京都大学
KYOTO UNIVERSITY

KATSURA INT'TECH CENTER
ADVANCED ENGINEERING RESEARCH CENTER
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING

京都大学大学院 工学研究科 附属桂インテックセンター

元素ブロック研究会

プロジェクト代表： 田中　一生 （高分子化学専攻）

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

概要

有機ホウ素化合物やホウ素錯体、ホウ素クラスターと、π 共役電子系を巧みに組み合わせて得られる機能性ユニットは、その高分子化によって優れた発光特性や高い電荷輸送能など興味深い性質を数多く有するようになる。また、シロキサン結合からなる立方体型分子であるPOSSは、無機骨格であるPOSS核に対して有機合成的手法で有機官能基を導入可能であり、有機・無機成分を高度に制御した分子レベルでのハイブリッド材料であると言え、これを用いた他に類を見ない熱・光・電子物性を有するハイブリッド分子・高分子材料が創出されてきた。このように、ヘテロ元素を含有した機能の構成単位を「元素ブロック」とみなし、これらを精密に設計・合成・高分子化することによって、モルフォロジーや自己集合的に形成される凝集状態を制御した高次化により、特異な光・電子的性質の発現が期待できる。本研究では、このような元素ブロックを基盤とした新規材料の創出とともに、材料合成と機能評価、機能の予測や材料の素子化、情報のフィードバックによる材料設計指針の立案という研究サイクルの確立を行う。

構成員

氏 名	所属部局・職	電話番号	E-mail
田中一生	大学院工学研究科・教授	2604	tanaka@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp
権　正行	大学院工学研究科・助教	2610	gon@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp
伊藤　峻一郎	大学院工学研究科・助教	2608	ito@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp

達成状況

おおむね順調に進展している。

これまでに、pブロック金属（半金属）元素である13族元素（ホウ素・アルミニウム・ガリウム・インジウム）、14族元素（ケイ素・ゲルマニウム・スズ・鉛）、15族元素（アンチモン・ビスマス）を用いて様々な光機能性錯体を合成してきた。当初想定された、pブロック元素はすべて利用することができ、それぞれの元素に特徴的な性質・物性を見出した。また、これらの錯体のうち重合可能なものについて高分子の合成にも取り組み、フィルムとして成型加工が容易な光機能性材料の創出も達成した。このようにして得られた元素ブロック材料は、温度変化や機械的刺激、光、電気、粘性、極性、マイクロプラスチックなど、様々な外的環境の変化に伴って発光特性を変化させる特徴を持ち、これらの刺激に対するセンシングやプローブを可能にするものであると言える。さらに近年、このような元素ブロックを巧みに利用することにより、750 nm以上の近赤外領域で発光する材料が多数得られている。近赤外光は生体プローブや食糧生産、情報通信など広い分野において利用価値が高く、近年この領域で発光する材料の開発が渇望されている。本研究により、近赤外材料開発においても元素ブロック材料が有用であることが示されている。

外部資金獲得状況

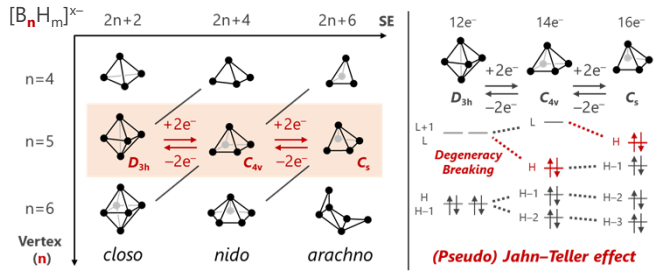
科研費：基盤研究（B）・挑戦的研究・若手研究、AMED：橋渡し研究、助成金：小笠原科学技術振興財団・旭硝子財団・他

令和7年度の研究活動及び主な成果

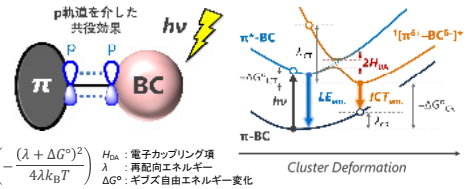
種々のホウ素クラスター骨格を元素ブロックとして利用したπ共役系分子の発光機能化

研究理念：ホウ素クラスターとπ共役系分子の統合

ホウ素クラスター(BC)　全価電子数: 3n+m+x 個
そのうち、n+m+x 個の電子がクラスター形成に利用されている。



✓励起ダイナミクスの理解
✓それぞれのBC骨格の特徴を最大限利用
⇒ 発光機能化へ

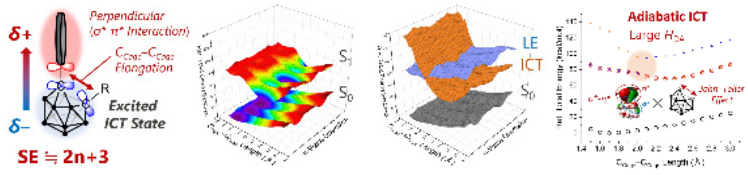


$$k_{ET} = \frac{2\pi}{\hbar}|H_{DA}|^2 \frac{1}{\sqrt{4\pi\lambda k_B T}} \exp\left(-\frac{(\lambda+\Delta G^\circ)^2}{4\lambda k_B T}\right)$$

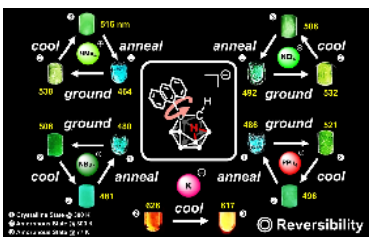
H_{DA}：電子カップリング項
λ：再配向エネルギー
ΔG°：ギブズ自由エネルギー変化

合成技術・光学測定・理論計算を駆使した発光機能創出

成果① 12頂点中性BC-π共役系分子連結体の励起ダイナミクスの解析とその起源の解明

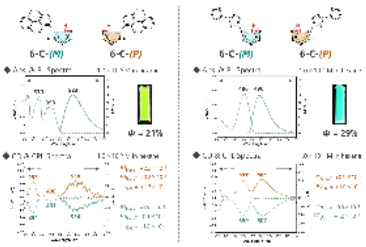


成果② アニオン性BCを利用した発光機能化



刺激応答固体発光を対カチオンの種類によって制御

成果③ キラルなBCを利用した発光機能化



稀有なクラスターキラルを利用して円偏光発光を実現

田中　一生

京都大学大学院工学研究科 高分子化学専攻　教授

E-mail: tanaka@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp

〒615-8530　京都市西京区京都大学桂
TEL：075-383-2604　FAX：075-383-2605
HP: https://poly.synchem.kyoto-u.ac.jp