

# 審査の結果の要旨

氏名 野村 和哉

本論文は8章からなる。第1章は序論である。本研究の対象であるスピラダー系が1次元と2次元の中間次元に相当する系であり、量子スピン系として大きな関心が寄せられていること、その理解には磁化過程の解明が重要であることが説明されている。有機スピラダー物質、BIP-BNO ( $S = 1/2$ )、BIP-TENO ( $S = 1$ )に注目し、100 Tに及ぶ超強磁場中での磁化過程を明らかにすることで、スピラダー系の特異な量子磁気状態を解明することを目的としている。

第2章はスピラダー系の諸物性について説明されている。量子効果に起因するハルデンギャップのような特異なギャップが磁場中で形成されると、磁化過程にはプラトー(平坦構造)が観測される。スピラダー系におけるいくつかの理論的予測がプラトールの出現を軸に詳しく説明され、その量子力学的起源について論じられている。

第3章は、具体的な対象物質である有機スピラダー物質 BIP-BNO (3,5'-bis(N-tert-butylaminoxyl) -3, 5- dibromononi :  $C_{20}H_{12}N_2O_2Br_{12}$ )、BIP-TENO(3,3',5,5'-tetrakis(N-tert-butylaminoxyl)biphenyl :  $C_{28}H_{42}N_4O_4$ )、の結晶構造やこれまでに報告されている物性について詳しく述べられている。BIP-BNOは $S = 1/2$ のスピラダー物質、BIP-TENOは $S = 1$ のスピラダー物質と考えられており、それぞれ、50 T、70 Tまでの磁化過程が調べられているが、両物質ともに期待される飽和磁化の1/4程度までしか到達していないことから、さらなる強磁場の必要性を指摘している。

第4章は本研究で用いた磁場発生装置と磁化測定手法について詳しい説明が行われている。

第5章は $S = 1/2$ のBIP-BNOの超強磁場磁化過程について詳細に記述されている。磁化は74 Tで飽和することが見出され、量子モンテカルロ計算との比較によって相互作用定数が決定された。さらに、磁化曲線の変曲点の振る舞いから、BIP-BNOが有機物質では初めてのスピラダー系であることが論じられた。

第6章は $S = 1$ のBIP-TENOの超強磁場磁化過程について議論している。従来報告されている1/4磁化プラトーに加えて、1/3、1/2磁化プラトーを見出した。それらの起源について議論を行い、1/2が比較的自明な磁化プラトーであるのに対して、1/3は非自明な新規プラトーであることを論じた。さらに興味深い現象として、1/3プラトー相がマイクロ秒の磁場掃引時間で磁場を印加した場合にのみ現れることを見出した。高速磁場掃引においては、応答時間の遅い現象はしばしば観測されなくなる。しかし、逆に、高速磁場掃引でのみ観測される現象は一般に希であり異常といえる。

第7章は、高速磁場誘起の新規1/3磁化プラトーの発現機構について議論している。仮説A:「断熱過程による超低温の実現」、仮説B:「遅い格子歪み挙動に起因したスピン-格子分離」の2つの仮説を立て、・磁化過程の温度依存性、・準断熱条件下での磁気熱

量効果測定、・磁場中高速歪み測定、を新たに行い、実験的にそれらの仮説の検証を行った。その結果、高速パルス磁場中でも温度の降下は高々1~2 K程度であることが分かり、仮説 A は否定された。一方、歪み測定からは、BIP-TENO は 10 T 以上で磁場により梯子方向に収縮する顕著な磁歪があることが見出され、さらに、1 ms 程度のパルス幅よりも高速の磁場掃引では歪みが起こらないことを明らかにした。格子が磁場により変化しない準安定状態で新たなエネルギーギャップが開き、新規磁気状態である 1/3 プラトール相が出現する現象は前例のない興味深いものであり、学術的に高い価値がある。

第 8 章は本論文の結論が述べられている。本研究では、梯子型にスピンの並んだ低次元磁性体であるスピンラダー化合物の磁化過程を 100 T に及ぶ超強磁場中で明らかにし、新規な量子磁気相を発見することに成功した。さらに、その磁気状態についてモデルを提案し理論的に解釈している。また、高速磁場掃引により誘起される新規磁気状態を初めて見出し、さらにその現象が、スピン-格子分離現象モデルから定性的に理解できることを示すなど、重要な結果を得た。

なお、本論文の第 5 章から第 7 章は、松田康弘氏、嶽山正二郎氏、細越裕子氏、小野俊雄氏との共同研究であり、第 5 章は、長谷川直哉氏、鳴海康雄氏、金道浩一氏、諏訪秀磨氏、藤堂眞治氏との、第 6 章と第 7 章は、小濱芳允氏、池田暁彦氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験・解析・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1 9 8 0 字