

## 様式 C-19

# 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2008～2009

課題番号：20840044

研究課題名（和文）

電場下の高周波電子スピン共鳴を用いた強相関磁性有機絶縁体の巨大電磁気応答の解明

研究課題名（英文）

Study of Giant Electro-magnetic Response of Magnetic Organic Correlated Insulators using Electron Spin Resonance under Electric field

研究代表者

木俣 基 (KIMATA Motoi)

東京大学・物性研究所・助教

研究者番号：20452617

研究成果の概要（和文）：電子間に働く電氣的クーロン力およびスピン間の磁氣的相互作用は物質の磁氣的・電氣的性質を決める重要な要因である。本研究では強いクーロン相互作用のために絶縁化した有機半導体の中でも特に局在スピンを持つ鉄イオンを導入した系に着目し、磁性と伝導性の相関を調べた。その結果、電気抵抗がスピンの状態変化によって大きく減少する事、またその時同時に電子間クーロン力の閉じ込めが弱くなる事等を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Electrical Coulomb interaction and magnetic interactions are important factors which affect the electronic and magnetic properties of solids. In this study, interplay between magnetism and conductivity of the magnetic organic conductor was investigated. Very large decrease of the electrical resistance related to the change of the magnetic state and reduction of the confinement of the Coulomb interaction are found.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,320,000	396,000	1,716,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,520,000	756,000	3,276,000

研究分野：強磁場低温物性

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：強相関電子系，電子スピン共鳴，巨大磁気抵抗，非線形伝導

### 1. 研究開始当初の背景

磁性（スピン）と伝導（電荷）の結合した現象の理解は現代の物性物理学における重要な課題の一つである。しかし磁気抵抗効果に代表されるように、従来の研究では

系の電荷状態の磁場依存性を調べる研究が主であって、スピン状態の電場依存性を調べる研究はほとんど行われていない。そこで本研究では試料に電場を印加した状態で高周波電子スピン共鳴(ESR)によってスピン

状態を調べる。特に電荷秩序系として知られる、強相関効果によって絶縁化した一部の有機絶縁体では巨大な非線形伝導現象が観測されており、系の電子状態が電場によって大きく変化している事もあり得るのではないかと考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では強相関有機絶縁体の中でも特に磁性イオンを含む系を中心に、電子状態を電場で変化させた場合にスピン状態がどのように変化するかを調べることを目的とする。具体的な試料としては鉄フタロシアニン伝導体  $\text{TTP}[\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2]_2$  等を対象とする

## 3. 研究の方法

空洞共振器内に電極を取り付けた試料を挿入し、電場下の ESR 測定を行う。またそれと平行して磁気抵抗、電流電圧特性の測定、磁気トルク測定等を行い、磁性と伝導の相関を調べる。

## 4. 研究成果

まず装置開発として試料に電極を付けた状態で高周波 ESR(50-100GHz)の測定が可能なプローブを構築した。このような装置は世界的に見ても他に類を見ない独創的な物である。平成 20 年度は  $\text{TTP}[\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2]_2$  において 18 テスラまでの磁場中で磁気抵抗、電流電圧特性、磁気トルクの詳細な測定と、電場を印加しない状態での ESR 測定を行った。まず磁気抵抗と磁気トルク測定からは、低温で発現する巨大な負の磁気抵抗の起源が何らかの磁気転移(転移磁場約 15 テスラ)による物である事が明らかになった。また、電流電圧特性の測定と解析から、電子間クーロン相互作用の次元性が、磁気転移によって変化する事を見いだした。これまで、クーロン相互作用の次元性は、結晶格子や原子(分子)軌道の異方性のみから決まると考えられていたが、本研究によって物質中の磁気(スピン)状態もクーロン相互作用の異方性に寄与することが明らかになった。この効果は磁性と電荷の新しい相関効果であると考えられる。ESR 測定からは非常に大きな  $g$  値の異方性を観測し、磁気抵抗効果の角度依存性が  $g$  値の主値の異方性によってほぼ説明できる事が明らかになった。しかし、 $g$  値の絶対値が孤立したフタロシアニン分子から予想される値とは大きく異なっており、この問題については未だ解決出来ていない。しかし、磁気的な単位胞に存在するスピンを単純に足し合わせただけでは実験結果を説明する事はできず、何らかの多体効果を考慮する必要があると考えられる。

平成 21 年度は 27 テスラまでのより強磁場中で磁気抵抗、磁気トルク測定を行う事により磁気相転移の詳細を明らかにした。その結果、15 テスラ付近での磁気相転移はフタロシアニン分子中の鉄スピンの反強磁性相関が強磁場を印加することで破壊され、スピン配列が強磁性的になる事によるものである事が明らかになった。またこの系では結晶中に磁化容易軸の異なる 4 種類の伝導鎖が存在するが、それらが同一の磁場で磁気転移を起こすような磁場方位では磁気抵抗の変化がさらに巨大になり 6 桁程度変化する。これらの結果について国内外での学会・研究会および誌上にて成果発表を行った。当初予定していた電場下の ESR 測定についても測定を試みたが、有為なスピン状態の変化は観測できなかった。これには電子状態を変化させるための十分な電場が印加出来ていないなどの原因が考えられる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

[1] KIMATA Motoi, YAMAGUCHI Takahide, HAZAMA kaori, TERASHIMA Taichi, UJI Shinya, NAITO Toshio, INABE Tamotsu

“Large magneto-conductivity effect in Fe-Phthalocyanine conductor at low temperatures”

J. Phys.: Conference Series, **150** (2009) 022040-1-4. (査読あり)

[2] KIMATA Motoi, YAMAGUCHI Takahide, HARADA Atsushi, SATSUKAWA Hidetaka, HAZAMA kaori, TERASHIMA Taichi, UJI Shinya, NAITO Toshio, INABE Tamotsu

“Interplay between magnetism and conductivity in the one-dimensional organic conductor  $\text{TPP}[\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2]_2$ ”

Phys. Rev. B **80** (2009) 085110-1-6. (査読あり)

[3] KIMATA Motoi, SATSUKAWA Hidetaka, YAMAGUCHI Takahide, TERASHIMA Taichi, UJI Shinya, MASUDA Masaki, TAJIMA Hiroyuki, NAITO Toshio, INABE Tamotsu,

“High Field Magnetoresistance and Magnetic Torque in One-Dimensional Organic Conductor  $\text{TPP}[\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2]_2$ ”

J. Low Temp. Phys. **159** (2010) 272-275. (査読あり)

[学会発表] (計 8 件)

[1] 木俣基, 「導伝性鉄フタロシアニン錯

体の磁性と伝導の相関」第 5 回強磁場スピン科学シンポジウム, 2008/12/12 (岡山大学)

[2] 木俣基, 「ジシアノ鉄フタロシアニン伝導体の強磁場 ESR」日本物理学会第 64 回年次大会, 2009/3/27 (立教大学)

[3] 木俣基, 「一次元磁性有機伝導体 TPP[Fe(Pc)(CN)<sub>2</sub>]<sub>2</sub> の強磁場 ESR」特定領域“100 テスラ領域の強磁場スピン科学”2009 スタートアップ会議, 2009/5/22 (東京大学物性研究所)

[4] 木俣基, ”High Field Magnetoresistance and Anomalous Magnetic Excitation in One-Dimensional Organic Conductor TPP[Fe(Pc)(CN)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>” 9th International Conference on Research in High Magnetic field, 2009/7/22-25 (House of the Church, Haus der Kirche, Dresden)

[5] 木俣基, ”ESR study of the conductive dicyano Fe-Phthalocyanine compound TPP[Fe(Pc)(CN)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>” 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, 2009/9/12-17 (ヒルトンニセコビレッジ)

[6] 木俣基, ”ESR study of the one-dimensional magnetic organic conductor TPP[Fe(Pc)(CN)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>” Electron Magnetic Resonance of Strongly Correlated Spin Systems, 2009/11/8-9 (神戸大学)

[7] 木俣基, 「低次元強相関系の強磁場物性測定」第 20 回神戸大学物性実験研究室セミナー, 2009/12/12 (神戸大学)

[8] 木俣基, 「部分酸化ジシアノ鉄フタロシアニン錯体の分子磁性」有機個体若手の会・冬の学校 2009, 2009/12/18-19 (道後グランドホテル)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

木俣基 (KIMATA Motoi)

東京大学・物性研究所・助教

研究者番号: 20452617

(2)研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者

( )

研究者番号: