

# R<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B の 強磁場磁化曲線

東北大 金研

中川 康昭

## 1. はじめに

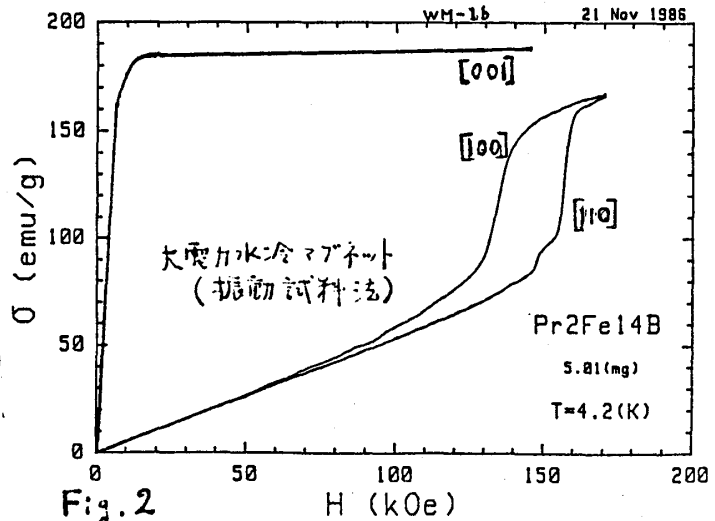
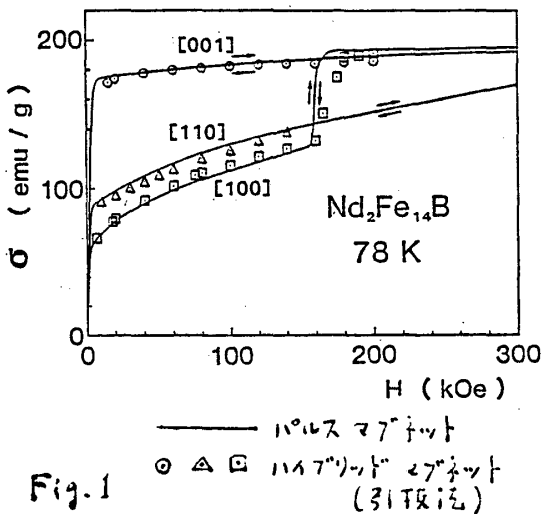
すぐれた永久磁石材料である Nd-Fe-B 合金の主成分は Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B という正方晶の金属間化合物であり、その単結晶も得られている。その Nd は他の希土類や Y で置換され、一般に表題のように表されるが、さらに Fe を Co で置換したものや B を C で置換したものも存在し、多くの研究が行われている。磁気異方性が大きいため、その磁化特性の研究には強磁場が不可欠であり、われわれは金研付属超電導材料開発施設の定常強磁場（大隈カ水冷マグネットおよびハイブリッドマグネット）とパルス強磁場を並用している。

試料はすべて位反行鉄/金研(株)の佐川真人氏のグループが作製したものであり、強磁場下の磁化測定は、広吉有俊・斎藤直昭氏が振動試料法、木戸義明・梶原茂氏がパルス法および引抜法によって行っている。その結果を山田玄寿・加藤宏昭氏が結晶場の微分によって解析している。金研ではその他に、メスバウアー効果や中性子回折など幅広い研究が山本研究室で、電子線回折や電顕観察による研究が平林研究室で行われているが、ここでは触れないことにする。強磁場中の磁化曲線については既にいくつかの論文<sup>(1-3)</sup>を公表しているが、ここでは最近得られたニミの新しい結果を中心に述べることにする。

## 2. Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B, Pr<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B の急激な磁化変化

Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 単結晶の 150 kOe までの磁化曲線はフランスの Givord らがはじめに発表したが、アメリカ、日本でも独立に測定している。室温で [001] を向いている自発磁化が低温で [110] に向いてやや強くなるが、[100] 方向の磁化曲線についてはわれわれと Givord らの結果に違いが見られる。またイブリーらの Paretti らがパルス磁場を用いて磁化のヒステリシスを観測したが、われわれは、Fig. 1 に示すように、より詳細な結果を得た。これはパルス磁場と定常磁場の両方を用いたものであり、磁化のヒステリシスは [100] 方向に限られている。

Pr<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B は一般に Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B に類似した性質を示すが、磁化のヒステリシスの様子はかなり



り果っている。Fig. 2は下電力水冷マグネットと振動試料型磁化測定装置を用いた結果であるが、[100]も[110]も急激な変化を示し、その到達長が鉄系磁化よりもかなり小さい。結晶場の歪みによってこのような磁化曲線を再現するためにはかなり高次の項を含める必要がある。

### 3. $R_2Co_{14}B$ の結晶磁気異方性

Nd-Fe-B 永久磁石材料のFeの一部をCoで置換するとキュリー点の上昇し、温度特性が改善されることは早くから知られているが、一般に  $R_2Fe_{14}B$  のFeをすべてCoで置換したものも存在する。R=La, Nd, Gd の単結晶の磁化曲線を Fig. 3 に示す。参照のため  $Gd_2Fe_{14}B$  も示した。Gdは平均磁気モーメントをもたないため磁気異方性に寄与しないにもかかわらず、 $Gd_2Co_{14}B$  の困難方向の磁化が150 kOeでも飽和していない。しかし、これはGdとCoのモーメントが反平行で自発磁化が小さくなるためであり、磁気異方性エネルギーを見積もると  $Gd_2Co_{14}B$  は  $La_2Co_{14}B$  と同程度になっている。なお  $Gd_2Co_{14}B$  と  $Gd_2Fe_{14}B$  とでは異方性が逆転しているが、 $Nd_2Co_{14}B$  は  $Nd_2Fe_{14}B$  と同様の自発磁化の傾向を示している。

### 4. R-Fe-B合金のヒステリシスループ

永久磁石材料の組成は一般的に  $R_{15}Fe_{77}B_8$  であり、RとしてNdの一部をDyで置換したものは特に高い保磁力を示す。Fig. 4は種々の温度におけるヒステリシスループである。これに対応するRをもつ  $R_2Fe_{14}B$  単結晶の磁化曲線を Fig. 5 に示す。このような研究によって保磁力と結晶磁気異方性の関連を調べているが、その詳細は割愛する。

#### 文献

- 1) H. Hiroyoshi et al: J. Magn. Magn. Mater. 54-57 (1986) 583.
- 2) H. Hiroyoshi et al: Solid State Commun. 54 (1985) 41.
- 3) M. Yamada et al: Solid State Commun. 56 (1985) 663.

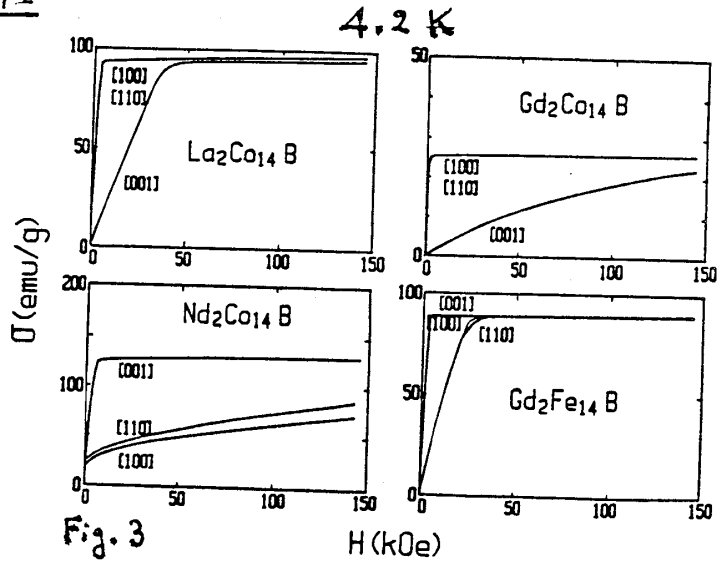


Fig. 3

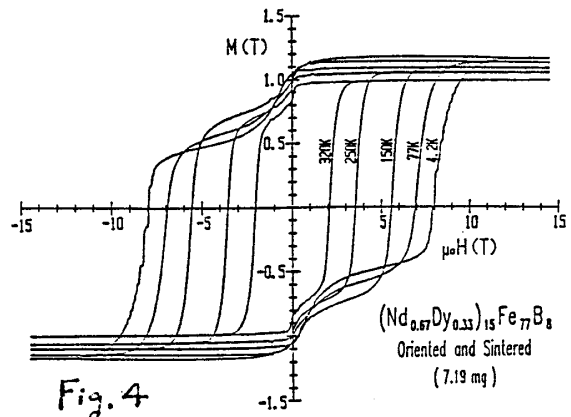


Fig. 4

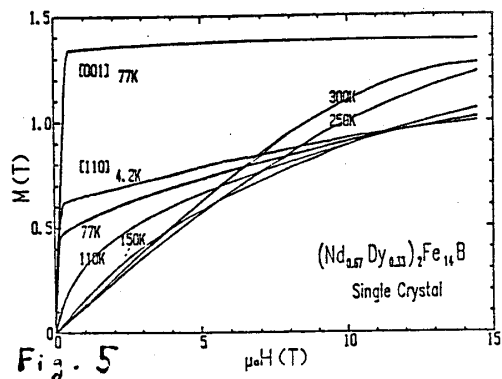


Fig. 5