2023 年度年次報告書

物質探索空間の拡大による未来材料の創製

2023 年度採択研究代表者

原口 祐哉

東京農工大学 大学院工学研究科

助教

第三世代キタエフ物質

研究成果の概要

キタエフ量子スピン液体中の強い量子もつれを示す電子は、将来的な量子コンピュータの素子として非常に期待されています。しかし、現実の化合物では、理想的な局所構造からの乖離によって生じる余分な相互作用が原因で、キタエフ量子スピン液体基底状態が実現されていません。この問題を解決するためには、余分な相互作用を最小化するように局所構造を制御する方法が有効と考えられます。イオン交換反応はその一手法ですが、これまでのキタエフ量子スピン液体候補の化合物では、数種類のイオンとしか交換できず、局所構造の自在制御には至っていません。

当年度は、多彩な陽イオン交換性と層間デザイン性に優れた「粘土鉱物構造」に注目しました。これまでにキタエフ模型を実現する化学的・結晶学的構成元素を有する粘土鉱物は報告されていませんでしたが、ハイドロフラックス合成により、世界で初めてキタエフ模型の実現要素を満たす磁性ナノシート層を有する粘土鉱物構造の新物質を合成することに成功しました。また、ハイドロフラックス法と液相輸送法を組み合わせた新しい結晶育成法により、この新物質の単結晶育成にも成功しました。

この新物質の磁化測定および中性子回折測定を行った結果、強磁性相互作用が支配的であるにもかかわらず反強磁性磁気基底状態を有していることが明らかとなり、新物質のスピンモデルがキタエフ-ハイゼンベルグ模型でよく記述できることがわかりました。さらに、この新物質は直鎖アルキルアンモニウムとのイオン交換反応が可能であることを発見し、層間デザイン性に優れた系であることを実証しました。

今後の研究では、この優れた層間デザイン性を積極的に利用し、層間に挿入する系を有機分子カチオンだけでなくポリ酸や電荷移動錯体へと拡張することを目指します。これにより、局所構造の自在制御を通じてキタエフ量子スピン液体の実現に挑みます。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Impact of oxidation state on the valence-bond glass physics in the lithium-intercalated Mo_3O_8 cluster Mott insulators”, Daigo Ishikita, Yuya Haraguchi, Hiroko Aruga Katori, *Physical Review B*, **109**, 024405 (2024).