

22. Ising型希釈反強磁性体 $\text{Fe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{Cl}_2$ の磁化緩和

東工大 理 飯尾勝矩 釜井努 永田一清

$\text{Fe}_{1-x}\text{Mg}_x\text{Cl}_2$ は、三方晶 CdCl_2 型の結晶構造を持つ FeCl_2 と MgCl_2 の混晶である。母体の FeCl_2 は、強い強磁性最近接相互作用 ($J/k=7.88\text{K}$) で結ばれた層状三角格子上の磁気モーメント層が、層間の弱い反強磁性相互作用 ($J/k=-0.35\text{K}$) で重なり合った反強磁性体 ($T=23.5\text{K}$) である。一軸異方性 ($D/k=-17\text{K}$) が強いため、秩序相では磁気モーメントは c 軸に平行にあり、昔から、メタ磁性を示す物質として知られている。¹⁾

近年、この Mg^{2+} による希釈系において、Ising型相互作用を持つランダム磁性体の相転移の特徴を浮き彫りにするようないくつかの実験が行なわれている。二次元三角格子系の最近接相互作用に関するサイト・パーコレーション・リミット x_c が 0.5 であることを反映して、 $x>0.5$ では、層間の第二近接相互作用 ($J/k=-1.04\text{K}$) の反強磁性と第一近接の強磁性相互作用の競合を起源とした、スピングラス相転移の研究がある。²⁾ $x\approx 0.3$ では、ランダム磁場効果の検証、³⁾ $x\approx 0.45$ では、リエントラントスピングラス問題に関連したスピングラス相と反強磁性秩序相の共存の発見などが挙げられる。これらは、磁性としてはいずれも静的な側面を捉えた実験である。磁気的には一見異なった現象のように思われるこれらが、磁性イオンを希釈していくとどの様なつながりを持つのかは非常に興味深い。そのためにも、われわれは、これらの3濃度領域でのスピングラスダイナミクスを横貫的に調べることが重要であると考え、ファラデー効果の手法により磁化緩和を明らかにする実験を行なっている。

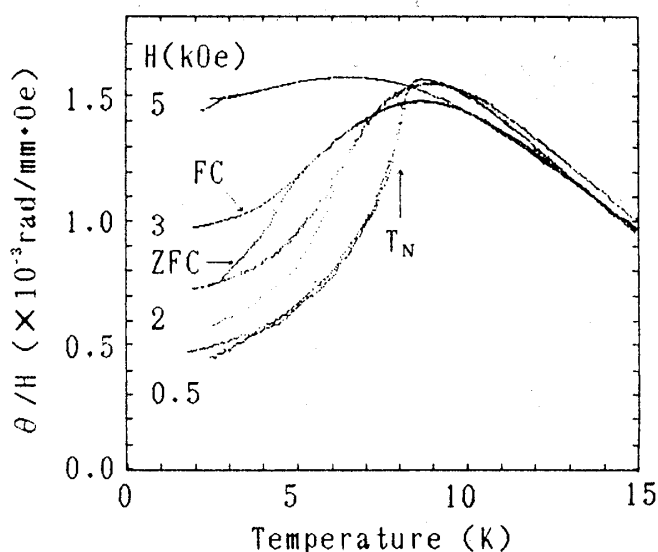
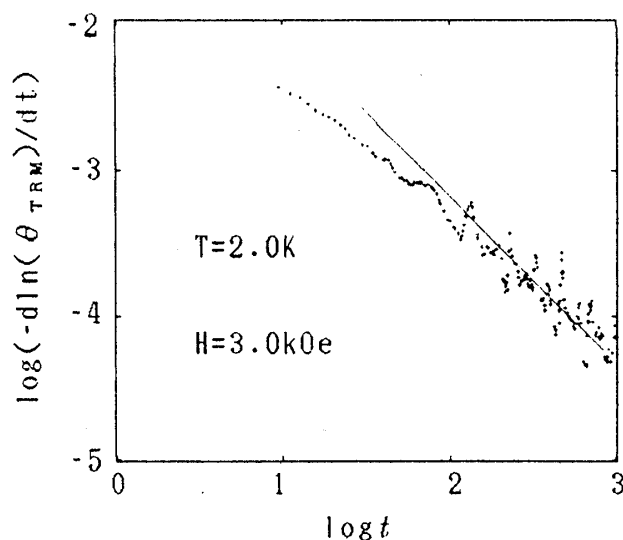
ファラデー効果は一軸性結晶の c 軸に平行に外部磁場を印加したとき、あるいは巨視的磁化が c 軸に平行にあるとき、 c 軸に沿って伝播する直線偏光の光が、全磁化 M に比例した偏光面の回転 θ を持つ現象である。光を手段とした実験であるから、透明な結晶を必要とする。したがって、化合物磁性体のような、短距離相互作用を持つ磁気系が対象となる。また、透過偏光を測定することから、非常に均一な混晶での測定となる利点があり、板状の形状をもつ試料を使うことから、反磁場などの見積も容易といえることがある。またこれにもまして重要なこ

とは、光と物質の相互作用に基づくから、10nsec程度からのダイナミックレンジの広い実験が原理的には可能な点である。実際、外部磁場を交流化した、acファラデー効果により、 $\text{Eu}_{0.4}\text{Sr}_{0.6}\text{S}$ で $10^{-2} \sim 10^4 \text{ Hz}$ のac磁化率の実験が行なわれ、三次元のスピングラスが有限の温度でcritical slowing downを起こすことを測定し、三次元のスピングラス系が、真の相転移を持つことを主張した仕事も現われている。⁵⁾我々は、この体系が $x_0=0.5$ という磁性イオン濃度に明確な幾何学的制約がある点を考慮して、 $x < x_0$ と $x > x_0$ の濃度領域に分け、磁化の緩和がそれぞれどのような振舞いを示すか比較検討することを試みた。

図1には

$\text{Fe}_{0.57}\text{Mg}_{0.43}\text{Cl}_2$ の磁場

中冷却FC、ゼロ磁場中冷却ZFCにおける平行磁化率 $\chi_{\parallel}$ に対応する θ/H の温度依存性を示した。 $x < 0.5$ での特徴は、外部磁場が弱ければ、 $d(\chi_{\parallel}T)/dT$ が T_N でピークを持つような反強磁性秩序相の出現を示唆する θ/H の変曲点があることで、また、磁場を強くしてゆくにつれ、 T_N に対応する温度より低温でZFCとFCの曲線に履歴が起こることである。この濃度領域では、弱い磁場中において、いったん反強磁性秩序相に入ってから、さらに温度が低下すると、スピングラスと反

図1 $\text{Fe}_{0.57}\text{Mg}_{0.43}\text{Cl}_2$ の静磁化率図2 $\text{Fe}_{0.57}\text{Mg}_{0.43}\text{Cl}_2$ におけるTRMの緩和

強磁性が共存して履歴が見られると指摘されている。我々のデータを見るかぎり、ZFC後に磁場を印加した時に見られる等温磁化の成長に、いくら磁場が弱くても履歴現象の徴候となる長時間発展の傾向が出るから、 T_N よりかなり低温のある温度で共存が生じて磁化に履歴が現われるとするのは、少し難しいように思える。熱残留磁化(TRM)の長時間緩和をこの濃度領域で測定してみると、FC状態では緩和があり、対数プロットすると $10^0 \sim 10^3$ secの時間帯で直線に乗るようには見えない。両対数プロットを行なうと、かなり直線に乗るようになる。そこで図2のように stretched exponential 関数でプロットを行なうと、 $t > 10$ secではその勾配が-1に近く、TRMが指数関数； $t^{-\alpha}$ 型の緩和に従っていることがわかった。また、指数 α は磁場とともに増加し、 α の温度依存性は履歴の始まる温度に向かって温度とともに増加すること

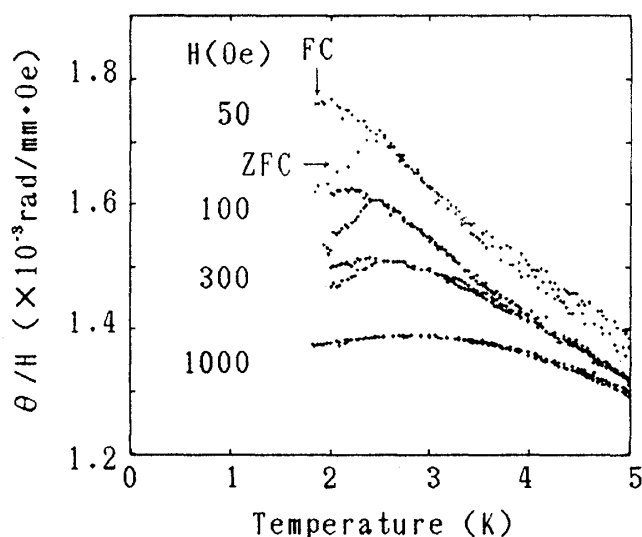


図3 $\text{Fe}_{0.4}\text{Mg}_{0.6}\text{Cl}_2$ の静磁化率

などが見られ、Itôらが他の Ising型スピングラス

$\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{TiO}_3$ 系で測定したTRMの緩和⁶⁾と同様な振舞いを示すことが分かった。

図3には、 $\text{Fe}_{0.4}\text{Mg}_{0.6}\text{Cl}_2$ のFC, ZFCの θ/H の温度依存性を示した。この濃度領域では、二次元三角格子上的強磁性と反強磁性相互作用が競合してスピン

グラス相が現われると言われているが、弱い磁場中のZFCの磁化率に、その相転移をまさに反映したカスプがみられた。この系のスピングラス相のTRMの緩和については、まだ、十分なデータの蓄積と詳細な解析は終わっていないが、やはり指数関数型の緩和を示す初期的な結果を得ている。スピングラスではない乱れを伴った反強磁性秩序相のTRMの緩和が、スピングラス相での緩和と本質的に違わない事実の解釈については、これからの問題としたい。

REFERENCES

- (1) I.S.Jacobs and P.E.Lawrence: Phys.Rev.164(1967)866.
- (2) D.Bertrand,A.R.Fert,M.C.Schmidt,F.Bensamka and S.Legrand:
J.Phys.C15(1982)L883.
- (3) Po-zen Wong and J.W.Cable: Phys.Rev.B28(1983)5361.
- (4) Po-zen Wong,S.von Molnar,T.T.M.Palstra,J.A.Mydosh,H.Yoshizawa,
S.M.Shapiro and A.Ito: Phys.Rev.Lett.55(1985)2043.
- (5) N.Bontemps,J.Rajchenbach,R.V.Chamberlin and R.Orbach:
J.Magn.Magn.Mat.54-57(1986)1.
- (6) A.Ito,H.Aruga,E.Torikai,M.Kikuchi,Y.Syono and H.Takei:
Phys.Rev.Lett.57(1986)483.