



## INVITATION

中部大学  
応用生物学部 環境生物学科

光る生き物に  
魅せられて

教授 大場裕一さん

大場さんの研究室には研究に関する資料や文献はもちろん発光生物に関連した絵やグッズも集められている



ワンキャンパスに8学部27学科4専攻が集結する中部大学。文理医教融合の環境で広く深い学びの場を提供している

### 「発光生物学」という新たな領域

夜空に瞬く星、華やかなイルミネーション、キャンドルの灯り…人はなぜか光るものに特別な美しさを感じるようだ。なかでも、暗闇にほのかな光を放つホタルをはじめとする光る生き物——発光生物は、時代を超えて人の心を惹きつけてきただけでなく、科学的な探究心をもかき立ててきた。陸ではホタルのほか、グローワームとも呼ばれるヒカリキノコバエの幼虫、発光キノコ、発光カタツムリなど、海ではホタルイカ、ウミホタル、ヤコウチュウ、発光クラゲや発光魚類など多様な発光生物が報告されており、その謎に多くの科学者が挑んでいる。

今回、お話を伺った中部大学応用生物学部の大場裕一教授も、発光生物に魅せられた科学者一人だ。日本で唯一の発光生物の基礎研究を専門とする発光生物学研究室を率いている。「発光生物学」とは耳慣れないかもしれないが、日本における発光生物研究の先駆者である神田左京博士(1874-1939)が著作に遺した言葉である。神田氏の研究にかける思いを受け継いだ大場さんが、それを新たな研究領域の名称として提示した。

「発光生物の研究ではこれまで生物そのものよりも発光メカニズムに関心が寄せられ、発光に関連する化学物質やその生成に関与する遺伝子の解明が盛んに行われてきました。それらはたしかに重要ですが、近年はそこから得られた成果を産業に役立てるための応用研究ばかりに目が向かれがちです。一方で、私が関心を持っているのは発光生物がどのように生まれ、進化し、多様化してきたのか、発光生物がなぜ今のようなかたちで存在するのか、といった根源的な問題です。それを解き明かすには、発光生物の生命現象について、進化という要素も含めた『生物学』の視点



実験室には標本や試料などが、所狭しと並ぶ

から総合的に捉え直す基礎的な研究領域が必要だと考え、それを『発光生物学』と呼ぶことにしました」。

発光生物をめぐる研究成果で最も有名なのは、下村脩博士によるオワンクラゲの緑色蛍光タンパク質(GFP)の発見だろう。GFPは生体内や細胞内における遺伝子発現の可視化に応用され、今では生物学研究に欠かせないツールとなっている。その功績から下村博士は2008年にノーベル化学賞を受賞されたが、そのような成果があげられたのは博士が海洋発光生物の基礎研究を地道に積み重ねていたからにほかならない。

## 生物発光の意味とは

地球上にいる発光生物の種類は、正確にはわかっていないものの約7,000種と試算されている。そのうちホタル科とその近縁の甲虫が約2,500種で、陸の発光生物の大半を占める。意外といふよりも思えるが、生物種の数は昆虫だけでも100万種以上とされていることを考えると、多いとは言えないかもしれない。海の発光生物では魚類が1,500種以上、ほかにも発光バクテリア、イカ類、ゴカイ類、甲殻類、クラゲ類など多種多様である。海洋生物は生きた状態での捕獲や直接観察がしづらく、外見から発光する可能性が推察できても、生きているときに発光するかどうかわからないものもある。そのため海には未知の発光生物がまだ多くいるのではないかと考えられている。

生物の発光にはどのような意味があるのだろうか。大場さんは次のように説明する。

「まず捕食者への警告や威嚇のためと考えられます。例えばホタルの場合、成虫になると光らなくなる種もありますが、幼虫やサナギの段階ではみんな発光します。体内に毒を持っているので食べたら不味いことを警告しているのでしょうか。成虫になっても光る種では、光が雌雄のコミュニケーションにも用いられています。また、グローワームのようにエサの誘引に利用しているもの、発光キノコのように光る意味がよくわかっていないものもあります。海洋発光生

物では自分の姿を消すことに利用しているケースが多いですね。海では海面から射す光のせいで下から見上げられると自分のシルエットがよくわかつてしまう。それを打ち消すように腹側を光らせる『カウンターイルミネーション』によって、捕食者から見つかりにくくしていると考えられます」。

## 発光形質は独立に進化してきた

では、どうやって発光しているのか。大場さんによれば、基本的にはエネルギー代謝と同じ原理で光るのだという。「生物は食物から得た化学的エネルギーを酵素反応によって熱エネルギーや力学エネルギーに変換して生命活動を維持しています。その変換先が光エネルギーになると発光するのです。発光メカニズムの細部は生物種によって異なりますが、光るエネルギーを得るために酸素原子同士の結合を切断する酸化反応を利用している点は共通しています」。

発光反応において基質となる低分子有機化合物は「ルシフェリン」、反応を促進する酸化酵素は「ルシフェラーゼ」とそれぞれ総称される。ほとんどの生物発光はルシフェリンとルシフェラーゼ、そして酸素が揃うことで起きるが、ホタルはそれらに加えてATP(アデノシン三リン酸)も必要とするほか、下村博士がGFPを発見したオワンクラゲをはじめとする一部の発光生物では、酵素による触媒反応とは異なる仕組みで発光する。また、海洋発光生物では自力で光らず発光バクテリアを共生させて光る種、ルシフェリンやルシフェラーゼを自分で合成せず、餌として取り入れた発光プランクトンのものを利用して発光する種もある。

「よく勘違いされがちなのですが、ルシフェリンとルシフェラーゼはあくまでも総称で、生物分類群によってそれぞれの中身は大きく異なります。発光という共通の現象を起こすのだから似たような物質ではないかと想像されるかもしれません、異なる分類群では分子構造に類似性がまったくありません。そのことは進化という観点から発光生物を見たときの重要なポイントで、発光という形質が、それぞれの生物分類群において進化の過程で独立に出現し

大学の池のほとりにて。緑豊かなキャンパス内には  
ヒメボタルやホタルミミズが生息しているそう

記事はWebでも  
閲覧できます。

<http://www.labscope.net>



たことを意味しています」。

最新の研究では、これまでの全生命進化の過程で発光形質が100回程度は出現してきたと見積もられている。生物が光るというのは極めて難しく稀なことではないかと思いつがちだが、実は比較的起こりやすい変異なのかもしれない。たまたま獲得した発光という現象が、生存戦略において有利な機能として働けば受け継がれ、必要なければ失われていったということなのだろう。

## 「おもしろさ」を原動力に

進化に関連した大場さんの研究成果の1つに、約1億年前に生きていたホタルの祖先の光の再現がある。進化生物学で用いられる、現在の遺伝子配列情報から過去の遺伝子配列を推定する「祖先配列推定」という手法で、現在のホタルルシフェラーゼのアミノ酸配列情報から白亜紀のホタルのルシフェラーゼのアミノ酸配列を推定した。そこから導き出されるDNAの塩基配列を大腸菌に組み込んで発現させ、当時のルシフェラーゼを世界で初めて復元することに成功したのだ。「ホタルは種によって光の色が異なるのですが、色を決めているのはルシフェラーゼのアミノ酸配列なので、現在のホタルルシフェリンに復元したルシフェラーゼを加えれば、当時のホタルの光を再現できます。実際に実験してみると、その発光色は深い緑色でした」。

太古の世界の光景は化石などから推測するしかなく、実際の動植物の色を知ることはできないなかで、当時の発光色が見られることは画期的であり、科学のロマンを感じさ

せる。「この成果は直接、産業に役立つようなものではありませんが、実用性だけでなく、探求の楽しさや生き物のおもしろさを提示することも、科学の大切な役割です。そうした意味で、発光生物は子供たちをはじめ広く一般の皆さん的好奇心や科学への関心を高める材料として向いていると思うのです。僕自身、発光生物の研究を続けてきた理由は、純粋におもしろいからに尽きますから」。

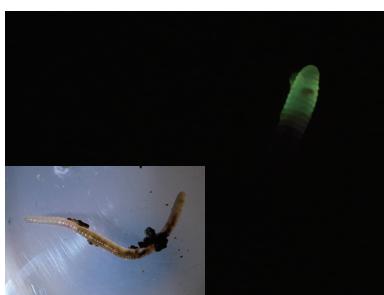
そして、そのような「おもしろさ」を原動力とした研究をよしとする自由闊達な研究環境が中部大学の特色であるという。「僕の研究に対しても、役に立つかどうかとは異なる軸で評価されているので、好きなことを追求できています。だから研究室の学生にも、基本的にやりたいテーマに取り組ませるようにしています」。

発光生物というくくりで見ると深海魚からキノコまで実に千差万別で、「興味のおもむくままに研究をしても、常に新しい発見がある」と大場さんは話す。「例えばミミズにも光るもののがいるんです。そんな身近な生物が実は光るというのも興味深いですよね。こうした身近な発光生物というテーマを掘り下げてみるのもおもしろそうだと思っています」。

発光ミミズは「ホタルミミズ」と言い、刺激により光る粘液を出す。世界中に広く分布し、日本でも各地で見られるという。体色は半透明で体長40mm前後、他のミミズとは違い冬(11月～3月)に活動が活発になる。「砂混じりの湿った土壌、校庭や公園の隅などで見つかることが多いので、寒くなったらぜひ探してみてください。そして、なぜ光るのか考えてみるのも楽しいのではないでしょうか」。

(取材・文 関 亜希子)

ホタルミミズの姿と、光る粘液を出した様子



タイに生息する発光カタツムリ、*Phuphania crossei*。大場さんとタイのチュラロンコン大学による共同研究グループが2023年に発見した



ゲンジボタル

