

■ 日本化学会創立百周年記念出版 ■

日本化学会 編

# 日本の化学百年史 —化学と化学工業の歩み—

■ 編集委員長：奥野 久輝

■ 編集委員：久保田尚志 祖父江 寛 田中 実

永井 芳男 東 健一 水科 篤郎 向坊 隆

森野 米三 山崎 一雄 山田 生一

〈B5判・1,320ページ・特上製箱入／定価 23,000円

## 編集にあたって

奥野 久輝

日本化学会の創立百周年を記念する事業のひとつとして、明治の初期に西欧の近代化学と化学工業が移入されはじめてから今日にいたるまでの、わが国の化学と化学工業の発展の跡をとりまとめることが企画された。その趣旨は、成長の過程を解析してわが国の化学と化学工業の基盤、特質を解明し、過去の歩みを総合的に顧みるとともに、将来の発展を考察する資とするところにある。

われわれは4年前この百年史の編集を日本化学会より委嘱されて以来、学会の趣旨を体して編集に努力してきた。基礎化学と化学工業の二つの世界を1本にまとめ、両者の関係を展望するとともに、一方、国際的にわが国がおかれている状況を明らかにすることを、つねに念頭において作業をすすめてきた。

過去百年のうち後半すなわち昭和期の意義はきわめて大きいが、幸い、この間の発展を体験し、発展に寄与された方々を編集委員、執筆者に得ることができた。一般的の化学史書と異なる本書の特徴をなすものといえよう。

## 〈主要目次〉

### 第1部

- I. 化学百年史によせて
- II. 基礎化学の百年
- III. 応用化学・化学工業の百年
- IV. 化学と社会
- V. 日本化学会百年の歩み
- VI. 石油化学工業
- VII. 高分子化学と工業化粧品工業
- VIII. 油脂・洗剤・香料
- IX. 医薬・農薬と工業
- X. 燃料・火薬工業
- XI. 工業薬品・材料
- XII. 染料・染色・顔料
- XIII. 塗料工業

### 第2部

- I. 物理化学
- II. 分析化学および無機化学
- III. 有機化学および生化学
- IV. 微生物化学と工業
- V. 食品工業
- VI. 工業分析・計測
- VII. 化学工学

### 第3部

- I. 酸・アルカリ工業
- II. 化学肥料工業
- III. 電気化学工業
- IV. 糞業
- V. 金属工業
- VI. 石炭化学工業
- VII. エネルギー
- VIII. 電子計算機の応用
- IX. 情報処理
- X. 特許

### 第4部

- 化学および化学工業年表

化学史研究会編集

# 化学史研究

第7号

我国における分子線による研究の発展 ..... 小寺熊三郎 (1)

## 論文

コントの実証哲学における化学 ..... 藤井清久 (9)  
明治前半における上水水質分析について ..... 咸川久男 (20)

## 寄書

藍(青藍)一インジゴの研究を通して見た構造化学史の一断片 ..... 大作勝・藤宣田久男 (27)  
有機化学者 Cannizzaro とその時代 ..... 竹林松二 (32)

## 解説

小竹無二雄先生の業績リストと経歴 ..... 久保田尚志 (34)  
John Dalton(1766-1844) 研究の展望 ..... 脇岡義人・内田正夫・徳元琴代・小峯としえ (46)

1978年6月

内田老鶴園新社

## 会 告

1978年度 年・総会のご案内

本年度の化学史研究会年・総会を下記の要領で名古屋大学において開催します。

1. 会 場 名古屋大学豊田講堂

1. 日 時 1978年11月18日(土)・19日(日)

1. 日 程 第1日 総合講演「明治初期における日本の化学-西欧との対応」 p.m. 1:00-3:40

特別講演 鳥裕吉「高分子化学のはじまりと生命の起源」 p.m. 4:00-5:00

懇親会 p.m. 5:30-8:00

第2日 一般講演 a.m. 9:00-5:00

総会 p.m. 5:00-5:30

### 一般講演申込みについて

#### 講演申込み要領

1. 講演希望者は、講演題目・氏名(所属機関名)・講演希望時間、ならびに講演要旨を添えてお申込み下さい。

2. 講演時間は全体の都合で変更することがあります(従来は15分)。

3. 申込みに際しては、横書き400字詰原稿用紙を御使用下さい。第1枚目上半分に講演題目・氏名(所属機関名)を、下半分に上記各項目歴文化して記入して下さい。講演要旨は、上と同様式の原稿用紙を用い、4枚以上5枚以内(刷上り1ページ)にまとめ、文献・注・表などもこのなかに含めて下さい。必ず墨書きで書き、欧文はタイプ印書きまたはブロック体(ローマン・イタリックの指定)で書いて下さい。また原稿は必ず控えをとっておいて下さい。なお講演内容を論文または寄書として御投稿予定の方はその旨御書き添え下さい。

4. 要旨原稿は完全原稿とし、校正のさいの訂正は認めません。

5. 申込み先:〒464 名古屋市千種区不老町 名古屋大学教養学部 柏木 哲 気付

化学史研究会年会準備委員会

6. 申込〆切: 1978年8月31日 必着

## KAGAKUSHI

The Journal of the Japanese Society for the History of Chemistry

No. 7 / 1978

Editor: Hisateru OKUNO

Progress of Molecular Beam Studies in Japan ..... Kumasaburo KODERA (1)

Chemistry in the Positive Philosophy of A. Comte ..... Kiyohe FUJII (9)

On the Analysis of the Drinking Water in the First Half of Meiji Era ..... Hisao SHIOKAWA (20)

A Brief History of Structural Chemistry on Indigo ..... Masaru OHSAKU, Hisao NEGITA (27)

Cannizzaro as an Organic Chemist and his Days ..... Matsui TAKEBAYASHI (32)

Career and Academic Achievements of the Late Dr. M. Kotake ..... Hisashi KUBOTA (34)

Review of Studies of John Dalton (1766-1844) ..... Yoshito HIJIOKA, Masao UCHIDA, Kotayo TOKUMOTO, Toshie KOMINE (46)

The Japanese Society for the History of Chemistry

C/O UCHIDA ROKAKUHO PUBLISHING CO., LTD.

1-2-1, Kudankita, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan 102

## 我国における分子線による研究の発展

小寺 熊三郎

### 1. はじめに

分子線(molecular beam)という言葉はまだ一般には必ずしもなじみの深い言葉とは思われないので、先づその意味を簡単に説明しよう。これは真空中につくられた原子または分子(以下粒子といふ)の流束であって、その特長はすべての粒子が同一方向に運動し、相互の衝突がない、器壁その他の表面に衝突するまで直進するということである。分子線<sup>1</sup>を最初に実現したのはフランスのDunoyerで1911年のことである<sup>1</sup>。彼は二つのくびれでA, B, Cの3室に別けたガラス管を縦位置に置いて排気し、A室にナトリウムを入れ外部から熱して気化させた。ナトリウムの蒸気圧を充分低く保つと二つのくびれを通ったナトリウムの原子は直進して上部の冷却した器壁に衝り、ここに付着する。装置の寸法と付着したナトリウムの形状からナトリウム原子の空間における直進運動を証明した。(第1図)

このようにして得られた分子線は運動方向は一様であるが運動速度は分子線源の温度で定まる速度分布を持っている。理想としては運動速度のみでなく、内部エネルギー、異方性の分子では分子軸の方向もすべて均一であることが望ましい。最近は技術の進歩によりある程度これららの理想に近づきつつある。また、粒子のエネルギーも熱エネルギーから数KeVに至る範囲のものが得られるようになった。

### 2. 分子線の応用

分子線の応用としては大別して3つの分野が考えられる。

第一は分子線を構成する粒子それ自身の電気的、磁気的性質の解明である。すなわち外部から与えた電気的、磁気的作用による進路の偏倚よりこれを解明ができる。

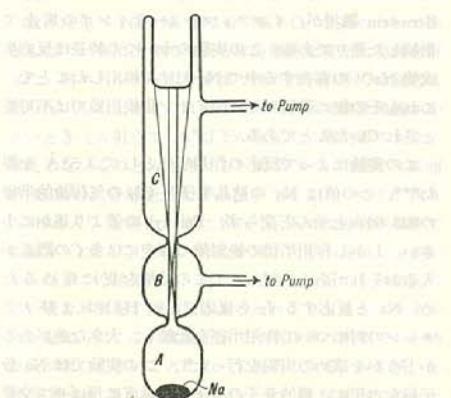
第二は他の粒子との相互作用、いいえれば衝突の研究である。衝突には弹性衝突と非弹性衝突と考えられ、前者は粒子間にエネルギー交換のない衝突で、分子間ポテンシャルの精密決定に利用される。後者は励起(回転、振動、電子状態)、イオン化、反応(成分粒子の組換え)の起る衝突で、分子線法はそれぞれの研究に用いられる。化学者として最も関心の高い分野である。

第三は分子線と固体表面との相互作用である。清浄表面における分子線の反射、回折、吸脱着、吸着分子との反応、表面との反応、表面イオン化などが近年盛んに研究されるようになった。

以上は相互作用の相手として中性の粒子を考えたが、イオンビーム、電子ビーム、光などとの相互作用も研究されている。この方法の利点としては規制されたエネルギー状態の原子、分子と標的との相互作用の結果を直接的に観測できることである。欠点としては分子線は粒子密度が非常に小さく、通常の方法で得られるものの密度は圧に換算すると $10^{-7}$  torr程度であるため、真空容器の残留気体の圧と余り変わらないことが多く、しかも中性粒子であるため検出が困難なことがある。

### 3. 発展の歴史

主として我国における発展を初期から1960年代位までについて諸外国のそれと比較しながら述べる。それ以後



第1図 A: 分子線源室, B: コリメーター室, C: 観測室

は諸外国においては非常に盛んに研究されるようになり、多くの貴重な成果が得られているが、これは歴史というよりむしろ現状というべきものである。極く簡単に述べるに止める。ただし、我が国でこの研究を行ったのは佐々木教授が始まる我々の研究室のみであるから以後の記述はすべて我々の得た結果である。

上述した Dunoyer の実験以来その有用性が注目され、彼自身ナトリウム原子の D 線の照射による共鳴励起の寿命を測定しようとしたが、余り短かく当時の技術では不成功に終った。成功した最初の有名な実験は Stern-Gerlach の実験 (1921~1922)<sup>21</sup> で、銀原子の磁場での空間量子化を証明したもので、第一の分野に属する。

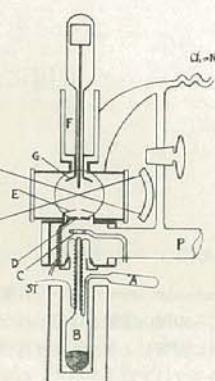
我が国で最初に分子線実験を試みたのは京都大学理学部の城野 (1927)<sup>22</sup> で、Na の分子線と I<sub>2</sub> の分子線を交差させて衝突させ、Na + I<sub>2</sub> → NaI の反応機構を明らかにしようとしたものである。先づ Na と I<sub>2</sub> の分子線を Dunoyer の装置に似た装置で別々につくったが、実験が困難であったため分子線を交差させるまでには到らなかった。

本格的に分子線の実験に取組んだのはやはり京都大学理学部化学科の佐々木申二教授で、1930 年頃より始められたものと思われるが、その成果が学術雑誌に発表されたのは 1936 年以後である。最初に試みたのはナトリウムとハロゲンの反応で、その動機は当時 M. Polanyi が希薄炎法で Na と Cl<sub>2</sub> および I<sub>2</sub> の反応を研究し、反応速度は気体論による衝突半径で衝突が起るとしたときのそれぞれ 6.8 倍および 12 倍であると発表したことにある<sup>23</sup>。しかし Polanyi の方法は間接的であるため、分子線法によって直接的に衝突半径を決めようとした。

先づ Na + Cl<sub>2</sub> → NaCl + Cl の反応をとり上げた<sup>24</sup>。当時の実験装置を第 2 図に示す。B にナトリウムを入れ、炉の中へ入れて外部から加熱する。生じたナトリウム蒸氣は加熱された管を通り先端の孔から真空容器中に噴出する。更に D のスリットを通して上室へ入り分子線となる。この室は右上から入れた低圧の Cl<sub>2</sub> で充たされている。Cl<sub>2</sub> と衝突した Na は反応して NaCl となり進路から外れ、未衝突の Na は直進する。従ってこの室内で距離 l を通過した点で Na 分子線強度を測り、真空のときの強度が I<sub>0</sub> であったものが塩素を入れたとき減衰して I となつたとする。

$$\begin{aligned} I &= I_0 \exp(-l/\lambda) \\ &= I_0 \exp(-nQl) \end{aligned} \quad (1)$$

となる。<sup>25</sup> λ は Na の平均自由行程でありこれより衝突半径を計算することができる。下式は衝突断面積 Q を表わしたものである。ここに A には容器内の Cl<sub>2</sub> の分子密度



第 2 図 塩素とナトリウムの反応装置

B: 分子線源室, D: スリット, G: 冷却板, DG 間が反応空間

である。ここで Na の分子線強度を測る問題が起る。それには図の左方からタングステンアーカーの光を照射し、右の反射鏡で分子線上に焦点を結ばせ、Na 原子の共鳴発光を直角の方向から観測することによってその部分の原子密度を求めた。この方法では反応生成物 NaCl は発光しないので Na 原子だけの密度を定めることができる。この装置はすべてガラス製で部分の接続には封ろうを用いたもので、現在の全ステンレススチール製の装置とは全く比較できない簡単なものであるが、実験に必要な条件は備えている。この実験は分子線を用いて化学反応を研究した世界最初の例であることは、先日東京で行われた IUPAC の大会で招待講演を行ったコロンビヤ大学の Bernstein 教授が、インフォーマルミーティングの席上で指摘した通りである。この実験の今一つの特長は反応生成物 NaCl の存在する中で Na だけを検出したことで、これもその後に発展した表面イオン化検出器では不可能とされていたことである。

この実験によって反応の作用半径として 3.53 Å を得た<sup>26</sup>。この値は Na の結晶半径と Cl<sub>2</sub> の気体論的半径の和 3.60 Å と殆んど変らず、Polanyi の値より遙かに小さい。しかし作用半径の絶対値の測定には多くの誤差があるおそれがある。従って、この結果を更に確認するため、Na と反応する I<sub>2</sub> と反応しない H<sub>2</sub>O およびナフタレンの対について作用半径を比較し、大きな差があるかどうかを確認する実験を行った<sup>27</sup>。この実験では Na 分子線を水平に、標的分子の分子線を垂直に飛ばせて交差させる交差分子線法を用いた。この際ナフタレン分子の半径は大きいと思われる所以直接作用半径を比較したの

### 我国における分子線による研究の発展 (小寺)

では有意な情報は得られない。従って、I<sub>2</sub> 対 I<sub>2</sub>, I<sub>2</sub> 対ナフタレン, I<sub>2</sub> 対 H<sub>2</sub>O の作用半径の比を求め、気体論的に既知の I<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O の半径を用い、作用半径の加成性を確かめたると共に、上記の対の半径を組合せてナフタレンの半径を出し、実測による  $(r_{I_2} + r_{Na})/(r_{Na} + r_{Na})$  と、上記の方法によって得た  $r_{Na}$  を用いた同様の比を比較した結果、実測値 0.945 に対し計算値 0.854 を得た。従って加成性が成立とした計算値より実測値の方がやや大きいが、用いた気体論値の信頼性や各測定の精度などを考慮するとこの程度の差から反応の作用半径が大きいという結論を出すことはできない。以上二つの実験から Polanyi の結果は間接的な測定法であるための誤差であろうと一応の結論を出した。

この頃になって熱タングステン表面でアルカリ原子がイオニ化されることが発見され、表面イオン化検出法が開発された。この方法は表面イオン化が殆ど 100% 行なわれるため感度がよく、直接電流として測られるために精度もよく、細い分子線と細い熱フィラメントを用いることによって分解能を上げることができる。上記装置が簡単であるのでアルカリ分子線に対しては理想的な検出法である。そこで我々もこの検出器を用いてアルカリと種々の気体分子（原子）との作用半径（衝突断面積\*\*\*\*）を精密に測り、反応の有無によって作用半径に差が見られるかどうかを確かめることを考えた。同じ頃海外ではイギリスの Fraser や Broadway<sup>28</sup>、アメリカの Mais<sup>29</sup>、Rosin と Rabi<sup>30</sup> 等によって同じような実験が行われたが、彼ら等はアルカリに対する希ガス、水素、水銀などの作用半径を求めたもので全く化学反応については考えていないかった。

我々は先づ Na + N<sub>2</sub> および Na + O<sub>2</sub> の系について測定した<sup>31</sup>。殊に後者については分解能を変えた実験を行った。熱エネルギーの分子線ではこれらの系では反応は起らないものと考えられる。Na + O<sub>2</sub> 系では分解能が小さいとき（入射点で 4.8°以下の散乱では検出器に入り、散乱しないものとみなされる）衝突半径 3.80 Å（断面積 45.3 Å<sup>2</sup>）、分解能が大きいとき（同上<sup>32</sup>）では 6.18 Å（119.9 Å<sup>2</sup>）を得た。また Na + N<sub>2</sub> 系では後者の条件で 6.46 Å（132 Å<sup>2</sup>）を得、両者の間に大差がないことがわかった。この結果から、反応を起きない系でも分解能のよい場合、衝突半径は気体論のそれよりも遙かに大きいことを知った。これは量子論では剛体球の衝突でも小角散乱が著しく多いことによって説明できる。同じ頃、上述の Fraser 等も分解能が高いときには気体論よりも大きな衝突半径を与えることを示している。

度  $n$ 、すなわち圧の測定が重要である。我々は McLeod 真空計を使って直接圧を測定した。① 式から  $I_0/I$  の対数を散乱気体圧に対してプロットすると原点を通る直線となるはづである。ところが得られたプロットは常に圧力軸を負の位置で切る直線となった。我々はこれを真空計中の水銀蒸気が散乱室へ入ることを防ぐためにその中に置かれた冷却トラップによるポンプ効果と考えた。すなわち真空計中の水銀蒸気がトラップへ流れ捕捉されるためにポンプ効果が起り、真空計中の圧は常に散乱室よりポンプ効果による分だけ低いと考えた。従って直線の斜傾から衝突半径を計算した。約 20 年後、分子線法によって得られた衝突断面積から求めた van der Waals 引力の定数が理論値と一致しないことが問題となり、これがトラップのポンプ効果によることが明らかになった。このことを考えるとトラップのポンプ効果について、当初にもっと充分な解明をしておくべきであったと思われる。

上述の実験によって分解能の重要性が明らかになった。古典力学によれば相互作用の働く粒子間の衝突半径は分解能を上げる程大きくなり、極限では無限大となる。しかし量子力学ではある分解能以上では一定の有限値を持ち、決して無限大とはならない。そこで更に分解能を上げた測定を行った<sup>33</sup>。この実験では分子線の幅を 0.01 mm とし、検出器のタングステン線は半径 0.01 mm のものを用いた。これによると 2.8 cm 距離た検出器は約 1.3° の角度持つことになり大きな分解能が得られる。この装置によってカリウムの分子線を用いて得られた結果を第 1 表に示す。用いた散乱気体中カリウムと反応するものは塩素のみである。得られた衝突半径を気体論値と比較すると H<sub>2</sub> が 1.5 倍となっている他は全部 2.2 倍になっている。Cl<sub>2</sub> が特に大きいという現象は見られない。従って、この方法で得られる衝突半径は van der Waals 引力の及ぶ範囲を示すもので反応衝突の半径はもっと小さいものと結論した。

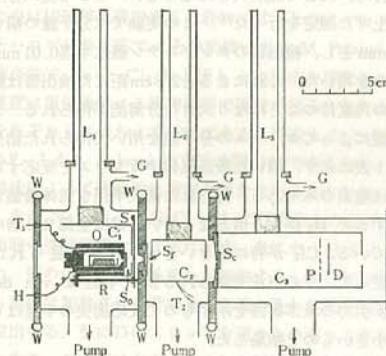
第 1 表

分子線 散乱 気体	実験 値 R Å	古典気体論値			比 $R/R_K$
		$r_K$ Å	$r_G$ Å	$R_K = r_K + r_G$ Å	
K	H <sub>2</sub>	7.43	3.6	1.4	5.0
K	N <sub>2</sub>	12.2	3.6	1.9	5.5
K	O <sub>2</sub>	12.1	3.6	1.8	5.4
K	Ar	12.0	3.6	1.8	5.4
K	Cl <sub>2</sub>	13.5	3.6	2.5	6.1

以上は第二次大戦前に実験を行ったが、戦争中は

① (1) 式から明らかなように、この実験では散乱気体の密

中断のやむなきに到った。戦後になっても研究費と研究資材の不足が続いたが、再び分子線の実験に取組る決心をした。当時衝突断面積の衝突速度依存性を測定したいと考え、その新しい測定法も考えていたが、周囲の環境から到底不可能であるとの判断から、可能な研究を行うという考え方で、扱い難い反応性の気体を除き、安定な気体について更に精密に衝突断面積を求ることとした。今回はナトリウムの分子線を用い、散乱気体として He, Ne, Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, NO および CO<sub>2</sub> を用いた<sup>11</sup>。分解能をできるだけ上げるために努め約 41° とした。この値はそれ以前のどの実験よりも小さい。また、今までの装置では散乱気体中の 2 ヶ所で分子線強度を検出し、その間の減衰を測っていたが、この方法では検出器の直前で散乱された粒子はかなり大きな散乱を受けたものまで検出器入り、分解能があいまいになる。そこで今回の装置では散乱室中にガスを入れ、この中の分子線の減衰を、散乱室出口からある距離をおいた検出器で測ることにした。(第 3 図) この方法では分解能は明らかになるが、散乱室には分子線の通過するスリットがあり、そこから流出する散乱気体の補正が必要となる。この点については次の実験で対策を講じた。



第 3 図 衝突断面積測定の分子線装置

O: 分子線源室, S<sub>0</sub>: 分子線形成スリット, D: 検出用タングステン線, L<sub>2</sub> の下の室が散乱室。

この実験の結果を第 2 表に示す。結果は断面積で示してある。前のカリウムと O<sub>2</sub> および N<sub>2</sub> の実験に較べ、断面積が更に著しく大きくなっている。分解能から考え、この値はほぼ界限値と考えてよい。この値から分子間引力を van der Waals 力、すなわち分子間ポテンシャルが

第 2 表 衝突断面積の測定結果

分子線	散乱気体	気体温度 K	断面積 Å <sup>2</sup>
Na	He	108	144
Na	Ne	108	219
Na	Ar	107	483
Na	H <sub>2</sub>	102	227
Na	N <sub>2</sub>	107	515
Na	CO	109	515
Na	O <sub>2</sub>	108	491
Na	NO	109	515
Na	CO <sub>2</sub>	201	642

$$V(r) = -\frac{C}{r^6} \quad (2)$$

で表わされるとしたときの C 値が求められる。この論文では C を求めていないが、Bernstein がこの値から C を求めるとは理屈で近い値が得られることを述べている<sup>12</sup>。上述したように当時の分子線実験によって得られた C はすべて理論値より大きかったが、この実験でその一致を見たのは散乱気体圧測定に冷却トラップのポンプ効果が入らないような工夫をしたためと思われる。この仕事は後に断面積の速度依存性を測定する所まで発展するが、比較的最近のことになるので、再び戦前の他の研究について述べることにする。

1925 年 Franck<sup>13</sup> はハロゲン分子がその連続スペクトル部の光を吸収すると直ちに基底状態と励起状態の原子に分解することを示した。

$$I_0 + h\nu = I + I^* \quad (3)$$

この実験は多くの光化学反応の機構を説明するのに役立った。しかし、直接光化学分解を起すかどうかについての証拠は充分ではなかった。また、Turner<sup>14</sup> はヨウ素蒸気が光に照射された後励起原子が存在すること、Senftleben<sup>15</sup> らはヨウ素蒸気の熱伝導率が増すことを観測しこれを粒子数の増加で説明した。しかし、これらの実験は光を照射されたヨウ素分子が他の分子や器壁との作用なしに直接分解することを示すものではない。そこで佐々木研究室では西堀が分子線を用いてヨウ素分子が直接分解することを証明しようとした<sup>16</sup>。もし光を照射されたヨウ素分子が他の分子や器壁との作用なしに直接分解するならば、生じた原子は互に反応して分子線から離れ、分子線強度はそれだけ減少するはずである。一方 Kröger<sup>17</sup> も同じような実験を行っている。彼は熱放射の直接吸収による熱分解を証明しようとして 1300 K に熱した白金の管の軸に沿ってヨウ素分子線を通した。結果

### 我が国における分子線による研究の発展(小寺)

は否定的であったが、熱分解温度に対応する赤外放射は I<sub>2</sub> のような極性のない分子に直接吸収されて振動励起することはないので当然の結果であろう。

西堀の実験はカーボンアーキ灯を光源として行なわれた。ヨウ素の分子線強度は石英の細線でつるしたねじり秤で測った。検出感度から期待される秤の振れは予め計算したが、実験結果はかなりよく一致し、ヨウ素分子は他の分子や器壁と衝突することなく、10<sup>-4</sup> 秒以内に直接分解することが示された。

ヨウ素分子の光分解は 5000 Å 以下の波長の光で起る。これ以上の波長の光ではヨウ素分子は電子的に励起され II 状態となり約 10<sup>-8</sup> 秒以内に光を放射して基底状態 II 状態になる。木村ら<sup>18</sup> はこのとき分子は v=0~96 の高い振動状態にあることを見出した。従って、この方法によって基底状態のヨウ素分子の高い振動状態のものが得られる。

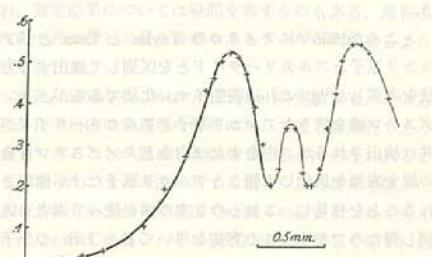
この現象を利用して佐々木研究室では高い振動励起状態にあるヨウ素分子と水銀分子との衝突作用半径を測定した。<sup>19</sup> ヨウ素分子線は水平に、水銀分子線は垂直に飛ばして交差した。分子線の通路は液体空気で冷却した銅板で囲んで高真空中に保った。光源としてはカーボンアーキ灯を用い実験は次の順序で行った。(1) 水銀分子線のない時のヨウ素分子線強度を測る。(2) ヨウ素分子線に光をあてて強度を測る。(3) ヨウ素分子線に水銀分子線を交差させてヨウ素分子線の強度を測る。(4) ヨウ素分子線と水銀分子線を交差させ、光をあててヨウ素分子線の強度を測る。光により II 状態に励起された分子は直ちに分解するが、振動的に励起された II 状態の分子は他の分子と衝突するまで脱励起されないのでその濃度は定常状態になるまで増加する。

測定により  $r^*/r = 1.96$  を得た。  $r^*$  はヨウ素分子が振動励起されたときの水銀原子との作用半径、  $r$  は励起されないときのそれである。気体論的に得られた水銀原子の半径 1.82 Å と、ヨウ素分子の半径 2.23 Å を上の比の値に入れると、励起状態のヨウ素分子の半径は 5.72 Å となり、基底状態の 2.56 倍になるとになる。平均振動状態がかなり高いので多少大きな作用半径を持つことは予想できるが、上記の値は余りにも大き過ぎる。著者の一人は、化学反応が分子間ポテンシャルに何等かの影響をおよぼし、簡単な加成性が成立しないのではないかとの推測を述べているが、現在の分子間ポテンシャルや素反応機構の知識から見れば必ずしも納得し難い。実験全体を見直す必要があるのではないかと思われる。

分子線実験で最も困難な問題はその検出、強度測定法である。普通の熱エネルギー分子線では分子線源から約

1 m の距離では分子密度を圧に換算すると約 10<sup>-8</sup> torr になるにすぎない。当時の分子線は長さ 10 cm 以下であったから強度は距離の自乗に逆比例するので 10<sup>-6</sup> ~ 10<sup>-5</sup> torr であったと考えられる。当時の真空装置内の圧は 10<sup>-6</sup> torr 程度であったので分子線強度の測定の困難さは想像できるであろう。ただ表面イオン化検出器はアルカリ原子に対して効率 100% であり、電流として測定できるので非常に有利であった。容器中の残留気体をイオン化しないのも有利な点である。しかし、ヨウ素分子線などには使用できない。そこで質量分析計を使うことを試み、水銀分子線についてある程度の成果を得たが他に応用するには至らなかった<sup>20</sup>。これは残留気体と分子線分子とを区別できる点で有力な検出器であることが期待された。現在アルカリ原子以外の分子線の測定にはすべて質量分析計(主として 4 棒マスフィルター)が用いられていることから、優れた着眼点であったと思われる。しかし現在の質量分析計法は二次電子倍増管と勝れたエレクトロニクスの技術によって支えられていることを考慮すると、当時の技術では質量分析計に余り大きな期待をかけることはできなかつたかも知れない。

さて話題を再び衝突作用半径(断面積)にもどそう。衝突断面積は衝突の際の 2 粒子の相対速度によって変ることは理論的に早くから知られていた。しかし、実験は熱運動によってスリットから出てくる分子線を使うため、Maxwell の速度分布を持った分子の平均値が得られるにすぎない。佐々木研究室では先づ分子線分子の速度分布を測定しようと回転円筒を造った。これは 1930 年以前のことと思われる。しかし当時は真空装置はガラス製で小さく、その中で大きな円筒を回すことは不可能で実験を行なう到らなかった。しかし、1938 年ナトリウム分子線を不均一磁場を通して偏向させ第 4 図のような結果を得た<sup>21</sup>。これは Stern-Gerlach の実験と全く同じく、ナトリウム原子がそのスピンによって左右に偏向し



第 4 図 不均一磁場で分散されたナトリウム分子線。右の曲線は実測値、太い実線は計算値

たものである。中心の小さい極大は磁性を持たない  $\text{Na}_2$  分子である。左右の原子の広がりは Maxwell の速度分布によるものである。これは速度による分散であるからその一部を細いスリットを通して取り出せば、狭い速度幅を持った分子線が得られる。これを水銀分子線と交差させ、スリットの位置を変えることによって速度による衝突断面積の変化を調べようとしたが、この実験は戦争のために中止された。

以上は中性の粒子線のみを扱った実験であるが、電子衝撃による水素分子の分解も研究されている。これは水素分子軸に対し電子が衝突するときの角度による分解確率の変化を見ようとしたものである<sup>23</sup>。すなわち水素分子を数  $10\text{eV}$  の電子で衝撃すると分子は  $2p^2\Sigma$  状態になる。この状態のポテンシャル曲線は強い反発状態であるから直ちに分解して  $\text{H}$  と  $\text{H}^+$  になる。この反跳エネルギーは  $\sim 15\text{eV}$  以上もあるため  $\text{H}$  と  $\text{H}^+$  とは励起されたときの分子軸の方向とほとんど変わらない方向へ進む。従って、水素分子線を電子で衝撃し、生じた  $\text{H}^+$  の衝撃電子方向に対する角分布を測れば、 $\text{H}^+$  の来た方向がほぼ分解時の分子軸方向に考えられるので、電子衝撃による分解の分子軸に対する角度効果が求められる。結果は理論計算とよく一致した。これは分子軸を一定の方向にそろえなくても方向による反応性が見られる巧妙な方法である。

以上は文献(12)を除いてすべて戦争前の研究である。

#### 4. 戦後の発展

この分野の最近の進歩は著しく詳細に述べることは不可能であるから、戦後でも比較的古い時代を中心として簡単に述べることにする。

海外においては分子間相互作用の研究は Rosin と Rabi<sup>24</sup> 以来殆んど行なわれていなかった。化学反応への応用は全くなされなかつたといつても過言ではないだろう。

ところが1955年にアメリカの Taylor と Datz とがアルカリ原子とアルカリハライドとを区別して検出する方法を考案した<sup>25</sup>。これは表面イオン化法であるが、タンゲステン線を使うとアルカリ原子とアルカリハライドと共に検出されるが、白金または白金とタンゲステン合金の線を表面を炭化して使うとアルカリ原子だけが検出されることを発見し、これらの2つの線を使って両者を区別し得たのである。この方法を用いて  $\text{K}$  と  $\text{HBr}$  の分子線を交差させ  $\text{K}+\text{HBr} \rightarrow \text{KBr}+\text{Br}$  反応の  $\text{KBr}$  の角分布を測定することに成功し、その反応機構について論じた<sup>26</sup>。以後急速にアメリカ、ドイツ、更にイギリスその

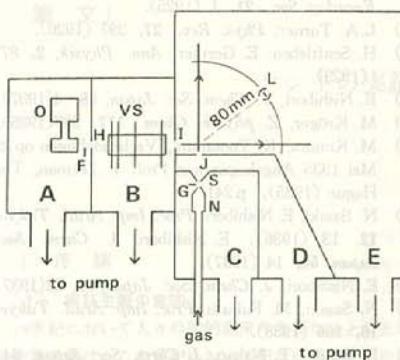
他諸国でこの種の研究が行なわれ、単に角分布だけでなく、生成物のエネルギー分布、反応断面積の衝突速度依存性、分子軸の方向と反応性など多くの情報が得られ、詳細な反応機構が論じられている。また Polanyi の大きい反応断面積も、等極性の分子間ポテンシャルとイオン性の分子間ポテンシャルの交点で電子移動が起り反応が起るとして説明できるようになった。

我々の研究室では戦前の研究の発展として文献(12)の研究を行ったことはすでに述べた。この研究までは分子線は熱運動による速度分布を持ったものを用いたが、この頃から速度選択を行った分子線が用いられるようになった。そこで Hostettler, Bernstein その他<sup>27</sup>が開発したものと同様の回転式速度選択器を造った。これは歯車状の数枚の円板を位相を少しづづらして一軸に固定したもので、一定の回転数では一定の速度の分子のみが通過し得る。我々の製作したものは 25,000 rpm で 1,500 m·sec<sup>-1</sup> の速度の分子が通過し得る。速度分解能は 3.69% である<sup>27</sup>。これを用いて衝突断面積の速度依存性を求め、それより分子間ポテンシャルの形を求めた。この実験では散乱室の分子線出入口からの散乱気体の流出のため、散乱を受ける部分の長さが不明確になるのを防ぐため、散乱室の長さを可変にすることによって不明確な部分を消去することに成功した。実験はカリウム原子線を用い希ガスを標的気体とした<sup>28</sup>。Ar, Kr, Xe の場合は断面積の速度依存性より分子間引力ポテンシャルは van der Waals 形、すなわち  $V(r) = -C/r^6$  であることが明らかになった。また、 $C$  の値は Ar, Kr, Xe につきそれぞれ 231, 337,  $515 \times 10^{-40}$  erg·cm<sup>6</sup> となり Dalgarno-Davison の理論値、それぞれ 260, 380,  $600 \times 10^{-40}$  erg·cm<sup>6</sup> とかなりよく一致する。絶対値には誤差があり易いので Ar を 1 とした相対値をとると、実験値 1.00:1.46:2.23 に対し理論値 1.00:1.46:2.30 となり一層その一致がよくなる。さらに K-Xe 系では断面積の速度変化の波形から、斥力をも考慮した Lennard-Jones 形ポテンシャル

$$V(r) = \epsilon \left[ \left( \frac{r_m}{r} \right)^{12} - 2 \left( \frac{r_m}{r} \right)^6 \right] \quad (4)$$

のパラメーター、すなわち  $r_m$ : ポテンシャルが極小になる分子間距離、 $\epsilon$ : そのときのポテンシャル井戸の深さを次のように定めることができた。 $r_m = 4.7\text{\AA}$ ,  $\epsilon = 2.3 \times 10^{-14}$  erg この実験は更に簡単な分子についても行なわれているが、一応当初の目的を達したものと考えられる。

次に試みたのが被散乱分子の角度分布、すなわち微分断面積の測定である。それには交差分子線法が必要であって、第5図に示す装置を造った。これは全金属製の大



第5図 交差分子線装置

O: 分子線源, H, I, J: スリット, N: ノズル, VS: 速度選器, L: 検出器

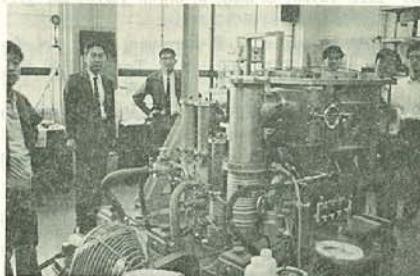


写真1 第5図の装置の外観

きな装置で、速度選択器を備え交差分子線には大きな強度が得られるノズルビームが使用できるようになってい。戦直後につくられた第3図の装置に比較していかに大きいかは写真1によって明らかであろう。この装置によって  $\text{K}+\text{COS}$  よび  $\text{K}+\text{CS}_2$  系を測定し、Lennard-Jones ポテンシャルの  $r_m = 5\text{\AA}$  としたとき、 $\epsilon$  は  $\text{K}+\text{COS}$  では  $0.37 \text{ kcal} \cdot \text{mole}^{-1}$ 、 $\text{K}+\text{CS}_2$  では  $0.41 \text{ kcal} \cdot \text{mole}^{-1}$  を得た<sup>29</sup>。

反応の研究としては  $\text{O}+\text{NO}$  と  $\text{H}+\text{NO}$  の化学発光反応を交差分子線を用いて研究した<sup>30</sup>。前者はよく研究されており<sup>31</sup>、三体衝突でできた励起  $\text{NO}_2$  の発光であるとされている。しかし低圧では  $\text{NO}+\text{O}=\text{NO}_2+h\nu$  の二体反応も起るといわれている<sup>32</sup>。一方、大気上層の O 原子の濃度を測定するためロケットより NO を放出したところ、異常に強い発光が見られた。O この機構を説明するため、原子を導入した風洞に NO を噴出する大がかりな実験が行なわれ、観測された強い発光は NO を断熱的に膨張させたときに生ずる NO のクラスター

と Oとの二体衝突による励起  $\text{NO}_2$  の生成によることがわかった。我々は三体衝突の寄与がないことを証明するため、O分子線とノズルから噴出した NO とを交差させた。その際 NO のクラスターの生成を避けるため、ノズル内の圧力を低く保った。NO 源の温度が常温であるときは発光は見られないが、NO 源を冷却すると強い発光が見られた。発光スペクトルは從来観測されたものと同じであった。我々はこれを低温による二量体の生成  $2\text{NO} \rightleftharpoons \text{NO}_2$ <sup>33</sup> により、二量体と O 原子の二体衝突による励起  $\text{NO}_2$  の生成であると解釈した。H+NO 系においても NO 源を冷却したときのみ発光が見られた。我々は第三の分野、分子線と固体表面との相互作用についても研究を行った。

一つはカリウム原子線の熱タンゲステン表面におけるアルカリ原子のイオン化と滞在時間である。これはアルカリ分子線の飛行時間測定のための検出器として表面イオン化法が使用できるかどうかを判定するために始めた実験であるが、それ自身研究として発展した。タンゲステン表面の温度と滞在時間との関係から、イオンの脱離エネルギーを決定した<sup>34</sup>。

また、カリウム原子線のイオン結晶および石英ガラス面からの反射の研究も行ない、固体表面への極初期の付着と脱離に対して新しい知見を得た<sup>35</sup>。

#### 4. おわりに

以上佐々木教授に始まる我々研究室での分子線による研究の概略を述べた。戦前においては海外では分子線を用いて化学反応を研究した例は殆どないにかかわらず、佐々木研究室では多くの独創的研究がなされた。殊にアルカリとハロゲンの反応は1955年以降多くの研究者により上げられた重要なテーマである。測定法において多くの独創性が見られるが、当時はエレクトロニクスや真空技術において現在とは格段の差があったため、測定結果については疑問を残すものもある。現在の技術で再検討して見る価値のあるテーマが沢山あるよう思われる。

戦後は1955年の Datz と Taylor の実験以来、この方法が化学反応の素過程の解明に対して最も直接的であり有力であることが認められ海外では盛んに行なわれるようになつた。また表面に対する相互作用の研究も盛んである。にもかかわらず我が国では我々の研究室以外で殆ど行なわれていない。その原因は実験が難しく簡単に結果が得られないこと、多額の費用がかかると信ぜられていましたなどが主な理由と考えられるが、戦前は世界をリードしていたこの分野で、現在は遙かに遅れをとつて

いるのは、この分野の重要性にかんがみ残念である。しかし、若い研究者も育ちつつあり、一般にもその重要性が認識されつつあるので、今後再び華ばなしく発展することを期待する。

## 注

- \* 原子からなるときは原子線といふこともあるが、原子と分子が混合していることもあるのでここで統一して分子線を用いる。
- \*\* 実際には散乱室の分子線沿いの2点で強度を測定し、その間の減衰を測ったが、ここでは簡単に原理を説明するため、散乱室内の減衰として述べた。
- \*\*\* 3.53 Åは計算に誤りがあり、これを正すと5.01 Åとなった。これは気体論値よりかなり大きいが、Polanyi の値よりは遙かに小さい。
- \*\*\*\* 作用半径は2分子が相互作用を及ぼすときの重心間の距離、これを半径とした円の面積が衝突断面積である。球形の同一粒子の衝突断面積は1ヶの粒子の断面積の4倍となる。

## 文 献

- 1) L. Dunoyer, *Compt. rend.*, **152**, 592 (1911).
- 2) O. Stern, *Z. Physik*, **7**, 249 (1921); W. Gerlach, O. Stern, *Ann. Physik*, **74**, 673 (1924); **76**, 163 (1925).
- 3) W. Jono, The Sexagint, Dedicated to Professor Y. Ossaka, 273 (1927).
- 4) M. Polanyi, *Z. physik. Chem.*, B1, 3 (1928); "Atomic Reactions" William and Norgate, London (1932).
- 5) N. Sasaki, E. Nishibori, H. Uchida, *J. Chem. Soc. Japan*, **57**, 1277 (1936).
- 6) E. Nishibori, *J. Chem. Soc. Japan*, **57**, 1291 (1936).
- 7) J. Fraser, L.F. Broadway, *Proc. Roy. Soc. (London)*, A **141**, 626 (1933).
- 8) W.H. Mais, *Phys. Rev.*, **45**, 773 (1934).
- 9) S. Rosin, I.I. Rabi, *Phys. Rev.*, **48**, 373 (1935).
- 10) N. Sasaki, E. Nishibori, G. Kondo, K. Kodera, *J. Chem. Soc. Japan*, **57**, 1284 (1936).
- 11) K. Kodera, *J. Chem. Soc. Japan*, **65**, 645 (1944); **66**, 52 (1945); **67**, 80 (1946).
- 12) K. Kodera, T. Tamura, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **31**, 206 (1958); **34**, 566 (1961).
- 13) R.B. Bernstein, "Atomic Collision Process", Proc. ICPEAC, London (1964), p.895.
- 14) J. Franck, *Z. Physik*, **31**, 411 (1925); *Trans. Faraday Soc.*, **21**, 1 (1925).
- 15) L.A. Turner, *Phys. Rev.*, **27**, 397 (1926).
- 16) H. Senftleben, E. Germer, *Ann. Physik*, **2**, 877 (1929).
- 17) E. Nishibori, *J. Chem. Soc. Japan*, **58**, 4 (1937).
- 18) M. Kröger, *Z. physik. Chem.*, **117**, 387 (1925).
- 19) M. Kimura, K. Tonomura, Verhandelingen op 25 Mei 1935 Angebogen aan Prof. P. Zeeman, The Hague (1935), p.241.
- 20) N. Sasaki, E. Nishibori, *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **12**, 13 (1936); E. Nishibori, *J. Chem. Soc. Japan*, **58**, 14 (1937).
- 21) E. Nishibori, *J. Chem. Soc. Japan*, **58**, 22 (1937).
- 22) N. Sasaki, M. Fukuda, *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **16**, 166 (1938).
- 23) N. Sasaki, T. Nakao, *J. Chem. Soc. Japan*, **64**, 271; 278; 388 (1943).
- 24) S. Datz, E.H. Taylor, *J. Chem. Phys.*, **25**, 389 (1956).
- 25) E.H. Taylor, S. Datz, *J. Chem. Phys.*, **23**, 1711 (1955).
- 26) H.U. Hostettler, R.B. Bernstein, *Rev. Sci. Instrum.*, **31**, 872 (1960); S.M. Trujillo, P.K. Rol, E.W. Rothe, *ibid.*, **33**, 841 (1962).
- 27) K. Kodera, I. Kusunoki, *Oyobutsuri*, **38**, 20 (1969).
- 28) I. Kusunoki, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **44**, 2067 (1971); **46**, 1432 (1973); K. Kodera, I. Kusunoki, A. Sakiyama, Y. Kawai, *Mass Spectroscopy*, *Japan*, **19**, 179 (1971); K. Kodera, I. Kusunoki, A. Sakiyama, *ibid.*, **20**, 35 (1972).
- 29) I. Kusunoki, Y. Mito, K. Kodera, *Chem. Letts.*, 683 (1973).
- 30) T. Ibaraki, I. Kusunoki, K. Kodera, *Chem. Letts.*, **309** (1972); **317** (1973); T. Ibaraki, K. Kodera, I. Kusunoki, *J. Phys. Chem.*, **79**, 95 (1975).
- 31) H.P. Broida, H.L. Schiff, T.M. Sugden, *Trans. Faraday Soc.*, **57**, 259 (1961); A. Fontijn, C.B. Meyer, H.L. Schiff, *J. Chem. Phys.*, **40**, 64 (1964).
- 32) R.R. Reeves, P. Harteck, W.H. Chace, *J. Chem. Phys.*, **41**, 764 (1964); K.H. Becker, W. Groth, D. Thran, *Chem. Phys. Letts.*, **6**, 583 (1970).
- 33) C.E. Dinerman, G.E. Ewing, *J. Chem. Phys.*, **53**, 626
- 34) K. Isa, *Mass Spectroscopy*, *Japan*, **21**, 61 (1973).
- 35) S. Tomoda, I. Kusunoki, K. Kodera, *Chem. Letts.*, **689** (1973); S. Tomoda, K. Kodera, I. Kusunoki, *Surf. Sci.*, **45**, 657 (1974).

## 〔論 文〕

コントの実証哲学における化学<sup>1)</sup>

藤井清久

(東京工業大学工学部教育研究室)

## I. 序 論

## (1) 実証主義の意味

19世紀において人々の知的潮流の主要なひとつとなつた実証主義は、この世紀において新たに創造されたものではなく、それ以前の諸思想の合流点と考えるべきものである。したがって、実証主義はよくいわれるようフランスの哲学者コント (A. Comte, 1798-1857) の独創した思想ではなく、かれはこの時代に結実しつつあった思想のすぐれた組織者にすぎない。実際、実証主義の全貌をとらえようとするならば、きわめて少なく見積ってさえ、17世紀のいわゆる科学革命期ごろより考察を始めなければならぬだろう。それゆえ、このように広い時代的拡がりをもつた思想を、まとまつて形で定義しようとするならば、少なからぬ困難に直面することは誰の目にも明白であろう。しかし、そのような困難を前提とした上でも、実証主義についての定義を簡単ながら考察しておくことは、議論を進めていくさいに有用であろう。ここでは、実証主義の定義について、諸説を簡単に検討することから始みたい。

まず思想史学者のチャーチルト (D.G. Charlton) は、「実証主義」(positivism) という用語の4通りの用法を指摘している<sup>2)</sup>。第一は歴史哲学および社会学的理論としての「社会的実証主義」、第二はコントおよびかれの支持者が唱えた「人間の宗教」としての「宗教的実証主義」、第三はコントの全思想体系、第四はチャーチルトがかれの著作で意図して用いたところの前二者を包括している知識理論としての哲学的実証主義。チャーチルトは、最後の意味をつぎのようなものと考えている。つまり、哲学的実証主義は、科学をわれわれが到達しうる唯一の型の知識のひな型として、またわれわれが実在について知りうることは、観察しうるもの、あるいは観察から正しく演繹できるものだけであると考える。いいかえれば、われわれが知りうるものは、現象および現象間の関係における継続の法則のみであり、われわれが知っていると主張できるものは経験的に証明できるものでなければならないと考える。

このチャーチルトの定義に関連して、同じく思想史家のサイモン (W.M. Simon) は、実証主義の意味をコントの思想体系に限定すべきであると主張し、実証主義を経験主義者による形而上学の拒否を意味する用語として用いることは、妥当ではあってもむだな定義であり、科学を諸学のひな型とする考え方、「科学主義」(scientism) とよぶべきだと主張している<sup>3)</sup>。また、歴史家のマンデルボウム (M. Mandelbaum) は、実証主義をコントやスペンサーらの「体系的実証主義」(systematic positivism) と T.H. ハックスリイやマッハの「批判的実証主義」(critical positivism) とに区別した上で、その両者を含む特質としてつぎの3点をあげている<sup>4)</sup>。第一は、形而上学がつぎのような誤った信念を前提としている、つまり観察や観察の一般化から直接的にもたらされるものよりももっと究極的な説明や解釈の原理をわれわれが発見できるという信念を前提としている、という理由にもとづく形而上学の拒否。第二は、もっとも進歩した科学が到達した説明形態に近づくにしたがって、われわれの知識の妥当性が増加するという信念。第三は、自然の解釈や科学的説明を、経験されたもの、あるいは経験しうるものに限定しようとする態度。これら3人の主張をまとめると、実証主義における経験主義的、あるいは現象論的、あるいは科学主義の要素が指摘されている。そのどれもが妥当であろう。実証主義には、これらの要素が包括されているのと考えるのが妥当で実証主義をこれ以上きちんと定義する必要はないであろう。むしろ、近代科学成立以後のひとつの時代精神を指す広い意味を含める用語として理解しておきたい。その時代精神とは、ガリレオが主張したような、認識の対象を物体の第一性質に限定して、価値の世界から身をひいて量の世界へ身を置こうとする行動であろう。コントの思想は、あきらかにガリレオのこの主張の延長線上にあり、その意味で実証主義の核心にふれているが、実証主義をコントの思想に限定してしまうことは、19世紀の実証的科学者のなかにコントの批判者さえいという歴史的脈絡から考えると、適当とは思われない。コントが後代の実証主義者から批判される点は、かれ自身の立論の仕方のなかに飛躍があ

ることや、かれの経験主義批判に関連した観察や事実についての解釈のあいまいさなどが考えられる。しかし、コントとかれの批判者とのどちらが眞の実証主義者なのか、簡単に結論は下せないであろう。実証主義は、現在それを考えるわれわれの思考方法にさえ影響を与えていたのだから。

## (2) コント主義思想の系譜

コントは、独創的な思想を構築したというよりも、思想を体系化したことによる大きな業績がある。したがって、コントの思想の多くは、先人の思想のなかに見出すことは容易である。なかでも、コントが後にたとえを分かつこととなつたかれの師サン=シモン (C.H. de R. Saint-Simon, 1760—1825) の思想には、コントがその直接的な影響を受けたかどうかについては思想史家のなかで議論が分かれているとしても、多くの共通点があることは否定できない。たとえば、マニュエル (F.E. Manuel) が、サン=シモンのいちじるしい思想的特質としてあげているものいくつか<sup>3</sup>、つまり、物理的現象を対象とする場合であれ、道徳的現象を対象とする場合であれ、すべての科学はその基礎に同じ单一の原理をもたねばならないとする一元論的信念、現象についての神秘的起源説や究極的原因説の排除、歴史の進歩についての信念と歴史の隠れた法則の探求、などはコントの実証哲学にも共通するものである。そもそも「実証哲学」という用語も、サン=シモンがすでに用いているものである<sup>4</sup>。ボアズ (G. Boas) は、コントの思想的系譜を考察して、コントの人間精神の発達についての有名な3段階法則が、テュルゴ (A.R.J. Turgot, 1727—1781) にその起源をもっていることを指摘している<sup>5</sup>。テュルゴは『宇宙史についてのふたつの議論への案』(Plan de deux discours sur l'histoire universelle, c. 1750)において、自然現象についての知識が、はじめは擬人的な神の作用の結果として、つぎには学者の抽象的な概念によって、そして近年にいたり数学的な取扱いが可能で実験的に証明できる仮説によって、理解できるようになったと述べていた。さらにボアズによれば、テュルゴのこの思想は、コンドルセ、ビュルダンおよびサン=シモン、そしてコントという系譜をたどった。コンドルセは、『人間精神の進歩についての歴史的展望の素描』(Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain, 1793—94) の冒頭において、人間精神の全体が世代を追って進歩し、個人における能力の進歩を支配するのと同じ法則に従うことを述べた。医師のビュルダン (J. Burdin, 1768—1835) は、科学が臆測から始まってはじめて進化したことを主張し、かれの意見はサン=シモンの理論にきつ

かけを与えた。サン=シモンは、科学の進歩にともなう社会の改良、複雑さの序列にもとづく科学の分類、想像上の>事実を観察事実に置き換えることによる科学の進歩などを論じた。コントの3段階理論は、こうした先駆的思想の系譜のなかで創案されたものだとボアズは推論している。サン=シモンやコントがコンドルセの思想に大きな影響を受けていたことはよく知られている。コントは、文明が自然法則によって縛られている漸進的な歩みに従うという事実を発見した人間、としてコンドルセの名をあげている<sup>6</sup>。グリーン (J.C. Greene) は、コントにおける人間の性質や有機体の研究に、生物学や生物学的類比が大きな役割を演じているにもかかわらず、かれの社会進化論には時を同じくして19世紀に生れた生物学的進化論、とくにラマルクの理論から着想をえた痕跡がみられないことを指摘している<sup>7</sup>。この事実は、科学をあらゆる知識のひな型とみなしたもののかわらず、コントの思想的源泉がテュルゴ、コンドルセらのフランス啓蒙思想にあることを示唆している。このことは、コントの思想の評価において見逃すことのできない点である。

## II. コントの実証哲学と科学

### (1) 実証的肯定的な哲学

コントが唱えた「実証哲学」(la philosophie positive)の意味は、かれが「実証的」(positif) という用語に与えた意味を考察することによって、容易に理解することができる。かれはこの用語の意味を六つの面から注釈している<sup>8</sup>。コントの説明によれば、第1にこの語は「空想的」(chimérique) に対立する「現実的」(réel) を意味し、神秘的なものを拒否する新しい哲学的精神を表現する。つぎにそれは「無用」(oiseux) に対立する「有用」(utile) の意味に用いられ、個人および集団としての人間の真の条件を不斷に改善するという目的を表現している。第三の常用的意味は、「不決定」(indécision) に対立する表現としての「確実性」(certitude) であり、古い時代の漠然とした懷疑や際限のない議論を捨て、個人としての論理的調和や人類としての精神的一致をつくり上げようとする傾向を表現する。第四の意味としては、「曖昧」(vague) にたいする「正確」(précis) を表わし、現象の性質が許す限りの正確度を求めるとする眞の哲学的精神を示すとコントは主張した。そして、とくにコントによって強調されている第五の意味は、「否定的」(négatif) の対立語として用いられた場合である。コントによればこの場合この語は、眞の近代哲学が本質的にいって破壊することではなく、「組織すること」を

目的としていることを示す。そして最後に、この語が新しい哲学精神の本質を示すものとして、「絶対的」(absolu) にたいする「相対的」(relatif) の意味があるとコントは述べた。コントにとってこれら六つのなかで、「実証的」という新しい用語がとくにふさわしいのは、最後の意味と密接に連関して考えられた第五の意味である。すなわち、この語が相対的という特性を含意するために、他のあらゆる教理にたいする否定性・排他性といつもいわしい獨善に犯されることなく、さまざまな特質の完全な実際的結合を可能にする「建設的」という意味をもっともよく表現している、とコントはいうのである。

コントは「実証的」という言葉の意味を、かれの有名な3段階説と対応させ、はじめの四つの一般的性格を神学的精神との主要な相違点として提示し、第五番目の意味をとくに形而上学的精神との対比において強調した<sup>9</sup>。コントによれば、神学的精神はかつては建設的役割を演じたことがあるのにたいして、形而上学的精神は、これまで批判的・否定的でしかありえなかった。しかしに新しい哲学精神は、たとえ真向から対立する理論でも決定的に否定するのではなく、その固有の価値をあるがままに判断し、建設的に組織していくという特性をもつものであり、その意味で「肯定的」である、というのがコントの主張であった。

このようなコントの主張は、ヘーゲルの哲学を頂点とする、現実を理性へ従属させようとする合理論的な形而上学への経験論的反撃であった。ヘーゲルにとって、事実そのものはいかなる権威をもつものではない。事実は、発展の包括的な過程において、理性によって媒介されているのである。それゆえ、実証哲学の主張からすれば、合理論的な形而上学は事実の可能性を探究するが、けっして事物の現実的な内容には達しない。その結果、あるがままの事物を説明することも正当化することもできない。一般に有限なものは本質的に否定性によって浸透されており、この否定性を克服していく過程においてのみ真なるものになる、というヘーゲルの主張は否定的(negative)な哲学であり、コントの肯定的(positive)な哲学と対立した。実証哲学は、現実を先驗的理性へ従属させるいかなる試みにも反対し、事実の尊厳を回復させようとした。それゆえ、コントは、人間の知的進歩の3段階法則において、実証の段階における思考の論理では、事実の單なる叙述に厳密に還元できないような命題は無意味である、と主張した<sup>10</sup>。

しかしそれにもかかわらず、そしてこのことがおそらくコントの思想にひとつの魅力を与える要因になっていると思われるが、コントの思想はまたヘーゲルの思想と少なからぬ共通点をもっていることが多くの論者によって指摘されている。たとえば、経済学者のハイエク (F.A. Hayek) は、以下の5点について、コントとヘーゲルの共通点をあげている<sup>11</sup>。第一は、経験主義的探究にたいする態度である。コントにおいてはそれが科学の全てであり、ヘーゲルにとっては科学とよぶべきものの範囲外であったといふ点で立場が異なるにもかかわらず、両者に共通しているのは、経験主義科学は観察できる現象の規則性を明らかにするだけの純粹に記述的な性質をもつだけだという信念であり、それが記述から説明へと進むうことを否定した現象論的立場である。第二は、かれらが社会研究の中心的な目的は、人間本性の必然的な発展形式としての人類の普遍的な歴史の構築であると考えた点である。人間精神の発展法則とはコントにあっては「自然法則」であり、ヘーゲルにあっては「形而上学的な原理」であった。第三に、かれらにとて社会は有機体であり、社会的進化が経なければならない段階は、個人が成育の過程で経なければならない段階と類似された。第四はかれらの歴史理解における共通性である。コントにとっては、人類の発展の3段階法則として、ヘーゲルにとっては理性の発展の弁証法として、歴史は予定された目的に導かれるもの、あるいは到達した目的の連続として目的論的に解釈できるとされた。

コントは少なくとも絶対的な意味における経験主義には批判的である。ハイエクの第一の指摘におけるコント理解は必ずしも妥当ではない。しかし、後述するようにコントの実証哲学において経験主義的な接近方法は重要ではあっても、経験主義はその本質ではないという事実なかに、コントとヘーゲルとの共通性を指摘することがさほど見当違いではない理由がある。

### (2) 秩序と分類

コントは、人間精神の発展段階を、周知のように神学的、形而上学的、そして実証的状態の3段階に分けた<sup>12</sup>。コントの説明によれば、神学的段階においては、人間精神は存在の本性、あるいは心に感ずるあらゆる作用の最終的な第一原因、つまり、本質的に絶対的知識の探究へと向い、諸現象を超自然能力の産物だと心に想い描く。形而上学的段階においては、諸存在に固有で、かつそれ自体で観察された諸現象を生みだすことのできる抽象的な力や眞の本質(人格化された抽象)が前者における超自然的力にとって代わる。そして最後の実証的段階にあっては、人間精神は絶対概念を獲得することの不可能性を認識し、宇宙の起源と行末を探究すること、および現象の本質的原因を知ることを誇め、推理と観察とを合せて駆使し、現象における確実な法則、すなわち現

象の繼起 (succession) と類似 (similitude) における不变の関係を発見することにもっぱら専念する。

コントの主張に従えば、いかなる意味でも現象の「原因」を探究することは全く人力のおよばないことであり無益である。実証的説明においては、現象の原因が示されることはなく、ただその生成の状況を正確に分析し、繼起と類似の関係、つまり法則によって相互に関係づけるだけである。かくて、実証主義の時代にあっては、あらゆる現象はこの不变の関係、つまりこの不变の法則のもとに統轄されることになる。あらゆる現象は、系統的に関係づけることができるという信念が、コントの哲学においてはきわめて重要である。コントにとって、あらゆる現象とは、無機的と有機的とを、物質的と精神的とを、また個人的と社会的とを問わず、文字通りすべての現象を含むのである。コントがもっとも恐れたのは精神的無政府状態であった。かれは、精神的無政府状態から意見の対立が生れ、その結果公的精神が人々の心より失われ、利己心が普遍的に氾濫し純物質的な配慮が精神的なものよりも優越し、結局のところ社会的混乱が起ると信じた<sup>12</sup>。精神的無政府状態の生ずる原因は、全ての人々を結集させることのできる有力な思想体系の欠如にあるとコントは論じた。このようなコントの信念が生れる理由は、当時の社会状況から考えれば、きわめて自然であった。コントの時代のフランスは、革命、反革命のいり乱れる動乱期であった。ナポレオン没落後の15年にわたる王政復古時代、その後の7月革命(1810)、ルイ・フィリップの7月王政、そして2月革命(1848)を経てルイ・ナボレオンのクーデターによる第2帝政の登場(1852)。やがて迎える第二帝政の崩壊とパリ・コミューンを含めて、19世紀フランスの不安定な政治状態は、思想における新旧の衝突をもたらし、科学技術の急速な発展も加わって、知的な無政府状態が醸成されていた。このような状態にあって、コントは知的な無政府状態から人々を救うものは実証哲学であると信じた。コントは、自然から社会にいたるまでのあらゆる現象を單一的な方法で扱う実証哲学によって、つまり社会現象も自然科学で用いるのと同一の方法で扱うことのできる実証哲学によって、混乱した社会に秩序を与えることが可能になると確信をもった。それゆえ、かれは社会を対象とする科学を社会理学あるいは社会学 (physique sociale ou sociologie) と名づけた<sup>13</sup>。

コントの『実証哲学講義』(Cours de Philosophie Positive, 1830—1842) の主な目的は、科学が対象とする現象間の依存関係に従って、諸科学を体系化し分類することにあった。諸科学の分類の序列は、それが対象する現

象の単純性、あるいは普遍性の程度によって決定された。諸現象は無機的現象と有機的現象に大別され、無機体を扱う無機物理学は、対象の普遍性に応じて、天文学・物理学・化学に分れた。有機体を扱う有機物理学は、生物学・社会理学に分けられた。数学は、人間精神が自然現象の法則の探究に用いることのできるもとも強力な道具という意味で、諸科学の筆頭におかれた。このような科学の分類は、コントにとって、科学者の中では自然に行われている経験上の分類に一致し、自然哲学の発達の現実的順序にも合致しており、諸科学の相対的完成度を示すものとして、また完全な合理的科学教育の正しい一般的案を与えるものとして有用であった<sup>14</sup>。

### (3) 経験と仮説：経験主義批判

コントの実証哲学は、現象の観察が人間の知識における唯一の確実な基盤であることを主張する。このことがある場合にはつぎのような言葉で、つまり「個別のあるいは一般的なある事物の單なる叙述に厳密に還元できないようすべての命題は、現実的で理解可能いかなる意味をももたない<sup>15</sup>」という表現で述べられる。このような言明は、あたかもコントにとって現象の観察がすべてであるかのような誤解をひき起す危険性がある。コントの主張はあくまでも、かれのいう神学的あるいは形而上学的精神との対置において、つまり現象の究極的原因を探ったり、その原因を超自然的力に帰因させる傾向に対置して、現象の尊嚴を訴えるものと解さなければならない。コントにおいては、現象や観察は絶対的なものではない。かれは、われわれの真実の知識が観察した現象の上に築かなければならることは認める。しかしこのことは、厳密にいえば、人間の成熟した知性の状態にのみあてはまることがある。人類全体を考えても、また個人を考えても、人間精神の原始的状態にあっては、必ずしもこのことは主張できないし、また現状において人間精神がすでに成熟した状態にあるとはコントも考えていない。したがって、仮に人類が実証的段階に突入しているとして、実証的理論が現象を基盤としなければならないとしても、他方、観察に専念するためには、人間精神は何らかの理論を必要とするところは考へる。もしわれわれが現象について考察するさいに、それらを何らかの原理にいささかも結びつけないならば、個々の観察を関連づけることもできず、それゆえ何らの実りもえられないだけでなく、現象を記憶にとめることもまったく不可能であり、それどころか、眼前の現象に気づくことさえもないのである、というのがコントの結論であった<sup>16</sup>。観察や現象を重視することのゆきすぎが、しばし硬直した経験主義には陥ることの危険性をコントはよく

認識していた。想像が観察に従属しなければならないことが、科学的思考の第一条件であることに異論はないとしても、そのことは科学が経験主義へと堕落することではない。コントは、科学が誤った解釈によって、「部分的正確さ以外には価値のない、一種の雑多な事実の無駄な集積に堕落するようなことが起っている<sup>17</sup>」ことに気づいていた。かれの意見では、當時としてもきわめて共通のことであったが、関連のない諸事実の集積を科学と考える見方は、実証的な科学的研究ではなかった。コントにとって、科学は法則より成るのであって事実からなるものではなかった。たとえ事実が法則の確立とその証明に不可欠のものであるとしても<sup>18</sup>。

科学が現象の観察を究極目的とするのではないことをコントは力説する。かれは「科学はいつも直接的探究より解放されることを望んでいる<sup>19</sup>」とさえ極言する。それならばコントにとって科学の中心目的は何であろうか。かれはそれを「合理的予測」(prévision rationnelle) であると考える<sup>20</sup>。合理的予測とは、言葉をかえていえば、現象間に発見した関係に基いた仮説の設定であろう。コントは、合理的予測こそ実証的精神の主な性格であるとみなしていた<sup>21</sup>。コントが、実証的方法の特筆すべき性質として、観察と推論の適切な結合を考えていたことは疑いないが、このためにかれにとって仮説の導入は必然であった。コントは、『実証哲学講義』の「物理学総体についての哲学的考察」(第28章)において、「仮説についての基本理論」を展開している。コントにとって帰納と演繹は自然法則を解明するための無二の方法と思われたが、かれは帰納と演繹自体では十分であると思わなかった。「どちらの方法も……はじめはまったく臆測にすぎなくとも予備的な仮想を設けないとしたならば、不十分であることは確かである<sup>22</sup>」。これが自然哲学に仮説を導入することが不可欠の理由であった。帰納は科学の基礎はあるが、コントは単純な現象論者ではなかった。重要なのは、いかなる仮説にもとづいて観察して実験するかであった。しかしながら、仮説をつくるにあたって、コントは仮説と空想とが混同されることを恐れ、重要な附帯条件をつけた。この条件を欠くならば、仮説はかえってわれわれの眞の知識の発展を妨げるとコントは信じた。コントにとって眞に哲学的な仮説は、「問題の状況が許すならば、実験や推論によって直接的に明示しうるものについての簡単な予想<sup>23</sup>」という範囲にとどまなければならなかった。いいかえれば、検証できることが必要条件であった。

コントの条件に従えば、現象の究極原因や第一原因にかんする仮説は、もちろん検証することができないとい

う理由で禁止される。しかし個別科学において、検証できるものとできないものを区別する規準は何であるうか。コントは、実体として観察できるものを、その規準として考えていたように思われる。かれは物理学者の用いる仮説を、現象の法則にかんするだけのものと、各種の自然作用の一般作用因 (agent général) にかんするものとに分け、前者のみを認めた<sup>24</sup>。コントは物理学者の用いる、熱・光・電気および磁気現象の原因としての流動体やエーテル類の存在についての仮説は、肉体的作用にたいする靈魂の存在の仮定と同様であると考えた。カロリック、光エーテル、電気流体などの存在を信するとかわりはないと、コントはみなしした。現象を発見する物体から独立して現象を考察すること、およびその物体とは別の存在をその特性と考えることは、コントに従えば形而上学的概念の基本的性格であった。したがって、コントにとって原子の存在を仮定することは、間接的にせよ検証できるので容認できるものであったが、親和力の存在は全く形而上学的な仮説であるとされた。

コントが仮説の重要性を主張したことは、科学の方法についての考察から生じたと考えるよりも、かれの哲学の歴史主義的性格から生れたものと考えたほうがよい。かれの歴史主義的哲学の特色は、3段階法則における神学的哲学や形而上学的哲学を、決して否定的に評価しなかったことにある。コントにとって、実証的哲学は突然に成立するものではなく、神学的段階、形而上学的段階を経ることが歴史上不可欠であった。コントは神学的哲学を、実証的方法の発達をもたらす上で、不可欠であったのみならず、最初に可能であった唯一の哲学であるとみなした。神学的哲学は、アニミズムの多神教世界を一神教的世界へと単純化することによって、人間が諸現象の物理的法則をある大きな超自然力の作用様式として研究する途を開いた<sup>25</sup>。神学的哲学は原始的な知的欲求を満足させるにとどまつては適合した哲学であった。人間が初めから現象の観察にのみとどまっているのであれば、人間の能力は必然的に無限の懶惰のなかに陥っていなければならないとコントは推論する。それゆえに、人間精神の最初の進歩は、それによって観察能力を鍛磨することのできた、精神史上の仮説段階とでもいべき神学的哲学によってはじめて可能になったとコントは主張する<sup>26</sup>。神学的哲学は、すべての現象の発生原因を摘発しようとする。しかし、実証哲学は、このことが人間の精神には不可能であるとみなす。このあまりにもかけ離れ

たふたつの見解を仲介する役割を果すのが形而上学的哲学である。それゆえ、コントの哲学においては、人間精神が実証的段階に進化するためには、神学的哲学や形而上学的哲学は人間精神にとって不可欠な予備的段階とみなされる<sup>30)</sup>。しかもコントは、人間精神が現時点において実証的段階に到達しているとは少しも信じていなかつた。コントの進化論的歴史観から考えれば、実証的哲学の建設途上にある人間にとて、仮説の使用は必要不可欠であった。それゆえ、コントの意見では、デカルトの渦動説も、現在はカロリックやニーテルの信教者から認められていないが、はじめは健全な哲学を発展させるための強力な手段であり、宇宙の機構についての基本的な概念を導入するのに役立つのであった<sup>31)</sup>。

19世紀において、コントが當時有力な思潮であった機械論的思想にとらわれることなく仮説的重要性を強調したこと、後世に重要な影響を与えたことは、高く評価しなければならない。コントの思想が、機械論的あるいは決定論的思考とは、いかに相いれない性格をもっているかは、かれの数学についての議論を考察することでかなり明白となる。コントは数学を諸科学の基礎として位置づける一方で、数学的精神が実証的精神とは異なるものであることをとくに強調した<sup>32)</sup>。数学には、長い間数学の発展を支配していたあやまつた形而上学的な着想が深くしみついており、記号に不合理な優越性を認める上で概念の実証性を歪曲する場合が多いことをコントは指摘した。コントにとって数学は危険な存在であった。一方において、数学は自然研究に欠くべからざる論理的役割をもっている。他方、数学が極端に拡大されると、人間知性の現実的能力について誤った観念を鼓吹し、代数的な小手先の処理でかたずけさえすれば、根拠のない物理的仮説の上につくり上げられることが多いア・ブリオリな考察を濫用する。その結果、不当にも觀察にとつて代るに議論をもつてしようとする形而上学的傾向をもっている、とコントは論じた。このように、数学的思索がしばしば自然研究に硬直した絶対性をもちこむことを危惧したコントにとって、機械論的あるいは決定論的思考がかれの思想とはかけ離れたものであったと想像することは難しいことではない。

### III. コントと化学

#### (1) 実証的化学

コントは、かれの科学論にもとづいて、個別科学にも広く考察をめぐらした。コントは、かれの科学体系のなかで、化学を物理学のつぎに位置づけた。かれはまず、物理学と比較しながら、化学の固有な性質として、第一

に、物理学的概念がより普遍的であるのにたいし化学的概念は少數の物体に特有な作用についてしか扱わないこと、第二に、物理学が対象とする現象が質量(masse)に関連しているのにたいし、化学が対象とする現象が分子(molécule)に関係していること、第三に、物理的現象においては、物体の構成分子の配列が変化しても物体の組成そのものは変化しないのにたいし、化学においては物体の組成が変化することなどをあげた<sup>33)</sup>。このように考察した後で、コントは化学が対象とする現象を「当該物体の内部構造における、完全さには多少があつてもはつきりとわかるほどの変化、すなわち、合成あるいは分解、そして反応に与する物質総体を考慮にいたさいの両者<sup>34)</sup>」と定義すると同時に、化学的一般的な目的を「自然的な、あるいは人工的なさまざまな物質相互間の分子の特定な作用によって生ずる合成・分解についての法則を研究すること<sup>35)</sup>」と定義した。しかしながら、かれにとって化学が目的すべきことは、最終的には他のことであった。なぜならば、コントを考えるに、化学はいまだきわめて不完全な状態にあって、眞の科学とはいえないからである。眞の科学としての化学は、もっと終局的な目的をもたなければならぬ。眞の科学の条件は、コントの哲学によれば、確実な予見(prévoyance)あるいは予測(prévision)ができることがあるが、化学においては生成すべき変化を予見することはほとんどできない、とコントは論じた<sup>36)</sup>。たとえば、定比例の法則は、化学にとっていかに重要であるとしても、コントからみれば、二次的な意味しかもっていない。なぜならば、その法則によっていかなる予見も可能ではないからである<sup>37)</sup>。コントの化学についての論評は、不完全な科学である化学を、いかにしてかれが想うところの眞の科学たらしめるかに主眼点があった。コントは、眞の化学がそうであるように、化学においても予見することが中心課題となるならば、その終局の目的是、「すべての単体(corp simple)の性質がはつきりした場合に、単体が構成するあらゆる化学物の性質を見出す<sup>38)</sup>」ことであると主張した。コントは、化学の基本的事実のすべては、単体の基本的性質に還元できると考えていた。単体の性質さえ明らかにできれば、物質成分の性質より複雑でさまざまの化合物の性質を見出すことができるとかれは信じた。しかしコントは、単体よりももっと究極的な元素(粒子)の性質をわれわれが十分に明らかにしうるとは考えていないかった。それゆえ、かれにとって、より容易に分離できる単体の性質を明らかにすることのほうが重要であり、広い適用範囲をもっていた。単体の性質が明らかになれば、物質の成分や複雑な化合物の性

質が明らかとなり、その結果、化学反応における合成や分解における生成物を予見できるようになる、というのがコントの考え方であった。

コントは、現状の化学を分析的精神の支配下にあるものとみた。かれは、無機物と有機物の両方を対象とする化学の研究にとってきわめて適している研究方法は、分析と総合のふたつの方法の調和でなければならないと考えた<sup>39)</sup>。過去において化学に全体精神(esprit d'ensemble)を与えたのは、命名法にみられるようなラボアジエの体系化であるが、現実の化学は首尾一貫しない事実の不毛な蓄積であふれる未梢の精神の不合理な活動に身をゆだねている、とコントは警告した<sup>40)</sup>。かれが理想としたものは、疑いもなく化学における全体精神の高揚であった。化学に全体性が与えられるためには、まず対象となる物質に秩序が与えられなければならない。体系と秩序のないところ、いかなる予見も存在しないであろう。このことが、コントの考える眞の化学がもたなければならない性格であった。のためにかれは物質の命名法と分類の合理的方法を考察した。コントは、対象が無数のため特別な命名法を考えなくてはならない科学のなかで、化学のみは現象が単純・齊一かつはつきりしているので、化学における命名法は明快・簡単であると同時に完全であるから、この学問に基本的に貢献しうると考えていた。とくに化学には、組成という重要な概念があり、各物体の体系的名称は端的にその組成を示すことで、物体の受けた化学的過程についての概要を示すことができる。こう考えていたコントの脳裏にはベルセーリウスの二元論があった。二元論は化学においてもっとも共通的で本質的な構成法なので、簡単で意味のはつきりした命名法をつくるのに役立つことができるとかれは論じた<sup>41)</sup>。

命名法に関連してコントが物質に合理的な秩序を与えることができると考えた方法は、分類であった。コントの考えでは、分類にさいしては、本質的にふたつのやり方が生れてくる。第一は、それによって化合物が二元的あるいは三元的等になるところの構成元素の増加の多様性。第二は、二元論であれば、各々の化合物を連続的にふたつの部分に分解することができる程度によって示される、直接成分(principe immédiat)<sup>42)</sup>の合成の度合である。コントは分類の基本概念として、合成の度合を、つまり、二元論の立場をとるのである。かれは第二の場合の方が化学的目的と精神により深い影響を与えていると信じた<sup>43)</sup>。なぜならば第一の方法は、われわれには知ることのできない元素粒子の集團における様式に関わるのを假説的な性格を帯びざるをえないのにたいし、第二の方は、分析あるいは合成上の事実の評価に帰するだけだ

からである<sup>44)</sup>。ここでコントが念頭においているのは、第一の場合についていえば、ドールトン(J. Dalton, 1766-1844)が原子の存在を類推したときに仮定した化合物の形成のようなものであろう。たとえば、ふたつの元素が1種類の化合物をつくるとき、できる化合物はAの1原子とBの1原子からなる二元化合物ABであり、ふたつの元素が2種類の化合物をつくるならば、その第一の化合物は二元化合物ABであり、第二の化合物はA<sub>2</sub>BないしAB<sub>2</sub>のような三元化合物である。一方、コントの分類の原理の第二の場合は、明らかにベルセーリウス(J.J. Berzelius, 1779-1848)によって19世紀のはじめに主張された電気化学的二元論をさしていた。ベルセーリウスはデーヴィ(H. Davy, 1778-1829)と同じように化学的引力と電気的引力とが本質的に同じであることを信じ、化学結合は電気的に互に反対の電荷をもつ元素あるいは成分の結合によるものと考えた。ベルセーリウスは、それより前のものにたいしては電気陰性をもち、後のものにたいしては電気陽性をもつような電気的序列を想定した。ベルセーリウスの二元論は、無機化合物の一部についてはうまく説明することができた。しかし、かれはあらゆる化合物について、構成成分の数に關係なく、陽性電気と陰性電気をもつたつの部分に分けられることを信じた。構成成分の相対的な電気的性質は無機化合物にあっては比較的はつきりと定めることができるが、有機化合物の場合は無機化合物とは根本的に性質が異なることはすでに認識されていた。しかしベルセーリウスは、電気化学的視点に立てば、原則的に有機物もすべて酸素と複合根とに分割できるとみなしてよいと述べ、多元的な有機物も二元論に還元できることを結論した。コントの二元論は、ベルセーリウスの理論にはほとんど全面的に依拠しているように思われる。しかしここで興味があるのは、二元論にたいするコントの態度である。かれはつぎのように言明した。「実証的研究のきわめて限定された範囲においては、……物質の直接の組成は二元的だけであると理解するのが合理的な考え方である。二元以上の組成について組立てられた思わしくない仮説をあやふやに支持することは、……化学研究の一般体系をきわめて無益に複雑化するであろう。かくて私は、われわれがそれを証明するためのいかなる手段をもちえないと思われる自然における実際の法則として、二元論を提出しない。しかし……知性が意のままにできる自由な様式を的確に用いることで、二元論が基本的観念のすべてを簡約化する。眞の化学哲学上における基本的な便法(Cartifice)であることを言明する<sup>45)</sup>」コントは、いかなる意味でも、二元論が実在の構造を表現しているとは主

張しない、かれにとってあくまでも、「物体の元素粒子 (particule élémentaire) の集団における実際の様式は、根底的にわれわれは知りえないし、化学の真の主題とはなりえない<sup>49</sup>」のである。かれにとって二元論は、ただ自然を記述するための簡約化された便法にすぎない、このような思想によって、たとえそれがかれの本意ではないとしても、コントはマッハ (E. Mach, 1838-1916) へとつづく現象論たちの先駆者とみなされるようになつた。コントの同じような議論は、原子論についてのかれの考え方にも見出すことができる。

## (2) 原子論と親和力理論

コントは「原子」(atome)あるいは「原子論」(théorie atomistique)という用語を、著作のなかでしばしば用いている。しかし、かれが理解したかぎりの原子は、今日われわれが用いるような意味での化学的原子ではない。コントが原子というとき、それは粒子のなかの「最小粒子」という意味で用いているように思われる<sup>50</sup>。事実、かれは原子論と粒子論とを等置して「粒子論あるいは原子論」(théorie corpusculaire ou atomistique)といいい方をよくする<sup>51</sup>。このことは、コントのなかで粒子と原子がさほど区別されていないことを物語るものであろう。物質が粒子から構成されているということは、ドールトンの原子論以前からすでにきわめて一般的に承認されていたことであって、コントもそのように考えていたことは確実である。したがって、粒子 (corpuscule) と原子 (atome)との関係は、原子が最小の粒子であるということであって、両者の質的なちがいはそこでは問題となっていない。元素という質的な特性を原子 (粒子) に荷わせたのは、ドールトンの原子論であるが、コントはドールトンの理論をかなりよく知っていて高く評価していたものの<sup>52</sup>、それを完全に支持するにはいたっていないかった。コントが從来の粒子論の仲組みのなかで原子を考えたことは、つぎのような言葉にもうかがい知ることができる。「われわれはその不变の座 (最小粒子) を、さまざまな基本的属性の本質的な不变の状態 (fixité) として心に描くが、それが示すものは程度の差異にすぎない<sup>53</sup>」のことから判断するかぎり、コントの原子は各々が質的な相違をもっているのではなく、その量的な程度によって差異がもたらされるような階層構造をともなうものであろう。それゆえ明らかに、コントの原子は量的な意味での最小粒子であり、化学的原子であるよりも、物理的原子であった。このことからの当然な帰結として、コントはドールトンの原子論を、定比例の法則を中心とする化学量論の一部として理解した<sup>54</sup>。コントはドールトンの原子論を、リヒターの当量の研究、ベルトレ

の化学組成についての研究などの化学量論の系譜のなかに位置づけ、これらの理論的研究に体系的概念を与えたのがドールトンであると考えた。コントはドールトンの原子論について、その研究はまだ端緒についたばかりであると評しながらも、原子論が定比例の法則のその後の発展に重要な役割を演じ、この法則が現実に適用されるべきものであるとした。したがって、コントが定比例の理論についての歴史的系譜を述べたなかで、最後にウラストン (W.H. Wollaston, 1766-1828) の名前をあげ、ウラストンが原子論から化学当量へと自分の主張を転換したことを特筆したのは当然であった。コントはウラストンを論評しながら、原子論から化学当量への転換が「より実証的な記述を提供し、正しい判断力をもって向けられない場合には原子論がまねきうる根柢的に接近不能な探究をふせぐ<sup>55</sup>」ものとして高く評価した。いうまでもなく、当量は酸素あるいは水素の一定量と化合する元素の量であり、当量を用いる限り、化合物中の原子数について根拠のない仮説をたてる必要はなかった。コントのいう「根柢的に接近不能な探究」とは、原子を仮定したことから必然的に生じる、原子の実在とか化合物中の原子数とかの問題のことであろう。

コントの親和力についての考え方、原子論についての姿勢とは対照的である。物体を構成する粒子を相互に結びつける力の存在は、物質間の引力を前提とするニュートン主義化学の伝統に従えばきわめて自然であり、粒子の存在を認めるコントにとって、その力を認めることはさして困難なことではない。しかし問題はある物質が特定の物質にたいして選択的に結びつくような力の存在であろう。コントは親和力を形而上学的産物とみなしていかなる意味でも認めなかった。コントが考へるに、電気流体や光エーテルのようなものでも抽象的本質 (entité) が物質化したものにすぎないが、いわゆる親和力なるものは、中世のスコラ哲学における本質のような曖昧模糊とした完全に抽象的本質そのものであった<sup>56</sup>。なぜならば、コントはつぎのような例をあげた。ある温度で鉄は水を分解して酸化鉄と水素を生じるが、さらに高い温度ではこんどは水素が酸化鉄を分解する。そうなると、鉄と水素の酸素にたいする親和力の順序に何の意味があるのだろうか？ コントはこのように問うて、親和力がさまざまな状況によって変化することが事実から考えざるをえなくなつて以来、親和力はきわめて幼稚で空虚なものになつたと結論した<sup>57</sup>。そして、親和力なる形而上学的概念が通用する化学は、その精神が本質的にいまだ形而上学的段階にあることを示すよい証拠であると、コントは信じた。

コントの親和力についての見解は、単なる一学者の

らゆる仮説を導入することが合理的に許される<sup>58</sup>』と、原子仮説をつくることを擁護した。原子仮説は、コントにとって、二元論と同じように、理論的便法として採用することはできたが、いうまでもなく、その絶対的な拡張 (たとえば原子を実在として主張すること) は禁止されるべきものであった。したがって、コントが定比例の理論についての歴史的系譜を述べたなかで、最後にウラストン (W.H. Wollaston, 1766-1828) の名前をあげ、ウラストンが原子論から化学当量へと自分の主張を転換したことを特筆したのは当然であった。コントはウラストンを論評しながら、原子論から化学当量への転換が「より実証的な記述を提供し、正しい判断力をもって向けられない場合には原子論がまねきうる根柢的に接近不能な探究をふせぐ<sup>55</sup>」ものとして高く評価した。いうまでもなく、当量は酸素あるいは水素の一定量と化合する元素の量であり、当量を用いる限り、化合物中の原子数について根拠のない仮説をたてる必要はなかった。コントのいう「根柢的に接近不能な探究」とは、原子を仮定したことから必然的に生じる、原子の実在とか化合物中の原子数とかの問題のことであろう。

コントの親和力についての考え方、原子論についての姿勢とは対照的である。物体を構成する粒子を相互に結びつける力の存在は、物質間の引力を前提とするニュートン主義化学の伝統に従えばきわめて自然であり、粒子の存在を認めるコントにとって、その力を認めることはさして困難なことではない。しかし問題はある物質が特定の物質にたいして選択的に結びつくような力の存在であろう。コントは親和力を形而上学的産物とみなしていかなる意味でも認めなかった。コントが考へるに、電気流体や光エーテルのようなものでも抽象的本質 (entité) が物質化したものにすぎないが、いわゆる親和力なるものは、中世のスコラ哲学における本質のような曖昧模糊とした完全に抽象的本質そのものであった<sup>56</sup>。なぜならば、コントはつぎのような例をあげた。ある温度で鉄は水を分解して酸化鉄と水素を生じるが、さらに高い温度ではこんどは水素が酸化鉄を分解する。そうなると、鉄と水素の酸素にたいする親和力の順序に何の意味があるのだろうか？ コントはこのように問うて、親和力がさまざまな状況によって変化することが事実から考えざるをえなくなつて以来、親和力はきわめて幼稚で空虚なものになつたと結論した<sup>57</sup>。そして、親和力なる形而上学的概念が通用する化学は、その精神が本質的にいまだ形而上学的段階にあることを示すよい証拠であると、コントは信じた。

意見として終ったわけではない。20世紀にはいってフランスの化学者ユルバン (G. Urbain, 1872-1938) は、親和力の概念がいまや熱力学の発展によって科学的性格が与えられたことを読者に注意するとともに、コントがよび起した親和力についての天真爛漫な心象を恐れて、コントを援用する化学者が「親和力」という言葉を用いることを嫌うのはフランスにおいてだけだと論じた。ユルバンは、親和力についてコントがいさか誇張してのしゃした言葉にこだわるよりも、かつてコントが形而上学的概念にこだわるよりも、それは暫定的に有用であり、3段階法則に従えば人間精神の自然的発展に一致すると述べたかれの思想に従う方がよいと主張した<sup>58</sup>。ユルバンの言葉は、コントの思想が、後代の科学者 (とくにフランスの) によって、いかに受けとめられていったかを示すものとしてきわめて興味深い。

コントの思想が後代に与えた影響、コントの批判者とその主張などの問題については稿を改めて述べたい。

## 謝 辞

最後に、本論文を書くにあたり、文献の収集に御援助を賜わった東京工業大学付属図書館参考係の皆様に感謝したい。

## 注 と 文 献

- 1) 本論文の一部は、「実証主義における化学-コントおよびマッハ」、東京工業大学人文論叢、No. 2, 1976において発表した。
- 2) D. G. Charlton, *Positivist Thought in France during the Second Empire 1852-1870*, Oxford Univ. Pr., 1959, pp. 4-5.
- 3) W.M. Simon, *European Positivism in the Nineteenth Century*, Kennikat Pr., 1972, p. 3.
- 4) M. Mandelbaum, *History, Man, & Reason*, The Johns Hopkins Univ. Pr., 1971, p. 11.
- 5) F.E. Manuel, *The New World of Henri Saint-Simon*, 1956 (森博訳『サン=シモンの新世界』、恒星社厚生閣、1975、上巻、pp. 202-282).
- 6) F.E. Manuel, 前掲書, p. 330. マニエルはこの著作の注において、サン=シモンも「実証哲学」(la philosophie positive) という言葉をかねの『19世紀の科学的研究序説』(1808) のなかですでに用いでいるが、それ以前にド・スター夫人が「実証科学の哲学」(philosophie des science positive) という言葉を『文学論』(1800) のなかでしばしば用いていたことを注意している。
- 7) G. Boas, *French Philosophies of the Romantic Period*, Russel & Russell, 1964, pp. 254-276.
- 8) A. Comte, "Plan des travaux scientifiques nécessaires pour réorganiser la société", 1822 (土屋文吾訳『社会再組織に必要な科学的作業案』河出書房

- 新社世界大思想全集社会宗教科学思想篇9, 1960 p.48).
- 9) J.C. Greene, "Biology and social theory in the nineteenth century, Auguste Comte and Herbert Spencer", M. Clagett (ed.), *Critical Problems in the History of Science*, Univ. Wisconsin Pr., pp. 419—428.
- 10) A. Comte, *Discours sur l'Esprit Positif* 1844, (霧生和夫訳「実証精神論」, 中央公論社世界の名著36, 1970, pp. 178—181).
- 11) A. Comte, *Ibid.* (10), p.179.
- 12) A. Comte, *Ibid.* (10), p.156.
- 13) F.A. Hayek, *The Counter-Revolution of Science*, The Free Press, 1955, pp. 191—206. コントとヘーゲルの類似性を論じた著作の別例としては, J. T. Merz, *A History of European Thought in the Nineteenth Century*, Vol. II, Dover, 1965, p.186nがある。マーツは、教条的精神、体系的精神、および深い歴史的精神、ならびに理念的体系の抽象的概念と語り、精神の本質的な倫理性、がかれらに共通していることを指摘している。
- 14) A. Comte, *Cours de Philosophie Positive*, T. 1, 5<sup>th</sup> ed., Schleicher Freres, 1907, pp. 2—3. コントのこの著作については、從来つぎの邦訳がある、石川三四郎訳『実証哲学』、上下巻、春秋社版世界大思想全集、1931。この邦訳は、E. Rigolageによる原著の縮約版(4 vols)を底本にしており、訳語も適切でないところがある。このため、石川訳は参考にはしたが、引用文には用いなかった。
- 15) A. Comte, "Considérations Philosophiques sur les Sciences et les Savants", *Le Producteur*, 1825 (土屋文吾訳「科学および科学者に関する哲学的考案」, 河出書房新社世界大思想全集社会宗教科学思想篇9, 1960, p.87).
- 16) "physique sociale" は、「社会理学」と訳した。"physique" の意味は、古代中世におけるように自然科学全体をさす場合もあるし、18世紀以降の用い方のひとつとして生理学的研究とは区別して物質科学をさす場合もあるし、また現代的な意味で物質科学のなかでも化学と区別して用いる場合もある。19世紀にコントが用いた場合も、微妙に意味合いが異なると思われる所以で、広く「科学」(自然学)というような意味のときは「理學」、学問の名称として化学と共に用いているときは「物理学」と訳した。
- 17) A. Comte, *Ibid.* (14), pp. 54—57.
- 18) A. Comte, *Ibid.* (10), p.156.
- 19) A. Comte, *Ibid.* (14), p.5.
- 20) A. Comte, *Ibid.* (10), p.158.
- 21) A. Comte, *Cours de Philosophie Positive*, T. 6, p.425.
- 22) A. Comte, *Ibid.* (10), p.159.
- 23) A. Comte, (10), p.159 および(21), p.425
- 24) ローダンは、科学の目的が予測にあることが、コントのスローガン化したテーマであり、かれの科
- 学方法論の基本であると述べている。ローダンによれば、コントが予測を強調した理由は、予測が修正ないし検証できるという特質をもっているからであり、かれが予測可能性と検証可能性を、科学と非科学の境界設定 (demarcation) の規準と考えたからである。L. Laudan, "Towards a Reassessment of Comte's 'Method Positive'", *Phil. Sci.*, 38, No.1, 35—53 (1971).
- 25) A. Comte, *Cours de Philosophie Positive*, T. 2, p.225.
- 26) A. Comte, *Ibid.* (25), p.226.
- 27) A. Comte, *Ibid.* (25), p.227.
- 28) A. Comte, *Ibid.* (15), p.74.
- 29) A. Comte, *Ibid.* (15), pp. 73—74.
- 30) A. Comte, *Ibid.* (15), p.76.
- 31) A. Comte, *Ibid.* (25), p.234.
- 32) A. Comte, *Ibid.* (21), p.168.
- 33) A. Comte, *Ibid.* (25), pp. 204—207. コントはここで「分子」(molecule) という用語を用いている。かれは他に「原子」(atome) や「粒子」(particule) という用語も用いているが、これらなどを区別していたのかはっきりとは述べていない。今日用いられているような意味でおそらくはじめ分子と原子を意識的に区別したのは1830年代はじめのゴーダン (M.A.A. Gaudin, 1804—1880) であろう。(ゴーダンの論文については、斎藤茂樹訳が『化学史研究』第6号にある)。当然ながら、コントが『実証哲学講義』を書いた1830年代にゴーダンの見解が広く認められたわけではない。そのうえ、簡単な化合物の粒子も原子とよばれるような場合がある。当時の化学用語には定まった定義がなかったのである。1860年のカルルスルーエ会議の議題のなかに、「原子」「分子」「当量」などの用語についての定義があげられていたことは、この年代にも定まった定義がなかったことを物語っている。ここではコントが、分子という言葉で「粒子」をさしていることはまちがいない。また、コントは、「原子」という言葉で「究極粒子」「最小粒子」の意味に用いたと思われる。(本文参照のこと)。
- 34) A. Comte, *Cours de Philosophie Positive*, T. 3, p.4.
- 35) A. Comte, *Ibid.* (34), p.7.
- 36) A. Comte, *Ibid.* (34), p.3.
- 37) A. Comte, *Ibid.* (34), p.69.
- 38) A. Comte, *Ibid.* (34), p.11.
- 39) A. Comte, *Ibid.* (34), p.15.
- 40) A. Comte, *Ibid.* (21), pp. 499—500.
- 41) A. Comte, *Ibid.* (34), pp. 30—31.
- 42) 「近成成分」と訳す場合もある。本来は、物質に化学的作用を加えることを要せずに、単純な機械的操作で物質から分離できる成分をいう。つまり、元素のような究極的成分ではなく、有機化合物における基のような、元素がいくつか集った成分をいう。コントはここでペルセーリウスの二元

- 論における成分を考えている。
- 43) A. Comte, *Ibid.* (34), pp. 37—38.
- 44) A. Comte, *Ibid.* (34), pp. 53—54.
- 45) A. Comte, *Ibid.* (34), pp. 59—60.
- 46) A. Comte, *Ibid.* (34), p.59.
- 47) コントは、「元素粒子」(particule élémentaire) という用語も用いている(たとえば(46)の引用文)。この言葉の方が、今日でいうドールトン的な化学原子の意味に近い。ただしこの言葉を用いたからといって、コントがドールトンの説を認めていたということにはならない。
- 48) たとえば、つぎのような個所がある。「元素概念はこれまで少しもはっきりしなかったが、幸にして、粒子論あるいは原子論を構成している重要な論理的便法によって、実証主義の第三段階に、きわめていちじるしい特徴を与えたところである」(A. Comte, *Ibid.* (21), p.474); 「粒子論あるいは原子論は何よりも物理学に属しており、それ特有の論理構成を築き終っている」(A. Comte, *Système de Politique Positive*, T. 1, Culture et Civilisation, 1969, p.520)。
- 49) コントはドールトンの原子論をつぎのように要約している。「原子論の一般的原理は、元素物体 (corps élémentaire) のすべてが、絶対的に不可分割な原子により形成され、そのさまざまな種類が数少ない群に結合することで、もともと多くは1対1に結合することで、機械的にはつねに分割できないが化学的には分割できる第一次の複合原子 (atome composé) を構成し、つぎには、同じように集合することで他の次元の構成を生みだす、と想定する」(A. Comte, *Ibid.* (34), p.74)。
- 50) A. Comte, *Système de Politique Positive*, T. 1,

## 化 学 史 研 究 会 会 則 (1976年11月6日一部改正)

1. 本会を化学史研究会と呼び、会員相互の協力によって、化学史研究をすすめることを目的とする。
  2. 化学史に関心をもつ者、その研究をおこなうとする者は会員になることができる。会員は個人会員、団体会員、賛助会員とする。
  3. 本会には会長1名をおき、ほかに世話人会、編集委員会、事務局をもって運営する。
  4. 本会は年一回総会を開き、運営方針及び会長、世話人、編集委員、事務局責任者を選出する。
  5. 本会は次の事業をおこなう。
    - (1) 少くとも年1回会誌『化学史研究』を刊行する。
    - (2) 適時研究会をひらき、会員相互の親睦と研究の交流をはかる。研究会は地方で開催することもある。
    - (3) その他
  6. 会員は研究会に出席し、研究報告をおこない、会誌『化学史研究』に投稿することができる。
- 本会に入会しようとする者は入会金を前納する。会員は会費を納入し、会誌『化学史研究』を受取る。入会金および会費はつぎの通りとする。

個人会員	入会金 1,000円	年会費 3,000円
団体会員	—	5,000円
賛助会員(1口)	—	10,000円

## 〔論文〕

## 明治前半における上水水質分析について

塩川 久男

(日本大学商学部)

## はじめに

上水が人間の生活にとって不可欠であることはいうまでもないが、わが国において近代水道が敷設されるまでの上水の水質がどのように、その水質分析がどんな状態で行なわれていたかについては、問題が多様な分野にわたっていることも関連して、系統性と明確さを欠いている。この点を考慮しながら、明治前半期——ここでは、上水水質分析という発想がわが国に移入された明治初年から近代水道が横浜にはじめて敷設された1887年(明治20年)頃までを明治前半期とする——の東京の場合を中心に、横浜の場合にも触れながら、上水の状況、上水に関する人々の論議のいくつかを踏まえて、上水水質分析の状況を可能な限り明らかにしてゆきたい。まず上水の状況からはじめてこととする。

## 1. 上水の状況

明治になっても東京における上水は、主にいわゆる江戸水道(玉川上水・神田上水)に依存していたが、明治初年における玉川上水の状況は、たとえば、次のようにあった。

1. 四ツ谷大木戸ヨリ以外一丁程、切石ヲ以テ両側ヲ囲ム、芥留ニケ所アリ、水道往来ト近接シ、川辺往来ヨリ低下タルフ以テ、降雨ノ節道路ノ悪水、腐敗物牛馬犬猫ノ糞尿トモ尼ク上水へ流レル。

1. 大木戸ヨリ代田村迄里程一里半許、茲ニ水槽ニヶ所、上水入口水源羽村ヨリ初メテノ水槽ニシテ、塵芥ノ許多ナルコト常に積テ堆フナス。昼夜一両度堆積ノ芥ヲ除去スルトモ、層重ノ芥如何リ普ク取扱ヲ得ン。

但、塵芥ハ古蘆、草鞋、木枝、野草、木根ノ類、亦屢々犬猫腐敗ノ屍体、時トシテハ腐敗ノ人屍モ流レ来ル。

1. 箇所ニ拠リテ飲水ノ名ヲ以テ田畠ノ用水ニ用ルアリ、又飲水ニ仰カザル水道縁ノ村屋ニテハ、水道ハ物洗水ト見做セシムナリ。

また、神田上水については、

## 1. 水源ヨリ閑町上水堰迄、田畠毎ノ垢穢不用水悉ク落入ス。

1. 上水ト田地ト近接スルハ僅ニ二尺許ニテ、田畠ノ如ク、処ニ堰ヲ置テ、自由ニ田養ノ為ニ取水致シ、不用水ニナレバ糞尿ノ腐敗水ト俱ニ再ビ上水ニ落去セシム。

とあり、両上水とも不潔極まりない状況であった。この江戸上水を使用できない地域では、水(上水から汲みとったもの)を購入する<sup>2)</sup>か、井戸から汲み上げて用いていたのであるが、それとて、

現ニ至テハ本所・深川・芝・金杉等ノ如キ人口稠密ノ地ニシテ、未だ上水ノ沢ラ承ケズ、日々飲水ヲ他ニ購求スル者ト不潔ノ井戸ヲ用フルヲ免ガザル者多シ<sup>3)</sup>(句読点筆者)。

とあるように、不潔な飲料水を用いていたのであった。

上述の頃より10年程後の状況を物語るものに、1888年(明治21年)に英蘭学者で効農家でもあった津田仙の行った演説がある<sup>4)</sup>、その中で彼は、

余ハ昨年中武州玉川地方ニ所要アリテ數回ノ旅行ヲ為シ、其途次上水ノ景況ヲ視察スルニ、玉川ニ注グ源流ハ其水頭ル汚穢ニシテ、或ハ肥溜ノ汚水、或ハ下水等ヲ流シ込ミ、其不潔ナルコト一瞥余輩ヲシテ慄然タラシムル程ナリ……玉川上水ニ汚水ノ流入スルハ重モニ其源流ニ在リ、源流中ニ汚物ノ多キ幾ント驚クニ堪ヘタリ。又、玉川ノ両岸青梅駅ノ上数里ノ間ヲ通行スルニ、或ヒ死人ヲ洗净シタル葬式ノ用ニ供シタル草履等種々ノ不潔物ヲ放流シ、其物ノ既ニ腐敗シテ底ニ沈ミ或は水面ヲ浮流スル杯得テ名状ス可ラザル有様ナリ(句読点筆者)。

と述べており、まさに慄然とする実状であった。さらに、「一層甚ダシキコトヲ伝聞セリ」として次のように述べている。

玉川地方ニ於テ自殺ヲ為ス者ハ縊死毒死ハ甚ダ稀ニシテ、又、玉川本流ニ投身スル者モ寔ニ少ナク、多クハ水道ニ身ヲ投ジテ死セリト云フ……而シテ其死体タル率ニ水中ニ在リテ四五日ニシテ発見セルモノハ、只膨脹スルニ過ギザレドモ七八日ヲ経過セシ

## 明治前半期における上水水質分析について(塩川)

者ニ至テハ、漸々腐爛シ、尚ホ甚ダシキハ白骨ヲ發見スルコトアリト云フ。

自殺者の死体が上水道の上流で腐ったままというのであるからすさまじいばかりの状況にあったといえよう、江戸上水を導いていた木桶の修繕などは時に応じて行なわれていたし、上水の衛生状態を清潔に保つために取締規則や布令書が出されていたが、いずれも抜本的対策にはならなかった。したがって、明治初年とそれから約10年後の上述した記録によってもわかるように東京の上水はおしなべて不潔なものであったといふことができる。

横浜ノ場合、最初の水道は、

横浜ノ地タル元寂莫タル瀬海ノ一寒村ニ過ギザリシ、安政年間一朝開港場ト成ルニ及ビ、内外ノ船舶幅輪シ商賈四方ヨリ集リ、殷賑ノ市街ヲ為スニ至シリ。

市街地盤ノ大半ハ素沼澤ナリシヲ以テ、井ヲ穿ツモ飲料ニ適スベキ水脈ナク、附近村落ノ丘陵中幾分カ浄水ノ湧出ナキニアザルモ、其量少ク加フルニ運搬不便ニシテ全市街日常ノ需要ヲ充スニ足ラズ…

…<sup>5)</sup>といった状態の中で、木桶水道が発起され、武州多摩川之中之島村で多摩川の水を取り入れ、鹿島田村より木桶で水を引く工事が1873年(明治6年)に竣工、通水を行なっている。その構造は、

水源地附近ハ在来ノ素掘ヲ利用シ、之ニ木桶ヲ接続シ各所ニ木桶ヲ附属シ、以テ水ヲ市街ニ引キ街路ノ傍ニ井ヲ設ケ之ニ溜メ、各戸ノ汲用ニ併スル方法ニシテ……<sup>6)</sup>

と木桶を用いていたので水がこぼれる途中で汚染され、江戸上水と同様に不潔にならざるを得なかった。

## 2. 上水に関する論議

前節で述べたように上水が非衛生的である上に、1877年(明治10年)以降1887年(明治20年)までに限定してみれば、毎年のように侵入伝播をくりかえしていたコレラをはじめとして<sup>7)</sup>、1881年(明治4年)から1887年(明治20年)まで毎年死者を出していた赤痢<sup>8)</sup>といった水系伝染する伝染病の流行をみたことにより、環境衛生ことに上水関係の改善が強く希求されるようになり、上水に関する論議が登場てくる。本節では年代を追ってこれらの論議を辿ることとする。

東京の上水を改良しようとする最初の意見は、1874年(明治7年)5月に出されている。これは、内務省土木寮長工師オランダ人ファン・ドールン(Cornelis Johannes Van Doorn)が内務省の命を受けて「改良意見

書」として出したものである。彼はその中で、

水道ヲ設クルノ主旨ハ生民ノ健康ヲ助クルニ在リ、又之ヲ置クヲ以テ、兼テ太都ヲシテ左ノ不少ノ緊要ヲ抱カシムヲ得<sup>9)</sup>

と述べ、居住地や公道が水によって清潔になることを中心に利点を上げ、水道設置のための意見を具体的に述べている。そして、翌1875年(明治8年)2月には、地勢や水源から考えて、東京には比較的小額で近代的な水道を設置できるとして「東京水道の設計」を土木頭に宛てて提出している<sup>10)</sup>。この設計は実行に移されなかつたが、水道改良に向けての关心を関係者につよく植えつけた。

上述のような趨勢を無視できなくなった東京府は1876年(明治9年)、東京の水道改設を調査するため、水道改正委員(林深造ほか4名)を設けた。この改正委員は、翌年9月に出した『東京水道改設之概略』の中で、「府下ノ必須トスル所ノ者ハホヲ得ルノ清潔體多ナル…」ことであり、「旧樋井ヲ廢シテ更ニ沈澱池漬池高滙等ヲ設ケ鉄管ヲ布列セン」としたあと、木桶の不利な点を8項にわたって列挙している<sup>11)</sup>。水質に直接関係ある項目は次の3項目である。

第一、從來ノ上水ハ其源暴露セル導溝ヨリ米ル者ヲ直ニ撻中ニ承ルヲ以テ、自ラ塵芥ヲ帶テ其性汚濁トナリ、且木管中ノ朽腐物ヲ含ム等ニテ竟ニ人身ノ健康ニ害アルモノトス。

第五、未ダ水道ノ備ハラザル地ハ、家々飲水ヲ購求スルヲ以テ常トス。其購求セザル者トイエドモ猶不潔ナル井水ヲ用フルヲ免ガレザル者多シ。

第六、木管朽腐シテ修繕年々ニ加フ。

統けて、「水道改設ノ利<sup>12)</sup>」として、

第一、水ヲ沈澱淘漉シテ充分清潔ナル飲料ヲ給ス。

第五、從來、木桶通セズシテ飲水ヲ購求シ、及ビ不潔ナル井水ヲ用ヒシ地ヘモ新ニ水栓ヲ設クルヲ以テ清潔ナル水ヲ容易ニ得ベシ。

など8項目を挙げて、水道を近代的に改設すべきであると述べている。1877年という時期には木桶が通水上いかに不潔であるかが、はっきり認識され、東京府下水道改正委員も存在していたのである。

1878年には、飲水の良否とコレラの間に深い関係があるという、横浜司薬場からの報告がみられる<sup>13)</sup>。即ち、

客観流行セシ横浜港内虎列刺病患者表ト該司薬場ニ於テ検査セシ港内飲水良否試験表ト以テ比較スルニ、用水最モ善良ナラザルノ市街ハ、病毒最モ猖獗ヲ極メシコトヲ証明シタリ

その証として飲料に供す井水 100 ごとに不良水が 22.4 の地（つまり用水不良の所）では、人口 100 人あたり患者 2 人、不良水が 0.61 の地（つまり用水がほぼ良好の所）では患者 0.63 の割合であることを記したのち、

塵芥等ヲ井ノ近傍ニ堆積スルコトナク、又溝渠ノ汚水ヲ涵滞セシテ、絶エズ過流セシメ、可及的其周囲ヲ清潔ニシテ化学的検査ヲ經タル善良水ヲ使用セバ、則チ共ニ天賦ノ生命ヲ保全スルコト得ベシ<sup>14)</sup>。

と結んでいる。コレラ菌も発見されておらず、水と伝染病の因果関係もまだはっきりしなかった当時としては、衛生学的に意義深い要を得た記事である。

1880 年には、「衛生化学上ノ一大発明」というタイトルの記事があらわれる<sup>15)</sup>。これは、米国ボルチモアでの魚臭胡爪味をおびた水の不純の原因が、水源の池水の流出口に鉄の線紗を張って流出させることにより、この線紗上にいた緑色植物であることがわかったという内容で、タイトルに「一大」という程度のものではない。

1883 年には、「飲水論」と題した演説<sup>16)</sup>が行なわれている。これは、「先づ飲水ノ起源及其種類ヲ論じ、次ニ飲水ノ良否ヲ論じ、終リニ其病ヲ発スル所以ヲ論ゼン」と前置したあと、「飲水ハ悉皆其源ヲ氣中ノ水蒸気ニ取ル。……吾人ノ飲水ニハ雨水、泉水、井水、河水及湖水類別アリ……」としてそれぞれの水について略説したあと、飲水としての一長一短を述べたものである。前置きの中で述べた「其病ヲ発スル所以」はどこにも見当らず、内容もおおまかである。

1886 年（明治 19 年）には鉛管を導水管に用いることの可否を述べた記事がある<sup>17)</sup>。これは当時（1865～80 年）世界各地で発表された文献 7 篇を参考にして、鉛管を「①導用水鉛管」と「②井水を汲み上げるための唧筒用鉛管」に用いる可否を述べたものであるが、いづれの場合にも鉛中毒の恐れがあるので鉛管は用いない方がいいという説を紹介している。

同 1886 年には、当時衛生局の書記官であったが、上水の改良に關してきわめて精力的な活動を行なった永井久一郎によって「上水供給のことを述べ」という演説<sup>18)</sup>が行なわれた。

まず、良質な水は都市ガスと同様に代價を支払って入手すべきであることを力説したあと、①「上水の水源」②「濾過法」③「分配法」④「供給法」——1 日何回かの時限に供給する間歇法と日夜の別なく供給する恒常法の 2 つがあるとしている——⑤「用量」⑥「費用微収法」⑦「複給法」——飲料水には良質の水を、雑用や製造用には質の良くない水を供す法——の 7 項目にわたっ

て上水供給の一斑を説いている。さらに、ロンドンの水道供給社の場合について、資本金、1 年間に徴収する水道料金を中心として参考に述べたあと、

我東京府下ノ実況ヲ見ルニ府下到ル所トシテ水道（江戸上水のこと、筆者註）ノ設ナキニアラザレドモ、其構造及び供給法ノ如キニ至テハ頗ル幼稚ニシテ……現今ノ水道ハ木造ニシテ、加フルニ其構造不良ナルガ故ニ水ノ導溝ヲ経タル善良好水ヲ使用セバ、則チ共ニ天賦ノ生命ヲ保全スルコト得ベシ<sup>19)</sup>。

と東京の上水の水質の悪いことと給水法の不適当なことを指摘し、彼の抱く上水の改良案は、

鉄管ノ水道ヲ布設シテ、純良ノ水ヲ全府ニ供給シ悉ク各家ノ堀井ヲ廃止スルノ目的トスル。

と傍点を付して強調している。そのあと、水道の改造が諸般の事情で遅延するならば、旧來の水道に関して改良すべき点が 10 項目あるとして、それらを列挙して演説を終えている。10 項目中、水質に係るもの 3 項を次に掲げる<sup>20)</sup>。

### 1. 可成る現在ノ水道ヲ拡張シ且其樋ノ滲透ヲ防ぐ事

4. 水道ノ拡張スルニ從ヒ可成る各家堀井ノ使用ヲ禁止スル事（各家堀井ヲ用ユル間ハ到底衛生上完全ノ目的ヲ達スルコト能ハズ……）

8. 水道ノ水ハ毎週 1 回堀井ノ水ハ 1 ヶ月又ハ 3 ヶ月ニ 1 回分析シテ其性質ヲ検定スル事

演説するのに少なくとも 1 時間は要したであろうと推測される量もさることながら、当時の上水供給の状況を憂えつつも、充分で緻密な資料にのっとって具体的に東京の水道改良を説いているその内容は、当時の上水改良に関する総合的論文としても高く評価されるべきものと考える。

上水に関する論議は、以上見てきたように、衛生行政に携わる者、医学者、化学者、効農家、それにここでは割愛したが工学者など様々な領域の人びとによって行なわれているのが一つの特徴である。このように、上水の水質や衛生状況を初めとして、その全般を改良しようとする機運が高まりつつあったこともうかがい知ることができる。

### 3. 水質分析

1 節で述べた上水の状況や 2 節の上水に関する論議に

おいて必ずしも問題になっているのが、「上水が不潔」、「水質の良否」ということである。この問題を解決するための基礎的作業が、水質分析・検査であった。以下、近代水道敷設以前の上水水質分析の状況を整理し、その意義についても適宜検討していくこととする。

わが国で最初に行なわれた水質分析の時期と内容については、従来暖昧にされてきたが、今までに入手した資料によると、1874 年（明治 7 年）10 月 19 日付で、東京府に提出された分析結果<sup>21)</sup>が、わが国最初の水質分析であったということができよう。これは東京府の依頼で、玉川上水流の水を文部省東京司薬場において、同場ドイツ人外人教師 G. マルテン（Georg Martin）の行ったもので、内容は次のとおりである<sup>22)</sup>。

此上水へ清澄ニシテ毫モ臭氣ナク、且フ味ナク、「コロールバリュム」及ビ硝酸銀液ヲ加ヘテ、少モ沈澱生ゼズ、修酸「アンモニアキ」ニ由テ、只ニ僅ニ濁度生ズ、金液及ビ過マンガン酸カリヘ、比率ニテ少モ分離ゼズ。

此上水 10 リットル即チ毫万立方センチメートル中、左ノ固形成分ヲ含ム

炭酸カルシウム	0.10738 グラム
炭酸カリ	0.00176 グラム
炭酸石灰	0.23750 グラム
炭酸亜鉛化鉄	0.00493 グラム
総計	0.35237 グラム

この結果から「此水ハ極テ清澄ニシテ諸般ノ用ニ供シテ甚ダ良トス」と報告されている。

また、同年 12 月 17 日付で「東京府下玉川上水下流試験表」が東京司薬場から東京府に送付されている。内容についてみると、分析項目が上流で実施した場合とかなりちがっている点が目立つ。すなわち、「食鹽、塩化ボッタッシュウム、炭酸石灰、炭酸苦土、硅酸、酸化鉄、磷酸、礬土、硝酸、有機物」の 10 項目に増えている。結果については、「右ノ如クニテ、此水ハ前日試験スル所ノ上流ニ比スレバ、其品位大ニ劣レリ」と報告されている<sup>23)</sup>。

この後 1875 年（明治 8 年）4 月 5 日付で神田上水の分析が同じく G. マルテンによって報告されている。分析項目は玉川上水下流とはほぼ同じであるが、結果を玉川上水と比較して次のように述べている<sup>24)</sup>。

此神田上水ハ、前ニ分析検査セシ所ノ玉川上水ニ比スレバ、其品位頗ル劣ル雖、之ヲ用テ飲料トナスモ、亦決シテ妨害アルコトナシ。

さらに、

有名な衛生学家「ヘッテンコーフェル」氏ノ説ニ

因レバ、良好ノ飲料水ト称スベキ者ハ、其一リートル中溴シテ 50 グラム以上ノ有機質ヲ含有スペカラザルナリ……

と有機物質に関して依存する根拠を紹介している点が新しいが、この「グラム」という量はいかにも多すぎるのを何かの間違いであろう。この報告の最後に「適宜ノ次序ニ從テ、府下各所ノ飲料水ヲ検査」することが一務であると、ある程度連続して水質検査することの必要性を述べている。水質分析に関する当時の日本における指導者の一人であった G. マルテンならではの示唆である。

1877 年（明治 10 年）になると東京大学で化学を教えていたイギリス人外人教師アトキンソン（R. W. Atkinson, 1850～1929）が、「Water Supply of Tokio」<sup>25)</sup> と題する科学的体裁もととのった論文を発表し、その中で「1. —— 東京市に供給される用水は元来良質であるが、水管で運ばれる途中（連結部分で外から不純物が流れこむことがあるので）汚染される。2. —— ほとんどの井戸は飲用として危険である」とまとめている。この論文は分析方法をはじめとして、わが国におけるその後の水質分析・検査に大きな影響を与えたが、その詳細については拙稿<sup>26)</sup>で明らかにした。

同年 9 月には東京司薬場において再度、玉川上水流の分析が行なわれた記録がある<sup>27)</sup>。

さて、この頃、実際に分析したものではないが、啓蒙的な色彩の濃い飲水試験法が紹介されている。「飲水識別の捷方」<sup>28)</sup> と題するもので次のようなものである。

①飲水ハ無臭無味ニシテ清澄ナラザルベカラズ

②極テ磨沢スル所ノ銅鏡若クハ磁鍋ヲ取リ水五合ヲ盛り、煮沸スルコト五分時ニシテ火ヨリ下シ、静定スルニ沈底アリテ銅底ヲ透見スル能ハザルハ炭酸「カルシウム」ヲ混溶スルコト多キモノニシテ善良好水ニ非ルナリ

③水ヲ硝子杯ニ満盛シ食匙ノ澄明「タンニン」液ヲ注加シ、放置スルコト五分時ニシテ渦ラザルモノハ飲料トナスニ亘シ。

④タンニン液の場合、タンニンはカルシウムイオンや重金属（マグネシウムなど）及び蛋白質と反応して沈殿を生じるので、①②と共に実用可能な検査法といえよう。

1879 年（明治 12 年）には、内務省衛生局横浜試験所の A. ゲルツ（A. T. C. Geerts, 1843～1883）外 8 名により、「On the Drinking Water of Yokohama and the Necessity for Its Improvement」<sup>29)</sup> という論文<sup>29)</sup> が報告された。内容は、①飲料水の歴史、②飲料水の純度の基準と限界、③横浜の 3 地域で得た分析結果のレビュー（表）、④多摩川と導水管、⑤検査項目と試料の記録型式、⑥～

⑦横浜の井戸の水質を示す地図と横浜で流行したコレラによる死者数(1877年)を示す地図、からなっている。このうち、②の基準と境界は、横浜のいろいろな井戸の水質を判定する際、次の3つの等級におけるとしている<sup>39</sup>。

第1：良好な水——透明であって、溶液にしろ懸濁液にしろ有機質がないか、ほとんどないもの。亜硝酸と硝酸がなく、アンモニアは、ないか痕跡程度とする。その上、匂いと色がなく、いやみのない新鮮な味のするもの。

第2：中等の水——きわめて純粋ではなくとも飲用に供せるもの。これは、下で述べる諸項目の限界をこえないものとする。

第3：飲用に不適な水——飲用すると健康を害ねるもの、下で述べる諸項目の限界をこえるものとする。

そして、その諸項目には「色」から「沈澱物の性質」までの12項目が挙げられている。適宜、抜萃すると<sup>40</sup>。

塩化物：水10万部あたり5部以上の塩素(塩素イオンの意、筆者注)を含んでいてはいけない。

亜硝酸塩：水10万部あたり最高0.5部以上の亜硝酸塩を含んでいてはいけない。

硝酸塩：水10万部あたり最高1部以上の硝酸塩を含んでいてはいけない。

といったものである。まだ水質の基準がきめられていなかった当時、このように判定の基準を体系的に打ち出した姿勢は高く評価されるべきである。③の結果は飲料として用いられている井戸についてのみの結果なので2324箇所(86.5%)は井戸が良好とされている。この結果に対しては、「沼沢地や低地の埋立て地にある多数の不良な井戸を考えに入れると、飲用に適しない井戸のパーセンテージははるかに大きくなろう」という注記がある。④の多摩川と導水管では、横浜までの導水管の起点となった鹿島田村で、木樋に入る前の水について水質検査を行ない、「鹿島田村での水質は井戸にくらべて良質である」としている。しかし、木樋を通るうちに汚染されることが充分考えられることを、アトキンソン<sup>41</sup>やマルティン<sup>42</sup>の例を挙げて、言及している。

同年、東京大学理学部久原躬弦准助教が、東京六郷河水2箇所、羽根田村井水ほか10箇所の井水は「都テ混交物多キテ以テ俱ニ良水トナス可ラズ」と結論している<sup>43</sup>。

1883年(明治16年)には、當時地質調査所にいたドイツ人コルシェルト(O. Korshelt)が、"The Water Supply of Tokio"<sup>44</sup>と題する論文を発表した。これは、主とし

て東京の深井を対象に78箇所(ただし、そのうち1箇所は泉水、12箇所は玉川・神田上水に係るもの、1箇所は東京高地の井水)の水質分析をしたものである。純良な飲料水としての基準は次のようにおかれていている。

水10万分中

- 1. 固形物ハ50分ヨリ多カラザルコト
- 2. 塩素ハ2乃至3分ヨリ多カラザルコト
- 3. 硫酸ハ8乃至10分ヨリ多カラザルコト
- 4. 石灰及ビ苦土ハ合シテ20分ヨリ多カラザルコト
- 5. 硝酸ハ0.5乃至1.5分ヨリ多カラザルコト
- 6. アンモニア及ビ亜硝酸ハ僅カニ痕跡ニ止ルコト
- 7. 有機物ヲ酸化セシムルニ要スル所ノ酸素ハ0.25分ヨリ多カラザルコト

この基準に照らしてみると、試験井水64箇所のほとんど飲水として合格であるとしている。また、「水質ノ不浄ナル井ニハ其壁ノ稍々古朽シ、殆ド腐蝕スルモノ多キヲ察セリ」と記されている。その後、東京地下水の本源に考察を加えたあとその流量も試算し、工業用水にも使用可能なほど多量であるとし、最後に、東京府下の用水を改良して、純良な飲料水にするには、①江戸用水の四谷及び閑門において済過装置の溜池を新設すること、②府下に埋設する水管は鉄製のものに代えること、と水道改良の意見をも提示している。コルシェルトのこの論文も、後の水質分析にとって一つの基準となった意義あるものである<sup>45</sup>。

1885年(明治18年)には、飲料水試験法に関する記事がつる。1つは薬学会員荒尾英三郎が「試験ノ簡易方ヲ掲ゲテ世人ニ示シ、且便ナラシメントス」として記したもの<sup>46</sup>で、方法は、

(第一) 善良飲料水ハ外觀濁リナク且臭味ナキモノトス

(第二) 之レヲ酌シテ取テ、一夜置クモ重垢極テ少ナキモノ

(第五) 鉛ヲ酢ニ入レテ煎其酢ノ上清ヲ此水ニ投ズルニ、白濁少ク又黒色ヲ發セザルモノ

など10項目にわたっている。殆どの項目が容易に実施できる手法であるが、「(第十)此水ト雨水ト各別ニ同量ヲ取リ、之ヲ天秤ニテ秤ルニ殆ド差ナキモノ(溶解物少ナキ証)」という項目は普通の天秤の精度では不可能である。

もう一つの記事は、かの北里柴三郎による試験法である<sup>47</sup>。専門家を対象に記されたものと考えられるが、「左ニ記録スル所ノ者ハ飲料水ヲ試験スルニ時間ヲ浪費

セズ、高價ノ器械ヲ用ヒズ、複雑ナル法ヲ要セザルヲ目的トス」と記されている。先づ、善良な飲料水としての5つの条件をあげたのち、さらに飲用に適さない水を具体的に4項目にまとめている。それから「水試験各論」へと入って行く。この各論は、「(第一) 透明及看色(第二) 臭氣(第三) 有機物(第四) 格魯尼抱合物(第五) 硫酸及硫酸塩類(第六) 炭酸(第七) 亜硝酸(第八) 硝酸(第九) 安母尼亞(第十) 硫化水素(第十一) 石灰(第十二) 麻個涅失亞(第十三) 鉄(第十四) 鉛そして、顕微鏡的水試験から成り立っており、11頁にわたって詳述されている<sup>48</sup>。水菌や微生物を発見するための顕微鏡的試験が記されている点がそれ以前のものにくらべて目新しい点である。

同年、横浜では横浜衛生局試験所において閑門(当時、横浜山手にあった外人留宿地との境には治安上「閑所」が設けられており、外人留宿地を閑門、それ以外を閑外と呼んだ)の数百の井戸について、「町名、番地、井戸番号、地形、井側の構造、近傍便所有無並ビニ其距離、溝渠、良否、周囲ノ清汚、水ノ深浅及溫度<sup>49</sup>」を調査して試験を必要とする106箇所の井水を容器に採酌し、試験所において分析、検査し、飲用の適否を判定したことがあった。その結果によれば、106箇所のうち飲用に適するものは33箇所にすぎなかった。市街の井水はおむね不良ということがわかったわけであるが、近代水道をその2年後の1887年(明治20年)に敷設した横浜では、この種の大がかりな水質分析が着実に行なわれていたことに着目しておきたい。

さて、1887年(明治20年)には横浜でわが国初の近代水道が通水されたわけであるが、翌1888年に水質分析に関して見落すことのできない報告が発表されている。これは「東京府下上水試験成績」と題するもの<sup>50</sup>で、衛生局東京試験所の荒尾英三郎、山本正己、岩崎日出雄の三技手が主任として、1884年(明治17年)から翌年の3月までの1年間、毎月1回、神田上水の小石川樋口他5箇所と玉川上水の四谷大木戸他5箇所において採酌分析し、べつに千川上水(玉川上水系に属する)の3箇所について1885年(明治18年)9月と10月に採酌分析した結果と考察を報告したものである。「成績表ニ比照セバ玉川ノ神田ニ優ルハ一目瞭然タリ」<sup>51</sup>とまとめたあと、

以上開陳スルガ如ク各上水ノ下流ニ汚穢ヲ致スハ既ニ諸塩類ノ偶然清流中ニ自生スルモノニ非ラズトスレバ、必ズヤ其原因ヲ水道構造ノ不完全ニ帰セザルヲ得ズ。蓋シ府下ノ水道ハ悉ク木製ニシテ其品質接際皆污水ノ防禦ニ適セザルノミナラズ、其木樋ヲ埋ムルニ方リテ只々通常ノ土砂ヲ以テノ覆蓋スル

ニ過ギザルベクレバ……<sup>52</sup>

と木樋の欠陥性を指摘し、さらに、

飲水ノ善惡ハ平素既ニ公衆ノ衛生ニ關係アルハ勿論、殊ニ伝染病流行ノ際ニ於テ其病菌ハ粗造ノ水道ニ浸透シテ、忽チ四方ニ伝播スルノ専アルコトヲ明知セバ水道改良ノ計画ハ一日モ猶子スペカラザル如シ<sup>53</sup>

と水道改良を促進すべきという意見も述べている。

ここで、この報告の持つ意義をのべよう。この分析は、神田上水と玉川上水について

第一：其性質果シテ善良ニシテ飲料ニ適スルカ。  
第二：一歳中四時ノ変化ニ拘ハラズ、始終清潔善良ノ性質ヲ保存スルヲ得ルカ、第三：仮令其木樋ニ入ルノ初ニメニ於テハ常に善良ナルモ、其末流ノ各市街ニ分派スルニ至リテハ汚物鬱塞、悪水浸透シテ遂ニ飲料ニ供スルニ堪ヘザルコトナキカ、第四：二上水其中孰レガ最モ善良ナルカ、ノ諸点ハ今日衛生家ニ於テ當ニ研究スペキ最モ要ナル問題ニシテ……<sup>54</sup>

という意識のもとに行なわれたもので、わが国初の定期的な水質分析という点で劃期的なものであり、さらに、外人教師・技師による直接の指導なしで報告が完成発表されたという点では、わが国における上水水質分析の独立とみなせる意義をもったものである。

本節とりあげた、この時期の上水水質分析にみられる特長はつぎのようにまとめることができよう。

1). 分析項目はかなり不統一であったこと、2). 外人教師・技師の寄与が大きかったこと、3). 分析報告や論文は、上水に関する意見や論議と相まって、近代水道設置推進にとって強力なりどころの1つとなったこと。

また、1874年(明治4年)に始まった水質分析は、途中、コレラ・赤痢等の流行によってその必要性を刺激されたり、外人教師・技師の指導を受けたり、上水に関するさまざまな論議を駆動力したりして、1888年(明治21年)の上述した「東京府下上水試験成績」の報告にいたって、つまり15年にしてわが国で自立したということができるよう。

おわりに

明治前半期の上水水質分析について論考をすすめてきた。

問題が多く分野にまたがっていることも関連して、從来曖昧であったこの時期の上水水質分析について、その中核をとらえ、推移の要点を踏まえつつ全貌をかなり明確にしえたものと考える。

わが国の上水水質分析が条例によって規定されたのは

1890年(明治23年)2月のことであるが、その分析試験方法は各市によりまちまちであり、比較判定上も不便であった。統一された分析試験方法が行なわれるようになつたのは、さらに14年後の1904年(明治37年)3月のことであった。この間の事情に関しては今後の検討にゆづるとするが、それら近代的体制をととのえた水質分析の出現は、前節の終りに述べたように1874年頃(明治初年)から15年かかってやっと独歩きを始めるまでの上水水質分析の素地と累積がなければ見られなかつたであろうことも指摘しておきたい。

### 文 献 と 註

- 1) 東京市役所編,『東京市史稿』,上水編(二), p. 392&394(1923)
  - 2) 永井久一郎,「上水供給のことを述べ」,『大日本私立衛生会雑誌』,41, p.29(1886).
  - 3) 水道改正委員,『東京水道改設之概略』,p.24(1887).
  - 4) 津田仙,『玉川上水改良説』,『大日本私立衛生会雑誌』,48, pp.15~25(1888).
  - 5) 横浜市水道局,『横浜水道誌』,p.13(1904).
  - 6) *Ibid.*, p.14.
  - 7) 日本公衆衛生協会,『公衆衛生の発達』,pp.194~196(1934).
  - 8) *Ibid.*, p.216.
  - 9) (1)のp.265.
  - 10) *Ibid.*, pp.281~329.
  - 11) (3)のpp.25~27.
  - 12) *Ibid.*, pp.27~29.
  - 13) 「用水ノ説」,『東京医事新報』,33号, p.3(1878)
  - 14) *Ibid.*, p.3.
  - 15) 久原躬弦,『東洋学芸雑誌』,28, p.237(1880).
  - 16) 松山棟庵,『大日本私立衛生会雑誌』,2号, 1880 pp.5~8.
  - 17) 古川栄,『鉛管ヲ導水ニ用ユルノ可否』,『東京医事新報』,44号(1886), pp.1297~1300.
  - 18) 『大日本私立衛生会雑誌』,41, pp.3~36(1886)
  - 19) *Ibid.*, pp.34~35.
  - 20) (3)のp.36. なお、(25)の拙稿で最初の水質分析は神田上水としたが、玉川上水が正しいのでここに訂正する。
  - 21) (20)及び東京市役所編,『東京市史稿』,上水篇(二), p.357(1923). なお、G. Martin は文部省医務局に雇用されて先ず、横浜試薬場で薬品試験を伝授(明治7年1月~8年7月)し、次に東京試薬場(国立衛生試験所の前身)で化学教師
- (明治7年~9年7月)のもの、東京医学校(大学東校の後身、明治10年東京開成学校と合して東京大学となる)で製薬学を講じた(明治9年9月~11年12月)ドイツ人教師である。
- 22) *Ibid.*, p.358.
  - 23) *Ibid.*, p.361.
  - 24) R.W. Atkinson, "The Water Supply of Tokio", *Trans. Asia. Soc., Japan*, pp.87~98(1878).
  - 25) 塩川久男,「R.W. Atkinsonによる上水水質分析」,本誌,第6号, 1977, pp.20~24.
  - 26) (1)のpp.537~538.
  - 27) 『土確集録』,12, p.141(1878).
  - 28) *Trans. Asia. Soc., Japan*, 7, pp.211~224(1879).
  - 29) *Ibid.*, p.219.
  - 30) *Ibid.*, pp.219~220.
  - 31) (24)と同じ.
  - 32) Über die Versorgung mit Trinkwasser der Metropole Japans, *Mittheilungen der Deutsch. Ost. Asiatischen Gesellschaft*, 2, p.19(1876).
  - 33) 「東京府下井水分析説」,『学芸志林』,4, pp.196~208(1879).
  - 34) O. Korschelt, "The Water Supply of Tōkiō", *Trans. Asia. Soc. Japan*, 12, pp.143~156(1883).
  - 35) たとえば(1)のp.1074. 明治21年12月5日付で、「東京水道会社設立出願」が出されているが、その第4章水質の項に、コルシェルトによる玉川上水分析が言及されている。
  - 36) 荒尾英三郎,「飲料水試験の簡易法」,『薬学雑誌』,45, pp.455~457(1885).
  - 37) 北里柴三郎,「衛生上飲料水簡易試験法」,『大日本私立衛生会雑誌』,29, pp.45~58(1885).
  - 38) *Ibid.*, pp.48~58.
  - 39) (5)と同じ, p.32.
  - 40) 「東京府下井水試験成績」,『衛生試験彙報』,3, pp.1~23(1888).
  - 41) *Ibid.*, p.21. なお参考までに、この報告での良好な飲料水としての判定基準と、今日、水道により供給される水道水の水質基準を比較すると次のようになる。ただし、判定項目中当時も今日も取り上げられている項目につき、筆者がppmに換算したもの、括弧内が今日のものである。塩素イオン20~30以下(200以下)硝酸性窒素 5~15以下(10以下)過マンガノ酸カリウム消費量 10以下(10以下)。
  - 42) *Ibid.*, p.22.
  - 43) *Ibid.*, p.22.
  - 44) *Ibid.*, p.2.

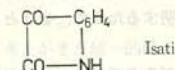
### [寄 書]

#### 藍(青藍)ーインジゴの研究を通して見た構造化学史の一断片

大作 勝・禰宜田久男

(広島大学理学部)

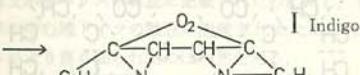
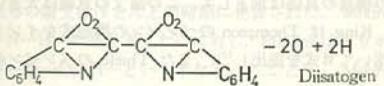
Baeyer はイサチン(彼は Pseudoisatin と書いている)の構造を明らかにし,



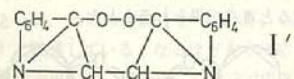
インジゴの構造として以下の5つの結論を下した。原報は次のように述べている。

- 1) インジゴはイミド基を有している。
- 2) 炭素原子はジフェニルジアセチレンの構成にしたがえば、以下のように配列している  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C} = \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5$ .
- 3) インジゴは(2)にしめした結合のみならず、その中のベンゾールのとなりの炭素原子には、酸素原子も結合している。
- 4) インジゴはその化学構造・性質から、うたがいもなく、インジルビンとエチルブソイドイサチンのイングニドの類似化合物である。
- 5) これより、ブソイドインドキルの  $\alpha$ -位炭素原子とブソイドイサチンの  $\beta$ -位炭素との結合が考えられる。

このうち特に(2)が重要である。これによってインジゴ中の4個の炭素が直接結ばれていることが判明した。そこで前述の式Iを式IIのように改めた<sup>2)</sup>。



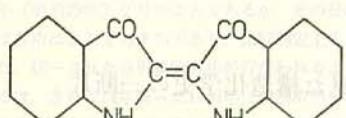
または



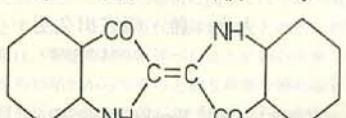
ついで第V報で有機化学的方法によって、インジゴの構造について決定的な結論を下した<sup>3)</sup>。この論文によって

Baeyer によってインジゴはIIのような構造を持つことがわかった。もう一度インジゴの構造を書くが、インジゴにはシス形(III)とトランス形(IV)が考えられる<sup>4)</sup>。

Baeyer はシス形を提出したことになる。  
当時の化学者にとって、インジゴの強い安定性、高い



III

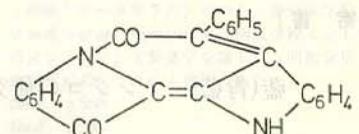
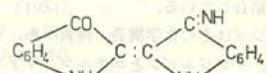


IV

融点(390~392°C)<sup>19</sup>、強い色、およびその他の物理・化学的性質を説明するために、ぜひともインジゴの構造を知る必要があった。

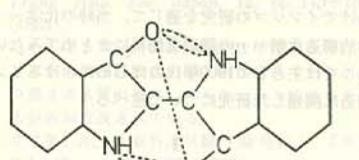
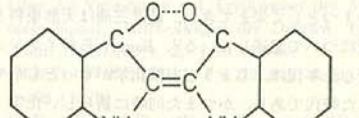
1900~1926年ごろまでのインジゴの構造については、King,<sup>10</sup> Lowry,<sup>11</sup> Posner,<sup>12</sup> Robinson<sup>13</sup> らの総説がある。

そういうことから、いろいろな例をあげて、シス形を支持するもの、トランス形を支持するものがあった。シス形を支持するものとしては Falk や Nelson がおり<sup>14</sup>、一方 Madelung や Wilhelm<sup>15</sup> はトランス形を支持した。シス形を支持する根拠としてはインジゴがふつうの条件下ではモノオキシムしかつらないということである。



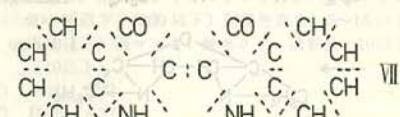
るのはトランス形である。

シス、トランスの関係はこれ以外にアセチルインジゴ<sup>16</sup>、インジゴイミン<sup>17</sup>、その他<sup>20</sup>によっても論じられ、また金属錯体の構造と関係づけて説明されているものもある<sup>21,22</sup>。ちょうど錯体化学のはじまりの時期で、いろいろの考えが早速インジゴに適用されている。シス、トランス形のどちらでもない式を発表したのは Robinson で、彼は V または VI 式を考えた<sup>13</sup>。

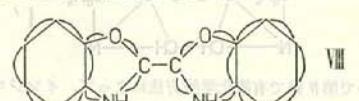


彼はこの論文の中で N につく孤立電子対の表現を現在我々が用いているような記号  $\cdot\ddot{N}\cdot$  で示している。同時に Thiele のベンゼンの構造式の有用性についても記述している。彼はまた古典の一有機電子論という学問領域を發展させた人のうちの 1 人であり、インジゴの構造の真偽は別として、この論文の意義は大きい。

King は Thompson のベンゼンの構造式をインジゴに用いて VII 式を提出し<sup>10</sup>、また Thiele のベンゼンの式を



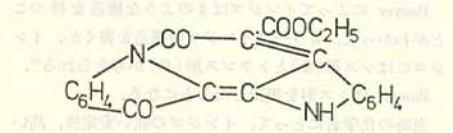
応用すると VIII 式が得られるとした。



り<sup>16</sup>、また Falk と Nelson は "The Stereochemistry of Indigo" という論文の中で、多くの化合物のシス、トランス形の融点と色を引用し、 $>\text{C}=\text{C}<$  に置換基をもつもののうちより低い融点を持つほうをシス形とした<sup>14</sup>。またここで引用した化合物は一般にトランス形が色のない場合が多いことから以下の結論を下した。

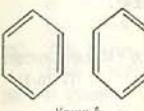
もしある化合物に 2 種の構造異性体が存在し、これらの異性体の一方が着色しているとするならば、他方は無色かまたは前者と違った色をしている。2 個の炭素原子間に 2 重結合を有する化合物では、シス形がより深く着色している。

一方 Madelung や Wilhelm<sup>15</sup> は水素結合(後述)の考え方によってトランス形を支持し<sup>15</sup>、Posner と Kemper<sup>12</sup> は下にしめす化合物を合成し、 $-\text{CO}-\text{C}=\text{C}-\text{NH}-$  という原子団の存在を結論した<sup>17</sup>。この原子団が考えられ

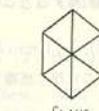


ると VIII 式が得られるとした。

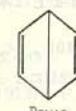
## ベンゼンの構造式



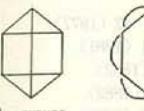
KEKULÉ



CLUSIUS



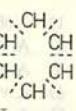
DEWAR



LADENBURG

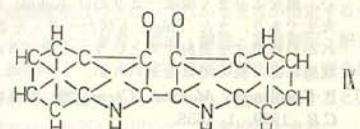


THIELE

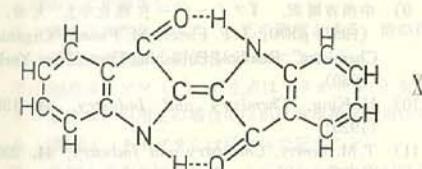


THOMPSON

これに対して Lowry は King の式を次のように書き換えて VI 式とした<sup>11</sup>。



さらにまた Pfeiffer の考えを入れると Sholl の式<sup>23</sup> X が得られるとした。

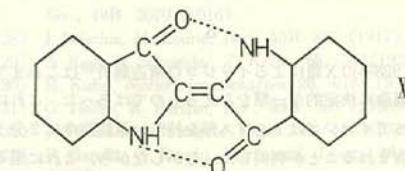


ここでは水素結合の考えがとり入れられている。水素結合の考えを最初に導入した<sup>24</sup>のは Moore と Winmill<sup>25</sup>であるが、Pfeiffer<sup>26</sup> の考えが引用されている。

これらの論文はほとんど同時期に発表された。Moore らは  $\text{N}\cdots\text{H}$  の系を考えたのに対し、Pfeiffer はよりボビュラーな  $\text{O}\cdots\text{H}$  という系をとったこと、Moore らの論文がイギリスの雑誌に記載されたのに対し、当時の化学の中心地ドイツの雑誌に記載されたため Pfeiffer のほうがより良く知られたのは当然だろう。

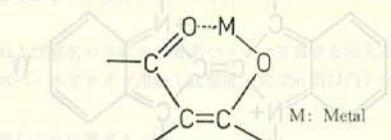
King の論文<sup>10</sup>では  $\text{O}\cdots\text{H}$  間の水素結合(今日で言う)に用いられている … を old-fashioned way (時代おくれの方法)といい、この水素結合を auxiliary valencies (副原子価) と記述している。なるほど古くは結合を破線または鎖線で表現した。Baeyer も論文中<sup>27,28</sup>では … を用いている。

また Madelung と Wilhelm<sup>15</sup> は VI 式を考えた<sup>15</sup>。



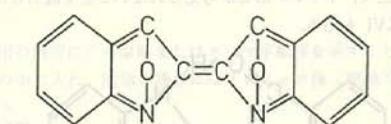
XII

Sholl の式<sup>23</sup> X と Madelung, Wilhelm<sup>15</sup> の式 VI<sup>15</sup> の違いは副原子価の様式の違いである。つまり O と N の間かまたは O と H の間のどちらに副原子価があるかによってここに水素結合(?) を通じて 6 員環ができるか、5 員環ができるかということにはならない。この当時には水素結合という考えがまだ統一的にまとまっていないことがうかがえる。同時にまた金属原子との副原子価を考えているものもあり<sup>29</sup>、一すでに Pfeiffer<sup>26</sup> も考えているが、それは今日で言う配位結合と言われるものであろう。当時には水素結合と配位結合というような分化はまだされていない。

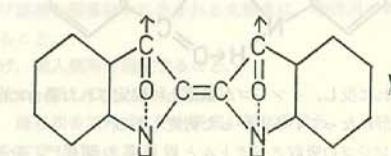


M: Metal

これに加えて Posner は XV, XVI のような式を書いてい<sup>12</sup>。XVI は Claasz の式<sup>27</sup> である。これらの式の妥当性

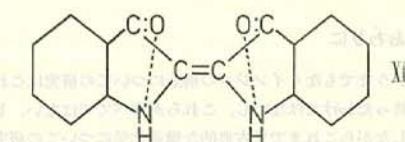


XII



XIII

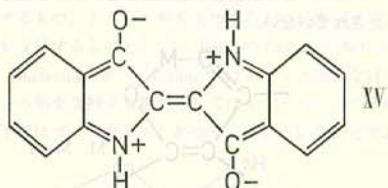
は Lifschitz らによって吸収スペクトルの結果と合わせて論じられ、彼らは式 XIV<sup>29</sup> を提出了<sup>29</sup>。



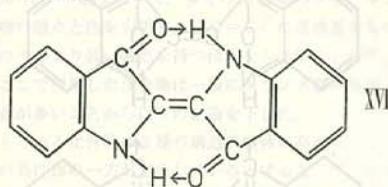
XIV

1928年のX線によるインジゴの構造解析<sup>29</sup>はこれまでの議論に決定的な一撃を与えるものではなかった。これによってインジゴはトランス形を持ち、単位胞中に2分子が含まれることが判明した。しかしながら、これに至るまでに物理化学的手段をほとんど使わずして分子構造を決定するということの困難さを乗りこえて、考えられるあらゆる方面からの研究は、当時の有機化学にいろいろな新しい考え方、手段、方法を持ち込み、立体化学、有機電子論、錯体化学、有機構造化学というような学問領域を生みだしていく。

インジゴの構造がX線解析によって明らかになってから論文として重要なものの1つにたとえば Kuhn のものがある。Kuhn は XV 式を考えてインジゴの色を説明しようとした<sup>30</sup>。



前述の X 式と本質的には同じであるがエノール型構造を考えて、トランス形しか考えられないことを説明した式 XVI もある。



これに反し、インジゴが繊維上に固定された場合にはシス形になっているといった研究もある<sup>31</sup>。

インジゴの吸収スペクトルと置換基の関係<sup>32</sup>、分子量<sup>33</sup>などの物理化学的に重要なテーマを扱った研究もあるが、インジゴの化学一般については近いうちに別に報告したい。

### おわりに

いまでもなくインジゴの構造についての研究はこれで終ったわけではないし、これらがすべてではない。しかしながらこれまで古典的な構造化学についての研究

の断片は出てきたと思う。その後の構造化学について記すことは本題の意図するところではない。

この小文を書くにあたって、多方面の方々に文献集めの際お世話になった、ここに厚く感謝します。(77.10.1)

### 文 献 と 注

- 1) 三浦三郎, 『化学と工業』, 30, 42 (1977).
- 2) A.V. Baeyer, *Ber.*, 14B, 1741 (1881).
- 3) A.V. Baeyer, *Ber.*, 15B, 50 (1882).
- 4) A.V. Baeyer, *Ber.*, 15B, 775 (1882).
- 5) A.V. Baeyer, *Ber.*, 16B, 2188 (1883).
- 6) Baeyer, は論文 1~IV<sup>29-31</sup>の中でフェルニル残基をことごとく C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> と記述している。彼自身はベンゼンの構造に無関心であったわけでは決してない。彼をとりまく環境—とりわけ Kekulé は彼の先生であり、また Thiele も居た—そんな訳でどちらかの構造式を選択するということができにくいくい状態にあったのではなかろうか。
- 7) P. Friedländer, *Monatsh. Chem.*, 29, 359 (1908); *C.B.*, 1909, I, 1658.
- 8) 当時の論文では、ベンゼン環を表現するのに のような式はあまり一般的には使われていない。
- 9) 中西香爾訳, 『フィーザー有機化学』, 丸善, (1957) p.870; L.F. Fieser, M. Fieser, "Organic Chemistry", Reinhold Publishing Corp., New York (1950).
- 10) H. King, *Chemistry and Industry*, 44, 135 (1925).
- 11) T.M. Lowry, *Chemistry and Industry*, 44, 230 (1925).
- 12) T. Posner, *Ber.*, 59B, 1799 (1926).
- 13) R. Robinson, *J. Soc. Dyers Colourists*, 37, 77 (1921).
- 14) K.G. Falk, J.M. Nelson, *J. Am. Chem. Soc.*, 29, 1739 (1907).
- 15) W. Madelung, O. Wilhelmi, *Ber.*, 57B, 234 (1924); W. Madelung, Z. Ang. Chem., 34, 482, 486 (1921).
- 16) J. Thiele, R.H. Pickard, *Ber.*, 31B, 1252 (1898).
- 17) T. Posner, W. Kemper, *Ber.*, 57B, 1311 (1924).
- 18) C. Liebermann, F. Dickhuth, *Ber.*, 24B, 4130 (1891).
- 19) W. Madelung, *Ber.*, 46B, 2259 (1913).
- 20) T. Posner, R. Hofmeister, *Ber.*, 59B, 1827 (1926).
- 21) K. Kunz, *Ber.*, 55B, 3688 (1922); K. Kunz, O. Günther, *Ber.*, 56B, 2027 (1923); K. Kunz, W. Stühlinger, *Ber.*, 58B, 1860 (1925); K. Kunz, A.J. Kress, *Ber.*, 60B, 367 (1927).
- 22) R. Kuhn, H. Machemer, *Ber.*, 61B, 118 (1928).
- 23) R. Scholl, *Ber.*, 57B, 237 (1924) (脚注)。
- 24) 小泉正夫訳, 『ボーリング化学結合論』, (改訂版)

### 藍(青藍)—インジゴの研究を通して見た構造化学史の一断片(大作・福宜田)

- 共立, (1962) p.408; L. Pauling, "The Nature of the Chemical Bond", Cornell Univ. Press, New York (1960).
- 25) T.S. Moore, T.F. Winmill, *J. Chem. Soc.*, 101, 1635 (1912).
- 26) P. Pfeiffer, *Ann. Chem.*, 398, 137 (1913); P. Pfeiffer, *Ber.*, 47B, 1580 (1914).
- 27) M. Claasz, *Ber.*, 45B, 1015 (1912); M. Claasz, *Ber.*, 49B, 2079 (1916).
- 28) J. Lifschitz, H. Lourié, *Ber.*, 50B, 897 (1917).
- 29) A. Reis, W. Schneider, *Z. Krist.*, 68, 543 (1928).
- 30) R. Kuhn, *Naturwissenschaften*, 20, 618 (1932).
- 31) G. Heller, R. Barthel, *Ber.*, 69B, 563 (1936).
- 32) J. Formánek, *Z. angew. Chem.*, 41, 1133 (1928).
- 33) F. Garelli, G. Racciu, *Atti acad. Lincei*, 16, 54 (1932).

### 『化 学 史 研 究』投 稿 規 定

1. 会員は本誌に投稿することができる。
2. 投稿原稿はつぎのいずれかを著者が指定するものとする。ただし、編集委員会で変更することもある。  
—論文・寄書・緒説・解説・原典翻訳・紹介・資料・雑報・広場—
3. 原稿はすべて 400 字詰原稿用紙を用い、完全原稿とする。水溶性のインクや鉛筆は使用しないこと。原稿については、原本とその写しの 2 通を提出すること。他にあらかじめ写しを作成し、手許に保管しておくこと。校正はこの写しを用いて、著者校正とする。
4. 論文・寄書などには原稿第 1 枚目に著者の所属機関名および題名の英訳と著者名のローマ字書きを添えること。また論文・寄書には、可能ならば欧文要旨(ダブルスペースでタイプ用紙 1 枚程度、約 250 語以内)をつけることが望ましい。
5. 論文は 40 枚をもって、一応の限度とする。他の投稿原稿もこれに準ずる。
6. 原稿は横書き、新仮名づかいによる。
7. 句点はコソマ(,), 終止点はピリオド(.)を用い、文中の引用文は「」の中に入れること。
8. 数字は、引用文の場合のほかは算用数字を用いること。
9. 欧語は、タイプまたは活字体で記すこと。
10. 外国人名や外国地名は、よく知られたもののほかは初出の個所にその原綴またはローマ字転写を示すこと。
11. 単行本および雑誌の題名は、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(原稿では該当する部分に下線をつけて指定)を用いてあらわすこと。
12. 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。
13. 単行本または論文中の特定の章または節の題名、および諸種の編纂物中に含まれる文書名は、和漢語の場合には「」の中に入れ、欧語の場合には“”の中に入れること。
14. 図はそのまま製版できるように墨または黒インクで仕上げ、挿入個所を指定すること。
15. 文献と注は通し番号(1), (2), ……を用いて、本文の最後に一括してまとめる。
16. 投稿先 東京都文京区白山(〒112)東洋大学経営学部 錦谷親善会付『化学史研究』編集委員会。
17. 掲載された論文などは、抜刷を希望する著者には 30 部を実費で配布する。
18. 本誌に掲載された論文は、編集委員会の承諾によって、他に転載することができる。

## 〔寄書〕

## 有機化学者 Cannizzaro とその時代

竹林 松二  
(近畿大学理工学部)

Stanislao Cannizzaro (1826—1910) の名は、彼が Avogadro の仮説を理解して、この仮説が原子量と分子量を明確に認識するための基礎原則であることを指摘したこと、化学史上不滅のものになっているが、彼はまたすぐれた有機化学者であった。彼の80篇をこえる論文のうち56篇は有機化学の分野に属し、なかでも Cannizzaro 反応の発見は著名である。

Cannizzaro は1826年7月13日、シチリア島パレルモの生れ、パレルモ大学卒業後、1845年ピサ大学の教授 Piria (Dumas の門下) の助手となつたが、シチリア革命の失敗によってフランスに逃れ、パリで Chevreul の研究室に入った (1849)。

次に Cannizzaro の研究歴の概略を示す。

パリ時代 (1849—1851)

シアナミド類の合成 (1851)

アレッサンドリア大学時代 (1851—1855)

Cannizzaro 反応の発見 (1853)

芳香族アルコールの研究

ジェノバ大学時代 (1855—1860)

「化学哲学教程の概要」 (1858)

パレルモ大学時代 (1861—1871)

芳香族アミンの研究、有機ラジカル

ローマ大学時代 (1871—1909)

サントニンおよびその関連化合物の反応、構造に関する研究

ここで Cannizzaro が彼の見いたした Cannizzaro 反応によって生成するアルコール類を種々の物質に変えて、ベンジル、アニシル、クミニルなどの有機ラジカルの存在を発見した過程と、化合物の化学式が時代とともに変遷してゆく経過について述べようと思う。

1832年、Wöhler と Liebig は精製した苦扁桃油 (ベンズアルデヒド) がアルカリの存在で空気によって安息香酸に変わり、塩素化で安息香酸の塩化物 (現在の塩化ベンゾイル) を生成することを知った<sup>1</sup>。彼らはこの塩化物から酸アミド、シアノ化物などを導いて、これらの化合物に共通のラジカル、ベンゾイル基  $C_{14}H_{10}O_2$  (現在の  $C_6H_5O=C_6H_5CO$ ) が存在することを認めた。

(現在の式)  
ベンゾイル水素  $C_{14}H_{10}O_2 \cdot H_2$  ( $C_6H_5O \cdot H_2$ )  
(ベンズアルデヒド)

安息香酸  $C_{14}H_{10}O_2 \cdot (OH)_2$  ( $C_6H_5O \cdot OH_2$ )

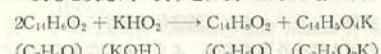
塩化ベンゾイル  $C_{14}H_{10}O_2 \cdot Cl$  ( $C_6H_5O \cdot Cl$ )

シアノ化ベンゾイル  $C_{14}H_{10}O_2 \cdot CN_2$  ( $C_6H_5O \cdot CN$ )

ベンズアミド  $C_{14}H_{10}O_2 \cdot NH_2$  ( $C_6H_5O \cdot NH_2$ )

このラジカルはそれまで知られていたメチル基やシアノ基とちがって3種の元素からなるので、Berzelius はこの発見を高く評価して、このラジカルに Proin (日のはじめの意または Orthrin (朝の光の意)) と命名することを提案している<sup>2</sup>。

祖国イタリアのアレッサンドリア大学の化学の教授に就任した Cannizzaro は、ここで苦扁桃油 (ベンズアルデヒド) の研究を行い、ベンズアルデヒドがアルカリの作用でベンジルアルコールと安息香酸塩に変わることを見いだした (1853)<sup>3</sup>。これが Cannizzaro 反応である。この反応を反応式で表すと、次のようになる。



( )の中は現在の化学式

この反応で生成するベンジルアルコールを当初彼は「安息香酸に相応するアルコール」と呼んだ。このアルコールは塩化水素と反応して塩化物 (現在の塩化ベンジル) を、また酢酸の作用でエステルを与え、このエステルをアルカリの存在で加水分解すると、もとのベンジルアルコールと酢酸塩を生成する。

このような一連の系統的実験によって、彼は塩化ベンジル (1853)<sup>4</sup>、シアノ化ベンジル (1855)<sup>5</sup>、トルイル酸 (1861)<sup>6</sup>、ベンジルアミド (1865)<sup>7</sup>などを得て、ベンジル基 ( $C_6H_5=C_6H_5CH_2$ ) の存在を確認した。

同様にアニスアルデヒドについて Cannizzaro 反応を試みて、アニスアルコールを得 (1856)<sup>8</sup>、このアルコールからも塩化物やシアノ化物を誘導してアニシル基 ( $C_8H_9O=CH_2O \cdot C_6H_4 \cdot CH_3$ ) を見いだした (1861)<sup>9</sup>。

ベンジルアルコール  $C_6H_5 \cdot H_2O$

塩化ベンジル  $C_6H_5 \cdot Cl$

## 有機化学者 Cannizzaro とその時代 (竹林)

シアノ化ベンジル	$C_6H_5 \cdot CN$
トルイル酸	$C_6H_5 \cdot CO \cdot HO$
(フェニル酢酸)	( $C_6H_5$ : ベンジル基)
アニスアルコール	$C_8H_9O \cdot H_2O$
塩化アニシル	$C_8H_9O \cdot Cl$
シアノ化アニシル	$C_8H_9O \cdot CN$
ホモアニス酸	$C_8H_9O \cdot CO \cdot HO$
( $p$ -メトキシフェニル酢酸)	( $C_8H_9O$ : アニシル基)

(Ann., 117, 244 (1861)による)

1862年、Cannizzaro は Rossi とともにベンジル、アニシルおよびクミニル基について報告しているが<sup>10</sup>、これらのラジカルはそれぞれ相当するアルデヒドの Cannizzaro 反応で得られるアルコールをもとにして確認されたものである。

このように Cannizzaro は彼が見いたした反応を有機ラジカルの発見に役立たせたものと思われる。

次に上述の化学式に見られるように、Cannizzaro の論文に用いられている化学式が時代とともに変遷していることは興味深い。

1830年代では化学者の間に原子量について合意が得られなかったために、Berzelius は  $H=1$ ,  $C=12$ ,  $O=16$  (当時  $O=100$ ) を、Liebig は  $H=1$ ,  $C=6$ ,  $O=8$  を用いた。したがって化学式に一貫性がなく、人によって体系がちがっていた。

Cannizzaro がパリ時代に発表したシアナミド類の論文<sup>11</sup>をはじめ、アレッサンドリア大学時代の論文では、すべて Liebig の原子量に基づいた化学式が記されている。たとえばメチルシアナミドには  $C_4H_4N_2$  (現在の  $C_2H_4N_2$ )、ベンジルアルコールには  $C_{14}H_{10}O_2$  (現在の  $C_6H_5O_2$ ) が与えられている。

ところが、パレルモ大学時代の前半 (1861—1866) に発表された彼の論文では炭素や酸素にいわゆる2原子記号 (元素記号の中央に横線をひく) を用いた化学式が使用され、ベンジルアルコールは  $C_6H_5\bar{O}H$ 、ベンジルアミンは  $C_6H_5NH_2$  のように表されている。

Annalen に発表された彼の論文 (他の著者の論文も同様) に現在のような化学式が用いられるようになったのは1867年からである。1860年のカールスルーエ会議で配布された Cannizzaro の論文 (ジエノバ王立大学における化学哲学教程の概要、1858) の主旨が理解された結果であろうか。

## 文献

- 1) F. Wöhler, J. von Liebig, Ann., 3, 249 (1832).
- 2) J.J. Berzelius, Ann., 3, 282 (1832).
- 3) S. Cannizzaro, Ann., 88, 129 (1855).
- 4) S. Cannizzaro, Ann., 96, 246 (1855).
- 5) S. Cannizzaro, Ann., 119, 253 (1861).
- 6) S. Cannizzaro, Ann., 134, 128 (1865).
- 7) S. Cannizzaro, C. Bertagnini, Ann., 98, 188 (1856).
- 8) S. Cannizzaro, Ann., 117, 238, 243 (1861).
- 9) S. Cannizzaro, A. Rossi, Ann., 121, 250 (1862).
- 10) F. Cloëz, S. Cannizzaro, Ann., 78, 228 (1851).

## デーヴィ生誕200年記念行事について

ロンドンのロイヤル・インスティテューションはハンフリ・デーヴィ (Sir Humphry Davy, 1778, 12, 17—1829, 5, 29) の生誕200年を記念する催しを計画しています。主な行事は記念シンポジウムで、要領は以下のとおりです。

日 時 1978年12月7～9日

場 所 ロイヤル・インスティテューション

内 容 招待講演 (演題、演者未定) と懇親会

事務局 デーヴィ生誕200年記念行事委員会

座長 フランク・グリーナウェイ

(Dr Frank Greenaway)

幹事 フィリダ・リンゼイ

共催団体 国際科学史科学哲学連合

英国科学史学会

鍊金術および化学史学会 (英国)

ロンドン化学会 (歴史グループ)\* 王立協会

なおフランスでは、デーヴィ記念行事の直後、ゲイ・リュサック生誕200年祭を行なう予定、二つの催しは共同企画として行なわれるとのことです。

参加申込: Mrs Phyllida Lindsay  
Executive Secretary Davy Bicentenary Symposium, The Royal Institution of Great Britain 21, Albemarle Street, London WIX 4BS

\* Historical Group of the Chemical Society, London, 昨年発足。Ambix を発行している The Society for the History of Alchemy and Chemistry とは別の組織。責任者は Dr Colin A. Russell である。(柏木)

## 小竹無二雄先生の業績リストと経歴

久保田 尚志

(筑波大学医学部)

### I. まえがき

昨年奥野久輝教授から小竹先生の業績リストを書くようにとの御指令があり、リストづくりならうそ難しくはあるまいと思って気軽に受けたところ、その後解説を加えるようにとのお話があり、少なからぬためめりが生れ、筆をとるのが今日まで遅延していた次第である。逝くなつてまだ日の浅い自分の先生の業績に史的評価を下すことは勿論、解説をすることにさえ躊躇を感じるのは日本人の自然の情ではあるまい。

いま、先生の業績に解説を加えて行こうとして60年前からのことを振り返ってみると（先生と私の「おつきあい」は先生20歳私5歳のときにはじまり、先生82歳私66歳のときに終る<sup>191</sup>）、先生自身の身心の素質は当然として、人の生い立ち、人ととの出会い、私的な生活環境、社会的背景、研究環境などがテーマの選択や研究の展開に如何に大きな影響をおよぼしているかに驚き、ほとんど運命としか言いようのないものが感じられて、これらを正確に分析し、解説することなどとても無理だと思えてくる。

先生は1884（明27）年の生であるから、それからの先生に関する深い日本社会の大きな出来事を追ってみると、明治27年が日清戦争開始の年、明治37～8年が日露戦争、その後の反動期、1911（明44）年東北帝国大学理科学科の創設、1914（大3）年第一次世界大戦勃発（好景気）、1917（大6）年財團法人理化学研究所設立、1918（大7）年大戦終戻、1920（大9）年戦後の経済大恐慌、1929～32（昭4～7）年日本経済行詰る、1931（昭6）年大阪帝国大学理学部創設、1932（昭7）年上海事変、1938（昭13）年国家総動員法発令、1939（昭14）年第二次欧州大戦開始、1940（昭15）年紀元2600年祝典、1941（昭16）年太平洋戦争開戦、1942（昭17）年ミッドウェー敗戦、1945（昭20）年大空襲で都市壊滅、広島長崎の原爆、第二次大戦終る、1947（昭22）年新教育制度発足、1949（昭24）年大阪市立大学理工学部創設、1968～70（昭43～45）年所謂学園紛争、大変な期間だったわけだが、一方この期間における有機化学研究室の状況の移り変りはどうだったかというと、ゼロに近い状態から、

真島利行、朝比奈泰彦両先生がドイツから帰国され近代的な実験室を設立した時（1910年頃）を経て、赤外吸収スペクトルは定着したが核磁気共鳴スペクトルは未だ普及していなかった頃までということになろうか。最も象徴的な例を一つあげてみると、真島先生がウルシの研究をはじめられ（1903～5年）、東大には冰流ポンプしかなくウルシオールジメチルエーテルの蒸留ができないことを嘆いておられた頃<sup>192</sup>。E. Fischer の教室では「実験台にはガス、水道は勿論、水蒸気、直流電気、圧縮空気、真空用排気管などの設備が装置されていた。その他有毒ガスを排除する浄化装置も設備されており、地下室には恒温室もあり、液体空気も自由に使えた。……」（朝比奈泰彦<sup>193</sup>）。この極端なちがいはこれら両先生の帰朝後の涙ぐましい努力と第一次大戦の影響で大正初期にはいちじるしく改善されるが（1912年に Pregl が開発した微量分析はドイツと余り変わらぬ速さで普及した。）小竹先生の研究生涯を通じて、常に、研究室は貧しく、一般に研究者の生活も楽ではなかったと考えておいていただけで良いかと思う。小竹先生の場合、大阪大学の教授になられてからの私生活はかなり余裕をもっておられたようにお見受けしていたが、研学時代の苦労は大変なものだったろうと想像できる。明治末期から大正へかけての「貧乏」はいまの世代の人たちには想像しにくいけれど残酷なものだったと思う。

一本題は小竹先生の業績なので、できるだけこの面にしぼって、テーマの由来や発展に短い解説をつけて行きたいと思う。先生の業績はかなり広い分野にわたっているが、幸いに研究対象による分類と時代別の分類が比較的に一致しているので、対象で分類して古い順にのべて行くこととする。

歴史にも文筆にも全く素人の私が自分の先生のことを書かねばならぬという立場に御同情を乞うと共に本稿はあくまで先生の業績リストが主目的で解説はつけたしであることを御理解願いたい。

### II. 研究生活がはじまるまで

先生は1894（明27）年富山に生れ、幼少の頃父上が事業に失敗され一家で北海道へ移住、母上が旭川で小学校

### 小竹無二雄先生の業績リストと経歴（久保田）

35

に教鞭をとって、一家の生計を支えておられたらしい。先生は男四人女一人兄弟の長男で、主として母上の鼓舞の下に旭川中学校を卒業、母上の激励の言葉によって上京、先生の苦闘の時代がはじまるのである。先生とは随分沢山の会話を交してきたが、いま、思い返してみると少年期のことについての回想をほとんど伺っていない。おそらく母上の学資援助もここまで精一杯だったのだろう。しかし母上としては先生の才を埋めさせに忍びず敢て小竹少年を東京へ送られたことが想像される。

上京された先生は大塚の陸軍兵器庫の臨時工となり昼はダンピラ磨き夜は夜学に通うという苦学がはじまる。このことについては前に書いたので<sup>194</sup>ここには略すが、先生は上京後全く独力で苦学して大学を卒業されたことだけを付記しておきたい。先生は頭の良い方で特に直感の鋭さ、回転の速さは抜群であったが、それ以上に先生の生涯を支えた大きな基盤は強烈な意志と強靭な肉体だったと思う。いま、明治末期から大正初期にかけて先生の通つて来られた路を思うと、この二つの基盤がなかったら、少しぐらい頭脳が良いだけでは、とても堪えられる状況ではなかつたと思う。先生を訪れた第一の転機は大城戸家との出会いでこの一家の好意で鹿児島の第七高等学校造士館へ進むことになる。そして、ここで私の父久保田温郎との出会いが先生の有機化学への道を決定づけることになった<sup>195</sup>。私の父は毛利家という佐伯の小藩の城代家老の次男坊として生れ、明治維新で家が主家と共に没落したため小学校卒業後は独力で進学した人間で、矢野龍溪の書生をしながら、ふつうの人の3倍くらいの年月をかけて一高から東大化学科を卒業している。先生と同じようにきわめて強固な意志、強靭な健康体の所有者であった。儒学で育ったためかきわめてストイックで、化学を科学というよりは「道」とした風があった。当時先生が私の父に私淑された気持はよくわかる。そのまますみで真島先生のおられる東北帝国大学理科学科へ進まれることになるのであるが、当時高校の工科系の学生が大学の理学系へ進むのは異例であり、殊に経済的に苦しい学生が理学部へ行くなどということは途方もないことだったことを思うと、先生が私の父への傾倒の度合いの深さが伺える。私は今でもこのことは先生にとって幸運だったのだろうか不幸だったのだろうかと思うことがあるが、いずれにしろこの二人の出会いが先生を有機化学に結びつけたことは確かである。化学の道を歩きはじめた先生が真島先生と出会ったことは、まちがいなく、幸運であったと言えよう。先生が3年の学生として真島研究室にはいられたのは1919（大8）年9月、先生の長い研究生活の第一歩である。

### III. インドール類の研究

日本の近代有機化学が自立の第一歩を踏みだしたのは大正のはじめとみて良いかと思う。真島利行、朝比奈泰彦、鈴木梅太郎の三先生が跡を接してドイツから帰朝され、それぞれドイツで習得された最新の実験技術を駆使して、自ら選ばれたテーマへの挑戦を開始されたのがこの時期だからである。その後第二次大戦に至る30年間日本の有機化学はこれらの三先生のリードの下に進展していくことになる。

真島先生は帰國後直ちにウルシ成分の研究を再開され（1911年）、1917（大6）年頃大体その主要部分を終っておられる（同年帝国学士院賞受賞）。また、東北大理学部の第1回卒業生がでたのが1914（大3）年で、先生はこの頃からウルシ成分の研究を主軸にして、ショウガの辛味成分、紫根色素、スクアレンなどの天然物、インドールの合成、染料合成などと広い分野にわたって研究を展開される。なかでも、アセチレンとアニリンから直接インドールを合成しようという案は、當時としては、きわめてユニークで大胆な発想である。この研究は海野正学士が受け持ち、3年間にわたって超人的な努力で実験が行なわれたが<sup>196</sup>、この実験で集積された膨大な量のインドールがその後真島研究室で1932年頃まで代々行なわれたインドール類合成研究の材料になり、また、小竹先生の初舞台を飾った研究の材料ともなったのである。

小竹先生が3年生の卒業研究のため真島研究室にはいられたのは1919（大8）年の夏であるから、如上の状況から推して、真島先生も研究室も最も希望に燃え活気を呈していた時期と考えられる。また、この頃の社会の状況で、まずあげられるのは第一次大戦が1914（大3）年にはじまり、1918年に終つたことであろう。わが国は開闢以来の好景気を迎え、成金が続出する一方、財團法人理化学研究所、大阪工業試験所、大阪市立工業研究所など諸研究機関が設立され、化学工業の会社の創立が相次ぎ、これら諸会社が研究部門をもつようになったが、それも束の間、大戦が終りになると間もなくこれも未曾有の大恐慌に見舞われることになるのである。しかし、小竹先生の学生生活はこの日本の大上昇期中にはじまり、卒業前に理研に真島研究室が創設されていて、卒業とともに真島先生の下に研究職を得られたのだから、やはり幸運といべきだろう。

真島先生は1918年頃からトリカブトの研究に手をつけられるが一方でインドール類の合成研究をはじめられる。まず目をつけられたのがインドールの Grignard 試薬の反応（Grignard のノーベル賞が1912年）でその第

一発がトリプトファンの合成<sup>1)</sup>であった。この仕事を小竹先生に命ぜられたが、非常な努力家で且つ手の器用な小竹先生は見事に真島先生の期待にこたえられ、つづいて、インドールエタノールアミンの合成<sup>2)</sup>、ローマ紫の合成<sup>3)</sup>とまことに華々しい門出であった。この一連の研究は朝比奈先生のアネモニンや吳茱萸アルカロイドの研究成果とともに、世界にわが国の有機化学の将来性を印象づけた研究である。小竹先生は卒業後3年間理研研究生として仙台の研究室で、これらの仕事をつづけられた後、1923(大12)年理留学生としてドイツにわたられることになったが、トリプトファンの仕事は後年ストリキニンの研究や一連のアミノ酸研究につながることになる。

1) Synthetic Versuche in der Indolgruppe. I. Eine neue Synthese des racemischen Tryptophans  
R. Majima und M. Kotake, *Ber.*, 55, 3859 (1922).

2) Synthetic Versuche in der Indolgruppe. II. Über Einfluss von Lösungsmitteln auf die Grignardsche Reaktion  
R. Majima und M. Kotake, *Ber.*, 55, 3865 (1922).

3) Synthetic Versuche in der Indolgruppe. V. Die Synthese des Indolyläthanolamins  
R. Majima und M. Kotake, *Ber.*, 58, 2037 (1925).

4) Synthetic Versuche in der Indolgruppe. VII. Über Nitrieren und Bromieren des  $\beta$ -Indol-carbonsäureesters und eine neue Synthese des Farbstoffs des antiken Purpurs  
R. Majima und M. Kotake, *Ber.*, 63, 2237 (1930).

5) Über die Kondensationsprodukte des Isatins. I. Synthese der 2,3-Dioxy-3,4-dihydrochinolin-4-carbonsäure  
M. Kotake, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 6, 61 (1927).

6) オキシインドールアルデヒドとヒダントインとの縮合について  
岩尾, 勝村, 小竹, 日化, 60, 454 (1939).

7) テトラヒドロカルバゾールのアルキル化反応 (9-アルキルテトラヒドロカルバゾールおよび11-アルキルテトラヒドロカルバゾールの生成) いわゆる Plancher's Base の構造とビロール、インドール環拡大反応の機構について  
中崎, 日化, 76, 1169 (1955).

8) 9-アルキルテトラヒドロカルバゾールの転移反応および11-アルキルテトラヒドロカルバゾール、インドレニンの一新開裂反応  
中崎, 日化, 76, 1262 (1955).

9) Leuchs の塩基 ( $C_3H_7N$ ) の構造といわゆる Leuchs の転位について  
中崎, 日化, 77, 952 (1956).

## V. モルフィンの構造研究

先生がフライブルヒの Heinrich Wieland 教授の研究室にはいられたのが1923年秋である（この年関東大地震）。あたえられたテーマがモルフィンの化学構造であ

った。当時この研究は終盤近くにあり、Knorr が1902年に構造式を提出して以来 Pschorr, v. Braun, Freund, Faltis, Gadamer その他により10に余る構造式が提案されていたが決定的なものにならず、丁度1923年に Robinson-Gulland により一つの提案がなされたときである<sup>2)</sup>。これから1925年まで Wieland 教室と Robinson 教室の間で激しい競争が行なわれ、1925年ほとんど同時に、有名な Wieland-Kotake 式<sup>3)</sup>と Robinson-Gulland 式が提出されたのである。結局 Robinson 式が正しかったことがその後明らかにされるが、この Robinson の結論は実は誤った実験事実から推論された式で、正しい実験事実から推定された Wieland 式がまちがっていたという奇妙な結果を生んだのである。このことについては先生が古く書かれた『過去20年間に於けるモルフィンの化学的構造論の変遷』<sup>4)</sup>、私も『実験者小竹先生』<sup>5)</sup>の中でのべておいたが、先生が死ぬまで不満とされた心境は『夢翁夜話』<sup>6)</sup>、『老人の録言』<sup>7)</sup>などで繰り返しのべておられる（論文はアルカロイドの項参照）。

## V. ガマ毒の研究

1925(大14)年帰国、東京の理研真島研究室で研究はじまるが、その頃の「ある日上野のさる料亭へつれて行かれ、そこで御馳走をしていただいたあげく、突然毒の研究をはじめたらと申されたのである」。当時すでに Wieland が手がけているのを承知の上で、また、小竹先生が合成方面へ進むことを希望しておられた真島先生が何故ガマ毒をすすめられたか、不思議な気がするが、小竹先生はこの仕事を1928(昭3)年学位を得ておられるところから推しはかると、この面での真島先生の配慮だったのかもわからない。仕事は巧妙に進められセソウおよび日本産ガマの皮から Bufalin, Bufotalin, Gamabufotalin, Bufagin などが一応純粋な形で単離され官能基が調べられている<sup>8)-11)</sup>。後1931(昭6)年大阪帝大に理学部が創設、真島先生が理学部長になられ、小竹先生は有機化学の教授として赴任される。そして1936年春からガマ毒研究を再開された。先生はアルミニナクロマトでセソウ成分を分離することを考えられ<sup>12)</sup>、その春の第1回卒業生桑田敷一君にこの仕事を命じられた。この人は非常な秀才でよく先生の期待に応え、1937年から1939年にわたり Cinobufagin<sup>13), 14)</sup>, Cinobufotalin<sup>15)</sup>, Bufalin<sup>16)</sup>, Bufotalin<sup>17)</sup>,などを純粋に単離し、つぎつぎにこれらの物質の構造式を提案した。私や中川正澄君なども Gamabufotalin<sup>18), 19)</sup>の構造を受け持ったが、Wieland が提案した6員環不飽和ラクトン側鎖はもちろん母核がステロイド核であることをさえ疑ってかかった時代の仕事である。これらの平面

## 小竹無二雄先生の業績リストと経歴（久保田）

- 構造式はその後 K. Meyer によってほとんど改められることになったが、ガマ毒の化学の体系化がはじめられた最初の研究として評価されるべきものである。この研究で1941(昭16)年に日本化学会真島賞を、1944(昭19)年帝国学士院賞を受けておられる。
- 10) Über das Krötengift. I. Die Zusammensetzung des chinesischen Arzneimittels "Senso"  
M. Kotake, *Ann.*, 465, 1 (1928).
  - 11) Über das Krötengift. II. Die giftigen Bestandteile des Sekretes der japanischen Kröte (*Bufo bufo japonicus*)  
M. Kotake, *Ann.*, 465, 11 (1928).
  - 12) Über das Krötengift. III. Nachtrag zu der Mitteilung "Über die giftigen Bestandteile des Sekretes der japanischen Kröte"  
M. Kotake, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 9, 233 (1928).
  - 13) ガマの有毒成分の化学的研究(第二報) セソウ毒に関する研究補遺  
小竹, 理研報, 7, 786 (1928).
  - 14) Chemische Versuche über Krötengift. V. Zur Kenntnis des Bufagins und Bufalins  
M. Kotake, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 24, 39 (1934).
  - 15) Chemische Versuche über Krötengift. VI. Zur Kenntnis der Bestandteile des Ch'an Su (Senso)  
M. Kotake und K. Kuwada, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 32, 1 (1937).
  - 16) Chemische Versuche über Krötengift. VII. Zur Kenntnis der Bestandteile des Ch'an Su sowie der Konstitution des Cinobufagins und Cinobufotalins  
M. Kotake und K. Kuwada, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 32, 79 (1937).
  - 17) Chemische Versuche über Krötengift. VIII. Über die Konstitution des Gamabufotalins  
M. Kotake und T. Kubota, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 34, 824 (1938).
  - 18) Chemische Versuche über Krötengift. IX. Die Versuche der Konstitution des Cinobufagins  
M. Kotake und K. Kuwada, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 35, 419 (1939).
  - 19) Chemische Versuche über Krötengift. X. Chemische Konstitution des Bufalins  
M. Kotake und K. Kuwada, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 36, 106 (1939).
  - 20) ガマ毒の化学的研究(第十一報) Bufalin の化学構造  
桑田, 日化, 60, 335 (1939).
  - 21) The chemistry of toad poison. XII. The chemical structure of gamabufotalin  
I. Imamura, M. Nakagawa und M. Kotake, *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.*, I, 15 (1950).
  - 22) セソウの化学的研究(第一報) Cinobufagin-Cinobufotalin の分別  
桑田, 理研報, 20, 1019 (1941).
  - 23) セソウの化学的研究(第二報) セソウの有毒成分の分別精製法  
桑田, 理研報, 20, 1023 (1941).
  - 24) セソウの化学的研究(第三報) Bufalin の化学構造の研究  
桑田, 理研報, 20, 1033 (1941).
  - 25) セソウの化学的研究(第四報) Cinobufagin と Cinobufotalin の化学構造の研究  
桑田, 理研報, 21, 33 (1942).
  - 26) セソウの化学的研究(第五報) Gamabufotalin の酸化について  
桑田, 理研報, 21, 48 (1942).
  - 27) セソウの化学的研究(第六報) Bufotalin の化学構造の研究  
桑田, 理研報, 21, 54 (1942).
  - 28) Krötengifte. 25. Mitteilung. Papierchromatographische Prüfung weiterer Krötensekrete  
M. Barber, M. Bharucha, K. K. Chen, V. Deulofeu, E. Iseli, Herb. Jäger, M. Kotake, R. Rees, T. Reichstein, O. Schindler und E. Weiss, *Helv. Chim. Acta*, 44, 362 (1961).
  - 29) Krötengifte. 31. Mitteilung. Sterine und Bufadienolide der Haut von *Bufo formosus* Boulenger  
E. Iseli, E. Weiss, T. Reichstein und M. Kotake, *Helv. Chim. Acta*, 48, 1093 (1965).
- ## II. サボニンに関する研究
- わが国で発表された論文で最も古いものは勝山忠雄の山茶素の説(1878(明11)年)である。それ以来サボニンの研究はわが国の天然物研究者にとって魅力あるまた攻撃してみる価値のある目標の一つになったらしく、明治時代にも、大正時代にも、昭和前期にも多くの人達が攻撃をかけているが、結局、これらの物質が解明されたのは最近の1970年に近い頃になってからである。先生もガマの問題が一応行なった1930年頃からこの方面的仕事を開始され、朝鮮人參<sup>30)</sup>、センノキ<sup>31)</sup>、タラノキ<sup>32)</sup>、竹節人参<sup>33)</sup>、ヤツデ<sup>34)</sup>、フレモコウ<sup>35)</sup>などから配糖体を単離しておられるが(1932~33年)、「サボニンの仕事も広がるばかりで、ある程度以上進展させなかつたのが原因」でストリキニンの方へ移って行かれている。
- 30) Chemische Untersuchungen in der Saponinreihe. I. Über das Glucosid von *Panax Ginseng* C.A. Mey  
M. Kotake, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 18, 1 (1932).
  - 31) Chemische Untersuchungen in der Saponinreihe. II. Über die Saponine von *Kalopanax ricinifolius*  
M. Kotake und K. Taguchi, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 18, 5 (1932).
  - 32) Chemische Untersuchungen in der Saponinreihe. III. Über die Saponine von *Panax Repens Maxim.* und *Aralia chinensis L. Var.*  
M. Kotake und Y. Kimoto, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 18, 83 (1932).
  - 33) Chemische Untersuchungen in der Saponinreihe. IV. Über die Saponine von *Fatsia japonica Decne. et Planch.*  
M. Kotake, K. Taguchi und T. Okamoto, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 21, 99 (1933).
  - 34) Über die Saponine

- M. Kotake, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 8, 12 (1932).  
 35) Über die Konstitution der Glucoside. V. Das Glucoside von *Sanguisorba officinalis*  
 S. Abe und M. Kotake, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 23, 44 (1933).  
 36) ワレモコウの配糖体  
 楠本、藤原、大須賀、小竹、日化, 89, 1118 (1968).

## Ⅶ. アルカロイドに関する研究

上のようにサボニン研究が行なってストリキニンがとり上げられる。このテーマのとり上げ方はある時期の日本の研究者のテーマ選択の心理を物語っていてちょっと興味深い。この研究をはじめられたのは1932年頃のことであるが、当時ストリキニンは構造を解明せねばならない最大の目標の一つで、Leuchs, Wieland, Robinsonをはじめとして多くの研究群がこれに参加していた。先生の想い出<sup>150</sup>をみると「……まだ年が若かったせいだろう、やってみて何の成績も得られなくても元もとだ、もし何か一つでもを、上述のような大家の仕事の上に積み重ねることができたら、男子の本懐ではないかと思って始めたのを今も覚えている。……」これを真島先生が明治38年(1905)ウルシ成分をテーマにとり上げられたについての回想と対比させてみると面白い。真島先生のは「……そこで私も何とかして人の注目をひくような研究をしたいと思ひ、種々考慮の末、漆の主成分は如何なる物質であるかを研究することを思ひ立つに至った。之は仮に歐米人と同時に始めて、彼等に先ぜられることの少き、彼等には多少入手困難である、東洋特産品を研究すべきだと考えて、種々考慮の末漆に想到したのであった。……」勿論お二人がそれぞれのテーマに踏みきられた理由はこれだけでなかったことは明らかだが、明治から昭和前期へかけての日本の化学者の心理の一端が窺けて面白い。ストリキニンの仕事は東京ではじまり、大阪に移ってからも1952(昭27)年頃までつづけられており、三羽忠広<sup>151-153</sup>、横山稔<sup>153, 155</sup>、森幸次郎<sup>153</sup>、目武雄<sup>153-159, 155</sup>、木柵章<sup>151, 155</sup>、平山健三<sup>152-154</sup>などの諸君が参加して約18の論文が発表されているが、最も大きな寄与はアルカリ分解によりインドールエチルアミンを得たことで<sup>151</sup>、これはストリキニン構造決定の大きなきめ手の一つになった。この結果は先生が自分自身でやられた実験の成果であることは興味深い。先生の実験的な勘の良さを示す同時にいろいろな教訓がふくまれているように思う。先生は元来アルカロイドに興味をもっておられ、この他にも川骨のアルカロイドを手がけられ主アルカロイドスマリジンの構造決定と合成を完成しておられる(1943~63年)<sup>160-163</sup>。

## 小竹無二雄先生の業績リストと経歴(久保田)

- 37) Zur Konstitutionsfrage der Morphinumalkaloide. III.  
 H. Wieland und M. Kotake, *Ann.*, 444, 69 (1925).  
 38) Beiträge zur Konstitution des Strychnins. I.  
 M. Kotake und T. Mitsuwa, *Ann.*, 505, 203 (1933).  
 39) Zur Kenntnis der Konstitution des Strychnins. II.  
 Über die Konstitution des Strychnins und Tafelbase  
 M. Kotake und T. Mitsuwa, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 24, 119 (1934).  
 40) Zur Kenntnis der Konstitution des Strychnins. III.  
 Über Spaltung von Strychnin und seinen Derivaten mit Alkali  
 M. Kotake und T. Mitsuwa, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 31, 129 (1936).  
 41) Studies on the structure of strychnine. III. Strychninolone and its derivatives  
 M. Kotake and T. Mitsuwa, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 11, 231 (1936), 日化, 57, 236 (1936).  
 42) Untersuchung über die chemische Konstitution des Strychnins. IV. Über die Einwirkung von Benzopersäure auf Strychnin und seine Derivate  
 M. Kotake and T. Mitsuwa, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 31, 217 (1936), 日化, 57, 236 (1936).  
 43) Untersuchung über die chemische Konstitution des Strychnins. V. Über Neostrychnin  
 M. Kotake and M. Yokoyama, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 31, 321 (1936), 日化, 57, 240 (1936).  
 44) Untersuchung über die chemische Konstitution des Strychnins. VI. Über die Alkali-Spaltung von Strychninsäure und Strychnin  
 M. Kotake, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 12, 99 (1936), 日化, 58, 310 (1937).  
 45) Untersuchung über die chemische Konstitution des Strychnins. VII. Über Absorptions-Spektren von Strychnin und seinen Derivaten  
 M. Kotake, K. Mori und T. Mitsuwa, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 31, 333 (1937).  
 46) ストリキニーネの化学構造に関する研究(第八報) Neostrychninに関する知見  
 小竹、横山、日化, 58, 739 (1937).  
 47) ストリキニーネの化学構造に関する研究(第九報) ストリヒニロンとその誘導体に関する H. Leuchs 氏の所見に答ふ  
 三羽、日化, 59, 146 (1938).  
 48) Untersuchungen über die chemische Konstitution des Strychnins. X. Über das Pseudostrychnin und seine Derivate  
 M. Kotake, T. Sakan und S. Kusumoto, *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research*, 35, 415 (1939).  
 49) ストリキニンの化学構造に関する研究(第十一報) 4-Strychninal methyl ether の生成  
 木浦、目、小竹、日化, 70, 182 (1949).  
 50) Studies on the chemical constitution of strychnine. XII. The alkaline fusion of ethoxymethylidihydro-neostrychnine  
 M. Kotake, T. Sakan und T. Miwa, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, No. 1, 7 (1950), 日化, 72, 245 (1951).  
 51) Studies on the chemical constitution of strychnine. XIII. The oxidation of strychnine with osmium tetroxide  
 A. Kogure und M. Kotake, *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.*, 2, No. 1, 39 (1951), 日化, 72, 1010 (1951).  
 52) Studies on the chemical constitution of strychnine. XIV. On the oxidation of strychnine N-oxide by potassium permanganate  
 K. Hirayama, *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.*, 2, No. 1, 45 (1951).  
 53) Studies on the chemical constitution of strychnine. XV. On the oxidation of brucine N-oxide by potassium permanganate  
 K. Hirayama, *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.*, 2, 49 (1951).  
 54) Studies on the chemical constitution of strychnine. XVI. On the isomers of strychninolone  
 K. Hirayama, *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.*, 2, 53 (1951).  
 55) Studies on the chemical constitution of strychnine. XVII. Formation of pseudostrychninal methyl ether  
 A. Kogure, T. Sakan und M. Kotake, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 2, 67 (1952).  
 56) Die chemische Konstitution des Nupharidins  
 M. Kotake, K. Kawanaga, T. Kubota und A. Hagitani, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 19, 490 (1943).  
 57) Chemical structure of deoxynupharidine, the alkaloid obtained from Nuphar Japonicum  
 M. Kotake, S. Kusumoto und T. Ohara, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 30, 185 (1957).  
 58) Die Konstitution des Nupharidins, eines Alkaloids aus Nuphar Japonicum  
 M. Kotake, S. Kusumoto und T. Ohara, *Ann.*, 606, 148 (1957).  
 59) The synthesis of dl-4-(3-furyl)-1-methylquinolizidine: Demethyl analogue of deoxynupharidine  
 M. Kotake, I. Kawasaki, T. Okamoto, S. Kusumoto und T. Kaneko, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 32, 892 (1959).  
 60) Synthese von dl-Desoxynupharidin  
 I. Kawasaki, T. Kaneko, T. Okamoto, S. Kusumoto und M. Kotake, *Ann.*, 636, 158 (1960).  
 61) The stereochemistry of deoxynupharidine: The absolute configuration of deoxynupharidine  
 M. Kotake, I. Kawasaki, T. Okamoto, S. Matsutani, S. Kusumoto und T. Kaneko, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 35, 1335 (1962).  
 62) Resolution of dl-deoxynupharidine: The total synthesis of nupharidine  
 M. Kotake, I. Kawasaki, S. Matsutani, S. Kusumoto und T. Kaneko, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 35, 698 (1962).  
 63) スファラミンのメチルおよびエチルエーテル  
 小竹、川崎、松谷、楠本、金子、日化, 84, 160 (1963).  
 64) ナンテンの新アルカロイド  
 近松、富田、小竹、日化, 82, 1708 (1961).  
 65) アミノ酸の研究(第一報) *r*-Tryptophan の合成  
 三羽、日化, 63, 333 (1942).  
 66) Synthese des  $\gamma$ -Kynurenin  
 M. Kotake und T. Sakan, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 18, 191 (1942).  
 67) Studies on amino acids. III. The synthesis of  $\alpha$ -hydroxytryptophan  
 M. Kotake, T. Sakan und T. Miwa, *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5085 (1950), *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, 1 (1950).  
 68) Studies on amino acids. IV. The synthesis of 3-hydroxykynurene  
 M. Kotake, T. Sakan und S. Senoh, *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 1832 (1951), *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, 35 (1950).  
 69) Studies on amino acids. V. The synthesis of *ar*-N-formylkynurene  
 M. Kotake, T. Sakan und S. Senoh, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, 29 (1951).  
 70) Studies on amino acids. VI. Resolution into optical isomers of some amino acids by paper chromatography  
 M. Kotake, T. Sakan, N. Nakamura und S. Senoh, *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 2973 (1951).  
 71) Die Spaltung des  $\alpha$ -Oxytryptophans in die optische Antipode  
 M. Kotake, T. Sakan und T. Miwa, *Chem. Ber.*, 85, 690 (1952).  
 72) Studies on amino acids. VII. The optical resolution and an improved synthetic method of *dl*- $\alpha$ -hydroxytryptophan  
 T. Miwa, A. Ohsuka und T. Sakan, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 3, 47 (1952).  
 73) Studies on amino acids. VIII. Synthesis of *dl*-3,4-dihydroxykynurene  
 S. Senoh und T. Sakan, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 3, 53 (1952).  
 74) Studies on amino acids. IX. The synthesis of 3-hydroxyanthranilylglycine  
 S. Senoh, T. Seki und H. Kikkuwa, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 3, 47 (1952).

## Ⅷ. アミノ酸代謝産物に関する研究

先生の有機化学との出会いは前述のようにトリプトファンであるから意識の中にいつもトリプトファンがあつたことは想像できる。一方、はやくからトリプトファン

の代謝を精力的に研究しておられた古武弥四郎教授が1930年代の終り頃その中間代謝産物のキヌレンをとりだされ構造式を提出された。小竹先生はこのキヌレンの式からキヌレン酸への環化は化学的に無理であると考えられ、キヌレンの古式に疑問をいたぎ、これを合成的に証明すべく目武雄教授にこの仕事を命ぜられたのがこの仕事のきっかけである。このあたりの事情については小竹先生の『老科学者の心境』<sup>150</sup>および目君の回想<sup>151</sup>の中にくわしく述べられているのでここには省略するが、戦争間近の1942(昭17)年その合成が報告されている<sup>65</sup>。このシリーズの合成研究は戦後大阪市大において目武雄教授を中心にして尾四郎、三輪外史郎などの諸博士により大きく展開され<sup>66-70</sup>、早石修教授の有名なトリプトファン代謝研究の大きな支えとなつた<sup>71, 72</sup>。

- 65) アミノ酸の研究(第一報) *r*-Tryptophan の合成  
 三羽、日化, 63, 333 (1942).  
 66) Synthese des  $\gamma$ -Kynurenin  
 M. Kotake und T. Sakan, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 18, 191 (1942).  
 67) Studies on amino acids. III. The synthesis of  $\alpha$ -hydroxytryptophan  
 M. Kotake, T. Sakan und T. Miwa, *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 5085 (1950), *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, 1 (1950).  
 68) Studies on amino acids. IV. The synthesis of 3-hydroxykynurene  
 M. Kotake, T. Sakan und S. Senoh, *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 1832 (1951), *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, 35 (1950).  
 69) Studies on amino acids. V. The synthesis of *ar*-N-formylkynurene  
 M. Kotake, T. Sakan und S. Senoh, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 1, 29 (1951).  
 70) Studies on amino acids. VI. Resolution into optical isomers of some amino acids by paper chromatography  
 M. Kotake, T. Sakan, N. Nakamura und S. Senoh, *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 2973 (1951).  
 71) Die Spaltung des  $\alpha$ -Oxytryptophans in die optische Antipode  
 M. Kotake, T. Sakan und T. Miwa, *Chem. Ber.*, 85, 690 (1952).  
 72) Studies on amino acids. VII. The optical resolution and an improved synthetic method of *dl*- $\alpha$ -hydroxytryptophan  
 T. Miwa, A. Ohsuka und T. Sakan, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 3, 47 (1952).  
 73) Studies on amino acids. VIII. Synthesis of *dl*-3,4-dihydroxykynurene  
 S. Senoh und T. Sakan, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 3, 53 (1952).  
 74) Studies on amino acids. IX. The synthesis of 3-hydroxyanthranilylglycine  
 S. Senoh, T. Seki und H. Kikkuwa, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, 3, 47 (1952).

- Osaka City Univ., 3, 59 (1952).  
 75) Synthesis of glutamylcholine  
 M. Kotake, Y. Shimazu and T. Kubota, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 1, 43 (1950), 日化, 72, 320 (1951).  
 76) ニコチルおよびイソニコチルヒヨリソニンエスチルの合成  
 小竹, 楠本, 川崎, 川口, 日化, 76, 346 (1955).

## II. フラボノイドに関する研究

明治末期の1900年頃からの50年間におけるわが国のフラボノイドおよび花色素の化学の隆盛はそれ自身かなり特長的である。研究者数も報文数もおそらく世界最大であろう。原因としては日本人の自然に対する感覚、物質が比較的とてあつかいやすく草創期のわが国の有機化学の好対象であったこと、その意味で、朝比奈泰彦、真島利行、柴田桂太などの諸先達が大なり小なりこのテーマをあつかったことなどがあげられよう。問題が問題だけに華々しいとはいえないかもわからぬが、質的にも世界的に自慢できる仕事がかなりみられる。朝比奈の芳野桜樹皮からのサクランニンの分離(1907年)にはじまって柴田桂太、柴田雄次の紫外吸収スペクトルによる研究(1916年)、真島、黒田チカの紫根の色素(1918年)、朝比奈、篠田淳三のフラボノンの研究(1928~30年)、村上増雄のマンゴステン(1932年)、藤瀬新一郎のマテウシノール(1929年)、小山田一郎のジヒドロフラボノール、赤井佐一郎のイカリイン(1935~36年)、中沢浩一のギンクゲチノ(1941年)、林孝三の花色素研究(1935~75年)などいざれも日本人が誇り得る仕事で化学的にもユニークで先駆的な成果である。したがって、小竹先生がこの方面に注目しておられたのは当然で、理研時代に藤瀬先生にマテウシノールの研究を懇意されたこと<sup>15)</sup>でもそのことはわかる。その後昭和11年頃台湾に講義に行かれて野副鉄男教授から“白茶”からの結晶をもらってこられてはじまつたのがアンペロブチノの仕事で戦後まであとをひいている<sup>77)~79)~83)</sup>。また、戦争直後福井憲二君にブルネチノの合成<sup>92)</sup>を命じられ、これはその後同君のイソフラボン類合成へと大きく展開した。

- 77) Über Inhaltstoffe von Ampelopsis meliaefolia Kudo (Hakutya)  
 M. Kotake und T. Kubota, *Ann.*, 544, 253 (1940).  
 78) Constituents of the leaves of "Hakutya". VI. The synthesis of ameloptin  
 M. Kotake, T. Kubota and N. Ichikawa, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 1, 47 (1950), 日化, 72, 322 (1951).  
 79) Untersuchungen über Flavanol. III. Über 2-Oxy-2-(3',4',5'-trimethoxybenzyl)-4,6-dimethylcumarinanone (5,7,3',4',5'-pentamethyl-epi-ameloptin)

- T. Kubota, Y. Naya and N. Ichikawa, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 5, 30 (1956).  
 80) Studies on the chemical structure of ginkgogetin. I.  
 M. Kotake, A. Kogure and T. Kubota, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 2, 47 (1952).  
 81) Studies on the chemical structure of ginkgogetin. II.  
 A. Kogure and T. Kubota, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 2, 76 (1952).  
 82) The synthesis of prunetin  
 K. Fukui and M. Kotake, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 1, 11 (1950).  
 83) On the chemical constitution of alpinone  
 H. Kotake, T. Sakai and T. Kubota, *Chemistry & Industry*, 1954, 1562.  
 84) Resolution of flavanone  
 M. Kotake and G. Nakaminami, *Proc. Japan Acad.*, 29, 55 (1953).  
 85) Narcissin (Isorhamnetin-3-rutinosid) aus den Pollen von *Lilium auratum* Lindl  
 M. Kotake and H. Arakawa, *Naturwiss.*, 43, 327 (1956).  
 86) Über den Zucker des Narcissins  
 M. Kotake and H. Arakawa, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 30, 862 (1957).  
 87) Über den Bestandteile der Narzissenblumen  
 T. Kubota and T. Hase, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 5, 49 (1956).  
 88) 山椒葉の不揮発成分  
 楠本, 駒崎, 大須賀, 小竹, 日化, 89, 717 (1968).

## X. アセチレン誘導体の研究

1940(昭15)年頃から研究室の状況も少しづつ変りはじめ、先生のテーマにも戦争の影響が出はじめた。そして、福井憲二博士が主となってアセチレンの重合についての研究がこの頃から第二次大戦を通じて行なわれた。戦時中には折柄軍にあった中川正澄博士もこれに加わったのが縁になって、戦後は中川君のボリアセチレン系化合物の研究として開花した。

この頃から戦中、戦後をかけての先生の身辺について随筆集『やどかりの宿』におさめられている<sup>178)</sup>。

- 89) アセチレンとその重合体に関する研究(第一報) ロダノブレンとその重合体に就いて  
 小竹, 三田, 三神, 日化, 62, 88 (1941).  
 90) アセチレンとその重合体に関する研究(第二報) 塩化第一銅とアミノ酸塩との複塩によるアセチレンの重合に就いて  
 三田, 日化, 63, 757 (1942).  
 91) アセチレンとその重合体に関する研究(第三報) 銅触媒によるアセトアルデヒドの合成に就いて  
 三田, 日化, 63, 760 (1942).  
 92) ヘキセン-3(3)の重合による潤滑油の合成  
 浅岡, 福井, 小竹, 日化, 64, 953 (1943).  
 93) 炭素不飽和結合の化学的研究(第一報) ジビニルアセチレンの接触還元

## 小竹憲二先生の業績リストと経歴(久保田)

- 小竹, 福井, 寺島, 日化, 65, 423 (1944).  
 94) 炭素不飽和結合の化学的研究(第二報) ジビニルアセチレンの接触還元(続報)  
 福井, 日化, 65, 633 (1944).  
 95) 炭素不飽和結合の化学的研究(第三報) n-ヘキセン-2と塩化水素との反応  
 福井, 日化, 65, 555 (1944).  
 96) A new method of synthesis of thianaphthene and 5-methyl-thianaphthene  
 T. Sakai, H. Kotake, A. Fujino and T. Matsuura, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 1, 31 (1950).  
 97) Studies on thianaphthene. II. Synthesis of sulfur analog of  $\beta$ -carboline  
 T. Sakai and H. Kotake, *J. Inst. Polyt. tech. Osaka City Univ.*, 2, 25 (1951).  
 98) Compounds containing conjugated triple linkage. I. Synthesis of diphenyl-tetra-acetylene  
 M. Nakagawa, *Proc. Japan Acad.*, 26, No. 10, 39 (1950).  
 99) Compounds containing conjugated triple linkage. II. Synthesis of diphenyl-tri-acetylene  
 M. Nakagawa, *Proc. Japan Acad.*, 26, No. 10, 43 (1950).  
 100) 共役三重結合化合物に関する研究(第三報) ジフェニルテトラアセチレンの新合成法(第四報) ジフェニルベンタアセチレンの合成  
 中川, 乾, 中村, 日化, 73, 141 (1952).
- II. 花の香りその他に関する研究
- 先生は1955(昭30)年60歳の定年で大阪大学および大阪市立大学を退職されたが、その記念として子弟および財界から寄せられた基金で大阪有機化学研究所を設立され、これを大阪市へ寄付された。そして、死の床につかれる前日まで、他用のあるとき以外は文字通り毎日ここに通われて、自分で実験し後進の指導にあられた。病気というものを知らない先生だったから、老後も死ぬまで働きづめで、しかも、その大部分を実験室で自分で試験管を振って過されたわけである。世界でも非常に稀な例であろう。
- ここでとりあげられたのが日本の香りと味で、そのいわれは先生自身に語っていたくのがいい<sup>15)</sup>。「戦後、体の衰えとともに考え方方が消極的になつたためか、日本人が目をむける方がふさわしい分野が残されておるのではないかと思うようになって来ておる。……中略(日本人が落のとう、茗荷、葉山椒、蓼の風味を好み梅や菊の香りを愛するという話)……そんなわけで、こんな植物の成分は日本人が取り組むに向いておるのではないかと考え、梅と菊の花と、味の方では蓼の辛味から始めることにしたのである。」そして、この方面的仕事は近松啓明君、大須賀昭夫君、楠本正一君によって進められた。一方、先生は昭和21年から逝くなるまで佐治敬三君
- の財団法人食品化学研究所のめんどうをみておられたが、そちらの方で先生の助手役をつとめた納谷洋子君の手で日本産ホップ成分の研究がみのって行った。
- 101) 花の香りについての化学的研究(第一報) ウメの花の香りについて(その1)  
 小竹, 大平, 日化, 74, 871 (1953).  
 102) Über die Riechstoffe der Chrysanthemen; Die Konstitution des chrysanthenons  
 M. Kotake und H. Nonaka, *Ann.*, 607, 153 (1957).  
 103) キクの花の香氣成分の研究(第四報) アブラガタよりえられるタリサントン  
 近松, 日化, 81, 1470 (1960).  
 104) ヤマニリの香氣成分の研究  
 高砂, 小竹, 日化, 77, 1231 (1956).  
 105) ミョウガの香氣成分  
 楠本, 大須賀, 小竹, 日化, 87, 887 (1966).  
 106) The Isolation of New Oxetone Derivatives from Hop Oil  
 Y. Naya and M. Kotake, *Tetrahedron Letters*, 1715 (1967).  
 107) A new Constituent of Hop Oil  
 Y. Naya and M. Kotake, *Tetrahedron Letters*, 2459 (1967).  
 108) ホップの精油成分(その1)  
 納谷, 小竹, 日化, 88, 1302 (1967).  
 109) New Monoterpenoids from Hop Oil  
 Y. Naya and M. Kotake, *Tetrahedron Letters*, 1645 (1968).  
 110) Constituents of Leaf Oil from Japanese Pepper  
 S. Kusumoto, A. Ohsuka and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 41, 1950 (1968).  
 111) ホップの精油成分(その2)  
 納谷, 小竹, 日化, 89, 1113 (1968).  
 112) Natural Occurrence of  $\alpha$ -Cadinene  
 Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 42, 1468 (1969).  
 113) Natural Occurrence of Humuladienone, Humulenone-II, and  $\alpha$ -Coroculene, New Constituents of Hop Oil  
 Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 42, 2405 (1969).  
 114) Natural Occurrence of Humulol and Tricyclolumuladiol  
 Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 42, 2088 (1969).  
 115) ホップの精油成分(その3)  
 納谷, 小竹, 日化, 91, 275 (1970).  
 116) The Constituents of Hops. IV. The Volatile Composition of *Humulus Lupulus L. var. Cordifolius Maxim.*  
 Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 43, 2956 (1970).  
 117) The Constituents of Hops. V. The Volatile Composition of *Humulus Japonicus Sieb. et Zucc.*  
 Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 43, 3594 (1970).  
 118) The Constituents of Hops. VI. Studies of the Volatile Composition of *Humulus Lupulus L.* during ripening

- Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **45**, 3116 (1971).
- 119) The Constituents of Hops. VII. The rapid Analysis of Volatile Components  
Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **45**, 2887 (1972).
- 120) ササエリとヤマエリの精油成分  
岡崎, 大須賀, 小竹, 日化, **1973**, 355.
- 121) リナロオール酸化生成物の立体構造  
岡崎, 大須賀, 小竹, 日化, **1973**, 359.
- 122) タデの辛味成分タデオナールの構造  
大須賀, 日化, **83**, 757 (1962).
- 123) タデの辛味成分のタデオナールおよびイソタデオナールの構造  
大須賀, 日化, **84**, 748 (1963).
- 124) 川骨類根茎の成分  
納谷, 小竹, 日化, **86**, 313 (1965).
- 125) ミミズの中にふくまれる遊離脂肪酸の組成  
納谷, 小竹, 日化, **87**, 482 (1966).
- 126) ミミズの遊離ステリン, ステリン脂肪酸エステルならびにグリセリド  
納谷, 小竹, 日化, **87**, 867 (1966).
- 127) Untersuchung der freien Fettsäuren, der freien Sterine, der Sterinester und der Glyzeride im Regenwurm (Lumbricus Spencer)  
Y. Naya and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **40**, 880 (1967).
- 128) The Structure of Solidagonic acid, A Bitter Principle of Goldenrod  
S. Kusumoto, T. Okazaki, A. Ohsuka and M. Kotake, *Tetrahedron Letters*, 4325 (1968).
- 129) The Structure and the Stereochemistry of Solidagonic Acid  
S. Kusumoto, T. Okazaki, A. Ohsuka and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **42**, 812 (1969).
- 130) セイタカアワダチソウのジテルベンカルボン酸の構造  
大須賀, 楠本, 小竹, 日化, **1972**, 963.
- 131) セイタカアワダチソウの成分: ジテルベンラクタトン類の構造  
岡崎, 大須賀, 小竹, 日化, **1973**, 584.
- 132) セイタカアワダチソウの成分: ジテルベンカルボン酸の立体構造  
大須賀, 楠本, 小竹, 日化, **1973**, 590.
- 133) デヒドロコラベン酸の構造  
大須賀, 楠本, 小竹, 日化, **1973**, 631.
- III. その他の研究
- 134) Über die Bestandteile des Laganum (Echinoidea). I.  
M. Kotake, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, **3**, 153 (1927).
- 135) Über das Fett aus Cypridina  
M. Kotake and Y. Kimoto, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, **6**, 237 (1930).
- 136) ハウチハノキの結晶成分の研究  
小竹, 桑田, 日化, **57**, 837 (1936).
- 137) Über das Kugelfischgift. I. Isolierung des Giftes aus den Ovarien von Spherooides stictonotus  
M. Kotake and Arakawa, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, **1**, 57 (1950).
- 138) 有機酸エステルの製造に関する知見  
中崎, 日化, **75**, 339 (1954).
- 139) 小竹, 藤田, 理研報, **7**, 734 (1928).
- 140) Eykmann 氏の分子量測定法  
小竹, 木本, 理研報, **9**, 452 (1930).
- 141) フラン- $\alpha$ -置換体の吸収スペクトル  
阿部, 小竹, 日化, **55**, 901 (1934).
- 142) Butter Yellow 等による発癌の機転に関する一考察  
木下, 小竹, 大阪医学会誌, **36** (1937).
- 143) Anthracene の精要法と Anthraquinone の製造法  
小竹, 学術協報, **12**, 211 (1937).
- 144) 蘻虫剤の研究. I. アラントラクトンの驅虫作用について  
尾関, 小竹, 林, 学術協報, **12**, 505 (1937).
- 145) 有機化合物の分離に関する研究 (第一報) 芳香族化合物の酸性向上による分別分離  
湯川, 日化, **63**, 147 (1942).
- 146) Some chemical concepts of human cancer tissue  
M. Kotake and A. Ohsuka, *Proc. Japan Acad.*, **29**, No. 2, 59 (1953).
- 147) 固定触媒による青酸合成の研究  
小竹, 中川, 大原, 原田, 二宮, 工化, **59**, 121 (1956).
- 148) 流動触媒による青酸合成の研究  
小竹, 中川, 大原, 原田, 二宮, 工化, **59**, 151 (1956).
- 149) ニッケルを触媒とするフルフロールの還元  
小竹, 藤田, 日化, **51**, 354 (1930).
- 150) Über die Katalytische Hydrierung von ungesättigten organischen Verbindungen mit Selen  
M. Yokoyama and M. Kotake, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **10**, 138 (1935).
- 151) セレンによる不飽和化合物の接触還元  
横山, 小竹, 日化, **55**, 179 (1934).
- 152) 不飽和有機化合物に対する Selen の触媒作用  
横山, 小竹, 日化, **57**, 183 (1936).
- 153) Cholesterin に対する亜セレン酸の作用  
林, 小竹, 日化, **58**, 546 (1937).
- 154) 不飽和有機化合物に対する Selen の触媒作用 (第三報)  
横山, 日化, **58**, 649 (1937).
- 155) 不飽和有機化合物に対する Selen の触媒作用 (第四報)  
横山, 日化, **59**, 262 (1938).
- 156) 不飽和有機化合物に対する Selen の触媒作用 (第五報)  
横山, 日化, **59**, 271 (1938).
- 157) アゾ色素のテトランによる還元, 付 アゾ色素の構造決定法  
小竹, 三田, 日化, **59**, 634 (1938).
- 158) Reactions of organo-sulfur compounds. I. Diphenyl disulfide as dehydrogenating agent  
M. Kotake and M. Nakazaki, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, **2**, 19 (1951).
- 159) Reactions of organo-sulfur compounds. II. Photochemical redoxidation with diphenyl disulfide and thiophenol  
M. Nakazaki, *J. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, **2**, 23 (1951).
- 160) 有機ダイサルファイトの研究 (第三報) 各種不飽和化合物とダイサルファイトの反応  
中崎, 日化, **74**, 518 (1953).
- 161) 有機ダイサルファイトの研究 (第四報) セレニールサルファイト, ジセレニド及び非有機ジサルファイトの一新合成法  
中崎, 日化, **75**, 339 (1954).

- 162) ラネーニッケルによる水素移動の研究 (第一報) 不齊水素移動によるフェニエルアラニンの不齊合成  
中崎, 日化, **75**, 831 (1954).

### XIII. その他の業績

前にも触れたように、先生は強健な肉体と強い意志に恵まれた上非常な努力家で、とにかく、生涯働きめぐりに働かれたという印象が深い。何もしないでぼんやりしておられる先生の姿というのを見たことがない。先生が『有機化学』を執筆しておられる頃の夏休みに一夏鎌倉材木座のお宅で遊んでいたことがあるが、先生は毎日3時に起床、原稿書きをされて、6時になるとその頃小石川の誠之小学校に通っておられた宏志さんを連れて家を出られ、夕方7時から8時頃に帰宅されて夕食、そして11時過ぎまでまた執筆という毎日だったをおぼえている。大阪でも毎日7時には研究室に出ておられ、晩年有機化学研究所で実験しておられる頃にも、余り早く行くと若い人に気の毒だからと9時までの時間を近所の喫茶店で過してから9時をまちかねて研究所へ足を連れるという毎日であった。晩年は仕事以外の時間は専ら画を描くことを楽しみとしておられたが、これもまたとえば、日曜祭日は必ず画に専念するということにきまっていて、私などからみると一種の苦行のようにさえみえた。このような先生だったから、いま、先生の経歴を振り返ってみると、いまさら、手がけられた仕事の幅の広さに驚く次第である。

もともと文章を書くことを余り苦にされなかつたせいもあったが、上に述べたような超人的な努力の下にでき上がったのが『有機化学』である(真島先生は教科書づくり、雑文書き、その他のサイドワークを極端にきらわれ、小竹先生がこの教科書をかかれることも御不満であったから早朝、深夜の執筆となつたのである)。この『有機化学』(1932年)、『改訂有機化学』(1937~38年)は当時日本ではじめて唯一の大きな有機化学教科書として随分多くの人たちに使われた本である。また、先生は非常に勘が鋭く且つ実行力に富んだ方であったから、生涯の中で随分いろいろなことを企画立案させてそれぞれ成果をおさめておられるが、出版関係では、まず『有機化学の進歩』があげられる。先生は1937年夏頃この仕事を思いつかれ、私に実務を命じられたことをおぼえていて、このシリーズもわが国で発刊されたこの種の叢書の皮切りで、いまや老境にはいっておられる有機化学関係の方々の中にはこの叢書の御厄介になった人も多いと思う。また、日本化学会の『実験化学講座』もその後輩出した講座もののトップを切ったもので、戦後のわが国の化

学の進歩に寄与した貢献はばかりしないものがある。このシリーズの出版に至る事情については、先生の『夢翁夜話』にくわしく書かれている。

また、先生は多才な方で、文章をよくされ、画も生れつき上手だったが、折にふれたときどきの感想を記された隨筆が下記の『やどりの宿』、『菱の実』、『老科学者の心境(誰そ彼)』、『残り火』、『夢翁夜話』、『八十路』などの隨筆にまとめられて出版された。最後の『八十路』は先生の描いたためられた草花の画と死の直前まで書かれた隨筆を、先生の遺言により、弟子共が寄せて出版したものである。

先生の業績としては、この他に、経歴書にみられるように、満鉄撫順炭坑研究所関係、財団法人日東理化研究所設立、大阪市立大学理工学部創設、大阪府科学教育センターの所長、財団法人醸造科学研究所所長、財団法人食品化学研究所理事長、日本化学会会長(日本化学会会館の建設)、などでどの仕事においても先生独特のペイオニア的な功績も残しておられるが、今回は経歴書に羅列するだけにとどめる。

尚、先生の没後先生の思い出などにつき印刷されたもので気がついたものを最後に表にしておくことにする。

### 著 書

- 163) 有機化学 共立社 (1932) 昭和7年
- 164) 改訂 有機化学 (上) 共立社 (1937)  
(下) 共立社 (1938)
- 165) 新版 有機化学 (上) 理工出版 (1949)  
(中) 理工出版 (1950)  
(下) 理工出版 (1951)
- 166) 有機化学実験法 山海堂 (1942)
- 167) 新版有機化学実験法 理工出版 (1950)
- 168) 天然色素実験法 (実験化学講座1, 基礎化学編1) 共立社 (1938)
- 169) アルカリド研究法 (実験化学講座, 基礎化学編2) 共立社 (1938)
- 170) 有機化合物に対するゼレン及び亞ゼレン酸の作用, 新しきフラボノール並びにヒドロフラボノール (有機化学の進歩 1) 共立社 (1938)
- 171) 馬錢子アルカリド (有機化学の進歩 2) 共立社 (1939)
- 172) アルカリド (大有機化学) 朝倉書店 (1960)
- 173) 過去廿年間に於けるモルフィンの化学的構造論の変遷 日本化学会総覧, 第二集, 第一巻 (1927~28)
- 174) 有機化学の進歩 (1~6) 共立社 (1938~43)
- 175) 実験化学講座 (日本化学会編) 丸善 (1956~59)
- 176) 大有機化学 朝倉書店 (1957~60)
- 177) 総 実験化学講座 (日本化学会編) 丸善 (1964~67)

### 監 修

- 174) 有機化学の進歩 (1~6) 共立社 (1938~43)
- 175) 実験化学講座 (日本化学会編) 丸善 (1956~59)
- 176) 大有機化学 朝倉書店 (1957~60)
- 177) 総 実験化学講座 (日本化学会編) 丸善 (1964~67)

- 隨筆集と最近の隨筆  
 178) やどかりの宿：葛城書房（1946）  
 179) 茎の実：葛城書房（1948）  
 180) 老科学者の心境（底を脱）：六月社（1958）  
 181) 真島先生と私、化学の領域、15, 898 (1961)  
 181a) 久保田先生と私，“久保田温郎先生出集”，（第七高等学校造士館同窓会），63（1963）  
 182) 残り火：非売品（東京化学同人）（1964）  
 183) 先生の想い出：“真島利行先生”：非売品（東京化学同人），462（1970）  
 184) 夢翁夜話，化学，25, 1066, 1073（1970），26, 41, 154（1971）  
 185) 桜井先生と長井先生，化学史研究，4, 1 (1975)  
 186) 老人の餘言（芝哲夫編輯），大阪大学理学部永契会誌（1976）  
 187) 八十路（遺稿、画集）：非売品，1977年9月発刊。  
 187a) 二代目，“日本の恩を百年史”（日本化学会編），18, 東京化学会人，（1978）

（付）先生の逝去後印刷された追憶類

- 188) 故小竹無二雄会員追悼の辞（日本学士院）：赤堀四郎，日本学士院紀要，31, 126 (1976)  
 189) 引辞：井本稔，小竹無二雄先生のご逝去を悼む：久保田尚志（日本化学会），化学と工業，29, 880 (1976)  
 190) 故小竹無二雄博士に捧ぐ：Bernt Witkop, 化学, 32, 605 (1977)  
 191) 真島研究時代と Wieland 教授のもとでの小竹先生：久保田尚志，化学の領域，31, 1 (1977)  
 192) 理研時代の真島研と小竹先生の想い出：岡本慎次，化学  
 以 上  
 (1978. 2. 20. 筆者の年令 68歳)

小竹無二雄先生年譜

年 月	西 歴 (年)	年 齡 (歳)	事 柄
明治27年9月9日	1894		富山市曲輪248に、四男一女の長男として出生。一家が旭川に移住、旭川中学卒業。上京、大塚陸軍兵器庫の臨時工となり神田の夜学校に通う大城戸家の書生となり、その好意により受験、第七高等学校造士館第二部甲類に入学、久保田温郎との邂逅。
大正3年9月	1914		6年7月 1917 23 同校卒業 6年9月 1919 25 東北帝国大学理学部化学科入学 8年9月 1919 25 真島利行研究室に入り卒業研究（トリプトファンの合成） 9年7月 1920 26 同学卒業、財团法人理化学研究所研究生 10年2月8日 1921 27 東京化学会においてトリプトファンの合成につき報告 10年 1921 27 絹代夫人と結婚 11年 1922 28 長男宏志誕生 12年6月23日 1923 29 理研より2年間イギリス、ドイツ、アメリカへ在留被命 12年10月15日 1923 29 ドイツ國フライブルヒのルードビッヒ大学ウィラント教授の教室に入り、モルフィンの構造研究開始 14年10月2日 1925 31 帰国、モルフィンの Wieland-Kotake 式発表 15年 1921 32 ガマ毒に関する研究開始 昭和2年12月8日 1927 33 理化学研究所研究員 昭和3年 1928 34 ガマ毒に関する研究の第一報が発表される 3年8月25日 1928 34 ガマ毒の化学的研究により理学博士 5年4月1日 1930 36 東京文理科大学講師、サボニンに関する研究開始 7年10月1日 1932 38 大阪帝国大学教授、理学部化学科第二講座担任、ストリキニンの研究開始『有機化学』共立社より出版

年 月	西 歴 (年)	年 齡 (歳)	事 柄
昭和11年4月	1936	42	ガマ毒に関する研究再開、ストリキニンのアルカリ分解でインドールエチルアミン
12年	1937	43	『改訂有機化学（上）』共立社より出版
13年	1938	44	『改訂有機化学（下）』共立社より出版、『有機化学の進歩』第一巻出版、アセチレンに関する研究開始、この頃溝鉄撫順炭坑研究所に関係し渡波10数回
16年4月	1941	47	ガマ毒の構造研究に対し日本化学会真島賞
17年	1942	48	キスレニンの合成なる、財團法人東理化学研究所の設立に参画
19年5月	1944	50	ガマ毒の化学的研究に対し帝国学士院賞、能登半島に研究室を設置
21年2月6日	1946	52	財團法人食品化学研究所設立、理事長となる（～51. 9. 18.まで）
21年	1946	52	『やどかりの宿』出版
23年	1948	54	『菱の実』出版
24年4月1日	1949	55	大阪市立大学教授、理工学部長
26年8月23日	1951	57	万国国際会議出席のためニューヨーク出張
29年	1954	60	日本化学会『実験化学講座』の企画
30年3月	1955	61	大阪大学、大阪市立大学を定年退職
4月	1956	62	同上、名誉教授、財團法人醸造科学研究所所長、花の画を描くことをはじめ、大阪有機化学研究所設立、以後毎日この実験室で実験
31年4月	1956	62	日本学术会議員、H. Wieland 教授80歳誕生慶祝のためミネソタへ訪ねる
32年7月	1957	63	国際化学会議へ日本学术会議代表としてフランス国パリへ出張、菊花の香り成分クリサンチンの単離と構造
33年2月21日	1958	64	ドイツバイエルス学士院会員、第1回天然有機化合物討論会を主催
3月3日			ドイツ科学学士院会員
4月			日本化学会会長、日本化学会会館の建設を企画『老科学者の心境』出版
34年4月	1959	65	日本化学会会長、日本学术会議員
5月			ドイツ科学学士院総会へ日本化学会会長として出席のため東ドイツハレへ訪問
37年4月	1962	68	大阪府教育センター所長、日本学术会議員
8月			第3回国際天然物討論会へ日本学术会議代表として出席のためチェコスロバキヤ国プラハへ
39年4月	1964	70	第4回国際天然物討論会議長（京都）、『残り火』出版
41年6月	1966	72	第5回国際天然物討論会へ IUPAC 招待出席のためスウェーデン国ストックホルムへ
45年	1970	74	“夢翁夜話”をかく
48年	1973	79	T. Wieland 教授還暦祝賀のため渡独
49年11月	1974	80	日本学士院会員
51年9月18日	1976	82	逝去
52年9月	1977		遺稿画集『八十路』出版
			久保田尚志編

## 〔解説〕

## John Dalton (1766-1844) 研究の展望

肱 岡 義 人・内 田 正 夫  
徳 元 琴 代・小 峯 と しえ

## 1. はじめに

化学は他の諸科学と同じく人類の発生以来の長い歴史を持っているが、学問的に、また社会的に、一つの確固とした学として成立したのは、18世紀から19世紀にかけてであった。学としての化学の形成の最後の段階は、広く認められているように、Lavoisier と Dalton によって推進された。

Lavoisier が彼の時代までに得られ蓄積してきた多くのさまざまな化学的知見を総合したのに対し、Dalton は伝統的な粒子論の思想的背景のもとで、Lavoisier の質規定的元素に原子という存在形態を与えた。19世紀の化学の歴史は、物質の質と、原子の配列との対応による原子の実在の実証過程であったとも言えよう。現代化学への道は、Lavoisier と Dalton という頂点を経ることなしには通じない。Dalton が近代化学の父といわれる所以である。

Dalton の原子論がいかなる道筋を経由して形成されたのか——彼が受けとった精神的・物質的遺産、彼自身の内における知的変遷または推移はどんなものであったのか——という問題が化学史家の興味をひきつけたのは当然であった。既に Dalton の生前からこれをめぐる問題意識が涵養されていた。以来今日まで幾つかのピーケーを持った波動的な関心の高まりをもって、Dalton 原子論の起源を中心とする研究が活発に行なわれてきた。

本論はこれまでの Dalton 研究の全てを網羅しようとするのではなく、その大要を概括することによって、今後の Dalton 研究ひいては近代化学の成立過程研究に資しようとするものである<sup>1)</sup>。

## 2. 問題の展望

これまでの Dalton 研究の主題を整理すると、①研究のための資料、② Dalton が影響を受けた思想伝統、③ Dalton 自身の原子論の形成過程、④他の化学者による原子論の受容と拒絶、⑤実験家としての Dalton、⑥原子論の優先権争い、⑦ Dalton と社会的・経済的環境との関連、とに分けられる。

このうち、③の原子論形成過程が從来中心的に論じられているので、それについては第3節で詳しく述べることにして、ここではまず他の諸問題について検討する。

## 2.1. 資料

Dalton 自身のノート類は、彼の死後友人の W. Henry の息子の W.C. Henry の手に渡り、それが殆んど利用されないまま Dalton 伝記が書きあげられた後、Dalton の実験器具と共にマンチェスター文芸協会に寄贈された<sup>2)</sup>。

資料は長い間そこに眠っていたが、19世紀末に再び発見され、Manchester の Owen's College の H. Roscoe の手によって分析された。しかしこの原資料は Dalton への関心の低下から一部紛失し、第二次大戦中ドイツ軍の空襲によって大部分焼失してしまった。

しかし Dalton 研究の資料としては、協会の地下室に残された少數のノート類ばかりでなく、British Museum, The Wellcome Historical Medical Library などの図書館の保管する手紙などの資料や、色々な公的・私的団体の機関紙や紀要上の記録が利用できる<sup>3)</sup>。特に後者のタイプの資料はこれまで殆んど利用されてこず A. Thackray はこれらを使うことによって Dalton 研究に新しい展望を切り開いている。

後で述べるように、L.K. Nash が殆んど Roscoe の書に掲載されている Dalton の原資料だけを使って現在の Dalton 研究の基礎を築いたことを考えると、この Roscoe の書と同様 Thackray の書に掲載されている原資料の写しは、今後の Dalton 研究の発展のための豊かな源泉となると思われる。

## 2.2. 思想の伝統

近代の原子論は、質としては同一だがそれ以上分割不可能な微粒子 (atom) によって世界が構成されているとした古代ギリシアの Leukippus や Demokritos らにその根源を持っている。古典的原子論は近世に Gassendi によって西欧に導入され、ここからさまざまな原子論、粒子論が展開された。

Boyle は Descartes の影響の下に鉤穴式に結合する幾段階かの構造粒子を提案した。Newton は、原因につい

## John Dalton (1766-1844) 研究の展望

ては明確に述べなかった引力と斥力の作用によって微粒子が分離・結合する、として物質の変化を理解した<sup>4)</sup>。

Dalton は反発し合う気体粒子モデルから出発して近代的原子論に到達した。彼自身が述べているように、Dalton が Newton の影響を受けているのは明白である<sup>5)</sup>。

ところが最近 Thackray は、Dalton を反 Newton 主義者と呼んだ。彼は Newton から Dalton に至る過程を分析した書物の中で、18世紀の化学をその思想的側面においてとらえ、これを Newton 思想との関連で規定した。彼による Newton 主義の特徴は、①物質の、慣性的な等質性と多孔の構造とを認めること、②化学的親和力を定量することが化学において重要であると認める事。であり、18世紀の化学界は、ついに成就することのなかった“諸力の定量化”という『Newton 主義者の夢』(Newtonian dream)の時代であった、とする。Dalton の歴史的意義はこの伝統との決別にあり、彼の元素的原子という物質の異質性の規定は反 Newton 主義的である、と Thackray は主張している<sup>6)</sup>。

Thackray のこのような Dalton 規定に対し Guerlac は第3節で述べるように、Richter の当量表の Dalton への影響を重視している。したがって彼は Thackray の文脈で言うと、諸力の定量としての当量を経由して常識的意味での Newton 主義的原子論者の Dalton に働いた二重の Newton の影響を語っていることになる<sup>7)</sup>。

Thackray にあっては18世紀の化学を Newton 主義か否かという2つの自然観的対立概念で切ろうとしたために強弁が目立ち、Dunkan によって批判された<sup>8)</sup>。Thackray は18世紀化学の発展を思想史に限定したうえで、Dalton を Lavoisier を経由した原子論者と見ずに Newton 主義との関連に大きな比重を置いて評価した。このために彼の Dalton 評価は、狭く一面的になったようと思われる<sup>9)</sup>。

## 2.3. 原子論の受容と拒絶

Dalton 原子論の受容について Greenaway が一般的な説明を与えていている<sup>10)</sup>。

Dalton の原子論をまっ先に認めたのは T. Thomson であった。彼は自著 *System of Chemistry* (3rd, 1807) で Dalton の原子論を紹介し、その擁護者となつた。Mauskopf は、Thomson が容易に Dalton の原子論を受容できた鍵は1804年に Dalton に会う前の彼自身の理論的発展にあった、と論じている<sup>11)</sup>。

気体反応における容量的側面から原子論の確立に寄与したのは Gay-Lussac と Avogadro であった。M.P. Crosland によると、Descartes 主義の思想伝統にあった

Gay-Lussac は重量よりも容量(延長)を物質のより基本的な性質とみなし、容量分析が隠された自然の法則性を暴露すると考えた<sup>12)</sup>。Dalton が Gay-Lussac の法則を認めなかつたことは良く知られている。Avogadro は Dalton の原子論と Gay-Lussac の法則に基いてそれらを整合させる法則を導いたが、Gay-Lussac の法則を受けられない Dalton にとっては自分の理論とそれとの整合という問題は存在せず、從って Avogadro の法則は彼にとっては問題にならなかつた、と Knight は指摘している<sup>13)</sup>。

19世紀前半の化学界の重鎮となった Berzelius は Dalton の理論を聞き知るとすぐこれに关心を持ったが、Dalton の *New System of Chemical Philosophy* (Part I, 1808) 中の数学的化学的誤りに失望した。彼は Dalton との論争を通して自分の電気二元論的原子論をつくりあげ、精密な原子量決定に努力した。C.A. Russel は Berzelius と Dalton の原子論を対比している<sup>14)</sup>。

しかし当時の化学界はかなり実証的傾向が強く、思弁を排したので、Knight が“1800年にはおそらく全ての化学者が原子論者であったが、1815年にはほんの少数だけがそうであった”<sup>15)</sup>と述べているほどではないにしても、Dalton の原子論は長い間強い拒絶に会つた<sup>16)</sup>。

Dalton の終生の友人で Dalton の原子論形成にあたって大きな寄与をなした W. Henry でさえも、Dalton の原子論を真理であると認めるのに慎重であった<sup>17)</sup>。実証主義者の H. Davy は断固として原子論の受容を拒絶し、Dalton の化学への寄与がもしかるのならそれは“定比例の法則”的確立であるとした<sup>18)</sup>。当初 Thomson と共に倍数比例の法則を示す実験を示して原子論を支持した W.H. Wollaston は、後に全く異なる観点から原子論に復帰するのだが、化合物が二元か三元化合物であるか不明であるとして原子論を放棄した<sup>19)</sup>。

## 2.4. 実験家としての Dalton

通常、Dalton は実験に巧みでなく、実験精度も悪いと言われている。時にはインクpinで実験したとも言われる<sup>20)</sup>。しかし化学史家中には実験家としての Dalton を擁護する人達がいる。K.R. Farrar は Dalton の実験装置を詳細に調べ、彼は当時の一流の装置を使用しており、彼の重量測定誤差は1%以下であろうと推定した<sup>21)</sup>。

Thackray も、Dalton は長年にわたって充実した図書・装置を集めた、と述べている<sup>22)</sup>。L. Trengor は Dalton の *New System* に記載の実験値を調べ、彼は極めて秀れた実験家であるとは言えないにしても、從来の Dalton に対する実験能力評価は低すぎると結論した<sup>23)</sup>。

## 2.5. 優先権争い

Dalton の原子論が Thomson の *System of Chemistry* や Dalton 自身の *New System* で主張されるや、化学界がこれにとったさまざまな反応の内に、W. Higgins からの非難が含まれていた。

Dalton の主張しているような原子論は既に 1789 年の Higgins の書 *Comparative View of the Phlogistic and Antiphlogistic Theories* (1789) の中で展開されているというだ。Dalton-Thomson 連合軍と Higgins との間で論争が行なわれたが、Higgins の著書の中では原子論は自明なものとして扱われて体系的に論じられてはいなかったので、Higgins の優先権は一般には認められなかった。この Higgin-Dalton 問題および Higgin の原子論について最近駒岡が論じた<sup>20</sup>。

### 2.6. 社会的・経済的環境

Dalton は産業革命のまっただ中をその最大の中心地の Manchester に住んでいたが、つい最近まで彼は理論的科学者としてのみとらえられ、社会との結びつきに関しては殆んど研究されてこなかった。

当時の科学と産業との関係については、A.E. Musson と E. Robinson の著書が豊富な素材を提供しており、Dalton についても彼が照明ガスの分析や漂白のための研究をしたことを述べている<sup>21</sup>。

A. Clow は Dalton と産業との関係についてまっ正面からとり組んだが、マンチェスター文芸協会の Dalton の友人達は産業に関心をもち、会員の中には実業家も多數いたが、Dalton 自身は経済的関心をもった科学者ではなかった。とした。ただ Manchester は工業都市として教育機関を必要としていたので Dalton が生計を維持するのに役立った、と結論した<sup>22</sup>。

Thackray は *Atoms and Powers*において 18 世紀化学思想史を描いた後、現代社会と科学とのかかわり合いについての深い問題意識から出発して、Koyré 流の思想分析ではもはや時代の要請に答えることはできず、科学の発展を制度・技術・科学の役割などのより広い視点から分析しなければならない、と主張した<sup>23</sup>。この問題意識をもって彼は著書 *John Dalton* と一つの論文を著した<sup>24</sup>。

彼によると、工業都市 Manchester での生活が Dalton の実際の問題への関心を強め、彼を水分析、インディゴ研究、ガス照明のためのコンサルタントなどの実地の部門に導いた。また Dalton がクウェーカー教徒の組織の中で生長し教育をうけ、学院や私塾の教師として生計を維持した過程を述べることによって Thackray は Dalton と社会・経済との関連を明らかにしようとした。

しかし Thackray は一般的には産業革命が科学の社会的正統化に寄与したとするが、Dalton に関しては、社会と原子論形成過程との直接的な関連を分析することはできなかった。彼の分析では、上で見たように、形成されるべき理論にとっては社会はあくまでも外的なものに止まっている。このことは、彼の深くかつ正当な問題意識にもかかわらず、彼の分析法が不適当である、ということに基いて考えられる。

### 3. 原子論形式過程

化学史家の Dalton への興味は、彼自身が原子論形成過程について異った幾つかの説明を与えており、この点についてこれまで多数の諸説が提出されているが、ここでは主要な論者の主張について見ていこう。

#### 3.1. 同時代人の報告

最も初期の説明の企ては、T. Thomson の自著 *The History of Chemistry* (1831) におけるものである。彼は 1804 年に Dalton に会った時に彼から直接聞いたとして次のように述べた。

“生油氣と炭素化水素との研究中に原子論が生れた。もしも両者に炭素が同じだけあるとすると、炭素化水素は生油氣のちょうど 2 倍の水素を含む。”

このことから生油氣は 1 原子の炭素と 1 原子の水素から成り、炭素化水素は 1 原子の炭素と 2 原子の水素から成るのが分る”<sup>25</sup>。

Thomson はこの倍数比例法則起源説のほかに 1850 年には一酸化窒素と二酸化窒素の分析からという説も述べたが、上の起源説が多く人の心を捕えてしまった<sup>26</sup>。

Dalton の友人 W. Henry の息子の W.C. Henry は Dalton の死後彼のノート類をあづけられて伝記 *Memoirs of the Life and Scientific Researches of John Dalton* (1845) を著したが、これは殆んど資料によらず Henry の友人や父からの伝聞に基いて書かれたものだった。そこには次のように書かれている。

“これらの原理に基いて、中性塩をつくる酸とアルカリの割合を示す表がつくられた。直ちに Dalton に、もしこれらの塩化合物が酸の 1 原子とアルカリの 1 原子から成っているとすると、この表の数値は究極粒子の相対重量を示していることになる、といふ考えが浮んだ”<sup>27</sup>。

このように Henry は Dalton の原子論の起源を Richter の当量表に求めた。

#### 3.2. 実証的検討

この後 Dalton への関心が低下し、彼のノート類はマ

ンチエスター文芸協会に寄贈され、19 世紀末に Manchester の Owen's College の化学研究を活発にし Schorlemmer, Meldrum, Partington らの化学史家を生みだす伝統をつくった Roscoe の手によって発掘された。

Roscoe は A. Harden の協力を得て原資料にあたって実証的検討した。彼らはまず Thomson の倍数比例法則起源説を批判する。

“Dalton は異った物質の原子が異った原子量を持っているという考えに純粹に物理的考察から達し、……これが直ちに化学結合が一定重量の原子の異った数の間で起こるという考えに導いた。……それ故、(原子論と倍数比例の法則との) 実際の関係は通常受け入れられているのとはまさしく逆である”<sup>28</sup>。

次いで Roscoe らは Dalton の 1810 年の Royal Institution での講義録を再掲する。

“長期間気象観測に携って、何故大気が複合物なのに均一な一体をなしているのか不思議であった。……1801 年に……原子は異種の原子とは反発しないという仮説を思いついた。この仮説によると、比重がどんなものであれどのガスも他のガスの間を通って拡散することができる。”

(訳者：混合ガスの第 1 の理論)

しかし、……ガスの種類だけの異なる反発力を考えなければならない。しかも熱はどの場合にも反発力でなくなってしまう。

この問題を再考して、私はこれまで弹性流体の粒子の大きさの違いによる効果を考察していないかったことに気づいた。大きさが異れば、互いを圧迫するさい、大きさの異なる粒子間では平衡が保たれ得ない。(訳者：混合ガスの第 2 の理論) この考えは 1805 年に考えついた。……原子の相対的な数、大きさ、重さを決定することが課題となつた”<sup>29</sup>。

Roscoe らは Dalton 自身の言に基づく混合ガスの第 2 の理論起源説を採用したが、Dalton の最初の原子量表が明らかに 1803 年 9 月に作られたことを知ったので、Dalton の 1805 年という言は 1803 年の書き誤りだとした<sup>30</sup>。

A.H. Meldrum は *Manchester Memoirs* 上で 1909 年から一連の Dalton 研究を発表した。一定量の空気または酸素と反応する硝石空気の必要量は、あるときには他の場合の 2 倍である。このことから倍数比例の法則が導かれ、原子論が次いで生まれた、と彼は論じた<sup>31</sup>。

#### 3.3. 科学的検討

Meldrum の研究の後本格的な研究は中断し、第二次大戦後専門的な科学史家の登場と共に再び活発な Dalton 研究が始まった。

戦後の Dalton 研究は L.K. Nash の論文から始まる<sup>32</sup>。彼は主として Roscoe の書に掲載された資料に基いて次のように從来の諸説を批判し、独創的な説を提唱した。

Thomson の炭化水素からの倍数比例法則起源説は、この法則が 1804 年につくられているのだから誤りである。Henry による Richter の当量表説は、Dalton 原子量表をつくるまで Richter を知らないようだし、彼のノートには当量についての言及がなく、酸・アルカリの記載もないから、成立し得ないと思われる。

Roscoe らが恣意的に Dalton の書き誤りだとした混合ガスの第 2 の理論の成立は 1804 年である。この理論から 1803 年にできた原子論を導くことはできない。

Meldrum のあげている数値は 1803 年 10 月以降のものである。1803 年 9 月頃の決定的な時期のノートは“割合”(ratio) には関心を示していない。また Meldrum の見解は Dalton 自身の証言と一致しない。

Nash はこのように Dalton 原子論の起源についての諸説を粉碎した後、“化学的原子論の創造は、さまざまな気体の水への溶解度の相異を説明するための研究から直接生じたものである”，と主張した<sup>33</sup>。Nash によると Dalton の研究過程は次のようなものであった。

1802 年半ば～1803.3 W. Henry の研究との関連で気体の溶解性を研究する。

1803. 4～6 熱、液膨張、水膨張、水蒸気の研究。

1803. 7～8 気体溶解度の研究。原子の重量の違いによるのかと考える。

1803. 9 初 原子量表を作成する。

1803. 10 気体の溶解度研究を放棄する。

1804. 8～9 ①メタン、エチレンから倍数比例の法則を見出す。原子論の成功。

② T. Thomson 原子論に熱中する。

③混合ガスの第 2 の理論を形成する。再び原子量を計算する。

Nash は、Dalton にとっては 1804 年の 3 つの出来事が極めて印象的だったので後年この年だけが記憶に残り、原子論は 1804 年（1805 年というのはやはり書き誤りだとする）に作られたと Dalton は思いこんだ、とした。

1961 年に H. Guerlac は Henry 説の改訂版をだした。彼は、Dalton が 1803 年以前に Richter の当量を知っていた可能性についての状況証拠と、彼の原子論は長い間かかってつくられたという長期熟成説を提出了した<sup>34</sup>。

Dalton のノートにずっと後まで酸やアルカリに関する記載がないのは、彼が原子論の化学的含意を十分理解するまでに長時間要したこと意味するだけである。Dalton が 1804 年にはまだ Richter を知らないといった

う Thomson の証言は、彼の証言者としての無能力を見るとき信頼できるものではない。一方、Dalton が Richter の当量表から相対原子量概念を得たとする Henry の証言は、Dalton 自身の証言と同値である。

Guerlac はこのように述べた後、Dalton と Richter の当量表とのかかわり合いを次のようなものであったろうと推定する。

Richter の表は、1803年春にでまわった Berthollet の書物 *Essai de Statique Chimique* の注に掲載されている。この書は当時の英仏間の学術交流の状況や、翌年に英語翻訳がでていることを考え合わせると直ちに英国に渡ったと考えられる。

Dalton は1803年夏気体溶解度を研究していた時、異なる原子は異なる重量を持つという考え方を到達した。その後彼は Berthollet の書を手にして Richter の当量表に遭遇し、それらの数値は原子の相対重量を示すものだ、と結論したと推定される。この概念を得た後は、Thomson の *System of Chemistry* のデータを使い簡単に原子量を計算することができた。

しかしこのときは Dalton は気体溶解度の説明原理を追求していたのであり、彼が化学の原子論を一層発展させるためには更に多くの時が必要であった。

Guerlac のこのような見解に対して R. Siegfried は、倍数比例と定比例の法則を示唆している1802年の *Philosophical Transaction* の一論文と、Richter の当量表とから Dalton は原子論の着想を得たかも知れない、と援護射撃を与えた<sup>30</sup>。

1966年に Thackray は、原子論形成過程についての Nash の基本構造に Guerlac の長期熟成概念をとり入れ、更に彼の反 Newton 主義的 Dalton 像を重ねて、Dalton 研究の新しい段階を構築しようと企てた<sup>40</sup>。彼の主張は次のようなものであった。

理論形成の道筋は Nash に同意するが、1804年9月には Dalton まだ混合ガスの第1の理論を保持しているから、混合ガスの第2の理論は1804年ではなく Dalton 自身の言葉通り1805年につくられた。

Dalton の反 Newton 主義的傾向は当時の一般的思想傾向に対立しているのだから、Richter の Dalton への影響は考えられない。逆に Dalton の原子量表は当初化学者の関心を呼び起させ、1807年以降に原子量の計算法が提示され、倍数比例の法則に適用されてからはじめて一般的関心をひくようになった。

Dalton の原子論の意義は、既に背景的見解になっていた「異種化学種の究極粒子の重量は異なる」という思想を提倡したことにあるのでなく、異質な物質の認容と原

子量の計算方法の提示にある<sup>41</sup>。

Dalton の原子論は1803年9月の原子量表作成時点では突発的につくられたのではなく、長期間にわたってゆっくりと形成された、と考えるべきである。これまでの原子論起源研究に混乱があり、さまざまな説がだされているのはここに理由がある。

Thackray はこのように意欲的に大胆な提案を行なった。しかし、彼の “Dalton=反 Newton 主義者” という定式化は問題があるだろうし、たとえそれが正しいとしても、Richter の影響はありえないとするのは独断であろう。

実際、R.S. Fleming は前者の点について次のように Thackray を批判した<sup>42</sup>。Fleming は Dalton の反応論を分析して彼を Newton の直接の影響下にあったとする。

Dalton の混合ガスの第1の理論は、*Principia* の命題 23で示されている Newton の気体モデルの複合気体への直接の拡張である。この理論によると、拡散した気体粒子は1対1に並置された対をついている。化学反応が生じるような条件下では、対になっている両粒子は親和力によって結合する。Thackray は Dalton が親和力を認めず、1対1結合も当時の一般的な見解だというが、それらは共に誤りである。

更に Fleming は、Dalton の *New System* が1805年に既に誤りであることを知っていた混合ガスの第1の理論に基いてつくりられている、と興味深い指摘をしている。

#### 4. おわりに

以上これまでの Dalton 研究を概括した。研究の大きな流れとして次のような傾向が指摘できるだろう。

当初の、原子論起源についての Thomson や Henry らの主として伝聞に基く諸説は、Roscoe らの一次資料を使った分析によって否定され、これも Nash の一層批判的な検討で基本的に改変された。

他方、Dalton とその周辺との分析が進み、同時代人、特に Richter との関連が脚光を浴びた。しかし今や、Nash の “気体溶解度研究” 説はしっかりした基盤を確保したように思われる。また、Guerlac や Thackray の長期熟成説もかなりの説得性をもっている。

最近、もっと広い視界のもとで Dalton を位置づける要求が生じ、歴史の底流を自然観に求める自然観的歴史規定論と呼ばれるような研究があらわれた。これらの研究は、柏木氏の言葉を借りると、“初期の Koyré 主義科学史家が力学、天文学、光学、認識論などの領域にお

ける16、7世紀の研究を仕上げた手法を、18世紀の化学に敷衍したもの”<sup>43</sup>である。

更に、社会的経済的視野からの分析の試みの胎動もあるわれている。

このように Dalton 研究の主題と内容は変り、発展してきており、現在では、Dalton 個人内部での理論発展としての原子論形成過程の分析はほとんど完成に達している、といえるだろう。しかし、科学の歴史における理論発展としての原子論形成の必然性と意義との、特に Lavoisier との関連における、分析は不十分である。

また、理論内部における発展ばかりでなく、理論と実践との相互作用に関しての分析も系図についたばかりである。当時の社会の実践的諸分野から提供され、利用可能な色々な研究手段と対象、研究者という人的資源の能力と機会などが、科学の内容との関連において単発的でなく系統的に分析されなければならない。

理論と実践との相互作用に関する主題の一例をあげると気象学と社会との関係である。Dalton が自らの科学研究を気象学からはじめたことははやくから知られており、彼の化学的原子論の起源が、気象学研究から生みだされた大気組成の均一な分布についての考察に求められている。G. Manley は当時の気象学研究と工業都市の給水との関連を示唆しているが<sup>44</sup>、Dalton の関心をひき、彼に科学活動の主題を与え、化学における基本的な理論を生みだす原泉となった気象学の、社会的関連がもっと追求される必要があろう。

今後の Dalton 研究のありうる広い豊かな舞台は、Thackray の言う “より広い関連” (the wide context) の組織的分析にあると思われる。

本研究を遂行するにあたって、東京経済大学の大沼正則教授に助言を頂いた、厚く感謝致します。

#### 文 献 と 注

- 1) 伝記を含めて Dalton に関する総合的な成書の主なものは次の通りである。Henry, W.C., *Memoirs of the Life and Scientific Researches of John Dalton*, London, 1854; Smith, R.A., *Memoirs of John Dalton and History of the Atomic Theory up to his Time*, London, 1856; Lonsdale, H., *The Worthies of Cumberland: John Dalton*, London, 1874; Roscoe, H.E. and A. Harden, A New View of the Origin of Dalton's Atomic Theory, London, 1896; Greenaway, F., *John Dalton and the Atom*, London, 1966; Patterson, E.C., *John Dalton and the Atomic Theory*, New York, 1970; Thackray, A., *John Dalton*, Cambridge, 1972.

Dalton と彼についての研究の文献一覧を Smyth がつくっている。これは極めて包括的なものである。Smyth, A.L., *John Dalton. A Bibliography of Works by and about Him*, Manchester, 1966.

Roscoe らの書は現在では焼失して見ることのできない Dalton の手稿を含んでいるので一次資料の代りとして使える。また Thackray の書にも Dalton の手稿や手紙の写しを掲載している。このうち手紙の大部分は彼の “Fragmentary Remains of John Dalton”, *Ann. Sci.*, 22, 1966, 145~174, にも載っている。Smyth の書には原資料の所在地が記されている。

- 2) Thackray, *op. cit.*, pp. 30~33.
- 3) Ibid., pp. 175~177.
- 4) 近代的原子論の形成史を扱った書・論文は多数ある。たとえば次のものである。Boas, M., “The Establishment of the Mechanical Philosophy”, *Osiris*, 10, 1952, pp. 412~541; Partington, J.R., “The Origins of the Atomic Theory”, *Ann. Sci.*, 4, 1939, pp. 245~282; Mellor, D.P., *The Evolution of the Atomic Theory*, London, 1971; 青木清三, “近代科学の起源—近代初頭における原子論”『世界の歴史』16, 岩波書店, 1970, pp. 87~116.
- 5) たとえば、Dalton, J., *New System of Chemical Philosophy I*, London, 1808, p.168 に “中心距離の減少の割合に対応して増加する力で互いに反発し合う粒子から弾性粒子が成っていることを Newton は、凝縮と希薄化の現象から証明した”。
- 6) Thackray, *Atoms and Powers*, Cambridge, 1970. R.E. Schofield も 18世紀の科学思想史を Newton 主義によってとらえ、Thackray の言うところの Newton 主義と反 Newton 主義とを Newton 思想自身のもつ二重性としてみて、それらをそれぞれ “機械論” (mechanism) と “物在論” (materialism) と命名した。しかし彼は不思議なことに Dalton については論じなかった。Schofield, *Mechanism and Materialism*, Princeton, 1970.
- 7) 18世紀化学を化学思想史としてとらえようとした柏木氏も主張している。柏木肇, “化学史, By whom For whom”, 『化学史研究』1, 1974, pp. 2~10.
- 8) A.M. Dunkan は Thackray を批判して、“彼は誰をも Newton 主義者か反 Newton 主義者のいずれかにしてしまわなければ気がすまない、ブルハーヴェさえも”, と述べている。Dunkan, “Reviews”, *Ann. Sci.*, 29, 1973, pp. 317~318.
- 9) Dalton と Newton を直接比較したのは、Hall, A.R., “Precursors of Dalton”, in Cardwell, D.S. L.(ed.), *John Dalton & the Progress of Science*, Manchester, 1968, pp. 40~56, である。

この書物は Dalton の誕生日 200 年を記念した会で読まれた論文集である。Dalton 原子論の先駆者

- について Hall 以外にも H. Guerlac や B.B. Ketham も論じている。M.B. Hall が元素概念の歴史を Dalton に関連づけて簡略に述べている。
- 10) Greenaway, *op. cit.*, pp. 148~180. 19世紀末までに至る原子論の行進については, Hartley, H., *Studies in the History of Chemistry*, Oxford, 1971, pp. 74~89, が概説している。
  - 11) Mauskopf, S.H., "Thomson before Dalton", *Ann. Sci.*, 25, 1969, pp. 229~242.
  - 12) Crossland, M.P., "The First Reception of Dalton's Atomic Theory in France", in Cardwell (ed.), *op. cit.*, pp. 274~289.
  - 13) Knight, D.M., *Atoms and Elements*, London, 1967, p. 90.
  - 14) Russell, C.A., "Berzelius and the Development of the Atomic Theory", in Cardwell (ed.), *op. cit.*, pp. 259~273.
  - 15) Knight, D.M. (ed.), *Classical Scientific Papers: Chemistry*, New York, 1968, xvii.
  - 16) 19世紀における原子論をめぐる対立と論争は, Brock, W. H., *The Atomic Debates*, Leicester, 1967; Knight, *Atoms and Elements*, に詳しく描かれている。
  - 17) Scott, E.L., "Dalton and William Henry", in Cardwell (ed.), *op. cit.*, pp. 220~239; Farrar, W. V., K.R. Farrar and E.L. Scott, "The Henrys of Manchester Part 3. William Henry and John Dalton", *Ambix*, 21, 1974, pp. 208~228.
  - 18) Siegfried, R., "The Chemical Philosophy of Humphry Davy", *Chimia*, 5, 1959, pp. 193~201.
  - 19) Goodman, D.G., "Wollaston and the Atomic Theory of Dalton", *Hist. Stud. Phys. Sci.*, 1, 1969 pp. 37~60.
  - 20) たとえば, Freund, I., *The Study of Chemical Composition. An Account of its Method and Historical Development*, New York, 1968(1st 1904) p.299.
  - 21) Farrar, K. R., "Dalton's Scientific Apparatus", in Cardwell (ed.), *op. cit.*, pp. 159~186.
  - 22) Thackray, *John Dalton*, pp. 57~8.
  - 23) Trengov, L., "Dalton as Experimenter", *Brit. J. Hist. Sci.*, 4, 1969, pp. 394~398.
  - 24) 豊岡義人, 「William Higgins と原子論」『化学史研究』2, 1974, pp. 24~39. Higgins に関する包括的な研究書は, Wheeler, T.S. and J.R. Partington, *The Life and Work of William Higgins*, Oxford, 1960, である。
  - 25) Musson, A.E. and E. Robinson, *Science and Technology in the Industrial Revolution*, Manchester, 1969, pp. 249, 336, 350.
  - 26) Clow, A., "The Industrial Background to John Dalton", in Cardwell (ed.), *op. cit.*, pp. 125~139. ただし Clow は名著 *The Chemical Revolution*, New York, 1952, pp. 47, 189, で Dalton の塩分析や給水分析を指摘している。Dalton の

- 産業のかかわり合いについてはおそらくこれが最初の指摘であろう。
- 27) Thackray, A., "Science: Has Its Present Past a Future?", in Stuewer, R. H. (ed.), *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, Minneapolis, 1970, pp. 112~133.
  - 28) Thackray, A., "Science and Technology in the Industrial Revolution", *Hist. Sci.*, 9, 1970, pp. 76~89.
  - 29) Partington, J.R., *A History of Chemistry III*, London, 1962, p.795 から引用した。
  - 30) 現在でも通俗的な書物にこの形骸を見る事ができる。たとえば, Asimov, I., *A Short History of Chemistry*, New York, 1965.
  - 31) Henry の 1824. 2. 5 の日誌である。Roscoe and Harden, *op. cit.*, p. 8 から引用した。
  - 32) *Ibid.*, pp. viii~ix.
  - 33) *Ibid.*, pp. 15~16.
  - 34) *Ibid.*, p. 25.
  - 35) Meldrum の論説は Thackray の *John Dalton* 及び次の Nash の論文を参照した。
  - 36) Nash, L. K., "The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*, 47, 1956, pp. 101~106.
  - 37) Scott によると "気体の溶解度相異" 起源説は、既に1845年に G. Wilson が Dalton の出版されている文献の調査から得ていた。しかしこの発表は注意をひかなかった。Nash はこれとは独立に自分の見解をつくりあげた。Scott, *op. cit.*, pp. 232 238~239.
  - 38) Guerlac, H., "Some Daltonian Doubts", *Isis*, 52, 1961, pp. 544~554.
  - 39) Siegfried, R., "Further Daltonian Doubts", *Isis*, 54, 1963, pp. 480~481.
  - 40) Thackray, A., "The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory: Daltonian Doubts Resolved", *Isis*, 57, 1966, pp. 35~54.
  - 41) この見解は Thackray の *Atoms and Powers* の全編にわたって展開されている。結論的には pp. 39~40を見よ。
  - 42) Fleming, R. S., "Newton, Gases, and Daltonian Chemistry", *Ann. Sci.*, 31, 1974, pp. 561~574.
  - 43) 柏木翠, *op. cit.*, p. 5.
  - 44) Manley, G., "Dalton's Accomplishment in Meteorology", in Cardwell (ed.), *op. cit.*, pp. 140~158.

【編集後記】事務局を内田老鶴園新社に移し、移転その他の多忙の中で皆様のご尽力で会誌第7号が刊行できましたことを喜んでおります。小寺先生から頂いた昨年年会の特別講演及び本会をご支援下さっていた故小竹先生の業績と経歴に関する久保田先生の玉稿を掲載できることに厚く感謝申上げます。なお、本号に掲載予定の年会研究発表要旨を貢献の都合で取り止めることをおわびします。最後に本号の刊行も財團法人野村学芸財團から助成金の交付を頂いていることをご報告しておきます。(K)



# 山岡 望 著作の化学史

新刊 化学史塵

『化学史伝』を総論『化学史談』を特論とすれば本書は各論ともいえる。これにより化学史三部作が完成。前記の著作に漏れたさまざまの史記を拾い集めたもの。 ¥ 4,800

化学史伝(脚注版)

脚注欄に独立記事として史論、年表、解説、挿話、小伝、隨想および100余の写真挿図を配す。¥4,800

化学史談

(全8巻・別冊1)

I ペーター・グリースの生涯	¥ 1,000
II ギーセンの化学教室	¥ 1,500
III ブンゼンの88年	¥ 1,000
IV ブンゼンの88夜	¥ 1,000
V ブンゼン祭	¥ 1,500
VI 化学者の旅行日記	¥ 1,000
VII, VIII リービッヒー往復書簡	¥ 1,500
別冊 総索引と増補	¥ 2,000

化学史窓  
続化学史窓

ヨーロッパ旅行  
のアルバム  
リービッヒ  
のアルバム

40年ぶりに欧洲諸国を旅行して写した風物の中から  
化学史に関する250点を選び解説。続いてリービッヒの思い出をたどる目的で再度渡欧して彼の  
生涯と業績をまとめた。  
各¥ 2,500

化学史筆  
六稜史筆

化学史および学校化学に関する25編を集録  
旧制六高75周年記念出版  
35星霜にわたる化学教室の思い出を集録

古典化学シリーズ 全12巻 田中豊助監訳

- ベルトウロ=鍊金術の起源 再版中
- シユタール=フロギストン説未刊
- ボイル=化学者はまどう 未刊
- ラボアジエ=化学のはじめ 再版中
- ラボアジエ=物理と化学 ¥2,500
- ラボアジエ=化学命名法 ¥4,200
- ドルトン=化学の新体系 未刊
- ペルセーリウス=化学の教科書 未刊
- メンデレーエフ=化学の原論 近刊
- ファラデー=電気実験 近刊
- リービッヒ=動物化学 未刊
- ファン・ト・ホップ=立体化学 未刊

切手で見る化学工業  
医学史概説 実験物理の歴史  
西洋美術史 ギリシア倫理学史

井上清恒著 ¥ 2,200  
井上自助著 ¥ 2,200

奥田 稔著 ¥ 3,200  
0.ディットリッヒ著 橋本隼男訳 上・下各¥1,800



呈図書目録 内田老鶴園新社

東京都千代田区九段北1-2-1  
TEL(265)3636・振替東京3-6371

# TECHNICAL HISTORY OF TECHNOLOGY

明快な記述と豊富な図版によって技術の歴史を  
人類の歴史のなかに位置づける  
画期的な名著の増補新版■全14巻

# 技術の歴史

第3回: 第3巻: 7800円

## 地中海文明と 中世(上)

古代帝国の技術を受けついだ地中海  
地域は、そこに独自の科学=技術を  
樹立させる。また未開のヨーロッパ、  
とくにその西北部は、地中海文明の  
影響を多分に受けながら発展した。  
この時代の研究、考察には、なお考  
古学的資料がかなり重要であるが、  
技術そのものとして扱っているもの  
は少ないながら、少しだけ文字で記  
録された資料が多くなる。そして、  
まさしく科学的と考えることのできる  
要素を、文献と技術の方法のなか  
にたどりることができるようになる。

■①②既刊

■以後、隔月・巻数順刊行  
第11~14巻(増巻分)は第10巻刊行  
後、ひき続き刊行の予定ですが  
新訳のため多少の遅れが出るかも  
知れません。予めご容認のほどお  
願い申し上げます。

■造本・体裁

B5判上製テラクール装函入、本  
文上質紙使用平均370頁、本文  
中図版平均250個、別刷写真版  
平均20頁

■基準定価・7800円

刊行が長期にわたりますので定価  
の改訂があるかも知れません。予  
めご諒承ください。

■予約申込

分売も致しますが、確実にお手許  
に届きますよう、お早めにお近く  
の書店へお申込みください。

筑摩書房

〒101 東京神田小川町2番詳細内容見本送呈

化学史研究 第7号 1978年6月15日発行

編集・発行 ©化学史研究会 編集代表者 奥野久輝  
〒102 東京都千代田区九段北1-2-1 (株)内田老鶴園新社賃付  
振替口座 東京8-175466

本誌の刊行にあたり野村学芸財團からの助成を受けました。

発売 (株)内田老鶴園新社 TEL 03(256)3636

印刷 K.K. 大和印刷  
本会会員ならびに本誌購入の申込みは  
東京都千代田区九段北1-2-1 (株)内田老鶴園新社内 化学史研究会