

公益財団法人矢崎科学技術振興記念財団
国際交流援助 共同研究 帰国報告書

公益財団法人矢崎科学技術振興記念財団
理事長 殿

共同研究の渡航を終えて帰国しましたので、下記の通り報告します。

2026年 3月 15日

氏名 高野 莉奈
所属 電気通信大学
職位 博士研究員

1. 共同研究の題目

“Development of Novel Phase-Transition Materials Based on New Heterospin Compounds
Incorporating 2p, 3d, or 4f Elements”
2p, 3d, 4f ヘテロスピ化合物に基づく新規転移材料の創製

2. 渡航先の共同研究機関の名称（日本語訳も併記してください。）

Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU)
ヨハネスグーテンベルグ大学マインツ

3. 共同研究の実施場所（国、地名、会場名など）

ドイツ、マインツ

4. 渡航期間

2025年 12月 28日 ~ 2026年 3月 15日

5. 共同研究の要旨

本研究は申請時の計画から一部内容を変更し、共同研究の進展に応じて課題を発展的に再設定し、研究対象を転移材料から単分子磁石へと移行した。単分子磁石とは、一つの分子がそれ自体で磁石のように振る舞う超小型の磁性体である。共同研究にあたり、受入教員である Eva Rentschler (エヴァ レンチュラー) 教授は、メタラクラウン化合物を基盤とした単分子磁石の研究を専門としている。メタラクラウンは、クラウンエーテルの一部を金属イオンで置換した化合物である (図1a)。一般に磁性材料においては、磁性イオン間の距離が短いほど強い相互作用が生じ、スピンを同じ向きに配列する強磁性的相互作用が働けば磁気ヒステリシスなど特異な磁気挙動が得られる場合がある。このような化合物は将来、高密度記憶媒体等への応用が期待される。

本研究では、ヘテロスピ化合物に基づく新規磁性材料の開発を目的とした。ここでヘテロスピとは、異なるスピンの種を併せ持つ系を指し、本課題ではメタラクラウン化合物にラジカル、二価および三価のマンガンイオン、さらに三価の希土類イオンを単分子に導入することを目標とした。ラジカルには合成が比較的容易であるニトロニルニトロキシド (以下、NN と略) を用いた。なお、希土類イオンの導入には至らなかったものの、マンガンイオンを基盤とするメタラクラウン化合物のアキシアル位にラジカル配位子を導入することに成功した。

本研究の遂行にあたり、主に二つの課題を解決した。第一に、目的化合物を高収率かつ高純度で得るための合成手法の確立である。これは、合成に用いる金属イオンおよび溶媒条件の最適化により達成し

た。第二に、電子効果の評価のための類似化合物群の合成と比較である。具体的には、アキシアル配位子の置換基(図1a の X)として電子求引基および電子供与基を導入した一連の化合物を合成し、電子環境の変化に対する磁気特性の変化を評価した。

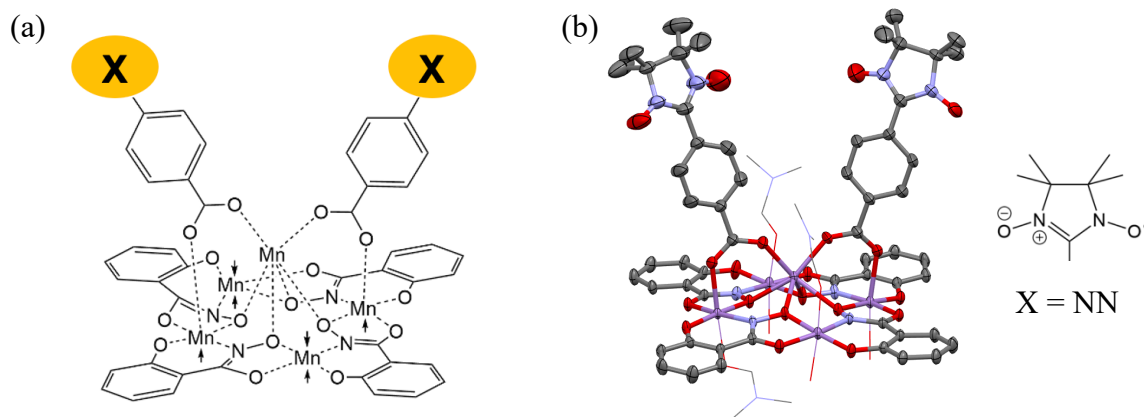


図1. (a) 本研究の目的メタラクラウン化合物の化学構造式。矢印には溶媒分子が配位する。(b) X = NN における単結晶 X 線構造解析の結果。見やすさのため非配位溶媒分子は省略し、配位溶媒分子はワイヤーフレーム表示とした。

図1a に示す X = H, Br, CN, NO₂, NH₂, NN を有する化合物群の合成に成功した。IR 測定によりメタラクラウン骨格に由来する特徴的なピークが確認され、置換基に依存したスペクトルの変化も観察された。また、X = NH₂ を除く全ての化合物について単結晶 X 線構造解析を行い、分子構造を明らかにした(図 1b)。磁気測定用の試料の調製も完了しており、一部試料については現地研究者に測定を依頼し、現在データ取得を進めている。得られた磁気特性の解析は帰国後に実施する予定である。

本研究成果は、2026 年度中に米国化学会発行の *Chemistry of Materials* 誌や *Inorganic Chemistry* 誌、あるいは英国王立化学会発行の *Journal of Materials Chemistry* 誌や *Dalton Transactions* 誌への投稿を予定している。これらは材料科学、無機化学・錯体化学分野で国際的に高い評価を受けているトップジャーナルであり、本研究成果を発信する上で最も適した学術媒体であると考えている。

6. 共同研究の動向

Eva Rentschler 教授は、メタラクラウン化合物における単分子磁石の研究において、アキシアル配位子の電子的影響に加え、環状構造を構成する配位子の電子効果についても体系的に検討していた。また、スピncrossオーバー(SCO)と呼ばれる、高スピン/低スピン状態を熱や光などの外部刺激により可逆的に変化させる現象についても精力的に研究を展開していた。特に、光学活性配位子を用いた SCO 挙動の制御に関する研究は、申請者自身のこれまでの研究テーマとも関連が深く、研究動向として強い関心を持った。本滞在中に SCO に関する共同研究の実施には至らなかったものの、現地の学生や研究者との議論を通じて、本分野における理解を深めることができた。



図2. 研究室メンバーの博士授与祝いで記念撮影