

大項目／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  
 中項目／水素利用等高度化先端技術開発

小項目／**150℃運転可能な高耐久超薄コンポジット電解質膜/電極接合体の研究開発**

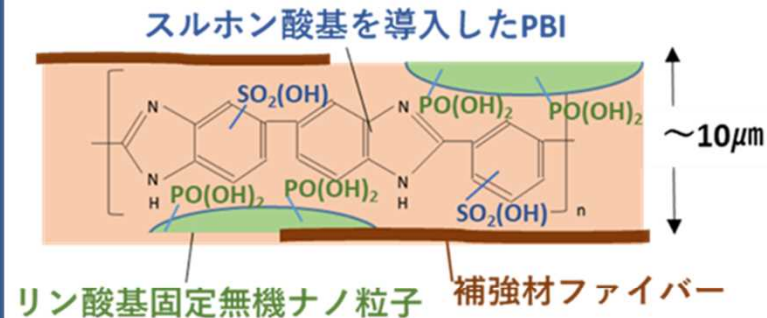
発表者名：豊橋技術科学大学・兵庫県立大学・豊田通商

連絡先 豊橋技術科学大学・

URA小山博和：koyama.hirokazu.cm@tut.jp

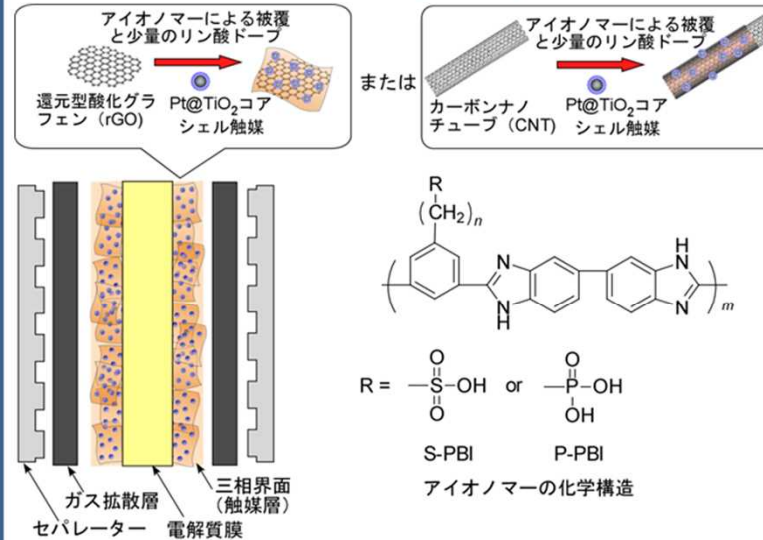
○事業概要 ・研究開発の概要（背景やコンセプト）

■ 高耐久極薄コンポジット電解質膜



- PBIと無機ナノ粒子にプロトン酸基を固定化して、酸浸出防止を実現！
- 補強材ファイバーの利用で膜厚10  $\mu$ m以下

■ 膜／電極接合体(MEA)と三相界面



- 三相界面の構造制御を行って、高耐久超薄MEA構築

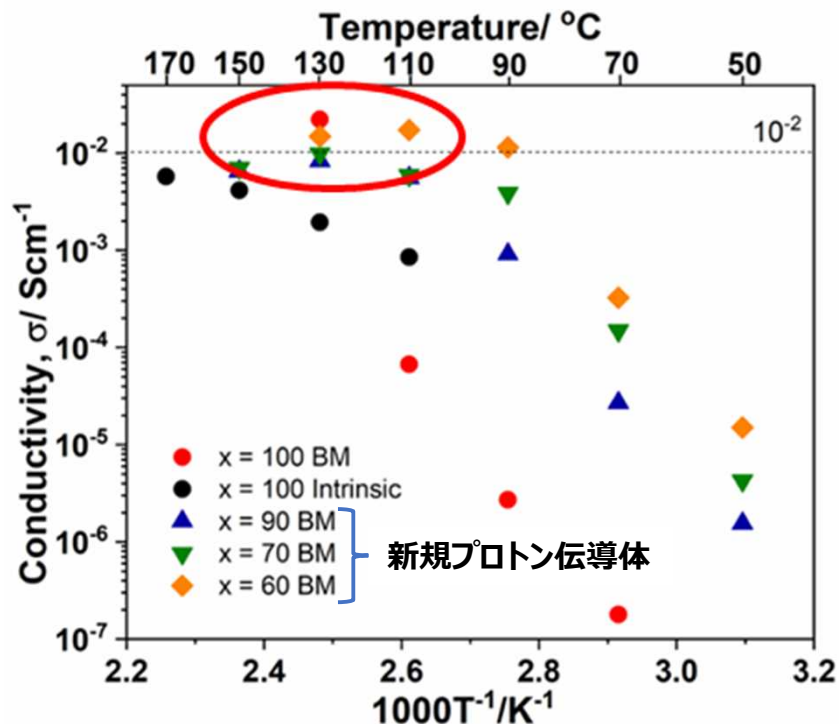
既存技術延長線上にない、低温から無水150℃以上でも作動する固体高分子形燃料電池用の電解質膜/電極接合体(MEA)を開発し

**産業界の2040年目標:出力密度 9 kW/Lを実現**

・顕著な成果等

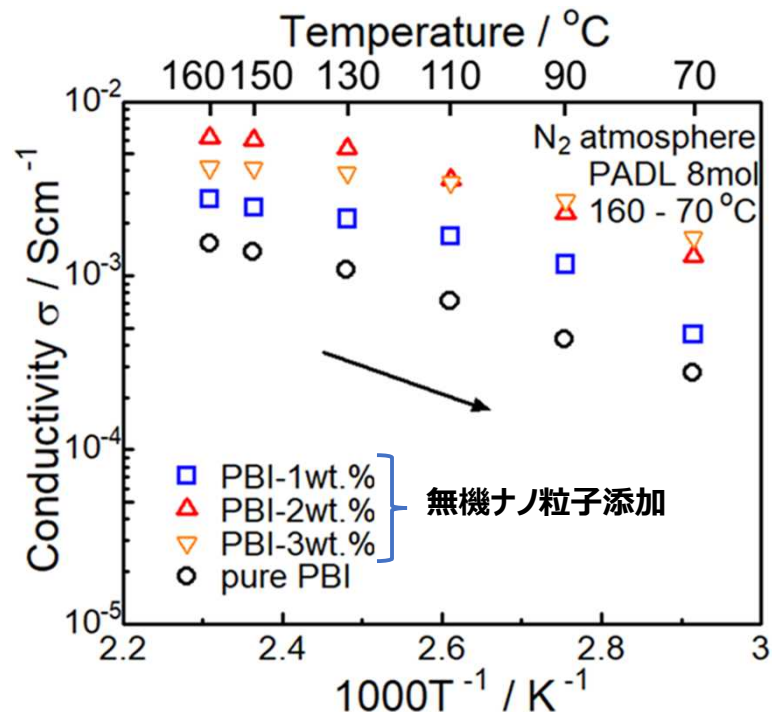
- ①PBI系コンポジット電解質膜が**160℃無加湿条件で安定して発電**することを実証した。
- ②**150℃で10<sup>-2</sup>Scm<sup>-1</sup>を超える新規プロトン伝導性無機ナノ粒子の合成に成功し、特許出願準備中。**
- ②**Pt@TiO<sub>2</sub>コアシェル触媒、CNT担持/Pt/イオノマー触媒を開発し、優れた特性を確認した。**

## ●新規プロトン酸固定無機ナノフィラーの開発



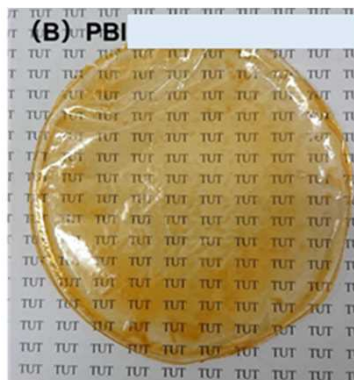
ボールミリング: BM処理で合成した新規プロトン伝導性ナノ粒子の無加湿条件下における導電率の温度依存性 ( $\sigma_{150^\circ\text{Cdry}} > 1 \times 10^{-2} \text{Scm}^{-1}$ )  
**特許出願届出済**

## ●PBI系コンポジット電解質の開発



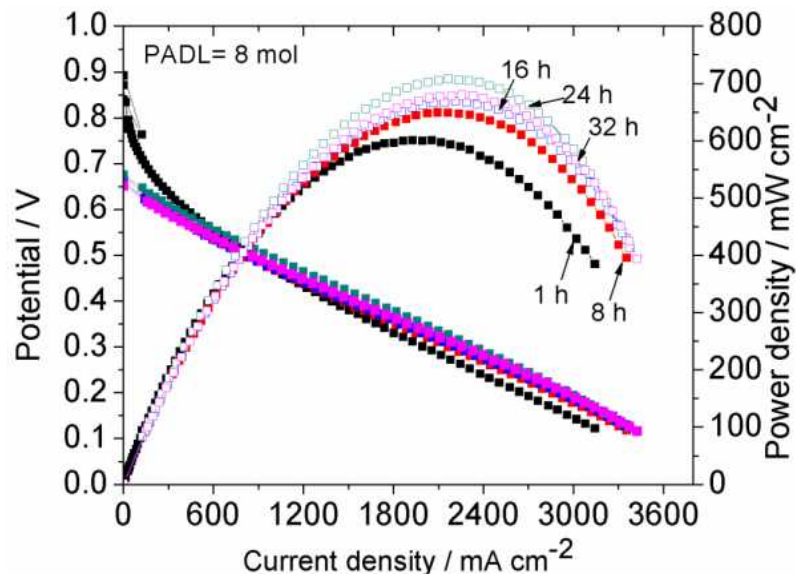
無機ナノ粒子を添加したPBIコンポジット電解質膜の無加湿条件下における導電率の温度依存性の一例 (低リン酸ドープレベルPADL=8mol、無機ナノ粒子添加量2wt%、 $\sigma_{160^\circ\text{Cdry}} = 6.2 \times 10^{-3} \text{S cm}^{-1}$ )

## ●種々の補強材ファイバの検討 (有機高分子系、無機系)

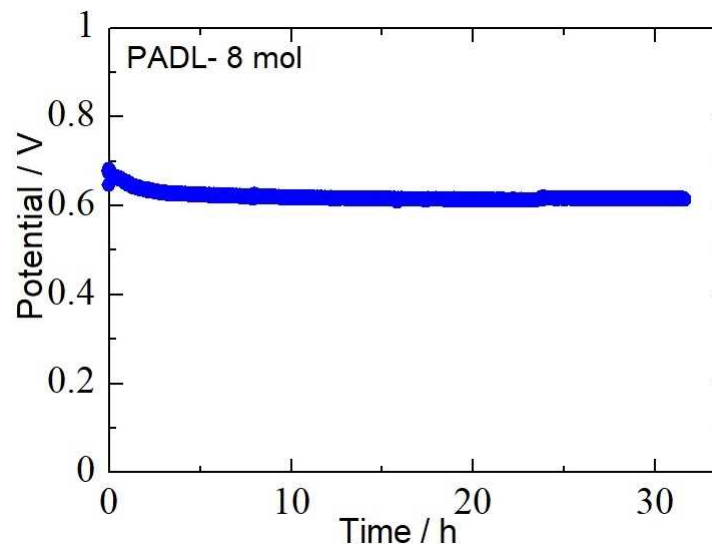


表面修飾を行ったガラスファイバを添加することで膜厚15  $\mu\text{m}$ 以下の極薄PBI系コンポジット電解質膜が得られた

## ● PBI系コンポジット電解質膜/電極接合体の開発

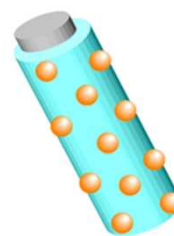
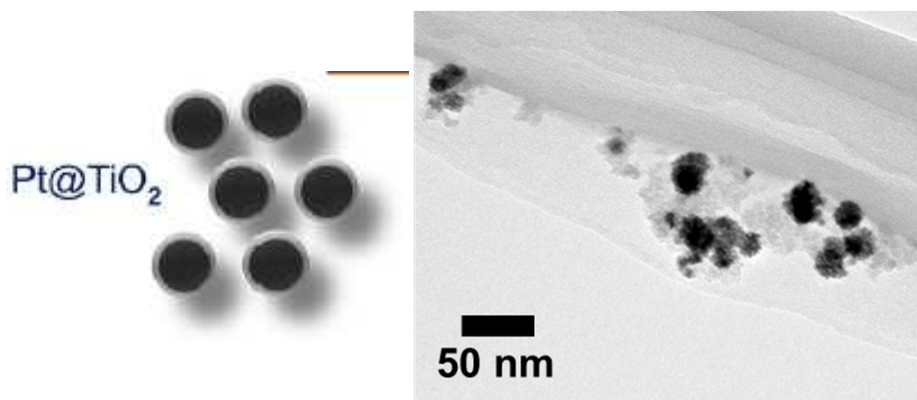


無機ナノ粒子を添加したPBIコンポジット電解質膜の160°C無加湿条件下におけるIV発電特性と最大出力密度(低リン酸ドープレベルPADL=8mol、無機ナノ粒子添加量2wt%、Pt使用量0.5mgcm<sup>-2</sup>)

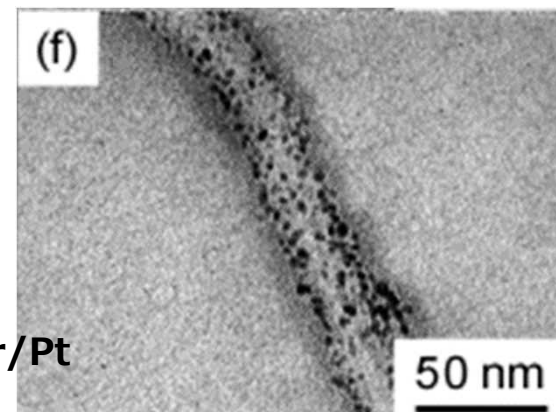


無機ナノ粒子を添加したPBIコンポジット電解質膜の160°C無加湿条件下における0.2A cm<sup>-2</sup>定電流連続発電特性(低リン酸ドープレベルPADL=8mol、無機ナノ粒子添加量2wt%、Pt使用量0.5mgcm<sup>-2</sup>)

## ● 150°C以上における高耐久触媒の検討・合成

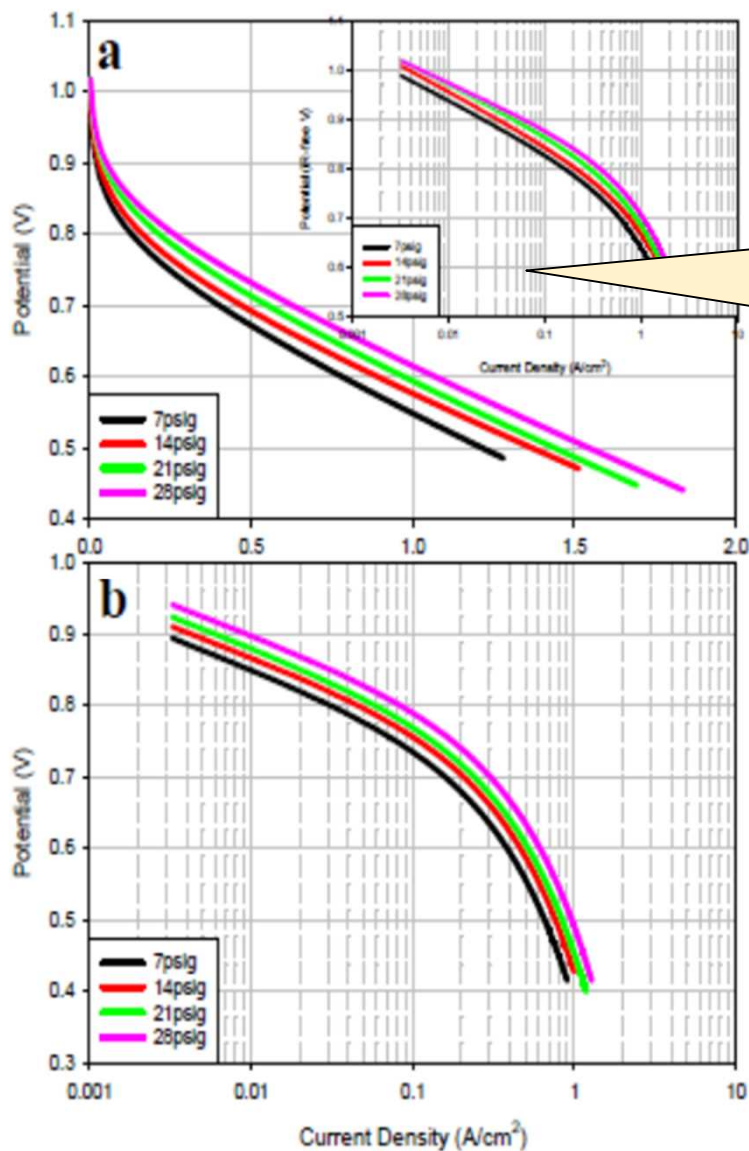


CNT/polymer/Pt  
特許出願を予定



いずれもECSA測定・CV測定によって優れたサイクル特性を確認

# ●PBI/リン酸系コンポジット電解質膜ベンチマーク ; 発電特性



Anion Resistant Oxygen Reduction Electrocatalyst in Phosphoric Acid Fuel Cell  
 Kara Strickland, Ryan Pavlicek, Elise Miner, Qingying Jia, Ivo Zoller,  
 Shraboni Ghoshal, Wentao Liang, and Sanjeev Mukerjee\*  
<https://doi.org/10.1021/acscatal.8b00390>  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acscatal.8b00390#notes-3>

H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>性能での評価が多い中で、比較的高性能なH<sub>2</sub>/Air性能が背圧依存性で示されている  
 このデータをグループ協議の上ベンチマークとした。  
**0.6V@1A/cm<sup>2</sup>(600mW/cm<sup>2</sup>)**を  
 246kPa-absのAir供給で達成。  
 ※ Pt量は両極とも1.5mg/cm<sup>2</sup>

## ●リン酸代替イオン液体(IL)の可能性調査

Nakamoto, H.; Watanabe, M. Brønsted Acid–Base Ionic Liquids for Fuel Cell Electrolytes. Chem. Commun. 2007, 43, 2539–2541. [dema][TfO]

- ・アンモニウムイオンに配位してプロトン伝導
- ・アニオンにTfOを用いてPtの被毒を回避  
 →高温FCに対して高いポテンシャル

## ●海外動向調査 : DOE-AMR2021(IL固定化)

ILBCP-IL Composite Ionomers for High Current Density Performance  
 FC309 PI: Josha Snyder

- ・Nafionのスルホン酸被毒を回避
- ・Nafionとの混合で高温低加湿  
 で高いIV性能を実現

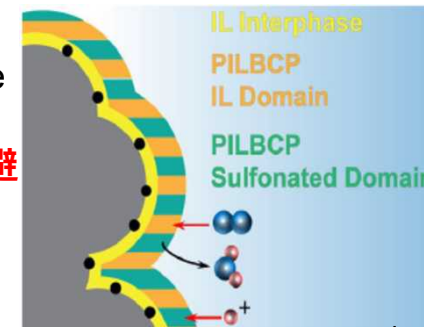


Figure S3: Pt Reference Fuel Cell Polarization Curves: (a) Oxygen Polarization Curves for Pt Reference cell, with loading of 1.5mgPt/cm<sup>2</sup> on both anode and cathode, PBI membrane. iR-corrected Tafel plot included in insert. (b) Air Polarization curves on the same MEA, displayed in Tafel format (non iR-corrected).