

# 論文内容の要約

論文題目      ホタル科におけるルシフェラーゼの遺伝子重複に関する研究

氏名              別所 学

## 要約

ホタルは発光酵素ルシフェラーゼを1つだけ持つと考えられていたが、最近の研究からゲンジボタルやヘイケボタルは2つのルシフェラーゼを持つことが明らかとなった。これらのルシフェラーゼ *Luc1* と *Luc2* は、分子系統解析からホタル科の共通祖先で遺伝子重複を起こしたことが示唆されている。しかし、新しく見つかったルシフェラーゼのグループである *Luc2* の普遍性や性質、その生理・生態学的な役割についてはほとんど分かっていない。

本論文は4章構成になっている。第1章ではホタルルシフェラーゼの研究における学問的意義づけを行ったのち、研究背景と本研究での焦点を明確にした。第2章ではヒメボタルを用いた *Luc2* の生態学的意義について研究を進めた。すなわち、*Luc2* がホタルの生活環の中でいつ使われるかについて実験をおこなった。第3章では、マドボタル亜科を用いて *Luc2* の存在の普遍性と、その発現パターンの普遍性を調べた。そして第4章では、第2章と第3章から得られた知見と過去の知見から、ホタルの進化とルシフェラーゼの進化について総合考察を行った。

第1章では、本研究が関わる分野である新奇形質の進化と発光生物の進化を絡めて導入部とした。現代の進化学において未だ解明されていない新奇形質の進化メカニズムは、発光という形質がルシフェラーゼの進化によって獲得されることから、ルシフェラーゼの進化を研究することにより、その一旦を解明できるのではないかという考えを述べた。

第2章では、*Luc2* の発光色に焦点を当て、*Luc2* の性質や遺伝子の発現パターンを調べ、生態学的な役割と関連付けて考察した。*Luc1* の発光色は緑から黄色まで様々である。ゲンジボタルやヘイケボタルの成虫は発光を求愛シグナルとして使うが、これには発光色が重要であり、これらのホタルでは一般に、視覚の感受性が同種の発光色に適応していることが知られている。すなわち、*Luc1* の発光スペクトルと視覚受容スペクトルが一致している。今回、ホタルの仲間のうちもっとも黄色く光るグループであるヒメボタルを用いて、*Luc1* と *Luc2* の発光色が大きく異なることを見出した。このことから、ホタルは自身の *Luc2* による発光を見ていないことが示唆された。さらに、遺伝子発現パターンを調べることで、*Luc2* は動けないステージである卵や前蛹、蛹の時期に発現していることが明らかとなった。これらのことは、*Luc2* は動けないステージにおける防御として、他の生物に対する警告シグナルとしての役割を持つことを示唆している。

また、第3章では、これまでに *Luc2* が見つかっていたホタル亜科とは遠縁なマドボタル亜科のホタルでも *Luc2* が存在すること、さらに、*Luc1* と *Luc2* の遺伝子発現パターンがホタル亜科と大まかに一貫していることを見出した。現在、ホタル科は6つの亜科から構成されている。分子系統解析から、ホタル亜科+ミナミボタル亜科+クシヒゲボタル亜科とマドボタル亜科+Photurinae 亜科+Amydetinae 亜科の2つの大きなグループがホタルの進化の初期に分岐したことが示唆されている。本論文では、*Luc2* が調べられたホタル亜科とは系統的に離れているマドボタル亜科のヤエヤママドボタルにも *Luc2* が存在することを見出した。さらに、ヤエヤマ

マドボタルの *Luc1* と *Luc2* の遺伝子発現パターンがホタル亜科のそれらと同様に、*Luc1* は幼虫～成虫の発光器で、*Luc2* は動かないステージの全身で発現していることを発見した。

第4章では、本研究成果と過去の知見を俯瞰し、総合考察を行った。分子系統解析と遺伝子発現パターンの共通性から、*Luc1* と *Luc2* はホタル科の共通祖先で遺伝子重複を起こした後、**subfunctionalization** により、異なる遺伝子発現パターンを獲得したという仮説が浮かび上がった。つまり、*Luc1* の幼虫～成虫における発光器での発現と、*Luc2* の動かないステージにおける全身での発現がそれぞれ獲得されたというものである。これを支持する傍証はいくつかあるが、まだ調べられていない亜科からの *Luc2* の発見とその発現パターンの比較を行うことで、今後この仮説を検証していく必要がある。