

## ■ はじめに

物質の特性は結晶方位に依存するため、材料の機能特性、機械特性を向上する上で、結晶方位を揃える配向制御は金属材料だけでなくセラミックスにおいても重要な微構造組織制御手法の一つとなる。特性に好ましい結晶方位を揃えることにより、機能性や機械特性に優れたセラミックス微構造を造り込むことが可能となる。

セラミックスにおいては、形状異方性粒子を種結晶とするTGG法などで配向の付与が行われるが、超伝導マグネット(図1)の発達により、従来ならば非磁性として扱われてきた常磁性や反磁性のセラミックスであっても、強磁場により結晶配向制御が可能となり、種々のセラミックスへの適用が可能な汎用性が高いプロセスとなっている。

## ■ 活動内容

### 1. 静磁場、回転磁場による配向制御

立方晶ではない結晶構造を持つセラミックスの場合には、結晶方位に依存して結晶磁気異方性を持ち、磁場が印加されると磁気トルクが発生し、磁化容易軸が磁場と平行となるように粒子が回転する。(図2)

ただし、反磁性セラミックスでは、この磁気トルクが僅少である。そのためセラミックス原料粉末をコロイド科学に立脚した方法で分散した懸濁液(スラリー)において分散制御を行うことで、粒子の回転を容易にし、このスラリーを強磁場中で成形することにより配向を付与することを可能にした。その成形体を種々の焼結方法(電気炉、ホットプレス、放電プラズマ焼結など)で緻密化することにより配向バルクセラミックスが得られる。このプロセスでは第2相の添加や焼結助剤の使用も可能である。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、LiCoO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>(アナターゼ、ルチル)などでは磁化容易軸がc軸であり、c軸一軸配向させることが可能であることを見出した。また、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、ZnO、AlNなどでは静磁場を用いた場合にa軸配向となるために、回転磁場を用いることでc軸配向となることも確認している。さらに、ランタンシリケート固体電解質や熱電材料などにおいても配向付与を可能としている。

### 2. 他プロセスとの組み合わせによる高次構造制御

磁場を用いたプロセスは他の組織制御プロセスや制御因子と重量させることにより複雑、高次の微構造制御が可能となる。

#### ●電気泳動堆積法との組み合わせ

電気泳動堆積(EPD)法との組み合わせにより、一つの組成でありながら、各層ごとに配向方位が異なる積層構造

を有する特異な構造となる配向積層体を作製することに成功している。(図3)

#### ●形状異方性粒子との組み合わせ

形状異方性粒子を用いることで、形状効果による結晶軸配向と、さらに他の結晶軸を磁場により揃えることで多軸配向制御が可能であることを実証した。

## 参考文献

- [1] T. S. Suzuki, et al., J. Am. Ceram. Soc., 96, 1085 (2013).  
 [2] T. S. Suzuki, et al., J. Ceram. Soc. Jpn., 119, 667 (2011).  
 [3] T. S. Suzuki, et al., Sci. Tech. Adv. Mater., 7, 356 (2006).

## ■ 関連情報等(特許関係、施設)

特許登録「二酸化チタン等の配向性セラミックス焼結体の製造方法」、4096053号

特許登録「単結晶粒子が配向されたセラミックス高次構造体の製造方法」、4576522号



図1. 超伝導マグネット

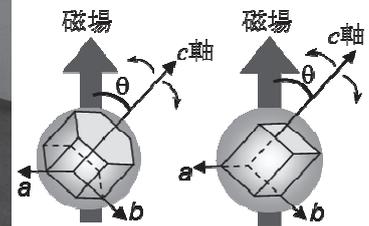


図2. 磁場による粒子の回転

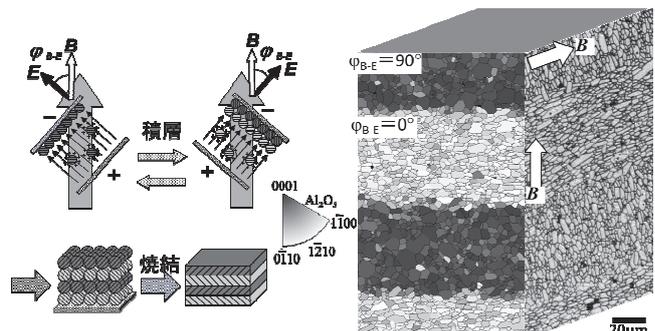


図3. EPD中に磁場と電場(基板)の向きを変化させて、各層中での配向方位を制御したアルミナ

代表発表者 鈴木 達(すずき とおる)

所属 物質・材料研究機構  
先端材料プロセスユニット  
セラミック材料グループ

問合せ先 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1  
TEL:029-859-2459 FAX:029-859-2401  
鈴木 達

■キーワード: (1) 結晶方位  
(2) スラリー  
(3) 焼結