

群馬大学大学院理工学府

環境創生部門 中川研究室

URL : <http://nakagawa-noda.ees.st.gunma-u.ac.jp/>

- 研究テーマ
 - 直接メタノール燃料電池の高性能化に関する研究
 - レドックスフロー電池の高性能化に関する研究
- キーワード
 - 電気化学デバイス 電極触媒 多孔質構造 シミュレーション
- 産業界の相談に対応できる技術分野
 - 電極関連材料の評価 多孔質構造解析

- 主な設備
 - 流通式化学吸脱着測定装置 簡易式走査型電子顕微鏡
 - 流通式細孔構造評価装置 燃料電池試験装置

連絡先
 環境創生部門 中川 紳好 TEL 0277-30-1458 FAX 0277-30-1457 e-mail nob.nakagawa@gunma-u.ac.jp
 環境創生部門 石飛 宏和 TEL 0277-30-1459 FAX 0277-30-1457 e-mail ishitobi@gunma-u.ac.jp



中川紳好 教授 石飛宏和 助教

研究概要

直接メタノール燃料電池、バナジウムレドックスフロー電池の高性能化を目指しています

1.直接メタノール燃料電池(DMFC)は液体の燃料を利用することからエネルギー密度が高く、長持ちする小型電源として期待されています。リチウムイオン二次電池や水素燃料電池に代わり、便利な電源を提供できます。しかし、電極反応の速度が遅いこと、燃料が電解質膜を透過するクロスオーバーの問題があり、出力密度が小さく、実用化に至っていません。

当研究室では、高価な貴金属使用量を減らしつつも出力密度の向上を図るため、高活性な触媒の開発を目指しています。触媒には、白金などの貴金属を担体材料に高分散担持して用いられます。触媒や担体は、いわゆるナノ材料といわれる微粒子です。この担体材料の構造や組成を調整することで、「担体効果」といわれる量子化学的な相互作用により、触媒活性を上げるという方法に注目しています。これまでに新しい担体として、TiO₂やCeO₂等の微粒子を埋め込んだカーボン

ナノファイバーを提案しており、従来触媒に比べ、数倍大きな触媒活性が得られています。

研究室では、静電紡糸法を用いたカーボンナノファイバーの調整、貴金属触媒の担持、調整した触媒のキャラクタリゼーション、触媒の電気化学的な活性評価、触媒用いた燃料電池の発電試験、燃料電池の過電圧解析を行っています。

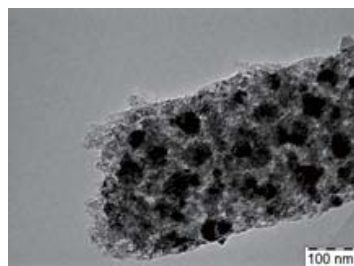


図1 高活性なメタノール酸化触媒のためのTiO₂微粒子含有カーボンナノファイバー担体のSEM像

この他に、エタノールなどの他の液体燃料を利用するための触媒開発、電極反応生成物の分析、新しい電解質膜の開発など、燃料電池の高性能化に関する研究を行っています。

2.風力や太陽光などの時間変動の大きい再

生可能エネルギーの利用においては、それらを一旦貯蔵し、安定した出力で供給できる電力貯蔵システムとの組み合わせが有効です。そのような電力貯蔵システムとして、バナジウムレドックスフロー電池(VRFB)を対象にして、その高効率化に向けた研究に取り組んでいます。VRFBは出力と貯蔵容量を独立に設計できるという特長があります。しかし、コスト高が普及のネックになっています。この問題の解決のため、電池の内部抵抗を低減することに取り組んでいます。具体的には、(1)電極反応が進行する炭素系電極材料の表面の化学的、物理的修飾による表面反応活性の増大と(2)多孔質電極層の構造の最適化です。(1)では、カーボンペーパーやカーボンクロスなどのカーボン材料の表面処理法として、化学的な酸化処理や量子ビーム照射処理などを用いた高活性化に取り組んでいます。TPD, XPS, 全反射IRなどの各種分析手法による表面キャラクタリゼーションとサイクリックボルタンメトリーなどの

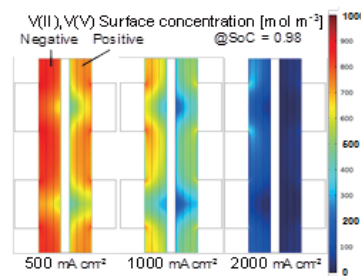


図2 シミュレーションによるVRFB電極表面の反応物質濃度の電極断面分布

電気化学的な材料活性評価、小型セルを用いた充放電試験を行っています。(2)では、電解液を多孔質電極内に流す際の圧力損失や電極表面近傍での活物質(反応物質)の物質移動抵抗を、多孔質材料への流体透過試験、小型セルを用いた充放電試験そして独自に構築した数値シミュレーションを用いた検討により評価しています。

特徴と強み

材料特性評価に留まることなく、デバイス・システム開発に繋がる研究を行っています

燃料電池などの電気化学デバイスでは、その内部抵抗は、要因となる反応抵抗、物質移動抵抗および構成材料の電気抵抗の総和になるため、反応活性点となる原子レベルの表面構造から、その活性点の存在密度や活性点までの物質移動抵抗を支配する触媒層や電極層の多孔質構造、また多孔質電極に反応流体を導く流路構造など、スケール異なる現象を繋いで全体を最適化する視点が必要です。当研究室では、触媒や材料の評価では本来の表面活性の評価だけでなく、触媒層として電池を構成してのデバイス評価を実験およびその結果を反映させたモデル計算によって、実用的な評価・設計に繋げています。

今後の展開

新規なナノ構造材料による高活性電極およびデバイスの構築

グラフェンなどのナノシート材料と他の形状のナノ材料との複合化などにより、様々なナノ構造の調整が可能になっており、それらは高性能電池の電極層の構成材として大きな可能性を持っていると考えています。複合体によるナノ構造の構築と電極触媒・電極材料への応用によって、電気化学デバイスの更なる高性能化を図りたいと考えています。



図3 開発した高濃度メタノールを利用するパッシブDMFC