

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：16401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780188

研究課題名(和文) 海洋汚染が熱帯魚類資源の成育場への加入に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of water pollution on settlement behavior, sensory responses, and recruitment success of tropical fish larvae

研究代表者

中村 洋平 (Nakamura, Yohei)

高知大学・教育研究部総合科学系・准教授

研究者番号：60530483

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：期間全体を通して、赤土汚染海域は非汚染海域と比べて魚類の種数と個体数が少ないこと、着底仔魚は赤土汚染海水に対して忌避行動を示すこと、また赤土汚染は嗅覚による着底場認識能に負の影響を及ぼすことが明らかとなり、その原因の一つとして赤土による海水の酸性化が嗅覚に負の影響を与えていることが考えられた。以上より、本研究によって赤土による水質汚染が魚類の着底場選択に与える影響を具体的に評価することができた。

研究成果の概要(英文)：This study found that (1) fish abundance and species richness were lower at a site highly impacted by sediment (red soil) compared to a low impacted site, (2) significant olfaction-based avoidance behavior in settlement-stage larval fish to red-soil pollution, (3) larvae failed to distinguish coral habitat olfactory cues in the presence of red soil, (4) prolonged exposure to red soil produced altered olfactory cue responses, and (5) pH of seawater decreased with increasing concentrations of red soil. Overall, the results show that sediment pollution may have more negative effects on the ability of larval fish to successfully locate suitable habitat than previously thought.

研究分野：魚類生態学

キーワード：着底場選択 嗅覚 魚類 赤土汚染

1. 研究開始当初の背景

多くの海産魚類では仔稚魚期の死亡率が非常に高く、この時期の減耗率が資源量を決定する。熱帯域の魚類の大部分は、沖合での浮遊仔魚期を終えると、沿岸域に着底し、底生生活を開始する。このとき、たいていの個体は明瞭に成育場を選択して着底している。このような着底場選択性は、各魚種が底生生活に適した成育場に着底することで底生生活期の成長や生残を高めるという適応的な意味があると考えられる。着底は捕食者が少ない夜間に行われるため、仔稚魚の着底場選択は視覚よりも嗅覚で行われる。その際、成育場や同種からでる水溶性の化学物質（例えば、サンゴ粘液に含まれるアミノ酸）を感知して着底場を探す。したがって、沿岸域が化学物質などで汚染されている場合、仔魚が好適な着底場所を認識することができない可能性が高い。

2. 研究の目的

本研究では、「海水汚染が、魚類の嗅覚による着底場選択機能を損ない、魚類資源の成育場への正常な着底・加入を阻害する」という仮説を実証するために、沖縄県で代表的な沿岸汚染物質である赤土を対象に、独自に開発した仔稚魚の着底場選択評価法を用いた資源生態学的研究を実施した。

研究対象魚種は、生存サンゴ域を成育場とする魚類とし、以下の2点について調査と実験を行った。まず、(1) 赤土で汚染された沿岸とそうでない沿岸における魚類の分布パターンの違いを種ごとに潜水調査で明らかにした。つぎに、(2) 着底直前の仔稚魚を用いて、赤土を添加した状態とそうでない状態における成育場（サンゴ域）の水質に対する選好性の違いを室内実験で明らかにした。それによって、赤土による水質汚染が魚類の着底場選択に与える影響を具体的に評価した。

3. 研究の方法

(1) 赤土汚染区と非汚染区における魚類の分布パターンの違い

沖縄県石垣島で赤土流出の影響が強い沿岸（轟川北部：以下、赤土汚染区）と、そうでない沿岸（轟川南部：赤土非汚染区）を選定した。赤土汚染区と赤土非汚染区のサンゴ場に1 m×20 mのベルトトランセクトをそれぞれ7本ランダムに設置し、トランセクト上に出現した各種の個体数と全長をスノーケリングによる目視観察で記録した。同時に、各トランセクトにおける底質（各基質の被度）も調べた。

(2) 赤土汚染が着底仔魚の嗅覚による同種と成育場の認識に与える影響

本実験では、ライトトラップでの採集個体数が多かったデバスズメダイを供試魚とした。嗅覚実験として二択式実験水槽に対象物を2～3時間浸した海水を流し込み、実験水槽中央に放した仔魚がどちらの海水（実験①同種か異種か、実験②生サンゴか死サンゴか）に対して選好性を示すか調べた（コントロール海水1回目）。実験時間を1個体あたり1分とし、5秒ごとに供試魚の位置を記録した。実験時間内に、供試魚が、選択項目に滞在した回数（全12回のうちでX回）を割合（%）に換算したものを結果とした。また、光や音などの外的要因による結果への影響を最小限にするために、個体ごとに両海水を流し込む水路の配置を変えた。同様の実験を赤土50mg/l・200mg/lを添加した海水に対してもそれぞれ行った。そして最後に、コントロール海水での実験を再度行なった。各実験に供試魚を20個体ずつ用いた。

(3) 着底仔魚の赤土汚染海水に対する忌避行動

着底仔魚が赤土汚染海水に対して忌避行動を示すのか明らかにするために、以下の野外実験と室内実験を行った。

①野外実験

以下の4タイプのライトトラップ(光を点灯させて着底期の仔魚を採集する装置)を一晩海中に設置し、各ライトトラップで採集された仔魚の種数と個体数を記録した。このような野外実験を11日間行い、各操作区の種数と個体数を比較した。(a)生サンゴを吊るしたライトトラップ、(b)生サンゴと赤土拡散ボトルを吊るしたライトトラップ、(c)赤土拡散ボトルのみを吊るしたライトトラップ、(d)何も吊るしていないライトトラップ(対照区)。

②水槽実験

本実験では、ライトトラップでの採集個体数が多かったデバスズメダイを供試魚とした。まず、二択式実験水槽の左右のレーンに生サンゴを2時間ほど浸した海水をそれぞれ流し込み、実験水槽中央に放した仔魚がどちらのレーンの海水に対して選択性を示すのか調べた。次に、片方のレーンに生サンゴ海水を、もう一方のレーンに生サンゴ海水+赤土 50mg/lを添加した海水を流し込み、実験水槽中央に放した仔魚がどちらのレーンの海水に対して選択性を示すのか調べた。最後に同様の実験を赤土 200mg/lを添加した海水でも行った。各実験に対して供試魚 20 個体を用いた。また、個体ごとに両海水を流し込むレーンの配置を変えた。

(4) 赤土暴露が嗅覚による着底場選択能に与える影響

本実験では、ライトトラップでの採集個体数が多かったデバスズメダイを供試魚とした。まず、赤土(50mg/l、200mg/l)

を添加した海水およびコントロール海水(赤土無添加)で満たした水槽で着底期の仔魚をそれぞれ5日間飼育した。二択式実験水槽の左右のレーンに生サンゴ海水と死サンゴ海水をそれぞれ流し込み、各操作区で飼育した仔魚を実験水槽中央に放して、各個体がどちらのレーンの海水に対して選好性を示すのか調べた。各操作区の実験個体数は10個体とした(計30個体)。また、個体ごとに両海水を流し込むレーンの配置を変えた。

(5) 赤土が海水の酸性度に与える影響

酸性土壌である赤土(国頭マージ)による汚染が海水の酸性度に与える影響を、pH測定器を用いて調べた。

1lのプラスチックボトルに、赤土無添加海水(コントロール海水)、赤土 50mg/l添加海水、赤土 200mg/l添加海水をそれぞれ入れ、0時間後、2時間後、3日後、7日後のpHを測定した。

4. 研究成果

(1) 赤土汚染区と非汚染区における魚類の分布パターンの違い

生サンゴの被度は非汚染区で高く(60.5%)、赤土汚染区で低かった(12.2%)。一方、死サンゴの被度は赤土汚染区で高く(72.8%)、非汚染区で低かった(25.9%)。

両区における魚類の種数をみると、赤土汚染区はトランセクトあたり 15.3 ± 2.7 (平均±標準偏差、 $n = 7$)であったのに対して、非汚染区は 19.2 ± 5.4 であった。個体数では、赤土汚染区はトランセクトあたり 42.9 ± 12.1 (平均±標準偏差、 $n = 7$)であったのに対して、非汚染区は 87.1 ± 37.1 であった。水産有用魚類をみても、

ブダイ類（計9種）は種数・個体数ともに非汚染区の方が多かった（トランセクトあたりの平均種数：非汚染区 2.3、汚染区 1.4；個体数：非汚染区 11.6、汚染区 4.6）。一方、フエダイ類（計3種）は種数・個体数ともに汚染区の方が多かった（トランセクトあたりの平均種数：非汚染区 0.3、汚染区 1.3；個体数：非汚染区 0.6、汚染区 2.0）。また、嗅覚によって生サンゴを着底場所として探索することが知られている魚類3種をみてみると、どの種も汚染区の個体数は非汚染区のものよりも有意に少なかった（1トランセクトあたりの平均個体数：ネッタイスズメダイ：非汚染区 13.6、汚染区 0.3；デバスズメダイ：非汚染区 12.3、汚染区 0；ミスジリュウキュウスズメダイ：非汚染区 4.1、汚染区 0.4）。

（2）赤土汚染が着底仔魚の嗅覚による同種と成育場の認識に与える影響

①種と異種に対する認識

コントロール海水 1 回目（Cont1）および 2 回目（Cont2）では、供試魚は同種個体が浸された海水に対して強い選好性を示した（図 1）。しかし、海水中に赤土（50mg/ℓ、200mg/ℓ）が含まれると同種個体と異種個体に対する選好性に有意な差は認められなくなった。

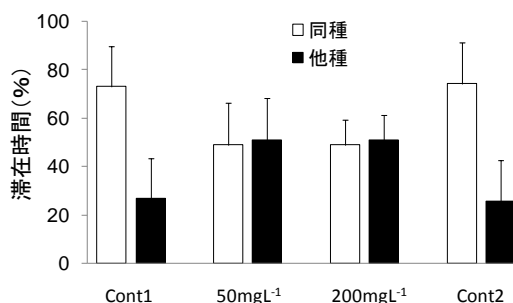


図 1. 二択式実験水槽における同種と他種に対する供試魚の選択性。数値は平均滞在時間（±標準誤差）の割合を示す。

②生サンゴと死サンゴに対する認識

コントロール海水 1 回目および 2 回目では、供試魚は生サンゴが浸された海水に対して強い選好性を示した（図 2）。しかし、海水中に赤土（50mg/ℓ、200mg/ℓ）が含まれると生サンゴと死サンゴに対する選好性に有意な差は認められなくなった。

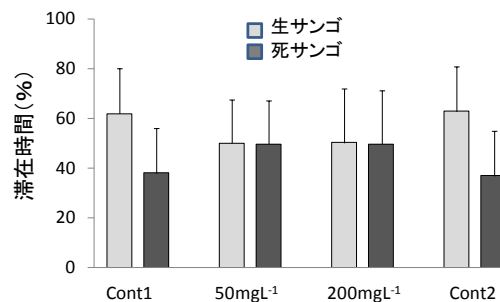


図 2. 二択式実験水槽における生サンゴと死サンゴに対する供試魚の選択性。数値は平均滞在時間（±標準誤差）の割合を示す。

（3）着底仔魚の赤土汚染海水に対する忌避行動

①野外実験

各操作区間で種数と個体数に有意な差は認められなかった（図 3）。しかし、赤土拡散ボトルを吊るしたライトトラップはそうでないものよりも種数・個体数ともに少ない傾向にあった（対照区 vs. 赤土、生サンゴ vs. 生サンゴ+赤土）。

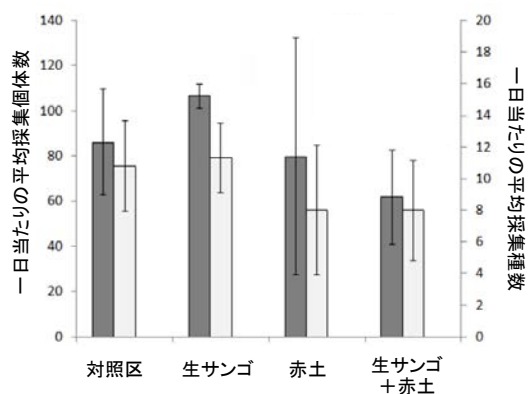


図 3. 各設定のライトトラップで採集された魚類の種数と個体数。値は一日あたりの平均種数と個体数（±標準誤差）を示す。

②水槽実験

対照区（左右のレーンどちらも生サンゴ海水）では、仔魚はどちらのレーンに対しても明確な選好性を示さなかった（図4）。しかし、生サンゴ海水と赤土 50mg/l を添加した生サンゴ海水をそれぞれのレーンに流すと、仔魚は有意に赤土添加海水を避けた。同様の結果は、生サンゴ海水と赤土 200mg/l を添加した生サンゴ海水との比較においても得られた。

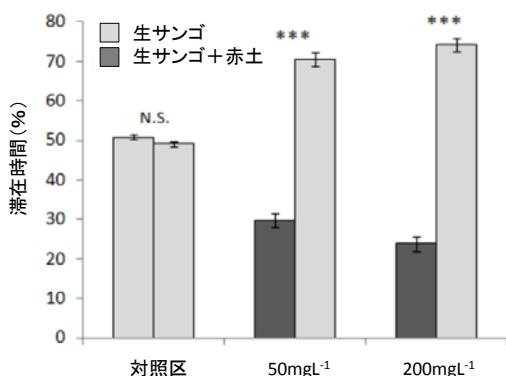


図4. 二択式実験水槽における生サンゴ区と生サンゴ+赤土添加区での供試魚の平均滞在時間（±標準誤差）の割合。

（4）赤土暴露が着底場選択能に与える影響

供試魚の生サンゴ海水に対する選択性は飼育環境によって大きく異なった。コントロール海水（赤土無添加海水）で飼育した個体は、死サンゴ海水よりも生サンゴ海水に対して有意に高い選好性を示した（図5）。これに対して、赤土 50mg/l 添加海水で飼育した個体は死サンゴ海水に対して有意に高い選好性を示した。また、赤土 200mg/l 添加海水で飼育した個体では、生サンゴ海水と死サンゴ海水との間に有意な差は認められなかった。

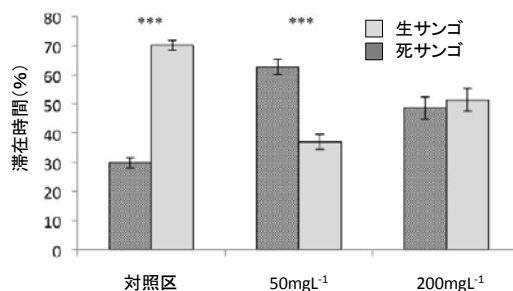


図5. 二択式実験水槽における生サンゴ区と死サンゴ区での供試魚の平均滞在時間（±標準誤差）の割合。対照区ではろ過海水（赤土無添加）で5日間飼育した個体を、50mg/l と 200mg/l ではそれぞれの赤土濃度海水で5日間飼育した個体を実験に用いた。

（5）赤土汚染が海水の酸性度に与える影響

実験開始直後の pH はコントロール海水で 8.1、赤土 50mg/l 添加海水で 8.09、赤土 200mg/l 添加海水で 8.08 であった。3日後の pH はそれぞれ 8.1、8.09、8.06 となり、7日後には 8.1、8.08、8.04 となった。したがって、赤土の添加量が多いほど酸性度が時間とともに上昇することがわかった。海水の酸性化は嗅覚による化学物質認識能に負の影響を与えることが知られていることから、本研究の一連の実験でみられた赤土汚染下での同種や成育場に対する選択性の低下や忌避行動には、この海水の酸性化が一因となっている可能性が考えられた。

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）

Jack O' Connor, David Lecchini, Hayden Beck, Gwenael Cadiou, Gael Lecellier, David Booth, Yohei Nakamura. Sediment

impacts sensory ability and performance of settling coral-reef fish. *Oecologia*, accepted.

〔学会発表〕（計 1 件）

Jack O' Connor, David Booth, Hayden Beck, David Lecchini, Yohei Nakamura. Effects of soil pollution on settlement behavior, sensory responses and post-settlement performance of coral reef fish larvae. 第 88 回オーストラリアサンゴ礁学会、ブリスベン（オーストラリア）、2014 年 8 月 29 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 洋平 (NAKAMURA YOHEI)

高知大学・教育研究部総合科学系・准教授

研究者番号：60530483

(2) 研究協力者

デイビッド レッキニーニ (DAVID LECCHINI)

フランス国立高等研究院・自然環境研究所・教授