

令和 3 年 4 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05775

研究課題名(和文) 北海道噴火湾のトヤマエビ漁業における小型個体保護のための脱出機能付かご漁具の開発

研究課題名(英文) Development of shrimp pot with escape vent to prevent the catch of small individual of Coon-stripe shrimp in Funka-Bay, Hokkaido

研究代表者

藤森 康澄 (Fujimori, Yasuzumi)

北海道大学・水産科学研究院・教授

研究者番号：40261341

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、北海道噴火湾のトヤマエビ *Pandalus hypsinotus* の資源保護を行うとともに、同地域のかご漁業の持続性を担保するための漁具改良法について検討した。トヤマエビの行動特性を調べた結果、特に小型個体は夜間に活発に行動することがわかり、夜間海中に設置されるかご漁具の網目の拡大や脱出口の装着は小型個体保護に有効と判断された。

かごの網地の選択性を調べたところ、漁場に加える甲長20mmの個体を保護するには現状の目合32mmから35mmへの拡大が妥当と考えられた。また、内径25mmの円形脱出口を装着することで性転換を終える甲長30mmの保護が見込めることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トヤマエビは、北海道近海や日本海の水深100-400m付近に生息するエビである。市場ではボタンエビの名で流通しており、広く国内で消費されているが、その漁獲量は2007年以降大きく減少している。

そこで、本研究では北海道噴火湾において本種を漁獲するかご漁業を対象として、資源保護のための漁具改良法を検討し、現在使用されている網地の網目サイズ(目合)約32mmから約35mmへの拡大により甲長20mm以下の小型個体の十分な保護が可能となること、内径25mmの円形脱出口を装着することで性転換を終える甲長30mm以下の個体を保護できることを明らかにした。この結果は、今後の本種の漁業管理に活用される。

研究成果の概要(英文)：This study investigated a method to improve selectivity of shrimp pot aiming to protect the stock of Coonstripe shrimp *Pandalus hypsinotus* in the Funka-Bay, Hokkaido. It was found that small individuals were particularly active at night from the water tank experiment to investigate the behavior and diurnal activity. This suggested mesh size expansion and the installation of escape gap on pot for exclusion of small shrimp would be effective.

The mesh selectivity of the pot was estimated by water tank experiments, and it was elucidated that 35 mm mesh size was suitable to protect individuals with 20 mm carapace length which correspond to the size of recruitment. Also, we confirmed that the circular escape gap with an inner diameter of 25 mm was expected to exclude the carapace length of 30 mm which correspond to the size after sexual conversion.

研究分野：漁具漁法

キーワード：資源保護 漁獲選択性 かご漁具 トヤマエビ

1. 研究開始当初の背景

トヤマエビ *Pandalus hypsinotus* はタラバエビ科に属し、我が国では北海道近海や日本海の水深 100-400m 付近に生息している深梅性のエビである。市場ではボタンエビの名で流通しているが、標準和名のボタンエビとは全くの別種である。北海道の噴火湾では、年間およそ 100 ~ 200 トン水揚げされており、これは北海道全体の生産量の約 30%にあたる。その生産は主にかご漁業によるものであり、漁期は春季(3,4 月)と秋季(9-11 月)である。噴火湾海域のトヤマエビの漁獲量は 1988 年以降増加し、1990 年には 78 トンに達したが、その後は変動しつつ減少傾向にあり、特に 2007 年以降大きく減少している。近年若干増加 ~ 横ばい傾向が認められているものの、低水準を脱していない。

トヤマエビは雄性先熟の雌雄同体であり、噴火湾のトヤマエビは 1 歳で雄として成熟したのちに、2 歳の冬におよそ 75% が雌に性転換する。すなわち、性転換前の小型個体の過剰な漁獲は、2 歳以降の雌の資源量を過渡に減少させ、繁殖率の大幅な低下を招く恐れがある。このため、噴火湾のトヤマエビ漁業では過去に網目の拡大が実施されており、現在、網地の目合は 10 節(目合内径: 約 32 mm)に規制されている。しかし、現在の目合でも小型個体の保護には十分とは言えないことから、噴火湾のトヤマエビのさらなる漁獲管理の必要性が高まっている。

2. 研究の目的

漁業において小型個体の保護を行う直接的な方法は、船上での選別・放流とかごの網目の拡大となる。しかし、船上からの放流の場合生残率は低くなると考えられることから、かごの網目の拡大などにより、できるだけ海中でかごから脱出させることが望ましい。しかしながら、かご漁具のトヤマエビに対するサイズ選択性を定量的に評価した例はこれまでになく、過去の網目拡大の効果の確認も漁獲結果にもとづく経験的比較にとどまっている。このため、網目拡大を検討するうえでの科学的資料は皆無に等しい。

そこで、本研究では、噴火湾のトヤマエビの資源保護を行うとともに、同地域のかご漁業の持続性を担保するための漁具改良法の提案を行うことを目的とし、かご漁具の網地の網目拡大、脱出口の装着の2種類の漁具改良法について適切な仕様を決定し、その効果と漁業における実用性を検証する。

3. 研究の方法

本研究では、かご漁具の網地の網目拡大、脱出口の装着を漁具改良の方法とし、その適切な仕様を決定するため、トヤマエビを対象として以下の実験、観測を行った。

(1) トヤマエビの行動特性

トヤマエビの飼育水槽内に底面に 10 cm 四方のグリッド線を設けた樹脂製の区画(縦 50 × 横 50 × 深さ 15 cm)を設置し、大型個体(33.03 ± 1.36 mm)のみ、小型個体(21.97 ± 1.20 mm)のみ、大型 3 個体と小型 3 個体の混合個体の 3 種類のエビ個体の条件と、昼夜明暗条件(12 h / 12 h)、昼夜恒暗条件の 2 種類の光条件を組み合わせた 6 条件について、各 3 回ずつ合計 18 回、24 時間の観測を行い、水槽上面からスチルカメラを用いて、10 分間隔で水槽内のエビの存在区画を撮影記録し、時間にもなう分布の変化から活動量を求めた。

(2) 操業時のかご内におけるエビの行動

北海道噴火湾において春季(3-4 月)と秋季(9-11 月)の漁期中に実操業で使用されるかごの一つに水中カメラを装着して、かごへのエビの出入りの状況を観察記録した。同時に深度、水温および水中でのかごの姿勢を計測するために、データロガー(DST-tilt, Star Oddi Inc., φ15.0mm×46.0mm)をかご底部のフレームに固定した。同様のかごを 2 セット用意して、漁期の終了までかごを交換しながら観測を繰り返した。

(3) かご漁具の網地のサイズ選択性

飼育水槽に樹脂板で構成される区画(L:60×W:45×D:20 cm)を設置し、区画中央部に網地パネル(45×20 cm)2 枚を仕切りとして設置し、中央部にエビ 15 個体を放流して網地に対する通過行動を調べた。パネルには、当該地域のかご漁業で使用されている実測目合内径 32 mm (10

節，網糸直径約 1.0 mm，ポリエチレン製，無結節）の網地に加え，35，39，43，46，52，65 mm の計 7 種類の網地を用意した。時刻を 17:00 頃 - 翌 10:00 頃とし，外光を遮断した状態で実験を行った。実験回数は各目合について 10 回とした。実験終了後，パネルを通過した個体数と放流区画に残っていた個体数（保持個体数）を記録し，甲長をデジタルノギスにより測定した。得られた目合ごとの結果をもとに選択性曲線を推定した。

(4) 脱出口のサイズ選択性

(3)と同様の装置において，区画中央部に脱出口を取り付けた 2 枚の網地パネルを仕切りとして設置して，中央部にエビ 15 個体を放流して脱出口に対する通過行動を調べた。網地パネルの網地には漁業で使用されている実測目合 32 mm を使用し，脱出口として 3 種類（内径 21，25，30 mm）のプラスチック製の円形リングを用意した。パネルへの脱出口の設置箇所をパネル下端として，脱出口の設置数 1，3，5 個の場合について比較を行った。その他の実験条件および測定項目は(3)と同様とした。実験終了後，かごに保持された個体と，脱出した個体の甲長をデジタルノギスにより測定した。なお，網地パネルの一部に脱出口を取り付けたため，エビが必ず脱出口に遭遇するとは限らない。そこで，SELECT 法を用いて脱出口に対するエビの遭遇率を考慮して脱出割合の推定を行った。

(5) かごにおける脱出口の効果

大型円形水槽（約 5 トン）に脱出口を装着したエビかご（底面直径 78 cm，高さ 33 cm）を設置し，あらかじめかご内にエビを放流してその脱出状況を観測した。脱出口には(4)で用いたプラスチック製リングを用い，内径は(4)の結果において脱出効果の高かった 25 mm ものを採用した。この脱出口をかご側面下端部分に 30 cm 間隔で 5 個装着した。供試個体数は 15，30 個体の 2 条件とし，かご内のエビの行動をビデオカメラで記録した。実験終了後，かごに保持された個体数と，脱出した個体数を記録するとともに，各甲長をデジタルノギスにより測定し，甲長階級別の脱出割合を求めた。

4. 研究成果

(1) トヤマエビの行動特性

実験で撮影した映像から得られた活動量指標の自己相関係数を算出したところ，大型，小型個体のどちらでも恒暗条件下では 24 時間程度の周期がみられ，明暗条件下ではその周期は消失していた。昼夜での活動量指標を比べると，大型，小型個体のどちらでも昼間より夜間の活動量指標が大きかった（図 1）。

また，個体サイズ別の活動量指標を比較した場合，小型個体のほうが大型個体よりも活動量指標が大きいことが分かった。これは，夜間に設置されるかご漁具において小型個体を能動的に脱出させるうえで有効な特性と考えられた。

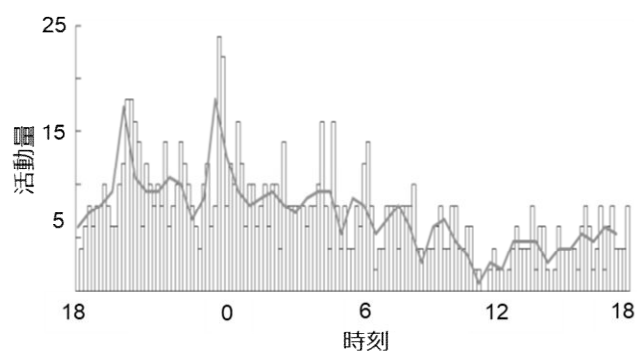


図 1. 時刻にともなう活動量の変化（小型個体）

(2) 操業時のかご内におけるエビの行動

かごの設置水深は全記録を通じて 80 - 100 m の範囲であり，映像記録よりトヤマエビは合計 32 個体確認された。エビの累積出現個体数と経過時間の関係を調べたところ，かご内に最初の個体が現れるまでの時間は，最短 55 分，最長 4.3 時間であった。個体の出現速度には偏りがあり，集中して現れる時間帯は，1 個体が出現してから平均 29.1 分で次の個体が見られる傾向にあった。また，えびが見られる時刻はかごの設置後の夜間から日出前までであり，夜中にわたってばらばらであった。これは，(1)の活動量の傾向と一致していた。

(3) かご漁具の網地のサイズ選択性

通過個体数と保持個体数についてロジスティック回帰から求めた目ごとの選択性曲線において、目合の拡大とともに曲線の範囲は大型個体側へ移動し、保持率が50%となる甲長の値(50%選択甲長)は目合の拡大とともに等比数列的に増加した(図2)。このように明瞭な網目選択性が確認されたことから、通過のなかった目合32mmと過大と考えられた目合65mmの結果を除いて、最尤法により選択性のマスターカーブを推定した(図3)。

マスターカーブにおいて保持率を表すプロットは推定された曲線に集まっており、顕著な外れ値は見られなかった。保持率は目合相対甲長がおよそ0.2から増加しはじめ目合と甲長が等しくなる1.0あたりで最大に達することがわかった。これは目合以上の甲長を持つ個体は確実に保持されることを表している。次に、マスターカーブをもとに適切な目合について検討を行った。噴火湾におけるトヤマエビの加入甲長は約20mmと考えられており、甲長25mmは性転換を開始する個体が現れる甲長とされている。また、甲長30mmは性転換を終え、1度産卵を終えていると考えられる甲長である。

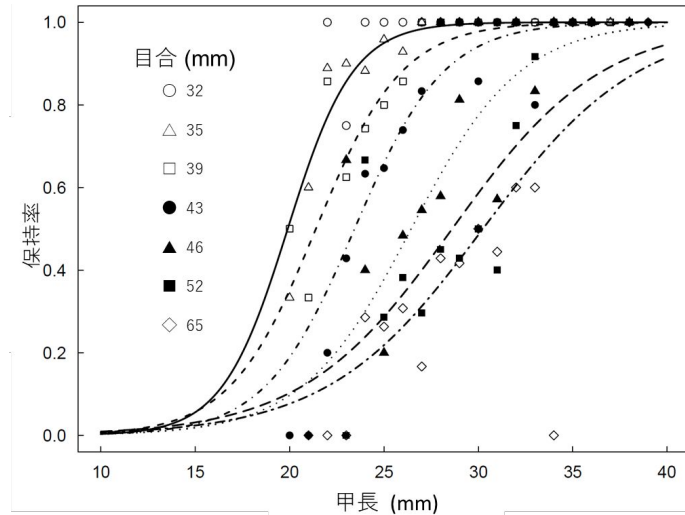


図2. ロジスティック回帰による目合別の選択性曲線

以上の各甲長をもとに考察し

た結果、現在使用している目合32mmでは、50%選択甲長が17.9mmとなり、漁獲加入すると考えられている甲長20mmの保持率が0.71であることから、加入したばかりの小型の個体のみならず、加入前の個体も漁獲される可能性が高いことがわかった。なお、50%選択甲長が加入甲長20mmとなる時の目合は35.8mmと推定され、現状の改善には理想的には目合35.8mm以上が適当と考えられた。ただし、この場合でも加入個体の半数を漁獲することになるので、資源保護上の効果は限定的と思われる。次に、性転換が始まる甲長25mmを対象として考えると、50%選択甲長が25mm以上となる目合は45mm以上と推定され、目合45mmの甲長20mmに対する保持率は0.19と推定されたことから、目合45mmの場合十分な改善が見込めると推察された。ただし、現在の漁獲の主対象となる甲長が25mm前後となっている実情を考えると、目合45mmまでの拡大はかなり難しいと考えられる。なお、甲長30mmの場合、50%選択甲長がこの値となる目合は53.7mmと推定された。これは、現在使用している目合32mmの1.69倍の拡大となり、この時の甲長20mm、25mmの保持率はそれぞれ0.08、0.23であることから、商業的に受け入れ難い目合であると判断された。以上より、現実的には加入甲長20mmを対象に、目合35mm程度(9節相当)への拡大が適当と考えられた。

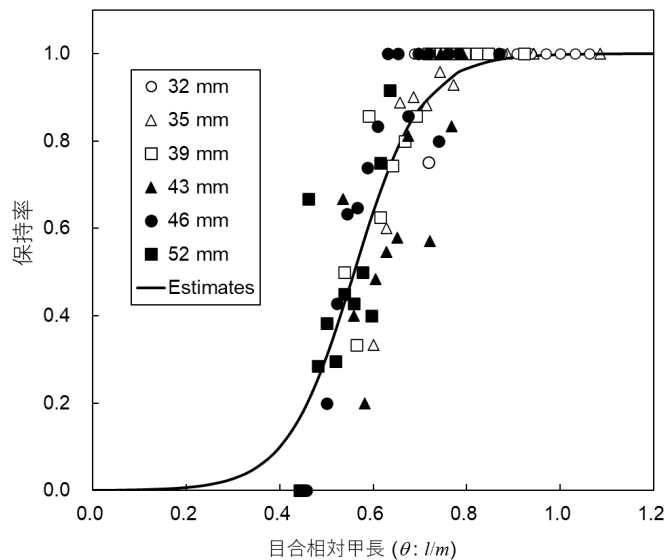


図3. トヤマエビの選択性マスターカーブ

(4) 脱出口のサイズ選択性

脱出口の内径の拡大、個数の増加とともに小型個体の通過は増加した。通過個体の平均甲長

は 21 mm で 23.7 mm , 25 mm で 24.9 mm , 30 mm で 25.9 mm となった。

推定された各脱出口の脱出割合は、内径 21 mm・脱出口数 1, 3, 5 で 0, 0, 0.01 , 内径 25 mm・脱出口数 1, 3, 5 で 0.01, 0.11, 0.14 , 内径 30 mm・脱出口数 1, 3, 5 ではそれぞれ 0.10, 0.19, 0.29 となった。これらの結果より、脱出口によるサイズ選択機能は十分に働いたと判断された。使用した内径の比較では、内径 25mm は脱出可能な甲長の上限が性転換を終える約 30mm となることから、妥当であると判断された。

なお、推定された脱出割合と甲殻周長より推定した各内径における物理的に通過可能な甲長との関係を比較した結果、十分通過可能な個体であっても通過していないことが確認された。

(5) かごにおける脱出口の効果

実験に使用した脱出口を装着したかごを図 4 に示した。全 15 回の実験でかごから脱出したエビは 27 個体であった。その内ビデオで脱出が確認できたのは 12 個体であった。ビデオ映像で脱出が確認できた個体のうち、脱出口からの脱出が 10 個体であり、目合 32 mm の網地からの脱出が 2 個体であった。脱出口から脱出した 10 個体の内、9 個体は尾柄部から脱出、1 個体は頭部から脱出していた。目合 32 mm の網地から脱出した個体は、甲長 20.8 mm と漁獲加入前に近いサイズであった。

個体数 15 個体の場合の脱出割合は 0.05 程度であった。この割合は、(4)における実験での脱出割合(脱出口数 3 個: 0.09, 5 個: 0.13)よりも低い値であった。これは、脱出口の網地に対する占有面積の比率で説明できる。かごを用いた実験では、30 cm に 1 個の間隔で脱出口が装着されているのに対し、(4)の場合、脱出口数 3, 5 個においてそれぞれ 15, 17.5 cm の間隔であった。網地に対する脱出口の占有面積は、当然、脱出口の間隔が小さい順に大きくなり、それと同じ順序で脱出割合は大きくなっている。これは、エビの脱出口への遭遇率が変化するためである。このことから、かごに脱出口を装着する場合、脱出口数により脱出割合を調整することができると思われる。



図 4. 円形脱出口を装着したエビかご
○: 脱出口装着位置

以上の結果を通して、漁具の改良法として以下が妥当であると考えられた。

- 1) 網地の網目サイズ(目合)を現状の約 32 mm (10 節) から約 35 mm (9 節相当) へ拡大。
- 2) 脱出口を装着する場合は、内径 25 mm の円形脱出口を装着する。なお、装着 個数については 5 個程度が妥当と考えられるが、漁獲状況に応じて調整が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 光崎 健太、藤森 康澄、山本 潤、富安 信、有馬 大地、澤村 正幸、清水 晋	4. 巻 57
2. 論文標題 水槽実験によるトヤマエビ <i>Pandalus hypsinotus</i> に対するかご漁具の網目選択性の推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本水産工学会誌	6. 最初と最後の頁 91～97
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18903/fisheng.57.3_91	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Y. Tanouchi, Y. Fujimori, S. Shimizu, H. Yasuma, N. Matsumabara, T. Hayashi, S. Katakura
2. 発表標題 Reaction behaviors of fish for LED light with different wavelength
3. 学会等名 34th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 光崎健太・藤森康澄・清水晋・山本潤
2. 発表標題 北海道噴火湾のトヤマエビ <i>Pandalus hypsinotus</i> Brandtの活動性
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤森康澄・光崎健太・清水晋・山本潤
2. 発表標題 水槽実験によるトヤマエビに対するかご網地の網目選択性の評価
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富安信・藤森康澄・有馬大地・藤田一世・光崎健太
2. 発表標題 えびかご漁業における水中カメラを用いたトヤマエビの入りかご脱かご行動の野外観察
3. 学会等名 日本水産学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山本 潤 (Yamamoto Jun) (10292004)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・助教 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------