

博士学位論文審査等報告書

審査委員 主査 中尾 史郎

副査 寺林 敏

副査 三野 眞布

副査 牛田 一成

1 氏 名 増田 倫士郎

2 学位の種類
博士（農学）

3 学位授与の要件
学位規程第3条第3項該当

4 学位論文題目
アメンボ亜科の長翅単型3種における飛翔筋多型と翅長変異の関係

5 学位論文の要旨および審査結果の要旨

【学位論文の要旨】

別紙に記載

【論文目録】

別紙に記載

【審査結果の要旨】

本研究は、季節によって飛翔可能な翅を持つ個体と持たない個体が現れるアメンボ亜科において、例外的に1年を通じて飛翔可能な翅を持つ長翅単型の3種に注目し、これらの翅の長さに顕著な変異が出現しない仕組みを探ることで、飛翔能力にみられる表現型可塑性の生起要因について研究・考察したものである。

昆虫における飛翔分散能力の獲得はその多様化に貢献したが、翅や翅を動かす筋肉を形成し維持するコストを伴う。これが発育期間中の環境条件によって飛翔可能な個体と飛翔を避ける個体を生じる翅多型（wing polyphenism）現象が進化した要因

と考えられている。しかし、翅の形成・維持と飛翔筋の形成・維持にかかるコストは個々に把握されておらず、詳細にはなお不明な点が多い。第1章では、多くの種が季節によって翅長に多型性を示すアメンボ亜科において、年間を通じて飛翔可能な長さの翅を維持する種に着目し、翅と飛翔筋にそれぞれの程度の表現型可塑性が見られるかを区分して追究することの意義を概説している。アメンボ亜科は、主に翅多型種から構成され、主要な翅型決定要因は日長であることが知られている。本研究において、申請者は、アメンボ亜科で例外的に長翅単型種を多く含む *Limnopus* 属と *Gerris* 属 *Macrogeris* 亜属の長翅単型3種、セアカアメンボ *L. genitalis*、エサキアメンボ *L. esakii* およびヤスマツアメンボ *G. (M.) insularis* を対象として、各種の季節生活環を解明し、異なる日長条件下で発育した個体の翅長と飛翔筋の発達程度を把握して、翅長や飛翔筋の発達と繁殖能力との関係を相互に比較することによって、3種の翅に多型が見られない要因の一端の解明を試みた。

第2章では、セアカアメンボの季節生活環、ならびに翅長と飛翔筋の可塑性について検討している。本種の北海道北部個体群は、生殖休眠を誘導する臨界日長と、有効積算温度定数、ならびに生息地の日平均気温と自然日長に基づいて、年1化であると推察された。完全に発達した飛翔筋を持つ個体の比率は、長日条件下よりも短日条件下で高かった。相対翅長（後翅長/頭幅）は1山型の分布を示した。また、飛翔筋の発達程度と産卵数の間には負の相関が認められたが、相対翅長と産卵数の間には相関関係は認められなかった。これらの結果から、本種では飛翔筋の発達と繁殖能力との間にはトレードオフの関係が生じているが、翅の長さとはトレードオフの関係がないことが示唆された。

第3章では、エサキアメンボの季節生活環、ならびに翅長と飛翔筋の可塑性について検討している。本種は近畿地方の平野部で年3回以上発生し、第1世代の成虫は5月中旬から下旬に、越冬世代の成虫は9月上旬から出現した。完全に発達した飛翔筋を持つ個体は、長日条件下よりも短日条件下で多く見られた。相対翅長は1山型の分布を示した。これらの結果から、本種もセアカアメンボと同様に外部形態は単型であるが、飛翔筋には季節による明瞭な多型が生じていると考えた。

第4章では、ヤスマツアメンボの季節生活環、ならびに翅長と飛翔筋の可塑性について検討している。本種は、近畿地方平野部では年2回または3回発生し、第1世代と第2世代の成虫は、7月上旬から8月上旬までと8月下旬から9月までの間にそれぞれ出現し始めた。ヤスマツアメンボは *Limnopus* 属の2種とは異なり、長日条件下で完全に発達した飛翔筋と長い後翅を持つ個体が高率で出現し、短日条件下では飛翔筋が発達しておらず、後翅の短い個体が高率で出現した。相対翅長は連続的ではあるものの2山型の分布を示した。中間的な日長条件下では、長い後翅の個体は完全に発達した飛翔筋を持ち、短い後翅の個体は発達した飛翔筋を持たない傾向があった。第1世代虫において、完全に発達した飛翔筋を持つ個体では、飛翔筋

を発達させない個体と比べて成熟卵を持たないものの比率が高かったが、相対翅長と成熟卵の有無との間には明瞭な関係が認められなかった。これらの結果は、本種が飛行筋の二型と不完全な翅二型を呈し、飛行器官の可塑性は翅よりも飛行筋に現れる意義が大きいことを示唆した。

第5章では、総合考察として長翅単型種に飛行能力に可塑性が生じる要因について考察している。申請者は、1年を通じて飛行可能な翅を持つ長翅単型の3種のいずれにも、飛行筋に日長（季節）による可塑性が見られたことから、飛行能力を保持することで生じる繁殖力への負の影響を、飛行筋発達の可塑性で緩和している可能性が高いと考えた。そして、セアカアメンボでは、飛行筋の発達程度と卵数の多寡には負の相関関係が見られることを実証した。一方で、翅の長さや卵の有無との関係を調べたセアカアメンボとヤスマツアメンボでは、翅の長さとの間にそのようなトレードオフは検出されなかった。これらのことから、飛行器官の発達は一般に繁殖能力に負の影響を及ぼす要素であるものの、その影響が顕在化する程度は種によって異なると考えた。そして、本研究で対象とした3種においては、翅の短縮によるコスト削減をせずに、飛行筋の表現型可塑性だけで一定以上の繁殖成功を達成できる性質を備えていることが、短翅型とみなせる表現型を発現しない一因であるという仮説の提唱に至った。ただし、長翅単型種が進化する他の要因として、長い翅を持つことの利益が繁殖能力へのコストを上回る可能性を追究することが今後の課題であることを認め、さらに、飛行能力に関する可塑性の進化機構を網羅的に理解するためには、3種それぞれと近縁な翅多型種において、翅の長さや繁殖能力にトレードオフの関係が存在するか、翅の長さが繁殖能力に影響しているのか、そして、その影響の大きさにはどのような種間差異があるのかを解明することが重要であると指摘している。これらの知見は昆虫の分散多型や翅多型の進化過程に関する理解を深め、その機構解明の推進や昆虫個体群の管理を遂行する上で貢献することが期待されるため、学位論文として価値あるものと評価できる。

6 最終試験の結果の要旨

平成28年2月9日（火）午前11時より稲盛記念会館106講義室にて博士論文発表会を公開で実施した。口頭発表後、最終試験として質疑応答が行なわれた。質問内容は、翅の形成コストが飛行筋の形成・維持コストよりも少ないことの生理学的背景、筋肉の発達状態を変化させる生理的機構、昆虫の系統進化と個体発生における飛行器官発達の可塑性の起源、繁殖を抑えて飛行することの適応的意義、翅型発現性の地理的変異、アメンボ類の系統によって可塑性が異なることの生態学的意義など、多岐に渡る内容であったが、適切に応答した。最終試験の結果、審査委員全員一致で合格とした。

以上