

称号及び氏名	博士(農学) 黒田 修司
学位授与の日付	平成21年3月31日
論文名	セセリオナガサムライコマユバチとイチモンジセセリの 寄主-寄生者関係に関する研究
論文審査委員	主査 石井 実 副査 大木 理 副査 大門 弘幸

論文要旨

セセリオナガサムライコマユバチ *Apanteles baoris* (ハチ目: コマユバチ科) は、イチモンジセセリ *Parnara guttata* (チョウ目: セセリチョウ科) の内部捕食寄生者として知られている。一方、寄主のイチモンジセセリは、幼虫がイネツトムシと呼ばれるイネの重要な害虫であり、成虫が晩夏から初秋に南～西の方向へ移動飛翔を行うことで知られている。セセリオナガサムライコマユバチ (以下、本種) は、地域によってイチモンジセセリに対して高い寄生率を示すことがあり、寄主の個体群を抑制する要因のひとつとして注目されてきた。しかし、本種の寄主として他のセセリチョウ類の記録もあり、イチモンジセセリの越冬が困難と考えられる積雪地帯でも本種の寄生が確認されるなど、本種とイチモンジセセリとの寄主-寄生者関係には不明な点が多い。

そこで本研究では、日本のいくつかの地域において本種のイチモンジセセリへの寄生状況、および両種の季節消長を明らかにするための調査を行った。また、両種の発育における相互作用や寄主の細胞性生体防御反応などを明らかにするための室内実験を実施した。そして、これらの結果に基づき、両種の寄主-寄生者関係について、生理生態学的な観点から考察を行った。

第1章 イチモンジセセリの寄生性天敵相および季節消長

日本各地におけるイチモンジセセリの寄生性天敵相を把握するために、和歌山 (すさみ町、上富田町)、大阪 (堺市)、奈良 (葛城市)、京都 (宇治市)、福井 (永平寺町)、神奈川 (横浜市)、福島 (相馬市、南相馬市、飯舘村) の各府県の水田で幼虫・蛹を採

集し、室内飼育を行った。その結果、この調査では、ヒメバチ科 2 種 (*Casinaria matsuyamensis*, *Coccygomimus parnarae*)、コマユバチ科 1 種 (本種)、アシブトコバチ科 1 種 (*Brachymeria lasus*)、ヒメコバチ科 2 種 (*Pediobius mitsukurii*, *Eulophidae* sp.)、ヤドリバエ科 5 種 (*Argyrophyllax apta*, *Exorista japonica*, *Pseudoperichaeta nigrolineata*, *Sturmia bella*, *Thecocarcelia thrix*)、合計 11 種の捕食寄生性天敵が確認された。本種による寄生は全調査地でみられ、非越冬世代の寄生率 (3~30%) は、3ヶ所を除き他の捕食寄生者よりも高かった。また、本種の幼虫は、寄主幼虫をどの齢で採集しても終齢時に脱出すること、寄主の越冬幼虫からも脱出することなども明らかになった。脱出した本種の幼虫はすぐに営繭し、25℃と 20℃における平均繭内期間は約 6 日、10 日、平均成虫期間は約 5 日、9 日であった。

大阪、京都、福井各府県の水田では、イチモンジセセリおよび同所的に生息するチャバネセセリ *Pelopidas mathias* の季節消長調査を実施し、得られた幼虫を飼育することによって本種による寄生状況について調査した。3 地域とも、両種の幼虫・成虫は初夏から秋まで見られ、幼虫はイチモンジセセリではイネで、チャバネセセリは畦畔のイネ科草本が多かった。また、両種とも越冬幼虫は畦畔のチガヤなどで見られた。本種の寄生はイチモンジセセリでは 7 月から翌年の 5 月に認められたが、チャバネセセリでは別種の *Apanteles javensis* の寄生が 6 月から翌年の 4 月に確認された。

イチモンジセセリおよび本種の日本各地の個体群における遺伝的変異を明らかにするために、大阪、奈良、神奈川、福島各府県で採集した個体の遺伝子解析を行った。イチモンジセセリについては、福岡 (福岡市、前原市)、東京 (千代田区)、岩手 (一関市) の各都県産の成虫も用いた。解析には、イチモンジセセリではミトコンドリア DNA の COI (658bp) および *Cyt b* (437bp)、本種では COI (426bp) の各領域の一部を PCR 法により増幅し、配列を決定した。この解析の結果、両種とも各地の個体群間で、調査した遺伝子領域についての変異はまったく認められなかった。

これらの結果から、イチモンジセセリへの本種の寄生は、同種の越冬が困難とされる寒冷地の積雪地帯を含む日本各地で確認され、寄生率も高いことが明らかになった。本種は、従来、寄主のひとつとされていた水田周辺に生息するチャバネセセリからは確認されなかったことから、イチモンジセセリのみを利用する寄主特異性の高い天敵と考えられる。しかし、本種の越冬は寄主の越冬幼虫の体内でなされるため、イチモンジセセリの越冬が困難な地域での本種の生活環については、さらなる調査が必要である。一方で、イチモンジセセリばかりでなく本種についても、地理的な遺伝的変異が認められなかったことから、高い移動・分散能力をもつことが考えられる。

第 2 章 セセリオナガサムライコマユバチによる寄主の発育制御

前章の野外調査の結果、本種がイチモンジセセリ (以下、寄主) の寄主特異性の高い捕食寄生者であることが判明したので、両種の発育における寄主-寄生者関係を明らかにするために、室内実験により各齢の寄主幼虫に本種を寄生させ、寄生成功率や両種の発育期間、体重などを調べた。

その結果、すべての齢の寄主幼虫に対して本種の寄生が成立し、幼虫の脱出は寄主の終齢後期の「白斑期」に起こることが確認された。本種が脱出した寄主の割合は 30~

70%であったが、寄生時の寄主齢にかかわらず、この割合に有意な差は認められなかった。寄主当たりの本種の羽化個体数は4~112で、平均は51個体であった。本種の産卵から寄主離脱までの期間は、1・2 齢時寄生区では30日前後、3・4 齢時寄生区では約20日、5 齢時寄生区では約15日で、未寄生寄主と比較して発育の遅延傾向が認められた。また、未寄生寄主はすべて5 齢を経過して蛹化したのに対して、被寄生寄主では6 齢を経過する個体が多く認められた。被寄生寄主の最大体重の平均値は、1~3 齢時寄生区では未寄生寄主のものよりも有意に小さかったが、4・5 齢時寄生区では有意な差は認められなかった。一方、羽化した本種の成虫個体数と雌雄成虫の乾重量との間には有意な負の相関が認められた。

以上のように、本種はどの齢の寄主幼虫にも寄生することが可能で、齢の進んだ寄主に寄生した場合には寄主の発育を遅延させ、寄生個体数が多い場合には寄主の体重を増加させるなど、明瞭な寄主制御を行っていることが明らかになった。また、本種は、一寄主に寄生した個体数によって羽化する成虫のサイズを増減させることもわかった。このような発育における本種と寄主との関係は、長い共進化の中で形成されたものと考えられる。

第3章 セセリオナガサムライコマユバチによる寄主の生体防御反応の制御

前章の飼育実験の結果、本種は寄生時の寄主齢にかかわらず寄生を成立させることが判明したので、さらに寄主体内での生体防御システムの制御の様相を室内実験により調べた。この実験では、脱皮直後の3 齢または5 齢の寄主幼虫に本種を寄生させ、寄生直後から本種の寄主離脱直後までの間、定期的に寄主の血液を採取し、血球の種類と密度を記録した。また、未寄生寄主についても、同様に血球の観察を行った。

その結果、被寄生寄主、未寄生寄主ともに顆粒細胞、プラズマ細胞、エノシトイドの3 種類の血球が確認された。また、被寄生寄主では寄生直後を除き、本種の卵の漿膜細胞に由来すると考えられるテラトサイトが認められた。被寄生寄主では、寄生直後に顆粒細胞とエノシトイドの血球密度が未寄生寄主と比べて有意に低下し、その後も各血球の密度の低い傾向が継続した。テラトサイトは、3 齢時寄生区では3 齢終期から、5 齢時寄生区では6 齢の白斑期から、それぞれ確認され、寄主の発育にともなってサイズが増大するとともに密度は低下した。本種脱出前のテラトサイトのサイズには、両区の間で有意な差は認められなかった。

以上のように、本種は寄生直後から、寄主の顆粒細胞とエノシトイドの密度を低下させ、寄主の細胞性生体防御反応を免れ、寄主制御を行っていることが示された。また、自らの卵に由来するテラトサイトも寄主の生体防御反応の抑制に関わっていると考えられるが、次第に密度が低下したことから、本種の幼虫が栄養摂取にも利用している可能性が考えられた。

以上のような本研究の結果より、本種はイチモンジセセリ幼虫の生体防御反応を抑制し、その発育を制御するなど、同種に特化した捕食寄生者であることが明らかになった。季節生活環についても、本種はイチモンジセセリと同調性が高く、田植え後に水稻で発生する寄主幼虫に継続して本種の寄生が認められ、稲刈り後は畦畔のイネ科草本に依存

する寄主の越冬世代幼虫に寄生し、越冬することが確認された。イチモンジセセリは、越冬幼虫の耐寒性が低いにもかかわらず、寒冷地を含む日本各地で発生するが、本研究では東北地方や北陸地方の水田でも本種の寄生が確認された。イチモンジセセリと同様、本種についても地域による遺伝的な変異が認められなかったことから、高い移動・分散能力が示唆される。近年、イチモンジセセリは寒冷地や直播栽培の水田でも多発するなど水稲への被害が拡大傾向にあるが、寄主特異性が高く、広域に分布する本種が同種の個体群密度の抑制に果たす役割は大きいと考えられる。

審査結果の要旨

セセリオナガサムライコマユバチ *Apanteles baoris* (ハチ目：コマユバチ科) は、イチモンジセセリ *Parnara guttata* (チョウ目：セセリチョウ科) の内部捕食寄生者として日本各地から記録されている。一方、イチモンジセセリは、幼虫がイネツトムシと呼ばれるイネの重要な害虫であり、成虫が晩夏から初秋に南～西の方向へ移動を行うことで知られる。セセリオナガサムライコマユバチ (以下、本種) は、イチモンジセセリに対して高い寄生率を示すことがあり、寄主の個体群を抑制する要因のひとつとして注目されてきた。しかし、本種は寄主として他のセセリチョウ類の記録もあり、イチモンジセセリの越冬が困難と考えられる積雪地帯でも本種の寄生が確認されるなど、本種とイチモンジセセリとの寄主-寄生者関係には不明な点が多い。本研究では、日本各地において本種のイチモンジセセリへの寄生状況および両種の季節消長を明らかにするための野外調査を実施するとともに、両種の発育における相互作用や寄主の細胞性生体防御反応などを室内実験により解析した。

日本各地における本種の寄生状況調査は、和歌山、大阪、奈良、京都、福井、神奈川、福島各府県の水田でイチモンジセセリの幼虫・蛹を採集、飼育する方法で実施し、本種を含む合計 11 種の捕食寄生性天敵を確認した。本種による寄生は全調査地でみられ、寄主の非越冬世代の寄生率は 3 ヶ所を除き他の捕食寄生者よりも高かった。また、本種の幼虫は、寄主幼虫をどの齢で採集しても終齢時に脱出すること、寄主の越冬幼虫からも脱出することなども明らかにした。大阪、京都、福井各府県の水田で実施したイチモンジセセリおよび同所的に生息するチャバネセセリ *Pelopidas mathias* の季節消長調査では、3 地域とも成虫および非越冬世代の幼虫は初夏から秋まで、イチモンジセセリではイネで、チャバネセセリは畦畔のイネ科草本で多く見られ、越冬幼虫は両種ともに

畦畔のチガヤなどで確認された。本種の寄生はイチモンジセセリでは7月から翌年の5月に認められたが、チャバネセセリでは別種の *Apanteles javensis* の寄生が6月から翌年の4月に確認された。さらに本研究では、イチモンジセセリおよび本種の日本各地の個体群における遺伝的変異を明らかにするために、大阪、奈良、神奈川、福島の各府県で採集した個体のミトコンドリア DNA にもとづく遺伝子解析を行った。イチモンジセセリについては、福岡、東京、岩手の各都県産の成虫も用いた。この解析の結果、両種ともに各地の個体群間で遺伝的変異は認められなかった。

次に、室内実験により各齢のイチモンジセセリ幼虫に本種を寄生させ、寄生成功率や両種の発育期間、体重などを調べ、本種はどの齢の寄主幼虫にも寄生することが可能で、齢の進んだ寄主に寄生した場合には寄主の発育を遅延させ、寄生個体数が多い場合には寄主の体重を増加させるなど、明瞭な寄主制御を行っていることを明らかにした。また、羽化した成虫の個体数と乾重量との間に有意な負の相関が認められたことから、本種は一寄主に寄生する個体数によって体サイズを増減させることを確認した。

さらに、寄主幼虫に本種を寄生させ、寄生直後から本種の寄主離脱直後までの間、定期的に寄主の血液を採取し、血球の種類と密度について未寄生寄主との間で比較を行った。その結果、被寄生寄主、未寄生寄主ともに顆粒細胞、プラズマ細胞、エノシトイドの3種類の血球が確認され、被寄生寄主では、寄生直後を除き本種の卵の漿膜細胞に由来すると考えられるテラトサイトが認められた。被寄生寄主では、寄生直後に顆粒細胞とエノシトイドの血球密度が未寄生寄主より有意に低下し、その後も各血球の密度の低い傾向が継続することを確認した。また、テラトサイトは寄主の発育にともなってサイズが増大し、密度が低下することを認めた。このことから、本種は寄生直後から寄主の生体防御に関わる血球細胞の密度を低下させる一方で、自らのテラトサイトを増殖させることで寄生を成立させていると考えた。

以上のように、本研究では、本種がイチモンジセセリに特化した捕食寄生者であることを明らかにし、各地の水田において寄主の個体群密度の抑制に果たす役割が大きいことを指摘した。この成果は昆虫学や生態学、生理学などの基礎分野ばかりでなく、害虫防除に関わる応用分野にも寄与するところが大きい。よって最終試験の結果とあわせて、博士（農学）の学位を授与することを適当と認める。