

クルマエビ中間育成において飼育密度と投入餌料量の 違いが成長と生残に及ぼす影響

山崎 明人

Effects of individual density and provided food on survival and growth of juvenile Kuruma prawn *Penaeus japonicus* in the field nursery culture

Akihito Yamazaki

Abstract

Field nursery culture experiment of juvenile Kuruma prawn *Penaeus japonicus* was carried out at tidal flat in Futtsu, Tokyo bay and effects of individual density and amount of provided food on the survival and growth were examined.

Survival rate was negatively correlated with the individual density. Growth rate was nearly constant regardless of the density in the prawn of 17.9mm initial mean body length but in 11.0mm decreased linearly with the density. Maximal survival rate was observed under the condition the daily ration was 18% of initial body wet weight.

はじめに

クルマエビ栽培漁業における中間育成の目的は、種苗生産水槽において効率的な飼育が可能な発育段階の上限と、一方海の自然環境に放流して商品体長に成長するまでの生残率を実用的な精度で予測できる発育段階の下限との間にある溝を、人為的な保護育成によって埋めることとされる。そして具体的には、干潟などの種苗放流場所で行われる1週間以上の飼育作業を指すことが多い。また、クルマエビ種苗の大量生産が一応解決されている現状では、中間育成が最大の課題である。

ここでは、最終的に東京湾におけるクルマエビの生態、漁業及び種苗生産体制の実態に合った中間育成法を開発するため、中間育成時の適正な個体密度及び投餌量などを決定する一連の実験を行ったので報告する。

本実験を行うにあたり、佐藤新浅海資源研究室長（現在、千葉県水産試験場次長）及び浅海資源研究室石田修主任研究員（現在、種苗生産研究室）・田中種雄研究員・柴田輝和主任技師・河西伸治技師・坂本孝

一主任水産助手の各氏から貴重な御意見と多大な御助力を頂いた。ここに心から御礼申し上げる。

実験方法

東京湾中央部富津岬北側に位置する富津干潟において、基準海面からの地盤高50cmの場所を選定し（Fig. 1）、等深線になるべく平行になるように4つの囲い網を1m間隔で並べて設置した（Fig. 2-A）。囲い網の目合いは縦横それぞれ2mm、最下端には浮かないように鉛心ロープを縫いつけてある（Fig. 2-B）。

設置作業では、まず巻尺で測量しながら、ノリ養殖における竹杭打ちなどに用いる水流を噴出するガソリンエンジン駆動型ポンプを用いて、竹杭を建てた。囲い網を付属の紐で竹杭に固定した後、同じポンプで溝をほり、Fig. 2-Bにおける囲い網の点線部を砂中に埋没させた。囲い網の設置後、水深が10~0cmになるのを待ち、手網によりハゼ類及びカニ類などの捕食生物をできるだけ排除した。なお、中間育成終了時にこれらの捕食生物が囲い網の中で発見されることはなかった。

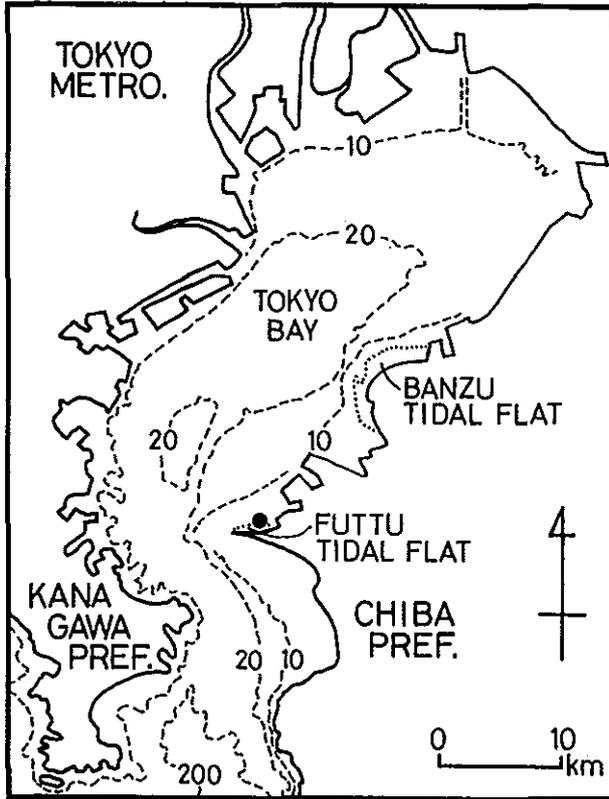


Fig. 1 Site (solid circle) of nursery culture experiments. Height above datum sea level of the point the net crawls set up was 50 cm. Dotted line show the boundary of tidal flat and numbers indicate water depth in m.

図1 クルマエビ中間育成試験実施位置(黒点)。試験施設を基準海面からの高さ50cmの位置に設置した。点線は干潟の境界線、破線は等深線(単位はm)を示す。

クルマエビ種苗を、重量法により計数し、囲い網内に放流した。餌料量を投入種苗総湿重量^{*}に対する割合によって決定し、放流日から中間育成終了の前日まで、規定量を1日1回囲い網内にまんべんなく分散するように与えた。餌料には日配車えび飼料株式会社製クルマエビ後期中間育成用配合餌料を用いた。また、中間育成期間中の基準海面からの潮位は50cm以上であり、囲い網が干出することはなかった。

中間育成終了後、一辺が50cmの正方形の底がない鉄板枠を採集場所に置き、エビが枠外に逸散しない状態

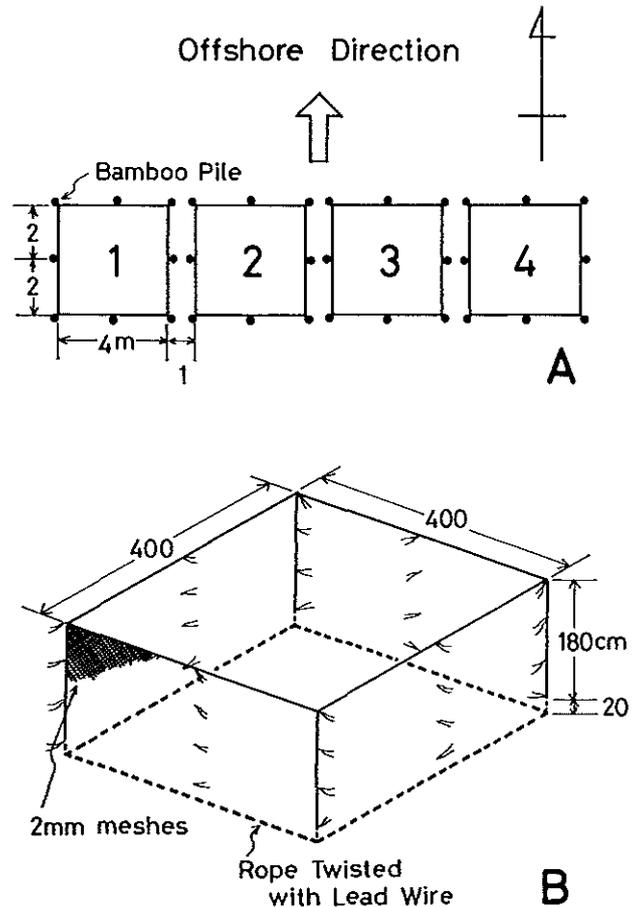


Fig. 2 Arrangement (A) and Structure (B) of the net crawl for nursery culture experiments. Lower end of the crawl (B, the part of broken line) was buried.

図2 クルマエビ中間育成用囲い網の設置図(A)、及び囲い網の構造(B)。囲い網の点線部は土中に埋没させる部分。

で、枠内のエビを手網で採集した。採集を1網につき、網の4隅、4辺の網際の中央4ヶ所、網の中央1ヶ所の計9ヶ所で行った。さらに、中間育成開始及び終了時の個体密度から、減少率が一定であったと仮定して、一日当りの生残率を求めた。

囲い網内に放流する前のエビ、及び中間育成終了後に採集したエビを無作為抽出し、100尾程度の体長を測定した。この測定結果を、体長と湿重量の相対成長式^{2)***}により湿重量に変換し、これから実験区ごとに平均湿重量を計算した。さらに、増加率が一定であっ

* 重量法で用いた1000尾当たりの湿重量 (Table 1) により求めた。

** $W = 0.00496 L^{3.199}$ W: 湿重量 (mm) L: 体長 (mm)

たと仮定して、一日当りの成長率を求めた。

適当な個体密度及び投餌量を把握するために以下の3実験を行った。実験に用いた種苗の大きさ及び実験期間などをTable 1に、設定条件の詳細をTable 2に示した。

実験1：平均体長17.9mmの種苗を用い、個体密度を各々200, 300, 500, 932尾/m²とし、全て囲い網内に放流したエビ湿重量の10%の餌量を与えて行った。

実験2：平均体長23.4mmの種苗を用い、個体密度を500尾/m²に固定し、エビ湿重量の各々5, 9, 18, 27%の餌料を与えて行った。

実験3：小型種苗の中間育成の可能性を探るために、平均体長11.0mmの種苗を用い、個体密度を各々300, 500, 1000, 1500尾/m²とし、エビ湿重量の20%の餌量を与えて行った。

Table 1 The sizes of juvenile Kuruma prawn used in the experiments.

表1 実験に供したエビの大きさ

Experiment	Period of experimentation	Mean body length (mm)	Mean wet* weight (mg)	Wet weight of 1000 shrimps (g)
I	Aug. 15~22, 1987	17.9	59.6	738
II	Aug. 1~ 8, 1988	23.4	131.0	1,647
III	July 7~14, 1989	11.0	11.6	176

* calculated value from body length on the basis of relative growth expression

Table 2 Experimental condition and result of each fraction.

表2 各実験区の設定条件及び実験結果

Fraction	Initial individual density (/m ²)	Amount (%) [*] of daily food	Initial individual density (/m ²) breeding	Survival rate per day	Final body length (mm)	Final wet weight (mg) ^{**}	Growth rate per day
I-1	200	10	170	0.977	20.9	96.5	1.071
I-2	300	10	233	0.965	21.2	97.8	1.073
I-3	500	10	359	0.954	20.8	98.1	1.073
I-4	932	10	616	0.943	20.9	104.3	1.083
II-1	500	5	419	0.975	25.5	175.3	1.042
II-2	500	9	376	0.960	27.0	210.5	1.070
II-3	500	18	468	0.990	27.2	229.7	1.083
II-4	500	27	335	0.944	27.9	243.2	1.092
III-1	300	20	236	0.966	14.3	26.9	1.128
III-2	500	20	359	0.954	13.9	24.6	1.113
III-3	1,000	20	617	0.933	13.4	22.6	1.100
III-4	1,500	20	781	0.911	13.0	20.4	1.083

* ratio to initial total wet weight of prawns

** calculated value from body length on the basis of relative growth expression

実験結果

生残及び成長に関する実験結果をTable 2及びFig. 3~5に示した。

実験1

放流直後は、ほとんどの個体が潜砂せず、水中を遊泳または網地に付着していた。放流の翌日からは、ほとんどの個体が潜砂しており、餌を与えると一斉に砂から抜け出して摂餌を行い、残餌は認められなかった。また、囲い網の外側と比較して、環境の変化は認められなかった。

一日当たりの生残率は、200尾/m² 実験区で最高の0.977, 932尾/m² 実験区で最低の0.943が得られ、個体密度と負の相関が認められた。

一日当たりの成長率は、実験区間でほとんど差はなく1.071~1.083の範囲であった。

実験2

放流日及びその翌日の状況は、実験1と同様であった。ただし、放流数日後から、餌料量が5%及び9%の実験区では潜砂せず砂上に露出する個体が認められ、特に5%実験区でその傾向が著しかった。5, 9, 18

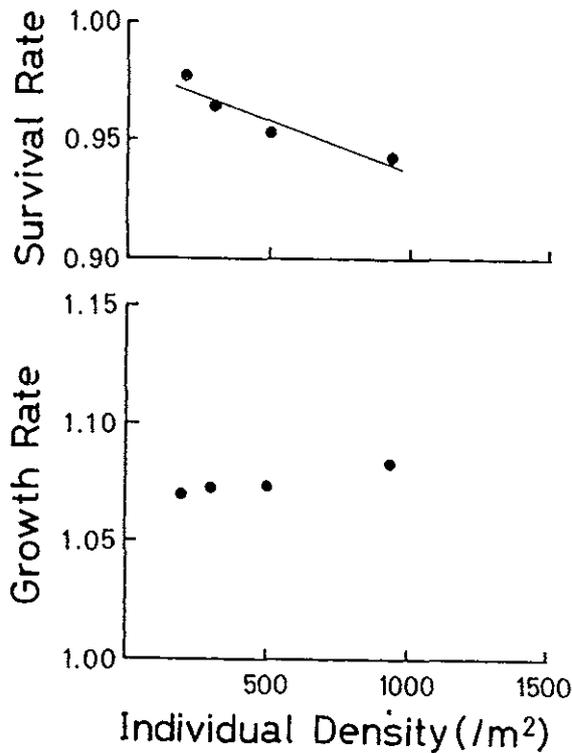


Fig. 3 Growth rate per day and survival rate per day in Experiment I.

図3 実験Iにおける1日当りの成長率及び一日当りの生残率

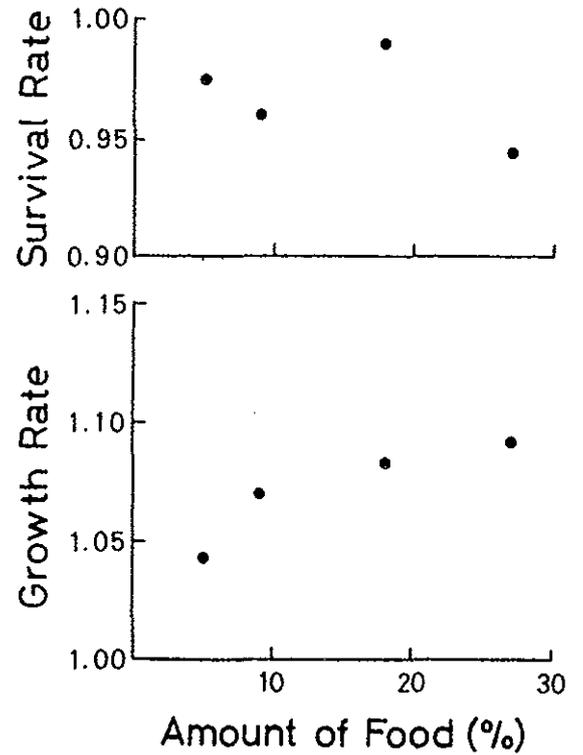


Fig. 4 Growth rate per day and survival rate per day in Experiment II.

図4 実験IIにおける1日当りの成長率及び一日当りの生残率

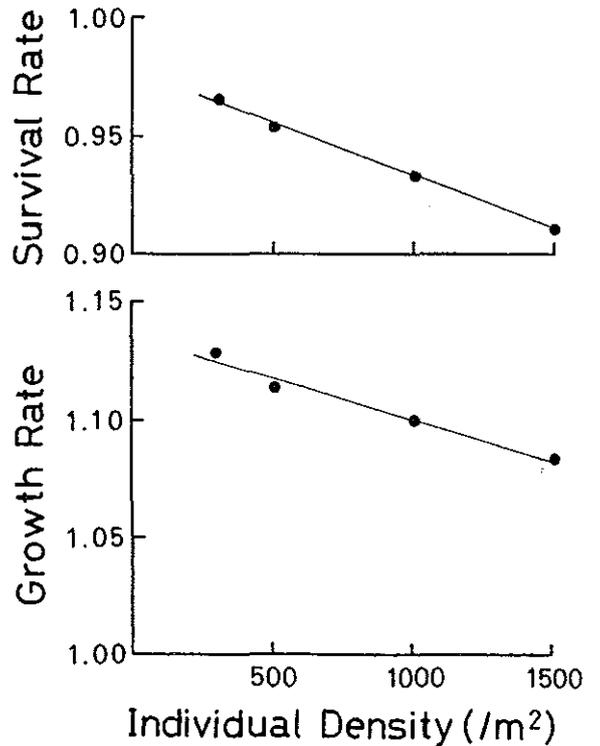


Fig. 5 Growth rate per day and survival rate per day in Experiment III.

図5 実験IIIにおける1日当りの成長率及び一日当りの生残率

%の実験区では環境変化は認められなかったが、27%実験区では、中間育成終了時に有機物の腐敗臭が感じられた。また、27%実験区のみ2日間残餌が認められた。

一日当たりの生残率は、18%実験区が0.990と最も高く、27%実験区が0.944と最も低く、5%及び9%実験区がその中間であった。

一日当たりの成長率は、27%実験区が1.092と最も高く、5%実験区が1.042と最も低く、9%及び18%実験区がその中間であった。

実験3

放流日及びその翌日の状況は、実験1と同様であった。これ以降、尾数は減少したが、砂上に露出している個体がかかり認められた。また、残餌はなく、環境の変化も認められなかった。

一日当たりの生残率は、300尾/m²実験区で最高の0.966、1500尾/m²実験区で最低の0.911が得られ、個体密度と負の相関が認められた。

一日当たりの成長率は、同様に300尾/m²実験区で最高の1.128、1500尾/m²実験区で最低の1.083が得られ、個体密度と負の相関が認められた。

考 察

本実験を行った富津干潟は、古くから天然エビの生息場であることが確認されており、³⁾ その密度は1985年7~8月及び1986年7~8月の干出時で0.007~0.36尾/m²であった。^{4),5)} この値から囲い網当り(16m²)の個体数を計算すると、0.112~5.76個体となる。従って、飼育個体数よりはるかに少ない値なので、生残率及び成長率を計算する場合、天然エビの存在を無視してもよいであろう。

甲殻類の成長は脱皮によって起こり、ガザミ⁶⁾で報告されているように、脱皮直後は殻が柔らかく共食いされやすい時期である。クルマエビでも共食いが起こることが報告されており、²⁾ 高密度飼育において、脱皮後の個体が共食いされやすいことは确实であろう。ところで、脱皮直後の個体が共食いされる傾向が強ければ平均湿重量の増加量は少なくなり、計算上の成長率は減少する。小型の個体が共食いされる傾向が強ければ、成長率は逆に増加することになる。このように平均値で成長を考える場合には脱皮する個体による正規の成長の他に、共食いなどによる死亡の影響をも考えなければならない。

個体密度を変えた実験において、生残率は、実験1の大型群(実験開始時の平均体長17.9mm)、実験3の

小型群(平均体長11.0mm)共に、個体密度と負の相関関係が認められた。これらの実験区では囲い網内の特別な環境変化は認められず、死亡原因は共食いによる可能性が大きい。死亡個体のほとんどが共食いによるのであれば、共食いされる個体数割合は個体密度と比例関係になる。ところが、伏見⁷⁾は同様の実験を行い、5日間当たりの減少係数は、放養密度が400尾/m²を超えるとほぼ一定となるとしており、今回の実験結果と異なるが、この原因については明らかにできなかった。

成長率は、大型群では個体密度に関係なくほぼ一定、小型群では個体密度が増加するにつれ、直線的に減少する傾向が認められた。小型群で成長率が個体密度と負の相関があるのは、脱皮後に共食いによる死亡が多いためと推測する。反対に、大型群で成長率が密度に関係なく一定なのは、共食いされる個体に小型群と比較して脱皮及び個体の大きさなどで偏りが少ないためであろう。

また、潜砂状況について、大型群ではほとんどが潜砂していたが、小型群ではほとんど潜砂しないことが観察された。昼間にほとんどの個体が潜砂するようになるのは体長約25mm以上とされ、^{2),8)} 小型群ではこの程度の大きさに達していないことがその原因と考えられる。ただし、大型群では体長25mmに達していないにもかかわらず、ほとんどの個体が潜砂しており、潜砂特性が完成される大きさは種苗によりかなり異なる可能性を示唆している。

餌料量を変えた実験2において、27%実験区では生残率が最も低く、腐臭が認められることから、環境の悪化による死亡原因が加わり、このような結果が得られたと考える。一方で成長率は最高であり、小型の個体が環境の悪化のために死亡したと、活力のある個体が豊富な餌を十分に利用して成長できたことがその原因と推測した。18%実験区では生残率が本実験中最高を示し、成長率もさほど悪くなく、ほとんどの個体が潜砂していることから、ほぼ適正な中間育成が行われたと考えられる。また、特に5%実験区では大型の個体(放流時平均体長23.4mm)であるのにも関わらず、潜砂しない個体が目だち、石岡²⁾が指摘するように飢餓が潜砂率を低下させたためと考えられる。

各県の中間育成事例⁷⁾から計算した一日当たりの生残率は0.810~0.997、成長率は1.036~1.227である。ただし、成長率は平均体長を相対成長式で湿重量に変換して求めたので、本報告で用いた計算方法より、わずかに低く評価される。本実験で得られた生残率は0.911

～0.990, 成長率は1.042～1.128であり, 比較すると生残率はほぼ最高であるが, 成長率はそれほど高くはなかった。しかしながら, 上記で求めた各県の生残率及び成長率を検討すると, 生残率及び成長率が共に高い例は非常に少ないので, ほぼ実用上問題のない値といえよう。

クルマエビはポストラバー体長10mmまでを浮遊期, これ以後25～30mmまでを移行期, 移行期以後を底生生活期とされ,⁹⁾ 体長30mm以上で防衛力が一段と強くなり, この大きさが中間育成後放流時の大きさの目標とされる。¹¹⁾ また, 潜砂は被食への防御反応であり, 潜砂が完全にできることが中間育成後の放流時の条件となる。本実験では, 中間育成開始時の平均体長11.9mm, 終了時の平均体長13.0～14.3mmの場合には潜砂しない個体が目立ち, 開始時17.9mm, 終了時20.8～21.2mmの場合にはほとんどの個体が潜砂した。この結果は潜砂だけから見れば, 平均体長20mm前後で放流できることを示唆している。しかし, 潜砂率は歩脚の傷害の程度にも影響される^{9),10)} ので一概にはとらえられない側面もあり, 一般的に潜砂特性は体長約25mmで完成する^{2),8)} とされている。従って実際の中間育成では, ほとんどの個体が体長25mm以上となる平均体長は30mm前後であり, やはり平均体長30mmを放流目標とするのが安全であろう。

一方, 中間育成にかかる人的, 金銭的な努力はできるだけ少ない方がよいことはいうまでもない。具体的には, 最少期間で, 最大密度で, 最少餌料量でということになる。実際にはこれらの制約の中で, 十分な大きさでかつ潜砂能力を保持した放流種苗をいかに中間育成するかの問題である。

各県の中間育成期間は2週間～1カ月⁷⁾が多いが, これは体長15mm前後の種苗から中間育成を開始し, 平均体長30mm前後で放流することを目標としているためである。中間育成開始時にさらに大きな種苗が得られれば, 育成期間を短くすることができる。千葉県ではコンクリート水槽中で平均体長25mm前後まで飼育している^{*}ので, この程度の種苗を入手して平均体長30mm前後にするには, 本実験のように1週間の中間育成期間で十分であろう。

本実験では個体密度500尾/m², 餌料量18%の時, 最高の生残率が得られ, かつほとんどの個体が潜砂していた。餌料量9%では潜砂しない個体が認められたことから, 餌料不足を生じ, 27%では環境悪化を起こ

す。従って, 20%程度の餌料量が適当と考えられる。中間育成時の適正餌料量は初期放養重量の10～30%とされる⁷⁾ が, この値はエビの大きさ及び天然餌料量に影響される。富津干潟では本実験結果より, 平均体長25mm前後のエビを中間育成する場合には, 約20%を適正量と考えるべきだろう。

同様の設定で中間育成を行う場合, 20%程度の餌料量を与えつつ密度を増やした場合, 単位面積当りに投入される餌料量は増加することになり, 環境の悪化を引き起こす可能性がある。従って, 個体密度を変えた実験である程度満足できる結果の得られた500尾/m²程度を中間育成の限界密度とするのが安全と考える。もし, これ以上の密度で中間育成を行わなければならない場合は, 餌料量を減らす処置が必要であろう。

要 約

クルマエビ中間育成技術開発のために, 個体密度及び投餌量を変えて1週間の飼育実験を行った。

生残率と個体密度は負の相関があった。成長率は, 中間育成開始時の平均体長17.9mmでは個体密度に関係なく一定, 11.0mmでは個体密度が増加するにつれ直線的に減少する傾向が認められた。また, 種苗湿重量の18%の餌料を与えたとき, 最高の生残率が得られた。

富津干潟においては, 体長25mm前後の種苗を個体密度500尾/m²で, 種苗の湿重量の20%程度の餌料を与えて, 約一週間の中間育成を行い, 平均体長30mm程度にして放流するのが適当と考えられた。

文 献

- 1) 倉田 博 (1986): クルマエビ栽培漁業の手引き 第2編種苗の受け入れから放流まで 第3章 中間育成. 日本栽培漁業協会, 東京. 83-89.
- 2) 石岡宏子 (1973): クルマエビ人工種苗の生理生態に関する研究. 南西海区水産研究所研究報告, 6, 59-84.
- 3) 石井俊雄 (1961): 東京内湾のクルマエビについて. 千葉県内湾水産試験場試験調査報告書, 3, 30-42.
- 4) 東京湾横断道路漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会 (1986): 東京湾横断道路漁業影響調査報告書 第3号 第一分冊 IV 幼魚調査, 78-79.
- 5) 東京湾横断道路漁業影響調査委員会・日本水産資

* 天羽漁業協同組合クルマエビ種苗センター出荷資料

- 源保護協会 (1987) : 東京湾横断道路漁業影響調査報告書 第6号 第二分冊 IV干潟の水産重要生物調査, 76-80.
- 6) 田畑和男・勝谷邦夫 (1973) : ガザミの稚ガニ期における共食い現象について. 栽培技研, 2(2), 27-32.
- 7) 伏見 浩 (1986) : クルマエビ栽培漁業の手引き 第2編種苗の受け入れから放流まで 第4章手法別中間育成のやり方 1 囲い網. 日本栽培漁業協会, 東京, 90-115.
- 8) 安永義暢 (1979) : 日本海沿岸におけるクルマエビ種苗放流技術開発のための基礎的研究. 日本海区水産研究所研究報告, 30, 67-96.
- 9) 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(2), 11-18.
- 10) 宇都宮正・八柳健郎 (1975) : クルマエビ種苗生産時に出現する傷害エビについて. 栽培技研, 4(1), 1-6.