

文部科学省補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ（牽引型）」

2021年度 連携型共同研究 成果報告書

研究課題名	人工光合成光触媒高度設計のためのナノ粒子助触媒新規合成法の構築
研究代表者	吉田 朋子（大阪市立大学 人工光合成研究センター 教授）
共同研究者	矢嶋 摂子（和歌山大学 システム工学部 教授） 門 晋平（和歌山大学 システム工学部 助教）
研究成果	<p>太陽光エネルギーを利用して、二酸化炭素と水を反応させ、次世代エネルギーである水素や合成ガスの原料となる一酸化炭素を生成する人工光合成は環境問題を解決する革新的技術といえる。本研究では、大阪市立大学と和歌山大学との共同研究として、上記の人工光合成を高効率に進行させる銀助触媒担持酸化ガリウム光触媒（Ag/Ga₂O₃）の開発を目的として、この反応に最適な10 nm程度のサイズの銀ナノ粒子を短時間で大量合成するための新規手法を構築した。</p> <p>具体的には、パルス発生電源を用いて、水溶液中でプラズマ放電を可能とするソリューションプラズマ発生装置を構築し、放電条件（パルス電圧、パルス幅、周波数）を変えることでプラズマ発生状態を制御することが可能になった。次に、プラズマ放電によって生成するラジカルや電子を、水溶液中に存在する銀イオンと反応させて、銀ナノ粒子を生成させるための条件を探索した結果、放電条件の他に、水溶液の種類によって銀ナノ粒子のサイズや生成速度が大きく変化することを見出し、適切なサイズの銀ナノ粒子を合成するためにアンモニア水溶液を選択した。</p> <p>更に、ソリューションプラズマ法によって合成した銀ナノ粒子を酸化ガリウムに担持・固定化したAg/Ga₂O₃光触媒を調製し、X線吸収スペクトル（XAFS）の測定や電子顕微鏡（TEM）による観察によってGa₂O₃光触媒に担持された銀ナノ粒子のサイズ・化学状態を調べた。最終的には、10 nm程度の金属状態の銀ナノ粒子を担持した光触媒を用いて、水による二酸化炭素還元反応を進行させ、高効率に一酸化炭素を生成させることに成功した。このように、当初の目的を十分に達成することができた。</p>
研究業績	<p>1. Structural and chemical state analyses on nitrided GaOOH as a visible light response photocatalyst M. Yamamoto, Y. Kato, S. Yagi, T. Tanabe, <u>T. Yoshida</u> e-J. Surf. Sci. Nanotech., 2022 in press</p> <p>2. Functional nitrogen science based on plasma processing: Quantum devices, photocatalysts and activation of plant defense and immune systems T. Kaneko, H. Kato, H. Yamada, M. Yamamoto, <u>T. Yoshida</u>, P. Attri, K. Koga, T. Mura-kami, K. Kuchitsu, S. Ando, Y. Nishikawa, K. Tomita, R. Ono, T. Ito, A. Ito, T. Eriguchi, K. Nozaki, T. Tsutsumi K. Ishikawa Jpn. J. Appl. Phys., vol. 61 (2022) SA0805 Influence of Ag Cluster on the Electronic Structures of β-Ga₂O₃ Photocatalyst Surface</p> <p>3. Photoelectrochemical properties of plasma-induced nanostructured tungsten oxide S. Feng, S. Kajita, M. Higashi, A. Hütter, <u>T. Yoshida</u>, N. Ohno Appl. Surf. Sci., vol. 580 (2022) 151979.</p> <p>4. Mixed phases of GaOOH/β-Ga₂O₃ and α-Ga₂O₃/β-Ga₂O₃ prepared by high energy ball milling as active photocatalysts for CO₂ reduction with water</p>

T. Aoki, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida

New J. Chem., vol. 46 (2022) 3207-3213.

5. Synthesis of meso-porous α -Ga₂O₃ from liquid Ga metal having significantly high photocatalytic activity for CO₂ reduction with water

T. Aoki, K. Ichikawa, K. Sonoda, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida

RSC Adv., vol. 12 (2022) 7164-7167

6. Fabrication of a Stable CdS Photoanode for Photo-electrochemical CO₂ Reduction under Visible-light Irradiation

M. Higashi, I. Tanaka, Y. Amao, T. Yoshida

New J. Chem., 2022, in press.

7. Synthesis of nanometer-sized gallium oxide using graphene oxide template as a photocatalyst for carbon dioxide reduction

K. Sonoda, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida

Appl. Surf. Sci., vol. 542 (2021) 148680.

8. Synthesis of α -Ga₂O₃ by water oxidation of metallic gallium as photocatalyst for CO₂ reduction with water

K. Sonoda, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida

ACS Omega, vol. 6 (2021) 18876-18880.

9. Influence of Ag Cluster on the Electronic Structures of β -Ga₂O₃ Photocatalyst Surface

M. Yamamoto, A. Kuwabara, T. Yoshida

ACS Omega, vol. 6 (2021) 33701-33707.

10. Real time measurements of UV-vis diffuse reflectance of silver nanoparticles on gallium oxide
Photocatalyst

D. Kitajima, M. Yamamoto, T. Tanabe, T. Yoshida

Catal. Today, vol. 375 (2021) 501-505.