

京都工芸繊維大学

氏 名	ほうじょう まさる 北條 賢
学位(専攻分野)	博 士 (学術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 535 号
学 位 授 与 の 日 付	平成 21 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 機能科学専攻
学 位 論 文 題 目	Communication by Olfaction and Taste in Social Parasitism between the Lycaenid Butterfly and Its Host Ant (シジミチョウ - アリ間の社会寄生における匂いと味によるコミュニケーション)
審 査 委 員	(主査) 教授 山岡亮平 教授 遠藤泰久 教授 中島敏博

論文内容の要旨

多くのシジミチョウは、幼虫期にアリと共生するが、その一部は巣内で宿主アリ幼虫の捕食、もしくは宿主アリの給餌によって成長する社会寄生種であることが知られている。シジミチョウ幼虫は好蟻性器官と呼ばれる分泌器官を体表面に持つため、ここから何らかの化学物質を分泌し、宿主アリの行動を操作しているといわれている。しかしながらシジミチョウとアリの共生が成り立つ仕組みはほとんど解明されていない。本研究はクロオオアリに社会寄生するクロシジミを材料に、「社会寄生種がいかにして宿主アリの行動を操作しているか」の解明を目的としたものである。

学位論文は、まず総合序論で研究の背景と目的を述べ、その後 3 章からなる章立てにより研究成果を報告している。

第 1 章では、クロオオアリを選択的に引きつける仕組みについてしらべた。アリと共生するシジミチョウ幼虫は好蟻性器官の一つである dorsal nectary organ (DNO) からアリを誘引・随伴させる液滴を分泌する。そこで、クロシジミ幼虫の DNO 分泌物が宿主となるクロオオアリを特異的に引きつけるシグナルであるとの仮説を立て検証した。その結果、クロシジミ幼虫の DNO 分泌物は、主にトレハロースとグリシンから構成されていることを明らかにした。また、DNO 分泌物を人工的に再現した溶液に対するアリの摂食行動および味覚感覚毛の神経応答を電気生理学的手法により調べた。その結果、トレハロースとグリシンがクロオオアリの味覚器に相乗的に作用して味覚応答を増大させること、クロオオアリと同属のムネアカオオアリではこのような味覚応答の増大が見られないことを明らかにした。以上の事から DNO 分泌物中のケミカルシグナルが両者の関係の種特異性を強化している事が示唆された。

第 2 章では、クロオオアリの巣に侵入する仕組みについて調べた。クロオオアリは野外でクロシジミ 1~3 歳幼虫と接触するが、3 歳幼虫のみを巣へと運び込むことが知られている。このことからクロシジミ幼虫は 3 歳期になるとアリ幼虫と認識されるような化学物質を分泌すると考えられる。行動観察より、クロオオアリは 2・3 歳幼虫に対して同等の興味を示すが、3 歳幼虫のみを特異的に巣へと運び込むことを確認した。また、2 歳および 3 歳幼虫の体表化学物質の比較を行

った結果、運搬行動に関与すると考えられる体表炭化水素は2齢と3齢の間で大きな違いは見られず、宿主アリへの化学擬態も確認されなかった。一方で、3齢幼虫になると複数の好蟻性器官が発達する事がわかった。以上の事より、クロシジミ幼虫は体表成分によるアリへの擬態ではなく、同時期より発達した好蟻性器官から発する何らかのシグナルによりアリの運搬を促している可能性を示した。

第3章では、クロオオアリから世話を受ける仕組みについて調べた。アリは一般に体表に存在する炭化水素群の組成および組成比で巣仲間や階級の認識をしている。アリから世話を受かるクロシジミ幼虫は体表炭化水素を用いて、宿主巣内で巣仲間として振る舞うとともに、宿主の上位階級に化学擬態している可能性が想定される。そこでまず、クロシジミおよびクロオオアリの各階級の体表成分を塗布したガラスダミーに対するワーカーの行動を調べた。その結果、ワーカーはクロシジミ幼虫・アリ幼虫・オス生殖虫の体表成分を塗布したガラスダミーに対して随伴行動を示す事を明らかにした。次にクロシジミ幼虫とクロオオアリの体表成分の比較を行った。その結果、クロシジミ幼虫の体表成分はクロオオアリと同様に主に炭化水素で構成されていることがわかった。また、アリ巣内のクロシジミ幼虫は宿主コロニー特異的な体表炭化水素組成比を保持していること、クロシジミ幼虫の体表炭化水素組成比はワーカーやアリ幼虫と比べ、オス生殖虫のものとよりよく似ていることが明らかとなった。以上の結果から、クロシジミ幼虫は巣内でワーカーから世話を受けるのみのオス生殖虫に化学擬態することで、アリからの世話を受けていることが示唆された。

最後に、総合考察ではこれまでに論じてきた研究成果を総括して述べるとともに、化学生態学・進化生物学的視点から将来への展望を述べ、本研究の結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文の独創的な点は、今日までに報告されているアリとシジミチョウの共生機構の解明に、化学生態学的手法や電気生理学的手法を取り入れることにより、特に注目すべき新たな1ページを加えるべき重要な発見をしたことである。

北條氏はクロオオアリとそのアリに社会寄生するクロシジミを材料に、“社会寄生種がいかにして宿主アリの行動を操作しているのか”の解明に取り組み、見事にその謎を解き明かした。

すなわちシジミチョウの幼虫はアリの幼虫に化学擬態しているため、働きアリによって外部より巣内に持ち帰られると予想されていた。しかし実際はその予想に反して体表面の炭化水素組成比をオスアリに似せることにより巣内での共生を果たしていることを、体表より抽出された両者の炭化水素組成比をGC分析しさまざまな統計処理にかけることによって初めて明らかにした。クロシジミ幼虫は、巣内でワーカーから世話を受けるのみのクロオオアリのオス生殖虫に化学擬態することによって、ワーカーたちから手厚い世話をうけていることがここに初めて明らかにされた。

さらに同氏はクロシジミ幼虫がクロオオアリを選択的に引きつける仕組みについての研究を行い、シジミチョウ幼虫は3齢になると好蟻性分泌器官の一つであるDNOからアリを誘引、随伴させる液的を分泌すること、さらにその成分であるトレハロースとグリシンの組み合わせが特に種特異的にクロオオアリに好まれる事も明らかにした。

以上の結果より本論文の内容は、いずれも国外の一流誌に掲載されているのを見ても明らかのように、新規性と独創性ならびに高い学術的価値がある事を全審査員が認めた。本審査委員会は北條賢氏の論文が本学の博士（学術）を授与するに十分値するものと結論する。

本論文の基礎となった学術論文 2 編（1、3）は、下記の査読審査制度を有する学術論文誌に掲載された。また 2、については審査中のものであり、いずれも申請者が筆頭著者である。またその他に参考論文等 2 編がある。

1. Hojo, M.K., Wada-Katsumata, A., Ozaki, M., Yamaguchi, S. and Yamaoka, R.(2008) Gustatory synergism in ants mediates a species-specific symbiosis with lycaenid butterflies Journal of Comparative Physiology A 194(12): 1043-1052
2. Hojo, M. K., Yamaguchi, S., Akino, T. and Yamaoka, R. (in preparation) Adoption of parasitic *Niphanda fusca* caterpillars by its host ant *Camponotus japonicus* is established without chemical mimicry Naturwissenschaften
3. Hojo, M.K., Wada-Katsumata, A., Akino, T., Yamaguchi, S., Ozaki, M. and Yamaoka, R. (2009) Chemical disguise as particular caste of the host ants in the ant parasitic inquiline, *Niphanda fusca* (Lepidoptera: Lycaenidae) Proceedings of the Royal Society B: Biological Science 276(1656): 551-558

(参考論文等)

1. Hembry, D.H., Katayama, N., Hojo, M.K. and Ohgushi, T. (2006) Herbivory damage does not indirectly influence the composition or excretion of aphid honeydew (2006) Population Ecology 48(3): 245-250
2. 北條賢,尾崎まみこ (2008) アリとチョウの共生におけるコミュニケーション 昆虫ミティックス～昆虫の設計に学ぶ～（監修 下澤権夫・針山孝彦） 第3編 第2章 第6節 785-790 NTS出版