



CO₂ 電解還元によるメタネーション

長岡技術科学大学 松田翔風

現在もいまだ温室効果ガスの排出量は自然界の吸収できる量を超えており、地球温暖化問題は重要な環境問題の 1 つである。その中で日本は、低炭素社会の実現として、温室効果ガスの量を 2030 年までに 46%削減させる (2013 年度比) という目標を掲げており、温室効果ガスの一種である CO₂ を有効利用できる技術の開発が期待されている。特に、CO₂ を原料にメタン (CH₄) を生成する「メタネーション」技術は天然ガスの脱炭素化という観点から強く注目されている。その手法としては、バイオプロセスを用いる技術^[1]など様々な研究が行われているが、CO₂ の大幅な利用が見込める電気化学的 CO₂ 還元技術が近年注目を浴びている。私は、2017 年に長岡技術科学大学 物質材料工学専攻 電気化学エネルギー変換材料研究室 (梅田研究室) に助教として着任し、CO₂ 電解メタネーションの研究を始めた。

CO₂ 電解還元は一般的に水溶液系で行われ、メタネーションについては Cu 電極を用いる研究が高効率であるため主流となっているが、1.5 V 以上の過電圧 (高エネルギー) を要するという問題がある^[2]。一方で、固体高分子形セル (準水溶液系) において Pt/C 電極触媒を用いた場合は、CO₂ ガスを低過電圧 (低エネルギー) で高効率に吸着 CO (CO_{ads}) に直接還元できるという利点がある^[3]。しかし、実際に CH₄ 生成を試みみると、その生成効率はわずか 0.4%しかないという重大な問題が明らかになった^[4]。これは CO₂ 還元吸着体である CO_{ads} がそれ以上還元されないことを示している。

そこで我々は、CO_{ads} から CH₄ への還元反応を進行させるべく、その反応プロセスに関与する吸着水素 (H_{ads}) の供給について戦略的に工夫した。具体的には、供給する CO₂ ガス濃度を不活性ガス Ar で希釈するこ



図 1 実際の CO₂ 電解還元セル

とでブレークスルーな結果を見出した。CO₂ 濃度を変えることで Pt/C 電極触媒表面に存在する CO_{ads} と H_{ads} のモル比を制御することに成功し、CO₂ 濃度 4 vol.% のときに CH₄ 生成効率 6.8% を達成した^[5]。その後、CO₂ 電解電位を厳密に制御し、過電圧わずか 0.009 V という条件にて CH₄ 生成効率 12.3% を達成した^[6]。最近では、Pt と CO_{ads} の吸着力を弱める効果を有する Ru を添加した Pt_{0.8}Ru_{0.2}/C 電極触媒を使用することで、CH₄ 生成効率 18.2% にまで向上させることに成功している^[7]。この CO₂ 電解メタネーションセルを図 1 に示す。

以上のように私は、低エネルギーでの CO₂ 電解メタネーションについて研究してきたが、今後も更なる高効率化へ向けて研究を遂行する予定である。最後に、本研究の実施にあたり、多くのご指導を頂いた梅田実教授、ならびにご協力頂いた学生の皆さまにこの場を借りて深く御礼申し上げます。

[1] R. K. Thauer et al., *Nat. Rev. Microbiol.*, **6**, 579 (2008).

[2] Y. Hori et al., *Electrochim. Acta*, **39**, 1833 (1994).

[3] M. Umeda et al., *Electrochim. Acta*, **206**, 254 (2016).

[4] S. Matsuda et al., *J. Electrochem. Soc.*, **166**, F208 (2019).

[5] S. Matsuda et al., *ACS Appl. Energy Mater.*, **3**, 1119 (2020).

[6] S. Matsuda et al., *Electrochim. Acta*, **340**, 135945 (2020).

[7] S. Matsuda et al., *Sci. Rep.*, **11**, 8382 (2021).