

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：32658

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21780184

研究課題名（和文） 漁獲誘発進化とその非適応の証明

研究課題名（英文） Empirical evidence for maladaptive trait change caused by fishing

研究代表者

千葉 晋（CHIBA SUSUMU）

東京農業大学・生物産業学部・准教授

研究者番号：00385501

研究成果の概要（和文）：雄から雌へ性転換するホッケイエビを対象に、漁獲に起因した非適応進化と資源減少との関係解明を目的とした。調査した全ての個体群においてホッケイエビ資源量は不安定に変動しているか、減少傾向にあった。ホッケイエビの生活史形質は漁獲環境に応じて変化する傾向にあったが、その一方で自然環境条件下では適応的な変化ではないと推察された。これらの形質変異が最終的に資源の不安定化や減少化に関係している可能性が高い。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to demonstrate fishery-induced maladaptive changes in traits of the male-first sex-change shrimp, *Pandalus latirostris*. Abundance of this shrimp in all populations observed in this study is unstable or has been decreasing. While this study suggests that life history traits of this shrimp change with fishing intensity and fishing history, it would not be adaptive response in natural environment. These unnatural trait changes would relate with decline in the shrimp fishing resource.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：甲殻類、進化、水産資源、生活史、性転換

1. 研究開始当初の背景

「漁獲」という行為が水産資源の量ばかりでなく遺伝形質にまで影響するならば、現在の資源管理のあり方には見直しが必要かもしれない。例えば、大きな個体から優先的に漁獲するサイズ選択的な漁獲によって、産卵親魚の小型化が起こり、その結果、子孫の遺伝

的な小型化や早熟化が誘発されるという説がある。これは「漁獲誘発進化」と呼ばれ、欧米では水産資源崩壊の一因として、その認識が急速に高まりつつある。しかし、漁獲誘発進化という説そのものにまだ議論の余地が多く、さらに魚介類が小型化や早熟化すれば子孫の形質が劣化し、その結果水産資源が

崩壊するという前提には、大きなロジックの飛躍がある。漁獲による非適応な進化は持続可能な漁業において重要な問題となるだろうが、これはまだ概念レベルの域を出ていない。

2. 研究の目的

ホッケイエビ個体群を対象に、漁獲に起因した非適応進化と資源減少との関係解明を目的とし、特に以下の点について調査した。

(1) 過去四半世紀の調査データからの資源動態および形質変異（特に性転換サイズの小小型化、早熟化）の確認。

(2) 漁獲誘発進化と表現型可塑性の関係解明。

(3) 漁獲誘発進化による非適応化の証明。

3. 研究の方法

(1) 過去四半世紀の調査データからの資源動態および形質変異の確認。

北海道における主要なホッケイエビの漁場において、過去四半世紀（18-31年間）におよぶ生物情報データを整理し、さらにデータ補正・補足に必要となる野外調査を行うことで、個体群ごとの資源動態および雄から雌へ性転換するサイズ・年齢の変化を明らかにした。

(2) 漁獲誘発進化と表現型可塑性の関係解明。

野外データから成長量、および性転換確率の年変異における可塑性および遺伝的変化の有無を検証した。飼育実験により、同一環境下で漁獲圧の異なる複数の個体群での生活史形質、特に適応度成分を比較した。

(3) 漁獲誘発進化による非適応化の証明。

(1)、(2)の解析結果および飼育実験による検証から総合的に考察した。

4. 研究成果

(1) 過去四半世紀の調査データからの資源動態および形質変異の確認。

ホッケイエビを漁獲している主要な地域では、いずれにおいてもホッケイエビ資源量は安定せず大幅な増減を示すか、あるいは減少傾向にあった。

次に、過去四半世紀のデータから成長量の年変異の影響を考慮に加えた上で、性転換サイズの経年変化を調べたところ、増減を伴いつつも徐々に小型化しており（図1）、性転換サイズの遺伝的な小型化、すなわち漁獲誘発進化が強く推察された。

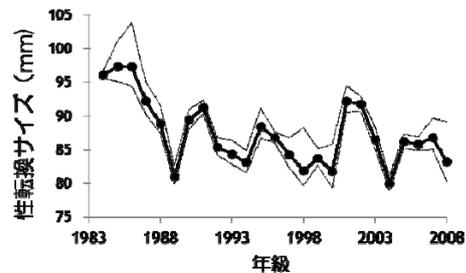


図1. 雌への性転換サイズの経年変化。横軸は同一生まれ年群（年級群）、縦軸は性転換確率が50%となる体長（性転換サイズ）で表されている。太線は1000回のサンプリングデータから推定される中央値であり、破線は2.5%と97.5%の信頼区間を示している。

さらに、特に重要な繁殖形質として卵数および卵サイズを個体群間で比較した。その結果、卵数には年変動があり、環境条件によって変化していた。しかし、卵サイズには一貫した個体群差が見られ、漁獲圧が高い個体群では卵が小型化する傾向にあった。次世代シークエンサーを用いたトランスクリプトーム解析を行うことで、卵サイズに関わりうる4つの遺伝子において個体群間で2倍以上の発現量の差があることを見出した。さらに詳細な検証は必要であるものの、本種の繁殖形質に遺伝的な個体群変異があることが推察された。

(2) 漁獲誘発進化と表現型可塑性の関係説明。

野外データでは、まずホッケイエビの性転換サイズに年変異が見られた。この年変異には年ごとの成長量と個体群全体の体長組成が影響しており、ホッケイエビがそれらの状況に応じて可塑的に性転換することが明らかになった。特に、後者に関しては、体長組成が変わる主要因は大型個体選択的な漁業であるため、漁獲による体長組成の歪みを解消するかのようにエビが応答していると言える。さらに、体長組成は基本的な性組成を意味しているため、体長組成に応じた性転換は個体群性比の調節に関わっていると結論付けられた。しかしホッケイエビ漁業は性比調節後でかつ繁殖期直前に再び行われるため、結局は慢性的な雌不足は解消しきれず、年によってはむしろ不適切な応答となっていた。つまり、ホッケイエビの性転換サイズは漁獲環境において可塑的にも変化する一方で、応答後の予測不可能な漁獲圧によって、その応答は適応的でなくなっていると言える。この状況が、(1)で確認された雌の遺伝的な小型化を誘発していると考えられた。

(3) 漁獲誘発進化による非適応化の証明。

飼育実験により、漁獲圧および漁獲史が異なる3つの個体群を対象に、適応度に関わる生活史形質を比較した。その結果、漁獲圧が高くかつ漁獲史の長い個体群で成長速度はやや遅く、生存率が顕著に低かった(図2)。この生存率の低さは実験計画当初の想定を超えており、その他の生活史形質(成長量、形質、卵数、卵サイズ等)を比較解析するための十分なデータ数を得ることができなかった。ただし、実験室内という一定の環境下での生存率の低さは、自然環境下での適応度の低さを推察するには十分な結果であると

結論づけた。

(1) および(2)の結果と合わせて考察すると、ホッケイエビの形質は漁獲環境に応じて変化するが、自然環境条件下では適応的な変化ではないと推察された。これらの形質変異が最終的に資源の不安定化や減少化に関係している可能性が高い。

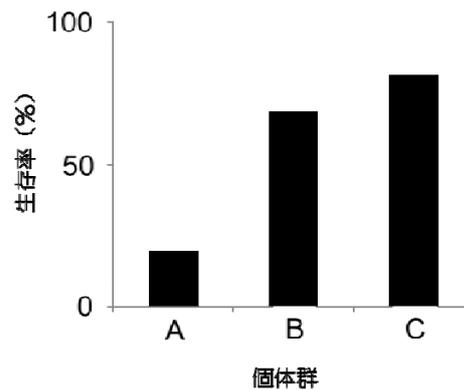


図2. 実験室飼育個体の生存率の個体群間比較。A、B、C個体群の順に漁獲圧が高く、漁獲史が長い。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

①Chiba, S., Yoshino, K., Kanaiwa, M., Kawajiri, T., Goshima, S., Maladaptive sex ratio adjustment by a sex-changing shrimp in selective-fishing environments, *Journal of Animal Ecology*, 査読有, Vol.82, 2013, 632-641.

DOI: 10.1111/1365-2656.12006

②Kawahara-Miki, R., Wada, K., Azuma, N., Chiba, S., Expression profiling without genome sequence information in a non-model species, pandalid shrimp (*Pandalus latirostris*), by next-generation sequencing, *PLoS ONE*, 査読有 6, 2011, e26043,

<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0026043>

③Azuma, N., Seki, Y., Kikkawa, Y.,

Nakagawa, T., Iwata, Y., Sato, T.,
Munehara, H., Chiba, S., Isolation and
characterization of 13 polymorphic
microsatellites for the Hokkai Shrimp, *Pandalus*
latirostris, Conservation Genetics Resources,
査読有、Vol.3、2011、529-531
DOI:10.1007/s12686-011-9396-5
④千葉晋、I-4. 甲殻類生産「シンポジウム
記録魚介類生産の場としての浅海域の生態
系サービス」、日本水産学会誌、査読無、76
巻、
1090[http://dx.doi.org/10.2331/suisan.76](http://dx.doi.org/10.2331/suisan.76.1090)
.1090

〔学会発表〕（計6件）

- ①千葉晋、吉野健児、金岩稔、五嶋聖治、性
選択的な漁獲下での可塑的な性転換による
性比調節、日本生態学会、2011、札幌。
- ②川原 玲香、和田健太、東 典子、千葉晋。
ホッカイエビ個体群における遺伝子発現の
網羅的比較。 日本進化学会、2011、京都
- ③Chiba, S., Size- and sex-selective fishing
leads to maladaptive sex ratio adjustment by a
sex-changing shrimp, Annual Meeting of
American Fisheries Society、2011、Seattle、
WA、USA
- ④Chiba, S., Selective fishing causes unnatural
changes in life history traits in of exploited
species、 International Forum Adaptability of
Science II: Technology for a Sustainable Society,
Tohoku University ecosystem adaptability
Global COE、2010、Sendai
- ⑤千葉晋、甲殻類生産、（平成22年度日本
水産学シンポジウム「魚介類生産の場として
の浅海域の生態系サービス」）、日本水産学
会平成22年度春季大会、2010、藤沢
- ⑥Chiba, S., Size-selective fishing induces life
history variation in male-first sex-changing
shrimp、2009、The Crustacean Society Summer
Meeting、Tokyo

〔図書〕（計1件）

- ①千葉晋、河村知彦、3章 無脊椎動物資源
から見た生態系サービス。 In 「浅海域の生態
系サービス」、2011、pp. 38-52

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・准教授

研究者番号：00385501