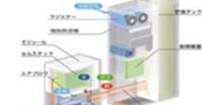
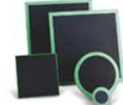


NEDO 燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／共通課題解決型基盤技術開発／超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発／WP2 高効率・高出力密度セルの開発  
 水谷安伸（産業技術総合研究所）、松本広重（九州大学）、黒羽智弘（パナソニック株）、奥山勇治（宮崎大学）

### 事業概要

水素社会の実現と定置用燃料電池の本格的普及拡大を目指して発電効率70%を見通す画期的な「プロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）」を実現する

### 実施体制



WP1 革新的高性能電極・部材の開発

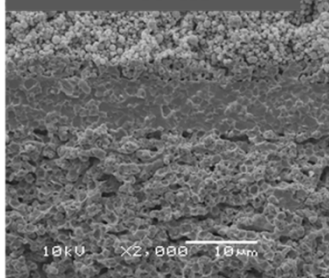
WP2 高効率・高出力密度セルの開発

WP3 セル評価・アプリケーション研究

### 研究開発目標

- (1) 低温作動の実現(500~600℃)
- (2) 出力密度の向上(国内外ベンチマークで世界最高レベル)
- (3) 発電効率の検証
- (4) 耐久性向上

### セルの微構造



空気極

中間層

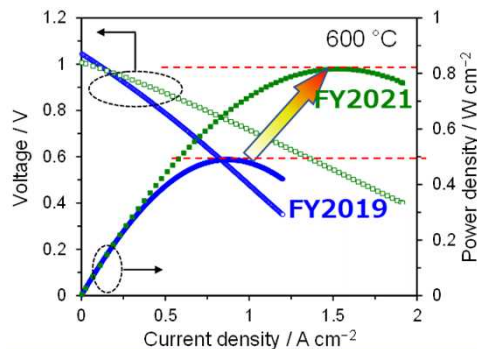
電解質

燃料極

### 実施機関とテーマ

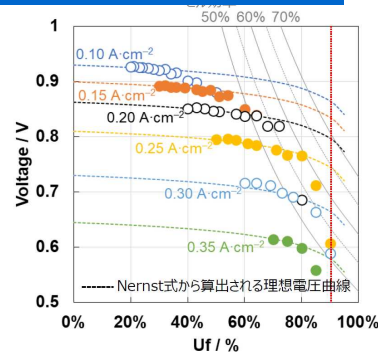
- セル界面構造の構築（九州大学）
- セル製造プロセス開発（産総研）
- 発電効率の検証と耐久性向上（パナソニック）
- 機械学習による研究加速（宮崎大）

### 成果1: 出力密度向上



- 出力密度を1.5倍に向上  
 2019年度 0.5W/cm<sup>2</sup>@600℃  
 ⇒2021年度0.8W/cm<sup>2</sup>@600℃  
 (海外トップランナーと同等レベル)

### 成果2: 発電効率向上



- 燃料利用率90%の発電に成功（SOFCでは75~85%）
- 最高発電効率は59%（中間目標の55%を超える）

### 機械学習による研究開発加速

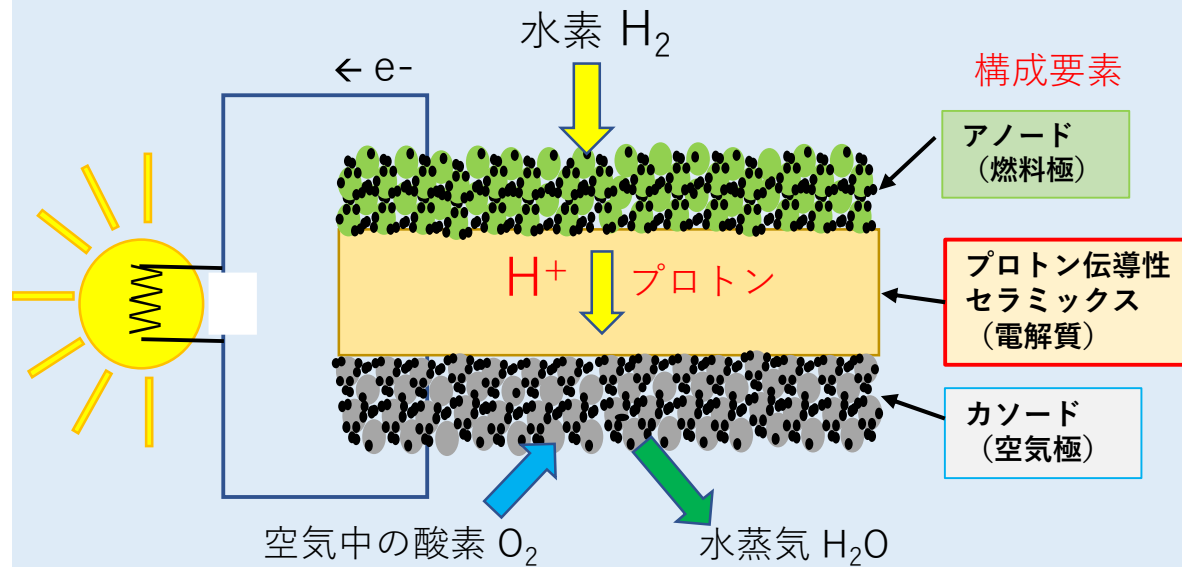
- Gradient Boostingによる輸率予測手法確立
- 機械学習用データベース構築

### 電極・電解質マイクロ界面設計

- 遷移金属の影響を排除した電解質の成膜
- ナノ粒子空気極の適用

連絡先：産業技術総合研究所  
 極限機能材料部門 水谷安伸  
 E-mail: yas-mizutani@aist.go.jp  
 TEL:052-736-7569

# プロトン伝導セラミック燃料電池 (PCFC) について



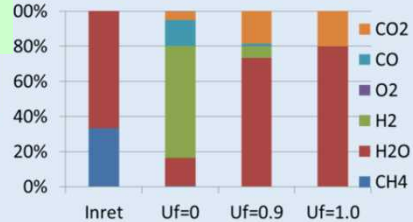
プロトン伝導性セラミックスは日本発の材料(岩原ら,1985)

## < 特長 >

- ・ 600°C以下の中温域で動作可能
- ・ SOFCよりも作動温度が低いメリット (低コスト、急速起動停止)
- ・ 理論的に高い発電効率を実現可能 (アノードで燃料が希釈されない)
- ・ 貴金属不要
- ・ 中温作動のため化石燃料も利用可能
- ・ 水素関連デバイスへの応用展開が可能

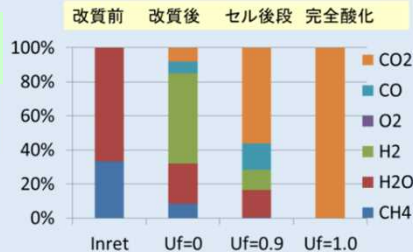
## SOFC

750°C  
S/C=2.0

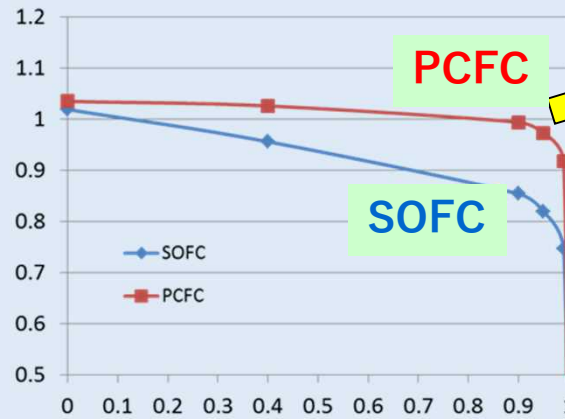


## PCFC

600°C  
S/C=2.0



メタン燃料におけるガス組成



燃料利用率と起電力の関係

高燃料利用率で運転可能 ×  
高燃料利用率でも高い電圧  
=水素でもメタンでも高効率

## 将来期待される市場展開

- 化石燃料およびグリーン燃料からの高効率発電 (Fuel to Power)
- 再生可能エネルギーからの高効率グリーン燃料製造 (Power to Fuel)
- 様々な化学品、液体燃料の製造 (Power to Chemicals)

# PCFC研究開発 NEDOプロジェクトの概要

## プロジェクト名

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  
／共通課題解決型基盤技術開発

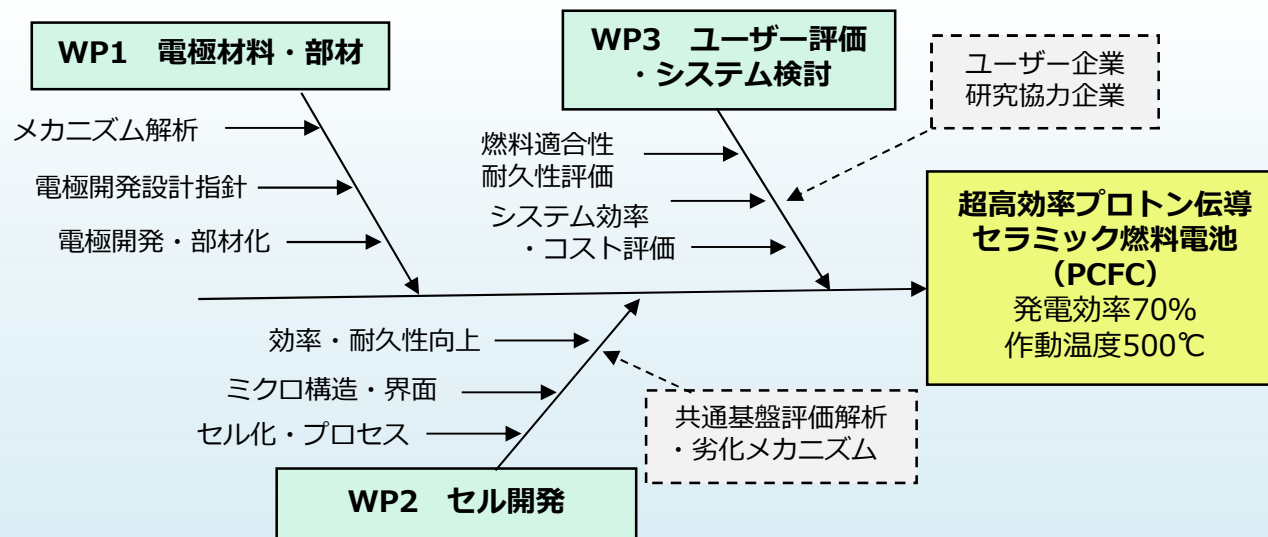
## 事業名 超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発

WP1 革新的高性能電極・部材の開発

WP2 高効率・高出力密度セルの開発

WP3 セル評価・アプリケーション研究

**研究開発体制** NEDO委託12機関、再委託2機関、共同実施機関3社、研究協力企業4社



開発目標	目標値
発電効率向上	発電効率65%以上 70%を見通す
出力密度向上 低温作動化 カソード	出力密度 >1.3 W/cm <sup>2</sup> @500℃ 分極 <0.1Ωcm <sup>2</sup>
耐久性向上	電圧低下率 1%/1000hr以下

- ・材料からシステムまでの一貫した取り組み（水平連携と垂直連携）
- ・国内のプロトン伝導研究者の英知を結集して課題解決に取り組む

# 超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発／ WP2高効率・高出力密度セルの開発(GL:産総研 水谷) 2020年度研究成果・トピックス

研究開発テーマ	実施機関	2020年度成果
①セル高出力密度化に向けた電極／電解質マイクロ界面設計	九州大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>スパッタリング法およびレーザーアブレーション法で遷移金属の侵入を排除した電解質を製膜して電気化学的評価</li> <li>ビーズミル法によるBa<sub>0.5</sub>La<sub>0.5</sub>O<sub>3</sub>(BLC55)ナノ粒子を用いた空気極で電極過電圧の低減効果を確認</li> </ul>
②革新的プロセスによるセル化技術開発	産業技術総合研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>BaZr<sub>0.8</sub>Yb<sub>0.2</sub>O<sub>3-δ</sub>(BZYb)電解質を用いた燃料極支持型セルにおいて電解質膜厚の影響およびBaZr<sub>0.1</sub>Ce<sub>0.7</sub>Y<sub>0.1</sub>Yb<sub>0.1</sub>O<sub>3-δ</sub>(BZCYYb) 中間層の効果を確認</li> <li>電解質を薄膜化したセルで出力密度を1.5倍に向上 (600℃で0.8W/cm<sup>2</sup>、海外トップランナーと同等レベルに到達)</li> </ul>
	京都大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>遷移金属の拡散を抑制する界面接合プロセスとして逐次焼成でNiアノード成膜、焼成条件 (雰囲気、温度) で組織制御</li> </ul>
	群馬大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>易焼結性のBZYbナノ粒子を合成するプロセスを開発し、従来よりも低温で焼結可能であることを確認</li> </ul>
③高燃料利用状態での動作実証と、耐久向上のための劣化抑制技術の開発	パナソニック 宮崎大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>高燃料利用率の発電と発電効率確認において、燃料利用率80%の条件で59%の発電効率を得た (中間目標55%)</li> <li>1000時間の耐久試験から外部コンタミ成分としてSi, Agを確認し、対策により劣化率を改善</li> </ul>
④機械学習を用いたPCFCセル・材料の性能予測と製造プロセス最適化提案	宮崎大学 九州大学 産業技術総合研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロトン輸率を予測するためのデータベース作成と学習モデルを構築し、予測精度を確認</li> <li>仮想組成の可否判定ツールの開発と熱膨張率予測</li> <li>機械学習用PCFC Databaseの構築と結晶構造データ蓄積</li> </ul>