

2022年7月1日

新潟大学

太陽光水分解によるグリーン水素製造 —世界最高水準の太陽光-水素変換効率（13.9%）を達成—

持続可能なカーボンニュートラル社会の実現に向けて、太陽光由来の電力を用いた水電解^{注1)}によるグリーン水素製造に期待が集まっています。高い太陽光-水素変換効率（STH）^{注2)}を達成するには、低い過電圧^{注3)}で作動する高効率水電解セル^{注4)}を開発し、その最大出力に適した太陽電池と組み合わせることが重要です。新潟大学自然科学系の坪ノ内優太特任助教、Zaki N. Zahran（ザキ ナビホアハメド ザハラン）特任准教授、八木政行教授らの研究グループは、国立研究開発法人産業技術総合研究所・ゼロエミッション国際共同研究センターの佐山和弘博士、菅谷武芳博士、三石雄悟博士、牧田紀久夫博士の研究グループと共同で、高効率水電解セルと太陽電池を用いた太陽光水分解によるグリーン水素製造システムを開発し（図1）、世界最高水準のSTH = 13.9%で1か月間安定に水素を製造できることを実証しました。

【本研究成果のポイント】

- 低過電圧で作動する高効率水電解セルの開発に成功しました。
- 高効率水電解セルと太陽電池を用いた太陽光水分解システムを開発しました。
- 世界最高水準の太陽光-水素変換効率（13.9%）で、安定な水素製造を実証しました。

I. 研究の背景

今日の社会システムは、化石燃料を中心としたエネルギー供給を基盤としているため、二酸化炭素の排出を必然的に伴います。持続可能な未来社会を実現するためには、化石燃料に依存したエネルギー供給を根底から変革する必要があります。このような背景から、太陽光などの再生可能エネルギー由来の電力を用いた水電解による水素製造に大きな期待が集まっています。太陽電池と水電解セルを組み合わせた太陽光水電解水素製造システムにおける、太陽光-水素変換効率（STH）は式①によって算出されます。高いSTHを達成するには、太陽電池の効率（STE）と水電解セルの効率（ETH）の向上に加えて、両者の最大出力比（MF）の最適化が重要です。

$$\text{STH (\%)} = \text{STE} \times \text{ETH} \times \text{MF} \times 100 \quad \text{①}$$

STE (solar-to-electricity efficiency) : 太陽電池の太陽光-電気変換効率

ETH (electricity-to-hydrogen efficiency) : 水電解セルの電気-水素変換効率
 MF (matching factor) : 太陽電池と水電解セルの最大出力の比

II. 研究の概要・成果

本研究グループでは、鉄、ニッケルおよびタングステンを含む混合金属酸化物 (FeNiWO_x) が高活性かつ安定な酸素発生触媒^{注5)}として働くことを見出しました。^{文献1)} FeNiWO_x 電極を酸素発生アノード^{注6)}として、白金水素発生カソード^{注6)}と組み合わせたセルを作成して水電解を行ったところ、従来の水電解セル (315 mV 程度) よりも低い過電圧 (240 mV) で水電解を達成することに成功しました。一方、ガリウムヒ素 (GaAs) 太陽電池は、安定で高い STE を示すことが知られていますが、その起電力が水分解には不十分であり課題がありました。しかし、本水電解セルは低過電圧で作動するため、2 接合型 GaAs 太陽電池の起電力でも水を分解できることがわかりました。図1に示すように、2 接合型 GaAs 太陽電池と水電解セルを用いて、疑似太陽光^{注7)} (1 sun) 照射下で太陽光水分解を行ったところ、世界最高水準の STH (13.9%, 最新の STH は 6.1~16%) で1 か月間に渡り、安定に水から水素を製造できることを実証しました。この高い STH は、水電解セルの高い電解効率 (ETH = 85%) と水電解セルと太陽電池の最適マッチング (MF = 99%) によって達成されることを明らかにしました。太陽光水分解によるグリーン水素製造システムの早急な社会実装が期待されます。

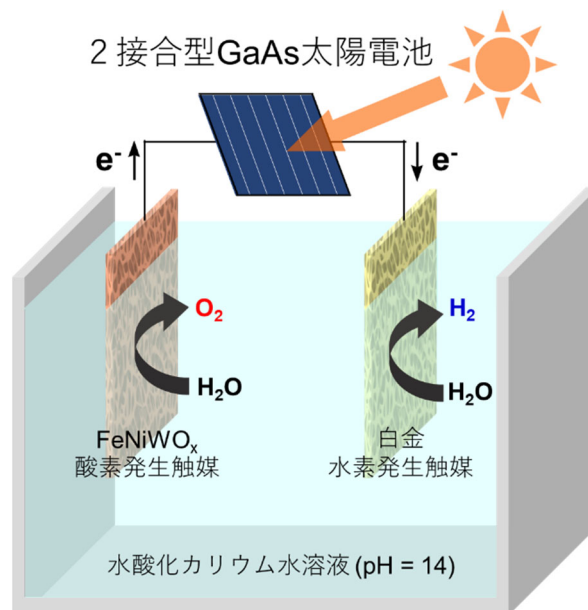


図1 太陽光水電解水素製造システムの模式図

III. 今後の展開

水電解セル、および太陽電池を改良した太陽光水分解システムを開発して、25%を超える STH を目指します。

IV. 研究成果の公表

本研究成果は、2022年6月30日、アメリカ化学会の科学誌「ACS Applied Energy Materials」誌に掲載されました。

論文タイトル：Perfect Matching Factor between a Customized Double-Junction GaAs Photovoltaic Device and an Electrolyzer for Efficient Solar Water Splitting

著者：Zaki N. Zahran, Yugo Miseki, Eman A. Mohamed, Yuta Tsubonouchi, Kikuo Makita, Takeyoshi Sugaya, Kazuhiro Sayama, Masayuki Yagi

doi：10.1021/acsaem.2c00768

V. 研究への支援

本研究は、文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（革新的光物質変換）により支援されたものです。

【用語解説・参考文献】

注 1) 水電解： 電気エネルギーを利用して水を酸素と水素に分解し、水素を製造する技術。

注 2) 太陽光-水素変換効率（STH：solar-to-hydrogen efficiency）： 太陽光エネルギーが水素エネルギーに変換される効率（「1. 研究の背景」参照）。

注 3) 過電圧： 実際に反応を進行させるときに必要な電圧と反応の理論電圧との差。この値が低いほど、高効率の水電解セルといえます。

注 4) 水電解セル： 水を電気分解するための電解槽。

注 5) 酸素発生触媒： 水を酸化して酸素を発生する反応を促進する物質。

注 6) 酸素発生アノード： 水電解で、水を酸化して酸素を発生する電極。水素発生カソードは、水を還元して水素を発生する電極。

注 7) 疑似太陽光： 強度と波長の関係が自然太陽光と同等となるように設計された光。1 sun とは、AM1.5 の太陽光スペクトルにて入射光強度が 1000 W/m^2 の条件を指します。

文献 1) “Concisely synthesized FeNiWO_x film as a highly efficient and robust catalyst for electrochemical water oxidation” Zaki N. Zahran, Eman A. Mohamed, Yuta Tsubonouchi, Manabu Ishizaki, Takanari Togashi, Masato Kurihara, Kenji Saito, Tatsuto Yui, Masayuki Yagi

ACS Appl. Energy Mater. 2021, 4, 2, 1410–1420.

本件に関するお問い合わせ先

新潟大学自然科学系（工学部）

教授 八木 政行（やぎ まさゆき）

E-mail : yagi@eng.niigata-u.ac.jp