

固液界面エネルギー変換 - 実験・理論・計測の融合による高効率電極触媒開発と反応機構解明

Keywords: 貴金属フリー電極触媒、酸素還元、燃料電池、水電解、空気電池

フェロー/ナノ材料科学環境拠点 ナノ構造制御電極触媒グループ

魚崎 浩平

UOSAKI.Kohei@nims.go.jp | https://samurai.nims.go.jp/profiles/uosaki_kohei



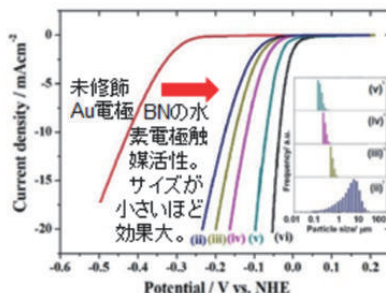
研究の背景 再生可能エネルギーを基盤とする持続可能社会の実現には効率的エネルギー変換/貯蔵システムの確立が不可欠です。本研究は燃料電池や二次電池などの固液界面(電気化学的)エネルギー変換に関する基礎研究として位置づけられます。

研究の狙い 固液界面エネルギー変換の大きな課題として、反応速度の増加と長寿命化があげられます。本研究ではこれらの実現に不可欠な高効率電極触媒の開発と固液界面反応機構の解明を行っています。具体的には理論と実験の融合による非白金系電極触媒の開発と独自に開発した固液界面その場構造解析手法を駆使したリチウム空気電池反応の機構解明を行っています。

最先端研究トピックス

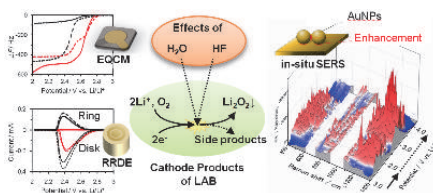
1. 理論と実験の融合による高効率電極触媒の開発

燃料電池の効率向上とコスト低減の要請はまだ高い。最大の効率低下要因である酸素還元反応(ORR)や燃料である水素製造のための水電解のための非白金系電極触媒の開発が必要である。我々は理論的予測に基づき、グラファイトと同じ構造をもつが、絶縁体であるBNがORR電極触媒および水素発生反応(HER)電極触媒として機能することを明らかにした。さらに、BNを金ナノ粒子で修飾することで、電流が増加したのみならず4電子還元割合が80%と白金に迫る性能を示した。また、右図に示すようにBNのサイズを制御することでHER活性が白金に迫る性能を実証し、理論解析からBNのエッジが重要であることを明らかにした。



2. 種々計測法を駆使した固液界面エネルギー変換反応機構の解明

燃料電池や二次電池は主として固体/溶液界面で進行しているが、その反応の舞台である固液界面の構造や電子状態を観察する手段は限られている。本グループは走査プローブ顕微鏡、放射光利用表面X線散乱およびXAFS、非線形分光など多様な手法を駆使して固液界面構造のその場追跡を行い、反応機構を明らかにしている。最近では、理論エネルギー密度が非常に高く、究極の電池として期待されているリチウム空気電池の正極反応生成物が、電解液中に含まれる不純物(水、HF)によって大きく変化することを、電気化学水晶振動子マイクロバランス(EQCM)、回転円板電極(RRDE)、表面増強ラマン分光(SERS)により明らかにした(右図)。



文献

- K. Uosaki et al., BN on Au as an Electrocatalyst for ORR, *JACS*, **136**, 6542 (2014)..
- K. Uosaki et al., BN on Au as an Electrocatalyst for HER, *Sci. Rep.*, **6**, 32217 (2016)..
- 魚崎浩平、固液界面構造のその場実時間追跡、*応用物理*, **82**, 106 (2012).
- K. Tomita et al., Impurity Effect on Product Distribution at Li-O₂ Cathode, *ACS Appl. Energy. Mat.*, in press (2018).

まとめ

- 絶縁体である窒化ホウ素ナノシート (BNNS) と不活性な金電極の組み合わせが酸素還元および水素発生電極触媒となることを理論的に予測し、実験的に証明した。
- 種々の固液界面計測法を駆使してリチウム空気電池正極反応に及ぼす不純物の効果を明らかにした。

実用化への目標

- 燃料電池用電極触媒
- 水電解用電極触媒
- 新規固液界面計測法の開発
- 固液界面エネルギー変換反応の機構解明