

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業/  
燃料電池・水素技術開発ロードマップに関する検討（FCV・HDV用燃料電池技術開発ロードマップ）

団体名：みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社  
発表日：2025年7月15日

■ 背景  
【背景】

- ✓ 運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量削減に向けて移動体の変革が重要な役割を担っており、乗用車（FCV）への燃料電池の適用に加え、世界各国で大型・商用モビリティ（HDV）への燃料電池（FC）の適用が拡大している
- ✓ これまでに2030年頃および2040年頃の燃料電池の製品目標、スタック性能目標、材料目標がロードマップで示されているが、2040年頃の目標達成には飛躍的な性能向上が必要とされ、現時点では達成に向けた道筋が明確でない部分もあり、2040年頃の目標達成に向けた道しるべとなる2035年頃の目標を設定する必要がある。

【目的】

- 本調査では燃料電池に関する最新の市場・技術動向を調査するとともに、産業界や大学・研究機関から多数の有識者を糾合し、特に以下の点でロードマップの改訂を行う。
- ✓ 2030年頃と2040年頃の間地点となる2035年頃のFCV・HDV用燃料電池の目標およびその達成に必要な材料物性目標を重点的に検討する
  - ✓ 2035年頃のFCの生産技術・コスト目標および高圧水素貯蔵システムの目標を設定するとともに、新たに液体水素貯蔵システムの目標を設定する
  - ✓ 2040年頃の目標達成に向けて開発を加速・効率化するため、自動・自律実験を含むデジタル・トランスフォーメーション（DX）技術の在り方の整理や基盤化の検討を行う

■ 成果

【将来の車載用FCの市場規模と普及シナリオ】

- ✓ 乗用車（FCV）は高いエネルギー密度が要求される大型のセグメントがマーケットのポテンシャルと想定（FCVの製品・システム目標の前提を大型SUVと定義）
- ✓ FCトラックはHDトラックの長距離輸送用途（Long-Haul）が主要マーケット、都市部・地域内輸送用はバッテリーが支配的
- ✓ 2030年頃までは多用途展開、技術開発を推進しつつ、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
- ✓ 2030年以降は開発の加速・効率化が進み、FC・水素貯蔵システムの性能が向上し原価が低減、水素価格も燃料パリティに近づき、FCモビリティの普及が加速

|             |          | 現在                     | 2030年～                            | 2035年～              | 2040年～                      |
|-------------|----------|------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 市場規模（年間）    | FC容量ベース  | 2GW程度<br>(2021-2023平均) | 60GW程度<br>(2030年頃)                | 160GW程度<br>(2040年頃) | 420GW程度<br>(2040年頃)         |
|             | FCV台数    | 約1.3万台                 | 約23万台                             | 約60万台               | 約150万台                      |
|             | FCトラック台数 | 約0.2万台                 | 約17万台                             | 約45万台               | 約120万台                      |
| 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      | 水素供給が徐々に充足、FC・水素貯蔵システムコストも下がり市場拡大 | 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 |

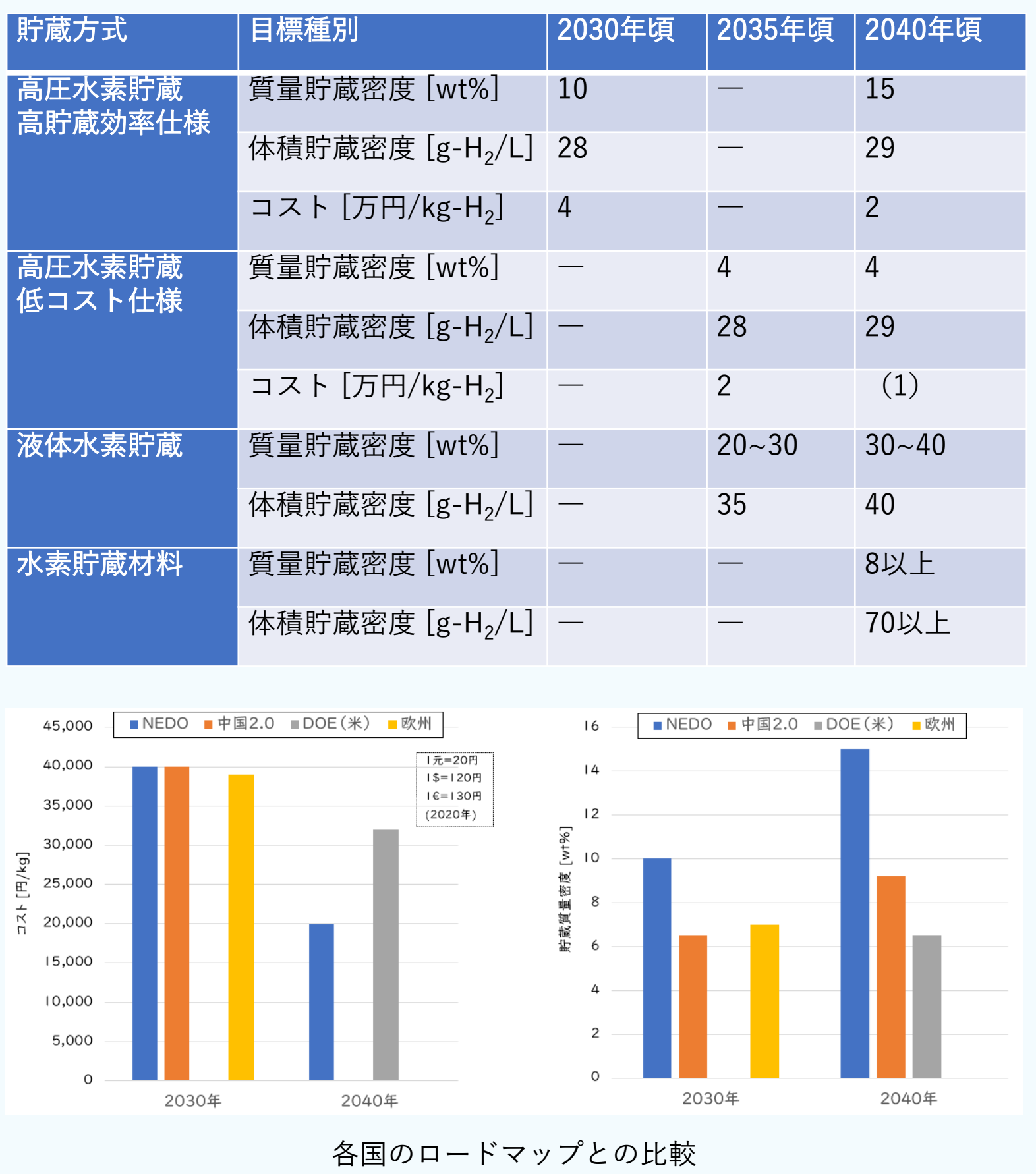
【FC材料目標】

- ✓ 2035年頃の目標I-V特性（FCV、HDV）を満たす主要な材料目標を右表の通り定めた。
- ✓ FCVとHDVでは白金目付量のみが異なるものとし、その他の材料目標は両者で共通とした（目標の一本化）
- ✓ 1+1Dモデルによるシミュレーションにて連続定格運転（冷却水出口温度120℃）のFCセル面内の温度や湿度分布を提示
- ✓ なお、通常走行における大半の運転条件は70℃程度であり、材料も広範な作動条件に対応することが前提である。
- ✓ 各種量子ビーム等の高度解析技術の活用、各種シミュレーション技術、MI、MEI、PIといった高速探索技術、実験の自動自律化等を促進し、大きく研究開発速度を向上させる必要がある。

| 要素     | 物性                                                     | Gen2              | 2030年頃         | 2035年頃                                           | 2040年頃           |
|--------|--------------------------------------------------------|-------------------|----------------|--------------------------------------------------|------------------|
| 空気極触媒  | Pt目付 (mg cm <sup>-2</sup> )                            | 0.17              | 0.20           | HDV: 0.18<br>FCV: 0.10                           | 0.12             |
|        | 触媒層厚さ (μm)                                             | 7.5               | 6.0            | 6.0                                              | 3.6              |
|        | BOL 質量活性 (A g <sup>-1</sup> @80℃・100%RH)               | 500               | 1740<br>[×3.4] | 4630<br>[×8]                                     | 39400            |
|        | EOL 質量活性 (A g <sup>-1</sup> @80℃・100%RH)               | -                 | 348            | HDV: 1088 <sup>a</sup><br>FCV: 2273 <sup>a</sup> | 9968             |
|        | BOL 酸素拡散抵抗 (sm <sup>-1</sup> )<br>[界面抵抗成分]             | 9.1<br>[×1]       | 10<br>[×1]     | HDV: 10<br>FCV: 13<br>[界面物性×0.9]                 | 8<br>[×1]        |
| 電解質膜   | Pt溶出速度                                                 | ×1                | ×1             | ×1/2                                             | ×1/30            |
|        | 厚さ (μm)                                                | 8.5               | 8              | 5                                                | 1                |
| 流路・GDL | プロトン伝導率 @120℃・30%RH (mScm <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup> | 18                | 32             | 50                                               | 150 <sup>e</sup> |
|        | 酸素拡散抵抗 (sm <sup>-1</sup> ) <sup>c</sup>                | 58.3 <sup>d</sup> | 18             | 16<br>[×0.9]                                     | 18               |
|        | GDL/セバ、セバ/セバ等：接触抵抗合計 (Ωcm <sup>2</sup> )               | -                 | 0.0065         | 0.0065                                           | 0.0004           |

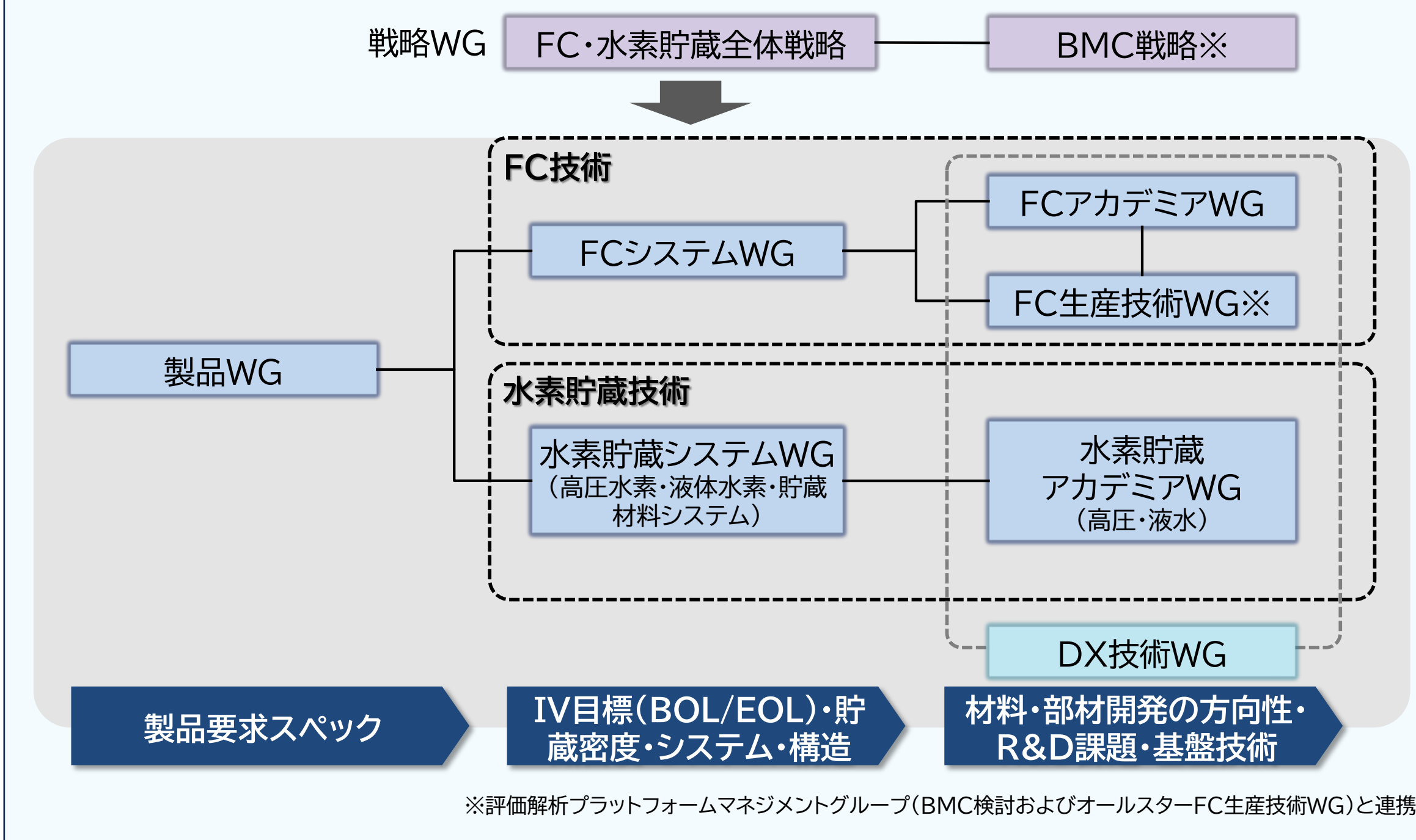
【水素貯蔵システム目標】

- ✓ 質量および体積貯蔵密度目標を設定。高圧系は材料目標値も記載。
- ✓ 各開発目標に対するシナリオを策定  
i) コンセプト・技術確立/要素技術開発/実用化技術開発の各Phaseで明記  
ii) 法規適正化は共通課題  
iii) 高圧の材料、液水の熱マネなど、連携部分にも注目
- ✓ [高圧水素] コスト低減、質量貯蔵密度目標の達成のための各要素技術の目標値を提示・共有などを実施
- ✓ [液体水素] 圧力・貯蔵密度・材料の関係を定量化。LNG技術を基にDOE等の海外動向を上回る目標水準を設定など。
- ✓ [水素貯蔵材料]高圧水素貯蔵や液体水素貯蔵では実現困難な体積貯蔵密度向上による貯蔵容器の小型化を目指す。



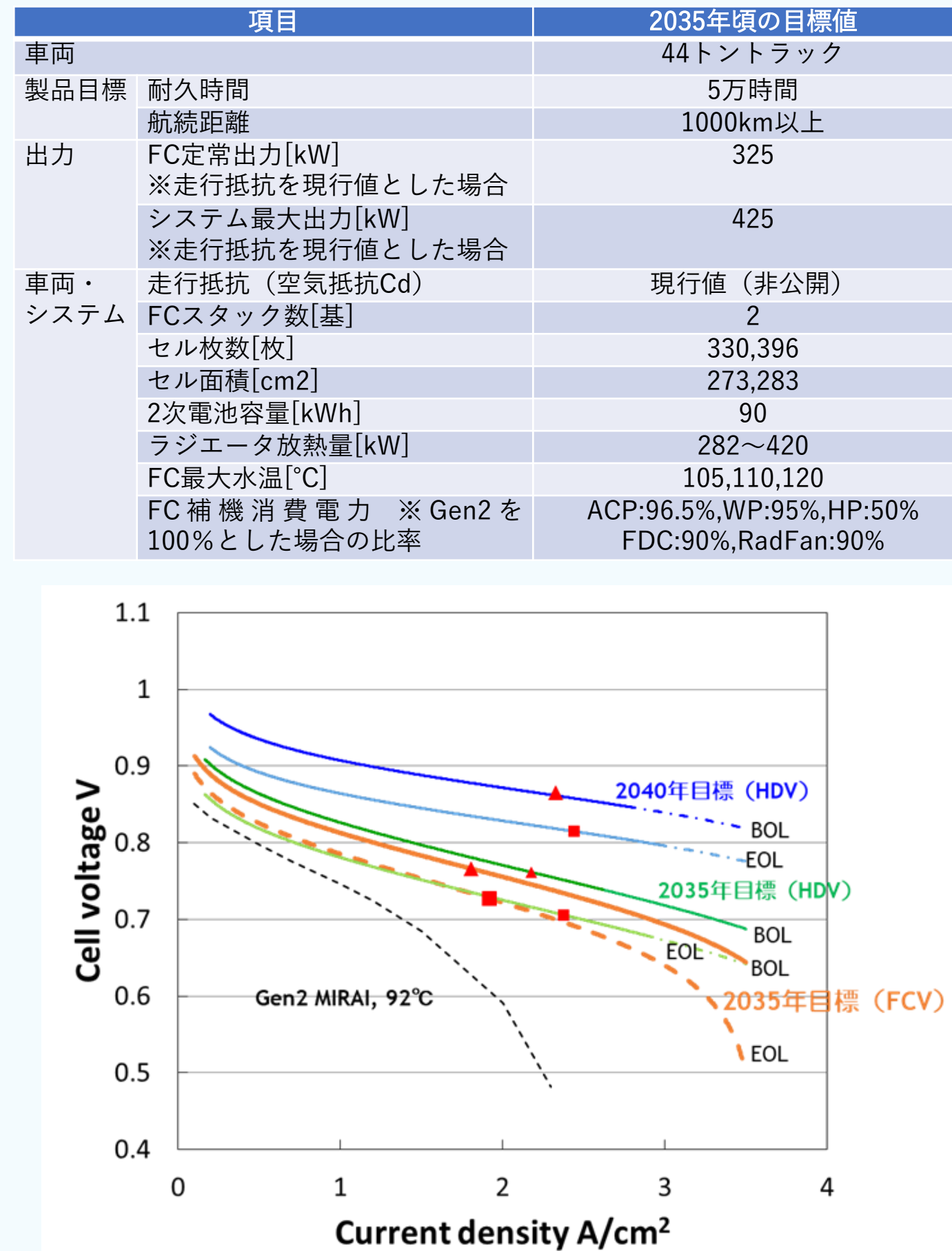
■ 体制

体制及び調査のフローおよび体制は下図の通り：



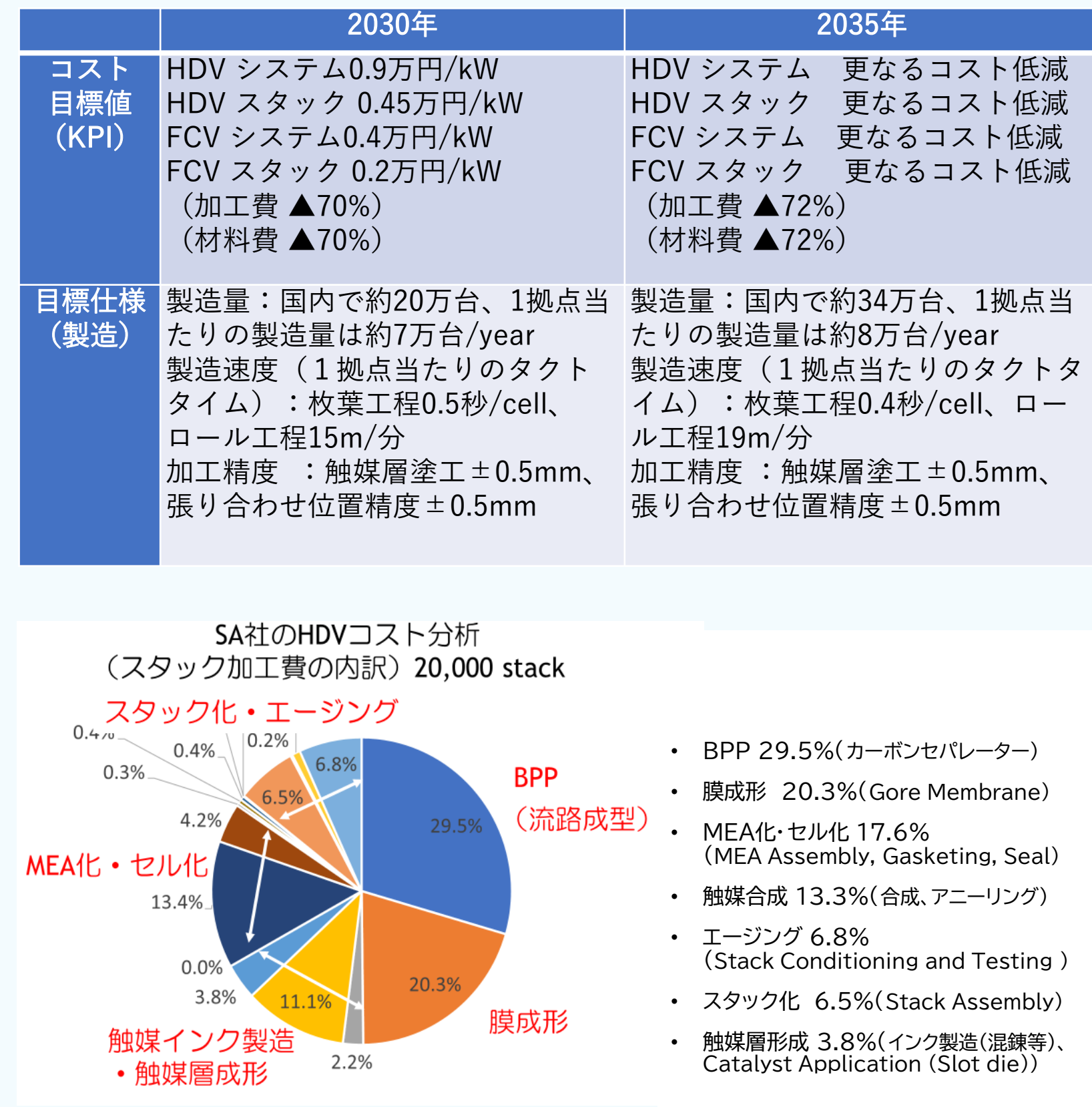
【製品・FCシステム目標】

- ✓ 2035年頃は44トントラック※の製品要件を段階的に満たす中間目標として設定  
(※ 大型トラック（HDV）の製品要件が最も厳しく、各アプリケーションでのFCスタックの使われ方が包含されると考えた)
- ✓ 市場劣化後（耐久時間：5万時間）に性能要件を満たす目標I-V特性をシステムシミュレータを活用し導出（右図）
- ✓ 車載用FCの普及台数の見込みとモビリティ向け白金流通量から白金目標量を設定  
<空気極触媒の白金目付量>  
HDV：0.178mg/cm<sup>2</sup>、FCV：0.1mg/cm<sup>2</sup>
- ✓ 2035年頃のFCVのI-V特性（BOL、EOL）も導出し、上記白金目付量で耐久後の動力性能要件を満たすことを確認
- ✓ 幅広いアプリケーションに対する共通目標として海外と比べて高い性能・耐久目標を設定



【FC生産技術目標】

- ✓ 生産技術ロードマップでは燃料電池の開発の方向性を共有することを目的とし、コスト目標値、目標仕様（製造）、KPIなどを整理した。
- ✓ 材料費および加工費ともに70％程度の削減が必要であり、主要部材の材料費低減とともに、製造設備の生産性、工程の短縮・削減など加工費低減を図る取り組みが必要である。
- ✓ 具体的には、触媒調合・触媒塗布乾燥・MPL塗布乾燥、MEA化・セル化・スタック化、流路形成・表面処理、エージング、品質検査を目標達成のための優先開発工程と設定し、これらの優先開発工程の工程進化・革新方針と技術開発項目を整理した。



【DX技術目標】

- ✓ 2040年頃の目標達成に向け、早期にDXの活用を推進し、開発力の強化（開発期間の短縮）に結びつけることが必要。
- ✓ 燃料電池・水素分野の材料技術開発に、DX技術により2030年までに現時点の20倍以上の研究開発力をもたらす。
- ✓ 試行錯誤を伴う材料・プロセス探索、現象・機構解明を高速化・効率化する。
- ✓ [MI/PI/MEI] データ駆動型技術により、所望の性能を実現する材料・プロセス条件を探索・最適化、実験・計測データの高速処理、高度解析技術へ対応する。
- ✓ [自動・自律実験] 自動・自律実験技術により探索を高速化・効率化する。
- ✓ [DX推進に向けた基盤] データベース・データプラットフォーム、自動・自律実験装置・設備を集約・基盤化し、効率的・効果的に活用する。

