

## ナンキョクカワノリに見つかった赤外線利用型光合成メカニズム ～クライオ電子顕微鏡が可能にした極域生物の蛋白質構造解析～

小杉 真貴子

基礎生物学研究所

植物が行う光合成は光エネルギーで水を分解し、そこで得られた還元力で二酸化炭素を固定する反応です。この時用いられる光エネルギーは主に可視光で、それよりも低いエネルギーの赤外線では光合成の効率が非常に落ちるのが一般的です。ところが近年、赤外線で酸素発生型の光合成を行う生物が複数報告されています。シアノバクテリアでは長波長吸収型のクロロフィル d や f を合成することで赤外線を利用する種が報告されています。一方で藻類はシアノバクテリアとは異なるメカニズムで赤外線を利用することが示唆されてきましたが、詳細は明らかにされていませんでした。

私達は南極の陸上環境に大きなコロニーを形成するナンキョクカワノリという緑藻が赤外線の一部である遠赤色光(700-800 nm)を利用して効率よく光合成を行うことを発見しました。赤外線利用のメカニズムを明らかにするために、ナンキョクカワノリの細胞から赤外線を吸収する新規の光捕集アンテナタンパク質(Pc-ftLHC と命名)を精製し、クライオ電子顕微鏡を用いた単粒子解析によりその立体構造を明らかにしました。クロロフィルの励起エネルギーレベルやエネルギー移動を推定するためには、タンパク質に結合したクロロフィルの立体配置の情報が必要です。Pc-ftLHC は 11 個の相同なサブユニットがリング状に繋がった複合体構造をしており、ひとつのサブユニットに 11 個のクロロフィル色素が結合していました。クロロフィル間の励起子相互作用を計算し、各サブユニットに結合する 3 量体構造を取るクロロフィルを長波長吸収型クロロフィルと同定しました。この 3 量体クロロフィルは隣のサブユニットのクロロフィルと近接しており、リング内のクロロフィルをエネルギー的につないでいます。アップヒル型の励起エネルギー移動は 3 量体クロロフィルと周りに存在する可視光吸収型のクロロフィルとの間で生じていると考えられました。実際に赤外線レーザーで Pc-ftLHC の長波長クロロフィルを励起し可視光吸収型のクロロフィルへのエネルギー移動を測定した結果、アップヒル型の励起エネルギー移動が 25 ピコ秒の時定数で生じていることが確認されました。これにより、赤外線のエネルギーの一部が可視光のエネルギーに変換されて光合成に利用されていると考えられます。