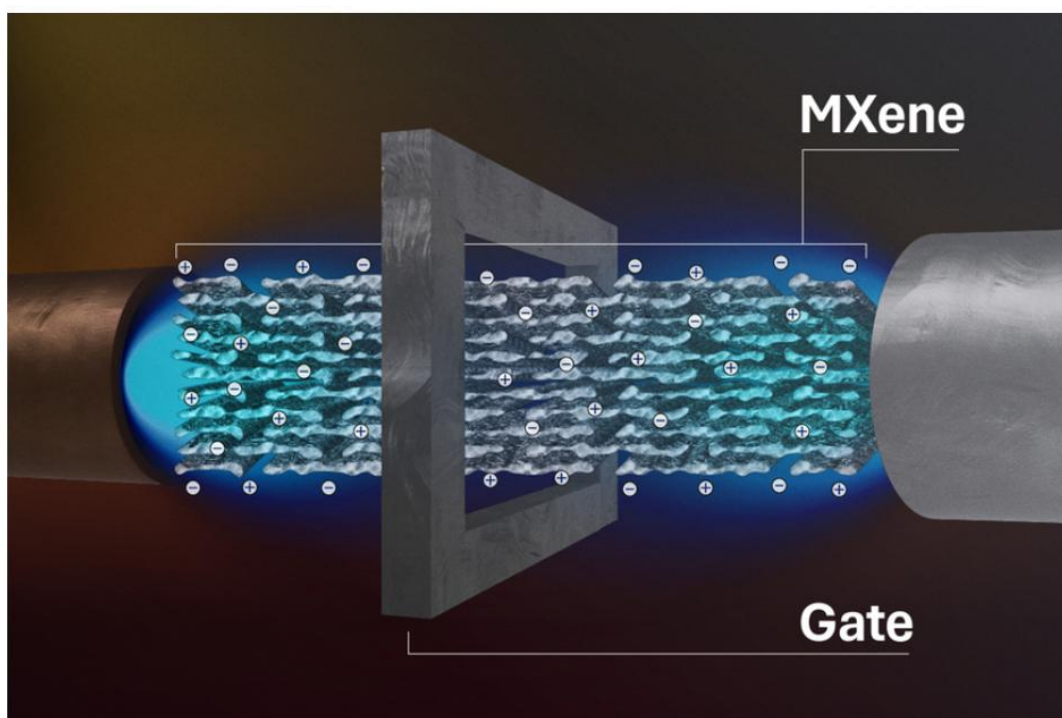


【ナノテクノロジー分野】

仮訳

イオン分離を強化するトランジスタのようなメンブレン（米国）

2026年2月19日



MXeneメンブレンを介したイオン輸送の仕組みを示す概略図。ローレンス・リバモア国立研究所(LLNL)の研究者らは、ゲートに電場を印加することで、メンブレンを介した分子輸送の効率が変化することを発見した。(Graphic: Dan Herchek)

ローレンス・リバモア国立研究所(LLNL)の研究者らが、新しい「トランジスタ」メンブレンに電圧を印加して電氣的に制御することで、イオン分離のリアルタイム制御を実現した。これは、これまで不可能と考えられていた。この最新の研究成果は、水処理、薬剤送達や希土類元素抽出といった精密分離プロセスの効率化に貢献する可能性があり、[Science Advances](#)に掲載されている。

このメンブレンは、原子数個分の薄さの2次元シートであるMXene(マキシム)を積層して作られている。イオンは、このMXene層間の隙間に形成されたナノスケールのチャンネルを押し通って行く。

これまでは、MXene メンブレンの特性が一度作製されると変化しない固有のものであり、イオンの輸送速度は最初から決まっていると考えられていた。

しかし、この分野の進展において、MXene メンブレンがトランジスタのような動作に構成可能であることを発見した。MXene 材料は導電性を持つため、電場の印加によりメンブレンを通る分子輸送の効率を変えることができる。

「この研究は、ゲート電圧を印加することでデバイス内の電流を制御できるという、トランジスタの特性に着想を得たものです」と、本研究論文の筆頭共著者で LLNL 研究員である Aleksandr Noy 氏は言う。「これは、庭のホースの水流量をバルブや足で踏むことで調整することと全く同じ原理です」。

電圧で電流を制御するトランジスタと同様に、MXene メンブレンは印加された電場によって分子の流れを制御する。この表面の電荷が、MXene 層間に入り込めるイオンの量と、イオンの移動のし易さを決定する。このトランジスタのような挙動により、分離プロセス全体を通して MXene メンブレンの輸送特性のオン・オフをリアルタイムで切り替えることができる。

「また、正負の電圧を交互に印加することで、メンブレンでのイオン輸送を促進し、自己ポンプ機能を持たせることも実証しました」と、本研究論文の共著者で元 LLNL ポスドク研究員の Aaditya Pendse 氏は言う。「これにより、メンブレンでのイオンの移動効率が向上します」。

「受動拡散に頼るのではなく、メンブレンの分子輸送の能動的な促進を可能にするため、この振動電圧によるアプローチは特に重要な発見です」と、本研究論文の共著者であるマサチューセッツ工科大学の大学院生、Arjun Yennemadi 氏は説明する。

今後は、米国の強固なサプライチェーンに不可欠な重要な物質である、希土類元素イオンの輸送と分離での MXene メンブレンの機能を検証する予定である。

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、ローレンス・リバモア国立研究所の記事“Transistor-like membranes enhance ion separation” (<https://www.llnl.gov/article/54081/transistor-membranes-enhance-ion-separation/>)を翻訳したものである。