



## 近赤外光による水の光酸化にはじめて成功

### 研究成果のポイント

- ・ 光をナノ構造に濃縮することで近赤外光による水の光酸化にはじめて成功。
- ・ 可視光や近赤外光による人工光合成への展開に期待。

### 研究成果の概要

北海道大学電子科学研究所・三澤弘明教授の研究グループは、紫外、可視、近赤外領域の広い波長域で光電変換可能な金ナノ構造／酸化チタン電極の作製に成功し、光電変換のみならず、究極の光エネルギー変換系として注目を集めている人工光合成系への展開を図りました。その結果、人工光合成において最も重要な水の光酸化に関して、可視光だけではなく近赤外光によって酸素と過酸化水素を発生させる系の実現に世界で初めて成功しました。

### 論文発表の概要

研究論文名：Plasmon-enhanced photocurrent generation and water oxidation from visible to near-infrared wavelengths (可視・近赤外光によるプラズモン光電変換および水の光酸化)  
著者：Kosei Ueno (上野貢生), Hiroaki Misawa (三澤弘明) (北海道大学電子科学研究所)  
公表雑誌：NPG Asia Materials (Nature Publishing Group)  
公表日：英国時間 9 月 6 日 (金)

### 研究成果の概要

#### (背景)

近年、二酸化炭素の排出量の増加や石油価格の高騰など地球規模の環境・エネルギー問題が顕在化しつつあり、光触媒や色素増感太陽電池など、光をエネルギー源・駆動源とする光化学の研究は一段と重要性が増しています。環境負荷を低減し、真の低炭素社会を実現するためには、「光子の有効利用」という概念が極めて重要であり、反応系に投入された光エネルギーを余すところなく利用できる「光反応場」の構築が強く求められています。北海道大学電子科学研究所の三澤教授は、光子の有効利用の概念を世界にさきがけて提唱し、金属ナノ構造が示す光アンテナ効果により光エネルギーを高効率に利用する「光-分子強結合反応場の創成」を目的として、文部科学省の科学研究費補助金特定領域研究(領域代表：平成 19~22 年度)を推進し、本分野を世界的に牽引してきました。特に、三澤グループでは、太陽光エネルギーの 46%を占めながら、これまで光-エネルギー変換系に有効に利用されなかった波長 800 nm 以上の赤外光の有効利用について研究を進めています。

#### (研究手法)

透明な半導体として知られる酸化チタン単結晶基板の上に、光アンテナ構造として髪の毛の太さの1,000分の1程度のサイズの金のナノ構造(100 nm×200 nm×30 nm)を高密度に配置した電極(作用電極)を作製し、白金電極を対極、飽和カロメル電極を参照電極として、光電気化学測定を行いました。

#### (研究成果)

金ナノ構造/酸化チタン電極上への光照射に基づいて紫外、可視、近赤外の幅広い波長域において光電流が観測されるとともに(光電変換)、図1(b)に示すように酸化チタン電極から酸素と過酸化水素が発生することが実験的に立証できました。酸素や過酸化水素の発生は、水の光酸化に基づいており、光電流量から見積もられた物質質量(モル)とほぼ等量の酸素や過酸化水素の発生が観測され、いわゆる化学量論的に水の光酸化反応が進行していることを明らかにしました(図1(a)よりいずれの波長域でも発生効率が80%以上)。原理は、図1(b)に示すように、金の電子が光アンテナによって効率的な集められた光子によって高いエネルギーレベルまで励起され、酸化チタンへの電子移動と形成された複数の正孔が水の酸化反応を誘起しているものと考えられます。特筆すべき点は、一般的に水の酸化反応は4電子または2電子反応であるため過電圧を要し、可視光照射でも容易ではありませんが、本研究ではエネルギーの小さい波長1,000 nmの近赤外光照射(1.24 eV)においても、水の酸化反応が進行した点です。水の電気分解は1.23 Vで起こるので、本研究では極めて小さい過電圧で水の光酸化が起こることを実証したことになります。植物の光合成でさえ波長660 nmの光により水の酸化反応を行っていることを考慮すると、本研究ではこれまでエネルギーが低すぎて使われてこなかった赤外光を有効利用し、電気エネルギーや貯蔵可能な化学エネルギーに変換可能な光-エネルギー変換系への応用展開が期待されます。

#### (今後への期待)

本研究では、エネルギーの小さい近赤外光照射においても、光アンテナ構造のナノ空間に光を濃縮することで、水の光酸化に基づいて酸素や過酸化水素が発生することを明らかにしました。今後、太陽光の幅広い波長域に対応した高い光電変換効率を有する太陽電池の創成と人工光合成への展開が期待されます。

#### お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学電子科学研究所 教授 三澤 弘明(みさわ ひろあき)

TEL: 011-706-9358 FAX: 011-706-9359 E-mail: misawa@es.hokudai.ac.jp

ホームページ: <http://misawa.es.hokudai.ac.jp/>

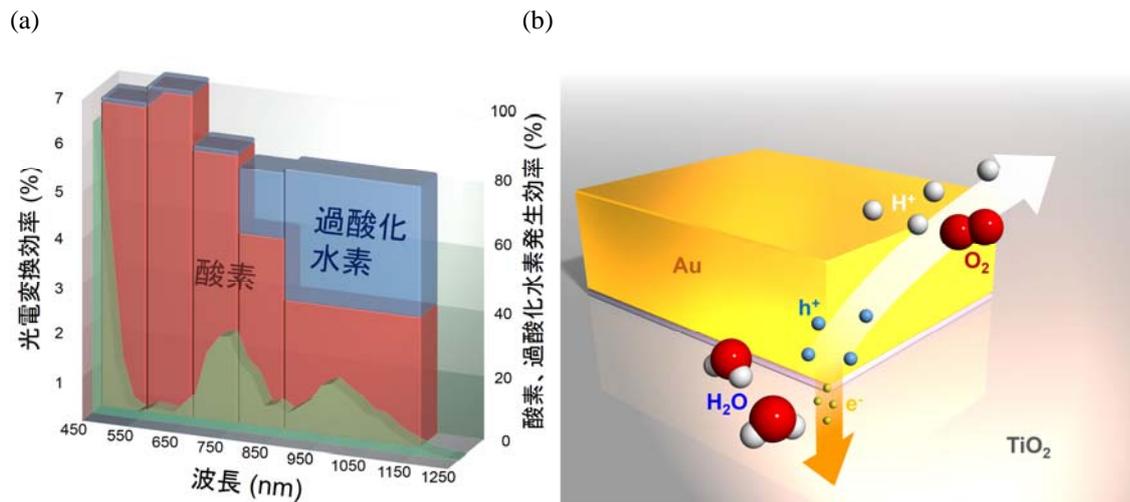


図 1 (a) 光電変換効率の波長依存性，および光電流量に対する酸素，過酸化水素発生効率の波長依存性（棒グラフ）を示す。(b) 光照射に基づいて金ナノ構造から酸化チタンへの電子移動と形成された正孔による水の酸化反応に基づいて酸素が発生する様子を記した模式図。