

パルス放電プラズマを用いた CO₂ メタン化に対する 放電休止時間の効果

Effects of discharge-off period on CO₂ methanation in pulsed-discharge plasmas

九州大学¹, 大阪大学², NINS³ ○(M1)長谷川 大樹¹, (M2)出口 雅史¹, 山下 大輔¹,

都甲 将², 鎌滝 晋礼¹, 古閑 一憲^{1,3}, 白谷 正治¹

Kyushu Univ.¹, Osaka Univ.², NINS³, °Taiki Hasegawa¹, Masashi Ideguchi¹, Daisuke Yamashita¹,

*Susumu Toko², Kunihiro Kamataki¹, Kazunori Koga^{1,3}, Masaharu Shiratani¹

E-mail:hasegawa.taiki.359@s.kyushu-u.ac.jp

NASA の火星への有人探査計画では、帰還用ロケット燃料である CH₄ を火星大気の 95% を占める CO₂ と地表の水を電気分解して得る H₂ を用いて製造することが検討されている [1]. CH₄ は以下のサバティエ反応で得られる。



従来の CO₂ メタン化では触媒を用いて、250 °C 以上かつ大気圧以上で高効率サバティエ反応を実現している [2, 3]. しかし、火星環境 (平均温度 -63 °C, 平均圧力 750 Pa) は、触媒プロセス条件との乖離が大きく、稼働コストが増大する。筆者らは、プラズマ触媒法を用い低温低圧下でサバティエ反応を促進する研究を行っている [4, 5]. ここでは、触媒の長寿命化と高効率化を両立することを目指し、パルス放電プラズマと触媒を併用した場合の反応機構を明らかにするため触媒反応の放電休止時間依存性を調べた。

実験には容量結合プラズマ触媒装置を用いた。触媒として電極に直径 50 mm の銅を用い、電極間距離は 6.1 mm とした。H₂ と CO₂ のガス流量は 6 sccm, 1 sccm とし、圧力は 750 Pa とした。電極間に放電電力 100 W の 60 MHz 高周波電圧を印加しプラズマを生成した。パルス変調では、一周期のプラズマ on 時間を 50 μs で固定し、プラズマ off 時間を 12.5 ~ 450 μs で変化させた。ガス組成分析には四重極型質量分析器を用いた。

図 1 は CO₂ 変換率とエネルギーコストのプラズマ off 時間依存性である。CO₂ 変換率とエネルギーコストは放電休止時間が短くなるほど増加し、プラズマ off 時間が 12.5 μs のときの CO₂ 変換率は 52%, エネルギーコストは 154.9 であった。プラズマ off 時間を長くすることでエネルギーコストを大幅に低減出来ることが分かる。CO₂ は電子との衝突によって分解されるため、プラズマ off 時間が短いほど CO₂ がプラズマ中に滞在

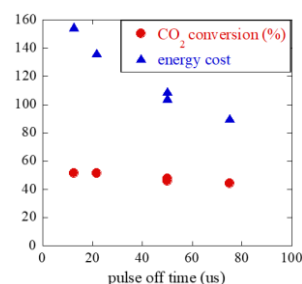


図 1. CO₂ 変換率とエネルギーコストの
放電休止時間依存性

する時間が長くなり、CO₂ 変換率の増加につながったと考えられる。また、CH₄ 選択率もプラズマ off 時間が短いほど増加する。CH₄ 選択率は分解された CO₂ のうち、反応に寄与する活性種の生成割合に依存する。高いエネルギー準位に電子が励起されている活性種ほど反応速度が速いと考えられる。プラズマ off 時間が短いほど CH₄ 選択率が増加する理由として、1. 電子温度の増加による高エネルギー活性種密度の増加 2. 二次反応による高エネルギー活性種密度の増加、が考えられる。詳細は講演にて報告する。

This work is partially supported by Japan Society of the Promotion of Science (JSPS) Core-to-Core Program JPJSCCA2019002.

参考文献

- [1] Gerald Sanders, "Current NASA Plans for Mars In Situ Resource Utilization", NASA Technical Reports (2018).
- [2] S. Rönsch, et al., Fuel, 166 (2016) 276.
- [3] Vincenzo Palma, et al, "A Review about the Recent Advances in Selected NonThermal Plasma Assisted Solid-Gas Phase Chemical Processes" (2020)
- [4] S. Toko, et al. Sci. Adv. Mater., 10 (2018) 1087.
- [5] S. Toko, et al. 2022 Jpn. J. Appl. Phys., doi: 10.35848/1347-4065/ac4822.