

発表No. A-35

**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
研究開発項目 I 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
(WP3 セル評価・アプリケーション研究)**

参画機関（委託先）

○一般財団法人電力中央研究所

国立研究開発法人産業技術総合研究所

国立大学法人東京工業大学

国立大学法人横浜国立大学

参画機関（共同実施機関）

東京ガス株式会社

東邦ガス株式会社

株式会社エア・リキード・ラボ
ラトリーズ

発表者 ○森 昌史

2022年7月28日

参画機関（研究協力企業）

イムラ・ジャパン株式会社

住友電工株式会社

株式会社IHI

三井金属鉱業株式会社

株式会社ノリタケカンパニーリミテド

連絡先：電力中央研究所
エネルギートランスフォーマー
ション研究本部 森 昌史
E-mail:masashi@criepi.denken.or.jp
TEL:070-6568-9562

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

1. 期間

開始：2020年7月
終了（予定）：2025年3月

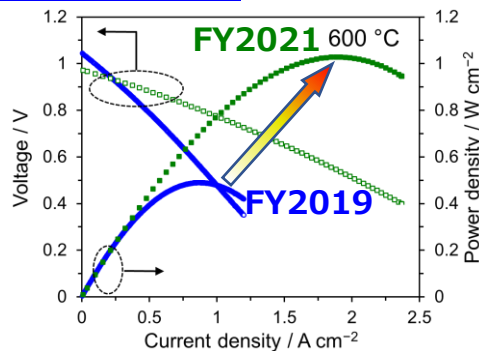
2. 最終目標

開発目標	目標値
発電効率の向上	発電効率65%以上70%を見通す
出力密度の向上 空気極高性能化	出力密度 $>1.3 \text{ W/cm}^2$ @500°C 分極 $<0.1 \Omega\text{cm}^2$
耐久性向上	電圧低下率 1%/1000hr以下

3. 成果・進捗概要

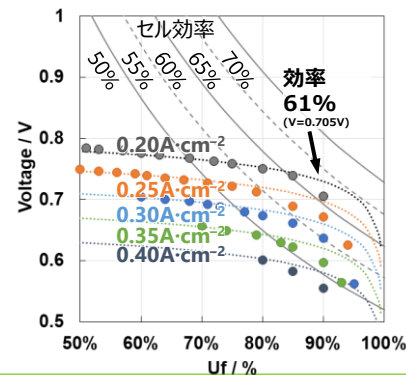
研究開発テーマ	実施機関	成果・トピックス
①セルの耐久性・信頼性及び出力変動負荷サイクル評価・解析	電中研・東京ガス・東邦ガス・エア・リキード	基礎発電特性評価と安定性試験（最大試験時間：1000h）の実施
②電気化学測定による性能劣化要因特定技術の確立	産総研	緩和時間分布(DRT)法によるセル要素の電気抵抗分離技術の確立
③コストエンジニアリングによる製造プロセス及び高性能セル・システム設計	東工大	中間層/電解質の膜厚比の適性化によるリーク電流抑制の確認
④セルスタックのマルチフィジックス数値解析技術の開発及び実験による確度検証	横浜国大	マルチフィジックスモデルにより高い精度でセル特性を再現することに成功

出力密度向上



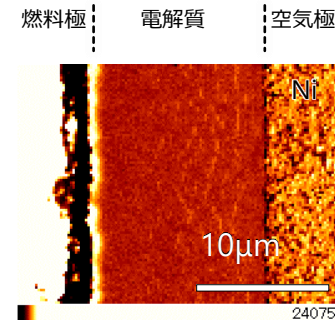
- 出力密度を2倍に向上
2019年度 0.5 W/cm^2 @600°C
⇒2022年度 1.0 W/cm^2 @600°C
(海外トップランナーと同等以上)

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61% (中間目標の55%を超える)

耐久性向上

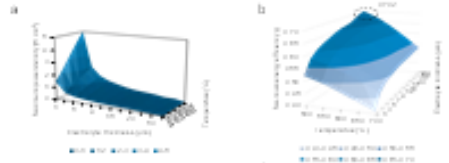


- 空気極側の劣化が主要因
- SOFCでは見られない劣化挙動を観測 (電解質中Niが偏析) 【WP3/外部PJ連携の成果】

機械学習による研究開発加速

- 電解質のプロトン伝導度、輸率の予測システム構築
- 機械学習用データベース構築

セル性能予測モデル構築

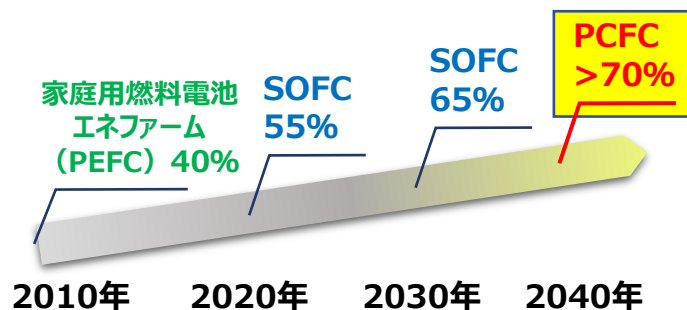


- 材料物性およびセル仕様から高精度にセル性能を予測 【WP2/WP3横国大連携成果】

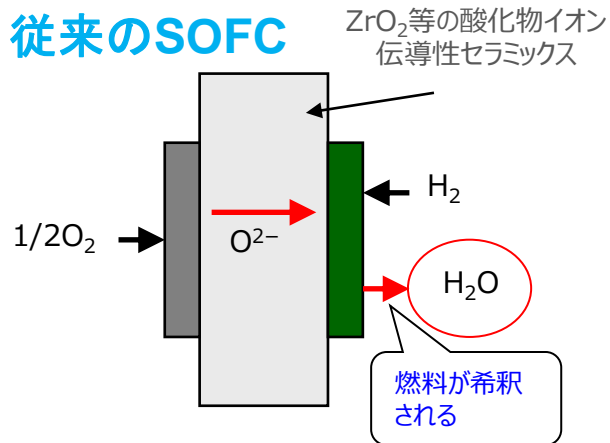
1. 事業の位置付け・必要性

次世代SOFCのニーズ

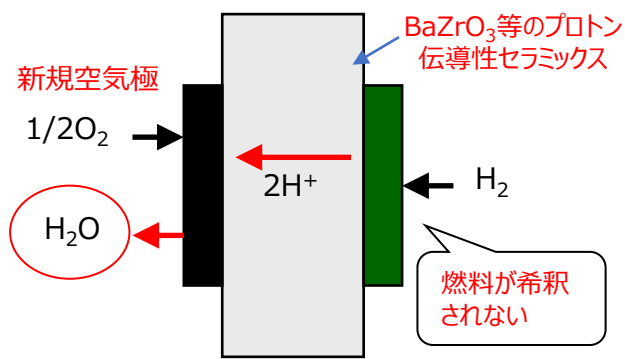
1. 発電効率の向上
2. 長寿命化
3. 付加価値の向上
4. 水素社会への貢献



従来のSOFC



本研究開発のPCFC



研究開発の最終目的、アウトカム

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

研究開発の背景

定置用燃料電池の飛躍的な普及拡大のためには、

- (1) 発電効率向上によるモノジェネ市場への普及拡大 (グリッドパリティの実現)
- (2) CO₂排出削減、グリーン燃料対応による企業のRE100ソリューションへの対応 (低炭素から脱炭素) が求められている

PCFCの特長

- ① **600°C以下の中低温域で動作可能**
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)
- ② **理論的に高い発電効率の実現可能**
(アノードで燃料が希釈されない)
⇒ 高燃料利用率 × 高電圧 = 高効率
- ③ **水素関連デバイスへの応用展開が可能**
⇒ 水素燃料電池、高効率水素製造
- ④ **貴金属不要で低コスト**

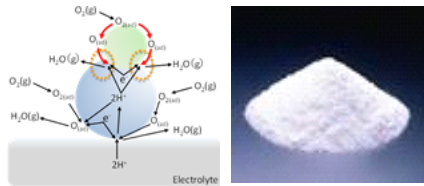
2. 研究開発マネジメントについて

研究開発目標

1. 発電効率の向上：発電効率65%以上を実証、70%を見通す
2. 出力密度の向上：セルの出力密度 $>1.3\text{W}/\text{cm}^2@500^\circ\text{C}$ （低温作動）
空気極抵抗： $<0.1\Omega\text{cm}^2@500^\circ\text{C}$
3. 耐久性向上：電圧低下率 1%/1000hr以下
4. システム検討：単セルの性能を検証し、システムの机上検討を行う

研究開発実施体制

・ WP1（電極材料開発）、WP2(セル開発)、WP3（評価解析)の3事業が連携して課題解決



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



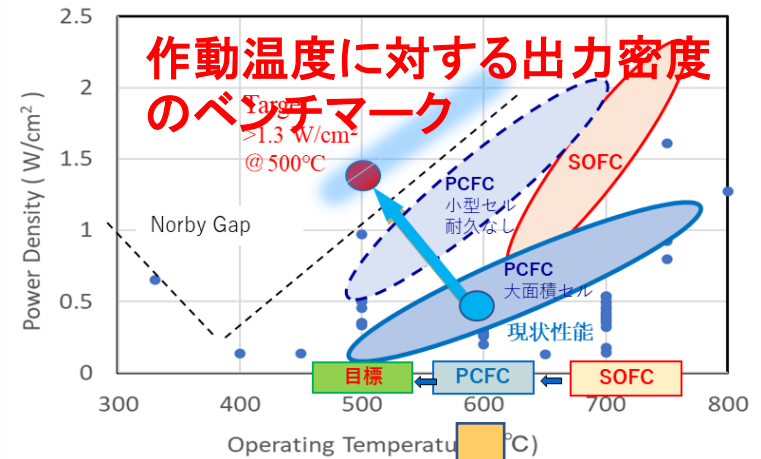
WP3 セル評価・アプリケーション研究

研究開発マネジメント体制

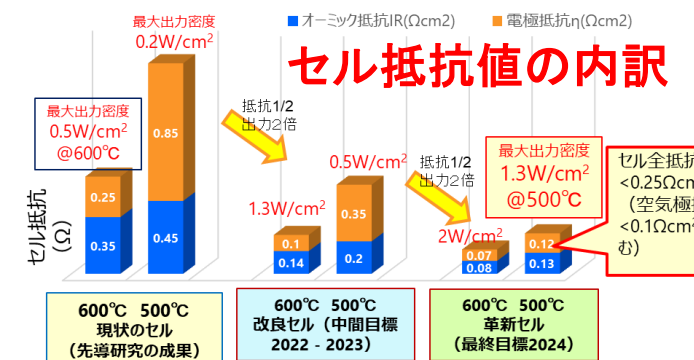
- (1) 研究開発マネジメント：PL意見交換、外部有識者、3GL会議、コアメンバー会議
- (2) 研究開発推進：全体会議、WP進捗会議、サテライトミーティング、Ad-Hoc会議
- (3) 知財・連携：知財検討委員会、技術検討委員会

目標設定の考え方

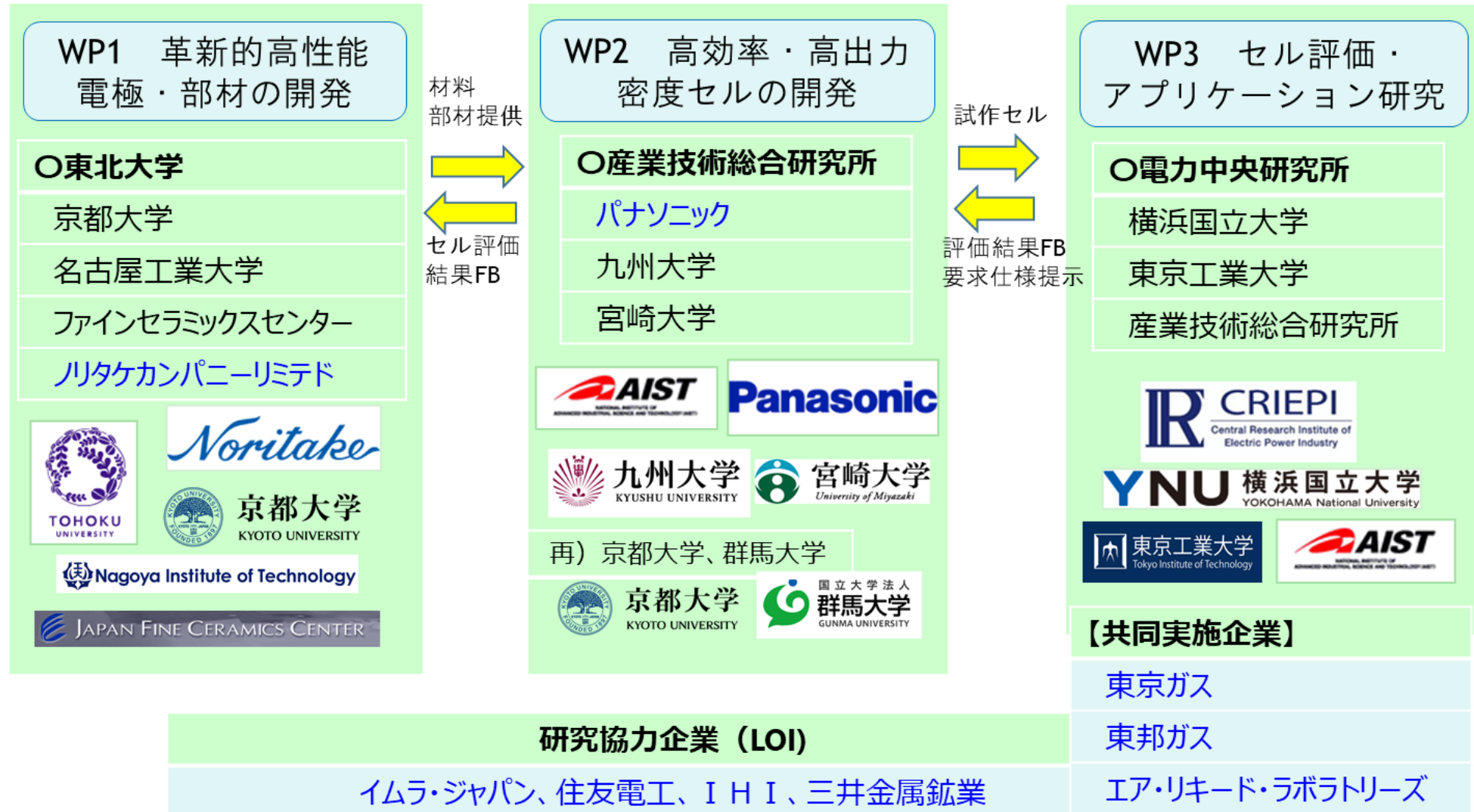
- (1) 市場からの要求性能
- (2) 国内外文献調査からベンチマーク



達成すべきセル性能



【参考】 研究開発実施体制（WP1~WP3全体の参画機関および研究協力企業）



○: 代表機関 (GL)

研究協力企業 (関心表企業) からのアドバイス

共同実施企業 (ユーザー企業) のご協力

3. 研究開発成果

①-1 セルの耐久性・信頼性及び出力変動負荷サイクル評価・解析 (電力中央研究所)

研究開発概要(背景、目的、課題)

前先行研究において、実用レベル0.5 W/cm²(600°C)の出力密度を達成し、500°Cの低温においてもPCFCの発電効率65%以上の超高効率発電システムの実現可能性を見出した。
しかしながら、性能の安定性や都市ガス改質燃料を想定したCO₂耐久性については明らかになっておらず、実用化に向けた開発に取り組む必要がある

研究開発目標、アプローチ

WP2で開発した単セルを用い、共同実施機関と連携し、ユーザー視点から評価(発電特性、安定性、熱サイクル特性、リバーシブル特性等)を実施する。
セルのナノ・マイクロ構造変化の観察および第一原理計算により、性能劣化要因等を特定する。
PCFC評価装置およびCO₂耐性評価装置を製作し、水素およびメタン改質ガス燃料を想定した評価を実施する。

研究成果、トピックス

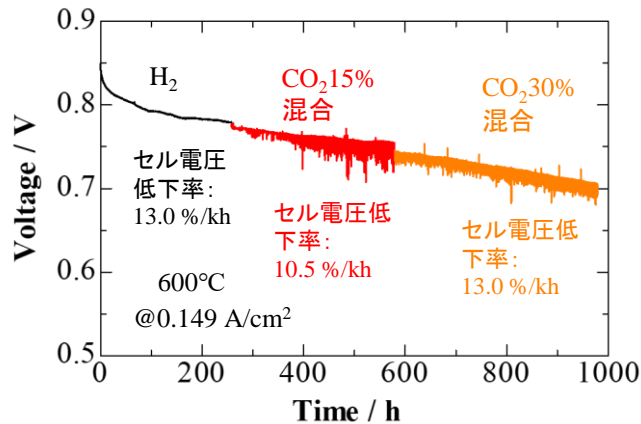


図1 パナソニック製セルの発電評価：水素燃料にCO₂を混合させたが、**顕著な性能低下は見られなかった**

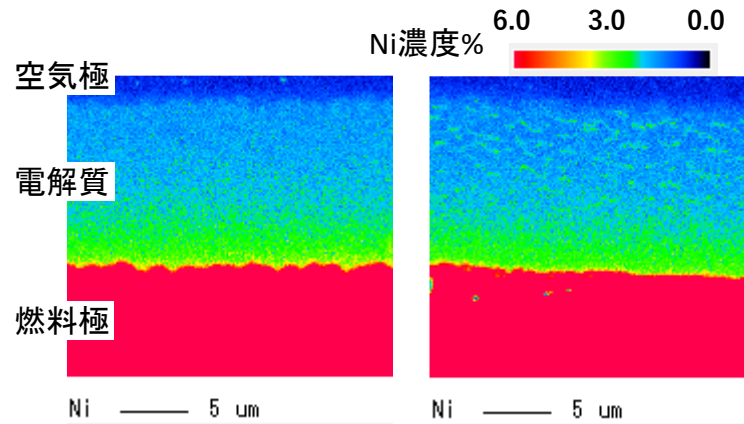


図2 パナソニック製セルのEPMA分析結果：製造時において電解質中にアノードのNiが拡散しており、**発電試験時間とともに、電解質中Niが筋状に偏析**することが分かった

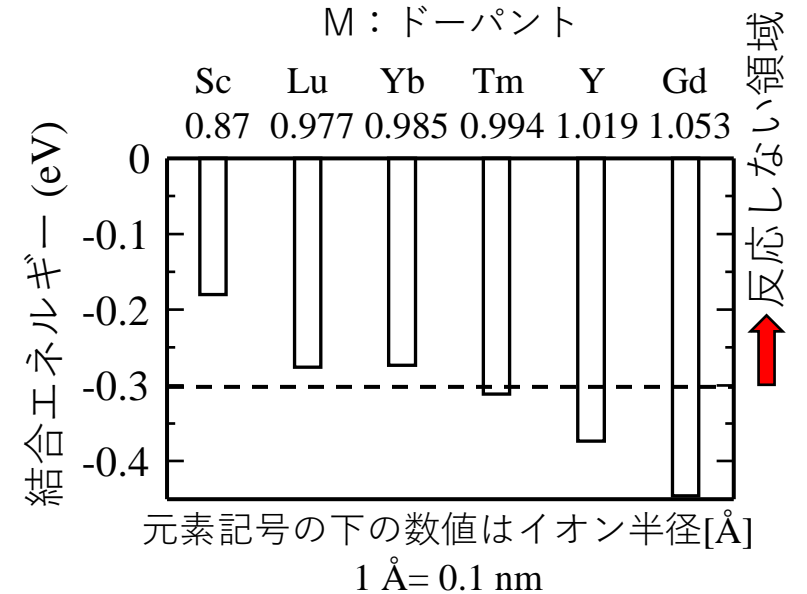


図3 第一原理計算により求めたBaZrO₃中でのNiとドーパント元素(M)の結合エネルギー：Ni-M間の結合エネルギーを比較することで、**実験結果の裏付け**が得られた

3. 研究開発成果

①-2 セルの耐久性・信頼性及び出力変動負荷サイクル評価・解析 (東京ガス・東邦ガス・エア・リキード)

研究開発概要(背景、目的、課題)

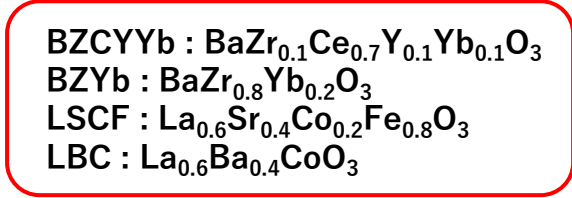
前先行研究において、実用レベル0.5 W/cm²(600°C)の出力密度を達成し、500°Cの低温においてもPCFCの発電効率65%以上の超高効率発電システムの実現可能性を見出した。
 しかしながら、性能の安定性や都市ガス改質燃料を想定したCO₂耐久性については明らかになっておらず、実用化に向けた開発に取り組む必要がある

研究開発目標、アプローチ

WP2で開発した単セルを用い、電力中央研究所と連携し、ユーザー視点から、

- ・基礎発電特性
- ・安定性
- ・リバーシブル特性

等の試験を実施する。



研究成果、トピックス

(東京ガス(TG)・東邦ガス(THG)が実施)

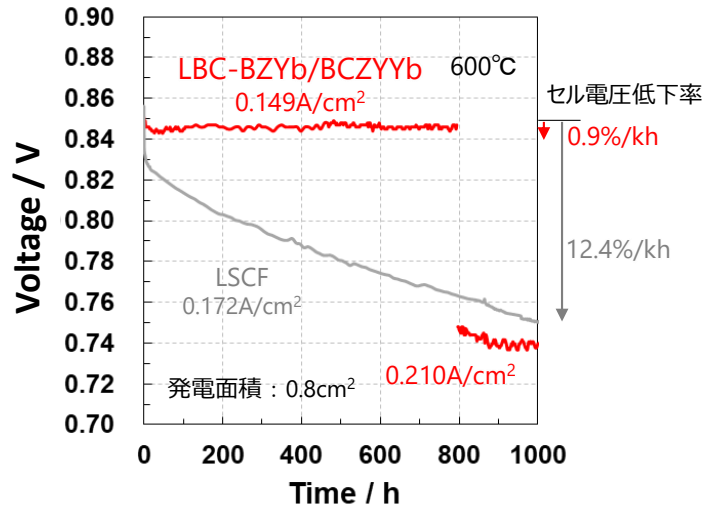


図1 3%加湿水素(100 ml/min)によるパナソニック製PCFCの安定性試験結果; **BCZYYb** 中間層導入により高い安定性が得られた

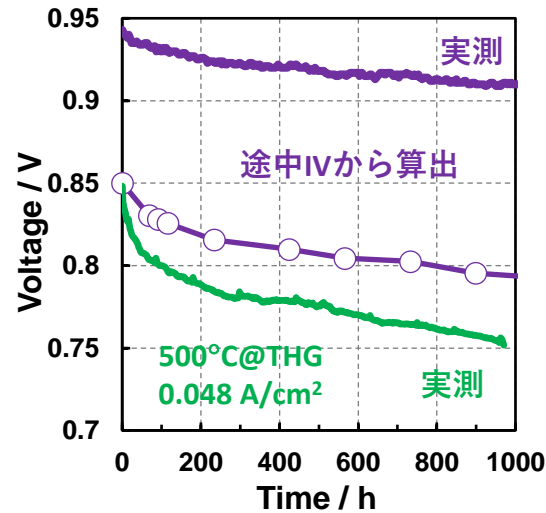


図2 パナソニック製PCFC (電極面積:0.8 cm²) の発電温度による劣化挙動の比較; **同一電流密度では500°Cの方が劣化が大きい。**特に、初期の電圧低下が顕著

(エア・リキード・ラボラトリーズが実施)

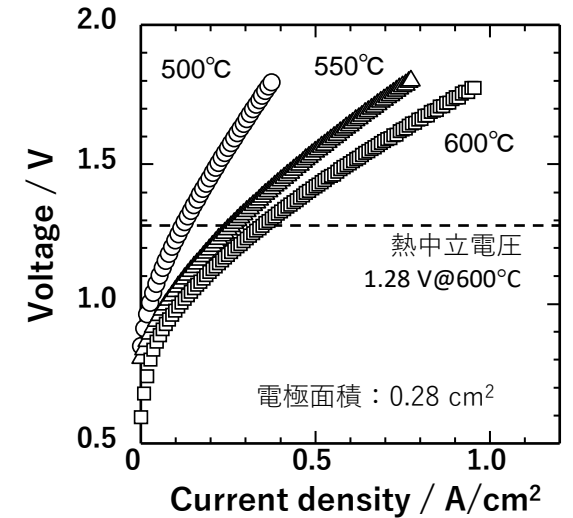


図3 BZCYYb1711中間層を挿入した産総研製標準セルの電解特性試験; 中間層挿入の効果は十分でなく(Faraday効率: 30%→70%@500°C)、**改善する必要がある**ことが分かった

3. 研究開発成果

②電気化学測定による性能劣化要因特定技術の確立 (産業技術総合研究所)

研究開発概要 (背景、目的、課題)

燃料電池や二次電池等の電気化学デバイスでは、電解質、電極の分極抵抗を分離するため、一般的に電気化学インピーダンス測定が行われる。しかし、実際の測定では複数のインピーダンスがオーバーラップして出現するため、分極抵抗を正しく分離する手法を確立する必要がある。

研究開発目標、アプローチ

PCFCの電気化学インピーダンスを測定し、緩和時間分布(DRT)法によって燃料極・空気極等の内部抵抗を分離する技術を確立し、高性能・高効率化や耐久性・信頼性向上に向けて、性能改善策の低減や性能劣化要因の特定等を行う。

研究成果、トピックス

2020年度は参照極を有する電解質支持形PCFCを用いて電気化学インピーダンスを測定・解析した。2021年度は高出力密度が得られる燃料極支持形PCFCについて、燃料極の水素分圧および空気極の酸素分圧等を変化させることにより、それぞれの分極抵抗の分離し、**DRTピークをそれぞれ律速過程となる電極素反応に帰属**した。今後は、これらの成果を性能劣化要因特定に活用する予定である。

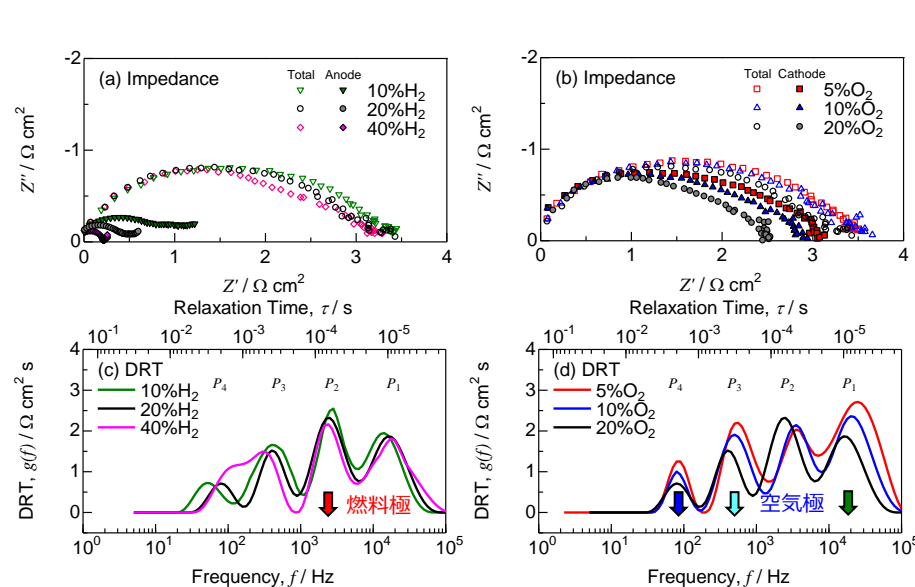


図1 電解質支持形PCFCのDRTスペクトル
H. Sumi et al., Sci. Rep., **11** (2021) 10622.

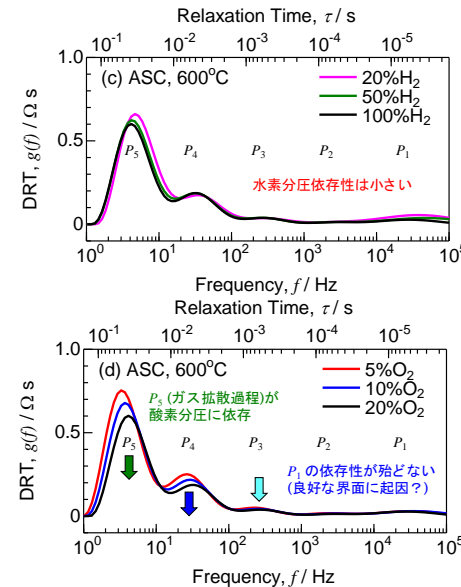


図2 燃料極支持形PCFCのDRTスペクトル

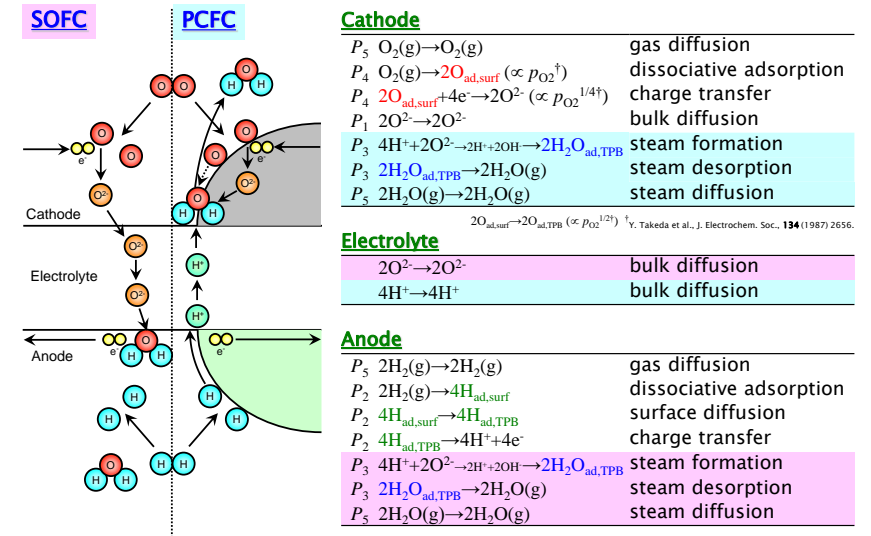


図3 PCFCの電極素反応とDRTピークの帰属
H. Sumi et al., Sci. Rep., **11** (2021) 10622.

3. 研究開発成果

③コストエンジニアリングによる製造プロセス及び高性能セル・システム設計 (東京工業大学)

研究開発概要(背景、目的、課題)

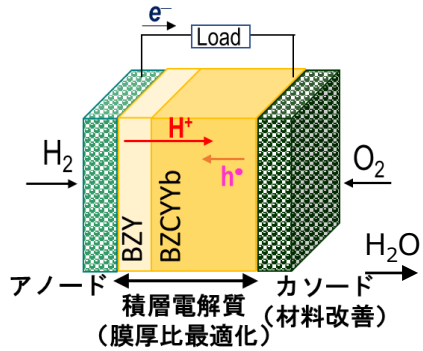
- ・小型定置型SOFCの導入コストは未だに高い水準にあるため、今後の大規模な普及に向けてはさらなるコスト低減が求められている。
- ・PCFCは、性能向上の研究開発に加え、低コスト化に向けた検討項目が多く、材料、製造プロセスを含め、普及に向けコストを意識した開研究発が必要である。

研究開発目標、アプローチ

- ・コストエンジニアリングによるセルスタック・システムのコスト評価手法の確立
 - ・各種デザインのPCFCの製造コスト評価
 - ・製造プロセスの相互比較・特徴の議論
- ・目標出力・効率に向けた高効率セルデザインの検討
 - ・積層形PCFCの設計

研究成果、トピックス

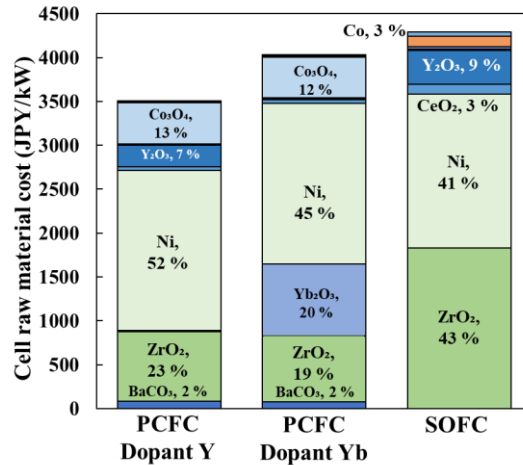
積層電解質の最適化設計



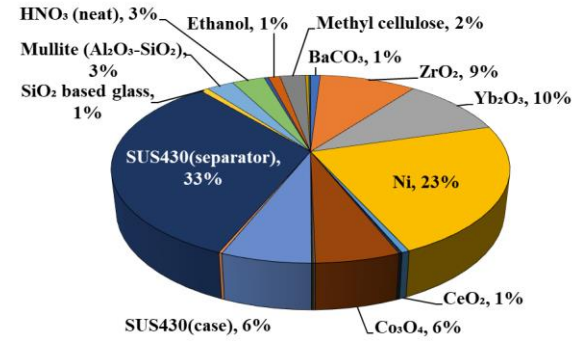
電解質 : BZY($\text{BaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_3$)
 中間層 : BZCYyb
 ($\text{BaZr}_{0.1}\text{Ce}_{0.7}\text{Y}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}\text{O}_3$)

- ・プロトン、ホール、電子の輸送特性から、電解質と中間層の膜厚比を最適化し、**リーク電流を抑制した高効率セルを考案した**
- ・高効率セルの使用元素と量から、PCFCはSOFCと比較して、より**高価なZrO₂の使用量が少なく、原材料コストに優位性**があることが分かった

PCFC, SOFC セル原材料コスト



スタック原材料コスト

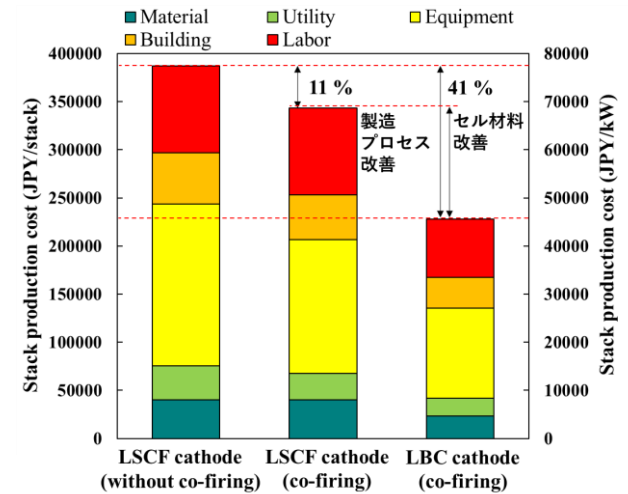


評価対象 : 5 kW級PCFCモノジェネ

LBC : $\text{La}_{0.6}\text{Ba}_{0.4}\text{CoO}_3$

- ・スタック製造プロセスの評価手法を構築し、製造コストの計算を行った結果、**5kWスタック製造コスト**は、セル最適化、製造プロセス改善、WP1,2と連携したカソードの性能向上により**SOFCと同等の5万円/stackが可能**である
- ・コスト低減に向けて、各種セルデザイン(金属支持形等)や製造プロセス、およびシステム全体の適性化検討が重要である

5 kW スタック製造コスト



3. 研究開発成果

④セルスタックのマルチフィジックス数値解析技術の開発及び実験による確度検証 (横浜国立大学)

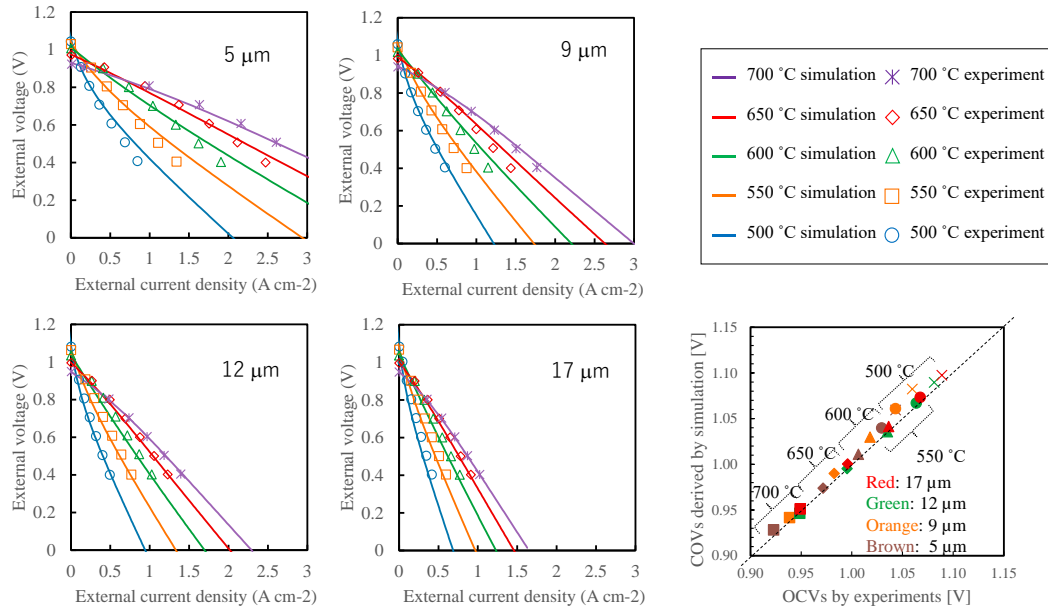
研究開発概要(背景、目的、課題)

プロトン伝導体は低温から高い伝導度を有する利点の一方で、酸素・水蒸気濃度や温度によって電流効率が低下する懸念がある。さらに、それら濃度・温度・電流は相互に影響するため、最適な構造や運転条件を導くためにはそれらをすべて統合的に検討するマルチフィジックスな連成解析モデルが必要。

研究開発目標、アプローチ

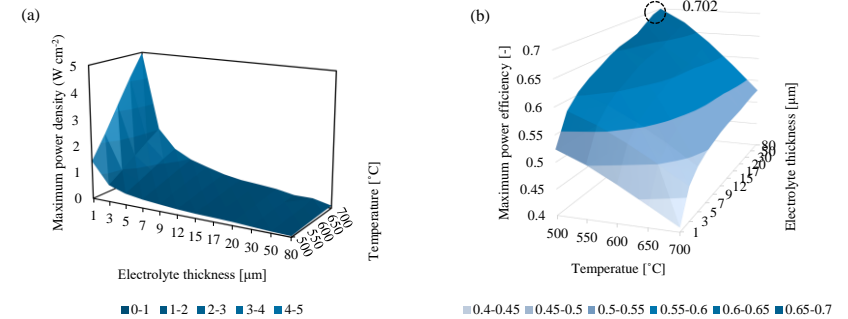
電解質中のプロトン・ホール輸送とセル全体にわたる物質輸送・熱輸送を連成したマルチフィジックスモデルを開発。これまで実際に計測されることの少なかった温度分布や水蒸気濃度の影響を実測し、解析モデル確度を検証する。

研究成果、トピックス

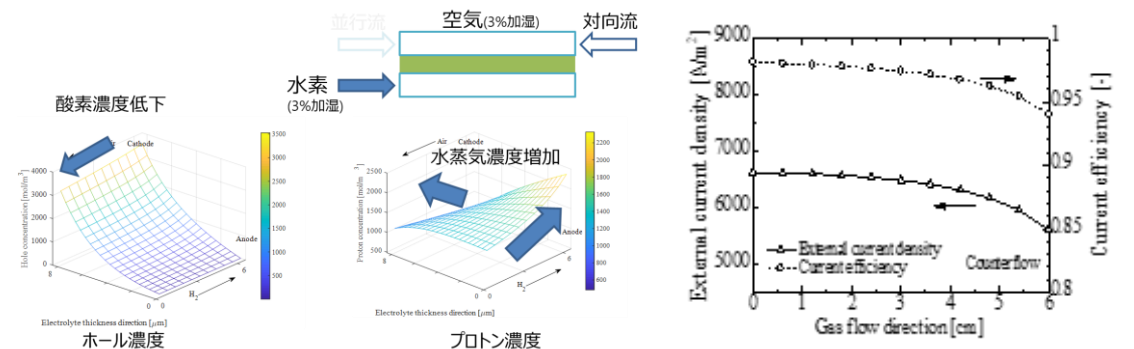


ホール・プロトンの界面平衡と導電率データから幅広い膜厚、温度における発電性能をフィッティングパラメータを用いず再現することに成功。

特に、電極特性とホールによるリーク電流をともに考慮することで、**5mV以下の誤差でOCVを再現** → 世界にも類例のない成果



数値解析モデルにより、ホール伝導を考慮した最適な電解質厚と運転温度を検討。
現状のセルでも水素燃料を用いた場合、70%以上の発電効率の可能性



両極・流れ方向に水蒸気・酸素の濃度分布が存在する場合のプロトン・ホールそれぞれの電流を解析し、運転条件設定の重要性を示唆

3. 研究開発成果 ⑤シーズ・ニーズ比較検討（産業技術総合研究所他）

研究開発概要（背景、目的、課題）

目的： 効率的なプロジェクト運営と研究開発の早期実用化

- ・プロジェクトの総合マネージメントと効率的な運営
- ・国内外の最新技術動向調査とベンチマーク
- ・実用化が想定されるシステムのフィージビリティスタディ
- ・研究開発成果の早期実用化に向けた普及シナリオ策定
- ・成果普及PR活動

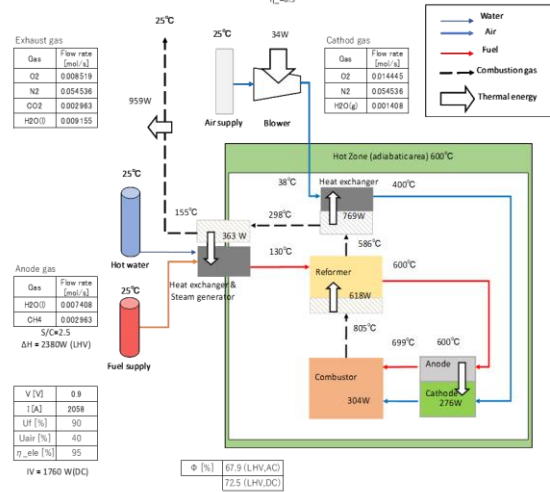
研究開発目標、アプローチ



研究成果、トピックス

①家庭用システムのフィージビリティスタディ

・メタン燃料を用いた家庭用PCFCシステムのサイクル計算を実施し、SOFCとの差異を明確化



メタン燃料形家庭用システムのサイクル解析

②技術動向調査

・トップランナーおよび低温作動高出力密度化技術に関する文献調査を実施（下図）
 ・EFCF2020, DOE Review Meeting等に参加して最新の技術動向を調査

No.	文献情報	出版年	引用
1-1	A 5 x 5 cm ² protonic ceramic fuel cell...	2018	9
1-2	Influence of Cathode Porosity on the Power Density...	2018	9
1-3	High-Performance Protonic Ceramic Fuel Cell...	2018	30
1-4	Compositing protonic conductor BaZr _{0.4} Fe _{0.4} O _{3-x} as electrolyte for advanced solid oxide fuel cell...	2020	-
1-5	Proton Conduction and Fuel Cell Using the CuFe-Oxide Mineral Composite Based on CaTiO ₃ Structure...	2018	9
1-6	Proton-Conducting Micro-solid Oxide Fuel Cells with Improved Cathode Reactions by a Nanoscale Thin Film Gadolinium-doped Ceria Interlayer...	2018	30
1-7	Exceptional power density and stability at intermediate temperatures in protonic ceramic fuel cells...	2018	206
1-8	Demonstrating the potential of yttrium-doped barium zirconate electrolyte for high-performance fuel cells...	2017	121
1-9			

高出力密度PCFCの文献調査
 （材料、構造、コア技術抽出）



トップランナーの技術調査及び発電性能のベンチマーク

③実用化シナリオ策定に向けた調査

・水素利用定置用燃料電池の市場性調査を実施



市場動向、市場規模調査

■ 代表的な燃料電池用途先とそれらの電力需要・熱電比（給湯需要/ベース電力需要）、統合技術、将来展望を整理
 ■ 通信基地局、データセンターは電力需要が大幅に増加する見込み、VPPも総発電量は増加見込み

適用市場	電力需要 (kW)	熱電比	統合技術	将来展望
家庭	0.5	-	暖房、キッチン	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。
通信基地局	10	-	暖房	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。
オフィスビル	10	0.05	暖房	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。
病院	100	1.2	暖房、キッチン	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。
大学	20	0.1	暖房	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。
学校	40-100	0.15	暖房	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。
小売店	40-100	0.05	暖房	燃料電池の導入が期待される。特に、暖房と発電を統合したシステムが注目されている。

有望市場の抽出

水素利用定置用燃料電池に関する調査

3. 研究開発成果（特許、論文、対外発表）

(1) 出願特許

・これまでに6件出願承認済、さらに出願予定あり

状況	出願機関	内容（タイトル）
出願済	名古屋工業大学	燃料電池材料のイオン二種（プロトン、酸化物イオン）の輸率評価法
		燃料電池電極材料のプロトン導電率評価法（出願手続き中）
	産業技術総合研究所	プロトン伝導セラミックセル用薄膜電極及びそれを用いたプロトン伝導セラミックセル
		電極材料、膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
出願予定	ノリタケカンパニーリミテド	電気化学セル評価ホルダ
		膜電極接合体焼成用セッター
		セラミックスインクジェット印刷用インクの製造方法

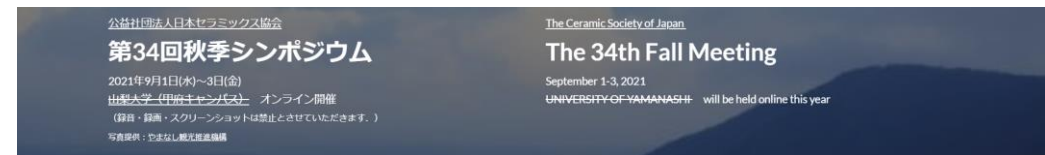
(2) 対外発表

・研究成果は知財出願後に積極的に対外発表、成果PR
 ・学会表彰4件の実績

発表種別	学会発表	論文発表
WP1	24	7
WP2	35	9
WP3	34	6
合計	93	22

(3) 成果普及活動

- ①展示会：
 - ・水素・燃料電池展（FC EXPO 2021）
 - ・国際ナノテク展(nano tech 2022)に出展、成果PR
- ②学会（特別企画セッション等）
 - ・日本セラミックス協会 第33回、第34回秋季シンポジウム
 - ・14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) Symposium24
 - ・第30回SOFC研究発表会（NEDO特別セッション）
 - ・第124回SOFC研究会（2022/4/25開催）
「プロトン伝導セラミックセル研究開発の最前線」
 - ・日本セラミックス協会セラミックス誌特集号（2022/11月号）



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／

WP3 セル評価・アプリケーション研究(GL:電中研 森)

2021年度研究成果・トピックス（まとめ）

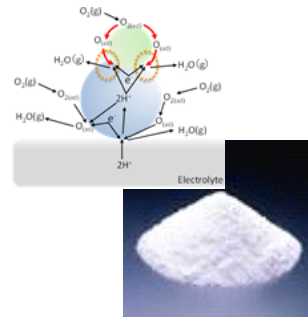
研究開発テーマ	実施機関	2021年度成果
①セルの耐久性・信頼性及び出力変動負荷サイクル評価・解析	電力中央研究所 東京ガス 東邦ガス エア・リキード・ラボ ラトリーズ	<ul style="list-style-type: none"> 産総研製セル（発電面積:0.28 cm²）の発電特性を評価し、<u>WP2の中間目標値</u>（出力密度0.8 W/cm², 600°C）<u>を超える0.91 W/cm²を確認</u>した。また3%加湿水素-CO₂混合ガスによるパナソニック製セルの耐CO₂評価を実施し、水蒸気凝縮による電圧振動が観察されたものの、安定性に問題無いことを確認した 中間層を挿入したパナソニック製セルの発電特性を評価し、<u>WP2の中間目標値であるセル電圧低下率10%/khを下回る0.9%/khを確認</u>した <u>中間層を挿入した産総研製セル</u>のリバーシブル試験を実施し、<u>リーク電流抑制効果を確認</u>したが、その効果は十分でなく、より高い抑制効果をもつ中間層を選定する必要があることが分かった
②電気化学測定による性能劣化要因特定技術の確立	産業技術総合研究所	<ul style="list-style-type: none"> 燃料極支持形セルの電気化学インピーダンスを<u>緩和時間分布(DRT)解析</u>した結果、<u>5つのピーク(P_i)</u>を有するDRTスペクトルが得られ、<u>P₁が空気極側のイオン拡散過程、P₂が燃料極側の水素の電気化学的酸化過程、P₃が空気極側の水の生成過程、P₄が空気極側の酸素の電気化学的還元過程に帰属</u>できた。P₅はガス拡散過程に関係し、は空気極側の拡散に強く依存することが分かった
③コストエンジニアリングによる製造プロセス及び高性能セル・システム設計	東京工業大学	<ul style="list-style-type: none"> 積層電解質膜BaZr_{0.8}Y_{0.2}O₃ BaZr_{0.1}Ce_{0.7}Y_{0.1}Yb_{0.1}O₃を想定し、ネルンスト・プランク式を用いて単層セル、および積層セル内の酸化物イオン、プロトン、ホール（スモールポーラロンモデル）の流束の比較を行った。その結果、<u>積層電解質膜BZY20(1 μm) BZCYyb1171(9 μm)</u>でホールの流束が最も小さくなり、積層電解質膜の有効性と<u>発電効率の向上</u>が示された
④セルスタックのマルチフィジクス数値解析技術の開発及び実験による確度検証	横浜国立大学	<ul style="list-style-type: none"> 異なる電解質膜の厚み（5-17 μm）をもつ産総研製セルについて、<u>500-700°Cにおける電流電圧特性の実験と解析結果の比較した結果、どの温度域、電流密度域においても実験と解析電圧が凡そ一致</u>し、ホールリークにより開回路電位から低下する様子や、低温・高電流密度側で反応過電圧により電流密度-セル電圧曲線が下に凸になる様子などよく再現できることが分かった
⑤シーズ・ニーズ比較検討	産業技術総合研究所	<ul style="list-style-type: none"> 海外技術動向調査として、米国エネルギー省のReview MeetingおよびSOFC-XVIIシンポジウム等から最新のPCFCトッランナーの開発動向、および米国、欧州のPCFC/PCECに関する国家プロジェクトの動向を調査した。 実用化シナリオ策定のため、<u>サイクル解析による家庭用システムのフィージビリティスタディを実施</u>するとともに、水素利用定置用燃料電池の製品ニーズ、ビジネスモデルおよび市場動向調査を実施した。

4. 今後の見通しについて

4. 今後の見通し (1)WP1~WP3 全体総括、今後の見通しと展望

(1) WP1 革新的高性能電極・部材の開発

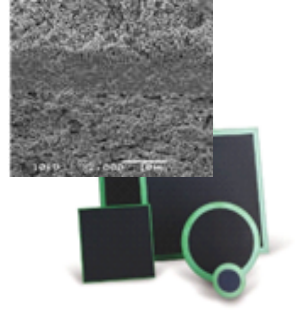
- ・電極反応機構の解明に取り組み、高性能化のための指針を提示
- ・空気極抵抗 $\sim 0.1\Omega\text{cm}^2$ @600°C、インクジェット印刷部材化
- ・計算と実験を融合した開発体制、物性評価手法の確立



↓ 材料

(2) WP2 高効率・高出力密度セルの開発

- ・出力密度を2倍に向上（海外トップランナーと同等以上）
- ・高効率の可能性を実証（発電効率61% 燃料利用率90%）
- ・セル性能、耐久性向上のための要素技術開発



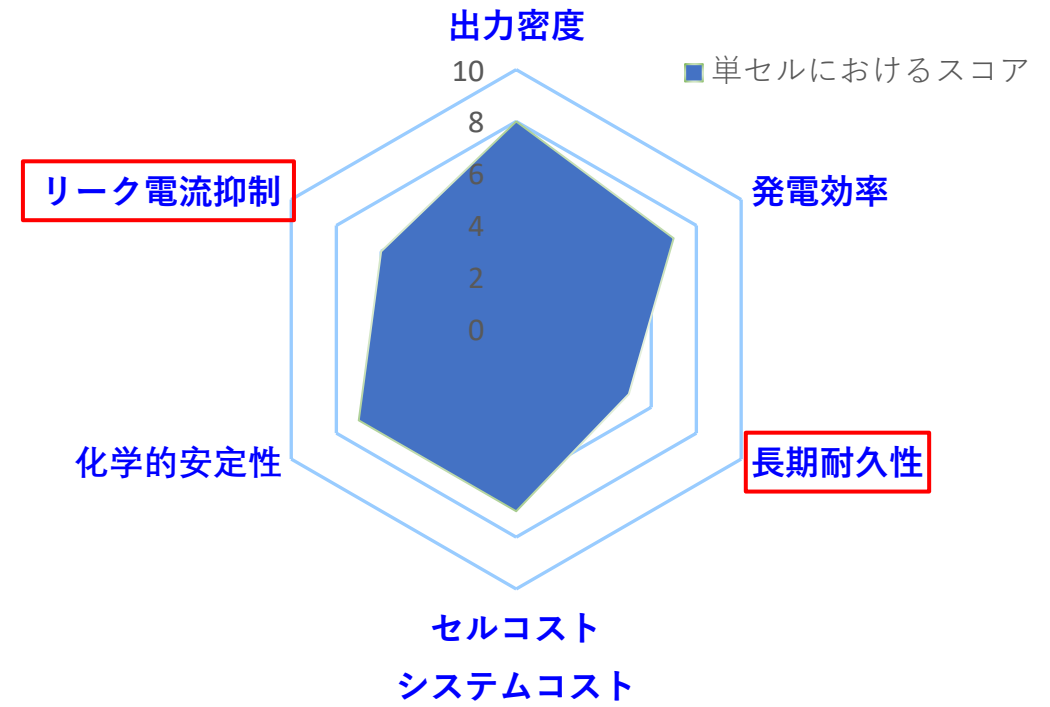
↓ セル

(3) WP3 セル評価・アプリケーション

- ・PCFCセル評価のプロトコル、ユーザー企業を含めた評価体制を確立
- ・劣化メカニズム解明に向けた評価技術、耐久性向上開発のサポート
- ・セル/スタック/システム性能予測、コストエンジニアリング



PCFCセル開発の達成度（自己評価）

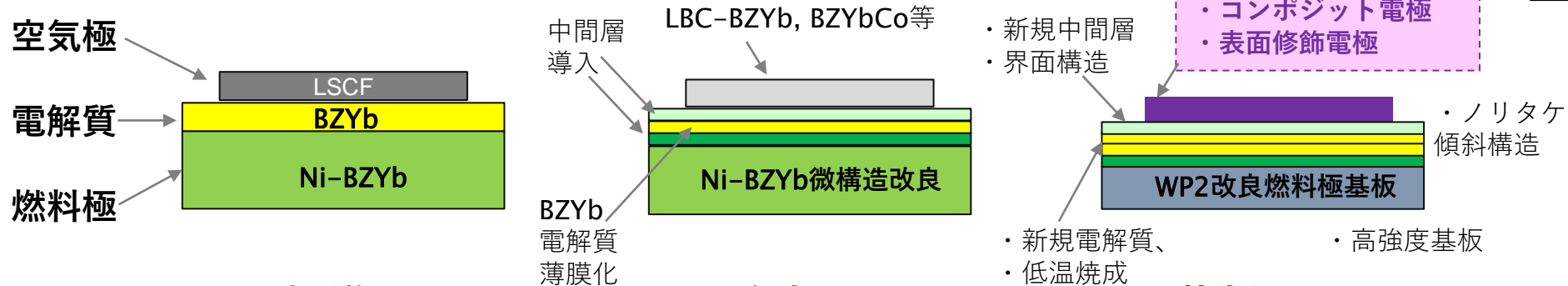


○ 600°Cのセル性能は実用に近いレベルまで達している
 ⇔ 500°Cでは性能不足
 △ 長期耐久性およびリーク電流抑制が課題
 ⇔ セル性能向上はリーク電流の増大とトレードオフ

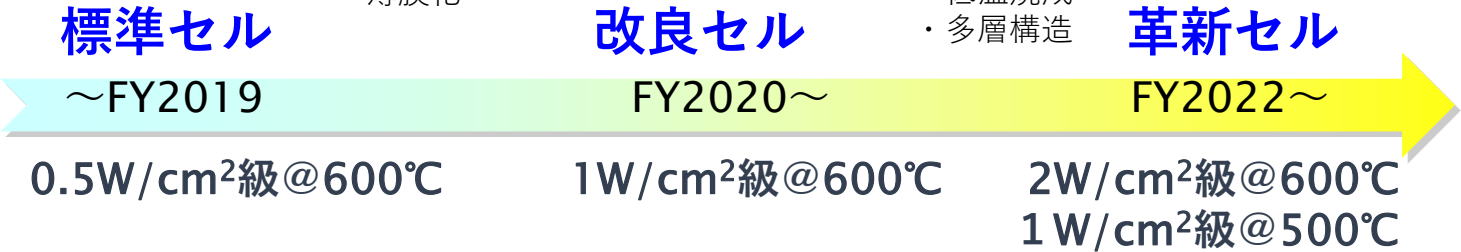
4. 今後の見通し (2) 今後の取組みの方向性

① WP1 新規空気極の適用

各機関の要素
技術開発成果を
セル開発へ適用



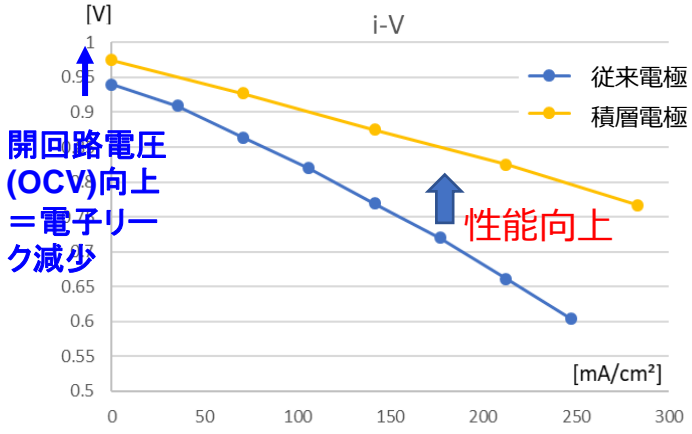
② セル多層構造の構築



性能向上と
耐久性向上の両立

② '中間層の適用、最適化

空気極中間層の役割
 (1) プロトン輸率向上 (リーク電流抑制)
 (2) 遷移金属の固溶抑制 (ブロッキング)
 (3) 空気極との整合性

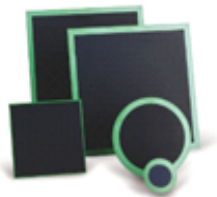


WP2-WP3連携
耐久性の向上
 ・劣化メカニズムの解明
 ・劣化要因の定量化
 ・劣化対策

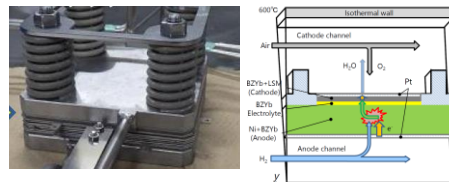
4. 今後の見通し (3)実用化に向けた取組みと連携体制

(1)実用化を見据えた材料・セル開発

PCFC 材料・セル



スタック



システム



導入市場



本事業ではWP3の各テーマにおいてスタックレベル、システムレベル、導入市場の視点からの検討を実施。今後の材料・セル開発に反映していく。

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

マルチフィジクスモデル (横国大)

コストエンジニアリング (東工大)

シーズ・ニーズ比較検討 (産総研、他)

WP3 セル評価・アプリケーション研究

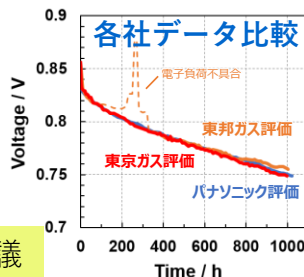
(2) ユーザー企業によるセル評価 (WP3)

ユーティリティ企業 (共同実施)

東京ガス(株)
東邦ガス(株)
エア・リキード・ラボラトリーズ



発電試験評価会議



- ・実用化時にユーザーとして想定されるユーティリティ企業がセル評価に無償で協力。
- ・セル発電評価会議メンバーとして出席。
- ・ユーザーの視点からアドバイスをいただいている。

(3) 関心表明企業の協力

プロジェクト全体会議、技術検討委員会

関心表明企業 (共同実施)

東京ガス(株)、東邦ガス(株)
エア・リキード・ラボラトリーズ

関心表明企業 (技術検討委員)

イムラ・ジャパン(株)、住友電工(株)、
(株)IHI、三井金属鉱業(株)

- ・プロジェクト全体会議 (年2回以上開催) で関心表明企業に研究開発進捗を報告
- ・技術検討委員としてご意見を頂いている。(導入シナリオ検討に反映)

4. 今後の見通し (4)実用化に向けたロードマップ

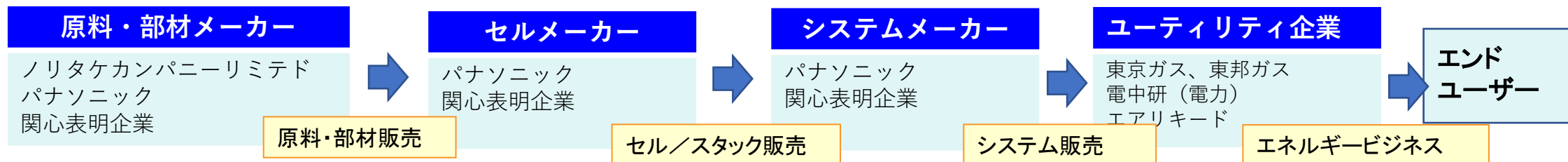
本事業の位置づけ
TRL3

5年間の研究開発で実用化を見通せるセルを実現し、実用化技術開発へ移行
開発機器の普及は2030年以降を想定

年度	2019以前	2020～2024	2025～2029	2030	2040	2050
研究開発 ステージ	先導研究	基盤研究開発	実用化 技術開発	導入・普及段階		
実用化を想定 する機器	現在のエネファーム 発電効率 52% →55% 業務産業用燃料電池 発電効率 55% 純水素燃料電池 発電効率 56%			次世代型エネファーム 発電効率60%コージェネ (65%モノジェネ) CNメタン燃料 水素燃料電池 65%モノジェネ 70%モノジェネ 高効率水素製造 リバーシブル燃料電池		

水素燃料電池はCNメタン等
とのバイフュエル、デュアル
フュエルを想定している

各企業の事業化への役割とバリューチェーン(関心表明企業との連携)



燃料電池の普及拡大に向けたPCFC研究開発の貢献		
家庭用燃料電池 自立普及拡大の政府方針に貢献	業務産業用燃料電池 グリッドパリティの実現 モノジェネによる市場拡大	水素エネルギー利用 水素燃料電池、高効率水素製造への展開

End of Presentation

ご清聴ありがとうございました