

であれば、相対漁獲強度は相対漁獲効率に等しい。選択性の解析において関心があるのは、相対漁獲強度そのものではなく、相対漁獲効率である。本研究では、かごをすべてブロックで管理し、各種類のかごの使用かご数が同じになるようにデータを収集したので、相対漁獲強度は相対漁獲効率に等しい。

### 5. 仮説検定とモデルの選択

本研究では、個別の目合あるいは脱出口サイズの選択性曲線を求める場合には、SELECT モデルの特徴の一つである、相対漁獲強度  $p$  を等しいと仮定するモデル Equal split model と、特別な仮定をもうけない Estimated split model を比較する。これら両モデルは包含関係にあるため、尤度比検定により帰無仮説  $p=0.5$  を検定することによりモデル選択を行うことができる。ただし、過分散が疑われる場合には、逸脱度 (model deviance) の自由度に対する比 ( $D^2/d.f.$ ) で過分散の大きさ  $c$  を推定し、検定統計量を  $c$  で除して対応する<sup>63)</sup>。

一方、選択性マスターカーブの推定では、相対漁獲強度  $p$  に関する仮定の他に、(2-41) ~ (2-43) 式で示したように、マスターカーブのパラメータの設定方法によりいくつかのモデルが考えられる。これらのモデルには包含関係のない組み合わせが含まれる。たとえば、マスターカ

ーブのパラメータ  $l_0$  だけを用いたモデルと  $m_0$  だけを用いたモデルである。尤度比検定では、これらのモデルを比較できない。そこで、最尤法による解析で広く用いられている赤池情報量規準、AIC<sup>66,67)</sup> を用いる。AICは包含関係のないモデルが存在する場合にも、モデル選択の客観的な規準となる。AICは次式 (2-69) で定義される。

$$AIC = -2MLL + 2np \quad (2-69)$$

ここで、 $MLL$ は最大対数尤度を、 $np$ は自由パラメータ数を表す。AICの値が最小となるモデルを適切なモデルとして選択する。

### 6. パラメータの最尤推定

漁具の選択性の解析において、対数尤度関数からパラメータを推定する場合、一般化線形モデルと最尤法が用いられる。最尤法を用いる場合、最適解の探索にはシンプレックス法<sup>47)</sup>が用いられる他、表計算ソフトであるMS-Excelのソルバーも利用される<sup>11,50,68)</sup>。本研究では、表計算ソフトMS-Excelのアドインソフトである「ソルバー」により、(2-8)及び(2-39)式の対数尤度を最大化する最適解を探索する。なお、ソルバーを使用した場合、1回で最適解に収束する保証がないので、推定する各パラメータの初期値などを変えて計算を繰り返し、対数尤度の値とパラメータの値から最適解への収束を判断する。

## 第3章 ケガニかごの網目選択性の推定

北海道ではケガニの資源管理のために、1964年以降、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禁止されている。この規制措置の実効を上げるために北海道水産林務部では、漁獲選択性が良く、たとえ雌ガニや甲長8cm未満の雄ガニが漁獲されても、生かしたまま放流が容易なかご漁法による漁獲を基本方針としており、1994年には、かご網の目合を115mm(3.8寸)以上とする目合規制を許可条件に盛り込んだ。この目合規制導入以前には、61~112mm(2.0~3.7寸)の範囲の様々な目合が用いられていたが<sup>69)</sup>、一般に目合は小さく、水揚げ対象外の小型の雄や雌の漁獲が問題となっていた。かご漁法では、水揚げ対象外のカニを放流することが可能であるが、選別作業による傷や、カニ同士のハサミ合いによる付属肢の脱落、漁獲量が多い場合に起こる長時間の空中露出により、ケガニの活力が著しく低下する。Watanabe and Sasakawa<sup>29)</sup>と山本<sup>70)</sup>は、このような水揚げ対象外のカニへの悪影響を最小限にとどめ、甲長8cm以上の雄のみを効率的に漁獲できるかご網の目合の研究を行った。Watanabe and Sasakawa<sup>29)</sup>は水槽実験と噴火湾内

外における野外実験の結果から、また、山本<sup>70)</sup>はオホーツク海における野外実験の結果から、それぞれ適正な目合を検討し、両者とも121mm(4.0寸)の目合が適正であると結論している。北海道水産部はこれらの実験結果を受けて、1986年に121mm(4.0寸)の目合規制案を示したが、漁業者の間には漁獲量の減少につながるのではないかという不安の声が多く、実現には至らなかった。一方、研究者間では、噴火湾内外での実験では、実験海域に甲長8cm以上のケガニが極めて少なかったこと、オホーツク海での実験は資源調査に付随して行われたため、各目合の使用かご数が異なるとともに、かごの配置がランダムとなっていなかったことが問題点として指摘された。これらの問題を解決するため、著者は1987~1989年にオホーツク海のケガニ漁場において、ケガニかごの網目選択性に関する比較操業実験を実施し、このうち1987年及び1988年の実験結果から、石田<sup>38)</sup>の方法によって網目選択性曲線を求めた<sup>31)</sup>。この選択性曲線をもとに、北海道水産部では、1994年に115mm(3.8寸)以上の目合規制を許可条件に盛り込んだ。この目合(115mm)は、目合規

制による漁獲対象サイズの漁獲量減少を極力回避したいという漁業者の要望を受けて、規制サイズである甲長 8 cmの雄ガニに対する選択率が70%となるように決定された。

しかし、第2章で述べたように、石田の方法の使用に当たっては、Baranov の仮定の成立を確認する必要があることや<sup>39)</sup>、実験に用いた各目合のかごの相対漁獲効率が等しいという仮定が成り立っている必要があるが、ケガニかごの網目選択性に関して、これらの仮定はまだ確かめられていない。さらに、かご漁具においては浸漬日数が漁獲に大きく影響することが知られているが<sup>71)</sup>、これまでケガニかごでは浸漬日数を考慮したデータ解析が行われていない。これらの点から、ケガニかごの網目選択性の解析は、十分に行われているとはいえない。

そこで、本研究では第2章で述べた SELECT モデルとマスターカーブ法によりケガニかごの網目選択性曲線を推定し、上述の2つの仮定の妥当性を評価した。また、浸漬日数を考慮したデータ解析を行い、浸漬日数が漁獲選択性に及ぼす影響について検討した。さらに、ケガニかご漁船による網目試験結果と目合規制導入前後の12年間の漁獲物組成を調べ、目合規制の効果について検討した。

なお、ケガニかごでは、雌の漁獲尾数が雄に比べて非常に少ないため、漁獲選択性に関する技術開発では、規則で漁獲が認められている甲長 8 cm以上の雄をいかに選択的に漁獲するかが課題となっている。このため、本研究においては、雄に対する網目選択性の推定に主眼を置いた。

1. 材料と方法

1.1 比較操業実験

ケガニかごの網目選択性を明らかにするため、1987年6・7月、1988年6・7月及び1989年7月に、北海道オホーツク海沿岸の水深70～96mのケガニかご漁場 (Fig. 9)において、用船した調査船第58喜宝丸 (14.99 t 雄武漁業協同組合所属) により延べ20回の比較操業実験を実施した。

実験には、オホーツク海で漁業者が通常使用している円錐台形型のケガニかごを用いた (Fig. 5)。かごの主要部分の寸法をFig. 10に示した。上輪の直径は47cm、下輪の直径は89cm、かごの高さは42cmである。上輪と下輪は6本の側枠で固定されている。かごの上面に直径30cmの入口1個が有り、入口には高さ16cmの漏斗がついている。試験に用いた網目内径 (2脚1節長) は57mm、72mm、87mm、102mm、117mmの5種類である。網糸は直径1.33mmのポリエチレン製 (ハイゼックス, 10号) であり、網地は蛙又結節である。餌には冷凍スケトウダラの切り身を1

かご当たり約120 g、ポリエチレン製の餌缶に入れて使用した。

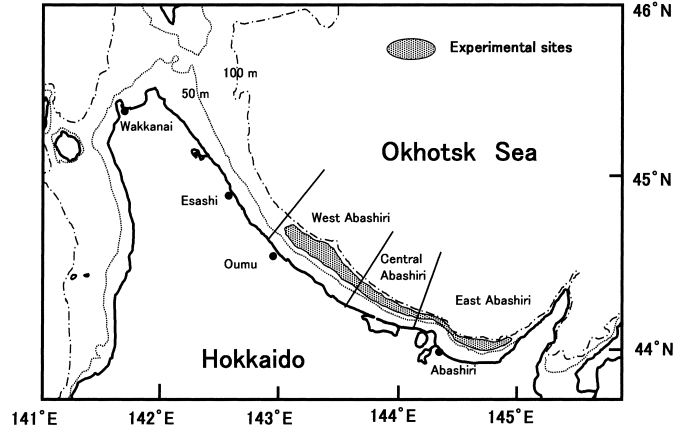


Fig.9 Map showing experimental sites.

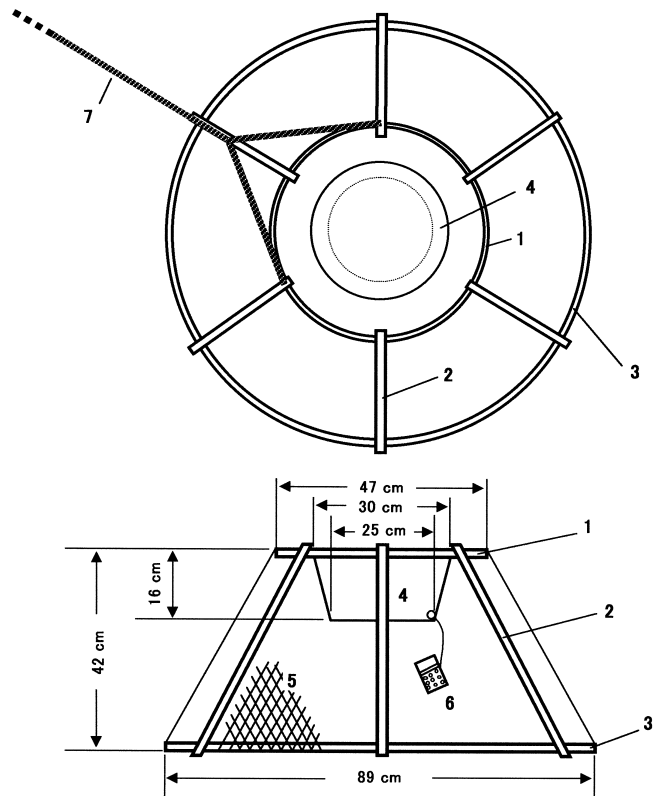


Fig.10 Diagram of the hair crab pot used in the mesh selectivity experiments. 1, upper ring of plastic; 2, lateral bars of plastic; 3, lower ring of vinyl-coated steel; 4, polyethylene cylinder entrance; 5, diamond polyethylene mesh; 6, bait can; 7, branch line.

漁具の構成をFig.11に示した。かごは枝網により、約10.7m間隔で幹網に取り付けられ、海底に沈下して設置された。幹網の両端はアンカーにより固定された。1回の実験には、各目合のかごを10個ずつ使用した。系統誤差を小さくするために、5種類のかご1かごずつを1ブロックとし、各ブロック毎にかごの順序を乱数表により決定した。かごの浸漬時間は原則1日とし、日中にかごを設置し、翌日の日中に引き揚げた。網が破損したかごや餌を入れ忘れたかごがあった場合には、そのブロック内のかごをすべて結果から除外した。

漁獲したケガニは、船上において腹部の形状と雌性生殖孔の有無により雌雄を判別し、手で甲を押しした感覚と外観から脱皮周期段階を判定し、ノギスにより甲長を1mm単位で測定後、放流した。

なお、ケガニのサイズ規制に用いられている甲長とは、額域の2歯の切れ込みから、甲の後縁中央部までの長さであるrostral lengthを意味しており<sup>72)</sup>、本研究においてもrostral lengthを甲長と呼ぶこととする。

## 1.2 選択性曲線の推定

比較操業実験におけるかごの浸漬時間が1日の場合と2日の場合が生じたため、浸漬日数別に選択性曲線の推定を行った。目合別選択性曲線の推定には、第2章の「2.目合別及び脱出口サイズ別の選択性曲線の推定」で述べたSELECTモデルを用い、選択性曲線には(2-5)式のLogistic

曲線を適用した。Watanabe and Sasakawa<sup>29)</sup>は水槽実験によって、縮結0.4の場合、雄は甲長の3.2倍の目合まで登ることができることを報告している。これを網目の幅に換算すると甲長の2.6倍の網目を登ることができることになる。本研究で用いた最大目合117mm(外径121mm)を登ることのできる最小個体を求めると、縮結を無視した場合には甲長37mm、縮結を考慮した場合には甲長47mmとなる。本研究で漁獲された雄の最小個体が甲長49mmであったことから、各目合について網面を移動するときの選択作用は無視できると判断した。また、Watanabe and Sasakawa<sup>29)</sup>は雄が通過できる最小目合は、甲長の1.53倍であると報告しているため、本研究で用いた最小目合57mm(外径61mm)の網目を通過できる最大個体は甲長40mmとなる。これらのことから、目合57mmのかごは非選択であると期待できる。そこで、目合57mmのかごを非選択的な対照かごとし、その他の目合のかごを実験かごとして網目選択性曲線を推定した。対照かごと、ある実験かごの2種類のかごの漁獲データに対し、相対漁獲効率を等しいと仮定するEqual split modelと、仮定を設けないEstimated split modelの2つのモデルを当てはめた。実験かごによる甲長階級毎の漁獲割合の観測値とSELECTモデルによる当てはめ値を比較するとともに、逸脱度と逸脱度残差により適合度を評価し、尤度比検定により適切なモデルを選択した。甲長階級*i*における実験かごによる漁獲割合の観測値を $y_i$ とすると、 $y_i$ は次式(3-1)で計算される。

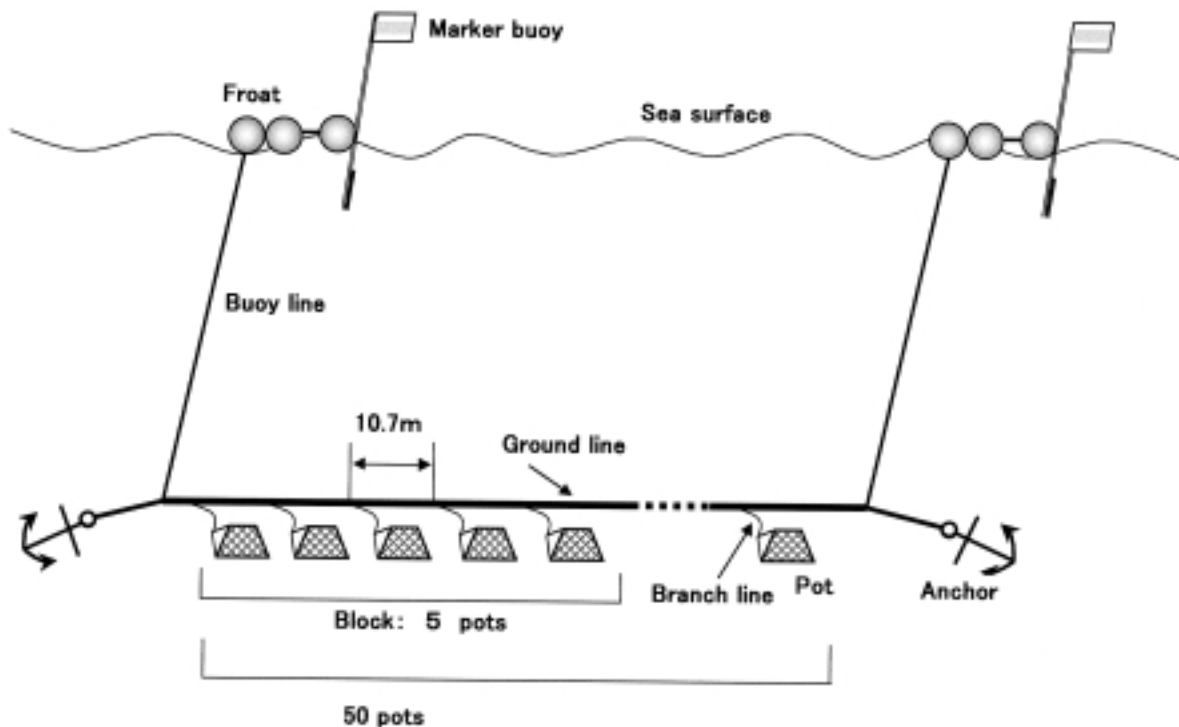


Fig.11 Schematic diagram of setting method of the experimental gear. Each block is composed of five pots with different mesh sizes; 57mm, 72 mm, 87 mm, 102 mm, and 117 mm. The pots are arranged at random in each block.

$$i = \frac{n_{i1}}{n_{i1} + n_{i2}} \quad (3-1)$$

ここで、 $n_{i1}$ と $n_{i2}$  はそれぞれ実験かごと対照かごによる甲長階級  $i$  の漁獲尾数である。また、逸脱度はごく小さな度数により大きな影響を受けるので<sup>62)</sup>、適合度検定では Millar and Fryer<sup>63)</sup> にならって、期待度数が対照かごと実験かごの双方で3以上となる甲長階級のみを用いた。尤度比検定では、すべての甲長階級について求めた逸脱度を用いた。

一方、網目選択性マスターカーブの推定には、第2章の「3 SELECTモデルによる選択性マスターカーブの推定」で述べた方法を用い、選択性曲線には(2-44)式のLogistic曲線を適用した。モデルとして、各目合のかごの相対漁獲効率を等しいと仮定する場合と仮定を設けない場合のそれぞれについて、マスターカーブのパラメータの与え方を変えた8つのモデルを設定した(Table 1)。パラメータ  $p_1, p_2, p_3, p_4$  はそれぞれ目合57, 72, 87, 102mmのかごの相対漁獲強度であり、目合117mmのかごの相対漁獲強度  $p_5$  は(2-38)式から求まる。各モデルについて、甲長階級毎に得られる目合別の漁獲割合の観測値とSELECTモデルによる当てはめ値を比較し、逸脱度と逸脱度残差により適合度を調べるとともに、AICによりモデル選択を行った。甲長階級  $i$  における  $j$  番目の目合のかごによる漁獲割合の観測値  $n_{ij}$  は、次式(3-2)で計算される。

$$n_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^5 n_{ij}} \quad (3-2)$$

ここで  $n_{ij}$  は  $j$  番目の目合による甲長階級  $i$  の漁獲尾数である。逸脱度による適合度検定では、先に述べたのと同じ理由で、各目合のかごによる漁獲尾数の合計が15以上(各目合のかごによる漁獲尾数が平均3以上に相当)の甲長階級のみを用いた。

なお、本研究では解析に用いた各目合のかご数は同数なので、各目合のかごの相対漁獲効率が等しいという仮定は、相対漁獲強度  $p$  が等しいことを意味する。

### 1.3 ケガニかご漁船による網目試験

1990年及び1991年に網走支庁管内のケガニかご漁船が行った網目試験の結果を解析した。各船は使用するかご(最大1500かご)のうち100かごの目合(外径)を試験目合115mm(3.8寸)に変更し、通常使用している目合100~112mm(3.3~3.7寸)のかご(以下“対照かご”と呼ぶ)と同時に用いて漁獲試験を行った。試験日には、対照かごと試験目合のかご(以下“試験かご”と呼ぶ)による

Table 1 Models for estimating mesh selectivity master curve.

Model	Parameter	Parameter number
1	$a, b$	2
2	$a, b, l_0$	3
3	$a, b, m_0$	3
4	$a, b, l_0, m_0$	4
5	$a, b, p_1, p_2, p_3, p_4$	6
6	$a, b, l_0, p_1, p_2, p_3, p_4$	7
7	$a, b, m_0, p_1, p_2, p_3, p_4$	7
8	$a, b, l_0, m_0, p_1, p_2, p_3, p_4$	8

銘柄別の販売重量(kg)が別々に計量され、目合毎の使用かご数とともに操業日誌に記録された。銘柄は堅ガニ(大)、堅ガニ(中)、堅ガニ(小)、若ガニの4銘柄である。これらの銘柄のうち、若ガニは甲長80mm以上であってもすべてが販売対象となるのではなく、質の良いものだけが選別される。また、漁獲量が多い場合には水揚げ量の調整が行われる場合もある。このため、若ガニの販売量は漁獲量とは必ずしも一致しないと考えられる。そこで、漁獲量と販売量が一致する堅ガニのみを解析の対象とした。操業日誌の記録を精査し、適切に記録されたと判断されたデータから、対照かごと試験かごのCPUE(100かご当たり漁獲重量)をそれぞれ求め比較した。

### 1.4 ケガニかご漁船漁獲物の組成調査

目合規制が導入された1994年前後における、網走支庁管内3海域、西部海域、中部海域、東部海域(Fig.9)のケガニかご漁船による漁獲物の組成の変化を調べた。1987年から1998年に網走水産試験場が実施したケガニかご漁船の漁獲物調査(ケガニ漁場一斉調査)と、網走水産試験場が独自に実施した目合61mmのケガニかごによる密度調査の結果から、規制サイズ以上と規制サイズ未満の雄のCPUE(100かご当たり漁獲尾数)および雄の漁獲尾数に占める規制サイズ未満の漁獲尾数の比率をそれぞれ求め、比較検討した。漁場一斉調査については4~5月に実施した漁期前半のデータと一部の年で7~8月に実施した漁期後半のデータがあるが、継続して実施されている漁期前半のデータを用いた。密度調査の実施時期は主に6~7月であったが、1992年には5~6月に、1993年には6~8月にそれぞれ実施された。

## 2. 結果

### 2.1 比較操業実験の結果

各回の比較操業実験における浸漬日数、操業位置、水深、漁獲尾数等をTable 2 a,bに示した。浸漬時間を原則1日としたが、気象条件により20回の実験のうち4回の実験では浸漬時間が2日となった。本実験で漁獲されたケガニは、雄2,074尾、雌116尾、計2,190尾であった。漁

獲されたケガニの甲長範囲は、雄が49~108mm、雌が39~88mmであった。これらのケガニの甲長組成を目合別にFig.12に示した。目合57mmと72mmのかごでは、漁獲物の多くは甲長50~100mmであり甲長組成は類似していたが、87mm以上の目合では、目合が大きいほど小型個体の漁獲が少なかった。また、雌の漁獲尾数は各目合とも雄に比べ著しく少なかった。そこで、目合別の漁獲尾数を規制サイズ以上の雄、雌、規制サイズ未満の雄に区分して比較した。規制サイズ以上の雄の漁獲尾数には、使用した目合の範囲では、大きな違いはみられなかったが、雌と

規制サイズ未満の雄の漁獲尾数は、目合が大きいほど少なくなる傾向がみられた (Fig.13)。特に、目合117mmのかごによる規制サイズ未満の雄と雌の漁獲尾数は少なく、目合57mmのその約3%であった。漁獲尾数に占めるこれら雌と規制サイズ未満の雄の比率は、目合57mmでは82%と高かったが、目合72mmでは79%、目合87mmでは76%、目合102mmでは57%、目合117mmでは10%であり、目合が大きいほど低くなる傾向がみられた。また、雄の平均甲長は、目合が大きいほど大きく、標準偏差は逆に小さくなる傾向がみられた (Fig.14)。雌の平均甲長も、目合が大きいほど大きくなる傾向があったが、標準偏差には傾向的な変化がみとめられなかった。目合の変化に伴うこれら漁獲物組成及び平均甲長の変化は、ケガニかごにおける網目の選択性を表していると判断される。

目合の違いによる規制サイズ以上の雄、雌と規制サイズ未満の雄の漁獲尾数の違いを統計的に検定するため、各操業回毎の規制サイズ以上の雄、雌と規制サイズ未満の雄のCPUE (1かご当たり漁獲尾数) を求めた (Table 3, 4)。ただし、操業番号15と16では規制サイズ以上の雄が、操業番号11と15では雌と規制サイズ未満の雄の漁獲尾数が非常に少なかったため、検定には用いなかった。CPUE及びCPUEの差の正規性を検定すると、目合により正規性が認められないケースがみられたので、ノンパラメトリック検定を行った。目合と操業日を要因としたフリードマン検定では、規制サイズ以上の雄の漁獲尾数には目合による違いがみられなかった ( $p$ 値=0.60) が、雌と規制サイズ未満の雄の漁獲尾数には、目合による有意な違いがみられた ( $p$ 値 $<10^{-8}$ )。また、最小の目合57mmのかごによる漁獲尾数とその他の目合のかごによる漁獲尾数に差があるかどうかを、ウイルコクソン符号付順位和検定により検定した (Table 5)。ただし、この検定は各々が独立でないため、Dunn-Sidakの方法により有意水準を修正した<sup>73)</sup>。規制サイズ以上の雄については、いずれの組み合わせにも有意な差はみられなかった。一方、雌と規制サイズ未満の雄については、目合72mm及び87mmのかごとの組み合わせでは有意な差はみられなかったが、目合102mm及び117mmのかごとの組み合わせでは有意な差がみられた。

## 2.2 目合別の網目選択性曲線の推定

雌の漁獲尾数が非常に少なかったため、雄についてのみ網目選択性曲線の推定を行った。浸漬日数1日での目合別・甲長階級別漁獲尾数をTable6に、浸漬日数2日でのそれをTable7にそれぞれ示した。甲長階級の間隔は2mmである。これらのデータにEqual split modelとEstimated split modelを適用した時の選択性曲線のパラメータ推定

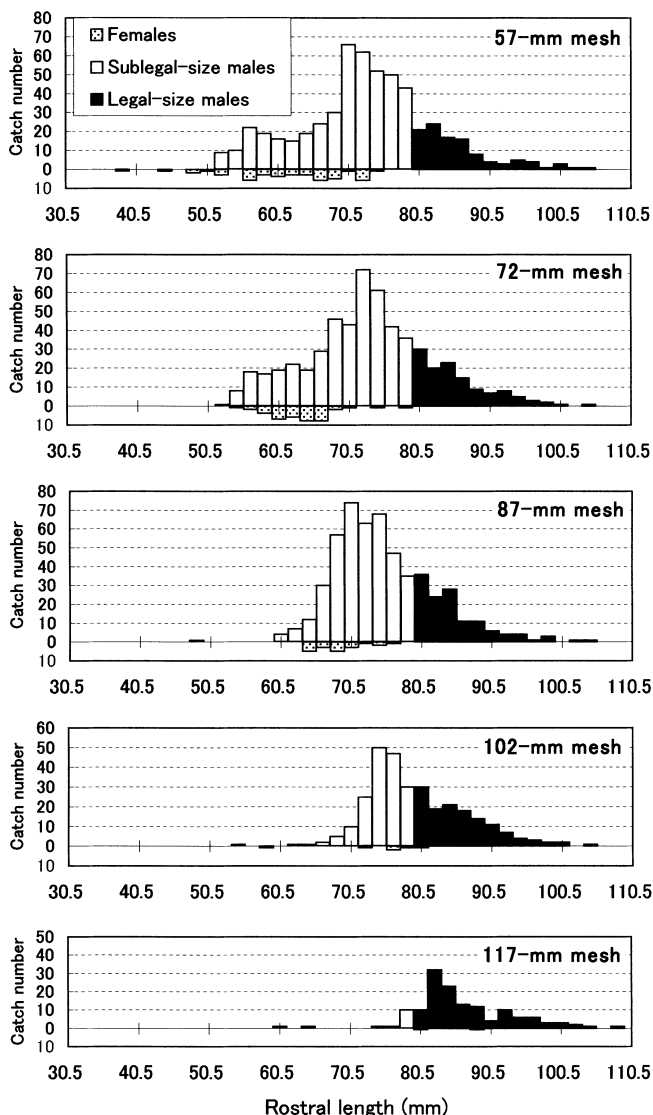


Fig.12 Rostral length frequency distributions of hair crabs caught by pots with five different mesh sizes; 57, 72, 87, 102, and 117-mm. Stippled bars, open bars and solid bars represent females, sublegal-sized males and legal-sized males, respectively.

Table 2a Details of mesh selectivity experiments for hair crab pots .

Haul number	Date		Soak time (d)	Location		Depth (m)	Mesh size (mm)	Number of pots	Number of crabs caught		
	Setting	Hauling		N	E				Legal size males	Sublegal size males	Females
1	6/17/87	6/18/87	1	44°38.2'	143°10.0'	73	57	10	6	28	
							72	10	3	15	1
							87	10	4	5	
							102	10	5	6	1
							117	10	5	1	
2	6/19/87	6/20/87	1	44°27.9'	143°29.9'	77	57	9	3	4	4
							72	9	7	1	2
							87	9	9	5	1
							102	9	7		1
							117	9	15	1	1
3	6/24/87	6/25/87	1	44°13.2'	144°04.7'	82	57	10	3	2	1
							72	10	2	5	1
							87	10	5	4	1
							102	10	5	8	
							117	10	3		
4	6/26/87	6/27/87	1	44°03.9'	144°26.8'	70	57	10	2	1	7
							72	10	1		1
							87	10	1		1
							102	10		1	1
							117	10	1		1
5	7/5/87	7/6/87	1	44°45.6'	142°59.9'	78	57	10		26	2
							72	10	4	14	1
							87	10	2	8	
							102	10	7	1	
							117	10	3	1	
6	7/6/87	7/8/87	2	44°45.3'	143°00.4'	78	57	7	5	16	1
							72	7	3	32	
							87	7	3	4	
							102	7	5	5	
							117	7	7		
7	7/8/87	7/9/87	1	44°45.3'	143°00.4'	78	57	10	5	7	
							72	10	7	6	
							87	10	9	11	
							102	10	10	3	
							117	10	13		
8	7/9/87	7/10/87	1	44°45.3'	143°00.4'	78	57	10	9	9	
							72	10	13	7	
							87	10	5	12	
							102	10	6	3	
							117	10	8		
9	7/10/87	7/11/87	1	44°45.3'	143°00.3'	78	57	10	4	8	
							72	10	2	3	
							87	10	6	3	
							102	10	3	2	
							117	10	4		
10	7/11/87	7/13/87	2	44°45.3'	143°00.3'	78	57	10	2	3	
							72	10	1	6	
							87	10	6	4	
							102	10	4	3	
							117	10	5		

Table 2b Details of mesh selectivity experiments for hair crab pots.

Haul number	Date		Soak time (d)	Location		Depth (m)	Mesh size (mm)	Number of pots	Number of crabs caught		
	Setting	Hauling		N	E				Legal size males	Sublegal size males	Females
11	6/17/88	6/18/88	1	44°40.4'	143°14.3'	96	57	10	4	1	
							72	10			
							87	10	2		
							102	10	1		1
							117	10	2		
12	6/19/88	6/20/88	1	44°27.5'	143°29.6'	70	57	10	2	20	12
							72	10		13	12
							87	10	7	14	4
							102	10	3	5	1
							117	10	5	1	
13	6/23/88	6/25/88	2	44°17.5'	143°49.3'	74	57	10	4	18	1
							72	10	9	22	4
							87	10	8	24	2
							102	10	4	11	
							117	10	7	1	
14	6/26/88	6/27/88	1	44°12.9'	144°04.4'	75	57	10	7	12	1
							72	10	4	10	2
							87	10	8	13	1
							102	10	8	3	
							117	10	5		
15	6/28/88	6/29/88	1	44°04.0'	144°27.1'	72	57	10	1		
							72	10	1		
							87	10			1
							102	10	1		1
							117	10			
16	7/13/88	7/14/88	1	44°41.3'	143°05.9'	77	57	10		17	
							72	10	1	18	
							87	10	1	17	1
							102	10	1	12	
							117	10		1	
17	7/14/88	7/15/88	1	44°41.4'	143°06.9'	81	57	10	4	36	
							72	10	4	34	
							87	10	1	23	
							102	10	7	13	
							117	10	1		
18	7/15/88	7/16/88	1	44°41.6'	143°06.2'	79	57	10	2	94	2
							72	10	11	121	5
							87	10	5	107	4
							102	10	9	35	
							117	10	4	3	
19	7/16/88	6/18/88	2	44°41.2'	143°06.5'	78	57	10	5	93	9
							72	10	10	99	12
							87	10	8	118	4
							102	10	9	50	
							117	10	12	3	
20	7/25/89	7/26/89	1	44°41.9'	143°05.4'	78	57	10	40	42	7
							72	10	41	27	
							87	10	40	26	
							102	10	37	11	
							117	10	26	2	

値, 相対漁獲強度の推定値, 50% 選択甲長, 選択性レンジ, 適合度検定と帰無仮説  $p=0.5$  の尤度比検定の結果を目合別に Table 8 ~ 12 に示した。また, 実験かごによる甲長階級別の漁獲割合の観測値と SELECT モデルによる当てはめ値の関係及び逸脱度残差を Fig. 15 ~ 19 に示した。

目合 72mm については, 浸漬日数 2 日の場合, 目的関数

である対数尤度が適当な値に収束しなかったため, 浸漬日数 1 日の場合についてのみ選択性曲線を推定した。

Equal split model にも Estimated split model にも適合の欠如はみられず, 帰無仮説  $p=0.5$  の尤度比検定の結果, 仮説は棄却されず ( $p$  値 = 0.937), Equal split model が適切なモデルとして選択された (Table 8)。逸脱度残差が +1.96

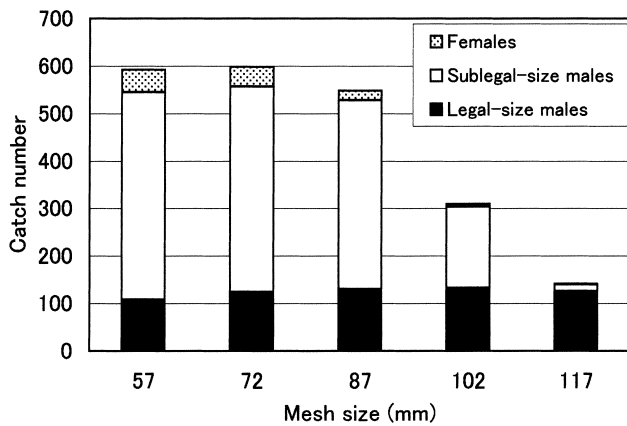


Fig.13 Catch number of hair crabs caught by pots with different mesh sizes (57, 72, 87, 102 and 117-mm).

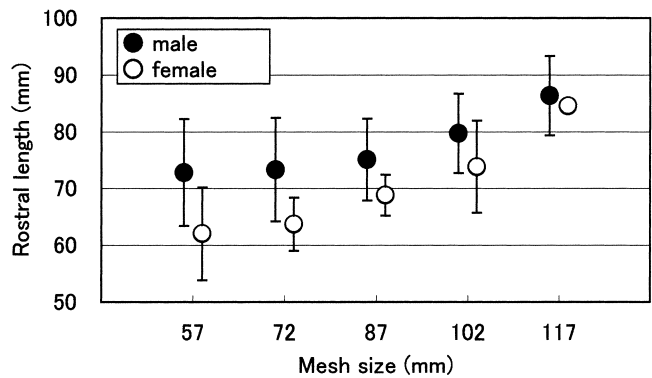


Fig.14 The means (circles) and standard deviations (vertical bars) of the rostral length for hair crabs caught by pots with five different mesh sizes (57, 72, 87, 102 and 117-mm).

Table 3 Catch per unit effort (CPUE) by number of legal sized hair crabs caught by each mesh-size. Data from hauls 15 and 16 are not included due to low sample number.

Haul number	Mesh size (mm)				
	57	72	87	102	117
1	0.6	0.3	0.4	0.5	0.5
2	0.3	0.8	1.0	0.8	1.7
3	0.3	0.2	0.5	0.5	0.3
4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
5	0.0	0.4	0.2	0.7	0.3
6	0.7	0.4	0.4	0.7	1.0
7	0.5	0.7	0.9	1.0	1.3
8	0.9	1.3	0.5	0.6	0.8
9	0.4	0.2	0.6	0.3	0.4
10	0.2	0.1	0.6	0.4	0.5
11	0.4	0.0	0.2	0.1	0.2
12	0.2	0.0	0.7	0.3	0.5
13	0.4	0.9	0.8	0.4	0.7
14	0.7	0.4	0.8	0.8	0.5
17	0.4	0.4	0.1	0.7	0.1
18	0.2	1.1	0.5	0.9	0.4
19	0.5	1.0	0.8	0.9	1.2
20	4.0	4.1	4.0	3.7	2.6
Mean	0.61	0.69	0.73	0.74	0.73
SE	0.21	0.22	0.20	0.19	0.15

Table 4 Catch per unit effort (CPUE) by number of sublegal sized hair crabs caught by each mesh-size. Data from hauls 11 and 15 are not included due to low sample number.

Haul number	Mesh size (mm)				
	57	72	87	102	117
1	2.8	1.6	0.5	0.7	0.1
2	0.9	0.3	0.7	0.1	0.2
3	0.3	0.6	0.5	0.8	0.0
4	0.8	0.1	0.1	0.2	0.1
5	2.8	1.5	0.8	0.1	0.1
6	2.4	4.6	0.6	0.7	0.0
7	0.7	0.6	1.1	0.3	0.0
8	0.9	0.7	1.2	0.3	0.0
9	0.8	0.3	0.3	0.2	0.0
10	0.3	0.6	0.4	0.3	0.0
12	3.2	2.5	1.8	0.6	0.1
13	1.9	2.6	2.6	1.1	0.1
14	1.3	1.2	1.4	0.3	0.0
16	1.7	1.8	1.8	1.2	0.1
17	3.6	3.4	2.3	1.3	0.0
18	9.6	12.6	11.1	3.5	0.3
19	10.2	11.1	12.2	5.0	0.3
20	4.9	2.7	2.6	1.1	0.2
Mean	2.73	2.71	2.33	0.99	0.09
SE	0.68	0.84	0.82	0.30	0.02



Table 5 Results of the Wilcoxon signed-rank test comparing catch per unit effort (CPUE) of legal and sublegal hair crabs between the control (57-mm mesh) pots and the experimental (72, 87, 102, and 117-mm mesh) pots. The significance level of each individual test is 0.0127 for a 5% experimentwise error rate.

Mesh size (mm)	Legal <sup>1)</sup>			Sublegal <sup>2)</sup>		
	Mean CPUE	$T_s$ <sup>3)</sup>	Probability	Mean CPUE	$T_s$ <sup>3)</sup>	Probability
57 (control)	0.61			2.73		
72	0.69	60	$p > 0.1$	2.71	73	$p > 0.1$
87	0.73	43	$p > 0.1$	2.33	61	$p > 0.1$
102	0.74	39.5	$p > 0.1$	0.99	2.5	$p < 0.01$ *
117	0.73	42	$p > 0.1$	0.09	1.5	$p < 0.01$ *

1) Males  $\geq$  80-mm rostral length.

2) Males  $<$  80-mm rostral length and females.

3) The sum of ranks that is smaller in absolute value.

\* Significant at an experimentwise error rate of 0.05.

Table 6 Rostral length frequencies for male hair crabs caught by hair crab pots with differing mesh sizes for the 1-day soak.

Rostral length (mm)	Mesh size (mm)				
	57	72	87	102	117
46.5	0	0	0	0	0
48.5	0	0	1	0	0
50.5	0	0	0	0	0
52.5	7	1	0	0	0
54.5	9	3	0	1	0
56.5	15	9	0	0	0
58.5	15	10	0	0	0
60.5	9	12	4	0	1
62.5	8	9	6	1	0
64.5	10	11	8	1	1
66.5	18	16	16	2	0
68.5	18	25	34	4	0
70.5	44	27	37	8	0
72.5	45	56	43	19	0
74.5	34	37	37	25	1
76.5	40	32	39	22	1
78.5	35	26	23	20	6
80.5	20	22	29	23	10
82.5	19	16	18	18	20
84.5	14	21	25	19	19
86.5	12	14	8	15	11
88.5	8	8	9	12	10
90.5	4	7	4	8	3
92.5	1	6	3	4	7
94.5	5	4	4	4	4
96.5	3	1	1	3	5
98.5	1	0	2	2	2
100.5	3	1	0	2	2
102.5	1	0	1	0	1
104.5	1	1	1	0	0
106.5	0	0	0	0	0
108.5	0	0	0	0	1
110.5	0	0	0	0	0
Total	399	375	353	213	105
Total $<$ 80	307	274	248	103	10
Total $\geq$ 80	92	101	105	110	95

Table 7 Rostral length frequencies for male hair crabs caught by hair crab pots with differing mesh sizes for the 2-day soak.

Rostral length (mm)	Mesh size (mm)				
	57	72	87	102	117
46.5	0	0	0	0	0
48.5	0	0	0	0	0
50.5	0	0	0	0	0
52.5	2	0	0	0	0
54.5	1	5	0	0	0
56.5	7	9	0	0	0
58.5	4	7	0	0	0
60.5	7	7	0	0	0
62.5	7	13	1	0	0
64.5	9	8	4	0	0
66.5	6	13	14	0	0
68.5	12	21	23	1	0
70.5	22	16	37	2	0
72.5	17	16	20	6	0
74.5	18	24	31	25	0
76.5	10	10	8	25	0
78.5	8	10	12	10	4
80.5	1	8	7	7	0
82.5	5	4	6	1	12
84.5	3	2	3	2	4
86.5	4	1	3	3	2
88.5	0	1	2	2	2
90.5	0	0	2	3	1
92.5	2	2	1	3	3
94.5	0	1	0	0	2
96.5	1	2	0	0	1
98.5	0	2	1	0	1
100.5	0	0	0	0	1
102.5	0	0	0	0	1
104.5	0	0	0	1	1
106.5	0	0	0	0	0
108.5	0	0	0	0	0
110.5	0	0	0	0	0
Total	146	182	175	91	35
Total $<$ 80	130	159	150	69	4
Total $\geq$ 80	16	23	25	22	31

以上あるいは -1.96 以下の甲長階級の比率は、両モデルとも 7.4% であり、標準正規分布から考えられる値 5% よりもやや大きかったが、モデルの違いにより残差のプロットが大きく異なることはなかった (Fig. 15)。選択されたモデルにおける 50% 選択甲長  $l_{50}$  は 55.8mm (標準誤差: 1.2mm)、選択性レンジ SR は 4.0mm (標準誤差: 2.3mm) であった (Table 8)。

目合 87mm については、適合度検定の結果と帰無仮説  $p=0.5$  の尤度比検定の結果から、浸漬日数 1 日の場合には Equal split model が、浸漬日数 2 日の場合には Estimated split model がそれぞれ適切なモデルとして選択された (Table 9)。残差を調べると、浸漬日数 1 日の場合、両モデルとも残差の絶対値が 1.96 以上である甲長階級が 14.3% を占め、正規性にやや問題がみられた。また、甲長 49.5mm に + の大きな残差がみられ、甲長 52.5 ~ 58.5mm では残差が - 側に偏っていた。一方、浸漬日数 2 日の場合、Equal split model では全体に残差が + 側に偏っていたが、Estimated split model では、残差に系統的なパターンや大きな値がみられず適合が良かった (Fig. 16)。浸漬日数 2 日の場合の相対漁獲強度  $p$  の推定値の 95% 信頼区間は 0.549 ~ 0.669 であり、有意に 0.5 よりも大きかった。選択されたモデルから、浸漬日数 1 日の  $l_{50}$  と SR は、それぞれ 62.2mm (標準誤差: 1.3mm) と 4.5mm (標準誤差: 1.5mm)

Table 8 Maximum likelihood fits of the logistic selection curve for the pots with 72-mm mesh size. The model fit was assessed using the deviance and d.f.'s calculated using the length classes with the expected catch of greater than 3 in both the experimental and control pots. The hypothesis of equal relative fishing efficiency ( $p = 0.5$ ) was tested by the likelihood ratio test using the deviance and d.f.'s calculated using all length classes with a none-zero catch. Values in parentheses are standard errors.

	1-day soak	
	Equal split model	Estimated split model
$a$	-30.9 (17.6)	-31.1
$b$	0.554 (0.320)	0.558
$p$	0.5	0.498
$np$ <sup>1)</sup>	2	3
$l_{50}$	55.8 (1.2)	55.8
SR	4.0 (2.3)	3.9
$H_0$ : model fit		
Deviance	16.8	16.8
d.f.	19	18
$p$ -value	0.603	0.535
$H_0$ : $p=0.5$		
Deviance		0.006
d.f.		1
$p$ -value		0.937

1) Number of parameters.

Table 9 Maximum likelihood fits of the logistic selection curve for the pots with 87-mm mesh size. The model fit was assessed using the deviance and d.f.'s calculated using the length classes with the expected catch of greater than 3 in both the experimental and control pots. The hypothesis of equal relative fishing efficiency ( $p = 0.5$ ) was tested by likelihood ratio test using the deviance and d.f.'s calculated using all length classes with none-zero catch. Values in parentheses are standard errors.

	1-day soak		2-day soak	
	Equal split model	Estimated split model	Equal split model	Estimated split model
$a$	-30.1 (9.7)	-29.4	-89.2	-81.8 (42.1)
$b$	0.483 (0.162)	0.470	1.391	1.262 (0.660)
$p$	0.5	0.511	0.5	0.609 (0.030)
$np$ <sup>1)</sup>	2	3	2	3
$l_{50}$	62.2 (1.3)	62.4	64.1	64.8 (0.8)
SR	4.5 (1.5)	4.7	1.6	1.7 (0.9)
$H_0$ : model fit				
Deviance	15.6	15.4	21.4	8.7
d.f.	15	14	10	8
$p$ -value	0.411	0.353	0.018	0.366
$H_0$ : $p=0.5$				
Deviance		0.3		13.1
d.f.		1		1
$p$ -value		0.592		0.0003

1) Number of parameters

と推定され、浸漬日数2日の $l_{50}$ とSRは、それぞれ64.8mm(標準誤差:0.8mm)と1.7mm(標準誤差:0.9mm)と推定された(Table 9)。

目合102mmについても、適合度検定の結果と帰無仮説 $p=0.5$ の尤度比検定の結果から、浸漬日数1日の場合にはEqual split modelが、浸漬日数2日の場合にはEstimated split modelがそれぞれ適切なモデルとして選択された(Table 10)。浸漬日数1日の場合の残差を調べると、Equal split modelでは甲長80.5~92.5mmの残差がやや+側に偏っていたが、両モデルとも大きな残差を持つ甲長階級はみられなかった。浸漬日数2日の場合の残差を調べると、残差の絶対値が1.96以上の甲長階級の比率が、Equal split modelでは13.0%と高かったのに対し、Estimated split modelでは4.3%と低く、相対漁獲強度を推定することにより、モデルの適合が良くなった(Fig. 17)。浸漬日数2日の場合の相対漁獲強度 $p$ の推定値の95%信頼区間は0.531~0.747であり、有意に0.5よりも大きかった。選択されたモデルから、浸漬日数1日の $l_{50}$ とSRは、それぞれ74.1mm(標準誤差:1.0mm)と8.8mm(標準誤差:1.7mm)と推定され、浸漬日数2日の $l_{50}$ とSRは、それぞれ73.6mm(標準誤差:0.9mm)と2.6mm(標準誤差:0.8mm)と推定された(Table 10)。

目合117mmについては、浸漬日数2日の場合、目的関数である対数尤度が適当な値に収束しなかったため、浸漬

日数1日の場合についてのみ選択性曲線を推定した。

Equal split modelにもEstimated split modelにも適合の欠如はみられず、尤度比検定の結果、Estimated split modelの方が適切と判断された(Table 11)。しかし、残差を調べると、両モデルとも甲長66.5~78.5mmに-の残差のかたまりがみられ(Fig. 18)、モデルの当てはまりが必ずしも良くないことを示している。甲長60.5mmと64.5mmには+の大きな残差がみられ、これらの甲長階級のデータが甲長66.5~78.5mmにみられる-の残差のかたまりの原因となっている可能性があるため、甲長64.5mm以下のデータを削除して解析し直すと、上述の結果とは異なりEqual split modelが適切なモデルとして選択された(Table 12)。また、両モデルとも残差に特別なパターンがみられなくなったことから(Fig. 19)、甲長60.5mmと64.5mmのデータを外れ値と判断し、最終的にTable 12のEqual split modelを選択した。選択されたモデルから、浸漬日数1日の $l_{50}$ とSRは、それぞれ80.3mm(標準誤差:0.7mm)と2.7mm(標準誤差:0.7mm)と推定された。

網目選択性に対する目合と浸漬日数の効果を調べるため、選択されたモデルにより推定された目合別、浸漬日数別の選択性曲線をFig. 20に示した。また、各選択性曲線の50%選択甲長 $l_{50}$ と選択性レンジSRをFig. 21に示した。浸漬日数に関わらず、目合が大きいほど選択性曲線は甲

Table 10 Maximum likelihood fits of the logistic selection curve for the pots with 102-mm mesh size. The model fit was assessed using the deviance and d.f.'s calculated using the length classes with the expected catch of greater than 3 in both the experimental and control pots. The hypothesis of equal relative fishing efficiency ( $p = 0.5$ ) was tested by the likelihood ratio test using the deviance and d.f.'s calculated using all length classes with a none-zero catch. Values in parentheses are standard errors.

	1-day soak		2-day soak	
	Equal split model	Estimated split model	Equal split model	Estimated split model
$a$	-18.5 (3.4)	-16.1	-72.0	-63.4 (19.4)
$b$	0.250 (0.048)	0.209	0.993	0.860 (0.271)
$p$	0.5	0.581	0.5	0.639 (0.055)
$np$ <sup>1)</sup>	2	3	2	3
$l_{50}$	74.1 (1.0)	77.2	72.5	73.6 (0.9)
SR	8.8 (1.7)	10.5	2.2	2.6 (0.8)
$H_0$ : model fit				
Deviance	9.9	7.5	18.3	6.1
d.f.	12	11	6	3
$p$ -value	0.626	0.761	0.006	0.106
$H_0$ : $p=0.5$				
Deviance		2.8		8.0
d.f.		1		1
$p$ -value		0.097		0.005

1) Number of parameters.

長の大きい方へずれ, 102mm以下の目合では甲長80mm未満の雄に対する選択率が高いことが分かる。一方, 目合117mmの甲長80mmの雄に対する選択率は0.41であり, 規制サイズ未満のケガニに対する選択率は低い, 同時に規制サイズおよび規制サイズよりもわずかに大きい個体も多少網目から脱出できることを示している。目合と50%選択甲長の間には直線的な関係がみられ, 目合が大きいほど選択性が良くなることが明らかとなった。しかし, 浸漬日数の違いによる50%選択甲長の違いは明らかでなかった (Fig 21)。一方, 目合と選択性レンジの関係は明らかでなかったが, 同一目合では常に浸漬日数2日の方が選択性レンジは小さかった。

次に, 相対漁獲強度に対する目合と浸漬時間の効果を調べた (Fig 22)。浸漬日数1日の場合, すべての実験目合でEqual split modelが選択され, 対照かごと実験かごの間に漁獲効率の違いは認められなかった。しかし, 浸漬

日数2日の場合にはEstimated split modelが選択され, 87mmと102mmの両目合における相対漁獲強度は有意に0.5よりも大きく, 対照かごに比べ目合の大きな実験かごの方が漁獲効率が高いという結果が得られた。

### 2.3 網目選択性マスターカーブの推定

8つのモデル (Table 1) による浸漬日数1日の場合の網目選択性マスターカーブの推定結果, モデルの適合度検定の結果及びAICの値とランクをTable 13に示した。8つのモデルの中に, 適合の欠如がみられるモデルはなかった。AICの値は各目合のかごの相対漁獲効率が等しいと仮定し, マスターカーブのパラメータ $m_0$ を持つモデル3で最も小さく, 次に各目合のかごの相対漁獲効率が等しいと仮定し, マスターカーブのパラメータ $l_0$ を持つモデル2が小さかった。しかし, 両モデルのAICの差は0.5と小さく, 有意な差といわれる1~2程度以上<sup>67)</sup>には至っていない。

Table 11 Maximum likelihood fits of the logistic selection curve for the pots with 117-mm mesh size. The model fit was assessed using the deviance and d.f.'s calculated using the length classes with the expected catch of greater than 3 in both the experimental and control pots. The hypothesis of equal relative fishing efficiency ( $p = 0.5$ ) was tested by the likelihood ratio test using the deviance and d.f.'s calculated using all length classes with a none-zero catch. Values in parentheses are standard errors.

	1-day soak	
	Equal split model	Estimated split model
$a$	-35.6	-33.1 (5.8)
$b$	0.438	0.399 (0.075)
$p$	0.5	0.609 (0.062)
$np$ <sup>1)</sup>	2	3
$l_{50}$	81.4	83.1 (1.6)
SR	5.0	5.5 (1.0)
$H_0$ : model fit		
Deviance	15.2	11.6
d.f.	9	8
$p$ -value	0.087	0.168
$H_0$ : $p=0.5$		
Deviance		4.4
d.f.		1
$p$ -value		0.035

1) Number of parameters.

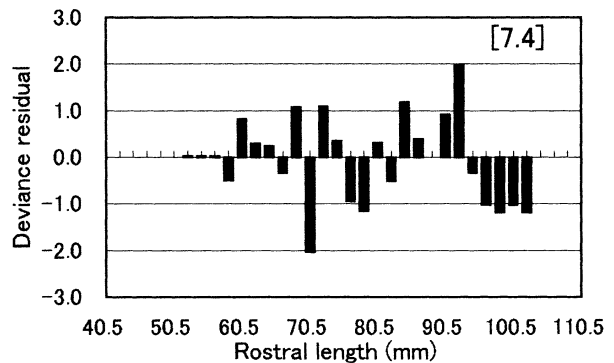
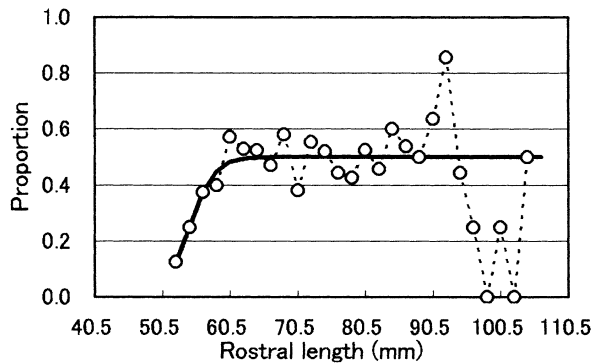
Table 12 Maximum likelihood fits of the logistic selection curve to the reduced data set for the pots with 117-mm mesh size. The model fit was assessed using the deviance and d.f.'s calculated using the length classes with the expected catch of greater than 3 in both the experimental and control pots. The hypothesis of equal relative fishing efficiency ( $p = 0.5$ ) was tested by the likelihood ratio test using the deviance and d.f.'s calculated using all length classes with a none-zero catch. Values in parentheses are standard errors.

	1-day soak	
	Equal split model	Estimated split model
$a$	-66.5 (16.5)	-61.1
$b$	0.827 (0.210)	0.754
$p$	0.5	0.560
$np$ <sup>1)</sup>	2	3
$l_{50}$	80.3 (0.7)	81.0
SR	2.7 (0.7)	2.9
$H_0$ : model fit		
Deviance	7.5	5.6
d.f.	8	7
$p$ -value	0.488	0.584
$H_0$ : $p=0.5$		
Deviance		1.8
d.f.		1
$p$ -value		0.181

1) Number of parameters.

**72-mm mesh, 1-day soak**

**Equal split model ( $\rho = 0.5$ )**



**Estimated split model ( $\rho = 0.499$ )**

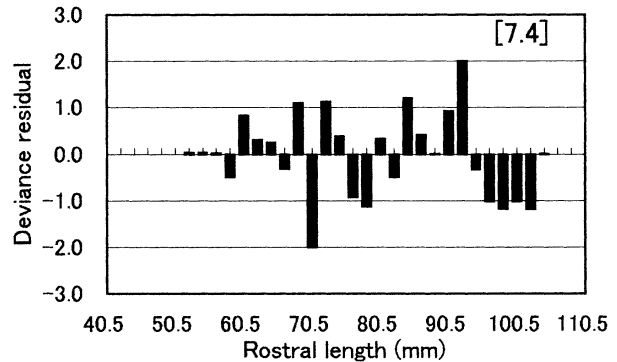
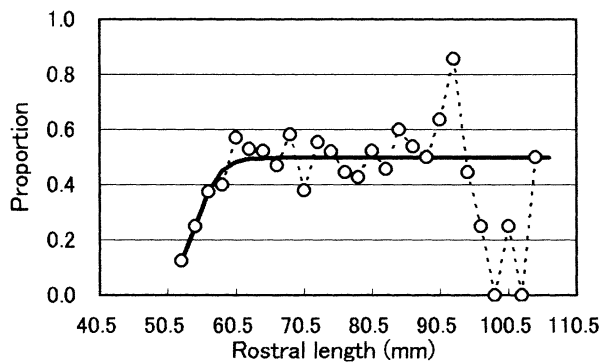


Fig.15 Plots of the proportion of the total catch for each length class taken by pots with 72-mm mesh for the 1-day soak and the deviance residuals from fits. Open circles and solid lines indicate the observed and estimated proportions, respectively. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals 1.96 in absolute value.

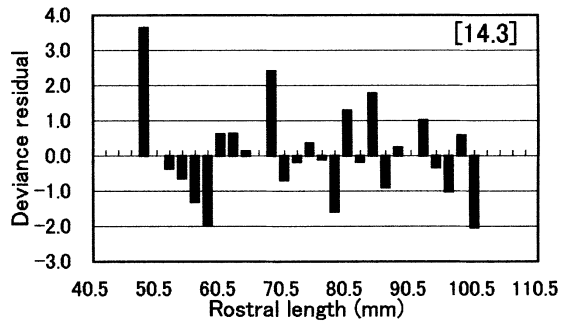
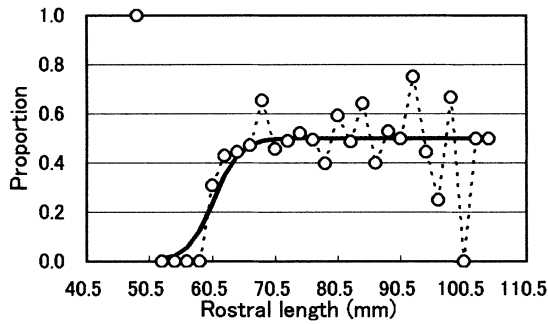
各目合のかごによる甲長階級別漁獲割合の観測値と、8つのモデルによる当てはめ値をFig 23a,bに示した。漁獲尾数の少なかった甲長60mm未満と甲長90mm以上で観測値のプロットのバラツキが大きかったが、漁獲尾数の多かった甲長60~90mmの範囲では、観測値のプロットのバラツキは少なく、各モデルとも観測値に対し比較的よい当てはまりをしていることが分かる。ただし、各モデルとも、逸脱度残差のプロット(Fig 24)をみると、目合87, 102, 117mmの甲長70mm未満に+の大きな残差があることが分かる。このことは、大きな目合では、小型個体の漁獲尾数がモデルの期待値よりも多くなることを示している。一方、全体としては、残差が+1.96以上あるいは-1.96以下のセルの比率は、各モデルとも4.3~5.7%の範囲にあり、ほぼ標準正規分布から考えられる値であった。また、残差に明らかな系統的パターンはみられなかった。AICの値が最も小さかったモデル3により推定された網目選択性マスターカーブをFig 25に示した。

マスターカーブのパラメータ $m_0$ は-18.0であり、選択率は標準化した甲長 $l/(m-m_0)$ の値が0.5~0.7の間で急激に変化し、標準化した50%選択甲長 $l_{50}/(m-m_0)$ は0.607であった。また、標準化した選択性レンジ $SR/(m-m_0)$ は0.049であった。マスターカーブより求めた目合別の選択性曲線をFig 26に示した。実験で用いた目合の範囲では、目合が15mm(0.5寸)大きくなると50%選択甲長は約9mm、選択性レンジは約0.7mm大きくなると推定された。目合と50%選択甲長および選択性レンジの関係(Fig 27)から、50%選択甲長が規制サイズ80mmと一致する目合は114mm、その選択性レンジは6.3mmと推定された。

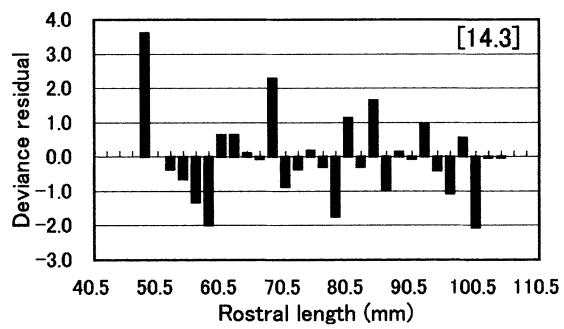
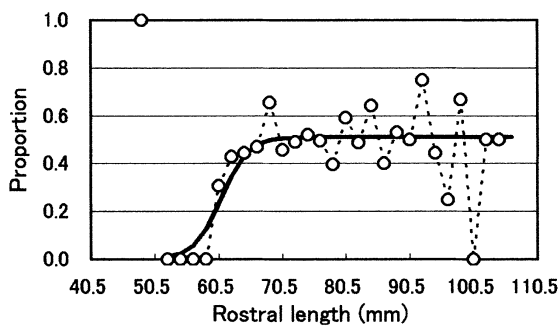
次に、浸漬日数2日の場合の網目選択性マスターカーブの推定結果、モデルの適合度検定の結果及びAICの値とランクをTable 14に示した。8つのモデルのうち、各目合のかごの相対漁獲効率を等しいと仮定したモデル1~4では、適合の欠如がみられたが、相対漁獲効率に仮定を設けないモデル5~8では適合の欠如はみられなかった。

**87-mm mesh, 1-day soak**

**Equal split model ( $\rho = 0.5$ )**

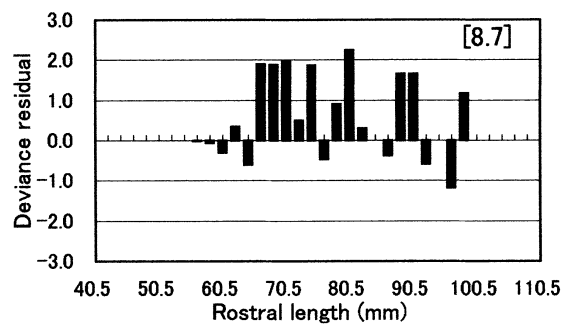
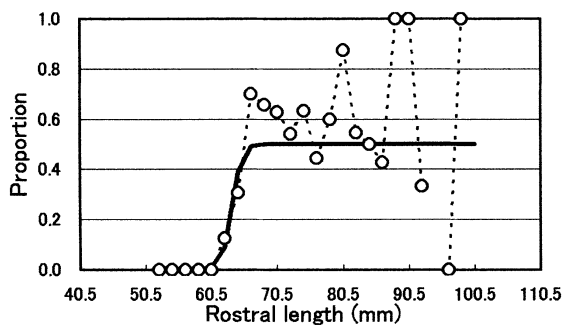


**Estimated split model ( $\rho = 0.511$ )**



**87-mm mesh, 2-day soak**

**Equal split model ( $\rho = 0.5$ )**



**Estimated split model ( $\rho = 0.609$ )**

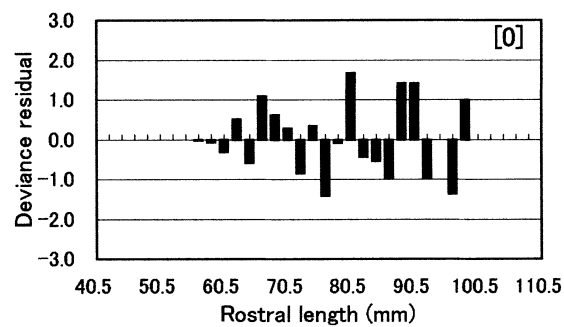
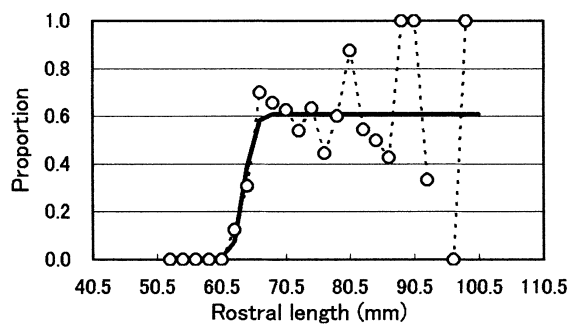
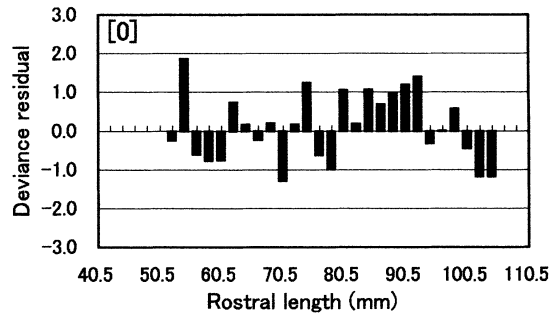
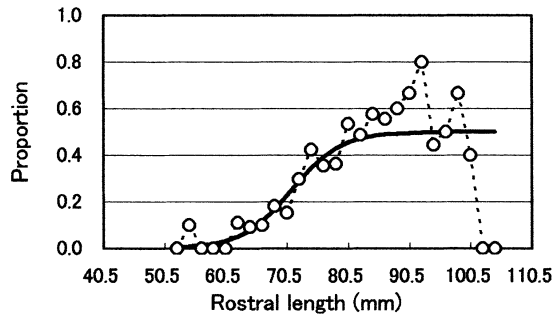


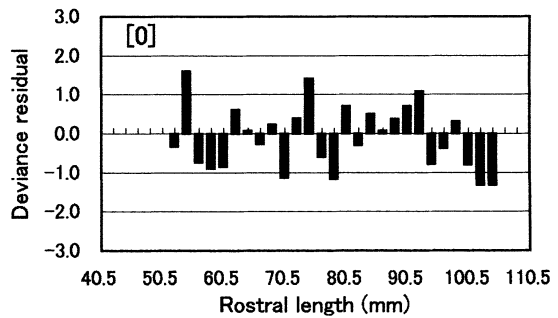
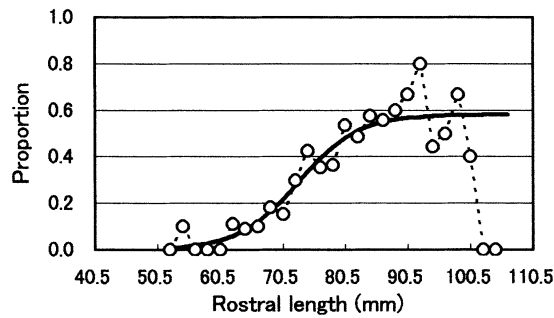
Fig.16 Plots of the proportion of the total catch for each length class taken by pots with 87-mm mesh for the 1-day soak and 2-day soak cases and the deviance residuals from fits. Open circles and solid lines indicate the observed and estimated proportions, respectively. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals  $\geq 1.96$  in absolute value.

**102-mm mesh, 1-day soak**

Equal split model ( $\rho = 0.5$ )

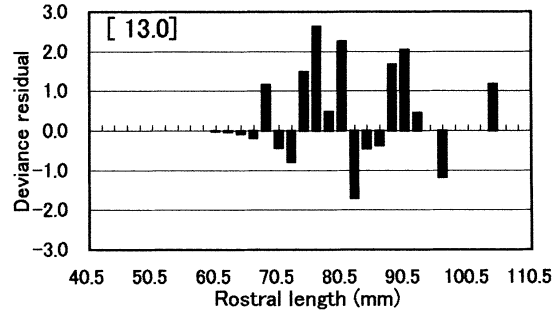
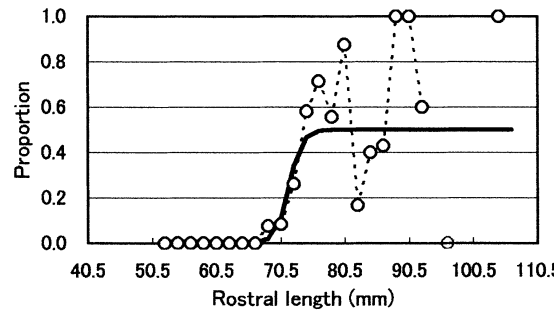


Estimated split model ( $\rho = 0.581$ )



**102-mm mesh, 2-day soak**

Equal split model ( $\rho = 0.5$ )



Estimated split model ( $\rho = 0.639$ )

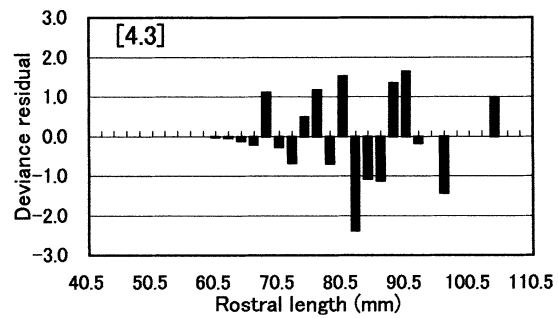
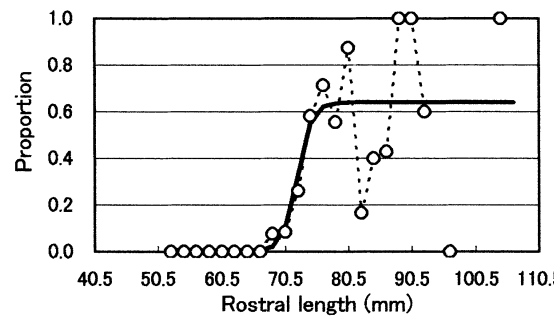


Fig.17 Plots of the proportion of the total catch for each length class taken by pots with 102-mm mesh for the 1-day soak and 2-day soak cases and the deviance residuals from fits. Open circles and solid lines indicate the observed and estimated proportions, respectively. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals  $\geq 1.96$  in absolute value.

**117-mm mesh, 1-day soak**

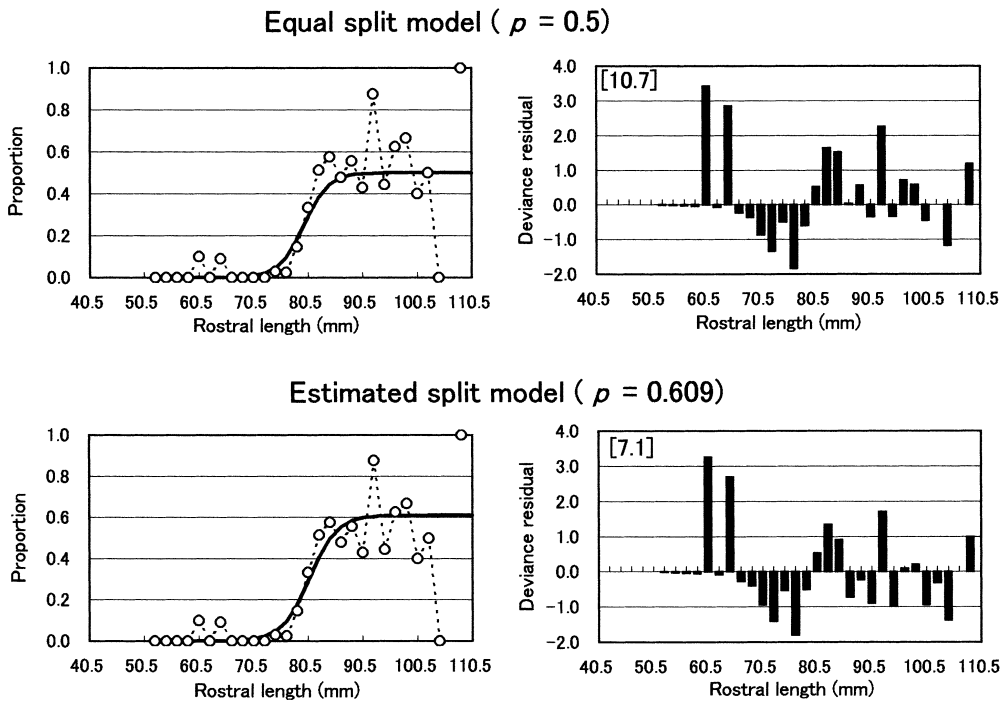


Fig.18 Plots of the proportion of the total catch for each length class taken in the pots with 117-mm mesh for the 1-day soak and the deviance residuals from fits. Open circles and solid lines indicate the observed and estimated proportions, respectively. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals 1.96 in absolute value.

**117-mm mesh, 1-day soak**

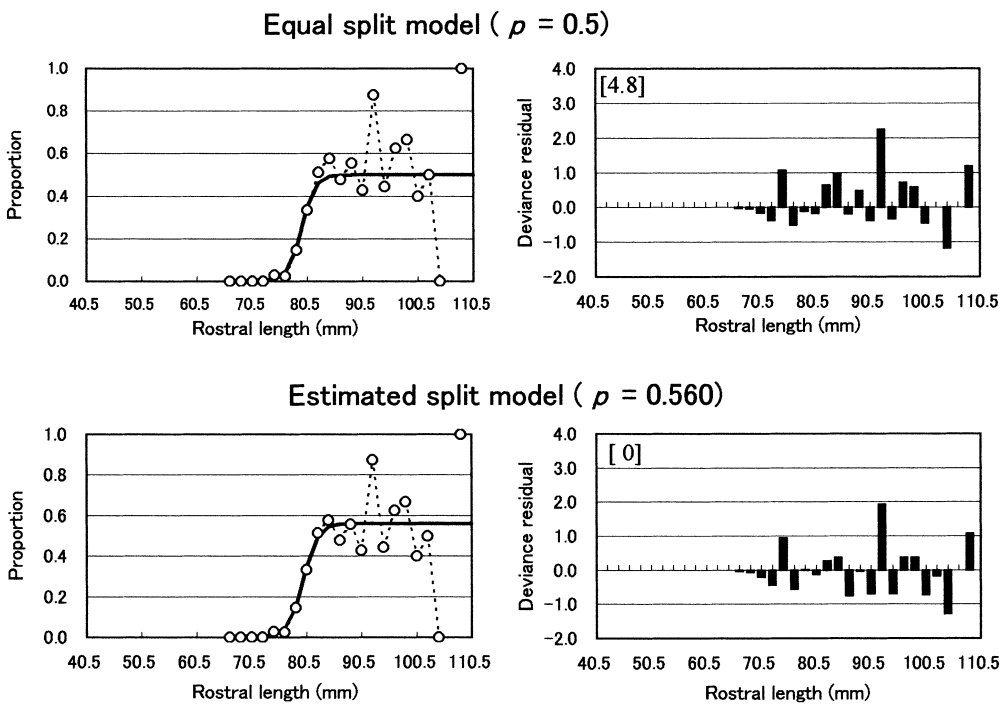


Fig.19 Plots of the proportion of the total catch for each length class taken in the pots with 117-mm mesh for the 1-day soak and the deviance residuals from fits. The analysis was performed with the length classes below 66.5-mm removed. Open circles and solid lines indicate the observed and estimated proportions, respectively. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals 1.96 in absolute value.



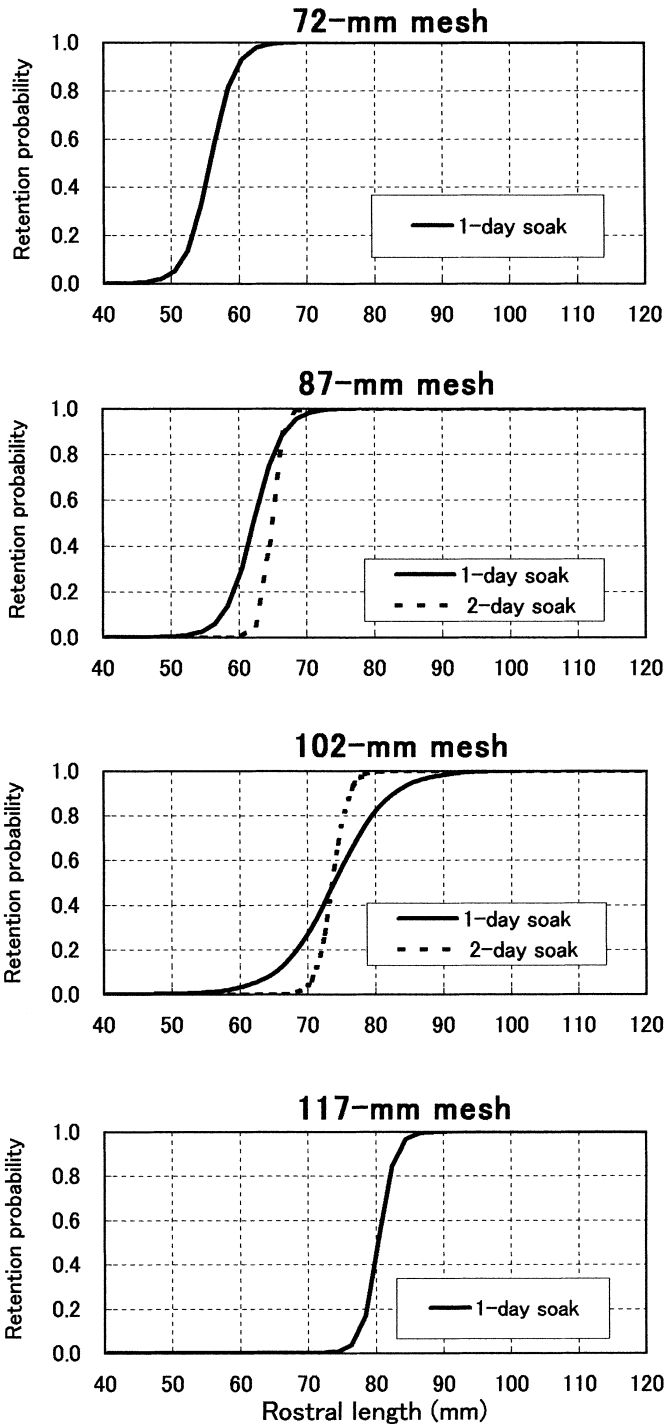


Fig.20 Size-selectivity curves for each mesh size used in the comparative fishing experiments, estimated by the SELECT method for the 1-day soak and 2-day soak cases.

AICの値は、マスターカーブのパラメータ $l_0$ を持つモデル6で最も小さく、次にマスターカーブのパラメータ $m_0$ を持つモデル7で小さかった。モデル6とモデル7のAICの差はわずかに0.2であり、両モデルは包含関係にないため尤度比検定を用いることができず、どちらのモデルを選択すべきかの明確な根拠は得られなかった。

各目合のかごによる甲長階級別漁獲割合の観測値と、8つのモデルによる当てはめ値をFig. 28a,bに示した。観測値のプロットにバラツキがみられるが、各目合のかごの相対漁獲効率を等しいと仮定したモデル1~4の場合、最小目合57mmと最大目合117mmで当てはまりが悪く、Fig. 29に示した残差のプロットに系統的パターンがみられた。

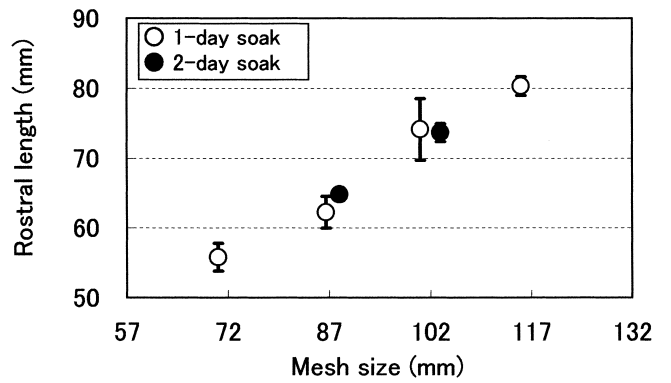


Fig.21 The rostral lengths of 50% retention ( $l_{50}$ ) and the selectivity ranges (SR) for each mesh size used in the comparative fishing experiments, estimated by the SELECT method. Circles and vertical bars indicate  $l_{50}$  and SR, respectively.

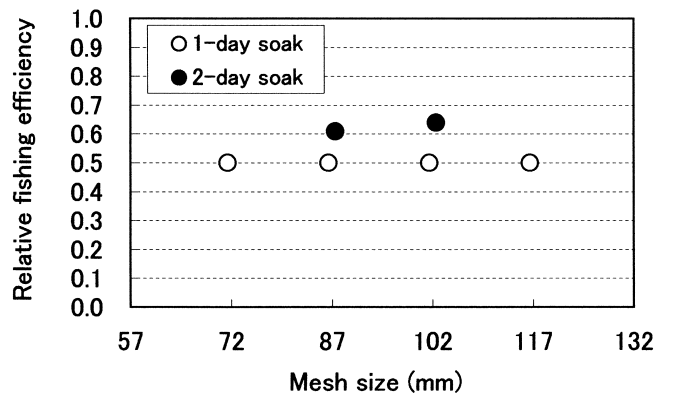


Fig.22 Plots of the relative fishing efficiencies for each mesh size used in the comparative fishing experiments, obtained from the SELECT analysis for the 1-day soak and 2-day soak cases.

すなわち、目合57mmでは - 側に残差が偏り、目合117mmでは逆に + 側に残差が偏っていた。これに対し、相対漁獲効率に仮定を設けなかったモデル5~8の場合、観測値のプロットに対するモデルの当てはまりは良く、残差のプロットに系統的なパターンはみられなかった。また、モデル5~8では、残差が + 1.96以上あるいは - 1.96以下のセルの比率は、各モデルとも3.7%であり、標準正規分布から考えられる5%の範囲内におさまっていた(Fig. 29)。残差の点でも、モデル6とモデル7に大きな違いは認められなかった。

ところで、マスターカーブのパラメータ $l_0$ 、 $m_0$ は、第2章で述べたようにケガニの体型と網目の大きさから決まることを考えると、浸漬日数には関係しないと考えられる。そこで、マスターカーブのパラメータについては浸漬日数1日と2日に共通のモデルを選択することとする。すなわち、パラメータ $l_0$ を持つ浸漬日数1日のモデル2と浸漬日数2日のモデル6のAICの合計と、パラメータ $m_0$ を持つ浸漬日数1日のモデル3と浸漬日数2日のモデル7のAICの合計を比較し、小さい方を選択する。パラメータ $l_0$ を持つモデルのAICの合計は5743.9、パラメー

Table 13 Parameters of the 1-day soak mesh selectivity master curve estimated by the maximum-likelihood method for eight models. Parameter estimates are given from fits of the logistic curve for the equal fishing efficiency ( $p = 0.2$ ) and estimated relative fishing efficiency cases. Model fit was assessed using the model deviance and degrees of freedom (d.f.) calculated using only those length classes with a total catch of 15 or more. Values in parentheses are standard errors.

	Equal fishing efficiency ( $p = 0.2$ )				Estimated relative fishing efficiency			
	Model 1 ( $a, b$ )	Model 2 ( $a, b, l_0$ )	Model 3 ( $a, b, m_0$ )	Model 4 ( $a, b, l_0, m_0$ )	Model 5 ( $a, b, p_m$ )	Model 6 ( $a, b, l_0, p_m$ )	Model 7 ( $a, b, m_0, p_m$ )	Model 8 ( $a, b, l_0, m_0, p_m$ )
$a$	-24.9	-23.2	-27.2 (2.9)	-111.9	-24.2	-23.5	-25.5	-188.1
$b$	34.9	38.0	44.8 (5.9)	187.0	33.2	35.4	38.7	293.2
$l_0$	0	10.5	0	-229.5	0	6.1	0	-476.1
$m_0$	0	0	-18.0 (6.3)	-403.2	0	0	-9.7	-754.7
$p_1$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.172	0.179	0.178	0.178
$p_2$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.165	0.173	0.173	0.175
$p_3$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.182	0.193	0.192	0.195
$p_4$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.189	0.193	0.193	0.192
$p_5$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.293	0.262	0.264	0.260
$np$ <sup>1)</sup>	2	3	3	4	6	7	7	8
$l_{50}(m=111)$ <sup>2)</sup>	79.0	78.3	78.3 (0.6)	78.2	80.6	80.8	79.8	79.5
$SR(m=111)$ <sup>3)</sup>	7.0	6.4	6.3 (0.8)	6.0	7.3	6.9	6.9	6.5
$MLL$ <sup>4)</sup>	-2061.7	-2058.0	-2057.7	-2057.1	-2055.2	-2054.6	-2054.5	-2053.6
AIC <sup>5)</sup>	4127.4	4122.0	4121.5	4122.2	4122.3	4123.2	4122.9	4123.3
Rank	8	2	1	3	4	6	5	7
$H_0$ : model fit								
Deviance	90.5	85.0	84.9	84.9	81.8	80.8	80.8	80.7
d.f.	78	77	77	76	74	73	73	72
$p$ -value	0.158	0.249	0.252	0.227	0.251	0.248	0.248	0.226

1) The number of estimatable parameters.

2) The rostral length of 50% retention for the pots with 111-mm mesh.

3) The selectivity range ( $l_{75} - l_{25}$ ) for the pots with 111-mm mesh.

4) Maximum log-likelihood.

5) Akaike's information criterion.

タ $m_0$ を持つモデルのAICの合計は5743.6であり、AICの値は後者の方が0.3小さかった。この差も有意とは言えないが、他に客観的規準がないため、最終的にパラメータ $m_0$ を持つモデルを選択した。浸漬日数2日の場合、モデル7により推定された各目合の相対漁獲強度は、目合が大きいくほど高かった (Table 14)。モデル7により推定された網目選択性マスターカーブをFig. 30に示した。マスターカーブのパラメータ $m_0$ は-18.3であり、選択率は標準化した甲長 $l/(m-m_0)$ の値が0.5~0.7の間で急激に変化し、標準化した50%選択甲長 $l_{50}/(m-m_0)$ は0.606であった。

また、標準化した選択性レンジ $SR/(m-m_0)$ は0.019であった。マスターカーブより求めた目合別の選択性曲線をFig. 31に示した。浸漬日数1日と比べると、50%選択甲長はほぼ同じであったが、選択性レンジは非常に狭かった。各目合の選択性レンジは浸漬日数1日の2分の1未満であり、目合が15mm(0.5寸)大きくなっても、選択性レンジの増加は約0.3mmと小さかった。目合と50%選択甲長および選択性レンジの関係 (Fig. 32) から、50%選択甲長が規制サイズ80mmと一致する目合は114mm、その選択性レンジは2.5mmと推定された。

Table 14 Parameters of the 2-day soak mesh selectivity master curve estimated by the maximum-likelihood method for eight models. Parameter estimates are given from fits of the logistic curve for the equal fishing efficiency ( $p = 0.2$ ) and estimated relative fishing efficiency cases. Model fit was assessed using the model deviance and degrees of freedom (d.f.) calculated using only those length classes with a total catch of 15 or more. Values in parentheses are standard errors.

	Equal fishing efficiency ( $p = 0.2$ )				Estimated relative fishing efficiency			
	Model 1 ( $a, b$ )	Model 2 ( $a, b, l_0$ )	Model 3 ( $a, b, m_0$ )	Model 4 ( $a, b, l_0, m_0$ )	Model 5 ( $a, b, p_m$ )	Model 6 ( $a, b, l_0, p_m$ )	Model 7 ( $a, b, m_0, p_m$ )	Model 8 ( $a, b, l_0, m_0, p_m$ )
$a$	-57.3	-65.4	-78.3	-57.9	-49.9	-59.3 (10.8)	-69.4 (13.0)	-55.6
$b$	81.2	111.5	133.8	98.4	69.2	97.5 (18.7)	114.5 (23.6)	91.3
$l_0$	0	12.3	0	19.4	0	10.9 (2.5)	0	14.9
$m_0$	0	0	-21.2	12.4	0	0	-18.3 (5.1)	6.9
$p_1$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.100	0.115 (0.031)	0.115 (0.031)	0.115
$p_2$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.125	0.148 (0.039)	0.149 (0.039)	0.148
$p_3$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.146	0.178 (0.046)	0.179 (0.047)	0.178
$p_4$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.175	0.191 (0.046)	0.191 (0.046)	0.191
$p_5$	0.2	0.2	0.2	0.2	0.454	0.367	0.366	0.367
$np$ <sup>1)</sup>	2	3	3	4	6	7	7	8
$l_{50} (m=111)$ <sup>2)</sup>	81.2	79.7	79.7	79.7	80.1	78.4 (0.6)	78.4 (0.6)	78.4
$SR (m=111)$ <sup>3)</sup>	3.1	2.3	2.2	2.3	3.5	2.5 (0.5)	2.5 (0.5)	2.5
$MLL$ <sup>4)</sup>	-829.0	-817.9	-818.0	-817.8	-811.9	-803.9	-804.1	-803.9
AIC <sup>5)</sup>	1662.1	1641.8	1642.0	1643.5	1635.8	1621.9	1622.1	1623.8
Rank	8	5	6	7	4	1	2	3
$H_0$ : model fit								
Deviance	93.7	75.2	75.2	75.3	62.3	50.0	50.0	50.1
d.f.	46	45	45	44	42	41	41	40
$p$ -value	0.00004	0.003	0.003	0.002	0.023	0.158	0.159	0.132

1) The number of estimatable parameters.

2) The rostral length of 50% retention for the pots with 111-mm mesh.

3) The selectivity range ( $l_{75} - l_{25}$ ) for the pots with 111-mm mesh.

4) Maximum log-likelihood.

5) Akaike's information criterion.

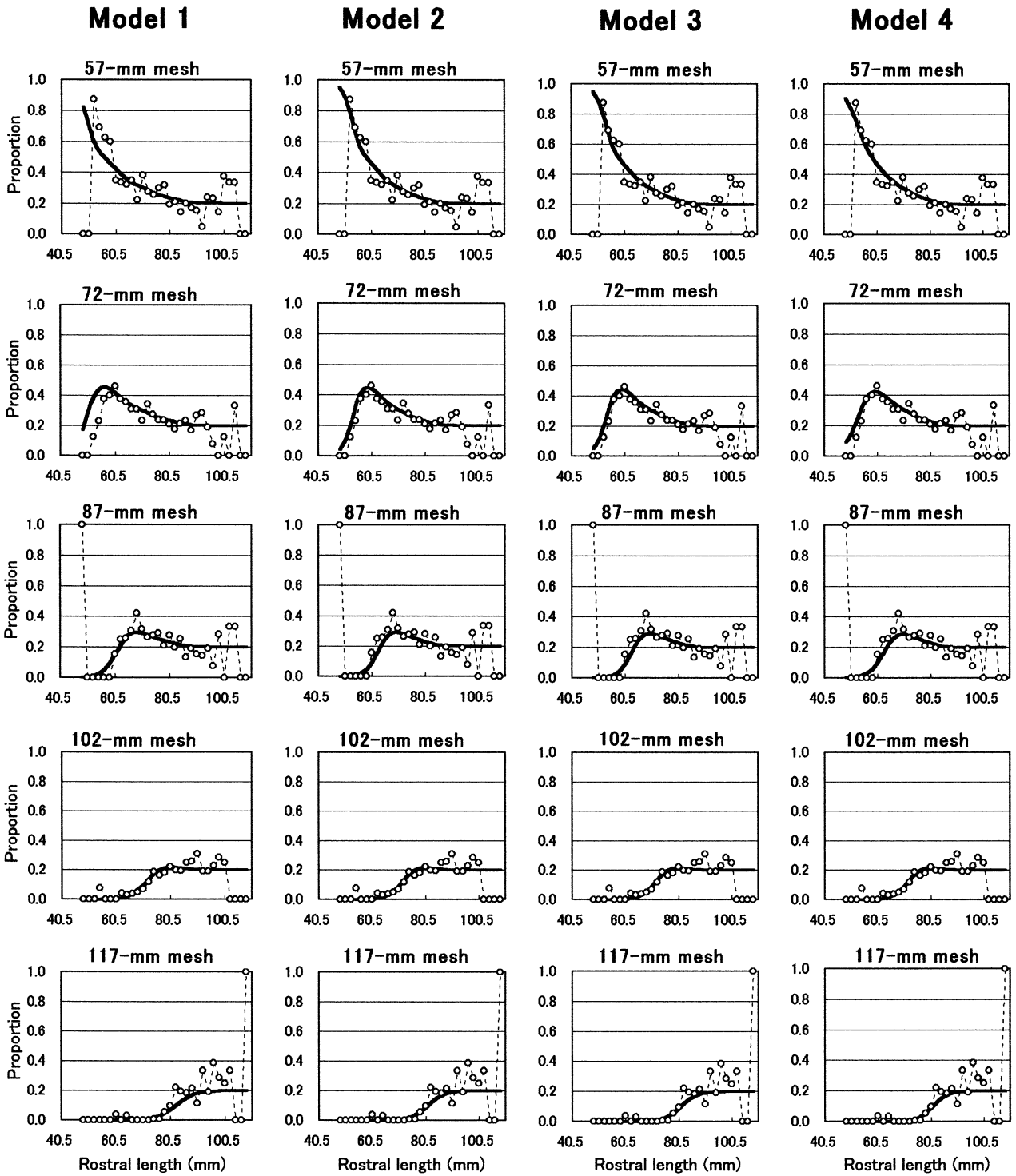


Fig.23a Plots of the proportion of the total male hair crab catch taken by each mesh-size pot for the 1-day soak, and the curves fitted to these data by the maximum likelihood method are overlaid.

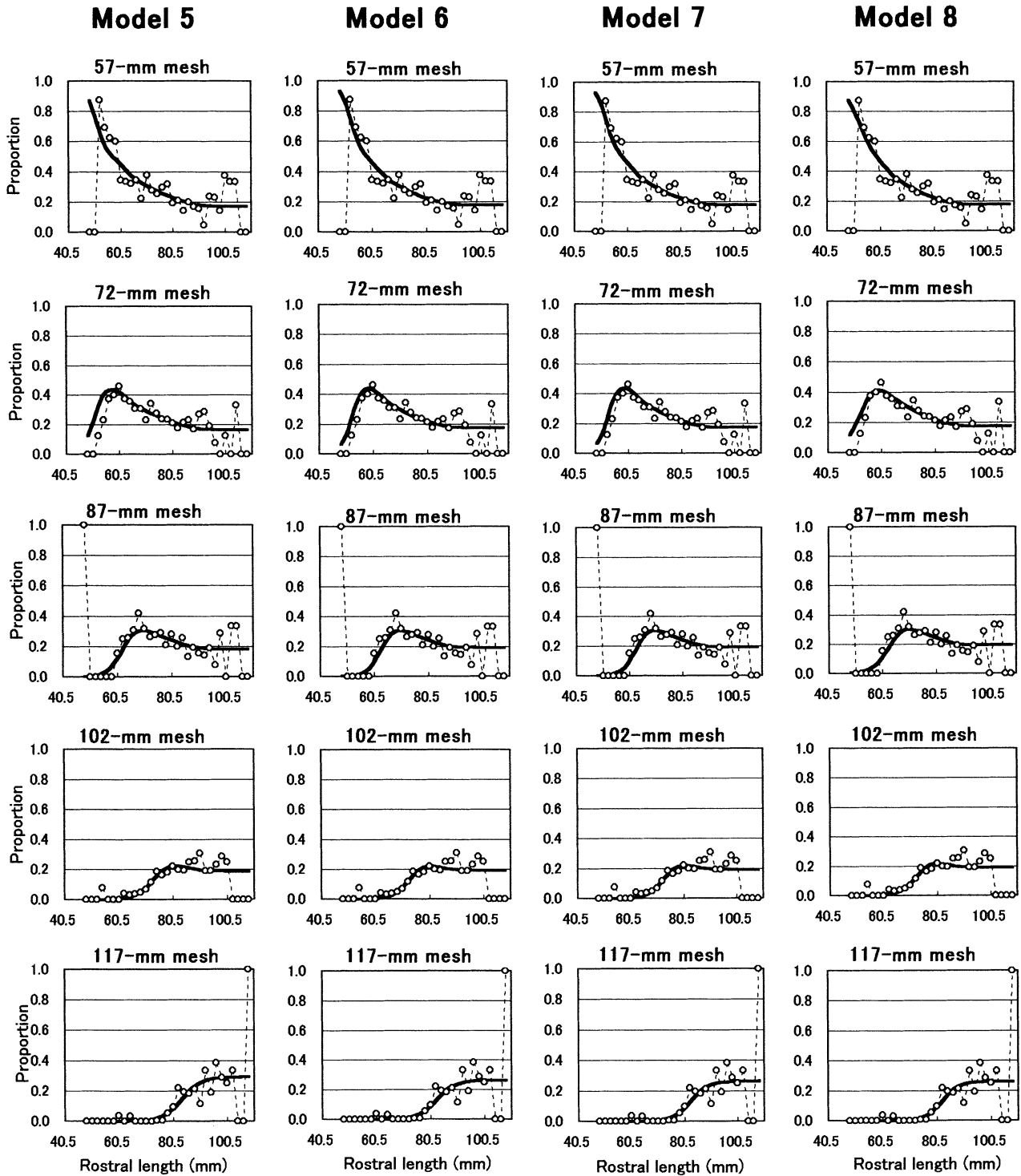


Fig.23b Plots of the proportion of the total male hair crab catch taken by each mesh size pot for the 1-day soak, and the curves fitted to these data by the maximum likelihood method are overlaid.

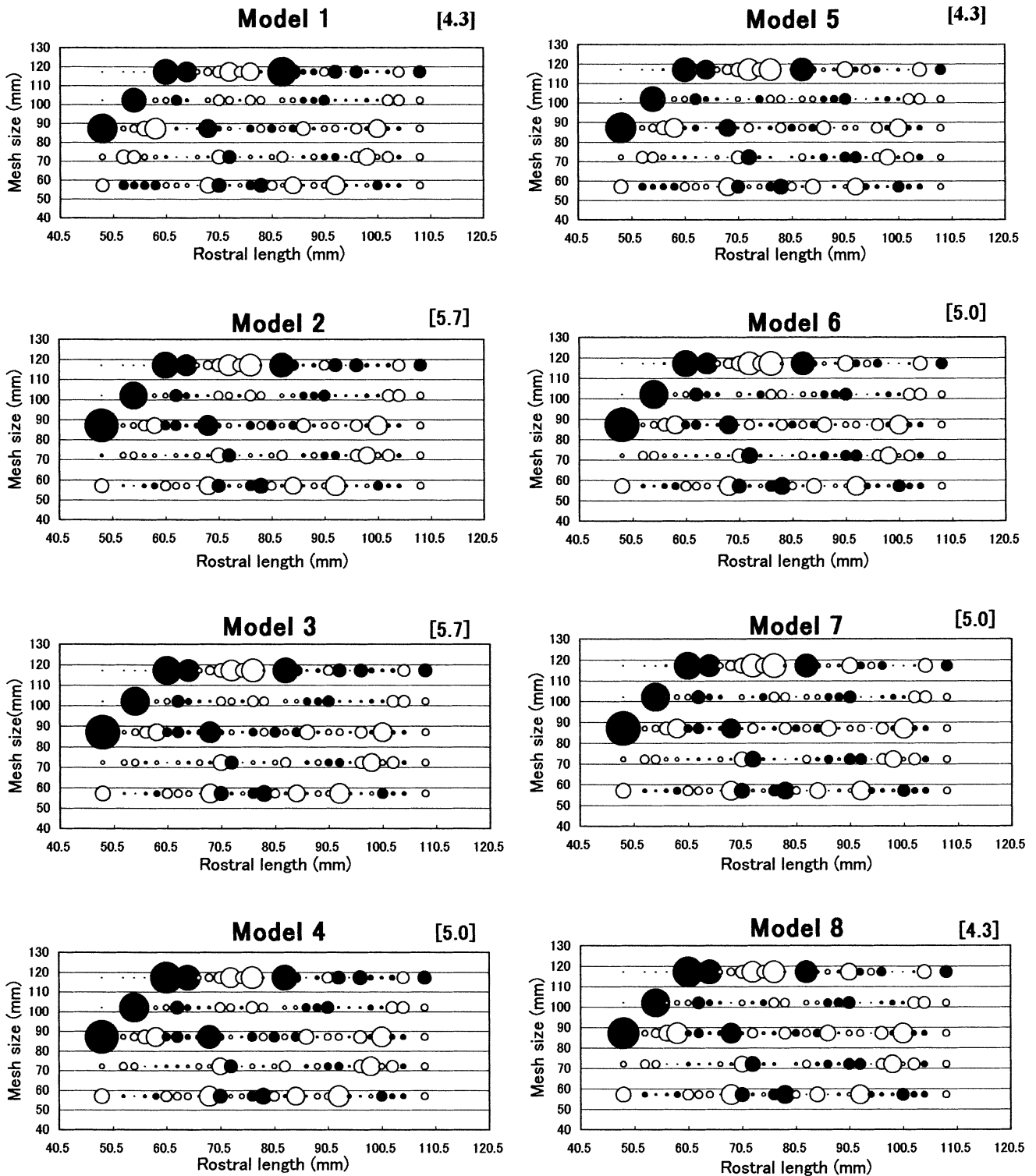


Fig.24 Plots of deviance residuals from fits of mesh selectivity master curve to 1-day soak data. Closed and open circles correspond to positive and negative residuals, respectively. The area of the circle is proportional to the squared residual. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals  $> 1.96$  in absolute value.

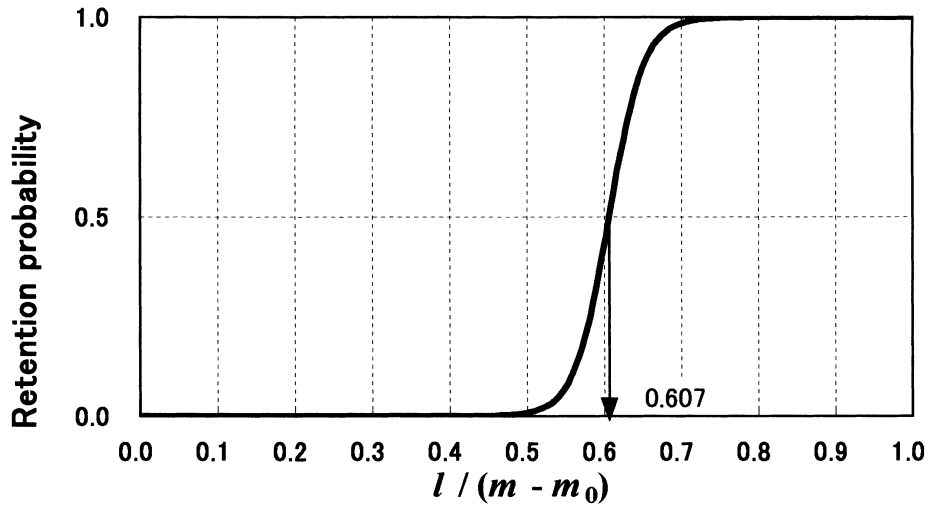


Fig.25 Mesh selectivity master curve of hair crab pots for male hair crabs, obtained from the 1-day soak data. Master curve was estimated using Model 3 shown in Table 12. Parameter  $m_0$  is -18.0.

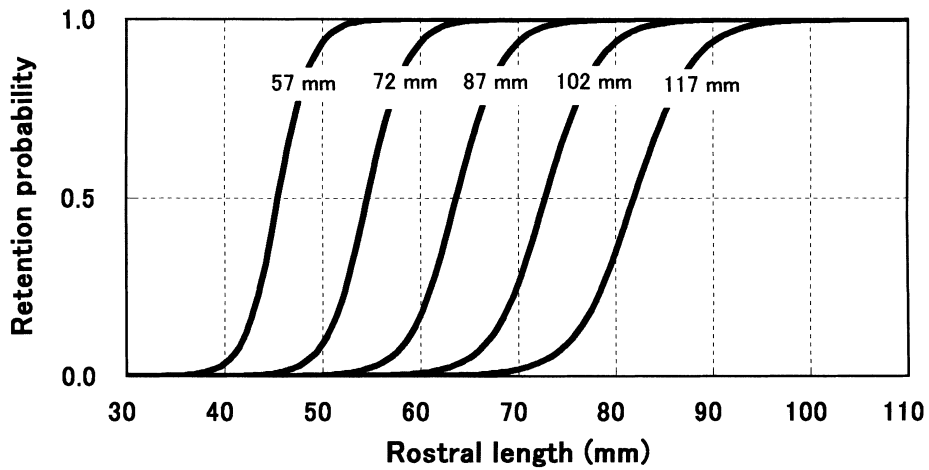


Fig.26 Mesh selectivity curves for five mesh sizes (57, 72, 87, 102 and 117-mm mesh) used in the fishing experiments, estimated from the mesh selectivity master curve for the 1-day soak.

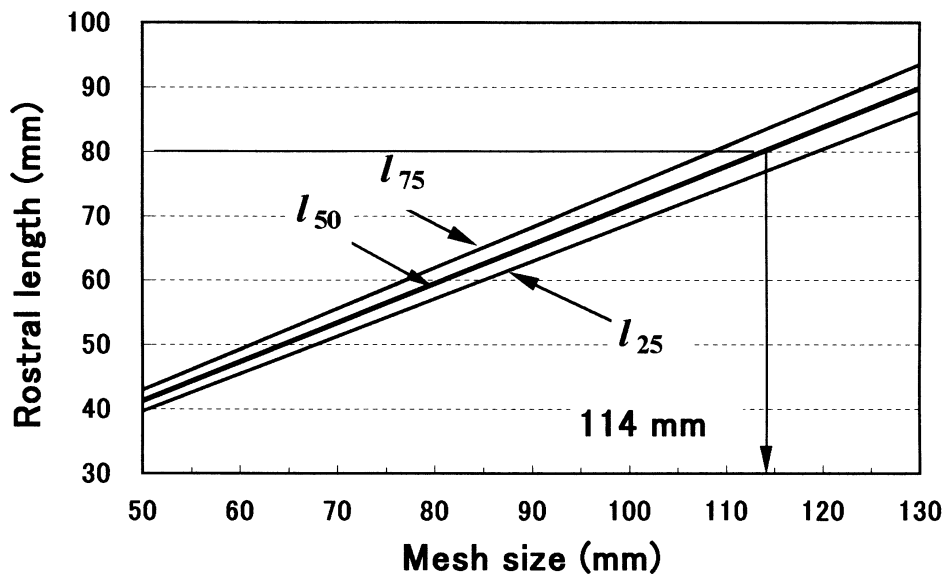


Fig.27 Relationship of  $l_{25}$ ,  $l_{50}$ , and  $l_{75}$  to mesh size, obtained by the mesh selectivity master curve for the 1-day soak shown in Fig.25.  $l_{25}$ ,  $l_{50}$  and  $l_{75}$  denotes the rostral length of 25%, 50% and 75% retention, respectively.

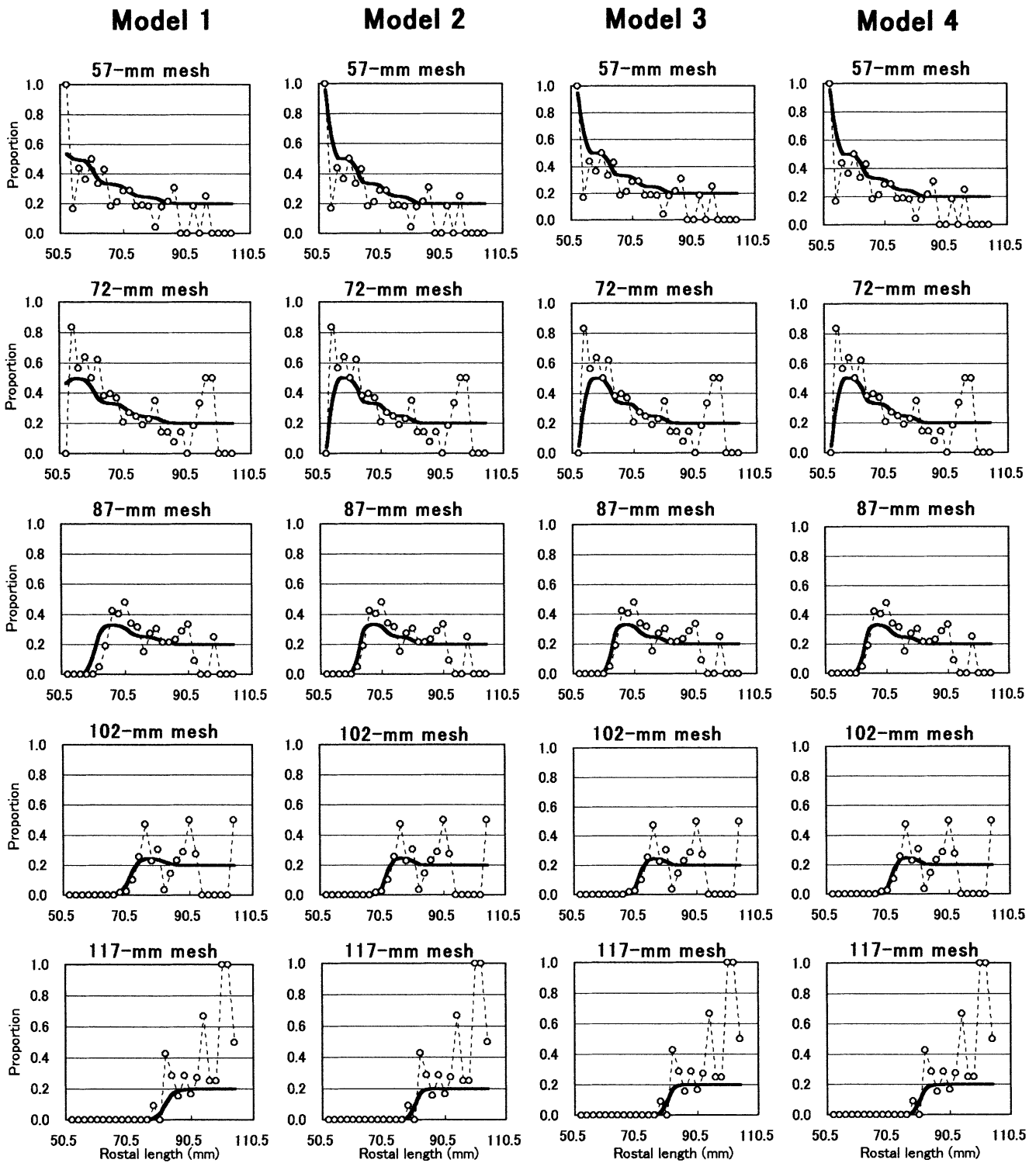


Fig.28a Plots of the proportion of the total male hair crab catch taken by each mesh size pot for the 2-day soak, and the curves fitted to these data by the maximum likelihood method are overlaid.



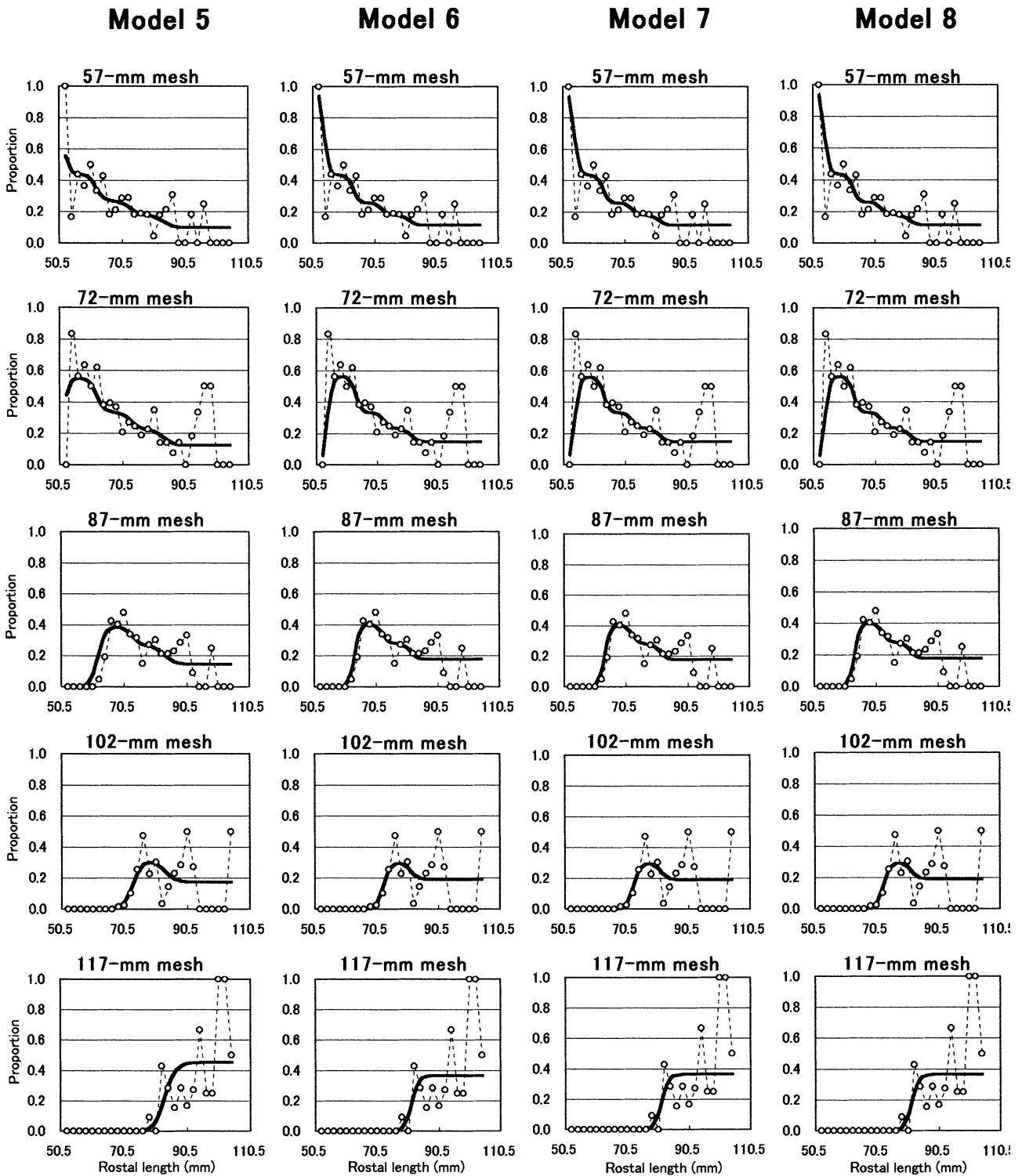


Fig.28b Plots of the proportion of the total male hair crab catch taken by each mesh size pot for the 2-day soak, and the curves fitted to these data by the maximum likelihood method are overlaid.

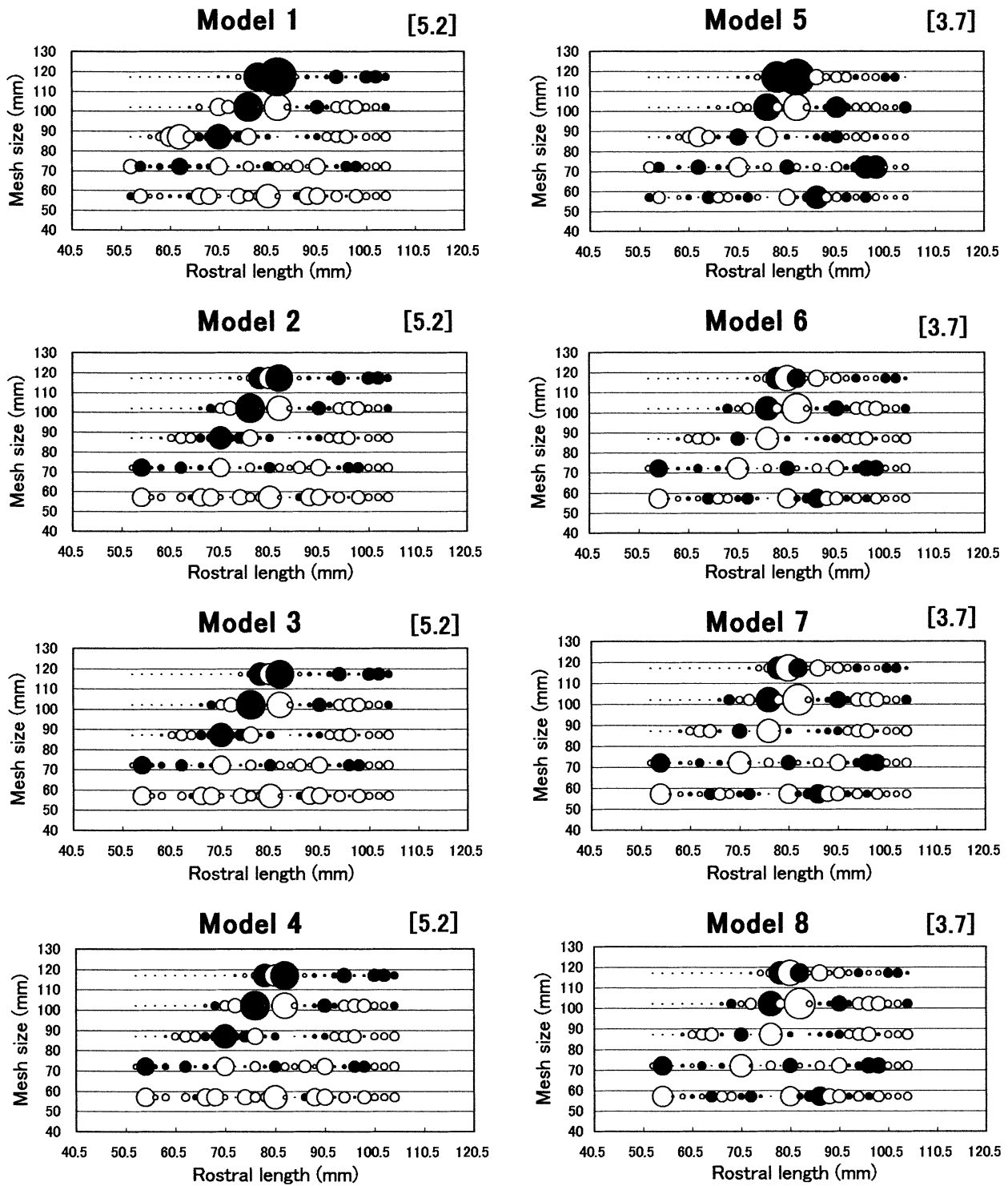


Fig.29 Plots of deviance residuals from fits of mesh selectivity master curve to 2-day soak data. Closed and open circles correspond to positive and negative residuals, respectively. The area of the circle is proportional to the squared residual. Values in square brackets are the percentage of the length classes with residuals  $\geq 1.96$  in absolute value.

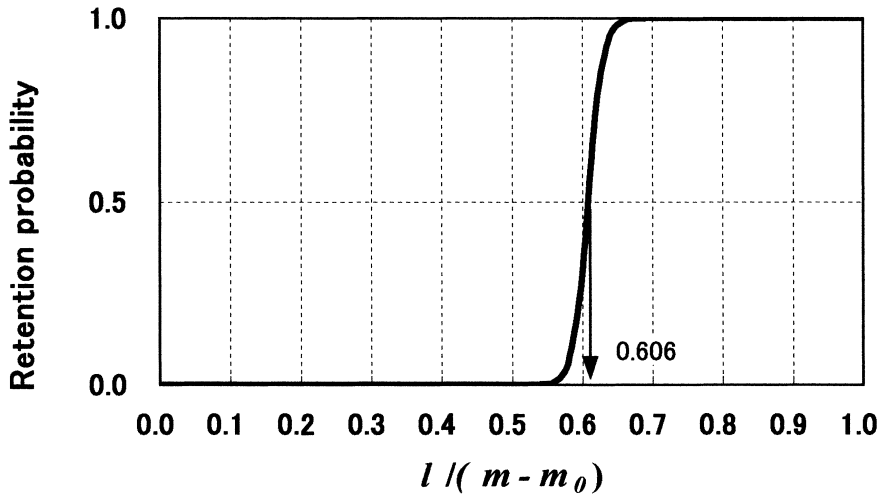


Fig.30 Mesh selectivity master curve of hair crab pots for male hair crabs, obtained from the 2-day soak data. Master curve was estimated using Model 7 shown in Table 13. Parameter  $m_0$  is -18.3.

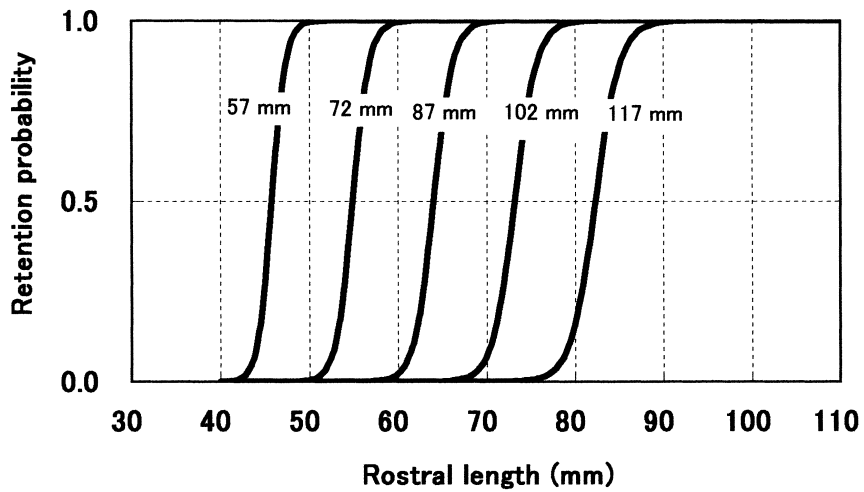


Fig.31 Mesh selectivity curves for five mesh sizes (57, 72, 87, 102 and 117-mm mesh) used in the fishing experiments, estimated from mesh selectivity master curve for the 2-day soak.

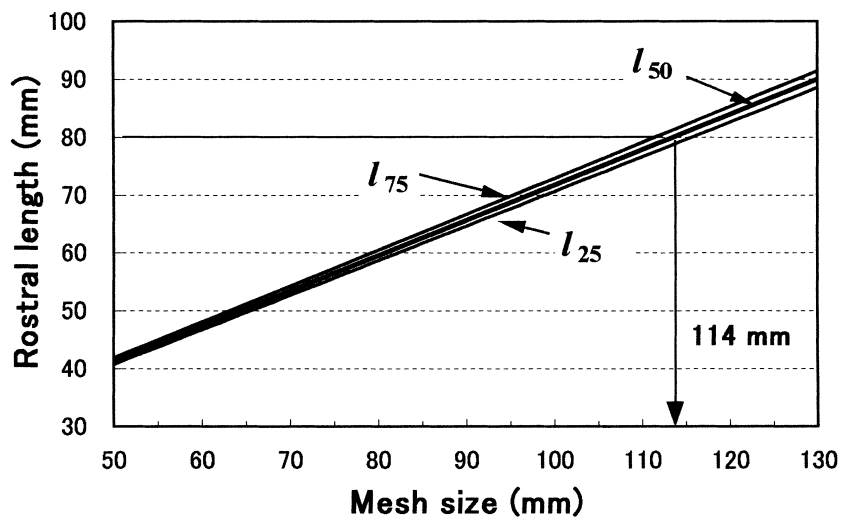


Fig.32 Relationship of  $l_{25}$ ,  $l_{50}$ , and  $l_{75}$  to mesh size, obtained by the mesh selectivity master curve for 2-day soak shown in Fig.30.  $l_{25}$ ,  $l_{50}$  and  $l_{75}$  denotes the rostral length of 25%, 50% and 75% retention, respectively.

2.4 ケガニかご漁船による網目試験結果

1990年4月1日から7月30日の期間に、18隻により実施された延べ78回の操業実験と、1991年4月6日から8月6日の期間に、17隻により実施された延べ62回の操業実験から得られた、対照かごと実験かごのCPUE(100かご当たりの堅ガニの漁獲重量:kg)の関係を図33に示した。図中の直線は、両かごによるCPUEが等しい45度線である。1990年、1991年の両年とも、バラツキは大きい、プロットは45度線の周辺に分布した。ただし、CPUEが低いところでは、プロットが45度線よりも上側に多く、対照かごよりも実験かごでCPUEが高かったことを示している。

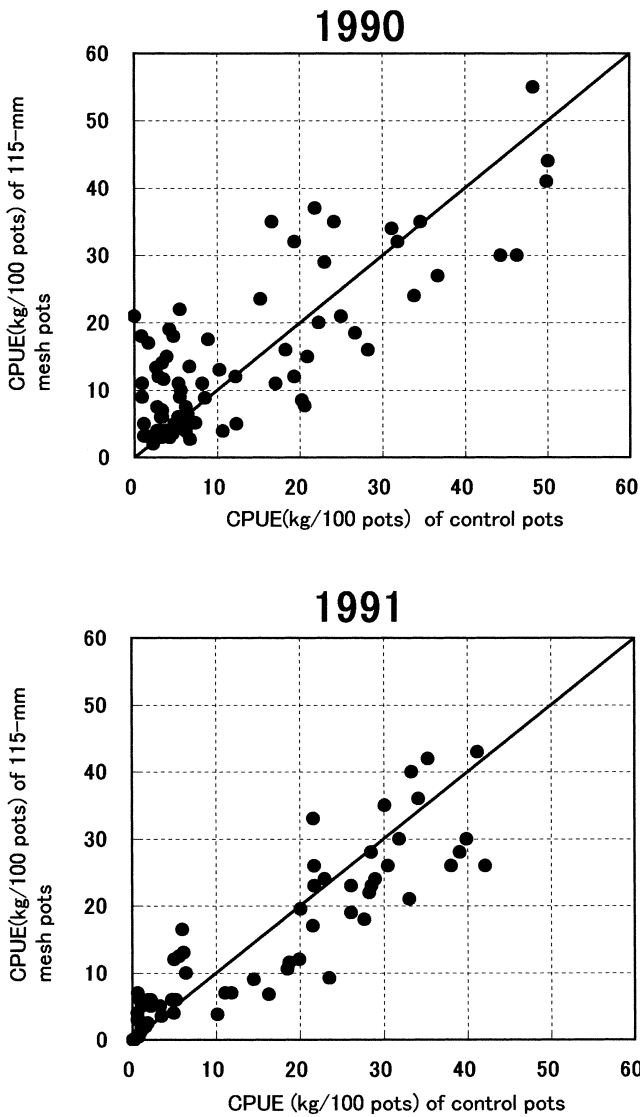


Fig.33 Comparison of catches of legal-sized hard crabs caught by control pots with about 107-mm mesh and pots with 115-mm mesh during commercial trials off Abashiri subprefecture in 1990 and 1991.

CPUEの平均値を比較すると、1990年の場合、対照かごの12.6kgに対し、実験かごは14.5kgであり、実験かごで高かったが、1991年の場合、対照かごの15.6kgに対し、実験かごは14.6kgであり、1990年とは逆に対照かごで高かった。そこで、各年毎に、対照かごと実験かごによるCPUEに違いがあるかどうかを、ウィルコクソンの符号付順位和検定により調べた(Table 15)。1990年の場合、 $p$ 値( $=0.046$ )から危険率5%で実験かごと対照かごのCPUEに差がみられた。“実験かごのCPUE - 対照かごのCPUE”の符号が+となる順位和の方が大きかったこととCPUEの平均値が実験かごで高かったことから、実験かごのCPUEが高かったと判断される。1991年の場合には、 $p$ 値が0.416であり、対照かごと実験かごのCPUEの違いは認められなかった。これらの結果から、目合の大きい実験かごの漁獲量が対照かごの漁獲量よりも少ないとはいえなかった。

2.5 目合規制によるケガニかご漁船の漁獲物組成の変化

1987~1998年に実施された、網走支庁管内3海域におけるケガニかご漁船による一斉調査及び調査船による密度調査の結果から、規制サイズ以上と規制サイズ未満の雄ガニのCPUE(100かご当たり漁獲尾数)を求め、Fig.34に示した。なお、1992年の一斉調査は都合により実施されなかった。対象とした期間において、ケガニかご漁船の使用目合は変化しており、1991年までは107mm(3.5寸)を主体に100~112mm(3.3~3.7寸)の目合が用いられていたが、1992~1993年にかけて115mm(3.8寸)への自主的な目合拡大が行われた後、1994年に115mm(3.8寸)以上の目合規制が導入された。一方、調査船の目合(外径)は61mmで一定であった。

規制サイズ以上の雄についてみると、ケガニかご漁船のCPUE(黒丸)と調査船のCPUE(白丸)の年変動は各海域とも大きく、両者の変動は中部海域では類似していたが、西部海域と東部海域では類似していなかった。一方、規制サイズ未満の雄のCPUEの年変動も大きかったが、調査船のCPUEとケガニかご漁船のCPUEに異なる変動がみられた。最も顕著であった中部海域では、目合規制が導入された1994年以降、調査船のCPUEが増加したのに対し、ケガニかご漁船のCPUEは減少し対照的な変化を示した。また、東部海域においても1994年以降、調査船のCPUEは比較的高かったが、ケガニかご漁船のCPUEは各年とも調査船のCPUEを下回った。さらに、西部海域においても1995年以降、ケガニかご漁船のCPUEは調査船のCPUEよりも低かった。

Table 15 Results of the Wilcoxon signed-rank test comparing CPUE ( kg per 100 pots) of legal-sized hard crabs between the control pots (about 107-mm mesh) and 115-mm mesh pots in the commercial trials conducted off Abashiri subprefecture in 1990 and 1991.

Year	Number of operations	Mean CPUE(Standard error)		<i>T</i> -statistic <sup>1)</sup>	<i>p</i> -value
		115-mm mesh	Control		
1990	78	14.5 (1.3)	12.6 (1.5)	1140.5	0.046
1991	62	14.6 (1.5)	15.6 (1.7)	860.5	0.416

1) The sum of ranks that is smaller in absolute value.

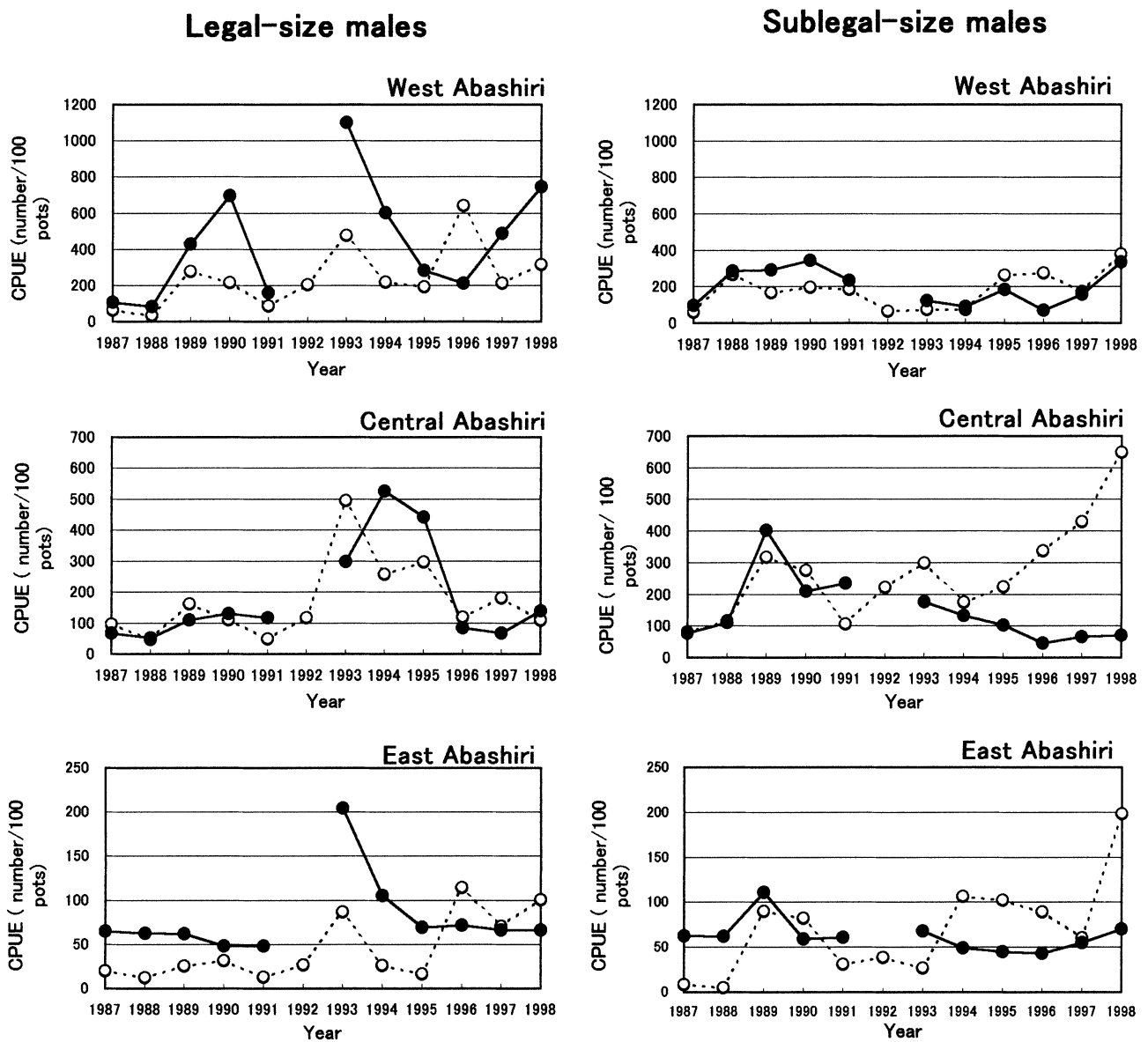


Fig.34 Changes in CPUE (number per 100 pots) of legal- and sublegal-sized male hair crabs caught by the research vessel (open circles) and the commercial vessel (closed circles) in the three areas off Abashiri subprefecture, 1987-1998. A mesh size restriction of 115-mm and greater for commercial fishing was introduced in 1994. No data for the commercial vessel in 1992.

雄の漁獲尾数に占める規制サイズ未満の割合を Fig. 35 に示した。各海域とも1993年までは、調査船とケガニかご漁船による規制サイズ未満の漁獲割合は近い値を示したが、ケガニかご漁船に目合規制が導入された1994年以降、各海域のケガニかご漁船による規制サイズ未満の漁獲割合は調査船のそれよりも常に低く、両者の値は大きく異なっていた。そこで、Fig. 35に示した期間を、ケガニかご漁船が自主的に目合の拡大を進めた1992年と1993年を除き、目合規制前(1987～1991年)と目合規制後(1994～1998年)に区分し、各区分毎に調査船とケガニかご漁

船による規制サイズ未満の漁獲割合の平均と差を求め Table 16 に示した。目合規制前の各海域においては、ケガニかご漁船と調査船による規制サイズ未満の漁獲割合はともに50%以上と高く、両者の差は西部海域で7%、中部海域と東部海域では1%と小さかった。一方、目合規制後、ケガニかご漁船による規制サイズ未満の漁獲割合は顕著に減少し、西部海域では27%、中部海域では31%、東部海域では41%であった。また、調査船とケガニかご漁船による規制サイズ未満の漁獲割合の差は各海域で著しく拡大し、西部海域で15%、中部海域で32%、東部海域で24%であった。調査船とケガニかご漁船とで規制サイズ未満の漁獲割合に差があるかどうかを、目合規制導入前後のそれぞれの区分において、5カ年3海域からなる15組のデータを用いてウイルコクソン符合付順位和検定により検定した結果、目合規制前には差は認められなかった( $p$ 値  $> 0.1$ )が、目合規制後には有意な差がみられた( $p$ 値  $< 0.01$ )。

3. 考察

3.1 相対漁獲効率について

本研究の目的の一つは、これまでのケガニかごの網目選択性曲線推定における2つの仮定の妥当性の評価である。第1の仮定は比較操業実験に用いた各目合のかごの相対漁獲効率が等しいことであり、第2の仮定は同じ選択率を示す目合と甲長の間には比例関係が成り立つことである。ただし、ここでいう相対漁獲効率は選択性を含まない。

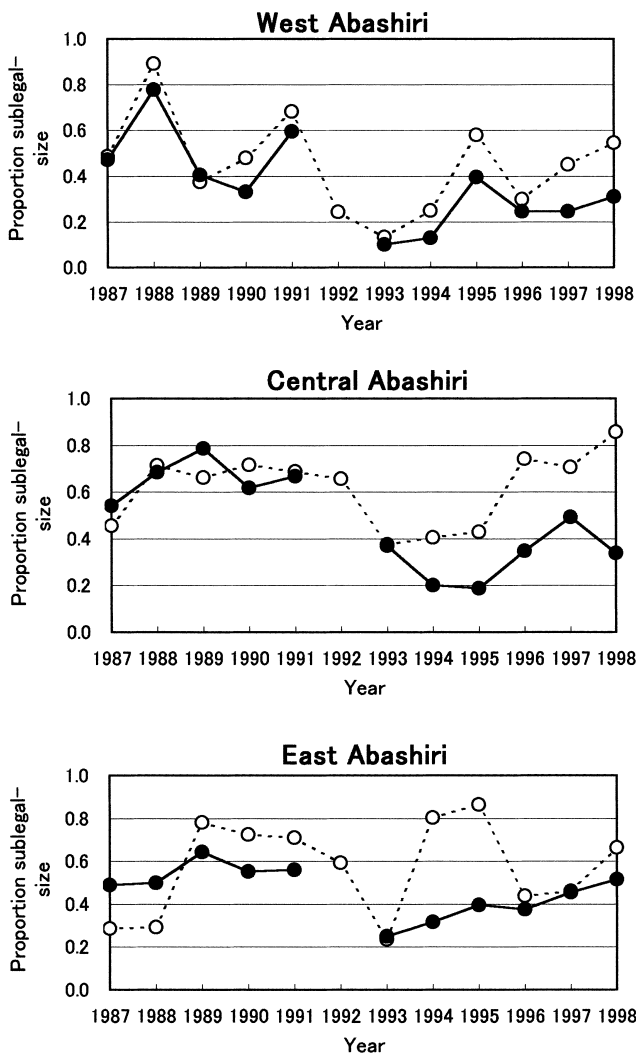


Fig.35 Changes in the proportion of male crabs that were of a sublegal-size caught by the research vessel (open circles) and the commercial vessel (closed circles) in the three areas off Abashiri subprefecture, 1987-1998. No data for commercial vessel in 1992.

Table 16 Comparison of the proportion of male crabs that were of sublegal-size between the research vessel(RV) and the commercial vessel(CV) in the both before and after the introduction of mesh size restriction for commercial fishing.

Fishing area	N <sup>1)</sup>	Mean proportion (SE)		Difference (RV-CV)
		RV	CV	
1987-1991 (Before mesh size restriction)				
West Abashiri	5	0.58(0.09)	0.51(0.03)	0.07
Central Abashiri	5	0.65(0.05)	0.66(0.04)	-0.01
East Abashiri	5	0.56(0.11)	0.55(0.03)	0.01
1994-1998 (After start of mesh size restriction)				
West Abashiri	5	0.42(0.07)	0.27(0.04)	0.15
Central Abashiri	5	0.63(0.09)	0.31(0.06)	0.32
East Abashiri	5	0.65(0.09)	0.41(0.03)	0.24

1) Number of years.

目合別の選択性曲線推定についても、網目選択性マスターカーブの推定についても、浸漬日数が1日の場合には相対漁獲効率を等しいと仮定したモデルが選択された。しかし、浸漬日数2日の場合には逆に相対漁獲効率を等しいと仮定しないモデルが選択され、推定された相対漁獲強度は目合が大きくなるに従い高くなる傾向がみられた。このことから、目合によらず相対漁獲効率は等しいという仮定は、必ずしも妥当ではないと考えられる。また、相対漁獲効率は浸漬時間により異なることが示唆される。したがって、従来の漁獲選択性の解析手法では、漁獲選択性と相対漁獲効率の2つの要素に分離して解析すべき比較操業実験データを、選択性のみで解析していた危険性がある。SELECTモデルを利用することにより、漁獲選択性と相対漁獲効率を分離して取り扱えるようになり、選択性曲線の推定はより適切に行えるようになったといえる。しかし、相対漁獲効率の違いが何に起因するかは、現在のところ明らかでない。Xu and Millar<sup>52)</sup>は、ズワイガニかごで同様に大きな目合のかごにおいて相対漁獲効率が高いことを報告しており、その理由を、大きな目合では小型、中型のカニが逃避することにより、より多くのカニが入かごするためだろうと述べている。Miller<sup>71)</sup>は、カニ*Cancer productus*を用いた一連の室内実験と野外実験の結果から、かごの飽和に関わる要素として、カニの脱出と入りかごの減少を指摘している。このうち、入かごが減少する原因として、かごの中のカニがかごの外のカニを威嚇することを上げている。また、威嚇は臭い、音、威嚇の姿勢、あるいはこれらの複合によるだろうとし、臭いを最も有望視している。井上<sup>74)</sup>はスジエビを用いた水槽実験により、模型かごの飽和収容量は物理的収容量よりもかなり低値であり、それを越えた場合にエビが入りかごしにくくなり、入ったエビが逃げやすくなる原因が個体間の空間占有行動(spacing behavior)に起因することを指摘している。さらに、ホッコクアカエビを用いた模型かごからの脱出行動を調べ、かご内のエビは仲間相互の干渉や反発により動きが高まり、脱出を活発にすると述べている。山根<sup>75)</sup>は無餌かごを用いた実験から、テナガエビには個体間相互の距離を一定に保つスペーシングメカニズムが存在する可能性を示し、体長が個体のスペーシングメカニズムに関わっていると述べている。ケガニかごの場合、飽和収容量がどのような要因で決定するのは明らかでない。しかし、第4章の脱出口の実験では1かご当たり平均漁獲尾数の最大が27尾であったのに対し、網目選択性試験での最大は1かご当たり14尾であったことから、異なる目合による相対漁獲効率の違いは、物理的収容量に関係したものではないと考えられる。したがって、今後、個体間の干渉などケ

ガニの行動に注目した研究が重要となるであろう。

目合による相対漁獲効率の違いは、選択性の評価のみならず、ケガニかご漁業の漁獲効率向上の点からも重要である。

### 3.2 Baranovの仮定について

これまでのケガニかごの網目選択性曲線推定におけるもう1つの仮定は、同じ選択率を示す目合と甲長の幾何学的相似、すなわちBaranovの仮定である。マスターカーブ推定におけるモデルの中では、モデル1とモデル5がBaranovの仮定を用いている。しかし、AICによるモデル選択では、パラメータ $m_0$ を持つモデル3とモデル7が選択されたことから、ケガニかごの網目選択性の解析において、Baranovの仮定を用いることは必ずしも妥当ではない。Baranovの仮定が成立しない原因として、本研究の場合、蛙又結節の網地を使用したため、選択性に直接関係すると考えられる網目内周長と目合が比例関係にないことが考えられる。さらに、パラメータ $l_0$ を持つモデル2及びモデル6も、モデル3及びモデル7と非常に近いAICの値を示したことから、選択性に直接関係すると考えられる体部位(たとえば胴周長)と甲長が比例関係にない可能性もある。ケガニかごにおける網目選択性に対する理解を深めるためには、今後、選択性に直接関係する体の部位や網目の大きさと、便宜的に測定に用いられる甲長や目合との関係を調べる必要がある。

### 3.3 浸漬日数が選択性に及ぼす影響

これまでのケガニかごの網目選択性に関する野外実験の解析では、浸漬時間の違いが考慮されていない<sup>13,29,56)</sup>。浸漬時間の違いが必ずしもサイズ組成に影響するとは限らないが<sup>71)</sup>、Smith and Jamieson<sup>76)</sup>はかごにより漁獲されるダンジネスクラブ*Cancer magister*の甲幅組成が、かごの浸漬日数の増加に伴い変化することを報告している。また、渡部・山崎<sup>77)</sup>はベニズワイガニかごの浸漬時間と漁獲との関係を調べ、浸漬時間の増加とともに雌及び小型の雄が減少することから、操業方法として浸漬時間を長くすることが重要であると述べている。本研究のケガニかごの場合、マスターカーブから推定した選択性の指標を比較すると、50%選択甲長は浸漬日数が異なってもほぼ同じ値を示したが、選択性レンジは明らかに浸漬日数2日の方が小さかった(Fig 27, 32)。このことは、浸漬時間の増加にともなって、選択作用が強くなり働いたことを示唆する。言い換えれば、浸漬時間が短い場合には、網目の選択が十分に働いていないことを意味しており、小型個体を確実に脱出させるためには十分な浸漬時間をとることが重要である。先に述べた相対漁獲効率も浸漬時

間により異なることが示唆されたことから、浸漬時間はケガニかごの選択性を解析する上で無視できない要素であると考えられる。

### 3.4 現行の目合規制の評価

はじめに50%選択甲長について検討する。規制サイズ80mmが50%選択甲長となる目合内径が適切な目合とすると、その大きさはマスターカーブから浸漬日数1日の場合も2日の場合も114mmと推定される。一方、現行の目合規制における最小目合115mm(3寸8分)を、本研究で用いた網糸による目合内径に換算すると111mmになり、その50%選択甲長は浸漬日数1日で78.3mm(95%信頼区間:77.1~79.5mm)、浸漬日数2日で78.4mm(95%信頼区間:77.2~79.6mm)となり、規制サイズである甲長80mmをやや下回る(Table 13,14)。また、目合内径111mmの甲長80mmに対する選択率は、浸漬日数1日で0.64、浸漬日数2日で0.73と推定される。1994年に北海道が115mm(3寸8分)以上の目合規制を許可条件に盛り込む際、漁獲量の減少をできるだけ少なくするため甲長80mmに対する選択率が70%になるように目合を決定しており<sup>78)</sup>、この時の選択率の推定値は本研究の結果からも妥当であったと考えられる。ただし、目合拡大により相対漁獲効率が高まることを考慮すると、実質的な規制サイズ以上の漁獲の減少は、選択率だけからの計算結果よりも少なくなるか、無視できることが期待される。実際に、ケガニかご漁船による網目試験では、目合を115mm(3.8寸)にしても規制サイズ以上の漁獲量の減少はみられなかった。しかし、このことは規制サイズよりもわずかに小さいケガニも比較的高い確率で漁獲されることを意味している。目合規制導入後であっても、1998年の網走西部海域の一斉調査では、100かご当たりの規制サイズ未満の雄漁獲尾数が300以上であったことや、各海域における規制サイズ未満の雄の漁獲割合が平均で30~40%程度であることは、このことを裏付けている(Table 16)。したがって、1994年の目合規制導入により規制サイズ未満の漁獲が低減されたことは間違いないが、現在のケガニかごの選択性には改善の余地があると考えられる。

次に、選択性レンジについて検討する。現行の最小目合115mmの選択性レンジは、目合内径によるマスターカーブから、浸漬日数1日で6.3mm(95%信頼区間:4.7~7.9mm)、浸漬日数2日で2.5mm(95%信頼区間:1.5~3.5)と推定される。Xu and Millar<sup>52)</sup>は目合133mmのズワイガニかごの選択性レンジを16.5mmと推定している。ズワイガニでは50%選択甲長も94.6mmと大きいため、ケガニかごと直接比較できないが、選択性レンジを50%選択甲長で標準化した  $SR/I_{50}$  の値は、ズワイガニかごの0.174に対

し、ケガニかごでは浸漬日数1日の場合0.08、浸漬日数2日の場合0.03と著しく小さい。このことは、ケガニかごの網目選択性が非常に鋭く、ケガニかごが選択的漁獲に適していることを示している。

ケガニが網目の選択作用を受けるのは主に、かごに入ろうとして網面を移動する時と、かごに入った後に脱出しようとする時と考えられる。小池<sup>79)</sup>は、かごの側面に接触した水族が、網面上を移動し、入口に到達する間の移動の難易さが網目の大小により変化する点を考慮する必要があることを指摘している。ベニズワイ<sup>27,30)</sup>とホッコクアカエビ<sup>32)</sup>は、操業実験の結果から網目が大きくなるとかごを登りにくくなると考えられている。本研究で用いたケガニかごでは、網面を移動するときの選択作用は無視できると考えられることから、網目による選択はかごを設置している期間中にかごに入ったケガニが脱出しようとする時と、かごの引き揚げ中に作用すると考えられる。このことから、ケガニかごにおいて網目選択性が鋭いことは、ケガニの脱出行動に深く関係していると推察される。

### 3.5 網目による選択の問題点と課題

研究結果の漁業現場における活用上の留意点について検討する。本研究では、目合として目合内径を用いたが、漁業現場では外径(2脚2節長)が一般的に用いられる。ところが、外径を規準とした場合、網糸の太さが異なると、外径が同じでも網目内周が異なるため、選択性に違いが生ずる恐れがある。たとえ目合内径が同じであっても、結節の種類によって網目内周長は異なるし<sup>33)</sup>、網糸の材料によっては伸縮が起こる。さらに、選択性は網目の形状や網地の張り具合にも影響を受けると考えられている<sup>71)</sup>。ケガニかごの基本構造は各地域に共通しているが、かご枠や網地、網面の傾斜には工夫が施されており、地域間に微妙な違いがみられる。また、海域や季節により海洋環境や気象条件は大きく異なる。このような違いにより、目合が同じであっても選択性に違いが生ずる可能性があるため、目合の変更を行う場合には、このような地域差を考慮する必要があり、各地域ごとに漁業者が自ら実証試験を行い、その効果を確認することが望まれる。