

シーズのテーマ: 超イオン導電体  $\beta$  アルミナにおける高速イオン拡散の研究

【研究者】

氏名: 神嶋 修(かみしま おさむ)  
 学部: 理工学部  
 学科: 基礎理工学機構  
 職階: 教授  
 連絡先: ※下段、お問い合わせ先をご参照ください。



【研究の概要】

風力発電, 太陽光発電など自然エネルギーを利用した発電システムは, 電気をたくさん発電する時もあれば, 全く発電出来ない時もあるため, 毎日の安定した電気の供給に適していない。水の安定供給のために, 「ダム」や「ため池」が発展したように, 電気も大規模に蓄えることが出来る電気の池=「電池」の研究・開発が急ピッチで進められている。図1に示した  $\beta$  アルミナを電解質材料としたNAS電池(ナトリウム硫黄電池: 図2)は, 次世代環境エネルギー技術のための大規模電力貯蔵用として期待されている。 $\beta$  アルミナ中の一価の金属  $M^+$  イオンは容易に伝導面をジャンプしながら拡散でき, この拡散能力は固体でありながら塩の水溶液に匹敵する。このように, イオンが高速に拡散する物質群を超イオン導電体と呼ぶ。

ここでは, イオンの高速に拡散する振る舞いや原因を研究している。

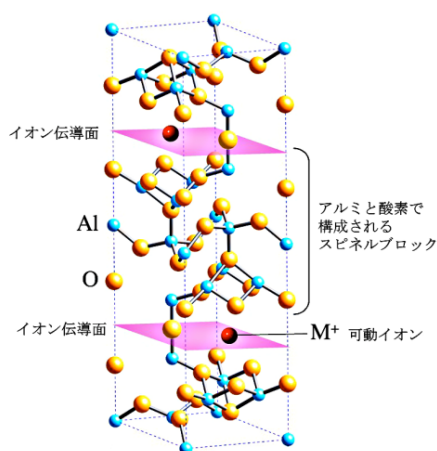


図1.  $\beta$  アルミナの基本格子

$M^+$  は一価の金属イオンで,  $Al_2O_3$  のスピネルブロックに挟まれた面(網掛けで示した平面上)に沿って, 室温で塩の水溶液程度の電気を運ぶ。

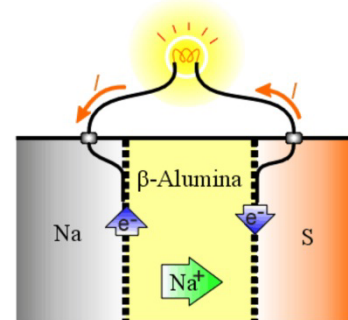
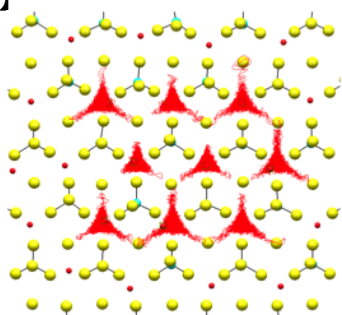


図2. NAS 電池の模式図

ナトリウム金属(Na)と硫黄(S)で  $\beta$  アルミナを挟み,  $Na^+$  イオンが移動することにより発電する電池。

【研究の特長・従来技術との比較】

一般的に, 固体内の原子は近傍の原子と互いに結合し, 安定位置にて微小振動を行っている。 $\beta$  アルミナでは, 時間とともに赤い一価の金属原子が隣の空隙に移動する。(右図参照) レーザー光を使うと, 原子とおしの結合力や, 安定位置に存在する寿命時間を測定することができる。これらの結果からイオンが独立に動いているのか, それとも集団で動いているのか解明した。  
 (注釈: 電荷をもった原子をイオンと呼ぶ。)



【研究の状況】



【課題、今後の方向性】

原子レベルで見えてきたイオンの移動が, 私たちの日常目にするサイズに拡大すると, 巨視的な集団運動となる。このとき, 集団運動によって, 電気を運ぶ性質がどのように変化するか研究する必要がある。

【用途・効果】

大規模に電気を貯蔵するための革新的な電池開発につながる基礎研究である。

【関連資料・特許・文献・参考事項】

1. "Temperature dependence of low-lying phonon dephasing by ultrafast spectroscopy (Optical Kerr effect) in Ag  $\beta$ -Alumina and Tl  $\beta$ -Alumina" O. Kamishima, B. Paxton, T. Feurer, K. A. Nelson, Y. Iwai, J. Kawamura and T. Hattori J. Phys.: Condensed Matter, **19** (2007) 456215-456227. フェムト秒という超高速時間分解能をもったレーザー光でイオンの運動を観測した。
2. "Origin of activation energy in a superionic conductor" O. Kamishima, K. Kawamura, T. Hattori and J. Kawamura J. Phys.: Condensed Matter, **23** (2011) 225404-225414. レーザー光の散乱を測定し, 原子の微小振動を観測した。そこから原子間結合力を割り出し, 理論格子モデルをシミュレートすることに成功した。
3. "Small power-law dependence of ionic conductivity and diffusional dimensionality in  $\beta$ -alumina" O. Kamishima, Y. Iwai and J. Kawamura, Solid State Ionics **281** (2015) 89-95. 1Hz から 1MHz の交流インピーダンス測定を行い, 超イオン拡散におけるスケール不変性を実験的に見いだした。これは, 多体相関の広がり大きいことを意味し, イオンの集団運動の寄与を見いだすことにつながった発見である。