

—はじめに—

Nd-Fe-B系磁石[1]はNd₂Fe₁₄Bという新しい化合物を主相としており、Ndを他の希土類 (R=Y, Ce, Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm)で置き換えた一連のR₂Fe₁₄B系金属間化合物は、Rを変えることによって多様な磁気特性を示すことで基礎物性研究の面から注目される。特に、R=Nd, Ho, Er, Tm,では磁化及び磁気異方性の測定からスピン再配列の起こることが知られている[2-4]。高磁場下でスピン構造の転移による磁化の変化を各主要軸方向について測定すること、また結晶磁気異方性の測定から異方性定数の温度変化を調べることは、この系の磁性を理解する上で非常に有益である。

—高磁場磁化測定—

試料は大体球形をした単結晶Er₂Fe₁₄BとTb₂Fe₁₄B等で4.2Kから300Kまでの温度範囲の磁化曲線を精密に測定しつつある。図1はEr₂Fe₁₄Bの[100]方向の磁化曲線の温度変化、図2はTb₂Fe₁₄BのFreeの状態での磁化曲線の温度変化を示す。図2の磁化の温度変化は非常にわずかでフェリ磁性的であるが、約100K以下で温度の低下に伴って磁化が増加している。今後これらの試料について十分な検討を行う予定である。

—トルク測定—

Nd₂Fe₁₄B, Ho₂Fe₁₄Bは各々フェロ磁性及びフェリ磁性であるが、共に低温で(133K, 60K)スピン再配列を起こす。また、室温付近では大きな一軸異方性を示す。これらの磁化曲線を見ると困難軸方向の磁化は外部磁場15T程度でも飽和には至らず、磁化曲線から異方性エネルギーを正確に求めることは難しい。磁気異方性の直接測定であるトルク法によって異方性エネルギーを見積るのが好ましいが、やはり未飽和のトルク曲線しか得られないので、Fourier分析を行ったところで正しく異方性定数を求めたことにはならない。ここでは、従来の方法によらず最小二乗法をもちいた解析を採用した。この場合、未飽和のトルク曲線であっても原理的には異方性定数を見積ることができる。

実験は単結晶(110)面の円板試料を用い、懸垂型トルク計で最高1.69Tまでの磁場の下で行なわれた。図3は、例としてNd₂Fe₁₄B(110)diskについて得られたトルク曲線を示す。

これに、角度に対する補正

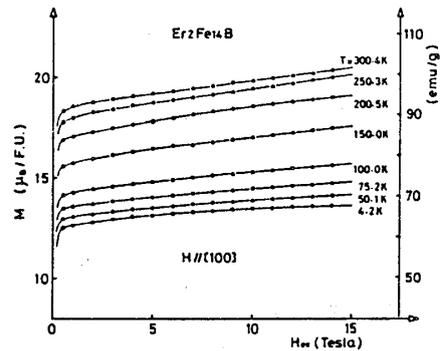
$$\theta = \theta' - \sin^{-1} \frac{-L}{MH} \quad \text{----- (1)}$$

を行い、

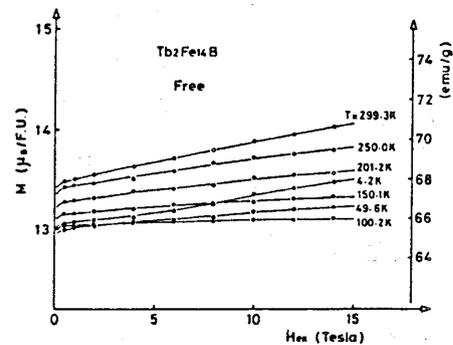
$$L_{110} = -2K_1 \sin \theta \cos \theta - 4(K_2 - K_3) \sin^3 \theta \cos \theta \quad \text{----- (2)}$$

をモデルとして最小二乗法により異方性定数を求める[5]。ここで、 θ は[001]方向と磁化のなす角、 θ' は[001]方向と外部磁場のなす角である。

以上の解析法によって求められたNd₂Fe₁₄Bの異方性定数K₁及び(K₂-K₃)の温度変化を図4に示す



(図1)

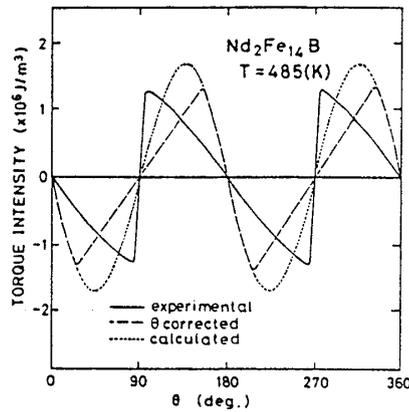


(図2)

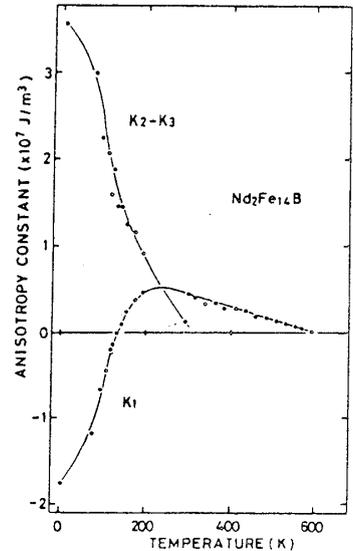
[6]。温度の上昇に伴って K_1 は $-1.8 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ 程度から急速にその絶対値が小さくなりスピン再配列を生ずる133K付近で負から正に転じ、約250Kで最大値をとった後、キュリー温度(586K)に向かって再びゼロに近づいて行く。一方、 $(K_2 - K_3)$ は $3.6 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ から急速に減少して行き、室温付近でゼロに近い値となる。

次に、 $\text{Ho}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ のスピン再配列温度付近でのトルク曲線の例を図5に示す。 $\text{Ho}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ でも未飽和のトルク曲線しか得られないので、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の場合と同様の解析を行い図6のような結果を得た。 $\text{Ho}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の異方性定数 K_1 は温度の上昇に伴ってスピン再配列温度付近で負から正に符号を変えて

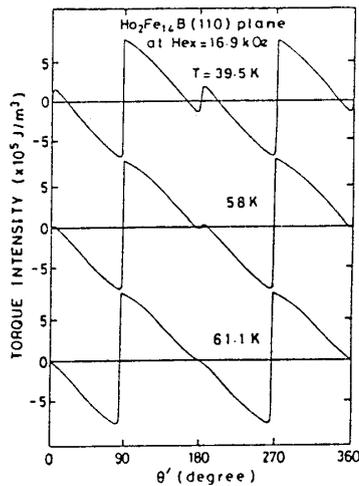
増加する。低温での K_1 の絶対値は $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の方が大きい室温付近になると $\text{Ho}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の方が大きくなる。以上より、スピン再配列が結晶磁気異方性定数の温度変化と良く対応していることがわかる。



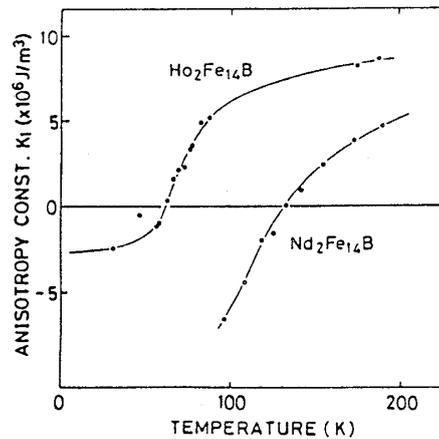
(図3)



(図4)



(図5)



(図6)

- [1] M.Sagawa, S.Fujiwara, N.Togawa, H.Yamamoto and Y.Yamashita: J.Appl.Phys. 55 (1984) 2083
 [2] D.Givord, H.S.Li and R.Perrior de la Bathie: Solid State Commun. 51 (1984) 857
 [3] S.Hirosawa and M.Sagawa: Solid State Commun. 54 (1985) 335
 [4] K.Tokuhara, Y.Ohtsu, F.Ono, O.Yamada, M.Sagawa and Y.Matsuura: Solid State Commun. 56 (1985) 333
 [5] F.Ono, Y.Ohtsu and O.Yamada: J.Phys.Soc.Jpn. 55 (1986) 4016
 [6] O.Yamada, K.Tokuhara, F.Ono, M.Sagawa and Y.Matsuura: J.Magn.& Magn.Mater. 54-57 (1986) 585