

「海の光る生物が教えてくれる自然のふしぎ」

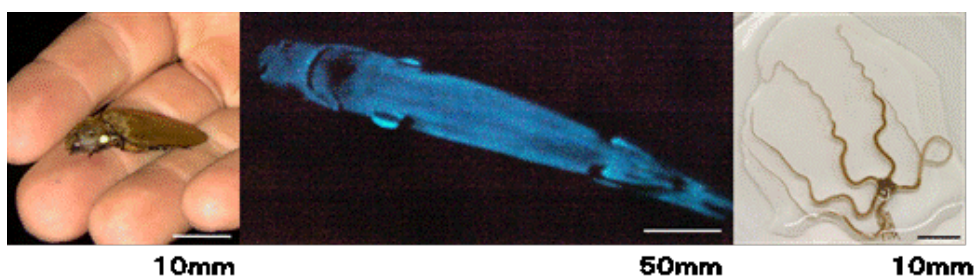
産業技術総合研究所 近江谷克裕

「クラゲはなぜ光るのですか？」という質問に、皆さんはどう答えますか？光るクラゲから緑色蛍光タンパク質を発見し、2008年のノーベル化学賞を受賞した下村脩先生は、「なぜ光るのかはわからない」と答えていました。私も同じです。私は光る生物の野外での生態や光る仕組みを答えることができます。また、これらの生物が光をどのように利用しているかも説明できます。でも、なぜ？光っているのか、容易には説明できません。なぜなら、多くのクラゲは光りません。また、光る魚もいますが、大多数の魚は光りません。よって、なぜ？生き物が光るかは簡単に説明できないのです。

海にいる光る生物は分類学上、バクテリア、原生動物（渦鞭毛藻）、腔腸動物（クラゲ）、軟体動物（イカ）、節足動物甲殻類（ウミホタル）、棘皮動物（ヒトデ）、魚類などです。陸生のホタルの光は緑色から赤色ですが、多くの場合、水生の光る生物は青色の光を発します。私の研究対象の一つウミホタルは青色の光の煙幕を吐き出し、「捕食者の目くらまし」に光を使います。また、発光するサメは、周りの明るさと同程度の光を腹側部で発し、自分の姿を隠します（光は忍者の道具のようですね）。さらに、富山の発光ゴカイは海岸付近でオスとメスが光の輪を描きながら泳ぎ、子孫を残しますので、コミュニケーションに利用されているようです。

私が研究室で飼育していた発光性渦鞭毛藻類（夜光虫の仲間）は赤潮の原因でもあり、時々、大発生します。昔の船乗り達は「燃える海」とも言ったそうですが、研究者の中には、これは身を守るための光と考える方もいます。しかし私が研究した限り、単なる生理現象として光っているようにしか思えません。そういえば、ウミホタルの光でもオスとメスの交信という説を唱える方もいますが、私の共同研究者が水中で観察したのですが、そのような現象を見たことが無いそうです。

海ではありませんが、淡水で唯一発光するニュージーランドでのみ生息する発光貝ラチアは刺激を与えると発光液を分泌します。ものの本には、捕食者などの相手を威嚇するために発光液を分泌すると記載されていました。しかし私たちが採取を行った場所は、きれいな流れのはやい清流で、そこには魚は住んでいませんし、ラチアは岩の下にへばりついており、見つけるのが難しいし簡単にははがれません。なぜ光っているのか、私は説明できません。そんな光る生き物について、お話しいたします。



ルミナス・インセクト～光る昆虫のふしぎ

大場裕一（中部大学応用生物学部・教授）

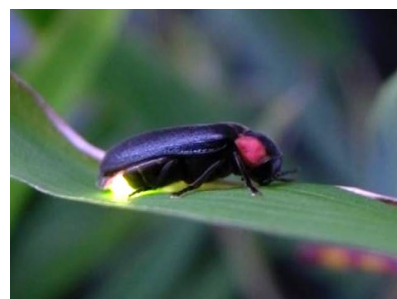
発光生物の多くは海に住んでいると言われていたのですが、私たちの住む陸上にもたくさんの発光生物が見つかっています。本講演では、陸上の発光生物、とくにホタルについて、その不思議を科学します。

陸上には発光生物が少ない、というのは本当でしょうか。私が数えてみたところ、世界で発光することが知られている生物は約 6800 種、そのうち陸生のものは約 3000 種もありました。もはや「陸上には発光生物は少ない」とは言えないのかもしれないですね。

ただし、陸上発光生物の大部分を占めているのは「ホタル」、つまりホタル科の昆虫です。ホタル科の昆虫はすべて発光するとされ、記載されている種数は 2300 にも達します。それ以外は、菌類に約 100 種、フェンゴデス科というホタル科に近縁な甲虫が約 250 種、コメツキムシ科の発光種が約 200 種。さらに、細菌と軟体動物、多足類、トビムシ（六脚類）、キノコバエの仲間にも、少ないながら発光種が知られています。言うなれば、ホタルとは発光するという形質を武器に多様化してきた、“陸上発光生物の覇者”なのです。ちなみに、陸上植物に発光する種は 1 種も見つかっていません。

では、ホタルはどのように発光能（光る能力）を獲得したのでしょうか。その出来事は約 1 億年前の白亜紀まで遡ります。白亜紀といえば、恐竜が闊歩していた最後の時代です。実はこのころ、発光能を持ったホタルの祖先が出現しました。

白亜紀のホタルの祖先に何が起こったのでしょうか。そのことを知るために、最近、私たちはホタルの全ゲノムを解読しました。その結果、光らない祖先の昆虫において、ある特定の遺伝子に度重なるコピーとエラーが起こったことで、発光能が獲得されたことがわかりました。本講演では、そのあたりをさらに詳しく解説しましょう。



参考文献

大場裕一「恐竜はホタルを見たか」岩波科学ライブラリー（2016年）

Fallon TR et al. (2018) Firefly genomes illuminate parallel origins of bioluminescence in beetles. *eLife* 7, e36495.

光の弱い林床で生き抜く植物の知恵 関東～沖縄～チリ
館野 正樹 (東京大学附属日光植物園)

林床の光は弱く、植物がここで生きていくためにはかなりの工夫が必要である。とはいえ、落葉樹林林床では晩秋から早春にかけて強い光を利用できる。そのため、冬も葉をつけている常緑性の植物はその期間に行う光合成によって順調に成長することができ、林床であることはそれほど問題にはならない。

問題は林冠に葉がある場合だ。例えば、落葉樹林林床で発芽した落葉樹の実生や、常緑樹林林床で発芽した常緑樹の実生である。これらの葉は常に暗い環境にあるため、ここで光合成を行って成長することは容易くはない。写真のような草本も同じ問題を抱えている。

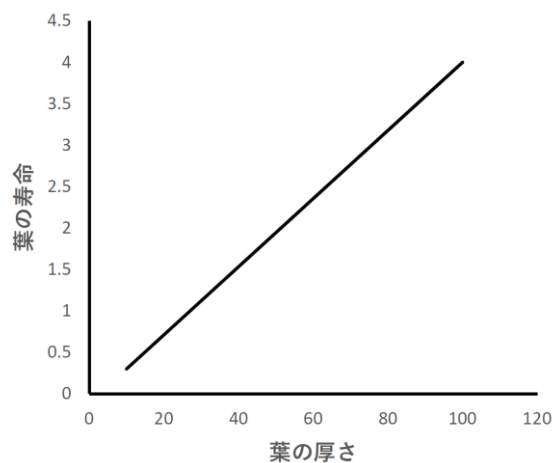
植物はそうした暗い林床で生き抜くための方法を二つ進化させてきた。一つの方法は、できるだけ葉を薄くし、広い範囲から光を集めることである。もう一つは、葉をできるだけ長く維持し、長い期間光合成を続けることである。

しかし、これら二つは両立できない。薄い葉は短時間で多くの有機物を作れるが、風などの物理的なストレスや被食に弱く、長くは維持できない。一方、厚い葉は時間あたりの光合成量は少ないが、長い時間維持できる。面白いことに、この二つのどちらの方法でも葉の一生あたりの有機物生産量はほぼ同じである。そして林床ではどちらの方法でも生きていくのがやっとという状態にある。

林床には葉の厚さと寿命の異なる多くの種が存在し、日本でもチリでも図の直線上にほぼ並んでいた。傾きは違うのだが、木本も草本も直線上に並ぶことになりはしない。しかし、葉の厚さと寿命の違いは、それぞれの種の生き方に大きな影響を与えることがわかってきた。その違いについての理論的な解析とそのテストも進みつつある。



林床のオオバジャノヒゲ



モササウルス類が感じた光～化石海生爬虫類の視覚復元

山下 桃 (国立科学博物館・日本学術振興会特別研究員)

恐竜の時代として知られている中生代、海の中でも爬虫類が頂点捕食者として地位を占めていました。代表的な中生代の海生爬虫類として、魚竜類や、首長竜類、モササウルス類、カメ類が挙げられます。これらの化石動物の生活様式（例えば、生息水深）を知ることは、当時の海洋生態系の仕組みを理解する上でとても重要です。しかし、これらのグループの中で現在まで生き残っているのはカメ類のみであり、他のグループは中生代の末期までに絶滅してしまったため、どのような生活様式であったかは謎に包まれています。その一方で、これらの絶滅したグループの中でも、モササウルス類はトカゲ類の仲間であることが知られています。つまり、今生きているトカゲ類の情報を適用して、モササウルス類の生活様式を推定することができるのです。

モササウルス類の潜水深度を探るためのツールの一つとして、「眼」が挙げられます。動物の眼は、生活様式によって形や大きさが変化することが知られています。眼の大部分は、化石として保存されにくい軟組織から成っていますが、トカゲ類や鳥類などの爬虫類は、眼の中に「鞏膜輪^{きょうまくりん}」と呼ばれる骨質の構造を持っています。モササウルス類も鞏膜輪を持っており、化石として保存されていることがあります。現在生きているトカゲ類の眼において、鞏膜輪と眼の軟組織の大きさに関係性を見いだすことができた場合、その関係性を利用してモササウルス類の鞏膜輪から眼の軟組織を復元し、さらには視覚機能を推定することが可能となります。

私は、視覚機能の中でも「どのくらいの暗さでものを認識できるか」という点に着目しました。暗いところでも物を見ることのできる眼を持つ生物は、より暗い（深い）ところまで潜水できると考えられるからです。本講演では、化石として残っている鞏膜輪からモササウルス類の視覚機能を推定し、モササウルス類がどのような深度まで潜水していたかを紹介します。

