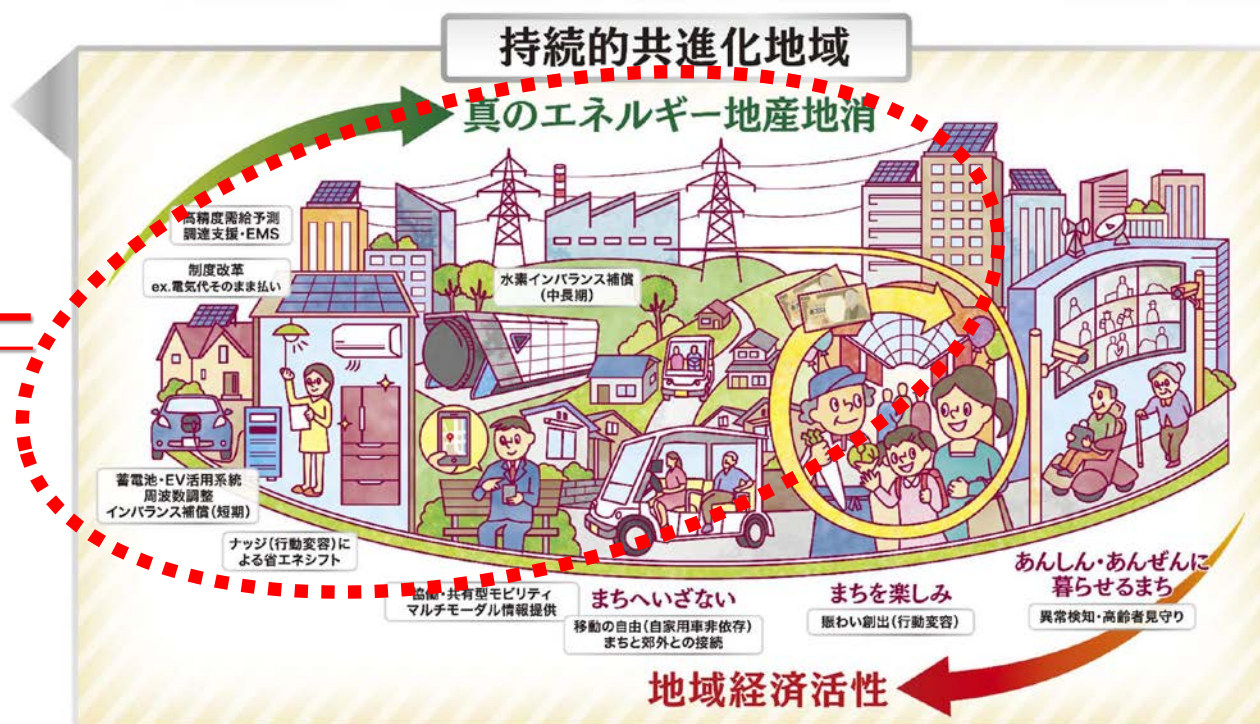


COI持続的共進化地域創成拠点

COIにおけるエネルギー要素技術研究

【九大拠点】**佐々木 一成**、谷口 俊輔、伊藤 衡平、林 灯、
西原 正通、立川 雄也、松田 潤子、白鳥祐介、松本 広重、Stephen LYTH、
松崎 良雄(東京ガス)、上條 元久(日産自動車)、松岡 孝司(JXTGエネルギー)
【東大サテライト】**松橋隆治**、大友順一郎、脇慶子、高瀬香絵、吉岡剛、西川富佐子
2019年2月1日

**エネルギー
部会**



九州大学



東京大学



横浜国立大学

エネルギー地産地消：ハード@九大＋ソフト@東大

【背景・課題】

(2018年3月30日COI協議会資料に加筆)

- ◎持続可能な再エネ利用・脱炭素社会の実現
- ◎分散型電源による地域電力モデルへの注目と地方創生への貢献(みやまなど)
- ◎地産地消モデルからの財源でのゼロエミッション車両活用
- ◎共有モビリティシステムで自家用車依存脱却と財源持続性・エネルギー問題解決へ
 - × 現状、蓄エネルギー機能がなく、余剰電力の調整力を一般電気事業者に依存
 - × 地域電力モデルが普及すると、周波数調整やインバランス補償に深刻な課題発生
 - × 低密度地域での公共交通維持の財源が確保できず、自家用車依存脱却が困難

【将来的な解決策(未来のエネルギーマネジメントの例)】

- ★**短期(秒～分)** 電気自動車(EV)を用いた周波数調整と蓄エネルギー
(EVの空き時間活用など)
- ★**中期(時～日)** タービン＋出力調整可能な次世代燃料電池
(インバランス補償可能な、出力変動できる高効率発電システム)
- ★**長期(週～季)** 水素ステーション等を使った大規模長期エネルギー貯蔵
(水電解＋高効率燃料電池)

【共進化対応】

- エネルギー部会：基幹ソフト(制度・コンセプト)＋基盤ハード(革新技术開発)
- モビリティ部会：EV活用モビリティ
- 情報科学部会：ビックデータ活用
- 産業数学部会：最適化計算

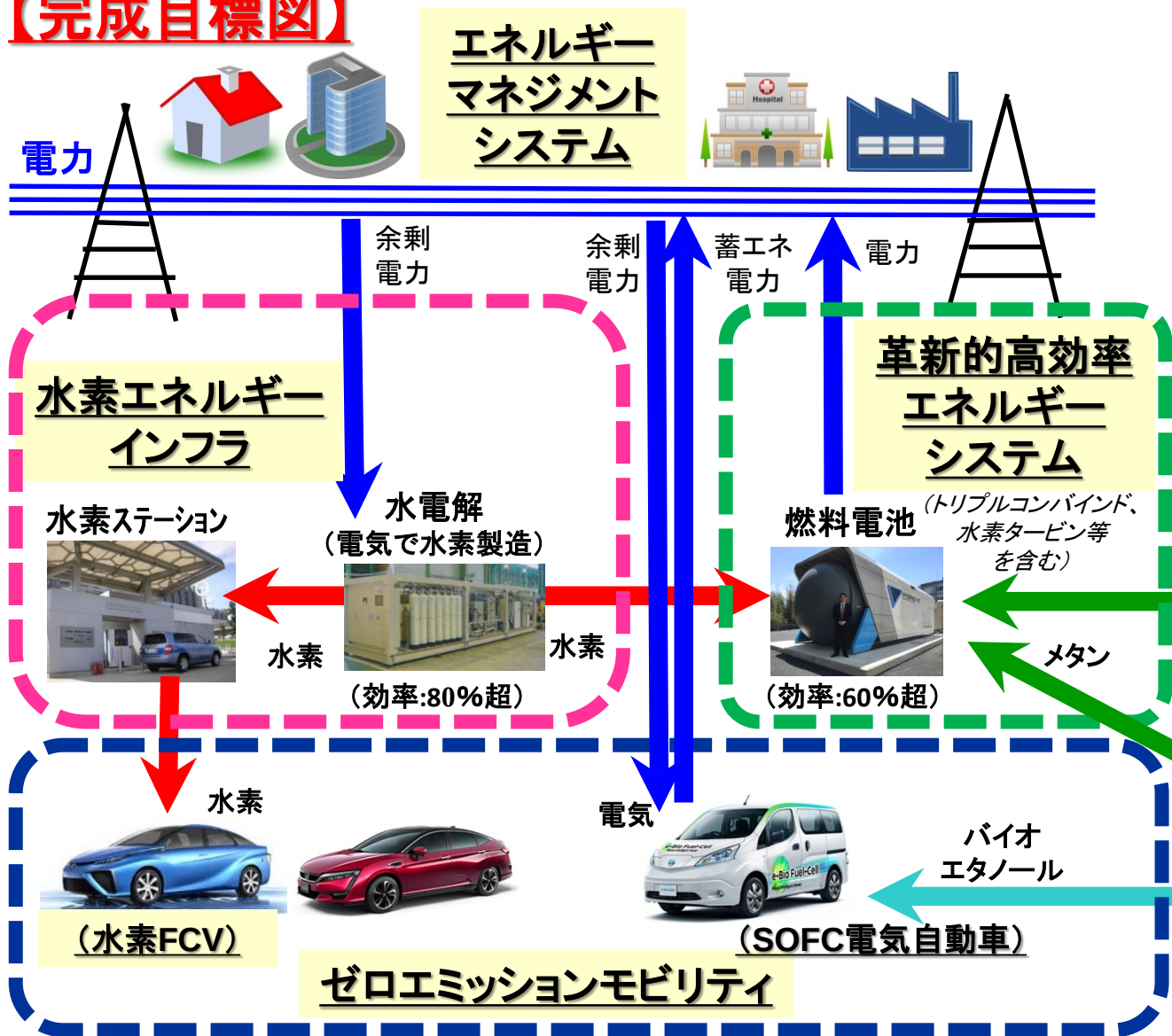
⇒コンセプト＋制度＋革新技术による「未来社会ソリューション」パッケージ提案
(蓄エネも含めた再エネ活用の地域エネルギー社会モデルを具現化(みやまなど))

今回の構想換えに沿って、研究ターゲットや目標仕様を改訂済

脱炭素・水素社会実現加速(例)

これまでどおり快適にエネルギーを使いながら、**CO₂排出8割減**を実現！

【完成目標図】



現状 将来目標例

再生可能
エネルギー
(メガソーラー等)



10%
(水力
含む)

50%
(**再エネ
水素
不可欠**)

天然ガス等
化石燃料



90%弱

40%
(**超高
効率化
不可欠**)

バイオ燃料
(バイオガス・
消化ガス・
サトウキビ等)



約0%

10%
(**SOFC-EV
不可欠**)

(原子力の導入分、
CO₂排出削減の
ハードル低下)

未来への挑戦：水素インフラ

“ベンチマーク” (既存の水素インフラ)

【水素ステーション(ST)】

- インフラ設置場所が偏在
(企業・自治体が
個別に配置場所
を検討・決定)

2018年
100基超
設置済



“カタログ” (未来の水素インフラ)

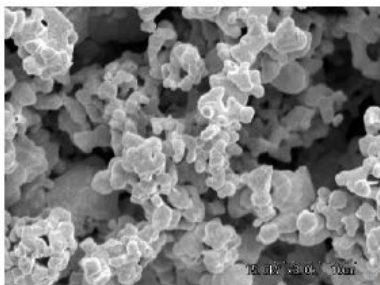
【水素ST最適配置シミュレータ】(実装済)

- 人口分布や交通量等のビックデータ活用
で、高価な水素STを最適配置
⇒インフラ投資の効率化
- アドバンスド版を水素ST
合同会社が利活用
- 再エネ分布に沿った
再エネ水素
ST配置検討
(開発中)



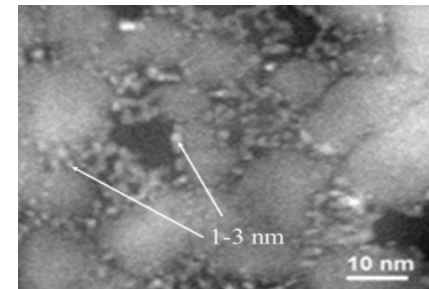
【水電解電極触媒(Irミクロン粒子)】(市販)

- 数ミクロン径で低比表面積＝高価



【水電解電極触媒(Irナノ粒子)】(開発中)

- 数ナノ径で表面積1000倍＝価格1/1000



(Anaiほか, ECS
Trans., 2016)

未来への挑戦：移動体用電源

“ベンチマーク” (既存のエコカー)

【ハイブリッド車(HV)】

- 本格普及中(最も売れる車種の一つ)
- 海外では「ゼロエミッション車」から除外



【燃料電池自動車(FCV)】

- 日本主導で市販開始
- 航続距離650～700km
- 量産技術改良中
- 水素STを要増設



【電気自動車(EV)】

- 世界的な投資ブーム
- 航続距離400km(日産)
- 系統電力は化石燃料由来
- 高速充電器を要増設



(トヨタ・日産・ホンダHPなどより引用)

“カタログ” (未来のゼロエミッション車)

【次世代FCV】(要素技術開発中)

- 航続距離1000km(触媒高活性化)
- 起動停止や負荷変動への耐久性向上
(電位変動に強い担体・触媒・セル開発)
- 量産しやすいセル
で量産性向上
(薄型化も可能な
一体型セル)



(東京モーターショー2017(トヨタ))

【燃料電池電気自動車(SOFC-EV)】

- (実証車試験中、要素技術開発中)
- バイオエタノールで車上SOFC発電
(EVのカーボンニュートラル化)
- 高効率発電でEV航続距離を>600kmへ
- 変動対応・耐酸化性の金属集電材使用(開発中)



(日産HP)

(<https://newsroom.nissan-global.com/releases/160614-01-j?lang=ja-JP>)

未来への挑戦：定置用電源

“ベンチマーク” (既存のエネファーム)

【家庭用燃料電池「エネファーム」SOFC型】

- 世界最高の発電効率
- 世界最小の機器本体サイズ
- 設置が可能な対象住戸拡大
- コストダウンを実現
- IoT対応サービス
- 日本初の余剰電力買取
- 高い環境性、経済性実現
- 10年間メンテナンス不要
(= 燃料電池の耐久性の
課題は固体電解質の利用で解決!)



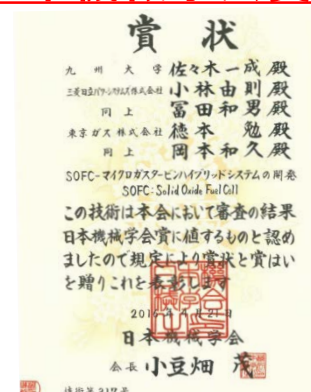
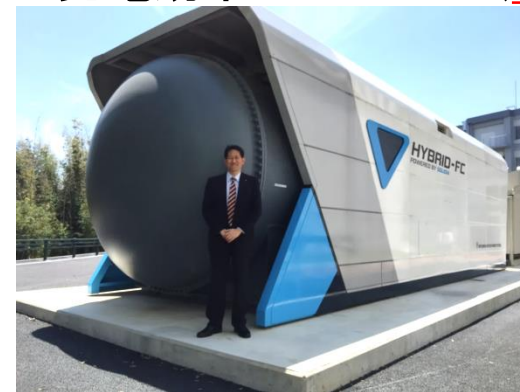
	エネファームtype S	エネファーム
作動温度	約700℃～750℃ 高温で作動するから発電効率が低い	約60℃～80℃
電池の種類	固体酸化物形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)
電解質	セラミックス	高分子膜
発電効率※1	52%	39%※2

(アイシン精機HP: <http://www.aisin.co.jp/cogene/enefarm.html>)

“カタログ” (未来の高効率定置用電源)

【業務産業用燃料電池】(実証済、発売済)

- 固体酸化物形燃料電池(SOFC)型
- セルレベルで劣化率0.1%/1000h以下
- 20000h運転実績(2018年8/2達成、伊都で更新中)
- 発電効率54.4%LHV(日本機械学会賞)



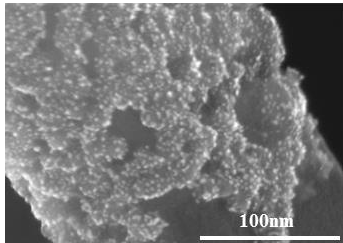
【革新的高効率システム】(開発中)

- 固体酸化物形燃料電池(SOFC)型
- 多段化で効率70%超(目標)
- 水素イオン電解質利用で80%超(目標)
- 新材料システムで10年耐久(将来目標)

革新技术開発例: 次世代電極触媒創製 (固体高分子形燃料電池)

高耐久Pt/Nb-SnO₂ 電極触媒の創製

(九大佐々木発明。燃料電池車寿命相当の
6万回起動停止+40万回負荷変動耐久!)



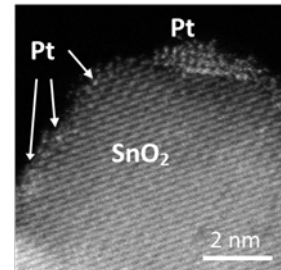
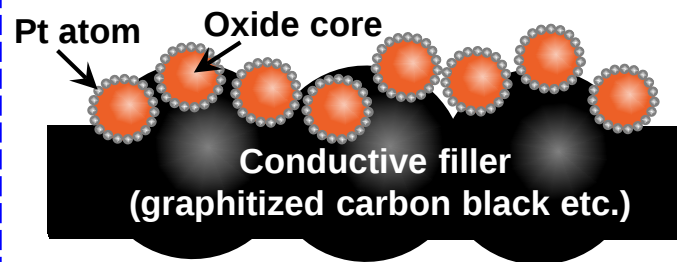
(Takasaki, Sasakiほか、*J. Electrochem. Soc.*, (2011),
Nakazato, Sasakiほか、*J. Electrochem. Soc.*, (2018),
Matsumoto, Sasakiほか、*J. Electrochem. Soc.*, (2018))

目標: 劣化しないロバストPEFC開発へ

酸化物コア・シェル触媒の創製

Oxide-core Pt-shell concept

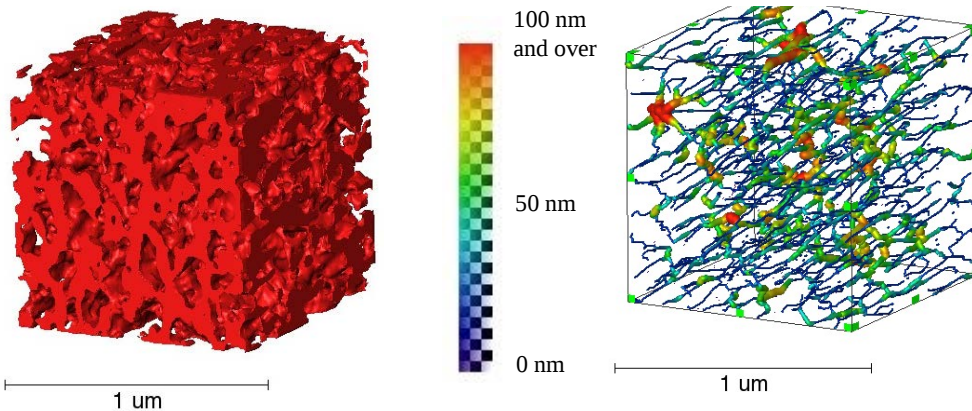
(白金有効利用+電位サイクル耐久性+集電性向上!)



(Nagamine, Sasakiほか、*ECS Trans.*, (2018))

目標: 白金をほとんど使わないPEFC開発へ

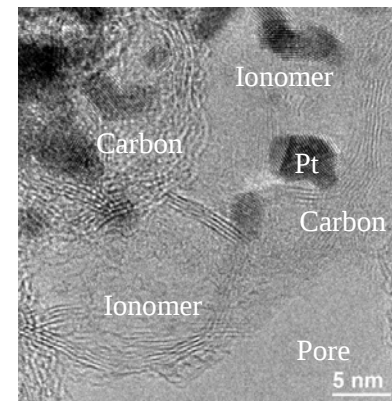
電極触媒層の3次元定量化実現



(Okumura, Sasakiほか、*J. Electrochem. Soc.*, (2017))

目標: PEFC電極触媒層の3次元設計・制御へ

電極触媒層高分解能観察実現



(Okumura, Sasakiほか、*J. Electrochem. Soc.*, (2017))

目標: 触媒の原子レベル観察・制御へ

革新技术開発例：革新的SOFC電極の開発

耐酸化還元性電極の創製 (Ni粒子が孤立しているので、酸化還元による劣化なし)

Ni-YSZ

YSZ	イオン伝導パス+骨組
Ni	触媒
	電子伝導パス+骨組

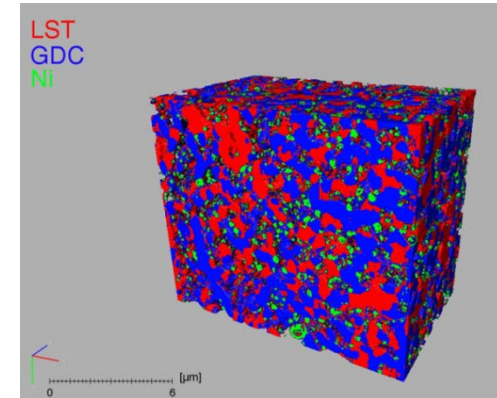
燃料枯れ：Ni→NiO

Futamura et al., *J. Electrochem. Soc.*, **164** (10) F3055 (2017).

Futamura et al., *Int. J. Hydrogen Energy*, (2019), in press.

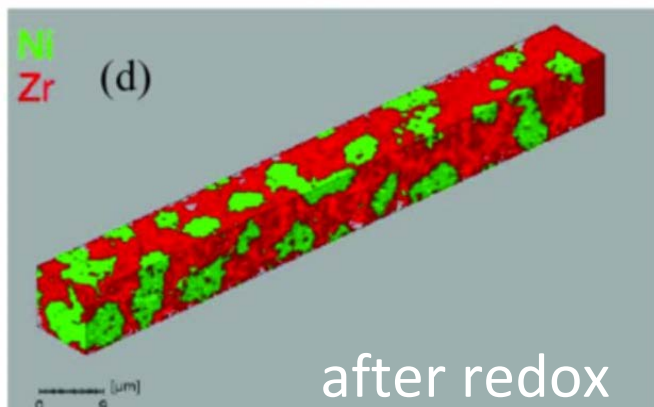
本研究

GDC	イオン伝導パス+骨組
Ni	触媒
<u>LST</u>	<u>電子伝導パス+骨組</u>



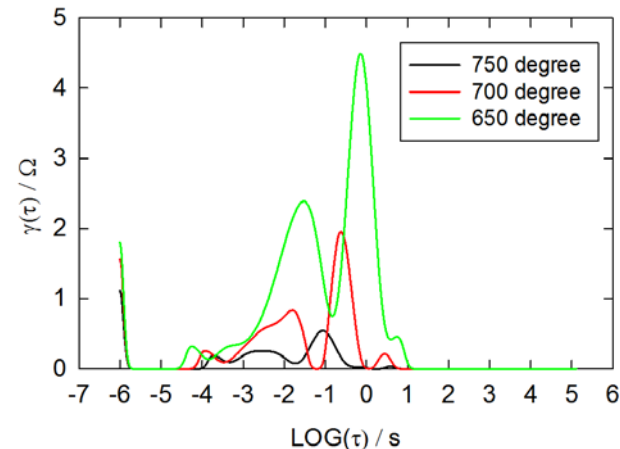
目標：酸化還元（燃料置換、起動停止）に強く、燃料を使い切れるSOFCの開発へ

電極酸化劣化の3次元定量化



目標：電極の3次元多孔構造の定量把握！

電極反応のDRT解析（緩和時間解析）



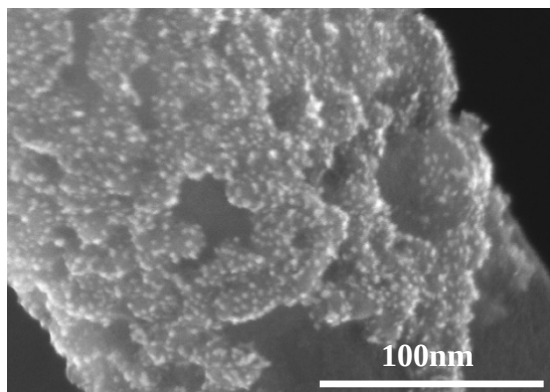
目標：電極性能・プロセスの分離評価！

研究成果例: 次世代の燃料電池材料・デバイスの開発

9

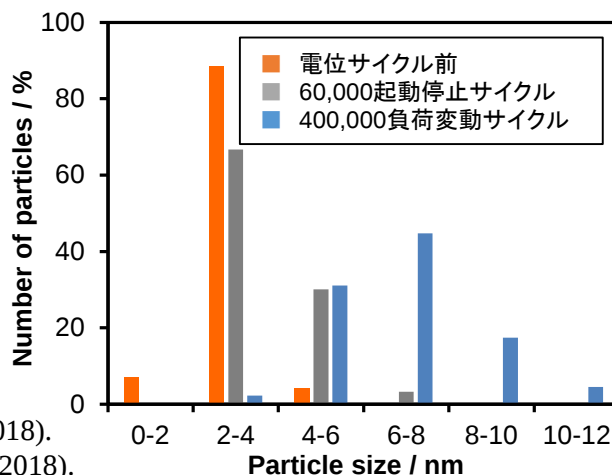
高耐久Pt/Nb-SnO₂電極触媒の創製 (燃料電池車の寿命相当の電位サイクルへの耐性)

触媒 (調製後)

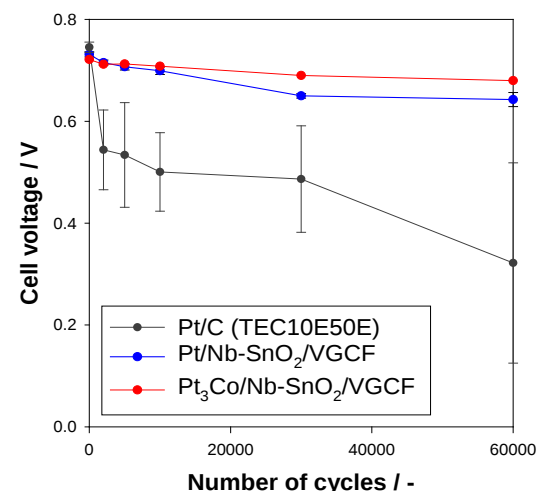


Nakazatoほか, *J. Electrochem. Soc.*, **165** (14), (2018).
Matsumotoほか, *J. Electrochem. Soc.*, **165** (14), (2018).

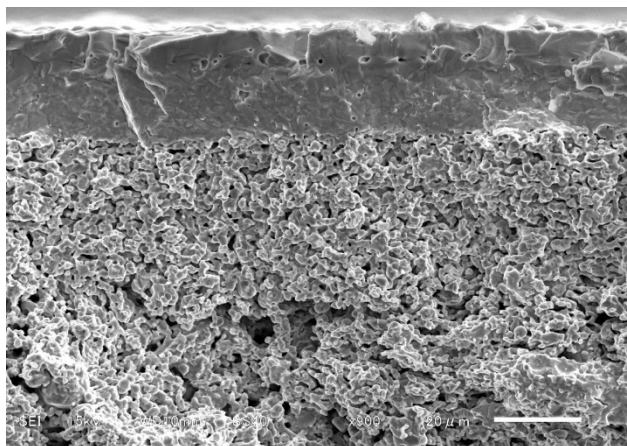
触媒凝集 (耐久試験後)



6万サイクル耐久!



新規電解質燃料電池の開発 (水素イオン伝導性セラミックス使用で燃料希釈抑制・高効率化へ)

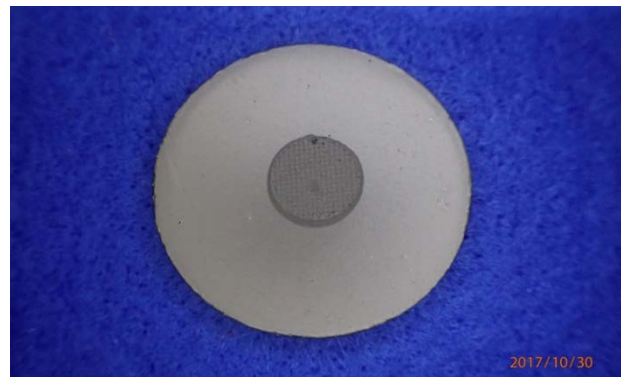


電解質
上: BZCYYb
下: BZYb

アノード
活性極
BZYb+NiO

アノード
基板
BZYb+NiO

新規電解質を用いたデバイス作製!



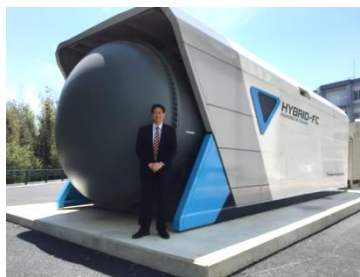
2017/10/30

燃料電池・水素エネルギーの社会実装へ

【社会実装に向けた実績】

【業務産業用燃料電池】(実装済、発売中)

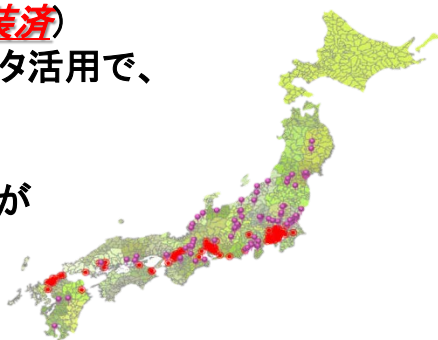
- MHPS:2017年8月9日発売開始
- セルレベルで劣化率約0.1%/1000h
- 20,000hの運転達成** (2018年8月2日、伊都で更新中)
- 発電効率54.4%LHV
- (日本機械学会賞受賞)



(MHPS製)

【水素ST最適配置シミュレータ】(実装済)

- 人口分布や交通量等のビックデータ活用で、高価な水素STを最適配置
- ⇒**インフラ投資の効率化**
- アドバンスド版を**水素ST合同会社**が利活用して水素インフラ普及へ
- 再エネ分布に沿った**再エネ水素ST配置**検討(引き続き、開発中)



【燃料電池関連実績(佐々木関連)】

- 英語学術論文:約250報
(九大はSOFC論文数世界1位(2012-17年))
- 学会発表:約900件、特許出願:計40件超
- 民間研究資金(共同研究):年間平均1億円(十数社)
- 英語専門書“Hydrogen Energy Engineering: A Japanese Perspective”は世界でダウンロード約6万回!

【社会実装の方向性】

【**水素インフラ**】再エネ余剰電力の水電解水素での貯蔵や、**デマンドレスポンス**や電力系統安定化などの未来型エネルギーマネジメントを実現するための基盤コア技術となる、水電解セルの開発



【**定置用電源**】高効率発電を実現する新規電極材料、電解質材料、プロトン伝導電解質セルなどの創製(出力変動にも対応可能な分散電源システムへ)

【ゼロエミッションモビリティ】

- 長航続距離、耐久性、低貴金属使用、量産性を有する革新的な固体高分子形燃料電池の触媒・セル開発
- 電気自動車の航続距離を延ばせる急速起動対応の固体酸化物形燃料電池用の材料・セル開発



(出典:トヨタ)

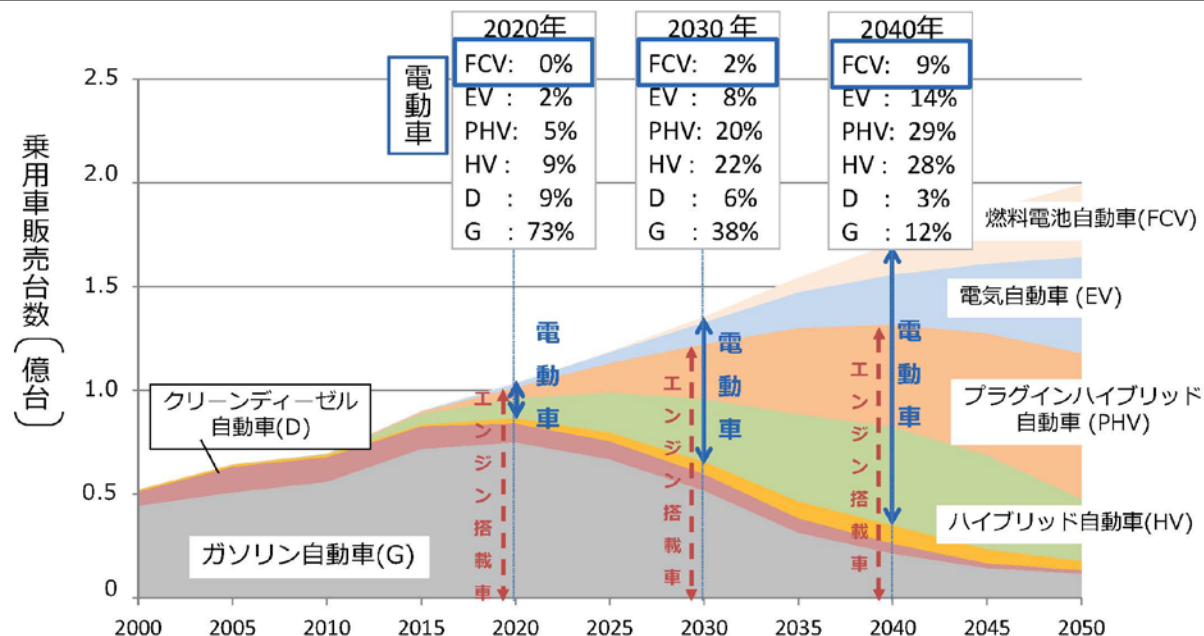


(出典:日産)

世界動向:クルマの電動化とFCV・水素社会

【水素エネの動向】(佐々木が水素セッション座長を務めた日本政府主催Innovation for Cool Earth Forum(ICEF、“エネルギー・環境技術版ダボス会議”)@東京10/10など)

- 水素エネルギー技術開発と普及の世界的な広がり:水素ステーション数(2018年)が日本100基超+米国60基超(CA中心)+ドイツ50基超、中国現在十数基など
- 米CA州のFCV台数が日本国内台数を超過
- フォークリフト・バス・トラック・などへの車種展開開始(Heavy duty transportation)
- 中国での電気自動車向け補助金カット開始と商用車・バスFCV化スタート
- 制度・規制の国際調和、普及啓発⇒水素閣僚会議「東京宣言」⇒G20、東京オリパラへ
- ICEF:水素を「日本のエネ技術開発の重点分野の筆頭」に位置づけ(世耕経産大臣)



(出典) IEA 「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017」に基づき作成

出典: 経済産業省HP http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/006_03_00.pdf

展望：“燃料電池・水素エネルギー産業”の創成

