

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：82708

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18734

研究課題名(和文) エゾアワビの繁殖の個体差と個体間相互作用が個体群動態に与える影響

研究課題名(英文) The effect of the reproductive differences and interaction among individuals on the population dynamics of the Pacific abalone *Haliotis discus hannai*

研究代表者

松本 有記雄 (Matsumoto, Yukio)

国立研究開発法人水産研究・教育機構・東北区水産研究所・研究員

研究者番号：60700408

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究中での観察例では、エゾアワビが産卵するタイミングが浅所(水深3-5m付近)と深所(水深10m付近)では異なっていた。産卵された卵とその幼生の分散距離は、時空間的に変動する海流の影響を受けて変化する。そのため、個体群の新規加入への貢献度は、浅所と深所に生息する個体とでは異なる可能性が高い。

本種は体外受精種であるため、産卵時の個体間距離やその周辺の個体数が受精率や受精卵の遺伝的多様性に影響しうる。本研究では、互いに匍匐粘液を追従し合うことで雌雄の遭遇率が高くなることと、粘液追従の効果は生息密度が高いほど高くなることが示された。

研究成果の概要(英文)：In this study, the timing of egg releasing by Pacific abalone *Haliotis discus hannai* was different between shallow area (3 - 5 m depth) and deep area (10 m depth). The dispersion distance of eggs and larvae changes through hydrodynamics which spatiotemporally changes. Therefore, it is highly possible that the effect on the population dynamics is different between the individuals inhabiting the shallow area and the individuals inhabiting the deep area.

Since *H. discus hannai* is an external fertilization species, the distance between individuals and aggregation size could influence the fertilization rate and genetic diversity of fertilized eggs. Our study showed that the encounter rate of male and female increases by following the mucus each other. In addition, the effect of the mucus following on the encounter rates increased with increasing the population density.

研究分野：行動生態学

キーワード：エゾアワビ バイオロギング 個体ベースモデル 蛸集行動

1. 研究開始当初の背景

行動の個体差と個体間相互作用は個体群動態を大きく左右する。しかし、これらが動態予測に結び付けられることはなく、しばしば平均化された行動が予測に用いられる。エゾアワビ *Haliotis discus hannai* の産卵タイミングや産卵水深は個体毎に異なると考えられるが、これらは時空間的に変動する海流を通して、幼生の分散に影響しうる。加えて、受精卵数やその質は、産卵時の周辺個体数に左右されると考えられる。

2. 研究の目的

(1) エゾアワビの産卵は時化と同期して行われることが知られており、海況変化に伴う何らかの刺激が繁殖の引き金になると考えられている。本種は、水深 3-15 メートルを主要な生息水深としているが、生息水深によって海況の影響の受けやすさが異なることが容易に想像される。そこで、野外で本種の産卵行動を記録する手法を確立し、生息水深が産卵タイミングや有無に与える影響を検証することとした。

(2) 本種は、体外受精種で、時化に伴う環境変化を刺激として放精・放卵するため、個体間距離やその周辺の他個体数が受精率や受精卵の遺伝的多様性に影響しうる。研究項目 2 では、個体間距離を縮める“蛸集”の至近メカニズムとして、本種が他個体の匍匐粘液を追従し合うことに着目し、この粘液追従行動が雌雄の遭遇率を高めるための行動であることを個体ベースモデルにより検証した。そして、粘液追従行動を反映したモデルと反映しないモデルを比較し、資源動態の予測がどう異なるかを検討した。

3. 研究の方法

(1) 本種の雌は、産卵時に殻を上下させながら数十秒おきに卵を呼水孔から放出する(図 1)。研究項目 1 では、水槽内でこの殻の動きを三軸加速度ロガーにより記録した。そ

して、加速度の時系列データを波形として扱い、産卵に対応する加速度データを振幅と周波数によって特徴づけることで(図 2)、産卵行動を抽出する手法の開発に取り組んだ。さらに、野外に加速度ロガーを装着した雌個体を台風が通過する前日に放流して、産卵行動と海況の関係を調査した。

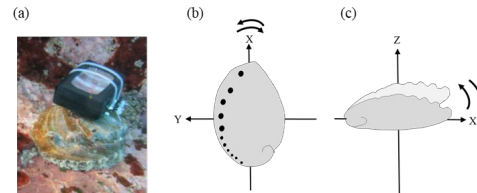


図1. (a)加速度ロガーを装着したエゾアワビ、産卵時の殻の動きの (b) 俯瞰図と (c) 側面図。

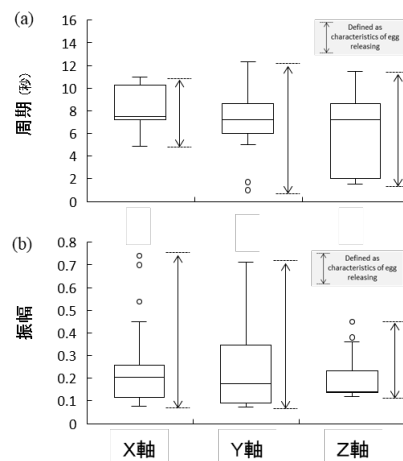


図2. 産卵行動時に記録された加速度の (a) 周期と (b) その振幅の範囲。

(2) 蛸集を再現する個体ベースモデルを構築するために、まず本種の粘液追従率を Y 字水路により検証した。次に、本種の移動距離を水槽観察により明らかにした。これらの粘液追従率 (81%) と移動距離 (平均 ± 標準偏差 = $4.9 \pm 6.0\text{m}$; ガンマ分布, $\alpha=0.62$, $\beta=0.13$ に基づいてランダムに移動距離を作成) を再現した個体ベースモデルを構築した。モデル内の生息密度は、漁場でのライン調査に基づいて決定した。そして、粘液追従を組み込むモデルと組み込んでいないモデルを比較することで、粘液追従が蛸集に与える影響を検証した。加えて、アワビ類の資源管理において頻繁に検討される生息密度と受精率の関係において、本種の粘液追従行動を考

慮する重要性を検討した。

4. 研究成果

(1) 加速度の時系列データから、本種雌の産卵行動を抽出する手法を開発した。具体的には、X,Y,Z軸の加速度データに対して、連続ウェーブレット変換を行い、産卵時特有の周波数と振幅を持つ領域(図2)を抽出することで、産卵行動を判別することができた(図3)。テストデータで判別率を検討したところ、本手法では全産卵行動の86%を抽出することが可能で、本種により産卵行動として抽出された領域の96%が実際に産卵行動であることが示された。

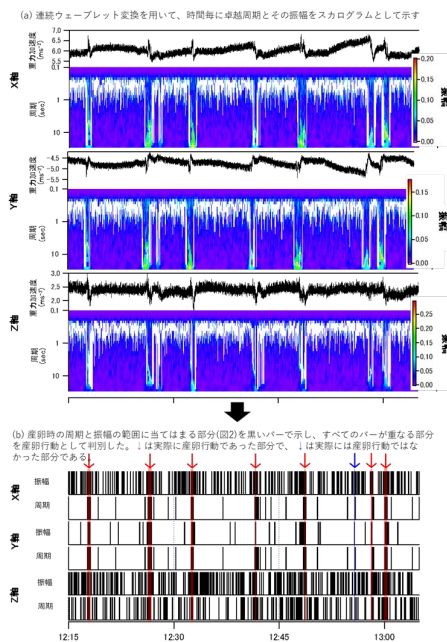


図3. 加速度データから、産卵行動を示す時間帯を抽出するプロセス

本手法を用いて、野外における産卵行動と海況変化との関係を検討した。ここでは、2016年に記録された産卵行動の概要を説明する。この調査では、9月9-10日にかけて低気圧通過に伴う海況変化があった。産卵行動は、水深3-5メートル付近(浅場)では9月8日に、水深10メートル付近(深場)では9月9、12、13日に記録された。すなわち、生息水深によって本種の産卵タイミングが異なることが示された。流速は9月9-10日かけてピークに達し、9月11日には流速は低下していた。そのため、浅場個体が産卵した卵

とそこから孵化した幼生は、海流によって広く分散し、無効分散となるか、他の個体群へ幼生を供給している可能性がある。一方で、深場で産卵された卵とその幼生は、浅場よりも分散の範囲が狭いかもしい。すなわち、深場で産卵された幼生は産卵個体と同じ個体群に加入しているかもしれない。アワビ類に限らず海況が幼生分散に与える影響はこれまでによく議論されてきたが、本研究は産卵個体の生息水深によって、海況が幼生分散に与える影響が異なることを示している。今後、粒子モデルと本研究の成果を組み合わせることで、本種の幼生分散様式や、漁場への幼生供給頻度が高い親貝場などが明らかになると考えられる。

本調査では、本種の産卵を誘起する環境要因の解明につながる結果も得られた。産卵前後の流速、水温、塩分、気圧を照らし合わせたところ、降雨と時化の影響と思われる塩分の低下が、浅場では8-9日において、深場では9日と12-13日において生じており、塩分が23-27まで低下した後に産卵していることが確認された。雨水には、種苗生産での産卵誘発剤である過酸化水素が含まれていることから、天然での産卵は、時化による攪乱で雨水が海底に届くことで誘発されている部分があるのかもしれない。本仮説を検証するためには、海況変化が水中における過酸化水素の分布に与える影響や、天然下に存在する過酸化水素レベルで本種の産卵を誘発できるか否かを明らかにする必要があるだろう。

(2) 本種は、雌雄に関係なく、他個体の粘液を追従し合うことが分かった(図4)。また、個体が粘液を追従する場合(粘液モデル)と追従しない場合(非粘液モデル)個体が空間内にランダムに配置された場合(ランダムモデル)において、個体間距離と生息密度の関係をシミュレーションし、モデル間で比較

した。結果、粘液を追従することで効率的に雌雄間の距離を縮めることができ(図5)、周辺個体数(図6)も増加することが示された。

次に、粘液モデルと従来モデルの1つであるランダムモデルを比較することで、蝟集のプロセスを考慮する重要性を検討した。例えば、粘液追従モデルとランダムモデルを比較すると、低密度域よりも高密度域で個体間距離(図5)や蝟集サイズ(図6)や個体間距離の差が大きくなること示された。これは、個体数が増加することで、モデル内での粘液量が増加し追従しやすくなったためと考えられる。蝟集と受精率に関するいくつかの予測モデルは、蝟集による受精率向上の効果は低密度域で高くなることを示しているが、我々の結果は蝟集自体が低密度環境下で起こりにくくなる可能性を示している。モデル間の蝟集率の差は、受精率や受精卵数の変化だけでなく、受精卵の遺伝的多様性の予測にも強く影響する。受精率が高い半径50cm以内に自身以外の個体が2個体以上、つまり精子や卵の組み合わせが複数になるケースは、粘液モデルではランダムモデルよりも低密度で起こりうる。

前述のように、受精率や卵の遺伝的多様性に影響する個体間距離や周辺個体数の予測において、個体同士が粘液を追従し合うことを考慮する場合としない場合では、異なる結果が導き出される。本モデルをエゾアワビの資源管理に適用するためには、野外における蝟集のプロセスにおいて、粘液の追従が行われているかを確認する必要があるが、これを示す明確な実験はない。一方で、生息密度と周辺個体数との関係を野外データと照らし合わせたところ、粘液追従をモデルに組み込んだモデルの方が、非粘液モデルやランダムモデルよりも野

外データと近い傾向が見られた(図6)。このことは、野外での本種の蝟集において、個体同士が粘液を追従している可能性が高いことを示しているだろう。

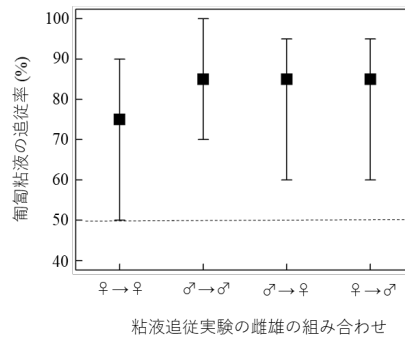


図4. 匍匐粘液追従実験の結果。例えば、♂→♀は、匍匐粘液を残した個体が雄で、それを追従させた個体が雌である場合の粘液追従率を示している。

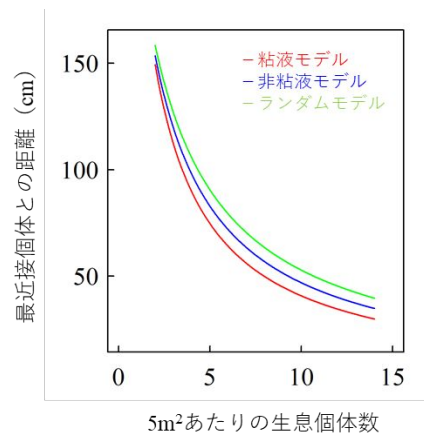


図5. 生息密度と最近接個体との距離のモデル間比較。

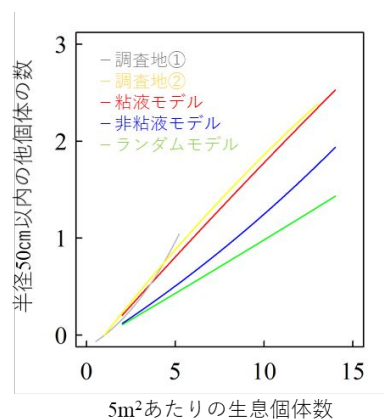


図6. 生息密度と蝟集サイズ(半径50cm以内の他個体の数)のモデル間比較。

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)

【学会発表】(計4件)

松本 有記雄, 超音波テレメトリーとドローンによるエゾアワビの移動に

関する研究,平成30年度日本水産学会春季大会,2018年3月27日,東京海洋大学

松本 有記雄,超音波テレメトリーと室内観察によるエゾアワビの移動に関する研究,日本動物関連学会2017,2017年8月31日,東京大学

松本 有記雄,塩分低下後に観察されたエゾアワビの産卵行動,平成29年度日本水産学会春季大会,2018年3月28日,東京海洋大学

松本 有記雄,エゾアワビの蛸集に与える匍匐粘液の影響,日本動物行動学会,2016年11月12日,新潟大学

[その他] アウトリーチ活動

松本 有記雄,エゾアワビの移動と繁殖生態に関する研究,漁業者能力向上研修(ステップアップ編)及び漁業経営指導研修,2018年2月27日,岩手県水産技術センター

松本 有記雄,超音波発信機と室内観察によるエゾアワビの移動に関する研究,第3回 宮古地域水産シンポジウム,2017年10月19日,宮古市シートピアなあと

松本 有記雄,エゾアワビの繁殖生態に関する研究の展開 資源管理方策の確立を目指して,第2回 宮古地域水産シンポジウム,2016年10月28日,宮古市シートピアなあと

松本 有記雄,アワビの生き様と人とのかわり,朝日学生新聞社主催,海とさかな 自由研究・作品コンクール,2016年6月8日,岩手県盛岡市 東松園小学校

(1) 研究代表者

松本 有記雄 (MATSUMOTO YUKIO)

国立研究開発法人水産研究・教育機構

東北区水産研究所・研究員

研究者番号: 60700408