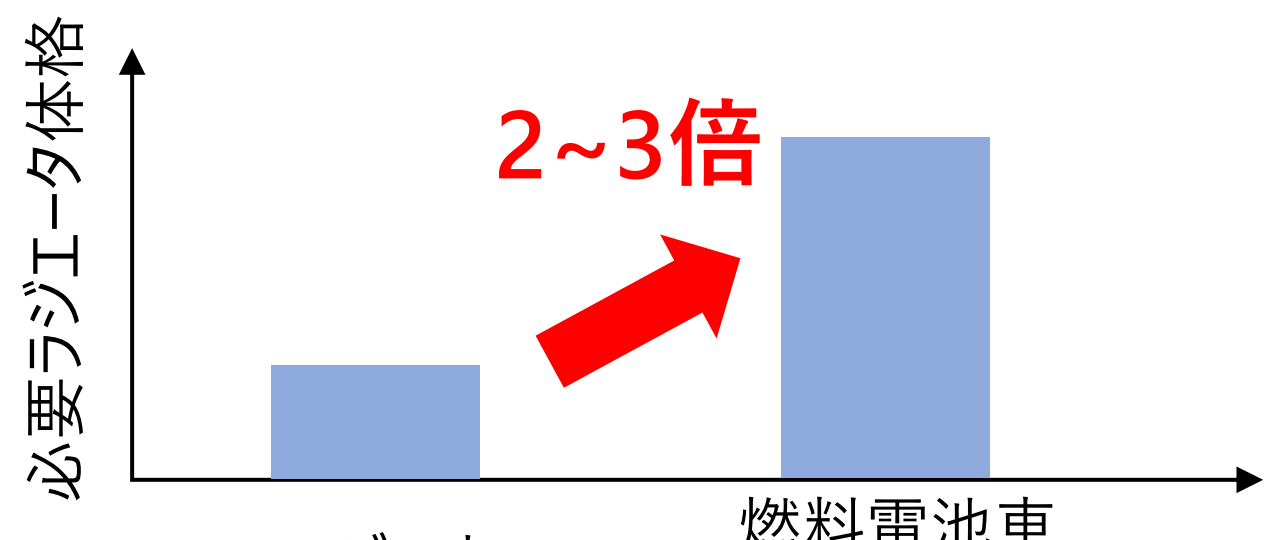


< 研究開発の背景 >

燃料電池（FC）の冷却課題

同じ出力ユニットで必要なラジエータ体格の比較¹⁾



FCEVでは大きなラジエータが必要
(居住性・積載性の低下)

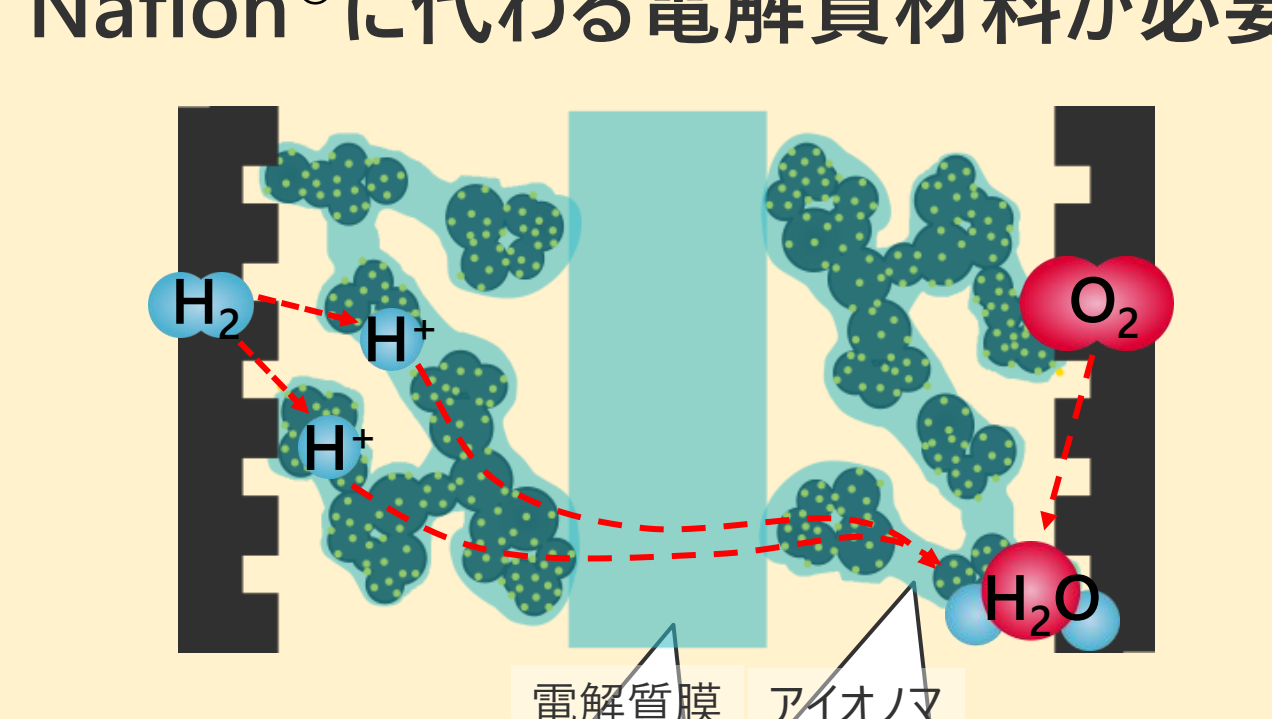
原因 ①エンジンより排気損失が小さい
②冷却水温度（動作温度）が低い

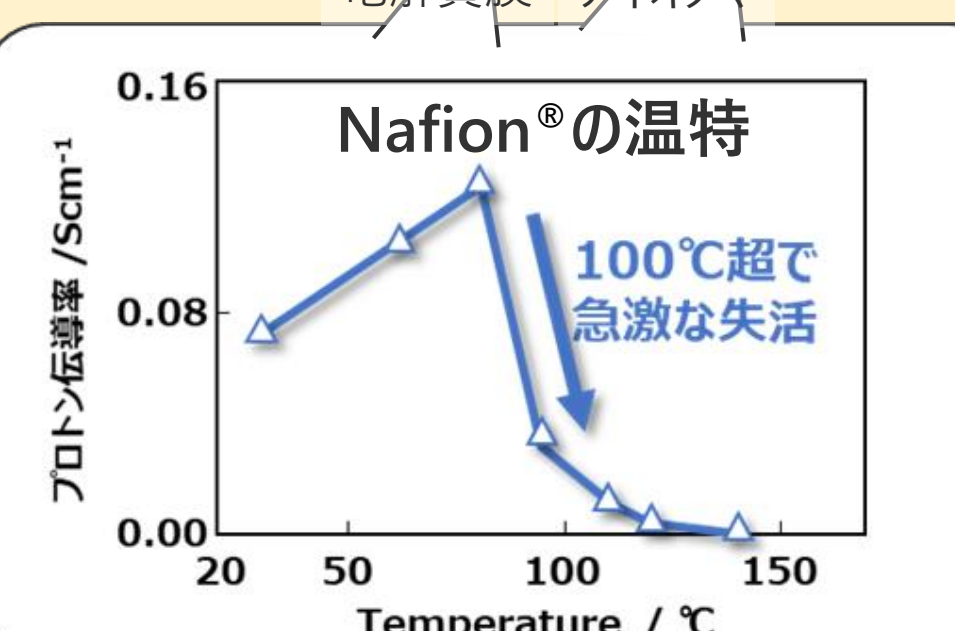
$$放熱量(Q) = K_f(T_{FC} - T_{air})$$

燃料電池動作温度と大気温度差

燃料電池の動作温度向上により、ラジエータ体格の小型化が可能

FC動作の高温化にはNafion®に代わる電解質材料が必要





必要特性

伝導率 (100℃超、低湿度)	100 mS/cm
耐水性 (高温蒸気・30℃液水)	暴露前後の 質量維持99%以上

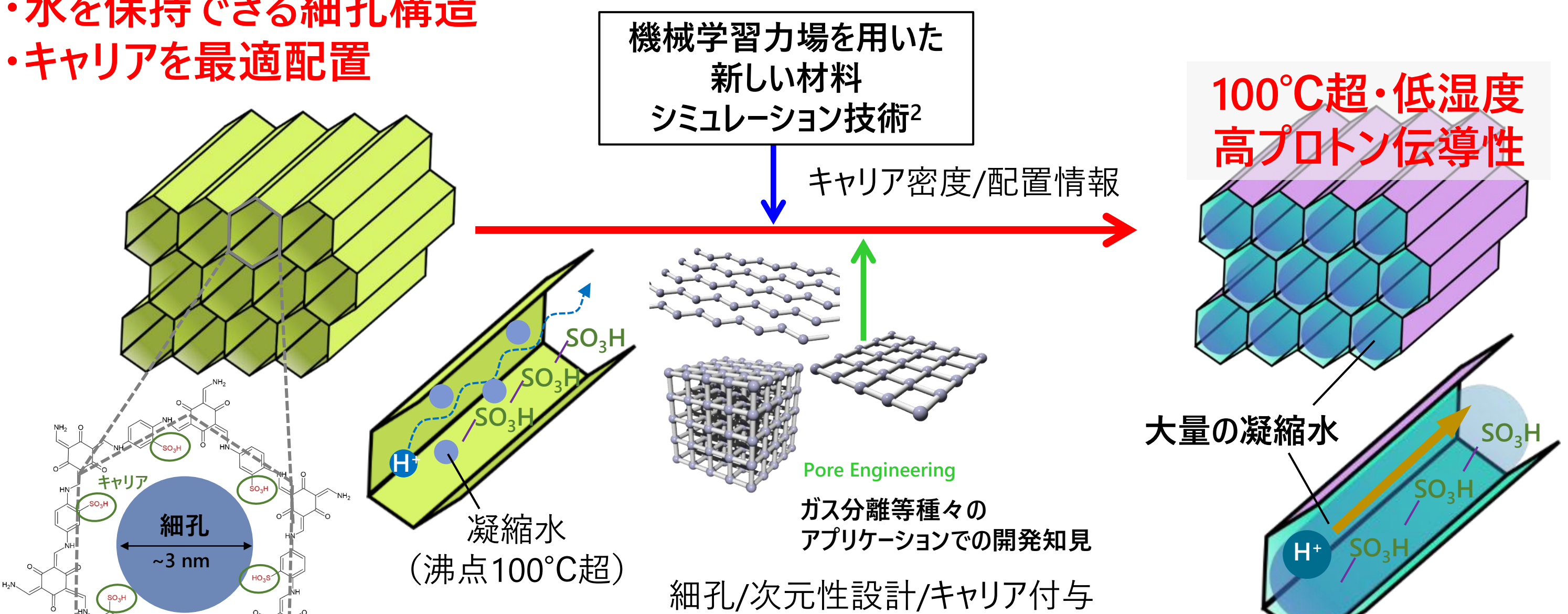
100℃超・低湿度下で機能する電解質膜を開発し、FCEVの普及に貢献

1) デンソーテクニカルレビュー-2019, 24, 111. トヨタテクニカルレビュー-2015, 61, 47.自動車技術会論文集 2021, 51, 142.

< 研究開発のコンセプト >

共有結合性有機構造体（COF）の基本骨格に

・水を保持できる細孔構造
・キャリアを最適配置



機械学習力場を用いた新しい材料シミュレーション技術²⁾

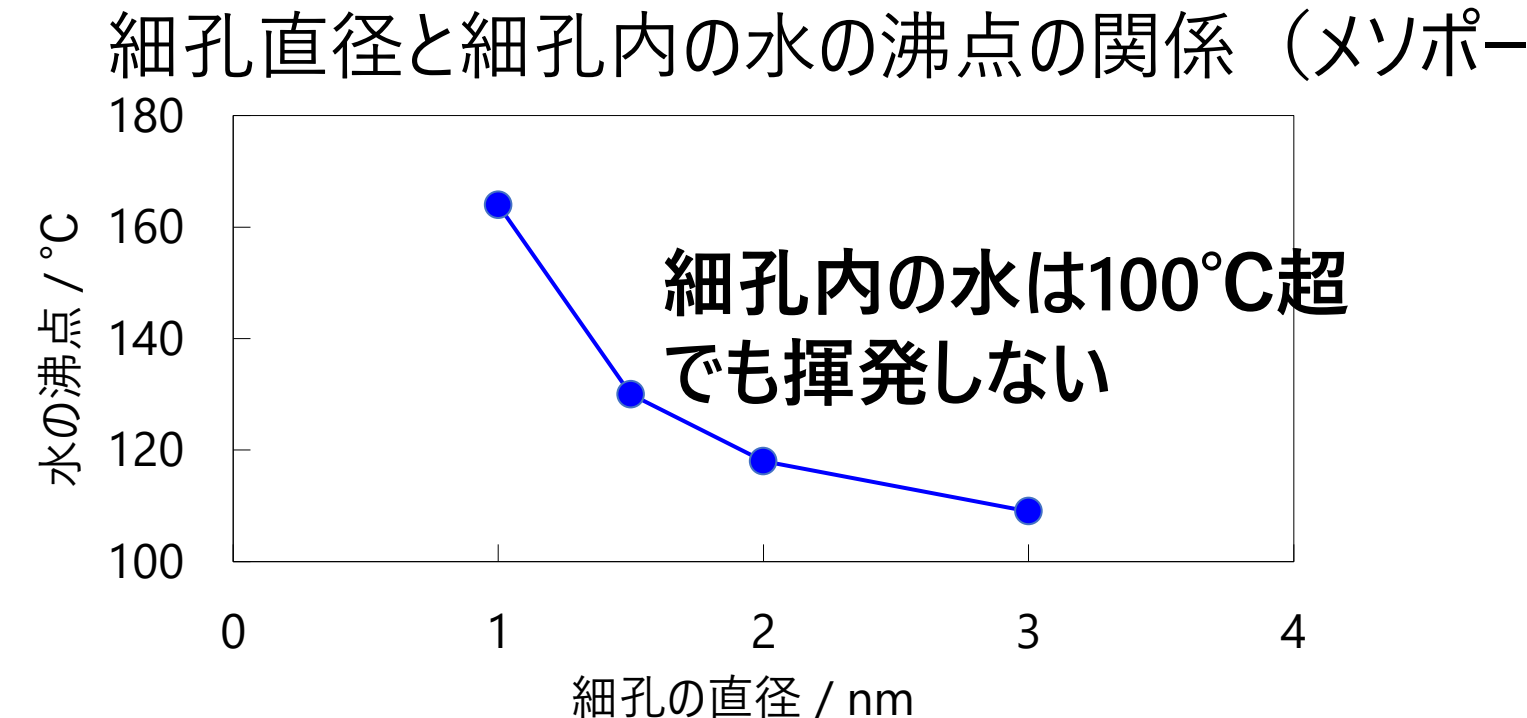
キャリア密度/配置情報

100℃超・低湿度高プロトン伝導性

大量の凝縮水

水を利用した高プロトン伝導

細孔直径と細孔内の水の沸点の関係（メソポーラスシリカの例³⁾）

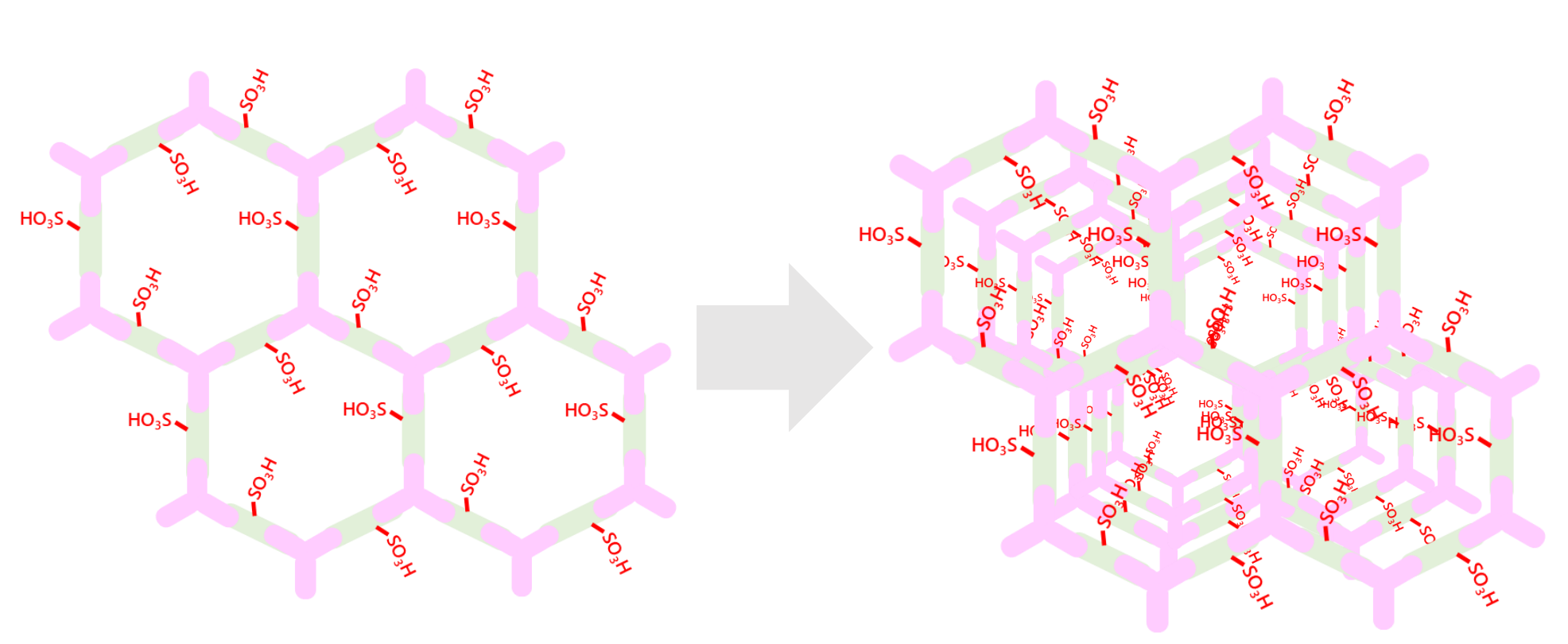


素材全体の耐水性とナノ細孔の親水性で高伝導と高耐水を両立

2) Physical Chemistry Chemical Physics, 2022,24, 15522.
3) Progress in Zeolite and Microporous Materials Studies in Surface Science and Catalysis, 1997, 105, 543.

< 得られた成果 >

COFの材料設計



2次元COFシート積層化で1次元細孔を形成

Nafion		COF (設計構造)
プロトン濃度 (スルホ基/イオンチャンネル体積)	1.4 mol/L (材料全体の平均) 5 mol/L (λ=11の水クラスター内)	6.6 mol/L

Nafion以上の高キャリア密度を有する

COF膜の作製技術

一般的なCOF材料

粉末→ペレット



自立不能・脆い
・伝導率測定が困難
・システム搭載不可

開発した技術

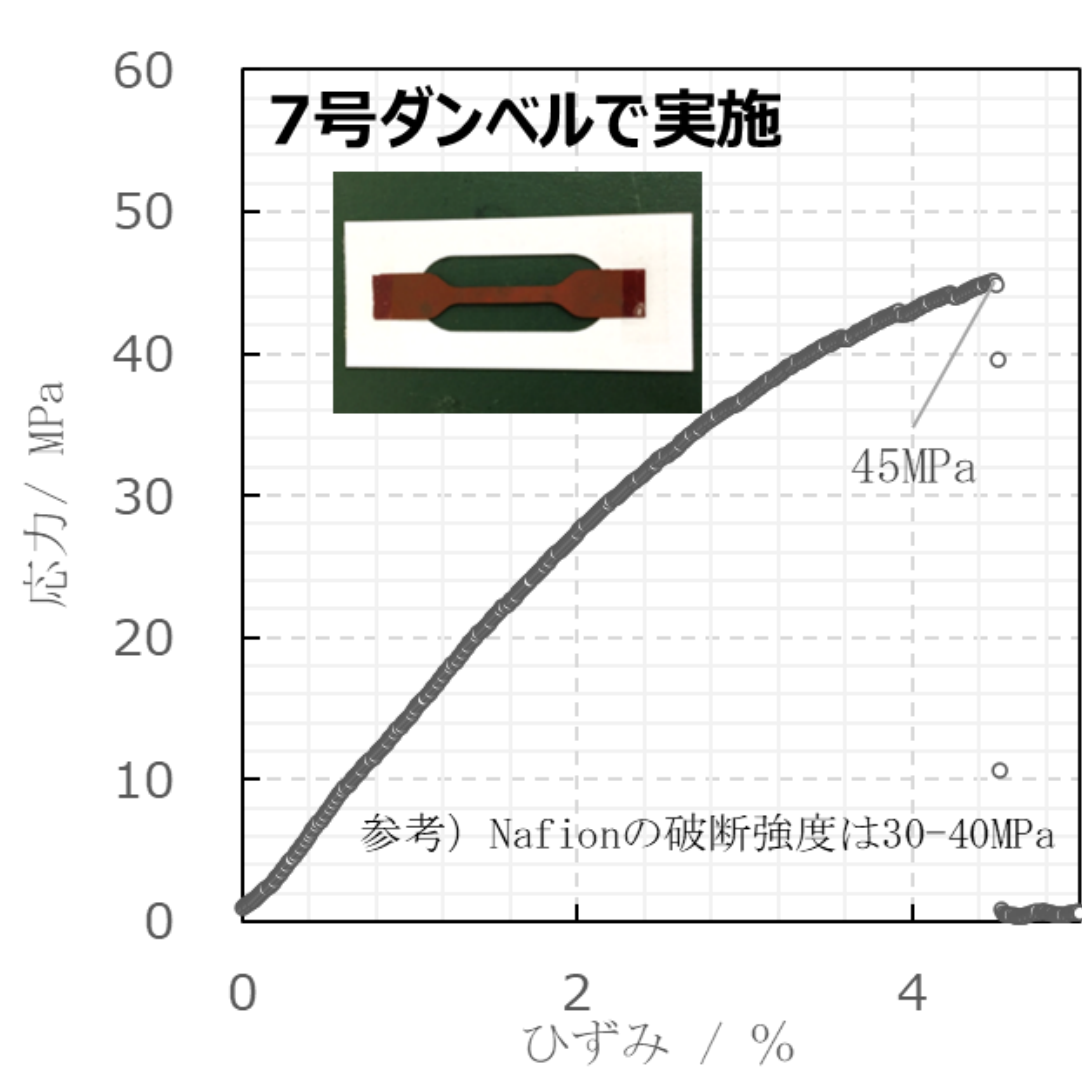
COF自立膜



4cm程度

・高密度
・機械強度45MPa以上

COF自立膜の引張試験



7号ダンベルで実施

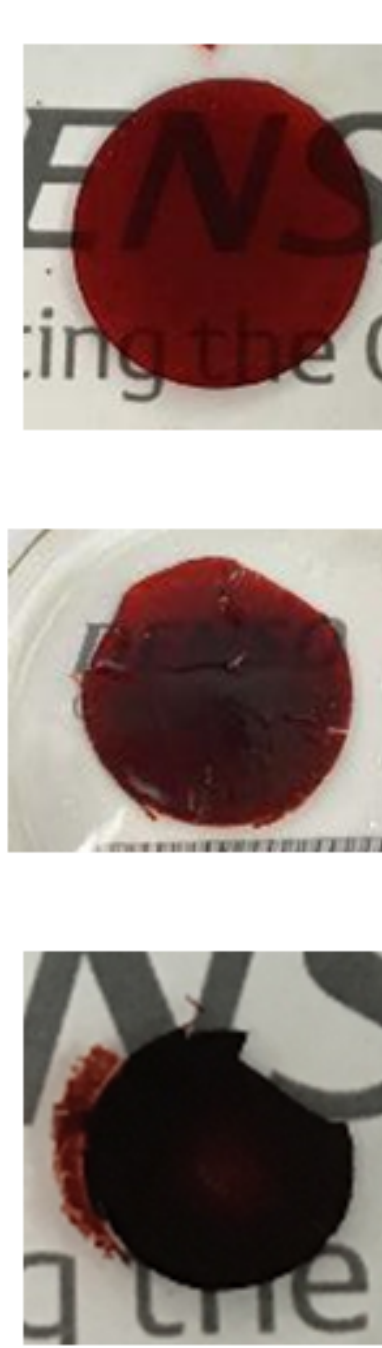
45MPa

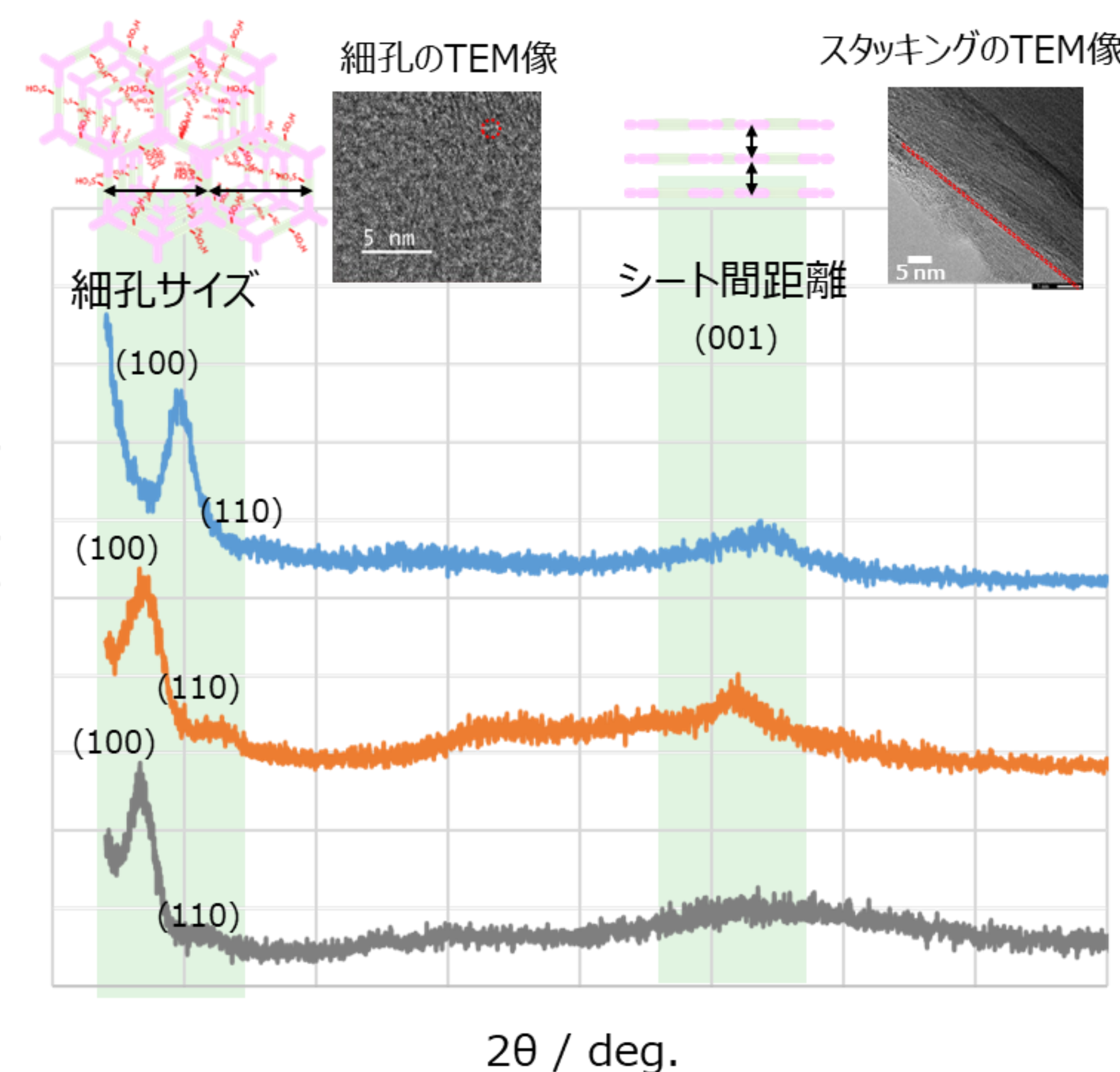
参考) Nafionの破断強度は30-40MPa

高強度COF自立膜の作製に成功

細孔サイズ制御技術

作製したCOF膜





細孔のTEM像

スタッキングのTEM像

細孔サイズ (100)

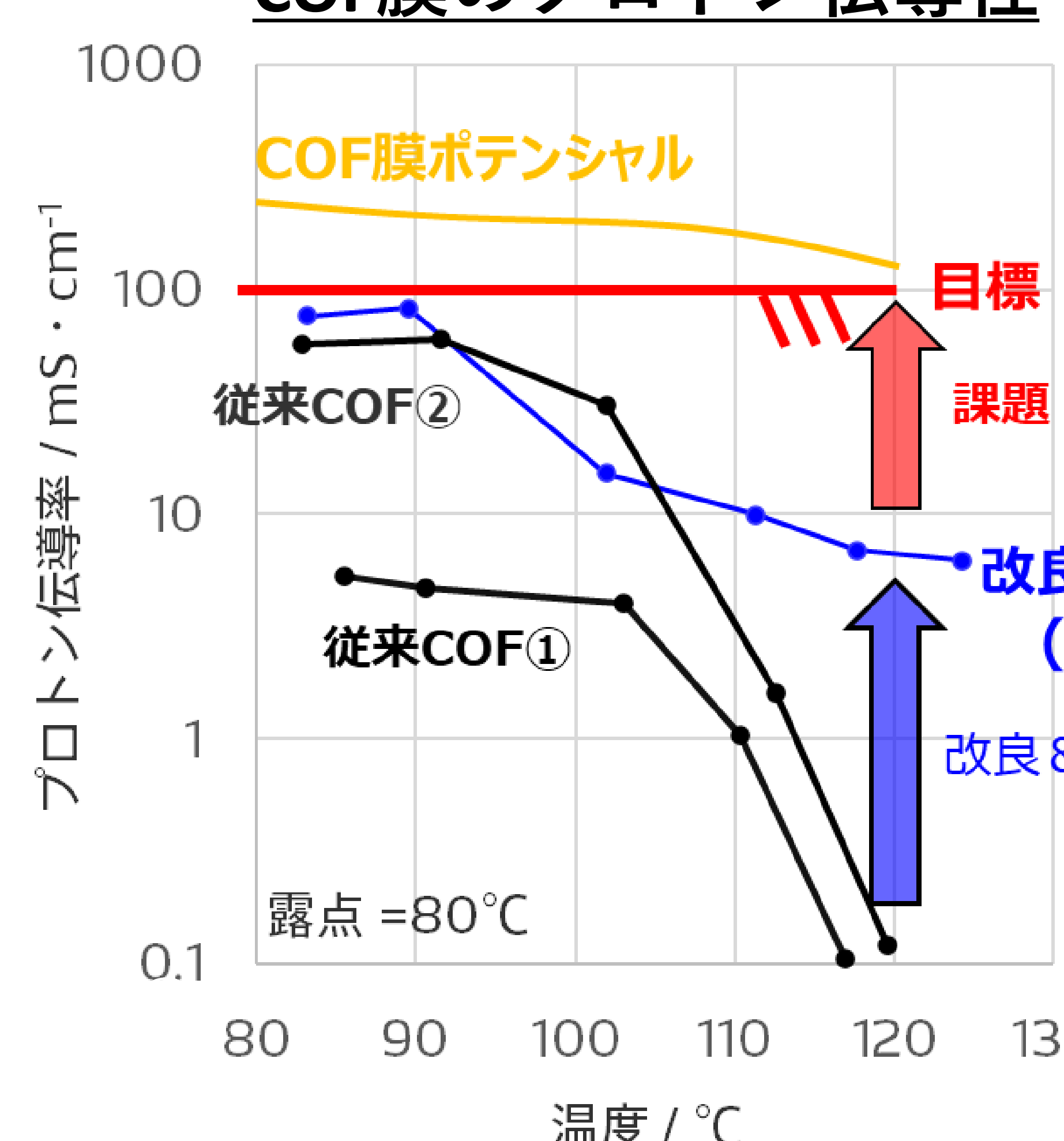
シート間距離 (001)

Intensity (a.u.)

2θ / deg.

COFの細孔サイズ制御に成功

COF膜のプロトン伝導性



COF膜ポテンシャル

従来COF②

従来COF①

改良COF膜 (現状)

改良&膜化

露点 = 80℃

目標

課題：キャリア密度増
COF品質向上

キャリア密度増・品質向上により目標達成可能