

事業名：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／水素利用等  
高度化先端技術開発／高分子形と酸化物形の技術融合による電極一体型次世代PEFCの創製  
発表者名：国立大学法人九州大学

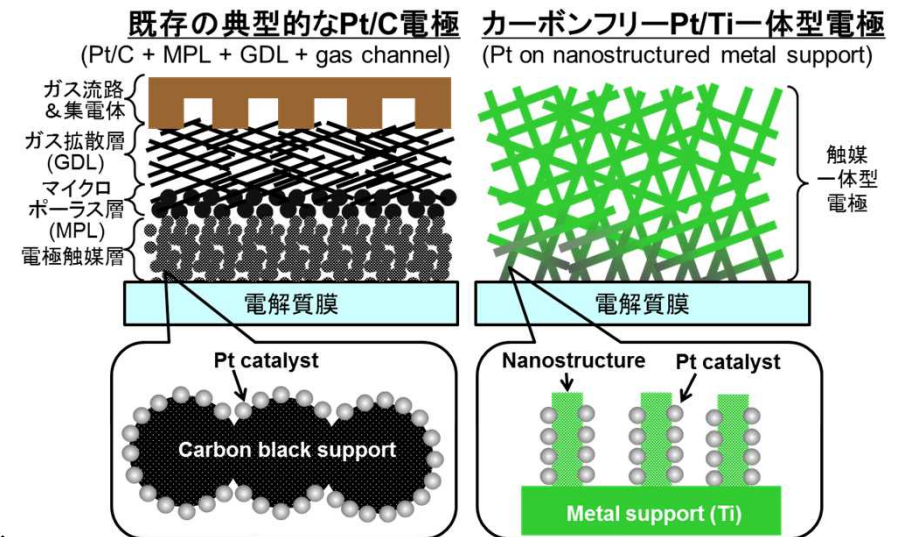
## ○事業概要

**【研究開発の目標】**2021年度末に耐久性が材料レベルで期待される**電極一体型(チタン系、スズ系、カーボン系)のプロトタイプセル作製とボタンセルレベルでの性能評価**で、市販Pt/C標準触媒と市販MPL/GDLを用いたセルと同等以上の性能（電流電圧特性）を新規材料利用で具現化する。開発材料・セルをプラットフォーム機関でも評価し、再現性や客観性を相互確認する。

2024年度末までには**高耐久性・高ロバスト性(6万回の起動停止サイクル耐久性など)を示せる電極一体型PEFCのプロトタイプセルを試作・開発**し、2030年ごろの産業界目標である**電流密度0.2A/cm<sup>2</sup>の定常走行でセル電圧0.84V**と、**電流密度3A/cm<sup>2</sup>での加速走行でセル電圧0.7V**の出力の実現に資する革新技术コンセプトを構築する。**非カーボン系とカーボン系の材料・セル**について知見を体系化し、**更なる技術開発への指針**を示す。これらの目標達成により、乗用車のみならず、更なる高耐久化が欠かせない商用車（トラック、バス、船舶）などへの**用途拡大と本格普及**につなげる。

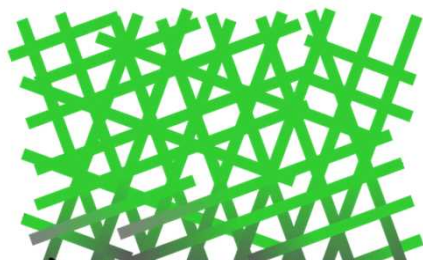
**【研究開発の概要】**本研究では、**PEFCとSOFCの両方の研究経験・知見を活かして、電極触媒層、マイクロポラス層、ガス拡散層に分かれているPEFC電極開発を一体で進め、安定性に優れる酸化物や金属を電極材料などに多用して、次世代セルを作製し、酸化物形と高分子形の燃料電池技術を融合させる**。将来の革新的なセル・スタック設計に発展させられる新規・代替材料を用いた電極一体型セルをサイエンスに基づいて開発し、それらのポテンシャルと技術課題を示す。

**【主な成果等】**触媒/担体表面層/担体骨格/MPL/GDLを一体的に開発中。担体表面層にNb-SnO<sub>2</sub>を用いることで、顕著な起動停止サイクル耐久性の向上を確認済み。一体的な電極開発に向けて、GDLやMPLの基材となる材料を、カーボン系・非カーボン系の両方で並行して試作し、評価中。Pt触媒微粒子微細化と耐久性向上も実施中。



連絡先：九州大学・次世代燃料電池産学連携研究センター  
(佐々木一成、林灯、北原辰巳ほか)  
E-mail: sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp  
TEL: 092-802-3143

# 一体型電極（非カーボン系）の開発



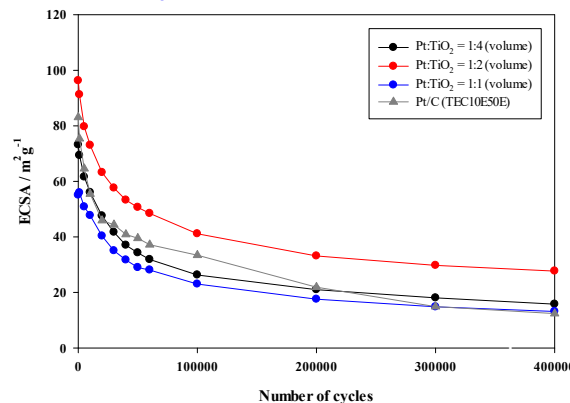
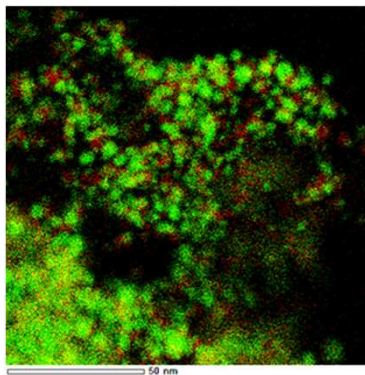
電解質

GDL: まずは市販MPL/GDL、  
将来的には金属GDLも視野

触媒担体: まず、担体表面層に  
ドーブSnO<sub>2</sub>、担体骨格にカーボ  
ン材料を使用。将来的には金属  
や酸化物を多用。

触媒/担体表面層/担体骨格  
/MPL/GDLを順次、非カーボン系  
材料に替えて、触媒活性、起動  
停止サイクル耐久性、負荷変動  
サイクル耐久性の向上を目指す。  
Nb-SnO<sub>2</sub>担体表面層の高い起  
動停止サイクル耐久性を確認済。

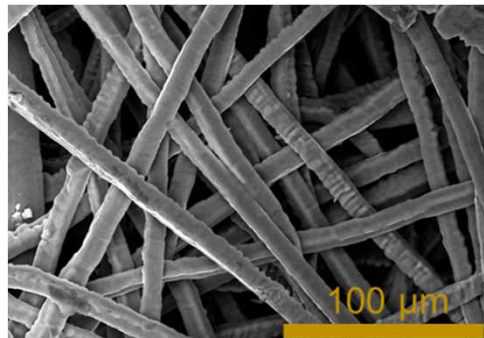
- 耐久触媒: Pt-(TiO<sub>2</sub> or SnO<sub>2</sub>)ナノコンポジット



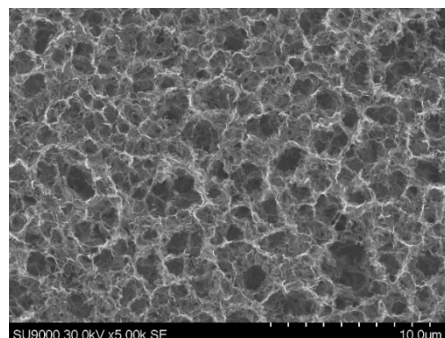
左図: PtとTiO<sub>2</sub>とのナノコンポジット  
のSTEM-EDS画像 (各粒子径数nm、  
サイクル試験前、緑: Pt、赤: Ti、  
Pt:TiO<sub>2</sub>=1:2)

右図: 40万回までのECDSAの負荷変  
動サイクル耐久性 (FCCJプロトコル:  
0.6V↔1.0V) ⇒ 負荷変動サイクル耐  
久性向上を確認

- 一体型電極用の多孔金属ガス拡散層 (GDL)



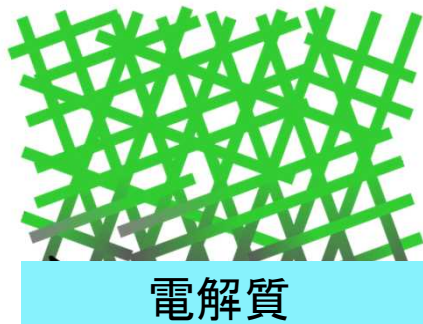
チタンファイバーシート



金属スズナノ多孔シート

ミクロンレベルからナノレベルの多  
様な金属多孔体をガス拡散層  
(GDL)に検討開始。将来的は排水  
性向上への撥水加工も検討。  
並行して開発する触媒や担体など  
と最終的に一体化

# 一体型電極（カーボン系）の開発



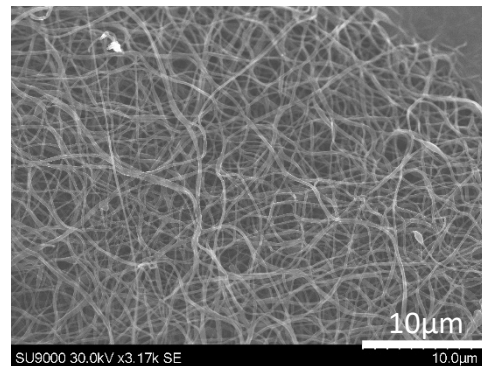
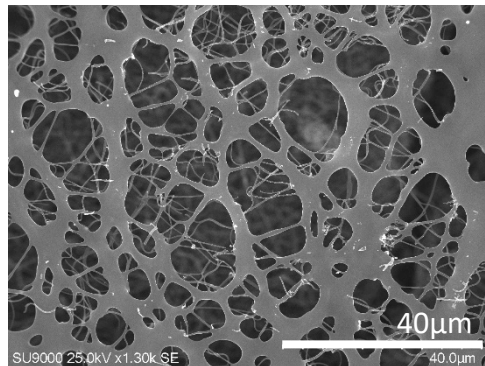
電解質

GDL:

- non porous カーボンファイバーを電界紡糸
  - 市販のチタンファイバーを使用
- 触媒担体: メソポーラスカーボンファイバーを電界紡糸

プロトタイプとなるものは完成、ファイバー径の改良などを進めるとともに、GDL側の疎水化、触媒担体側へのPt担持に取り組んでいる

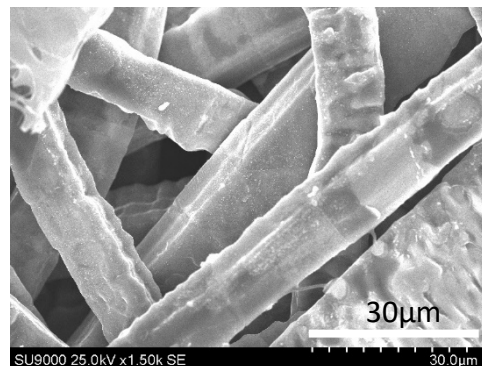
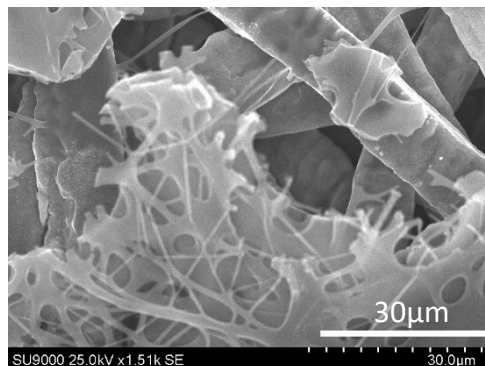
## オールカーボンファイバー 一体型電極



左図: メソポーラスカーボンファイバー触媒担体側から見たSEM画像 (ファイバー径2-4µm)

右図: non porous カーボンファイバーGDL側から見たSEM画像 (ファイバー径500nm)

## チタンファイバー+カーボンファイバー 一体型電極

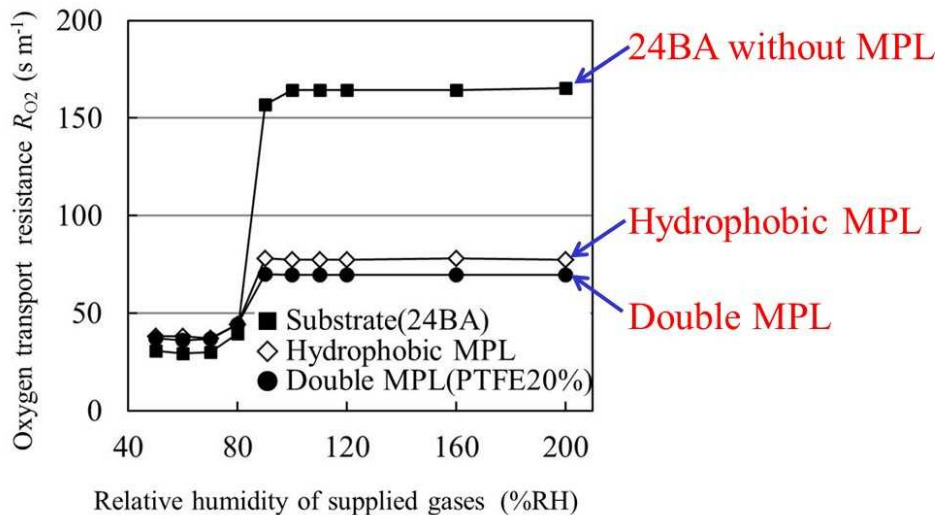
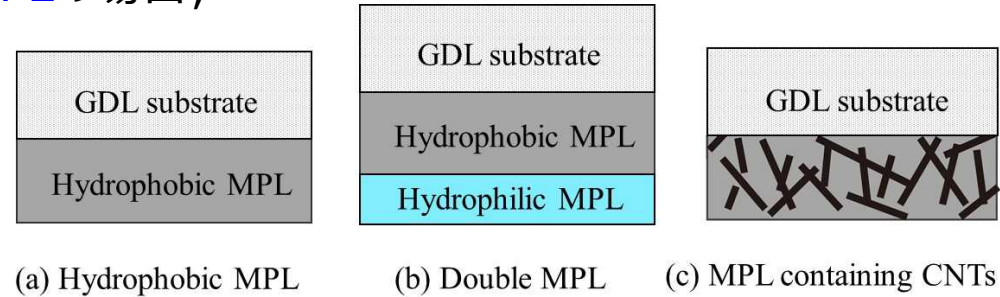


左図: メソポーラスカーボンファイバー触媒担体側から見たSEM画像 (ファイバー径2µm)、背後のチタンシート基板も確認

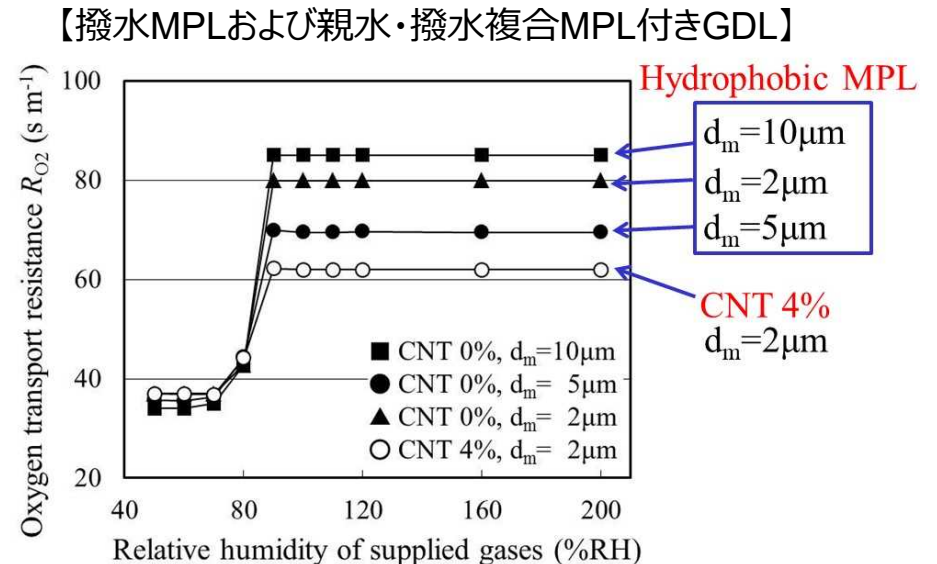
右図チタンファイバーGDL側から見たSEM画像 (ファイバー径10µm)

# 親水・撥水複合MPL付きGDLによる耐ドライアップ性と耐フラッシング性の向上

- 従来の撥水MPLの場合，耐ドライアップ性と耐フラッシング性を向上させるための設計指針が異なっており，耐ドライアップ性を高めたMPLは，耐フラッシング性が低下することが問題である。
- 親水MPLを撥水MPL表面に塗布したDouble MPLの場合，電極触媒層の過剰な生成水が撥水MPLへ導入されやすくなり耐フラッシング性が向上（酸素拡散抵抗が低下）する。
- 親水性CNTを撥水MPLに分散させた複合MPLの場合，MPL細孔径を減少させても透水圧が大幅に減少するため，電極触媒層の排水性が向上して耐フラッシング性の更なる向上が期待できる。



【Double MPLによる酸素拡散抵抗（セル温度35°C）の低減】



【親水CNT分散MPLによる酸素拡散抵抗の低減】