

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25450282

研究課題名(和文) 漁獲個体群の存続における不自然な性比の影響

研究課題名(英文) Effect of unnatural sex ratio on viability of a harvested population

研究代表者

千葉 晋 (Chiba, Susumu)

東京農業大学・生物産業学部・教授

研究者番号：00385501

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：漁業が漁獲対象種集団の性比を歪める時、その歪みが集団の存続にどのような影響を及ぼすかは明らかでない。本研究では、雌が選択的に漁獲されているエビを対象に、性比と繁殖成功の関係を調べた。その結果、雄に歪んだ性比下では(1)繁殖機会のない雄が増え、(2)集団の遺伝的多様性が減りやすくなり、(3)雄による過剰な交尾行動は雌の繁殖力を低下させた。したがって、性比の歪みは雌雄双方の繁殖成功の低下を起因しうると結論付けた。

研究成果の概要(英文)：Although fishing activity often targets only males or females, little is known about the effects of harvesting biased to one sex on population dynamics in commercial species. This study examined the relationship between breeding sex ratio and reproductive success of a shrimp population that only females were harvested. This study showed that male-biased sex ratio (1) increases the number of males that do not have mating opportunity, (2) tends to decrease in genetic diversity of the population, and (3) intensifies copulation attempt by males and depresses female fertility. These results suggest that sex-selective harvesting can decrease reproductive successes of both male and female of target species.

研究分野：水産増殖

キーワード：性比 漁獲 甲殻類 マイクロサテライトDNA タラバエビ 繁殖成功 個体群

### 1. 研究開始当初の背景

理論的には、性比の歪みは雌雄間で繁殖成功に歪みをもたらし、実在する個体の「数」と繁殖して子孫を残せる個体の「数」の間にギャップを生じさせる。漁業では意図的に、あるいは非意図的に雄または雌のどちらか一方の性を漁獲していることが多く、この性選択的な漁獲によって個体群の性比が歪められていると考えられる。しかし、この性比の歪みがどのように繁殖成功に影響し、その結果、どのように個体群維持へ影響するかは、多くの場合は認識されておらず、認識されていたとしてもその影響についての議論は十分ではない。

ホッケイエビ(北海しまえび)漁業では非意図的にメス選択的な漁獲が行われている。これまでの研究から、本種の生活史や個体群特性など基礎的な知見も豊富であるため、本種は漁獲に起因した性比の歪みと繁殖成功の関係を検証する上で適したモデル動物と言える。

### 2. 研究の目的

本研究では、ホッケイエビの繁殖時の性比と繁殖成功の関係を明らかにすることを目的とした。まず、(1)飼育実験と野外調査から本種の繁殖様式を明らかにし、性比と繁殖成功の関係を調べた。さらに、(2)この結果をもとに進化的に安定な性比の推定を行い、性選択的な漁獲がもたらす性比の歪みの程度を推察した。

### 3. 研究の方法

(1)性比と繁殖成功度の関係に関しては、まず、性比を操作した実験条件下(雌1個体に対して雄を1、3、5、7個体)で繁殖させ、性比変化に応じた雌雄の繁殖成功の変化を明らかにした。特に、各実験区から得られた各雌が抱卵した一腹の総卵(クラッチ)から受精卵を抽出して、DNA マーカーを用いてオスの受精貢献度を調べた(父系解析)。同時に、各実験区での抱卵率の変化も調べた。

次に、この室内実験の結果の信頼性を検証するために、野外(網走市能取湖)において2011年から3カ年分の野外で抱卵した雌個体を対象に同じ父系解析を行った。

(2)進化的に安定な性比の推定に関しては、上記(1)から推定された値と、それに追加して、1個体の雄が繁殖できる回数を飼育実験から推定することで行った。これらの値を基にして雌雄それぞれの繁殖成功と個体数の積の平衡点から進化的に安定な性比を求めた。さらに、この推定の精度を検証するために、野外(同湖)において過去および本研究期間で得られた野外データ13年分のデータを対象にして、性比の歪んでいない漁期前の性比データと比較した。

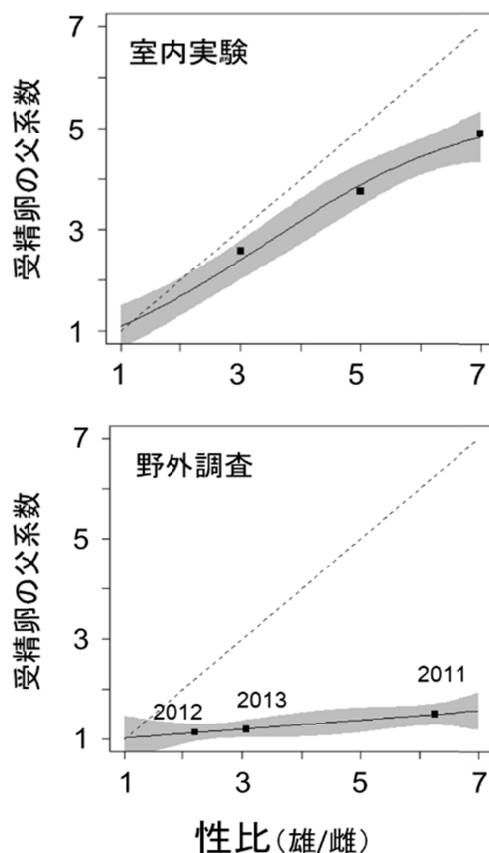


図1. 飼育実験(上)および野外調査(下)における性比(雄/雌)と各クラッチ受精卵中の父系数の関係。各点は得られたデータの平均値を示し、灰色部は95%信頼区間を示している。野外調査の結果のプロット上の数値は調査年を示している。

### 4. 研究成果

(1)性比と繁殖成功度の関係を調べた飼育実験の結果から、ホッケイエビの雌は多夫性(ひとつのクラッチの受精に複数の雄が関与する現象)を有することが明らかとなった。つまり、これは本種の雌1個体が複数の雄の精子を利用して受精できることを意味している。繁殖時の雄の増加に応じてクラッチ内の父系も増えたが、その増加率は徐々に低下したため(図1上)、性比が雄に偏りすぎると遺伝的多様性が減少することが推察された。雌の抱卵率を比較した結果、雌1個体に対して雄5個体以上が同時に繁殖できる状況下では、雌の抱卵率は減少した。つまり、雌の繁殖成功は、自然な繁殖条件であれば複数の雄との繁殖でも低下せず、むしろクラッチ内の遺伝的多様性を勘案すれば複数雄との繁殖は雌にとっては有益である。しかしながら、雌選択的な漁業が原因で繁殖相手(雄)が過剰になると、性的干渉による負の影響が働き、雌の繁殖成功は逆に低下することが推察された。

野外で繁殖した雌のクラッチからも多夫性が確認された。しかし、室内実験よりも性

比に応じた父系の増加は顕著ではなく、クラッチ内の約80%が1個体の雄のみで受精されていた(図1下)。つまり、野外では飼育実験よりも顕著に遺伝的多様性は増加しないことを意味している。この野外での低い父系は繁殖集団の密度の低さに起因すると推察された。これはホッカイエビの雌は多夫性により遺伝的な多様性を維持する繁殖様式を持つ一方で、個体数密度が低下するとその維持が十分でなくなることを示唆している。

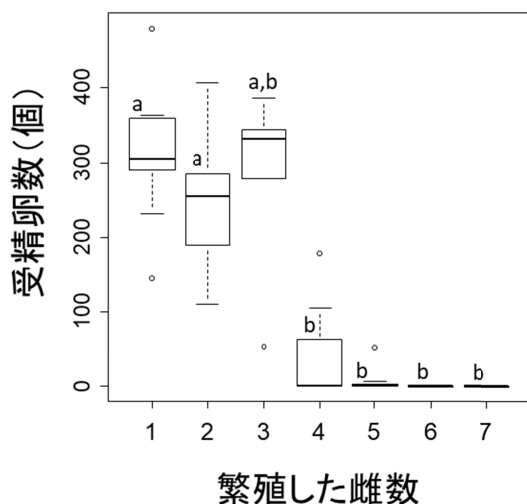


図2 .1個体の雄による1繁殖期内の受精卵数。横軸は雄が繁殖した異なる雌の数を示しており、繁殖した順に並べている。箱ひげ図の上部のアルファベットは多重比較の結果、有意な差があったことを示している。

(2) 飼育実験の結果、雄1個体は1回の繁殖期に3から5個体の雌と繁殖することが可能であった(図2)。ただし、受精させることのできる卵数は4個体を超えると顕著に低下していた(図2)。各雌の体サイズと受精卵数の関係から抱卵率を推定し、50%以上の受精率を示した繁殖回までを、雄の繁殖回数と定義した。この値と(1)で求められたクラッチ受精率から、雄の繁殖成功を推算し、雌の繁殖成功を抱卵数として計算した結果、進化的に安定な性比はほぼ雌雄同数であると推定された。各性の繁殖成功の推定値には重要な仮定を含むため修正の余地が残されたものの、野外データを解析した結果、歪められる前(漁期前)の性比もまた雌雄ほぼ同数であったことから、先の推定値は概ね正しいと考えられる。繁殖期(漁獲後)の性比は雌1個体に対する雄個体数は最も多い年で10個体を超えていた。つまり、漁獲によって性比が歪められ、その程度は適応的な応答を超えうることが強く推察された。

本研究の結果を要約すると、雄に歪んだ性比下では(1)繁殖機会のない雄が増え、

(2)集団の遺伝的多様性が減りやすくなり、(3)雄による過剰な交尾行動は雌の繁殖力を低下させることが推察された。したがって、自然環境下で起こりうる範囲を超えた不自然な性比の歪みは、雌雄双方の繁殖成功の低下を起因しうると結論付けた。

#### 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 0 件)

[学会発表](計 4 件)

千葉晋、三井あや、島袋誠菜、雌選択的な漁獲は雌雄双方の繁殖成功を下げる、平成29年度公益社団法人日本水産学会春季大会、2017年3月27日、東京海洋大学(東京都・港区)

千葉晋、三井あや、漁獲による性比の歪みと繁殖成功の低下、第62回日本生態学会、2015年3月21日、鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

Chiba, S., Paternity analysis reveals a gap between adult sex ratio and actual breeding sex ratio in the exploited shrimp, *Pandalus latirostris*, Asian Marine Biology Symposium, October 2th 2014, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju (KOREA)

千葉晋、漁獲を「選択」として考える 進化生態学の水産資源管理への応用 (企画集会「生態学者が農林水産業に向かう時」、第61回日本生態学会大会、2014年3月18日、広島国際会議場(広島県・広島市))

[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

千葉 晋 (CHIBA, Susumu)  
東京農業大学・生物産業学部・教授  
研究者番号：00385501

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4) 研究協力者

( )