

## 【基盤研究(S)】

### 理工系(工学II)



## 研究課題名 ナノヘテロ界面制御に立脚する超酸素イオン伝導体の創出と革新的燃料電池

九州大学・大学院工学研究院・教授 いしはら たつみ  
石原 達己

研究分野：材料工学、無機機能材料

キーワード：ナノイオニクス、燃料電池、エネルギー効率化

### 【研究の背景・目的】

近年、異なる格子の接合界面のイオン伝導が注目されている。これは異なる格子を接合すると、格子の緩和現象で、界面には不安定な格子間隔の原子層が出現し、バルクとは異なり、イオンが移動しやすくなることが期待される。従来イオニクス材料ではこのような界面の物性はほとんど使っていないことから、界面緩和層を積極的に利用することで、興味あるイオニクス材料が創造できる可能性がある。本研究では、 $K_2NiF_4$ 型構造などの2次元的に酸素イオンを伝導可能な混合伝導体と酸素イオン伝導体、誘電体や金属などと格子を整合させ、接合させたナノヘテロ接合界面を作成し、電子伝導を制御して界面での酸素イオン伝導を向上させるという新しいナノイオニクス効果を創出する。この効果に基づいて革新的な燃料電池を創出する。

### 【研究の方法】

製膜方法としてレーザーアブレーション(PLD)法、酸化物ナノシートを積層する化学的なナノコンポジット製膜法を用いて、ナノレベルの膜厚の積層体または3次元の混合伝導体と酸素イオンまたは誘電体、金属の接合の作成をおこなう。とくに3次元コンポジットへの展開を図1に示すようなダブルカラムナー構造の酸化物を用いて行う。得られたナノレベルの構造制御された接合面を有する酸化物膜のイオン伝導性と電子伝導の挙動解析を、伝導度の温度依存性やホール効果、ゼーベック効果を用いて解析する。一方、接合状況をTEMを用いて原子レベルで解析するとともに、 $^{17}O$ を用いて、酸素の局所構造の変化をNMR分析やEELSスペクトルに基づいて解析する。作成した新規イオン伝導体を用いる可逆動作SOFCや金属-空気燃料電池への展開を行うとともに、新概念触媒への展開を検討する。

伝導体A 伝導体B

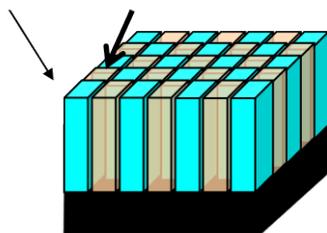


図1 作成するダブルカラムナーコンポジット膜

### 【期待される成果と意義】

本研究によりホールや電子濃度を制御して酸素イオン伝導を向上させる新概念の材料開発の設計指針を確立する。とくに金属ナノ粒子との複合化では、3次元的に大きな応力を発生できることから、近年指摘されている3次元的な引っ張り応力による格子歪を利用する酸素イオン伝導の向上についても詳細に検討する。さらに本研究では新規な人工格子の作成法としてナノシートに着目し、アルカリ元素からなるNb系などの欠陥ペロブスカイトの層剥離を行なってナノシートを作成し、その積層化により、新規な原子レベルの積層膜の作成を検討する。一方で、このようなナノイオニクス効果を利用した高酸素イオン伝導体は、現在、要望のある低温作動型固体酸化燃料電池の電解質として有用なもので、 $400^{\circ}C$ 前後で作動するSOFCの実現へ応用するとともに、低温作動により2次電池的な応用が行えることからNaS電池を凌駕する新概念蓄エネルギーデバイスとしての酸素イオン伝導体を電解質とする”金属-空気燃料電池”という概念を切り開く。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Sirikanda Nuansaeng, Masatomo Yashima, Maki Matsuka, and Tsumi Ishihara, "Mixed Conductivity, Nonstoichiometric Oxygen, and Oxygen Permeation properties in Co-Doped  $Sr_3Ti_2O_{7-\delta}$ ", Chemistry a European Journal 2011 No.40 pp11324-11331
- Young- Wan Ju, Toru Inagaki, Shintaro Ida, and Tsumi Ishihara, "Sm(Sr)CoO<sub>3</sub> Cone Cathode on LaGaO<sub>3</sub> Thin Film Electrolyte for with IT-SOFC High Power Density", Journal of The Electrochemical Society, 158 (7) B825-B830 (2011)

### 【研究期間と研究経費】

平成24年度-28年度  
154,700千円

### 【ホームページ等】

<http://www.cstf.kyushu-u.ac.jp/~ishihara-lab/>  
[ishihara@cstf.kyushu-u.ac.jp](mailto:ishihara@cstf.kyushu-u.ac.jp)