

( $I$ - $E$  特性) 測定は電流が  $1\ \mu\text{A}$  以下では直流 4 端子法により, それ以上の電流では joule heat の影響を避けるためパルスを用いた 2 端子法により行なった。図 2 に 1 次元軸方向の  $I$ - $E$  特性を示す。1 次元軸方向の電気伝導は強い非線型性を示し, 約  $600\ \text{V/cm}$  の電場で異なる温度の  $I$ - $E$  曲線が収束している。一方, 1 次元軸と垂直な方向の電気伝導は  $1500\ \text{V/cm}$  まで完全に線型である。この 1 次元軸方向の高電場でみられる非線型伝導は, 今までに知られている一電子励起に関連した機構では説明できず, CDW の depinning に基づくものと結論できる。

## 2. $\text{KNiF}_3$ における $\text{F}^{19}$ の核磁気共鳴

齊 田 克 明

### [序 論]

化合物反強磁性体において磁化容易軸を決めるその起源は, 低対称の物質に関しては一般に明らかになっている。cubic な対称性をもつ場合も容易軸は等価な複数の方向に存在しているが, その異方性エネルギーの起源についてはまだはっきりしていない物質もある (例えば  $\text{KNiF}_3$  等)。

この問題に対して, また, 容易軸が一つに決まらないことから出現する cubic 反強磁性体のドメイン<sup>4,6)</sup> 構造について, これらをマイクロな実験方法である核磁気共鳴 (NMR) を用いて探ってみようと, cubic ペロブスカイト型反強磁性体  $\text{KNiF}_3$  における弗素の NMR の実験を行なった。NMR は磁性体の動的性質をさぐるという点, また, 非常にマイクロな部分を識別できるという点において有効な手段である。

$\text{KNiF}_3$  はネール点 ( $T_N$ ) 以下でも cubic と言われている数少ない物質の一つであり, スピンの秩序方向は (図-1) のように 3 本の  $\langle 100 \rangle$  いずれかである<sup>6)</sup>。  $T_N$  が  $246\ \text{K}$  と比較的高く, 我々の装置が  $77\ \text{K}$  までの低温測定しか可能でない点から, 広く反強磁性領域を探ることのできる都合のよい物質であった。

### [実験方法]

$\text{KNiF}_3$  単結晶はフラックス法により作成した。 $\text{KNiF}_3$  粉末を作り, これに  $\text{KCl}$  を混ぜ, 加熱・融解し, ゆっくり温度降下して析出させた。

NMR の実験はクロスコイル法を用いた。日本電子製検出器を一部改良し, これと, 作製し

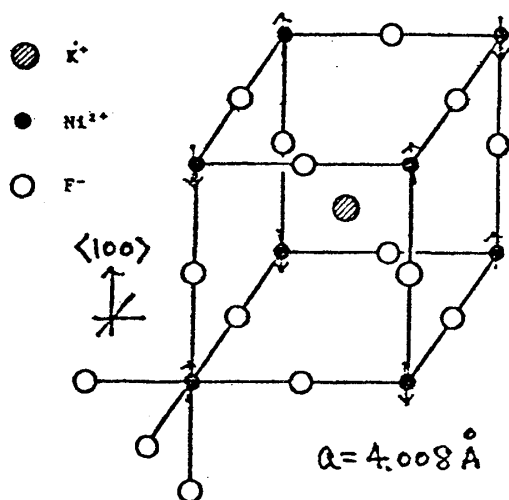


図-1

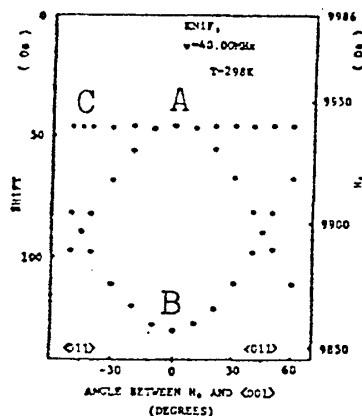


図-2

た分光計を組合せて使用した。ラジオ波周波数は 40.000 MHz である。

[実験結果, 議論]

実験は,  $T > T_N$  での共鳴線巾測定,  $T < T_N$  での共鳴線形状の観察という内容である。

(図-2) は磁場の (100) 面内回転に伴う共鳴線位置 (シフト) の変化を表わしている。

$T > T_N$ ,  $T < T_N$  にかかわらず, 基本的には (図-2) のシフトパターンが見られる。

☆  $T > T_N$ : (図-2) 中 A, C 線の線巾 (ピーク巾) を約 400 K  $\sim$   $T_N$  付近まで測定したところ (図-3), 2つの線巾の温度変化のし方が,  $T_N$  に近づくにつれ異なってくることがわかった。このふるまいの違いを  $\text{Ni}^{2+}$  スピンの fluctuation に異方性が現われ出てきたと解釈し, 《異方性がなければ, 2つのふるまいは, 絶対値の違いはあれども全く同じになる筈》現

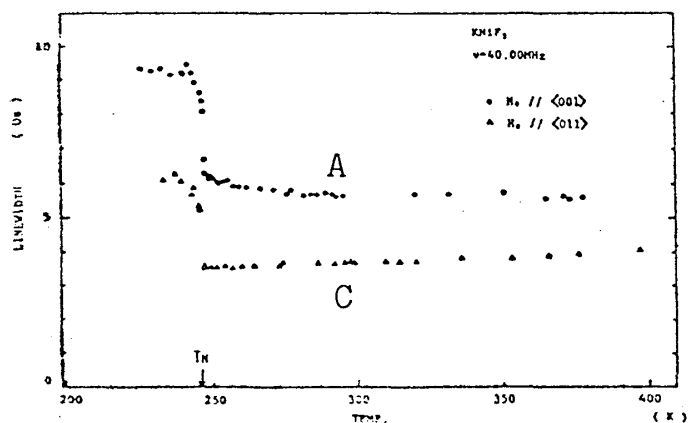


図-3

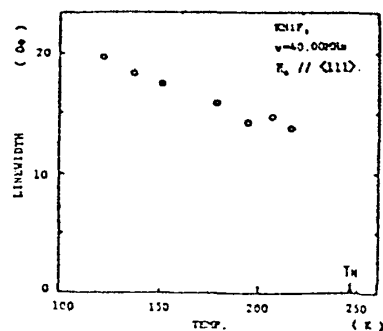


図-4

在、その起源としてどのようなパラメーターをどのように取り入れたならこれらの線巾の温度変化の仕方<sup>3)</sup>を説明できるか検討中である。

☆  $T < T_N$  :  $T_N$  で、観測したすべての線に急激な巾の広がりが見られ、さらに温度を下げると、線巾は単調な増加を示す(図-4)とともに、高磁場側(シフトの小さい側)へ裾をのばすような非対称な形状となった(図-5)。

さらに特徴のある異常が、B線に現われた(図-6)。スプリットを思わせる形状が、 $T_N$  から約 200 K まで成長したが、それ以下の温度では、たいした変化も見られなかった。このスプリットの形状については、どのような線の重ね合せなのか、今のところは、はっきりしていない。

さらにA線から分離したと思われる非常に小さな side peak がA線の高磁場側に現われ、温度の減少に伴ってシフトを小さくしていった。我々は、この main line (A線) を磁場と垂直に秩序した domain 中のふっ素に、side peak が、平行 domain 中の弗素に対応するものと考えた。すると、(過去  $\text{KNiF}_3$  の  $\chi_{\parallel}$ ,  $\chi_{\perp}$  は測定されていないが)、それぞれのシフト(図-7)は  $\chi_{\perp}$ ,  $\chi_{\parallel}$  をおおむね表わしていることになり、それはパウダー帯磁率の結果<sup>5)</sup>からも否定されない。

$T < T_N$  での線巾の広がり、その形状などから考え、inhomogeneous broadening が主なものだろう。形状の異常をも説明する inhomogeneous broadening の起因として、結晶内部の「歪」を考えているが、「どんな歪か？」に対する、納得のゆくモデルは、今のところうまいモデルが見あたらない。 $\text{KNiF}_3$  に対し  $T_N$  以下で tetragonal な歪があるようだという報告<sup>7)</sup>も最近あり、ひずみの面からの検討は意味があると思われる。

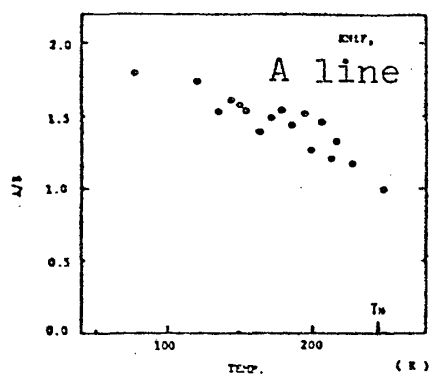


図-5

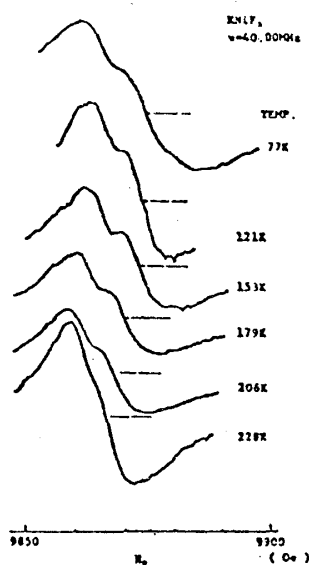


図-6

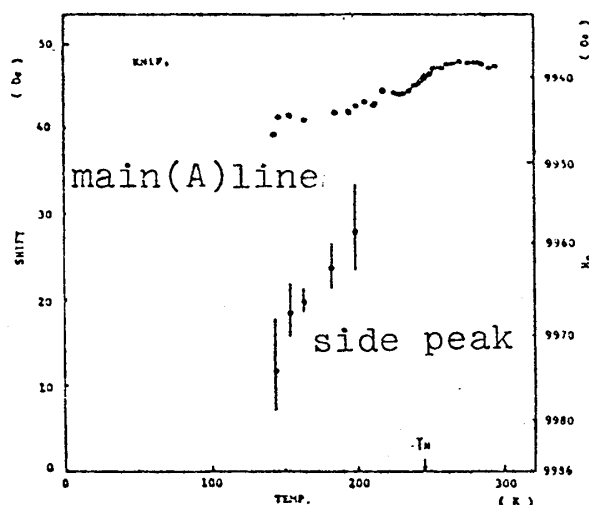


図-7

☆ 今後の議論の発展の為に、 $T > T_N$  での線巾温度変化の異方性については、別の条件下（違う共鳴周波数，他の磁場方向）での線巾の測定， $T < T_N$  での形状の異常については，サンプルの環境としての外部磁場を変えた場合（ $\Rightarrow$ 周波数を変えた場合）や，ストレスを加えて single domain にした場合の形状の比較などが，今後必要である。

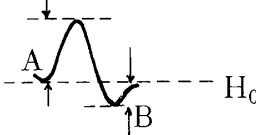
（註） 図5の A/B は  のようなプラスピークとマイナスピークとの比である。

図7に見るように，シフトの  $T_N$  での異常は無かった。

[参考文献]

- 1) L. L. Hess et al. Phys. Rev. B6 (1972) 45.
- 2) R. G. Shulman et al. Phys. Rev. 119 (1960) 94.
- 3) T. Moriya, Progr. Theoret. Phys. 28 (1962) 371.
- 4) P. H. Pettit et al. J. Phys. (Paris) 36 (1975) 431.
- 5) K. Hirakawa et al. J. Phys. Soc. Japan 15 (1960) 2063.
- 6) K. Hirakawa et al. J. Phys. Soc. Japan 16 (1961) 1934.
- 7) C. C. Becerra et al. Phys. Rev. B18 (1978) 5060.