

2021年5月28日

新潟大学

世界最小のエネルギーで水を酸素と水素に電解することに成功 — 高効率水素生成技術で脱炭素社会実現への足掛かりに —

持続可能な**脱炭素社会の実現**への期待が高まる中、水電解による水素生成技術に高い関心が寄せられています。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、**世界に類を見ない超低過電圧^{注1)}**で水を分解する高活性酸素発生触媒^{注2)}を開発し、**世界最小のエネルギーで水を電解することに成功**しました。本研究成果により、エネルギー供給のみでなく、様々な産業から生活様式に至るまで大きな社会変革がもたらされ、脱炭素社会への足掛かりが得られると期待されます。

【本研究成果のポイント】

- 世界に類を見ない超低過電圧で水を分解する高活性酸素発生触媒を開発しました。
- 世界最小のエネルギーで水を電解することに成功しました。
- 高活性酸素発生触媒の開発ガイドラインを提供する研究成果です。

I. 研究の背景

持続可能な**脱炭素社会の実現**への期待が急速に高まっている中、化石燃料に代わる新しいエネルギー源を獲得する方法として、再生可能エネルギーを利用した水電解による水素生成技術に高い関心が寄せられています。水電解セル^{注3)}では、水分解の理論電圧 1.23 V に加え、酸素発生電極の過電圧 (η_{O_2}) と水素発生電極の過電圧 (η_{H_2}) に相当するエネルギーを反応に要します。高効率に水を電解するためには、高活性電極触媒を開発して η_{O_2} および η_{H_2} を最小にする必要があります。しかし、現状では η_{O_2} 値が 300 mV 程度と高いのが課題であり、高活性酸素発生触媒の開発が水電解による**高効率水素生成技術**の鍵となっていました。

II. 研究の概要・成果

多孔性ニッケル基板^{注4)}をチオ尿素^{注5)}と共に焼成処理することにより、窒化炭素に包含された硫化ニッケル (C_3N_4/NiS_x) ナノワイヤー^{注6)}が基板上に析出することを見出しました (図 1)。これを酸素発生電極として用いて、1.0 M 水酸化カリウム水溶液中で水電解を行った結果、 $\eta_{O_2} = 32$ mV の超低過電圧で水が分解されることを実証しました。これまで報告されている世界最高水準の酸素発生電極と比較しても、これは格段に低い値であることがわかつています (図 2)。NiS_x ナノワイヤーと電解質水溶液の界面に触媒活性サイト^{注7)}となるニッケル酸化物 (NiO(OH)) 層が形成され、基板から活性サイトまでの電子輸送が効果的に進行したため、高効率で水分解が達成されたと考えられます。本機構を詳細に研究することにより、世界に先駆けて**高効率酸素発生触媒の開発ガイドライン**が提供されます。

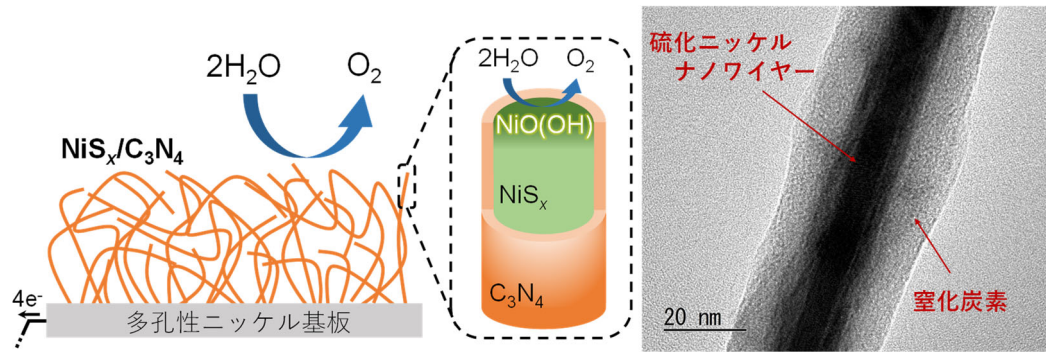


図1 多孔性ニッケル基板表面に形成された $\text{NiS}_x/\text{C}_3\text{N}_4$ ナノワイヤーのイメージ図（左）と透過型電子顕微鏡画像（右）

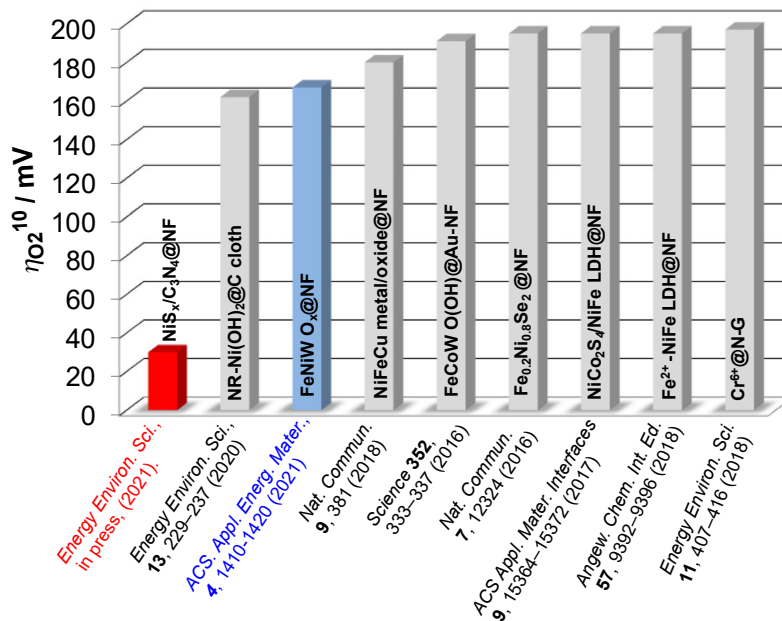


図2 世界最高水準の酸素発生電極との $\eta_{\text{O}_2}^{10}$ 値の比較。赤棒は本研究の $\text{NiS}_x/\text{C}_3\text{N}_4$ 電極の値を示す。

III. 今後の展開

本研究で開発した水電解セルと太陽電池を用いて、世界最高の太陽光水素生成変換効率を達成し、実用的な太陽光水素生成システムへの道筋をつけることを目指します。

IV. 研究成果の公表

本研究成果は、2021年5月20日、国際学術誌「Energy & Environmental Science」誌に掲載されました。

論文タイトル： Electrochemical water splitting with unprecedentedly low overpotentials by nickel sulfide nanowires stuffed into carbon nitride scabbards

著者： Zaki N. Zahran, Eman A. Mohamed, Yuta Tsubonouchi, Manabu Ishizaki, Takanari Togashi, Masato Kurihara, Kenji Saito, Tatsuto Yui, Masayuki Yagi

doi: 10.1039/D1EE00509J

V. 用語解説

注 1) 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、高効率の電極といえます。

注 2) 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 3) 水電解セル: 水の電気分解を行うための電解質水溶液槽。酸素発生電極と水素発生電極を備えられています。

注 4) 多孔性ニッケル基板: たくさんの微細な孔 (あな) のあいたニッケル板。表面積が多いため、しばしば電極として用いられます。

注 5) チオ尿素: 尿素の酸素原子を硫黄原子に置き換えた構造をもつ、化学式 $(\text{NH}_2)_2\text{C}=\text{S}$ で表される有機化合物

注 6) ナノワイヤー: 直径がナノメートルオーダー (10^{-9} m) のワイヤー状の物質

注 7) 触媒活性サイト: 触媒反応が起こる場所

VI. 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。

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