

## 未来の科学を目指して

### For Future Science

理工学研究科物質科学部門 古川 俊輔

Department of Chemistry, Graduate School of Science and Engineering

Shunsuke FURUKAWA

#### Abstract

“Future science is subjects that have not focused as science to date”, words weighed on my mind, gave me an opportunity to reconsider what to do for the future science. Here I describe my research experience and a strategy to open up a new field of science.

#### 1. 未来の科学とは？

これからの科学とは一体どんなものになるのだろうか. とても大それたタイトルをつけて書き始めてしまったので, 着地点が見えず全く筆が進まない. しかし, 今後の人生の大半の時間を費やすであろう研究活動を行っていく上で, 「何を題材とすべきか」という課題が常に私の頭の中に居座っており, いつか打破したいと藻掻いている昨今である. この課題を明確に意識し始めたのは, 私の恩師の一人である中村栄一先生(東京大学総括プロジェクト・大学院理学系研究科, 特任教授(2016年8月現在))の最終講義(2016年3月)での一言がきっかけだ. 「これからの科学は, これまで科学の領域で扱われてこなかったものがこれからの科学になりますー」. 至極当然だが, 言うが易し行うは難しである. 埼玉大学に来てから丸 2 年. この難題の解は未だ持ち合わせていないが, これを機に, これまでの私の取り組みを振り返りながら, どのようにアプローチしたらよいかを考えてみたいと思う.



古川俊輔 理工学研究科  
物質科学部門・助教  
博士(理学)  
【専門】有機合成化学, 有機エレクトロニクス  
【連絡先】e-mail:  
furukawa@mail.saitama-  
u.ac.jp

#### 2. 私の強み

学問における今のところの私の強みは, 化学と物理(の一部)の境界領域を横断的に理解出来ることだと思う. 研究者の方には珍しい話ではないが, 博士の学位を取得後, 少し分野を変えてポスドク先で修行するといった経験をされている方も多いと思う. 私も大学院生の時の取り組みとポスドクでの経験で, 荒削りながら化学とちょっとした物理の 2 軸を立てた.

#### 【新反応を開発】

大学院生時代は, 「新反応の開発」に取り組んだ. 「有機ヘテロ原子化学講座」というところで, 川島隆幸先生のご指導のもと日々研究に打ち込んだ. この分野は世界的には無機化学のディビジョンに分類されるが, 広義にはいわゆる有機合成化学の技術を駆使する分野である. 当時開発に成功した新反応を sila-Friedel-Crafts 反応と名付けた. これは, 有機合成反応の代表的な反応の1つである Friedel-Crafts 反

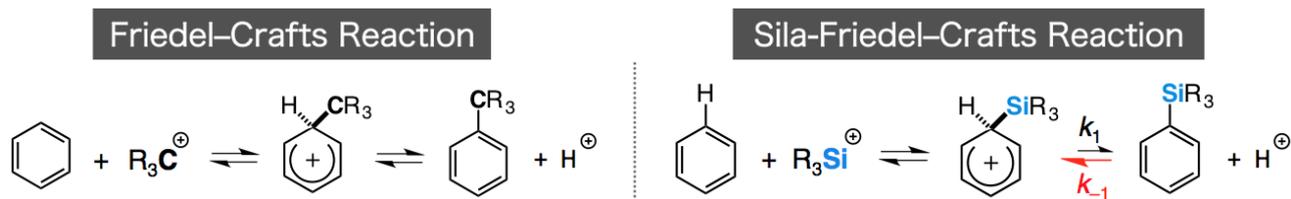


図 1. Friedel-Crafts 反応(左)と sila-Friedel-Crafts 反応(右).

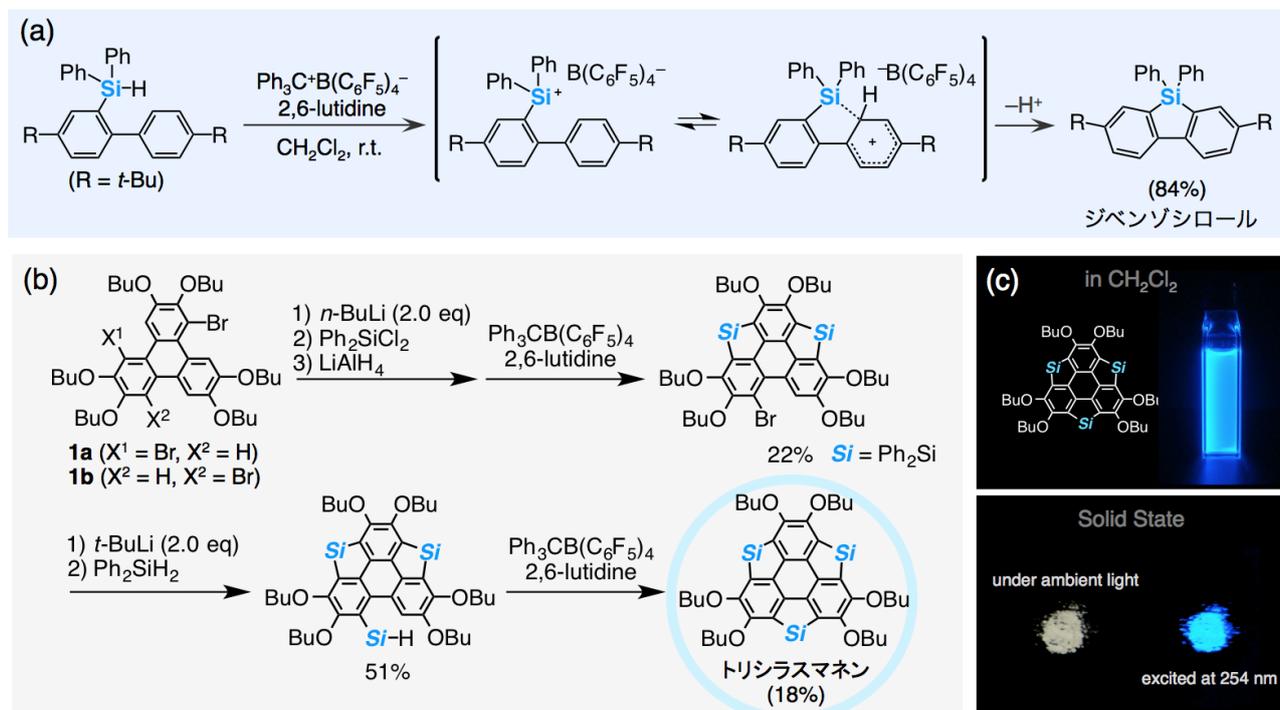


図 2. (a) 分子内 Sila-Friedel-Crafts 反応によるジベンゾシロール誘導体合成, (b) Sila-Friedel-Crafts 反応によるトリシラスマネン合成, (c) トリシラスマネンの発光特性.

応のケイ素版という意味で、ケイ素の接頭語である sila が頭に付いている(図 1). すこし込み入った話をすると、Friedel-Crafts 反応という反応は、ベンゼンのような芳香族化合物に炭素のカチオン種(カルボカチオン)を作用させることで、炭素置換基を直接芳香環に導入できる求電子置換反応である. 一方で、炭素と同族であるケイ素のカチオン種(シリルカチオン)を反応中間体とする sila-Friedel-Crafts 反応は、炭素のようには上手くいかず、速やかに逆反応が進行してしまうことが通説とされてきた. この逆反応を抑制する工夫として、1) 温和な条件でのシリルカチオンの発生、2) かさ高い塩基の添加、3) 分子内反応への適用、という3要素を考慮することで、汎用的な有機合成手法としての sila-Friedel-Crafts 反応を確立することに成功した(図 2a)<sup>1</sup>. 本反応は多重分子内環化反応にも有効であり、化合物 1 のようなトリフェニレン骨格にケイ素置換基を導入した後で本反応を繰り返し適用すると、2 次元的にπ骨格が拡張されたジベンゾシロール誘導体(トリシラスマネン)を合成することが出来る(図 2b). このような新しい反応は、新たな化合物の創製を可能とし、またその化合物の性質として強い青色蛍光を示すということも見出すことが出来た(図 2c). 最近では、ケイ素以外の典型元素を簡便に導入出来る手法を開発することにも成功し、ヘテラスマネンという化合物群の新たな可能性に着目した研究を展開しているところである<sup>2</sup>.

## 【有機化学とエレクトロニクス】

私と有機エレクトロニクスとの出会いは、博士研究員として中村栄一先生の研究室の門をたたき、有機ELや有機薄膜太陽電池の研究を行ったことである。当時、最も注力した題材の一つは、有機薄膜太陽電池用の近赤外吸収有機半導体の開発である。太陽電池の光電変換効率を向上させるための重要項目として、太陽光に含まれる紫外、可視、近赤外の幅広い波長領域の光を効率的に吸収することが挙げられる。有機薄膜太陽電池の場合、活性層として使用する有機半導体が、このような光吸収特性を有している必要がある。しかし、従来までの有機半導体は、主に紫外から可視領域のみの光を吸収するものが多く、近赤外光を強く吸収する有機半導体の開発が求められていた。

この課題を克服すべく、新規近赤外吸収キノイド型分子 **QD-1-3** の開発を行った(図 3a)。これらの新たに合成したキノイド型分子は、従来のキノイド型分子の問題点とされる化合物の不安定性と非電子供与性を克服した分子特性を有する。実際に、これらの分子は 1000 nm にもおよぶ近赤外領域に、極めて強い光吸収を示す(図 3b)。また、これらの分子を有機薄膜太陽電池の活性層材料として使用した素子は、可視光から 800 nm 以上の長波長領域で光電変換特性を有することを明らかにした(図 3c)<sup>3</sup>。

このように、有機合成とエレクトロニクスを並行しながら試行錯誤しているうちに、有機合成化学の言葉でエレクトロニクスを表現出来るようになってきた。例えば、「素子の電圧」であるならば「分子の HOMO, LUMO」。「電流を流す」であるならば「連続的な酸化還元反応」。「光電素子」であるならば「光誘起電子移動反応」といった具合である。また、1つの現象をあらゆる角度(少なくとも2軸)から見る癖が付いた。これが今の学問レベルでの私の強みとなっている。

### 3. 「100 万分の 1 の人材」戦略は学問にも通用するか

さて未来の科学についてだが、それが何であるのか具体的なイメージはない。しかし、策は講じてみよう。最近、ビジネスを専門とする友人とディスカッションしているときに、面白い話を教えて頂いた。「100 万人に 1 人の希少性のある人材になる」というもので、ビジネスパーソン向けに「稼ぐ力の鍵とは」というテーマのもと、藤原和博氏(杉並区立和田中学校・元・校長/元リクルート社フェロー)が講演された内容のキーワードである<sup>4</sup>。確率的には 100 万分の 1 というのは、オリンピックのメダリスト級にあたるようで、1つの分野でこれを実現するのはなかなか大変だ。科学におけるブレイクスルーは、単一分野の努力の結晶という意味でこれと似た性格を持っているかもしれないが、ここは敢えて違う角度から見てみたい。この 100 万分の

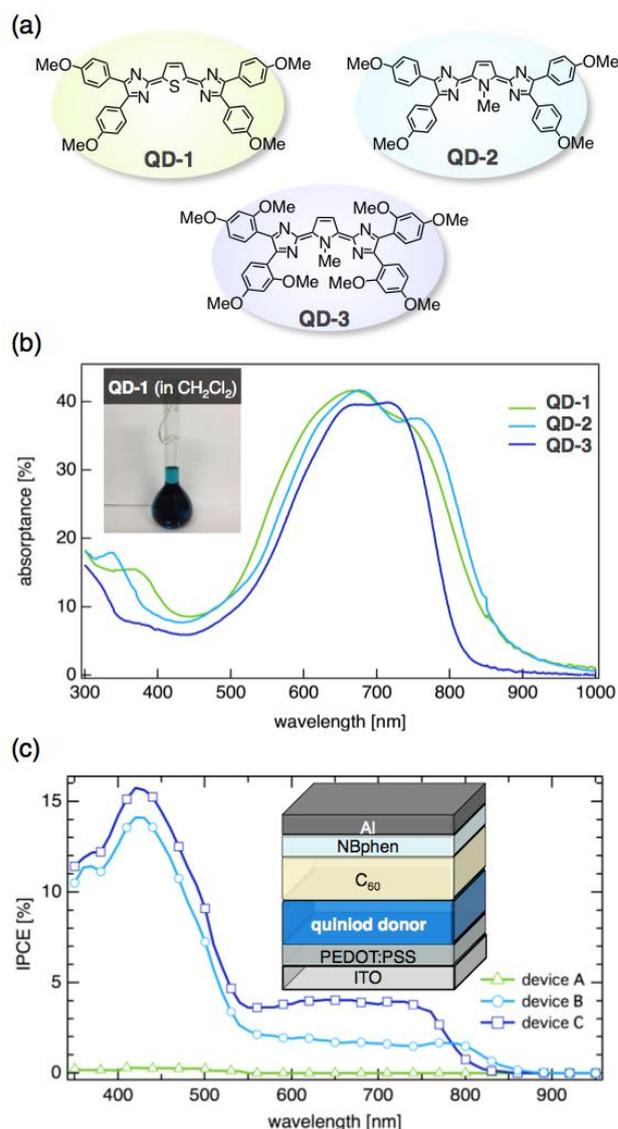


図 3. (a) 新規キノイド型分子の構造と、(b) その光吸収特性. (c) キノイド型分子を活性層とした有機薄膜太陽電池の素子特性

1 という数字を掛け算で達成しようという発想である。3つの各領域で 1/100 の存在になれば、掛け算的に 100 万分の 1 の存在になる。人間というのは、1つの事に注力して1万時間訓練すれば、大体マスターできるようで、この 1 万時間という時間は 1 日 6 時間×5 年で達成できる計算になる。

ここで、この考え方を科学のフィールドに当てはめてみる。私の場合、これまで「有機合成化学」と「有機エレクトロニクス」の領域を学んできた(図 4)。これらの分野は、私が参入した時点で、成長期/成熟期に関わらず、既に開拓されたフィールドであることに違いない。恐らく、これらの各分野もしくはオーバーラップした領域にでも大きなブレイクスルーがあるだろう。これはあくまで私の単なる願望だが、是非**未開拓の地に旗を立ててみたい**。この想いと私のこれまでの経験を照らしあわせて最大化するためには、旗の向こうにある開拓領域に身を投じ、これら3つの境界領域を開拓することなのではないかと考えている。この考えが学問におけるブレイクスルーに繋がるかどうかは定かではないが、これ自体を仮説とし、「自分」という被験体を使って“科学的”に検証するのも科学者の役目のなのかもしれない。

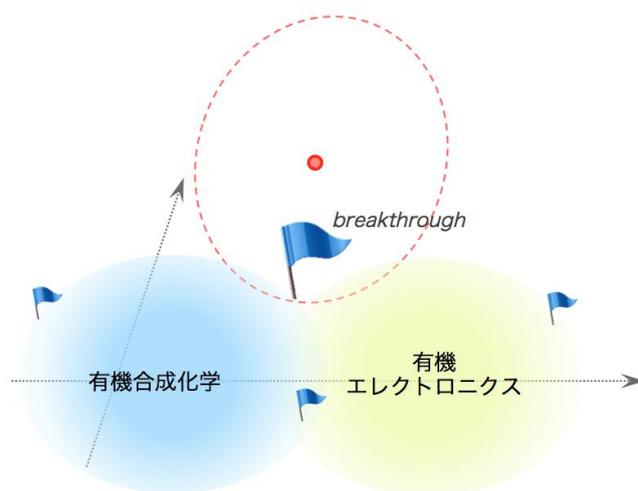


図 4. 科学分野の平面図: 開拓領域, 未開拓領域, ブレイクスルー

#### 参考文献

1. (a) Furukawa, S.; Kobayashi, J.; Kawashima, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 14192–14193. (b) Furukawa, S.; Kobayashi, J.; Kawashima, T. *Dalton Trans.* **2010**, *39*, 9329–9336.
2. Saito, M.; Furukawa, S.; Kobayashi, J.; Kawashima, T. *Chem Rec* **2016**, *16*, 64–72.
3. Ay, E.; Furukawa, S.; Nakamura, E. *Org. Chem. Front.* **2014**, *1*, 988–991.
4. ログミーより (<http://logmi.jp/94488>)