



## Sm-Fe-N ナノ粒子の配向度評価

平山悠介  
産業技術総合研究所

キーワード : 熱プラズマ法、Sm-Co ナノ粉末、永久磁石

### 1. 背景と研究目的

永久磁石材料として、Sm-Fe-N 系磁石は高い異方性磁界と高いキュリー温度を有するために、高温での高特性が期待できる。しかしながら、現状ではその高いポテンシャルを十分に活かしきれていない。永久磁石材料としての性能を確保するためには微粉化/微細粒化が一つの方法であり、サブミクロン程度まで微粉化/微細粒化することに加えて、その結晶方向をそろえることで、特性を向上させることができる。近年我々は熱プラズマ法を用いて金属ナノ粒子の合成に取り組んでいる。熱プラズマ法を用いると 100 nm 以下の金属のナノ粒子を作製することができる。これまでに  $Al^I$  や  $FeCo^2$  のナノ粒子合成を行っており、本研究ではこの熱プラズマプロセスを用いて Sm-Fe-N 合金ナノ粉末の合成を行い、外部磁場によって結晶方向が揃った状態が実現できるかどうかを評価した。

### 2. 実験内容

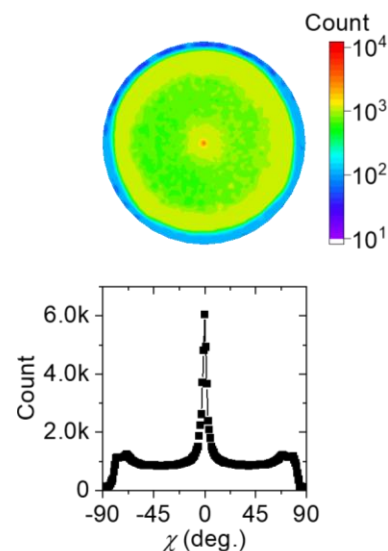
Sm : Fe = 1 : 6 (at%) の原子比で Sm 粉末 ( $D_{90} = 18 \mu\text{m}$ ) と Fe 粉末 (粒子サイズ約  $3 \mu\text{m}$ 、高純度化学研究所) を混合し、その混合粉末を熱プラズマプロセスの原料粉末として使用した。熱プラズマプロセスにより得られた Sm-Fe 合金を窒素気流下、 $400^\circ\text{C}$  で 15 分窒化処理を行うことにより、Sm-Fe-N を得た。得られた Sm-Fe-N ナノ粉末をエポキシ樹脂と混合し、室温において 9T の外部磁場化で磁場配向を行った。

### 3. 結果および考察

熱プラズマプロセスにより得られたナノ粉末は、SEM 画像より、平均粒径が 90 nm 程度であった。XRD 測定結果より、得られたナノ粉末の磁性相は  $TbCu_7$  型の結晶構造を有することが分かった。また、磁場配向の際の印加磁場方向が、測定面に対して垂直の試料について、(001)面からのピーク強度が増加していることから、 $TbCu_7$  型の Sm-Fe-N 化合物は  $c$  軸が磁化容易軸である一軸異方性を有する化合物であることが分かった。配向度を定量化するために、(002)面周りの極点図を作製した。得られた  $I(\chi, \beta)$  の等高線図  $\beta$  方向に積算し(右図)、そこから以下の式を用いて配向度  $P$  を見積もった。

$$P[\%] = \left( 2 \times \frac{\int_0^{\pi/2} I(\chi) \sin \chi \cos \chi d\chi}{\int_0^{\pi/2} I(\chi) \sin \chi d\chi} - 1 \right) \times 100, I(\chi) = \int_0^{2\pi} I(\chi, \beta) d\beta$$

ここで、 $\int_0^{\pi/2} I(\chi) \sin \chi d\chi$  と  $\int_0^{\pi/2} I(\chi) \sin \chi \cos \chi d\chi$  とは、それぞれ、全磁気モーメントと、外部磁場に沿った Z 方向の全磁気モーメントの成分の投影と見なすことができる。その結果、 $P=90.7\%$  と見積もることができ、ナノ粒子でも磁場配向可能であり、その配向度は非常に高いことが分かった。



### 4. 参考文献

1. Y. Hirayama et al., J. Alloys and Compounds 768, 608 (2018).
2. Y. Hirayama et al., Journal of Alloys and Compounds 792, 594 (2019).