

山内 美穂

九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
教授

ナノハイブリッド材料創製に基づく
クリーンアルコール合成システムのデザインと構築

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、再生可能電力を効率よく貯蔵するための媒体(エネルギーキャリア)として液体であるカルボン酸/アルコールを用いた高分子電解質形アルコール電解合成セル(Polymer Electrolyte Alcohol Electrosynthesis Cell, **PEAEC**)の開発を行っている。

高効率シュウ酸還元グリコール酸合成カソードの開発

これまで、カルボン酸の電気化学的還元反応において、アナターゼ型 TiO_2 が高い選択性を示すことを明らかにしてきた。さらに、 TiO_2 触媒の触媒活性を高めるために、 TiO_2 の電子状態および結晶構造に摂動を与えるドーパントとして Ti と同族である Zr の導入を試みた。純粋な TiO_2 と比較して、作製した Ti-ZrO_2 上では触媒活性が大幅に向上することが明らかとなった。 Ti-ZrO_2 粒子の電子状態を調べると、その伝導帯の下端が TiO_2 粒子のものと比較して高いエネルギー位置にあることがわかった。放射光を用いて測定し

た全散乱スペクトルを二体相関分布関数法を用いて詳細に解析したところ、酸化物結晶中の原子位置の規則性が酸化物触媒上でのシュウ酸の電気還元にとって重要であることが初めて明らかとなった(図1)。

高効率 PEAEC システムの開発

常温・常圧で液体であるケト酸をエネルギーキャリアとして用いることで PEAEC の性能の顕著な向上がみられた。薄型化した PEAEC を用いて、ケト酸還元によるアルコール合成を行なったとこ

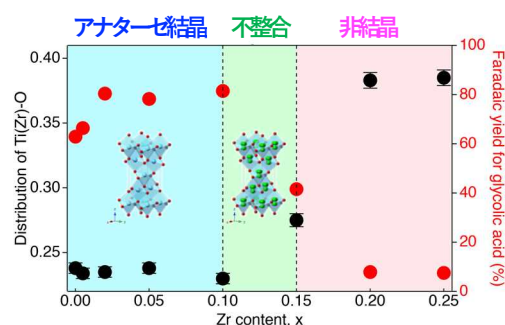


図1 Ti-ZrO_2 ナノ粒子の結晶構造と触媒特性.

ろ、過電圧が大きく減少し、昨年度の最高値である 63%を大きく上回るエネルギー変換効率 72%を達成することができた。

【代表的な原著論文】

1. M. Yamauchi, S. Hata, H. Eguchi, S. Kitano, T. Fukushima, M. Higashi, M. Sadakiyo, K. Kato, "Catalytic enhancement on Ti-Zr complex oxide particles for electrochemical hydrogenation of oxalic acid to produce an alcoholic compound by controlling electronic states and oxide structures", *Cat. Sci. Tec.*, 9, 6561-6565 (2019). 2019 HOT Catalysis Science & Technology article
2. T. Fukushima, M. Yamauchi, "Electrosynthesis of Amino Acids from Biomass-Derivable Acids on Titanium Dioxide", *Chem. Commun.*, 55, 14721-14724 (2019). Inside Front Cover.
3. J. Cheng, J. Yang, S. Kitano, G. Juhasz, M. Higashi, M. Sadakiyo, K. Kato, S. Yoshioka, T. Sugiyama, M. Yamauchi, N. Nakashima, "Impact of Ir-Valence Control and Surface Nanostructure on Oxygen Evolution Reaction over a Highly Efficient Ir-TiO₂ Nanorod Catalyst", *ACS Catal.*, 9, 6974-6986 (2019).

§ 2. 研究実施体制

(1) 山内グループ

- ① 研究代表者: 山内 美穂 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・高性能電極触媒および PEAECE の開発

(2) 中嶋グループ

- ① 主たる共同研究者: 中嶋 直敏 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、特任教授)
- ② 研究項目
 - ・PEAECE 用ナノカーボン材料および電解質膜の開発

(3) Juhász グループ

- ① 研究代表者: Gergely Juhász (東京工業大学理工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・計算的手法による PEAECE における反応素過程の解析