

# イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発

団体名：独立行政法人高等専門学校機構 鶴岡工業高等専門学校

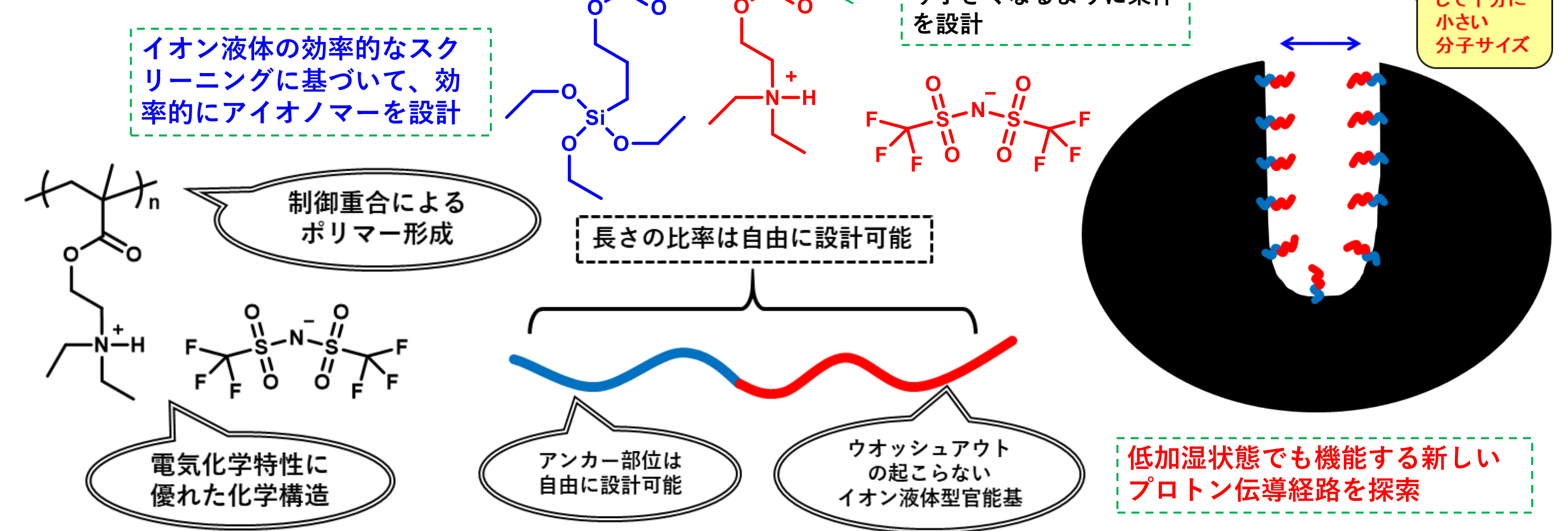
発表日：2024年7月19日

【研究開発の期間】 開始：2020年7月 終了（予定）：2024年3月

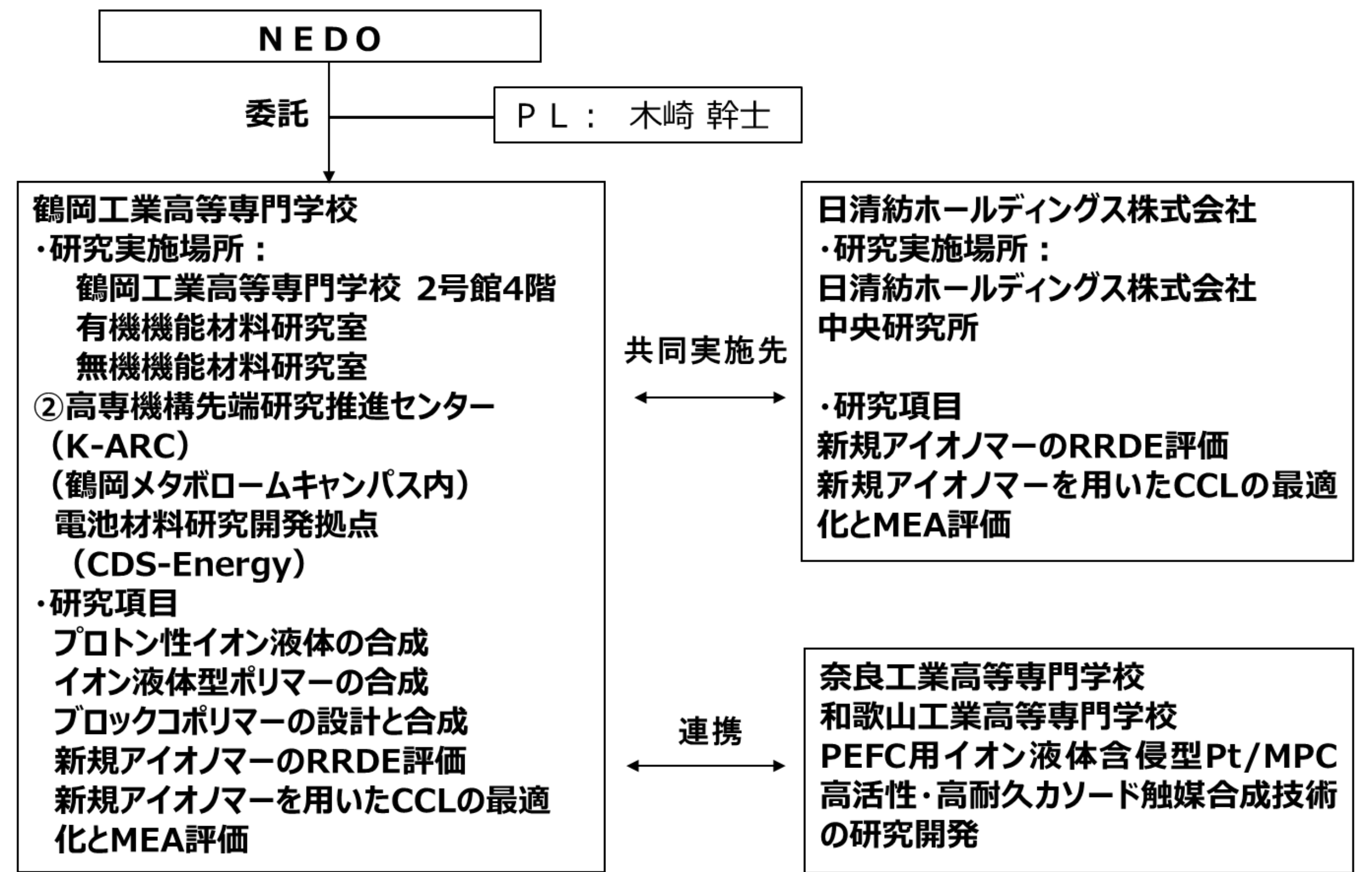
【研究開発の目標】

- ・低加湿状態（20%RH）においても性能低下の起きないメソポーラスカーボン触媒を実現するためのアイオノマー材料を開発します
- ・100°C以上の高温条件下において、加湿が十分に出来ない状況でも高い活性を発現する電極設計が可能となり、加湿器やラジエーターを必要としない、小型の燃料電池駆動モビリティの実現に貢献します

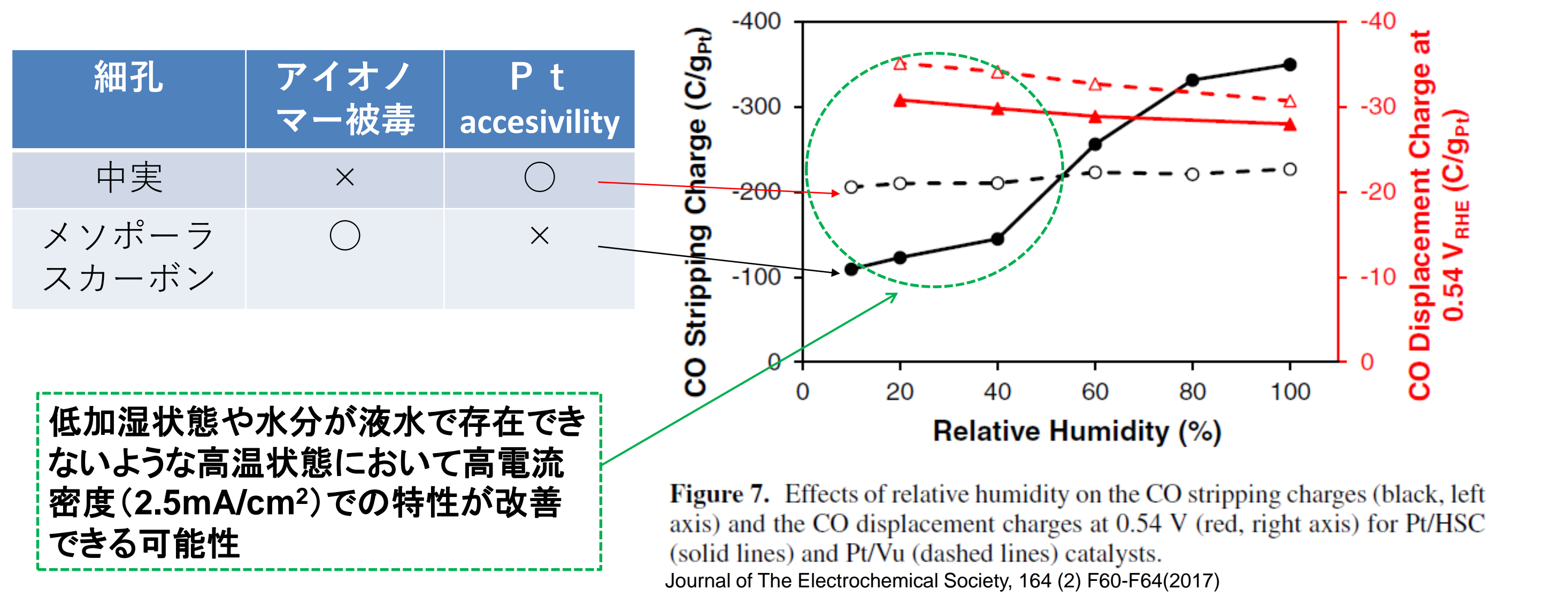
【研究開発の概要】



## <本プロジェクトの実施体制について>



## <メソポーラスカーボン改良技術に対する優位性について>



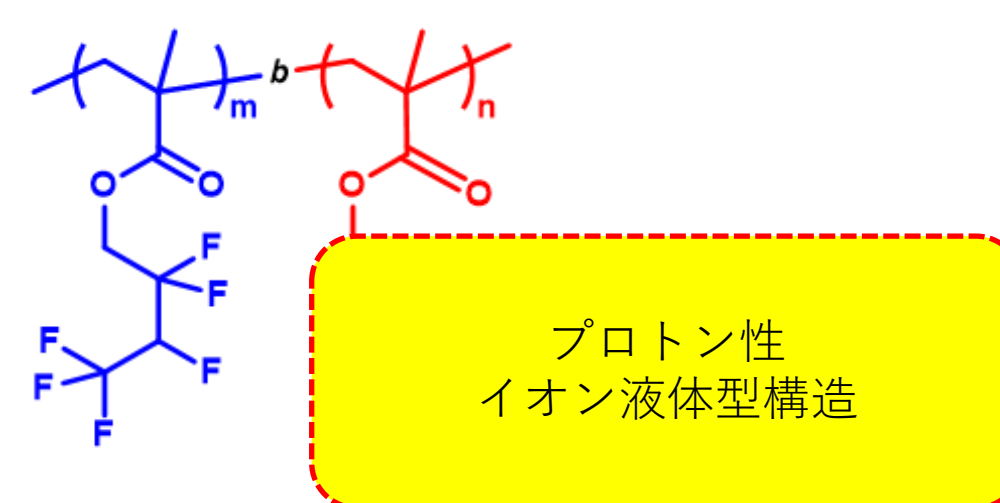
メソポーラスカーボンを担体とした白金触媒は細孔内に白金粒子が存在することでアイオノマー被毒を抑制する効果があるが、白金へのプロトンや酸素輸送抵抗が高くなり、特に低加湿条件では顕著に性能の低下を引き起こす。賦活処理によって細孔を広げ、連通孔とすることでアクセスを改良するような研究も報告されているが、細孔を広げることでアイオノマーは細孔に入りやすくなり、Pt accessibilityとアイオノマー被毒のトレードオフの根本的な解決はできていない。

## MI解析によるイオン液体型ブロックポリマーの構造最適化

前述した研究計画において、特に重要となるものがMI解析によるアイオノマー構造の最適化である。現在、評価解析PFに提出しているアイオノマーは、poly(MTBD-MTFSI)とpoly(HFBMA)のブロック共重合体であるが、制御可能な構造因子は以下の通りである。

・ poly(MTBD-MTFSI)の長さ

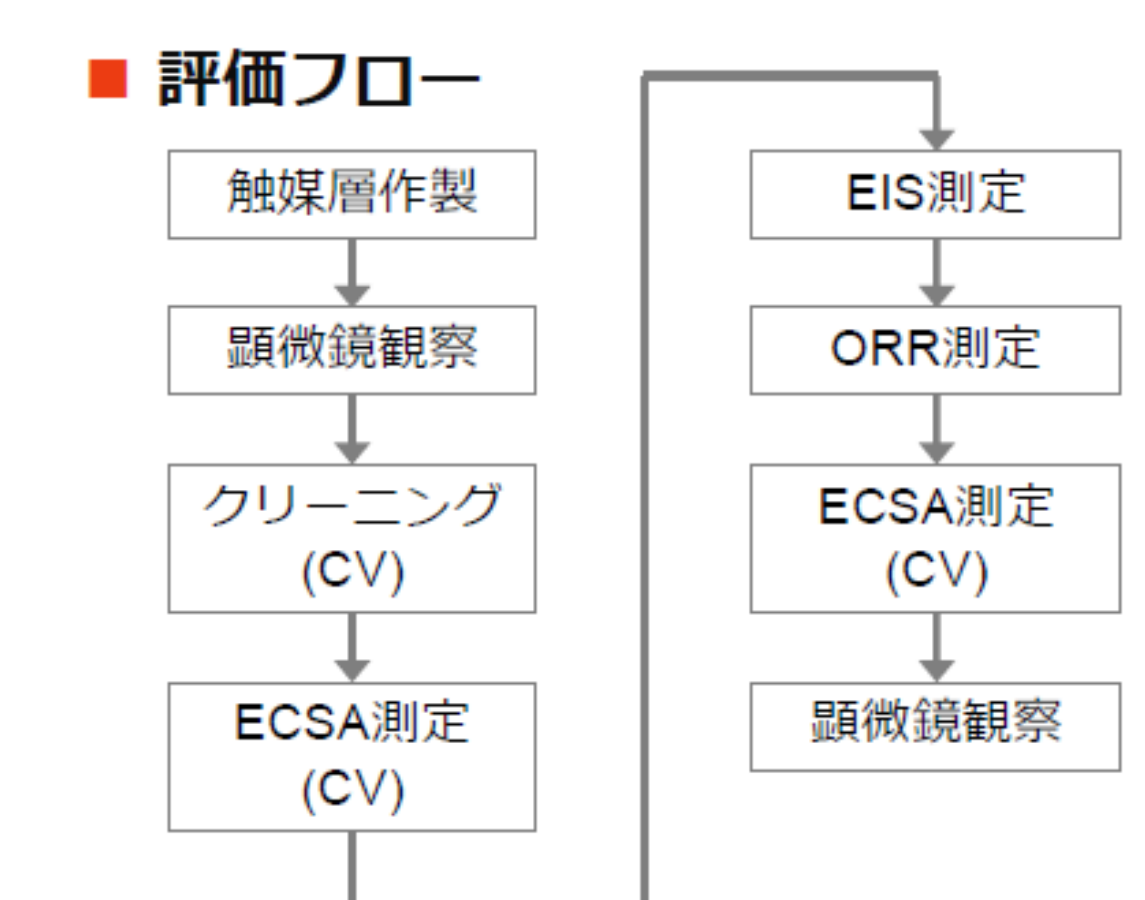
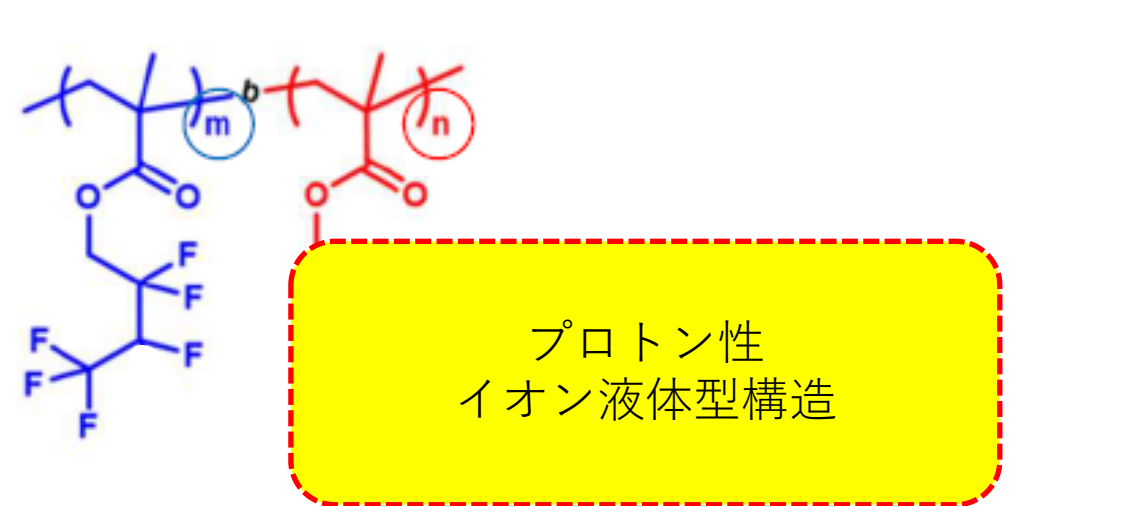
・ poly(MTBD-MTFSI)とpoly(HFBMA)の長さの比率



| ブロック組成比 (n:m) | 質量活性 (MA / A g <sup>-1</sup> Pt) | 面積比活性 (SA / μA cm <sup>-2</sup> Pt) | 数平均分子量 (M <sub>n</sub> ) | 分子量分布指数 (M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub> ) |
|---------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| 10:10         | 416.3                            | 532.1                               | 3310                     | 1.26                                      |
| 21:22         | 402.3                            | 526.1                               | 4910                     | 1.24                                      |
| 52:51         | 356.5                            | 510.8                               | 13100                    | 1.13                                      |
| 105:96        | 263.8                            | 454.3                               | 23300                    | 1.19                                      |
| 18:93         | 495.2                            | 609.2                               | 6330                     | 1.08                                      |
| 16:12         | 356.8                            | 534.8                               | 4550                     | 1.24                                      |
| 17:7          | 404.5                            | 550.85                              | 4490                     | 1.24                                      |
| Nafion        | 348.9                            | 475.7                               | —                        | —   |

## Sample List - Polymer solution-

| Sample ID (FC-Platform) | Name (Tsuruoka) | Solution composition  | Polymer weight | Composition n-m | Priority |
|-------------------------|-----------------|---|----------------|-----------------|----------|
| IP10_230509_1           | MN3P52          | 10wt% in mixed solvent (IPA/water 6/4 by wt)<br>IPA: isopropyl alcohol (2-propanol) | 100mg          | 6-84            | ②        |
| IP10_230509_2           | MN3P60          |   | 100mg          | 6-67            | ③        |
| IP10_230509_3           | MN2P132         |   | 100mg          | 6-95            | ①        |
| IP10_230509_4           | MN3P36          |   | 100mg          | 6-48            | ⑦        |
| IP10_230509_5           | MN3P70          |   | 100mg          | 16-91           | ⑩        |
| IP10_230509_6           | NM3P12          |   | 100mg          | 16-132          | ④        |
| IP10_230509_7           | MN3P66          |   | 100mg          | 19-109          | ⑨        |
| IP10_230509_8           | MN3P34          |   | 100mg          | 22-173          | ⑥        |
| IP10_230509_9           | MN2P126         |   | 100mg          | 24-180          | ⑤        |
| IP10_230509_10          | MN3P50          |   | 100mg          | 3-19            | ⑧        |



## <本研究開発の中間目標と最終目標について>

| 研究開発項目                            | 中間目標 (2024年3月)  | 最終目標 (2025年3月)  |
|-----------------------------------|---|---|
| イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発 | MEAの単セル試験において初期性能0.05g-Pt/kW、RH20%とRH100%の白金利用率の差（現状70~80%程度）を40%以内に抑制可能なメソポーラスカーボン及びイオン液体を用いた革新的な触媒層構造を開発する。 | MEAの単セル試験において初期性能0.05g-Pt/kW、RH20%とRH100%の白金利用率の差を15%以内に抑制可能なメソポーラスカーボン及びイオン液体を用いた革新的な触媒層構造を開発する。 |

## <開発目標の評価方法>

RRDEでは無視できるような、物質輸送特性がMEAでは大きく性能に寄与し、生成水によるウォッシュアウト等の新たな課題も見出されると予想される。RRDEで確認した酸素還元活性を促進するポリマー構造とウォッシュアウトや物質輸送特性を改善する構造をもつポリマー構造を複合化することでMEA条件における最適なアイオノマーの合成が可能であると考えられる。従って、ポリマー構造の最適化を行いMEAでの評価を目標設定の目安とした。

| 実施項目             | 2020年度 | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| プロトン性イオン液体の合成    | ●      | →      |        |        |        |
| イオン液体型ポリマーの合成    |        | ●      | →      |        |        |
| ブロックポリマーの設計と合成   |        |        | ●      | →      |        |
| 新規アイオノマーの電気化学的評価 |        |        |        | ●      | →      |

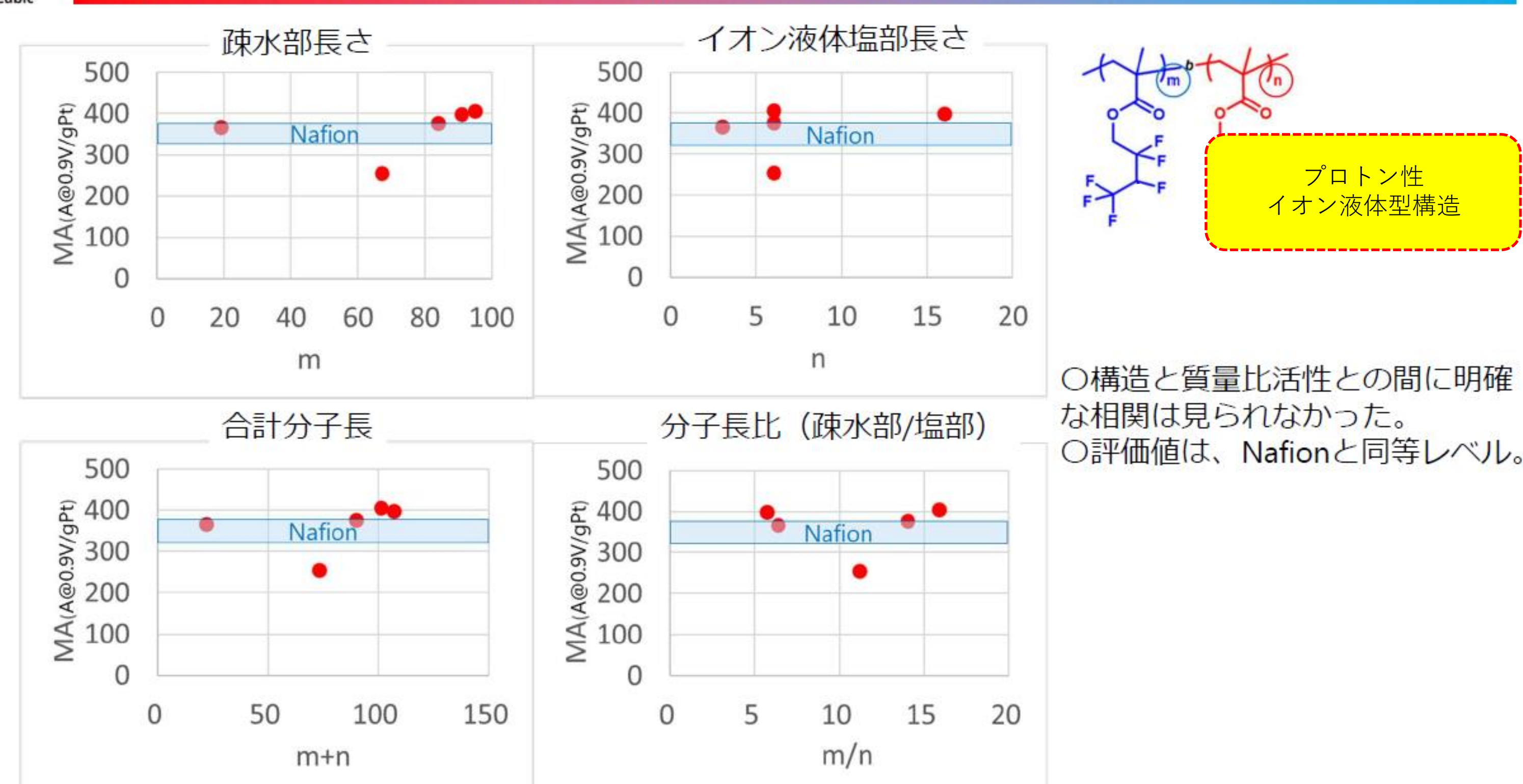
MEAの単セル試験においてRH20%とRH100%の白金利用率の差を40%以内に抑制可能な、イオン液体を用いた革新的な触媒層構造を開発する。

MEAの単セル試験においてRH20%とRH100%の白金利用率の差を15%以内に抑制可能な、イオン液体を用いた革新的な触媒層構造を開発する。

## <現在の進捗状況>

メソポーラスカーボンの細孔内部に侵入可能なサイズの分子量 (20量体以下) のブロックポリマーの合成にも成功し、アイオノマーとして触媒層に添加することで質量活性が向上することを確認した。現在は、既出の7種類の組成に基づいたMI解析による構造最適化で提案された組成を元に、10種類のブロックポリマーを新たに合成し、評価解析PFに提供した。

## 評価結果 構造との相関検討 (質量比活性: MA) FC-Platform



○構造と質量比活性との間に明確な相関は見られなかった。  
○評価値は、Nafionと同等レベル。