

## 超構造セラミックスの1次元電気伝導機構

利用者：<sup>a</sup>東北大学AIMR, <sup>b</sup>IBM Zürich Research Laboratory  
 齋藤光浩<sup>a</sup>, 王中長<sup>a</sup>, Johannes Georg Bednorz<sup>b</sup>

研究支援者：東京大学 藤平哲也, 幾原雄一

### 【研究目的】

セラミックスは、透明導電性やイオン伝導性、超伝導性などの優れた電気特性の観点から活発に研究開発が行われてきた。特に電気特性は、セラミックス特有の複雑な結晶構造のわずかな変化(歪みや欠陥など)によって著しく変化する。逆に、歪みや欠陥を意図的に制御すれば、電気特性の向上、さらには新奇な特性の発現が期待できる。本研究では、超構造セラミックスであるチタン酸ランタン( $\text{LaTiO}_x$ )に含まれる酸素成分の割合を変化させることで、電気の流れ方が劇的に変化する現象のメカニズムを、電子顕微鏡および理論計算を用いて明らかにする。

### 【成果】

ノーベル物理学受賞者のジョージ・ベドノルツ博士(IBMチューリッヒ研究所)および東北大学(AIMR)の共同研究チーム(写真)より、本ナノプラへ支援依頼があり行われた。微細構造解析グループ(東京大学幾原研究室)の高度な研究支援によって、これまで難しいとされてきた超構造セラミックスの物質を構成する原子の可視化(図1)や元素識別化(図2)、原子構造や電子状態の決定(図2)を、超高分解能走査透過電子顕微鏡(球面収差補正器搭載型STEM)を駆使することで成功させた。さらに理論計算との併用により、 $\text{LaTiO}_x$ 超構造セラミックスの成分(組成)の割合によって、結晶構造変化や1次元的な電気伝導を誘起することが明らかにされた。

本研究成果は、平成25年1月11日発行の世界トップレベルの独科学誌「Advanced Materials (アドバンスドマテリアルズ)25号2巻(2013年)」に掲載<sup>[1]</sup>された。論文には本ナノプラへの謝辞が記載されている。さらに、全国紙規模の新聞等により(日刊工業新聞や日経産業新聞などで)報道された。

今後、本成果を起点にして、組成や構造の制御によって超構造セラミックスの高性能化や多様化などの進展に大きく寄与するとともに、量子細線や高温超伝導、熱電変換など新たな機能性材料の研究開発につながると期待される。

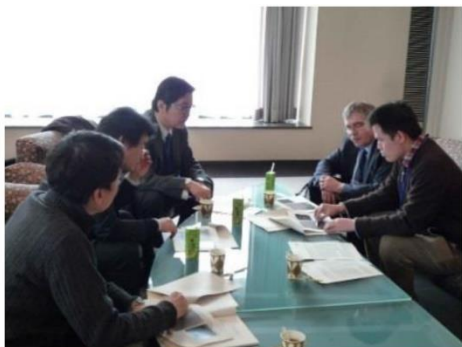


写真 Bednorz博士と研究チームとの打ち合わせ

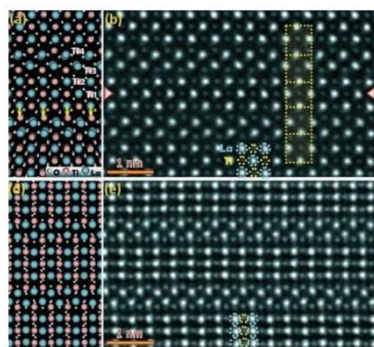


図1 超構造セラミックス  $\text{LaTiO}_x$ の高角環状暗視野像(HAADF-STEM像)

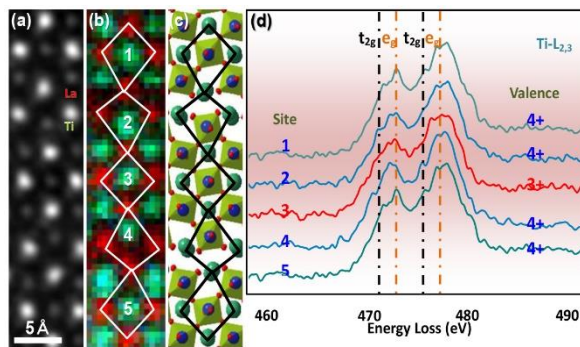


図2 (a)超構造セラミックス $\text{LaTiO}_x$ のHAADF-STEM像 (b)La原子とTi原子の原子分解能組成マップ像 (c)原子構造モデル (d)Ti原子の電子状態のサイト依存性

### 【支援実施機関からのコメント】

従来は原子の位置や種類まで見られる顕微鏡はなく、セラミックスで電気の流れ方が変わる仕組みは分かっていた。研究チームでは、元素を識別して原子構造を観察できる最新型の超高分解能走査透過型電子顕微鏡を使い、酸素の量を変えて合成したチタン酸ランタンを観察し、酸素の量が13%増えると内部の原子配列が変わり、電気が流れるような通路ができることを明らかにした。本成果は、先端材料開発に最新評価技術を適用して得られた特筆すべき例として紹介した。

### 【参考文献等】

[1] Z. Wang, L. Gu, M. Saito, S. Tsukimoto, M. Tsukada, F. Lichtenberg, Y. Ikuhara, and J. G. Bednorz, *Advanced Materials*, **25**, 218 (2013). "Spontaneous Structural Distortion and Quasi-One-Dimensional Quantum Confinement in a Single-Phase Compound"