

3. インバー合金 $\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x$ の μSR 研究

池田大助

序論) インバー合金とは、1889年にギョームの発見した $\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x$ ($x=.3 \sim .4$) 合金などの、室温付近で熱膨張率 (α) が小さい (Fig. 1) 合金である。小さい α は、大きな正の体積磁歪によるものであると考えられており、それをインバー効果と呼ぶ。代表的なモデルとしては、 2γ モデルがある。 2γ モデルとは fcc Fe の電子状態には、体積とモーメントが大きい high-spin (HS) 状態を、体積とモーメントの小さい low-spin (LS) 状態があり、 $\text{HS} \rightarrow \text{LS}$ の熱励起により体積が縮む効果がおこるというものである。

実験) μSR というのは、磁気モーメントを持つ μ 中間子を試料に打ち込んで、その緩和の様子を観測することによって、内部磁場の情報を得る実験手段である。この μSR 実験は磁気的な異常であるインバー異常の研究のよいプローブとなると思われる。よって我々は、高エネルギー研究所ないの東京大学理学部中間子実験施設において μSR 実験をおこなった。試料としては $\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x$ 合金のインバー組成である $x=.34$ 、非インバー組成である $x=.5$ を用い、それらを比較することにした。

実験結果、考察)

T_c 異常の温度領域での零磁場緩和) ミュオンの零磁場での緩和率の温度変化を Fig. 2 に示す。 $x=.34$ と $x=.5$ の緩和率を定量的に比較するために、高温から緩和率を外挿して $(T_c - T) / T_c = 0.01$ での緩和率を比較した。磁場の熱的な揺らぎによる緩和率は内部磁場の分布の広がり (二乗平均) に比例する。計算機シミュレーションによって、磁場の分布を計算してみた結果、 $x=.34$ の Fe のうち約 25% がモーメントの小さい状態 (LS) になっていると仮定するならば、 $x=.34$ の緩和率が小さいことの解釈が可能である。

T_c 以下での零磁場緩和) $x=.34$ と $x=.5$ の μSR 実験の大きな違いは、 T_c 以下の温度領域での緩和の様子である (Fig. 3、Fig. 4)。 $x=.34$ は $x=.5$ に比べて、内部磁場に非常に広い分布を持つことを示していると思われる。計算機シミュレーションとデータを比較して内部磁場の広がりを定量的に評価してみたところ、 $x=.34$ は $x=.5$ よりも、一桁以上も磁場の分布が広いという結果になった。

ナイトシフト) T_c 以上の温度領域での横磁場回転の周波数は、温度が T_c に近づいていくにつれて周波数が大きくシフトしていった。このシフトは、反磁場、ローレンツ磁場の影響によるシフトと、超微細磁場によるナイトシフトであると思われる。

T_c 以上の温度領域での周波数シフトから、ローレンツ磁場と反磁場の影響を除いて、ナイトシフト (K) を見積ってみた。その結果、 $x=.34$ 、 $.5$ ともに超微細磁場はローレンツ磁場と同じくらいの大きさで、向きが逆であることが分かった (Fig. 5、Fig. 6)。

References

- E.F. Wasserman : "Festkorperprobleme" 1987.
- R.J. Weiss : Proc. Phys. Soc., 82(1963) 281.
- A.Schenck : "Muon Spin Rotation Spectroscopy"
Adam Hilger Ltd, Bristol and Boston 1985.

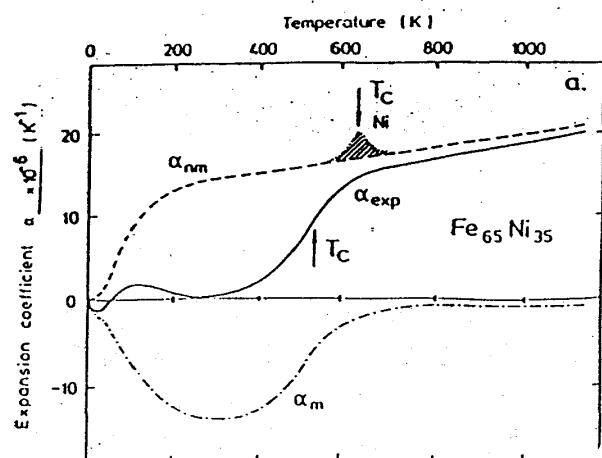


Fig. 1

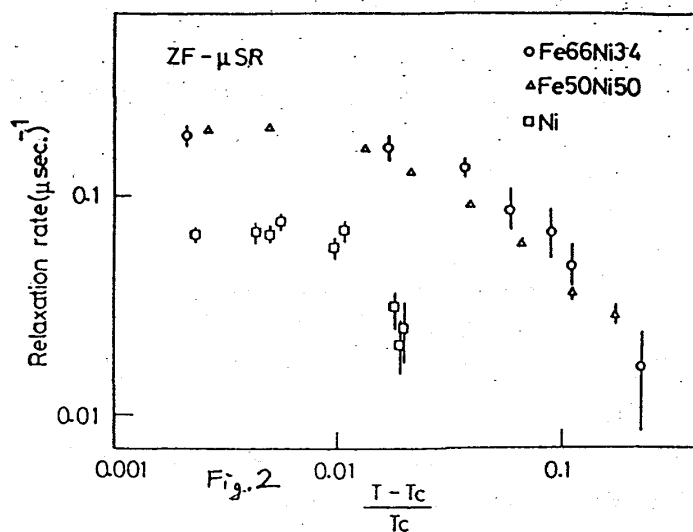


Fig. 2

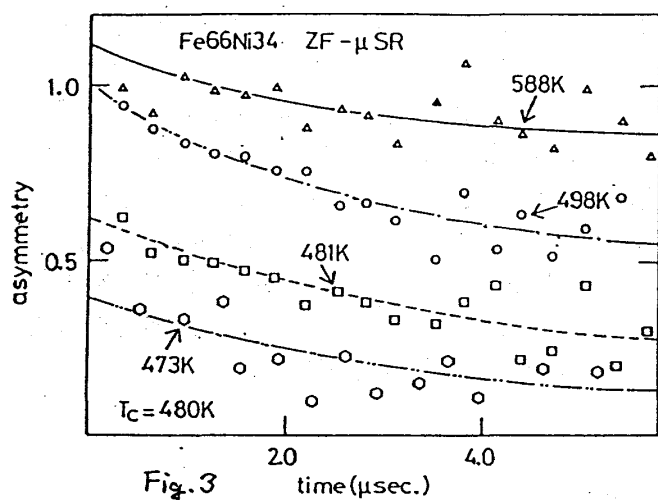


Fig. 3

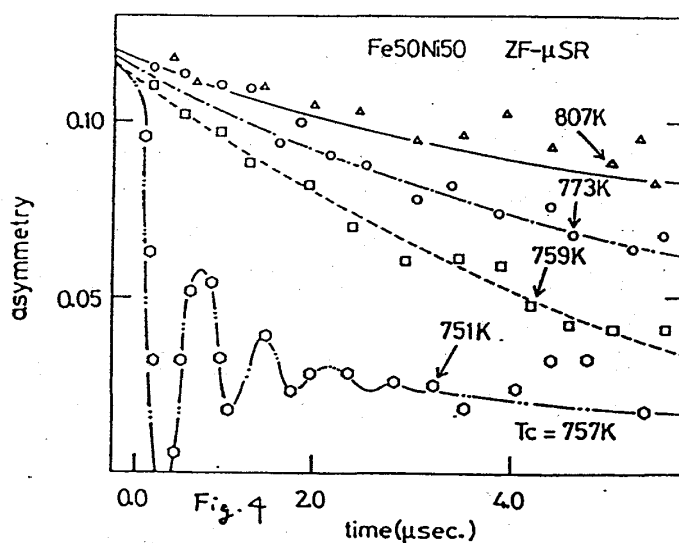


Fig. 4

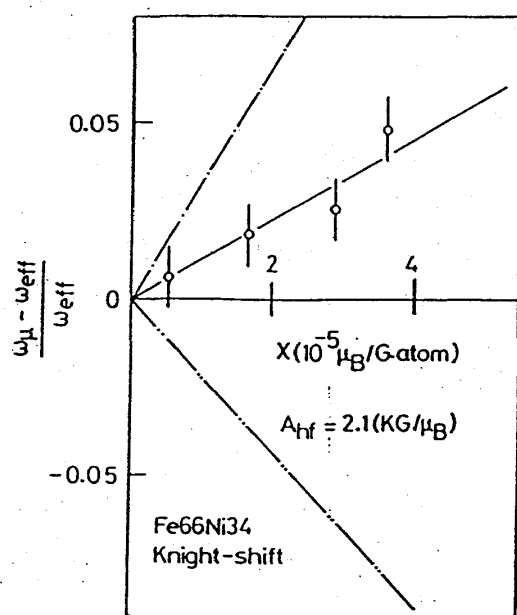


Fig. 5

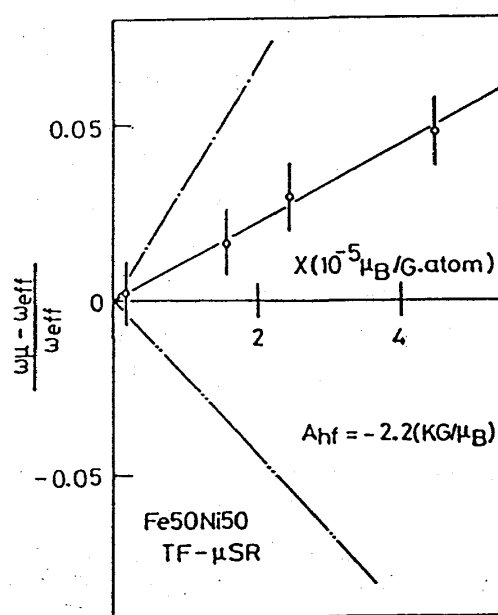


Fig. 6