

1. 事業概要（事業期間：2022年7月～2025年3月）

■ 事業目標

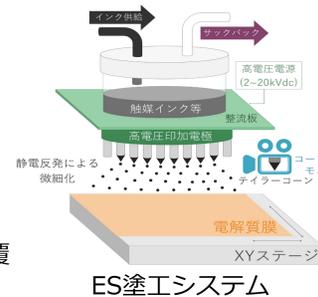
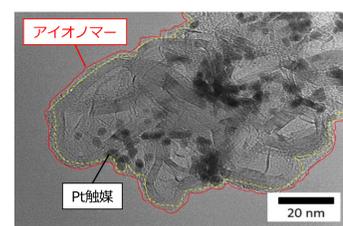
- 研究開発用規模のマルチノズル式静電スプレー(ES)法の量産適用化へ向けた基礎研究
- 触媒有効性50%・触媒層性能20%の向上
- 乾燥炉長比50%減相当の乾燥負荷低減（ダイ塗工比）
- 実生産ライン向け1000ピン規模ノズルへの中間点として500ピン規模ノズルを実現

■ 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法の課題と本事業における取り組み

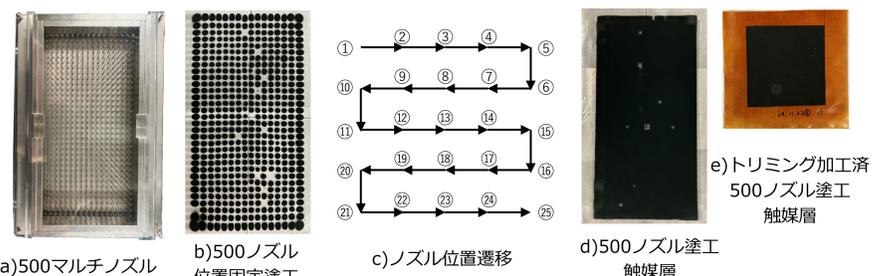
- 1ピン当たりの吐出量が少ない→大規模なノズルの多連化
- 安定条件が定量化されていない→各種発電性能検証と計算科学アプローチによる多角的解析



2. 研究成果

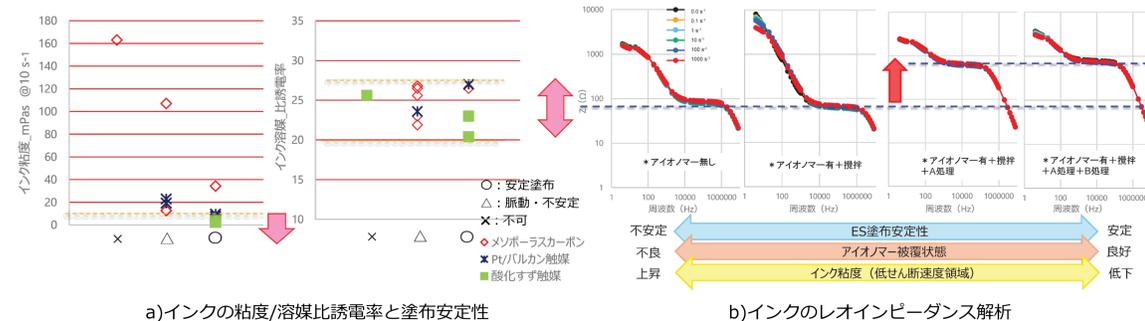
① ES法プロセスの要素技術原理解明（山梨大学、大阪大学）

◆ 500マルチノズルを用いた新規塗工手法による触媒層形成



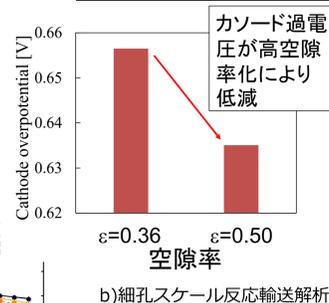
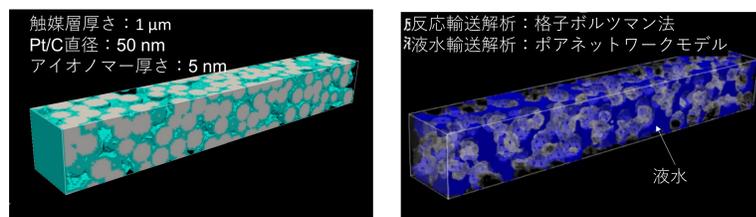
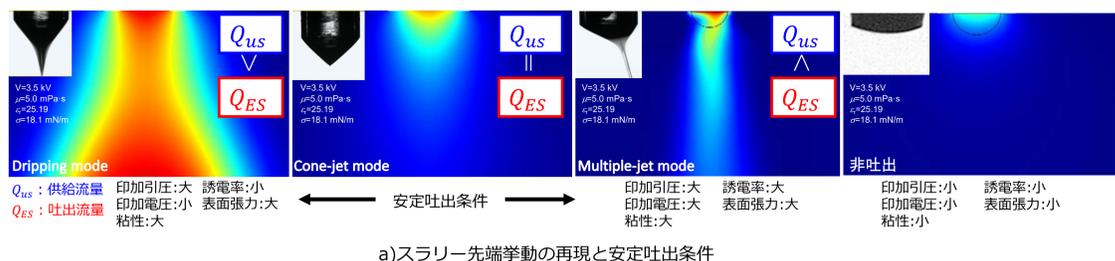
500ピン規模まで大幅にスケールアップしたノズルを作製し(a)、位置固定塗工にてほぼに均一にインクが吐出されることを確認した(b)。ステージ移動と位置固定塗工を間欠的に繰り返す新規塗工手法(c)にて、塗工範囲外へのインク粒子の付着を最小限に抑えた状態での触媒層の形成に成功した(d)。当該触媒層にはレーザートリミング加工を施し(e)②にて性能評価を行った。

◆ 安定吐出のメカニズム解明



インク性状と塗布安定性との関係性を検証した。粘度・溶媒比誘電率の検証では、触媒種に依らず粘度10 mPas以下で安定塗布に移行する傾向があること、及び溶媒比誘電率20-28でESが可能であることを明らかにした(a)。同じ比誘電率でも安定吐出しないケースも見られ、分散体も含めたインクでの測定を要する。また、レオインピーダンス測定ではアイオノマー被覆状態の向上と共に安定性も向上する傾向が見られたが、その原因究明については更なる検証が必要である(b)。

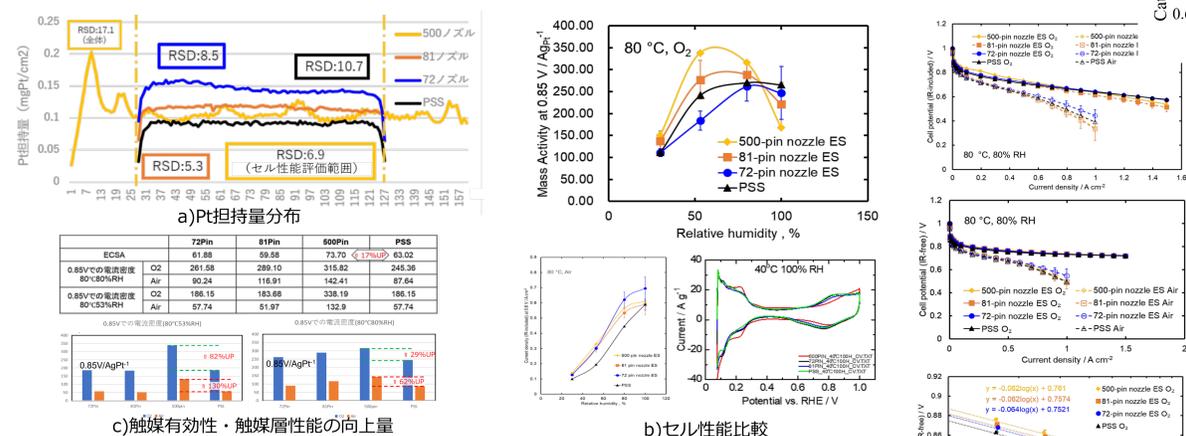
◆ 高時空間分解能可視化/計算科学による静電スプレー流動場の基礎的解明



テイラーコーンが安定して形成される条件を測定し、数値解析によってスプレー時のスラリー先端挙動の再現に成功した(a)。また、触媒層構造の違いによる過電圧への影響について、細孔スケールでの反応輸送解析を実施し、静電スプレーの特徴である高空隙率触媒層において、過電圧が低減されることを明らかにした(b)。

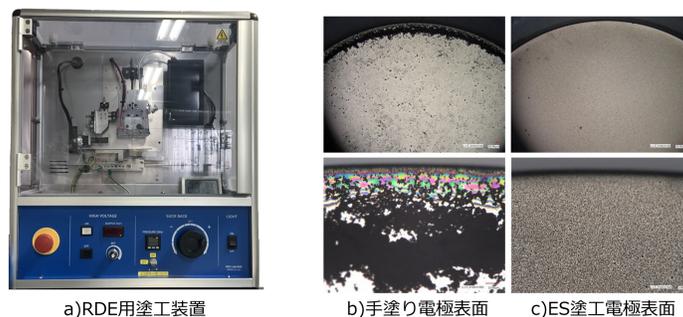
② ES法プロセスを用いた触媒層の性能の検証（山梨大学）

◆ 500マルチノズル触媒層と既存ノズル・塗工手法触媒層との比較



①にて塗工した500ノズル触媒層を、その他ノズル・塗工手法による触媒層と比較した。XRF分析装置によるPt担持量分布測定では、500ノズル触媒層はセル性能評価に供した範囲では良好な均一性を示した(a)。一方でエッジ付近においては顕著な分布量の増加が見られた。また、各種電気化学特性においては、500ノズルESにおいてセル性能が向上した(b)。ただし高湿度・高電流密度領域では性能の低下が確認された。何点かの課題は残されているものの、触媒有効性50%・触媒層性能20%向上(対既存プロセス)を達成し(c)、一定の成果を挙げることに成功した。

③ ES法マルチノズルデバイスモジュール設計・制御技術開発（メイコー）◆ RDE用塗工装置の開発



RDE用に特化したES塗工装置であるMES-Lab.RDEを開発した(a)。手塗りの電極(b)と比較して非常に質の高い電極(c)を簡便な操作で効率的に形成でき、触媒開発における「RDEとMEAの差メカニズム」へ貢献できる。

3. 実用化・事業化の見通し、課題

- 本事業の成果により、RDE電極用や25cm²サイズの枚葉塗工装置の実用化のめどが得られ、研究開発用途への販売が開始された。
- ただし、安定吐出メカニズムの解明や500ノズルデバイスでのエッジ部の静電制御設計が不十分であり、後継事業での解明・改良を目指す。
- また、量産プロセスへの適応は、後継事業において、関連サイエンス、先端計測機器、数値解析シミュレーション技術を駆使してPtの有効性の向上、精密塗工と乾燥工程フリーを実現し、大量生産を可能とする革新的なプロセスへ進化させるための要素技術を構築することにより、その実現を目指す。