

原著論文

韓国製バイ籠によるベニズワイ漁獲特性と 混獲防止策の検討

養松郁子*¹・廣瀬太郎*²

Characteristics of bycatch of Korean baited whelk pots for beni-zuwai crab, *Chionoecetes japonicus*, and some pot improvements to reduce the bycatch

Ikuko YOSHO and Taro HIROSE

This paper examined improvements in the entrance of pots used in the Korean baited whelk pot fishery, in order to reduce bycatch of beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus*. Fishing experiments in fishing grounds were carried out using the original Korean whelk pots (square entrance of 30 cm in diagonal) and improved pots of two types (almost 15 or 10 cm), and the baited crab pots used in the Japanese beni-zuwai crab fisheries. The original pots caught both sexes but no immature females. Most males were smaller than 100 mm in carapace width (CW), and the ratio of immature males was higher than for the Japanese crab pots. The pots of 15 cm entrance effectively avoided catching larger male crabs (estimated size at 50% selectivity was 88.2 mm CW) without reducing the catch rate of whelks or adult female crabs. In the pots of 10 cm entrance, the selectivity of male crabs was 0.34 at most compared with the original pots; however, they failed to catch large whelk. The effect of pots of 10 cm entrance on the female crab catch remains unclear because few female crabs were caught in this study. Applications of these improvements to fisheries were discussed.

キーワード：バイ籠, ズワイガニ類, 混獲, 日韓暫定水域

2017年1月15日受付 2019年1月10日受理

1999年1月に発効した日韓の新漁業協定により、日本海のおよそ中央に位置する大和堆から山陰沿岸にかけての海域に日韓北部暫定措置水域（以下、暫定水域）が設けられた（図1）。この海域では日韓双方の漁船が自国の漁業規制下で相互入漁し、日韓両政府は自国の規制に基づく自国漁船の取り締まりは行っているものの、共同監視や取り締まりおよび資源管理措置等を共同で実施するには至っていない（片岡・西田2007）。このため、日韓両国で重要な水産資源として、それぞれの国内でTAC（Total Allowable Catch）あるいはIQ（Individual Quota）

による漁獲量制限措置が行われているズワイガニ *Chionoecetes opilio* とベニズワイ *C. japonicus* についても、あくまで自国の漁業の範囲内での資源評価にもとづいて、自国船の漁獲量上限の設定が行われている（片岡ら2004, 上田ら2016, 養松ら2016）。共同管理が実行できない背景としては、領土問題に加え、ズワイガニを主力とする底びき網漁業が暫定水域内で操業ができない現状を打破したい日本側と、同水域で優占的にズワイガニ漁業を行っている現状を維持したい韓国側で利害が一致しないことがある（片岡・西田2007, 片岡2011）。また、

* 国立研究開発法人水産研究・教育機構日本海区水産研究所

〒951-8121 新潟県新潟市中央区水道町1-5939-22

Japan Sea National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 1-5939-22 Suido-cho, Chuo-ku, Niigata, Niigata 951-8121, Japan

yosho@affrc.go.jp

*¹ 国立研究開発法人水産研究・教育機構本部

*² 国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所

漁場が広く暫定水域と重なるべにずわいがにかご漁業では、日韓両国が相互入漁しているものの、日本漁船の操業状況は韓国船の動向に影響を受けざるを得ない（養松2007）。

一方、韓国船が暫定水域で行うバイ籠漁業では、ズワイガニおよびベニズワイが混獲されている現状（境港漁業調整事務所2018）がある。このバイ籠で混獲されるカニ類が水揚げされているとすれば漁獲量管理下における管理外漁獲となり、投棄等により死亡しているとすれば、加入前資源の予期せぬ減耗につながる。このバイ籠漁業がズワイガニあるいはベニズワイ資源に与える影響

は、日韓双方の漁業にとって憂慮すべき問題であり、改善策を模索することは日韓両国の利に資するものと考えられる。また、バイ類の漁獲を維持しながらカニ類の混獲を防ぐ方法を提案できれば、日韓が協調して行う管理の一步となりうるだろう。

そこで本研究は、韓国製バイ籠（以下、バイ籠）のベニズワイに対する漁獲特性を明らかにするとともに、導入しやすさを優先し、安価で容易な漁具改良による混獲防止効果を考案し、その効果を検証することを目的として実施した。

材料と方法

操業試験 2006年10月から2013年12月にかけて、べにずわいがにかご漁業船「漁盛丸」（新潟県上越漁協所属、14トン）による操業を計31回行なった。新潟県のべにずわいがにかご漁業が禁漁となる1、2月を除き、各年に2～5回、なるべく異なる季節に採集するように調査時期を設定した（表1）。調査場所はべにずわいがにかご漁業が行なわれている漁場のひとつで、新潟県上越と佐渡島西南端との間の水深800～1,100mの海域である

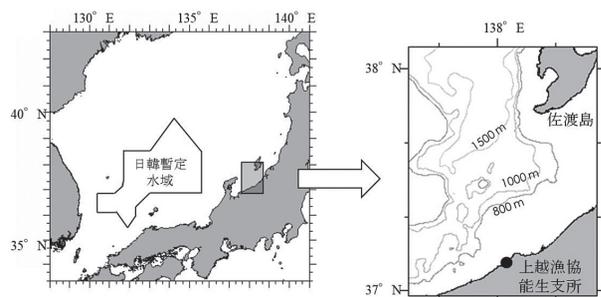


図1. 調査海域

表1. 採集日ごとの浸漬日数、籠種別使用籠数および籠種別雌雄別ベニズワイ漁獲個体数

| 採集年月日 | 浸漬日数 | 使用した籠数 | | | | 原型籠の漁獲個体数 | | 細工1籠の漁獲個体数 | | 細工2籠の漁獲個体数 | |
|------------|------|--------|-----|-----|-----|-----------|-----|------------|-----|------------|---|
| | | 原型 | 細工1 | 細工2 | 合計 | 雄 | 雌 | 雄 | 雌 | 雄 | 雌 |
| 2006/10/30 | 8 | 5 | - | - | 5 | 7 | 0 | - | - | - | - |
| 2006/12/6 | 15 | 5 | - | - | 5 | 26 | 70 | - | - | - | - |
| 2007/3/16 | 12 | 5 | - | - | 5 | 11 | 312 | - | - | - | - |
| 2007/5/23 | 17 | 5 | - | - | 5 | 43 | 215 | - | - | - | - |
| 2007/7/4 | 14 | 5 | - | - | 5 | 36 | 0 | - | - | - | - |
| 2007/9/19 | 10 | 5 | - | - | 5 | 13 | 40 | - | - | - | - |
| 2007/12/10 | 23 | 5 | - | - | 5 | 26 | 172 | - | - | - | - |
| 2008/3/27 | 14 | 5 | - | - | 5 | 36 | 0 | - | - | - | - |
| 2008/6/5 | 9 | 3 | 2 | - | 5 | 35 | 12 | 17 | 16 | - | - |
| 2008/7/25 | 11 | 3 | 2 | - | 5 | 39 | 13 | 8 | 17 | - | - |
| 2008/9/30 | 13 | 2 | 2 | - | 4 | 22 | 10 | 10 | 5 | - | - |
| 2008/11/24 | 13 | 2 | 2 | - | 4 | 24 | 7 | 8 | 3 | - | - |
| 2009/4/6 | 16 | 2 | 2 | - | 4 | 14 | 66 | 14 | 70 | - | - |
| 2009/6/4 | 10 | 3 | 2 | - | 5 | 27 | 45 | 10 | 9 | - | - |
| 2009/7/21 | 18 | 3 | 2 | - | 5 | 48 | 8 | 22 | 3 | - | - |
| 2009/9/30 | 12 | 3 | 2 | - | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| 2009/12/3 | 9 | 2 | 2 | - | 4 | 36 | 0 | 9 | 0 | - | - |
| 2010/3/15 | 14 | 3 | 2 | - | 5 | 16 | 0 | 8 | 0 | - | - |
| 2010/5/18 | 13 | 3 | - | 2 | 5 | 12 | 0 | - | - | 5 | 0 |
| 2010/7/5 | 13 | 3 | - | 2 | 5 | 19 | 0 | - | - | 2 | 0 |
| 2010/9/27 | 12 | 3 | - | 2 | 5 | 40 | 0 | - | - | 1 | 0 |
| 2010/12/1 | 12 | 3 | - | 2 | 5 | 5 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2011/3/15 | 8 | 3 | - | 2 | 5 | 7 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2011/7/6 | 9 | 3 | - | 2 | 5 | 18 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2011/9/25 | 10 | 3 | - | 2 | 5 | 7 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2011/12/6 | 10 | 3 | - | 2 | 5 | 2 | 0 | - | - | 1 | 0 |
| 2012/4/19 | 17 | 3 | - | 2 | 5 | 6 | 0 | - | - | 1 | 1 |
| 2012/9/14 | nd | 3 | - | 2 | 5 | 7 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2012/12/3 | 14 | 3 | - | 2 | 5 | 2 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2013/7/3 | 21 | 3 | - | 2 | 5 | 2 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| 2013/12/5 | 21 | 3 | - | 2 | 5 | 17 | 4 | - | - | 2 | 1 |
| 合計 | | 105 | 20 | 26 | 151 | 605 | 974 | 106 | 123 | 12 | 2 |

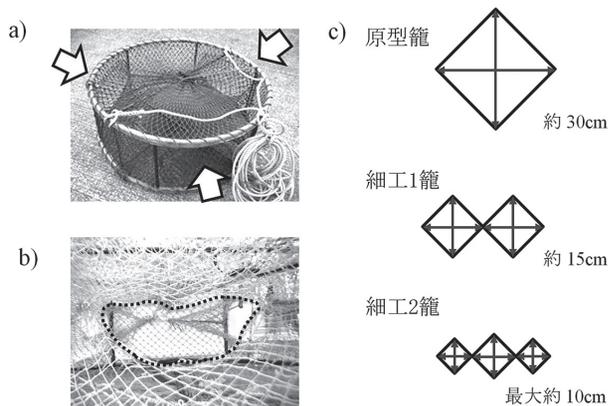


図2. 籠網の形状と細工による入部の大きさ
a) 韓国製バイ籠の全容(矢印は入口部を示す), b) 入口部,
c) 原型籠, 細工1籠, 細工2籠それぞれの入口部の最大
口径

(図1)。操業にあたっては、通常のべにずわいがにかご漁業の漁具一式(ここで使用される籠を以下、カニ籠)を用い、漁盛丸に搭載されたGPSにより操業位置を、魚群探知機により水深を記録した。カニ籠は渡部(2005)と同様の形状の鉄枠に15cm目合の網を張ったもので、通常の操業では一連あたりカニ籠を100個装着するが、そのうちの4~5個をバイ籠に置き換えてその漁獲物を得た。バイ籠は、別の調査船調査時に海底から引き揚げられた韓国船のバイ籠をもとに作製した複製品を用いた。このバイ籠は円筒状の鉄製の枠(底面の直径590mm, 高さ220mm, 図2a)に目合15~17mmの網地が張っており、側面に同じ形状の入口が3箇所ある。入口部は外側から内側に向かう一方向にのみ押し開く構造で、外側からは最大で30cm四方程度に開くが、内側からはほとんど開かない形状となっており(図2b)、いったん籠に入ると、入口から外に出ることは困難と考えられる。このバイ籠によるベニズワイの漁獲特性を調べるため、すべての調査でバイ籠をそのままの形(以下、原型籠)で使用しつつ、2008年6月以降は一部の籠に対してベニズワイの入網を防ぐ目的で入口部を狭くする細工を施し、その混獲防止効果を調べることにした。効果があった場合、現場に導入しやすいことが重要であるため、コストと手間がかからない方法とし、入口部中央1カ所を細い網地用のロープで縛り、最大開口幅が15cm四方程度に細工したもの(以下、細工1籠)(図2c)と入口部を2カ所閉じて最大開口幅が10cm四方程度となるように細工したもの(以下、細工2籠)(図2c)の2種の細工籠を作製し、調査に使用した。調査日ごとに使用したバイ籠の数は表1に示すとおり、2006年10月~2008年3月は原型籠のみ5個、2008年6月~2010年3月は原型籠2個または3個と細工1籠2個、2010年5月~2013年12月は原型籠3個と細工2籠2個をそれぞれ同じ幹繩につけて使用した。

バイ籠にはそれぞれ冷凍サバ2~3尾を餌として取り付け、海底に敷設してから原則として8~15日間(ただ

し天候の関係などで最大3週間程度)経過した後に引き揚げた(表1)。バイ籠の漁獲物はベニズワイとバイ類のみであったので、それらをすべて船上で籠種別にまとめて冷蔵した状態で水揚げした。その後氷蔵して実験室に持ち帰り、当日あるいは翌日のうちに全個体について生物測定を行なった。ベニズワイは全数について雌雄別に甲幅を0.1mmの単位まで計測した。加えて、雄については鉗脚掌部の最大幅を測定し、判別式(養松ら2007)によって最終脱皮となる成熟脱皮を終えた個体かどうかを区別した。雌は腹節の形態により成熟脱皮を終えた個体かどうかを判断した(伊藤1976, Yoshio 2000)。本調査ではバイ類としてツバイ *Buccinum tsubai*, オオエッチュウバイ *B. tenuissimum*, チヂミエゾボラ *Neptunea constricta* の3種が漁獲されたため、種を判別した後、全個体について殻高を0.1mm単位まで計測した。厳密には、チヂミエゾボラと同定した個体の中には形態が似たエゾボラモドキ *N. intersculpta* が混在している可能性があるが、これら2種は形態だけでなく、遺伝的にも同一種の可能性が指摘されていることから(Shirai *et al.* 2010)、本報告では区別しなかった。

計31回の採集調査のうち29回の操業については、それぞれバイ籠と同じ連の幹繩に取り付けられたカニ籠(15cm目合)による漁獲物(ベニズワイ雄)の生物測定を併せて実施した。カニ籠による漁獲物から無作為に1操業あたり200個体前後を目処に抽出し(実際に測定した個体数は1操業あたり79~353個体(平均207.4個体)、合計6,015個体)、上述のバイ籠採集物と同様の方法で甲幅と鉗脚掌部の最大幅を測定し、成熟脱皮を終えた個体かどうかを判断した。

細工による効果の解析方法 同日に操業を行った原型籠と細工1籠(10操業)、原型籠と細工2籠(13操業)の組み合わせそれぞれについて、操業日ごとに漁獲されたベニズワイの個体数(雌雄別)を比較し、籠間でベニズワイの漁獲個体数に差があるかどうかを以下の統計モデルにより推定した。

同一漁場における面積当たりの個体数の分布がランダムであるとき、漁獲個体数の分布はポアソン分布になると考えられる。 i ($= 1, 2, \dots, n$) 番の操業, j ($= 0$ (原型) または 1 (試験籠)) 番の漁具種類, 性別 s ($= 1$ (雄), 2 (雌)) の漁獲個体数を $c_{i,j,s}$ (≥ 0 , 個体数) として、 $c_{i,j,s}$ の確率分布 $P[c_{i,j,s} | \theta_{i,j,s}]$ は次のような平均 $\theta_{i,j,s}$ のポアソン分布

$$P[c_{i,j,s} | \theta_{i,j,s}] = \frac{\theta_{i,j,s}^{c_{i,j,s}}}{c_{i,j,s}!} \exp(-\theta_{i,j,s}) \quad (1)$$

で表される(Millar and Holst 1997)。また、採集個体数は使用した漁具の漁具能率と当該海域の現存個体数、および努力量(籠数)の積として表される(渡部ら2004)ため、採集個体数 $\theta_{i,j,s}$ を次式で表す。

$$\theta_{i,j,s} = q_{j,s} N_s g_{i,j} \quad (2)$$

ここで、 $g_{i,j}$ (≥ 1 , 個) は籠数, $q_{j,s}$ は籠の漁具能率,

N_s は当該海域の現存尾数であり、 $\mu_{j,s}$ は資源量指数（個体数/籠・操業）とした。なお、操業ごとに浸漬時間が異なっていたが、浸漬時間と漁獲個体数の関係については、渡部・山崎（1999）が浸漬時間が96時間を過ぎると、漁獲個体数が増加しないことを報告している。本調査ではすべての操業で浸漬日数が8日以上（データ欠損で不明の1操業を除く）と十分長かったことから漁獲個体数は浸漬日数には依存しないと判断し、平均値の統計モデルには浸漬時間を考慮しなかった。

(1) 式から対数尤度 l_1 は

$$l_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^1 \sum_{s=1}^2 \{ c_{i,j,s} \ln(\theta_{i,j,s}) - \ln(c_{i,j,s}!) - \theta_{i,j,s} \} \quad (3)$$

で表せる。この l_1 を最大にする $\mu_{j,s}$ を求める。漁具間の漁獲個体数が、雌雄それぞれについて帰無仮説 $\mu_{0,s} = \mu_{1,s}$ を用いた尤度比検定を行い、細工の効果を判定した。

次に、細工籠のサイズ選択性を評価するため、ベニズワイとバイ類のそれぞれについて、甲幅（殻高）階級 k ($= 1, 2, \dots, K$) の漁獲個体数を $y_{i,j,k}$ (≥ 0 , 尾) で示す。 $y_{i,j,k}$ の確率分布は次のような平均 $\phi_{i,j,k}$ のポアソン分布

$$P[y_{i,j,k} | \phi_{i,j,k}] = \frac{\phi_{i,j,k}^{y_{i,j,k}}}{y_{i,j,k}!} \exp(-\phi_{i,j,k}) \quad (4)$$

で表す。また、原型籠の入口は30cmと大きいので選択性はないものと仮定し、 $\phi_{i,j,k}$ を次式で表す。網目選択性は甲幅（殻高）に対してLogistic曲線式を仮定した（東海1997）。

$$\phi_{i,j,k} = \mu_{j,k} g_{i,j} S_{j,k} \quad (5)$$

$$S_{j,k} = \begin{cases} 1 & j=0 \\ \frac{1}{1 + \exp\{\alpha_j(x_k - m_j)\}} & j=1 \end{cases} \quad (6)$$

ここで、 α_j : 比例定数 (> 0 , $1/\text{mm}$),
 m_j : 50% 選択甲幅（ベニズワイ）または殻高（バイ類） (≥ 0 , mm)

$S_{j,k}$: 選択率

$\mu_{j,k}$: 資源量指数（個体数/籠・操業）

x_k : 甲幅または殻高 (≥ 0 , mm)

(4) 式から対数尤度 l_2 は以下の式により得られる。

$$l_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^1 \sum_{k=1}^K \{ y_{i,j,k} \ln(\phi_{i,j,k}) - \ln(y_{i,j,k}!) - \phi_{i,j,k} \} \quad (7)$$

この l_2 を最大にする α_j , m_j 及び1組の $\mu_{j,k}$ を求める。ベニズワイの雌雄、バイ類のそれぞれについて帰無仮説 $S_{i,k} = 1$ を用いた尤度比検定を行い、甲幅または殻高組成について細工の効果を判定した。

結 果

ベニズワイに対するバイ籠（原型籠）とカニ籠の漁獲特性比較 全調査期間を通し、バイ籠の原型籠（31操業、延べ105籠）によってベニズワイ雄605個体、雌974個体が採集された（表1）。31回の操業すべてにおいて雄は1個体以上漁獲されたのに対し、雌は13操業でのみ漁獲され、残る18操業ではまったく漁獲されなかった。雌が採集された13回の操業はすべて東経138度02分以西で行なわれた（図3）。

全調査期間を通した原型籠1籠あたりの雄の漁獲個体数は0.7～13.0（平均5.8個体）、0.2～4.6kg（平均1.4kg）であり、採集された雄の甲幅範囲は62.4～113.5mm、甲幅組成は甲幅85～90mmにモードのある単峰型を示した（図4）。漁獲された雄605個体のうち未成体個体が113個体（個体数比18.7%）を占めた。

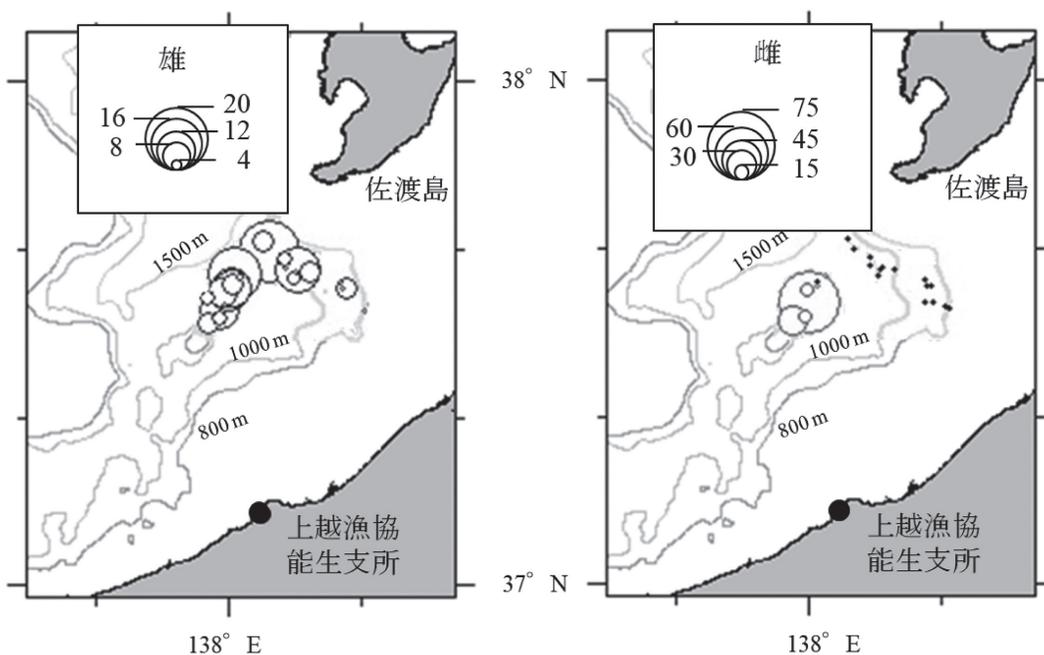


図3. 各調査日における漁獲位置と原型籠1籠あたりの雌雄別ベニズワイ漁獲個体数

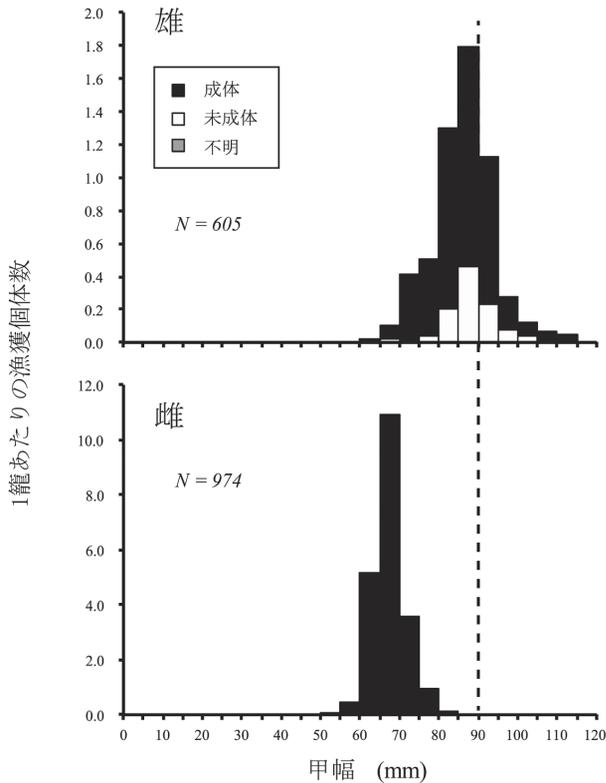


図4. 原型籠で漁獲されたベニズワイの甲幅組成
破線は、雄の漁獲規制サイズである90mmを示す

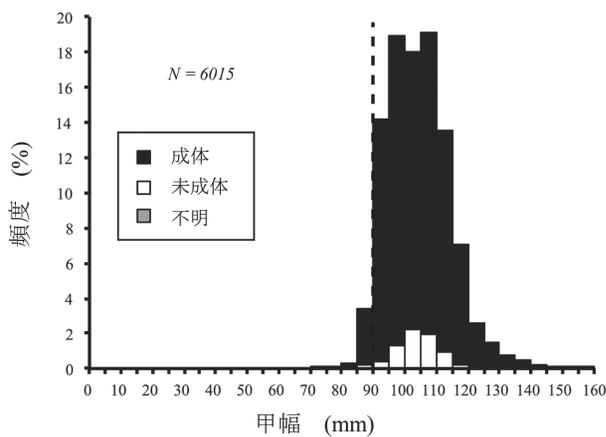


図5. カニ籠で漁獲されたベニズワイの甲幅組成
破線は、雄の漁獲サイズである90mmを示す

同様に原型籠で漁獲されたベニズワイ雌は、まったく漁獲がなかった18回の操業を除き、1籠あたりの漁獲個体数は2.7～62.4個体（平均22.7個体）で、漁獲重量は0.3～6.4kg（平均2.4kg）であった。採集された雌はすべて成熟脱皮を終えた個体で、甲幅範囲は51.2～83.4mm（モードは65～70mm）であった（図4）。

一方、原型籠と同じ幹縄に取り付けたカニ籠で漁獲されたベニズワイ雄の甲幅は74.1～153.2mmの範囲にあったが、漁獲規制サイズ（90mm）以下の個体は228個体（個体数比3.8%）で、95～110mmにモードのある単峰型を示した（図5）。このうち、未成体雄は436個体（個体数比7.3%）であった。ベニズワイがにかご漁業では、雌

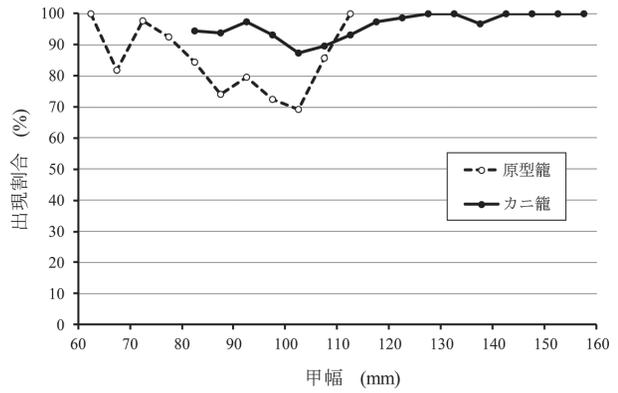


図6. カニ籠と原型籠のそれぞれで漁獲されたベニズワイ雄のうち、甲幅5mmごとの階級における成体個体の割合

のベニズワイは全面的に禁漁であることから、入網した場合は洋上で放流されるが、聞き取りによると雌はほとんど漁獲されなかった。

原型籠とカニ籠で漁獲されたベニズワイ雄について、それぞれ甲幅5mmごとに成体個体の割合を計算したところ、カニ籠では最低でも87.5%（甲幅100～105mm）だったのに対し、原型籠では110～115mmを除き、すべての甲幅範囲でカニ籠よりも成体個体の出現頻度が低かった（図6）。

細工1籠の効果 2008年6月～2010年3月の10操業で使用した細工1籠について、ベニズワイとバイ類に対する選択率を推定した。当該期間中に、原型籠（延べ26籠）によりベニズワイは雄263個体、雌161個体、バイ類3種計で458個体、細工1籠（延べ20籠）により雄106個体、雌123個体、バイ類3種計364個体が採集された（表1、2）。ベニズワイの甲幅組成のモードとなるサイズは雌雄とも籠間で同じであった（図7）。

1. ベニズワイ混獲防止効果 異なる籠間における漁獲個体について尤度比検定した結果、原型籠と細工1籠の間ではベニズワイ雌には漁獲個体数に差がなく、ベニズワイ雄についてのみ差があるというモデルが選択された（表3）。推定された細工1籠の選択率曲線は、甲幅が大きいほど選択率が低く、50%選択甲幅は88.2mmであった（図8）。尤度比検定の結果、帰無仮説 $S_{l,k} = 1$ は有意確率0.005で棄却された（表4）。

2. バイ類漁獲への影響 原型籠と細工1籠によるバイ類の漁獲結果を比較したところ、1籠あたり平均の殻高組成は30～45mmがモードのツバイがもっとも個体数が多く、60mm以上は大半がオオエッチェウバイであり、量的にも種組成としても明瞭な違いは見られなかった（図9）。バイ類の種を区別せずに原型籠に対する細工1籠の選択率を推定したところ、殻高145mm以上ではやや低下するものの、漁獲物の中で最大の殻高だった個体が含まれる階級（155～160mm）でも0.98であった（図10）。尤度比検定の結果、帰無仮説 $S_{l,k} = 1$ は有意確率0.05で棄却されなかった（表4）。

表2. 原型籠と細工1籠による採集日別バイ類漁獲個体数

| 採集年月日 | 原型 | | | | 細工1 | | | |
|------------|---------|-----------|-----|-----|---------|-----------|-----|-----|
| | チヂミエゾボラ | オオエッチュウバイ | ツバイ | 計 | チヂミエゾボラ | オオエッチュウバイ | ツバイ | 計 |
| 2008/6/5 | | 6 | | 6 | 3 | 22 | 14 | 39 |
| 2008/7/25 | 1 | 42 | 40 | 83 | 1 | 21 | 10 | 32 |
| 2008/9/30 | 1 | 20 | 10 | 31 | 3 | 13 | 13 | 29 |
| 2008/11/24 | 1 | 6 | 7 | 14 | | 24 | 4 | 28 |
| 2009/4/6 | 2 | 12 | 14 | 28 | 3 | 15 | 24 | 42 |
| 2009/6/4 | 1 | 19 | 18 | 38 | | 6 | 7 | 13 |
| 2009/7/21 | | | 6 | 6 | | 7 | 3 | 10 |
| 2009/9/30 | 4 | 27 | 124 | 155 | | 10 | 117 | 127 |
| 2009/12/3 | | 6 | 9 | 15 | | 1 | | 1 |
| 2010/3/15 | | 42 | 40 | 82 | | 19 | 24 | 43 |
| 計 | 10 | 180 | 268 | 458 | 10 | 138 | 216 | 364 |

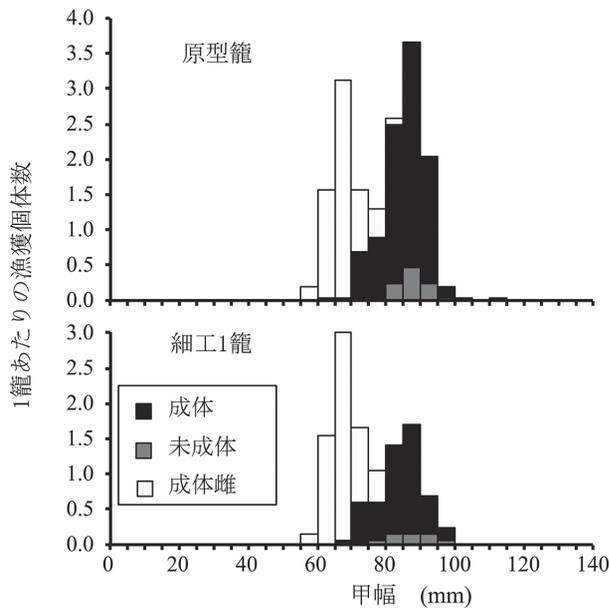


図7. 原型籠と細工1籠で漁獲されたベニズワイの甲幅組成

表3. ベニズワイの資源密度に関する最尤推定と尤度比検定の結果

| 漁具 | 漁獲性能 | パラメータ数 | LLF | 尤度比 |
|------|---------|--------|---------|---------------------|
| 細工籠1 | 雌雄とも異なる | 4 | -375.43 | - |
| | 雌は同じ | 3 | -375.43 | 0.00* ¹ |
| | 雄は同じ | 3 | -392.49 | 34.12* ² |
| 細工籠2 | 雌雄とも異なる | 4 | -113.04 | - |
| | 雌は同じ | 3 | -113.10 | 0.11* ¹ |
| | 雄は同じ | 3 | -155.29 | 84.50* ² |

*¹ $p > 0.5$

*² $p < 0.005$

細工2籠の効果 細工1籠試験と同様、細工2籠を使用した期間内（2010年5月～2013年12月）で原型籠との漁獲特性の比較を行なった。対象期間を通して、原型籠（延べ39籠）によりベニズワイ雄は144個体、ベニズワイ雌4個体、バイ類は3種合計で1,733個体、細工2籠（延べ26籠）ではベニズワイ雄12個体、雌2個体、バイ類は計1,290個体が採集された（表1, 5）。細工2籠の漁獲個体数が少なく、ベニズワイの甲幅のモード比較は明瞭ではない（図11）。

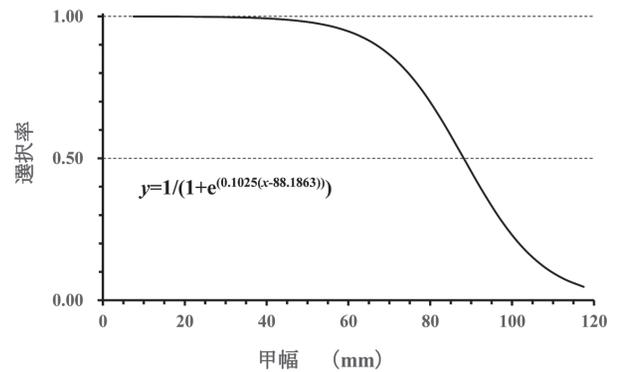


図8. 細工1籠のベニズワイに対する選択率曲線

表4. 選択率に関する最尤推定と尤度比検定の結果

| 漁具 | 魚種 | 選択性 | パラメータ数 | LLF | 尤度比 |
|------|-------|-----|--------|---------|---------------------|
| 細工籠1 | バイ類 | 有 | 33 | -116.70 | - |
| | | 無 | 31 | -116.70 | 0.00* ¹ |
| | ベニズワイ | 有 | 13 | -50.84 | - |
| 細工籠2 | バイ類 | 有 | 33 | -178.74 | - |
| | | 無 | 31 | -190.11 | 22.73* ² |
| | ベニズワイ | 有 | 13 | -32.55 | - |
| | | 無 | 11 | -71.26 | 77.42* ² |

*¹ $p > 0.5$

*² $p < 0.005$

1. **ベニズワイ混獲防止効果** 異なる籠間における漁獲個体について尤度比検定した結果、原型籠と細工2籠の間ではベニズワイ雌には漁獲個体数に差がなく、ベニズワイ雄についてのみ差があるというモデルが選択された（表3）。推定された細工籠2の選択率曲線は、最大で0.34、50%選択甲幅は39.2mmと計算された（図12）。尤度比検定の結果、帰無仮説 $S_{i,k} = 1$ は有意確率0.005で棄却された（表4）。

2. **バイ類漁獲への影響** 原型籠と細工2籠により漁獲されたバイ類の殻高組成を1籠あたりの平均個体数で比較したところ、細工2籠の方が小型のツバイは多いものの、大型のバイ類は少ない結果となった（図13）。細工2籠について推定された選択率曲線は、漁獲物の最小個体が含まれる20～25mmの階級がもっとも高く（1.00）で、殻高が大きいほど選択率が低下して、50%選択殻高

は129.1 mmであった(図14)。尤度比検定の結果、帰無仮説 $S_{j,k} = 1$ は有意確率0.005で棄却された(表4)。

考 察

ベニズワイに対する韓国製バイ籠の漁獲特性 今回の結果により、原型籠で漁獲されるベニズワイは、甲幅80~95 mmを中心とする雄および成体雌が主体であることが明らかになった(図4)。同じ幹繩に取り付けたカニ籠では甲幅100 mmを超えるカニが多数漁獲されているにも関わらず、バイ籠では漁獲されていないことから、

バイ籠には甲幅100 mmを超える大型のベニズワイ雄は入りにくいと判断される。また、バイ籠で漁獲された雄は、カニ籠の漁獲物に比べて未成体である割合が2倍以上の高い結果であった。ズワイガニ類の雄が最終脱皮となる成熟脱皮を行う齢期は個体によって異なり、その後は脱皮せず成長が止まるため(山崎1996, 養松ら2007)、甲幅が大きいほど未成体個体の割合が低下する。そのため、漁獲特性として未成体個体の割合を比較するには漁獲物の甲幅組成を考慮する必要があるが、バイ籠漁獲物の中心となる甲幅80~95 mmに限った比較でも、バイ籠での未成体個体割合が15.4~25.8%に対し、カニ籠は2.7~6.3%となり(図6)、バイ籠には未成体個体が入りやすい傾向が認められた。近縁のズワイガニでは、未成体および成体でも脱皮後に甲殻がまだ十分に硬くなっていない雄は、最終脱皮を終えて甲殻が硬くなった成体に比べて混獲後に放流された場合の生残率が低く、とくに高水温期にはほとんどが死亡する(山崎ら2011)。このため、日本海のズワイガニ漁業では、漁獲サイズに達していても、脱皮後1年を経過しないズワイガニ雄(水ガニ)は、脱皮後1年以上経過して甲殻が硬くなった雄よりも厳しい水揚げの制限が実施されている(山崎1997)。したがって、バイ籠で混獲された後に投棄された場合の死亡率は、通常のカニ籠による投棄と比べて高いことが予想される。さらに、未成体雄の繁殖への寄与

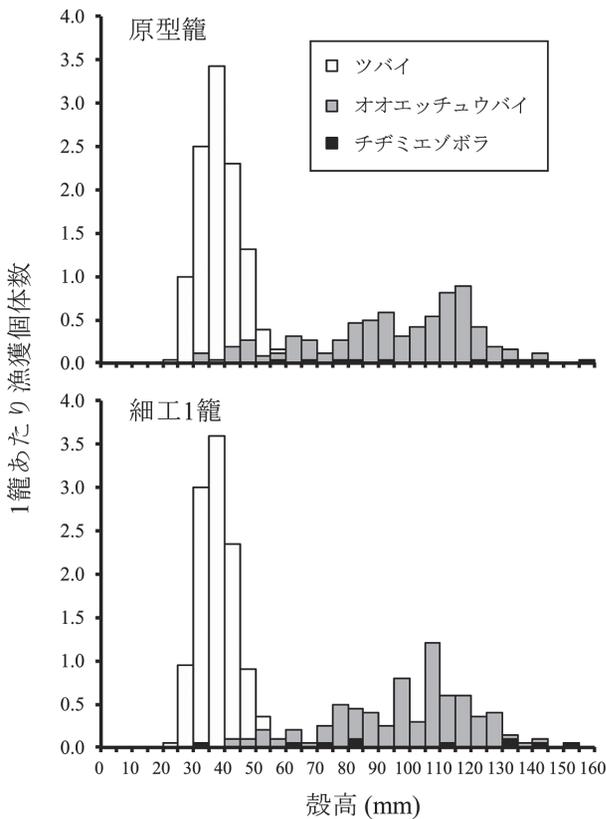


図9. 原型籠と細工1籠によって漁獲されたバイ類の殻高組成

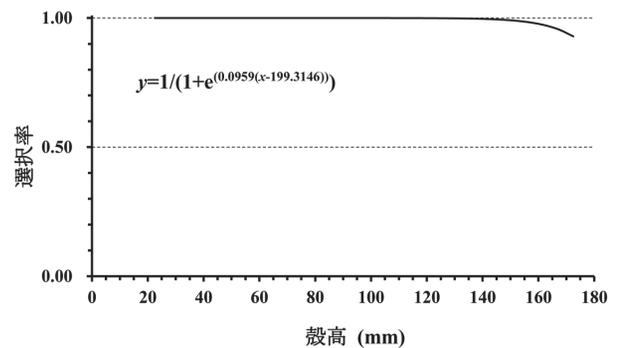


図10. 細工1籠のバイ類に対する選択率曲線

表5. 原型籠と細工2籠による採集日別バイ類漁獲個体数

| 採集年月日 | 原型 | | | | 細工2 | | | |
|-----------|---------|-----------|------|------|---------|-----------|-----|------|
| | チヂミエゾボラ | オオエッチュウバイ | ツバイ | 計 | チヂミエゾボラ | オオエッチュウバイ | ツバイ | 計 |
| 2010/5/18 | | 15 | 4 | 19 | | 9 | 2 | 11 |
| 2010/7/5 | 1 | 12 | 3 | 16 | | 7 | | 7 |
| 2010/9/27 | | 2 | | 2 | | 2 | 1 | 3 |
| 2010/12/1 | 3 | 48 | 53 | 104 | 1 | 20 | 40 | 61 |
| 2011/3/15 | 11 | 70 | 140 | 221 | 3 | 20 | 33 | 56 |
| 2011/7/6 | 7 | 45 | 40 | 92 | 4 | 33 | 32 | 69 |
| 2011/9/25 | 12 | 39 | 276 | 327 | 6 | 37 | 293 | 336 |
| 2011/12/6 | 9 | 26 | 159 | 194 | 3 | 29 | 176 | 208 |
| 2012/4/19 | 7 | 56 | 146 | 209 | 8 | 47 | 96 | 151 |
| 2012/9/14 | 9 | 73 | 150 | 232 | 2 | 39 | 97 | 138 |
| 2012/12/3 | 14 | 20 | 28 | 62 | 5 | 24 | 113 | 142 |
| 2013/7/3 | 10 | 78 | 121 | 209 | 4 | 16 | 52 | 72 |
| 2013/12/5 | 1 | 38 | 7 | 46 | | 32 | 4 | 36 |
| 計 | 84 | 522 | 1127 | 1733 | 36 | 315 | 939 | 1290 |

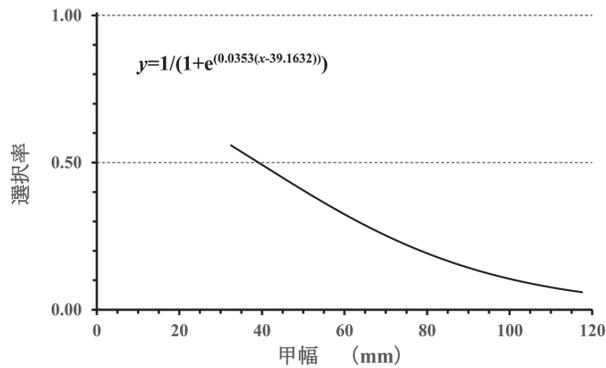


図12. 細工2籠のベニズワイに対する選択率曲線

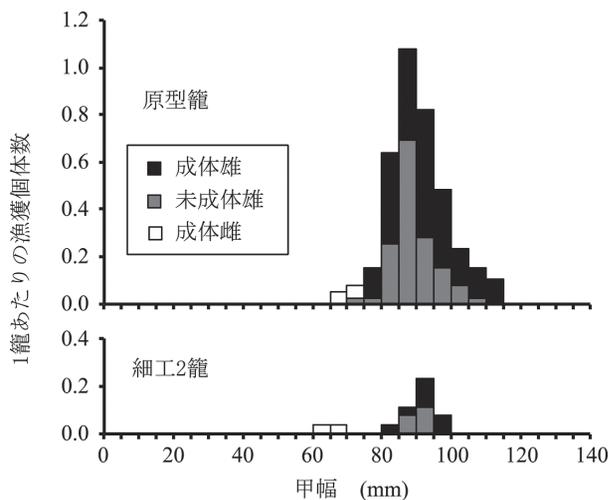


図11. 原型籠と細工2籠で漁獲されたベニズワイの甲幅組成

は限定的であり (Conan and Comeau 1986), 繁殖加入前の未成体雄の混獲と投棄による死亡は, 漁獲対象としての雄の減耗だけでなく, 再生産への悪影響が懸念される。

一方, 雌については, 多い時は原型籠1籠あたり30個体以上入網するケースがあったものの, まったく入らない日も多く, 雄と比較して採集日ごとの漁獲個体数にはばらつきが大きいという特徴がみられた(表1)。これは, ズワイガニ類の成体雌は集中分布する特徴があるため (山崎・桑原1991), それぞれの操業日に籠が置かれた地点付近での雌の分布密度を反映したものと考えられる。雌が漁獲された海域が, 調査海域の中でも比較的西側 (138度02分以西) に限られている (図3) ことから, 特定の海域に雌が集中していたことが示唆される。

ズワイガニ類の雌は, 雄と違って, ほぼ一定の脱皮齢あるいは体サイズで成熟脱皮を行い, それが最後の脱皮となるため (伊藤1976, 今1980, Yosho 2000, Yosho *et al.* 2009), 成体雌のサイズ組成は海域ごとに概ね単峰型を示す。今回の調査で漁獲されたベニズワイ成体雌の甲幅組成は65~70mmをピークとする単峰型を示し(図4), これは過去に同じ海域で採集された成体雌の甲幅組成 (Yosho 2000) とよく一致する。このことは, 高密度で成体雌が生息する海域では, 甲幅による制限なしに原型

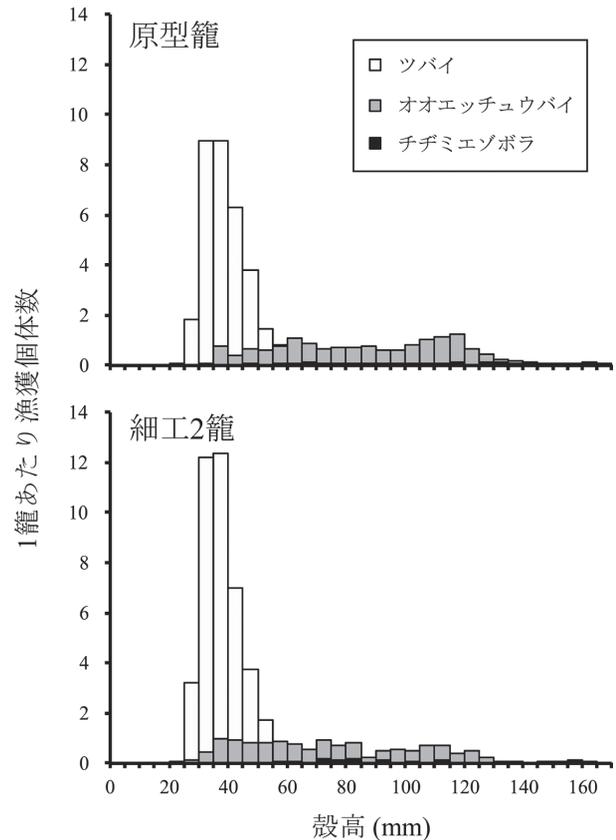


図13. 原型籠と細工2籠によって漁獲されたバイ類の殻高組成

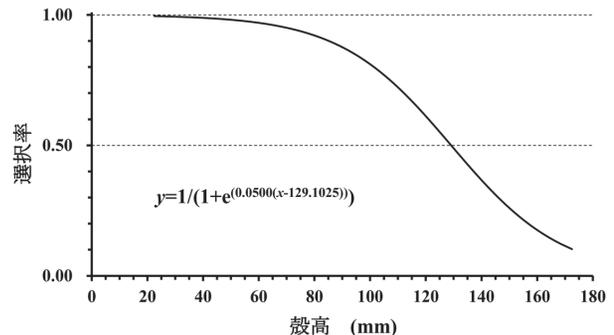


図14. 細工2籠のバイ類に対する選択率曲線

籠に大量に入網することを示唆している。

漁具改良による混獲防止効果 2種の細工のうち, より緩やかな細工1籠では, ベニズワイ雌に対しては原型籠と漁獲個体数に差がないものの, 雄については有意に原型籠より少なく, 防止効果が認められた。50%選択甲幅が88.2mmと推定されたことから, 漁獲対象となる90mm以上の雄については50%以上の防止効果が期待できる。ベニズワイ雌への防止効果が認められなかったのは, 本海域の成体雌のモードが甲幅65~70mmであり, このサイズでは選択率が0.9と, 1に近いためであったと考えられる。一方, バイ類については, 原型籠でも多くは漁獲されない145mm以上の大型のバイ類について数%程度漁獲されにくくなる可能性はあるものの, ほぼ

原型籠と同程度の漁獲個体数および漁獲物組成で漁獲できることが示唆された。

さらに入口部の小さい細工2籠でも、漁具間の雌の漁獲個体数には差がないという結果にはなったものの、細工2籠の調査期間に漁獲された雌は原型籠でも4個体と少なかったことから、雌の混獲防止効果は十分確認されたとは言えない。標本数が少ないながらも甲幅55～60mmで選択率0.34と推定されたことから、いくらか防止効果が見込める可能性はある。しかし、バイ類については、ツバイが中心の小型個体については原型籠と遜色なく漁獲されるものの、殻高100mmで約2割減少、130mmで5割減少するなど、オオエッチュウバイやチヂミエゾボラの大型個体については漁獲個体数が減少すると推定された。

したがって、韓国船によるバイ籠漁業において漁獲の主対象であるバイ類が、ツバイなど比較的小型のものであれば、細工2籠を使うことによってバイの漁獲個体数を減らさずにベニズワイの混獲をより防止できることが期待される。しかし、大型のバイ類を狙って操業されるのであれば、なるべくベニズワイ雌が高密度に分布する海域を避けて細工1籠を使うことを提言することが望ましく、韓国のバイ籠漁業の実態にあわせて提言することが必要であろう。

籠漁業では、対象とした生物以外に入網が想定されるため (Park and Bae 2011)、目的外の混獲を防ぐための方策が種々試行されており、その手法としては、網目の拡大や脱出口を取り付けることで、いったん入網した小型個体を逃がす (渡部2005, 渡部・山崎2006)、あるいは入口のサイズを変化させて入網する個体を制限するといった方法がある (谷野・加藤1971)。本研究で対象としたバイ籠漁業では、本来の対象種であるバイ類に比較して混獲を防止したいベニズワイの体サイズが同等もしくは大型のため、いったん籠内に入ったベニズワイを逃しつつ、バイ類を籠網内に留めることが物理的に困難で、入口を細工して入網そのものを防ぐ方法に限定せざるを得なかった。籠入口の大きさは、籠に入る個体を制限するだけでなく、籠から抜け出す際の制約にもなりうるが (谷野・加藤1971)、今回のバイ籠の入口の形状は、カニ籠のように常に一定のサイズに開いているものではなく、一方向からのみ押し開く構造をしており、入り口から外に出ることは非常に困難と考えられる。

調査海域である新潟県上越沖合水深800～1100mの海底には漁業対象となるエゾバイ類としては、オオエッチュウバイ、ツバイ、エゾボラモドキの3種が生息し (加藤1979)、今回の調査ではそれらがすべて漁獲された。暫定水域に近い隠岐島周辺海域には上記に加え、エッチュウバイ *B. striatissimum* が生息している (加藤1979)。隠岐島周辺の水深200～500m付近で操業する島根県のバイ籠漁船はエッチュウバイを中心に、ツバイ、エゾボラモドキを漁獲している (道根ら2002)。今回の調査

で採集されなかったエッチュウバイは、「大」銘柄では殻高120mmとなる比較的大型の種であるが、70～80mmの「豆」銘柄から水揚げされている (道根ら2002)。韓国船の狙いの中心がエッチュウバイの「豆」銘柄近傍であれば、細工2でも原型籠と同程度の漁獲が見込まれるが、エッチュウバイでは、「豆」サイズではまだ成熟サイズに達していないおそれがあり (内野1980)、エッチュウバイの資源管理という観点からの検討が必要であろう。

今回の調査により、入口部を狭めるといごく簡便な細工によって、ベニズワイ雌の混獲防止は難しいものの雄については混獲を軽減する効果が認められた。本研究はベニズワイを対象として実施したが、ズワイガニとベニズワイは近縁 (Jadamec *et al.* 1999)、形状や体サイズも似通っており (深滝1965)、雄の漁獲制限サイズも甲幅90mm (上田ら2016, 養松ら2016) と同じであることから、ズワイガニに対しても適用できると考えられる。暫定水域において日韓双方にとって重要な底魚資源であるズワイガニおよびベニズワイの混獲防止は、日韓双方の利益となる提案であり、暫定水域内のズワイガニ類資源について、日韓両国が協調して管理を推し進めるための一方策となることが期待される。

謝 辞

本調査の実施にあたり、採集調査に協力いただいた上越漁業協同組合能生支所の漁盛丸の乗組員の皆様に感謝申し上げます。原稿の作成にあたっては、匿名の査読者の方から有益なコメントをいただいたことに深謝する。なお、本研究は水産庁の国際資源評価調査等推進委託事業の一環として実施した。

文 献

- Conan G, Comeau M (1986) Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, **43**, 1710–1719.
- 深滝 弘 (1965) ベニズワイとズワイガニとの雌の外部形態の比較. 日水研報告, **15**, 1–11.
- 伊藤勝千代 (1976) 日本海におけるベニズワイの成熟と産卵, とくに産卵周期について. 日水研報告, **27**, 59–74.
- Jadamec LS, Donaldson WI, Cullenberg P (1999) Biological Field Techniques for *Chionoecetes* crabs. University of Alaska Sea Grant College Program, Fairbanks, 80p.
- 片岡千賀之 (2011) 日中韓3カ国の新漁業秩序と漁業調整. 日水誌, **77**, 699–701.
- 片岡千賀之・西田明梨 (2007) 日中韓漁業関係史II. 長崎大学水産学部研報, **88**, 137–159.
- 片岡千賀之・西田明梨・金大泳 (2004) 韓国近海漁業における新漁業秩序の形成と漁業管理. 長崎大学水産学部研報, **85**, 67–80.

- 加藤史彦 (1979) 日本海における深海性有用エゾバイ科巻き貝4種の分布. 日水研報告, **30**, 15-27.
- 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) の生活史に関する研究, 新潟大学理学部附属佐渡臨海実験所特別報告, **2**, 1-64.
- 道根 淳・為石起司・村山達朗 (2002) 隠岐島周辺海域のばいかご漁業におけるエッチュウバイの資源管理. 鳥根県水産試験場研報, **10**, 1-9.
- Millar RB, Holst R (1997) Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models. *ICES J. Mar. Sci.*, **54**, 471-477.
- Park HH, Bae BS (2011) Catch and species composition with some different traps by depth in the deep-water of the East Sea. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, **47**, 300-315.
- 境港漁業調整事務所 (2018) 密漁漁具押収. http://www.jfa.maff.go.jp/sakaiminato/kantoku/photo_oushu.html, 2018年7月12日.
- Shirai SM, Hirose T, Goto T, Kogure Y, Yoshio I (2010) Three predominant species groups of deep-sea whelks (Gastropoda: Buccinidae) in the Sea of Japan: their molecular taxonomy and geographic distribution. *Plankton Benthos Res.*, **5**, 17-30.
- 谷野保夫・加藤史彦 (1971) ベニズワイかご網の漁獲性能と選択性. 日水研報告, **23**, 101-117.
- 東海 正 (1997) MS-Excelのソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic式パラメータの最尤推定. 水産海洋研究, **61**, 288-298.
- 内野 憲 (1980) エッチュウバイの成長. 京都府立海洋センター研究報告, **4**, 39-44.
- 上田祐司・養松郁子・藤原邦浩・松倉隆一・山田達哉・山本岳男 (2016) 平成27 (2015) 年度ズワイガニ日本海系群の資源評価. 平成27年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, pp. 545-610.
- 渡部俊広・山崎慎太郎 (1999) ベニズワイガニ籠漁業における漁具の浸漬時間と漁獲. 日水誌, **65**, 642-649.
- 渡部俊広 (2005) 逸失した状態におけるベニズワイガニ籠のサイズ選択性. 日水誌, **71**, 16-23.
- 渡部俊広・山崎慎太郎 (2006) ポケットケージを用いて推定したベニズワイガニ籠のサイズ選択性. 水工研技報, **28**, 1-11.
- 渡部俊広・前田経雄・養松郁子・白井 滋 (2004) 曳航式深海用ビデオカメラを用いたベニズワイガニに対する籠漁具の有効漁獲面積推定に関する予備試験. 水工研技報, **26**, 17-21.
- 山崎 淳・桑原昭彦 (1991) カニカゴ操業結果からみたズワイガニの分布と甲幅組成. 日水誌, **57**, 439-446.
- 山崎 淳 (1996) 日本海における雄ズワイガニの漁獲サイズ. 日水誌, **62**, 623-630.
- 山崎 淳 (1997) 日本海ズワイガニ漁業における"水ガニ"漁獲禁止の有効性. 日水誌, **63**, 30-34.
- 山崎 淳・宮嶋俊明・藤原邦浩 (2011) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ水ガニの入網数とリリース直後の生産率. 日水誌, **77**, 372-380.
- Yoshio I (2000) Reproductive cycle and fecundity of *Chionoecetes japonicus* (Brachyura: Majidae) off the coast of Central Honshu, Sea of Japan. *Fish. Sci.*, **66**, 940-946.
- 養松郁子 (2007) ベニズワイ漁業および資源に対する北部日韓暫定水域設定の影響と今後の資源管理方策. 海洋水産エンジニアリング, **7**, 5-14.
- 養松郁子・白井 滋・廣瀬太郎 (2007) ベニズワイ *Chionoecetes japonicus* 雄の相対成長の変化と最終脱皮の可能性. 日水誌, **73**, 668-673.
- Yoshio I, Hirose T, Shirai S (2009) Bathymetric distribution of benizuwai crab *Chionoecetes japonicus* in the northern part of the Sea of Japan. *Fish. Sci.*, **75**, 1417-1429.
- 養松郁子・銭谷 弘・後藤常夫 (2016) 平成27 (2015) 年度ベニズワイガニ日本海系群の資源評価. 平成27年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, pp. 1874-1895.