

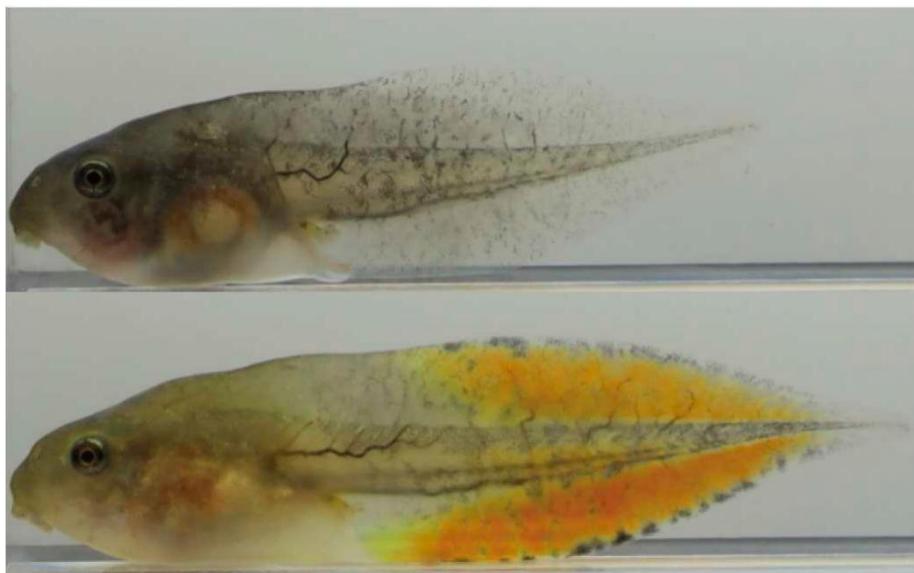
オタマジャクシの尾はヤゴがいると赤くなる —相手に応じて変わるアマガエル幼生の対捕食者戦略—

概要

カエルの幼生であるオタマジャクシは、多様な捕食者にさらされる中で、その身を守るために姿や体色を柔軟に変化させることが知られています。野外では、尾の色が変化したオタマジャクシが観察されることがありますが、こうした変化の生じる理由、とくにそれがどのような捕食者に応答したものかについては、十分に調べられてきませんでした。

京都大学大学院理学研究科 野田叡寛 博士課程学生および渡辺勝敏 同教授の研究グループは、ヒガシニホンアマガエルの幼生を、トンボの幼虫（ヤゴ）やその他の水生昆虫、イモリなど異なる捕食者とともに飼育し、幼生の形態や体色の変化を比較しました。その結果、ヤゴ、とりわけギンヤンマ類の存在によって尾が鮮やかな橙色になり、一方、他の水生昆虫やイモリではそのような変化を生じないことが明らかになりました。本研究は、オタマジャクシが捕食者の特徴に応じて柔軟に姿を変える可能性を示したものであり、今後はこうした変化が捕食回避にどのような役割を果たすのか、また他のカエルにも共通する現象なのかを明らかにすることが期待されます。

本成果は 2025 年 12 月 23 日に米国の国際学術誌「*Ichthyology & Herpetology*」にオンライン掲載されました。



通常のヒガシニホンアマガエル幼生（上）とヤゴによって尾が橙色に変化した幼生（下）

（撮影：野田叡寛）

1. 背景

生き物の「体の色」や「形」はしばしば捕食者から身を守るために用いられますが、その効果はどの捕食者に対しても同じではありません。捕食者がどのような感覚を使って獲物を探すのか、どの場所でのように捕食するのか、さらに背景環境によって、同じ色や形でも見え方や狙われ方が変わります。とくに田んぼや池では、地域や季節によって捕食者の種類や数が大きく変わり、生息環境の条件も多様です。このような不安定な環境のもとでは、遺伝的に1つに固定された防御方法ではなく、状況に応じて柔軟に変えられる「可塑的な防御」^{*1}が進化しやすいと考えられています。

オタマジャクシは、この可塑的な防御を調べるモデル生物として長年注目されてきました。オタマジャクシは、捕食者のおいや捕食者が獲物を食べた時に放出される化学物質を手がかりに、周囲の捕食リスクとその大きさを評価すると考えられています。そして、それらの捕食リスクに応じて、活動量を下げたり、素早く逃げたりするなどの行動の変化や、尾びれを高くするなど形態の変化、場合によっては毒を分泌することによる化学的防御を示すことが知られています。一方で、こうした応答には捕食を回避できるというメリットだけでなく、餌の摂取量が減って成長が遅れることや、防衛形態を準備・維持するためのエネルギーコストが生じるといったデメリットも伴います。

北米大陸を中心に分布するアマガエル属 (*Dryophytes*)^{*2}の一部の種では、捕食者であるトンボ類の幼虫(ヤゴ)の存在によって尾全体が鮮やかな橙色に変化することが知られています。このような尾の形態や体色の変化には、捕食者の攻撃を尾へと誘うことで、より重要な頭部や胴体を守る「ルアー効果」があるのではないかと仮説が提案されています。これまでの研究の多くは特定の捕食者、特に単一のヤゴ種に焦点を当てたものであり、ヤゴの種類によって反応の強さや速さが変わるのか、そしてヤゴ以外の捕食者に対しても同様の体色や形態変化が生じるのかについては検証されてきませんでした。

日本では普通種であるアマガエル類においても、野外で尾の色が鮮やかなオタマジャクシが観察されることがあります。しかし、その体色変化が捕食者への応答として生じたものなのか、あるいは単に餌の違いによって生じるものなのかについては、明らかではありませんでした。そこで本研究では、ヒガシニホンアマガエル (*Dryophytes leopardus*)^{*3}のオタマジャクシを対象に、尾の色の変化が捕食者によって引き起こされるのかどうか、また捕食者によって色の変化の有無や強さが変わるかどうかを調べることにしました。

2. 研究手法・成果

本研究では、ヒガシニホンアマガエルのオタマジャクシを複数の水槽で飼育し、それぞれ異なる捕食者と共に飼育することで、体色と形態の変化を比較しました。捕食者としては、狩りのしかたや生息場所が異なる4種のヤゴ(クロスジギンヤンマ、カトリヤンマ、ウスバキトンボ、シオカラトンボ)に加え、コオイムシやタイコウチという他の水生昆虫、さらにイモリを用いました。捕食者はオタマジャクシと同じ水槽内に配置しましたが、直接接触できないように穴の空いたプラスチックケースで隔離し、視覚的・化学的な情報のみが伝わる条件としました。これにより、実際の捕食による影響を排除し、捕食リスクの存在そのものに対する反応を安定して比較できるようにしました。

実験の結果、ヤゴとともに飼育されたオタマジャクシでは、2週間後には尾が鮮やかな橙色に変化し、同時に尾びれが高くなることが確認されました。これは、東アジアのアマガエル類において、尾の鮮やかな色が捕食者によって誘導されることを実験的に証明した初めての例です。

とくに、水草などの上で待ち伏せを行うクロスジギンヤンマのヤゴと飼育した場合に、この尾の色と形の変化は速やかに、また最も強く現れました。そして、ヤゴであっても種類によって反応の強さや現れるまで

の時間には違いがあり、すべてのヤゴが同程度の変化を引き起こすわけではありませんでした。一方、コオイムシやタイコウチ、イモリのように、獲物をつかんだり、丸のみしたりする捕食者とともに飼育した場合には、尾の色や形の変化は見られませんでした。これらの捕食者に対しては、尾の一部に攻撃を誘うルアー効果が有効に働きにくいいため、エネルギーコストのかかる体色や形態の変化をあえて発現させなかった可能性があります。

これらの結果は、オタマジャクシが捕食者を一括りに認識して反応しているのではなく、捕食者の狩り方や感覚の特徴に応じて、防衛形態の発達の具合を細かく調整している可能性を示しています。また、このように反応の強さを調整することで、防衛形態を準備・維持するためのエネルギーを最小限に抑えていると考えられます。

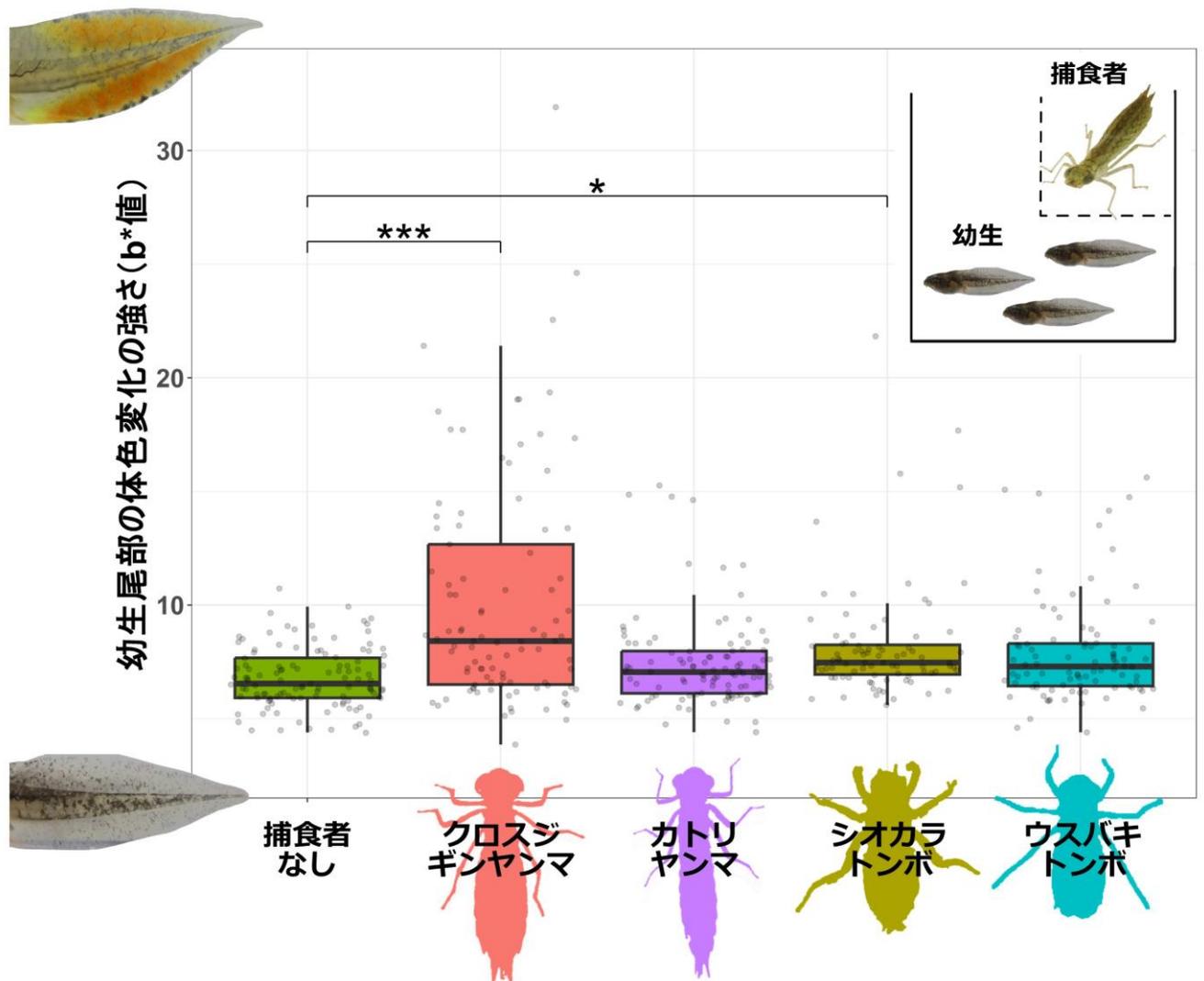


図. 飼育実験のイメージ図（右上）と、4種のヤゴとともに飼育した際にみられた幼生の尾の体色変化。植生上で待ち伏せを行うクロスジギンヤンマのヤゴ（右下）とともに飼育した場合、幼生の尾の体色変化が最も強く誘導された。一方、シオカラトンボのヤゴにおいても、捕食者なしの場合と比べると、弱いながら尾の体色変化が認められた。また、ヤゴ以外の捕食者（コオイムシ、タイコウチ、イモリ）では体色変化は起こらなかった。

3. 波及効果、今後の予定

本研究の重要な成果は、オタマジャクシの体色や形態の変化が、どの捕食者に対しても一様に生じる反応ではなく、捕食者の種類に応じて調整されていることを示した点にあります。これは、生き物が周囲の環境や外敵の性質をどのように見分け、それに依拠していかに体のつくりや見た目を柔軟に変化させているのかを理解するうえで、重要な知見といえます。また、ヒガシニホンアマガエルのような身近な生き物であっても、自然界で観察される現象の背景には、まだ十分に解明されていない仕組みが多く残されていることを示しています。

一方で、尾の橙色化や形態変化が実際にどの程度捕食回避に役立っているのか、すなわち生存率を高めているのかについては未解明な点が多く、今後直接的な検証が必要です。鮮やかな体色は、ヤゴという特定の捕食者に対しては有効に働く一方で、別の捕食者に対してはかえって目立ち、見つかりやすくなる可能性もあります。今後は、捕食者との相互作用を直接観察する実験を通じて、これらの体色や形態の変化がどのような場面で有効に働くのかを検証していく必要があります。

さらに、今回確認された反応が他のアマガエル類や別グループのカエル類でも見られるのか、あるいは地域や環境条件によってどの程度変わるのかを比較することも、今後の重要な課題です。これまでの研究では、捕食者の存在によって尾が暗色へと変化する種が比較的多く知られています。一方で、尾が橙色に変化する種は、アマガエルの仲間をはじめとする数種でしか報告されていません。捕食者に対する応答の違いをさまざまな種で比較・検証していくことで、体色の変化を利用した捕食回避戦略が、両生類の中でどのように進化し、現在まで維持されてきたのかを理解するための重要な手がかりが得られると期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム (JPMJSP2110) の支援を受けて実施されました。

<用語解説>

※1 **可塑的な防御**：生物が捕食者の種類や状況に応じて、遺伝的变化を伴わずに行動や体の形、体色を変化させる防御の仕組みのこと。

※2 **アマガエル属 (*Dryophytes* 属)**：ニホンアマガエル類を含む約 20 種からなるカエルのグループ。北米と東アジアという離れた地域に隔離分布しているのが特徴。

※3 **ヒガシニホンアマガエル (*Dryophytes leopardus*)**：これまでニホンアマガエルとされてきたカエルは 2025 年 2 月に島田知彦 愛知教育大学准教授らの研究によって、近畿地方を境界に東西 2 種に分けられることが判明した。サハリンから京都南部付近までに分布するものは新たに「ヒガシニホンアマガエル」として新種として記載された。

<研究者のコメント>

「数千匹のオタマジャクシを同時に飼育し、彼らの姿を継続的に記録する作業は簡単ではありませんでした。その分、野外で観察されていた鮮やかな体色の変化を実験室内でも誘導できたときには、その美しさに改めて驚かされました。アマガエルという身近な生き物であっても、まだ分かっていないことは多くあります。本研究を通して、生き物やその研究に興味を持っていただけたら嬉しく思います。」(野田叡寛)

<論文タイトルと著者>

タイトル: Predator-Induced Tail Coloration Toward Diverse Dragonfly Nymphs in Tadpoles of the East Japan Tree Frog (*Dryophytes leopardus*) (多様なヤゴ種によって誘導されるヒガシニホンアマガエル幼生における尾部呈色)

著者: Akihiro Noda, Katsutoshi Watanabe (野田叡寛、渡辺勝敏)

掲載誌: *Ichthyology & Herpetology* DOI: <https://doi.org/10.1643/h2025005>