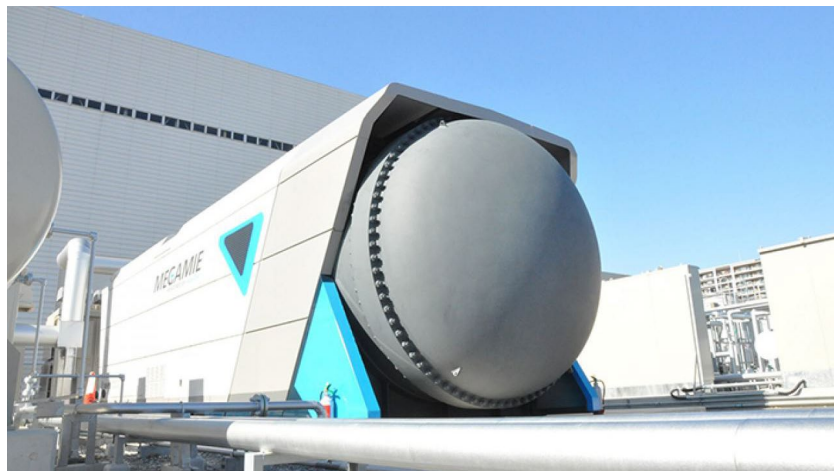


手のひらサイズの 固体酸化物形燃料電池

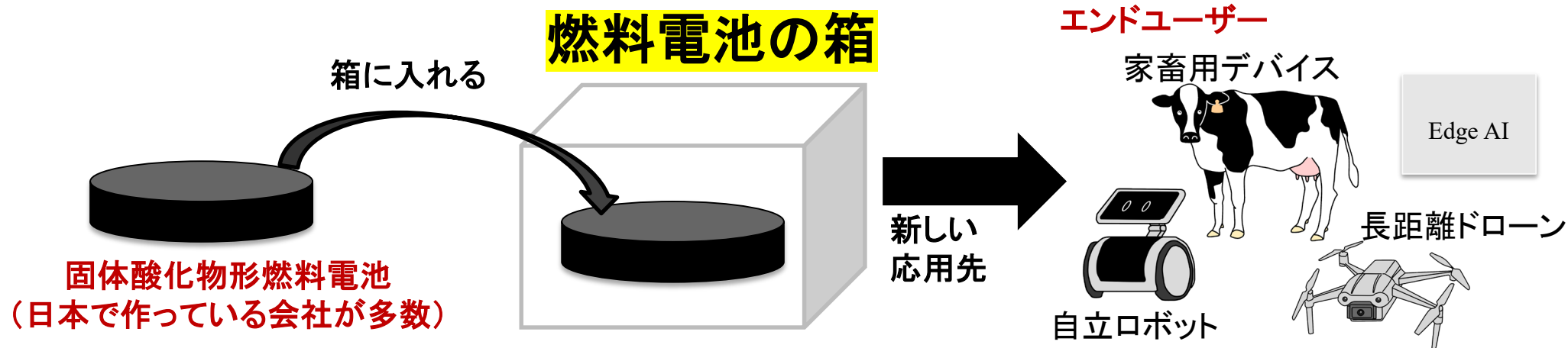
科学技術創成研究院 未来産業技術研究所
助教 山田 哲也

2023年2月21日 11:00-14:25

小型のSOFCリアクター

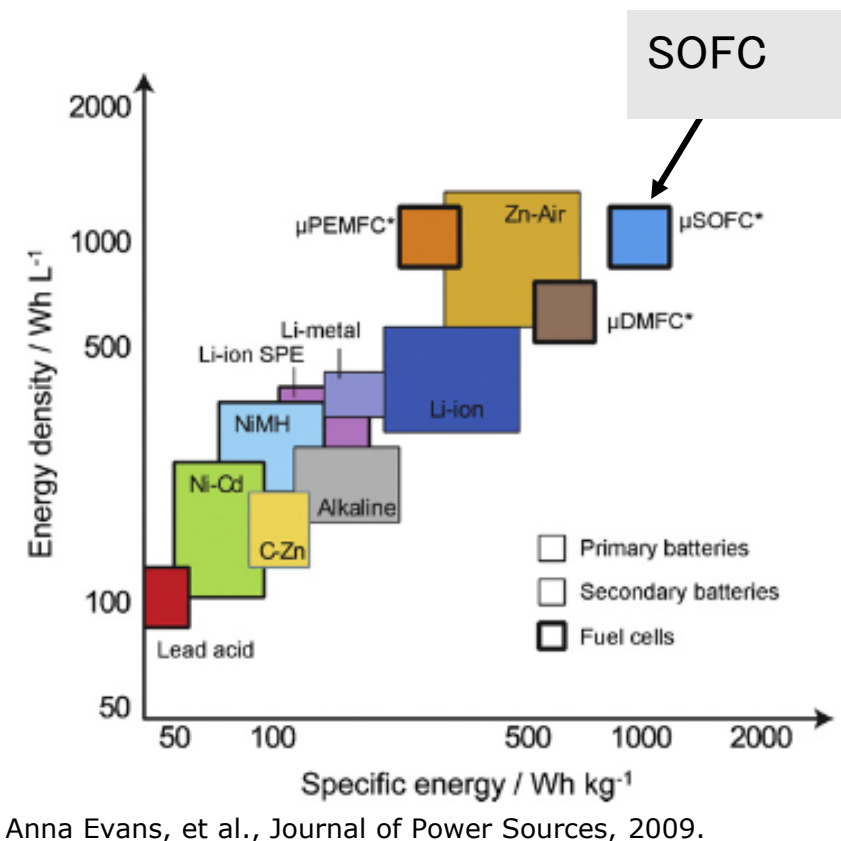
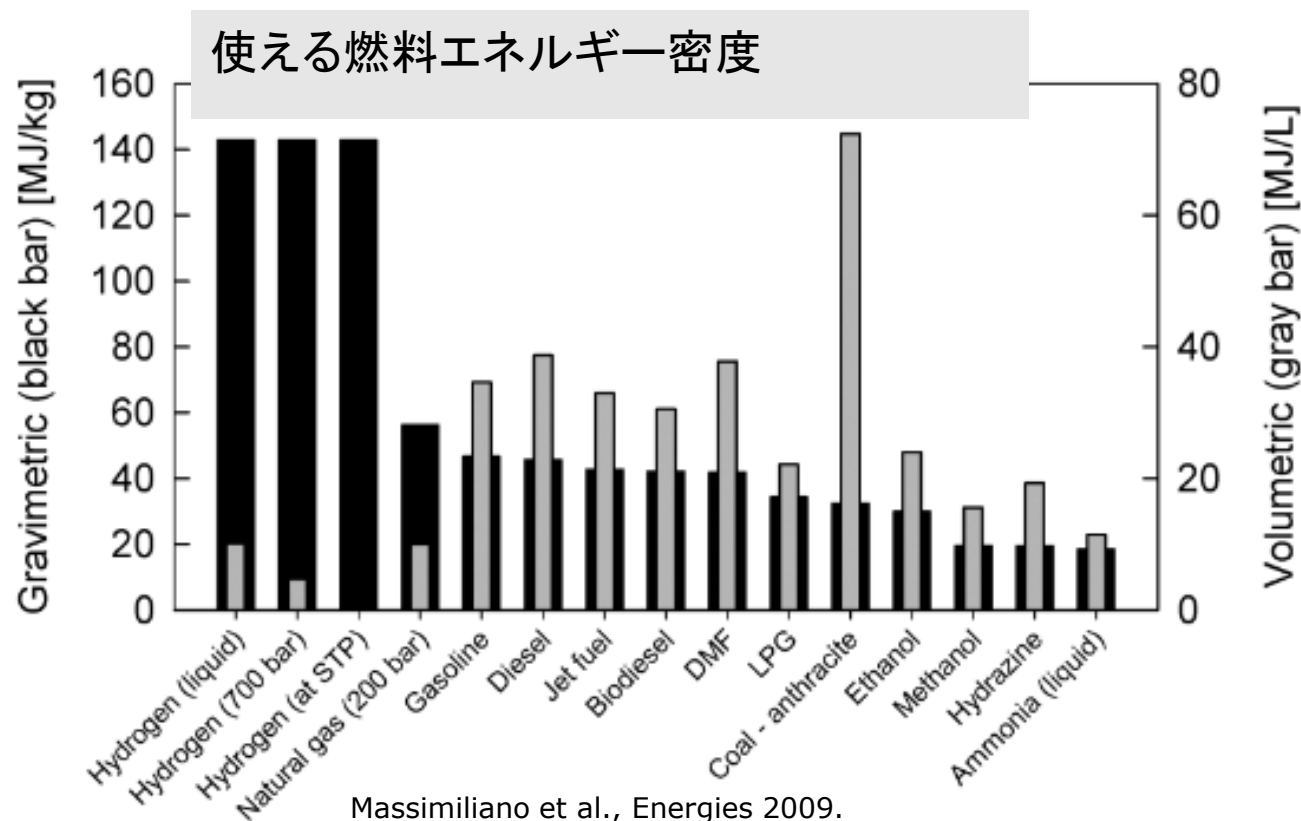


三菱日立パワーシステムズ、安藤ハザマ株式会社
<https://car.motor-fan.jp/tech/photo/10014320/2020040911254000000/>



これができると何がすごいのか？ 何が変わるのか？
高エネルギー密度を持つ、環境にやさしいエネルギーシステムができます！

水素や炭化水素が持つ高いエネルギー密度



リチウムのエネルギー密度
重量密度: 0.558 MJ/kg
体積密度: 1.440 MJ/L

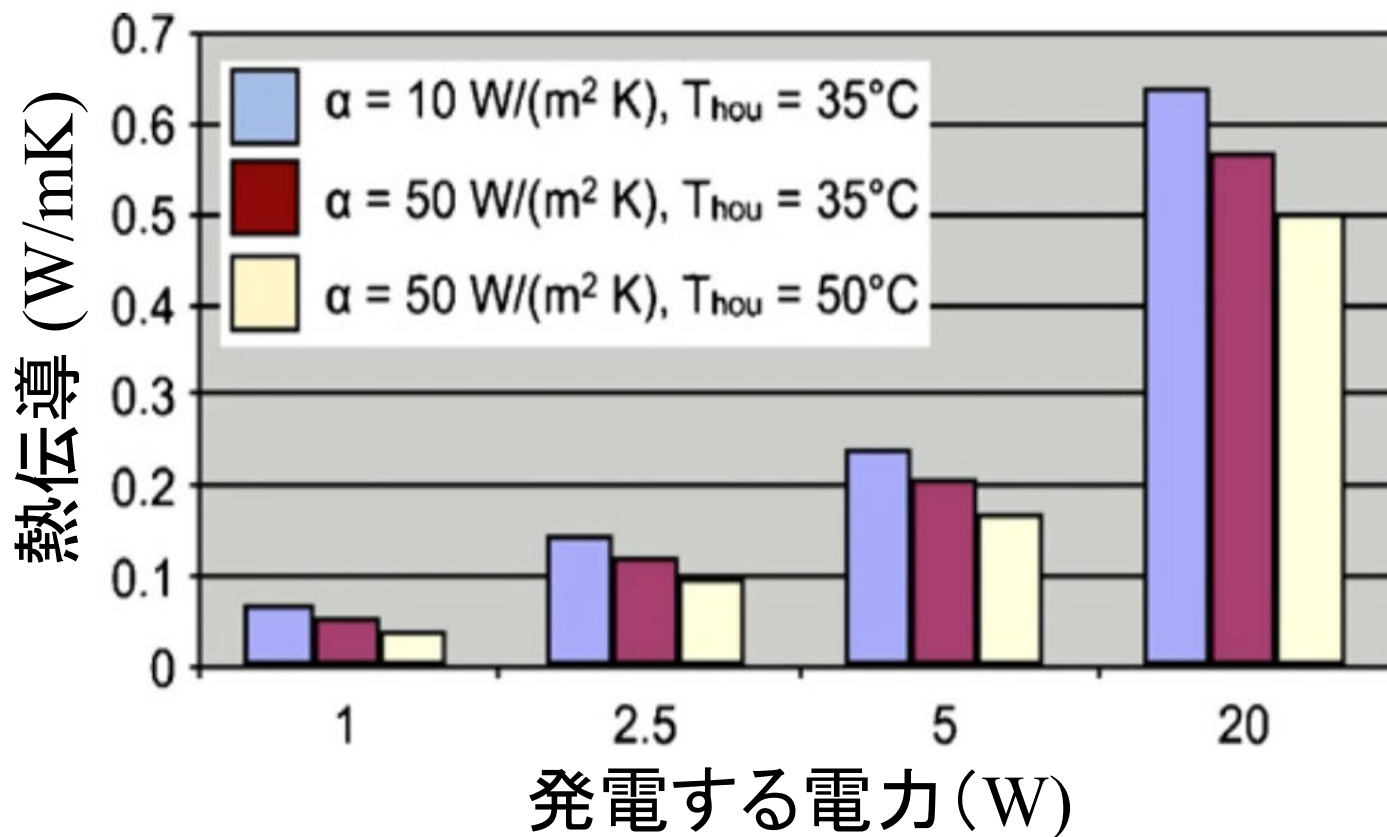
SOFCは水素や炭化水素を
高効率に電気エネルギーに変換可能。
リチウム電池より長時間動く電池を作れる！

株式会社NETSサイトより概算

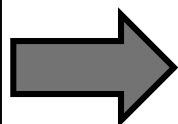
SOFCを小型化するために必要な技術は？

熱自立を実現させるための耐熱性と大きな熱応力を緩和させる構造が必要

Anja Bieberle-Hütter et al., Journal of Power Sources, 117, 123, 2008.



出力エネルギーが小さい
リアクターの体積が小さい
SOFCの動作温度が高い



高い断熱性と熱勾配に耐えられる耐熱性が必要
熱の伝わる領域を制限し
周りを真空やアルゴンで断熱でき、応力集中を緩和する
耐熱構造を発明。(特許出願)

SOFCを小型化するための 新技術

SOFCを小型化するための断熱技術

真空を利用した断熱性と熱の出入内訳(概算)

高温作動
(700℃以上)



固体酸化物形
燃料電池

エネルギー変換効率
高いエネルギー密度

● デバイスの構造と熱の損失

マイクロ流路

流路からの伝熱

0.6 W

0.7 W

燃料分子と排熱

輻射

0.3 W

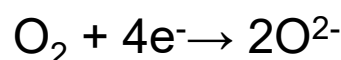
真空

0.8 W

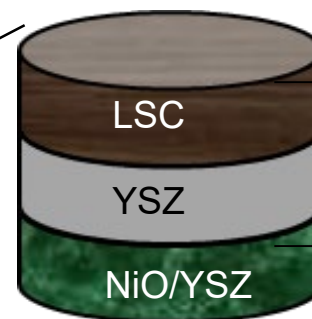
低真空からの伝熱

● 微小リアクター内部

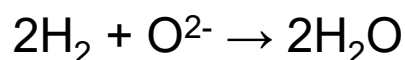
カソード反応



発熱量
3 W



アノード反応



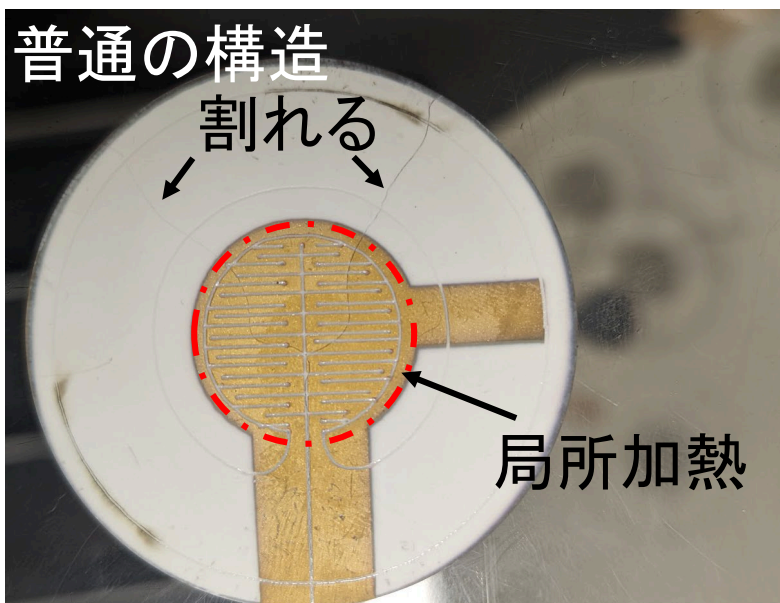
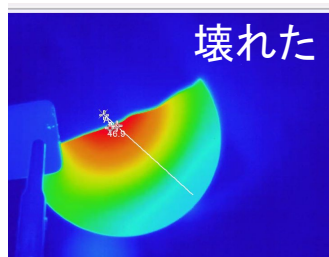
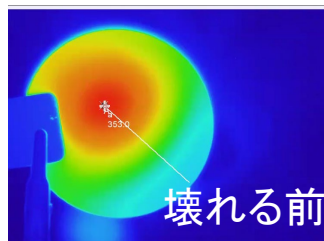
電力2 W
発電効率
40%以上

マイクロ流路と微小リアクターにより准閉鎖系を実現

断熱性と耐熱性を達成できる構造を作った

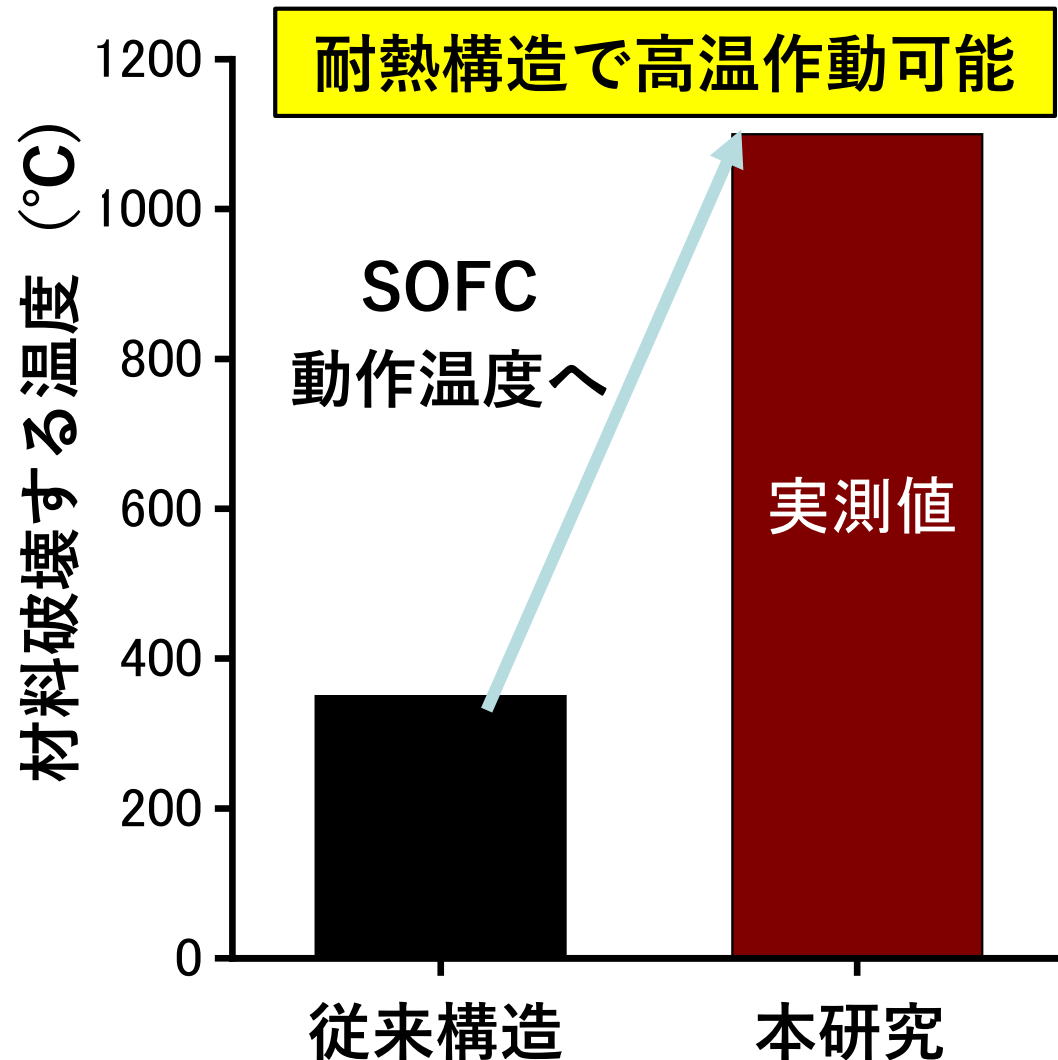
リアクターの基本となる耐熱構造を見出し、高い昇温速度も実現(数分で700度)

赤外線カメラ

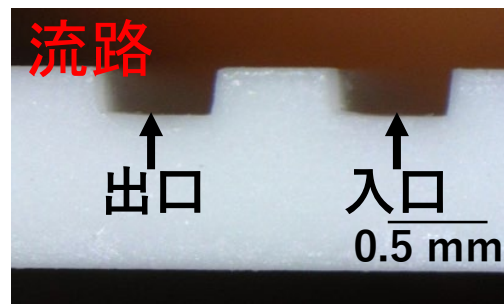
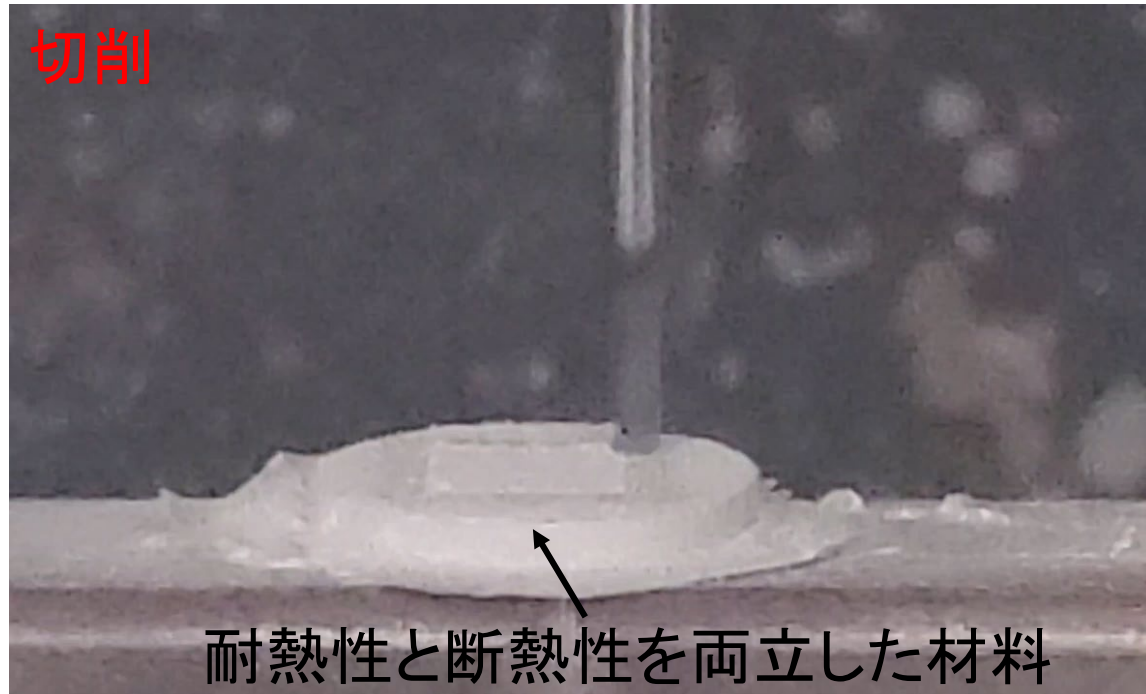


300°C付近で破損

構造シミュレーションより
800 MPa以上の応力が発生し
材料破壊が起こるが
我々の構造では**3分の1**に
低減できることを確認



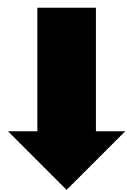
試作機の作製過程の様子(セラミックスの加工)



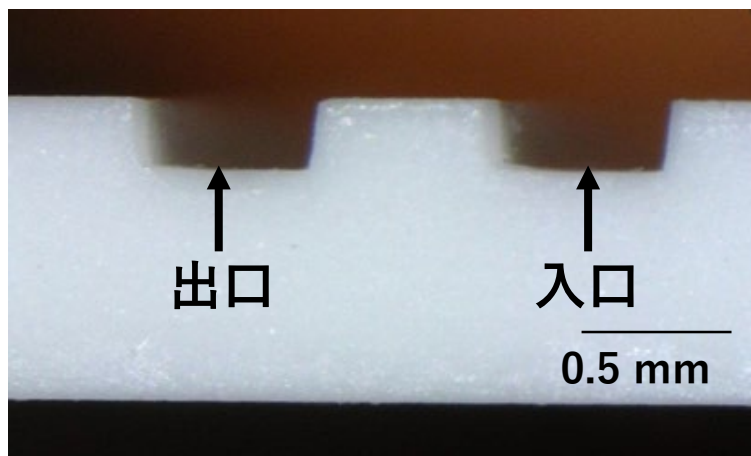
近年の加工技術の向上によりセラミックスの微細加工が容易に

微小流路を使った熱交換

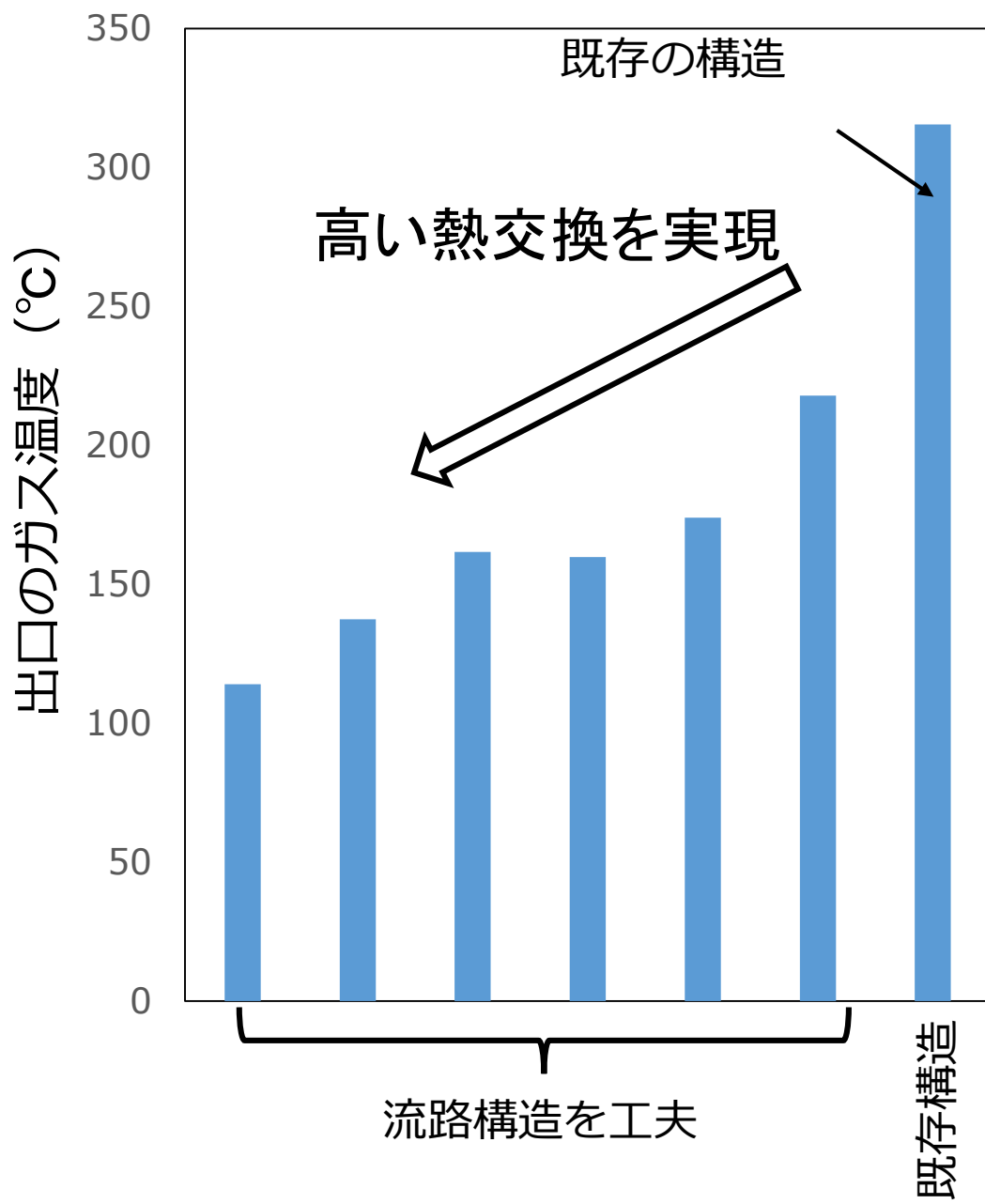
SOFCの効率を上げるためには
熱の利用が大切になる。



マイクロ空間ではバルクに比べて
1000倍以上の高い
熱交換係数を実現できる
(C. W. Liu et al., Heat Transfer, 2011.)

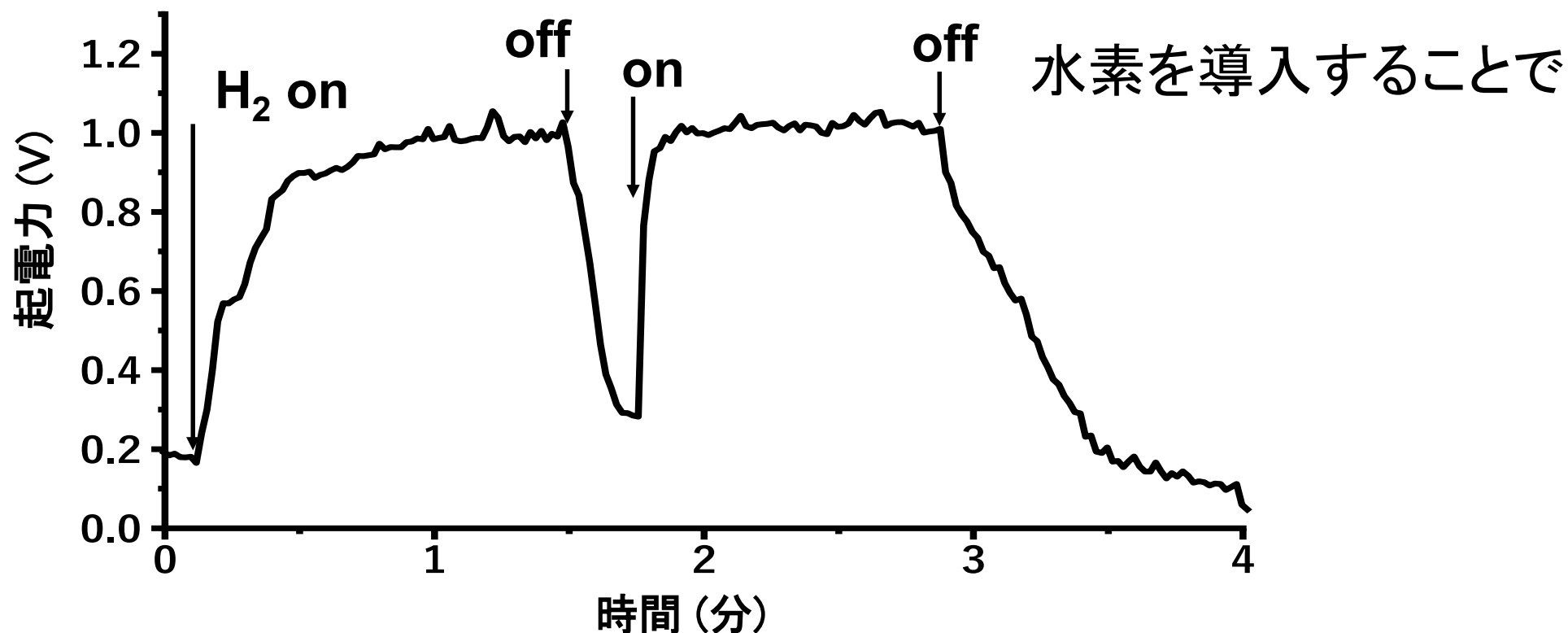


燃料(25°C)→リアクター(800°C)→出口ガス



マイクロデバイス内での起電力測定

水素導入と起電力測定



水素を導入により理論値に近い起電力を確認

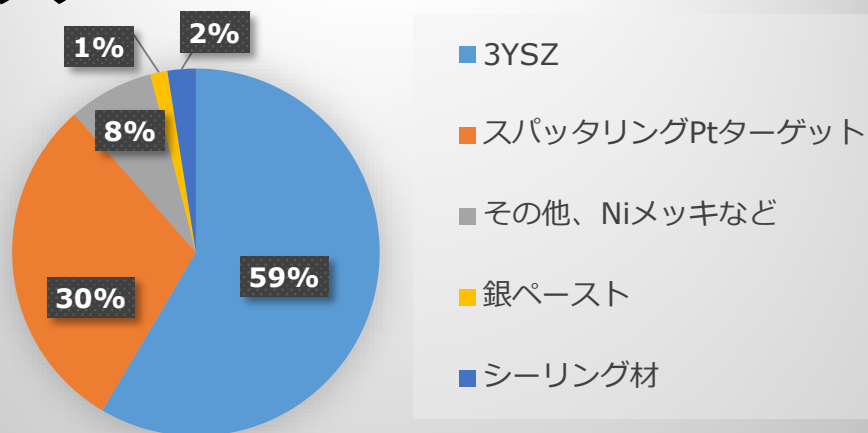
現時点で、サイズ直径50 mm、厚さ3 mmのリアクターで電力が0.1 W程度
高性能なセルを搭載する高性能化を目指す。

一つのリアクター材料費概算 (セルスタックなし)

日本メーカーより購入

リアクター

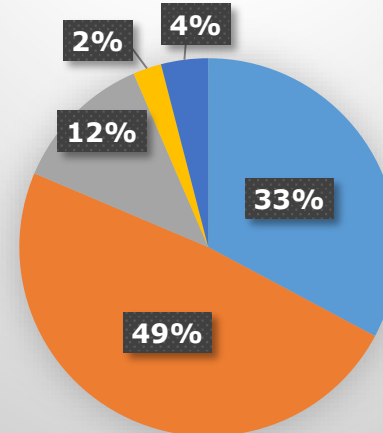
合計金額 667 円



一部を中国で購入した場合

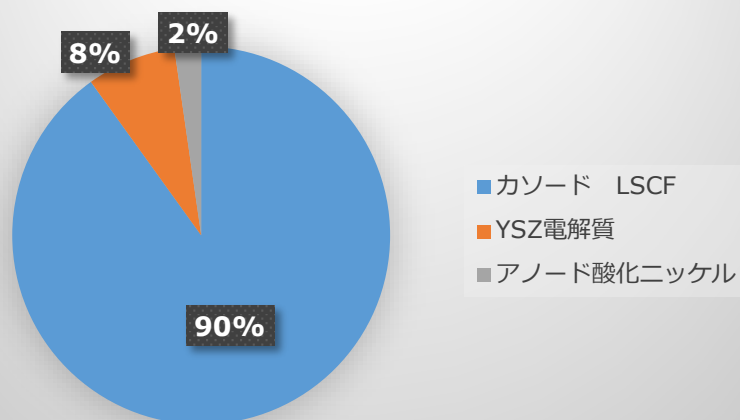
リアクター

合計金額 411円



SOFCセル

合計金額 49円



試作機では
ヒーターに白金を使用
ニッケルなどに変更すると
1個300円になる試算

開発予定SOFCの特徴と従来比較

赤文字は達成できていること

	従来のSOFC (定置用電源)	手のひらで持てる SOFC
使用用途	家庭用電源、大規模サーバーの電源	ウェアラブルデバイス、ドローン、自立ロボット、リチウム電池の代替や補助
電池作製材料	セラミックスや金属を使用し、重たく加工が難しい	高断熱性により筐体を有機物材料可能加工がしやすく、軽量化ができる (100g以下、1スタックで厚さ約1 mm, 直径50 mm)。
出力エネルギー	1 kW以上の大規模電源	10 W以下の比較的小さいエネルギー出力を目指す。 (現状は1スタックで約0.2 W)
動作温度に達するまでの時間	数時間必要	5分以内に700℃以上に加熱できる。 (耐熱構造、低熱容量、断熱により実現)
耐用年数	10年以上	数年程度を目指す。
値段	150万以上	実験室レベルでの原料費500円以下 量産で値段はより落とせる

SOFCの小型化に関する 先行研究

競業社: MEMSを使ったSOFCはリリースできず(アメリカ)

After \$150M Raised, What Went Wrong at Fuel Cell Startup Lilliputian

After \$150M Raised, What Went Wrong at Fuel Cell Startup Lilliputian



Martin LaMonica
August 14th, 2014

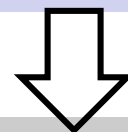
@mlamonica

@xconomy

Like Us

失敗した理由

1. MEMSを使ったセルを使い、低コスト化ができなかった。
2. 燃料を供給するための機構を独自で安く作ることができなかった。
3. エネルギー産業という大きな壁。



我々のグループでは平板状のセルを使うことで安く高出力が期待できる。
燃料供給には現時点でアイデア、解決策を持っている。

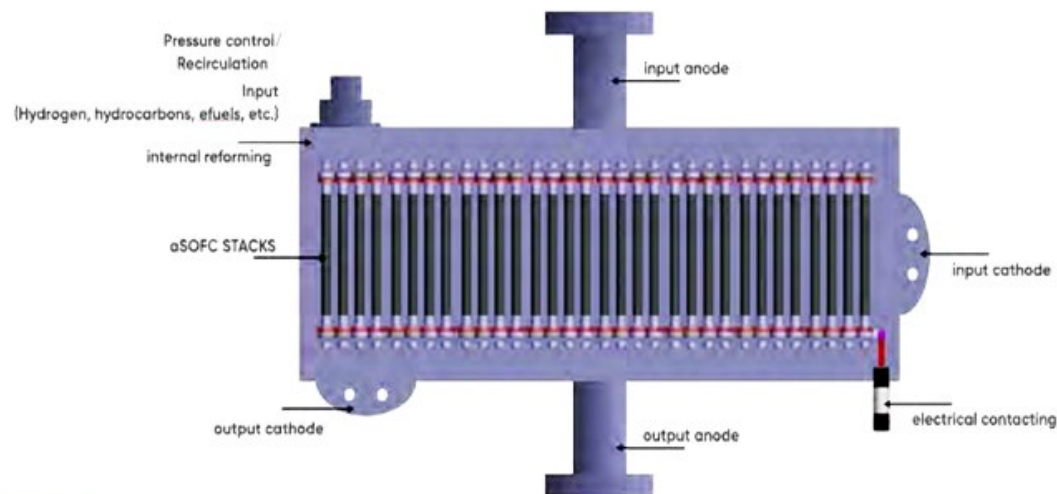


MITから作られたSOFC電池
Intelなどの出資で\$150M

<https://xconomy.com/boston/2014/08/14/after-150m-spent-what-went-wrong-at-fuel-cell-startup-lilliputian/>

スイスでもMEMSを使った研究が盛ん

競業：チューブ状SOFCを実現？（ドイツ）



KRAFTWERK COLLABORATION WITH VOLKSWAGEN AG, THE MOTHER OF MANY VEHICLE BRANDS, IS OFFICIAL.

Kraftwerk TUBES · [No Comments](#)

Monday March 21, 2022

[READ MORE](#)

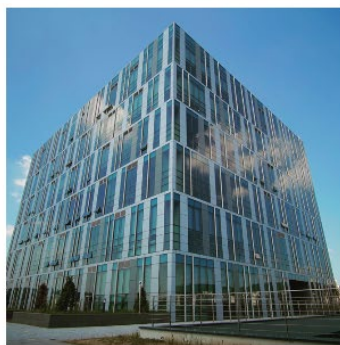


KRAFTWERK IS PLEASED ABOUT THE ARTICLE IN THE MAGAZINE "WIRTSCHAFT IN SACHSEN"

Kraftwerk TUBES · [No Comments](#)

Thursday March 28, 2019

[READ MORE](#)



DEUTSCHLANDFUNK BERICHTET ÜBER DR. SASCHA KÜHN

Kraftwerk TUBES · [No Comments](#)

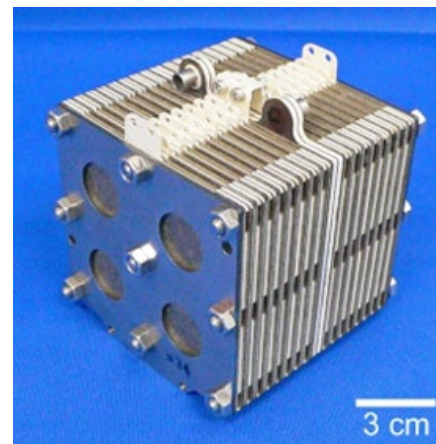
Tuesday February 19, 2019

[READ MORE](#)

いくつかの賞とか獲得しているが
売り出されていない様子。。。

競業：産総研ではチューブ型でドローンに搭載

産業用ドローン



産総研は数百ワットの出カ
我々は10ワット以下を目指す。

図4 従来のドローンとSOFCドローンの電力供給の模式図

共同研究に関して

若サポ事業の概要



本事業の目的

実用化に向けた目的志向型の創造的な基礎又は応用研究を行う大学等に所属する**若手研究者**を発掘し、**若手研究者と企業との共同研究等の形成を促進**する等の支援をすることにより、次世代のイノベーションを担う人材を育成するとともに、我が国における**新産業の創出**に貢献する。



2. マッチングサポートフェーズ 概要（1）



大学等に所属し、企業との共同研究等の実施を希望する若手研究者が実施する、産業界が期待する目的志向型の創造的な基礎又は応用研究を実施するものについて助成します。また、**企業との共同研究等の機会を創出するためのマッチング支援※**を実施することで、共同研究フェーズにおける企業との共同研究等の実施を目指します。



- 助成金交付先： 若手研究者（主任研究者、登録研究員）が**所属する大学等**
- 助成金の額：1テーマあたり**1,000万円以内/年**
- 事業期間：**最大2年間※**（交付決定期間は1年間ごと）
 - ※ステージゲート審査により、共同研究フェーズへの移行が認められた場合は通算で最大5年。
 - ※助成金の交付決定期間は1年間とし、事業期間が1年間を超える場合には、**1年目終了前に実施する中間評価により、研究開発実施内容の見直しや、研究開発を中止する場合があります。（2023年4月頃ご案内予定）**

3. 共同研究フェーズ 概要



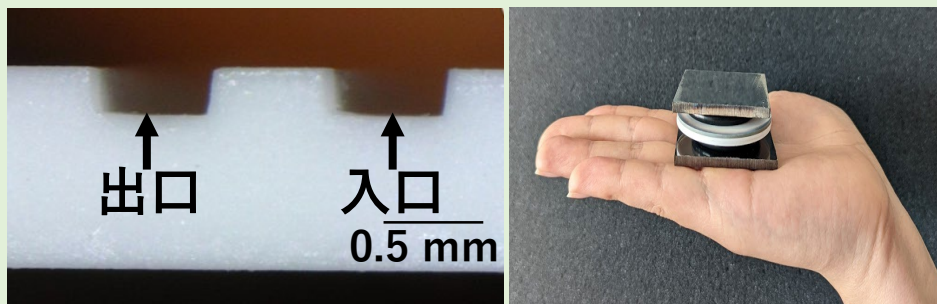
大学等に所属する若手研究者が企業と共同研究等の実施に係る合意書を締結し、企業から大学等に対して共同研究等費用が支払われることを条件として、**実用化に向けた目的志向型の創造的な基礎又は応用研究**を実施するものについて助成します。



- 助成金交付先: 若手研究者(主任研究者、登録研究員)が**所属する大学等**
- 助成金の額: 1テーマあたり**3,000万円以内/年**、企業から支払われる共同研究等費用と同額以下
- 事業期間: **最大3年間**※
 ※助成金の交付決定期間は2年間とし、事業期間が2年間を超える場合には、**2年目終了前に実施する中間評価により、研究開発実施内容の見直しや、研究開発を中止する場合があります。**

協力企業とその役割分担

セラミックリアクターを加工する会社



セラミックス板を加工

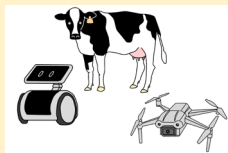
切削やレーザー加工など

セラミックスの粉を成形の協力

プレス成形、鋳込み成形、配線
ドクターブレードやシート成形など

開発した小型SOFCを実装する会社

- ・リチウム電池との統合
- ・制御システムを作る
- ・実際にアプリケーションを動かす



SOFCセル作製できる会社

- ・新規材料のYSZやNiOを評価
- ・御社で作ったセルを小型リアクターに載せ、その場合の性能評価を実施



SOFCの材料(粉)会社

- ・YSZ材料とNiO材料の開発
- ・製造・量産などの検討
- ・材料の評価

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 可搬性を有する小型燃料電池
- 出願番号 : 特願2022-153347
- 出願人 : 東京工業大学
石川県工業試験場
- 発明者 : 山田哲也、鳥飼龍太郎
柳田保子、竹田大樹

お問い合わせ先(必須)

国立大学法人 東京工業大学
研究・産学連携本部 産学連携部門

T E L 03-5734-3817

F A X 03-5734-3817

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp