 MLF Experimental Report	提出日 Date of Report 2010年4月12日
課題番号 Project No. 2009A0060 実験課題名 Title of experiment μ SR study of magnetic properties of CaFe_2O_4 -type NaMn_2O_4 and LiMn_2O_4 実験責任者名 Name of principal investigator 常盤 和靖 所属 Affiliation 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科	装置責任者 Name of responsible person 三宅 康博 装置名 Name of Instrument/(BL No.) D1 実施日 Date of Experiment 2009年11月13日~16日

試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、結論等を、記述して下さい。(適宜、図表添付のこと)
 Please report your samples, experimental method and results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

1. 試料 Name of sample(s) and chemical formula, or compositions including physical form.
CaFe_2O_4 型 NaMn_2O_4 および LiMn_2O_4

2. 実験方法及び結果 (実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。)
 Experimental method and results. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

CaFe_2O_4 型の結晶構造を有する NaMn_2O_4 および LiMn_2O_4 はキュービックアンビル型超高压装置を用いて 4.5GPa、1050~1150°C で合成を行った。 CaFe_2O_4 構造はスピネルの高圧相と考えられ、高密度相であり、辺共有した MnO_6 八面体が一次元方向に積み重なった構造をしている。いずれの試料も X 線回折測定の結果からは明確な不純物が見られず単一相試料として得られている。これらの試料を用いて ZF- μ SR 測定を行った。SQUID を用いた静的磁化率の測定結果からは、 NaMn_2O_4 では、約 13K で反強磁性転移が確認されているが、 LiMn_2O_4 では、ZFC と FC に履歴をもつスピングラス的な振る舞いが確認されている。

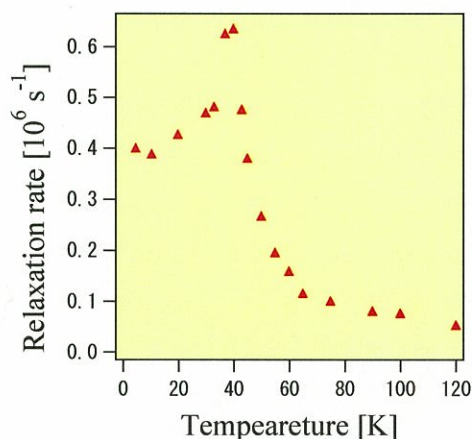


図 1. ZF- μ SR 測定結果から得られた NaMn_2O_4 の緩和率の温度依存性

図 1 には、今回の ZF- μ SR 測定実験で得られた NaMn_2O_4 の緩和率測定の結果を示している。緩和率は約 60K から急激に増大

2. 実験方法及び結果(つづき) Experimental method and results (continued)

し、鋭いピークが 40K 付近で見られた。この 40K 付近に見られる転移は、静的磁化率で観測されている反強磁性転移温度($T_N=13\text{K}$)とは大きく異なっている。この理由として、2つの測定法のタイムスケールの違いや、ミュオンが局所的な情報を引き出せる事に由来しているものと考えられる。すなわち、 CaFe_2O_4 構造の低次元構造に起因して、40K 付近では短距離の磁気相関が発達し始めるが、マクロには動的に揺らいでおり、より低温で長距離秩序が発達する事によって静的磁化率に変化が見られたものと考えられる。しかしながら、異なるプローブで見られる磁気的な変化の特徴的な温度の差が約 25K もあり、今後、タイムスケールの異なる NMR や中性子線回折測定により相補的な実験を行ったり、Mn サイトの置換を行って相関強度を変化させるなどして、磁気相関の詳細を明らかに必要があると考えられる。また、Mn の大きな磁気モーメントによる速い緩和のため最低温(5K)においても振動は観測されていない。

図2には、 LiMn_2O_4 の ZF- μSR 測定による緩和率の温度依存性を示している。定性的には NaMn_2O_4 の場合と同様の振る舞いを示している。約 40K にピークが見られ、 LiMn_2O_4 でも 40K 付近に短距離の反強磁性秩序が現れ始めているものと考えられる。しかしながら、 NaMn_2O_4 と LiMn_2O_4 の静的磁化率の温度依存性には振る舞いの違いが見られており、40K 付近での短距離秩序の形成から、系全体への長距離秩序形成過程に違いがあるためかもしれない。二つの系における磁気的な振る舞いの違いが生じる一つの理由として考えられるのは、Mn の価数状態の違いによるものである。中性子線回折による結晶構造解析の結果から見積もった Mn の価数状態は、 NaMn_2O_4 では 2 種類ある Mn のサイトで一方は+4 価、他方では+3 価にオーダーしているが、 LiMn_2O_4 では、2 つのサイトの Mn 価数が+3~+4 価の中間的な値をとっているものと考えられる。二つの系でのスピン状態の違いは、今のところ ZF- μSR 測定の結果に反映しているものとは考えられない。今後、詳細な検討が必要であると考えられる。

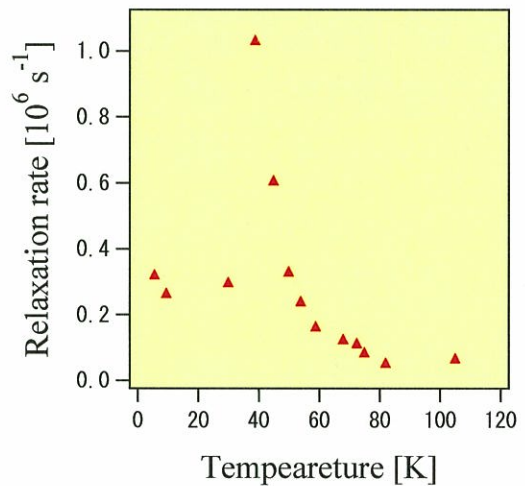


図 2. ZF- μSR 測定結果から得られた LiMn_2O_4 の緩和率の温度依存性