

電子やイオン等の能動的制御と反応  
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

天野 史章

北九州市立大学 国際環境工学部  
准教授

電解還元法による酸素酸化反応プロセスの構築

## §1. 研究成果の概要

酸素の電解還元によって活性酸素種を生成するための反応プロセス開発を目指しています。水を電子源とするための酸素発生反応(OER)用のアノード電極触媒、および酸素の二電子還元による過酸化水素生成のためのカソード電極触媒や反応プロセスについて検討しました。

アノードの OER 電極触媒では、高表面積のチタン繊維を担体とした酸化イリジウムがアモルファスであり、大きな電気化学表面積に由来した高い触媒活性を示すことを見出しました。さらに触媒調製時にポリエチレングリコールを添加することで、低温焼成によっても不純物の残留が低減し、触媒耐久性が向上することを、X 線吸収分光法による局所構造解析などの手法を使って明らかにしました。可視光エネルギーを利用した反応系を構築するための半導体電極の開発も進め、チタン繊維を担体としたバナジン酸ビスマス電極が、気相水蒸気の光電解反応を可視光照射下で実現しました。

過酸化水素生成のためのカソード反応では、電極を回転させた対流ボルタンメトリーと、炭素繊維に電極触媒を固定した静止系での比較を行い、電解液の pH によって炭素系触媒の電極性能が大きく異なる特徴を明らかにしました。過酸化水素の熱分解や電解化学的還元反応について検討し、酸素の二電子還元に及ぼす影響を多角的に検討しました。これらの条件出しと並行して、膜型反応器を利用した酸素の電解還元プロセスの最適化も進めました。溶存酸素を含む液体水を供給する場合に比べ、酸素気体と液体水を同時に供給すると電流は大きく向上するが、ファラデー電流が著しく低くなりました。これを解決するために、集電体である炭素繊維(ガス拡散層)の疎水性を制御したところ、過酸化水素のファラデー効率が大きく増大しました。物質供給の重大な影響について多くの知見が得られました。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) F. Amano, Y. Furusho, Y.-M. Hwang, "Amorphous Iridium and Tantalum Oxide Layers Coated on Titanium Felt for Electrocatalytic Oxygen Evolution Reaction", *ACS Applied Energy Materials*, 3(5), pp 4531-4538, 2020.
- 2) Y. Furusho, F. Amano, "Effect of adding polyethylene glycol to the precursor solution of amorphous  $\text{IrO}_2\text{-Ta}_2\text{O}_5$  electrocatalysts for oxygen evolution reaction", *Electrochemistry*, 89(3), pp 234-238, 2021.
- 3) C.X.M. Ta, C. Akamoto, Y. Furusho, F. Amano, "A Macroporous-Structured  $\text{WO}_3/\text{Mo}$ -Doped  $\text{BiVO}_4$  Photoanode for Vapor-Fed Water Splitting under Visible Light Irradiation", *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(25), pp 9456-9463, 2020.
- 4) C.X.M. Ta, Y. Furusho, F. Amano, "Photoelectrochemical stability of  $\text{WO}_3/\text{Mo}$ -Doped  $\text{BiVO}_4$  heterojunctions on different conductive substrates in acidic and neutral media", *Applied Surface Science*, 548, Article 149251, 2021.
- 5) M. Ishimaru, F. Amano, C. Akamoto, S. Yamazoe, "Methane coupling and hydrogen evolution induced by palladium-loaded gallium oxide photocatalysts in the presence of water vapor", *Journal of Catalysis*, 397, pp 192-200, 2021.