

京都大学	博士 (理学)	氏名	小長谷 達郎
論文題目	Ecophysiological study on the alternative life cycles of males in the Japanese common grass yellow <i>Eurema mandarina</i> (キタキチョウのオスの生活史二型に関する生理生態学的研究)		
(論文内容の要旨) <p>温帯の昆虫の多くは休眠して成長や生殖を抑制することで冬を生き抜いている。成虫越冬する種の場合、越冬しなければ卵を産めないメスに対して、オスは越冬前のメスに精子を託せば越冬せずに子孫を残せる。オスには休眠して越冬後に交尾する戦略と休眠せずに越冬前交尾する戦略の両方が成り立つ。しかし、オスの生殖休眠の進化は未解決問題として残されてきた。</p> <p>キタキチョウの晩秋世代の場合、すべてのメスが休眠する秋型として羽化するのに対し、オスでは秋型と非休眠の夏型がおよそ半数ずつ羽化する。秋型メスは、越冬前に夏型オスと交尾し、越冬後に秋型オスと再交尾する。晩秋に羽化する夏型オスが進化するにはメスが越冬前交尾する必要がある。そこで本研究では、本種のメスの越冬前交尾の意義を解明するとともに、夏型オスの頻度に影響する生態的要因の特定を目指した。</p> <p>メスの越冬前交尾の意義には、越冬に使われる栄養を得るという栄養説と、越冬後の交尾機会の少なさに備えるという保険説があげられてきた。そこで、越冬前後の秋型メスを採集・解剖し、保有卵数とオスから渡された精包の形態変化から、秋型メスの産卵と交尾の時期を調べた。越冬後の秋型メスのほとんどが産卵開始より前に秋型オスと再交尾していたので、秋型メスは越冬後に十分な交尾機会をもつといえる。さらに、夏型オスと交尾したメスと未交尾メスの、冬に相当する低温短日条件における生存日数を比較したところ、既交尾メスは未交尾メスよりも明らかに長く生存した。これらの結果は栄養説を支持する。</p> <p>夏型オスと交尾した秋型メスのほとんどが産卵開始前に秋型オスと再交尾していたので、両型のオスの適応度は秋型メス体内で起こる精子競争の結果に強く依存する。鱗翅目では後から交尾したオスの精子が優先するが多いため、先に交尾する夏型オスは精子競争で不利な条件におかれている。両型のオスの有核精子束を比較したところ、夏型オスは秋型オスよりも長い有核精子束をもつことがわかった。精子の大型化は精子競争への適応の可能性がある。</p> <p>越冬成功率はその生物にとっての冬のきびしさの指標となる。そこで、標識再捕獲調査と屋外飼育実験によって、秋型成虫の越冬成功率を推定した。その結果、越冬成功率は野外調査でも飼育実験でも約5%と推定された。チョウ類の越冬成功率とメスの越冬前交尾の有無に関する過去の研究では、越冬成功率の低い種で非休眠オスが休眠メスと越冬前交尾していた。もし非休眠オスの適応度が越冬成功率の低さと直接関係するならば、越冬期間の長い北方の個体群ほど夏型オスの頻度が高いはずである。そこで、野外調査と飼育実験によって、晩秋に羽化するオスに占める夏型の割合を日本各地の個体群について調べた。調査範囲が亜熱帯から冷温帯におよぶにもかかわらず、夏型オスの出現頻度に明確な地理的変異は認められなかった。また、同時におこなった解剖調査では、どの地域でもほとんどの秋型メスが越冬前に交尾していた。したがって、秋に夏型オスが羽化するのとは、低い越冬成功率への直接的な適応ではなく、メスの越冬前交尾との関係によるものと考えられた。一方、越冬に使われる栄養</p>			

の獲得は越冬成功率が低い場合に特に重要なので、越冬成功率の低さと越冬前交尾の進化との関係は適応上の意義から説明できる。

以上の結果から、メスの越冬前交尾の意義が越冬成功率の改善にあるのに対し、夏型オスの頻度を決める要因としては精子競争の様式などの社会的要因が越冬成功率よりも重要と結論した。

(論文審査の結果の要旨)

温帯に生息する昆虫は、成長や生殖に適さない冬季を休眠に入って乗り切るのが一般的である。卵、幼虫、さなぎ、成虫などさまざまな発達段階で休眠、越冬する昆虫が知られるが、成虫で越冬する昆虫の中に、秋にメスは休眠に入るが、オスは休眠に入らずにメスと交尾して越冬前に死ぬものがある。本研究は、一部のオスが秋に交尾して死に、のこりのオスは休眠に入って翌年春に交尾するという生活史を示すキタキチョウについて、このオスの生活史二型が成立する背景にある要因を、野外での採集や標識再捕法による調査、および室内での飼育実験等の方法で探ったものである。

申請者は第1章で、野外で秋と春に採集したメス成虫を解剖して、卵巣内の卵の数と成熟の程度およびオスから渡された精包の数と形を調べ、休眠する秋型のメスは、秋には休眠しない夏型のオスと交尾し、翌年春に産卵開始する前に越冬した秋型のオスと交尾することを明らかにした。したがって、夏型オスは秋型オスとの精子競争にさらされるため、他のチョウで知られているように後から交尾したオスの精子が優先されるなら不利なはずである。しかし、申請者は夏型オスの有核精子束は秋型オスのものよりも長いことを示し、精子競争に対する適応の可能性を指摘した。

第2章で、野外における標識再捕法および冬に相当する条件での室内飼育実験によって申請者が推定した成虫の越冬成功率は、雌雄ともに約5%と他のチョウよりもかなり低い値であった。越冬成功率に雌雄差がなかったことから、秋に交尾して精子をメスに託して死亡するオスの適応度が、必ずしも越冬するオスのものより高いとはいえなかった。しかし、申請者はさまざまなチョウにおける過去の結果との比較によって、越冬成功率の低さと秋の夏型オス出現の間に関係があるのではないかと推論した。

第3章では、越冬成功率の低さと秋の夏型オス出現率の間の関係を明らかにするために、日本各地から採集した成虫の子世代を実験室の短日で飼育することに加えて、野外で秋に成虫を観察、捕獲して夏型の出現率を比較した。その結果、実験室の短日でも野外の秋でも、いずれの地域のものも同程度の夏型出現率であった。したがって、越冬成功率と夏型オス出現率に特別な関係はないと結論された。

第4章では、既交尾および未交尾の秋型メスを実験室の冬に相当する条件において生存日数を比較し、既交尾メスは未交尾メスよりも明らかに長く生存することを示した。これにより、越冬前のメスにとって、交尾には越冬のための栄養を受け取る意味があることが示された。

オスの一部が秋に交尾し、のこりは休眠、越冬して翌年春に交尾するという生活史の研究は、これまでにほとんどなく、なぜこのような生活史が進化したのかは興味深い。申請者の研究は、野外調査と室内実験の両方を駆使して、この生活史を生理生態学的に解析し、越冬する秋型メスが越冬前後ともに交尾することや雌雄の越冬成功率を明らかにした点において高く評価できる。さらに、メスにとっての越冬前交尾の意義は、越冬のための栄養摂取であることも明らかにした。申請者は、これらのアプローチによって多様な昆虫の生活史の中でもきわだった特徴をもつ例を詳しく解析しただけでなく、そのための緻密で具体的な方法を提示したので、その成果は当該研究分野の今後の発展に大きく寄与すると考えられる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月11日に論文内容とそれに関連した口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。