

# 脂質膜－基板間の界面水層における $H^+$ イオンの拡散

Diffusion of  $H^+$  ions in the interface water layer between lipid membrane and substrate

NTT 物性基礎研 <sup>○</sup> 榎村吉晃, 中川雄, 上野祐子

NTT Basic Res. Labs., <sup>○</sup>Yoshiaki Kashimura, Yu Nakagawa, Yuko Ueno

E-mail: yoshiaki.kashimura.vy@hco.ntt.co.jp

【緒言】我々はシリコン基板上の微小井戸を脂質膜でシールし、そこに膜タンパク質を再構成することにより、膜タンパク質の機能で動作するバイオデバイスの構築を目指している。基板－脂質膜間の界面水層(約 2 nm)におけるイオン拡散がデバイス特性に大きく影響しており(Fig. 1)、イオン拡散現象の理解と制御が微小井戸型バイオデバイス実現へ向けて重要な課題となっている[1]。これまでは主に  $Ca^{2+}$  イオンの拡散について扱ってきたが[2]、本研究では  $Ca^{2+}$  と同様に生体内で重要な  $H^+$  イオンの拡散について検討を行った。

【実験】中性脂質膜として DPhPC:Cholesterol = 8:2 の混合脂質を用い、アニオン性脂質膜では DOPS、カチオン性脂質膜では EDOPC をそれぞれ一定の割合で中性脂質膜に混合し、電界形成法により巨大脂質膜ベシクル(GUV)を作製した。微小井戸( $\phi$ : 2–4  $\mu m$ )を pH 感受性蛍光プローブであるピラニンを含む溶液(KCl 20 mM, グルコース 160 mM)に浸漬させ井戸内部を蛍光プローブで満たした後、GUV を基板上で展開し、微小井戸を脂質膜でシールした。蛍光プローブを含まないグルコース溶液で外液を置換した後(井戸内外の pH $\sim$ 7)、外液に水酸化ナトリウム水溶液を加え pH=10 とし蛍光観察を行った。

【結果と考察】Fig. 2 に中性脂質膜でピラニンを封入した微小井戸からの蛍光強度の典型的な経時変化を示す。pH=10 とした直後( $t = 300$ )は、ほとんど蛍光強度の変化は見られなかった。時間経過とともに 5 分程度で  $H^+$  イオンの井戸内への流入を示す蛍光強度の増加が観測された。Fig. 3 に、脂質膜の電荷を変化させた時に井戸内の蛍光変化が観測されるまでの時間(以後、イオンリーク時間)をプロットした結果を示す。イオンリーク時間は、アニオン性およびカチオン性脂質膜でも同様に見られ、脂質電荷に依存しないことがわかった。この結果はイオンリーク時間が脂質電荷に大きく依存する  $Ca^{2+}$  の拡散とは大きく異なる。これまでの DLVO 理論による計算から、 $Ca^{2+}$  においては、アニオン性脂質膜では斥力により水層が厚くなるためリーク速度が大きくなり、カチオン性脂質膜では引力が働き水層が薄くなり、水和水の影響によりイオンリークが妨げられることが示唆された[2]。しかしながら、今回の結果から  $H^+$  ではイオン半径が小さいために界面水層の厚さの影響をほとんど受けないことが示唆される。本結果はデバイス設計において、有効なチャネルタンパク質選択の指針になると考えられる。

[1] R. Forbes, Y. Kashimura, and K. Sumitomo, Appl. Phys. Express, **8**, 117201 (2015).

[2] 榎村他、第 78 回秋季応用物理学会講演会、7p-A503-15.

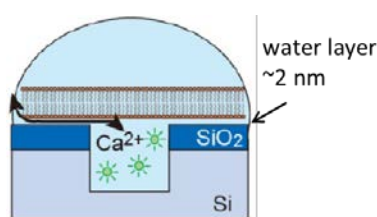


Fig. 1 界面水層におけるイオン拡散

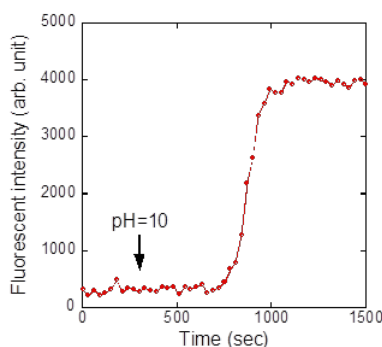


Fig. 2 中性脂質膜でピラニンを封入した微小井戸からの蛍光強度の経時変化

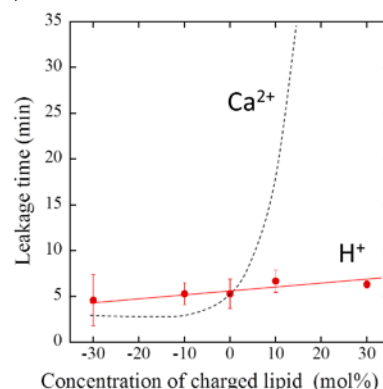


Fig. 3  $H^+$  イオンリーク時間の脂質電荷依存性(点線は  $Ca^{2+}$  の結果)