

室温で磁場により電気が 100 倍流れ易くなる物質を発見

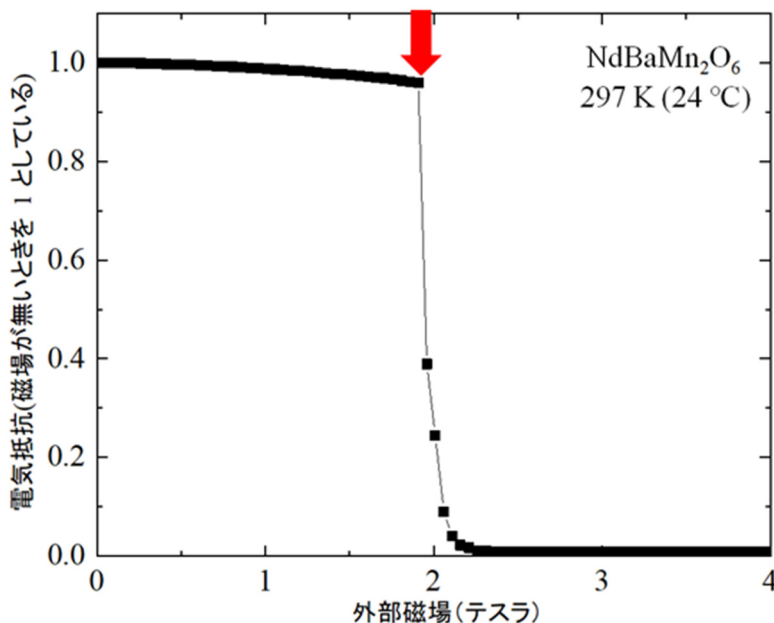
～『Physical Review Letters』に掲載～

横浜市立大学 大学院生命ナノシステム科学研究科 物質システム科学専攻の山田重樹准教授、東京大学 大学院新領域創成科学研究科 物質系専攻の有馬孝尚教授、阿部伸行助教、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の佐賀山基准教授らの研究グループは、室温でかつ比較的弱い磁場で巨大磁気抵抗が発現する物質を発見しました。

研究成果のポイント

- 「室温で」磁場により電気の流れ易さが 100 倍以上変化する物質を発見した
- この物質でみられた巨大磁気抵抗は、温度・磁場の条件、電気抵抗の変化の鋭さのすべてにおいて、従来の物質よりも実用性に優れているといえる

巨大磁気抵抗(*1)とは電気が流れない物質が磁場中に置かれると電気が流れる物質に変化する現象です。これまで、この現象が発現する物質は数多く発見されてきましたが、発現温度が氷点下であったり、超伝導材料の電磁石でないと発生しないような強い磁場が必要であったり、電気の流れ易さの変化が緩やかであったり、と実用性に乏しいものでした。今回発見された物質は、発現温度、磁場、電気抵抗変化の急峻性すべてにおいてこれまでよりも優れています。今回の発見により巨大磁気抵抗効果を用いた応用研究の加速が期待されます。



左図は 24°C での当該物質の電気抵抗（電気の流れにくさ）が、置かれた磁場の強さに対して変化する様子。電気抵抗は、磁場が無いときを 1 としている。矢印のところで電気が急速に流れ易くなっている。このとき、グラフではほぼゼロになっているが実際は磁場が無いときの 100 分の 1 の抵抗値。

研究の背景

磁気抵抗（磁場中に置くと電気の流れ易さが変わる現象）は、「電気の流れ易さ」と「磁場」が強く結びついた現象として、そのメカニズムを探る研究などがここ数十年の間に盛んに行なわれ発展してきました。また、磁気的な信号を電気的な信号に、あるいはその逆向きに変換する装置に使えるのではないかと期待され、1990年代には、この現象を有する物質を用いてハードディスク内に磁気的に記憶された信号をパソコン内で処理できる電気信号へ変換する検知器の小型化に成功、ハードディスクの記憶容量は劇的に増加しました。

この発見に寄与したアルベール・フェール博士とペーター・グリュンベルグ博士は、その功績により 2007 年にノーベル物理学賞を授与されています。両氏が発見した現象は、電気の流れ易さの変化が数十%程度であったのに対し、それ以前に知られていたものは、大きくても数%程度であったことから革命的な発見といえます。

その後、東京大学の十倉好紀教授により、電気の流れ易さの変化が数桁にも及ぶ物質が発見されました。この現象が今回の研究の元になった「巨大磁気抵抗効果」です。この変化の大きさから、この現象を応用するための研究も盛んに行われるようになりましたが、これまで発見されている物質は、低温（マイナス数十℃以下）でしか観測されなかったり、室温であっても超伝導材料でしか発生しないような強い磁場（10 テスラ程度）が必要であったり、電気抵抗の変化が緩やかであったりと、実用的な数値からは遠いものが多く、応用研究はほとんど進んでいないというのが現状です。

研究の内容

今回の研究で発見された巨大磁気抵抗効果を発現する物質は、十倉教授が発見した物質と同様に、マンガン（Mn）と酸素（O）が主な構成元素である「マンガン酸化物(*2)」という物質群の1つで、組成式は、NdBaMn₂O₆（Nd はネオジウム、Ba はバリウム）となります。この物質は、2002年頃にすでに発見されていましたが、当時はこの物質の単結晶を作製する方法が確立されておらず、微小な単結晶が集まってできた多結晶体についての情報しか得られていませんでした。

今回の研究では、この物質の大型（数ミリ角程度）で良質な単結晶の作製に成功し、これを 300 K（27℃）くらいにすると電気の流れ易さが 100 倍変化することを発見しました。さらにこの物質を磁場中に置くと、2 テスラほどのところで同様の変化がより低い温度で起きることもわかりました。最近入手が容易になった強力永久磁石（ネオジウム磁石）の磁力が非常に強いものが 1 テスラ程度なので、これまでに発見されたものと比較すると、2 テスラという値はかなり実用的な大きさに近付いたといえます。

今後の展開

今回の研究により、巨大磁気抵抗現象を用いた装置や部品などの開発といった、応用分野への研究への道が大きく開けたと考えます。しかし、すぐに装置や部品に応用できるわけではなく、必要とする磁場はもう少し小さいものを見つけるなどの改善すべき点があります。この問題は物質中に含まれる元素やその比率を変えることで解決が期待されます。また、物質を薄い膜状にするなど、形状を工夫する方法も考えられます。

応用研究以外でも、他の物質と異なり、何故この物質の巨大磁気抵抗現象がこれほど実用に適した条件で起きるのか、という基礎物理的な疑問の解明も重要です。今回の研究でも一部解析を行っていますが、これをより明らかにすることでさらに材料開発を加速できると考えています。

用語説明

*1 巨大磁気抵抗

物質中を磁場中に置くことで、物質の電気の流れ易さが何桁も変化する現象。英語では colossal（巨大な）という言葉を使い、colossal magnetoresistance (CMR) と呼ばれている。

*2 マンガン酸化物

マンガン (Mn) という元素と酸素 (O) で主に構成された物質。今回、(室温・低磁場) 巨大磁気抵抗効果が発見された物質はこのマンガン酸化物の1つである。ちなみに、初めて巨大磁気抵抗 (CMR) が発見された物質もマンガン酸化物である。

掲載論文

Room-temperature low-field colossal magnetoresistance in double-perovskite manganite

S. Yamada, N. Abe, H. Sagayama, K. Ogawa, T. Yamagami, and T. Arima

Physical Review Letters, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.126602>

※本研究の一部は、JSPS 科学研究費 (No.1818K03546) および、横浜市立大学研究戦略費 (No.G2503) の助成を受けたものです。また、研究を行うにあたり一部、高エネルギー加速器研究機構 (課題番号 2014G597)、J-PARC (課題番号 Bo. 2018B0174) および、東京大学物性研究所の共同利用施設を使用しました。

<お問い合わせ先>



(研究内容に関するお問い合わせ)

横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科 准教授 山田重樹

TEL : 045-787-2161 E-mail : shigeki@yokohama-cu.ac.jp

(プレスリリースに関するお問い合わせ、取材対応窓口、資料請求等)
研究企画・産学連携推進課長 渡邊 誠

TEL : 045-787-2510 E-mail : kenkyupr@yokohama-cu.ac.jp



(研究内容に関するお問い合わせ)

東京大学大学院新領域創成科学研究科 物質系専攻 教授 有馬孝尚

TEL : 04-7136-3805 E-mail : arima@k.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院新領域創成科学研究科 物質系専攻 助教 阿部伸行

TEL : 04-7136-3811 E-mail : abeno@k.u-tokyo.ac.jp

(プレスリリースに関するお問い合わせ)

東京大学大学院新領域創成科学研究科 広報室

TEL : 04-7136-5450 E-mail : info@edu.k.u-tokyo.ac.jp



高エネルギー加速器研究機構 社会連携部広報室

広報室長 引野 肇

TEL : 029-879-6047 FAX : 029-879-6049

E-mail : press@kek.jp