

流れが強いとクマノミは故郷に戻れない？

～クマノミ類において海流が強いほど孵化海域での仔魚の滞留が減ることが判明～

ポイント

- ・半閉鎖性湾と開放性海岸でクマノミ類仔魚の滞留の程度を親子鑑定と海水流動モデルから推定。
- ・予想に反して開放性海岸よりも半閉鎖性湾で沖合への流れが強く仔魚の滞留が減ることが判明。
- ・仔魚の滞留は地形条件だけで予測することが難しく、海流の強さの測定が重要。

概要

北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの仲岡雅裕教授と同大学大学院環境科学院博士後期課程（当時）の佐藤允昭氏らの研究グループは、映画「ファインディング・ニモ」でも有名なクマノミ類において、孵化海域での仔魚の滞留が、単純な地形条件では決まらず、海流の強さが大きく影響することを明らかにしました。

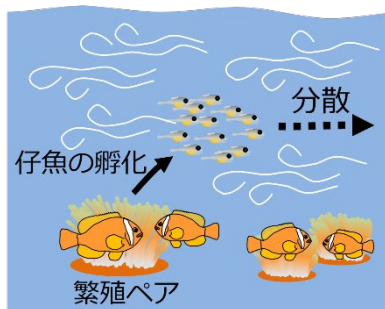
多くの海産魚類が卵から孵化後の数日～数十日の間、浮遊仔魚となり、海流の中で分散します。このときの小さな仔魚の動きを水中で追うことは難しく、これまで成魚の DNA を用いた集団遺伝解析や海水流動のシミュレーションから仔魚の分散が推定されてきました。一方、仔魚の分散に対する地形条件や海流の影響はよく分かっていません。

そこで研究グループは、フィリピンの半閉鎖性湾と開放性海岸という対照的な 2 海域でクマノミ類の 2 種（ハマクマノミとハナビラクマノミ）の仔魚の分散を、DNA の親子鑑定*1 による実証と海水流動モデル*2 によるシミュレーションを組み合わせることで調べました。そして、地形条件と海流の強さが仔魚の生まれた海域での滞留に影響するのかを検証しました。親子鑑定の結果、両種とも仔魚が滞留しやすいと予想された半閉鎖性湾よりも、開放性海岸にてその場で生まれた個体の割合が大きい（0% vs. 14-15%）ことが分かりました。この結果は 2 海域で構築した海水流動モデル上でのシミュレーションの結果とも傾向が一致しました。半閉鎖性湾では沖合方向への海流がより強く、仔魚が沖合に流され、孵化海域での滞留が減ることが示唆されました。以上より、海流の強さが孵化海域からの仔魚の分散と滞留に大きく影響することと、地形条件だけでそれを予測するのは難しいことが明らかになりました。海流を計測し、その仔魚の分散に対する影響を加味して、海洋保護区*3（禁漁区）の大きさや空間配置を設定することが重要だと考えられます。

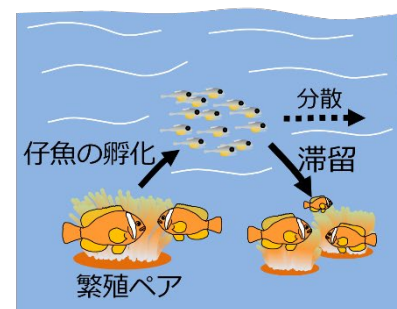
なお、本研究結果は、2023 年 7 月 25 日（火）に Limnology and Oceanography 誌に掲載されました。



海流が強い半閉鎖性湾



海流が弱い開放性海岸



対象のクマノミ類（左図）（Photos:有馬史織）と、海流の強さと仔魚の分散・滞留の関係（右図）

【背景】

多くの海洋動物は卵から孵化後の数時間～数十日の間、浮遊生活を送り、この期間中に生まれた場所から新たな生息場に浮遊分散します。浮遊分散は着底^{*4}後の個体数に大きく影響するため、海洋生物の保全や水産種の資源管理においても重要な生活史^{*5}のステージだと言えます。イソギンチャクに棲むクマノミ類は水中で発見しやすいことから、これまで DNA を用いた親子鑑定^{*1}により仔魚の分散が調べられてきました。仔魚の分散には地形や海流が影響すると考えられ、外洋と限られた水路だけで繋がる閉鎖性の湾では仔魚が滞留しやすく、一方、開放性海岸では強い海流により仔魚が遠くまで運ばれると予想されます。しかし、仔魚の分散・滞留に対する地形や海流の影響はよく分かっていません。親子鑑定を用いた実証研究と実際の海洋データを基にした海水流動モデルによる仔魚分散のシミュレーションを比較することで、海洋生物の分散のメカニズムに迫ることができます。

そこで本研究では、クマノミ類のハマクマノミ (*Amphiorion frenatus*) とハナビラクマノミ (*Amphiorion perideraion*) を対象に、フィリピンの半閉鎖性湾と開放性海岸という対照的な 2 海域で、DNA を用いた親子鑑定により実際の仔魚の分散を把握し、海水流動モデルを用いた分散シミュレーションにより同様の仔魚の分散パターンが再現できるか検証しました。これらにより仔魚の分散・滞留に対する地形と海流の影響を検証しました。

【研究手法】

フィリピン共和国のミンドロ島プエルトガレラの半閉鎖性湾と、ミンダナオ島ラギンディンガンの開放性海岸の調査海域で、潜水調査によりイソギンチャクに棲むクマノミ類の繁殖個体と稚魚個体のサンプルを集め、両者の間でマイクロサテライト^{*6}DNA の親子鑑定を行いました。クマノミ類は成長に伴い性転換し、イソギンチャク中の最も大きな個体が雌、次に大きな個体が雄として繁殖するので、両個体を繁殖個体、3cm 以下の小さな個体を稚魚個体としました。雌雄以外の個体は、繁殖の順番待ちをしている状態で、同じイソギンチャクに親子と一緒に暮らすことはありません。今回の親子鑑定で親子と判断されると、この稚魚は親がいるイソギンチャクで産まれて、採集された場所まで浮遊分散したのだと分かります。また、海域内の繁殖個体と親子関係が無いと判断されると、外部から移入してきたと考えられます (図 1)。両海域の地形、潮汐、風、水温、塩分などを加味した海水流動モデルを構築し、モデル上で調査地とその外の周囲からクマノミ類の仔魚に見立てた粒子を放出し、どのように分散するのかをシミュレーションしました。

【研究成果】

親子鑑定の結果、半閉鎖性湾では採集した稚魚個体の全てが繁殖個体と関係がなく (ハマクマノミ：48 稚魚中 0 稚魚、ハナビラクマノミ：17 稚魚中 0 稚魚)、全てが外部から移入していたことが判明しました (図 1)。一方、開放性海岸では 14–15%ほどの稚魚が調査地の繁殖個体と親子関係にあり (ハマクマノミ：125 稚魚中 19 稚魚、ハナビラクマノミ：324 稚魚中 46 稚魚)、調査地で産まれた仔魚が加入していることが分かりました。

海水流動モデルによるシミュレーションの結果では、沖合方向への海流の強さは半閉鎖性湾で開放性海岸よりも強く、調査海域に加入した粒子のうちの滞留粒子の割合と、調査海域で放出した粒子のうちの滞留するものの割合ともに半閉鎖性湾で低いことが分かりました (図 2)。この傾向は親子鑑定の結果と一致しています。半閉鎖性湾の方が沖合方向への海流が強く、仔魚が沖合に流され、孵化海域での滞留が減ることがシミュレーションでも示されました。

【今後への期待】

海洋生物の保全や水産重要種の管理を目的として国内外の海域で海洋保護区（禁漁区）が設置されており、近年では海洋生物の浮遊分散による繋がりを高めるように保護区を設定することの重要性が認識されつつあります。本研究により、海流の強さが孵化海域からの仔魚の分散と滞留に大きく影響することと、地形条件だけでそれを予測するのは難しいことが明らかになりました。海流を計測し、その影響を加味して仔魚分散による繋がりを高めるように、海洋保護区の大きさや保護区間の距離を設定することが重要と考えられます。

論文情報

論文名 Hydrodynamics rather than type of coastline shapes self-recruitment in anemonefishes
(地形条件よりも海流がクマノミ類の仔魚の滞留に影響する)

著者名 佐藤允昭¹ (研究当時)、本多健太郎² (研究当時)、中村洋平³、Lawrence Patrick C. Bernardo⁴ (研究当時)、Klenthon O. Bolisay⁵ (研究当時)、山本高大⁴ (研究当時)、Eugene C. Herrera⁵、中島祐一⁶ (研究当時)、練 春蘭⁶、Wilfredo H. Uy⁷、Miguel D. Fortes⁵ (研究当時)、灘岡和夫⁴ (研究当時)、仲岡雅裕²
(¹北海道大学大学院環境科学院、²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所、³高知大学農林海洋科学部、⁴東京工業大学大学院情報理工学院、⁵University of the Philippines Diliman、⁶東京大学大学院農学生命科学研究科、⁷Mindanao State University)

雑誌名 Limnology and Oceanography (水域科学の専門誌)

D O I 10.1002/lno.12399

公表日 2023年7月25日(火)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所 教授 仲岡雅裕 (なかおかまさひろ)

T E L 0153-52-2056 F A X 0153-52-2042 メール nakaoka@fsc.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.fsc.hokudai.ac.jp/akkeshi/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

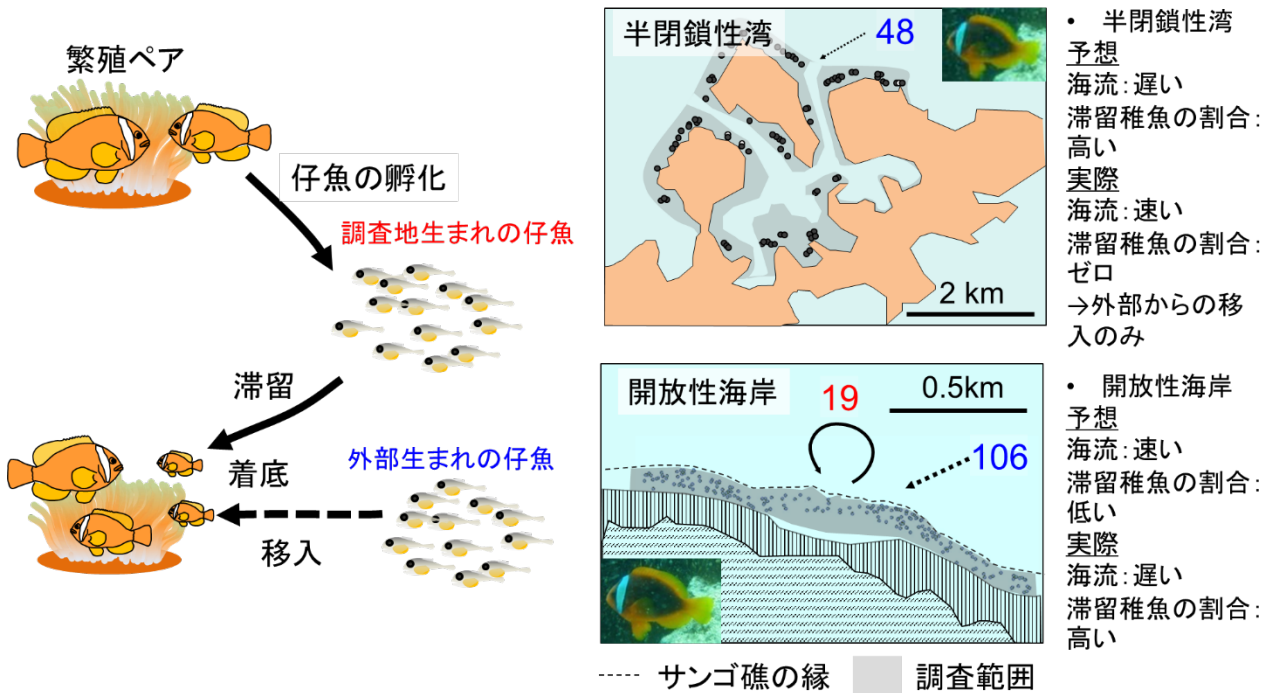


図 1. クマノミ類の浮遊分散における調査地内に滞留する仔魚と外部から移入する仔魚の模式図(左図)。DNA の親子鑑定により推定された、半閉鎖性湾と開放性海岸における外部から移入したハクマノミの稚魚の個体数 (青字) と調査地生まれの稚魚 (滞留稚魚) の個体数 (赤字) 及び調査前の予想と実際の結果 (右図)。地図中の小点はサンプルを採集したイソギンチャクの位置。

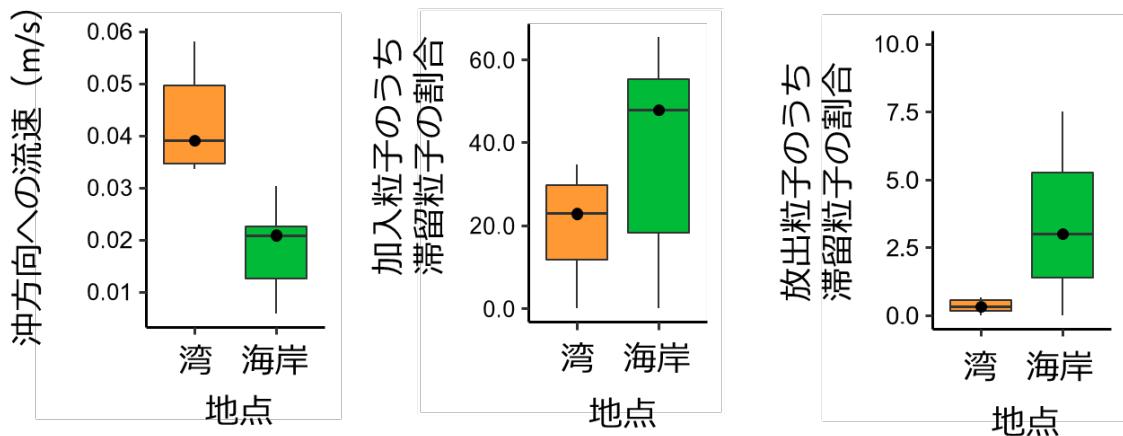


図 2. 海水流動モデル上での沖方向への海水の流速平均 (左図)。クマノミ類の仔魚に見立てた粒子の挙動のシミュレーションを基にした、調査海域への加入粒子のうち滞留粒子の割合 (中図)。調査海域での放出粒子のうち滞留粒子の割合 (右図) の半閉鎖性湾 (湾) と開放性海岸 (海岸) の比較。

【用語解説】

- *1 親子鑑定 … 本研究では DNA の配列を基に調査海域内の稚魚個体と繁殖個体の間に親子関係が存在するか調べることで調査海域内の仔魚の分散を把握した。今回の調査では親子関係の検出のために多くのサンプルを採集しているが、繁殖個体では水中でヒレだけをハサミで切って採集し、その個体をイソギンチャクに戻している。現地ではその後に繁殖個体のヒレが再生していることを確認する。
- *2 海水流動モデル … 海水の流動を流体力学に基づいて計算機上で再現するもので、海洋生物の分散や化学物質の拡散予測など様々な分野で応用されている。
- *3 海洋保護区 … 海洋生態系を保全するため人間活動（資源開発、漁業、観光など）を規制した海域。
- *4 着底 … 浮遊分散により新たな生息場に到達し、底生生活を開始する段階のこと。
- *5 生活史 … 生物個体が出生してから死亡するまでの過程や、発育段階ごとに持つ特有の生活様式。
- *6 マイクロサテライト … 核 DNA 中に多く含まれる 2~4 塩基程度の長さの配列が複数回反復している部分。この反復配列部分の反復回数が個体毎に大きな変異に富んでいることから、個体識別や親子鑑定、集団識別に利用されている。