



熱プラズマ法を用いた Sm-Fe-N ナノ粉末の合成

平山悠介
産業技術総合研究所

キーワード：熱プラズマ、希土類-鉄合金、永久磁石、ナノ粉末

1. 背景と研究目的

Sm-Fe-N 化合物^{1,2}は永久磁石としてのポテンシャルは高く、現在最強磁石の主相である Nd₂Fe₁₄B と比較しても上回る特性を有する。しかしながら、これらの Sm-Fe-N 化合物は準安定化合物であるため、薄膜もしくは多結晶のみでしか得られておらず、バルク永久磁石材料としては得られていない、もしくはポテンシャルを引き出すことができていないという問題点を有する。そこで我々は新たなプロセスとして、熱プラズマ法に注目した。熱プラズマ法を用いると、10000 K でイオン化・ラジカル化した原子は急冷速度 10⁵⁻⁷ K/sec 程度で一気に急冷され、均一核生成、不均一凝縮を経て 10 - 300 nm 程度のナノ粒子の作製が可能である。したがってこの急冷効果により、準安定の Sm-Fe-N が得られる可能性が極めて高い。そこで、本研究では熱プラズマ法を用いて Sm-Fe 合金ナノ粉末を作製し、窒化することで Sm-Fe-N ナノ粉末の合成を試みた。

2. 実験内容

熱プラズマプロセスにより、Sm-Fe 合金粉末を作製した。出発材料は Sm と Fe の混合粉（混合比：Sm:Fe=1:6 at%）を用いた。本実験は、投入電力 6kW、プロセス圧力は 100kPa、プラズマガスは 35 L/min. の条件で行った。得られた Sm-Fe ナノ粉末は大気に晒すことなく回収し、グローブボックス内で内径 300mm の石英キャピラリーに充填し、あいちシンクロトロン光センターの BL5S2 で X 線回折実験を行った。エネルギーは 14 keV を用いた。

3. 結果および考察

熱プラズマ法で得られた SmFe ナノ粉末 (as TP) は合金相としては SmFe₂ 相と準安定相である TbCu₇ 構造を有する Sm-Fe 相 (以下 SmFe₇ 相) が得られた。Ar 気流中 600°C で熱処理を行うと、SmFe₂ 相由来のピークは消失し、SmFe₇ 相のみになった。窒素気流中 400°C で熱処理を行うと、SmFe₇ 由来のピークは低角側にシフトしたことにより、TbCu₇ 構造を保持したまま窒素が侵入し格子が膨張したことを確認できた。加えて、TEM 観察により、本プロセスで得られた粒子は単結晶であることが明らかとなったことから、熱プラズマ法を用いることで、準安定化合物である Sm-Fe-N が多結晶体ではなく、単結晶粒子として得られたことが分かった。

4. 参考文献

1. S. Sakurada et al., J. Appl. Phys. 79 (1996) 4611-4613.
2. Y. Hirayama, Y.K. Takahashi, S. Hirosawa, K. Hono, Scripta Materialia 138 (2017) 62-65.

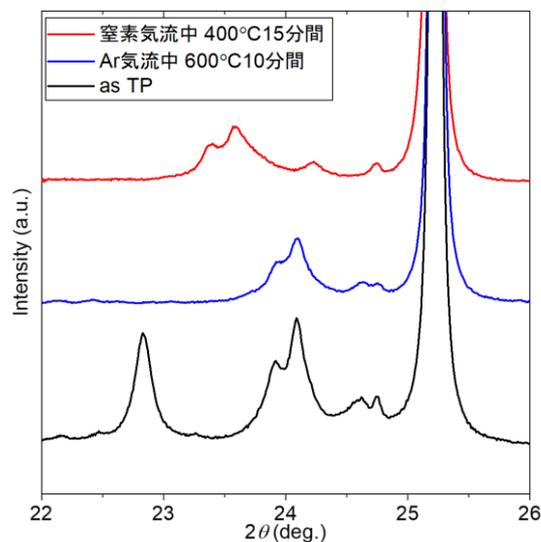


図 Sm-Fe(-N)の XRD 測定結果
25.2° 付近のピークは Fe 由来のピークである。