

イセエビ漁業における若齢個体の漁獲管理

對木英幹, 山川 卓, 青木一郎, 谷内 透

(1998年11月4日受付)

Fisheries Management of Juveniles of the Japanese Spiny Lobster

Hidemiki Tuiki,^{*1} Takashi Yamakawa,^{*2}
Ichiro Aoki,^{*1} and Toru Taniuchi^{*1}

We investigated the profitable fishing management of juvenile Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*, using a fisheries model and data of fishing and market records at Wagu, Mie, Japan. The predicted yields were compared among several fishing operation patterns in which fishing of juveniles in the shallow water was regulated and monthly distributions of fishing efforts were varied. The simulation showed that the yield increased when the fishing area was regulated, and that it increased moreover in spite of the constant catch number when fishing efforts were concentrated on the last months of the fishing season. It was suggested that the regulation of the fishing area together with the concentration of the fishing efforts on the last fishing period can ensure the effective utilization of juveniles.

キーワード：イセエビ, 成長管理, デルーリー法, 操業規制, 漁業管理

イセエビ *Panulirus japonicus* は、本邦の沿岸域における重要な水産資源の一つであり、定着性が強いことから資源管理の効果が現れやすいと考えられる。これまで、輪採や禁漁区の設定といった漁場利用方法,^{1,2)} *3-7 漁獲量の制限,^{*5,*6} 雌エビの再放流,^{*6} 適正な漁獲努力量とその配分,^{3,4),*6,*7} 漁具の変更,^{*7,*8} 漁獲年齢の引き上げ,^{3,4),*8} 等の資源管理に関する研究が数多くなされ、実践されてきた。

イセエビの資源保護のため、各県の漁業調整規則では漁獲制限サイズや禁漁期間が定められている。三重県では頭胸甲長 4.2 cm 以下（体重にして 60~70 g）のイセエビは漁獲が禁止されている。^{3,4)} 今回調査対象とした三

重県和具地区では漁獲禁止サイズを三重県の漁業調整規則より大きい 80 g としているが、それよりもわずかに大きい、市場で銘柄「小」として扱われる若齢のイセエビが多量に漁獲されている。^{*9} 資源管理を行うためには若齢イセエビの漁獲を抑制し、イセエビが成長してから漁獲するための漁業管理を行うことが望まれる。山川^{3,4)} は加入資源の経済的利用に関する理論的検討の結果、三重県和具地区のイセエビについては産卵資源としての価値を考慮しない場合でも、頭胸甲長 66.5 mm 以上の個体のみを漁獲する方策が最適であり、産卵資源の価値を考慮した場合は漁獲選択体長をさらに引き上げる必要があることを示した。

*1 東京大学大学院農学生命科学研究科 (Department of Aquatic Bioscience, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-8657, Japan).

*2 三重県科学技術振興センター水産技術センター (Fisheries Research Institute of Mie, Hamajima, Shima, Mie 517-0404, Japan).

*3 野中 忠, 大島泰雄: イセエビの増殖, 特に全漁場休漁, 禁漁区の設定, 及び輪採による効果事例とその効果見積もりについて. 水産増殖資料 No. 6, 東京大学農学部増殖学研究室, 東京, 1957, pp. 1-21.

*4 野中 忠, 大島泰雄: 三重県錦町における輪採によるイセエビの生産について. 水産増殖資料 No. 14, 東京大学農学部増殖学研究室, 東京, 1958, pp. 1-13.

*5 金盛浩吉: イセエビ漁業の資源管理の研究—I. 昭和 60 年度和歌山県水産試験場事業報告, 196-202 (1987).

*6 金盛浩吉: 和歌山県紀南海域におけるイセエビの資源生態と漁業管理の研究. 昭和 61 年度和歌山県水産試験場事業報告, 109-209 (1988).

*7 山川 卓, 竹内俊博, 小泉 勝: 資源管理型漁業定着化事業—Ⅲ, イセエビ資源管理シミュレーション. 平成 5 年度三重県水産技術センター事業報告, 3-6 (1994).

*8 山川 卓: 資源管理型漁業推進総合対策事業—Ⅱ, 沿岸特定資源調査(イセエビ). 平成 8 年度三重県水産技術センター事業報告, 4 (1997).

*9 對木英幹, 谷内 透, 山川 卓: 三重県和具におけるイセエビ (*Panulirus japonicus*) の資源管理. 平成 10 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 1998, pp. 26.

現実の漁業において、ある大きさ以下の個体は全く漁獲せずにそれ以上の大きさの個体のみを漁獲する、いわゆる「ナイフエッジ型」の漁獲を完全に実現することは困難であり、また小型個体の再放流に基づく管理でも catch-and-release mortality による管理効果の低下⁵⁾が予想される。従って、より適切な管理のためには具体的にどのような漁具でどのような操業を行って漁獲するかという漁獲管理技術の検討が重要となる。

本研究では漁具の変更を行わず、操業方法の変更のみで漁獲管理効果を期待できるか検討した。まず若齢イセエビにあたるイセエビ1 齡群（着底から1 年程度が経過した個体群）の漁獲状況をもとに成長段階別の分布特性を調査し、次に操業水深を時期別に調整する水深別操業を行った場合及び漁獲努力量の配分を変化させた場合の漁期中の水揚げ金額の変化をシミュレーションによって予想し、若齢イセエビの漁獲管理による資源の有効利用法を検討することを目的とした。

資料と方法

調査地区及び用いた資料 本研究では、三重県の中で最もイセエビの漁獲量が多い和具（Fig. 1）を調査地区とした。和具では、三重県漁業調整規則と同じ期間が禁漁期間とされており、10 月1 日から翌年の4 月30 日までが操業期間となっている。

和具では各イセエビ刺網漁船の出漁日、操業場所と水深、及び銘柄別の漁獲量を操業記録に記している。銘柄は、イセエビの体重や商品価値に関わる破損具合により、5 つの銘柄「特大」：体重 380 g 以上、「中」：体重 120 g 以上 380 g 未満、「小」：体重 80 g 以上 120 g 未満、「ボロ」：触角や脚が損傷しているものや、脱皮直後の個体で商品価値の低いもの、「特小」：制限サイズに満たない個体で再放流用、に区分されている。銘柄「特大」、「中」、「小」、「ボロ」は販売対象として重量（g）で記録されるが、「特小」は再放流用尾数として記録されている。本研究で対象とした前述のイセエビ若齢個体群（着底から1 年程度が経過した個体群）は銘柄「小」及び「特小」が該当する。

初期資源尾数の推定及び漁獲シミュレーションモデルの作成では、資料のそろっていた 1991 年度漁期（1991 年 10 月 1 日から 1992 年 4 月 30 日まで）の操業記録と和具市場における 1991 年度漁期中の日別取り引き量及び平均市場価格の記録を用いた。

漁具能率に関する環境要因としては山川^{3,4)}及び

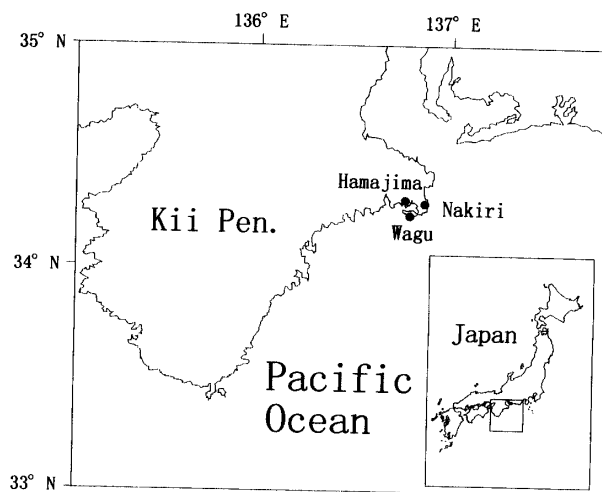


Fig. 1. Location of the study area.

Yamakawa *et al.*^{6,7)}より波浪と水温を考えた。波浪指数には 1991 年度漁期中の風浪階級値及びうねり階級値の合計を用いた。各階級値は大王崎航路標識事務所による波切（Fig. 1）での日々の海面観察によって 10 階級のカテゴリーデータとして記録されている。^{3,4,6)} 1991 年度漁期中の水温は、山川^{3,4,6)}で用いられた水温計算法（和具地先における月毎の水深 30 m の水温及び浜島（Fig. 1）における日別の表面水温から和具の漁場水温を推定する）を用いて計算した。

初期資源尾数の推定 漁獲シミュレーションを行うためには、初期資源尾数を推定する必要がある。初期資源尾数の推定には、漁獲量と漁獲努力量が既知の場合、DeLury 法⁸⁾が頻用される。トリガイ⁹⁾やイセエビ^{*10)}の様に移動性の少ない資源に用いられており、漁期が短く、資源の出入りが少なく、漁獲努力が大きく、資源が漁獲のみで減少していくと仮定できる場合に有効である。和具地区では、漁期前半に出漁隻数及び漁獲量が集中しており、^{*9)}対象となるイセエビが大きく移動せず、^{*11)}漁期の初期には DeLury 法の仮定を満たしていると考えられたため、DeLury 法による初期資源尾数の推定を行った。1991 年度漁期の初期、ほぼ全ての漁船が出漁した 10 月 1 日から 11 月 30 日までの水深別（0～15 m 及び 15～30 m）の出漁隻数と銘柄「小」の漁獲量及び銘柄「特小」の漁獲尾数を用いて水深別に推定を行った。

銘柄「小」及び銘柄「特小」のイセエビは漁期開始時には刺網の漁獲選択性が低いが、漁期が進み個体が成長するにつれて刺網の漁獲選択性が増加していく。そのた

*10 金盛浩吉：すさみ海域におけるイセエビの資源生態の研究—Ⅱ：DeLury 法による漁獲率の推定。昭和 57 年度和歌山県水産試験場事業報告，91-101（1984）。

*11 辻ヶ堂諦，西村守央：イセエビの標識放流及び三重県におけるイセエビの漁獲。昭和 62 年度三重県水産技術センター事業報告，77-82（1989）。

め, 日毎の CPUE (単位努力量当たり漁獲量, ここでは漁獲量(g)/隻・日) を求める際には, 漁獲選択性の考慮が必要である。本研究では漁獲選択率の修正を加えた以下の式から初期資源尾数を計算した。修正した CPUE (以後, 修正 CPUE) の算出にあたっては, 雌雄の成長の違い及び操業記録への記載の違いに基づき, 雌雄別・銘柄別の区分をした。以下では, 銘柄の区別のため, 銘柄「小」のイセエビを「小エビ」, 銘柄「特小」のイセエビを「特小エビ」と記載する。

操業開始後 i 日目における小エビの修正 CPUE の計算式は以下の通りである。

$$U_{mi} = C_{mi} / \{p(L_{mi})X_i\} \quad (1)$$

$$U_{fi} = C_{fi} / \{p(L_{fi})X_i\} \quad (2)$$

ここで,

U_{mi} : i 日目における雄の小エビの CPUE

U_{fi} : i 日目における雌の小エビの CPUE

C_{mi} : i 日目における雄の小エビの漁獲尾数

C_{fi} : i 日目における雌の小エビの漁獲尾数

$p(L_{mi})$: i 日目における雄の小エビの漁獲選択率

$p(L_{fi})$: i 日目における雌の小エビの漁獲選択率

L_{mi} : i 日目における雄の小エビの平均頭胸甲長

L_{fi} : i 日目における雌の小エビの平均頭胸甲長

X_i : i 日目の漁獲努力量 (= 出漁隻数)

である。 C_{mi} , C_{fi} , $p(L_{mi})$, $p(L_{fi})$ は以下のように算出した。

1. i 日目の小エビの漁獲尾数 C_{mi} 及び C_{fi} の算出法
操業記録から i 日目の小エビ漁獲量が得られるので, 以下の方法で i 日目の漁獲尾数 C_{mi} 及び C_{fi} を求める。

i 日目の小エビの漁獲量を $Y_i(g)$, 全漁獲尾数を C_{all} とすると

$$Y_i = a_{mi}C_{all}W_{mi} + a_{fi}C_{all}W_{fi} \quad (3)$$

となる。

a_{mi} : i 日目の雄の出現比率

W_{mi} : i 日目の雄の体重

a_{fi} : i 日目の雌の出現比率

W_{fi} : i 日目の雌の体重

体重 (g) は頭胸甲長 (mm) から以下の式^{3,4)}で求められる。

$$W_{mi} = 0.001005L_{mi}^{2.9601} \quad (4)$$

$$W_{fi} = 0.001525L_{fi}^{2.8667} \quad (5)$$

また, イセエビの平均頭胸甲長は, 雌雄共に以下の成長式^{3,4,10)}で求められる。

$$L_j = L_{\infty} [1 - \exp(-K)\{G(j) - G(j_0)\}] \quad (6)$$

$$G(j) = j + \frac{A}{2\pi} \sin 2\pi(j - j_1) \quad (7)$$

ここで, 年齢は 8 月 1 日を加齢日とし, 年齢 j と漁期日数 i を合わせるため, 小エビの年齢 j を以下の式で求めた。

$$j = 1 + \frac{31 + 30 + i}{365} \quad (8)$$

また,

L_{∞} : 98.5 (mm)

j_0 : 成長の変曲点を表すパラメータ

(雄 = -0.153 (年), 雌 = -0.447 (年))

K : 成長係数 (雄 = 0.403, 雌 = 0.482)

A : 季節的成長を表すパラメータ

(雄 = 0.727, 雌 = 0.548)

j_1 : 季節的成長を調整するパラメータ

(雄 = -0.153, 雌 = -0.447)

とした。^{3,4,10)}

式(3)におけるイセエビの体重 W_{mi} , W_{fi} が式(4)~(8)から, また漁獲量 Y_i が漁獲記録から得られるので, 雌雄別の出現率 a_{mi} 及び a_{fi} が判れば漁獲尾数 C_{all} が求められる。今回は, 三重県^{*12)}の 10 月と 11 月の年齢・雌雄別出現率の値を a_{mi} 及び a_{fi} に用いた。

以上から

$$C_{mi} = a_{mi}C_{all} \quad (9)$$

$$C_{fi} = a_{fi}C_{all} \quad (10)$$

により, i 日目の雌雄の漁獲尾数を計算できる。

2. i 日目における漁獲選択率の算出法 i 日目における平均頭胸甲長 L_i の個体の漁獲選択率 $p(L_i)$ は, 以下の式から計算される。^{3,4)}

$$p(L_i) = 1 / [1 + \exp\{\alpha(1 - \beta L_i)\}] \quad (11)$$

α, β : パラメータ

L_i : i 日目における平均頭胸甲長

パラメータ α, β の数値には山川^{3,4)}の推定値 ($\alpha = 12.7$, $\beta = 1/55.4$) を用いた。

3. 特小エビの修正 CPUE 特小エビの CPUE については, 漁獲尾数が操業データに記録されているので, その尾数を用いれば推定できる。なお, 特小エビの雌雄別出現比率, 成長式, 体長-体重関係, 漁獲選択率は全て小エビと同じと仮定し, 修正 CPUE 及び初期資源尾数の推定を行うこととする。

i 日目の特小エビの全漁獲尾数を C_{sall} とすると

$$C_{msi} = a_{mi}C_{sall} \quad (12)$$

$$C_{fsi} = a_{fi}C_{sall} \quad (13)$$

C_{msi} : i 日目における雄の特小エビの漁獲尾数

C_{fsi} : i 日目における雌の特小エビの漁獲尾数

である。

*12 三重県: 平成 4 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書 (地域重要資源), 三重県水産技術センター, 三重, 1993, pp. 27-51.

4. DeLury 法による初期資源尾数の推定方法 操業を始めてから i 日目の CPUE を U_i , 漁具能率を q , 及び i 日目初めの資源量を N_i とすると, 以下の関係式が成り立つ。⁸⁾

$$U_i = qN_i \quad (14)$$

N_i は, 初期資源尾数を N_0 とすると漁具能率と $i-1$ 日目までの累積努力量 (E_i) から

$$N_i = N_0 e^{-qE_i} \quad (15)$$

となる。

式(14)と(15)から

$$\ln(U_i) = \ln(qN_0 - qE_i) \quad (16)$$

が得られ, この直線式の傾きから q , 切片から qN_0 が得られる。ゆえに, 傾きと切片から N_0 が得られる。

漁獲モデル 漁期開始後 i 日目における漁獲尾数 C_i は以下の式で計算する。

$$C_i = N_i \frac{p(L_i)q_iX_i}{p(L_i)q_iX_i + M} \{1 - e^{-(p(L_i)q_iX_i + M)}\} \quad (17)$$

X_i : i 日目の出漁隻数

N_i : i 日目の資源尾数

M : 1 日あたりの自然死亡係数 (=0.2/365 とする)

q_i : i 日目の漁具能率 (水深による変化は無いものとする)

$p(L_i)$: i 日目の漁獲選択率

N_i, q_i は以下の方法で計算する。なお, $p(L_i)$ は前述の式(6), (7), (8), (11)から計算する (Fig. 2-a)。

1. 資源尾数 N_i の計算法 資源尾数は以下の式に従って減少するとする。 N_0 には DeLury 法による初期資源尾数の推定で算出された水深別・雌雄別の初期資源尾数を用いる。なお, 若齢のイセエビは浅海の岩礁域にとどまっていること,¹¹⁾ 及びイセエビは移動が少ないこと,*¹¹ を考慮に入れ, この研究では若齢のイセエビは漁期を通じて水深に関係する垂直方向の移動をせず, 同じ水深にとどまると仮定する。1 日あたりの自然死亡係数は $M=0.2/365^{3,4)}$ とする。

$$N_{i+1} = N_i e^{-(p(L_i)q_iX_i + M)} \quad (18)$$

2. 漁具能率 q_i の計算法 和具におけるイセエビ漁は漁期が半年以上に及び, その間に様々な環境条件が変化し, それに伴い漁具能率も変化することが予想される。そこで, 以下のように山川,^{3,4)} Yamakawa *et al.*⁶⁾ の漁具能率計算式を用いて漁具能率を求めた。

水温が最も低下する日を i_0 とすると漁具能率 q_i は $i \leq i_0$ の時

$$q_i = a\{\bar{t}_i + f + l(t_i - \bar{t}_i)\}[1 + u \cos \{2\pi(i - v - v_0)/m\}](w_i + z) \quad (19)$$

及び

$i > i_0$ の時

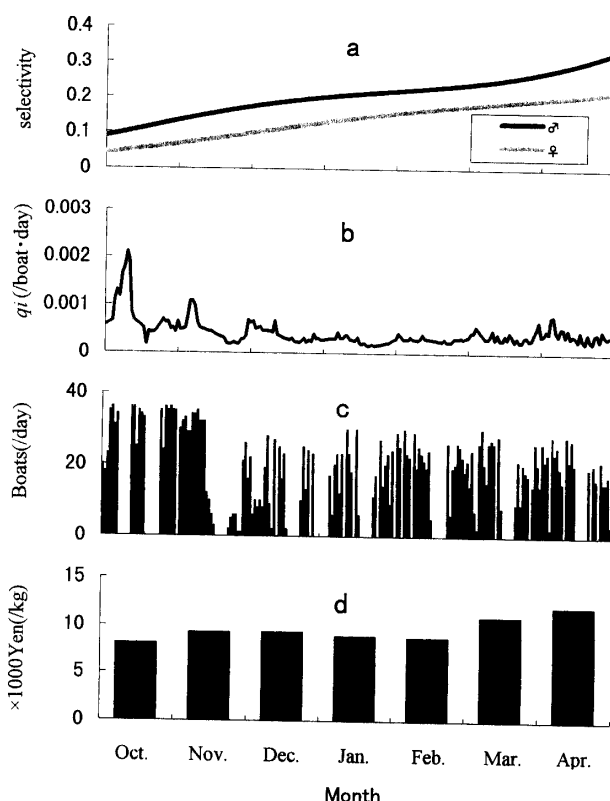


Fig. 2. The data used in the present fishery model.

a: selectivity, b: catchability coefficient q_i , c: fishing efforts, d: average price.

$$q_i = a\{\bar{t}_i + h + l(t_i - \bar{t}_i)\}[1 + u \cos \{2\pi(i - v - v_0)/m\}](w_i + z) \quad (20)$$

である。

t_i : i 日目における水温 ($^{\circ}\text{C}$)

$\bar{t}_i$: $i-4$ 日目から i 日目までの平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)

i_0 : 2 月 10 日とする

m : 太陰月 (29.53 日)

w_i : i 日目における波浪強度の指数

a, f, g, h, l, u, v, z はパラメータであり, それらの数値には山川^{3,4)}のモデル XIV の推定値を用いた ($a=8.96 \times 10^{-6}$, $f=10.10$, $g=1.18$, $h=11.2$, $l=0.07$, $u=0.264$, $v=0.33$, $z=1.75$)。

式(19)と(20)から得られた q_i の値の推移を Fig. 2-b に記す。

3. 出漁隻数 出漁隻数には 1991 年度漁期中の日別の出漁隻数を用いた。なお, 操業方法は後述する操業パターンに従うこととする。1991 年度漁期中の日別出漁隻数の推移を Fig. 2-c に示す。

4. 水揚げ金額 水揚げ金額 V_i は以下の式で計算する。

$$V_i = C_i W_i P_i \quad (21)$$

V_i : i 日目における水揚げ金額

W_i : i 日目におけるイセエビの平均体重

P_i : i 日目における平均市場価格 (円/kg)

平均体重の計算法は上記の式(4)~(8)による。

1991 年度漁期中における各月の日別漁獲量と日別市場価格の関係を調べた結果, 両者の間に 10 月と 12 月以外は相関が見られなかった。^{*9} そこで, 今回のシミュレーションでは, 各月毎の日別平均価格を P_i に用いた。月毎の平均市場価格の推移を Fig. 2-d に示す。

操業方法について 上記の漁獲モデルにおいて以下の操業ケースで漁獲を行った場合の水揚げ金額の比較を行う。各ケースで仮定される操業状況 (ケース I: パターン 1~6, ケース II: パターン 7~12) を Fig. 3 に示す。操業水深には主に操業が行われる 15~30 m と 0~15 m を設定した。

ケース I は日毎の操業隻数 X_i が実際 (Fig. 2-c) と同じ場合である。操業水深の変更による効果を検証するため, 操業水深を時期で変えた操業パターン 1~6 を設定した。パターン 1 は小エビの密度の高い水深 0~15 m への出漁を漁期末の翌年 3~4 月まで控えた場合である。10 月~翌年の 2 月には水深 15~30 m で操業を行い, 翌年の 3~4 月に水深 0~15 m で操業を行うこととする。パターン 2 と 3 では, 翌年の 3~4 月だけでな

く, 漁期前半にも水深 0~15 m で操業を行って小エビを漁獲した場合である。パターン 4~6 は, 操業水深をパターン 1~3 と逆にした場合で, 水深 0~15 m への出漁を漁期開始直後の 10 月~翌年の 2 月の間とし, 早い時期に小エビを漁獲する場合である。

ケース II では, 操業水深はケース I と同じとしたが, 日毎の操業隻数をケース I とは変えた。すなわち, 年間の延べ操業隻数はケース I と同じとしたが, 出漁隻数は小エビ・特小エビが成長して大きくなる翌年の 3~4 月に集中させた。1 日の最大出漁可能隻数が 36 隻のため (和具のイセエビ刺網漁船は 36 隻), 漁期末の 3~4 月には毎日 36 隻の漁船全てが出漁するとした。10~2 月の日毎の操業隻数は年間出漁隻数の関係から以下の式により 14 隻とした。

$$(X_{all} - D_{a1} \times 36) \div D_{a2} = 13.8039 \div 14 \quad (22)$$

X_{all} : 年間の総出漁隻数 (=3064 隻)

D_{a1} : 3~4 月の出漁日数 (=46 日)

D_{a2} : 10~2 月の出漁日数 (=102 日)

結 果

初期資源尾数 Fig. 4, 5 に各水深における小エビ及び特小エビの雌雄別 CPUE の対数値を累積漁獲努力量に対してプロットした散布図及び回帰直線を示す。回帰は全て有意であった ($p < 0.05$, Table 1 を参照)。回帰式から推定した初期資源尾数及び 95% 信頼限界値¹²⁾ を Table 1 に示す。

雌雄共に水深 0~15 m の方がイセエビ 1 齢群の初期資源尾数が多い傾向が見られた。

漁獲シミュレーション 各操業パターンで予測される水揚げ金額を Fig. 6 に示す。

ケース I では, パターン 4~6 と比べ, パターン 1~3 の方が推定水揚げ金額は多くなった。漁期末に水深 0~15 m へ出漁する場合には, 水揚げ金額は若干増加した。しかし, パターン 1 とパターン 2, 3 を比べると, 漁期前半にも水深 0~15 m へ出漁した方が水揚げ金額が多くなるという結果がでた。

ケース II でもケース I と同様に, パターン 10~12 と比べ, パターン 7~9 の方が推定水揚げ金額は多くなった。ケース I とケース II の結果から, 漁期末に水深 0~15 m へ出漁することにより漁具の改良及び延べ出漁隻数の削減を行わなくても水揚げ金額を増加させることが可能であること, つまり漁獲管理を行う場合には操業場所の調整が有効であることがわかった。

次にケース I とケース II を比較すると, ケース II (パターン 7~12) の推定水揚げ金額はそれぞれケース I (パターン 1~6) の推定水揚げ高の 1.2~1.4 倍になっている。操業する場所は両ケース共通であることから,

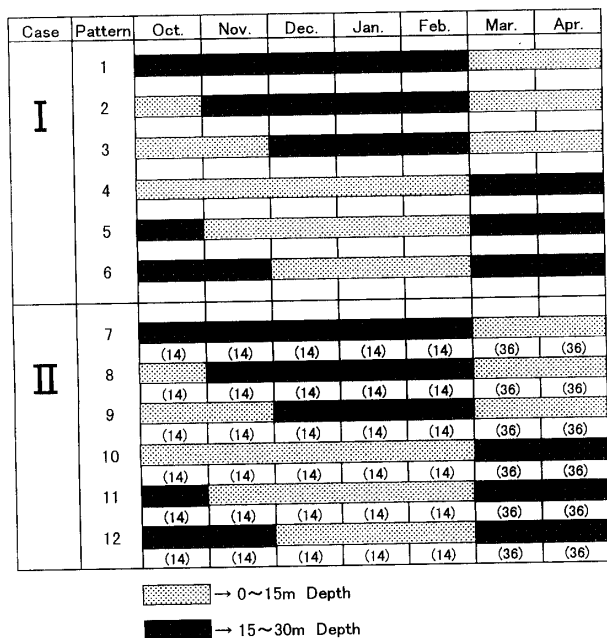


Fig. 3. Fishing operation patterns in each month for the present fishery model.

Each pattern indicates the operation depth by the fishing boats in each months. In the patterns 1~6, fishing efforts (/boat·day) are equal to the actual number of boats (Fig. 2-c), and in the patterns 7~12, fishing efforts (/boat·day) are 14 (from October to February) or 36 (March and April).

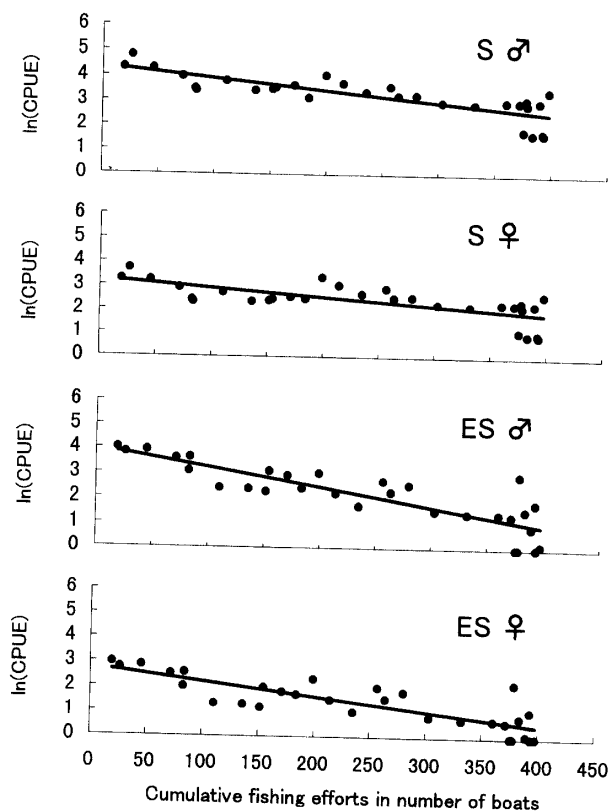


Fig. 4. Relationship between cumulative efforts and $\ln$ (CPUE) for *Panulirus japonicus* caught in the 0~15 m depth area at Wagu in 1991. 'S' and 'ES' are size 'small' and 'extra small', respectively.

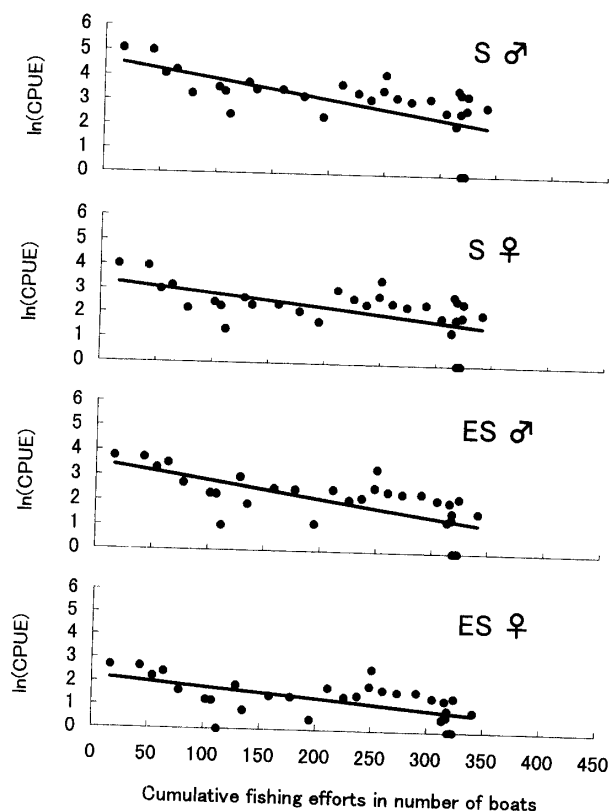


Fig. 5. Relationship between cumulative efforts and $\ln$ (CPUE) for *Panulirus japonicus* caught in the 15~30 m depth area at Wagu in 1991. 'S' and 'ES' are size 'small' and 'extra small', respectively.

出漁隻数の調整は操業場所の調整以上に若齢のイセエビの漁獲管理にとって有効であるといえる。

なお、若齢のイセエビは翌年以降も漁獲対象となるので残存資源尾数も重要となってくる。各操業パターンにおける水深別の漁期終了時の残存資源尾数（雌雄合計）を Table 2 に示す。総残存資源尾数の最も多いのはパターン 6 で 50,449 尾（漁獲開始時の尾数全体の 84.2%）、最も少ないのはパターン 7 で 48,895 尾（漁獲開始時の尾数全体の 81.6%）であり、その差は 1,554 尾（漁獲開始時の尾数全体の 2.6%）にすぎなかった。パターン 7 の水揚げ金額はパターン 6 の約 1.6 倍になっていることを考えれば、この差は無視してもさしつかえないと考えられる。

以上の結果から、出漁隻数の調整と操業場所の調整を組み合わせれば（Fig. 6：ケースⅡのパターン 7~9）、ほぼ同じ漁獲尾数でより多くの水揚げ金額をあげることができ、若齢イセエビの漁獲管理の効果を期待できる。

考 察

初期資源尾数 水深別の初期資源尾数推定では、イセエビ 1 齢群は水深 0~15 m の水域に多いことが示され

Table 1. Estimated initial population size (N_0) in number for each water depth, sex and size based on DeLury's method for *Panulirus japonicus* at Wagu in 1991

Depth	sex	size	N_0	CL*4	R^{2*1}
0~15 m	♂	S*2	17,014	23,173~13,537	0.6121 ($P<0.05$)
0~15 m	♀	S	7,219	11,571~ 5,334	0.4454 ($P<0.05$)
0~15 m	♂	ES*3	7,123	11,059~ 5,258	0.7031 ($P<0.05$)
0~15 m	♀	ES	2,797	3,969~ 2,175	0.6600 ($P<0.05$)
15~30 m	♂	S	13,413	24,803~ 9,164	0.3690 ($P<0.05$)
15~30 m	♀	S	5,389	11,314~ 3,543	0.2856 ($P<0.05$)
15~30 m	♂	ES	4,868	8,760~ 3,368	0.4219 ($P<0.05$)
15~30 m	♀	ES	2,090	4,525~ 1,375	0.2934 ($P<0.05$)

*1 R^2 : Coefficient of determination.

*2 S: Small size.

*3 ES: Extra small size.

*4 CL: 95% Confidence limit.

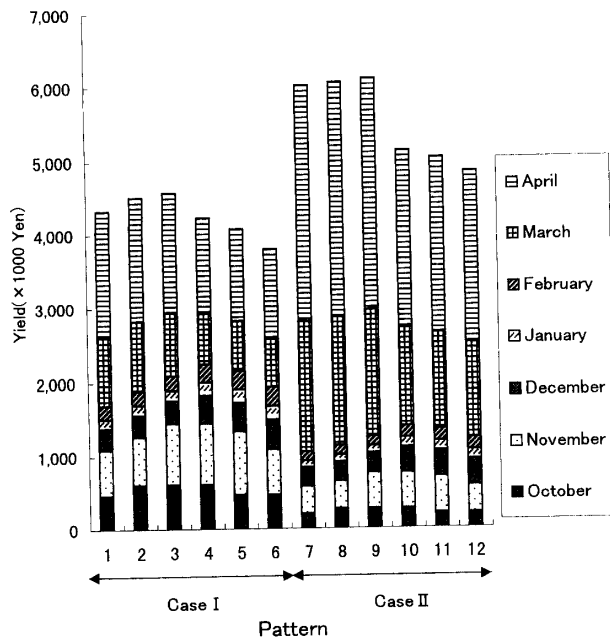


Fig. 6. Cumulative yield for each fishing pattern ($\times 1000$ Yen).

Fishing patterns were illustrated in Fig. 3.

Table 2. Catch and survival numbers, and survival rates of spiny lobster *Panulirus japonicus* at the end of the fishing season for each fishing pattern illustrated in Fig. 3

Pattern	Catch number	Survival number	Survival rate (%)
1	9,796	50,117	83.6
2	10,003	49,910	83.3
3	10,151	49,762	83.1
4	9,967	49,946	83.4
5	9,721	50,192	83.8
6	9,464	50,449	84.2
7	10,593	49,320	82.3
8	10,715	49,198	82.1
9	11,018	48,895	81.6
10	10,577	49,336	82.3
11	10,440	49,473	82.6
12	10,266	49,647	82.9

た。これは、和具では銘柄小・特小の出現比率が水深の浅い所ほど高いということと一致する。^{*13} また、沿岸に着底したイセエビのプエルルス幼生はテングサ藻場内の

テングサの中や大型海藻（ナガシマモク、アラメ、カジメ）周辺の岩場の小孔内に生息していることが報告されている。^{13-15),*14} おそらく、イセエビは沿岸に着底してから1年が経過した頃には、まだ多くが水深の浅い所にとどまっていると考えられる。一方、着底後2年以上が経過したと考えられる銘柄「中」及び「特大」のイセエビは水深15m以深にも分布している。^{*13} 若齢イセエビがいつ頃深い所に分布範囲を広げるのか、そして季節による移動があるのかは初期資源尾数の推定のみならず漁獲シミュレーションの結果にも影響を与えることが予想されるが、この点に関しては不明な点が多く、今後検討していく必要がある。

漁獲シミュレーション ケースIとIIでは、水深0～15mにイセエビ1齢群の個体が多いという分布特性を利用し、延べ出漁隻数及び漁具の変更はせず、操業水深並びに出漁隻数の漁期内調整によって小エビの水揚げ金額を増加させ、漁獲管理の効果を期待できるかについて調べた。ケースIのパターン1～3とパターン4～6及びケースIIのパターン7～9とパターン10～12の推定水揚げ金額を比較すると、水深0～15mに分布するイセエビ1齢群の資源を漁期末まで漁獲せずに残しておいた場合に水揚げ高が増えることが判った。実際の和具地域のイセエビ漁業では漁期開始直後から水深0～15mの浅場でも操業が行われているが、^{*9} 今回の結果から水深0～15mの浅場での操業はイセエビの成長を考えれば不相当だと考えられる。出漁隻数を調整したケースIIのパターン7～9はパターン10～12の推定水揚げ金額を大きく上回ったが、イセエビの成長や漁期末の価格の上昇にもかかわらず、ケースIのパターン1～3とパターン4～6の推定水揚げ金額の差は小さかった。このことには以下の原因が考えられる。第一の原因は漁具能率の変化である。漁期前半には漁具能率が高かったのに対し、漁期末には水温低下によって漁具能率が低いままだった (Fig. 2-b)。第二の原因は出漁隻数である。ケースIで用いた出漁隻数は実際の出漁隻数と同じであり、漁期前半の10, 11月にはほとんどの漁船が出漁しているが、漁期末の出漁隻数は漁期前半の2/3程度にすぎなかった (Fig. 2-c)。漁期末の出漁隻数が漁期前半より少ないのは、和具のイセエビ漁業者がイセエビ漁以外の漁にも出漁しているためである。^{3,4)} 以上の原因により、ケースIでは漁期末までイセエビ1齢群の資源を残しておいても漁獲することができず、成長による漁

*13 山川 卓, 小泉 勝: 水産生物生態調査: 三重県沿岸におけるイセエビの分布移動調査. 平成6年度三重県水産技術センター事業報告, 56 (1996).

*14 辻ヶ堂諒, 西村守央, 山川 卓, 松田浩一: 志摩半島における底生生活初期のイセエビの生息状況. 昭和62年度三重県水産技術センター事業報告, 74-77 (1989).

*15 長崎公彦: 和具におけるイセエビ仲卸業者の販売戦略. 三重大学生物資源学部卒業論文, 三重大学, 三重, 1994, pp. 1-37.

獲選択率 (Fig. 2-a) 及び体重の増加, さらには平均市場価格の上昇 (Fig. 2-d) があったものの, 水揚げ金額には大きな差がつかなかったと考えられる。

また, 漁期前半にも水深 0~15 m 水域に出漁するパターン 2, 3 及びパターン 8, 9 はそれぞれパターン 1 と 7 の水揚げ金額をわずかではあるが上回った。これは, パターン 2, 3 及びパターン 8, 9 では漁期前半, 漁具能率の高い時期にイセエビ 1 齢群の密度が高い水深 0~15 m で操業しており, その時期の漁獲分が成長による漁期後半の水揚げ金額の増加を上回ったことによると考えられる。

ケースⅡの水揚げ金額が全体としてケースⅠを上回り, 出漁隻数の調整の方が操業場所の調整よりも水揚げ金額を増加させる上でより有効であることが示された。出漁隻数と操業海域の調整を組み合わせたケースⅡのパターン 7~9 で最も漁獲管理の効果を期待できる。しかし, 現実には和具のイセエビ漁業者は前述のとおりイセエビ漁以外の漁にも出漁しており, 11 月にはフグ漁, 12~3 月にはブリ建網漁, 4 月にはカツオ曳縄漁にも出漁している。^{3,4)} 他の漁のために漁期末のイセエビ漁への出漁が困難になれば, 漁獲管理の効果を十分に引き出すことができない。そのため, 今後は兼業漁業の水揚げ金額及び漁獲されなかったイセエビ資源の翌年への繰越し効果も考慮した比較・検討が必要である。

漁獲シミュレーションで用いた 1991 年度漁期のイセエビの価格には, 漁獲量との相関が認められなかった。これは, イセエビが祝宴料理等に用いられる特殊な水産物なので値崩れが起きにくいからだと考えられる。そのため, 季節的な要因のみが価格に大きく作用すると考え, 月別の平均市場価格を用いた。12 月及び漁期末に価格が上昇する (Fig. 2-d) のは, それぞれ歳暮及び近隣の鳥羽地域の旅館の繁忙期にあたっているためである。和具のイセエビ仲卸業者は漁期初めに漁獲されたイセエビの内, 活きがいい個体を陸上の水槽に蓄養しておき, 価格が上昇する 12 月と 1~3 月に出荷する^{*15)}ことが報告されている。ただし, 漁期初めは漁獲が多いので網からイセエビを外している内にイセエビが弱ってしまう場合が多く, また蓄養できる量には限界があることから, 現状では漁期末にまでイセエビを多量に蓄養して価格を調整するのは困難だと考えられる。蓄養による価格・出荷量の安定は和具地区のイセエビ漁業経営において重要と考えられるので, 今後の課題として検討していく必要がある。

本研究では若齢イセエビにあたるイセエビ 1 齢群の成長を考慮した管理を目的にして漁期内での有効利用を検討した。しかし, 和具では漁獲の中心は 2 齢以上のイセエビであり,^{3,4)} イセエビ漁業全体の収益増を考える

ためには, 当然それらの漁獲も考慮する必要がある。また, 山川^{3,4)}ではイセエビがあまり漁獲されなくても, 魚類やサザエ等の混獲物の漁獲を期待して出漁する場合があることを示唆している。今後はイセエビ漁業全体の収益増を考えるため, イセエビ 1 齢群を有効に利用した上で 2 齢以後のイセエビ及び混獲物の漁獲管理も考慮した漁業のあり方についての検討が必要である。

謝 辞

本研究にあたって様々の有益な御助言・御協力をいただいた和具漁協, 和具市場及び三重県科学技術振興センター水産技術センターの方々並びに東京大学海洋研究所の松宮義晴教授, 松田裕之助教授, 東京大学大学院農学生命科学研究科水産資源学研究室の歌川憲一氏に厚く御礼申し上げます。なお, 本研究の一部は文部省科学研究費補助金創成的基礎研究費 (09NP0901) を用いて行われた。

参考文献

- 1) 山川 紘, 野中 忠: イセエビ禁漁区の性状. 水産増殖, **36**, 113-119 (1988).
- 2) 丸山武男, 平井政治: イセエビの漁獲量の変動・移動及び禁漁区設定の効果について. 東海水研報, **38**, 99-123 (1964).
- 3) 山川 卓: イセエビの資源評価と漁業管理. 日水誌, **62**, 551-554 (1996).
- 4) 山川 卓: イセエビの資源評価と漁業管理. 三重水技研報, **7**, 1-96 (1997).
- 5) James R. Waters and Gene R. Huntsman: Incorporating mortality from catch and release into yield-per-recruit analyses of minimum-size limits. *N. Am. J. Fish. Manage.*, **6**, 463-471 (1986).
- 6) T. Yamakawa, Y. Matumiya, M. Nishimura, and S. Ohnishi: Expanded DeLury's method with variable catchability and its application to catch-effort data from spiny lobster gillnet fishery. *Fisheries Sci.*, **60**, 59-63 (1994).
- 7) T. Yamakawa, Y. Matumiya, and S. Kitada: Comparison of statistical models for expanded DeLury's method. *Fisheries Sci.*, **60**, 405-409 (1994).
- 8) D. B. DeLury: On the planning of experiment for the estimation of fish populations. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **8**, 281-307 (1951).
- 9) 田 永軍, 清水 誠: 東京湾柴地先におけるトリガいの資源量推定と評価. 日水誌, **63**, 542-548 (1997).
- 10) T. Yamakawa and Y. Matumiya: Simultaneous analysis of multiple length frequency data sets when the growth rates fluctuate between years. *Fisheries Sci.*, **63**, 708-714 (1997).
- 11) R. G. Chittleborough: Studies on recruitment in the western Australian rock lobster *Panulirus longipes cygnus* George: density and natural mortality of juveniles. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, **21**, 131-148 (1970).
- 12) 能勢幸雄: DeLury の資源量推定法の推定値に対する信頼区間について. 日水誌, **24**, 953-956 (1959).
- 13) 野中 忠, 伏見 浩, 影山佳之, 佐々木正: イセエビ属 *ブルル*の採集についての二・三. 静岡水試研報, **14**, 43-52 (1980).
- 14) T. Yoshimura and H. Yamakawa: Microhabitat and behav-

- ior of settled pueruli and juveniles of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* at Kominato, Japan. *J. Crust. Biol.*, **8**, 524-531 (1988).
- 15) T. Yoshimura, H. Yamakawa, and C. P. Norman: Comparison of hole and seaweed habitats of post-settled pueruli and early benthic juvenile lobsters, *Panulirus japonicus* (Von Siebold, 1824). *Crustaceana*, **66**, 356-365 (1994).