

Coded Wire Tag を用いた標識放流により立証された 放流群分析と、浜名湖におけるガザミ種苗放流効果

岡本一利¹・長谷川雅俊²・御宿昭彦³

静岡県浜名湖において、ガザミ種苗を放流し漁獲物調査を行うことにより放流効果を調査した。Coded Wire Tag 放流により、放流群と天然群の識別が可能となり、群分析の有効性が示された。5 事例の C3 種苗放流群について群分析した結果、6 月上旬近辺に放流された種苗は、8 月に漁獲加入を開始し、9 月を主体とした 8～11 月の間に大部分が漁獲回収された。その平均回収率は 0.9%、漁獲量中に占める放流群重量の平均割合は回収期間中で 56.2%、年間で 12.4% であり、種苗放流の重要性を確認した。

キーワード: 種苗放流効果, ガザミ, *Portunus trituberculatus*, 群分析, Coded Wire Tag, 標識放流, 浜名湖

ガザミ *Portunus trituberculatus* はワタリガニ科に属するカニで、日本の函館から九州にかけての両沿岸および韓国、中国、台湾に分布し¹⁾、日本の代表的な栽培漁業の対象種である。本種の資源増大を目指して毎年約 2,000 万尾以上の人工種苗が放流されているが²⁾、その年間漁獲量は不安定であり、放流効果は不明確な状況であった³⁾。

甲殻類の放流効果を把握する手法として、漁獲統計を用いる方法や、モデルによる推定⁴⁾、放流種苗の追跡による方法⁵⁾などがある。漁獲統計を用いた事例として、クルマエビの事例があり種苗放流数と漁獲量の関係から放流効果を推定している^{6,7)}。この手法の場合、特に放流種苗の漁獲までの過程を十分に把握している必要があり、天然資源の変動によりその効果が検証されない場合もある。モデルによる手法として、大阪湾のガザミの事例があり成長漁獲モデルを使用して効果推定をしている⁴⁾。この手法では、成長量や自然死亡係数の推定が事前に必要となり、把握方法というよりは予測方法の部類に属する。放流種苗を追跡していく方法には、放流個体を識別する方法により放流群分析や標識放流に分けられる。これらの方法は回収率を直接求めることができる。放流群分析の事例として、クルマエビの事例があり、成長、漁獲加入などの生態情報も同時に把握できるが、分析結果の妥当性については標識放流再捕

結果など他の調査とあわせて総合的に判断する必要性が指摘されている⁵⁾。標識放流による方法として、遺伝子標識技術が近年開発され、ミトコンドリア DNA マーカーによりトゲノコギリガザミ *Scylla paramamosain* の放流効果が推定されているものの⁸⁾、この手法の場合、放流群の成長情報を事前に十分把握していないと、サンプリング時期等により回収率が異なる危険性を含んでいる。

いずれの手法においても、放流群の成長、漁獲時期等の生態情報は不可欠である。特に、甲殻類の放流効果算定に不確かさが伴うのは、放流種苗が小型であり脱皮成長するため有効な標識方法がなく放流群を天然群から識別することが困難であったことに起因した。再生異常を利用した標識技術がガザミにおいて開発されているが^{9,10)}、放流効果を求めた事例はない。しかし、超小型標識が開発され^{11,12)}、甲殻類に応用され始め¹²⁻¹⁷⁾、近年 Coded Wire Tag を使用したガザミ種苗への標識技術が確立した¹⁸⁾。そして、これまでの困難さが解消されたことにより、Coded Wire Tag を装着したガザミ放流種苗が初めて漁獲回収されその回収率が求められた¹⁹⁾。本研究においては、Coded Wire Tag 放流により、群分析による分離した群れの中から、放流群を識別できることを確認し、数事例の漁獲回収率、回収量の算定した結果を報告する。

2012 年 11 月 14 日受理

静岡県水産技術研究所浜名湖分場業績第 155 号

¹⁾ 静岡県経済産業部水産局水産振興課

²⁾ 静岡県水産技術研究所資源海洋科

³⁾ 静岡県水産技術研究所普及総括班

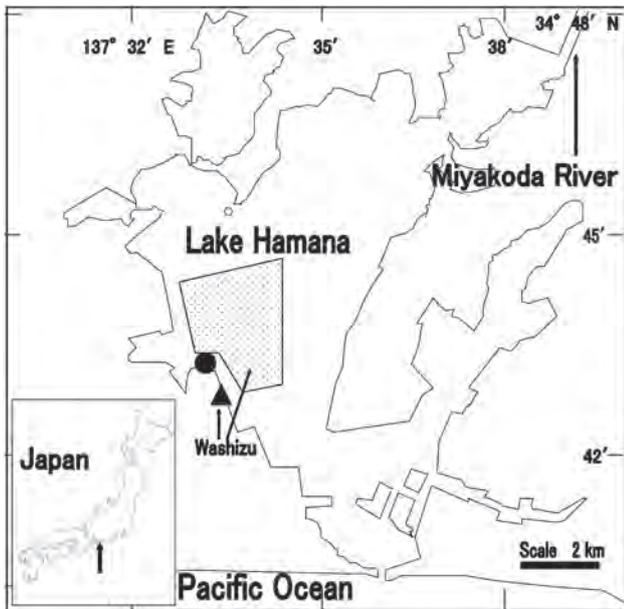


Fig. 1 Release and sampling site, Lake Hamana.

Solid circle: Release point
 Solid triangle: Washizu fish market.
 Dotted area: Area fished by set net.

図1 浜名湖における調査場所

本研究を行うにあたりガザミの種苗放流、市場調査等様々な協力を頂いた浜名漁業協同組合クルマエビ種苗センター阿井敏夫元所長、飯田敏充元所長、浜名漁業協同組合鷺津支所漁業者ならびに職員の方々に感謝の意を表す。また、調査協力頂いた静岡県水産試験場浜名湖分場職員の方々にお礼申し上げる。

方法

調査場所を図1に、種苗放流から漁獲調査、解析までの概要について図2に示した。

調査場所

浜名湖は、面積約69km²、湖岸の長さ約124km、最大水深16m、平均水深5mの塩水湖である。調査場所である浜名漁協鷺津支所の漁場は、浜名湖の中央部に位置する。漁場の水深2～3mの場所において小型定置網(角建網)37カ統が操業し、漁獲物は鷺津市場に水揚げされる。種苗放流場所である鷺津放流場所は水深約0.5～1.0mで漁場に隣接している。

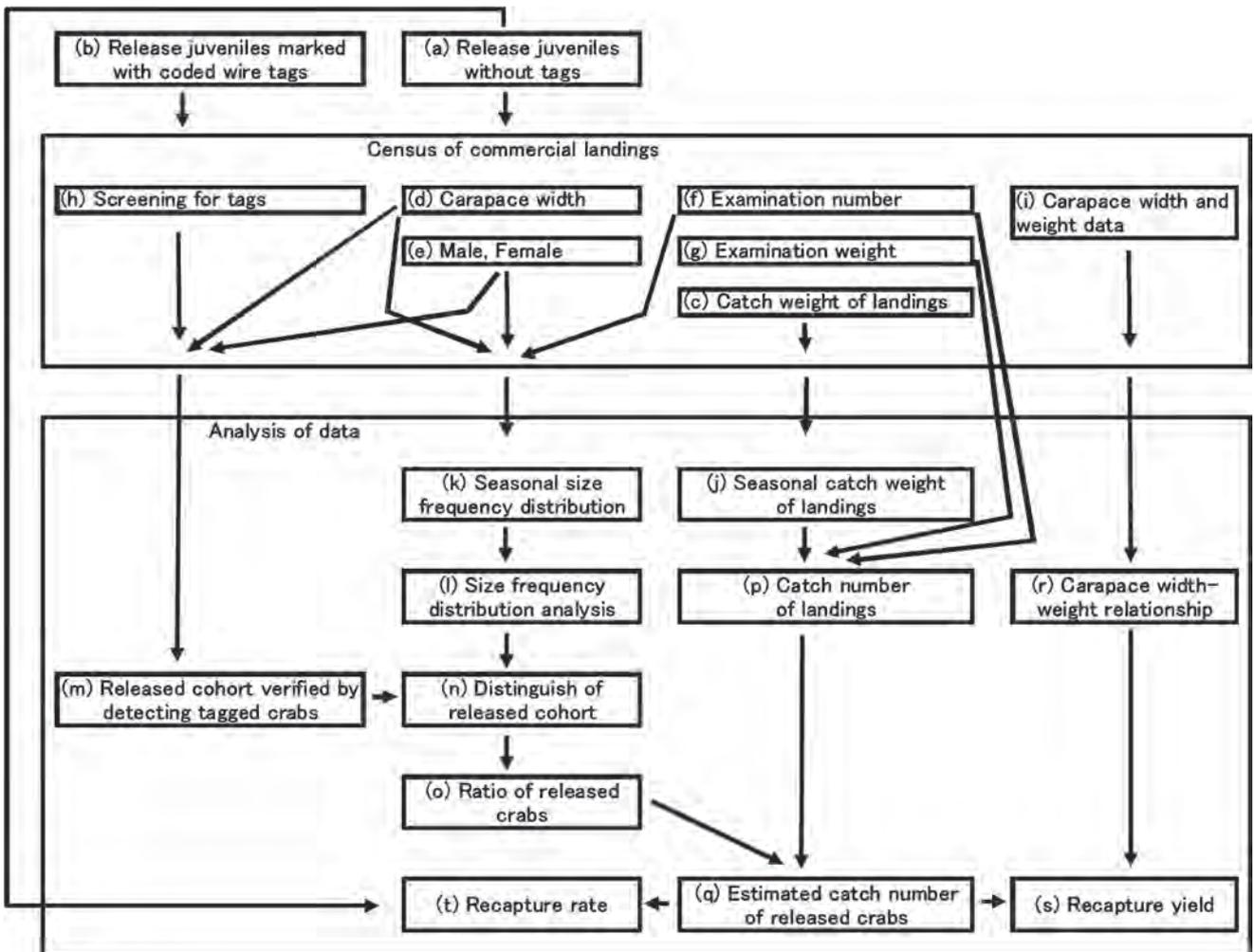


Fig. 2 Flow chart of method used for estimating the stocking effectiveness of the crab

図2 種苗放流から漁獲調査、解析までの概要

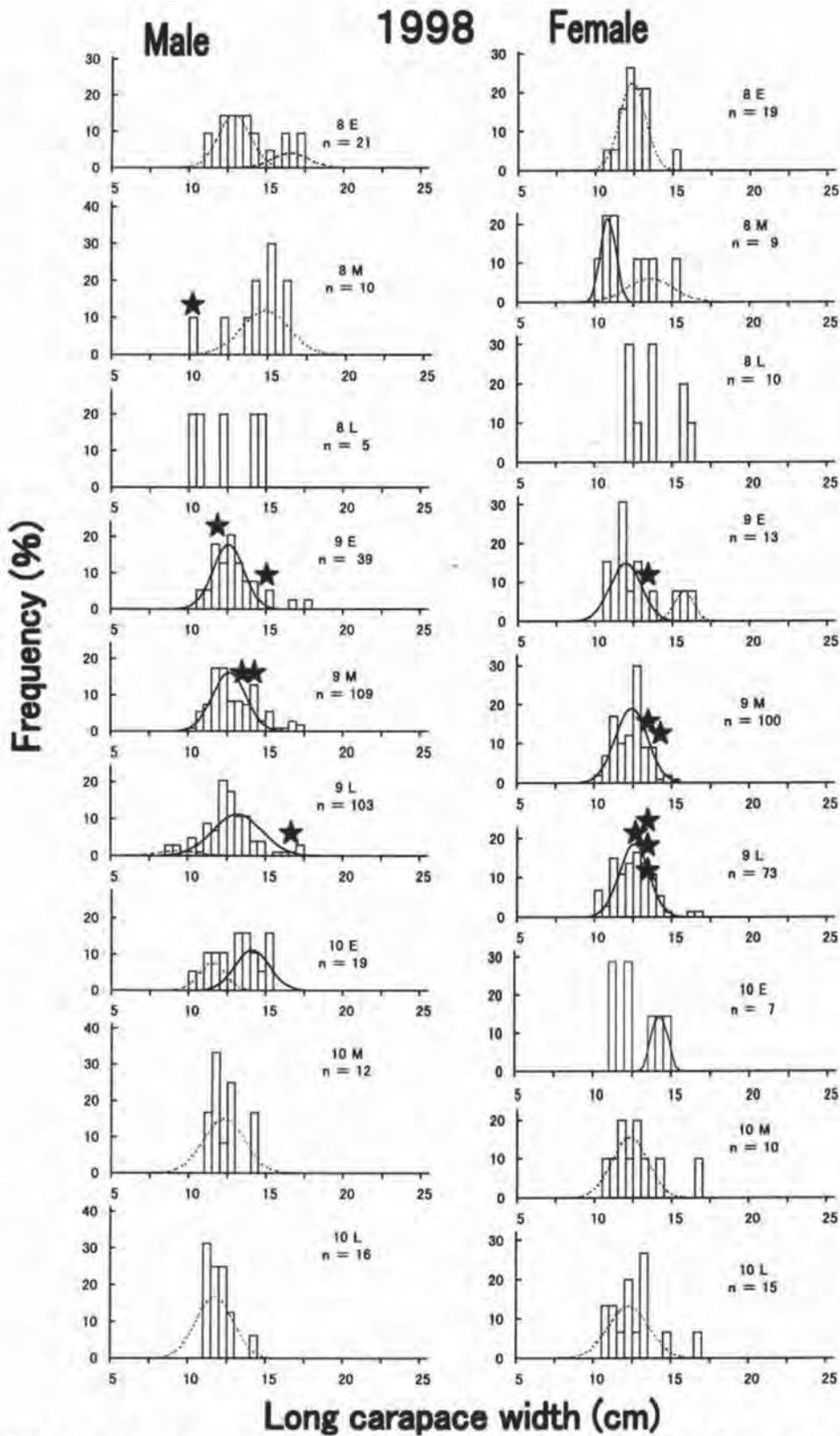


Fig. 3 Seasonal changes in the frequency distributions of the carapace width of landed crabs and the separated cohorts at Washizu fish market from mid August to early October, 1998.

Star: Recaptured crabs with coded wire tag marking
 Solid line: Released cohort Dotted line: Natural cohort

図3 1998年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果および標識個体回収結果

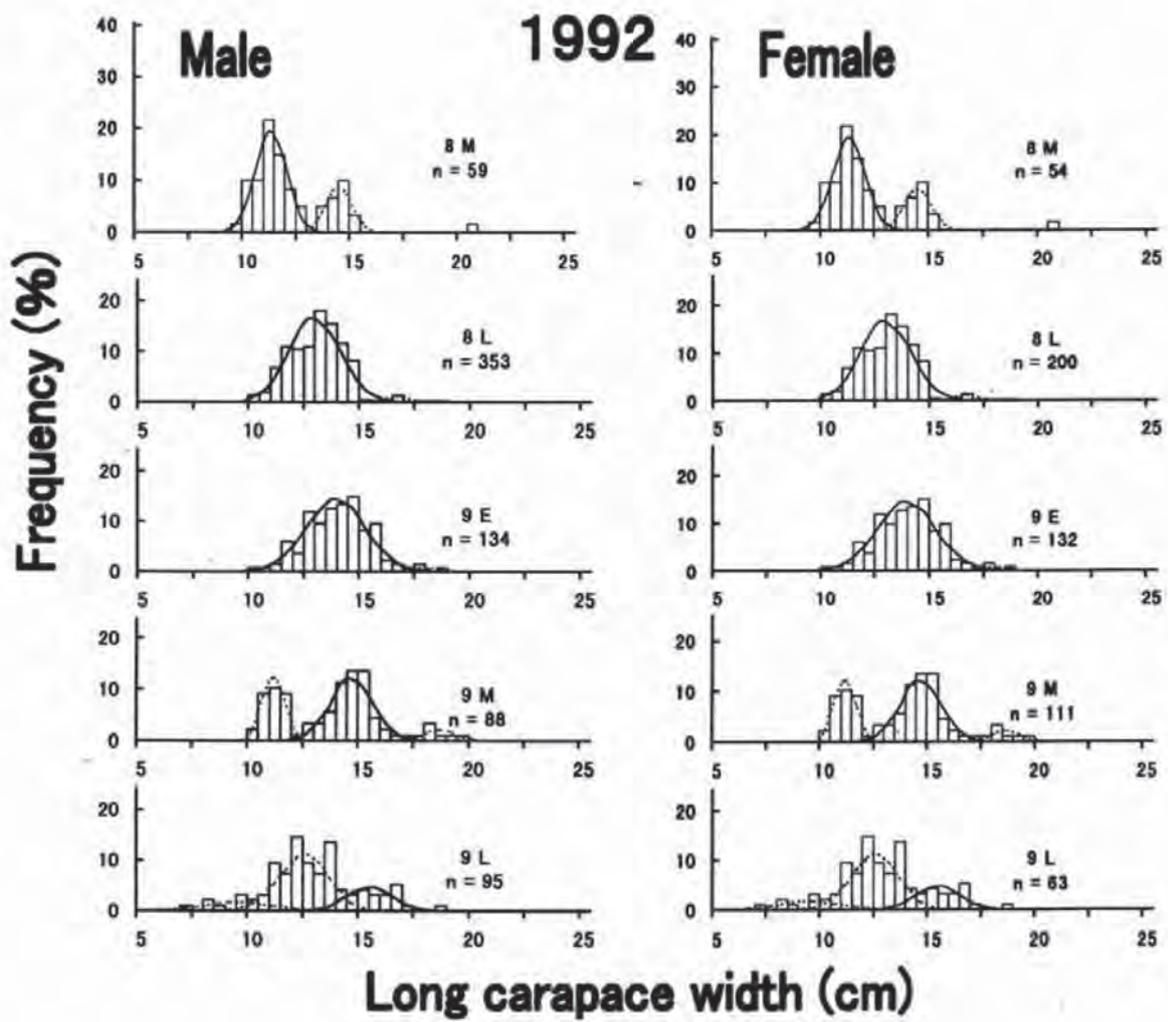


Fig. 4 Seasonal changes in the frequency distributions of the carapace width of landed crabs and the separated cohorts at Washizu fish market from mid August to late September, 1992.

Solid line: Released cohort
 Dotted line: Natural cohort

図4 1992年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果

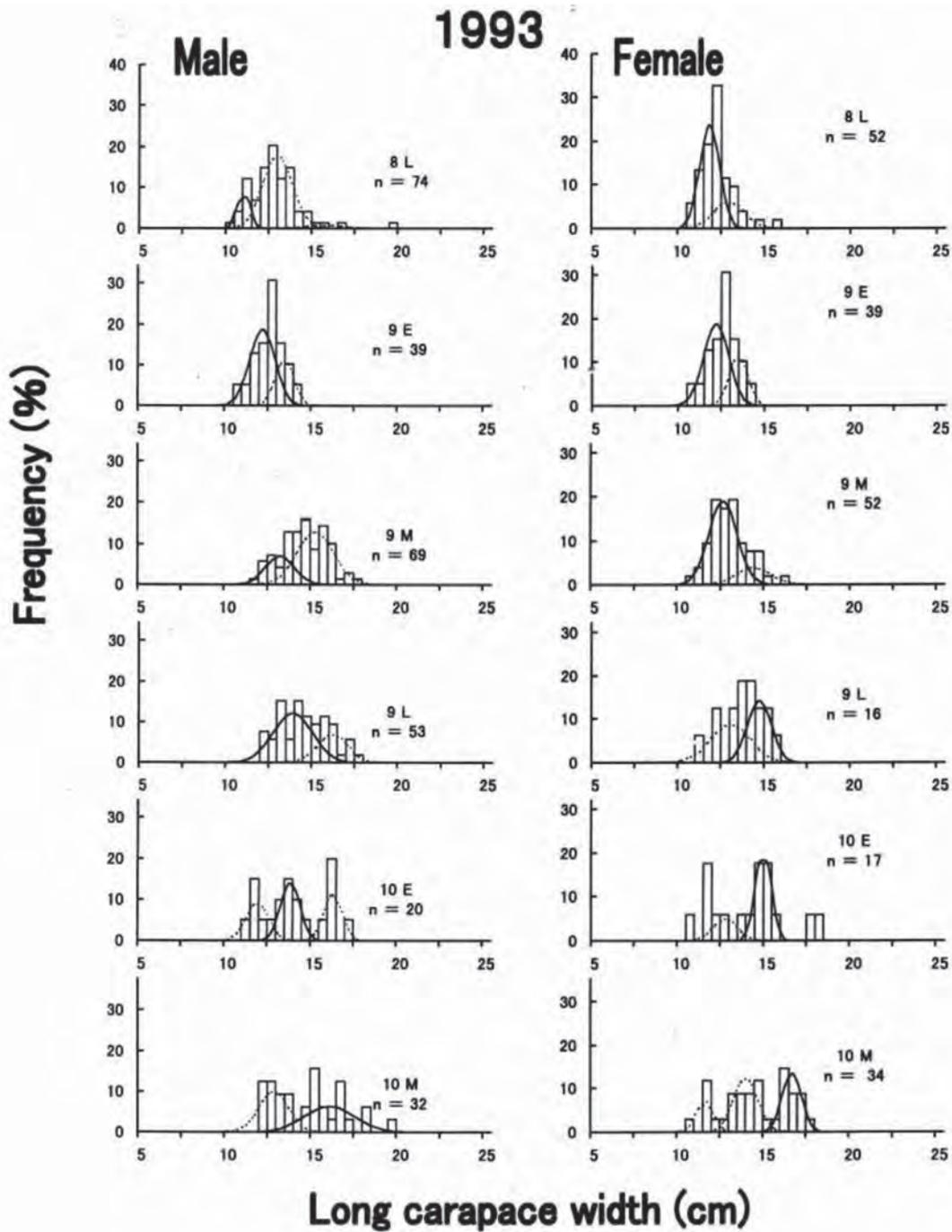


Fig. 5 Seasonal changes in the frequency distributions of the carapace width of landed crabs and the separated cohorts at Washizu fish market from late August to mid October, 1993.

Solid line: Released cohort
 Dotted line: Natural cohort

図5 1993年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果

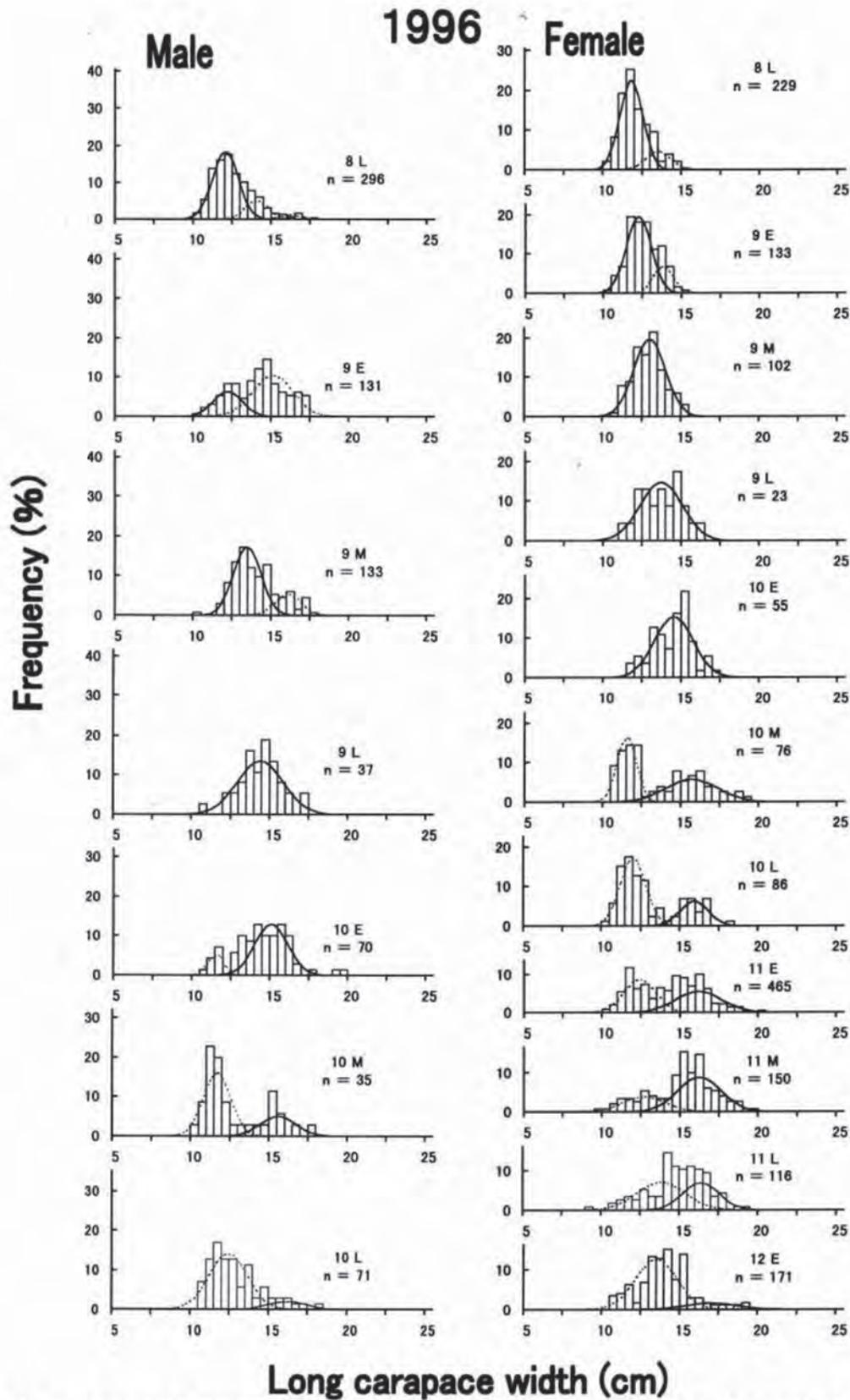


Fig. 6 Seasonal changes in the frequency distributions of the carapace width of landed crabs and the separated cohorts at Washizu fish market from late August to early December, 1996.

Solid line: Released cohort
Dotted line: Natural cohort

図6 1996年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果

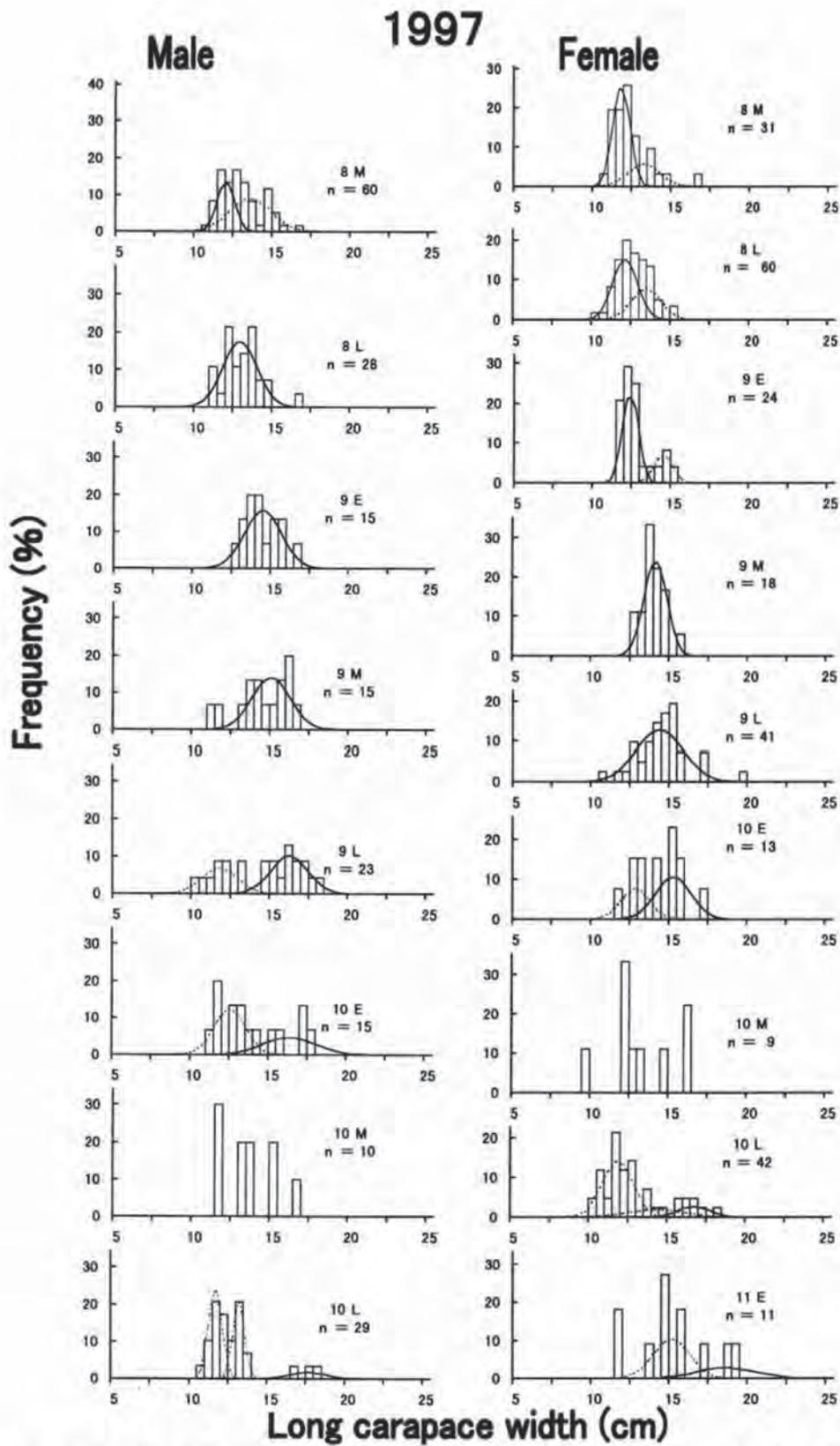


Fig. 7 Seasonal changes in the frequency distributions of the carapace width of landed crabs and the separated cohorts at Washizu fish market from mid August to early November, 1997.

Solid line: Released cohort
 Dotted line: Natural cohort

図7 1997年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果

種苗放流

浜名漁協種苗センターより入手したガザミ C3 種苗 (全甲幅約 1cm) を、1992 年 6 月 3 日に 153 千個体、1993 年 6 月 7 日に 110 千個体、1996 年 6 月 13 日に 640 千個体、1997 年 6 月 5 日に 236 千個体、1998 年 6 月 1 日に 300 千個体を無標識のまま鷺津放流場所に直接放流した。各年とも放流時期は 6 月上旬近辺とした (図 2,a)。

さらに、1998 年放流群については Okamoto¹⁹⁾ が示すように、長さ 1mm、径 0.25mm の Coded Wire Tag (Northwest Marine Technology Inc. 社製) を装着した C5 (全甲幅約 2cm) 種苗 3,300 個体を、6 月 15 ~ 17 日にかけて同様に鷺津放流場所に直接放流した (図 2,b)。

漁獲量統計の収集

1992、1993、1996、1997、1998 年の鷺津市場の統計資料から、ガザミの日ごとの漁獲量を調査した (図 2,c)。

漁獲物の調査

鷺津市場において 6 ~ 12 月の各月上中下旬に各々 2、3 回の頻度で水揚げされたガザミの甲幅 (図 2,d)、性別 (図 2,e) を調査した。調査日の漁獲物は全数を測定し、測定個体数 (図 2,f)、測定重量 (図 2,g) を記録した。甲幅はノギスを使用して最大全甲幅を 0.1mm 単位で測定した。1998 年においては、Coded Wire Tag の探知機 (同社製) により標識カニの識別作業も同時に実施し、Coded Wire Tag による標識群と無標識群の漁獲サイズ、時期について比較検討した (図 2,h)。

放流群分析に使用したのは、1998 年の結果を基に 8 月に出現した群を追跡調査するため、1992 年は 8 月中旬から 9 月下旬、1993 は 8 月下旬から 10 月中旬、1996 は 8 月下旬から 12 月上旬、1997 は 8 月中旬から 11 月上旬、1998 年は 8 月上旬から 10 月下旬のデータを使用した。

全甲幅・体重関係を求めるため、雌雄合わせて 143 個体については個体重も合わせて調査した (図 2,i)。

放流群分析

放流群分析は以下の方法で行った。

- ① 漁獲量統計の収集によって得られた漁獲量を旬別に集計した (図 2,j)。また、市場調査により得られた甲幅から、旬別雌雄別に階級幅 5mm の頻度分布を求めた (図 2,k)。
- ② 得られた頻度分布を Cassie の方法²⁰⁾ により群分離を行った。群分離は、堤・田中のプログラム²¹⁾ を使用した (図 2,l)。
- ③ 1998 年級について、Coded Wire Tag 装着個体と分離した群の成長推移を比較することで、放流群を判別した (図 2,m)。1998 年級以外については、漁獲物の中で 1998 年と同じ時期に出現している群を放流群とした (図 2,n)。
- ④ 各年について、測定個体数の中で判別した放流群の割合を求めた (図 2,o)。
- ⑤ 漁獲量を、旬別に測定日の測定重量と測定個体数から求

めた平均重量で除して、旬別の漁獲個体数を推定した (図 2,p)。

⑥ 漁獲個体数と放流群の個体数の割合から放流群の旬別漁獲個体数を推定した (図 2,q)。

⑦ 全甲幅と個体重の関係式を求め (図 2,r)、頻度分布の各甲幅階級の中央値の体重を算出し、旬別の放流群の漁獲量を推定した (図 2,s)。

⑧ 放流群漁獲回収数を放流個体数で除して回収率を求めた。また、漁獲量に占める放流群漁獲量の割合について検討した (図 2,t)。

結果

Coded Wire Tag による標識群と無標識群の漁獲状況の比較 (1998 年放流群の事例)

1998 年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果および Coded Wire Tag 装着個体回収結果を図 3 に示した。群分析に使用した雄・雌の調査個体数は、各々 334 個体、256 個体であり、全甲幅が雄は 88 ~ 179mm、雌は 101 ~ 167mm の範囲であった。Coded Wire Tag 装着個体は、雄では 8 月中旬から 9 月下旬、雌では 9 月上旬から 9 月下旬に確認され、合計 13 個体の標識漁獲物を回収した。標識漁獲物は最小 103mm、最大 167mm、平均全甲幅は 137.4mm であった。一方、群分析の結果、Coded Wire Tag 装着個体の成長推移とほぼ一致した群が認められた。この群は、雄では 9 月上旬から 10 月上旬、雌では 8 月中旬から 10 月上旬に確認された。また、この群の全甲幅は、雄では 9 月上旬で約 125mm、10 月上旬で約 140mm、雌では 8 月中旬で約 110mm、10 月上旬で約 140mm と成長した。

群分析から推定した種苗放流効果

1992、1993、1996、1997 年における雌雄別、各旬別ガザミ漁獲物の全甲幅組成と群分析結果を図 4 ~ 7 に示した。群分析に使用した雄・雌の調査個体数は各々、1992 年で 729 個体、560 個体、1993 年で 287 個体、210 個体、1996 年で 773 個体、1,606 個体、1997 年で 195 個体、249 個体であった。1998 年放流群の事例と同時期に漁獲物に加入する群を放流群とみなすと、1992 年放流群は、雌雄とも 8 月中旬から 9 月下旬に確認された。1993 年放流群は、雌雄とも 8 月下旬から 10 月中旬に確認された。1996 年放流群は、雄では 8 月下旬から 10 月下旬、雌では 8 月下旬から 12 月上旬に確認された。1997 年放流群は、雄では 8 月中旬から 10 月下旬、雌では 8 月中旬から 11 月上旬に確認された。放流群はおよそ全甲幅 110 ~ 120mm で漁獲加入し、140 ~ 170mm 程度に成長するまで漁獲回収されることが判明した。6 月上旬近辺に放流された種苗は、8 月に確認され始め、

9月を主体とした8～11月の間に大部分が漁獲回収された。

全甲幅(x)と体重(Y)の関係について、雄(n=65)・雌(n=78)で特に差が見られなかったので両者を合わせて図8に示した。求められた回帰式 $Y = 9.00 \times 10^{-5} \times X^{2.91}$ ($R^2=0.960$)より、各階級の中央値に相当する体重を求め、回収率の算定に使用した。回収率、回収量についての分析結果を表1に示した。漁獲回収数は767～4,022個体で、その回収率は0.3～2.2%で平均0.9%であった。漁獲回収量は121.3～653.4kgであった。漁獲量中に占める放流群重量の割合は、回収期間中では40.3～77.3%で平均56.2%、年間では3.7～22.2%で平均12.4%であった。

考 察

浜名湖・遠州灘の天然ガザミの産卵期のピークは6月で、その年の冬季に向けて、主に全甲幅110～130mm程度の当歳カニが浜名湖に資源として漁獲加入する²²⁾。大阪湾においても、一番仔は6月にふ化し、9月頃に全甲幅100mmに達するとみられている⁴⁾。本研究の5ヶ年を通じて、9月中旬から10月中旬の間に全甲幅110mm程度の新規群の加入開始が確認されており、明らかに天然群と推定された。

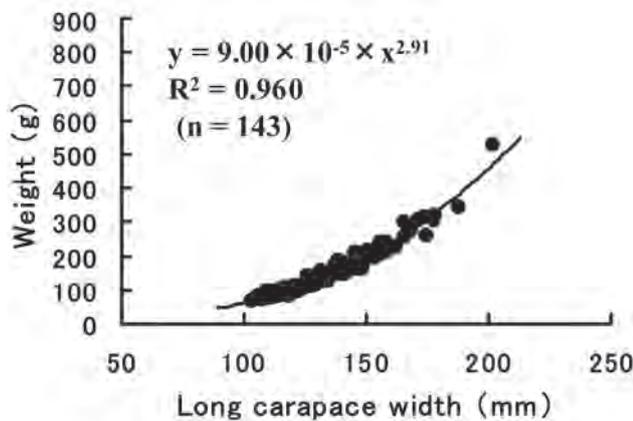


Fig. 8 Relationship between carapace width and body weight of crabs.

図8 ガザミの全甲幅(x)と体重(Y)の関係

一方、本県の種苗生産は、天然の産卵期より1ヶ月早い5月に開始し¹⁹⁾、そこから得た種苗を6月に放流している。また、この種苗を飼育した結果においても、8月中には全甲幅110mmに達する成長が確認されている¹⁹⁾。これらのことから調査したすべての年において8月に漁獲物に加入を開始している全甲幅110mm程度の群は、天然群とは異なる特徴をもっているため放流群である可能性が高い。さらに、今回、Coded Wire Tag 装着個体の漁獲回収結果と群分析の結果を比較した結果、Coded Wire Tag 装着個体の成長の推移と群分析による8月に加入開始する群の成長の推移がほぼ一致したことから、8月に加入開始する群は放流群であることが明らかとなった。このことから、これまでの群分析の有効性が示された。ただし、群分析の正当性を確認するためには、各海域での産卵期や成長などが異なっていることから、少なくとも1回はCoded Wire Tag やDNAにより放流群を確認する必要がある。群分析の場合、天然加入と異なる時期の放流に考慮する必要があるものの、遺伝子標識やCoded Wire Tag に比較して、解析や検出機器の費用がかからず、簡易にできる利点がある。

群分析により1998年群の回収率は0.4%と推定されたが、漁獲量、測定量、標識残存率を考慮したCoded Wire Tag 漁獲物の回収率は1.2%であり¹⁹⁾、群分析結果はその1/3の値を示した。飼育実験においてもC3からC5への生残率は約30%であり¹⁸⁾、回収率が異なる原因として、群分析対象群はC3放流、Coded Wire Tag による標識群はC5放流という放流種苗サイズの違いが大きな理由であると推察された。本研究において、6月上旬近辺に放流された種苗は、8月に漁獲加入を開始し9月を主体とした8～11月の間に大部分が漁獲回収され、その漁獲サイズは全甲幅約110～170mmであることが判明した。それより大型のものが浜名湖内で漁獲されにくいのは、浜名湖外の遠州灘に移動するものと推察される²²⁾。5事例のC3種苗放流群について検討した結果、回収率は平均0.9%であった。過去の事例において、漁獲回収結果から求められた甲殻類の回収率は、ノコギリガザミでは2.7%⁸⁾、クルマエビでは30%^{5,6)}、18%²³⁾で

表1 浜名湖鷺津地域における種苗放流量と推定漁獲回収量
Table 1 Juvenile release and market size recapture of the crab

Release group (Year)	Release date	No. of juveniles released ($\times 10^3$) (a)	Estimated catch no. of released crabs (b)	Recapture rate (%) (b/a)	Recapture yield (kg) (c)	Recapture duration	Catch of crab landed during the recapture (kg) (d)	Annual catch of crab landed (kg) (e)	Released percent of catch during the recapture (%) (c/d)	Released percent of annual catch (%) (c/e)
1992	3 June	153	3417	2.2	442.8	Aug. M ~ Sep. L	572.6	2258.1	77.3	19.6
1993	7 June	110	1025	0.9	125.3	Aug. L ~ Oct. M	311.2	3409.2	40.3	3.7
1996	13 June	640	4022	0.6	653.4	Aug. L ~ Dec. E	1285.6	2946.0	50.8	22.2
1997	5 June	236	767	0.3	121.3	Aug. M ~ Nov. E	253.9	2272.6	47.8	5.3
1998	1 June	300	1130	0.4	136.1	Aug. M ~ Oct. E	209.3	1215.4	65.0	11.2
Average \pm S.D.				0.9 \pm 0.8					56.2 \pm 14.8	12.4 \pm 8.3

あった。漁場、漁獲方法、漁獲努力等異なるため単純な比較は困難であるが、クルマエビに比較してガザミ類の回収率は低いように思われる。これは、共食いが活発である^{24,25)} 生物的特性に起因している可能性もある。しかし、漁獲量中に占める放流群重量の割合は、回収期間中では平均56.2(40.3～77.3)%, 年間では平均12.4(3.7～22.2)%であった。放流種苗の漁獲回収率は高いとはいえないものの、放流群重量の漁獲量に占める割合は高く、種苗放流の重要性を確認する結果となった。

文 献

- 1) 三宅貞祥 (1983): 原色日本大型甲殻類図鑑 (II), 保育社, 大阪, 83.
- 2) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社) 全国豊かな海づくり推進協会, 平成 21 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), 東京, 2011.
- 3) 浜崎活幸 (1996): ガザミの生殖と発育に関する研究, (社) 日本栽培漁業協会特別研究報告第 8 号, 東京, 1～124.
- 4) 有山啓之 (2000): 大阪湾におけるガザミの生態と資源培養に関する研究, 大阪府立水産試験場研究報告, 12, 1～90.
- 5) 伏見 浩 (1986): さいばい叢書 No.1 クルマエビ栽培漁業の手引き, 日本栽培漁業協会, 東京, 181～221.
- 6) 岡本一利 (1993): クルマエビの種苗生産, 中間育成, 漁獲回収過程における効率についての考察, 静岡県水産試験場研究報告, 28, 29～40.
- 7) 岡本一利 (1999): 静岡県浜名湖におけるクルマエビの種苗放流数と漁獲量の関係, 静岡県水産試験場研究報告, 34, 45～47.
- 8) Imai H, Obata Y, Sekiya S, Shimizu T, Numachi K (2002): Mitochondrial DNA markers confirm successful stocking of mud crab juveniles, (*Scylla paramamosain*) into a natural population, *Suisanzoshoku*, 50, 149～156.
- 9) Okamoto K (2006): Malformed regeneration of partly cut swimming leg as a marker for swimming crab *Portunus trituberculatus*, *Fish. Sci.*, 72, 1121～1123.
- 10) 南浦達也 (2012): 腹節の切除または切り込みによるガザミへの外部標識法の有効性, 水産増殖, 60(1), 127～134.
- 11) Jefferts KB, Bergman PK, Fiscus HF (1963): A coded wire identification system for macro-organisms, *Nature*, 198, 460～462.
- 12) Ariyama H, Uratani F, Ohyama H, Sano M, Yamochi S (1994): Survival, growth, and tag retention of the Kuruma prawn *Penaeus japonicus* and the Greasy back prawn *Metapenaeus ensis* injected with gold bit tags, *Fish. Sci.*, 60, 785～786.
- 13) Prentice EF, Rensel JE (1977): Tag retention of the spot prawn, *Pandalus platyceros*, injected with code wire tags, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 34, 2199～2203.
- 14) van Montfrans J, Capelli J, Orth RJ, Ryer CH (1986): Use of microwire tags for tagging juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus Rathbun*), *J. Crust. Biol.*, 6, 370～376.
- 15) Hurley GV, Elnor RW, Taylor DM, Bailey RFJ (1990): Evaluation of snow crab tags retainable through molting. In: Parker NC, Giorgi AE, Heidinger RC, Jester Jr DB, Prince ED, Winans GA (eds) Fish-marking techniques, *American Fisheries Society Symposium*, 7, 84～93.
- 16) Krouse JS, Nutting GE (1990): Evaluation of code microwire tags inserted in legs of small juvenile american lobsters. In: Parker NC, Giorgi AE, Heidinger RC, Jester Jr DB, Prince ED, Winans GA (eds) Fish-marking techniques, *American Fisheries Society Symposium*, 7, 304～310.
- 17) Isely JJ (1998): Tag retention, growth, and survival of red swamp crayfish *Procambarus clarkii* marked with code wire tags, *Trans. Am. Fish. Soc.*, 127, 658～660.
- 18) 岡本一利 (1999): Coded Wire Tag で標識されたガザミ種苗の生残, 成長と標識残存率, 日本水産学会誌, 65, 703～708.
- 19) Okamoto K (2004): Juvenile release and market size recapture of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Miers) marked with coded wire tags. In: Leber KM, Kitada S, Blankenship HL, Svasand T (eds) Stock enhancement and sea ranching. Developments, pitfalls and opportunities. Second edition, Blackwell publishing, Oxford. 181～186.
- 20) Cassie RM (1954): Some use of probability paper in the analysis of size frequency distribution, *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 5, 513～522.
- 21) 堤 裕昭・田中雅生 (1988): 体長頻度分布データからの世代解析 パソコンによる資源解析プログラム集 (東海区水産研究所数理統計部編), 東海区水産研究所, 東京, 189～207.
- 22) 平井一行 (1988): 浜名湖および遠州灘におけるガザミの漁業と漁獲物組成について, 静岡県水産試験場研究報告, 23, 1～11.
- 23) 宮嶋俊明・浜中雄一・竹中功璽 (1998): クルマエビの放流技術開発 - X - 放流効果推定の試み -, 京都府立海洋センター研究報告, 20, 41～47.

- 24) 田畑和男・勝谷邦夫(1973): ガザミの稚ガ二期における共食い現象について, 栽培漁業技術開発研究, 2, 27～32.
- 25) 田畑和男・勝谷邦夫(1974): ガザミの稚ガ二期における共食い現象について - II, 昭和48年度岡山県水産試験場事業報告, 207～210.

Stocking effectiveness of the swimming crab, *Portunus trituberculatus*, evaluated using the cohort method and verified by coded wire-tag marking in Lake Hamana

Kazutoshi Okamoto, Masatoshi Hasegawa and Akihiko Mishiku

Abstract Between 1992 and 1998, the stocking effectiveness of the swimming crab, *Portunus trituberculatus*, and the efficiency of the cohort method used for the evaluation were investigated in Lake Hamana, a semi-enclosed bay in Shizuoka Prefecture. The cohort method was used to distinguish between released and natural crabs, as verified by coded wire-tag marking. The recruitment period for the crabs released into the fishing area in early June was from August to November, and the average carapace width of the recruited groups was estimated to be 110–170 mm. It was found that the annual harvest recapture rates for the released crabs were between 0.3% and 2.2%. On the basis of a mean recapture rate of 0.9%, the annual fishery contribution rate was estimated to be 12.4%. Such a cohort method is useful for the evaluation of stocking effectiveness. The results suggest that stocking effectiveness for fisheries resources is not minor.

Key words: *Portunus trituberculatus*, stocking effectiveness, release, recapture rate, cohort method, coded wire-tag marking, Lake Hamana