

令和元年6月21日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K17949

研究課題名(和文)人工飼育魚の捕食者認識・防衛行動における学習効果：放流技術に繋がる基礎的研究

研究課題名(英文) Effects of learning on the predator recognition and defensive behavior in hatchery-reared fish: basic studies for releasing strategy

研究代表者

河端 雄毅 (KAWABATA, Yuuki)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(水産)・准教授

研究者番号：50606712

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)：本研究では、まず、人工飼育魚のヒラメ稚魚に「自分の仲間がカニもしくはカサゴに食べられる」という状況を観察させました。続いて、カニもしくはカサゴと遭遇した状況、何も遭遇していない状況で、どのように海底を離れて餌を食べるのかを調べました。その結果、どのような遭遇状況でも、カニに仲間が食べられるのを観察したヒラメは、より頻繁に長く底を離れる傾向があることが分かりました。一方、カサゴに仲間が食べられるのを観察したヒラメは底を離れる頻度が低く、離れてもすぐに海底に戻ることが分かりました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天然魚の数を安定・増加させるために人工飼育魚を放流する「栽培漁業」が世界中で行なわれていますが、放流した稚魚が大型の捕食者に食べられてしまうという問題があります。その対策のひとつとして、放流前に稚魚に捕食者を学習させる方法があります。しかし、野外には様々なタイプの捕食者が存在するにも関わらず、これまでは1種の捕食者のみの学習しか行われてきませんでした。今回の研究成果は1種の捕食者の学習ではその捕食者に対して有効な防衛行動が取れるようになるが、別の捕食者に対しては有効ではなく、むしろ食われやすくなる可能性すらあることを示しています。

研究成果の概要(英文)：We conditioned the hatchery-reared Japanese flounder juveniles to predation by allowing them to sense their conspecifics being preyed upon either by the predatory crab or by the large predatory fish. We then measured the feeding behaviors (off-bottom swimming) of conditioned (to crab and fish) and naive flounders, in three different situations: exposed to crab, exposed to large fish, and exposed to no animals. In all situations, the flounder conditioned to crab left the bottom more frequently and stayed in the water column for longer period. Whereas, the fish conditioned to the large fish left the bottom less frequently and stayed in the water column for shorter period. These results suggest that the hatchery-reared fish change the behavioral pattern depending on the type of predator to be conditioned.

研究分野：動物行動学

キーワード：人工飼育魚 人工種苗 逃避 離底行動 学習 観察学習 対捕食者行動 被食回避

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

乱獲や生息環境の悪化による水産資源の枯渇に対し、様々な魚種で人工飼育魚の放流による資源回復が試みられてきた。しかし、放流魚が捕食されてしまい、十分に天然資源に加入できない例が数多く報告されている。一般に、人工飼育魚は生息基質(砂、構造物等)の無い水槽で捕食者との相互作用を経験せずに育成される。そのため、天然魚と行動特性が異なることや捕食者を認識していないことにより、捕食されやすいと考えられる(Tsukamoto, Masuda et al. 1997)。

このような背景のもと、様々な魚種で人工飼育魚の行動特性が調べられ、放流技術が考案されてきた。その中でも放流前に飼育魚に捕食者を学習させることで、適切な防衛行動を発現させる試みが注目されてきた(Kelley and Magurran 2003)。しかし、自然水域には複数種の捕食者が存在するにも関わらず、ほぼ全ての先行研究で1種のみが捕食者として用いられてきた(Hossain, Tanaka et al. 2002, Arai, Tominaga et al. 2007, Kawabata, Yamada et al. 2011)。そのため、飼育魚が1種の捕食者を学習することで、他の捕食者を認識するようになるのか、また、異なるタイプの捕食者に対して適切な防衛行動を示すようになるのか明らかになっていない。このことが、捕食者学習処理が放流技術として注目されながらも、未だ実用化に至っていない原因の一つだと考えられる。

2. 研究の目的

人工飼育魚が、学習を通してどのように複数種の捕食者を認識し出し、捕食者のタイプに応じた行動を発現させるのかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 1種の捕食者の経験が、同種および異種捕食者への防衛行動に及ぼす影響

ヒラメ人工飼育稚魚を供試魚として実験を行った。まず、ヒラメ稚魚に、同種他個体がイシガニに食べられる様子を観察させた(観察学習)。続いて、「別種捕食者であるカサゴを提示」、「同種捕食者であるイシガニを提示」、「捕食者を提示しない」の3つの条件下で、学習個体と非学習個体の離底行動(底を離れて遊泳する行動)を測定し、捕食者間・学習処理区間で比較を行った。

(2) 異なる捕食者の経験が防衛行動に及ぼす影響

まず、ヒラメ稚魚に、同種他個体がカサゴまたはイシガニに捕食される様子を観察させた。これらの処理を施した「カサゴ経験個体」、「イシガニ経験個体」と「未経験個体」を捕食者がいない水槽に移し、摂餌時の離底行動を測定し、処理区間で比較を行った。

4. 研究成果

(1) 1種の捕食者の経験が、同種および異種捕食者への防衛行動に及ぼす影響

学習個体、非学習個体ともに、「別種捕食者であるカサゴを提示」では、「同種捕食者であるイシガニを提示」、「捕食者を提示しない」に比べて離底回数および高く離底する割合が低かった。底に居る餌生物を捕食するカニなどの捕食者に対しては高く頻繁に泳ぎ上がることが有利だと考えられるが、遊泳している餌を捕食するカサゴに対しては底に留まることが有利だと考えられる。よって、ヒラメ稚魚は先天的にある程度、捕食者に応じて離底行動を変化させると考えられた。

一方で、イシガニを学習させると、ヒラメ稚魚はより頻繁に、より高く離底することが分かった。この結果は、別種捕食者であるカサゴを提示した場合や捕食者を提示しない場合でも同様であった。ヒラメ人工種苗にアナハゼを観察学習させた先行研究では、学習により離底回数が減少し、低い離底の割合が増加することが報告されている(Arai, Tominaga et al. 2007)。よって、底に居る餌生物を捕食するカニなどの捕食者を学習した場合には、その捕食者を超えるように頻繁にかつ高い離底行動を示し、遊泳している餌を捕食するアナハゼやカサゴなどの捕食者を学習した場合には、その捕食者に見つからないように離底頻度を低下させるとともに低い離底を行うようになる可能性が考えられる。

(2) 異なる捕食者の経験が防衛行動に及ぼす影響

カサゴ経験個体はイシガニ経験個体および未経験個体に比べて離底回数が少なく、離底時間が短く、一離底あたりに複数回アタックする割合が小さくなった。カサゴは海底で身を潜め、近くに来た餌生物を捕食するため、ヒラメ人工種苗は離底行動を控えるとともに俊敏な離底行動をとる方が生残しやすいのかもしれない。よって、ヒラメ稚魚は、カサゴの捕食圧を経験することにより、カサゴに捕食されにくいように離底行動を変化させたと考えられる。

一方で、イシガニ経験個体では、多くの行動要素が未経験個体と大きく変わらず、着底時の姿勢においてのみ、カサゴ経験個体および未経験個体より頭を上に向けながら着底する頻度が高くなった。イシガニは、底周辺の餌生物をにおいて探索するため、ヒラメ人工種苗は底周辺にいと被食の危険が高まるため、上方へ離底していた方が生残しやすいのかもしれない。これが、多くの行動要素が未経験個体と変わらないことと、上方を向き続けながら着底するという行動に結びついたのかもしれない。

(3) まとめ

以上より、異なる捕食者を経験することにより異なる方向に離底行動が変化すること、そしてその傾向は別の捕食者と遭遇した状況でもある程度保持されることが分かった。放流後のヒラメ人工種苗は独自の捕食様式を持つ複数の捕食者に直面する。そのため、放流前に一種のみの捕食者を経験させるだけでは不十分であり、別の捕食者に捕食されやすくなる可能性すら考えられる。そのため、放流後の生残率を上げるためには、事前に放流海域に存在する複数の捕食者を特定し、それら全てを経験させるなどの施策が必要かもしれない。

<引用文献>

Arai, T., O. Tominaga, T. Seikai and R. Masuda (2007). "Observational learning improves predator avoidance in hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* juveniles." *Journal of Sea Research* **58**(1): 59-64.

Hossain, M. A. R., M. Tanaka and R. Masuda (2002). "Predator-prey interaction between hatchery-reared Japanese flounder juvenile, *Paralichthys olivaceus*, and sandy shore crab, *Matuta lunaris*: daily rhythms, anti-predator conditioning and starvation." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **267**(1): 1-14.

Kawabata, Y., H. Yamada, T. Sato, M. Kobayashi, N. Hirai, K. Teruya and N. Arai (2011). "Effect of predator learning on the anti-predator performance of hatchery-reared black-spot tuskfish *Choerodon schoenleinii*." *Nippon Suisan Gakkaishi (Japanese Edition)* **77**(4): 625-629.

Kelley, J. L. and A. E. Magurran (2003). "Learned predator recognition and antipredator responses in fishes." *Fish and Fisheries* **4**(3): 216-226.

Tsukamoto, K., R. Masuda, H. Kuwada and K. Uchida (1997). "Quality of fish for release: behavioral approach." *Bulletin of National Research Institute of Aquaculture Supplement 3*: 93-99.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

Kimura, H. and Y. Kawabata (2018). "Effect of initial body orientation on escape probability of prey fish escaping from predators." *Biology Open* **7**(7): bio023812. 査読有

Nishiumi, N., A. Matsuo, R. Kawabe, N. Payne, C. Huvneers, Y. Y. Watanabe and Y. Kawabata (2018). "A miniaturized threshold-triggered acceleration data-logger for recording burst movements of aquatic animals." *The Journal of Experimental Biology* **221**: jeb172346. 査読有

Hasegawa, T., N. Takatsuki, Y. Kawabata, R. Kawabe, G. N. Nishihara, A. Ishimatsu, K. Soyano, K. Okamura, S. Furukawa, M. Yamada, M. Shimoda, T. Kinoshita, N. Yamawaki, Y. Morii and Y. Sakakura (2017). "Continuous behavioral observation reveals the function of drifting seaweeds for *Seriola* spp. juveniles." *Marine Ecology Progress Series* **573**: 101-115. 査読有

[学会発表](計 11 件)

見山航希・河端雄毅．群泳するボラ稚魚の逃避行動-群れが同調して逃避するのは普遍的か?．魚類生態研究会．2019

木村 響・河端雄毅．マダイ稚魚の側線での逃避行動-頭側にある泣き所-．魚類生態研究会．2019

山中 遼・米山和良・河端雄毅．魚類にはどの方向から接近すると良いのか?:逃避開始距離に着目して．魚類生態研究会．2019

小池あい・河端雄毅．ヒラメ稚魚の離底行動に及ぼす捕食者学習効果．魚類生態研究会．

2018

木村 響・河端雄毅. マダイ稚魚は背後の捕食者に気付くのか?. 魚類生態研究会. 2018

Hibiki Kimura, Yuuki Kawabata. Effect of initial body orientation on escape probability in prey fish escaping from predators. The Annual meeting of society for integrative and comparative biology. 2018

Hibiki Kimura, Yuuki Kawabata. Effect of initial body orientation on escape probability in prey fish escaping from predators.. 2017 ECS Workshop. 2017

〔図書〕(計 2 件)

名波 敦, 太田 格, 秋田雄一, 河端雄毅. 海洋保護区で魚を守る-サンゴ礁に暮らすナミハタのはなし (水産研究・教育機構叢書). (担当:分担執筆, 範囲:第7章:何日間、産卵場を保護する? 113 - 130 項、第9章:産卵した後どこに行く? 149-158 項). 恒星社厚生閣. 2018年

〔その他〕

ホームページ

<https://sites.google.com/site/kawabatalaboratory/>

6 . 研究組織

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。