

Industrial Catalyst News

CO₂ 電解の長寿命化・高効率化

1. Nature, 641, 1156 (2025)

従来の固体酸化物形電解セル(SOEC)を用いた高温 CO₂ 電解では、高電流密度下でエネルギー効率が低く(<70%)、高温 (>800°C)での凝集に起因する低寿命(<200 h)の問題も深刻であった。本研究では、高活性な Co-Ni 合金を安定な酸化物(Sm₂O₃添加 CeO₂)の殻で閉じ込めるカプセル化により、高電流密度(1 A cm⁻²)下での高温 CO₂ 電解において、極めて高いエネルギー効率(90%)と実用レベルの耐久性(>2,000 h)を達成した。活性と安定性のトレードオフを克服した画期的な成果である。

2. Science, 12, 1182 (2025)

低温 CO₂ 電解(CO₂RR)用システムのなかでも、膜電極組接合(MEA)電解槽は、高い電流密度とエネルギー効率を達成できる点に利点があるが、陰極での塩の析出に伴うフラッディングによって数時間~数十時間で停止してしまう問題があった。本研究では、陰イオン交換膜(AEM)を通じた K⁺のクロスオーバーメカニズムを解明し、ガス拡散電極(GDE)裏面およびガス流路内における炭酸塩の形成を明らかにした。本知見に基づいて、揮発性酸溶液で加湿した CO₂を導入することで、塩の析出を防止し、100 cm²の MEA 電解槽において 100 mA cm⁻²で 80%以上のエネルギー効率を維持しながら 4500 時間(約半年間)の安定運転を実現した。従来の加湿を酸加湿に変更するだけの「ローテク」だが、性能は圧倒的に高い。

3. Nature Energy, 9, 81 (2024)

上記と同様、低温型 CO₂RR における炭酸塩生成抑制に関する報告である。正極側と負極側にそれぞれ陰イオン交換膜と陽子交換膜を順方向に組み込んだ純水供給型 MEA により、CO₂のエチレンへの還元時の炭酸塩生成・析出を防止した。スケールアップした電解スタックは、10 A の総電流下でエチレンに対するファラデー効率 50%を示し、CO₂及び電解液の損失なしに 1,000 時間以上の安定性を達成した。但し、電圧 4V は高すぎるため、実用性は低い。

4. Nature Commun., 15, 8222 (2024)

CO₂ 電解の大きな問題のひとつに、供給した CO₂ が反応せずに重炭酸イオンに変わって膜を通り抜け、裏側へ逃げてしまう現象(クロスオーバー)がある。従来のシステムでは約 50%~70%クロスオーバーするのが一般的であった。本研究では、局所的なイオン環境を制御することで、CO₂のクロスオーバーを抑制できることを見出した。クロスオーバー抑制により、CO₂の触媒表面へのアクセスが容易になることで、ファラデー効率が向上した。本知見に基づいて、PGM-free バイポーラ膜電極アセンブリ(BMA)CO₂変換システムを構築し、極めて低いクロスオーバー率(<1%)、高いエネルギー効率(80-90%)を達成し、陽イオン補充なしで 150 時間の連続運転を実証した。

文責 北海道大 清水 研一