



## 通電処理によって柔軟なセラミックスを創り出すことに成功

東京大学などのグループは、イットリウム安定化ジルコニア (YSZ) 多結晶体が、通電処理を施すことで硬度を維持しながら弾性率が低下し柔軟になるという事実を見出した。

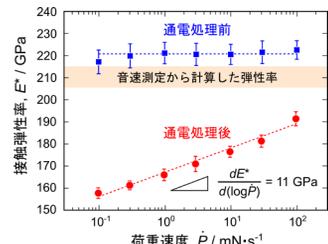
近年、セラミックスに通電することで焼結や高温変形が高速化する「フラッシュ現象」が注目を集めており、これらの研究を通じて、通電環境下でセラミックスに高濃度の点欠陥が導入されることが予想されてきた。研究グループでは、通電処理によって導入される点欠陥を利用した新たな材料機能の探索を実施してきた。

通常の無加圧焼結により得られた緻密 YSZ 多結晶体に対し、600°Cにおいて電流密度 400 mA/mm<sup>2</sup>で10分間の通電処理を施し、音速測定とナノインデンテーション測定によって

材料の力学特性を評価したところ、通電処理を施した試料では硬度を維持しつつ弾性率が最大約30%低下する柔軟な性質が現れた。音速測定から得られた高速領域での弾性率は通電処理前後で変化しなかったのに対し、ナノインデンテーション測定から得られた低速領域での弾性率は通電処理によって低下し、この傾向は試験速度を低下させるほど顕著になった。

このような挙動は主に高分子材料で見られる粘弾性変形に近いものであり、通電処理によって材料中に導入された点欠陥が応力下で可逆的に運動することで現れたと考えられる。従来、材料の弾性率を変化させることは困難だとされてきたが、これを通電処理によって制御することができれば、セラミックス部材の信頼性向上等につながるさまざまな応用が期待される。

本研究成果は、JST CREST「ナノ力学 (JPMJCR1996)」の支援により実施され、Acta Materialia において報告された (H. Masuda et al., Acta Mater., 227 (2022) 117704, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2022.117704>)。



増田敏士<sup>1</sup>、吉田英弘<sup>1,2</sup>

1 東京大学大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻, 2 東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構 次世代ジルコニア創出社会連携講座

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1  
Email: masuda@material.t.u-tokyo.ac.jp, hyoshida@material.t.u-tokyo.ac.jp  
URL: <http://www.ceramic.t.u-tokyo.ac.jp/>

[2022年3月31日]

## セラミックス焼結のメカニズムを原子レベルで解明 ～粒界構造制御による新しい材料設計指針へ～

東京大学大学院工学系研究科総合研究機構の幾原雄一教授 (JFCC 主管研究員, 東北大学 WPI 教授併任) らのグループは、原子分解能を有する最先端の走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を用い、電子ビーム照射により、粒界移動を促進し、粒界が近傍の原子空孔 (原子の穴) を吸収しながらダイナミックに移動する様子を原子レベルではじめて明らかにしました。α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (アルミナ) に代表されるセラミックスは、一般に焼結により作製されますが、焼結の過程で結晶粒子が接合することで粒界が形成され、この粒界が移動することで粒径が大きくなります (粒成長)。セラミックスの粒径や粒界構造は材料強度や機能特性と密接に関係していますが、これまで一部の

粒界 (結晶方位の揃った特殊粒界) を除いて、どのような素過程で粒界が移動するのかが分かっていませんでした。

本研究では、電子ビーム照射と STEM を組み合わせた新手法により、粒界がエネルギーの高くなった結晶粒子の方向へ移動する現象を用い、一般粒界 (方位の揃っていない粒界) の粒界移動過程を原子レベルで直接観察することに成功しました [1]。すなわち、この粒界移動の過程で、粒界が周囲の空孔を特定サイトに吸収しながら移動することが初めて明らかにされました。このメカニズムは、これまで特殊粒界の場合に報告されてきたような、粒界構造多面体の逐次変化によるメカニズム [2] とは異なることも判明しました。今回、一般粒界の粒界移動の原子レベルでのメカニズムが解明されたことにより、粒界を制御した高性能セラミックス材料への応用が期

待できます。本研究は、科学研究費補助金・特別推進研究 (JP17H06094)、新学術領域研究 (19H05788) および文部科学省の構造材料元素戦略拠点 (京都大学) による支援で実施された。

[1] J. Wei, B. Feng, E. Tochigi, N. Shibata, Y. Ikuhara, Nature Commun., 13, 1455 (2022)  
[2] J. Wei, B. Feng, R. Ishikawa, T. Yokoi, K. Matsunaga, N. Shibata, Y. Ikuhara, Nature Mater., 20, 951-955 (2021).  
(東京大学大学院工学系研究科総合研究機構 特任准教授 馮斌 連絡先: 〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-16)  
E-mail: feng@sigma.t.u-tokyo.ac.jp

[2022年5月22日]