

**NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026**  
**プログラムNo.603-2-11**

**水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための  
研究開発事業**  
**/次世代燃料電池・水電解の要素技術開発**  
**/機能性ナノファイバーフレームワークからなる  
高伝導性・高耐久性 複合電解質超薄膜の開発**

**発表：2026年7月22日**

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

**発表者名** 川上 浩良

**団体名** 東京都立大学（委託先） 岩手大学（再委託先） 秋田大学（再委託先）

**問い合わせ先**

東京都立大学 E-mail: kawakami-Hiroyoshi@tmu.ac.jp. TEL: 042-677-1111 (内：5635)

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : 2025年7月

終了(予定): 2030年3月

## 2. 最終目標

本事業では、電解質膜で要求される2035年度燃料電池ロードマップ目標値を達成するため、プロトン伝導性をアシストし、ガスバリア性機能を向上させ(化学的安定性)、さらに5 $\mu$ m膜厚以下の超薄膜でも機械的安定性を有する機能性ナノファイバーフレーム(NfF)を開発する(コア技術)。

加えて、マトリックスとなる新規非フッ素系高分子材料と新規クエンチ剤の開発も進め、これら3つの要素技術を組み込んだ5 $\mu$ m膜厚以下の複合電解質超薄膜を作製できる複数のロボットを導入し、再現性に優れた自動成膜装置を開発、成膜技術を確認する(電解質膜拠点化)。

## 3. 成果・進捗概要

- (1) 新規架橋型PVAナノファイバーの開発
- (2) 非フッ素系高分子電解質材料の開発と、その化学的耐久性の向上
- (3) 複数台のロボットを組み込んだ、自動成膜装置の開発

# 機能性ナノファイバーフレームワークからなる高伝導性・高耐久性複合電解質超薄膜の開発

## 【研究開発の目標】

「機能性伝導性ナノファイバーフレームワーク(NfF)」を導入したNfF複合電解質超薄膜を作製し、(i) 高プロトン伝導性(2035年目標値の達成), (ii) 高耐久化(50,000時間に資する電解質膜の耐久性), (iii) 超薄膜化(膜厚 $5\mu\text{m}$ 以下の達成)の実現を目標とする。

## 【研究開発の概要】

電解質膜で要求される2035年度燃料電池ロードマップ目標値を達成するため、プロトン伝導性をアシストし、ガスバリア性機能を向上させ(化学的安定性), さらに $5\mu\text{m}$ 膜厚以下の超薄膜でも機械的安定性を有する機能性ナノファイバーフレーム(NfF)を開発する。加えて、マトリックスとなる新規非フッ素系高分子材料と新規クエンチ剤の開発も進め、これら要素技術を組み込んだ $5\mu\text{m}$ 膜厚以下の複合電解質超薄膜を作製できる成膜技術を確立し、その自動自立測定装置を開発し研究を加速させる。



# 1. 事業の位置付け・必要性

本事業では、電解質膜で要求される2035年度燃料電池ロードマップ目標値を達成するため(下表)、プロトン伝導性をアシストし、ガスバリア性機能を向上させ(化学的安定性)、さらに5mm膜厚以下の超薄膜でも機械的安定性を有する機能性ナノファイバーフレーム(NfF)を開発する。加えて、マトリックスとなる新規非フッ素系高分子材料の開発も進め、これら3つの要素技術を組み込んだ5mm膜厚以下の複合電解質超薄膜を作製できる成膜技術を確認する。開発された電解質膜の性能は評価解析プラットフォームと連携しながら電解質膜拠点化で求められるロボットを組み込んだ自動成膜装置を開発し、最終的には電解質膜評価までを繋げた自動自律測定装置の開発とその運営を行う。

2035年, 2040年に求められる電解質膜の目標値

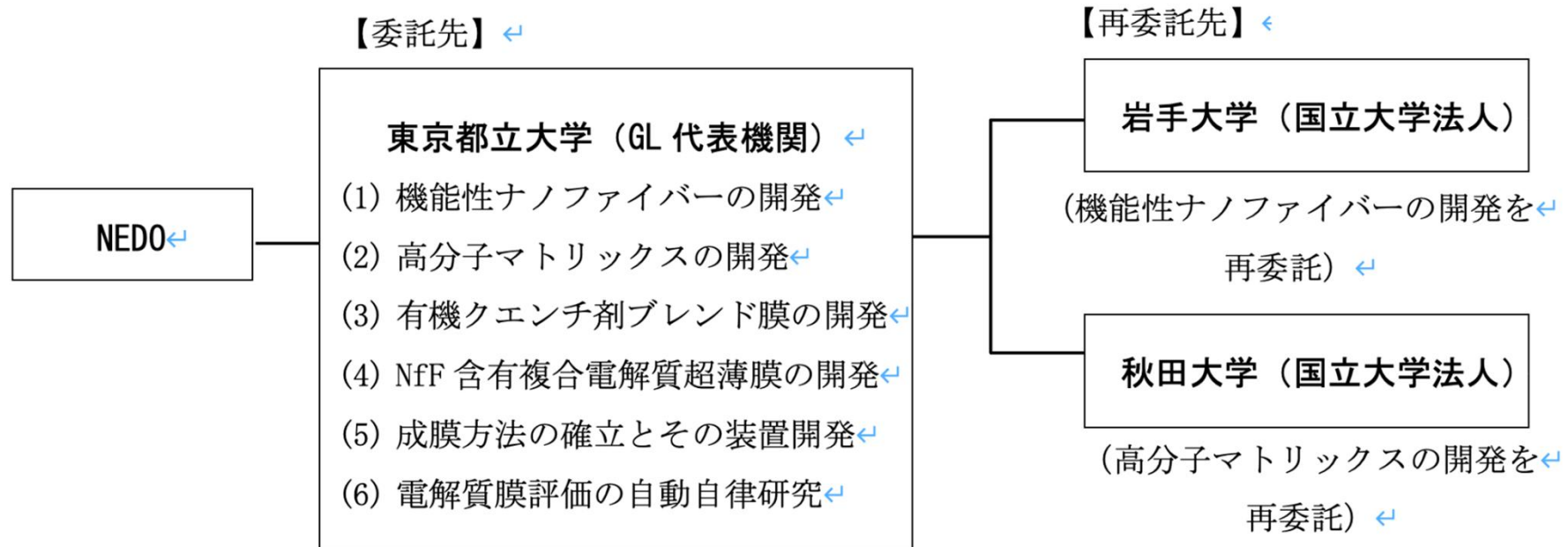
|       | 項目                        |                 | 目標値   |        | 実測値           |                            |
|-------|---------------------------|-----------------|-------|--------|---------------|----------------------------|
|       |                           |                 | 物性値   | 仕様・物性値 | 第二世代<br>MIRAI | 一般材料<br>(Nafion™<br>NR211) |
| 2035年 | 膜厚 (μm)                   |                 |       | 5.0    | 8.5           | 25                         |
|       | H <sup>+</sup> 伝導率 (S/cm) | at 120°C, 20%RH | 0.028 |        |               |                            |
|       |                           | at 120°C, 30%RH | 0.050 |        | 0.018         | 0.016                      |
|       |                           | at 100°C, 40%RH | 0.057 |        | 0.027         | 0.024                      |
|       |                           | at 80°C, 80%RH  | 0.135 |        | 0.106         | 0.086                      |
|       |                           | at -30°C, 0%RH  | 今後設定  |        |               |                            |
| 2040年 | 膜厚 (μm)                   |                 |       | 1.0    | 8.5           | 25                         |
|       | H <sup>+</sup> 伝導率 (S/cm) | at 120°C, 12%RH | 0.15  |        |               |                            |

電解質膜耐久性: 50,000時間



## 2. 研究開発マネジメント

### 研究開発の実施体制



#### 事業テーマ① コア技術

「新規機能性ナノファイバーフレームワークの開発」(東京都立大学, 再委託: 岩手大学)

#### 事業テーマ② コア技術

「高プロトン伝導性高分子マトリックスの開発」(東京都立大学, 再委託: 秋田大学)

#### 事業テーマ③ コア技術

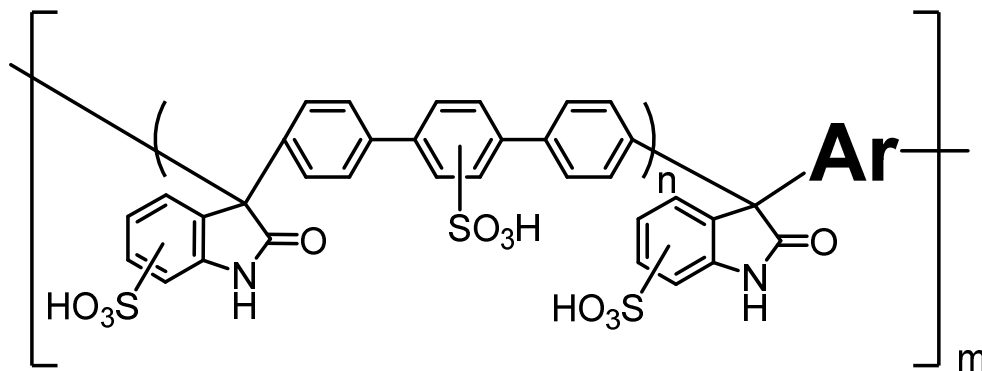
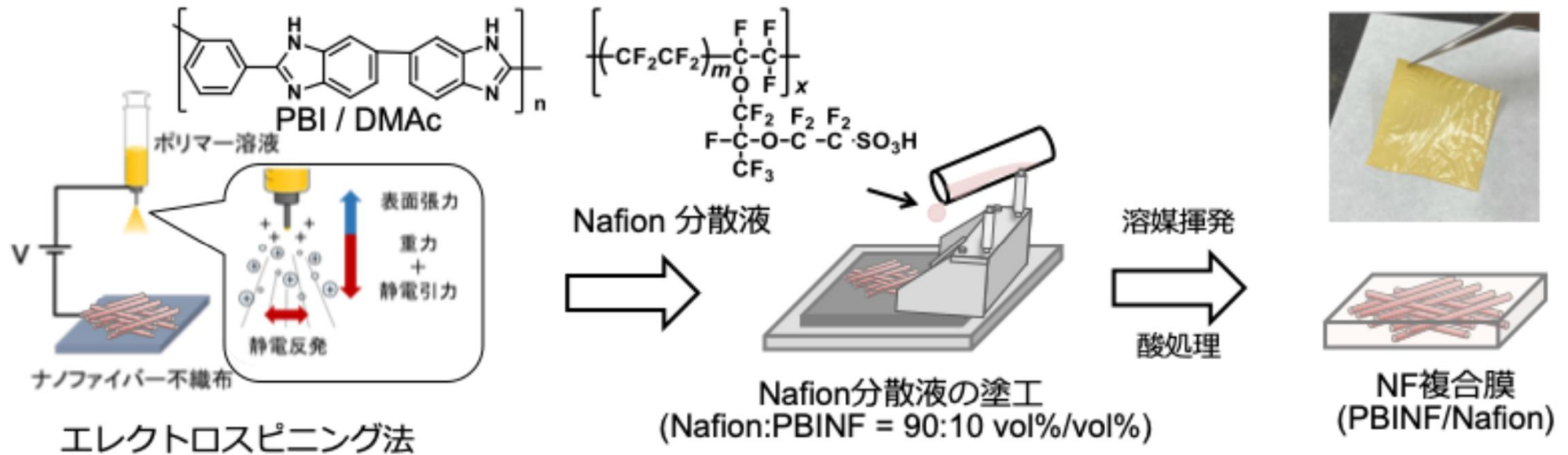
「高耐久性複合電解質膜の開発」(東京都立大学, 再委託: 岩手大学, 秋田大学)

#### 事業テーマ④ 電解質膜拠点化

「3要素(マトリックス, 補強層, クエンチ剤)を複合化した複合電解質超薄膜の成膜方法の確立と, 自動自律装置の開発(拠点化)」(東京都立大学)

### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果



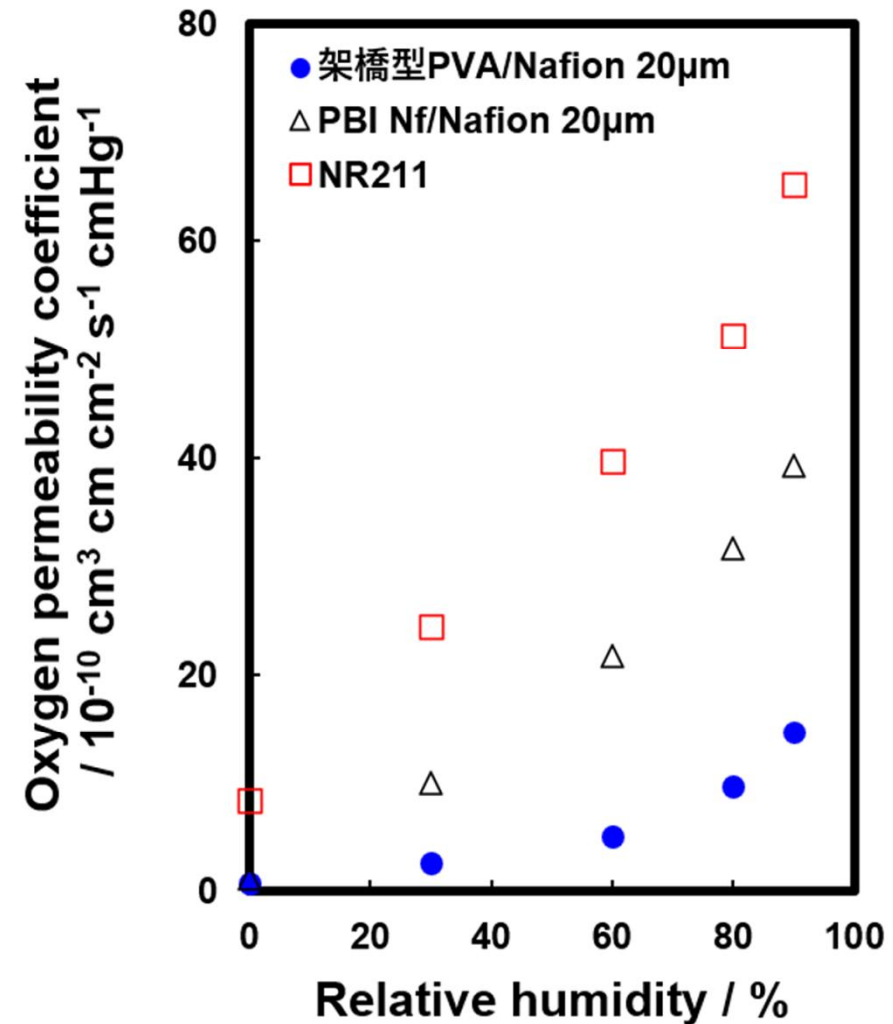
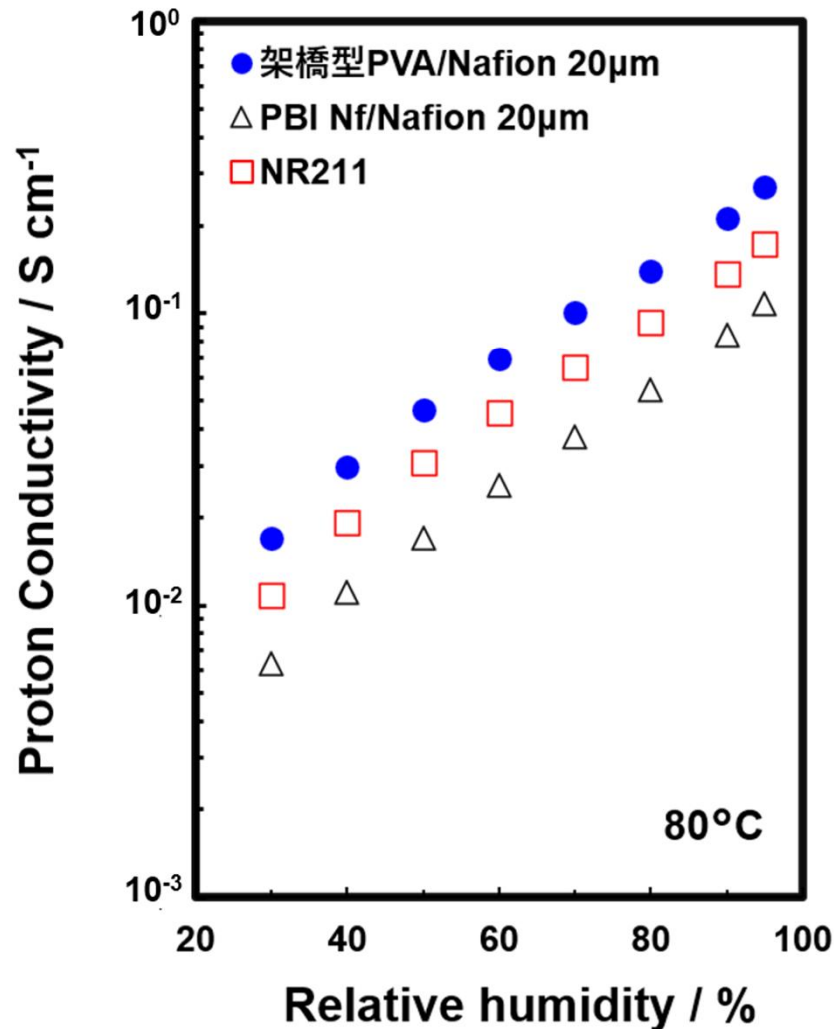
非フッ素系高分子電解質材料 (SP90)

- ・ 主鎖に屈曲構造を導入：水保持
- ・ IEC < 3.0 (meq/g)
- ・ 水に不溶でアルコールに可溶
- ・ プロトン輸送が過度な相分離に依存しない

### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

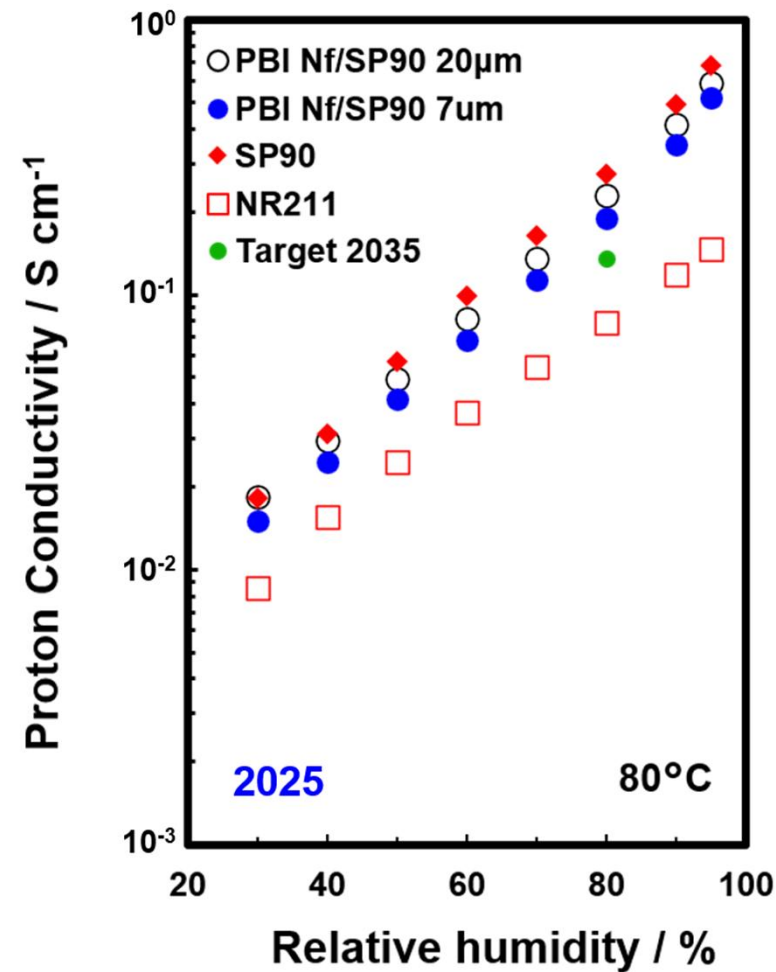
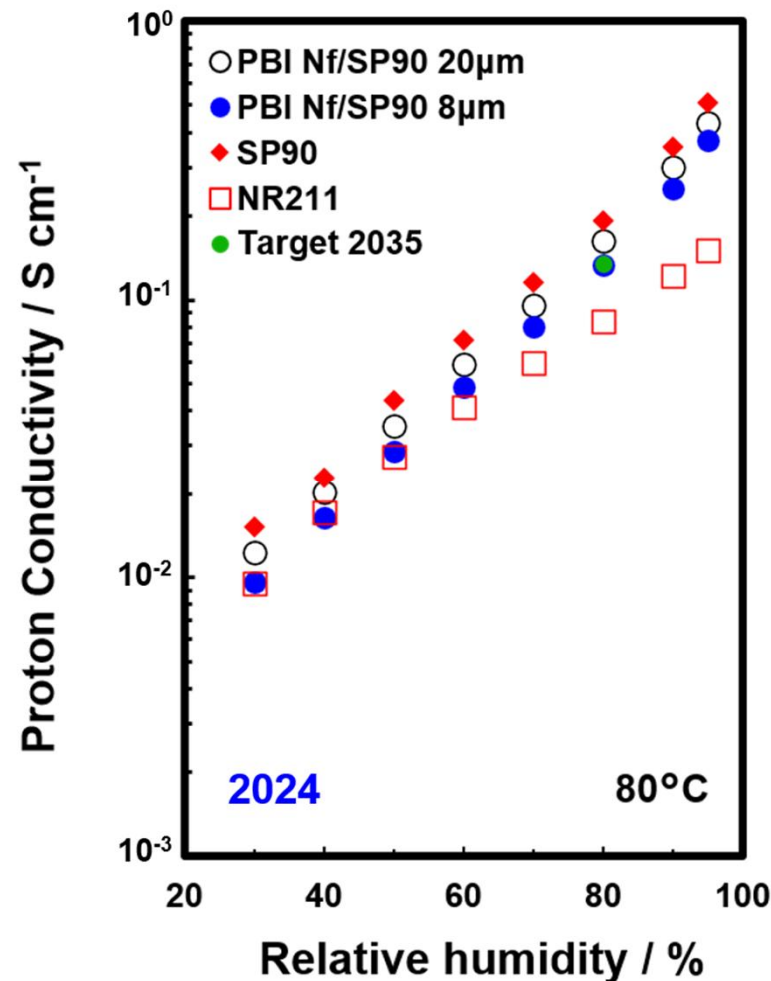
### 事業テーマ1 「新規機能性ナノファイバーストレームワークの開発」



### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

### 事業テーマ2 「高プロトン伝導性高分子マトリックスの開発」





### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

### 事業テーマ2 「高プロトン伝導性高分子マトリックスの開発」

#### 複合電解質膜のプロトン伝導度

| Sample                | プロトン伝導度/S cm <sup>-1</sup> |             |
|-----------------------|----------------------------|-------------|
|                       | 80℃, 80%RH                 | 120℃, 30%RH |
| 2035年度目標値             | 0.135                      | 0.050       |
| PBINF/SP90 7μm (2025) | 0.190                      | 0.030       |
| NR211                 | 0.086                      | 0.016       |

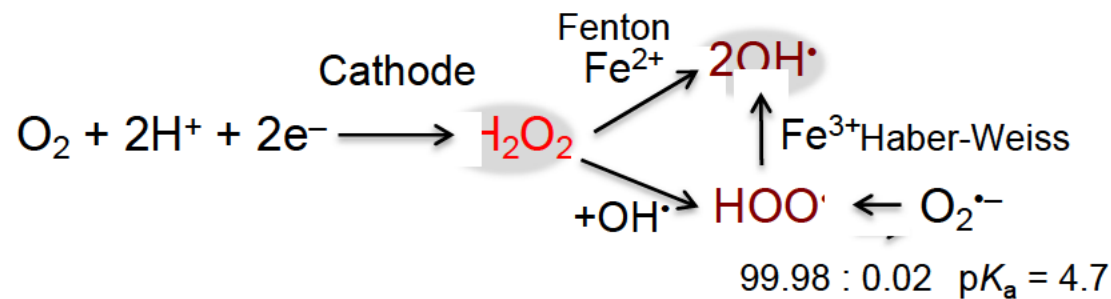
非フッ素系高分子電解質単独膜では、高温低湿条件下でのプロトン伝導度はほぼ2035年目標値を達成している。

複合電解質薄膜での2035年度目標値の達成が課題。

### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

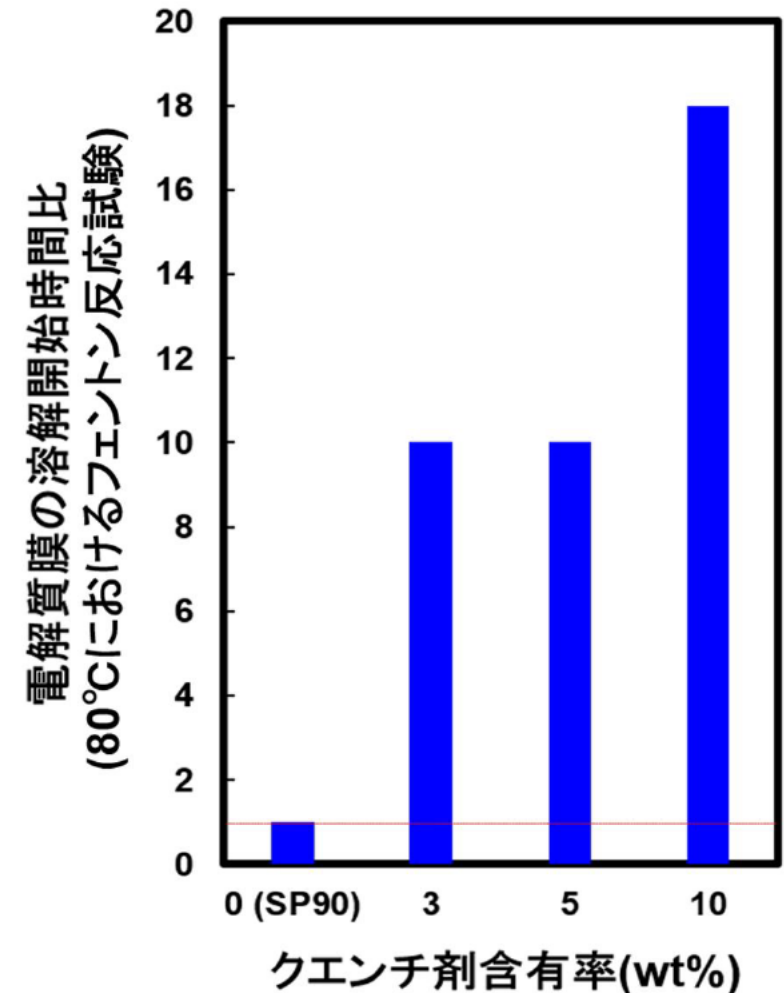
### 事業テーマ3 「高耐久性複合電解質膜の開発」



#### (1) クエンチ剤

クエンチ剤添加によりプロトン伝導度低下

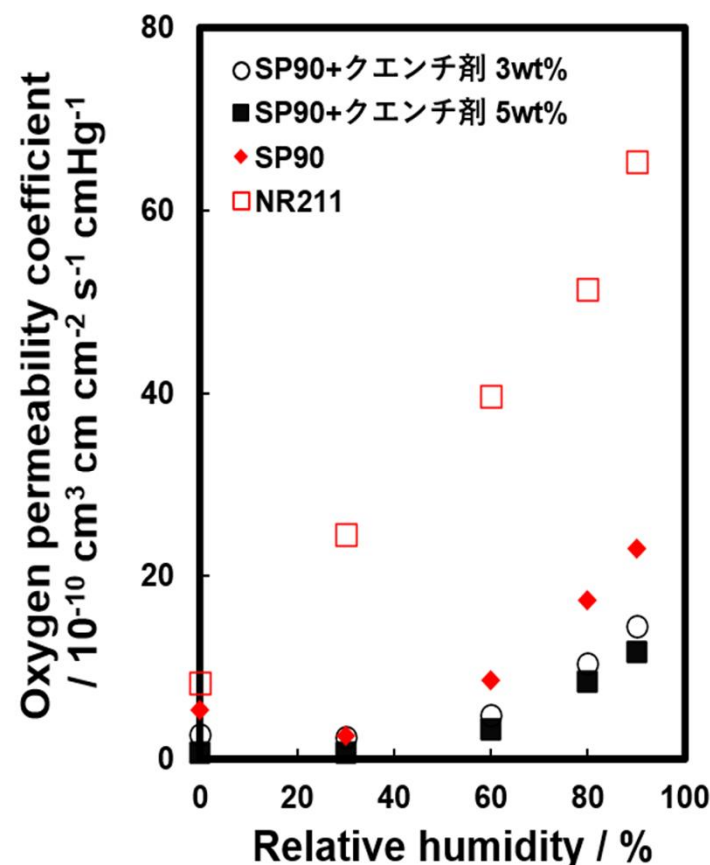
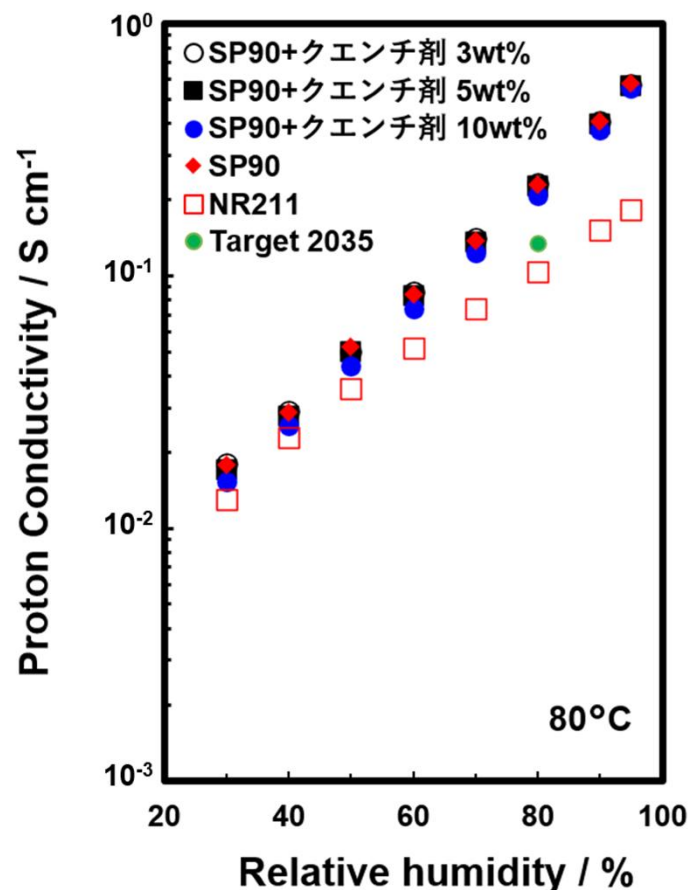
#### (2) 電解質膜のガスバリア性



### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

### 事業テーマ3 「高耐久性複合電解質膜の開発」



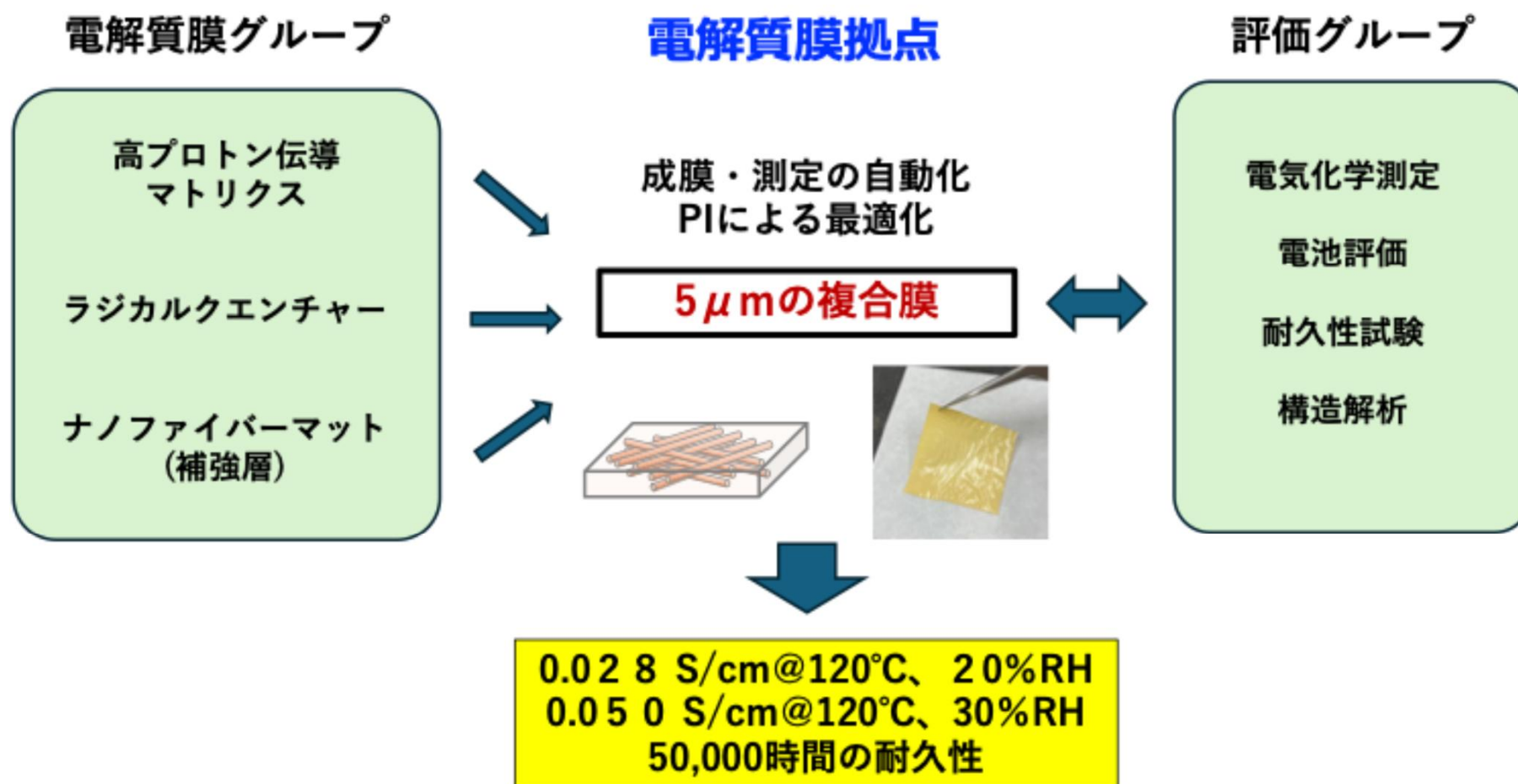
- (1) クエンチ剤添加量増加によるプロトン伝導度の低下は認められない
- (2) クエンチ剤添加量依存的にガスバリア性は向上する

### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

### 事業テーマ4 「複合電解質超薄膜の成膜」

### 電解質膜開発目標

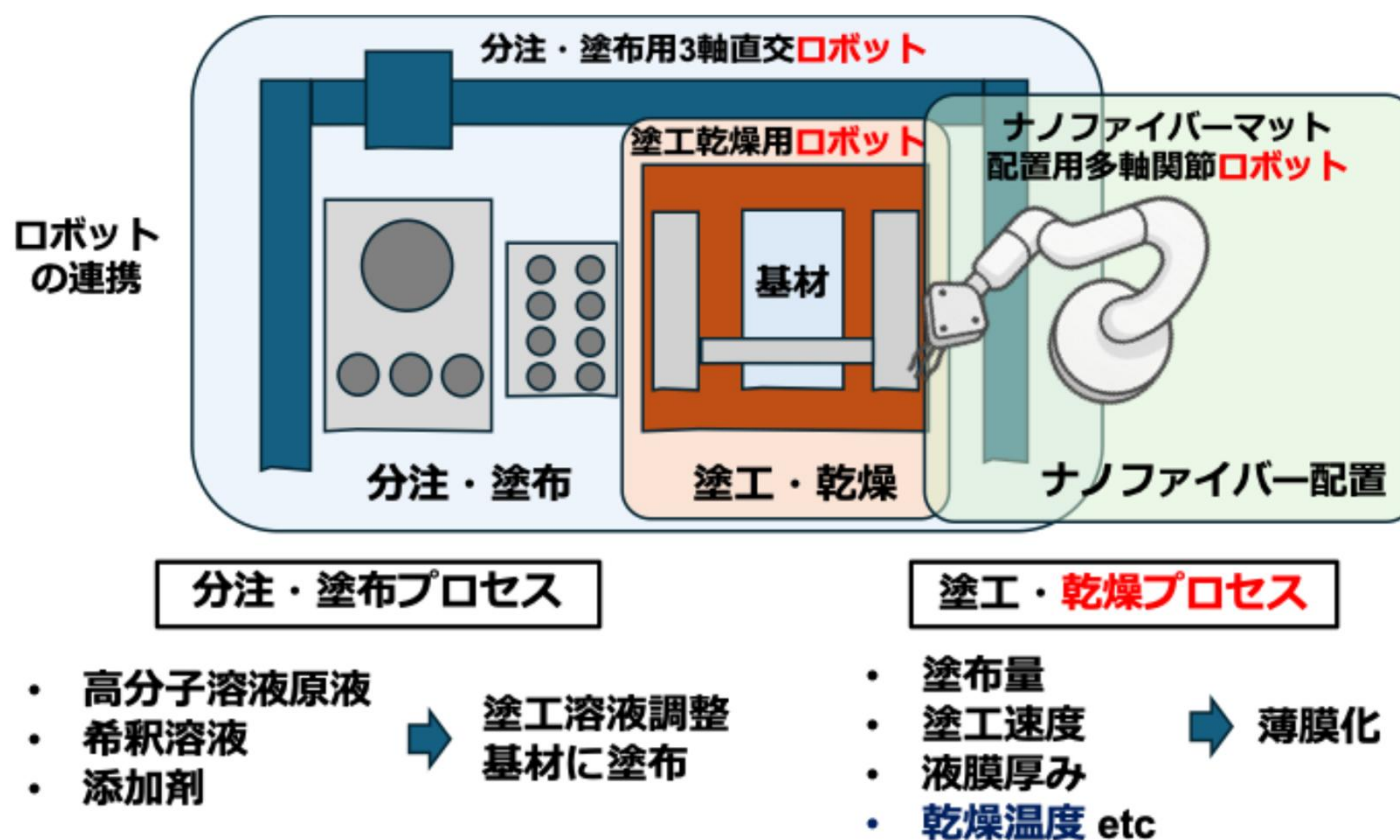


### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

### 事業テーマ4 「複合電解質超薄膜の成膜」

### 電解質膜自動成膜ロボットイメージ



(1) 成膜数 30枚／日 (従来比10倍) (2) 属人性排除による再現性確保



### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

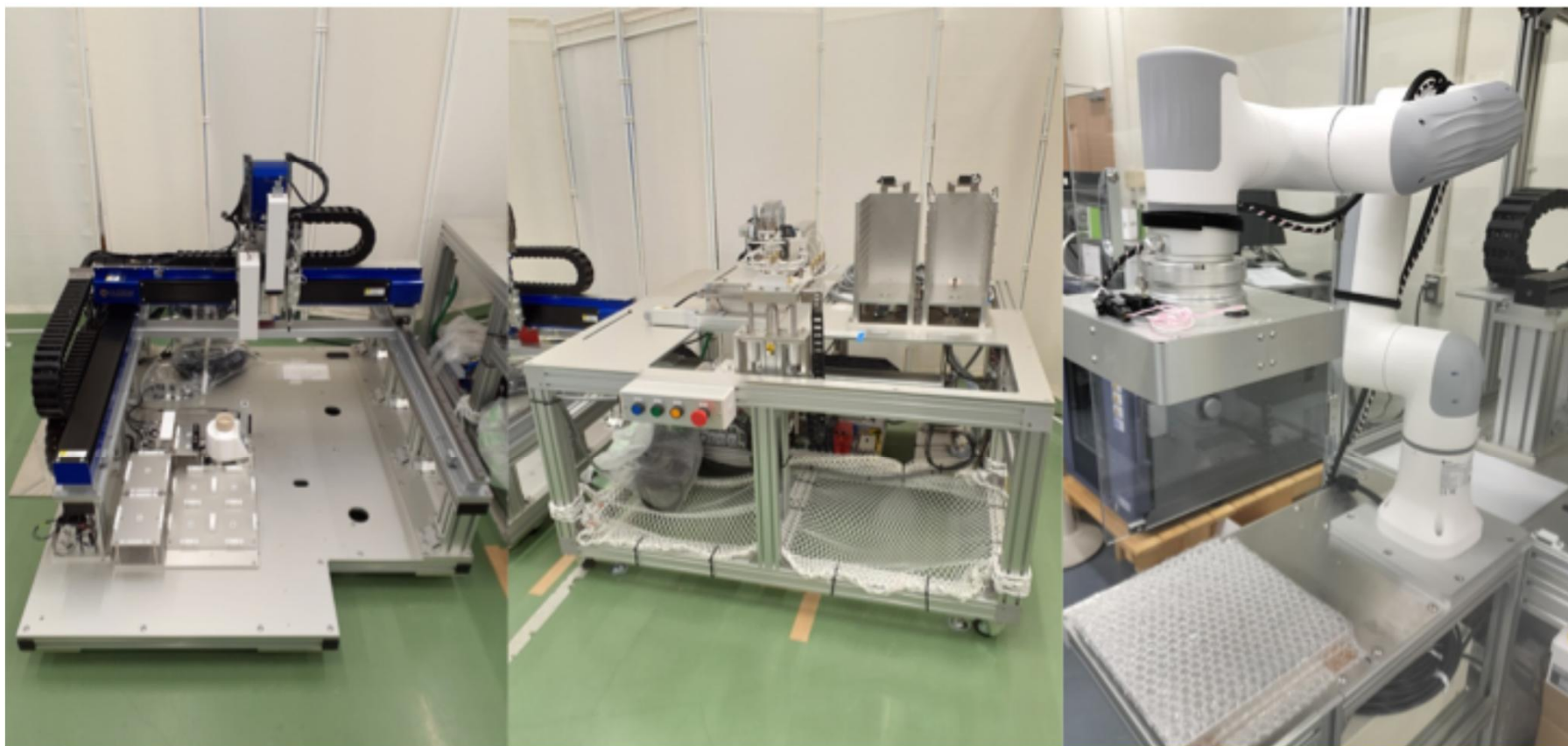
### 事業テーマ4 「複合電解質超薄膜の成膜」

### 電解質膜自動成膜ロボットイメージ

分注・塗布用3軸直交  
ロボット

塗工乾燥用ロボット

ナノファイバーマット配置用  
多軸関節ロボット



### 3. 研究開発成果について

## 2025年度の研究開発成果

### 事業テーマ4 「複合電解質超薄膜の成膜」

### 自動塗布ロボット導入による再現性向上

溶媒乾燥プロセスが膜物性を大きく支配

- (1) 溶媒蒸発速度
- (2) ゲル化点

塗布工程へのロボット導入は極めて有効

#### 自動塗布ロボット構成

3軸移動ロボット



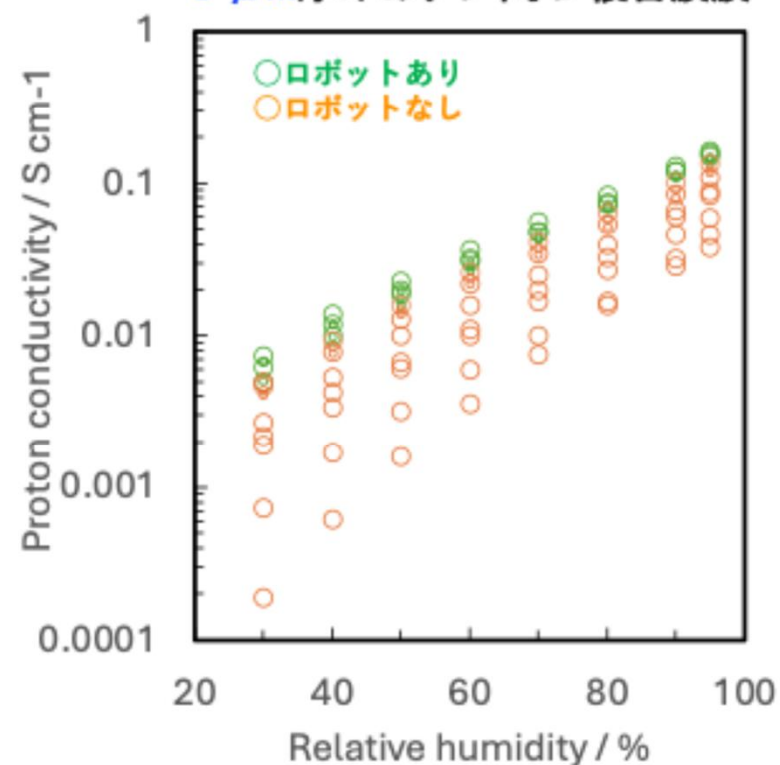
定量ディスペンサー



伝導度の再現性向上

最適なプロセス構築へ

8  $\mu\text{m}$ 厚みのナフィオン複合膜膜



## 4. まとめと今後の取り組み

### まとめ

- (1) 概ね2035年度目標に掲げた伝導度や膜厚は個別には達成することができたが、5 $\mu$ m膜厚からなる電解質膜での伝導度の達成には至っていない。
- (2) 化学的耐久性は膜のガスバリア性向上により目標達成の可能性を見通すことができたが、機械的耐久性には課題があり湿潤-乾燥サイクルでは膜の破断が認められた。
- (3) 新規成膜用ロボットの開発は終えたが、まだそれらの連動性の確認が行えていない。2026年度には3体のロボットを連動した成膜装置を稼働し、成膜条件の最適化に取り組む。

### 今後の取組

- (1) プロトン伝導性の課題は120°C, 20%RHで目標値を達成することである。その為の新規電解質膜用マトリックスポリマーの合成を行う。
- (2) 機械的耐久性は電解質膜用マトリックスポリマーとナノファイバーにより決まってくる。それらの組み合わせ情報を収集し、目標の達成を目指す。
- (3) 3体ロボットと連動した成膜装置を稼働させ、その成膜条件の収集とその情報を用いた機械学習から最適な成膜条件を導く。





TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY  
**東京都立大学**