

NEDO水素・アンモニア成果報告会2025

発表No.A2-8

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/燃料電池の多用途活用実現技術開発/高生産性・
低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としない
GDLの技術開発

発表者名	株式会社巴川コーポレーション
団体名	株式会社巴川コーポレーション 一般財団法人日本自動車研究所
発表日	2025年7月16日

連絡先：
株式会社巴川コーポレーション
masanori_takahata@tomoegawa.co.jp

連絡先：
一般財団法人 日本自動車研究所

事業概要

1. 期間

開始 : (西暦) 2023年7月
終了 : (西暦) 2025年3月

2. 最終目標

従来のGDLの製造工程における超高温雰囲気下での工程（炭化工程、焼成工程）を省略し、生産性が高く製造エネルギー負荷の低いGDLを開発する。
また本GDLはフッ素フリーで構成されており、環境負荷が小さい。

3. 成果・進捗概要

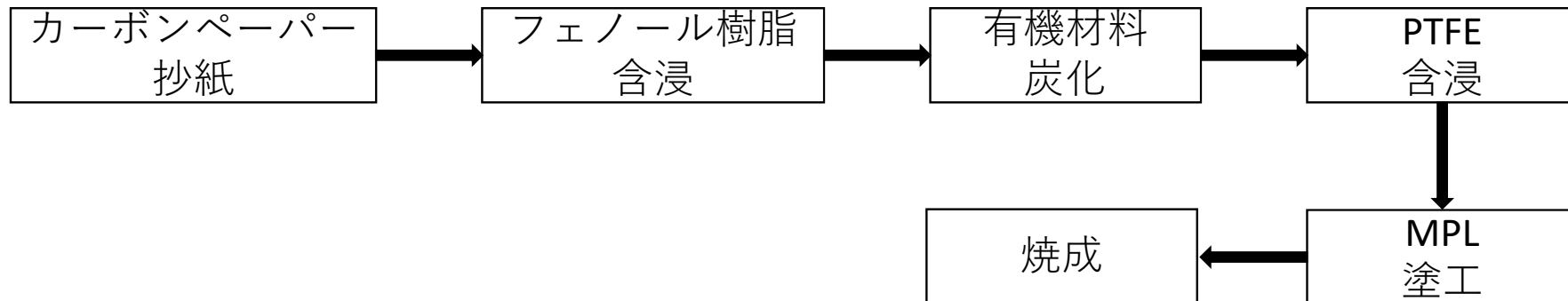
高生産性：炭化/焼成工程を省略することにより、25日/1万m² → 3日/1万m²（推定比較）
低環境負荷：炭化/焼成工程を省略することにより、消費電力91.8%削減
 : フッ素フリーの実現
低コスト化：2,000円/m²（数量前提あり）

1. 事業の位置付け・必要性

● 本事業を実施する背景や目的

下表に示す通り、従来のGDLの製造においては、**有機材料の炭化工程**、**MPL塗布後の焼成工程**で、超高温雰囲気下にする必要があるため、生産速度が大きく制限されることになり、単位時間当たりの出来高が限られてくること、炭化・焼成工程における電力使用量も膨大になっている。
また、**有機フッ素化合物の製造、使用に関しても不透明**であること、**環境負荷**も高いため、**高生産性・低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としないGDLの技術開発**を目的とした。

従来のGDL製造工程



1. 事業の位置付け・必要性

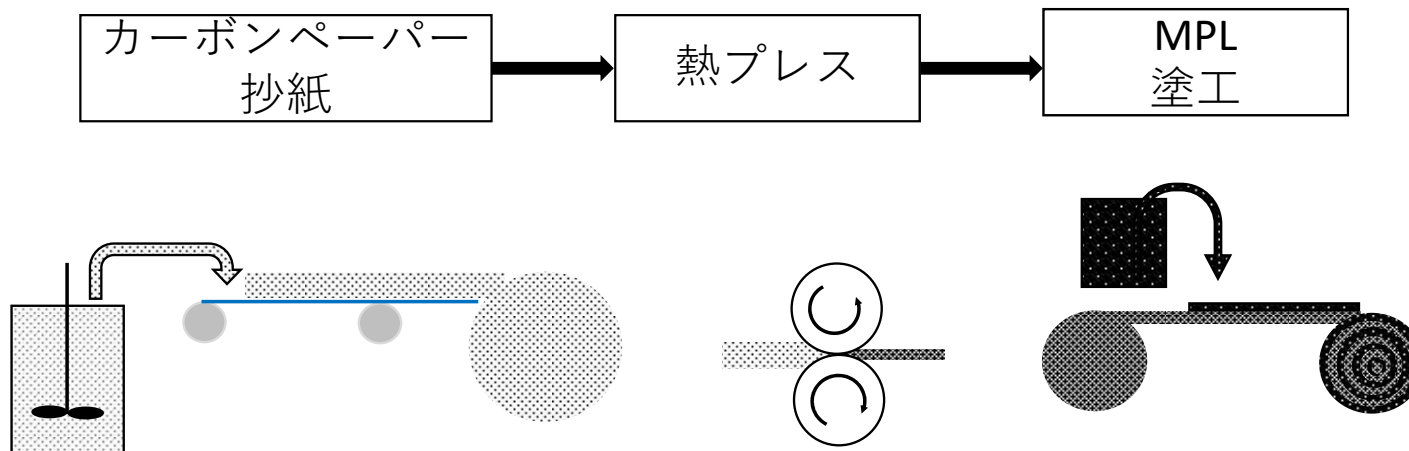
● 本事業の位置づけや意義、必要性

本事業の目的である、生産性向上、低環境負荷、低コストを実現するためには、従来のGDLの製造工程を大幅に見直す必要がある。

そこで、下表に示す通り、**有機材料の炭化工程**、**MPL塗布後の焼成工程を必要としない技術開発**、**有機フッ素化合物以外での撥水性付与**が必要になってくる。

これらを達成するためには、当社保有の抄紙技術、微粒子をシート内に保持させる技術が有用であると判断し、本事業に取り組んだ。

本事業で目的とするGDL製造工程



2. 研究開発マネジメントについて

● 研究開発の目標と目標設定の考え方

- A. 高生産効率：炭化/焼成工程を省略 25日/10千m² → 3日/10千m² (推定比較)
- B. 低環境負荷：消費電力 約90%削減 (推定比較)
- C. 50～100 μmのGDLを開発する。(薄膜化)

<メリット>

- 既存の抄紙/加工設備での製造が可能且つ規模拡大が容易：⇒既存の加工機で生産規模が従来の10倍
- 低温での製造により環境負荷が小さい：⇒エネルギーコストの大幅な削減（電力量として1/10）
- 工程数の削減、炭化/焼成工程の省略によりコスト削減：⇒800千m²時で2000円/m²見込み
- 薄膜化が可能：⇒ガス拡散抵抗への寄与

2. 研究開発マネジメントについて

● 研究開発の目標と目標設定の考え方

No.	研究開発項目	目標物性値	目標設定の考え方
①	炭化/焼成工程を省略化した プロセス検討	厚み 200 μ m 電気抵抗 1.0 Ω /□ 撥水性(接触角) 140° 分子拡散抵抗 60s/m	ロードマップ解説書の基準とされるSIGRACET®22BBの基礎物性値である。従来と異なる製造プロセスのGDLが初期性能で同等となるプロセス開発を達成する。
②	信頼性/耐久性の評価	I-V特性値 0.6V@2A/cm ² 耐久性 指標設定予定	ロードマップ解説書のから引用。 耐久性はFC-Cubic検証中の耐久性の達成を見込む。
③	ガス拡散抵抗の低減検討	厚み 50～100 μ m 分子拡散抵抗 18s/m I-V特性値 >0.6V@2A/cm ²	ロードマップ解説書のMBDシミュレーションから得られたGDLの物性目標値をGDLの薄膜化で達成を狙う。
④	Roll to Rollの 製造プロセスの実証	ハンド サンプル同等の物性値 製造所要日数 5 日/10千m ²	項目①,②から得られるGDLの高い生産効率方法のRoll to Rollの実証試験にて各工程の課題の抽出を行い、早期事業化に向けた検証を行う。

2. 研究開発マネジメントについて

● 研究開発のスケジュール

研究開発項目	2023年度				2024年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
① 炭化/焼成工程を省略化した工程検討								
② 信頼性/耐久性の評価								
③ ガス拡散抵抗低減の検討								
④ Roll to Roll の製造工程の実証								

⇒項目①、②にて**GDL**に必要とされる性能を担保するための諸物性の改善、使用材料の最適化を実施。

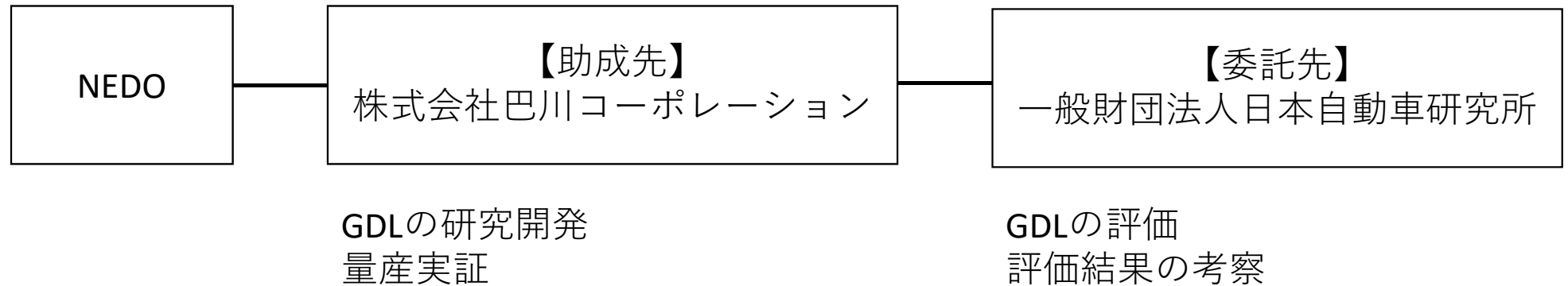
⇒項目③にて**GDL**の薄膜化による抵抗低減を図った。

⇒項目①、②、③を短サイクルで回すことで、目標性能を得ることができた。

⇒項目①、②、③と同時並行で事業項目④を実施、量産機での生産に目処を付けた。

2. 研究開発マネジメントについて

● 研究開発の実施体制



3. 研究開発成果について

- 研究開発項目①：炭化/焼成工程を省略化したプロセス検討
- 研究開発項目③：ガス拡散抵抗の低減検討

燃料電池内で使用できる材料を選定

表面抵抗、撥水性、通気性、通水性がどの程度I-V性能に影響を及ぼしているかを確認

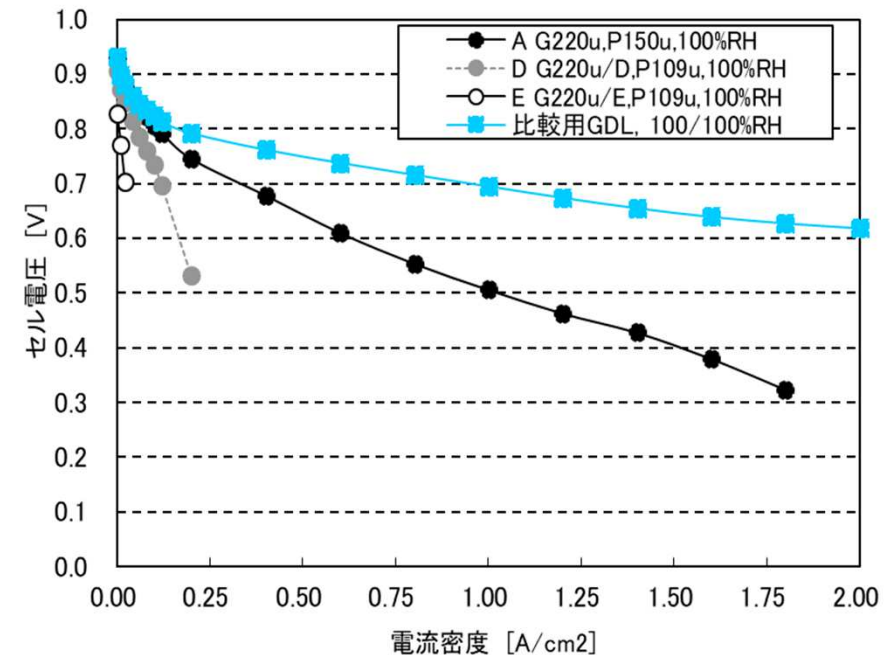
サンプル	厚み	表面抵抗率	接触角	ガーレー透気度
	μm	$\Omega/\square$	$^{\circ}$	sec/100mL
比較用GDL	180	1.09	153	12.9
A	240	2.01	145	18.1
D	240	1.30	147	24.1
E	240	1.10	146	32.4

※水の接触角を撥水性の指標とした

※ガーレー透気度を通気性、通水性の指標とした

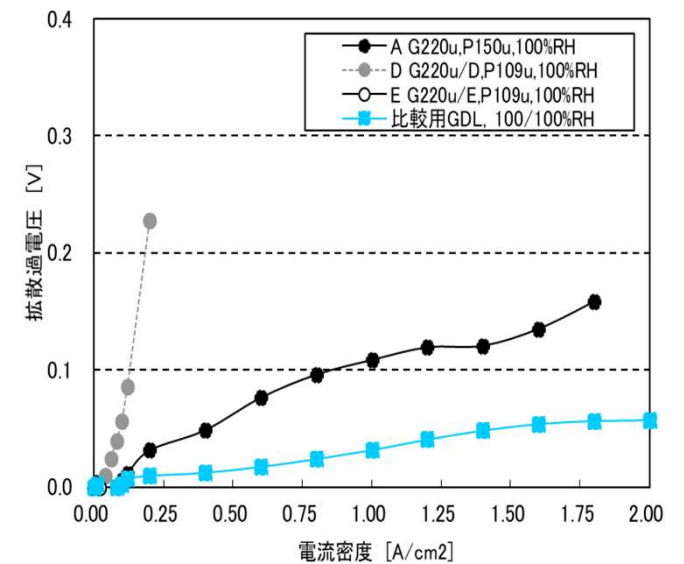
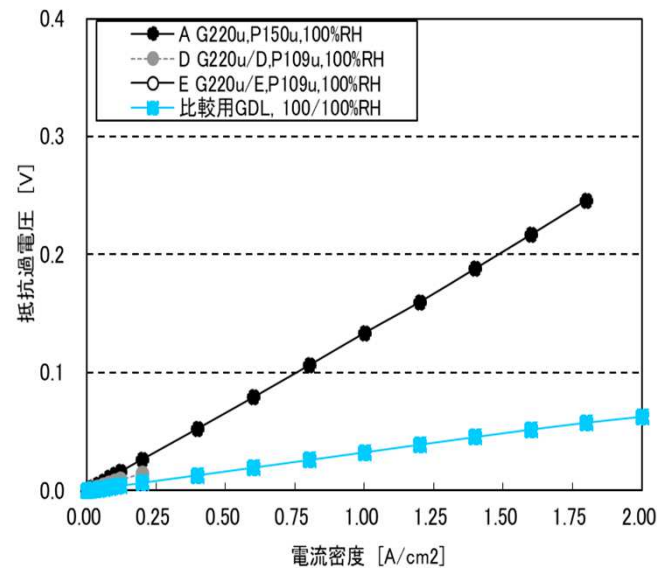
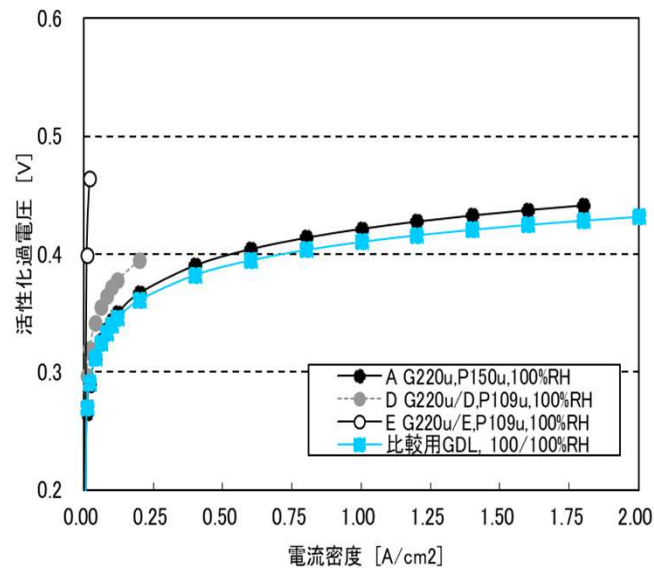
何れのサンプルもI-V性能が比較用GDLに比べて大幅未達

サンプルA,D,E共に接触角は同等である。サンプルAが最も表面抵抗が高いが、I-V性能は最も良かった
ガーレー透気度とI-V性能に相関性が見られた。



3. 研究開発成果について

原因調査のため各過電圧の調査を実施



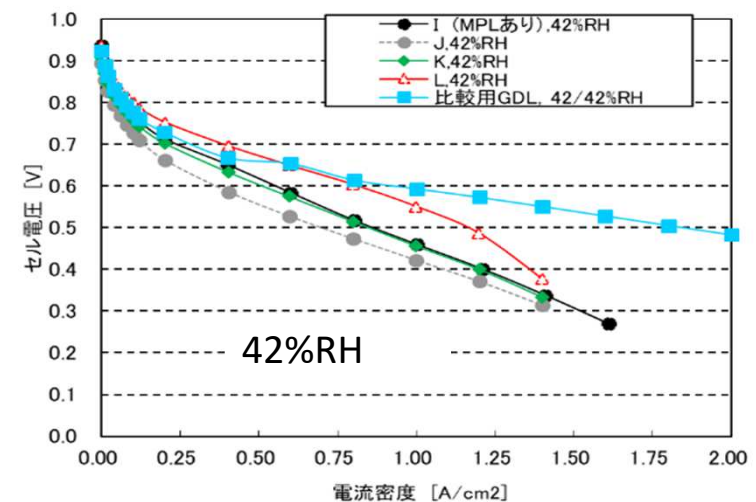
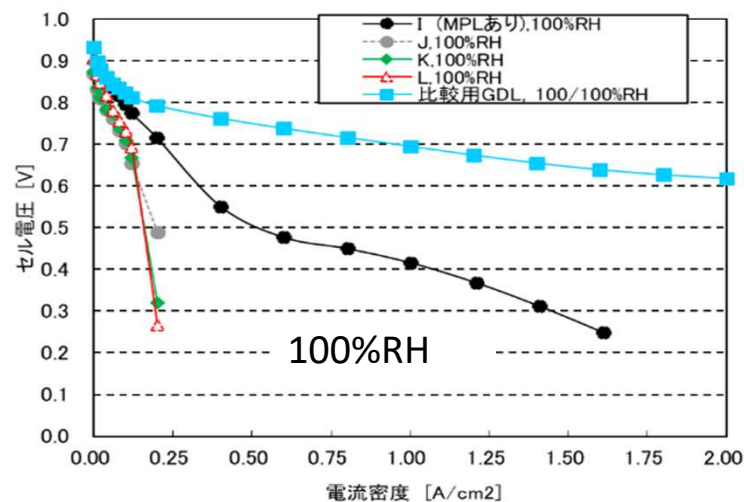
サンプルAの表面抵抗値を下げるために、サンプルD,Eは導電性フィラーの混合率を増量し、高密度化により抵抗率を下げることを試みたが、その結果として透気度が上昇し、通気性、通水性が悪化し、フラッディングが発生したことにより、拡散過電圧が悪化したと推測

3. 研究開発成果について

フラッディング解消のため導電性フィラーの形状、撥水剤を検討
また、撥水性の指標としていた接触角では差が出にくく、滑落角を採用

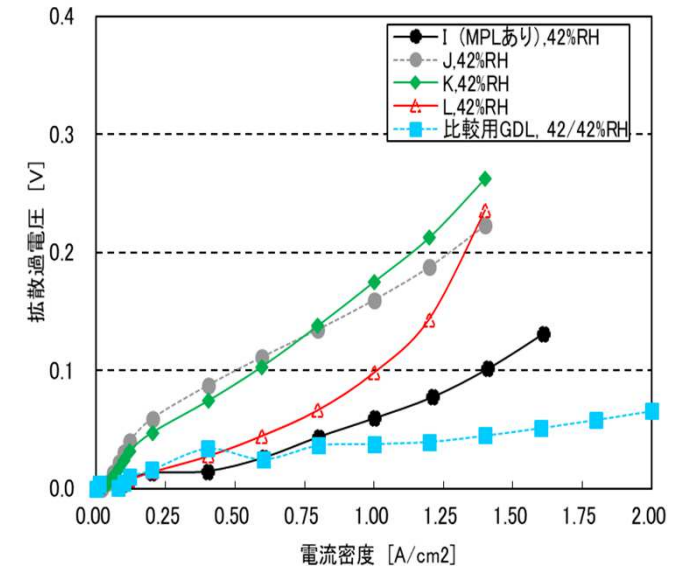
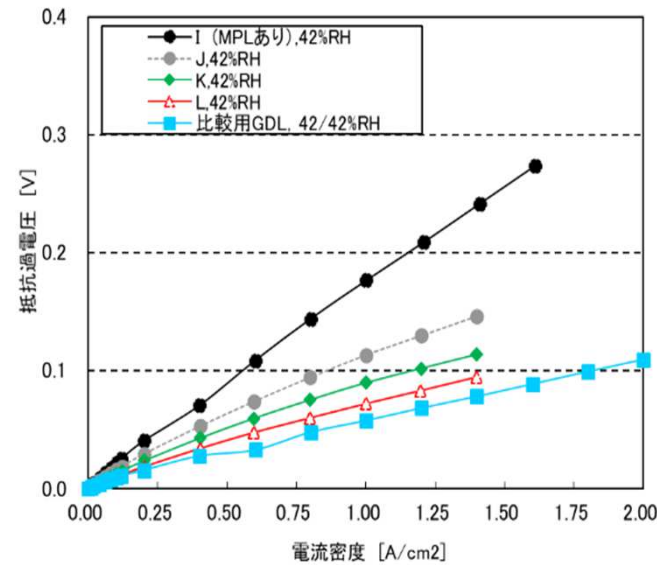
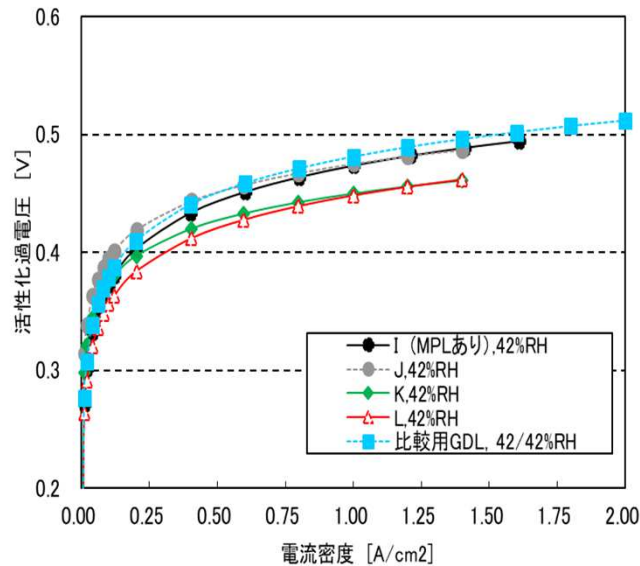
サンプル	厚み	表面抵抗率	滑落角 (MPL/GDL)	ガーレー透気度
	μm	$\Omega/\square$	$^{\circ}$	sec/100mL
比較用GDL	180	1.09	15/30	12.9
I (フィラー見直し) ψ	240	1.22	45/60	9.8
J (撥水剤 A) ψ	205	1.32	15~30/30	4.5
K (撥水剤 B) ψ	139	1.79	15/30	12.5
L (撥水剤 C) ψ	150	1.64	15/30~45	7.8

100%RHでのI-V性能は、サンプルA,D,Eから大きく改善されていない。
一方で42%RHでは、比較用GDLに発電性能が近づいてきた
高湿高出力時のフラッディングが性能悪化に繋がっている



3. 研究開発成果について

原因調査のため42%RHでの各過電圧の調査を実施



従来品とI-V性能が最も近いサンプルLにおいては、シートを薄膜化すること、透気度を調整することで改善することができた。

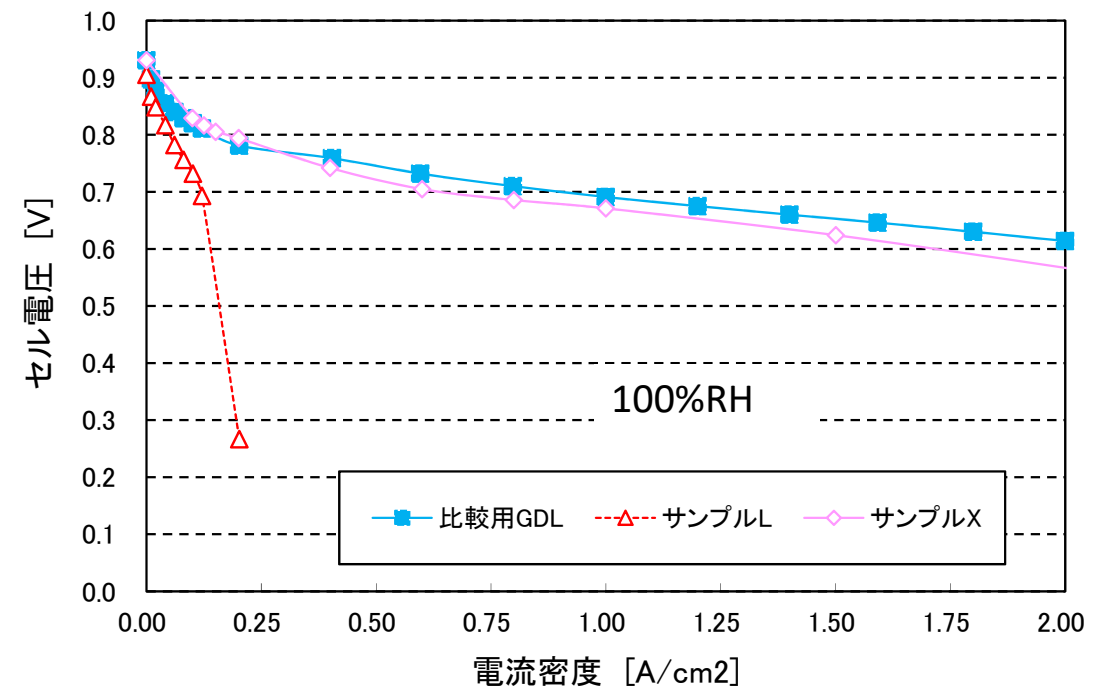
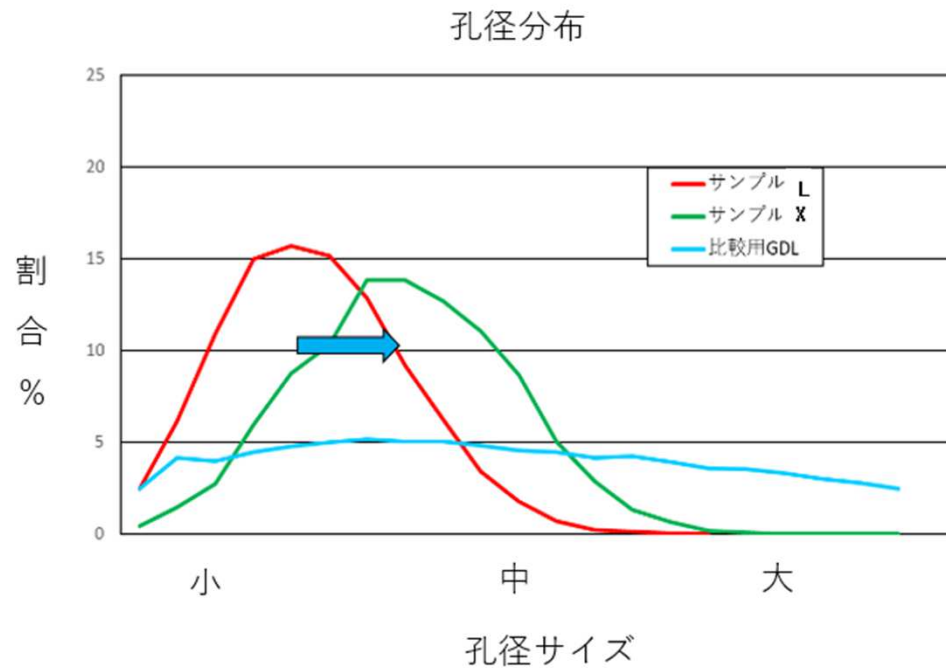
一方で42%RHという雰囲気下でも0.75A/cm²から一気にI-V性能が低下しているが、拡散過電圧でも同様に0.75A/cm²から一気に立ち上がっていることから、まだフラッディングが発生していると推測。

3. 研究開発成果について

当事業のGDLは、有機成分を使用するため、電気抵抗を下げるために導電性フィラーの配合比率が高く、且つ高密度である。

画像解析の結果から、燃料電池内でGDLにかかる圧力により、空隙構造に変化が生じていることが判明した。

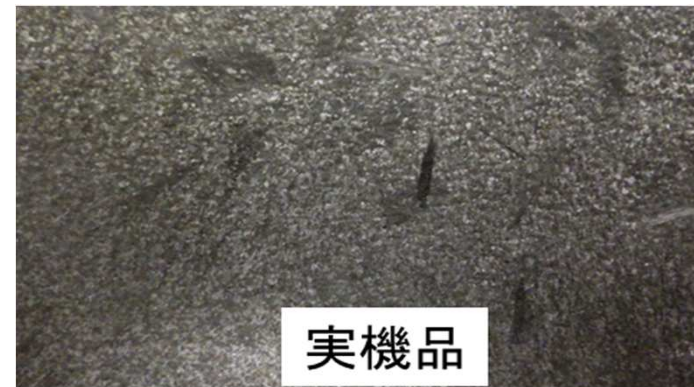
使用する導電性フィラーの大きさ、形状の再検討、シート内空孔の最適化を図ることで、高湿高出力下でも従来品とほぼ同等のI-V性能を得ることができた。



3. 研究開発成果について

● 研究開発項目④：Roll to Rollの製造プロセス検証

カーボンペーパー抄紙工程



当初実機サンプルには、カーボンファイバーの集合体が見られた。調整済みの分散液には存在しておらず、スラリーを流送する配管内で発生していることが判明。

抄紙では一般的に調整した分散液を数倍～数十倍の希釈水と混ぜることで、分散性を向上し均一な表面性にするが、希釈水により分散液の電荷が変化し、カーボンファイバーが再凝集していた。

スラリーの流速と流送経路の調整により、テーブル品を再現するに至った。

3. 研究開発成果について

熱プレス、MPL塗工工程

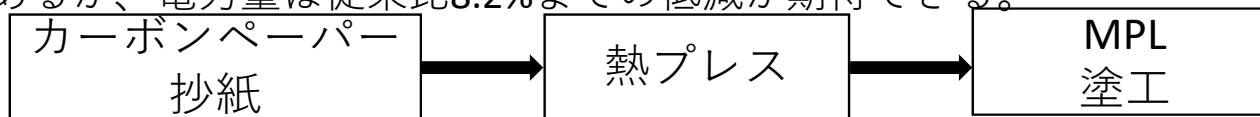
熱プレス工程は、シートの密度調整、平滑性付与、カーボンファイバーの毛羽立ち防止のために必須である。

本事業のGDLは炭化、焼成工程を実施しないので、有機成分がシート中にある。

プレス圧、温度の最適化により、平滑度が高く且つ有機成分によりカーボンファイバーの毛羽立ちを押さえることに成功した。

表面平滑性が高い（凹凸が小さい）ことにより、MPL層の薄膜化（MPL層レス）が可能となった。

推定比較ではあるが、電力量は従来比8.2%までの低減が期待できる。

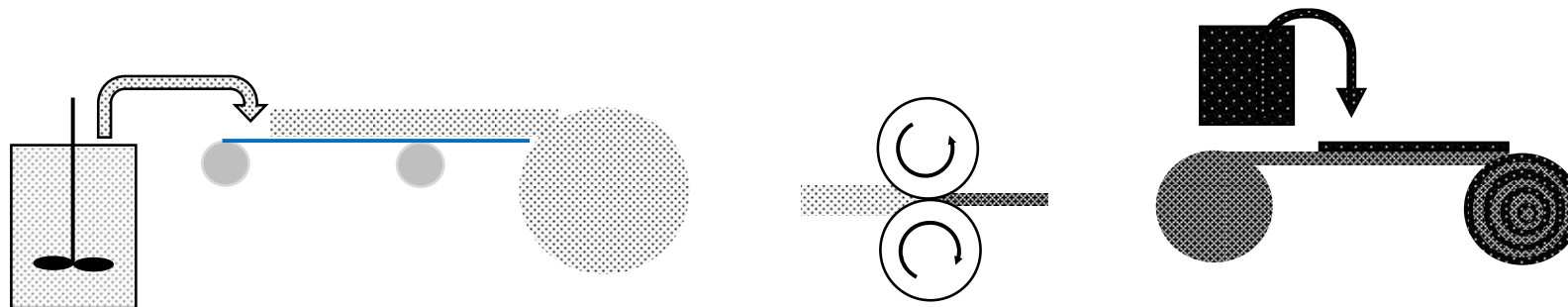


1万m2の
製造日数

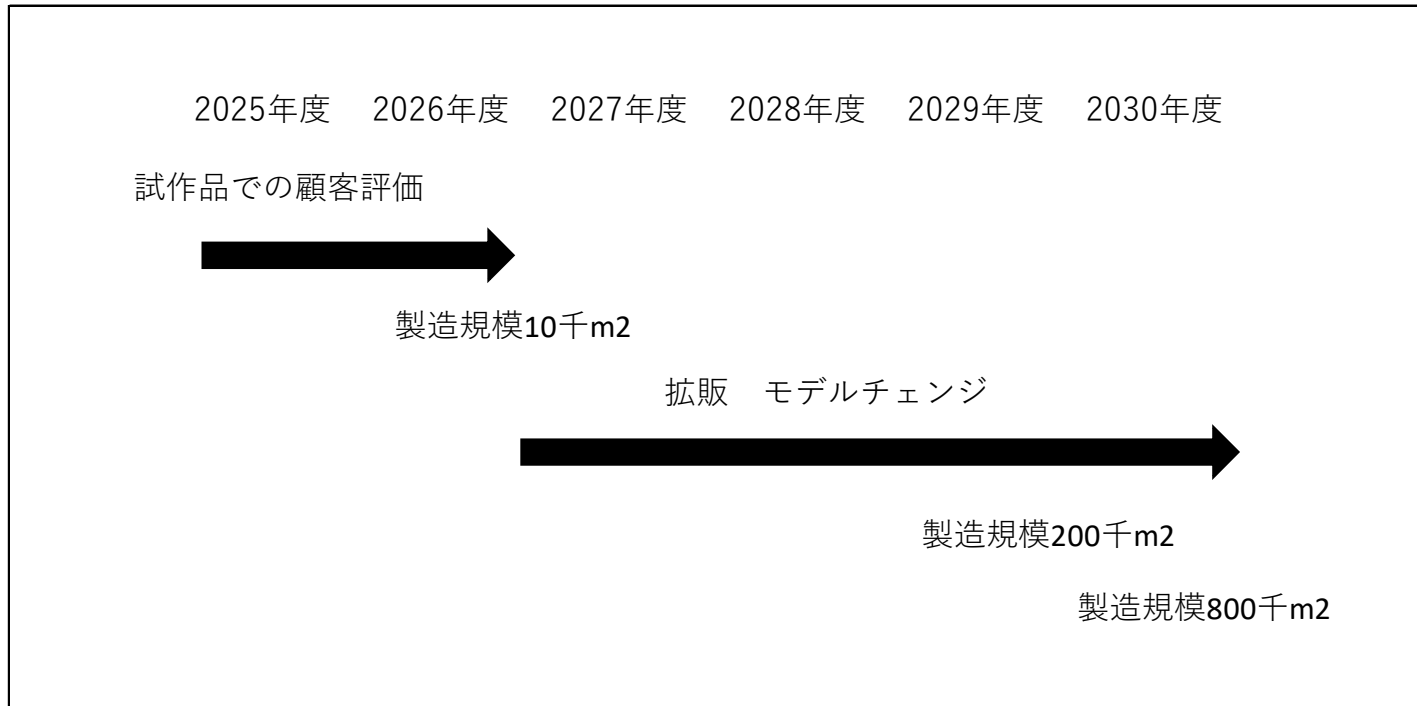
1日

3日

1日



4. 今後の見通しについて



GDLとしての基本性能、量産化技術の実証まで、計画通りに遂行できた。
今後は顧客に評価頂き、拡販、要望に応じたカスタマイズを行い、
2030年には800千m2の生産へと繋げていきたい。

ご清聴ありがとうございました