

開発の背景

我が国において本格的に燃料電池を普及するには、PEFCにおいては、航続距離800km以上、最大出力密度6kW／L以上、最大負荷点0.6V以上、耐用年数15年以上、最高運転温度100℃以上、燃料電池システムコスト<0.4万円/kWに資する技術の確立が必須である。

NEDOプロジェクトでは、2030年目標の達成に向けて各構成部材に対して必要な性能向上の積み上げ値が示されており、ガス拡散層（GDL・MPL）の貢献度は、出力3A/cm²で約80mVの向上が目標値として示されている(図-1)。

自立MPLのコンセプトと期待効果

コンセプト(図-2)

一つの層でMPLとカーボンペーパー層の役割を担う自立MPLを開発する。高温焼成工程を無くし、ガス拡散層のコスト低減も狙う。

ナノファイバー技術をベース技術として、導電性繊維からなる50μm以下の薄層を作製する事で達成を目指す。

期待効果

薄層化のメリットとして、貫層方向の抵抗低減、ガス拡散性の向上が期待できる。一方、薄層化により流路のリブ下部分のガス拡散性低下が予想される。これらの課題に対して、ナノファイバー材料の選定、ナノファイバー構造の工夫さらにはガス流路形状との関係を明確にし、最適解を目指す。

高温焼成が不要なため高い生産性、低コスト化が見込める。

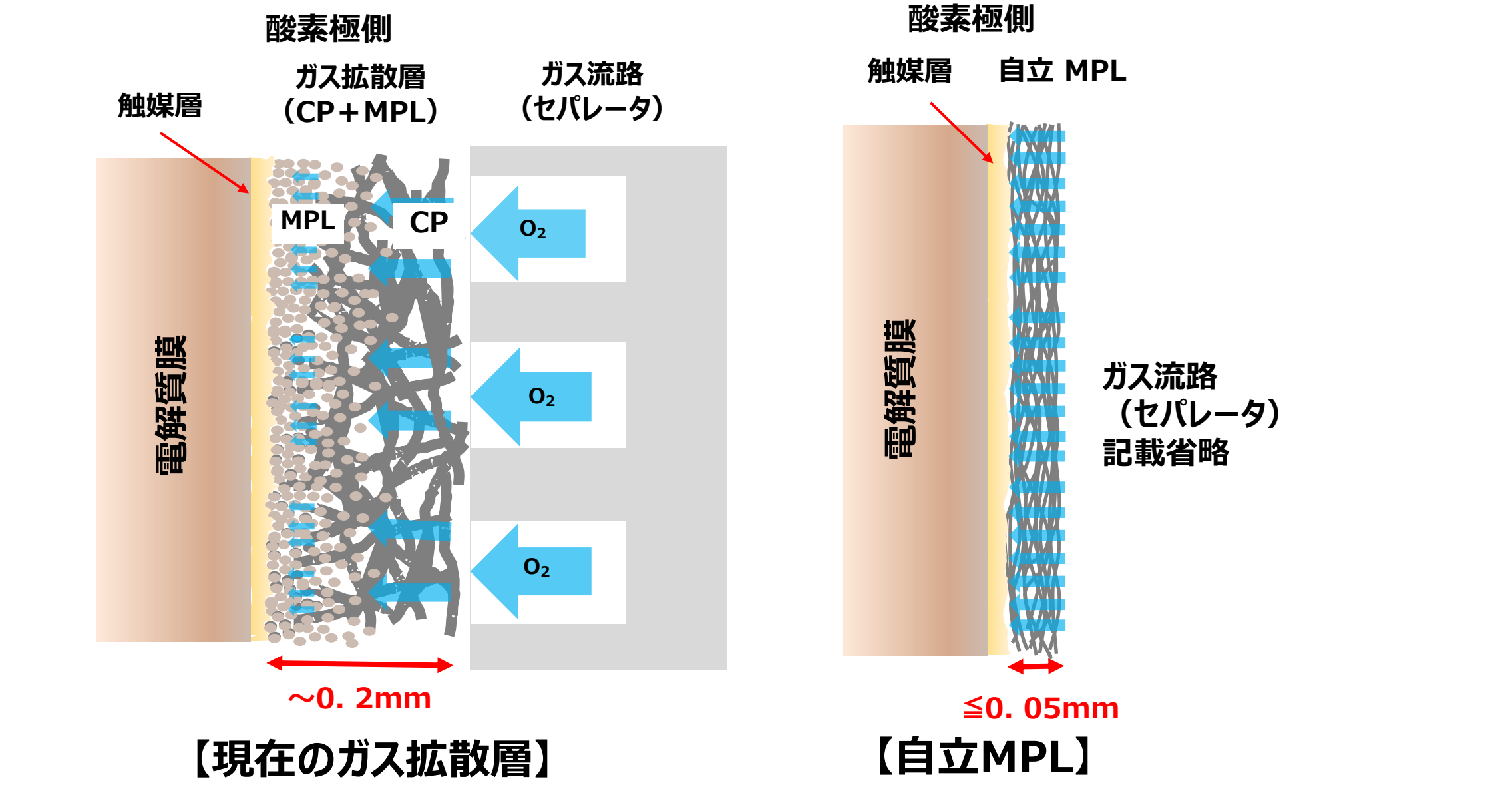
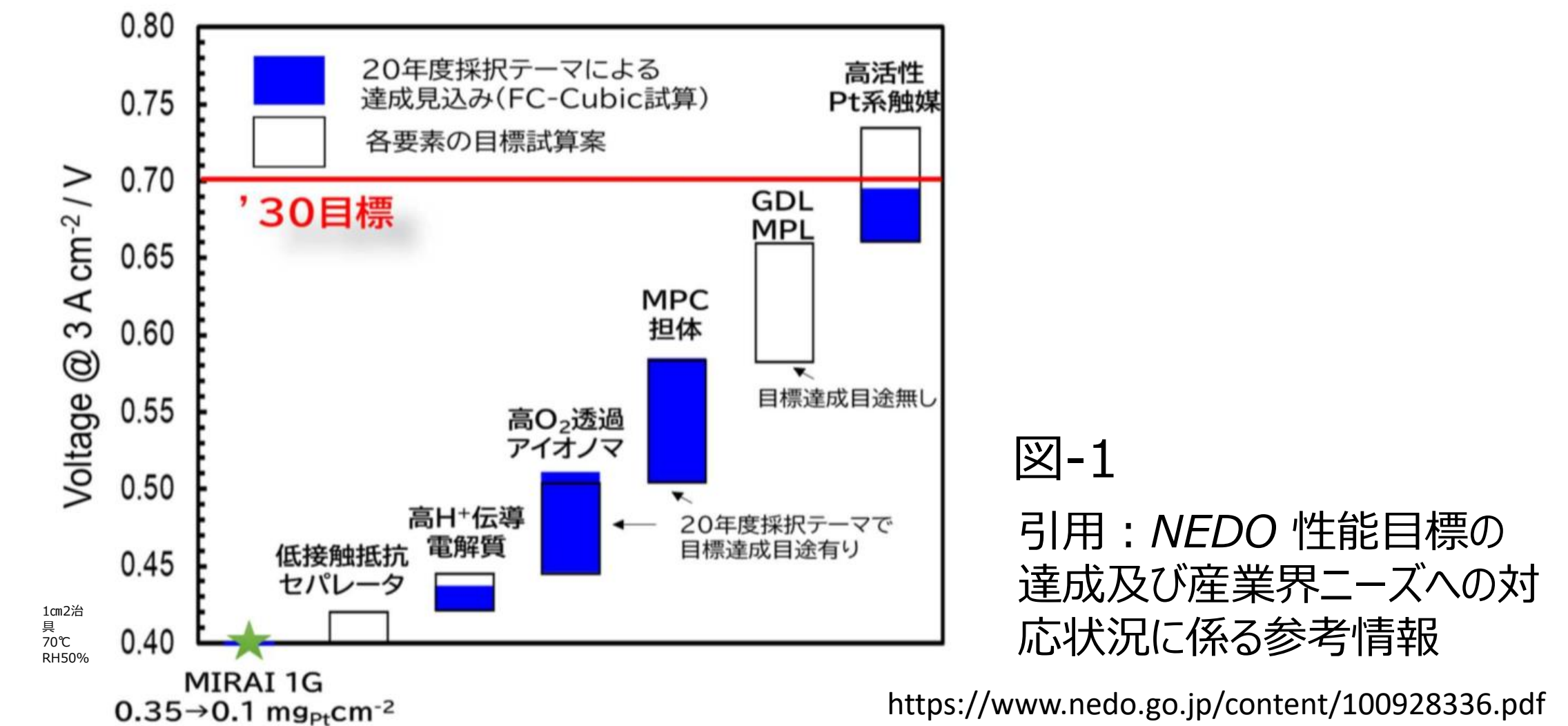


図-2：自立MPLのコンセプト
ガス拡散量 Jは $J = \varepsilon / \tau \cdot (D \cdot dC/dx)$
：ガス濃度勾配dC / dx、バルクのガス拡散係数D、ガス拡散層の空孔率ε、ガス拡散層の屈曲率τで表される。
ガス拡散量はガス拡散層の厚さとは逆比例関係にある。

開発目標

技術確立

- 導電性ナノファイバーの基本構造・技術確立
 - セル組み込み時の圧力での変形抑制技術確立（厚さ維持率）
 - 量産方法の確立（実験室での基礎的条件確定）
- <自立MPL性能指標>
- 貫層抵抗、ガス拡散抵抗、厚さ維持率、水接触角
- 発電試験による評価（IV特性、ストイキ(St)特性、セル抵抗等）

成果 1：目標値と達成状況

自立MPLの基礎物性はほぼ達成した。一方PF並びにLOIでの発電評価に基づき新たに発電時の指標（セル抵抗、St特性）を目標値として追加した（下表）。

（PF:評価解析プラットフォーム、LOI:関心表明企業）

セル抵抗とSt特性は目標値を下回っており、改善が必要である。主たる要因は自立MPLが薄いことによる剛性不足、面内導電性不足および流路リブ下の排水性に不足に起因すると考えており、物性改善を行っている。

物性・発電性能指標	目標値（2024年度）	達成状況（2021～2023年度）
厚さ μm	<50	<50 ○
電気抵抗（貫層方向）@2MPa mΩ・cm ²	2.5	2.4-2.6 ○
ガス拡散抵抗 sec/m	<14	14 - 18 △
自立MPLの厚さ維持率@2MPa	0.7<	0.6- 0.8 △
自立MPLの接触角 °	150<	150< ○
セル抵抗	20mΩ（自社基準）	70mΩ程度 ✕
St特性	Stフラット範囲をSt=2以下まで	Stフラット範囲：St=5程度まで（多孔体流路） ✕

構造一例

自立MPLの構造の一例をカーボンペーパーとの比較で示した。通常のMPLと比べて多孔構造であり、ガス拡散性に優れることが見て取れる。厚さも20μm程度が可能となっている。

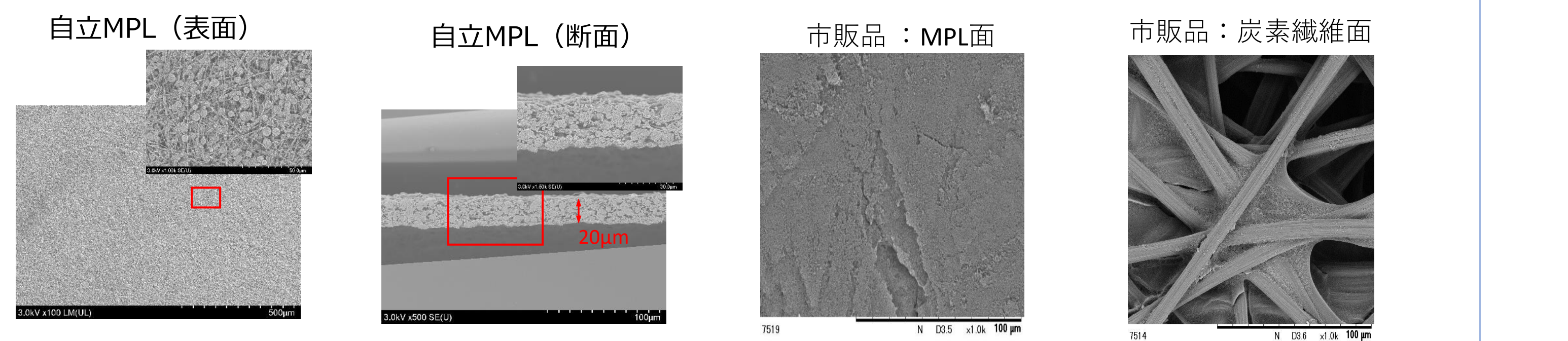


図- 3：SEM写真。自立MPL（評価解析PFによる）、MPL付きGDLの比較

成果 2：発電性能

発電評価（LOI企業での評価：図-4）

自立MPLと多孔体流路2の組み合わせにより、0.7Volts @ 3A/cm²の発電性能達成の可能性が確認できた。

発電性能は大きく流路構成に依存しChannelサイズが小さいほどIV特性の向上が認められた。

ストイキ(St)特性も流路依存性が高く（非表示）、低St域でSt感度の低下がみられ改善が必要であった。

今後の課題として、発電試験を指標として、最適構造の絞り込みを進めるとともに、自立MPLの弾性係数と強度および面内導電性の向上に取り組む。

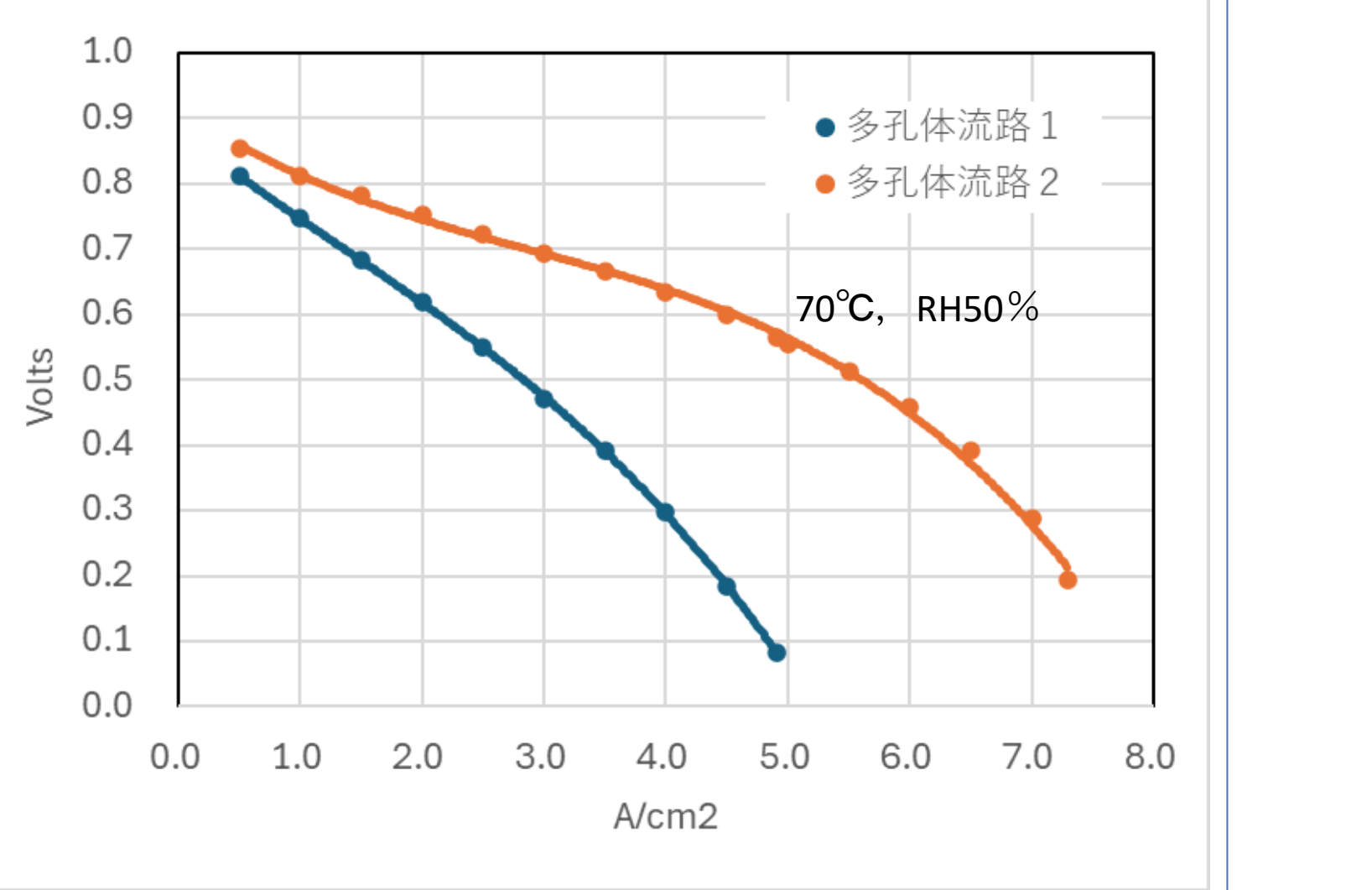


図-4：IV特性
多孔体流路を使用
流路のchannelサイズは
多孔体流路1 > 多孔体流路2
発電試験条件はLOI企業の条件による。

今後の展望

当初設定の材料の基本性能はほぼクリアできた。発電性能は特殊な流路構造により目標発電性能向上のポテンシャルは認められており、本プロジェクト期間内に、一般的な多孔体流路での性能達成を目指し、自立MPLに求められる特性値を明確にしたい。

自社所有のプロセス技術も含め、社会実装に向けては一般的な技術の利用を想定しており、致命的な障害はないと考えている。事業終了時までには量産プロセスの検討内容をまとめることを目指す。本事業終了後は製造プロセス開発を行いつつ、LOI企業での評価へとステージを進めるように取り組む計画である。

知的財産権として3件の特許出願済みであるが、継続的に出願し、権利取得に努める。