

審査の結果の要旨

氏名 藤間友理

本論文は全6章から構成され、立方晶や菱面体晶など比較的高い対称性を持ち、かつ、空間反転対称性の破れたスピネル型カルコゲナイド磁性体を対象とした物性研究が報告されている。

第1章では、空間反転対称性の破れと磁性に関するトピックとして、反対称交換相互作用が関係する磁気スキルミオンやマルチフェロイクス、スピנקラリティに起因する異常ホール効果に関する過去の研究が紹介される。さらに、本研究で対象とする欠損スピネル型カルコゲナイドと秩序スピネル型カルコゲナイドの先行研究がまとめられている。そのうえで、本研究の目的として、空間反転対称性の破れた磁性体の探索と、反対称交換相互作用に由来する特異な磁気構造に起因した物性の理解が掲げられている。

第2章では、単結晶の育成と評価、磁化測定、交流帯磁率測定、誘電率測定、電気分極測定、電気抵抗測定、ホール抵抗測定、小角中性子散乱測定、古典モンテカルロシミュレーションの各々の方法論が述べられている。

第3章では、欠損型スピネル構造を有する GaV_4Se_8 の単結晶作製と磁気応答、電気応答、小角中性子散乱の測定結果が述べられるとともに、モンテカルロシミュレーションとの比較が行われる。その結果、温度磁場二次元平面上の相図が示され、特に、低温磁場下で磁気スキルミオンの三角格子相が存在することが結論付けられている。

第4章では、 GaV_4Se_8 の Ga サイトを Fe で部分置換した物質の単結晶作製と物性測定の結果が述べられている。その結果、Fe の部分置換によって、らせん磁性相やスキルミオン格子相といった非共線的磁気秩序相の出現する範囲が狭くなっていることを明らかにした。さらに、その要因として、磁気異方性が一軸容易型になったことを提案している。

第5章では、スピネル構造を有する $(\text{Cu,Fe})\text{Cr}_2\text{S}_4$ の単結晶を作製し、X線回折によって四面体サイトにおいて Cu と Fe が秩序配列して空間反転対称性が破れていることを示している。そのうえで、磁化測定によって磁気相図を作製するとともに、低磁場領域で磁化に比例しない異常ホール効果が存在することを明らかにしている。その原因を検討するために小角中性子散乱を行った結果、磁気スキルミオン格子の特徴が見られないことを述べるとともに、平均場計算によって低磁場では Cr の磁気モーメントが互いに傾いたフェリ磁性相であり、それが有するスピנקラリティが異常ホール効果を生み出している可能性を提唱している。

第6章では以上の結果を踏まえて本研究で得られた知見を総括している。

本論文では、主に3種のスピネル型カルコゲナイド磁性体を舞台として非共面的な磁気構造の発現とそれによる特異な電気磁気応答の研究が展開された。その結果、盛んに研究が行われているキラな対称性を有する磁性体と比較して、極性磁性体では磁気スキルミオンの安定性が向上し、低温まで磁気スキルミオン格子相が熱平衡相として存在しうることを実験とシミュレーションによって初めて示している。また、この安定性は、極性軸が磁化困難軸である場合に顕著となることを実験的に明らかにした。これらの成果は、多彩な手法を用いた実験、および、シミュレーション計算を総合的に行い、それらの結果について深い物理的な考察を施すことによって初めて達成されたものであり、その価値は高く評価できる。

なお、第3章は阿部伸行、徳永祐介、有馬孝尚、大石一城各氏との、第4章は阿部伸行、徳

永祐介、有馬孝尚各氏との、第5章は阿部伸行、徳永祐介、有馬孝尚、大石一城、中島多朗各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、研究の計画、試料の作製、物性測定、およびシミュレーション計算による解析を行っており、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上1584字