

クルマエビ稚仔の中間育成後の潜砂について

田 中 雅 幸

(京都府立海洋センター)

緒 言

クルマエビ *Penaeus (M.) japonicus* は京都府沿岸重要資源のひとつとして、資源の増加を目的として 1974 年から種苗放流が行われている。京都府のクルマエビ漁獲量は種苗放流が行われるまでは漁獲変動が激しく、漁獲量も少なかった。例えば京都府でクルマエビの漁獲量が多い栗田漁業協同組合の漁獲統計はクルマエビの種苗放流が開始される以前の 1968~1973 年の年平均漁獲量は 1.0 トン (0.0~2.5 トン) であったが、1974 年に放流が開始されると共に漁獲量が増加し、1980~1985 年には 5.0~6.5 トン/年となった。種苗放流開始時から漁獲量が増加しており、これらの増加現象は放流効果として評価された (中路 1986)。しかし、1986 年以降は漁獲量が 3.0 トン/年前後に減少し、さらに 1991~1992 年は 1.0 トン/年以下となった。この期間中はクルマエビ種苗を 50~100 万尾/年程度を放流しており、種苗を放流しても以前のような増加現象がみえないため、京都府立海洋センターでは 1991 年から重要甲殻類栽培資源に関わる水産庁の国庫補助により放流効果等に関する調査を行っている。

クルマエビ種苗は放流初期に魚類等による捕食による減耗割合が高く (城田・浜中 1992)、放流方法等の技術の改良が待たれるところである。ところで、魚類等による捕食による減耗については放流技術の改良は今後も検討していかなければならないが、クルマエビ種苗の潜砂能力が十分に備わっていれば、魚類等の捕食から防御できると考えられる。しかし、現在放流されているクルマエビ種苗は放流しても潜砂しないとか、海中を遊泳するなどの様子が観察されること等から、これらのクルマエビ種苗は潜砂能力が不十分である。そのことにより魚類等による捕食割合が高くなり、必然的にクルマエビ種苗が減耗する可能性が高いのではないかと考えられる。

そこで、これまでのクルマエビ種苗の潜砂についての報告に注目し (柄多ら 1985 ; 栩野ら 1986 ; 岡田ら 1993 ; 関ら 1993)、現在京都府で実施されている陸上中間育成後の海面馴致あるいはその後の放流が放流初期の減耗にどのように影響しているのかを検証するために陸上中間育成後の種苗を用いて飼育試験を行った。この結果から現在実施されている京都府のクルマエビ種苗の放流と潜砂の関係から放流初期減耗を検討した。

材料と方法

1 潜砂試験

潜砂試験に供したクルマエビ種苗は平成 5 年 9 月 8 日から 10 月 4 日まで陸上キャンパス水槽で砂敷飼育により中間育成した平均体長 28.6mm (18.2~38.6mm) サイズの種苗と 9 月 14 日から 10 月 7 日まで陸上キャンパス水槽で無砂敷飼育により中間育成した平均体長 28.1mm (21.1~40.0mm) サイズの種苗で

あった。潜砂試験の試験および飼育条件等の概要は表1に示した。それぞれ砂敷飼育と無砂敷飼育で中間育成した種苗を粒径0.5mm以下の砂を敷いた水槽(100×100×30cm)と栗田漁業協同組合が実施している海域の粒径1.0mm以上の砂を敷いた水槽(同)に300尾(300尾/m²)を収容し、10月27日まで飼育した。試験は栗田漁業協同組合が陸上中間育成から海面馴致し、放流するまでの日程と平行して行った。この飼育期間中に行った潜砂試験はアクリル水槽(60×30×30cm)に粒径0.5mm以下の砂を厚さ5cm敷いた試験区(A, C区)、同じくアクリル水槽に陸上中間育成後に海面で馴致した場所の粒径1.0mm以上の砂(栗田漁業協同組合が実際に馴致している海域の砂を使用した)を厚さ5cm敷いた試験区(B, D区)、および砂を敷いていない試験区(E区)を設定して行った。各試験区毎にアクリル水槽を3水槽使用し、各水槽には試験のたびにクルマエビを10尾(計30尾)入れた。潜砂状況は①完全に潜砂している個体は潜砂、②体の半分が潜砂している場合は半潜砂、③全く砂に潜砂していない個体は非潜砂とした。観察は水槽に収容した10分後の潜砂状況を飼育1日目(10月4日)、5日目(10月9日)および23日目(10月27日、栗田漁業協同組合が海面馴致育成した後放流した1日前)に潜砂および歩脚の障害について試験、観察を行った。なお、C, D, E試験区は飼育開始20日目(10月27日)で試験、観察を終了した。また、10月27日(20および23日目)は粒径0.5mm以下の砂で飼育していた種苗、粒径1.0mm以上の砂で飼育していた種苗をそれぞれ粒径1.0mm以上および粒径0.5mm以下の砂の敷いてある水槽に収容し、潜砂状況を観察した。

2 歩脚障害

歩脚障害の観察は潜砂試験に用いた1日目、5日目、20および23日目の種苗を10%海水ホルマリンで固定し、実体顕微鏡で歩脚の障害の程度を観察した。歩脚障害の程度を表すため、歩脚障害率{(障害個体/標本個体)×100}を求めた。

表1 試験区別飼育条件

試験区	飼育密度 (尾/m ²)	飼育期間 (日)	種苗サイズ (mm)	底砂の粒径 (mm)	中間育成中の飼育条件	
					敷砂の有無	飼育密度(尾/m ²)
A	300	23	28.6~39.5	0.5以下	有	2900
B	300	23	28.6~37.2	1.0以上	有	2900
C	300	20	28.1~38.0	0.5以下	無	3400
D	300	20	28.1~38.5	1.0以上	無	3400
E	300	20	28.1~34.5	—	無	3400

結 果

1 潜砂試験

各試験区の試験結果を図1に示した。潜砂率は、A試験区は1日目は46.7%、5日目は93.3%、23日目は100.0%であった。B試験区は同26.7%、同56.5%、同50.0%であった。C試験区は1日目は33.3%、5日目は56.7%、20日目は93.3%であった。D試験区は同6.7%、同30.0%、同60.0%であった。この結果から、ほとんどの試験区は飼育期間が長期間に及ぶに従い潜砂率は高くなった。しかし、各試験区別の潜砂率は1日目はA→C→B→D試験区の順で低く、5日目もA→C→B→Dの順で低かった。23日目はA→C→D→B試験区の順で低くなった。順列に違いはあるが粒径0.5mm以下の砂で飼育したA、C試験区の潜砂率はほぼ同じであり、粒径1.0mm以上の砂で飼育したB、D試験区の潜砂率はほぼ同じであった。これらのことから粒径0.5mm以下の砂で飼育した試験区と粒径1.0mm以上の砂で飼育した試験区とは潜砂率に差がみられた。つまり砂の粒径の小さい試験区は潜砂率が高く、しかも試験を開始してから潜砂率が高くなるまでにそれほど時間を要しなかったことが示され、粒径が大きい場合はその逆の潜砂結果を示した。このことから各試験区に敷いてある砂の粒径と潜砂は関連があることが示唆された。しかし、A、C試験区あるいはB、D試験区の間育成中の砂敷飼育、無砂敷飼育が直接潜砂に影響があるとはみられなかった。

また、半潜砂状態の個体は飼育1日目では各試験区ともみられた。5日目はC試験区では出現せず、AおよびB試験区の半潜砂率はそれぞれ3.0%、7.0%と低かった。しかし、D試験区では半潜砂率は

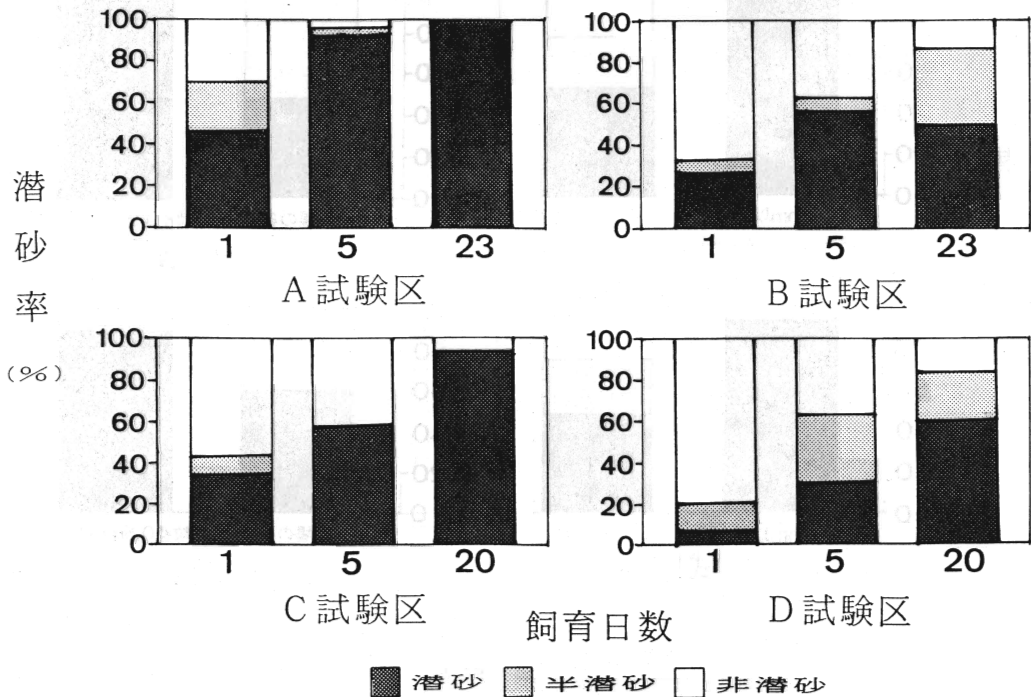


図1 A～D試験区の飼育日数別潜砂状況（試験開始10分後）。

30.0%と1日目と比較して高くなった。試験終了日の半潜砂の個体はA、C試験区とも出現しなかった。しかし、B試験区では5日目と比較して高くなり半潜砂率は36.7%となった。また、D試験区は5日目と比較すると半潜砂率は23.3%となりやや低くなった。試験終了日の半潜砂率が高い試験区は潜砂率の低かったB、D試験区であり、潜砂試験の結果と同様に飼育中の敷砂の粒径が潜砂に与えている影響は大きいと示唆された。

次に、粒径0.5mm以下の砂で23日間飼育したA試験区および20日間飼育したC試験区の種苗を粒径1.0mm以上の砂が敷いてある水槽で潜砂を試みた結果と、粒径1.0mm以上の砂で23日間飼育したB試験区および20日間飼育したD試験区の種苗を粒径0.5mm以下の砂が敷いてある水槽で潜砂を試みた結果を図2に示した。各試験区の結果は、A、C試験区の潜砂率は53.3と46.7%であった。AおよびC試験区の潜砂率の差はほとんどないとみられるが、両試験区とも粒径0.5mm以下の砂から粒径1.0mm以上の砂へ移し、潜砂させると潜砂率は低下した。また、B、D試験区の潜砂率は97.0と90.0%となり、粒径1.0mm以上の砂から粒径0.5mm以下の砂に移したことにより潜砂率は高くなった。

砂を敷かず20日間飼育した種苗(E試験区)を粒径0.5mm以下の砂と粒径1.0mm以上の砂が敷いてある水槽へ移して潜砂させた結果を図3に示した。粒径0.5mm以下の砂での潜砂率は55.0%、粒径1.0mm以上の砂での潜砂率は5.0%であり、砂の粒径の小さい方が潜砂率は高かった。潜砂状況は潜砂試験開始時のA、D試験区の結果とはほぼ同じとなり、陸上中間育成期間が長期に及んでも、砂敷飼育と無砂敷飼育の潜砂率があまり向上しないことを示唆している。

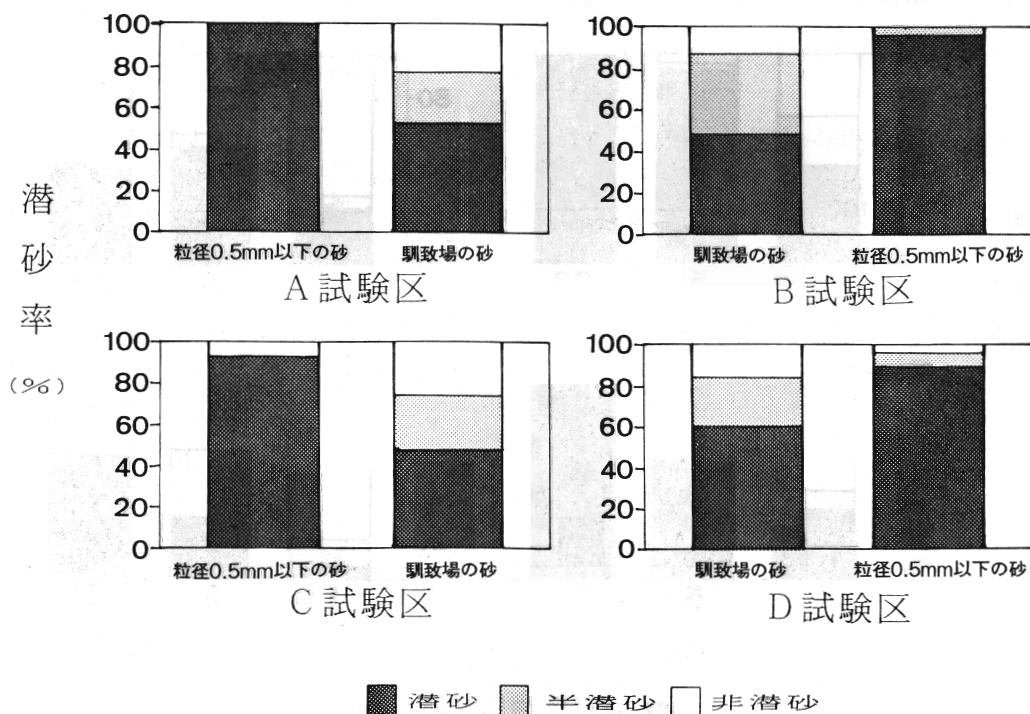


図2 底質条件別潜砂状況 (試験開始10分後)。

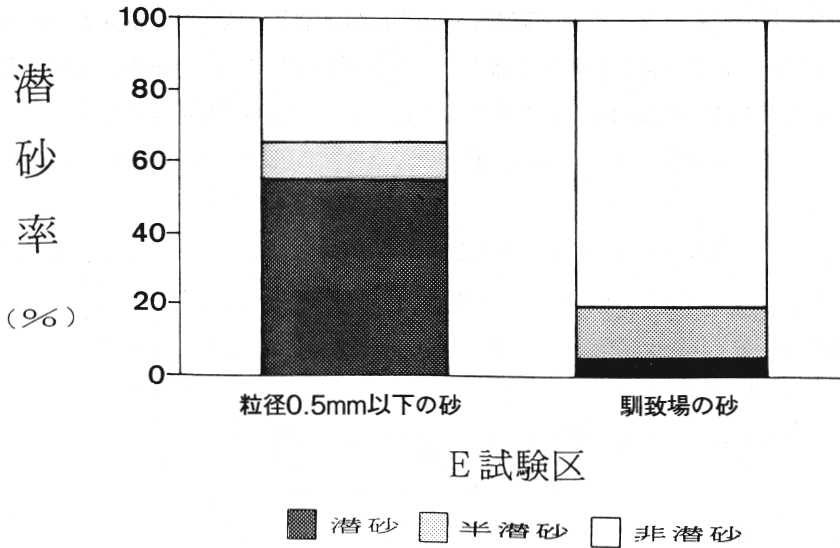


図3 E試験区の飼育20日目の潜砂状況（試験開始10分後）。

2 歩脚障害

中間育成中に砂敷飼育と無砂敷飼育を行った種苗の試験開始時の歩脚障害の状況は図4に示したとおりであった。砂敷飼育と無砂敷飼育では障害率は特に大きな差は認められなかった。障害率は第1歩脚は4.2と5.2%，第2歩脚は13.3と22.4%，第3歩脚は56.6と64.6%，第4歩脚は60.3と66.6%，第5歩脚は95.6と97.6%であった。歩脚障害の程度は潜砂の行動に關与する第3～5歩脚が特に高くなっていた。また、試験開始時の歩脚の欠損の程度においても中間育成中に砂敷飼育と無砂敷飼育の

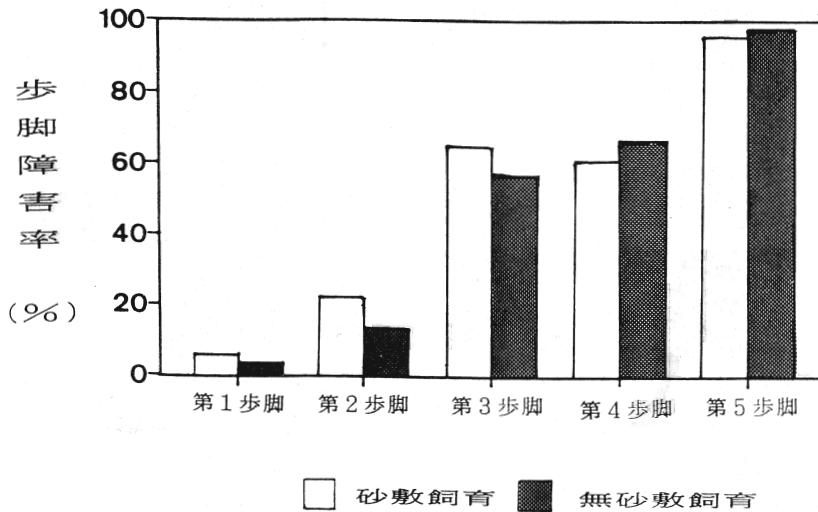


図4 飼育開始日における中間育成条件別の歩脚障害率。

違いによる差はほとんど認められず、ほぼ同じような欠損の程度であった。各歩脚の欠損の部位は第1歩脚は指節の後部、第2歩脚は指節の後部、第3歩脚は腕節の中ほど、第4歩脚は腕節の前部、第5歩脚は長節の後部まで欠損していた(図5)。

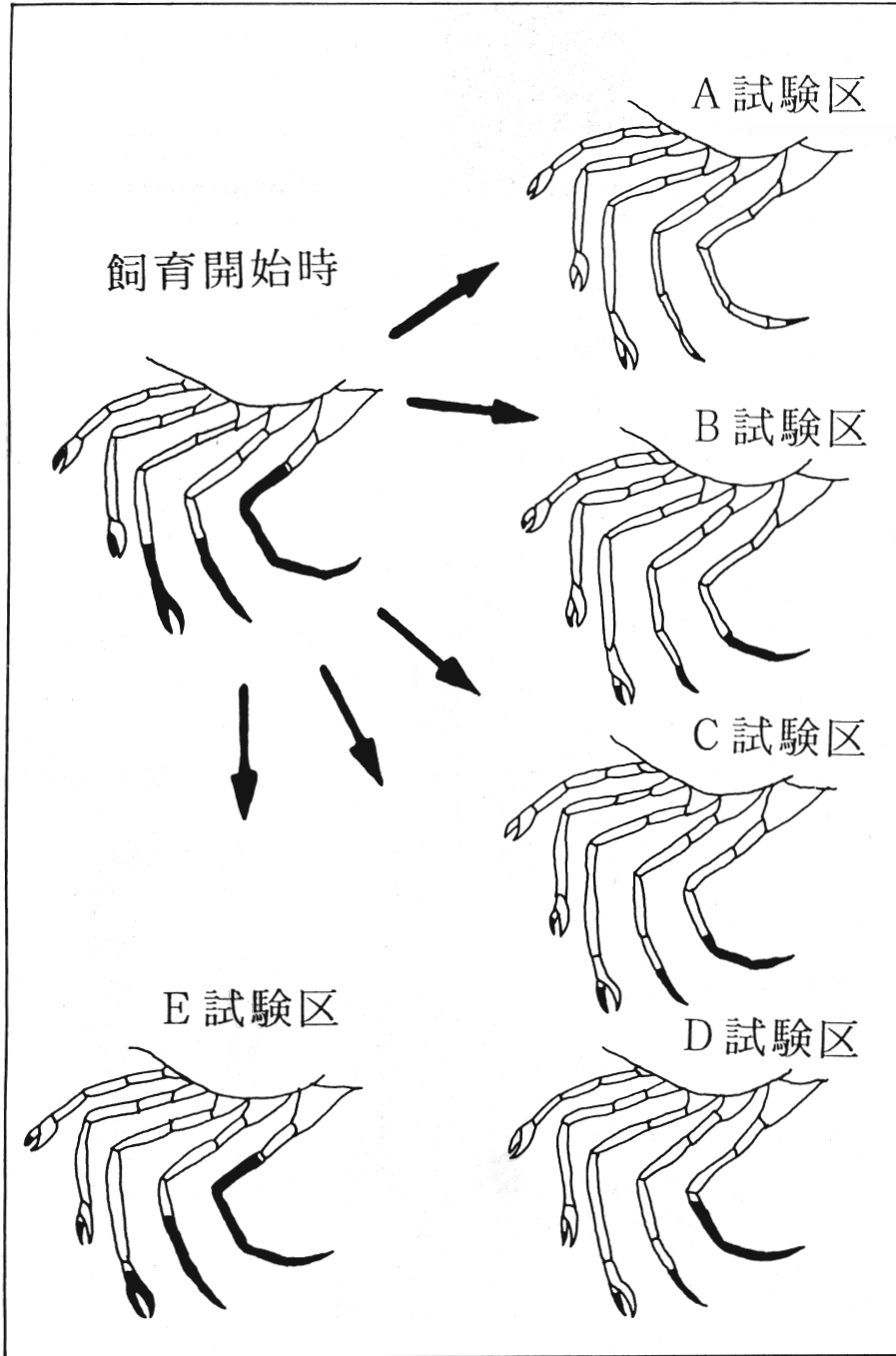


図5 試験区別の歩脚回復状況。

これら種苗の20日間および23日間飼育した後の障害率は図6に示した。第1歩脚はB～E試験区で2.0～5.0%、第2歩脚はB～E試験区で5.0～47.0%、第3歩脚はA～E試験区で10.0～89.0%、第4歩脚はA～E試験区で8.0～94.0%、第5歩脚はA～E試験区で20.0～100.0%であった。この結果からE試験区を除く各試験区の歩脚障害率は低下した。また、各試験区の各歩脚の欠損程度を図5に示したが、A試験区は第1、2歩脚とも完治し、第3～5歩脚は指節の先端部が僅かに欠損している程度であった。B試験区は第1～4歩脚は指節、第5歩脚は腕節に欠損が認められた。C試験区は第1～3歩脚は指節、第4歩脚は前節、第5歩脚は腕節に欠損が認められた。D試験区は第1～3歩脚

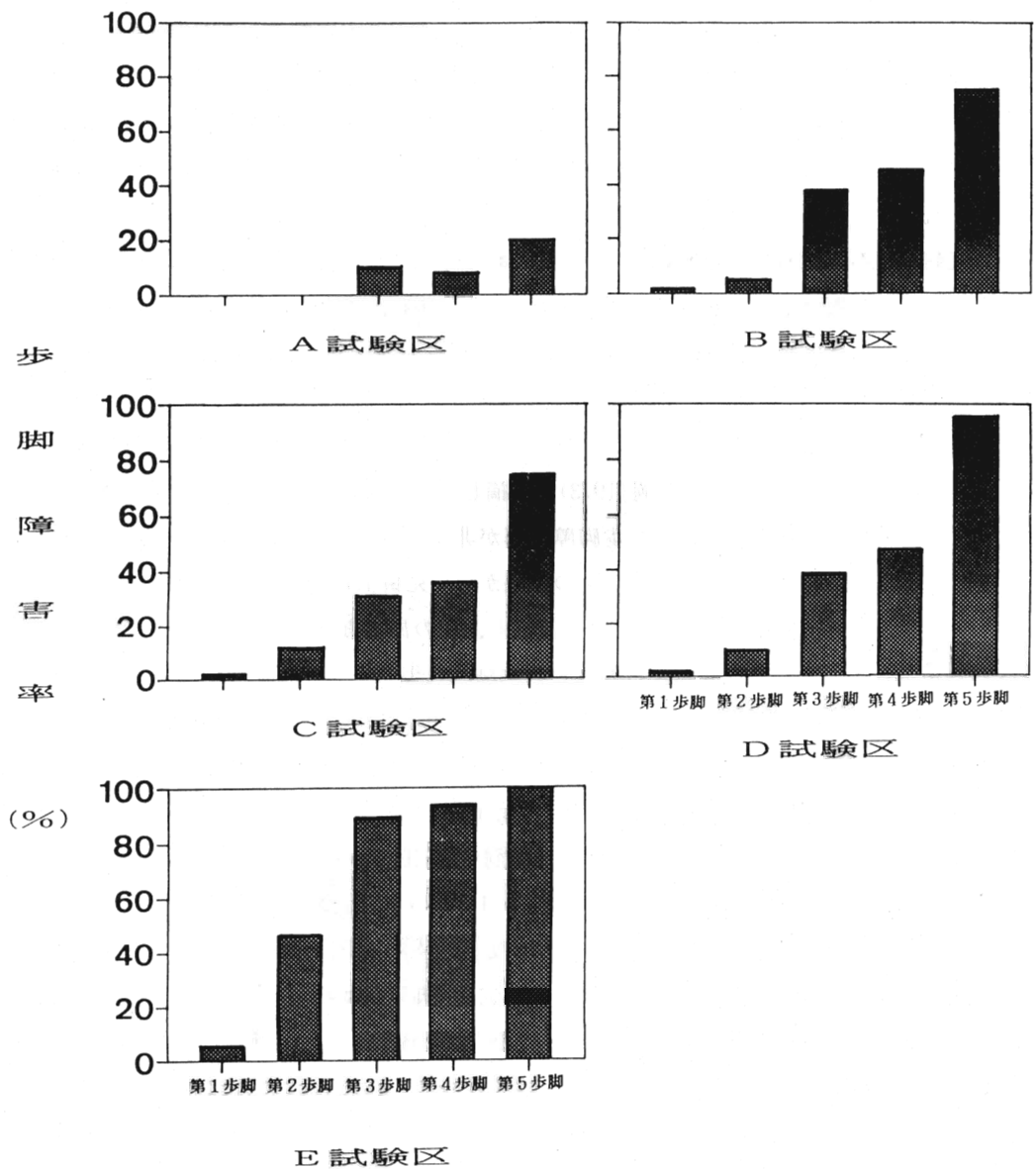


図6 飼育終了時の試験区別歩脚障害率.

は指節，第4歩脚は前節，第5歩脚は腕節に欠損が認められた。E試験区は第1～2歩脚は指節，第3歩脚は前節，第4歩脚は腕節，第5歩脚は長節に欠損が認められた。この結果，障害および欠損の程度は砂の粒径が小さいほど回復が早く，砂の粒径が大きいと回復は遅かった。また，砂を敷かなかった場合は障害および欠損が回復しなかった。

考 察

京都府ではクルマエビ種苗を天然海域に放流するまでに陸上中間育成を行い，その後に海面馴致育成を経て放流している。これは陸上中間育成施設で大量の種苗を育成すると共に，海面では天然海域への馴化を図ろうとするものである。そのために，これまでから中間育成および海面馴致については種苗の高い歩留りとサイズに主眼がおかれ，放流時の歩脚の障害や欠損等の種苗の質については十分な検討がされていない。1993年の放流までの経過は，体長20mm未満の種苗を体長30mmまでは陸上中間育成を行い，その後，海面馴致育成で体長40mm以上に育成して放流したが，歩脚の障害が従来と同様に出現している。

今回の試験結果からは砂の粒径の大きさは潜砂行動と相関関係がみられた。放流クルマエビの潜砂能力は歩脚障害に影響されると報告されているが(石田 1969,1970,1971)，潜砂行動に使用する第3～5歩脚の障害率の高いB，D試験区の種苗を粒径1.0mm以上の砂での飼育から粒径0.5mm以下の砂に移すと潜砂率が高い結果を示した。逆に，第3～5歩脚の障害率が低いA試験区の種苗を粒径0.5mm以下の砂での飼育から粒径1.0mm以上の砂に移すと潜砂率は低下しており，今回の潜砂試験結果は歩脚障害による潜砂能力の低下よりも石岡(1973)が指摘している底質の粒径に影響を受けたと考えられる。しかも無砂敷飼育で長期間飼育し，歩脚障害率が非常に高い場合(E試験区)でも粒径0.5mm以下の砂に移すと50%以上の潜砂率であった。この結果から，見掛上は歩脚障害があっても粒径0.5mm以下の砂であれば潜砂には影響がないといえる。しかし，その放流直後の潜砂率は歩脚障害の少ないA試験区の種苗は70%であり，歩脚障害の大きいD試験区の種苗は0.0%であった。* 種苗は放流して直ぐに潜砂しないと捕食されるため(池端 1984)，歩脚障害はできるだけ少ないほうが良いといえる。今回の試験に用いた種苗は中間育成を砂敷，無砂敷飼育に関わらずほぼ同じ程度の歩脚障害が認められた。今回の歩脚障害の発生は中間育成の飼育条件が砂敷飼育，無砂敷飼育であってもほとんど関係がないことを示している。歩脚障害の発生は高密度飼育(石田 1969；仲野ら 1984)や底質粒径の大きさ(柄多ら 1985)等により発生するといわれている。1993年の中間育成の飼育密度は砂敷飼育は2900尾/m²，無砂敷飼育は3400尾/m²であり，この飼育密度が個体間の干渉によって歩脚障害を発生させる原因となり，今回の歩脚障害が出現したと考えられる。歩脚障害は普通2～3回の脱皮で再生治癒するといわれており(岡田ら 1993)，脱皮間隔が7～8日/回であることから(倉田 1986)，試験期間中(20～23日間)に再生治癒するはずである。しかし，歩脚障害は試験が終了段階においてもA試験区以外では高い。これは，B，D試験区は粒径1.0mm以上の砂で粗く，脱皮しても擦れて再び歩脚障害が発生したと考えられる。さらに，粒径0.5mm以下の砂で飼育したC試験区の種苗の歩脚障害が発生した

* 田中 未発表。

原因については十分検討はできなかつたが、無砂敷飼育が歩脚の再生に影響を与えていた可能性が示唆される。また、中間育成の砂敷飼育の粒径は1.0mm以上であり、この粒径の粗さも歩脚障害の発生原因に与えている影響は大きいと考えられる。

以上のことから放流種苗の質としての歩脚障害の発生をできるだけ軽減する手段を講じる技術の検討を図る必要がある。中間育成による砂敷飼育は歩脚障害があまり発生しないが(柄多ら 1985)、敷砂の粒径が大きいと今回のように歩脚障害が発生するものと考えられる。そこで、砂敷で中間育成をする場合は砂の粒径が小さい方が歩脚障害が発生しないことから、できるだけ粒径0.5mm以下の砂で中間育成をするように心掛けたい。また、海面馴致場も粒径の細かい砂が適しているが、栗田漁業協同組合が実施している海面馴致場の砂は粒径1.0mm以上であるため客土などによる底質の改善あるいは海面馴致場を現在の場所から移転するなどの対策を検討する必要がある。これらの改善によりクルマエビ種苗の潜砂力は増加され、海面馴致終了後に囲い網を外して放流しても魚類等の捕食から防御能力が高くなり放流初期の生き残りは良くなるものと考えられる。

要 約

- 1 中間育成後の種苗は粒径0.5mm以下の砂では潜砂率は高いが、粒径1.0mm以上の砂では潜砂率は低かつた。しかし、中間育成中の砂敷飼育、無砂敷飼育が潜砂に影響があるとはみられなかつた。
- 2 潜砂率の高い粒径0.5mm以下の砂で飼育した種苗を粒径1.0mm以上の砂に移すと潜砂率は50%程度に低下した。逆に潜砂率の低い粒径1.0mm以上の砂で飼育した種苗は粒径0.5mm以下の砂に移すと潜砂率は90%以上と高くなつた。
- 3 陸上水槽の飼育日数を延ばしても潜砂状況は変わらなかつた。
- 4 歩脚障害は砂敷飼育、無砂敷飼育では第1歩脚から第5歩脚にかけては出現状況はほぼ同じであつたが、歩脚の回復は砂の粒径が小さい方が早かつた。
- 5 潜砂は歩脚障害の程度よりも砂の粒径の大きさに影響を受けた。しかし、歩脚障害は潜砂速度に関連し、歩脚障害が低いほど潜砂速度が速くこのことが放流初期の減耗に関与していると考えられる。

文 献

- 池端正好 (1984) クルマエビ種苗の潜砂試験と外敵試験について。昭和57年度栽培セ事報, 90-92.
- 石田雅俊 (1969) クルマエビの放流種苗条件と種苗生産技術研究 (第1報告)。昭和43年度福岡豊前水試業報, 34-44.
- 石田雅俊 (1970) クルマエビの放流種苗条件と種苗生産技術研究 (第2報告)。昭和44年度福岡豊前水試業報, 49-64.
- 石田雅俊 (1971) クルマエビの放流種苗条件と種苗生産技術研究 (第3報告)。昭和45年度福岡豊前水試業報, 43-54.
- 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。南西水研報告, (6), 59-84.
- 柄多 哲・中村一彦・山本 強・金尾博和・柴田忠士 (1985) 中間育成時の底質条件を異にしたクル

マエビ種苗の歩脚障害と潜砂粒度について. 兵庫水試研報, (23), 49-55.

倉田 博 (1986) クルマエビの生活. さいばい叢書, クルマエビさいばい漁業の手引き, 日本栽培漁業協会, 1-33.

中路 実 (1986) 第2章 京都府栗田湾. さいばい叢書, クルマエビさいばい漁業の手引き. 日本栽培漁業協会, 222-250.

仲野達也・中井昊三・柄多 哲・武田 雷 (1984) 小割網によるクルマエビ中間育成 (特に投餌回数, 収容密度の検討). 兵庫県立水産試験場事業報告, 362-373.

岡田一宏・辻ヶ堂諦・渡辺公仁・上谷和功・浮 永久 (1993) 陸上水槽によるクルマエビの中間育成と歩脚障害の回復および進行. 三重水試研報, (5), 35-46.

関 泰夫・池田 徹・木村 憲 (1993) 人工生産されたクルマエビ種苗の潜砂状況について. 平成3年度新潟栽培セ業務・研報, 91-97.

城田博昭・浜中雄一 (1992) 放流初期のクルマエビ種苗の減耗について. 京都海セ報, (15), 25-30.

栩野元秀・長野泰三・川西 淳 (1986) クルマエビ種苗の歩脚欠損と潜砂能力との関連性. 香水試研報, (2), 31-37.

[質疑応答]

仲岡 (東大海洋研) 潜砂実験で用いた個体の歩脚障害の程度について, 潜砂結果 (完全に潜る, 半分潜る, 潜らない) と関連はあるか. また, 実験を行うにあたっていろいろな障害の程度の個体をどのように選択して利用したか.

田中 (京都海セ) 実験に使用した種苗は, 飼育水槽からランダムに30尾を取り上げて潜砂実験を行い, その後歩脚障害を観察した.

第3~5歩脚にかけての障害程度の大きい種苗は潜砂できない. また, 歩脚障害程度の小さい種苗であっても潜砂しない個体も認められた.

山川 (東水大) ①P₁から中間育成の段階別にどのような障害が生じているか. ②粒径0.5mm域で飼育すると障害が回復するが, それ以外では回復しないのはどのような理由か. ③京都の地先で放流する際には, どのような工夫をしているか.

田中 ①中間育成を行うサイズは17~30mm程度であり, それ以前のサイズの障害は調査していない. ②クルマエビ種苗は通常, 2~3回の脱皮で歩脚障害が回復 (再生) していく. 粒径0.5mm以下の砂では, 脱皮して正常に障害が回復していったと考えられるが, 他の試験区 (馴致場の荒い砂) では, 脱皮して回復した歩脚が, 再び荒い砂との“すれ”で歩脚障害をおこしていたと考えられる. ③京都府の栗田地先では, 波浪等の影響で海面馴致育成場が制限されている. 馴致場を放流場所としているため, 現在の馴致場の有効性と改善策を検討した. 今後は, 馴致場に粒径0.5mm以下の砂を敷くか, 他の海域へ放流するかが考えられた.