

第4章 クルマエビ類の人為催熟

第1節 養成クルマエビの効率的な採卵条件

Section 1

伏屋 玲子



1. はじめに

クルマエビの種苗生産に関する問題は種苗の疾病対策と親エビの産卵の同期化にある。本節では産卵同期化につながる親エビの養成および卵巣成熟・産卵について飼育実験により検討した結果を解説し、安定かつ効率的な採卵を目指す。

近年、天然エビの漁獲量減少とともに種苗生産用の親エビの確保が困難となっている。種苗生産を行っている機関・施設では二通りの採卵方法が試みられている。繁殖期に漁獲した天然エビのうち成熟した個体を選別し、自然産卵を待つ方法と、養殖池である程度成熟した親エビを陸上水槽に移して産卵を待つ方法である。前者の天然エビを用いる方法が一般的であるが、親エビ入手が漁獲変動に左右されることと、産卵率の低さが問題になる。養成エビについては親エビとして使用できるサイズになるまで長期飼育を行う時間と労力が問題となる。これらの親エビ選択に加え、採卵方法も異なり、自然産卵を待つ方法と眼柄処理と呼ばれる人為的に催熟させる方法を使用する場合がある。

本節では、養殖池あるいは陸上水槽で養成されたエビを用いて、異なる飼育環境条件下でクルマエビがどのように再生産をするのかを調べ、その結果をもとに人為催熟を行う際の効率的な採卵条件について検討した。なお、すべての飼育試験は（独）水産総合研究センター西海区水産研究所石垣支所（現亜熱帯研究センター・石垣庁舎）内の陸上水槽で行った。

2. 飼育方法

試験事業においてクルマエビの陸上水槽での長期飼育は、困難であると言われている。本種は夜行性で、昼間は砂に潜る習性があり、飼育においては砂の管理も重要になる。養殖場では砂底の素堀池を用いて稚エビから養成する。陸上水槽においては養成期間が長期にわたる場合はエビがストレスにより病気になりやすく、また潜砂行動から擦れによる腹肢の欠損などが生じるため、砂を敷くことが重要になる。人影や急激な明暗の変化などでエビが驚くと、丸く横に倒れるか跳ねて大騒ぎになるため、なるべくストレスを与えないよう水槽への覆いなども必要となる。

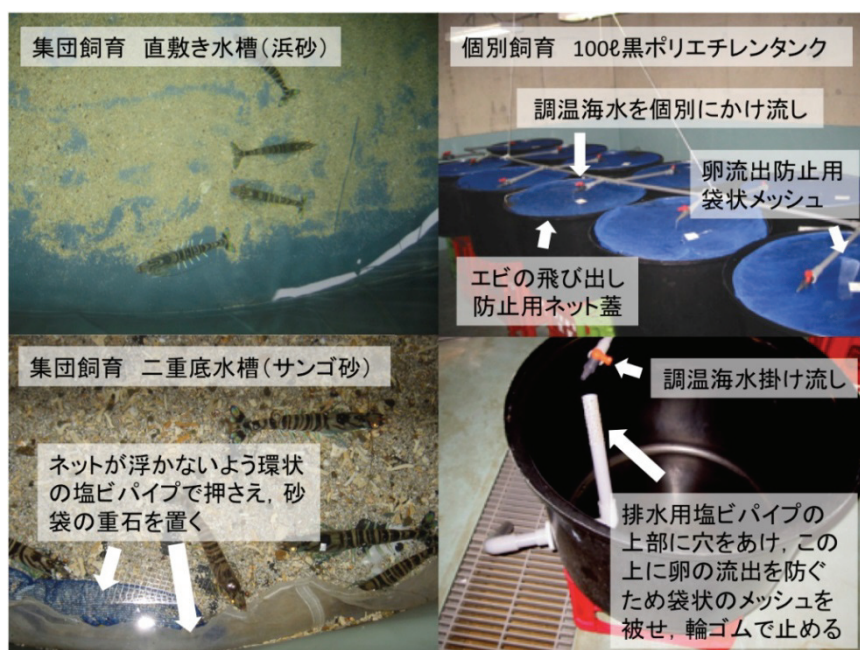


図 4-1-1 クルマエビ養成・飼育水槽 左：集団飼育，右：個別飼育



図 4-1-2 クルマエビの個体標識例と卵巣幅計測 左：眼柄および背甲の個体標識，右：卵巣幅の計測部位

2-1. 陸上水槽での親エビの養成管理

親エビとして使用するクルマエビは前年に自家で種苗生産したエビか、あるいは養殖場から購入して水槽で畜養したエビを用いて、採卵試験に合わせてサイズを揃える。自家で種苗生産をする場合は、同時期に複数の親から産まれた受精卵を採集し、翌年の採卵時に必要な親の数（雄を含める）に途中でへい死する量を考慮して養成する。春～夏にかけてパンライトまたは小型水槽を用いて、各機関で行われる種苗生産，中間育成を小規模にした形で行う。その後，サイズ別に水槽を分割し，最終的に4t以上の水槽で管理し，翌年の春まで飼育する。クルマエビの幼生飼育は大量生産ではなく小規模に行う場合は初心者でも比較的簡単で稚エビにまで生残する確率は高い。

親エビには期間で約10ヵ月以上，体長では140mm以上になると利用することができる^{1,2)}。本節での試験では自家生産および養殖場からの購入に関わらず，予定試験期間に合わせてサイズを選別し，主に145～160mmのエビを使用することとする。

2-2. 集団飼育

陸上水槽での親エビ管理は，屋内外にFRP水槽または組み立てキャンバス水槽などを用い，エビの観察や掃除などの手入れが行き届く大きさのものを使う。底に敷く砂は市販の川砂，海岸の砂浜から採集した砂，サンゴ砂などで，ゴミを取り除くためにふるいをかけて使用する。水槽の底は二重底構造または直接砂を敷いておく。二重底は市販の二重底プレートを利用し，その上にネットを敷いて砂またはサンゴ砂を入れる。クルマエビが隙間に入らないように，ネットの端は細長く作製した砂袋

のおもりをおくか，水槽のサイズに合わせて作製した塩ビパイプで枠を作っておく（図4-1-1）。また，二重底ではなく直接砂を敷く場合は深く砂を入れると還元層ができるため，エビが軽く潜れる程度の厚さで砂を入れ，網やホースで残餌や糞を掃除する際には同時に砂をかき混ぜるようにする。

水の循環を考慮して給水と排水の位置を決め，水槽内部から砂が流れない高さのパイプをたて，エビが出て行かないよう先端にプラスチックネットを取り付けておく。水深は水槽の外にたてた排水パイプの高さで調整する方が底面の汚れた海水を排出しやすい。エアレーションの配置で海水の循環を促し，酸素不足や不測の事態（給水停止）に備える。また，外部から受けるストレスを軽減させるため遮光率90～99%のネットで水槽を覆う。

2-3. 個別飼育

クルマエビの状態を知るためには個別飼育を行う。周りの動きによるストレスを避け，産卵の有無を確認しやすくするため，透明ではなく黒色100Lポリエチレンタンクを用いて，掛け流しによる個別飼育を行う（図4-1-1）。穴を開けた排水パイプにブランクtonネットで作成した袋をかぶせることにより産卵の確認および卵の排出を防ぐようにする（図4-1-1）。

2-4. 個体標識

すべての個体に個体番号標識を着けたOリングを片眼柄に装着（アイタグ）し，さらに頭胸甲に番号標識（背番号）をつけ，個体識別できるようにする（図4-1-2）。毎日脱皮，産卵，へい死を記録し，週に2回の頻度で個体の腹側から水中ライトをあてて卵巣幅を計測して

各個体の状態を観察する（図 4-1-2）。

3. 養成エビの自然産卵

クルマエビを陸上水槽で自然産卵させることは困難であることが知られており、人為的に産卵をコントロールするためには天然エビの生態を考慮しつつ、飼育環境条件を検討する必要がある。また、天然での産卵期は海域によるが、3月～10月頃と言われている。

クルマエビは冬場の 10℃近い低水温から夏場の 30℃を超える高水温においても生存している。陸上水槽を用いて屋内外でエビを養成する場合の水温は、自然水温で良い。試験等では外気・気温の影響を受けることを避けるように工夫する、水温を調整する場合は電気代を考える必要があるため、屋内で室温を保ちつつ水温を調整する。

以下に、自然産卵に適した飼育条件を検討した結果を紹介する。

3-1. 水温

成熟・産卵に適していると考えられる 20, 22, 24, 26℃の4段階の水温実験区を設け、前年度に自家生産したエビを用いて、個別飼育を行った。また、光照射時間は、昼夜同時間（L12/D12h）に設定し、餌としてアオゴカイ（*Perinereis aibuhitensis*、通称アオイソメ）を与えた。約2ヶ月間飼育した結果、成熟・産卵には高水温の方がよいことがわかった。眼柄処理をしなくても、24, 26℃では産卵がみられたが、20, 22℃では全くみられなかった。生残および産卵の状態から考えて、採卵のための飼育水温としては24℃が適している。

3-2. 日長

養殖場から購入した当歳のクルマエビを用いて昼夜の光照射時間を調節した。日長は短日（L10/D14h）、長日（L14/D10h）、昼夜同時間（L12/D12h）の3実験区を設定し、水温は適温と考えられた 24℃とし、アオゴカイの給餌により試験した。

生残率は短日実験区が最も低かった。産卵については長日の実験区で、産卵した個体および回数が最も多くみられた。卵巣幅の様子は短日実験区ではあまり大きくならない傾向がみられた。成熟・採卵用に飼育を行う際に日長を考慮する場合は、短日処理は適していないことが示唆された。

3-3. 飼育水と餌料

飼育水に紫外線照射海水を用いると産卵が見られるとする報告がある³⁾ため、濾過海水とその海水を紫外線照射した海水の2種類を用いて実験区を設定した。また、

与える餌として一般的によく用いられるゴカイと配合飼料の2種類を用い、海水と餌料を組み合わせた4つの実験区を設定した。養殖場から購入した当歳のクルマエビを用いて約2ヶ月間、すべての実験区の水温を24℃、光照射時間を昼夜同時間（L12/D12h）に設定し、流水による個別飼育を行った。脱皮、産卵、へい死、卵巣幅について記録した。

海水と餌の組み合わせから、海水による違いは明確にみられず、餌による影響が明らかになった。配合飼料の実験区ではそれぞれ1個体で1または3回の産卵がみられたが、ゴカイを与えた2つの実験区ではそれぞれ3または6個体で産卵が観察された。しかし、生残率に関しては、実験期間終了時の配合飼料による実験区では80%以上であるのに対し、ゴカイを与えた実験区はどちらも25%と低かった。脱皮周期は催熟実験に用いた体長148～170 mmのサイズで、水温24℃では17～27日とさまざまであった。脱皮前後および産卵後は卵巣幅が小さくなった。脱皮間期に産卵を行うが、産卵回数は1～6回と個体によって異なり、そして脱皮後産卵までの日数も4～14日とばらつきがみられた。同一個体においても前の脱皮間期と次の脱皮間期では産卵回数および産卵までの日数が異なっていた。

脱皮後産卵までの日数が少ない場合は次の脱皮までの産卵回数が多く、産卵までの日数が多い場合は回数が少ない傾向がみられた。また1脱皮間期中に複数回の産卵をする場合、産卵数は初回に多く産卵し徐々に少なくなる場合と初回に少なく途中ピークを迎え徐々に少なくなる場合の2つのパターンがみられた。

4. 養成エビの人為催熟

陸上水槽で養成したエビから自然産卵で採卵することは可能ではあるが、産卵率が低く、産卵数も少ない。環境条件だけでは自然産卵をコントロールすることは難しく、産卵率を向上させるために、人為催熟による採卵法を検討したのでその結果を紹介する。エビの人為催熟、産卵のための方法として、ゴカイ給餌と眼柄処理が知られている。また、眼柄処理は、ホルモンによる成熟抑制を解除して、人為的に成熟・産卵を促す方法である^{4,5)}。

4-1. 餌

一般的に養殖場では生餌はコストがかかることと、安定的に成長させることが優先のため配合飼料の給餌だけである。人為催熟にはイソメやアオゴカイなどのゴカイ給餌を用いることが多い。実験内容により餌として配合飼料（ヒガシマル・ゴールドブローン）または購入後所内で流水飼育したアオゴカイを与えた（図 4-1-3）。

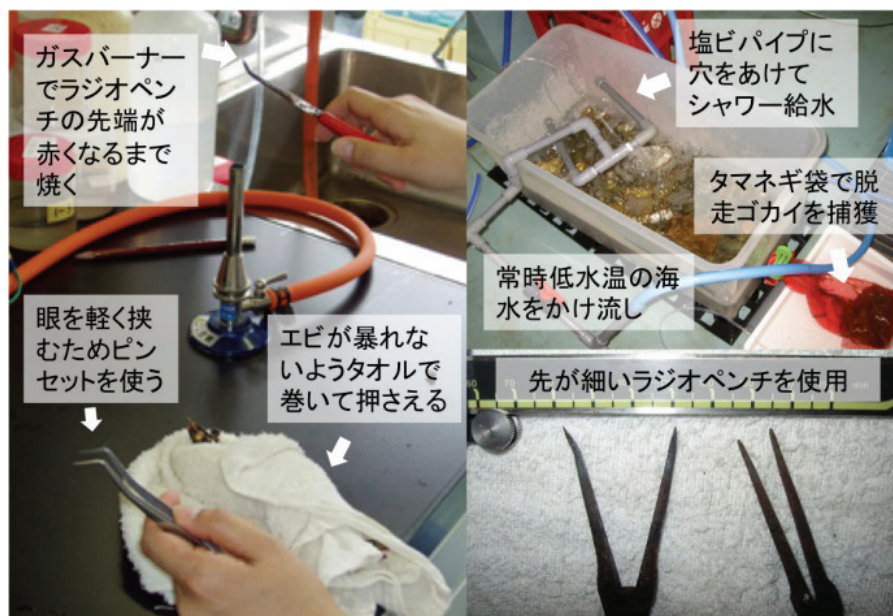


図 4-1-3 クルマエビの眼柄処理方法とゴカイ飼育水槽 左：眼柄切除の施術例，右上：ゴカイ畜養水槽

4-2. 眼柄処理法

眼柄処理の方法は利用している機関などで異なっているため、その処理方法について検討する必要がある。伏屋ら¹⁾はラジオペンチ等を用いて眼柄を焼き切る眼柄切除（図 4-1-3）とペンチでつまんで傷をつけるピンチングを行う 2 つの眼柄処理法を片眼あるいは両眼に施して検討している。集団飼育によって水温 25℃で、次の脱皮までのへい死率および産卵率について比較した結果、片眼および両眼柄切除、両眼柄ピンチングで産卵がみられた。また切除とピンチングのどちらの方法でも両眼柄に対して処理を行うとへい死率が高いことがわかった。産卵率は片眼柄切除が 100%と最も高く、片眼柄ピンチングではまったくみられなかった¹⁾。産卵率とへい死率の両方を考慮すると、片眼柄切除による人為催熟が採卵には最も効果的であった。

4-3. 飼育水温

人為催熟においても適正飼育水温を検討するために予め 4 段階の水温、20、22、24、26℃を設定し、養殖場から購入したエビを集団飼育で畜養し、脱皮後 3 日目に片眼柄切除後、個別飼育を行った。生理的適水温を検討するために、腹部筋組織を用いて、LDH 酵素活性について飼育水温を含む 11 段階の水温（14～34℃）で検討した。

産卵 1 回あたりの平均産卵数および 1 個体あたりの総産卵数、産卵回数のいずれも 20、22℃区と比べて 24、26℃区で多かった¹⁾。特に 24℃区では全個体が産卵し、平均産卵回数 2.9 回と最も多かった。また、水温が高いほど平均卵径は小さく、脱皮間隔、初回産卵までの日数は短くなる傾向があった¹⁾。一方で水温が高いほどへい死率が高い傾向がみられた。以上の結果より催熟には

24℃が最も適しており、今後の試験では眼柄処理でも 24℃にて飼育を行うこととした。LDH の酵素活性を指標として生理的適水温を調べた結果、20～26℃の範囲内で酵素活性に大差なく、この水温範囲内での試験は妥当であると判断された。

4-4. 脱皮と眼柄処理のタイミング

脱皮したばかりの甲殻が柔らかい脱皮後期、甲殻が硬くなり安定している脱皮間期、次の甲殻が形成されて脱皮の準備が整う脱皮前期の 3 段階に分け、それぞれのステージで眼柄処理の効果を調べた。これまでの試験で催熟に用いる養成エビのサイズと実験水温 24℃から、脱皮周期は 20 日前後と予測されたため、それぞれ脱皮後 2、10、17 日目に片眼柄切除を行った。養殖場から購入したエビを個体識別し、水温を 24℃に設定した 2t 水槽 2 基で集団飼育し、脱皮が確認されると個別飼育に切り替え、眼柄処理を施した。眼柄処理後はアオゴカイを給餌した。眼柄処理後から次の脱皮までの産卵率は 2 日目処理区が 90%と最も多く、10 日目処理区では 75%、17 日目処理区は最も少ない 40%であった。平均総産卵数は 2 日目処理区が 64.6 万粒、10 日目処理区が 58.5 万粒、17 日目処理区で 52.5 万粒であった。一脱皮周期における平均産卵回数も 2 日目処理区が 3.9 回と最も多く、次に 17 日目処理区となり、10 日目処理区が最も少なかった¹⁾。産卵、脱皮もなくへい死した個体は 2 日目処理区ではみられなかったが、10 日目処理区では最も多い 33.3%、17 日目処理区では 10%のへい死率であった¹⁾。眼柄処理後のへい死は 2 日目処理区では 23 日目までみられず、最も生残がよかったが、10 日目処理区では 6 日目には 25%がへい死していたが、50 日目になるとどの処理区もへい死率が 70%以上になっていた。また眼

柄処理の時期が脱皮から日数が経過するにつれて、その脱皮間隔が長くなるため、脱皮にも影響を与えることがわかった¹⁾。

以上の結果から産卵数、産卵回数および生残を考慮すると、脱皮後期（本実験では脱皮後2日目）に眼柄処理を行うことによって、最も効率的な採卵が可能と思われた。

4-5. 卵とふ化率

自然産卵と眼柄処理による催熟方法を用いて得られた受精卵について、各産卵における受精卵の卵径を計測した。また眼柄処理によって得られた受精卵については、ふ化率を調べるために卵を1日おいてノープリウスと卵径を計測した。親エビは水温 24～25℃の流水で 100 L 円形水槽を用いた個別飼育を行った。受精卵の平均卵径は自然産卵では 298 (270～315) μm 、眼柄処理においても 298 (260～315) μm であった。自然産卵と人為催熟で受精卵の大きさの違いはみられなかった。また、眼柄処理を用いて得られた受精卵の平均ふ化率は、アオゴカイ給餌で 84.0%、イカ、アサリ等の混合生餌給餌で 84.2%、配合飼料給餌で 82.3%であった。どの餌においても平均 80%以上のふ化率であり、餌による卵質の違いはみられないと考えられた。

産卵時にゼリー状の固まりがみられた場合の平均ふ化率は 32.5%と低かった。

4-6. 産卵の同期化

養成エビは天然エビに比べて一回の産卵量が少ない傾向がある。天然エビと養成エビでは卵巣の太り方＝卵巣幅に違いがあり、天然エビでは一回の産卵で採卵することが多いが、養成エビは1脱皮周期中に2、3日間隔で複数回産卵するため、複数の親を用いて同日中に産まれた卵をまとめて回収する。

本節で試験した結果を元に産卵の同期化について検討した。養殖場にて甲殻が軟らかい脱皮後期と思われるエビを選別し、購入後眼柄処理を行い、24℃、流水、ゴカイ給餌または配合飼料給餌の2つの実験区に分けて個別飼育を行った。ゴカイ給餌と配合飼料給餌のどちらの実験区でも処理後 10 日目に最も多くの個体で産卵がみられた。ゴカイ給餌では 75%が、配合飼料給餌で 50%が2日間で産卵し、眼柄処理を行うと急激に卵巣が発達するため、ゴカイ給餌でなくとも産卵し、同期化の可能性があることが明らかになった。

以上のことから、眼柄処理時のエビの脱皮状態を揃えることで、産卵の同期化が可能であることがわかった。

4-7. 実践

本節で検討した養殖池および陸上水槽で養成したクル

マエビから採卵する技術を現場で利用する方法を検討するため、緊急時に必要な採卵量を短期間に小規模水槽で確保できるかどうかを試験した。

親エビとして養殖場から体長 134～175 mm の交尾栓のあるクルマエビ 40 個体を養殖場から購入後、すぐに片眼柄切除を施し、水温 24～25℃、流水、アオゴカイ給餌による個別飼育を行った。脱皮周期を揃えなかったため、産卵は個体によって異なり、早い個体では眼柄処理の翌日から始まり、産卵間隔は2～4日間が多かった。そのため、複数の親エビから採取した1、2日分の卵およびノープリウスをまとめて採卵した。眼柄処理後から12日間で計5回の採卵を行い、推定総採卵数は500万粒以上になった。受精卵を養殖場へ受け渡し、種苗生産・中間育成後に養殖池に約100万尾の稚エビ(P10～P16)が移され、それらの個体は無事に出荷された。

以上から、養成エビを用いた小規模飼育による短期間採卵は可能であり、種苗生産中に大量死が起きた場合など急に数百万粒の受精卵が必要になったときは、本節で解説した方法を使って対応できると思われる。

(伏屋 玲子)

文 献

- 1) 伏屋玲子, 佐野元彦, 清水弘文, 玉城泉也, 林原 毅, 加藤雅也. 人工催熟によるクルマエビの再生産形質について－安定産卵のための催熟条件の検討－. 水産総合研究センター研究報告 別冊5号 2006; 15-20.
- 2) 伏屋玲子. クルマエビの交尾栓. *Cancer* 2006; **15**: 17-19.
- 3) Yano I, Tanaka H. Effect of ultraviolet irradiated sea water on induction of spawning of kuruma prawn *Penaeus japonicus*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 1984; **50**: 1621.
- 4) Santiago AC. Successful spawning of cultured *Penaeus monodon* Fabricius after eyestalk ablation. *Aquaculture* 1977; **11**: 186-196.
- 5) Bray WA, Lawrence AL. Reproduction of *Penaeus* species in captivity. In: Fast AW, Lester LJ(eds). *Marine shrimp culture: Principles and practices, Development and aquaculture and fisheries science* 23. Elsevier, Amsterdam. 1992; 93-170.