OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | NEW ASPECT OF MAGNETIC PHASE TRANSITIONS IN LOCALIZED SPIN SYSTEMS UNDER HIGH MAGNETIC FIELD |
| Author(s) | Sakakibara, Toshiro |
| Citation | 大阪大学, 1983, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/24345 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【4】

| | |
|---|---|
| 氏名・(本籍) | 榊原俊郎 |
| 学位の種類 | 理学博士 |
| 学位記番号 | 第5965号 |
| 学位授与の日付 | 昭和58年3月25日 |
| 学位授与の要件 | 理学研究科 物理学専攻<br>学位規則第5条第1項該当 |
| 学位論文題目 | **強磁場下の局在スピン系における新しい磁気相転移** |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 伊達 宗行<br>(副査) 教授 国富 信彦 教授 金森順次郎 教授 邑瀬 和生<br>助教授 山岸 昭雄 |

## 論文内容の要旨

磁性体の磁化過程や磁気相図は古くから研究されているテーマであるが，近年，強磁場発生技術の発達によりこれまでに得られなかった磁場強度での実験が可能になったため，今までになかった新しい現象が見つけ出されはじめている。本論文ではパルス超強磁場を用いた磁化測定の結果発見された，局在スピン系における新しい型の磁気転移について述べる。

本論文は3部から構成されており，第1部の内容はパルス強磁場下における磁化，磁気抵抗測定技術及び磁気相図の研究に不可欠な試料の温度制御技術についてである。ピックアップコイルを用いた誘導法による磁化測定における誤差と雑音の原因およびそれらの改善方法が検討され，測定感度を従来の5倍に引き上げることが出来た。また，大口径パルスマグネットを用いた温度制御装置が開発され，温度範囲4.2K～室温，温度精度±0.1K以内で400KOeの磁場までの磁化及び磁気抵抗の測定が可能になった。

第2部では，グラファイト層間化合物$C_6E_u$の磁化過程とその解析について述べられている。$C_6E_u$は2価の$E_u$原子が六方最密構造（hcp）をとる，c面を容易面とするXY型の反強磁性体である。この系のc面内磁化過程を観測したところ，飽和磁化の$\frac{1}{3}$の大きさのモーメントを持ったメタ磁性的な磁化のステップが現われた。解析の結果，この結化のステップは通常の2体のスピン交換相互作用や磁気異方性を考える限り説明できず，最近固体$^3$HeやNiS$_2$の研究で注目されている4体のスピン交換相互作用（4-スピン相互作用）がこの系にも存在していることが明らかになった。この実験は具体的に4-スピン相互作用の大きさが決められた最初のものである。また，$C_6E_u$の基底スピン構造を調べたところ，三角格子の安定状態である三角スピン構造がhcp格子では面間相互作用に対して不安定と

なり，不整合構造を取ることがわかった。

第3部では強い磁気異方性を持つ反強磁性体$FeF_2$及びその希釈系系$Fe_{1-x}Zn_xF_2$の容易軸磁化過程について述べられている。$FeF_2$のスピンフロップ転移が，414±5 KOeにおいて観測され，その磁場値が過去の実験から推定されていた値とほぼ等しいことが確認された。一方，希釈系では1個のFeスピンの隣接スピン（8個）の内いくつかが非磁性イオンで置換されるため，残ったFe数をnとすると$H_E' = \frac{n}{8}H_E$（$H_E$=554 KOe）の分子場を受けている。これに磁場をかけると丁度$H_0 = H_E'$でスピン反転が起き，磁化が階段的に増加するという現象が新しく発見された。また，磁化のヒステリシスの解析の結果，ある臨界磁場を越えると長距離秩序が消失し，短距離秩序の残ったクラスターの集合となる“秩序—無秩序”転移が存在することが明らかになり，これに伴う新しいタイプの磁気相図が得られた。

## 論文の審査結果の要旨

強磁場を用いた物性の研究は最近世界的にも大きな興味を持たれている学問分野である。強磁場の生成と測定についてはその技術的困難さの為にかなり限られた研究条件の下でしか行われて来なかったが，阪大理学部で開発された超強磁場発生装置はこれらの研究，開発に極めて有効なものとして内外の注目を集めている。

榊原君はこの通称阪大強磁場を用いて，とくに磁性体の磁化過程の研究に必須な測定系に高性能のピックアップコイルを導入する事に成功し，これまでよりも約一桁高い測定感度を得る事に成功した。そしてこれを用いて以下にのべるような2つの重要な研究を行った。

（a）$C_6E_u$における4-スピン交換相互作用の発見この物質は最近注目されているグラファイトインターカレーション物質の一つであるが，$E_u$が2価でS-stateイオンであること，およびスピン三角格子をもつフラストレーション磁性体であることなどの性質をもつため，高次の相互作用の確認に好部分なものである。榊原君はこの物質の強磁場磁化過程を調べ，$\frac{1}{3}$メタ磁性相が現れる事を発見した。そしてこの相が出現するためには，通常の交換相互作用に加え，4-スピン型の相互作用が重要な役割を占めている事を見出した。

（b）ランダム磁性体におけるexchange flipと，order-disorder転移の発見

反強磁性体$FeF_2$を$ZnF_2$で薄めたいわゆるランダム磁性体において強磁場下の磁化に系統的なステップ磁化が現れる事を発見した。これはイジング的なスピン系で可能とされるexchange flip 現象である事として理解されて，同時に見られる磁化の異常がランダム系における強磁場下のorder-disorder転移によることをつきとめた。

これらのパイオニアワークは世界的にも高く評価されており，理学博士の学位論文として充分価値あるものと認める。