

発表No.A-25

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/共通課題解決型基盤技術開発/導電性  
ナノファイバーネットワークによる自立MPLの研究開発

発表者名	川部雅章
団体名	日本バイリーン株式会社
発表日	2022年7月28日

連絡先：  
日本バイリーン株式会社  
URL：<http://www.vilene.co.jp/>

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : (西暦) 2021年6月  
終了 (予定) : (西暦) 2025年3月

## 2. 最終目標

2030年FCV発電性能達成に向けて、ガス拡散層に求められている性能向上（次ページ引用図）を達成する。

当グループは右表-1（最終欄）の特性を持つ自立型のMPLを開発する。さらに、本MPLはカーボンペーパー（CP）を不要とし、高純度窒素中での高温焼成による炭素化工程が不要となり、低コスト化を実現する

## 3. 成果・進捗概要

2022年7月時点での達成状況を右表-1中に示した。

厚さ維持率を除く各数値はほぼ目標値達成であるが、発電性能との関係を今後評価していく。本年中に発電性能との関係を確認し、性能達成のための指標を作成する予定である。

表-1:自立MPLの特性値（目標と現在値）

特性値	最終	2022.7
自立MPLの厚さ $\mu\text{m}$	$<50$	$<50$
電気抵抗(貫層方向) -(圧力2MPa下) $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$	2.5	$<3$
ガス拡散抵抗 $\text{sec}/\text{m}$	$<14$	評価予定
自立MPLの厚さ維持率 (圧力2MPa)	$0.7 <$	$\approx 0.4$
自立MPLの接触角 $^\circ$	$150 <$	$150 <$

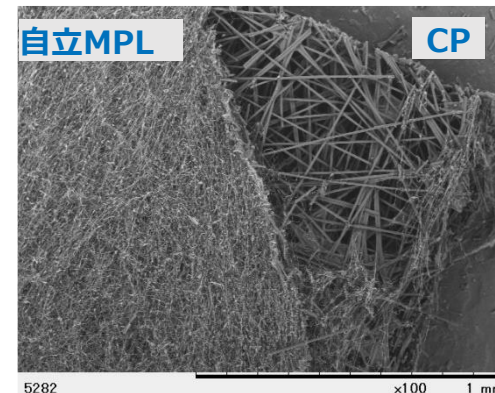


図-1:自立MPLの構造一例：CPとの比較（SEM）

# 1. 事業の位置付け・必要性

## 実施背景（燃料電池の期待課題）

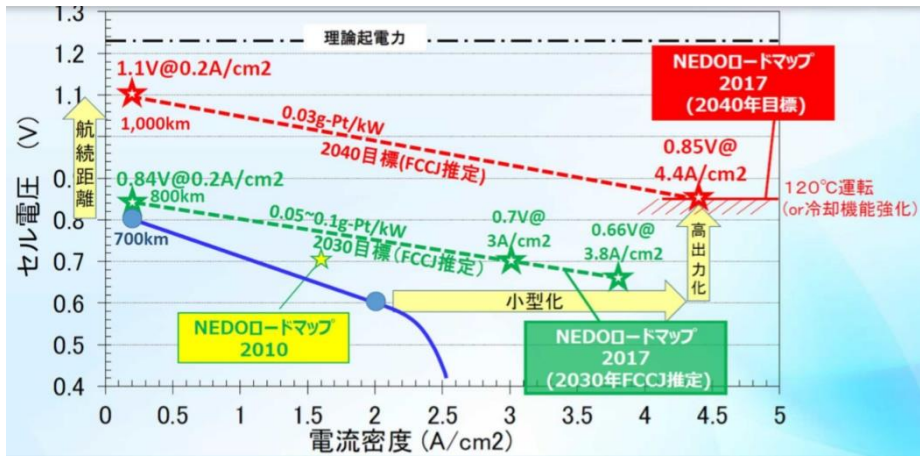
我が国において本格的に燃料電池を普及するためには、電池性能向上、コストダウン、高耐久性を満たす必要があり、PEFCにおいては、航続距離800km以上、最大出力密度6kW/L以上、最大負荷点0.6V以上、耐用年数15年以上、最高運転温度100℃以上、燃料電池システムコスト<0.4万円/kWに貢献する技術の確立が必須とされています。

2030年目標の達成に向けて構成する各部材に対して性能向上の積み上げが必要と示されています。  
GDL・MPLの貢献度として引用図-2に示す様に出力3A/cm<sup>2</sup>で約0.1V 近い向上が達成目標値として示されています

## 本事業の位置付け

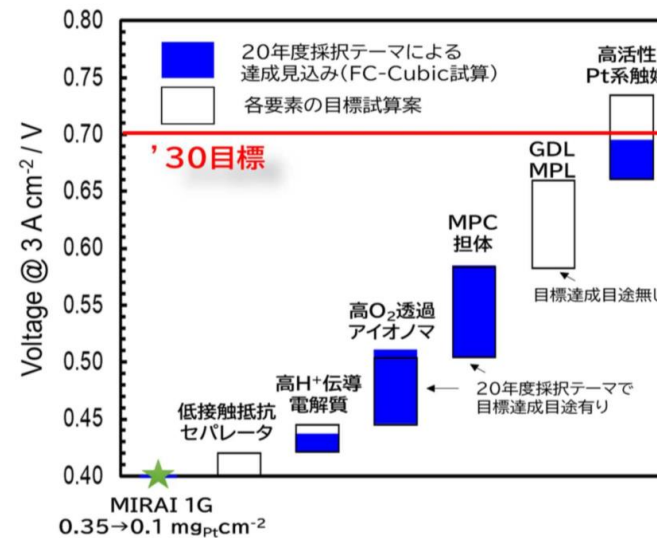
本事業では、燃料電池の心臓部にあたるMEA構成材料のGDL/MPLに関して、従来のGDL/MPLでは達成が困難であった、低電気抵抗、高ガス拡散性、排水性を兼ね備える「導電性ナノファイバーネットワークによる自立MPL」を開発を目指します。

また、ガス拡散層は炭素繊維を用いているため高純度窒素下での高温焼成が必要であり、コストアップ要因の一つとなっており、システムコストダウンに向けて低コスト材料の創出が求められています。このような観点から焼成工程を不要とした自立MPLを開発しコストダウンを目指します。



引用図-1

引用：2019年 FCV課題共有フォーラム資料



引用図-2

引用：NEDO 性能目標の達成及び産業界ニーズへの対応状況に係る参考情報

# 1. 事業の位置付け・必要性

## 本事業における期待効果

通常ガス拡散層はMPL付カーボンペーパーから構成される。カーボンペーパーはその通気性、導電性、圧縮耐性から燃料ガス（酸素）の速やかな拡散と電子伝導並びにMEAにかかる応力分散を担っている。一方カーボンペーパーは一般的に厚みがあり孔のサイズが大きいことから触媒層との接触のために構造が均一でより緻密なマイクロポーラス層（MPL）がコーティングされている。ただ、MPLは緻密であるため、ガス拡散性を低下させる要因となっている。同時に先述の理由から低コスト化が困難な要因でもある。

## 本事業での開発ポイント

本事業では上記課題を解決すべく、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。自立MPLはナノファイバー技術（図-4(a)）をファイバー製法のベース技術として利用し、50 $\mu$ m以下の薄層を作製して、導電性を付与（粒子複合）する事で達成を目指す。薄層化のメリットは、貫層方向の抵抗低減、ガス拡散量の向上が期待できる。他方、薄型層化によるセパレーターのリブ下部分へ応力集中による変形が予想される。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により2 MPa加圧時に70%の厚さ維持率の確保を目標とする。

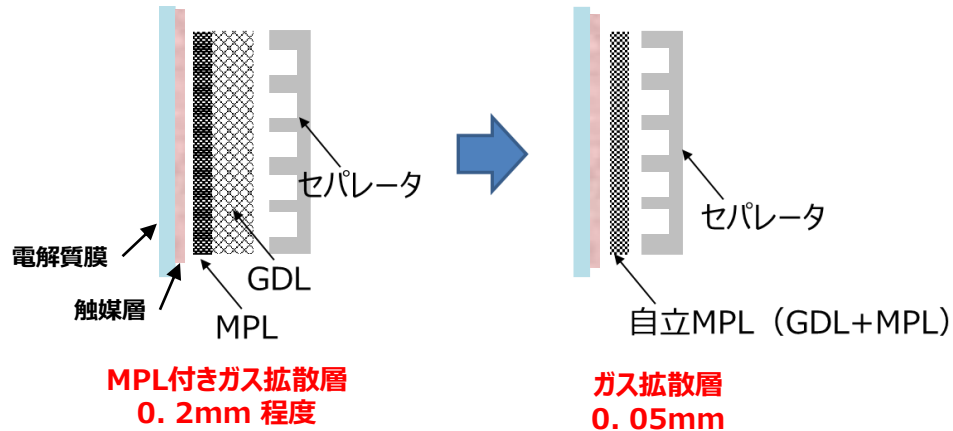


図-3：自立MPLのイメージ

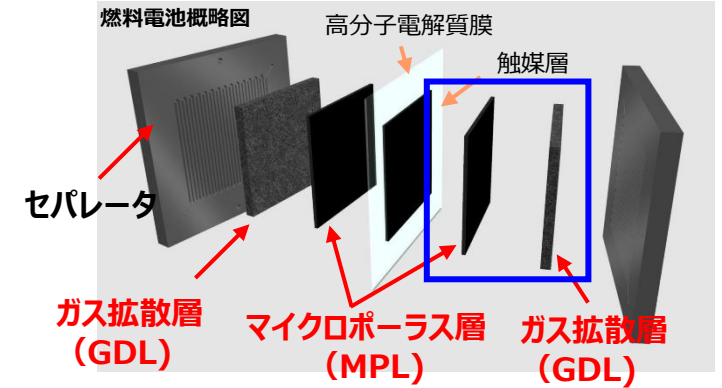


図-2：本事業で開発する部分

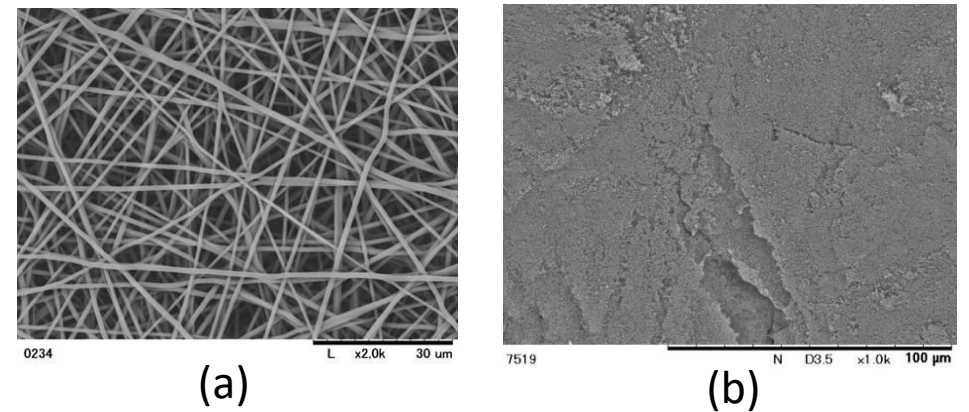


図-4：一般的なポリウレタンナノファイバーシート(a)と通常のMPL付きGDLのMPL面(b) (a)のガス拡散性向上が期待できる

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 設定目標値とその理由

自立MPL開発においては低コスト化を実現しつつ、触媒層への酸素ガス輸送性を向上させるガス拡散層の開発が目的である。ガス拡散性の向上には拡散係数を高める、拡散長を短くすることが肝要である。一方、セパレーター流路の構造特に、ガス拡散層と接触するリブ部分のサイズ、かかる圧力などが大きく影響すると考えられる。このため、自立MPLがつぶれてしまうとリブ部分下でのガス拡散性が低下することが予想されるため、自立MPLの構造維持が重要であり、NEDO事業において達成目標とされているパラメーターに加えて、実際の構造特性から見た重要なファクターとして物性目標値に掲げて取り組んでいる。

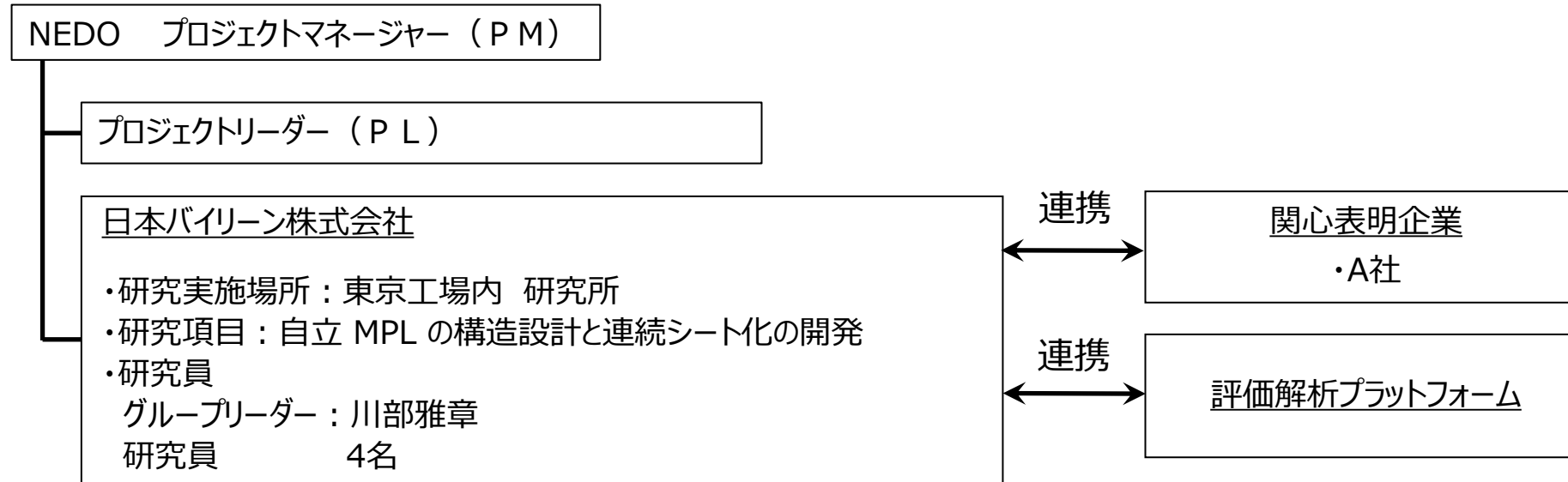
自立MPLの達成数値パラメーターとして、設定理由と共に表-2に示した

表-2：物性目標値と開発ポイント

物性値目標	2024（最終）	理由/開発ポイント
厚さ $\mu\text{m}$	$<50$	拡散性は厚さに反比例する。従来のMPL付GDLは $200\mu\text{m}$ 前後である。一方孔のサイズはGDL（ $50\text{--}200\mu\text{m}$ ）が大きくガスの対流による浸透はGDLが有利であるが、コーティングされたMPL層は緻密性が高く拡散性低下の大きな要因である。このため自立MPLは $1/3\sim 1/4$ の拡散抵抗の達成を見込んでいる。
電気抵抗(貫層方向) - (圧力 $2\text{MPa}$ ) $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$	2.5	NEDOによる目標値。MPLの薄層化で達成見込む。ガス拡散性ならびに厚さ維持率を決める要因である空孔率と相関関係があり最適化に困難さがある。
ガス拡散抵抗 $\text{sec}/\text{m}$	$<14$	NEDOによる目標値。
自立MPLの厚さ維持率 (圧力 $2\text{MPa}$ )	$0.7 <$	セパレーターの締結圧下でのガス拡散性維持のための数値。ガス拡散実測値や発電性能から目標値の微修正が必要。電気抵抗とガス拡散抵抗を上げずに達成することが必要。
自立MPLの接触角 $^\circ$	$150 <$	従来のMPL等からの類推値。ナノファイバー構造により適正值が変わると想定。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 研究開発の実施体制



### スケジュール

検討項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
1. 個別物性の達成 (厚さ、導電性、耐圧縮性)	[Progress bar spanning 2021 and 2022]			
2. 発電性能との相関性検証 (構造物性と発電性能の関係)	[Progress bar starting in 2022]			
3. 発電性能の向上 (流路、触媒層との関係も含め、個別物性を総合的に最適化)	[Progress bar starting in 2022 and continuing through 2024]			
4. 生産性の予備検証 (導電性ナノファイバーシート製造工程、加工工程、コストなど)	[Progress bar starting in 2023 and continuing through 2024]			
5. 関心表明企業、評価解析PFとの連携 (各種性能評価、構造解析など: 1回/半年以上を目標)	[Start of project]	[Mid-review]	[Mid-review]	[Mid-review]

# 3. 研究開発成果について

表-3 : 目標数値達成状況

物性値	2024 (最終)	22年7月時点
厚さ $\mu\text{m}$	<50	<50
電気抵抗(貫層方向) -(圧力2MPa) $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$	2.5	<3
ガス拡散抵抗 $\text{sec}/\text{m}$	<14	未測定
自立MPLの接触角 $^\circ$	150<	150<
自立MPLの厚さ維持率 (圧力2MPa)	0.7<	0.4

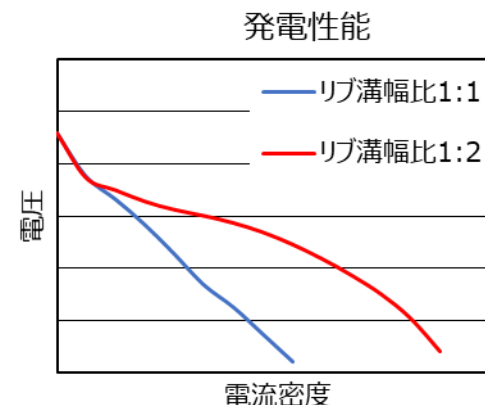
## アプローチ方法

ナノファイバーの製造条件（導電粒子配合率の向上等）により厚さと貫層方向電気抵抗を達成。厚さ維持率については構成樹脂の硬さ、他素材との複合により目標達成に向けて開発中。特許出願準備中。出願1件

## 課題

目標発電性能向上のための発電性能との相関性を検証し、目標数値の妥当性と再設定および、表-3以外の要素の確認が重要課題

## 発電性能例：自立MPLを用いた発電性能とセパレータ流路構造との関係

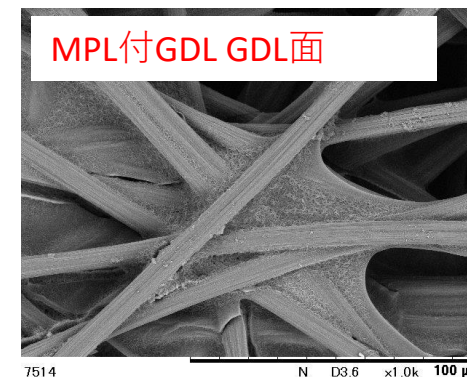
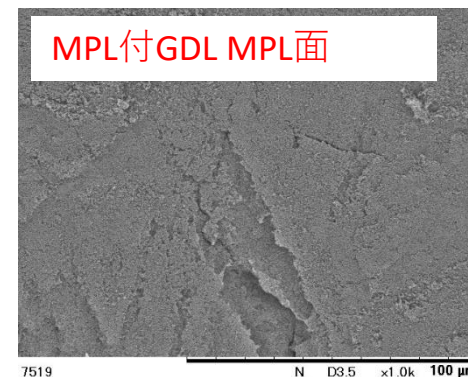
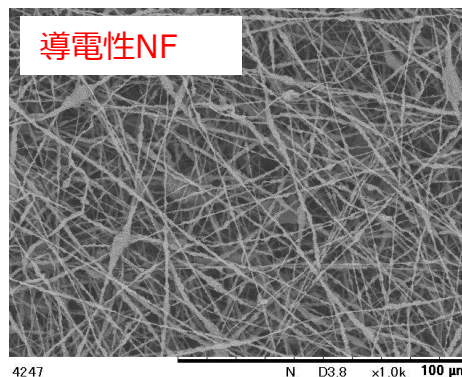


セパレータのリブと溝の比で発電性能が変化しており、現時点ではガス流路との関係が重要な因子であることが分かった。

## 研究開発品の例

通常のMPL付GDLはクラックの存在もあるが非常に緻密でガス拡散性を阻害していることが分かる。

図-5 : SEM写真による自立MPL、MPL付きGDLの比較（同一倍率）



## 4. 今後の見通しについて

### 実用化のイメージ

本事業により開発された成果は燃料電池乗用車を始めトラック、船舶、重機などのHDV燃料電池システムに利用される。2030年頃を最初の実用化ターゲットとして特性向上を重ねてHDVでの採用を目指す。

自動車メーカーや燃料電池メーカーが主要顧客として想定されるが、本技術は一般的な電極材料としての利用も考えられ水電解、ウェアブルなどのIoTの電極材料やセンサ材料としての活用も期待できる。

### 今後の取り組み

1. 今後の開発：各物性目標達成を目指すとともに、これまでになかった新規材料として、触媒層やセパレータ構造全体とのマッチングを最適化し、発電性能向上のパラメータを確定していく。
2. 事業化に向けた取り組み：本プロジェクト終了後もユーザーとなる関心表明企業との連携を進める。  
2025年に生産工程の基礎設計を完成させ、2027年を目標に試験量産設備を稼働しユーザーでの評価部材として採用を目指す。  
海外関連会社での適用、すでに協力関係にある燃料電池部材企業との協力も視野に入れ国内外での採用に向けた活動を実施する。

### 実用化時の意義

炭素化の工程を必要としない高い量産性、コスト低減効果により燃料電池システム全体の低減に寄与する。また、素材の特性から薄く柔軟性に富むため、ユーザーでの燃料電池生産工程での製造ラインへの適用性が高い。

素材や構造を変更できる余地（パラメーター）が多く将来のさらなる高性能化への適用や、一般的な電極材料としてセンサーやIoT分野（ウェアブルデバイスなど）への適用も視野に入れることができる。

以上