

神戸大学、海水から淡水をつくるナノシート積層脱塩膜を開発

神戸大学先端膜工学研究センターの松山秀人教授らの研究グループは、2次元炭素材料を高分子多孔膜の表面に積層することで、新しい脱塩膜の開発に成功しました。

脱塩膜は、海水から淡水を作り出すことができる材料です。世界的な水資源の不足の解決のため、現在実用されている脱塩膜よりも透水速度が速く、脱塩性能に優れた脱塩膜の開発が、さらに高効率で省エネルギーな海水淡水化の実現のために求められています。

本研究では、酸化グラフェンナノシートと呼ばれる2次元ナノ材料を、化学的な還元処理を施した後に、多孔膜上に積層することで、約50ナノメートル(1ミリメートルの1/20000)の厚みを有する脱塩膜を開発しました。開発した脱塩膜は、ナノシート同士の間隔や、ナノシート表面の電荷が制御されており、高性能な脱塩処理が可能です。将来的には新しい脱塩膜としての実用化や応用が期待されます。

研究の背景

地球上の水は97.5%が海水で、淡水は2.5%しかありません。そのうち、簡単な処理により人類が利用できる淡水は、地球の水資源のわずか0.01%に過ぎません。一方で、人口は年々増え続けています。そのため、数年後には世界の人口の2/3が水不足になるという予測もあります。この世界的な水不足は、人類が直面している最も重大な問題の一つです。そのため、地球上に大量に存在する海水を淡水化することで水資源を得る技術はとても重要です。

しかしながら、従来の海水淡水化法である蒸発法では、海水を蒸発させて塩分を取り除くため、大量のエネルギーを消費します。一方で、膜分離法は海水から水だけをろ過し、塩分を取り除くことで淡水を得ることができる省エネルギーな方法です。膜を用いた海水淡水化法は既に実用化されていますが、これまでの脱塩膜の透水速度と塩分除去性能にはトレードオフの関係があります。そのトレードオフを打破し、より高効率な海水淡水化を可能にするためには、新規の材料を用いた革新的な脱塩膜の開発が不可欠です。

研究の内容

研究チームは、炭素原子程度の厚みの 2 次元炭素材料を用い、それを積層することで高性能な脱塩膜を開発しました。使用した 2 次元材料は、化学的な還元処理を施すことにより π 電子共役系が付与された酸化グラフェンナノシートです。そのナノシートを、荷電官能基と π 電子共役系の両方を有するポルフィリン由来の平面構造分子とともに、多孔膜上に積層することにより、約 50 ナノメートルの厚さの超薄脱塩機能層を形成しました(図 1)。



図 1 開発したナノシート積層膜の断面電子顕微鏡写真

形成された超薄脱塩機能層はナノシート同士の間隔(ナノチャンネル)が 1 ナノメートル以下に制御されており、高いイオン阻止性能を示しました。また、その超薄脱塩機能層を有するナノシート積層膜は、ナノシート間の π - π 相互作用により水中でもナノチャンネル間隔が安定に維持されるため、長期間使用することが可能です。また、20 bar の圧力下でも、その優れた脱塩性能を損ないません。

開発したナノシート積層膜内のイオンの輸送は、ナノシート表面の静電反発によって効果的に抑制されていることを明らかにしました(図 2)。この静電反発は、ナノチャンネルの幅が最適に制御されたときに大きな効果を発揮します。本研究チームが用いたナノシート材料は、化学的還元処理の度合いやポルフィリン由来の平面分子の導入率を制御することで、そのナノチャンネルの幅を制御できます。そのため、最適条件で作製したナノシート積層膜は、海水中のイオンの主成分でありながら、その透過を阻止することが特に難しい NaCl に対してでさえ、約 95%という非常に優れた阻止性能を実現できます。

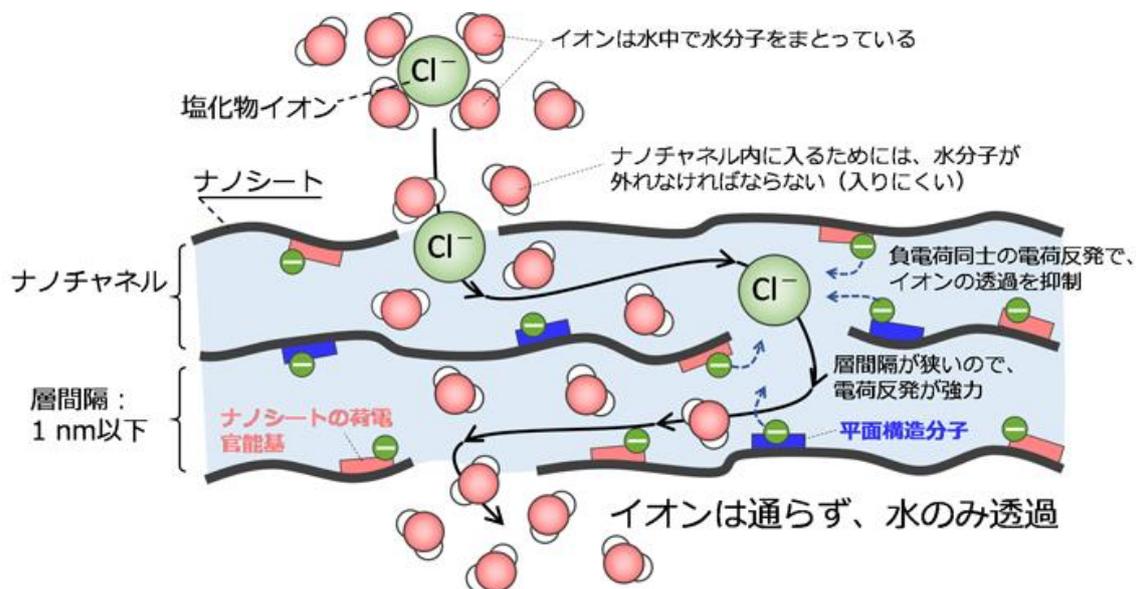


図2 ナノチャネルを介して透過する水とナノチャネルに入りにくい透過しにくいイオンの模式図

論文情報

タイトル [Nanochannel-confined charge repulsion of ions in a reduced graphene oxide membrane](#)

雑誌 Journal of Materials Chemistry A

DOI: 10.1039/D0TA08881A

日本語発表資料

https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2020_12_24_02.html