

【2024年9月20日】
送付枚数 本票含め3枚

報道機関 各位

水電解用二極式電解槽および高効率触媒を開発 —昇温条件でも高活性な触媒、カーボンニュートラルに貢献—

【研究の概要】

地方独立行政法人山口県産業技術センター 中邑敦博研究員と山口大学大学院創成科学研究科 中山雅晴教授らの研究グループは、水の電気分解において、工業電解を想定した電解槽と高効率触媒の開発に成功しました。

化石燃料の枯渇や地球温暖化に対する懸念から、カーボンニュートラルは世界全体にとっての喫緊の課題となっています。この課題の前提となるのが水素社会^[1]の構築です。水素社会では、水の電気分解 ($2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$) によってグリーン水素を製造することが望まれます。つまり、現在主流の水素製造技術では、化石資源が原料になっているため大量の CO_2 が発生しますが、水電解ではその心配はありません。電力源に再生可能エネルギー(太陽光、風力など)を利用すれば、製造過程で CO_2 を排出しないだけでなく、間欠性の再生可能エネルギーを水素として貯蔵することになります。貯蔵した水素を、内燃機関や燃料電池に利用すれば、 CO_2 フリーなエネルギーを獲得できます。

水素社会実現のため、世界中で水素製造コストを下げる努力がなされています。そのキーテクノロジーの一つが、水の電気分解に使用される電極(触媒)の高性能化です。陰極での水素発生反応^[2]、陽極での酸素発生反応^[3]に使用される電極(触媒)として、白金やルテニウム、イリジウムなどの貴金属がよく知られていますが、その希少性やコストに問題があります。このため、貴金属を用いない遷移金属の酸化物、水酸化物、層状複水酸化物による電極(触媒)の開発が盛んに行われています。しかし、これらは室温およびピーカスケールでの実験がほとんどであり、工業レベルの電流密度や昇温条件での情報は限定的です。

本研究グループでは、工業電解を想定した二極式電解槽を開発し、昇温条件における電極(触媒)の性能評価を可能としました。また、二極式電解槽に適応可能な高効率触媒(ニッケル、スズ、鉄からなるバインダーフリーの複合体)を開発し、水電解の省電力化に成功しました。

この研究成果は、アメリカ化学会の専門誌「The Journal of Physical Chemistry C」に公開されています。

【論文情報】

論文題目: Water splitting in alkaline electrolytes at elevated temperatures using Nickel-, Tin-, and Iron-coated electrodes

著者: Nobuhiro Nakamura, Maho Yamaguchi, Masaharu Nakayama*

掲載誌: The Journal of Physical Chemistry C

DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c02617>

【詳細な説明】

開発した二極式電解槽は、陰極セル、陰極用集電体、PTFE セパレーター、陰極、隔膜、陽極、陽極用集電体、および陽極セルで構成され、PTFE セパレーター以外が全てニッケルでできていることを特徴とします(図 1)。ここで使用した陰極および陽極は、電気めっき^[4]と同じ方法でニッケルメッシュ上に被覆したニッケルスズ膜です。ニッケルスズは従来、防蝕や装飾の用途において、緻密で平滑な膜として工業利用されてきました。本研究では、電気めっきで合成する際の電流密度を増加することで、球状の析出物を

形成することに成功しました(図 1)。

開発した触媒修飾電極を陰極、陽極として使用した電解槽は、未修飾のニッケルメッシュ電極を使用した電解槽よりも、25 °C、30 wt% KOHにおいて、印加電流密度に対するセル電圧が低い値を示します。開発触媒を使用した電解槽を 25 °Cから 50 °Cへ昇温すると、更にセル電圧が低下します(図 2)。リニアスイープボルタンメトリー解析^[5]の結果、開発した触媒修飾電極が、未修飾のニッケルメッシュ電極よりも水素発生、酸素発生に対する過電圧^[6]が低いことがわかりました。昇温においても過電圧は低下します。この時、触媒修飾電極のインピーダンス解析^[7]をしたところ、昇温に伴い、電荷移動抵抗^[8]が減少することがわかりました。温度が上昇することで電極と溶液界面における電荷の移動に伴う抵抗が減少し、水素発生、酸素発生が促進されることを解明しました。

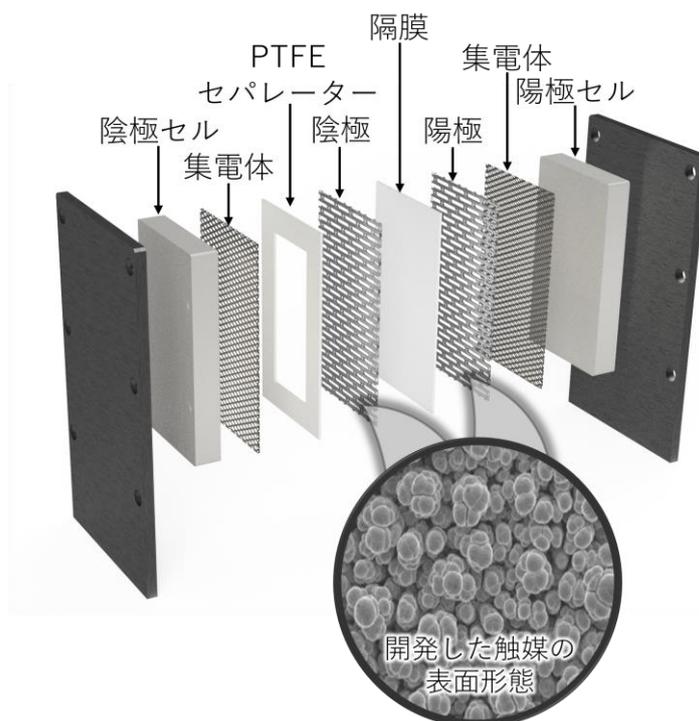


図1. 開発した電解槽の構造と触媒の表面形態

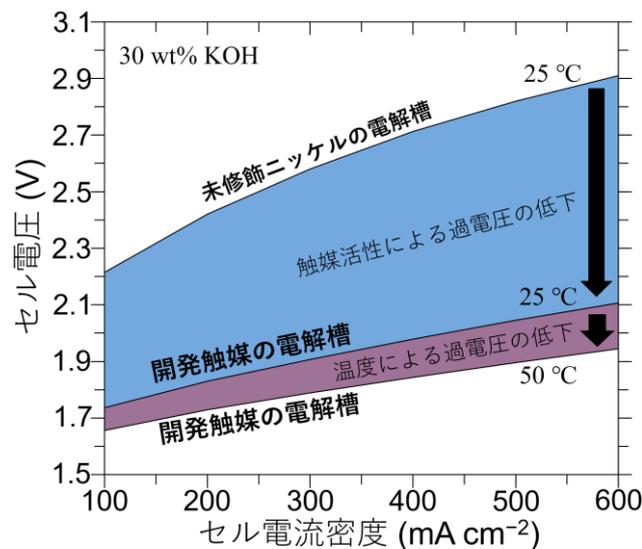


図 2. 指示温度の 30 wt% KOH 溶液中で記録された開発触媒の電解槽と未修飾ニッケルの電解槽におけるセル印加電流密度とセル電圧との関係

【今後の展望】

二極式電解槽の長期耐久性試験の実施。更なる高効率触媒の開発。

【用語の説明】

- [1] 水素社会 水素をエネルギーの媒体として考える社会システム
- [2] 水素発生反応 $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
- [3] 酸素発生反応 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- [4] 電気めっき めっきしたい金属イオンを含む水溶液中に電気エネルギーを加えて金属の薄い皮膜を基材に析出させる技術
- [5] リニアスイープボルタメトリー解析 作用電極と参照電極間の電位を掃引しながら、作用電極の電流を観測する電気化学測定法
- [6] 過電圧 反応が起こる理論的(熱力学的)な電位と実際に反応が進行するときの電極の電位との差
- [7] インピーダンス解析 作用電極に非常に微小な交流信号を印可し、電圧/電流の応答信号から作用電極のインピーダンス(電流の流れにくさ)を測定する電気化学測定法
- [8] 電荷移動抵抗 電極と溶液界面における電荷の移動に伴う抵抗

●この件に関する詳細は、下記にご連絡ください。

山口大学大学院創成科学研究科 (工学系学域)
 応用化学分野 教授 中山 雅晴
 TEL : 0836-85-9223
 E-mail: nkymm@yamaguchi-u.ac.jp

発信者 国立大学法人山口大学
 総務企画部総務課広報室
 〒753-8511 山口市吉田 1677-1
 TEL 083-933-5007
 FAX 083-933-5013
 E-mail sh011@yamaguchi-u.ac.jp