

氏名・(本籍)	ちゆう ばち りゆういち ろう 中 鉢 龍一郎
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 360 号
学位授与年月日	昭和 48 年 3 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科専門課程	東北大学大学院理学研究科 (博士課程)生物学 専攻修了
学位論文題目	コガタアカイエカ <i>Culex tritaeniorhynchus</i> 幼虫 の自然個体群における種内競争の発現機構
論文審査委員	(主査) 教授 栗原 康 教授 吉岡 邦二 助教授 香川 尚徳

論 文 目 次

序 論

第 1 章 水田における幼虫蛹個体群の分布及び季節変動

第 2 章 水田における幼虫個体群のこみ合い効果と、その原因となる分布機構

第 3 章 水田における幼虫の種内競争の実験的解析

第 4 章 幼虫の成長に及ぼす密度と餌量の影響

第 5 章 幼虫の成長に対する密度効果の機構

結 論

引用文献

論文内容要旨

序 論

自然個体群における種内競争の実態を明らかにすることは、個体数の変動機構や、進化の要因を論ずる上で極めて重要である。従来、Andrewartha and Birch(1954)らによって個体群密度が環境の収容能力の限界に達してはじめて種内競争がおこると考えられてきたが、最近、自然個体群の動態の調査から、食物や空間が絶対的に不足していなくとも種内競争がおこなわれることが幾つかの種類で知られた(Kiomp, 1966; Ito et al., 1969; Kuno and Hokyo, 1970; Dixon and Makay, 1970)。しかし、それがどのような機構で発現するのかは明らかではない。また、種内競争は環境の異質性と密接な関連をもって起こることが、Thompson(1939)によって指摘されているが、野外での研究にもとづいてはいるわけではない。

日本脳炎媒介蚊であるコガタアカイエカ(*Culex tritaeniorhynchus*)は、一度に平均して207個の卵を産み(原田他, 1967)、夏季の好適条件下では17日でノライフサイクルを完了する(和田, 1970)から、高い増殖のポテンシャルを有すると考えられる。実際に、6月から7.8月にかけて急激に個体数が増加し、最盛期にはその主な発生源である水田に極めて多数の幼虫が棲息する。密度レベルが比較的高い昆虫では、種内競争が密度依存的調節の主因となっている種類が多く知られていることから、コガタアカイエカでもそのようなことが予想された。本種は衛生上重要な害虫である為、その自然個体群の生態に関しては多数の報告がある。しかし、それらは個体群の季節変動の単なる記載にしか過ぎず、個体群の動態の解析は全くなされていない。

本論文は、水田におけるコガタアカイエカ幼虫個体群の分布構造と季節変動の調査及び、野外と室内での幼虫の密度効果の実験にもとづいて、自然個体群における種内競争の実態、特にその発現機構を解明したものである。

第1章

14haの調査水田全体を、10の水田区域(0.59~2.33ha)に分け、各調査時期毎にマクロスケールでの幼虫の分布を吟味し、個体数の変動との対応関係を明らかにした。

- (1) 幼虫の出現初期には分布に偏りが無いが、個体群密度の増大とともに分布の集りが著しくなる。しかし、更に密度が増大すると集中度は低下し、個体群がピークを示すと、分布はほぼ一様となり、それ以後密度が低下しても著しい集りはみられない。
- (2) 集中分布の中心となっている水田は、必ずしも常に同じではないが、毎年一定の区域内に限定されている。従って、同じく稲を生産する場であっても、コガタアカイエカ幼虫の発生源としての水田には環境に異質性が存在すると考えられる。
- (3) 調査された水田地域に発生する蚊幼虫の優占種であるシナハマダラカは、発生期間を通じて一様に分布している。このことは、環境の異質性が農薬のような有害物質によって規定されているのではないことを示している。

第2章

環境の異質性と結び付いた集中分布の形成過程と、それによりもたらされた局所的高密度が幼虫に与える影響を明らかにした。分布様式の判定は、Iwao(1968)によった。

- (1) 個体群の増大期には、1令幼虫から特定の水田区域に対する集中分布があり、令期が進むにつれて集中傾向は強まる。
- (2) 水田区域(0.59~2.33ha)を単位としてみた幼虫期の死亡過程は、1令幼虫から2令幼虫までは密度不依存、2令幼虫から3令幼虫までは密度逆依存、3令幼虫から蛹までは、密度不依存である。
- (3) 2令幼虫から3令幼虫までの死亡の密度逆依存性は、区域単位での老令幼虫の集中度を高める原因となっている。
- (4) 1令幼虫は、孵化後間もなく分散を開始するが、卵塊性である為に分布の基本単位はクランプである。
- (5) クランプの大きさは、令期が進むにつれて小さくなり、4令幼虫ではクランプ状態は完全に解消される。
- (6) どの令の幼虫も、ほとんど集合性を持たない。
- (7) 1枚の水田(1a)内部の環境の異質性によっては、幼虫の分布はたいして影響を受けない。むしろ、調査水田全体としてみた場合の各水田間の環境の異質性によって幼虫の分布が強く影響される。
- (8) 前項のような環境の異質性があることにより、1枚の水田内部での2令期以後の幼虫の分散は、調査水田全体からみた分布の集中度の低下にはほとんど結びつかない。
- (9) 以上のことから、水田におけるコガタアカイエカ幼虫の分布は、環境の異質性にもとづく成虫の産卵場所の選択性によって強く影響されていることがわかる。この為に、個体群がピークを示す頃、局所的には高密度となり、そこでは幼虫のこみ合いの為に、4令幼虫期間が延長し、羽化成虫が小型化するが、幼虫蛹期全体の死亡率は密度依存的に上昇せず、むしろ2令期から3令期までの生存率が高い為に、2令期以後の死亡過程は密度逆依存的傾向を示す。

第3章

密度効果の野外実験によって、第2章で得られた結果の確認を行ない、更に幼虫発生密度の異なる水田の価値を幼虫の成長を指標として評価することにより、種内競争の発現の機構を解析した。

- (1) 一定密度を越えると幼虫蛹期間が延長し、同時に羽化成虫が小型化する。
- (2) 密度が更に高いと羽化成虫の大きさは最小値に達し、同じ密度から羽化率が低下し始める。このように、羽化率は羽化成虫の小型化の限界まで保障されている。
- (3) 幼虫の令期間が延長し始める密度は、令期が進むにつれて低下する。
- (4) 蛹期間は密度の影響を受けない。
- (5) 幼虫期の密度効果は、雌成虫の産卵数を減少させる。
- (6) 低密度と高密度では幼虫の摂餌行動に相違が見られ、また、幼虫の餌となっているセストンの

量は高密度の場合に著しく減少していることから密度効果の原因は餌不足であることが示唆される。

- (7) 低密度で幼虫を飼育した場合には、各一枚の水田での幼虫の成長に有意の差は見られないうえ、それ以上の密度では密度が高くなる程差が大きくなる傾向がある。
- (8) 1令幼虫の多発水田では、少発水田よりも高い密度で成長に密度効果があらわれる。このことから、成虫が多く産卵する水田は、環境の収容能力が高いことがわかる。しかし、そのような各1枚の水田の環境の差は、実際の棲息密度の差とくらべるとわずかなものである。
- (9) 以上のように、コガタアカイエカの成虫は環境の収容能力の低い水田に対しては、その限度を下まわって産卵しているのにもかかわらず、環境の収容能力の高い好適な水田に対しては、多くの成虫が集中し収容能力の限界以上に産卵する傾向がある。そのような水田では、幼虫の成長にこみ合い効果があらわれ、成長期間の延長と、羽化成虫の小型化を通しての産卵数の減少によって増殖率が低下する。このように、成虫の産卵場所の選択能力が高い為に、水田環境全体からみた収容能力よりも低い個体数のレベルで種内競争による個体数の調節が開始される。

第4章

密度と餌量を組み合わせた条件で、幼虫の室内飼育実験を行い、野外で十分な解析ができなかった種内競争の機構を明らかにした。

- (1) 餌として用いられたイーストの濃度によって、成長に対する密度効果の様式には相違がみられる。餌濃度が低ければ、一定密度を越えると幼虫の成長に悪影響があらわれるが、餌濃度が高ければ中間の密度で成長が最も良好である。このことから、密度効果の様式は環境条件によって変化することがわかる。
- (2) コガタアカイエカ幼虫の競争は、共だおれ型(Nicholson, 1954)に属する。すなわち、全個体の羽化が保障されるような餌量の範囲であれば、たとえ成長期間が延長し、羽化成虫の矮小化が起こっても、餌はほぼ均等に配分されるが、反面それ以下の餌量では、生存能力の個体差が少ない為に、ほとんど同じ餌量でどの個体も死亡する。
- (3) 羽化率が低下するような密度で羽化した成虫の生存能力は室内飼育の場合に極めて低く、また極端に矮小化しており、羽化後間もなく死亡したが、野外ではそのような極端なことは見られない。このことから、野外での種内競争は増殖に結びつかない程著しく矮小化した個体の羽化を妨げ、餌が個体群の維持にとって有効に使われるようにしていることが知られる。これは、野外環境の方が厳しいことによると考えられる。

第5章

幼虫の成長に対する密度効果の原因として、餌と飼育水の不足や、他個体との共存が考えられるが、第4章ではそれらの影響を餌濃度の影響と完全に区別することができなかった。そこで、飼育水の体積と表面積、餌の量と濃度および密度を組み合わせた条件で幼虫を飼育し、密度効果の機構を各要因の影響で分けて明らかにした。

- (1) 餌を充分与えた場合、1個体が正常に成長をする為に必要な飼育水の体積は、1日当り5c.

以上であるが、水田では1個体当りの棲息水域の体積がこれよりもはるかに多くともみ合い効果
がみられたことから(第2章)、こみ合い効果の主因は餌不足であることが知られた。

(2) 1個体の幼虫が餌を十分に利用できる飼育水の体積は、1日当り50cc以内である。従って
密度が50cc当り1個体以下であれば、餌がどんなに少なくとも密度効果は起らない。

(3) 全個体が羽化するのに不十分な餌量で、同一容器で複数個体を飼育すると、餌が不均等に配分
され、成長の遅れた個体が死亡するが、羽化率は個体当り餌量を同じにして個別に飼育した時より
も高い。このことは、本種の幼虫の競争が共だおれ型に属するといっても、完全な共だおれが常に
起こるわけではなく、餌量が少ないと勝ち残り型(Nicholson, 1954)に近づくことを示す。

(4) 餌をめぐる競争の羽化率に対する貢献度は、羽化率の低下が最も著しい餌量範囲において最大
となる。

結 論

(1) コガタアカイエカ幼虫の自然個体群では、種内競争の発現は環境の異質性にもとづく雌成虫の
産卵場所の選択の度合によって決定されている。このため、個体群密度が環境全体からみた収容能
力の限界に必ずしも達していなくとも餌をめぐる競争が起こる。

(2) 種内競争が起こり始めると成虫の局所的産卵の傾向が弱まること、および、餌量が極端に不足
しない限り食物の不均等配分が行われなない為に羽化率が羽化成虫の矮小化の限界まで保障されてい
ることは、密度依存的な死亡率の増大を妨げる効果がある。

(3) 種内競争は死亡率を増加させなくとも、成長期間の延長と羽化成虫の小型化を通じての産卵数の
減少によって、増殖率を低下させる。

(4) 以上のことから、コガタアカイエカの種内競争は、極力直接的な死亡率の増大をさけるような
形をとって個体数の調節に関与しており、そのような種内競争ならびにその発現の機構は、本種
のように繁殖力の高い種類の個体群の存続にとって重要な意義を持っていると結論することができる。

論文審査結果の要旨

本論文は、日本脳炎を媒介するコガタアカイエカの自然個体群において、種内競争の発現の機構を解明することを目的としたものである。著者は、水田における幼虫個体群の分布と季節変動の実態を究明し、その過程において、雌成虫の産卵が環境の異質性によって支配され、好適環境では収容能力の限界以上に産卵する傾向があることを明示した。さらに、このような集中産卵にともなう個体群の局所的過剰密度が彼等の個体群の調節に極めて重要な役割を演じていることを見出した。著者は、このような現象の解明を野外と実験室において究明することを試み、これが幼虫の相対的な餌不足による種内競争に起因することを確認した。そして、種内競争の機構として次の点を指摘した。すなわち、幼虫の餌量が極端に不足しない限り、餌の不均衡分配が行われないために羽化率が羽化成虫の矮小化の限界まで保障されていること、幼虫の種内競争は、死亡率を増加させなくとも、成長期間の延長と羽化成虫の小型化を通じての産卵数の減少によって、増殖率を低下させることを明らかにした。この事実は、コガタアカイエカの種内競争が、極力直接的な死亡率の増大をさけるような形をとって個体数の調節に関与しており、本種のように繁殖力の高い種類の個体群の存続にとって重要な意義をもっていることを示している。

以上の研究は、従来の定説となっている過剰繁殖による種内競争とは全く異った理論の提示を試みたものであり、生態学の重要な問題である個体群密度調節機構に関して新たな知見と理論を示したものである。

よって本論文は博士の学位論文として適当であり、中鉢龍一郎提出の論文は、理学博士の学位論文として合格とみとめる。