

第9回FC-Cubicオープンシンポジウム

---

# 社会インフラとしての水素定置電源

～多様化するカーボンニュートラル時代に向けた燃料電池活用～

2022.11.17

みずほリサーチ&テクノロジーズ



# 本日のアジェンダ

---

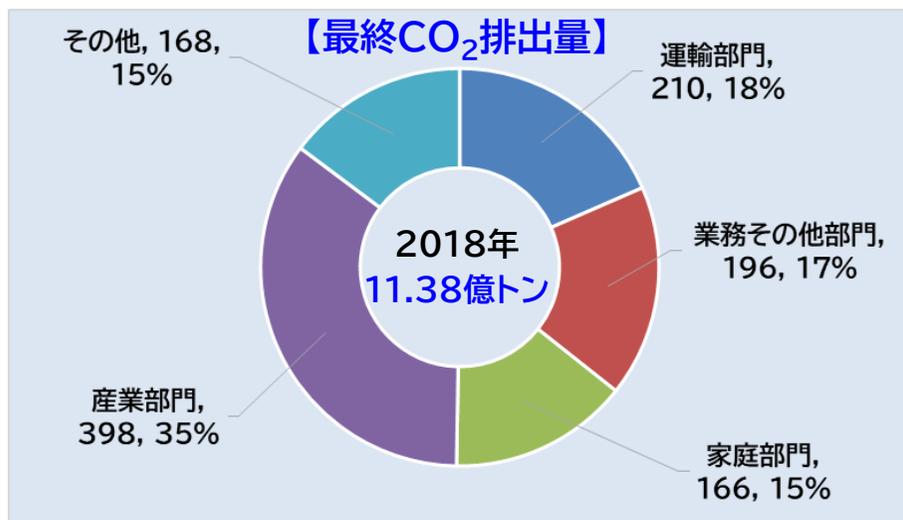
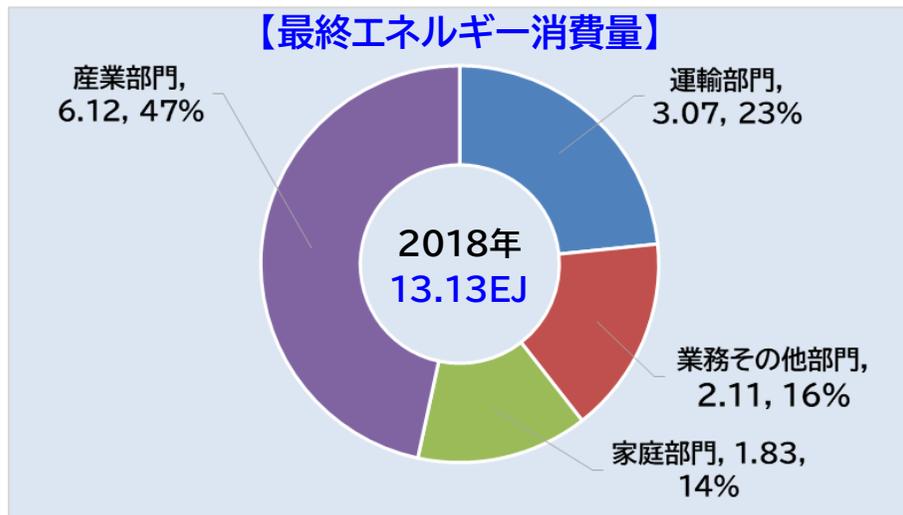
1. 社会インフラとしての水素電源への期待
2. 定置用燃料電池の市場・製品動向
3. 国内外の定置用燃料電池の新しい取組
4. 定置用燃料電池の開発と今後の展開
5. まとめ

# 水素利用・カーボンリサイクルによる社会インフラの変革

- 水素は運輸部門、業務・家庭部門、産業部門への利用、アンモニアやCO<sub>2</sub>のリサイクルと合わせて合成燃料や化学基幹品への変換で更に適用範囲を広めてカーボンニュートラル実現に向けた社会インフラへの変革の鍵



# 日本のエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量から見る水素への期待



## 各部門で消費されるエネルギーの内訳

運輸: 98% - ガソリン、軽油(ディーゼル) ⇒ 動力燃料  
業務: 42% - 石油・ガス ⇒ 熱利用  
家庭: 48% - 都市ガス・LPガス・灯油 ⇒ 熱利用  
産業: 78% - 石炭・石油・天然ガス・蒸気 ⇒ 原料・自家発電・熱利用



全体の約73%が化石資源でエネルギー消費

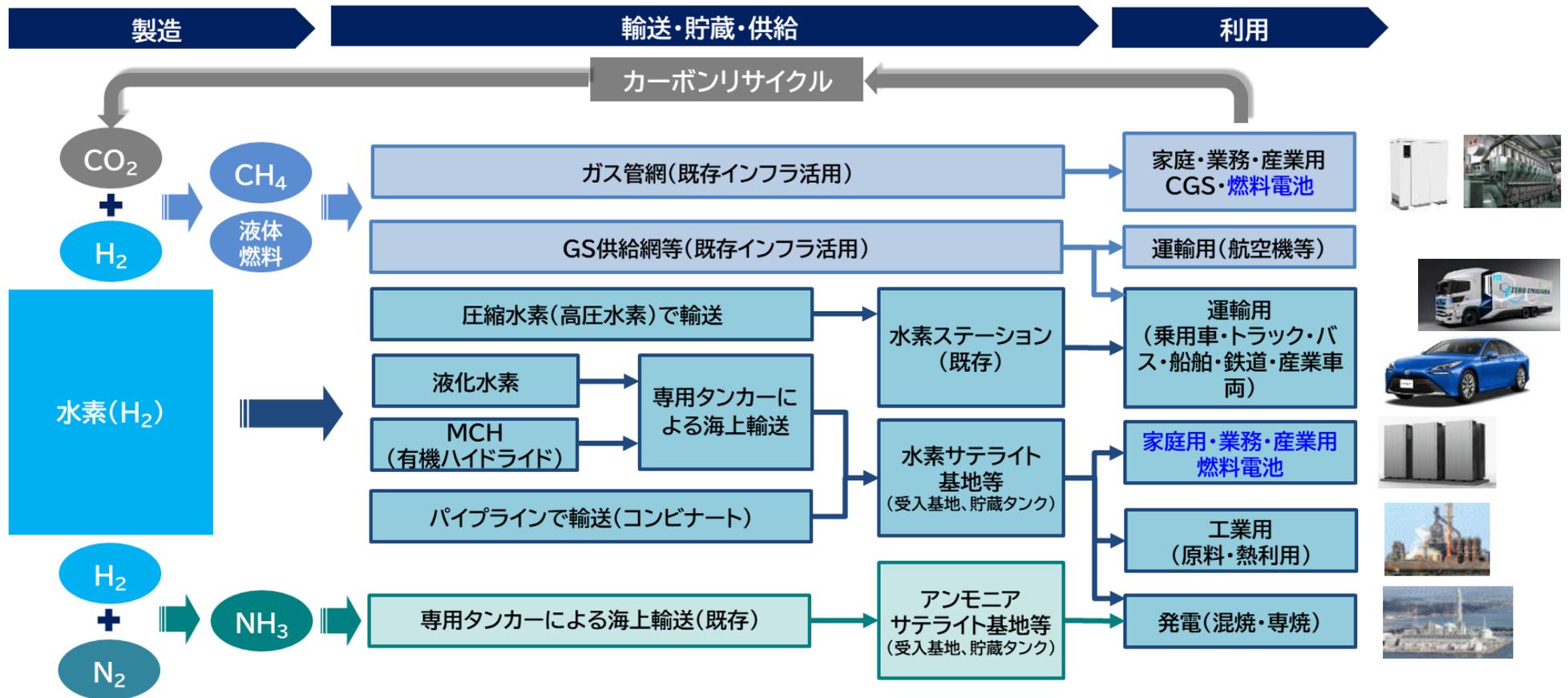
電力の脱炭素化(再エネ・原子力)  
+  
全ての部門で大量消費されている化石資源の  
カーボンニュートラル化



「水素」をベースとした燃料・原料に期待

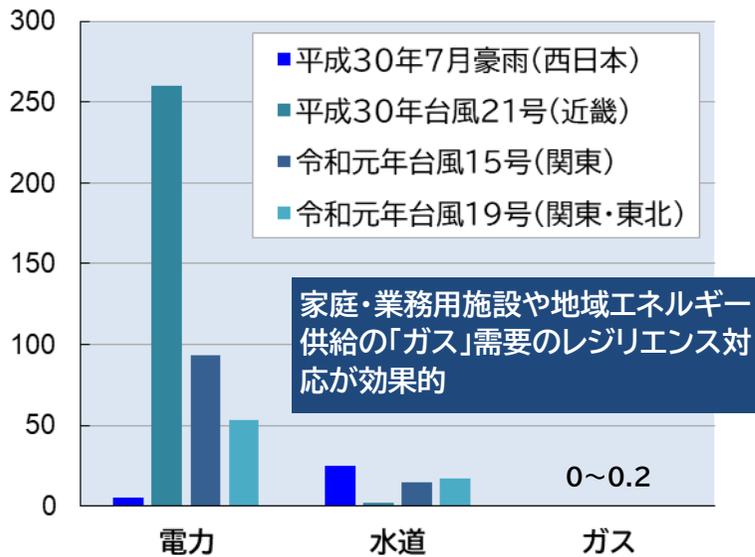
# 水素サプライチェーン・カーボンリサイクルの全体イメージ

- 水素はさまざまな手段で製造・輸送可能、そのキャリアに適した形態で利用、将来的な大規模水素利用には大型船による海上輸送とサテライト基地の整備、大需要エリアではパイプラインの構築も重要
- CO<sub>2</sub>を回収して水素から合成メタン・液体燃料を製造、既存インフラを活用してカーボンリサイクルを実現
- こうした社会インフラのなかで**燃料電池による家庭・業務用へのエネルギー(電力・熱)供給**もCO<sub>2</sub>低減に貢献



# 定置用燃料電池への期待

- 省エネコジェネレーション機器としてCO<sub>2</sub>排出量低減、将来的には燃料の低炭素化(混合ガス)、カーボンニュートラル燃料の普及に伴い、更なる低減に貢献(省エネ・低炭素化)
- 地震・水害等の災害の多い地域では停電時のBCP(事業継続計画)対応としての期待も大きく、日本ではガス供給インフラは、他のインフラと比較して被害影響が少ない(レジリエンス強化)
- 分散型エネルギーインフラを活用した地域エネルギー事業が期待、地域の資源を活用して域内で地産地消することで、経済好循環、効率的なエネルギー利用、エネルギーセキュリティの確保(エネルギーの地産地消)
- 再生可能エネルギー普及に伴い、分散化してエネルギーリソースを束ねて遠隔で発電所のように制御(VPP)、電力供給構造の変化に伴う系統混雑や電力品質の調整力として機能(電力需給の高度化)



近年の台風・豪雨による被害件数

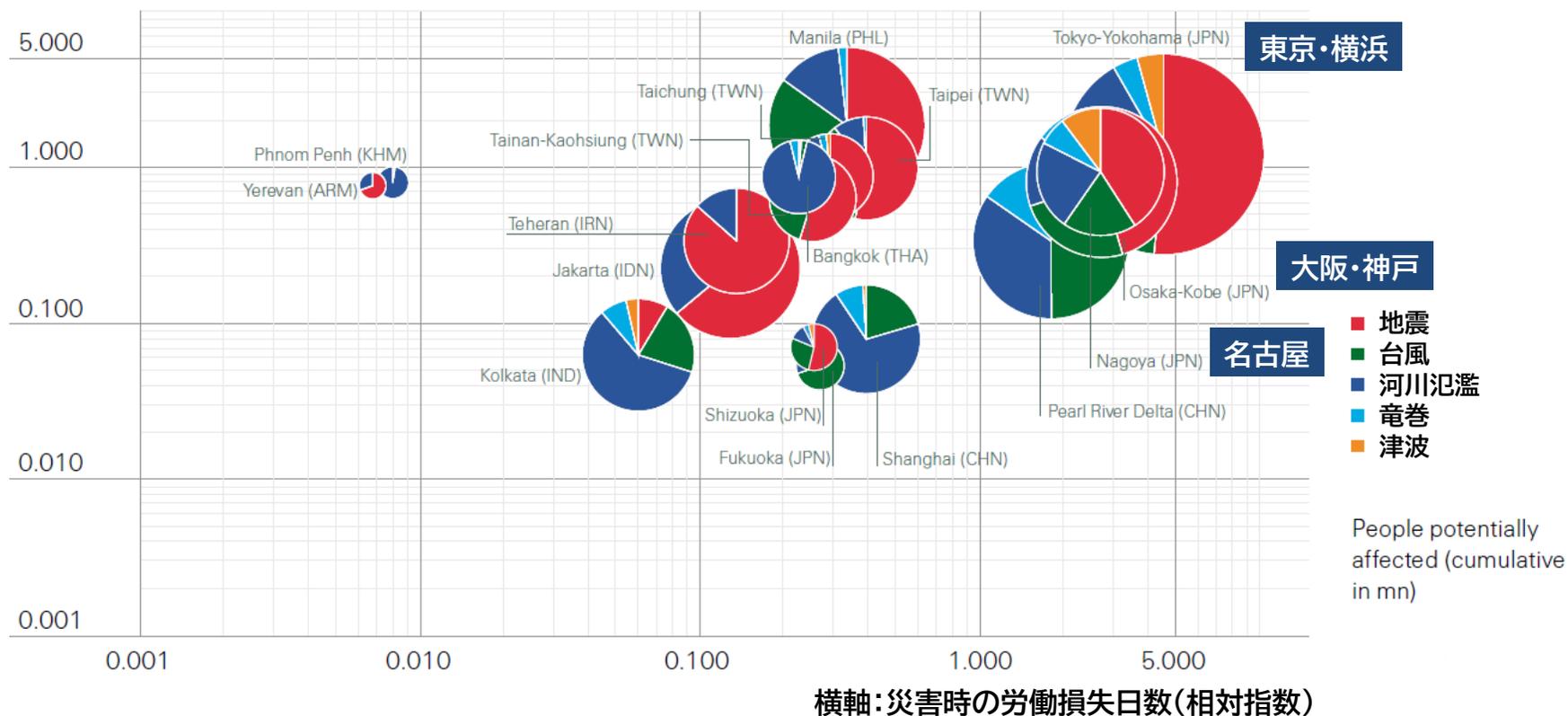
項目	導入の意義
経済好循環	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地域に存在する資源・産業の副産物(間伐材、家畜ふん、廃熱等)を活用することでバリューチェーンが拡大、<b>地域産業の新たな収益化</b></li> <li>■ エネルギーの地産地消により地域で資金が循環、雇用増や税収増を期待</li> </ul>
効率的エネルギー利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電気と熱の効率的なエネルギー利用でエネルギーコスト削減による地元産業の収益力向上</li> <li>■ エネルギーに係る<b>新たな産業やサービスの創出</b></li> </ul>
エネルギーセキュリティの確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地域において非常時のエネルギー源を確保することで、<b>災害に強いエネルギーシステム構築や、地域拠点におけるエネルギー確保</b></li> </ul>

【出典】総務省 自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会、コージェネレーション白書2021より当社作成

# 【参考】主要都市におけるレジリエンスの重要性

- 日本の大都市は他国に比べても特に災害時損失による経済的な影響が大きく、レジリエンスの重要性が高い
- アジア圏では台湾、フィリピン、インドなども災害時損失の影響が大きく、同様の問題意識が予想される

縦軸：災害時の労働損失(当該国経済への影響、相対指数)



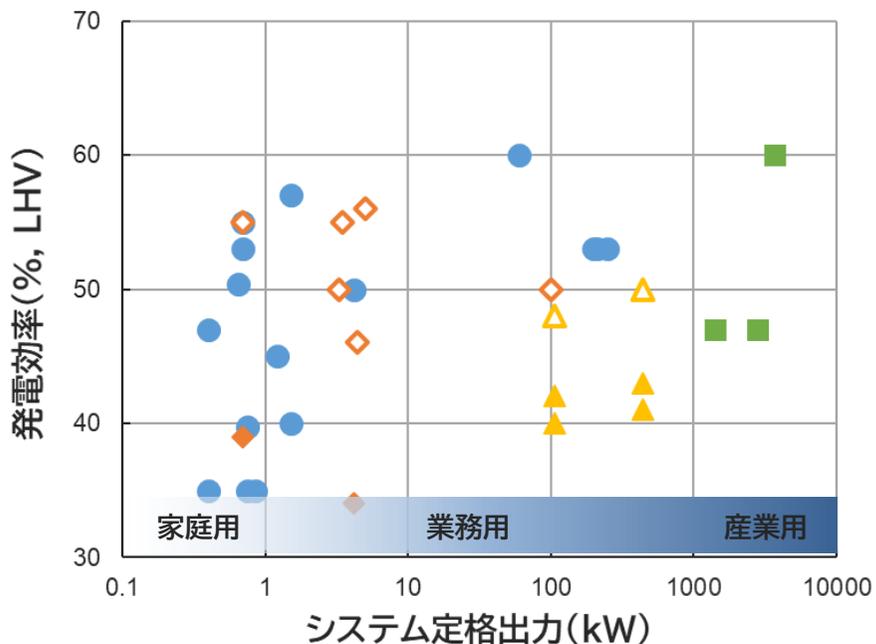
【出典】Swiss Re, “Mind the risk - A global ranking of cities under threat from natural disasters”

- 
1. 社会インフラとしての水素電源への期待
  - 2. 定置用燃料電池の市場・製品動向**
  3. 国内外の定置用燃料電池の新しい取組
  4. 定置用燃料電池の開発と今後の展開
  5. まとめ

# 定置用FCの製品スペック(発電効率)

- PEFC, SOFC製品の発電効率は35-60%LHVの幅広いレンジに存在
- SOFC製品はSOLIDpower社BlueGENにおいて高い発電効率(57%LHV)と安価な発電コスト(€0.10/kWh)を両立、Convion社C60, Bloom Energy社ES5シリーズも高い発電効率を示す(前者:60%LHV, 後者:初期効率>60%LHV)
- 純水素PEFCではパナソニック社のKIBOUが高い発電効率(56%LHV)
- PAFCおよびMCFCは主に業務用・産業用製品として販売中

● SOFC(改質燃料)    ◆ PEFC(改質燃料)    ▲ PAFC(改質燃料)    ■ MCFC(改質燃料)  
 ○ SOFC(純水素燃料)    ◇ PEFC(純水素燃料)    △ PAFC(純水素燃料)

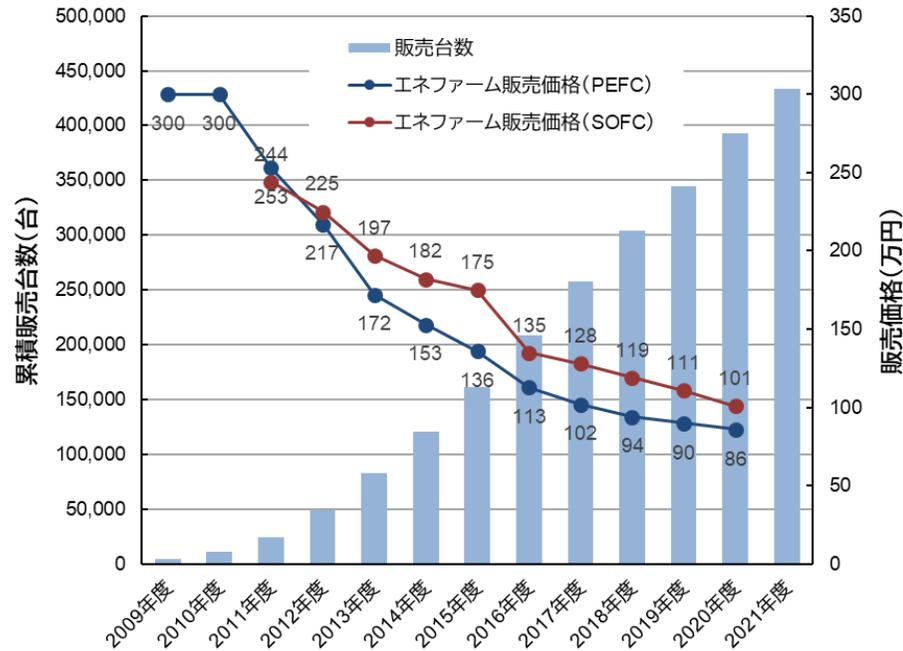


製品名 (企業名)	定格出力 (kW)	発電効率 (%LHV)	総合効率 (%LHV)	種類
H2 KIBOU (パナソニック)	5	56	95	PEFC (純水素)
Hydrogen Energy Server (Bloom Energy)	300	52	—	SOFC (純水素)
ES5-LABAJA (Bloom Energy)	200	53 (初期:60)	—	SOFC
C60 (Convion)	60	60	83	SOFC
PureCell Model 400 Hydrogen (Doosan)	440	50	85	PAFC (純水素)
SureSource 4000 (Fuel Cell Energy)	3,700	60	—	MCFC

【出典】各社HP等より当社作成

# 国内の定置用燃料電池の市場動向

- 2009年に市場投入が開始され、**2021度には累計43万台を突破**。集合住宅対応、停電時発電継続機能、LPWA（無線通信機能）など機能拡張しつつ、着実に販売台数が拡大
- 2009年の市場投入当初300万円程度であったユーザー負担額（設置工事費込）は10年間で約70%低減、2019年10月に低容量400WのコンパクトSOFCが市場投入、ユーザー負担額は約87万円
- 三浦工業（4.2kW）と京セラ（3kW）が業務用燃料電池（低圧）、三菱重工が250kW級のSOFCとマイクロガスタービン（MGT）とのコンバインドシステム（高圧）、2021年4月に日立造船が20kW級を市場投入。システム価格は約**170万円/kW**、発電コストは50円/kWhおよび40円/kWhの状況（**系統電力の2～2.3倍程度**）

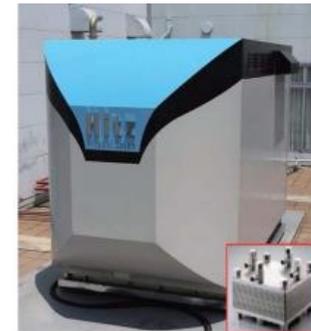


【出典】資源エネルギー庁資料より当社作成

エネファームの累積販売台数と価格の推移



【出典】三浦工業HP



【出典】日立造船(Hitz)技報

業務用燃料電池システム(三浦工業・日立造船)

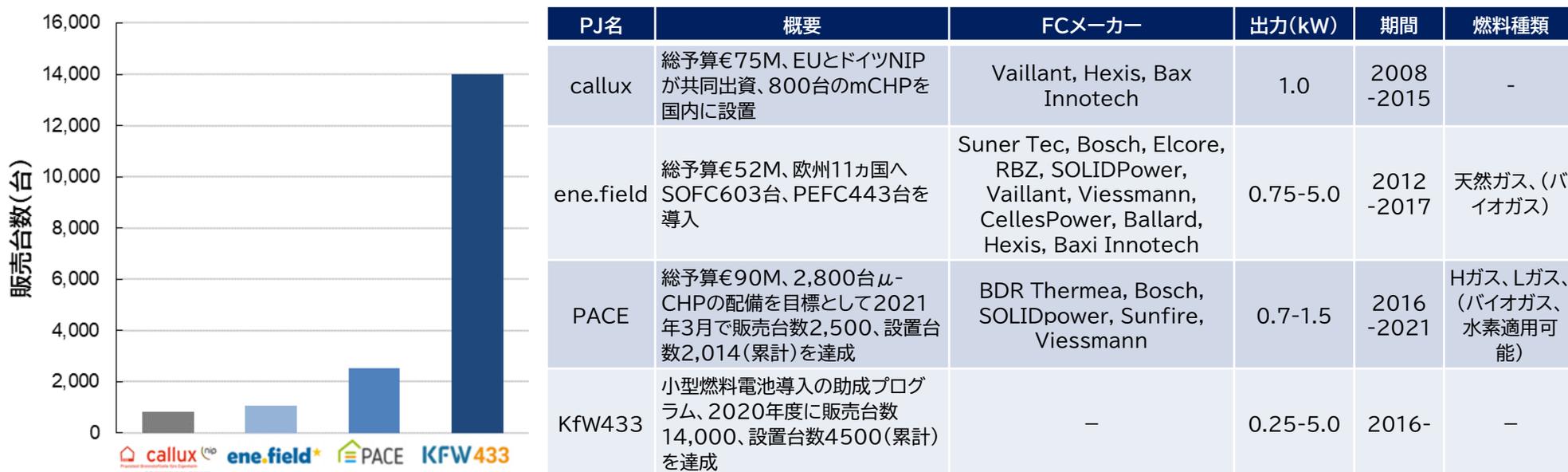


【出典】三菱重工業HP

SOFC+MGTコンバインドシステム(三菱重工)

# 欧州の家庭用燃料電池(micro-CHP)の市場動向

- 欧州ではmicro-CHPの市場拡大を目指したプロジェクト(ene field, callux, PACE, KfW433)により製品開発・設置を推進、KfW433では補助金によるインセンティブがあるためドイツ国内で既に5,000台以上の導入が進んでいると見込まれる(販売台数14,000台)
- 欧州での総設置台数は10,000台レベルに留まり、日本と比べて現状のμ-CHP(家庭用)の市場規模は小さい
- 業務・産業用途での定置用FCについては、Convion, SOLIDpower, Sunfireを主要プレーヤーとしてComSosコンソーシアムを通じて推進中



【出典】PACE等プロジェクト各種資料より当社作成

# 欧州の業務用燃料電池(middle-CHP)の市場動向

- 欧州ではCHJUプロジェクトComSosで10-60kWのSOFC(CHP)に関する導入実証および市場・ビジネスモデル分析を推進、特に電気代が高く、ガスが安い国、系統不安定な国、施設が多い国を市場として重視
- ComSosプロジェクトでは、分析の結果としてイタリア・ドイツをCHPの市場として有望視

要素	説明	SOFC(CHP)期待値の高い国	セグメント	施設数の多い国
①スパークスプレッド	電力価格とガス価格の大小の指標  (※両者の差、比を用いる文献が存在し、定義は画一ではない)	・スペイン ・ベルギー ・スロヴァキア ・ラトビア ・イタリア ・イギリス	小売店	・イタリア ・スペイン ・スウェーデン
	停電時間	・ラトビア ・マルタ ・クロアチア ・ルーマニア ・スロベニア	ホテル	・ドイツ ・イタリア ・スペイン ・イギリス ・フランス
②系統安定性	停電頻度	・ラトビア ・マルタ ・ルーマニア ・ポーランド ・スペイン ・イタリア ・ポルトガル ・ギリシャ	病院	・ドイツ ・リトアニア ・ブルガリア ・オーストリア ・ベルギー
	③支援制度	・ドイツ ・イタリア	ショッピングセンター	・イギリス ・フランス ・イタリア ・ドイツ ・スペイン ・オランダ
			データセンター	・ドイツ (・米国、中国、日本、豪州)

## セグメント別施設数上位国

例. イタリア  
(小売店、ホテル、ショッピングセンター)

例. ドイツ  
(ホテル、病院、ショッピングセンター、データセンター)

をCHPの適用先として特に有望視  
(施設数・スパークスプレッドは英国有力だが、支援制度打ち切り)

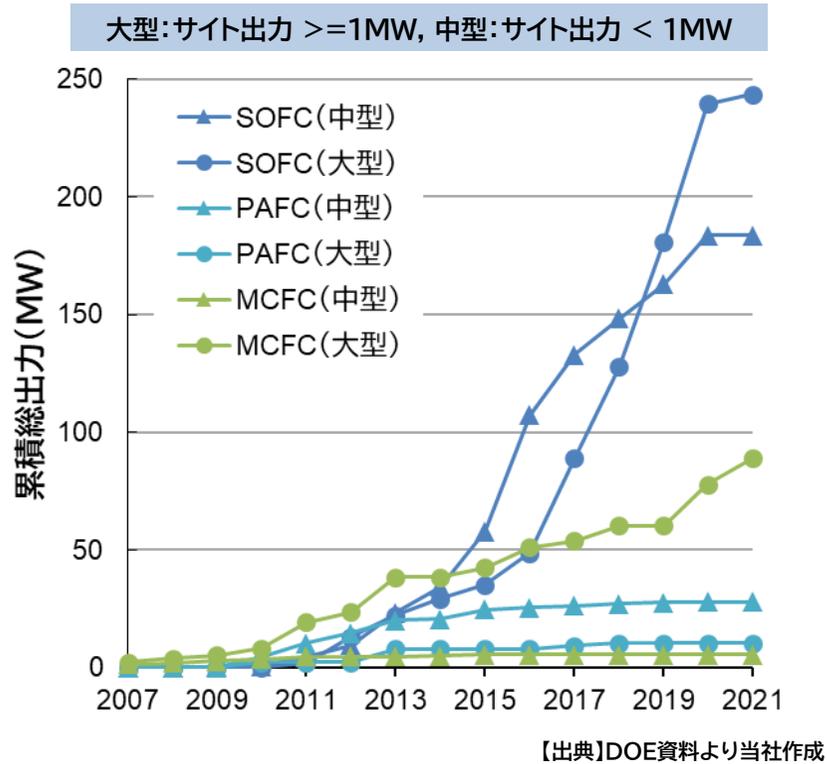
【出典】ComSos, "Market analysis of CHP solutions applied in commercial applications"

SOFC-CHPへのEU各国別潜在期待値分析

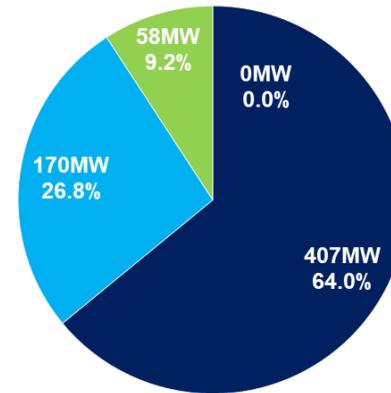
セグメント別施設数上位国

# 米国の定置用燃料電池の市場動向

- 米国では25kW以上の定置用FCの導入が**Bloom Energy社のSOFCを中心に進む**(全体シェアの約64%)、PAFCは過去10年間で新規導入がほとんどない一方、MCFCは大型システムを中心に市場ニーズ拡大
- 定置用FC導入の適用先として小売業が全体の27%を占め最多となるが、**データセンターの需要も近年増加傾向**

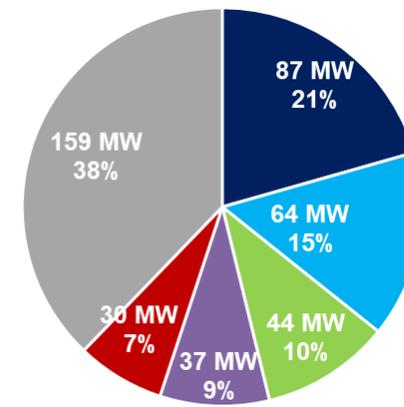


累積総出力年次推移(~2021年上期)



## 出力ベース主要プレイヤー

- Bloom Energy
- FuelCell Energy
- Doosan Fuel Cell America
- Solidpower

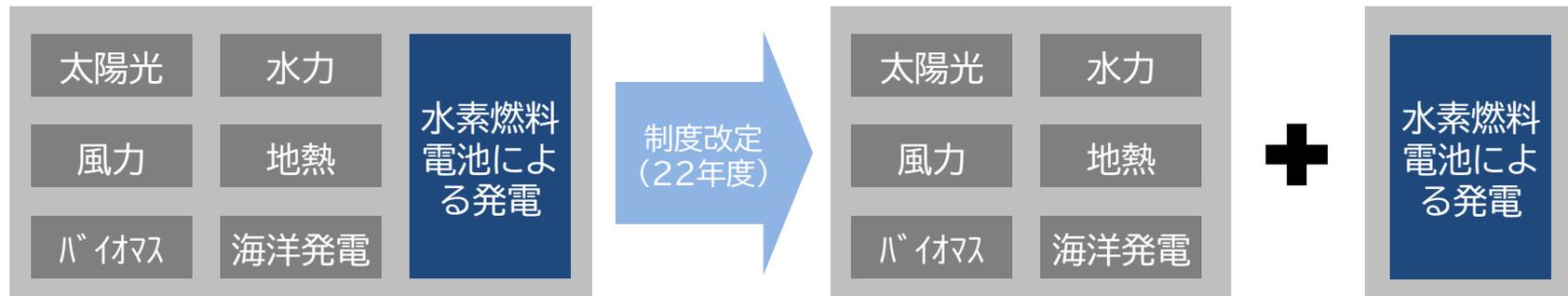


## 出力ベース適用先

- retail
- data center
- substation
- unknown
- manufacturing facility

# 韓国の定置用燃料電池の市場動向

- 2012年にFITに代わって**再生可能ポートフォリオ基準制度(RPS)**が制定され特定の電力生産者に一定比率以上の再エネによる発電義務を課し再エネ普及を支援。2022年度に10%に到達
- 現行のRPSでは水素発電と再エネとが競合するため、**水素発電義務化制度(Hydrogen energy Portfolio Standard:HPS)**を制定し、水素発電に関する目標を分離、2022年以降に導入し、2040年までの8GWの水素発電普及量の達成と、今後20年間で2兆円を超える投資を行うことを目標
- ユーティリティスケールでのFC発電が活発、Doosan, SK E&CがそれぞれCeres power, Bloom Energyと提携し製品ラインナップを強化、**2021年8月現在、定置用燃料電池の普及規模は世界最大(688MW、日本の約2倍)**



- 電源別義務はなく、水素発電は再エネとの競合が発生
- 2022年度より**水素発電専用の制度を新設(HPS)**、再エネとの競合をなくして普及促進を図る
- HPS制度の対象事業者は、RPS制度対象の**24社**(2022年2月時点)

## 大規模発電事業者に対する、水素燃料電池による発電義務付けの制度導入

【出典】韓国産業通商資源部(Ministry of Trade, Industry and Energy)「第2回水素経済委員会案件主要内容」(2020/10)

# 国内の定置用燃料電池メーカーと導入事例

## ■ 定置用FCメーカーの他、車載用FCメーカーも定置用FCを開発、コジェネに限らず工場等でのモノジェネも視野

企業	ラインナップ(出力)	導入ドメイン・事例	水素供給の例	備考	
東芝エネルギーシステムズ	H2Rex (純水素FC)	<導入済> ・0.7kW, 0.35kW, 100kW	・コンビニ(0.7kW) ・道の駅(3.5kW)	オフサイト供給(ボンベ) (コンビニの例では岩谷産業が水素ボンベを供給、浪江道の駅ではカードルで供給)	・発電効率50% ・全国100台以上導入 ・導入事例ではコジェネで温水も活用
		<開発中> ・MW級 ※100kWモジュール組み合わせ	・卸売市場(100kW) ・ホテル(100kW) ・体育館(100kW) ・プール(100kW)	オフサイト供給(ローリー) (周南市卸売市場ではトクヤマ工場の副生水素を液化、ローリーで施設に供給)	
	H2One (自立形EMS太陽光+水電解+FC)	<導入済> ・3.5kW <開発済> ・300kW	・(非常用)電源(3.5kW) ・離島用電源(300kW)	オンサイト供給	・コジェネとして温水も活用
Panasonic		<導入済> ・0.7kW ・5kW	・工場 (500kW=5kW×100)	オフサイト供給(ローリー) (草津工場の実証では液化水素ローリーで施設に供給)	・発電効率56%と現在業界最高水準
ブラザー工業		<導入済> ・4.4kW	・工場用電源 ・柱上パイプライン (検討中)	オフサイト供給 (ボンベやパイプライン)	・導入事例ではコジェネで温水も活用
豊田自動織機		<開発済> 8kW <開発中>(2025年頃迄) 24kW, 50kW	・(非常用)電源	—	—
トヨタ自動車		<導入済> ・50kW ・100kW <開発済> ・60kW, 80kW	・工場 (50kW, 100kW)	オフサイト供給(ローリー) (トクヤマ工場の実証では副生水素を定置用燃料電池に供給、電力を製造所内供給)	・発電効率50%以上(※実証の目標) ・導入事例はモノジェネ

【出典】各社HP等より当社作成

# 海外の定置用燃料電池メーカーと導入事例

## ■ 複数の車載用FCメーカーも定置用FCを開発、マイクログリッド、データセンター等での活用を視野に入れる

企業	ラインナップ(出力)	導入ドメイン・事例	水素供給の例	備考
現代自動車	・500kW (FCV用のFC95kWを複数連ねて構成)	・燃料電池発電所 (韓国、1MW=500kW×2)	近隣の石油精製所からの副生水素を供給	発電所は電力事業者が設備運用・売電を行う
		・マイクログリッド (韓国、500kW)	不明	燃料電池マイクログリッドを構築、再エネ負荷変動への対応可能性を検証する実証開始を2021年10月に発表
Daimler	・250kW	・データセンター		Rolls-Royceと共同で車載用燃料電池をデータセンター向けに提供するパイロットプロジェクトを2019年に発表 Hewlett Packardと協力してデータセンター適用プロジェクトにも参画
Plug Power	・1.6kW	・通信基地局	・オンサイト水素供給 (同社GenFuel)	現在まで500箇所に導入
	・125kW (数MWまで拡充可能)	—	—	2020年に新たにGensureとして125kWの装置を発表。データセンター、マイクログリッドなど向けに複数モジュールからなるシステムを提供可能
Ballard	・1, 7kW, 5kW (最大60kWまでモジュール組み合わせで対応可能)	非常用電源 (デンマークで約120の無線基地局に、ドイツで通信塔の非常用電源で500基導入)	ガスシリンダー貯蔵	—
	・3MW級 (1.5MW×2)	マイクログリッド (電力は系統、データセンター、建物に供給)	オンサイト製造+圧縮貯蔵 (再エネ水電解)	・フランス領ギアナで、ベースロード電源として電力を供給。再生可能エネルギーからのPower to Power
Bloom Energy	・1MW	・RE100工業団地	副生水素、同社SOECによる製造水素	韓国でSK E&Cと協力してSOFCを導入

【出典】各社HP等より当社作成

# 定置用燃料電池の企業動向(PEFC)①

- 国内ではパナソニックが工場のRE100を目指した純水素PEFC・PV・蓄電池のシステム実証、同社、トヨタ自動車、トクヤマが苛性ソーダ由来の副生水素を利用した定置用PEFCの実証プロジェクトを実施
- 海外ではMicrosoft社がデータセンターのバックアップ電源としてPEFCを用いた実証事業を展開

	国	実施主体	事例	概要	目標性能	実施期間
PEFC	日本	パナソニック	RE100化ソリューション実証試験 	再生可能エネルギー100%によるエネルギーマネジメントシステムの実証プロジェクト 純水素PEFC・PV・蓄電池を活用し草津工場製造部門の全電力を賄うとともに、3電池連携による最適な電力需給運用に関する技術開発・検証を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 全体性能 発電出力:1.07MW 純水素型燃料電池:500kW 太陽光発電:570kW</li> <li>■ 単機性能 発電出力:5kW 定格発電効率:56%LHV 出力方式:モノジェネ/コジェネ</li> </ul>	2022年運用開始
	日本	トクヤマ/ パナソニック	副生水素を用いた純水素PEFCの実証 	パナソニック社製の6台の純水素型燃料電池から構成される実証機を設置、トクヤマが苛性ソーダ製造時の副生水素を供給、熱も温水にして有効利用 副生水素の有効活用、水素を活用した地域貢献モデルの検討や、副生水素を用いた稼働性能・連携制御の検証・評価を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 全体性能 700W - 4.2kW</li> </ul>	2021/9-2023/3

## 定置用燃料電池の企業動向(PEFC)②

	国	実施主体	事例	概要	目標性能	実施期間
PEFC	アメリカ	Plug Power/ Microsoft	データセンター用途 概念検証 	Microsoftのクラウドサービス Azureデータセンター向けバックアップ電源の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 250kW, 48時間連続運転実証試験を実施済</li> <li>■ 3MW級燃料電池システムでの検証を開始</li> </ul>	2022年-
	日本	トクヤマ/ トヨタ自動車	定置用電源実証試験	MIRAIのFCシステムを活用、苛性ソーダ製造時の副生水素を活用したFC発電の実証	-	2020/6-2022/3
	スロベニア	INEA	大規模PEM発電プラント	CAPEX€1500/kWeのMWサイズの燃料電池発電所ユニットの構築 Nedstack等の企業も参画	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CAPEX €1500/kWe未満</li> <li>■ 年間発電量:25MWe</li> </ul>	2018/1-2021/12
	オーストラリア	Nedstack	ユーティリティ規模のPEM燃料電池開発	Sheffield大研究機関から\$825Kの助成を受け大規模PEMの商品化に向けたR&Dを実施	-	2021-

# 定置用FCの企業動向(SOFC)①

- 国内では東京ガス、三浦工業が総合効率65%の新型SOFCに関する実証試験を展開
- ドイツではBosch社が2024年市場導入を目指し、高効率SOFCを用いたパイロットプラントの運用を実施

	国	実施主体	事例	概要	目標性能	実施期間
SOFC	日本	東京ガス/ 三浦工業	AC発電効率65%の高効率な固体酸化物形燃料電池システムの実証試験 	都市ガスを燃料として燃料再生産により1段階目SOFCから排出されたガスを再利用し2段階目SOFCに供給することで65%を超える超高効率を示すSOFCシステムを構築・運用し商用化を目指す(既に2,000時間の安定運転を確認済み)	発電出力:5kW AC発電効率:65%	2020/4- 2023/3
	ドイツ	Bosch	ヴェルナウ工場 パイロットプラント建設 	ドイツ・ベルナウ工場でSOFC電源を用いたパイロットプラントの運用を行う。また、定格発電効率60%、総合効率85%を超えるSOFCシステムの市場導入を目指す	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 出力10kWSOFCを3機使用</li> <li>■ 発電効率:60%以上</li> <li>■ 総合効率:85%以上</li> </ul>	2024年市場 導入予定

## 定置用FCの企業動向(SOFC)②

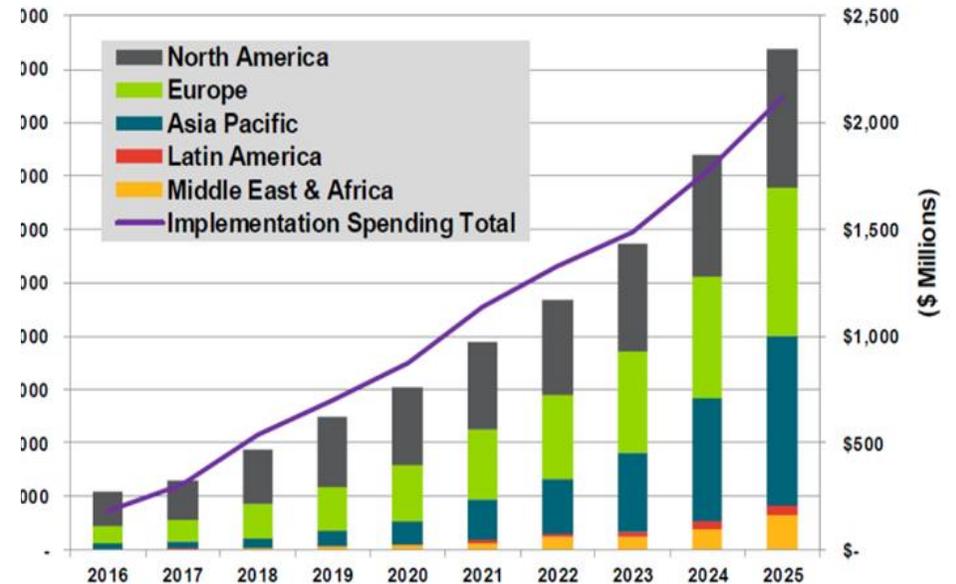
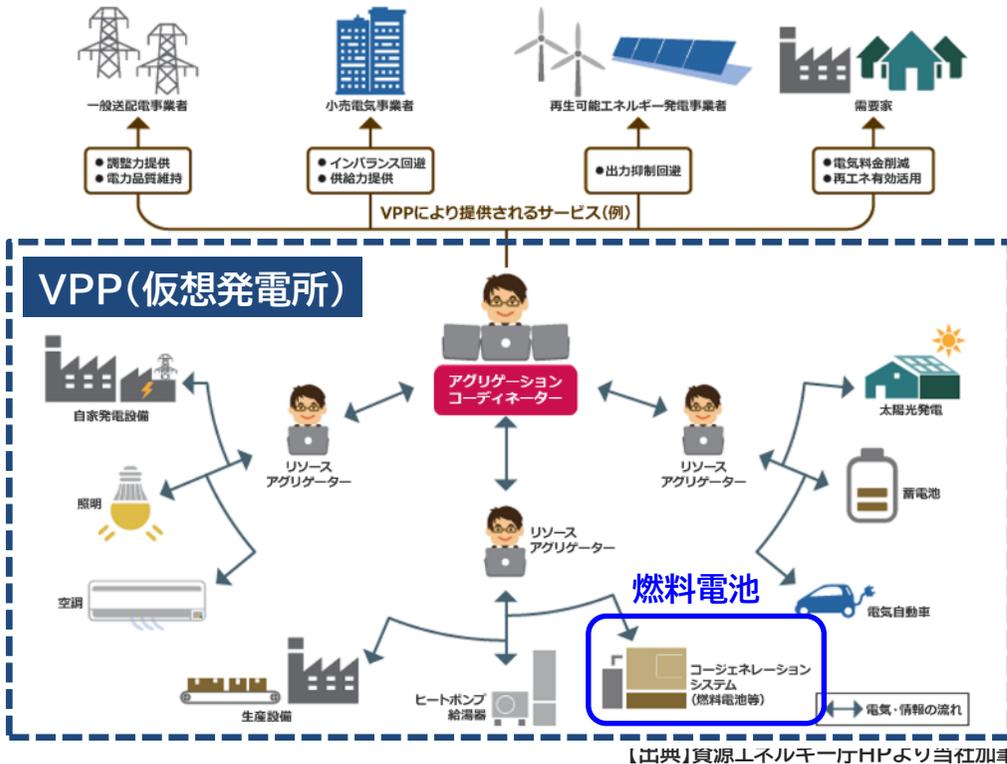
- 米国ではBOP設計の最適化による低コスト化に向けたプロジェクトが進行中
- 韓国ではBloom EnergyとSK ecoplantが共同でMWクラスのSOFC実証プロジェクトを進行中、一部、洋上風力でのグリーン水素製造にもSOECを導入予定

	国	実施主体	事例	概要	目標性能	実施期間
SOFC	アメリカ	Cummins	スケーラブルなSOFC パワーシステムのコスト・効率の改善 	SOFCのBOP(balance of plant)設計を最適化するためのツールを開発し、分析主導開発によりシステム価格\$1000/kW未満の20kWSOFCの開発を目指す	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 20kW中規模用途SOFCのシステム価格\$1,000/kW未満</li> <li>■ 5,000時間の耐久性</li> </ul>	2020/12-2023/11
	韓国	SK ecoplant/ Bloom Energy	昌原産業団地エネルギー自給型インフラ構築事業 	副生水素及び洋上風力などで生成したグリーン水素を利用した大規模純水素利用SOFCの実証を行う	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1.8MWのSOFCを設置</li> <li>■ 300kWのSOECを設置</li> </ul>	2022年までに設置

- 
1. 社会インフラとしての水素電源への期待
  2. 定置用燃料電池の市場・製品動向
  - 3. 国内外の定置用燃料電池の新しい取組**
  4. 定置用燃料電池の開発と今後の展開
  5. まとめ

# VPP(Virtual Power Plant)への活用

- VPP(Virtual Power Plant)は燃料電池を含む創エネ機器や蓄エネ機器等をIoT技術を使って多数台を遠隔で制御し、あたかも一つの発電所(仮想発電所)として稼働させる社会インフラ
- 欧州では独ネクストクラフトベルケ社が最大手であり総発電量は8GWを超え、伊Enel社や仏EnergyPool社等も参画して市場形成を展開(ネクストクラフトベルケ社と東芝ESSと国内で新会社を2020年11月に設立)
- 国内では大阪ガスがエネファームType-Sを用いて2020年度に1,500台、2021年度に3,600台(電力供給量で1MW)をリソースとした実証試験を実施、今後、VPPに組み込むため制御技術の確立、将来市場への対応が重要

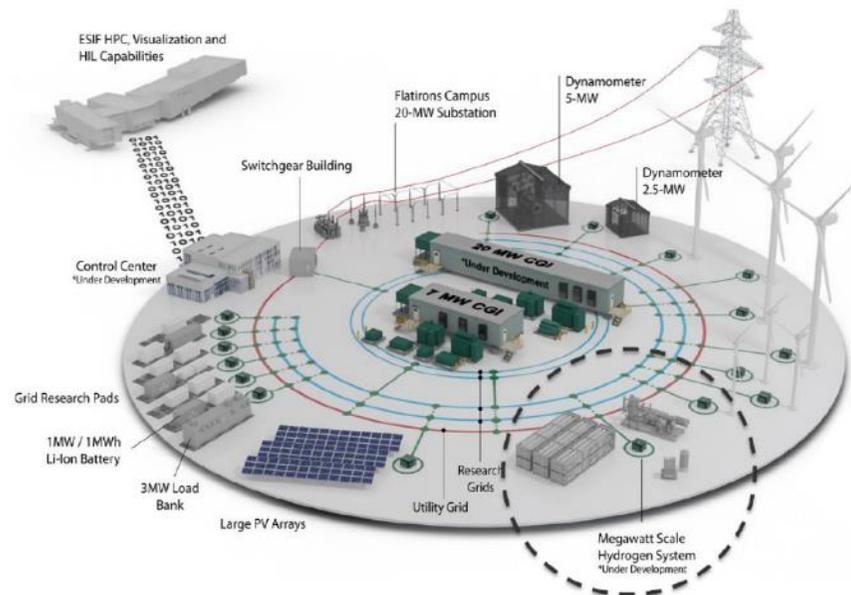
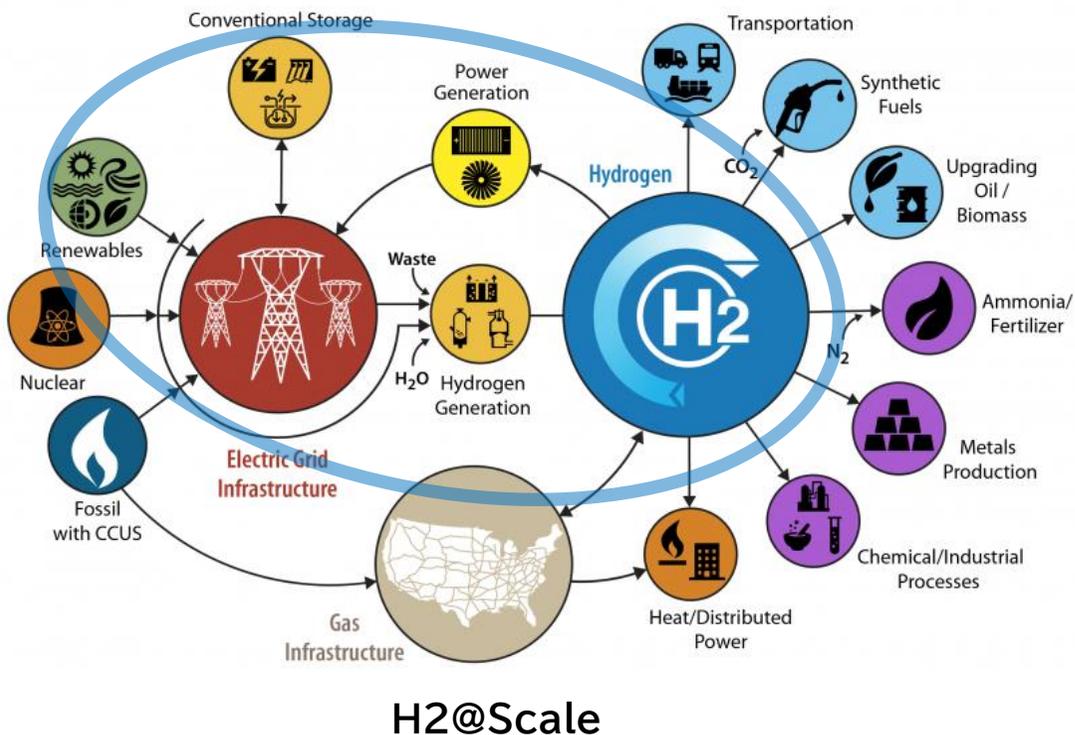


エリア別VPPビジネス市場規模予測

【出典】Navigant Research

# グリッドエネルギー貯蔵・発電への活用

- 数のアプリケーションおよび経済セクターにわたるクリーン水素に対するDOEのH2@Scaleの一環として、NRELを中心としたグリッドサービス、エネルギー貯蔵、再エネ水素の製造・利用を実証するAdvanced Research on Integrated Energy Systems(ARIES)を推進、MWスケールの水電解と定置用FCを導入、水素技術をソースとするグリッドへの相互接続と相互運用性の検証
- トヨタ自動車はNRELへ1MWのPEFCシステムを導入予定、定置用のPEM燃料電池のスケーリングを研究、性能、耐久性、システム統合の課題を抽出



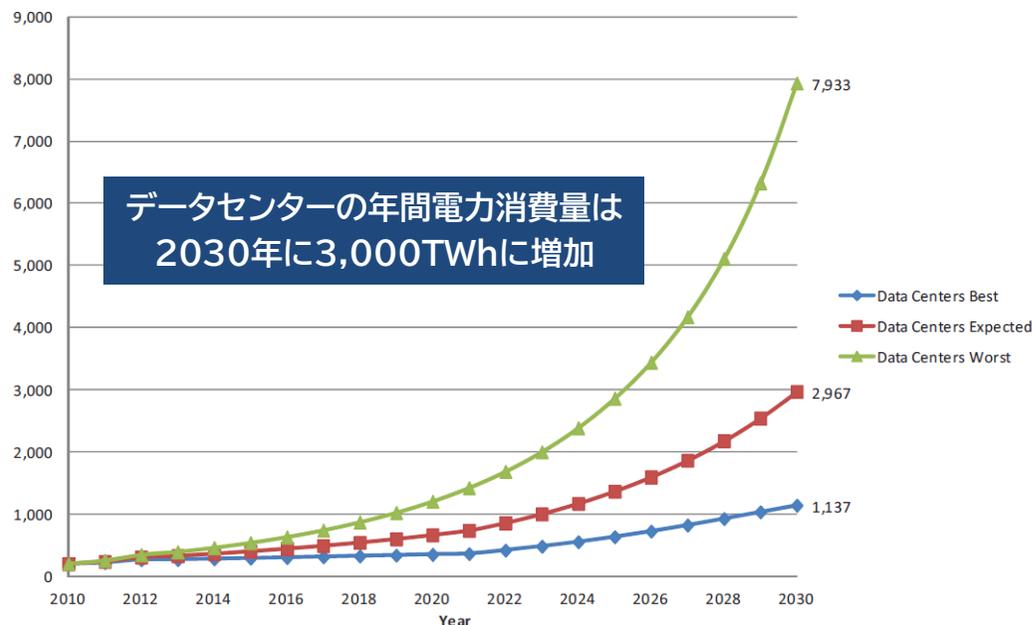
統合MWスケール水素システム

【出典】DOE AMR2022, “Technology Acceleration Overview”

# データセンターへの活用

- Microsoftはデータセンターのゼロカーボンバックアップ電源の最新プロジェクトとしてPlug Power社の**純水素PEFCによる3MWの発電システム**を実証。2013年から5年間SOFCでテスト後、迅速起動の点でPEFCに移行
- データセンターの保有・リース関連サービスのEquinixは米国内大都市圏の**15のデータセンターにFCを備えた電力供給**を稼働、新たに**PEFCによる非常用電源の実証をシンガポールでも開始**、同社はSOFCとLiBのUPSシステムを組み合わせたデータセンター向けFCシステムの開発(CHJUのE2P2プロジェクト)へも参画
- 本田技研はアメリカン・ホンダモーターのデータセンター向け非常用電源として**1MW級のPEFCシステム実証を2023年に計画**

Electricity usage (TWh) of Data Centers 2010-2030



【出典】On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030



【出典】Microsoft社HP

Microsoftの3MW実証設備



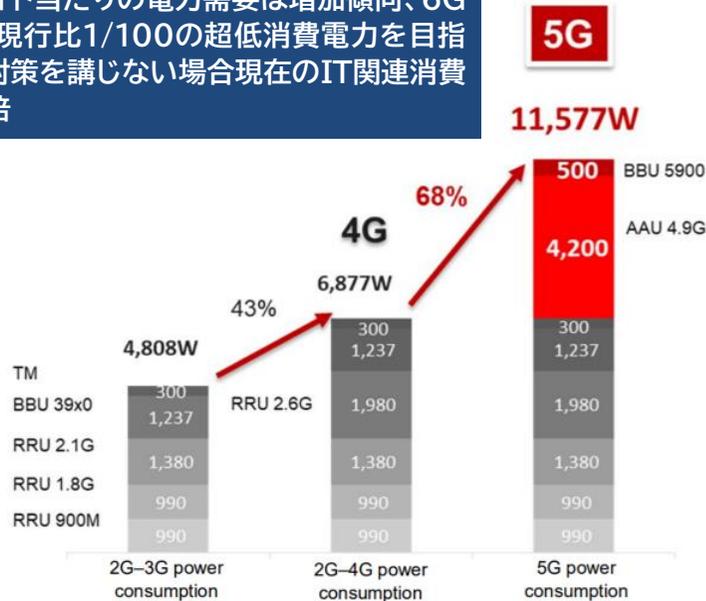
【出典】Equinix社HP

EquinixのPEFC実証設備

# 通信基地局への活用

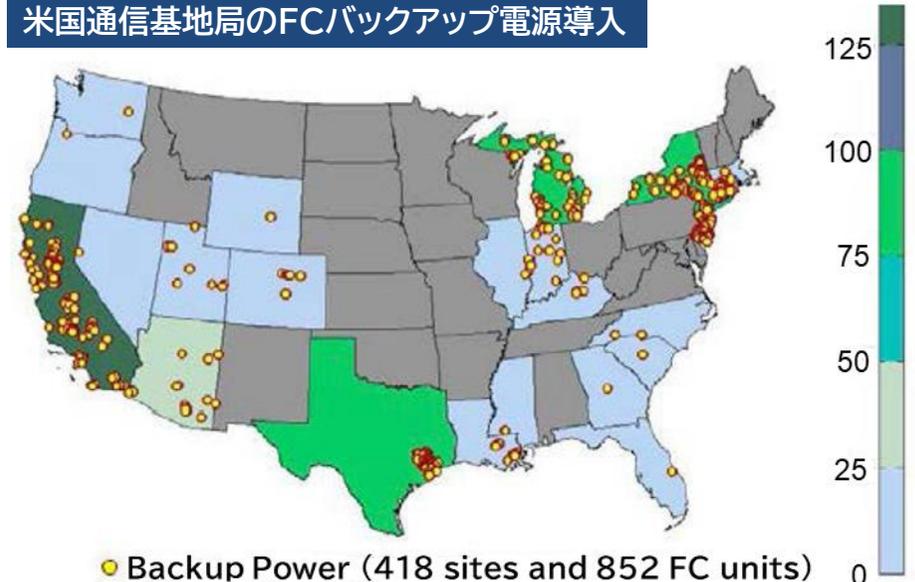
- 近年の台風による大規模停電とそれに伴う携帯電話障害を受け、総務省は2020年に基地局で最低24時間以上、災害時対策拠点となる都道府県庁、離島や山間僻地では最低72時間以上の予備電源を備えることを義務付ける方針を示した(2019年10月時点で国内基地局の内、**24時間以上の予備電源を備えたのは0.8%程度**)
- 海外でも同程度の持続性を持った電源が求められていること、また今後移動通信技術の向上に伴って基地局あたりでの消費電力が増加する見通しもあることから、**長時間・多量の電力を安定的に供給できる通信基地局向けの非常用電源として燃料電池が大いに活用できる可能性**がある用途と期待
- 米国では10年近く前からCA州や東海岸を中心に通信基地局への導入が進む

基地局1サイト当たりの電力需要は増加傾向、6Gシステムは現行比1/100の超低消費電力を目指している。対策を講じない場合現在のIT関連消費電力が36倍



【出典】HUAWEI 5G Power Whitepaper, 科学技術振興機構 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響(Vol.1)

## 米国通信基地局のFCバックアップ電源導入



【出典】NREL, "Fuel Cell Backup Power System for Grid Service and Micro-Grid in Telecommunication Applications" より当社作成

# 急速充電EVステーションへの活用

- 普及が進むBEV向け急速充電ステーションにおいて、燃料電池による電力供給が一部企業によって検討されている状況
- GMはガソリンスタンドがより手頃な価格でDC急速充電設備を導入できるようにすることを目的とし、大きな給電線や変圧器、時には変電設備の新設など投資の回収が不可能な電力インフラの拡充に多額の投資をせずに、必要なPEFCによる急速充電設備(EMPOWER)を導入、2025年までに500基の計画
- AFC Energyは、10kWアニオン型燃料電池システムを利用した充電ステーションへの電力供給を実施、2021年8月よりエストニアにてテスト運転を実施中、電力供給事業者ABB社と2020年12月より共同製品開発契約を締結、市場の成長に伴いモジュールの大型化(20kW⇒1MW)を目指す方針



FC出力150kW以上で最大4台の車両を同時にDC急速充電することが可能、フル充電までの目標時間は約20分、内蔵タンクの水素で100台以上を急速充電できる可能性

## 店舗向けEV充電ステーションEMPOWER

【出典】General Motors社HP



H-Power™ EV Charger	20kW	available now for delivery in 2020
	160kW	available now for delivery June 2020
	480kW	available for delivery from 2021
	1MW+	available for delivery from 2022

【出典】<https://fuelcellworks.com/news/afc-energy-launches-h-power-hydrogen-powered-hev-charger/>

- 
1. 社会インフラとしての水素電源への期待
  2. 定置用燃料電池の市場・製品動向
  3. 国内外の定置用燃料電池の新しい取組
  - 4. 定置用燃料電池の開発と今後の展開**
  5. まとめ

# 各国の定置用燃料電池技術目標

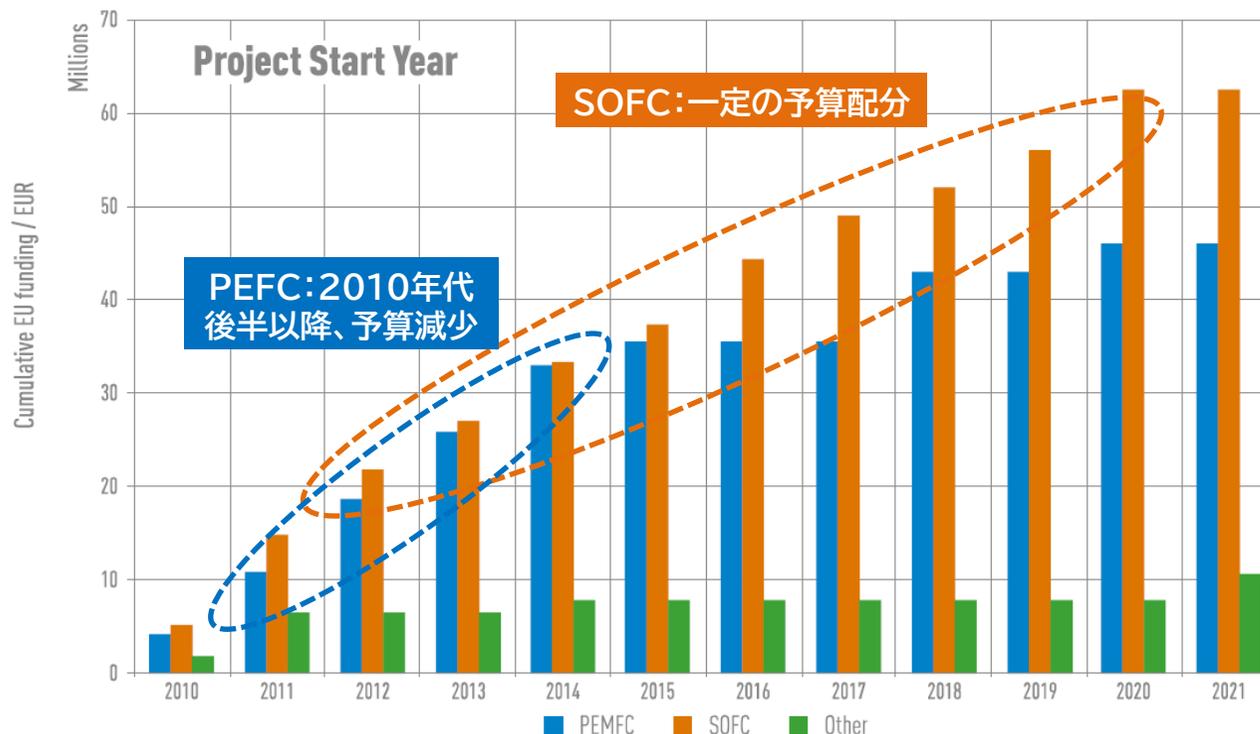
■ 日本、米国、欧州、韓国における定置用FCの技術目標(コスト、発電効率、耐久性、等)は以下のとおり

国・地域		システムコスト	発電コスト	発電効率(LHV)	耐久性	達成時期	導入目標	
日本		低圧	50万円/kW	25円/kWh	55%超	13万時間	2025年頃	2030年までにエネファーム300万台
		高圧	30万円/kW					
米国		天然ガス	110万円/kW	-	50%	8万時間	2025年	-
		バイオガス	165万円/kW					
欧州		0.3-5kW	45万円/kW	-	39-65%	8万時間	2030年	-
		5-400kW	19.5-52万円/kW	-	50-65%	8万時間		
		0.4-30MW	15.6-22.8万円/kW	-	50%	2.5-6万時間		
韓国		発電施設	38万円/kW	-	-	-	2022年	2040年までに発電施設用15GW, 家庭用2.1GWの総出力
		家庭建物	170万円/kW					

【出典】(米国)DOE 2019 Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting, (欧州)FCH2JU Multi-Annual Work Plan, (韓国)水素経済活性化ロードマップよりMHRT作成。1ドル=110円、1ユーロ=130円、1ウォン=0.1円で換算

# 欧州の定置用燃料電池の研究開発(タイプ別予算の変化)

- 2010年代前半では、PEFCとSOFCの予算がほぼ同等であったが、2010年代後半以降はPEFCは普及に向けてシステム・製造技術に集約、SOFCと比べて予算が減少
- PEFCではシステム・製造技術プロジェクト(GRASSHOPPER, MAMA-MEA)が2021年に終了、off-grid対応のメタノール型高温PEFC開発(EMPOWER)のみ、SOFCでは診断技術(RUBY)、製造技術(NewSOC)に加え、材料開発プロジェクト(WINNER)など、横断的な技術開発支援が継続

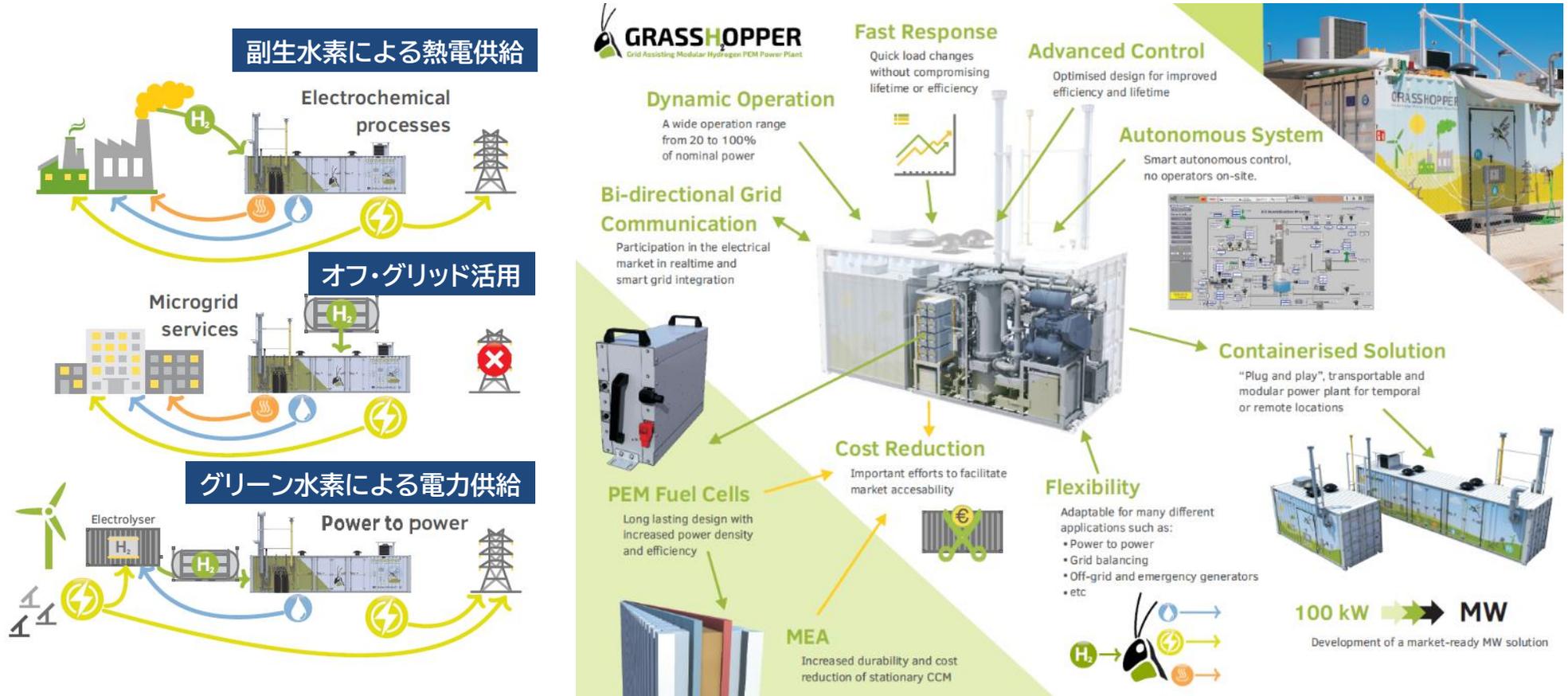


過去10年間のタイプ種別予算の推移(累計)

【出典】FCHJU Programme Review Days資料をもとに当社作成

# 欧州の次世代技術開発プロジェクト(PEFC関連)

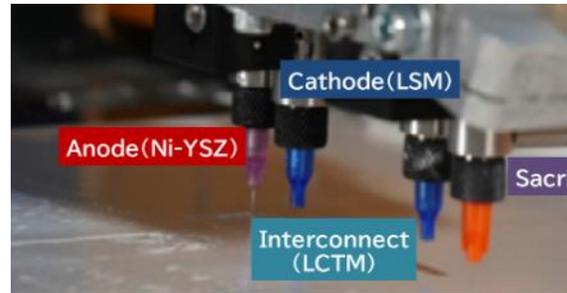
- 柔軟な出力制御、費用対効果が高い1MWスケールのPEFC開発プロジェクト(GRASSHOPPER, ~2021)
- 高電流密度化(最大0.68V@1A/cm<sup>2</sup>)、低コスト・高耐久MEA製造、高速応答性(<15s)、自律システム制御などの開発成果を1つのコンテナ型に集約したシステムを開発



【出典】FCHJU Programme Review Days, プロジェクト関連資料をもとに当社作成

# 欧州の次世代技術開発プロジェクト(SOFC関連)

- 3Dプリンター技術によるSOFC部材の量産化プロジェクトが完了(CELL3Ditor, ~2020)、プリント専用の**電解質、電極、インターコネクタ原料**とセル製造に対応できる**3Dプリンター装置**を開発、性能と長期耐久性も確保
- 2020年より**新規の製造開発プロジェクトNewSOCがスタート(~2023)**、3Dプリンターによる**大面積化(スタック対応)**、電極構造の最適化、CRM(Critical Row Materials)の低減、CO<sub>2</sub>電解や共電解への適用の研究開発を推進



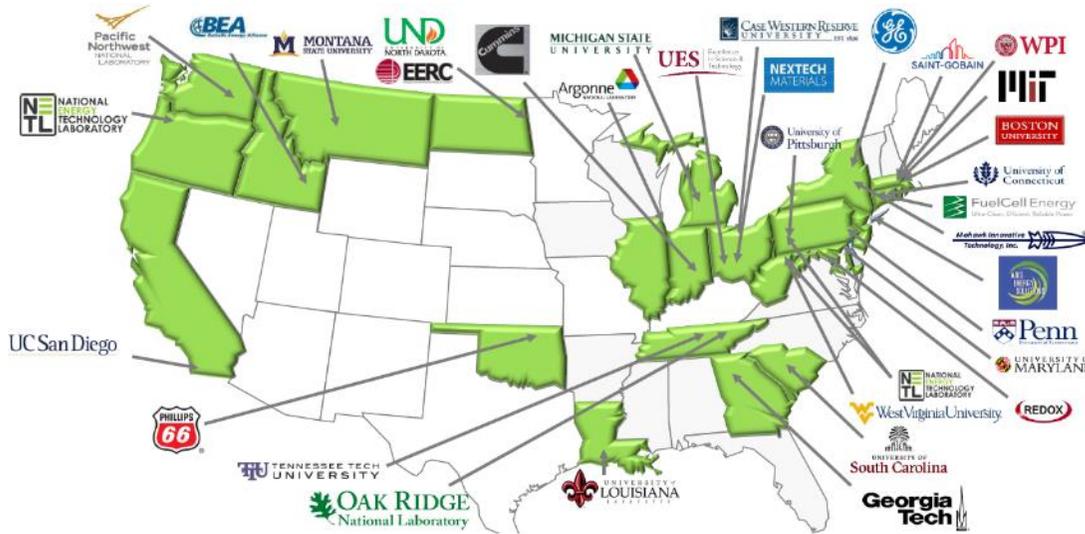
3DプリンターによるSOFC部材製造装置・各部材の原料(インク)の開発

3Dプリンターによる大面積化

【出典】FCHJU Programme Review Days, プロジェクト関連資料をもとに当社作成

# 米国の定置用燃料電池の研究開発

- DOE NETL(National Energy Technology Laboratory)で定置用SOFCの研究開発プロジェクトを支援、**2015～2021年度の予算はほぼ\$30M/年で推移**
- ①分散型アプリケーションの小規模SOFCシステム検証、②高効率・低コストSOECの開発、③SOFC/ECの技術成熟度向上に向けた研究開発を推進、**近年ではrSOCの研究開発に特に注力**



R&D予算は2015～2021年の間、約30百万ドル/年で推移

SOFCプロジェクト参画企業・国研・大学(2021年度現在)

【出典】DOE, “Overview of SOFC Program at DOE NETL”

主要実施機関	概要
FuelCell Energy	高効率・低コストのrSOC開発、セル材料、スタック設計、パワエレ、プロセス制御の技術改良
NexTech Materials	NexcerisのrSOCスタック技術を試作システムレベルに拡大、100kW以上で水素製造コスト\$2/kgを実証
Cummins	自社の金属支持スタックを用いてrSOCの製品コスト30%削減、水素製造コスト\$2/kgを目指す
Saint-Gobain Ceramics Materials	希土類ニッケル酸塩電極を用いたrSOCスタックの実証試験(劣化率0.25%/1,000h未滿を達成、水素製造コスト\$2/kWが目標)

主要rSOCプロジェクト

【出典】DOE NETLの各種資料より当社作成

# 米国のSOC基盤技術開発

- NETL Research and Innovation CenterによるSOC(発電・電解・リバーシブル)のプラットフォームを推進
- マルチスケールモデリング・その場センシング技術等による劣化診断・予測、電極設計、製造プロセス開発(Additive Manufacturing)、システムコストと市場分析でSOCの製品化、普及を支援

## High Temperature Electrochemical Systems (SOFC / r-SOC / SOEC)

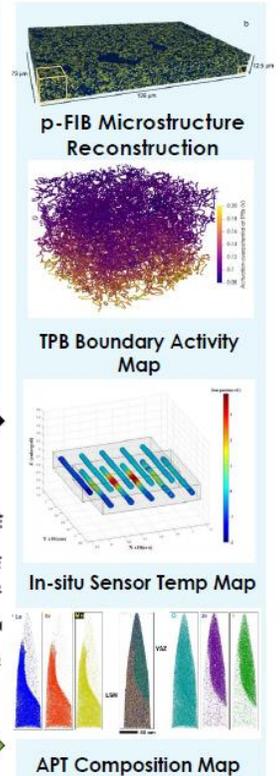
### FECM-SOFC Program Goals and Objectives



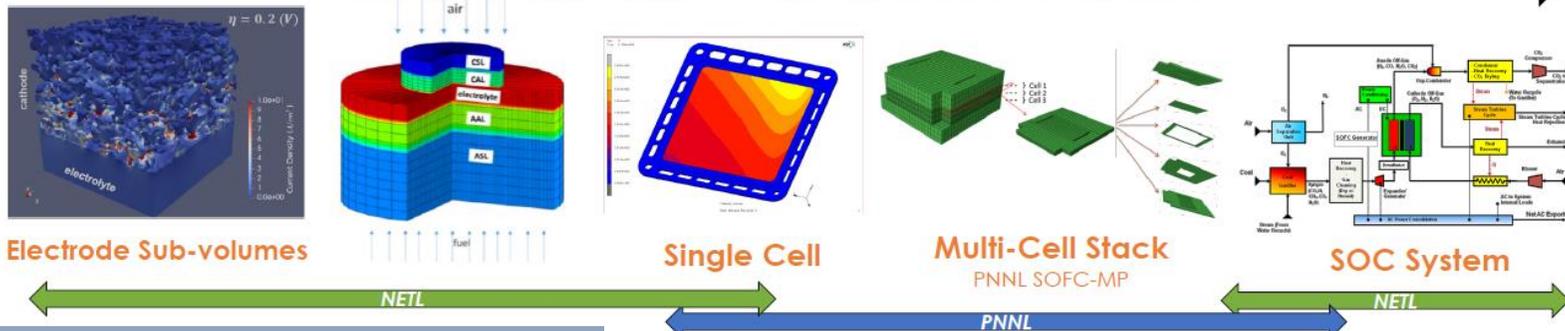
劣化診断/予測、電極設計/製造技術、コスト評価/市場分析の統合でSOCの普及推進

### NETL Unique Capability and Achievements

- Only team capable of modeling from atoms-to-COE
- Published high-resolution cell reconstruction datasets
- World leader in characterizing and simulating heterogeneity
- Atom probe tomography characterization - Atom Probe Tomography
- First-of-its-kind machine learning to create 40,000+ synthetic microstructures
- Able to provide targeted cell development feedback to industry
- In-situ high temp optical fiber sensor development (temp / gas comp)
- Experimental testing/electrode engineering/infiltration successes
- Extensive capability in strategic systems analysis and engineering



### Modeling from the Atomistic Scale to the System Scale (w/ PNNL)



電極～スタック・システムモデリング

先端計測・その場センシング技術

[出典]DOE, "Solid-State Electrochemical Cell R&D Progress at NETL"

# 今後の定置用燃料電池の方向性・戦略策定

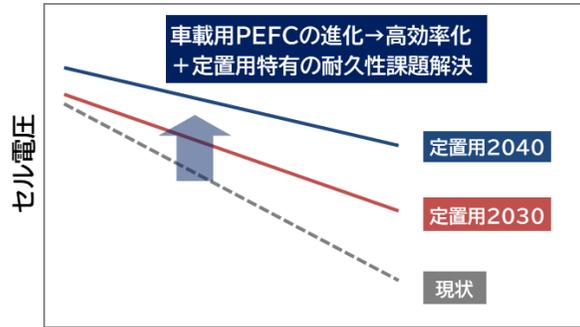
## ■ 今後の定置用燃料電池の更なる普及拡大を目指し、NEDO技術開発ロードマップを策定中

- PEFC: HDV用燃料電池の使われ方に近づく と推測、耐久性に関しては定置用特有の課題解決が必要
- SOFC: 長寿命化、高効率化、強靱化(メタルサポート)、将来的には超高効率化(PCFC)
- 共通: 生産技術(低コスト化)、燃料多様化、VPP・DR対応、評価解析/DX技術、等

### 【PEFC】

#### 技術目標

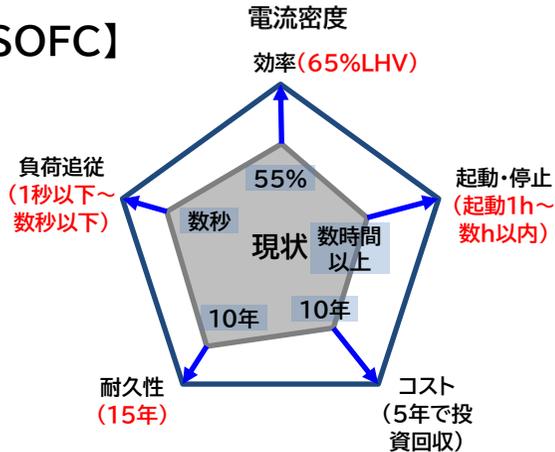
#### 技術開発課題



- FCの技術課題はHDV用燃料電池の使われ方に近づく(共通点が多い)と推測
- 耐久性に関して定置用特有の課題解決が重要

- 生産技術(低コスト化)
- 燃料多様化(低炭素燃料)
- VPP・DR対応
- 評価解析/DX技術

### 【SOFC】



- 長寿命化(15年耐久)
- 高効率化(65%LHV)
- 強靱化(起動1時間~数時間以内)
- 超高効率化(70%LHV, PCFC)

技術開発戦略(ロードマップ)策定

- 
1. 社会インフラとしての水素電源への期待
  2. 定置用燃料電池の市場・製品動向
  3. 国内外の定置用燃料電池の新しい取組
  4. 定置用燃料電池の開発と今後の展開
  5. **まとめ**

## 5. まとめ

### 【本日の講演のポイント】

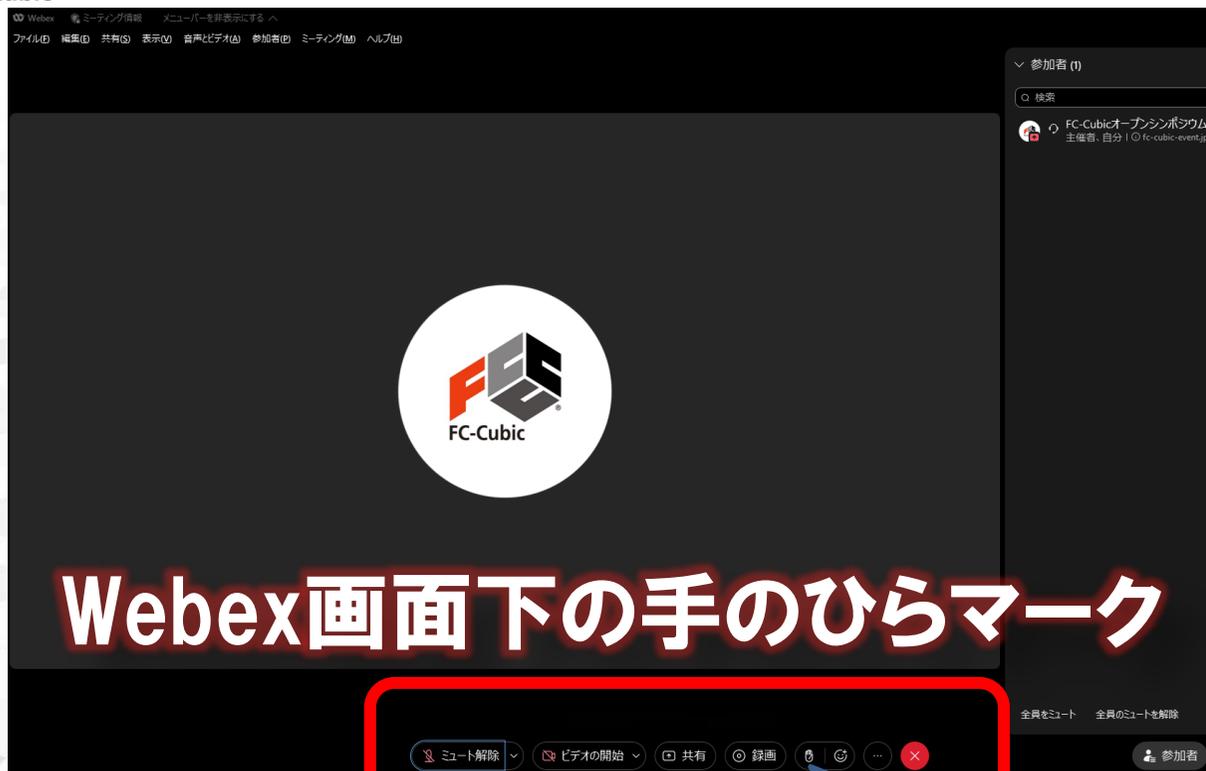
- 定置用燃料電池への期待として、将来的には燃料の低炭素化(混合ガス)、カーボンニュートラル燃料の社会実装に伴い、家庭用・業務用途で更なる省エネルギー化・低炭素化に貢献、加えてレジリエンス強化、エネルギーの地産地消、VPP等による電力需給の高度化に期待
- 国内では家庭用燃料電池エネファームが43万台を突破、海外では米国・韓国を中心に業務用としての定置用燃料電池が数100MW規模で普及、定置用FCメーカーの他、車載用FCメーカーも定置用FCを開発、コジェネに限らず工場等でのモノジェネも視野
- 再エネ導入量の拡大に伴うVPP、デジタル時代の加速に伴うデータセンターや通信基地局、BEV用充電ステーションなど新たな社会インフラへの変化に対応した定置用燃料電池の活用領域が拡大
- 海外では特にSOC分野において製造技術やrSOCを中心に研究開発への投資が継続、我が国でもPEFCとSOFC双方で高発電効率化と耐久性向上、製造技術を含めたコスト低減、多様な用途への柔軟性確保など、新たな技術開発の戦略(ロードマップ)を策定し、カーボンニュートラル社会インフラ構築における水素利用を担うための継続的な取組が重要

# ご清聴ありがとうございました。

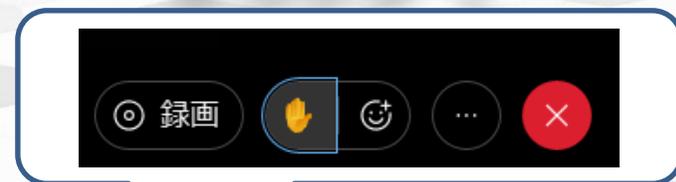
本資料は、当社が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、当社はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際して、貴社ご自身の判断にてなされますよう、お願い申し上げます。

本資料の著作権は当社に属し、本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他の如何なる手段において複製すること、②当社の書面による許可なくして再配布することを禁じます。

# Webexでの質問方法



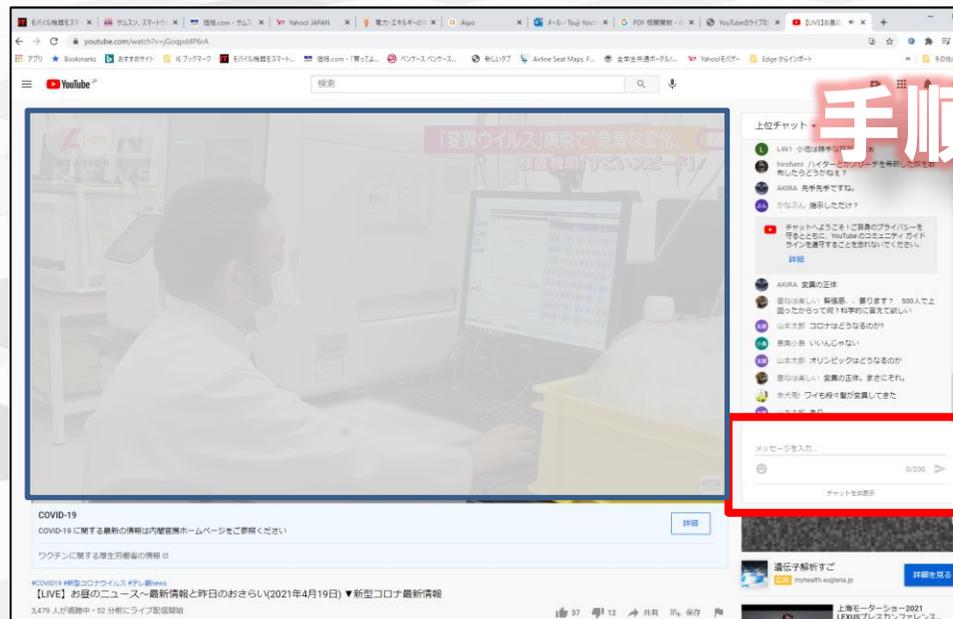
手のひらマークを  
クリック！



チャットでの質問もお願いします（講演中でもOK）

YouTubeのライブ配信でチャット投稿するには

- ①自分のYouTubeアカウントを作成する
- ②自分のアカウントからログインしてライブ配信を視聴する
- ③配信画面に表示される「メッセージを入力」をクリックしてコメントを入力、送信アイコンをクリックすればチャット画面にメッセージが表示される



**手順①: メッセージを入力**



**手順②: 送信アイコンをクリック**