

## 平成20年度 研究戦略プロジェクト事業 研究成果報告書

平成21年6月30日

公立大学法人横浜市立大学  
理事長 様

平成20年度 研究戦略プロジェクト事業 (K20020) で行った研究成果等は下記のとおりです。

### 記

1 研究者情報	研究代表者氏名 (所属・職位)	山田 重樹 (国際総合科学研究科・准教授)			
2 事業情報	新規・継続の分け	新規 (継続の場合…年より継続)			
	研究費の区分	共同研究推進費 (ナノテク・材料)			
	研究課題名	新規交差相関物質の探索と機構解明			
	研究実施期間	平成20年7月1日 ~ 平成21年3月31日			
	研究ユニットの構成 ※研究代表者も含む ※研究計画書と相違のないようにご注意ください。	所属名・企業名等	役職名	氏名	役割
	国際総合科学研究科	准教授	山田重樹	酸化物試料作製と測定	
	国際総合科学研究科	准教授	益田隆嗣	高圧ホルダー作製と測定	
	国際総合科学研究科	准教授	高見澤聡	ガス吸蔵錯体の作製	
3 研究概要					
<p>本プロジェクトでは、<b>巨大交差相関物質の探索と、交差相関の機構解明</b>を目的とし、1. 「巨大交差相関が期待される Co 酸化物の磁性及び誘電特性の測定」 2. 酸素吸着性金属錯体における鎖の分子の磁性と誘電性の測定」を二つの柱として研究を行ってきた。その中で、1. では、測定システムおよび電極端子などの改良を行うことでより精度の高い誘電率測定システムの構築に成功した。さらに、また、いくつかの異なる方法で試料を作製することで試料の作製条件に対する磁性と誘電性の測定を行った。その結果、端物質である CoTiO<sub>3</sub> に関しては、純良な試料に対しては、誘電分極が観測されないという結果をえた。2. では、低温・高気圧下での誘電率測定システムの構築とおこなった。</p>					
4 研究成果					
<p>※研究成果については、2,000 字程度で記入して下さい。(絵、図入りも可)</p> <p>※地域貢献促進費の方は課題提案者に提出する報告書(必須)をご提出頂きますので、この欄は記載しないで結構です。その他の方は別紙を用意せず、この枠の中に記入するようにして下さい。(枚数は問いません)</p>					

物質は通常ある外場に対してそれに対応した物性が変化する。たとえば外部磁場に対して磁性、外部電場に対して伝導性（誘電性）などである。それに対して、ある外場に対してそれとは直接関係のない物性が変化する現象を「交差相関現象」とよぶ。近年この交差相関のなかでも磁気的な性質と誘電性が同時に現れる「マルチフェロイクス」物質が見出され、その発現機構の解明という基礎物理的な側面、および磁場で誘電率を制御するスイッチとしての応用の側面の両面から注目を集めている。その中で一昨年度、本プロジェクトのメンバーである山田と益田により、 $\text{CoTiO}_3$  において、巨大な交差相関を示唆する結果が得られた。この物質の分極率は既存のマルチフェロイクス物質の中で最も大きいものの1つである。また現在知られている  $\text{CoTiO}_3$  の磁気構造から考えると、この物質がマルチフェロイクスとしての性質を持つことが既存の理論では説明できない。したがって、当該物質の研究は「マルチフェロイクス」の起源解明とスイッチングデバイスとしての応用の両面で大変重要である。しかし、我々の交差相関に着目した  $\text{CoTiO}_3$  に関する研究は、卒業研究レベルで行われたものであり、試料の質や測定精度の点で不確定な要素が多いものであった。

そこで本プロジェクトではまず誘電率測定システムの改良を行った。改良点としてはまず本申請費により購入した高電場印加可能なエレクトロメーターを組み込むことで測定可能な焦電流の精度を数 pA まで高めた。さらに、一昨年に行った測定では電極として銀を真空蒸着したものを用いていた。これは、本物質が空気雰囲気中で高温にすると物質が変化してしまうため、高温焼付けの電極が使えなかったことから来る。そこで電気炉内の雰囲気制御システムを構築した。このことにより高温焼付けの金ペーストを電極として用いることが可能となった。これらの測定システムの改良により、再現性の高い誘電率測定が可能となった。試料の質に関しては結晶成長中の雰囲気制御することでより不純物の少ない高品質の試料の作製を試みたが本学所有のガス混合器では雰囲気制御の精度に限界があり、以前の品質を超えることができなかった。そこで、他の作成方法を探るべく過去に発表されている文献を丹念に調べたところ、 $\text{CoO}$  と  $\text{TiO}_2$  の空気雰囲気中での二元相図のなかで  $\text{CoTiO}_3$  の相が存在するという報告を発見した。そこで、その相図に従い  $\text{CoTiO}_3$  を作製したところ、純良な単結晶作製することに成功した。

これらの改良により得られた測定結果を図1に示す。この図は上が磁化で下が誘電分極の温度依存性である。それぞれに、本プロジェクトの前の時点での結果（改良前）と、本プロジェクトでの測定結果（改良後）をのせている。この結果より、改良前では大きな誘電分極が観測されていたが、改良後ではでは誘電分極がまったくあらわれていないことがわかる。これは、改良前の測定では、 $\text{CoTiO}_3$  結晶に含まれている何らかの不純物が誘電分極に寄与していたことが示唆される。本研究の本来の狙いは、同じ結晶構造を持ちながら異なる磁気構造となる  $\text{CoTiO}_3$  と  $\text{FeTiO}_3$  の混晶である  $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}\text{TiO}_3$  において、磁気構造と誘電分極に強い相関が存在するのではないかとというものであった。そのため、はじめに行われた実験において端

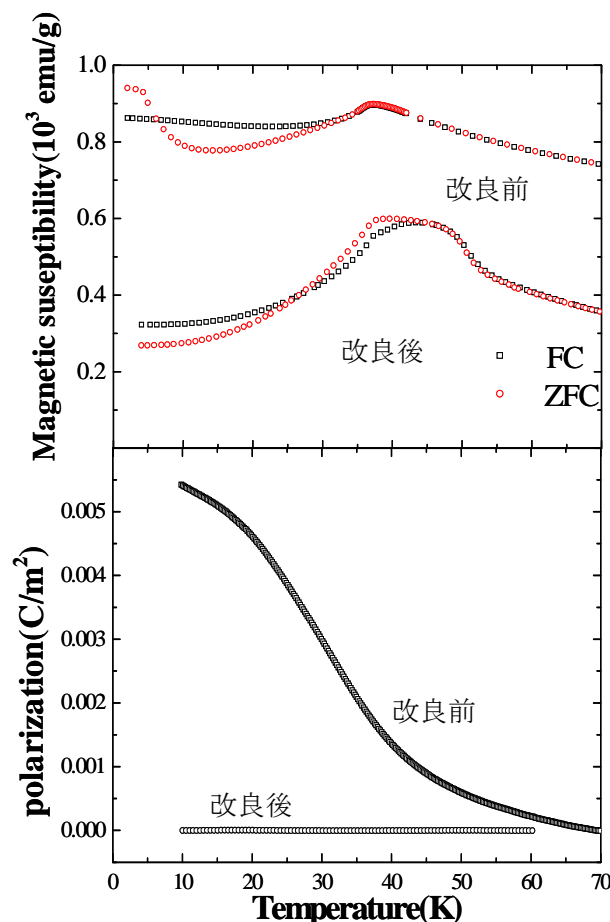


図1  $\text{CoTiO}_3$  の磁性と誘電特性

物質である  $\text{CoTiO}_3$  においても大きな誘電分極が観測されたことは驚きであったが、これが不純物により一部磁気構造が乱されたためであったとすると、はじめの狙いに近い結果であるといえる。そこで、 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}\text{TiO}_3$  の測定が大変重要であるが、文献で調べた相図では純良な混晶系の作製にまでは不可能であった。そのため、 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}\text{TiO}_3$  作製のためには、雰囲気制御下での結晶成長が不可欠である。そこで今後はそのような試料作製システムの構築をさらに行っていく予定である。

本プロジェクトのもう1つの柱は気体吸蔵金属錯体  $[\text{Cu}(\text{II})_2(\text{bza})_4(\text{pyz})]_n$  における、吸着分子の磁性と金属錯体の誘電特性の測定である。この研究を進めるにあたりまず、低温・高圧ガス下での誘電率測定システムの構築を試みた。しかし、このような測定システムは世界に例がないものであり、安全性なども考慮する必要があり技術的に多くの困難があったため、完成までに当初の予定を上回る時間がかかってしまった。現在、本学で所有している低温・強磁場発生装置である PPMS に組み込み可能な高圧ガス下誘電率測定サンプルホルダーを完成させ、そのサンプルホルダーにより低温で高圧ガス下条件を作り出すことができるということを確認するところまで進んでいる。今後は、まずこのホルダーを用いて標準的な誘電体の誘電率測定を行い、配線などの測定システムの確認および最適化を行ったのち、気体吸蔵錯体の誘電率測定を行う予定である。

## 5 研究成果の活用（予定）

例) 平成 22 年度 科学研究費補助金（基盤 S）に申請予定

例) 第〇会 〇〇学会に論文発表予定

例) 研究成果が横浜市〇〇事業に活用され、当該事業の PR イベントが開催された際に広報チラシ等に「横浜市立大学 研究戦略プロジェクト事業」との関連を記載した。

日本物理学会第 66 回年次大会(2010 年春)発表予定

アメリカ物理学会発行の論文誌 Physical Review B に論文発表予定

※ページ数は増えても構いません。

以上