

プラズマ反応と触媒反応の協奏による CO₂ からの燃料合成

1. KEROGREEN の活動

KEROGREEN は、欧州委員会から資金提供を受け、ベルギー、ドイツ、オランダ、ノルウェーなど EU 諸国から 6 か所の研究機関が推進している研究プログラムであり、再生可能エネルギー由来の電力を利用して CCS など貯留した CO₂、水と空気のみを原料として航空機燃料を生産する、革新的な資源変換技術の開発を目指している¹⁾。このプロセスは、①マイクロ波プラズマ化学反応により CO₂ を CO と O₂ に分解 (CO₂ → CO + 1/2O₂)、②固体酸化物膜酸素分離膜により酸素を分離、③水性ガスシフト (WGS) 反応による水素の製造 (CO + H₂O → CO₂ + H₂)、および④フィッシャー・トロプシュ (FT) 反応による合成ガスからの燃料の製造により主に構成される。特に、熱力学的に不利な反応を進行させられるというプラズマ化学反応の利点と触媒反応の特徴を活かしている。将来、大型の発電プラントから分散型発電サイトへの移行に伴い、余剰電力を活用してオンサイトで燃料を合成できると期待される。

2. マイクロ波の有用性

マイクロ波 (MW) プラズマを使用した CO₂ の解離プロセスについては、1970 年代以降、日本のグループを含めてすでに理論的および実験的に広く研究されていたが、CO₂ 排出に

関する現在の世界的な課題のため再度注目が集まっている。MW プラズマでは、比較的高い電子密度と低電界により、高いエネルギー効率で CO₂ を分解できるため、1970~1980 年代には既に理想的な方法であると結論付けられている²⁾。その理由について、MW 電磁場が CO₂ の非対称モードの振動準位の励起を促進し、振動励起した CO₂ 分子が電子もしくは中性分子と衝突し、効率的に解離するためと考えられている。現在、MW プラズマ下での CO₂ の励起ダイナミクスについてラマン分光法などにより検討が進められている³⁾。

KEROGREEN では CO 生産量 0.2 kg/kWh を目標に掲げている。但し、日本の電源構成では 1 kWh の電力消費により 0.54 kg の CO₂ が生成するため、MW プラズマは再生エネルギーの変換のみに有効な技術と言えよう。

MW プラズマでは高温条件となるため、触媒材料との直接的な組み合わせが難しい²⁾。しかし、MW 放電反応での生成物を変換するためには WGS、FT 反応以外にも多岐にわたる触媒反応プロセスが後段で不可欠であり、KEROGREEN のさらなる展開が期待される。

1) KEROGREEN プロジェクトの web site <http://www.kerogreen.eu/>

2) *Chem. Soc. Rev.*, **2017**, 46, 5805. DOI: 10.1039/C6CS00066E

3) *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **2020**, 53, 054002. DOI:

文責 九州大学 永長 久寛