

クルマエビ播殖種苗の減耗とその要因

倉 田 博

Variation and Mechanisms of Survival of the  
Seeds Shrimps Sown on the Tidelands

Hiroshi KURATA

漁業資源研究会議報第15号別刷

昭和48年3月

Reprinted from Report of Fisheries Resources Investigations  
by the Scientists of the Fisheries Agency,  
Japanese Government, No. 15.  
March, 1973

## (2). クルマエビ播殖種苗の減耗とその要因

話題提供者：倉 田 博 (南西海区水産研究所)  
座 長：花 村 宣 彦 (南西海区水産研究所)

### Variation and Mechanisms of Survival of the Seed Shrimps Sown on the Tidelands

Hiroshi KURATA

(Nansei Regional Fisheries Research Laboratory)

#### Abstract

Farming the sea for the kuruma shrimp is an urgent need in Japan. Comprehensive knowledges on the mechanisms of survival of the shrimp juveniles on the intertidal nursery grounds are highly required for the development of farming methods and of the farming industry on the sound scientific bases.

The life history of a penaeid shrimp may be divided into six phases; embryo, larva, juvenile, adolescent, subadult and adult (Table 2), the last four being grouped together as the postlarval. The larva comprises three subphases; nauplius, zoea and megalopa (Table 1). The megalopa is different and distinguished, though somewhat indistinctly, from the succeeding postlarval juvenile by an incomplete gill system and certain of the mouth parts showing temporary degenerations. It is toward the end of megalopa that they enter the inshore nursery grounds. On arriving there they acquire benthic existence for the first time and change into juvenile.

Benthic juveniles of about 10mm long, which have been reared in the laboratory, are used as the seed shrimps. Millions of them are sown at a time in shallow tide pools at spring low tides. Survival of the seed shrimps largely depends on the density of predator fishes in the tide pools. Generally speaking, predatory activity of fishes foraging about in the shallow coastal waters play a leading role on the variation of survival of the natural population of juveniles as well as of the artificial one of the seed shrimps after sowing.

The elevation where the tide pools are formed has been revealed to have a profound influence on the density and the size of individuals of predatory fishes not only at low tides but also at high tides, and in turn on the initial mortality of the seed shrimps within the first 24 hours after sowing, the most critical period for their survival.

After the initial mortality, which may vary from 30~95 percent or more of the total sown seeds, a good survival rate of nearly 90 percent per a period between two successive spring tides (a little more than two weeks) may be expected until at least the time of harvest, three months after sowing in summer when the shrimp attains about 130mm in body length and 25 gm in total wet weight.

#### 1. は し が き

クルマエビ栽培法は、人工飼育した種苗を海にまき、天然餌料によって育てて収穫する技術である。クルマエビの再生産を、海の中におけるよりもはるかに高い効率で実現するための一連の工程からなるいわば総合技術である。ここでは、種苗生産に次ぐ第2工程である「たねまき」について、まいたたねの減耗とその

要因に関するわれわれの理解の現状を集成したつもりである。

周知のとおり、クルマエビ稚仔は浅い海にはいかいする魚類にとって絶好の餌である。長時間輸送して多少とも弱った人工種苗ではなおさらである。だから、クルマエビ種苗の流れに放すのはたねまきというよりむしろこませになる危険が濃厚である。また、収穫を期待して種苗をまくからには、まいた種苗の行末は一部始終を見とどけることが肝心である。だとすれば、クルマエビのたねまきを放流と呼ぶのはあまり適当でない。文字どおり「たねまき」で一向に差支えないが、いささか難かしくいうときは播種が適当だろう。

いずれにしても、自然の海にまくのであるから、クルマエビが自然の生態系において生きのびているしくみについて、なるべく広く深い理解が必要なことは言うまでもない。そもそも、われわれ人類にとってエビや魚の生活をなかなか理解し難いのは、彼等が今だに生命がそこから生れた海の中で暮しているのに、われわれの方はずっと遠い遠いはるかな大昔に陸にあがってしまい海の中の暮しの記憶はもはや痕跡も残していないことに起因するようである。みぞは深く広いのである。とかくわが身にひきくらべてものを考えがちな人類にとって、エビの身になるのは決してたやすいことではない。彼等の生活の理解はとともひと筋縄ではゆかないことを十分承知しておく必要があるだろう。

## 2. 生活史と発育段階

クルマエビ個体の生活史は受精からはじまる。胚は無色透明な卵膜と胚膜とに包まれ、親の庇護は全くない。独立して高温分の外洋水中に分散している。13~14時間でふ化し、自由遊泳生活に移る。

第2次性徴は別として、親とは形態的に異なる自由生活段階を一括して幼生(larva)とよぶ。幼生段階はいくつかの相(phase)からなり、各相はさらにいくつかの形態的に識別される期(stage)ないし脱皮経歴の異なる令(instar)からなる。わが国ではHUDINAGA(1942)が提唱して以来nauplius-zoea-mysisの3相12令(12期)が広く用いられているが、よその国ではnauplius-protozoa-mysisが普通である。しかし、近年における広範な知見の集積に基づいて再検討してみると、nauplius-zoea-megalopaの3相16~17令(Table 1)が最も適切かつ合理的であると考えられるようになった(WILLIAMSON 1969; 倉田1973b)。HUDINAGA(1942)の最初の4~5令postlarvaは、えらが未完成であり、口部付属肢の一部に生え代り現象がみられる点において、成体というよりむしろ幼生とみなすべきである。

Table 1. Terminology and number of stages of the larval phases in the penaeid shrimps.

Authors	Larval phases and number of stages					Species
Gurney, 1924, '42	Nauplius 3-8	Protozoa 3	Zoea 2-4	Postlarva		Decapoda in general
Hudinaga, 1942	Nauplius 6	Zoea 3	Mysis 3	Postlarva		<i>P. japonicus</i>
Dobkin, 1961	Nauplius 5	Protozoa 3	Mysis 3	Postlarva		<i>P. duorarum</i>
Ewald, 1965	Nauplius 5	Protozoa 3	Mysis 3-4	Postlarva		<i>P. duorarum</i>
Cook & Murphy, 1970	Nauplius 5	Protozoa 3	Mysis 3	Postlarva		<i>P. aztecus</i>
Williamson, 1969 Kurata, 1972	Nauplius 5-7	Zoea (Proto- zoea) 3	Zoea 3-4	Megalopa 4-5	Juvenile (Postlarva)	All Decapoda and Euphausiacea
Organs for locomotion	Ant. 1 Ant. 2 Mand.	Ant. 1 Ant. 2 Exo. of Mxp. 1 Exo. of Mxp. 2	Exo. of Mxps. 1-3 Legs. 1-5	Pleopods 1-5	Legs 1-5 (Pleopods 1-5)	

megalopa末期に、外洋水塊をはなれて内湾干潟などの生育場にはいる。この段階の個体に特徴的な反応は、低塩分水に対する忌避と塩分上昇に対する遊泳活動の活潑化とである。結果としてmegalopaは上潮にのっ

て、等塩分線と直角に高い方から低い方へ移動することになる。したがって、稚仔の密度は内陸方向に塩分濃度傾斜が著しい水域（河口など）ほど高くなり、かつ、常に潮汐の発達と密接な相関がみられることになる。

生育場に到着してはじめて底生生活に移行し稚仔段階にはいる。これから生活史のおわりまでが一括して postlarva であり、さらに4段階に分けることができる。稚仔はえらがすでに完成しているが、第6腹節が相対的に長く、第二次性徴が未発達で、色素胞の分布が不規則である点で後統段階と異なる。生態的には潜伏夜行習性が未完成で昼夜を問わず索餌活動がみられ、水圧変化に対して ebb transport 型反応 (RICE 1964; NIGHT-JONES and MORGAN 1966) がみられる。

体長25~30mm以降は、生殖に関する事柄を除けば、形態も生態も基本的にはもはや変化しない。最初の性成熟がはじまるまでを若年段階、それがはじまってから完了するまでの過渡的な段階を前成体、最初の性成熟完了以後を成体とよぶことにする。かくして、クルマエビの発育段階はTable 2のようにまとめることができる。

Table 2. Life history phases of the penaeid shrimp.

Phase	Begins at	Duration	Body length, mm		Mode of life	Habitat
			Male	Female		
Embryo	Fertilization	0.6 days	0.26		Planktonic	Offshore
Larva	Hatching	30 days	0.3-7.0		do	do
Juvenile	Completion of gill system	15 days	7-25		Benthic	Estuary
Adolescent	Stability of body proportions	2 (10) months	25-90	25-110	do	do
Subadult	Commencement of sexual maturity	9 (1) months	90-100	110-125	do	Sound
Adult	Completion of sexual maturity	24 months	100-220	125-262	do	Offshore

1) Approx. duration for the spring (or summer) born populations. 2) Egg diameter. 3) Minimum male with jointed petasma. 4) Minimum female with stopper. 5) Minimum male with protruded milky-white terminal ampoule. 6) Minimum female with fully ripe ovary. 7) Maximum size ever found.

生長率は、餌条件は別とすれば、水温と体の大きさとの函数である。若年個体では夏は2mm/daysにもおよぶが、冬はほとんど生長しない(Fig. 1)。既往の知見を整理すると、クルマエビの生長曲線はFig. 2に示したようにまとめられる。春の早期産卵は主に2, 3才雌に、夏の産卵は主に初産の1才雌、とあるいは2, 3才雌の2番子と、によるものと考えられる。

若年段階末期から全面的に漁獲対象になりはじめ、栽培資源では収穫期にはいる。生態的には沖合移動期にあたり、若エビは塩分低下に対して趨流性の方向が逆転し積極的に流れにのって泳ぎ下ろうとする反応が発達する。megalopaとはちょうど反対である。したがって、大潮時の急激な海水流動にともなう顕著な塩分濃度傾斜は大量の若エビの沖合移動を促がすため、定置漁具による漁獲は決して期または望に極大となる(Fig. 3)。

栽培にあたって、どの発育段階を種苗とするかは大変重要で難しい問題である。経済原理によれば価格がなるべく安くなければいけない(長谷川 1968)。一方、生物原理によればまいた種苗数から収穫量を的確に予測できなければならない。前者に従えばなるべく早い段階が、後者に従えばなるべく遅い段階が望ましい。相反する2原理はどこかで折合いをつける必要がある。今のところ初期底生稚仔(体長9~12mm, 平均体重0.01gr)である。

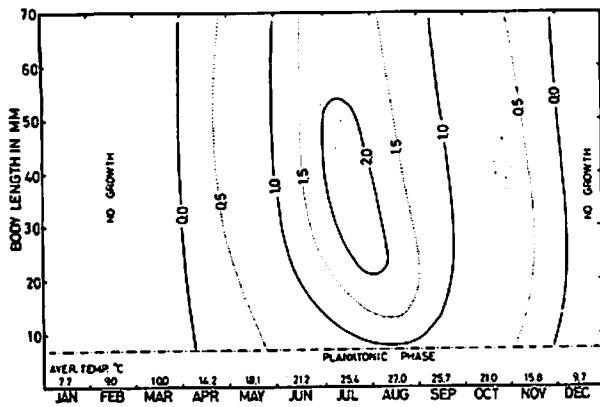


Fig. 1. Growth in millimeters per day in the young *P. japonicus*.

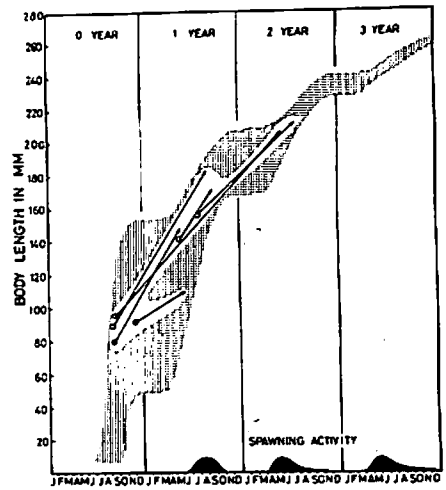


Fig. 2. Estimated growth curve for *P. japonicus* females and their spawning activities at successive years. Arrows in the diagram indicate growths of tagged shrimps selected from release-recovery experiments.

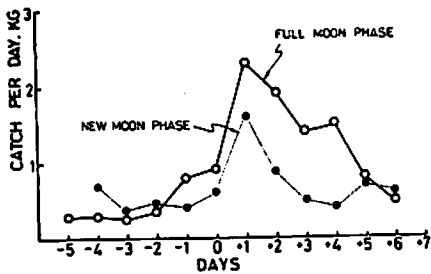


Fig. 3. Lunar rhythms in the amount of daily catches by a stake net at the entrance of Ogohri Bay. The day at new or full moon is designated as 0 day. (UTSUNOMIYA et al, 1954).

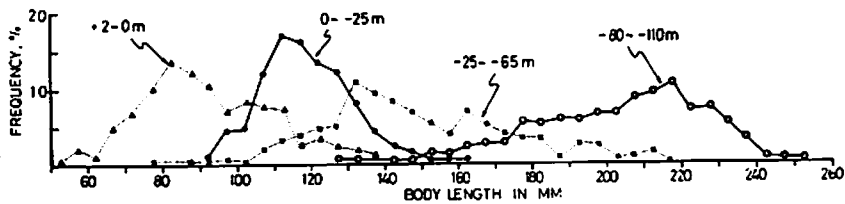


Fig. 4. Length distributions of *P. japonicus* captured from different elevations and depths (HIRAMATSU et al, 1967; TASHIBU and NOZU, 1970).

### 3. すみ場所と生活圏の広さ

干潟における底生初期稚仔のすみ場所は、一生のうちで最も高い標高にあり、平均低低潮線付近から最低高高潮線付近までの潮間帯である (倉田ほか 1972)。若年段階にはいると、すみ場所は沖へ向って広がり

はじめ、原則としておしまいまで一方的に深い方へ移る (Fig. 4)。昭和45, 46年に燧灘で2,900余尾のクルマエビに迷子札をつけて放流したが、その内5尾が燧灘をこえていずれも西での再捕が報告された (Fig. 5)。放流時の体長と再捕位置との関連から推測すると、当才個体は大体燧灘の範囲内で最初の冬をすごすようである。1才個体は夏、多分産卵直前に、来島海峡をこえて安芸灘から伊予灘まで移動する。そこで2度目の冬をすごした後、2才個体は春から夏にかけさらに外洋水を求めて豊後灘から豊後水道域まで移動するようである。ともかく、西条干潟生育個体群の生活圏はおよそ200kmにおよぶことは確かである。

もっとも、上の5例は総再捕1,160尾中のいわば例外であって、ほとんど全部は燧灘の範囲内、それも大部分は放流地点からさほど遠くないところで再捕されている。栽培漁業の生産構造を考えるに当っては、この事実の方が少数個体の長旅記録よりもずっと重要なことを忘れてはならない。

瀬戸内海各地や九州東岸の生育場についても、物理的な広がりは大差があるが、エビの生活との対応では同質の生活圏を想定することができる。同様な規模の生活圏はFlorida南部水域の*P. duorarum*でも知られている (Fig. 6)。ただし、これら二例はどちらも定住種 (倉田 1973, a) の場合で、アメリカ大西洋の*P. setiferus*、渤海・黄海のコウライエビなどの放浪種の生活圏は900kmにもおよびはるかに広大である (LINDNEC and ANDERSON, 1956; 真子・庄島1969)。定住種の生活圏が産卵場と生育場とを両極として形成されるのに対して、放浪種のそれは主に前成体の越冬回遊によって広げられる点が異なる。だから放浪種の生活圏は冬も暖かい熱帯や亜熱帯では比較的せまい範囲に止まる。

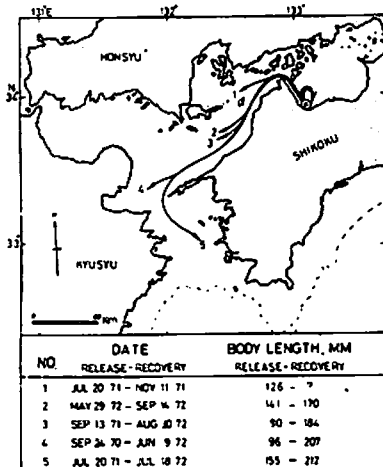


Fig.5. Release-recovery sites of tagged *P. japonicus* in the Seto Inland Sea, 1970~71.

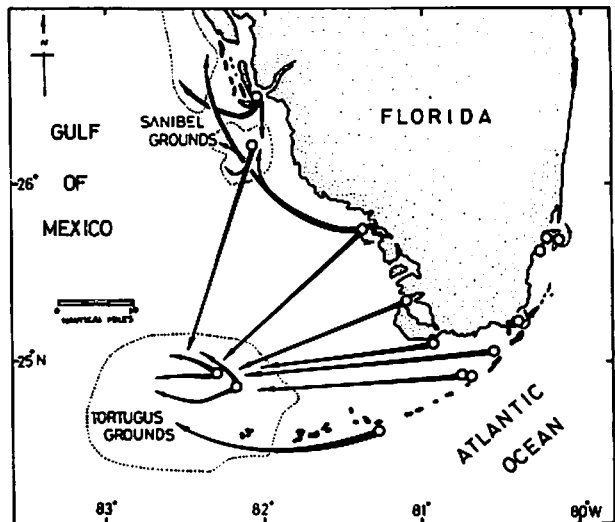


Fig.6. Release-recovery sites of marked pink shrimp, *P. duorarum*, in the waters of south Florida, 1958~63. (COSTELLO and ALLEN, 1964).

#### 4. 個体群量の推定

plankton生活期の定量採集法はほかのplankton一般と共通である。ただし、クルマエビの卵からmegalopaまでを同一のネットで定量採集することはほとんど不可能で、少なくとも2種類のネットが要る。第1は卵とnauplius用である。卵径は0.26mmであるが、第1期naupliusの最大体幅は0.16~0.18mmなので、0.15mm目以下のネットが必要である。こんな細かい目合ではzoeaやmegalopaは逃げるので定量できない。第1期zoeaの最大体幅は0.33mmである。だから0.3mm目くらいのネットが必要だろう。MUNRO et al (1968) は、

Floridaの*P. duorarum* 幼生について、0.292mm目のネット(口径40, 長さ100cm)を10段階のstepoblique法により3ノットで曳いて一応目的を達した。ただし第4, 5期zoeaでは、多分一部の個体が網口から逃げたため、採集誤差がみられた。同じ現象は敦賀湾で福井水試(未発表)が0.33mm目(GG54)の稚魚ネット(口径130cm)を600m20分で水平曳したときにもみられた。この段階のzoeaは遊泳逃避行動が特に活潑なことが推測される。

クルマエビ底生稚仔個体の定量は、すみ場所の特性からみて、低潮時干出したときに調べるのが一番好都合である。稚仔の分布は潮だまりに限られているから、その面積と平均生息密度とから全体を推定できる。定量採集は電気えびかき(幅50cm, 電極間隔5cm, バッテリー電源36V)を用い、普通1mを2列曳いてはね出したエビの全数をすくい採る。体長7mm個体でも発見は容易である。採り残しが懸念されたときは同じところをくり返し捜すので採集率は100%とみなしている。この方法は水深が5cm以上にもなると発見・採集率が非常に低く、かつ不安定になるので、電気曳網(網口幅50cm, 電極間隔5cm, バッテリー電源36V)を20m曳いた。採集率は20.8%である。

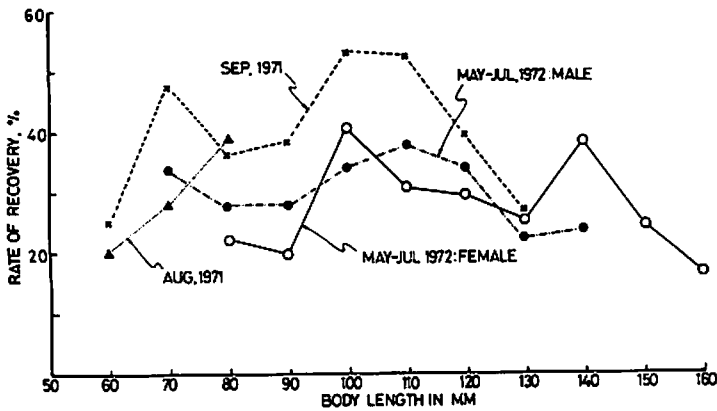


Fig. 7. Variations in the recovery rates of tagged *P. japonicus* in relation to the body length at release.

若年段階末期までの個体は干潟から水深5mぐらまでの潟に大幅に混棲しているが、個体群相互の識別は発生ないし播殖の時期が2潮(約1か月)以上違つと、体長組成だけでも比較的容易である(倉田ほか1972)。ただし、1潮以内の違いでは若年段階以後の分離は難かしい。なお、干潟へのmegalopaの補給はのべつに行なわれるわけではなく、前述の来遊機構からも十分推測されたとおり、大潮を中心とし

た律動性がみられるようである。体長60mm以上の個体には迷子札(倉田・石岡1971)による放流再捕法が効果的に適用できる。昭和46~47年に放流し47年末までに再捕が報告された例について、放流時の体長別に再捕率を整理してみると、体長110mmくらいまで漸増しその後比較的急に減少する傾向がみられる(Fig. 7)。だから、標識死亡は恐らく体長と関係があり、大型個体ほど小さいだろうと推測される。110mm以上での再捕率の低下は、主にすみ場所の移動、拡散などによる標識個体の逸散を示すものと思われ、標識死亡の増大を意味しているのではないだろう。放流期間が長期にわたると標識個体の生長は多少とも阻害されることがわかっている。また、多分迷子札が邪魔になって深い潜伏が難かしくなるからだろうと想像されるが、越冬期の生残率が正常個体よりやや低いのではないかと思われるふしもある。このような欠点は染色法(倉田1968)を用いると完全に取除くことができる。しかし、別の理由からクルマエビの野外調査に適用された例はない。

### 5. 自然個体群の減耗

生きものの宿命で、クルマエビも生きている限り常に死の危険がつきまとう。plaukton生活期の自然減耗に関する知見はまだきわめて少ない。MUNRO et al(1968)によれば、Florida南部水域の*P. duorarum*では、第1期protozoa(=zoea)から3~5歯期postlarva(=megalopa)までの生残率は大体一定していて、平均

Table 3. Estimated survival rates of planktonic stages of *P. duorarum* on the Tortugas Shelf, Florida (after MUNRO et al. 1968).

Stage	Duration in days	Calculated daily survival rate, %
Zoea 1 - Zoea 2	2.7	0.8074
Zoea 1 - Zoea 3	5.0	0.7856
Zoea 1 - Zoea 4	7.1	0.7247*
Zoea 1 - Zoea 5	9.25	0.7031*
Zoea 1 - Zoea 6	11.9	0.7898
Zoea 1 - Megalopa 1	14.4	0.8112
Zoea 1 - Megalopa 2	16.4	0.8087
Zoea 1 - Megalopa 3-5	23.4	0.8202

\* Estimates affected by sampling error.

Figures on the shoulder of megalopa show the number of upper rostral teeth.

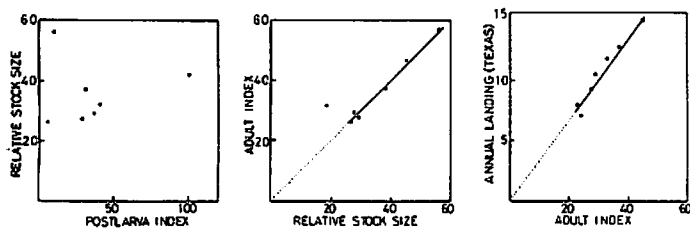


Fig. 8. The relations of abundance indices between two successive life history phases of respective year class of *P. aztecus* population in Texas. (BERRY and BAXTER, 1969)

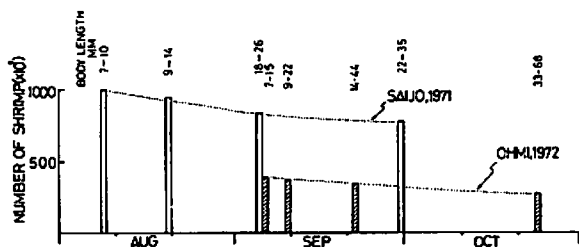


Fig. 9. Survival trends of the two selected natural populations of *P. japonicus* on the intertidal nursery grounds.

残率は、1潮当り89~92%であった (Fig. 9)。漁獲対象になってから以後の自然死亡率は、エビのむれが漁場に定住しているか動いているかによって違う。土井・岡田 (1972) および長谷川ほか (1972) によれば、定住期には0.0365 (5日毎)、移動期には0.191~0.211 (5日毎) という値が一度ならずえられている。定住期の値は1潮当りに換算すると、干潟生活期の稚仔で得られた値に近似している点が大いに注目される。

## 6. 播殖種苗の減耗

0.804/dayであった (Table 3)。もちろんこの値は特定の種について限られた時と所とで得られた1例にすぎない。その普遍性は大いに問題ではあるが、類似した生態と生活圏の広がりをもったクルマエビの場合についておよその見当をつけるひとつの基準にはなるだろう。plankton 生活期を30日 (HUDINAGA 1942; 前川 1961) とすれば、受精卵から megalopa 末期までの生残率は  $0.804^{30} = 0.00144$  ということになる。

底生生活への移行期における自然死亡率については見解がない。BERRY and BAXTER (1969) によれば Texas の *P. aztecus* 年級群における発育段階別資源量指数間の相関は、底生移行期 megalopa と若年段階との間で特によくない (Fig. 8)。恐らく、移行期の歩留りが不安定なことも一因であろう。

底生生活にはいった後の天然産クルマエビでは、底生直後と思われる体長7mmから3潮後までの生



人が育ててまいたエビの種苗は、自然で生き生きしい淘汰を生抜いた稚仔とは海の中での減り方が自ら異なる。干出した干潟の潮だまりにまかれた種苗にとって最大の試練は、最初の上潮とともにやってくる。昼でも夜でも薄暮でも、入れ代り立ち代り餌をあさる魚が潮にのってやって来て、ところかまわずうろつくようになるからである。こうなったときに、身を護るために自然のクルマエビが獲得した最も効果的な手段は砂に潜ることである。もっとも、10mm前後のエビは潜るといってもせいぜい浮泥の中にわずかに身を沈められる程度である。だから、底生生活のごくはじめは体はすき透っているし、暗緑色の色素胞は発達してもはじめは砂地模様になっていて、いずれにしてもなるべく目立たないような工夫をこらしている。アオサの陰にいる個体は全身緑色に変身している例さえみられる。もっとも、保護色はいわば一時の補助的な手段で、クルマエビの防御手段の本命はやはりもぐりで、発育に伴ってますます顕著になることは周知のとおりである。干潟の潮だまりでたまたま索餌活動中の稚仔は、上潮の潮先が通るとたちまち敏感に反応してその場で砂にもぐってしまう。この反応は昼でも夜でも同じようにみられる。明らかにシオマネキやチゴガニなどが上潮を感知してすみかの穴にもぐり込むのと全く同じ意義をもった行動である。人が育てて運んできたエビの種では、この反応がまだあまり発達していないのか、それとも本能的な感覚は発達しているが長旅の疲れから筋肉の方が一時的に不感症になっているのか、潮をかぶっても砂にも潜らずまごまごしている個体が少なくない。こういう種苗が餌を求めてはいかにする魚のむれの中で若し生きのびられるとすれば僥倖以外の道はないだろう。そんなわけで、一度潮をかぶった後の種苗の生残りは、大方の期待に反して、意外なほど少ないのが常である。減り方があまりにはげしいので、つい、調査範囲の外でどこかに分散して生きているのではないか、という希望的な想像をしたくなる。しかし、平均低低潮線より沖まで調査範囲を広げても大量の個体群がみつかったためしはない。漁獲対象になったときの推定資源量から稚仔期の補給量を逆算してみても、どこかほかで生残っていたらしい形跡は全くみとめられない。だから、まいてすぐ見付からなかった種苗は死んだのだと考えざるをえない。

いずれにしても、まいた直後の高潮時における減耗は、その後の減耗と質量ともに異なるので、播種減耗とよぶことにする。栽培工程における減耗はこのときが最も変動幅が大きく、かつ今のところ単位時間当りでは最も高率である。天然産稚仔では、これに相当する減耗は少なくとも底生生活にはいった後にはみられない。

理由はともかく、種苗のまき方によって播種減耗がどのように変わるかを実験してみると次のような現象がみられる。第1に、地盤高が高いほど減耗は少ない。天然干潟でも人工干潟でも同じである。人工的に水をかけてやれば、自然の生息上限をこえた標高にもすむことができ、播種歩留りはいっそう良好である。

第2に、潮だまりの魚の生息密度との関連がみとめられる。干出した干潟の主要魚類はハゼである。潮だまりが大きく水深が深いほどハゼが多い傾向がある。昼の低潮時には普通砂中に潜伏して水鳥などの捕食に備えているが、目の前に大好物のエビをみせられては食欲を抑えきれず、たちまち貪食を發揮する。播種2時間後までに捕えたヒメハゼ(体長40~70mm)が1尾当り42~112尾のエビ種苗を食べていた例がある(倉田ほか1972)。したがって、播種減耗は潮だまりのハゼ生息密度と明らかな逆相関がみられる。

よく知られているように、地盤高はそこに去来する魚類の密度や個体の大きさと無縁ではない。地盤高と播種減耗との間にみられた関係は、直接的な因果関係よりもむしろ捕食魚類が地盤高によって質量ともに変わることを示すものであろう。いずれにしても、捕食魚類の索餌活動とのかかわり合いが、まいた種苗の播種減耗の変動に最も支配的な作用要因のひとつであることは疑いない。

播種減耗の洗礼がすんだ後は、種苗の減耗ははるかにゆるやかで天然補給個体の減耗に近似した値をとるようになる。例えば昭和46年西条干潟にまいた種苗では1潮当り86~91%が生き残った(Fig. 10)。栽培資源量の的確な予測は、今のところ、播種種苗数を基準にすることはきわめて難しい。不可能というべきだろう。しかし、播種減耗を経過したあとの定着尾数は非常に有効な基準である。例えば、6月ないし7月前半に播種すると、9~10月に定着尾数のおよそ半数が商品体長の栽培資源量として期待できる。平均体重は20~30grである。その内どれだけ収獲できるかは漁獲努力のあり方によって大いに異なるが、少なくとも、栽培資源量の予測基準としての有効(定着)種苗数の概念は大変重要である。それをぬきにしたクルマエビ栽

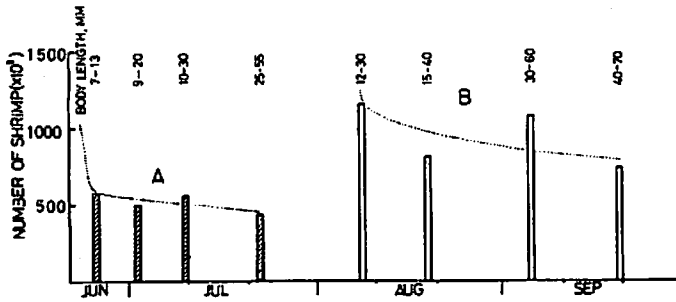


Fig. 10. Survival trends after the initial mortality of the two selected populations of artificially seeded *P. japonicus* juveniles on the intertidal farming grounds off Saijo, Seto Inland Sea, 1971.

培論議はナンセンスと言わざるをえない。

定着後も種苗の死亡は止むことなく続くけれども、この種の減耗は生育減耗と名付けて播種減耗と区別した方がよいと思う。生育減耗については、エビの生息率と環境因子との相関をしらべて、標高、全硫化物量、珪藻細胞数、底質粒子径、泥上水温、などとの関係が比較的密接であるという予備的知見がえられている（中村ほか1972）。ただし、各因子の作用機構はよくわかっていない。作用の強さの量的評価も今のところ難かし

い。栽培技術をもっときめの細かいものにするためには、さらに理解を深めなければならない問題である。

文 献

- BERRY, R.J. and K.N. BAXTER, 1969. Predicting brown shrimp abundance in the north western Gulf of Mexico. *FAO Fish. Rep.* (57) 3, 775-798.
- COOK, H.L. and M. A. MURPHY, 1970. Early developmental stages of the brown shrimp, *Penaeus aztecus* IVES, reared in the laboratory. *U. S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.* 69 (1), 223-239.
- COSTELLO, T.J. and D.M. ALLEN, 1964. Migrations and geographic distributions of pink shrimp, *Penaeus duorarum*, of the Tortugas and Sanibel grounds, Florida. *U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.* 65 (2), 449-459.
- DOBKIN, S., 1961. Early developmental stages of pink shrimp, *Penaeus duorarum*, from Florida waters. *U. S. Wildl. Serv., Fish. Bull.* 61, 321-249.
- 土井長之・岡田啓介, 1972. 火達灘底曳漁場におけるクルマエビの資源解析. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 備後灘周辺チーム46年度報, 148-157.
- EWALD, J.J., 1965. The laboratory rearing of pink shrimp, *Penaeus duorarum* BURKENROAD. *Bull. Mar. Sci.* 15 (2), 436-449.
- GURNEY, R., 1926. The protozoal stage in decapod development. *Ann. Mag. nat. Hist.* (9) 18, 19-27.
- GURNEY, R., 1942. Larvae of decapod crustacea. Ray Society, London, 306 pp.
- 長谷川彰, 1968. 栽培漁業の経済的背景, 栽培漁業5(3), 1-6.
- 長谷川彰・高尾亀次・石岡清英・外間源治・河野慈敬, 1972. 種苗放流の生産効果に関する研究1. 漁業生産効果. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 備後灘周辺チーム, 46年度報告, 121-148.
- 平松達男・多胡信長・寺田和夫, 1967. クルマエビ種苗の放流後における成長, 分散および漁獲状況について. 福岡豊前水試研報, 昭41, 1-20.
- HUDINAGA, M., 1942. Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* BATE. *Jap. Jour. Zool.* 10, 305-393.
- 倉田 博, 1968. クルマエビの染色標識法について. 水増16(1), 39-45.
- 倉田 博, 1973a. クルマエビ属の地理的分布に関する生態学的考察.(山本護太郎編) 海洋生態学, 海洋講座9, 東大出版会(印刷中).
- 倉田 博, 1973b. クルマエビ属の生活史. 海洋科学(印刷中)
- 倉田 博・石岡清英, 1971. エビの標識法, 漁業資源研究会議報12, 45-54.
- 倉田 博・石岡清英・仁科重己・河野慈敬, 1972. 放流種苗の減耗に関する研究1. 放流方法に関する研究. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 備後灘周辺チーム, 46年度報告, 16-25.
- LINDNER, M.J. and W.W. ANDERSON, 1956. Growth, migration, spawning and size distribution of shrimp, *Penaeus setiferus*. *U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.* 56 (106), 555-645.
- 前川兼佑, 1961. 瀬戸内海, 特に山口県沿海における漁業の調整管理と資源培養に関する研究. 山口内海水試研業, 11, 1-483.
- 真子 渉・庄島悦子, 1969. 標識放流によるコウライエビの移動と来遊量の推定. 西水研報37, 33-50.
- MUNRO, J.L., A.G. JONES and D. DOMITORIOU, 1968. Abundance and distribution of the larvae of the pink shrimp (*Penaeus duorarum*) on the Tortugas Shelf of Florida, August 1962-October 1964. *U.S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.* 67 (1), 165-181.
- 中村充・上北征男・萩野静也・飯倉敏弘・大西亮一・杉浦正悟, 1972. クルマエビ生育環境分析について. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 備後灘周辺チーム, 46年度報告, 104-120.
- NIGHT-JONES, E.W. and E. MORGAN, 1966. Responses of marine animals to changes in hydrostatic pressure. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4, 267-299.

- RICE, A.L., 1964. Observations on the effects of changes of hydrostatic pressure on the behaviour of some marine animals. *J. mar. biol. Assoc. U. K.* 44, 163-175.
- 田染博章・能津純治, 1970. 豊後水道におけるクルマエビの研究-III. 水深別にみた分布密度と干がたの生残率. 大分水試研報 7, 11-22.
- 宇都宮正・八柳健郎・富山昭・前川兼佑, 1954. 内湾汽水区域における出現魚種とその食性について. 山口内海水試研業 6, 11-24.
- WILLIAMSON, D.I., 1969. Names of larvae in the Decapoda and Euphausiacea. *Crustaceana*, 16 (2), 210-213.

討論： (1) 討論者：鈴木智之(日本海区水産研究所)

### クルマエビ播殖種苗の減耗とその要因に関して

倉田(1972)はクルマエビ稚仔の主要な減耗要因のひとつと考えられる被食について、その作用を定量的に評価し、その重要性を指摘すると同時に、基本的な防御手段を論じている。畑中(1970)は海洋の生物生産の効率化を図るため、何をなすべきかという提案を生物学的立場から試みている。まず、海の生物生産機構を明らかにし、その関与のしかたを知り、最終的にはこれを管理することが重要であると述べ、さらに生物生産に関与を行なうときの対象、すなわち管理を計画し、実施するときの手順として、(1)目的生物とそれに至るまでの生産組織、(2)生産組織に働く減耗、(3)生産組織を支えるための場と必要な物質・エネルギー、この場合、与えられた場の緯度的条件のもとでの海流、地形、海底を根本的に変革することまでは考えないと述べている。ここでは論文のなかから被食に関する話題として、(2)生産組織に働く減耗を抜萃してみよう。

理想的な生産組織を維持するため、目的生物および生産組織構成員のおのおのの発育段階に対する生物的・非生物的環境条件に対し、統制を施す努力を続けなければならない。

#### (a)競争種

たとえば仙台湾にはヒトデだけでも年平均2,000トン棲んでいて、底魚類と同じ食物を年間9,000トンも消費している。ヒトデは貝類の害敵でもあり、他の生物にも利用されない。カシパン、アカウニなどとともに、沿岸から排除する努力は当面の可能な変革のひとつである。このほかにも生産組織に対する競争種は多数ある。

#### (b)天敵種

魚類以下どの生物も高い初期減耗期がある。自然の再生産の場の具体的減耗要因の調査はきわめて重要である。ヤコウチュウはカタクチイワシ卵を大量に食害することが知られている。しかも赤潮をおこし、生物的汚染をもたらす。発生原因の探究と排除の物理・化学的方法の発達が急がれよう。ニシン卵にとってはホツケが、アワビ稚貝にとってはカレイ類も天敵である。経済価値の高くない魚食性種、たとえば、サメ類、イルカ類、アンコウ、クサウオなどが消費する魚は莫大な量に達するので、害敵性が強い。漁獲を奨励しても減少させる必要が生じよう。漁獲力の強化が必要である。一部には、競争種を排除する努力は生産系の変革で、その後におこるべき状態の予測ができない限り危険であり、また害敵の排除は間引きの効果を無視しているという議論もある。しかし、それらの人々は漁業が行ないつつある大きな変革の同じ危険性と効果については口を閉ざしている。新しい局面の展開に従って新しい対応が必要である。漁獲は特定の物質を生産系の外に持ち去る。これは系内で物質が食物として消費され、あるいは分解するときとは異なる影響を物質循環系に与える点も考慮する必要がある。

#### (c)非生物環境

水塊の移動、海流の変動などが生物の逸散、移動に及ぼす影響、水温、酸素量などが生産の速度、効率に及ぼす影響については、海洋土木工学技術の導入により、その利用あるいは軽減に可能な限りの努力をつくす必要がある。

以上で、論文の紹介は終るが、私も10数年前、仙台湾における魚類の生産過程についての調査に参加して、ブリによるマアジ若年魚の被食量を試算した経験から、その量の莫大なことと重要性についてあらためて考えてみる必要があると思っている。

### 引用文献

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。南西水研報告,

(5): 33-75.

畑中正吉(1970): 海洋の遊泳生物の生産. 海洋科学, 2 (6): 474-479.

(2) 討論者: 安楽正照(西海区水産研究所)

### クルマエビ播殖種苗の減耗とその要因に関して

魚類の初期減耗に関する研究は古くから行なわれてきたが、野外調査の際の採集方法が不備であり、かつ実験的に生物飼育技術が未熟であったことから、減耗過程の実態がよく分らず、定説が得られていたのが実状である。いっぽう、クルマエビの減耗研究が、限られた場で行なわれる従来の増養殖研究から発展して、自然の生産力を利用して行なわれるようになり、その成果が報告されるようになったことは意義深い。私の関心は初期減耗一般にわたっているので、播殖種苗の減耗とは若干対象フェーズが異なる面もあるが、具体的な質問を含めて意見を述べたい。

(1) 先ず、播殖の意義に関して、種苗を無理なく自然の生態系にすみつかせる際には、クルマエビの生活史に関する知見と同時に、生態系に関する知識を得ることが必要と思われる。たとえば、種苗をはなす場所が許容量にゆとりがあるかどうか、餌料が十分に生産されているか(浮遊期には餌料プランクトンの量的消長)、場所が適地であるかどうか、種苗の占めるニッチは、など種々複雑な要素が考えられるが、実際にはどのような点に重点をおいて生態系に関する知識を集めるかを伺いたい。

(2) クルマエビの生活史は形態と生態の変化によって6段階に分けられている。普通、種苗は初期若年個体(7-30mm)であり、今回は稚仔初期(10mm前後)を用いている。種苗をはなす場合何故に10mmという大きさが選ばれたか、天然における6段階の動態が明らかにされ、それにもとづいて10mmという大きさが決められたと思われるが、素人が考えると、もっと小さい時期にはなした方が手間がはぶけてよいと思われる。

(3) すみ場所の移動については、プランクトン期には高塩分のなだや外海に分布し、底生期に近づくとも内陸水域に移動をはじめ、河口域の干潟で底生生活に入り、発育にともなって再び深みへ移動する。親が沖合にいるから、プランクトン期に沖合に分布するのは当然であるが、それがどうして一旦浅い方に移動し、また深みへ移動するか、その生理的なメカニズムが分っているかを知りたい。もし、機構が分れば次のステージの適所を予測し、環境状態をあわせて考え、最も適当な場所に前もってはなすと一層効率がよいと思われる。

(4) 自然体群の減耗に関しては、生残曲線を想定する場合、フロリダのpink shrimpのデータを用いているが、単一種においても曲線を描くことが容易でないのに、他種の結果をまぜて使うのは極めて無理があると思われる。

プランクトン期の減耗をしらべる場合、採集方法に問題があることが多い。たとえば、ネットの網目選択性の問題、対象生物のネット回避の状態、対象群の流れによる漂流拡散のための値の変動など、種々の点があげられるが、報告に用いられた方法については、十分に再吟味する必要がある。

また、プランクトン期の生残曲線に関して年変動の有無、変動の範囲、変動をひきおこす原因となる発生ステージ、環境要因との関係、たとえば餌料不足、食害、漂流などについて実態がどの程度判明しているかを知りたい。とくに、種苗の大量生産過程で得られた知見から、このような現象に関するヒントが得られたかどうかについて興味がある。

(5) 播殖減耗の原因をハゼにする食害として考えているが、種苗のとり扱いや輸送方法にも問題がないかどうかを知りたい。

第1日目の減少に際して、捕食された後に生き残るのは、どのような種苗であろうか。例えば、体長の大小、運動力の差などを検討すれば面白いと思われる。種苗をはなす場合、その質については充分吟味する必要がある。効果をあげるためには放流前に種苗の生理生態的な訓練を行うことが有効と思われる。

## 質 疑 討 論

倉田（討論者の質問に対し）

(1) 栽培漁場の生態系に関する知見が大事なことはいうまでもない。今のところ、しかし、直接的には天然産および人工産クルマエビ種個体群が自然生態系の中でしめすいろいろな反応を調べている段階である。いわば、種にはじまって生態系にいたる方向の生態研究の最初の一步をふみ出したところである。

(2) 栽培資源量は種苗をまいたときから予測できなければならない。そのためには、種苗は底生生活に移行して定着性が発達した段階であることが必要である。その最小型が体長10mm前後である。もっと若くて遊泳移動性が強い段階の種苗では、効果のあるなしは別として、今のところ的確な栽培量子測がほとんど不可能である。

(3) メガロバがなぜ内湾干潟などにはいるようになったのかを説明しようとする、多分に想像を交えた長い話になるだろう。縮めて言えば、地質学的な年代の間にそういう生活様式を獲得した個体群だけが生残ったからだということになる。移動方向探索のしくみについては、本文中に述べた。

(4) 無理を承知で参考までに引用したにすぎない。全く見当がつかないよりはるかにましだと思う。もちろんプランクトン定量採集の難かしさはクルマエビでも例外でない。生残率の年により季節による変動とその要因なども、差当って種まきが一応うまくゆくようになった後の課題として残されている。

(5) 種苗の取扱いや輸送は大いに問題である。もともと実験（種まき）に使う材料（種苗）の質量両面の吟味は、いやしくも研究であるからには、いくら神経質になってもなりすぎることはないはずである。そうは言うものの、一面では一度に扱う種苗の数が多すぎるので細かい吟味は当低手に負えず、下手をすると角を矯めて牛を殺しかねないのと、他面では種まきの場所がこれまた条件設定のままならぬ自然生態系なので、技術的な難かしさもあって今のところ大いに気にしながらも実際には常識的なこと以外特に効果的な吟味はしていない。

種苗の訓練についても、ほかの諸問題でもそうだが、われわれも気がつかなかった訳ではない。いずれ試してみようと思っているが、脳みそが不足がちなエビの仔に何ほどのことが期待できるかいささか心許ない感じがしないでもない。