

## 論文の内容の要旨

生圏システム学専攻

平成 23 年度博士課程進学

氏名 梯 公平

指導教員名 鎌田直人

### 論文題目 保全を目的としたヒメボタルの分布と移動の特性に関する研究

ヒメボタル(*Luciola parvula*)は、幼虫が陸上で生活する陸生ホタルの 1 種で、照葉樹林やスギ林などに生息している。本種雌成虫は翅が退化して飛翔できないため移動性が低いと推測されている。そのため、本種個体群は地域固有性が高く、生息環境が悪化すると局所個体群の絶滅が起こりやすいと考えられる。実際、多くの生息地では個体群の個体数減少や絶滅が報告され、各地で地域個体群の消失が危惧されているため保全策を早急に講じることが求められている。本種の保全における課題のひとつは、生態に関する情報が調査しやすい発光成虫、とくに飛翔する雄成虫のデータに極端に偏っており、雌成虫や幼虫のデータが少ないという点であり、このことが地域個体群の保全の際に障害となることが危惧される。例えば、愛知県名古屋市の相生山緑地では、生息地内部の道路敷設工事の影響軽減のため、雄成虫の目撃頻度をもとに計画の変更案が示された。しかし、その後行われた幼虫の分布調査により、変更案は逆に幼虫の密度の高い場所を通る計画となったことが明らかになった。夜間の飛翔発光が美しい本種は人気があり、消失の危機に瀕した個体群も、一部地域では地元市民らの保全活動によって存続している。しかし、保全施策に必要な基礎データは限られ、有効な保全策を速やかに講じることが困難となっている。さらに、本種は、地域によって発光時間帯のピークが深夜となるため、生息場所が森林であることも重なって、生息していても「発見されていない」場所も多いと推測される。そのため、本種が生息しているにもかかわらず、開発などによって人知れず生息地ごと個体群が消失してしまう危険がある。実際、千葉県では、約 50 年前の最初の記録以来、2004 年に再発見される間、全く記録がなく、実質的には絶滅種扱いとなっていた。再発見後は、速やかに保護措置がとられ、成虫発生期間中には成虫の配偶行動攪乱につながる自動車の夜間走行が禁止となった。同時に、ヒメボタルは千葉県版レッドリストにおいて最重要保護生物(カテゴリーA)に指定された。成虫の発生期間が約 1 ヶ月と短い本種は、生活史に占める幼虫ステージの割合が大きい(1~3 年)。また雌成虫が飛翔できないことから、幼虫と雌成虫の生息場所が重複することが予想される。これらのことから、雌成虫や幼虫の分布を正しく把握することが本種の保全の基礎情報として重要であると考えられた。そこで本研究では、幼

虫期の生態を明らかにすることにも重点を置いたうえで、成虫の広域分布、幼虫の局所分布や移動行動を、環境要因との関係から調査した。これらの情報が本種の未確認の生息地を早期に発見し、有効な対策を採るための基礎情報となると期待される。

第1章では、これまでに収集された本種の生態に関する情報を整理し、分布や移動の解明が本種の保全において重要であることを明らかにした。また、本種の保全の実施状況や問題点などについても情報を収集し、課題を整理した。

第2章では、本種成虫の発生が確認されている約1haのスギ林分内で、成虫の標識再捕獲調査から個体群パラメータを推定し、成虫発生時期の基礎的な動態を把握するとともに、成虫時期の移動は限定的で、幼虫期の方が本種を保全する上で重要な生活ステージであることを確認した。バイズ法による個体群パラメータの推定から、雄成虫の平均寿命は約2日と推定され、飼育下で報告されている寿命(平均約7日)の3分の1以下であることを明らかにした。一方、雌成虫は発見が困難なため個体群パラメータの推定はできなかったが、個体識別した雌の発見位置の記録から、雌が発光期間中はほとんど移動しない可能性が示された。したがって、飛翔能力を欠く雌成虫は分布の拡大や遺伝子流動に対する寄与が小さいものと考えられた。雄も多くの個体は寿命が平均2.2日であり、その移動は地域個体群内に限定されるものと推測された。

第3章では、生息地に設けたコドラート内に仕掛けたベイトトラップにより約1年間にわたって幼虫を捕獲し、幼虫のサイズ分布、個体密度の推定と空間分布の分析、ならびに環境条件と個体密度の関連性の分析を行った。環境条件は、地温、土壌水分量、下層植生の被度、日射量を使用した。前胸背板最大幅は1峰性の分布を示し、レンジは1.3~2.2mmであった。幼虫が多く捕獲された区画の環境条件は、空間スケールによって変化した。すなわち、5mスケールの場合には地温と植生の被度が正の影響があり、1mスケールでは日射量が負の影響を持っていることがわかった。森下のIδ指数・IB指数による分析からは、5mと50cmスケールで集中分布、1mスケールで一様分布の傾向を示した。経時的な分析からは、土壌水分量の多い日に捕獲個体数も大きくなっていることがわかった。また、体サイズからトラップによって捕獲される幼虫の大半は終齢幼虫であり、捕獲数の推移は6-7月の産卵後、10月まで少なく11月に増加した後、冬季に下がり再び4月-5月上旬に増加した。これは個体群において終齢に達した幼虫の割合が増大してから蛹化前までの期間中で、乾燥し温度の低い時期を除いた期間にあたり、この時期幼虫は活発に活動しているものと考えられる。

第4章では、前章と同様に本種の幼虫ステージに注目し、活動性と移動分散能力、および環境要因がこれらに及ぼす影響を扱った。まず、年間を通じたトラップ調査から、各調査日における捕獲数の推移と環境条件から幼虫の活動性に影響する環境要因の解析を行った。その結果、幼虫の活動性は土壌水分量に関係していた。また、各時期の幼虫の体サイズの測定から終齢になるまで幼虫の活動性は低いことが推測された。さらに、終齢時期の幼虫に対して標識再捕獲調査を行い、生涯自然平均移動分散距離が $100.7 \pm 18.4\text{cm}$ (12月)、

245.4±700.0cm(3-4月)であることを明らかにした。また、降雨による移動の影響が観察されたことから、環境条件の影響を推定できるように既存の拡散方程式による移動分散モデルを改変し、降雨によって移動距離が14.2±6.1(12月)、106.0±55.9(3-4月)倍になることを解明した。本種幼虫の移動距離は、3-4月の推定誤差が大きいことを考慮しても、幼虫期間全体で数メートルにとどまり、移動の際には環境条件(降雨)の影響を強く受けることが示された。

第5章では、広域スケールにおける本種の分布とその規定要因、さらに周辺の潜在的生息適地の推定を行った。また、演習林および隣接する千葉県立県民の森で行った広域スケールでの調査では、分布と関係がみられたのは、冬季(11月)の降水量、植生(落葉/常緑)、斜面方向(北向き度合)であった。これらの条件は、直接あるいは日照などを通して間接的に水分条件と関係し、広域的には、特に冬季に湿潤な場所が好まれていると考えられた。分布推定においては複数のモデルを使用して予測結果の比較を行った。さらに同所的に生息する陸生ホタルの分布と比較し本種の分布の広狭を同じホタル科の他種類と比較した。調査地域周辺における本種の分布は、他種の陸生ホタルと比べても狭い範囲に限定されている可能性があることが示唆された。

第6章では、これらの結果を総合的に考察し、本種の保全方法に関する考察を行った。本種の生活史にしめる割合の大きい幼虫期は、水分条件や降雨に強い影響を受けており、広域的な分布規定要因もこれらの条件と密接に関連しているものと考えられた。また、同所的に生息するホタル科の昆虫と比べても本種の生息地は限定されており、本種がホタル科において指標となる可能性を持っていると推測された。本種保全のための新規の生息地探索には、地域個体群の発生消長を把握した上で発生ピークに調査をおこなうことが効率的であり、詳細なハビタットの把握のためには晩秋あるいは成虫発生の約2~3ヶ月前の降雨後に幼虫のトラップ調査を行うことが有効である。一方で、成虫の発生ピークは非常に短いことから継続的に分布モデルの改善を行い、統計手法をもちいることで新規の生息地が存在する可能性が高い地域を絞り込むことが重要である。ヒメボタルは市民の関心も高く、マッピングされた分布推定図が公表されれば社会的なインパクトも大きいと推測され、成果の視覚的な発表と継続的な生息地の把握が保全において重要となると考えられた。

以上、従来知見の少なかったヒメボタルの特に幼虫期の移動性に関して、移動性が非常に限られていることが明らかになった。また、移動も含めて活動性が土壌水分量の多いことや降雨などにより促進されることも明らかになった。これらの知見と、環境条件から推測される本種の予想生息地のマップにより、従来より本種が生息するにもかかわらず未確認となっていた地域を減らし、環境保全のための適切な対応が実施可能になるものと期待できる。