

三角格子ハイゼンベルグ反強磁性体 VX_2 の磁性

東大物性研 平川 金四郎

はじめに

ハイゼンベルグ型で反強磁性(AF)的に相互作用するスピン系を三角格子の上に並べると、いわゆる 120° 構造と呼ばれる Néel 状態が、基底状態として現れる。唯し、これは古典スピン系の場合であって、 $S=1/2$ の量子スピン系では全く異なる基底状態が出現するだろうというのが 1973 年の Anderson の論文である。彼は、このような static な構造よりも、むしろスピンの対を作り、それが流動的であるような、いわば磁気的量子流体が実現するだろうと推論した。 $S=1/2$ の 2D, AF だけでなく三角格子というのは仲々見出しにくい、 $S=3/2$ のものならある。これが VX_2 ($X=Cl, Br, I$) である。ここでは我国の各研究者が行った最近の研究の発展と問題点を述べる。前回の報告(日本物理学会分科会講演)で、preliminary な実験結果は述べた。その後のさらに詳しい成果は次の通りである。

(i) 中性子散乱

以前、スピン構造は、c 軸方向にのみ成分をもった Partial disorder (PDO) structure であると言ってきた。が試料がよくなり、且つ単結晶測定も出来るようになった結果では、 VBr_2 は ac 面内には 120° 構造のスピンがあるというモデルで説明可能で、多分 VCl_2 もそれに近いだろうということになった。以前から疑問と思われていた OK でも残る強い散漫散乱は、明らかに非弾性散乱であることが確認され、多分スピン波的ゆらぎによるものだろうと思われる。モーメントのちがみは約 15%~20% で、これはスピン波解析と大体合う。また、スピン波分散らしい gap のないモードが測定され、これより $J'/J = 5 \times 10^{-3}$, $J = 22 K$ (VCl_2) 及び $J'/J = 2 \times 10^{-2}$, $J = 16 K$ (VBr_2) が求まった。これらの J は χ の解析と合う。このようにしてみると、中性子でみた限り $\langle S \rangle / S \sim 80\%$ に縮んだ 120° 構造モデルでよいことになる。さらに実験を低温 0.3 K 迄下げたところ、Bragg 散乱強度がほぼ $1/4$ に比例して減少する部分があることが見出された。これは核に依る微細構造磁場下の核の分極を考えれば、丁度説明出来るものである。また、この温度で、磁場を 20 KOe かけたところ、Bragg 散乱に明確な減少がみられた。このことは 120° の面が H に垂直に向くように分布を変えていくことで説明される。H を取去ると元へ復元する。これは $\Delta\chi = \chi_{\perp} - \chi_{\parallel}$ が小さいからで、如何に結晶学的異方性が小さいかを物語るものである。

(ii) 磁化率の再測定

大きい単結晶を用いて前回 (200 Oe) よりも強い 1000 Oe 磁場で測定したところ、 VBr_2, VCl_2 共に、分子場近似で J'/J の値を用いて見積った程度の異方性が現れた。前回異方性がなかったのは H が小さかったためかもしれない。この点、検討を要する。

(iii) NMR によれば、通常のやり方で微細構造磁場を共鳴周波数から出すと、それは $\langle S \rangle / S$ に換算して 30~40% しかモーメントがない。即ち 20~60% スピンが縮んでいることになり、これは中性子散乱でみた縮より遙かに大きい。この不一致は、体系のゆらぎとして、ESR

か、それよりもやゝ遅い周波数のゆらぎがみえれば、一応大小関係の説明はつく。このゆらぎが熱的なものであれば、 $T \rightarrow 0$ でゆらぎをけすと、中性子でみる $\langle S \rangle$ とNMRでみる $\langle S \rangle$ の大小関係はなくなるか、逆転してきよう。このこと、ESRで観測されている、共鳴磁場のLow field shift ... つまり体系がinhomogeneousにみえることは、現在一番謎である問題である。これも、元をたぐせば、スピン系に結晶からくる異方性磁場が、消失しているかの如くになっていること(少くとも、異方性磁場は結晶の微細構造磁場より遙かに小さい)から来ている稀にみる振舞であって、そのことを認めると、あとはほぼ古典的に解決しそうにも思える。