

**平成 30 年度研究拠点形成事業
(A. 先端拠点形成型) 実施報告書**

1. 拠点機関

日本側拠点機関 :	京都大学化学研究所
(英国)側拠点機関 :	エジンバラ大学
(フランス)側拠点機関 :	モンペリエ大学
(ドイツ)側拠点機関 :	マックスプランク固体研究所
(台湾)側拠点機関 :	国立台湾大学

2. 研究交流課題名

(和文) : 遷移金属酸化物の固体化学：新物質探索と革新的機能探求

(英文) : Solid-state chemistry for transition-metal oxides: Exploring for new material with novel functionalities

研究交流課題に係るウェブサイト :

<http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~shimakgr/C2C/indexC2C.html>

<http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~shimakgr/index.html>

3. 採択期間

平成 28 年 4 月 1 日 ~ 平成 33 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 : 京都大学化学研究所

実施組織代表者 (所属部局・職名・氏名) : 化学研究所・所長・辻井 敬亘

コーディネーター (所属部局・職名・氏名) : 化学研究所・教授・島川 祐一

協力機関 : 東京大学物性研究所・東京大学大学院理学研究科・

京都大学大学院工学研究科

事務組織 : 京都大学宇治地区事務部研究協力課

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 : 英国

拠点機関 : (英文) University of Edinburgh

(和文) エジンバラ大学

コーディネーター (所属部局・職名・氏名) : (英文) Centre for Science at Extreme

Conditions and School of Chemistry • Professor • J. Paul ATTFIELD

協力機関：(英文) ISIS neutron facility, Heriot Watt University, Aberdeen University,
Warwick University, Queen Mary University of London

(和文) ISIS 中性子施設、ヘリオットワット大学、アバディーン大学、
ワーウィック大学、クイーンマリー大学ロンドン

経費負担区分：パターン 1

(2) 国名：フランス

拠点機関：(英文) University of Montpellier

(和文) モンペリエ大学

コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：(英文) Institute Charles Gerhardt • Professor •
Werner PAULUS

協力機関：(英文) Erasmus-Mundus MaMaSELF consortium (University Rennes, Technical
University Munchen, University Torino, Ludwig Maximilians University
at Munchen)

(和文) MaMaSELF (レンヌ大学 (フランス)、ミュンヘン工科大学 (ドイツ)、
トリノ大学 (イタリア)、ルートヴィヒ・マクシミリアン大学ミュンヘ
ン (ドイツ))

経費負担区分：パターン 1

(3) 国名：ドイツ

拠点機関：(英文) Max-Planck-Institute for solid state research

(和文) マックスプランク固体研究所

コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：(英文) Max-Planck-Institute for solid state
research • Director • Hidenori TAKAGI

協力機関：(英文) なし

(和文) なし

経費負担区分：パターン 1

(4) 国名：台湾

拠点機関：(英文) National Taiwan University

(和文) 国立台湾大学

コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：(英文) Department of Chemistry • Professor
• Ru-Shi LIU

協力機関：(英文) National Synchrotron Radiation Research Center

(和文) 国立放射光研究センター

経費負担区分：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

本研究交流では、主として遷移金属酸化物材料を対象に、物質合成手法の開発を含めた「新物質探索・合成」を行う国際的な先端物質創製研究の拠点形成を目指す。従来の出口指向で縦割りされたプロジェクトとは異なり、基盤横断的な物質開発から「革新的な物性・機能の探求」を目指す。特に、高圧合成やイオン液体合成、単結晶育成、2次元薄膜成長、低温トポタクティク物質変換などの特異な最先端物質合成手法を発展させながら、非平衡準安定な物質までを含めた新物質の探索を行うことで、将来のエレクトロニクス・スピントロニクスへの応用が可能なデバイス材料やエネルギー・環境問題の解決に資する新規な機能性酸化物の創出を目指す。新しい遷移金属酸化物材料の化学と物理、基礎物性研究と応用展開におよぶ新しい学際領域の構築へと深化させ、世界的なレベルでの物質・材料科学研究、固体化学研究を先導する。

このような基盤横断的な固体化学研究の推進には、作製した物質・材料の正確で迅速な構造評価が必須である。世界各国の大型ビーム実験施設での放射光 X 線や中性子を効率的に用いて、国際的な連携による新物質開発と精密な構造評価、機能特性開拓を総括的に進める体制を構築する。

さらに、本研究交流では、相手国拠点が中心となり既に多くの実績を挙げている国際共同プロジェクトと連携することにより、より広範な国際連携の拠点形成への発展を目指す。これにより、若手研究者に共同研究と交流の場を提供するだけでなく、教育プログラムとの連携による世界各国の優秀な若手研究者発掘の場としての機能も果たす。

5-2 平成30年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

これまでの交流実績を基に、本研究交流の中心課題である遷移金属酸化物材料を中心とする物質合成と物性評価を中心とする研究を共同で推進する体制を発展させる。特にこれまでの交流活動で国内外の大型量子ビーム施設での共同研究の経験を積むことができたので、より発展的な内容での研究プロポーザルの申請、及び課題実験の遂行により共同研究を展開できる体制を整備する。

交流体制の充実を目指したセミナーは、今年度はフランス、モンペリエ大学で開催する。このセミナーでは当初の計画通りに主に共同研究の進捗の確認と今後の方向性を検討する。さらに今年度は、研究交流をより発展させ、広い視点からの物質開発を行うため、本交流事業以外の固体化学関連研究グループと協力して第三国でのセミナーを開催する。現在、候補地として挙げられているのはインド、バンガロールである。バンガロールのジャワハルラール・ネルー先進科学研究センターは長年世界の固体化学研究の発展を担ってきており、当該センターが主催する固体化学ウィンタースクールと前後してセミナーを開催し、インドの固体化学・固体物理研究者を含めた研究交流を進める。

そのほか、欧州、米国、アジア各国での国際学会へも積極的に参加して本交流事業を積極的に宣伝するとともに、世界的な固体化学研究の連携発展へ繋ぐための体制についての議論に取り組む。

<学術的観点>

これまでに、参画する各研究グループの有する特異な合成手法を相互利用するなどして、基本的な新物質開発ができるようになってきた。今年度は特に、合成した物質の機能特性発現を目指した研究を加速させる。特に、遷移金属酸化物の酸化還元から酸素イオンの挿入・脱離過程に注目してエネルギー材料への展開の可能性を明らかにすることを重点課題の一つとする。また、ハニカム構造などの特徴的な結晶格子での磁気特性などの物性測定を進める。得られた物性や機能特性は、大型量子ビームによる精密な結晶構造解析結果と併せることで、構造 - 物性相関を明らかにする。

また、これまでの 2 年間の研究交流で合成してきた幾つかの化合物において、興味深い磁気特性が観測されている。例えば、京都大学化学研究所では、ペロブスカイト構造の A サイトが特異な磁気特性を示す $\text{CaFe}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ を高压法により合成することに成功した。また、東京大学物性研究所では、 $S = 1/2$ カゴメ格子反強磁性体 $\text{CdCu}_3(\text{OH})_6(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ において磁気プラトー相を発見している。これらの化合物磁構造を英国中性子実験施設における中性子回折を用いた解析にも取り組み、特異な磁気特性の起源を明らかにする。

<若手研究者育成>

今年度も日本側から、若手研究者、および修士・博士課程の学生を英国、フランス、台湾での大型量子ビーム施設での実験に積極的に派遣し、国際共同研究に参加させる。また、これらの施設での実験データの解析手法の習得のための短期および中期の研究滞在も併せて行っていく。また、得られた成果を国際学術誌へ投稿するように指導するとともに、国際学会での発表の機会を与える。

引き続き、欧州横断教育プログラム (MaMaSELF) の主催するサマースクールに講師として参加する予定であり、若手研究者教育に加えて、今後の研究交流活動で活躍する有望な学生の発掘も進める。インド、バンガロールでの開催予定のセミナーと併せて行われる固体化学ウィンタースクールへも若手研究者や学生を派遣し、研究者育成と若手間交流の機会とする。また、相手国側からも引き続き若手研究者や学生を日本へ積極的に受け入れ、共同研究を推進する。

日本側の参加研究機関では、おのおの独自の国際交流プログラムを実施していることも多い。そのようなプログラムとも一部連携することで、効率的な若手研究者育成を進めていく。

<その他 (社会貢献や独自の目的等) >

本研究交流による成果をアピールするために、活動を紹介するホームページを充実させる予定である。

第 3 回「固体化学フォーラム」を平成 30 年 6 月に京都大学化学研究所において、共同利用・共同研究拠点事業の一環として開催することが既に決定している。この事業は、本研究交流と同時期に始まり連携して発展してきている。日本国内での固体化学コミュニティーの形成を目指した活動の機会を利用して、本研究交流のメンバーへの積極的な参加を促

し、交流の発展と若手研究者の当該分野への参加を促す。(本事業経費外)

公開講演会や中高校生向けの教育活動にも積極的に参加してアウトリーチ活動を進め、本研究交流による国際共同研究を積極的にアピールする。特に中高校生に向けた国際研究協力の啓蒙活動にも注力したい。(本事業経費外)

6. 平成30年度研究交流成果

<研究協力体制の構築>

本研究交流の中心課題である固体化学的な視点からの物質合成と物性評価は、過去2年間の実績を基に国際共同研究と人的交流を発展させることができた。電子メールなどを利用した頻繁な情報交換により参画チーム間の相互理解がすすみ、また参加各国のマッチングファンドを有効利用することで交流活動へも十分な資金的支援もでき、効果的な研究体制の構築が進んでいる。この結果、幾つかの国際共同実験から成果が得られ、論文投稿や学会での発表に至った。

研究体制の充実、および共同研究の進捗を確認するために、当初計画では、フランス・モンペリエとインド・バンガロールで2回のセミナーを開催する予定であったが、モンペリエでの開催はフランス側との日程が合わずキャンセルとなり、セミナーは2018年12月のバンガロールでの開催のみとなった。バンガロールでのセミナーでは、参画している各チームの研究進捗の確認と共同研究の報告制に関する議論を行った。また、開催場所であったジャワハルラル・ネルー先進科学研究センターは、インド固体化学研究の発展を担っており、インドのみならず広くアジアの固体化学・固体物理研究者の参加もあって、本交流事業の幅を広げ、さらなる国際共同研究体制を発展させる格好の機会となった。また、その後に行われた当該センター主催の固体化学ウィンタースクールにも参加し、インドおよびアジア圏の若手研究者や学生に本交流事業をアピールすることができた。

本研究交流の重要な研究協力項目である大型ビーム施設での国際利用では、日本側が提案した2件の国際共同実験課題が英国での中性子回折実験施設ISISで採択され、遂行した。また、台湾での放射光X線回折実験は、これまでの共同研究の実績が評価され、京都大学・化学研究所と東京大学・物性研究所の実験が共に長期実施課題(2年間の実験ビーム)に採択され、継続的な国際共同研究継続して実施できる体制が整った。

<学術的観点>

本研究交流の特徴である特異な合成手法を駆使して幾つかの新物質を得ることに成功し、構築してきた国際協力体制を活用して、その構造や物性を明らかにすることができた。京都大学・化学研究所を中心に異常高原子価Feイオンを含んだ新規酸化物 $\text{Ca}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{FeO}_3$ や六方晶ペロブスカイト $\text{Ba}_4\text{Fe}_3\text{NiO}_{12}$ を高圧法で合成することに成功し、英国での中性子回折と台湾での放射光X線回折から、電荷不均化転移に伴う構造-物性相関を明らかにした。特に、 $\text{Ba}_4\text{Fe}_3\text{NiO}_{12}$ は珍しい異常高原子価 Ni^{4+} も含んでおり、低スピン状態となっていることが明らかとなった。

東京大学・物性研究所では、カゴメ格子フラストレート磁性体を中心に物質開発を行っているが、近年ではトポロジカル秩序を持つ量子スピン液体状態の観点からも興味が持た

れている。 $\text{CdCu}_3(\text{NO}_3)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ に注目し、その良質な粉末試料および単結晶を合成して磁性を調べた。英国での中性子回折実験、および 170 T までの超強磁場中での磁化測定から、スピン 1/2 カゴメ格子反強磁性体の全磁化過程の測定に成功した。一連の結果は、フラストレート磁性体における磁気励起がマグノンという素励起として記述できることを示しており、新たな物理概念として重要な意義がある。この成果は 2019 年 3 月に *Nature Communications* 誌に掲載された。

東京大学・大学院理学研究科を中心とするグループでは、トポロジカルな量で特徴づけられる量子スピン液体に注目し、ハニカム格子での厳密解であるキタエフモデルの候補物質の探索と検証を行ってきた。その候補物質であるイリジウム酸化物 $\text{H}_3\text{LiIr}_2\text{O}_6$ の良質な単結晶を得るための条件を見出しつつあり、今後、孤立マヨラナ粒子由来の励起を NMR 測定によって検証していく予定である。また、超高压化磁化測定技術を開発し、 $4f^1$ キタエフ候補物質 Na_2PrO_3 の磁気相図を明らかにした。

京都大学・大学院工学研究科を中心とするグループでは、昨年度の SrVO_2H におけるヒドリドの高い圧縮率と圧力誘起絶縁体-金属転移の発見を受け、今年度はこの現象の一般性を検討するために、関連物質である $\text{Sr}_2\text{VO}_3\text{H}$ と $\text{Sr}_3\text{V}_2\text{O}_5\text{H}_2$ を用いた高压実験および理論計算を行った。その結果、両物質においてこれまで酸化物や硫化物など単アニオン系でしかみられていなかった B1-B2 構造相転移を新たに発見した。

<若手研究者育成>

本研究交流で発展させてきた大型量子ビームを用いた国際共同実験に若手研究者を積極的に派遣し、各国の異なる環境での実験経験に加えて、現地でのビームラインサイエンティストとの議論に参加する機会を提供してきた。英国の中性子実験施設 (ISIS) には、6 月に博士課程学生が単独で渡航し、実験とその後の解析を含めて約 1 か月間滞在した (この実験は 2019 年 3 月に *Nature Communications* 誌に掲載された成果に繋がっており、論文は博士課程学生が筆頭著者として執筆した)。また 9 月の回折実験には助教 2 名とポスドク研究員 1 名を帯同した。台湾放射光 X 線実験施設 (NSRRC) では、学生を含めて若手研究者が延べ 12 名 55 日参加している。さらに、ドイツ・マックスプランク研究所には、東京大学・大学院理学研究科の博士課程学生 1 名が、試料合成実験に 1 ヶ月半滞在した。これらの海外研究施設への訪問と滞在は、若手研究者にとって単に研究を進展させるだけでなく、人的交流の拡大を含めた貴重な経験の場となっている。その他、国内放射光実験施設 SPring-8 などへも積極的に若手研究者や学生を派遣して研究に参加させた。また、各大学や部局の若手派遣制度などを利用して、本交流事業に参加している若手研究者の派遣を勧めた (本事業経費外)。

国内外での学会、研究会に、若手研究者を派遣して本交流事業の成果を積極的に発表するとともに、関連分野の進展や技術情報を得る機会としている。博士課程学生は、ISIS での中性子実験と前後して、Polarized Neutron School にも参加したほか、関連研究会にも参加して発表を行った。9 月に台湾で開催された 2018 Hsinchu Oxide Forum では京都大学・化学研究所の准教授が招待講演を受け、本交流事業での成果を中心に発表を行った。また、インド・バンガロールで開催したセミナーにも、講師 1 名を帯同した。その他、国内での学

会には学生を含めて、参加発表を本交流事業で支援してきた。特に学会での発表は若手研究者にとって貴重な経験となるだけでなく、自身の研究成果をアピールし、新しい共同研究先を探す場として有効に機能している。

また、本交流事業に参加している拠点機関からは、研究滞在として若手研究者や博士課程の学生を先方のマッチングファンドを利用して中長期にわたり日本側の研究室に受入れ交流した（英国（2名 81日）、フランス（4名 260日）、ドイツ（12名 122日）、台湾（6名 26日）：本事業経費外）。これらの受け入れは、国際共同研究を進展させたばかりでなく、日本側の受け入れ研究室において学生同士の活発な交流の機会となった。また、2019年2月にはフランス、モンペリエ大学を日本側コーディネーターである島川が訪問し、欧州統合教育プログラム MaMaSELF: Master of Materials Science Exploiting European Large Scale Facilities の学生に本研究交流活動と日本での研究状況を紹介して次年度以降の学生受け入れのための情報提供を行ってきた。

上記のさまざまな機会は、日本側のみならず海外参加各国の若手研究者にとっても貴重な経験となっている。また、多くの交流活動は、海外の優秀な人材を発掘し日本へ招へいするための情報を得る場としても機能してきている。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

国内での固体化学関連の研究者の充実とコミュニティーの形成に向けて、2018年6月に京都大学・化学研究所で開催された「第3回固体化学フォーラム」（本事業経費外）に協力し、本交流事業の参画メンバーの参加も支援した。本会議には、各グループの独自支援も含めて多数参加して発表を行った。固体化学分野の研究・技術動向を注視するとともに、日本国内での研究協力体制の発展に向けて活動を継続している。

ホームページにおいて、本交流事業の活動と成果を積極的に発信している。その直接的な成果であるかは判断が難しいが、特に海外からの留学生やポスドクの申請が増加している。選考には注意が必要なものもあるが、優秀な海外の若手研究者の発掘にも積極的に利用していく予定である。

公開講演会や中高校生向けの教育活動にも積極的に参加してアウトリーチ活動を進め、本研究交流による国際共同研究を積極的にアピールした。（本事業経費外）

<今後の課題・問題点>

研究交流遂行上は大きな問題は生じていない。構築した研究協力体制を活用して、実効的な研究成果が生まれるように研究を遂行していく予定である。

本交流事業での成果の宣伝や固体化学コミュニティーの形成に向けて、本事業経費外の他のプロジェクトとのセミナーやシンポジウムの共催ができると研究視点の拡大や新規研究分野の開拓につながると思われる。事業名のあからさまな提示などは先方との交渉を難しくする場合もあり、また先方ファンドによる海外主導の研究では、謝辞などの記載がこちらの思惑通りには進まない例も多い。予算や実績における弾力的な運用への変更を希望する。

7. 平成30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 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
共同研究課題名	(和文) 酸化物新材料の合成と構造物性研究 (英文) Synthesis and structure-property measurements for new oxide materials				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 島川 祐一・京都大学化学研究所・教授・1-1 (英文) Yuichi SHIMAKAWA・ICR, Kyoto University・Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) J. Paul ATTFIELD・Centre for Science at Extreme Conditions and School of Chemistry, University of Edinburgh・Professor・2-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Werner PAULUS・Institute Charles Gerhardt, University of Montpellier・Professor・3-1				
30年度の 研究交流活動	<p>本交流事業で中心となる特異な物質合成技術に関して、主として英国およびフランスグループと、人的交流や情報交換、実験試料の相互提供などを行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> 京都大学・化学研究所グループは英国・エジンバラ大学グループと共同で、英国にある ISIS 中性子実験施設への共同研究プロポーザルを申請し採択され、2018年9月に日本(4名)および英国(3名)の研究者を含む国際共同実験を行なった。 東京大学・物性研究所グループは英国にある ISIS 中性子実験施設への共同研究プロポーザルを申請し採択され、2018年6月に日本(1名)および英国(1名)の若手研究者を中心に国際共同実験を行なった。 フランス・モンペリエ大学(MaMaSELFプログラム)から京都大学・化学研究所に修士課程学生1名を2019年5月から3か月間受け入れ、共同で合成および評価実験を行った(本事業経費外)。 英国・エジンバラ大学から京都大学・化学研究所に博士課程学生1名を2019年7月から1か月間受け入れ、共同で合成および評価実験を行った(本事業経費外)。 フランス・レンヌ第一大学から京都大学・大学院工学研究科に修士課程学生1名を2019年3月から9月までの予定で受け入れ、共同で合成および評価実験を行っている(本事業経費外)。 京都大学・化学研究所・島川教授(1-1)が2019年2月にフランス・モンペリエ大学を訪問し、本交流事業の成果を紹介するとともに、今後の共同研究に関する打ち合わせと議論を行った。特に、欧州統合教育プログラム MaMaSELF の学生には、次年度の招へい計画を紹介し、優 				

	秀な若手研究者の発掘の機会とした。
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<ul style="list-style-type: none"> 英国と共同で進めた異常高原子価 Fe イオンを含んだ新規酸化物 $\text{Ca}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{FeO}_3$ の電荷不均化転移に伴う構造-物性相関を解明し、学会発表、および国際共著論文を発表した。 英国と共同で進めた新奇層状化合物 $\text{LaCa}_2\text{Fe}_3\text{O}_9$ に関する実験では、磁気構造を解明し、国際共著論文を発表した。 英国および台湾と共同で進めた負の熱膨張材料に関する研究は、異方的な熱膨張特性を解明し、国際共著論文を発表した。 フランスと共同で進めた層状構造オキシハライドの構造解析は、金属イオンのサイト選択性を解明し、学会発表、および国際共著論文を発表した。

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 29 年度	研究終了年度	平成 32 年度
共同研究課題名	(和文) 酸化物量子相の研究				
	(英文) Quantum phases in oxide materials				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 北川 健太郎・東京大学理学研究科・講師・1-29				
	(英文) Kentaro KITAGAWA・Dep. Science, Tokyo University・Lecture・1-29				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Hidenori TAKAGI・Max-Planck-Institute for solid state research・Director・4-1				
30年度の 研究交流活動	<p>量子スピン液体となる物質探索を中心に主としてドイツグループと人的交流や情報交換、実験試料の相互提供などを行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> 東京大学・大学院理学研究科博士課程学生1名が2018年6月から1か月間、ドイツ・MPIに滞在し、共同で合成および評価実験を行った。 京都大学・大学院工学研究科・陰山教授(1-35)が2019年11月にマックスプランクを訪問し、本交流事業の成果を紹介するとともに、今後の共同研究に関する打ち合わせと議論を行った(本事業経費外)。 ドイツ・シュツットガルト大学(MPI)から東京大学・大学院理学研究科に博士課程学生1名を2019年1月から1か月間受け入れ、共同で合成および評価実験を行った。また、博士研究員1名と博士課程学生も2019年8月におのおの約1週間共同研究のため滞在した。さらに、東京大学・大学院理学研究科博士課程学生1名が2019年3月より約半年間の予定で、合成と評価技術の習得のため滞在している(本事業経費外)。 東京大学において、2018年12月にQuantum Materialsをテーマにワークショップを東京大学・大学院理学研究科・北川講師(1-29)が中心となり開催し、これに併せて、MPIから9名が来日し、本交流事業の成 				

	果を紹介するとともに、今後の共同研究に関する打ち合わせと議論を行った（本事業経費外）。
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<ul style="list-style-type: none"> トポロジカルな量で特徴づけられる量子スピン液体に注目し、ハニカム格子での厳密解であるキタエフモデルの候補物質としてイリジウム酸化物 $\text{H}_3\text{LiIr}_2\text{O}_6$ に注目してきた。孤立マヨラナ粒子由来の励起を観測するための良質な単結晶の作成条件がほぼ明らかになってきた。 キタエフ液体の実証のもう一つの方向性として、圧力下での物性制御がある。迅速な高圧磁気相図作成の為に新たな超高压化磁化測定技術を開発し、$4f^1$ キタエフ候補物質 Na_2PrO_3 の磁気相図を明らかにした。今後、孤立マヨラナ粒子由来の励起を NMR 測定によって検証していく予定である。

整理番号	R-3	研究開始年度	平成 28 年度	研究終了年度	平成 32 年度
共同研究課題名	(和文) 酸化物発光材料の評価 (英文) Novel oxide luminescence materials				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 島川 祐一・京都大学化学研究所・教授・1-1 (英文) Yuichi SHIMAKAWA・ICR, Kyoto University・Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Ru-Shi LIU・Department of Chemistry, national Taiwan University ・Professor・5-1				
30年度の 研究交流活動	<p>酸化物発光材料を中心に、主として台湾グループと人的交流や情報交換、実験試料の相互提供などを行った。また、台湾放射 X 線実験施設 (NSRRC) を使い結晶構造解析などを進め、それに伴う技術情報交換などの交流も行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> 京都大学・化学研究所グループは台湾・国立台湾大学および NSRRC と共同で、台湾にある放射光 X 線実験施設への共同研究プロポーザルを申請し採択され、2018 年 8 月に日本 (4 名) および台湾 (3 名) の研究者を含む国際共同実験、2019 年 2 月に日本 (5 名) および台湾 (2 名) の研究者を含む国際共同実験を行なった。 東京大学・物性研究所グループは NSRRC と共同で、台湾にある放射光 X 線実験施設への共同研究プロポーザルを申請し採択され、2018 年 5 月に日本 (2 名) および台湾 (2 名) の研究者を含む国際共同実験、2018 年 10 月に日本 (2 名) および台湾 (2 名) の研究者を含む国際共同実験、2019 年 3 月に日本 (1 名) および台湾 (2 名) の研究者を含む国際共同実験を行なった。 台湾・国立台湾大学から博士過程学生を含む 3 名が合成した酸化物発 				

	<p>光材料の評価実験のために 2018 年 12 月に来日し、京都大学・化学研究所の 2 名と共に共同実験を行なった（本事業経費外）。</p> <ul style="list-style-type: none"> 京都大学・化学研究所・菅准教授（1-4）が 2018 年 9 月に台湾・精華大を訪問し、本交流事業の成果を紹介するとともに、今後の共同研究に関する打ち合わせと議論を行った。 京都大学・化学研究所に 2018 年 4 月に台湾・Industrial Technology Research Institute から研究員 1 名、2018 年 8 月に台湾・国立台湾大学から研究員 1 名を受け入れ、電子顕微鏡観察を中心とする共同実験と技術討議を行った（本事業経費外）。
30年度の 研究交流活動 から得られた 成果	<ul style="list-style-type: none"> 台湾と共同で進めた Ag-Bi-I 太陽電池用光吸収材料に関する研究は、構造と光特性の相関を解明し、学会発表、および国際共著論文を発表した。 台湾と共同で進めた新規六方晶ペロブスカイト $\text{Ba}_4\text{Fe}_3\text{NiO}_{12}$ の高压合成と解析は学会発表、および国際共著論文を発表した。 英国および台湾と共同で進めた負の熱膨張材料に関する研究は、異方的な熱膨張特性を解明し、国際共著論文を発表した。

整理番号	R-4	研究開始年度	平成 30 年度	研究終了年度	平成 32 年度
共同研究課題名	(和文) カゴメ格子物質での磁気特性研究 (英文) Magnetic properties of Kagome-lattice materials				
日本側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(和文) 廣井 善二・東京大学物性研究所・教授・1-20 (英文) Zenji HIROI・ISSP, Tokyo University・Professor・1-20				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) J. Paul ATTFIELD・Centre for Science at Extreme Conditions and School of Chemistry, University of Edinburgh・Professor・2-1				
相手国側代表者 氏名・所属・ 職名・研究者番号	(英文) Hidenori TAKAGI・Max-Planck-Institute for solid state research・Director・4-1				

<p>30年度の 研究交流活動</p>	<p>カゴメ格子物質を中心に、合成と物性評価に関する技術情報交換を行い議論を進めた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 東京大学・物性研究所グループは英国にある ISIS 中性子実験施設への共同研究プロポーザルを申請し採択され、2018年6月に日本(1名)および英国(1名)の若手研究者を中心に国際共同実験を行なった。 ・ 英国・エジンバラ大学から東京大学・物性研究所に博士研究員1名を2019年2月7月末までの予定で受け入れ、共同で合成および評価実験を行っている(本事業経費外)。
<p>30年度の 研究交流活動 から得られた 成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドイツと共同で進めた $S = 1/2$ カゴメ格子反強磁性体 Cd-kapellasite の中性子散乱の結果を学会で発表した。 ・ ドイツと共同で進めた $S=1/2$ 正方格子物質 RbMoOPO₄Cl の圧力誘起磁気転移の結果を学会で発表した。 ・ ドイツと共同で進めた一次元フラストレート磁性体 NaCuMoO₄(OH)に関する研究では、飽和磁場近傍における磁気相図を明らかにし、学会でその詳細を発表した。

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「遷移金属酸化物の固体化学：新物質探索と革新的機能探求」進捗ミーティング
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Solid-state chemistry for transition-metal oxides: Exploring for new materials with novel functionalities” status meeting
開催期間	開催取りやめ
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文)
	(英文)
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 島川 祐一・京都大学化学研究所・教授・1-1
	(英文) Yuichi SHIMAKAWA・ICR, Kyoto University・Professor・1-1
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号(※日本以外 での開催の場合)	((英文) Werner PAULUS・Institute Charles Gerhardt, University of Montpellier・Professor・3-1

参加者数

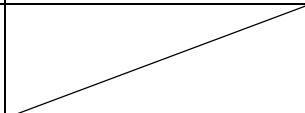
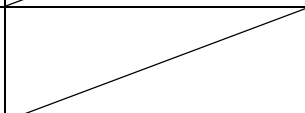
派遣先 派遣元		セミナー開催国 (国名)		備考
		A.	B.	
日本	A.			
	B.			
(国名)	A.			
	B.			
(国名)	A.			
	B.			
合計 〈人／人日〉	A.	0/0		
	B.	0		

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)

※人／人日は、2／14(=2人を7日間ずつ計14日間派遣する)のように記載してください。

※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、備考欄にその内訳等を記入してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>本研究交流に参加する研究者が一同に会し、各研究機関の情報を共有し、技術や装置の相補的な利用を目指した理解を深める。また、共同研究の進捗状況を報告することにより、今後の共同研究の方向性を確認する。</p> <p>本セミナーと前後して開催される MaMaSELF プログラム主催のサマースクール（企画：モンペリエ大学 Paulus 教授）に日本から島川（京都大学・化学研究所）、英国から Attfield 教授（エジンバラ大学）が講師として参加する。また、日本からも学生を 1～2 名派遣し、若手研究者育成の機会とする。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>主宰予定だったフランス側の日程調整ができず、開催見送りとなった。なお、研究進捗については、S-2 として開催したインド・バンガロールでの珍直ミーティングで十分な議論ができたので、研究交流活動への問題は生じなかった。</p> <p>なお、本セミナーと前後して開催予定であった MaMaSELF プログラム主催のサマースクール（企画：モンペリエ大学 Paulus 教授）は予定通りに 9 月 2 日～14 日に開催された（日本からの参加者なし）。当初このサマースクールで日本への研究滞在希望の学生を探す予定でいたが、これは 2019 年 2 月のモンペリエ大学訪問時に別途行ない、数名の学生が 2019 年度の中期滞在中に興味を持ってもらえた。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>			
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容</p>	<p>金額</p>
	<p>() 側</p>	<p>内容</p>	
	<p>() 側</p>	<p>内容</p>	

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「遷移金属酸化物の固体化学：新物質探索と革新的機能探求」進捗ミーティング
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Solid-state chemistry for transition-metal oxides: Exploring for new materials with novel functionalities” status meeting
開催期間	平成 30年 11月 30日 ~ 平成 30年 12月 1日 (2日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) インド、バンガロール、ジャワハルラール・ネルー先進科学研究センター
	(英文) India・Bangalore・Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 島川 祐一・京都大学化学研究所・教授・1-1
	(英文) Yuichi SHIMAKAWA・ICR, Kyoto University・Professor・1-1
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号 (※日本以外 での開催の場合)	(英文) J. Paul ATTFIELD・Centre for Science at Extreme Conditions and School of Chemistry, University of Edinburgh・Professor・2-1
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・ 研究者番号 (※日本以外 での開催の場合)	(英文) Athinarayanan SUNDARESAN・Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research・Professor

参加者数

セミナー開催の目的	本研究交流事業に参加する研究者が一同に会し、各研究機関の情報を共有し、技術や装置の相補的な利用を目指した理解を深める。また、共同研究の進捗状況を報告することにより、今後の共同研究の方向性を確認する。固体化学研究分野では長年の実績を有するインドの研究者と国際共同研究を展開する機会とする。
-----------	---

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (インド)		備考
		A.	B.	
日本	A.	3/23		
	B.	0		
(英国)	A.	3/30		
	B.	1		
(フランス)	A.	2/20		
	B.	1		
(ドイツ)	A.	1/4		
	B.	0		
(台湾)	A.	1/10		
	B.	0		
(インド)	A.	0/		
	B.	35		
合計 〈人／人日〉	A.	10/87		
	B.	37		

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)

※人／人日は、2／14 (= 2人を7日間ずつ計14日間派遣する) のように記載してください。

※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、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナーの成果	<p>本事業に参加するメンバーの協力体制や国際共同研究の進捗を確認することができた。また、インド国内から広く若手研究者や学生が聴講に参加したため、本交流事業を広くアピールする良い機会となった。</p> <p>なお、本セミナーと前後して開催されたジャワハルラール・ネルー先進科学研究センター主催のウィンタースクールにも講師として参加した。インドを中心として広くアジア圏から若手研究者や学生が聴講に参加しており、本交流事業を広くアピールするとともに、優秀な若手研究者発掘の場となった。</p>		
セミナーの運営組織	<p>インド、バンガロール、ジャワハルラール・ネルー先進科学研究センターの SUNDARESAN 教授が、日本および英国と連携をとりながら同センターと協力して運営した。</p>		
開催経費 分担内容 と金額	日本側	内容 会議費 外国旅費 不課税取引・非課税取引に係る消費税	金額 579,394 円 1,161,061 円 139,235 円
	(英国) 側	内容 外国旅費 会議費	/
	(フランス) 側	内容 外国旅費	/
	(ドイツ) 側	内容 外国旅費	/
	(台湾) 側	内容 外国旅費	/

7-3 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

①評価コメント（抜粋）：学術的側面については、国際協力を通じて特異な合成手法と解析技術の相互活用により、新しい遷移金属酸化物の開発や新現象の発見など成果をあげているが、本課題の目標とする、新しい遷移金属酸化物材料の科学及び応用に関する学際領域の構築については、今のところ個々の成果を蓄積している段階であり、今後を期待したい。また現状では、分業中心の研究体制により、研究間の高度融合が実現されているかは読み取れず、今後の研究交流に期待する。（中略）これまでの成果は、コーディネーター研究者によるものが主であるので、今後は他のプロジェクト参加者を広く巻き込んだ共同研究の推進を期待する。

対応： 個々の成果は出てきているので、これを基に応用的な出口で縦割りをされている研究分野に横串を通すことが本交流事業の大きな目的の一つであり、そのための活動は継続中である。国内では本事業の参画メンバーが「固体化学フォーラム」の主要メンバーとして、国内の化学から物理、基礎から応用の研究者の議論する場を提供している。また、本事業進捗ミーティングでは常に、参加メンバー以外からトップレベルの研究者を招へし、広く学際領域の発展につながるよう努力しているところである。

②評価コメント（抜粋）：論文リスト明記の論文誌が、ほぼ Top 10%に位置づくハイインパクト論文であることは評価できるが、海外機関主導(First や Corresponding)の論文が少ない。（中略）実験試料の相互提供、研究者間での情報交換は頻繁に行われ、構造研究のための大型量子ビーム実験施設の国際利用、研究者派遣を通じて研究者交流を推進している。しかし、論文リストには協力機関の関係者氏名がほとんど出てこないため、協力機関の位置づけが明確ではない。そのためエビデンスに基づく明確化を期待する。

対応： 海外機関が主導の論文では、学術振興会を謝辞に入れることが徹底されていないことも多く、実際の論文公表と本事業で日本側が成果と見なすものが一致しない場合もある。また、協力機関である量子ビーム施設のサイエンティストは必ずしも論文共著者となる訳ではなく、一致しない場合がある。ただし、今後、論文公表方法について改めて注意を喚起するとともに、公表方法を徹底する。

③評価コメント（抜粋）：若手研究者育成や拠点形成については、中長期滞在の支援が不可避であろう。（中略）若手育成の強化については、やや総花的であり、プロジェクトの特徴を生かした若手育成方法を明確に出された方がよかった。

対応： 若手研究者の中長期の滞在を積極的に支援したいが、現実問題として国内業務などで、若手自身が長期派遣の期間を見つけられないのが実情である。それでも、今後とも中長期の滞在を若手研究者に積極的に進めていく予定である。

④評価コメント（抜粋）：経費支給期間終了後の継続的ネットワーク構築のために、他の様々な事業(例えば新学術や CREST など)や大学附置研究所や学部・院などとの連動も視野に入れ、固定費となる大学基盤経費を活用するなど安定的な拠点運営を期待したい。

対応： 実際には、各大学での事業や大型資金プロジェクトとの連携も多方面から図って

いる。ただし、学術振興会が、セミナーなどの共催を認めていないため、積極的な運用が難しいところがある。今後、柔軟な運用を考えていきたい。

8. 平成30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

別紙「第4四半期交流状況報告書」記載の通り

※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。

※相手国以外の国へ派遣する場合、国名に続けて（第三国）と記入してください。

8-2 国内での交流実績

第1四半期				第2四半期				第3四半期				第4四半期				合計			
2	/	3	(18 / 36)	10	/	32	(15 / 50)	9	/	18	(12 / 58)	10	/	31	(12 / 45)	31	/	84	(57 / 189)

9. 平成30年度経費使用総額

(単位 円)

研究交流経費	国内旅費	1,421,263	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	7,557,035	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	2,497,224	
	その他の経費	1,325,349	
	不課税取引・非課税取引に係る消費税	699,129	
	計	13,500,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料	1,350,000	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。	
合 計	14,850,000		

8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	四半期	日本	英国	フランス	ドイツ	台湾	中国(第三国)	イタリア(第三国)	米国(第三国)	スイス(第三国)	インド(第三国)	合計
日本	1		1 / 30 (2 / 11)	/ (/)	1 / 33 (/)	2 / 8 (/)	1 / 4 (/)	1 / 9 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	6 / 84 (2 / 11)
	2		4 / 29 (1 / 4)	/ (/)	/ (/)	5 / 19 (/)	/ (/)	/ (/)	1 / 9 (1 / 8)	1 / 7 (1 / 7)	/ (/)	11 / 64 (3 / 19)
	3		/ (/)	/ (/)	/ (1 / 12)	2 / 10 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (2 / 20)	/ (/)	3 / 23 (/)	5 / 33 (3 / 32)
	4		/ (/)	1 / 6 (/)	/ (2 / 53)	6 / 29 (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	7 / 35 (2 / 53)
	計		5 / 59 (3 / 15)	1 / 6 (0 / 0)	1 / 33 (3 / 65)	15 / 66 (0 / 0)	1 / 4 (0 / 0)	1 / 9 (0 / 0)	1 / 9 (3 / 28)	1 / 7 (1 / 7)	3 / 23 (0 / 0)	29 / 216 (10 / 115)
英国	1	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 4)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 4)
	2	/ (1 / 32)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 32)
	3	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (4 / 38)	0 / 0 (4 / 38)
	4	/ (1 / 49)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 49)
	計	0 / 0 (2 / 81)		0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (4 / 38)	0 / 0 (7 / 123)
フランス	1	/ (3 / 246)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (3 / 246)
	2	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)
	3	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (3 / 30)	0 / 0 (3 / 30)
	4	/ (1 / 14)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 14)
	計	0 / 0 (4 / 260)	0 / 0 (0 / 0)		0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (3 / 30)	0 / 0 (7 / 290)
ドイツ	1	/ (/)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (1 / 9)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 9)
	2	/ (2 / 27)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (2 / 27)
	3	/ (9 / 48)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 4)	0 / 0 (10 / 52)
	4	/ (1 / 47)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 47)
	計	0 / 0 (12 / 122)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)		0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 9)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (14 / 135)
台湾	1	/ (2 / 10)	/ (/)	/ (/)	/ (/)		/ (1 / 4)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (3 / 14)
	2	/ (1 / 1)	/ (/)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (1 / 1)
	3	/ (3 / 15)	/ (/)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (1 / 10)	0 / 0 (4 / 25)
	4	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)		/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	/ (/)	0 / 0 (0 / 0)
	計	0 / 0 (6 / 28)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)		0 / 0 (1 / 4)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 10)	0 / 0 (8 / 40)
合計	1	0 / 0 (5 / 256)	1 / 30 (2 / 11)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 33 (0 / 0)	2 / 8 (0 / 0)	1 / 4 (2 / 8)	1 / 9 (1 / 9)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	6 / 84 (10 / 254)
	2	0 / 0 (4 / 60)	4 / 29 (1 / 4)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	5 / 19 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 9 (1 / 8)	1 / 7 (1 / 7)	0 / 0 (0 / 0)	11 / 64 (7 / 79)
	3	0 / 0 (12 / 63)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (1 / 12)	2 / 10 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (2 / 20)	0 / 0 (0 / 0)	3 / 23 (9 / 82)	5 / 33 (24 / 177)
	4	0 / 0 (3 / 110)	0 / 0 (0 / 0)	1 / 6 (0 / 0)	0 / 0 (2 / 53)	6 / 29 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	0 / 0 (0 / 0)	7 / 35 (5 / 163)
	計	0 / 0 (24 / 489)	5 / 59 (3 / 15)	1 / 6 (0 / 0)	1 / 33 (3 / 65)	15 / 66 (0 / 0)	1 / 4 (2 / 8)	1 / 9 (1 / 9)	1 / 9 (3 / 28)	1 / 7 (1 / 7)	3 / 23 (9 / 82)	29 / 216 (46 / 709)