

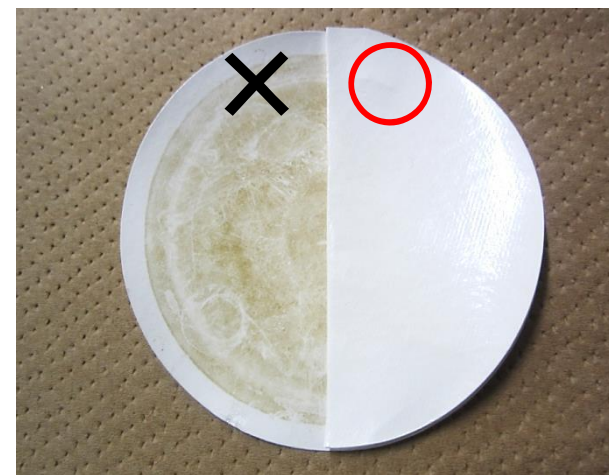
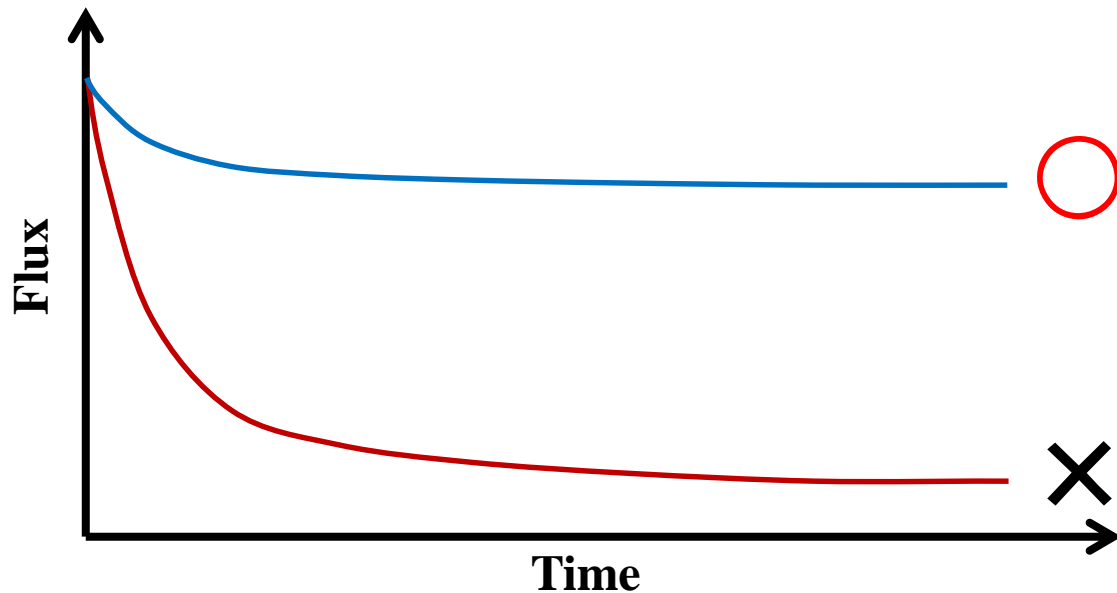
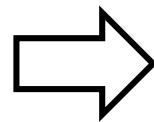
促進酸化水を利用した 簡便な膜面修飾法による 低ファウリング膜の開発

工学院大学 先進工学部 環境化学科
教授 赤松 憲樹

2024年7月11日

背景：膜使用時の問題点

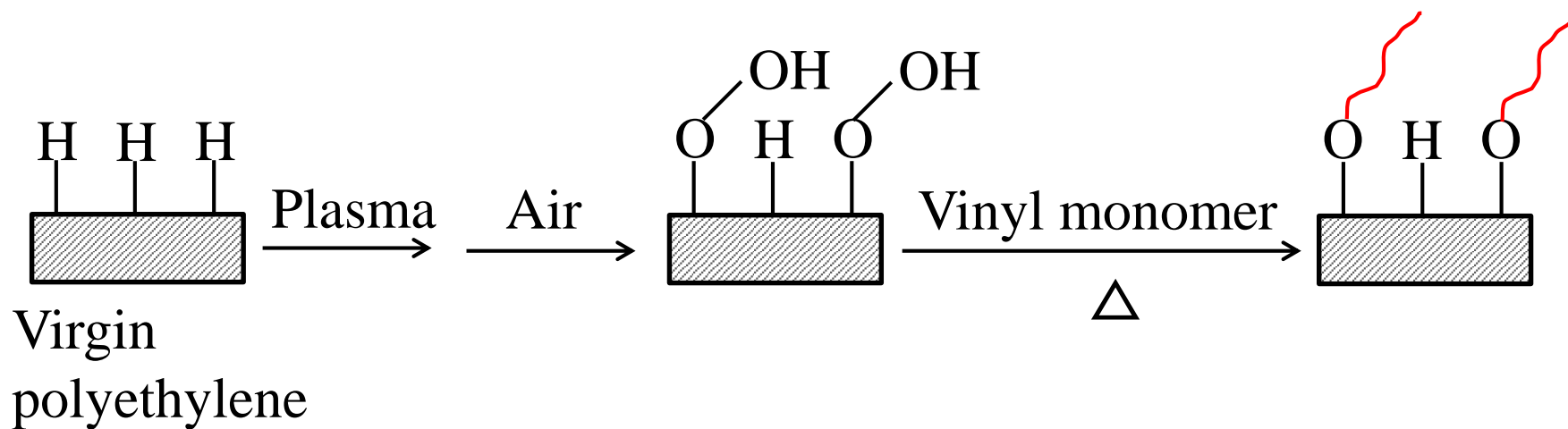
- 膜はファウリングする（汚れによる性能低下）



従来技術と課題

- 膜の表面および細孔内部に機能性ポリマー（低フアウリングポリマー）をグラフトする手法が注目されている

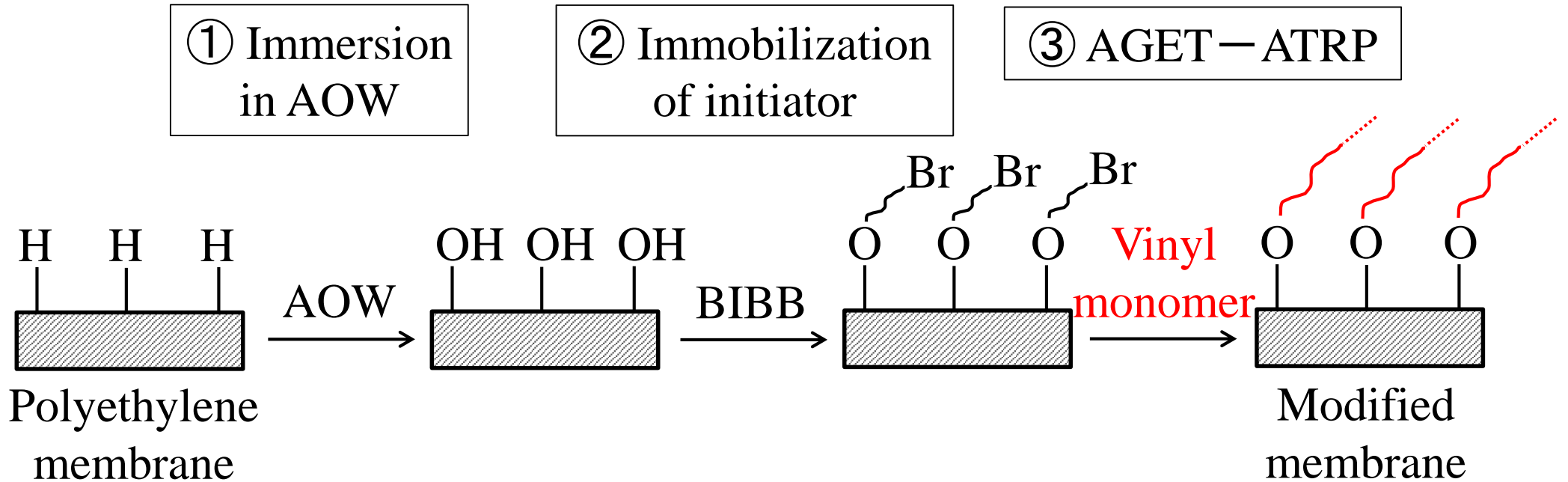
例：プラズマグラフト重合法



- 多くの場合、減圧操作や脱酸素操作を要し、スケールアップが難しい

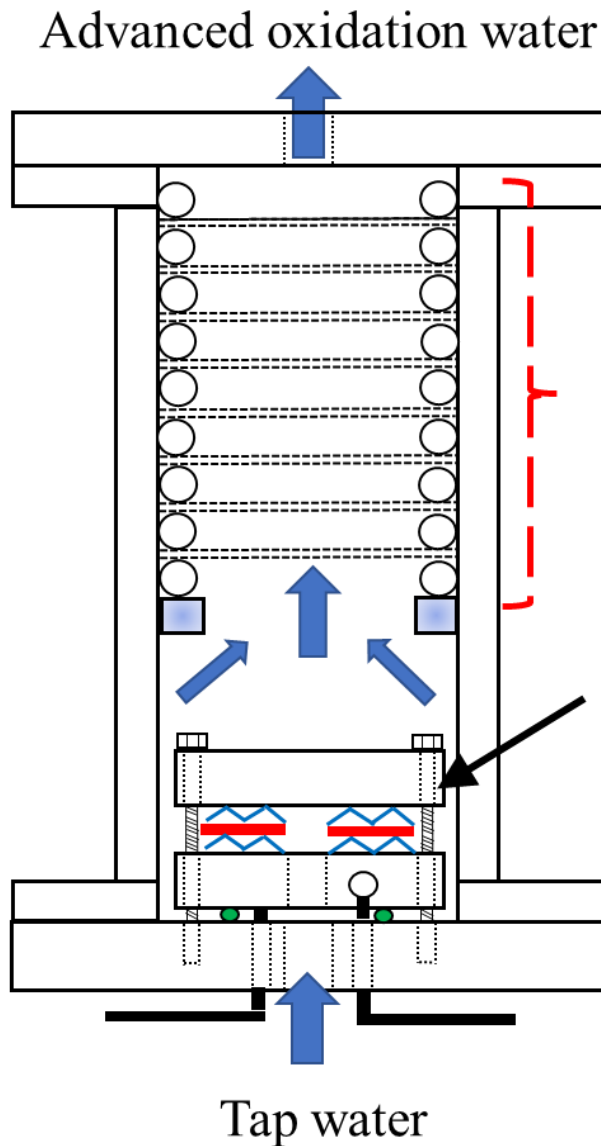
新技術の特徴

- 減圧操作や脱酸素操作が不要



- 原理的に、膜モジュール内で一括修飾が可能
⇒スケールアップ可能

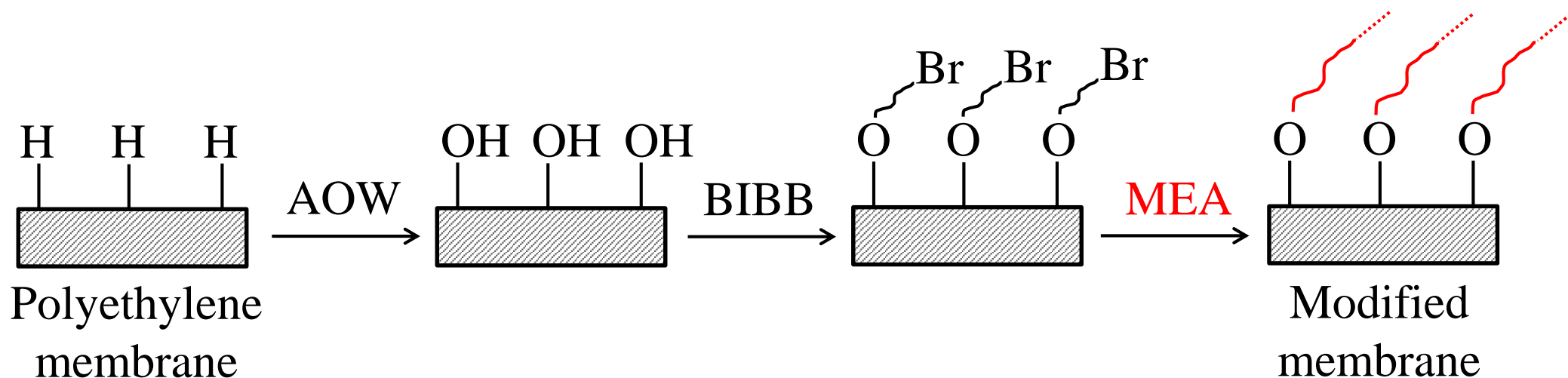
促進酸化水の製造



Water flow rate [L/min]	1
Ozone [ppm]	2
H ₂ O ₂ [ppm]	0.3

・水電解でつくる O₃ と H₂O₂ が共溶存した機能水 (現状, 20~50 L/min も可能)

膜面および細孔内部修飾法



①AOW

Immersion in AOW [h]	0.5
----------------------	-----

①Fenton

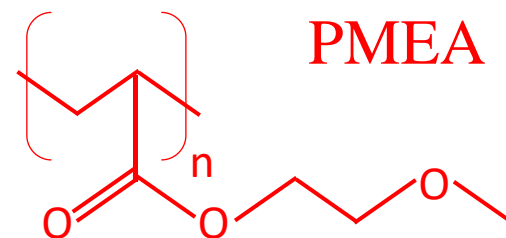
50vol% EtOHaq [mL]	40
N ₂ bubbling [min]	15
FeCl ₂ [g]	0.04
H ₂ O ₂ [ml]	2.2
Reaction at 50°C [h]	1

②Bromination

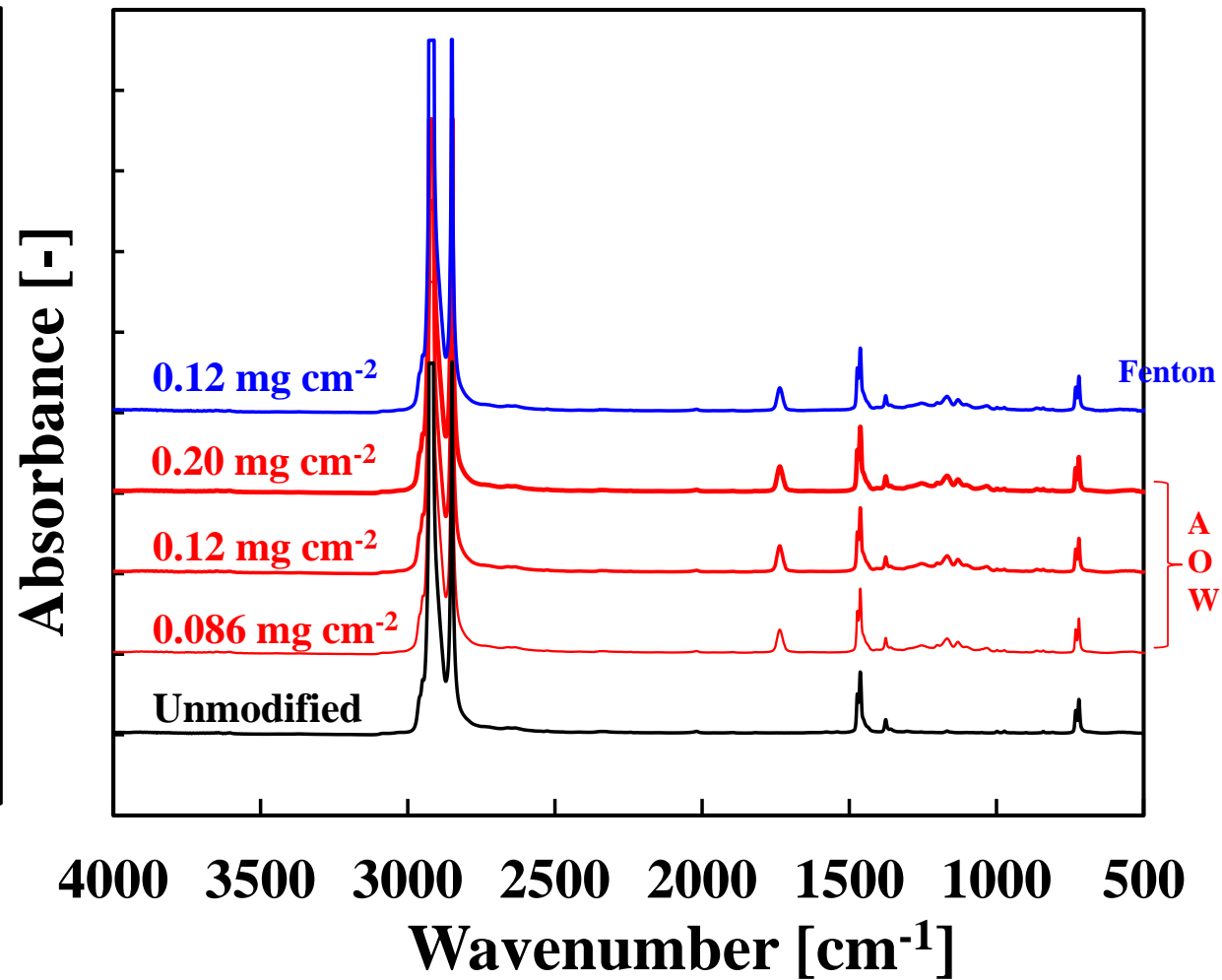
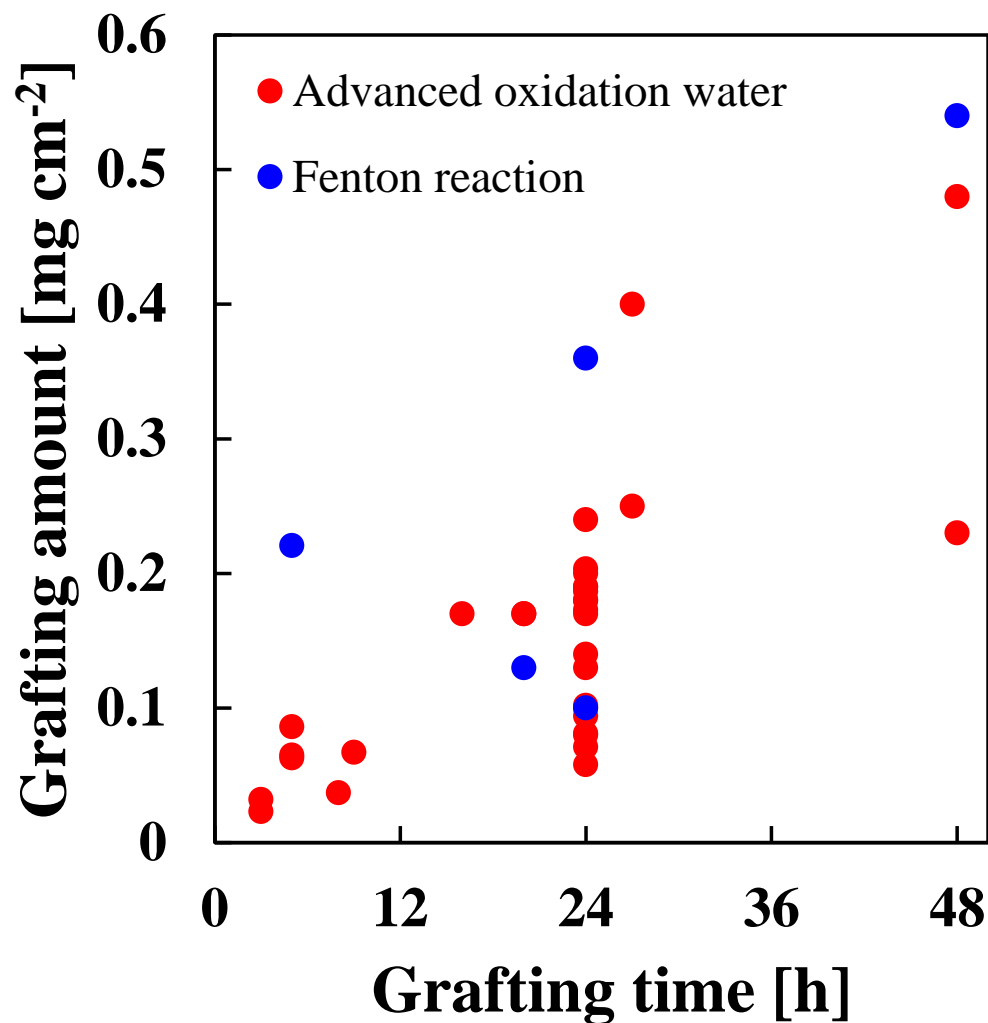
Super-dehydrated dichloromethane [mL]	40
Triethylamine [mL]	3.5
BIBB [mL]	3.3

③AGET-ATRP

MEA [mol L ⁻¹]	1.0
Pure water [mL]	20
Ascorbic acid [mol L ⁻¹]	0.20
PMDETA [μL]	140
CuBr ₂ [g]	0.020



修飾量制御, FT-IR分析

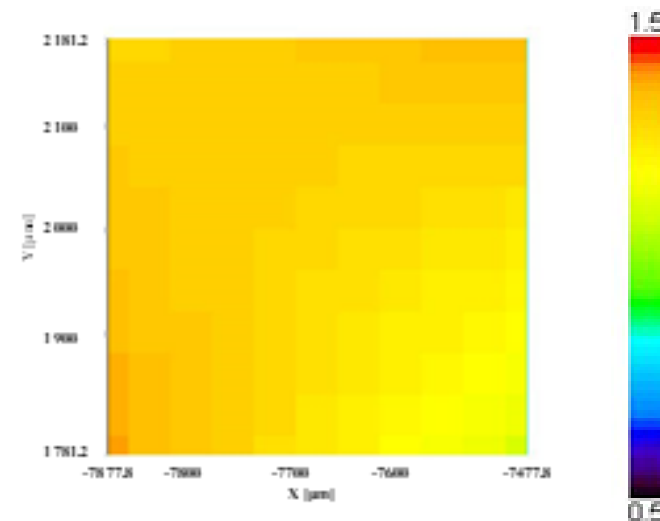
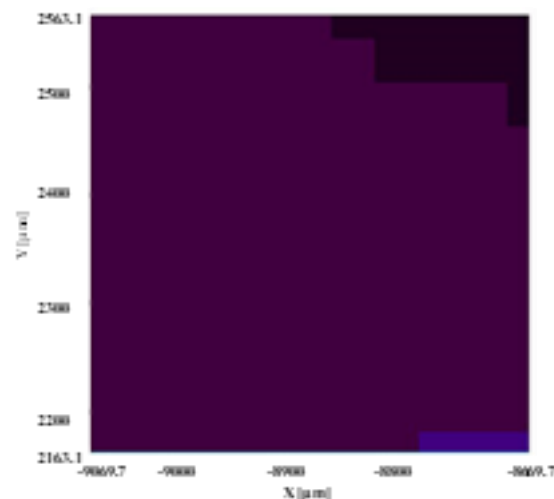
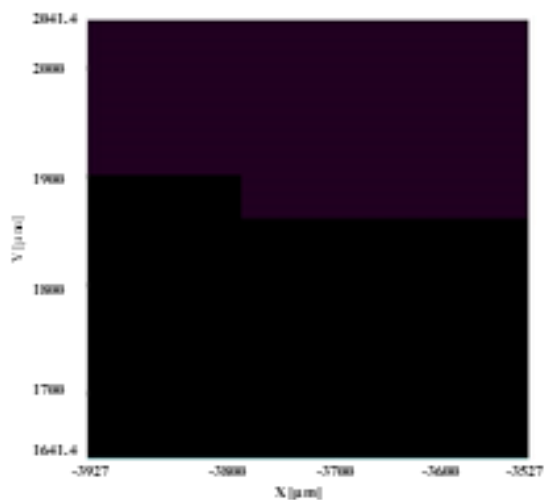


顕微FT-IRによる表面均一性評価

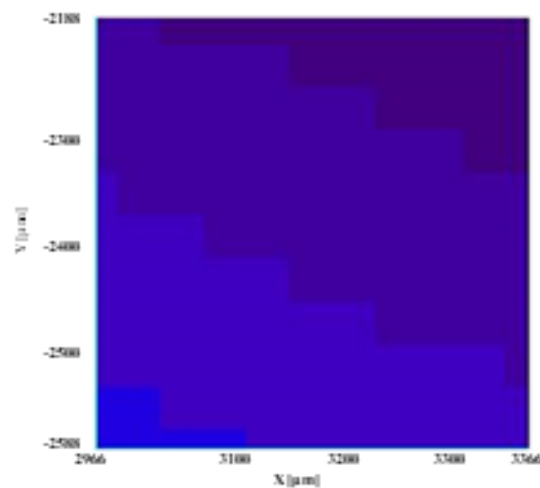
(a) 0.086 mg cm^{-2}

(b) 0.12 mg cm^{-2}

(c) 0.20 mg cm^{-2}

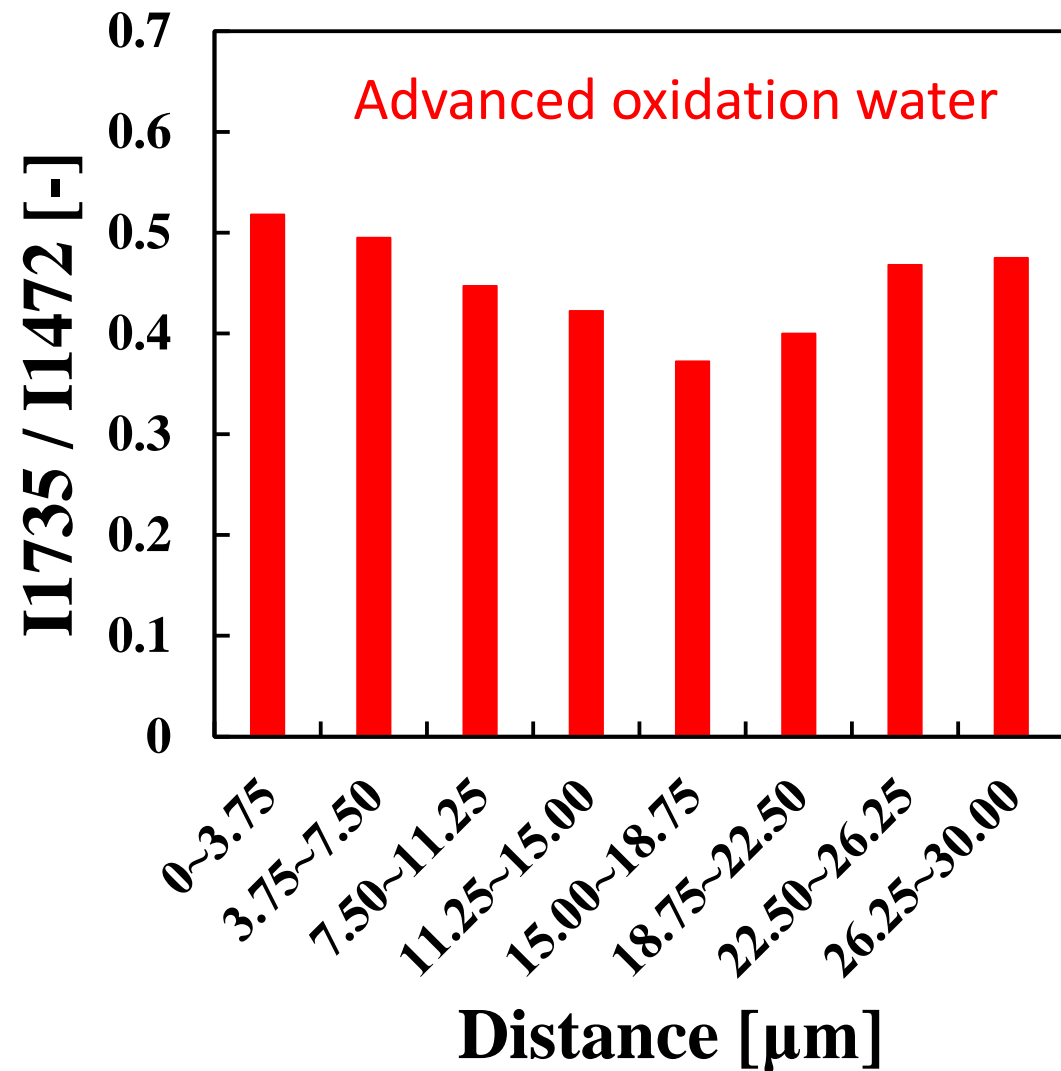
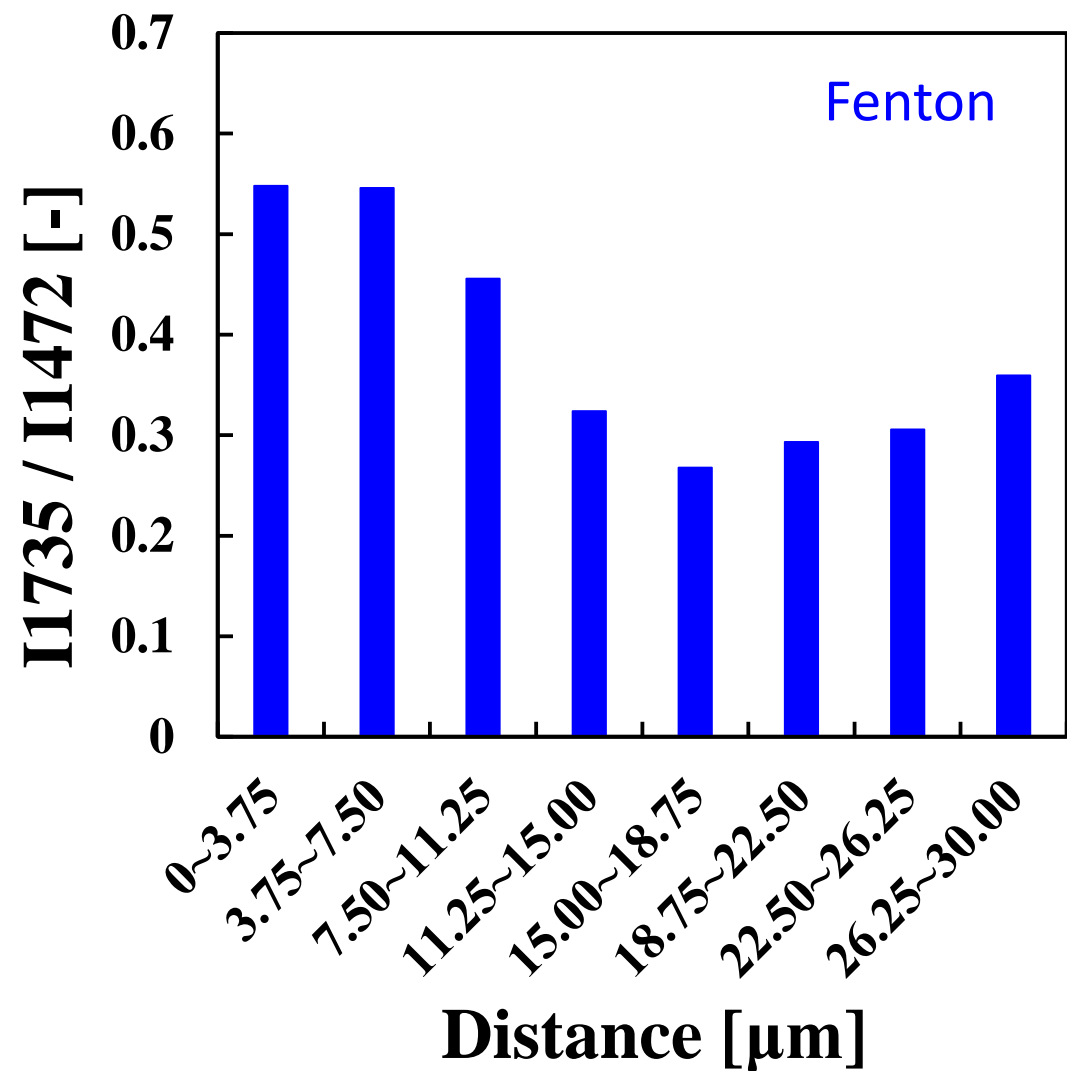


(d) 0.12 mg cm^{-2} (Fenton)



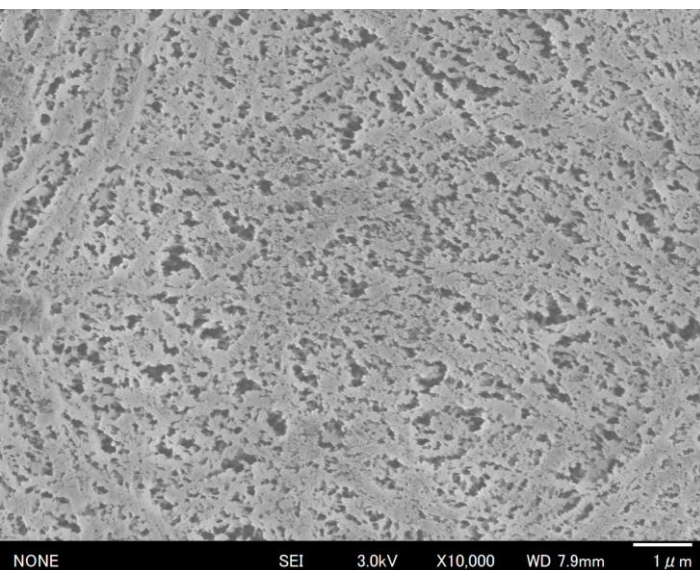
I1735 / I1472
($400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$)

膜厚方向の均一性評価 (0.10 mg cm^{-2})

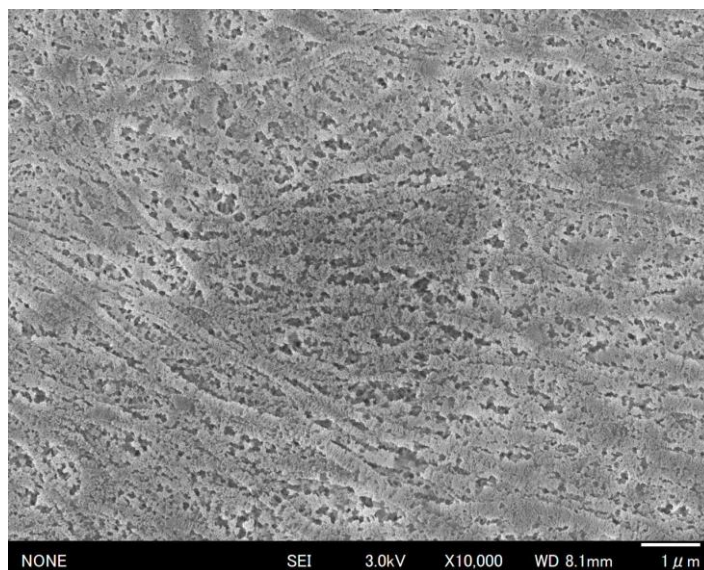


FE-SEMによる表面観察 (×10,000)

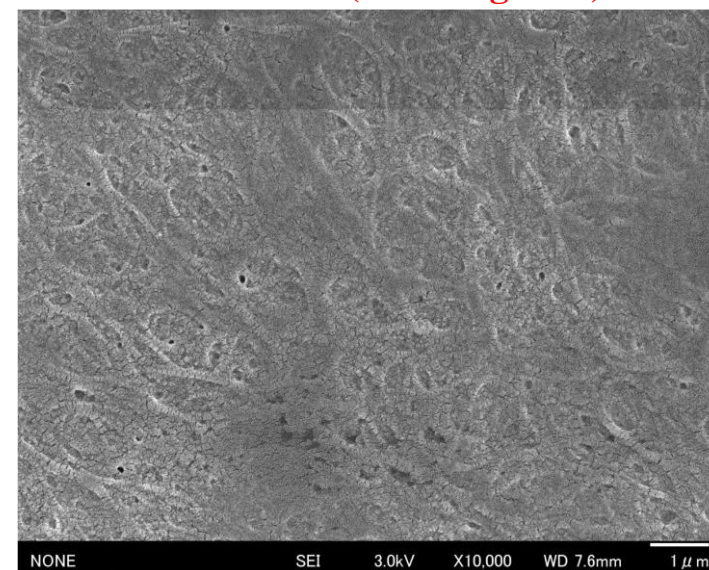
(a) unmodified



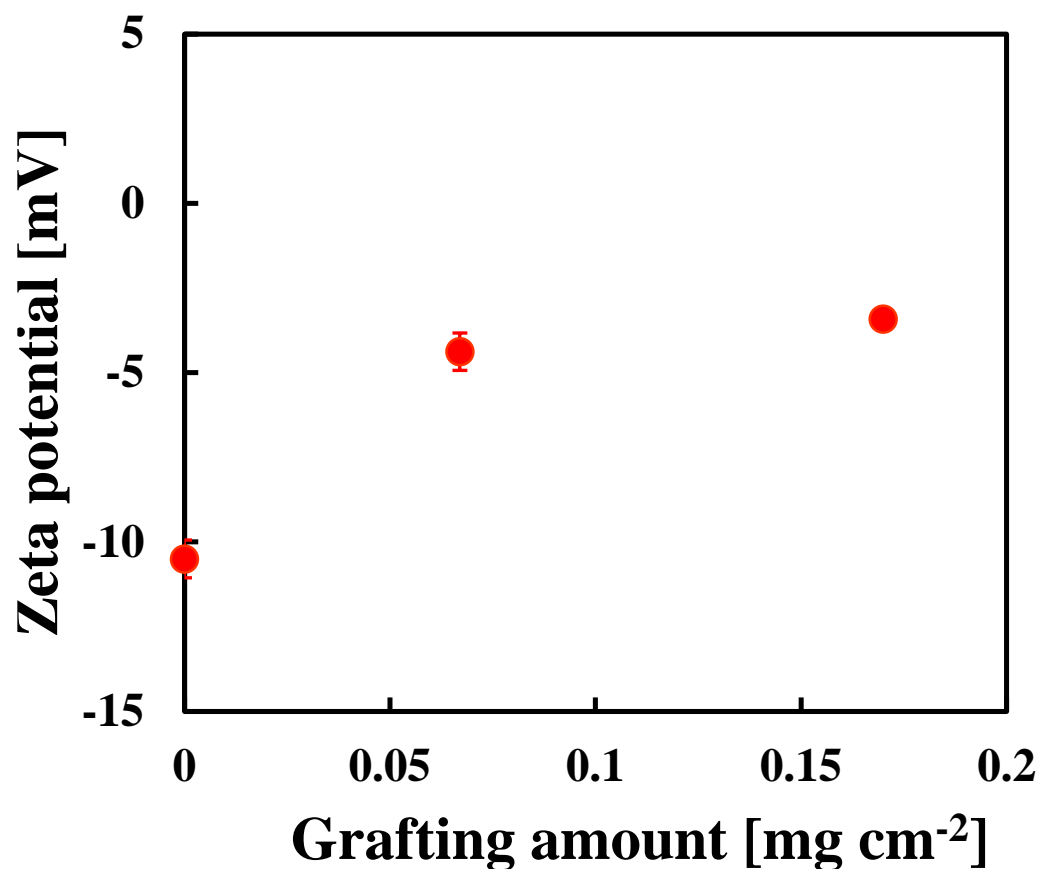
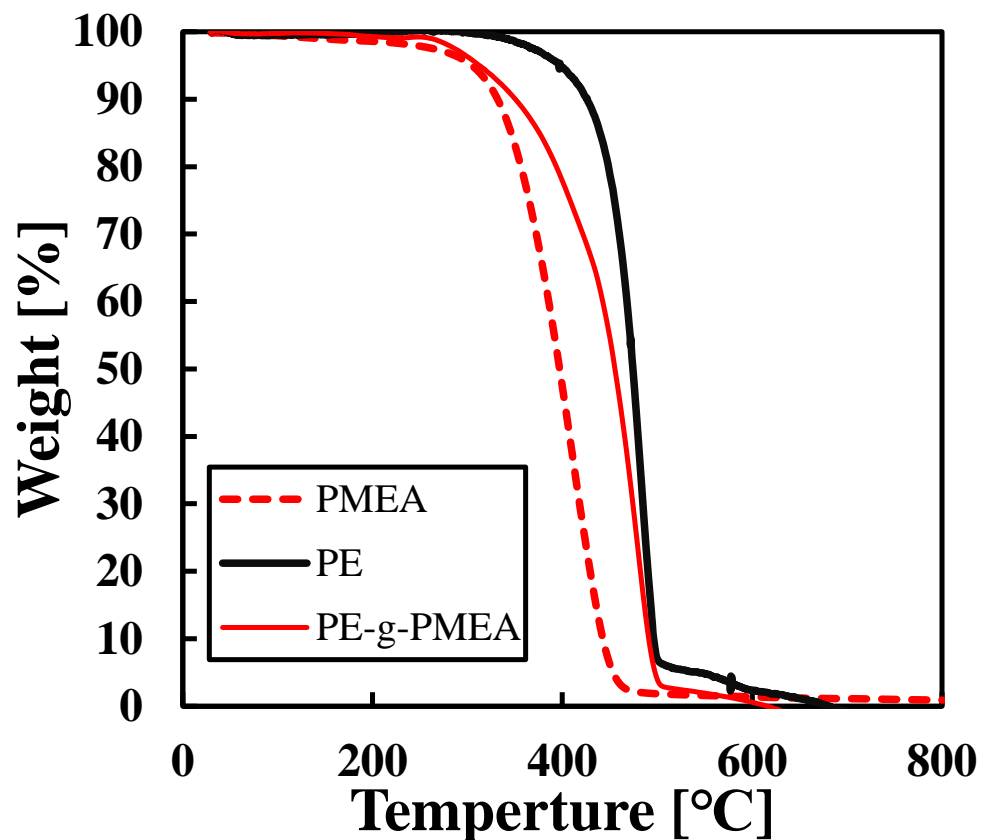
(b) Fenton (0.10 mg cm⁻²)



(c) Advanced oxidation
water (0.094 mg cm⁻²)



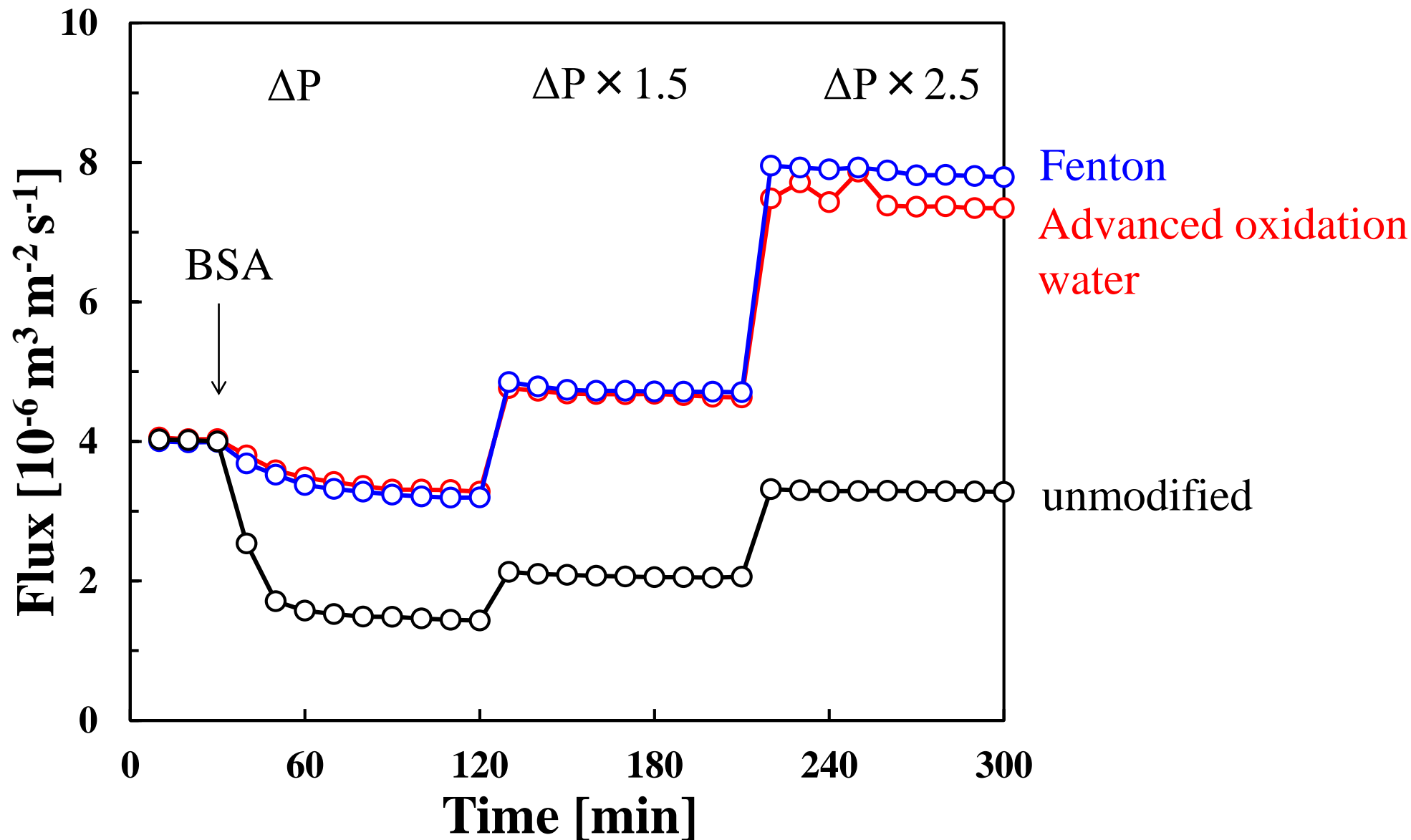
TG, ゼータ電位測定による評価



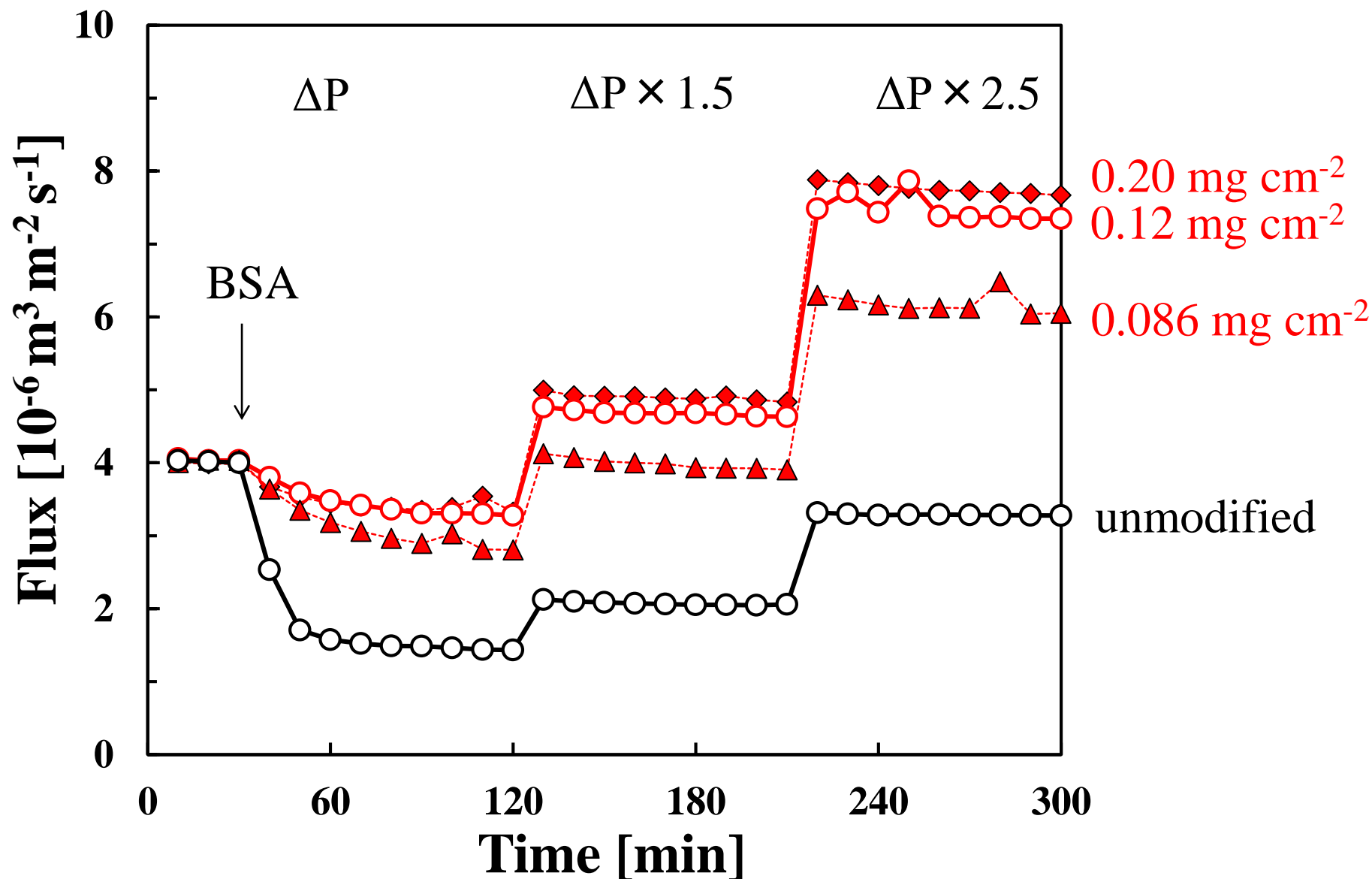
膜の強度

	Piercing strength [gf m ² g ⁻¹]	Tensile strength [kgf cm ⁻²]	
		Machine direction	Transverse direction
(1) Unmodified	40	1054	846
(2) After Fenton reaction	36	1063	876
(3) After immersion in advanced oxidation water	33	1022	770
(4) Modified by using (2) (0.10 mg cm ⁻²)	39	1095	872
(5) Modified by using (3) (0.10 mg cm ⁻²)	34	991	811

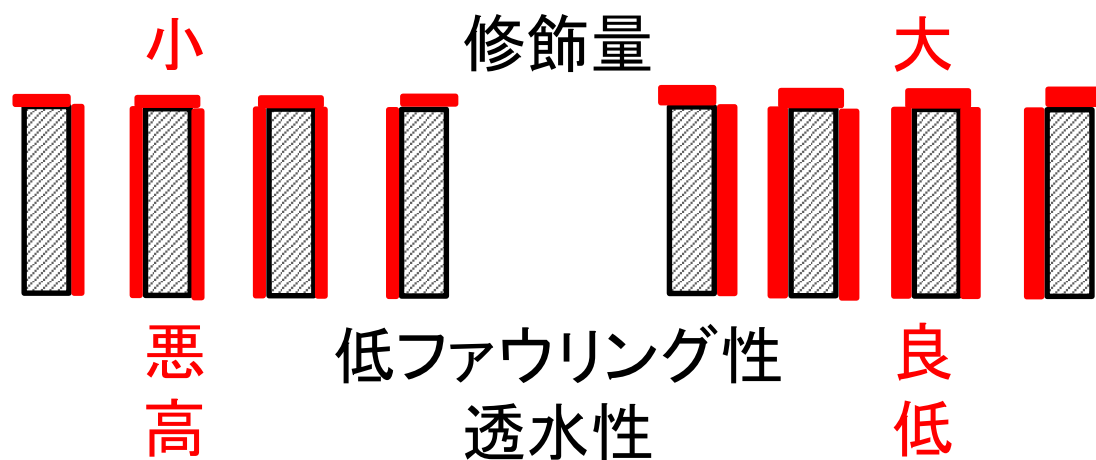
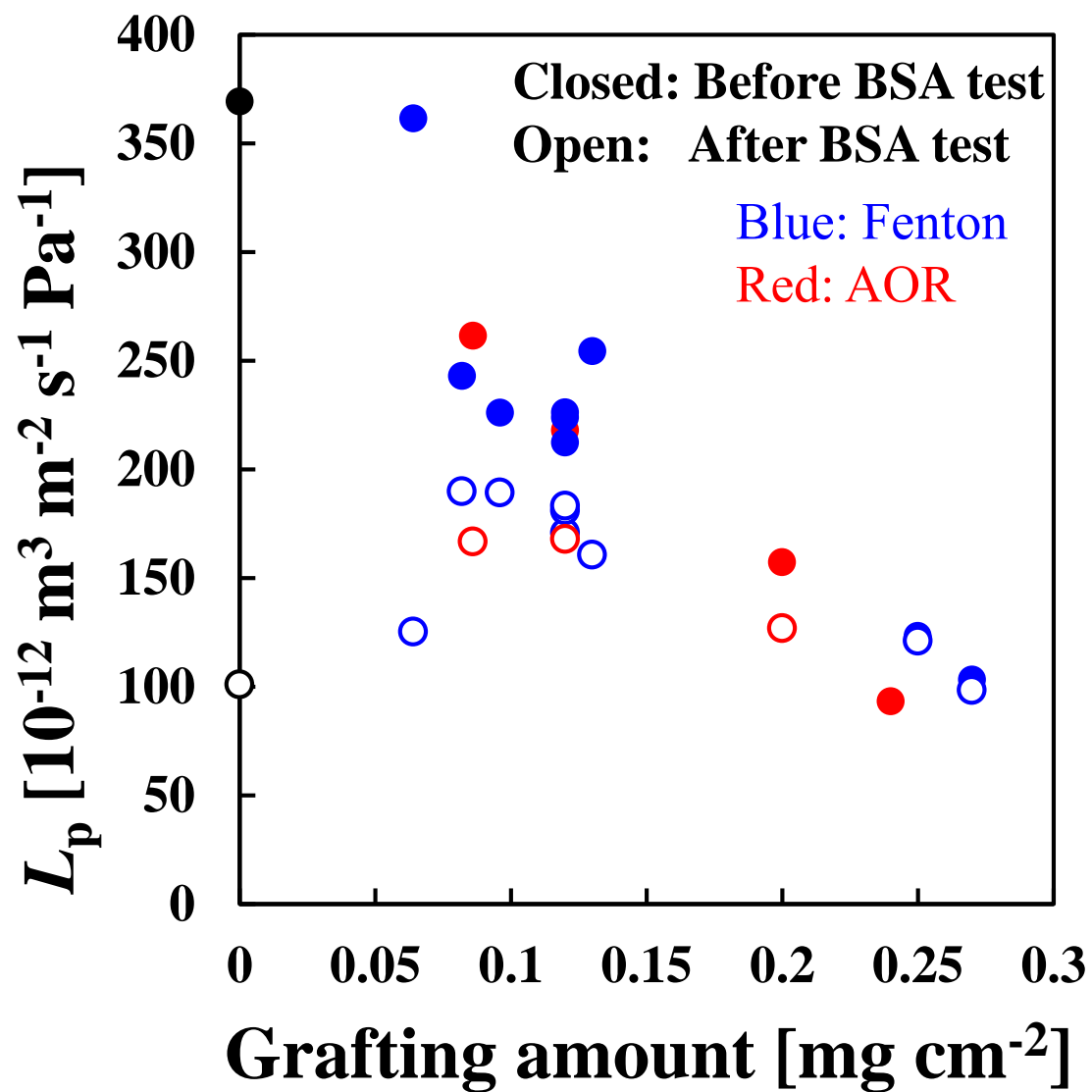
低ファウリング性 (0.12 mg cm^{-2})



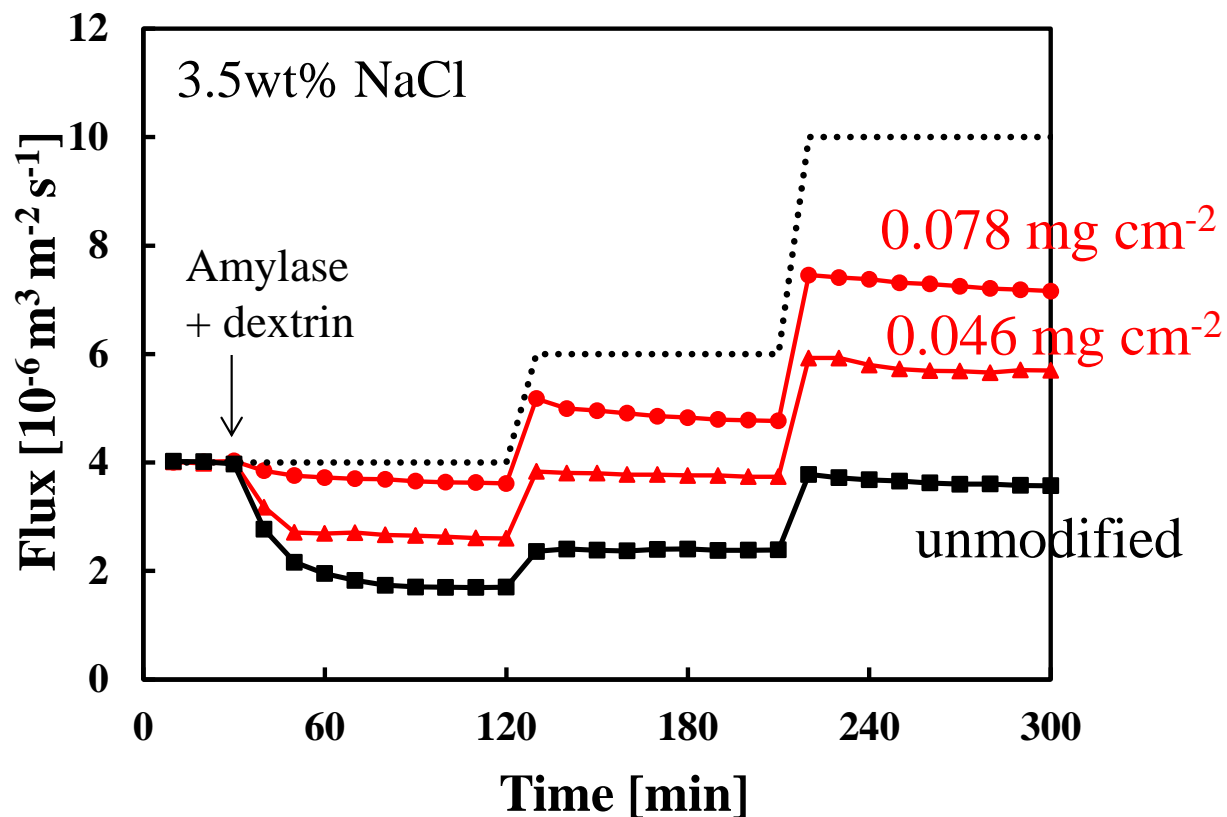
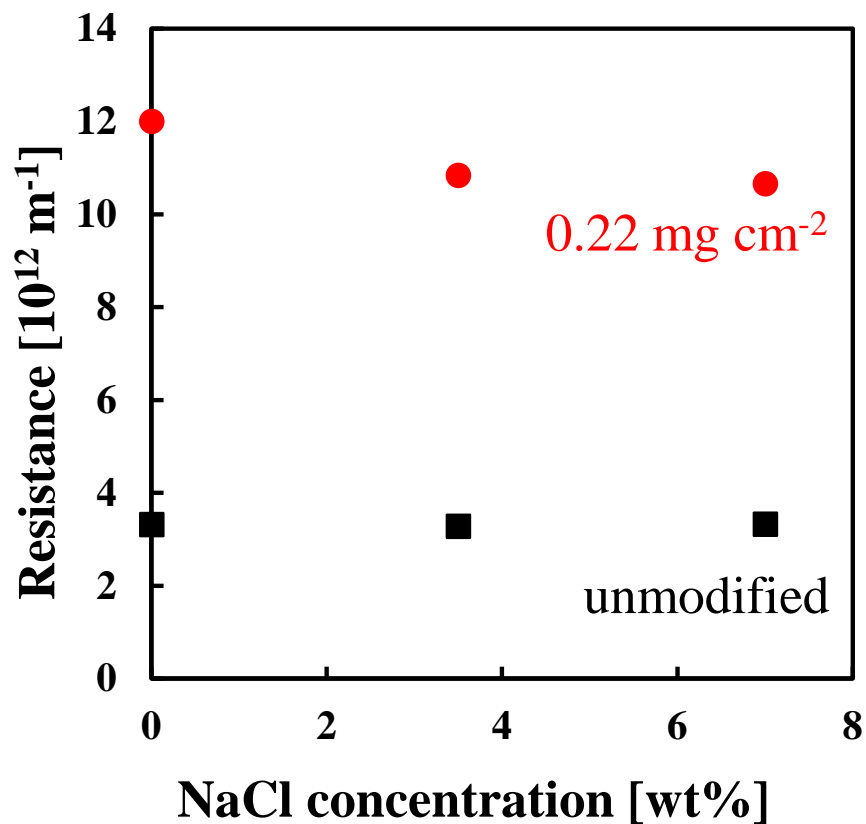
修飾量が低ファウリング性に与える影響



膜性能を最大化する最適な修飾量



塩水溶液下での膜性能



想定される用途

- 分離膜への機能付与
⇒低ファウリング性, 物質選択性 etc
- 各種材料表面および細孔内への機能付与

実用化に向けた課題

- 膜モジュール内での一括処理
⇒現状は 150 cm² 程度まで達成
- 多様な分離膜，材料表面に対する処理
⇒現状はいくつかの膜に対して達成

企業への期待

- 大面積処理を目指した共同研究
⇒ラボレベルからスケールアップ
- 多様な材料への展開
⇒本発明を活用可能な系を開拓

企業への貢献、PRポイント

- 大きな設備導入等が不要な手法
- 安定な改質表面を実現
- 膜プロセス導入まで見据えた各種提案

本技術に関する知的財産権

発明の名称 : 表面修飾多孔質膜の製造方法
出願番号 : 特願2022-86311
出願人 : 工学院大学
発明者 : 赤松憲樹、岡田文雄、佐野正宗

お問い合わせ先

工学院大学

総合企画部 研究推進課

TEL 03-3340-3440

e-mail sangaku@sc.kogakuin.ac.jp