

大阪湾におけるサルエビの成長と成熟

日下部 敬 之

Growth and Reproduction of Southern rough shrimp *Trachypenaeus curvirostris* in Osaka Bay

Takayuki Kusakabe

サルエビ *Trachypenaeus curvirostris* はインド、西太平洋域を分布の中心とするクルマエビ科のエビであり、大阪湾においては、同じクルマエビ科のアカエビ *Metapenaeopsis barbata* やトラエビ *Metapenaeopsis acclivis* などとともに小型底びき網で多獲される。大阪府における同漁業の平成6年の総漁獲金額は約23億円であるが、そのうちの約17%がサルエビ、アカエビ、トラエビなどの「その他のエビ類」の水揚げ金額によって占められており¹⁾、しかもそのうちの80%以上がサルエビである²⁾ので産業上重要な種のひとつである。また小型底びき網の漁獲対象種としては最も小型であるため、漁業管理の方策として網目規制を考える際のkey speciesともなっている。この種は日本各地で小型底びき網漁業の主要な構成種となっているため、これまで仙台湾³⁾、茨城県沿岸⁴⁾、愛知県沿岸⁵⁾、紀伊水道^{6,7)}、備讃瀬戸⁸⁾、周防灘周辺⁹⁻¹¹⁾、有明海¹²⁾ などからその生態に関する調査報告が出されている。しかしその成長や寿命に関してはさまざまに異なった結果が報告されており、地域差が大きい可能性が高い。したがって、大阪湾における本種の生態について明らかにし、その結果に基づいた資源および漁業の管理を考える必要がある。そこで大阪湾におけるサルエビの産卵期、成長および寿命について把握することを目的として調査を行い、いくつかの知見を得たの

でその結果を以下に報告する。

材料・方法

成熟、産卵について調査した材料は、大阪府泉佐野漁協所属の小型底びき網標本船が、図1に示す大阪湾中部の漁場で漁獲したものである。この底びき網は石桁網と呼ばれる鉄製の爪のついた桁網（間口1.5m、同時に4丁を曳網）であり、爪で海底を掻きながら毎時3～4ノットの速度で曳網される。袋網の目合いは内径21mmである。サンプリングは1988年6月～1989年5月の間毎月下旬に1回、1989年9月下旬から10月下旬の間に3回（産卵期終期の変化を詳しく調べるため）、および1990年4月中旬から

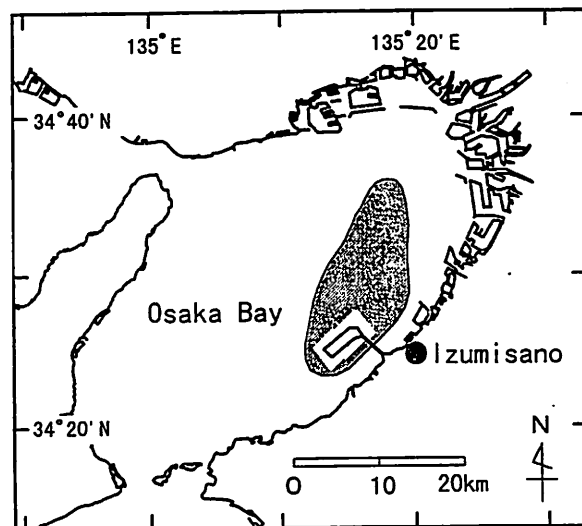


図1 石桁網によるサンプルの漁獲海域

5月下旬の間に5回(産卵期初期の変化を詳しく調べるため)の合計20回行った。漁獲物中のサルエビのメスの一部を抽出し、体長と体重、生殖腺重量を測定した。体重と生殖腺重量は電子レンジで加熱する方法¹³⁾を用いて測定し、生殖腺重量百分率($G.S.I. = \text{生殖腺重量} \div \text{体重} * 100$)を求めた。またそのうちの一部の個体については、肉眼による生殖腺の熟度判定¹²⁾も行い、G.S.I. 値による熟度判定との比較に供した。さらに卵巣の組織像を観察するため、1992年6月22日に漁獲されたサルエビの一部の卵巣を摘出しブアン氏液で固定して、頭胸部と腹部の境目付近の部分で常法によりパラフィン切片として、ヘマトキシリン、エオシン二重染色を施し検鏡した。なおサルエビの卵巣内の卵母細胞の成熟度合は部位による差がみられないことが知られている¹⁴⁾。卵母細胞の発達段階区分は中村¹⁵⁾に従った。成長を検討するために用いた材料は、1989年5月～12月の間に小型ビームトロール(網口の幅3.6m、袋網の目合いは内径14mm)で採集したもので、図2に示すように大阪湾の南部海域に長さ2kmの調査定線を設け、約半月に1回の頻度で試験操業を行なった。1～4月の間はサルエビの潜砂深度が深くなるため、この漁具では採集できず、データが得られなかった。曳網時の船速は約1ノットであった。得られた標本から生鮮状態でサルエビのみを選別し、雌

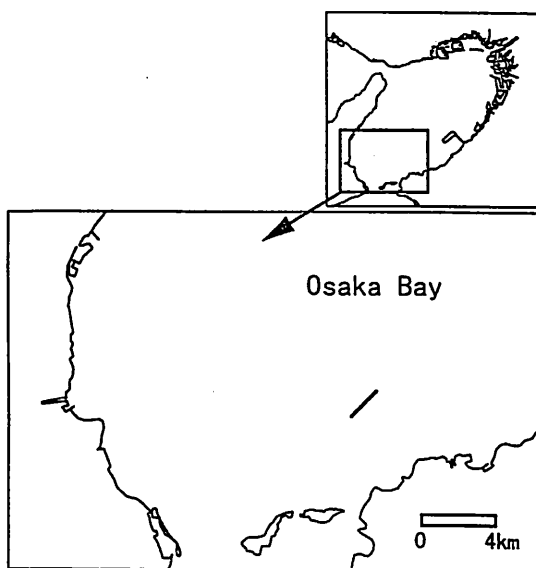


図2 ビームトロールによるサンプルの採集海域

雄別に原則として200個体を上限として体長を測定した。体長組成図への正規分布の当てはめには、堤、田中のプログラム¹⁶⁾を使用した。

各種計測形質の相対関係を求めるために用いた資料は、1977年から1979年にかけて大阪湾内で小型底びき網で漁獲され、大阪府立水産試験場で測定された1,671個体である。

結果および考察

1 産卵期

クルマエビ科の卵巣の成熟度の外見での区分は、池末¹²⁾の方法が一般的である。これは卵巣の色によって成熟度を区分するもので、生鮮状態で無色半透明ならば「未熟」、淡黄緑色のもの(サルエビの場合ややオレンジがかった色を呈することも多い)を「やや熟」、青緑色であれば「成熟」としている。この区分により「やや熟」と「成熟」とに分類された個体のG.S.I. 値を示したのが図3である。池末による区分とG.S.I. 値とはよく対応していて、「やや熟」個体のG.S.I. はおおむね4以上10以下の範囲であり、「成熟」個体のG.S.I. は8以上であった。「成熟」に区分される青緑色の卵巣を持つ個体を水槽に収容するとほとんどがその夜に産卵し、産み出された卵は正常に発生する(日下部:未発表)ことから、G.S.I. が8以上の個体が出現している時期を産卵期と考えればよいと思われる。

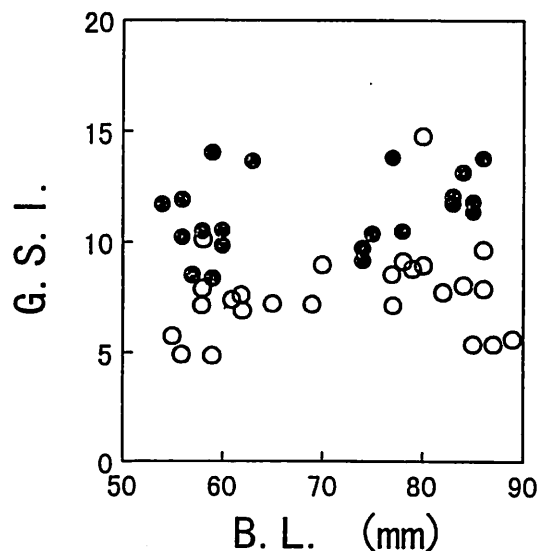


図3 肉眼観察による熟度区分のG.S.I. 値
黒丸印は池末¹²⁾の区分による「成熟」の個体。
白抜き丸印は「やや熟」の個体。

1988年6月から1989年5月にかけて、毎月1回下旬に行った調査でのG.S.I.の変化を図4に示した。G.S.I.の経月変化はきわめて明瞭で、8以上の高い値が見られたのは5月から9月までであり、10月から4月までの間はG.S.I.値は極めて低く、「やや熟」に分類されるG.S.I.値4以上の個体も見られなかった。つぎに1990年4月中旬から5月下旬にかけてのG.S.I.値の変化をみると(図5左列)、4月27日にまず体長の大きい個体からG.S.I.の上昇が始まり、5月9日には初めてG.S.I.値が8を超える個体が出現して、1週間後の5月16日にはその数が増加するとともに、体長の小さい個体でもG.S.I.の上昇がみられた。また1989年9月下旬から10月下旬の間のG.S.I.の変化をみると(図5右列)、9月21日には前年の同時期同様高いG.S.I.値を示していたものが、12日後の10月3日には全体に大幅な値の低下がみられ、G.S.I.値が8以上の個体は37個体中1個体しかみられなくなっており、さらに20日後の10月23日にはすべての個体が0に近い極めて低い値となっていた。

これらの結果から大阪湾におけるサルエビの産卵期は、5月上旬から10月上旬までの約5ヶ月間で、盛期は5月中旬～9月下旬だと判断される。過去の研究例^{4,5,7-10,12)}では、産卵期を5月後半～10月上旬としている報告が多く、今回の結果もそれらとよく一致している。これは前川⁹⁾も述べているように、瀬戸内海に産するクルマエビ科の産卵期間の中では、クルマエビ *Penaeus japonicus* と並んで最も長いものである。産卵期間が盛夏だけに限られず前後に延長しているということは、それだけ低水温の環境に対する適応が進んでいることを意味していると思われるが、それは結果的には稚エビの着底期の短期的な環境悪化(たとえば底層水の貧酸素化など)に対する生残率の向上にもつながるものと考えられる。林¹⁷⁾は1950年代半ばと1970年代初めの大阪湾の小型エビ類種組成を比較し、サルエビが相対的に増加していることを指摘しているが、その要因には林が示しているサルエビの生息可能環境の幅広さ以外に、産卵期間の長さも挙げられるのではないだろうか。

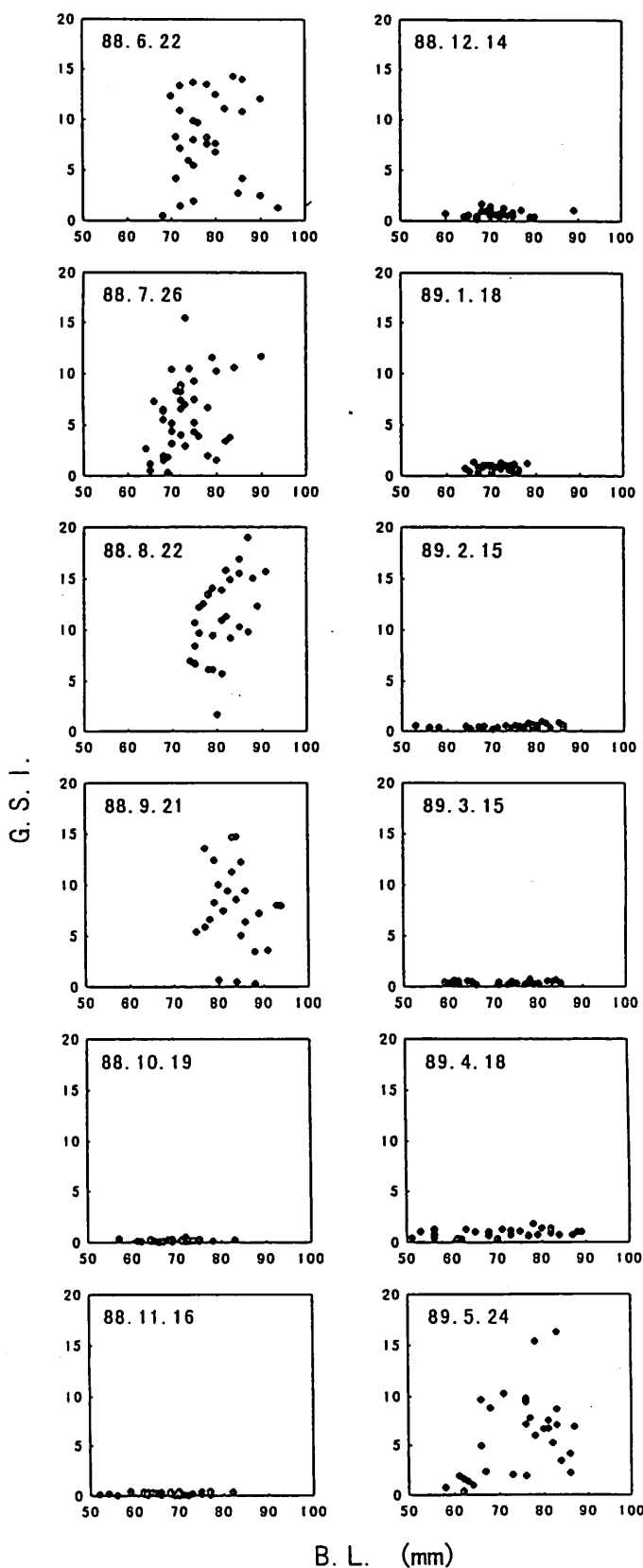


図4 G.S.I.値の1年間の経月変化

2 卵母細胞の組織像からみた成熟の進行

池末の分類により「やや熟」と「成熟」とに分類された個体の卵巣切片を観察してみると、両者とも卵巣内には大きさと成熟度合いが異なる卵母細胞が混在していた。

「やや熟」とされた個体の卵巣では、細胞径10 μm 程度の卵原細胞期もしくは初期仁期と思われるごく小さい細胞が少数と、細胞の長径が30~50 μm の中期仁期の細胞および長径が60~90 μm の後期仁期の細胞がそれぞれ多数、さらに長径120~180 μm の卵黄球期の細胞がみられ、これらの中で卵巣の断面積の大部分を占めていたのはサイズの大きい卵黄球期の細胞であった(図6のA, B)。

つぎに肉眼観察で「成熟」とされた個体の卵巣では、後期仁期までの卵母細胞の存在の様子は「やや熟」のものと同様であったが、「やや熟」の個体で卵黄球期であった細胞群の細胞質の縁辺部に球形の表層胞が多数並び、また細胞の長径もやや大きくなって160~240 μm となっていて、前成熟期に移行していた。しかし今回は、クルマエビで前成熟期の後半に観察されているような桿状の表層胞が出現した細胞はみられなかった(図6のC, D)。またこの卵巣中には卵黄球期の細胞がみられなかったことから、「やや熟」の卵巣中で卵黄球期であった細胞群は一斉に前成熟期へと移行し、混在している後期仁期までの若い卵母細胞の成熟は進行しなかったことがわかる。

これらの観察結果から考えると、卵巣内の卵母細胞の一部が卵黄球期に達すると、他の卵母細胞は成熟進行が一時中断し、卵黄球期に達した細胞群だけが引き続いて成熟してゆくものと思われる。肉眼での分類基準に用いた卵巣の色は、この一部の卵母細胞群に由来するもので、卵黄球期の細胞は黄色もしくは黄緑色をしており、前成熟期の細胞は青緑色をしているのであろう。石川ほか⁴⁾はサルエビの卵母細胞の大きさを測定し、成熟卵巣の細胞径組成図においては、大型の卵母細胞が一つの独立した山を形成していることを報告しており、有江ほか¹⁴⁾も同様に述べている。これらのことも、一部の細胞の

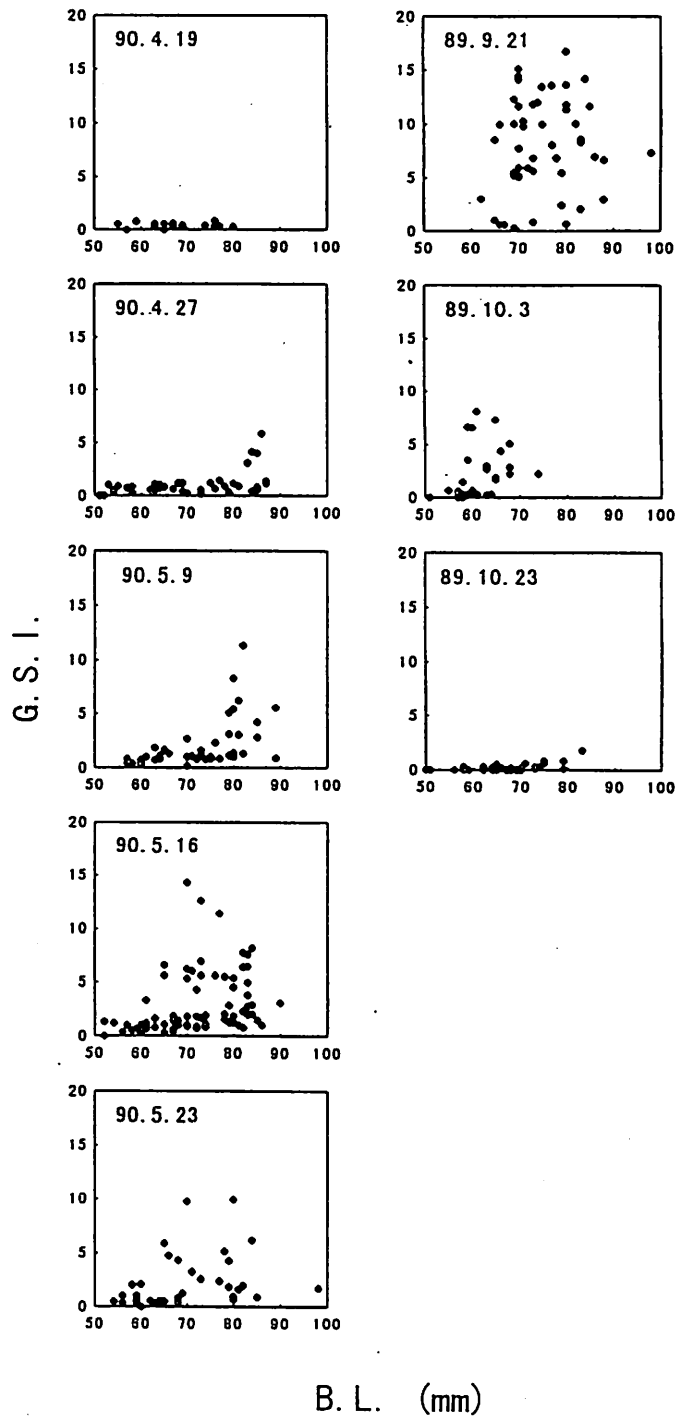


図5 産卵開始期(左列)と終期(右列)のG.S.I.の変化

成熟が完了するまで他の細胞の成熟進行が滞るといふ過程を示唆しているものだと考えられる。

このような卵母細胞の発達過程から、サルエビは1シーズンに複数回の産卵を行う可能性が高いと考えられる。今回観察したサルエビの卵巣組織像と極めて類似した卵巣組織を持つクルマエビでは、飼育条件下で再度の成熟が可能である¹⁸⁾ことからこの

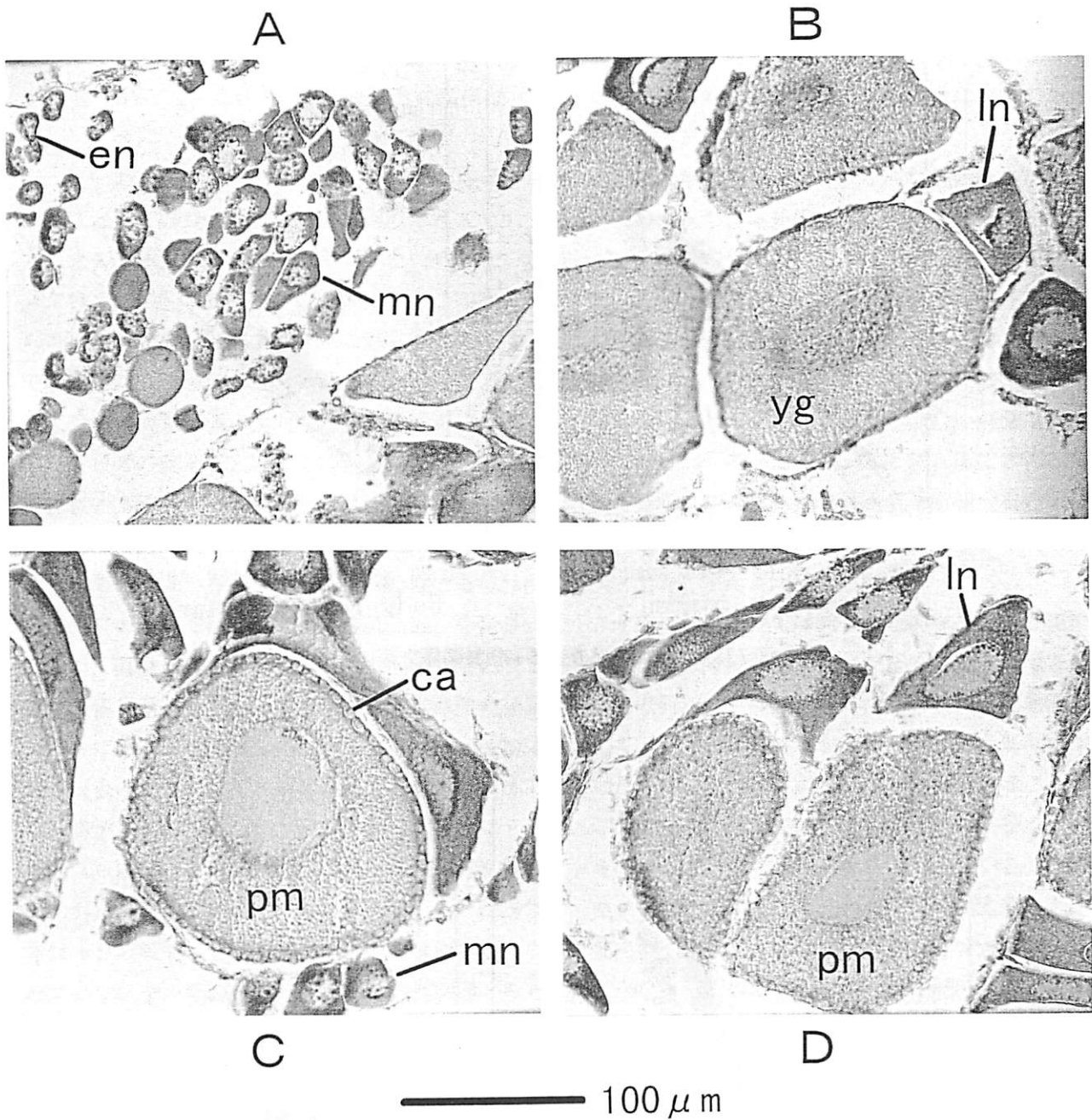


図6 サルエビ卵巣の組織像

A, B: 池末の区分¹²⁾による「やや熟」の個体、C, D: 「成熟」の個体、
 en: 初期仁期細胞、mn: 中期仁期細胞、ln: 後期仁期細胞、yg: 卵黄球
 期細胞、pm: 前成熟期細胞、ca: 表層胞。倍率はどれも同じ。

推定は支持されよう。1シーズン中の産卵回数は不明であるが、矢野¹⁸⁾によればクルマエビの場合卵母細胞が脂肪球第I期（今回採用した中村の区分では卵黄球期にあたる）になってから産卵までに約2ヶ月を要することから、サルエビの場合も卵母細胞の発達速度がクルマエビと同程度だと仮定すれば、1

シーズン中2～3回くらいではないかと推測される。

3 成長と寿命

1977年から1979年にかけて漁獲された1,671個体（メス1,023個体、オス648個体）について、体長—頭胸甲長関係を図7に、体長—体重関係を図8に示した。測定個体中の最大体長はメスで98.2mm、オス

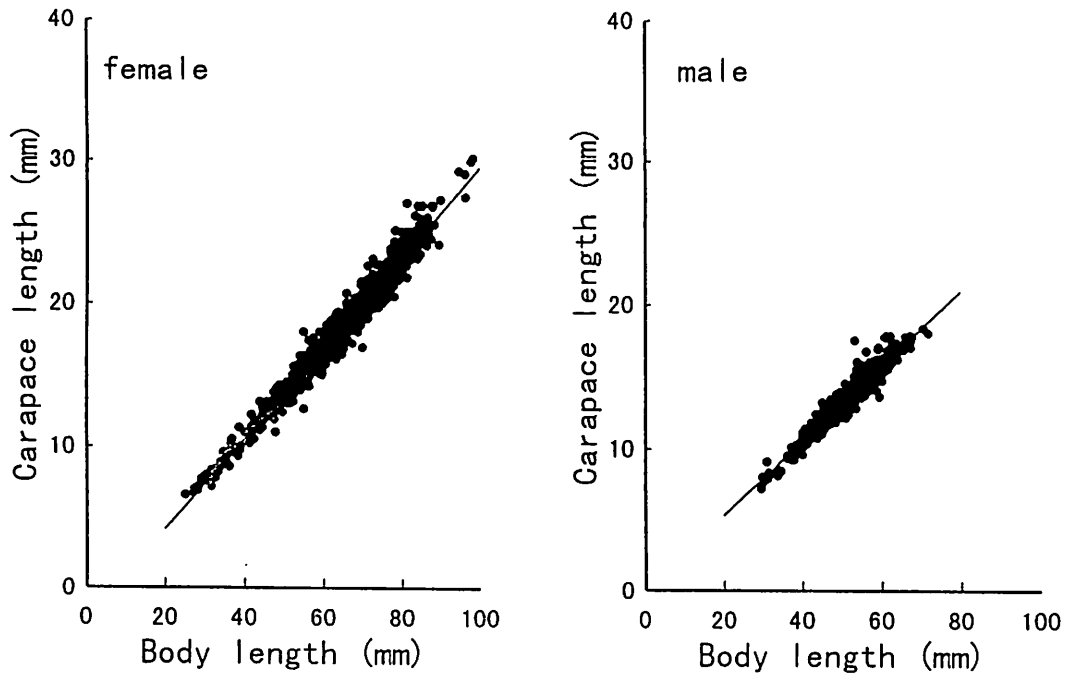


図7 サルエビの体長—頭胸甲長関係

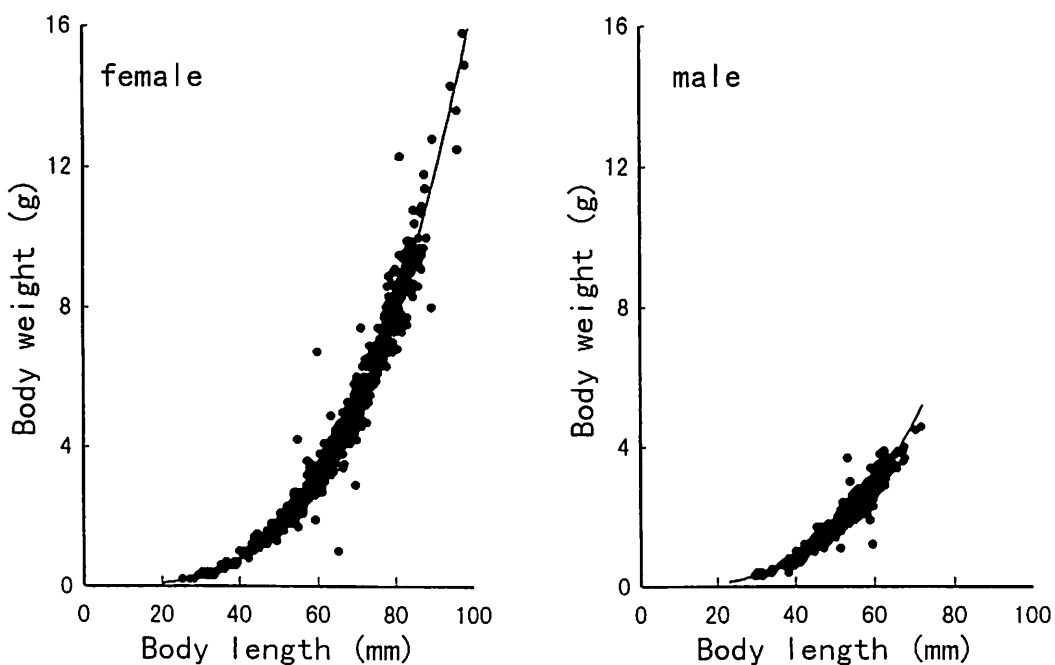


図8 サルエビの体長—体重関係

で71.7mmであった。体長—頭胸甲長関係はメス、オスともに直線で近似でき、体長—体重関係は両者ともべき乗の曲線が良く当てはまった。それぞれの関係式は以下のとおりである。

頭胸甲長 (CL, mm) と体長 (BL, mm) との関係は

$$\text{メス } CL = BL * 0.3165 - 2.1994$$

$$\text{オス } CL = BL * 0.2610 + 0.0974$$

体重 (BW, g) と体長 (BL, mm) との関係は

$$\text{メス } BW = 4.372 * 10^{-6} * BL^{3.288}$$

$$\text{オス } BW = 6.859 * 10^{-6} * BL^{3.167}$$

オスとメスの最大の違いはその到達サイズであって、オスは体長70mm程度にしかならないのに対して、メスは100mm近くに成長する。体重ではこの差はさらに大きく、メスはオスの3～4倍にもなる。従って産業的により価値が高いのはメスであって、実際に漁業者が大きさ別に選別した漁獲物を見ても、大きいサイズの銘柄（大阪府では「とびあら」と称して比較的高価格で売買される）はそのほとんどがメスで占められている。

1989年の5月から12月までの試験操業で得られたサルエビの雌雄別体長組成（階級幅4mm）を図9に示した。雌雄とも5月2日から7月5日まではひと続きの体長範囲から成っており、それが時間の経過とともに急速に成長していた。その後7月19日に体長30mm台の小さなサイズの群が現れ、8月17日まで両群が併存していたが、大きなサイズの群は9月4日以降ほとんど消滅した。10月から12月にかけては、引き続いて小型個体の加入があるらしいがあまりはっきりしない。また1～4月の間は標本が得られていないが、雌雄とも12月20日の体長範囲と5月2日の体長範囲とはほぼ一致していた。冬季比較的長期にわたって成長が停滞することは他の海域での調査結果においても多く報告されており^{7,9-12)}、また飼育実験においても水温が15℃では正常な脱皮ができたが、12℃ではできなかったとされている¹⁹⁾ことなどから、12月20日以降サルエビはほとんど成長せずに、そのままの大きさで翌年の5月2日につながったのだと考えられる。

前述したサルエビの産卵期およびクルマエビ類の

幼生期の一般的な長さ¹⁸⁾から類推して、7月19日に初めて現れた群はその年の産卵期の比較的初期に生まれた個体であると考えられる。これら（およびその後に加した個体も）が翌年の8～9月までにはすべて消滅することから、大阪湾のサルエビの寿命は約1年であると考えられる。なお、当年発生群の出現時期と出現サイズに雌雄間で全く差がないことから、雌雄の成長差は体長30mm以上になってから生ずることがわかる。

冬季の成長停滞と約1年の寿命という推定が正しいと仮定して、体長組成図を年級群に分離し、1つの年級群の成長過程として並び替えたのが図10である。当年生まれ群と前年生まれ群の分離は出現体長範囲の切れめで行ったが、唯一両群の体長範囲が連続していたオスの8月17日のサンプルについては、2峰の山の間の最も出現頻度の少ない部分（体長48～52mm区間、頻度0.7%）を便宜上頻度0%と見なして分離した。さらに体長組成を正規分布のあてはめによって分解し、得られた正規分布の中央値（メディアン）を黒丸印で示した。

サルエビについては同一年級の体長組成が複数の正規分布に分解可能なことが多く、過去の報告でも複数の同時発生群を想定し、群ごとの成長曲線を示している例が多い。しかし今回得られた黒丸印の分布からは一定の数の同時発生群を想定することが難しく、また前節で述べた産卵期調査の結果からも、産卵期に複数の同時発生群が生じているような根拠が見出せなかった。そのため同時発生群ごとの成長曲線をひくことはせず、黒丸印がすべて含まれるような、ある程度の幅を持たせた範囲として成長を示すことにした（図中の2本の線で囲まれた網掛け部分）。これは同時発生群ごとの成長曲線がこの内側に存在する範囲という意味である。これによれば産卵期の初期に生まれた個体は7月後半に体長30mm弱で採集物中に出現したのち雌雄とも急激に成長し、年内にメスで60mm余り、オスで50mm程度に成長し、越冬するが、翌年5月以降再び成長してメスで100mm、オスで70mmになって7月いっぱいまで死亡すると考えられる。一方産卵期の後期に生まれた個体

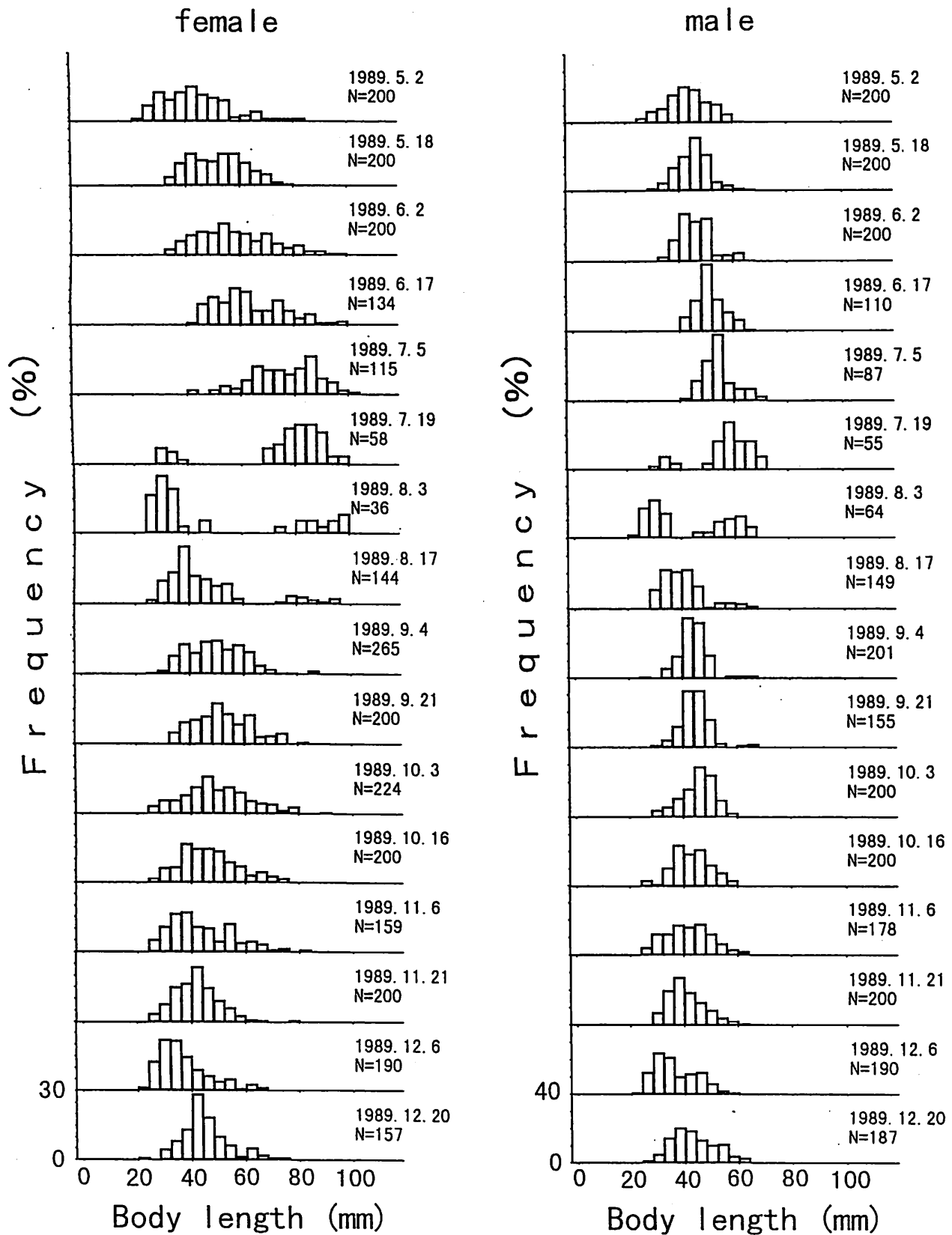


図9 サルエビの体長組成の季節変化
体長区間の巾は4mm

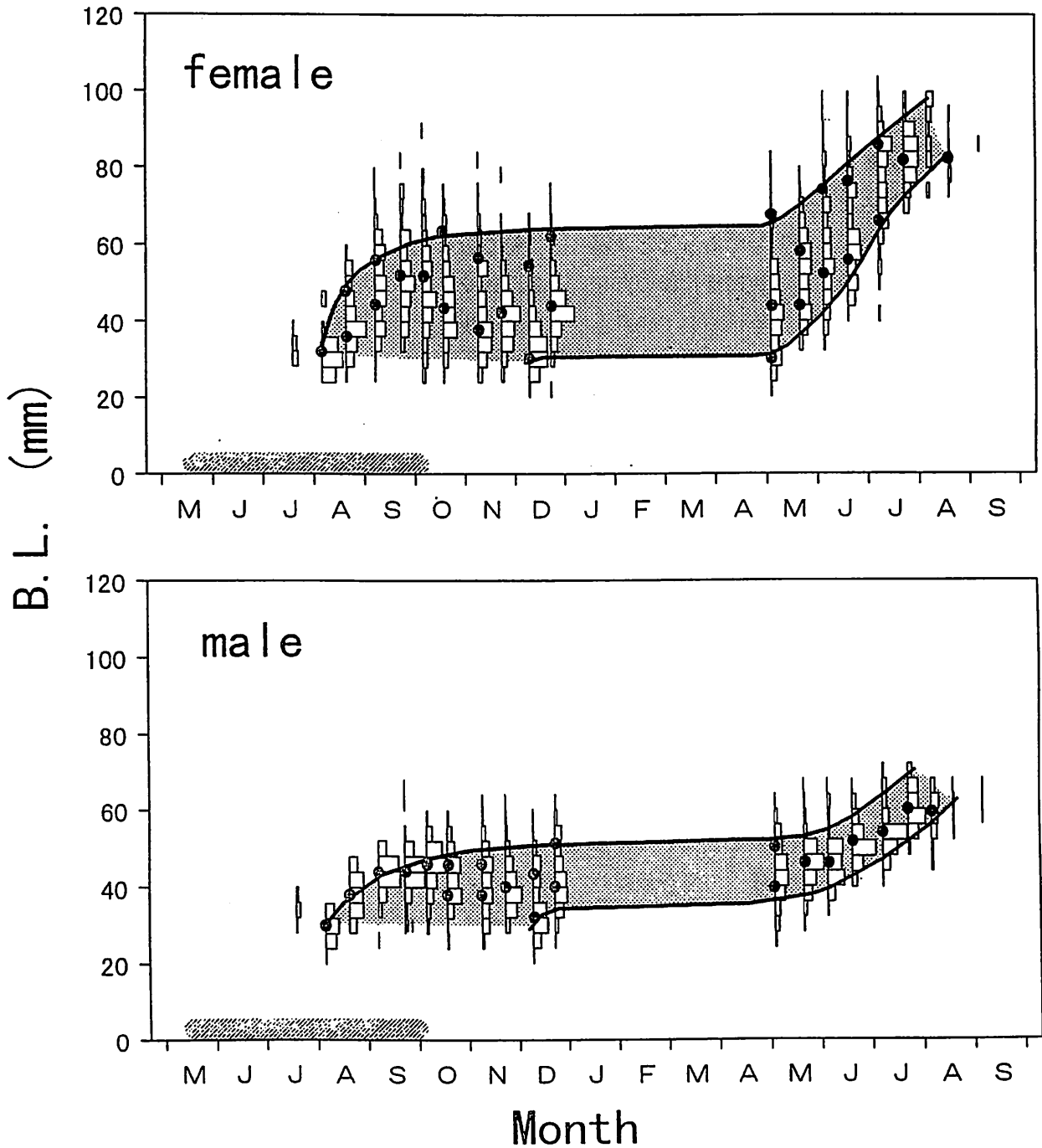


図10 サルエビの成長模式図

体長組成図は当年発生群と前年発生群を分離して並び替えたもの。黒丸印は正規分布のあてはめによって得られた山の中央値 (メディアン)。斜線をひいた期間が産卵期。2本の太線ではさまれた網がけ部分が群成長範囲。

は、年内には雌雄とも30mm程度にしかならず、翌年の春以降成長してメスで約80mm、オスで60mmあまりになって8月～9月中に死亡すると考えられる。

本種の寿命に関しては日本各地からさまざまな報告があるが、それらを総括すると、1年もしくは1年数ヶ月の寿命を想定している報告が多いものの、寿命2年の群の存在や、数ヶ月で産卵、死亡する短期世代の存在も報告されている。今回の結果では7月から9月にかけて前年生まれ群と当年生まれ群の交代が明瞭に観察されることから、大阪湾では寿命2年の群は存在せず、約1年の寿命であることが明らかになった。また寿命数ヶ月の短期世代群の存在の有無について、成熟に関する調査において10月上旬にも成熟している個体が少数見られたが、これは体長組成調査の結果から当年発生個体と考えるのが妥当であること、および雌雄とも10～11月に当年発生群のうちのサイズの大きい個体の割合が減少しているように見受けられたことから、大阪湾においても短期世代群が存在する可能性が示唆されたが、今回の結果からだけでは明確な判断はできなかった。

成長については過去の各報告とも今回の結果とあまり大きな違いは見られず、早生まれ個体の夏～秋期の成長の速さや冬季における長期間の成長停滞、遅生まれ個体の年内到達サイズが早生まれ個体に対して非常に小さいことなどが共通した特徴として挙げられている。また寿命を2年前後としている報告においても、成長がみられるのは多くの場合最初の1年間だけで、そのパターンは寿命を1年としているものと基本的に変わらない。したがって1年で成体となって死亡するというのがサルエビの成長型の基本であろうと考えられるが、生息海域の水温等によって、2年間生存する群がいたり寿命数ヶ月の短期世代が出現したりと成長型を変化させ得るのかも知れない。これらについて明らかにするには、たとえば大規模な長期飼育実験なども必要ではないかと考えられる。また今回の調査では同時発生群の数やその存在理由について明確にできなかったが、成熟の進行過程の項で推定したようにサルエビが多回産卵を行うのであれば、そのタイミングが群全体で一

致することによっていくつかの同時発生群ができる可能性がある。この点については、産卵期間中に高頻度で多くのサンプルの成熟調査を行うなどして明らかにしていく必要がある。

要 約

1. 1988年6月～1990年5月の間にサルエビの生殖腺成熟に関する調査を行い、その結果から大阪湾におけるサルエビの産卵期が5月上旬から10月上旬までの約5ヶ月間で、盛期は5月中旬～9月下旬であることを明らかにした。
2. 1992年6月22日に漁獲されたサルエビの卵巣の組織観察を行い、その特徴について記述した。卵巣内には成熟度合いの異なる卵母細胞が同時に存在しており、サルエビは1シーズンに複数回の産卵を行うものと推定された。
3. 1977年から1979年にかけて大阪府立水産試験場で測定されたデータを用いて、体長-頭胸甲長関係式、体長-体重関係式を導いた。
4. 1989年の5～12月の間に得られたサンプルの体長組成から、寿命と成長について検討した。大阪湾のサルエビの寿命は約1年であると考えられた。また成長については、産卵期の初期に生まれた個体と後期に生まれた個体とではかなり差がみられた。すなわち産卵期の初期に生まれた個体は年内にメスで60mm余り、オスで50mm程度に成長し、翌年5月以降再び成長してメスで100mm、オスで70mmになって7月いっぱいまで死亡するのに対し、産卵期の後期に生まれた個体は、年内には雌雄とも30mm程度にしかならず、翌年春以降成長してメスで約80mm、オスで60mmあまりになって8月～9月中に死亡するものと考えられた。またこれらの調査結果を過去の報告と比較検討した。

謝 辞

大阪府立水産試験場の第2研究室の方々(現在は異動された方も含め)には、標本採集その他調査全般にわたってお世話になりました。大野照代、高瀬玲子の両氏には標本の分類、測定を担当していただき

ました。また、泉佐野漁業協同組合の西座真二氏には、標本や貴重な情報を提供していただきました。これらの方々には深い感謝の意を表します。

文 献

- 1) 近畿農政局大阪統計情報事務所：平成6年大阪農林水産統計年報水産編 (1996)
- 2) 日下部敬之，辻野耕實，安部恒之：大阪湾におけるサルエビの体長組成。第21回南西海区ブロック内海漁業研究会報告，13-18 (1989)
- 3) 小坂昌也：仙台湾産サルエビ *Trachypenaeus curvirostris* (STIMPSON) の生態。東海大学紀要海洋学部，12，167-172 (1979)
- 4) 石川弘毅，市村勇二：サルエビ *Trachypenaeus curvirostris* (STIMPSON) の生活について。昭和45年度茨城水試試報，32-40 (1971)
- 5) 安田治三郎：サルエビ *Trachypenaeus curvirostris* (STIMPSON) の生態に関する二・三に就て。日本水産学会誌15(4)，180-189 (1949)
- 6) 阪本俊雄，林 健一：紀伊水道における小型底曳網漁業のエビ類。日本水産学会誌43(1)，1259-1268 (1977)
- 7) 上田幸男：紀伊水道産サルエビの産卵と成長。水産増殖35(3)，161-169 (1987)
- 8) 安田治三郎：内湾に於ける蝦類の資源生物学的研究 (II) 各論 各種類の生態に関する研究。内海区水産研究所研究報告9，1956，81pp.
- 9) 前川兼佑：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第3篇重要資源生物の生態第3章甲殻類。山口県内海水試調査研究業績11(1)，156-205 (1961)
- 10) 檜山節久，林 泰行：瀬戸内海西部海域におけるサルエビの成長。山口内海水試報告19，1-15 (1991)
- 11) 有江康章，徳田眞孝：福岡県豊前海産小型エビ類の資源生物学的研究Ⅲサルエビ (*Trachypenaeus curvirostris*) の成長について。福岡県豊前水試研報5，1-11 (1992)
- 12) 池末 弥：有明海におけるエビ・アミ類の生活史，生態に関する研究。西海区水研研報30，1963，124pp.
- 13) 安部恒之，日下部敬之，鍋島靖信，辻野耕實：大阪湾におけるヨシエビの漁業生物学的研究。大阪水試研報9，57-75 (1995)
- 14) 有江康章，徳田眞孝，石田雅俊：福岡県豊前海産小型エビ類の生物学的研究Ⅱサルエビ (*Trachypenaeus curvirostris*) の卵巣卵と産出卵について。福岡県豊前水試研報3，23-33 (1990)
- 15) 中村 薫：Ⅱ 甲殻類の成熟，発生，成長とその制御。水族繁殖学 (隆島史夫，羽生 功篇) 緑書房，東京，1989，pp.291-323
- 16) 堤 裕昭，田中雅生：体長頻度分布データからの世代解析。パソコンによる資源解析プログラム集 (東海区水産研究所数理統計部編)，東海区水産研究所，東京，1988，pp.189-207
- 17) 林 凱夫：大阪湾におけるえびこぎ網漁獲物組成の変化について。大阪水試研報4，76-91 (1974)
- 18) 矢野 勲，Claudio Chávez Justo：第1章クルマエビ類の生態，生殖及び生産周期の現状。世界のエビ類養殖 (Claudio Chávez Justo編) 緑書房，東京，1990，pp.3-21
- 19) 今林博道，山田 寛：サルエビの脱皮と生残に及ぼす水温の影響。日本ベントス学会誌41，47-53 (1991)