

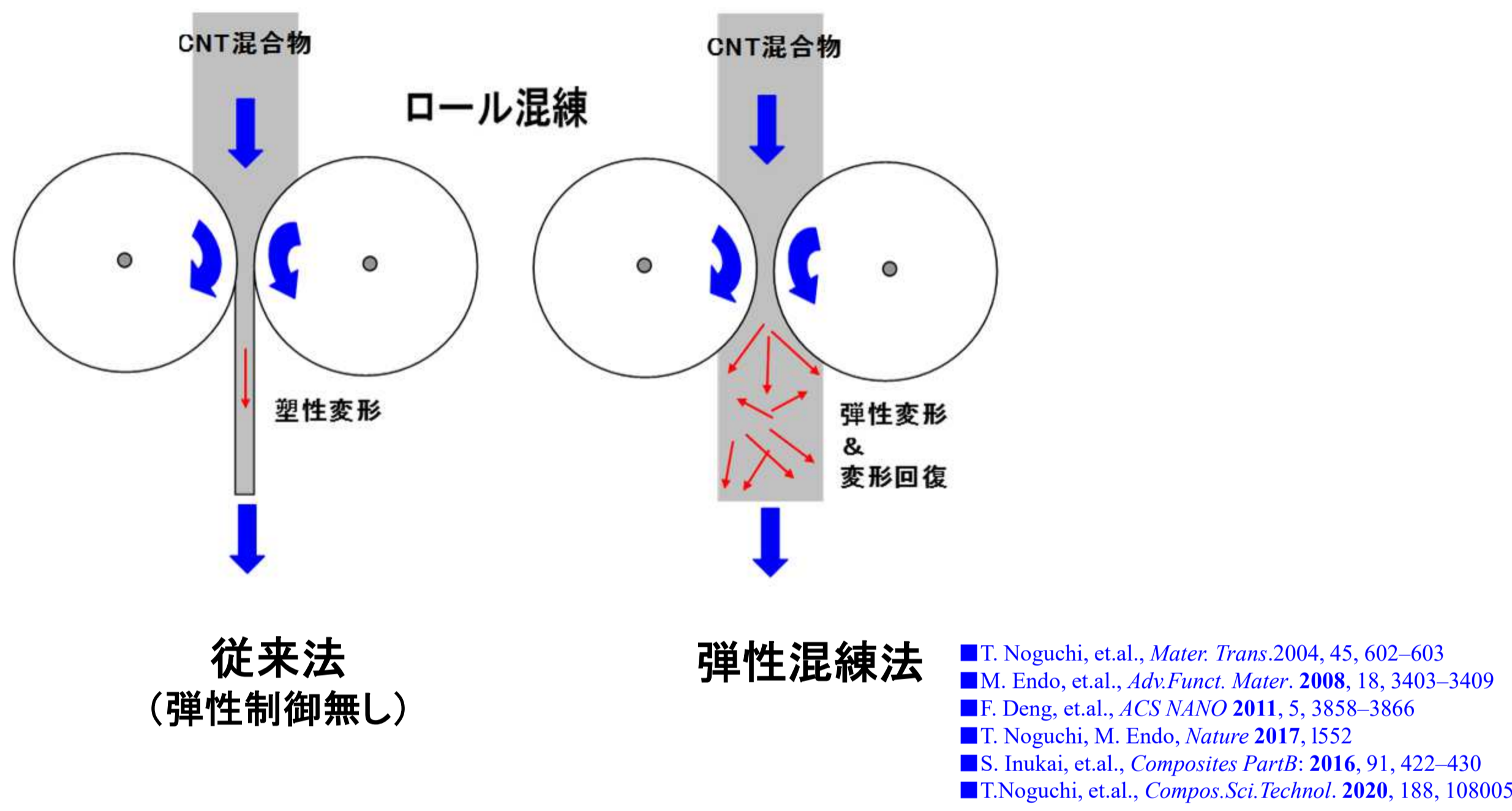
セルレーション・ナノ複合膜の開発

信州大学 アクアイノベーション拠点 野口研究室

当研究室では、独自技術の弾性混練・分散法により解繊したカーボンナノチューブなどのナノ材料を用いた逆浸透膜を研究しています。ナノ材料とポリアミドとを複合させ、耐ファウリング性、耐塩素性、耐熱性に優れた逆浸透膜を開発し、多様な水源から使える水を造り世界の水問題解決に貢献します。

【1】カーボンナノチューブ(CNT)の解繊・分散

- CNTは1976年に遠藤らによって報告。CCVD法による量産法は1983年に確立。CNTの表面は親油性が強く断面は円形のチューブ。凝集塊を形成する。この凝集塊を解繊しないと利用は困難である。
- 高分子の粘性(流動性)を利用してCNTの凝集塊にせん断力を加える従来の方法は、凝集塊を細かく砕くのみで解繊できない。
- 当研究室独自の弾性混練法は、マトリックスの弾性を可能な限り活用した解繊手法。CNTを混合したマトリックスにせん断力を加えたときの変形と、除荷後のマトリックスの復元を繰り返し、CNT凝集塊を解繊する。
- この弾性混練法を応用して、セルレーション・ナノ複合膜の製膜に使用する解繊されたCNT水分散液を得る。



【2】CNTを配合したセルレーション・ナノ複合膜(図1)

- 弾性混練で解繊したCNT配合のMPD溶液に多孔質ポリスルホン基材を浸漬し、TMC溶液で界面重合させ、セルレーション・ナノ複合膜を合成。
- a) はMWCNT配合のPA膜(CNT・PA膜)と、PA(ポリアミド)膜の外観。
- b) はPA膜のSEM像。
- c) はCNT・PA膜のSEM像で活性層に形成されるヒダの形態が異なる。
- d) は外力を加えて発生させた断裂部のSEM像。最表面はポリアミド層で、下に表面がポリアミドで覆われたCNT層が形成されている。

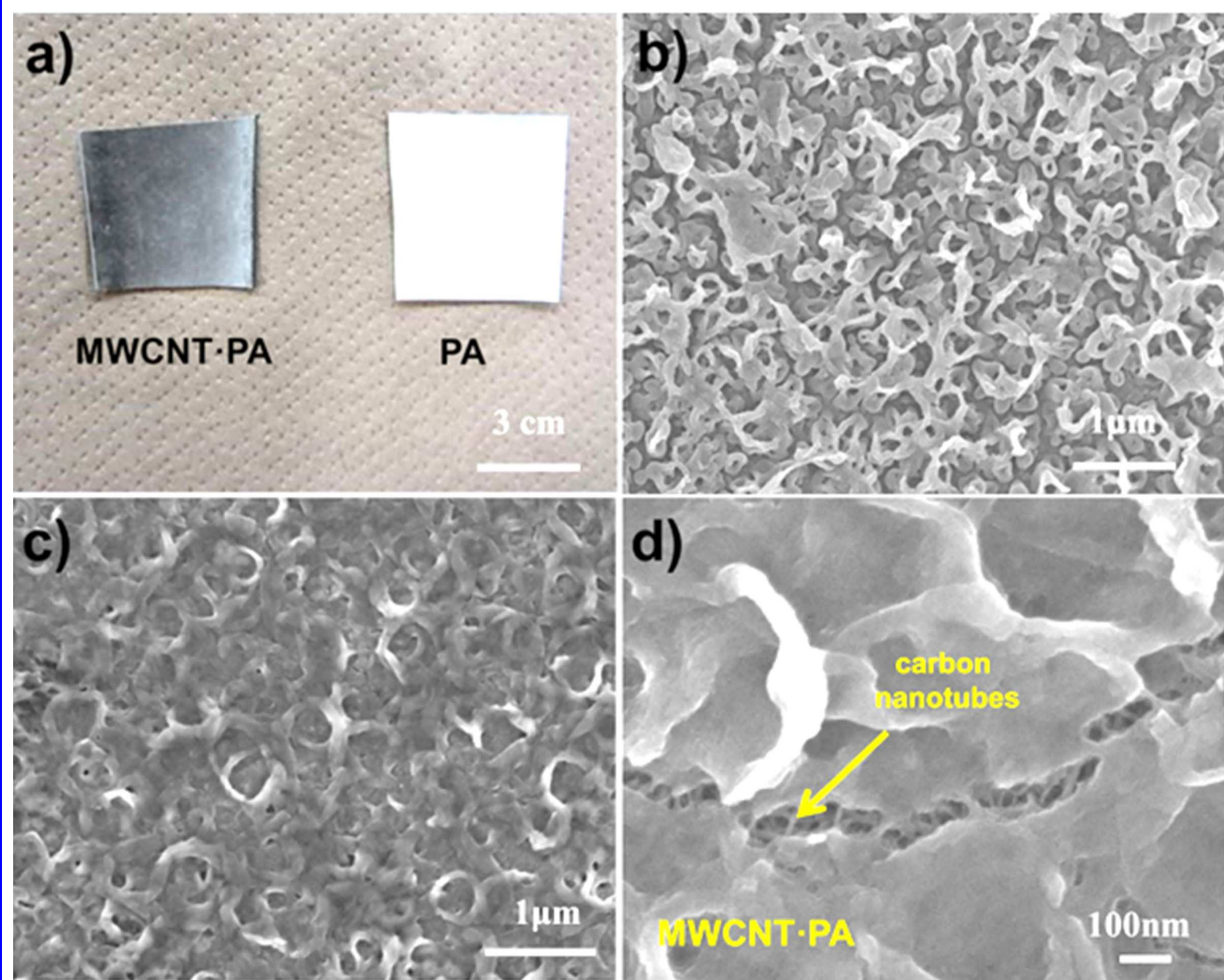


図 1

Scientific Reports | 5:13562 | DOI: 10.1038/srep13562

【3】CNT・PA膜の特性(図2)

- a) はPA膜、CNT・PA膜、および市販膜の次亜塩素酸ナトリウム200ppm水溶液浸漬前後のフラックス。CNT・PA膜とPA膜の5MPaでのフラックスはCNT・PA膜が $1.7\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ でPA膜($0.65\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$)の2倍以上。また、PA膜と市販膜は次亜塩素酸ナトリウム浸漬前後でフラックスの変化が大きいが、CNT・PA膜のフラックス変化は小さく、次亜塩素酸ナトリウム浸漬による影響が抑制。
- b) は、次亜塩素酸ナトリウム200ppm水溶液に24時間浸漬前後の脱塩率。PA膜と市販膜の脱塩率は大きく低下。CNT・PA膜は脱塩率の低下がみられない。
- c) は、異なる塩化ナトリウム濃度に対するCNT・PA膜、PA膜および市販膜の脱塩率・フラックス性能比較。
- d) はCNT・PA膜、PA膜、および市販膜のBSAを用いたファウリング試験データ。CNT・PA膜は市販膜に比べてフラックスの低下度合いが小さい。

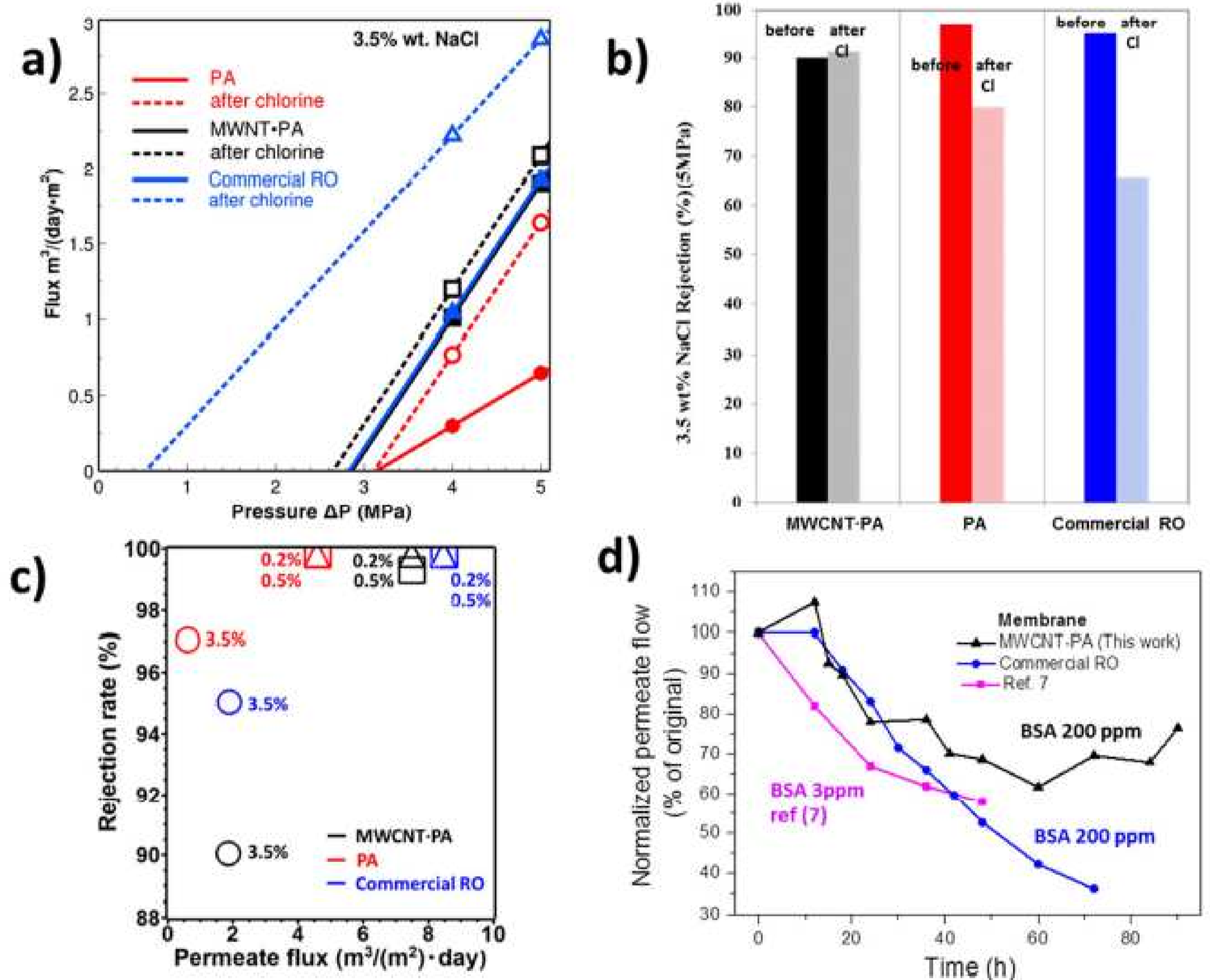


図 2

Scientific Reports | 5:13562 | DOI: 10.1038/srep13562

【4】セルロースナノファイバー(CNF)の形状と表面の化学的性質

- 極細のCNFは2006年に磯貝らによって発見・開発。TEMPO酸化法による直径(幅)3nmの極細繊維状物質。表面がヒドロキシ基(-OH基)で覆われ、非常に強い水素結合で凝集。ヒドロキシ基の一部を酸化してカルボキシ基に変換し、斥力により小さい機械力で容易にCNFが単離。CNF表面は強い親水性。表面に官能基があるため用途にあわせた界面制御が可能。
- 図3はCNFとCNT配合のPA膜(CNF_CNT・PA膜)とPA膜の低圧での脱塩率・フラックス特性(0.05%NaCl_0.75MPa)。CNF_CNT・PA膜はPA膜に比べフラックスが大きい。

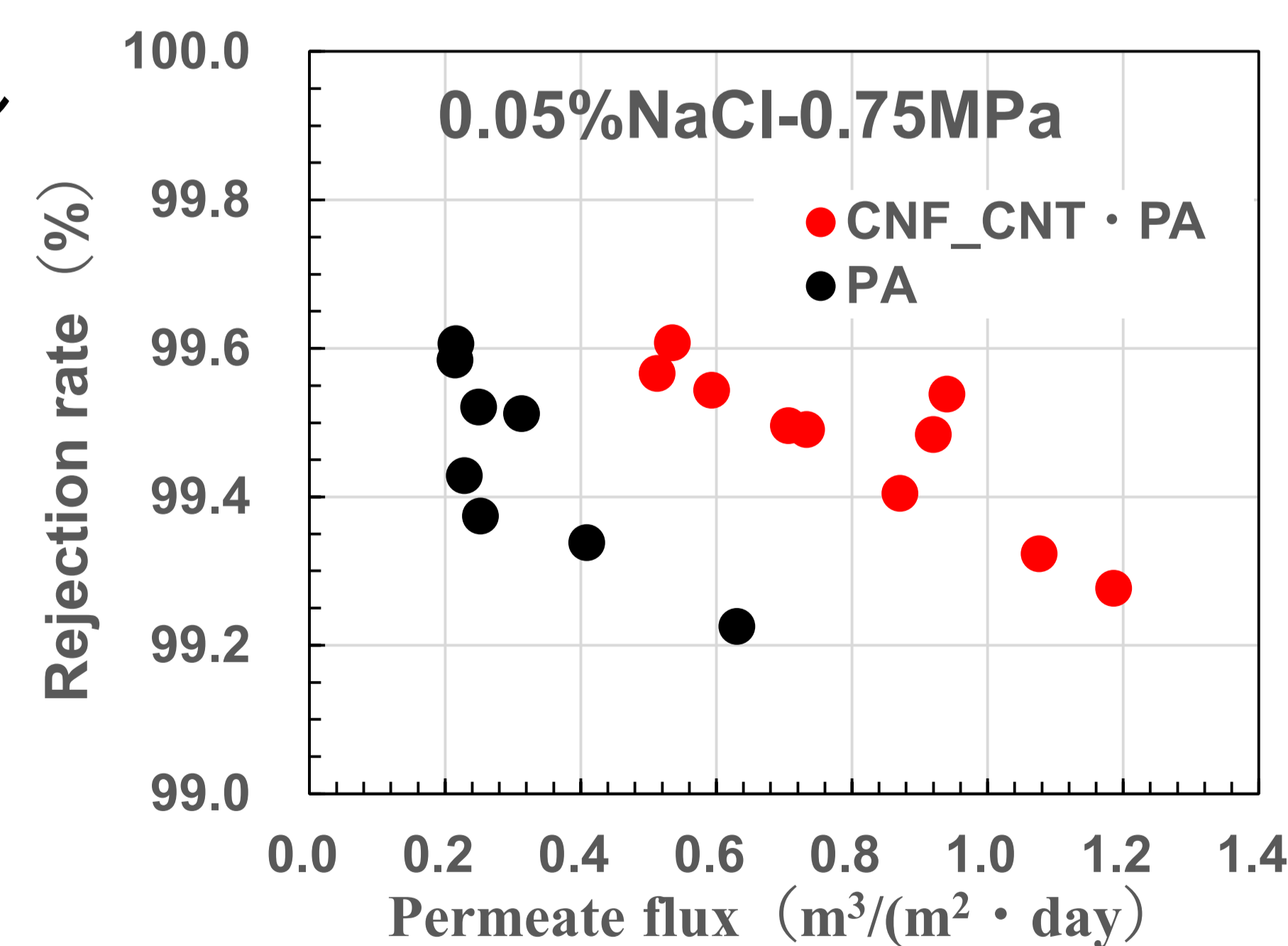


図 3

【今後の展開】

耐塩素性、耐ファウリング性に優れた透水性の良いCNT・PA膜、CNF_CNT・PAによるROモジュールを造水装置や下水処理装置などに実装し、省エネルギー・低ランニングコストのシステム構築に貢献する。