

原著論文

中間育成クルマエビの簡便な活力評価法の提案

中島博司*

A Simple Activity Evaluation of Juvenile Kuruma Prawn, *Marsupenaeus japonicus*, during Intermediate Culture

Hiroshi NAKAJIMA

About 10 individuals of juvenile Kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus*, under intermediate culture were examined to monitor their burrowing rate within 180 seconds using a small container whose bottom was covered with sand sieved into 0.125-0.250mm. As a result, it was found that the burrowing rates increased with the number of intermediate culturing days, which was in agreement with previous data. This method requires only 10 individuals per experiment and can get results within 180 seconds, making it a speedy and simple method for evaluating the activity of juvenile Kuruma prawns and for establishing appropriate management of intermediate culture. Moreover, as the container is portable, it may be possible to quantitatively evaluate the activity of juveniles during and after transport to the site of release. This should be useful for improving the releasing method and for analyzing stocking efficiency.

2010年1月14日受付, 2010年9月9日受理

クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* は、日本では本州北部以南に分布し¹⁾、重要な沿岸漁業資源である。クルマエビの栽培漁業は1963年から瀬戸内海において、国の委託事業として種苗生産、放流の実験が開始された²⁾。その後、クルマエビの種苗放流は北海道を除く全国各地に拡大し、3億尾以上の放流がなされたが、2006年度の生産尾数は1.5億尾、放流尾数は1.2億尾と減少している³⁾。クルマエビの放流用種苗は、通常、府県や財団法人が運営する栽培漁業センターで生産された後、中間育成施設まで輸送された後に中間育成される。中間育成の主目的は、種苗生産機関が生産する体長約15mmのクルマエビを放流環境に馴致し、底生・夜行性に移行する体長30mmにまで成長させることにある^{4,5,6)}。また、中間育成期間中に、歩脚障害の回復を図り、潜砂能力を向上させることは、被食を軽減し、放流効果を向上させる重要な役割がある⁶⁾。近年、深所にまで及ぶ種苗

放流の場の拡大に伴い、クルマエビの放流効果を高めるために、さらに大型のクルマエビを放流する傾向にある^{6,7)}。そのため、中間育成期間は長期化し、育成成績を安定させることが重要になってきている。

三重県は、2006年に砂を敷いた大規模な陸上中間育成施設を整備したことに伴い、第5次栽培漁業基本計画(2005～2009)では、クルマエビの放流サイズを平均全長30～50mmと定めた。陸上水槽での中間育成は、海面を利用する囲い網等に比べ人為的な管理が行き届く半面、長期飼育に伴う底質や水質の悪化による大量へい死を招く恐れがある^{5,8)}。さらに、取り上げや輸送の仕方によっては、種苗の活力の低下も懸念される^{9,10,11)}。中間育成は、前述したように、種苗の大型化と健全化(歩脚障害の回復)を目的としているが、山根・辻ヶ堂⁸⁾はクルマエビの成長に伴い歩脚欠損個体の出現率が収容時と変わらなくなった事例を紹介し、個体干渉の頻度の高

* 元・財団法人三重県水産振興事業団 伊勢湾北部中間育成施設
〒510-0243 鈴鹿市白子一丁目 6276-3
Mie Prefectural Fish Farming Center, 6276-3 Shiroko, Suzuka, Mie 510-0243, Japan
hshimayan@gmail.com

まりがその原因であるとしている。このことから、平均体長 30 mm 程度で放流するのか、あるいは、それ以上大型の放流サイズを目指すのであれば、当初の収容尾数を減らす等の検討が必要と述べている。他方、中間育成過程のみならず、取り上げ後や輸送後のクルマエビの活力がどのように変化しているかについても、懸念はされているものの具体的に検討したデータは見当たらない。満足できる放流効果が得られていない原因の一つに人工生産された種苗の質の問題があげられていて¹²⁾、マダイ¹³⁾を始めとしたいくつかの種苗について健苗性評価方法の検討がされている。クルマエビの活力判定方法については、目視観察法、麻酔法、潜砂能力測定法が提案されているが、簡便な判定方法がなく、この面の研究が待たれる状況にある¹⁴⁾。倉田¹⁵⁾は、クルマエビ人工種苗に対する魚類の捕食圧は強く、100万尾規模の放流種苗にも壊滅的な打撃を与えることがあること、また、それは、発育段階や体長にかかわらず海へ放流した直後が著しいと強調している。放流時の種苗の活力が悪いと大きな減耗が生じ、放流サイズや放流尾数の多寡だけで放流効果を論じることはできないと考えられる^{6,11)}。そこで、迅速且つ簡便に、クルマエビの活力を測定できる方法の開発と適用が求められる。筆者は、クルマエビの潜砂能力に注目した簡便なクルマエビ放流用種苗の活力の測定方法を考案した。すなわち、クルマエビ放流用種苗の潜砂率の変化を把握することにより、中間育成過程の把握のみならず、取り上げ等の放流作業がクルマエビ種苗の活力に及ぼす影響についても評価したので報告する。

材料と方法

潜砂能力の簡便な測定方法 三重県鈴鹿市に位置する三重県伊勢湾北部中間育成施設（以下、北部施設と称する。）（図1）は、直径 12 m、高さ 1.4 m の円形コンクリート水槽 12 面を備え、水槽底面（113 m²）はスノコの上にサランネットを敷いた 2 重底構造¹⁶⁾で、ネットの上に中央粒径値 0.5 ~ 1.0 mm の砂が約 5 cm 厚に敷かれている。ここに、三重県栽培漁業センターで生産した平均体長 15.4 mm のクルマエビを 2009 年 6 月 15 日に約 1,000 尾 / m² の密度で収容し、7 月 14 日までの 29 日間にわたり、株式会社ヒガシマル社製のクルマエビ用配合飼料を給餌し飼育した。中間育成終了時の平均体長は 35.3 mm、歩留まりは 83.1%であった。また、育成中の水温は 21.7 ~ 26.4℃で推移した。

7 月 7 日および 7 月 14 日に飼育中のクルマエビの潜砂能力の簡便な測定を、ポリプロピレン製の小型のコンテナ（31 cm × 41 cm × 15 cm）を用いて試みた。まず、鈴鹿市地先の砂（中央粒径値 0.125 ~ 0.250 mm）を採取し水道水で洗った後、コンテナ底面に 5 cm 程度の厚さになるように敷き、水深が 3 cm 程度になるように海



図1. 中間育成施設位置図
矢印はトラック輸送を示す

水を注入した。そこに、クルマエビを 10 尾から 14 尾収容し、潜砂行動を 3 分間観察した。体全体が完全に砂に埋まった個体を潜砂個体としたが、観察中に潜砂行動を行っている個体については、頭胸部と腹部の間の部位が完全に砂に埋まった個体も潜砂個体と見なした。潜砂個体数の確認は 10 秒単位で行った。同様の試験を、供試個体を変えて 3 回実施した。試験は太陽光の下で実施したが、実施時刻は異なった。試験終了後、潜砂個体と潜砂しなかった個体（非潜砂個体と称する）の体長を計測し、顕微鏡下で歩脚の欠損節数を調べた。なお、クルマエビの歩脚の機能について、鉗指を有する第 1 ~ 3 歩脚は主として餌の捕食に、第 4 ~ 5 歩脚はほふく、潜砂などに役立てられる¹⁷⁾ことから、本研究においては、第 4 および第 5 歩脚を対象に、欠損節数を調べた。試験時の水温は 7 月 7 日 25.6℃、7 月 14 日 23.0℃であった。

中間育成過程における潜砂能力と歩脚欠損の関係 北部施設において、6 月 15 日（搬入日）、18 日、7 月 2 日、7 日、9 日、14 日、16 日のクルマエビを供試して、前項で示した方法による潜砂試験を行った。試験は北部施設の取水を用い、試験時の水温は 23 ~ 25℃であった。なお、試験当初は施設と同じ砂を用いたが、7 月 7 日以降は前項で示した鈴鹿市地先の砂も用い、粒径の差異による潜砂率を比較した。ここで、同じ個体を用いて、予備

的に2種類の砂の順番を入れ替えた試験を行ったが、潜砂率の差は見られなかったため、7月9日以降の潜砂試験では、まず施設の砂で試験を実施した後、直ちに持ち帰り、再度、鈴鹿市地先の砂で同様の試験を行った。また、北部施設で中間育成15日目(6月30日)、25日目(7月10日)、30日目(7月15日)に体長測定を目的に取り上げられたクルマエビ30個体について、第4および第5歩脚の欠損節数を調べた。

三重県伊勢市に位置する三重県伊勢湾南部中間育成施設(以下、南部施設と称する)(図1)は、直径17m、高さ1.7mの円形コンクリート水槽を12基備える。ここに、三重県栽培漁業センターが生産した平均体長15.0mmのクルマエビが輸送され、2009年6月22日から8月7日までの46日間飼育された。中間育成終了時のクルマエビの平均体長は42.3mmであった。南部施設において、7月24日(32日目)、29日(37日目)および8月7日(46日目)に、北部施設と同様の潜砂試験を行った。なお、試験には、南部施設に近接する外城田川河口域の砂(中央粒径値0.250~0.50mm)を用いた。

取り上げおよび輸送の潜砂能力への影響 クルマエビの取り上げ、トラック輸送および放流するまでの作業工程と各作業工程時におけるクルマエビの潜砂試験実施場所について表1に示した。クルマエビの取り上げには籠が使用された。籠は楕円形の形状をしていて、底面は長径70cm、短径55cm、使用時の高さは約35cmである。取り上げ当日の朝6時に籠に冷凍アジを入れ、9時まで放置後直ちに持ち上げられた。漁獲されたクルマエビは約1kgを目安にヒラメ籠(60cm×36cm×10cm)に詰められたのち、10トンの活魚車に収容された。積み込み作業は約2時間で終了し、約30万尾のクルマエビが志摩市安乗漁港まで輸送された(図1)。輸送に要した時間は約1時間であった。この間の水温は、飼育水槽

が約23℃、活魚車の水槽は18℃であった。安乗市場で現地の海水を注水し、活魚車の水槽水温が約24℃に上昇した時点(約30分後)で、船上輸送により放流漁場へ移動した。クルマエビを活魚車から漁船に積み替え、放流漁場に到着するまでに要した時間は約30分であった。また、現地の海水温は約27℃であった。潜砂試験の実施場所は、クルマエビの持ち上げ前と持ち上げ後の試験は南部施設で、活魚車による輸送後は同じ試験用コンテナを安乗市場まで運び同市場で行った。放流後の潜砂試験に供したクルマエビは船上輸送後放流しないで持ち帰り、安乗市場で直ちに試験を実施した。1回の試験に供した尾数は9尾から11尾で、種苗を変えて同一条件の試験を3回から6回繰り返した。試験に用いた砂は外城田川河口域の砂で、潜砂試験時の水槽の水温は23~25℃であった。

結 果

潜砂能力の簡便な測定方法

1. 潜砂に要する時間 7月7日に行った3回の試験の潜砂個体数は、それぞれ14個体中7個体、10個体中5個体、13個体中7個体で、潜砂率は50~53.8%(平均潜砂率51.3%)と大きな差はなかった。7月14日のそれは10個体中7~9個体、12個体中8個体で、潜砂率は66.7~90%(平均潜砂率75.6%)と変化し、全ての試験で高くなった(図2)。潜砂個体と潜砂時間の関係をみると、収容直後の10秒間に7月7日は60~80%、7月14日は60~90%の多くを占め、その後90秒までは散発的に潜砂する個体は見られたが、90秒から180秒の間は全く潜砂する個体は出現しなかった。7月7日と14日の潜砂率の差は、最初の10秒間に潜砂する個体数の多寡に起因した。

表1. クルマエビの取り上げ、輸送および放流の作業工程

作業時間	作業工程	水温	潜砂試験実施場所
9時-11時	伊勢湾南部中間育成施設 ・籠による取り上げ ・ヒラメ籠に収容後 活魚車に積み込む	23℃	南部施設
11時-12時	活魚車による輸送	18℃	
12時-	志摩市安乗市場		
12時30分	・現場海水をトラックの 水槽に換水する	24℃	安乗市場
12時30分-	船上輸送		
13時	・ヒラメ籠を漁船に移す ・放流海域まで移動し 放流 (供試個体は放流 せずに持ち帰る)	27℃	安乗市場 (放流海域)

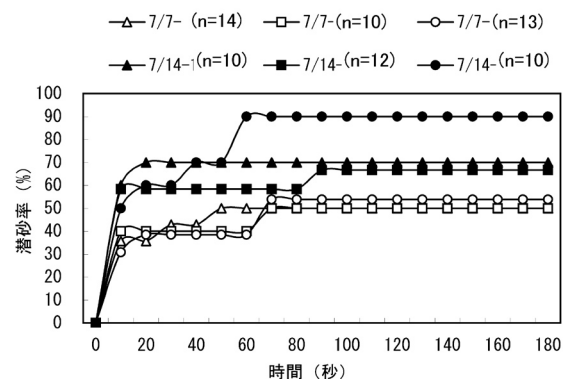


図2. 潜砂時間と累積潜砂率の関係

縦軸の潜砂率は、10秒単位で測定した潜砂個体の累積潜砂率を示す
白抜きマーカーは7月7日、黒塗りのマーカーは7月14日を示し、それぞれ3回の試験をおこなった

2. 歩脚障害が潜砂に及ぼす影響 上記の試験に用いた個体を潜砂個体と非潜砂個体に分けて、第4および第5歩脚欠損節数と体長との関係を図3に示した。図3から、欠損節数が概ね16以上になると潜砂できなくなると考えられた。また、体長20～50mmの範囲において、潜砂個体および非潜砂個体ともに体長が大きくなると欠損節数は減少する傾向を示したが、相関係数はそれぞれ-0.2315、-0.3150と低く、相関は得られなかった。

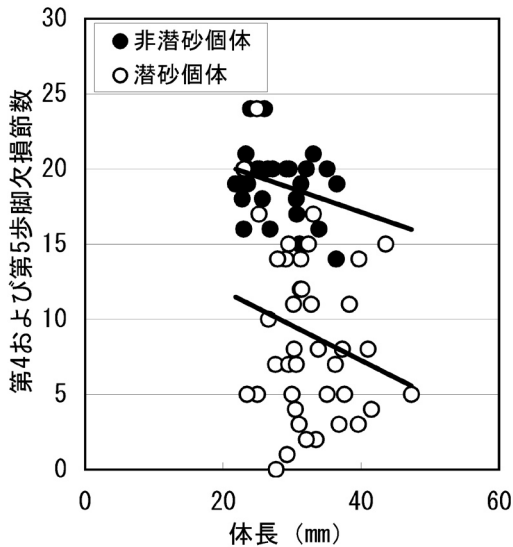


図3. 体長と第4および第5歩脚欠損節数の関係

中間育成過程における潜砂能力と歩脚欠損の関係

施設の砂および鈴鹿市地先の砂を用いた中間育成日数別潜砂率の変化を図4に示した。施設の砂を用いた試験では、収容初日の潜砂率は0% (24個体中0個体)、3日目 (6月18日) は6.7% (15個体中1個体)、17日目 (7月2日) は平均19.7% (14個体中2個体、16個体中4個体)、22日目 (7日) は平均28.3% (10個体中1個体、12個体中4個体と5個体)、24日目 (9日) から31日目 (16日) は平均50～64.8% (10～12個体中4～10個体) と変化し、潜砂率は22日目以降急激に高くなった。鈴鹿市地先の砂を用いた試験でも潜砂率は22日以降高くなる傾向を示し、さらに、24日目から31日目の平均潜砂率は75.6～85.6% (10～12個体中7～11個体) と施設の砂を用いた潜砂率より約1.5倍高かった。しかも、2種類の砂を用いた24日目 (7月9日) の時間別潜砂率を比較すると、前者の潜砂は試験開始後約10秒間に集中したのに対して、後者は約60秒間継続的に潜砂し、潜砂行動は砂の粒径によって大きく異なった (図5)。

中間育成15日目、25日目および30日目に体長を測定したクルマエビの第4および第5歩脚欠損節数の変化を、前項の結果に基づき、歩脚欠損節数16を境に出現率を調べたところ、歩脚欠損節数15以下の出現率は43%、70%、80%と経日的に高くなり、前述した潜砂率

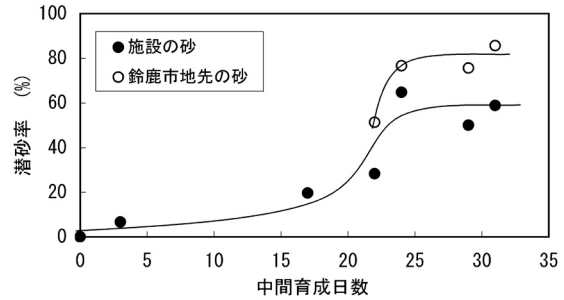


図4. 2種類の砂を用いた中間育成日数別潜砂率の変化
砂の中央粒径値：施設 (0.50～1.00mm)
鈴鹿市地先 (0.125～0.250mm)

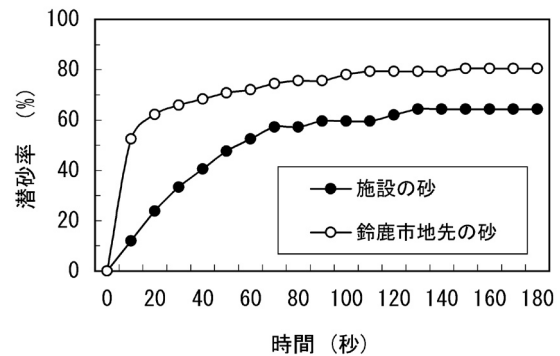


図5. 中間育成24日目 (7月9日) における2種類の砂を用いた潜砂時間と潜砂率の関係

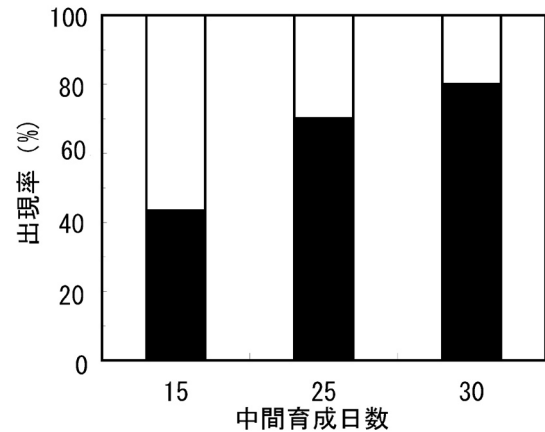


図6. 中間育成日数別歩脚欠損節数の出現率
黒塗りの縦棒は15節以下、白抜きの縦棒は16節以上の欠損を有する個体の出現率を示す

の変化と良く一致した (図6)。

南部施設では、中間育成32日目および37日目の平均潜砂率はそれぞれ93.1% (9～10個体中8～10個体)、94.3% (11～13個体中10～13個体) と高かった (図7)。46日目の潜砂率も80.0% (10個体中5～10個体) と高率であったが、37日目に比べると低下した。また、潜砂個体の最初の10秒間における出現割合も、前者が約80%に対して後者は約50%とやや低く、潜砂率の低下と同様の傾向を示した。

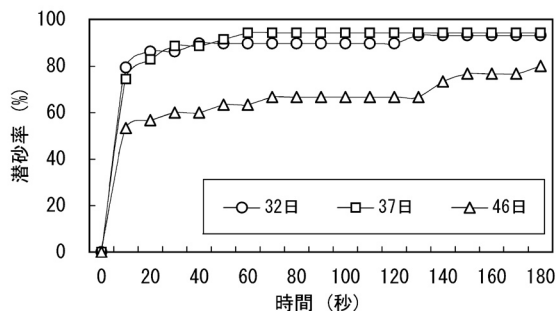


図7. 南部施設における中間育成日数別潜砂率の変化

取り上げおよび輸送の潜砂能力への影響 籠による取り上げ前に飼育水槽内で採集したクルマエビの潜砂率は試験開始から最初の10秒間に53%と高かったが、その後の潜砂個体は少なく、60秒後の潜砂率は63.3%、180秒後は80%であった(図8)。一方、籠で取り上げたクルマエビは、最初の10秒間の潜砂率は17.5%と低かったが、その後徐々に潜砂個体は増え、60秒には60%、180秒後の潜砂率は80%にまで達した。トラック輸送後および船上輸送後のクルマエビの潜砂状況は籠による取り上げ後と極めて良く似た経過を示し、試験終了時の潜砂率も大きく変わらなかった。しかし、最初の10秒間の潜砂率を見る限り、トラック輸送後は9.8%、船上輸送後は7.1%と徐々に低下した。この試験に用いたクルマエビの平均歩脚欠損節数(第4および第5歩脚)は、取り上げ前5.4、取り上げ後8.2と変化し、取り上げ後の欠損節数は取り上げ前に比べて有意に増加した(t 検定, 5%有意水準)。トラック輸送後の欠損節数は6.9、船上輸送後のそれは8.8で、有意差は認められなかった(表2)。

考 察

クルマエビは、底生初期には浅海域にすむ小型魚類や各種の幼魚に、成長に伴い住み場所が深くなるにつれて次第に大型の魚類に捕食される¹⁵⁾。クルマエビ人工種苗も海に放流すると、その直後に最も被害されやすい¹⁵⁾。したがって、捕食圧を減じるためには、いかに潜砂能力を高くするかが重要である。クルマエビ種苗の潜砂率は、摂餌の有無、塩分、底質や波浪の物理的条件等で異なるが、さらに、種苗生産や中間育成過程で歩脚が欠損した個体の潜砂能力は劣ることが知られている⁵⁾。クルマエビ種苗の歩脚障害と潜砂能力の関係について調べた知見は多く見られる^{17,18,19)}。それらでは、潜砂試験の観察時間は10分から30分間と異なるものの、体長15mmから25mmのクルマエビを約50個体用いた潜砂率は、粒径の細かい砂(0.21mmあるいは0.25mm以下)ほど高い傾向を示した。また、歩脚障害も経日的に減少する傾向が見られている。さらに、柄多ら¹⁸⁾

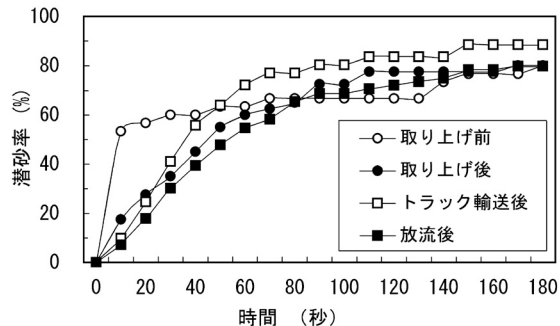


図8. クルマエビ種苗の取り上げ、トラック輸送後および放流後における潜砂に要した時間と累積潜砂率の比較 取り上げ前のクルマエビは、籠に入っていない水槽内のエビを任意に採集した 放流後の試験に供したクルマエビは、放流しないで持ち帰った

表2. 取り上げ前、取り上げ後および輸送過程におけるクルマエビの平均歩脚欠損節数と標準偏差

	取り上げ前*	取り上げ後*	トラック輸送後	放流後
サンプル数	30	20	32	40
平均値	5.4±4.45	8.2±4.27	6.9±3.76	8.8±3.64

*有意差あり($p < 0.05$, t 検定)

検査した歩脚は左右の第4および第5歩脚

の観察によると、粒径0.25mm以下の砂の場合、数秒以内に大半の個体が潜砂した。本研究で、北部施設で行った試験でも、粒径が0.25mm以下の砂を用いた場合、クルマエビの潜砂率は高く、しかも、潜砂個体の多くは最初の10秒間に出現した。中間育成過程のクルマエビの歩脚欠損節数も経日的に減少する傾向を示し、潜砂率の増加と良く一致した。このように、本研究で開発した試験方法でも、クルマエビの潜砂に関する既往知見を再現することができた。本試験は、1回に供試するクルマエビ数が10個体程度と少ないうえ、3分以内に結果を得ることができる点で、迅速かつ簡便なクルマエビの活力判定方法といえる。また、本研究では体長約50mmの大型個体でも3分以内に潜砂する結果が得られ、近年大型化している放流種苗にも適用可能であると考えられる。なお、南部施設で用いた砂の中央粒径値は0.25~0.50mmで、前述した北部施設の砂よりもやや粗かったが、潜砂率は93.9%と高かった。本研究では、前述した既往知見も踏まえ潜砂試験に供する適正な中央粒径値は0.125~0.250mmと考えたが、0.125~0.500mmでも同様の結果が得られる可能性もあり、比較試験による検討が望まれる。

潜砂習性は成長にともない強化されると考えられているが¹⁷⁾、大型種苗であっても歩脚の欠損した個体であれば、潜砂能力は当然劣ることになる。山根・辻ヶ堂⁸⁾は、中間育成後半における潜砂個体の割合は約95%か

ら 68.4% に低下し、それに伴って歩脚欠損節数が増加した要因として、適正な密度から過密状態になっていると推測している。本研究でも、南部施設において中間育成 37 日目のクルマエビの潜砂率は 93.9% と高かったが、46 日目は 80.0% に低下し、過密状態になった可能性がある。中間育成施設において歩脚欠損節数を顕微鏡下で調べることは不可能ではないが、日常作業の中で頻繁に行うことは面倒である。本研究で示した活力判定方法であれば、誰でも容易に歩脚障害の程度を間接的に知ることができる。種苗の歩留まりは出荷を終えないと正確にはわからないが、潜砂率の変化を即座に把握することで種苗の質に関するデータが得られ、適正な密度か過密状態かを知ることにより、できるだけ最高の状態で種苗を放流することが可能となることから、中間育成期間中の飼育管理に有効と考えられた。さらに、陸上施設で中間育成を行う場合、最終的にはクルマエビを取り上げて放流せざるを得ない。籠を用いた取り上げ方法は、クルマエビにストレスを掛けずに優れた漁法と考えられるが、歩脚障害の程度は多少悪化し、潜砂にも影響を与えていることがうかがえた。籠を用いた取り上げの影響は、水槽内の水温、浸漬時間、エビの入り具合の多寡などによって変化することも考えられ、潜砂との関係をさらに調べることにより、より好ましい取り上げ方法を検討する必要がある。

本研究で示したクルマエビの活力判定方法は、中間育成中の種苗の質を定量化するだけでなく、以下に述べるように種々の応用が可能である。クルマエビの種苗放流が始まった当初は囲い網等の海上施設の頻度が高かったが、徐々に陸上施設の頻度が増加している⁶⁾。陸上施設で中間育成されたクルマエビは、通常、必然的に放流地までトラック輸送する必要がある。三重県の場合、さらに、船上輸送を行っている地区もある。中間育成されたクルマエビは、取り上げから輸送にいたる過程で、仮に重大な歩脚障害は生じなくてもストレスを受けることにより、一時的に潜砂できなくなる心配がある。宮嶋ら²⁰⁾は、船舶輸送で水深 1.5 m の海域に放流した体長 51 mm の大型種苗の採集尾数が非常に少なかったことに対して、放流後 2 時間以内に急激な減耗があったと推定している。この報告に対して、浜崎ら⁵⁾はハンドリング等のストレスによって放流直後には砂から出て放浪する個体が多いと想像している。当測定方法で用いる小型容器は軽量なので、放流現場での活力試験も実施可能である。本研究で、最初の 10 秒間の潜砂率を見る限り、取り上げ前に比べて、取り上げ後やトラック輸送後の潜砂率は低下したが、180 秒後の潜砂率に差異は少なく、この行程が潜砂率に及ぼす影響は予想に反して低かった。倉田¹¹⁾は、輸送直後の多少とも活力が低下している種苗を直接自然環境に放流してはいけない。種苗体長が大きいほど輸送による疲労は激しいので注意が必要であると述べている。本研究で扱ったクルマエビは体長約

42 mm と大きかったが輸送による潜砂への影響は少なく、現行の輸送方法は妥当と判断された。今後は、放流時の潜砂率に関するデータを蓄積し、取り上げ後の輸送および放流過程における活力を定量化することで、放流地先に適した放流技術の一層の開発と運用が求められる。

中野¹²⁾は、良い種苗とは放流効果が上がる種苗であり、人工種苗を評価するにあたって「健苗性」と「種苗性」を定義することを提案した。この定義に従えば、クルマエビにとって、歩脚障害のないことが健苗性の高い種苗であり、潜砂能力が高いことが優れた種苗性を有することになる。砂を敷いた施設で中間育成することは健苗性の追求であり、種苗の大型化は種苗性の確保につながっている。浜崎ら⁶⁾は回収率にバラツキが大きいことに関して、種苗の体長、潜砂習性、被食減耗の関係を精査することが重要な研究課題と述べている。クルマエビの放流時に、種苗の由来、大きさ、放流方法だけでなく潜砂率もデータ化すれば、放流効果の解析に有効であると考えられる。

謝 辞

本研究の実施に御協力いただいた伊勢湾北部および南部中間育成施設並びに水産振興事業団の職員の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 三宅貞祥 (1982) 原色日本大型甲殻類図鑑 (1). 保育社, 大阪, 6 p.
- 2) 中山博文 (1983) 最新版つくる漁業。「クルマエビ」, (社) 資源協会, 東京, 6-15 pp.
- 3) 水産庁・(独) 水産総合研究センター・(社) 全国豊かな海づくり協会 (2008) 平成 18 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国). 105 pp.
- 4) 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, 74-82 pp.
- 5) 倉田 博 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 83-89 pp.
- 6) FUSHIMI, H. (1999) How to detect the effect in releasing operation of hatchery raised Kuruma prawn postlarvae? -case study of the operation in the Hamana lake-. *Bull. Tohoku Natl. Res. Inst.*, **62**, 1-12.
- 7) 浜崎活幸・北田修一 (2005) クルマエビの放流効果—現状と課題. 栽培技研, **33**, 27-43.
- 8) 山根史裕・辻ヶ堂諱 (2009) 歩脚欠損を指標としたクルマエビの中間育成密度に関する一考察. 水産技術, **2**, 65-69.
- 9) 古沢 徹 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 79-81 pp.
- 10) 檜山節久 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 163-171 pp.

- 11) 伏見 浩 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 90-115 pp.
- 12) 中野 広 (1993) 1. 種苗の評価基準. 「放流魚の健苗性と育成技術」(北島 力編), 恒星社厚生閣, 東京, 9-18 pp.
- 13) 山岡耕作 (1993) 4. 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, 41-50 pp.
- 14) 松岡玳良 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 76-78 pp.
- 15) 倉田 博 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 1-60 pp.
- 16) 檜山節久 (1986) クルマエビ栽培漁業の手引き. 社団法人日本栽培漁業協会, 東京, 137-147 pp.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 榎野元秀・長野泰三・川西 敦 (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.
- 20) 宮嶋俊明・浜中雄一・竹野功麗 (1998) クルマエビの放流技術開発—Ⅹ— 一初期生残から見た放流場所の検討—. 京都府立海洋センター研究報告, 20, 36-40.