

NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ中間報告会

# NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ (FCV・HDV 用燃料電池技術開発)

NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 燃料電池・水素室  
(委託先)みずほリサーチ&テクノロジーズ

- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| (1) NEDO様ご挨拶             | 13:00~13:05(5分)  |
| (2) これまでの経緯と今回のロードマップの狙い | 13:05~13:20(15分) |
| (3) 製品・FCシステム            | 13:20~13:40(20分) |
| (4) FCスタック               | 13:40~14:00(20分) |
| (5) FC生産技術               | 14:00~14:10(10分) |
| (6) 水素貯蔵システム             | 14:10~14:30(20分) |
| (7) DX技術                 | 14:30~14:45(10分) |
| 質疑応答                     | 14:45~15:00(15分) |

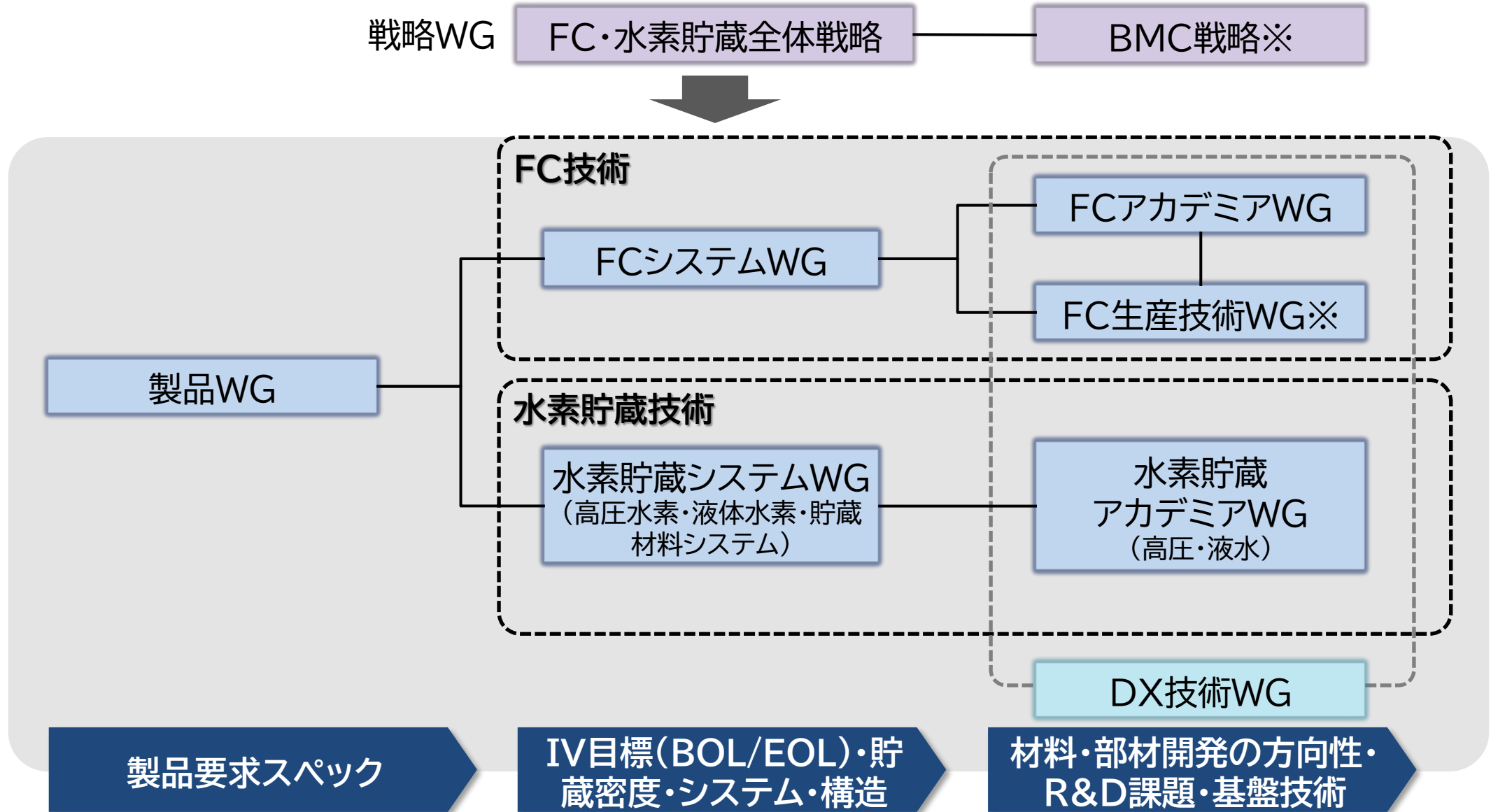
# NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ (FCV・HDV 用燃料電池技術開発) これまでの経緯と今回のロードマップの狙い

プレゼンター: 米田雅一(みずほR&T)

NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 燃料電池・水素室  
(委託先)みずほリサーチ&テクノロジーズ

	FY21	FY22
検討内容	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2030年大型・商用モビリティ(HDV)燃料電池の製品・システム目標を新たに設定</li><li>● 多様なアプリを対象とした共通となる目標(大型トラック、鉄道、船舶、建機、農機、フォークリフト)</li><li>● 上記目標を達成するためのFC材料目標と技術開発課題の整理</li><li>● ロードマップ本体に加え、目標に対する考え方、目標値の設定根拠や技術開発の方向性および材料特性の評価方法の方針をまとめた「解説書」を新たに作成</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2040年のHDV燃料電池のシステム目標を設定(44トントラックをベース)</li><li>● 40年達成シナリオに注力、限界を打破するための基礎研究(新学理・革新コンセプトの創出)、高度な解析、計算科学技術による機構・現象解明、人材育成の在り方を検討</li><li>● 2030年頃の本格普及開始時期を前提としたFCの生産技術目標と技術開発課題の整理</li><li>● 2030年頃および2040年頃に達成すべき高圧水素貯蔵、および長期的な水素貯蔵材料の目標と技術開発課題の整理</li><li>● 水素・FCの開発力の強化に結びつけていくためのデジタル・トランスフォーメーション(DX)技術の在り方を整理</li></ul>

- FCVについては2023年2月に公開したロードマップの検討結果を参考として特に2040年頃の目標を議論するとともに、設定したセルスタックの目標から材料目標への落とし込みを図る。また、2035年頃の目標を検討する。(24年度に実施)
- HDVについてはFCV同様に2035年頃の目標を検討する。さらに、DX技術による開発加速目標と具体的な活用シナリオを検討する。
- FCVおよびHDVに適用される水素貯蔵技術に関しては、2023年2月に公開したロードマップの検討結果を参考として、液体水素による貯蔵システムの設定、高圧水素貯蔵に関する2030年度以降の目標と課題を検討する。
- 燃料電池および水素貯蔵システムに関して、詳細なコスト目標の設定に向けた課題やサーキュラーエコノミー(CE)等の観点に基づく課題を検討する。また燃料電池の普及に向けて必要となる生産技術課題を検討する。(コストに関しては24年度に議論を予定)
- 2022年度に策定した「定置用燃料電池技術開発ロードマップ」の純水素型PEFCの目標とFCV・HDV用燃料電池の目標や技術課題との関係性を整理する。(24年度実施予定)
- その他、最新の動向等を踏まえこれまでに策定したロードマップ内容の見直しを図る。FCV・HDV用燃料電池技術開発ロードマップの検討を中心とするが、国の基本戦略やロードマップ等の検討状況により、定置用燃料電池技術開発ロードマップの見直し要否に関してもNEDOと協議の上検討する。
- NEDO革新FC事業の評価解析プラットフォームとは密に連携しつつ業務を進める。また、並行して実施する水電解技術開発ロードマップの検討とも連携する。
- 2025年1月中に検討委員会で議論したロードマップ案を提示する。また、2024年1月末までに中間段階のロードマップ案を提示する。
- NEDOを含めた他機関の情報等も活用しつつ、ベンチマーク等に基づく全体戦略を練り、ロードマップ全体統括の機能を果たす。



※評価解析プラットフォームマネジメントグループ(BMC検討およびオールスターFC生産技術WG)と連携

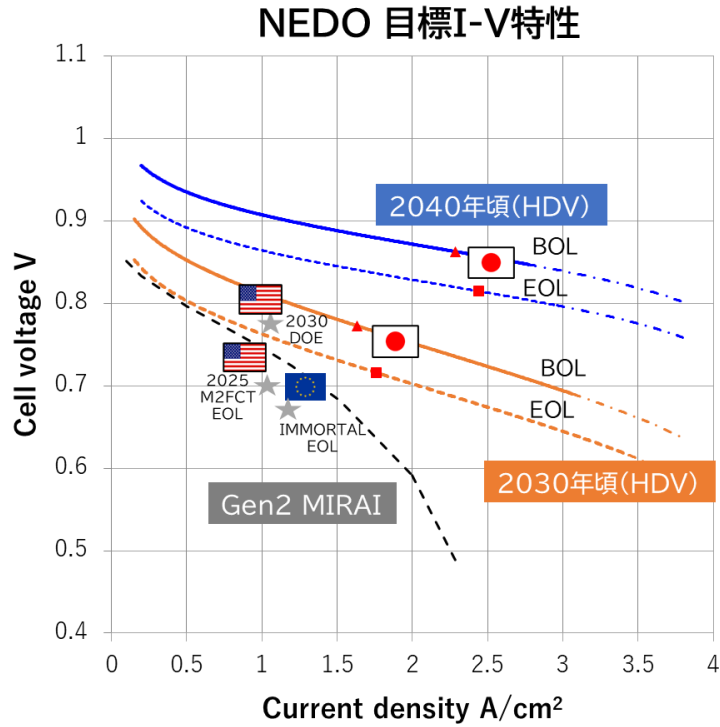
WG	活動概要
製品WG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● FCアプリケーション別(乗用車、トラック、鉄道、船舶、建機、農機、フォークリフト等)の製品としての要求スペックの検討</li> </ul>
FCシステムWG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● FCシステムの目標設定のための製品WGへの追加アンケート、情報整理</li> <li>● 2035年頃のHDV向けFCシステム目標の検討</li> <li>● 2040年頃および2035年頃のFCV向けFCシステム目標の検討</li> </ul>
FCアカデミアWG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2035年頃のHDV向けFC目標の達成シナリオ、アクションプランの検討(DX活用等を含む)</li> <li>● 2040年頃のHDV向けFC目標の達成シナリオのブラッシュアップとアクションプランの検討(DX活用等を含む)</li> <li>● 2035年頃および2040年頃のFCV向けFC目標の達成シナリオ、HDV向けの共有課題および固有課題の整理</li> <li>● 高温運転下(120℃)での電解質膜劣化の再検証と耐久評価手法(AST)の検討</li> </ul>
FC生産技術WG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2035年頃のFC生産技術目標の検討</li> <li>● 目標達成に向けた新たな生産技術の課題(DX活用等を含む)、および目標KPIの検討</li> <li>● FC製造コスト目標達成に向けた課題、または具体的指針の検討</li> </ul>
水素貯蔵システムWG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【高圧水素】2035年頃の目標設定、環境循環、セルフモニタリング戦略等の検討</li> <li>● 【液体水素】貯蔵密度の目標見直し、HDVに要求されるスペックを両立する容器・システムの検討</li> </ul>
水素貯蔵アカデミアWG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【高圧水素】カーボンニュートラルな材料開発、スマートタンク化、CEなど2030年以降に要求される課題のブラッシュアップ(DX活用等を含む)</li> <li>● 【液体水素】液体水素貯蔵の容器構造・システムの課題の整理</li> </ul>
DX技術WG	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 産学連携データプラットフォーム構築の課題、提供者、利用者の観点からのDX技術の整理</li> <li>● FC材料・部材、生産技術、高圧タンク、貯蔵材料の開発加速に向けた具体的な活用シナリオの検討</li> <li>● 2035年頃の目標・制約を踏まえた優先項目の検討</li> </ul>
戦略WG (全体戦略)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ロードマップ策定の全体統括</li> <li>● 将来の普及見通し、FCモビリティの価値創造、未来予測・マザーマーケット、知財対応、経済安全保障対応</li> <li>● FC・水素貯蔵システムの産業化とビジネスの持続的成長を達成するための技術戦略(製品アーキテクチャー、勝ち筋)の検討</li> </ul>
(ベンチマーク(BMC)戦略)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内外の政策・技術動向や競合技術の進捗など、必要な情報をタイムリーに収集、分析、活用するためのBMC戦略の検討</li> </ul>



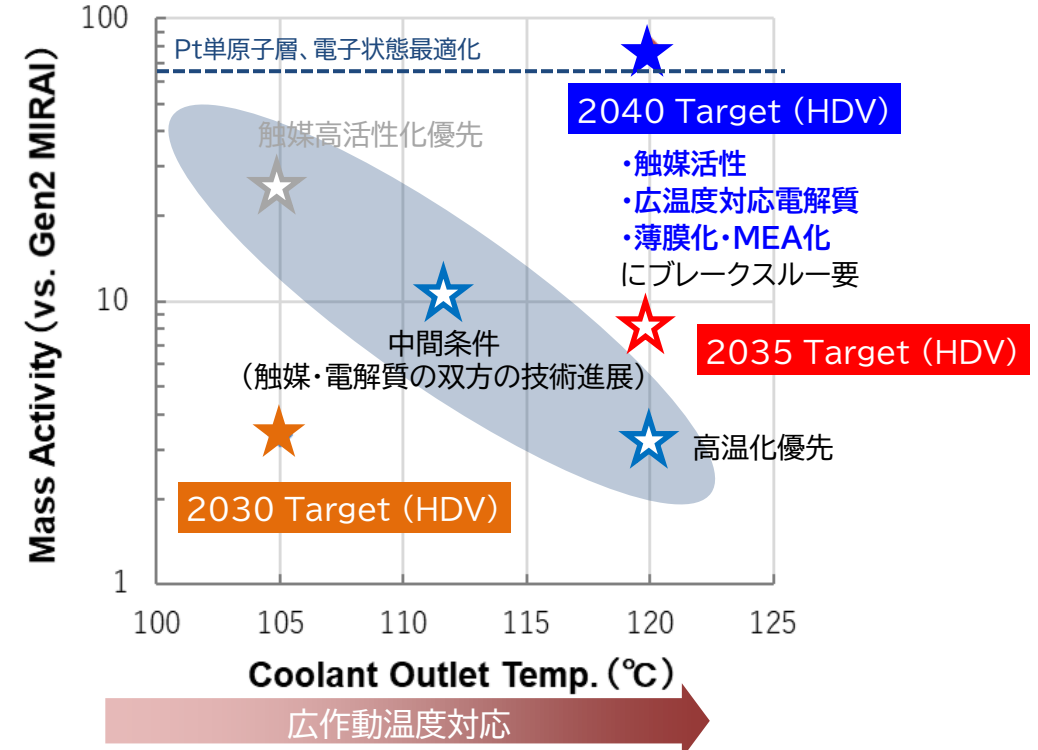
ロードマップ見直し項目	2024/1末(中間段階)	2025/1末(最終段階)
FCVの2040年目標と技術開発課題の見直し(24年度に実施)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2040年頃のFCシステム目標</li> <li>● 2040年頃のHDV向けFC目標の達成シナリオのブラッシュアップ</li> <li>● FCV向けの技術開発課題の論点</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内外の動向変化、中間段階からの新たな検討要件(コスト、CE等を含む産業戦略)を踏まえたFCシステム目標(見直しの有無の検討含む)</li> <li>● 上記目標に応じたFCスタックの技術開発課題(FCV・HDV用燃料電池の共有・固有課題の整理)、DX活用等も含めた達成シナリオ</li> </ul>
FCVおよびHDV用燃料電池の2035年頃の目標の検討(FCVに関しては24年度に実施)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2035年頃のFCVおよびHDV用燃料電池のFCシステムの中間目標</li> <li>● 2035年頃のHDV向けFC目標の達成シナリオ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2030年、2040年の最終目標を踏まえた2035年中間目標(見直しの有無の検討含む)</li> <li>● 2035年頃までのFCスタック技術開発課題と達成シナリオ</li> </ul>
高圧水素および液水水素貯蔵システムの目標と技術開発課題の整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 液体水素の貯蔵システムの目標、技術開発課題の抽出</li> <li>● 2035年頃の高圧水素の貯蔵密度、コスト等の目標と技術開発課題の整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内外の動向変化、中間段階からの新たな検討要件(コスト、CE等を含む産業戦略、インフラ)を踏まえた水素貯蔵システム目標(見直しの有無の検討含む)</li> <li>● 上記目標に応じた高圧水素、液体水素、貯蔵材料の技術開発課題、DX活用等も含めた達成シナリオ</li> </ul>
コスト目標の設定に向けた課題やCEの観点に基づく課題・普及拡大に向けた技術課題の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2035年頃のFC生産技術目標</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 目標達成に向けた新たな生産技術の課題(DX活用等を含む)、および目標KPI</li> <li>● FC製造コスト目標の達成に向けた課題、または具体的指針</li> </ul>
定置用純水素型PEFCの目標と車載用技術開発課題との関係性の整理	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>● FC技術開発課題(PEFCとして車載用と共通・固有課題と整理し、定置用燃料電池ロードマップに反映)</li> </ul>
ベンチマークおよび全体戦略の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 市場見通し、勝ち筋の検討に向けたベンチマーク</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 産業戦略の策定とロードマップへの反映</li> </ul>

2023年度に中間目標を提示、2024年度は国内外の状況変化や技術戦略の在り方を踏まえブラッシュアップ



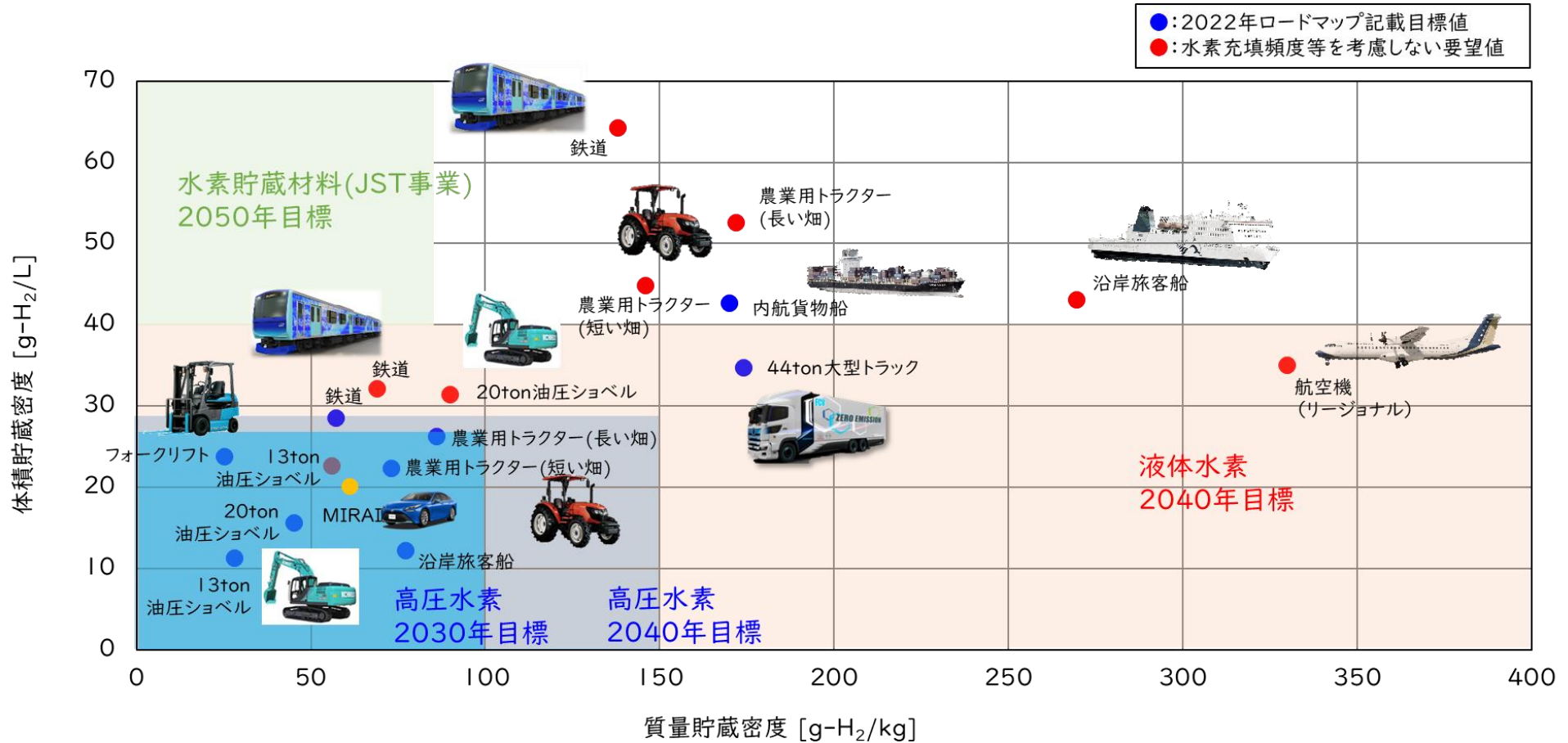


質量活性向上



- HDVの2030年、40年頃の目標を参考に、FCシステム要求条件から**中間目標(2035年)**を検討
- 触媒、電解質材料を中心に**触媒活性向上**や**高温化(広作動温度化)**に対して**ケーススタディ**を行い、材料開発やプロセス(薄膜化、MEA化等)の難易度に応じて適切な材料目標を設定
- 2030年と40年の技術達成レベルのギャップを繋ぐ意味でも重要な目標設定

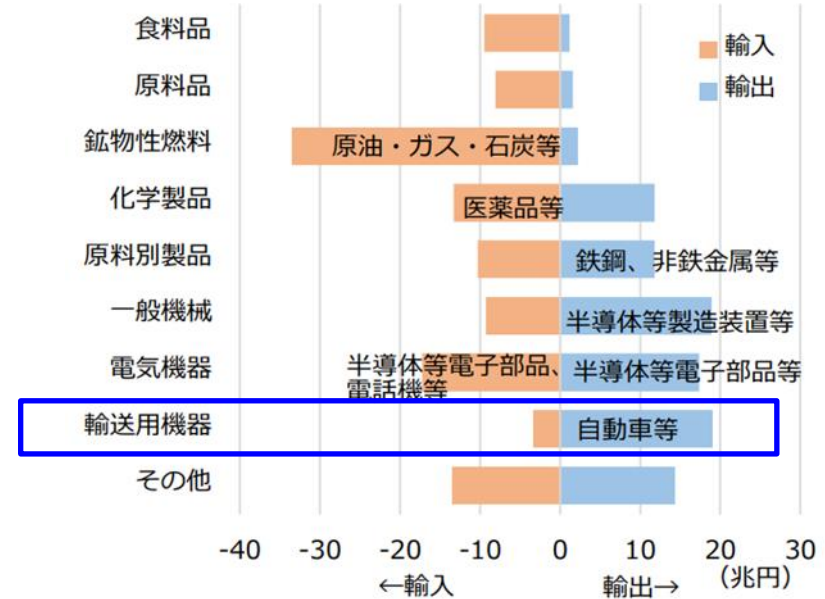
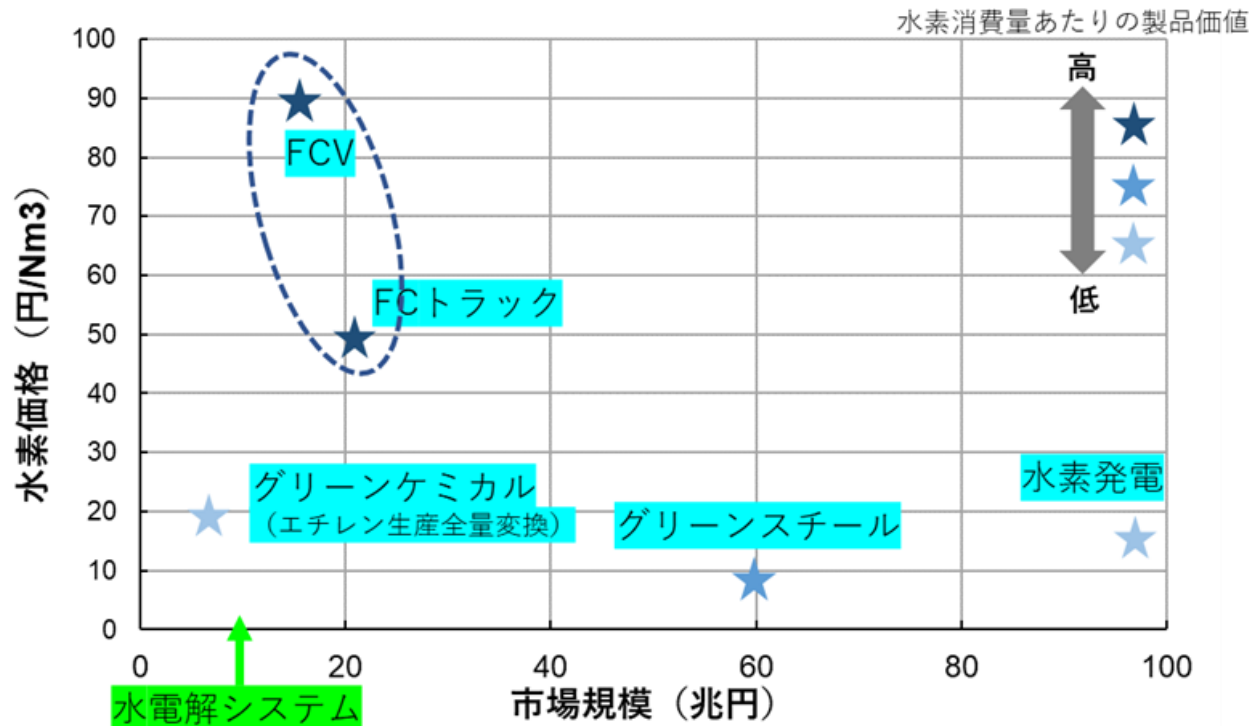
主要材料	物性・特性	2030	2035	2040
電解質膜	厚さ(μm)	8		1
	プロトン伝導率 (S/cm)	0.032 @120°C, 30%RH 0.12 @80°C, 80%RH		0.15 @55~125°C, ≧12%RH
空気極触媒層	触媒層厚さ(μm)	6		4
	Pt目付量 (mg/cm²)	0.200	後述	0.120
	質量活性 (A/g) @0.1 MPa <sub>O2</sub> , 100%RH, 80°C	1,740 (Gen2 MIRAI比 3.4倍)		39,000 (Gen2 MIRAI比 78倍)
	酸素輸送抵抗(s/m)	10		8
GDL	Pt溶解速度	-		×1/30 (vs. 粒子径3nm Pt)
	分子拡散抵抗(s/m)	18		18



- 昨年度に議論できなかった液体水素貯蔵についてはHDVの各アプリケーション用途に要求スペックに整合した貯蔵密度や容器構造・システムの在り方を検討
- 高圧水素貯蔵については①2035年頃の目標値(低コスト仕様)に加え、②安全率等適正化戦略、③環境負荷低減について研究開発戦略を更新

## 【FCモビリティの成長産業としての重要性】

- FCVとFCトラックの**単位水素消費量あたりの製品価値**は、発電、グリーンスチール、ケミカルと比べて高い
- FCVおよびFCトラックはパリティとなる水素価格※が他の水素利用産業と比べて市場へ受入れられやすく、大量に水素を消費する発電・産業向けと比べて市場の早期形成の可能性(※水素インフラ・貯蔵・輸送コストを含む)
- 我が国が海外からの燃料・原料輸入の依存率が高いなか、自動車(輸送機器)は貿易黒字の最大の産業であり、水素によるグリーン成長戦略において「イノベーション」で国際競争力を確保し、**国内のFC産業を強化することで国富の流出を防ぐ**



期間：2022年

注：輸入額は、マイナスの値で表現

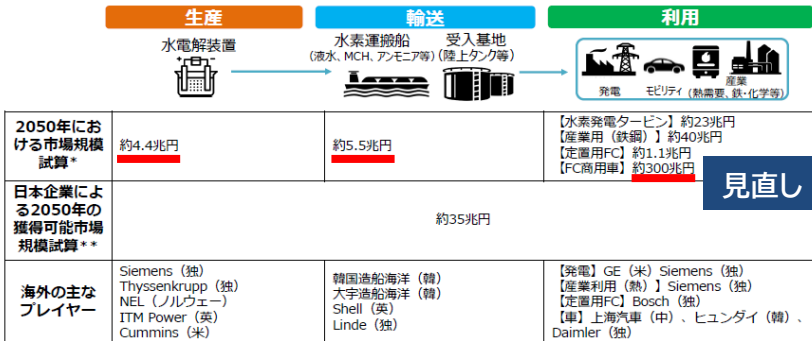
(出所)財務省データに基づきアセットマネジメントOne作成  
「日本の構造問題を持続的な社会への転換の好機に」

## 水素社会実現に向けては利用サイドも製品価値を重視した技術開発が重要

分野	市場	水素1kg当たりの製品価値	備考
燃料電池自動車 (FC・貯蔵システム)	36兆円 (5.0兆円)	4.9千円/kg	2050年で FCV(小型商用車含む) 380万台/年、FCトラック約100万台/年 (車種別グローバル生産台数と将来シェア、NEDOコスト目標値より算出)
グリーンスチール	60兆円	1.3千円/kg	2050年で最大5億t/年 by IEA(取引単価 12万円/t、近年は価格が上振れ)
グリーンケミカル	6.6兆円	0.1千円/kg	2050年で最大5,700万t/年 by IEA(エチレン換算、取引単価140円/kg)
水素発電	97兆円	0.2千円/kg	2050年で1,850GW by IEA(稼働率50%、発電単価12円/kWh)
水電解システム	10兆円	—	水電解システム 200GW/年 by IEA(システム価格 5万円/kW)
輸送	5.5兆円	—	2050年1割が国際取引されると5,500万t/年(平均取引価格 100円/kg)

### 水素産業戦略策定の必要性

- 水素産業について、①脱炭素、②エネルギー安定供給、③経済成長の「一石三鳥」を狙い、**欧米を中心に、世界でも国内産業育成が加速。**
- 我が国の技術的な強みを生かし、水素製造、国際水素サプライチェーン、脱炭素型発電利用、モビリティ、燃料電池などの分野において、**要素技術の国内外における展開を図るため、今後の官民の打ち手を戦略として位置づけることが必要。**



- 水素産業のサプライチェーンにおいて、利用サイドの自動車用FC・水素貯蔵システムだけで上流側の**水電解の約1/2、水素キャリアと同レベルの市場規模5.0兆円**のポテンシャル(2050年頃)
- 自動車としての製品の市場規模は約**36兆円**(FCEV 400万円、FCトラック 2,000万円を前提)
- FC自動車は**水素1kg当たりの製品価値として他の産業と比べて圧倒的に高い**



**将来の水素産業の発展、競争力確保に向けFCへの継続投資は重要**

\* 「2050年カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略(本案)」(2021年6月18日)  
 \*\* 第11回 産業構造審議会 産業技術開発部 燃料部 グリーン・フューエル・シフト推進小委員会/総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 2050年カーボンニュートラルを前提とした水素産業構造検討小委員会 資料1「GXを実現する水素産業の成長戦略について」より抜粋(2022年12月14日)

## 【市場規模(詳細は解説書をご参照)】

- FCVとFCトラックの販売台数規模から、FCVのFCスタックを100kW、FCトラックを200kWとして車載用FCの市場規模(FC容量ベース)を算出
  - FCV:乗用車のセグメント別の過去3年間におけるグローバルでの年間生産平均台数に対し、大型・長距離ユースのセグメント、SUV中型セグメント、MPV、ピックアップトラックがFCVの市場ポテンシャルと想定(各シェア1-2%)し、2030年から2040年に向けては年平均成長率(CAGR)を20%を仮定
  - FCトラック:主要市場と想定される中国、米国、欧州における2030年、2035年および2040年の販売台数の見通しから試算

		現在	2030年～	2035年～	2040年～
市場規模 (年間)	FC容量ベース	2GW程度 (2022年度)	60GW程度 (2030年頃)	150GW程度 (2030年頃)	300GW程度 (2040年頃)
	FCV台数	約1.5万台	約30万台	約70万台	約180万台
	FCトラック台数	約0.2万台	約15万台	約40万台	約60万台
想定される普及シナリオ		補助金支援も含めて 緩やかに市場拡大	水素供給が充足、 FC・水素貯蔵システム 原価も下がり市場 拡大	燃料パリティに近づ き更に市場拡大	低価格なクリーン水 素が流通、あらゆる 産業で利活用本格化



- FCモビリティの普及に向けて、2030年頃までは**多用途展開**、および**DX技術を活用した開発力を確保しつつ技術開発を推進**、補助金支援等も含めて緩やかに市場が拡大していくと想定される
- 2030年以降は水素供給が充足し始めるとともに、**DX技術の本格活用によって材料や生産技術の開発の加速・効率化が進み**、FC・水素貯蔵システムの**性能向上と原価が低減**、**水素価格も下がって燃料パリティに近づいていくフェーズ**となり、FCモビリティの普及が加速すると想定される



- こうした将来の見通しにおいて**FC・水素貯蔵システムの目標とFC生産技術目標**、さらに、**これらの達成に向けてDX技術を積極的に活用することも前提として産学官連携のもとで技術開発を推進**していくことが鍵(この後の各WGからの報告)

	現在		2030年～		2040年～
HDV普及シナリオ	国内はバス(約130台)・フォークリフト(約400台)で先行、トラック、鉄道、船舶で試験運転・技術実証の開始、海外でも幅広いHDVで実証段階、鉄道、フォークリフトは商用運転開始、航空用システム開発も本格化 国内運輸部門のCO2排出量1.85億トンの内、HDVで56%(内、トラック40%)*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術開発の推進(DX活用による開発競争力確保)</li> <li>・多用途活用に向けた技術実証の拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内外の主要国で大型トラックをはじめ、船舶、電車、建機・農機など他のアプリケーションへの本格普及の開始</li> <li>・国内運輸部門のCO2排出量低減に向け、FC商用車は小型トラック(総重量8トン以下)で累計1.2～2.2万台、大型トラック(総重量8トン以上)で累計5千台程度*2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・更なる技術開発進展(DX本格活用による開発の加速・効率化、等)</li> <li>・幅広いHDVアプリケーションへ本格普及、FC・水素貯蔵システムの大量供給によるコスト低減が加速</li> <li>・水素供給価格の低下によるTCO低減</li> </ul>	【2050年】燃料電池HDVによる運輸部門のカーボンニュートラル実現に貢献 FCトラックのグローバル市場規模100万台以上/年*3

\*1 国土交通省「2021年度における運輸部門における二酸化炭素排出量」より引用

\*2 経済産業省「モビリティ分野における水素の普及に向けた中間とりまとめ」(2023/7)より引用

\*3 IEA, "Net Zero Roadmap - A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach"等の将来見通し等に基づいた推計値