

原子・分子の自在配列と特性・機能
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

山田 裕貴

大阪大学 産業科学研究所
教授

液体中のイオン・分子配列制御と電気化学新機能の開拓

研究成果の概要

本研究では、液体中におけるイオン・溶媒分子の配列構造化手法の開発と、配列構造化に起因する電解液の新機能の開拓およびデバイス応用を目的とする。2022年度は、前年度までに開発した配列構造化手法により設計された様々な水系電解液(水和融体電解液)を対象として、(1)特異的電気化学機能の探索、および(2)電気化学新機能の発現機構調査を行った。

(1) 特異的電気化学機能については、電位窓について新たな知見が得られた。これまでに見いだされていたリチウム系水和融体では、活性の高い白金電極を使用した場合、酸化側においてのみ電位窓拡張効果が認められたのに対し、カリウム系水和融体では酸化と還元的双方向について電位窓拡張効果が認められた。つまり、カリウム系水和融体では水素発生を高度に抑制可能であり、二次電池以外の物質変換反応用電解液としての応用も有望であることが分かった。

(2) 電気化学新機能の発現機構調査においては、電極電位の異常シフトと電位窓拡張に焦点を当てた。水和融体電解液で観察されたリチウムインターカレーション電極電位の大幅なアップシフトは、電解液中におけるリチウムイオン-対アニオンの配列構造の影響を直接的に受けていることを明らかにした。つまり、配列構造に着目することで、電極電位の自在制御が可能となる。この技術は、電解液の電位窓外にある様々な電極反応を実現可能にするものであり、二次電池分野のみならずさまざまな電気化学反応に応用可能である。次に、電位窓拡張機構を明らかにするため、電極表面における水分子の状態をオペランド赤外分光法により解析した。その結果、酸化反応(酸素発生)および還元反応(水素発生)を引き起こす水分子の状態を特定するとともに、電位窓を拡張させる表面被膜の生成を観察することに成功した。この結果は、電位窓の拡張に向けた更なる電解液設計および界面設計の学術的基盤となるものである。