

キーワード

触媒, 光触媒, 分光学, 反応工学
 二酸化炭素, メタン, 亜酸化窒素, 無機ナノ材料
 Catalysis, Photocatalysis, Spectroscopy, Chemical
 Engineering, Carbon Dioxide, Methane, Metal
 Nanoparticles, Nitrous Oxide, Inorganic Nanomaterial

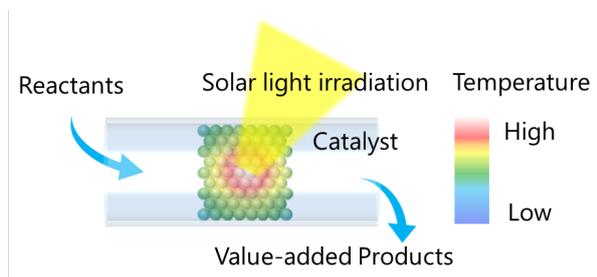
研究内容

[1] 光加熱メタン改質による二酸化炭素の資源化

- メタンドライ改質反応 (式 1) により CO_2 とメタンから、燃料や化成品の原料として有用な合成ガスを製造可能である。しかしながら、本反応は激しい吸熱反応であるため、反応を効率よく進行させるためには $600\text{ }^\circ\text{C}$ からそれ以上の高温が必要であり、従来はこの熱エネルギーは主に化石燃料の燃焼により供給されてきた。それに対して、集光した太陽光を利用することにより、追加の熱エネルギーの投入およびそれに伴う CO_2 の排出を伴わない反応系の開発が可能である。



- 当研究室では、上述のメタンドライ改質をベースとして、新規ナノ触媒材料合成と光の高度利用による高効率な二酸化炭素の変換反応の開発に取り組んでいる。
- これまでに高活性・高安定性を有するコアシェル金属ナノ粒子触媒の開発[1]、光加熱型触媒反応用の新規光リアクターの開発、光照射により形成される温度勾配場の利用可能性の提案[2] (下図参照) を行ってきた。



- 今後は、更なる触媒系の高活性化・高耐久化と共に、より高付加価値な生成物の合成に挑戦する。

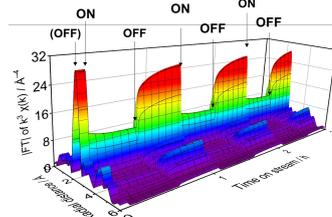
[2] 光触媒による高難度分子変換系の開発

- 半導体型光触媒に光照射をすると高いエネルギーを持つ励起電子と正孔が生成し、それらが酸化還元反応を誘起することにより、常温常圧などの温和な条件下で通常は起こらない化学反応群を進行させることが可能である。

- これまでに、様々な光触媒反応によりメタンや二酸化炭素などの安定小分子の変換を検討してきた。その中で最近では、排気される低濃度のメタンや亜酸化窒素の除去・利用のための光触媒反応の開発に取り組んでいる。光触媒を多機能性ナノ材料とコンポジット化することにより、太陽光照射下での性能向上や未開拓反応系の開発を行っていく予定である。

[3] 動作環境下の触媒のオペランド分光分析

- 触媒反応中の現象の理解は、反応メカニズムの解明や概念立証のために重要である。この観点で、X線や紫外・可視・赤外光などを利用した分析を反応条件で実施するオペランド分光法は強力なツールである。これまでに様々な反応環境下での均一・不均一系触媒反応系に対してオペランド分析を実施してきた[3, 4] (右図は反応環境下でのX線分析による"金属ナノ粒子の"温度計測の例[4])。本分析技術を活用して開発する反応系におけるメカニズムの解明を実施していく。



最近の業績

- "Photothermal Dry Reforming of Methane on Yolk-Shell Co-Ni Alloy@SiO₂ Catalyst", H. A. El-Naggar, D. Takami, H. Asanuma, T. Hirata, H. Yoshida, A. Yamamoto. *ChemCatChem*, **2024**, e202401396. [<https://doi.org/10.1002/cctc.202401396>]
- "Photothermal steam reforming of methane over silica-supported nickel catalysts with temperature gradients", W. Sarwana, D. Takami, A. Yamamoto, H. Yoshida. *Catal. Sci. Technol.*, **2023**, *13*, 1755–1762.
- "Coordination Structure of Samarium Diodide in a Tetrahydrofuran–Water Mixture", A. Yamamoto, X. Liu, K. Arashiba, A. Konomi, H. Tanaka, K. Yoshizawa, Y. Nishibayashi, H. Yoshida. *Inorg. Chem.*, **2023**, *62*, 5348–5356.
- "Transient Temperature Response of Supported Rh Nanoparticles in Photothermal Dry Reforming of Methane -An Operando Dispersive X-ray Absorption Spectroscopy Study", D. Takami, A. Yamamoto, K. Kato, T. Shishido, H. Yoshida. *J. Phys. Chem. C*, **2022**, *126*, 15736–15743.
 - 奨励賞 (触媒学会, 2023年度)
 - 科学研究費 基盤研究 (B) 代表 (2024–2026年度)
 - 科学研究費 基盤研究 (B) 分担 (2024–2027年度)
 - 科学研究費 基盤研究 (B) 代表 (2021–2023年度)
 - 科学研究費 国際共同研究強化 (B) 分担 (2020–2024年度)
 - 科学技術振興機構 CREST 主たる共同研究者 (2015–2021年度)