

# 研究するという行為についての私記

## Private Papers on the Act of Doing Research

田隅 三生

Mitsuo Tasumi

### 1. はじめに

現代において本格的な科学研究を行うには、研究を始める前に、研究環境が整っていることが必要である。すなわち、研究グループの形成、研究のための場所と研究費の確保など重要な問題に何らかの目途が立っていなければならない。「研究するという行為」は多面的・重層的に支えられて成り立つので、「研究するという行為」だけを取り出して論じることが、現代の研究というものの全体像を捉えることにはならない。しかし、ここでは、「研究するという行為」は研究者の内面に関係するものであることに着目して、この行為について論じることとする。

既に研究者になっている人やこれから研究者になることを目指している人なら誰でも、優れた研究成果を挙げ、他の研究者や世の中に認められることを願うだろう。その研究成果のインパクトがその後の学界の動きを決定づけることになれば、研究者冥利それに尽きるといえる。では、どうすればインパクトのある研究を行うことができるのか？この問いは、私が現役であったとき、常に私の頭の片隅にあった。しかし、この問いに本気で取り組んだことはない。私がしてきたことは、折にふれて関係のありそうな本などをめくって、何か手がかりになることはないか探してみる、インパクトのあった研究がどのようにして達成されたのかを原著論文で調べることだが、多数の実例について念入りに調べたわけではなく、少数の特別なケースに興味を持ってきたに過ぎない。

少し前のことだが、私は、東京大学理学部化学教室第1319回雑誌会(2008年12月25日開催)において、「研究の進め方について—科学史と化学教室の先輩に学ぶ」という題で漫談的な講演を行った。本稿は、その講演の内容に追加と削除を行い、かつ論旨をできるだけ整理したものである。しかし、筋の通った論考になっているとはいえ、原著論文や関係のある本の中の記述に関する若干の考察や私個人の感想・意見を集めたもの(つまり私記)に留まっている。他の人たちとの意見交換を経たものではないので、独断的なところが多々あると思う。ご批判やご感想をお知らせいただければ幸いである。

なお、本稿では、論文における通常の形式にならって、

人名に敬称をつけないこととする。

### 2. 研究を始める動機、きっかけ、基になるアイデアや手法

インパクトのあった研究が、どういう動機やきっかけで始まったのか、何か基になるアイデアや手法があったのかどうかを知りたいと思うのは当然のことだろう。私は、この点に最も興味を持ってきた。一口にインパクトのあった研究と言っても、どれもが同じような性格を持っているわけではない。そこで、研究を基礎研究と開発研究に分け、ここでは基礎研究だけを取りあげる。以下に、いくつかの研究例について調べた結果について述べる。わかり易くするために、まず結論を書き、次にそれを導いた研究例について述べる。

[結論] 科学における真の基礎研究においては、インパクトのある研究成果は明快な論理的過程を経て得られるとは限らない。言い換えれば、研究が始まる前に、動機、きっかけ、基になるアイデアや手法がはっきりとしていたわけではないことが多い。また、後になって研究の過程を筋道立てて説明することも難しいようだ。成功への鍵は研究者自身の中にあるもので、それは研究者が持っている「暗黙知」なのであろう。暗黙知については第3節で述べる。

[結論への補足] 基礎研究ではあるが開発研究的な要素のあるものでは、研究目的・目標は定まっているが、それを達成する道筋はケース・バイ・ケースで、やはりここでも研究者のもつ暗黙知が一定の役割を果たすのであろう。

上記の[結論]は次に述べる2-Aから2-Dまでの4件の研究例に、[結論への補足]は2-Eと2-Fの2件の研究例に基づいている。

<研究例2-A> 電波の異常分散と吸収(水島三一郎, 1926年)

水島三一郎は電波の異常分散と吸収をアルコール類などについて測定し、1926年にBull. Chem. Soc. Jpn.の第1巻に発表した。日本化学会編「化学の原典3」に翻訳が収録された第1報<sup>1</sup>(題目は“On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves”)に続いて、BCSJ第1巻には第5報までが掲載された。東健一によると<sup>2</sup>, 第1報が執筆されたのは1924年10月だったとのことである。わが国

でラジオ放送が開始されたのは1925年である。当時の化学研究の状況から見れば、若い化学者がこのような研究を極めて早い時期に行って成功したことは驚くべきことであって、水島によるこれらの論文はわが国の新しい物理化学を拓くものであった。ところが、この研究テーマに水島が取り組んだ動機などは必ずしも明らかでない。水島は東京帝国大学理学部で片山正夫の研究室に属していたが、片山が水島にこのテーマを示唆したという形跡はなく、水島自身が後になって事情を説明したものも見当たらない。デバイ (P. Debye) の有名な著書“Polar Molecules”が出版されたのは1929年である (ドイツ語版の出版も同年)。水島がこの研究を始めた動機を強いてあげるとすれば、1920年代初頭までには電波と物質の相互作用に関する研究は手つかずの状態だったことから、この方面の研究を始めようという意欲をもったということになる。この開拓者精神が幸運を呼んだのである。

〈研究例 2-B〉回転異性体の発見 (水島三一郎, 森野米三, 東健一, 1934年)

1,2-ジクロロエタンなどに回転異性体が存在することを明らかにした、水島らによる一連の研究は、わが国の物理化学または構造化学ひいては分子科学の基盤を築いたものであったとって過言ではない。その最初の論文<sup>3</sup> (題目は“Raman Effect and Dipole Moment in Relation to Free Rotation. I”) は長いものだが、80年近くの時を経た現代の視点から見ると、その内容はわかりやすいものとはいえない。誘電率 (現代の用語では比誘電率) の温度変化が大きいことが、ラマンスペクトルを測定する動機になったのだが、回転異性体の存在について確たる見通しがあったとは思えず、実験結果の解釈は曖昧である。回転異性体の存在という構造化学における基本概念のひとつは、それ以後の数年の間に徐々に確立していったのであった。

〈研究例 2-C〉不確定性原理 (W. K. Heisenberg, 1927年)

量子力学で得られる結果には常に確率がついてまわり、この点で、物体の運動を正確に記述する古典力学とは異なる。ここまでは、説明されると、一応わかったような気になる。ハイゼンベルクは、量子力学の根底にあるこの不確定性を、位置の不確かさと運動量の不確かさの積がプランク定数/ $2\pi$ 以上の大きさになるという極めてシンプルな形で表現したのだが、これは直ちに納得できるものではない。この不確定性原理の式については、物理学者だけでなく、科学史や科学哲学の研究者による驚くほど多数の著書や評論がある。私は、この関係式がどういう思考経路で得られたのかに興味をもち、ハイゼンベルクの自伝<sup>4</sup>、比較的新しい評伝<sup>5,6</sup>を当たってみたが、納得できる答えを見つけていない。1927年に発表された論文<sup>7</sup>の題目は“Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik” (文献5での英訳は“On the perceptual content of quantum theoretical kinematics and mechanics”) で、それより2年前の

1925年に出された行列力学に関する論文の題目と似た点があるので、ハイゼンベルクの考えが連続していたことが読み取れる。ハイゼンベルクは、上記の論文を書く前に、ボーア (N. H. D. Bohr) やパウリ (W. Pauli) と何度も議論しており、それを通じて、自己の中にあっただぼんやりとした考えに明確な形を与えることに成功したのだろう。

〈研究例 2-D〉中間子理論 (湯川秀樹, 1934年)

日本人で最初にノーベル物理学賞を受賞した湯川秀樹は、中間子理論を1934年の10月ごろに考えつき、“On the interaction of elementary particles. I”と題する論文<sup>8</sup>を翌年日本数学物理学会欧文誌に発表した。これは、核力を表す湯川ポテンシャルを導入し、今日パイ中間子と呼ばれている素粒子の存在を予言したものだ。湯川はその理論をどのようにして構築したのだろうか。これについては、湯川の自伝「旅人<sup>9</sup>」にかなり詳しい説明がある。これによって中間子理論に至る思考過程の大筋を追うことができ、中間子という新しい粒子の存在を思いつくまでに少なくとも2年間にわたる苦闘があったことがわかる。湯川自身が「ずいぶんまわり道をしたものだ」と書いている。しかし、この自伝は、1934年から25年後の1959年に書かれたものである。その時点では、湯川は功成り名遂げた偉大な存在であった。「旅人」には、意図的ではないにせよ、つじつま合わせのようなものがないとはいえない。実際には、もっと多くの迷い、試行錯誤、挫折があったに違いない。2007年に出版された「湯川秀樹日記<sup>10</sup>」には、研究に関する記述は極めて少ない。私には、日記に研究のことを書かなかったということが、研究が思うように進んでいなかったことが示しているように思える。湯川は、大きな研究目標を持っていたが、それまでに研究上の実績をあげていただけではなく、周囲に相談相手もなく孤立していた。いわば徒手空拳だった。その状況を突破しえたのは、ひとえに研究への集中があったからである。湯川は、ヨーロッパの雑誌に出る最新論文を丹念に読んで、その成果を消化して自らのものとし、強い焦燥感にかられながらも新しい理論を生み出すことに成功したのだった。

〈研究例 2-E〉ナイロンの発明 (W. H. Carothers, 1935年)

ハーヴァード大学で有機化学のインストラクターだったカロザースは、1928年デュボン社に招かれて入社し、それまで未開拓の分野だった高分子合成を手がけた。合成ゴムの工業化に成功したあと、1935年に最初のポリアミドであるナイロンの合成に成功した。カロザースは絹のような繊維を作ることを目指したとされており、それならばまずアミノ酸の重合または共重合を研究すべきだったと思うが、その方向には進まず、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンの重縮合によってナイロン66を合成することに成功した。その間の事情は、デュボン社が企業秘密として公表しなかったこと、カロザースが1937年に死去したこともあって、わからないままになっている。1996年になって、カロザー

スの伝記<sup>11</sup>がデュポン社で交際のあった人によって出版されたが、これにもカロザースの研究の進め方についての情報は見当たらない。

〈研究例 2-F〉レーザーの発明 (C. H. Townes, 1954 年)

タウンズは第 2 次世界大戦中にベル研究所でレーダーに関する研究を行っており、そこで得たマイクロ波に関する知識と技術を利用して、もっと学問的な研究をするためにコロンビア大学に移った。その後も、アメリカ海軍から強力なミリ波を作って欲しいという要請を受けており、そのために考えたのがレーザー (MASER: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation の略) で、これがのちにレーザーの発明と量子エレクトロニクスという新しい学問分野の発展につながった。タウンズは 1964 年度ノーベル物理学賞を受賞した。タウンズは、自伝<sup>12</sup>の中で、レーザーの発明はそれまでに知られていた物理学の知識を基にしたもので、新しい物理学の原理を考え出したわけではないと述べている。しかし、研究は簡単に進んだわけではなく、考え始めてから実験に成功するまでに約 5 年間を要した。タウンズは、のちにこのような研究の仕方を “explore” と呼んでいる<sup>12</sup>。それは、既知の知識を基にして積極的に開拓的研究を行うことによって、大きな飛躍を目指すものを意味していると思われる。このタイプ (explore 型と呼ぶ) の研究は、2-A から 2-D までの研究例と比べて段階が異なっているようだが、研究の途中に多くの試行錯誤を伴う点で、両者は共通点を持っている。Explore 型の研究は、1950 年代以降アメリカから全世界に広がった。超伝導に関する BCS 理論 (J. Bardeen, L. N. Cooper, and J. R. Schrieffer, 1957) も explore 型の研究の成果だといえるだろう<sup>13</sup>。

### 3. 暗黙知

第 2 節で述べたように、優れた研究成果は明確な論理的過程を経て得られるとは限らず、研究目的・目標が明確な場合でも、研究成果は研究者個人の思考や行為によって大きく左右される。研究者個人を動かすのは何だろうか？ 私は、その答えはポラーニが提唱した暗黙知 (tacit knowledge)<sup>14</sup>だと考えている。[ポラーニ姓の研究者は数人いる。暗黙知を提唱した Michael Polanyi (1891–1976) は物理化学者から社会哲学者に転じた人で、1986 年度ノーベル化学賞受賞者 John Polanyi の父である。Polanyi の日本語表記にはポラニーやポランニーもある。]ポラーニによれば、『我々は語ることができるより多くのことを知ることができる』のであり、『人間が知識を発見し、また発見した知識を真実であると認めるのは、すべて経験を (このように) 能動的に形成、あるいは統合することによって可能となるのである。この能動的形成、あるいは統合こそが、知識の成立にとって欠くことのできぬ偉大な暗黙的な力である。』(カッコ内は文献 14 の訳書からの引用) つまり、私たちは、口に出して説明することのできない知識または知力、すなわち

暗黙知、を自分の中に持っている。それは経験によって形成されるものだ。研究テーマが幾つかある場合、そのうちのひとつを選ぶのは暗黙知によることが多い。研究を具体的に進める過程での判断が論理的にできない場合には、暗黙知によって何らかの決定をするのである。日本語の「勘」は暗黙知のひとつであるといえる。ポラーニの暗黙知は、勘よりも広範なもので、哲学的な内容を持っている。ポラーニが暗黙知という概念を提出したことの裏には、彼自身が若いときに行った物理化学の研究が、研究の自由に立脚した個人の力に大きく依存するという経験があり、研究とはそういうものでなければならないという信念があった。

上記のように考えると、優れた研究を行うには、暗黙知を自らの中に貯めなければならないことになる。ポラーニが述べているように、暗黙知は経験を積むことによって獲得できるものだが、その他に暗黙知を貯める方法はないだろうか？ 私は、そのひとつの方法は、研究例 2-D で触れたように、研究への集中だと考えている。集中することは、長い期間にわたる経験と同じように暗黙知を生むのだ。優れた研究を行うには「集中して考えたうえで手をくさすこと」が不可欠である。ここでいう集中とは、必ずしも年がら年中ひとつのことに集中するというわけではない。この点については、第 8 節で引用するラッセルの意見が参考になる。

### 4. セレンディピティー

セレンディピティーは、「思わぬものを偶然に見出す能力」、「幸運を招き寄せる力」、「当てにしない (いい) ものを偶然発見する才能」、「掘出し上手」などと説明されている。この言葉自体は古くからあるもので、同名の本<sup>15</sup>が 1989 年に出版されており、その邦訳もある。しかし、この言葉をしばしば見聞きするようになったのは、2000 年にノーベル化学賞を受賞した白川英樹が、著書<sup>16</sup>のなかでこの言葉を使ってから後のことだと思う。

インパクトのある研究成果は、往々にしてセレンディピティーの賜物である。美しい金属光沢をもつポリアセチレン・フィルムの合成に白川らが思いがけなく成功したのは、ある行き違いによる「失敗」の結果だとされている。これもセレンディピティーの例のひとつだろう。そのときの状況は白川自身が次のように述べている<sup>16</sup>。

〈研究例 4-A〉ポリアセチレン・フィルムの合成 (白川英樹ら, 1967 年)

『1967 年の秋、私たちは、予想外の「失敗」によって、突然ポリアセチレン・フィルムの合成に成功したのです。ほんとうに偶然かつ幸運な「失敗」でした。じつは「失敗」が起きたとき、私たちはチーグラウ・ナツタ触媒を通常の 1000 倍の濃度で使っていたのです。予定の 1000 倍もの濃度の触媒を使ったため、アセチレンが触媒溶液の表面に達したとたん、急激な重合反応が触媒溶液表面でおき、表面

に薄い膜ができたのです。』（カッコ内は文献 16 からの引用）

私たちがときに使う「運も実力のうち」という言い方には、セレンディピティーと共通するものがある。セレンディピティーというものがあることは否定できないとしても、セレンディピティーを自分のものにするにはどうすればよいのか？ それは誰にもわからないことだ。

私は、研究者にとっては、パストゥール (L. Pasteur) が 1854 年に言ったことの方が、もっと重要ではないかと考えている。そのフランス語の原文は “Dans le champ de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés.” で、直訳すると「観察の分野では、機会は準備された心しか幸運を恵まない」となる。原文は否定形で書かれているが、比較的新しいパストゥールの評伝<sup>17</sup>の中での訳文は「機会は準備された心のみ幸運を恵む」と肯定形になっている。対応する英文は、よく知られているように “Chance favors the prepare mind” で、これも肯定形だ。この簡潔で憶えやすい英文には、人の心に訴えかけるものがある。これが、パストゥールが言ったことの英訳なのか、古くから英語圏にあった言い方なのか、どちらなのか私は知らない。

パストゥールが言ったことは、普通でない現象にぶつかったときに、それが意味のあるものと気づくことが重要であって、それには、常々注意力を培っていかねばならないということだ。私に言わせれば、注意力を高めるよう努力することによって、暗黙知も増える可能性があるのだ。パストゥールの言によく当てはまる例をひとつ挙げよう。

〈研究例 4-B〉ペニシリンの発見 (A. Fleming, 1929 年)

1945 年度ノーベル生理学医学賞受賞者のフレミングが青かびに抗生物質 (ペニシリン) が含まれていることを発見したときの状況は、モーロア (A. Maurois) が書いた優れた伝記<sup>18</sup>によると下記的那样であった。

『フレミングは話しながら、いくつかの古いシャーレをとりだして蓋をあげた。そのうちのいくつかの寒天には、黴が生えていた。ありふれた事である。だが突然彼はだまりこみ、それからしばらく観察したあとで、例のさりげない声で言った。「これは変わっている。」寒天に黴が生えることはなにもこの場合にかぎらず、ざらにあることであるが、ただこの寒天では、黴のまわりの葡萄状球菌のコロニーが溶解してしまい、露の滴に似た形になっていた。』（カッコ内は文献 18 の訳書からの引用）

## 5. 研究発表の方法とタイミング

現代の研究者には、いろいろな形での研究発表、とくに論文を雑誌に出すことが極めて重要である。この点は今では十分認識されていることだが、日本では、この認識は過去わずか 50 年ほどの間に定着してきたものに過ぎない。アジア・太平洋戦争以前には、論文発表の重要性に関する明

確な認識はなかったようだ。博士の学位を取得するために博士論文は重要だったので（当時は論文博士がほとんどだった）、そのついでに論文を雑誌に出すという程度だったのだ。研究例 2-A で取りあげた文献 1 も水島の学位論文の一部だったはずだ。水島の場合は、それ以後にも多数の論文を国内外の雑誌に発表した（研究例 2-B で取りあげた文献 3 もそのひとつ）。これは、水島が自己の研究の価値に自信を持っており、そうだからこそ論文を書くことにも力が入ったのだろう。この点は現代でも同じことで、研究者自身が自己の研究の価値を確信することが良い論文を出すための必要条件である。

論文は明快に書かれなければならない。論文題目と要旨の書き方にはとくに念を入れるべきである。共著者の選択には細心の配慮が必要である（後述の研究例 5-B 参照）。論文の引用にも注意を払わなければならない。過剰な宣伝は却って逆効果を呼ぶ可能性がある。

インパクト・ファクターの高い雑誌に論文を出すことを競う傾向が強まっているが、論文の引用回数は掲載された雑誌によって決まってしまうわけではない。BCSJ に掲載された分子科学関係の論文で、2011 年 2 月初めの時点で引用回数が 900 以上に達しているものもある。今では情報検索システムによって、たいていの雑誌に発表された論文の内容を容易に知ることができるのだから、雑誌よりも論文の内容こそ問題だといえる。

論文のインパクトを決める要因として重要なものに発表のタイミングがある。これに関する研究例を 2 件あげる。〈研究例 5-A〉ラマン効果の発見 (C. V. Raman & K. S. Krishnan, 1928 年)

1930 年度ノーベル物理学賞を受けたラマンは、1928 年 2 月 16 日 “A New Type of Secondary Radiation” と題する論文の原稿を電報で Nature 誌に送った。同誌 3 月号に掲載された論文<sup>19</sup>は刷り上がりで半ページほどの短いものだが、その内容は、後に「ラマン効果」または「ラマン散乱」と呼ばれる現象の発見とそれが何によるものかを的確に伝えるもので、強烈なインパクトをもっていた。ラマンはそれまでの数年間この現象について研究し、その本質を十分に把握していたのだが、フルペーパーの原稿を船便で送ったりせず、前記の時点で、短文で達意の原稿を電報で送った。これは真に適切な判断だった。その時点で、ラマンと同様の結果を得ていた研究グループがアメリカ、フランス、ロシア (ソ連) にいくつもあった。それらのグループは、ラマンの論文が掲載されたあと 1 月から半年以内に続々とそれぞれの論文を発表したが、1930 年度ノーベル物理学賞はラマンの単独受賞となった。研究発表には、この場合のように、他の研究者の機先を制する「読み」が必要なきもある。

〈研究例 5-B〉DNA の 2 重らせん構造 (J. D. Watson & F. H. C. Crick, 1953)

今では小学生でも DNA の 2 重らせん構造を知っている。これを提案したワトソンとクリックの “Molecular Structure of Nucleic Acids” と題する論文<sup>20</sup>は、Nature 誌の 1953 年 4 月 25 日号に掲載された。この僅か 1 ページ程度の論文は生物学を根底から変え、その影響は現代の医療技術に変革をもたらしつつある。当時ポーリング (L. Pauling) も同じテーマの研究をしていたので、ワトソンらは上記の論文を良いタイミングで出したといえる。そのこと自体は大成功だったのだが、この論文の裏には、少なくとも私は釈然としないことがあった。それは、この論文の余りにも大きなインパクトのために、表立って問題にされてこなかったことなのだが、当時ケンブリッジ大学にいたワトソンらは構造解析の鍵となる DNA の X 線回折図を自分で測定したことはなかったことだ。ワトソンらは、ロンドンのキングズ・カレッジにいた女性科学者フランクリン (R. Franklin) が測定した X 線回折図を普通でない方法で見、それを利用したのだ。上記の論文には、フランクリンへの謝辞はある。しかし、私は、上記の論文はフランクリンとの共著で出されて然るべきだったと思う。ワトソンとクリックは測定をしない代わりに、それまでに得られていた情報を徹底的に検討して、フランクリンの回折図に合う分子構造モデルを考え出したのだ。このとき正確な測定結果がなければ、正しい結論には至っていなかっただろう。ワトソンとクリックは 1962 年度ノーベル生理学医学賞を受賞したのだが、フランクリンはそれ以前にがんのため若くして亡くなっており、フランクリンの上司だったウィルキンズ (M. H. F. Wilkins) がワトソン、クリックと 3 人で受賞した。生命の根源である DNA の分子構造を解明する過程に極めて人間臭いドラマが絡んでいたのだ<sup>21-23</sup>。このことに複雑な思いを抱くのは私だけだろうか。

## 6. 他分野に関する知識の獲得と共同研究

一般論としては、研究者が自分の専門とは別の分野に関する知識を獲得することは望ましい。しかし、得た知識を自分の血肉としなければ、研究に役立てることはできないだろう。これは簡単にできることではない。他分野の研究者との共同研究を上手に進めることができれば、効率良く自分の研究内容を広げ、深めることができる。しかし、実りの多い共同研究を長期にわたって維持することは容易なことではない。むしろ、知り合っただけで間もない研究者間の共同研究が成功することがある。その場合の例を 2 件挙げよう。

〈研究例 6-A〉伝導性高分子の創出 (H. Shirakawa, A. G. MacDiarmid & A. J. Heeger, 1976)

研究例 5-A で述べたように、白川英樹らは 1967 年にポリアセチレン・フィルムの合成に成功したが、このフィルムの電気伝導率は高くなかった。その 9 年後に、白川は無機化学者マクダイアミッドに招かれて米国ペンシルヴァニア

大学に行き、そこで固体物理学者ヒーガーと知り合った。ヒーガーの示唆によって、ポリアセチレン・フィルムに臭素を吸収させたところ、電気伝導率が飛躍的に増大することを見出した。これによって導電性高分子科学への扉が開かれ、3 人は 2000 年度ノーベル化学賞を共同で受賞した。〈研究例 6-B〉フラーレンの発見 (H. W. Kroto, R. F. Curl & R. E. Smalley, 1985)

1996 年度ノーベル化学賞はフラーレン類の発見に対して与えられた。これは、英国サセックス大学のクロトーと米国ライス大学のカールおよびスモーリーの共同研究の成果であった。クロトーは星間分子の研究をしており、カールも同じ分野の研究者だった。この共同研究は、クロトーをカールが同僚のスモーリーに紹介したことで始まった。1985 年クロトーの発案で、スモーリーのレーザー剥離の実験装置でグラファイトを気化させてノズルビームとし、その中の成分の質量分析を行ったところ、存在をまったく予想していなかった C<sub>60</sub> を発見して、フラーレンと命名した。これもセレンディピティーの例であり、またクロトーらが「準備された心」を持っていたためだろうが、理想的な共同研究の例でもある。

ある研究者の研究活動とともにその分野が発展していき、自然に多くの研究者との交流につながる場合がある。分子科学の分野では、分子の電子状態や分子軌道法の研究により 1966 年度ノーベル化学賞を得たマリケン<sup>24</sup> (R. S. Mulliken) や気相分子とくにラジカルや星間分子の分光学的研究により 1971 年度ノーベル化学賞を受賞したヘルツベルグ<sup>25</sup> (ハーツバーク, G. Herzberg) は、このような場合に該当する幸せな人々たちだったといえる。

## 7. 研究分野・研究テーマの変更

かつてアメリカでは、一生同じ分野の研究を続けることは少なく、とくに大学院生が学位を得てから別の大学などにポスドクとして移るときには、それまでとは別の分野の研究を行うことが普通とされていた。これに対して、日本では、生涯ひとつのことに打ち込むことこそ尊いとする伝統があったが、逆に、アメリカ式のダイナミックな行き方を見習うべきだという意見もあった。どちらが良いかは簡単に判断できることではない。アメリカにも同じ分野の研究を生涯行つた優れた研究者もいたので、分野を変えることが絶対に良いとまで言い切るのは無理なようだ。

現代では、アメリカでも大学院生のときに行った研究の分野にその後も留まっているケースが増えているように見える。これには、いろいろな要因が関係していると思われる。しかし、一般論としては、一度は全く別の研究テーマや研究手法を経験することは悪いことではない。問題はそれを実行できる機会があるかどうかだが、もし良い機会があれば、実行するべきだと私は思う。新しいことを始めると、それまでに見えていなかったものが自然に見えてくる

ので、自分の世界が広がるのだ。私自身、30歳代の半ばに、それまでの専門分野だった振動分光学とは別の分野で研究をした経験がある。それについては「構造生物学ことはじめ」という題で詳しく書いた<sup>26</sup>ので、ここでは述べていない。別の分野で約6年間研究したあと、また元の振動分光学の研究に戻ったのだが、この研究分野間の往復で私が得たことは、視野が広がったことの他に、振動分光学の特色を元よりもはっきりと認識し得たことだったと思う。

アメリカでは、研究分野を変えることは珍しくないが、2度変えて、いずれの分野でも成功した例を次に挙げる。  
(研究例7) 固体物理学と量子化学における理論的研究 (W. Kohn, 1950~1970)

コーンはシュウィンガー [J. S. Schwinger; 朝永振一郎, ファインマン (R. P. Feynman) とともに1967年度ノーベル物理学賞を受賞] の指導下で場の量子論の研究で学位を得た。独立した研究者になってから固体物理学の研究に転じて、金属のフォノン・スペクトルにおける「コーン異常」を見出すなど、いくつかの重要な業績をあげた。その後、密度汎関数理論の構築に取り組み、この方法を化学の研究にとって極めて有用なものにする基礎を確立し<sup>27</sup>、1998年度ノーベル化学賞を得た。ユダヤ系のコーンは1923年ウィーンで生まれた。ナチスのユダヤ人への迫害によって10代半ばで父母と別れるなど、さまざまな苦難に遭遇したが、それらを乗り越えて、ノーベル賞受賞者にまでなったことはアメリカン・ドリームを体現したものであり、驚嘆と称賛に価する。

研究分野には盛衰がある。ある分野が衰退に向かう場合、その分野の研究者は他の分野に移るのが普通である。踏み止まる人々もいるが、取り残された状態に耐えることは容易なことではない。しかし、あるきっかけで、その分野が復活することもある。その実例はラマン分光学である。研究例5-Aで述べたように、ラマン効果は1928年に発見され、それ以後第2次世界大戦が始まるまでの約10年間はラマン効果研究の黄金期だった。しかし、第2次世界大戦後、赤外分光法が急速に発展したため、測定の難しいラマン分光法は影の薄いものになり、ラマン分光学は暗黒時代に入った。ところが、1960年代の半ばに He-Ne レーザーや Ar イオンレーザーが実用化されて以来、ラマン散乱に対する興味は急激に復活し、ラマン・ルネサンスが到来した。暗黒時代にもラマン効果の研究を細々と続けていた人々は、わが世の春を迎えた。このような人々は日本やアメリカにはほとんどいなかったが、ヨーロッパにはいた。

上記の研究分野の盛衰とも関係することだが、研究というものは、思いどおりに進むとは限らない。研究に行き詰って、先行きが見えなくなることがある。そのようなときには、テーマを変えたり研究分野を変えたりする前に、よく考えることが重要である。自分の立っているところをもっと掘ると、埋もれている宝が見つかるかもしれないか

らだ。たとえば、わが国では炭素に関する研究は古くから行われていたが、基礎的な研究は衰退し、1980年代には炭素繊維や人工ダイヤモンドなどに関する応用サイドの研究が非常に盛んになっていた。ところが、研究例6-Bで述べたように、1985年に海外でフラーレンが基礎研究から発見された。フラーレンへの関心が世界的に高まるなかで、1991年にカーボンナノチューブが日本で飯島澄男によって見出されたが、この順序が逆になっていれば良かったのにと思うのは私ひとりではないだろう。

## 8. おわりに

研究を行ううえで最も大切なのは、当たり前なことではあるが、よく考えることと手を動かすことである。これによってのみ、自分の中の暗黙知の世界を掘ることができ、それが独創性の高いインパクトのある研究成果を生むことにつながる。これに関して、ラッセル [B. A. W. Russell (1872–1970); 英国の哲学者・数学者・平和運動家] が勧めたことは重要だと思われるので、それをラッセルの著書<sup>28</sup>から引用する。

『十分な気力と集中を注ぎこむなら、意識的な思考を無意識の中に植えつけることは可能である、と私は信じている。無意識の大部分は、かつては非常に情緒的な意識的思考であったのに、いまや意識下に埋もれてしまったものから成り立っている。この意識下に埋める過程を意図的にやってみることは可能であり、このようにして、無意識に有益な仕事をいろいろさせることができる。たとえば、私がある相当むずかしいトピックについて書かなければならないとする。その際、最上の方法は、それについて、ものすごく集中的に – それこそ私に可能なかぎりの集中力をもって – 数時間ないし数日間考え、その期間の終わりに、いわば、この仕事を地下で続けよ、と命令することである。何か月かたって、そのトピックに意識的に立ち返ってみると、その仕事はすでに終わっているのを発見する。』(「文献28の訳書 第1部 不幸の原因 第5章 疲れ」からの引用)

『重要な決定をする前に、「一晩寝て考える」ことが必要だと感じる人たちは、まぎれもなく正しい。しかし、意識下の精神過程が働きうるのは、眠りの中のみではない。そういう精神過程は、人の意識的な心がほかの方向に向けられているときにも、働くことができるのである。仕事が終われば仕事のことを忘れて、翌日また始まるまでは思い出さない人は、その間ずっと仕事のことを思いわずらっている人よりも、ずっとよい仕事をする見通しがある。』(「文献28の訳書 第2部 幸福をもたらすもの 第15章 私心のない興味」からの引用)

ラッセルが述べたことは、「暗黙知」を実際に利用する方法であるとも言える。ラッセルは研究生活を数学者として開始したが、のちに哲学に転じて、1950年度ノーベル文学賞を受賞した。その生涯はほぼ1世紀にわたっており、知

的活動は最後まで衰えを見せなかった。このような人が言ったことには傾聴に値するものがあると思われる。(2011年2月14日記)

## 参考文献

- (1) Mizushima, S. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1926**, *1*, 47–53.
- (2) 東健一, 化学の原典3 構造化学 I; 日本化学会編; 学会出版センター: 東京, 1974; pp 61–71.
- (3) Mizushima, S.; Morino, Y.; Higasi, K. *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res.* **1934**, *25*, 159–221.
- (4) Heisenberg, W. In *Der Teil und das Ganze*; Piper: 1969/部分と全体; 山崎和夫訳; みすず書房: 東京, 1974.
- (5) Cassidy, D. C. In *Uncertainty: the Life and Science of Werner Heisenberg*; W. H. Freeman and Company: New York, 1992.
- (6) Lindley, D. In *Uncertainty: Einstein, Heisenberg, Bohr, and the Struggle for the Soul of Science*; Doubleday: 2007/そして世界に不確定性がもたらされた; 阪本芳久訳; 早川書房: 東京, 2007.
- (7) Heisenberg, W. *Z. Phys.* **1927**, *43*, 172–198.
- (8) Yukawa, H. *Proc. Phys.-Math. Soc. Jpn.* **1935**, *17*, 48–57.
- (9) 湯川秀樹, 旅人; 角川文庫: 東京, 1960.
- (10) 湯川秀樹, 湯川秀樹日記; 小沼通二編; 朝日新聞社: 東京, 2007.
- (11) Hermes, M. In *Enough for One Lifetime, Wallace Carothers the Inventor of Nylon*; Chemical Heritage Foundation: Philadelphia, 1996.
- (12) Townes, C. H. In *How the Laser Happened*; Oxford University Press: New York, 1999/レーザーはこうして生まれた; 霜田光一訳; 岩波書店: 東京, 1999.
- (13) Blundell, S. In *Superconductivity*; Oxford University Press: Oxford, 2009.
- (14) Polanyi, M. In *The Tacit Dimension*; Routledge & Kegan Paul: London, 1966/暗黙知の次元; 佐藤敬三訳; 紀伊国屋書店: 東京, 1980.
- (15) Roberts, R. M. In *Serendipity*; John Wiley & Sons: New York, 1989/セレンディピティー; 安藤喬志訳; 化学同人: 京都, 1993.
- (16) 白川英樹, 化学に魅せられて; 岩波新書: 東京, 2001.
- (17) Geison, G. L. In *The Private Science of Louis Pasteur*; Princeton University Press: Princeton, 1995/パストゥール; 長野敬・太田英彦訳; 青土社: 東京, 2000.
- (18) Maurois, A. In *La Vie de Sir Alexander Fleming*; Librairie Hachette/フレミングの生涯; 新庄嘉章・平岡篤頼訳; 新潮社: 東京, 1959.
- (19) Raman, C. V.; Krishnan, K. S. *Nature*, **1928**, *121*, 501–502.
- (20) Watson, J. D.; Crick, F. H. C. *Nature*, **1953**, *171*, 737–738.
- (21) Watson, J. D. In *The Double Helix, A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*; Scribner: New York, 1968/二重らせん; 江上不二夫・中村桂子訳; 講談社文庫: 東京, 1996.
- (22) Judson, H. F. In *The Eighth Day of Creation, Expanded Ed.*; Cold Spring Harbor Laboratory Press: Woodbury, 1996.
- (23) Maddox, B. In *Rosalind Franklin, The Dark Lady of DNA*; Harper Collins Publishers: London, 2002.
- (24) Mulliken, R. S./ed. by Ransil, B. J. In *Life of A Scientist*; Springer-Verlag: Berlin, 1989.
- (25) Stoicheff, B. In *Gerhard Herzberg, An Illustrious Life in Science*; NRC Press and McGill University Press: Ottawa and Montreal, 2002.
- (26) 田隅三生, Life of Proteins (科学研究費特定領域研究「タンパク質の一生」研究班ジャーナル), **2006**, No. 15, 51–59.
- (27) Parr, R. G.; Yang, W. In *Density-Functional Theory of Atoms and Molecules*; Oxford University Press: New York, 1989.
- (28) Russell, B. In *The Conquest of Happiness*/幸福論; 安藤貞雄訳; 岩波文庫: 東京, 1989.

(受理日 2011年2月28日)

---

### 田隅 三生 (たすみ みつお)

所属: 東京大学名誉教授

専門分野: 構造化学, 分子分光学

連絡先: 〒 106-0032 東京都港区六本木 5-13-14-401

電子メール: [tasumi@sapiarc.com](mailto:tasumi@sapiarc.com)

URL: <http://www.sapiarc.com/>

---