

# ケガニかごの漁獲選択性に関する研究\* 1

西内 修一\* 2

A study on size-selectivity of hair crab pots\* 1

Shuichi NISHIUCHI\* 2

The hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, is an important marine resource in Hokkaido. Because the catches have been low in recent years, stock enhancement is becoming more important. In order to establish selective fishing methods corresponding to the minimum legal size, the size-selectivity of various mesh sizes and escape-vents of hair crab pots were estimated based on data from comparative fishing experiments, and the results compared. The size-selectivity of each mesh size and escape-vent size were estimated using the SELECT method. The selectivity master curves for both mesh size and escape-vent size were estimated using the expanded SELECT model. The results obtained from this study are as follows:

Since some problems have occurred in previous studies on the selectivity of pots (traps), a new method based on the fishing process of hair crab pots was developed using the SELECT model and the master curve method. This method was useful for estimating the size-selectivity for both mesh and escape-vents, and showed that the assumption of equal relative fishing efficiency between hair crab pots with various mesh sizes or escape-vent sizes is not always applicable. Moreover, the assumption that a proportional relationship exists between the rostral length and the mesh size that show the same retention probability was not accepted. In order to compare the mesh selectivity and escape-vent selectivity, equations which represent the relationship between the 50% retention rostral length ( $l_{50}$ ) and the selection range (SR) were derived from the selectivity master curve for both mesh size and escape-vent size. Graphically, the mesh selectivity and escape-vent selectivity can be readily compared.

Mesh selectivity curves for each mesh size and master curve were estimated on the data from comparative fishing experiments in the case of both the 1-day soak and 2-day soak. Mesh sizes used for experiments were 57, 72, 87, 102 and 117 mm for the internal stretched length. The logistic function was used to give the mesh selection.

The difference in 50% retention rostral length between soak times was not clear. However, the selection range for the 2-day soak was narrower compared with that for the 1-day soak, indicating that the mesh selectivity would change with the soak time. In the meantime, no difference in the relative fishing efficiencies among mesh sizes was found for the 1-day soak. However, the relative fishing efficiency in the selected models increased with increasing mesh size in the case of the 2-day soak. This indicates that the relative fishing efficiency would change with the soak time. The assumption that a proportional relationship exists between the rostral length and the mesh size that shows the same retention probability is not accepted. From the master curve, the mesh size with which the rostral length of 50% retention corresponding to the minimum legal size of 80 mm and its selection range were calculated as 114 mm and 6.3 mm for the 1-day soak, and 114 mm and 2.5 mm for the 2-day soak, respectively. These results show that the mesh selectivity of hair crab pots are sharp. On the other hand, the rostral length of 50% retention for the current minimum legal mesh size of 115-mm (knot to knot length) were calculated as 78.3-mm for the 1-day soak and 78.4-mm for the 2-day soak, respectively, slightly smaller than the minimum legal rostral length of 80-mm.

In the years after the introduction of the mesh-size restriction, the proportion of hair crabs that were of sublegal-

---

報文番号 A365 (2003年1月27日受理)

\*1 北海道大学審査学位論文 (掲載に際し投稿規定に従って一部修正した)

\*2 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan), e-mail; nishiuchis@fishexp.pref.hokkaido.jp

sized crabs caught by commercial vessels was significantly low compared with that for a research vessel in the three areas off Abashiri subprefecture. This indicates the effectiveness of the mesh restriction. However, the percentage of sublegal hair crabs caught by the commercial vessels were still high (30-40% on an average) in the years after the introduction of the mesh-size restriction.

The preliminary experiment using pots with two 75-mm wide × 48-mm high vents and those with two 85-mm wide × 55-mm high vents showed that a significant improvement on the selectivity of hair crab pots can be achieved by incorporating escape-vents into pots. The 85 × 55-mm vents were more efficient than the 75 × 48-mm vents in reducing the catch of sublegal crabs and retention of legal crabs.

The size-selectivity curves for each escape-vent size and master curve using the logistic function were estimated on data from comparative fishing experiments in the cases of both 1-day soak and 2-day soak. The pots used for the experiments were control pots without an escape-vent and the other four types of pots with two escape-vents of 100-mm wide and 49, 51, 53 and 55-mm high. For each escape-vent size, the rostral length of 50% retention in the case of the 2-day soak was larger than that for the 1-day soak, and the selection range for the 2-day soak was narrower than that for the 1-day soak. These results suggest that the size-selectivity of escape-vents vary with the soak time. The optimum escape-vent size that would retain legal-sized crabs but allow sublegal-sized ones to escape was estimated to be 51-mm high. The assumption of equal relative fishing efficiency was accepted for the 1-day soak, while it was not accepted for the 2-day soak. The relative fishing efficiency was increased by increasing the escape-vent size for the 2-day soak. On the other hand, the principle of geometric similarity of Baranov was accepted for both the 1-day soak and the 2-day soak.

The number of escape-vents also affected the size-selectivity of the hair crab pots. While no difference in the size-selectivity was observed between the number of escape-vents for the 1-day soak, the 50% retention rostral length of two 85 × 55-mm vented pots was larger than that of one 85 × 55-mm vented pots for the 2-day soak. Thus the pots with two 85 × 55-mm escape-vents were more efficient than those with one 85 × 55-mm escape-vent in reducing the sublegal crab catch for the 2-day soak. From the above results the most efficient escape-vent to be incorporated into pots would be two of 100-mm wide × 51-mm high vents.

With the intent to save cost and labor, the theoretical size-selectivity curves based on the body depth vs. rostral length regression were calculated for the escape-vent sizes used in the experiments. The 50% retention rostral lengths estimated from the SELECT model were apparently lower than those predicted by the theoretical size-selectivity curves for the 1-day soak, while the theoretical size-selectivity curves were close to the SELECT-produced size-selectivity curves for the 2-day soak. This indicates the necessity of introducing the factor relating to the soak time into calculating theoretical curves.

Comparing the  $SR-I_{50}$  relationship between mesh size and escape-vent size proved that the escape-vent selectivity is as sharp as that of the mesh selectivity. There are some advantages of escape-vents compared with mesh (i.e., stable selectivity, simplicity to change the selectivity of pots). Moreover, the selectivity of escape-vents could be ameliorated with some options (e.g., material, shape, number, and the location of escape-vents). Therefore, I concluded that escape-vents are an effective method for selective fishing of legal sized hair crabs, *Erimacrus isenbeckii*.

キーワード：ケガニ，かご，選択性，網目，脱出口，SELECTモデル

## 第1章 序論

### 1. 本研究の目的

ケガニ, *Erimacrus isenbeckii*は北海道の特産品として、水産業はもちろんのこと観光産業にとっても重要な資源であり、年間2,000～3,000 t, 50億～80億円の水揚げがある。高級食材であるため単価が高く、密漁や横流しなどの不正行為が後を絶たないことも原因して、近年

の資源水準は一般に低く、資源管理が必要な魚種の一つであり、これまでに様々な資源管理対策が講じられてきている。中でも雌の採捕禁止と雄の甲長8 cm以上の漁獲サイズ規制及び許容漁獲量制度は資源管理の2つの大きな柱となっている。資源管理の一つ目の柱である雌の採捕禁止と雄の甲長8 cm以上の漁獲サイズ規制を達成する

ために、北海道ではかご漁法による漁獲を推進している。その理由は、選択性があることと、たとえ雌や甲長 8 cm 未満の雄が漁獲されても、再放流による生存が期待できるためである。1994年にケガニかごの網目規制が導入され、規格外のケガニの再放流量はかなり減少したと考えられるが、現在の再放流量は決して少なくはないと考えられる。再放流は生残を期待して行われるが、かご漁法における船上からの放流については、空中露出や直射日光による生理的ストレス、カニ同士のはさみ合いや選別作業による鉗脚や歩脚の脱落、放流後海底に到達する間の魚類等による被食や海底到達後に好適でない環境条件下で起こる被食などが、直接または間接に死亡や成長障害を引き起こすことが指摘されている<sup>1-5)</sup>。また、水揚げ対象外の個体をかごに閉じこめておくことは、共食いの発生やゴーストフィッシングによる死亡率の増加の原因ともなる<sup>5)</sup>。これらの死亡や成長障害は資源管理の効果を低減させるばかりでなく、漁獲物解析による資源評価の精度を低下させる原因となるであろう。このため、甲殻類を対象とするかご漁法に共通する課題として、水揚げ対象外の個体を漁獲しない選択性の鋭いかごの開発がある。海外においては規制サイズ未満の個体だけを効率よく逃避させることのできる脱出口の研究が盛んに行われおり、脱出口の取り付けが法的に義務づけられている例も多い<sup>5-8)</sup>。国内における脱出口の研究はごくわずかであり、漁業現場への導入例はみられないが、ケガニかごの漁獲選択性の改善手段として、脱出口の導入は検討に値するものと考えられる。選択的漁獲のために網目規制や脱出口の導入などを検討する場合、根拠となる漁獲選択性の研究は、実証的なデータが得られる比較操業実験によることが望ましいが、これまで比較操業実験結果の解析に用いられてきた手法や仮定は、必ずしも適切でないことが指摘されており<sup>9-13)</sup>、適切なモデルによる漁獲選択性の解析が必要となっている。

もう一つの柱である許容漁獲量制度は、精度の高い資源評価と資源予測を必要とする。資源量指数の算出や漁獲物解析による資源量推定が行われているが、ケガニの漁獲データには大きな誤差が含まれることが予想され、いずれの海域においても水産試験場の調査船あるいは漁船によるケガニかごを用いた資源調査が資源評価と資源予測に重要な役割を果たしている。このような漁具を用いた調査結果から資源を評価する場合には、漁具の特性の把握が必要不可欠である。しかし、ケガニかごの漁獲選択性、誘集範囲、漁獲効率などの漁獲特性については、推定する手法も含めて研究が十分に進んでいないのが現状である。

本研究の第一の目的は、ケガニかごの漁獲選択性に関

する比較操業実験データを解析するための統計モデルを作ることにある。第二の目的は、作成したモデルにより、適切な仮定のもとでケガニかごの網目選択性と脱出口の選択性を推定し、その特徴を明らかにすることにある。第三の目的は、網目の選択性と脱出口の選択性を比較するとともに、選択性を左右する要因を検討し、ケガニの選択的漁獲方法を探ることにある。

## 2. ケガニの形態と一般生態

ケガニは雌雄により体型が異なる (Fig. 1)。同じ甲長では雌の方が甲幅が大きく、雌の方が背甲は円形に近い。雄の甲は縦に長い楕円形である。また、雌の甲は雄に比べ背甲面のふくらみが大きい<sup>14)</sup>。額には 2 歯、甲の側縁には 7 歯があり、甲面には左右相称に小棘の群がある。鉗脚は歩脚よりも短く、歩脚各節はやや平たい。鉗脚と歩脚の各節には、羽状の毛と小棘がある<sup>15)</sup>。腹部は 7 節よりなり、雄の腹部は幅が狭いが、雌の腹部は幅が広く、腹部の形から外見上雌雄判別ができる<sup>14)</sup>。体色はオレンジ色であるが、脱皮後の回復が進むにつれて次第に黒ずむ。これまで知られている最大の個体は、雄が甲長 152mm<sup>16)</sup>、雌が甲長 117mm である<sup>17)</sup>。

国内では、北海道沿岸各地から、太平洋側では仙台沖まで、日本海側では鳥取県まで分布する。海外では、朝鮮東岸、南樺太、千島列島沿岸、東ベーリング海に分布する。北海道から千島列島沿いに南カムチャッカにかけて分布量が多く、北海道周辺では、オホーツク海と太平洋での密度が高い<sup>18)</sup>。主に水深 150m 以浅に分布し、生



Fig.1 Female hair crab (top) and male hair crab (bottom).

息域の底質は砂や砂泥である。生息場所の底層水温は、15 以下のことが多い。

オホーツク海域、釧路以西海域では深浅移動が知られており、ケガニは夏季～秋季にかけて沖合いへ移動し、冬季に沿岸へ移動する<sup>19,20)</sup>。また、未成体と成体とで分布域が異なり、相対的に未成体の分布場所は水深が浅く水温が高いのに対し、成体の分布場所は水深が深く水温が低い<sup>20,21)</sup>。

生物学的最小形は、雌が甲長約50mm、雄が甲長41～50mmである<sup>16)</sup>。ケガニで体の大きさを表すときに用いる甲長とは、額域にある2歯の中央の切れ込みから甲の後縁中央部までの距離であり、一般的に用いられている甲長とは異なる。

脱皮間隔は若齢期には短く、高齢になるに従って長くなる。雄成体の脱皮時期は、オホーツク海では3月下旬～4月上旬<sup>22)</sup>、釧路以西海域では1～2月<sup>20)</sup>である。雌成体の脱皮時期は交尾期に一致する。1回の脱皮による甲長の成長は、成体雄では10mm以上に達し、甲長50mm台の雌で4～8mmである<sup>22)</sup>。ケガニでは年齢形質がみつからないため、年齢、齢期、甲長の3者の関係は、ふ化時期、甲長組成の解析、飼育実験などから推定されている。釧路以西海域では、雌雄ともふ化後満1歳で6齢、甲長20.4mmとなり、満2歳で9齢、甲長46.4mmとなる。その後、雄は満5歳までほぼ1年毎に脱皮し、満3歳で10齢期、甲長59.1mm、満4歳で11齢期、甲長73.3mmとなる。満5歳以降、脱皮間隔が2年以上になる個体が多く、満5～6歳で12齢期、甲長88.2mm、満7～8歳で13齢期、甲長103.5mmとなる<sup>16)</sup>。一方、雌は満3歳以降、生殖周期と連動して3年間隔で脱皮を行うため、雄に比べ成長が悪く、満3～5歳で10齢期、甲長55.9mm、満6～8歳で11齢期、甲長65.8mmとなる。オホーツク海域における成長は釧路以西海域と類似しており、雄は満5～6歳で12齢期、甲長85.5mmとなる<sup>23)</sup>。すなわち、釧路以西海域、オホーツク海域ともに、規制サイズに達する雄の年齢は5歳と推定されている。ただし、釧路以西海域では最近新たな成長モデルが提示され、それによると規制サイズに達する雄の年齢は7歳(14齢期)と推定され、さらに年齢が高い可能性も指摘されている<sup>24)</sup>。

稚ガニ期の胃内容物は、砂、甲殻類の細片、二枚貝の稚貝である。未成体期及び成体期のケガニの胃からは、端脚類、ヤドカリ類、エビ類、頭足類、等脚類、魚鱗、多毛類の剛毛、砂などがみついている。摂餌活動は日の出頃の早朝に開始され、昼間に最も活発である。

### 3. 北海道におけるケガニの漁獲量と漁業の実態

ケガニの産業的価値が高まったのは、ケガニ缶詰の生

産が本格化した1933年(昭和8年)以降である。第2次世界大戦で漁業は低迷したが、戦後の1950年代に漁獲量は急増し、1955年(昭和30年)には、過去最高の27,385tの漁獲が記録された(Fig. 2)。その後、増減はあるものの、漁獲量は急激に減少し、1967年(昭和42年)の12,525tを最後に10,000t以上の漁獲は記録されていない。1968年以降、許容漁獲量制度の導入が各地で進み、最近の漁獲量は2,000～3,000tの範囲である。最近の漁法別漁獲量をみると、大部分がケガニかごによる(Fig. 3)。海域別では、オホーツク海の漁獲量が約7割を占める(Fig. 4)。

1933年(昭和8年)以前のケガニの漁獲は、カレイ刺網、延縄、手繰網、ヤスなどによる混獲であったが、1933年以降の缶詰産業の発展にともなって、ケガニを漁獲する専用漁具として「ケガニかご」が各地に普及した。ケガニかご漁業は、幹網に枝網を用いて餌を入れたかごを9～18m間隔で取り付け、1～2昼夜海底に敷設し、ケガニを餌により誘集して漁獲する。かごは円錐台形または半球形であり、かごの上面に入口1個があり、入

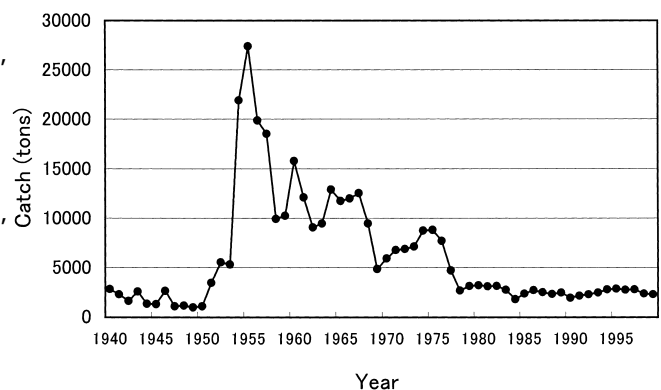


Fig.2 Annual catches of hair crabs in Hokkaido during the period 1940 to 1999.

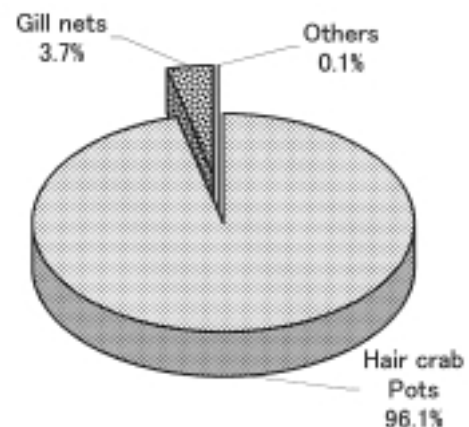


Fig.3 Composition of the fishing method for the hair crab catch in Hokkaido in 1999.

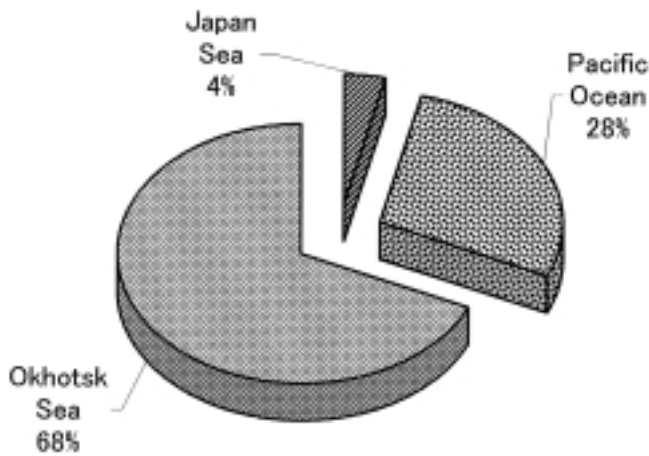


Fig.4 Composition of the fishing area for the hair crab catch in Hokkaido in 1999.

口には返しが付けられている (Fig.5)。餌には従来スルメイカが最も多く使用されていたが、現在では経費を考慮してスケトウダラ、キュウリウオ、コマイなど様々な魚類が用いられている。現在のケガニかご漁船は20 t未満であり、地域により異なるが1隻当たり200~1,500個のかごが使用されている。宗谷海峡と利尻礼文島周辺の試験操業では、刺網が用いられている。

ケガニ漁場は、北海道のオホーツク海沿岸一帯と太平洋沿岸一帯に広がっている (Fig.6)。漁場の底質は砂あるいは砂泥の所が多い。ケガニの深浅移動にともなって漁場は移動するが、オホーツク海では水深60~130mが、太平洋では水深100m以浅が好漁場となる。漁期は海域により異なり、オホーツク海では3月下旬から8月下旬、釧路東部海域では2月上旬~3月下旬、釧路西部・十勝海域では9~3月、日高東部海域では12~2月、日高西部海域では1~3月、渡島・胆振海域の噴火湾内では6月、湾外では7~8月である。また、宗谷海峡と利尻・礼文島周辺海域における試験操業の漁期は、2~4月である。すなわち、全道的にみた場合、周年ケガニ漁業が行われていることになる。

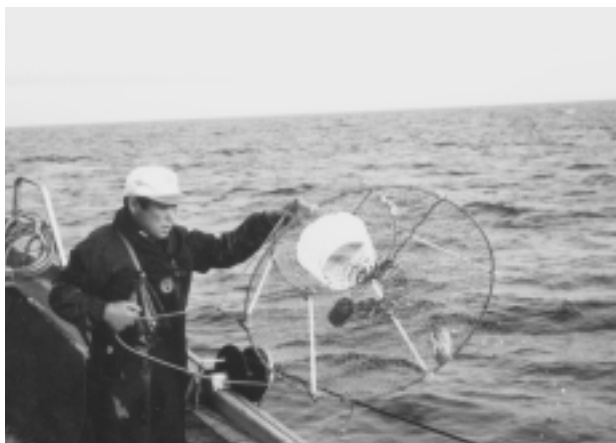


Fig.5 Two types of commercial hair crab pots. Hemispherical pot (top) and conical pot (bottom).

#### 4. 北海道におけるケガニの資源管理

北海道は1955年(昭和30年)以降の漁獲量の急激な減少を重くみて、1963年(昭和38年)以降、ケガニ資源回復のために各種の対策を講じてきている。ケガニかご漁業は1963(昭和38年)の漁業権の切り替えを契機に、共同漁業権漁業から知事許可漁業となった。また、減船と刺網漁業からかご漁業への転換が推進され、共同経営化が進んだ。1964年(昭和39年)からは北海道海面漁業調整規則により、雌ガニと甲長8cm未満の雄ガニの採捕が

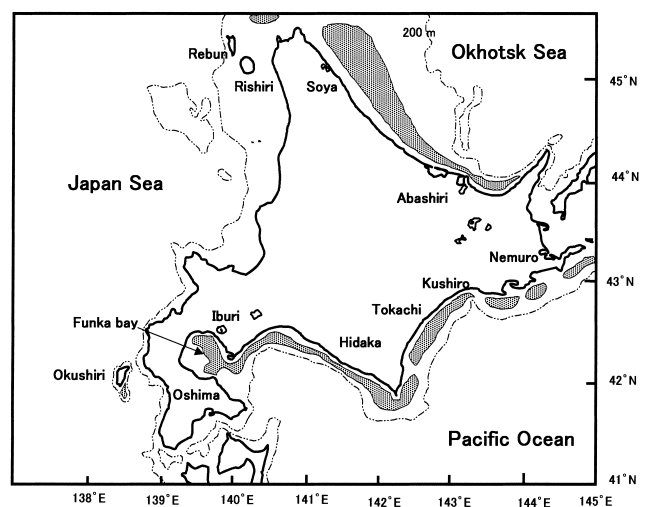


Fig.6 Fishing grounds of hair crabs around Hokkaido.

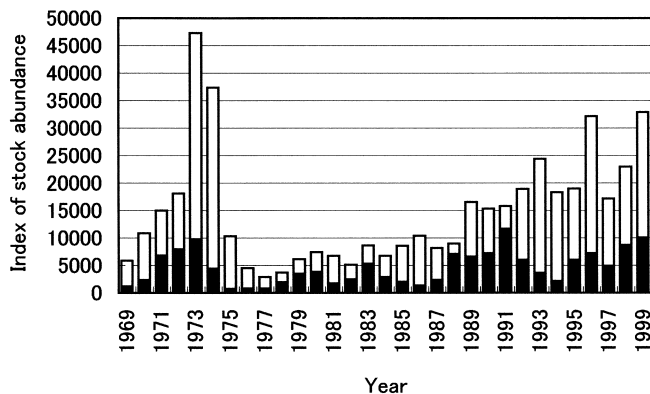


Fig.7 Changes in the index of the stock abundance for male hair crabs during 1969 to 1999 in Okhotsk Sea. Closed and open bars show sublegal-sized males and legal-sized males, respectively.

禁止され、1968年（昭和43年）にオホーツク海と十勝海域で許容漁獲量制度が導入されたのを皮切りに、各地で同制度の導入が図られ、現在ではほとんどの海域で許容漁獲量が決められている。1994年（平成6年）には、3.8寸（115mm）以上の網目規制が導入された。その他、各海域毎に隻数、漁具数、操業期間などが決められている。また、保護区域の設定や自主休漁期間の設定を行っている海域もある。

オホーツク海域では1980年代に入ってから資源の回復がみられている（Fig. 7）。佐藤<sup>25)</sup>はこの資源回復に特に効果があった措置として、減船、網目規制、軟甲ガニの放流、刺網からかごへの転換を上げている。しかし、太平洋海域では、跡を絶たない密漁などの問題もあり、資源の回復は進んでいない。1984年から水産庁の委託で全国的に展開されている資源管理型漁業の推進により、漁業者が資源管理のための調査や管理計画の策定に参加する機会が多くなっている。オホーツク海では、漁業者による資源のモニタリングが継続して実施されているほか、1990年と1991年には自主的に網目試験を実施し、許可条件に盛り込まれる前に目合の拡大を実施している。

## 5. 本論文で用いた記号

記号については各章毎に説明を行ったが、本論文で用いた記号は次のとおりである。

記号	意味
$a$	選択性曲線のパラメータ
AIC	赤池の情報量規準
$b$	選択性曲線のパラメータ
$c$	過分散の大きさ
BD	体高
BL	体長
DA	左右の第3歩脚先端間の距離
$D^2$	逸脱度
$D_i$	甲長階級 $i$ の逸脱度残差
$f$	パラメータを表す添字
$G$	胴周長
$g$	パラメータを表す添字
$i$	甲長階級を表す添字
$l$	Fisher情報行列
$J$	目合または脱出口サイズの階級数
$j$	目合または脱出口サイズの階級を表す添字
$k$	甲長階級の数
$L$	尤度関数
$l$	甲長
$l_0$	選択性マスターカーブのパラメータ
$l_{50}$	50% 選択甲長
$M$	網目内周長
MLL	最大対数尤度
$m$	目合
$m_0$	網目選択性マスターカーブのパラメータ
$N$	漁獲尾数の期待値
$n$	漁獲尾数の観測値
$np$	自由パラメータ数
$p$	相対漁獲強度
$r$	選択性曲線
SR	選択性レンジ
$sign$	符号関数
$v$	脱出口のサイズ
$v_0$	脱出口選択性マスターカーブのパラメータ
	ポワソン分布の平均値
	選択性曲線のパラメータ
	未知パラメータ
	漁獲割合の観測値
	漁獲割合の推定値
	標準正規分布の累積分布関数
BD1	体高1の標準偏差
$v$	脱出口サイズの標準偏差