

YbSb における 4 重極秩序

京都大学 大学院人間・環境学研究科 小山田 明¹

YbSb における 4 重極秩序について情報を得るために、 ^{121}Sb 及び ^{123}Sb 核の核磁気共鳴実験を行った。緩和時間の同位対比を測定することにより、転移温度近傍で 4 重極揺らぎが増大する傾向が観測された。また秩序相でのスピンエコーの線幅は、分子場計算により得られた 4 重極モーメントの温度変化により定性的に説明できることがわかった。この結果は、YbSb をはじめとして Yb モノプニクタイトすべてについて 4 重極相互作用が重要であることを示唆している。

1 はじめに

ヘビーフェルミオンの振る舞いで注目される Yb モノプニクタイトの中で、YbSb は 5 K と 0.3 K で逐次相転移することが、メスバウアー効果により報告され興味を持たれている [1]。この相転移は、中性子回折では観測されずオーダーパラメーターが何であるかは明確でなかった [2]。比熱測定によると転移温度が磁場とともに上昇し、4 重極秩序が起こっていると考えたくなる。しかし結晶場の基底状態は Γ_6 で 4 重極モーメントを持たず、第一励起状態 Γ_8 は 174 K とかなり離れていて、4 重極秩序は一見考えにくかった。最近分子場計算によりこのような結晶場のエネルギー準位でも 4 重極秩序が可能であることが示された [3]。ここでは、5 K での相転移に着目し核磁気共鳴によって 4 重極秩序についての情報が得られることを報告する。

2 実験結果及び考察

図 1 は、スピンエコー法によって測定された NMR スペクトルの線幅の温度変化である。5 K の転移温度で、線幅の非常に大きな増大があることがわかる。また狭い温度領域ではあるが、共存状態が存在する。線幅は 4 K 以下でさらに増大を続けるが、温度変化の曲線は下に凸であり通常の磁性体とは異なっている。結晶場と 4 重極相互作用を考慮した分子場計算を行うと、4 重極モーメントの温度変化が定性的に図 1 の振る舞いを良く説明することがわかった。今のところ NMR は粉末試料で行っており、線幅の原因を詳細に議論することはできないが、Yb の 4 重極モーメントが秩序化したために Sb サイトでの電場勾配に変化が生じたと考えれば、この線幅の温度変化はオーダーパラメーターを反映している

¹e-mail: f52017@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp

と考えられる。図2は、2つの同位体の緩和時間、 $T_1^{-1}(121)$ 、 $T_1^{-1}(123)$ をそれぞれ測定し、その比、 $T_1^{-1}(121)/T_1^{-1}(123)$ の温度変化を見積もったものである。転移温度近傍で同位体比が増大している。この同位対比は、Sbの核磁気緩和が内部磁場の揺らぎによっているとすれば、0.29、電場勾配の揺らぎによっているとすれば0.89になるはずである。従って図2は、転移温度近傍で電場勾配の揺らぎが増大していることを示している。このことはYbの4重極モーメントの揺らぎが転移温度近傍で増大すると考えれば、理解できる。

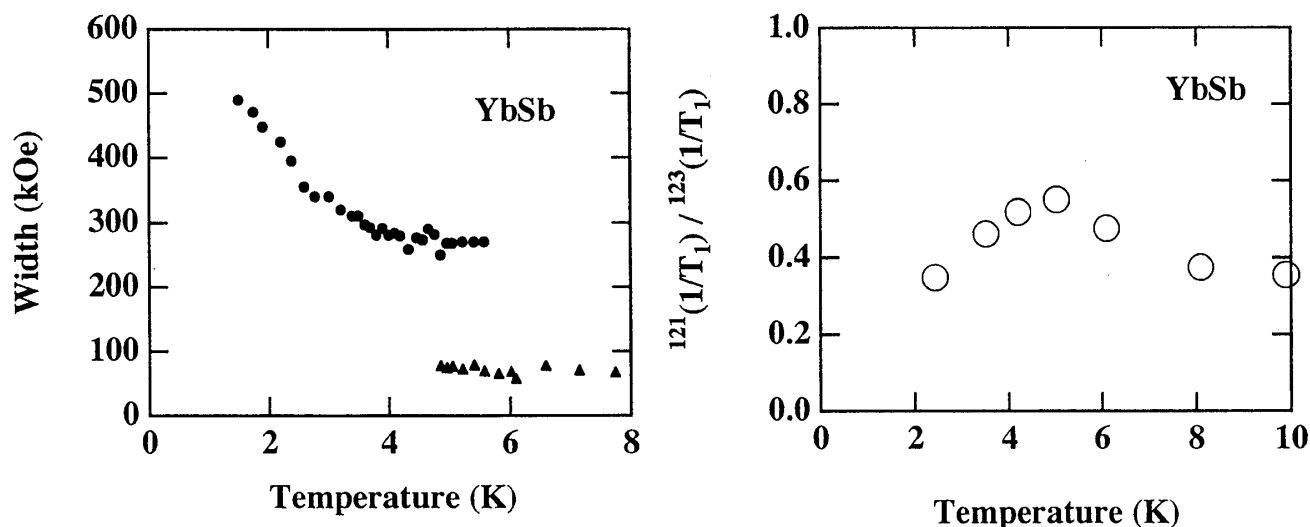


図1: NMR スペクトルの線幅の温度変化。図2: 緩和率の同位体比の温度変化。

以上より、次のことがわかった。NMR スペクトルの線幅を測定することによって、4重極秩序のオーダーパラメーターが観測できた。また緩和率の同位対比を見積もることにより4重極モーメントの揺らぎを観測することができた。特に転移温度の高温側では、短距離秩序の発達を観測していると考えられる。この揺らぎの磁場変化がどうなるかは、今後の課題である。

参考文献

- [1] P. Bonville, J. M. Broto, A. Fert, F. Gonzalez-Jimenez, A. Hamzic, F. Hulliger, P. Imbert, G. Jéhanho, J. B. Marimon da Cunha, M. Miljak and H. R. Ott: J. Phys. Colloq. **49** (1988) 727.
- [2] A. Dönni, A. Furrer, P. Fischer, F. Hulliger, P. Wachter and H. R. Ott: J. Magn. Magn. Mat. **90&91** (1990) 143.
- [3] K. Hashi, H. Kitazawa, A. Oyamada and H. A. Katori: J. Phys. Soc. Jpn. **70** (2001) 259.