

氏名	みずの たかふみ 水野 尊文
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第783号
学位授与の日付	平成28年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 生命物質科学専攻
学位論文題目	真社会性昆虫への共生と捕食に関する行動化学生態学的研究
審査委員	(主査)教授 秋野順治 教授 伊藤雅信 教授 遠藤泰久 准教授 一田昌利

論文内容の要旨

アリ・ハチ・シロアリなどの真社会性昆虫は、その種数や個体数や多さから、捕食者や分解者、あるいは被食者として他種の生物と多様な相互作用を及ぼす。いずれも血縁を核とした集団での社会生活を営み、個体間相互で情報媒体としては「フェロモン」を利用した交信が発達している。そのため、いずれの真社会性昆虫種も、化学“情報”に高度に依存した社会構造を持つといえる。一方、そのような真社会性昆虫と相互に関わりあいをもつ多くの生物種では、高度に情報依存化した社会構造に適応するために、種々の情報化学物質を利用して、個体間交信における情報操作をおこなう傾向がある。特にそのような傾向は、共生・寄生関係や、捕食・被食関係にある生物種が示す場合がおおいと考えられている。本論文では、このような真社会性昆虫種に対する適応的情報戦略の解明を目的として、アリと共生関係を持つシジミチョウの一種ミヤマシジミ、トウヨウミツバチを専門的に捕食することが判明したハナカマキリ、シロアリを専門的に捕食することが知られるメクラヘビの3つの系において、それぞれの生物種による化学情報戦略について、行動化学生態学的な検証をおこなった。

第1章では、多種アリと共生関係を示す任意型共生種であるミヤマシジミを対象とした検証をおこなった。一般にアリと共生関係を持つ種では特徴的な構造をもつ複数の好蟻性器官を有し、それらは特定のアリ種と密接な関係を維持するために必須の機能を有するとされている。任意型共生種であるミヤマシジミでは、幼虫期に保持していた主要な好蟻性器官を消失してしまう蛹期においても、随伴するアリ種からは捕食対象として認識されることなく、逆に継続的な随伴を促すことがわかっている。申請者は、継続的随伴を促す要因として蛹特有の情報化学物質に着目し、ミヤマシジミ蛹の体表ワックス中には蛹期に特異的な成分を有することと、その構成物質がアリの攻撃行動を抑制する効果をもつことを明らかにした。さらに、幼虫に対する随伴経験をもつことで蛹に対する随伴行動が変化し、継続的随伴を示す傾向があること、また羽化時には随伴アリを誘引する活性を示す揮発性物質を放出し、一時的に蛹および脱皮後の蛹殻への執着を増強することも明らかにした。これらの複合的な活用が、ミヤマシジミの不特定アリ種による継続的随伴の促進と、それによる任意的な共生システムの成立要因として機能する可能性を示した。

第 2 章では、従来その外観によって訪花昆虫を欺き捕獲すると信じられてきたハナカマキリを対象として、実際の捕獲対象を調査した上で、その捕食にかかわる化学情報戦術を解明した。申請者は、実施検証に基づき、生息地現地における幼虫期の捕獲対象がトウヨウミツバチに偏っていること、そして大学研究室における実験検証によって、その幼虫の大顎部に、トウヨウミツバチ自身のフェロモン成分と同一の化学物質 2 種が含まれていることを明らかにした。さらに、ハナカマキリ幼虫は視覚的に飛翔するミツバチを認識したときにのみそれらの物質を分泌することも明らかにした。加えて、圃場試験を実施することで、検出された化学物質 2 種が、ハナカマキリ幼虫の分泌量と同程度の処理量によって、日本に生息するトウヨウミツバチであるニホンミツバチの訪花個体の誤定位を促す効果をもつことを証明した。これら一連の観察・分析・実証実験によって、体サイズの小さなハナカマキリ幼虫が、化学戦術を併用することによって、効率的にトウヨウミツバチの誤定位を促し捕獲することを解明した。

第 3 章では、捕食対象を丸飲み込みするのが一般的なヘビ類において、シロアリを専門に食するメクラヘビの一種が、摂食前にシロアリの頭をもぎ取ることを明らかにした。申請者は、その生態や行動が未解明であるブラーミニメクラヘビを対象として、その捕食習性を詳細に観察し、シロアリ兵アリ捕食時には頭部をもぎとってから摂食する傾向が強いことを見出した。兵アリの固い頭部やそこに含まれる防御物質は、本来捕食者に対抗する物理的・化学的防衛戦術であることが知られており、今回の発見は、それに対する対抗戦術の進化を裏付けるものといえる。

これらの成果は、いずれも真社会性昆虫に対する適応的な行動戦略の進化を考える上で示唆に富んだものであり、その進化適応の解明にもつながる成果として評価できる。

論文審査の結果の要旨

本論文は、真社会性昆虫と共生・捕食関係にある多種動物が示す適応戦略に関する基礎研究であり、真社会性昆虫の高度な化学交信能力に対抗する化学戦術・行動戦術について、3 種の生物：チョウ目のミヤマシジミ、カマキリ目のハナカマキリ、マクラヘビ目のブラーミニメクラヘビのそれぞれについて行動化学生態学的な観点から解明することを目的としている。

アリと絶対共生関係にあるシジミチョウ種の適応的的化学戦術に関する研究は数多いが、任意的共生関係にある種での研究はあまり進んでいない。複数種との関係を維持することを要するために、種特異性の低い汎用的な戦略が採られていると考えられるが、その検証が困難とされていたからである。本論文では、好蟻性器官を喪失し蛹期におけるアリ随伴に着目し、アリの攻撃性を低下させる情報化学物質の存在を示すことに成功した。また、蛹に対する行動が幼虫随伴の経験によって影響されることを証明し、アリの学習能力に関する基礎的成果をあげた。さらに成虫羽化時にアリ随伴を促進する効果をもつ揮発性物質を分泌することの証明にも成功した。任意共生種の化学戦術は、これまで絶対共生種で知られていたものとは異なることを明らかにした。

また、ハナカマキリの攻撃的的化学擬態戦術の解明は、従来の視覚的擬態によって捕獲効率を高めているという定説を覆す発見となり、動物行動学会の 2015 年度論文賞を受賞し、同学会誌の表紙として採択されるなど、高い評価をうけたものである。本論文により、ハナカマキリが、植物の花部と同様に紫外光を吸収することで昆虫の視覚特性からも花と見分けがつかないほどに擬態

が成功していること、また体が小さい幼虫期にはトウヨウミツバチに特化した情報化学物質をアレロケミカルとして用いることによって効率的にミツバチを捕食していることが判明した。このような二重擬態戦略が明らかになった例はまだ少なく、擬態の進化を考える上でも重要な成果であると評価できる。

ほとんどその生態が未解明なメクラヘビに関しては、捕食対象が真社会性昆虫に偏っていること、シロアリを捕食する場合には、特にその頭部を効率よく取り除いて摂食することによって、シロアリによる化学的防衛・物理的防衛を回避することを明らかにした。丸飲み込みが主要な採餌形態であるヘビ類においては、餌の一部を取り除いて摂食することは珍しく、貴重な行動学的発見として高く評価されている。

本論文は下記の 2 報の論文を基礎としており、いずれも申請者が筆頭著者で、査読制度のある国際学術雑誌に既に掲載されている。

- 1) Mizuno T, Kojima Y (2015) A blindsnake that decapitates its termite prey. *Journal of Zoology* 297: 220-224
- 2) Mizuno T, Yamaguchi S, Yamamoto I, Yamaoka R, Akino T (2014) “Double-trick” visual and chemical mimicry by the juvenile Orchid Mantis *Hymenopus coronatus* used in predation of the oriental honeybee *Apis cerana*. *Zoological Science* 31: 795-801