

(La_{1-z}Nd_z)_{1-x}Sr_xMnO₃のX=0.5近傍における磁気・電荷秩序

電子材料学 池部研究室 菅原明洋

<序論>

ペロブスカイト型 Mn 酸化物 R_{1-x}A_xMnO₃ (R は 3 価の希土類イオン、A は 2 価のアルカリ土類イオン) は Mn³⁺と Mn⁴⁺イオンの間に働く二重交換相互作用に起因して金属相が現れると同時に強磁性が出現することは La_{1-x}Sr_xMnO₃ などの研究で古くから知られている。また X=0.5 近傍では低温で電荷整列に起因する反強磁性絶縁相が出現することを池部研究室では明らかにしている。本研究では、(La_{1-z}Nd_z)_{1-x}Sr_xMnO₃ (0.46 ≤ X ≤ 0.58) 焼結体を作成して電気抵抗率と磁化の測定を行い守友グループが報告したように FZ 法によって作成した(La_{1-z}Nd_z)_{1-x}Sr_xMnO₃ でみられた反強磁性金属相が焼結体でも存在するかどうか調べた。

<試料作成>

各原料粉を十分に混合し 1000 °C 空气中で 12 時間の仮焼きを 2 回行った。その仮焼き粉を再度混合し、ペレット状にして、1500 °C で 8 時間空气中で本焼きを行って試料を作成した。また、酸素量制御のために、を本焼きまで行った試料を酸素中で 1500 °C で 24 時間熱処理を行った。

<測定方法>

電気抵抗率は直流四端子法で測定を行った。磁化は QUANTAUM-DESIGN 社製の SQUID (Superconducting Quantum Interference Device : 超伝導量子干渉計) 磁束測定装置を用いてゼロ磁場冷却 (ZFC) 後 0.5T の磁場を印加して測定した。

<測定結果>

図 1 は(La_{1-z}Nd_z)_{1-x}Sr_xMnO₃ (X=0.48) の磁化の温度依存性を示している。強磁性転移温度を T_c 反強磁性転移温度を T_N で表すと、この図から Z=0,0.4 では T_c がみられるが、T_N はみられなかった。また Z=0.5 ~ 1.0 では T_N がみられた。つまり X=0.48 ではイオン半径の小さい Nd を置換することにより反強磁性が現れることがわかった。

図 2 は同じ試料の電気抵抗率の温度依存性を示している。この図から、電気抵抗率は、Z=0,0.5 では全温度領域で、半導体的に振る舞うが、Z=0.4 では T_c 以下で半導体的から金属的に振る舞いを変化させる。さらに、Z=0.6,0.8,1 では T_c 以下で半導体的から金属的に振る舞いを変化させ、T_N 以下で金属的か

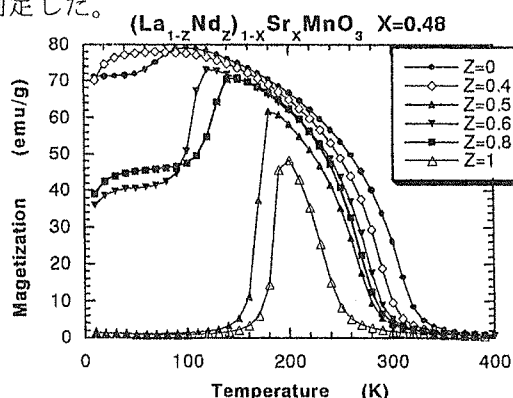


図1 磁化の温度依存性

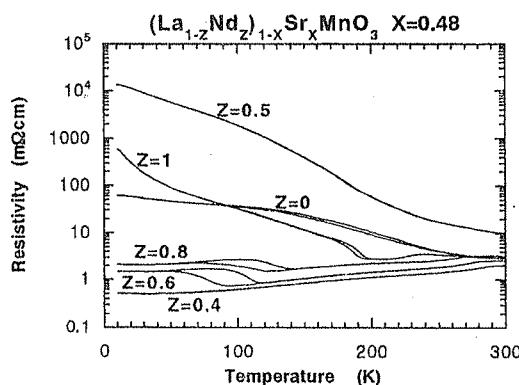


図2 電気抵抗率の温度依存性

ら半導的に振る舞いを変化させることがわかった。

$X=0.48$ の磁化及び電気抵抗率の温度依存性から常磁性絶縁体を (PI)、強磁性金属を (FM)、反強磁性絶縁体を (AFI) と表して作成した相図が図3である。この図から $X=0.48$ では、 $Z < 0.5$ では T_c で PI から FM への転移があり、 $Z \geq 0.5$ では T_c で PI から FM さらに T_N で FM から AFI への転移があることがわかった。

同様に $Z=0.50$ に固定し $X=0.46, 0.50, 0.52, 0.53, 0.55$ と変化させたときの磁化の温度依存性が図4である。この図から X の値が小さいときは反強磁性がみられないことと、 X の値が大きくなるに従って T_c の値も小さくなるが T_N の値は大きくなり、磁化の大きさは小さくなることがわかった。

図4及び電気抵抗率の結果から作成した $Z=0.5$ の相図を図5に示す。この図から $Z=0.5$ の時は $X < 0.48$ では強磁性がみられるが反強磁性はみられない。しかし $X \geq 0.48$ から反強磁性がみられるようになり、 $X \geq 0.53$ から強磁性がみられなくなり反強磁性のみみられるようになることがわかった。

図6は、今までの結果から作った X と Z の相図で○は高温で強磁性はみられたが、低温で反強磁性はみられなかったところ、▽は強磁性から反強磁性の転移がみられたところ、▽は強磁性はみられなかったが反強磁性がみられたところを示している。と森本グループの結果と比べると磁化特性は X の値が 0.2 ほど小さい値から反強磁性が見られることがわかった。また、この反強磁性は絶縁体であることがわかった。

<結論>

Mn 酸化物 $(La_{1-z}Nd_z)_{1-x}Sr_xMnO_3$ の焼結体は、FZ 法の結果に書かれているように X の値が大きくなることによって反強磁性相が見られるようになるが、反強磁性金属相は見られないことがわかった。

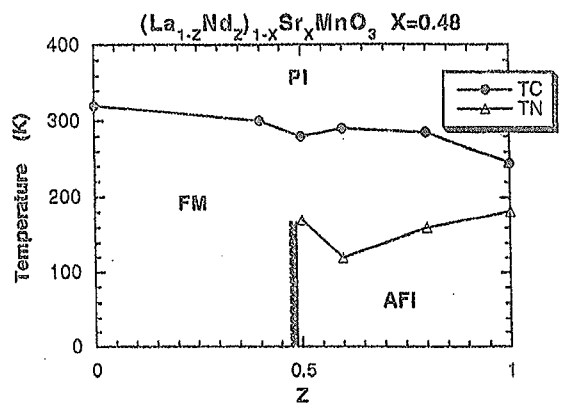


図3 LNSMO $X=0.48$ の相図

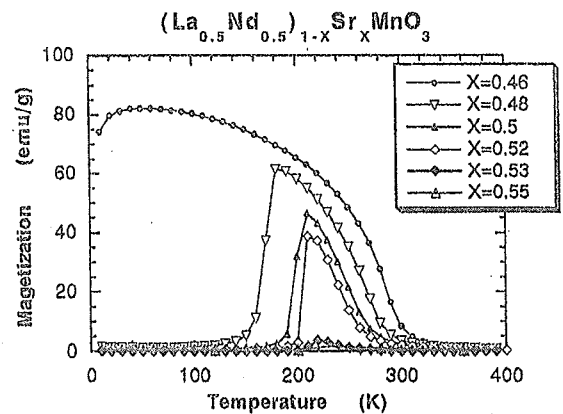


図4 磁化の温度依存性

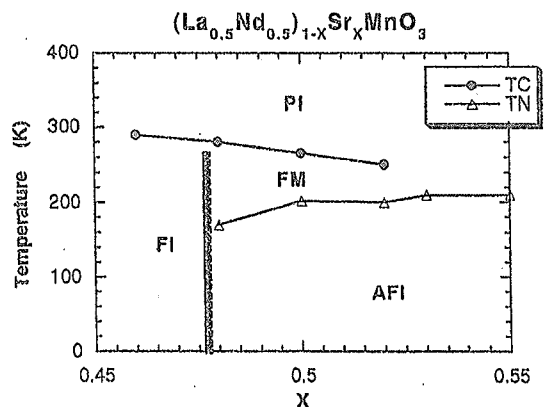


図5 LNSMO $Z=0.5$ の相図

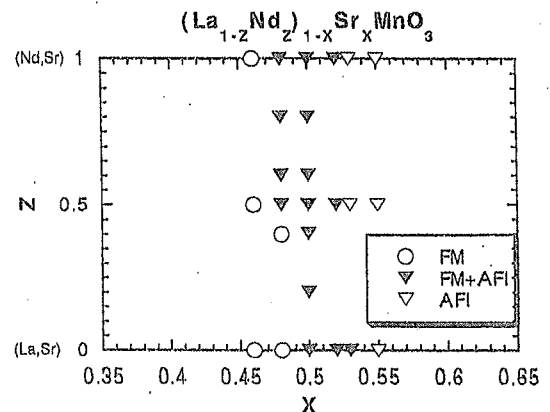


図6 LNSMOの相図