

新学術領域 “高次複合光応答” について

宮坂 博 大阪大学大学院基礎工学研究科 教授・領域代表

光吸収により生成する電子励起分子は、エネルギー・物質変換、光機能発現等において重要な役割を果たしています。日本の研究者はこれらの励起状態分子に関わる研究領域において、励起分子素過程や化学反応の解明、新規光機能分子・物質系の開拓、レーザー分光、レーザー物質プロセッシングなどの基礎から応用に至る広い分野において、国際的にも先導的な役割を果たしてきました。しかし、実際にエネルギー、物質変換、また光機能発現などへの利用が期待される10-20以上の原子からなる分子系には、① 高位電子励起状態から最低励起状態への迅速な緩和 (Kasha則) や、② 集合系における多数励起分子間の高速度起子消滅 (annihilation) など、光エネルギー (光量子や光子の数) 利用に対し大きな制限が存在します。更に、③ 通常の光吸収では1光子光学許容状態のみが遷移可能であり、多様な電子状態を有効に利用することも一般には困難です。これらの結果、現在までの研究の多くは、① 質の損失、② 量の損失、また、③ 多様性の損失の“3種の制限”の中で展開されてきました。

しかし、最近ではこれらの3種の制限を超える多重・多光子励起、電子状態変調、分子の協調的応答、集合体設計等に関わる研究結果が、この新学術領域の研究者を含めて国際的にも報告され出しています。このような背景に基づき、これらの3種の制限を超える

励起手法、反応ネットワーク、反応プラットフォーム、分子、分子集合系などの物質系を開拓・発展させ、従来の“1光子吸収と1分子応答”を超える“複合励起と複合光応答”の学理構築と応用を行い、光子有効利用を可能とする高次光機能集合系の構築と今後の光利用関連諸課題の解決に向けた共通基盤の確立を行うことを目的とし、新学術領域「高次複合光応答分子システムの開拓と学理の構築 (略称: 高次複合光応答、Photosynergetics) (平成26-30年度)」が開始されました。

この領域目的のために、3つの計画項目を組織し、計画班 (13グループ)、公募班 (19グループ) の間の緊密な連携・協同により研究を展開しています。研究項目A01では、高位電子励起状態へのアプローチ、機構解明・応用開拓を目的として、多重、多光子励起による高位禁制電子状態や局所場を利用した強変調電子状態からの光反応、励起子分裂・融合等を対象に、実験・理論両面から本研究推進において基礎となる複合励起による素過程制御と新規光応答・反応の開拓を行っています。項目A02では、分子間の協調的な相互作用に基づく、光・電子機能性を導出する分子組織構造の創出が目的です。分子・分子集合体の設計と合成手法を用い、1分子レベルの機能からメゾスコピック・マクロレベルの物性変化への展開に必要な“加算性”や“増幅性”が確保できる光機能システムの開

拓・確立を基軸に研究を行っています。項目A03では、機能性分子集合体を基軸としたメゾスコピック複合光応答系を対象に、主に分子構造・集合体構造の変化に基づく機能開拓と機構解明を目的とし、分子集合系に特徴的な協奏的、またコヒーレントな複合過程を利用して複合励起と応答を顕在化させ、リアルワールドで光駆動する分子集合系、多光子吸収により駆動する光応答系や、光強度に閾値を持つ光応答系などの1光子1分子光反応では実現できない高度な複合光応答システムの創出に向けた研究を展開しています。

この新学術領域には、光計測、理論化学、レーザー化学、また、新規分子・分子集合体の合成・構築などを専門とする多くの研究分野の研究者が参加しています。新学術領域の大きなミッションの一つは、共同研究による協同的成果であり、1+1が3や5になるような結果が生み出されることが期待されています。現在までの所、領域内共同研究も80件を超え、その半数程度も既に報文化されています。また、平成27年からは“国際活動支援班”も設置され、国際共同研究にも積極的に留意することが求められています。この新学術領域には存在しない測定手法や物質系を持つ海外の研究グループと相補的な共同研究を行うことは短期的成果につながる場合もありますが、一方、本領域で開発された技術、新物質、概念などが海外に流出することは、国際的競争

を考えれば短期的には不利となる可能性もあります。しかし信頼関係に基づく長期的な共同研究体制が構築されている場合には、中長期的な研究の発展に大きく寄与することが可能です。幸い、私たちの研究領域ではCNRSとの日仏国際共同研究所の設置など、相互に信頼関係を有する体制がいくつか構築されています。このような国際関係を、個々のボトムアップ的な国際共同に加えて、広く欧米・アジア諸国に対

しても拡大し、若手研究者の派遣・招聘を含めた研究者間のネットワーク構築を行うことも、日本の真の国際競争力の維持、拡充につながると考えています。

既述のように、この新学術領域では、従来の化学・光化学の領域においてほとんど顧みられなかった高位・禁制励起状態や変調電子状態、また多励起子の協同応答などを積極的に利用することにより、分子・分子集団系の新規光

応答の開拓と応用を目指しています。これらの研究を通して今後の光子有効利用に対するパラダイムシフトを行うと共に、次代の光利用科学、光エネルギー・物質変換等などの人類共通の課題解決に向けた先導的研究を展開できる若手研究者の育成も大事な視点です。これらの研究の進捗のためには、分子科学に基づく基礎的な分子系の理解とその概念の応用が必須です。皆さまのご支援をよろしくお願い申し上げます。

関連学協会等との連携

JAXA宇宙科学研究所・先端工作技術グループの立ち上げ

岡田 則夫 JAXA 宇宙科学研究所先端工作技術グループ グループ長

2011年2月の分子研レターズ63号で「技術職員OBの今」に、国立天文台・先端技術センター・主任研究技師として寄稿して以来となります。今年度、分子科学研究所や国立天文台を始めとする国内研究機関や大学の協力のもと、新しく宇宙航空研究開発機構(以下、JAXA)宇宙科学研究所(写真1)に、先端工作技術グループが発足したので、紹介させていただきます。このグループは、実験ジグからフライトモデルまで、研究者や技術者の方々と一緒に製作に取り組み「インハウス」での「ものづくり」を実現するために設立されました。私自身も1994年に17年勤めた分子研から国立天文台に移り、さらに2016年からはJAXA宇宙科学研究所の本グループのグループ長として出向しています。分子科学研究所からは、川合眞紀所長以下、関係者のご理解とご協力のもと、技術課の青山正樹氏(写真2)を迎え、JAXAの若手職員ととも

にグループの立ち上げに尽力している最中です。

分子科学研究所が東京大学物性研究所の流れを汲むように¹⁾、宇宙科学研究所にも東京大学生産技術研究所に端を発する工作室が元来ありました。生産研は、国内の大学でもっとも早い、1951年に各研究室に分散していた工作室を集約し、大学の規模を超える一大拠点に発展させました。以後、1989年の相模原移転に至るまで、ペンシルロケットに始まり、ラムダ・ロケットによる人工衛星「おおすみ」の打ち上げ成功、「さきがけ」や「ひてん」、そして小惑星探査機「はやぶさ」など、大学のレベルを超えた研究開発を下支えしたと言っても過言ではありません。相模原移転後は、2003年のJAXA誕生を契機に、人材と予算の効率化によって工作室の体制も縮小を続け、現在は2,3名



写真1 JAXA宇宙科学研究所。

の任期付き職員が学生や職員への汎用工作機械の技術指導を行っているのみとなっています(写真3)。

加工技術の試作検討段階の充実なくして、先鋭的かつ実現可能な宇宙機は実現しません。現在の外部委託中心の加工体制を改革すべく、国立天文台の先端技術センター長を務め、現在は宇宙科学研究所所長である常田佐久理事のもと、「工作室改善検討チーム」が2015年に結成されました。「工作室改善検討チーム」には、理学や工学、教



写真2 青山正樹氏（左）と筆者（右）。



写真3 JAXA宇宙科学研究所の従来から持っている3階工作室。

育職や一般職、若手からベテランまで様々な職員が集い、JAXAの新工作室はどのようなものがふさわしいか検討を行いました。私もオブザーバーとして参加し、名古屋大や分子研、天文台などの工作室の規模や装備、運営方法などを参考とし、約半年をかけてプランをまとめました。その中で、以下に示す3つのコンセプトを柱とすることに決まりました。

1. 実験ジグ、BBMからFMまで作ることができる高度な加工技術
2. 高度な加工を可能にする設計支援機能
3. プロジェクト、ミッションの枠を超えて「ノウハウ」を横断的に集約・蓄積するセンター

そこから実際に実現可能な予算と強固な床を持つ部屋を見出し、理想的な仕様から、現実的な仕様に落とし込みました。元々の工作室（写真3：旧工作室）は3階にあり、振動に弱くNC機などの重量機械の導入が困難でした。宇宙科学研究所のみならず全JAXAの理解のもと、1階に新たに技術職員専用のNC機を中心とした工作室を獲得しました。2016年4月から大規模な床の補強工事と天井クレーンの新設が行われ、10月からは工作機械の納入設置が始まりました。現在までにワイヤー放電加工機、NCフライス盤、NC複

合旋盤、汎用フライス盤、汎用旋盤の設置が完了しています。青山さんと共に、それぞれの立ち上げ作業も進んでいます。今年度末には5軸マシニングセンタ、接触式大型三次元測定機も納入が予定され、ようやく新工作室の完成が見えて来ました（写真4：新工作室）。

機械は迅速に整備される一方で、加工技術や設計を担う人材は、そう速やかに育つものではありません。先端工作技術グループを担う人材は、JAXAで主流となっている数年ごとのジョブローテーションによるキャリアプランとはマッチしません。かつて工作室を担っていた技術者は、ほとんどが定年退職しています。そこで、先端工作技術グループでは、既に成功を収めている日本各地の工作工場に、協力をお願いしています。これはジョブローテーションが難しく一箇所にどまりがち加工技術者にとっても、世界を広げるチャンスです。2016年4月に私が国立天文台から着任したのを皮切りに、8月からは前述のように青山さんに期間を区切って招聘職員として来ていただきました。さらにもう一人、先端工作

技術グループへの出向がまっています。現時点では分子研出身者の青山さんと私の2名で新工作室の立ち上げと「ものづくり」を行っている状況で、大変忙しく目が回る毎日です。こうみると任期付きの外部からの出向職員、いわば「助っ人」ばかりですが、JAXAでも経験者採用による正規職員の採用が予定されております。日本各地で腕を磨いて来た「つわもの」が揃い、宇宙機器開発に挑むことで、これまで外注に頼っていた体質に少しずつですが変革を与えていけると信じています。

今回、青山さんに来ていただくにあたり、川合所長以下、分子科学研究所の寛大なご理解をいただきました。小杉信博先生、山本浩史室長には大変な調整をしていただき、感謝の気持ちで一杯です。分子科学研究所との技術交流を通じて、今後の宇宙科学、分子科学の発展に貢献していく所存です。引き続き、ご支援とご協力のほど、よろしくお願いいたします。

1) 分子科学研究所の創設の経緯：
https://www.ims.ac.jp/about/old_history.html



写真4 JAXA宇宙科学研究所が新たに整備した1階新工作室。