

光燃料電池と二酸化炭素の光燃料化の研究

研究代表者 泉 康雄

共同研究者 (①氏名、②フリガナ、③ローマ字表記、④所属部局名、⑤職名、⑥専門分野)

- ①小倉 優太、②オグラ ユウタ、③Ogura Yuta、④大学院理学研究科、⑤大学院博士後期課程 (現・大分大学研究員)、⑥触媒化学
- ①藤嶋 幸子、②フジシマ ユキコ、③Fujishima Yukiko、④東京理科大学、⑤学部学生 (現・鬼怒川ゴム)、⑥触媒化学
- ①岡本 誓志、②オカモト セイジ、③Okamoto Seiji、④理学部、⑤学部学生 (現・千葉市役所)、⑥触媒化学、環境化学
- ①吉羽 真緒、②ヨシバ マオ、③Yoshiba Mao、④大学院理学研究科、⑤大学院博士前期課程 (現・三菱日立パワーシステムズ)、⑥触媒化学
- ①漆館 和樹、②ウルシダテ カズキ、③Urushidate Kazuki、④大学院理学研究院、⑤大学院博士前期課程、⑥触媒化学
- ①Ahmed Naveed、②アハマド ナビード、③Ahmed Naveed、④大学院理学研究科、⑤大学院博士後期課程 (現・JSR)、⑥触媒化学
- ①森川 元治、②モリカワ モトハル、③Morikawa Motoharu、④大学院融合科学研究科、⑤大学院博士前期課程 (現・日亜化学)、⑥触媒化学
- ①吉田 祐介、②ヨシダ ユウスケ、③Yoshida Yusuke、④大学院理学研究科、⑤大学院博士後期課程 (現・電気通信大学・助教)、⑥触媒化学
- ①河村 省梧、②カワムラ ショウゴ、③Kawamura Shogo、④大学院理学研究科、⑤大学院博士前期課程 (現・キャタラー)、⑥触媒化学
- ①Carja Gabriela、②カージャ ガブリエラ、③Carja Gabriela、④ Technical University of “Gh. Asachi” of Iasi、⑤教授、⑥触媒化学、環境化学
- ①張 宏偉、②チョウ コウイ、③Zhang Hongwei、④大学院理学研究院、⑤大学院博士後期課程、⑥触媒化学
- ①宮野 雅也、②ミヤノ マサヤ、③Miyano Masaya、④理学部、⑤学部学生、⑥触媒化学
- ①Lukas Anton Wein、②ルーカス アントンワイン、③Lukas Anton Wein、④Ludwig-Maximilians-Universität München、⑤大学院生、⑥触媒化学、有機化学



泉 康雄 Izumi Yasuo

大学院理学研究院教授

専門分野：触媒化学、X線分光、環境化学

1992年東京大学大学院理学系研究科博士課程・中退、東京工業大学大学院総合理工学研究科・助手、1993年博士 (理学、東京大学)、文部省在外研究員 (スタンフォード大学化学科)、千葉大学大学院理学研究科・准教授を経て現職に至る。

— どのような研究内容か？

太陽電池や燃料電池は、自然光や水素等の再生可能エネルギーを利用することで持続可能です。本研究室では、光と水しか使用しない光燃料電池を開発しています (図1)。

ほとんどの太陽電池や燃料電池では出力が1ボルト以下であるのに対して、本研究では電池の両極に光触媒層を用いることで3ボルトの出力が可能です。さらに、ハイビスカスの花から抽出した色素 (デルフィニジン) を負極に加えることにより、負極の光触媒で生じる電子の電位がさらに高まり、光燃料電池の電圧や出力が格段に高まることになりました (図2、文献1)。

次に、光と水しか使用しないクリーンな光燃料電池と比較して、炭素を含む燃料に関する研究をご紹介します。化石燃料を消費すると二酸化炭素が増加し、地球温暖化につながります (図3右)。しかし、図3左のように二酸化炭素を再生可能なやり方で燃料に戻すことができれば、持続可能でクリーンなカーボンニュートラルサイクルとなります (文献2、引用回数308回、ジャーナルのインパクトファクター12.7)。

地球上で1年間に消費される全エネルギーは、地球に届く太陽光エネルギー1時間分でまかなえる (100%利用可能と仮定した場合) ことから、本研究室は光触媒による二酸化炭素光燃料化を開発しています。銅・亜鉛・ガリウムを含む合成粘土 (層状複水酸化物) が二酸化炭素から選択的にメタ

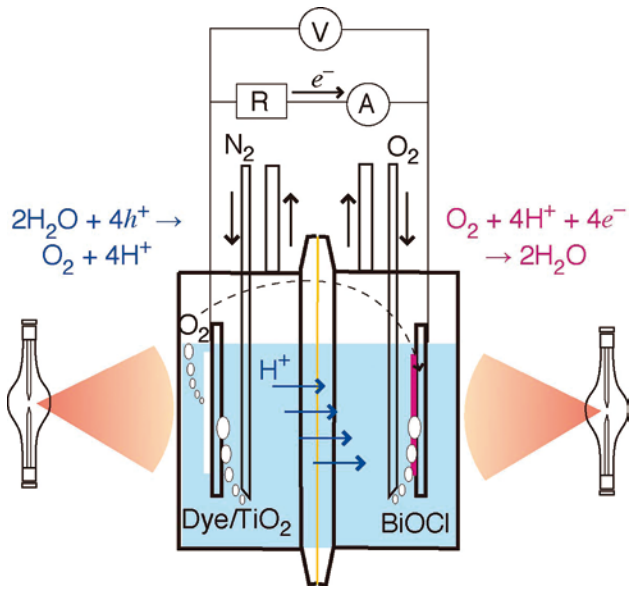


図1：光と水しか使用しない光燃料電池の模式図

ノールを合成し、Pd-TiO₂はメタンを選択生成することを発見しました。さらに、反応中の試料に放射光（シンクロトロン）X線や赤外線を照射し吸収度を求めることで、光触媒表面から二酸化炭素へ電子が受け渡され、燃料化される様子を明らかにしました。

—— 何の役に立つ研究なのか？

固体試料に光照射したときの光エネルギーをその場で化学エネルギーとし、そのまま効率よく電力に変えます。また、固体表面の特徴を活かして、二酸化炭素をメタノール・メタン・あるいは一酸化炭素へと任意に選択光変換します。単なる応用ではなく、どうして高効率で選択的になるのかその根本的な理由を突き止めてゆき、オピニオンリーダーとして研究分野を先導しています。

—— 今後の計画は？

光燃料電池は、出力がミリアンペア以上、生物電池を凌駕するように改良します。二酸化炭素光燃料化は最近の本研究室のより詳細な反応機構の研究から、これまで信じられてきた反応機構が正確でないことが分かってきました（図4）。たとえばAg-ZrO₂光触媒では、可視光により銀ナノ粒子表面の電子が集団励起し、加温により二酸化炭素を一酸化炭素へと開裂反応を起こします。一方、ZrO₂表面は大気中の¹²CO₂（12は、原子数6と中性子数6の和を示す）を吸着しやすく、反応器内の¹³CO₂ガス（13は、原子数6と中性子数7の和を示す）と交換しながら紫外光により酸素欠陥サイトで一酸化炭素への還元反応を進めることが分かりました（文献3）。

—— 関連ウェブサイトへのリンク URL

▶ 研究室のウェブサイト

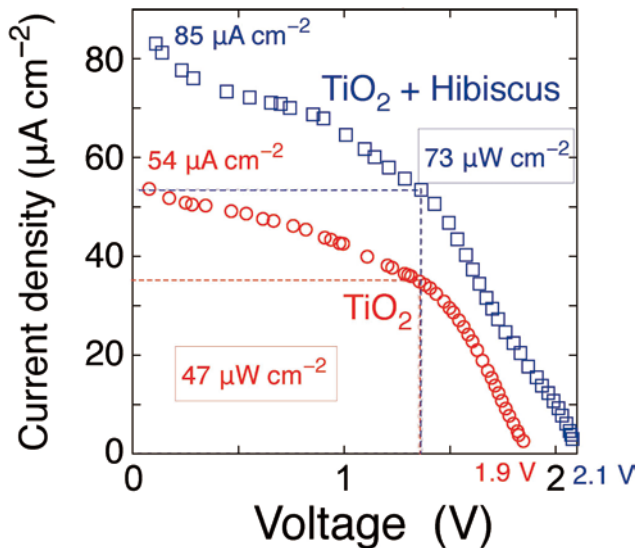


図2：ハイビスカスの色素で増幅（□のデータ）された光燃料電池の発電試験結果

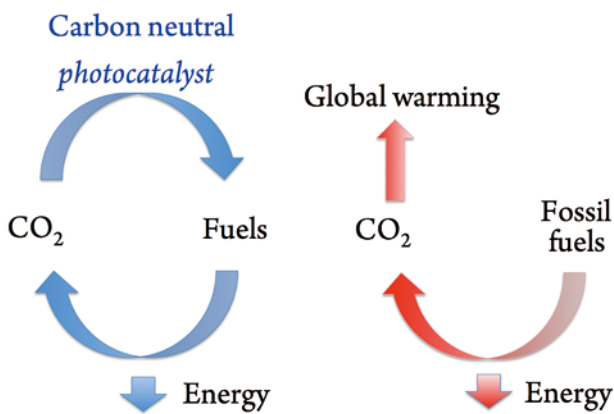


図3：化石燃料の消費（右）と二酸化炭素光燃料化によるCニュートラルサイクル（左）との違い

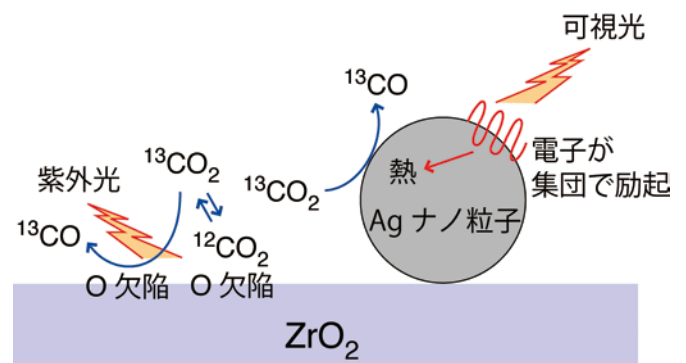


図4：Ag-ZrO₂光触媒を用いたときの二酸化炭素光燃料化の反応機構

—— 成果を客観的に示す論文や新聞等での掲載の紹介

(文献1) K. Urushidate, Y. Izumi, et al., ACS Sustainable Chem.

Eng. 2018. DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b02166

(文献2) Y. Izumi, Coord. Chem. Rev. 257, 171-186 (2013).

DOI: 10.1016/j.ccr.2012.04.018

(文献3) H. Zhang and Y. Izumi, 論文作成中

—— この研究の「強み」は？

全て独自の考えに基づくオンリーワンの研究であることで、次第に研究成果が世界に浸透し、分野を先導しつつあります。

—— 学生や若手研究者へのメッセージ

キャンパスの周りを毎日ジョギングしているので、そのときかあるいは研究室でも気軽に声をかけてください。