

第11回FC-Cubicオープンシンポジウム

---

# 世界のFC Mobilityの動向と社会実装に向けた取り組み

2023.7.11

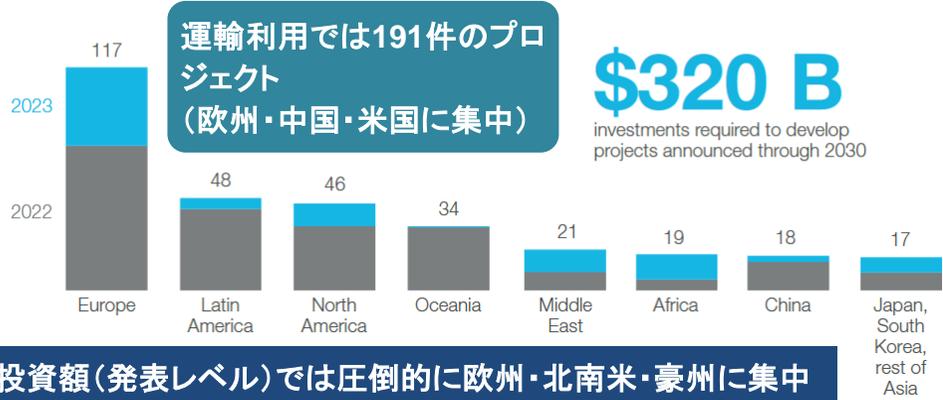
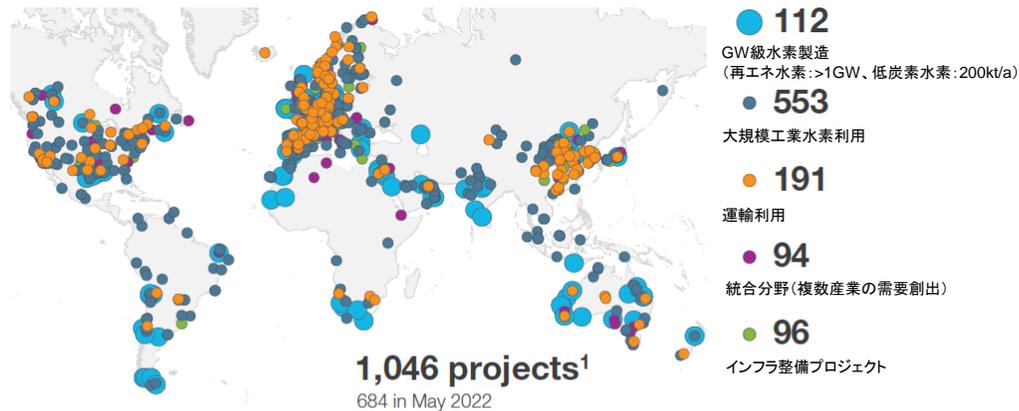
みずほリサーチ&テクノロジーズ

---

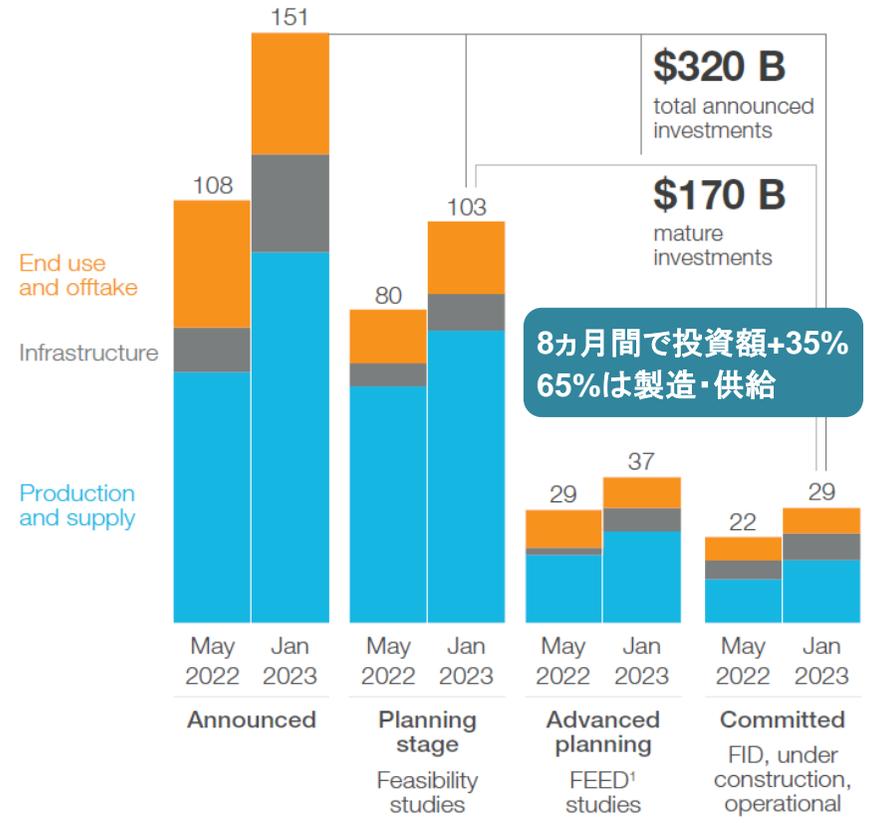
# 1. Mobility分野への水素の期待と各国の政策

# 最新の水素関連プロジェクトのグローバル分布と動向

- 水素関連の**発表済プロジェクトは1,000件以上に達し**、2022年5月から2023年1月の8カ月で350件以上増加、GW級の水素製造プロジェクトは8カ月でほぼ倍増、**運輸利用も200件近くに達する(欧州・中国・米国に集中)**
- 複数の産業分野に対し水素供給する「水素経済圏」(統合分野)の構築も世界各地で進む
- 投資額(発表レベル)も8カ月で35%増加(3,200億ドル、40兆円以上)、65%は水素製造とサプライチェーン構築



投資額(発表レベル)では圧倒的に欧州・北南米・豪州に集中

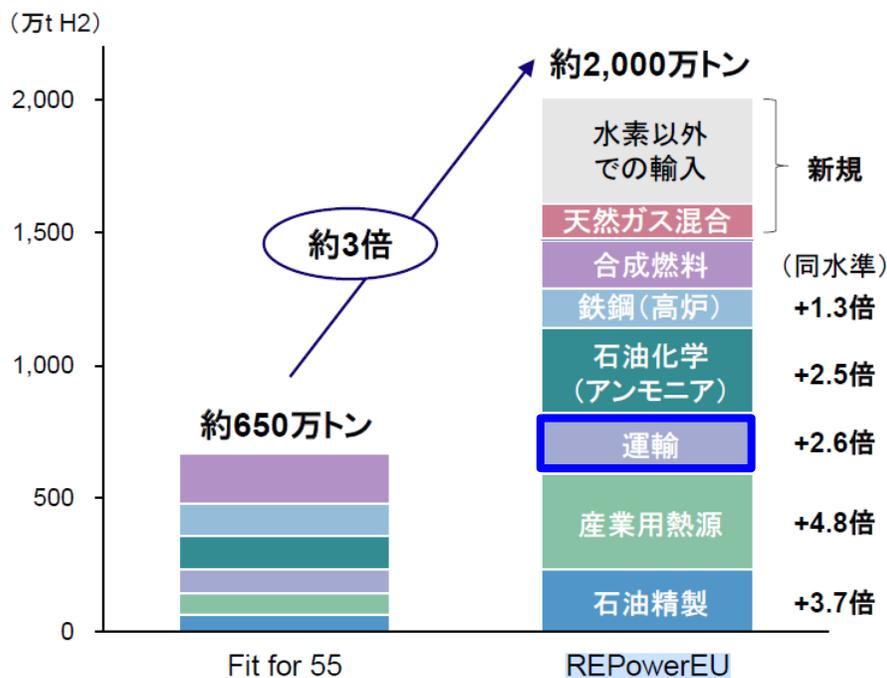


【出典】Hydrogen Council, "Hydrogen Insights 2023"



- 欧州委員会はロシアのウクライナ侵攻を受け2022年3月に概要を発表したエネルギー政策パッケージ「REPowerEU」について、5月18日にその詳細を発表、ロシア産化石燃料への依存を**2030年よりも早期に脱却**し、かつ2021年に発表の欧州脱炭素化政策パッケージ「Fit for 55」と比べて、約3倍の水素需要を見込む(**運輸部門も2.6倍**)
- 目標実現に向けた手段として再生可能水素にも重点、2030年に2,000万トンの再生可能水素導入(域内製造1,000万トン、輸入1,000万トン)、25年までに**水電解装置の年間生産能力を17.5GWに引き上げる**といった目標を設定
- Fit for 55において、**運輸部門の関連規制動向も2023年3月に欧州理事会、欧州議会で暫定合意**

## セクター別水素利用の見通しの変化(2030年時点)



## 運輸部門の関連規制動向

規制	概要
再生可能エネルギー指令(RED III)等	運輸セクターに供給される再エネのうち、先進バイオ燃料及びRFNBO(合成燃料)比率※を <b>合計5.5%(法的拘束力有)</b> ※RENBO: グリーン水素を主体とする非バイオ由来の再生可能燃料
航空運輸燃料等規則(ReFuelEU Aviation)	持続可能な <b>航空燃料(SAF)の混合比率等を義務化</b> (5% in 2030 → 63% in 2050)【議論中】
海運燃料等規則(FuelEU Maritime)	海運分野における燃料の <b>GHG強度削減を義務化</b> (▲2% in 2025 → ▲80% in 2050)
代替燃料インフラ規則	2030年以降、 <b>水素ステーションを主要ネットワーク等において200kmごとに設置</b>

(出所) 欧州委員会資料"Implementing The REPowerEU Action plan"等をもとに当社作成

# 欧州：共通利益に適合する重要プロジェクト(IPCEI)での水素技術への投資



- IPCEI (Important Project of Common European Interest) はイノベーションの必要な**重点産業への複数の加盟国による共同支援を可能**とする、EU国家補助ルールの特例措置
- 2022年7月に初の水素関連プロジェクトとしてIPCEIからHy2Techが承認、①水素製造、②燃料電池技術、③貯蔵および輸送技術、④エンドユーザによる活用技術まで、**参加35社の41プロジェクトに対し、最大で総額€54億の公的助成が可能**(民間投資を合わせて総額€140億の資金投入に期待)
- 特に運輸部門など水素技術のバリューチェーンの幅広い部分をカバー、**新しい高効率電極材料、更なる高性能な燃料電池、革新的な輸送技術**など、重要な技術的ブレークスルーの開発に貢献することが期待
- 2022年9月には第二弾の**Hy2Use(水素インフラ、産業利用)**へ総額€52億(民間投資を合わせて総額€120億)も承認済

## Hy2Techの支援による水素・燃料電池の技術開発の加速

主な企業	概要
Elcogen	高耐久rSOCに用いられる高価な原材料使用量低減、高耐久化研究開発
Nedstack	年産1GWの生産能力を持つ <b>定置用・船舶用PEFCスタックの半自動生産システム</b> の開発
Arkema	水素貯蔵タンク用素材に <b>完全リサイクル可能なバイオ原料</b> を用いる技術開発
Symbio	2030年に <b>20万ユニットのPEFCスタック量産体制</b> の確立、1,000人の新規雇用創出
Daimler Truck	<b>液体水素FCTラック</b> の開発

(出所) European Commissionウェブサイト他、関連公開資料より当社作成





- CN社会を実現するためにクリーンエネルギーとインフラへの投資を通じて経済成長と雇用を促進、2035年までに電力脱炭素化、2050年までにGHG排出ネットゼロを表明
- 水素製造コストは2030年頃までに1ドル/kgを目指し(2025年までに2ドル/kg)、2022年2月、**インフラ投資・雇用法(超党派インフラ法: BIL)**において、①地域クリーン水素ハブ(80億ドル)、②クリーン水素電解プログラム(10億ドル、5年)、③クリーン水素製造およびリサイクルRD&D活動(5億ドル)の投資を計画
- 水素充填インフラ整備、**FCEVを含むZEV車両および部品への補助金**、水素製造への税控除に投資を加速

## 今後の水素需要の見通し

	運輸用途	産業用途	電源・発電用途
既存需要	・マテリアルハンドリング ・バス ・乗用車(LDV)	・石油精製 ・アンモニア製造 ・メタノール製造	・分散電源：一次電力およびバックアップ電力
新規需要	・中大型車 ・鉄道、船舶、航空 ・建機 ※脱炭素化・電化が困難な領域(長距離商用航空機、等)はe-fuelの可能性	・製鉄・セメント製造プロセス ・工業熱 ・合成燃料	・火力発電(水素/アンモニア) ・可逆燃料電池 ・長期エネルギー貯蔵

## 水素関連の具体的施策

施策	金額	内容
Section 30431. Zero Emissions Vehicle Infrastructure Grants	2億ドル	州のエネルギープログラムを通じた <b>水素充填インフラ</b> への資金的支援
Section 30443. Domestic Manufacturing Conversion Grants	35億ドル	BEV・PHV・ <b>FCEV</b> とその部品の製造に関わる国内拠点のコンバージョンに補助金
Section 136204. Clean Hydrogen.	13億ドル	<b>水素製造</b> に係る 10 年間税控除(炭素強度によってクレジットが変動、 <b>最大\$3/kg-H<sub>2</sub></b> )

➡ 2030年に10MMT、40年に20MMT、50年に50MMT

(出所)DOE, "Hydrogen Program Plan"をもとに当社作成

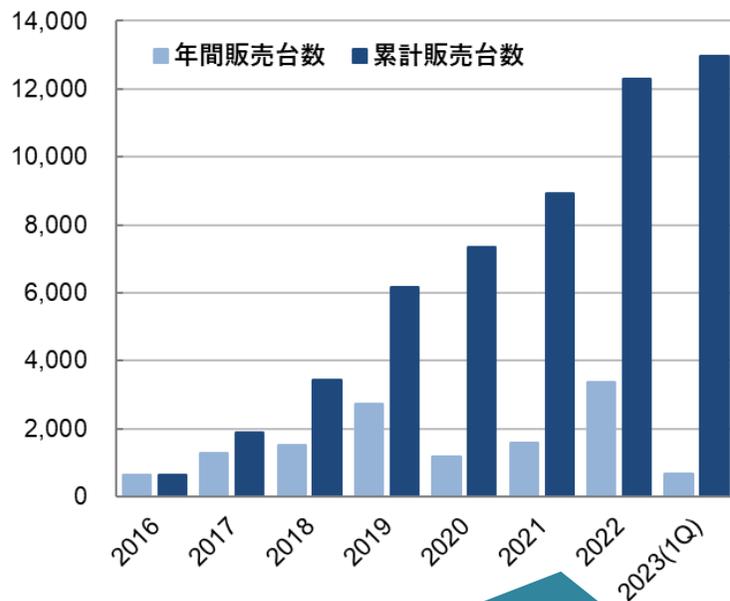
➡ 水素インフラ・FCEV(部品)・水素製造への対応

(出所)White House, JETRO資料等をもとに当社作成



- 2020年9月、財政部等関連5部門が「燃料電池車の試行応用の実施に関する通知」を公表、FCEVの支援について従来の車両購入補助金から、**車両と基幹部材サプライチェーン整備のモデル都市奨励金方式**へ転換
- 2021年8月、京津冀（北京、天津、河北省）の3モデル都市群を選定、さらに12月には河南、河北の2モデル都市群を追加選定
- 初年度の実証結果は5モデル都市群のうち、**北京モデル都市群（冬季オリンピックの導入効果）以外の地域は目標未達**、新型コロナウイルスによる経済活動停滞、水素ステーション不足（それでも**300箇所以上で日本の約2倍**）などが要因

## 2020年からの新たな燃料電池自動車の奨励策（サプライチェーン強化、実普及台数と水素利用量で奨励金支給）



2022年は過去最多の販売台数を記録するも奨励策による加速は限定的

概要	詳細
単純なFCEVの購入補助金から、車両＋基幹部材さら一チェーン整備を推進するモデル都市への奨励金方式／充填量に応じた水素STへの補助金	FCEV：普及台数および車両の条件、FCEVに用いた基幹部材の評価に応じて <b>最大15億元</b> （約300億円） 水素ST：国家基準を満たした自動車用水素の実際の充填量に応じて支給、コスト目標（ <b>小売価格35元/kg-H<sub>2</sub>以下</b> ）、CO <sub>2</sub> 排出量条件（ <b>5kg-CO<sub>2</sub>/kg-H<sub>2</sub></b> ）を達成した場合は追加の奨励金
FCEVに用いる基幹部材の競争力向上が狙い	スタック、BPPの報奨金： <b>2万元/台</b> MEA、PEM、エアコンプレッサの報奨金： <b>2.5万元/台</b> 触媒、GDL、水素ポンプの報奨金： <b>3万元/台</b> 基幹部材製品の技術、品質、安全水準等に基づいて総合的に評価
水素製造は奨励付加額は少額で大きなインセンティブなし	5kg-CO <sub>2</sub> /kg-H <sub>2</sub> を下回る水素製造は <b>3元/kg</b> を支給



- 2021年10月、国内外のクリーン水素(グリーン水素とブルー水素)の先導、インフラ構築、日常での水素活用、サプライチェーン基盤強化に向けた水素先導国家ビジョンを策定、水素経済のマイルストーンを公表

<p>削減目標</p>	<p>中期目標(NDC)</p> <p>2030年までに▲40% (2018年対比)</p>	<p>長期戦略</p> <p>2050年までにカーボン ニュートラル</p>	<p>水素の 位置づけ</p>	<p>電力、<b>輸送</b>、産業部門の低炭素化に水素を 利活用可能</p>											
<p>水素・燃料 電池政策の 全体像</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業通商資源部が「水素経済活性化ロードマップ」(2019/1)にて水素・燃料電池政策の全体像を策定             <ul style="list-style-type: none"> <li>2018年6月産業通商資源部が、<b>水素・燃料電池産業の創出へ2.6兆ウォン(2,500億円)</b>を予算計上(~2022年)</li> <li>2019年に第三次マスタープランを公表。水素をエネルギーミックスの重要な役割と位置づけ。燃料電池技術へ注力</li> </ul> </li> <li>産業通商資源部が「水素輸入タスクフォース」(2020/6)と「水素委員会」(2020/7)を発足</li> <li>「水素経済の育成および<b>水素安全管理に関する法律</b>」を施行(2021/2)</li> <li>水素インフラの構築と水素SCの基盤強化の為、「水素先導国家ビジョン」を策定(2021/10)</li> </ul>														
<p>定量目標</p>	<p>FCEV等の利用アプリケーションや水素ST等の導入目標</p> <table border="1" data-bbox="375 836 940 996"> <thead> <tr> <th></th> <th>2022年</th> <th>2040年</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FCEV</td> <td>8.1万台</td> <td>620万台</td> </tr> <tr> <td>FCバス</td> <td>0.2万台</td> <td>6万台</td> </tr> <tr> <td>水素ST</td> <td>320箇所</td> <td>1,200箇所</td> </tr> </tbody> </table>		2022年	2040年	FCEV	8.1万台	620万台	FCバス	0.2万台	6万台	水素ST	320箇所	1,200箇所	<p>施策例</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業通商資源部             <ul style="list-style-type: none"> <li><b>バスの耐久性向上に向けた実証</b></li> <li>既存STにおける実証実施のための特例法設置</li> <li>水素・アンモニア発電実証推進団を発足(2021/11)</li> </ul> </li> <li>産業通商資源部、環境部             <ul style="list-style-type: none"> <li>再エネ水素ステーション技術開発実証</li> </ul> </li> </ul>
	2022年	2040年													
FCEV	8.1万台	620万台													
FCバス	0.2万台	6万台													
水素ST	320箇所	1,200箇所													
<p>新政権 の動向</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年7月5日、国務会議にてユン新政権における「新政権のエネルギー政策方向」を議決             <ul style="list-style-type: none"> <li>2030年エネルギーミックスのうち、原発の割合を30%以上に拡大(前政権時は23.9%)</li> <li>クリーン水素のサプライチェーンを構築し、<b>世界一の水素産業を育成</b></li> </ul> </li> <li>2022年10月~12月に「第10次電力需給計画」を策定し、2023年3月に「国家カーボンニュートラルグリーン成長基本計画」を策定、11月に<b>2030年商用車3万台、液水ステーション70基、水電解技術の国産化率100%</b>等の定量目標を設定</li> </ul>														

(出所)環境省「脱炭素化に向けた水素利活用に係る国内外の動向」をもとに当社作成

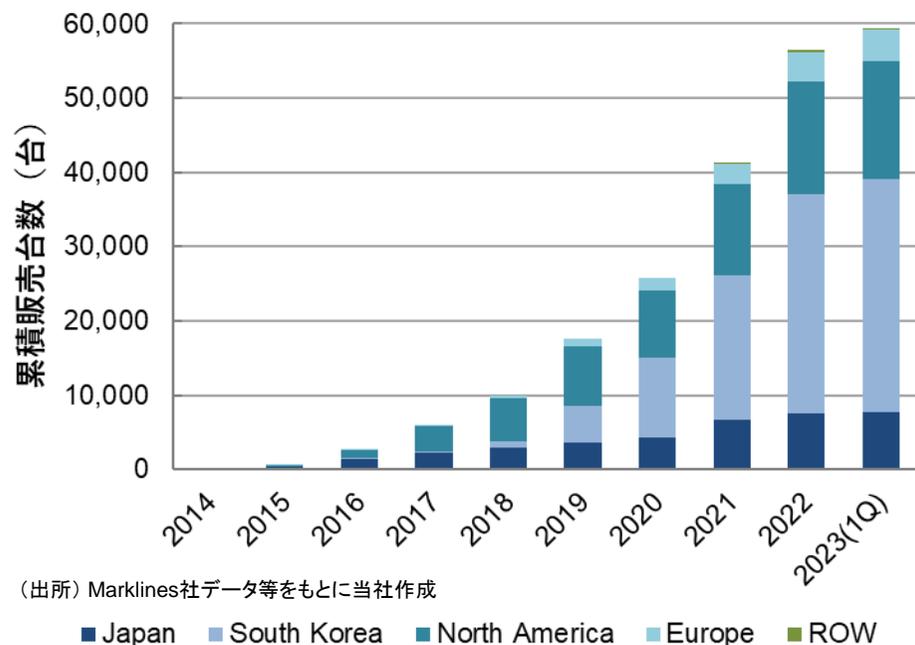
---

## 2. 各Mobirity分野の実証・社会実装の取り組み

# 自動車:FCEVの市場動向

- FCEV(乗用車)の販売台数については、市場投入開始から**2022年末で全世界で累計約6万台**。内訳は、日本約0.76万台、北米約1.6万台、欧州約0.4万台、韓国約3.1万台(中国はバス・物流車で約1.3万台)
- FCEV市場は、その絶対値はまだ小さいものの過去5年間でCAGR約57%(この成長率ベースでは**2030年頃に累計約200万台、年産70万台**との試算)
- 今後は車両価格の低減に加え、ユーザの選択肢・利便性が増える(参入メーカーの増加、車種の多様化、水素ステーション拡大)ことが重要、水素ステーションは**グローバル全体で1,000箇所突破(うち、中国は300箇所以上)**

## 市場投入開始から2023年までのFCEVの販売台数の推移



## FCEVメーカーも増加傾向

企業名	製品動向
トヨタ自動車	MIRAI累計2.2万台、英国でハイラックスベースのピックアップトラックの開発開始
本田技研工業	2021年にClarity生産停止、2024年に北米でSUV(CR-V)ベースのプラグインFCEVの生産開始
現代自動車(韓国)	NEXOはシェアトップ(累計3.4万台)、2022年に日本市場へも再参入、N Vision74の新コンセプトカー提示
長安汽車(中国)	新ブランド「(深藍)Deep Blue SL03」を発表、約70万円で販売開始、160kW出力、航続距離700km
海馬汽車(中国)	トヨタ自動車と共同開発したFCEV「7X-H」を公開
BMW(独)	SUV(X5)ベースのFCEVの少量生産を開始(ix5)
NamX(仏)	固定式タンク+脱着式タンクを備えたSUVタイプのプロトタイプ公開

# 自動車：欧州自動車メーカーのCNへの方針とFCEVの考え方

- BEVへのシフトが進む欧州でもBEVへの想定課題、カーボンニュートラルへの方針などを踏まえ、将来の乗用車の方向性が「必ずしもBEV一辺倒ではない」、「FCEVへ期待感を持っている」という意見に繋がるメーカーも複数存在

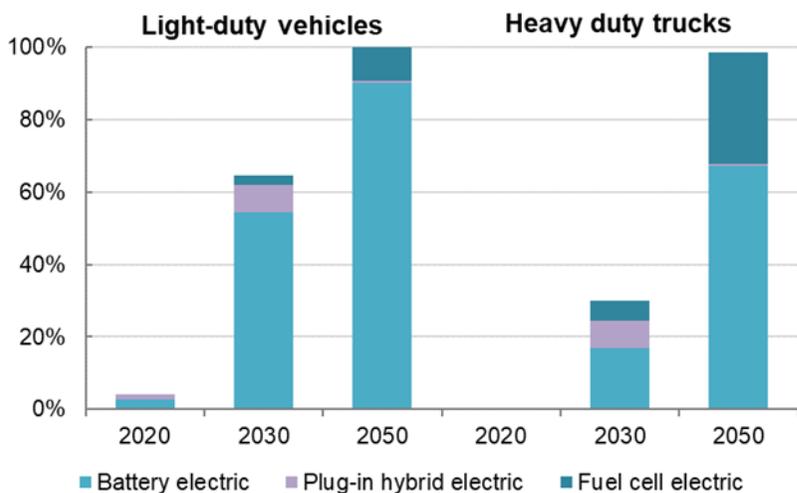
		VW	Renault	Stellantis	BMW	Mersedes-Benz
販売車両の市場		大衆／高級	大衆	大衆／高級	高級	高級
BEVへの 想定課題	ユーザーニーズ	地域によって内燃機関も必要	購入価格低減困難 長距離移動に不向	購入価格低減困難	購入価格の高さに難	内燃機関とのコストパリティに時間要
	技術	工場、サプライチェーン、インフラ等、膨大な投資と時間要	大容量バッテリーを搭載しても航続距離で内燃機関に劣る	レアメタル等の原材料不足が生じるリスク	限られたバッテリー原材料国(中国等)に依存するリスク	—
	WtW	—	CO <sub>2</sub> 排出量の高い電気で走行するBEVよりもPHEV/HEVが環境負荷低い	走行電力、原材料調達、CFP、電池の製造・リサイクルに至るまで360度のアプローチ	燃費の優れた内燃機関は環境、利益の観点においても有用	—
	充電インフラ	BEV開発スピードに対しインフラ遅れ	—	—	インフラ整備に課題	—
CN方針		・BEV一辺倒は否定 ・Porcheでe-fuel製造プラント構築	・CN路線を広く確保 ・FCEVやe-fuelに前向き	・BEV中心だが、HEVの可能性もあり	・CN路線を広く確保 ・FCEVやe-fuelに投資	・BEV・PHEV中心
FCEVへの取り組み・考え方		・水素製造～利用までの損失が大きく、BEVと比べてエネルギー効率が悪い ・水素STの普及に対する不透明感	・JV「HYVIA」を立ち上げFCEV商用バン開発(2022年上市) ・FCEVのコンセプト車両を発表(2030年以降投入予定)	・FCEVの商用バンを開発中(2025年米国投入予定) ・水素FCシステムはバッテリーよりも軽量、積載量の点でも優位性あり	・2022年末にSUVタイプのiX5 Hydrogen限定生産 ・2025年以降に量産化を視野	・FCEVの生産コストがBEVに対し倍近くかかり、量産が難しいことから開発中止

(出所) "Rolnrad Berger Mobility Study" 等の情報をもとに当社作成

# 自動車：注目される大型FCトラックと参入OEMの拡大

- トラックの電動化に向けては、航続距離や積荷スペースの確保、車重等の観点から特に**大型トラックでは燃料電池をパワートレインとしたFCトラック**に注目、海外でも大手トラックメーカーやスタートアップ企業が市場参入を加速
- 将来的には**FCパワートレインがトラック市場全体(大型トラック:年産120万台)の約30%**と予測され、乗用車(LDV)と比べて市場占有率が大きい

## 2030/2050のパワートレイン予測



(出所) IEA, "Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector"

- 乗用車: 2030年は<2%, 2050年は10%弱
- 商用車: 2030年は10%, 2050年は30%程度  
(中でも大型車はシェアが高いと予想)

## 主要大型FCメーカーの最新動向

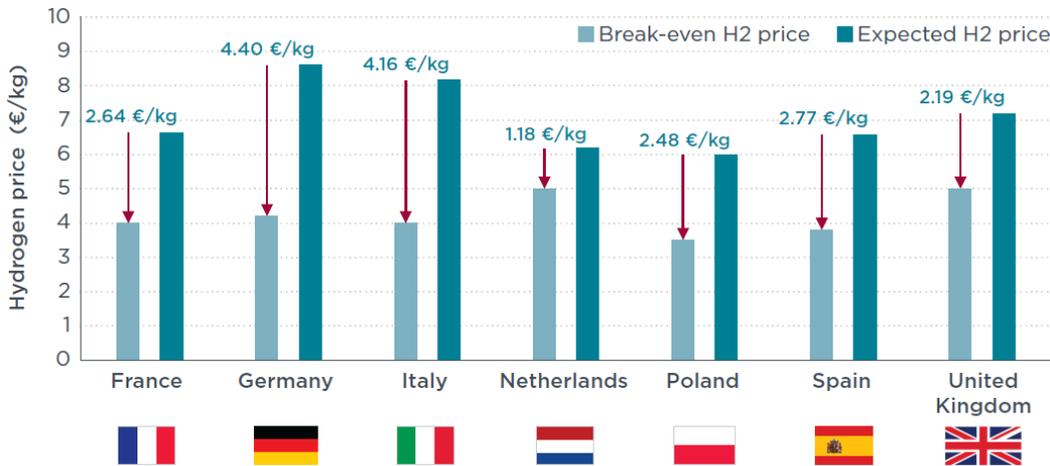
企業		主な動向
現代自動車		大型FCトラックXCIENTの欧州輸出開始、2030年に約6.4万台の海外輸出目標を設定、中国市場の獲得に向け、広東省・広州市にFCシステムの生産販売会社設立
Nikola (米)		2022年に伊veco社と欧州向けの第3世代モデル「Tre」を発表、航続距離500~1200km、水素充填時間20分
Hyzon (米)		2021年より販売開始、独物流大手のDB Schenkerへ納入、Class-8トラックをHyliion社と共同開発開始
Daimler Truck (独)		大型FCトラック開発を推進、順次、公道テストを実施予定、2027年の量産に向けてLH <sub>2</sub> を搭載した航続距離1,000kmの40トンクラストラックを開発中(オーストリアSAG社とLH <sub>2</sub> タンクシステムを共同開発)
Quantron (独)		米国TMP Logistics Group Ltd.にClass-8トラック500台を納入計画、最新モデルの航続距離は700km(水素54kg)、ドイツ・イタリアでも事業拡大
HVS (英国)		2022年に5.5tクラスFCトラック、今年に航続距離600kmの大型FCトラックを公開、自動運転レベル4・大型FCトラックの試験を2024年より開始

(出所) 各社情報およびウェブサイトをもとに当社作成

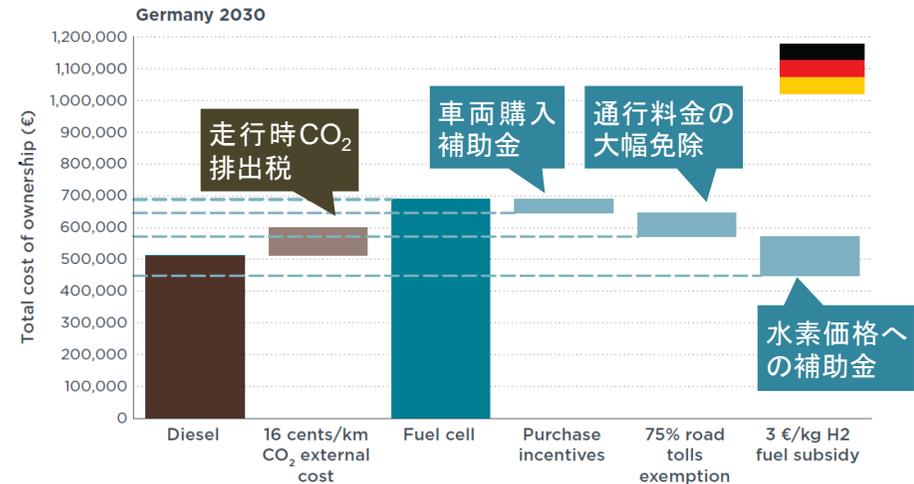
# 自動車：大型FCトラックのTCO (Total Cost of Ownership) 分析

- 商用車のZEV化に向けてはディーゼル車に対する**総保有コスト(TCO: Total Cost of Ownership)のパリティ達成が重要**
- 40トントレーラートラックを対象とした欧州主要国の分析
  - 2030年において**水素燃料価格が約4€/kg程度でディーゼルトラックと同等のTCOを達成**(最高: 英国 5€/kg、最低: ポーランド 3.5€/kg)
  - パリティの達成への差額はオランダの1.2€/kgからドイツの4.4€/kgまで幅広い。技術進展・量産化によってFCトラックとディーゼルトラックの車両価格差が縮小するが、**車両購入・水素価格への補助金、通行料金の大幅免除**などが必要

## 2030年 Break-Evenのための水素価格差 (政策介入無し)



## TCO Break-Evenに向けたシナリオ



(出所) ICCT, "Fuel-Cell Hydrogen Long-Haul Trucks in Europe : A Total Cost of Ownership Analysis"

# 鉄道：欧州・米国における商用運転の開始・計画

- 自動車・航空機に比べると**鉄道は1人当たりCO<sub>2</sub>排出量が圧倒的に少ない**ため、EUでは自動車や航空機から鉄道へのシフトを促すべく高速鉄道網の整備や鉄道貨物輸送の強化策を次々と打ち出し
- 一方、時代は「**スピードより環境重視**」、**水素FCと蓄電池を電源とするハイブリッド車両の社会実装が進む**
  - Alstom: Coradia iLint が2018年に商用運転開始、オーストリア、ポーランド、スウェーデン、オランダ等でテスト運行
  - Siemens: ドイツ鉄道と共同でハイブリッド車両 Mireo Plus Hを開発、2024年にドイツ・ベルリン郊外での運行を計画
  - Stadler: FLIRT H<sub>2</sub>を開発、米国CA州で当局と導入準備中、2024年度に商用運転開始を予定

	Alstom	Siemens	Stadler
車両名	Coradia iLint	Mireo Plus H	FLIRT H <sub>2</sub>
			
運転状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ドイツで2018年から営業運転開始、2022年末に新路線へ導入</li> <li>■ カナダでも宣伝走行を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ドイツで2024年内に営業運転開始予定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 米国で2024年内に営業運転開始予定</li> </ul>

(出所)各社情報等をもとに当社作成

# 鉄道：中国での高速FC列車・機関車のラインオフ

- 中国中車CRRCが成都軌道交通の合併で**高速列車「復興号」をベースとしたFC列車**を公開、時速160km/h(Coradia iLintより20km/h高速)、航行距離600km、デジタル化とスマート化を兼備しているのが特徴で、最新の自動運転技術を採用
- 広東省・仏山市では2021年から水素FCによる路面TRLの運転も開始
- 中国内のディーゼル機関車保有台数は7,800台余り、**老朽化したディーゼル機関車の中核部品の改造・修復を行うことで、現在のディーゼル機関車の90%以上を水素へ代替**し、機関車の使用期間を延長することが狙い
  - 中車大同電力機車：中国初の水素ハイブリッド機関車を2021年から試験運転、延べ2万km以上の走行実績
  - CRRC：ディーゼル機関車を改造した水素動力機関車「寧東号」が2023年6月にラインオフ、最大出力800kWのFCシステムと最大水素貯蔵量270kgを搭載(世界最大出力)

最高時速160km/hの高速FC通勤列車



複数のスマート検査システムと数千個のスマートセンサーで常時、FC・水素貯蔵システムに対する自動監視、診断、防護が可能

(出所)人民網ウェブサイト等

中国の水素ハイブリッド機関車



延べ2万km以上の実証走行達成



最大出力800kWの水素FC機関車「寧東号」

(出所)CTGN Japaneseウェブサイト等

# 船舶：欧州で進む水素FC船舶（ノルウェー）

- 北欧ではノルウェーを中心に旅客船、建設支援船、コンテナ船等で水素FC船舶の実証が進む
- TECO2030は前述のHDV用FCモジュール製品を船舶用途として幅広く展開することを計画

	Hyship	MF Hydra	ULSTEIN Hydrogen Hybrid Vessels
FC船舶の外観			
概要・特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 液体グリーン水素で稼働する新しい実証船の設計と建設、および実行可能なLH<sub>2</sub>サプライチェーンとバンカリングプラットフォームの確立を目指す</li> <li>■ この船はノルウェーの海事産業グループWilhelmsenによって2024年から稼働予定</li> <li>■ FCシステムはProton Motor Fuel Cell製</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ フェリー運営企業Norledは、LH<sub>2</sub>を燃料とするフェリー「MF Hydra」のシステムテストを2023年初頭より実施</li> <li>■ フェリーの全長は82.4m、最大290人の乗客と80台の車両を積載可能、年間のCO<sub>2</sub>排出量を最大95%削減</li> <li>■ FCシステムはBallard製200kW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ オフショア建設市場（洋上風力等）におけるゼロエミッション事業として水素FC動力の建設支援船ULSTEIN SX190を開発</li> <li>■ FCシステムはNedstack製2MW</li> </ul>

(出所)各プロジェクトウェブサイト等をもとに当社作成

## TECO2030の水素FC船舶への展開



(出所)TECO2030, "PEM FUEL CELL –Zero Emission Hydrogen Fuel Cell–"

# 船舶：欧州で進む水素FC船舶(オランダ)

- オランダでも水素FC船舶の社会実装に向けて小型旅客船、内陸水路の物流船で実証が進む、特に**水素サプライチェーン・インフラの構築とリンクしながら実証が進められている**ことが特徴
- RH2INEは2020～2030年の10年間にかけた大型プロジェクト、**ライン川における内陸水路輸送と水素バリューチェーン全体の社会実装を目指し**、12隻のFC船舶と4箇所の船舶用水素ステーションの建造が進む

	Weva	RH2INE	H2SHIPS
FC船舶の外観			
プロジェクト概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ グリーン水素で走行する新しい船舶を開発、水素用途の生産、貯蔵、輸送に関する実証</li> <li>■ 長さ135メートル、3,700トンで、デルフザイルのヌーリオン工場からボトルキン・ロッテルダムまで塩を輸送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 内陸水路輸送(ライン川)におけるバリューチェーン全体の水素の可能性を実証</li> <li>■ 造船とメンテナンスから水素の製造や流通に至るエコシステム全体への投資機会を増やす</li> <li>■ 12隻のFC船舶と4つの水素STを建造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 内陸船舶の輸送用の水素サプライチェーンの開発、新しい水素燃料港湾船がアムステルダムで建造され、ベルギーでは、外洋での運用に適したH<sub>2</sub>給油システムを開発、テスト予定</li> </ul>
プロジェクト期間	2021～2023	2020～2030	2019～2023
プロジェクト予算	4M€(Green Deal Subsidy)	12.5B€	7.2M€(Horizon 2020)

(出所)TKI Nieuw Gas, "Overview of Hydrogen Projects in the Netherlands"

# 船舶：翼帆を搭載した自立エネルギー型船舶・水素製造船

- 2018年に仏エナジー・オブザーバー号が**世界初のFCシステムを搭載した太陽光・風力による自立エネルギー型船舶**を開発、今後、翼帆の大面积化、FC・水素貯蔵システムの大容量化による船舶の大型化を目指す計画
- 国内の商船三井は、①風力による推進力が強い時は発電タービンを回し、その電力で水素を製造⇒②風力による推進力が弱い時はFCでプロペラ駆動、③余剰水素をMCHとして貯蔵する**WIND HUNTERコンセプト**を提唱、**実証を開始**

## 仏エナジー・オブザーバー



トヨタ自動車FCシステム搭載  
Oceanwings®の翼帆が搭載、高さ12mの複合材料マストと32m<sup>2</sup>の帆2枚で構成されるハイブリッド推進システムとしてエネルギー消費量を節約



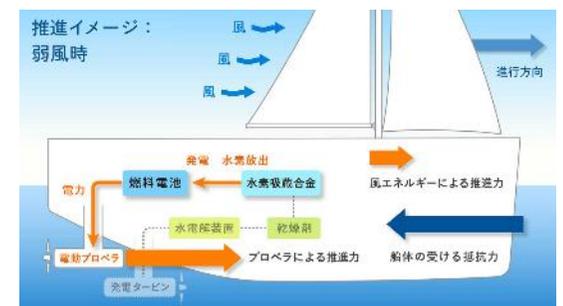
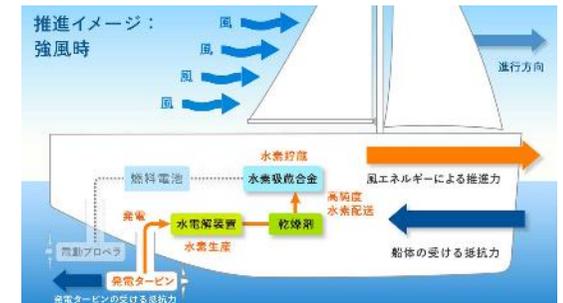
1,450m<sup>2</sup>のOceanwings®を搭載、4MWのFCシステム、1,000m<sup>3</sup>のLH<sub>2</sub>タンクを備えた航続距離は最大4,000海里

(出所) <https://www.maritime-executive.com/article/concept-for-zero-emission-multipurpose-cargo-ship-fueled-by-hydrogen> (2023/6/19アクセス)

## 商船三井のWIND HUNTER(コンセプト)



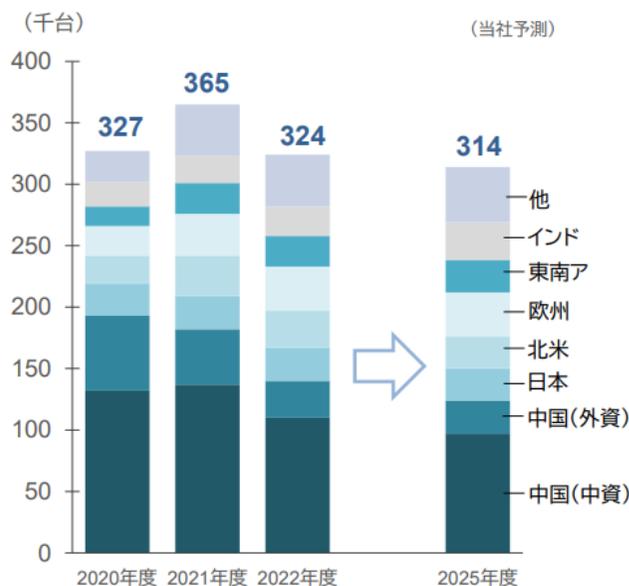
長崎県の大村湾でヨットを用いた実証実験が完了次複数の帆を備えた全長60~70m級の水素製造船を2024年以降に建造する予定



(出所) 商船三井ウェブサイト <https://www.mol.co.jp/bam/004> (2023/6/20アクセス)

# 建設機械:水素FCショベルの実証開始

- 重機ショベルの**グローバル市場規模は年産30万台前後**、ノルウェー7都市で2030年までの建設現場ZE化など、カーボンニュートラルに向けた要請も市場成長に可能性
- 英国**JCB(バンフォード・エクスカベーターズ)**は**2020年に世界初の水素燃料のFCショベル**を開発、世界最大の建設機械見本市BAUMA2022では**現代自動車**が**14tクラスのFCショベル**を公開
- 国内でも建設機械の水素FC化の取り組みが進む
  - ー コマツ:**2023年5月より開始した中型油圧ショベル(20tクラス)の実証実験(PoC)**を進め、近い将来の水素燃料電池を搭載した中・大型建設機械の量産化の実現に向けて取り組みを加速
  - ー コベルコ建機:NEDO助成事業で**2021年より油圧ショベルの実用化に向けた研究開発を開始**



(出所)KOBELCOグループ 建設機械事業の取組みについて

## 技術導入・実証が始まったFC建機

	JCB(英国)	Hyundai Construction	Komatsu
FC油圧ショベル 外観			
クラス	20トンクラス	14トンクラス	20トンクラス
FCシステム供給	Ballard Power Systems	Hyundai	Toyota

(出所) 各社ウェブサイト

# 農業機械：水素FCトラクターへの期待

- 農業の機械化の進展、GHG排出削減ニーズの高まり、燃料としての水素の高い適性、騒音・振動が小さいなどが、水素駆動トラクターの市場成長に可能性（世界市場規模は2030年には41億USDへ成長、ReportOcean社の予測）
- 英国CNH Industrialは2009年より50kWクラスの水素FCトラクターの1stプロトタイプ、2011年に2ndモデル（100kWクラス）を開発、**技術進化を継続**
- 米国スタートアップAmogyは、**アンモニアベース（アンモニアon-board改質）の出力100kWのFCトラクター**を開発
- 国内でもクボタがNEDO助成事業で**2021年より商品化に向けたPoCを開始**

## CNH Industrialの水素FCトラクターの想定ユースケース



50 to 100 kW

- Typically used in small farms
- Utility tractor
- Low energy use

100 to 200 kW

- Typically used in medium farms
- Dairy and livestock
- Mid energy use

200 kW to 450+ kW

- Typically used in big farms
- Crop farming
- High energy use

現技術では50-100kW  
クラスが対象

水素駆動が最も注目される  
クラス（大規模農場向け）

Degree of innovation required to bring product to market ↑

### 【課題】

- 60%を占める貯蔵システムコスト低減と貯蔵密度向上
- 冷却性能向上（FC温度105℃、ラジエータ改善）

### アンモニアベースのFCトラクター（Amogy）



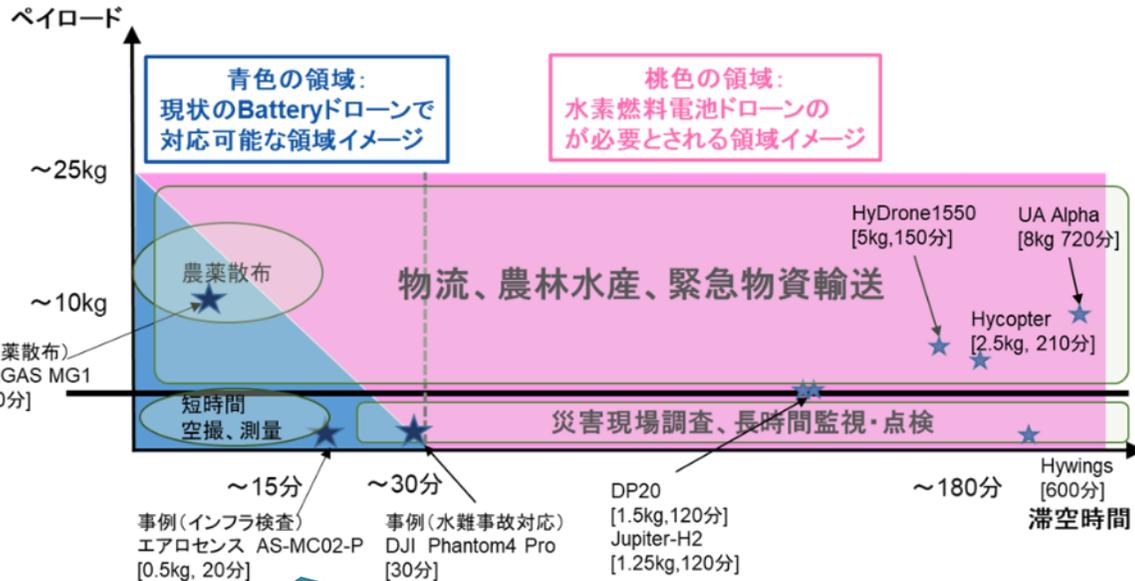
（出所）Amogy社ウェブサイト

（出所）CNH Industrial, "Technology Challenges for Hydrogen Fuel Cells in Agricultural Applications"

# UAV:幅広い用途で期待される水素FCドローン

- 水素FCドローンはバッテリー動力を用いるドローンより**長時間の飛行時間を要する用途に優位性**、近年では海外のみならず、国内でも試験飛行が開始
  - 運搬: 物流、農林水産関係、災害現場での物資輸送
  - 情報収集: 監視、点検等の長時間飛行(特に災害現場対応)
- 韓国Hylumは**液体水素タンク搭載のドローンHylumX**を開発、**最大5時間の長時間飛行が可能**

## ドローンにおけるバッテリー駆動と水素FC駆動の棲み分け



運搬: 物流・農林水産関係・災害現場での物資輸送  
 情報収集: 監視・点検等の長時間飛行(特に災害現場対応)

## 液体水素FCドローンHylumX



軽量・コンパクトなLH<sub>2</sub>タンク

(出所) Hylum社ウェブサイト

## 福島ロボットテストフィールドでの実証飛行試験



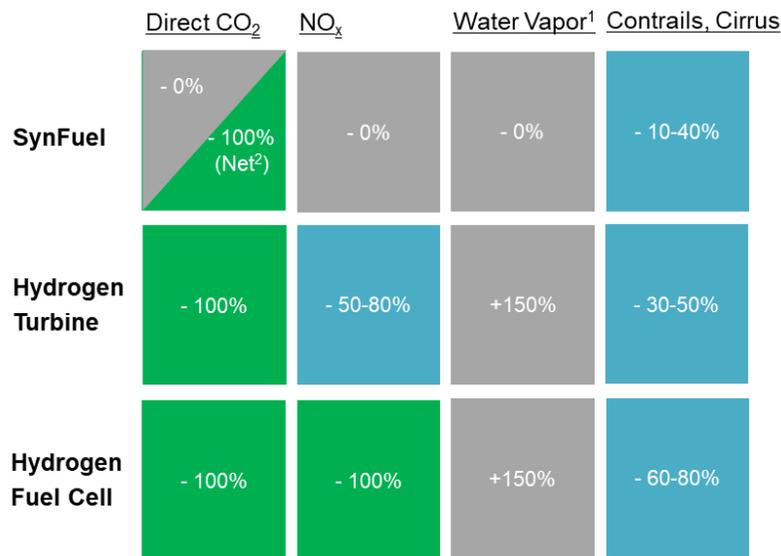
英Intelligent Energy社2.4kW空冷FC  
 帝人エンジニアリングのFRP複合容器  
 (最大許容圧29.4MPa)を搭載

(出所) 福島ロボットテストフィールドウェブサイト

# 航空機: ネット・ゼロに向けたCN燃料導入の加速

- 国際民間航空機関(ICAO)は2022年10月に、国際航空分野で**2050年までにCO<sub>2</sub>排出量をNet Zeroにする長期目標**を採択、「2020年以降、国際航空でのGHGの総量を増加させない」との従来の目標から大きく方針を転換
- バッテリー駆動ではエネルギー密度の観点で極めて限定的な利用となるなか、**カーボンニュートラル燃料の大量普及に期待**
- 水素FCはGHGの観点で最も優れるが、**中大型機・長距離飛行のためにシステム軽量化・水素貯蔵密度の向上**が要求される

## CN燃料種別のGHG排出量・関連の影響



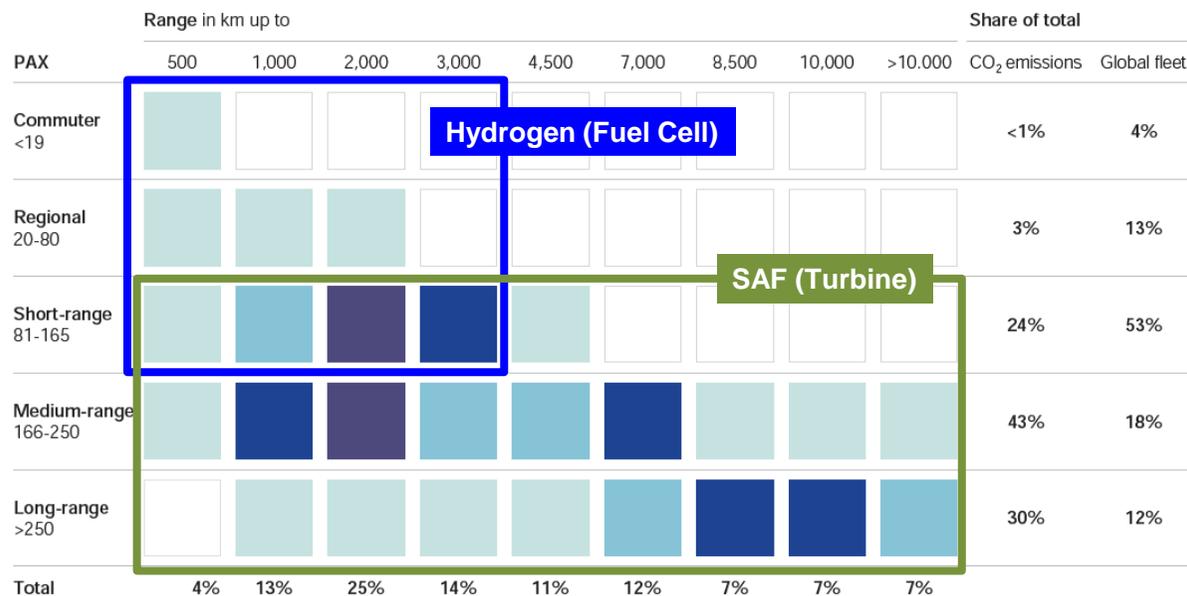
1. 10 times lower climate impact than from CO<sub>2</sub> emissions  
 2. Net CO<sub>2</sub> neutral if produced with CO<sub>2</sub> captured from the air

Exhibit 2

## CO<sub>2</sub> emissions per segment and range

2018

## 乗客数・飛行距離とCO<sub>2</sub>排出量の関係



(出所) FCHJU, "Hydrogen-powered aviation - A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050 -"

# 航空機: 加速する水素航空機の試験飛行と将来計画

- 2020年の英Zero Aviaの有人初飛行以来、水素FCパワートレイン搭載の旅客機の試験飛行も加速、米Universal Hydrogenは2023年3月に**40人乗りのプロペラ機の試験飛行に成功**、日本の航空会社向けの**グリーン素供給と物流ソリューションを研究**するため、双日、三菱HCキャピタルを含めた3社との協業も発表
- 仏Airbusは2035年までに就航予定のZero Emission機(ZEROe)に搭載する**水素FCパワートレインの開発を発表**、**2027-2028年頃までに出力規模を向上させ、100人乗り・1,000マイル飛行可能な技術開発を推進**

## 米Universal HydrogenのFC換装旅客機



- 40人乗りのプロペラ機(ボンバルディアDHC-8-300)による初の試験飛行に成功(高度3,500フィート、15分間)
- 2基あるエンジンのうち1基を同社が手掛けるMW級FCパワートレインに換装

(出所) Universal Hydrogen社ウェブサイト

## 仏AirbusのFCパワートレインコンセプト



- 専用FC開発に向けElring Klingerと共同でAeroStack社を設立
- 独H2Skyプロジェクトで26.5M€の資金支援を受けて開発を推進

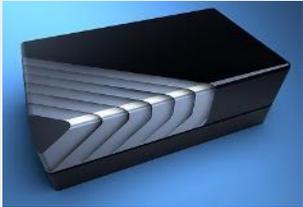
(出所) Airbus社ウェブサイト

---

### 3. 多用途展開に向けたFCモジュールの動向

# HDV用FCシステムOEMの増加

- HDV用PEFCモジュールのOEMは増加、中国ではバス・物流車向けとして数10kWシステムが主流であったが、**大型トラック、船舶、鉄道向けを中心に大出力化が進む** (200kWを超えるモジュールも出現)
- FCモジュールの性能・耐久性も着実に向上、**零下起動、耐久性、コンパクト化など国産モジュールと比べて技術的な優位性は無くなってきている状況**

	SHPT (上海捷氢科技股份)	HAIDRIVER (海卓动力能源科技)	REFIRE (上海重塑)	Sinohytec (億華通)	トヨタ 【参考】
製品名	PROME-P4H	HDR-FCE-120	PRISMA-XXII	M-180	TFCM2-F
FCモジュール外観					
出力(kW)	130	110	220	200	80
最大効率(%)	60	60	60	60	60
出力電圧(V)	N.A.	380-750	450-750	400-750	400-750
最低起動温度(°C)	-30	-35	-30	-35	-30
最高作動温度(°C)	95	N.A.	95	N.A.	N.A.
耐久時間(hour)	≥15,000	≥20,000	25,000	N.A.	N.A.
体積出力密度(kW/L)	0.39	0.27	≥0.23	0.28	0.24

※体積出力密度は公表の寸法から算出、モジュール内部品等がすべて同一条件とは限らない(REFIRE PRISMA XXIIは110kWシステムを超える値と予測)

(出所) 各社情報、Hannover Messe 2023のプレゼン情報をもとに当社作成

# 船舶向け大型FCモジュールの進展

- 北欧(ノルウェー等)を中心に水素FC船舶の実証が加速(後述)、**ノルウェーのTECO2030はAVL製の100kWスタックをもとに船舶用の400kWモジュールパッケージを開発、最大6.4MWのコンテナ型モジュール(40ft相当コンテナ)までラインナップ予定、欧州でGW級のFCモジュール提供を目指す**
- PowerCellも自社開発のスタックS3(100kW)を2個搭載したコンパクトなFCシステムMarine System 200を開発、**燃料電池モジュールとサポートシステムモジュールを引き出し型に設計、メンテナンスが容易**



**FCC 1600™**  
1.6 MW CAPACITY  
Equivalent to  
**2 160 HP**



**FCC 3200™**  
3.2 MW CAPACITY  
Equivalent to  
**4 320 HP**



**FCC 6400™**  
6.4 MW CAPACITY  
Equivalent to  
**8 640 HP**

(出所)TECO2030, "Europe's First Giga Production of Hydrogen PEM Fuel Cells"



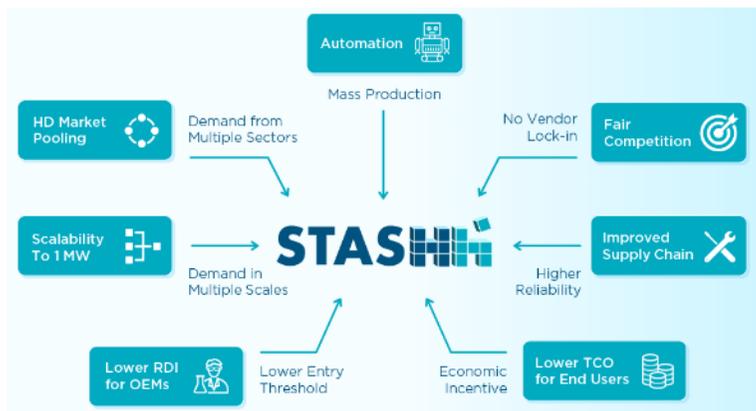
Marine System 200



(出所)PowerCell, "PowerCellution Marine System 200"

# HDV向けFCモジュールの標準化(STASHH)

- 欧州ではHDV向け標準燃料電池モジュール開発のSTASHHプロジェクトを推進(～2023/12)、OEMがFCベンダー、モジュールサプライヤーを選択し、製造コストを下げ、規模の経済を通じてFCモジュールの市場に対応、11の主要FCベンダーからプロトタイプを開発し、プロジェクト全体が作成したオープンスタンダード準拠に対して徹底的に評価
- 標準モジュールのサイズ・FC出力の規格化、各製品に応じたモジュールの選択と設置場所についても定義



モジュール	長さ mm	幅 mm	高さ mm	FC出力 kW	システム 体積密度 kW/L
HH <sub>A</sub>	1,020	700	340	50	0.206
HH <sub>AA</sub>	1,020	700	680	110	0.227
HH <sub>B</sub>	1,360	700	340	70	0.216
HH <sub>BB</sub>	1,360	700	680	145	0.224
HH <sub>BBB</sub>	1,360	700	1,020	220	0.227
HH <sub>C</sub>	1,700	700	340	90	0.222

輸送手段	製品	標準モジュールと設置場所
鉄道		HH <sub>BBB</sub> (エンジン区画) HH <sub>A</sub> , HH <sub>B</sub> or HH <sub>C</sub> (天井 or 床下)
	船舶	小型船 内航・近海輸送船
オフロード	建機	HH <sub>BB</sub> , HH <sub>BBB</sub>
	ホイールローダー	HH <sub>A</sub> , HH <sub>AA</sub> (エンジン区画、複数モジュール) コンテナ(デッキ)
	掘削機	車両に依存 HH <sub>BBB</sub> , HH <sub>C</sub>
オンロード	トラック (<44t)	全て対応可能
	トラック (18-26t)	HH <sub>BBB</sub> (エンジン区画) 2 × HH <sub>AA</sub> or HH <sub>BB</sub> (ディーゼルタンク区画)
	トレーラー	HH <sub>BB</sub> , HH <sub>BBB</sub> (エンジン区画) 1 (or 2) HH <sub>AA</sub> or HH <sub>BB</sub> (ディーゼルタンク区画)
	都市バス (12 or 18m)	HH <sub>A</sub> , HH <sub>B</sub> or HH <sub>C</sub> (床下) HH <sub>AA</sub> or HH <sub>BB</sub> (エンジン区画)
	高速バス	1 (or 2) HH <sub>A</sub> , 1 (or 2) HH <sub>B</sub> or HH <sub>C</sub> (天井 or 床下) HH <sub>AA</sub> , HH <sub>BB</sub> , HH <sub>BBB</sub>

(出所) STASHH, "Standard Size definition"をもとに当社作成

---

## 4. まとめ

## 本日の世界動向のまとめ

- 海外主要国・地域では水素普及に向けた政策・投資増加、水素製造・サプライチェーン構築への投資が大きいですが、利用サイドでもMobility分野での需要に期待感、燃料電池産業への具体的な支援策も進む
- 各Mobilityの取り組み状況
  - 自動車: 大型FCトラックの新規OEMの市場参入が進展、FCEVも将来に向けて期待感を持つ企業も少なくない
  - 鉄道: 日本は電化率・運用面で世界最高水準であるが、非電化の多い欧州・中国で社会実装に向けた取り組みが前倒し
  - 船舶: 欧州を中心に水素インフラと一体化した実証が先行
  - 建機・農機: 中型油圧ショベルの実証、トラクターは大型化も睨んだ技術課題解決が鍵
  - 航空機: 小型旅客機を中心とした試験飛行、航空機専用の技術開発にも着手
- 大型・商用Mobility向けのFCモジュールの製品レベル向上、欧州では船舶向けのMWクラスの専用化、モジュールの標準化も先行

2021・2022年度に技術開発ロードマップを打ち出したが、今後は社会実装・本格普及に向けた産業戦略(技術目標達成シナリオと製品化・市場の持続的成長への勝ち筋)もますます重要に

# MIZUHO



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。