

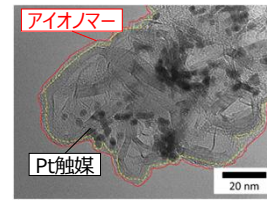
事業の目的・目標

■ 事業目標

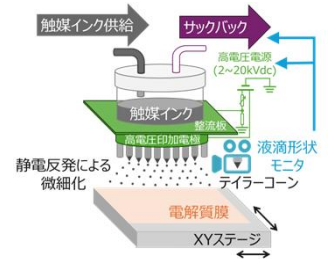
- 研究開発用規模のマルチノズル式静電スプレー(ES)法の量産適用化へ向けた基礎研究
- 触媒有効性50%・触媒層性能20%の向上
- 乾燥炉長比50%減相当の乾燥負荷低減(ダイ塗工比)
- 実生産ライン向け1000ピン規模ノズルへの中間点として500ピン規模ノズルを実現

■ ES法の有用性

- 微細液滴化インクが塗工中に急速乾燥
- 多孔・高アイオノマー被覆率で**高性能な触媒層を形成可能**
- 別途の乾燥工程不要で**省エネルギー・カーボンニュートラル**



ES形成触媒層のアイオノマー被覆



ES塗工システム

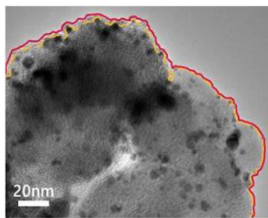
■ ES法の課題と本事業における取り組み

- 安定条件が定量化されていない→各種発電性能検証と計算科学アプローチによる**多角的解析**
- 1ピン当たりの吐出量が少ない→大規模な**ノズルの多連化、ピン構造の最適化**

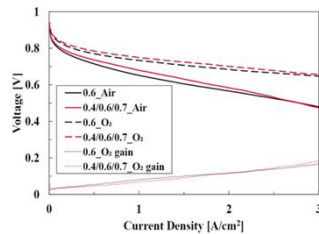
2025年の主な成果

① ES法プロセスの要素技術原理解明、ES手法による理想的な触媒層構造実現（山梨大）

◆ アイオノマー量傾斜膜による物質輸送特性の向上



(a) 触媒粉末のTEM像



(b) 傾斜構造と単層構造の発電性能

膜厚方向にアイオノマー量の傾斜（電解質膜側からI/C = 0.7, 0.6, 0.4）を持たせたカソード

触媒層構造をES塗工によって作製し、I/C=0.6の単層構造触媒層と発電性能を比較した。作製した触媒層から触媒粉末を採取して透過電子顕微鏡で観察し、アイオノマーが白金担持カーボン触媒（Pt/C）を均一に被覆していることを確認した(a)。

中電流密度領域のair条件での発電性能(IR-Free)を比較すると、傾斜構造は単層構造よりも1 A/cm²で26 mV性能が向上しており、O₂条件においても性能が向上していることからプロトン伝導性の向上が示唆された。また、O₂ゲインの結果から、同領域での酸素拡散性の改善が確認できた(b)。

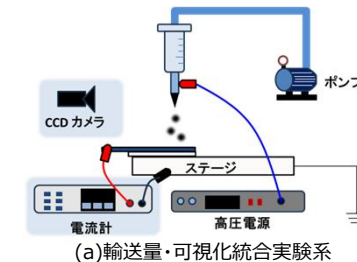
② ES法プロセスの要素技術原理解明、ES手法による理想的な触媒層構造実現（大阪大学）

◆ 吐出可視化実験系および触媒層構造モデルの構築

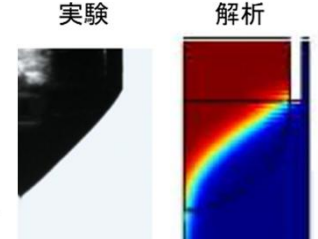
各吐出モードの出現条件・テイラー・コン形成メカニズム・安定吐出条件の解明を目的とし、輸送量（吐出流量と電流）及び可視化データ（ノズル先端挙動と塗工表面観察）を統合して計測可能な実験系(a)を構築し、下記実験を実施した。

- アイオノマー分散液のES吐出による、試料組成・プロセスパラメータの輸送量・吐出モードへの影響検証
- ノズル先端の実挙動（吐出流量・電流・液糸形状）の観測と、静電噴霧流動場解析モデル（気液二相流動と電場解析を統合）の解析結果との比較(b)

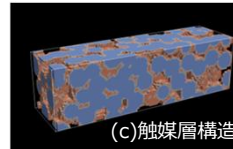
また、ESによる理想的な触媒層構造の検討のため、アイオノマー分布に傾斜構造を導入した触媒層モデルを構築し、反応輸送構造解析を実施した。触媒層の液水排出特性については、触媒層構造(c)にもとづいて毛管圧曲線を導出する手法の開発を行った。



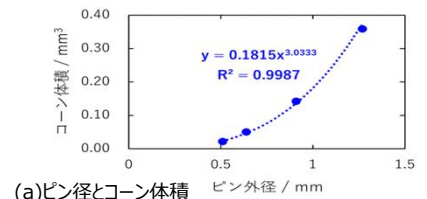
(a)輸送量・可視化統合実験系



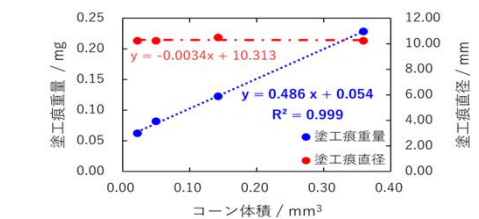
(b)ノズル先端挙動



(c)触媒層構造



(a)ピン径とコーン体積



(b)コーン体積と塗布痕重量・直径

③ ES法マルチノズル連続塗工用要素技術&制御技術開発（メイコー）

◆ 塗工ピン径と塗工量の関係性検証

量産適用に向けた吐出量増大化への取り組みとして、これまでのノズル多連化に加え、塗工ピン径拡張によるアプローチを試みた。塗工ピン径の拡張によってテイラー・コンの体積が増大すると、噴霧後の残留電荷が増えることで噴霧・チャージのサイクルベースが速まり、結果として時間あたりの塗工量が増加するという仮説を立て、その検証を実施した。種々の径のシングルピンノズルで吐出実験を行ったところ、ピン外径とコーン体積(a)およびコーン体積と塗布痕重量(b)との間にはいずれも正の相関が見られた。一方で塗工痕の直径はピン径に依らずほぼ一定であった(b)。以上のことから、塗工ピン径の拡張により、塗工範囲を保ったまま塗工量を増加させることが可能であると考えられる。今後はマルチノズルへの応用検証を予定している。

課題と今後の取組

- マルチノズル塗工の均一性・安定性の向上
- ピン位置による塗工量差の低減：塗工量を均一化するノズル構造の模索
- 塗工時間全体を通じたコーンの安定性向上：より高精度なサックバック圧力制御システムの模索
- ESの適用範囲の拡大
- 燃料電池以外の分野にも適用範囲を拡大することでESの社会的価値をより高め、また異なる視点からのフィードバックによるES技術の更なる進歩を目指す

実用化・事業化の見通し

FCV・HDV向けのマルチノズル塗工装置の製品化を目指す。2029年度を目標に、市場の要求を調査して装置仕様を検討し、同時にES要素技術の量産適用を進める。

また、水電解向けのマルチノズルESによる大面積塗工装置の実用化も視野に入れている。

事業化項目	2026	2027	2028	2029
市場要求仕様の調査				
装置仕様の検討				
要素技術の量産適用検討				