

【1. 日本側拠点機関名】京都大学化学研究所

【2. 日本側コーディネーター氏名】島川 祐一

【3. 日本側協力機関名】東京大学（物性研究所 / 大学院理学研究科）、京都大学（大学院工学研究科）

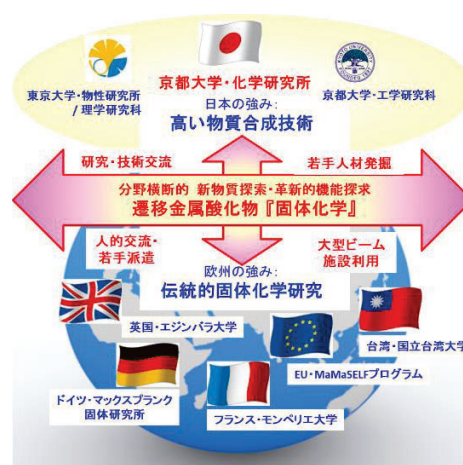
【4. 研究課題名】遷移金属酸化物の固体化学：新物質探索と革新的機能探求

【5. 研究分野】固体化学：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探索と合成に関する研究。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。

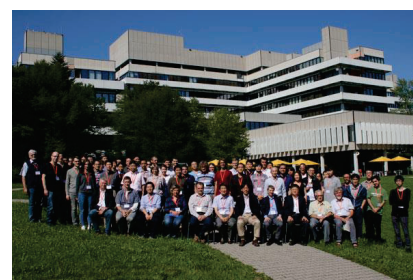
【6. 実施期間】平成28(2016)年4月～令和4(2021)年3月(6年間)

【7. 交流相手国との中核的な国際研究交流拠点形成】

本研究交流では、エジンバラ大学（英国）、モンペリエ大学（フランス）、マックスプランク固体研究所（ドイツ）、国立台湾大学（台湾）の固体化学研究者が集い、主として遷移金属酸化物材料を対象に、新物質の合成と評価に関する最先端の研究を議論し研究を発展させてきた。特に材料研究においては特定の物性にフォーカスすることが多い中で、さまざまな機能特性研究・開発に横串を刺す分野横断的な基礎研究を実施し、従来のコミュニティを超えた融合分野を展開した。また、日本の研究グループの強みである新物質合成の成果を、相手国側拠点機関を窓口として、各国にある大型量子ビーム評価施設を広く利用することで最先端物質構造評価を行い、世界的なレベルの固体化学研究を展開した。

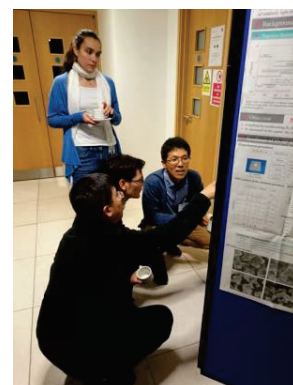


【8. 次世代の中核を担う若手研究者の育成】分野横断的な研究は若手研究者や学生に幅広い研究視点を提供する格好の場となった。また、若手研究者や学生に海外量子ビーム大型施設での実験を含む短・中期の研究交流滞在の機会を与え、実際に海外の研究者と一緒に実験や議論を行う経験となった。多くの共同研究の成果は国際学術誌に発表したが、学生や若手研究者が共著者はもとより筆頭著者と論文を執筆した。また、本交流でのセミナーの他、国際学術学会でも若手研究者や学生が講演し、若手講演賞や学生発表賞などを受賞したのもあった。さらに、参加したセミナーや学会では若手同士の情報交換などを積極的に行っていた。



一方で日本側研究者が相手国側拠点機関で講演を行なった他、欧州教育プログラムでのサマースクールなどの講師なども務め、広く日本での研究をアピールする機会を持つこともできた。

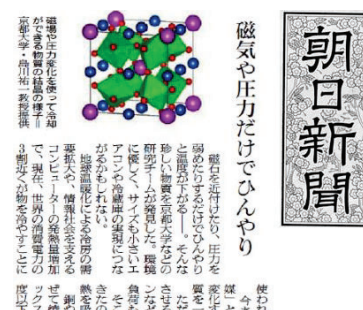
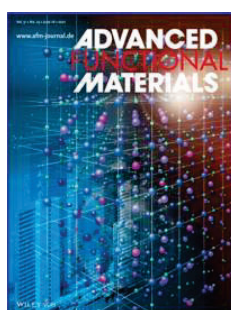
本研究交流に博士後期課程で参加していた学生が英国・中性子実験施設ISISでポスドクに採用された他、JSPS外国人特別研究員として京都大学・化学研究所で本研究交流に参加していた外国人は京都大学・白眉センターと京都大学・化学研究所（女性）の特定助教に採用された。その他、多くの外国人ポスドクや留学生が改めて海外の研究機関でポジションを獲得することができた。



【9. 研究の背景・目的等】特異な物性を示す新物質の発見は化学、物理、物質・材料科学の分野を大きく進展させる可能性を秘めている。また、将来の高度情報化社会を支えるエレクトロニクスやスピントロニクスの発展を導き、さらに最近では、資源・エネルギー・環境問題の解決に寄与する新しい機能特性を示す材料の開発が社会的に強く求められている。本研究交流では、このような学術的・社会的な期待に応える新物質の探索と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した。特に、遷移金属酸化物材料を中心にその化学と物理、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と世界的なレベルでの物質・材料科学研究の先導を本研究交流の大きな目的とした。

【10. 成果・今後の抱負等】本研究交流では、「酸化物新材料の合成と構造物性研究」、「酸化物量子相の研究」、「酸化物発光材料の評価」、「カゴメ格子物質での磁気特性研究」、「新しい遷移金属酸水素化物の合成と構造制御、および機能開拓」、「スピン軌道量子相の研究」の6つの共同研究課題を設定し、幾つもの新物質や新現象の発見に至った。これらの共同研究では、参画グループでの人材交流に加えて、セミナーでの成果報告と情報共有を通して研究を展開してきた。

具体的な成果の一つは、新規な熱制御物質の合成の成功である。京都大学・化学研究所とドイツ・マックスプランク固体研究所は、高圧合成法を駆使して新規 A サイト秩序構造酸化物を合成することに成功し、これらの物質が巨大な圧力熱量効果や磁場でも圧力でも熱制御可能なマルチ熱量効果を示すことを見出した。実験で得られた圧力効果は非常に大きいものであり、高効率で環境に優しい冷房・冷却技術を実現する材料として大きな注目を集めた。この成果を報告した論文は国際学術誌の表紙も採用され、関連記事が朝日新聞など一般紙にも掲載された。新物質合成で用いた高圧法は、京都大学・化学研究所と英国・エジンバラ大学が若手人材交流を通して多くの技術情報交換を行い整備・発展させてきた手法である。また、合成で得られた新物質の構造は国立台湾大学と共同で台湾の大型量子ビーム実験施設である NSRRC で解析した。J-PARC での中性子回折実験の結果からは、発見した巨大な熱量効果は電荷転移に伴う磁気エントロピーの変化が引き起こしているという新しいメカニズムを解明した。



本研究交流では、既存の教育・研究ネットワークとも広く連携し、フランス・モンペリエ大学を窓口として欧州教育プログラムである Erasmus Mundus の他、国内でも先行の研究拠点形成事業 A (「強相関分子系の新しい有機エレクトロニクス」名古屋大学・阿波賀 邦夫教授 (H25~H29)) などとも連携してセミナーを開催するなど研究を拡げてきた。また、毎年世界的規模で行われている酸化物エレクトロニクスワークショップ (iWOE 26 Kyoto) にも協賛した。これらの研究・交流活動は京都大学化学研究所が平成 30 年に認定された国際共同利用・共同研究拠点「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際グローバル研究拠点」(令和 4 年度から第 2 期) や令和 4 年度から開始される名古屋大学を基幹とする「学際統合物質科学研究機構」にも繋がっており、これらの新規プロジェクトで継続的な発展を図っていく予定である。



なお、本交流期間最終年度はコロナ感染症の感染拡大により、海外への渡航制限などから実効的な交流活動が大きく制限されてしまった。2022 年夏に延期となっていた本研究交流の総括セミナーを英国・エジンバラ大学で開催する計画を進めている。