

# 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/共通課題解決型基盤技術開発/高速連続プラズマ成膜による耐食性に優れた低コストアルミセパレータの開発

団体名：株式会社プラズマイオンアシスト(PIA)、株式会社エフ・シー・シー(FCC)、国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)  
発表日：2024年7月19日

1. 期間 開始：2023年6月 終了（予定）：2025年3月

## 2. 最終目標

本研究開発では、**軽量で低コストなアルミニウムを用いたセパレータの開発**を行う/材料表面への高速・高性能DLC（Diamond-Like Carbon）薄膜成膜技術の開発、プレス加工技術の開発、耐食性評価と腐食メカニズムの解明を統合して推進する/高耐食性と高導電性を有する次世代アルミニウムセパレータの開発に**最重要となる要素技術を確立**する。

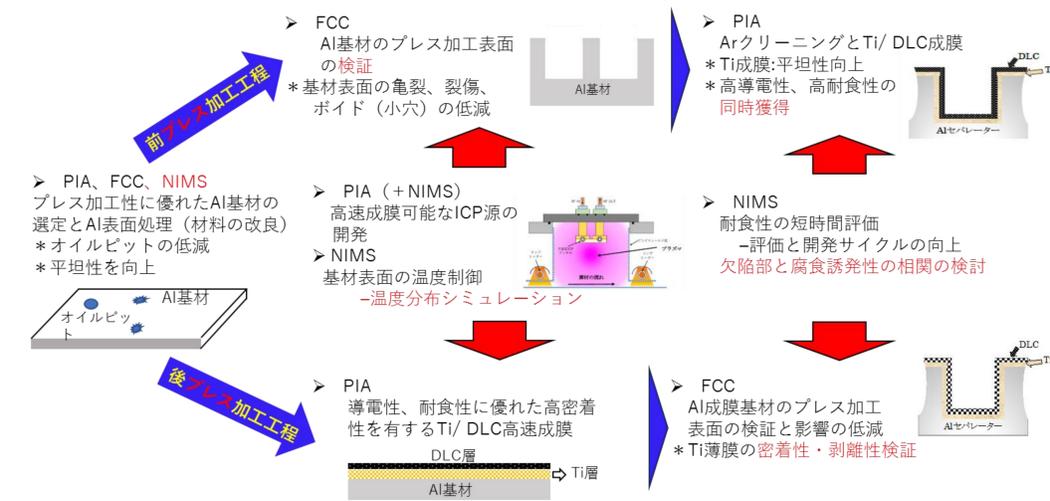
## 3. 成果・進捗概要

- セパレータ用アルミニウム材料選定と組付けの検証
- アルミニウム材料表面状態とDLC薄膜成膜の適合性（密着力など）の検証
- 高速成膜を達成するための高密度プラズマ生成が可能な新型ICP源の試作品製作
- 新型ICPの性能評価・・・連続成膜装置への組み込み。成膜速度、温度分布、膜厚分布について検証
- DLC薄膜の性能検証・・・接触抵抗値、漏洩電流値、単セル試験による長期発電試験について検証
- FC内模擬環境における耐食性の高速スクリーニング評価技術・体制の確立

## 4. 事業の位置付け・必要性

アルミニウムを基材とし、導電性・耐食性に優れたDLC薄膜を施し、米国DOE規格が示す基準を満たしたアルミニウムセパレータを実現する為の最重要な要素技術を確立する。安価、高性能かつ高耐久なアルミニウムセパレータの実現はFCシステムの低価格化につながることから、水素社会実現に向けた必須の課題の一つである。

### ○研究開発の実施体制



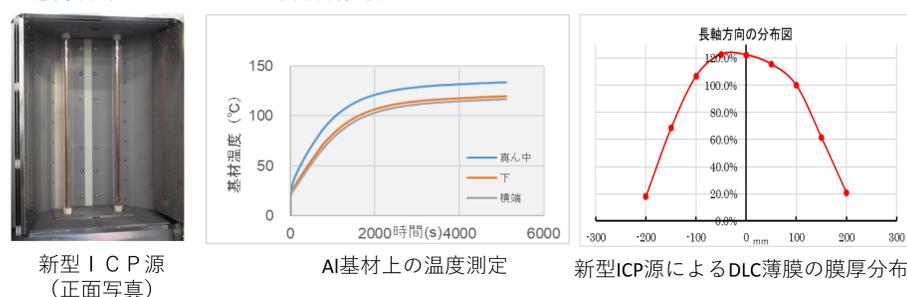
### ○研究開発目標

- ① 中間目標（2023年度末）
- **Alセパレータの安定した特性**  
ICPプラズマ源による12 μm/h（A4面積）の高速成膜を実現し、以下の特性を達成する
    - ・導電性：接触抵抗値 ≤ 10mΩ・cm<sup>2</sup>
    - ・耐食性：漏洩電流値 ≤ 2 μA/cm<sup>2</sup>
    - ・長時間発電試験：電圧降下率20%未満（1000時間）
  - 加工技術
    - ・基材の材質・加工方法・加工条件の違いによるAl基材の表面状態の確認と把握
  - 評価技術
    - ・腐食劣化機構の迅速解析：サンプル受領後5営業日以内の腐食試験完了体制の構築
    - ・熱分布シミュレーション：成膜チャンバーのモデル化によるマルチフィジクス解析実施体制の構築
- ② 最終目標（2024年度末）
- **Alセパレータの特性**  
ICPプラズマ源による成膜速度18 μm/h（A4面積）の高速成膜を実現し、以下の特性を達成する
    - ・温度分布：±10%
    - ・膜厚分布：±10%
    - ・導電性：接触抵抗値 ≤ 5mΩ・cm<sup>2</sup>
    - ・耐食性：漏洩電流値 ≤ 1 μA/cm<sup>2</sup>
    - ・長時間発電試験：電圧降下率10%未満（1000時間）
  - 加工技術
    - ・Al基材へのDLC薄膜成膜に適した、素材・加工方法の見極め
  - 評価技術
    - ・Al基材のFC環境内腐食劣化機構、DLC薄膜、Ti薄膜中間層の防食機構の解明
    - ・熱分布シミュレーションと実測のデジタルツイン化によるDLC成膜最適条件の決定

## 5. 研究開発成果

### ○ Alセパレータの特性

- < DLC薄膜の性能検証について >
  - ・接触抵抗値 ≤ 5mΩ・cm<sup>2</sup>：安定して2~2.5mΩ・cm<sup>2</sup>を再現し中間目標達成
  - ・漏洩電流値 2 μA/cm<sup>2</sup>(@0.8V)を達成
  - \* 最終目標に向けNIMSの即時耐食性評価の結果を受け基材表面状態と膜質を調整中
- < ICP源の開発について >
  - ・成膜速度：12 μm/h（A4判相当面積）⇒ 中間目標達成度80%
  - ・温度分布：±20% ⇒ 中間目標達成
  - ・膜厚分布：±20% ⇒ 中間目標達成



## 6. 今後の見通し

### ➢ 実用化・事業化に向けて

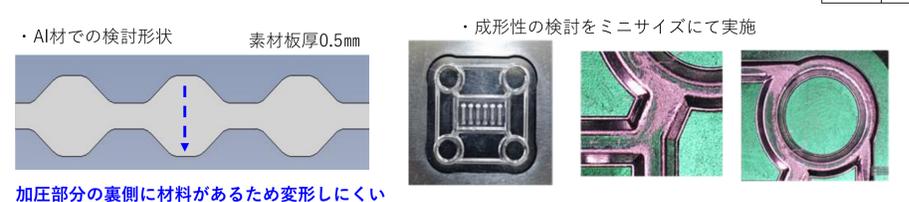
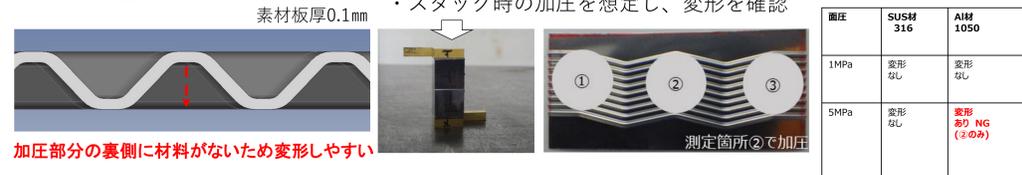
最終目標：乗用車・商用車向けFCへのアルミニウムセパレータの搭載

- 動き
- チタンセパレータ（実用化済み）⇒ ステンレスセパレータ（性能評価・検証段階）
- ⇒ **アルミニウムセパレータ**（研究開発段階：今回の研究開発テーマ）
  - \* **アルミニウムセパレータ寿命：約3000時間を達成し継続中(2023年度実績)**
  - 膜性能の向上による長寿命化の研究開発（5万時間~10万時間）
  - \* 平行して、大量生産可能な量産コーティング装置開発・実証研究
- 実用化・事業化

- 2030年以降
- 軽量性を活用：ドローン、ロボット、自転車、民生用モビリティへの社会実装
  - \* 欧州では高齢化や生活習慣病に伴う電動車椅子へのコンパクト型燃料電池の実装を検討。（Alセパレータを用いた小型・軽量市場参入期待）
- 2035年以降
- 乗用車・商用車向けFCにAlセパレータを搭載
  - \* 低コスト化により普通乗用車、商用車への適用による市場拡大期待

### ○ 加工技術について

- アルミ材料の選定
  - ・ 関心表明企業であるアルミ材料メーカーとの連携のもと3種類のアルミニウム材を選定
- 加圧を考慮した材料選定
  - ・ スタック面圧を1MPa~5MPaと想定して、成形品をアムスラーで加圧して変化を確認
  - ・ Al材を用いても変形しにくい形状を設定し、ミニサイズでの成形性確認を実施



### ➢ 事業化に対する今後の課題

- 課題：乗用車・商用車向け燃料電池寿命の達成（5万時間~10万時間のクリア）
- 最適な膜構成の検討
    - プレス成形による凹溝加工したAl基材（板厚：0.2~0.5mm）
    - \* 膜構成の検討：チタン薄膜+導電性DLC薄膜による性能クリアの検討
  - 量産性
    - 二重構造の薄膜成膜を量産性の高い方式で、成膜可能な製法と装置開発の検討
  - 面粗度
    - 膜厚100nm程度のTi薄膜、DLC薄膜で性能が達成できるAl基材の面粗度の検討
    - \* プレス成形法、材料メーカーの圧延方法等の検討
  - 事業化に向けた取り組み
    - 課題：量産技術の確立
    - 低コスト化に寄与する高速連続表面処理装置の実現
      - PIA独自技術を用いた新型ICP源の開発を継続
    - 成形方法の確立
      - 裂傷、亀裂を低減化する加工方法の確立（コインニング製法等の検討等）
      - \* 表面のエッチング加工も視野に含めて検討

代表連絡先：株式会社プラズマイオンアシスト

TEL:075-693-8125/FAX:075-290-3200 E-mail:info@plasma-ion.co.jp