像

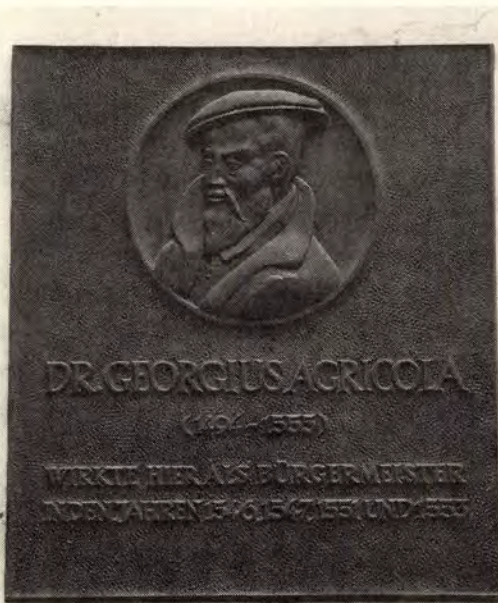


図3 ケムニッツ市庁舎横に掲げられた記念板



図4 ツアイツの聖堂内に掲げられた記念板

C. Hoover (1874~1964) は後に第31代米国大統領 (1929~1933) になった人であり、この英訳版は現在 Dover Publications より出版され、広く一般に普及している。日本語訳には三枝博音による全訳 (1968) がある。また最近仏語訳、露語訳が出版されたということである。

図1はオリジナルの『デ・レ・メタリカ』の中表紙の写真であり、ベルリン自由大学図書館の稀観本室に保存されているものである。本書は12巻よりなり、その第1巻のタイトルは「実際の術と学問とに精通しなくてはならない」であり、アグリコラ鉱山学一般における技術と科学の重要性を先ず説いている。第2巻以降は採掘、排水、換気、冶金、精練、試金などの詳細について述べている。これらの記述について彼が見、経験し、試みたものの以外のことはこの本に書かれていないと述べている。抽象的理論が殆どなく、鉱山学の実際の知識と技術のみを述べていることはルネッサンスが生んだ学問の一つの流れを示している。ここにはルネッサンスのもう一つの流れである神秘的、魔術的なものは殆どない。物質を扱いながら錬金術とは無縁であり、すべての記述は実学的である。

アグリコラの肖像はただ一つしか知られていないので、彼の像はすべてこの肖像に基づいている。彼の生地であるザクセンのグラウカウの駅の近くの小公園に木立を背にしたアグリコラのブロンズの立像がある (図2)。彼が死亡したケムニッツ市の市庁舎の横のアーケード入口にレリーフのある記念板が掲げられている (図3)。レリーフには1546~47, 1551年及び1553年に市長としてこの庁舎で働いたとのみ記され、鉱山学についての記述はない。彼は1555年に死亡したが、カトリックであったアグリコラはプロテスタントの多いケムニッツでの埋葬を拒否された。アグリコラの知人であったツァイツ (Zeits) の司教は遺憾を引き取り、ツァイツに埋葬した。しかし現在その墓所を特定することはできない。1550年代のドイツは未だ貧しく、新教と旧教の対立は続

いていたのである。アグリコラは若い頃宗教改革運動に好意を寄せたが、後にカトリックに転じた。このようなことが埋葬を拒否された理由となったのかも知れない。ツァイツの大聖堂内に1934年以来彼のレリーフのある記念板が掲げられている (図4)。筆者が訪ねた時大聖堂は改修中で閉鎖されており、記念板のある場所は非常に暗く、そのレリーフは殆ど見えないくらいであった。フラッシュを使って撮影したのが図4である。

アグリコラは1494年生まれであり来年は生誕500年にあたる。ドイツでは種々の記念行事の開催が計画されている。

写真は筆者が撮影したものである。

謝 辞

写真撮影にお世話になったベルリン自由大学の Dr. Michael Engel 及びイエナ大学の Dr. Peter Lange に感謝します。

文 献

- H. C. Hoover, L. H. Hoover 訳「*De Re Metallica*」英訳レブリント版 (Dover Publications, 1950).
- 三枝博音訳・山崎俊雄編『デ・レ・メタリカ——全訳とその研究』(岩崎学術出版社, 1968).
- 高山洋吉編『マチョス 西洋技術人名辞典』(北隆館, 1946) 5~7 頁.
- 安田徳太郎訳『タンネマン大自然科学史』第3巻 (三省堂, 1978) 362~382.
- 伊東俊太郎ら編『科学史, 技術史事典』(弘文堂, 1983), 10頁.
- G. Bugge 編「*Das Buch der Grossen Chemiker*」1. Band (Verlag Chemie, 1929) p. 99~106.
- J. M. Stillman 「*The Story of Alchemery and Early Chemistry*」レブリント版 (Dover Publications, 1960) p. 336~346.
- S. Engel ら編「*ABC Geschichte der Chemie*」(VEB Deutscher Verlag, 1989) p. 50~51.
- W. R. Potsch ら編「*Lexikon Bedeutender Chemiker*」(Verlag Harri Deutsch, 1989) p. 10.

〔広 場〕

西日本支部の誕生

—支部設立会議と1993年度研究講演会の報告—

川 崎 勝*

『本誌』第20巻（1993年）第2号（通巻第63号）、139頁に「会告」として「西日本支部の設立について」と「化学史学会西日本支部1993年度研究講演会（支部設立会議を兼ねる）の開催について」が掲載されたが、実際に会告どおりに10月2日（土）に設立会議と研究講演会が無事行われたので、この準備に関わった者のひとりとして報告を行いたい。

御承知のように、本年はわが化学史学会の（研究会の時代も含めて）20周年である。報告者は最近の10年弱しか本会に参加していないが、会誌のバックナンバーなどを眺めていると、本会がおおむね順調に発展してきたことがわかる。もちろん、現在は今後のさらなる発展を目指し会員一同で努力している時期ではあるが、「今後の発展」に着目したとき、現在の本会の弱点（すなわち、今後強化していくべき点）が地方での活動（およびその基盤）であることは明らかである。早い話、現状では本会も「東京一極集中」を免れていないからである。もちろん、本会も地方での活動を一切忘却していたわけではない。その証拠に「会則」には明確に「支部」の規定がある。しかし、これまた御承知のように、これまで支部はひとつも存在しなかった。これまでの会の活動が、会の中核機能の充実に全力を投入してきたことの表れであろう。

このような、これまでの会のあり方を振り返って見たとき、20周年の本年に、最初の支部として「西日本支部」が誕生したことには格別の意義があると思われる。

本年度になって、急に「支部設立」に到った経緯を簡単に記しておきたいが、これは、実は偶然的要素が強い。これまで学会の中心で活動していた会員3名がここ2年あまりの間に西日本に集結したからである。具体的には、大野誠氏（長崎大学）、田中浩朗氏（福岡教育大学）、川

崎勝（山口大学）である。この3名がたまたま電話で話をしている際に、「支部設立」に話が及んだのが直接的なきっかけとなった（この3名は、会告でもそのまま「世話人」として名を連ねた）。

その後、西日本地区（中国・四国・九州）に在住の会員の方々に御意向を伺ったところ、総計20名を超える会員の方から支持をいただき、発起人として加わっていただくことができた。なお、この段階から、元々九州在住で以前から会のために積極的に活動していただいていた、今回会場を提供していただいた野中靖臣氏（福岡女学院短期大学）にも支部設立にあたって積極的な御協力をいただいた。

こうして、7月10日の理事会で、正式に支部設立の承認が得られ、「会告」も『本誌』に掲載されて、10月2日（土）の支部設立会議にこぎ着けたわけである。

【支部設立会議】

世話人の側では、当初何名が集まるかを心配していたが、会議が始まった13時の段階で12名が出席していた。

野中氏による「開会宣言」が行われたあと、田中氏が議長に川崎が書記に指名された。ついで、川崎が上記のような経緯について簡単に説明したのち、この会議のために駆けつけていただいた芝会長より挨拶をしていただいた。会長も、西日本支部の設立を本会の発展における重要な一歩と位置づけておられたことが印象的であった。

引き続き、参加者が簡単に自己紹介を行ったのち、大野氏より会計報告が行われ、最後に議事が行われた。

「会告」に掲載された内容の確認以外に新たに決定した事項を簡単に紹介したい。

① 野中氏にも、「世話人」（会計担当）をつとめていただくこと。

② 「世話人代表」を大野氏とすること。

③ 次回以降の支部会議（研究講演会）においては参加費を徴収し、近い将来に独立採算制を目指すこと。

他に次回の支部会議について討議され、1994年3月下旬に長崎で「春の学校」を兼ねて行うことを支部の希望

1993年12月4日受理

* 山口大学 教養部
連絡先：

とすることが決まったが、正式には理事会の承認を得なければならず、当面返答を待つことが確認された。

【研究講演会】

短時間の休憩を挟んで、引き続き研究講演会を行ったが、この時には、参加者も延べ20名に増えていた。

講演に先立ち、福岡女学院短大の中川昌治学長より御挨拶をいただいた。

その後、4つの講演が行われたわけだが、この内容に関しては、各講演者自身によって簡単にまとめていただいたので、それをそのまま転載したい。

1. 九州における化学のはじまり

ー長崎の蘭学を中心にー

芝 哲夫（大阪大学名誉教授）

わが国の化学のはじまりと目されている宇田川榕菴の『舎密開宗(せいみかいそう)』の出版より以前に、長崎に來た F. v. シーボルトによって化学が直接にわが国に紹介されていた。鳴瀧塾に学んだ高野長英は文政9年(1826)の書簡に“当時小生本邦未開シケイキュンデと申書、訳名分離術、此書翻訳仕度、御買方之儀同人より松浦侯へ願出候”と述べていることからそれは明らかである。シケイキュンデとはオランダ語の化学である。しかし長英の翻訳したはずのこの化学書は現存せず、幻の書となっている。

安政2年(1855)に長崎において海軍伝習が始まった時に來日した J.K. ファン・デン・ブルクは医学の他に化学、物理についても熱心に講義し、品川藤兵衛らの通詞9名に実際の実験による化学の授業を行った。このファン・デン・ブルクに就いて化学を学んだ筑前藩の河野慎造は H. ローゼの分析書に基づく D. クラマー・オンメスの定性化学分析表を訳して、『舎密便覧(せいみびんらん)』を著し、安政6年(1859)に出版した。これは無機イオン定性分析の書で、沈殿には岩絵具で美麗な色彩が施されている。慎造は後に、『農家発蒙』『農家備用』『農家花暦』などを著し、農芸化学の実地応用を志した。

ファン・デン・ブルクの後任として、安政4年(1857)に來日した J.L.C. ボンベ・ファン・メーデルホルトは医学伝習を開始し、医学教育の基礎学課として化学の講義を行った。その講義テキストには、J.H. ファン・デン・ブルク、J. ギラルディン、C.R. ワグネルの化学書を用いた。ボンベの薬物に関する講義は司馬凌海によ

て訳され、文久2年(1862)に『七新薬』として出版された。七新薬とはキニーネ、モルヒネ、肝油、吐酒石、硝酸銀、ヨード、サントニンである。またボンベの薫陶を受けた上野彦馬は写真術に没頭し、文久2年(1862)に『舎密局必携(せいみきよくひっけい)』を著した。

ボンベの創設した長崎の医学所に、その後任として迎えられた A.F. ボードウィンもまた医学教育のかたわら、化学の教育にも力を注ぎ、その講義録として『舎密学伝習見聞日記』が残っている。慶応元年(1865)に、この医学所を精得館と改称した時に、ボードウィンは理化学教育を医学教育から分離することを提議して、それによって同年、分析究理所(化学物理学校)が設立された。

この長崎の分析究理所に最初の理化学専門教師として招かれたのが K.W. ハラタマであった。ハラタマは慶応2年(1866)に來日して、分析究理所で三崎囃輔、池田謙斎、今井巖らに化学を教えた。この時、間接ながら上野彦馬を通じて“化学”に眼を開かれた長井長義が後年日本の薬学の先覚者となるのである。

翌年の慶応3年(1867)にハラタマは江戸に移り、開成所において理化学教育を開始するはずであったが、維新の変に巻き込まれて、結局明治2年(1869)、大阪に開校された舎密局(せいみきよく)の教頭となって、日本の化学の基礎づくりに貢献する。舎密局での門下生、あるいはその周辺からわが国化学の開拓者として忘れられない松本銈太郎、三崎囃輔、岸本一郎、明石博高、村橋次郎、高峰讓吉、池田菊苗らが輩出する。

幕末時代の九州において特に筑前藩、佐賀藩、薩摩藩が化学技術の推進に力を注いだ。筑前藩では藩主黒田長溥の構想によって、弘化4年(1847)に博多に精煉所が設立され、鉄鉱石の分析、染色の研究、ガラス、陶器の製造、肝油、サントニンの製薬などが行われた。佐賀藩にも精煉所が置かれ、種々の金属、無機化合物、ガラス、各種薬品の製造が行われ、醸造、写真の研究も進められた。薩摩藩に安政4年(1857)に創設された集成館でも、冶金、写真の研究、火薬、ガラス、陶磁器、砂糖の製造などが実施された。

以上を概観すると、幕末の九州地方においては、長崎を拠点にして、わが国の他の地方に先駆けて、西欧の化学がオランダ人を通じて直接に紹介、導入され、そのことが明治におけるわが国の文明開化、理化学振興の導火線の役割を果たすことになったといえる。

2. アヴォガドロは分子説の創始者か

大野 誠（長崎大学）

アヴォガドロといえば、分子説の創始者と考えるのがこれまでの通説であった。しかし、この解釈は果たして妥当なものだろうか。筆者はそうではないと考える。この問題については、拙稿「分子論史の新たな展開のために」（化学史学会編『原子論・分子論の原点』第3巻，学会出版センター，1993年所収）で論じており，本発表はそのダイジェスト版といえるものである。詳しくはこの拙稿をご覧ください。本発表の要旨にかえて，当

日配布した新旧解釈の対照表を掲載させていただくことにする。

3. 蘭医学のルーツについて

石田 純郎（新見女子短期大学）

蘭医学に関する従来の定説は，下記のようなものであった。江戸時代，明治初期の18・19世紀に日本が受容した蘭医学は，当時のオランダ（ドイツ）における一般的あるいは一流の医学であった。

演者は，プロソポグラフィ（集団履歴調査法）的手法で，日本が受容した蘭医学書のオランダ人原著者の履

表「アヴォガドロ＝分子説の創始者」をめぐる新旧解釈の比較

1. アヴォガドロの1811年論文について

*→：対応する事項への批判を表す

事 項	伝統的解釈	新しい見方
歴史的意義	分子説の提案	ベルトレ・バラダイムの一例
「分子説」提案の論理	ドルトン原子論と「気体反応の法則」との矛盾の解消	「アボガドロの法則」（同数仮説）と「気体反応の法則」（気体の結合体積比のデータ）との矛盾の解消
「分子説」の内容	単体気体の場合に，原子集団＝分子を想定	→原子どうしの結合については論じていない。ある反応の場合に，粒子が分裂することもある（粒子分裂仮説）。
「分子説」の意義	今日の分子概念の源泉＝一般性をもつ	特定の反応にしか適用できないアドホックな補助仮説
アヴォガドロの立場	ドルトン原子論	ベルトレ理論（ゲイ・リュサックと同様の立場）
その根拠	1) 論文の結びに「ドルトンの体系と根本的に異ならぬ我々の体系」とある。 2) 論文で「元素の相対質量」をドルトンの原子量値と比較している。	→「ドルトンの体系」とは気体の間で「定比例則」が成立することであり，原子論を意味しない。この論文では原子なる語は一度も使われていない。

2. アヴォガドロ1811年論文の受容について

受容の様子	約50年間にわたって無視された。	注目すべき内容の論文ではなかった。
その理由	無視の要因として，幾つかのことが推定できる。たとえば， A) 当時の化学界が混乱 B) アヴォガドロの地理的孤立 C) 科学者の関心は別の方面，つまり正確な原子量の決定にあった。 D) ベルツェリウスの電気化学二元論の影響により，同種の原子どうしの結合はありえないと考えられていた。	粒子分裂仮説の基礎となる同数仮説でさえ1830年代までは，容易に考えつくが仮説性の高い理論とみなされた。アドホックな粒子分裂仮説ならなおさら。 →「混乱」の証拠はない →彼は確かに終生イタリアからでなかったが，論文はフランスの雑誌にフランス語で掲載された。 →ならば，原子量の決定法を示したこの論文は注目を集めてしかるべき。 →考慮に値する。
アヴォガドロ説の復活	1860年のカールスルーエ会議でカニッツァーロによりアヴォガドロ分子説は復活され，以来広く受け入れられた。	復活されたのは，アヴォガドロの理論であって，分子概念ではない。1840年代後半～50年代に分子概念はすでに採用されていた。
なぜ復活できたのか	正しい分子概念だったから	すでに分子概念の必要性を認めた者が特に教育上の必要性からこの理論を採用しただけのこと。分子をどう定義するかについては種々の見解があった。

歴および、来日して日本人に医学教育を行っていたいわゆるオランダ人医師の履歴を調査し、その共通点を考察した。この研究のため、1980年から89年まで、短期間であるが、計約15回オランダに渡り、ついで1990年から91年にかけ、1年半オランダ国立ライデン大学医史学教室に留学し、江戸時代に日本が受容したオランダ語原書の著者達の履歴を調査した。

オランダで、オランダ人学者と討論して明確になったことは、日本人研究者には、下記のような考えが及びにくい点があるということである。病院、医学、内科、外科、医師、国、学位、大学、学問、科学者といった科学史上の基礎的技術用語が、現在我々が理解し、使用している概念となったのは、1870年か、80年頃で、それ以前は、今と異なった概念であった。また、前期近代（15・16世紀以後18世紀末まで）の社会構造は、複雑であり、医療職の中にも身分の違いがあった。医師、医学、医療施設もまた、この身分社会のなかで、ある位置を与えられていた。内科、外科、産科は、全く異なった学問・技術であり、医療職も、複雑に分かれていた。

そして、今回明らかになった点は、下記のような点である。日本が18・19世紀に受容した医学は、オランダ医学のある特殊な部分であった。すなわち、日本の受容したオランダ医学は、1774年から1835年頃までの間は、オランダのギルド外科医界系の医学であり、1835年から1857年までの間は、大学教育を受けた内科医の医学（ただし、緒方洪庵のみ）であり、1857年から1880年代までの間は、オランダの軍事医学（ウトレヒト陸軍軍医学校由来の医学）であった。ちなみに、明治4年（1871年）以後の東京大学医学部の医学は、ドイツの軍事医学を手本としたものであった。ひとくちで言うと、内科学、薬学を含め18・19世紀に日本の受容された医学は、外科医界系の医学であった。

これらの内容について、すでに拙著『緒方洪庵の蘭学』、『実学史研究Ⅷ』の中で説明した。

4. 戦前日本の科学技術動員史—動員機関を中心に— 田中 浩朗（福岡教育大学）

当初の予定では、日本の科学技術動員に関する第一次大戦から第二次大戦までの歴史を動員機関に注目して概観するつもりであったが、時間の都合でそれは省略し、自分の問題意識と先行研究の紹介という“序”の部分のみを行った。

私が戦前日本の科学技術動員史研究に取り組む際の中心的な問題意識は、現在の日本の科学技術体制を歴史的に理解したいということである。科学技術の体制化は科学技術動員という形で始まった。戦後の科学技術体制の起源は戦前にあり、その連続性は様々な点で見られる（「科学技術」という政策用語の使用、技術院と科学技術庁、内閣資源局と科学技術庁資源局、人材的継続性など）。このような点はしばしば指摘されてはきたが、まだ十分解明されているとは言い難い。

また、現在という時点は、こうした戦前の歴史を研究する絶好のチャンスだと思われる。まず、現在日本は自らの「繁栄」を謳歌し、その「成功」を自他共に認めている。このような状況においてやっと、明治以来の“追いつけ追い越せ史観”（劣等意識に基づいて欧米先進国とのギャップを過度に意識する）を克服し、その歴史のポジティブな面をネガティブな面と共に冷静に観察することができるようになった。

また、戦後50年近くたち、新たな史料が出てくると同時に、当事者の高齢化・物故により史料が失われる可能性があり、現時点での調査研究は重要な意味を持つ。

さらに、「社会主義」の崩壊と計画経済の破綻が明白になった現在、戦前戦後の日本に根強くあった「計画」の思想の総括を世界史的視点で行えるようになった。しかし同時に、資源・環境問題がますます深刻化する今後の世界は、新たな「計画」を必要とするかもしれない。過去の「計画」はいろいろな意味で参考になると思われる。

先行研究について概観すると、いまだに大淀昇一氏の『宮本武之輔と科学技術行政』（東海大学出版会、1989年）がもっともまとまった記述を提供していると言える。その後発表された沢井実氏の論文がそれを補うものとなっている。共に、追いつけ史観に基づいてネガティブな面を強調しており、それとは対照的に、周囲の無理解に対峙しつつ体制化を推進した技術者や官僚と自らの視点を重ね合わせている。そうした推進者の思想と行動はもっと相対化されるべきであり、そのためにも外国との比較研究を含めて多様な側面からの研究が必要だと思われる。

以上が講演の内容であり、いずれの講演にも活発な質疑応答が続いた。ただ、時間の割に発表数を欲張った感があり、この時間数であれば3つぐらいが適当かな、と個人的に思ったのも事実である。

さて、以上の4講演終了後、参加者一同で記念写真を

撮影し、その後、野中氏の準備してくださった会場で懇親会を催した。この席でも活発な議論が続いた。



全般的に見て、西日本支部の旗掲げの会は、こじんまりとしたものではあったが、和気あいあいと議論できる好ましい雰囲気の催しであったと言ってもひいき目ではないだろう。

今回の会の成功にあたっては、野中氏ならびに福岡女学院の方々の絶大なる御協力（実際、国立大学だったとしてもこうはいかないだろうな、というのが実感である）による部分が大きい。参加者を代表してお礼を述べたい。「本当にありがとうございました」。

最後に、西日本支部の誕生が、化学史学会の新たな発展のひとつの契機となること、また、今後様々な地方に新たな支部が誕生し、日本全国に散在する会員間の議論の場が活発なものとなっていくことを祈っている。

新入会員名簿（1993年2月～10月）

〔紹 介〕

D. M. Knight, *Ideas in Chemistry: A History of the Science*. London, the Athlone Press, 1992. vi+213pp. £35.00.

本書は、わが国でもよく知られている科学史研究者ナイト氏の最新作の一つである。研究書ではなく、一般の読者を対象とした作品。残念ながら、扱われている題材のほとんどは、1978年に上梓された *The Transcendental Part of Chemistry* (『本誌』11号 (1979): 42-45, と48号 (1989): 121-123 で紹介した) や、*The Age of Science: The Scientific World-view in the Nineteenth Century* (1986) などですでに論じられたものである。こうした点にもかかわらず、敢えてここで本書を取り上げることにしたのは、これが化学史の新しい通史の可能性を提起していると考えからである。特に大切な点は、以下で見るとような本書の章立てと章題にある。そこから容易に看取できるように、ナイト氏はこれまでの学説史にかわる、別の枠組みを提起している。彼が注目しているのは、化学の理論ではなく、学問の性格である。

ナイト氏はまず序文の冒頭で、化学こそ思想史の題材として最良の科学であると述べたのち、本書の意図が化学という学問の伝記を書くことにであると宣言する。伝記といえば、普通は主人公がこの世を去ってから著されるので、現在も生き続けている化学に対して伝記とは何かと考えられるむきもあろう。確かにナイト氏は、現在の化学が死んではいないものの、歴史的な役割を終えつつあると判断しているが、この判断のゆえに「伝記」という言葉が持ち出されているわけではない。この表現はあくまで歴史叙述の進め方に関わる。

たとえば、上述のように化学を思想史の題材とすると言われたとき、われわれはそこから何をイメージするだろうか。これまでの思想史を前提とするならば、おそらくそこで明らかにされることは、化学上の様々な思想の変遷であろう。たとえば、ドルトン原子論がどのように変遷し、どのような帰結を招いたかといった類の叙述である。だが、ナイト氏はこうした叙述方式を採用せず、ちょうど人物の伝記のように、時期ごとの特徴的な様相を摘出しようとする。つまり、主に思想に注目するので一種の「思想史」とみなせるが、思想自体の流れをこと

細かく追跡しようとはしないのである。浮き彫りにされるのは、あくまで学問の性格である。

このことは、次に示す各章の表題を一瞥するだけで十分理解できよう。なお、適切な訳語がすぐには思いつかないものもあるので、原著にある章題をそのまま記させていただく。また、章題だけでは何が扱われているかわかりづらいところもあると思われるので、ごく簡単に概要を示しておく。

1. Introduction: A biography of chemistry
2. An occult science
錬金術の営みとその知識の性格
バラケルスス学派まで
3. A mechanical science
17世紀における機械論の成立と化学
4. An independent science
ニュートンからラヴワジエまで
5. The fundamental science
1800年頃、化学は諸科学、とりわけ生命現象を扱う科学により説明の基礎として用いられた。シェリングの自然哲学と化学など
6. A revolutionary or an inductive science?
ラヴワジエ化学が革命かどうかを、イギリスでの受容状況により検討。
7. The experimental science
19世紀初期～中葉まで。ウォラストン, T. トムソンからリービッヒ研究室体制まで
8. A useful science
デイヴィやリービッヒの農業化学, Royal College of Chemistry とホフマン
9. A deductive science
演繹的理論としてドルトン原子論、およびこの理論にかかわる様々な論争
10. A descriptive, classifying science
アンペールの元素分類～元素の周期性～クルックスの元素進化論
11. A teachable science
19世紀における科学教育の制度化、イギリスにおける化学教育
12. A reduced science
分光学や物理学の成立により、化学は20世紀になると物理学に基礎をおくようになる。
13. A service science

20世紀の化学は、独自の学というより、他の領域に役立つ科学。

以上からわかるように、この「化学の伝記」では19世紀が中心的な位置を占めており——実際、著者は、化学の経歴にとって最も重要な時代が19世紀だと述べている——、これをはさむ前後の時代（いわば、化学の「青年期」や「最熟年期」(?)）ではほぼ年代順にその特色が語られるのに対して、19世紀は必ずしもそうっておらず、各テーマごとに関連するトピックスが示されている。したがってわれわれは、第8章の A useful science の後に、化学がどうして A deductive science になったかなどと考えてはならないだろう。おおむね5章から11章までは、「成年期の化学」の多様な姿が示されているのである。これは伝記の場合、主人公の活動を、政治・経済・社会・文化・宗教活動などに分けて叙述することに似ている。

各章の詳しい内容については、ここではあえて検討しない。というのも、第一にそれぞれの題材は冒頭で述べたように、著者のこれまでの作品と重複しており、第二にその適否を論ずる必要があるとも考えられないからである。各章で扱われているトピックスをいろいろと変更することはいくらでもできるし、また、章自体を別のものに替えることも十分可能であろう。たとえば、すでに W. H. Brock 氏が指摘している (*Hist. Sci.*, 30 (1992): 439-442) ように、著者のデイヴィへの思い入

れは相当なもので、「成年期の化学」を扱った各章において彼はほとんど毎回のように入場している。言い換えると、確かに、著者はデイヴィの多様な側面で19世紀化学を語ろうとする傾向が強い。筆者には特に是正すべき欠点とは思えないが、もしそう考えるならば、その幾つかを別のものに代えることはそれほど困難な作業ではあるまい。(なお、著者の思い入れの一端は、年来からの関心とともにデイヴィ伝をこの著作の直後に Blackwell から出版したこととも関係していよう。)

以上のように、本書の意義は、学問の性格に注目して叙述するという観点そのものにある。もし新しい通史を展望するならば、本書は明らかに一つの叩き台として役立つものである。

最後に、著者が Epilogue で述べていることも紹介しておこう。著者は一般の読者を科学史研究へいざないつつも、次のような注意を述べている。第一に、最近の出版物を引用していない科学史書には警戒しなくてはならないこと、第二に科学史関係の学会に参加しないと、完全なアマチュアに止まらざるを得ないこと、である。そして、科学史関係の学術誌を幾つか挙げたのち、特に化学史に関しては、学会がイギリスと日本（つまり、本学会）にあることを記している。残念ながら本学会の名称や雑誌名までは示されていないが、本学会の存在を世界的に紹介して下さったことには謝意を表しておくべきであろう。(大野 誠)

【会 報】

理事会報告

○1993年第1回理事会 1993年1月23日(土)午後1時より

東京大学教養学部 14号館303号室, 出席者10名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 今期役割分担の件, 山口理事より総務委員長と学会事務局交替の要望があり, 総務委員長は佐藤理事に, 学会事務局は引き受け体制が整うまで山口理事にお願いすることで合意。2, 年間行事予定の件, 春の学校, 化学古典復刻研究会, 化学史・教育フォーラム, 夏のサロン, 化学史シンポジウム, 年会研究発表会について, それぞれ責任者, 会場, 日時, テーマを決めた。3, 産業技術と歴史を語る懇談会に係わる対応の件, 資料の収集・調査等の分野で積極的に引き受けることで合意。4, 学会20周年記念の件, 特集号を発刊することに決定。

○1993年第2回理事会 1993年3月27日(土)午後2時より

東京大学先端科学技術研究センター45号館1階会議室

出席者 14名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 会則別刷の件, 会則ならびに投稿規定を300部作成することに決定。2, 原典集第3巻の件, 初稿完成から1年以上の遅れがあったが, 本年4月に発行, 維持会員には1~3巻をセットで配布し, 購入費用は古典研究会基金をあてることを了承。3, 化学史シンポジウムの件, 山口理事が一般申し込みの世話を担当。4, 年会研究発表会の件, 化学史学会20周年の節目でもあることより, 11月6日の理科大における一般講演に加え, 11月7日には日化会館において特別講演会「日本の伝統技術と化学」を開催する企画を了承。

○1993年第3回理事会 1993年5月15日(土)午後2時より東京大学教養学部14号館308号室, 出席者11名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, Benfey 来日に伴う事業の件, ベックマンセンターがChemical Heritage Foundationに改称されたことに伴う事業の紹介につ

いての同氏の講演会を, 関西ならびに関東で開催することを了承。2, 年会発表におけるシンポジウムの件, 「日本における伝統技術と化学」というテーマで, 11月7日に開催すること, 候補者を早急に決めること, 諸費用は「歴史懇」関連の予算を使うことで合意。3, 学術団体である条件, 維持会費が個人会員の会費の総額を上回ってはいけないことが条件の一つであるため, 維持会費は特別会計として計上する方向で検討することを了承。

○1993年第4回理事会 1993年7月10日(土)午後2時より東京大学教養学部14号館308号室, 出席者10名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 年会プログラムの件, 一般講演6件の申し込みがあったこと, 特別講演として「日本の化学技術のR & D」に3名の講演者を予定していること, シンポジウム「日本の伝統技術と化学」には, たたら, 銅等8~9件の報告者を予定し, ほぼ決まっている旨の報告があり, 了承。2, 西日本支部設置の件, 大野評議員からの提案を承け, 協議の結果, 承認, 設置準備金の支給等支援することで合意。3, 会計の件, 維持会費は特別会計に計上する方向で検討。4, 研究回顧の件, 故人に関しては業績と解説, 生存者に関しては研究回顧として執筆を依頼することで合意。

○1993年第5回理事会 1993年8月27日(金)午前10時半より

東洋大学浦水会館, 出席者11名

報告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 決算の件, 維持会費は特別会計として計上することを承認。2, 化学会ハイライトの件, 化学史シンポジウムのハイライトを中原理事が執筆することで合意。3, 化学技術史関連予算の件, 研究産業協会より, 550万円の予算が認められ, 化学技術史, 伝統技術, 化学古典の3分野の調査研究に使用する企画を承認。4, 学会著作権アンケートの件, 承認。5, 学会事務局移設の件, 後任の事務局を検討することで合意。6, 深尾理事退任の件, 承認。

○1993年第6回理事会 1993年10月9日(土)午前10時より

東京大学教養学部14号館308号室, 出席者14名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 総会資料の件, 会費滞納者に対する会誌発送停止, 維持会費は特別会計として計上, 中間決算の赤字分は特別会計より助成することをそれぞれ承認。年会における招待講演の追加, 次期年総会として第一候補に九州を予定, 研究回顧担当理事に竹内敬人氏, 編集担当理事に八耳俊文氏を依頼することでそれぞれ合意。2, 事務局移転の件, 古川理事に引き継いでもらうことを承認。事務局として東京電機大の古川研究室を候補とすることで了承。3, 化学技術史関連事業の件, 研究産業協会より550万円の予算を得, 当会として事業を進めることを承認。4, 研究回顧史の件, 人選の基準について検討。

○1993年第7回理事会 1993年11月5日(金)午後2時より

東京理科大学1号館化学会議室, 出席者14名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 新事務局の件, 1994年1月1日より東京電機大学工学部人文社会系系列古川研究室気付化学史学会事務局を設置することを承認。移転に伴う諸費用を特別会計より支出することを承認。2, 会誌編集の件, 吉本理事の在外研究に伴い, 後任に橋本毅彦氏をお願いすること, また理事にもお願いすることで了承。3, 評議員追加の件, 江崎正直, 鶴田利行両氏をお願いすることで了承。4, 次期年総会の件, 例年の時期の九州開催が困難な状況のため, 大野評議員の協力を得て, 平成6年6月頃に長崎大学で開催することを了承。5, 春の学校の件, 平成6年3月末に, 化学古典研究会の主催により東京で開催することを承認。

○1993年第8回理事会 1993年12月4日(土)午前10時より

東京大学教養学部14号館308号室, 出席者14名

報 告 各担当理事より所管事項の報告があった。

議 事 1, 新事務局の件, 関連学会に通知することを了承。永方裕子さんに火, 木曜日, 10時~16時学会事務局で働いてもらうことを了承。2, 年会の件, 長崎大において6月10日(金)午後理事会, 評議員会, 6月11日(土)一般講演と招

待講演, 6月12日(日)にシンポジウム「蘭学研究の現状と課題」を行う計画を承認。年会準備委員会を設置すること, 講師ならびにアルバイト謝金の額をそれぞれ承認。3, 研究回顧の件, 竹内敬人理事にフォーマット作成を依頼し, 関連の理事会には出席を要請することを了承。4, 旅費規定の件, 理事会開催に必要な経費を予算化する方向で山口理事に案の作成を依頼。総務ならびに編集事務の充実をはかることも協議。5, 春の学校の件, 化学史・教育フォーラムは検討中, 化学古典研究会が中心となって開催することを承認。6, 化学会館における展示の件, 東工試関連の企画を了承。担当は鎌谷副会長。

1993年度総会報告

○1993年度総会 1993年11月6日(土)午後5時より東京理科大学1号館記念講堂, 出席者29名, 委任状35名, 計64名で定足数48名を超えたので, 総会として成立。

議事に先立ち, 議長に芝会長, 書記に大野評議員を選出したあと, 会長より挨拶とともに, この1年間の新規事業などについて次のような報告があった。

1. 昨年は学会の財政が逼迫し, 第4号の発刊が危ぶまれ, 会費増額などの方策が検討されたが, 新たに維持会員の制度を設けた結果, 状況は改善された。
2. 当学会では初めての支部が西日本地区につくられ, 10月2日に設立会議が開催された。
3. 通産省の外郭団体である研究産業協会から, わが国の化学技術史に関する系統的な調査研究のために, 委託がなされ, このための組織として学会内部に化学技術史研究委員会を設け, 委員を選任した。11月5日に第1回目の会議が開催された。また11月6日午後の特別講演および11月7日のシンポジウムはこの活動の一環に位置付けられている。
4. 学会20周年記念事業の一環としてわが国の化学古典の復刻を計画しているが, そのための組織として学会内部に化学古典復刻研究会を設け, すでに4回の会合をもった。
5. 日本化学会と協力し, 日本化学会館3階で化学史関係の展示を行うようにした。
6. 学会事務局を移転することになった。10年間近く事務局を担当された山口理事に対して学会を代表して感

謝の意を表したい。

A. 会務および事業報告

担当理事より次表のとおり会務および事業報告があった。

1. 会員数動向 1993.9.30 現在
 個人会員 475名 うち学生会員12名, 海外会員 4名
 賛助会員 15社
 内田老鶴圃, 勝田化工, 三共, 塩野義製薬, 協和純薬,
 日本ユニカー, 理研ビニール, 白鳥製薬, 和光純薬工業,
 東京教学社, 三共出版, 肥料科学研究所, 第一学習社,
 山陽化工, 武田科学振興財団
 維持会員 17社
 田辺製薬, 荏原製作所, 三菱ガス化学, 塩野香料, 富士レビオ, ダイソー研究所, 住友製薬, 塩野義製薬, ダイセル化学工業, 参天製薬, 旭化成工業, 出光興産中央研究所, 味の素, ナード研究所, サントリー基礎研究所, 鐘淵化学工業, 第一製薬探索第一研究所

2. 入退会推移表 1993. 9. 30. 現在

	1990年	1991年	1992年	1993年
入 会	15名	18名	34名	14名
退 会	21名	17名	10名	1名
会員数	437名	438名	462名	475名

3. 会誌刊行状況 (過去1年間)

- 1992年4号 (通巻61号) 1992年12月25日発行
 1993年1号 (通巻62号) 1993年4月25日発行
 1993年2号 (通巻63号) 1993年7月30日発行
 1993年3号 (通巻64号) 1993年9月30日発行

4. 役員会開催状況

- 理 事 会 7回 編集委員会 8回
 評 議 員 会 1回 総 会 1回

5. 行事の開催状況

- 化学史研究発表会 (東京理科大) 主催
 化学史夏のサロン (東洋大) 主催
 化学史シンポジウム (関西学院大) 主催
 春の学校 (東京大先端研) 主催
 化学教育フォーラム (東京大先端研) 主催
 化学古典復刻研究会 (東京大先端研) 主催

6. 事務局移転

1994年1月1日より, 事務局を古川理事が担当することになった。(事務局の連絡先については, 本誌の巻末に示す。)

B. 会計報告

担当理事より次表のとおり, 1992年度決算, 1993年度中間決算について報告があり, 会計監査より相違ないことが報告された。

化学史学会1992年度決算報告

1. 一般会計 (1992年4月1日~1993年3月31日)

[収入の部]

科 目	予 算	決 算	1991年度
入 会 金		38,000	18,000
会 費	2,490,000	2,407,000	2,485,000
(過年分)		(502,000)	(547,000)
(当年分)		(1,857,000)	(1,860,000)
(次年分)		(48,000)	(78,000)
賛 助 会 費	700,000	460,000	310,000
(当年分)		(100,000)	
(次年分)		(360,000)	
会 誌 売 上	260,000	445,537	375,058
(出版物含む)			
別 刷 代	200,000	204,043	230,539
広 告 料	0	100,000	0
懇 親 会 会 費	200,000	80,500	99,000
行 事 参 加 費	150,000	156,500	97,500
評 議 員 会 会 費		22,500	36,000
寄 付 金	0	0	12,000
利 息	15,000	37,292	40,795
雑 収 入	10,000	30,000	32,000
年度内収入合計	4,025,000	3,981,372	3,735,892
前年度繰越金		1,068,887	1,532,809
合 計	4,025,000	5,050,259	5,268,701

[支出の部]

科 目	予 算	決 算	1990年度
会 誌 製 作 費	2,500,000	3,597,172	2,599,145
会 誌 発 送 費	130,000	160,397	127,175
印 刷 費	150,000	66,435	253,071
封筒, 名簿印刷		170,980	
別 刷 印 刷 費	200,000	204,043	229,509
懇 親 会 費	200,000	140,065	122,364
会 議 費	240,000	26,360	39,250
会 場 費		34,480	
講 師 謝 礼		6,112	30,000
アルバイト代		15,000	24,000
郵 送 料	120,000	93,892	100,028
電 話 費		30,658	27,146
払 込 料 金		26,110	23,680
事 務 費	400,000	400,000	400,000
雑 費	85,000	142,762	224,446
年度内支出合計	4,025,000	5,114,466	4,199,814
次年度繰越金		△64,207	1,068,887
合 計	4,025,000	5,050,259	5,268,701

2. 特別会計

収入の部	
a. 維持会費	3,500,000
b. 化学古典復刻研究会	2,500,000
c. 立花・玉虫基金積立式定期預金	700,000
支出の部	
	0

1993年度中間決算報告

1. 一般会計

1993.4.1～1992.9.30

収 入		支 出	
前年度繰越金	△64,207	会誌製作費No.1	698,340
入会金(14人)	14,000	No.2	793,100
会費(一般)	213,000	会誌梱包発送料	73,682
(賛助)	0	印 刷 費	49,440
会 誌 売 上	17,000	通信費 郵便	43,805
化学史サロン	41,500	電 話	15,652
参加費等		化学史サロン経費	41,500
利 息	2,854	払込み料金	2,620
雑 収 入	0	雑 費	24,631
特別会計より	2,000,000	事 務 費	300,000
合 計	2,224,147		2,042,770
残 高			181,377

2. 特別会計

a. 維持会費

収 入		支 出	
前年度繰越金	3,500,000		
93年度維持会費	900,000	一般会計へ	2,000,000
合 計	4,400,000	合 計	2,000,000
残 高			2,400,000

C. 議事

- 事業計画案について。①新規事業は特になし。②吉本理事が来年度渡英されるのに伴い、編集委員会事務局を東京大学教養学部橋本評議員に担当していただくこと。以上、2点を承認した。
- 1994年度予算について、次表の予算案を承認した。

1994年度一般会計予算案

収 入		支 出	
個人会費	2,500,000	会誌製作費	3,200,000
賛助会費	300,000	会誌梱包発送費	130,000
特別会計より助成	1,900,000	印 刷 費	200,000
会 誌 売 上	400,000	行 事 経 費	240,000
行事参加費	150,000	懇親会経費	200,000
懇親会会費	200,000	別刷り印刷費	250,000
別刷り代	250,000	雑 費	125,000
雑 収 入	30,000	事 務 費	1,200,000
利 息	15,000	通 信 費	200,000
合 計	5,745,000	合 計	5,745,000

- 役員人事。以下の候補者が追加提案され、承認された(任期は1994年1月1日より1995年12月31日まで)。
理 事 竹内 敬人(東京大学)
橋本 毅彦(東京大学)
八耳 俊文(青山学院短期大学)
評議員 江崎 正直(関東天然瓦斯開発)
鶴田 利行(硫酸協会)
- 次期年総会の件。6月に長崎大学で行うことが合意された。

会員計報

本会会員島村 修氏(東大名誉教授)は7月9日急性心不全のため逝去されました。享年80歳。本会は謹んで哀悼の意を表し、御冥福を祈ります。

化学史研究 第20巻(1993年) 総目次

【論文】

シュタウディンガーの科学活動と政治的葛藤

古川 安 (1)

肥料礦物調査所—その設立・事業・廃止—

鎌谷 親善 (65)

わが国における錯体の構造研究の歴史

齊藤 喜彦 (141)

古代ギリシア原子論再考

和泉 ちえ (233)

H. Staudinger の研究とドイツ高分子化学工業

の誕生—ポリ酢酸ビニルの研究開発をめぐる

Staudinger とドイツ化学工業界の人たち—

田中 穆 (243)

【寄書】

シッフ塩基とシッフ試薬

竹林 松二 (20)

「化学革命」とフランス革命への対抗—ロバート・

ハリントン著『フランス化学理論への死刑執行

令状』(1804年)をめぐる— 大野 誠 (93)

【特集】

第4回化学史シンポジウム講演要旨 (134)

1993年度化学史研究発表会講演要旨 (210)

技術史シリーズ第4回

尿素肥料の開発の歴史 城島 俊夫 (161)

技術史シリーズ第5回

硝酸製造技術の歴史—工業物理化学の視点から—

川合 智 (259)

【科学史研究の新潮流】

魔女狩りと近代ヨーロッパ 鈴木 晃仁 (37)

【研究回顧】

放電による天然ガスよりアセチレンの製造と

イソオクタン合成の工業化 山本 為親 (122)

【解説】

工業化学会満洲支部と「満洲」における化学工業Ⅱ

田中 泰夫 (25)

【広場】

第8回化学史—夏のサロン('92)の報告—

亀山 哲也・飯島 孝 (54)

第9回「春の学校」・第2回化学史・

教育フォーラムの報告 大野 誠 (129)

『化学史研究』20年間の歩み—回顧と展望—

大野 誠 (283)

アグリコラ生誕500年

原田 馨 (294)

西日本支部の誕生

—支部設立会議と1993年度研究講演会の報告—

川崎 勝 (297)

【紹介】

ロンダ・シービンガー著(小川眞里子, 藤岡伸子,

家田貴子訳)『科学史から消された女性たち』

川島 慶子 (57)

渡辺正雄編著『ケプラーと世界の調和』

大野 誠 (58)

石田純郎編著『緒方洪庵の蘭学』 宗田 一 (132)

遅塚忠躬・近藤和彦編『過ぎ去ろうとしない近代

—ヨーロッパ再考— 大野 誠 (133)

P.M. ハーマン(杉山滋郎訳)『物理学の誕生

—エネルギー・力・物質の概念の発達史—』

植松 英穂 (201)

富坂キリスト教センター編

『エコロジーとキリスト教』 家田 貴子 (203)

渡辺正雄『科学の歩み・科学との出会い

—世界観と近代科学— 鷗 浦 裕 (205)

D. M. Knight, *Ideas in Chemistry: A History of the Science.*

大野 誠 (302)

【資料】

化学史および周辺分野の新刊書(1992) 編集部 (208)

【会報】

編集部 (60, 304)

【雑報】

化学会館展示「黎明期のわが国の大学化学教育」 (207)

編 集 後 記

☆第20巻の最後の号をお届けします。多くの方の御協力を頂いて、おかげで好評を博した学会創立20周年記念の1993年度研究発表会の成果は、次号で御披露できるかと思ひます。

☆会告等にある通り、学会事務局が1994年1月1日より移転しています。長い間事務局をお引受け頂いた山口理事に心より感謝申し上げます。新事務局は、東京電機大学の古川理事にお願いすることができました。今後、事務連絡は、〒101 東京都千代田区神田錦町2-2 東京電機大学工学部人文社会系古川研究室気付化学史学会事務局あて、お願いいたします。

☆投稿先も、本号の到着をもって変更となります。新しい投稿先は、〒153 目黒区駒場3-8-1 東京大学教養部科学史・科学哲学研究室橋本毅彦(気付)『化学史研究』編集委員会です。これまで投稿先を引き受けていた私(吉本)が春より留学する関係上、投稿先を間違われることなきようお願い申し上げます。

☆例年とは違って、1994年度の当会の年会は、6月長崎で開かれます。申込締切がせまっていますが、奮って参加されるよう御案内申し上げます。(吉本)

各種問合わせ先

○入会その他 → 化学史学会事務局

郵便：〒101 東京都千代田区神田錦町2-2
東京電機大学工学部人文社会系
古川研究室
(下線部を必ず明記して下さい)

振替口座：東京 8-175468

電話：03-5280-1288(留守番→FAX)

事務連絡はなるべくFAXをお願いします。

○投稿先 → 『化学史研究』編集委員会

〒153 東京都目黒区駒場3-8-1
東京大学教養学部科学史・科学哲学研究室
橋本毅彦(気付)

○別刷・広告扱い→大和印刷(奥付参照)

○定期購読・バックナンバー→(書店経由)内田老鶴圃

編 集 委 員

委員長：鎌谷親善 顧問：柏木肇

飯島孝 大野誠 亀山哲也

川崎勝 小塩玄也 田中浩朗

林良重 藤井清久 古川安

武藤伸 吉本秀之

維 持 会 員

味の素(株)	富士レビオ(株)
出光興産中央研究所	(株)ナード研究所
荏原製作所	住友製薬(株)
サントリー基礎研究所	塩野香料(株)
第一製薬探索第一研究所	塩野義製薬(株)
ダイセル化学工業(株)	田辺製薬(株)
ダイソー(株)研究所	鐘淵化学工業(株)
旭化成工業(株)ライフ	三菱ガス化学(株)
サイエンス総合研究所	参天製薬(株)

賛 助 会 員

(株)内田老鶴圃	武田科学振興財団
勝田化工(株)	(株)第一学習社
協和純薬(株)	(株)東京教学社
三共(株)	日本ユニカー(株)
三共出版(株)	肥料科学研究所
山陽化工(株)	理研ビニル工業(株)
白鳥製薬(株)	和光純薬工業(株)

(1993年9月30日現在)

化学史研究 第20巻 第4号(通巻65号)

1993年12月30日発行

KAGAKUSHI Vol. 20, No. 4. (1993)

年4回発行 定価2,575円(本体2,500円)

編集・発行 © 化学史学会 (JSHC)

The Japanese Society for the History of Chemistry
会 長 芝 哲夫

President: Tetsuo SHIBA

編集代表者 鎌谷 親善

Editor in Chief: Chikayoshi KAMATANI
学会事務局

東京電機大学工学部人文社会系古川研究室
c/o Yasu FURUKAWA, Tokyo Denki University,
2-2 Nishiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan
Phone 03-5280-1288

印刷 (株)大和印刷

〒173 東京都板橋区栄町25-16

TEL. 03-3963-8011 (代) FAX 03-3963-8260

発売 (書店扱い) (株)内田老鶴圃

〒112 文京区大塚3-34-3

TEL 03-3945-6781 (代)

Overseas Distributor: Maruzen Co., Ltd.

P.O. Box 5050, Tokyo International, 100-31 Japan
Phone 03-3272-7211; Telex, J-26517.

昭和52年3月24日 郵政省学術刊行物指定

『化学史研究』投稿規程 (1992年3月21日改訂)

化学史学会編集委員会

1. 投稿資格 著者のうち少なくとも一人は本会会員であること。但し、編集委員会が認めた場合あるいは依頼した原稿についてはこの限りではない。

2. 投稿期日 本誌は年4回(原則として3月、6月、9月、12月)発行するので、余裕をみて投稿すること。但し、査読を要するものは、さらに最低1ヶ月の査読期間を見込むこと。

3. 原稿区分 つぎのいずれかを著者が選択して指定すること。但し、編集委員会に変更することがある。

——論文・寄書・総説・解説・原典翻訳・紹介・資料・雑報・広場・討論——

なお、新しい知見をまとめ一定の結論に導いたものを論文、断片的ではあるが新しい知見を含むものを寄書と区分する。

4. 原稿の審査 論文・寄書については編集委員会あるいはその依頼する者が査読を行い、その結果によって編集委員会が採否を決定する。その他のものについても訂正を求める場合がある。

5. 校正 著者校正を一回行う。そのための原稿の写しは著者の手許に保管しておくこと。それに基づいて再校以降を編集委員会が行うので、校正刷はなるべく速やかに返送すること。

6. 別刷 掲載された論文などの別刷を希望する場合は、著者校正の際に必要な部数を申し込み、別に定める料金を支払うこと。

7. 著作権および転載 掲載された記事等の著作権は本会に所属するが、編集委員会の承認を得れば他に転載することができる。

8. 投稿方法 原本およびその写し一通を別に定める投稿先に書留便にて郵送する。

なお投稿先は変更される場合があるので、最近号の会告に注意すること。

執筆要項

1. 原稿はなるべく400字詰原稿用紙を用い、完全原稿とする。水性のインクやHより硬い鉛筆はなるべく避ける。ワープロ原稿に関しては書式を22字×37行に設定し、禁則処理を行うことが望ましい。

2. 投稿原稿の第1枚目に、①投稿区分、②題名、③著者名(ローマ字書きを添える)、④所属、および⑤校正等送付先(電話番号)を記すこと。

3. 論文・寄書・総説・解説には、欧文で題名、著者名、所属および要旨を別紙添付すること。欧文要旨は約200語(ダブルスペースでタイプ用紙1枚程度)とし、なるべくタイプする。

4. 論文は400字詰原稿用紙40枚をもって一応の限度とする。ワープロ原稿に関しても、これに相当する量をもって一応の限度とする。

5. 原稿は横書き、現代かなづかいによる。

6. 読点はコンマ(,)、句点はピリオド(.)を用い、文中の引用は「」の中に入れる。

7. 元号その他西暦以外の紀年法によるときは、必要に応じて()内に西暦年をそえる。

8. 外国人名や地名は、次のいずれかの方法に統一する。(a)原綴を用いる場合は初出の個所に()内にカタカナによる表示をつける。(b)カタカナを用いる場合は、初出の個所に()内にその原綴またはローマ字転写を示す。(c)よく知られたものについてはこの限りではない。

9. 欧語は、タイプまたは活字体で記すこと。

10. 引用文が長いときは、行を改め本文より2字下げて記す。

11. 図および構造式などはそのまま製版できるように墨または黒インクで白紙上に仕上げ、それぞれ挿入箇所(必要に応じて大きさも)を赤字で原稿の右側に指定すること。なお、粗書き原稿で希望する場合には本会でトレースさせ、別途代金を請求する場合がある。

12. 写真等はなるべく原本を添付し、返却希望の場合はその旨を明記すること。

13. 単行本および雑誌名は、和漢語の場合には『』の中に入れ、欧語の場合にはイタリック体(下線を付す)を用いて表す。

14. 論文の題名は、和漢語の場合には「」の中に、欧語の場合には‘ ’の中に入れること。

15. 単行本などの中の特定の章または節の題名、および編纂物等に含まれる文書名も、和漢語の場合には「」に入れ、欧語の場合には‘ ’に入れる。

16. 文献と注は通し番号1), 2)……を用い、本文中の相当個所に肩つきで番号を示し、本文の最後に一括して記すこと。

17. イタリック体は下線____, ゴチック体は波線~~~~~を付け、それぞれ赤字で原稿中に指定する。

18. 引用文献の書き方は、以下に示す事例に準ずる。

例

〈論文〉

- 1) 仁田 勇「化学史周辺雑感」『本誌』1983, 123-126頁。
- 2) 辻本満丸「姥蛟肝油中の新炭化水素について」『日本化学会誌』(以下『日化』と略す) 55 (1934), 702.
- 3) Wallace H. Carothers, 'Polymerization', *Chemical Reviews* (以下 *Chem. Rev.* と略す) 8 (1931): 353-426, p. 355.

〈書籍〉

- 4) 日本化学会編『日本の化学百年史——化学と化学工業のあゆみ』(東京化学同人, 1978), 580-597頁。
- 5) Arnold Thackray, *Atoms and Powers: An Essay on Newtonian Matter-Theory and the Development of Chemistry* (Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1970), pp. 14-18.

投稿先 〒153 東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部科学史・科学哲学研究室 橋本毅彦(気付)

『化学史研究』編集委員会

KAGAKUSHI

The Journal of the Japanese Society
for the History of Chemistry

Volume 20 Number 4 1993

(Number 65)

CONTENTS

ARTICLES

Chiye IZUMI: A Reinterpretation of Greek Atomism 233 (1)

Atsushi TANAKA: H. Staudinger's Research and the Birth of the Polymer Industry in Germany: The Research and Development on Polyvinylacetate by Staudinger and Chemists in German Chemical Industries 243 (11)

THE HISTORY OF CHEMICAL TECHNOLOGY SERIES 5

Satoshi KAWAI: A History of Industrial Nitric Acid Processes: Physical Chemistry's Contribution to the Process Development 259 (27)

FORUM

Makoto OHNO: 20 years of *the Journal of the Japanese Society for the History of Chemistry* 283 (51)

Kaoru HARADA: The 500th Anniversary of G. Agricola 294 (62)

Masaru KAWASAKI: Report on the Foundation of the Nishi-Nippon Branch of our Society 297 (65)

BOOK REVIEWS 302 (70)

NEWS 304 (72)

Edited and Published by
The Japanese Society for the History of Chemistry
c/o Yasu Furukawa, Tokyo Denki University
22-Nishiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101, Japan
Overseas Distributor: Maruzen Co. Ltd.,
P.O. Box 5050, Tokyo International, Tokyo 100-31, Japan

学会事務局移転のお知らせ

本会事務局が千葉工大より下記の東京電機大に 1994 年 1 月 1 日より移転しました。今後の連絡は下記住所あてにお願いいたします。

〒101 東京都千代田区神田錦町 2-2

東京電機大学工学部人文社会系列 古川研究室気付

化学史学会事務局 Phone & Fax 03-5280-1288

(「工学部人文社会系列 古川研究室気付」を落とさずに、必ず明記して下さい)

投稿先変更のお知らせ

本誌『化学史研究』の投稿先が、今号(第 20 巻第 4 号)の配布をもって、東京外国語大学より下記の東京大学教養学部に変更になります。投稿に際しては、お間違えなきようお願いいたします。

〒153 東京都目黒区駒場 3-8-1

東京大学教養学部 科学史・科学哲学研究室

橋 本 毅 彦 (気付)