

# 軟 X 線吸収分光による希薄磁性半導体 $Zn_{1-2x}Mn_xCo_xO$ ナノ粒子の電子状態

東大院新領域<sup>A</sup>, 東大院理<sup>B</sup>, KEK-PFC, NSRRC<sup>D</sup>,  
Max-Planck-Institute<sup>E</sup>, Bhabha Atomic Research Center<sup>F</sup>,  
Indian Institute of Tech.<sup>G</sup>, IACS-Kolkata<sup>H</sup>,  
片岡隆史<sup>A</sup>, 坂本勇太<sup>A</sup>, 山崎陽<sup>B</sup>, 藤森淳<sup>A, B</sup>, 朝倉大輔<sup>C</sup>, 小出常晴<sup>C</sup>,  
F.-H. Chang<sup>D</sup>, H.-J. Lin<sup>D</sup>, D. J. Huang<sup>D</sup>, C. T. Chen<sup>D</sup>, D. Karmakar<sup>E, F</sup>,  
S. K. Mandal<sup>G</sup>, T. K. Nath<sup>G</sup>, I. Dasgupta<sup>H</sup>,

ZnO をベースとした酸化物希薄磁性半導体(DMO)の物性研究が盛んに行われている[1]。特に ZnO ナノ粒子 DMO は、多機能ナノ粒子磁性体という観点から、大きな注目を集めつつあるが、それらの磁氣的相互作用の起源は解明されていない。ここでは磁性イオン由来の相互作用が重要な役割を担うと考えられるため、磁性イオンドーピングに伴う磁性の系統的变化を調べる研究が、磁氣的相互作用の解明に繋がると期待される。Mandal らは  $Zn_{1-2x}Mn_xCo_xO$  ナノ粒子の SQUID 測定を行い、磁性イオンドーピング増加に伴い、それらの反強磁性的相互作用(AFM)が強くなると報告している[2]。この挙動について、Mandal らは磁気ポーラロン同士の AFM の可能性を挙げているが、明らかではない[2]。そこで我々は  $Zn_{1-2x}Mn_xCo_xO$  ナノ粒子に対し、軟 X 線吸収分光(XAS)、軟 X 線磁気円二色性(XMCD)を行い、磁性イオンの電子状態の系統的变化を明らかにした。

Fig. 1 は  $Zn_{1-2x}Mn_xCo_xO$  ナノ粒子の Mn (a), Co (b)  $2p-3d$  XAS の磁性イオンドーピング依存で、 $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  の電子構造をそれぞれ図中に示した。磁性イオンのドーピング増加に伴い、 $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  のピークよりも高エネルギー側の構造が増大するのが分かる。これは、 $Mn(Co)^{3+}, Mn(Co)^{4+}$  イオンの割合が  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  イオンに比べて、増加したことによるもの

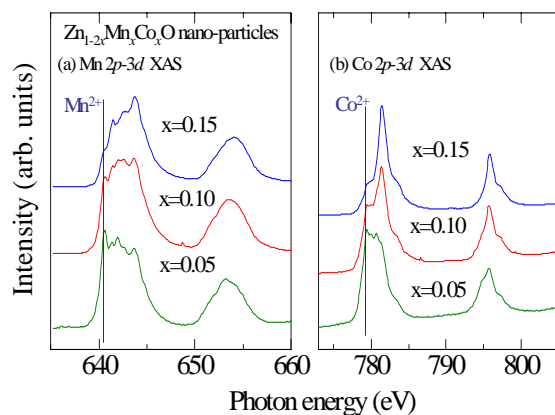


Fig.1  $Zn_{1-2x}Mn_xCo_xO$  ナノ粒子における Mn (a), Co (b)  $2p-3d$  XAS の磁性イオンドーピング依存。

と考えられる。粒子表面における過剰酸素・Zn 欠損による酸化の影響を考慮すると、 $Mn(Co)^{3+}, Mn(Co)^{4+}$  イオンは主にナノ粒子表面・界面に多く存在することが示唆される。このことから、 $Zn_{1-2x}Mn_xCo_xO$  ナノ粒子における AFM はナノ粒子表面・界面の電子状態が重要な鍵を握る可能性が考えられる。当日は XMCD の結果を用い、より詳細に AFM の起源について議論を行う。

[1] P. Sharma *et al.*, Nat. Mater. 2, 673 (2003).

[2] S.K. Mandal *et al.*, J. Appl. Phys. 101, 063913 (2007).