

研究拠点形成事業
平成 28 年度 実施報告書
(平成 25～27 年度採択課題用)

A. 先端拠点形成型

1. 拠点機関

日 本 側 拠 点 機 関 :	名古屋大学
(ド イ ツ) 拠 点 機 関 :	ミュンスター大学
(カ ナ ダ) 拠 点 機 関 :	クィーンズ大学

2. 研究交流課題名

(和文) : 革新的触媒・機能分子創製のための元素機能攻究

(交流分野 : 有機化学)

(英文) : Elements Function for Transformative Catalysis and Materials

(交流分野 : Organic Chemistry)

研究交流課題に係るホームページ : <http://core.rcms.nagoya-u.ac.jp>

3. 採用期間

平成 26 年 4 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

(3 年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関 : 名古屋大学

実施組織代表者 (所属部局・職・氏名) : 総長・松尾清一

コーディネーター (所属部局・職・氏名) :

トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授・山口茂弘

協力機関 : 京都大学

事務組織 : 名古屋大学研究協力部研究支援課、名古屋大学理学部事務部

名古屋大学物質科学国際研究センター事務室

相手国側実施組織 (拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。)

(1) 国名 : ドイツ

拠点機関 : (英文) University of Muenster

(和文) ミュンスター大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

（英文） Organic Chemistry Institute・Professor・Frank GLORIUS

協力機関：（英文） Berlin University of Technology

（和文） ベルリン工科大学

経費負担区分（A型）：パターン1

（2）国名：カナダ

拠点機関：（英文） Queen's University

（和文） キーンズ大学

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：

（英文） Department of Chemistry・Professor・Cathleen CRUDDEN

経費負担区分（A型）：パターン1

5. 研究交流目標

5-1. 全期間を通じた研究交流目標

現代社会は、物質のもつ多様な性質の活用の上に成り立っている。真に優れた新規物質と機能の創出は、経済・産業活動、さらには我々の日常生活にも大きな影響を与え、高度化された文明社会の維持、発展という社会的要請に答えるものといえる。これに対し本事業では、持続可能な社会の実現に資する「グリーン物質変換のための革新的触媒開発」と「人々の暮らしを豊かにする機能性物質の開発」を究極目標に掲げ、元素機能の攻究という視点で切り拓く基礎研究と、それにより創出される物質群の材料科学・生命科学への応用研究に、強力な国際共同研究の推進により挑む。

分子性機能は、触媒機能であれ、光・電子機能であれ、究極的には元素固有の性質とその組み合わせに起因される。それら元素の個性を決定づける基本的性質・要素として、ルイス酸性、酸化還元、配位数、軌道相互作用などを挙げ、これらの視点から遷移金属、典型元素の特性を追究することにより、秀逸な分子系の創出、分子性機能の発現につなげる。これが本事業で掲げる元素機能の攻究である。分子科学は多様な物質を扱う学問であり、元来個別的に発展してきたが、それら従来のアプローチとは異なり、元素機能という統一的視点からの探求により、元素選択則の深い理解が可能となり、触媒、機能性物質の新たな分子設計へとつながるはずである。この切り口をもとに、(i) 高効率触媒および (ii) 光・電子機能性物質の創出を目指した基礎研究と、(iii) 有機エレクトロニクスや高機能ポリマー、(iv) 生物活性物質の探索など、材料科学・生命科学への展開を指向した応用研究を、基礎と応用の双方向性を縦糸に、国際的な連携を横糸に統括的に推進し、触媒・機能分子創製の国際先導研究拠点を形成する。

5-2. 平成28年度研究交流目標

＜研究協力体制の構築＞

名古屋大とミュンスター大とはこれまで実施してきた「日独共同大学院プログラム」、「頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム」での活動を通じて、強固な共同研究体制がすでにできあがっている。26年度をもってドイツ側のこれまでの基幹プログラムであった IRTG プログラムが終了したため、これまでのアクティビティをいかに維持／強化するかが課題であるが、昨年度はミュンスターにおいて有意義なジョイントシンポジウムも実施し、順調に活発な共同研究を実施できた。28年度は、カナダクィーンズ大にて、ミュンスター・ベルリン工科大・クィーンズ大・京大・名大のメンバーが集うジョイントシンポジウムを開催し、さらに研究を加速する。この機会では、地元クィーンズ大より JESSOP 教授や EVANS 教授にも参加してもらい、交流の輪を広げることを計画している。これらのメンバーで、元素機能の攻究という切り口の下、多角的な研究展開により触媒・機能分子創製の新たな地平の開拓に挑む。

＜学術的観点＞

本事業では、(1)元素の特性を活かした触媒機能の攻究、(2)元素の特性を活かした光・電子機能の攻究、そして、(3)材料科学・生命科学への応用展開の3つを柱に取り組む。遷移金属錯体の配位環境、酸化還元特性や、典型元素化合物のルイス酸性といった要素を構造修飾により最適化することで、高い触媒機能を実現する。また、遷移金属や典型元素の特異な軌道相互作用を活かした分子設計により、特徴的な電子構造をもつ分子系を創出し、優れた光・電子機能を実現する。さらに、有機エレクトロニクス、高機能ポリマー、ソフトマテリアル、表面科学、ケミカルバイオロジーへの展開を図り、(1)、(2)で創出する物質群の価値を高める。これらの目標のうち、昨年度までに光・電子機能性材料、触媒反応、生理活性物質の開発、リビングラジカル重合に関して特に進展が見られた。本年度は、前年度に引き続きこれまで展開してきた研究を継続的に拡大・発展させるとともに、研究活動の新たな基盤となるシーズの探索に力を入れる。

＜若手研究者育成＞

本事業では、触媒、機能性分子、材料・生命科学への応用を3本柱として共同研究を進める。このような縦割り、化学を深く掘り下げる上では重要であるが、幅広い視野をもった人材育成という点では問題である。そこで、本事業を推進する意味の一つとして、この3項目を通した幅広い研究能力を養成するため、大学院生や博士研究員、若手研究員を対象に2～5ヶ月程度の相互派遣を項目間で行う。この研究者交流を通して、リーダー人材養成と共同研究の推進に努める。また、若手研究者間の自立的共同研究プロポーザル制度を今年度も実施し、若手研究者により有効活用してもらうように努める。そのためにジョイントシンポジウムをうまく利用し、共同研究についての議論を行う。

＜その他（社会貢献や独自の目的等）＞

本事業の成功の要は、グループ間での密な共同研究の実行にある。これまで名大-ミュンスター大-ベルリン工科大間で培ってきた共同研究の土壌をうまく京大、クィーンズ大も含め

た五大学体制へと拡張することに力を入れ、円滑に移行できたと考えている。名古屋大学で推進している WPI 事業や、文部科学省特別経費「統合物質創製化学推進事業」と連動させて多角的に研究展開を図ることで、国際化における理想的な研究環境の構築に引き続き全力で取り組みたい。

6. 平成28年度研究交流成果

6-1 研究協力体制の構築状況

名古屋大学-京都大学-ミュンスター大-ベルリン工科大-クイーンズ大の5拠点の連携で進めている本プロジェクトでは、初年度は、これまでのフレームワークに新たに京大-クイーンズ大の2拠点が加わったことから、その連携の強化・拡大を強力に推進することを目的に、2回の合同シンポジウムを名古屋、ドイツで開催し、円滑なスタートを切った。27年度も、これまでの「日独共同大学院プログラム」、「頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム」で推進してきた共同研究を引き続き遂行するとともに、新たなメンバーを加え、いくつかの新規共同プロジェクトをスタートさせた。特に、27年にミュンスターで開催したジョイントシンポジウムでは、ミュンスター側がカナダ・トロント大と新たに始めた IRTG プログラムとの拡大ジョイントシンポジウムを開催し、ミュンスター・ベルリン工科大・クイーンズ大・トロント大・京大・名大の6拠点のメンバーが一同に会し、極めて有意義な共同研究の打ち合せの機会をもつことができた。3年目となる28年度は、カナダ・クイーンズ大で初めてとなるジョイントシンポジウムをクイーンズ大の化学科教員・学生にも広く参加してもらい、本活動を宣伝することができた。また、名大山口-ベルリン工科大 OESTREICH グループ、名大唯-ミュンスター GLORIUS グループなど、新たな共同研究体制を構築することができた。

6-2 学術面の成果

本事業では、(1)元素の特性を活かした触媒機能の攻究、(2)元素の特性を活かした光・電子機能の攻究、そして、(3)材料科学・生命科学への応用展開の3つを柱に取り組んでいる。本年度も引き続き、高機能性触媒の開発や、生理活性物質の探索、機能性典型元素化合物の創製、ラジカル重合法の機構解明といったテーマに取り組んだ。これらの28年度の主な成果、実施状況は以下の通りである。

山口グループとミュンスター大 ERKER グループ、クイーンズ大 WANG グループの間で、共通の関心であるホウ素化合物の機能性について継続的に共同研究を実施した。特に、クイーンズ大で開催したジョイントシンポジウムの際には密に議論し、ホウ素化合物の光反応性に関する有益な示唆をいただいた。その成果を現在論文に纏め上げているところである。また、ERKER グループから博士研究員として研究に参画した YANEZ の耐光性発光性有機材料の開発研究の成果は *Inorg. Chem.* 誌へ掲載された。また、これまで STUDER グループと進めてきた共同研究であるリン架橋ビオロゲンの合成研究の成果も、*Chem. Eur. J.* 誌に掲載された。さらに昨年度 GLORIUS グループに大崎（博士学生）を派遣して開始した研究は、YANEZ の帰国後も密に連絡を取り合いながら進め、蛍光性脂肪酸プローブの開発へ

と展開し、有用な蛍光プローブとして花開こうとしている。次年度も引き続き共同研究を展開する予定でいる。さらには、本年度のジョインとシンポジウムの際の議論をもとに開始された OESTREICH グループとの共同研究では、小笠原（博士学生）を2ヶ月間派遣し着手した。超耐光性蛍光プローブの開発に引き続き取り組む予定でいる。

斎藤グループでは、 π 共役系色素分子合成のための触媒反応開発を進める CRUDDEN・JESSOP グループから CO_2 の固定化に有用なポリ（エチレンイミン）の提供を受け、これらポリマー鎖に含まれる複数の二級アミンのポリ N-メチル化を、独自に開発した金属担持半導体光触媒を用いて検討した。現在そのポリメチル化体の構造の同定を進めている。一方で、H27年度に斎藤グループから派遣した鳴戸（博士学生）が見出した、30種類以上の触媒の性能を one batch で初期的に判断する High-throughput screening 法を用いて、卑金属源を用いるカルボン酸の水素化を CRUDDEN・JESSOP 研究室で引き続き進めてきた。また斎藤-WUENSCH らの共同研究チームから H28 年度にはジエチレンイミン骨格の立体選択的合成に関わる三編の共著論文を国際学術雑誌で H28 年度中に発表した。斎藤グループでオキサゾリン骨格の多様化に向けた触媒反応の開発を進め、opioid 受容体のアゴニストもしくはアンタゴニスト候補分子の化合物ライブラリー構築を推進した。

田中グループは引き続きミュンスター大 RAVOO グループと 1) ホスト-ゲスト化学をもとにした液晶性分子組織構築と、2) 金属錯体超分子構造の構築の2つについて継続的に共同して進めている。

山子グループは、クィーンズ大 CRUDDEN・CUNNINGHAM グループと有機テルル化合物を用いたリビングラジカル重合の水溶液重合系への適応の拡大について検討を行った。その結果、メタクリル酸エステル系モノマーのエマルジョン重合のみならず、重合速度が極めて早いアクリル酸エステル系モノマー、および水との親和性の低いスチレンモノマーのエマルジョン重合の制御に成功した。さらに、水溶性モノマーを水中均一系で重合を制御して行うことが可能である予備的な検討結果を得た。重合速度の予想外の促進など、基礎化学的にも応用的にも興味深い結果を含んでいる。

若宮グループでは WANG グループとの共同研究で培った含ホウ素 π 電子系の光物性に関する知見をもとに、分子内 B-N 配位結合に可逆性をもたせた分子を新たに開発し、これがクロミック現象を示すことを見出した。また、分子内 B-N 配位結合の形成による高い電子受容性の発現に着目し、アザフルベン二量体構造を利用した安定な近赤外色素を開発した。さらに、名古屋大の山口教授と連携を進めてきた、一連の分子内 B-N 配位結合をもつ独自の色素材料について、これらを用いた色素増感型太陽電池デバイスを作製し、材料の電子構造特性と光電変換特性との相関関係を明らかにすることができた。

この他に、唯グループがミュンスター大の GLORIUS グループと共同研究を開始し、GLORIUS グループが開発した N-ヘテロサイクリックカルベンを利用した不均一系固体触媒の反応性チューニングの研究を行った。学生・スタッフの相互派遣によって共同研究を進め、これまでに塩基性表面に担持した Ru 触媒の活性と選択性を N-ヘテロサイクリックカルベンの修飾によってチューニングできることを見出した。成果は *J. Am. Chem. Soc.* 誌に速報として掲載され、*SYNFACT of the month* にも選ばれ国際的に高い評価を受けた。引き続

き共同研究を強力に推進して行く予定である。また、中村グループもジョイントシンポジウムの際に CRUDDEN・JESSOP グループと議論を進め、バイオマスの変換反応の開発について共同研究を開始することとなった。名大の斎藤グループとの国内連携も含めて推進する予定でいる。

6-3 若手研究者育成

本事業では、触媒、機能性分子、材料・生命科学への応用を3本柱として共同研究を進めている。これらの3項目を通して幅広い研究能力を養成するため、大学院生などの若手研究者を2、3ヶ月程度の相互派遣を項目間で行うことを進めている。例えば、今年度は、カナダで開催したジョイントシンポジウムの際の議論をもとに山口グループと OESTREICH グループとの間で共同研究を行うことになり、小笠原（博士学生）を2ヶ月派遣し着手した。硫黄を含む平面ラダー型 π 共役分子のキラル化と超耐光性の付与に関する研究であり、OESTREICH グループが得意とする求電子的環化反応によるキラル分子の合成手法を学んできた。現在、帰国後も引き続き検討を続け、標的化合物の合成に取り組んでいるところである。また、昨年度、同じく山口グループからミュンスター大 GLORIUS グループへ大崎（博士学生）を派遣し、GLORIUS グループで合成を達成した窒素置換ピレンの蛍光性脂肪酸プローブへの応用を実施してきたが、帰国後も大崎が中心となり、ミュンスターの学生と密に連絡を取り合い、共同研究の推進に貢献してきた。まさに、学生が中心となった国際共同研究であり、この経験をもとに同君の研究力が大幅に伸びたと評価できる。この他にも、唯グループから助教の邨次をミュンスター大へと短期派遣（1週間）し、GLORIUS グループとの議論を進め、塩基性表面に担持した Ru 触媒の活性と選択性の制御に関する共同研究の成果を纏め上げるなど、着実に若手研究者が活躍している。引き続きこの関係をより5拠点の中でより強固にしていくことにより、世界で活躍する力をもった若手研究者をより多く社会に送り出したい。

6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

本事業で力を入れて推進してきたのは、これまで名大-ミュンスター大-ベルリン工科大間で培ってきた共同研究基盤をうまく京大、クィーンズ大も含めた五大学体制へと円滑に拡張することである。これまでに、京大の山子グループや若宮グループとクィーンズ大との交流も順調にスタートし、本年度のジョイントシンポジウムの際の議論を経て、さらに京大、クィーンズ大との連携も進みつつある。また、名古屋大学と京都大学が参画して発足した「統合物質創製化学研究推進機構」も順調にスタートした。この機構のシンポジウム等の機会も、本事業のメンバーが介して共同研究の議論を進めるよい機会となっている。実際、山口-若宮や伊丹-若宮などの間で共同研究が進んでいる。本プロジェクトと周辺に関連するプロジェクトが有機的に連携し、順調に進んでいるものと考えている。

6-5 今後の課題・問題点

これまで名古屋大学とミュンスター大学、ベルリン工科大学（ドイツ）との間で進めてきた「日独共同大学院プログラム」、「頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム」の活動はすでに国際的にも高い認知度を得ていると考えている。本事業の課題は、この基盤をクィーンズ大、京大を加えさらに発展させた形でいかにビジブルなものにでき

るかであると考えている。本年度も、クィーンズ大で開催したジョイントシンポジウムを北アメリカホウ素化学国際会議と同時開催するなどの工夫をして、成果の発信に努めた。今後も多方向的な共同研究を推進し、より多くの優れた成果を世界に発信することにより、研究ネットワークのレジリエンスの向上に努めたい。そのためには、若手研究者・学生の派遣を機軸にした強力な研究推進が肝要であるが、派遣できる博士学生が限られているのも現状である。より本事業の活動を学生に宣伝し、博士学生を増やすことにも注力していきたい。

6-6 本研究交流事業により発表された論文等

- (1) 平成28年度に学術雑誌等に発表した論文・著書 7 本
うち、相手国参加研究者との共著 7 本
- (2) 平成28年度の国際会議における発表 4 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 0 件
- (3) 平成28年度の国内学会・シンポジウム等における発表 2 件
うち、相手国参加研究者との共同発表 2 件

7. 平成28年度研究交流実績状況

7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平成 28 年度
研究課題名	(和文) 有機ホウ素 π 電子系の光電子機能				
	(英文) Optoelectronic Functions of Organoboron π -Electron Materials				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 山口茂弘・名古屋大学・教授				
	(英文) Shigehiro YAMAGUCHI・Nagoya University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Suning WANG・Queen's University・Professor Gerhard ERKER・University of Muenster・Professor				
28年度の 研究交流活動	山口グループとミュンスター大 ERKER グループ、クイーンズ大 WANG グループの間で、共通の関心であるホウ素化合物の機能性について継続的に共同研究を実施した。特に、クイーンズ大で開催したジョイントシンポジウムの際には密に議論し、ホウ素化合物の光反応性に関する有益な示唆をいただいた。その成果を現在論文に纏め上げているところである。また、ERKER グループから研究に参画した YANEZ (博士研究員) の耐光性発光性有機材料の開発研究の成果は <i>Inorg. Chem.</i> 誌へ掲載された。また、これまで STUDER グループと進めてきた共同研究であるリン架橋ビオロゲンの合成研究の成果も、 <i>Chem. Eur. J.</i> 誌に掲載された。				
28年度の研 究交流活動か ら得られた成 果	山口グループでは、これまでに、ホウ素化合物の新たな光反応様式として bora-Nazarov 反応を報告しているが、この一般性の検証の過程で、[1,6]シグマトロピー転位型で進行する反応を見だし、その詳細の検討を続けてきた。反応機構の詳細な検討の結果から中間体に関する知見を得ることができた。また、山口グループで進めている、超耐光性蛍光色素の開発における典型元素の効果や、電子受容性 π 電子系の合成等を達成し、それらの知見を論文として発表した。				

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平 28 年度
研究課題名	(和文) 天然アミノ酸誘導体合成に基づく不斉分子ライブラリーの構築, およびその生理活性評価と CO ₂ 資源化への応用				
	(英文) Directed Construction of Molecular Library of Chiral Oligoamines and Non-natural Oligopeptides derived from Natural Amino Acids for Producing Bioactive Compounds and CO ₂ Immobilization as Carbon Resource				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 斎藤進・名古屋大学・教授				
	(英文) Susumu SAITO・Nagoya University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Bernhard WUENSCH・University of Muenster・Professor				
	Cathleen CRUDDEN・Queen's University・Professor Philip JESSOP・Queen's University・Professor				
28年度の 研究交流活動	斎藤-WUENSCH らの共同研究チームでは、opioid 受容体 (μ, δ, κ) や σ_1 および σ_2 受容体のアゴニストもしくはアンタゴニストの候補となる不斉分子群ライブラリーの迅速合成法の開発 (斎藤グループ) と各受容体群のバイオアッセイ系を利用したそれら不斉分子群の生理活性評価 (競合阻害試験) (WUENSCH グループ) を推進した。様々な立体構造と置換基をもつジ (エチレンイミン) 骨格を立体選択的に合成 (斎藤グループ・WUENSCH グループ) し、それら化合物群の生理活性評価を行った (WUENSCH グループ)。斎藤グループが合成した別の生理活性候補化合物群も WUENSCH グループ送付しており、バイオアッセイ試験を進めているところである。現在、opioid 受容体に働く「鎖状」リード化合物を見つける目的で、光学活性な非天然オリゴペプチドの触媒的合成法の開発研究も進めている (斎藤グループ)。 一方、斎藤-JESSOP/CRUDDEN らの共同研究チームでは、カナダグループから直鎖型および分岐型のポリ (エチレンイミン) を受け取り、これらポリアミン類の多 N-メチル化を、金属担持半導体光触媒と MeOH を用いて行った (斎藤グループ)。塩廃棄物なしで反応が進行し、分離・精製が容易な手法となり得ることをこれまでに明らかにしている。現在その複雑な高分子骨格の構造決定について名古屋と Kingston の間で web 会議を行い、議論を進めている。				

28年度の 研究交流活動 から得られた 成果	光学活性ジ（エチレンイミン）骨格の立体選択的合成を、いくつかの異なる合成法により成功した。得られた化合物のバイオアッセイ評価をした結果を、2016年度は三編の共著学術論文として纏め上げ発表した。 ・天然アミノ酸由来のオリゴペプチドのセリン残基やスレオニン残基を足がかりとした分子内脱水環化に基づく効果的なオキサゾリン構築やオキサゾリジン構築が、有機分子触媒で十分に進行することを証明した。 ・吸湿性が高く取り扱いが難しいポリアミン類の多N-メチル化が、近紫外光照射下、金属担持半導体光触媒と MeOH/H₂O 系を用いて十分に進行することを証明した。環状オリゴ（エチレンイミン）でもあるアザクラウンエーテルでもきれいに多N-メチル化が進行する。
---------------------------------	---

整理番号	R-3	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平成 28 年度
研究課題名	（和文） ホスト-ゲスト相互作用を利用した超分子液晶の創製				
	（英文） Supramolecular Liquid Crystal Formation Induced by Host-Guest Chemistry				
日本側代表者 氏名・所属・ 職	（和文） 田中健太郎・名古屋大学・教授				
	（英文） Kentaro TANAKA・Nagoya University・Professor				
相手国側代表 者 氏名・所属・ 職	（英文） Bart Jan RAVOO・University of Muenster・Professor				
28年度の 研究交流活動	田中研究室に 26 年度に 6 ヶ月間滞在した RAVOO 研究室の Till BOECKERMANN（博士課程学生）および1名の博士課程学生と、田中研究室メンバーが本研究に参画し、共同研究として表記研究を継続して実施してきた。RAVOO 研究室で開発した液晶性シクロデキストリンを用い、田中研究室でホスト-ゲスト化学をもとにした液晶性分子組織構築を進めている。また、磁性金属錯体型ゲスト分子などの組織化による高次分子機能の発現についての研究を展開した。				

28年度の 研究交流活動 から得られた 成果	本研究で創出が期待される、磁場や光、ゲスト分子などの外部刺激に応答して、相構造や流動性が大きく変化するソフトマテリアルは、新しい反応媒体や光学材料や磁性材料としての利用が考えられる。これまでの共同研究を発展させた分子デザインを行い、新しい超分子的ソフトマテリアルの拡張を目指した。42nd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2016, Brest, France)において、招待講演として田中が研究成果を報告した。また、本プロジェクトのシンポジウムにおいても、田中と三原（博士後期課程3年）が、それぞれ口頭発表を行い、プロジェクトメンバーの研究者との情報共有を行った。
---------------------------------	---

整理番号	R-4	研究開始年度	平成27年度	研究終了年度	平成29年度
研究課題名	(和文) 有機テルル化合物を用いた水系でのリビングラジカル重合 (英文) Organotellurium-mediated living radical polymerization in aqueous media				
日本側代表者 氏名・所属・ 職	(和文) 山子 茂・京都大学・教授 (英文) Shigeru YAMAGO・Kyoto University・Professor				
相手国側代表 者 氏名・所属・ 職	(英文) Cathleen CRUDDEN・Queen's University・Professor Michael CUNNINGHAM・Queen's University・Professor				

28年度の 研究交流活動	カナダ・クィーンズ大で開催された、ミュンスター・ベルリン工科大・クィーンズ大・京大・名大のメンバーが集うジョイントシンポジウムの機会を利用し、山子が CRUDDEN・CUNNINGHAM 両教授とこれまで共同研究を行っている有機テルル化合物を用いたエマルジョン重合に関するディスカッションを行うとともに、ラジカル重合の停止機構や、リビングラジカル重合における触媒分離法等に関する新しい共同研究の可能性について議論を行った。
28年度の 研究交流活動 から得られた 成果	有機テルル化合物を用いたリビングラジカル重合の水溶液重合系への適応の拡大について検討を行った。その結果、メタクリル酸エステル系モノマーのエマルジョン重合のみならず、重合速度が極めて早いアクリル酸エステル系モノマー、および水との親和性の低いスチレンモノマーのエマルジョン重合の制御に成功した。さらに、水溶性モノマーを水中均一系で重合を制御して行うことが可能である予備的な検討結果を得た。重合速度の予想外の促進など、基礎化学的にも応用的にも興味深い結果を含んでいる。

整理番号	R-5	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平成 28 年度
研究課題名	(和文) 高選択的反応を用いた有機エレクトロニクス材料開発 (英文) Development of Organic Electronics Materials based on Highly Selective Reaction				
日本側代表者 氏名・所属・ 職	(和文) 若宮淳志・京都大学・准教授 (英文) Atsushi WAKAMIYA・Kyoto University・Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職	(英文) Cathleen CRUDDEN・Queen's University・Professor Suning WANG・Queen's University・Professor				

28年度の 研究交流活動	平成28年度6月にカナダ・クィーンズ大で開催された本プロジェクトの合同シンポジウムに、当グループから若宮の他、WANG 教授の研究室に平成26年の夏に留学していた下河（博士学生）も参加し、WANG 教授、CRUDDEN 教授、WANG グループ学生と機能性有機ホウ素材料化学の分子設計および合成法の最近の進捗について詳細な意見交換を行うことができた。また、同シンポジウムで、若宮は、近年注目を集めているペロブスカイト太陽電池の高効率化に求められるp型有機半導体材料の電子物性とその分子設計の考え方について発表し、カナダ、ドイツおよび日本から参加している本グループの合成化学研究者と情報提供を行った。
28年度の 研究交流活動 から得られた 成果	H26年にWANG グループの研究室に留学した下河は、帰国後、WANG グループで学んだ有機ホウ素化合物の光物性研究をもとに、新たな機能性有機ホウ素化合物の設計と開発に取り組んだ。H28年度には、用いるπ共役骨格とホウ素上の置換基の立体効果を工夫することで、窒素からホウ素への分子内B-N配位結合の形成に可逆性をもたせることが可能となり、これにより、クロミック現象を示す材料の開発に成功した。また、BF₂基で架橋することでアザフルベン二量体の構造寄与が発現し、著しく高い電子受容性をもつ骨格を新たに設計、開発し、これを用いた近赤外吸収材料の開発に成功した。本材料は、光安定性が高く、可視光領域にはほとんど吸収をもたないといった特徴をもつことを明らかにした。 さらに、国内の山口グループと連携して進めてきた分子内B-N配位結合を鍵電子受容性骨格に用いた色素増感型太陽電池のための一連の有機色素材料を開発し、その光電変換特性についても詳細に検討した。

整理番号	R-6	研究開始年度	平成27年度	研究終了年度	平成28年度
研究課題名	(和文) 強発光エキシマーの開発と蛍光寿命エンジニアリング (英文) Development of high fluorescent excimers and fluorescence lifetime engineering				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 山口茂弘・名古屋大学・教授 (英文) Shigehiro YAMAGUCHI・Nagoya University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Frank GLORIUS・University of Muenster・Professor				

28年度の 研究交流活動	ミュンスター大 GLORIUS グループでは、26 年度にフェニルピリジン類の C-H 活性化反応により含窒素ピレン誘導体の初めての合成法の開発に成功した。この骨格は新たな蛍光性骨格として有望である。特にピレン母骨格と同様に強いエキシマー発光を示すのであれば、多様な展開が考えられる。そこで、そのエキシマー発光発現の可能性について、山口グループと共同して実施することとした。27 年度には、山口グループから大崎（博士学生）を派遣し、密な共同研究を推進した。大崎が帰国後も、同君が中心となり最新の成果を密に共有して議論を進め、脂肪酸代謝蛍光性プローブの開発へとつなげた。
28年度の 研究交流活動 から得られた 成果	山口グループでは、二つの蛍光性骨格を二つのアルキレン鎖で連結して大環状骨格を形成することにより、強いエキシマー発光の実現が可能であることを確立しつつある。この成果を論文として発表した。 また、この手法を GLORIUS グループで合成を達成した含窒素ピレンにする過程で、この化合物群が負の溶媒効果を示し、かつ溶媒の極性に関係なく強い蛍光を示すことができる特異な蛍光団であることを明らかにした。そして、この骨格に長鎖脂肪酸を導入することに着想し、脂質の生成過程を追跡する蛍光プローブの開発に成功した。現在、この研究の生物学的実験の検証を進め、纏め上げている途中である。

7-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「革新的触媒・機能分子創製のための元素機能攻究」 (英文) JSPS Core-to-Core Program “Elements Functions for Transformative Catalysis and Materials”
開催期間	平成28年6月29日(1日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) カナダ、キングストン、クィーンズ大学 (英文) Canada, Kingston, Queen's University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 山口茂弘・名古屋大学・教授 (英文) Shigehiro Yamaguchi・Nagoya University・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) Cathleen CRUDDEN・Queen's University・Professor

参加者数

派遣先□ 派遣元□		セミナー開催国 (カナダ□)
日本 〈人／人日〉	A.	11/ 64
	B.	
ドイツ 〈人／人日〉	A.	5/ 25
	B.	
カナダ 〈人／人日〉	A.	3/ 3
	B.	120
合計 〈人／人日〉	A.	19/ 89
	B.	120

A. 本事業参加者(参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者(参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間(渡航日、帰国日を含めた期間)としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	今回のシンポジウムは、カナダ・クィーンズ大学で開催される“Boron in the Americas – Boram 2016” の開催（6 月 25 日－ 28 日）に合わせて行い、上記シンポジウムの参加者も招待しつつ、広く本プログラムの研究テーマに対する意見交換等を充実させて、今後のプログラム進捗をさらに加速させるものとする。		
セミナーの成果	進行する共同研究のメンバー同士が顔を合わせてディスカッションする事により、研究進捗のスピードアップなどを期待したが、実際に直接的なやり取りにより、実験内容や実験結果の検証の仕方等の共同研究過程での細かな点についての意見交換や、それらをもとにした新たな研究の方向性について議論することができた。 また、共同研究者同士の綿密な打合せの中で、今後の進捗状況を見極めながら研究員を現地へ直接派遣して実験をすすめるということが実際に行われた。		
セミナーの運営組織	本セミナーでは、事前の計画通りカナダ側のコーディネーターである Cathleen CRUDDEN 教授をリーダーとし、同じくクィーンズ大学のメンバーである Suning Wang 教授も中心となりながら、セミナー全般の運営が行われた。日本からの参加者は名古屋大学が中心となっており、ドイツからの参加者はミュンスター大学が担当となりとりまとめられた。		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 外国旅費 外国旅費に係る消費税	金額 4,500,000 円 360,000 円 合計 4,860,000 円
	(ドイツ) 側	内容 外国旅費	
	(カナダ) 側	内容 会議費	

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外でどのような交流（日本国内の交流を含む）を行ったか記入してください。

日数	派遣研究者		訪問先・内容		派遣先
	氏名・所属・職名		氏名・所属・職名	内容	
4 日間	斎藤進	名古屋大学大学院理学研究科・教授	The 7th Annual Global Congress of Catalysis (Korea International Exhibition Center)	研究に関する情報収集	韓国
9 日間	田中健太郎	名古屋大学大学院理学研究科・教授	42nd International Conference on Coordination Chemistry (Le Quartz congres)	招待講演と情報収集	フランス

7-4 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

中間評価では、想定以上の進展があると高く評価いただいた。これまでのドイツとの連携とともにカナダや京大との連携も加わり、共同研究が円滑に進み、当該分野の学術の進歩に貢献していることが高く評価された。一方で、個人間の交流ではなく、より多くの研究者間の国際共同研究の推進の必要性も指摘された。この点に関しては、国内で名大と京大が参画して実施している統合物質創製化学研究機構の活動と連動させながら、共同研究の推進の可能性を模索しており、実際、名大の斎藤グループと京大の中村グループとの連携の可能性も検討されつつある。また、名大の山口グループと京大の若宮グループとの間の有機電子材料のデバイス応用への展開に関する研究についても引き続き検討されている。より本事業の国内での認知度を上げ、日本側の拠点教員間で目標と成果の共有を行うためにも国内シンポジウムを開催する予定でいる。若手研究者の養成についても、学生の単なる海外セミナーへの派遣だけでは不十分であるので、中長期の派遣を行い、自身が研究を主体的に駆動させる経験を積めるように活動を継続したい。これらの取り組みにより、国際拠点としてふさわしい活動をより強化したいと考えている。

8. 平成28年度研究交流実績総人数・人日数

8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	四半期	日本	ドイツ	カナダ	韓国(第3国)	フランス(第3国)	合計
日本	1		1/ 27 ()	11/ 64 ()	1/ 4 ()	()	13/ 95 (0/ 0)
	2		()	()	()	1/ 9 ()	1/ 9 (0/ 0)
	3		()	()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4		4/ 87 ()	()	()	()	4/ 87 (0/ 0)
	計		5/ 114 (0/ 0)	11/ 64 (0/ 0)	1/ 4 (0/ 0)	1/ 9 (0/ 0)	18/ 191 (0/ 0)
ドイツ	1	(1/ 3)		()	()	()	0/ 0 (1/ 3)
	2	()		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4	()		()	()	()	0/ 0 (0/ 0)
	計	0/ 0 (1/ 3)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (1/ 3)
カナダ	1	(1/ 14)	()		()	()	0/ 0 (1/ 14)
	2	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	4	()	()		()	()	0/ 0 (0/ 0)
	計	0/ 0 (1/ 14)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (1/ 14)
	1	()	()	()		()	0/ 0 (0/ 0)
	2	()	()	()		()	0/ 0 (0/ 0)
	3	()	()	()		()	0/ 0 (0/ 0)
	4	()	()	()		()	0/ 0 (0/ 0)
	計	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)		0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)
合計	1	0/ 0 (2/ 17)	1/ 27 (0/ 0)	11/ 64 (0/ 0)	1/ 4 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	13/ 95 (2/ 17)
	2	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	1/ 9 (0/ 0)	1/ 9 (0/ 0)
	3	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)
	4	0/ 0 (0/ 0)	4/ 87 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	0/ 0 (0/ 0)	4/ 87 (0/ 0)
	計	0/ 0 (2/ 17)	5/ 114 (0/ 0)	11/ 64 (0/ 0)	1/ 4 (0/ 0)	1/ 9 (0/ 0)	18/ 191 (2/ 17)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※相手国側マッチングファンドなど、本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
0/ 0 ()	0/ 0 ()	0/ 0 ()	0/ 0 ()	0/ 0 (0/ 0)

9. 平成28年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	51,180	
	外国旅費	8,277,171	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	5,961,721	
	その他の経費	60,554	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	649,374	
	計	15,000,000	
業務委託手数料		1,500,000	
合 計		16,500,000	

10. 平成28年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成28年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
ドイツ	7, 7 5 9 [ユーロ]	9 0 0, 0 0 0円相当
カナダ	3, 6 5 8 [カナダドル]	3 0 0, 0 0 0円相当

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。