

Mn サイトの化学置換が NdBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> の物性に与える効果

清水寛太 (磁気物性学教室)

## 要旨

ペロブスカイト型 Mn 酸化物は、磁場を印加すると電気抵抗が数桁以上減少する超巨大磁気抵抗(CMR)効果を示す[1]。この CMR 効果は、磁気センサーや磁気ヘッドなど次世代の磁気デバイスとして応用が期待されている。しかし、CMR 効果は室温以下で発現することが多いため、応用化が難しい。そこで本研究では、室温付近で CMR 効果の発現が期待できる A サイト秩序型ペロブスカイト型 Mn 酸化物 RBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> に着目した。RBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (R = 希土類)室温付近で電荷・軌道秩序絶縁体(CO/OOI)相、強磁性金属(FM)相、A 型反強磁性(AF(A))相が多重臨界点を形成しているため、室温での CMR 効果の発現が期待される[2]。CMR 効果は、磁場印加により CO/OOI-FM 転移が起こることで発現する。しかし、RBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> の CO/OOI 相は安定で、磁場に対して堅牢である。CO/OOI 相は化学置換による乱れの影響を受けやすいため、本研究では NdBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> の Mn サイトを化学置換し、その電子相に与える効果を調べた。

先行研究[3]では、Mn サイトを Cr で置換した NdBaMn<sub>2-x</sub>Cr<sub>x</sub>O<sub>6</sub> ( $x = 0.10$ )の磁気特性について調べられ、室温付近以下で FM 相が強くなることが確認された。そこで本研究では、NdBaMn<sub>2-x</sub>Cr<sub>x</sub>O<sub>6</sub> ( $x = 0 - 0.18$ )の磁化測定、電気抵抗率測定を行い、Cr 置換が物性に与える効果をより詳細に調べた。

単相の NdBaMn<sub>2-x</sub>Cr<sub>x</sub>O<sub>6</sub> 試料は  $x = 0 - 0.15$  の範囲で得られた。図 1 に NdBaMn<sub>2-x</sub>Cr<sub>x</sub>O<sub>6</sub> ( $x = 0.10$ )の  $H = 1, 10, 30, 50$  kOe における磁化の温度依存性を示す。 $H = 1$  kOe では、温度低下に伴い室温付近で常磁性相から FM 相への転移が起こる。そして、250 K 以下で CO/OOI 相への転移を示す磁化の減少が見られる。また、Ti 置換した試料と比べると、Cr 置換による  $T_c$  の低下は小さい。印加磁場の増加により、 $T_{CO}$  の低下が見られ、 $H = 50$  kOe では CO/OOI 転移を示す磁化の減少は見られない。しかし、Ti 置換した試料よりも磁場誘起の CO/OOI-FM 転移は鈍く(ブロードで)、FM 相の飽和磁化は理論値の 2/3 程度である。これは、磁場誘起の FM 相に、CO/OOI 相が残っているためであると考えられる。これらの原因として、Cr 置換した NdBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> の A サイトの秩序度が完全でないことが関係していると考えられる。また、電気抵抗率測定より、磁気抵抗効果を確認できた。しかし、磁気抵抗の変化率が小さく、CMR 効果と言えるほどの変化は観測できなかった。

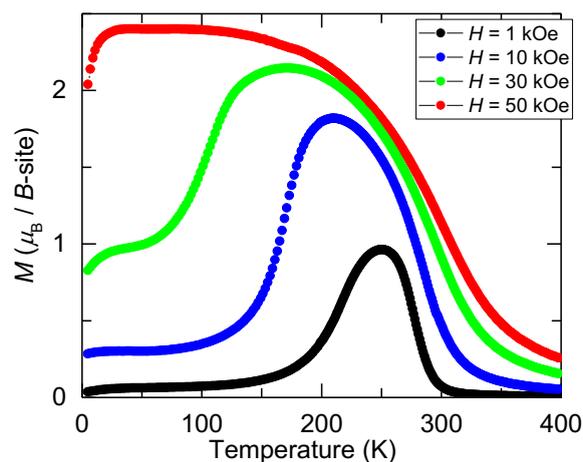


図 1 NdBaMn<sub>2-x</sub>Cr<sub>x</sub>O<sub>6</sub> ( $x = 0.10$ )の  $H = 1, 10, 30, 50$  kOe における磁化の温度依存性

[1] Y. Tokura: Rep. Prog. Phys. **69** 797 (2006).

[2] D. Akahoshi, Y. Okimoto, M. Kubota, R. Kumai, T. Arima, Y. Tomioka, and Y. Tokura: Phys. Rev. B **70** 064418 (2004).

[3] 人見理花: 2021 年度東邦大学理学部物理学科卒業論文.

秩序型ペロブスカイト型 Mn 酸化物  $\text{NdBaMn}_2\text{O}_6$  の元素欠損効果

氏名 服部央弥 (磁気物性学教室)

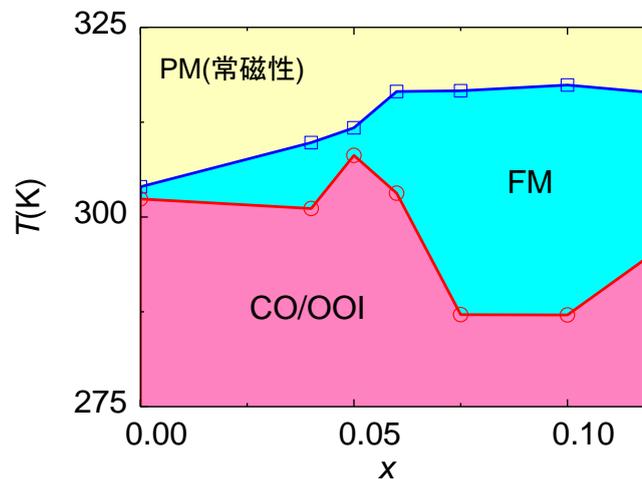
## 要旨

ペロブスカイト型 Mn 酸化物は、臨界点付近の電荷・軌道秩序絶縁体相に磁場を印加することで、磁場誘起の強磁性金属転移による超巨大磁気抵抗 (CMR) 効果を示すことが知られている[1]。だが、通常のペロブスカイト型 Mn 酸化物における CMR 効果は室温より低い温度で発現することが多く、デバイスなどの実用化には至っていない。

A サイト元素が層状に規則配列した構造を持つ秩序型ペロブスカイト型酸化物  $\text{RBMn}_2\text{O}_6$  ( $R = \text{希土類}$ ) では、強磁性金属 (FM) 相、電荷・軌道秩序絶縁体 (CO/OOI) 相、A 型反強磁性 (AF(A)) 相が室温付近で多重臨界点を形成していることが報告されているため[2]、室温での CMR 効果が期待されている。しかし、 $\text{RBMn}_2\text{O}_6$  の CO/OOI 相、AF(A) 相は磁場に対して堅牢なために磁場誘起相転移による CMR 効果は発現しない。

そこで、本研究では  $\text{RBMn}_2\text{O}_6$  への乱れの効果に着目した。乱れの効果は多重臨界点付近の電子相、特に CO/OOI 相に対して大きな影響を与えることが期待される。本研究の目的は、 $\text{NdBaMn}_2\text{O}_6$  の A サイトに元素欠損の乱れ (構造的乱れ) を導入し、乱れが多重臨界点付近の物性に与える影響を調べることである。

図 1 に  $\text{NdBa}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_{6-\delta}$  の磁気相図を示す。酸素欠損量  $\delta$  はヨウ素滴定法で決定した。Ba 欠損による乱れを導入することで、強磁性転移温度 ( $T_c$ ) は  $0 \leq x \leq 0.10$  で上昇傾向を示し、電荷・軌道秩序転移温度 ( $T_{co}$ ) は  $0 \leq x \leq 0.05$  で上昇傾向、 $0.05 \leq x \leq 0.12$  で減少傾向を示す (図 1)。通常の場合、構造的な乱れを導入すると転移温度 ( $T_{co}$ ,  $T_c$ ) は減少するので、これは興味深い結果である。 $T_c$  の上昇の主な原因は、Ba 欠損により酸素欠損が生じ、Mn の平均価数が減少するためである (電子ドープ効果)。一方、 $0 \leq x \leq 0.05$  における  $T_{co}$  の上昇は、Ba 欠損により  $\text{NdBaMn}_2\text{O}_6$  の構造歪みが大きくなる (バンド幅がせまくなる) ためであると考えられる。そして、 $0.05 \leq x \leq 0.10$  での  $T_{co}$  の減少は、 $x$  の増加にともなう Mn の平均価数の減少 (電子ドープ効果) と Ba 欠損による乱れの相乗効果によるものと考えられる。

図 1:  $\text{NdBa}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_{6-\delta}$  の磁気相図 ( $0 \leq x \leq 0.12$ )[1] Y. Tokura, Rep. Prog. Phys. **69** 797 (2006).[2] D. Akahoshi, Y. Okimoto, M. Kubota, R. Kumai, T. Arima, Y. Tomioka, and Y. Tokura, Phys. Rev. B **70** 064418 (2004).