

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業/共通課題解決基盤技術開発/高効率・高出力・高耐久PEFCを実現するGDL一体型フラットセパレータの研究開発

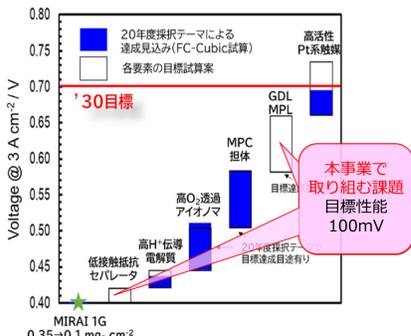
団体名：国立大学法人山梨大学・株式会社エノモト・国立大学法人大阪大学

発表日：2025年7月16日

1. 事業概要

事業の期間：2021年6月11日～2025年3月31日

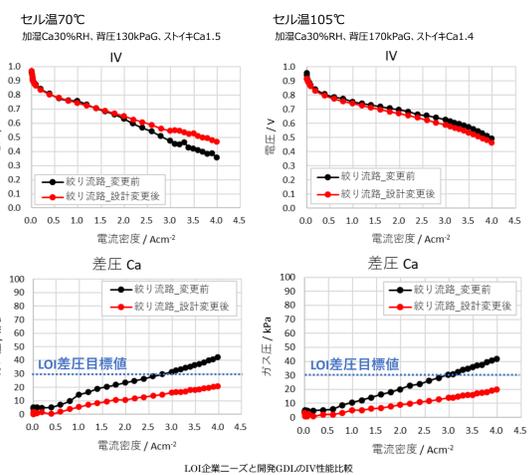
- 燃料電池実用化推進評議会（FCCJ）より報告された「2030/2040年に向けたチャレンジ～課題と対応～」のGDL/MPL/セパレータにかかわる2030年目標を達成する。
本デバイスにかかわる過電圧100mV@3Acm⁻²の低減を検証し、GDL/MPL/セパレータ(表面処理)の産業界のニーズに対応する。



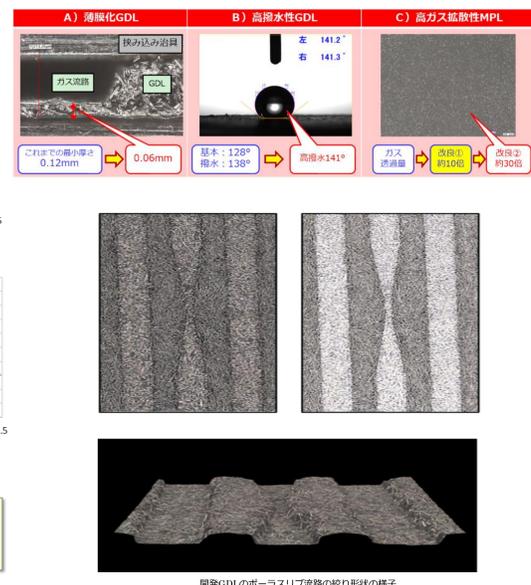
2. 研究成果

①：ガス拡散層(GDL)に流路を形成することによる触媒利用率の向上(山梨大学、エノモト)

◆IV性能比較

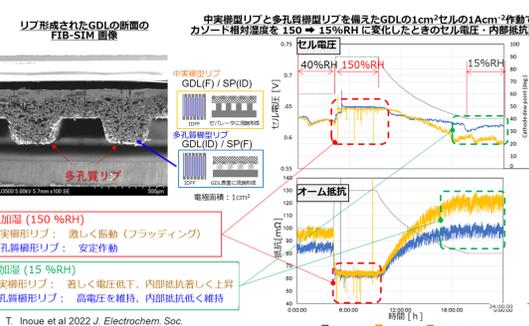


◆GDLの改良



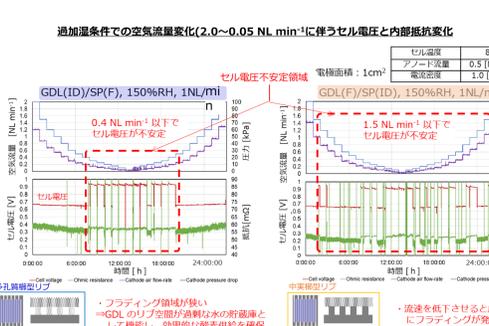
絞リ流路に設計変更を加えた流路付きGDLは、LOI差圧目標の達成に加えて、I-V性能の向上・維持を示した。

◆加湿変化に伴うセル特性の検証



多孔質櫛形リブを備えた本PJのGDLは、水過剰と水不足の両方の条件下で高性能を維持でき、従来設計よりも明確な利点がある。

◆過加湿下での空気流量変化に伴うセル特性の検証



多孔質櫛形リブを備えた本GDLは酸素分圧の減少に強く、厳しい条件下でも電圧安定性を確保。

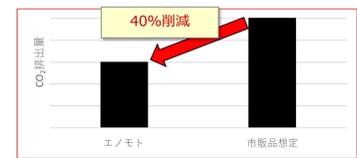
②：コスト削減のための簡易・安価な製造方法の実証(エノモト)

◀ガス流路付きGDL▶

- 1000°C以上の高温焼成工程を必要としない簡易で安価な小規模量産設備の立ち上げ
GDL製造のCO2排出量想定

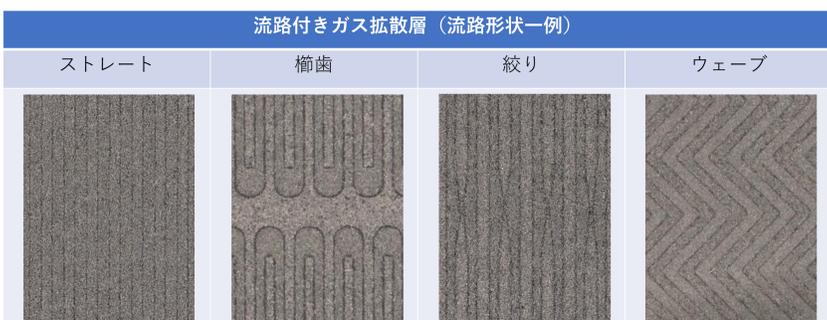
◀セパレータ▶

- 製造コア技術の検証
高温/不活性雰囲気不要の製造方法
セパレータ製造時のCO2排出量想定



⇒コスト削減&環境負荷の少ない製造工程を検証中

◆GDLへ様々な流路形状を形成させることが可能



2. 事業のコンセプトと研究開発のアプローチ

➢ 流路付きGDLの開発

⇒リブ下のガス供給&排水の改善、有効反応面積の飛躍的増大

➢ 導電性耐食金属フラットセパレータの開発

⇒汎用金属/炭素・樹脂複合コーティングにより安価/高い導電性&耐食性

➢ ガス流路付きGDLとの組み合わせ

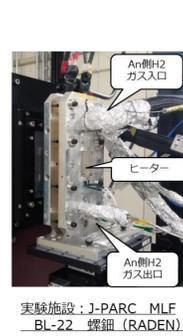
⇒セパレータへの流路プレス加工が不要、画期的製造コスト削減

エノモトの材料/構造設計/製造プロセス技術を、山梨大学や大阪大学の評価解析技術やシミュレーション技術、中性子線・X線イメージング等の高度解析技術で多角的に解析し、高い導電性・ガス拡散性・水のマネジメント実現に向けたメカニズムを解明、新材料技術を導入して次世代GDL/セパレータ技術を構築する。

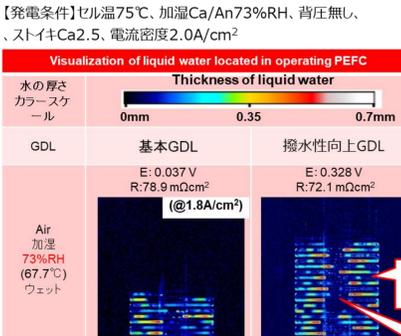
④：導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現/劣化メカニズムの解明、新材料技術の導入(山梨大学、大阪大学、エノモト)

◀J-PARC実験施設での中性子線イメージング▶

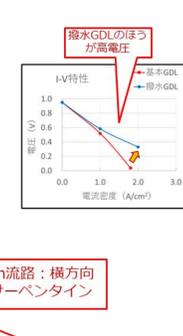
■実験セル取付写真



■発電中の水の可視化実験結果(J-PARC)



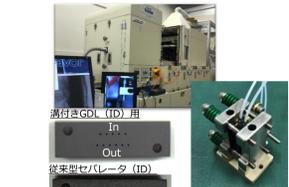
■IV特性比較



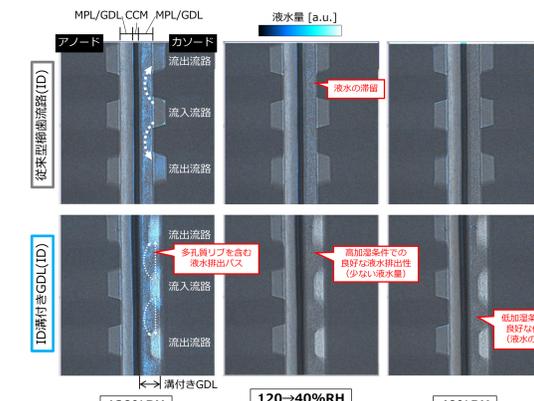
➢ GDL高撥水のほうがAnへの水の逆拡散が多く、発電特性が高いことを確認

◀温調発電状態セルのX線イメージング▶

◆実験系と可視化セル

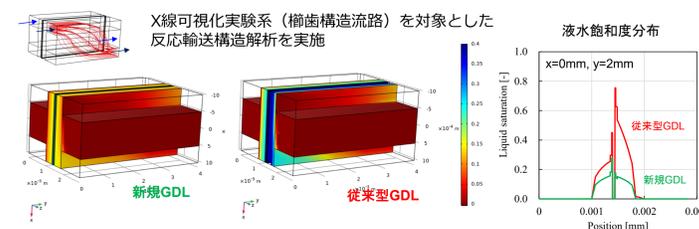


◆発電中の流路断面の液水分布比較



- 酸素分圧可視化実験を推進中。X線イメージング装置用専用評価セルを整備、昇温試験対応に改良中。
GDL一体型フラットセパレータは、従来型GDLと比較して、過・高加湿条件下での液水滞留量の抑制(出口流路への液水輸送の向上)と低加湿条件下での電解質膜含水を保持(GDL内水蒸気濃度の低下を抑制)する優れた水マネジメント性能を有することを明らかにした。

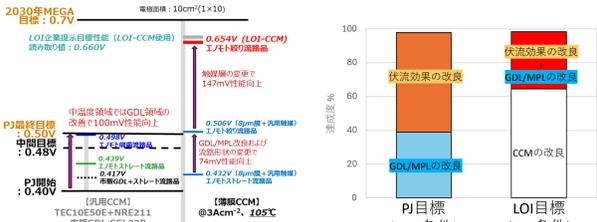
◆反応輸送構造モデルを用いたシミュレーション解析結果



➢ 多孔質材料の気液二相流動特性を毛管圧曲線によりモデル化した反応輸送解析モデルを構築した。
➢ 新規GDL(GDL一体型フラットセパレータ)は、細孔内液水量が低く保たれることによりセル性能が向上することが示された。
➢ GDLに加えて、微細孔層、触媒層、流路を含めた材料構造輸送設計が重要。

4. 成果まとめ

◆最終目標に対する達成度



◆これまでの実績

- 過電圧の低減は中間目標をクリア、最終目標に対して98%達成。多孔質リブ櫛歯構造が有する加湿口バスタ性、空気流量口バスタ性の高さを検証できた。
耐食コート改良により、セパレータの高耐食化、低抵抗化の目標を概ね実現できた。
開発してきたGDL、セパレータそれぞれの簡易かつ安価な製造方法の検証ができた。
中性子線イメージングおよびX線イメージングによってGDL一体型セパレータの水マネジメント性能を解明した。

◆今後の展望

- 産業界のニーズであるHDV、FCVの広範囲温度領域(40~120°C)に対応するGDLの開発。
イメージング解析を活用して本デバイスに最適な内部構造や流路の更なる開発を推進。

PJ最終目標：3A/cm²で0.500V(過電圧-100mV) 目標達成率98%
LOI最終目標：3A/cm²で0.654V 目標達成率6mV
①PJ目標課題【Wet条件での更なる改良】開発GDLは低温過加湿条件下において性能が下がる傾向が見られることから、GDL/MPLの撥水性・物性と水マネジメントについて解明し改良することが課題。
②LOI目標課題【Dry条件での更なる改良および低抵抗化】105°C Dry条件下においても水マネジメントは重要であり、また市販品に比べ開発GDLは抵抗が高いため低抵抗GDLを開発することで更なる向上が見込める。
課題の克服：上記の課題は加湿条件等に依存する課題であり、相反する課題を含んでいる。その一方で、開発GDLは材料選択性の高いGDL/MPLであり、材料選択と水マネジメントの解明及び構造的なメリットを組み合わせた最適化することでいずれの課題も解決することができ、2030MEGA目標の達成は可能であると考える。