



美しい形の分子 1

時代を画した「美しい分子」

佐藤健太郎 Kentaro SATO

ジャンルによって違いはあれど、化学者は化合物に対して「美」を感じる。人工的に合成したものであれ、天然から発見されたものであれ、化合物は自然の摂理を映し出す存在として、それぞれの美しさを有する。しかし化学者にとって美とは何であるのか、研究に際して美は何らかの意義を持ちうるのか。ここでは、ノーベル賞につながった「時代を画した化合物」を題材に、分子の美について考えてみたい。

美しい分子が世界を変えた

世界最大の化学物質データベースである CAS レジストリに登録された化合物は、現在までに5,000万を軽く超えているという。構造も機能も様々な、この化合物の大洋にあって、BINAP (図1) はひとときわ輝くランドマークの1つであろう。野依良治 (現・理化学研究所理事長, 2001年ノーベル化学賞) らのグループによって初めて合成され、不斉水素化をはじめとした各種の反応に素晴らしい機能を発揮し、その後の有

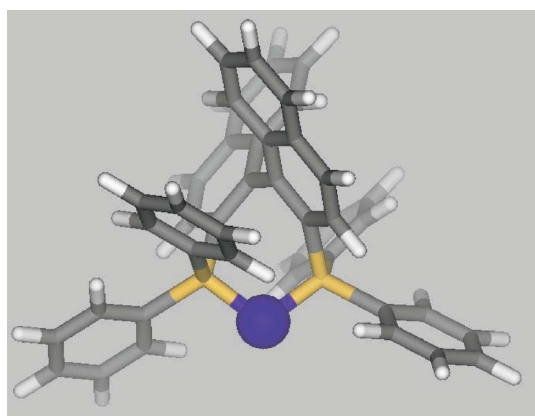


図1 BINAP 錯体の構造

さとう・けんたろう
東京大学大学院理学系研究科化学専攻 特任助教
〔経歴〕1995年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程卒業。同年国内製薬企業に入社、創薬研究に携わる。2007年に退職、フリーのサイエンスライターに転身。09年より現職。著書に「有機化学美術館へようこそ」「創薬科学入門」など。〔専門〕有機化学・科学コミュニケーション。〔趣味〕折り紙・国道探索。〔連絡先〕113-0033 文京区本郷7-3-1 (勤務先)
E-mail: ksato@chem.s.u.tokyo.ac.jp



機合成の歴史を大きく塗り替えたことはよく知られている。

野依の自伝¹⁾によれば、BINAPの光学分割には3年、反応の完成には6年の歳月を要したという。しかしBINAPに不斉配位子としての力量があるかどうか、研究開始の時点では当然誰にもわからず、努力は全くの無駄骨に終わりがねなかった。実際、BINAPの不斉合成または光学分割に挑み、果たせずに脱落した研究室は数多い。そんな難物であるBINAPにこれほどまでに野依がこだわった理由はただ一点、その「美しさ」であったという。これほど美しい分子であるのだから、必ずや素晴らしい性能を示すに違いないという、研究者としての強烈な思い入れであった。

BINAPの構造は、確かに美しい。8つの芳香環がシンメトリカルに、緊張感を持って配列され、蝶番のようにしなやかに動いて金属を捕らえる。どの1原子が抜けてもこの構造は崩れ、一切の機能を失う。まさに完璧な化合物だ。それにしても、ただ美しさという自分の感覚だけを支えとして、困難な研究に立ち向かい続けた野依の精神力、研究者としての直感力には、改めてただ驚嘆のほかはない。

BINAPは不斉合成研究のみならず、有機化学全体のレベルを大きく引き上げることに貢献した。また医薬や香料の合成に広く用いられるなど、産業にも大きなインパクトを与えた。たった一人の美意識は、学問、産業、社会までも大きく変えてしまったといえる。

時代と分子の美

分子の美しさそれ自体が、研究を大きく推し進めた

例はほかにも挙げられる。例えば1953年に解明されたDNAの二重らせん構造(図2)は、科学史上最大級の衝撃を世界に与えた。当時は多くの科学者がDNAの構造解明に取り組んでおり、三重らせん構造など諸説が発表されていた。しかし、ワトソンとクリック(1962年ノーベル生理学・医学賞)が二重らせん構造を発表したと同時に論争は終結し、誰もがこれが正解だと確信した。三重らせん構造を提唱していた大御所ポーリングさえ、彼らの論文を見て深く感動し、あっさり兜を脱いだという。その大きな理由はもちろん、二重らせん構造の非の打ち所のない美しさと、その形状が「自己複製」という遺伝子の機能を、見事に表していたことにあった。今や二重らせんのイメージは、科学及び生命のアイコンとして、一般にも深く浸透している。

分子生物学は、二重らせん構造の解明からわずか半世紀で、ヒトDNAの全塩基配列が解読されてしまうという驚異的な進展を遂げた。もしDNAがこのすぐれて美しい構造でなく、ただランダムに絡まり合ったスパゲティ状の代物であったとしたらどうであろうか。多くの研究者はこの分野に引きつけられることなく、ここまでの爆発的進展はなかったのではないかと筆者には思える。科学・哲学の誕生以来、最大のテーマであり続けた「生命とは何か」という問題の鍵が、この極めてシンプルかつ優美な構造に握られている。この事実ほど、分子生物学分野の進展に役立ったことは、ほかになかったのではないだろうか。

ノーベル賞に選ばれるほどの研究には、これ以外に

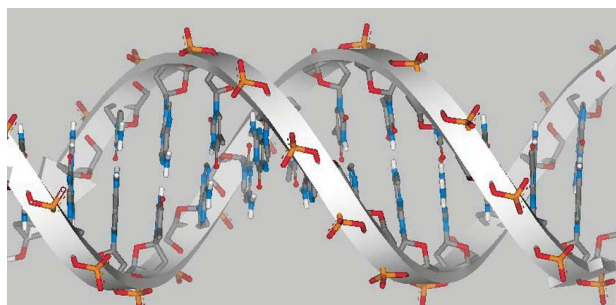


図2 DNAの二重らせん構造

も美しい分子が多い。ナノカーボンの時代の先駆けとなったフラーレン(1996年ノーベル化学賞)は、その筆頭に挙げられよう。筆者が学生時代、この分子の存在を知ったときの驚きは忘れ難い。なぜ世界中の科学者がこの分子に夢中になり、一斉に研究に取りかからないのか、不思議に思ったほどであった。レーザーなどによっていったん原子単位にまで破壊された炭素が、自然にこれだけ完璧な対称性の分子に再集合するというのは、いまだにちょっと信じられない思いがする。

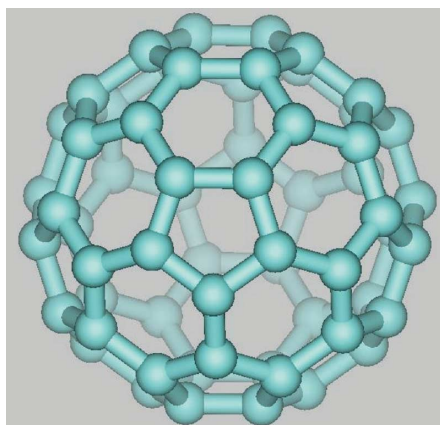


図3 フラーレン・C₆₀

もっとも最近の学生に聞くと、彼らはフラーレンを美しいとは思わない。筆者が受けたほどの驚きは感じていないようだ。「炭素の同素体にはダイヤモンドと黒鉛の2種類しかない」という常識を突然覆された我々の世代と、既知の物質として教科書でその存在を教えられた彼らでは、やはり受け止め方が違うのだろう。おそらく我々にも、例えばフェロセン(1973年ノーベル化学賞)が突然出現したときの衝撃は、残念ながら理解できないに違いない。分子の美しさから受ける感動、衝撃には、時代の背景も大きく影響してくるということであろう。これは例えばビートルズをリアルタイムで聴いた世代と、後になってから歴史として知った世代の断絶にも似ていよう。

対称性ということ

ここまで挙げたBINAP, DNA, フラーレン, フェ

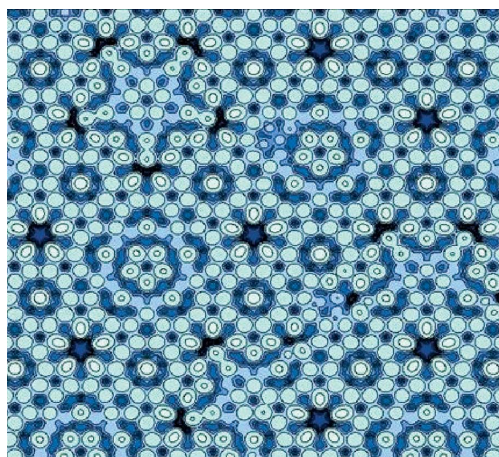


図4 Al-Pd-Mn合金の準結晶の原子配列²⁾

ロセンなどは、シンプルにして無駄のない構造であるということ、また高い対称性を持つという点で共通する。対称性は、分子の美を語る際の重要な要素とはいえそうだ。

「分子」とはいえないが、2011年ノーベル化学賞の対象となった準結晶の研究もまた、対称性が重要なキーワードであった。それまで2・3・4・6回転対称しか存在しないと思われていた結晶学の世界に、突然登場した5回転対称を軸とする物質群は、「結晶」という言葉の定義にさえ変更を迫るほどの衝撃をもたらした。

5回転対称の図形は、それが奇数であるゆえか、どこもなく安定と不安定の間を漂うような、不思議な美をもって見る者を惹きつける。準結晶に関連する図像(図4)はいずれも極めて魅力的で、いくら眺めていても見飽きることがない。

ただし準結晶の美は、単に対称的で綺麗な図形を見たときに受ける感興とは、少々レベルが異なるものと思える。結晶でもアモルファスでもない、新しい物質の地平が拓かれたという事実が、5回転対称という特異な形状として、視覚的に伝わってくるからこそその感動なのではないかと思える。

これは、準結晶に限ったことではない。化学者がメタンやベンゼンなどの単純な化合物にただの図形以上の美を感じるのは、その分子の背後にある「化学の原

理」が透けて見えているからであろう。これらの構造が、原子同士の吸引と反発のバランスの上にたどり着いた、いわば自然の出した結論であること、複雑極まりない各種の化合物群、生命の精妙な仕組みの数々が、突き詰めればこれらシンプルな基本構造の積み重ねで成り立っていることなどを感じ取れるからこそ、化学者はそこに美を見いだす。

ここまで例に挙げたDNA・フラーレン・フェロセン・準結晶などは、いずれも既存の物質とは全く異なるたまたまいを見せつつ、ごく安定な、自然の摂理の新たなページを体現した存在として出現した。優れた化学者はこれらを一目見た瞬間に、これらの化合物の背後に途方もなく広大な未開拓の沃野が広がっていることを直感したに違いない。それを見いだした喜びは、分子の美に対する感動という形で立ち現れてくるのではないだろうか。

筆者はこの稿を書くに当たり、幾人かの研究者に「美しいと思う分子は何か」と問うてみた。実に面白いことに、彼らの話はいつの間にか、美しい分子から自分の研究の話に移ってってしまう。研究者というものは皆、「自分の化合物が一番美しい」と心のどこかで思っているらしい。これは「自分の子が一番可愛い」という、単なる親馬鹿の心境と片付けるべきではあるまい。その化合物に深い興味を持ち、感動を覚えるからこそ、彼らは日夜それを追いかけているのだろう。

現代の多忙を極める研究者たちには、分子の美などについて思いを致す時間などは、なかなか取れるものではない。しかし、自分にとって最も美しいと思える分子は何か、最も感動させてくれる研究とはどんなものか。構造式を眺めながら、改めて立ち止まって考えてみるのも、決して無駄なことではないと思う。

1) 野依良治, 事実は真実の敵なり, 日本経済新聞出版社, 2011.

2) Wikipedia「準結晶」の項目より。
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Quasicrystal1.jpg>