

7.5 学位論文要旨（別紙様式博 5、例 1）

学位論文要旨

学位授与申請者

氏名 中林 ゆい

題目：Range expansion in a myrmecophilous lycaenid butterfly and its consequences for interspecific interactions with ants and parasitoids

（アリ随伴性シジミチョウの分布拡大に伴うアリと捕食寄生者との種間関係の変遷）

生物の分布動態を決めるメカニズムの解明は、生態学や生物進化学における重要課題であり、古くから関心が持たれてきた。近年の気候変動に伴い、気温などの物理的要因や種間関係といった生態的要因が生物の分布域に及ぼす影響の解明が急がれている。さらに、生物は通常、複数の種間関係を構築しているため、ある種間関係に変化があれば、その影響は他の種間関係にも当然波及する。しかし従来の研究では、生物の分布変遷が与える影響を複数の種間関係について調べた研究例はほとんどなかった。

本研究では、ムラサキシジミ *Arhopala japonica*（鱗翅目：シジミチョウ科）を中心とした植食性昆虫、アリ、捕食寄生者の 3 者系に着目する。ムラサキシジミの幼虫は、蜜を与える代わりに捕食寄生者等の天敵を排除させる共生関係をアリ類と構築している。また、本種の日本国内での従来の分布域は琉球列島から福島県南部であったが、1990 年代以降に北上し、現在は宮城県仙台市付近まで分布を拡大した。そこで本論文では、ムラサキシジミの分布拡大の要因を種間関係から探るとともに、本種の分布拡大がこの 3 者系に与える影響を調査した。

Chapter 1: General introduction. （序論）

生物は陸上から水中まで幅広く見られるが、全ての生物種が地球上のあらゆる環境に分布を広げられるわけではなく、気温や日長、天敵の有無などの要因により分布域は制限される。近年の気候変動により、分布域が縮小し絶滅の危機に瀕する生物種が増加する一方、分布を急拡大しつつある種もみられる。このように分布を拡大できる生物種は、分布域を制限する要因をどのように打破し分布を拡大しているのだろうか。本章では、特に種間関係が個々の生物種の分布域に及ぼす影響を以下の 3 つの観点から議論した：(1)生態系や生物多様性の維持、そして生物の進化における種間関係の役割、(2)異なる生息域下や環境変動下での種間関係の進化プロセス、(3)種間関係の有無が分布域の拡大、縮小に及ぼす影響。さらに、種間関係と分布動態の関連を示した先行研究を概観し、当該研究分野における今後の課題をまとめた上で、本論文にて取り組む課題を述べた。

Chapter 2: Review of protective mutualisms between ants and insects, and the study system in this thesis.

(防衛共生の概論と、本論文で用いる研究システム)

アリに蜜などの餌資源を与える代わりに天敵を排除させる防衛共生は、植物や昆虫などで知られる種間関係である。その中でも鱗翅目シジミチョウ科は、75%もの既記載種が幼虫期にアリとの共生関係を持つ。本章では、シジミチョウ科幼虫とアリとの共生関係の維持メカニズムや進化プロセスの概略を説明した。また以上をふまえて、本研究に用いたムラサキシジミにおける防衛共生や、生活史、分布変遷の過程などを説明した。

Chapter 3: Mutualistic ants and parasitoid communities associated with a facultative myrmecophilous lycaenid, *Arhopala japonica* and the effects of an attendance on the avoidance of parasitism.

(アリ随伴性ムラサキシジミ幼虫の随伴アリ相と捕食寄生者相の解明、および、主要な捕食寄生者に対するアリ随伴の効果)

本章では、ムラサキシジミの幼虫が共生関係を構築できるアリ相と、ムラサキシジミ幼虫の捕食寄生者相の地理的差異を明らかにするため、従来からの分布域（奄美大島、鹿児島、佐賀、岡山、京都、長野）と分布北限域（仙台）で野外調査を行った。その結果、ムラサキシジミ幼虫は合計 16 種ものアリと共生関係を構築でき、共生可能なアリ種数はシジミチョウ科中でも最大級であることと、異なる生物地理区に属する奄美大島と九州以北の集団とでは随伴アリ相が明瞭に異なることがわかった。一方、九州と本州の幼虫は主に膜翅目コマユバチ科の未記載種である *Cotesia* sp. near *inducta* に寄生されていたが、奄美大島と仙台的幼虫には捕食寄生者が一切見られなかった。また室内実験により、アリに随伴されたムラサキシジミの幼虫は、随伴されていない幼虫に比べ、*Cotesia* sp. near *inducta* からの産卵を有意に回避できることを示した。

Chapter 4: Geographic variation in parasitoid communities and the cause of enemy-free space in a range-expanding myrmecophilous lycaenid butterfly.

(分布拡大中のムラサキシジミ幼虫の捕食寄生者相の地域差、および、侵入先での天敵解放の要因)

本章では 3 章の結果を踏まえ、分布拡大に伴う種間関係の変遷をより詳細に把握するため、3 章と同じ 7 地点でムラサキシジミ幼虫の捕食寄生者相の追加調査を実施した。その結果、合計 6 種の捕食寄生者が得られたが、奄美大島の幼虫は専ら *Paradrino longicornis*（ハエ目：ヤドリバエ科）に寄生されていたのに対し、鹿児島～長野の幼虫は 80%以上が *Cotesia* sp. near *inducta* に寄生されていた。一方、追加調査によっても仙台の幼虫からは捕食寄生者が一切得られなかった。そこで、仙台には *Cotesia* sp. near

inducta が分布していないのか、それとも分布はしているが仙台の幼虫を利用できていないのか、を明らかにするため、室内と野外で寄生実験を行った。その結果、*Cotesia* sp. near *inducta* は京都由来の幼虫と同等に仙台由来の幼虫も利用できたため、仙台には *Cotesia* sp. near *inducta* が分布していない可能性が高い。ムラサキシジミと *Cotesia* sp. near *inducta* に対しミトコンドリア遺伝子の配列情報を用いた系統推定と集団遺伝学的な解析を行った結果、ムラサキシジミは *Cotesia* sp. near *inducta* よりも急速に分布を拡大したことが示唆された。以上より、捕食寄生者が寄主昆虫の分布拡大に追いつけていないことが、仙台集団が捕食寄生者から解放されている要因だと考えた。

Chapter 5: General discussion. (総合考察)

ムラサキシジミの分布北限域では幼虫の捕食寄生者が見られないことが明らかとなった。天敵からの解放は、生物の分布拡大を促進する要因の1つであることが知られており、本研究は従来からの仮説を支持する。また、ムラサキシジミ幼虫は20種近くものアリ種と共生関係を構築できることが判明した。このことから、防衛共生を結べるアリ種に対する制約が少なく、かつ捕食寄生者よりも分布を急速に拡大できたことが、ムラサキシジミの分布拡大と北限域での定着を促していると考えられた。ただし、共生関係を維持するにもコストがかかるため、捕食寄生者から解放された地域でも共生関係を維持することは、コストが利益を上回ると予想される。よって今後は、防衛共生にかかるコストの定量化と、天敵から解放された地域のムラサキシジミ幼虫がどの程度迅速に不要な共生関係を解消するかを調べることで、種間関係の変化が生物の分布動態に与える影響に関し、より詳細な理解が得られると考えた。