



Connecting the Dots and More

進歩賞受賞対象となった研究の紆余曲折とそれから

石田直樹 Naoki ISHIDA

筆者は、2015 年 3 月に「光を駆動力として利用する炭素-炭素単結合・炭素-水素結合の変換に関する研究」で進歩賞をいただいた。本稿では、受賞後の研究を語る上で欠かせない受賞前の経験とそれらのつながり、筆者の思考の流れについて述べたい。学術論文とは一味違う、偶然や回り道だらけのリアルなストーリーをご笑覧いただければ幸いである。

はじめに

お気付きの方も多いであろうが、タイトルはかの有名なスティーブ・ジョブズ氏が 2005 年のスタンフォード大学の卒業式で語った内容「Connecting the Dots」に由来する。この講演の詳細は YouTube 等で見ることができる¹⁾ので、詳細はそちらでご確認いただきたいが、要点は「何かを学んでいる最中や苦労している渦中に、その経験や出来事 (= Dots) が将来どう役に立つかを予測することはできない。数年後、数十年後に過去を振り返ったときに初めて、当時は無意味に思えた経験が素晴らしい結果への重要なステップであったことに気付ける。だから、その経験が将来につながると信じないといけない」ということである。筆者もそのとおりだと信じている。ここでは進歩賞受賞後の研究につながる筆者の過去の経験 (= Dots) とそれらのつながり、現在の思いについて述べる。敗北・挫折・紆余曲折のストーリーをご笑覧いただければ幸いである。

Dot 1: 二酸化炭素挿入反応への挑戦

2003 年 4 月、修士課程に進学した筆者は村上正浩教授 (当時) の研究室に配属された。村上研究室の主た

いしだ・なおき

京都大学大学院工学研究科化学理工学専攻 教授
〔経歴〕2008 年京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻博士後期課程修了、博士 (工学)。同年同大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻助教、19 年同講師、21 年同准教授、23 年同教授、26 年より現職 (改組による)。〔専門〕有機合成化学。〔趣味〕読書。

E-mail: ishida.naoki.5m@kyoto-u.ac.jp



る研究対象は遷移金属触媒を用いた反応開発。当時は研究室が発足して 2 年目であり、メインテーマであった炭素-炭素結合切断反応の開発に加えて、研究室として新しいテーマに挑戦していた時期のことである。筆者がいただいた課題は「炭素-水素結合への二酸化炭素 (CO_2) 挿入反応」の開発。当時、遷移金属触媒による炭素-水素結合切断反応は世界的に注目を集め、長足の進歩を遂げていた。様々な不飽和化合物との反応が開発されていたが、 CO_2 との反応については前例がなかった。当然、研究室内でも情報はほぼなく、どのように研究を進めていくべきか、とっかかりすら全く見えていない状況からのスタートであった。その難しさを何一つ理解していなかった筆者はとりあえず、炭素-水素結合を切断できる遷移金属錯体を合成して CO_2 との反応を試みるという、今から思えば全くもって思慮の足りない、短絡的としき言いような検討を重ねた。当然ながら結果は来る日も来る日も原料回収。当時の実験ノートをめくると、錯体合成のページ以外は No reaction ばかり。少しでも反応してくれれば救いがあるが、いくら加熱しても CO_2 を加圧しても、 CO_2 が取り込まれた生成物は全く得られず、ただただ「この錯体はうまくいかない」という情報が積み上がるのみ。あっという間に時は過ぎ、当初の目標に対しては何の成果もないまま修士 2 年の冬休みを迎えた。このままでは修了も危うい。結局、三浦智也助教 (当時。現岡山大学教授) の多大なご助力の下、少し簡単な反応の研究へと方向転換し何とか修士論文はまとめた。修了はできたものの、全く歯が立たなかったという敗北感ばかりが残る修士課程であった。

Dot 2: 光エネルギーの貯蔵

正確な時期は覚えていないが、おそらく修士課程の学生時代のことだったと思う。前述の研究とは全く関係なく、特段の目標も持たずに興味本位で所属専攻の歴史について調べていた。その過程で特に印象に残ったのは、吉田善一名誉教授の「有機分子による光エネルギー貯蔵の研究」である²⁾。ノルボルナジエンに光を照射すると、吸エルゴンの光反応によって大きなひずみを有するクアドリシ克蘭が生成する。クアドリシ克蘭は安定で保存可能な化合物であるが、適切な触媒を作用させると、ひずみの解放を伴って発熱しながらノルボルナジエンに戻る。この仕組みを利用すると、太陽光エネルギーを化学エネルギーとして分子に蓄えて保存し、必要なときに熱エネルギーとして取り出すことができる。繰り返しになるが、当時の調査に意図はなく、あくまでも単純な興味に基づいた行動であった。しかし、この経験はのちに筆者の研究の方向性に大きな影響を与えることになる。

Connect the dots, but...

話は筆者の助教時代に飛ぶ。村上教授の研究室の助教として採用された筆者は、学生とともに再びCO₂の反応開発に取り組んだ。修士時代の経験を経て気付いていたのは、①CO₂の反応は熱力学的に不利であることが多いこと、②反応が熱力学的に有利になるように高エネルギーな塩基を用いると、塩基とCO₂が反応してしまい、炭素-水素結合は未反応のまま残されることである。恐らくDot 2の記憶が頭の片隅にあったのであろう。ここで次の発想が生まれた。

まず吸エルゴンの光反応で化学エネルギーを蓄え、次にそのエネルギーを駆動力としてCO₂と反応させればよいのではないか。この方法なら高エネルギー反応剤が不要。問題①だけでなく②も回避できる。

こうして見つかったのがα-アミノケトンへのCO₂取り込み反応³⁾である。一歩前進ではあったものの、当初目的とした反応ではない。そこでしばらく同様の検討を続けたが、結局、目的の反応は進行せずじまい。CO₂のプロジェクトは再び暗礁に乗り上げた。

CO₂の研究ばかりやっているとなかなか結果が出ない。そこで上述の考え方を展開することにした。具体的には、村上教授が取り組んできた炭素-炭素結合切

断反応の展開に応用した。その結果得られた成果が、進歩賞受賞対象となったオルトシクロファンからメタシクロファンへの環拡大⁴⁾や、α-アミノケトンからインドリンへの環化⁵⁾である。すなわち、進歩賞は当初企図した研究ではなく、挫折と回り道の結果たどり着いた研究でいただいたものであった。

そして受賞後

さて、当初の目的であった炭素-水素結合へのCO₂挿入反応の開発はどうなったのか。進歩賞をいただいた直後に、当時博士後期課程の学生だった増田侑亮さん（現北大助教）が実現した⁶⁾。また、アルカンへのCO₂取り込み反応も実現できた⁷⁾。さらに、光を駆動力として利用する反応という発想は、太陽光で再生可能な反応剤の開発⁸⁾や脱水素カップリングの実現⁹⁾などにもつながっていった。

おわりに

今は個性を尊重する時代である。では、個性はどのようにして生まれるのだろうか？ 生来のもので決まるものだろうか？ 筆者は、生来のものだけでなく、Dotsがつながって個性を形作ると信じる。もちろん目標に向かって一直線に努力することも大事である。しかし、目標と直接的な関係はないことも積み上げていけば独自の個性となり、当初の想定とは違う形で成果につながる。雑事で目標に対する効率を追求せざるを得ない時代であるが、Connecting the Dotsの精神を忘れず、目の前の課題に真摯に取り組むことで個性を磨いて、後進のDotsとなる情報を提供すべく精進する毎日である。

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=UF8uR6Z6KLc> (2026年3月現在)。
- 2) Z. Yoshida, *J. Photochem.* **1985**, 29, 27.
- 3) N. Ishida, Y. Shimamoto, M. Murakami, *Angew. Chem., Int. Ed.* **2012**, 51, 11750.
- 4) N. Ishida, S. Sawano, M. Murakami, *Nat. Commun.* **2014**, 5, 3111.
- 5) N. Ishida, D. Nečas, Y. Shimamoto, M. Murakami, *Chem. Lett.* **2013**, 42, 1076.
- 6) Y. Masuda, N. Ishida, M. Murakami, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, 137, 14063.
- 7) N. Ishida, Y. Masuda, Y. Imamura, K. Yamazaki, M. Murakami, *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, 141, 19611.
- 8) N. Ishida, Y. Kamae, K. Ishizu, Y. Kamino, H. Naruse, M. Murakami, *J. Am. Chem. Soc.* **2021**, 143, 2217.
- 9) T. Kawasaki, T. Tosaki, S. Miki, T. Takada, M. Murakami, N. Ishida, *J. Am. Chem. Soc.* **2024**, 146, 17566.

© 2026 The Chemical Society of Japan