

研究の進め方について
— 科学史と化学教室の先輩に学ぶ —

田隅 三生

東京大学理学部化学教室

第1319回雑誌会

2008年12月25日

化学本館5階講堂

1. 研究を始める動機, きっかけ, 基になるアイデア (その1)

- 化学や物理学の研究において, 優れた成果は明確な論理的過程を経て得られるとは限らない.

例 1. 電波の異常分散 (1926年, 水島三一郎 [本教室1923年卒, 本教室教授])

回転異性体 (1934年, 水島三一郎他)

- S. Mizushima, "On the Anomalous Dispersion and Absorption of Electric Waves. I~V," *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **1**, 47, 83, 115, 143, 163 (1926).
- S. Mizushima, Y. Morino, and K. Higasi, "Raman Effect and Dipole Moment in Relation to Free Rotation. I," *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res.*, **25**, 159-221 (1934).
- 水島三一郎, "ゴーシュ形の発見と命名のいきさつ", 現代化学, 1975年4月号, 40-42.
- 水島三一郎, "ひと桁の実験", 化学と工業, **36**, 139-140 (1983) .

1. 研究を始める動機, きっかけ, 基になるアイデア (その2)

- 化学や物理学の研究において, 優れた成果は明確な論理的過程を経て得られるとは限らない.

例 2. 不確定性原理 (1927年, W. Heisenberg [1932年ノーベル物理学賞受賞])

- W. Heisenberg, “Der Teil und das Ganze” (1969) / 山崎和夫訳 “部分と全体” (みすず書房) .
- D. C. Cassidy, “Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg,” (1992) .
- D. Lindley, “Uncertainty: Einstein, Heisenberg, Bohr, and the Struggle for the Soul of Science,” (2007) / 阪本芳久訳 “そして世界に不確定性がもたらされた” (早川書房) .

1. 研究を始める動機, きっかけ, 基になるアイデア (その3)

- 研究目的が比較的はっきりしていた場合はある。しかし, これらについても研究の途中経過は明確でないことが多い。

例 1. 中間子理論 (1934年, 湯川秀樹 [1949年ノーベル物理学賞受賞])

- 湯川秀樹 “旅人” (1959) (角川文庫) ; 小沼通二編 “湯川秀樹 日記” (2007) (朝日新聞社).

例 2. ナイロン (1935年, W. Carothers)

- M. Hermes, “Enough for One Lifetime, Wallace Carothers the Inventor of Nylon” (1996).

1. 研究を始める動機, きっかけ, 基になるアイデア (その3)

● 優れた成果を挙げた研究者は, Michael Polanyiが提唱した「Tacit knowledge (暗黙知)」に導かれて, 研究テーマを設定し, 優れた成果に到達する機会が多いのではないか.

○ M. Polanyi, “The Tacit Dimension” (1966) / 佐藤敬三訳 “暗黙知の次元” (紀伊国屋書店) .

2. セレンディピティー（その1）

● セレンディピティーとは、「思わぬものを偶然に発見する能力」,
「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」.

● Pasteur が1854年に言ったことの方が, 研究者にとっては, より本
質的な点を突いているのではないか.

“Dans le champ de l’observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés.”

「機会は準備された心にもみ幸運を恵む」

○ G. L. Geison, “The Private Science of Louis Pasteur” (1995) / 長野敬・
太田英彦訳 “パストゥール” (青土社) .

2. セレンディピティー（その2）

- Pasteurが言ったことの英語での表現はフランス語よりも簡潔で，“Chance favors the prepared mind.”
- 要するに，普通でない現象にぶつかったときに，そこに重要なものがあることに気付くこと。それには，普段から注意力を培っていることが必要。そうすることによって，「暗黙知」も増えるのであろう。

2. セレンディピティー（その3）

例1. ペニシリン（1929年，A. Fleming [1949年度ノーベル医学生理学賞受賞]）：

Flemingがペニシリンの抗生物質としての作用を発見したときの状況は，A. Maurois, “La Vie de Sir Alexander Fleming” (1959) / 新庄嘉章・平岡篤頼訳 “フレミングの生涯”（新潮社）によると下記のとおり。

『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。』

2. セレンディピティー（その4）

例2. ポリアセチレン・フィルム（1967年，白川英樹 [2000年度ノーベル化学賞受賞]）：

白川英樹，“化学に魅せられて”（2001年）（岩波新書）によると，ポリアセチレン・フィルムが初めて合成されたときの状況は下記のとおり。

『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，私たちはチーグラー・ナッタ触媒を通常の1000倍の濃度で使っていたのです。通常の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起き，表面に薄い膜ができたのです。』

（分かりやすくするため，原文を若干変更）

3. 研究発表の方法の重要性（その1）

● 研究成果の発表には、そのタイミング、内容の明快さ、他の研究者への配慮に十分に注意することが重要

例1. 大成功だった例

ラマン効果：1928年2月、C. V. Raman は “A New Type of Secondary Radiation” と題する論文原稿を電報で *Nature* に送った。これは半ページに満たない短いものだったが、内容はラマン効果の発見を的確に伝えたものであった。これによって、Raman は僅か2年後に1930年度ノーベル物理学賞を受賞。

3. 研究発表の方法の重要性（その2）

● 研究成果の発表には、そのタイミング、内容の明快さ、他の研究者への配慮に十分に注意することが重要

例2. 大成功だったが、若干問題もある例

DNAの2重らせん構造：J. WatsonとF. Crickは、1953年4月の*Nature*に“Molecular Structure of Nucleic Acids”と題する約1ページの短い論文を発表し、DNAの2重らせん構造を提案した。しかし、X線回折のデータはR. Franklinが測定したものであった。WatsonとCrickは1962年度ノーベル医学・生理学賞を受賞（M. Wilkinsも共同受賞。R. Franklinそれ以前に死去）。

○ J. D. Watson, “*The Double Helix*” (1968) / 江上不二夫・中村桂子訳 “二重らせん”（講談社文庫）；H. F. Judson “*The Eighth Day of Creation*” Expanded Edition (1996).

3. 研究発表の方法の重要性（その3）

● 研究成果の発表には，そのタイミング，内容の明快さ，他の研究者への配慮に十分に注意することが重要

例3. 現時点での感覚では，より適切な論文作成の仕方があったと思われる例

回転異性体：研究の初期段階（1934年－1940年ごろ）で，水島研究室から出された論文は，論旨は必ずしも明快でなく，惜しいことに，ゴージュ形の定義と命名の説明が十分に適切だったかという疑問がある。

○ 田隅三生，“分子スペクトルとともに”（1997）。

4. ひとつのことへの集中か，他分野に関する知識の獲得と研究交流か？（その1）

● 一般論としては，他分野に関する知識の獲得は望ましい。しかし，自分の研究に役立てるためには，得た知識を自分の血肉としなければならぬ。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うまく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。

4. ひとつのことへの集中か，他分野に関する知識の獲得と研究交流か？（その2）

- ある研究者の研究活動とともにその分野が発展していく場合がある．ある分野への集中が，自然に多くの研究者との交流につながる理想的な場合である．

例 1. R. S. Mulliken（1966年度ノーベル化学賞受賞）：分子の電子状態，分子軌道法

○ R. S. Mulliken, “*Life of A Scientist*” (1989).

例 2. G. Herzberg（1971年度ノーベル化学賞受賞）：気相分子，とくにラジカル，星間分子等の分光学

○ B. Stoicheff, “*Gerhard Herzberg: An Illustrious Life in Science*” (2002) (NRC Press and McGill University Press).

5. あるテーマの研究を続けるべきか、他のテーマの研究に移るべきか？（その1）

個人のレベル

- アメリカと日本の差. かつての状況と現状との差. 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が望ましいが、そういう経験なしで成功した例も多い. どちらが良いか、一概には言えない.
- 研究に行き詰ったときには、テーマを変える前に、よく考えることが重要. 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.

5. あるテーマの研究を続けるべきか, 他のテーマの研究に移るべきか? (その2)

個人のレベル

例1. 研究者が少なくなった分野に踏みとどまって成功した例

福田清成 (本学科1948年卒, 埼玉大学教授): 一貫して単分子膜 (LB膜)

例2. 移った例

黒田晴雄 (本学科1953年卒, 本学科教授): 炭素の高次構造から有機半導体結晶, ESCA, シンクロトロン軌道放射光の利用へ

例3. 移って, 戻った例

田隅自身: 振動分光学 → NMRによる構造生物学 → 振動分光学

5. あるテーマの研究を続けるべきか, 他のテーマの研究に移るべきか? (その3)

研究室レベル

● 研究テーマを変えるには, いろいろな意味でのタイミングが重要

例. 太平洋戦争後の本学科水島三一郎研究室: 分子内回転の構造化学から生体物質の物理化学へ

○ 馬場宏明・坪井正道・田隅三生編, “回想の水島研究室 — 科学昭和史の一断面” (1990) (共立出版).

6. まとめ（その1）

- 独創性が高くインパクトのある研究成果を生むには、よく考えること、かつ手を動かすことが不可欠。それによってのみ、自分の中の「暗黙知」の世界を拡げることができる。
- バートランド・ラッセル [Bertrand Russell (1872-1970), 英国の哲学者・数学者・平和運動家・1950年度ノーベル文学賞受賞] が勧めたことは重要。
- Bertrand Russell, “The Conquest of Happiness” / 安藤貞雄訳「幸福論」（岩波文庫）。

6. まとめ（その2）

【ラッセル「幸福論」 第1部 不幸の原因 第5章 疲れ】から

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。

6. まとめ（その3）

【ラッセル「幸福論」 第2部 幸福をもたらすもの 第15章 私心のない興味】から

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するのは、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。

- Bertrand Russell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のではないか。

（おわり）