

赤外分光法を活用し，目の中で光を感じる タンパク質の進化を追う

名古屋工業大学 大学院工学研究科
片山耕大

1. はじめに

生命体あるいは生物は進化の過程で，光を感知する器官を発達させ，相手（天敵）を画像として認識する「眼」を獲得したことで，種を存続させてきた。すなわち，視覚が生物の生き方，生理機能を進化させたといっても過言ではないだろう。そして，当然眼そのものも生物の進化とともに変化を繰り返し，大きさ，形，数など，多様化してきた。本稿では，眼の中で最初に光を感じる分子である，ロドプシンに焦点をあて，分子進化と光受容機能との関連について，紹介する。

2. 動物ロドプシンとは

2-1 動物ロドプシンの光吸収機構

私たちヒトを含む動物のほとんどは，ロドプシンと呼ばれる光受容膜タンパク質を利用することで視覚情報を伝達する。ロドプシンは，そのタンパク質内部にビタミンA誘導体のレチナールという色素分子を結合させる。レチナールはその正電荷を帯びた部位（シッフ塩基結合）でロドプシンと結合しており，一方で，ロドプシンはその結合を安定化させるためにカウンターイオンという負電荷アミノ酸を有している。レチナールは，それ自身は紫外光を吸収するが，ロドプシンタンパク質の内部に結合することで可視光を吸収できるようになる。この際，私たちの視覚機能は，光吸収に伴い，レチナールのシス体からトランス体への異性化反応が引き起こされることで開始される。これまでロドプシン内のカウンターイオンが，紫外光から可視光への吸収する光波長のシフト，そして“シストランス”異性化反応の制御に重要な役割を果たすことが報告されており¹⁾，私たちの視覚機能が発揮される上で，カウンターイオンは不可欠なアミノ酸となっている。

このカウンターイオンがロドプシンの内部で存在する位置は，無脊椎動物ロドプシンと脊椎動物ロドプシンとで大きく異なっている。それらを比較した最近の研究から，脊椎動物が視覚機能を向上させる際に，どのようにロドプシンを進化させてきたかが分かってきた。例えば，無脊椎動物ロドプシンがもつカウンターイオンは細胞外の第2ループに位置するのに対し，脊椎動物ロドプシンでは，カウンターイオンを膜貫通部位にある第3ヘリックスに移すことで，光情報伝達の増幅効率を向上させることが明らかになっている。近年，原始的な無脊椎動物でありながら高度に発達した目をもつハコクラゲ（刺胞動物）がもつクラゲロドプシンも脊椎動物ロドプシンと空間的に類似した位置である，膜貫通第2ヘリックスにカウンターイオンを移したことが明らかになった（図1）²⁾。

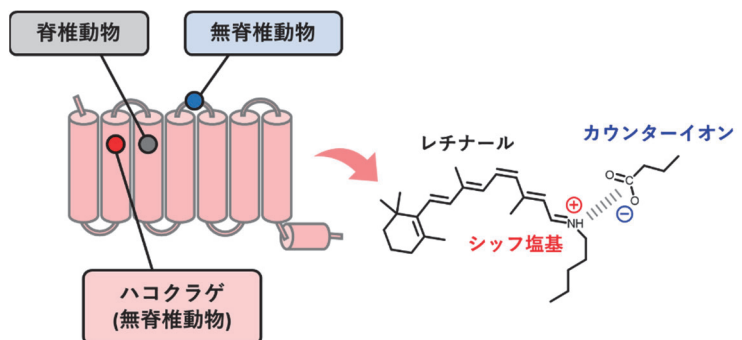


図1 カウンターイオン位置の変位