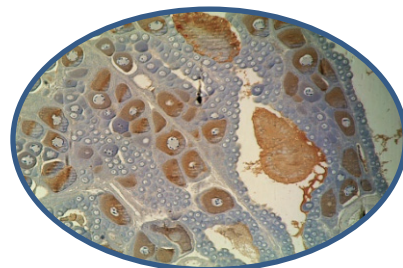


第3章 天然海域におけるクルマエビ類の繁殖生態

第1節 クルマエビの生殖年周期と産卵数

Section 1

水藤 勝喜



放流用のクルマエビ種苗を生産するために必要な親エビは、その殆どを漁獲物から選別・入手している。このため、親エビの産地となる海域において卵巢の成熟状況を知ることは、採卵の効率化だけではなく、中間育成や種苗放流の時期を計画するうえでも重要である。西部遠州灘（図 3-1-1）は、豊予海域に次ぐ規模の親エビ産地であり、放流用種苗を生産する多くの機関に親エビを供給している（第 5 章第 3 節参照）。この海域におけるクルマエビの生殖年周期を明らかにするため、当所は水産総合研究センター増養殖研究所と共同で、2004 年から 2012 年にかけて卵巢標本を収集し、組織学的に解析している。

一方、水産資源の管理や採卵の効率化を図るためには、産卵数に関わる情報が極めて重要である。クルマエビの卵巢成熟に関しては、発達にともなう形態的变化などは詳細に報告されているが、産卵数に関する知見は極めて少ない。本節では、これまでの組織学的な検討により明らかとなった西部遠州灘におけるクルマエビの生殖年周期と産卵数について概説する。

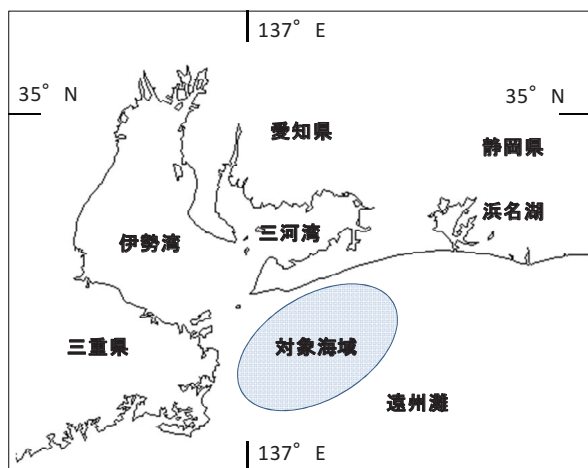


図 3-1-1 調査の対象とした海域（西部遠州灘）

らの卵巢は組織学的な形態により休止期、内因性卵黄蓄積期、外因性卵黄蓄積期、成熟期、産卵後期、退縮期 Type A および退縮期 Type B の 7 段階に区分されている。このうち休止期、内因性卵黄蓄積期、外因性卵黄蓄積期および表層胞形成期と卵核胞崩壊期を含む成熟期の卵影、摘出した卵巢の色調および卵巢の組織像は、第 2 章第 2 節に示したとおりである。

ここでは産卵から間もないとみられる個体を産卵後期として扱った。産卵後期の卵巢は休止期と類似しており、卵巢内は初期仁期と中期仁期の卵母細胞が占有する。これら幼若卵の間隙に産み残された僅かな成熟卵を確認することで休止期とは区別できる（図 3-1-2）。産卵後期の卵影や摘出した卵巢は休止期と同様であり、飼育下で産卵した直後の個体（第 2 章第 2 節参照）のように肉眼で排卵痕を確認することはできない。また、種苗生産の採卵中にみられる一部産卵の個体は、海域から収集した標本には観察されていないことから、自然界では卵群同期発達型の卵巢発育様式に沿って第 1 卵群を全て産出してるとみられる。

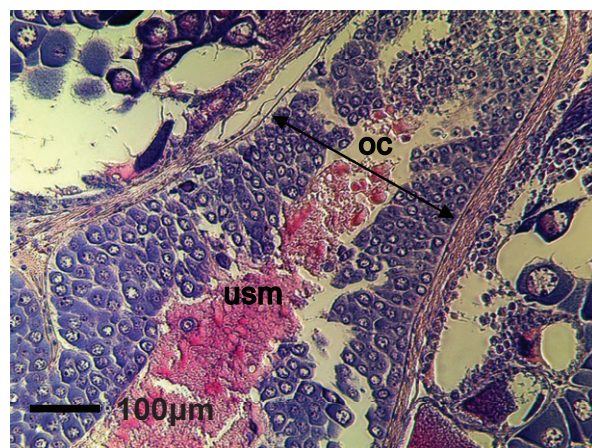


図 3-1-2 産卵後期の卵巢組織像

oc, 卵巢腔 usm, 産み残された成熟卵

1. 生殖年周期

1-1. 卵巢の組織学的形態

西部遠州灘に生息する成体雌エビは、これまでに収集した標本の体長組成から概ね経産個体とみられる。これ

採取した標本の中には卵黄形成の途中で卵巢が退縮した個体も観察される。これらは組織学的な形態の違いにより次の 2 タイプに大別された。退縮期 Type A とした組織像では、ヘマトキシリン好染性の核をもつマクロフ

ァージ様の細胞（以下、食食細胞）が、繊維状組織や卵黄形成の途中で変性した卵母細胞の周囲に蟻集している（図 3-1-3）。このタイプの退縮は、内因性卵黄蓄積期と外因性卵黄蓄積期の両方に観察される。一方の退縮期 Type B は食食細胞をとまわず、卵黄形成中の卵母細胞が変性するタイプである（図 3-1-4）。この退縮の症状は、内因性卵黄蓄積期にはみられず、外因性卵黄蓄積期に達した個体に限って観察される。なお、何れの退縮症状も表層胞形成以降の卵巣には観察されていない。

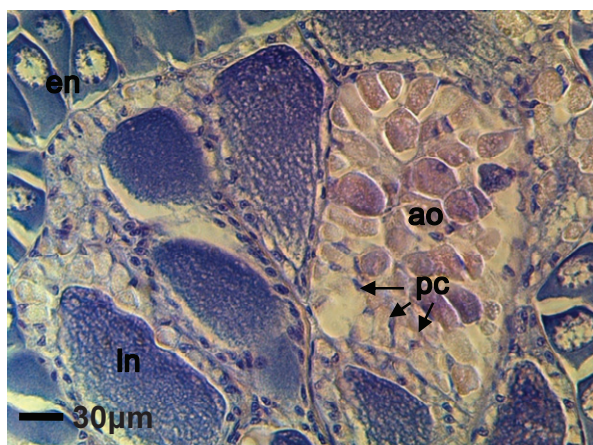


図 3-1-3 退縮期 Type A の卵巣組織像

ao, 退行した卵母細胞 ln, 後期仁期母細胞卵
pc, 食食細胞様の細胞

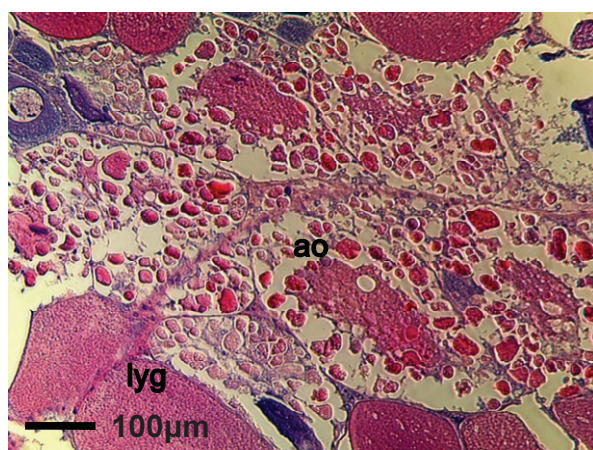


図 3-1-4 退縮期 Type B の卵巣組織像

ao, 退行した卵母細胞 lyg, 正常な卵黄球後期
卵母細胞卵

1-2. 卵巣発達の時期的変化

表 3-1-1 には、2010 年までに採取した卵巣標本における発達段階の時期的変化を示した。西部遠州灘では 12 月から翌年 1 月まで大半の個体が卵巣発達を休止している。2 月になると内因性卵黄蓄積期と外因性卵黄蓄積期の標本が増え、卵黄形成の再開が認められる。3 月には成熟期と産卵後期の標本が採取され始め、産卵期に入る。

表 3-1-1 西部遠州灘における卵巣成熟の時期的変化
(2004 年～2010 年)

	休止期	内因性卵黄蓄積期	外因性卵黄蓄積期	成熟期	産卵後期	退縮期 Type A	退縮期 Type B
1月	◎	×	△	×	×	×	×
2月	○	○	○	△	×	×	△
3月	○	○	◎	△	△	×	△
4～10月	×	△～○	◎	△～○	△～○	×	×
11月	○	×	○	△	○	○	×
12月	◎	△	×	×	×	△	×

◎, 50%以上。○, 10～49%。△, 10%以下。×, なし。

その後、10 月までは半数以上の標本が外因性卵黄蓄積期であり、この他に内因性卵黄蓄積期、成熟期および産卵後期が採取されている。これらの標本は産卵の前後や再成熟を示すことから、10 月までは産卵と再成熟を繰り返しているとみられる。11 月になると成熟状態は一変し、退縮期 Type A と休止期は併せて 70%を上回り、内因性卵黄蓄積期はみられなくなる。これらの標本は、卵黄形成の途中で卵巣が変性・退行した個体や、退行が完了して未熟な状態に戻った個体であることから、西部遠州灘の卵黄形成は 11 月に終息すると考えられる。

1-3. 成熟期個体の出現状況

本書で成熟期とした卵母細胞に表層胞の形成された個体は、排卵までの時間が短く¹⁾、飼育環境下では一兩日中に産卵に至ることが知られている^{2,3)}。また、加治・今泉の報告⁴⁾によると、放流用種苗を大量生産している事業場では、入手した親エビに含まれる成熟期個体（この報告では表層胞発現個体と表記）の割合と産卵率および得られた受精卵数には正の相関が認められている。特に、成熟期個体の採卵数が多いのは、採卵中に最終成熟が正常に進み、受精能のある健全な卵を多く産出するためと考えられる（第 2 章第 2 節参照）。したがって、生殖年周期の中でも成熟期個体の出現状況は、採卵を行ううえで最も重要な情報となる。これを明らかにするには、産卵期を通じて採取した標本を組織学的に解析する大規模な調査が必要である。しかし、これまでに有明海⁵⁾など限られた海域でしか報告されていないため、2003 年以降に当所で実施した調査や採卵の際に得られたデータから、西部遠州灘における成熟期個体の出現率（成熟期個体が雌エビに占める割合）を推定した。この推定は標本や種苗生産用親エビの選別対象となる漁獲物の中で、生検法あるいは組織観察により成熟期と判別された個体が占める割合を調べる方法で行った。なお、選別対象となるクルマエビのデータが、仲買業者の競り落とした総重量しか得られなかった場合には、同じ海域で調査した既報⁶⁾の体長組成と雌雄比を用いて成熟期個体の出現率を推定した。

成熟期個体の出現率（推定値）における時期的変化を図 3-1-5 に示した。2 月はごく僅かに成熟期個体が見ら

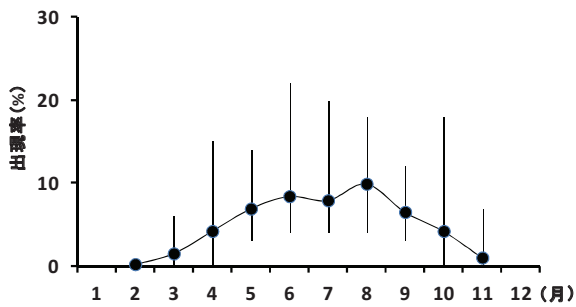


図 3-1-5 成熟期個体出現率の時期的変化（西部遠州灘）
ポイントが各月の平均値，バーは範囲を表す

れる年もあるが、出現しない年の方が多い。3 月になると成熟期個体は毎年みられるようになるが、出現率の平均値は 2%以下と低い。その後、成熟期個体の出現率は 6 月に向けて上昇し、8 月までは平均 10%前後の高い値が続く。したがって、この期間が西部遠州灘の産卵盛期とみられるが、成熟期個体の出現率は調査ごとに大きく変動している。最高値を記録した 8 月以降は徐々に低下し、11 月は 3 月と同様に 2%以下となるが、成熟期個体は何れの年にも観察されている。

放流用種苗の生産では、まとまった数の親エビを一度に入手する必要がある。成熟期個体の出現状況からみると西部遠州灘の親エビを利用できる時期は、4 月下旬ないし 5 月上旬頃から 9 月中旬頃までと思われる。実際に公的機関が 1995 年までに実施した放流用種苗の生産もこの期間に行われ、生産に用いた親エビの産卵率は前述した成熟期個体出現率の時期的変動を概ね反映した値となっている⁷⁾。

クルマエビの産卵期には 1 回ないし 2 回の産卵ピークが認められることがあり、これらは単峯型および 2 峯型と呼ばれ、産卵ピークのない連続型と区別されている⁸⁾。同じ海域で複数の産卵ピークが生じる原因としては、年級群や発生群により卵巣の成熟する時期が異なるためと推測されている⁹⁾。しかし、このような産卵のピークは、同じ海域でも年によって異なる⁸⁾ため、これに合わせて採卵時期を変更することは、種苗生産施設の利用や中間育成および放流の計画が事前に決まっているクルマエビの栽培漁業において現実的ではない。採卵を効率化するためには、成熟期個体の出現率が短期間のうちに大きく変動する要因を明らかにし、その出現率が高くなるタイミングを予測する必要がある。

水生生物の繁殖行動は、季節変動の他に短い周期で変わる月齢や潮汐に呼応する現象であることが多くの種で報告されている。甲殻類ではアカテガニ *Chiromantes haematocheir* が 6 月から 9 月にかけての満月あるいは新月に合わせて産卵する現象が有名である。この生態は遊泳力の弱いふ化幼生を大潮時の強い潮汐にのせて広い範囲に拡散させるための繁殖戦略とみられている¹⁰⁾。ク

ルマエビでも、稚エビの着底する干潟から遠く離れた外洋あるいは灘海域で殆ど遊泳力のないノープリウス幼生がふ化するため、アカテガニと同様の産卵生態を持つことが想像される。そこで成熟期個体の出現率と月齢（図 3-1-6）および潮周り（図 3-1-7）との関係を調べてみたが、いずれにも相関や周期性は認められなかった。現在のところ自然界においてクルマエビの産卵を誘起する要因は見いだせておらず、卵巣が成熟した個体から順次産卵していると推測している。以上のように成熟期個体の出現ピークを予想することは困難であるが、漁業者や親エビを取り扱う仲買業者によると、底びき網によるクルマエビの漁獲量は、満月よりも新月の夜の方が明らかに多いそうである。したがって、新月の頃に採卵を計画すれば、良質の親エビを比較的多く入手できる可能性がある。

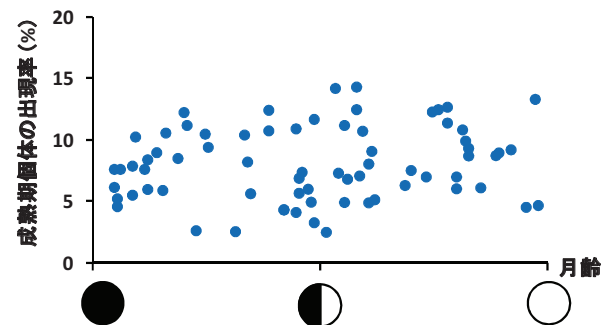


図 3-1-6 月齢と成熟期個体出現率との関係

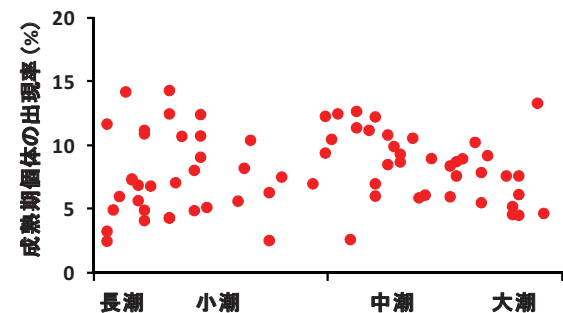


図 3-1-7 潮回りと成熟期個体出現率との関係

1-4. 卵巣の退縮

前述したように卵黄形成の途中で卵母細胞が変性・退化していた卵巣標本は、組織学的な形態の違いにより 2 タイプに分けられた。このうち退縮期 Type A は、卵巣の発達段階に拘わらず 11 月に突然、高い頻度で観察された（表 3-1-1 参照）。そのため、退縮期 Type A は、11 月の外部環境に呼応して多くの個体で同調して起こり、卵母細胞の吸収には貪食細胞が関与していると推測している。

一方、2~4 月に見られる退縮期 Type B の組織像は、

採卵中に変性した卵黄球後期の卵巣に類似している^{2,1)}。しかし、ハンドリングストレスのない自然界で、水温の下降期でもなく日長が長日化する時期に経産個体の卵巣が変性する現象は極めて興味深い。次節でも述べるように退縮期 Type B が観察される 2 月から 4 月の水温は、場所や年によってふ化幼生が正常に発育できる 15℃^{1,2)} よりも明らかに低い場合がある。このような時にクルマエビは、卵黄形成を中断して水温が上昇するまで産卵を先延ばしする生態があるのかもしれない。

海域の調査では、生物学的最小形に達していない小型個体であっても卵黄形成を始めるが、表層胞が形成される前に卵巣が変性・退行する現象が報告されている^{1,3)}。これも含めると、クルマエビでは卵黄形成を始めても産卵に結びつかないケースがかなりある。各海域の産卵期や生殖年周期を明らかにするには、この卵巣成熟の特性を考慮する必要がある。また、自然界でも見られる卵黄蓄積中の卵巣が退縮に向かい始めるメカニズムの解明は、採卵の効率化に必要な不可欠な課題と考えられる。

1-5. クルマエビの大きさと卵巣成熟の関係

西部遠州灘で漁獲された種苗生産用親クルマエビの体長組成は、4 月から 5 月にかけて行われる早期採卵において大型個体の割合が多くなっている^{1,4)}。親エビを入手する際には、大きさに拘らず成熟した個体ばかりを集めるため、同じ海域であっても大きな個体の方が早い時期に成熟・産卵していると推測されてきた。

前述した標本の体長と GSI との関係を調べると、休止期には有意な正の相関が認められた (図 3-1-8)。また、卵黄形成を再開した時期の卵巣標本を大型個体 (体長 200 mm 以上) と小型個体 (体長 200 mm 未満) に分けて組織学的に比較すると、卵黄蓄積を始めている個体の割合は、大型個体の方が多かった (図 3-1-9)。以上から、同じ海域に生息する雌エビであっても、大型の個体は小型の個体よりも卵形成が進んだ状態で越冬し、卵黄形成や産卵を始める時期も早いと考えられる。

上記のような現象は、東京湾⁸⁾を始め多くの海域で報告されているが、その理由は明らかにされていない。水産総合研究センターによる養成クルマエビを用いた実験^{1,5)}では、外部環境や飼料条件が同じであっても、西部遠州灘と同様に大型個体 (報告では 2 歳エビと表記) の方が小型個体 (報告では 1 歳エビと表記) よりも早い時期に成熟・産卵している。この結果はクルマエビの卵巣成熟が、外的要因だけでなく個体の大きさや年級にも影響されることを示している。甲殻類など無脊椎動物では、加齢による生殖機能の顕著な低下はみられず、クルマエビやガザミなどを採卵、ふ化させると卵質やふ化幼生の活力は、大型個体の方が良好であることが多い。この理由は、成長の鈍化した大型個体は成長率の高い小型

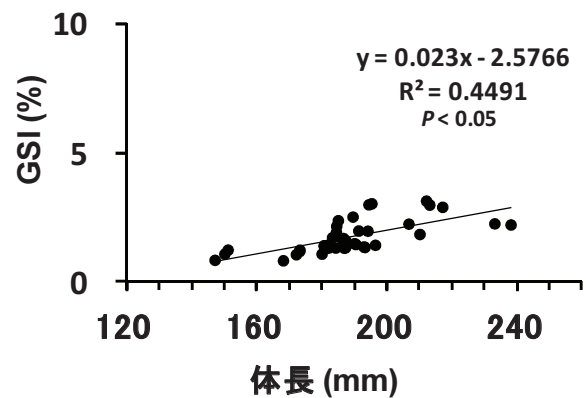


図 3-1-8 休止期の個体における体長と GSI との関係

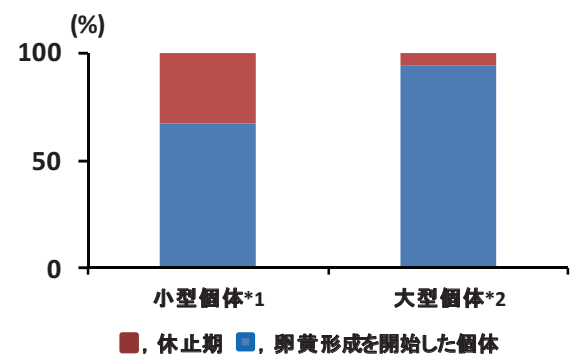


図 3-1-9 大きさ別に見た卵黄形成を開始した個体の割合

*1, 体長 200 mm 未満。 *2, 体長 200 mm 以上。

個体よりも多くのエネルギーを成熟に充当することができ、エネルギー摂取量の少ない低水温期であっても卵黄を蓄積できるためと推測している。

1-6. 産卵期と種苗生産の開始時期

これまでに報告された各海域におけるクルマエビの産卵期は、八代海^{1,6)}と東京湾⁸⁾が 4~9 月、瀬戸内海^{1,7)}が 5~9 月、有明海⁵⁾が 5~10 月、志布志湾^{1,6)}と西部遠州灘が 3~11 月である。以上を総合すると、外海に近く水深のある海域ほど産卵期が早く始まり期間も長い傾向が認められる。その理由として、クルマエビは成長にともない外海に向けて移動する性質^{6,1,8)}があるために早い時期から卵黄形成を始める高齢で大型の個体が外海に近く水深のある海域に集まること、外海に近い海域の方が内湾よりも冬から春にかけての水温が高いことなどがあげられる。

自発的な産卵を待つ従来の採卵方法では、親エビの産地が産卵期に入らなければ種苗生産を始めることができない。このため、春先に行われる早期採卵では、高齢の大型個体がまとまって水揚げされる、豊予や西部遠州灘などの海域に親エビの入手が集中している^{1,9)} (第 5 章

第3節参照)。早期に生産した種苗は、放流後に夏季の高成長²⁰⁾や高い回収率²¹⁾が期待できるため重要視²²⁾され、早期生産の割合は増加する傾向にある。しかし、近年の漁獲減少により漁獲後すぐに産卵する成熟期の親エビを必要量確保することが困難となりつつある。この問題に向けて当所では、産卵期当初に高い割合で漁獲される内因性卵黄蓄積期や外因性卵黄蓄積期の個体を、短期間の飼育で成熟・産卵させる技術の開発に取り組んできた。本書の第6章にはその開発過程と現時点で有効と思われるマニュアルを記載したので参考にされたい。

2. 産卵数

2-1. クルマエビの産卵数について

魚介類が一生のうちに産む卵の数を調べる方法は、卵巣の発達様式によって異なる。卵巣発達様式の区分けは研究者により様々であるが、排卵を起点とした高野²³⁾の分類に従えば、クルマエビは産卵期間中に複数回の産卵をするタイプの卵群同期発達型に類する。卵群同期発達型の卵巣では、休止期の状態から卵黄形成を始めた一部の卵母細胞が、ある程度発達した段階で独立する。これ以降、新たに卵黄形成を始める卵母細胞は補充されず、独立した卵母細胞群（第1卵群）は同期して发育し、一度の産卵で全て産出される。クルマエビが生涯に産む卵の総数を知るには、寿命となる3年間の春から秋に繰り返される産卵の回数と1回の産卵数（バッチ産卵数）を明らかにする必要がある。

2-2. クルマエビのバッチ産卵数

バッチ産卵数は、資源管理に必要な繁殖価（雌1個体が産む将来の個体群に貢献する子数の期待値）や産卵ポテンシャル²⁴⁾を決定するうえで基本となる値である。この値は放流用種苗の生産において、大小様々な多数の親エビから採取した受精卵を、大型水槽に適正な密度で収容する際にも重要である。バッチ産卵数は一般に、飼育下で容易に採卵できる種であれば実際に得られた卵の数（採卵数）が用いられ、そうでない種では産卵の対象となる第1卵群の卵母細胞数（孕卵数）から推定される。天然親エビから大量の受精卵を得ているクルマエビは、前者に該当すると思われるがちである。しかし、近年の研究により同じ孕卵数の親エビを採卵しても、外部環境や生理状態の違いによって実際に得られる卵の数は、大きく異なることが明らかとなっている^{25,26)}。この現象は産出直後の卵が壊れやすいことと、卵母細胞の最終成熟が卵巣全体で必ずしも正常に起きないことに起因している（第2章第2節参照）。

以上を考慮するとクルマエビのバッチ産卵数は、孕卵数を用いるのが妥当と考えられる。ただし、卵群同期発

達型の魚類では第1卵群の卵母細胞数が発達の過程で淘汰され、産卵までに大きく減少することが多くの種で報告されており²⁷⁾、クルマエビについても何れの段階で産卵数が確定するのを見極める必要がある。以下には当所で実施している組織観察と卵母細胞数の計数を併せた調査を紹介する。

クルマエビの第1卵群は、GSIが5%に達した頃から形成され始め、GSIが7%に達した頃には发育が同期する（第2章第2節参照）。そこでGSIが7%以上の個体を組織観察で細分化し、各ステージの卵巣重量と卵母細胞数を測定した。この結果、第1卵群の卵母細胞数は、外因性卵黄蓄積期の後半になっても減少するが、表層胞が形成され始める成熟期の前半には一定となり、この段階でクルマエビのバッチ産卵数は確定すると考えられた。これまでに計測した成熟期の標本からは、産卵の見込まれる卵母細胞数（以下、孕卵数）と体重との間に高い正の相関関係にある一次式が得られている。表3-1-2には、この一次式から得られた体重ごとの孕卵数を示した。

表 3-1-2 クルマエビの体重と孕卵数の関係

体重 (g)	50	70	90	110	130	150	170
孕卵数 (万細胞)	41	57	73	89	105	121	137

成熟した親エビの自発的な産卵を待つ従来の採卵方法において、表3-1-2に示した孕卵数よりも実際の採卵数が顕著に少ない場合には、最終成熟が正常に起きていないか、産出直後の卵が崩壊している可能性ある（第2章第2節参照）。この際には輸送や採卵の環境を見直して、親エビへのストレスや産出直後の卵への物理的刺激を軽減する措置をとる必要がある。一方、養成した親エビは、第6章第1節で述べるように天然親エビよりも極端に孕卵数が少ない状態で成熟する個体がある。このような養成親エビの孕卵数は、卵影比から推定したGSI²⁸⁾を成熟した天然親エビのGSI（約11%）で除し、これを表3-1-2の値に乗じることで概算できる。

2-3. クルマエビの産卵回数について

クルマエビは飼育下で容易に成熟、産卵しないため、これまでに産卵の回数や間隔に関する知見は殆ど得られていない。以下には、当所が飼育実験と海域調査の結果を併せて産卵間隔の推定を試みた事例を紹介する。

水生生物の産卵間隔を産卵の近い成熟した個体の出現率から推定する方法がある。クルマエビは、生検法を用いた採卵試験により、午前中の段階で卵巣の成熟度が、成熟期に達していれば殆どの個体が一晩のうちに産卵することが明らかとなっている²⁾。よって、成熟期の個体が漁獲された成体雌エビに占める割合が、10%程度であ

る6月は(図3-1-5参照), およそ10日に一度の間隔で産卵していると計算することもできる。しかし, この推定方法では, 飼育下と自然界で異なる外部環境が成熟・産卵に及ぼす影響を考慮しなければならない。上記の採卵試験では, 成熟期よりも成熟度の低い外因性卵黄蓄積期の個体も僅かではあるが一晩のうちに産卵し, 産卵しなかった個体の多くは, 翌日までに卵巣が変性・退行していた²⁾。このような卵巣の変性・退行や比較的成熟度の低い個体の産卵は, 親エビが漁獲, 輸送および水温上昇などの強い刺激を受け, これに誘発されて起きた可能性を示している。したがって, 飼育下では一晩のうちに産卵する成熟期個体の中には, 自然界であれば翌日以降の産卵となる個体も含まれている可能性があり, その出現率から産卵間隔を推定すると誤差が大きいと考えられた。

次に, 表層胞形成以降に起きる卵巣の形態変化を利用して産卵直前と産卵直後の個体を判別し, 一晩漁の漁獲物にその当夜に産卵する(した)個体が含まれる割合から産卵間隔を推定する方法を試みた。第2章第2節で述べたように卵核胞の崩壊は, 産卵の数時間程度前から起きるようである。それにも拘わらず午前中に固定した標本の中に時折, 卵核胞が崩壊して排卵した状態の成熟卵が卵巣内に充満する個体(図3-1-10)が観察される。これは, 産卵直前に漁獲され低水温の船内水槽(第5章第1節参照)に置かれたため, 正常に放卵できなかった個体と推測される。

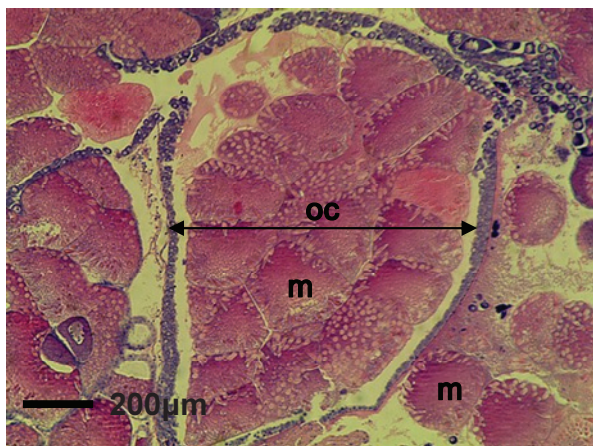


図3-1-10 排卵された状態の卵核胞崩壊期の卵巣(組織像)

濾胞から離脱して卵巣腔内に押し出された成熟卵が観察される。GSIは11.18%であることから殆ど産卵していないと考えられる。

m, 成熟卵 oc, 卵巣腔

一方, 産卵直後の個体の識別に関しては, 一産卵期に多数回産卵する(バッチ産卵型)魚類における産卵頻度の推定に, 排卵後濾胞の形態変化が指標として用いられ

ていることを参考にした。排卵後濾胞とは卵母細胞を被っていた濾胞細胞層が, 排卵によって空胞になった状態であり, その退行過程が1日単位で変化する性質を利用して標本の産卵日を推定することができる³⁾¹⁾。この方法に倣い, 飼育下で産卵したクルマエビの卵巣を経時的に組織観察した。産卵から30分後に固定した卵巣には, 繊維状組織に沿って蟬集する濾胞細胞群が観察され(図3-1-11), これらは時間の経過と共に分散していった。この形態は, 産卵の8時間後と24時間後で異なることから, 漁獲の当夜に産卵した個体を識別できる可能性が示された。

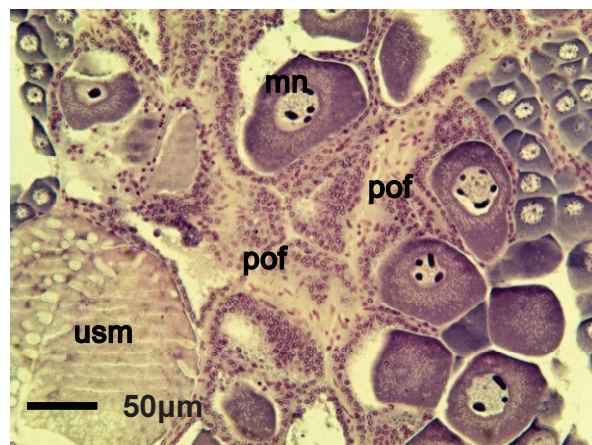


図3-1-11 完全産卵から30分後に固定した卵巣の組織像

濾胞細胞は著しく蟬集している。

mn, 中期二期卵母細胞 pof, 排卵後濾胞

usm, 産み残された成熟卵

産卵直後のクルマエビ卵巣に観察されるもう一つの形態変化は, 次の産卵に向けた卵黄形成である。産卵から10時間後のクルマエビ卵巣にヘマトキシリンエオシン染色よりも感度の高い抗ビテリン抗体染色(抗Vn染色)を施すと, 一部の卵母細胞に卵黄タンパク質の蓄積が認められる³⁾⁰⁾。この方法で飼育下の産卵直後から経時的に卵巣を観察したところ(図3-1-12), 抗体染色に陽性となる部位は時間の経過とともに増加する傾向を示した。この方法も漁獲の当夜に産卵した個体の識別に有効と思われる。

西部遠州灘における小型底びき網漁業の操業は, クルマエビが産卵する時間帯とほぼ一致している。そこで, 上記の卵巣の形態的指標により産卵の直前, 直後と判別された個体が, 一晩で漁獲された成体雌エビに占める割合を調べた。6月上旬に実施した2回の調査では, 小型底びき網漁船の漁獲物から推定された産卵間隔は16日と22日であった。このように同時期の標本から推定した産卵間隔が異なる理由は不明であるが, 西部遠州灘の

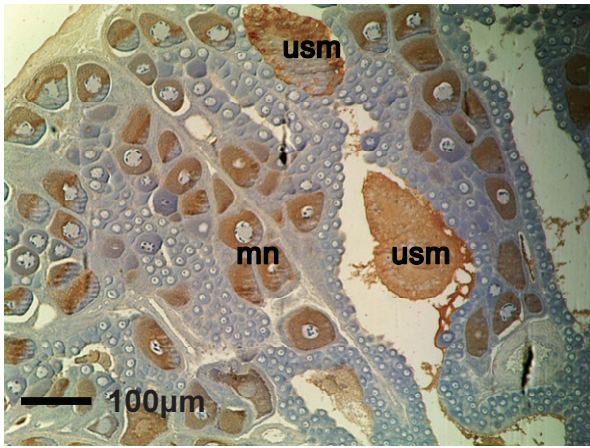


図 3-1-12 完全産卵から 2 時間後に固定した卵巣の組織像（抗 Vn 抗体染色）

一部の卵母細胞（中期仁期卵母細胞）は抗 Vn 抗体に陽性を呈する。

mn, 中期仁期卵母細胞 usm, 産み残された成熟卵

産卵盛期には、20 日前後の間隔で産卵している可能性が示された。今後さらに正確な産卵間隔を得るには、産卵する個体の居場所が偏る可能性も視野に入れて、広域のかつ連続的な調査が必要である。また、指標とした卵巣形態の持続時間は、水温や体サイズによっても異なる可能性があることから、この点を飼育実験によって明らかにしておかなければならない。

2-4. クルマエビの産卵生態と資源変動

干潟周辺の浅海で若齢期を過ごしたクルマエビは、成長にともない外海に向けて移動を始め、満 1 歳の夏には比較的水深のある湾内、湾口部あるいは灘海域において最初の産卵をする。その後も移動は続き、最終的には外海に面した水深 50m 前後の海域で産卵を繰り返しながら 3 年の寿命を終える¹⁸⁾。このような生活環をもつクルマエビの産卵場を、三重県東部から静岡県西部の沿岸（図 3-1-1 参照）を生活圏とする地域個体群でみると、1 歳成体が主となる伊勢・三河湾の湾口部に近い海域（以下、内湾）と 2、3 歳成体が主となる西部遠州灘（以下、外海）に大別することができる⁶⁾。以下には、本節の調査結果とこれまでの知見から、内湾と外海で産卵、ふ化した幼生が干潟に着底するまでの過程と資源変動への関わりを考察する。

各産卵場の産卵期に関しては、他の地域個体群と同様に内湾よりも外海の方が長いことが知られている⁶⁾。クルマエビの漁獲量は、伊勢・三河湾に浜名湖を加えた内湾よりも外海（西部遠州灘）の方が明らかに多く、内湾の漁獲物には生物学的最小形に満たない個体も含まれることも考慮すれば、生息する成体雌エビの総重量は外海の方が多いと思われる。そして、前述したようにクルマ

エビのバッチ産卵数は、個体の大きさに比例することなどからみると、年間の総幼生発生量は内湾よりも外海の方が多いと考えられる。

殆ど遊泳力のない浮遊期幼生が干潟に到達するまでの物理的条件は、内湾からの方が明らかに有利とみられる。外海でふ化した幼生は、東流する黒潮に乗って死滅回遊となる危険性があるうえに、干潟までの距離も遠いからである。ふ化後 2,3 日目から摂餌する初期餌料の条件に関しては、現存量の目安となるクロロフィル量は、内湾の方が総じて多い³²⁾。産卵場の水質環境を比較すると、内湾は夏場に貧酸素水塊など幼生の生存に影響を及ぼす環境悪化が起こりうる³³⁾のに対して、外海は周年にわたり安定している。以上を総合すると、内湾で夏場に集中して発生する比較的少ない幼生は、効率良く着底できる可能性がある反面、水質環境の悪化により全滅する危険性も持ち合わせている。これに対して外海でふ化した幼生が着底する効率は総じて良くないが、春先から晩秋の長期間にわたり間断なく比較的多くの幼生が発生している。

以上のように産卵の時期と場所が多変化したクルマエビの繁殖活動は、気象変動などによる繁殖の阻害を軽減する作用があると推測されている¹⁸⁾。しかしながら、クルマエビの漁獲量が 1980 年代後半から連続的に減り続け、当時の 5 分の 1 以下となっている現状³⁴⁾からみると、多くの繁殖活動が資源の再生産に結びつかなくなっていると思われる。産卵から着底までの約一ヶ月は、クルマエビの 3 年に渡る生涯から見ると短期間であるが、最も急速に減耗する時期である。これまでクルマエビの資源管理に関わる調査は、主に成体の漁獲状況や放流用種苗の追跡が行われてきたが、今後は産卵から着底までの過程についても明らかにしていく必要がある。

（水藤 勝喜）

文 献

- 1) Anderson SL, Chang ES, Clark WH. Timing of postvitellogenic ovarian changes in the ridgeback prawn *Sicyonia ingentis*. *Aquaculture* 1984; **42**: 257-271.
- 2) 水藤勝喜, 荒川哲也, 伊藤英之進. 生検法による種苗生産用親エビの成熟度観察. 栽培技研 1996; **25**: 27-35.
- 3) 宮島義和, 松本淳. 人工養成クルマエビを用いた生検法による採卵用親エビの成熟度判別と効率的な採卵方法. 栽培技研 1996; **25**: 37-40.
- 4) 加治俊二, 今泉圭之輔. 「クルマエビ種苗生産技術」(栽培漁業技術シリーズ No.9) 社団法人日本栽培漁業協会, 東京. 2003.

- 5) Minagawa M, Yasumoto S, Ariyoshi T, Umemoto T, Ueda T. Interannual, seasonal, local and body size variations in reproduction of the prawn *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in the Ariake Sea and Tachibana Bay, Japan. *Mar. Biol.* 2000; **136**: 223-231.
- 6) 愛知県水産試験場. 2. 産卵親エビの分布生態. 昭和 49 年度太平洋中区栽培漁業漁場資源生態調査報告書, クルマエビ編. 1975; 1-47.
- 7) 水藤勝喜. 愛知県一色産クルマエビ種苗生産用親エビについて - II, 採卵の効率化に関する検討. 栽培技研 1996; **24**: 75-81.
- 8) 今井利為. 東京湾クルマエビの研究 - I 産卵期・生物学的最小型. 神奈川県水試試験場研究報告 1986; **7**: 1-4.
- 9) Kubo I. A review of the biology and systematic of shrimps and prawns of Japan. *Proc. IPEC.* 1956; **6(3)**: 387-398.
- 10) 武田正倫. 「エビ・カニの繁殖戦略」平凡社, 東京. 1995.
- 11) 今 攸, 安田政一, 粕谷芳夫. クルマエビ種苗生産に供する親エビの卵巣成熟状況について. 栽培技研 1982; **11**: 15-19.
- 12) Hudinaga M. Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. *J. Zool.* 1942; **10**: 305-393.
- 13) 皆川 恵. 2. 有明海におけるクルマエビの生態環境調査, 2) 成熟調査. 重要甲殻類栽培資源管理手法開発調査報告書, (エビグループ) 平成 4 ~ 8 年度 (総括), 有明 4 県 (福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県) 1997; 11-12.
- 14) 水藤勝喜. 愛知県一色産クルマエビ種苗生産用親エビについて - I, 漁獲と供給の現状. 栽培技研 1995; **24**: 9-17.
- 15) 崎山一孝, 宮島義和, 足立純一. 素掘池で養成したクルマエビの成熟と産卵. 栽培技研 2003; **30**: 49-53.
- 16) Ohtomi J, Tashiro T, Atsuchi S, Kohno N. Comparison of spatiotemporal patterns in reproduction of the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* between two regions having different geographic conditions in Kyushu, southern Japan. *Fish. Sci.* 2003; **69**: 505-519.
- 17) 八柳健郎, 前川兼佑. 瀬戸内海産クルマエビ *Penaeus japonicus* BATA の生態. 山口県水産試験場調査研究業績 1955; **7**: 1-15.
- 18) 倉田 博. 第 1 編. クルマエビ栽培漁業の基礎知識, さいばい叢書 No.1 (クルマエビ栽培漁業の手引き). 日本栽培漁業協会, 東京. 1986; 1-33.
- 19) 加治俊二. 種苗生産に用いるクルマエビ親エビの入手, 採卵状況 (平成 7-9 年度). 日本栽培漁業協会研究資料 1998; **74**: 1-9.
- 20) 倉田 博. クルマエビの資源培養に関する研究, 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究. 農林水産技術会議 研究成果 1979; **116**: 14-36.
- 21) 辻村浩隆. 大阪湾におけるクルマエビの移動について. 大阪府立水産試験場研究報告 2007; **17**: 19-26.
- 22) 古澤 徹. 暖海性甲殻類人工産卵技術開発の進め方について. さいばい, 日本栽培漁業協会 1992; **63**: 44-46.
- 23) 高野和則. 卵巣の構造と配偶子形成. 「水族繁殖学」(隆島史夫, 羽生功編) 緑書房, 東京. 1989; 3-34.
- 24) 勝川俊雄, 松宮義晴. 産卵ポテンシャルに基づく水産資源の管理理論. 水産海洋研究 1997; **61**: 33-43.
- 25) 照屋和久, 大角伸一, 清水健, 有元操. クルマエビの産卵後に発生する粘液様物質の性状と採卵に及ぼす影響. 栽培技研 2000; **28**: 7-11.
- 26) 水藤勝喜. 天然の親クルマエビを用いた採卵の効率化に関する研究. 博士論文, 東京大学, 東京. 2005.
- 27) 隆島史夫. ヤマメ卵巣卵数の周年変化. 日水誌 1986; **52**: 231-237.
- 28) 崎山一孝, 清水大輔, 田原大輔. 卵影比によるクルマエビの成熟度評価. 水産増殖 2013; **61**: 119-120.
- 29) Tahara D, Suitoh K, Hattori H. Hemolymph vitellogenin levels during final maturation and post-spawning in the female kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture* 2005; **245**: 311-319.
- 30) 栗田 豊. 野外調査と飼育実験を併用した魚類の繁殖特性研究. 水産総合研究センター研究報告別冊 4 号 2006; 87-99.
- 31) 愛知県水産試験場. 漁況海況予報調査結果報告書, 3. 海洋観測結果表, (1) 沿岸定線調査結果 (三河湾及び渥美外海). 愛知県水産試験場, 蒲郡. 2001 ~ 2012.
- 32) 柘植朝太郎, 大橋昭彦, 山田智, 岩田靖宏, 石田基雄. 三河湾東部, 渥美湾における赤潮および貧酸素水塊形成に及ぼす降雨に伴う河川水流入の影響. 愛知水試研報 2012; **17**: 9-24.
- 33) 平成 22 年度漁業・養殖業生産統計年報 (併載: 漁業生産額). 大臣官房局統計部, 東京. 2011.