

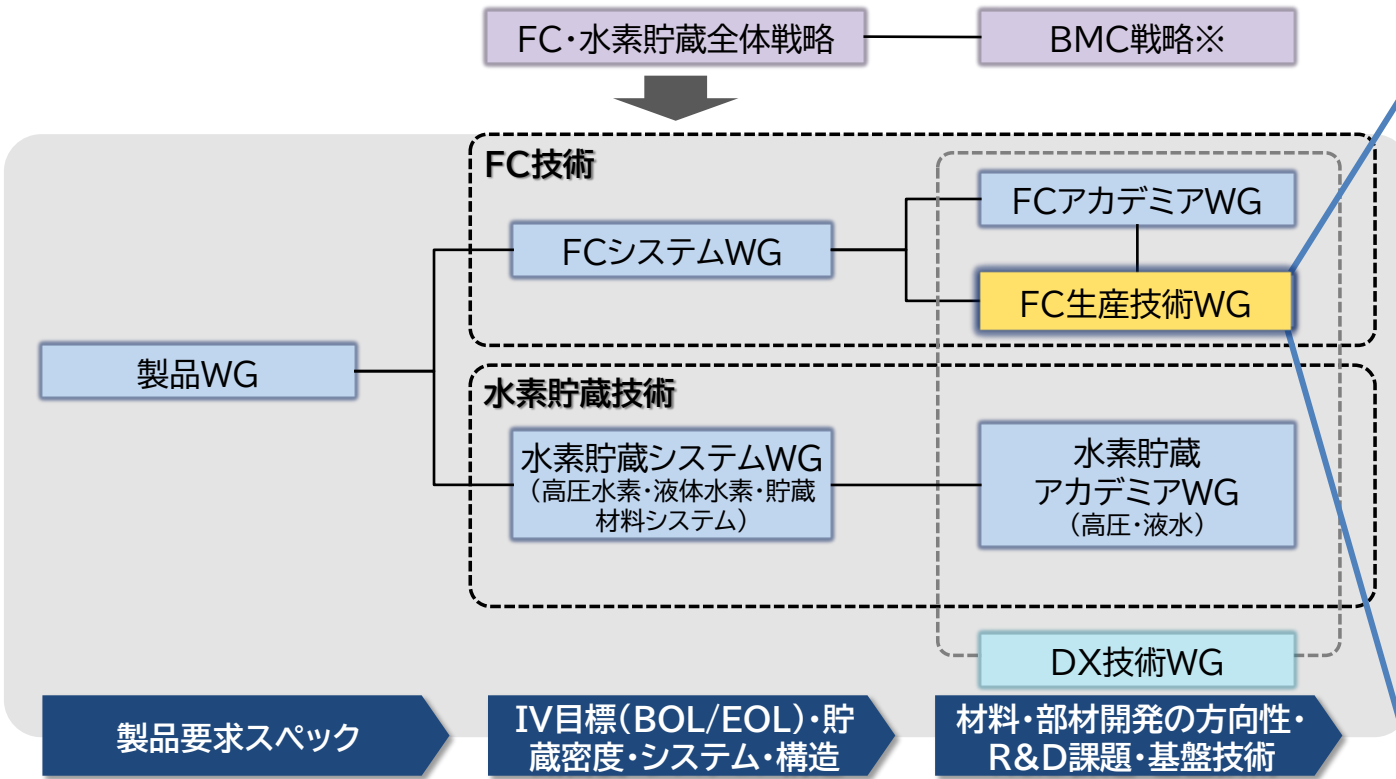
NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ中間報告会

# 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) FC生産技術

プレゼンター: 小宮山敬介(みずほリサーチ&テクノロジーズ)

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. FC生産技術WG 体制・実施内容
2. ロードマップおよび解説書の主な追加・変更箇所
3. 2030年～2035年の生産技術目標値
4. 2035年頃までの生産技術開発項目
  - ①PIと触媒構造の見える化技術
  - ②乾燥レス化
  - ③高速ハンドリング・位置決め
  - ④流路パターン形成



※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

**体制**  
オールスターFC(AFC)生産技術WGと連携のもと、FC-Cubic様、みずほR&Tを中心に取りまとめ。

## AFC生産技術WG

- ・ パナソニック 菅原様、吉本様
- ・ 東芝ESS 鈴木様
- ・ 本田技研工業 小林様
- ・ 本田技術研究所 小茂田様
- ・ トヨタ自動車 岡様、秋田様
- ・ FC-Cubic※1 新沼様、佐藤様※2
- ・ みずほR&T※1 高山、小宮山

※1 評価解析プラットフォームマネジメントグループ  
※2 2024年2月時点

- ① 2035年の生産技術目標の検討、目標達成のためのシナリオの検討
- ② 生産技術課題の整理
- ③ 2035年目標を踏まえた優先課題とアクションプランの検討 (次年度実施予定)
- ④ 海外PJのBMC、国内有識者へのヒアリング等の情報収集 (次年度継続予定)
- ⑤ 上記を踏まえたロードマップ・解説書の更新・改訂

# 2. ロードマップの主な追加・変更箇所

FCV・HDV用燃料電池技術開発ロードマップ (FC生産技術)

	現在	2030年頃	2035年頃	2040年頃
普及シナリオ (HDV)	【燃料電池HDVの初期導入段階】 ・国内バス、フォークリフト等数百台 ・トラック、鉄道、船舶で試験運転・技術実証	【HDV初期導入開始段階】 ・燃料電池HDVトラック、船舶等への本格普及開始 ・欧州10万台 国内数万台		【HDV領域のCN実現】 ・FC HDVトラックロールアウト 1,500万台*2
HDVコスト目標		FCシステム FCスタック 0.9万円/kW*1 0.45万円/kW	更なるコスト低減	コスト相当(数値検討中)
普及シナリオ (FCV)	【FCV初期導入開始段階】 ・国内7,500台程度	【FCV本格普及開始段階】 ・国内普及目標FCV80万台相当*3 ・国内普及と推定約FCV200万台相当*8		【FCV領域CN達成時期】 ・FCV 300-600万台*4
FCVコスト目標		FCシステム FCスタック 0.4万円/kW *1 0.2万円/kW	更なるコスト低減	
製造能力目標 HDV+FCV※	3万台/年 (公表値)	→7万台/年 →21万台/年 *FC HDVとFCV混流	21万台/年	→ 50万～120万台/年
ライン原単位 (想定規模)	2,500台/月/ライン	6,000台/月 1か所→3か所程度	6,000台/月 3か所程度	7,000台/月 4か所程度
生産速度 (効率的)	構築工程 1.3秒/セル*6 連続工程 6分*7	0.5秒/セル*6 15分*7	0.4秒/セル*6 19分*7	→ 0.33秒/セル*6 → 25分*7
加工費低減目標	100%	▲70%*5	▲72%*5	▲74%*5
材料費低減目標	100%	▲70%	▲72%	▲74%
工場エネルギーカーボン化	50%程度	80%		→ 100%達成
達成すべき生産技術課題 (FCスタック)		5年	5年	5年
触媒調合 触媒塗工乾燥 MPL塗工乾燥	計測・定量技術探索 (イオン分散状態、触媒インク構造、インクの静的・動的的特性)	インク物性計測技術の確立 (オンライン) 連続インク製造技術の確立	触媒インクの均一分散状態の見える化技術の確立 (高度解析・放射光) 触媒層ミクロ構造制御手法の確立	
	触媒インクの塗工乾燥条件へのPI適用手法の確立*9		触媒調合・新塗工技術へのPI適用手法の確立*9	
	乾燥レス化技術の探索		乾燥レス化技術の確立	乾燥レス化技術の高速化
	新規材料に対応するプロセスシミュレーション技術の確立		極薄電解質膜のロール搬送技術の確立	極薄触媒層のロール搬送技術の高速化 新規触媒インクの塗工技術の高速化
MEA化 セル化	シール検査プロトコルの確立	界面接合の高速化と高接着性の両立技術の確立	新規シール材の成形技術の確立	新規シール材を活用したMEA化工程の高速化
		MEA化・セル化へのPI適用手法の確立*9		

2035年頃のタクトタイムなど生産技術目標値を設定

2035年頃の目標達成に向けた技術開発課題を整理

- ✓ 2.7章の各項目を更新
- ✓ 各生産工程の生産技術課題を解説

2.7 FC生産技術.....	138
2.7.1 生産能力の推移予測とライン原単位の考え方.....	138
2.7.2 生産速度の目標とタクトタイムの考え方.....	139
2.7.3 スタックコスト目標 材料コストと加工費.....	140
2.7.4 生産技術課題.....	143
(1) 触媒調合塗工乾燥工程 MPL 調合塗工乾燥工程.....	143
(2) MEA化・セル化工程.....	144
(3) バイポーラー流路形成工程.....	145
(4) 表面処理.....	146
(5) エージング.....	146
(6) 品質検査.....	147

### ・ (1) 触媒調合塗工乾燥工程 MPL 調合塗工乾燥工程

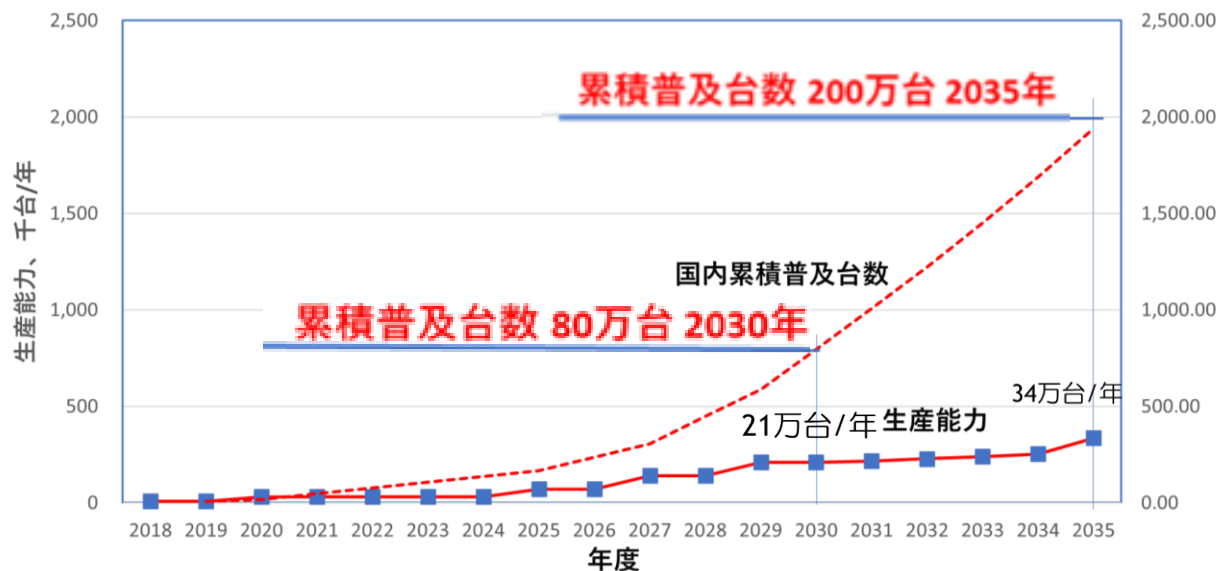
本工程は、セル・スタックの性能を決める重要な工程であるが、良好な触媒を製造するための各種製造条件を最適化するため、従来はカン・コツに頼って試行錯誤を繰り返したり、膨大なプロセスパラメータの組合せを総当たりで実験を行ったりしており、膨大な費用と時間がかかっていた。また、本工程で用いる触媒金属、電解質材料は高価な材料だが、現状では最適な場所に必要最小限の材料が配置されているような理想的なマイクロ構造になっているとは言えず、コストダウン実現のためには、より理想に近いマイクロ構造を追求し、高価な材料の歩留を向上する取り組みが必要である。さらに、この工程を高速化しようとしたときには触媒インク・GDL+MPLペーストの乾燥工程がネックとなっており、乾燥工程は必要とする設備投資もエネルギー量も大きいため、乾燥時間を短縮することができる工法を開発することが大きな課題となっている。

2030年の社会実装に向けては、現在の触媒金属、触媒担体、電解質材料を用いた触媒インクに対して上記課題を解決するような技術を開発することを旨とする。まず、プロセス・インフォマティクス技術（以降PI技術）を開発し、プロセス中の各種パラメータと燃料電池性能を紐づけて分析することでそれらの関係性を明らかにする。これら明らかになった関係性のメカニズムを解明するためには、触媒インク性状や触媒層マイクロ構造をナノレベルで詳細に把握することができるような各種見える化技術（放射光を用いた解析技術など）が必要である。このような活動を通して、理想構造により近い触媒層構造を実現し、従来にない性能・コストを実現させる。また、それらを生産する際の品質維持のために必要なインラインのインク物性計測技術にも取り組む必要がある。また、触媒インク・GDL+MPLペーストの乾燥工程の高速化についてはインク・ペーストの溶媒比率の最適化や炉内の製品や熱風流路の最適化などについてもPIを用いて開発期間を短縮しながら推進する必要がある。

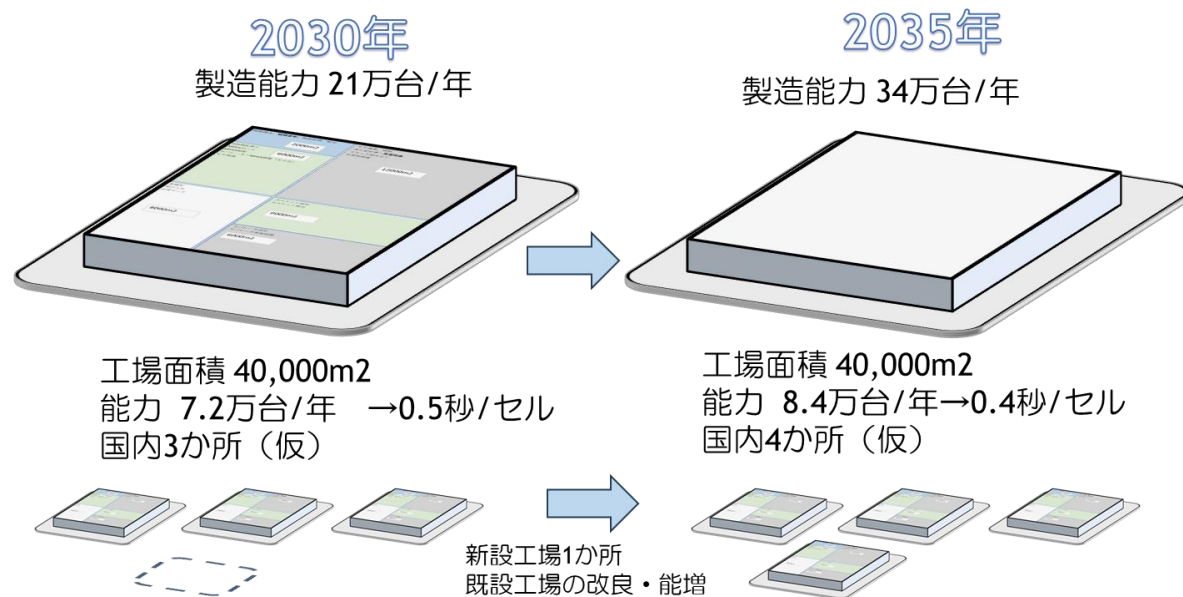
2035年の社会実装に向けては、2030年前後には革新的な触媒金属、触媒担体、電解質材料などの新しい触媒インク材料や、乾燥時間を大幅に低減できるとされている静電スプレー塗工などの革新的な塗工工法が実験室レベルでは成立してくることが予想されるので、それらの新材料・新工法に対応するための構えを用意しておく必要がある。具体的には、上述したPI技術に加えて、さまざまな新材料・新工法を用いたときの塗工・乾燥プロセス中の触媒層内のマイクロ構造をシミュレータ上で予測することで実験手番を大幅に低減できるようなシミュレーション技術の開発が必要である。また、電解質膜については現状よりもさらに薄くなるのが予想されているので、そのような極薄電解質膜を高速でロール流動させるような製造技術開発についても取り組んでいく。

- 累積普及台数は2030年に80万台、2035年に200万台程度となる推移を予測し、必要な生産能力の達成シナリオを検討。2030年頃には0.5秒/セルのタクトタイムの工場が3か所(21万台/年)、2035年頃には0.4秒/セルのタクトタイムの工場が4か所(34万台/年)程度の生産能力が必要となる。継続的にコストも低減する必要がある

累積普及台数と生産能力の推移予測



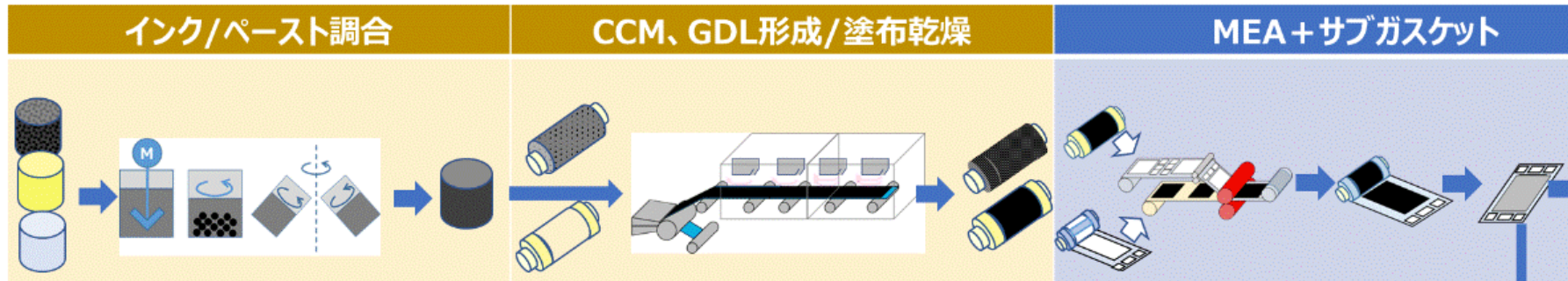
生産能力達成のシナリオ



- プロセスインフォマティクス(PI)を活用し、理想的な触媒のミクロ構造を製造するための触媒調合・塗工・乾燥等の各種製造条件を最適化し、従来にない性能・コストを実現させる

プロセス中の各種パラメータと燃料電池性能を紐づけて分析  
工程と性能の関係性を明らかにする(PI)

PIの適用先の想定:触媒塗工乾燥(現在~)MEA化セル化(2025年~)触媒調合・新塗工方式(2027年~)

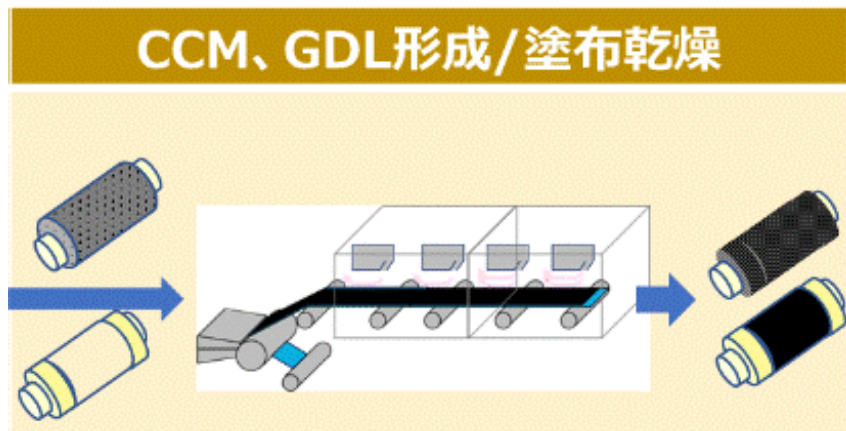


明らかになった関係性のメカニズムを解明するため、触媒インク性状や触媒層ミクロ構造をナノレベルで詳細に把握する(放射光など、見える化技術)



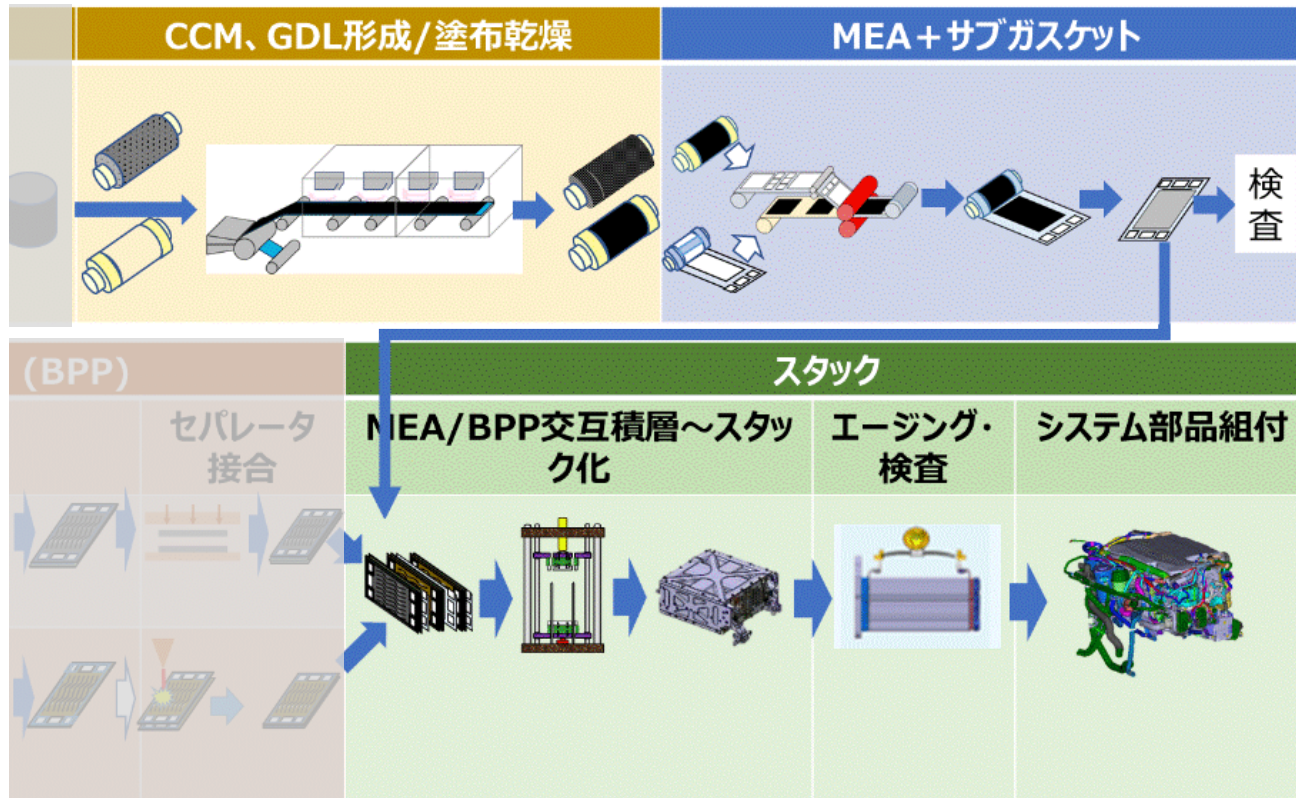
- 触媒インク・GDL + MPLペーストの乾燥工程は高速化のネックとなっており、必要とする設備投資やエネルギー量も大きいいため、乾燥時間を短縮することができる工法を開発することが大きな課題となっている。

### CCM、GDL形成の乾燥レス化



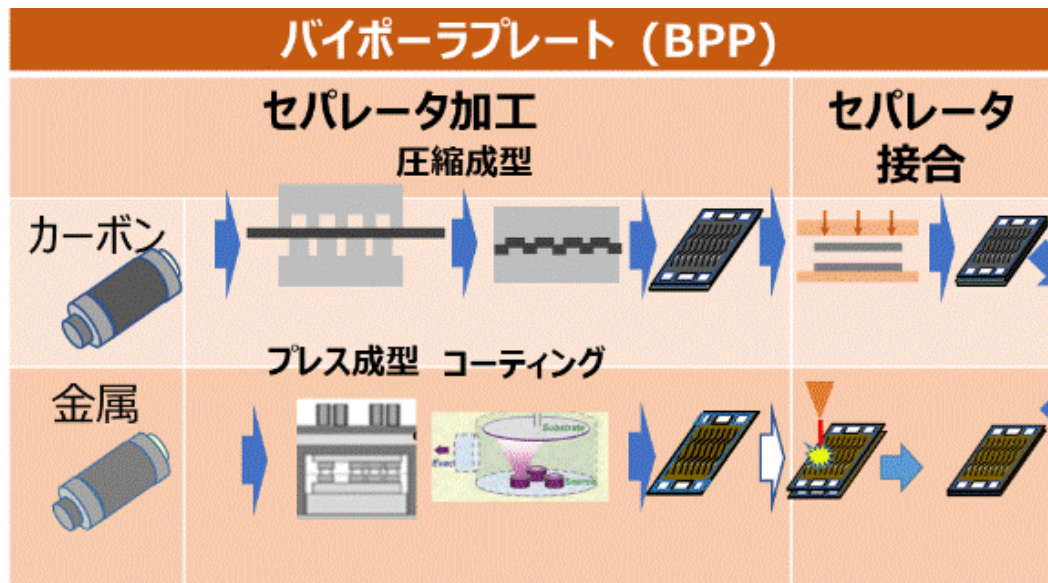
- ✓ 乾燥時間を大幅に低減できる新工法の開発(静電スプレー塗工、インクジェットなど)
- ✓ 新工法の実用化までの開発期間を短縮する手法の開発
  - 新材料・新工法を用いたときの触媒構造を再現するシミュレーション技術の開発
  - 新材料・新工法を用いたときのPI技術による最適化の検討

- 電解質膜・CCM・GDL・MEAなど薄くて柔らかい部材を把持・搬送する難しさ、部材を組み立てるときの位置決め難しさが生産速度向上の課題となる



- ✓ 高速なウェブハンドリング技術
  - リニア搬送や浮上ウェブ搬送など
- ✓ 高速で貼り合せするコンバーティング技術
  - ロールtoロールの基材の上に高精度に貼り合せを行う技術
- ✓ 高速化に伴い位置合わせのカメラ検査の難易度が上がる
  - 可能な限りカメラ検査の工程を簡素化する工法
  - 位置のずれを補正手法

- 従来のプレス成型の低コスト化と、流路の更なるファインピッチ化による性能向上のための微細流路成形技術の確立を目指す



- ✓ プレス成型コストの低減
  - プレス成型加重の低減や潤滑の改善による型寿命を伸長
  - 多段成形から一発成型への変更
- ✓ 微細流路形成技術の確立
  - 導電性材料の印刷、3Dプリンター等による1mmピッチ以下の微細流路
  - 加工精度や生産性が課題
- ✓ 表面処理後の基材や高耐食性の新規材料の加工技術も確立する必要がある。

# 4. 生産技術開発項目:主要項目一覧

工程	課題
触媒調合	現象の見える化技術(触媒構造等)
	現象の見える化技術(インライン化)
	現象の見える化技術(高度解析)
	PI技術の適用(触媒インクの塗工乾燥、触媒調合、新塗工方式、MEAセル化への適用)
	新塗工方式(乾燥レス化)
MEA化セル化	プロセスシミュレーションなど(新規材料対応)
	シール高速化・高接着化
	型レス切断
	ウェブハンドリングの高速化・高精度化
流路形成	位置決め的高速化・高精度化
	プレス加工の高度化
表面処理	プレス加工以外の次世代技術開発(3Dプリンターやスクリーン印刷など)
	低真空表面処理(高真空表面処理からの脱却)
エージング	表面処理の制御・高機能化(新撥水性、表面エネルギー)
	プロトンパス形成過程の解明
品質検査	コンタミ要因の解明
	金属異物検査
	リーク検査、表面処理欠陥、塗布膜厚塗布欠陥検査