

新制

農

806

大阪湾におけるガザミの
生態と資源培養に関する研究

2000

有山啓之

大阪湾におけるガザミの
生態と資源培養に関する研究

有山啓之

**Studies on Ecology and Stock Enhancement
of Swimming crab**

***Portunus (Portunus) trituberculatus* in Osaka Bay**

by
Hiroyuki Ariyama

目 次

Abstract	1
第1章 緒言	5
第2章 大阪府のガザミ漁業の概要	8
2-1 漁獲量と単価	8
2-2 漁法	9
2-3 石桁網による漁獲状況	11
第3章 ガザミの生態	14
3-1 成長	14
3-1-1 水槽で飼育したガザミの脱皮と成長	14
3-1-2 大阪湾におけるガザミの成長	26
3-2 分布	37
3-2-1 漁場における分布	37
3-2-2 湾奥部における分布	43
第4章 ガザミの栽培漁業	50
4-1 種苗の放流状況	50
4-2 稚ガニの被食	50
4-2-1 放流種苗の被食例	51
4-2-2 トビヌメリによる稚ガニの捕食実験	52
4-3 中間育成	60
4-3-1 陸上水槽での中間育成	61
4-3-2 海上囲い網での中間育成	63
4-4 種苗の脚脱落と潜砂能力	74
4-5 放流稚ガニの追跡調査	80
4-5-1 1齢稚ガニによる直接放流	81
4-5-2 陸上水槽で中間育成した稚ガニの放流	84
4-5-3 海上囲い網で中間育成した稚ガニの放流	88
4-6 ガザミの放流効果	103
第5章 ガザミ資源培養への提言	111
5-1 放流技術	111
5-1-1 南部の砂浜域への放流	111
5-1-2 湾奥部の泥底への放流	112
5-2 資源管理	113
5-3 環境改善	114
5-3-1 浅海域の創出	115
5-3-2 貧酸素化の軽減	118
5-4 残された問題点	118
要 約	120
謝 辞	123
文 献	124

Abstract

Swimming crab *Portunus (Portunus) trituberculatus* is the most important crab in Osaka Bay. However there is a little information available on its ecology. Moreover, although release of artificially reared juvenile crabs has been continued in Osaka Prefecture, effect of release is not aware sufficiently. From these reasons I have studied the fishery, ecology and release techniques of swimming crab since 1981. During this study many findings were revealed and many problems solved. The following summarizes the results of this study and proposals for the enhancement of resources from the results.

1. Swimming crab fishery in Osaka Bay

Swimming crab is caught mainly by the Ishigeta dredge in Osaka Bay. Catch amounts of the crab in Osaka Prefecture from 1980 to 1995 were low, ranging from 28 to 60 tons, however there was a big catch in 1996 when 118 tons of the crab were caught. The unit price of the crab in Osaka Prefecture is about ¥3,000 / kg, this indicates its merit as an urban fishery.

Crab catch by the Ishigeta fishery was analyzed using a fisherman's catch record from 1983 to 1998. The fishing days per year ranged 145-197 days (average 164 days). The yearly catch numbers and income from the crab were 555-9,268 crabs (average 3,198 crabs) and 560-2,250 thousand Yen (average 1,175 thousand Yen), respectively. Fluctuations in both catch and income were great. CPUE of the crab were high in August and September but afterwards declined abruptly, and reached a low level during January to June.

2. Ecology of the swimming crab

As the ecological characters of the swimming crab, growth and distribution were examined.

To estimate molting and growth, juveniles (carapace width: 14-26mm) hatched in July and large crabs (carapace width: 166-233mm) caught by trawl net were reared in concrete tanks in the laboratory. Most of the juveniles reached the 10th or 11th instar in November, and their average carapace widths were 115mm for females and 108mm for males. In the following year after hibernation, they molted 2 or 3 times, reaching the 12th or 13th instar. Their average carapace widths in following November were 183mm for females and 190mm for males. The trawl-caught crabs molted once a year for both sexes. Their molting periods are estimated as August or September for females and about August for males. The relationship between the instar number and the average carapace width can be expressed by a logistic equation, and the relationship between pre-molt and post-molt carapace widths can be expressed by two straight lines with an inflexion at the 9-10th instar prior to maturation.

Next, to estimate growth in Osaka Bay, the carapace widths of juvenile crabs in shallow areas at Tarui in Sen'nan and trawl-caught crabs at Izumisano were examined. Juvenile crabs inhabited shallow areas from April to November. There were three groups of crabs. One group appeared in July, grew rapidly and migrated offshore in September. In the other groups, crabs appeared in August or September then those that had grown quickly migrated offshore in about October or November (second group) while those that had grown less quickly migrated during the following July or August (third group). The recruitment period to the trawling area was from July to November and the recruited groups corresponded to the groups in the shallow areas. The average carapace width of each group in November after recruitment was estimated to be 181-182mm (recruited in July-August), 169-172mm (recruited in September, female), 148-152mm (same, male), 144-152mm (recruited in October), 105-115mm (recruited in November). The growth of crabs is well expressed by a logistic equation.

The fisherman's catch record showed the fishery grounds where many swimming crabs were caught mainly in the northern and middle parts of Osaka Bay in July and August, and the middle and southern part in September and October. This suggests the presence of the nursery ground near the fishing grounds. After October concentrated distributions of the crab were not seen, the crabs seemed to be distributed widely over the mud bottom of 10-20m depth in the eastern part of Osaka Bay.

As a result of seasonal samplings by Ishigeta dredge, many small swimming crabs, less than 100mm in carapace width, were found in the innermost area of Osaka Bay from autumn to spring, and the area was found to be a nursery ground of the crab. However, the crabs were scarcely found in this area in summer, most of crabs were inferred to have migrated caused by the intense hypoxia. The reason of the big catch in 1996 was estimated to be a mass occurrence of the late generation in the innermost area.

3. Sea farming fishery of the swimming crab

Release of artificially reared juvenile swimming crabs in Osaka Prefecture began in 1967, and has been carried out every year since. From 1990 all crabs have been released after a secondary rearing, and over 700 thousand of large-sized crabs (12mm in average carapace width) have been released in recent years.

Predation on released crabs was confirmed in eleven species of fishes. Sizes of eaten crabs were C_1 - C_4 (crabs of 1-4th instar), especially C_1 - C_3 . Principal predators of crabs were dragonets such as *Repomucenus beniteguri*. Predation by dragonets on C_1 - C_4 was examined in the laboratory. It was proved that dragonets consumed only C_1 - C_3 , and the numbers of crabs eaten (/ fish / 24 hours) were over 79.6 for C_1 , 22.4-23.1 for C_2 and 3.3 for C_3 .

On secondary rearings of crabs in tanks on land, survival rates can be increased by providing much material for the crabs to attach to. Survival rates were 30.0% up to C₁-C₃ in 1987, and 42.0-48.8% up to C₃-C₄ in 1988. Secondary rearings using netfence were carried out at a sandy beach in Ozaki, Han'nan in 1989 and 1990. The netfence was attached to oilfences, inside which attaching materials made from net were hung, and predators were previously killed by scattering bleaching powder. In 1989, 690 thousand crabs (C₁) were reared for 17 days on artificial diets for Kuruma prawn, and the survival rate was 12.3% up to C₂-C₃. In 1990, 590 thousand crabs (C₁) were reared for 14 days on mysids, and the survival rate was 41.7% up to C₃-C₄. Reasons for the low survival rate in 1989 were suggested to be the predation by remaining fishes and the inadequacy of the diets. Reason for the high survival rate in 1990 included the solution of these problems and the usefulness of a red algae *Gracilaria* sp. for preventing cannibalism were considered.

Examining leg loss of the crabs in the secondary rearing in tanks on land, the number of lost legs was high, ranging 1.36-2.49 per 10 legs (average: 1.94). Burying abilities of leg-lost crabs varied according to the state of leg loss. As leg loss of crabs lowers the healthiness of fry, decrease of leg loss is needed.

Many C₁ crabs were released at a sandy beach in Nishitottori, Han'nan in 1981. Retention rate of them by the next day was 1.0% and very low, the cause was estimated to be their floating emigration which was observed at night of the release day, and the predation recognized by greenling *Hexagrammos otakii*. The emigrated crabs were probably eaten, therefore the effect of C₁-release seems to be a little. In 1982 many C₃-C₄ crabs reared in tanks on land were released in the same area. Retention rate of them by 2 days after release was 11.2%, and the effect of rearing the fry to a larger size was revealed.

Investigations using a scoop net were made on the crabs reared in the netfence and released in 1989 and 1990. In 1989, 84 thousand crabs (C₃) were released. Just after release no loss of crabs was observed and 89 thousand crabs (including released crabs in C₁) were estimated to inhabit in the released area. The number of crabs greatly decreased with the lapse of time, and the crabs moved offshore 53 days after release. In 1990, 246 thousand crabs (mainly C₁) were released. Retention number and rate were 85 thousand and 35%, respectively. The reasons for the low retention rate were inferred to be death due to high temperatures and tidal emersion, and emigration. From the settlement to 35 days after release, the total inhabiting number of crabs was constant, although there were some crabs moving to neighboring beaches. After that all the crabs seemed to migrate offshore.

The catchability coefficient of the Ishigeta dredge was estimated by DeLury's method from the fisherman's catch records, and a growth-catch model of swimming crab in Osaka Bay was constructed. The effect of releasing crabs in 1990 (246 thousand in number) was calculated using the model. From this, the catch number and

weight of captured crabs were estimated 76,919 and 12,416kg, respectively. Recovery rate (catch number / released number), catch weight and catch income per release of ten thousand crabs were 31.3%, 505kg and 1,510 thousand Yen, respectively.

4. Proposals for the enhancement of resources

Considering synthetically the matters stated above, what is needed for the enhancement of resources of the swimming crab in Osaka Bay is proposed.

For the stabilization of catch, release of artificially reared crabs is needed. It is optimal for C₄ crabs reared in embanked ponds and such like to be released from June to August at the southern sandy beach at a density of 4 crabs per m². Release of crabs on the mud bottom in the innermost area after the hypoxic conditions have disappeared is also expected, however development of release techniques is needed.

Because the fishing effort on the swimming crab is too large in Osaka Bay, it should be reduced. Since 1993 the Osaka Prefectural Federation of Fisheries Cooperatives has applied systems of two weekly holidays in the trawl fishery and of releasing all small crabs less than 120mm in carapace width. Considering the present condition of the fishery, these measures are appropriate. From now it is necessary that guidance to fishermen is continued for the measures to be enforced perfectly, and that the effect of the measures is cleared quantitatively.

To improve the environment for the crab, recovery of sandy beaches and tidal flats on all coasts and reduction of hypoxic conditions in the innermost area are most effective.

In addition, elucidation of survival mechanism of the pelagic stage and genetic effects of released crabs on the natural populations is needed.

第1章 緒言

ガザミ *Portunus (Portunus) trituberculatus* Miers (Fig.1-1) はワタリガニ科に属するカニで、我が国の函館から九州にかけての両沿岸および韓国、中国、台湾に分布する(三宅, 1983)。水深30m位までの浅海に生息し、大型で美味であるため古くから食用に供され、近年では主に小型底曳網や刺網で多く漁獲されている。1951年からの日本全国と瀬戸内海におけるガザミ漁獲量(農林水産省統計情報部, 1997ほか)をみると(Fig.1-2)、全国の漁獲量は1950年代は約3,000~4,000トンと高かったが、1960年代になると減少し、1970年には997トンと最低であった。1973年以降は増加し1983年には5,602トンに達したものの、その後やや減少し、最近では3,000~4,000トン前後で安定している。一方、瀬戸内海(紀伊水道~周防灘)における漁獲量は全国の8~60%を占め、その増減は全国と似

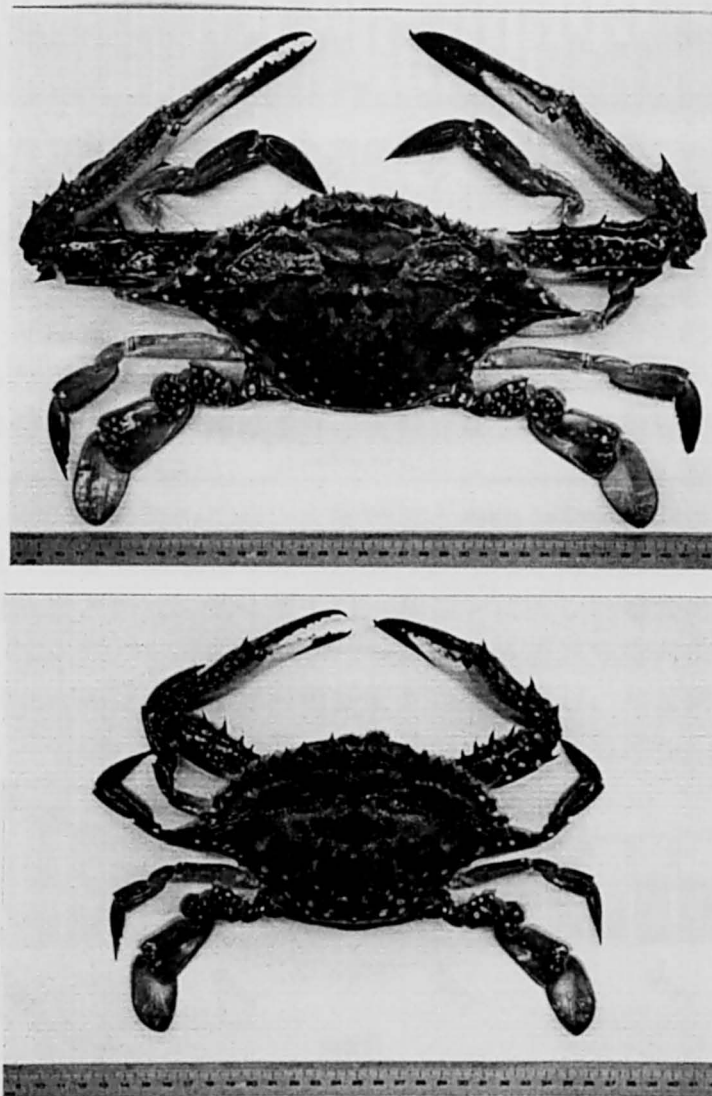


Fig. 1-1. Swimming crab *Portunus (Portunus) trituberculatus*. Upper: male; lower: female.

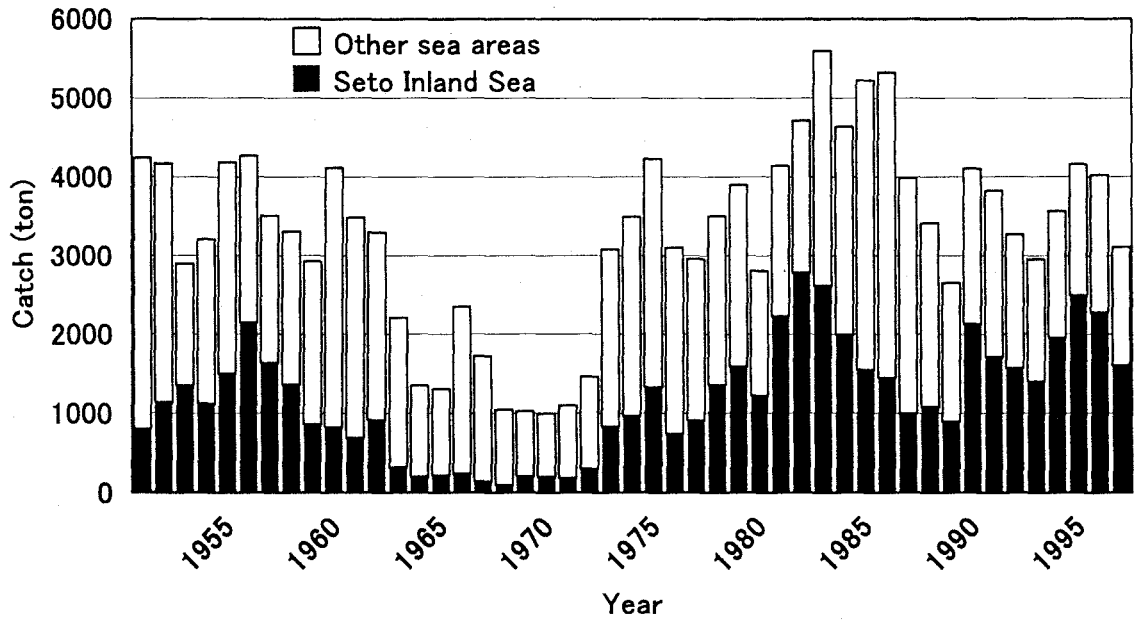


Fig. 1-2. Annual catch of swimming crab in Japan.

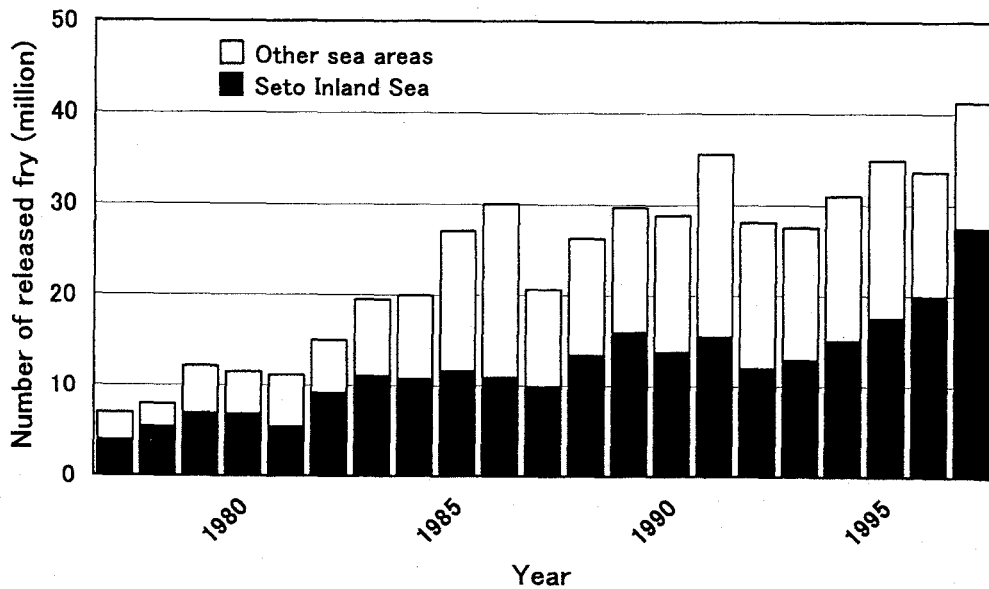


Fig. 1-3. Number of released artificially reared fry of swimming crab in Japan.

た傾向を示しているが、変動はより顕著である。瀬戸内海の1963～1972年の漁獲量は96～314トンと著しく少なかったが、この時期の低漁獲量の原因として北田（1984）は、埋立てによる生息場の消失、農薬等による水質環境の悪化、ならびに獲り過ぎを挙げている。この漁獲減少の打開策として、当時クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* で実績を挙げつつあった栽培漁業（つくり育てる漁業）を、ガザミでも瀬戸内海栽培漁業協会（現日本栽培漁業協会）を中心として取り組むことになった（日本栽培漁業協会，1983）。1965年より放流が開始されたが、当時の種苗生産技術ではメガロパ幼生までの生産が可能で放流数は少なかった。しかし、有機懸濁物を使用した飼育技術の開発（高橋・松井，1972）により量産が可能となり、1973年から1齢稚ガニ*の配布が行われるようになった（愛媛水試ほか，1985）。統計が整備された1977年からの日本全国と瀬戸内海のガザミ放流数を Fig. 1-3 に示した（水産庁・日本栽培漁業協会，1999ほか）。全国の放流数は1977年には692万尾であったが徐々に増加し、1985年以降は約3,000万尾が毎年放流され、1997年には4,000万尾を越えた。瀬戸内海においても年とともに放流数は増加し、1996年は2,000万尾、1997年は2,700万尾に達している。

このように膨大な数量の種苗が放流されているものの、その放流効果について正確な値は得られていない。ガザミと同様に多量に放流されているクルマエビ、マダイ *Pagrus major* およびヒラメ *Paralichthys olivaceus* については、既に精度の高い放流効果が推定されており（宮嶋ら，1998；今井，1996；藤田ら，1993），栽培漁業重要種の中ではガザミのみが明らかにされていない。ガザミ放流事業には多大な経費がかかり、公費や負担金などより支出されていることから、放流効果の正確な把握が急務である。

本研究の最終目標は、大阪湾のガザミ資源を増やし、安定した高漁獲を得る方策を明らかにすることにあるが、上に述べた状況から、まず、放流効果の把握を第一の目的とした。そのためには、大阪府でどのようなガザミ漁業が行われているか、ガザミはどのように成長しどこに分布するかを知る必要があり、それぞれ第2章、第3章にまとめた。第4章では、種苗を放流した場合にどの程度生き残るかを中心として、ガザミの栽培漁業に関する野外調査や室内実験結果を詳述した。そして、以上の知見を基に成長漁獲モデルを構築し、放流効果の算出を行った。最後の第5章では、第2章～第4章で述べたことを総括し、大阪湾におけるガザミ資源培養方策を提言して結論とした。

* 本論文では、メガロパの脱皮によって生じた最初の稚ガニの脱皮齢（Instar）を1齢とし、n齢ガニをC_nと略す。

第2章 大阪府のガザミ漁業の概要

本章では、農林統計や漁業者の操業日誌等の資料から、大阪府におけるガザミ漁業の漁獲量、単価、漁法および漁獲状況について述べる。

2-1 漁獲量と単価

大阪府におけるガザミの漁獲統計は1952年分から公表されているので（近畿農政局大阪統計情報事務所，1999ほか），1998年までの漁獲量と単価の経年変化をFig.2-1に示した。なお，漁獲統計では“がざみ類”となっているが，ジャノメガザミ *Portunus (Portunus) sanguinolentus* 等は単価が安く扱いが異なることから，ガザミ単独と考えられる。

漁獲量は1952～1958年は204～762トンと高かったが，その後激減し，1970年には2トンと最低を示した。しかし1972年より回復がみられ，1973～1975年と1979年は好漁であったが，1980～1995年は28～60トンと低レベルで安定している。その後，1996年には近年にない118トンの好漁獲があり（この原因については第3章3-2-2で検討する），1997，1998年も比較的多かった。大阪府の漁獲量（Fig.2-1）と全国および瀬戸内海の漁獲量（Fig.1-2）を比較すると，1970年代前半までの増減傾向はほぼ一致するが，それ以降1995年まで，全国や瀬戸内海は大きな変動がみられるのに対し，大阪府では大きく増加することなく，低漁獲量が続いている。

一方，大阪府におけるガザミの単価は，1960年代から1970年代前半は1,000円/kgを割ることが多かったが，その後，漁獲量の減少や貨幣価値の低下により高騰し，1989～1995年では3,400～3,900円/kgで安定している。ただし，1996年は

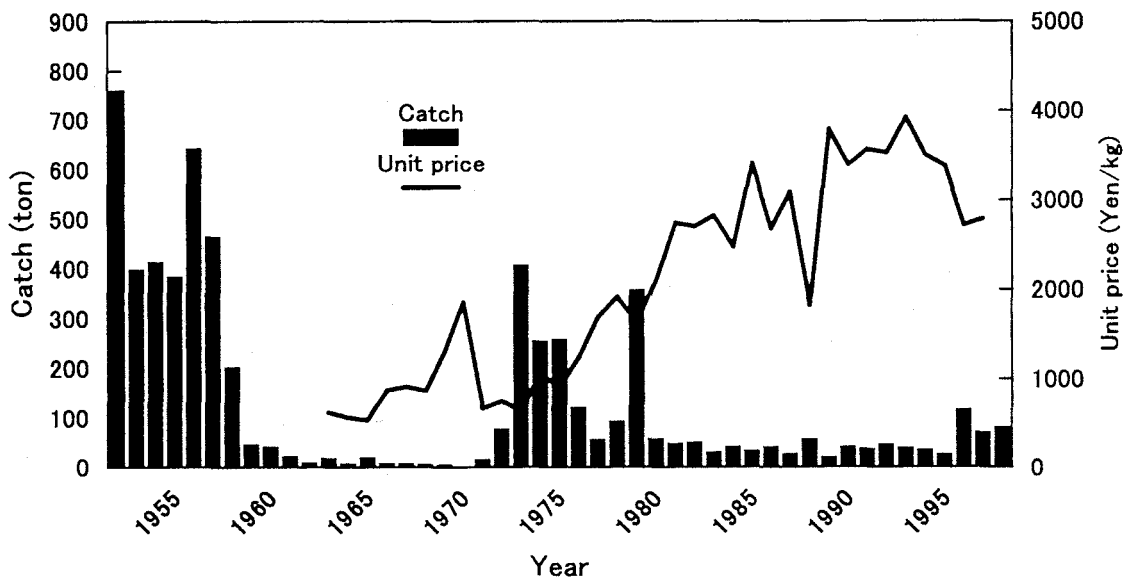


Fig. 2-1. Annual catch and unit price of swimming crab in Osaka Prefecture.

好漁獲のため単価は2,700円/kgに下落した。近年の全国におけるガザミ単価は約1,500円/kg (1,300~2,000円/kg) であるので、大阪府ではその倍以上の価格で取り引きされていることがわかる。このことは、大都市近郊型漁業である大阪府漁業の利点とすることができる。なお、実際のガザミの単価は、サイズ、性別、時期などにより大きく変動し、500~7,000円/kgであることが明らかになっている (鍋島ら, 1994)。

2-2 漁法

大阪府では古くからガザミが利用され、明治期には打瀬網 (底曳網の1種) や建網 (刺網) によって漁獲されていたが (河野, 1997), その後、漁船の動力化などに伴って漁法は変遷を遂げた。

Fig. 2-2 に最近10年間 (1988~1997年) の大阪府におけるガザミ漁獲量の漁法別割合を示した。大阪府では、ガザミは主に石桁網 (漁獲統計上は“縦びきその他”), 板曳網 (同“縦びき1種”) 等の小型底曳網で漁獲され、他にも刺網やカニ籠 (同“その他”) で捕られている。この10年間はあまり変化がないので、10年平均の石桁網, 板曳網, 刺網, その他の各漁法について比率を計算すると、それぞれ70.3%, 13.8%, 14.1%, 1.8%となり、石桁網が大部分を占めることがわかる。石桁網 (Fig. 2-3) とは、両端に石の重りの付いた幅約150cm, 高さ27cmの桁網のことで、1隻がこの網を同時に4~5丁曳網する。袋網の長さは260cmで、網目の大きさは12~14節 (23.3~27.5mm) となっている (大阪水試, 1979)。板曳網は魚類を主対象とするオッタートロールの1種であるが、石桁網と比較してガザミの入網は少ない。また、カニ建網 (刺網の1種) やカニ籠は資源量の多い時に主に操業されている。

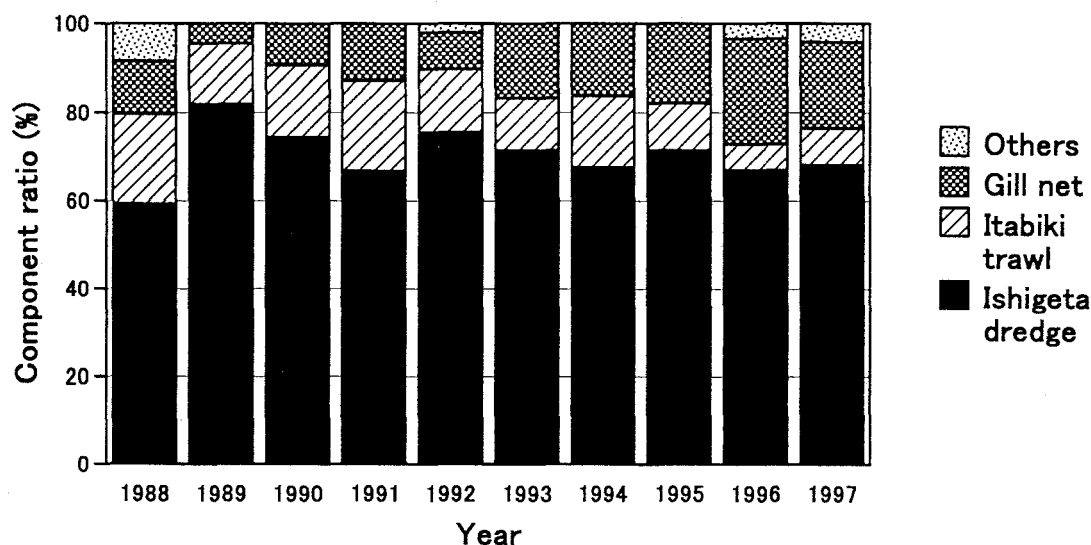
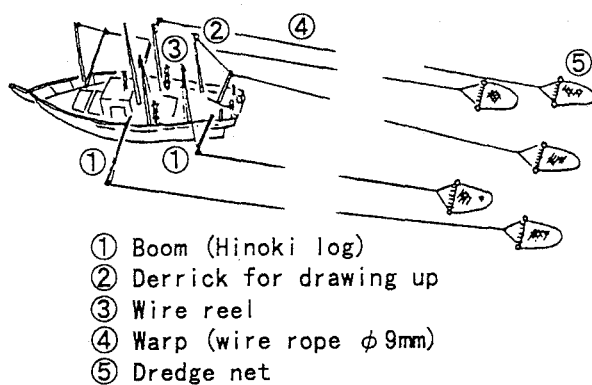
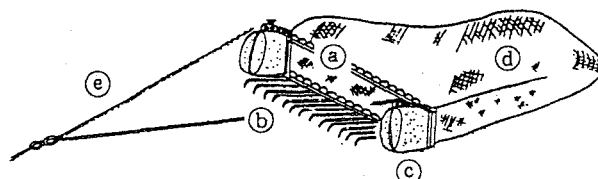


Fig. 2-2. Component ratio among each fishery in the catch of swimming crab in Osaka Prefecture.



Magnified figure of dredge net



- (a) Frame (width:150cm, height:27cm)
 (b) Claw (length:26cm, interval:4.5cm)
 (c) Sinker (material:stone or steel, weight:16-20kg)
 (d) Cod end (material:polypropylene, mesh size:2.3-2.8cm, length:260cm)
 (e) Bridle

Fig. 2-3. Structure and operation of Ishigeta dredge (Osaka Prefectural Fisheries Experimental Station, 1979).

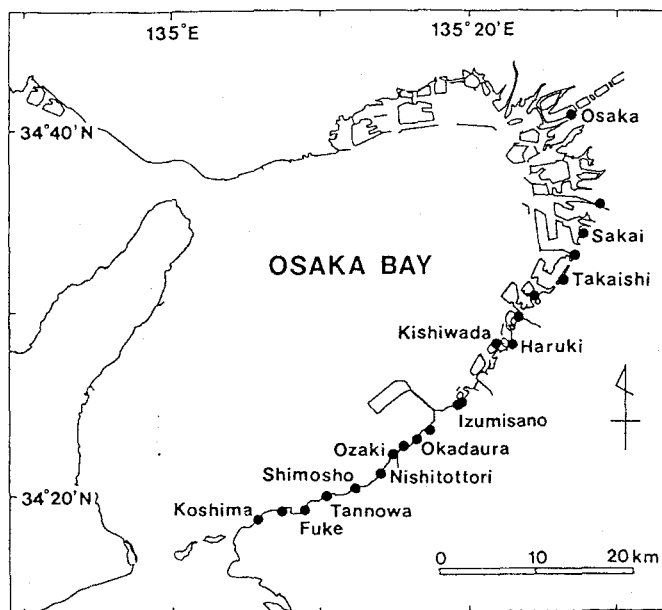


Fig. 2-4. Location of fishermen's co-operatives in Osaka Prefecture.

2-3 石桁網による漁獲状況

泉佐野漁業協同組合 (Fig. 2-4) 所属の石桁網漁業者1名に、操業日誌の記帳を依頼し、ガザミの漁獲状況を把握した。記帳項目は操業位置、ガザミの銘柄別尾数および水揚げ金額で、記帳は1982年10月から開始された。なお、この漁業者は記帳開始当時20歳代で、父親と乗船している。

1983~1998年の年間操業日数、ガザミ漁獲尾数およびガザミ漁獲金額をそれぞれ Figs. 2-5~2-7 に示した。年間操業日数 (Fig. 2-5) は145~197日 (平均164日) で漸減傾向がみられる。年間漁獲尾数 (Fig. 2-6) は555~9,268尾 (平均3,198尾) と変動が大きく、特に1996年以降に多い。また、年間漁獲金額 (Fig. 2-7) は56~225万円 (平均118万円) で、石桁網における年間水揚げ金額に占める割

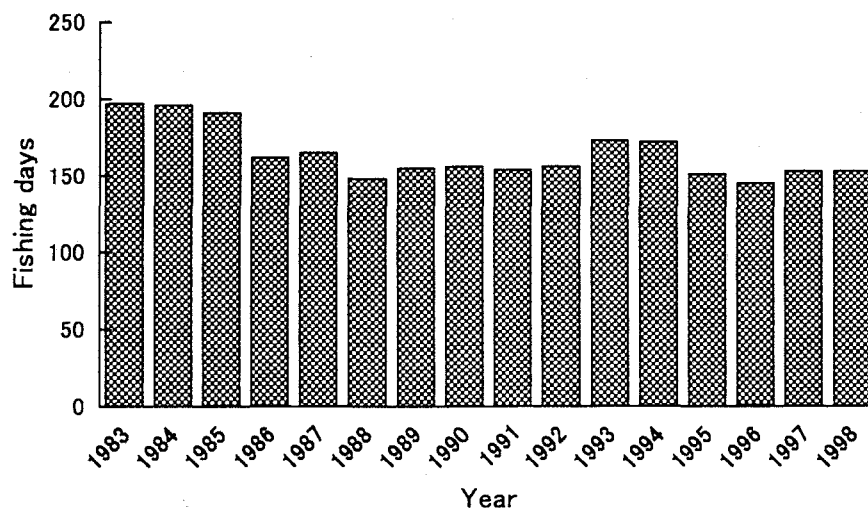


Fig. 2-5. Fishing days per year of the Ishigeta fishery at Izumisano.

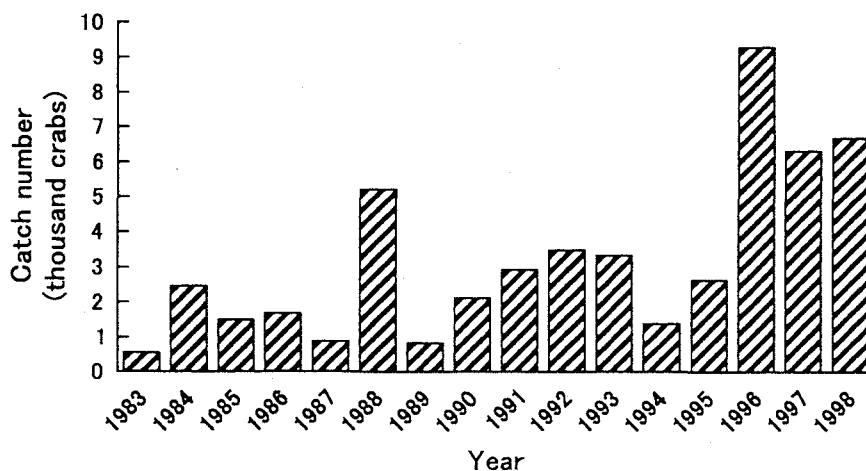


Fig. 2-6. Catch number of swimming crab by the Ishigeta fishery at Izumisano.

合が全魚種中2~6位である（石渡，1998）ことから，ガザミは石桁網漁業における重要魚種であることがわかる。

次に，月毎にまとめたCPUE（1日1隻当たりの漁獲尾数）を Fig.2-8 に示した．CPUEは年や月によって大きく変動し，ほとんど捕れない時があれば，224尾／隻・日（1996年9月）に達した月もあった．これを全年を通して月別に平均をとり，その傾向をみると（Fig.2-9），8~9月に高いがその後減少し，1~6月は低レベルとなっている．7月からガザミの漁場加入がみられ，9月以降漁獲により減少している様子が窺われる．

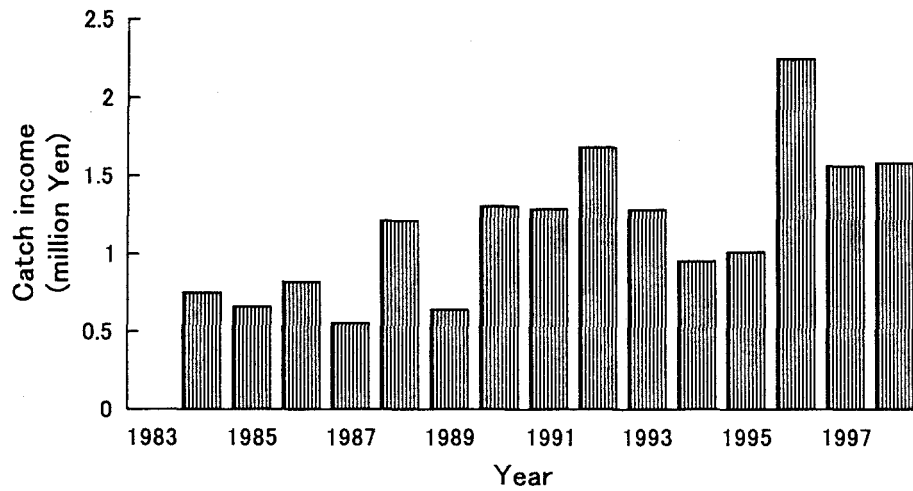


Fig. 2-7. Catch income from swimming crab by the Ishigeta fishery at Izumisano. Data in 1983 were not obtained.

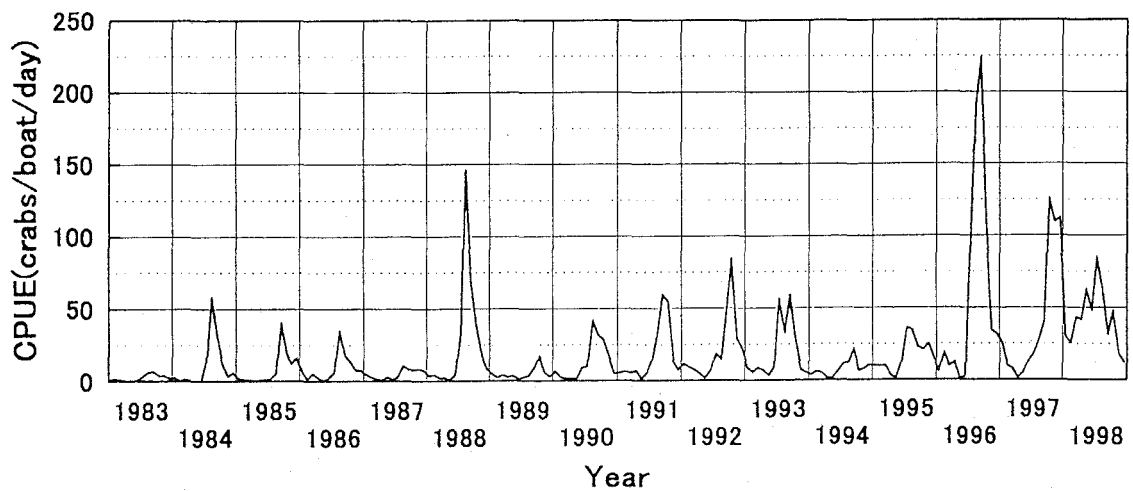


Fig. 2-8. CPUE of swimming crab in the Ishigeta fishery at Izumisano.

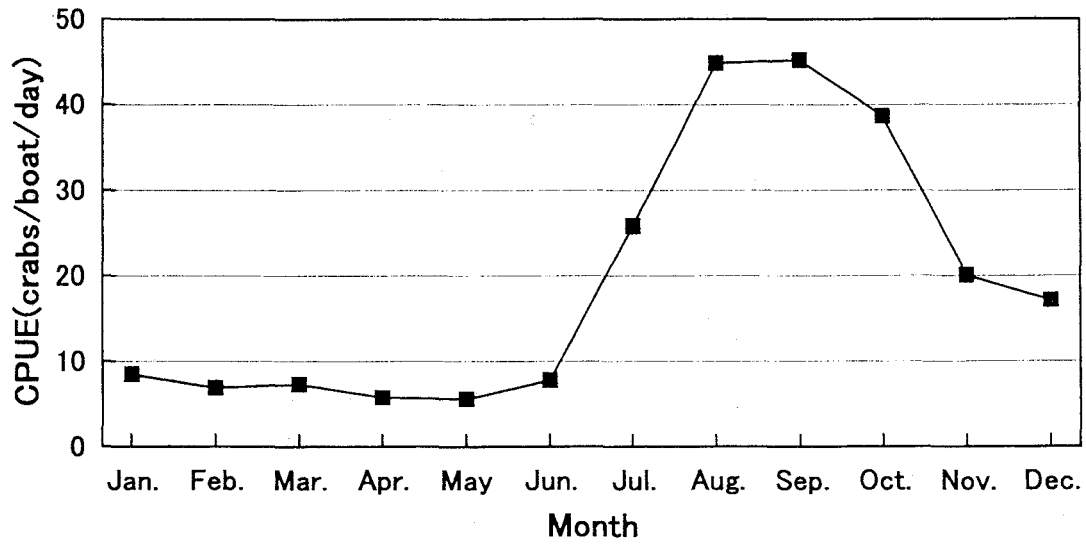


Fig. 2-9. Average monthly change of CPUE of swimming crab in the Ishigeta fishery at Izumisano.

第3章 ガザミの生態

ガザミは、親が抱えた卵から孵化後、ゾエア、メガロパの浮遊期を経て、稚ガニとして沿岸域に着底する。脱皮により成長し、甲幅80mm以上になると沖合へ移動し、甲幅130mm以上で成熟する（大島，1938；愛媛水試ほか，1985）。その生態特性としては、繁殖、幼生期、成長、摂餌、被食、分布などがあり、多くの研究が行われているが〔例えば、大島（1938）、浜崎（1996）など〕、これらは海域により異なる可能性があるため、大阪湾における生態を把握することが必要である。本章ではこれらの内、特に重要と考えられる成長と分布について取り上げる。成長については飼育試験と漁獲物調査の両面から調べ、分布については漁業者の操業日誌を解析するとともに、漁業の行われていない大阪湾奥部の状況を試験操業によって調べた。

3-1 成長

3-1-1 水槽で飼育したガザミの脱皮と成長

ガザミの脱皮と成長については、いろいろなサイズの個体が混在する天然海域では推定が難しい場合が多く、天然と異なった成長を示す危険性はあるものの、飼育試験により多くが調べられている。大島（1938）は天然で採集した多数の個体を短期間海中生簀で飼育して、脱皮前後の甲幅の関係から14齢までの脱皮齢と甲幅の関係を明らかにした。八塚（1968）および愛知水試（1974）は種苗生産した個体をそれぞれ17~19ヵ月、3~6ヵ月にわたって飼育を行い、発生時期別の成長と脱皮齢を調べ、高場・平田（1976）および丹下ら（1983）は種苗生産個体を3ヵ月間飼育し脱皮齢と甲幅および在齢日数の関係を明らかにした。また、塩田（1990）は漁獲されたガザミを5ヵ月間飼育し、それらの脱皮時期と回数を観察した。しかし、これらの飼育試験で得られた結果は様々であり、例えば脱皮齢10齢における甲幅の最小は50mm（愛知水試，1974）、最大は81mm（高場・平田，1976）と大きく異なっていた。このように、報告により結果が異なるのは、飼育試験においては飼育環境の及ぼす影響が大きいこと（倉田，1960）が主要な原因と考えられる。

本項では、種苗生産した稚ガニと漁獲された大型個体を水槽で飼育して、脱皮と成長の状況、脱皮齢と甲幅*の関係および脱皮前後の甲幅の関係等を明らかにしたが、他の飼育例との比較から飼育環境の及ぼす影響についても検討を行った。

* ガザミの甲幅の測定方法は2通りあり、大きく横に突出する前側縁第9歯の両先端間の長さ（いわゆる全甲幅）と、第8歯間の長さが用いられている。過去の研究では多くの場合前者が用いられており、それらとの比較を可能にするため本論文においても前者を使用した。

材料と方法

稚ガニ 1987年に大阪府立水産試験場で種苗生産された稚ガニのうち、7月19～20日に孵化した4～5齢稚ガニ（甲幅13.7～26.4mm）約1,000尾を長期飼育に供した。飼育期間は1987年8月17日～1988年11月12日で、約5cmの厚さに砂を敷いた同場の2kℓコンクリート水槽（底面積4m²、水深30cm）3槽（1987年11月24日から1槽）を用いて飼育し、共食い防止のためにポリエチレン製ブラシ状付着材（直径12cm、長さ1.5m）を各槽20本ずつ入れた。飼育水は水産試験場地先の水深約3mから汲み上げた海水を砂ろ過し毎分約15ℓ流し、原則として毎日、冷凍した三陸産ツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* または大阪湾産エビ類（主にサルエビ *Trachysalambria curvirostris*）を解凍して、残餌が若干出るくらい投餌した。脱皮状況の観察と水温測定は毎日9時30分に行い、脱皮が多く観察された時および越冬前に、飼育個体の一部あるいは全部を取り上げ甲幅の計測と脱皮齢の判定を行った。甲幅は、小型個体（30mm以下）は実体顕微鏡の接眼マイクロメーターを用いて0.1mmまで、大型のものは長さ30cmの定規を用いて1mmまで測定した。また、脱皮齢の更新は脱皮殻と大型個体の出現状況から判定した。

漁獲個体 1987年5～11月の各月上旬に延べ7回にわたって、大阪府下の泉佐野または西鳥取漁業協同組合の小型底曳網で漁獲された甲幅166～233mmの雌雄各5尾を購入し、水産試験場の3kℓコンクリート水槽（底面積6m²）でそれぞれ2ヵ月間飼育して、その間の脱皮と成長を調べた。ただし、死亡個体が多かった場合には飼育途中で1～3尾を追加した。飼育水槽内には、高さ10cmの合成樹脂製プレート上にネットを敷き、その上に約10cmの厚さに砂を入れた二重底を設け、砂表面までの水深は約30cmとした。当初、共食いやストレス防止のためプラスチック網（網目23mm×20mm）で56cm×45cmの区画に仕切って個別飼育したが、交尾は雌の脱皮の直後に行われる（大島、1938）といわれており、脱皮に異性の存在が関与している可能性が考えられるため、交尾期（9～10月）前の8月6日から仕切りを一部除いて雌雄1尾ずつを一緒に飼育した。また、水槽上面は刺激を与えないようヨシ簀で覆った。飼育水には汲み上げた海水をろ過せずに使用し、餌料には冷凍したエビ類を用いた。原則として毎日9時30分に脱皮および死亡状況の観察と水温測定を行い、脱皮個体は脱皮2～3日後に甲幅を測定した。

水温および塩分 飼育期間中の水槽内水温およびガザミの主分布域である大阪湾中央部底層（水深約20m）の平均水温を Fig. 3-1 に示した。水温範囲は稚ガニの水槽では8.1～26.6℃、漁獲個体の水槽では12.8～26.6℃であった。これらの水温は大阪湾中央部の海底より、1987年5～8月は約2℃高く、1987年11月～1988年1月は約1℃低く、1988年4～9月は約2℃高かった。また塩分は、水産試験場地先水深5mの記録では飼育期間中の変化は少なく平均32.3psuであった。

結 果

稚ガニ飼育結果 飼育した稚ガニの甲幅組成を Fig. 3-2 に、甲幅の範囲と平均および脱皮齢を Table 3-1 にそれぞれ示した。このうち1987年8月17日までは、種苗生産ならびに育成時に測定したものである。

1. 生残 8月17日に收容した稚ガニは約1,000尾であったが、11月24日に全数取り上げたところ生残数は雌76, 雄67の計143尾であった。無作為に選んだこのうちの雌20, 雄20尾について飼育を継続したが、翌年の8月4日には雌14, 雄8尾に、11月12日には雌3, 雄2尾に減少した。これらの減耗の原因はしばしば観察された脱皮時の共食いによるものであった。

2. 脱皮 1年目の脱皮は10月31日(水温20.7℃)まで観察された。月ごとの脱皮回数は8月は5~6回(幼生期の脱皮を除く), 9月は2~3回, 10月は1~2回であった(Table 3-1)。脱皮齢は, 9月22日には8~9齢, 11月24日には雌の76.4%, 雄の76.5%の個体が10齢になったが, 雌の22.2%, 雄の13.2%は11齢に達した。越冬後は6月14日(水温20.6℃)から10月29日(同20.0℃)まで脱皮が観察され, 11月12日には雌は3尾中12齢1尾, 13齢2尾, 雄は2尾とも13齢となった。

3. 成長 稚ガニは9月まで急激に成長し, 9月22日の平均甲幅は雌76.7mm, 雄66.4mmに達した(Fig. 3-2, Table 3-1)。その後, 脱皮頻度の減少により甲幅の増加は鈍化したが, 11月24日には最大甲幅は雌149mm, 雄138mm, 平均甲幅は雌114.9mm, 雄108.0mmとなり, 雌の方が大きい傾向が見られた($P < 0.05$)。しかし, 越冬後は雌雄差がなくなり($P > 0.05$) , 8月4日の平均甲幅は雌145.5mm, 雄152.8mm, 11月12日には最大甲幅は雌雄とも193mm, 平均甲幅は雌183.0mm, 雄190.0mmとなった。

4. 脱皮齢と甲幅の関係 各脱皮齢の平均甲幅および標準偏差を Fig. 3-3 に示した。なお, 平均甲幅の推定において, いくつかの脱皮齢が重なって分離が難しい場合は堤・田中(1988)のプログラムにより最も当てはまりがよくなるよう群分

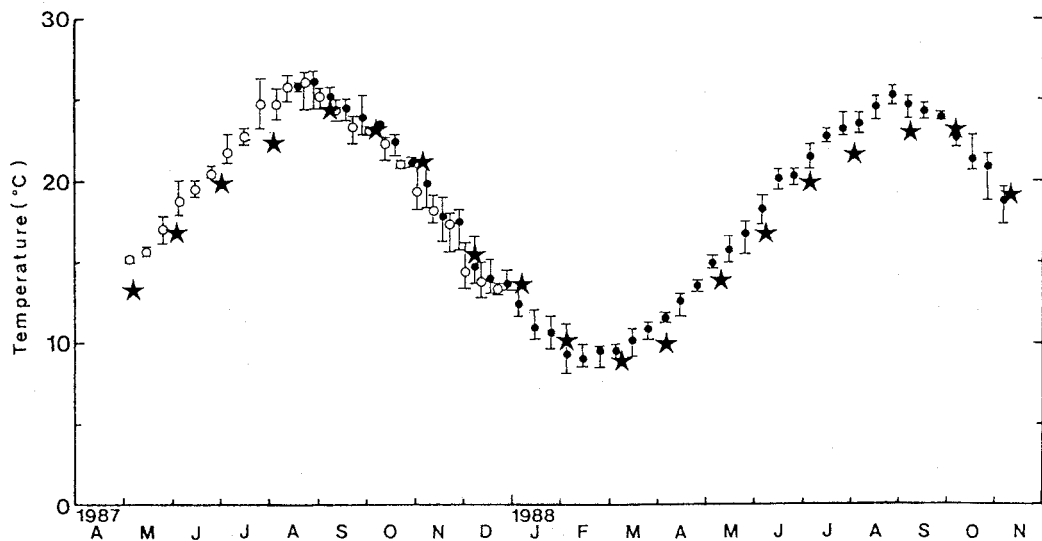


Fig. 3-1. Rearing water temperatures for juvenile swimming crabs (solid circles) and trawl-caught swimming crabs (open circles). Circles and bars show the average and maximum-minimum temperatures over 10 days, respectively. Stars show the average bottom temperatures in Osaka Bay at a depth of 20m.

離を行い、同一の脱皮齡で測定が複数回ある場合には最も測定尾数の多いものを採用した。平均甲幅は1齡では4.9mmであったが、脱皮するごとに増加し、5齡では23.0mm、10齡では雌110.2mm、雄107.5mm、13齡では雌195.6mm、雄190.0mmとなった。Mann-Whitney のU検定を行ったところ、雌雄の甲幅に有意差は認められなかった。また、脱皮齡と甲幅（雌雄の平均）の関係には、ロジスティック式（Akamine, 1986）がよく適合した。

$$W = 313.7 / (1 + e^{-0.3777(I - 11.75)})$$

ここで W は甲幅 (mm)、 I は脱皮齡である。

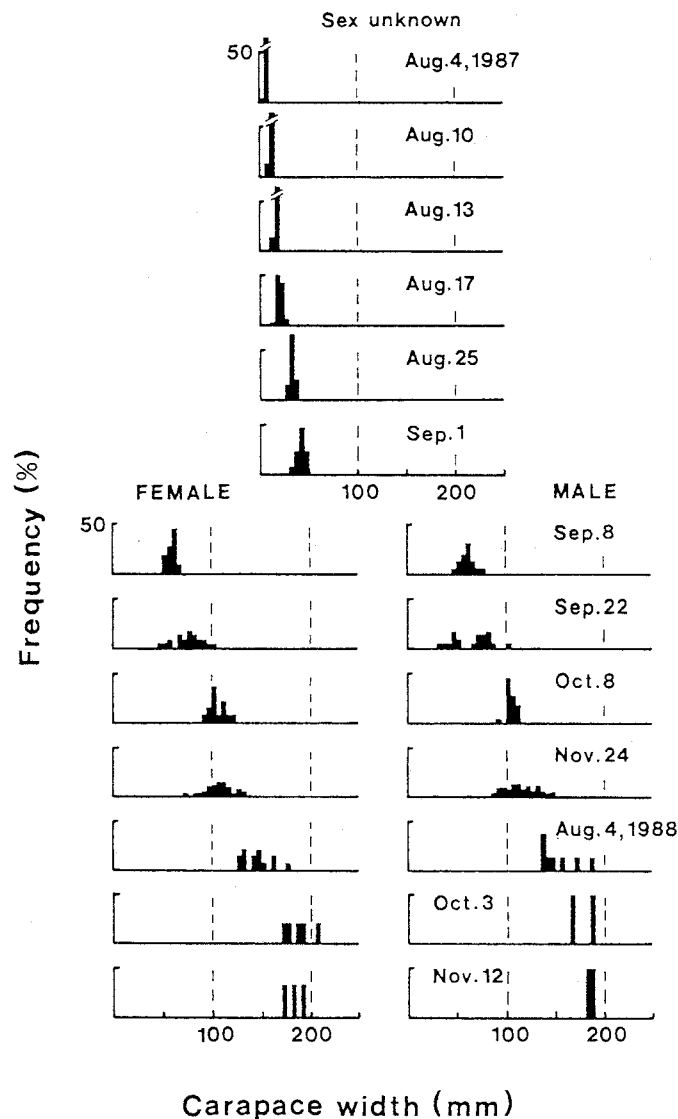


Fig. 3-2. Seasonal change of carapace width compositions of swimming crabs reared from juveniles.

Table 3-1. Growth of swimming crabs reared from juveniles

Year	Date	Sex	Carapace width (mm)		Instar	Number of measured crabs
			Range	Average		
1987	Aug. 4	-	4.1~ 8.9	7.21	1~ 2	393
	Aug. 10	-	8.6~ 12.5	10.96	3	50
	Aug. 13	-	13.1~ 19.3	16.29	4	50
	Aug. 17	-	13.7~ 26.4	19.40	4~ 5	119
	Aug. 25	-	27 ~ 38	33.0	6	20
	Sep. 1	-	34 ~ 49	42.0	6~ 7	26
	Sep. 8	F	52 ~ 68	59.8	8	11
		M	49 ~ 76	61.5	8	15
	Sep. 22	F	49 ~102	76.7	8~ 9	22
		M	33 ~104	66.4	7~ 9	22
	Oct. 8	F	92 ~124	106.3	10	14
		M	95 ~115	105.4	10	11
Nov. 24	F	62 ~149	114.9	8~11	76	
	M	71 ~138	108.0	9~11	67	
1988	Aug. 4	F	126 ~178	145.5	11~12	14
		M	139 ~190	152.8	11~13	8
	Oct. 3	F	174 ~209	187.6	12~13	5
		M	167 ~188	177.5	12~13	2
	Nov. 12	F	174 ~193	183.0	12~13	3
		M	187 ~193	190.0	13	2

5.1回の脱皮による成長 各脱皮齢の平均甲幅から得られた脱皮前後の甲幅の関係を Fig. 3-4 に示した. 脱皮前後の甲幅の関係は雌雄とも9-10齢の点まで直線状に並び, そこからやや下方に屈曲し, その後再び直線状に並んでいる. 共分散分析の結果, 雌雄の差は有意でなかったため, 雌雄の甲幅の平均値から最小自乗法により計算したところ以下の関係式が得られた.

$$1 \sim 9 \text{ 齢} : W_{n+1} = 1.42 + 1.32 W_n \quad (r = 0.999)$$

$$10 \sim 13 \text{ 齢} : W_{n+1} = 24.9 + 1.02 W_n \quad (r = 0.996)$$

ここで W_n は脱皮前, W_{n+1} は脱皮後の甲幅 (mm) である. 次に, 脱皮前の甲幅と成

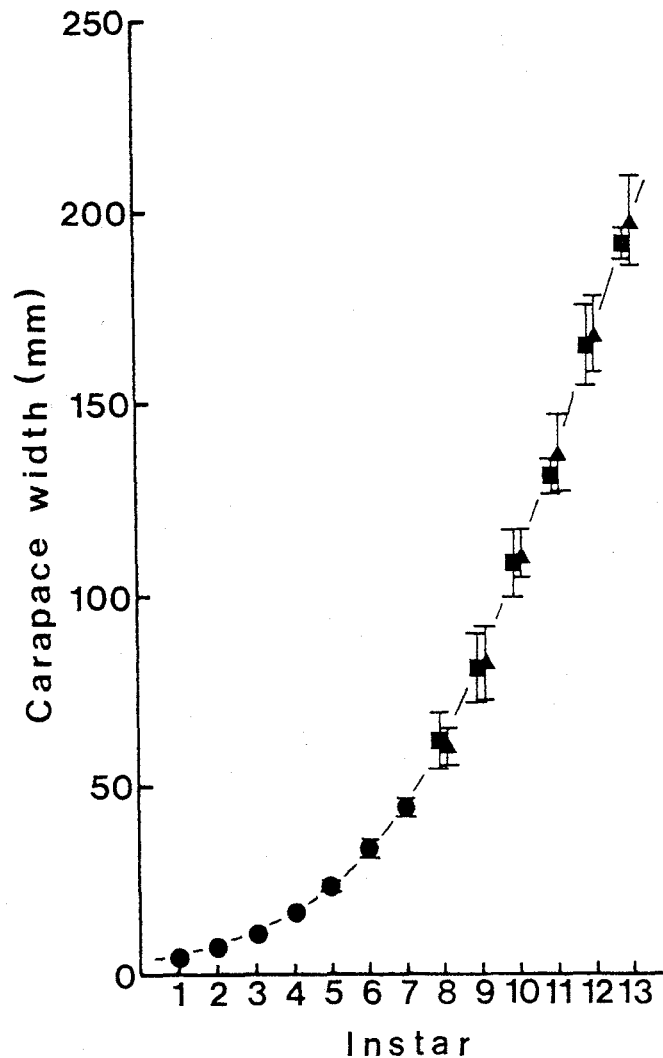


Fig. 3-3. Relationship between the instar number and the average carapace width of swimming crabs reared from juveniles. Bars show standard deviations. ●: sex unknown; ▲: female; ■: male.

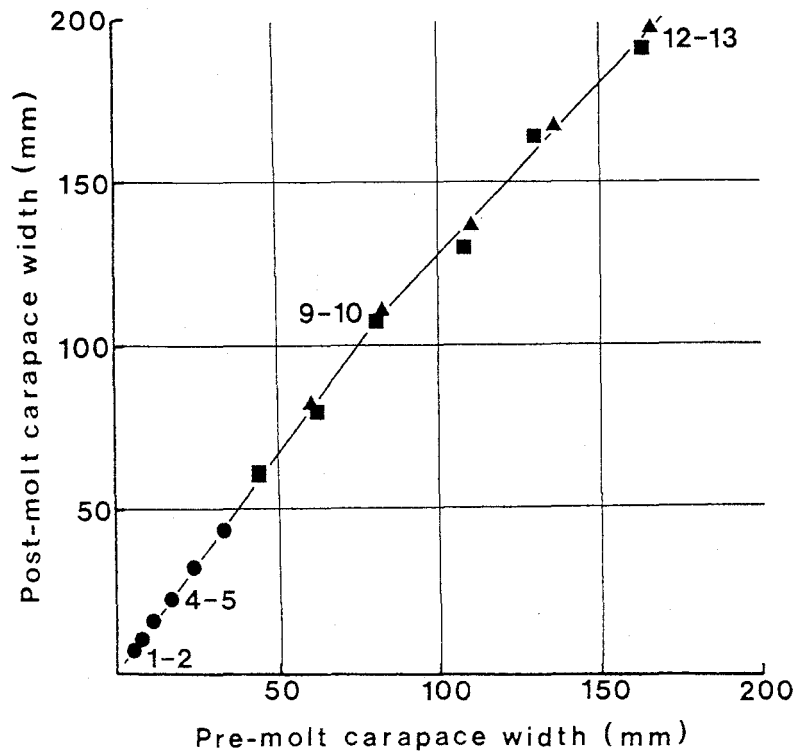


Fig. 3-4. Relationship between pre-molt and post-molt carapace widths of swimming crabs reared from juveniles. Numerals show pre-molt and post-molt instars. Symbols are the same as in Fig. 3-3.

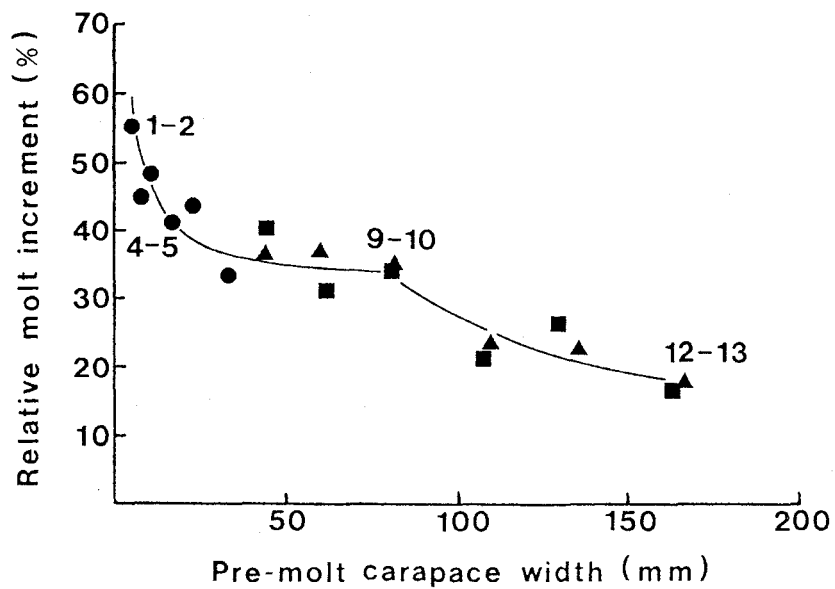


Fig. 3-5. Relationship between pre-molt carapace width and relative molt increment of swimming crabs reared from juveniles. Numerals show pre-molt and post-molt instars. Symbols are the same as in Fig. 3-3.

長度〔(脱皮後の甲幅-脱皮前の甲幅) / 脱皮前の甲幅〕の關係を Fig. 3-5 に示した. 成長度は1齡では55.1%と高かったが, 急激に減少し4齡で41.1%となり, その後は徐々に減少し12齡では16.2~17.3%であった.

漁獲個体飼育結果 飼育した漁獲個体の甲幅の変化と死亡状況を Fig. 3-6 に示した.

1. **生残** 死亡は, 雌では5月, 7月, 10月, 11月に各1例ずつ見られたほかは8月と9月に計12例と集中し, そのうち脱皮中に死ぬものが4例あった. 雄では飼育開始直後のものが3例あったが, それ以外は8月, 9月, 10月, 11月に各1例ずつ観察された.

2. **脱皮** 脱皮は, 雌は8月8日, 12日, 25日, 28日, 9月10日, 16日, 21日, 10月15日の計8例, 雄は7月29日, 8月3日, 28日, 9月9日の計4例が観察された. 雌の

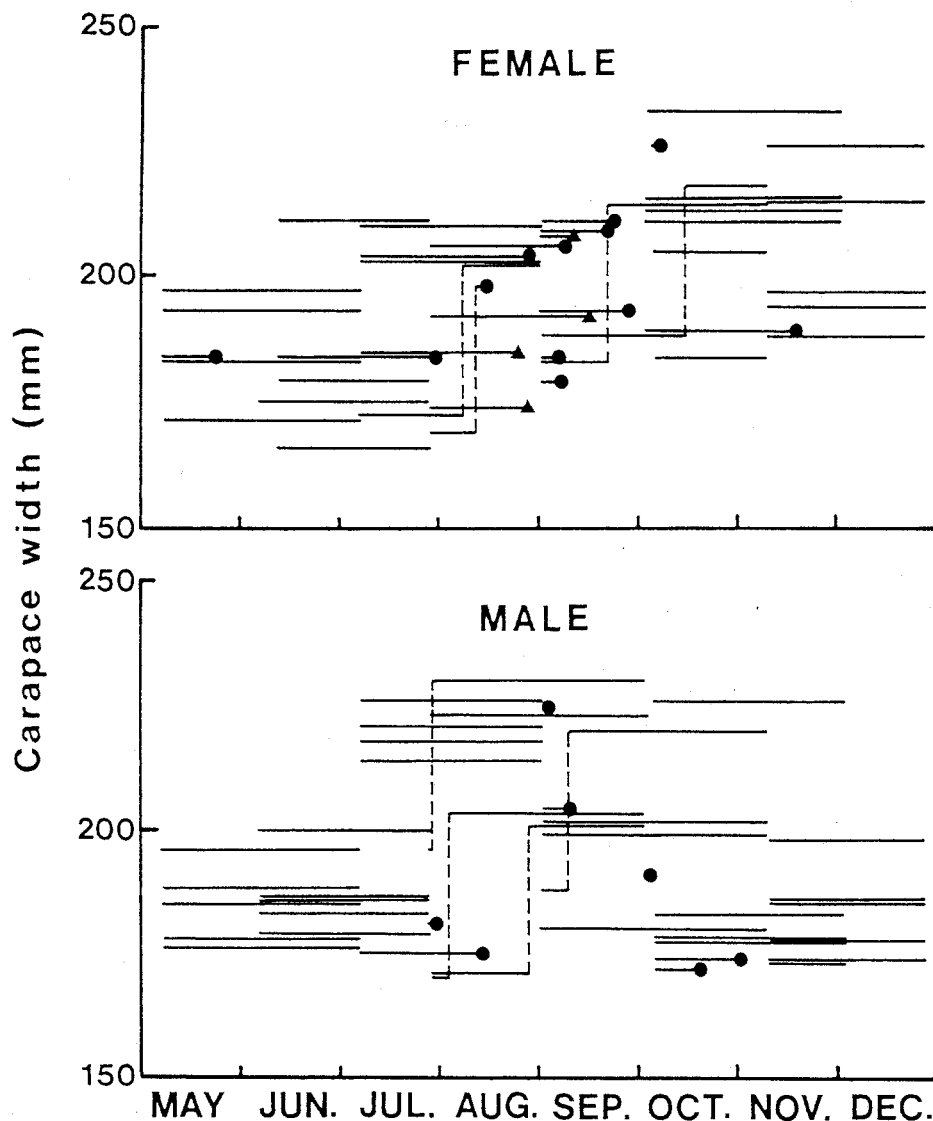


Fig. 3-6. Carapace widths of trawl-caught swimming crabs and molt increments (broken lines). ●: death; ▲: death during molting.

脱皮はすべて同枠内の雄に1~8日間かかえられた後に起こり、このうち10月15日の脱皮は、9月1日に収容した雄が9月9日に死亡したため10月5日に新しい雄を入れた後に観察されたものである。

3.1回の脱皮による成長 飼育中に観察された脱皮前後の甲幅の関係を Fig. 3-7に示した。雌雄の差は有意でなく、雌雄を合わせた脱皮前後の甲幅の関係は以下の式で表された。なお、成長度は16.0~20.0%、平均17.6%であった。

$$W_{n+1} = 18.8 + 1.07W_n \quad (r=0.989)$$

ここで W_n は脱皮前、 W_{n+1} は脱皮後の甲幅 (mm) である。

4. 雌の抱卵状況 6~9月の月上旬に購入した雌の内、それぞれ4, 5, 4, 3尾が抱卵していた。また、7, 8月の月上旬に取り上げた雌では、それぞれ4尾と1尾に抱卵がみられた。

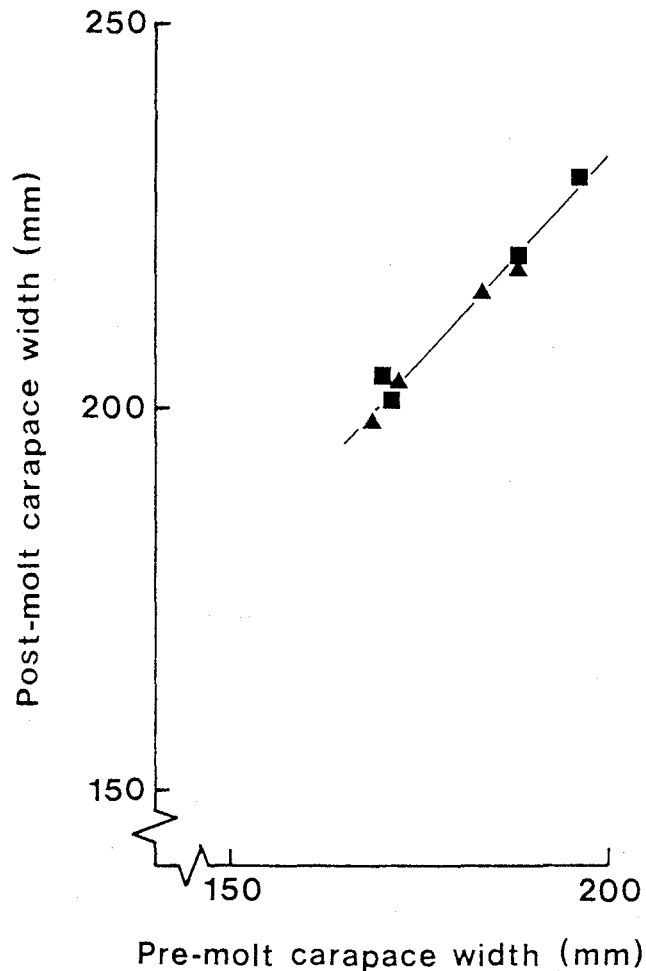


Fig. 3-7. Relationship between pre-molt and post-molt carapace widths of trawl-caught swimming crabs. ▲: female; ■: male.

考 察

飼育試験により成長を推定する場合、なるべく自然状態に近い成長例を観察する必要がある(倉田, 1960)。甲殻類の飼育下での成長に影響を与える要因として、水温、光、餌量、塩分、傷害等があり、このうち水温、餌量、眼柄切除の影響が大きいと言われている(Kurata, 1962)。また、同じワタリガニ科のミドリガニ *Carcinus maenas* の飼育においても餌量と水温の影響が大きいことが明らかにされており(Klein Breteler, 1975)、ほかにも水質、底質、餌の栄養条件等の影響も考えられる。本研究の飼育における餌量は、残餌が常に見られたことから十分と思われる。しかし、飼育水の水温は気温の影響で大阪湾中央部の水深約20mの海底よりやや高く(Fig. 3-1, 飼育期間全体の平均水温は海底の水温の、稚ガニでは+0.5℃、漁獲個体では+0.8℃であった)、これによる成長への影響が考えられる。また、漁獲個体の飼育において、プラスチック網とヨシ簀により共食い防止やストレス軽減に努めたにもかかわらず、8~9月に原因不明の雌の死亡が多く観察された。塩田(1990)の飼育例でも同じ現象が見られており、産卵等の影響により雌はこの時期に死にやすい傾向があるのかもしれない。

今回、稚ガニからの飼育において、7月中旬に孵化した個体が11月には大部分が10齢(一部は11齢)となり平均甲幅108.0~114.9mmに達した。しかし、7月に孵化したガザミの既往の飼育例では、高知県産: 甲幅95~125mm [12齢] (八塚, 1968)、愛知県産: 65mm (愛知水試, 1974)、兵庫県産: 77~86mm [11齢] (丹下ら, 1983)であり、後二者とは大きく異なっていた。ガザミの抱卵個体は4~9月に見られ、最も早く孵化するのは5月中下旬であることから(愛知水試, 1974)、早期に孵化すれば大島(1938)の言うように年内に甲幅170mm前後(後述の関係式によれば12齢)に達することが可能と考えられる。

脱皮齢と甲幅の関係を見ると、既往の報告では、10齢の甲幅が78mm (大島, 1938)、62~75mm (八塚, 1968)、50.03mm (愛知水試, 1974)、81.0mm (高場・平田, 1976)、67.5mm (丹下ら, 1983)とされているのに対し、本試験では雌110.2mm、雄107.5mmに達しこれらの事例を上回った。この原因は、既往の報告には飼育環境について詳細に記されていないが、飼育環境が違っていたことと、1齢時の甲幅が本試験では平均4.9mmであったがそれらの報告では小さかった[4mm (大島, 1938; 八塚, 1968)、3.86mm (愛知水試, 1974)、4.5mm (高場・平田, 1976)、4.3mm (丹下ら, 1983)] ことによると考えられる。

Kurata (1962) は甲殻類の脱皮前後の大きさの関係は途中に屈曲点を持つ直線で表され、多くの場合、屈曲点の脱皮前の大きさは性成熟が始まるサイズであることを明らかにした。本試験の稚ガニからの飼育においても、脱皮前後の甲幅の関係は9-10齢の点で屈曲する直線で表され、屈曲点の脱皮前(9齢)の甲幅は雌81.8mm、雄80.4mmであった。雌ガザミの生殖巣の発達開始は甲幅121mm以上と報告されている(藍・山崎, 1995) ことから、屈曲点は成熟開始サイズより前と考えられる。また、ガザミの脱皮前後の甲幅の関係については指数曲線を当てはめた例があるが(大分浅海漁試ほか, 1980)、報告書の図を見る限り途中で屈曲点を持つ直線と認識することも可能である。一方、漁獲された大型個体の飼育にお

ける両者の関係は直線で表されたが、稚ガニからの飼育での10~13齢における関係式と統計的に差が見られないため、両者を一連のものと捉え雌雄込みの関係式を求め（下式）、先に求めた1~9齢の関係式とこの式から各脱皮齢の甲幅を算出した（Table 3-2）。

$$W_{n+1} = 22.0 + 1.05W_n \quad (r=0.998)$$

なお、1齢稚ガニの甲幅には1981~1989年に大阪湾で採集された1齢と推定される稚ガニ23尾の平均甲幅5.0mmを用い、最終齢は大阪湾で測定されたガザミの最大甲幅（雌266mm、雄262mm）から15齢とした。

脱皮前後の甲幅の関係が直線（ $W_{n+1} = a + bW_n$ 、 a と b は定数）で表される場合、式を変形すると下式のようなになる。

$$\frac{W_{n+1} - W_n}{W_n} = \frac{a}{W_n} + b - 1$$

これは、Kurata (1962) も指摘するように、成長度が甲幅の増加とともに変化することを意味している。脱皮前後の甲幅の関係が9-10齢の点で屈曲する直線で表

Table 3-2. Calculated carapace widths
of the swimming crab

Instar	Carapace width (mm)
1	5.0
2	8.0
3	12.1
4	17.4
5	24.4
6	33.8
7	46.1
8	62.5
9	84.1
10	110.5
11	138.2
12	167.4
13	198.0
14	230.3
15	264.2

される場合、脱皮前の甲幅が9齢の前後でそれぞれ定数の異なった上式が成立するため、両者の関係は9齢の点で接続する2本の曲線で表される (Fig. 3-5) . ガザミの成長度については大島 (1938) によっても調べられ、上に凸の2次曲線が得られているが、甲幅の増加とともに成長度は大きく減少しており、長期飼育による弊害が出た可能性が考えられる。

脱皮による成長度は一般に成長と共に減少するが、成熟以降特に雌において大きく減少する種が見られるという (Hartnoll, 1985) . 本研究のガザミでは雌雄差は見られず、初期では急激に減少するが、それ以降は徐々に減少し、成熟してからも変化は少なかった。摂餌により得られたエネルギーは呼吸、脱皮成長、再生産に用いられるが (Hartnoll, 1985) , 今回の結果は、再生産へのエネルギー分配率が他の甲殻類と比較して低いことを示唆しているのかもしれない。

稚ガニからの飼育における2年目の年間脱皮回数については、前年の秋季には大部分が10~11齢であったのが、12~13齢に達したことから雌雄とも2~3回と推定される。また、漁獲された大型個体の年間脱皮回数は、飼育した2ヵ月間に2回

Table 3-3. Numbers of molting in the following year after hibernation in the laboratory-reared swimming crabs

Carapace width (mm)	Instar	Sex	Number of molting	Reference
108~136* ¹	10~11	F, M	2~3	Present study
166~233	12~14* ²	F, M	1	Present study
45~75	9~10	F, M	4~5	Yatsuzuka (1968)
95~125	12	F, M	3	Yatsuzuka (1968)
140~170	14	F	1~2	Yatsuzuka (1968)
140~170	14	M	2	Yatsuzuka (1968)
130(?)	—	M	2	Aichi Pref. (1974)
103~130	—	F	2	Shiota (1990)
134~229	—	F	1~2	Shiota (1990)
118~158	—	M	1~2	Shiota (1990)
40~110	—	F, M	3~4	Hyogo Pref. (1973)
110~130	—	F	2~3	Hyogo Pref. (1973)
110~130	—	M	2	Hyogo Pref. (1973)
130~175	—	F, M	1~2	Hyogo Pref. (1973)
99~142	—	F	2~3	Akita Pref. (1986)
97~151	—	M	2	Akita Pref. (1986)

*¹ Average carapace width of each instar.

*² Estimated instar.

以上脱皮した個体がないこと、10月15日の事例を除けば脱皮時期は一時期に集中していることから、雌雄とも年間1回でその時期は雌は8月上旬～9月下旬、雄は7月下旬～9月上旬と考えられる。本試験で得られた越冬後の年間脱皮回数と、今までに飼育試験で調べられた脱皮回数（八塚，1968；愛知水試，1974；塩田，1990；兵庫県農林部水産課・兵庫水試，1973；秋田県，1986）を甲幅を基準に比較した（Table 3-3）。稚ガニからの飼育における平均甲幅108～136mmの個体の脱皮回数は他の報告とほぼ同じであったが、甲幅166～233mm（推定12～14齢）の漁獲個体の脱皮回数については甲幅が異なるものが多く比較は難しい。今回の試験と同様の甲幅の報告は1例のみで、甲幅134～229mmの雌について年間1～2回の脱皮が観察されている（塩田，1990）。このうち甲幅165mm以上の個体では年間脱皮回数は大部分が1回であり、2回の脱皮は甲幅168mmの雌が8月上旬と9月上旬に脱皮した1事例のみであるが、1回目の脱皮の成長度が12.5%（図より読み取り）と低かったことと関係がある可能性がある。

今回の飼育試験では水温が大阪湾の海底とやや異なり、共食いや死亡が多かった等の不備な点もあったが、得られた成長度は既往の報告より大きかったことから、飼育環境はある程度は良好であったと考えられる。しかし、大型個体に関しては、生殖腺重量（藍・山崎，1995）から推して再生産へのエネルギー消費が雌より少ないと考えられる雄の年間脱皮回数が雌と同じであることに疑問が残り、標識放流等を行って天然海域での成長を把握していく必要がある。

3-1-2 大阪湾におけるガザミの成長

天然海域におけるガザミの成長については、天然群および放流された稚ガニについて調べられている。天然群では大島（1938）により稚ガニから死亡するまでの成長が推定され、孵化期（5月下旬～8月）の早期に孵化したものはその年の秋に甲幅130～170mm、翌年の秋に200mm以上となるが、遅く孵化したものは小型で翌年の秋に170～190mmになると報告されている。また、放流稚ガニでは追跡調査により放流時から沖合移動時までの成長（第4章4-5-3）や沖合移動後10～11月までの成長（猪子ら，1975）が明らかになった事例がある。しかし、天然群、放流群ともに沖合移動後の成長は、天然群の産卵期が長く成長のばらつきが大きいため群識別が難しく、正確でない可能性がある。

そこで本項では、3年間浅海域で稚ガニ調査を行い、採捕した稚ガニを群識別して各群について成長を調べるとともに、2年間毎月実施した漁獲物調査から得られた甲幅組成について、第3章3-1-1の結果をもとにモード群に分離し加入期以降の成長を推定した。そして、両者の結果を合わせることにより大阪湾における発生群別のガザミの成長を明らかにした。

材料と方法

稚ガニ調査 1983年5～11月に10回、1984年4～11月に7回、1985年4月～1986年3月に12回、遠浅の砂浜のある泉南市樽井地先（Fig. 3-8）で、潜水による徒手採

捕（一部はポンプ付きジョレン）でガザミ稚ガニを採集した。調査を行ったのは前面に離岸堤のある平均海面下2.3m以浅の海域で、浅部は中央粒径 $283\sim 290\mu\text{m}$ の砂質、深部は中央粒径 $77\sim 120\mu\text{m}$ の砂泥質でアオサ類 *Ulva* sp. とオゴノリの1種 *Gracilaria* sp. が生育している。採集した稚ガニは現地または大阪府立水産試験場で甲幅を測定した。甲幅は大型個体については定規を用いて1mmまで、甲幅10mm未満の小型のものについては実体顕微鏡のマイクロメーターを用いて0.1mmまで測定した。

漁獲物調査 1984年4月～1986年3月の毎月中下旬に2～3回（1985年2月は1回のみ）、泉佐野漁業協同組合（Fig. 3-8）で、小型底曳網により水揚げされたガザミの甲幅測定を行った。このうち1985年4月～1986年3月は脱皮直後と思われる軟

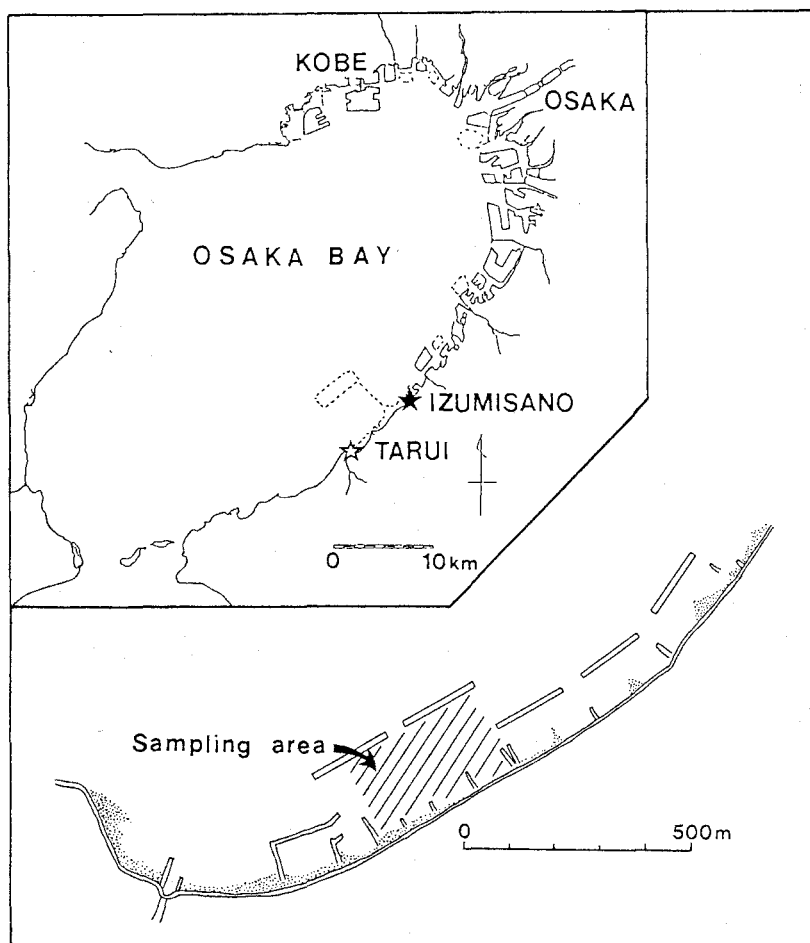


Fig. 3-8. Map showing the sampling area of juvenile swimming crabs (☆) and the investigation area of trawl-caught swimming crabs (★). The trawling ground of Izumisano's fishermen extends throughout most of Osaka Bay. The lower part shows a magnified map of the sampling area of juvenile crabs.

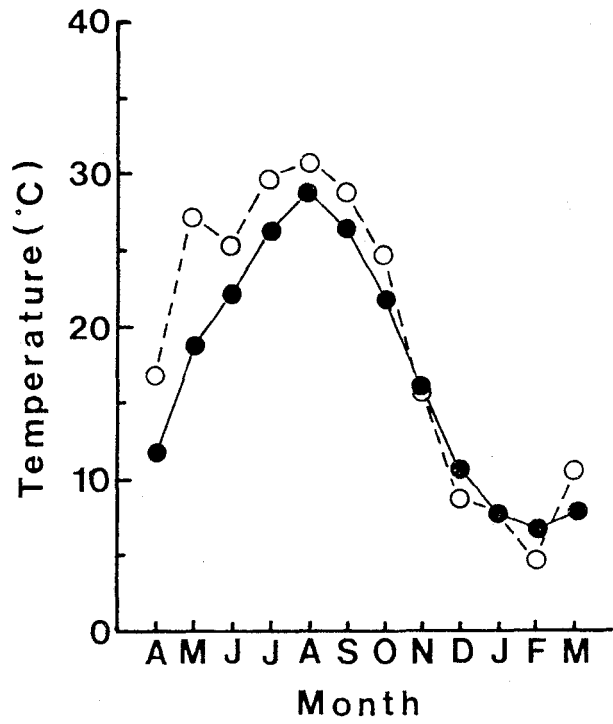


Fig. 3-9. Seasonal change of seawater temperature in the sampling area of juvenile swimming crabs from April, 1985 to March, 1986. ○: surface; ●: bottom layer (2m-depth).

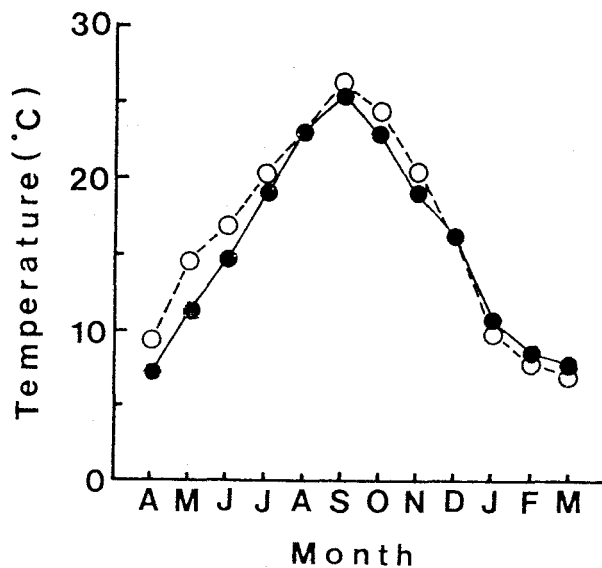


Fig. 3-10. Seasonal change of average seawater temperature at 20m-depth bottoms in Osaka Bay. ●: April, 1984 ~ March, 1985; ○: April, 1985 ~ March, 1986.

甲個体の出現状況も調べた。調査は、ガザミの水揚げが少数の場合は全数について、多い場合には無作為にできるだけ多くの個体について行った。甲幅は長さ30cmの定規を用いて1mmまで測定し、雌雄ごとに5mm幅の度数分布表にまとめた後、50尾以上測定した月については堤・田中(1988)のプログラムを用い正規分布によるモード群の分離を行った。なお、分離する群数の決定にあたっては第3章3-1-1で得られた脱皮齢と甲幅の関係を参考にした。

調査時の水温 1985年4月～1986年3月の稚ガニ調査時における表層および底層(水深約2m)の水温を Fig. 3-9 に、1984年4月～1986年3月の各月上旬における大阪湾中央部底層(ガザミの主漁場、水深約20m)の平均水温を Fig. 3-10 にそれぞれ示した。稚ガニ調査域の水温は8月に最高、2月に最低を示し、その範囲は表層：4.6～30.6℃、底層：6.4～28.8℃であった。一方、大阪湾中央部底層の水温は9月に最高、3～4月に最低を示し、その範囲は6.9～26.4℃であった。

結 果

浅海域における甲幅組成 稚ガニ調査においてガザミは、1983年は5～11月に257尾、1984年は4～8月に36尾、1985年は7～9月に31尾が採捕された。採捕個体の甲幅範囲は4.6～119mmで、甲幅組成をもとに群分離したところ1～3群に分けられた(Fig. 3-11)。

1983年には3群が認められた。第1群は5月に甲幅が30～100mmの群で時間の経過と共に成長し7～8月に見られなくなった。第2群は8月1日の調査で甲幅13～36mmの小型個体として出現した群で量的に多く、その後急激に成長し9月下旬に甲幅100mm前後で見られなくなった。また、第3群は10～11月に採捕された群で甲幅は48～94mmであった。1984年は、8月までは前年とほぼ同様に2群が認められ、4月下旬に甲幅28～101mmの個体が出現後成長し、7月31日に甲幅10～33mmの群が出現したが、10月以降は採捕されなかった。また、1985年は、7月18日に甲幅4.6～8.8mmの個体が出現し9月まで生息していたが、それ以外の月は採捕されなかった。

漁場における甲幅組成 延べ58回の調査で雌6,560尾、雄5,586尾、計12,146尾の甲幅を測定した(Table 3-4)。測定された最小甲幅は雌雄とも68mm(雌：1985年8月、雄：1986年2月)、最大甲幅は雌：266mm(1984年12月)、雄：256mm(1984年5月)であった。各月の甲幅組成および分離したモード群を Fig. 3-12 に示した。1984年4～6月は尾数が少なく明瞭な傾向は不明であったが、7月には雌雄とも甲幅80～150mm程度の小型個体が多く出現し、最も優勢な群のモードは雌：99mm、雄：104mmであった。最優勢群のモードは8月には雌：118mm、雄：123mm、9月には雌：139mm、雄：140mm、10月にはさらに雌：172mm、雄：175mmへと移行し、雌雄の差は少なかった。7月と8月では最も甲幅の小さい群が優勢であったが、9月と10月では最優勢群より甲幅の小さい群がそれぞれ1群と2群見られた。11月になると、雌は10月とほぼ同様の群構成であったが、雄では最優勢群のモードは甲幅148mmへと変化し、甲幅173mmと191mmをモードとする群も出現した。12月～1985年7月の群構成は、傾向のはっきりしない月も含まれるが、雌雄とも1984年11月と類似し、雌では甲幅170mm前後に優勢な群、140mm前後と200mm前後

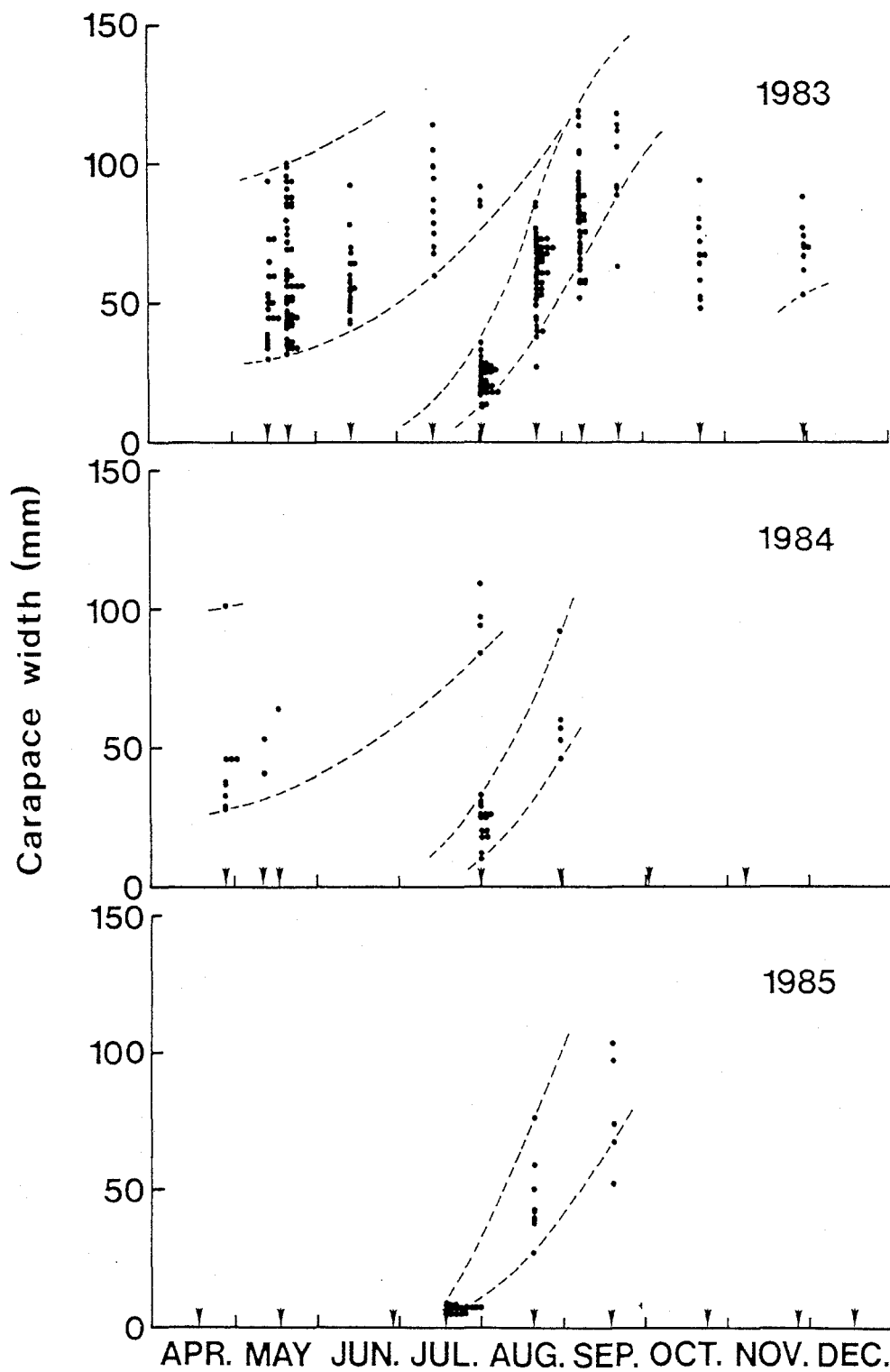


Fig. 3-11. Seasonal change of carapace width and separated groups of juvenile swimming crabs in shallow areas at Tarui. Arrows indicate the sampling dates.

Table 3-4. Dates, numbers measured and sex ratios (male/female)
of trawl-caught crabs at Izumisano

Year	Month	Day	Number measured			Sex ratio	
			Female	Male	Total		
1984	Apr.	18, 20, 24	78	34	112	0.44	
	May	14, 15, 21	31	22	53	0.71	
	Jun.	12, 14, 15	31	22	53	0.71	
	Jul.	26, 27	303	408	711	1.35	
	Aug.	28, 29	190	231	421	1.22	
	Sep.	17, 20	427	349	776	0.82	
	Oct.	18, 19	329	286	615	0.87	
	Nov.	26, 27, 28	208	148	356	0.71	
	Dec.	12, 14	242	176	418	0.73	
	1985	Jan.	18, 22	150	127	277	0.85
		Feb.	27	75	46	121	0.61
		Mar.	18, 20, 22	119	119	238	1.00
Apr.		22, 23, 25	98	82	180	0.84	
May		21, 23, 27	80	81	161	1.01	
Jun.		10, 11, 12	78	84	162	1.08	
Jul.		15, 16, 17	124	133	257	1.07	
Aug.		12, 13	441	541	982	1.23	
Sep.		12, 14	784	697	1,481	0.89	
Oct.		15, 16	719	466	1,185	0.65	
Nov.		20, 21	371	256	627	0.69	
Dec.		18, 21	768	564	1,332	0.73	
1986	Jan.	13, 16	304	237	541	0.78	
	Feb.	13, 17, 20	292	240	532	0.82	
	Mar.	13, 15, 18	318	237	555	0.75	
Total			6,560	5,586	12,146	0.85	

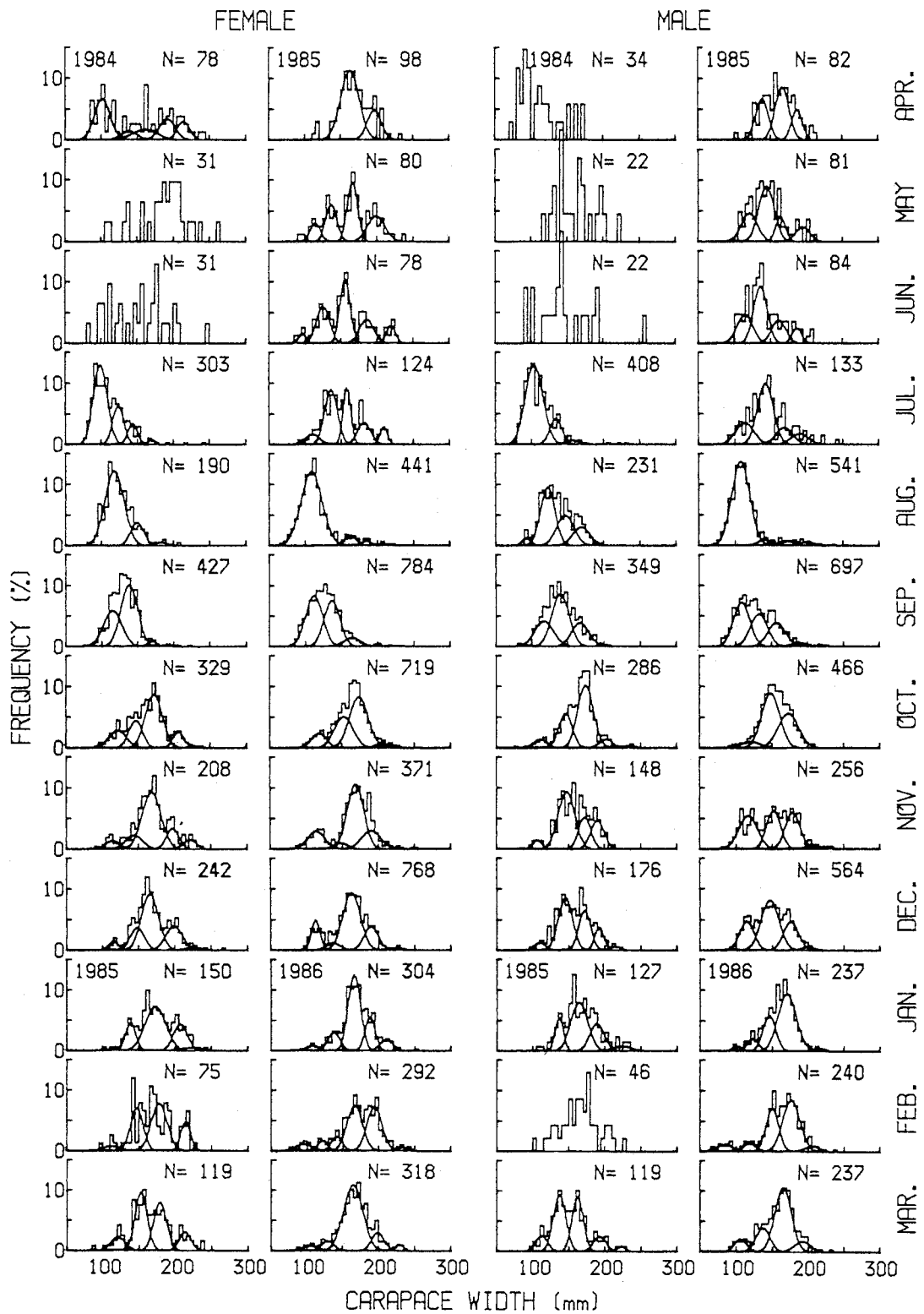


Fig. 3-12. Monthly change of carapace width and separated groups of trawl-caught swimming crabs at Izumisano from April, 1984 to March, 1986.

に劣勢な群がある場合が多く、また雄では甲幅140mm前後に優勢な群、約115mmと約165mmに劣勢な群のある場合が多かった。1985年8月になると、雌雄ともモードが甲幅約110mmの顕著な群が出現し、それより大型の個体はわずかとなった。9月には雌雄とも甲幅110mm前後のモード群を最大とする3群が主体となり、10月には同様に3群が主体であるものの最優勢群のモードの位置は雌雄で異なり雌は174mm、雄は149mmであった。11月になると、雌は最優勢群のモードの位置は10月とほぼ同様であったが甲幅190mm付近に新たな群が出現し、雄では甲幅117mm、152mm、179mmのほぼ大きさの等しい3モード群が見られた。12月～1986年3月の群構成は雌雄とも1985年11月とよく似ており、雌では甲幅165mm前後に優勢な群、140mm前後と190mm前後に劣勢な群がある場合が多く、また雄では最優勢群のモードが約145mmまたは約170mmで、それ以外に115mm前後に劣勢な群のある場合が多かった。1984年4月～1985年3月と1985年4月～1986年3月を比較すると、小型個体が1984年は7月から多く出現したのに対し1985年では8月から出現したことと、雄の群構成における大小関係が異なっていた。また雌雄を比較すると、両年とも8～10月は差が小さいが、11月以降雌では約170mmのモード群が最大であるのに対し、雄では約140mmのモード群が約170mmの群より優勢な場合が多かった。

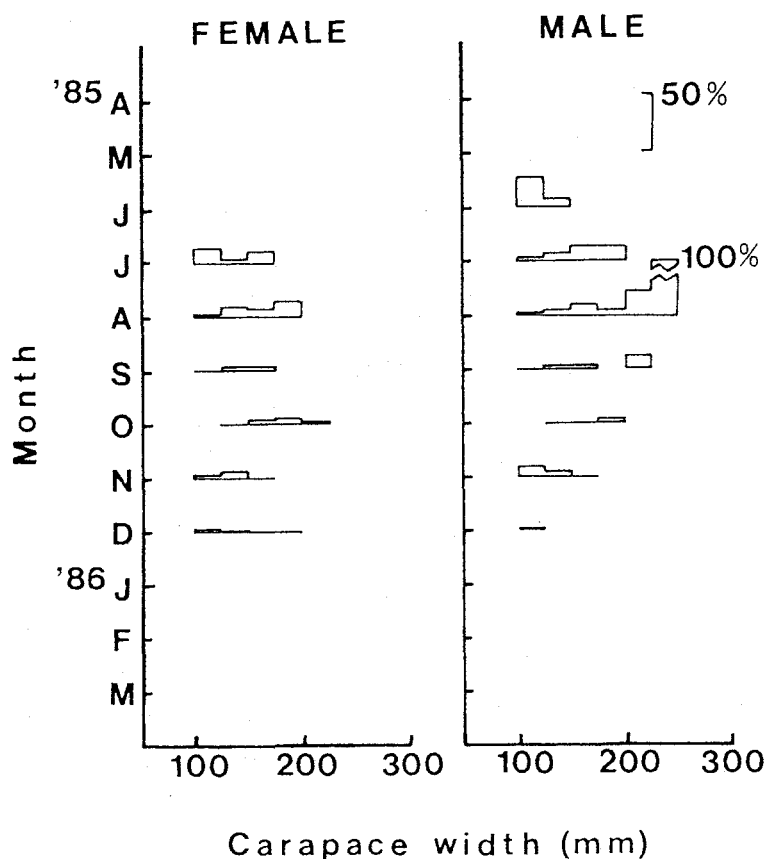


Fig. 3-13. Monthly change of the frequency of soft-shelled crabs among trawl-caught swimming crabs from April, 1985 to March, 1986.

漁場における軟甲個体の出現状況 軟甲個体は、雌は7~12月、雄では6~12月に観察された (Fig. 3-13) . このうち甲幅100~150mmの小型個体では、雌は7~8月と11月、雄は6~8月と11月に軟甲個体の比率が高く、甲幅175mm以上の大型個体では、雌は8月、10月、12月に、雄では7~10月に観察された。

考 察

浅海域における成長 3カ年の稚ガニ調査結果 (Fig. 3-11) をまとめると、年により変動は大きいが稚ガニは4~11月に浅海域に出現し、これらは (A) 4~5月に甲幅30~100mm前後で出現後成長し7~8月に見られなくなる群、(B) 7月に出現後急激に成長し9月頃甲幅100mm前後で沖合に移動するとみられる群、(C) 10~11月に甲幅が50~90mm前後の群の3群に分けられる。浅海域に3群が存在するのは、岡山県 (服部ら, 1974) , 兵庫県 (ガザミふやそう会, 1988) での調査結果とほぼ一致しており、瀬戸内海東部での平均的出現状況を示していると考えられる。大阪湾で観察された3群の内、B群は3カ年を通じて7月に出現しているが、ガザミの大型雌の抱卵は同一個体で1シーズンにふつう3~4回あり (八塚, 1968) , 播磨灘では1番仔は6月上旬、2番仔は7月上旬、3番仔は8月上旬頃孵化し (ガザミふやそう会, 1988) , 瀬戸内海におけるメガロパの出現開始時期は6月下旬~7月上旬 (愛媛水試ほか, 1985) と報告されていることから、B群は1番仔に由来すると考えられる。またC群については、甲幅20mm未満の小型個体は採集されていないが、1989年と1990年の8~9月に、近接した阪南市の地先で甲幅4~23mmの稚ガニが採捕されていること (第4章4-5-3) および7月に孵化した個体の飼育結果 (第3章3-1-1) から、出現時期は8~9月頃で2番仔以降に由来すると推定される。飼育では8月に孵化した個体は11月には平均甲幅108~115mmに達したが、1983年の10月と11月には甲幅100mm以上の個体が採捕されていないことから、C群の成長の速いものは10~11月に沖合に移動するが、成長の遅いものについては沖合に移動することなく越冬しA群になるものと考えられる。

漁場における成長 漁獲物調査において小型個体が1984年は7月から、1985年は8月から大量に漁獲されていること (Fig. 3-12) , 軟甲個体の出現状況 (Fig. 3-13) からみて成長期間は11月までが大部分と考えられること、また、両年とも11月と12月の甲幅組成がよく似ていることから、漁場への加入時期は1984年は7~11月、1985年は8~11月といえる。1984年の6月と7月、1985年の7月と8月の甲幅組成を比較すると、両年とも前年以前の加入群は当年加入群と比較してわずかと考えられるため、構成比が概ね5%以上の群を当年加入群と判断し、構成比の相対的な大きさから各群の甲幅の推移を推定した (Fig. 3-14) . これより、当年加入群は7~8月加入群、9月加入群、10月加入群、11月加入群の4群に分けられると推察される。7~8月加入群は雌雄とも甲幅100~110mm前後で加入後成長し、9月に平均132~140mm、157~171mmの2モード群、11月には平均169~179mm、190~206mmの2モード群に移行すると考えられ、7~8月加入群の11月における平均甲幅は、両モード群の加重平均により181~182mmと計算される。9月加入群は平均甲幅109~117mmで加入後、10月に雌雄とも平均146~153mmになるが、11月に

は雌は平均169~172mm, 雄は平均148~152mmとなり, 雌のみ甲幅が増加し7~8月加入群と合わさる. このことは11月以降雌では甲幅170mm前後の群の構成比が高いのに対し, 雄では甲幅170mm前後の群と140mm前後の群の2群が多い傾向がみられること (Fig. 3-12) からも明らかであり, 交尾期における雌の脱皮に起因する (宇都宮, 1968) と考えられる. また, 10月加入群は雌雄とも10月には平均甲幅111~122mmであるが, 11月には平均144~152mmとなって雄は9月加入群と合一し, 11月加入群の11月における平均甲幅は105~115mmである. 加入終了後における各群の構成比を10月と11月の甲幅組成から計算すると, 雌雄および年によってばらつきが大きい, 7~8月加入群: 34~54% (平均45%), 9月加入群: 19~42% (同29%), 10月加入群: 3~13% (同8%), 11月加入群: 7~35% (同16%)

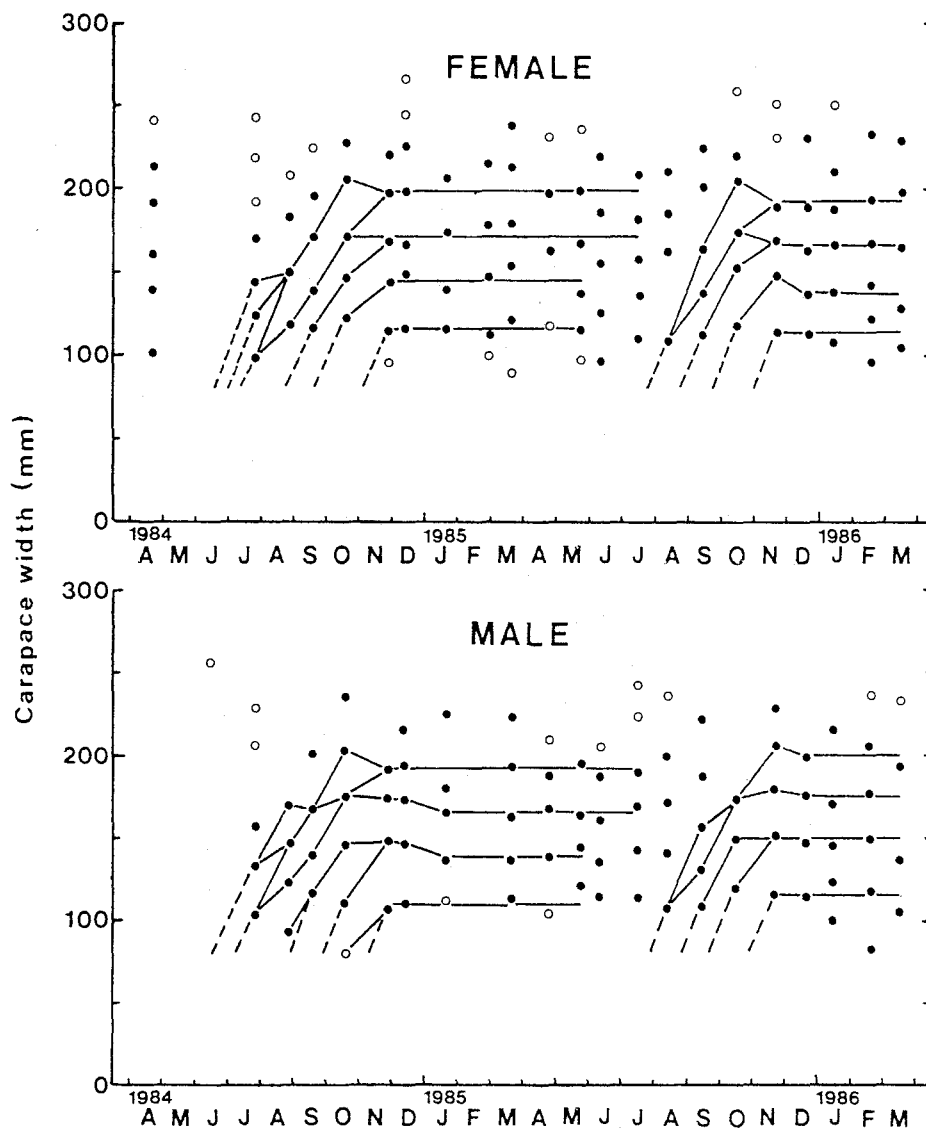


Fig. 3-14. Estimated change of carapace width of each trawl-caught swimming crab group. ●: mode of carapace width of separated modal groups; ○: average carapace width of a few individuals.

で、前年加入群が一部混在していると推察されるものの7~8月加入群の占める割合の高いことがわかる。

浅海域の群と漁場の群の対応 浅海域での稚ガニ出現状況 (Fig. 3-11) と漁場への加入状況 (Fig. 3-14) を対応させると、7~8月加入群はA群、9月加入群はB群、10月加入群と11月加入群はC群に該当すると考えられる。ただし、1985年のA群は浅海域では量的に少ないと考えられた (Fig. 3-11) にもかかわらず8月の加入量は多かったが (Fig. 3-12)、これは大阪湾南部の1ヵ所のみで稚ガニ調査を行ったため湾全体の稚ガニの状況が把握できていなかったことによると思われる。この後の調査で、冬季~春季に甲幅100mm未満の稚ガニが大阪湾奥部に多く分布していることが明らかになり (林・有山, 1992; 鍋島ら, 1993, 1994; 第3章3-2-2)、恒常的である可能性が高いことから、おそらく1985年の8月加入群も湾奥部等に分布していたA群に由来するものであろう。

ガザミの年内に到達する大きさについては、早期に孵化したものは甲幅130~170mmに達し (大島, 1938)、5月に孵化したものは甲幅120~170mmになる (八塚, 1968) と報告されており、これらは本研究のB群の成長とほぼ一致している。また、5~6月に放流したガザミ稚ガニが年内に150~200mmに達する (猪子ら, 1975) と推定されているが、A群で200mm前後になるものがあること、7月に出現したB群の雌が平均約170mmになることから到達可能と考えられる。

大阪湾における平均的なガザミの成長過程を知るために、稚ガニ調査および漁獲物調査で得られたA群 (7~8月加入群) とB群 (9月加入群) の成長停止時までの平均甲幅を用いて成長曲線を推定した。成長曲線としては以下の3曲線をデータにあてはめた (Akamine, 1986)。

$$\text{バータランフィー式: } L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

$$\text{ロジスティック式: } L_t = L_\infty / (1 + e^{-K(t-t_0)})$$

$$\text{ゴンペルツ式: } L_t = L_\infty \exp(-e^{-K(t-t_0)})$$

ここで L_t は甲幅 (mm)、 t は4月初めを0とした月齢、 L_∞ 、 K 、 t_0 は係数である。求

Table 3-5. Growth curves fitness comparison by Akaike's information criteria (AIC)

Growth curve	Akaike's information criteria			
	Female-A	Male-A	Female-B	Male-B
von Bertalanffy equation	65.9	66.9	65.0	50.5
logistic equation	61.0	59.9	50.3	42.2
Gompertz equation	63.4	63.4	52.9	45.1

Table 3-6. Coefficients of logistic equations

$$L_t = L_\infty / (1 + e^{-K(t-t_0)})$$

Cohort	Sex	Coefficient		
		L_∞	K	t_0
A	Female	228.2	0.4401	4.377
	Male	216.3	0.4868	4.005
B	Female	169.0	1.656	5.178
	Male	160.1	1.756	5.107

めた3種の成長曲線について赤池の情報量基準 (AIC; 坂本ら, 1983) により比較したところ, ロジスティック式が他の2式より適合がよく (Table 3-5), その係数の値は Table 3-6 に示すとおりであった. ガザミの成長曲線としてはバータランフィー式 (大分浅海漁試ほか, 1980) があてはめられた事例があるが, 今後はロジスティック式を用いるのがよいと判断される.

大型個体の脱皮と寿命 漁場における越冬後の成長は, 7~8月以降当年加入群の増加に伴う構成比の減少により推定は難しいが, 甲幅175mm以上の大型の軟甲個体は雌は8月と10月, 雄では7~8月に多く出現すること (Fig. 3-13), 雌の平均甲幅221~234mmの群は7~8月にはほとんど見られず, 9月から出現していること (Figs. 3-12, 3-14) から, 大型の前年加入群の脱皮は, 雌は8~10月, 雄は7~8月が中心と推定される. これは第3章3-1-1で得られた雌: 8~9月, 雄: 8月頃という結果とほぼ等しいものの期間は長くなっている. 大型個体の脱皮回数が雌雄とも年間1回 (第3章3-1-1) であるなら, 漁獲物調査における14齢 (甲幅226mm前後) および15齢 (同260mm前後) と推定される個体の出現状況から, 寿命は雌は3~4年, 雄は大部分が2~3年と推察される. これは, 寿命は2~3年だが一部はそれ以上生き雄の方が成長停止が早い (大島, 1938) という推定とほぼ一致している. また, 近縁のタイワンガザミ *Portunus (Portunus) pelagicus* やジャノメガザミの寿命は共に1年数ヵ月 (Potter *et al.*, 1983; 有山, 1996) であり, これら3種の中でガザミが最も大型になるのは寿命の長さが一因と考えられる. しかし, どの群の個体も14齢または15齢まで到達するか, 大型雄の年間脱皮回数は天然海域においても1回か等問題点も残されており, 寿命については今後とも検討が必要であろう.

3-2 分布

3-2-1 漁場における分布

大阪湾の底曳網漁場におけるガザミの分布については、放流技術開発事業における操業日誌からの大まかな推定（大阪水試，1978ほか）や、市場での聞き取りと試験操業により小型個体や抱卵個体の分布を調べた事例（鍋島ら，1993，1994）があるに過ぎず、あまりよくわかっていない。そこで、長期にわたって記帳している石桁網漁業者の操業日誌を解析し、漁場での分布状況をまとめた。

材料と方法

前述（第2章2-3）の石桁網漁業者の操業日誌から、大阪湾を5分ごとの緯線と経線で分けた26の海域の内、操業が行われた海域について、月毎のCPUE（1日1隻当たりの平均漁獲尾数）を計算した。

日誌の資料は長期間にわたっているが、全部を扱うのは膨大となるため、4年毎に、比較的漁獲量の多かった1984年7月～1985年6月，1988年7月～1989年6月，1992年7月～1993年6月，1996年7月～1997年6月の4ヵ年を選び、代表とした。7月から翌年の6月までとしたのは、7月以降にガザミが漁場加入する（第3章3-1-2）ためである。なおこの間に、大阪湾では関西空港島の造成（1987年1月～1991年12月）や“りんくうタウン”の造成（1987年4月～1996年3月）等があり、漁業を取り巻く環境は大きく変化している。

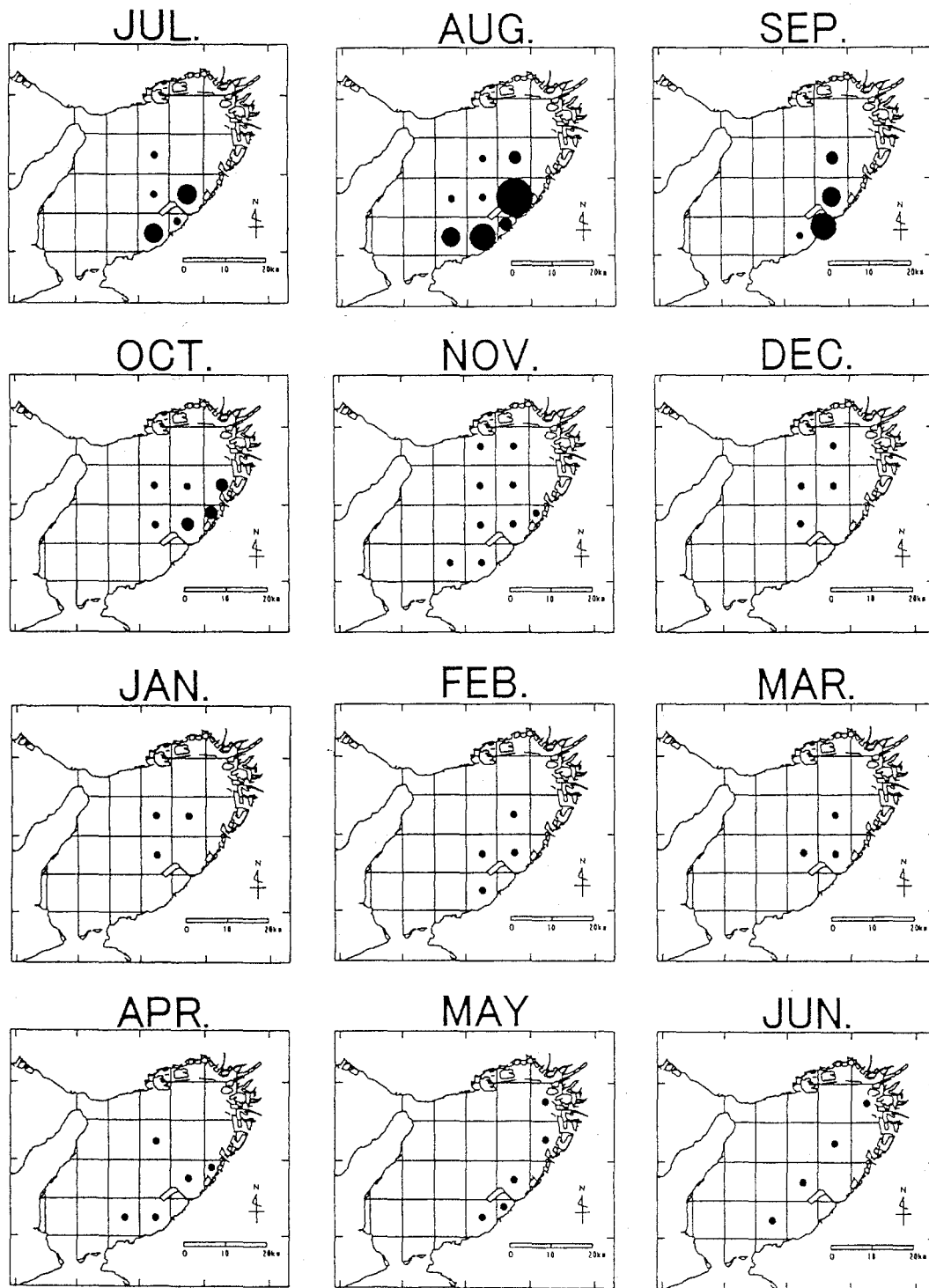
結果と考察

1984～1985年，1988～1989年，1992～1993年，1996～1997年における月別CPUEを、それぞれ Figs. 3-15～3-18 に示した。

1984年は7～9月のみCPUEが高く、主漁場は中部沿岸域であった（Fig. 3-15）。1988年のCPUEは8～10月に特に高く、8月には空港予定地以北の海域で、9～10月には北部～南部の広い海域でガザミが多く漁獲された（Fig. 3-16）。1992年では、7月に広い範囲で出現したものの8月に減少し、新たに9～10月に北中部でCPUEが高くなっている（Fig. 3-17）。一方、1996年では7月から10月まで高CPUEを示す海域が継続して認められ、好漁場は7月：北部，8～9月：北中部，10月：中南部と南下の傾向を示している（Fig. 3-18）。この年は11～1月も他の年よりCPUEが高かった。

4ヵ年を比較すると、いずれの年もCPUEが高いのは7月以降で、加入開始が7月からということが再確認される。しかし、CPUEが最大の月は年によって違いがあり、この原因としては、前年晩期発生群（第3章3-1-2のA群）と当年早期発生群（同B群およびC群）の発生量の比率が年により変化するためと考えられる。すなわち、前年発生群が相対的に多い場合には7～8月に、当年発生群が多いときには9～10月にCPUEがそれぞれ高くなると考えられる。

1984年，1988年および1992年は10～11月以降、CPUEが大きく低下し、12月～翌年6月は低い状態が継続していた。これは主群の加入が終了し、高い漁獲圧のために、資源量が減少していつている状況を示しているものと思われる。これに対し1996～1997年では、年間を通じて他の年よりCPUEが高かった。この年は近年にない好漁獲であり（第2章2-1）、加入量が非常に多かったため減少が



•: ≤ 10 , •: 10-25, ●: 25-50, ●: 50-100, ●: 100-200, ●: > 200

Fig. 3-15. Areal pattern of CPUE (crabs/boat/day) of swimming crab in the Ishigeta fishery at Izumisano from July, 1984 to June, 1985.

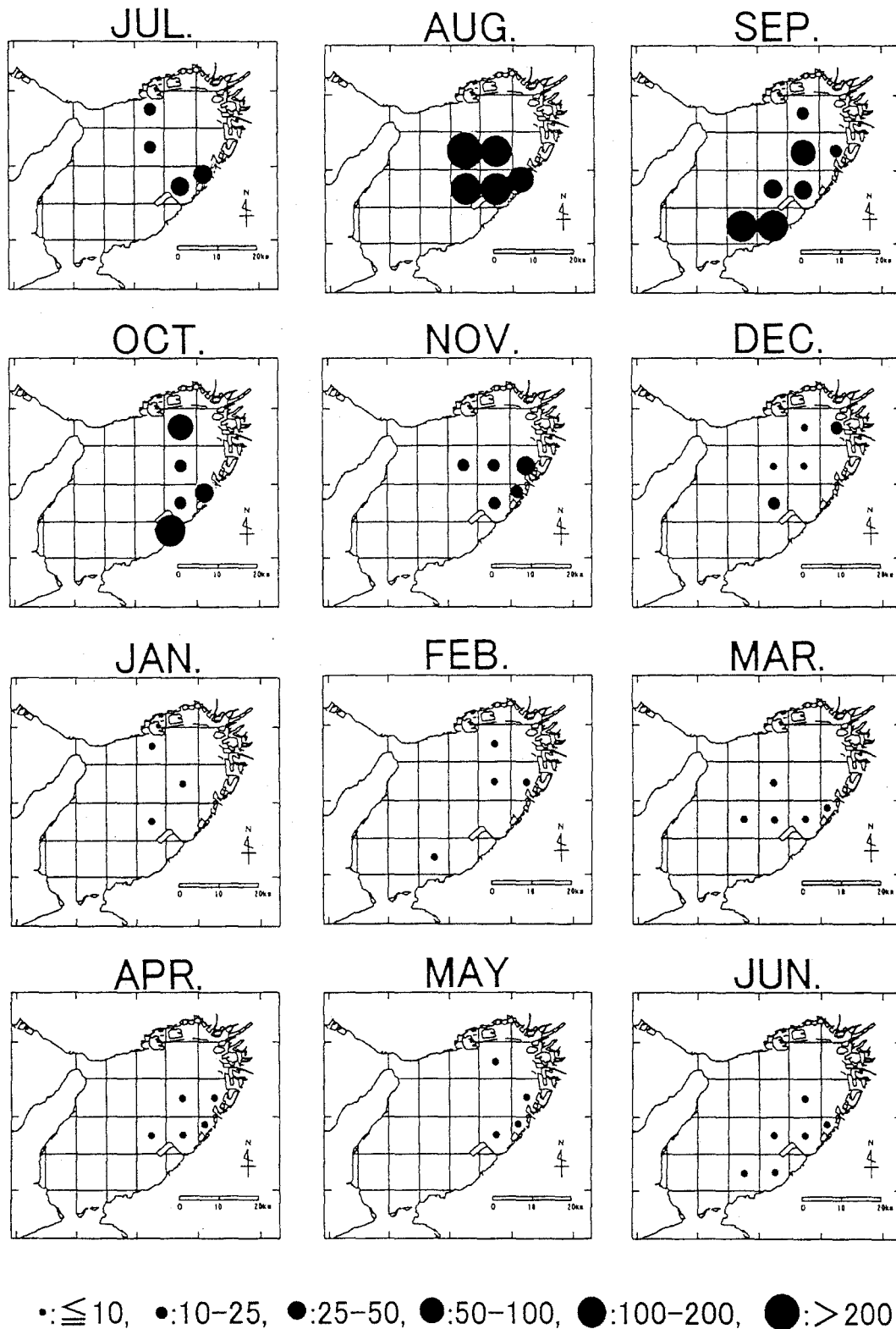


Fig. 3-16. Areal pattern of CPUE (crabs/boat/day) of swimming crab in the Ishigeta fishery at Izumisano from July, 1988 to June, 1989.

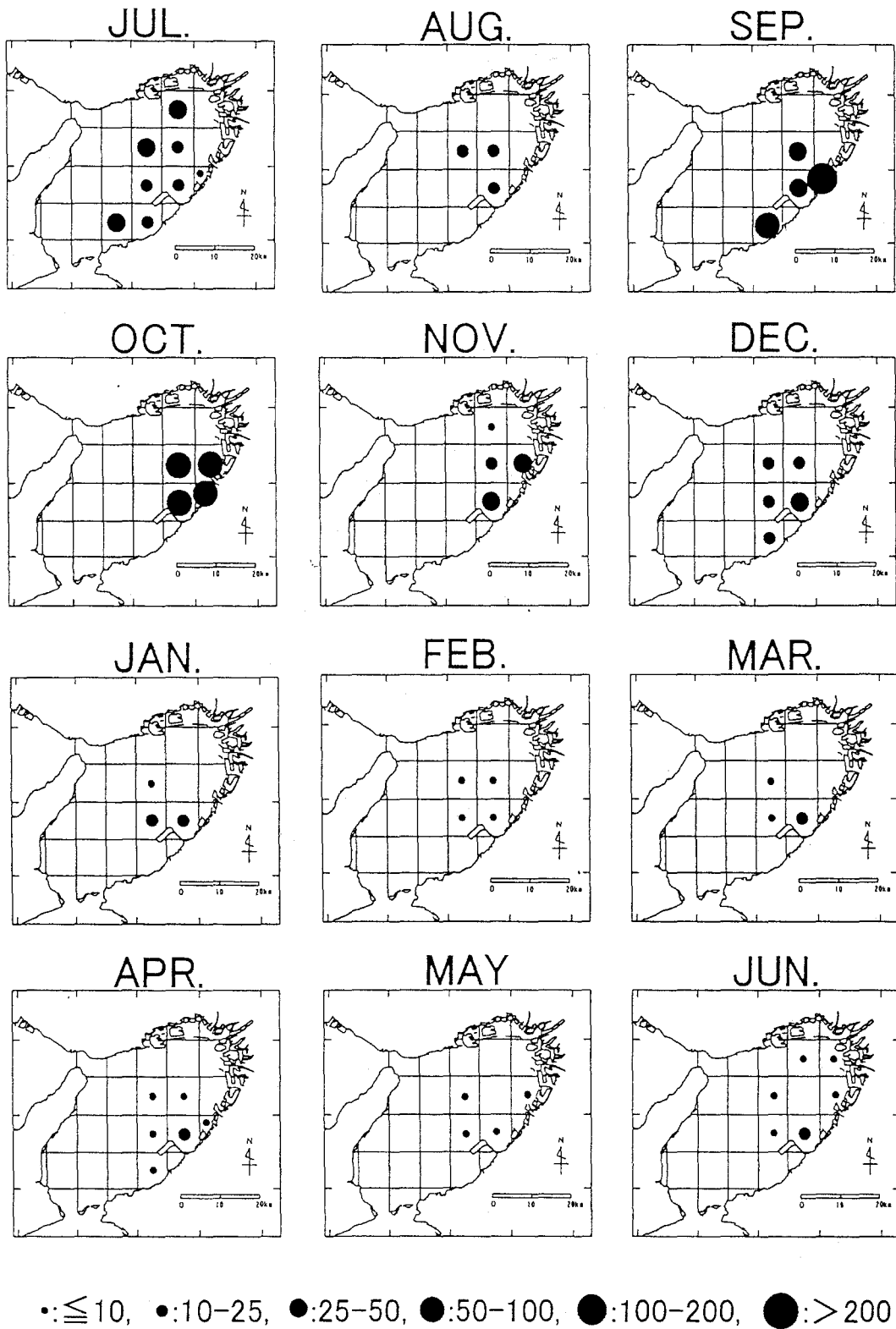
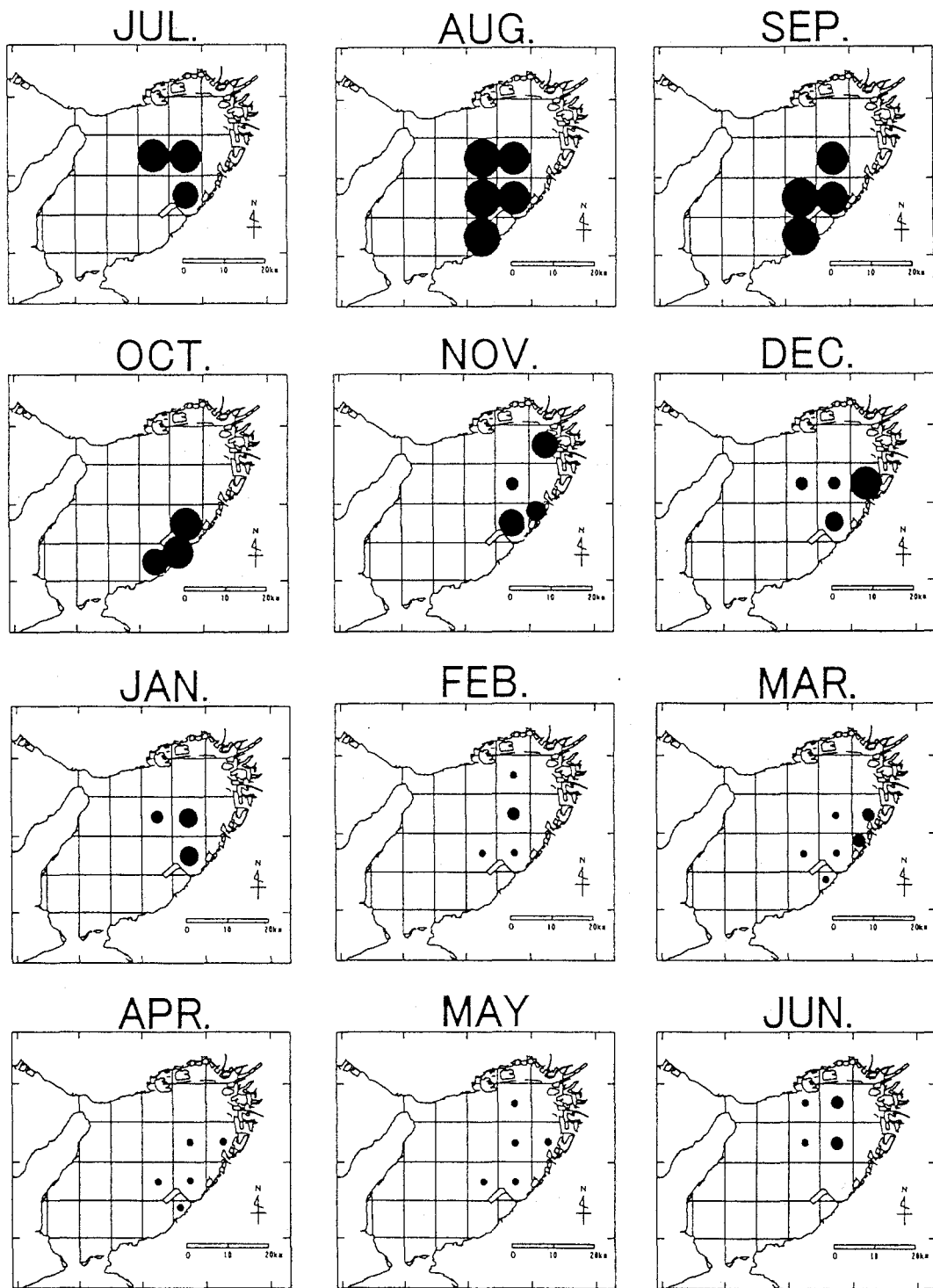


Fig. 3-17. Areal pattern of CPUE (crabs/boat/day) of swimming crab in the Ishigeta fishery at Izumisano from July, 1992 to June, 1993.



•: ≤10, •: 10-25, •: 25-50, •: 50-100, •: 100-200, •: >200

Fig. 3-18. Areal pattern of CPUE (crabs/boat/day) of swimming crab in the Ishigeta fishery at Izumisano from July, 1996 to June, 1997.

緩やかだったと考えられる。

ガザミが多く獲れる漁場は、年や月によって違いがあるが、概ね7~8月は北中部、9~10月は中南部の場合が多かった。各加入群の加入前の育成場がその近くであるとするなら、7~8月に加入する前年晩期発生群の育成場は北中部沿岸域（第3章3-2-2参照）、9~10月に加入する当年早期発生群の育成場は中南部沿岸域であることが示唆される。ただ、標識を付けた抱卵個体が播磨灘から大阪湾に移動した事例がある（ガザミふやそう会、1988）ことから、小型個体が播磨灘から移入する可能性も残されている。一方、ガザミの越冬場については、冬季におけるCPU Eはどの海域も低く、この資料からは特定できない。以上のことより、大阪湾のガザミは、育成場から加入後、大阪湾東部の海域（水深10~20mの泥底）に広く分布するものと考えられる。

なお、1987年から始まった関西空港島やりんくうタウン造成の影響については、生息場の減少や潮流の変化などが考えられるが、操業日誌のデータからは明確にできない。

3-2-2 湾奥部における分布

神戸市から堺市地先の海域は、閉鎖性内湾である大阪湾の最も奥に位置し、海水交換が悪いことに加え、栄養塩を豊富に含んだ排水が淀川や大和川などの河川を通して流入していることから、富栄養化が顕著である（門谷ら、1991）。このため、*Skeletonema costatum* 等による赤潮が頻発し、夏季には底層水の貧酸素化がみられ（城、1989）、海底の堆積物中の強熱減量や全硫化物量の値が高くなっている（横山ら、1985）。この海域に生息する底生動物については、マクロベントスでは汚染指標種であるヨツバナスピオA型 *Paraprionospio* sp. (form A) が豊富に生息することがわかっているが（横山ら、1985；横山、1986）、大型底生動物に関する知見はわずかである。ガザミについても、上述のように前年晩期発生群の育成場であることが示唆されたものの、漁業がほとんど行われていないため、その実態はわかっていない。そこで、2カ年半にわたって底曳網による試験操業を行い、ガザミの分布状況を調べた。

材料と方法

1993年11月~1996年2月にかけて毎年2月、5月、8月、11月に延べ10回、大阪湾奥部の12調査線（Fig. 3-19）で、石桁網漁船を備船して、ガザミ等の大型底生動物を採集した。各調査線の長さは平均1.76km、水深は9~15mである。調査に用いた石桁網の間口は156cm、網目の大きさは3.0~4.3cmで、4丁を15~20分間曳網した。採集されたガザミは大阪府立水産試験場に持ち帰って冷凍保管後、各調査線別の尾数と1尾ずつの甲幅を測定した。なお、1994年8月と1995年8月の調査時には、溶存酸素計（長島商事製 ND-10型）を用いて底層水（海底上約20cm）の酸素飽和度を計測した。

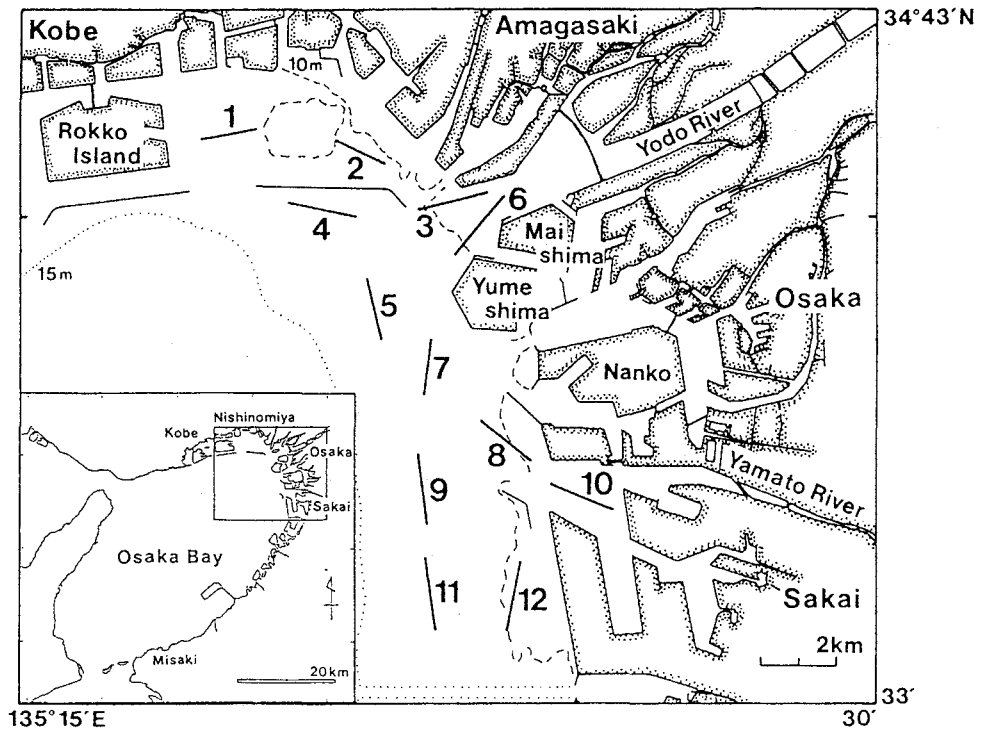


Fig. 3-19. Map showing the sampling lines in the innermost area of Osaka Bay. Average length of the lines is 1.76km.

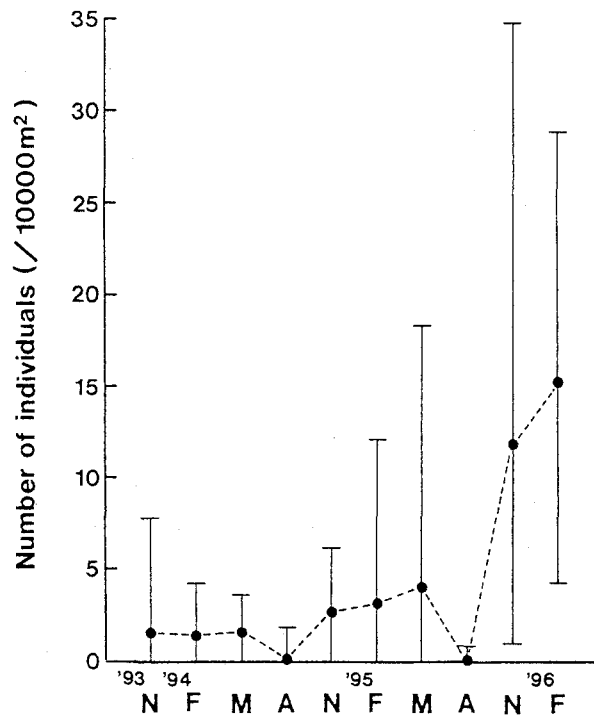


Fig. 3-20. Seasonal change in the average number of swimming crabs in the innermost area of Osaka Bay from November, 1993 to February, 1996. Solid circles and bars show average values and ranges, respectively.

結 果

ガザミ平均採捕尾数の季節変化 10回の調査で546尾のガザミが採捕された。各調査線における単位面積当たりガザミ採捕尾数の季節変化を Fig. 3-20 に示した。1993年11月～1994年5月の各調査線の平均採捕尾数は1.4～1.5尾/10,000m²と安定していたが、1994年8月の採捕数は2尾のみで平均採捕尾数も0.2尾/10,000m²と少なかった。1994年11月～1995年5月では平均採捕尾数は2.7～4.1尾/10,000m²と前年を上回ったが、1995年8月の採捕は1尾のみと少なかった（平均0.1尾/10,000m²）。しかし、1995年11月と1996年2月には平均採捕尾数はそれぞれ11.9尾、15.2尾/10,000m²となり、著しく増加した。

分布と甲幅組成の季節変化 各調査線における分布と甲幅組成の季節変化を、それぞれ Figs. 3-21, 3-22 に示した。1993年11月～1994年5月は密度が低く、主に沿岸域に生息していた。1994年11月と1995年2月は Line 11 を除く各調査線でほぼ一様に分布していたが、1995年5月には神戸市沖と淀川河口前で甲幅100mm未満の小型個体が多く採捕された。密度の高かった1995年11月と1996年2月では全調査線で小型個体が多かった。特に多かったのは神戸市～大阪市沖で、最大34.7尾/10,000m²に達した（1995年11月の Line 3）。採捕されたガザミの甲幅範囲は29～195mmで大小混在していたが、いずれの月も甲幅100mm未満の小型個体の方が多く、特に1995年11月と1996年2月で顕著であった（Fig. 3-22）。

8月の調査時における底層酸素飽和度 1994年8月と1995年8月における底層水の酸素飽和度の分布を Fig. 3-23 に示した。各調査線の酸素飽和度は、1994年8月は1～22%、平均10.8%、1995年8月は1～18%、平均7.4%で、両年とも強い貧酸素状態であった。その分布をみると、1994年は神戸市～尼崎市前と堺市前で低かったが、1995年は淀川河口前と堺市前を除いた広い範囲で10%以下であった。

考 察

今回の調査で得られたガザミの平均採捕尾数は、著者らが今までに行った大阪湾中南部における石桁網試験操業時より多く（1981～1984年の11月で0.1～0.6尾/10,000m²）、この海域には8月を除いてガザミが比較的多く生息していることがわかる。8月においては1994年、1995年の両年とも採捕尾数はわずかであったが、この現象は酸素飽和度が1～22%（推定0.1～1.1ml/l）という強い貧酸素化が原因と考えられる。ガザミの貧酸素耐性については、Yamochi *et al.* (1995) により、酸素飽和度が9～21%（平均12%）では25℃、24時間で83%が死ぬが、14～19%（平均16%）では17%が死亡し、25～30%（平均27%）では死なないと報告され、耐性は比較的大きいことが明らかになっている。しかし、今回測定されたような貧酸素状態が長期間にわたって継続する場合には生存は困難と考えられる。ガザミは第5歩脚の形態や標識放流結果（大阪水試、1982）から移動能力が大きいと推察されることから、おそらく貧酸素を逃れて移出するものと思われる。ちなみに、ガザミに近縁な大西洋産アオガニ *Callinectes sapidus* においても、このような貧酸素化に伴う移動が知られている（Pihl *et al.*, 1991）。有山ら（1997b）は本海域に生息する大型底生動物を移動能力と貧酸素

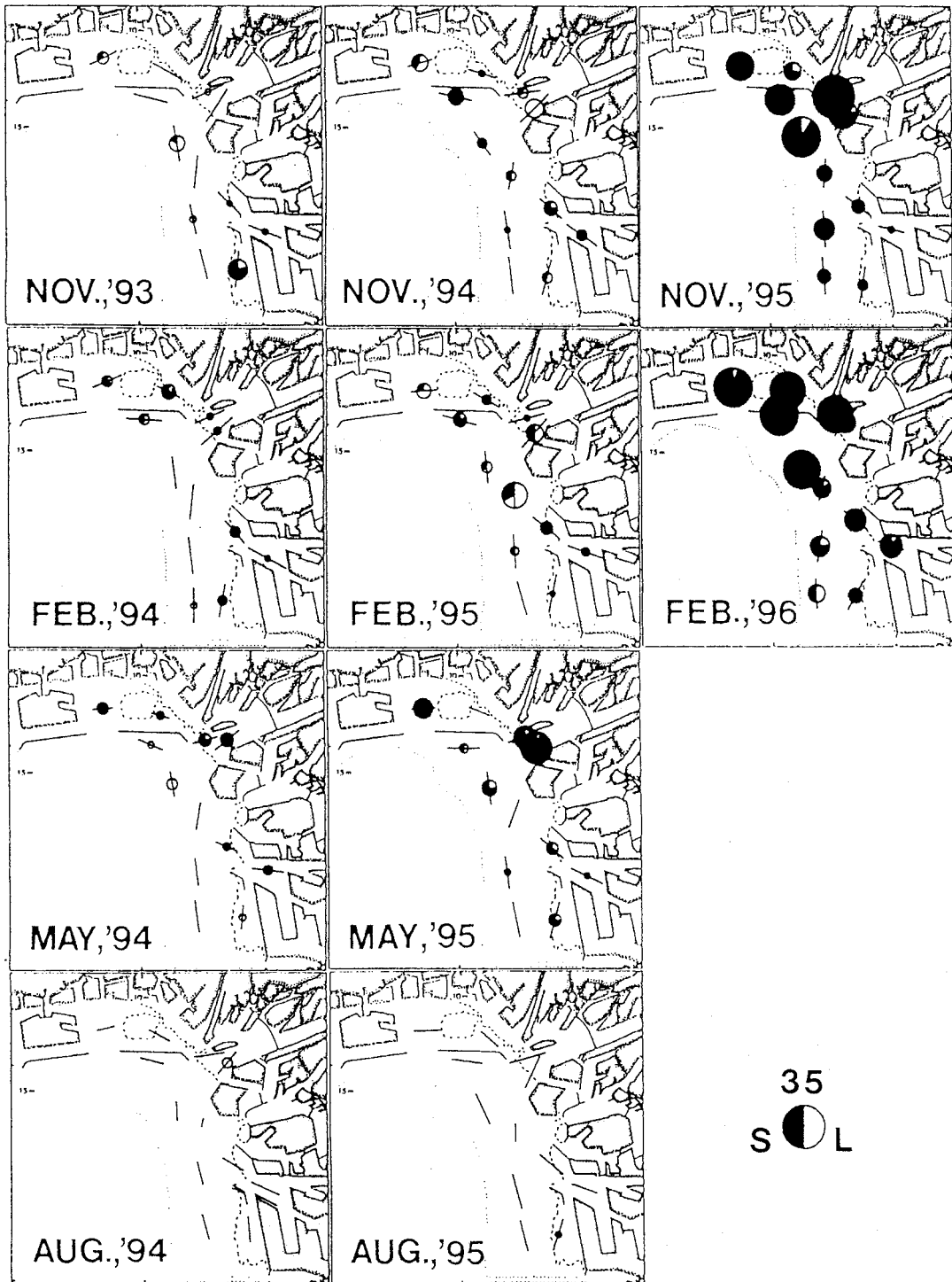


Fig. 3-21. Areal pattern of numbers of individuals (/ 10,000m²) for swimming crab in the innermost area of Osaka Bay. Solid and open parts of circles show small (carapace width < 100mm) and large individuals (carapace width ≥ 100mm), respectively. Size of legend indicates 35 individuals / 10,000m².

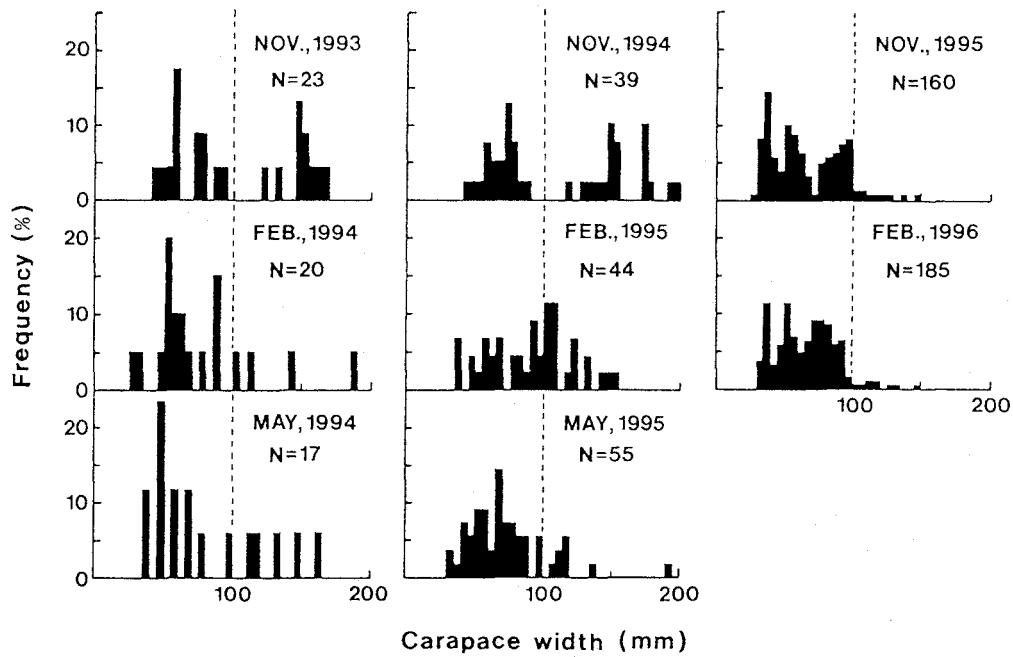


Fig. 3-22. Seasonal change in carapace width of swimming crabs in the innermost area of Osaka Bay. Besides the crabs shown in the figure, two and one individuals were collected in August, 1994 and August, 1995, respectively.

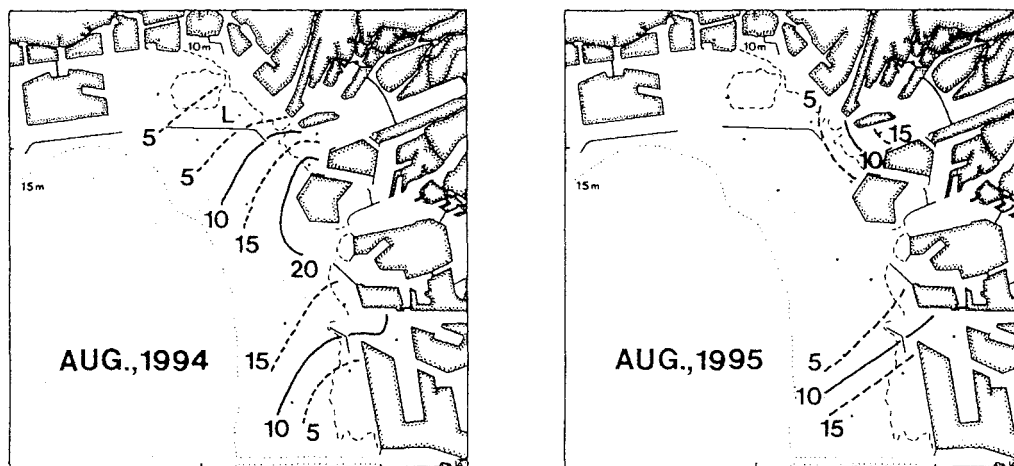


Fig. 3-23. Distribution of dissolved oxygen saturations (%) of bottom water of the innermost area of Osaka Bay in August, 1994 and August, 1995.

耐性から5タイプに分類し、ガザミはヨシエビ *Metapenaeus ensis* やマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* などと共に“移動するが、貧酸素化が強い時には一部が死亡する”ものに含めた。マコガレイでは貧酸素化の強弱により生残が異なることが示唆されているが(有山ら, 1997b), ガザミはマコガレイより貧酸素耐性が強いので大部分が生き残る可能性もある。しかしながら、湾奥部の海岸で死骸が観察された事例*¹があることから、貧酸素水塊の移動状況によっては死亡する場合もあると思われる。

本調査で採捕されたガザミの多くは甲幅100mm未満の小型個体で(Figs. 3-21, 3-22), この海域が幼稚仔保育場になっていることがわかる。大阪湾奥部の沿岸には、汽水域である淀川等の河口を除いて、浅い砂浜は全く存在しないので、これらの個体は泥底に着底しその場で成長したものと考えられる。このことは同海域でメガロパ幼生や稚ガニが採集された*²ことから示唆される。大阪湾浅海域のガザミは3発生群に分けられることが知られており(第3章3-1-2), 湾奥部に生息する小型個体は、晩期に発生し小型のまま越冬後、7~8月に漁場加入する群に該当する。この発生群は1984年4月~1986年3月の調査では漁獲物の多くを占めたが、その稚ガニは南部海域に少ない(第3章3-1-2)ことから、大阪湾全体のガザミ資源にとってこの海域が重要であるといえることができる。

今回採捕されたガザミの着底時期については、メガロパ幼生の出現および稚ガニの成長(第3章3-1-2)から判断すると、8月中旬~9月下旬頃と推定される。この時期は、貧酸素状態がある程度回復した時期に該当する。姜ら(1993)は貧酸素化とそれに伴う硫化水素の発生によりガザミ幼生の生残率が低下すると述べており、これ以前の時期は強い貧酸素化のために着底できない、あるいは着底しても生き残れないので、早期発生群は生息しないと考えられる。稚ガニが着底した時には、貧酸素耐性の著しく強い(玉井, 1982; Yokoyama, 1995)ヨツバナスピオA型が既に多量に生息しており(有山ら, 1997a), 稚ガニは貝類, 多毛類, 甲殻類を食べる(松井ら, 1986)ため、それらを餌として発育するのであろう。また、この時期には魚類の生息量が少ない(有山ら, 1997a)ことから、湾南部とは異なって捕食されずに生き残るものが多いと推察される。従って、大阪湾奥部において夏季の貧酸素化は、ガザミにとって、着底を阻害するというマイナスの面と、捕食者を減らすというプラスの面があるといえよう。

ところで、第2章2-1で述べたように、大阪府では1996年に近年にはないガザミの豊漁があった。この年の漁業者の操業日誌では、漁獲尾数は7~10月に特に

*¹ 著者は、1998年9月4日に西宮市の甲子園浜で、ガザミ等のカニ類や魚類(セスジボラ *Chelon affinis* 主体)の死骸が多数打ち上がっているのを観察している。おそらく貧酸素水塊から逃げ切れずに死亡したものと考えられる。

*² 著者らは、1995年8月23日に尼崎市フェニックス埋立地横の水深8.1mの海底から採泥器によりメガロパ幼生1個体を、1996年9月26日に大阪市舞島前の水深約8mの泥底からポンプ桁網により甲幅15~49mmの稚ガニ5尾を採集している。

多く（第2章2-3, Fig.2-8; 第3章3-3-1, Fig.3-18）, 同年9月17日における泉佐野漁協での著者の観察によると, 漁獲ガザミは雌雄とも甲幅140mm前後の個体が主体であった. これらの漁獲状況と第3章3-1の結果から, 1996年の豊漁の原因は前年晩期発生群が大量に発生したためと考えられる. このことは, 本調査で1995年11月と1996年2月に小型個体が特に多かったことと対応しており, 湾奥部での分布状況が大阪湾全体のガザミ漁獲量に大きな影響を及ぼしている可能性が高い. なお, 1995年の大量発生の原因については浮遊期における高生残率等が想定されるが, 浮遊期幼生の生残機構が不明であるため, 今後, 解明が必要である.

第4章 ガザミの栽培漁業

ガザミの種苗放流は1965年から始まり、近年では膨大な数の種苗が放流されている（第1章）。種苗の放流時期は5～10月で（水産庁・日本栽培漁業協会，1999），放流場所は干潟や砂浜などである。放流方法としては，1齢稚ガニによる直接放流*¹のほか，3齢程度にまで中間育成*²して放流することも行われている。大阪府においては，1967年からガザミの放流が開始された。その後，放流数の増大，放流サイズの大型化に取り組みながら30年以上にわたって放流を継続し，栽培漁業に積極的に取り組んでいる。本章では，具体的な事例を紹介することにより，ガザミ栽培漁業の現状と問題点を検討する。

4-1 種苗の放流状況

初めて大阪府でガザミ種苗を放流したのは1967年で，瀬戸内海栽培漁業協会（現日本栽培漁業協会）で生産されたメガロパ幼生200万尾を，泉南市と阪南町（現阪南市）に直接放流した。1968年と1969年も同様に，メガロパ幼生をそれぞれ400万尾，200万尾ずつ直接放流している。稚ガニの放流が始まったのは1971年からで，受け入れたメガロパ幼生305万尾を甲幅13～24mmまで中間育成して放流したが，放流尾数は約1千尾であった（安次嶺・石渡，1973）。

1971年以降の大阪府におけるガザミ稚ガニの放流尾数を Fig. 4-1 に示した。放流尾数は当初はわずかであったが，1974年には81.5万尾，1976年には95.0万尾を放流した。これは，それまで中間育成放流を主体としていたのが，育成の生残率が低いため1齢稚ガニの直接放流が多くなったことによる。それから1981年までは大部分が直接放流であったが，1982～1989年には一部を中間育成して放流した。総放流尾数は1987年から増加し，1989年には163.4万尾に達した。1990年以降は，直接放流では定着が悪いことから（第4章4-5-1），全数を3～4齢まで中間育成して放流している。放流尾数は増加の傾向にあり，1995～1998年は70万尾以上を維持している。

なお，放流種苗の生産機関については，1967～1978年は瀬戸内海栽培漁業協会，1974年と1983～1988年は大阪水試，1979～1983年と1989年，1990年は日本栽培漁業協会，1991年以降は大阪府漁業振興基金栽培事業場である。また放流海域は，阪南市を主体とした大阪湾南部海域（泉佐野市～岬町地先）であったが，1992年からは湾中部の貝塚市地先にも放流を行っている。

4-2 稚ガニの被食

一般に，放流種苗の生息数は放流直後に大きく減少する。クルマエビにおいて

*¹ 生産した人工種苗をそのまま放流することを“直接放流”と呼ぶ。

*² 生産した人工種苗を放流サイズまで育成することを“中間育成”という。

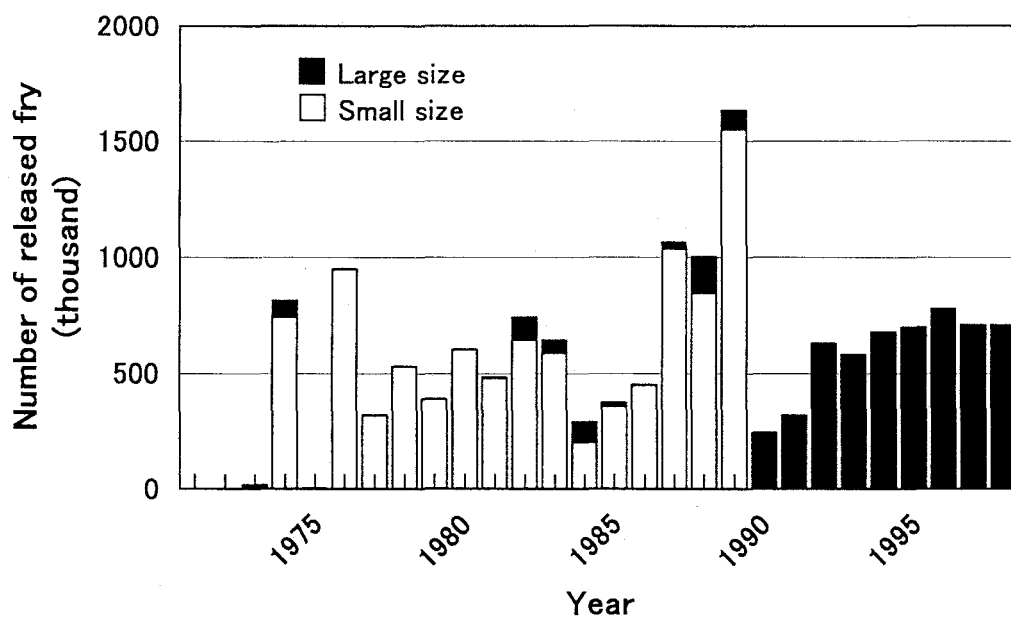


Fig. 4-1. Number of released artificially reared fry of swimming crab in Osaka Prefecture. Large and small sizes indicate $\geq C_3$ and C_1 , respectively.

は死亡と逸散により初期に著しく減少し、死亡原因としては被食が最も普遍的といわれている（倉田，1976）。また、ヒラメでも放流初期に著しい被食のあることが明らかにされている（古田ら，1997）。そこで、大阪湾における放流種苗の被食例をまとめるとともに、重要な捕食者と考えられるトビヌメリ *Repomucenus beniteguri* による稚ガニの捕食実験を行って、ガザミの適正放流サイズを検討した。

4-2-1 放流種苗の被食例

大阪府におけるガザミ放流種苗の追跡調査は、1971年から実施されている。これらの調査で、稚ガニの被食は、1980～1982年の放流日とその翌日に放流場所付近で（大阪水試，1981，1982，1983a），また，1983，1984，1989，1990年には中間育成中の囲い網内で（大阪水試，1984，1985；第4章4-3-2）確認された（Table 4-1）。放流後稚ガニの捕食は、ネズミゴチ *Repomucenus richardsonii*、トビヌメリ、ハタタテヌメリ *Repomucenus valenciennesi**、ダイナンギンポ *Dictyosoma burgeri*、ヒメハゼ *Favonigobius gymnauchen*、クサフグ *Takifugu niphobles*、アイナメ *Hexagrammos otakii*、クジメ *Hexagrammos agrammus*、アサヒアナハゼ *Pseudoblennius cottoides*、マコガレイ、イシガレイ *Kareius bicoloratus* の11魚種で確認された。最も多数を捕食していたのは全長170mmのハタタテヌメリ*で、91尾の1齢稚ガニを食べていた。また、全長145mmのマコガレイも1～2齢稚ガニを26尾捕食していた。3齢稚ガニはネズミゴチ、アサヒアナ

Table 4-1. Predation cases of released juvenile crabs by fishes in Osaka Bay

Year	Catching date	Species name	Japanese name	Total length(mm)	Body weight(g)	Instar and number of eaten crabs
1980	May 19	<i>Repomucenus valenciennesi</i> ^{*1}	HATATATE-NUMERI ^{*1}	170	?	C1 ^{**} 91
		<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	65	?	C1 2
		<i>Kareius bicoloratus</i>	ISHIGAREI	62	?	C1 4
	May 20	<i>Kareius bicoloratus</i>	ISHIGAREI	89	?	C1 6
1981	May 26	<i>Hexagrammos otakii</i>	AINAME	79	?	C1 5
				82	?	C1 7
1982	Jun. 16	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	ASAHI-ANAHAZE	86	?	C3 1
		<i>Takifugu niphobles</i>	KUSAFUGU	71	?	C3? fragment
1983	Jun. 9	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	145	39.1	C1-2 26
	Jun. 14	<i>Repomucenus beniteguri</i>	TOBI-NUMERI	112	9.5	C1 1
	Jun. 17	<i>Repomucenus richardsonii</i>	NEZUMIGOCHI	198	33.7	C2-3 7
		<i>Dictyosoma burgeri</i>	DAINAN-GINPO	201	35.5	C2 2
1984	Jul. 19	<i>Repomucenus richardsonii</i>	NEZUMIGOCHI	213	45.4	C4? 5
1989	Jun. 12	<i>Hexagrammos agrammus</i>	KUZIME	149	50.5	C1 8
				144	41.6	C1 7
	Jun. 19	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	185	88.2	C2 2
				155	51.2	C2 6
1990	Jul. 5	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	ASAHI-ANAHAZE	92	6.7	C1 11
	Jul. 9	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	68	3.0	C2 1

*1 This species should be corrected to *Repomucenus richardsonii* [NEZUMIGOCHI] judging from their habitats.

** Cn indicates the n-th instar of crabs.

ハゼ、クサフグに食べられており、全長213mmのネズミゴチの胃からは4齢と推定される稚ガニが5尾検出された。

有山・陸谷(1988)は、1985年8月に、大阪府沿岸の砂浜域(貝塚市~岬町)の12カ所で、汀線から100m沖までに生息する魚類と甲殻類を潜水目視と徒手採捕により定量的に調べた。それによると、上記のガザミ捕食魚の平均密度はネズッポ類(ネズミゴチ+トビヌメリ):0.12尾/m²、ヒメハゼ:0.19尾/m²、マコガレイ:0.10尾/m²で、他の捕食魚は出現しないか0.03尾/m²以下であった。ネズッポ類の密度はヒメハゼより低い、1尾当たりの捕食尾数が多く、大型稚ガニも食べることから、大阪府の砂浜域におけるガザミ稚ガニに対する捕食者としてはネズッポ類が重要と考えられる。

4-2-2 トビヌメリによる稚ガニの捕食実験

被食は放流稚ガニの減耗の直接的な要因と考えられるため、放流サイズの検討

前頁 * ハタタテヌメリは大阪湾では主に水深10m以深の泥底に生息することから、ネズミゴチの誤同定と考えられる。

に当たっては、どのような魚類がどのサイズの稚ガニをどれくらい食べるかを把握する必要がある。稚ガニの捕食実験は過去にヒメハゼについて行われ、全長60～72mmのヒメハゼ1尾当たり24時間の平均捕食尾数は C_1 （1齢稚ガニ）：7.5尾、 C_2 ：1.4尾、 C_3 ：0.2尾とされている（今田・難波，1981）。しかし、それ以外の魚種については、いくつかの実験が行われているものの定量的なデータは得られていない（愛媛水試，1980，1981；福井県栽培漁業センター，1979；福岡豊前水試，1980；広島県，1986；兵庫水試，1981；山口内海水試，1979）。

大阪湾における放流ガザミの捕食魚としては、上述のように11種が確認されており、この内ネズッポ類が重要である。ネズッポ類は、主としてデトリタス（北森・林，1964）、クマ類、介形類、巻貝（角田ら，1979）、ヨコエビ類（大阪水試，1983b）を食べるといわれているが、大阪湾での稚ガニ被食例を見ると胃内容物中には放流個体と推定される稚ガニが優占している場合が多い。しかしながら、摂餌量に関する知見は明らかになっていないため、上記のネズッポ類のうち大阪湾の砂浜域で最も尾数の多いトビヌメリについて、ガザミ稚ガニの捕食実験を行った。

材料と方法

1987年8月に大阪府立水産試験場の屋内で、 C_1 ～ C_4 のガザミ稚ガニについて各齢1回ずつ計4回捕食実験を行った（それぞれ実験1～4とする）。実験には円形の30ℓポリカーボネイト水槽（底面積約0.4m²）26槽を用いた。この水槽は200ℓ水槽と内径10mmのビニールホースでつながり、約1.5～2.0ℓ/分の流水となっており、底には中央粒径値0.8mmの砂が約3cmの厚さに敷いてある（Fig. 4-2）。26槽のうち20槽は“捕食区”としてトビヌメリ1尾と稚ガニを収容し、6槽は“対照区”として稚ガニのみを収容した。稚ガニの収容尾数は、両区とも使用水槽の半数ずつ2通りとし、実験1および実験2：50尾と100尾、実験3：25尾と50尾、実験4：13尾と25尾に設定した（Table 4-2）。稚ガニを収容してから24時間後に砂をふ

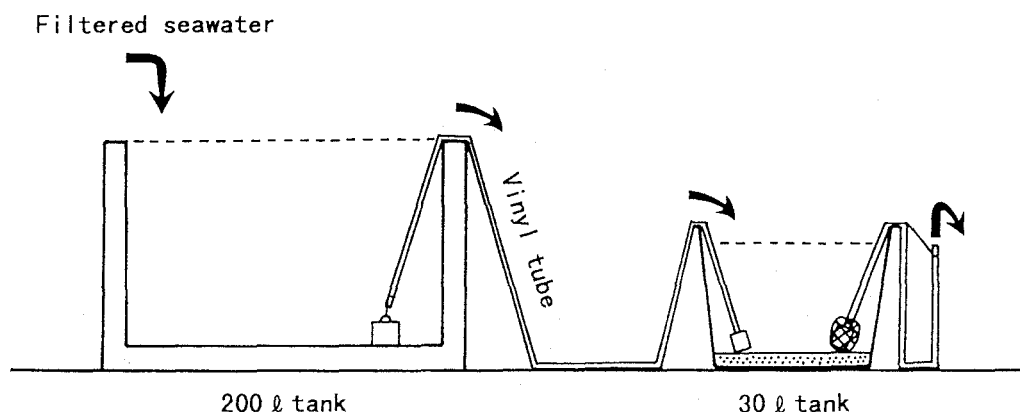


Fig. 4-2. Apparatus used in the predation experiment of dragonets on juvenile swimming crabs. Dragonets and crabs were contained in 30ℓ tanks.

るい、残った個体を取り揚げ計数した。

実験に供したトビヌメリ (Fig. 4-3) は7月30日に水産試験場前の砂浜で投網により採集し、ツノナシオキアミを与えてコンクリート水槽で蓄養していたもので、No.1~10の水槽に収容した個体の全長は118~171mm (平均140.1mm), 体重は9.2~22.1g (平均14.0g), No.11~20の水槽に収容した個体の全長は108~182mm (平均147.4mm), 体重は7.3~29.5g (平均17.6g)であった。全長と体重の関係は次式で示された。

$$W = 3.56 \times 10^{-5} \cdot TL^{2.61} \quad (r = 0.952, P < 0.001)$$

ここでWは体重 (g), TLは全長 (mm) である。なお, 30 ℓ 水槽へのトビヌメリの収容は実験1開始前日の8月3日で, 実験1と実験2の間に跳び出して死亡した1

Table 4-2. Synopsis of the predation experiment of the dragonet *Repomucenus beniteguri* on juvenile crabs

Experiment number	Water temperature (°C)	Contained number of dragonet and crabs			
		Tank No. 1-10	Tank No. 11-20	Tank No. 21-23	Tank No. 24-26
1	23.9 - 24.9	dragonet 1 + C1 50	dragonet 1 + C1 100	C1 50	C1 100
2	24.2 - 26.4	dragonet 1 + C2 50	dragonet 1 + C2 100	C2 50	C2 100
3	24.9 - 26.4	dragonet 1 + C3 25	dragonet 1 + C3 50	C3 25	C3 50
4	25.2 - 25.9	dragonet 1 + C4 13	dragonet 1 + C4 25	C4 13	C4 25



Fig. 4-3. Dragonet *Repomucenus beniteguri* used for the predation experiments on juvenile swimming crabs.

尾を除き4回とも同じ個体を使用した。投餌は実験開始の24時間前より行わなかった。また、稚ガニは水産試験場で種苗生産し陸上水槽で中間育成中のもので、各齢の甲幅（50尾以上計測）は Table 4-3 の通りであった。

結 果

トビヌメリ1尾当たり24時間の捕食尾数 24時間後にふるいに残った稚ガニは大部分生きている個体であったが死亡個体も少数含まれており、実験1～3では脱皮して次の脱皮齢に進んだ個体も見られた。Table 4-4 に各実験区における24時間後の生残尾数と死亡尾数および脱皮個体の比率を示した。なお、ふるい作業の遅延により実験時間が24時間を越えたものもあったが（最大87分）、超過時間内の摂餌行動がほとんど見られなかったことから補正は行わなかった。また、実験2においてサイフォンが詰まり稚ガニの逃亡が見られた水槽が3槽あったが、それらの水槽のデータは除外した。

捕食区における生残尾数は実験1～3ではばらつきが大きく、例えば実験1の50尾区では生残個体が全くない水槽もあれば46尾とほとんど減少していないものも見られた。それに対し実験4では両区とも減少数はわずかであった。対照区における生残尾数は同一区内でのばらつきは小さく、平均は収容尾数の78.5～96.0%であった。また、死亡尾数は各実験各区とも少なく平均1.0尾以下であった。一方、脱皮個体の比率は、実験1：6.6～11.2%、実験2：34.5～44.6%、実験3：18.8～52.4%、実験4：0.0%で、実験1と2では対照区の方が捕食区より高いかあるいはほぼ等しく、実験3では対照区が捕食区より低かった。

捕食区における減耗は捕食と共食い両方によるものと考えられるため、ヒメハゼの事例（今田・難波，1981）に従い、次式より1尾当たり24時間の捕食尾数を算出した。

$$\text{捕食尾数} = (\text{対照区生残尾数} + \text{対照区死亡尾数}) - (\text{捕食区生残尾数} + \text{捕食区死亡尾数})$$

捕食尾数を、実験に用いたトビヌメリの全長と体重と共に Table 4-5 に示し

Table 4-3. Carapace width (mm) of examined juvenile crabs in the predation experiment

Instar	Range	Average	Standard deviation
C ₁	4.1 - 5.4	4.86	0.28
C ₂	6.4 - 8.9	7.63	0.39
C ₃	8.6 - 12.5	10.96	0.82
C ₄	13.1 - 19.3	16.29	1.19

た。実験1の捕食尾数は50尾区で平均26.4尾，最高43.7尾，100尾区で平均55.8尾，最高88.7尾と大きい値を示したが，両区の平均捕食尾数は大きく異なっていた。実験2においても捕食尾数は多く，50尾区では平均23.1尾，最高40.5尾，100尾区では平均22.4尾，最高60.5尾であり，両区の平均はほぼ等しかった。また，実験3の25尾区では平均3.3尾，範囲が0.0~10.0尾で，C₃に対する捕食が明らかであるが，50尾区では平均が負の値になっており捕食の有無は不明であった。実験4では捕食尾数の範囲は13尾区で-0.7~0.3尾，25尾区で-1.7~2.3尾と両区とも0の近傍であった。

トビヌメリの体重の違いによる捕食尾数の変化 捕食尾数は魚体の大きさによ

Table 4-4. Numbers of survival and dead crabs and ratio of molting crabs after 24 hours in the predation experiment

Experiment number	Section	Number of tanks	Contained number of crabs	Number of survival crabs		Number of dead crabs		Ratio of molting crabs (%)
				range	average	range	average	
1	with predator	10	50	0 - 46	18.0	0 - 1	0.3	7.8
		10	100	2 - 98	34.9	0 - 8	1.0	6.6
	control	3	50	43 - 47	44.7	0	0.0	11.2
		3	100	88 - 95	90.7	0 - 2	1.0	7.0
2	with predator	10	50	4 - 34	20.9	0 - 1	0.5	38.3
		9	100	16 - 77	55.1	0 - 2	1.0	34.5
	control	2	50	42 - 47	44.5	0	0.0	38.2
		2	100	77 - 80	78.5	0	0.0	44.6
3	with predator	10	50	14 - 24	20.6	0 - 1	0.1	52.4
		10	100	28 - 50	41.6	0 - 4	0.8	38.9
	control	3	50	23 - 25	24.0	0	0.0	18.8
		3	100	38 - 43	40.7	0 - 1	0.3	35.2
4	with predator	10	50	12 - 13	12.7	0 - 1	0.2	0.0
		10	100	21 - 25	22.9	0 - 2	0.2	0.0
	control	3	50	12 - 13	12.3	0	0.0	0.0
		3	100	22 - 25	23.0	0 - 1	0.3	0.0

Table 4-5. Number of eaten crabs by the dragonet in 24 hours in the predation experiments

Experiment number	Contained number of crabs	Number of eaten crabs per one dragonet		Total length of dragonet (mm)		Body weight of dragonet (g)	
		range	average	range	average	range	average
1	50	-1.3 - 43.7	26.4	118 - 171	140.1	9.2 - 22.1	14.0
	100	-6.3 - 88.7	55.8	108 - 182	147.4	7.3 - 29.5	17.6
2	50	9.5 - 40.5	23.1	118 - 171	139.6	9.2 - 22.1	13.9
	100	0.5 - 60.5	22.4	128 - 182	151.8	11.9 - 29.5	18.7
3	25	0.0 - 10.0	3.3	118 - 171	139.6	9.2 - 22.1	13.9
	50	-9.0 - 13.0	-1.4	108 - 182	147.4	7.3 - 29.5	17.6
4	13	-0.7 - 0.3	-0.6	118 - 171	139.6	9.2 - 22.1	13.9
	25	-1.7 - 2.3	0.2	108 - 182	147.4	7.3 - 29.5	17.6

り変化すると予想されるため、トビヌメリの体重と捕食尾数の関係を調べ Fig. 4-4 に示した。

実験1 (Fig. 4-4, C₁) では両区とも捕食尾数の多いものが多いが、著しく少ないものも見られた。それらを除けば平均捕食尾数は50尾区：38.8尾, 100尾区：79.6尾となり、捕食尾数は体重にかかわらずほぼ一定であった。この平均捕食尾数は両区とも収容尾数から共食い分を差し引いたものの86.8%であり、水槽内の稚ガニの多くが捕食されていた。

実験2 (Fig. 4-4, C₂) では、捕食尾数の極端に少ない100尾区の2例を除けば両区ともほぼ同様の傾向が見られ、体重の増加とともに捕食尾数も増加している。両者の関係は次式 (図中の直線) で表わされた。

$$PN=1.92W-4.25 \quad (r=0.743, P<0.001)$$

ここで PN は捕食尾数, W はトビヌメリの体重 (g) である。

実験3 (Fig. 4-4, C₃) の25尾区においても体重の増加とともに捕食尾数も増加する傾向が見られ、両者の関係は次式 (図中の直線) で表わされた。

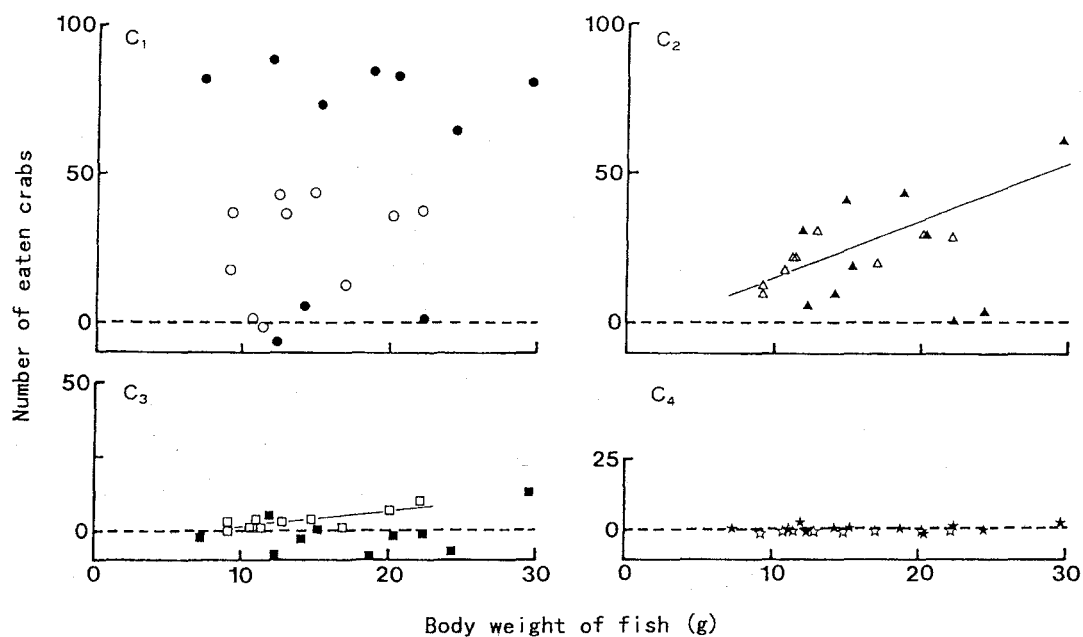


Fig. 4-4. Relationships between body weight of fish (W) and number of eaten crabs (PN). C_1 - C_4 indicate instars of examined juvenile crabs. Number of crabs contained in the tanks are ●:100, ○:50, ▲:100, △:50, ■:50, □:25, ★:25, ☆:13, respectively. Regression equations are shown below.

$$C_2: PN=1.92W-4.25 \quad (r=0.743, P<0.001)$$

$$C_3: PN=0.533W-4.08 \quad (r=0.782, P<0.01)$$

Table 4-6. Carapace width and body weight of juvenile crabs
(Oita pref. shallow sea fish. exp. stn. *et al.*, 1980)

Instar	Carapace width (mm)	Wet weight (g)
C ₁	4.7	0.007
C ₂	7.4	0.028
C ₃	11.2	0.095

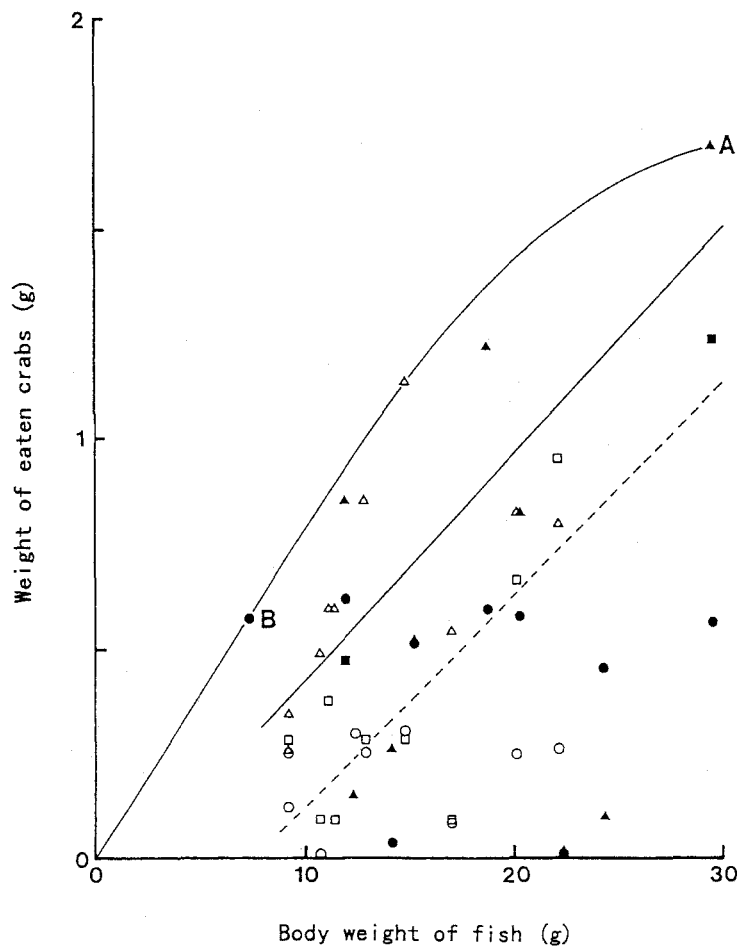


Fig. 4-5. Relationship between the body weight of fish and weight of eaten crabs. Symbols are the same as in Fig. 4-4. Solid and broken straight lines show regression lines for C₂ and C₃, respectively. A shows the maximum weight of eaten crab, B shows the maximum ratio of eaten crab weight to fish body weight, and the curved line indicates the estimated maximum weight of eaten crabs.

$$PN=0.533W-4.08 \quad (r=0.782, P<0.01)$$

しかし、50尾区ではばらつきが大きく両者の関係は不明であった。

実験4 (Fig. 4-4, C₄) では両区のどの体重の個体も捕食尾数は0に近かった。

トビヌメリの体重の違いによる捕食重量の変化 実験では稚ガニの体重は測定していないが、今回用いた稚ガニと平均甲幅がほとんど等しいC₁~C₃の湿重量が明らかになっているので (Table 4-6; 大分浅海漁試ほか, 1980), その値を用いてトビヌメリの捕食重量を求めた。この値を実験1~3の捕食尾数が正のものについて計算し、トビヌメリの体重との関係をみたのが Fig. 4-5 である。参考に先に求めた回帰直線について捕食尾数を捕食重量に変換したものをC₂, C₃についてそれぞれ実線と破線で示した。

捕食重量は、捕食尾数と同様、C₂とC₃ではトビヌメリの体重の増加とともに増加しているが、C₁についてはその傾向は見られない。また、捕食重量はC₂の方がC₃より大きくなっており、C₁はトビヌメリの体重が20g以上では両区ともC₂, C₃より小さくなっている。

一方、捕食重量の最大値は1.69gで、これは体重29.5gのトビヌメリのC₂捕食重量であったが (Fig. 4-5, A点), この重量はC₁で241尾分に相当する。また、捕食重量の体重に対する比の最大値は7.8%で (Fig. 4-5, B点), 体重に対する捕食重量の最大値は図中の曲線で表される。

考 察

魚の摂餌量についてはIvlev (1965), 石渡 (1968a, b, cほか) の詳細な研究があり、摂餌量には様々な要因が影響することが明らかになっている。Ivlev (1965) は摂餌量と餌料密度の関係を明らかにしたが、その関係式は、摂餌量は餌料密度の低い時は密度の増加とともに増加するが、餌料密度が高くなると密度が上がっても増加は少なくその値は最大摂餌量 (飽食量) に近づいていくと解釈される。トビヌメリの捕食実験において、50尾区と100尾区の平均捕食尾数はC₁では大きく異なりC₂ではほぼ等しかったが、この結果は、C₁の実験では餌料密度が低く飽食に達していなかったのに対し、C₂の実験では餌料密度が高かったため飽食していたことを示唆している。石渡 (1968c) は魚の体重と飽食量との関係は一次式で表わされると述べており、トビヌメリにおいてもC₂とC₃についてこの関係が見られている。また、捕食重量はC₂の方がC₃より大きい傾向が見られたが、獲り易さ (Ivlev, 1965) の違いに起因するように思われる。

今回の実験では、①実験中に脱皮した個体があった点、②砂の粒径が両者の生息地である砂浜より大きかった点、③魚の慣れ (石渡, 1968a), ④絶食時間 (石渡, 1968b) 等に問題のあった可能性があるが、トビヌメリはC₁~C₃を捕食しC₄は捕食しない、また、1尾当たり24時間の平均捕食尾数はC₁: 79.6尾以上 (100尾区), C₂: 22.4~23.1尾, C₃: 3.3尾 (25尾区) であることが明らかになった。この尾数はヒメハゼ (全長60~72mm) のC₁: 7.5尾, C₂: 1.4尾, C₃: 0.2尾 (今田・難波, 1981) と比較して非常に大きい値であり、ガザミ稚ガ

ニに対するトビヌメリの捕食が大きいことを示している。また、実験に用いたヒメハゼの体重が1.5~3g程度と推定されることから、単位体重当たりでもトビヌメリの方が上回っている。

大阪府沿岸には干潟がないためガザミの放流は砂浜域で行っているが、そこにはガザミの捕食魚であるネズッコ類、ヒメハゼ等が多く分布しており、それらの密度は1985年8月の調査ではネズッコ類0.12尾/m²、ヒメハゼ0.19尾/m²であった(有山・陸谷, 1988)。今回の実験は約0.4m²の狭い水槽に稚ガニを高密度に収容して行ったが、実際の放流場においても放流直後にはこのような密度になることが考えられる。捕食実験の平均捕食尾数と同数の捕食が可能と仮定して、単位面積当たりの捕食可能尾数を推定すると、ネズッコ類とヒメハゼのm²・日当たりの捕食可能尾数は合計で、C₁: 11.0尾以上、C₂: 3.0尾、C₃: 0.4尾となり、放流稚ガニに対する捕食圧、特にC₁に対する捕食圧が大きいことが窺える。C₂やC₃についても、脱皮までの日数や稚ガニの密度を考えると捕食圧が小さいとは言えないのではないだろうか。

ところで、全国のガザミ放流実績(水産庁・日裁協, 1999)を見ると、稚ガニのサイズは4~5mm(C₁)が67%、6~8mm(C₂)が7%、9~12mm(C₃)が17%、13mm以上は9%であった。稚ガニの放流サイズについては、C₁では逸散が大きく(愛媛水試ほか, 1985)、ヒメハゼ捕食量から考えるとC₂以上が効果的で(今田・難波, 1981)、潜砂能力や耐流性から考えるとC₃以上が望ましい(福岡有明水試, 1983)と述べられている。しかし、大阪府沿岸のように干潟がなく捕食魚の多い海域では、本実験の結果ならびに他魚種にもC₃の捕食が見られている(第4章4-2-1)ことから、放流サイズは捕食のほとんどないC₄以上がよいと考えられる。だが、キャンパス水槽での中間育成は共食いが活発になるためC₃が限度であり(山口内海水試, 1979)、コンクリート水槽では共食いで脱皮ごとにほぼ1/2に減少する(岩谷ら, 1983)といわれている。また、C₄~C₅まで育成すると育成期間の長期化と低歩留りのため放流経費の増大につながるし(愛媛水試ほか, 1985)、取揚時に脚脱落の多いことが明らかになっているため(第4章4-4)、C₄で放流する場合には中間育成技術の向上が前提となろう。

Ivlev(1965)は、魚の摂餌量は餌料密度により変化し、複数の餌生物が存在する場合嗜好性と獲り易さにより変化すると述べている。従って、放流ガザミに対する捕食量も稚ガニのサイズや捕食魚の密度だけでなく、稚ガニの密度や他の餌生物の量によっても変わるはずである。また、稚ガニ間の共食いも密度や餌の量の影響を受ける(田畑・勝谷, 1973, 1974)。このように、放流場での稚ガニの生残には多くの要因が関係しているものと思われる。これらの要因は海域によりまた時期によりそれぞれ異なるため、それに合わせて最も生残率が高くなるような放流サイズと放流尾数を決めていく必要がある。

4-3 中間育成

ガザミの放流サイズとしては、広島県江田島湾のような干潟では1齢稚ガニで

高い定着率が得られているが（川西ら，1976），大阪湾では逸散が激しくほとんど定着しないため（第4章4-5-1），3齢または4齢まで中間育成する必要がある。中間育成には，陸上水槽，海上囲い網，小割生簀網，海水池等の施設が用いられているが（愛媛水試ほか，1985），ここでは一般的な陸上水槽と海上囲い網での事例を取り上げ，問題点について検討する。

4-3-1 陸上水槽での中間育成

1975～1984年に放流技術開発事業で，陸上水槽でのガザミ中間育成が数多く実施されたが，93事例における2～4齢までの平均生残率は31.8%であり（愛媛水試ほか，1985），放流数の増加にはその向上が必要とされる。ガザミの中間育成時の減耗には，収容種苗の低活力によるもの（愛媛水試ほか，1985）もあるが，共食いが最大の要因と考えられる。田畑・勝谷（1973，1974）は共食いが脱皮直後に多いこと，投餌量が十分でも共食いが起こることなどを明らかにし，その防止には障害物等の設置が必要と述べている。また佐々田ら（1986）は，共食い防止には水槽内への付着材の設置，特に底層部への設置が有効であることを示した。そこで，付着材を多量に設置することにより生残率を向上させ，陸上水槽における中間育成手法の確立を図った。

材料と方法

1985年に4回，1986年に1回，1987年に2回，1988年に2回，延べ9回，陸上水槽で中間育成を実施した。その概要を Table 4-7 に示した。水槽はいずれもコンクリート製で，G池は屋外，H池とI池は屋内にあり，その容量は15～75kℓである。各水槽には稚ガニの付着材として“ブラシ”を設置した。ブラシ（Fig. 4-6）とはポリエチレンの繊維を被覆線の芯で束ねたもので，直径は12cm，長さは1.5mである。これを1985年と1986年は1kℓ当たり5本垂下し，1987年と1988年は1kℓ当たり5本垂下すると共に底層に1本/kℓになるよう沈設した。

育成試験には大阪水試で種苗生産した1齢稚ガニを使用し，収容密度は種苗生産が不調だった1986年を除いて0.7～2.3/kℓとした。餌料には細かく切断したツノナシオキアミを用い，1日に推定体重と同量を3回（1986年は2回）に分けて投餌した。飼育水はろ過海水の流水とし，換水率は1985年と1986年は50%，1987年と1988年は100%とした。なお，水温は毎日9時と14時に測定を行い，収容時と取り上げ時の稚ガニの計数は重量法（単位重量当たりの尾数の引き延ばし）により行った。

結果と考察

稚ガニの育成結果を Table 4-8 に示した。年や回次により差が大きい，9～23日間の育成で3～5齢稚ガニ（4齢主体）まで成長し，生残率は11.4～48.8%（平均27.1%）であった。この生残率は放流技術開発事業における平均値31.8%（愛媛水試ほか，1985）よりやや低い。しかしながら，放流技術開発事業では3

Table 4-7. Synopsis of the secondary rearings of juvenile crabs in concrete tanks

Year	No.	Period	Days	Tank No. (capacity)	Number of Brushes ¹ (density)	Instar of crabs at the beginning	Crabs number at the beginning (x10 ³)	Density of crabs (x10 ³ /k ϵ)
1985	1	Jun. 26 - Jul. 8	13	I-1 (46k ϵ)	232 (5/k ϵ)	M12%, C:84%, C:12% ²	51.0	1.1
	2	Jul. 22 - Jul. 30	9	H-4 (15k ϵ)	75 (5/k ϵ)	C:73%, C:27%	11.2	0.7
	3	Jul. 22 - Jul. 30	9	H-5 (15k ϵ)	75 (5/k ϵ)	C:80%, C:20%	14.9	1.0
	4	Jul. 22 - Jul. 30	9	H-10 (15k ϵ)	75 (5/k ϵ)	C:75%, C:25%	29.7	2.0
1986	1	Jun. 4 - Jun. 26	23	I-2 (46k ϵ)	232 (5/k ϵ)	C:100%	2.6	0.1
		Jun. 7 - Jun. 26	20			C:100%	3.4	
1987	1	Aug. 4 - Aug. 17	14	G-1 (75k ϵ)	451 (6/k ϵ)	C:34%, C:66%	60	0.8
	2	Aug. 4 - Aug. 17	14	G-2 (75k ϵ)	451 (6/k ϵ)	C:18%, C:82%	54	0.7
1988	1	Jul. 22 - Aug. 1	11	G-1 (75k ϵ)	453 (6/k ϵ)	C:100%	166	2.2
	2	Jul. 22 - Aug. 1	11	G-2 (75k ϵ)	453 (6/k ϵ)	C:100%	174	2.3

¹ Brushes (Fig. 4-6) used as the attaching materials for juvenile crabs.

² M and C indicate megalopa and the n-th instar of crabs, respectively.

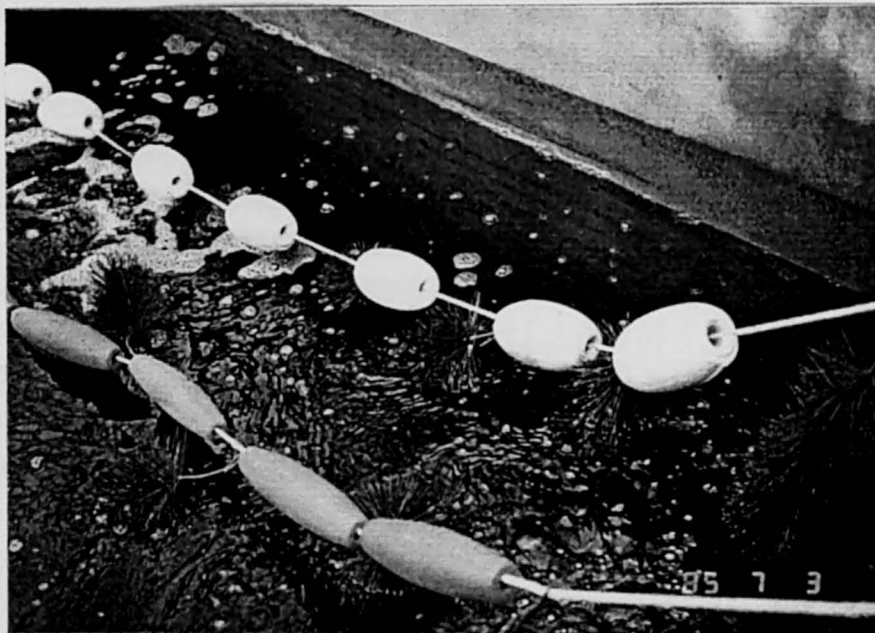


Fig. 4-6. Brushes used as the attaching materials for juvenile swimming crabs in the secondary rearings.

Table 4-8. Result of the secondary rearings of juvenile crabs in concrete tanks

Year No.	Crabs number at the beginning	Average temperature	Total amount of diet	Instar of crabs at the end	Crabs number at the end	Density ($\times 10^2/k\ell$)	Survival rate
1985	1	23.4°C	12.0kg	C:22%, C:78%	7.0 $\times 10^2$	0.15	13.7%
	2	26.6	2.3	C:23%, C:75%, C:2%	2.6	0.17	23.2
	3	26.6	3.2	C:36%, C:64%	1.7	0.11	11.4
	4	26.6	6.2	C:17%, C:79%, C:4%	4.8	0.32	16.2
1986	1	21.9	12.5	C:63%, C:37%	2.3	0.05	38.3
1987	1	26.6	96.6	C:41%, C:59%	18	0.24	30.0
	2	26.4	92.6	C:56%, C:44%	11	0.15	20.4
1988	1	24.5	52.5	C:65%, C:35%	81	1.08	48.8
	2	24.3	53.5	C:69%, C:31%	73	0.97	42.0

齢までの育成が多いのに対し、今回は4齢主体であり、現在の技術では脱皮ごとに約1/2に減少する（岩谷ら、1983）といわれていることから、今回の生残率はむしろ好成績といえよう。特に1987年1回次の4～5齢までで30.0%、1988年の3～4齢までで42.0～48.8%の事例は良好であった。1988年においては、収容密度が2,200～2,300尾/ $k\ell$ と高かったにも関わらず、育成密度（単位容量当たりの取り上げ数）も970～1,080尾/ $k\ell$ と高かった。好成績の原因としては、当初の狙い通り、付着材を多量に（5～6本/ $k\ell$ ）設置したことにより共食いが軽減されたことが考えられる。

次に、収容個体の種苗生産終了時の状況をみると、各群の生残率と生産密度（単位容量当たりの生産数）はそれぞれ、1985年：2.3～7.2%、500～2,400尾/ $k\ell$ （陸谷・有山、1988a）、1986年：0.3～0.4%、70尾/ $k\ell$ （陸谷・有山、1988b）、1987年：4.5%、1,500尾/ $k\ell$ （有山・陸谷、1989）、1988年：17.2%、4,500尾/ $k\ell$ （有山、1990）であった。1988年以外は不調であったことから、中間育成における生残率は種苗生産成績と関連していることが示唆される。また、1988年には飼育水中に珪藻が比較的多く発生していたことも高生残率に影響した可能性がある。

今回検討した事例数はわずかであるので、このような方法が最適とは判断できない。付着材の質（伊藤ら、1990）、収容密度（深山ら、1997）、餌料（浜崎・関谷、1998）等についても検討し、陸上水槽におけるよりよい育成方法を開発する必要がある。

4-3-2 海上囲い網での中間育成

大阪府では1972年と1982～1984年に海上囲い網によるガザミの中間育成を実施したが、1972年は網が破損し、1982～1984年には生残率が2.1～10.6%と低かった（愛媛水試ほか、1985）。低生残率の原因としては、害敵駆除の不徹底、網からの逃亡および種苗の活力不足等が考えられた（大阪水試、1983a、1984、

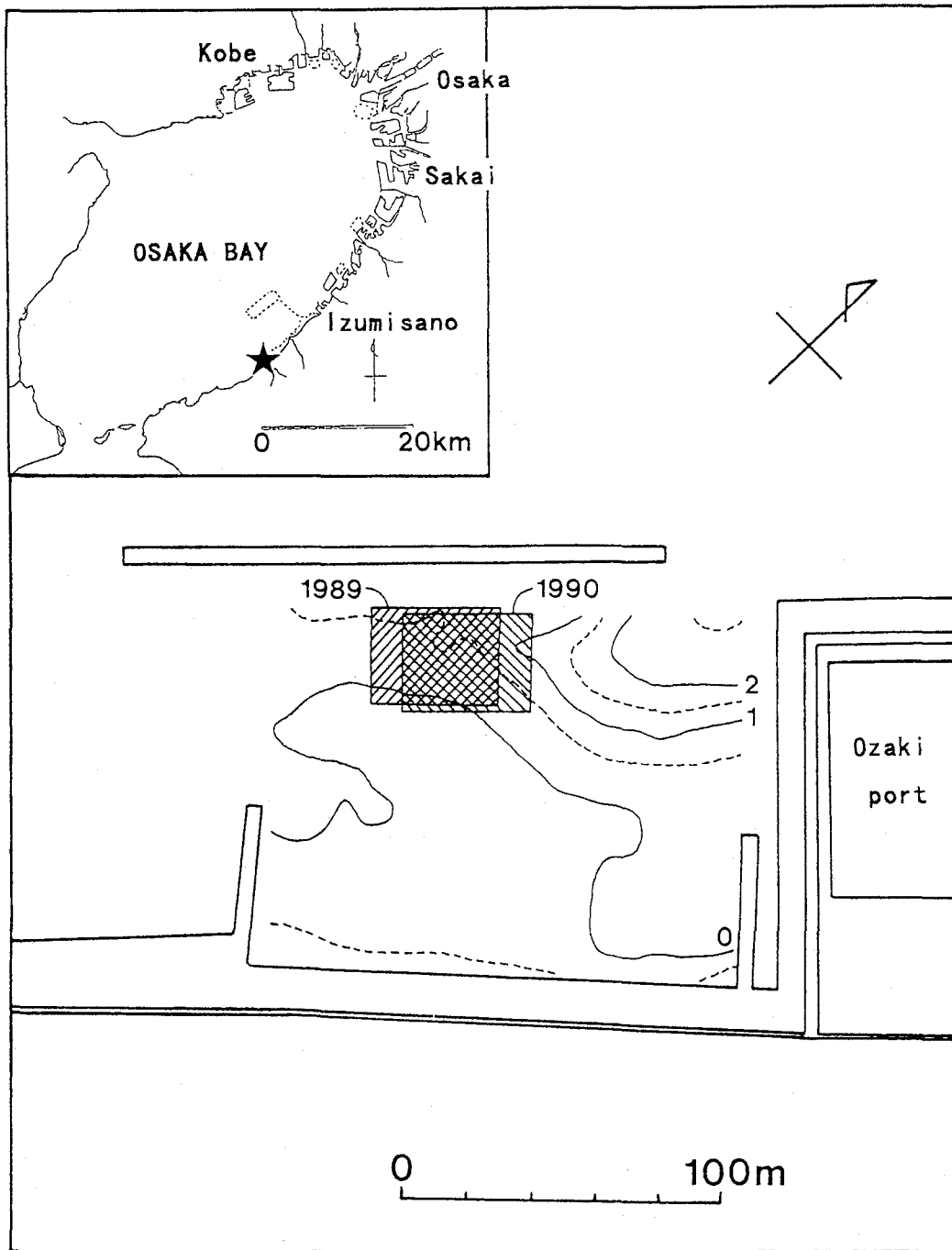


Fig. 4-7. Sandy beach where secondary rearings of juvenile swimming crabs were carried out in 1989 and 1990. Shaded areas show the sites of netfence, and numerals show the depth (m) from the low water level.

1985) . その後は、大阪府立水産試験場で生産された種苗を陸上水槽で中間育成（第4章4-3-1）して放流し、育成ができない場合には直接放流を行ってきた。しかし、1989年と1990年は大阪府立水産試験場附属栽培漁業センター建設工事により水産試験場での種苗生産ができなかったため、日本栽培漁業協会で生産された種苗を海上囲い網で中間育成し放流を行った。本項ではこの2カ年の中間育成で得られた知見について述べる。

材料と方法

期間 1989年は6月8日～6月24日の17日間、1990年は7月4日～7月17日の14日間、中間育成を行った。

場所 阪南市尾崎港南西側の海岸に囲い網を設置した（Fig.4-7）. 設置場所は前面に離岸堤のある砂浜で、水深は潮位表基準で+0.1mから-1.1mと浅く、大潮干潮時には約30%が干上がる。底質は粒径100～400 μ mの細砂で、オゴノリの1種が多く生育している。

施設 1,200m²（30m×40m）のオイルフェンス式囲い網（Fig.4-8）を1989年は6月3日、1990年は6月23日に設置した。囲い網は網目200径（網目2mm角）、幅3mのナイロンラッセル網の上端にオイルフェンス、下端にチェーンを取り付けたもので、オイルフェンスと網地の間はファスナーで取りはずしが可能となっており、チェーンはジェットポンプにより約10cmの深さに埋設した。また、囲い網の内部には付着材として25m×2mの220径（網目1.6mm角）ナイロンラッセル網8枚を垂下した。

種苗 日本栽培漁業協会玉野事業場で生産されたC₁を使用した。平均甲幅と尾数は、1989年：4.8mm、68.5万尾、1990年：4.6mm、59.0万尾であった。

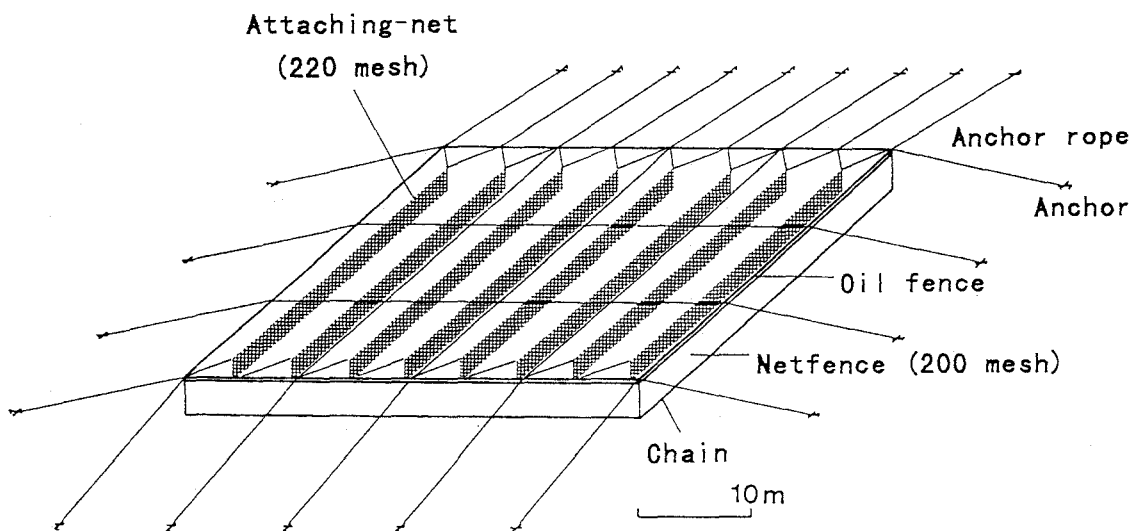


Fig. 4-8. Structure of the netfence used for secondary rearings of juvenile swimming crabs.

害敵駆除 大潮干潮時（囲い網設置日の昼間）に、サラシ粉（次亜塩素酸ナトリウム、有効塩素濃度60%）を1989年は6ppm、1990年は20ppmになるよう散布し、弱った魚やカニを抄い網で採捕した。取り残しについては、1989年は6月5日と歩留り調査時、1990年は6月25日と歩留り調査時に抄い網やヤスで採捕に努め、採捕魚の一部は消化管内容物を検鏡した。

収容 種苗は、収容前日の夜に玉野事業場を出発し尾崎港に早朝到着した（所要約6時間）トラックより、小型漁船に積んだ0.5kℓと1kℓのヒドロタンクにサイフォンで移した。現地まで約5分かけて運び、サイフォンおよび抄い網で囲い網内に収容した。収容密度は1989年は571尾/m²、1990年は492尾/m²であった。

投餌 1989年はクルマエビ用配合飼料（ヒガシマル製6号、7号）を使用し、朝夕の1日2回、1日当たり予測総体重の30%を放流日の朝まで投餌した。1990年はカッターで細かく切断したツノナシオキアミを用い、1日2回、最初の3日間は予測総体重の400%、4日目以降は200%を放流後2日目まで投餌した。

歩留り調査 1989年は育成開始後2、5、12、15日目の計4回、1990年は2、6、12日目の計3回、歩留り調査を実施した。調査は、素潜りにより、底面0.25m²区画27地点（施設底面全体の0.6%）、網地50cm幅8カ所（網地全体の2.9%）、および付着材50cm幅8カ所（付着材全体の2.0%）に生息する稚ガニの脱皮齢と尾数を記録した。底面については、1989年の2、5、12日目の調査では、調査点付近のオゴノリの生育していない場所に50cm×50cmの塩ビパイプ製方形枠（Fig. 4-9, A）を置き、その内側に生息する稚ガニを幅30cm、網目2mmの抄い網（Fig. 4-9, B）で採集した。これに対し1989年の15日目と1990年の調査では、調査点付近でオゴノリの生育状況が代表的な地点を選び、50cm×50cm、高さ10cmの鉄板製方形枠（Fig. 4-9, C）を底面に3~5cm押し込み、オゴノリが生育している時は付着

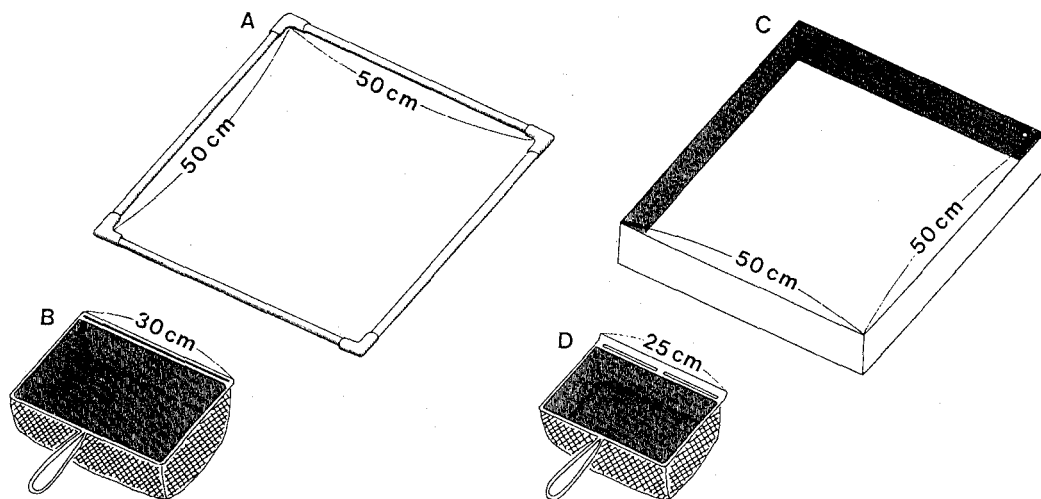


Fig. 4-9. Quadrats and scoop nets used for investigations of the survival rate of juvenile swimming crabs. **A:** quadrat made from vinyl chloride pipes, **B:** scoop net without edge, **C:** quadrat made from steel plates, **D:** scoop net with edge.

している稚ガニを計数しながらオゴノリを除去し、幅25cm、網目2mmで前面に15mm幅の刃の付いた抄い網 (Fig. 4-9, D) で枠の内側を、稚ガニが取れなくなるまで繰り返し採集した。また、網地は各辺2カ所、付着材については1枚につき中央部付近1カ所ずつ、上端から下端へ垂直に観察した。

放流 囲い網のファスナーを開放し網地とチェーンを撤去することにより放流を行った。なお、オイルフェンス、付着材、アンカーは、1989年は網地撤去の7日後、1990年は8日後に撤去した。

結 果

囲い網内で採捕された魚類とカニ類 囲い網内で採捕された魚類とカニ類を Tables 4-9, 4-10 に示した。1989年 (Table 4-9) の害敵駆除時には魚類103尾、1.1kg、カニ類24尾、1.4kgが採捕された。しかし、この時はサラシ粉の効果が小さかったため取り残しが多く、歩留り調査時にヒメハゼが多く見られ (約1尾/m²が生息していたと推定される)、他にもアイナメ、クジメ、イシガニ *Charybdis* (*Charybdis*) *japonica* 等が観察された。歩留り調査時等に採捕されたのは

Table 4-9. Fishes and crabs caught inside of the netfence in 1989

Species name	Japanese name	Total length or carapace width (mm)	Individual number			Wet weight (g)		
			Rem. *1	Inv. *2	Total	Rem.	Inv.	Total
<i>Etrumeus teres</i>	URUME-IWASHI	37- 49	23	-	23	11.5	-	11.5
<i>Syngnathus schlegeli</i>	YOUZIUO	242	1	-	1	6.3	-	6.3
<i>Chelon affinis</i>	SESUZI-BORA	17- 20	2	-	2	0.2	-	0.2
<i>Sillago sihama</i>	SHIROGISU	39- 51	18	-	18	8.1	-	8.1
<i>Reponucenus beniteguri</i>	TOBI-NUMERI	116-128	2	-	2	24.4	-	24.4
<i>Pholis nebulosa</i>	GINPO	80-142	9	1	10	45.6	5.3	50.9
<i>Ditrema temmincki</i>	UMITANAGO	50- 55	4	-	4	6.8	-	6.8
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	40- 75	6	2	8	9.5	2.2	11.7
<i>Sebastes marmoratus</i>	KASAGO	101	-	1	1	-	16.2	16.2
<i>Hexagrammos otakii</i>	AINAME	106-148	6	1	7	157.9	40.6	198.5
<i>H. agrammus</i>	KUZIME	111-149	4	2	6	120.9	92.1	213.0
<i>Furcina ishikawae</i>	SARASA-KAZIKA	40	1	-	1	0.9	-	0.9
<i>Pseudoblennius cottooides</i>	ASAHI-ANAHAZE	38- 92	7	1	8	23.4	2.5	25.9
<i>Paralichthys olivaceus</i>	HIRAME	29- 47	3	1	4	1.6	0.7	2.3
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	74-190	7	4	11	429.5	156.0	585.5
<i>Kareius bicoloratus</i>	ISHIGAREI	44	1	-	1	0.9	-	0.9
<i>Heteromycteris japonica</i>	SASA-USHINOSHITA	68-115	3	-	3	42.0	-	42.0
<i>Paraplagusia japonica</i>	KURO-USHINOSHITA	123-245	6	-	6	227.1	-	227.1
Subtotal of fishes			103	13	116	1,116.6	315.6	1,432.2
<i>Portunus (P.) trituberculatus</i>	GAZAMI	70- 81	-	2	2	-	50.7	50.7
<i>Charybdis (C.) japonica</i>	ISHIGANI	36- 94	24	50	74	1,399.7	4,025.1	5,424.8
Subtotal of crabs			24	52	76	1,399.7	4,075.8	5,475.5
Total			127	65	192	2,516.3	4,391.4	6,907.7

*1 Fishes and crabs caught during the removal of predators.

*2 Fishes and crabs caught during the investigations of survival.

Table 4-10. Fishes and crabs caught inside of the netfence in 1990

Species name	Japanese name	Total length or carapace width (mm)	Individual number			Body weight (g)		
			Rem.* ¹	Inv.* ²	Total	Rem.	Inv.	Total
<i>Konosirus punctatus</i>	KONOSHIRO	24- 34	23* ³	-	23	3.8	-	3.8
<i>Etrumeus teres</i>	URUME-IWASHI	68- 81	13	-	13	37.4	-	37.4
<i>Plotosus lineatus</i>	GONZUI	144-149	2	-	2	73.4	-	73.4
<i>Anguilla japonica</i>	UNAGI	633	1	-	1	400.7	-	400.7
<i>Pisodonophis zophistius</i>	HOTATE-UMIHEBI	439	1	-	1	50.3	-	50.3
<i>Syngnathus schlegeli</i>	YOUZUIO	80- 99	5	-	5	0.5	-	0.5
<i>Chelon affinis</i>	SESUZI-BORA	28- 37	17	-	17	4.5	-	4.5
<i>Sphyræna</i> sp.	KAMASU	47	1	-	1	0.4	-	0.4
<i>Lateolabrax japonicus</i>	SUZUKI	59- 99	3	-	3	18.0	-	18.0
<i>Pagrus major</i>	MADAI	51	1	-	1	2.0	-	2.0
<i>Sillago sihama</i>	SHIROGISU	117	1	-	1	13.4	-	13.4
<i>Repomucenus beniteguri</i>	TOBI-NUMERI	21-144	9	-	9	109.9	-	109.9
<i>R. richardsonii</i>	NEZUMIGOCHI	49-213	5	-	5	108.3	-	108.3
<i>Pholis nebulosa</i>	GINPO	36-128	90	1	91	321.1	4.0	325.1
<i>Neoclinus bryope</i>	KOKE-GINPO	31	1	-	1	0.2	-	0.2
<i>Ditrema temmincki</i>	UMITANAGO	60- 77	12	-	12	44.8	-	44.8
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	24- 86	133	9	142	231.3	12.9	244.2
<i>Chasmichthys dolichognathus</i>	AGOHAZE	19- 33	14	-	14	2.6	-	2.6
<i>Sebastes inermis</i>	MEBARU	54- 69	16	-	16	55.6	-	55.6
<i>S. schlegeli</i>	KUROSOI	38- 43	4	-	4	3.6	-	3.6
<i>Sebastes marmoratus</i>	KASAGO	47	1	-	1	1.6	-	1.6
<i>Inimicus japonicus</i>	ONIKOZE	131-133	2	-	2	92.4	-	92.4
<i>Hexagrammos otakii</i>	AINAME	140	1	-	1	35.4	-	35.4
<i>H. agrammus</i>	KUZIME	112-156	10	-	10	382.9	-	382.9
<i>Platycephalus</i> sp.	MAGOCHI	157-221	4	-	4	158.9	-	158.9
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	HOUBOU	108	1	-	1	12.8	-	12.8
<i>Furcina ishikawae</i>	SARASA-KAZIKA	44- 84	23	-	23	87.9	-	87.9
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	ASAHI-ANAHAZE	57-109	30	3	33	194.9	14.9	209.8
<i>Paralichthys olivaceus</i>	HIRAME	33-212	19	1	20	191.4	1.2	192.6
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	71-204	31	3	34	776.7	43.7	820.4
<i>Kareius bicoloratus</i>	ISHIGAREI	88-120	11	1	12	201.2	10.0	211.2
<i>Heteromycteris japonica</i>	SASA-USHINOSHITA	61-139	19	-	19	128.4	-	128.4
<i>Paraplagusia japonica</i>	KURO-USHINOSHITA	88-263	47	-	47	1,345.6	-	1,345.6
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	KAWAHAGI	49	1	-	1	2.6	-	2.6
<i>Takifugu poecilonotus</i>	KOMON-FUGU	128	1	-	1	43.8	-	43.8
Tetraodontidae sp.	FUGU	17	2	-	2	0.0	-	0.0
Subtotal of fishes			555	18	573	5,138.3	86.7	5,225.0
<i>Portunus (P.) trituberculatus</i>	GAZAMI	90	-	1	1	-	41.8	41.8
<i>P. (P.) pelagicus</i>	TAIWAN-GAZAMI	73- 91	2	2	4	51.1	93.2	144.3
<i>Charybdis (C.) japonica</i>	ISHIGANU	22- 83	43	29	72	1,394.6	910.0	2,304.6
Subtotal of crabs			45	32	77	1,445.7	1,045.0	2,490.7
Total			600	50	650	6,584.0	1,131.7	7,715.7

*¹ Fishes and crabs caught during the removal of predators.*² Fishes and crabs caught during the investigations of survival.*³ Besides these there were over 10,000 individuals inside of the netfence.

魚類13尾, 0.3kg, カニ類52尾, 4.1kgで, 特にイシガニが多かった. 両者を合計すると魚類は18種, 116尾, 1.4kg, カニ類は2種, 76尾, 5.5kg, 総重量は6.9kgであった. 最も多かった種はイシガニで総尾数の39%, 総重量の79%を占め, 魚類ではウルメイワシ *Etrumeus teres*, シロギス *Sillago japonica*, マコガレイ, ギンポ *Pholis nebulosa* が多かった.

1990年 (Table 4-10) の害敵駆除時には魚類555尾, 5.1kg, カニ類45尾, 1.4kgが採捕された. 採捕数量は前年より多く, 特に魚類は尾数で5.4倍, 重量で4.6倍であった. 1990年はサラシ粉の濃度を20ppmと前年の3倍以上にしたため効果が大きく, 歩留り調査時にはヒメハゼが囲い網全体で約30尾見られたものの, 大型魚類はマコガレイ等が数尾観察されたのみであった. 歩留り調査時等に採捕されたのは魚類18尾, 0.1kg, カニ類32尾, 1.0kgで, 前年同様イシガニが多かったが量的には少なかった. 両者を合計すると魚類36種, 573尾, 5.2kg, カニ類3種, 77尾, 2.5kg, 総重量は7.7kgであった. 最も尾数の多かった種はヒメハゼで総尾数の22%を占め, 重量の多かった種はイシガニとクロウシノシタ *Paraplagusia japonica* で総重量のそれぞれ30%, 17%を占めていた. 魚類では他にギンポ, アサヒアナハゼ, マコガレイが多かった. なお, 害敵駆除時にコノシロ *Konosirus punctatus* の稚魚が囲い網内に大量に生息しており, 採捕されたのはごく一部であったが, サラシ粉によりすべて死亡したのが観察された.

害敵駆除取り残し魚の消化管内容物 歩留り調査時に採捕された取り残し魚の消化管内容物の検鏡結果を Table 4-11 に示した. 1989年は11尾を調べた結果, クジメ2尾がC₁を7~8尾, マコガレイ2尾がC₂を2~6尾捕食していた. 1990年では7尾を調べた結果, アサヒアナハゼ1尾がC₁を11尾, ヒメハゼ1尾がC₂を1尾捕

Table 4-11. Stomach contents of fishes caught in the investigations of crabs' survival

Year	Catching date	Species name	Japanese name	Total length (mm)	Body weight (g)	Instar and number of eaten crabs	Other stomach contents		
1989	Jun. 12	<i>Hexagrammos agrammus</i>	KUZIME	149	50.5	C1 8	Gammaridea		
				144	41.6	C1 7	Caprellidea		
		<i>Sebastes marmoratus</i>	KASAGO	101	16.2	-	empty		
		<i>Pholis nebulosa</i>	GINPO	119	5.3	-	Gammaridea		
		<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	46	0.7	-	empty		
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	HIRAME	45	0.7	-	digested matter			
	Jun. 19	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	185	88.2	C2 2	Gammaridea		
				155	51.2	C2 6	digested matter		
	Jun. 22	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	87	8.4	-	Gammaridea		
				87	8.2	-	Gammaridea		
<i>Favonigobius gymnauchen</i>				HIMEHAZE	60	1.5	-	Gammaridea	
1990	Jul. 5	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	ASAHI-ANAHAZE	92	6.7	C1 11	Gammaridea		
				<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	102	14.7	-	Polychaeta
	Jul. 9	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	68	3.0	C2 1	Polychaeta?		
				68	2.9	-	empty		
	Jul. 15	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	100	14.5	-	Polychaeta		
				<i>Favonigobius gymnauchen</i>	HIMEHAZE	76	3.6	-	digested matter
				<i>Pleuronectes yokohamae</i>	MAKOGAREI	103	14.5	-	Polychaeta

Table 4-12. Estimated number, survival rate and instar composition of reared crabs in the netfence

Year	Date	Days of rearing	Estimated number	Survival rate(%)	Instar composition
1989	Jun. 8	1 (Reception)	68.5 × 10 ⁴	100.0	C1 100%
	Jun. 9	2	13.3	19.4	C1 100%
	Jun. 12	5	11.6	16.9	C1 83%, C2 17%
	Jun. 19	12	6.0	8.8	C2 89%, C3 11%
	Jun. 22	15	8.4	12.3	C2 25%, C3 75%
	Jun. 24	17 (Release)	-	-	-
1990	Jul. 4	1 (Reception)	59.0 × 10 ⁴	100.0	C1 100%
	Jul. 5	2	28.1	47.6	C1 100%
	Jul. 9	6	26.0	44.1	C1 1%, C2 99%
	Jul. 15	12	24.6	41.7	C3 74%, C4 26%
	Jul. 17	14 (Release)	-	-	-

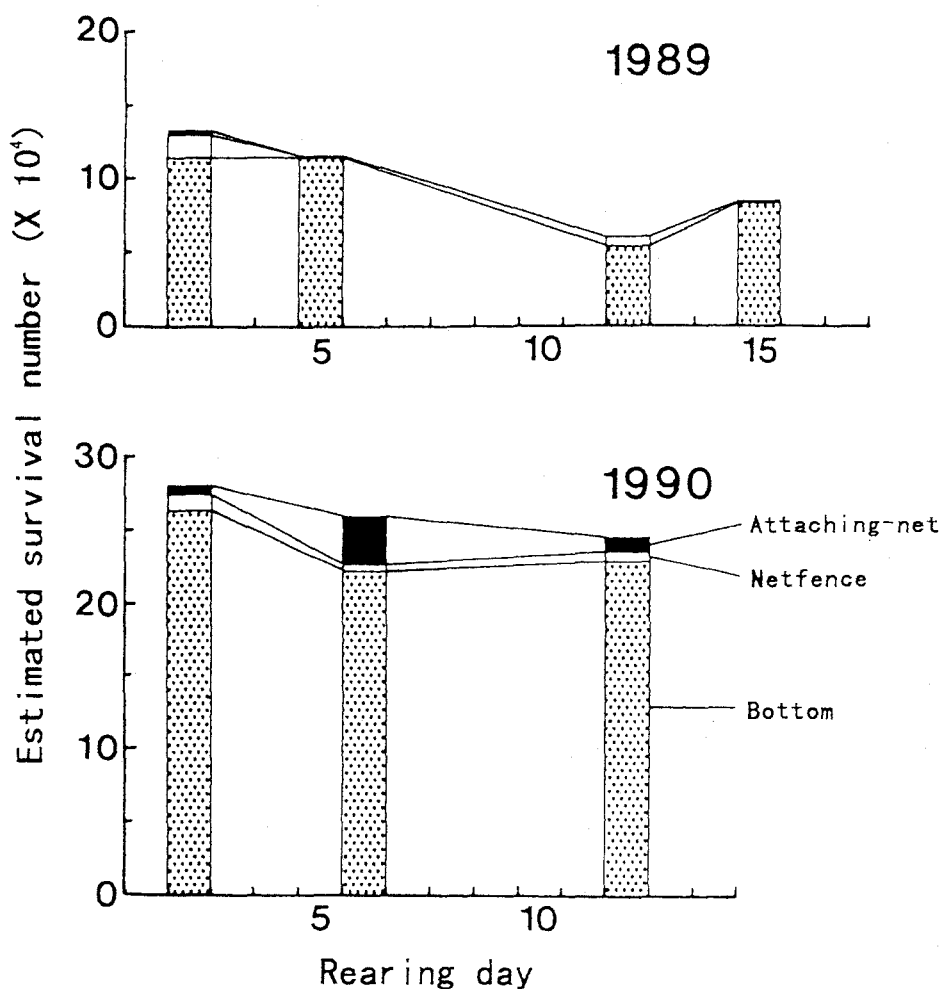


Fig. 4-10. Estimated survival numbers of juvenile swimming crabs inhabiting the bottom, netfence and attaching-net.

食していた。

摂餌状況 両年とも残餌が見られたが、残餌量は1989年の方が多く、囲い網北端付近で腐敗しているのが観察された。

稚ガニの生残 歩留り調査で得られた稚ガニの脱皮齢組成、推定尾数および歩留りを Table 4-12 に示した。1989年は種苗収容翌日に1回目の歩留り調査を実施したところ、推定歩留りは19.4%で大きな減耗がみられた。それ以降も減耗が続き、15日目の最終歩留りは12.3%と低調であった。1990年においても種苗収容翌日に調査を実施したが、推定歩留りは47.6%で、前年よりは高いがやはり大きな減耗がみられた。しかし、それ以降の減耗は少なく、12日目の最終歩留りは41.7%と高い値を示した。

稚ガニの成長 1989年では、5日目になっても83%がC₁で15日目にもC₂が25%残存する等、脱皮の遅れがみられ (Table 4-12) , 15日目の平均甲幅は8.9mmであった。1990年は、6日目にC₁が1%残っていたものの12日目にはC₄が26%出現しており成長は良好で、12日目の平均甲幅は11.5mmであった。

稚ガニの分布 歩留り調査より得られた底面、網地、付着材別の推定生息尾数を Fig. 4-10 に示した。1989年は大部分が底面に生息し、底面の平均密度は44~95尾/m²であったが、付着材と網地には2日目に計1.9万尾生息していた以外はほとんど観察されなかった。これに対し、1990年では同様に底面が最も多くその平均密度は191~220尾/m²であったが、付着材と網地でも計1.7~3.8万尾の生息が継続して観察された。一方、底面における分布状況 (Fig. 4-11) は、1989年は2日目から15日目までほぼ同様の傾向がみられ、南東側 (岸側) と北東側に多かった。しかし1990年では、2日目に北端と南西側の中央および沖側に集中分布し、その密度は236~591尾/0.25m² (944~2,364尾/m²) であったが、6日目と12日目には多少の疎密はあるもののほぼ一様に分布するようになった。

考 察

害敵駆除方法 今回の中間育成では、手間がかからず徹底して育成場から駆除できるため、サラシ粉により害敵駆除を行った。この方法はクルマエビの中間育成でも用いられ、今回と同様に最干潮時から上げ潮に向かう時に散布すれば、短時間の内に希釈、拡散され、囲い網周辺部の生物に被害は及ぼさないと報告されている (水間・石田, 1981) 。しかし、今回の害敵駆除では、弱って採捕された生物にシロギス、アイナメ、ヒラメ、マコガレイ、イシガレイ、イシガニ等の有用魚介類も多く含まれており資源保護上問題がある。地曳網 (大阪水試, 1983 a) やマンガ (大阪水試, 1984) の曳網による駆除では取り残しが多く育成歩留りは低くなる傾向がみられるため、今後は、害敵駆除が徹底され、しかも問題のない方法、例えば、網裾の沈子を用いて魚を追い出しながら囲い網を設置する方法 (伏見, 1986) 等の採用が望ましい。

稚ガニ採集方法 歩留り調査は潜水により底面の坪刈と網地や付着材の観察を行った。底面の坪刈にはパイプ製枠と刃無し抄い網 (Fig. 4-9, A, B) , 鉄板製枠と刃付き抄い網 (Fig. 4-9, C, D) の2組の用具を使用した。前者を用い

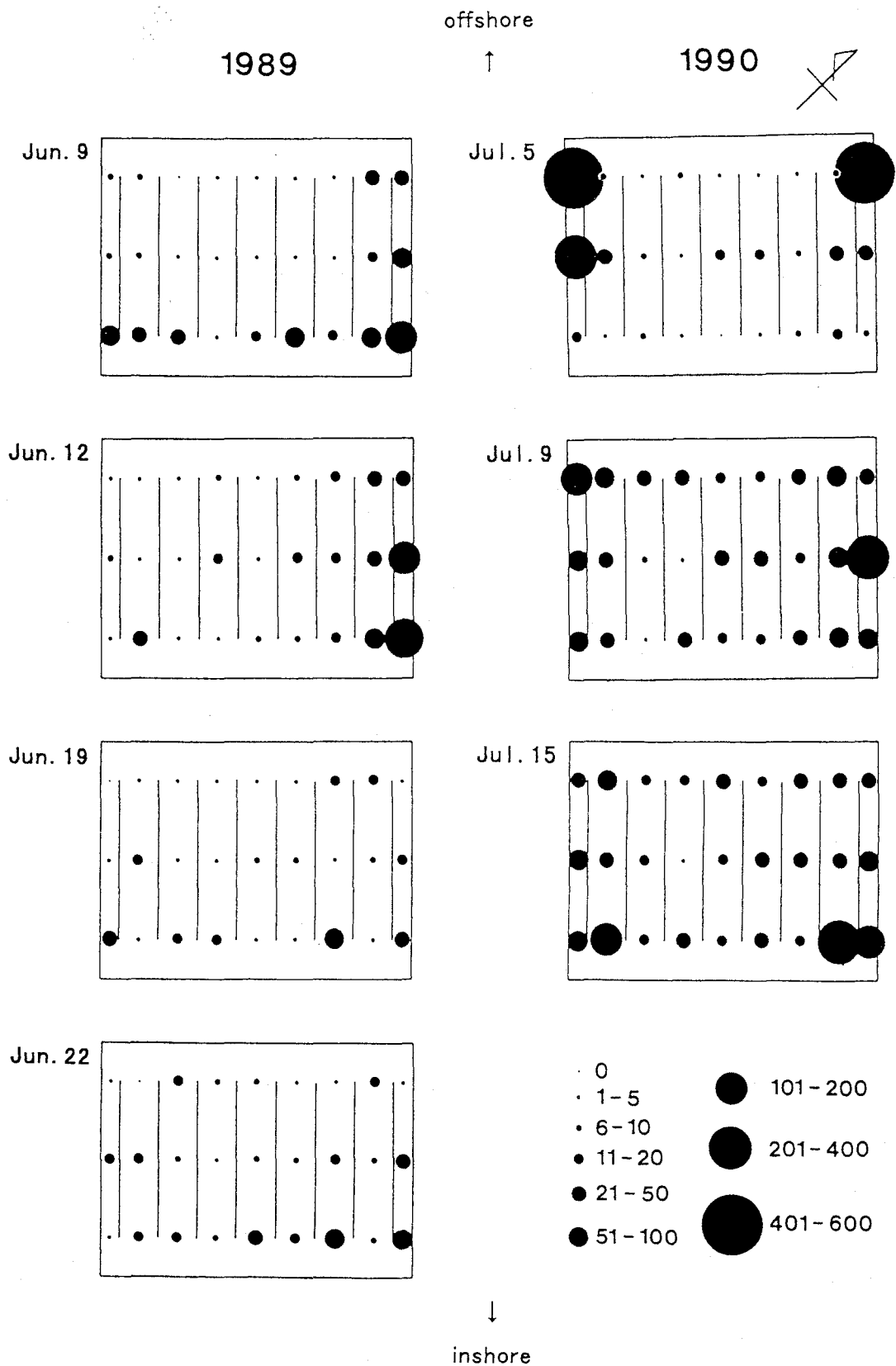


Fig. 4-11. Distributions of juvenile swimming crabs on the bottom inside the netfence. Circles indicate the collected numbers per 0.25m².

た1989年12日目の歩留り推定値が8.8%であったのに後者を用いた15日目のそれが12.3%と上昇したことから、両者の採集効率に差がある可能性が考えられる。しかし、後者の場合は、オゴノリに付着している個体も計数し、稚ガニが取れなくなるまで繰り返し採集したため、0.25m²に生息する稚ガニのほぼ100%が取れたと考えられるが、前者はそこまで徹底しなかったため取り残しがあり、これが差として現れたものと思われる。

1989年の2日目から12日目の歩留り推定値は直線的に減少しており、回帰直線は以下のとおりであった。

$$SR = -1.08D + 21.9 \quad (r = 0.998)$$

ここでSRは歩留り(%), Dは日数である。15日目もこの傾向が続くと仮定すると、上式よりその歩留りは5.7%で、パイプ製枠と刃無し抄い網での採集尾数は、鉄板製枠と刃付き抄い網を用いて徹底的に採集した場合の46.3%と計算される。この値より Table 4-12 に示す2, 5, 12日目の歩留りを補正すると、それぞれ41.9%, 36.5%, 19.0%となる。

初期減耗 中間育成2日目の歩留りは1989年は19.4% (補正值41.9%), 1990年は47.6%であり、両年とも大きな初期減耗がみられた。初期減耗の原因として、種苗の活力、食害や大潮干潮時の干出があげられ(愛媛水試ほか, 1985), クルマエビでは種苗の飼育水槽からの取り上げと輸送による活性の低下が指摘されている(伏見, 1986)。トラックのタンク内での種苗の活力は両年とも良好であったが、トラックから小型漁船に積んだヒドロタンクにサイフォンで移し、さらに囲い網へサイフォンおよび抄い網で収容したことから、これらの作業により活力低下の起こった可能性が強い。他にも、1990年の収容日は大潮であったため干出による影響も考えられる。今後はこれらの点に留意し初期減耗の低減に努める必要がある。

稚ガニの分布 両年とも底面に最も多く生息していたが、1989年は2日目に付着材と網地に計1.9万尾、1990年は3回の調査時とも付着材と網地に計1.7~3.8万尾が生息していた(Fig. 4-10)。両年とも2日目に付着材や網地に多かったのは、C₁では潜砂能力が未発達なこと(山崎, 1974)と関係している可能性がある。また、付着材と網地の生息尾数が1989年は5日目以降少なくなるが、1990年は育成期間を通じて多かったことから、稚ガニは底面(オゴノリを含む)を最も好むが、その最大生息可能密度は200尾/m²程度で、それより多い時には付着材や網地に付着するものと推察される。

歩留りと減耗の原因 2カ年にわたり海上囲い網で中間育成を行った結果、1989年はC₂₋₃まで育成して歩留り12.3%, 1990年はC₃₋₄までで歩留り41.7%であった。海上囲い網での中間育成における1980~1984年の平均歩留りは22.7%であり(愛媛水試ほか, 1985), 今までに報告された優良事例はC₃まで育成して42.8%(愛媛水試, 1985), C₃₋₄まで育成して39.3%(山口内海水試, 1980), C₄₋₅まで育成して39.8%(浜中ら, 1985)で、1989年は平均よりかなり低い歩

留り、1990年は高歩留りということが出来る。

1989年と1990年の育成方法の相違点は、①時期、②收容密度、③害敵駆除、④餌料の4点である。時期については、7月(1990年)の方が6月(1989年)より水温が高く当然成長も速いが、5月下旬～6月上旬に育成して高歩留りだった事例(愛媛水試, 1985)もあることから問題はないと考えられる。また、收容密度は1989年は571尾/m²、1990年は492尾/m²で大きな差はなかった。高密度では好結果の事例はないため、囲い網の收容密度は500～600尾/m²が目安(愛媛水試ほか, 1985)といわれており、これも妥当である。しかし、害敵駆除については両年で異なり、1989年にはサラシ粉を6ppmになるよう散布したが、囲い網内に稚ガニの捕食魚であるヒメハゼ(今田・難波, 1981)が多く残存し、消化管内容物中に稚ガニの見られた大型のクジメやマコガレイも生息しており、大規模な食害の起こった可能性が考えられる。これに対し1990年はサラシ粉の濃度を20ppmと上げたため取り残しが少なく、食害も少なかったものと思われる。また、餌料は1989年はクルマエビ用配合飼料、1990年はツノナシオキアミを使用した。配合飼料では残餌が多く観察された。同時に水産試験場内の陸上水槽で行った飼育試験において、配合飼料には摂餌活動がほとんど見られず残餌も多かったが、オキアミでは積極的な摂餌が観察された。配合飼料は高歩留りをあげている事例(相島・岩淵, 1987)はあるものの、ガザミの育成餌料として適当でなかったと考えられる。以上をまとめると、1989年の低歩留りの主な原因は、害敵駆除が徹底できなかったことと育成餌料が適していなかったことによるといえる。また、1990年の歩留りが他の優良事例と比較しても遜色がなかったのは、上記の問題点を解決したことのほか、初期減耗は大きかったがその後の減耗がほとんどなかったことがあげられる。初期減耗以外の中間育成中の減耗要因は、食害を除けば共食いが大部分と考えられ、共食いを減少させることにより好成績が期待できる。共食い防止には底層部の付着基質が有効であり(佐々田ら, 1986)、アマモも天然付着材として有効である(浜中ら, 1985)ことから、1990年の中間育成では網地製付着材の他に、多量に生育していたオゴノリも付着材として機能し共食い防止に役立っていたものと思われる。また、サラシ粉を散布したにもかかわらず種苗收容時に網地や付着材に多くのヨコエビ類やワレカラ類が生息しており、これによる餌料効果も考えられる。

4-4 種苗の脚脱落と潜砂能力

近年、魚類の放流種苗の生残に関しては、放流方法だけでなく健苗性が重要であることが論議されるようになった(古田, 1993; 山岡, 1993)。しかし、ガザミの健苗性についての知見は少なく、輸送により活力が低下する(広島水試, 1993)ことがわかっているのみである。ガザミはクルマエビと同様、潜砂することによって捕食者から身を守るため、潜砂能力は健苗性の重要な一面であり、脚脱落は潜砂能力を低下させる主要因である。そのため、脚脱落状況は健苗性の指標と考えられる。クルマエビの歩脚障害と潜砂能力の関係についてはいくつかの

知見が明らかになっているが（石田，1974ほか），ガザミの中間育成における脚脱落状況についての観察例は少ない（中島・岩谷，1980；深山・松丸，1995；深山ら，1996；原田・山本，1998）．また，脚脱落と潜砂能力との関係についても，稚ガニの潜砂活動には主に第1歩脚（鉗脚）と第5歩脚（遊泳脚）を用い，これらの内の1本でも欠けると潜砂が困難になることが報告されている（山崎，1974）に過ぎない．そこで，中間育成時の脚脱落状況を把握すると共に，脚脱落個体の潜砂能力について実験を行った．

材料と方法

1985年6～7月に実施した4回の中間育成（第4章4-3-1）で得られた稚ガニの脚脱落状況を調べた．これらはいずれも陸上コンクリート水槽での育成で，取揚時には，飼育水をサイフォンで約半分まで減水しながら，付着材（ブラシ）の繊維中に潜り込んでいるカニを水槽内に振り落とし，残った飼育水と共に稚ガニを排水口に設置した取揚ネット（1m×0.5m×0.5m）内に流し込んだ．供試稚ガニは，取揚ネット内から抄い網で100～200g程度採集し，キンラン（ビニロン製人工藻）と海水のはいったバケツに入れた後，タマネギ袋に移して水を切り，直ちに-20℃の冷凍庫に収容した．後日，脚が脱落しないように解凍し，1尾ずつ甲幅を0.1mm単位で計測するとともに脚脱落状況を観察した．

次に，第1歩脚または第5歩脚の脱落した個体の潜砂能力を知るために，陸上水槽で育成中（2回次）の稚ガニを用いて潜砂実験を行った．供試稚ガニは Table

Table 4-13. Removed legs of examined crabs in each burying experiment

Experiment number	Removed legs	
	1st leg (cheliped)	5th leg (swimming leg)
1	none	none
2	none	right
3	none	both
4	right	none
5	right	right
6	right	left
7	right	both
8	both	none
9	both	right
10	both	both

4-13 に示すように第1歩脚と第5歩脚をピンセットで除去してあり、各除去の組み合わせに付きC₃5尾とC₄5尾を用いた。稚ガニは1尾ずつウォーターバスに漬けた500ml スチロールびんに收容した。このびんには中央粒径350 μ mの砂100ml (2.5cm厚) とろ過海水350ml が入れてある。稚ガニの潜砂状況は、收容してから10分、30分、1時間、2時間、3時間、24時間後に観察した。なお、実験開始から3時間後までの水温は25.8~27.0℃で、通気は行わなかった。

結 果

中間育成種苗の脚脱落状況 調査個体の尾数、甲幅および脱皮齢組成を Table 4-14 に、甲幅組成を Fig. 4-12 に、各歩脚の平均脱落率を Table 4-15 にそれぞれ示した。各回次の平均甲幅は13.0~14.9mmで、C₄が64~79%を占めていた (Table 4-14, Fig. 4-12)。各歩脚は8~35%脱落しており、各回次の平均脚脱落率は1尾当たり13.6~24.9%、平均19.4%と高い値を示した (Table 4-15)。

次に、歩脚間、サイズにより脱落率がどう変化するか調べた。歩脚間では、左右には差がなく、第1歩脚 (鉗脚) の脱落率が平均28~30%と最高で、脚番号の順に脱落数は低下し、第5歩脚 (遊泳脚) が13~15%と最も低くなっていた (Table 4-15)。サイズとの関係では、いずれの回次においても甲幅の増加とともに脱落数が減少する傾向がみられた (Fig. 4-13)。また、各回次について第1歩脚と第5歩脚の脱落状況をまとめたところ、各回次の平均値は第1歩脚、第5歩脚とも脱落のないものが46.4%と最も多いが、第1歩脚1本のみ脱落が平均21.7%で次に多く、次いで、第5歩脚1本脱落、第1歩脚2本脱落、第1歩脚と第5歩脚1本ずつ脱落の順となっていた (Table 4-16)。

脚脱落個体の潜砂状況 潜砂実験における全実験区の平均潜砂率の変化を脱皮齢別に Fig. 4-14 に示した。ここでいう潜砂率とは完全に潜砂した個体の割合のことで、実験途中で死亡したものは活力に問題があったと見なし除外した。実験区により平均潜砂率は大きく異なっており、C₃、C₄とも対照区、第1歩脚1本除

Table 4-14. Numbers, carapace widths and instar compositions of crabs which were examined for lost legs

Rearing trials	Number of examined crabs	Carapace width (mm)		Instar composition (%)		
		Average	Range	C ₃	C ₄	C ₅
1	443	14.9	8.7-23.8	22	78	+
2	319	13.4	7.1-25.6	23	75	2
3	389	13.0	7.6-19.6	36	64	+
4	674	14.3	7.7-26.6	17	79	4

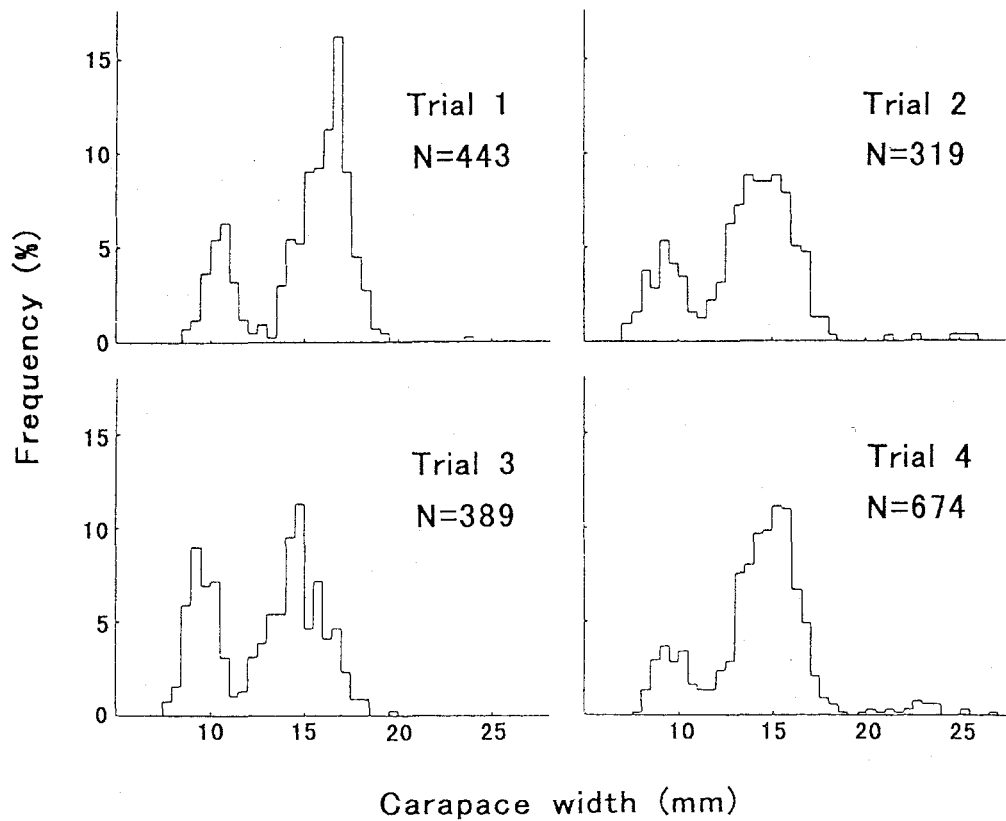


Fig. 4-12. Carapace width compositions of juvenile swimming crabs examined leg loss. Trials 1-4 indicate the numbers of secondary rearing carried out in 1985 (Tables 4-7, 4-8).

Table 4-15. Average loss rate of each leg (%)

Rearing trials	Right					Left					Average
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	26	17	21	21	14	26	20	18	13	12	18.8
2	27	12	13	8	9	26	14	12	8	8	13.6
3	35	22	17	18	15	32	19	15	16	12	20.1
4	31	28	25	27	20	28	25	23	23	20	24.9
Average	30	20	19	19	15	28	20	17	15	13	19.4

去区と第1歩脚2本除去区で高く、第1歩脚2本と第5歩脚2本除去区で低かった。時間別には、10分後は低いですが30分後から3時間後にかけては高い値を示していた。24時間後には砂上の個体が増加し、潜砂率は10分後とほぼ同じ値まで低下した。また、C₄の平均潜砂率の方が全般的にC₃より高くなっていた。

Fig. 4-14 ではばらつきが大きく比較しにくいので、潜砂率が幾分安定していた30分、1時間、2時間、3時間後の潜砂率の平均値を求め標準潜砂率とした (Table 4-17)。この表から以下のことがいえる。

- ①第5歩脚が両方あれば第1歩脚が脱落していても90%以上の個体が潜砂できる。
- ②第5歩脚が1本脱落している場合はC₃では35~86%、C₄では50~88%の個体が潜砂できる。
- ③第5歩脚が2本とも脱落している場合はC₃では0~45%、C₄では45~100%の

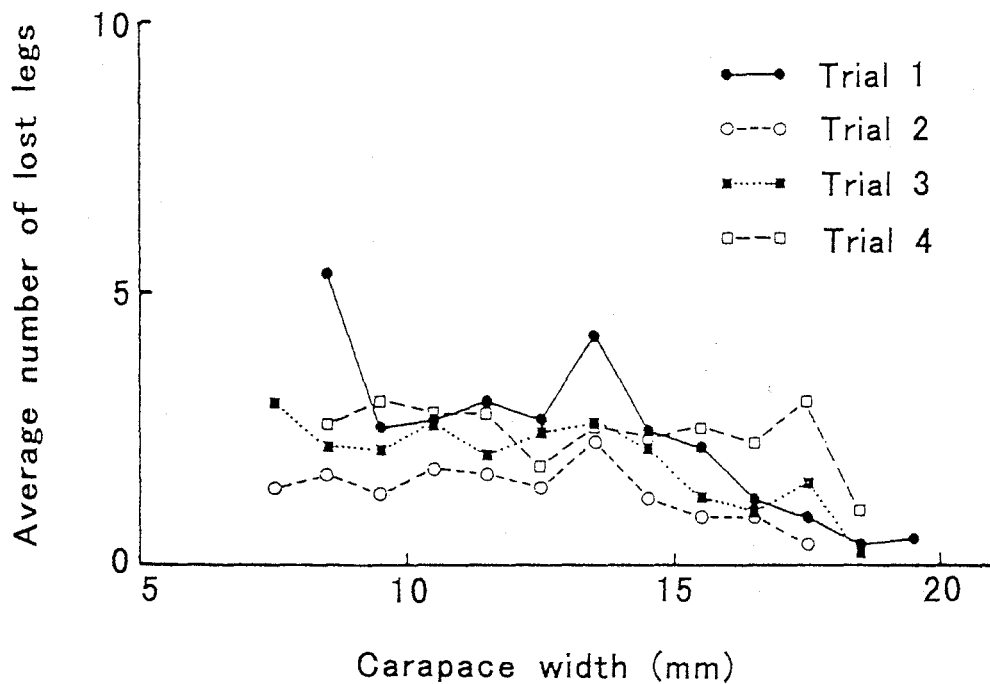


Fig. 4-13. Relationships between carapace width and average number of lost legs in each rearing.

Table 4-16. Composition of groups separated according to numbers of 1st and 5th legs removed (%)

Rearing trials	Groups	0-0*	0-1	0-2	1-0	1-1	1-2	2-0	2-1	2-2
1		51.9	9.0	0.9	18.7	5.2	1.1	7.2	4.1	1.8
2		51.4	7.2	0.6	22.6	5.6	0.0	9.4	3.1	0.0
3		41.4	9.8	0.5	23.9	5.9	0.5	11.1	4.4	2.6
4		40.7	11.4	1.5	21.4	8.9	3.6	5.8	3.6	3.3
Average		46.4	9.4	0.9	21.7	6.4	1.3	8.4	3.8	1.9

* Numerals indicate the numbers of removed 1st and 5th legs, respectively.

個体が潜砂が可能で、C₃の方がC₄より潜砂率が低くなっている。特にC₃の第1歩脚と第5歩脚のすべてが脱落している時にはまったく潜砂できない。

考 察

今回、コンクリート水槽で中間育成した種苗の脚脱落数が平均1.94本と多いことが明らかになったが、既往知見（中島・岩谷，1980；深山・松丸，1995；深山ら，1996；原田・山本，1998）でも平均脚脱落数は2本前後であることから、陸上水槽でC₃～C₅まで育成すると脚脱落が顕著であるといえることができる。

脚脱落が潜砂能力に与える影響については、第5歩脚の有無が重要であるが、C₃の第1歩脚と第5歩脚のすべてが脱落している場合を除いて、ある程度潜砂が可能であることがわかった。この結果は、第1歩脚または第5歩脚の1本でも欠けると潜砂が困難になるという山崎（1974）の報告とは一部異なっており、特にC₄では脚が脱落していても潜砂能力がある程度高いことが示唆される。今回の実験は第1歩脚と第5歩脚の有無についてのみ調べたが、潜砂能力には第2歩脚の

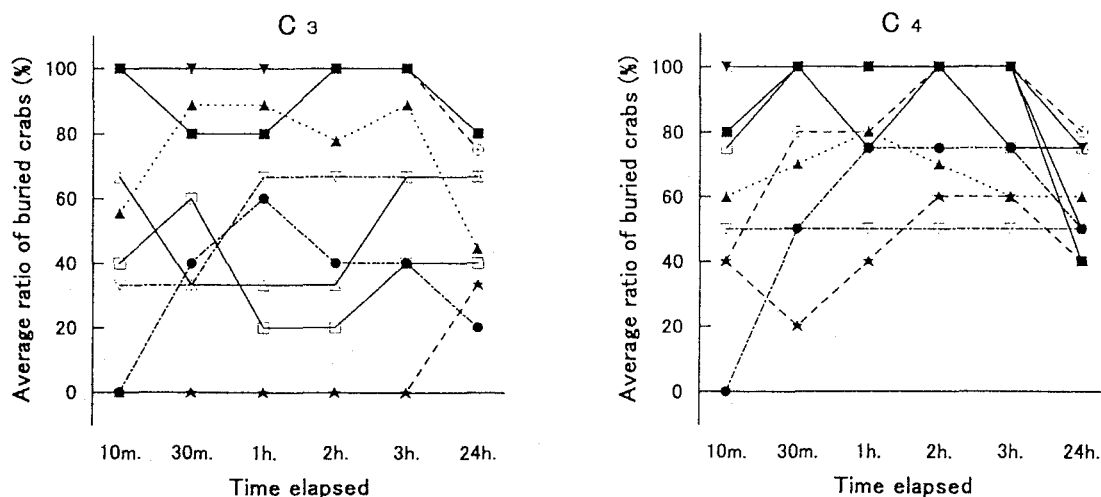


Fig. 4-14. Changes of average ratio of buried crabs with the lapse of time. ■:0-0, □:0-1, ●:0-2, ○:1-0, ▲:1-1, △:1-2, ▼:2-0, ▽:2-1, ★:2-2, which numerals indicate the numbers of removed 1st and 5th legs, respectively.

Table 4-17. Standard burying rate of each group (%)

Instar	0-0*	0-1	0-2	1-0	1-1	1-2	2-0	2-1	2-2
C ₃	90	35	45	100	86	42	100	58	0
C ₄	100	88	69	90	70	100	100	50	45

* Numerals indicate numbers of removed 1st and 5th legs, respectively.

Table 4-18. Estimated burying rate in each rearing (%)

Rearing number	Instar C ₃	Instar C ₄ -C ₅	Total
1	83.6	92.1	90.2
2	87.8	93.4	92.1
3	83.9	91.0	88.4
4	80.0	89.9	88.2
Average	83.8	91.6	89.7

関与の可能性も指摘されている（原田・山本，1998）。

次に、実際に中間育成した稚ガニの健苗性を検討するために、実験で得られた標準潜砂率の値を、上述の脚脱落状況に適用して各育成群の潜砂率を推定した。ただし、これには第2～4歩脚の脱落が潜砂能力に及ぼす影響については考慮しておらず、C₅の潜砂率はC₄と同じと仮定した。Tables 4-16, 4-17 および脱皮齢組成（Table 4-14）より計算したところ、陸上水槽中間育成種苗の各回次の推定潜砂率は Table 4-18 のようになった。これより、どの回次においても全体としては約90%の推定潜砂率であり、第1歩脚または第5歩脚のいずれか1本でも欠けている個体が50%以上含まれていても、潜砂率はそれほど低くないことがわかる。しかしながら、約10%の個体は潜砂不能であり、これらは放流後捕食されやすいものと思われる。脚脱落は潜砂能力のほかに摂餌能力や捕食者からの逃避能力にも大きな影響を及ぼしていると考えられることから、健苗性を高めるためには、脚脱落を減少させる必要がある。

なお、脚脱落が起きた時期については、育成中の脱落状況について調べていないので不明だが、付着材からの振り落としの際や取揚ネット内ではさみ合いによる脱落が観察されているため、主として取揚時と考えられる。今後は、築堤池での育成のように取揚ネットに集めずに樋門開放により放流する（田中，1997）など、取揚方法の改善が必要であるが、育成中に既に脚脱落が発生しているとの報告（深山ら，1996）もあり、育成中の軽減策も検討すべきと思われる。また、種苗輸送中の脚脱落（松村ら，1996）にも配慮する必要がある。

4-5 放流稚ガニの追跡調査

放流した稚ガニは放流海域付近に定着しそこで成長するが、生残状況は稚ガニのサイズや時期、海域により大きく異なっている（愛媛水試ほか，1985）。このため、放流効果の把握には放流してから沖合に移動するまでの生残率を正しく把握する必要がある。それには放流海域付近での広範囲で定量的な追跡調査が不可欠である。しかし、底曳網等の漁具を使用すれば広範囲の調査が可能なものの採

集効率が不明であるため、労力は大きいですが抄い網で一定面積を採集して生息密度を把握しているのが現状である。今回の追跡調査においても主に抄い網を使用した。調査地点数や調査回数を増やすことにより精度の向上に努めた。

以下に1981～1990年に実施した延べ4回の追跡調査結果について述べるが、放流方法は年により異なり、1981年はC₁の直接放流、1982年は陸上水槽で中間育成した種苗の放流、1989年と1990年は海上囲い網で中間育成した種苗の放流である。

4-5-1 1齢稚ガニによる直接放流

1齢稚ガニの直接放流を行った場合、閉鎖的な内湾にある干潟では定着に成功しているが（川西ら、1976）、それ以外では夜間の浮上逸散が激しいため定着しない場合が多い（愛媛水試ほか、1985）といわれている。定着の成否は放流場所の違いによると考えられるため、大阪湾では浅い砂浜での直接放流を試みた。

材料と方法

放流 放流場所は阪南市西鳥取地先の幅約100mの砂浜で、長さ約50mの消波ブロック突堤が左右に位置している（Figs. 4-15, 4-16）。水深は大潮満潮時でも1.8m以浅と浅く、底質は礫の多い汀線部を除いて中砂（中央粒径240～380 μ m）が主体である。放流前の1981年4月28日、5月9日および5月14日に、事前調査として潜水観察と抄い網採捕を行ったところ、所々にオゴノリの1種とアオサ類が繁茂し、アイナメ幼魚等が観察されたが、天然ガザミの生息は認められなかった。

放流種苗は、日本栽培漁業協会玉野事業場で生産され、トラックで陸上輸送された1齢稚ガニ46.4万尾を用いた。放流場所到着時に死亡個体はなかったが、活力不良のものが一部含まれていた。稚ガニは、5月26日の7時15分～8時10分に、サイフォンを用いて汀線から20m沖までの範囲に放流した。現場の水温は18.3℃であった。

追跡調査 放流稚ガニの追跡調査として、潜水観察、停船観察、稚魚ネット調査および抄い網調査を実施した。

まず、放流2時間後に汀線から20m沖付近で、また6時間後に突堤に囲まれた区域全域で潜水観察を行い、放流直後の稚ガニの状況を調べた。次に、放流当夜の浮上逸散状況を把握するために、17時30分～19時に汀線から50m沖の点（Fig. 4-16, 星印）に船を停めて、水面付近の稚ガニや流れ藻等を観察、採集するとともに、19時～20時に稚魚ネット（口径80cm、網目GG54）を5調査線（Fig. 4-15, 長さ100～200m）で表層曳きし稚ガニを採集した。なお、この日の日入時刻は19時02分であった。

また、放流後の稚ガニの生息数を把握するために、放流してから1, 2, 3, 4, 6, 10, 13日後に抄い網調査を実施した。用いた抄い網の網目は1.5mm、幅は30cmで、放流場所内に左右20m、岸沖10m間隔に設定した25定点（Fig. 4-16, 黒丸）で、30cm曳きを3～5回行って稚ガニを採集した。

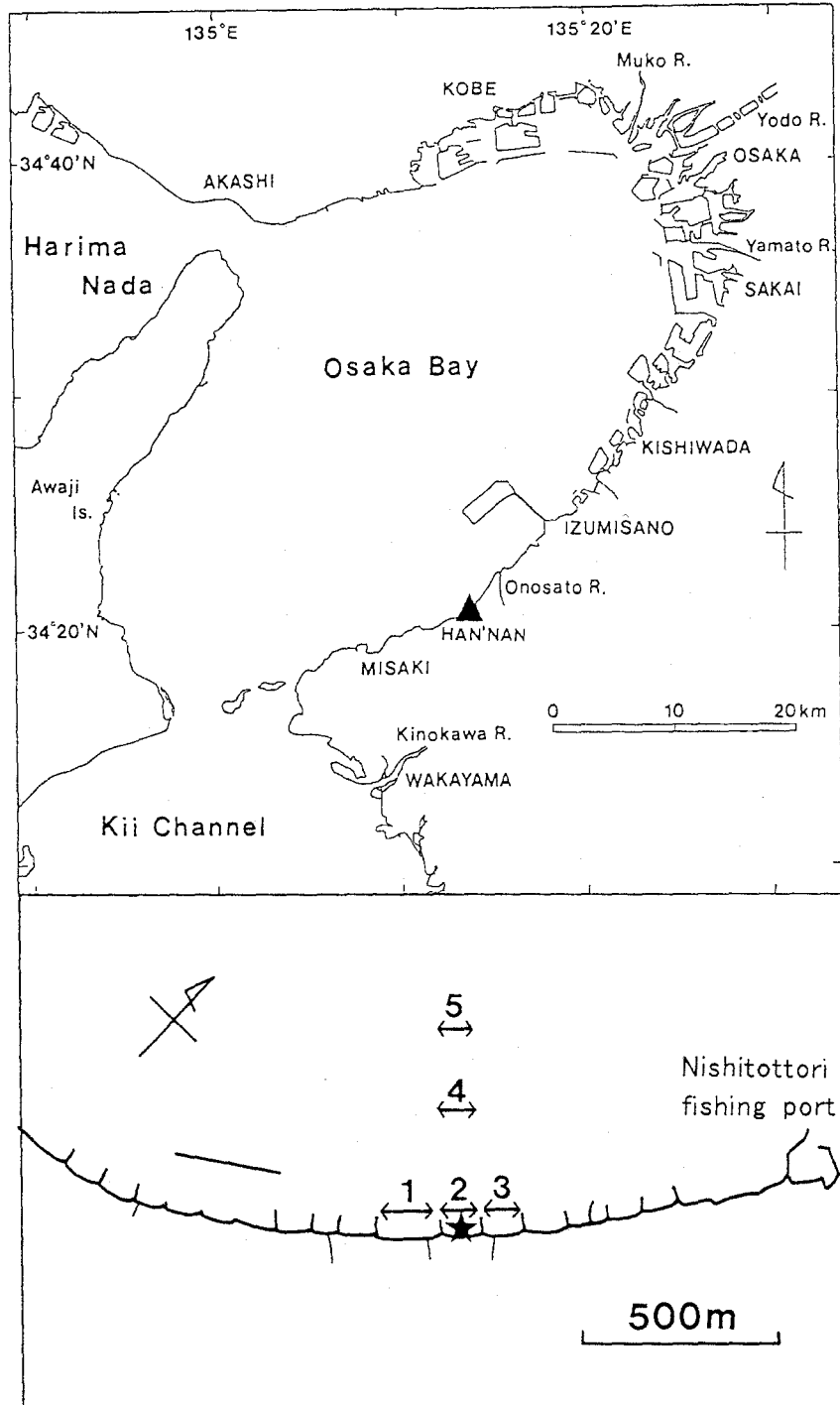


Fig. 4-15. Map showing the release and investigation area of juvenile swimming crabs in 1981 (▲). The lower part shows a magnified map, where lines with numerals show the sampling lines by fish larval net, and ★ shows the release area of *C.* crabs and the investigation area (excluding fish larval net) of juvenile crabs.

結果と考察

放流直後の状況 2時間後に潜水観察したところ、放流稚ガニはアオサ類やオゴノリ等の海藻にしがみつくものが多くを占めた。稚ガニは砂上には少なかったが、死亡個体や衰弱個体が集まっている場所も見られた。魚類ではアイナメ、イシガレイ、ネズッコ類、ヒメハゼおよびアカオビシマハゼ *Tridentiger trignocephalus* が観察され、アイナメには腹部が膨らみ飽食状態と思われるものが多かった。

6時間後も2時間後の状況とほぼ同じで、放流場所付近のオゴノリやアオサ類等につくものが多く観察された。砂底に生息する稚ガニは少なかったが、放流場所付近を中心に、突堤先端横にも分布していた。魚類はイシガレイとアイナメが見られ、この時採捕された全長79~82mmのアイナメ2尾から放流稚ガニが5~7尾検出された (Table 4-1)。

夜間の浮上逸散状況 停船観察では、17時55分から観察終了時 (19時) まで放流稚ガニが確認された。稚ガニの内訳は、潮流とともに漂ってくるアオサ類やビニール袋等の浮遊物に付着したもの108尾、遊泳個体8尾であった。また稚魚ネット調査では、調査線1で11尾、岸から500m沖の調査線5で1尾の稚ガニが採集された。これらのことから、夜間の浮上逸散が顕著であることが窺われる。

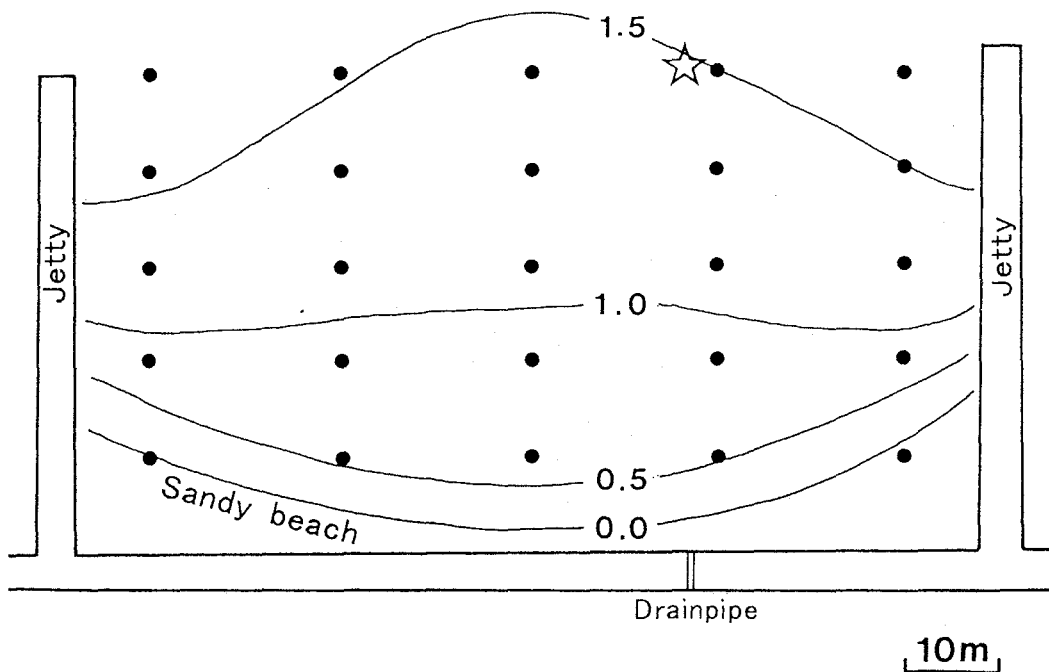


Fig. 4-16. Further magnified map showing the release and investigation area of juvenile swimming crabs in 1981. ● and ☆ show the sampling points by scoop net and the observation point onboard, respectively. Numerals indicate the depth (m) from 0.17m level below the average sea surface.

Table 4-19. Instar and number of sampling crabs, average density, and estimated number and settlement rate of released crabs in 1981

Date	Days after release	Instar of sampling crabs	Number of sampling crabs	Average density (/m ²)	Estimated number of released crabs	Estimated settlement rate (%)
May 27	1	C1	6	0.89	4,450	1.0
28	2	C1	2	0.30	1,500	0.3
29	3	C1	1	0.09	450	0.1
30	4	C1	1	0.15	750	0.2
Jun. 1	6	-	0	0.00	0	0.0
5	10	-	0	0.00	0	0.0
8	13	-	0	0.00	0	0.0

稚ガニ生息状況 抄い網調査で得られた放流後1~13日目の放流稚ガニの生息状況を Table 4-19 に示した。稚ガニは1~4日目に砂底から採集され、6日目以降は採捕されなかった。採集されたのはいずれも1齢稚ガニで、1回当たりの採集尾数は1~6尾とわずかであった。放流翌日の平均生息密度から調査区域内の生息尾数および定着率を推定したところ、それぞれ4,450尾、1.0%となり、大部分の個体が定着しなかったことがわかる。この原因としては、放流当夜に多数観察された浮上逸散やアイナメで確認された被食が考えられる。放流稚ガニの1日目の定着はわずかで、6日目以降採捕されなかったことから、大阪湾南部の砂浜域に直接放流しても定着しないことが示唆される。逸散した稚ガニについても、生息適地に到着するまでに被食される可能性が高いと思われ、直接放流は効果が望めないということができよう。

4-5-2 陸上水槽で中間育成した稚ガニの放流

上記のように直接放流では定着しないため、陸上水槽で中間育成した稚ガニ（一部海上囲い網育成成分を含む）を放流して追跡を行った。

材料と方法

放流 放流は、1982年6月14~16日に、1981年の放流と同じく阪南市西鳥取地先の幅約100mの砂浜で実施した。この場所は1981年放流場所の右隣の浜で、長さ約53mの消波ブロック突堤が左右に位置し、左側に流量の少ない小川が流入している (Fig. 4-17)。水深、底質とも1981年放流場所とほぼ同じで、水深は岸から70m沖の所で大潮満潮時3.2mと浅く、底質は中砂が主体である。海藻はアオサ類とオゴノリの1種が生育している。魚類では、放流前の5月18日の地曳網調査でムツ *Scombrops boops*, スズキ *Lateolabrax japonicus*, シロギス等の幼魚多数が採捕されており、6月14日にはカレイ類、ヒメハゼ、ネズツボ類が観察されている。なお、5月18日には甲幅42mmの天然ガザミも1尾採集された。

放流種苗は3齢または4齢主体の稚ガニで、計9.76万尾を放流した (Table 4-20)。1回目の種苗は放流場所に設置した海上囲い網で中間育成したもので、波浪による囲い網破損で6月14日に自動的に放流となった。6月15日と16日の種苗は

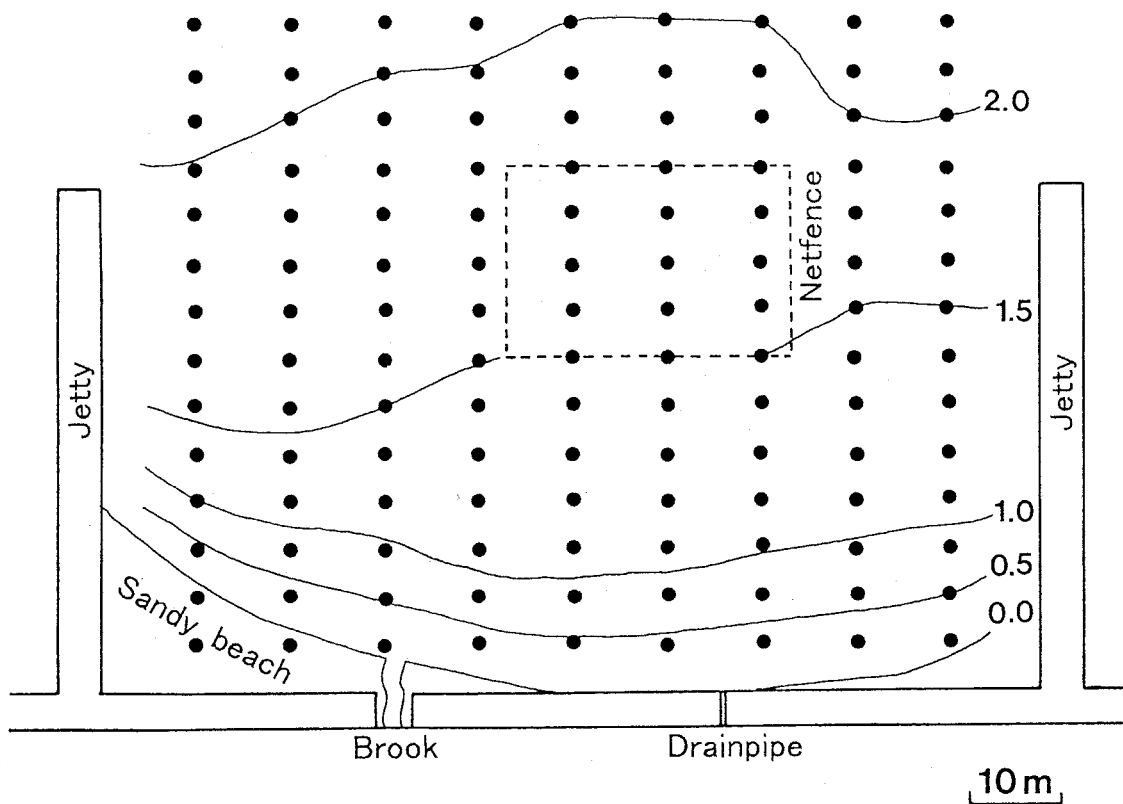


Fig. 4-17. Map showing the release and investigation area of juvenile swimming crabs in 1982. Size of the released crabs are mainly C₃ and C₄. Solid circles show the sampling points by scoop net. Numerals indicate the depth (m) from 0.94m level above the low water level.

Table 4-20. Synopsis of released crabs in 1982

No.	Date	Number of crabs (thousand)	Instar	Facilities of secondary rearing
1	Jun. 14	5.2	C ₃ 11%, C ₄ 89%	Netfence in the sea
2	Jun. 15	51.8	C ₃ 32%, C ₄ 68%	Concrete tanks
3	Jun. 16	40.6	C ₂ 1%, C ₃ 97%, C ₄ 2%	Concrete tanks
Total		97.6	C ₃ 58%, C ₄ 42%	

水産試験場内のコンクリート水槽で中間育成したもので（第4章4-3-1），トラックで陸上輸送後，6月15日は浜の左側，16日は浜の右側のそれぞれ汀線から水深1mまでの範囲にサイフォンで放流を行った。なお，放流時の水温は20.8～21.0℃であった。

追跡調査 放流稚ガニの追跡調査として，抄い網調査のみ実施した。調査を実施したのは，第2回目の放流を行った6月15日からその106日後の9月29日の延べ21回である。調査点は Fig. 4-17 に示した126点で，左右10m，岸沖5m間隔に設定した（6月15日と16日は囲い網内部を除いた114点を調査した）。各調査点で，幅30cm，網目0.5mmの抄い網による曳網を3回ずつ実施した。採集された稚ガニは尾数と脱皮齢または甲幅を調べた。なお，6月25日（放流後10日目）には，調査範囲外の稚ガニの生息状況を知るために，左右の浜でも岸から70m沖まで5m間隔に14点ずつ同様の方法で調べるとともに，調査範囲の左端，中央および右端の沖側について，岸から70～200mの範囲を10m間隔で14点ずつSCUBA潜水により調査を行った。

結果と考察

ガザミ放流群および天然群の採捕状況を Tables 4-21, 4-22 にそれぞれ示した。天然群の甲幅は放流群より明らかに大きいかまたは小さかったため，両者の分離は容易であった。

Table 4-21. Instar, carapace width, number of collected crabs, average density, estimated number and settlement rate of released crabs in 1982

Date	Days after release	Instar	Carapace width (mm)	Number of crabs	Average density (/m ²)	Estimated number of released crabs	Estimated settlement rate (%)
Jun. 15	0	C2-C4	-	68	2.21	14,144*	-
16	1	C2-C4	-	134	4.35	27,840*	28.5*
18	3	C3-C4	-	53	1.56	10,920	11.2
21	6	C3-C5	-	53	1.56	10,920	11.2
23	8	C3-C5	-	38	1.12	7,840	8.0
25	10	C4-C5	-	21	0.62	4,340	4.4
28	13	-	12-18	14	0.41	2,870	2.9
Jul. 2	17	-	16-27	11	0.32	2,240	2.3
8	23	-	19-28	19	0.56	3,920	4.0
16	31	-	22-37	11	0.32	2,240	2.3
23	38	-	27-58	11	0.32	2,240	2.3
30	45	-	30-42	4	0.12	840	0.9
Aug. 5	51	-	45-48	2	0.06	420	0.4
11	57	-	50	1	0.03	210	0.2
20	66	-	-	0	0.00	0	0.0
24	70	-	-	0	0.00	0	0.0
Sep. 2	79	-	-	0	0.00	0	0.0
10	87	-	-	0	0.00	0	0.0
16	93	-	105	1	0.03	210	0.2
24	101	-	-	0	0.00	0	0.0
29	106	-	-	0	0.00	0	0.0
Total				441			

* Crabs in the netfence are excluded.

放流群は合計441尾が採捕された。採捕数は6月16日の第3回放流1時間後の調査で最大の134尾を示したが、その後徐々に減少した。8月20日（放流後66日目）以降は、9月16日（93日目）に採捕された1尾を除き採捕されなかった。なお、放流後10日目の6月25日には、左右の隣浜でC₃3尾、岸から70~110m沖合でもC₄1尾とC₃3尾が採捕された。

一方天然群については、合計58尾が採捕された（Table 4-22）。このうち6月15日から7月30日には甲幅74~144mmの大型個体が採捕され、これらは前年生まれと考えられる（第3章3-1-2）。当年生まれと推定される個体は7月23日以降出現した。天然群の採捕尾数および平均密度は、最大でもそれぞれ12尾、0.35尾/m²と小さかった。

今回の採捕結果から放流群の定着率を計算すると、第3回放流2日後の6月18日には11.2%で（Table 4-21）、前述の直接放流における翌日の定着率1.0%を大きく上回っており、中間育成放流の有効性が示唆される。C₃まで陸上で中間育成して放流し抄い網調査により推定した翌日の定着率は、静岡県で13.6~17.6%（長谷川・天野，1994）、岡山県でも20.3%（唐川・近藤，1996）、29.1%（唐川，1997）と報告されており、海域の違いにもかかわらず高いことがわかる。今回、稚ガニは減少しながらも長期間継続して採捕されたが、調査海域での密度が減少したのは、同時に実施した投網調査で採捕された魚類の胃内容物からの稚ガニの検出がわずかであったこと（Table 4-1）、6月25日の調査で調査範囲外にも

Table 4-22. Carapace width, number of collected crabs, average density and estimated number of natural crabs in 1982

Date	Days after release	Carapace width (mm)	Number of crabs	Average density (/m ²)	Estimated number of natural crabs
Jun.	15	103-137	2	0.06	380*
	16	91	1	0.03	190*
	18	-	0	0.00	0
	21	118	1	0.03	210
	23	-	0	0.00	0
	25	144	1	0.03	210
	28	74- 90	2	0.06	420
	Jul.	2	-	0	0.00
8		95	1	0.03	210
16		-	0	0.00	0
23		10- 15	2	0.06	420
30		8- 91	4	0.12	840
Aug.		5	11- 22	12	0.35
	11	16- 29	4	0.12	840
	20	25- 39	9	0.26	1,820
	24	19- 47	11	0.32	2,240
	Sep.	2	31- 35	4	0.12
10		5	1	0.03	210
16		40	2	0.06	420
24		-	0	0.00	0
29		41	1	0.03	210
Total			58		

* Crabs in the netfence are excluded.

放流稚ガニと推定される稚ガニが採集されたことから、成長に伴う分布域の拡大が主な原因と考えられる。

4-5-3 海上囲い網で中間育成した稚ガニの放流

第4章4-3-2では1989年と1990年に大阪府尾崎地先の囲い網で行ったガザミの中間育成結果について報告したが、ここでは囲い網開放後の追跡調査結果について述べる。

材料と方法

種苗の放流 阪南市尾崎地先の砂浜 (Fig. 4-18, A浜) に設置した海上囲い網で中間育成した稚ガニを、囲い網開放により放流した。放流月日、サイズおよび数量は、1989年は6月24日、C₂₋₃ (平均甲幅8.9mm) 8.4万尾、1990年は7月17日、C₃₋₄ (平均甲幅11.5mm) 24.6万尾である。なお、放流種苗のサイズと数量は放流2日前の歩留り調査時のデータで、サイズはサンプルの計測、数量は底面の坪刈、網地と付着材の観察により推定された値であるが (第4章4-3-2)、放流日には1989年はすべてC₃に、1990年は大部分がC₄に達していたと推定される。ま

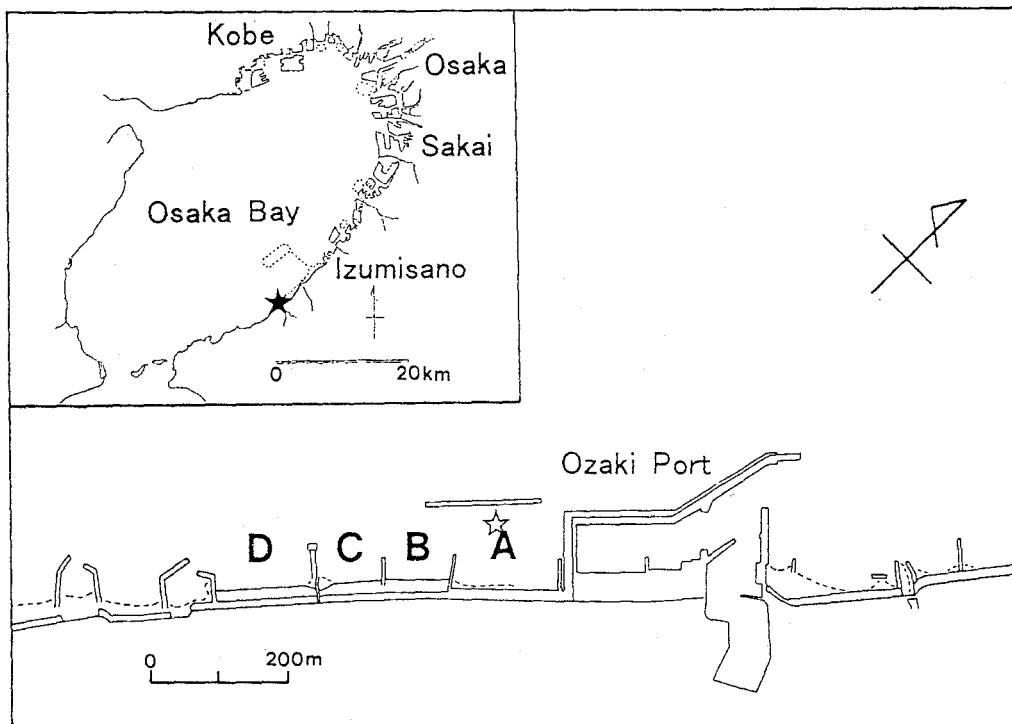


Fig. 4-18. Map showing the release and investigation area of juvenile swimming crabs in 1989 and 1990 (★). Size of the released crabs are C₂₋₃ in 1989 and C₃₋₄ in 1990. ☆ and A-D show the release area and the sandy beaches investigated, respectively.

た、1989年6月16日には、これらとは別に、日本栽培漁業協会玉野事業場で生産されたC₁30.0万尾をA浜の囲い網外側に直接放流した。

調査場所 囲い網設置場所付近の離岸堤、港、突堤に囲まれた海域 (Fig. 4-19, A浜, 面積約20,300m²) およびそれに隣接した浜 (Fig. 4-19, B, C, D浜) の距岸110mまでの海域 (合計面積約40,400m²) について調査を行った。どの浜の水深も潮位表基準面下2.5mまでで、A浜は遠浅で大潮干潮時には約半分が干上がるが、B～D浜はA浜と比較して勾配が急となっている。底質は、直径5～10cm程度の転石となっているB～D浜の沖合部 (面積約13,100m²) を除いて、粒径100～400μmの細砂が主体である。砂質部にはオゴノリの1種が多く生育し、甲殻類ではニホンスナモグリ *Nihonotrypaea japonica* が、魚類ではヒメハゼが優占している。

調査方法 両年とも放流前に事前調査を1回、囲い網開放後は原則として毎週1回調査を実施した。調査回数は、1989年では中間育成放流してから65日後まで延べ10回、1990年では49日後まで延べ9回である。1989年は、A浜に海岸線と平行に20m間隔、垂直に10m間隔で77点 (6月22日は41点) を設定し、幅25cm、網目2mmの刃付き抄い網 (Fig. 4-9, D) を曳網して0.25m²当たりの稚ガニを採捕し、尾数と甲幅を記録した。調査1回当たりの曳網距離と曳網回数は1m, 1回または0.5m, 2回で、観察したカニはガザミ, ジャノメガザミ, タイワンガザミの3種である。これとは別に、B～D浜でも8月9日と10日に抄い網と小型桁網により稚ガニを採捕し甲幅を記録した。1990年には、A浜の他に、B～D浜にも海岸線と平行に30～40m間隔、垂直に10m間隔で、それぞれ30, 20, 30点を設定し、合計157点について同様の調査を実施した。ただし、転石部21点については稚ガニ生息の可能性が小さいため、2回目以降調査は行わなかった。なお、調査点の位置確認は、A

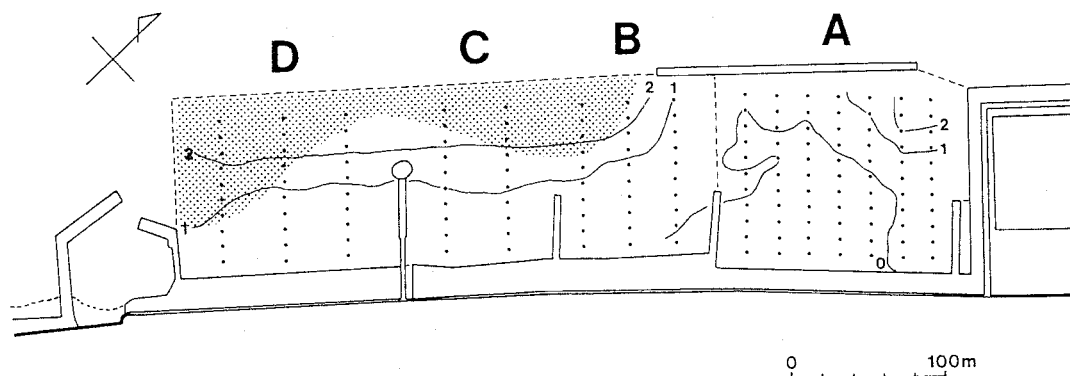


Fig. 4-19. Magnified map showing the investigation area of juvenile swimming crabs in 1989 and 1990. Black dots, broken lines and shaded part indicate the sampling points by scoop net, bounds of the area for estimating crabs number and pebble area, respectively. Numerals show the depth (m) from the low water level.

浜については北東側と南東側の消波ブロック上の目印で、B～D浜については、一定方位で岸から沖方向に延ばした100mの目盛り入りラインにより行った。

平均密度および生息尾数の推定 抄い網調査により記録されたガザミ稚ガニの尾数は、放流稚ガニと天然稚ガニに分離し、A浜、B～D浜それぞれについて平均 \bar{x} を求めた。ここで“天然稚ガニ”としたのは、甲幅が放流稚ガニの甲幅分布から考えて明らかに小さく、区別が可能な個体のことである。放流稚ガニについては、下式により不偏分散 s^2 と母平均の95%信頼区間CIを算出した。

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$CI = \bar{x} \pm 1.96 \sqrt{\frac{s^2}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}}$$

ここで x_i は i 番目の採捕数、 n は標本の大きさ、 N は母集団の大きさである。各地点の調査面積は 0.25m^2 であるので平均を4倍して 1m^2 当たりの平均密度を求め、平均密度に面積を乗じて生息尾数を推定した。推定生息尾数の95%信頼区間も同様に、上で求めたCIに4と面積を乗じて算出した。また、抄い網調査で採捕されたジャノメガザミとタイワンガザミについても、同じく平均密度と生息尾数を推定した。

結 果

1989年の調査結果

1. A浜の稚ガニの大きさと尾数 A浜における放流稚ガニ、天然稚ガニ、およびジャノメガザミとタイワンガザミの、大きさ、平均密度および推定生息尾数を、それぞれ Tables 4-23～4-25 に示した。囲い網開放2日前の6月22日に行った事前調査では、 C_2 が7千尾生息していると推定され、6月16日に C_1 で放流した直接放流群と考えられる。囲い網開放後5日目の6月29日には平均甲幅12.0mmの稚ガニ(C_{3-4})が出現し、平均密度は $4.36\text{尾}/\text{m}^2$ 、推定生息尾数は8.9万尾と大きく増加した(Table 4-23)。採捕された稚ガニは中間育成放流群が主体で、推定生息尾数は中間育成放流尾数(8.4万尾)とほとんど変わらなかった。その後、甲幅は増大し放流後65日目の8月28日には平均65.5mmに達したが、推定生息尾数は徐々に減少し放流後53日目の8月16日には2.0万尾($0.99\text{尾}/\text{m}^2$)となった。さらに、放流後65日目の8月28日には2千尾($0.10\text{尾}/\text{m}^2$)と大きく減少した。放流群の甲幅組成(Fig. 4-20)をみると、成長は順調で8月16日には平均甲幅は50.0mmで、96mmの個体も出現したが、平均甲幅の伸びは8月になるとやや鈍化する傾向がみられた。一方、ガザミ天然稚ガニ(Table 4-24)は6月29日と7月6日に各1尾、8月9～28日に5尾が採集され、その甲幅は4～17mmであったが、放流群と比較してその数はわずかであった。また、ジャノメガザミは8月16日と28日に1尾ずつ、タイワンガザミは8月28日に8尾が採捕された(Table 4-25)。

2. B～D浜の稚ガニの大きさ 8月9日と10日に、B浜で23尾、C浜で3尾、D浜

Table 4-23. Carapace width, estimated instar, number of collected crabs, average density and estimated number (released swimming crabs, beach A, 1989)

No.	Date	Days after release	Carapace width (mm)	Estimated instar	Number of collected crabs	Average density (crabs/m ²)	Estimated number (ten thousand)
PR ^{*1}	Jun. 22	-	not measured	C2	4	0.39	0.7 ± 0.9 ^{*2}
1	29	5	8~15(12.0) ^{*3}	C3~C4	84	4.36	8.9 ± 4.5
2	Jul. 6	12	10~21(15.3)	C4~C5	67	3.48	7.1 ± 3.4
3	12	18	12~27(18.5)	C4~C6	49	2.55	5.2 ± 2.3
4	19	25	14~33(21.9)	C4~C7	33	1.71	3.5 ± 1.7
5	26	32	17~47(30.0)	C5~C8	39	2.03	4.1 ± 1.9
6	Aug. 1	38	27~53(38.6)	C7~C8	28	1.45	3.1 ± 1.5
7	9	46	29~72(45.0)	C7~C9	24	1.25	2.5 ± 1.0
8	16	53	34~96(50.0)	C7~C10	19	0.99	2.0 ± 0.8
9	28	65	56~75(65.5)	C9~C10	2	0.10	0.2 ± 0.3

*1 Pre-release

*2 Range and average

*3 Average ± 95% confidence interval

Table 4-24. Carapace width, estimated instar, number of collected crabs, average density and estimated number (natural swimming crabs, beach A, 1989)

No.	Date	Days after release	Carapace width (mm)	Estimated instar	Number of collected crabs	Average density (crabs/m ²)	Estimated number (ten thousand)
PR*	Jun. 22	-	-	-	0	0.00	0.0
1	29	5	5	C1	1	0.05	0.1
2	Jul. 6	12	4	C1	1	0.05	0.1
3	12	18	-	-	0	0.00	0.0
4	19	25	-	-	0	0.00	0.0
5	26	32	-	-	0	0.00	0.0
6	Aug. 1	38	-	-	0	0.00	0.0
7	9	46	17	C5	1	0.05	0.1
8	16	53	4~13	C1~C4	2	0.10	0.2
9	28	65	5	C1	2	0.10	0.2

* Pre-release

Table 4-25. Carapace width, number of collected crabs, average density and estimated number (*Portunus (P.) sanguinolentus* and *P. (P.) pelagicus*, beach A, 1989)

No.	Date	Days after release	<i>Portunus (P.) sanguinolentus</i>				<i>Portunus (P.) pelagicus</i>			
			Carapace width (mm)	Number of collected crabs	Average density (crabs/m ²)	Estimated number (X10 ⁴)	Carapace width (mm)	Number of collected crabs	Average density (crabs/m ²)	Estimated number (X10 ⁴)
PR*	Jun. 22	-	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
1	29	5	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
2	Jul. 6	12	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
3	12	18	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
4	19	25	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
5	26	32	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
6	Aug. 1	38	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
7	9	46	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
8	16	53	57	1	0.05	0.1	-	0	0.00	0.0
9	28	65	10	1	0.05	0.1	5~10	8	0.42	0.8

* Pre-release

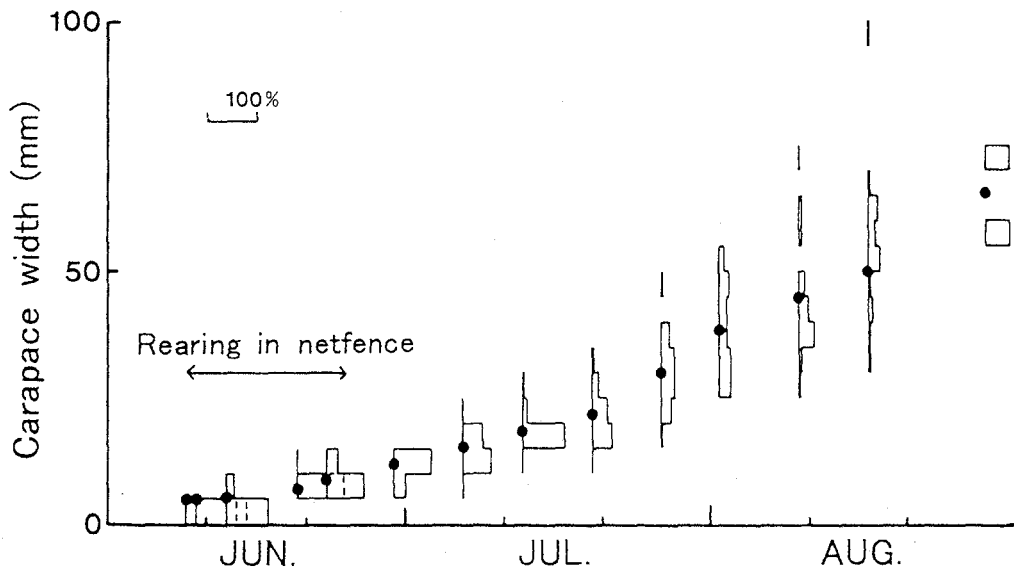


Fig. 4-20. Change of carapace width composition of the released crabs at beach A in 1989. Solid circles show the average values.

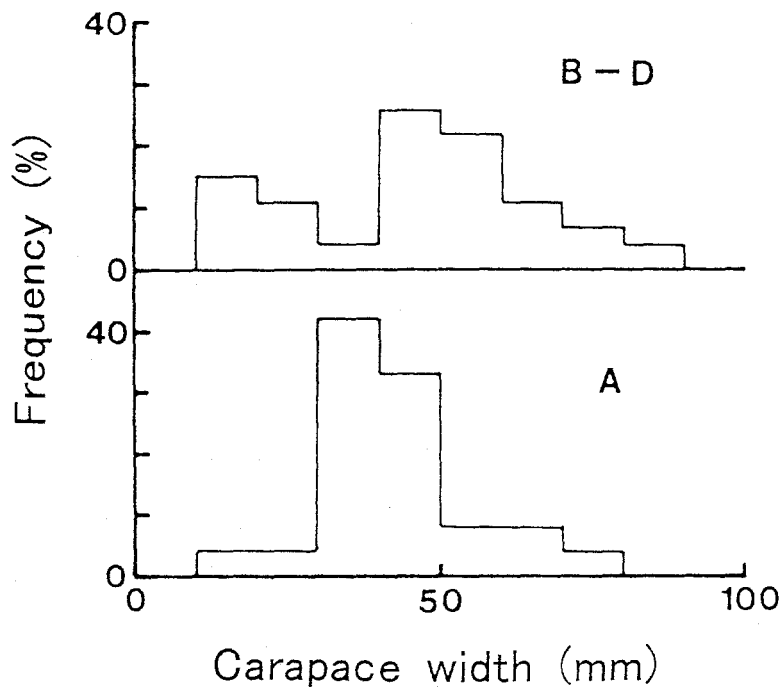


Fig. 4-21. Carapace width compositions of juvenile crabs collected from beaches B-D and A on August 9-10, 1989.

で1尾のガザミ稚ガニが採捕された。定量的に調査していないが、B、C、Dの順に少なくなる傾向がみられた。B～D浜で採捕された稚ガニの甲幅を10mm毎にまとめ Fig. 4-21 に示した。参考に8月9日のA浜で採捕された稚ガニの甲幅組成も併せて示した。A浜の稚ガニの甲幅範囲は17～72mm、平均43.9mmであったが、B～D浜の稚ガニの甲幅範囲は13～81mm、平均46.2mmであった。また、A浜ではモードは40mm前後の1つであるのに対し、B～D浜は約20mm、50mmの2つのモードがみられた。なお、B～D浜の沖側で甲幅14～59mm（平均39.3mm）のジャノメガザミ8尾、C浜の岸側で甲幅5mmのタイワンガザミも採捕された。

3. 放流稚ガニの分布 放流稚ガニの分布状況を Fig. 4-22 に示した。囲い網開放前の6月22日には、直接放流群と考えられる稚ガニが囲い網東側に局所的に分布しているのみであった。放流後5日目と12日目には囲い網のあった場所付近の水深0～1mの所に稚ガニが大量に生息し、潮位表基準面以浅にも0～3尾/0.25m²の密度で分布していた。放流後18日目頃から分布の中心は汀線のすぐ前のやや深くなった場所（水深：潮位表基準面上0.3～0.4m）に移行し、囲い網のあった場所の生息密度は低下した。放流後53日目の8月16日には海岸線から20mまでの分布はみられなくなり、放流後65日目の8月28日には放流群はほとんど残存しなくなった。

1990年の調査結果

1. 放流稚ガニの大きさと尾数 A浜およびB～D浜における放流稚ガニの大きさ、平均密度および推定生息尾数を Tables 4-26, 4-27 にそれぞれ示した。A浜（Table 4-26）では、囲い網開放10日前の7月7日に行った事前調査において稚ガニは全く採集されず、天然群はほとんどいなかった。囲い網開放後3日目の7月20日には平均甲幅16.3mmの稚ガニ（C₃～C₅）が大量に採捕され、平均密度は4.21尾/m²、推定生息尾数は8.5万尾であったが、放流尾数（24.6万尾）と比較して大きく減少していた。この時にはA浜の潮位表基準面上の海域で死骸も観察され、生息尾数と同様の方法で尾数を推定したところ、A浜全体で1.5万尾であった。しかし、その後の成長は順調で、放流後35日目の8月21日に甲幅は最大79mm、平均60.8mmに達した。推定生息尾数については8月21日まで大きな減少はなく同日には6.5万尾が生息していたが、放流後43日目の8月29日には1.7万尾と大きく減少した。放流群の甲幅組成（Fig. 4-23）を見ても、8月21日までは順調な成長が窺われるが、それ以降の平均甲幅はあまり変化していない。

一方、B～D浜（Table 4-27）では、A浜同様、事前調査で稚ガニは全く採捕されなかった。放流後3日目の7月20日にも採捕されなかったが、7月27日以降継続して採捕がみられた。その後平均密度は増加し、8月14日に0.88尾/m²と最大値に達したが、それ以降は減少した。稚ガニの平均甲幅は、8月1日以降A浜のその95.8～122.3%（平均110.4%）でA浜よりやや大きい傾向がみられたが、平均密度は最大時でもA浜の26.9%と小さかった。

A浜およびB～D浜における放流群の推定生息尾数を Fig. 4-24 に示した。前述のように、7月17日に24.6万尾の稚ガニを放流したが3日後にはA浜のみに8.5万尾が生息していた。B～D浜には7月27日以降出現し8月14日に尾数は最大とな

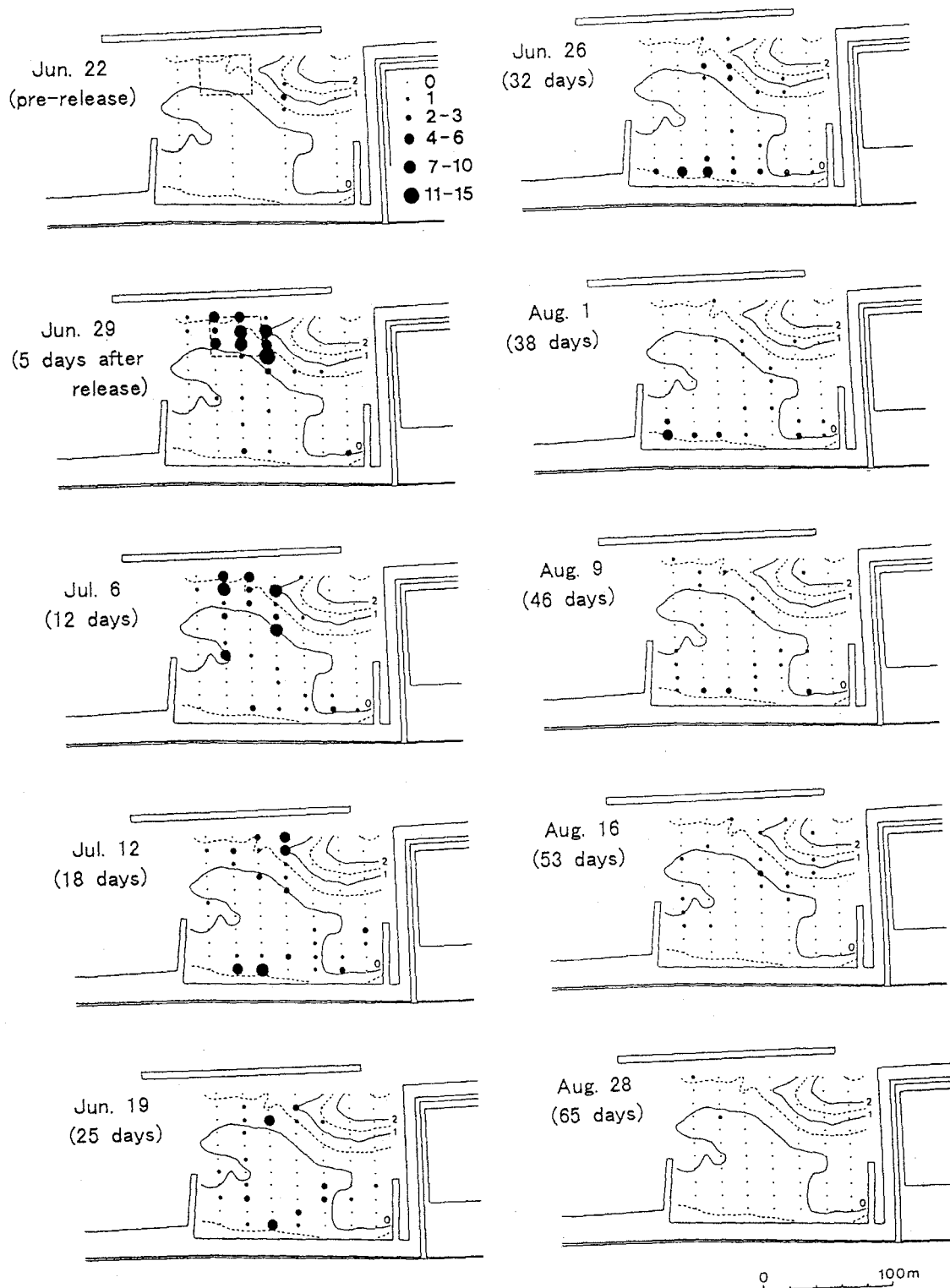


Fig. 4-22. Distributions of the released crabs at beach A in 1989. Size of circles shows the collected number per 0.25 m².

ったが、A浜と比較して稚ガニの生息尾数は少なかった。A浜とB～D浜の合計尾数は、7月20日～8月21日では7.5～9.5万尾（平均8.4万尾）と多少の変動はあるもののほぼ一定していた。

2. ガザミ天然稚ガニおよび他のカニ類の大きさと尾数 A～D浜におけるガザミ天然稚ガニおよびジャノメガザミとタイワンガザミの大きさ、平均密度および推定生息尾数を Tables 4-28, 4-29 にそれぞれ示した。ガザミ天然群は、8月21日にD浜で1尾、8月29日にA浜で1尾、9月4日にA浜とD浜で各1尾ずつが採捕され、その甲幅は15～23mmであった。前年同様、天然稚ガニの出現数は放流群と比較してわずかであった。一方、ジャノメガザミはほぼ全調査時に1～8尾出現し、その甲幅は16～86mm、平均密度は最大0.24尾/m²であった。また、タイワンガザミは8月29日に小型個体が2尾、9月4日に大型個体が1尾採捕された。

3. 放流稚ガニの分布 放流稚ガニの分布状況を Fig. 4-25 に示した。囲い網開放

Table 4-26. Carapace width, estimated instar, number of collected crabs, average density and estimated number (released swimming crabs, beach A, 1990)

No.	Date	Days after release	Carapace width (mm)	Estimated instar	Number of collected crabs	Average density (crabs/m ²)	Estimated number (ten thousand)
PR ^{*1}	Jul. 7	-	-	-	0	0.00	0.0
1	20	3	10~24(16.3) ^{**}	C3~C5	81	4.21	8.5 ± 5.1 ^{**}
2	27	10	17~34(25.3)	C5~C6	73	3.79	7.7 ± 2.4
3	Aug. 1	15	21~45(32.3)	C6~C7	84	4.36	8.9 ± 2.4
4	7	21	27~62(38.3)	C7~C8	65	3.38	6.9 ± 2.2
5	14	28	27~62(46.7)	C7~C8	63	3.27	6.6 ± 2.3
6	21	35	38~79(60.8)	C7~C9	62	3.22	6.5 ± 1.8
7	29	43	48~67(58.2)	C8~C9	16	0.83	1.7 ± 0.8
8	Sep. 4	49	51~89(63.8)	C8~C10	11	0.57	1.2 ± 0.6

*¹ Pre-release

*² Range and average

*³ Average ± 95% confidence interval

Table 4-27. Carapace width, estimated instar, number of collected crabs, average density and estimated number (released swimming crabs, beaches B-D, 1990)

No.	Date	Days after release	Carapace width (mm)	Estimated instar	Number of collected crabs	Average density ^{*1} (crabs/m ²)	Estimated number (ten thousand)
PR ^{*2}	Jul. 7	-	-	-	0	0.00	0.0
1	20	3	-	-	0	0.00	0.0
2	27	10	13~21(17.0) ^{**}	C4~C5	2	0.14	0.4 ± 0.5 ^{**}
3	Aug. 1	15	24~43(35.0)	C6~C7	3	0.20	0.6 ± 0.6
4	7	21	33~41(36.7)	C7~C8	3	0.20	0.6 ± 0.6
5	14	28	42~77(53.8)	C7~C9	13	0.88	2.4 ± 1.6
6	21	35	56~88(67.1)	C9~C10	7	0.47	1.3 ± 1.0
7	29	43	-----	-----	not examined owing to waves	-----	-----
8	Sep. 4	49	72~84(78.0)	C9~C10	2	0.14	0.4 ± 0.5

*¹ Excluding pebble area

*² Pre-release

*³ Range and average

*⁴ Average ± 95% confidence interval

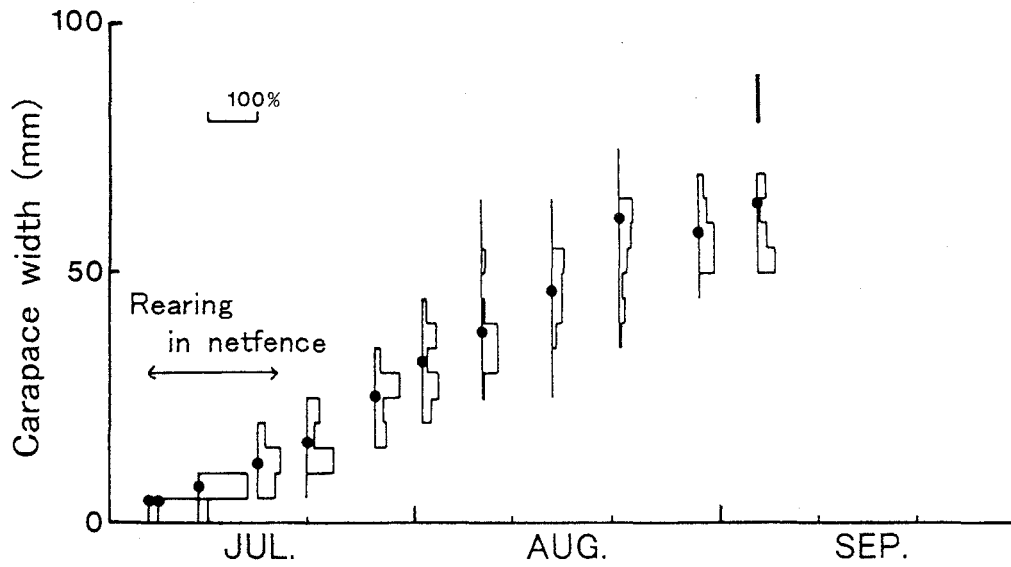


Fig. 4-23. Change of carapace width composition of the released crabs at beach A in 1990. Solid circles show the average values.

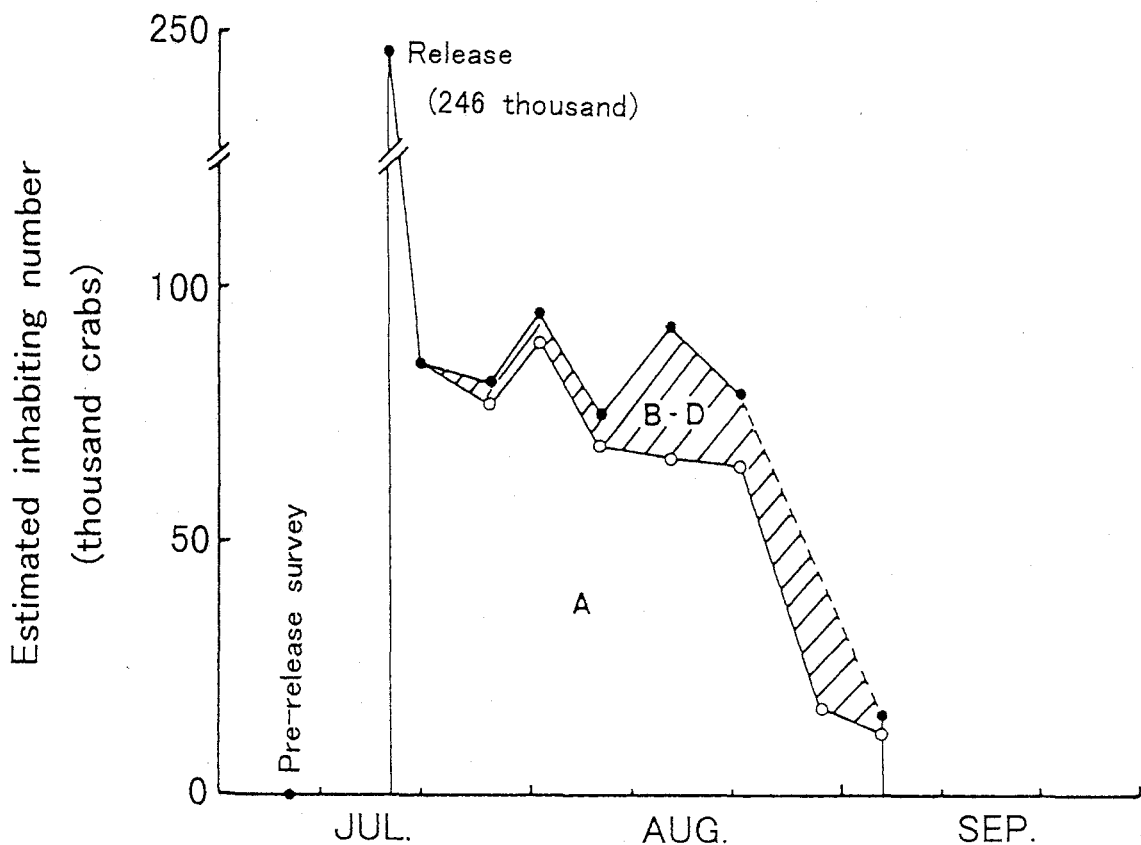


Fig. 4-24. Change of estimated inhabiting number of the released crabs in 1990. Open circles and solid circles show the number at beach A and the total number at beaches A-D, respectively.

前の7月7日には全く分布していなかったが、放流後3日目には囲い網のあった場所を中心にして浅い方にも分布し、放流後10日目からは分布はA浜の水深1m以浅のほぼ全域に広がりB～D浜にもわずかながら出現するようになった。放流後28日目の8月14日には、B浜の距岸80～100mの地点にも分布しA浜からの移動が窺われる。放流後43日目の8月29日には波浪のためB～D浜の調査はできなかったが前述のようにA浜の分布量は減った。そして放流後49日目の9月4日にはA～D浜の分布量はいずれも前回の調査時より減少した。

Table 4-28. Carapace width, estimated instar, number of collected crabs, average density and estimated number (natural swimming crabs, beaches A-D, 1990)

No.	Date	Days after release	Carapace width (mm)	Estimated instar	Number of collected crabs	Average density* ¹ (crabs/m ²)	Estimated number (ten thousand)
PR* ²	Jul. 7	-	-	-	0	0.00	0.0
1	20	3	-	-	0	0.00	0.0
2	27	10	-	-	0	0.00	0.0
3	Aug. 1	15	-	-	0	0.00	0.0
4	7	21	-	-	0	0.00	0.0
5	14	28	-	-	0	0.00	0.0
6	21	35	17	C4	1	0.03	0.1
7	29* ³	43	20	C5	1	-	-
8	Sep. 4	49	15~23	C4~C5	2	0.06	0.3

*¹ Excluding pebble area

*² Pre-release

*³ Only beach A was examined.

Table 4-29. Carapace width, number of collected crabs, average density and estimated number (*Portunus (P.) sanguinolentus* and *P. (P.) pelagicus*, beaches A-D, 1990)

No.	Date	Days after release	<i>Portunus (P.) sanguinolentus</i>				<i>Portunus (P.) pelagicus</i>			
			Carapace width (mm)	Number of collected crabs	Average* ¹ density (crabs/m ²)	Estimated number (X10 ⁴)	Carapace width (mm)	Number of collected crabs	Average* ¹ density (crabs/m ²)	Estimated number (X10 ⁴)
PR* ²	Jul. 7	-	18	1	0.03	0.1	-	0	0.00	0.0
1	20	3	-	0	0.00	0.0	-	0	0.00	0.0
2	27	10	48~60	3	0.09	0.4	-	0	0.00	0.0
3	Aug. 1	15	16~43	3	0.09	0.4	-	0	0.00	0.0
4	7	21	22~68	8	0.24	1.1	-	0	0.00	0.0
5	14	28	32~86	5	0.15	0.7	-	0	0.00	0.0
6	21	35	41~63	4	0.12	0.6	-	0	0.00	0.0
7	29* ³	43	63	1	-	-	9~13	2	-	-
8	Sep. 4	49	78~79	2	0.06	0.3	?* ⁴	1	0.03	0.1

*¹ Excluding pebble area

*² Pre-release

*³ Only beach A was examined.

*⁴ Perhaps about 100mm (the crab had escaped)

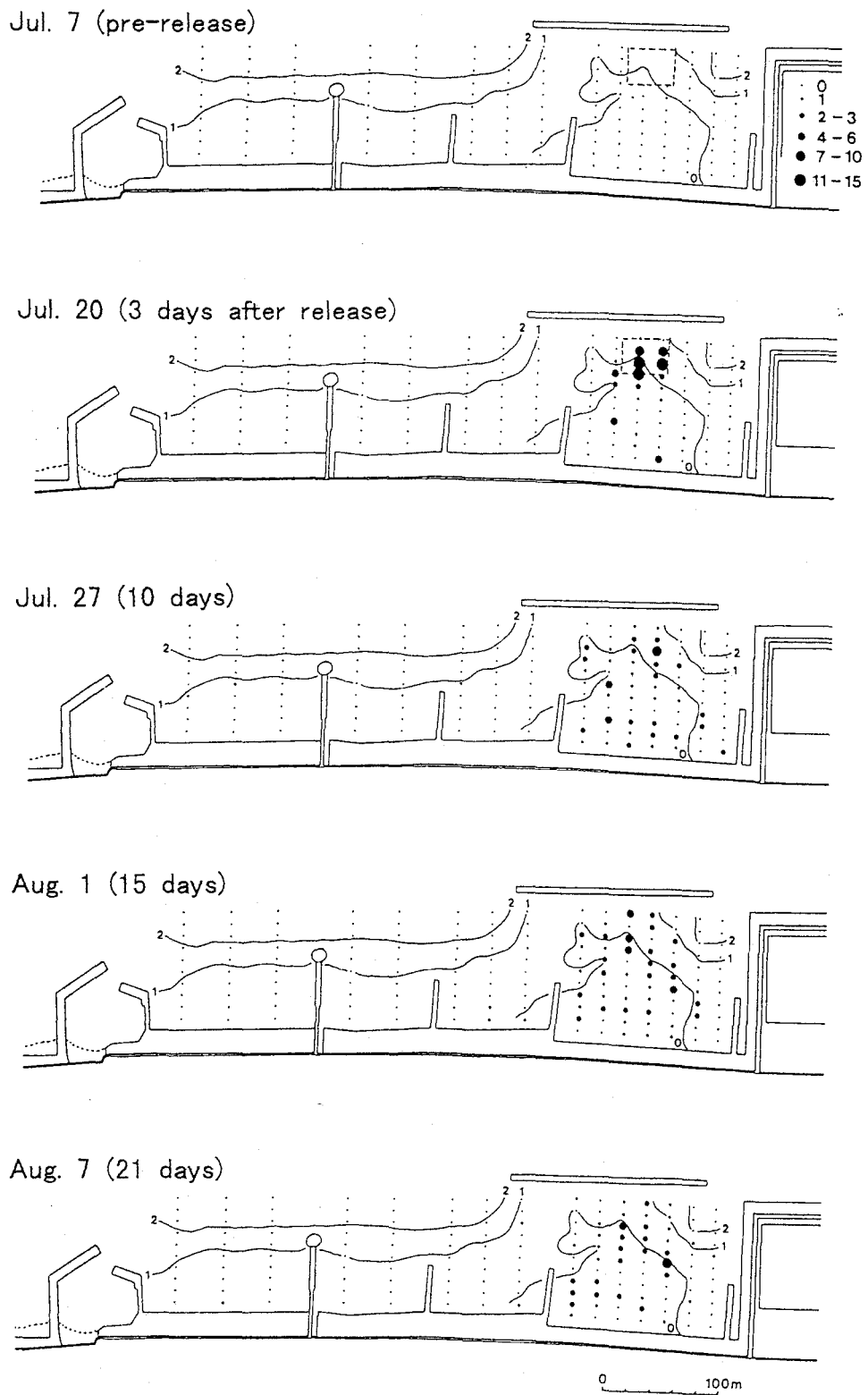
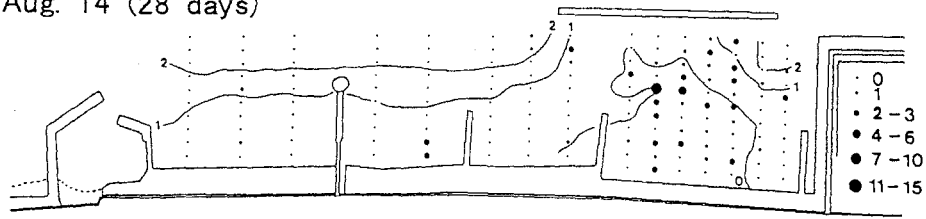
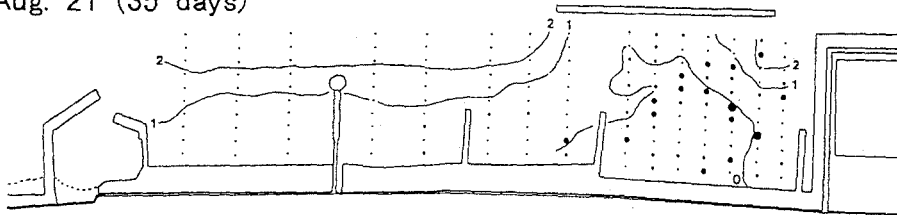


Fig. 4-25. Distributions of the released crabs at beaches A-D in 1990. Circles indicate the collected numbers per 0.25 m².

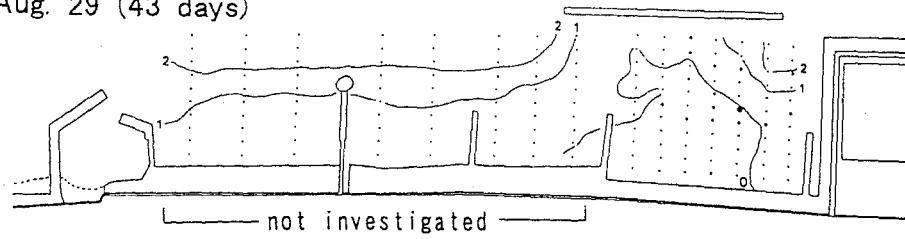
Aug. 14 (28 days)



Aug. 21 (35 days)



Aug. 29 (43 days)



Sep. 4 (49 days)

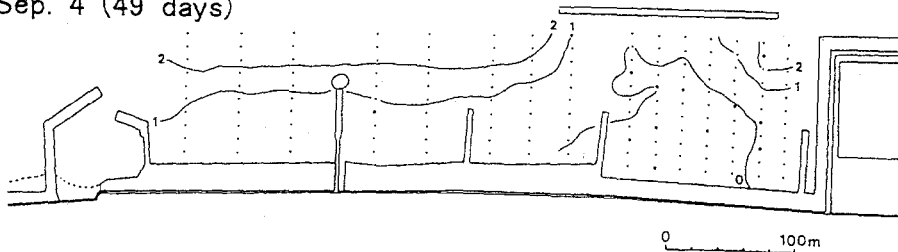


Fig. 4-25. (Continued).

考 察

放流群と天然群の識別 放流個体には標識を装着していないため天然稚ガニとの厳密な識別は無理である。しかしながら、①1989年の事前調査では直接放流群と考えられるサイズの稚ガニのみ採捕されたこと、②1990年の事前調査ではA～D浜いずれも稚ガニが全く採捕されなかったこと、③放流群の甲幅組成 (Figs. 4-20, 4-23) から判断すると、ここに現れる Modal-group は同一系列と思われることから、今回放流稚ガニとして計数したもののの中に天然稚ガニが混在している可能性は低いと考えられる。

放流稚ガニの定着 1989年は、6月24日にC₂₋₃8.4万尾を放流したところ、5日後のA浜の推定生息尾数は8.9万尾で、直接放流群が一部混ざってはいるものの放流群のほとんどがA浜に定着したものと考えられる。これに対し1990年では、7月17日にC₃₋₄24.6万尾を放流したが、3日後の推定生息尾数は8.5万尾 (35%) で放流直後に大きな減少がみられたことになる。中間育成放流したガザミ種苗の定着率については、80% (石川ら, 1979), 47% (大分浅海漁試, 1980; 愛媛水試, 1985), 45% (福岡豊前水試, 1980) と高く推定された事例もあるが、その一方で放流直後の逸散が大きいために低く推定される場合も多く、不安定といわれている (愛媛水試ほか, 1985)。放流技術開発事業報告書に定着率が明記されている事例は少ないが、得られた値と比較すると、今回の定着率は1989年は非常に良好、1990年は平均的といえよう。

1990年放流稚ガニの定着率が1989年と比較して低かった原因の一つとして、A浜浅部で死骸が多く観察されたことから、干潮時に浅場に取り残された稚ガニが好天による高温や乾燥に耐えきれず斃死したのではないかと推察される。観察された死骸は推定約1.5万尾であったが、鳥類による弱った個体の捕食や共食いもあったと考えられ、斃死尾数は観察数よりもっと多かったと思われる。稚ガニ減少の原因にはこれ以外に食害や逸散の可能性も考えられる。クルマエビの放流直後の減耗要因は食害であり (桧山, 1986)、囲い網開放による放流では分布が極度に団塊的になるため高率の被食が起きる危険性のあることが指摘されている (倉田, 1972)。ガザミにおいてもこの可能性があるが、C₄以上の大きさだと被食がないと考えられること (第4章4-2-2)、および1989年の結果では減耗がほとんどなかったことから推して食害は少ないと思われる。従って、減少の原因には、高温や乾燥による斃死と共に、放流密度が高すぎたことによる調査範囲外への逸散も考えられる。

放流稚ガニの分布と生息数 1989年における放流後5日目のA浜での推定生息尾数は8.9万尾であったが、その後減少し放流後53日目には2.0万尾、65日後には2千尾となった (Table 4-23)。B～D浜では8月9日と10日のみ調査を行ったが、採捕された稚ガニの甲幅組成 (Fig. 4-21) をみると2つのモードが存在した。この時、A浜では甲幅29～72mm (平均45mm) の放流群と17mmの天然群が採集されており (Tables 4-23, 4-24)、A浜の甲幅組成と比較すると、B～D浜の50mm前後のモードが放流群、20mm前後のモードが天然群と推定される。このことから、A浜からB～D浜への移動、特に大型の個体の移動が示唆される。ただし、放流

後53日目と65日目の間のA浜での生息尾数の大きな減少については、65日目の段階で2千尾しか残っていなかったことから推察して、この時点で沖合への移動を促す何らかの要因が働いたと思われる。8月16日（放流後53日目）以降、小型個体の成長はみられるが甲幅65mm以上はわずかであることから、この程度の大きさになると浅海域の砂浜より出ていくと推定される。

1990年では、放流後3日目までの尾数の減少は大きかったものの、それ以降放流後35日目までA浜の推定生息尾数の減少は少なく（Table 4-26）、A～D浜全体の推定生息尾数はほとんど一定であった（Fig. 4-24）。B～D浜にも放流後10日目以降出現し尾数が増加したことから（Table 4-27）、A浜での尾数の減少はB～D浜への移動を意味し、B～D浜の稚ガニの平均甲幅がA浜より大きかったことから推して、前年同様、大型個体の移動があったと考えられる。また、A～D浜全体の推定生息尾数の変化が少なかったことは、この間の稚ガニの減耗があまりなく、言い替えると魚類等による被食も共食いもほとんどなかったと推察できる。これは、適切な場所にC₄で放流すれば、仮に初期減耗はあったとしても、一旦定着した個体はその後減耗せずに成長し沖合へ移動することを示唆している。放流後35日目以降、A～D浜全体の推定生息尾数は激減し、A浜では平均甲幅が増加していないが、この間に甲幅70mm以上の個体が沖合へ移動したものと考えられる。そして、このような想定は、甲幅65mm以上になると浅海域から移動するという前年の推定ともほぼ一致する。さらに、8月29日（放流後43日目）に得られた、放流群と同程度の大きさのガザミが近くの定置網に入網しているという漁業者よりの情報と合致している。

放流稚ガニの成長 平均甲幅50mmに達するまでの日数は、1989年には放流後53日目、1990年は約30日目であった。両年の違いは、放流日が約1ヵ月異なっていたため主に水温によるものと考えられる。過去、大阪府で同時期に放流された事例と比較すると、1989年の放流群は1983年6月24日放流群（大阪水試、1984）より成長が悪く、1990年群は1984年7月20日放流群（大阪水試、1985）とほぼ同様であった。1983、1984両年の稚ガニの生息密度は今回の結果より低かったと推察されるが、生息密度により成長が影響される可能性も考えられる。

放流ガザミの成長式としてはバータランフィー式が知られているが、甲幅45mm以下は実測値と適合しない（大分浅海漁試ほか、1980）ため、今回の結果については第3章3-1-2に従いロジスティック式をあてはめた。なお、計算には中間育成開始から沖合移動前までの平均甲幅のデータを用い、Akamine（1986）のプログラムを使用した。

$$1989年： CW=81.00/(1+\exp(-0.04909(T-58.21)))$$

$$1990年： CW=80.65/(1+\exp(-0.07507(T-34.68)))$$

ここで CW は甲幅（mm）、 T は中間育成開始からの日数である。両式について χ^2 検定を行ったところ、双方とも有意であった。

天然群および他のカニ類との競合 ガザミ天然稚ガニは大阪府南部の砂浜では

例年7月上～中旬に多く出現する。今回採捕された稚ガニでこれに該当するのは、1989年8月9日と10日のB～D浜の個体を除けば、1989年6月29日と7月6日の各1尾ずつとわずかで、2尾以外は兩年とも放流群が成長し密度が減少してから出現している (Tables 4-24, 4-28)。また、放流群の密度が減少してから出現する傾向はタイワンガザミにもあてはまる (Tables 4-25, 4-29)。放流群が高密度に生息していれば天然稚ガニが砂浜に出現しても放流群の捕食により生存できず、密度減少後に初めて生息が可能となるのではないだろうか。ただし、1990年のジャノメガザミのように放流群より大きいサイズであれば共存が可能であるが、ジャノメガザミが量的に多いと1984年 (大阪水試, 1985) の放流時のように、競合により放流群が逸散したり捕食されることも考えられる。

放流サイズと方法 1989年には中間育成放流の他にA浜にC₃の直接放流も行ったが、直接放流後6日目の推定定着率は2.3%と低く、大阪府の過去の放流例と同様に直接放流をした場合定着率が低い傾向がみられた。また、1990年の結果は、大阪府沿岸のように干潟がなく捕食魚の多い海域では放流サイズは被食のないC₄以上がよい (第4章4-2-2) という指摘を裏付けることとなった。しかし1989年には、遠浅で干潟状になっているA浜にC₃で中間育成放流したところ、定着率が高く放流後しばらく高密度を維持したことから推して、このような場所では1齢若いC₃による放流でもかなりの成果が得られると思われる。だが、それ以外の海域、例えばB～D浜のような勾配のやや急な所では、C₃を捕食する可能性のある魚類も多く見られ、やはりC₄による放流が望ましいと考えられる。ただし、1990年のように1ヵ所に大量に放流すると逸散することもあるため、なるべく低密度に分散放流する必要がある。この時の密度は、今回の定着時の密度、4.21～4.36尾/m²が上限の目安となるだろう。また、放流水域の干出によって生じた高温や乾燥による斃死を防ぐために、浅所への放流は大潮時を避けた方がよいと思われる。

残された問題点 1990年にはA～D浜で約8.4万尾の稚ガニが成育し沖合へ移動したと推定された。これらから期待される漁獲増は漁獲モデルを用いることにより計算可能だが (第4章4-6)、今回の放流効果を考えた場合、沖合移動群だけでなく初期に逸散した稚ガニによるものも含める必要がある。放流海域から逸散した稚ガニは主としてA浜の北東方向または沖合に移動したと思われるが、その生死は不明である。抄い網調査をもっと広範囲に行うのは多大な労力がかかるばかりか、成長に伴い天然群との識別も難しくなる。換言すれば、逸散した稚ガニの追跡調査は現段階ではきわめて困難な状況にある。稚ガニへの標識法の開発により漁獲物から放流効果の変動過程を明らかにすることが望まれる。

今回、2ヵ年にわたり同じ場所で中間育成し放流を行ったが、A浜での生息密度は1989年と1990年では定着時にはほとんど同じであった。にもかかわらず、その後の密度の推移は異なっていた。稚ガニは成長と共に体重が増えるため、甲幅と体重の関係式 (大分浅海漁試ほか, 1980) から単位面積当たりの総体重を求めると、1989年は放流後53日目に12.1g/m²、1990年は放流後35日目に35.9g/m²と最大を示し、かつ、その値は1990年には1989年の約3倍であった。兩年の生息密

度や総体重の違いが生ずる過程については今回のデータのみでは説明が不可能である。クルマエビでは、生息限界密度は餌料や潜伏場をめぐる競合関係により決定される（桧山，1986）といわれているが、ガザミではよくわかっていない。今後は、餌量との対応や個体間の干渉を調べることにより放流ガザミに対する環境収容力を明らかにしていく必要がある。

4-6 ガザミの放流効果

魚類の放流効果は一般に標識放流によって推定されているが、ガザミでは小型個体に装着できる標識が実用化されていないため、群分離や生残率の推定等により放流効果が推定されている。放流技術開発事業において多くの機関で放流効果が試算され、回収率（漁獲尾数／放流尾数）は0.37～69.7%という値が得られている（愛媛水試ほか，1985）。しかし、放流群と天然群の分離方法に問題が多く、得られた値は正確とはいいがたい。また、北田（1986）は放流効果評価方法の問題点と課題について総説し、効果評価には正確な自然死亡係数の推定が必要と述べている。彼自身、漁獲モデル（北田，1983）や放流数と漁獲量との対比（北田，1984）により効果を検討したが、前者は漁具能率や自然死亡係数に問題があり、後者については、1971～1982年の放流数と漁獲量の間に関係がみられたものの、天然資源量の変動が大きいのかそれ以降は関係がみられていない。以上のように、現在までの放流効果推定方法にはいずれも問題があるため、今後は、①厳密な群分離、②定量的な追跡調査、③精度の高い自然死亡係数の適用により改善していく必要がある。

これらのことを踏まえ、本項では、大阪湾における成長漁獲モデルを構築することにより、漁場加入までの生残尾数が正確に把握できている1990年放流群について放流効果を推定する。

成長漁獲モデルの構築

放流群の漁場加入後の漁獲状況を知るためには、放流群がどのように成長し、どのように漁獲されるか、モデルを構築して計算を進める必要がある。大阪湾のガザミの成長漁獲モデルは、石岡（1983）により検討されている。しかし、成長には山口県で推定されたものを適用し、自然死亡係数には処女資源からの推定値として $0.12/\text{month}$ を用いるなど問題があると考えられるので、このモデルに改良を加えた。

まず成長であるが、放流群は9月始め頃に漁場加入したと推定されることから（第4章4-5-3）、9月加入群（第3章3-1-2）と同じ成長を示すと仮定した。2年目の脱皮回数は、第3章3-1-1と塩田（1990）から推定して、雌：9月初めの1回、雄：7月中旬と9月初めの2回とした。また、3年目以降の脱皮は雌雄とも9月初めの1回（第3章3-1-1）とし、寿命は雌4年、雄3年（第3章3-1-2）で9月初めに死亡するとした。なお、加入日は計算を容易にするため9月1日とし、脱皮前後の甲幅の関係は(1)式（第3章3-1-1）、甲幅と体重の関係式は(2)式（大分浅海漁試

ほか, 1980) を用いた. このようにして得られた成長モデルを Fig. 4-26 と Table 4-30 に示した.

$$L_{n+1} = 18.8 + 1.07 L_n \text{-----} (1)$$

$$W(i) = 8.119 \times 10^{-5} L(i)^{2.924} \text{-----} (2)$$

ここで, L_n と L_{n+1} は脱皮前後の甲幅, $L(i)$ と $W(i)$ はそれぞれ月コード i における甲幅 (mm) と体重 (g) を示す.

加入後は, 石岡 (1983) に従って, (3)~(6)式により自然死亡し漁獲されると仮定した.

$$D(i) = N(i) \frac{M}{F+M} [1 - \exp\{-(F+M)\}] \text{-----} (3)$$

$$C(i) = N(i) \frac{F}{F+M} [1 - \exp\{-(F+M)\}] \text{-----} (4)$$

$$N(i+1) = N(i) \cdot \exp[-(F+M)] \text{-----} (5)$$

$$Y(i) = C(i) \cdot W(i) \text{-----} (6)$$

ここで, $N(i)$, $D(i)$, $C(i)$, $Y(i)$, $W(i)$ は, それぞれ月コード i の期首尾数,

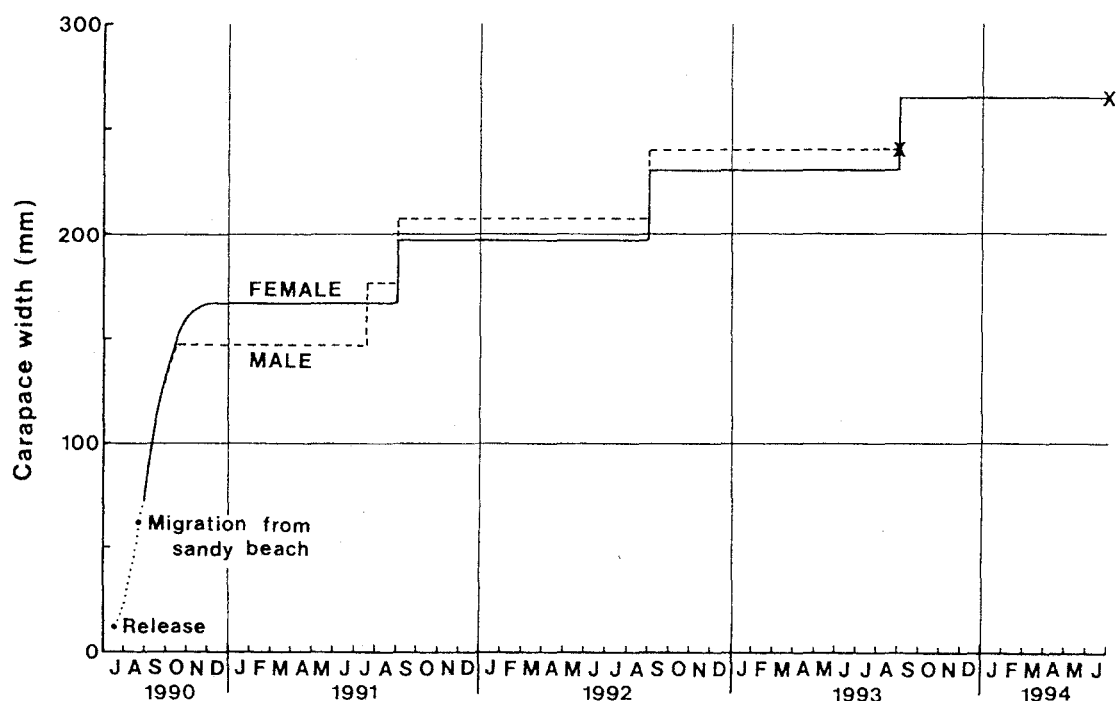


Fig. 4-26. Growth model of the released swimming crabs in 1990. X indicates a natural death.

Table 4-30. Growth model of the released crabs in 1990

Year	Month	Month code <i>i</i>	Carapace width (mm)		Body weight (g)		
			Female	Male	Female	Male	Average
1990	Sep.	1	107	107	70	70	70
	Oct.	2	152	147	195	176	186
	Nov.	3	165	147	247	176	212
	Dec.	4	167	147	256	176	216
1991	Jan.	5	167	147	256	176	216
	Feb.	6	167	147	256	176	216
	Mar.	7	167	147	256	176	216
	Apr.	8	167	147	256	176	216
	May	9	167	147	256	176	216
	Jun.	10	167	147	256	176	216
	Jul.	11	167	147→176	256	176→299	247
	Aug.	12	167	176	256	299	278
	Sep.	13	197	207	415	480	448
	Oct.	14	197	207	415	480	448
	Nov.	15	197	207	415	480	448
	Dec.	16	197	207	415	480	448
1992	Jan.	17	197	207	415	480	448
	Feb.	18	197	207	415	480	448
	Mar.	19	197	207	415	480	448
	Apr.	20	197	207	415	480	448
	May	21	197	207	415	480	448
	Jun.	22	197	207	415	480	448
	Jul.	23	197	207	415	480	448
	Aug.	24	197	207	415	480	448
	Sep.	25	230	240	653	740	697
	Oct.	26	230	240	653	740	697
	Nov.	27	230	240	653	740	697
	Dec.	28	230	240	653	740	697
1993	Jan.	29	230	240	653	740	697
	Feb.	30	230	240	653	740	697
	Mar.	31	230	240	653	740	697
	Apr.	32	230	240	653	740	697
	May.	33	230	240	653	740	697
	Jun.	34	230	240	653	740	697
	Jul.	35	230	240	653	740	697
	Aug.	36	230	240	653	740	697
	Sep.	37	265	-	989	-	495
	Oct.	38	265	-	989	-	495
	Nov.	39	265	-	989	-	495
	Dec.	40	265	-	989	-	495
1994	Jan.	41	265	-	989	-	495
	Feb.	42	265	-	989	-	495
	Mar.	43	265	-	989	-	495
	Apr.	44	265	-	989	-	495
	May	45	265	-	989	-	495
	Jun.	46	265	-	989	-	495
	Jul.	47	265	-	989	-	495
	Aug.	48	265	-	989	-	495

自然死亡尾数，漁獲尾数，平均体重，漁獲重量である。また， F と M はそれぞれ漁獲死亡係数と自然死亡係数を示す。

自然死亡係数 (M) としては，Kitada and Shiota (1990) がペイント法による成体雌の標識放流結果から推定した $0.0471/\text{month}$ を用い，12～4月は越冬中のため死亡しないものとした。成ガニの M は，他に， $0.0132/\text{day}$ ($=0.402/\text{month}$; 武田, 1981)， $0.005/\text{day}$ ($=0.152/\text{month}$; 石岡・猪子, 1982)， $0.12/\text{month}$ (石岡, 1983) などが報告されている。自然死亡とは，貧酸素などの環境悪化時や疾病発生時および寿命による死亡を除けば，結局のところ被食による死亡と考えられる。成ガニの捕食者としてはタコ類 (福井県栽培漁業センター, 1979) や共食いが想定されるが，逃避能力が高いことから被食は多くなく， M は今回用いた値のようにかなり小さいものと思われる。

漁獲死亡係数の推定

DeLury法によれば，CPUEの対数と累積漁獲努力量との関係は直線式で表される [(7)式] (田中, 1985)。12～4月には自然死亡がないため，この時期の両者の値から漁具能率 (q) と12月初めの初期資源量 (N_0) が計算できる。

$$\ln \{ C_t / X_t \} = \ln (q N_0) - q \left(\sum_{i=0}^{t-1} X_i + X_t / 2 \right) \quad t=0, 1, 2, 3, 4 \text{-----} (7)$$

C_t と X_t はそれぞれ t 期の漁獲尾数と漁獲努力量 (隻・日) を示すので， C_t / X_t はCPUEとなる。大阪湾でガザミを漁獲する漁法はいろいろあるが，大部

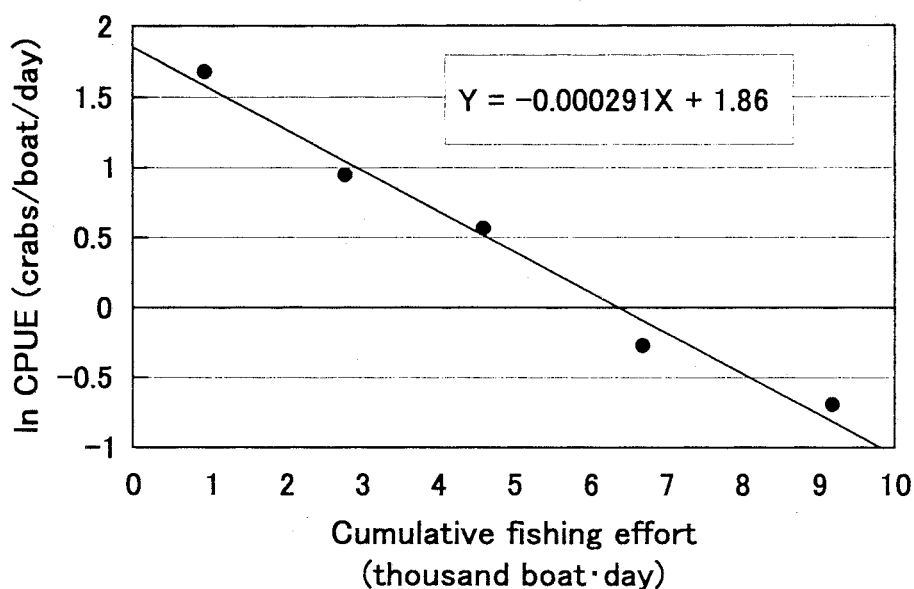


Fig. 4-27. Relationship between the cumulative fishing effort (X) and ln CPUE (Y) during the period from December, 1984 to April, 1985.

分は大阪府の石桁網で漁獲されることから（第2章2-2），すべてが石桁網に漁獲されるとした場合の漁具能率を計算した．解析には，甲幅組成や漁獲状況等のデータが揃っている1984年12月～1985年4月のものを用いた．まず，個人のC P U Eでは全体を反映していない可能性があるので，泉佐野漁協全体の月間ガザミ漁獲金額（組合集計値）を石桁網漁業者の操業日誌（第2章2-3）から得られた1尾当たりの月間平均単価と泉佐野漁協の月間石桁網操業隻数（組合集計値）で除して，泉佐野漁協における平均的なC P U Eを算出した．それを Ct/Xt に，また，統計資料（個表）に記載されている大阪府における石桁網月間操業隻数を Xt にそれぞれ代入すると， $q=0.000291$ ， $N_0=22,075$ が求まる（Fig. 4-27）．

次に，漁獲死亡係数（ F ）は（8）式のように漁具能率と漁獲努力量の積であるので，上で求めた漁具能率と各月の漁獲努力量を代入して F を求めた．各月の漁獲努力量については，放流効果推定を行った1990年以降は明らかになっていないため，大阪府の年間石桁網操業隻数（統計値）を泉佐野漁協の石桁網操業隻数（組合集計値）の各月の割合で比例配分して推定した．このようにして得られた月別の F および M の値を Table 4-31 に示した．

$$F = q X t \text{-----} (8)$$

結果と考察

上述の成長漁獲モデルを用いて，加入から寿命までの月毎の自然死亡尾数および漁獲尾数と重量を計算した．計算結果を Table 4-32 に，漁獲尾数と漁獲重量を Figs. 4-28, 4-29 にそれぞれ示した．放流個体の漁獲尾数は76,919尾，漁獲重量は12,416kgであった．漁獲尾数は，砂浜から沖合に移動した8.4万尾の91.6%で，大阪湾のように漁獲強度が高い海域では大部分が漁獲されることがわかる．特に加入してから3ヵ月の間に71%の尾数，60%の重量が漁獲されており（Figs. 4-28, 4-29），平均漁獲体重（161g）が小さい原因となっている．また，回収率（漁獲尾数／放流尾数）および放流尾数1万尾当たりの漁獲重量と漁獲金額（単価3,000円/kg）については，それぞれ31.3%，505kg，151万円となる．種苗生産および中間育成経費は明確にはなっていないが，平均種苗生産単価が5.2円／尾（日本栽培漁業協会，1998）であることから，計算された効果量はおそらく採算が合っているものと思われる．今後は，漁獲努力量の減少や小型個体の保護（第5章5-2）により，効果量を増大させる必要があるだろう．

今回の計算で，ガザミ種苗を放流すれば1万尾当たり約0.5トンの漁獲増につながる事が明らかとなった．しかしながら，放流したのは海上囲い網で中間育成された種苗で（第4章4-3-2），サイズの点からも健苗性からも理想的なものと思われるので，普段行っている種苗放流の効果はこれほど大きくないのかもしれない．大阪府では，1992年以降，60万尾以上の種苗を放流しており（第4章4-1），1万尾当たり0.5トンの効果とすれば30トン以上の漁獲増となるが，漁獲量は28トン（1995年）の年もあった（第2章2-1）．また，陸上水槽で中間育成して放流した場合の定着尾数（第4章4-5-2）は，狭い範囲のみの調査であるが，

Table 4-31. Model of catch and natural mortality
of the released crabs in 1990

Year	Month	Fishing effort (boat·day)	Fishing mortality coefficient [F] (/month)	Natural mortality coefficient [M] (/month)
1990	Sep.	1,328	0.386	0.0471
	Oct.	1,321	0.384	0.0471
	Nov.	1,379	0.401	0.0471
	Dec.	1,299	0.378	0

1991	Jan.	713	0.207	0
	Feb.	1,239	0.361	0
	Mar.	1,141	0.332	0
	Apr.	1,537	0.447	0
	May	1,152	0.335	0.0471
	Jun.	1,289	0.375	0.0471
	Jul.	1,134	0.330	0.0471
	Aug.	1,544	0.449	0.0471
	Sep.	1,163	0.338	0.0471
	Oct.	1,241	0.361	0.0471
	Nov.	1,289	0.375	0.0471
	Dec.	1,352	0.393	0

1992	Jan.	969	0.282	0
	Feb.	1,065	0.310	0
	Mar.	1,158	0.337	0
	Apr.	1,666	0.485	0
	May	1,239	0.361	0.0471
	Jun.	1,564	0.455	0.0471
	Jul.	1,357	0.395	0.0471
	Aug.	1,287	0.375	0.0471
	Sep.	1,378	0.401	0.0471
	Oct.	1,460	0.425	0.0471
	Nov.	1,103	0.321	0.0471
	Dec.	1,248	0.363	0

1993	Jan.	602	0.175	0
	Feb.	1,284	0.374	0
	Mar.	1,556	0.453	0
	Apr.	1,448	0.421	0
	May.	1,711	0.498	0.0471
	Jun.	1,308	0.381	0.0471
	Jul.	1,173	0.341	0.0471
	Aug.	1,691	0.492	0.0471
	Sep.	1,424	0.414	0.0471
	Oct.	1,772	0.516	0.0471
	Nov.	1,297	0.377	0.0471
	Dec.	1,291	0.376	0

1994	Jan.	633	0.184	0
	Feb.	999	0.291	0
	Mar.	1,339	0.390	0
	Apr.	1,754	0.510	0
	May	1,772	0.516	0.0471
	Jun.	1,912	0.556	0.0471
	Jul.	1,764	0.513	0.0471
	Aug.	1,735	0.505	0.0471

Table 4-32. Calculated result of natural mortality number, catch number and catch weight of the released crabs

Year	Month	Initial stock number $N(i)$	Natural mortality number $D(i)$	Catch number $C(i)$	Catch weight (kg) $Y(i)$
1990	Sep.	84,000	3,210	26,340	1,844
	Oct.	54,449	2,083	17,000	3,162
	Nov.	35,366	1,342	11,437	2,425
	Dec.	22,587	0	7,110	1,536
1991	Jan.	15,477	0	2,900	626
	Feb.	12,577	0	3,807	822
	Mar.	8,770	0	2,478	535
	Apr.	6,292	0	2,269	490
	May	4,023	157	1,121	242
	Jun.	2,745	105	840	181
	Jul.	1,799	71	495	122
	Aug.	1,234	46	437	122
	Sep.	751	29	211	95
	Oct.	511	20	151	68
	Nov.	340	13	104	47
	Dec.	223	0	72	32
1992	Jan.	150	0	37	17
	Feb.	113	0	30	14
	Mar.	83	0	24	11
	Apr.	59	0	23	10
	May	37	1	11	5
	Jun.	24	1	9	4
	Jul.	15	1	5	2
	Aug.	9	0	3	1
	Sep.	6	0	2	1
	Oct.	4	0	1	1
	Nov.	2	0	1	0
	Dec.	2	0	1	0
1993	Jan.	1	0	0	0
	Feb.	1	0	0	0
	Mar.	1	0	0	0
	Apr.	0	0	0	0
	May	0	0	0	0
	Jun.	0	0	0	0
Total		-	7,081	76,919	12,416

囲い網育成と比較して少なかったことから、通常の放流効果は今回得られた値より小さいものと考えられる。

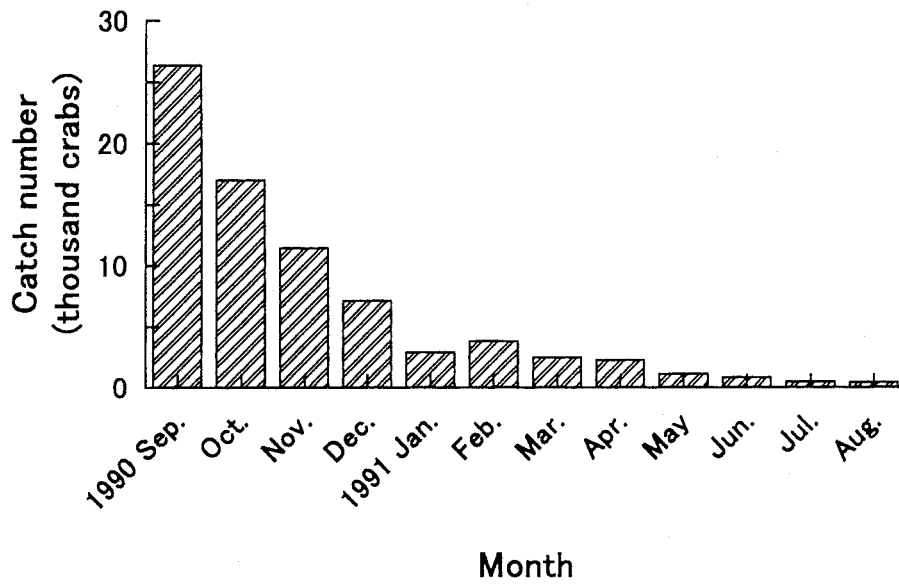


Fig. 4-28. Calculated monthly catch number of the released crabs in 1990.

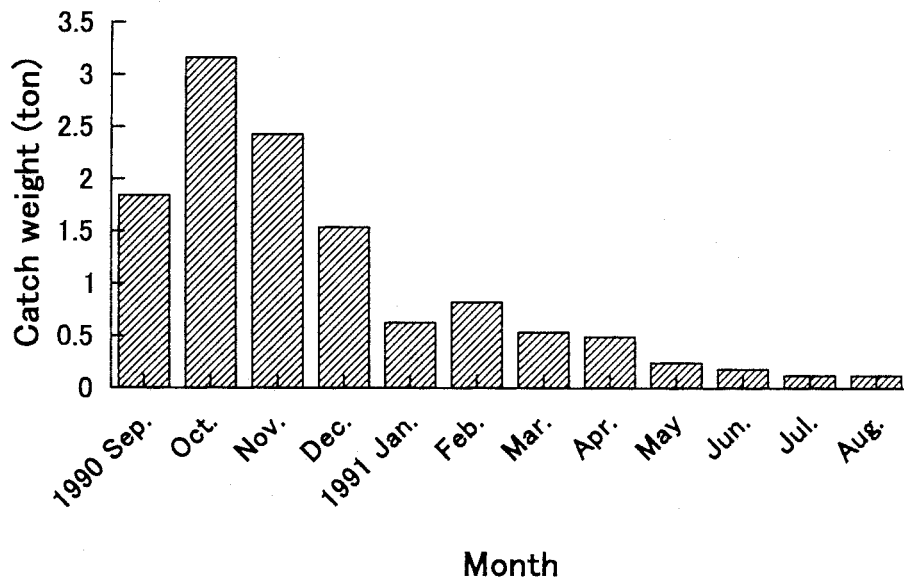


Fig. 4-29. Calculated monthly catch weight of the released crabs in 1990.

第5章 ガザミ資源培養への提言

本論文では、これまでに、大阪湾のガザミの漁獲実態（第2章）や生態特性（第3章）、ならびに栽培漁業における効果や問題点（第4章）を明らかにしてきた。本章では、第2章～第4章で述べたことを総括して、大阪湾におけるガザミ資源培養には何が必要かを、放流技術、資源管理および環境改善の各面から考察し提言を行うとともに、残された問題点について論述する。

5-1 放流技術

大阪府のガザミ漁獲量（Fig. 2-1）は年変動が大きく、資源量も大きく変化していることが示唆される。天然の資源量が多い場合には好漁獲が期待できるが、少ない時にも安定した漁獲を得るためには、積極的に種苗放流を行って資源を補う必要がある。現在、大阪府では、陸上水槽で中間育成した平均甲幅12mm（C₃～C₄）の稚ガニ約70万尾を、5月下旬～8月下旬に、主として南部海域に放流している（第4章4-1）。ここでは、現在行われている南部海域への放流をどのように改善すればより効果が期待できるかについて論議する。また、天然稚ガニの育成場となっている湾奥部海域（第3章3-2-2）への放流の可能性についても検討する。

5-1-1 南部の砂浜域への放流

放流時期 陸上水槽で中間育成した後6月中旬に放流した群（第4章4-5-2）、ならびに、海上囲い網で中間育成後6月下旬と7月中旬に放流した群（第4章4-5-3）のいずれにおいても、約2ヵ月間にわたって放流場付近に定着がみられ、その成長は順調であった。ガザミの脱皮が生じる水温20.0℃以上（第3章3-1-1）を示すのは、浅海域では6～10月（Fig. 3-9）であることから、6～8月に放流するのが妥当と考えられる。ちなみに、他県の事例では、5月下旬の放流では成長が悪く（愛媛水試，1984）、10月中旬に放流すると年内にはほとんど成長しない（静岡水試浜名湖分場，1993）ことが明らかにされている。

放流場所 ガザミの放流場所としては、甲幅4.6～119mmの天然稚ガニが多数生息していた泉南市樽井地先（第3章3-1-2）や、放流種苗が甲幅約70mmになるまで生息していた阪南市尾崎地先のA浜（第4章4-5-3）のような、比較的遠浅の砂浜が適当と考えられる。しかしながら、大阪府沿岸では埋立てにより砂浜海岸が激減し、天然砂浜は阪南市尾崎～下荘地先にわずかに残されているに過ぎず（第5章5-3-1）、現状ではこの場所に放流せざるを得ない。水深の深い場所への放流も考えられるが、湾中南部の水深5m以深の海域では、漁獲物においても（第3章3-1-2）、また著者らが行った試験操業（大阪水試，1982ほか）においても甲幅63mm未満の小型個体は採捕されていないことから、効果は期待できないと考えられる。

放流サイズ 放流稚ガニの被食はC₁~C₄で確認され、特にC₃までが多かった(第4章4-2-1)。また、重要な捕食魚であるトビヌメリを用いた捕食実験では、C₃まで捕食されることが確認された(第4章4-2-2)。一方、現在の間育成技術では、大きくすればするほど歩留りが低下するため、育成終了サイズはできるだけ小さい方が望ましい。これらのことを勘案すると、放流サイズとしては、被食のほとんどない4齢稚ガニ(C₄, 甲幅14~17mm前後)が妥当と考えられる。

中間育成 通常の陸上水槽での中間育成では、C₄まで育成すると生残率が低下し、健苗性を低下させる脚脱落も増える(第4章4-4)。中間育成技術の向上は重要な課題であり、多くの試みが行われてきたが、付着材を多量に投入することにより生残率は向上するものの(第4章4-3-1)、脚脱落を軽減させる方策は得られていない。一方、海上囲い網による中間育成は、生残率や健苗性の点で有効な方法であるが(第4章4-3-2)、台風等による網破損の危険性があり、設置や害敵駆除に大きな労力を伴うことが欠点である。今までに日本各地で実施された中間育成を総合的に検討すると、築堤池での育成(唐川ら, 1995; 田中, 1997)が生残率、健苗性、労力などの面で最もよいように思われる。この考えを取り入れ、砂を敷いた大型陸上水槽で育成を行い、取り揚げせずに放流できる工夫を施すことも効果的と考えられる。

放流方法 稚ガニの放流に当たっては、狭い場所に多く放流すれば捕食者の蟬集や餌料不足を招く危険性があるため、できるだけ低い密度で放流する必要がある。稚ガニの環境収容力は推定されていないが、囲い網を開放してから3~5日後の稚ガニの平均密度が1989年は4.36尾/m²、1990年は4.21尾/m²であった(第4章4-5-3)ことから、潮位表基準面下2m位までの範囲に最大で4尾/m²程度の稚ガニが放流可能と考えられる。現在残存する大阪府下の天然砂浜の距離は7.1kmであり(第5章5-3-1)、放流範囲の沖方向の幅を50mとすると、放流可能尾数は140万尾程度と計算される。それ以上の量を放流するには、砂浜や干潟の造成が必要である。なお、同じ場所に複数回放流する場合には、先に放流したガザミが沖に移動するより前であれば、新規放流群がそれらに捕食される危険性が高いので、放流は50~60日程度の間隔を開けて行う必要がある。また、ジャノメガザミが多く生息している場合に放流稚ガニの生残が悪かったことから(大阪水試, 1985)、競合種や天然ガザミの密度にも注意が必要である。

5-1-2 湾奥部の泥底への放流

湾奥部の泥底は、貧酸素化の影響で捕食者が少なく、稚ガニの餌料となる多毛類が多いことから、天然稚ガニの育成場となっている(第3章3-2-2)。この海域は放流場としての利用も有望で、貧酸素化が解消に向かう9月以降に(城, 1989)、事前に生物的、非生物的環境諸条件を調査した上で放流を行えば有効と考えられる。ガザミ稚ガニは酸素飽和度25~30%まで耐えられることがわかっているが(Yamochi *et al.*, 1995)、貧酸素化の強弱は年や場所により(城, 1989)、時刻により(佐野ら, 1995)大きく変動するため、放流時期や場所の決

定には注意が必要である。また、この海域にはイシガニが多く生息することから（有山ら，1997b），その高密度域をはずして放流することも必要である。これら以外の放流条件，具体的には放流サイズや輸送方法等については知見が少ないため，実際に追跡調査を行いながら適正な放流技術を開発することが望まれる。なお，秋季は水温下降期に当たるため，放流した稚ガニの年内の成長はあまり望めず，その加入時期は翌年の7～8月となる。

5-2 資源管理

放流効果の計算で明らかになったように，大阪湾のガザミの大部分は小型の内に漁獲されるため，漁獲重量の低下を招いている（第4章4-6）。このことは，天然資源の発生量が多くても，また，多数の放流種苗が加入しても，漁獲重量や漁獲金額がそれほど大きくなることを意味する。このため，漁業者の収益を増大させるには，資源管理が重要となる。田中（1985）によれば，資源管理は主に漁業規制により実行され，漁業規制には禁漁区，禁漁期，漁具漁法の制限，魚体制限，努力量制限，漁獲量制限，混獲制限などが含まれる。大阪湾の小型ガザミの漁獲量を減らすためには，①小型個体の多い海域を禁漁とする，②小型個体の多い時期を禁漁とする，③使用漁具の目合を拡大し漁獲開始サイズを引き上げる，④休日増加により努力量を削減する，⑤小型個体が漁獲されても投棄する（いわゆる再放流），などが考えられる。しかしながら，大阪府の小型底曳網漁業は，周年にわたり多種の魚類や小型エビ類なども漁獲しているため，禁漁期の設定や網目の拡大は難しい。また，小型ガザミが多数分布する海域は広く（第3章3-2-1），禁漁区の設定も困難である。従って，現時点では，休日の増加や小型個体の投棄により小型ガザミ漁獲量を減らすことが適当と考えられる。

これら施策の効果について，第4章4-6で構築した放流ガザミの成長漁獲モデルを用いて計算を行った。1990年当時，小型底曳網の週休は1日であったので，月別出漁隻数をそれぞれ $\times 7/6$ ， $\times 6/6$ （現状）， $\times 5/6$ ， $\times 4/6$ ， $\times 3/6$ ， $\times 2/6$ ， $\times 1/6$ にして，週休0～6日の場合を計算した。また制限甲幅については，10～14齢の甲幅はそれぞれ110.5mm，138.2mm，167.4mm，198.0mmであるので（第3章3-1-1），その間をとって124mm，153mm，183mmの3通りに設定した。これらより小型のものは投棄することとし，投棄後の死亡率は0.1と仮定した。計算の結果得られた漁獲重量の現状（週休1日，甲幅制限なし）との比率を Fig. 5-1 に示した。漁獲重量は，週休が増えるほど，また制限甲幅が大きくなるほど増加している。週休2日にした場合は現状の1.05倍，週休3日にした場合は1.11倍となるが，週休はそのまま124mm，153mmの甲幅制限をした場合には，それぞれ1.22倍，1.39倍となり効果の大きいことがわかる。漁獲金額については，大型になるほど単価が向上する（鍋島ら，1994）ことから，甲幅制限の効果はさらに大きくなる。

以上の結果から，週休の増加と甲幅制限は漁獲量の増大に有効と考えられるが，導入に当たってはあまり極端な施策は現実的ではないので，取りあえずは週休2日制と124mmの甲幅制限が妥当と思われる。大阪府漁連（1993）は1993年4月から，

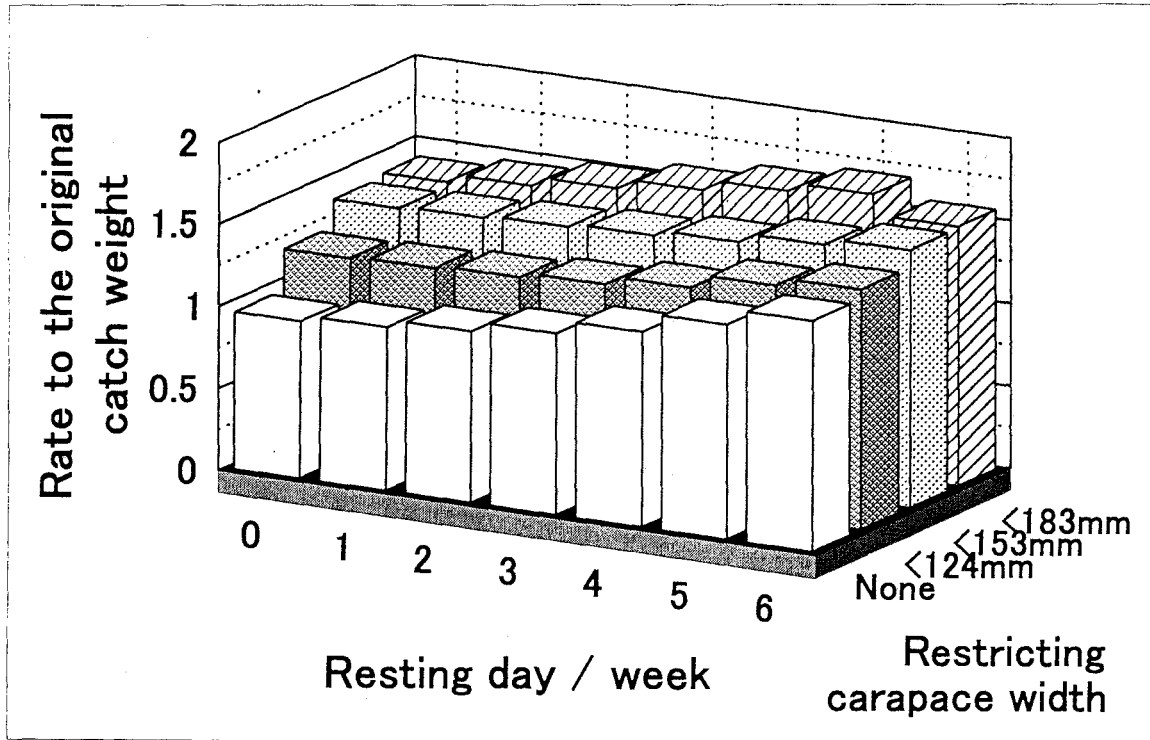


Fig. 5-1. Calculated rate to the original catch weight of the released swimming crab in case of changing resting days and restricting carapace width. Mortality rate after release = 0.1.

小型底曳網の操業について週休2日制を導入するとともに、甲幅120mm以下の小型ガザミの保護を開始した。偶然ではあるが、この方策は上記の管理案とほぼ同じである。現在のところ週休2日制は定着したが、小型個体の保護は完全には実施されていないので、遵守を目指して今後も啓発を続ける必要がある。

なお、今回の計算では投棄後死亡率を0.1としたが、この死亡率は唯一、岡山県のチェーン漕ぎ網で調べられており（岡山水試・岡山県水産課，1993），軟甲個体では1.00，やや硬くなった個体では0.37，硬甲個体では0.05と推定されている。シャコの投棄後死亡率は秋～春には0.2前後であり，夏には0.5～0.7程度まで大きくなる（大富ら，1992；上妻ら，1993）。ガザミの場合には甲殻がシャコより頑健であることから，頻繁に脱皮し軟甲個体が多い時は0.3程度であるが，それ以外の時期には0.1未満と推察される。今後，現場実験により投棄後死亡率を正確に把握し，管理効果を定量化していく必要がある。

5-3 環境改善

大阪湾は東京湾と並んで我が国では最も富栄養化の進んだ内湾であり，赤潮が多発し，成層期に底層水が貧酸素化する。また，10m以浅の浅海域の多くは大規模な埋立てにより消失している（城，1986）。このような状況は，そこに生息す

るガザミに対して様々な影響を与えていると思われるが、それらの中でもガザミへの影響が特に大きいと考えられる浅海域の喪失と貧酸素化について論議し、その改善策について提言する。

5-3-1 浅海域の創出

第3章3-1-2で述べたように、大阪湾南部の砂浜は天然ガザミの稚ガニや幼ガニの生息場となっているが、この一つの理由として捕食者が少ないことが考えられる。砂浜には稚ガニの捕食者であるヒメハゼやネズッコ類など（第4章4-2-1）が生息するが、大型のアイナメやタコ類はみられない。1985年7月18日に泉南市樽井地先で実施した稚ガニ調査（第3章3-1-2）における甲殻類と魚類の主要種の分布を Fig. 5-2 に示す。ガザミ稚ガニ（甲幅5~9mm）とクルマエビ稚エビ（体長10~22mm）は潮間帯のみに分布し、大型魚類との間に棲み分けがみられた。倉田（1972）がクルマエビで指摘したように、ガザミもごく小さい時期には捕食者の来られない場所に生息することにより身を守っているものと考えられる。

ところで、1950年頃までの堺市以南の沿岸は大部分が砂浜で、大阪府下の砂浜総延長は39.4kmであった [Fig. 5-3, 海上保安庁水路部（1958）より作成]。砂浜はその後の大規模な埋立てにより激減し、現在では阪南市を中心に7.1km（人工砂浜を加えれば9.5km）が残されているに過ぎない（Fig. 5-4, 大阪府港湾局の資料などから作成）。1950年代にはガザミの漁獲量が多かった（Fig. 2-1）ことから、砂浜の減少がガザミの資源量に重大な影響を与えている可能性が高い。従って、ガザミの資源維持には現在残されている砂浜の保全はいうまでもなく、今より増大させるために、大阪府沿岸の全域にわたって、失われた砂浜や干潟の積極的な回復が必要である。ただし、底質が粗く急深な人工砂浜にはガザミはほとんど生息しないことから、回復に当たっては粒径を細かくする（中央粒径0.3mm以下）ことが必要であり、特に1~3齢の小型個体のためには、被食を軽減させる遠浅の干潟が望まれる。このようにして造成された砂浜や干潟は、人工種苗の放流場としても利用可能である。

湾奥部海域には、砂浜や干潟が消失しているにもかかわらず、水深10m前後の泥底に稚ガニが生息している（第3章3-2-2）。ガザミは埋立て前にはおそらくもっと浅い海域にも生息していたと推察されることから、浅場を造成すれば稚ガニが定着して成育すると考えられる*。湾奥部における浅場の造成は、矢持ら（1998）が指摘するように、貧酸素時の避難場所としても有効になる。

* 著者は、1979年8月2日に芦屋川河口にある小規模な干潟で、甲幅16mmのガザミ稚ガニを採集しており、夏季の湾奥部海域でも稚ガニの定着が可能と考えられる。

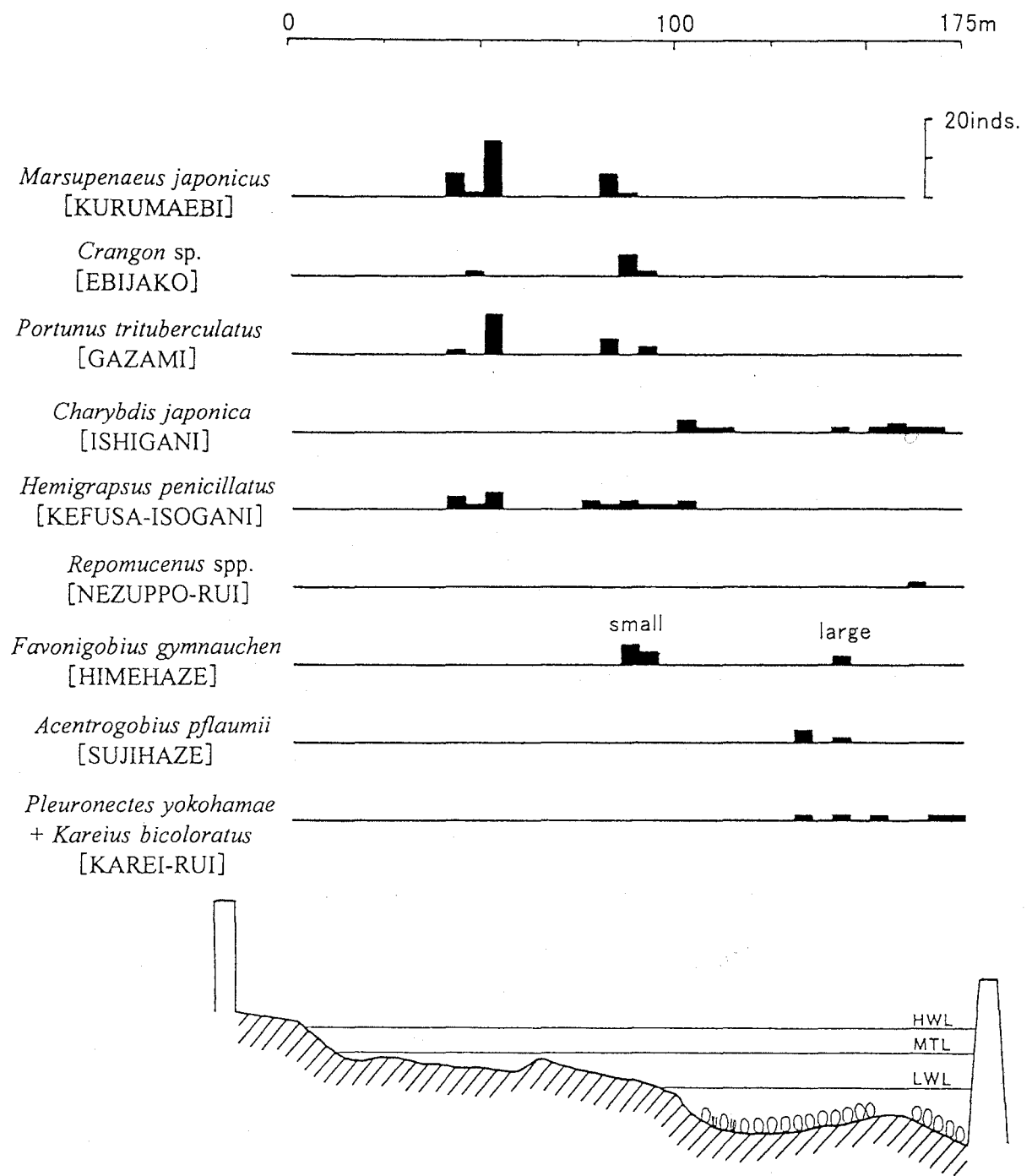


Fig. 5-2. Distributions of the main crustaceans and fishes in the shallow beach at Tarui on July 18, 1985. The lower part shows a sectional profile of the beach.

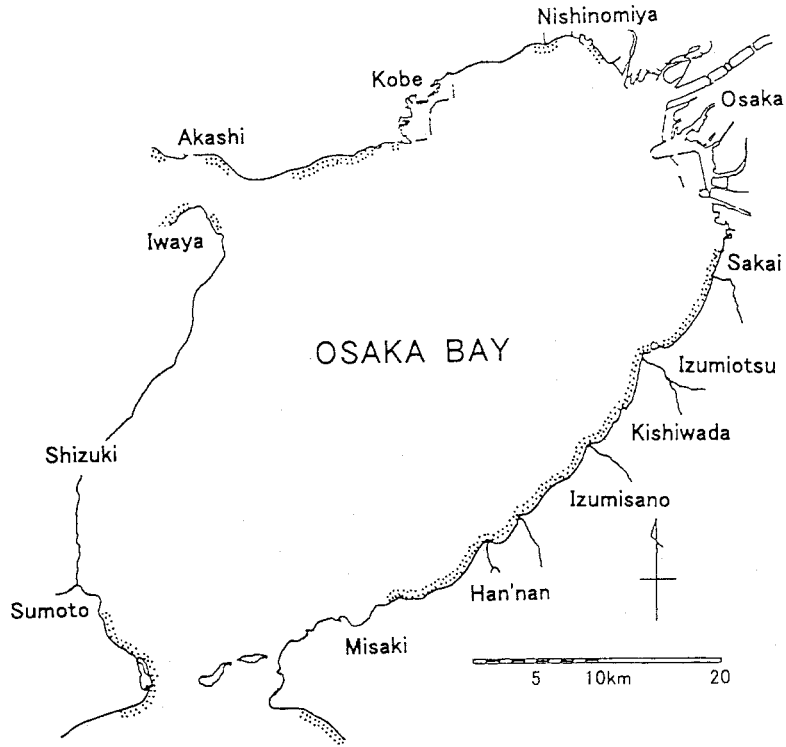


Fig. 5-3. Distribution of sandy beach in Osaka Bay in 1934. Dots indicate the presence of sandy beach.

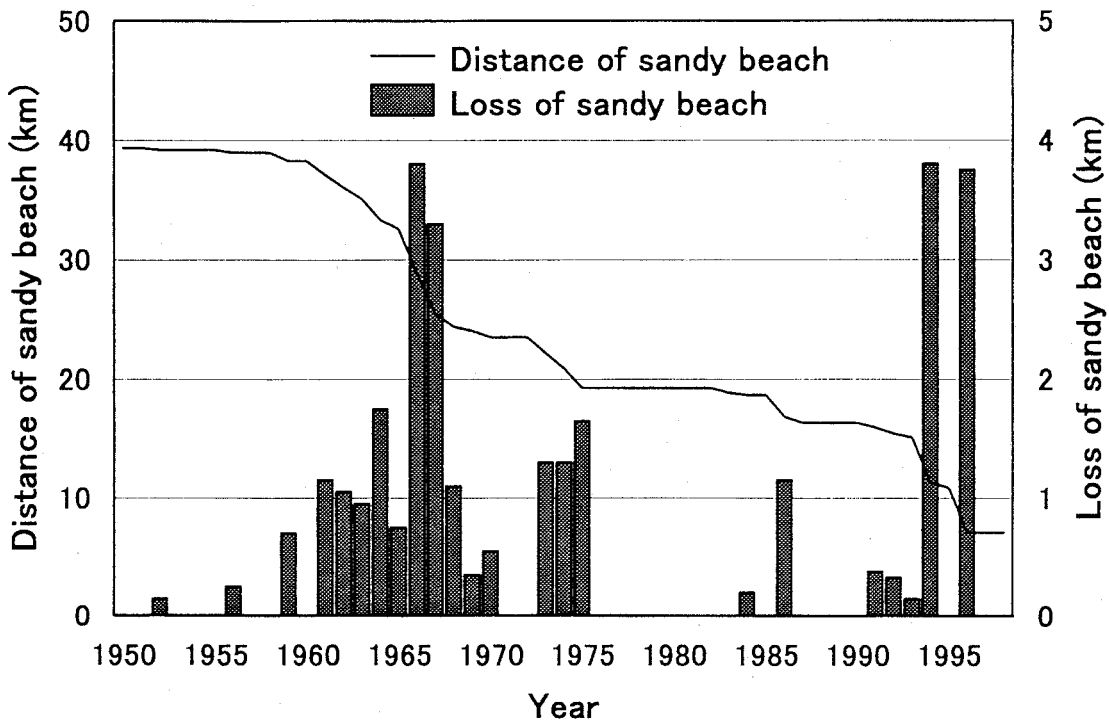


Fig. 5-4. Distance and loss of sandy beaches in Osaka Prefecture.

5-3-2 貧酸素化の軽減

前述のように、湾奥部の泥底には、水深が9~15mと深いにもかかわらず、冬~春に甲幅100mm未満のガザミ小型個体が多数生息しており、その原因の一つとして、夏季の貧酸素化により捕食者が少ないことが挙げられる(第3章3-2-2)。しかしながら、移動能力が大きいと推察されるガザミでも、貧酸素水塊から逃げ遅れて死亡する場合があります(第3章3-2-2)、夏季には逃避や死滅によりほとんどの生物が生息し得ない環境は、生態学的にも物質循環の面からも大問題である。ガザミを始めとする大阪湾の漁業資源の維持や再生には、栄養塩負荷量の減少や海水交換の促進等により貧酸素化を軽減させていく必要がある。もし貧酸素化がある程度解消されれば、捕食者の増加をもたらす可能性は高いが、長期にわたって稚ガニが生息できるようになり、ガザミ資源の増大につながると考えられる。貧酸素化の軽減に伴って湾奥部の動物群集がどのように変化するかは不明な点が多く、継続した調査を行いながら資源増大策を講じていくことが重要であろう。

5-4 残された問題点

本研究では直接扱うことができなかったが、大阪湾におけるガザミ資源培養に関しては、浮遊期の生態と種苗放流による遺伝的影響が問題点として挙げられる。

浮遊期幼生の天然海域での生態については、メガロパ幼生の分布(Shiota, 1993)がわずかに判明しているのみである。何を食べているのか、何に捕食されるのか等、最も基本的な生態的知見は明らかにされておらず、ガザミの生活環の中でブラックボックスとなっている。この時期の生残状況が天然資源の加入量に大きく影響している(Shiota, 1993)と考えられることから、その解明が必要である。本研究においても、1996年の好漁は湾奥部における前年晩期発生群の大量発生に起因すると考えられたが(第3章3-2-2)、大量発生の原因については、浮遊期における高生残率等が想定されたのみであった。今後、浮遊期幼生はどのような生態を持つか、どのような条件の時に生残が多いかを明らかにしていく必要がある。この調査には、メガロパ幼生の回帰機構が解明された北アメリカ大西洋岸でのアオガニの事例(例えば Olmi and Orth, 1995)が参考になろう。研究が進んで浮遊期の生残機構が解明され、生残数が予想できるようになれば、必要量だけの種苗放流を行い、再生産に必要な親ガニを残すなど、計画的な資源培養が可能になると期待される。

一方、種苗放流の野生集団への遺伝的影響が、近年になって指摘されるようになった。これには、非適応的形質の遺伝、劣性有害遺伝子の発現、遺伝的単純化、交配による強勢や弱勢があり、これらを軽減させるためには生産に用いる親魚数の増加等が必要とされる(谷口, 1986)。しかし、ガザミでは1尾の親ガニから1回に数百万尾のゾエアが孵化し、生産時の生残率も高いことから、少数の親ガニから多量の種苗を生産することが可能である。ちなみに、最近の大阪府漁業振興基金栽培事業場における年間親ガニ使用数は10尾以下である。現在の方式では遺

伝的多様性の低い種苗を天然海域に放流していることになるため、天然群への悪影響が懸念される。今後、親ガニ数の増加や在来系統の選定などの策を講じる必要があるだろう。

要 約

本研究では、大阪湾における重要な漁業資源であるガザミについて、天然群の生態特性および放流種苗の資源添加状況や放流効果等を解明し、これらの結果を基に資源培養方策を検討した。各章で得られた結果の要約は以下の通りである。

1. ガザミ漁業の概要

ガザミは大阪府では主に小型底曳網の一種の石桁網で漁獲される。1980～1995年における大阪府のガザミ漁獲量は28～60トンと低かったが、1996年は近年にはない118トンの好漁獲があった。単価は3,000円/kg前後と高く、大都市近郊型漁業の利点と考えられた。

1983～1998年における石桁網漁業者の操業日誌をまとめたところ、年間操業日数は145～197日（平均164日）で、ガザミの年間漁獲尾数と年間漁獲金額はそれぞれ555～9,268尾（平均3,198尾）、56～225万円（平均118万円）と変動が大きかった。また、C P U Eは8～9月に高いがその後急減し、1～6月に低レベルとなった。

2. ガザミの生態

ガザミの生態特性として、飼育と野外調査から成長を調べるとともに、漁業者の操業日誌と試験操業により分布を明らかにした。

7月に孵化させ飼育した稚ガニ（甲幅14～26mm）および大型の漁獲個体（甲幅166～233mm）をコンクリート水槽で飼育し、ガザミの脱皮と成長を調べた。稚ガニは11月までに大部分が10～11齢に達し平均甲幅は雌115mm、雄108mmであった。越冬後は2～3回脱皮して11月には12～13齢に達し平均甲幅は雌183mm、雄190mmとなった。また、漁獲個体の脱皮は雌雄とも年間1回で、その時期は雌は8～9月、雄は8月頃と考えられた。脱皮齢と甲幅の関係はロジスティック式で表され、脱皮前後の甲幅の関係は雌雄とも成熟前の9-10齢の点で屈曲する直線で表された。

次に、浅海域での稚ガニ調査と漁獲物調査を行いガザミの成長を推定した。浅海域には4～11月に稚ガニが生息し、7月に出現後9月頃沖合に移動する群と、8～9月頃出現し10～11月に移動する群、翌年の7～8月に移動する群の3群に分けられた。漁場への加入時期は7～11月で、加入群は浅海域の群と対応し、11月における平均甲幅は7～8月加入群：181～182mm、9月加入群雌：169～172mm、同雄：148～152mm、10月加入群：144～152mm、11月加入群：105～115mmと推定された。成長曲線としてはロジスティック式がよく適合した。

石桁網漁業者の操業日誌を解析した結果、ガザミの多獲漁場は、7～8月は大阪湾北中部、9～10月は中南部の場合が多く、その付近における育成場の存在が示唆された。それ以降は集中的な分布は見られず、大阪湾東部の水深10～20mの泥底に広く分布するものと考えられた。

大阪湾奥部（水深9～15m）で石桁網試験操業を行ったところ、秋～春に甲幅100mm未満の小型個体が多数生息しており、幼稚仔保育場となっていることがわ

かった。しかし、夏季にはほとんど生息がなく、貧酸素化のために逃避したものと思われた。また、1996年の豊漁は、前年晩期発生群が湾奥部に大量発生したことが原因と考えられた。

3. ガザミの栽培漁業

大阪府におけるガザミ種苗放流は1967年から開始され、毎年継続されている。1990年以降はすべての種苗が中間育成されており、最近では70万尾以上の3～4齢種苗が放流されている。

放流稚ガニの被食は11種の魚類で確認された。被食されたのは1～4齢稚ガニで、特に3齢までが多かった。捕食者の中ではトビヌメリ等のネズッコ類が重要と考えられた。全長108～182mmのトビヌメリを用いて1～4齢稚ガニの捕食実験を行ったところ、トビヌメリは1～3齢稚ガニを捕食し4齢稚ガニは捕食しない、また、1尾当たり24時間の平均捕食尾数は、1齢稚ガニ79.6尾以上、2齢稚ガニ22.4～23.1尾、3齢稚ガニ3.3尾であることが明らかになった。

陸上水槽での中間育成は、付着材を多量に設置することにより生残率の向上が可能で、1987年は4～5齢稚ガニまでで30.0%、1988年は3～4齢稚ガニまでで42.0～48.8%の生残率であった。

1989年と1990年に阪南市尾崎地先の砂浜で、海上囲い網によるガザミの中間育成を行った。施設はオイルフェンス式で網地製付着材を垂下し、害敵駆除はサラシ粉散布により行った。1989年は1齢稚ガニ69万尾を収容し、クルマエビ用配合飼料を投餌して2～3齢稚ガニまで育成した結果、17日間で歩留り12.3%、1990年は1齢稚ガニ59万尾を収容し、アミエビを投餌して3～4齢稚ガニまで育成した結果、14日間で41.7%であった。1989年の低歩留りの原因は害敵駆除の不徹底と餌料の不適で、1990年はこれらの解決と共に、内部に生育していたオゴノリが付着材として共食い防止に役立ったため、高歩留りになったと考えられた。

陸上水槽で中間育成した種苗の脚脱落状況を調べたところ、平均脚脱落数は1尾当たり10本中1.36～2.49本（平均1.94本）と高い値を示した。また、脚脱落個体を用いた潜砂実験の結果、潜砂能力は歩脚の有無により大きく変化した。脚の脱落は健苗性を低下させることから、軽減が必要と考えられた。

1981年に阪南市西鳥取地先の砂浜で1齢稚ガニの直接放流を行った。翌日の定着率は1.0%と低く、放流当夜に多数観察された浮上逸散やアイナメで確認された被食がその原因と考えられた。逸散した稚ガニについても被食される可能性が高く、直接放流では効果が望めないと推察された。1982年に陸上水槽で3～4齢まで中間育成して同所に放流したところ、2日後の定着率は11.2%で、種苗大型化の効果が認められた。

1989年と1990年に海上囲い網で中間育成後放流されたガザミ稚ガニについて、抄い網による追跡調査を行った。1989年は3齢稚ガニ8.4万尾を放流したところ、放流直後の減耗はなく直接放流分を含めて8.9万尾が定着したが、時間の経過と共に生息個体数は大きく減少し、放流53日後以降沖合へ移動した。1990年は4齢稚ガニ主体で24.6万尾を放流したが、定着個体数は8.5万尾で定着率は35%と低

く、高温や乾燥による斃死と逸散が原因と考えられた。定着してから放流35日後までは隣の浜への移動はあったが合計生息個体数は減少せず、その後沖合へ移動したと推定された。

DeLury法により操業日誌等から石桁網の漁具能率を推定し、大阪湾における成長漁獲モデルを構築した。1990年放流群24.6万尾について、このモデルを用いて放流効果を計算した結果、放流による漁獲尾数は76,919尾、漁獲重量は12,416kgであった。また、回収率（漁獲尾数／放流尾数）および放流尾数1万尾当たりの漁獲重量と漁獲金額については、それぞれ31.3%、505kg、151万円となった。

4. ガザミ資源培養への提言

大阪湾におけるガザミ資源培養には何が必要か、放流技術、資源管理および環境改善の各面から検討し、以下のような提言を行った。

安定した漁獲を得るためには、積極的な種苗放流が必要である。放流技術としては、南部の砂浜では、築堤池等で育成した4齢稚ガニを6～8月に4尾/m²程度の密度で放流することが適当である。貧酸素の解消した9月以降に湾奥部の泥底へ放流することも有望と考えられるが、放流技術の開発が必要である。

大阪湾では漁獲努力量が過多であるため削減すべきである。1993年から大阪府漁連が小型底曳網漁業の週休2日制と甲幅120mm以下の小型ガザミの保護を実施しており、この方策は現状から考えて妥当といえる。今後は規制の遵守を目指して啓発を続けるとともに、管理効果を定量化していく必要がある。

大阪湾は埋立てにより稚ガニの生息場である浅海域が激減しているため、全域にわたって砂浜や干潟を回復させる必要がある。また、湾奥部における資源増大のために、夏季の貧酸素化を軽減させることが必要である。

今後の問題点として、浮遊期の生態と種苗放流による遺伝的影響の解明が挙げられた。

謝 辞

本研究をまとめるに当たり、御指導、御助言を賜った京都大学大学院農学研究科教授林 勇夫博士に厚く感謝の意を表す。論文校閲の労を取られ、有益な御助言を賜った同教授中原紘之博士、田中 克博士に深謝する。ならびに、本研究の遂行に際して懇切な御指導と御鞭撻をいただいた大阪府立水産試験場長田凱夫場長に深く御礼申し上げる。また、第3章第1節について原稿校閲いただいた日本水産資源保護協会（当時）故倉田 博博士と前場長城 久博士、解析プログラムを提供していただいた水産大学校浜野龍夫博士と熊本県立大学堤 裕昭博士に感謝する。

さらに、堺市出島漁業協同組合京柄貞樹氏、泉佐野漁業協同組合西座真二氏、樽井漁業協同組合喜山満男氏、尾崎、西鳥取、下荘漁業協同組合の各位にも、調査や情報提供で御協力いただいた。

本研究は、大阪府立水産試験場の多くの方々の御助力なしには成し遂げられなかった。青山英一郎、石渡 卓、鍋島靖信、睦谷一馬の各主任研究員には砂浜や市場での調査を、矢持 進博士（現大阪市立大学工学部）と佐野雅基主任研究員には大阪湾奥部の調査を手伝っていただいた。奥野政嘉氏を始めとする船舶職員の方々には囲い網設置に際しお骨折りいただいた。また、多田千恵子、川島千代、地海和美、大里久代、西川啓子の各氏には飼育やサンプル測定で大変お世話になった。心から御礼申し上げる。

文 献

- 藍憲一郎・山崎明人 (1995) 東京湾内湾部におけるガザミの繁殖生態. 千葉水試研報, 53, 17-21.
- 愛知県水産試験場 (1974) 愛知県産ガザミの生態. 愛知水試研究業績Cしゅう, 6, 1-48.
- 相島 昇・岩渕光伸 (1987) ガザミ中間育成改良試験-Ⅱ. 昭和60年度福岡有明水試研報, 67-69.
- 安次嶺真義・石渡 卓 (1973) 魚類放流技術開発調査事業. 昭和46年度大阪水試事報, 83-86.
- Akamine, T. (1986) Expansion of growth curves using a periodic function and BASIC programs by MARQUARDT's method. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 36, 77-107.
- 秋田県 (1986) 男鹿周辺海域総合開発事業調査報告書, 131-150.
- 有山啓之 (1990) ガザミ種苗生産試験. 昭和63年度大阪水試事報, 95-102.
- 有山啓之 (1996) 大阪湾におけるジャノメガザミの生活史. *Benthos Research*, 51, 1-8.
- 有山啓之・睦谷一馬 (1988) ガザミ放流技術開発事業. 昭和60年度大阪水試事報, 119-137.
- 有山啓之・睦谷一馬 (1989) ガザミ種苗生産試験. 昭和62年度大阪水試事報, 84-88.
- 有山啓之・矢持 進・佐野雅基 (1997a) 大阪湾奥部における大型底生動物の動態について I. 甲殻類と魚類の種類数・個体数・湿重量の季節変化. 沿岸海洋研究, 35, 75-82.
- 有山啓之・矢持 進・佐野雅基 (1997b) 大阪湾奥部における大型底生動物の動態について II. 主要種の個体数・分布・体長組成の季節変化. 沿岸海洋研究, 35, 83-91.
- 愛媛県水産試験場 (1980) 昭和54年度瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 79-81.
- 愛媛県水産試験場 (1981) 昭和55年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 愛16-愛17.
- 愛媛県水産試験場 (1984) 昭和58年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 愛1-愛36.
- 愛媛県水産試験場 (1985) 昭和59年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 愛1-愛30.
- 愛媛県水産試験場・佐賀県有明水産試験場・大阪府水産試験場 (1985) 昭和46～59年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総括報告書, 51 pp.
- 藤田恒雄・水野拓冶・根本芳春 (1993) 福島県におけるヒラメ人工種苗の放流効果について. 栽培技研, 22, 67-73.
- 深山義文・松丸 豊 (1995) ガザミ種苗生産. 平成5年度千葉県東京湾栽培漁業

- センター業務報告, 19-44.
- 深山義文・井上雅之・松丸 豊 (1996) ガザミ種苗生産. 平成6年度千葉県東京湾栽培漁業センター業務報告, 29-55.
- 深山義文・井上雅之・松丸 豊 (1997) ガザミ種苗生産. 平成7年度千葉県東京湾栽培漁業センター業務報告, 27-45.
- 福井県栽培漁業センター (1979) 昭和53年度栽培漁業技術開発事業成果報告会 ガザミ放流技術開発事業, 33 pp.
- 福岡県有明水産試験場 (1983) 昭和57年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 福岡1-福岡31.
- 福岡県豊前水産試験場 (1980) 昭和54年度放流技術開発事業 西部ガザミ班総合報告書, 福1-福21.
- 古田晋平 (1993) 放流技術と健苗性. 放流魚の健苗性と育成技術 (北島 力編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.94-101.
- 古田晋平・渡部俊明・山田英明・西田輝巳・宮永貴幸 (1997) 鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人工種苗の分布, 成長および個体数変動. 日水誌, 63, 877-885.
- 伏見 浩 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 日本栽培漁業協会, 東京, pp.90-115.
- ガザミふやそう会 (1988) 昭和62年度活動報告書, 23 pp.
- 浜中雄一・桑原昭彦・村岡忠司 (1985) アマモ場を利用したガザミの中間育成方法について. 栽培技研, 14, 27-37.
- 浜崎活幸 (1996) ガザミの生殖と発育に関する研究. 日本栽培漁業協会特別研究報告, 8, 1-124.
- 浜崎活幸・関谷幸生 (1998) ガザミ中間育成におけるアルテミアの給餌効果. 栽培技研, 26, 57-59.
- 原田和弘・山本 強 (1998) ガザミ種苗の脚脱落状況. 兵庫水試研報, 34, 9-16.
- Hartnoll, R. G. (1985) Growth, sexual maturity and reproductive output, in "Factors in Adult Growth" (ed. by A.M.Wenner), A. A. Balkema, Rotterdam, pp.101-128.
- 長谷川雅俊・天野昌宏 (1994) ガザミ幼期における自然死亡について. 栽培技研, 22, 117-125.
- 服部洋年・松村真作・篠原基之・寺島 朴・村田 守 (1974) 岡山県牛窓町先沿岸におけるガザミ稚ガニの分布生態について. 栽培技研, 3, 87-93.
- 林 凱夫・有山啓之 (1992) 栽培漁業対象種の幼稚個体生息分布調査. 平成2年度大阪水試事報, 97-103.
- 広島県 (1986) 昭和60年度大規模増殖場造成事業効果調査報告書 (江田島地区), 12.
- 広島県水産試験場 (1993) 平成4年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (ガザミ), 8-9.
- 桧山節久 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 日本栽培漁業協会, 東京, pp.

163-171.

- 兵庫県農林部水産課・兵庫県立水産試験場（1973）昭和47年度魚類放流技術開発調査報告書（ガザミ），9-11.
- 兵庫県立水産試験場（1981）昭和55年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書，兵10-兵12.
- 今田良造・難波高志（1981）ヒメハゼによるガザミ捕食実験．水産増殖，29，185-189.
- 今井利為（1996）神奈川県におけるマダイ種苗放流効果の推定．栽培技研，25，59-74.
- 猪子嘉生・川西正衛・平田貞郎・高場 稔（1975）ガザミの種苗放流・追跡－Ⅲ 成長について．栽培技研，4，25-30.
- 石田雅俊（1974）クルマエビ人工生産種苗の潜砂能力，とくに歩脚の障害との関係について．栽培技研，3，11-18.
- 石川佑司・佐藤憲一・堀 隆善・井口弘章・伊島時郎（1979）大分県香々地湾におけるガザミの種苗放流－干潟域におけるその定着および成長について．栽培技研，8，13-22.
- 石岡清英（1983）瀬戸内海におけるガザミ加入量の推定．水産資源の解析と評価 その手法と適用例（石井丈夫編），恒星社厚生閣，東京，pp.79-90.
- 石岡清英・猪子嘉生（1982）Cohortの漁獲統計が得られる場合の初期資源量の推定方法 — 江田島湾のガザミを例として．南西水研報，14，33-54.
- 石渡直典（1968a）魚の摂餌に関する生態学的研究－Ⅱ．魚群の慣れと飽食量との関係．日水誌，34，498-502.
- 石渡直典（1968b）魚の摂餌に関する生態学的研究－Ⅲ．空腹状態と飽食量との関係．日水誌，34，604-607.
- 石渡直典（1968c）魚の摂餌に関する生態学的研究－Ⅴ．魚の大小と飽食量との関係．日水誌，34，781-784.
- 石渡 卓（1998）底魚類資源調査．平成8年度大阪水試事報，71-76.
- 伊藤史郎・金丸彦一郎・後藤政則・杠 学・中村展男（1990）ガザミ大型種苗の生産試験．西海ブロック藻類・介類研究会報，7，59-66.
- Ivlev, B. C. (1965) 魚類の栄養生態学（児玉康雄・吉原友吉訳）．たたら書房，米子，261 pp.
- 岩谷芳自・中島輝彦・大江秀彦（1983）ガザミの種苗生産における稚ガ二期の生残率について．栽培技研，12，19-23.
- 城 久（1986）大阪湾における富栄養化の構造と富栄養化が漁業生産におよぼす影響について．大阪水試研報，7，1-174.
- 城 久（1989）大阪湾の貧酸素水塊．沿岸海洋研究ノート，26，87-98.
- 海上保安庁水路部（1958）大阪湾〔和泉灘〕及播磨灘，第5版．日本近海海図，No.106.
- 角田俊平・具島健二・中井和夫・尾串好隆・村上 豊（1979）ネズツポ属 (*Callionymus*) 魚類の食性について I. ネズミゴチ *Callionymus punctatus*

- LANGSDORFF の食性. 広島大学生物生産学部紀要, 18, 75-83.
- 姜 柱賛・松田 治・山本民次 (1993) 広島湾の貧酸素と硫化水素がガザミ幼生の初期発達段階に及ぼす影響. 広島大学生物生産学部紀要, 32, 61-70.
- 唐川純一 (1997) 岡山県東部の内湾に放流した人工生産ガザミ種苗の定着と減耗過程. 岡山水試報, 12, 29-34.
- 唐川純一・近藤正美 (1996) 牛窓町鹿忍湾の干潟域に放流したガザミ種苗の生残と分布. 岡山水試報, 11, 27-37.
- 唐川純一・山崎 一・藤原久司・福田富男・濱崎正明 (1995) 築堤方式によるガザミ種苗の中間育成について. 岡山水試報, 10, 37-45.
- 川西正衛・平田貞郎・高場 稔・猪子嘉生 (1976) ガザミの種苗放流・追跡-VII 昭和50年度江田内における追跡と定着歩留り. 広水試研報, 6・7, 15-19.
- 近畿農政局大阪統計情報事務所 (1999) 平成9年大阪府漁業等の動き, 大阪農林統計協会, 大阪, pp.38-47.
- 北田修一 (1983) ガザミの種苗放流効果 (I) — 漁獲モデルによる期待漁獲量の推定 — . 栽培技研, 12, 37-47.
- 北田修一 (1984) ガザミの種苗放流効果II — 瀬戸内海における漁獲増加現象と効果の広がり — . 栽培技研, 13, 35-59.
- 北田修一 (1986) ガザミの放流効果評価方法をめぐる問題点と課題. 昭和60年度放流効果基礎調査ガザミ検討会要録 (協会研究資料 No.33), 日本栽培漁業協会, pp.64-76.
- Kitada, S. and K. Shiota (1990) Estimation of mortality rates of female swimming crab *Portunus trituberculatus* MEIRS from single-release marking studies. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1449-1453.
- 北森良之介・林 知夫 (1964) 瀬戸内海とその近接水域における底曳漁業漁獲物の食性群別組成について I. 地域性. 内海区水産研究所刊行物C輯, 2, 1-19.
- Klein Breteler, W. C. M. (1975) Laboratory experiments on the influence of environmental factors on the frequency of moulting and the increase in size at moulting of juvenile shore crabs, *Carcinus maenas*. *Neth. J. Sea Res.*, 9, 100-120.
- 河野通博 (1997) 明治中期の漁具の使用方法について. 大阪府漁業史, 大阪府漁業史編さん協議会編, pp.291-294.
- 上妻智行・有江康章・宮本博和 (1993) 小型底びき網で漁獲されるシャコの投棄後死亡率の推定. 福岡水技研報, 1, 85-88.
- 倉田 博 (1960) 甲殻類の脱皮時における長さの増大について. 北水研報, 22, 1-48.
- Kurata, H (1962) Studies on the age and growth of crustacea. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 24, 1-115.
- 倉田 博 (1972) クルマエビ栽培における種苗とその播殖に関する諸原理について. 南西水研報, 5, 33-75.

- 倉田 博 (1976) クルマエビ放流種苗の初期減耗と人工干潟. 種苗の放流効果
—— アワビ・クルマエビ・マダイ (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東
京, pp. 74-82.
- 松井誠一・萩原洋一・藤 紘和・塚原 博 (1986) ガザミ *Portunus trituber-*
culatus (Miers) の摂餌生態に関する研究, 九大農学芸誌, 40, 175-181.
- 松村靖治・池田義弘・新山 洋・高木将愛 (1996) ガザミ種苗量産放流事業. 平
成7年度長崎水試事報, 129-131.
- 三宅貞祥 (1983) 原色日本大型甲殻類図鑑 (Ⅱ), 保育社, 大阪, 277 pp., 64
pls.
- 水間敏朗・石田信正 (1981) 宮城県におけるクルマエビの中間育成について. 栽
培技研, 10, 55-62.
- 宮嶋俊明・浜中雄一・竹野功壘 (1998) クルマエビの放流技術開発—X—放流
効果推定の試み—. 京海セ研報, 20, 41-47.
- 門谷 茂・三島康史・岡市友利 (1991) 大阪湾の富栄養化の現状と生物によるN
とPの循環. 沿岸海洋研究ノート, 29, 13-27.
- 陸谷一馬・有山啓之 (1988a) ガザミ種苗生産試験. 昭和60年度大阪水試事報,
89-93.
- 陸谷一馬・有山啓之 (1988b) ガザミ種苗生産試験. 昭和61年度大阪水試事報,
91-96.
- 鍋島靖信・安部恒之・日下部敬之 (1993) 地域重要資源 (ガザミ) 調査. 平成3
年度大阪水試事報, 85-93.
- 鍋島靖信・安部恒之・日下部敬之 (1994) 地域重要資源調査 (その1. ガザミ).
平成4年度大阪水試事報, 96-109.
- 中島輝彦・岩谷芳自 (1980) ガザミ種苗生産事業. 昭和54年度福井県栽培漁業セ
ンター報告, 14-31.
- 日本栽培漁業協会 (1983) 日本栽培漁業協会20年史, 日本栽培漁業協会, 東京,
95 pp.
- 日本栽培漁業協会 (1998) 回遊性種栽培漁業地域展開促進事業 種苗生産・中間
育成コスト実態調査中間報告, 14 pp.
- 農林水産省統計情報部 (1997) 平成8年漁業・養殖業生産統計年報, 農林統計協
会, 東京, pp. 84-93.
- 大分県浅海漁業試験場 (1980) 昭和54年度放流技術開発事業 西部ガザミ班総合
報告書, 大6-大20.
- 大分県浅海漁業試験場・福岡県豊前水産試験場・山口県内海水産試験場 (1980)
昭和54年度放流技術開発事業 西部ガザミ班総合報告書, 総6-9.
- 岡山県水産試験場・岡山県水産課 (1993) 資源管理型漁業推進総合対策事業報告
書 (地域重要資源調査). 岡山水試報, 8, 24.
- Olmi, E. J., III and R. J. Orth (1995) Introduction to the proceedings
of the blue crab recruitment symposium. *Bull. Mar. Sci.*, 57, 707-712.
- 大阪府漁業協同組合連合会 (1993) 資源管理計画書, 8 pp.

- 大阪府水産試験場 (1978) 昭和52年度瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 3-18.
- 大阪府水産試験場 (1979) 大阪府の漁業, pp.195-199.
- 大阪府水産試験場 (1981) 昭和55年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 大1-大22.
- 大阪府水産試験場 (1982) 昭和56年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 大1-大26.
- 大阪府水産試験場 (1983a) 昭和57年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 大1-大23.
- 大阪府水産試験場 (1983b) 昭和57年度栽培漁業放流技術開発事業 クロダイ班総合報告書, 大15.
- 大阪府水産試験場 (1984) 昭和58年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 大1-大22.
- 大阪府水産試験場 (1985) 昭和59年度栽培漁業放流技術開発事業 ガザミ班総合報告書, 大1-大18.
- 大島信夫 (1938) 瀬戸内海「がざみ」調査. 水産試験場報告, 9, 141-212, pls. 2-5.
- 大富 潤・中田尚宏・清水 誠 (1992) 東京湾の小型底曳網によるシャコの海上投棄量. 日水誌, 58, 665-670.
- Pihl, L., S. P. Baden and R. J. Diaz (1991) Effect of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans. *Mar. Biol.*, 108, 349-360.
- Potter, I. C., P. J. Chrystal and N. R. Loneragan (1983) The biology of the blue manna crab *Portunus pelagicus* in an Australian estuary. *Mar. Biol.*, 78, 75-85.
- 坂本慶行・石黒真木夫・北川源四郎 (1983) 情報量統計学. 第1版, 共立出版, 東京, pp.42-64.
- 佐野雅基・矢持 進・有山啓之 (1995) 淀川河口域底層における酸素飽和度の短期変動. 大阪水試研報, 9, 77-79.
- 佐々田昭七・松村史郎・北島力 (1986) ガザミの中間育成における共食い防止について. 栽培技研, 15, 51-56.
- 塩田浩二 (1990) 水槽飼育における越冬ガザミの脱皮の経過について. 栽培技研, 19, 15-22.
- Shiota, K. (1993) Relationship between annual catch fluctuations and reproduction in the swimming crab in Hiuchi Nada, the Seto Inland Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1709-1715.
- 静岡水試浜名湖分場 (1993) 平成4年度重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書 (ガザミ), 9-20.
- 水産庁・日本栽培漁業協会 (1999) 平成9年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~, pp.244-256.

- 田畑和男・勝谷邦夫 (1973) ガザミの稚ガ二期における共喰い現象について. 栽培技研, 2, 27-32.
- 田畑和男・勝谷邦夫 (1974) ガザミの稚ガ二期における共喰い現象について- II. 昭和48年度岡山水試事報, 207-210.
- 高場 稔・平田貞郎 (1976) ガザミに関する研究- I 令期と甲巾および孵化後経過日数の関係. 広島水試研報, 6/7, 1-7.
- 高橋伊勢雄・松井芳房 (1972) ガザミの種苗生産に関する研究 有機性懸濁物を利用した高密飼育について. 栽培技研, 1, 1-14.
- 武田晃一 (1981) 燧灘におけるガザミ種苗放流とその生産効果の検討. 栽培技研, 10, 51-59.
- 玉井恭一 (1982) 大阪湾におけるスピオ科の多毛類 *Paraprionospio* sp. (A型) 個体群の季節変動と成長. 日水誌, 48, 401-408.
- 田中昌一 (1985) 水産資源学総論, 恒星社厚生閣, 東京, 381 pp.
- 田中丈裕 (1997) 区画堤防方式増殖場におけるガザミの中間育成. さいばい, 84, 13-24.
- 丹下勝義・柄多 哲・大石浩平 (1983) 有機性懸濁物によるガザミの種苗生産研究- X 飼育中の各令期の大きさとその期間について. 兵庫水試研報, 21, 49-54.
- 谷口順彦 (1986) 種苗生産における遺伝学的諸問題. マダイの資源培養技術 (田中 克・松宮義晴編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.37-58.
- 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, pp.189-207.
- 宇都宮 正 (1968) ガザミ *Neptunus trituberculatus* MIERS 人工種苗の養殖に関する基礎的研究- I. 池中養殖における成長・生残. 山口内海水試調査研究業績, 17, 17-26.
- 山口県内海水産試験場 (1979) 昭和53年度放流技術開発事業 西部ガザミ班総合報告書, 1-25.
- 山口県内海水産試験場 (1980) 昭和54年度放流技術開発事業 西部ガザミ班総合報告書, 山1-山7.
- 山岡耕作 (1993) 行動からみた健苗性. 放流魚の健苗性と育成技術 (北島 力編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.41-50.
- 山崎哲男 (1974) ガザミのMegalopaおよび稚ガ二初期の趨光性, 付着性および潜砂能力について. 栽培技研, 3, 19-25.
- Yamochi, S., H. Ariyama and M. Sano (1995) Occurrence and hypoxic tolerance of the juvenile *Metapenaeus ensis* at the mouth of the Yodo River, Osaka. *Fisheries Sci.*, 61, 391-395.
- 矢持 進・有山啓之・佐野雅基 (1998) 大阪湾湾奥沿岸域の環境修復 - 堺泉北港干潟造成予定地周辺の水質・底質ならびに底生動物相とマコガレイの貧酸素に対する応答-. 海の研究, 7, 293-303.

- 八塚 剛 (1968) ガザミ養成の基礎知識< I >. 養殖, 5(10), 108-112.
- 横山 寿 (1986) 大阪港およびその周辺海域における底生動物の分布 (第2報)
- 夏季相と冬季相の相違 -. 全国公害研究会誌, 11, 73-82.
- Yokoyama, H. (1995) Occurrence of *Paraprionospio* sp. (form A) larva (Polychaeta: Spionidae) in hypoxic water of an enclosed bay. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 40, 9-19.
- 横山 寿・土永恒彌・小田国雄 (1985) 大阪港およびその周辺海域における底生動物の分布 (第1報) - 1984年8月の動物相 -. 大阪市環科研報告, 47, 91-101.