

新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による
革新的反応技術の創出

2018年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

跡部真人

横浜国立大学 大学院工学研究院
教授

固体高分子電解質電解技術に基づく革新的反応プロセスの構築

§ 1. 研究成果の概要

電解水素化グループでは、置換基を有する環状ケトンの立体選択的な水素化に関する研究を継続するとともに、アニオン交換膜 (AEM) 型リアクターの開発にも着手した。また、カソード触媒上に電解生成する吸着水素種の活性や状態に対する電位依存性を IR 分光によりオペランド計測し、電解水素化の機構解明に努めた。

電解酸化グループにおいては、白金酸化物アノードの新規作成法を確立した。また、新作製法による白金酸化物アノードを気相電解 PEM リアクターへ適用し、白金酸化物アノードの酸化状態と生成物選択率および電流効率との相関を明らかにし、反応活性の向上を目指した。

新規電解反応グループでは、カソード反応プロセスとして、これまで良好な結果を与えたニトロ基などに加えて、オキシムやイミン、アミドなどの窒素の含む官能基の還元を試み、窒素を含む官能基の PEM 型リアクターでの還元についての全体像を明らかにした。アノード反応系としては、Baeyer-Villiger、エポキシ化反応、アミンのアミンオキシドへの酸化等多様な酸化反応への展開のため、反応系の構築を行なった。

反応機構解析グループでは、温度制御が可能な電解セルを作成し、水素化反応において温度が電流効率に及ぼす影響の解明に着手した。その結果、反応温度、基質濃度、反応時間の 3 パラメータがアルキンの水素化において大きな影響を与えることを明らかにするとともに、ベイズ最適化を用いてこれらの 3 パラメータを最適化する手法を確立した。また、NMR スペクトルに基づいたソフトセンサを構築し、インライン分析法の強化を行った。

電解モジュール大型化グループでは、ジフェニルアセチレンの部分水素化に有効な電極触媒である Pd99Pt1/C 触媒を中心に 5×20 cm² 級縦長セルで大型化に向けた課題抽出、電解槽構造の改良や、運転条件検討を行った。また、ジフェニルアセチレンの部分水素化に有効な Pd99Pt1/C 触媒の反応選択性発現機構の解析も継続して実施した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 電解水素化グループ

- ① 研究代表者: 跡部 真人 (横浜国立大学大学院工学研究院 教授)
- ② 研究項目
 - ・小型評価電解セルによる各種電解水素化検討
 - ・カソード触媒材料検討とPDCA

(2) 電解酸化グループ

- ① 主たる共同研究者: 山中 一郎 (東京工業大学物質理工学院 教授)
- ② 研究項目
 - ・小型評価電解セルによる各種電解酸化検討
 - ・アノード触媒材料検討とPDCA

(3) 新規電解反応グループ

- ① 主たる共同研究者: 菅 誠治 (岡山大学大学院自然科学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・カソード触媒表面活性種を活用する新規電解反応プロセスの開発
 - ・アノード触媒表面活性種を活用する新規電解反応プロセスの開発

(4) 反応機構解析グループ

- ① 主たる共同研究者: 永木 愛一郎 (京都大学大学院工学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・インラインフロー分析法の構築
 - ・各種電解プロセスの反応機構解明

(5) 電解モジュール大型化グループ

- ① 主たる共同研究者: 光島 重徳 (横浜国立大学大学院工学研究院 教授)
- ② 研究項目
 - ・機能検証電解セル作製・各種電解水素化、電解酸化検討
 - ・運転制御、耐久性支配因子把握

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yuto Ido, Atsushi Fukazawa, Yuka Furutani, Yasushi Sato, Naoki Shida, Mahito Atobe, "Triple-phase Boundary in Anion-exchange Membrane (AEM) Reactor Enables Selective Electrosynthesis of Aldehyde from Primary Alcohol", *ChemSusChem*, vol. 14, 5405–5409. DOI: 10.1002/cssc.202102076.
- 2) Shoji Iguchi, Masashi Kataoka, Ryosuke Hoshino, Ichiro Yamanaka, "Direct Epoxidation of Propylene with Water at PtOx Anode Using a Solid-Polymer-Electrolyte Electrolysis Cell", *Catalysis Science & Technology*, 2022, 12, 469–473. DOI: 10.1039/d1cy01888d.
- 3) Yosuke Ashikari, Takashi Tamaki, Yusuke Takahashi, Yiyue Yao, Mahito Atobe, Aiichiro Nagaki. "Investigation of Parameter Control for Electrocatalytic Semihydrogenation in a Proton-Exchange Membrane Reactor Utilizing Bayesian Optimization", *Front. Chem. Eng.*,

vol. 3, 819752 (2022). DOI: 10.3389/fceng.2021.819752.