

## 井上研究室



教授 井上 圭一

## 【光を使って働くタンパク質の多様な世界】

太陽光は地球上のほぼ全ての生命の生きる源であり、生物はそれをもとに外界についての情報を得たり、生育に必要なエネルギーを作り出すなど、様々な形で太陽の光エネルギーを自身の生存に役立てています。

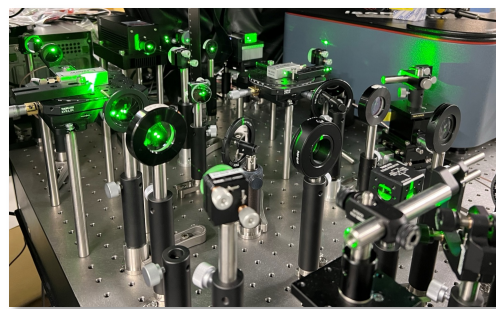
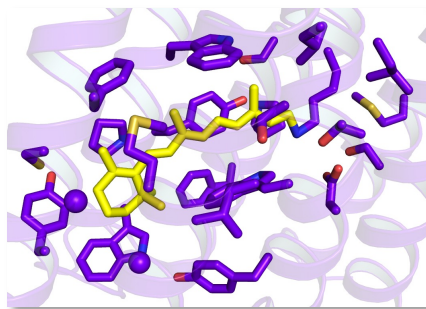
その時に、細胞内で光を吸収し、これらの生理機能を発現する中心的な役割を果たすのが様々な光受容タンパク質群で、代表的なものに私たちの視覚で働く**ロドプシン**や、植物の葉緑体の中で光合成を行う、光化学系タンパク質などが知られています。このとき、ロドプシンは網膜中の視細胞において、わずか1光子を検知できる極めて高い感度を有し、一方で光化学系は光のエネルギーを100%の効率で電荷分離反応に用いていることが知られています。しかし数百~数千のアミノ酸がつながってできたタンパク質が、どの様に光のエネルギーを使って、極めて多様な生理機能を実現するのか、いまだ明らかにされていない点が多くあり、そのメカニズム本質はよくわかっていません。

## 【タンパク質の優れた機能の源を、物理と化学の言葉で理解する】

そこで私たちの研究室ではレーザーを用いた超高速の時間分解分光や、分子の構造情報をオングストロームレベルで得ることができる赤外分光やRaman分光などを用いて、これら光受容タンパク質の光化学反応を物理化学的に調べることで、光エネルギーを吸収したタンパク質がどの様に生物学的な分子機能を発現するのか、そのメカニズムを原子レベルで理解することを目指した研究を行っています。そして、その中でも特に注目しているのが動物および微生物が持つ、ロドプシンと呼ばれる光受容型の膜タンパク質です。

**動物型のロドプシン**は私たちヒトを含めた多くの動物が持ち、高感度で光を捉え、そのシグナルを神経活動へ変換し、最終的に脳で統合されることで、視覚や概日リズムなど様々な生物学的情報が生み出されます。一方で、海洋に住む無数の細菌や藻類などが持つ**微生物型のロドプシン**は、動物型とは進化的に全く異なるタンパク質で、イオン輸送による化学エネルギー生産や微生物の光応答、酵素反応制御に関わっていて、近年の研究から自然界では植物の光合成に匹敵する莫大な太陽光が、この微生物型ロドプシンによって使われていると考えられています。

私たちの研究室ではこれらのロドプシンが、光という共通のエネルギーを使って、どの様にしてこれほどまでに多様な生理機能を発現させるのか、分光学的手法や生化学実験、電気生理学実験、構造生物学的アプローチなどを複合的に用いることで、その謎を根本から解き明かすことを目指して研究を行っています。



またタンパク質の働くメカニズムを明らかにすることは、これまでにない高機能な人工タンパク質のデザインも可能にします。実際に、私たちはこれまでにタンパク質の応答する光の波長を**機械学習法**や**自動化実験**と組み合わせ自在に変化させるだけでなく、イオン輸送の方向を自在に変化させたり、イオンの流れる量を制御したりすることに成功しています。そして、これらの分子ツールを用いることで、将来的には視覚再生や脳神経疾患の新たな治療法につながるかと期待されています。

## 【タンパク質から生物のひみつを解き明かしたいと思う方へ】

私たちの研究室ではこれら光で働くタンパク質の本質に迫る研究に対して、強い意欲を持った学生を募集しています。その中ではこれまで誰も知らなかった新機能を持つタンパク質の発見者となるチャンスもあり、そのメカニズムを世界中のどこよりも詳細に理解し、さらにそこから新規生体分子ツールの開発を行うなど、自由な発想にもとづいた研究が可能です。これらの研究に興味のある人は、ぜひお気軽に研究室へ見学にお越しください。

—研究室見学はいつでも歓迎です—  
E-mail: inoue@issp.u-tokyo.ac.jp  
Tel: 04-7136-3230  
場所: 物性研 A棟 A401

詳しくは研究室HPをご覧ください。  
<https://inoue.issp.u-tokyo.ac.jp/>

