

# 研究 ハイライト

## 人工超格子での 酸素イオン拡散の制御に成功

— 固体燃料電池や酸素貯蔵材料の開発へ向けた新展開 —

酸素のイオンの流れを自在に制御できる新物質は、将来の社会を支える燃料電池開発を、大きく前進させる可能性を秘める。その発見は、誰も見たことのない「おもしろい」物質を作りたいという科学者の好奇心と使命感が導きだした。

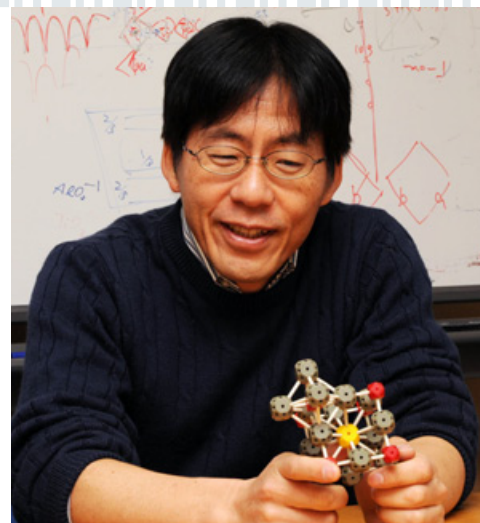
元素科学国際研究センター  
無機先端機能化学

教授 島川 祐一

我々の研究室では、ナノスケールレベルで構造制御された物質の設計・合成・評価を通して、新しい機能性材料を開発することを目指しています。そのような研究の中から、最近、新しい酸化物人工超格子において、300°C以下の低温での還元・酸化反応が層選択的に起こることを見出し、人工超格子をもちいることで酸素イオンの拡散(移動)方向の制御が可能であることを実証しました。

この研究の背景には、近年、環境・エネルギー問題の解決に向けて、新しいエネルギー源の開発が注目されていることが挙げられます。特に、水素と酸素の化学反応からエネルギーを取り出す燃料電池は、大きなエネルギー密度だけでなくクリーンなエネルギー源としても大きな期待を寄せられています。しかしながら、広範な実用化のためには、高効率な反応やより低温での動作のための材料開発が必要でした。

今回の研究では、博士課程学生、松本和也君をはじめとする研究グループが、パルスレーザー蒸着法という薄膜成長技術を用いて、酸素欠損ペロブスカイト構造酸化物であるCaFeO<sub>2.5</sub>とチタン酸ストロンチウムSrTiO<sub>3</sub>を原子層レベルで制御して交互に積層し、人工超格子としたものを作成しました。この酸化物人工超格子をアルカリハイドライド(CaH<sub>2</sub>)とともに熱処理すると、280°Cでの低温においても還元反応が進行します。この時、人工超格子を構成する

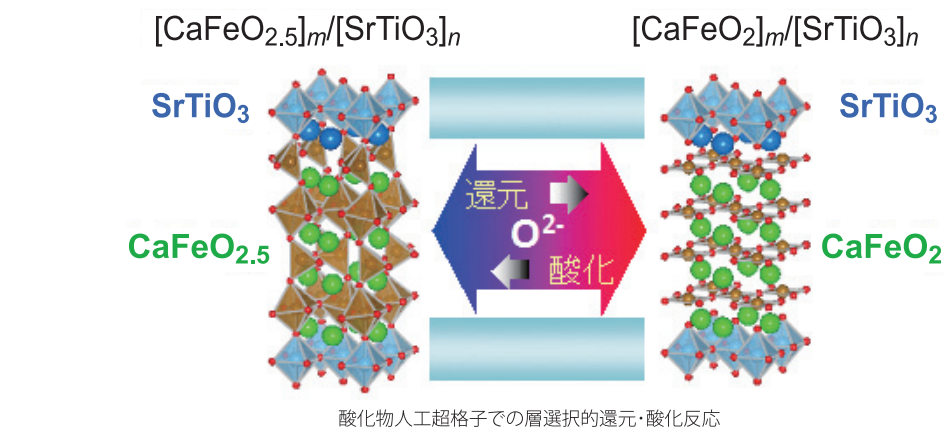
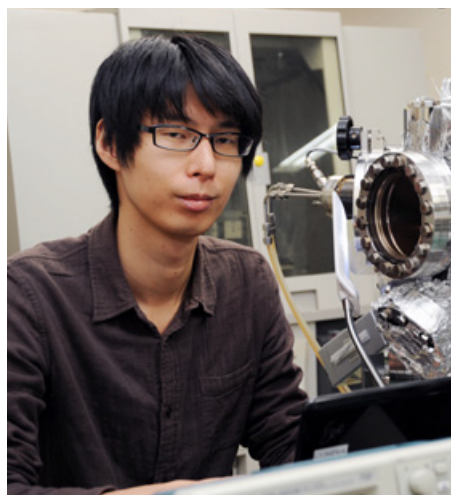


なぜ「酸化物」の研究なのか。鉄、銅、ニッケル、マンガンなど酸化物の結合やイオン状態を変えることで、まだまだ未知の性質をもった物質を生み出せる可能性があるという。通常では安定しない物質を、高圧や薄膜など特殊な技術を使って安定化させることで、おもしろい性質をもった新物質を作り出すことが島川研究室のテーマ。何を「おもしろい」と感じるのかが、研究者としてのセンスだという。

CaFeO<sub>2.5</sub>層のみが還元されて酸素イオンを放出しCaFeO<sub>2</sub>に変化しますが、SrTiO<sub>3</sub>層は還元されずに変化しないことを明らかにしました。また、還元されて酸素が抜けた人工超格子薄膜を酸素雰囲気下で熱処理すると、CaFeO<sub>2</sub>層に酸素が取り込まれ、元のCaFeO<sub>2.5</sub>からなる人工超格子に戻ることも確認しました。

これら一連の実験結果は、燃料電池の動作の鍵となる酸素イオンの移動を、酸化物人工超格子をもちいることで、2次元的な層内に閉じ込めることが可能であることを示しています。また、低温での2次元的な酸素の出入りを使った酸素貯蔵材料として酸化物人工超格子を応用できる可能性もあることを意味します。さらに、作製した酸化物人工超格子が、安価で安全なありふれた元素のみで構成されていることも、元素戦略に沿った材料開発の視点からは重要です。

このように、本研究成果は、酸化物人工超格子の新材料開発が将来の環境・エネルギー分野での応用展開に繋がるものとして高く評価されています。実験結果を報告した論文は、英国ネイチャー出版グループが専門領域の科学を横断するオンラインジャーナルとして新たに創刊したScientific Reportsに報告され、新聞に関連記事も掲載されました。



実験を担当した大学院博士後期課程2年生の松本和也さん。「大学院生は研究者としてのセンスを磨いている」と島川教授はいう。「センス」は予備知識や経験の蓄積をバックグラウンドにして培われる。今回の成果は、松本さん独自のモノ作りの力に加えて、何度も挑戦し続けた地道な努力の賜物だという。