



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	High-Pressure Synthesis, Crystal Structures and Physical Properties of Perovskite-Related 5d Transition Metal Oxides [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	KANG, Xun
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15680号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91189
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	KANG_XUN_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理学） 氏名 カン シュン

審査担当者	主査	教授	松井 雅樹
	副査	教授	忠永 清治
	副査	客員教授	山浦 一成
	副査	客員准教授	辻本 吉廣

学 位 論 文 題 名

High-Pressure Synthesis, Crystal Structures and Physical Properties of Perovskite-Related
5d Transition Metal Oxides
(ペロブスカイト型 5d 遷移金属酸化物の高压合成、結晶構造と物性)

本博士論文では、5d 元素を含む化合物を中心に、ペロブスカイト関連物質について研究した結果を報告している。これらの物質系は、強誘電性、マルチフェロイック性、磁気抵抗効果、交換バイアス効果など、その卓越した物理的・化学的特性により、大きな注目を集めている。この研究では、高压高温法を用いて、6 個の 5d ペロブスカイト関連化合物の新規合成に成功し、それらの結晶構造、磁気挙動、電気伝導特性について包括的に検討している。

第 1 章では、基本的な結晶構造、磁性のメカニズム、物質伝導モデル、材料科学における高压技術の歴史的意義など、研究背景を包括的に概観している。

第 2 章では、本研究で主に採用した実験手順と技術を概説し、以降の章の基礎を築いている。

第 3 章では、高温高压条件下で合成された 2 つのダブルペロブスカイト酸化物、 $\text{Cd}_2\text{FeReO}_6$ と $\text{Cd}_2\text{FeOsO}_6$ の研究を紹介した。本研究では、放射光粉末 X 線回折や電子プローブマイクロアナリシスなどの先端技術を用いて、これらの結晶構造と組成を確認した。これらの材料は、フェリ磁性秩序、最大 37% のトンネル磁気抵抗、第一原理計算で示されたハーフメタル状態など、魅力的な特性を示した。さらに、 $\text{Cd}_2\text{FeOsO}_6$ は、著しく小さい冷却場下で顕著な交換バイアス効果を示し、交換バイアス効果を持つバルク材料に対するユニークな洞察と実用的な指針を与えた。両化合物は、3 次元可変範囲ホッピング輸送モデルと一致する半導体として特徴づけられる。この研究は、交換バイアス効果を示す、人工界面を有しないバルク材料を強化するための有望なプラットフォームを紹介するだけでなく、A サイト Cd 占有二重ペロブスカイトが、特にソフト・ハード磁石やスピントロニクス分野における新材料の開発に貢献する可能性を示唆している。

第 4 章では、高温高压条件下で合成した KSbO_3 型構造を持つ Fe ドープ $\text{Bi}_3\text{Re}_3\text{O}_{11}$ と $\text{Bi}_3\text{Os}_3\text{O}_{11}$ 化合物に焦点を移した。本研究では、これらの化合物に 29 原子 % まで Fe をドープすることに成功した。 $\text{Bi}_3\text{Os}_{2.45}\text{Fe}_{0.55}\text{O}_{11}$ は KSbO_3 型構造で 490 K の高い磁気秩序温度でフェリ磁性転移を示し、 $\text{Bi}_3\text{Re}_{2.13}\text{Fe}_{0.87}\text{O}_{11}$ は 22 K 以下の温度でスピングラスのような振る舞いを示した。興味深いことに、これらの材料の磁気抵抗は大きく変化し、 $\text{Bi}_3\text{Re}_{2.13}\text{Fe}_{0.87}\text{O}_{11}$ は 5K で -10% の値を示した。これらの結果は、これまで弱い温度依存性を伴う常磁性しか知られていなかった KSbO_3 型 5d 酸化物が、3d 元素をドープすることでスピントロニクス材料に変換できることを示唆しており、理論的にも実用的にも重要な新材料の開発に道を開くものである。

第 5 章では、高温高压下で合成した ABO_3 型ペロブスカイト酸化物 $\text{MnV}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ と $\text{MnV}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3$ を紹介した。放射光 XRD パターンによる構造解析の結果、これらの結晶構造は空間群 $Pnma$ の GdFeO_3 型であることがわかった。磁気測定により、 $\text{MnV}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$ では 17 K、 $\text{MnV}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3$ では 18 K でフェリ磁性秩序が生じることが確認された。さらに、どちらの相も半導体であることが確認され、活性化エネルギーは 0.13 eV と 0.31 eV であった。

最後に第 6 章では、この広範な研究から導き出された全体的な結論を示し、今後の展望について概説した。

この研究は、特に材料科学、磁性、スピントロニクス分野における 5d ペロブスカイト関連化合物の理解と応用の可能性の進展に大きく貢献するものである。よって、著者は北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格があるものと認める。