

固体ナノポアにおける非対称イオン輸送

Asymmetric ion transport in solid-state nanopore using a salt gradient

阪大産研¹ ○(D) 梁 逸偉¹, 筒井 真楠¹, 谷口 正輝¹

ISIR, Osaka Univ.¹, ○Iat Wai Leong¹, Makusu Tsutsui¹, Masateru Taniguchi¹

E-mail: leong.iat.wai32@sanken.osaka-u.ac.jp

固体メンブレンに空けたナノスケールの細孔に検体を通過させたときのイオン電流変化を測るナノポア計測法は1分子やDNAシーケンシングによく応用される。近年、その制限されたナノ空間内特有のイオン輸送現象はマイクロ・ナノ流体素子^[1]注目されている。同一濃度の電解質溶液中では、イオン電流は一般的なオーミック特性に従って線形の電流-電圧関係が成り立つ。しかし、直径数百 nm のナノポアの上下間に電解質濃度勾配を生じさせた場合、非対称な電流-電圧曲線が得られた。これはポア壁面から数十ナノメートルの範囲のカウンターイオンが形成する電気二重層の効果が説明できない現象である。本研究では、ポアの上下間に濃度勾配が存在する場合にイオン電流計測を行い実験結果と有限要素法を用いたシミュレーションによって、ポア近傍に発生した電気浸透流の影響から非対称イオン輸送現象を説明できることが分かったため報告する。

微細加工技術を用いて SiN_x メンブレンに直径 300nm の穴を空けたナノポアデバイスを作製した。デバイスの上下に微小流路付き PDMS ブロックを貼り合せ、電解質濃度が異なる PBS バッファを注入した。銀/塩化銀電極を用いて -2 V から +2 V のスイープ電圧を印加し、流れるイオン電流変化を記録した。また、有限要素法シミュレーションによってナノポア内部のイオン濃度変化は印加電圧に依存すること、濃度が異なる溶液の非対称電気浸透流が存在したことを確認した。この結果は、ナノポアを用いたナノ流体ダイオードを開発する可能性を示唆している。講演では、ナノポアのアスペクト比（ポア径／膜厚）と溶液濃度勾配について調べた結果も報告する。

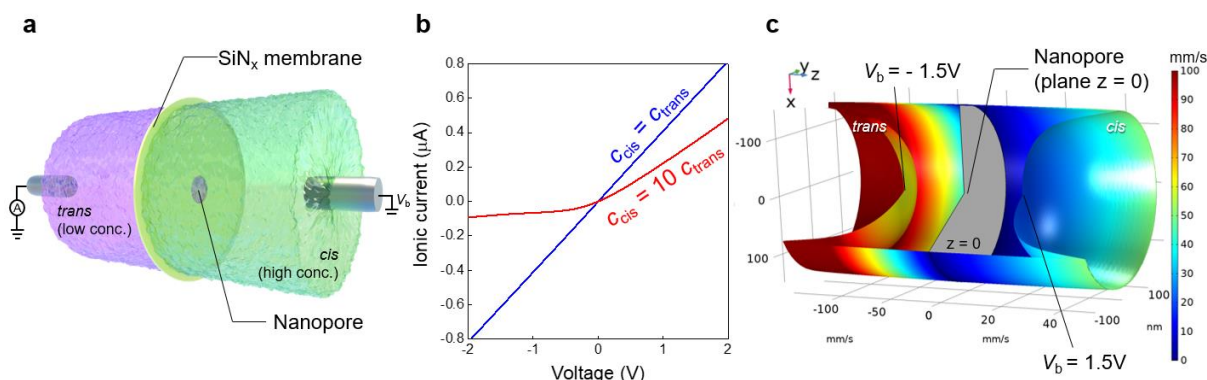


Figure.1 (a) Schematic illustration of an experimental nanopore device has 300 nm sized diameter and 50 nm thick SiN_x membrane connecting with two Ag/AgCl electrodes. The *cis* and *trans* chambers were filled with various concentrations of PBS solution. (b) Simulated ionic current-voltage characteristics curves under same concentration (blue) and concentration gradient (red). Ionic current rectification effect happens while only applying a salt gradient across nanopore. (c) Two-dimensional map shows the fluid velocity with height at the middle of pore plane ($z = 0$) between ± 1.5 V.

[1] P.H. Peng et al., ACS Appl. Mater. Interfaces 12, 14, 17139-17146 (2020).