

理工学部物理学科／生物物理学研究室
生物物理学

宗行 英朗 教授

【プロフィール】宗行 英朗（むねゆき えいろう）▷1986年、東京大学大学院理学系研究科生物化学専門課程修士課程修了、1989年、同博士課程修了。同年、埼玉大学工学部助手、1990年、東京工業大学資源化学研究所助手、2005年、中央大学理工学部物理学科助教授、2007年、同准教授を経て、2008年より現職。



人体に備わった「回転分子モーター」の研究を通して、未知の生物メカニズムを解明しながら、その先にある生命の根源を追求します。

人間の体のなかでは、モーターが回っている。そんなことを聞いても、信じられない人が多いと思います。しかし、それは事実で、宗行先生は、この「回転分子モーター」のエネルギーの流れを研究する、日本で唯一の研究者なのです。正確に言えば、モーターのように回り続けるタンパク質の分子なのですが、私たちが歩いたり、手に何かを持ったりする基本動作のエネルギーをつくり出す、極めて重要な役割を担っていてもいます。先生は、この働き者の分子の研究の先に「生きているとは何か」という深遠な疑問への回答も追求し続けています。ナノ（100万分の1mm）という微小な世界に、生物と物理が交わって生まれる不思議な魅力にあふれた世界が広がります。

研究者の数だけある 生物物理学の研究

宗行先生の研究では、生物学の分野のタンパク質を対象に、物理学の分野のエネルギーの流れを観察します。したがって専門は、この2つの学問が組み合わされた「生物物理学」となるのですが、そこでこの学問について質問したところ「研究者一人ひとりに違う考え方があって、学会でも一つに定義できないのです」という答えが返ってきました。

「研究内容を眺めても、私が扱うタンパク質などの分子レベルから進化を探る研究まで幅広い対象を扱います。したがって、研究者それぞれに“My 生物物理学”があるような状況なのです。しかし、そうした自由な空気のなかで実に活発な議論が交わされています」

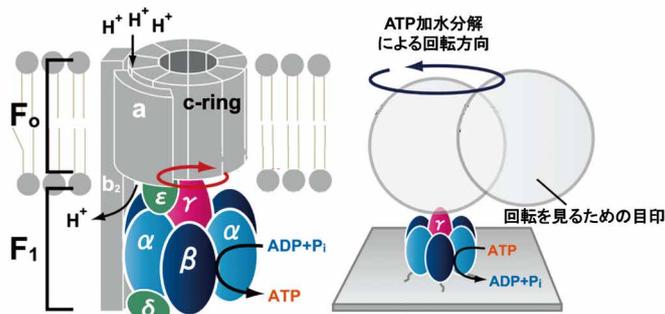
さて、この「生物物理学」のなかでは最も微細な分野を対象とする先生の研究は、どのように進められるのでしょうか。

人間の動きに欠かせない 回転分子モーターの研究

「人間は、食物から栄養を摂っていますが、そのまま体を動かすエネルギーにすることができません。このエネルギーをつくるのが『ATP（アデノシン三リン酸）』という分子です。このエネルギーの多くを産出するミトコンドリア（殆ど全ての生物の細胞中にある小器官）は、まずATPをつくってエネルギーをここにため込み、次にATPが分解される際に、放出されるエネルギーを使って人間が活動するエネルギー

を生みだしています。

機械的な動きをして生体のために働くタンパク質の分子を『分子機械』と呼びますが、私の研究では、この分子機械の一つである『回転分子モーター』を扱います。さまざまなタンパク質の分子のなかで、この回転分子モーターは、まさにモーターのような動きを見せるのです。120度ずつカチッ、カチッとデジタル感覚で回転しているのですが、研究室では、このような動きが『熱力学の法則』を破ることなく調和しながら、どのように動いているかを観察・分析しています。実は、この動きのメカニズムは、まだ解明されていない分野なのです。具体的な実験でミトコンドリアを使うことは難しいので、温泉にも棲む研究用のバクテリアを使うのですが、このバクテリアの分子モーターは、人間の回転分子モーターとほぼ同じ構造を有しています」



▲左図が生物中に実際にある状態のATP合成酵素。図の上から下の方にH⁺が流れようとする力を利用してc-ringが回転し、連結したγ軸が回転してATPを合成する。右図は左図のF1部分だけを人工的に取り出しガラス板の上に貼り付け、プラスチック製の目印を付けたもの。ATPを加水分解してγ軸が回転する。

エネルギーの変換を通して 生物の動きを緻密に分析

宗行先生に「回転分子モーター」の研究内容を、さらに具体的に説明してもらいました。

『「回転分子モーター」』の直径は10ナノメートルと微細なので、顕微鏡でも見ることはできません。したがって、これをガラス板に付け、遺伝子操作によって回転軸に（約30倍の大きさの）0.3マイクロメートルのポリスチレン製のビーズ（球）を目印として付けます。このような操作をすることにより、顕微鏡で観察できるようになります。

人間の体のなかでは、生命維持のためにさまざまな化学反応が行われていますが、これには必ず熱エネルギーの出入りが伴います。それは、回転分子モーターの働きでも同じで、私の研究においても重要な観点です。実験では、主に回転分子モーターによるATPの分解の過程を観察しますが、回転を逆にすると合成になり、合成過程を観察することもあります。具体的には、最大でどこまで『力』を出しているかを調べるために、ビーズの部分に外側から力（回転トルク）を与える実験を行います。外からの力と回転する力がちょうど釣り合った状態が、回転分子モーターがもつ最大の力とみることができます。こうして観察し計測した動きを数値データにして理論的な式と突き合わせ、『熱エネルギー』や『仕事』に翻訳していくのですが、その際、パソコン上のシステムを使った演算を欠かすことができません。この点では、プログラミングの知識も必要になります。

このように、回転分子モーターの動きを熱エネルギーや仕事、力を通じた“エネルギーの変換”として分析しながら、まだ知られていない生物ならではの動きのメカニズムを解明していくのが私の研究の目的です。タンパク質の回転分子モーターを対象に、このようなエネルギーの変換について研究しているのは私の研究室だけです」

一連の研究で先生は、回転分子モーターが分解するときのエネルギーが全て回転のために使われているという事実を発見するなどの成果も挙げています。また、光を吸収する「ロドプシン」という視力と関連するタンパク質の研究も併せて行っています。



▲日本で唯一の研究を行う宗行研究室には、東大や千葉大などから大学院生が訪れ、ここでしかできない実験を行う、オープンな研究環境が実現されている。

生きている状態とは何か この深遠なテーマと向き合う

さて、このように未知の領域に挑む宗行先生の研究室で学ぶ場合に、大切にすべきことは何なのでしょう。

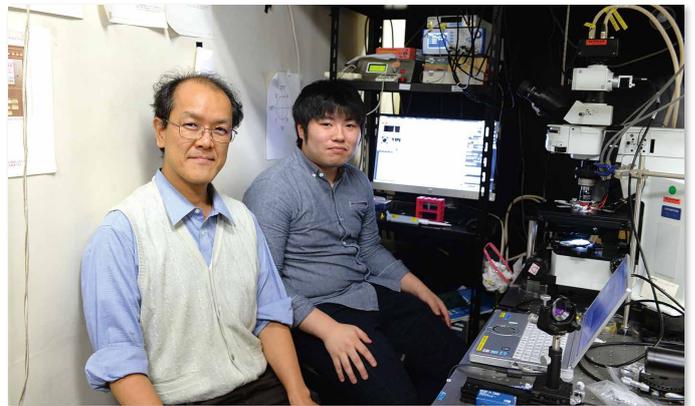
「ゼミでは、（未発表の新たな発見を報告した）原著論文を選ん

で紹介することと、これまで述べた研究テーマに沿って進めている自身の研究内容の進捗状況を報告してもらっています。研究において、計画を立てて実行し、その結果をほかの人にも分かりやすく報告し、アドバイしてくれた人の意見を素直に採り入れてさらに研究を進める、という手順を身に付けることができれば、将来、世のなかに出た場合に役立つのではないかと信じています。基礎研究は、10回実験したら8回から9回は失敗するものです。失敗したら落ち込みますし、その実験結果をしっかりと説明するのは難しいことです。したがって、それができれば、優れたコミュニケーション能力がある、と認めていいのではないのでしょうか」

こうして「回転分子モーター」を対象に、生物における未知の分野に物理学のアプローチで挑む宗行先生の研究には、実はその先に真のゴールがあります。

『「生きている状態とは何か」』というテーマをずっと抱いています。例えば、海岸の岩場などに張り付いているフジツボという節足動物がありますが、その外見は石ころのようで、見た目には生きているのか、死んでいるのかさえ判別できません。このフジツボにも、植物にさえも回転分子モーターは存在するので、私が研究している“エネルギーの変換”という視点から捉えたときに生き物の長所が見いだせるのではないかと、という期待も持っています。ただしそれは、宇宙の果てまで行ったときに初めて見た存在を、判別できるものでないとならないと考えています。それは、いわば“物質にとらわれない生き物観”とも表現できます。それを見据えたときに“エネルギーの変換”という私の研究の視点が、重要なファクターになると思っています」

このように深遠なテーマにも触れられる先生の研究室。ナノレベルの世界に“新発見”を追求しながら、研究者としての自分を鍛えられる機会は、とてつもなく貴重です。



▲宗行研究室の学生は、タンパク質に電流を流したり、光を当てるなど、さまざまに実験条件を変えながら、状態の変化を観察・分析しています。

Message ~受験生に向けて~

受験勉強を、受験が終わってしまえば要らなくなるものとして捉えないようにしてください。地に足のついた努力をして、勉強したことをしっかりと身に付ける努力する習慣を培ってほしいです。そして大学には、勉強が好きになって入学してきてほしい。これは、大学に入学すると高校での勉強を忘れる人が多いからです。勉強を身に付ける習慣を養って入学すれば、そうでない人と比べて大学で体験する世界が全く違ってくると思います。