

29. 極低温でのファラデー効果による磁気秩序化の観測 ～高周波帯磁率測定装置の開発と強磁性混晶の動特性～

横 谷 麻 子

K_2CuF_4 は非常に二次元性のよいハイゼンベルグ系として注目されてきたが、同時に、透明な強磁性体であることから、磁気光学効果を利用した磁気的性質の観測に好適な物質である。これまでに、この K_2CuF_4 と、そのCuイオンを一部他の磁性イオンで置換した混晶系 $K_2Cu_{1-x}M_xF_4$ ($M=Mn, Zn, Co$)について、磁気光学効果の一つであるファラデー効果による静的磁区観察を行った。そして純粋系($x=0$)ではおよそ $16\mu m$ 幅の縞状磁区ができ、混晶系ではその磁区幅が不純物の種類によらず x の増加とともに急激に減少するという結果を得たが、その機構を解明する手がかりとして磁区の動特性を調べることに有用であると考えた。

一般に等方的な強磁性体では、スピン緩和時間が臨界点直上で無限に長くなり(critical slowing down)、臨界点以下再び短くなると考えられており、転移点近傍の動的磁性の観測に興味をもたれてきた。また、ランダム系になると緩和時間に分布が生じ、低周波分散が発達することが期待される。したがって、強磁性体の転移点近傍で交流帯磁率の周波数依存性を広帯域にわたって測定することは、純粋系と混晶系の動的性質の違いを探索する上で、非常に有用なことである。これらの研究を進める上で、測定手段として先に述べたファラデー効果を適用すれば、非常に広い周波数にわたって、かつ連続的に秩序化の動特性を調べることに可能となる。

しかしファラデー効果を利用して、極低温下において高い周波数領域まで交流帯磁率を測定した例は極めて少なく、本研究ではこれを実現するための装置を開発した。装置は光ファイバを用いて液体ヘリウム中の断熱セル内に光を導入し、試料を透過した光を再び光ファイバで常温部の検出器に導く方式とした。こうすることで、流体ヘリウムやデユワーによる光の乱れはなく、またヘリウムの使用量、消費時間は他の光学用クライオスタットに比べて非常によいことがわかった。

実際の測定は周波数範囲500Hz～200kHz、温度範囲2K～10Kで $K_2Cu_{1-x}M_xF_4$ ($M=Zn, Co$)について行った。そのうち、磁区幅の大きい試料($x=0, 0.005$)では転移点で χ' が極大をつくるが、磁区幅の小さい試料($x=0.02, 0.06$)では $M=Zn, Co$ のいずれの混晶についても χ' が転移点以下でさらに増加するという現象がみられた。また周波数を変化させると、 χ' の減少が100kHzより始まり、 χ'' の出現温度が周波数の上昇とともに高温側に移動するなど、より高周波での顕著な臨界低速化の出現を示唆する結果が得られた。