

化学史研究

KAGAKUSHI

The Journal of the Japanese Society for the History of Chemistry

1988 No. 3

論文	分析への認識論的障害	金森 修 (101)
教育シリーズ	赤血塩の発見をめぐって	日吉芳朗・中辻慎一 (112)
特集	ラヴワジェ研究入門 第4回 シュタール化学の原像—— 18世紀化学の一つの出発点	川崎 勝 (119)

年 会 特 集

1988年度化学史研究発表会プログラム・会場案内・講演要旨	(135)
-------------------------------------	-------

Les obstacles épistémologiques à la notion d'analyse	Osamu KANAMORI (101)
Discussions on the Discovery of Potassium Ferricyanide	Yoshiro HIYOSHI and Shin'ichi NAKATSUJI (112)
New Light on Lavoisier: The Research of the Last Twenty Years 4 More Light on Stahlian Chemistry	Masaru KAWASAKI (119)

Annual General Meeting 1988: Program and Summaries	(135)
--	-------

化学史学会

会 告

1988年度化学史研究発表会および総会について

上記発表会と本総会とを来たる10月15日(土)、16日(日)の両日東京学芸大学で開催いたします。多くの会員の方がご出席いただけますよう御案内申し上げます。会員外の方々のご参加も歓迎しておりますので、極力ご吹聴ください。積極的にご協力下さる意志のおありになる方は、本号の135と136ページにありますプログラムと会場案内を拡大コピーして、お勤め先などのしかるべき場所に掲示していただけないでしょうか。どうかよろしくお願い申し上げます。

総会委任状について

上記総会にご出席いただけない方は、お手数ですが本号に綴じ込んである委任状を10月9日までにお送り下さい。会則により定数に満たない場合には議決できないことになっておりますので、何とぞよろしくお願い申し上げます。恐れいたしますが、40円切手をお貼りの上ご投函ください。

会費納入について

本会会費は、会則により前納していただくことになっておりますので、1989年分は今年12月月末までに、5000円を綴込みの振替用紙でお納めください。なお、宛名シールにFEE 88とプリントされていない方は未納分がありますので、その分もあわせてご送金ください。

なお『原典集』申込みの振替用紙とお間違えなきよう、くれぐれもご注意下さい。

〔論 文〕

分析への認識論的障害

金 森 修*

時として誤謬は無知より大きな有害性をもつ¹⁾。無知であるだけなら、それが問われていないという正にその事によりその問題は中立なまま、いわば知の対象としては存在しないままに留まる訳だが、誤謬の場合、事情はもはや同じではない。なぜなら、誤謬が誤謬として認知されそれがそのまま通用するという事は例外的事象を除いてはあり得ない以上、誤謬は常に真なるものとして自己を呈示し、そのため、それが掩う問題は解決済みのもの、既に問としては存在しなくなっているものとして現れるからである。無知の相関項としての〈まだ存在しない問題〉と、誤謬の相関項としての〈もはや存在しない問題〉という二つの認知水準は、ちょうど未来と過去とが(物理的時間ならともかく)必ずしも均等な対称性をもって現れてこないのと同様に、我々にはかなり異なる相貌の下に現れる。〈もはや存在しない問題〉は、かつて一度は問として定立されたという正にその事から、過去の思考のいわば痕跡を担い、それに対して新鮮な眼差しを向ける事を難しくさせてしまう。無知は未解決の対象をただ放置するに留まるが、誤謬はそれを隠蔽するのである。過去の誤謬理論をくつがえそうとする時、人は常に幾分過剰に攻撃的になるものだが、それは誤謬という認知水準が持つ、このような積極的障害の存在に対応した心理規制に基づくものなのだ。

その意味で、或る問題を一応論理的に論じてはいるがそれが実在と合致しないという意味で間違いであるような概念や説明群は、真理を把握する正解の周りに単に並存するだけではなく、正解を

より見えなくさせるいわば霧のようなものとして、我々の認識をくもらせる障害物として機能するのである。

本稿は、かつて無数に存在した誤謬概念を今述べたような意味において、またガストン・バシュラール(Gaston Bachelard)の表現にならって〈認識論的障害〉と名づけ²⁾、しかもその中から化学的営為にとっての本質的作業の一つである〈分析〉を巡る障害概念を選びだし、その類型を簡単に列挙する事を目指すものである。これは、化学という学問が乗り越えてこなければならなかった数多くの障害の中で、物質的水準ではなく概念的水準における障害物の一症例の提示として位置づける事ができる。症例をあえて〈認識論的障害〉と名づける所以である。

無論、障害や困難は何も概念的水準からのみ来るものではない。ある物質を分析するにあたっての縮分のような一操作や、適当な試薬の選択の影にも、長い間の技術的蓄積がある。知はしばしば技術相関的なものだが、それが化学という知の場合、その程度はこのうえもないものになる。また試薬中の不純物の混在、容器や雰囲気による汚染、当該の分析対象自体の稀少性、その運搬の困難や危険の存在など、非概念的水準においても、数多くの障害が存在する。だが〈認識論的障害〉探索の試みにおいては、それらは基本的には考察の外に置かれる。言い換えれば、本稿の主要な議論は「現象界の多様性を還元するにあたっての主要な武器である分析は、常に単純明断な概念内実を持っていたのか？」という疑問に触発されて繰り広げられる。これはいわゆる狭義の化学史研究ではない。私の興味はむしろ或る一つの概念の内包分析を巡る認識論的省察の内にある。その意味で本稿はささやかな〈化学の哲学〉の試論である。

1988年1月22日受理

* 筑波大学現代語現代文化学系
連絡先:

I

ここにナイーヴながらまるで無意味という訳でもない一つの哲学的な問がある。「現象的世界は一であるかそれとも多であるか？」この種の問に対する反応は人様々であろうが、まず最初に考えられる解答の一つは「それは勿論多である」というものだろう。確かに、エレア学派風にかたくなな論理的要請に基づいて一元的存在論を展開するというのでもない限り、現象的多様性の存在自体に疑義を呈するというのは難しいのに違いない。我々の世界はかくも美しく色とりどりの花々に満ちており、そのかぐわしい香りや花卉の肌ざわり自体微妙な差異を持っているではないか？(cf. デモクリトスらの古代原子論は、現象的多様性と経験的に妥協するためのエレア的〈存在〉の分散化であった。)だが誰でも簡単に定立し得るこの経験的判断に対して、すぐに伝統的な反論が立てられる。その多様性は実は単なる外見上のものにしか過ぎず、それらを根底から支える発生機構、因果的な先行態は現象的多様性に比べて遥かに少ない原理(元素)から成り立つ。現象AがAであり得る根拠は現象Aと同じ存在位相にはない。現象の発生機構はちょうど機械設計の着想が物質化された機械の各部位には存在しないように、現象以外の或る位相にある。その、自らは非現象的位相に宿る根拠の集約態を人々は原理(元素)と名づける訳である。——こういうタイプの立論をその基盤とする伝統的な原理論は、その原理の数、あるいは具体的に何を原理として指定するか等の水準で全会一致で人々の賛同を得た事はかつて一度もなく、常にそれなりの変種を持つものであったとはいえ、イオニア学派、その後のアリストテレスらの物質論に基本的にはそのまま採用され、踏襲された発想であった。

水や火などを根本とした初期の一元的な原理論の持つ説明能力には自ずから限界があったが、それがエンペドクレスの四元素論を経て、それらと熱乾乾湿の四項を組み合わせた二段構えの構造で物質界の生成変化を説明するに至ったアリストテレス(学派)の理論によって、古代の元素論は一

応の完成をみた。

遥か後の時代にパラケルススが三原質論を立てた時、その原質の具体的規定は物質認識の相対的成熟や操作水準の向上によって古代の元素論とは異なるものになっていたが(硫黄・水銀・塩)、それでもその論理構造は基本的には同一のものであり続けた。前近代の化学者達は四元素と三原質の関係や異同等について多くの議論を戦わす事になろう。

なおプラトンの数学主義は現象界と比較的希薄な関係しか持たなかったので、化学的思考のより経験的な発想とはうまく馴染まず、そのため基本的にはその影響力を他の領域でより有効に発揮した。『ティマイオス』における幾何学的物質観などというような西欧思想の重要な底流を成す事になる着想もあるが、一応今はそれを傍に置いて話を進める。

以上は勿論、古代からの物質観の中心を成した元素論の最低限の回顧であるにしか過ぎない。そもそもその詳説は本稿の任務ではない。いずれにしろ先の命題との関連で言うならば、〈現象的多様性〉は確かに認知されたが、それは正に現象であるゆえの多様性なのであり、本当はそれを支える数少ない実体・元素の水準においてこそ物質の生成機構や具体的様態を規定する場があると考えられた訳である。そしてその原理論の巧拙は、原理相互間の組み合わせの複雑さ並びにその説得性の有無に求められた。

元素の数は現象界の個物よりは少ないが、論理的一者よりは多い。確かにその還元過程で、現象が持つ最も繊細な特異性の内の幾つかは失われてしまうかもしれない。だがその喪失を恐れてはいけけない。いくら無限の現象があるからといって、それを掩い尽くそうと無限の元素を定立してはならない。元素の構成能力はその捨象能力と表裏一体を成している。〈今ここにしかない個物の微妙なゆらめき〉などは知らなくとも、我々は宇宙全体について語れるのだ。——すぐに解るように、このように考える判断の根底には、任意の現象をそのまま同程度の緊張をもって受容するというのではなく、現象相互間に或る価値論的なヒ

エラルキーを定位するという契機が必然的に含まれていた。

さらにそのヒエラルキー化は概略的に言って二つの段階から成っていた。まず一つめは、互いに異質で無秩序な現象間で(質、発生形式、変化過程などの点で)比較的同質な纏まりを見せる複数の<物質のシーケンス>のそれぞれの内部における階層規定。二つめは、一つめの階層化により或る一つのシーケンス内で代表的な構成要素と見做されるに至った一物質内での、その物質が持つ諸性質間における階層規定。言い換えれば、前者は混合物の単純化、後者は中核の物質内の実体的性質と偶有的性質との分化に相当する。この二つのヒエラルキー化が自己の内に孕む認識論的方向が基本的には一つの範疇に入り得るものであるという事は直観的に理解できる。つまり我々はその両者を一つの名辞で指示できる。それらは分析的な思考なのである。

そして先にも述べたように、本稿の主題はこの分析概念の分析である。様々な装置や弁別物質の助けを借りて相当に複雑な物質さえ分析してその構造決定をできるようになっている今日、この分析という概念並びにそれが含意する操作の持つ意味は特に反省するほどの事もない自明なもののように思われるかもしれない。だが歴史的にみるならば、それは実に様々な障害を克服してやっと近代的な一般的了解へと至ったものであった。私は以下に分析を巡る概念的障害の内で比較的模式把握のしやすいものを十通り選んで、それぞれに簡単な輪郭を与えたい。それらは化学史的記述というにはあまりに簡略かつ抽象的なものとなる。だがそれらの素描を通して分析という概念がより陰翳に富んだものとなるように、拙いながらも私なりの努力をしてみようと思う。

II

(a) エネルゲティークの頭領、オストヴァルト(W. Ostwald)の『化学の学校』(第14講)の中で或る生徒が述べた感想、「ナトリウムと塩素という単独では共に激しい物質が結合すると、我々が普段平気で食べている食塩になるのは不思議だ」という言葉は、化学的知識に武装された我々自身にとっても依然有意義なままに留まっている。AとBからCができた場合、Cの中にはAやBがそのまま存在し続けるはずだというこの着想をバシュラールは実在論³⁾的なものと形容している。先の生徒は先生にしかられた。だが見方を変えれば、この実在論的発想は、化合物と構成要素との間に存在する質的飛躍が基礎づけるように思われた<合成の神秘>に対する、最も強力な抵抗の一つとして機能し得るはずのものであった。だが本稿の文脈で述べるならば、分析への障害概念はこの実在論的抵抗を一気に飛び越えて<合成の神秘>に辿りつき、その神秘にいわば過度の意味充実を与えるという形でまずはより優勢に存在した。それは、<合成による瞬間創造説>という考え方で、基本的にはアリストテレスもその考え方をとった⁴⁾。つまりそれは次のような考え方を指す。AとBが結合してCができたとなると、AとBはその時点で現実態としては完全に消滅する。その意味でAやBの複雑度とCのそれとの間には、優劣の差は存在しない。CはAと同様に単純なのである。—確かにアリストテレスは少なくとも可能態のレベルでは要素の継続的存在を合成体の中に認知していた⁵⁾。だが基本的にはこの発想は質的創造に重点をおいたその場その場での<創出説>として機能したのは否めない。物質が離合集散する時、そこには無数の新しい物質が生成してはまた消えてゆく。これらの生成消滅を何らかの限定的予言能力を持つ発生機構で解説しようとしても、それはもともと無理な話なのだ。

—このような理解の下では、分析がその被分析対象の性質を知る操作としては無意味なものと思われ、なぜなら合成過程に介在する飛躍は、分析過程にも対称的に存在しなければその論理的サイクルが完結しないからである。 $(A+B \rightarrow C) \supset (C \rightarrow A+B)$ という可換性の保証はどこにもなく、仮にあったとしてもAの性質からCのそれを推量するということは禁じられていた訳である。

さて、分析にとっての障害概念として最初に述べたこの着想は、或る意味では最初にして最大と

も言えるほど影響力の大きいものであった。だが我々はこれで話を終わらせるのではなく、以下にも互いに微妙に異なるニュアンスを持つ他の障害概念を続けて列挙していくことにしよう。

(b) 上記の〈創出説〉と類同的ではあるが、より操作相関的であるものに次のような考え方がある。もし今植物を加熱・焼却して植物灰を得、それから何らかのアルカリを手に入れたとする。その際、連続的な存在連鎖によって「植物からアリカリが生じた」とするのではなく、「アルカリは焼却の際に火のおかげで生産された」とするのである。それはつまり、どんな分析・抽出も必ず加熱等の操作的媒介を経なければならないが、その初項と最終項との間に存在する質的量的差異の根拠を、その媒介自体の産出能の内にみるという考え方である。“Ignis mutat res.”（火は物質を変質させる）という標語はこの着想を端的に表明したものだと言える⁹⁾。この場合、何らの操作的媒介のない分析は考えられない以上、分析の持つ解明手段としての能力は極度に減殺されるのは否めない。この考え方にたてば、A から B+C という操作によって D を手に入れた場合、我々は単に A→D に着目して D から A の本質を推量するという考察領域の限定を行えない。（この〈考察領域の限定〉こそが正に分析の価値を構成するものなのだが、）なぜならそれができるためには D は A より単純だという保証がなければならないが、B+C という操作自体が産出能を持つ以上、D は或る意味では A 以上に複雑な要因の絡み合いの結末なのかもしれないからである。つまり分析しているつもりが実は合成しているのかもしれないという事になるのだ。（勿論ここで A は D より複雑なはずだといっても論点先取になるだけである。）この考え方を〈操作制約説〉と名づけておく。

(c) かくして物質を規定する様々な属性・性質の中から質量・重量という定量的規定（量もまた一つの質である）を主要なメルクマールとして抽出するという近代的方法が確立する以前の段階では、〈創出説〉や〈操作制約説〉などの障害概念のために〈分析・合成〉という二操作の持つ対

称性自体が不透明にされる事も稀ではなかった訳である。

ところで定量的規定を主要なメルクマールとした後でさえ、両者の輪郭を擾乱し続ける概念が存在し得た。それは〈不可秤量物質〉（impondérable）という概念であった。これは文字どおり「重さを持たないもの」という意味で、主に18世紀の化学界にとって枢軸概念の一つであった⁷⁾。もっとも、例えばハーシェル（J. F. W. Herschel）の『自然哲学論考⁸⁾』などにもそれに関する記述が見出されるのを鑑みれば、それは19世紀に入っても或る程度その影響力を保ち続けていたのが解る。具体的には光、熱、電気、磁気などがそれに属するとされた。例えばここに物質 A、B があるとし、それぞれ 3g、5g であるとする。単なる質量重視の基準で言えば A、B 間には明らかな階層が定立される訳だが、もし今〈不可秤量物質〉の参入を認めるとすれば事情は全く変わってくる。なぜなら定義上、仮に α 、 β 、 γ という三種類の〈不可秤量物質〉が A と結合していたとしても（cf. 例えば熱は硫黄などと同水準の実体であるという発想は当時頻繁に見られた。）それはやはり 3g であり続けるからである。ゆえに何らかの操作により B を A に変えたとしても、それが必ずしも分析であるかどうかは言えない事になる。だから「重さが増えれば合成、減れば分析」という断定が機械的に下されるようになるためにはこの概念が駆逐される必要があった。もしそれが基本的に駆逐されたとするなら、バシュレーも『整合的多元論⁹⁾』で述べている如く、分析の（暫定的）到達点としての〈元素〉は「もし D が関与するすべての化合の中で、生成した化合物がどれも D より重いならば、D は元素である」という一元的なメルクマールに基づいた定義を受ける事が可能となる訳であった。それが同時に〈分析・合成〉という二操作の対称性並びに方向性の確立を示す事になるというのは、先にも述べたとおりである。

(d) さて次は、ある対象の構成要素相互の結合様態が〈partes extra partes〉（つまり相互外在的）ではなく、ある種の嵌入・相互浸透・融合

状態になっているために通常の意味での分離ができないという発想の存在に注目しておく。つまり分けるには錯綜し過ぎていてその質を破壊する事なしには分離できないという訳である。それは、相互外在的で機械的な分割を何ら抵抗なく受容できる“agregation”に対し、“mixtion”、“composition”などの用語で指示される事が多かった¹⁰⁾。（勿論、多少の個人差はある。）ちょうど同じ集合でもバス停に佇む人々とデモの集団とでは集合の意味が違うように、一見同じように纏まっている物質塊でも、良く見ればその纏まり方に決定的な違いがあるという訳である。この考え方は化学的対象の組織学的特殊化による分析への抵抗であったと言って良い。（この＜組織学的＞という用語を私は全く恣意的に用いたのではない。ここで私が念頭においているのは18世紀の生物学で“mixtion”と相同的な機能を果たした“intussusception”という概念である¹¹⁾。）

次のエックハルトハウゼン（Eckhartshausen）『化学論』の一節は用語こそ微妙に違い、上記の発想と同様のタイプに属するものである。

「＜根本的溶解＞（dissolution radicale）は完璧な貫入によって成り立つ。即ち〔溶液の〕構成実体だけでなく溶解の作用因もが、溶解すべき対象に貫入する事によってである。（…）この貫入がなされない時には＜根本的溶解＞はなく、あるのはただ＜機械的分割＞（partage mécanique）だけである。後者の場合〔溶液内の〕諸実体は互いに作用を及ぼしあうのではなく、ただ包摂・被包摂（l'une dans l'autre）の関係にあるのみだ。（…）それに対し＜根本的溶解＞の際には化学的にみて完璧な貫入が起きる。つまり外的な結合部分だけでなく、〔物質の〕内部までもがそれにより影響を受けるのである¹²⁾。」

このタイプの発想を＜分離不能説＞と呼んでおく。（根本的溶解は理念的極致である。）

ちなみに18世紀の化学者達が多用した“menstrues”という概念（何と経血という意味と同じ言葉であった。）は、今日的な意味でいえば溶

媒にはほぼ等しい意味内容を持っていたが、ただそれは溶質との間に正に上記のような相互浸透的な関係を持つものとされたという点で特殊なニュアンスを担うものであった。それは、溶質を溶かす事により自らの性質も変化する溶媒という意味で、単なる＜機械的溶解＞の担い手とは区別された。＜分離不能説＞の液体版としてここで引用する所以である。

古来化学は＜粉碎の力学＞と呼ばれるほど細粒状の物質を特に扱う学問領域であるとされていたが、同時にそれは＜溶かされた物質＞の活動を特異的に考察する学問であるともされた。“corpora non agunt nisi soluta.”¹³⁾（物質は溶かされなければ作用しない）という標語が端的にそれを示している。今この事実を考慮に入れて再び“menstrues”概念に思いを巡らすならば、それは化学に固有な場とも言える＜溶解領域＞に或る特異的なニュアンスを導入して、それを非客観的な方向に推し進めるという機能を果たしていたと言える。ゆえにそれは基本的には近代的分析概念の確立に対する阻害要因として働いたという事ができよう。

（e）次は神秘主義的な物質観の具体例を一つあげておく。以下の断片はやはりエックハルトハウゼン『化学論』からの抜粋である。

「諸事物の内部には、純粋で火性を帯び、硫黄を含むが燃える事のない実体が存在する。それは固定される時、＜自然の光＞と呼ばれるに相応しい¹⁴⁾。」

ここで＜諸事物の内部＞という言葉に注目しておこう。これは神秘主義特有の＜内面の神話＞の端的な表出である。見えない内面にこそ一段と高い価値が宿る。エックハルトハウゼンは同様の論法で、金属灰の中心に宿る純粋な塩についても語っている。中心や内部という直観的用語の持つ本性的な曖昧さはともかく、分析が本来的に碎片化、表面化を志向するものである事を考えあわせれば、この種の神秘主義が分析を瀆神的なものとして排斥するように働いたのは見やすい道理であろう。これは或る意味では既に有名な例といえるので、我々としても詳説する必要はあるまい。なおこの

種のレトリックが錬金術の文献でも多用されたのは周知の事実である。

(f) もう一つ、やはり濃厚な前近代性を漂わせた障害概念に物活論的な発想があった¹⁵⁾。生物学や医学では今日においてさえ完全に無視する訳にはいかない生命という概念はかつて長い間、物質全体にも包摂され得るものと考えられていた。「艶笑譚や諷刺詩の如くに良く売れた¹⁶⁾」というあのレムリ (N. Lémery) の『化学教程』における化学という学問の定義は次のようなものであった。「化学は混合物 (mixte) の中にある様々に異なる実体を分離する技術である。この場合＜混合物＞という言葉で私が意味するものは自然に成長していく事物、つまり鉱物、植物、動物の三つである。」¹⁷⁾ (傍点筆者)

＜分析の学問＞としての化学という規定は後のラヴワジエにもそのまま通ずる近代性を持つが、すぐその後に出てくる説明文は著者自らが物活論を背負っている事を端的に示している。レムリは通常機械論的化学の重要な推進者の一人とされており¹⁸⁾、基本的にはそれで正しいのだが、それでも彼は物活論を継承するのに何ら支障は感じていなかった訳である。それは18世紀に入るとレーマン (J. G. Lehmann)¹⁹⁾らにより、さらに体系的に展開される事になる。またディドロ (D. Diderot) の物活論も哲学史家には馴染み深い。(もとより、＜障害概念＞の探索という観点から離れれば、それらは極めて面白い着想の土壌も提供してくれるものではあった。)

物活論が分析への障害概念として機能する最大の理由は、それが時間のパラメータを対象に内在化させてしまうものだったという点にある。今仮にAがBとCに分解されたとする。だがBとCはその時点における一生命の暫定的な現象形態であるにしか過ぎないのかもしれない。ちょうど、芋虫が美しい蝶に変わる如く、Bはその少し後には見事な変貌を遂げているかもしれないのだ。これが分析という操作の客観的規定能力を著しく減殺するものである事は言うまでもない。なおこの端的な物活論以外にも、化学史は様々な生命論的物質観を通過せねばならなかった。＜酸とアルカ

リの闘争＞、＜親和力＞(ゲーテの外挿法は実は本来的にこの概念が物質の恋愛という意味を含んでいた事を顕示化するものであった。) クルックス (W. Crookes) の“protyle” (元素の進化論) などがその具体例としてあげられよう。また錬金術が、不完全な金属を治療して貴金属へと至らしめる＜物質の医学＞あるいは＜物質の産婆術＞とされていたという事もここで想起されて良いだろう。鉛は何よりも＜病める金＞だったのである。

III

さて今まで我々は分析にとっての認識論的障害として＜創出説＞、＜操作制約説＞、＜不可秤量物質＞、＜分離不能説＞、＜内面の神話＞、＜物活論＞の六つをあげてきた。これらの擾乱要因は完璧に無意味なものではないという正にそのために、より実証主義的な化学が定立されるのを遅らせる機能を果たした。以下に我々は同様の観点から、ただし今度は(少なくとも有機化学の抬頭までは)すぐれて分析的な科学であった＜原子論＞を巡る問題に限定して、その近代的な確立に多少なりとも阻害的に働き得た障害概念の幾つかを列挙してみよう。勿論ここで＜原子論＞と言ってもそれは広義のものであり、我々はその言葉を古典的元素論より複数性の高い＜多元的元素論＞といった程度の意味にも用いる事にする。しかも前節同様、特に光をあてるのはその前近代的な位相であるという事をここであらかじめお断りしておく。

(g) まずはあの有名なアナクサゴラスの＜同質体＞(ὁμοιομερεια)²⁰⁾がある。アナクサゴラスにとって、物質はその質料の無限性において互いに同質化されるのではなく、質的差異の無際限な充溢によって均一化されるものであった。AはAの微小体から成り、BはBの微小体から成る。或る対象をいくら砕いていっても我々が見出すのはただそのままスケールの小さくなった元の対象のみである。だから＜分析＞は何ら対象の本性の解明に役立つ事のない無駄な操作なのである。皮肉にも、純粹に論理的な観点に立つならば、この着想は微生物や微小物体を研究対象とする人々に

とて、〈合成〉の認識論的安全性を保証づけるものともなり得ていた。拡大しても質が存続するのなら、大きくしてみた方が解りやすいからである。（cf. 量子効果）

(h) さてこのアナクサゴラスの〈同質体〉という概念は、上記の反・分析的な機能の他に、人々に現象界が担う無際限な質的差異をそのまま微小世界に持ちこんで、それを〈原子〉として措定させてしまうという副次的な契機をも孕むものであった。つまり人々は〈同質体〉の想定に則って、現象界と微小世界とのナイーブな全単射をするのである²¹⁾。その考え方にたてば、我々は硫黄や磷のアトムだけでなく、〈肉のアトム〉や〈 K_2CO_3 のアトム〉を持つ事になる。この着想の下で展開される原子論の諸原子に関する様々な規定が、実は日常的な現象界における観察や操作の中にこそその根拠を持つものだという事は改めて言うまでもあるまい。つまり「〈肉のアトム〉は美味の原因を成す」という命題は、日常世界で普通に食べる肉がおいしいという経験をそのまま微小世界に外挿しているだけなのだ。だからこの原子論が持つ認識論的な価値は日常世界のそれと正確に同じ外延を持つ。それは分析概念が何ら有効に作用していない事の明確な証拠である。このタイプの原子論は、バシュラールが『原子と直観』（序論）の中で〈豊か過ぎる原子〉と呼んでいたものが作りだすような原子論だ。ここでは一応それを〈全単射説〉と名づけておく。

(i) 興味深い事に、〈全単射説〉ほど極端ではなくとも）この種のいわば〈現象的認識の原子世界への侵犯〉とでも呼ぶべきものは、比較的近代のいわゆる機械論的の化学にも或る程度存続していた。例えばあの有名な〈酸の棘とアルカリの鞘〉説²²⁾。酸の原子が微小な棘であるに違いないというのは、酸の味がちくちくとした刺激性を持つという生理的根拠、並びにそれが腐蝕性（解体能）をもつという物理化学的根拠という、共に日常的現象世界で認知された知識が微小世界へそのまま転写されたものであるに他ならなかった。一方、アルカリの鞘の場合、現象界との関係はより間接的である。それは酸とアルカリが反応しやすいと

いう化学的知識と、棘のような鋭角的なものは鞘状の形態に収まりやすいという日常的認識との領域侵犯的な合体の産物であった。

今このタイプの発想を〈類比説〉と呼んでおく²³⁾。水銀粒子の球状性を推測する事から始めてその液性を説明づけるレムリの次の一節も同様の範疇に入り得るものである。

「[水銀はどう切り刻んでも丸くなる。だから水銀の粒子は球状であるに違いない。] そして水銀の諸部分が丸であると推測すれば、この金属がなぜ液体のままに留まり、それが重いにも拘らずなぜあれほど火に対して敏感に反応するのかを我々は簡単に説明できる。なぜなら球形は諸部分の結合には全く適さないで、水銀を構成する小粒子は互いに結びつき得ずに、他の丸い物体同様何かというところを滑りあうからである。²⁴⁾」

このタイプの議論は上述のように、実質的な認識の出発点が日常の現象世界であるという基本的な制限をもつため、一見還元主義的な分析性を孕むように見えながら、その実何ら対象認識の深化を伴うものではなかった。それは必ずしも分析に対する直接的な障害概念として機能した訳ではなかったが、擬似的分析による眩惑的な満足感を研究者に与えるという意味で、やはり間接的には阻害要因として働いた。

(j) ついで私は、原子（元素）の微小性のゆえにその直接観察性を否定した次のような考え方を掲げておく。物質は無限に分割可能な訳ではない。分割の操作は必ず或る限界に到達するが、我々はそれを元素と名づけていけない理由はない。この場合我々は現象界の多様性をカバーするために、正確な数の特定こそできないが、単数ではなく複数の元素が存在すると考えた方が自然である。ただしそれらの元素自体は感覚可能なものではない。我々が実際に現象界で目にするものは多数の元素が集まったものである。論理的にはA、B、C…とある元素のどれかただ一種類から成る〈純粋集塊〉と、複数の元素から成る〈混合物〉の二種類が存在し得る。いずれにしろ元素が直接観察できるものではない以上、〈原子論〉は経験的に導入

されるのではなく、それはいわば我々の推論が依って立つ論理的要請としての起点あるいは到達点である。それを何らかの現象的観察によって直接反証するのは不可能である。——これがこのタイプの発想のいわば理念型である。ここで注意しておくべきなのは、原子の観察不可能性はそれが本体界や超感性界に属しているという理由から来るのではなくて、単にそれが生理的に見るのが不可能なほどに小さ過ぎるという理由から来るという点である。だがここでさらに話を複雑にする事情が介在してくる。なぜなら、この理由をもって我々はこのタイプの発想を形而上学から離れた経験主義的なものと断定できるかという点、そうではないからだ。つまり〈小さ過ぎて見えない原子〉がそれ自体経験的所与である事は定義上不可能なのである。ゆえにこの立場は、規約主義と経験主義との微妙な混淆態のようなものであると言える。

さて、ではこれを我々が今問題にしている分析概念と照らしあわせてみればどのような事が言えるであろうか？先に我々はこの発想によれば現象界の事物を論理的には純粹集塊と混合物とに分類し得ると言っておいた。だが実際には、ただ一種類の元素が大量に集積して作りだす純粹集塊は例外的存在、いやむしろ理念的存在とされる方が多かった。勿論適当な反応試薬をみつけ、それで一貫して同じ反応が得られるか（純粹集塊）、複数の反応様態を示すか（混合物）を調べる事により両者を区別するのは論理的に可能である。だが論理的存在可能性は実在の存在物より広い範疇を形成している訳だから、前者をどこかで縮小する何らかの規約に頼るのはいわば当然の成りゆきであった。だから現象界に存在するのは原則的に言って混合物のみとされたのである。そしてそれら混合物は正に何かと何かが混ざりあってできているものなのだから、それらを解析して複数の要素に単離してみようという意欲が湧きあがってくるのは当然の事であった。しかも純粹集塊と混合物との弁別基準をそのまま漸近的に微小世界に適用すれば、我々は純粹な元素（の比較的小数の塊）を手に入れる事ができるはずである。しかし例

えばこの発想を取った内の一人であるヘンケル（Henckel）は、純粹要素のそのような抽出が可能だとは考えなかった。次の抜粋はその理由を示している。

「我々は新しい混合物を作る事なしに或る混合物を分解する事は決してできない。だから物質を構成する諸原理の各々を分離してその純粹状態の内に抽出しようという試みは無駄なのである²⁵⁾。」

分析のために用いられる任意の反応試薬は当の分析対象の或る部分と合成反応を起こし、そこでそれなりに複雑度を増すから、解体の効果としては相殺されてしまうのだ。つまり混合物 $A \cdot B$ を分析しようとして反応試薬 $x \cdot y$ （これも一つの混合物）を与えた場合、得られる結果は $A \cdot x + B \cdot y$ 、あるいは $A \cdot y + B \cdot x$ のどちらかであるにしか過ぎないという事である。だから単離は不可能である。我々はヘンケルの見解を本項で扱ってきた発想に通底しているものと考え、よってこの立場を一括して〈単離不能説〉と呼んでおく。

今一度繰り返せば、この観点に立つ人々は現象界にあるものはすべて混合物であると捉えていた。だから分析への意欲は汎在する混合物を前にしてこの上なく掻き立てられる。ただしそれは、単離という最終的な到達点をあらかじめ挽き取られた上でのみそうされる、という訳である。思えば、分析の最大の実効性は正に或る元素を単離してその性質画定を行うための必要条件を描えあげるといふ点にあるのだから、この発想は結局のところ、分析しようとする還元主義的な意志の目標を宙に浮かせるように機能するものであった。なお〈単離不能説〉はシュタール学派に広く採用された発想であった²⁶⁾。

こうして我々は前節の六通りに引き続いて〈同質体〉、〈全単射説〉、〈類比説〉、〈単離不能説〉の四つの素描を試みてきた。以上の十通りをもって極めて簡単ではあるが本稿で取りあげる〈分析にとっての障害概念〉の具体例列挙を終える。

IV

以上の障害概念の見解を要約してみよう。

▶「分析は不可能である。」なぜなら

- 分割の際に質的飛躍が起こるから。(a)
- 分析操作により対象が擾乱されるから。(b)
- 重さのない物質は或る操作が分析か合成かさえ解らなくさせてしまうから。(c)
- そもそも組織学的に言って化学的对象は分離を拒否するものだから。(d)
- 物質の内面は単なる表面化では汲み尽くせないから。(e)

▶「分析は無駄である。」なぜなら

- 分離して得られた物質の様態は或る一時点の暫定的なものにしか過ぎないから。(f)
- 分割して得られるものは現象界の元の事物と同質のものだから。(g)
- 分析の最大の有効性を保証づける単離をすることができないのだから。(j)

▶なお、残る(h), (i)は、現象界の存在をそのまま(あるいは部分的、類比的に)微小世界に転写するという意味で擬似的な分析であり、結果的には障害概念と類同的な機能を果たすものであった。

かくして分析は<単純明晰な概念内実>を持つものではないという事が明らかになり、本稿の目的は一応達せられた。本稿で取りあげた障害概念の事例が何ら網羅的なものではないというのは、改めて言うまでもあるまい。むしろ極く簡単に化学史を鳥瞰しただけでも、少なくとも以上のような障害概念を見出し得るという事の方が重要である。もっともこの<障害概念>という言葉の持つ否定的意味合いを絶対的なものと捉えてはならない。なぜならそれらにはそれらなりの論理性があり、或る水準ではそれなりの説得性を持ち得たはずだからである。それらに注目する事は、学問史を単線的に捉えてしまうという陥穽から我々を救いだししてくれる契機となる。そして本稿で試みたように、一つの操作概念が持ち得た様々な冒険にわずかながらも光をあて、その擬似的な明証性を反省的に克服するという事は、一つの哲学的意味

を持つものであると信じたい。

本稿は<化学の哲学>という肥沃ではあるがまだ殆ど未開拓な土壌から切りだしたほんのささやかな灌木であるにしか過ぎない²⁷⁾。

注

- 1) cf. Bernardin de Saint-Pierre, *Études de la nature*, Méquignon-Marvis, Paris, 1818, tome 3, étude XII, p. 72
- 2) Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris, 1938 参照。この中で彼は直接的経験、一般的認識、イメージの過剰適用、実用的認識、実体論的障害、アミニズム、過剰な定量化などを認識論的障害として列挙し、科学的認識がともすれば陥りがちな危険としてそれらに対する注意を呼びかけている。本書は或る意味で極めて挑発的な、過去の誤謬理論の揶揄の書である。
- 3) cf. G. Bachelard, *Les intuitions atomistiques*, Vrin, Paris, 1933, chap. II なおバachelardの実在論は、中世普遍論争における唯名論や概念論に対するそれでも、ショーペンハウアーの概念論に対するそれでも、また実証主義的現相論に対するそれでもない。それはバachelardに先行した認識論学者メイエルソン(Émile Meyerson)の使い方に最も近いものである。つまり、構成的中核としての認識主観が自らの合理性や記号の援助によって経験界を粹づけていく時、それに最後まで抵抗し続けるアモルフな実在が存在し、その実在は根源的には完全な認識は不可能なままに留まる、という考え方である。実在はアモルフな同一性として現れる。要素の性質存続はその同一性の惰性を表している。
- 4) アリストテレス、『生成消滅論』、1巻、10章；なお、レスター、『化学と人間の歴史』(朝倉書店、1981)、109頁には、創出説への反証例がのっている。
- 5) ただしそれも、要素間にあまり大きな量的差異はない限りにおいて、次の言葉は意味深長である。「一滴の酒が数万コースの水と混合する事はない。なぜなら、酒の形相は滅び、酒は変化して水の全体量の一部になってしまうからである。」(アリストテレス, *op. cit.*) ここには、ごく希

- 薄なものと無との無視できない同一視がある。
- 6) 例えばフランス十八世紀『百科全書』の「化学」という項を見よ。(執筆者はGabriel-François Venel) ヴネルはその冒頭近く (p. 408) でこの標語をあげ、自らはそれに距離を置きながらも、それが当時盛んに主張された考え方であるとしている。
 - 7) cf. René Taton, *Histoire générale des sciences*, II, PUF, Paris, 1958, 2e part., vol 1, chap. VI; Georges Cuvier, *Histoire des progrès des sciences naturelles depuis 1789 jusqu'à ce jour*, Baudouin frères, Paris, 1826, tome 1, 1 part., p. 27. 他にも Berzelius, *Traité de chimie*, trad. française, 1811; G. Bachelard, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Vrin, Paris, 1932, chap. II, p. 45 などを参照。
 - 8) John F. W. Herschel, *Discours sur l'étude de la philosophie naturelle*, Paulin, Paris, 1834, trad. française, 3 part., chap. 5.
 - 9) C. Bachelard, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, chap. II, p. 46.
 - 10) cf. Henckel, *Traité de l'appropriation*, cite dans Hélène Metzger, *La philosophie de la matière chez Stahl et ses disciples*, Extraits d'*Isis*, no. 27, vol. VIII, 3, fev. 1925, Bruxelles, Anonyme, M. Weissenbruch, p. 447; Le Baron de Marivetz et M. Goussier, *Physique du monde*, tome 5, Quillau, Paris, 1785, p. 50; A. Baumé, *Chymie expérimentale et raisonnée*, tome I, Paris, 1773, intro., p. 12; Venel, 'Chymie', *Encyclopédie*, p. 410.
 - 11) cf. Jean Baptiste René Robinet, *De la nature*, tome I, E. van Harrevelt, Amsterdam, 1766, 2 part., chap. 19, p. 217; G. Cuvier, *Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux*, Baudouin, Paris, chap. 2, §4.
 - 12) K. D'Eckhartshausen, *Essais chimique*, Librairie Heugel, Eds. Psyché, Paris, 1938, pp. 15-16. また次の文献も参照にせよ。Hermann Boerhaave, *Éléments de Chymie*, Guillyn, Paris, 1754, tome 6, p. 107, p. 154.
 - 13) A. F. de Fourcroy, *Philosophie chimique*, Paris, pp. 9-10; Corpora non agunt nisi sint fluida. (Marivetz et Goussier, op. cit., tome VII, p. 30), または Menstrua non agunt nisi sint soluta. (Venel, 'Chymie', p. 417) という標語もある。ちなみに Nicolas Flamel, *Thrèsor de Philosophie ou original du désir désiré*, Extrait d'un ancien manuscrit, pp. 117-118 における液性礼賛も参照にせよ。
 - 14) K. D'Eckhartshausen, op. cit., p. 19
 - 15) J. B. R. Robinet, *Considérations philosophiques de la gradation naturelle des formes de l'être*, Charles Saillant, Paris, 1768, 1 part., chap. 2; Idem, *De la nature*, tome 1, 2 part., chap. 17; *Oeuvres médico-philosophiques et pratiques de G. E. Stahl*, trad. par T. Blondin, J. B. Bailliére et fils, Paris, tome 3, 1 part., et l'intro., de Blondin, 1860; Crosset de la Haumerie, *Les secrets les plus cachés de la philosophie des anciens*, D'Houry fils, Paris, 1722, IV, p. 197, 他にも Denis Diderot, *Le Rêve de d'Alembert*; Charles Bonnet, *Contemplation de la nature* などを参照にせよ。
 - 16) 元来は Bernard le Bovin de Fontenelle, 'Éloge de Lémery' 中の言葉。それは後に例えば N. Lémery, *Cours de Chymie*, nouvelle éd., Jean-Thomas Hérissant, Paris, 1756 の序文などにも引用された。また Pierre Duhem, *Le mixte et la combinaison chimique*, 1902, rééd., Fayard, Paris, 1985, I part., chap. 2, p. 25 も参照せよ。
 - 17) N. Lémery, op. cit., I part., p. 2
 - 18) 例えば H. Metzger, *La philosophie de la matière chez Stahl et ses disciples*, pp. 428-429; P. Duhem, op. cit., p. 25 などでも示されている判断を参照せよ。Metzger は Boyle, Hartsoecker などと共に Lémery の名をあげ、その機械論的性向を旧態依然とした立場に留まる人々、例えば Kunckel などと対比させて捉えている。
 - 19) Johann Gottlob Lehmann, *Traité de physique, d'histoire naturelle, de minéralogie*

- et de métallurgie*, 3 vol., Jean-Thomas Hérisant, Paris, 1759. 例えばその tome I, VII, pp. 381-388を見よ.
- 20) あるいは, ὁμοιομερής. それは, 四元素によって組成されて, そのいかなる部分をとっても組成において全体に等しく, 全体と部分とが対応するような同一本性を持つもの. アリストテレスは動物体内の血, 肉, 骨などを指すのにも使用した. cf. アリストテレス, 『気象論』, 4巻, 8章, 『生成消滅論』, 1巻, 1章, 『動物誌』, 1巻, 6章, 『天体論』, 3巻, 3章; Lucretius, *De rerum natura*, tome 1, 830.
- 21) これは厳密には同質体並びに次の類比説と区別し難いものである. だが一応, この着想に近いものの参照箇所として以下の文献をあげておく. Lucretius, *op. cit.*, tome 2, 398-407; H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe siècle à la fin de XVIIIe siècle*, tome 1, PUF, Paris, 1923, Sect. 2, chap. 5, p. 299; 渡辺, 竹内, 『読み切り化学史』(東京書籍, 1987), p. 129, p. 223.
- 22) R. Taton, *op. cit.*, 2 part., vol. 1, chap. VI, p. 347; H. Metzger, *La chimie*, E. de Boccard, Éditeur, Paris, 1930, 1 Sect. V, p. 41; G. Bachelard, *Les intuitions atomistiques*, chap. II, pp. 51-53; P. Duhem, *op. cit.*, p. 28; E. Meyerson, *De l'explication dans les sciences*, Payot, Paris, 1921, tome 2, chap. 8, pp. 285-286.
- 23) cf. Lucretius, *op. cit.*, tome 2, 381-443; P. Duhem, *op. cit.*, p. 41; Descartes, *Les Météores*, chap. I, art. III, cité par Duhem, *op. cit.*, p. 20; Descartes, *Principe de philosophie*, pars quarta; Idem, *Le Monde*, chap. III, IV.
- 24) H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe siècle à la fin du XVIIIe siècle*, tome 1, sect. 2, chap. 5, pp. 297-298.
- 25) Cité par H. Metzger, *La philosophie de la matière chez Stahl et ses disciples*, p. 442; cf. G. Bachelard, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, chap. II, p. 44.
- 26) cf. Lucretius, *op. cit.*, tome 2, 581-599; H. Metzger, *ibid.*, pp. 440-441; Idem, *La chimie*, , sect. I, VII.
- 27) 類似の問題意識の下に書かれた拙稿, 「火の化学」, 『言語文化論集』(筑波大学)第24号, 1988, 並びに「バシュラールと化学(1)」(以下継続), 『同誌』, 第26号も参照されたい.

Les obstacles épistémologiques à la notion d'analyse

Osamu KANAMORI

(Université de Tsukuba)

Le présent article s'efforce d'analyser la modalité des "obstacles épistémologiques" qui existaient au cours du développement de la chimie, en particulier celle concernant la notion d'analyse qui serait un des concepts opératoires essentiels de la chimie. Le cadre sémantique d'obstacle étant limité à l'intérieur de concept, nous excluons de notre point de vue des obstacles pragmatiques et contingents tels que la pollution des instruments et la rareté

des échantillons etc. Nous classons les obstacles épistémologiques sur l'analyse sous dix catégories suivantes: (a) la théorie de l'émergence; (b) la théorie d'assujettissement à des opérations; (c) la notion d'impondérable; (d) la théorie de l'impossibilité de *séparation* radicale; (e) le mythe de l'intérieur; (f) l'hylozoïsme; (g) l'homoiomère d'Anaxagore; (h) la théorie de correspondance biunivoque;

(Suite à la page 118)

[教育シリーズ]

赤血塩の発見をめぐって

日吉芳朗*・中辻慎一**

1. はじめに

化学史上の諸実験を化学教育に生かす試みの中で¹⁾、「錯塩の化学」の一章をもうけ、とくに1980年以来、古典的な錯塩についての調査と実験をすすめてきた。そこでは主に Werner 以前の研究の中で、(1)発見年代が比較的早くなじみ深いもの、(2)発見者の名前がつけられているもの、(3)色より命名されたものから化学史上意義深く、高校生でも取り扱えと判断した錯塩について、合成実験を中心として検討を加え教材化を行った²⁾。

そこで取り上げた錯塩の1つに赤血塩があるが、その塩の合成を発見時の方法で行ってみたところ、目的物だけを得ることは困難で、そのままでは教材として生徒実験や演示実験に用いるには無理があることがわかった。しかしその一部を改良することで、生徒実験としてはもちろん、一般的な製法としても使用できることがわかった。

一方、赤血塩発見の論文であるが、錯塩化学の研究史上画期的な論文の1つといわれている³⁾にもかかわらず、その入手難のためもあってかその内容を知ることがむずかしい。筆者は幸運にもドイツからその全文を入手できたのを機会に、その内容を検討することができ、また興味ある記述を含んでいることがわかったので、ここにその要点を紹介することにする。

2. 黄血塩から赤血塩 (ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム) $K_3[Fe(CN)_6]$ をつくる

1987年12月25日受理

* 石川県立輪島高等学校

** 長崎大学薬学部

連絡先:

黄血塩 $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ や赤血塩、あるいはこれらに鉄塩を作用させて得られる紺青 (ベルリン青、プルシアンブルー)⁴⁾ は、高校化学でも鉄イオンの検出に使われ、錯塩の立体構造を問題にするさいその八面体構造が取り上げられるなど、生徒や教師にとっても比較的なじみ深い物質である。しかしこの3物質にまつわる歴史は、化学的にも教育的にもたいへん興味ある内容を含んでいるので^{5, 6)}、そうした観点からの取扱いもあってよいのではないかと考えている。

ところで黄血塩は、1751年にフランスの P. J. Macquer (マッケ, 1718-1784) により現在とは逆の方法の紺青からつくられ、71年後の1822年にこの黄血塩から赤血塩がドイツの Leopold Gmelin⁷⁾ (レオポルト・グメリン, 1788-1853) により得られた。この一連の歴史に注目したことも、筆者が再現実験を行うことになった理由の1つである。

さてこの実験を現在出版されている著書を中心に調べてみると、Gmelin がどのようにして黄血塩を赤血塩に変換したかを記した書はほとんどなく、有名な G. B. Kauffman (カウフマン) の錯体化学史の書⁸⁾ でさえこれにふれていない。いくつかの書についてみると、たとえば、「1822年に Gmelin が赤血塩をつくった⁹⁾」あるいは「発見した^{8, 10, 11)}」との記述があるだけである。これまでにこの点を明確に記したものは、筆者がみた限りではただの2つにすぎない。その1つは永海佐一郎、『化学の発達史及び私の体験¹²⁾』で、そこには「1822年、Leopold Gmelin は黄血塩に塩素を作用させて赤血塩を得た」とある。もう1つは中原勝儼教授が『化学教育¹³⁾』に書かれた赤血塩の解説の中にあり、「Gmelin はフェロシアン化カリウムの水溶液に塩素を通じてフェロシアン化

カリウムとよく似た化合物であるが、赤色の結晶であるこのものを得たわけである」とある。

一方、それらの中で、「黄血塩から赤血塩を得る方法としては、塩素、過マンガン酸カリウム、硝酸、過酸化水素、その他の強力な酸化剤で酸化してつくる¹⁴⁾」が代表的な記述とみられるが、これは現在の製法を述べているのであって、Gmelin が過マンガン酸カリウムや過酸化水素を使ったとは考えにくい¹⁵⁾。そしてほとんどの実験書や製法を記述した書は、過マンガン酸カリウムによる酸化法を用いている^{11, 16~19)}。塩素による方法をもあげている書のいくつかから引用すると、たとえば文献20)では「黄血塩の溶液に塩素を通し、溶液が暗赤色になったら水を蒸発させると赤血塩の赤色結晶が析出してくる」とあり、このあとに塩素のかわりに臭素を用いる方法を記している。

また文献21)はよりくわしく、

黄血塩の濃厚な冷水溶液に塩素を通じ、反応液の一部を取って第二鉄塩たとえば、塩化第二鉄溶液を加えても青色を呈しないでかっ色を呈するようになったら、塩素の導入を止める。この溶液をすみやかに蒸発して結晶させ、最初に生じる結晶を採取する。この際、塩素を過剰に通すと不溶性のベルリン青を副生する。

ところで上記の方法と後述する Gmelin の論文とをあわせて検討したところ、多くの場合、黒色物質と赤血塩の橙色結晶が混在して得られ、その分離も容易でなく、教材として用いるにはいささか不適当であると判断せざるをえなかった。しかしこの方法では常にきれいな赤血塩の結晶を得ることができないものの、まれに良好な結果が得られることもあり、その微妙な反応条件の特定は現在のところできていない。その方法を以下に記す。

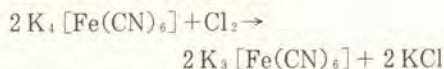
実験1 黄血塩 10g を水 90ml に溶かして 100 ml 三角フラスコに入れる。これに過マンガン酸カリウムに濃塩酸を滴下して発生させた塩素を、たえず振りまぜながら通じると、溶液の色は次第に橙色をおび、やがて褐色となり最後に暗褐色となる。時々反応溶液の 1 滴を塩化鉄(Ⅲ)溶液に

加えてみる。はじめは青色を呈するが、赤褐色に変わったただちに塩素の導入をやめる。この溶液を水浴上で約 3 分の 1 に濃縮してろ過し、放置しておくとも黒色物質とともに橙赤色の赤血塩の結晶が析出してくる。この場合比較的早いうちに結晶をとった方がきれいである。

そこで塩素を使い、より効果的に赤血塩を得る方法について過マンガン酸カリウムを用いる方法を参考にして検討した結果、いくつかの改良点を見出すことができた。それは塩酸酸性で反応を行わせ、その後にこの塩酸を中和することであり、結晶をすみやかに析出させるためにエタノールを加えることである。塩酸を加えることについては文献22)にも記されている。

実験2 実験1で用いたのと同じ黄血塩の溶液に濃塩酸 1 ml を加え、同様に塩素を通じる。溶液の色は黄緑色をへて暗緑色に、さらに暗褐色に変わる。塩化鉄(Ⅲ)溶液が赤褐色に変わったら塩素の導入をやめ、得られた溶液に炭酸カリウム K_2CO_3 を少量ずつあわがなくなるまで加えて中和する。この溶液をろ過し、ろ液を水浴上で約 2 分の 1 に濃縮すると、液の色は暗褐色から橙色に変わる。冷却後、濃縮液とほぼ同体積のエタノールを加えると赤血塩の橙色沈殿を生ずるので吸引ろ過する。これをできるだけ少量の水から再結晶すると赤色結晶として得ることができる。収量 5.2g。

結果と考察 この反応式は、



であらわされる。実験1では塩素の導入をいかにタイミングよく打切るかがきれいな結晶を得るかぎと思われる。しかし反応中も生成する赤血塩は少しずつ分解していくようであり、過剰に通すとすみやかに分解してしまう。この点、実験2の場合はこれほど極端ではない。実験2で塩酸を加えるのは黄血塩をフェロシアン化水素酸 $H_4[Fe(CN)_6]$ に変えることを意味し、実験1と2の差はこの物質が安定な強酸であることと関係しているのかもしれない。また夏期なら黄血塩溶液を冷蔵庫中に冷やしておくか、氷水で冷却しながら行っ

た方がよい。塩素の導入はドラフト中で行い、所要時間は発生のさせ方にもよるが5分前後である。過剰に通すときできる沈殿は、ベルリン青ではなくベルリン緑とある書もある^{11, 23)}。K₂CO₃で中和する場合の終点は、リトマス紙では溶液が橙色のためはっきりしないので、あわが出なくなったらやめることで、0.9g 見当である。なお赤血塩を結晶化させるさいその溶液が容器の側面にはい上り、結晶が華のようにひろがることが多い。これを防ぐ方法は今のところみつかっていない。

3. Gmelin が黄血塩から赤血塩を得たときの論文

この論文の所在は文献24) や25) から、1822年のSchweiggerのJournalの34巻²⁶⁾であることははっきりしていた。しかし金沢大学理学部の図書館で調べていただいたところ、日本での入手は不

可能ということであった。そこで同大学化学教室の中西孝助教授がドイツに出張された1984年の春に、現地での調査をお願いしたところ、同地の友人に依頼され、その夏に入手することができた。ここではその要点を整理して以下に記すことにする。

論文(図1)は、表題が「特別なシアン化鉄カリウムおよび青酸の鉄塩類の新しい系列について」とでもいうべきもので、全22ページのものである。彼は、これまでに青酸やシアンの各種の化合物が発見されてきたにもかかわらず、その知見が十分であったと述べ、その中でも青酸と酸化鉄とのシアン化金属についての知識が十分でなかったという。当時、それらの化合物は直接合成されていなかったが、間接的に得ることができたとして、そのきっかけは、硫黄やセレンのような物質が黄血塩と独特な反応を行うことから塩素と反応させることを思いついたとしている。彼は最初に粉末にした黄血塩の結晶に直接塩素を作用させたが、十分に反応しないとみて、その水溶液に第二鉄塩を加えてもベルリン青を生じなくなるまで塩素を通した。このさい過剰の塩素を通じると生じた塩が分解すること、塩素は水に通した方がよいことなどを述べている。最後にこの溶液から水を蒸発させ、分離してくるベルリン青を除き、冷却して赤血塩の結晶を得ている。そしてこの結晶を赤色シアン化鉄カリウムと名付け、その結晶について面角などを測定して、結晶形を図を用いることなくくわしく説明しているが、結晶学の知識がないとこの記述だけから結晶形(図2)²⁷⁾をイメージ化することはむずかしい。そして性質として「そ

Ueber ein
besonderes
Cyaneisenkalium
und über eine
neue Reihe von blausauren Eisensalzen,
Vom
Hofrath Leopold Gmelin
in Heidelberg.
(Vorgelesen am 3. Februar 1822, in der dortigen Gesellschaft
für Naturwissenschaft und Heilkunde.)

So mannigfaltige Verbindungen der Blausäure, und des Cyans aufgefunden worden sind, so scheinen noch viele derselben unsrer Kenntniss vorzuenthalten zu seyn. Nicht genug, daß die Blausäure durch ihre Verbindung mit Schwefel, Selen, Eisenoxydul, und mit Kupfer-, Silber- und Goldoxyd vielerlei Gestalten annimmt, so ist sie auch fähig, sich unter gewissen Umständen mit Eisenoxyd zu vereinigen, und in dieser Gestalt eigenthümliche dreifache Salze und Cyanmetalle zu erzeugen.

Die Möglichkeit einer solchen Verbindung wurde bis jetzt bezweifelt, weil sie nicht direct dargestellt werden konnte; es gelang mir jedoch, auf indirectem Wege diese neue Thatsache zu entdecken.

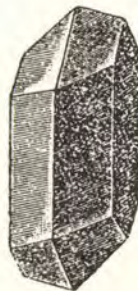
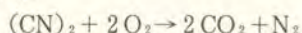


図1 Gmelinの論文の第1ページ

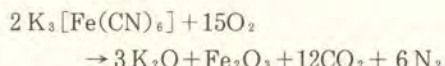
図2 赤血塩の結晶

の結晶は強い朝やけ色であり、粉末状では橙黄色となつて、強く輝き、そして透明である。酸性でもアルカリ性でも反応せず、弱い収れん性がある、やや塩からい味がする」としている。結晶形のこのような記述法や、その味を記すところなどは当時の特徴の1つなのかもしれない。なお黄血塩は無毒で、赤血塩は有毒であるがこの点の記述はない。

次いで組成を決定する実験に移る。(1)として水浴上で2時間加熱しても重量や形状にほとんど変化がないこと、(2)としてガラス球中で加熱するとシアンと窒素を発生し、炭素と窒素から成る化合物を残すこと、(3)としてふたをした白金ルツボ中で加熱し、その残渣には炭素と鉄の化合物などが含まれているとの知見を得たあと、定量分析にかかる。(4)として一定量の結晶を酸化水銀と加熱して、生じた酸化鉄と塩化カリウムから鉄とカリウムの割合を算出する。(5)として一定量の結晶に硫酸第一鉄を加えてベルリン青として沈殿させ、このろ液中のカリウム塩からカリウムの割合を算出し、(4)とほぼ一致した結果を得ている。(6)として白金ルツボ中で一定量の結晶に硫酸を加えて分解し、赤熱化して生じた残渣より、やはり鉄とカリウムの割合を算出している。なお(7)として結晶を硝酸アンモニウムとルツボ中で加熱して分解しているが、激しい爆発が起こり実験は失敗したと記している。最後に(8)として一定量の結晶を酸化銅と加熱して分解し、発生した気体を二酸化炭素と窒素の混合物とみなし、さらに Berzelius によれば炭酸カリウムが酸化銅と化合物をつくることから、結晶中の炭素の一部が二酸化炭素として発生しないので、その分を補正したうえでシアンの割合を算出している。その算出法の基礎となる考えを現在の化学反応式で書くと次式のようになるであろう。



だとすれば赤血塩は



のように反応すると考えられる。ともかくこのようにして彼は赤血塩に $\text{K}_3\text{Fe}_2(\text{CN})_6$ の式を与え

ることができた。ここで Fe_2 としているのは、Gmelin は当量 ($\text{Fe}=28$) を使っているからで、それゆえカリウムは、J. J. Berzelius (ベルセリウス, 1779-1848) と異なり39をとることになる。Gmelin はその当量を原子量のように使っており、今日の当量の考え方なら Fe_3 とすべきところであろう。なお、Gmelin の当量、原子量に対する考えは、たとえば文献²⁸⁾にみることができる。

次に彼はこの組成を確認するのに、一定量の黄血塩に計算上必要な塩素を作用させるために、一定量の軟マンガン鉱に塩酸を加えているが、思うように反応してくれなかったと述べている。また酸化剤としてヨウ素を用いたり、さらにシアンを作用させているが、赤血塩を得ることができなかった。ただこの過程で可溶性のベルリン青と思われるものを得ているし、水酸化鉄が青酸と反応するとベルリン青を生ずることを認めている。また赤血塩が過剰の塩素で分解される過程を考察したり、さらに硝酸、黄血塩、硫化水素、石灰水などとの作用および水、アルコールへの溶解性を記している。またシアン化第一鉄と18種の重金属の塩との反応で生じる沈殿の色などを記したあと、とくに硝酸鉛とで生成する化合物に注目して実験的検討を加えている。最後に赤血塩や黄血塩の第一および第二鉄塩との作用を述べ、これらがそれぞれの塩の検出試薬として使うことができるとしている。彼はここで、後にターンプル青とよばれるものもベルリン青と同一物質とみなし、これらの組成について言及している。なお両者は1960年頃に Mössbauer 効果などから同一であることがわかったが、少なくとも Gmelin がこれらの物質を得たときは同じものだと考えていたことは注目される。

なお同じ年の1822年の Schweigger の Journal の36巻²⁹⁾に、Gmelin と Wöhler によるとしたいくつかのシアノ化合物の紹介があり、その中でコバルトの赤血塩ともいえるヘキサシアノコバルト(Ⅲ)酸カリウム $\text{K}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$ についての記述がある。これは現在の製法と同じくシアン化コバルトにシアン化カリウムを作用させている。

実験3 塩化コバルト $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 4.8g を水 50ml に溶かし、この溶液を煮沸しつつかき

まぜながら、シアン化カリウム KCN 3g を水 20 ml に溶かした溶液を少量ずつ加える。冷却後、得られた肉紅色の沈殿を吸引ろ過し、冷水で洗う。湿っている間に KCN 6g を含む溶液 15~20ml を加え、沈殿が完全に溶けるまでかきまぜる。この深赤色の溶液を 5~10 分間煮沸すると黄色溶液になる。あついうちにろ過し、放置しておく。K₃[Co(CN)₆] の淡黄色の結晶が析出してくる。吸引ろ過し、水で洗浄する。収量 3.8g。

結果と考察 本実験は文献³⁰⁾によるものであるが、とくに問題となる箇所は見当たらない。ただ最初に KCN を加えて得られる沈殿のろ過に時間がかかること、2 度目に KCN を加えるさい不足気味だと緑色沈殿を生ずるので、やや過剰に加えることである。しかし生徒実験にあたっては KCN の取り扱いには十分注意すべきで、残った KCN の溶液を酸の残った流しなどにすてるようなことは絶対にあってはならない。なお本錯塩の色がほとんど無色である点には注意したい。

4. おわりに

黄血塩や Gmelin が得たこれらのシアノ錯塩は、錯塩の合成が盛んに行われるようになった 1850 年以前にあらわれたもので、その意味では孤立した錯塩であるが、このことはまた Gmelin の時代をこえた業績をあらわしているともいえる。そしてこれらの塩の合成や分析は決して特殊な試薬や装置を用いて行われているのではないことに注目したい。しかしその研究のすじみちは実に整然としているし、その観察のするどさは 150 年以上もへた現代人の目にも十分耐えるもので、むしろ模範とすべき部分を含んでいる。我々が化学史上の諸実験を教材化しようとした意図の 1 つにこのような先人たちの研究への姿勢から学ぶべきことを見出すことにもあった。

一方、鉄やコバルトのシアノ錯塩の存在は、化学教育の立場からこれら金属以外の遷移元素の赤血塩や黄血塩にあたる錯塩の合成を思いつかせる。赤血塩に相当するものについてみれば、バナジウム、クロム、マンガンはたしかに得られるが、ニッケルは³¹⁾、K₂[Ni(CN)₄]、K₄[Ni₂(CN)₆]、

K₄[Ni(CN)₄] のような 4 配位のものしか合成されていないという。

なお Gmelin の論文に関してはその要点の紹介にとどめたため細部にふれることができなかった。しかし錯塩化学の研究における歴史的な論文でもあることから、その全訳と解説があってもよいのではないかと考え、現在この方面から取り組むべく準備中である。

謝 辞

本研究をなすにあたり金沢大学阪上正信名誉教授と立教大学理学部中原勝儼教授からは数々の貴重な御助言をいただいた。また金沢大学理学部中西孝助教授は Gmelin の論文の入手にあたり多大な御援助を与えられ、石川県立宇津高等学校中山政紀氏は再現実験にあたり協力された。これらの諸先生方に深く感謝の意を表する。

なお本研究の一部は、1986 年度化学史学会の年会で講演したものである³²⁾。

文 献 と 注

- 1) 日吉芳朗, 阪上正信, 米田昭二郎, 「化学史にもとづく化学実験による理科教育」, 『第 11 回東レ理科教育賞受賞作品集』, 1980, 12-16 頁。
- 2) 日吉芳朗, 「古典的な錯塩の合成—生徒実験と演示実験—」, 『本誌』, 1982 (No. 3), xiii 頁。
- 3) G. B. Kauffman, *Inorganic Coordination Compounds* (Heyden, 1981), p. 171.
- 4) その組成や構造などについては、たとえば以下の書に詳しい。
 - a) 高木誠司, 『新訂定性分析化学 (中巻・イオン反応編)』(南江堂, 1964), 117-118 頁, 125 頁。
 - b) G. D. Parkes, *Mellor's Modern Inorganic Chemistry* (Longmans, 1961), pp. 928-929.
- 5) 日吉芳朗, 「プルシアンブルーをきずなにした諸実験—化学史と化学教育—」, 『化学教育』, 23 (1975), 491-495 頁。
- 6) 日吉芳朗, 「プルシアンブルーと化学教育」, 『日本理化学協会研究紀要』, 10 (1978), 68-69 頁。
- 7) 1988 年は Gmelin の生誕 200 年の記念すべき年

- である。この発見は Gmelin の 34 歳頃の仕事で、その頃、F. Wöhler (ウェーラー, 1800-1882) が彼のもとで学んでいた。詳細は次の文献を参照していただきたい。
- 坐隠子, 『Leopold Gmelin』, 『現代化学』, **51** (1975), 52-59 頁。
- 8) 文献 3), pp. 61-62.
 - 9) 『化学大辞典』(共立出版, 1963), (7)740 頁.
 - 10) 千谷利三, 『新訂無機化学』(産業図書, 1959), 1208 頁.
 - 11) 下山順一郎, 近藤平三郎, 『製薬化学上巻』(南江堂, 1888), 326 頁.
 - 12) 永海佐一郎, 『化学の発達史及び私の体験』(内田老鶴圃, 1941), 271 頁.
 - 13) 中原勝儼, 「フェリシアン化カリウム ($K_3[Fe(CN)_6]$)」, 『化学教育』, **16** (1968), 57-59 頁.
 - 14) 文献 10), 1208-1209 頁.
 - 15) 過マンガン酸カリウムは、1659 年に J. R. Glauber (グラウバー, 1604-1670) が軟マンガン鉱をアルカリ溶融したときに得たのがはじまりとされている。また過酸化水素は、1818 年に L. J. Thénard (テナール, 1777-1857) が発見したが、両物質とも当時実験室で試薬として使用されていたようすはない。
 - 16) 千谷利三, 白井俊明監修, 『理科実験大事典(化学編)』(全教図, 1981), 135 頁.
 - 17) 日本化学会編, 『新実験化学講座 8 (無機化合物の合成Ⅲ)』(丸善, 1977), 1197-1198 頁.
 - 18) 無機化学研究会編著, 『無機化学実験書』(広川書店, 1963), 122-123 頁.
 - 19) F. S. Taylor, *Inorganic and Theoretical Chemistry* (William Heinemann Ltd., 1931), p. 433.
 - 20) J. B. Cohen, *Theoretical Organic Chemistry*, 3 ed. (Macmillan and Co., 1928), p. 219.
 - 21) 文献 18), 122 頁.
 - 22) 『岩波理化学辞典, 第 3 版』(岩波書店, 1971), 1131-1132 頁.
 - 23) J. W. Mellor, *Modern Inorganic Chemistry* (Longmans' Green and Co., 1925), p. 934.
 - 24) 文献 3), p. 182.
 - 25) G. B. Kauffman, *Classics in Coordination Chemistry, Part 2* (Dover Publ. Inc., 1976), p. 3.
 - 26) L. Gmelin, 'Ueber ein besonderes Cyaneisenkalium und über eine neue Reihe von blausauren Eisensalzen', *Schweiggers J. Chem. Phys.*, **34** (1822): pp. 325-346.
 - 27) 文献 11), 327 頁.
 - 28) Gmelin の当量概念については、たとえば以下の書にその説明がある。
 - a) 坐隠子, 「グメリンのハンドブック」, 『現代化学』, **52** (1975), 46-53 頁.
 - b) A. J. Ihde 著, 鎌谷親善, 藤井清久, 藤田千枝訳, 『現代化学史 1』(みすず書房, 1972), 156-157 頁.
 - 29) 'Notizen und Auszüge: Neue Cyanverbindungen nach L. Gmelin und Wöhler', *Schweiggers J. Chem. Phys.*, **36** (1822): pp. 230-235.
 - 30) 文献 17), 1288-1289 頁.
 - 31) 曾根興三, 『酸化と還元』(培風館, 1978), 80-81 頁.
 - 32) 日吉芳朗, 中山政紀, 「赤血塩と Zeise 塩の発見をめぐる」, 『本誌』, **1986**, 140 頁.

Discussions on the Discovery of Potassium Ferricyanide

Yoshiro HIYOSHI* and Shin'ichi NAKATSUJI**

(*Wajima Senior High School, **Faculty of Pharmaceutical Sciences, Nagasaki University)

Since 1980, we have studied the synthetic experiments of classical complex salts, which

had been discovered in early period and played an important role in the development

of coordination chemistry. Our studies have been made from the view point of students' experiments or demonstrations to them.

There was potassium ferricyanide present among these studied compounds. This substance, known as one of the typical inorganic salts, was first synthesized from potassium ferrocyanide in 1822 by the great German chemist, Leopold Gmelin. Both potassium ferricyanide and potassium ferrocyanide are familiar to high school students and teachers because these substances are used to detect iron and to explain structures of complex salts, and so on. Though the methods of getting potassium ferricyanide from potassium ferrocyanide are shown in many chemical

books, it is difficult to know the Gmelin's method itself in detail. His original paper was unobtainable in Japan and was said to be difficult to find even in Germany.

Since the authors happily obtained this paper in Germany in 1984, we examined the synthetic method used in his discovery. According to his paper, potassium ferrocyanide was oxidized to potassium ferricyanide by chlorine gas produced by the reaction of pyrolusite with hydrochloric acid. We think that it is significant to adapt it to students' experiment and to introduce the outline of his paper because of the importance of this compound in the history of coordination chemistry.

(Suite de la page 111)

(i) la théorie d'analogie; (j) la théorie de l'impossibilité d'isolation des constituants.

En cours de préparation, nous sommes principalement inspirés par les travaux épistémologiques françaises de la première moitié du 20e siècle, comme ceux de H. Metzger, P.

Duhem, G. Bachelard etc. Lisant notre argument, le lecteur se rendra compte que l'évidence du contenu sémantique d'analyse n'est qu'apparente, et que l'histoire de la chimie n'est pas du tout quelque chose de linéaire et de purement cumulative.

特集：ラヴワジェ研究入門

第4回 シュタール化学の原像

— 18世紀化学の一つの出発点 —

川 崎 勝*

はじめに

本稿は、20世紀前半の指導的科学史家の一人であるメッツジェの研究を参考にしながら、シュタール (Georg Ernst Stal, 1660 (59?) - 1734, ドイツ) の化学の内容を紹介することを主目的としている。しかし、通常の化学史記述では、シュタールがもっぱらフロギストン説の提唱者として理解されていることを考慮するならば、直ちに次のような疑問が生じることが予想される。

なぜシュタールなのであろうか？本特集が最近のラヴワジェ研究の成果を紹介することを第一の目的としている以上、従来のラヴワジェ理解においては、いわば最大の「悪役」であるシュタールを主題として扱うからには、それなりの理由づけが必要であらう。この疑問に対しては、第一回の「伝統的ラヴワジェ像とその問題点」がある程度答えてくれているし、またより一般的には、ある科学理論上の革新について理解を深めようとするならばそれ以前の科学について知ることが不可欠である、と答えることができよう。

しかし、もしここで上記の問に反問する事が許されるのならば、次のように問うてみることも有意義なのではないかと思われる。われわれは、フロギストン説を除いてシュタールの化学について一体何を知っているというのであろうか？また、彼のフロギストン説にしてみたところで、それはわれわれの知るフロギストン説と同じものなので

あろうか？答から先に言ってしまうと、第一の問に対しては、ほとんど知られていないと言わざるをえないし、第二の問に対しても、これまでフロギストン説に関する考察があまりにもその打倒される局面に集中していたため、ほとんど明らかにされていないと言わざるをえない。詳しくは本論で述べるが、実のところ、シュタール自身の化学においてフロギストン説は必ずしも中心的位置を占めておらず、また、そのフロギストン説そのもののにしても、今日われわれが理解しているところのものとは大きく様相を異にするものであった。

われわれの予想に反してフロギストン説がシュタール化学の不可欠の基盤ではないという事情は、その初期の受容過程においてもいえることである。例えば、シュタールの化学上の主著の一つである『理論的・実験的化学の基礎』(*Fundamenta Chymiae Dogmaticae et Experimentalis* ..., Nürnberg, 1723) のショウ (Peter Shaw, 1694-1763) による英訳『普遍化学の哲学的原理』(*Philosophical Principles of Universal Chemistry*, London, 1730) は、「フロギストン」という語を一度も用いていない。実を言えば、同書には訳者による省略と改変が認められるという指摘もあるが¹⁾、唯一のシュタール化学の英訳書である同書刊行後、イギリスにおいては確実にシュタール理論の普及が見られたのに対し、1731年から1789年までの王立協会機関誌 *Philosophical Transactions* を検索したスコフィールドの指摘によれば²⁾、フロギストン概念を本格的に使用した論文が初めて誌上に登場するのは1754年になってのことであり、ようやくその後フロギストン説の使用が一般化するのである (これは、イギリス

1988年7月16日受理

* 東京大学大学院理学系研究科

連絡先:

における代表的フロギストン論者であるキャヴェンディッシュ (Henry Cavendish, 1731-1810) やブリストリ (Joseph Priestley, 1733-1804) が本格的な気体研究を始める直前の時期であることに注意)。この事実を鑑みただけでも、シュタール化学に対するフロギストン一辺倒の理解に反省を促すには、おそらく充分であろう。

本稿で紹介するメッツジェの化学史研究の成果によれば、18世紀には全ての化学者や物質理論の探究者が受容した単一の化学体系といったものは存在しておらず、むしろニュートンの物質理論やシュタールの化学やブールハーヴェ (Herman Boerhaave, 1668-1738) の化学等が並立し、互いに複雑に影響を与え合っていたのであって、ラヴワジエ以前の化学全体を、化学が扱う全現象から見れば極く一部の現象を説明するに過ぎないフロギストン説によって代表させる訳にはいかない。ただ、もしもラヴワジエを18世紀化学の到達点として捉えることが許されるのなら、それと同等の資格でもって、シュタールをその一つの出発点として捉えることができるであろう。そして、特にラヴワジエの化学研究の始まりの舞台となった1760年代のフランス化学界が強いシュタール化学の影響——いわゆるフランス・シュタール主義³⁾——の下にあったことを考慮するならば、その原像たるシュタール自身の化学について考察してみることは、本特集の趣旨からそれほど外れることにはならないと思う。さらには、フロギストン説への過度の関心の集中がわれわれのラヴワジエ理解を逆規定し、ある種の歪みを齎してきたこと——すなわち、ラヴワジエの化学上の業績を正しい燃焼理論の確立といった観点を中心にして考察する習慣を生み出したこと(このようなラヴワジエ理解がいかに皮相的なものであるかは、本特集の諸論考で明らかにされるであろう)——に鑑みれば、シュタールの化学の理解がラヴワジエの化学を理解する上でもいかに重要であるかは、ほとんど自明であろう。

1. 科学史家メッツジェと18世紀化学史研究

実を言えば、フロギストン説が伝統的に「悪玉」

の側に分類されてきたこともあって、シュタールに関する研究は、歴史上彼が占める大きな役割に比して非常に少ない。また、「文献案内」に挙げられているように、フロギストンを主題とした研究も無い訳ではないが、その多くは伝統的史観に基づいた上で、フロギストン説が打倒される局面にその叙述の焦点を絞っているので、本稿の目的には不適である。

これが、「最近」の研究成果の紹介を謳った本特集で、これからあえて半世紀以上前の研究を紹介しようとする、いわば消極的な理由であるが、実は積極的な理由も存在する。それは、メッツジェ女史 (Hélène Metzger, 1889-1944 (45?)) が、これまで日本ではほとんど紹介されていないにもかかわらず、今世紀の化学史研究の趨勢を考えたときに極めて重要な存在であるという事実である。実際、西洋における現代的な化学史研究は彼女によって始まったと言って決して過言ではないのである。この機会を利用して彼女の生涯と業績について簡単に紹介させてもらおう⁴⁾。

メッツジェは、いわゆる未開人の心性の研究を行い「融即の法則」を提唱したことで有名な人類学者レヴィ＝ブリュール (Lucien Lévy-Bruhl, 1857-1939) の姪である。最初はソルボンヌで鉱物学、特に結晶学を学んだ。1913年に結婚したが、翌年第一次世界大戦に夫が出征し、戦死したため25歳で寡婦となり、その後研究に専念した。1918年の博士論文『結晶学の起源』(*La genèse de la science des cristaux*) で、結晶学が18世紀末までに、徐々に鉱物学・物理学・化学から分化し、独立した学問分野として発展していく歴史を扱ってから科学史研究に本格的に乗り出し、特に17世紀初頭からラヴワジエに到る化学史研究の大きな計画に着手した。この計画の最初の成果として1924年に出版されたのが『17世紀初頭から18世紀末までのフランスにおける化学理論』(*Les doctrines chimiques en France, du début du XVIII^e à la fin du XVIII^e siècle*, Paris) である。実際には、同書は同名の研究計画の第一巻ともいうべき内容の書物であって、17世紀初期の化学の状況・その後の機械論化学の勃興とその意義を思想史的に扱って

いる。中心人物となるのは、化学現象の大部分を酸とアルカリの中和反応に帰し、粒子の形状によって説明したレムリ(Nicolas Lemery, 1644 (45)-1715)⁵⁾——ちなみに彼の主著『化学教程』(*Cours de Chymie*, …… Paris, 1675)は飛ぶように売れ、広く翻訳されて普及し、フランスにおいては18世紀半ばまで化学界の代表的書物であった——であるが、ボイルやそれまであまり知られていなかった化学著述家にも目が行き届いている。

彼女のヒストリオグラフィーの特徴は⁶⁾、それまで「非合理的」とか「誤った」といった評価を受けて簡単に切り捨てられていた部分を積極的に評価し、ある時代文脈における宗教的・形而上学的・科学的観念の複合体をあくまで統一体として扱おうとし、精緻な思想史的分析を施したことであった。このようなヒストリオグラフィーに対する態度の形成には、叔父(伯父?)レヴィ=ブリュールと哲学上の師メイエルソン(Émile Meyerson, 1859-1936)——彼は、コイレ(Alexandre Koyré, 1892-1964)が研究の主対象を哲学史から科学思想史へ転ずるにあたって影響を与えたことでも知られている——の二人が決定的な役割を果たしたことが彼女の証言から明らかである。実際、『フランスにおける化学理論』はレヴィ=ブリュールに、また次に紹介する『ニュートン・シュタル・ブールハーヴェと化学理論』はメイエルソンに捧げられている。もちろんメッツジェのヒストリオグラフィーは、科学に対する素朴な実証主義と進歩主義が主流の当時においてかなり異質なものであったが、当時の書評を読むと比較的好意的に受け入れられたらしい。ただ、当時の科学史研究の第一人者であり、科学は国際的なものでなければならないとの信念を抱いていたサートン(George Alfred Léon Sarton, 1884-1956)から、フランス以外を等閑視していた訳ではないとはいえ、「フランスにおける」といった人工的な制限を設けた点に苦言が呈された⁷⁾。この批判は、その後のメッツジェの研究動向から判断すると、プラスに作用したように思える。というのも、メッツジェは視野をイギリスやドイツにも拡大して18世紀化学史研究に向かうことになったからで

ある。

こうして成立したのが『ニュートン・シュタル・ブールハーヴェと化学理論』(*Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, 1930)である。題名から推察できることだが、同書は三部構成になっており⁸⁾、それぞれ順に「ニュートン哲学の化学理論への影響」、「シュタルとその弟子の化学理論」、「ブールハーヴェの化学理論」と題されている。本稿ではこの第二部を扱うが、ここの「その弟子」という語を付されているのは、文字どおりシュタルの直接の弟子達——とりわけユンカー(Johann Juncker, 1679-1759)——の著作も分析の対象に加えているからである。これは、主としてシュタルの著作が難解なことによるが⁹⁾、またユンカーの主著の仏訳である『ベッヒャーとシュタルの原理に基づいた化学の基礎』(*Éléments de Chymie, suivant les principes de Becker (sic) et de Stahl*, 6vols., Paris, 1757)はシュタル化学のフランスへの導入に大きな役割を果たした著作で、シュタル化学の一次史料と見做しうるからでもある。約20年前、サックレイは、スコフィールドの『機械論と唯物論』¹⁰⁾と共に18世紀化学史記述を一新した著作『原子と諸力』の中で、メッツジェのこの研究に言及して、「20世における唯一の本格的なシュタル化学の研究」¹¹⁾と述べたが、今日でもこの評価に全く変更は加えられていない。

メッツジェの上記の二著は、今日でも高い評価を得ており、実際70年代に相次いで復刻された¹²⁾。しかし、上記の研究計画の第三巻にして最終巻——これはラヴワジエや他の18世紀末の化学者達の研究内容をコンディヤック(Etienne Bonnet Abbé de Condillac, 1714-80)の思想との関連で扱う予定であった——は、第二次世界大戦が勃発し、メッツジェが1944年2月ナチ占領下のリヨンで捕らえられてアウシュヴィッツに送られたため——ちなみに彼女の最期の状況と日付に関して詳しいことは何もわかっていない——完成されることはなかった。けれども、ほぼその内容にあたるであろう書物が講義録の形で出版されている。その名を『ラヴワジエの物質哲学』(*La philo-*

sophie de la matière chez Lavoisier, Paris, 1935) という。

メッツジェの科学史研究は決して化学史に限定されたものではなかった。例えば、主要著作の一つに『イギリスのニュートン注釈者における万有引力と自然宗教』(*Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*, Paris, 1935)がある。また、この他にも科学史・科学哲学に関する多数の論文を *Isis*, *Archeion*, *Thales*, *Scientia* 等の雑誌に発表している¹³⁾。

メッツジェが広く科学史家に与えた影響は絶大なものがある。古くは、サートンをはじめとしてコイレ、ミエリ (Aldo Mieli, 1879-1950)、エンリケス (Federigo Enriques, 1871-1946) といった専門的学問分野としての科学史学の確立に大きく貢献した学者達への影響が指摘されているし、また先に言及したサックレイとスコフィールドの著作もその範をメッツジェに取っている。さらには近年のラヴワジェ研究の出発点となったゲーラックの労作『ラヴワジェ——決定的な年』¹⁴⁾ もメッツジェに捧げられている。そして、最近に目を転じれば、1984年12月にパリの総合国際センター (Centre International de Synthèse) でメッツジェ・シンポジウムが開催されているし、また国際的に有力な科学史研究誌の一つである *History of Science* は昨年メッツジェの業績の批判的継承を目的として特集を組んだ¹⁵⁾。以上の簡単な記述からでも、メッツジェの化学史研究における重要性は充分おわかり戴けたのではないと思う。次節からは、シュタールの化学の内容を理解するためにメッツジェのシュタール研究を順に迫っていき

2. 諸伝統との相剋

シュタールの化学理論を考察しようとする際に、まずわれわれが避けねばならないのは、ある科学理論を評価する場合に、既成の科学理論にどれだけ新しいことを付け加えたかでその理論の価値を判定しようとするような態度である。このような態度は、ある論文が付け加えたサムシング・ニュー

によってその論文の価値＝貢献度を判断するような現代の評価様式からすれば充分根拠あるものとはいえず、現代的業績評価法が成立していなかった時代に適用するのは明らかに時代錯誤であり、歴史研究を行う上では有害無益である場合が多いと言わねばなるまい。特にシュタールの場合、このことの確認は重要である。というのも、メッツジェによれば、彼自身、自らの理論が「新しい」ものであることを決して主張しようとはしなかったし、実際ある観点からしてみれば、シュタールの理論は既成の理論の断片を組み合わせたものに過ぎないと言えないこともないからである (例えば、良く知られているように、フロギストンの概念も師と仰いだベッヒャー (Johann Joachim Becher, 1635-82) からほぼ無批判に受け継いだものである)。しかし、そのような観念に立つならば、われわれは、なぜシュタールの化学が当時の時代文脈において重要な意義を有し、広く普及したのかを理解することが完全に不可能になる。われわれがしなければならないことは、一つの有機的まとまりを持った理論体系を細分化し、その一つ一つの断片を取り上げて新しいか否かを判定することではなく、むしろ、その理論体系をあくまでも一つの有機的全体として捉え、その形成過程における既成理論の断片の総合の仕方のダイナミズムを解明することである。事実、この総合のダイナミズムにこそ、ある理論体系の独自性と意義がこめられている事例が歴史上多数存在する。以下で示すように、シュタールの場合もまさにその種の事例に属すると言って良いであろう。このため、シュタールの化学について考察するためには、まず彼が理論構築を行った時代背景を把握し、既存の諸伝統に対してどのような態度をとったかを理解することが不可欠である。

16世紀後半から17世紀にかけては、科学史において通常「科学革命」期と呼ばれているが、シュタールが本格的化学研究に乗り出した時期は、まさに「科学革命」の成果と呼ばれうるものがほぼ一通り出揃った時期にあたる。17世紀後半の化学の性格を、単純に機械論化学——いわゆる機械論哲学に則り、諸物質やその変化においてわれわれ

の感覚で捉えられる性質を本質的なものとは見做さずに、化学現象を微小粒子の幾何学的性質(大きさや形状等)や運動によって説明しようとした化学を、ウェストフォールらに従ってこう呼んでおく¹⁶⁾——がそれ以前の化学現象の探究の様式を完全に駆逐し、支配的座に就いていたとするような立場は、今日もはや維持し難くなりつつある。しかし、ここでとりあえず、17世紀後半の化学に関して、ボイルやレムリを中心にして化学現象の説明に機械論哲学の導入が初めて本格的に試みられたと言っても、おそらく、あまり異論は生じないと思われる。そして、シュタール化学の意義を評価する際には、この機械論化学との緊張関係を考察することが最も理解を容易にしてくれるであろう。

メツツジェによれば、シュタールは、化学現象の説明に機械論哲学の原理を貫徹させることに対して鋭く反論を加える。彼に言わせれば、粒子がある形を持つのは事実だとしても、われわれがその真の形状を知り得ない以上、機械論哲学が用いる厳密な説明と実験的事実との関係はあくまでも仮説的なものに過ぎないし、実際に実験室で作業を行う化学者にとって、現象を機械論の用語(特に形状)で説明されても、それは何ら役に立たないのである。また、様々な化学種およびその反応ごとに原子に特有の形状を帰することは、シュタールによれば、不必要に物体種を増やしていることに他ならない。実際には、比較的少数の物体種とその組み合わせで充分なのである。さらに、彼は粒子の運動だけでは質的变化を伴うような化学反応を説明できないことを強く主張する。

しかし、ここがポイントなのであるが、シュタールは化学への機械論の適用に全面的に反対した訳ではない。彼は、粒子の運動を化学反応(特に混合・融解)の「道具的原因」あるいは「用材因」(instrumental cause)——これは18世紀を通じて用いられた概念であるが、極めて説明するのが困難な概念である。とりあえず次のように説明するのが最も理解しやすいであろう。18世紀において物体の化学的特性を重視した化学者達は、化学反応の説明の主要因として物体種に特有の化学的性

質を重視したが、それを引き起こす副次的な機械論的要因としてこの「道具的原因」を用いたと——として承認するのである。

さらに機械論化学との関連でもう一つのポイントは、シュタールが、化学理論を構築するためには最小粒子の存在を承認することが必要不可欠であるとして、物質の無限分割性を否定したことである。周知のように、古代ギリシア以来、賛成するにせよ反対するにせよ、物質の無限分割の否定は、原子の存在の承認と密接に結び付いていた。そして、17世紀の機械論化学の普及に当たって、原子論の復興が大きな役割を果たしたことも事実である。シュタールの物質構造論は、次節で多少詳細に扱うが、ここでも機械論化学とシュタール化学の関係を単純に対立関係とすることができないことに注意すべきであろう。

ここで、機械論化学との関連から、機械論化学が排除しようとしたより古い諸伝統との関連へ目を転じてみよう。もちろん一口に諸伝統とは言っても、依然として命脈を保っていたアリストテレスの四元素説から医化学まで極めて幅広いスペクトルを持ち、特に16世紀から18世紀にかけては、互いに影響を与え合ったり、反発し合ったりしていたのだが、ここではシュタールの化学理論の成立に関する理解を深めるのに益する範囲内で関連を探ってみたい。

まずアリストテレスの四元素説であるが、メツツジェによれば、シュタールはこれに対して基本的には反対の態度をとる。その論拠は、表面上は、四元素が混成物の質料ではなく道具であるということに基にしたものである。しかし、実際のところ、シュタールのアリストテレス批判はより根底的なものである。というのも、その射程は、熱と冷・乾と湿という相対立するもの同士の二組の四性質——周知のようにアリストテレスはこの組み合わせによって四元素を説明した——に及んでいるからである。シュタールによれば、アリストテレスはあくまでも相対的性質に過ぎないものを物質の内在的(絶対的)性質と混同してしまったのである¹⁷⁾。

これに対して、パラケルススに由来する三原質

(塩・硫黄・水銀)との関係は非常に微妙である。というのも、シュタールが大きく依拠したベッヒャーの理論自身が、一面では三原質の否定であり、一面ではその修正だからである。ベッヒャーとシュタールの原質理論自体は第4節で見ることにして、ここでは彼らの理論構築が当時極めて混乱していた原質理論——例えば、ある者達は能動的性質を持つ旧来の三原質に粘液や油といった新たな原質を付け加えることによって困難を回避しようとしたりもした——に新秩序をもたらそうとする試みであったことを指摘しておこう。

また、当時依然として影響力を保っていた——少なくともドイツにおいては——ファン・ヘルモント (Johannes Baptista van Helmont, 1579-1644) の理論に対するシュタールの反応に目を向けると、ファン・ヘルモントが全物質が水から成るとしたのに対して、シュタールは水が元素であることは認めるものの、水が物質の唯一の構成物質であるとする点にはっきりと異を唱える。しかし、一方で、化学反応の内部に全く関与しない単純な物体というシュタールの空気概念が、かなり変容を被っているとはいえ、ファン・ヘルモントの発案になる“gaz”の概念に大きく依拠していることは見逃せない点である。

最後に、医化学あるいは錬金術——メッツジェはバラケルススやファン・ヘルモントとは別にこの種の伝統との関係を記述しているが両者の関係は幾分曖昧なままである——に対するシュタールの態度を見てみよう。少なくとも、引用されたシュタールの字句から判断する限り、彼が医化学や錬金術に厳しい攻撃を加えていたことは明白である。しかし、一言で錬金術とはいっても非常に多様な要素を抱え込んだものであり、シュタールの攻撃がどのような部分に向けられていたのかを確定する作業が残されているし、さらに次に述べる事情から、ここにおいてこそシュタールと伝統の関係は最も微妙なものであると言わなければならない。例えば、彼の医学理論の要諦であるアニミズムは明らかに医化学と錬金術の影響下に形成されたものであるし¹⁸⁾、また後に見るように彼の化学反応論の根底をなす親和性の理論は錬金術物質理論の痕

跡を色濃く留めている。おそらく、シュタールが意識の上では、医化学＝錬金術の伝統の神秘主義的色彩の強い部分に反発を感じていたのは事実であろう。しかし、彼が自分では意識できない最深部においてその伝統の影響を強く受けていたことも、われわれの目には明らかである。あるいは、シュタールが厳密な機械論に飽き足らず、化学的性質を重視した理論を構築しようとした際に、諸伝統の中で物質の化学的性質を重視した唯一の伝統であった錬金術の物質理論 (アリストテレスの四性質は化学的性質とは言い難い) に着想の源を積極的に頼ったのである、ということも可能かもしれない¹⁹⁾。

3. 混成物と凝集物

前節では、シュタールが多くの相異なった伝統を批判的に検討する過程の中から、自らの理論を構築するための着想を得てきたことを見てきた。本節から、具体的に彼がどのような理論を組み立てたかを考察していきたい。その際、まず第一に注目すべきことは、メッツジェによれば、彼がどのような観点から物質を分析しようとしたかということである。シュタールは、物質を二つの異なった視座から分析することを強く訴える。すなわち、固有の化学的特質の担い手である混成物 (mixte)²⁰⁾ としてと、物理的にある一定の体積を占める凝集物 (agregé) としてである。

まず、混成物の説明の方から検討していこう。混成物は、端的にその名が示しているように究極粒子ではない。前節で見たように物質の無限分割性を否定した以上、何らかの形で最終分割物たる究極粒子、すなわち原子に相当するもの (ただし引用されたシュタールの言葉では不可分の元素 (élément indivisible) とか原質 (principe) という語を用いている) を指定することが理論上要請される。シュタールにとっての究極粒子は、人間の感覚器官では決して知覚することができず、また不可分性と不可透入性を備えたもので、この点では機械論者の原子と変わり無い。しかし、シュタールの「原子論」の最大の特徴は、既にこのレベルで種々の固有の特性 (絶対性質) が付与され

ていることである。つまり、メッツジェの説明を定式化すれば、シュタールの場合、原質=究極粒子+絶対性質、という等式が成立するのである。

このように物質にいくつかの特性を内在させる考えは、アリストテレスの元素やバラケルススの原質の概念と共通する部分であり、物質の普遍的同一性を自明の前提とした当時の機械論の原子概念と真向から対立することは言うまでもない。

シュタールは、究極粒子が質を担うことが混成物の特性を説明するためには必要であり、逆に究極粒子が不変の質を担えば、多様な混成物の特性を説明できることを主張する。ただし、彼によれば、混成物や化成物(*composé*)の場合、特性の多数の組み合わせを考えることが可能なため、絶対性質すなわち究極粒子の種の数はいくつかで足りる。

一方で、この原質は互いに強く結合しており、われわれは決してこれを単離することができない。たとえ、仮にこの結合が分解したとしても、原質は直ちに新たな結合をして、再び混成物になってしまうのである。そして、分解・再結合の過程を繰り返しても、それぞれの原質の絶対性質は恒久的に不変のまま保たれる。しかし、もしも原質をこのように捉えるならば、原質の存在およびその絶対性質そのものが仮説的なものではないのかという疑念が生じる。この当然の疑念に対してユンカーは、諸混成物の比較および原質が産み出す効果から判断すれば、これらを明白に説明できると主張した。

しかしながら、原質の絶対性質そのものの起源になると、シュタールとその弟子の歯切れは悪い。箇所によっては機械論化学に譲歩して究極粒子の形状について云々したりもするのであるが、結局のところわれわれにとって絶対性質の起源は未知で知り得ぬものであることを認めてしまう。

さて、二つないし三つの異なった種の原質の第一次結合物が混成物に他ならない。この結合の過程で混成物は新たな均一で固有の特性を獲得することとなる。そして、二三の混成物が互いに結合することによって化成物(第二次混成物)が形成される。この化成物もまた新たな均一で固有の特性を備えている。さらに、化成物が互いに結合す

ることによって第二次化成物(*surcomposé*)が形成され……、というようにして物質の階層構造が指定されている。シュタールによれば、この階層構造こそが、われわれにとって既知の物質の多様性・複雑性を説明できる理論の基盤なのである。

既に述べたように、原質は単離した状態では存在できないのに対して、混成物は極めて安定した結合によって形成されている。一方、化成物・第二次化成物は比較的容易に混成物へと分解できる。この点に鑑みて、メッツジェは、シュタールの化学において混成物が原子に類比的役割を果たしていることを指摘する。すなわち、原質があくまでも推論によってしか知り得ないのに対して、混成物は実際に単離することができ、実験室における分析の最終到達点であると同時に、化成物や第二次化成物の総合(合成)の出発点なのである。

メッツジェは触れていないが、念の為に付け加えておけば、物質の階層構造によって物質の多様性を説明しようとする試みはシュタールが初めてではない。おそらく、最初の本格的な階層構造論の使用は、ボイルの *minima naturalia* あるいは *prima naturalia* を最小単位とした粒子論哲学に求められるであろう。そして、シュタールはボイルの名に言及していないが、同僚のホフマン(Friedrich Hoffmann, 1660-1742)がボイルと親交を結んでいたことや、シュタール自身が機械論化学の動向をかなり意識していた点から判断して、おそらくボイルの階層構造論を知っていたと推定できる。しかし、ボイルの場合、機械論的属性から様々な性質を導くことに重点が置かれていたのに対し、シュタールの場合、まず物体に固有の特性を内在させた点が特徴である。

さて、凝集物の説明に移ろう。上で見てきた混成物・化成物・第二次化成物の粒子は極めて微小であり、実験によってその粒子一個一個を知覚することは到底不可能である。われわれが現実を知覚できるのは粒子が集まってできた塊(*masse*)すなわち凝集物の形でしかない。したがって、化学的粒子たる混成物が化学的に意味を持った結合から成るのに対し、物理的粒子たる凝集物は、極めて多数の化学的粒子(同じ粒子であっても異なっ

た粒子であってもかまわない) から成るのであるが、単なる並置 (juxtaposition) の産物であって、その形成にあたって特に化学的意義は無い。また、凝集物を分解することは、混成物 (化成品や二次化成品を含む) の場合に比べて極めて容易である。

このような混成物と凝集物の区別は、実験室での経験を化学的变化と物理的变化——例えば粉末化や結晶化——に分けて考察するために導入されたのであるが、メッツジェによれば、この区別がどの程度厳密で有効なものであったかという話はまた別である。この区別の導入にあたってそれなりの根拠があったことは認識されねばならないが、現実には極めて複雑で多様な物質現象を目前にして、この区別を徹底することは不可能に近かった。実際に、この点に関してはシュタールの直弟子の間からも疑問の声が生じた——例えばヘンケル (Johann Friedrich Henckel, 1679-1738)——のであり、混成物と凝集物の区別は最終的にラヴ
ワジェに到って廃棄されることとなる。

4. 原質とその絶対性質

われわれは前節で混成物が絶対性質を備えた原質あるいは単一物体 (corps simples) から成ることを見てきた。本節では具体的にこの原質とその絶対性質が何であるのかをメッツジェに従って考察していこう。

シュタールは、ベッヒャーに従って、原質として三つの種すなわち土・水・空気を承認する。このうち、空気に関しては、ファン・ヘルモントの理論どおりに土や水とは結合しない物理的道具であると考えられたので、実際に混成物や化成品を構成するのは土と水のみである。このうち、特に化学的に枢要な役割を果たすのが土である。ベッヒャーの化学上の主著『地下の自然学』(Physica Subterranea..., 1667, 同書はシュタールによって長文の序文 'Specimen Beccherianum...' を付されて1703年に再刊された) によれば、「万物の基たる土は、水と混合して、異なった物体を産み出す」のである。

水は常にそれ自身 (つまりわれわれが通常目に

する水) に似ているものであると規定されてはいるが、実のところベッヒャーもシュタールも水の性質に関してそれほど詳細な議論を展開している訳ではない。絶対性質に関する議論はもっぱら土を対象にして展開されるのである。

それでは、現実の物質の多様性は土によってどのように説明されるのであろうか。シュタールはベッヒャーから受け継いだ土の理論を次のように展開した。土は常にそれ自身に似ている訳ではなく、それぞれ特徴的様相を有した異なった三つの種へとさらに分類される。第一の土は鉱物の体積と重量の大部分を構成する、いわば物体性の基本 (hypostas) であり、石や石英の中に最も純粋に近い形で見出される。この土は、金属の種子ではないにしても、その子宮ないしは貯蔵庫と見做すことができる。また、この土はガラスの実質的部分を形成しており、金属から第二の土を除去することによってガラスを作ることができるので、ガラス化性の土 (terre vitrescible) と呼ばれる。

第二の土は油性ないしは硫黄性の土 (terre sulfureuse) であり、可燃性を司る。また、酸と結合したとき硫黄となる。この土はその柔軟さと湿気の点で第一の土と異なる。この土は、もちろん、脂肪を含んだ物体の中に最も大量に存在するが、鉱物界の中にも硫黄や石炭等の形で存在するし、実は全ての石——とりわけ石英や火打石——の中にも存在するのである。さらには、自ら燃焼する未熟な金属——例えばアンチモンのレグルス、錫、亜鉛等——の中にも見出すことができる。この土は、第一の土が鉱物の重量の大部分を成すのとは逆に、そこにほとんど重さを加えることがない。その証拠として、例えばアンチモンのレグルスを煅焼しても同じ重さであることが挙げられている。一方、金属灰を還元する場合、そこに第二の土を加えることが必要不可欠であるとされる。

第三の土は揮発性となめらかさの元である水銀性の土 (terre mercurielle) である。また、この土は金属に特有の光沢を与えることから金属性の土と呼ばれたり、あるいは、金属を他の物体から区別する本質的部分を成すことにより本質的土と呼ばれたりもする。この土も金属中に比較的少量

しか含まれていない。

以上の三つの土が元々の着想をパラケルススの三原質である塩・硫黄・水銀にそれぞれ負っていることは、比較的に見やすいことである。ただ、パラケルススやパラケルスス主義者達においては、多分に抽象的な性質の担い手であり、理念的存在であった原質が、シュタールに到ると、究極粒子という確固たる実体的基盤を付与され、いわば出し入れがきく存在になったことは見逃してはならない点だろう。

この三つの土の理論は、当時のドイツにおける冶金の発展という状況と相俟って、特に金属の性質の説明に活発に用いられた。例えば、金属は原則的に三種の土を全て含んでおり、特に第一の土と第三の土は不可分であるが、第二の土は取り除くことも可能であるといったように、この点で、そもそもベッヒャーの『地下の自然学』が鉱物界の現象の解明を主目的とした書物であったことを想起すべきであろう。

だが、シュタールとその弟子達は三つの土が決して鉱物界に特定されたものではなく、三界——鉱物界・植物界・動物界——全てを構成するものであり、それぞれの土は界の間を移り行くが、その自己同一性は厳密に保たれることを強力に主張する。ユンカーは言う。「各界において異なった種類の混成物が見出されるが、われわれが示した原質は、全ての界において単に類比的で似ているだけでなく、絶対的に同一なのである」(『化学の基礎』、第1巻、146頁)と、その根拠として、まず一般的に植物が土から、動物が直接的にせよ間接的にせよ植物から栄養を得ていることを指摘し、次いでそれぞれの土に関して具体的にどのように同一性を保っているかを記述している。

以上がシュタールの原質理論の概略であるが、メッツジェによれば、それ以前の全ての元素・原質理論がそうであったように、現実には物質を操作するにあたって曖昧な点が残ったことは否めない。あるいは、全ての性質を究極的には三つの土に還元し、一般的に考察しようとしたために厳密性を犠牲にしたというべきなのかもしれない。そのために定義自体によって異質で相容れない特性を抱

え込むことになってしまった。例えば、第一の土は、あるときは全物体の基体であり、あるときは他の二つの土がその実を负っている第一元素であり、またあるときはガラスに転化するものそれ自体でなければならなかった。特に第三の土は、物体のいかなる一般的特性によってもその実在が明らかにされず、シュタールの直弟子の中からさえ、それが本当に属的に第二の土と異なるのかという疑問の声が挙がった。

このように、定義自体が多様な解釈を許容する曖昧な性格を帯びていたのであるが、シュタールの理論ではそこから生じる困難は全て現実の化学現象にあたって解決されるべき種類の問題であったことに注意しよう。

5. 親和性と塩の理論

それでは、シュタールにおいて、実験室で観察される化学反応の機構の説明はどのように行われていたのだろうか。既にわれわれは、混成物と凝集物の構成と原質の絶対性質を知っているので、残されているのはどのようにして極めて多様で相異なった結合と溶解が生じるのかということである。メッツジェによれば、シュタールはこの点を説明するのに、古くから存在し、とりわけパラケルスス主義者達によって活用された「親和性の法則(règle des affinités)」を採用した。親和性の法則とは「似たものは似たものによって引かれる」という単純明快な原理である。

例えば、金属が水銀と結合してアマルガムを形成するのは、金属中の水銀の粒子と通常の水銀の粒子の同一性によって互いに引き合うからであり、酸性の塩が金属と結合するのは、両者が土物質を含むからである。同様のことは土と土の間、金属と金属の間、硫黄物質と硫黄物質の間等々、全ての類似ないしは同一の物質間に成立する。シュタールによれば、親和性の法則の正しさは極めて多数の例によって実証されているのである。

溶解の場合も、ほとんど同様な説明が行われる。例えば、水が塩、ゼラチン物質等を溶かすのは、それらが水の部分を含むからだとして、逆に、もし塩から水の部分を取り除いたとしたら、それは

もはや水には溶けないのである。また、土だけから成る物質を水に入れると、水は濁りはするが、単に混ざり合っているだけで、化学的意味で溶解している訳ではない。しかし、その土の原質が水の原質と結合して塩物質を形成している場合には水に溶解する。要するに、溶解現象は溶媒と溶剤に同一の部分が存在することへと還元されて理解されているのである。

親和性の法則は、化学反応の根本的説明原理としてのみ重要なのではない、それは、同時に化学分析の原理としての役割も果たしている。つまり、実際にある現象を目の前にしたとき、われわれは、親和性の法則によって、そこから物質の化学組成を推論することが可能なのである。酸とアルカリの結合の例で考えてみよう。シュタール以前の化学者はこの現象を相対立するもの同士の戦いの結果と考えたり、あるいは機械論化学者レムリは酸の突起がアルカリの穴に嵌まるという機構を考案したりした。ところが、シュタールとその弟子達にとってこの現象は、何よりも酸とアルカリの両者が共に土と水の原質から成ることの証拠なのであった。

しかし、メッツジェによれば、この親和性の法則が内在的欠点を抱え込んでいたことも否めない事実である。その最も顕著な例として塩の形成が挙げられている。シュタールとその弟子達にとって、塩が土の原質と水の原質からなることは自明の事実であったが、完全に異なるこの二つの原質がどのようにして結合するかということは、親和性の理論では全く説明がつかないことであった。けれども、このような場合、シュタール達は理論を経験に優先させたりせずに、実験事実が自らの理論では説明できないことを自然のパラドックスとして率直に認めてしまうのである。ここにもシュタール学派の化学的実験事実優先の姿勢がはっきりと現れていることをメッツジェは指摘している。しかしながら、このような変則例の存在は親和性の法則そのものに対する、同時代の化学者達の批判を招くこととなった。実際、親和性の法則の基盤が揺さぶられ、シュタールの弟子達はその対応に追われたのである。彼らは、変則例は変則例と

して認めた上で、親和性の法則の化学理論全体にとっての重要性を訴え続けたのであった。

いずれにせよ、シュタールの化学理論にとって親和性の法則が根本公理的な枢要な位置を占めたのは事実であり、実際18世紀を通じて徐々にシュタール派の化学理論にとって不可欠なものになっていった。この点に関して、メッツジェは、ニュートンの引力理論との親近性によって生じた影響力が大きかったことを示唆している。結局のところ、親和性の理論は次に述べる塩の理論や燃焼の理論と共にラヴワジエ以前の化学の象徴的存在にまでなったのである。

さて、上で簡単に触れた塩の理論をもう少し詳細に見てみることにしよう。メッツジェによれば、この理論は、シュタール化学において今まで述べてきた理論的基盤の適用例として重要であるだけでなく、シュタール化学が単なる経験主義の産物でもなければ、単なる先験的推論の産物でもないことを示しているのである。既に述べたように、シュタールに従えば、われわれは決して混成物・化成物そのものを知ることはできず、ただ凝集物を知覚することのみが可能である。そうである以上、物質の組成を探究しようとすれば、物質の相互比較や親和性の法則を用いた推論に頼るしかない。しかし、その推論は実験室での諸現象と適合したものでなければならなかった。たとえ多くの批判を招くことになって理論が現象と一致しない場合、シュタール達はそれを率直に認めた。

塩の概念は極めて古くから存在し、極めて日常的なものであったが、化学物質としての塩の定義（例えば、水溶性や結晶性を用いたもの）が、化学者達の間で広範な一致を見ることはなかった。パラケルスス以降、化学者の関心が広く鉱物一般にも向けられるようになり、塩の概念も三原質の一つという枢要な地位を獲得した。この塩の概念が、ベッヒャーによって第一の土すなわちガラス化性の土へと大きく変容させられたのは既に見たとおりである。それでは、それに伴ってシュタール達の塩概念はどのように変化したのであろうか。

上で触れたように、シュタールは塩の組成を土と水からなると規定した。これは、親和性の法則

と完全に矛盾するが、メッツジェによれば、同法則の必然的帰結でもあった。つまり、塩が他の土物質と親和性を示す以上、それは土を含んでいなければならない、また塩が水に溶ける以上、それは水を含んでいなければならないのである。

この定義からして、当然、酸もアルカリも塩物質の中に含まれることになったが、とりわけシュタル化学において最も基本的で重要な役割を果たしたのが普遍酸あるいは硫酸性の酸 (acide vitriolique)²¹⁾、硝酸性の酸 (acide nitreux)、海の酸 (acide marin) の三つの酸である。これらの酸は、前のものほど酸としての性質が強く、アルカリと緊密に結び付いている。例えば、海の酸とアルカリが結合しているところへ硝酸性の酸を注ぐと、硝酸性の酸は海の酸を追い出し、自らがアルカリと結合するのである。

普遍酸は、ガラス化性の土と水という最も単純な組成から成り、全ての酸の源でもある。その意味で本源酸とも呼ばれ、三界にあまねく存在することが主張される。この本源酸に可燃性の土が結合すると生じるのが硝酸性の酸である。また本源酸に水銀性の土が結合すると海の酸が生じる。さらに、いずれかの酸が植物中に入ると、その状況によって様々な性質を帯びた植物の酸を形成する。そして、この植物の酸が少量の可燃性の土と溶け合うと形成されるのが固定性のアルカリである。また、植物の酸は火によって熱せられ希薄化されると揮発性のアルカリとなる。なお、理論上の当然のことではあるが、酸を構成する土の部分他の土で置き換えたり、別の土を付け加えたりすることによって、ある酸を他の酸に転換することは可能だとされた。

酸は、定義からして、極めて多種多様な物質を含むこととなるが、シュタル達はそれらの物質間の類似性を水の部分の共通性によって説明し、多様性を土の部分の相連性によって説明した。酸の性質を用いた反応の説明は次のように行われる。例えば、硫酸性の酸が金属を溶かすのは、酸に含まれたガラス化性の土と金属の大部分を占めるガラス化性の土の間に親和性が作用するからである。

しかし、塩の概念の適用範囲が極めて広いために、一部で説明の曖昧さが生じたことも否めない。特に、メッツジェは、金属の酸という概念が、それがどのようなものであり、普通の酸とどう異なるのかという点を巡ってシュタル学派の中でも混乱がみられ、他の化学者から批判を招いたことを指摘している。しかし、そのような事実にもかかわらず、塩の理論は親和性の理論と共に、シュタル化学において、現象に対する首尾一貫した説明原理として機能したのである。

6. そしてフロギストン説

以上、メッツジェに従ってシュタル化学の一斑を説明してきたが、本稿をフロギストン説に触れずに終えることは許されないだろう。しかし、たとえ概略的とはいえ、実は既にシュタル自身の化学理論はほとんど語り終わっているのである。比較的良く知られていることだが、フロギストンとは第二の土の別名に他ならない。序のところでも触れたが、シュタル本人にとって、フロギストン説は、不可欠の部分ではあるが、理論全体にとって決して中心的な役割を果たしている訳ではない。このことは、シュタルが極めて多数の化学著作を遺しているにもかかわらず、もっぱらフロギストン説について論じた著作は『いわゆる硫黄をめぐる論争に関する偶想』(*Zufällige Gedancken und nützliche Bedencken über den Streit von dem sogenannten Sulphure*, 1718) ちなみに、同書はドルバック (Paul Henri Thiry d'Holbach, 1723-89) によって『硫黄論』(*Traité du Soufre*, 1766) として仏訳され、フランスにフロギストン説を広めるのに大きな役割を果たした) 一作のみであることによっても傍証されよう。

しかし、ここでは本特集の趣旨を踏まえて、伝統的ラヴワジェ解釈では最大の「悪役」を務めるフロギストン説が、その構築者においてはどのようなものとして考案されたのかを、メッツジェに従って、もう少し詳細に見てみることにしよう。

先に、ベッヒャーが鉱物の解明を主目的に理論を構築したと述べたが、この点に関してもう少し

補足が必要だろう。というのも、錬金術的伝統の影響を強く受けたベッヒャーにとって、未熟な金属とか成長した金属という言葉遣いが端的に示しているように、鉱物も成長・発展を遂げるものであり、鉱物界と植物界・動物界の間に本質的区別は何ら存在しなかったからである。したがって、彼は非生命的物質の研究にあたって、生命的物質の探究の手法・概念を遠慮なく適用している²²⁾。これに対し、シュタールは「未熟な金属」等の用語はそのまま踏襲したとはいえ、地中における金属の成長というような概念に対しては、かなり慎重な姿勢を貫いている。しかし、当時の冶金の発展という状況も相俟って、鉄の組成等はシュタールの化学理論にとっても重要な問題であり、メッツジェはこのような点に、シュタールがベッヒャーの土原質を採用した理由を求めている。

シュタールは『偶想』で、まずいわゆる原質がわれわれの感覚器官では直接知覚できないものであることを確認したうえで、パラケルススの硫黄・ベッヒャーの第二の土にあたる原質を、われわれが知覚できる最も一般的で共通した効果、すなわち可燃性（フロギストンとはギリシア語で「燃える」を意味する語に由来する）で呼ぶことを提唱する。

この原質は、極めて微細な状態で他の諸原質と結合して多様な物質を形成しているが、単独で水の原質と結合するのは非常に困難であり、たとえ結合していたとしても簡単に分離しやすい。一方、固体状態の物体とは容易かつ緊密に結合し、自らも凝固した形態をとる傾向がある。この点で、シュタールは、ベッヒャーがこの原質を土の原質としたことは適切であるとする。そして、フロギストンは、共通の塩（第一の土と水から成る）や石（第一の土が主体）の中にはほとんど存在しないのに対し、石炭やわれわれが通常目にする硫黄等の中には非常に豊富であるとされる。

また、シュタールによれば、フロギストンは色と匂いと味を司る原質でもある。ただし、シュタールは、フロギストンが諸物質との様々の色や匂いや味が生じるとしながらも、そのことの証明が後知恵的であることを認めている。この点に関して

私見では、全ての感覚的性質を物質に内在させることによって説明しようとしたシュタールにとって、視覚・嗅覚・味覚に与える効果を水と三つの土のいずれかに内在させようとしたとき、第二の土が最も適当に感じられたのではないかと思える。

そしてシュタールは、フロギストンが抽象的に性質を担っているのではなく、実在物であり、恒久的で破壊できない存在であり、しかもある界から他の界へその本質に何ら変化を被ることなく移って行くことを強く主張した後に、われわれにとってお馴染みのフロギストンによる金属の煅焼と還元現象の説明を展開する。フロギストンに比較的富んだ未熟な金属を強く熱すると、フロギストンを空气中に放出して煅焼する。一方、こうしてできた金属灰をフロギストンに富んだ石炭等と共に再び熱すると、金属灰はフロギストンを回復して元の金属に戻るのである。そうして、通常可燃物——木や油等——の燃焼と金属の煅焼が本質的にフロギストンの放出（ここで空気が、フロギストンを受け入れる容器としての役割を果たしている）という同一の現象であることを主張するのである。この主張はシュタールにオリジナルなものであるが、非生命的物質と生命的物質の間に本質的な相違点を認めない医化学＝錬金術的思考が影響を及ぼしているのかもしれない。

さて、空气中に放出されたフロギストンはどうなるのであろうか。メッツジェは、シュタールがこの点に関してフロギストンのサイクル過程を措定していることを指摘している。空气中のフロギストンは、成長過程にある植物によって吸収・同化され、植物中で種々の化成品を形成する——その一つが樹脂である——。また、動物も同様に空气中からフロギストンを得たり、あるいは植物から吸収するとされる。さらに、シュタールは、有機物を用いた金属や硫黄の合成の経験から、鉱物がフロギストンを植物や動物から得ることを認めている。また、鉱物が空气中から直接フロギストンを吸収する可能性も示唆しているが、化学の現状では、その過程を解明することができないとしている。

以上が、シュタール自身によるフロギストン説

の概要である。シュタールの時代にも燃焼現象を司る原質が土の原質であることに反対を唱えた化学者もいたが、シュタールは、現実には蠟燭の火にガラス板をかざせば煤が付くことをもって、火がフロギストンの放出現象に他ならない証拠とした。

われわれにとって、フロギストン説という、煅焼による重量増加という事実との矛盾ということが条件反射的に思い起こされる。しかし、シュタールはこのことに関しては全く触れていない。私見では、これは、現実の化学現象を質を担った粒子の特性によって説明できる首尾一貫した化学体系の構築を目的としていたシュタールにとって、重量の変化は何ら本質の問題でなかったという事実を端的に物語っているように思う。煅焼による重量増加をどう解釈するかという問題は、シュタール自身の問題文脈とは離れたところで争われた問題なのである。いずれにせよ、シュタール自身の文脈に沿って、シュタール化学がどのようなものであったかを再現するという本稿の目的は以上で全て遂行されたことになる。

まとめに代えて

さて、以上の分析を基にして、筆者なりのシュタール化学の性格付けを試みるならば、それを一言でいうと、伝統的化学とそれへのアンチ・テーゼであった機械論化学の止揚の試みであった。省みれば、機械論登場以前の化学あるいは錬金術や物質理論としても同じことだが、は、全て、物体にそれぞれ固有の知覚的性質が内在することを認め、その組み合わせや変化によって現象を説明することをこととしていた。そのような化学の在り方に対して、物質の知覚的性質を何ら本質的なものとは見做さずに、全ての化学現象を機械論的作用に還元して説明しようとした機械論化学の挑戦が与えた思想的インパクトは大きい。しかし、機械論化学による説明がどの程度有効であったかという、話はまた別である。機械論化学者が指定した究極粒子の形や大きさを決して確証することができなかった当時の化学の状況下では、機械論の用語による現象の説明はせいぜいのところ伝統的説明の言い換えに過ぎず、実際に物質を操作

する者にとって益するところはほとんど無かったと言って過言ではない。このような状況下で、機械論化学の要素を取り入れつつも、伝統的説明様式に大きく依拠した首尾一貫した理論体系を提示しようと試みたのがシュタールなのであった。ここにシュタールの化学の最大の意義を認めることができる。

シュタール化学のこのような性格が、広く普及して、影響力を得るようになる上で大きな力を振ったことは想像に難くない。基本的に、18世紀の化学——とりわけ、ドイツとフランスにおける——は、ニュートンの物質理論やブールハーヴェの化学（両者共、機械論化学の枠組には収まりきらない過剰な部分を抱え込んだものであることに注意）と相互交流しつつも、シュタールが敷いたレールの上を進んでいくこととなる。この点で、現実の歴史が二者択一を許すほど単純なものではないことを承知した上で、あえて過度の単純化の危険を冒すならば、ラヴワジエの化学は、確かに一面ではシュタールの化学の否定であるにもかかわらず、ラヴワジエを、ボイルの子孫ではなく（本特集の諸論考で明らかになるであろうが、ラヴワジエの化学は少しも機械論的ではない）、シュタールの子孫であるということも可能であるように思われる。特にこの点で、シュタールが復活させた『質を担う原質』の概念とラヴワジエの『化学原論』中の「操作主義的元素（単体）」の概念の類似性が着目に値する。

しかし、シュタール自身に関しても、まだ解明されるべき点が多数残っている。例えば、シュタールが敬虔派（Pietism）の牙城であったハレ大学で長年教壇に立った事からいっても、彼の宗教的背景と理論内容の関係が明らかにされるべきである。さらに、18世紀の中盤にシュタールの化学がどのように受容され、修正を被ったかということの詳細に扱った研究も、ごく少数の例外²⁰⁾を除き、ほとんど存在しないのが実情である。実際、18世紀化学史に関しては、関心がもっぱらラヴワジエ以降に集中していたために、ラヴワジエ以前が等閑視されているという事情は否めない。あるいは、言及されることがあっても、多くの場合、否定的

役割を負わされていた。

また、本稿で扱ったメツツジェの研究にしても、今回読んでみて痛感したことなのであるが、彼女の分析対象が主要な化学思想家に限定され、しかも化学を概念の体系に還元する傾向があったことは否めない事実である。特に後者の点で、ラヴワジェ以前の化学に対する評価は正反対に近いとはいえ、バターフィールドの科学史記述に相通じる姿勢が感じられた³⁴⁾。あえてこのような発言をするのは、決してメツツジェの研究を貶めようとする意図からではない。筆者は、専門的学問分野としての化学史の草創期に、この分野においてコイレに匹敵する業績を挙げた彼女を誰よりも高く評価したいと思う。筆者が強調したいのは、彼女の分析の対象から漏れてしまった部分、すなわちラヴワジェ以前の化学の展開を化学の実践的・社会的側面を重視して記述することが、そのまま、われわれの課題として残されているということである。特に、本特集との関連でいえば、18世紀において専門的学問分野としての化学研究が最も盛んであったフランスにおいて、なぜシュタール化学が受容され独自の展開を見せたのかという点は非常に重要な課題である。この点に関して、ジェイコヴがニュートン主義の受容とその宗教的・政治的背景に関して行った研究³⁵⁾と同様のことがシュタールに関しても試みられることを望みたい。

改めて、もう一度、ラヴワジェ以前の化学の正確な理解があって初めて、ラヴワジェの化学の意義も正当に理解できることを確認して、本稿のまとめに代えさせて載きたい。

文 献 と 註

- 1) Marie Boas Hall, "Shaw, Peter," in C. C. Gillispie, ed., *Dictionary of Scientific Biography* (以下 *D. S. B.* と略す) (16 vols., New York, 1970-80), vol. 12, pp. 365-66.
- 2) Robert E. Schofield, *Mechanism and Materialism: British Natural Philosophy in an Age of Reason* (Princeton, 1970), pp. 211-17.
- 3) フランス・シュタール主義に関しては、とりあ

えず次の二論考を参照。Rhoda Rappaport, 'Rouelle and Stahl: The Phlogistic Revolution in France,' *Chymia*, 7 (1961): 73-102; Martin Fishman, 'French Stahlism and Chemical Studies of Air,' *Ambix*, 18 (1971): 94-122.

- 4) メツツジェの生涯の記述に関しては、Suzanne Delorme, 'Metzger, Hélène,' in *D. S. B.*, vol. 9, pp. 340-42. を主に参照した。
- 5) レムリの化学については多くの史書で触れられているが、17世紀の機械論哲学の動向との関連で捉えたものとして R. S. ウェストフォール, 『近代科学の形成』(渡辺正雄・小川真理子共訳, みすず書房, 1980), 93-119頁の「機械論的化学」の記述が優れている。
- 6) 彼女がヒストリオグラフィーに非常に自覚的であったことは、文献4)に付された bibliography の中に、もっぱら科学史のヒストリオグラフィーの在り方について論じた論文が多数見出されることから明らかである。
- 7) George Sarton, 'Review of Metzger, *Les doctrines chimiques en France*, ...,' *Isis*, 6 (1924), pp. 67-74. この点に関して、彼女にフランス中心主義の傾向が見られるのは事実であるが、そのことの是非は改めて論じられるべき問題であろう。私見では、抽象的に科学の国際性を唱えるよりも、各国別の特殊事情に着目した方が、歴史記述の在り方として実りが多いように思える。柏木先生からも同様の示唆を戴いた。なお、この点に関しては次の論文も参照。J. R. R. Christie, 'Narrative and Rhetoric in Hélène Metzger's Historiography of Eighteenth Century Chemistry,' *History of Science* (以下 *Hist. Sci.* と略す), 25 (1987): 99-109.
- 8) このうち、第一部と第二部はそれぞれ *Archeion* と *Isis* に20年代に分載された論文の改訂第二稿としての性格を持っている。詳しくは文献4)の bibliography 参照。
- 9) シュタールが、医学と化学の両分野に互って多数の著作を遺したにもかかわらず、非常な悪文家であったことは、直接シュタールの著作にあたったメツツジェと医学史家キングが等しく指摘している。おそらく、このことも、シュター

168 5/14

ルに関する研究が少ないことの一つの理由であろう。

- 10) Schofield, *op. cit.*
- 11) Arnold Thackray, *Atoms and Powers: An Essay on Newtonian Matter-Theory and the Development of Chemistry* (Cambridge, Mass., 1970), p. 171. n. 13.
- 12) 本稿の脱稿直前に、さらに次の書が刊行されたことを知った。Hélène Metzger, *La Méthode Philosophique en Histoire des Sciences: Textes 1914-1939* (Paris: Fayard, 1987)
- 13) 文献11) の bibliography では *Thales* に掲載された論文が抜け落ちているので補足しておく。'La littérature chimique française aux XVII^e et XVIII^e siècles,' *Thales*, 2 (1935), pp. 162-66. および 'L'évolution de l'esprit scientifique en chimie de Lemery à Lavoisier,' *ibid*, 3 (1936), pp. 107-13. なお、ここで挙げた諸雑誌が科学史創期草にどのような役割を果たしたかは、D. M. ナイト原著、柏木肇・柏木美重編著、『科学史入門』(内田老鶴圃, 1984)の編著者による「付記」に詳しい。
- 14) Henry Guerlac, *Lavoisier-The Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772* (Ithaca, New York, 1961).
- 15) 寄せられた論文は次のとおりである。Bernadette Vincent-Bensaude, 'Hélène Metzger's *La Chimie*: A Popular Treatise,' *Hist. Sci.*, 25 (1987): 71-84; Jan Golinski, 'Hélène Metzger and the Interpretation of Seventeenth Century Chemistry,' *ibid.*: 85-97; J. R. R. Christie, *op. cit.*
- 16) ウェストフォール, 前掲書, 93-119頁
- 17) しかし、この点においても事情はさらに複雑である。例えば、次のように、シュタールにはスコラ主義の思考様式と文体の影響が色濃く見られるという指摘もある。David Oldroyd, 'An Examination of G. E. Stahl's *Philosophical Principles of Universal Chemistry*,' *Ambix*, 20 (1973): 36-52.
- 18) シュタールはその経歴からいえば、化学者というよりも、むしろ医師ないしは医学者といったほうが適切な人物である。(cf. Lester S. King, "Stahl, Georg Ernst," in *D. S. B.*, vol. 12, pp. 599-606. & J. R. Partington, *A History of Chemistry* (4 vols., London, 1961-70), vol. 2, pp. 637-690.) また、彼の医学理論も非常に科学史家の関心を惹く要素を備えている。この点に関しては、次の研究を参照。Lester S. King, 'Stahl and Hoffmann: A Study in Eighteenth Century Animism,' *Journal of the History of Medicine*, 19 (1964): 118-30. なお、邦語によるシュタール医学の概説として川喜田愛郎、『近代医学の史的基盤』上・下(岩波書店, 1977), 上巻, 343-49頁が優れている。
- 19) パラケルスス派とシュタールの関連は極めて重要な研究テーマであるが、これまでほとんど扱われていない。例外的に次の研究書がある。Allen G. Debus, *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in Sixteenth and Seventeenth Centuries* (2 vols., New York, 1977). 特に、ベッヒャー、シュタールと錬金術の伝統との関連については同書, 458-69頁を参照。
- 20) mixte は、普通に訳せば混合物であるが、この語は中世以来用いられてきた概念を表しており、現代的意味での混合物との混乱を避けるために、あえて混成物と訳した。化成物に関しても同様、なお、メッツジェはシュタールのテクニカル・タームを全て仏語形で用いているので、本稿もそれに倣った。
- 21) この酸は硫黄から最も豊富に引き出すことができ、メッツジェも今日の硫酸にあたることを指摘しているが、以下で示す性質からいって簡単に等置することは危険なので、こなれていないことは承知でこのような訳語を用いる。次の硝酸性の酸に関しても同様。
- 22) この点に関しては、Debus, *op. cit.* 参照。
- 23) 文献3)の二つの論文を別にすれば、管見に触れた範囲では、James Walker Llana, 'Elements in Eighteenth Century French Chemistry' (Ph. D. dissertation, Indiana University, 1979)があるのみである。
- 24) バターフィールド,『近代科学の誕生』上・下(渡辺正雄訳, 講談社学術文庫, 1977年, 原著1949年). 特に18世紀化学史に関しては「延滞革命」論を提示し、70年代以降の化学史記述がこ

れを乗り越える形で進展してきたことからいって、現在でも押さえておく価値のある書物である。18世紀化学史に関しては下巻, 115-41頁を参照。

25) Margaret C. Jacob, *The Newtonians*

and the English Revolution: 1689-1720
(Ithaca, New York, 1976).

[付 記]

メッツジェの著作を共に読んだ同研究室の清水尚哉氏に感謝する。

New Light on Lavoisier: The Research of the Last Twenty Years

4 More Light on Stahlian Chemistry

Masaru KAWASAKI

(University of Tokyo)

Georg Ernst Stahl has often been regarded as notorious largely because of his phlogiston theory. This tendency has obscured the historical significance of his science in eighteenth-century chemistry. For this reason, Hélène Metzger's exceptional classical study, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (1930), draws a renewed attention of the modern historical scholarship.

Following her work, the present article has attempted to re-examine Stahl's chemistry

in its own light. I have outlined his chemical system, including his concepts of principles, mixts, compounds, aggregates, affinity, and salts as well as his phlogiston theory. I have also examined the relationship between his chemistry and other chemical traditions, such as iatrochemistry and mechanical chemistry. In conclusion, I have stressed the influence of Stahlian chemistry on the emergence of Lavoisier's new chemistry.

1988年度化学史研究発表会プログラム

主催 化学史学会 協賛 日本化学会関東支部

第1日 1988年10月15日(土) 10時50分より

開会の辞

(東京学芸大) 大 沢 真 澄

一般講演

座長 古 川 安 11:00~12:00

1. 工部大学校における「応用化学科」・「化学科」の名称に関する一考察 (東洋大工) 菅 原 国 香
2. T. Heurlinger の研究日記(1915-1919)について (新潟大教養) 藤 崎 千 代 子

座長 吉 本 秀 之 13:30~14:00

3. 19世紀第四・4半紀における化学研究の動向(1)——フランスを中心として——
(江戸崎高) 斎 藤 茂 樹, (同志社大) 松 尾 幸 季

座長 亀 山 哲 也 14:00~15:30

4. 『蘭葉鏡原』と『和蘭葉鏡』——文政三年、実務派への翻訳派の攻撃—— (愛知学院大) 千 野 光 芳
5. 幕末期著作に見る酸・アルカリ工業について (東洋大) 鎌 谷 親 善
6. 『長井長義伝』における業績表の検討 (名市大名誉教授) 安 江 政 一

特別講演 1 16時より

座長 大 沢 真 澄 16:00~17:00

文化財科学研究の歩み

(東京国立文化財研名誉研究員) 江 本 義 理

化学史学会1988年総会 17:00~18:00

懇 親 会 18:00~20:00 (学芸大学生協食堂)

第2日 10月16日(日) 9時30分より

一般講演

座長 島 原 健 三 9:30~10:30

7. ノーベル賞と基礎化学(1901-1987)——分析化学につながるの深い業績について——
(金沢大理) 本 淨 高 治
8. 「メンデレーフからエルレンマイヤーへの手紙」について (広島大理) 大 作 勝
- 座長 小 塩 玄 也 10:30~11:30
9. Noosphere 考——V. I. Vernadsky 生誕125年と関連して—— 阪 上 正 信
10. シス・トランスの命名百周年に当たって 竹 林 松 二

特別講演 2 13時より

座長 中 原 勝 儼 13:00~14:00

分子科学研究の歩み

(分子科学研) 井 口 洋 夫

シンポジウム 『近代科学と原子論・分子論』

座長 藤 井 清 久 14:00~17:00

シンポジウムをはじめるに当たって

1. ボスコヴィチの原子論 (東工大) 藤 井 清 久
2. 結晶と物質の基本的構造に関するアユイの理論 (東京電機大) 古 川 安
3. 19世紀前半の原子量計算法について (千葉工大) 山 口 達 明
4. 分子概念はいつ、どのようにして形成されたのか (新潟大人文) 井 山 弘 幸
5. 形成期の分子論・原子論は化学工業に寄与したか——工業装置及びプロセス面からの考察—— (名古屋大院) 大 野 誠

川 合 智・川 合 章 子

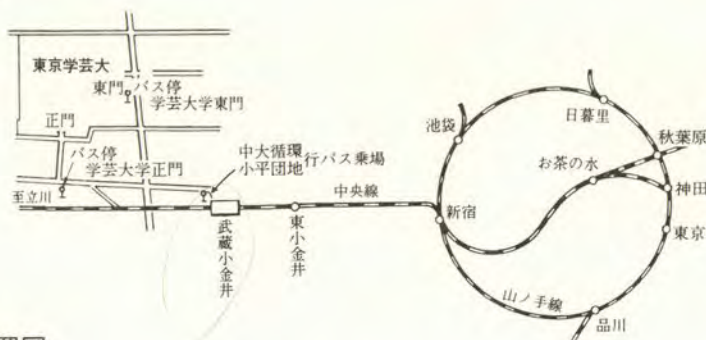
閉会の辞

(会 長) 柏 木 肇

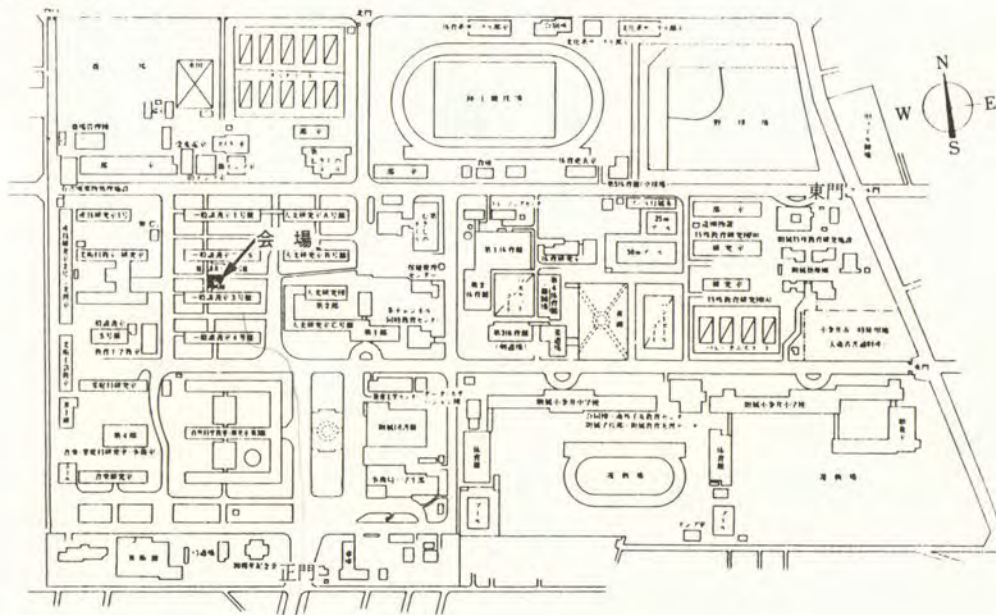
研究発表会・総会案内

- 会 場** 東京学芸大学新3号館2階
(東京都小金井市貫井北4-1-1)
☎ 0423-25-2111 内線2650, 2660
JR 中央線武蔵小金井駅下車, 京王バス小平団地行で学芸大前下車(5分), 徒歩3分
中大循環バス利用, 学芸大東門下車では, 会場にやや遠くなります。JRは東小金井
ではありませんので御注意下さい。
- 参加申込** 当日受付, 化学史学会会員以外の参加も歓迎しますので, 関心のある方をお誘い下さい。
- 参加費** 会員・非会員とも1,500円で, 当日会場で受付。学生は無料。
- 講演要旨集** (『化学史研究』1988, No. 3) 希望者には当日頒布
- 懇親会** 5,000円, 当日受付, 会場は東京学芸大学生協食堂

交通経路図



東京学芸大学構内配置図



[特別講演 2]

分子科学研究の歩み

井 口 洋 夫

(分子科学研究所)

分子科学も他の学問分野と同様に、時代と共にその様相を変えている。その大きな流れは、「静から動へ」であり、また「単純な分子から複雑な分子へ」である。さらに「一個の分子から分子の集合へ」と展開している。

分子科学と云う学問分野の“概念”の形成は、反応の学問としての化学と、物性研究の学としての物理学が、物質の機能の根源となる分子を共通の研究対象として組み立てられた学際研究分野と考えている。その発展の線上に、分子や分子集合体の構造・物性を電子論的立場で解明すると云う研究も加わり、現在の分子科学が構成されていると云えよう。

原子(元素)の種類は100余、それらが結合して出来る“物質機能の根源”である分子の数は1,000万。分子科学研究の対象は無限に近く、そこに発展の可能性を秘めている。その発展の過程を三つの話題で追ってみよう。

1. 静から動へ

分子構造の正確なる決定が、分子科学の進歩に及ぼした影響は極めて大きい。その基本は量子力学による化学結合の解明であるが、X線、電子線回折による分子中の原子の位置決定、分子内原子の振動・回転の分光法による確定は、分子構造論を完成させた。

しかし、化学の中核である反応の追跡には時間の導入が必要である。ピコ秒(10^{-12} 秒)、ヘムト秒(10^{-15} 秒)は反応の初期過程を解き、強力光源としてのレーザーは反応中間体となる不安定分子の分光学を発展させた。

これら不安定分子は星間分子と対応させることができ、分子科学の守備範囲を著しく拡大した。

2. 単純な分子から複雑な分子へ

量子力学の立場から、その分子構造の完全に近

い解を得た水素分子(H_2)の成果は、学問発展の当然の帰趨として、次第に多くの原子から成る複雑な分子の研究へ発展していった。

無機化合物関係では、錯体の巨大分子の解明を引き出し、さらに不完全結晶(格子欠陥等)の研究によって従来物質としては奇異な物性具現の基となっている“不完全性”を解きつつある。また有機化合物では、蛋白質で代表されるように、分子量 $10^4 \sim 10^5$ の巨大分子を解きほぐし、分子の機能が何故生ずるかを少しずつ教えてくれている。

3. [分子から分子集合体へ]

分子一個の機能に着目した物質開発は、人間と分子の出会いの歴史の一つの中心ではなかったろうか? 香料も、染料も、また医薬品も、分子一個一個が持つ性質・機能を巧みに利用したものである。

然し、有機化学者を中心とした実験化学者は、分子が集合することによって新しい特性を示すことに気付いていた。その代表例はヨードが澱粉と作用して美しく着色する場合などである。

分子集合体の新物性発現の一つの起因は電荷移動力の出現である。

電荷移動力を化学の言葉に書き換えると、分子間力とイオン結合力が量子力学的に共鳴した力と云うことができよう。

この力は二種の分子(電子供与体と電子受容体)の間に働くとき、特異的な物性を持った物質を生み出している。例えば電気物性を対象とするととき、有機半導体を出現させ、合成金属を生み、遂に1980年有機超伝導体の出現となった。

単一な原子の集合も巨大分子の出現につながる。一個のナトリウム原子は金属ではない。その集合体にクラスターがあり、巨大分子である固体金属との間の掛橋として、新しい研究分野を構成している。

そして分子科学の分野に於いても大型計算機の出現は、分子の構造を画き、反応を設計している。そして正に頭脳の中でのみ画ける分子——これこそ人工合成分子——の出現の夢を与えてくれる。

[シンポジウム 1]

ボスコヴィチの原子論

古川 安

(東京電機大)

ボスコヴィチ (Rudjer Josif Bošković, 1711-1787) の原子論が18世紀・19世紀の科学思想に与えた影響は大きい。彼の残した多数の著作のうち『自然哲学の理論』(*Theoria philosophiae naturalis, redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, ヴェネチア版, 1763) は、彼の原子論体系の神髄を伝える代表作である。それによれば、すべての物質の構成要素(不可分なるもの、すなわち原子)は、拡がりをもたない点(*puncta*)であり、それは慣性を持ち、かつ力の中心である。個々の点から発する力は、そこからの距離に応じて種類(斥力・引力)と大きさが変化する。彼はこの力の変化の様子を、凹凸する曲線のグラフによって表した。点原子の近傍ではそれに近づくに従い、斥力が無限に大きくなる。この斥力のため、個々の点原子は決して接触することはない。遠方では力は通常の引力に変わり、その大きさは距離の二乗に反比例して次第に弱まる。物質はこうした点原子がつくる階層的内部構造をもつ。4個の点原子は強靱で安定な正四面体の形に結びついて第一層の粒子を構成する。この第一層の粒子4個がさらに正四面体形に集まって第二層粒子を構成し、以下同様に順次幾層かの正四面体形粒子が構成され、個々の物質を形づくっている。最外層は最も脆弱であり、化学反応や化学作用を最も受けやすい。物質の多様性は、それを構成する層の数の違い、および大小様々な四面体層の違いに起因する。各層の粒子は全体としてそれぞれの力の曲線を描く。こうした視点からボスコヴィチは、物質の固体性、流動性、発酵、沈殿、

溶解、結晶、火、熱などの現象の説明を試みた。

原子の均質性、原子のもつ力、物質の階層的内部構造などの彼の概念には、ニュートンの物質理論の影響を見ることができる。ニュートンは、自身の原子論に基づき、物質が実際には大部分、空虚で占められており物質部分は極めて少ないことを示唆したが(後にプリーストリはこれを「くろみの殻」理論と呼んだ)、ボスコヴィチはさらに原子を大きさをもたない幾何学的な点——ただし力と慣性という物質としての基本的特性をもつ点——と見て、物質をいわば完全に空虚化した。結局、この世界に存在するのは物質ではなく力のみである。すべての自然現象を力に還元するその立場は「ダイナミズム」(力本主義)の先駆となった。ボスコヴィチはまた、理論形成にあたってライプニッツ思想(衝突の理論、モナド論など)の影響も強く受けたと書いている。ヨーロッパ大陸のイエズス会士であった彼は、ニュートン主義者とライプニッツ主義者の積年の対立を癒すためにも両者に許容可能な体系を提起した、というサックレイの「社会的解釈」も考慮に値する。

ボスコヴィチの体系は、彼の生存中からヨーロッパの幾つかの大学で講じられた。イングランドやスコットランドでは、18世紀後半からミッチェル、メルヴィル、プリーストリ、ステュワート、ロビンソン、プレイフェアらが、この学説のもつ神学的・認識論的な含意に深い関心を示した。19世紀にはファラデーが電気、磁気、重力の現象にボスコヴィチ理論を援用し、デイヴィは物質の構成要素としてボスコヴィチの点原子に共鳴した。ボスコヴィチの点原子論は、賛否をめぐる目立った論争も引き起こさないままやがて科学界で「消えた学説」(*dead theory*)となったが、それとは対照的に今世紀に至るまで、彼の理論に再び注目し言及した科学者(とりわけ物理学者)は多数にのぼる。

[シンポジウム 2]

結晶と物質の基本的構造に関するアユイの理論¹⁾山口 達 明
(千葉工大)

1784年、アユイ (R. J. Haüy) によって著された『結晶構造の理論』²⁾は、結晶構造を幾何学的に図解し、詳細に議論した最初の論文とされている。アユイは、結晶型の分類や命名法などを体系づけたのとどまらず、結晶形態とその内部構造（つまり物質の基本構造）とを関連づける理論を提唱した。いわゆる化学結晶学の先駆といわれる。

しかし、彼の論文の背景には、マケ (P. J. Macquer) による構成要素分子 (molécules intégrantes) の定義³⁾、ロメ・ド・リル (Romé de l'Isle) およびベリマン (T. Bergman) による結晶の原形 (formes primitives) の概念⁴⁾の提唱があった。アユイは、ある結晶について実際に機械的粉碎によるヘキ開で生ずる核 (noyau) を原形とし、結晶を構成している単位粒子である構成要素分子と図形的に結び付けることを試みた。当初、あるひとつの結晶に関しては両者は同じ形状をしていたが、その後、構成要素分子の形は平行六面体、プリズム型、正四面体の三種しかなく、原形には六種が可能であると信じるようになった⁵⁾。

そして自然は幾何学的に単純であろうとするという仮説によっていわゆる減少則 (lois décroissemens) を設定して、所定の原形より表面的な結晶構造がどのようにして形成されるかを図示した。さらに、結晶の化学的成分との関連について考察し、構成要素分子の形は、化学的な基本分子 (molécules élémentaires) の割合と配列のしかたによって決まると考えていた⁶⁾。

つまり、アユイは、ある特定の結晶型と化学組成のあいだに特定の関係があると主張したのであった。しかし、巨視的な結晶観察の結果を物質の基本構造（今日でいう原子分子レベル）にまで結び

付けて考えるには限界があった。アユイの理論において重要な化学的側面を突きくずすこととなったのは、ミッテェルリヒ (E. Mitscherlich) の同形律 (isomorphism) (1819) と二形現象 (dimorphism) (1821) の発見であった。すなわち、同じ化学組成式で表される化合物の結晶形状（とくに結晶角）はほぼ同一になることが経験的に法則化され、さらに同じ化合物でも条件によって二種類以上の結晶型になることが実験的に明らかにされた。その結果、化学組成のみによって結晶形を一義的に決定するわけにはいかないことが示された。

また、結晶面の角度に関して、アユイは自然の単純性の原理という思弁によって幾何学的に計算していたが、1809年ウラストン (W. H. Wollaston) が反射型ゴニオメーターを発明して精密測定が可能となると、この点でも彼の思考は否定された。さらに、ウラストンが、1813年にはボスコビチの点原子論を背景に球状粒子による結晶模型を提唱し、ここに多面体分子に代わる新しい発想が生まれた。

端的に言えば、アリストテレス流の思弁的あるいは幾何学的原子観が、近代自然科学技術の進歩によって裏付けられた実験的実証的なものに転換していく課程の一断面をここに見ることができる。

文 献 と 注

- 1) 本講演内容は、化学史学会編集『分子論・原子論の原典』（第三巻）の一部として出版予定である。
- 2) R. J. Haüy, "Essai d'une théorie sur la structure des cristaux" (1784).
- 3) 食塩を例として、一つずつの酸とアルカリの原子からなり、それらに解離する以外はそれ以上分割できない状態をさすと定義 (P. J. Macquer, "Dictionnaire de chimie" (1766)).
- 4) 多面体分子によって結晶が構成されているという考えから、外観はともかく同じ物質ならば共通した基本的形状があるという発想。
- 5) R. J. Haüy, *Traité de minéralogie* (1801)
- 6) R. J. Haüy, *Traité de cristallographie* (1822).

[シンポジウム 3]

19世紀前半の原子量計算法について

井 山 弘 幸
(新潟大人文)

化学という学問の近代化を問うとき、通常は、化学革命における天秤の効果的利用あるいは定量的記述の確立に議論の焦点が置かれる場合が多い。18世紀中頃に書かれた *magnesia alba* に関するブラックの古典的論文と、19世紀になってから軒並み増えた科学雑誌に掲載される化学論文とを引き較べると、化学反応前後の重量関係についての数値による記載事項が大幅に増加していることに気づくことは、さして困難なことではない。しかしながら、化学革命と呼ばれる、この抜本的な学問様式の変化の特質は、往々にして誤解されてきたように思われる。その誤解を解消することが本発表の目的である。

本題に入る前に少々触れておかねばならないことがある。これから行う議論は、ある意味で Whig interpretation of history (ウィッグ史観=現代世界の価値基準を過去の事象に強引に付会する立場) 批判の一変種なのだが、コイレ (Alexandre Koyré) による共時相の概念分析あたりを出発点としたこの一連の科学史記述の変革の強みは、第一に、黑白史観 (black and white history) ウィッグ史観とはほぼ同じ意味で哲学者アガシ Joseph Agassi の造語である) が歴史的事実に根づいていないことを暴露したことと、第二に、その種の勝利者史観が思想として内包する同義語反復的な説明機能を超克したこと、この二つにあった。実際、化学の悠久の歴史の中でかつてパラケルススが、ガレノスの講壇医学を批判した際に用いた批判様式とそれとの酷似は、大変興味深いと言える。というのは、後の近代化学はパラケルススが古代の権威を否定し去ったのと同じ論法で彼の理論を葬ってしまうからである。同様のこと

が、上述の歴史批判についても成立するのではないか、というのが、同じ路線上にありながらも近年の安易な化学史叙述改革の尻馬にいまひとつ乗り切れない発表者の意見である。すなわち、ウィッグ史観をのりこえるためには、それなりの用意が必要なのであって、表面上は異を唱えつつも結局はウィッグ史観と大差のない論理構造をもつ歴史解釈が、案外通用しているからである。

さて、話を元に戻そう。ウィッグ史観のもつ説得力の一つは、現在の方が過去よりも多くの経験的事実をその知識範囲に収めている、という主張に集約できる。それは、古代=近代論争において、思想上の巨人と対峙した新哲学の旗手たちの主張でもあった。科学の進歩を決定するものは新しい事実やその獲得方法であるとするこの経験主義のテーゼは、しかしながら、支持者であろうと批判者であろうと、暗黙裡に仮定されている場合が多いのである。19世紀の原子量計算の背後にある理論的前提を眺めわたすことによって、ウィッグ史観に対する態度とは無関係に広く流布している経験主義の前提に動揺を与えることができる、と発表者は考えている。

突破口は、通常はラヴワジエに帰される「質量保存の法則」の扱い方である。確かに、彼は、入念にそしてときどきは過度に入念に質量の収支を記録した。ところが、本人は重量測定によって保存性を証明できるとは考えてはいなかった筈である。つまり、保存という理論的前提は、経験的に証明される筋のものでないからだ。それと同じように、元素はそれぞれ固有の重さを持ち、その固有重量 (relative weights of ultimate particles とドルトンと呼んだ) はあらゆる結合形態において保存されるという近代原子論の基本的な前提もまた、経験的手段によって証明される種類のものではなかった。とするならば、この科学思想の変遷は、あらゆる経験に先立って進行的なのであろうか。この辺りは当日に詳しく述べる。

[シンポジウム 4]

分子概念はいつ、どのようにして形成されたのか

大 野 誠
(名古屋大院)

分子概念の形成といえば、アヴォガドロによるというのが、これまでの化学史研究での定説であった。しかし筆者が既に本誌で論じたように、このような解釈が歴史的な理解として妥当かというとはなはだ疑問である¹⁾。たとえば、分子概念の成立にとって最低限必要なことは、分子を原子と概念上区別することであったと思われるが、アヴォガドロはこの両者を明確に区別していない。それどころか、不可分割な粒子＝原子という概念さえ用いていないのである。さらに振り返って考えてみると、そもそもこれまでの解釈は、分子概念の歴史的な形成過程を綿密に検討して得られたものではなく、この概念の教授法を述べたカニッツァーロの考え方を無批判に踏襲したものに過ぎないのである。本発表では、まだ荒削りなスケッチに止まるものだが、定説に代わるべき新しい解釈を提示したい。

まず、分子概念の成立時期について考えてみる。これに関しては、次の二つのことが手がかりとなる。(1)先に記しておいたように、アヴォガドロは分子と原子を概念上、区別していなかったが、この区別を明確に論じた人物がいた。それはゴードンである。彼は1833年の論文の中で、分子を原子の集団であると明確に定義したほか、「2原子分子」、「3原子分子」などの新しい用語を提案し、さらにこれらを表す図さえ掲げていた。現在の立場で考えると、彼こそ、アヴォガドロに代わるべき「真の」分子説の提唱者と見做したくなるのだが、歴史的な現実を言えば、この彼によってさえも分子概念が市民権を得るには至らなかった。(2)ところが、1860年になると、状況は一変していた。この年には、ケクレのイニシアティブによってカー

ルスルーエで史上初の化学国際会議が開催されたが、その会議録を読むとわかるように、分子をどのように定義するかに関してはかなり意見が分かれていたが、多数派の化学者は、分子概念が必要であることを認めていたのである。したがって以上のことより、分子概念は、(1)と(2)の中間にあたる時期、すなわち、大体1840年代から50年代にかけて形成されたと予想できる。

次に、「どのようにして」という問題について。これに関しても、カールスルーエ会議の会議録が手がかりとなる。それによれば、ケクレやコルベは次の3種のものを区別する必要があると考えていた。すなわち、(1)物理的分子(2)化学的分子(3)原子である。これに対して、カニッツァーロは(1)と(2)は同じもので、(1)のみで十分であるとした。そして(1)の存在は、「アヴォガドロの法則」から示されると述べた。一方ケクレ派によれば、分子とは化学上の根拠だけでその存在を仮定できるものであり、化学反応の際に出入りする物質量の最小値と定義された。そしてこの単位量は、さらに分割すると原子になるものであった。ここで重要なのは、「化学反応」が具体的には何を指すのかである。当時の状況を考えてならば、ケクレ派が心の中で描いている「化学反応」とは、有機化学における反応、たとえば置換反応であることはほぼ確実であろう。

このケクレ派の考え方は、われわれにとって重要な示唆となる。実際、1840年代から50年代にかけての有機化学研究では、置換反応などの解釈をめぐり、＜構造＞概念が登場しつつあった。まさにこうした有機化学研究の状況だったからこそ、分子なる概念が必要になったのではないか。そもそも、現在のわれわれにとっても分子概念が必要なのは、有機化合物の性質や挙動を理解したいからではないのか。

参 考 文 献

- 1) 拙稿「アヴォガドロの1811年論文の再検討」、『化学史研究』, 1985, pp. 95-107.

形成期の分子論・原子論は化学工業に寄与したか

—工業装置及びプロセス面からの考察—

川合 智・川合 章子

1. 本研究の目的

現代では分子・原子の理解は科学においても技術においても意識する必要も無い程基本的な大前提となっているが、分子・原子論の成立期にはこれらの事情は如何であっただろうか。これについての研究は現代の技術推進に当たっても意義のある事と考える。

2. 気体の分子論とガス吸収技術の進歩

工業的な気体の吸収法はローバックの鉛室法(1746年)における SO_2 の吸収を嚆矢と考えて良いだろう(それ以前はベル法を用いていた)。その後、ベルトレによる塩素ガスの吸収技術(ジャベル水の製造)の発明(1789年)に至る約40年の間、ガス吸収技術に進歩の跡は見られない。一方、気体の分子論は1800年代初頭の約10年の間に本質的な理解がなされたと考えて良いだろう。

気体の分子論的な理解との関連でガス吸収技術の進歩を見ると、1836年塩酸吸収塔を発明したWilliam Gossageはガス吸収の現代的理解に達していたと思われる。彼の吸収塔は、小石を充填した並流のガス吸収塔で、彼はガスの吸収面積が広い方が良くと云っている¹⁾。これは流れの方向はco-currentであるが、現代化学工学における設計思想に類似している。これに先立つマスプラットの工場では塩酸を高い煙突から放散していたといわれる。

この頃は、グレアムによる気体拡散の研究(1831年)もあり、拡散が物質移動の現象である事を考えると気体の分子論的理解と、そのガス吸収技術への寄与があったと考えるのは自然である。

そうすると、気体の分子論の成立(一応1808年と見る)から約30年の間に工業技術への影響が見

れたという事ができる。

3. 原子概念の確立とアンモニアソーダ法の開発

気体における倍数比例の法則は既に1808年ゲイリュサックにより報告されていたが、これを一般の化合物に拡張して多くの無機物や少数の有機物についても成立する事を示したのはベルツェリウスである(1808-1812年)。

ここにおいて分子論、原子論は非常に強固な根拠を得たわけであり、無機化学反応式もここでは正しい理解が得られたと考えて良い。

無機化学反応の理解に基づく代表的な工業としてはアンモニアソーダ法が挙げられる。既にフレネルやフォーゲルはこの方法に考えついていたといわれるが、工業的な生産についてはDyarとHemmingの特許²⁾(1838年)に記述が見られる。これは明らかに食塩と重炭酸アンモニウムから重炭酸ナトリウムを得る方法で、アンモニアの回収に炭酸水を用いている。もっとも、ユア(Ure)は彼等の方法を追試して、ソーダ灰の理論収率90%に対して実績37½%である事を示している³⁾。この頃では無機化学反応式は十分理解されていたわけであるが、ベルツェリウスの原子量に関する研究から25年程後のことである。18世紀末の工業化学家の化学に対する理解⁴⁾に比べると、高度な反応式を用いるアンモニアソーダ法の開発は原子量概念の確立と無機化学反応式の理解をまけて可能になったといえよう。

4. ま と め

分子論・原子論の成立期前後の化学工業の状況を見ると、必ずしも明確な関連づけはできないものの、分子・原子論成立後20-30年の間に化学工業家の化学に対する本質的な理解があり、これが間接的に工業に反映されたと見る事ができる。

参 考 文 献

- 1) British Patent 7267 (1836年)。
- 2) British Patent (1838年)。
- 3) L. F. Haber 著、『近代化学工業の研究』, p. 123 (北大図書刊行会)。
- 4) British Patent 1223 (1779年), 1302 (1781年), 1341 (1782年), 1369 (1783年), 1677 (1789年)。

[一般講演 1]

工部大学校における「応用化学科」・
「化学科」の名称に関する一考察菅 原 国 香
(東洋大工)

(1) 廣田鋼蔵著『明治の化学者—その抗争と苦渋—』(東京化学同人, 1988)の書評を頼まれた関係で、この書をじっくり読む機会を得たが、その中に使用されている名称でどうしても一つ気になることがあった。それは、工部大学校には「応用化学科」ではなく「化学科」をおいた(同書 p. 42)ということが書かれているところ、ほかのところでも「工部大学校化学科」(p. 23, 27)と書かれているのである。読んだとたんは「まちがいであらう」と思ったが、引用されている文献の塚原徳道著『明治の化学者』(三省堂, 1978)にやはり工部大学校「化学科3, 4年の時間割表」とある(同書 p. 94)。

(2) 東京開成学校→東京大学では「化学科」であるが、工学寮→工部大学校でも「化学科」という名称で専門科が設けられていたとすることに疑問を感じたのである。そこで資料にあたり事実関係を確認することにした。『旧工部大学校史料』と『工部省沿革報告』でみると明治5年工学寮のとき「実用化学及鋳造(後冶金トシテ分離)」とあり、明治6年では「専門科ヲ分ツテ土木、機械、造家、電信、化学、冶金、鉱山、七科トシ」、同

7年改正の「工学寮学課並諸規則」では「実用化学」とあり、明治10年の同規則では「実地化学及冶金学」科とあり、その教科目には「応用化学」とある。

(3) 上記の塚原『明治の化学者』の中の工部大学校「化学科」とあるのは明治18年の資料によるもので、明治18年4月改正の工部大学校学課並諸規則をみると、専門科は「土木学/機械工学/造船学/電気工学/造家学/応用化学/鉱山学/冶金学」とある。ところが、専門科第三年と四年生徒の日課表に「各科生徒」の項目があり、そこに「機械」「化学」などと記した各科をあらわす記述がある。また「卒業生徒姓名」のところの学科名には「土木科/機械科/化学科/…」とある。たしかに「化学科」という呼称が使われていたといえよう。だが筆者の結論だけをいうなら、工部大学校時代の「化学科」という名称は略して呼んでいた呼称で、いわゆる「法令・規則」にいう正式の名称ではなかったのではと判断したのである。

この点で廣田先生と意見交換したところ、廣田先生からは「法令」に「応用化学」としながら生徒の所属には「化学科」とあるのは「純正化学」と「応用化学」の差など考えていない証拠で興味深いということ、および工部大学校同窓会の発足の出身学科をいうときにも「化学科」としてある資料をご教示いただいた。このようなわけで、当時の教育・研究機関の「化学」「〇〇化学」などの名称全般について調べ、名称と実態の関係を考察してみたい。

[一般講演 2]

T. Heurlinger の研究日記 (1915-1919) について

藤 崎 千代子
(新潟大教養)

昭和58年度科学研究費報告書『前期量子化学形成史 (1900-1930)』において, “T. Heurlinger と分子分光學——紫外可視帯スペクトルの起源に関する研究の歴史 (1904-1927)——” と題して, T. Heurlinger が可視から紫外領域に現れる帯スペクトルの解析の手法を前期量子論の助けによって形成したこと, 彼の解析結果は Kratzer, Lenz, Kramers, Pauli らが分子の前期量子論を形成する契機となったことを指摘した。

その後, 藤井清久さんの示唆で, 彼の研究に関連する二次資料を入手したいと, Lund 大学図書館に手紙を再三書いたところ, Lund 大学科学思想史研究所の J. Larrson 博士を紹介され, 彼の文献探索によって資料の在りかが分かり, Heurlinger についての資料を入手することができた。

ここではこの資料の由来と構成について述べたい。内容については, 現在のところ半分ぐらいしか読んでいないので, 講演の時に彼の研究との関連で紹介したい。

私のもとに Stockholm 大学から送られてきた資料は次のようである。

- 1) Heurlinger の研究日記 (1915-1919) [W スペース A4 版 110ページ]。
- 2) Heurlinger の姉 Ingeborg Mutén が書いた彼の生活スケッチ (1947年)。

3) 彼女の息子 Leif Mutén 教授が Lund 大学の Torsten Gustafson にあてた, 1981年10月15日付けの私信の抜粋。

4) Torsten Gustafson 教授が Stockholm 科学アカデミーの司書 Wilhelm Odelberg にあてた手紙 (1982年5月27日付け)。

3) の資料によれば, Torsten Heurlinger (1893-1927) の姉 Ingeborg Mutén の息子 Leif Mutén 教授は, 1947年に Lund 大学の Torsten Gustafson 教授のすすめで上記の1) と2) の資料を彼の母に Gustafson に提供させた(3)。彼は Heurlinger の研究を高く評価したのである。その後これらの資料は Gustafson のもとにあった。1981年に至って Gustafson は Stockholm 科学アカデミーの図書館に送ってその保存を依頼している(4)。

Gustafson によれば, Heurlinger の日記の一部は Lund 大学において, 他は Stockholm の物理学研究所と K. Siegbahn のもとにあった。Siegbahn は Lund において Heurlinger の先輩で, 周期表上の全元素原子の X 線スペクトル線の波長を測定し, 原子の電子構造を解明したことによって1924年にノーベル賞を受賞し, その後, Uppsala 大学に移って1937年以降ノーベル委員会に参画した人である。Leif Mutén は Uppsala 時代 (1923-1937) の Siegbahn とたびたび会った。Siegbahn は始めは Heurlinger のことについて言及しなかったものの, のちには思い出を語り, 日記を読んで, Heurlinger の研究における苦悩を悼んだという(3)。

ここでは Heurlinger の資料の収集, 保存にあたっては Lund 大学の Torsten Gustafson 教授の貢献があったことを結論として, 無いと思っていた資料が根気よく探したら見つかったことを教訓として, 指摘しておきたい。

[一般講演 3]

19世紀第四・4半紀の西欧における
化学研究の動向 (1)

— フランスを中心として —

斎藤 茂樹・松尾 幸季
(江戸崎高) (同志社大)

『化学年報』(*Annales de chimie*) は、1789年に発刊されたが、時代の推移とともに物理学と化学の密接な関係が認識されるようになり、1816年から『化学・物理学年報』(*Annales de chimie et de physique*) と名称を変え再出発した。しかし物理学や化学が専門に分化されるにつれて1914年からは『化学年報』(*Annales de chimie*) と『物理学年報』(*Annales de physique*) に分離され、現在にいたっている。

この雑誌には、19世紀第四・4半紀においても生物学やその他の分野の論文が掲載されている。

しかし雑誌の名前が示すように物理学と化学の論文が中心で、物理学と化学の比較では、後者の論文数が多い。後者の中では無機化学の論文数が多い傾向にある。そこでここでは、論文数の多い化学に焦点をあてながら、化学の論文の分野(無機化学、有機化学、物理化学などの分野)別統計処理に基づき、19世紀第四・4半紀のフランスにおける化学研究の動向の一端を明らかにしたいと考える。

19世紀第四・4半紀は、無機化学では、実験研究の分野で着実な進歩がみられた時期である。例えば、電気化学の進歩によってフッ素が単離されたこと、またアルゴンの発見や新しい化合物の性質の研究などをあげることができる。さらに混乱していた希土類については、そのほとんどの元素が発見されたのもこの時期である。『化学・物理学年報』にも無機化学のこれらの分野の論文が

数多く掲載されているので、これらを中心に述べたい。

有機化学は、19世紀前半においては、分析の化学が中心であった。化学者は、動植物等に存在する化合物を取り出し、その組成を決めたり、それらの性質を調べることに熱中していた。しかし研究の結果、化合物の数が急増したため、分類の必要に迫られ組成や性質のみならず分子構造の重要性がしだいに認識されるようになった。分子構造が明らかになるにつれて、この諸理論から刺激を受けたり、先導されたりして19世紀後半の有機化学は合成化学に重みがかかるようになった。この有機合成の分野で貢献した化学者に、フランスのベルトロワ(Marcelin Berthelot, 1827-1907)がいる。彼は、物理化学の分野のみならず有機化学、特に有機合成の分野においてもいくつかの論文を『化学・物理学年報』に発表している。ここではこのような状況にあった第四・4半紀の有機化学の分野の研究—特に彼の研究を中心にして—動向を明らかにしていきたい。

通説によると、物理化学が独立して学問分野として確立したのは、オストヴァルト(Wilhelm Ostwald, 1853-1932)が『物理化学雑誌』(*Zeitschrift für physikalische Chemie*)を創刊した1887年ということになっている。しかし実際には、それ以前でも、物理学者であったり、化学者である人たちによって物理化学的性質の研究—気体分子運動論、熱化学、電気化学、反応速度論等の研究—はかなり進んでいた。第四・4半紀の『化学・物理学年報』にも、これらの分野の論文が数多く掲載されているので、これを手がかりに研究動向を調べる。

生化学は主として20世紀になってから発展した分野であるが、発酵における酵素の役割などは、19世紀の第四・4半紀に明らかにされた。そこで、これらの状況や化学において重要な位置を占めている分析化学の動向についても言及したい。

【一般講演 4】

『蘭葉鏡原』と『和蘭葉鏡』

—文政三年、実務派への翻訳派の攻撃—

千野光芳

(愛知学院大)

江戸時代の化学に関して“みずから実験し、みずから考えることをしないで化学の眞の理解はのぞめない。書物中心であったところ、書物だよりであったところに、江戸時代の化学の第一の弱点があった”とする評は恐らく正しいであろう。では、いつごろから、どのようにしてそのような流れが形成されたのであろうか。結論を先にいおう、それは宇田川榕庵に始まる。

文政三年、名古屋東壁堂より出版された、吉田長淑『蘭葉鏡原』は草部三卷三冊しか発刊されず、その総目録による1~10(雨、雪、水、土、鹵、鹹部)11~30(草部、苔芝部)31~38(木部)39(人部)40~43(獸部、鳥部)44~45(魚部、介部)46~47(虫部)49(煉化並脂膏部)50(造釀部、敗布部)は全巻発行されれば、当時の蘭学者による物質観自然観が公表されることとなるがおしまれる。

この最初の蘭方内科専門医、吉田長淑は宇田川玄随の弟子であり、玄随の『遠西名物考3巻』(未刊)を江沢養寿等と輯編している。また玄眞の推挙により、文化7年来、加賀前田侯の侍医となっている。吉田長淑の門人として、小関三英、足立長雋、湊長安、程田玄悦、松岡道園、高野長英、川本周篤(幸民の兄)、武井周作等の著名な人々がいる。

『泰西熱病論』は長淑の主著であるが、特に化学史上見のがしえないのは、七巻附録に硝子蒸露缶を江戸神明宮前の硝子工小山弥兵衛に作らせ、また熱源としてタドンを用いること、蟠龍管(冷却器)等を図入りで示していることである。

また、開業医として代用薬の開発に力を用いた

ことがうかがわれる。特に幾那幾那の項が重要である。膳所侯の藩士平井西司と馬の疾病を談ずるにキナキナはケイルズより水楊枝(カワヤナギ)であると口授されたという。また、長淑はティデンの内科書にキナキナの代用薬として白水楊皮の有用性があると書いてある。そこで、平井生と弟子と共に水楊樹の葉挟く枝葉共に白色にして粉をふき出しているものの皮を剥ぎ“是ヲ病者ニ施スニ其効却テ舶来ノ幾那幾那ニ勝レル事ヲ覚フ、実ニ奇ト称スルニ足ル、此物從來充ツベキ品無カリシニ此説ヲ得ル事眞ニ天ノ啓迪スル處ニシテ天下蒼生ノ事ナリト云フベシ”。

一方、『蘭葉鏡原』と同年に出版された『和蘭葉鏡』の凡例を榕庵が書いているが、その中に次の一文がある。“然ルニ或ハ耳学ノ徒ハ名ヲ和蘭ニ冒シテ其術ヲテラヒ、固ヨリ訳学研切ノ識見ナク、他家未定ノ旧耕ヲ剽窃シ、自ラ無稽ノ臆見ヲ加エテ遠西明哲ノ諸説ヲ附会シ、涇渭混淆玉石弁セシテ、ミダリニ書ヲ著シ世人ヲシテ眩惑センム。杜撰不經期ヨリ甚キハナシ。故ニ刊行ノ訳書ト雖モヨロシク其虚実ヲ撰ミ虚吠ノ徒タルコト勿ルヘシ。”この耳学の徒は誰か。『内外要法』の吉雄常三、『眼科新書附録』の松田芹斎ではあるまい。かつて宇田川家の書物を見ることのできた吉田長淑を指すと推定される。

また、『遠西医方名物考』の榕庵の凡例の文に“今其未詳ノ薬品毎ニ代用ノ説ヲ論ズレバ世人其得易キニ慣テ終ニ畢世是ヲ輪スノ日無ルベシ。是此篇強テ代薬ヲ擬セザル所以ナリ”とあり、代用薬を求めていた実務派への攻撃と受けとめられる。さらに、『新訂増補和蘭葉鏡』は全18巻中、幾那の部は7巻を占めている異常な構成になっているが、これにて実務派の長淑の説は完全に否定されている。なおこの書の凡例も榕庵が記している。

『舎密開宗』を書いた宇田川榕庵は偉大な人物であった。偉大な人物であったからこそ、その欠点もまた大きな影響をおよぼした。

補遺(1835)
校(1822-1825)
新訂増補和蘭葉鏡(1828)

[一般講演 5]

幕末期著作に見る酸・アルカリ工業について

鎌 谷 親 善
(東洋大)

幕末期日本は、西欧化学工業に関する知識を、いわゆる蘭学、ついで洋学の受容のなかで、その一環として獲得していったといえよう。その中枢に位置する酸・アルカリ工業についての理解状況を、当時刊行された著作を中心に検討を試みていきたい。

西欧の化学とその技術を体系的に紹介した最初の著作は、宇田川榛斎訳述・宇田川榕菴校補『遠西医方名物考』[文政5年(1822)~文政8年(1825)刊]であろう。ここで扱われている酸・アルカリの個別化合物としては、海塩精(塩酸)、緑礬油・緑礬精(ともに硫酸)、消石精(硝酸)、酒石精(酒石酸)、またポタス(炭酸カリ)、どう砂精(アンモニア)、ラーピスカウスチクス(苛性カリ)、けん蓬塩(炭酸ソーダ)などである。

これらの命名において、ラヴォアジエやギトン・ド・モルヴォ等の新命名法によっていたが、伝統的名称からの影響も強くうけており、当時進行中のショメール『厚生新篇(稿本)』の翻訳における使用用語と深くかかわりがあったと、推測される。その一例として、硫酸に対する緑礬油と緑礬精の用語で、前者を緑礬の乾留生成物、後者をその水で希薄したものに対して用いていた。

『遠西医方名物考』においては、アルカリという用語は説明しているが、酸は採りあげていないところが、酸よりも、アルカリに関する理解のほうで混乱していたといつてよいのではなかろうか。

『遠西医方名物考 補遺』[天保5年(1834)刊]、それと相前後して刊行された『植学啓原』[天保4年(1833)成稿、翌年刊]において、はっきりと新しい化学命名法に準じて物質名が付けられていることである。したがって用語、なかでも物質名に関する統一がはかれるようになり、つぎの『舎密開宗』の著述の準備が、その用語の面

から進んでいたことを示唆している。

『舎密開宗』[天保8年(1837)~弘安4年(1847)刊]に関しては、すでに多くの研究が進められているので、とくに言及はしない。しかし、酸・アルカリに関する理解は容易ではなかったようで、たとえば酸の水素説については理解されたといわれるものの、酸の必要条件が水素を含んでいることには言及していない。そして酸と金属との反応において生じる水素が水から生じると、説明しているのであった。アルカリ、それと密接な関連をもつ塩基に関しては、「^{ベセス}拔塞斯」という音訳名をあたえているに過ぎず、両者の区分は明確にされていなかったのである。

つぎに酸、とくに硫酸の工業的製法に関して、緑礬の乾留によるサキセン硫酸および鉛室法によるイギリス硫酸を簡単に説明している。炭酸ソーダの製法として海藻の焼成による方法を述べているが、ルブラン法には言及していない。銃薬、陶磁器、ガラス、石鹼、付け木などの化学工業は詳細に取り扱っているのと対蹠的に、産業革命で誕生した近代化学工業の理解はやはり困難であったというべきか、十分な説明をあたえていない。

化学工業に関する理解は、時間を追って深まっていた。とくに、阿片戦争を契機にしての近代西欧技術の移植は、制度の整備を含めて進捗がみられた。たとえば川本幸民『遠西奇器述』[嘉永7年(1854)・安政6年(1859)]にみるような西欧技術の紹介書とともに、河野禎造『舎密便覧』[安政6年(1859)]のような専門化した著者の刊行などが、このことを反映していた。

上野彦馬抄訳『舎密局必携』前篇3巻[文久2年(1861)]は、簡便な化学工業入門書といえ、ここで硫酸工場は図入りで説明されるまでに なった。桂川甫策等の『化学入門』[慶応3年(1867)以降刊]はいっそう詳細に硫酸工業を説明している。また版本として、はじめてルブラン法ソーダ工業を紹介している。このように、酸・アルカリ工業の理解と紹介は、化学理論の理解の深まりと工業への関心の高まりのなかで実現するのであった。しかし、簡単で、原理的な紹介に留まっていたことは、いうまでもない。

[一般講演 6]

『長井長義伝』における業績表の検討

安 江 政 一
(名古屋市名誉教授)

長井長義記念シンポジウムなるものが始められ、その3回目の予告を見、講演要旨を手にすることを得た。いま何故の記念シンポなのかかわからないが、故人を顕彰するにはその業績を詳細に調査し、歴史的評価を確立した上で行わないと、将来に禍根を残すだけでなく、その顕彰するはずの人物に不利な結果になりかねない。その好例が『長井長義伝』である。長井は東京大学教授に任命されて、わずか1年余で、国立研究機関から非職免職の憂き目をみた。名誉とはいえないので、伝記筆者はこれをつくろうため、英独学閥争なる噂話を強調して自発的退職のようにかいた。小竹は伝記中の年譜によっても、このようなことはあり得ないと指摘し、演者も再調査してこれを支持した。最近、廣田鋼蔵氏は『明治の化学者—その抗争と苦渋—』（東京化学同人）を著して桜井、長井間の抗争の存在を示し、日本化学会の創立当時からの記録を詳しく調査して、被害者は桜井であったとの結論に達した。とりつくろうための不用意な文章が、こういうことになるのである。長井伝には故人の業績顕彰のため、いくつかの誤りや歪曲がある。これを放置したまま故人を顕彰することはできない。演者は薬学の歴史を正しくするため、この訂正に当たっているが、このことが長井顕彰の前提になくはならない。

長井シンポの要旨に、某会社がエフェドリンと長井についての文頭に、「わが国近代薬学の父」などとかいている。これは根拠のない過大評価であることはすでに発表してある。前引用の小竹論文には、「柴田承桂という方が日本の薬学の生みの親である」とかいてある。有機化学の学術論文

は、内容を整理し、その当時の学問的レベルと他の研究者たちの業績とを比較すれば誰にでもわかるから、長井伝中の業績表を検討して、評価の誤りを明らかにしたい。

業績を個々にのべる余裕はないので、いくつかのグループに分けて論ずる。第1期をドイツにおける研究報告とすれば、数も少なく内容に乏しいことはすでに発表した。この点は同じ頃留学していた松本銈太郎の業績と比べると歴然とする。長井はホフマン研究室で元素分析や装置用ガラス細工などの下働きに使役されていたための結果のように思われる。

その第2期は、田原良純が輝く成果をあげて帰朝し、これを国内でも公表し、化学者長井の影が薄くなった時期である。続いて、トロポロン転位を知らないまま立てられたトロピンの構造式はすてられ、長井の助手となった永井一雄の活躍で、ペオノールから導いた田原の業績はすべて粉碎され、有機化学者田原の名声は地に落ちた。ここでドイツ留学13年、ホフマンの弟子長井の化学者としての名声は確立した。長井は永井を後継者とときめていたらしく、すべての報告を助手永井の単著として発表した。永井はしいて大学を去り、以後不遇のうちに一生を終わった。

エフェドリンと長井の関係は、よく問題になるが、長井の報文によれば、山科元忠が大阪で麻黄を抽出して結晶を得、さらにエキスを作って持参し、長井に指導を求めた。アルカロイドの発見とは結晶化、元素分析、分子式を定めて、始めて化学的に発見したといえるから、長井山科の発見とすべきであろう。構造研究については、ラーデンプルクの追試を一步も出していないが、全合成を行ったから、決定は長井らということができる。気管支喘息有効性は長井とは何の関係もない。発見から構造決定まで40年もかかっているのは長すぎる。二級アミンという簡単な構造が、ホフマンの弟子長井の名に遠慮して、誰も手を出さなかったおかげであり、年月の経過とともに業績の価値の下るのはさげられない。

[一般講演 7]

ノーベル賞と基礎化学 (1901~1987)

—分析化学につながるの深い業績について—

本 浄 高 治

(金沢大理)

ノーベル賞は、A. B. Nobel (1833. ¹⁰/₂₁ ~ 1896. ¹²/₁₀, スウェーデン) の遺言により国籍、人種、宗教を問わず、物理学、化学、生理・医学、文学、平和の5部門(1901年より)、また経済学の部門(1969年設設)を通じ、人類の福祉に最も貢献した人々に12月10日(ノーベルの命日)授与される。化学の分野では、今までに109名授与されているが、アメリカ(33名)、ドイツ(24名)、イギリス(22名)に多く、フランス(7名)、スウェーデン、スイス(各々4名)、オランダ(2名)、日本(1名)と続いている。基礎化学の進歩発展は、方法論(分析化学)、理論(物理化学)、各論(有機化学、無機化学)の深いつながりのものになしとげられているが、ノーベル賞の受賞研究分野は、分析化学(約10名)、物理化学、無機化学(各々25名)、有機化学(約50名)と片寄っている。分析化学につながるの深い業績をあげると次のようになる。

① 1914年(大正3年) T. W. リチャーズ(アメリカ)ノーベル化学賞を授与された最初のアメリカ人で、多数(約30種)の元素の原子量を精密に測定した。銀の原子量は、日本最初の分析化学講座を東北大に設置(1918年)した小林松助教授が留学中に決定した値と言われている。

② 1922年(大正11年) F. W. アストン(イギリス)質量分析器の発明と非放射性元素の同位体の発見並びに整数法則の発見

③ 1923年(大正12年) F. プレーグル(オーストリア)有機諸物質の微量分析法の発明

④ 1943年(昭和18年) G. ヘヴェシー(ハンガリー)化学反応の研究におけるトレーサー元素として放射性同位元素の利用に関する貢献

⑤ 1948年(昭和23年) A. W. K. ティセリウ

ス(スウェーデン)電気泳動と吸着分析についての研究、特に血清蛋白質の複合性に関する発見

⑥ 1952年(昭和27年) A. J. P. マーティン(イギリス)、R. L. M. シング(イギリス)分配クロマトグラフィーの発見並びにアミノ酸分析への応用

⑦ 1959年(昭和34年) J. ヘイロフスキー(チェコスロバキア)ポーラログラフィーの理論およびポーラログラフ分析法の発明、京大の志方益三教授は留学中ポーラログラフィーの創始の協力研究を行っている。

⑧ 1960年(昭和35年) W. F. リビー(アメリカ)考古学、地球物理学その他の科学部門において年代決定のための放射性炭素14を使用する方法の発見

⑨ 1985年(昭和60年) H. A. ハウプトマン(アメリカ)、J. カール(アメリカ)物質の結晶構造のX線回折による決定方法の開発

⑩ 1987年(昭和62年) C. J. ベダーセン(アメリカ)、D. J. クラム(アメリカ)、J. M. レーン(フランス)特定の物質だけを選択的に取り込む酵素などの生体物質を模倣した大環状化合物の発見と合成、特にクラウンエーテルと呼ばれる大環状ポリエーテルはアルカリと特異的に反応し、分析化学的にも広く利用されている。C. J. ベダーセンの母親は北九州市出身の安井タキノという日本人である。

以上の事実から、機器を用いた分離分析、共存分析、状態分析の分野の受賞が多いことが分かる。また日本人も受賞研究に何らかの重要な役割を演じていることは注目すべきことである。

文 献

- 1) 化学大辞典編集委員会、『化学大辞典』、共立出版(1969)。
- 2) 藤永太郎、『化学の領域』、22, 308 (1968)。
- 3) 木羽敏泰、『化学の領域』、33, 266 (1979)。
- 4) 本浄高治、『化学史研究』、1982(第3号) xiv; 1983(第3号) xix。
- 5) C. J. Pedersen, *J. Am. Chem. Soc.*, 89, 2495 (1967)。

[一般講演 8]

「メンデレーエフからエルレンマイヤーへの手紙」について

大 作 勝
(広島大理)

“一人の善良な化学者は、最も立派な詩人よりも20倍も役に立つ”という。

昨年末、ミュンヘンにあるドイツ博物館の化学部門の長をしている Otto Krätz 博士による面白い論文・記事¹⁾が出たのでここに紹介する。この論文には、ツルゲーネフの「父と子」に登場するブンゼンの話に加えて、ハイデルベルクへ留学した当時のロシアの若い留学生達がエルレンマイヤー(1825-1909)宛に書いた「はがき」や「手紙」が載せられている。エルレンマイヤーは、当時ハイデルベルク大学化学教室ブンゼン(1811-1899)のところの助手をしていて、雑事一切を受け持っていたのだらう。

この中にメンデレーエフ(1834-1907)からの手紙も載せられている。メンデレーエフは(ハイデルベルクのブンゼンのところに留学していたのであるが)帰国に際して、ハイデルベルクで買い集めた本の代金やら実験道具への支払いその他に困窮したらしく、それらをエルレンマイヤーを通じて借りたのであろうか。返済のためにペテルスブルク(現レニングラード)から送金している。

16/28. 3. 1861付 S. ペテルスブルク発

「今一度私が送ったお金について述べなければなりません。575fl 送金しました：リーセンコ氏に150fl—彼はまだハイデルベルクに居るはずです…、パーディッシェ・ホーフ(ホテル名)に50fl, オレピンスキーに40fl, 右目の手術をしてくれた医者ポロディンに335flを支払ってくれるようにと。

私は今ポストを探しています(メンデレーエ

フは当時失業中であった)。しかし今までのところ、あまりいい話はありません。

一度お手紙を下さい。エルレンマイヤー様。そしてこの手紙に書いた御迷惑をお許し下さい。当地は未だ寒く、雪が多く残っていますが、もう櫓は使われていません。

ごきげんよろしく、お身体御自愛の程を。

D. メンデレーエフ

(前の日付はユリウス暦、後の日付はグレゴリー暦)

又別の手紙では—

3/15. 4. 1861付 ペテルスブルク発

「エルレンマイヤー様、私はなお貴殿に非常に大きなお願いがあります。御存知のとおり、私はいまパーディッシェ・ホーフにごたごたしたものをいれた2個の箱を残しております。これらの物をロシアに送る時が来ました。というのは近日中に最初の汽船が着くに違いないからです。ポロディンからの手紙を受け取りました。それによりますと、オレピンスキーは既にハイデルベルクを出発したとのことです。私はただただ貴殿にこれらの箱の発送を懇願します。とりあえずそれらをライプツィヒの書籍商人“カルル・ボス”に宛て発送して下さい。その店主はさらにペテルスブルクの大学までに送ってくれるでしょう…。私は(今までに)貴殿に対し非常に多くのことをお願いして来ました。これが貴殿に対する最後のお願いになるよう望みます。

ではごきげんよう。さようなら。

D. メンデレーエフ

ここではこれらの手紙から当時の化学の様子を探ろうとする。

参 考 文 献

- 1) Otto Krätz: “Iwan Turgenjew und die russischen Chemiker in Heidelberg”, *Chemie in unserer Zeit*, 21 (1987), Nr. 8.

[一般講演 9]

Noosphere 考

—V. I. Vernadsky 生誕125年と関連して—

阪 上 正 信

1984年度年会でそのあゆみを講演紹介(本誌, 1984, No. 3, xv)したロシアからソ連にかけての科学者 Vladimir I. Vernadsky (1863~1945) について, 本年3月3日から13日にかけて, その活動の地であったレニングラード, キエフ, モスコとめぐって生誕125年の記念集会が開かれた。内外の研究者が招待講演を行ったが, たまたまそれに招待され参加する機会をもった(日本からは地質学の東海大青木斌教授も)。そこでわが国と Vernadsky とのつながりをふりかえると共に, 多くの講演にとりあげられた彼の提起した Noosphere (noo-はギリシャ語に由来する言葉で, mind または intelligence の意なので, いわば邦訳では叡智^{えい}圏)の考えにつき, 将来の人間社会と科学技術のかかわる問題として科学史の立場からも重要と考え, それについても述べてみたい。

まず日本と Vernadsky との関連では, わが国での放射性鉱物の嚆矢となった北投石の命名が, 大正元年11月当時の露都ペテルスブルグにおいて, これを持参訪欧した東大神保小虎教授と科学アカデミー鉱物博物館主任 Vernadsky との協議で決定したことがある。そのときの鉱物試料も今モスコの Fersman 鉱物博物館に見ることができた。そして何よりも大きな影響は日本の地球化学のきっかけが彼により与えられたことである。革命後バリー大学に招かれ行った地球化学の講義は当時として広範な視野をもったユニークなものであった。それをまとめた本“La Géochimie”(1924)が東大化学教室での輪講にとりあげられると共に, 大

正15年はじめて柴田雄次教授が地球化学の用語を用い, この学問分野の研究推進を提唱した。一方, バリー留学中これに接した東北大高橋純一教授はその日本語版を昭和8年出版したが, 同教授の Vernadsky 宛の手紙の内容も見ることができる。なお, 生誕100年記念式典にさいし地球化学研究会(現日本地球化学会)の会長でもあった柴田雄次学士院長からの自筆の祝辞も残されている。

若いころまず土壤学を学び, つづいて鉱物学, 結晶学を深め, さらに化学物質の地球上での挙動に関心をもち一般地質学から地球化学, さらにその中での生物の役割および人間のあり方についての生物地球化学の重要性から1928年生物地球化学の研究所も創設した Vernadsky は, 地球をめぐる宇宙の展開も包括的に考察するようになり, 科学史, 宇宙史にも関心を深めた。そのなかから生まれたのが, 彼独自の思想にもとづく Noosphere の考えで, Biosphere (生物圏)と Technosphere (技術文明圏)の緊張関係のなかで人類は Noosphere へと転化せねばならぬと説く。それには学問の自由が重要であり, 国際交流を貴び人類の平和共存をねがい, 国を愛したものの, イデオロギー的思想の自然科学への干渉を避ける道を, ソ連においても生涯を通じ歩んだ。

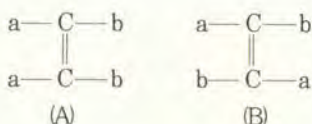
なお Vernadsky は新しい放射能について学問にも積極的関心を持ち, 1907年頃から国内の放射性鉱物探査をはじめるとともに, バリーのキュリー研から人を招き, 自らもその研究室に学び, 1922年にはレニングラードにラジウム研究所を設立した。そして原子力とのかかわりあいも, 対独戦のなかで持つようになると共に, その人類社会における善悪についての考えも表明している。このような面での彼のあゆみをたどると共に, 彼の Noosphere の考えにもとづき, 現代のわが国での核の問題について考察を, 科学史的視点からも見て述べてみたい。

[一般講演 10]

シス・トランスの命名百周年に
当たって

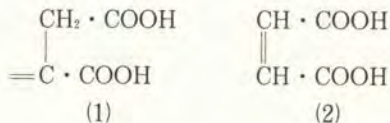
竹 林 松 二

エチレン系化合物 $abC=Cab$ (a, b は H または置換基) には置換基の空間配置の相違によって、次の幾何異性体 (A, B) の存在することが知られている。



1888年、ドイツの有機化学者バイヤー (Adolf von Baeyer) は A の配置を「シス」、B のそれを「トランス」と名付けた。以来今年で100年になる。よって、エチレン系化合物の幾何異性に関する提唱からシス・トランス命名までの経緯について、代表例としてマレイン酸とフマル酸を中心に略述する。

1834年フランスのペルーズ (T. J. Pelouze) はリンゴ酸を加熱脱水した際に2種の生成物を得て、「マレイン酸」および「パラマレイン酸」と名付けたが、前者 (実は無水マレイン酸) から得られる「含水マレイン酸」 (現、マレイン酸) と「パラマレイン酸」 (現、フマル酸) が互いに異性体であることを指摘した。その後1861年、ドイツのケクレ (F. A. Kekulé) はマレイン酸もフマル酸も還元すると、共にコハク酸に変わることを見出し、前者に化学式(1)を、後者に化学式(2)を与えた。



他方、オランダの青年化学者ヴァント・ホッフ (J. H. van't Hoff) は1874年、炭素原子の四面体構造説を提唱して、四面体の頂点に相異なる4個の原子または原子団が付いているときは (不斉炭

素原子を意味する)、互いに実物と鏡像の関係にある2種類の空間配置が存在することを認め、これによって光学異性に関する理論を展開したが、同じ論文で彼は四面体炭素原子の理論を炭素二重結合を有するエチレン系化合物に適用して、一般に幾何異性として知られるもう一つの異性現象が存在することを指摘した。ヴァント・ホッフはこの異性現象が結合の自由回転の妨げられている二重結合によるものと考え、炭素二重結合を共通の稜で結合している2個の四面体で表現した。その例としてマレイン酸とフマル酸をとりあげ、この2種の酸はその二重結合をなす2個の炭素原子にそれぞれ H と COOH をもち、その幾何学的位置が相違することを示した。さらに彼はシトラコン酸とメサコン酸、液体のクロトン酸と固体のクロトン酸なども同様に幾何異性の関係にあると推論した。

このヴァント・ホッフの学説に対して賛成しない人々もいたが、ドイツのヴィスリツェーヌス (J. A. Wislicenus) はいち早くその価値を認め、1887年「有機分子における原子の空間配列ならびに幾何異性をなす不飽和化合物の判定について」と題する論文を発表し、主としてマレイン酸およびフマル酸に対する付加反応や異性化反応の結果に基づいてヴァント・ホッフの学説に有力な実証を与えた。そしてマレイン酸は「面对称型」、フマル酸は「軸対称型」と呼んだ。

翌1888年、ミュンヘン大学のバイヤーはテレフタル酸の還元生成物ヘキサヒドロ・テレフタル酸に2種の幾何異性体の存在することを見出し、一方を「マレイノイド」、他方を「フマロイド」と呼んだが、さらに一般的に2個の同一置換基が炭素二重結合または炭素環 (平面構造とみなして) の同じ側に位置する場合を「シス」、反対側に位置する場合を「トランス」と命名して表示した。

同年、ドイツのマイヤー (Victor Meyer) は原子の幾何学的位置を考慮に入れた構造を「立体化学構造」と呼ぶことを提案した。これが「立体化学」という名称のはじまりであるといわれている。

化学史学会の沿革と現況

1988年9月現在

欧 文 名	The Japanese Society for the History of Chemistry (JSHC) 日本学術会議登録学術研究団体, 化学関係学協会連合協議会加盟
創 立 経 緯	1973年12月, 同好の士が集まり, 同好会的に化学史研究会として発足, 1984年10月化学史学会と改称した.
目 的	会員相互の協力により化学史研究の発展と研究成果の普及・啓蒙を目的とする.
会 則	1973年制定, 1985年10月現行に改訂
会 員 数	一般会員約500名 学生会員約10名 外国人会員1名 賛助会員13社
歴 代 会 長	初代 (1974-1980) 玉蟲文一, 二代 (1980-1983) 奥野久輝, 三代 (1983-1985) 立花太郎
役 員	会長 柏木 肇 (名古屋大学名誉教授) 副会長 鎌谷親善 (東洋大学教授)
理 事 (10名)	大沢真澄, 亀山哲也, 小塩玄也, 島原健三, 中原勝儼, 林 良重, 藤井清久, 古川 安, 武藤伸, 山口達明
監 事 (2名)	立花太郎, 瀬田久男
評 議 員 (20名)	(北海道) 藤本昌利, (東北) 新井万之助, 吉田 忠, (北陸) 井山弘幸, 阪上正信, (関東) 紫藤貞昭, 廣田鋼蔵, 吉野論吉, (中部) 大野 誠, 河原林泰雄, 横山輝雄, (関西) 岡崎信一, 木下圭三, 芝 哲夫, 島尾永康, 竹林松二, 松尾幸季, (中国・四国) 鬼頭秀一, 成定 薫, (九州) 坂口正男, 野中靖臣
会 誌	『化学史研究』(欧文名 KAGAKUSHI) 年4号刊行 各号平均48頁 編集委員長 柏木肇 内 容 原著論文, 寄書, 解説, 文献紹介, 広場など 投稿規定 適宜会誌に掲載

学術研究集会および事業

- 総会 年一回開催 (10月)
- 化学史研究発表会 年一回主催 (10月)
- 夏の化学史サロン (8月), 春の学校 (3月) 主催
- 外国人研究者特別講演会 (適宜開催)
- 原子論分子論の原典集刊行中
- 日本の科学古典の復刻・翻刻計画中

入 会 方 法 各号巻末とじ込みの振替用紙に所定事項を記入のうえ入会金と年会費を送金する. 学生は入会金免除
事務局所在地 (入会等の問い合わせ先)

習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学内 (山口達明気付)

電話 (0474) 73-3075 (直通)

郵便物送付先 ㊞133 小岩郵便局私書箱43号

編 集 後 記

1988年度の大会特集号をお届けする。本会が化学史同好会として発足してから本年末でちょうど15年になる。『分子論・原子論の原典』論文集は本会の創立10周年を記念して企画されたものであるが、ちょうど今年から刊行されることになった。会員各位の入手の便をはかって特別頒布の申込書を綴じ込んだので御利用戴きたい。

今号には科学哲学、古典的な実験の追試、ラヴワジェに先駆したシュタルの化学の解明と、それぞれ方面を異にした3編の力作が揃い、充実したものになったと思う。実はこれ以外にも興味ある原稿が何編もあったが、ページ数の制限で次号へ送らざるをえなかった。御容赦戴きたい。

今年の年会は東京学芸大学で開催されるが、その案内とプログラムおよび講演要旨が本号に収められている。同学の士が1年に1度全国から集まるこの集会を是非とも盛り上げたいものである。

(武藤)

会 員 訃 報

本会会員永松一夫氏は7月25日に肺癌のため逝去されました。本会は謹んで哀悼の意を表します。

編 集 委 員

(委員長) 柏 木 肇

井 山 弘 幸	藤 井 清 久
亀 山 哲 也	古 川 安
小 塩 玄 也	武 藤 伸
島 原 健 三	山 口 達 明

賛助会員名簿 (50 音順)

勝田化工(株)
協和純薬(株)
(株)研成社
三共(株)
三共出版(株)
塩野義製薬(株)
白鳥製薬(株)
武田科学振興財団
田辺製薬(株)有機化学研究所
東レリサーチセンター
(株)培風館
肥料科学研究所

各種問合わせ先

○入会その他 → 化学史学会連絡事務局

郵便：〒133 東京小岩郵便局私書箱 46 号
振替口座：東 京 8-175468
電話：0474 (73) 3075 (直通)

○投稿先 → 『化学史研究』編集委員会

〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学工学部教育方法研究室 藤井清久気付

○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

化学史研究 1988年第3号 (通巻44号)

1988年9月10日発行

KAGAKUSHI 1988, No. 3. [定価 2,000円]

編集・発行 © 化学史学会 (JSHC)

The Japanese Society for the History of Chemistry
編集代表者 柏木 肇

President & Editor in Chief: Hazime KASIWAGI
千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学内
% Tatuaki YAMAGUCHI, Chiba Institute of
Technology, Narashino, Chiba 275, Japan
Phone 0474 (73) 3075

印刷 (株)大和印刷

〒173 東京都板橋区栄町 25-16
TEL 03 (963) 8011 (代)

発売 (書店扱い) (株)内田老鶴圃

〒112 文京区大塚 3-34-3
TEL 03 (945) 6781 (代)

Overseas Distributor: Maruzen Co., Ltd.

P.O.Box 5050, Tokyo International, 100-31 Japan
Phone 03 (272) 7211; Telex, J-26517.

新刊

分析化学の歴史

—化学の起源・多様な化学者・諸分析法の展開—

分析化学の進歩の歴史を人物、分析法、器機の開発などそれぞれをからませながらその源泉をあきらかにしていく、関係者座右の書。

F. Szabadvary 著
阪上正信・本 浄 高 治 共訳
木羽信敏・藤崎千代子

A 5 判・592頁 定価9800円(千350円)

第1章 古代の分析化学 古代科学／化学の起源／分析についての最初の知識 第2章 中世における分析化学の知識／錬金術／分析の知識 第3章 医療化学時代の分析化学の知識／化学概念の解明／水溶液中での分析の起源／Robert Boyle 第4章 フロギストン説／吹管／溶液中の反応への新しい光／ガス分析の起源／Torbern Bergman 第5章 化学の基本法則の確立／Lavoisier以前の定量分析／物質不滅の法則／化学量論 第6章 Berzeliusの時代／無機物の組成に関する知見／Berzeliusの生涯と個性／原子量の確定／Berzelius時代の分析化学の状況／最初の分析化学書 第7章 定性分析と重量分析のその後の進展／イオンの系統的分析／重量分析／微量分析 第8章 容量分析／滴定法について／DescroizillesからGay-Lussacまで／Gay-LussacからMohr／合成指示薬が使用されるまでの滴定分析の発展／指示薬の歴史／現在までの滴定分析法の進歩 第9章 有機元素分析／LavoisierからLiebigへ／LiebigからPreglへ 第10章 電気重量分析／第11章 光学的方法／分光学へ準備段階／KirchhoffとBunsen／スペクトル分析のその後の発展／比色定量 第12章 分析化学理論の発展／物理化学の発展／Wilhelm Ostwald／pH概念の発展／滴定理論 第13章 電気測定分析／pHの測定／電位滴定／電気伝導滴定／ポーラログラフィー 第14章 他の分析法／放射化学分析／クロマトグラフィー／イオン交換 付章。

好評 物理のあしおと

奥田 毅著
A 5 判・364頁・定価2800円(千300円)

近刊 化学の超経験的部分

D.M. ナイト著
藤井清久訳 予価3000円

Transcendental Part of Chemistry

古典化学シリーズ 全12巻 田中豊助監訳											
12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ファン トホッフ	リー ビヒ	ファ ラデー	メン デレー エフ	ベル セリウ ス	ドル トン	ラ ボアジ エ	ラ ボアジ エ	ラ ボアジ エ	ポ イル	シ ュタール	ベル トウロ
火に ついて	立 体化 学	動 物化 学	電 気実 験	化学 の原 論	化学 の教 科書	化学 の新 体系	化学 命名 法	物理 と化学	懐疑 の化学 者	フロ ギスト ン説	錬金 術の起 源
三 五〇〇 円	五 八〇〇 円	三 八〇〇 円	二 八〇〇 円	三 二〇〇 円	近 刊	八 八〇〇 円	四 二〇〇 円	二 五〇〇 円	五 八〇〇 円	近 刊	四 八〇〇 円

(株)内田老鶴圃

112 東京都文京区大塚 3-34-3
電話 03-945-6781 振替東京3-6371

1. 投稿資格 著者のうち少なくとも一人は本学会員であること。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、編集委員会を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こと。

2. 投稿原稿の第1枚目に、①投稿区分、②題名、③著者名、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。

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、それぞれ挿入個所(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「」の中に入れる。

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、以下に示す実例に準ずる。

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, 「姥鰯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 〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学工学部教育方法研究室

藤井清久 敬付『化学史研究』編集委員会