

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

プレゼンター:佐藤克己(FC-Cubic)

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

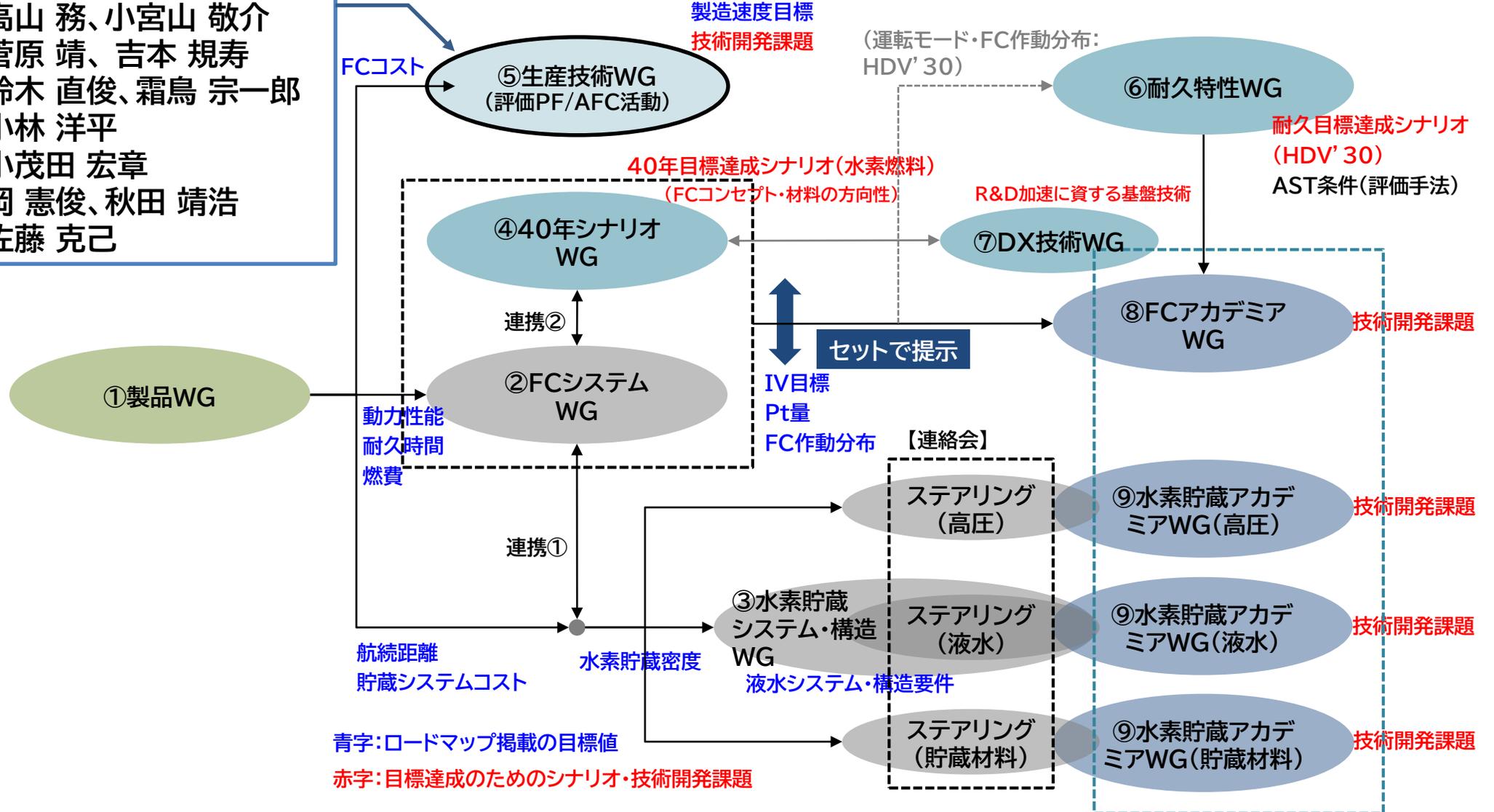
FC生産技術ロードマップ

1. FC生産技術WG 体制
2. ロードマップ 生産技術 目標、達成すべき生産技術課題
3. 開発目標
 - 世界各地域におけるFC生産技術に関する取組
 - 欧米における主なFC生産技術開発プロジェクト
 - FC生産台数と生産性の目標と海外プロジェクトとの比較
 - FCV.HDV普及目標と生産能力の目標
 - FC生産台数と生産速度の目標と海外プロジェクトとの比較
 - スタックコスト目標
4. 生産技術課題
 - 燃料電池スタック生産工程 現状と課題
 - 燃料電池スタック工程 産業界として実現したい姿
 - 生産技術課題 開発のポイントと目標KPI
 - 生産技術課題 主要研究開発テーマと取り組み内容

1.FC生産技術WGの体制

FC生産技術WGメンバー
(AFC生産技術PJ)

- みずほR&T
 - パナソニック
 - 東芝ES
 - 本田技研工業
 - 本田技術研究所
 - トヨタ自動車
 - FC-Cubic
- 高山 務、小宮山 敬介
菅原 靖、吉本 規寿
鈴木 直俊、霜鳥 宗一郎
小林 洋平
小茂田 宏章
岡 憲俊、秋田 靖浩
佐藤 克己



2.1 ロードマップ 生産技術 目標

FCV・HDV用燃料電池技術開発ロードマップ (FC生産技術)

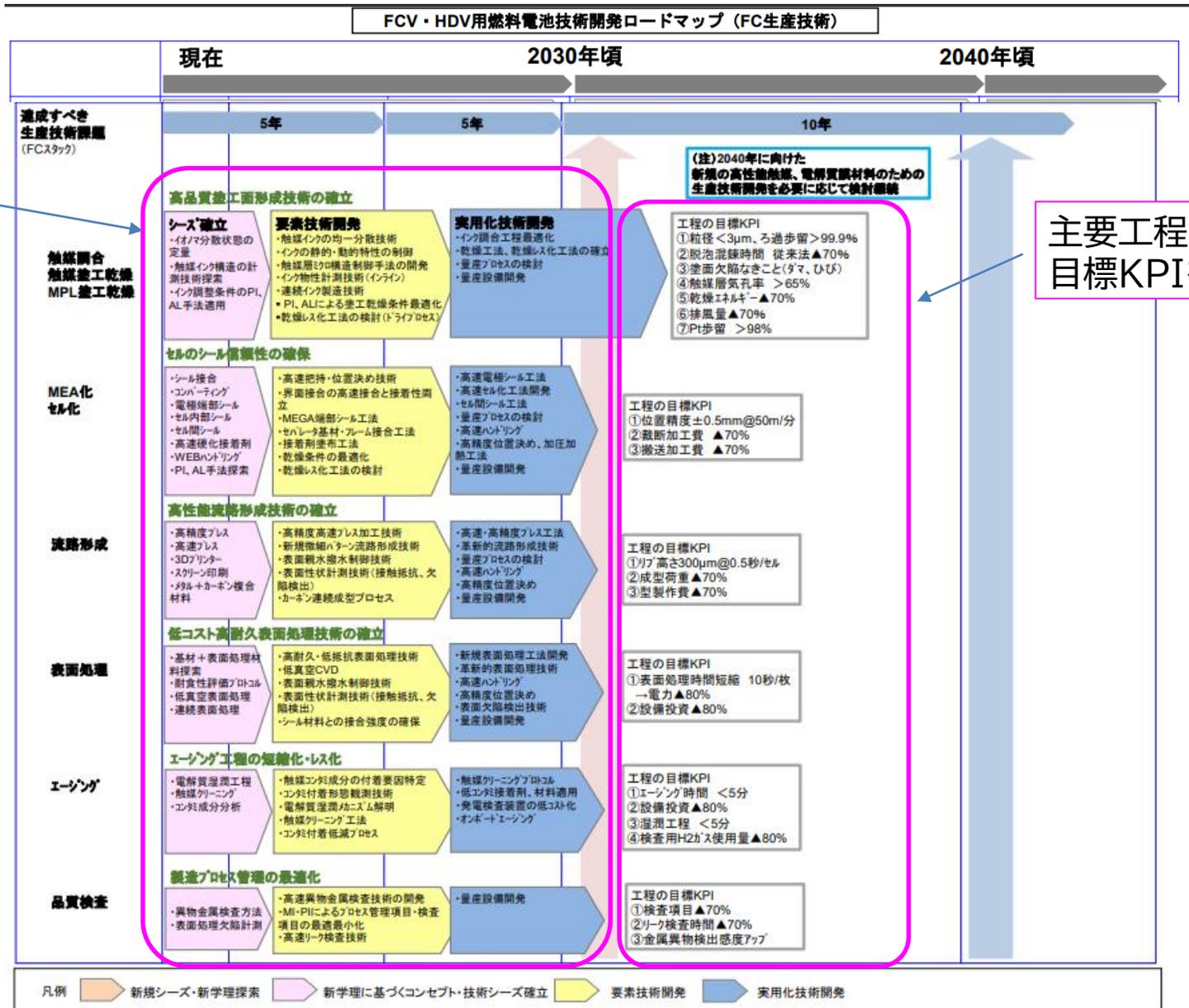
	現在	2030年頃		2040年頃
普及シナリオ (HDV)	<ul style="list-style-type: none"> 【燃料電池HDVの初期導入段階】 ・国内バス、フォークリフト等数百台 ・トラック、鉄道、船舶で試験運転・技術実証 	<ul style="list-style-type: none"> 【HDV初期導入開始段階】 ・燃料電池HDVトラック 船舶等への本格普及開始 ・欧州10万台 国内数万台 	<ul style="list-style-type: none"> 【HDV領域のCN実現】 ・FC HDVトラックグローバル 1,500万台*2 	
HDVコスト目標		FCシステム FCスタック	0.9万円/kW*1 0.45万円/kW	
普及シナリオ (FCV)	<ul style="list-style-type: none"> 【FCV初期導入開始段階】 ・国内7,500台程度 	<ul style="list-style-type: none"> 【FCV本格普及開始段階】 ・国内目標20万台 	<ul style="list-style-type: none"> 【FCV領域CN達成時期】 ・国内普及目標FCV80万台*3 	<ul style="list-style-type: none"> 【FCV領域CN達成時期】 ・FCV 300-600万台*4 スタック排熱量大幅削減 高出力密度化 低コスト化 高耐久化
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	
製造能力目標 HDV+FCV※	3万台/年 (公表値)	3万台/年→7万台/年	7万台/年→21万台/年 *FC HDVとFCV混流	21万台/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	6,000台/月 1か所→3か所	6,000台/月 3か所程度
生産速度 (タクトタイム)	枚葉工程 1秒/セル*6 連続工程 6m/分*7		枚葉工程 0.5秒/セル*6 連続工程 15m/分*7	0.3秒/セル*6 20m/分*7
加工費低減目標	100%		▲70%*5	
材料費低減目標	100%		▲70%	
工場エネルギーグリーン化	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	10年
	高品質塗工面形成技術の確立			(注)2040年に向けた新規の高性能触媒、電解質膜材料のための生産技術開発を必要に応じて検討継続
触媒調合	シーズ確立 ・イオノ分散状態の定量 ・触媒イノ構造の計	要素技術開発 ・触媒イノの均一分散技術 ・イノの静的・動的特性の制御 ・触媒層ミクロ構造制御手法の開発	実用化技術開発 ・イノ調合工程最適化 ・乾燥工法、乾燥レス化工法の確立 ・生産プロセスの検討	工程の目標KPI ①粒径 < 3μm、ろ過歩留 > 99.9% ②脱泡混練時間 従来法 ▲70% ③塗面欠陥なきこと(ダマ、ひび)

HDV普及シナリオ、コスト目標

FCV普及シナリオ、コスト目標

製造能力
生産速度

FCV・HDV用燃料電池技術開発ロードマップ (FC生産技術)



主要工程ごとに
開発のポイント取組内容を
フェーズ毎に
1. シーズの確立
2. 要素技術開発
3. 実用化技術開発を記載

主要工程ごとに
目標KPIを記載

3.開発目標 ・世界各地域におけるFC生産技術に関する取組

国・地域	主な取り組み状況	FCの数値目標
米国	DOEが量産コスト見積・分析を主導、これに基づき各企業・DOE研究機関で開発を継続的に推進	\$30/kW _{net} (50万台/年) (タンク除く)
欧州	独・Fraunhoferが国内外の量産技術開発のコアとなり推進 <ul style="list-style-type: none"> ・FCHJUの各プロジェクトに参画し開発推進 ・『FC生産国家活動計画』を策定、BMVIから資金を得ながら国内5州と連携して開発推進 FCHJUでも近年、複数の製造技術開発プロジェクトを推進	€32/ kW(20万台/年) CT<0.6秒/セル
中国	科学技術部が重要特別プロジェクトを指定し、コア部材(MEA・電解質膜・GDL用カーボンペーパー・触媒・BPP用基材)の大量生産設備技術の開発に予算をつけ推進 工業信息化部がロードマップを中国汽车工程学会に委託し策定 自動車動力電池産業革新連盟に燃料電池分科会を設置、燃料電池関係企業・検査機関・大学など30の団体の共同研究を促進	<ul style="list-style-type: none"> ・MEA年産能力>20万㎡ @2022年 ・FCシステム量産技術： 1企業あたり10万基/年 @2030年(5年で10倍)
韓国	政府のロードマップ(2019年)に先立ち現代グループが2018年の「FCEV VISION2030」において量産計画を発表するなど民間企業が主導	FCシステム70万基/年 @2030年 by 現代自動車
日本	NEDO事業でカーボンセパレータ製造プロセス・品質管理、膜製造プロセス、MEA連続生産装置の開発などを推進、ただし個社への開発支援が中心	0.2万円/kW(20万台/年) @2030年(NEDO2017)

※FCHJU 欧州燃料電池水素共同実施寄稿

米国・欧州では政府主導で産学官連携し生産技術の開発プロジェクトを推進、中国は海外依存からの脱却を目指し、国内のサプライチェーン強化に舵を切る。

欧州・FCHJU

PJ名	目標	部材/スコープ	予算	メンバー
INLINE	●燃料電池システム全体の製造にかかるサイクルタイムを15時間から2.5時間未満に短縮	FC製造プロセスの最適化 統合タンク・バルブ	€ 3,286,069 (2017/2-2020/1)	FRONIUS INTERNATIONAL GMBH ELRINGKLINGER AG KARLSRUHER INSTITUT FUER
Fit-4-AMandA	●スタックの製造を工業化し、新興の市場や需要を飽和させるために、手頃な価格の燃料電池システムを大量に提供	BPP MEA(CCM)	€ 2,999,185 (2017/3-2020/2)	
MAMA-MEA	●PEM燃料電池の価格を下げるために、CCMの生産量を増加させ、大規模生産によるスケールメリットを実現することを目指す	MEA(CCM)	€ 3,189,816 (2018/3-2020/2)	
VOLUMETRIQ	●自動車用PEM燃料電池の主要部品のEU中心の供給基盤を構築 ●自動車用燃料電池スタックプラットフォームと主要なセル構成部品の両方について、量産可能な製造プロセスと品質管理システムを検証	スタック	€ 4,988,450 (2015/9-2017/8)	
DIGIMAN	●PEM燃料電池アセンブリのデジタル化されたオンライン品質管理、自動化による大量生産へのシナリオの提示 ●原材料の供給、組立から稼働中のデータ分析まで、自動車業界のバリューチェーン内で完全に自動化、EU内の統合サプライチェーンを確立	MEA BPP	€3,486,965 (2017/1-2020/1)	

米国・DOE

PJ名	目標	部材/スコープ	予算	メンバー
Novel Structured Metal Bipolar Plates for Low Cost Manufacturing	●2020年のコスト目標を達成する低コストメタルBPPの開発 ●SBIRプロジェクトで実証されたドーブ酸化チタンコーティング技術の大規模製造プロセスの開発 ●加工条件とドーブした酸化チタンの特性の関係を調査し、製造品質管理システムを開発 ●コスト<\$3/kW, 腐食<1μA/cm ² , 排	Metal Bipolar Plate	\$537,500(2019) \$407,162(2020)	ORNL TreadStone Technologies Inc.
MEA Manufacturing R&D	●R2Rプロセスで作製したMEAの品質管理と診断方法の開発	MEA(GDE vs CCM) (R2R)	\$800,000(2020) ※2007年からのPJ(各年\$0.8~\$1M)	GM Mainstream Engineering (CRADA) Gore, Nel/Proton Onsite LBNL, NRC, CEA
Roll-to-Roll Advanced Materials Manufacturing Lab Collaboration	●膜/GDLに電極を直接コーティングするプロセスの開発 ●スループットと効率を向上させ、複雑性と無駄を削減した連続MEA製造プロセスの開発とコスト低減 ●プロセス中の単層および多層材料の品質を評価するオンライン計装ツールの開発	MEA	\$3.0M/年 ※例年同規模の予算	ANL, LBNL, NREL, SNL, ORNL
Catalyst Layer Design, Manufacturing and In line Quality Control	●Reactive Spray Deposition Technology (RSDT)を用いて触媒を直接成膜し、性能、製造、コスト削減の目標を達成する水電解用の大規模(680cm ²)なMEAの製造を実証	MEA	\$2.5M (total)	Proton Onsite UCONN NEL Hydrogen Mainstream Engineering
In line Quality Control of PEM Materials	●品質指標をリアルタイムにフィードバックする製造によるプロセスの改善(直接的な製造技術の改善のためのモニタリング手法)		\$2.15M	Mainstream Engineering Corporation NREL
Low Cost Gas Diffusion Layer Materials and Treatments for Durable High Performance PEM Fuel Cells	●より安価で水管理のパフォーマンスを高めたGDLsの開発 ●低コスト素材の使用および加工費、エネルギー投入量の削減 ●コスト\$14/kW _{net} MEA	GDL	\$1M (2019~2021)	LANL, ORNL, NREL

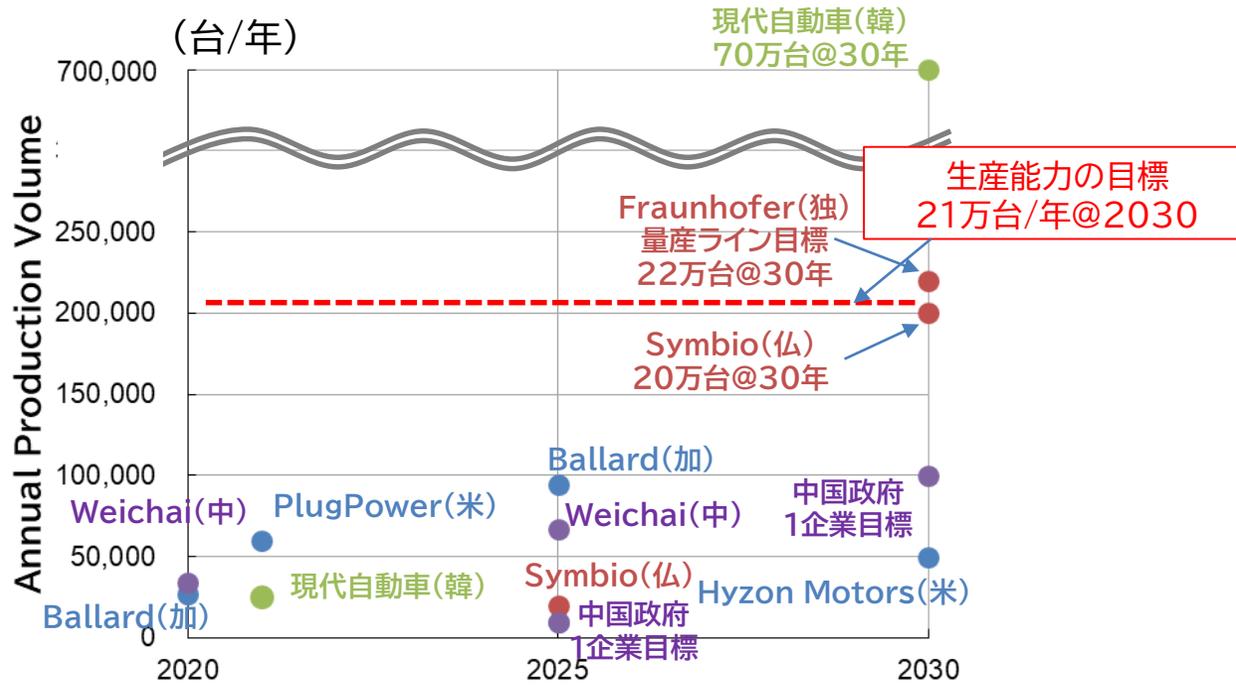
製造スピード改善・材料ロス低減

品質管理(QC)

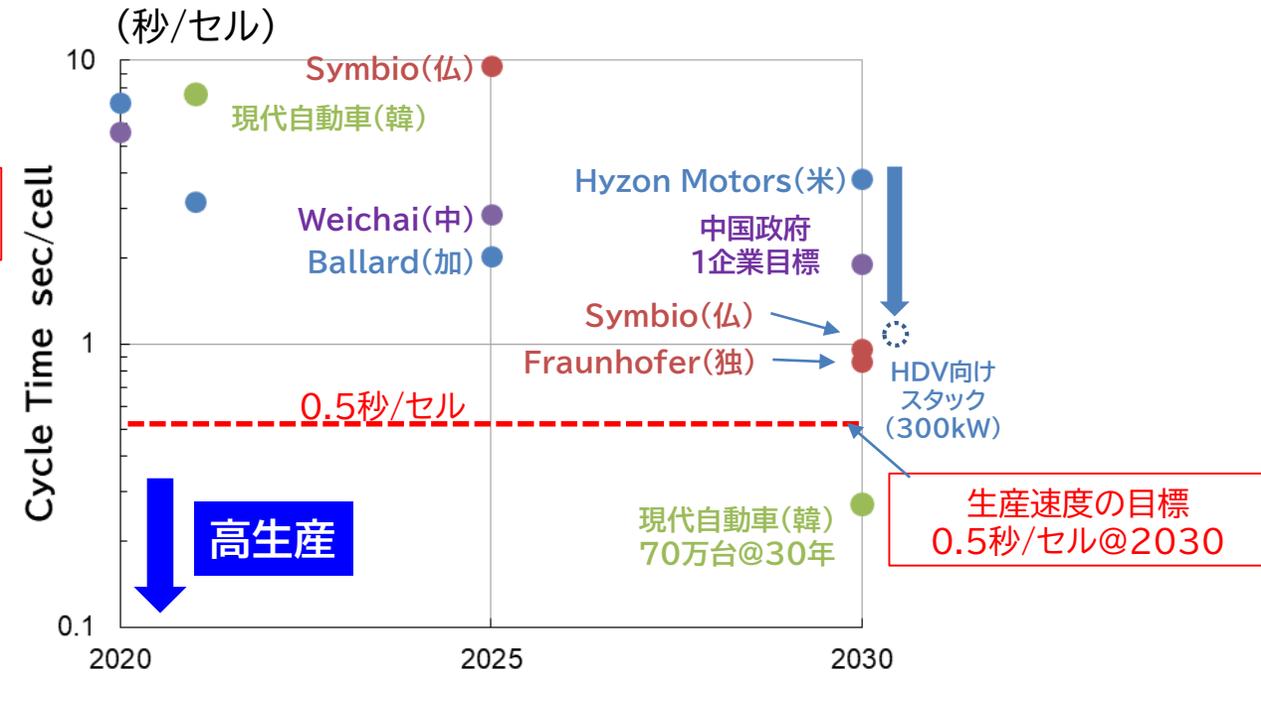
原料・プロセス低コスト化

※FCHJU 欧州燃料電池水素共同実施機構
 ・Fit-4-Amanda: Fit for Automatic Manufacturing & assembly
 ・MAMA-MEA Mass: Manufacture of MEAs

生産技術関連では『製造スピード改善』『材料ロス低減』『品質管理』『原料・プロセス低コスト化』に関するプロジェクトが推進されている

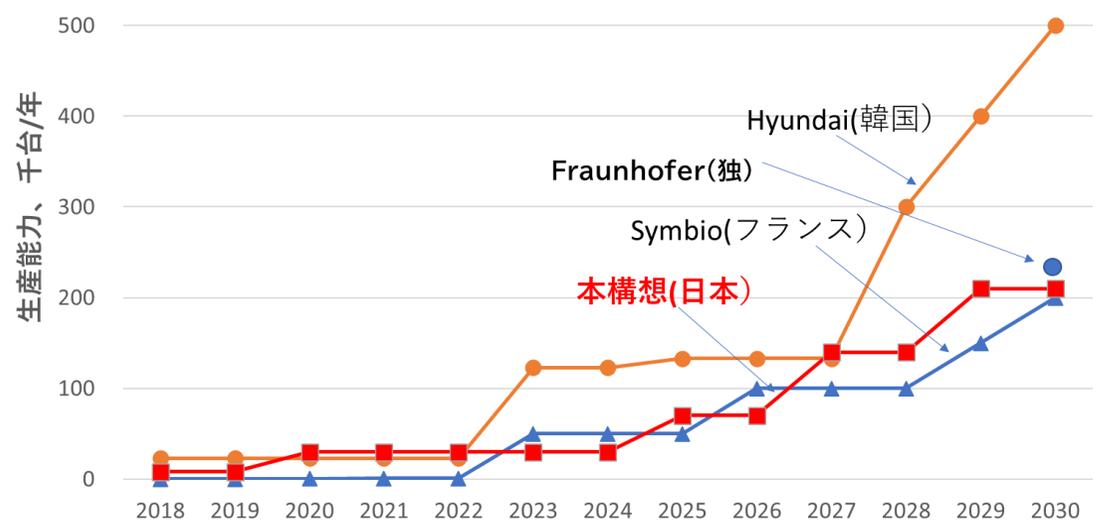


海外プロジェクトの生産台数目標 本構想の目標



タクトタイム (セルあたり、単列生産が基本)

2030年の国内 生産台数目標を**21万台/年**、
 生産速度の目標を**0.5秒/セル(連続工程15m/分)**と設定した。
 月6000台(7万台/年)規模で製造速度(タクトタイム)は0.5秒/セルが必要



Hyundai

- ・2021年10月7日、仁川工業団地でFCスタック生産 新工場起工式開催
- ・2つの工場に合計11億米ドル (1.3兆ウォン) を投資すると発表 (仁川：FCスタック、蔚山：FCシステム)
- ⇒ 新工場は2023年後半に量産開始、毎年10万台/年の能力



Symbio

2022年10月6日

- 8万m²用地確保
- 3.9万m²
- 2023年後半 5万台/年
- 2026年 10万台/年
- 総投資額 1400億円
- 完全エネルギー自給自足

出展 Symbio H/P

- 10万m²推定
 - 2023年後半量産開始 10万台/年
 - 総投資額 1300億円
- 出展 Hyundai H/P

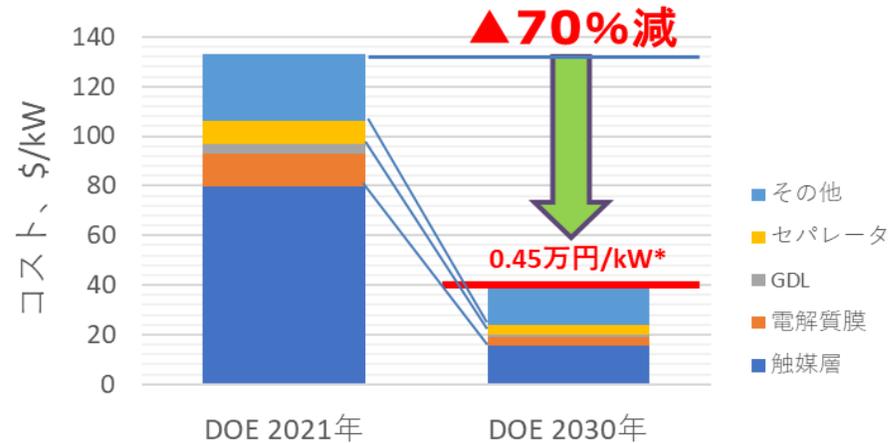
本構想(日本)@2030年
 想定規模 7万台/年×3か所=21万台/年
 総投資額 1800億円(試算中)

2030年FCV普及目標80万台を達成するためには、**年産20万台規模の生産工場の国内設置が必要**と予測される 世界シェア確保に向けた取り組みが必要

2030年		
HDV	FCシステム	0.9万円/kW*
	FCスタック	0.45万円/kW
FCV	FCシステム	0.4万円/kW *
	FCスタック	0.2万円/kW

* 経産省 水素・燃料電池戦略ロードマップ

2030年燃料電池コスト目標



DOE Mass Production Cost Estimation of Direct H2 PEM Fuel Cell Systems for Transportation Applications:2018 Update 2025年

DOE DHVコスト試算

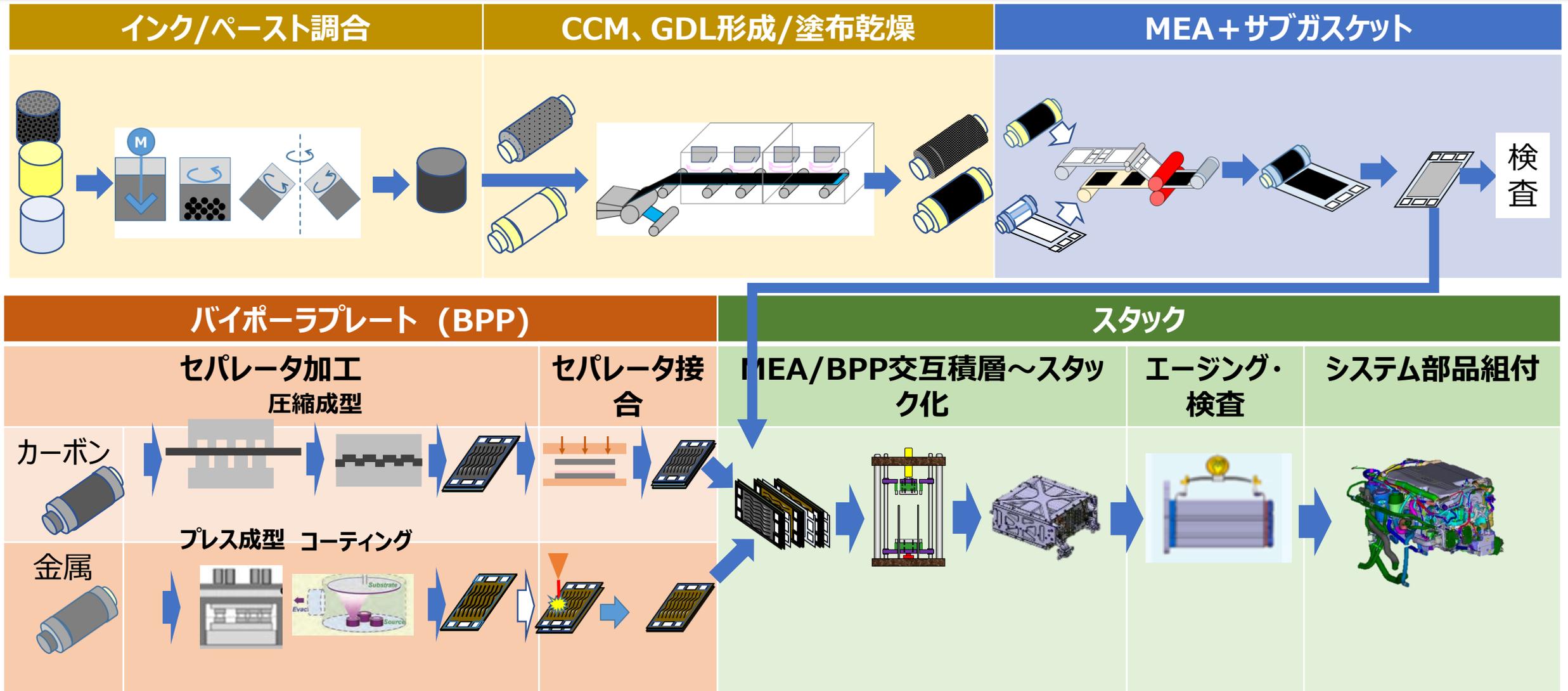
材料費の削減

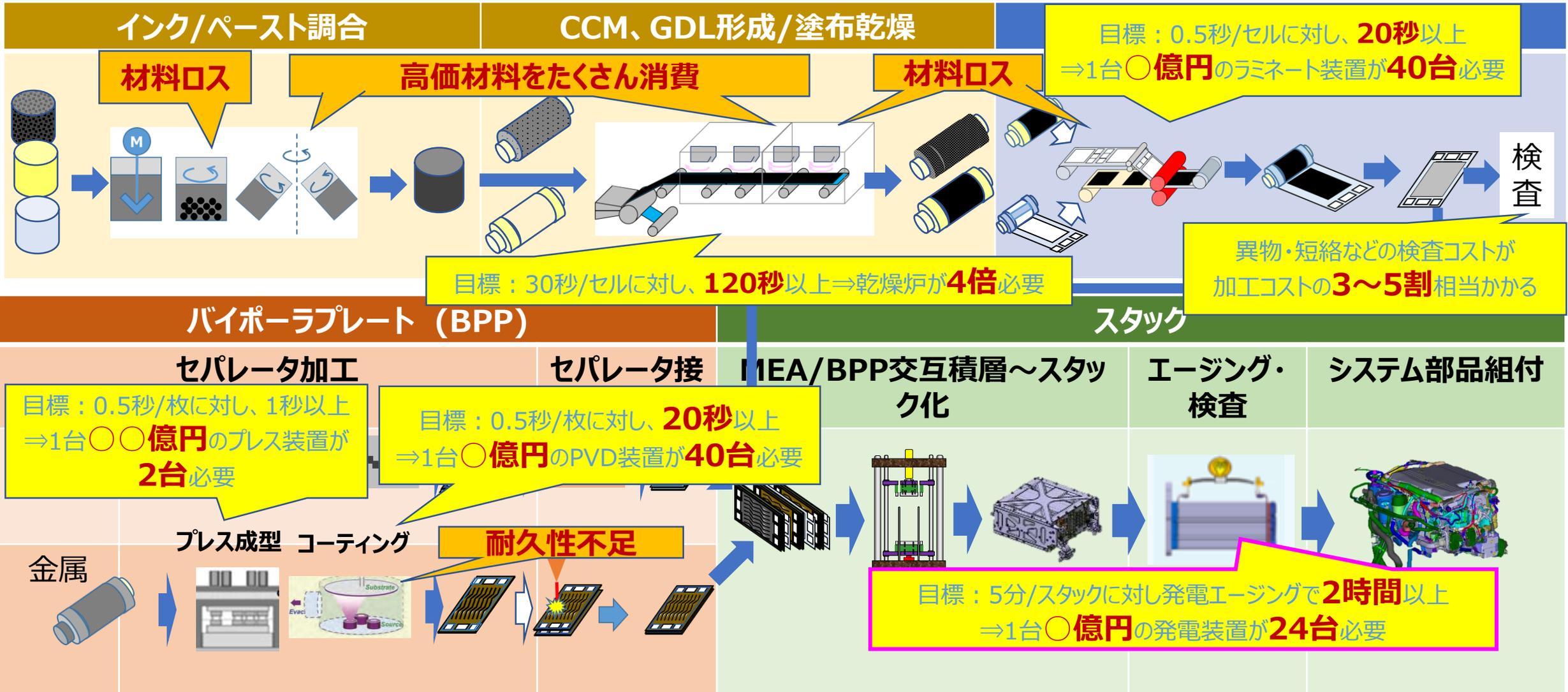
- ・貴金属使用量低減
- ・低コスト材料、基材の採用
- ・材料歩留まり向上
- ・副資材の低コスト化、レス化

加工費の削減

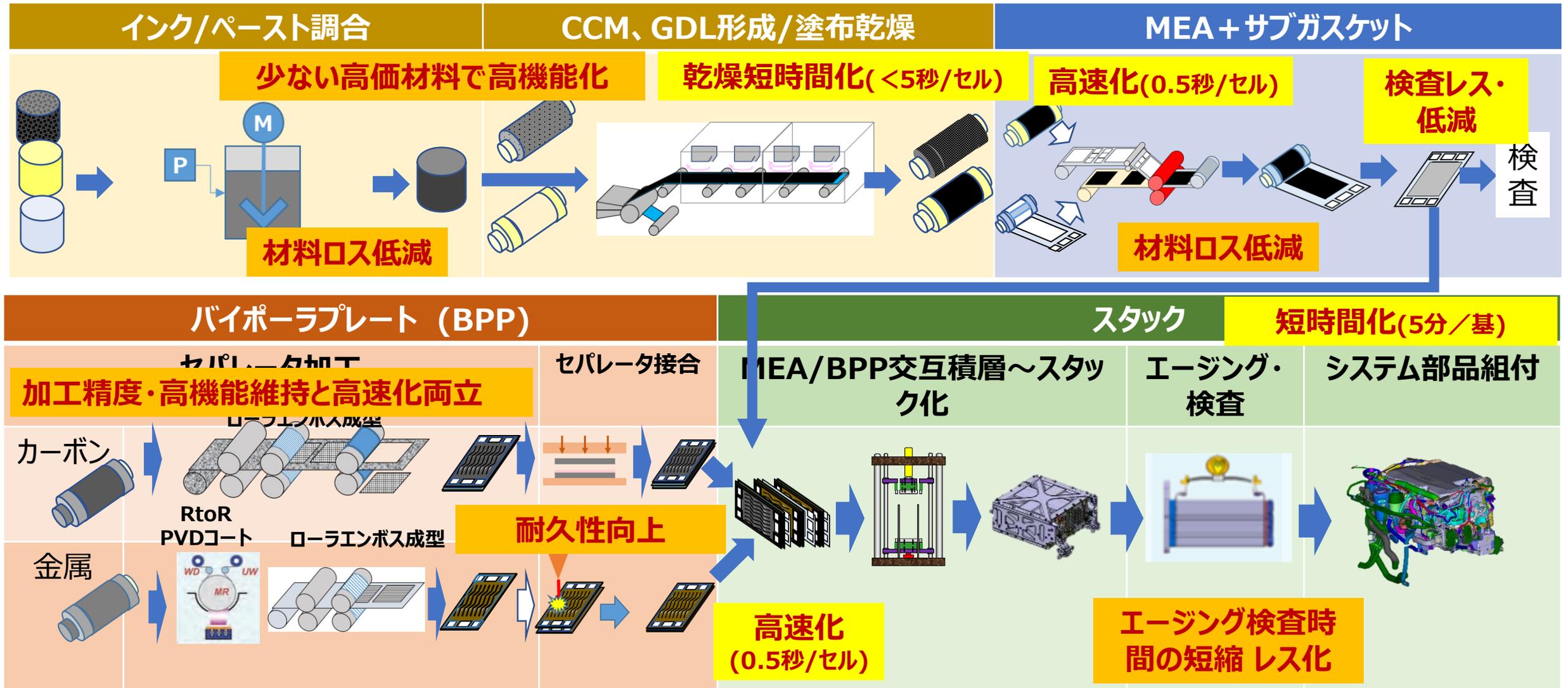
- ・工程毎の生産速度アップ
- ・設備費アップ抑制、低減
- ・省人、省スペース
- ・**工法の革新**
- ・**工程削減**
- ・工場全体の生産性 DX
- ・グリーン水素電力 CO2排出ゼロ

HDV用スタックコスト目標 0.45万円/kW、FCV 0.2万円/kWを目標に設定。
FCスタックコスト目標達成には、全体で▲70%以上の低減が必要となるため、
目標達成には、材料費&加工費とも大幅なコスト低減が必要。
産学官連携し、全行程の高効率生産の実現を図る研究・開発が必要。

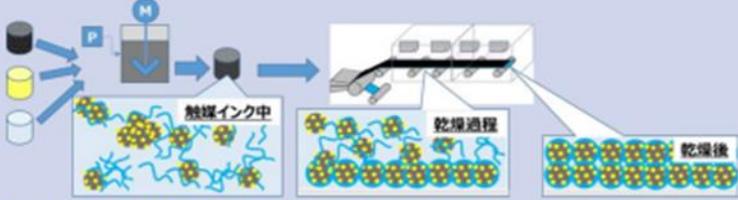
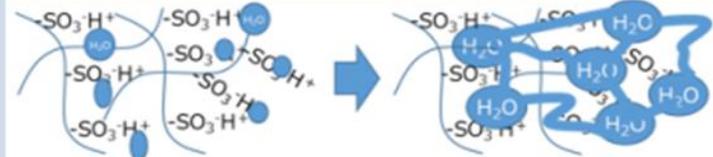




- ・必要最小限の材料で十分な機能を有する理想構造を作れていない
- ・従来の生産速度や品質保証法では膨大な設備投資とスペースが必要



燃料電池製造工程のあるべき姿に向けて、全方位で歩留まり向上、精度向上、工程の短縮、品質向上の取組が必要

対象	テーマ	内容
MEA	①触媒層形成過程の現象・原理把握 ②層構造制御手法開発	実機プロセスの可視化解析とシミュレーション・PIを組み合わせて活用し、 理想的な層構造 や ダマなどの不良回避 を制御可能とする原理を把握する さらにその知見を活かし、層構造制御手法を開発する 
	③異物に関する品質保証手段の開発	MEAに混入した金属異物を X線検知 あるいは 絶縁検査 による品質保証の 代替法開発 1) 廉価かつ簡素な金属検出法、絶縁検査法開発 2) 発生源対策に基づく検査レス化 
BPP /セパレータ	④金属セパレータ表面処理	従来の真空蒸着法（PVD、CVD）による高価な装置活用から脱却するための代替手段の開発 1) 真空蒸着装置の廉価化（電源高効率化、低真空化） 2) 非真空蒸着法の開発（塗布成膜）
	⑤金属セパレータ流路形成	従来のプレス成型による高価な装置活用から脱却するための代替手段の開発 1) プレス装置の廉価化（ロールプレス、ハンマープレス） 2) プレス加工以外の手段の開発（GDLへの流路加工、流路印刷、など）
スタック	⑥エージング時間短縮・レス化に向けた現象原理把握	エージングに求められる機能要件と、それを達成するための 現行法の現象原理を把握 し、短時間化もしくは完全レス化手段の考案につなげる 

「MEA製造工程」は、現象・原理の把握と触媒構造制御手法の開発が必要。
 「エージング工程」は、コンタミ除去方法の再検証、湿潤化工程の解明が必要

ご清聴をありがとうございました