

氏 名	たかはら てるひこ 高 原 輝 彦
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 4 4 5 号
学位授与の日付	平成 19 年 3 月 26 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	ECOLOGICAL FUNCTIONS AND CHEMICAL NATURE OF KAIROMONES FOR INDUCIBLE DEFENSES IN ANURAN TADPOLES (カエル幼生の防御反応を誘導するカイロモンの生態学的機能と化学的特性) (主査)
審 査 委 員	教授 山岡亮平 教授 遠藤泰久 教授 田嶋邦彦

論文内容の要旨

生物界に捕食者と被食者の関係は広くみられ、生物の相互作用の中でも重要な関係である。被食者は、捕食者由来の化学物質（情報化学物質）によって、行動、形態、生活史などを変化させる防御反応が誘導される。このような受容者の生存にとって有利に働く情報化学物質はカイロモンと呼ばれ、さまざまな種の生物間相互作用物質として広く知れわたっている。しかし、それら被食者の反応が防御としてどのように機能しているのかについてはよくわかっていない。また淡水域では特に、それら化学物質がどのような性質をもち、生態学的に実際の野外でどの程度の意義をもっているのかは未解明である。本研究は、淡水域に生息するカエル類の幼生（オタマジャクシ）の防御反応を誘導するカイロモンの機能と化学的特性についてまとめたものである。

学位論文は 6 章からなる章立てにより構成され、第 1 章では研究の背景と目的を述べている。

第 2 章では、捕食者由来の化学物質によって誘導される被食者の防御行動メカニズムについて調べた。実験には、ニホンアマガエル *Hyla japonica* の幼生と、その捕食者としてギンヤンマ *Anax parthenope julius* の幼虫（ヤゴ）を用いた。その結果、ヤゴ由来の化学物質によるカエル幼生の複数の行動変化は適応的な防御行動であり、その化学物質は幼生の生存にとって有利に機能するカイロモンであることが明らかになった。これまでの被食者の防御行動に関する研究では、捕食者由来の化学物質による被食者の活動レベルの低下が、捕食者による発見率を減少させるといった単一の反応にのみ焦点が当てられてきたが、本研究において、被食者は複数の行動変化を相補的に機能させる防御行動パターンをもつことが示唆された。また、それらの防御行動は、捕食者由来の化学物質のみによって誘導されることを明らかにした。

第 3 章では、捕食者と被食者の共存のパターンと、その捕食者由来の化学物質による被食者の防御反応との関係を明らかにすることを試みた。実験は、ヤゴとの共存機会が多く魚類との共存機会の少ないニホンアマガエルと、ヤゴおよび魚類との共存機会が多いツチガエル *Rana (Rugosa) rugosa* を用いて、ヤゴあるいはキンギョ *Carassius auratus* に由来する化学物質

にさらされたときのカエル幼生 2 種の反応を調べた。その結果、ヤゴ由来の化学物質にさらされたとき、ヤゴとの共存機会の多い両種のカエルでは、行動と形態において被食を回避するのに適した反応がみられた。キンギョ由来の化学物質にさらされたとき、魚類との共存機会の多いツチガエルでは適応的な反応がみられた。一方、魚類との共存機会の少ないニホンアマガエルでは、餌の獲得が制限される反応がみられ、成長が悪くなり生存率が低下した。以上のことから、被食者が共存パターンと異なる環境で捕食者と遭遇したとき、その捕食者に対する被食者の反応が効果的に機能しないばかりでなく、被食者の生存にとって不利益を生じる場合さえあることが明らかになった。

第 4 章では、被食者が捕食者由来のどのような性質をもつ化学物質を受容して、防御反応が誘導されているのかを明らかにするため、生物検定と化学分析を行なった。実験は、ツチガエルとニホンアマガエルの防御行動（活動レベルの低下）を誘導するヤゴ由来の化学物質の性質を調べた。その結果、ツチガエルは、低脂肪親和性で難揮発性の化学物質に対して反応を示した。一方、ニホンアマガエルは、脂肪親和性の性質をもたない難揮発性の化学物質に反応した。本研究は、同一の捕食者に対する被食者の類似した防御行動が、異なる性質をもつ化学物質によって誘導されていることを明らかにした新規な研究例である。

第 5 章では、ある捕食—被食関係は、化学物質による彼らの反応を介して、さらに別の種にも影響を及ぼすかどうかを明らかにすることを試みた。実験は、徘徊型の採餌様式をもつキンギョ由来の化学物質の有無によって、待伏せ型のヤゴに捕食されるニホンアマガエルの幼生の割合が変化するかを調べた。その結果、化学物質にさらされなかった場合と比較して、化学物質にさらされたとき、ヤゴに捕食される幼生の割合が増加した。これは、徘徊型のキンギョ由来の化学物質によって誘導される幼生の防御行動が、待伏せ型のヤゴに対しては不利になった結果であると考えられる。以上のことから、捕食者は被食者の生存率に対して、捕食による直接的な影響のみでなく、化学物質を介して被食者と別の種の捕食者との関係を変化させる間接効果においても影響を及ぼすことが明らかになった。

第 6 章では、これまでに論じてきた研究の成果を総括して述べるとともに、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、淡水域における捕食者と被食者の関係を水中に存在する捕食者由来の情報化学物質（カイロモン）に対する被食者であるカエル幼生（オタマジャクシ）のさまざまな反応に着目して化学生態学的に解明したことにある。特に今日までの水域における両者の関係についての研究は、ほとんどがカイロモンに対する被食者の反応行動についての生態学的なものであった。それに対し本論文ではカイロモンの化学的な特性にまである程度踏み込んだ検討を行なっている。またさらにその化学的特性から生物の挙動についても深く踏み込んで考察を加えていることもあり、今後のこの分野の研究の一つの道標となるべきものであると高く評価する。

以上の結果より本論文の内容には十分なる新規性と独創性ならびに高い学術的な価値があ

ることを全審査員が認めた。本審査委員会は、高原輝彦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 5 編は、下記の査読審査制度を有する学術論文誌に掲載または掲載予定のものであり、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 2 編がある。

1. Effects of fish chemical cues on tadpole survival (2003)
T. Takahara, Y. Kohmatsu, A. Maruyama, and R. Yamaoka
Ecological Research 18, pp793-796
2. Specific behavioral responses of *Hyla japonica* tadpoles to chemical cues released by two predator species (2006)
T. Takahara, Y. Kohmatsu, A. Maruyama, and R. Yamaoka
Current Herpetology 25, pp65-70
3. Effects of anti-predator defense suites associated with historical backgrounds of coexistence with predators
T. Takahara, Y. Kohmatsu, A. Maruyama, and R. Yamaoka
Zoological Science (revised)
4. Different chemical cues exuded from the same predator induce analogous predator-avoidance behavior between two anuran species, *Rana (Rugosa) rugosa* and *Hyla japonica*
T. Takahara, Y. Kohmatsu, and R. Yamaoka
Journal of Chemical Ecology (submitted)
5. Defense patterns of behavioral responses induced by predator's chemical cues
T. Takahara, Y. Kohmatsu, A. Maruyama, and R. Yamaoka
Oikos (preparation)

(参考論文)

1. 匂い記憶の食欲変動-クロキンバエをモデルとして (2001)
尾崎まみこ, 高原輝彦, 中村恭子, 垣内眞彌子, 山岡亮平
日本味と匂い学会誌 第 8 巻, pp323-324
2. Perception of noxious compounds by contact chemoreceptors of the blowfly, *Phormia regina*: Putative role of an odorant-binding protein (2003)
M. Ozaki, T. Takahara, Y. Kawahara, A. Wada-Katsumata, K. Seno, T. Amakawa, R. Yamaoka, and T. Nakamura
Chemical Senses 28, pp349-359