

神取秀樹

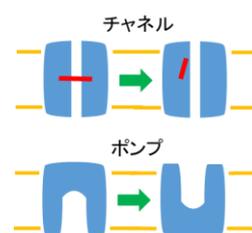
名古屋工業大学 オプトバイオテクノロジー研究センター

名古屋市昭和区御器所町
kandori@nitech.ac.jp

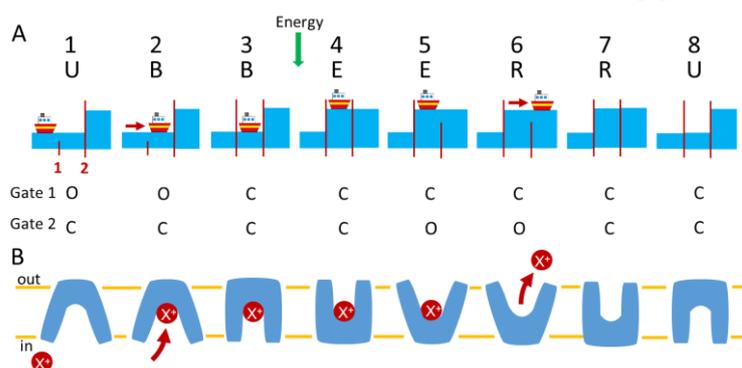


チャンネルとポンプ：いのちを支える2つのイオン輸送

細胞は脂質二重膜によって内と外が隔てられ、細胞膜は水やイオンを透過しない。従って、イオンや有機物を細胞内に取り入れたり、不要物を排出するための特殊な装置が必要であり、これを担うのがチャンネルやポンプといった膜タンパク質である。チャンネルとポンプは生命に必須の分子装置であるが、分子メカニズムを考えると、大きな隔たりがある。チャンネルは内部に穴を開けて系の自由エネルギー（濃度勾配と膜電位）に従ってイオンを輸送するため、受動輸送と呼ばれる。一方、イオンポンプの輸送は一方向であり、エネルギーを必要とするため能動輸送と呼ばれる。私は光駆動プロトンポンプであるバクテリオロドプシンの赤外分光研究を1993年に始めて以来、光のエネルギーがどうやってプロトンの能動輸送をもたらすのか、ずっと考え続けてきた。



ポンプの能動輸送は一般に **alternating access model** によって説明される (図 B) [1]。このモデルでは、膜の両側でイオンに対するアクセスをエネルギー依存的に変化させる結果、能動輸送が実現する。**alternating access model** は能動輸送を空間的にイメージしやすい一方、能動輸送をエネルギー面からわかりやすく説明するのが図 A のパナマ運河モデルである[1]。このモデルでは水位がエネルギーレベルを表しており、2つのゲートの開閉を制御することでパナマ運河の船のように上り坂輸送を達成できる (Unbound, Bound, Energized & Release states)。いずれのモデルにせよ、能動輸送にとって重要なのはエネルギー入力の時点 (状態3と4の間) でイオンが輸送体に結合している点である。



光駆動イオンポンプもこの原則に則っていたが、パナマ運河モデルに従わない光駆動ナトリウムポンプという特殊な分子装置も見つかった[1-3]。

ロドプシンの複雑な構造を考えると、チャンネルとして機能するロドプシンはあり得ないと思っていたが、2002年にチャンネルロドプシンが発見された。3年後には光遺伝学が始まり、ロドプシンは光操作に不可欠のツールとして注目を集めている[4]。私の講演では、我々のロドプシン研究を題材として、チャンネルとポンプのメカニズムを議論したい。

[1] Kandori *et al. Chem. Rev.* (2018) 118, 10646. [2] Inoue *et. al. Nat. Commun.* (2013) 4, 1678. [3] Kato *et al. Nature* (2015) 521, 48. [4] Kandori, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* (2020) 93, 76.