

Newsletter No. 1
November, 2014

高次複合光応答分子システムの 開拓と学理の構築

領域略称「高次複合光応答」
文部科学省科学研究費補助金
新学術領域研究（平成 26-30 年度）
領域番号 2606

領域代表挨拶

電子励起状態分子はエネルギーや物質変換、光機能発現等において重要な役割を果たしています。これら励起分子の諸過程を対象とする光化学関連研究分野において、日本の研究者は国際的にも先導的役割を果たし、励起分子素過程、光物質合成、光機能分子、光触媒、太陽電池、光物質プロセッシングなど、基礎から応用に至る広範な分野の発展に多大な貢献を行ってきました。



しかし光機能発現やエネルギー・物質変換に応用が想定される比較的大きな多原子分子では、

- (1) 高位電子状態が生成しても迅速に内部変換により最低励起状態に緩和し (Kasha 則)、
- (2) 集合体系において多くの励起分子が生成しても分子間の迅速な消滅過程 (励起子 annihilation) により最終的にはごく少数の励起分子しか残らないなど、光量子や光強度等の光エネルギー利用には大きな制限が存在します。更に、
- (3) 通常の光吸収で到達できる電子状態は主に一光子許容なものに限られており、分子が本来有する多様な電子励起状態を有効に利用することも困難でした。

これらの光利用に対する制限の超克は、多様な新規光機能物質系の継続的開発や喫緊の課題とされる光物質変換・光エネルギー利用の革新的発展のためにも重要な基礎的課題ですが、今まではこれらの解決は非常に困難なものと考えられてきました。しかし最近、本提案領域の代表者や参画者の研究を含め、多光子吸収や多重励起を利用した高位・禁制電子状態における選択的・特異的光反応、高位電子励起状態からの複数励起子の生成、局所場等の利用による摂動を超えた新奇電子状態作成、複数光子によって誘起される多重スイッチ過程や集合体系における多数励起分子の協同的・階層的な光力学応答など、これらの三種の制限を超える新現象が報告されだしています。

これらの背景と研究動向に基づき、分子系の電子励起状態利用に関わる上記の制限を超克する手法として、多重・多光子励起、電子状態変調、分子協調反応開発、集合体設計等の方法を用い、従来の"一光子吸収と一分子応答"を超える "複合励起と応答"の学理構築と応用を行い、光子有効利用を可能とする新規複合励起応答分子系の構築を目的とする研究提案を行い、本年 (平成 26 年) に採択いただきました。

この目標の達成のために、以下の3つの研究項目 (班) を設定しました。班内・班間の研究者間で、成功例のみならず失敗例も迅速に共有しながら効果的な協同研究を行い、目標の達成を目指します。

A01 複合励起に基づく高位電子励起状態へのアプローチ・機構解明

A02 多重分子協調による高次複合光応答分子システムの構築

A03 メゾ-マクロスコピック複合光応答分子集合系の機能開拓

これらの研究を通して、光子有効利用に対するパラダイムシフトを行い、短期的な光化学分野における国際的優位性の継続のみならず、本研究で得られる学理を応用することにより、中長期的にも我が国の多くの研究者が、分子系の光利用関連諸課題への新たな有効な対応を行い、光エネルギー・物質変換等の人類共通の課題解決に対しても先導的な役割を継続・発展させることを期待しています。

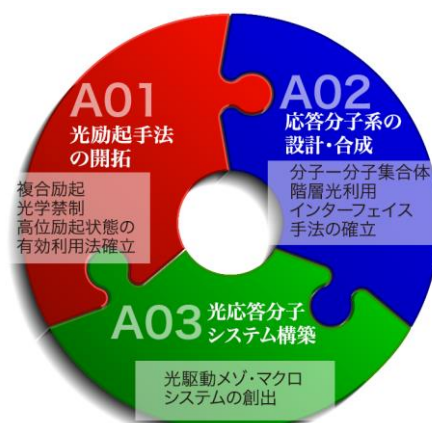
広範な領域の研究者、特に次代を担う若手の方の多数の参加を望んでいます。ともに研究を楽しみながら一生懸命努力し、新たな領域の構築に邁進したいと思います。

領域代表 宮坂 博 (大阪大学 基礎工学研究科)

研究概要

領域の目的

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る。しかし凝縮系の分子系には、① 高位電子状態から最低励起状態への迅速な緩和や、② 集合系における多数励起子の高速消滅など、光エネルギー（光量子・光量）利用に対し大きな制限が存在する。更に、③ 通常の光吸収では一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困難であった。本領域では、多重・多光子励起による高位・禁制励起状態の利用、局所場を用いた電子状態変調、分子協調反応開発、多数励起子による分子集団系の協同的応答などの複合励起手法の開拓と新規複合光応答分子系への応用を行い、これらの制限を克服する高次光機能集合系の構築と今後の分子系の光利用関連諸課題の解決に向けた共通基盤の学理の確立を目的とする。



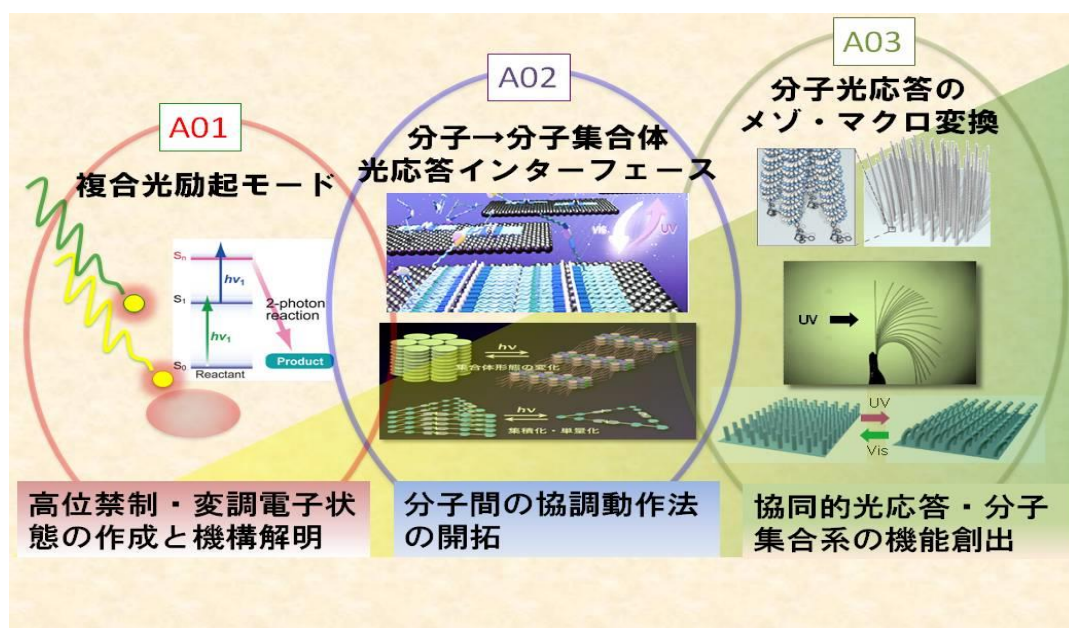
領域の内容

本領域では3つの計画項目を組織し、これらの緊密な連携、協同により研究を展開する。

A01 複合励起に基づく高位電子励起状態へのアプローチ・機構解明

A02 多重分子協調による高次複合光応答分子システムの構築

A03 メゾ-マクロスコピック複合光応答分子集合系の機能開拓



期待される成果と意義

本領域では、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る。これらの研究成果は、分子系の光利用における先述の3種の制限の克服を通じて光子有効利用に対するパラダイムシフトを可能とする。

さらに本研究で得られる学理は、幅広い分子系の光利用関連諸課題に対しても効果的な解決手段を提供するものである。本領域の研究を通して、光利用化学・科学、また光エネルギー・物質変換等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次代の研究者の育成と幅広い関連分野の発展を期待している。

会議報告：第1回公開シンポジウム・領域説明会

領域説明会を兼ねた第1回公開シンポジウムが、2014年9月26日（金）14時から大阪大学豊中キャンパス基礎工学国際棟（シグマホール）にて開催されました。大阪大学基礎工学研究科からは附属未来研究推進センターとの共催事業として会場を提供いただき、光化学協会には後援事業として領域外の研究者の方々への情報配信に協力いただきました。

領域代表からの挨拶と本ニュースレターにも掲載されている趣旨説明の後、本領域の評価委員でもある入江正浩先生に「光機能を創る」と題する特別講演、また本領域に対する期待のお言葉をいただきました。フォトクロミック化合物として優れた物性と多くの機能を有するジアリールエテンの発見とその発展の歴史、また、これからの化学としての重要な視点、製造業を含めた今後の日本の科学技術の発展に必要な基礎的な視点と条件などを含む講演に、参加者からも多くの質問が集まりました。

コーヒブレイクの後、A01、A02、A03各班の特徴と目指すところ（概要は本ニュースレターにも掲載）について、宮坂 博、河合 壯、阿部二郎の各班長から説明が行われました。領域外の参加者からの質問の後、17:00からは各計画班員によるポスター発表、領域外の参加者との交流会が国際棟セミナー室で行われ、共同研究の可能性や具体的な研究計画を含めた活発な議論が盛り上がりしました。

シンポジウムには、領域外からの多くの方々を含む116名の方に参加いただき、18時半に終了しました。

第2回公開シンポジウムは、2015年1月23-24日に、千里ライフサイエンスセンター（大阪）で開催の予定です。



会場入口



特別講演



ポスター発表



領域趣旨説明



各班の説明

組織構成

総括班

高次複合光応答分子システムの開拓と学理の構築

領域代表：宮坂 博（大阪大学 基礎工学研究科）

評価グループ

増原 宏（国立交通大学 理学院）

入江 正浩（立教大学 未来分子研究センター）

伊藤 正（大阪大学 ナノサイエンスデザイン教育研究センター）

Prashant V. Kamat（University of Notre Dame）

Johan Hofkens（Katholieke Universiteit Leuven）

Arbelt. M. Brouwer（Universiteit van Amsterdam）

A01 班

複合励起に基づく高位電子励起状態へのアプローチ・機構解明

「多重光子過程を利用した光反応の高次制御」

宮坂 博

（大阪大学 基礎工学研究科）

「メソ構造を利用した光化学反応の高次機能制御」

井村 考平

（早稲田大学 理工学術院）

「理論と実験の協奏的アプローチによる複合スピン励起子変換制御」

重田 育照

（筑波大学 計算科学研究センター）

「半導体ナノ微粒子系の多励起子素過程の解明と光応答分子システムへの応用」

玉井 尚登

（関西学院大学 理工学部）

A02 班

多重分子協調による高次複合光応答分子システムの構築

「界面分子協調システムによる高次光子利用反応系の構築」

河合 壯

（奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科）

「デザインドイオンマテリアルの光駆動スイッチング」

前田 大光

（立命館大学 薬学部）

「分子軌道のトポロジーと分子配列に着目した多機能光応答システム」

松田 建児

（京都大学 工学研究科）

「分子集積により複合応答機能を発揮するフォトクロミック物質の創製」

横山 泰

（横浜国立大学 工学研究院）

A03 班

メゾ・マクロスコピック複合光応答分子集合系の機能開拓

「高速フォトクロミズムを基盤とする実働分子マシン開発」

阿部 二郎

（青山学院大学 理工学部）

「有機ナノ結晶の協同的光反応ダイナミクスとメカニズム」

朝日 剛

（愛媛大学 理工学研究科）

「光応答性超分子複合システムの創生」

内田 欣吾

（龍谷大学 理工学部）

「高次光励起による光応答性分子結晶のフォトメカニカル新現象の開拓」

小畠 誠也

（大阪市立大学 工学研究科）

「分子集団の協同的分子集団の協同的光応答の分子レベル解明および動的制御」

VACHA Martin

（東京工業大学 理工学研究科）

連絡先

「高次複合光応答」事務局

松田建児（A02 班）

京都大学大学院工学研究科

E-mail: secretariat@photosynergetics.jp

Newsletter No.1 (11/30/2014)