

「対称指向合成戦略」によるナノカーボン分子科学の開拓



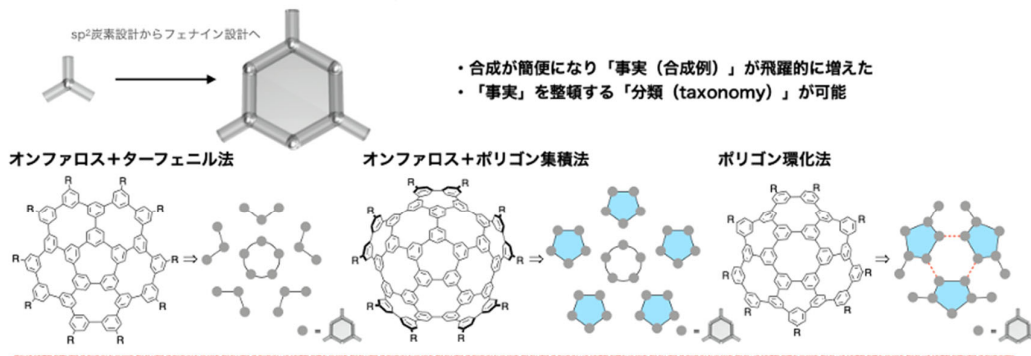
研究代表者	東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授 磯部 寛之（いそべ ひろゆき）	研究者番号：30302805
研究課題情報	課題番号：25H00003 キーワード：ナノカーボン分子、有機合成化学、合成戦略、フェニン	研究期間：2025年度～2029年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

本研究は『「対称指向合成戦略」によるナノカーボン分子科学の開拓』と題し、有機合成化学の発展を主題とした新しい分子科学研究を展開するものである。フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェンという「ナノカーボン」の登場に刺激され、現在、ナノカーボンを分子性物質として化学合成しようとする研究が盛んに行われている。申請者は、そのなかでも先導的な研究を展開し、当該分野を牽引してきたと自負しているが、「なにがつくれるか」を問うてきた分野の萌芽期は過ぎつつあり、今こそ「科学としてのナノカーボン分子合成」の位置づけを問うべき時期が来ていると考えている。本研究は「特異な対称性と大きな n 電子系を備えた巨大分子をどのように合成するか」という合成化学としての根源的な問いを主題に据えることこそが、E.J.コーリーがもたらした「逆合成／化学合成の論理」に、さらなる科学的発展をもたらし得る好機であると捉えたものである。そして、この合成化学研究から生み出される新しいナノカーボン分子群こそが、ナノカーボンに秘められた謎を解き明かし、その可能性を最大限に引き出し得るものと考えている。

設計戦略「フェニン集積法」の創案：先行基盤（S）「ポストナノカーボン科学：ナノ π 空間の精密構造科学」での副次的課題



→本研究課題

分類法（事実の整頓）から**合成戦略**（概念）へ：「対称指向合成（Symmetry-oriented synthesis；SOS）」
「対称指向逆合成（Symmetry-oriented retrosynthesis；SOR）」

図1 「対称指向合成戦略」の背景と概要

●【項目1：SOS合成戦略に基づく挑戦的ナノカーボン標的の合成】

本研究で、従前にも増して挑戦的なナノカーボン分子を合成標的に据え、対称指向合成戦略を深化させようとするものであり、項目1では新概念実証のための複数の挑戦的標的分子を設定している。

●【項目2：SOS合成戦略のための新しい合成戦術の開拓】

本研究では、項目1での合成戦略の検討に加え、合成戦術の開発を項目2に据える。この項目では関連反応開発での新進気鋭の研究者である丹羽節教授を分担者とし、いくつかの合成戦術を開拓する予定としている。

●【項目3：ナノカーボン分子を活用した境界領域研究】

本研究での項目3では、「ナノカーボン分子の特性・機能の探索・開拓」を課題とする。研究代表者のこれまでの研究の特徴の一つは、合成したナノカーボン分子を基に、さまざまな境界領域研究を展開してきており、こうした研究は得意とするところであり、これまでも多様な異分野研究者とともに新しい展開を試みてきている。本研究では、とくに「特異な対称性と大きな n 電子系」の可能性を最大限に引き出すための構想を練っており、中島裕美子教授、岡本敏宏教授、竹原陵介助教の三名の研究分担者とともに特性・機能の探索・開拓研究を展開する。

「対称指向合成戦略」によるナノカーボン分子科学

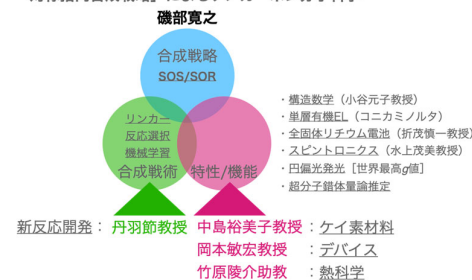


図2 各項目の位置づけ

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

本課題は、研究代表者が、独立研究室を主宰し始めた2007年から着手した「変わった形の n 電子系をもつ分子（＝ナノカーボン分子）の合成」という研究課題を総括し、その上で新しい概念を形づくり、新展開に挑もうとするものである。研究代表者の従前の研究では「新しい n 電子系の機能性」を前面に押し出してきたが、すべての根幹を成す「合成化学上の問題」に真正面から向き合い、その発展に挑む本課題は、研究代表者にとって「一世一代の挑戦」だと捉えている。

名著『いかにして問題をとくか』でG. ポリヤは、問題解決の第一歩は「問題を理解すること」であると記している。「変わった形の n 電子系をもつ分子の合成」は、研究代表者を含め多くの研究者が挑む「合成化学上の問題」として認知され、大きな研究潮流をなして来たが、実は個々の標的ごとに解決法が異なっており、「本質的な問題が理解されて／できていなかった」のだと考えている。

研究代表者の研究を含め、これまでのナノカーボン分子の合成に関わる先行研究は、一般に「新しい機能への期待」と「難しい合成標的への挑戦」を前面に押し出した研究となっており、実は合成化学としては「（だれが）なにをつくれるか」というartの域を抜け出していない。こうしたアプローチでは、当該分野に、そう遠くない将来、「science・学術としての意味・意義」に疑問符がつくことは間違いない。本課題は、「対称性の高い分子の合成に固有の問題」への「汎用的な解決法の提示」こそが、学術としての意味をなし得ると考えたものである。また、汎用性の高い合成戦略により「さまざまなナノカーボンを自在に合成せしめ得る」とは、高い対称性をもつナノカーボン特有の物性・機能を解き明かすことにつながるものと考えている。いくつかの「変わった形の標的分子」を紹介はしたが、本課題で期待される最も重要な研究成果は新概念「対称指向合成戦略（SOS/SOR）」の確立である。

今、新たに登場しつつある「ナノカーボン合成化学」は、反応開発研究を促す点で「天然物合成化学」と似た役割を果たしつつある。この「ナノカーボン合成化学研究」に汎用的な合成戦略としての一般性をもたらすことは、「新しい学術を切り拓く独自性のある研究」をもたらすものと信じている。「変わった形の n 電子系をもつ分子の合成」のわが国での研究原点は、野副鐵男のトロポロン類の合成に遡る。その野副が始めた「ISNA（<https://iupac.org/tag/isna/>）」は、今なお続く重要な国際学会となっているが、近年は「ナノカーボン分子の合成」が主要な地位を占めている。本課題ではこの野副以来の先導の歴史に、新たなページを加えようと期している。

