

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23570036

研究課題名(和文) 適応的な表現型可塑性間の環境依存的な配分に関する研究

研究課題名(英文) Environment-dependent trade-offs and limits of phenotypic plasticity

研究代表者

道前 洋史 (Michimae, Hirofumi)

北里大学・薬学部・助教

研究者番号：70447069

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：理論的研究では最適な表現型が環境で異なる(トレードオフの関係がある)とき、すなわち表現型の発現や維持に環境特異的なコストがかかるからこそ必要なときにしか発現しない戦略、表現型可塑性が進化することを示してきた。ところが実証的研究では十分にこの理論は確かめられていない。本研究では表現型のベネフィットやコストを多様な環境で検証することが可塑性の進化の理解に欠かせないことを示した。

研究成果の概要(英文)：In nature, organisms constantly face multiple environments, and the expression and magnitude of the costs of plastic traits is occasionally context-dependent; therefore, the costs need to be analyzed across multiple environments. We determined the benefits and costs of two plastic responses (predator- and prey-induced morphologies) of larvae of the salamander *Hynobius retardatus* on larval survival, metamorphic timing, and body size at metamorphosis in three different environments by using frog tadpoles, predatory dragonfly larvae, or no inducer (conspecific larvae only). The benefits of plastic responses were detected in the inducing environments, but the costs were greater or more easily detected in crossover environments, such as those containing tadpoles or dragonfly larvae. The trade-offs appeared in combinations in the crossover environments, and thus were context-dependent.

研究分野：基礎生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：表現型可塑性

### 1. 研究開始当初の背景

表現型可塑性の進化について以下の2点が主要なテーマとなっている。

(1) 理論的研究では最適な表現型が環境で異なる(トレードオフの関係がある)とき、すなわち表現型の発現や維持に環境特異的なコストがかかるからこそ必要なときにしか発現しない戦略、表現型可塑性が進化することを示してきた。実証的研究でもこの理論は確かめられてきたが、生物が遭遇する環境は2つの場合に限られてきた(捕食者の存在と不在など)。生物を取り巻く環境がこのように単純なことはあり得ず、より複雑な条件下で表現型可塑性の進化を論ずる必要があった。

(2) 生物は異なった環境要因に対してよく似た表現型可塑性を示すことがある。例えば両生類幼生は、捕食者の存在、餌の種類や量、水位、水温など多様な環境要因の変化に対して、幼生期間を伸ばしたり、逆に縮めたりするような表現型可塑性を示す。このように外見上よく似た表現型可塑性を引き起こす多様な環境要因が報告されているにもかかわらず、その進化のメカニズムは分かっていない。

### 2. 研究の目的

(1) エゾサンショウウオ幼生には標準型と両生類(オタマジャクシ: エゾアカガエル)幼生の高密度化で誘導される攻撃型、そしてヤゴの存在で誘導される防御型の3つの表現型が存在する。攻撃型はエゾアカガエル幼生(大型餌種)を食べるのに有利であり、また防御型は捕食者(ヤゴ)からの俊敏な逃避が可能である。このように2つの誘導型は明らかに有利であるにもかかわらず集団で固定されない。本研究では防御型や攻撃型は発現や維持に環境特異的なコストがかかるからこそ必要なときにしか発現しない戦略つまり可塑性が進化すると考え、防御型や攻撃型のベネフィットやコストを様々な環境下で検証した。

(2) エゾサンショウウオ幼生は、餌の種類や水位の変化に対して、幼生期間の表現型可塑性を示す。水位の減少による幼生期間の短縮化は生息池の乾燥化による死亡を避けるためであると考えられている。また同種を餌とした場合(共食い)も幼生期間が短縮化されるが、これは餌不足の幼生期間を出来るだけ早く終わらせるための適応であると考えられている。この幼生期間に見られる表現型可塑性が、そもそもどのような環境要因への適応として進化したのかを本研究で検討した。

### 3. 研究の方法

(1) 標準型、攻撃型、防御型のエゾサンショウウオ幼生を、それぞれ表現型別に3つの処理(エゾサンショウウオ幼生のみ、エゾサンシ

ョウウオ幼生+ヤゴ、エゾサンショウウオ幼生+オタマジャクシ)に分けて野外設置したエンクロージャーで飼育した。各エンクロージャーでは個体別に生存期間、変態までの期間、変態時の体サイズを記録した。

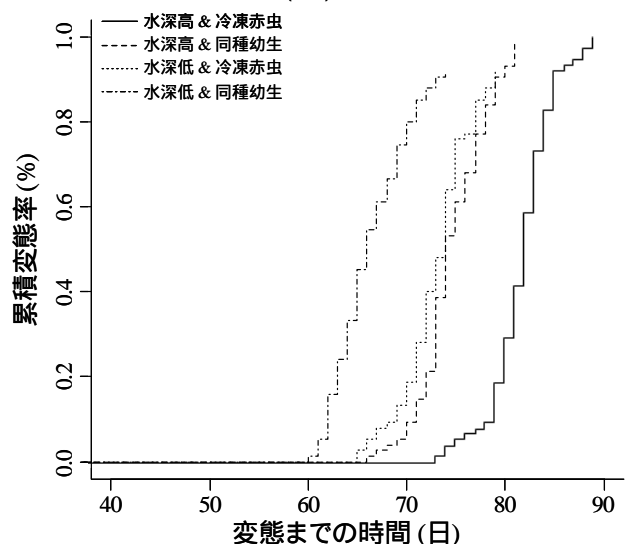
(2) 選択要因として生息池の乾燥頻度(低と高)と共食い頻度を候補にし、これら2要因の組合せで異なる生息池から採集した卵を実験室で孵化させ、水深(低と高)と餌種(冷凍赤虫と同種幼生(共食い))に対する変態時期への影響を調べた。

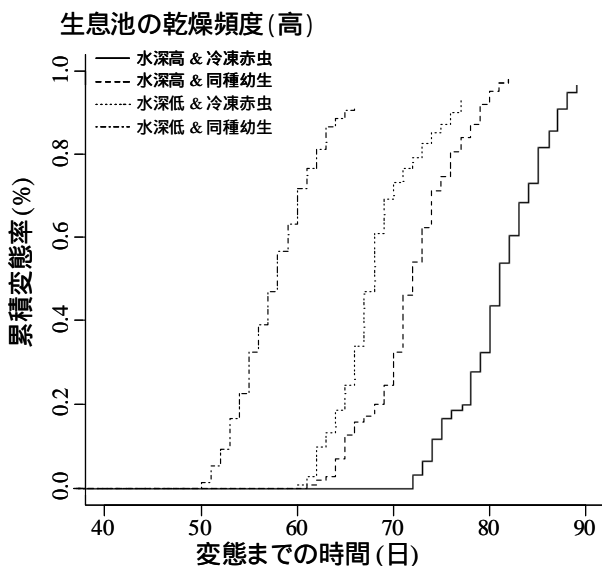
### 4. 研究成果

(1) 攻撃型は両生類幼生の高密度環境では生存率が高いがヤゴ環境では生存率が低く、逆に防御型はヤゴ環境では生存率が高いが両生類幼生の高密度環境では生存率が低かった。本研究では防御や攻撃のベネフィットやコストを多様な環境で検証することが防御誘導や攻撃誘導つまりは可塑性の進化の理解に欠かせないことを示した。

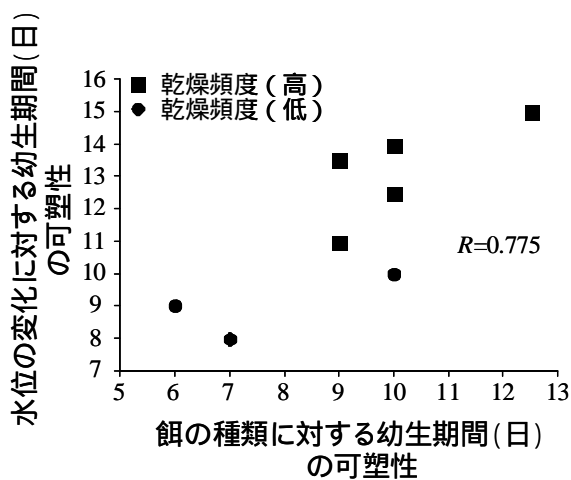
(2) 幼生期間の表現型可塑性の選択要因として生息池の乾燥頻度と生息池の共食い頻度が候補となったが、モデル選択により生息池の乾燥頻度だけが選択要因として選ばれた。つまり幼生期間の表現型可塑性は生息池の乾燥化への適応として進化したことが分かった。図は乾燥頻度が高い生息池の幼生ほど水位の減少に対する幼生期間の可塑性が大きいことを示している。しかしエゾサンショウウオ幼生は水位の減少だけでなく、共食いによっても幼生期間が短縮化される。おそらく初めに生息池の乾燥化への適応として進化した幼生期間の表現型可塑性の発生機構が、その後共食いによる幼生期間の表現型可塑性にも利用されてきたが、生息池の共食い頻度は新たな選択要因としてまだ十分にこの表現型可塑性には働いていないと考えられる。

生息池の乾燥頻度(低)





また発生機構が共有されていると、餌の種類と水位の変化で誘導される表現型可塑性の発現量に相関が出てくると予想される。現にこれら2つの環境要因の変化で誘導される幼生期間には相関が示され、発生機構の共有が示唆された(下図参照)。



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3件)

Kishida O, Costa Z, Tezuka A, Michimae H. Inducible offenses affect predator-prey interactions and life history plasticity in both predators and prey. Journal of Animal Ecology, in press. 査読有。

DOI: 10.1111/1365-2656.12186

Azuma N, Hangui J, Wakahara M, Michimae H. Population structure of the salamander *Hynobius retardatus* inferred from a partial sequence of the mitochondrial DNA control region. Zoological Science, 30:7-14, 2013. 査読有。

DOI: 10.2108/zsj.30.7

Michimae H, Emura T. Correlated evolution of phenotypic plasticity in metamorphic timing. Journal of Evolutionary Biology, 25:1331-1339, 2012. 査読有。

DOI:10.1111/j.1420-9101.2012.02523.x

[学会発表](計3件)

道前洋史・西村欣也. 音響情報を引き金とする表現型可塑性. 日本生態学会第61回大会 広島市 2014年3月.

道前洋史・手塚あゆみ・岸田治. 多様な環境に適応した表現型可塑性:トレードオフと進化. 日本生態学会第60回大会 静岡市 2013年3月.

手塚あゆみ・岸田治・小林誠・道前洋史. 対抗的な表現型可塑性の種間比較 - サンショウウオ2種の大顎化とアカガエル3種の膨満化 - 日本生態学会第60回大会 静岡市 2013年3月.

[図書](計0件)

[産業財産権]  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

道前 洋史 (Michimae, Hirofumi)

北里大学・薬学部・助教

研究者番号：70447069

### (2) 研究分担者

岸田 治 (Kishida, Osamu)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授

研究者番号：00545626