

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18576

研究課題名(和文)水圏の化学情報ネットワークが被食者の適応進化と生物群集に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文)The effects of chemical-communication network in freshwater ecosystem on adaptation evolution of prey species and a community

研究代表者

高原 輝彦(Takahara, Teruhiko)

島根大学・生物資源科学部・助教

研究者番号：10536048

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：水圏生態系において、被食者の防御反応を誘導する捕食者由来の化学シグナルの特性解明を目指した。化学シグナルの特性を効率よく解明するために、ニホンアマガエルにおいて異なる親ペアから採集した卵塊に由来するオタマジャクシを用意して、ヤゴの化学シグナルに対する反応について調べたところ、オタマジャクシの適応的反応の度合いは、異なる親ペアをもつオタマジャクシ間で相違があることを明らかにした。加えて、採集・飼育・実験が比較的容易なことが判明したニホンアマガエルとシュレーゲルアオガエルに着目して、オタマジャクシの適応的反応を誘導する化学シグナルの特性解明が進行中である。

研究成果の概要(英文)：I tried evaluation of characteristic of chemical signals derived from predators, which induce adaptive responses of prey species, in freshwater ecosystem. To evaluate the characteristic of the chemical signal efficiently, I examined the degree of adaptive response to chemical signal of dragonfly nymph in the tadpole groups derived from different parent pairs in Japanese tree frog (*Hyla japonica*). As a result, I found that the degree of the adaptive response by the tadpoles differed among parent pairs. I am advancing further evaluation of the predator chemical signals by using the tadpoles of *Hyla japonica* and *Rhacophorus schlegelii*, which the collecting and incubation was easy relatively.

研究分野：陸水生態学

キーワード：オタマジャクシ 化学シグナル ケミカルコミュニケーション 捕食-被食関係 水圏生態系

1. 研究開始当初の背景

複雑な植生や水の濁りなどによって視界の悪い水圏では、プランクトンや両生類、魚類のように、様々な被食者が、捕食者の体液や排泄物等に由来して水中に放出される化学物質を捕食者検知の手がかり(キュー)として、行動や形態を変化させて捕食される危険を回避することが知られている (Brönmark & Hansson 2000, 2012)。そこで被食者は、多種多様な化学物質が存在する自然環境において、捕食者検知に最も有効な性質をもつ化学的なシグナルを受信するように適応進化してきたと考えられる。さらに、化学シグナルは、個体レベルのみでなく個体群レベルや間接的に他種へも影響が波及する。このように、化学シグナルの存在は生物間相互作用ネットワークにおいても重要な役割があると考えられるにもかかわらず、それら化学シグナルが生物群集の構築に及ぼす影響については、未だわかっていない。

申請者はこれまでに、両生類の幼生(オタマジャクシ)の種類が異なると、彼らは捕食者であるギンヤンマ (*Anax parthenope*) の幼虫(ヤゴ)に見つからないように同じ防御行動(動いたり餌をとるのをやめる)を示すにもかかわらず、捕食者検知の化学シグナルの特性が違うことを初めて明らかにした (Takahara et al. 2013)。すなわち、ヤゴに見つかりやすい(活発に餌を探し回る)特徴をもつニホンアマガエル (*Hyla japonica*) では、拡散性の高い化学シグナルを利用して、わずかな危険を探知し、コストがかかる防御行動を躊躇せず発現した。一方、ヤゴに見つかりにくいツチガエル (*Glandirana rugosa*) では、拡散性の低い化学シグナルを利用して、捕食される危険がとても高い状況でなければ防御行動をとらなかった。これらの結果は、オタマジャクシ各種が最適な化学シグナルを利用するように適応進化してきたことを示唆している。

2. 研究の目的

オタマジャクシは、捕食者の化学シグナルに対して鋭敏に反応し、飼育観察が比較的容易である。そこで本研究では、被食者としてカエル各種のオタマジャクシの生態的特徴に着目し、それらの種内や種間の比較を通して、これまで未解明であった水圏の被食者が捕食者を検知するために受信する化学シグナルの機能と特性を明らかにすることを目的とした。それによって、被食者各種が生存にとって最適な性質をもつ化学シグナルを利用するように適応進化してきたことを明らかにできると考えた。

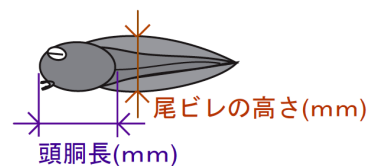
3. 研究の方法

捕食者の化学シグナルに対して強い反応を

示すオタマジャクシは、化学シグナルの特性を調べるバイオアッセイに適しており、シグナルの特性解明を効率よく進めることができる。そこで、捕食者由来の化学シグナルに対して被食者の種内で反応が違うかどうかを調べるため、ニホンアマガエルのオタマジャクシを対象にして飼育観察実験を行った。実験は、異なる雌雄の親から採集した卵塊に由来するオタマジャクシを7グループ用意して、ギンヤンマの終令幼虫(ヤゴ)の化学シグナルに対する適応的反応の度合いが異なるのかどうかについて調べた。オタマジャクシは飼育容器(26cm×18cm×13cm、くみおき水6L)に20匹ずつ入れた(図1参照)。次に、その容器に小さな穴(直径1mm以下)を多数開けたプラスチックカップ(直径10cm、高さ7cm)を設置してヤゴを投入し、ヤゴの化学シグナルにオタマジャクシが曝露されるようにした。ヤゴを投入していない飼育容器は対照区とした。各処理区は繰り返し3タンクで実験を行い、オタマジャクシは数週間の飼育期間を設けた。その後、各オタマジャクシ個体の画像写真を取り、Touchon & Warkentin (2008)を参照にして、Image Jを用いた画像解析を行った。その際、全長(mm)、尾ビレの高さ(mm)、尾ビレの長さ(mm)、尾ビレ筋の高さ(mm)、尾ビレ筋の幅(mm)、頭胴長(mm)、頭幅(mm)、の8箇所(図2参照)の形態とともに、湿重量(g)を測定した。



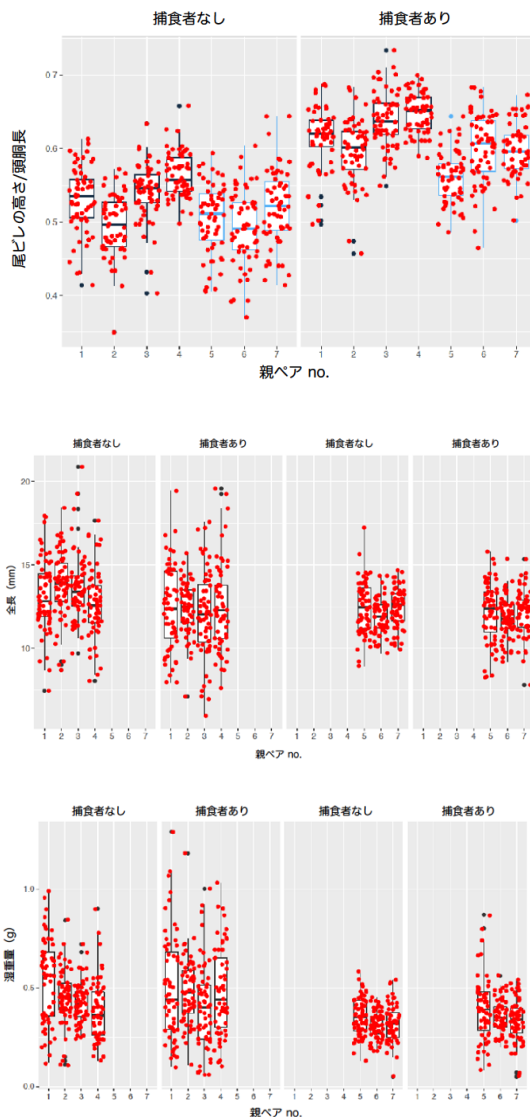
(図1) 飼育観察実験の様子



(図2) オタマジャクシの測定部位の一部

4. 研究成果

対照区のおたまジャクシと比較して、捕食者のヤゴの化学シグナルにさらされたとき、ニホンアマガエルのオたまジャクシは形態変化を示した。更に、そのような適応的反応の度合いは、異なる親ペアをもつオたまジャクシのグループ間で統計的に有意な違いがあることが明らかになった (GLMM, $P < 0.0001$)。とくにオたまジャクシの形態変化の特徴的な反応として知られる尾ビレの高さと頭胴長の割合 (図 2) などの結果の一部を図 3 として示す。



(図 3) ヤゴの化学シグナルに対する適応的反応 (形態、体サイズ、湿重量) の結果

以上のことから、化学シグナルに対して、より鋭敏に反応するオたまジャクシを選抜することが可能であることが明らかになった。今後は、このような反応を示すオたまジャクシを優先的に使用することで、化学シグナルの特性を絞り込むバイオアッセイを効率的に進めることができる。なお、本成果について

は、現在、論文としてまとめるため、データ解析の継続と論文執筆の準備を進めている。

加えて、化学シグナルの特性解明のために、捕食者 (ヤゴなど) を畜養した水サンプルの効率的な収集・濃縮・保存の方法などの確立を進めている。また、本研究成果として、採集・飼育・実験が比較的容易なことが判明した、ニホンアマガエルとシュレーゲルアオガエル (*Rhacophorus schlegelii*) に着目して、各種オたまジャクシの適応的反応を誘導する捕食者の化学シグナルの特性解明が進行中である。

Brönmark & Hansson (2000) Chemical communication in aquatic systems: an introduction. *Oikos* 88: 103-109.

Brönmark & Hansson (2012) Chemical Ecology in Aquatic Systems. Oxford University Press.

Takahara et al. (2013) Different chemical cues originating from a shared predator induce common defense responses in two prey species. *Animal Cognition* 16: 147-153.

Touchon & Warkentin (2008) Fish and dragonfly nymph predators induce opposite shifts in color and morphology of tadpoles. *Oikos* 117: 634-640.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Doi H., Takahara T. (2016) Global patterns of conservation research importance in different countries of the world. *Peer J* 4: e2173. (査読あり)

[学会発表] (計 1 件)

- ① 小林暉・岩井紀子・井川武・高原輝彦. 溪流における環境 DNA を利用したタゴガエルの好適繁殖地と個体数推定. 第 64 回日本生態学会大会, 2017 年 3 月 14 日-3 月 18 日, 早稲田大学 (東京)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高原 輝彦 (TAKAHARA, Teruhiko)

島根大学・生物資源科学部・助教
研究者番号：10536048

(2)研究分担者

(3)連携研究者

(4)研究協力者

土居 秀幸 (DOI, Hideyuki)
兵庫県立大学・大学院シミュレーション
学研究科・准教授
研究者番号：80608505