

高次複合光応答分子システムの 開拓と学理の構築

目次

研究紹介

- 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 宮坂 博 1
- 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 河合 壯 6
- 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 阿部二郎 11

事務局から

- 新学術領域「高次複合光応答」における若手育成・共同研究促進・国際連携促進に対する取り組み 松田建児 15

会議報告

- 第8回公開シンポジウム・第9回若手セミナー 朝日 剛 16

ニュース一覧 17

研究紹介：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

A01 班 宮坂 博

光機能発現や光-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には、高位電子励起状態からの高速緩和（Kasha 則）、集合体系における励起子消滅過程、また光吸収でアクセス可能な電子状態が限定されるなどの共通の制限が存在する。光利用に対するこれらの制限の超克は、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ある。本新学術領域では、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して2014年から研究を展開してきた。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、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てきた。

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

A01 班の主な目的は上に示したとおりであるが、これに加え新励起手法の開拓等も含む。本稿では、主に物理化学、材料化学系の実験および理論の4計画班と7公募班（2015-2016は6公募班）からなる研究成果について、共同研究の成果も含めてその概要を述べる。

1. 高位電子励起状態の機構解明・反応開拓

宮坂 G（計画班）では、フェムト秒 2 パルス励起による反応ダイナミクスの高精度測定システムを構築し、これをジアリールエテンやフルギド誘導体の 2 光子開環反応の機構解明に応用した。その結果、1 光子目の励起直後の 1B 状態から更に 1 光子吸収して生成する高位励起状態では高開環反応収量は得られないが、1B から生成する 2A 状態から光吸収により生成した高位励起状態からは大きな収率で開環反応が進行すること、また更に 2A 状態における構造緩和の後にもう 1 光子吸収して生成した高位励起状態からは、より高収率に開環反応が進行することを明らかにした（図 1）。これらの結果から、高位電子励起状態からの開環反応も基本的には電子波動関数の対称性に基づき進行すると考えられること、また非常に短い寿命（ $\ll 1\text{ps}$ ）の高位電子励起状態における反応では、励起状態寿命の間に大きな構造変化を進行させることができないため、2 光子目の吸収の始状態の核配置が反応に大きな役割を果たすことを示した（A03 小島 G、A02 横山 G との共同研究）¹⁻³⁾。

この逐次 2 光子励起法を光イオン化ダイナミクスの直接測定に応用し、気相中のイオン化電圧より低いエネルギーで進行する溶液中

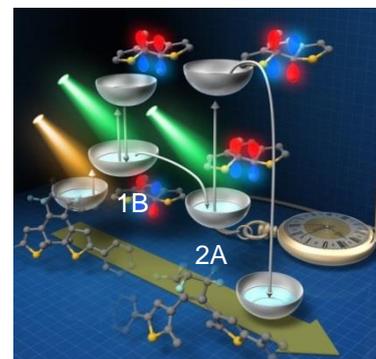


図 1. 二光子開環反応の機構の概念図。

の光イオン化では、サブピコ秒程度の寿命を持つ特異な電子状態からイオン化が進行することを明らかにした⁴⁾。また A03 阿部 G との共同研究により、可視逐次 2 光子吸収により高位電子励起状態からの選択的な電荷分離反応を経たラジカル解離型フォトクロミック分子系⁵⁾、小林 (A03 阿部 G 分担者) との共同研究による半導体量子ドットの逐次 2 光子電子移動系の開拓を行った⁶⁾。

玉井 G (計画班) は半導体ナノ粒子における高位励起状態からの反応開拓を目的に研究を行い、低い励起状態から電子受容体への電子移動は遅いものの、高い励起状態からのホット電子移動が高速となるナノ粒子系を実現した (図 2)。また顕微過渡吸収測定により半導体中の多励起子生成とレーザー発振過程の時空間検出へと研究を展開した⁷⁾。

Biju G (公募班) は発光性の高い半導体量子ドット (QD) における多励起子の生成により誘起される blinking 過程と光劣化を対象に研究を展開し、外部還元剤と QD のホットホールの間の超高速電子移動過程が blinking を抑制することを見出すと共に (図 3)⁸⁾、QD の安定化にも関わる光イオン化の詳細を解明した⁹⁾。

柳井 G (公募班) は大分子系の高位電子励起状態の計算手法を開発し¹⁰⁾、阿部 G により開発された分子系の光反応ダイナミクスの解明を行うと共に (図 4)¹¹⁾、多光子開環反応への応用、また溶媒効果を組み入れた計算手法の開発など、凝縮系の高位電子状態が関わる光反応に対する理論的アプローチ手法を開拓した。

岡 (公募班) は量子もつれ光を用いた 2 光子励起による禁制順位を効率良く生成する手法を理論的に開拓すると共に¹²⁾、2 色量子もつれ光による中間状態との近共鳴を回避する励起種法へと発展させた。

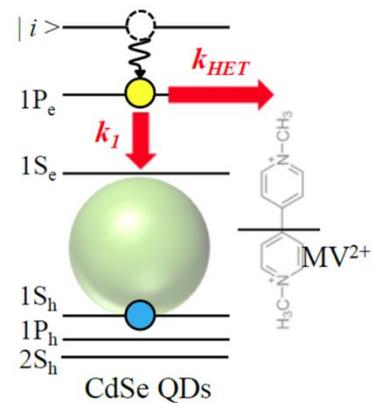


図 2. ホット電子移動の機構。

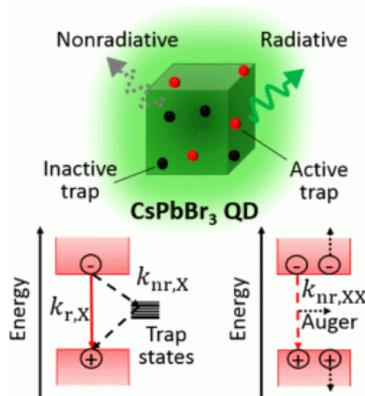


図 3. ホットホールによる超高速電子移動の機構。

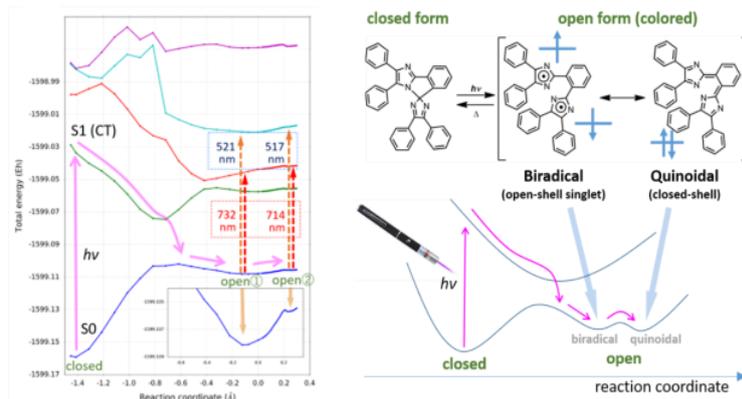


図 4. 高精度計算により得られた光ラジカル解離反応のポテンシャル図と反応ダイナミクス。

2. 局所場による電子状態変調・多重励起子状態の制御と応用

重田 G (計画班) では、三重項-三重項消滅 (Triplet-Triplet Annihilation, TTA) 過程に基づくアップコンバージョン (UC) 過程、また励起子分裂 (SF) 過程を対象に、理論と実験の協奏によ

り研究を進め、9,10-ジフェニルアントラセンの TTA 過程の機構解明^{13,14}、高効率 UP 結晶性固体の構築¹⁵へと研究を展開した (A03 Vacha G との共同研究、図 5)。久保 G (15-16 公募班) は重田 G の理論研究者と共同で高効率 SF 分子系の合理的設計指針を確立し新分子開発を行った (図 6)¹⁶。

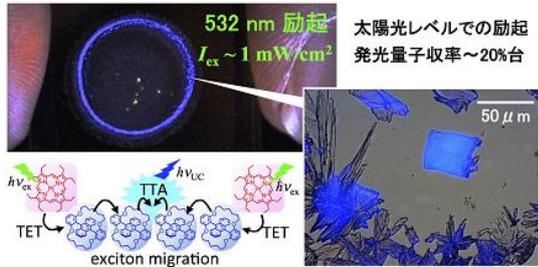


図 5. 高効率アップコンバージョン結晶性固体の構築。

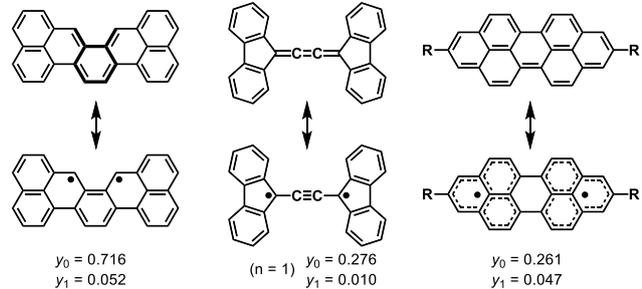


図 6. 高効率励起子分裂系の合理的理論設計指針と新分子開発。

増尾 (玉井 G、計画班) は半導体 QD を対象に、銀微小チップとの距離をナノメートルサイズで制御することによって輻射速度を変調させ、励起子消滅過程の抑制を示した (図 7)^{17,18}。

上野 G (公募班) は、励起子-プラズモン強結合を対象に、赤外波長域における微小共振器と分子振動モードとの強結合による分子の振動状態や電子状態に与える影響を明らかにすることを目的として、新たにプラズモン-共振器モード強結合系を構築して、赤外波長域において高い光閉じ込めを実現し、蛍光分子の分光特性の研究を行った。その結果、赤外プラズモン-共振器モード強結合の tuning/detuning に応じて系統的に変化する蛍光寿命を見出し、振動モード強結合による振動緩和ダイナミクス的高速化による無輻射失活速度定数の変調を実証した¹⁹。また、プラズモン結合系による光反応制御やプラズモン状態の制御にも成功した²⁰。

雲林院 G (公募班) では、伝播型のプラズモン近接場光を用いた多光子励起の実現をめざし、化学合成によって得られた銀ナノワイヤー (AgNW) 上での蛍光性ジアリールエテン (fDAE) 誘導体の光異性化反応を対象に研究を行った (図 8)。その結果、入射光強度に依存した非共鳴 2 光子、3 光子過程による可逆的異性化過程が確認された。

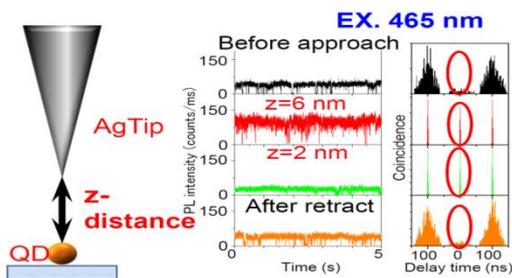


図 7. 銀ナノチップを用いた半導体 QD の励起子消滅過程の制御。

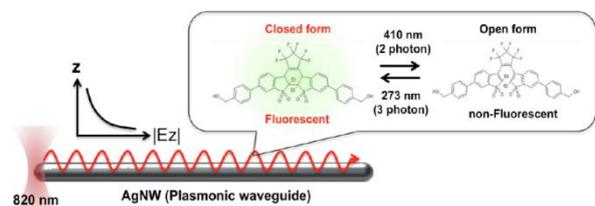


図 8. 伝播型のプラズモン近接場光を用いた高次多光子励起によるフォロクロミック反応。

坂本 G (公募班) では、主に無機ナノ粒子を対象に、集積によりもたらされるシナジー効果を利用することで単一の材料では実現不可能な機能開拓をめざして精密合成技術を用いた研究を行った。その結果、ナノ粒子の局在化プラズモン共鳴の励起による熱ホルルの移動プロセスを初めて明

らかにし、プラズモン誘起熱キャリア移動の機構の中でも高い量子収率と、圧倒的に長い電荷分離状態（従来の 10 万倍）を有する材料開発に成功した（図 9）²¹⁾。また、アップコンバージョンを利用した赤外誘起光水素生成機構の開発にも取り組み、局在化プラズモン共鳴の励起による熱電子移動プロセスの制御により、赤外光により駆動する高効率水素生成光触媒を開発した（図 10）²²⁾。

鳥本 G（公募班）では、高位電子状態からの反応開拓などに必須な高品質多元半導体 QD の作製をめざし、合成手法を駆使して研究を展開した。その結果、AgInS₂ 量子ドット表面を GaSx シェルで被覆することによって半値幅 50 nm 以下の鋭いバンド端発光ピークを得ることに成功するとともに、AgInS₂ 量子ドットに Ga³⁺ドーピングを行い、可視光波長領域での自在な発光ピーク波長制御に成功した^{23,24)}。

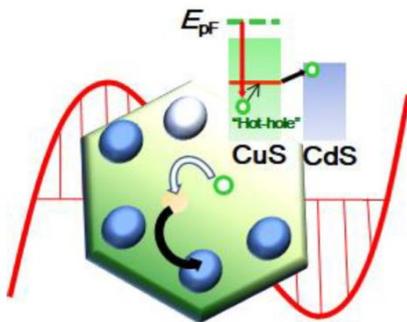


図 9. 新規熱ホール機構の解明。

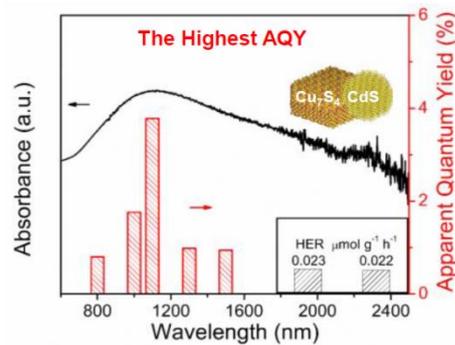


図 10. 高効率赤外応答光触媒の開発。

3. 特異電子状態へのアプローチ・複合励起手法の開拓

井村 G（計画班）ではメソ構造に誘起される局所光電場を用いて物質の電子状態を変調し、光-物質相互作用に新たな機軸を開拓し光化学反応の高次制御を実現することを目標に研究を進めた。また合わせて、色素援用近接場イメージング、超高時間分解近接場顕微鏡、3次元近接場可視化法、ナノ吸収散乱分光測定法などのメソ光増強場の可視化法を開発し（図 11）²⁵⁾、これらを用いた研究から、二次元プラズモンの空間構造と光励起状態の長寿命化法、さらにメソ構造体の近接場光選択則を明らかにした。またこれを用いて一光子禁制、二光子許容な特性を示す物質群の合成法を確立した。

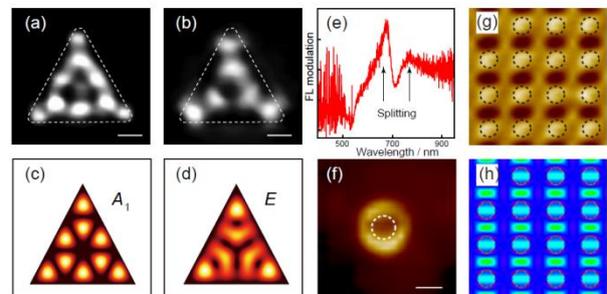


図11. メソ光増強場の可視化法の開発と応用。

25)

これらの研究から、二次元プラズモンの空間構造と光励起状態の長寿命化法、さらにメソ構造体の近接場光選択則を明らかにした。またこれを用いて一光子禁制、二光子許容な特性を示す物質群の合成法を確立した。

宮坂 G（計画班）は A03 森本 G と共同で、吸収の長波長端に現れる Urbach tail を利用することで 蛍光性ジアリアルエテンの開環体の 1 光子励起が可能となることを見出し、閉環反応により生成した蛍光性閉環体を用いた 1 波長による OFF→ON、ON→OFF、蛍光励起可能な解像蛍光イメージングを実現した（図 12）²⁶⁾。また A03 阿部 G、森本 G と共同で、光圧により捕捉された数 100 nm から数 μm サイズの微粒子に対して、内包されるフォトクロミック分子の光反応を誘起することによって、勾配力、吸収力、散乱力のバランスを変化させ、メゾスコピックサイズの可逆的並進運動を誘起できることを示し複合励起・複合応答系の発展を行った（図 13）^{27, 28)}。その他、

大きな2光子吸収断面積を用いた非共鳴同時2光子吸収が、過渡吸収分光を用いた高位電子励起状態の反応開拓と解明に有効であることを示した²⁹⁾。

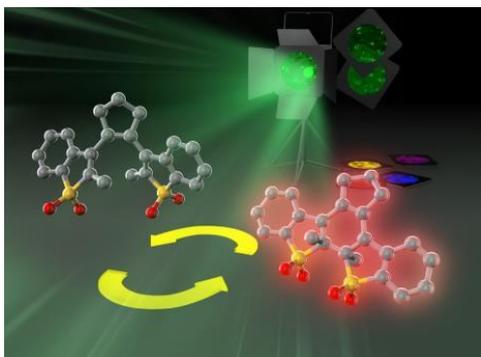


図12. 1波長蛍光ON-OFFスイッチングの開発と超解像イメージングへの応用。

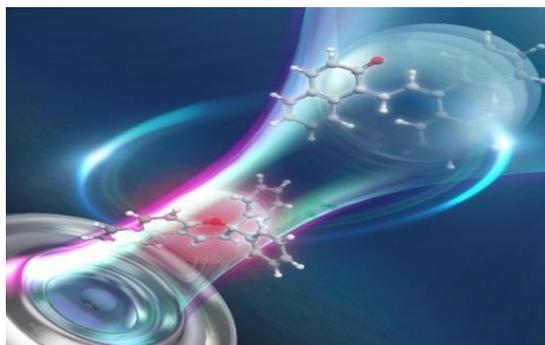


図13. 光圧と光異性化を利用したメソスコピック運動の誘起。

文献

- 1) H. Sotome, T. Nagasaka, S. Kobatake, M. Irie, H. Miyasaka et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 17159-17167.
- 2) T. Nagasaka, H. Sotome, H. Miyasaka et al., *J. Phys. Chem. C* **2018**, *122*, 24987-24995 (Suppl. cover).
- 3) T. Nagasaka, H. Sotome, M. Morimoto, H. Miyasaka et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2018**, *20*, 19776-19783. (Back cover, hot article).
- 4) M. Koga, Y. Yoneda, H. Sotome, H. Miyasaka, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2019**, *21*, 2889-2898. (Back cover)
- 5) Y. Kobayashi, T. Katayama, K. Setoura, S. Ito, H. Miyasaka, J. Abe et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 5930-5938.
- 6) Y. Kobayashi, H. Miyasaka, N. Tamai et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 7098-7104. (Suppl. cover)
- 7) T. Katayama, S. Masuo, N. Tamai et al., *J. Phys. Chem. C* **2018**, *122*, 5209-5214.
- 8) K. Yuyama, Y. Takano, K. G. Thomas, V. Biju et al., *ACS Nano* **2018**, *12*, 9060-9069
- 9) L. Chouhan, S. Ghimire, V. Biju, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58*, in press, DOI: 10.1002/anie.201900061
- 10) T. Yanai et al., *J. Chem. Theory Comput.* **2017**, *13*, 4829-4840 (ACS Editors' choice).
- 11) Y. Kobayashi, H. Sotome, T. Yanai, Y. Shigeta, H. Miyasaka, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 6382-6389.
- 12) H. Oka, *Phys. Rev. A* **2018**, *97*, 033814-1-033814-6.
- 13) R. Sato, H. Kitoh-Nishioka, K. Kamada, Y. Shigeta et al., *J. Phys. Chem. C* **2018**, *122*, 5334-5340.
- 14) R. Sato, H. Kitoh-Nishioka, K. Kamada, Y. Shigeta, *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 6638-6643.
- 15) K. Kamada, T. Mizokuro, Y. Fujiwara, K. Kobayashi, S. Hirata, M. Vacha et al., *Mater. Horiz.* **2017**, *4*, 83-87.
- 16) K. Uchida, S. Ito, M. Nakano, M. Abe, T. Kubo, *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 2399-2410.
- 17) H. Naiki, N. Tamai, S. Masuo et al., *ACS Photonics* **2016**, *3*, 109-116.
- 18) H. Takata, H. Naiki, N. Tamai, S. Masuo et al., *Nano Lett.* **2016**, *16*, 5770-5778.
- 19) X. Shi, K. Ueno, H. Misawa et al., *Nat. Nanotechnol.* **2018**, *13*, 953-958.
- 20) J. Yang, Q. Sun, K. Ueno, H. Misawa et al., *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 4858.
- 21) Z. Lian, M. Sakamoto, et al., *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 2314.
- 22) Z. Lian, M. Sakamoto, Y. Kobayashi, N. Tamai et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, *141*, 2446-2450 (Cover picture).
- 23) T. Uematsu, S. Hirata, T. Kameyama, M. Vacha, T. Torimoto et al., *NPG Asia Mater.* **2018**, *10*, 713-726.
- 24) T. Kameyama, S. Hirata, M. Vacha, T. Torimoto et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2018**, *10*, 42844-42855.
- 25) K. Imaeda, S. Hasegawa, K. Imura, *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 4075-4081.
- 26) Y. Arai, S. Ito, M. Morimoto, M. Irie, H. Miyasaka et al., *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 4066-4069 (Back cover).
- 27) S. Ito, K. Setoura, M. Morimoto, M. Irie, H. Miyasaka et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 2659-2664.
- 28) K. Setoura, S. Ito, K. Mutoh, J. Abe, H. Miyasaka et al., *J. Phys. Chem. C* **2018**, *122*, 22033-22040 (Front cover, ACS Editor's choice).
- 29) H. Sotome, T. Nagasaka, K. Kamada, S. Kobatake, H. Miyasaka et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2017**, *8*, 3272-3276.

研究紹介：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

A02 班 河合 壯

1 光子・1 分子・1 励起子からなる従来の線形的な光化学系を超える新しい光化学反応系の構築を目指す本領域にあって、A02 班では界面や多数の分子が協調する複合応答系を探索している。「100%を大きく超える量子収率を持つ光化学系」など多光子多段階物性制御システム、固体界面・高分子、タンパクや金属錯体などと複合化されたスイッチング機能を持つ多重光機能分子・分子集合系の構築を目指して研究を展開してきた。分子・分子集合体の設計と高度な合成手法を用い、1 分子レベルの機能からメソスコピック・マクロレベルの物性応答への展開に必要となる"加算性"や"増幅性"を実現するためには、分子の素過程の理解に基づき分子間や分子と界面との協同効果の実現に向けたチューニングを行い、さらに自己組織構造や結晶あるいはナノ粒子などの分子凝集状態、多量体や高分子量体を構築することが必要となる。本稿では、主に有機機能材料、機能物性化学関係の実験および理論に関する A02 班の各研究グループの研究成果について、その概要を述べる。

2. 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 G (計画班) では、これまでジアリールエテン誘導体のフォトクロミック分子であるターアリーレン誘導を基盤に、1 分子/1 光子の制限を大きく超克する分子システムの構築を目指してきた。1 光子により 2 つの励起子を形成する励起子分裂における光反応量子収率が 200%を上限とするのに対して、光により連鎖反応を誘起する反応系では反応量子収率は 10000%にも近づくことが可能である。光反応により酸を形成する光酸発生剤は、フォトポリマーシステムなどで

広く利用されているものの、素過程である光酸発生反応の量子収率は 30%程度にとどまっており、大幅な向上が期待されている。そこでターアリーレンに強酸エステルを導入することにより閉環体から強酸が自発的に形成する光酸発生反応を考案し、その有効性の実証に取り組んだ。

その結果、エポキシモノマーの酸触媒重合を最大 71%の反応量子収率での光開始することに成功し、光酸発生剤としては最高感度を実現した。これらの研究の一部は A03 班阿部グループとの共同研究として推進した¹⁾。図 1 の分子では光閉環反応中心となる炭素原子の片方にプロト

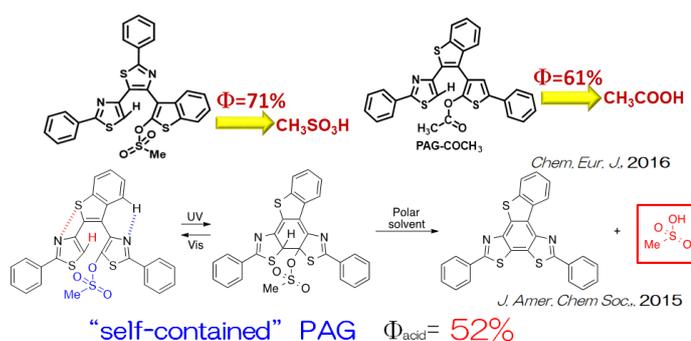


図 1. 高感度光酸発生剤の例

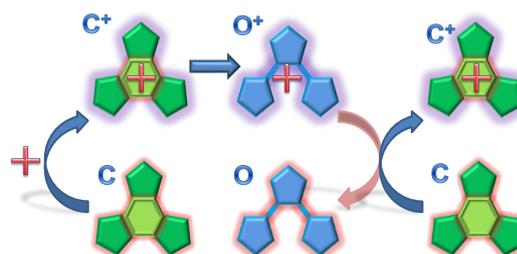


図 2. 高感度光酸発生剤の例

ンを導入することで光閉環反応に伴ってプロトン自体を供給することが可能な“Self-Contained”な光酸発生剤であることも大きな特徴である²⁾。さらにこのプロトンをメチル基に置換した化合物においては、向山アルドール反応などのルイス酸触媒反応を誘起可能なカルボカチオンの光形成が可能で、光ルイス酸発生剤に初めて成功した。一方、ターアリーレンの開環反応が、酸化剤により誘起されることおよびその反応が図2に示す連鎖酸化異性化機構で進むことを見出した。特に顕著な置換基効果を発見した。すなわち反応中心炭素原子上にメチル基に代わってフェニル基を導入することで、連鎖反応効率を1000%から100000%まで高めることに成功した³⁾。さらにこの反応を光酸化反応により開始させ、3000%以上の光反応量子収率に成功した。また量子ドットとの組み合わせによっても光誘起電子移動により連鎖酸化異性化反応を誘起することにも成功した。本領域では国際支援活動班を設置し、国際共同研究を組織的に推進してきた。河合Gではインド、IISER-トリバンドラムのG.Thomas教授およびフランス・ENS-パリサクレーの中谷教授、RemiMetivier博士らとの共同研究を推進した。特にキラル超分子ワイヤーにおいて100ユニットにまたがる高効率エネルギー輸送と99%以上の高選択性をキラル選択的な共鳴光エネルギー移動による高効率円偏光発光などに成功した^{4, 5)}。これらに関連して日本化学会学術賞が授与されるなど、その評価は高まりつつある。

前田G(計画班)ではn電子系イオンからなる集合体の光駆動による形態・物性のスイッチングに取り組み、アゾベンゼンカルボキシレートからなるラメラ状集合体においてはトランス-シス異性化に起因した可逆的な結晶-結晶転移の発現を見出した。この過程で多様なn電子系イオンペア集合体の創製を実現し、結晶・液晶などにおける規則配列構造の構築と制御に成功した⁶⁾。またイオンペア集合化においては複数の構成要素(相反するイオン)を集合体に導入可能な点がポイントであり、光応答性を含め、さまざまな物性・機能性を付与することが可能となった⁷⁾。研究代表者はイギリス王立化学会フェローに国内最年少で選ばれ(2015年)世界的に評価が高まりつつある。また学会講演賞3件、ポスター賞24件の受賞の他、博士研究員2名が助教としてアカデミックキャリアをスタートさせるなど若手人材の育成においても顕著な実績を得た。

松田G(計画班)は液中STMによる分子像観察にもとづき、二次元自己組織化の精密光制御に取り組み、表面被覆率の濃度依存性を測定することにより、配列形成における共同効果と顕著な非線形性を明らかにした⁸⁾。また下限臨界溶液温度(LCST)挙動を示す化合物に光応答性のフォ

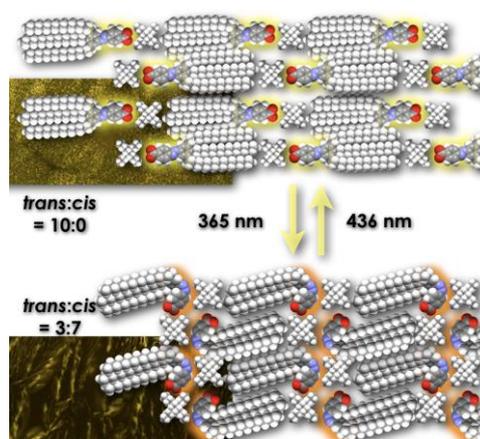


図3. 前田らによる光応答イオンペア集合体

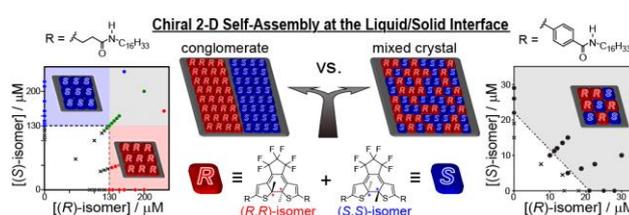


図4. 二次元自己組織化における協働的光応答系

トクロミックユニットを導入し、フォトクロミズムと LCST の相変化を連動させ、光による大きな可逆形態変化を実現した⁹⁾。このほか、ジアリールエテンを電荷輸送層に直接用いた有機電界トランジスタを作成し、光照射により回路描画できるデバイスを作製することに成功した¹⁰⁾。また日仏共同研究を進め、JSPS-SAKURA プログラムに採択されるなどの発展に至った。

横山 G (計画班) では、タンパク質や酸、塩基などの異種分子との協調効果を示すフォトクロミック分子とその新機能の開発に取り組んだ。図 5 の 1o ではタンパク質としてヒト血清アルブミン (HSA) との複合系において 99% ee 以上の高エナンチオ選択的フォトクロミズムに成功した¹¹⁾。また酸との多点相互作用をしめす 2o はシュウ酸塩の微結晶を生じ紫外光照射により環化体になり、光溶解を示す。3mc は可視光照射によって環化してスピロ体 3sp になると、フェノールからアンモニウムになることによって強酸となる。2c は 3mc によってはプロトン化されないが 3sp によってプロトン化され、吸収の位置が長波長シフトした。3sp が熱で 3mc に戻るとシフトは元に戻った。また、3mc と 4o を組み合わせることで、3mc のフォトクロミズムによる酸発生を利用して 4o のフォトクロミック特性のオンオフを光のみによって制御する光-光制御系に成功した¹²⁾。

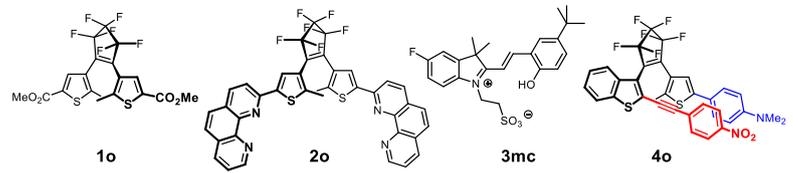


図 5. 横山 G で開発された新規フォトクロミック分子

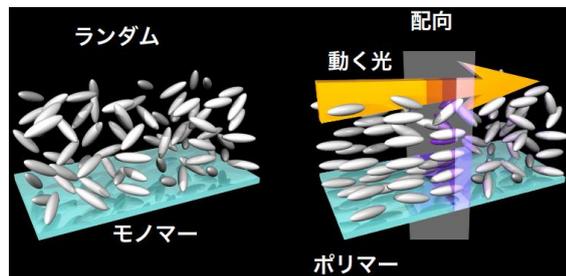


図 6. 穴戸らによって提唱された分子光配向法の概念図

穴戸 G (公募班) では光による自在な分子配向パターンニングの実現を目的として、光重合を駆動原理とした新たな分子配向法の開発に取り組んだ。光重合系における照射光を動かすあるいは強度に空間的な傾斜を形成させることで、色素分子や偏光光源を用いることなく、簡便に分子配向を大面積に一段階形成することやその高精細化に成功した¹³⁾。これらの成果に関しては新聞報道 (日経産業平成 29 年 11 月 16 日) の他、TBS テレビ「未来の起源」で取り上げられるなど広く注目を集めた。

斎藤 G (公募班) では中心部にシクロオクタテトラエンからなる 8π 電子系を有する光応答分子骨格 FLAP を基盤として、様々な高次複合機能システムを構築することに取り組んだ (図 7)。FLAP は基底状態

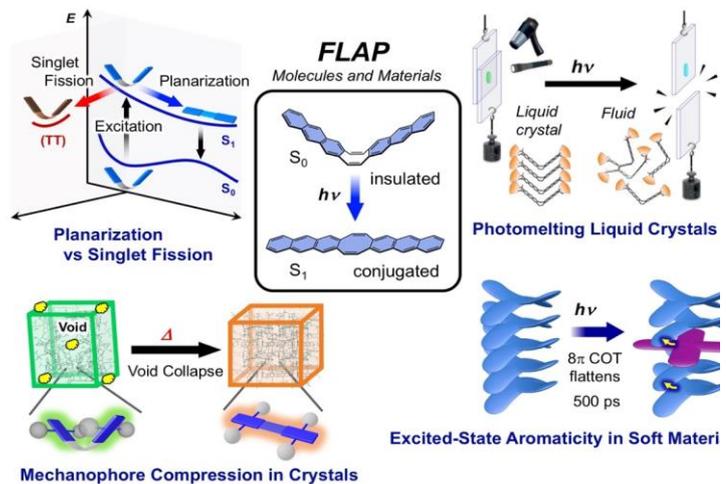


図 7. 斎藤 G の FLAP 分子に関する主要成果

ではV字型構造をとるが、励起状態で平面型へ異性化し蛍光に大きな Stokes shift を示すことや基底状態でカラムナー集積構造を形成する¹⁴⁾。さらにアントラセンの光2量化を組み合わせた光融解性液晶接着剤や基底状態で強制的に平面化させることでメカノフォア機能などを実現した¹⁵⁾。これらに関連して、宮坂 G、重田 G などとの共同研究を推進した¹⁶⁾。

佐藤 G (公募班) は分子間相互作用に基づく特異的な発光挙動でありながら長く理解が深まっていなかった凝集誘起発光増強 AIEE の理論的な裏付けに取り組み、AIEE が励起電子状態の擬縮退に起因する内部転換の抑制によることを明らかにした¹⁷⁾。これらの研究に関連して平成 29 年には日本コンピュータ化学会学会賞が授与された。

森 G (公募班) では、多励起子間の相互作用を増強するトロイダル相互作用の典型として、ヘキサアリールベンゼン骨格にジフェニルアントラセンユニットを導入した新規分子で、TTA (三重項アップコンバージョン) の増強効果を見出した¹⁸⁾。

深港 G (公募班) では次世代の生体イメージングや超解像イメージングへの応用に要求される高コントラスト非線形な蛍光スイッチング分子材料の開発に取り組んだ。分子構造とその凝集構造をも精密に制御することで、わずか数%の光反応で系中の蛍光を完全に ON-OFF スwitchングできる超高効率な非線形蛍光スイッチングに成功した¹⁹⁾。この研究の一部は国際共同研究として ENS Paris-Saclay との国際共同研究として実施されている。

羽曾部 G (公募班) は有機分子の多励起子生成反応である一重項分裂とそのエネルギー変換過程の効率化を目標にアセン系分子

の二量体から有機-無機複合材料の合成と光物性評価に取り組んだ。特に顕著な成果としてペンタセンおよびテトラセン二量体における量論的な一重項分裂の反応進行 (三重項量子収率 $\Phi_T = \sim 200\%$) とその長寿命化を実現した²⁰⁾。さらに図 8 に示すようにクロラニルを電子アクセプターとして利用することで、電子移動量子収率 $\Phi_{ET} = 173 \pm 5\%$ を達成した²¹⁾。

則包 G (公募班) では光で固体と液体の間を可逆的に相転移を起こす現象 (光応答固液相転移) について検討し、光応答固液相転移を示す重合性アゾベンゼンモノマー (架橋剤) と、微弱光でもフォトメカニカル挙動を示す新規高分子化合物の合成に成功した新規モノマーとイタコン酸誘導体との共重合により調整した自立性高分子フィルムは紫外光(365 nm)照射によってガラス転移温度が 29℃から 16℃に低下し光源方向に曲がり、可視光で戻る光メカニカル応答や光粘着性応答を示した²²⁾。

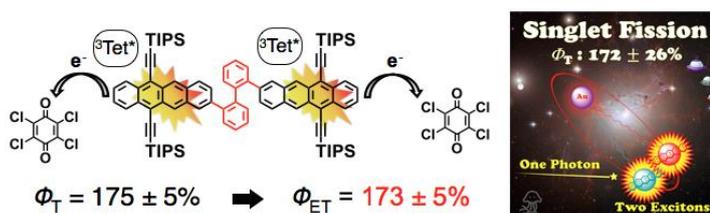


図 8. 羽曾部らによる高効率一重項分裂電荷分離系

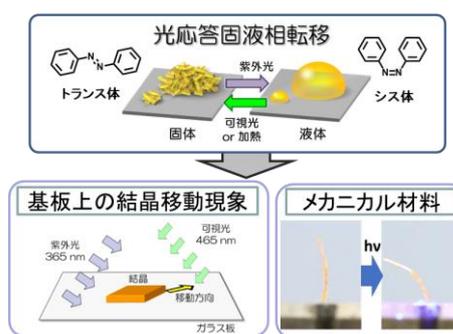


図 9. 則包らによる光メカニカル駆動システム

文献

- 1) T. Nakashima, K. Tsuchie, R. Kanazawa, R. Li, S. Iijima, O. Galangau, H. Nakagawa, K. Mutoh, Y. Kobayashi, J. Abe, T. Kawai, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 7023-7026 (Highlighted as *JACS Spotlight*, Featured in *SYNFACTS*)
- 2) R. Li, T. Nakashima, T. Kawai, *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 4339-4341.
- 3) J. P. Calupitan, T. Nakashima, Y. Hashimoto, T. Kawai, *Chem. Eur. J.* **2016**, *22*, 10002-10008. (Inside Cover).
- 4) R. Sathy, J. Kumar, R. Métivier, M. OLouis, K. Nakatani, N. M. T. Mecheri, A. Subhakumari. K. G. Thomas, T. Kawai, T. Nakashima, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2017**, *56*, 15053-15057 (Back Cover).
- 5) R. Sathy, R. Métivier, A. Brosseau, T. Kawai, T. Nakashima, *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 4516-4521
- 6) Y. Bando, Y. Haketa, T. Sakurai, W. Matsuda, S. Seki, H. Takaya, H. Maeda, *Chem. Eur. J.* **2016**, *22*, 7843-7850
- 7) R. Yamakado, M. Hara, S. Nagano, T. Seki, H. Maeda, *Chem. Eur. J.* **2017**, *23*, 9244-9248.
- 8) N. Maeda, T. Hirose, K. Matsuda, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 2371-2375.
- 9) K. Higashiguchi, G. Taira, J. Kitai, T. Hirose, K. Matsuda, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 2722-2729.
- 10) T. Tsuruoka, R. Hayakawa, K. Kobashi, K. Higashiguchi, K. Matsuda, Y. Wakayama, *Nano Lett.* **2016**, *16*, 7474-7480.
- 11) K. Kawamura, K. Osawa, Y. Watanobe, Y. Saeki, N. Maruyama, Y. Yokoyama, *Chem. Commun.*, **2017**, *53*, 3181-3184 (Front Cover).
- 12) S. Mahvidi, S. Takeuchi, S. Kusumoto, H. Sato, T. Nakagawa, Y. Yokoyama, *Org. Lett.*, **2016**, *18*, 5042-5045.
- 13) K. Hisano, M. Aizawa, M. Ishizu, Y. Kurata, W. Nakano, N. Akamatsu, C. J. Barrett and A. Shishido, *Sci. Adv.* **2017**, *3*, e1701610.
- 14) C. Yuan, S. Saito, C. Camacho, S. Irle, I. Hisaki, S. Yamaguchi, *J. Am. Chem. Soc.*, **2013**, *135*, 8842-8845.
- 15) S. Saito, S. Nobusue, E. Tsuzaka, C. Yuan, C. Mori, M. Hara, T. Seki, C. Camacho, S. Irle, S. Yamaguchi, *Nat. Commun.* **2016**, *7*, 12094-12101.
- 16) R. Kotani, H. Sotome, H. Okajima, S. Yokoyama, Y. Nakaike, A. Kashiwagi, C. Mori, Y. Nakada, S. Yamaguchi, A. Osuka, A. Sakamoto, H. Miyasaka, S. Saito, *J. Mater. Chem. C*, **2017**, *5*, 5248-5256.
- 17) T. Sato, R. Hayashi, N. Haruta, and Y-J. Pu, *Sci. Rep.* **2017**, *7*, 4820.
- 18) T. Kosaka, S. Iwai, Y. Inoue, T. Moriuchi, T. Mori, *J. Phys. Chem. A* **2018**, *122*, 7455-7463. (Front Cover)
- 19) J. Su, T. Fukaminato, J.-P. Placial, T. Onodera, R. Suzuki, H. Oikawa, A. Brosseau, F. Brisset, R. Pansu, K. Nakatani, R. Métivier, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 3662-3666 (Hot paper & inside back cover)
- 20) K. Kuroda, K. Yazaki, Y. Tanaka, M. Akita, H. Sakai, T. Hasobe, N. V. Tkachenko, M. Yoshizaw, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *58*, 1115-1119
- 21) S. Nakamura, H. Sakai, H. Nagashima, Y. Kobori, N. V. Tkachenko, T. Hasobe, *ACS Energy Lett.* **2019**, *4*, 26-31
- 22) Y. Yue, Y. Norikane, R. Azumi, E. Koyama, *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 3234-3242.

研究紹介：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

A03 班 青山学院大学理工学部 阿部二郎

A03 班では光強度に閾値を持つ光応答分子集合体の構築、分子集団の協同的光応答の動的制御、およびこれら分子集合体の構築に必要な新規分子材料系の開発や光応答の機構解明を推し進めることで、従来型の一光子一分子光反応では実現できない高度な複合光応答分子システムの創出を目指した研究を展開している。この4年半の研究で、本領域が目指す多光子・多分子光反応を基盤とした多数の複合光応答分子系・分子集合体を創出してきた。本稿では、5計画班と7公募班（2015-2016は6公募班）からなる研究成果について、共同研究の成果も含めてその概要を述べる。

1. 高次複合光応答分子系の創製

阿部 G (計画班) では、アリール位のオルト位にフェノキシラジカルとイミダゾリルラジカルを配したピラジカルが、分子内ラジカル結合により高速フォトクロミズムを示すフェノキシイミダゾリルラジカル複合体 (PIC) を生成することを見いだした¹⁾。一分子内に二つのイミダゾール二量体あるいは PIC 部位を導入することで、入力光強度に対して非線形的な光応答を示す二光子フォトクロミック分子系を開発した²⁻⁴⁾。さらに、一分子内に正フォトクロミズムを示すユニットと、逆フォトクロミズムを示すユニットを組み込んだバイフォトクロミック分子を開発し、光強度の異なる可視光を照射することで着色状態の色調を変えることに成功した⁵⁾。他にも、PIC 誘導体のピラジカル-キノイド原子価異性化反応の実時間観測や⁶⁾、原子価光異性化反応を見いだした⁷⁾。森本 G (公募班) では、超解像蛍光顕微鏡用の蛍光プローブとしての turn-on 型蛍光スイッチングを示すジアリールエテンの開発に取り組んだ。ベンゾチオフェンジオキsidを有するジアリールエテンについて、末端フェニル基に置換基を導入して平面性を変えること、あるいは反応点置換基を変えることによって、光開環反応量子収率を制御できることを見いだした⁸⁾。また、ジアリールエテン開環体の $S_0 \rightarrow S_1$ 遷移吸収帯よりも長波長の可視光を照射することで、蛍光性の開環体が生成する現象を見だし、A01 宮坂 G との共

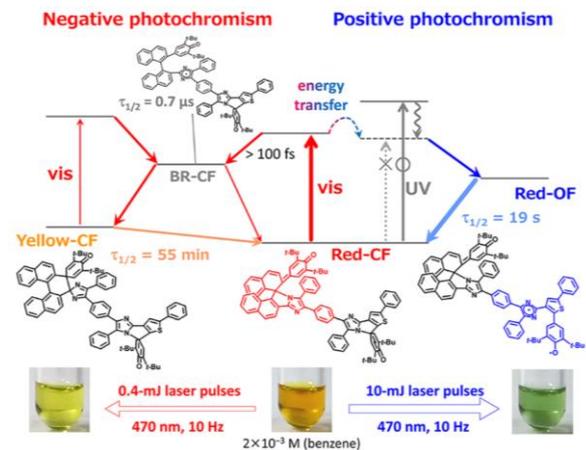


図1 照射光強度に依存する色調変化

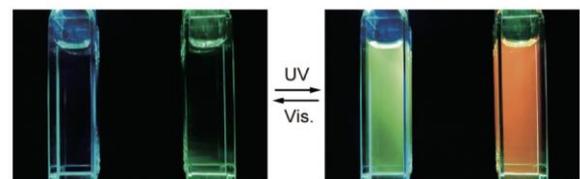


図2 ジアリールエテンの蛍光スイッチ

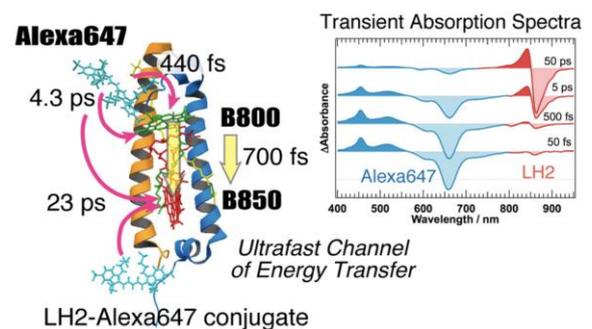


図3 LH2 中に組み込んだ色素 Alexa647 から B850 への超高速エネルギー移動

同研究で一波長レーザーによる超解像蛍光イメージングを実現した^{9,10)}。出羽 G (公募班) では、脂質二分子膜中に分子集合体として組み込まれた光捕集アンテナ複合体 (LH2) の作成と評価、および LH2 変異体によるバクテリオクロロフィル分子団 (B800) のエネルギー移動への寄与について、A01 宮坂 G と超高速分光を用いた共同研究を行った¹¹⁾。

2. 光応答性分子結晶の高次複合光応答

朝日 G (計画班) では、水中に分散した 100nm サイズの有機ナノ結晶を対象に、複数分子が同時に光励起されることによって誘起される協同光反応・構造変化のダイナミクスとメカニズムの解明を進めてきた。ジアリールエテンやスピロナフトオキサジンのナノ結晶をナノ秒パルスレーザーで励起すると、フォトクロミック反応の反応収率がレーザー光強度に対して非線形的に増大することを見いだした。これは、レーザー過渡加熱の効果は、定常加熱時の温度効果に比べて、反応収率の増大に有効であることを示唆するものである。また、有機ナノ結晶の光エネルギー緩和ダイナミクスを単一結晶レベルで測定できる装置として、フェムト秒ポンププローブ共焦点光散乱分光装置を開発し、ペリレン単結晶中を光励起すると数ピコ秒でエキシマーが形成されることを明らかにした¹²⁾。内田 G (計画班) では、光による結晶成長を利用して、ハスの葉のダブルラフネス構造を模した表面を作成し、水滴を弾く超撥水性を確認した¹³⁾。さらに、ジアリールエテンのエテン部の構造を五員環から六員環に変換した誘導体の結晶が顕著なフォトサリエント現象を示すだけでなく、昇華により中空の結晶を生成することを見いだした。さらに、その中空部分に直径 1 ミクロンの蛍光ビーズを詰めて、紫外光を照射するとハウセンカの種飛ばしのように、内包物を放出することを確認した¹⁴⁾。小島 G (計画班) では、光によって駆動するジアリールエテンのフォトメカニカル結晶について、様々な励起方法に対する光応答挙動を研究した。特別な結晶パッキングをした結晶では照射方向に依存して、屈曲、円筒状螺旋、およびねじれ挙動を見だし

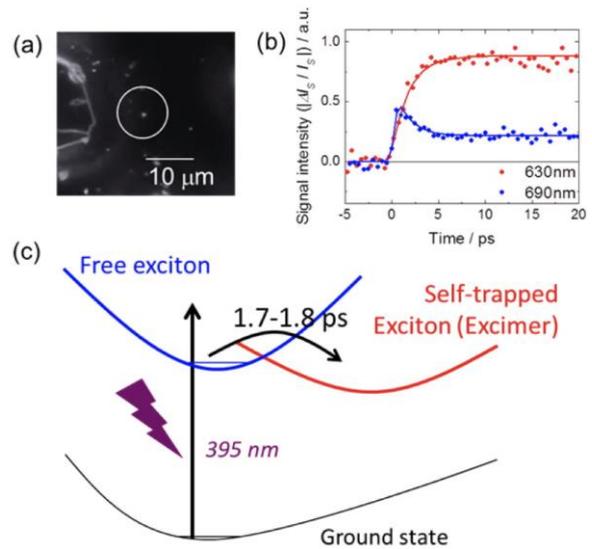


図4 ペリレンナノ結晶の暗視野顕微像とエキシマー生成ダイナミクス

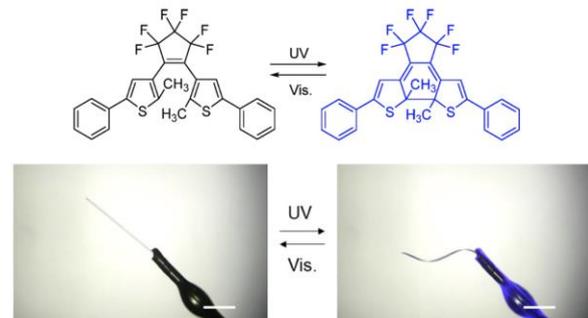


図5 光応答性分子結晶の精密運動制御

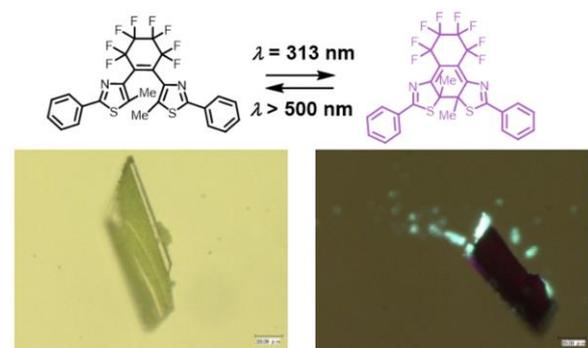


図6 フォトサリエント効果を示す単結晶

た¹⁵⁾。また、可逆な相転移を伴う結晶では、光誘起屈曲現象を伴うことで、得意な形状変化を示すことを見いだした¹⁶⁾。小野寺 G (公募班) では、銅-テトラシアノキノジメタン (Cu-TCNQ) 電荷移動錯体ナノ結晶薄膜が、電圧引加条件下において、可視光照射することで低抵抗状態から高抵抗状態への抵抗スイッチングを示すことを見いだした。田和 G (公募班) は、内田 G との共同研究を推し進め、アルミニウムプラズモニックチップを使って偏光 UV 照射を行うことで、ジアリールエテンの選択的な光異性化促進と結晶成長を実現した¹⁷⁾。

3. 分子集団の協同的光応答

Vacha G (計画班) では、固体系における単一分子分光の計測システムを開発し、共役分子/金属ナノロッド複合粒子のプラズモン誘起蛍光共鳴エネルギー移動^{18,19)}やフォトンアップコンバージョン結晶の励起子拡散の直接計測に成功した²⁰⁾。

景山 G (公募班) では、オレイン酸とアゾベンゼン誘導体から形成される板状分子集合体が、非偏光の青色定常光の照射によって巨視的自励振動を発現する現象を見いだした。この振動は「双安定な結晶相間の相転移」と「結晶構造変化と連動した光異性化方向の切り替わり」の協同によって発現すると結論した^{21,22)}。伊藤 G (公募班) では、ジベンゾイルメタンフッ化ホウ素錯体 (BF₂DBM) の分子集合系での協同的蛍光変調に対する置換基効果ならびに、再沈法によって形成されたナノ粒子の粒径成長に伴うアモルファス-結晶相転移過程について、A01 宮坂 G との共同研究を推し進め、蛍光スペクトルを解析することで評価した^{23,24)}。池田 G (公募班) では、二光子吸収過程を利用した高分子光アクチュエーターの精密駆動に取り組んだ。二光子吸収断面積の大きなアゾトラン誘導体モノマーおよび架橋剤から合成した架橋アゾトラン液晶の二光子駆動について、A01 宮坂 G との共同研究を推し進め、フェムト秒レーザーを集光照射することで焦点位置のみ光異性化反応させることに成功し、高分子アクチュエーターの運動モードを精密光制御できることを示した^{25,26)}。

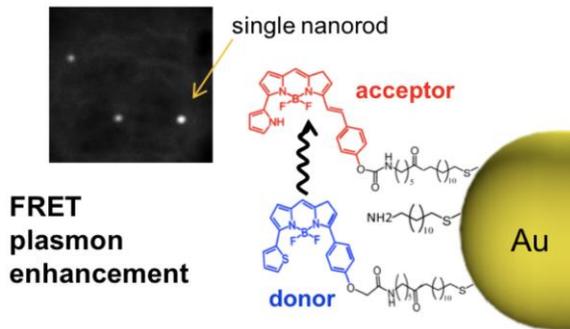


図7 プラズモン増強場によるエネルギー移動の効率化

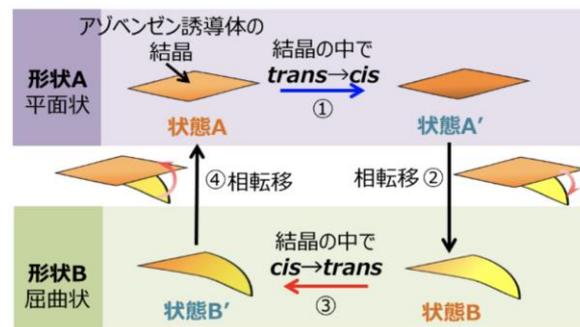


図8 定常光照射により巨視的自励振動する板状結晶の相転移変化

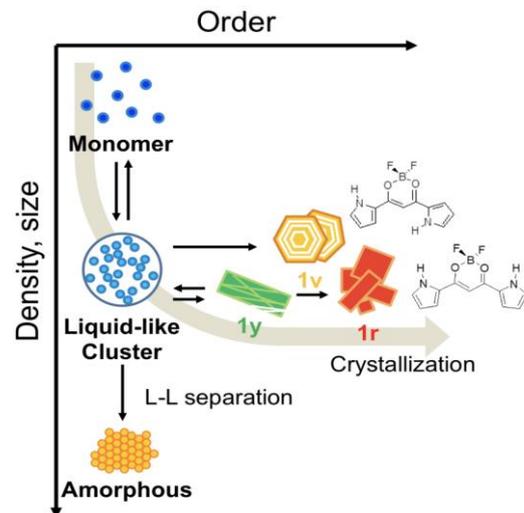


図9 ジピロリルジケトンフッ化ホウ素錯体の集合化ダイナミクス

文献

- 1) H. Yamashita, T. Ikezawa, Y. Kobayashi, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 4952-4955.
- 2) K. Mutoh, Y. Nakagawa, A. Sakamoto, Y. Kobayashi, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 5674-5677.
- 3) K. Mutoh, Y. Kobayashi, T. Yamane, T. Ikezawa, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 4452-4461.
- 4) I. Yonekawa, K. Mutoh, J. Abe, *Chem. Commun.* **2019**, *55*, 1221-122.
- 5) I. Yonekawa, K. Mutoh, Y. Kobayashi, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 1091-1097. (Supplementary Journal Cover)
- 6) Y. Kobayashi, K. Shima, K. Mutoh, J. Abe, *J. Phys. Chem. Lett.* **2016**, *7*, 3067-3072.
- 7) A. Tokunaga, K. Mutoh, T. Hasegawa, J. Abe, *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 1833-1837.
- 8) M. Irie, M. Morimoto, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2018**, *91*, 237-250. (Commemorative Account)
- 9) R. Kashihara, M. Morimoto, S. Ito, H. Miyasaka, M. Irie, *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 16498-16501.
- 10) Y. Arai, S. Ito, H. Fujita, Y. Yoneda, T. Kaji, S. Takei, R. Kashihara, M. Morimoto, M. Irie, H. Miyasaka, *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 4066-4069.
- 11) Y. Yoneda, T. Noji, T. Katayama, N. Mizutani, D. Komori, M. Nango, H. Miyasaka, S. Itoh, Y. Nagasawa, T. Dewa, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 13121-13129. (Spotlights on Recent JACS Publications)
- 12) Y. Ishibashi, T. Asahi, *J. Phys. Chem. Lett.* **2016**, *7*, 2951-2956.
- 13) R. Nishimura, K. Hyodo, H. Sawaguchi, Y. Yamamoto, Y. Nonomura, H. Mayama, S. Yokojima, S. Nakamura, K. Uchida, *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, *138*, 10299-10303.
- 14) E. Hatano, M. Morimoto, T. Imai, K. Hyodo, A. Fujimoto, R. Nishimura, A. Sekine, N. Yasuda, S. Yokojima, S. Nakamura, K. Uchida, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 12576-12580. (Hot Paper)
- 15) D. Kitagawa, H. Tsujioka, F. Tong, X. Dong, C. J. Bardeen, S. Kobatake, *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 4208-4212. (Supplementary Journal Cover)
- 16) D. Kitagawa, K. Kawasaki, R. Tanaka, S. Kobatake, *Chem. Mater.* **2017**, *29*, 7524-7532.
- 17) T. Kadoyama, R. Nishimura, M. Toma, K. Uchida, K. Tawa, *Langmuir* **2018**, *34*, 4217-4223.
- 18) L. Bujak, T. Ishii, D. K. Sharma, S. Hirata, M. Vacha, *Nanoscale* **2017**, *9*, 1511-1519.
- 19) S. Hatazaki, D. K. Sharma, S. Hirata, K. Nose, T. Iyoda, A. Kölsch, H. Lokstein, M. Vacha, *J. Phys. Chem. Lett.* **2018**, *9*, 6669-6675.
- 20) K. Narushima, Y. Kiyota, T. Mori, S. Hirata, M. Vacha, *Adv. Mater.* **2019**, *31*, 1807268.
- 21) Y. Kageyama, T. Ikegami, Y. Kurokome, S. Takeda, *Chem. Eur. J.* **2016**, *22*, 8669-8675.
- 22) T. Ikegami, Y. Kageyama, K. Obara, S. Takeda, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 8239-8243. (Hot Paper)
- 23) F. Ito, Y. Suzuki, J. Fujimori, T. Sagawa, M. Hara, T. Seki, R. Yasukuni, M. L. de la Chapelle, *Sci. Rep.* **2016**, *6*, 22918.
- 24) F. Ito, J. Fujimori, N. Oka, M. Sliwa, C. Ruckebusch, S. Ito, H. Miyasaka, *Faraday Discuss.* **2017**, *196*, 231-243.
- 25) T. Ube, T. Ikeda, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, 10290-10299.
- 26) T. Ube, K. Kawasaki, T. Ikeda, *Adv. Mater.* **2016**, *28*, 8212-8217.

新学術領域「高次複合光応答」における若手育成・共同研究促進・国際連携 促進に対する取り組み

事務局・A02班 松田建児

本新学術領域では、発足以来、若手育成、共同研究促進、国際連携促進に対して様々な具体的な取り組みを行ってきた。研究期間終了を迎えるにあたり、その取り組みについて振り返る。

1. 若手育成

発足時から年2回の領域会議や公開シンポジウムの機会に「若手セミナー」を計9回行った。これは、領域内の40才以下の若手研究者の発表を研究代表者の発表と並べて行うことにより、若手研究者を「一人前」の研究者として扱い、領域内での研究の認知度を高めていただき、ネットワークを形成していただくことを目的とした。

また、大学院生を対象とした「チュートリアル講義」も計3回開催した。これは、理論計算や測定技術などのトピックスについて第一人者に解説していただき、学生が実際に研究活動を行う上で役立てていただくことを目的とした。

それに加えて、本領域の研究期間の間に3回「若手の会」を開催した。これは宿泊形式の勉強会で、5名程度の講師を全国からお呼びし、講演していただくだけでなく、自由時間にも対話を通して本領域の若手研究者に刺激を与えてもらうことを目的とした。

以上の取り組みの結果、中間評価取りまとめ時点で68件の国内・国際学会での若手研究者、大学院生の受賞（国内53件、国際15件）、3件の学協会の若手の受賞につながった。

2. 共同研究促進

共同研究の推進のために、領域HPのメンバー専用ページに各研究代表者・研究分担者の共用可能な機器や共同研究可能な技術を記載した「領域名簿」を置き活用した。

また、領域内で公募制を採用し、共同研究に必要な旅費等の費用を、総括班経費で積極的に支援した。希望される班員に「共同研究申請書」を提出してもらい、総括班コアメンバーで審査を行いできる限り支援するようにした。

以上の取り組みの結果、中間評価取りまとめ時点で28報の共同研究論文を発表できた。

3. 国際連携促進

研究期間の間に2回、国際会議を開催した。1回目はこの外国人評価グループを中心に、2回目は本領域をベースに発足したフランスとのCNRS LIA (Laboratoire international associé) のメンバーを中心に招待講演を行っていただいた。

また、領域内で公募制を採用し、学生・スタッフの海外への派遣や海外研究者の受け入れを、国際活動支援班経費で積極的に支援した。ポスドクの雇用は対象外とした。希望される班員に「国際活動支援申請書（招聘）または（渡航）」を提出してもらい、総括班コアメンバーで審査を行いできる限り支援するようにした。

成果取りまとめ予算が認められれば、来年度に最終国際会議を開催する予定である。

会議報告：第 8 回公開シンポジウム・第 9 回若手セミナー

A03 班 朝日 剛

2019 年 1 月 25 日と 26 日に、大阪大学豊中キャンパス基礎工学部国際棟において、第 8 回公開シンポジウムと第 9 回若手セミナーが開催された。25 日午後から、宮坂博領域代表のあいさつに続いて、計画研究ならびに公募研究の研究代表者による口頭発表があった。本領域研究期間の最後の公開シンポジウムであることから、計画研究ではこの 5 年間の、公募研究では 2 年あるいは 4 年間の研究成果が報告された。25 日午後は A02 班の 11 件と A03 班の 5 件の研究課題、26 日午前には A03 班の 7 件と A01 班 11 件の研究課題の発表がそれぞれあった。各発表とも、質疑を含めて 10 分という短い時間の中で、各研究課題の目的と研究成果のエッセンスをまとめた分かりやすい発表であり、時間が過ぎるのも忘れるほど内容の濃いシンポジウムであった。25 日の夕刻には、各課題研究のポスター発表 33 件に加え、研究分担者・協力者の特色ある研究成果のポスター発表 26 件があり、それぞれのポスターの前で活発な討論がなされていた。また、特別講演者として高塚和夫先生（京都大学福井健一記念研究センター・教授）をお招きし、「時間領域の化学、分子の励起状態の非断熱電子波束ダイナミクス」の講演をいただいた。アト秒・フェムト秒時間スケールでの分子の反応ダイナミクスを正確に理解し記述する際の非断熱近似の限界と課題から始まり、それを克服するための最先端理論化学アプローチについて、非常に丁寧かつ分かりやすく解説していただいた。26 日午前の成果発表の後、評価グループの増原宏先生（台湾交通大学）、入江正浩先生（立教大学）、戸部義人先生（大阪大学）からそれぞれ講評をいただき、公開シンポジウムは盛況の中終了した。

26 日午後には、第 9 回若手セミナーが開催され、5 名の若手研究者による発表があった。いずれも本領域の次へとつながりうる研究成果が報告され、会場からも多くの質問があり活発な討論がなされた。最後に宮坂領域代表から総評があり全日程が終了した。



高塚和夫先生の特別講演



ポスター発表の様子

ニュース一覧

受賞

2019.1

中野英之 (室蘭工大:A02 班河合グループ分担者) 研究室の北村侑也さん(M2)が化学系学協会北海道支部 2019 年冬季研究発表会で優秀講演賞を受賞しました。

2018.12

柳井毅教授 (A01 班) が第 15 回日本学術振興会賞を受賞しました。
受賞タイトル:「多電子理論に基づく量子化学計算法の開発と大規模計算への開」

齊藤尚平准教授 (京都大 : A02 班) が The APA Prize for Young Scientists を受賞しました。

宮坂 博教授(大阪大:A01 班)が 10th Asian Photochemistry Conference で The Masuhara Lectureship Award, 2018 を受賞しました。

河合壮 (奈良先端大:A02 班) 研究室修了生の Patrick Dela Cruz Calupitan 博士がフランスの C'nano 賞を受賞しました。

記事掲載

2019.2

坂本雅典准教授 (京都大 : A01 班) グループの研究成果が「Nature Communications」のオンライン版に掲載され、日経新聞オンライン版 (2/13)、日経 XTECH (2/15)、日経産業新聞 (2/19) で紹介されました。

M. Sakamoto, T. Kawawaki, M. Kimura, J. J. M. Vequizo, H. Mitsunaga, C. S. Ranasinghe, A. Yamakata, H. Matsuzaki, A. Furube, and T. Teranishi
"Clear and transparent nanocrystals for infrared-responsive carrier transfer"
Nat. Commun. 2019, 10, 406

坂本雅典准教授 (京都大 : A01 班) グループの研究成果が JACS の supplementary cover として掲載され、日経新聞オンライン版 (2/4)、日経 XTECH (2/6) で紹介されました。

Z. Lian, M. Sakamoto, J. J. M. Vequizo, C. S. K. Ranasinghe, A. Yamakata, T. Nagai, K. Kimoto, Y. Kobayashi, N. Tamai, and T. Teranishi
"Plasmonic p-n Junction for Infrared Light to Chemical Energy Conversion"
J. Am. Chem. Soc. 2019, 141, 2446-2450. Cover Picture

2018.12

小林洋一准教授 (立命館大 : A03 班阿部グループ分担者)、宮坂博教授 (大阪大 : A01 班)、玉井尚登教授 (関学大 : A01 班) との共同研究が supplementary journal cover, 及び ACS live slide に選定されました。

Takuma Uno, Masafumi Koga, Hikaru Sotome, Hiroshi Miyasaka, Naoto Tamai, and Yoichi Kobayashi

"Stepwise Two-Photon-Induced Electron Transfer from Higher Excited States of Noncovalently Bound Porphyrin-CdS/ZnS Core/Shell Nanocrystal "
J. Phys. Chem. Lett., 2018, 9, 7098-7104

発行・企画編集

「高次複合光応答」事務局 松田建児 (A02 班) 京都大学 工学研究科
E-mail: secretariat@photosynergetics.jp