

【背景と概要】

我が国は、GHG 削減目標として、2030 年度に 2013 年度比で 46%減、2040 年度 73%減、さらに 2050 年度ネットゼロを掲げている。我々は、産業排出 CO₂ を高効率で有用資源に変換する Carbon Looping(C-L) システム¹⁾を提案しており、図 1 のように、目的物質に応じたプロセス・ルートを選定できる。CO₂ を固体炭素に変換するルートとしては、①Meth.(メタン化)+DRM(Dry 改質)+C-C(炭素捕集)の 3 段型、②R-WGS(逆水性ガスシフト)+C-C の 2 段型、さらに③単段型の Direct C-C(CO₂ 直接炭素化)も可能である。これらのルートでは CO₂ に対する H₂ 供給量を比較的 low に設定できること、さらには、多段型から単段型への展開はシステムの単純化による高効率化も期待できる。

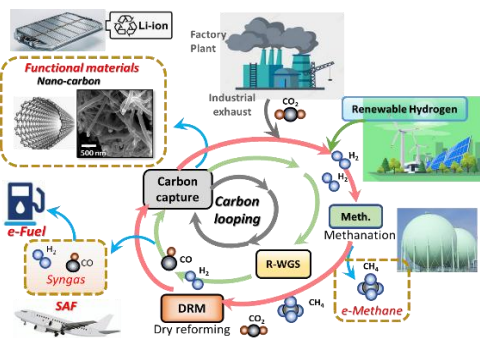


図 1 Carbon Looping システム

【各ルートによる固体炭素捕集性能】

3 段型 C-L システムにおいて、炭素捕集率 (CCR) に対する H₂/CO₂ 比の最適値は 2.5 であり、メタン化の量論比 4.0 よりも低くできる。この条件での 3 つのルートによる CCR は、図 2 のように 55% の優れた値を示した。いずれの場合にも繊維状ナノ炭素が得られ、機能性材料として応用できる。

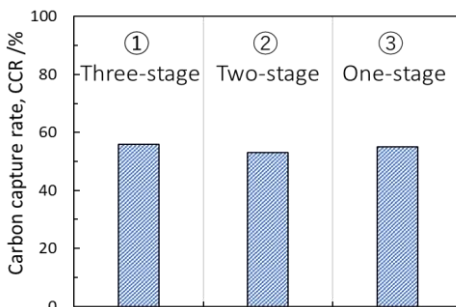


図 2 3 つの Carbon Looping ルートによる炭素捕集性能

【各ルートのエクセルギー評価による効率比較】

図 3 は、各ルートのエクセルギー変化(エネルギーの有効利用性を示す)のダイアグラムである。3 段型ルートにおいては、メタン化でエクセルギーは低下し、DRM で一部回復する。2 段型ルートにおける R-WGS はエクセルギーの観点からは有利である。炭素捕集単段システムでは、主反応は大きな発熱を伴う Boudouard 反応と考えられるため、エクセルギーの低下が予想されたが、ほとんど低下はみられない。複数の反応が併発している可能性がある。

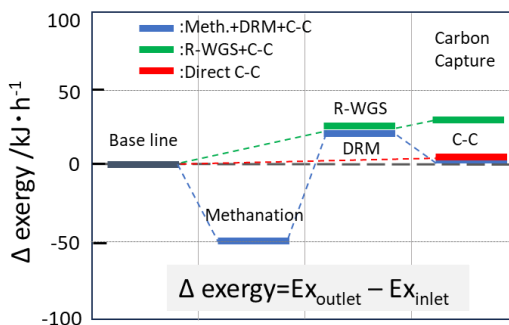


図 3 3 つの Carbon Looping ルートのエクセルギーダイアグラム

システムの高効率化には外部加熱の最小化が不可欠であるが、R-WGS と炭素捕集の組み合わせは 500℃以下の比較的低温で反応が進行するため有利である。単段型の炭素捕集システムは単純化によるプロセスコストの低減と高効率化を両立する CO₂→固体炭素の変換技術になるものと期待される。

システムの高効率化には外部加熱の最小化が不可欠であるが、R-WGS と炭素捕集の組み合わせは 500℃以下の比較的低温で反応が進行するため有利である。単段型の炭素捕集システムは単純化によるプロセスコストの低減と高効率化を両立する CO₂→固体炭素の変換技術になるものと期待される。

本内容は 5 月 25 日 (月) から開催される石油学会第 68 回年会で発表される。

1) C. Fukuhara, H. Naiki, H. Akama, Y. Yamada, P. Verma, R. Watanabe, *Sustainable Energy & Fuels*, 2026,10/1, 211-226.