

6-10 研究施設等

機器センター

湊 文 俊（主任研究員）（2020年6月1日着任）

兵藤 由美子（事務支援員）

A-1) 専門領域：表面界面科学，エネルギー変換，物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 走査プローブ顕微鏡の高度化と物性・反応機構の解明
- b) 表面界面におけるエネルギー変換の機構解明
- c) 環境浄化反応の材料物性と反応機構解明

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 大気中，光照射状態，磁場印加状態，または高低温状態，高低湿状態，液中，電気化学反応中などの様々な反応環境において，表面や界面の形状，機械特性，電気特性，電子状態などを解析できる新しい走査プローブ顕微鏡を，杉本敏樹准教授，上田正技術職員らと共に，立ち上げ稼働させた。電極／電解液界面の解析のために，走査プローブ顕微鏡のカンチレバーの振動振幅や減衰信号などから界面分子分布や粘性を解析するシステムを構築した。また，高感度検出のために，周波数変調システムを導入し，光学系と組み合わせることで，光誘起の電子状態変化やナノ構造体の誘起力などを検出した。また，走査プローブ顕微鏡像から新しい情報を取り出す方法として，走査プローブ顕微鏡像の画像的特徴を認識し，抽出する方法を構築した。この技術を，得られた走査プローブ顕微鏡像に適用し，局所的な特徴を初めて明らかにすることに成功している。
- b) 本課題は，電極と電解質の界面の状態を解析し制御することで，エネルギー変換反応を促進させる方法を見出すことを目的としている。電極と電解液の界面には，空間電荷層や電気二重層など界面特有の状態が生成し，エネルギー変換反応に対して大きな影響を与えている。これらの界面の状態を解析し，界面設計することで反応を促進させる。本年度は，a)に記載した振動振幅や減衰信号などから界面の分子分布や粘性を解析するシステムを用いて，金属電極と電解液の界面の状態を解析した。また，電極表面で進行する電気化学反応量をマッピングし，電極表面組成や構造などの界面状態と反応量の相関を解析した。
- c) 東日本大震災によって被災した福島第一原子力発電所からは，大量の放射性汚染水が発生している。これまで吸着材を用いた除染作業が行われているが，より高性能かつ安価な材料の開発が強く望まれている。本研究では，開発を進める新しい吸着材について，材料表面や反応液との界面における構造，電子状態などの物性や反応機構を解析する。本研究は，信州大学，東北大学，Diamond Light Source（英国），The University of Sheffield（英国）との国際共同研究であり，日本原子力研究開発機構英知事業の国際協力型廃炉研究プログラム（日英）として2020年から開始している。本年度は，吸着材となる金属酸化物のナノ構造や電子状態が調製条件によって変化する様子を解析し，吸着性能との相関を明らかとした。また，吸着反応によって構造や電子状態が変化する様子を解析した。さらに，得られた顕微鏡やスペクトルデータの特徴解析による詳細な解析を進めている。

B-1) 学術論文

H. NAKANO, T. MATSUNAGA, T. MORI, K. NAKANISHI, Y. MORITA, K. IDE, K.-I. OKAZAKI, Y. ORIKASA, T. MINATO, K. YAMAMOTO, Z. OGUMI and Y. UCHIMOTO, “Fluoride-Ion Shuttle Battery with High Volumetric Energy Density,” *Chem. Mater.* **33**, 459–466 (2021). doi: 10.1021/acs.chemmater.0c04570

M. KAWASAKI, K.-I. MORIGAKI, G. KANO, H. NAKAMOTO, T. MINATO, R. TAKEMOTO, J. KAWAMURA, T. ABE and Z. OGUMI, “Lactone-Based Liquid Electrolytes for Fluoride Shuttle Batteries,” *J. Electrochem. Soc.* **168**, 010529 (10 pages) (2021). doi: 10.1149/1945-7111/abdaff

K. UMEDA, K. KOBAYASHI, T. MINATO and H. YAMADA, “Molecular-Scale Solvation Structures of Ionic Liquids on a Heterogeneously Charged Surface,” *J. Phys. Chem. Lett.* **19**, 8094–8099 (2020). doi: 10.1021/acs.jpcclett.0c02356

A. C. KUCUK, T. YAMANAKA, T. MINATO and T. ABE, “Influence of LiBOB as an Electrolyte Additive on the Performance of BiF₃/C for Fluoride Shuttle Batteries,” *J. Electrochem. Soc.* **167**, 120508 (2020). doi: 10.1149/1945-7111/abaa18

H. KONISHI, R. TAKEKAWA, T. MINATO, Z. OGUMI and T. ABE, “Effect of Anion Acceptor Added to the Electrolyte on the Electrochemical Performance of Bismuth(III) Fluoride in a Fluoride Shuttle Battery,” *Chem. Phys. Lett.* **755**, 137785 (5 pages) (2020). doi: 10.1016/j.cplett.2020.137785

K. UMEDA, K. KOBAYASHI, T. MINATO and H. YAMADA, “Atomic-Scale Three-Dimensional Local Solvation Structures of Ionic Liquids,” *J. Phys. Chem. Lett.* **11**, 1343–1348 (2020). doi: 10.1021/acs.jpcclett.9b03874

Y. TAKABAYASHI, K. KIMURA, S. KAWAUCHI, H. NAKAMOTO, H. KONISHI, A. C. KUCUK, T. MINATO, S. FUJINAMI, T. NAKATANI, H. KIUCHI, R. TAKEKAWA, T. ABE and K. HAYASHI, “X-Ray Total Scattering of Electrolytes in Liquid-Based Fluoride Shuttle Battery: Electrolyte Composition Dependence of the Low-Q Peak,” *Phys. Status Solidi B* **257**, 2000202 (6 pages) (2020). doi: 10.1002/pssb.202000202

H. KONISHI, T. MINATO, T. ABE and Z. OGUMI, “Electrochemical performance of BiF₃-BaF₂ Solid Solution with Orthorhombic, Hexagonal, and Cubic Phases on a Fluoride Shuttle Battery System,” *ChemistrySelect* **5**, 4943–4946 (2020). doi: 10.1002/slct.202000713

H. KONISHI, T. MINATO, T. ABE and Z. OGUMI, “Reactivity of the Electrolyte Anion Acceptor: An Important Factor in Achieving High Electrochemical Performance of a Lead (II) Fluoride Electrode in a Fluoride Shuttle Battery,” *J. Electroanal. Chem.* **871**, 114103 (2020). doi: 10.1016/j.jelechem.2020.114103

B-3) 総説, 著書

湊 丈俊, 「走査プローブ顕微鏡による二酸化チタン表面の欠陥の物性解明と反応解析」, *触媒* **62**, 15–21 (2020).

B-4) 招待講演

T. MINATO, “Interface Analysis during the Energy Conversion by Scanning Probe Microscopy,” Asian International Symposium in the 101th Chemical Society of Japan Annual Meeting, International Symposium on Molecular Science Cosponsored by Japan Society for Molecular Science, online, March 2021.

T. MINATO, “Mechanism of Energy Conversion at Electrode/Electrolyte Interface in Rechargeable Batteries,” 28th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, online, December 2020.

T. MINATO, “Electrode/Electrolyte Interface in Rechargeable Battery,” Asian International Symposium in the 100th Chemical Society of Japan Annual Meeting, International Symposium on Molecular Science Cosponsored by Japan Society for Molecular Science, March 2020. (The meeting was cancelled by the influence of Covid-19 Coronavirus. The presentation was conducted.)

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本物理学会領域運営委員 (2019–2020).

学会の組織委員等

日本物理学会領域 10 格子欠陥・ナノ構造分科第 30 回格子欠陥フォーラム (分子研後援事業) 実行委員 (2020).

その他

出前授業「サイエンスセミナー『科学者の役割』」(岡崎市立六ッ美北中学校) (2020).

B-10) 競争的資金

日本原子力研究開発機構「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」, 「国際協力型廃炉研究プログラム」, 「革新的水質浄化剤の開発による環境問題低減化技術の開拓」(代表: 浅尾直樹(教授) 信大/日本, Joseph Hriljac (Science Group Leader) Diamond Light Source / 英), 湊 丈俊(分担) (2020年–2023年).