

別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 MD. MAHBUBUR RAHMAN
BHUIYAN

幾何学的フラストレーション磁性体は、スピン相互作用の競合のために通常の磁気秩序相には転移せず、スピンアイス、スピン液体、部分秩序状態、スピン・ネマティックのような新奇な量子磁気状態の出現が観測または予想されている。一方でマルチフェロイックと言われる強誘電・磁性共存現象の原因であり、相互作用の競合の不安定性が電気磁気関連物性に劇的な変化をもたらすと予想されるため、応用面でも注目されている。新奇フラストレーション物性が期待される磁気モーメントの配置としては、三角格子、カゴメ格子、四面体構造を持つパイロクロア格子等が挙げられる。中でもカゴメ格子系については強いフラストレーションの存在と及びスピン液体等の新規量子特性の出現からもっとも盛んに研究されているが、スピン液体の発生機構などに関してはまだ理論的に解明されていないところが多い。

一方、佐賀大学グループは近年新しい幾何学的フラストレーション物質として遷移金属水酸ハロゲン化合物群 $M_4(\text{OH})_6\text{X}_2$ (M : 3d 遷移金属イオン、 X : ハロゲンイオン)の磁性に着目し、物質創製と磁性解明を進めてきた。本物質群の特徴は d 電子磁性イオンが三角格子や四面体構造を形成するため多様な結晶構造を持ち、豊富な磁気特性を示す点である。特に四面体構造は三角格子面とカゴメ格子面の交互積み重ねから構成されると見なせるため、三角格子サイトの磁気イオンを非磁性イオンで置換することによって理想的なカゴメ格子の創製および磁性発現も期待できる。今まで $M_4(\text{OH})_6\text{X}_2$ シリーズにおいてカゴメ格子系物質 $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ 、 $\text{ZnCo}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ 、

$\text{MgCo}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ 、 $\text{MgFe}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ 等が合成され、磁気モーメントの増大に従い、スピン液体→部分スピン液体→長距離秩序と磁性が系統的に変化する傾向が見出されている。本論文は上記磁性変化傾向を確定させるために、遷移金属水酸ハロゲン化合物群でもっとも磁気モーメントの大きい $\text{MgMn}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ の創製を行い、この物質創製と磁性解明を行ったものをまとめたものであり、全4章で構成されている。

第1章は序論として幾何学的フラストレーションが引き起す新奇磁性について概論した後、本研究の目的と意義を記している。第2章では本研究に用いた物質合成法、結晶構造解析法と各種磁性評価法が記述されている。第3章ではカゴメ格子物質 $\text{MgMn}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ の結晶構造の解析を行い、目的物質の合成に成功したことを明らかにしている。更に、基本磁性をマクロ及びマイクロな実験手段により調査し、磁気フラストレーションの存在及び低温での反強磁性転移を明らかにしている。 $\text{MgMn}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ は古典ハイゼンベルグスピン系と見なすことができ、母体物質と比べてフラストレーションは軽減されることを明らかにしている。更に、中性子回折実験より磁気構造を精査し、カゴメ格子反強磁性体特有の磁気構造として理論的に予測されたスピンカイラリティ+1 磁気構造の形成を実験的に初めて示している。第4章では以上の研究結果をまとめ、フラストレーション磁性研究領域に対する貢献と影響について述べている。

以上、本論文は新規幾何学的フラストレーション磁性体を創製し、結晶構造および基本磁性を解明した。本研究は幾何学的フラストレーション研究に興味深い新物質系を提示し、新奇磁気状態を解明する上で有用な知見が示されている。

なお、本研究の成果は審査付学術論文1編、国際学会発表1件、国内学会発表2件で報告されている。著者は研究者としての十分な能力を有して

いると言える。

以上の審査結果に基づき、本論文は博士（理学）の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員一致で合格と判定した。