

## GA 担当教員 研究等紹介③



九州大学  
 大学院 総合理工学研究院 物質科学部門  
 准教授  
**渡邊 賢**

### 新材料を組み合わせた革新的電気化学デバイスの開発

酸化物は、構成元素の電気陰性度の差に応じて、共有結合及びイオン結合を形成し、それらが規則的に配列することで、結晶を構成しています。酸化物は、その電子状態、結合状態、結晶構造、欠陥構造などにより、半導体、絶縁体、イオン導電体、あるいは電子とイオンの両方が移動可能な混合導電体など幅広い電気的性質を示します。加えて、酸化物の表面では、表面の酸塩基性、電子状態、ナノ構造などにより気相や液相界面で様々な特異な反応を進行させることも可能です。私たちの研究室では、このような酸化物の特性を生かしながら、新しい機能性酸化物の設計、合成、材料解析に加え、それら材料を組み合わせた革新的電気化学デバイスの構築に取り組んでいます。

例えば、エネルギーに関連した分野では、現状の有機電解液を Li イオン導電性酸化物に置き換え、高い安全性、高いエネルギー密度を備えた次世代蓄電池用全固体リチウム電池 (図 1) の研究を行っています。また、空気中の酸素を正極活物質として利用し、理論容量が 11100Wh/kg と最も高い Li-空気電池についても検討しています。

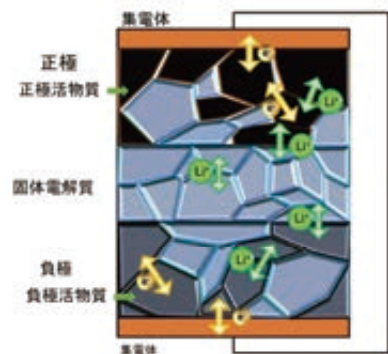


図 1 全固体 Li イオン電池の模式図

環境に関しては、空気中に含まれる極微量のガスを検知できる半導体やイオン導電体を用いたガスセンサに関する研究を行っています。ガスセンサは、我々の生活環境の指標となる空気質の測定や、呼気中に含まれる極微量の成分を検知し、疾病の早期発見に使用するなど、環境計測にとどまらず、IoT (Internet of Things: もののインターネット) 社会を支えるセンサ端末あるいは医療機器として、幅広い分野での応用が期待されています。さらに、大気中から酸素のみを効率よく分離可能な酸化物イオン導電体を用いた酸素ポンプの開発にも取り組んでおり、この手法は、病院や家庭など小規模施設での酸素富化空気の製造が可能です。

このような電気化学デバイスの性能は、各部材を構成する物質

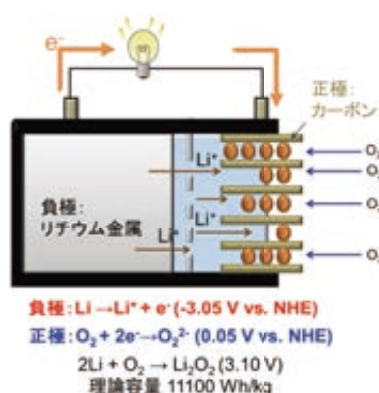


図 2 Li-空気電池の模式図

の機能・特性だけではなく、各種部材を最適な構造で組み合わせることで最大限発揮されず。例えば、全固体リチウムイオン電池では、Li イオンのみが電荷担体となる固体電解質 (イオン導電体)、Li イオンと反応して電荷を貯める活物質 (混合導電性酸化物やグラファイトなど) 及び電子を電極に供給する集電体 (電子伝導体) で構成されています (図 1 参照)。これらの部材をただ張り合わせるだけでは、例えば、イオン導電体と活物質のような異種材料接合界面で、イオンの輸送が十分に確保できず、抵抗が高くなるため、電池として十分な性能を発揮できません。従って、高性能な全固体 Li イオン電池の実現には、各粒子間のイオン輸送、電子輸送が効率よく進むように接合界面を構築する必要があります。一方、ガスセンサでは、固体と気相の界面反応を電気信号として取り出すため、気相 / 固相界面の設計が重要となります。

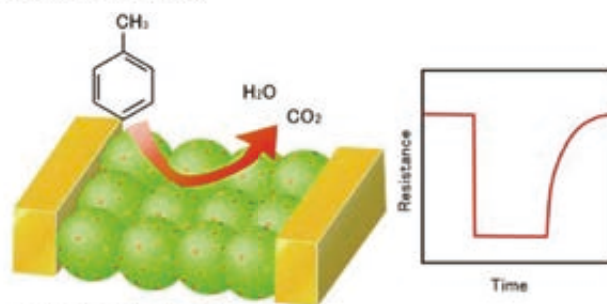
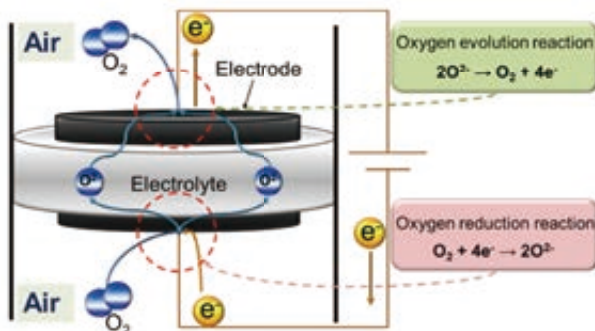


図 3 ガスセンサの概略図

このように、我々は、ユニークな機能を示す新規な無機材料の合成とそれら機能を活かしてデバイス化するための界面設計、それを実際にデバイスとして構築するための作製プロセスに注力し、研究を行っています。



特徴  
 電圧を印加することで、連続的に酸素だけを分離することが可能  
 他の酸素分離法に比べ小型化が可能

用途  
 医療用酸素富化空気製造

図 4 酸化物イオン導電体を用いた酸素分離の模式図