

三河湾の小型底びき網漁場におけるバカガイの成熟年周期と殻長組成

川村耕平^{1†}, 山田 智², 中嶋康生³, 服部宏勇⁴, 成田正裕¹, 平澤康弘¹

Annual reproductive cycle and shell length frequency distribution of the clam *Mactra chinensis* in the dredge fishing ground in Mikawa Bay

Kohei KAWAMURA^{1†}, Satoshi YAMADA², Yasuo NAKASHIMA³, Hirotake HATTORI⁴,
Masahiro NARITA¹ and Yasuhiro HIRAZAWA¹

三河湾の小型底びき網漁場におけるバカガイの資源管理のため、2017年2月から2018年2月にかけて採集された個体の成熟年周期と殻長組成を調査した。成熟個体は主に4月から7月に得られた。生殖腺は8月以降退化し始め、11月から翌2月に得られた個体の大部分が回復期の段階にあった。これらの結果から三河湾におけるバカガイの産卵期は4月から7月であると考えられた。殻長組成に基づくコホート分析の結果、2017年2月から5月に得られた個体は、大部分が漁獲可能サイズの殻長40 mmを超えていたが、9月には殻長30 mm未満の新規個体群の加入が認められた。新規個体群の割合は9月から11月にかけて増加した。新規個体群は急激な成長を示し、2018年2月には大部分が漁獲可能サイズに達した。これらの結果から、春から初夏にかけて着底したバカガイ初期稚貝は、1年以内に漁獲可能サイズに達すると考えられた。

キーワード：バカガイ、成熟年周期、肥満度、殻長組成、三河湾

The annual reproductive cycle and shell length (SL) frequency distribution of the clam *Mactra chinensis* was examined based on specimens collected from the dredge fishing ground in Mikawa Bay from February 2017 to February 2018. Mature specimens were collected mainly from April to July. The gonads began to degenerate from August and most specimens collected from November to February were immature. These results indicate that the major spawning season of *M. chinensis* in Mikawa Bay is from April to July. Based on cohort analysis using SL data, most specimens collected from February to May were commercial-sized (>40 mm SL), and new cohorts (<30 mm SL) recruited in September 2017. The fraction of the newly recruited cohorts increased from September to November 2017. They showed rapid growth, attaining the commercial size by February 2018. These results indicate that the early juveniles of *M. chinensis* settle down from spring to early summer, and grow up to the commercial size within one year.

Key words: *Mactra chinensis*, annual reproductive cycle, condition factor, shell length frequency distribution, Mikawa Bay

2018年4月6日受付, 2018年10月31日受理

¹ 愛知県西三河農林水産事務所水産課, 〒444-0860 愛知県岡崎市明大寺本町1-4

Fishery Division, Nishimikawa Regional Office, Aichi Prefectural Government, 1-4 Myodaijithonmachi Okazaki, Aichi 444-0860, Japan

² 愛知県東三河農林水産事務所水産課, 〒440-0806 愛知県豊橋市八町通5-4

Fishery Division, Higashimikawa Regional Office, Aichi Prefectural Government, 5-4 Hacchodori Toyohashi, Aichi 440-0806, Japan

³ 愛知県農林水産部水産課, 〒460-8501 愛知県名古屋市中区三の丸3-1-2

Fisheries Administration Division, Department of Agriculture, Forestry, Fisheries, Aichi Prefectural Government, 3-1-2 Sannomaru Naka-ku, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan

⁴ 愛知県水産試験場漁業生産研究所, 〒470-3412 愛知県知多郡南知多町大字豊浜字豊浦2-1

Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, 2-1 Toyoura Toyohama, Minamichita, Chita-gun, Aichi 470-3412, Japan

† kouhei_kawamura@pref.aichi.lg.jp

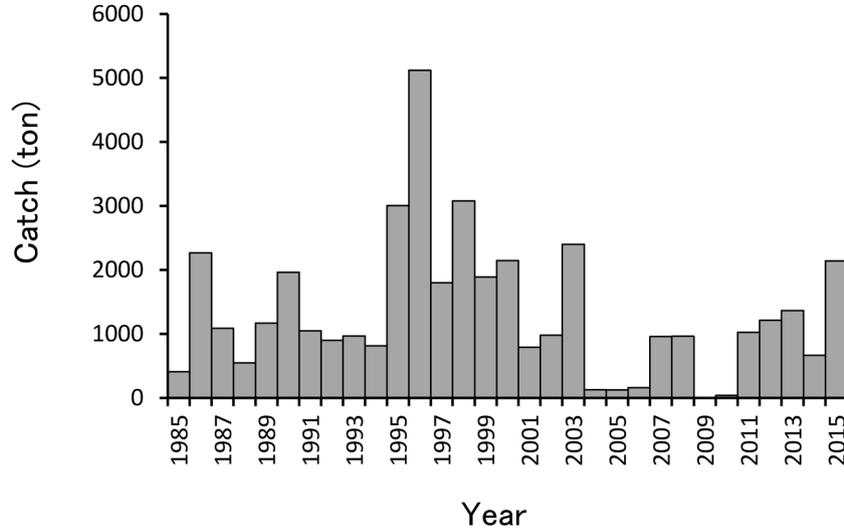


Figure 1. Catch of *Mactra chinensis* in Aichi Prefecture.*

はじめに

バカガイ *Mactra chinensis* は愛知県の採貝漁業における主要な対象種の一つであるが、年間の漁獲量は大きく変動して安定せず、1985年以降3tから5,122tで推移している (Fig. 1)。愛知県における主要な漁場である三河湾一色干潟周辺海域 (Fig. 2) では小型底びき網および腰マンガによるバカガイ漁が行われており (愛知県農林水産部水産課, <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/suisan/0000020625.html>, 2018年2月21日)、資源管理のために殻長制限 (40 mm) や秋季から冬季の休漁が実施されているが、より適切な資源管理手法を確立するためには本種の生活史を把握する必要がある。しかし、これまで三河湾における本種の生態に関する知見は、人工干潟域への出現状況 (武田ほか, 2004) や本種に対するスナヒトデ *Luidia quinaria* の捕食選好性 (武田, 2005)、あるいは浮遊幼生の着底基質の選択性 (柳橋, 1992) に止まる。本種の身入りが良く商品価値が高い、いわゆる旬に相当する季節は春季であることが知られているが (愛知県農林水産部水産課, <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/suisan/0000020625.html>, 2018年2月21日)、その生活史と生活年周期の詳細については明らかでない。このように本種の資源管理手法を確立する上で重要となる成熟や成長についての知見は不足している。

そこで、バカガイに適した資源管理手法を確立し安定した漁獲を行うため、身入りと成熟の指標として肥満度 (鳥羽ほか, 1993; 宮脇ほか, 2014) の測定および生殖腺の観察 (安田ほか, 1945) を周年に渡り行った。また、産卵後の資源への加入状況や成長について調べるために漁場におけるバカガイの殻長組成を調査し、これらの結果に基づき本種の生活年周期と生活史の一端を明らかにした。

材料と方法

成熟度および肥満度の調査

2017年2月から2018年2月までの毎月1回、一色干潟周辺海域 (Fig. 2) の小型底びき網漁場の範囲内で水流噴射式貝けた網によって漁獲された殻長40.0 mmを超えるバカガイから無作為に50個体以上を選び、殻長、殻高、殻幅、軟体部湿重量を測定し、以下の式により肥満度 *CF* (condition factor: 鳥羽ほか, 1993; 宮脇ほか, 2014) を算出した。

$$CF = STW \cdot (SL \cdot SH \cdot SW)^{-1} \cdot 10^5 \quad (1)$$

ただし、*STW*は軟体部湿重量 (g)、*SL*は殻長 (mm)、*SH*は殻高 (mm)、*SW*は殻幅 (mm) を示す。

成熟状況を調べるために生殖腺を顕微鏡下で観察し、アサリ *Ruditapes philippinarum* の簡易成熟度判別法 (安田ほか, 1945) に準じて生殖腺の発達段階を以下の様にA-Cの3段階にステージ分けした。

- A: 生殖腺は内臓部および足部全体に広がって充満し、雌では赤色、雄では乳白色を呈する。産卵または放精開始の直前～直後と思われる。卵は直径50–60 μmで球形または茄子型をなして個々に分離する (Fig. 3A)。また、精子は海水中で運動活性を持つ (Fig. 3B)。
- B: 外観で生殖腺は内臓部の50%以下を占め、雌では赤色、雄では乳白色を呈する。既に産卵および放精が相当に進んだ、あるいは成熟の途中にあると推定される。直径50 μmに満たない未成熟な卵が大部分であるか、もしくは放出されずに残存した大型の卵が散見される

* 東海農政局農林水産統計 (1985–2006)
愛知県農林水産部水産課調べ (2007–2009)
愛知県水産試験場調べ (2010–2015)

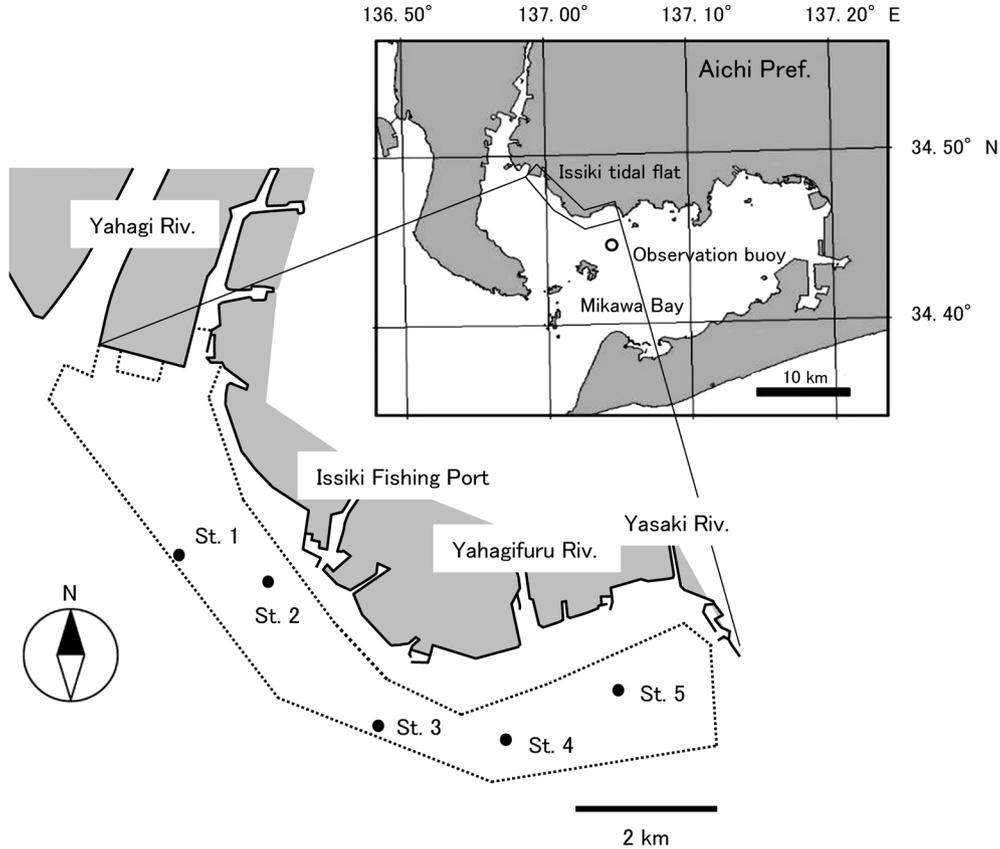


Figure 2. Maps showing the sites of sampling. The dredge fishing ground is surrounded by dotted lines.

(Fig. 3C). 精子は海水中で運動活性を持つが、量は少なく運動活性が低いこともある (Fig. 3D).

C: 生殖細胞がほとんど確認できず、雌雄の判別が困難なもの (Fig. 3E). 生殖腺は褐色を示すが、生殖腺の収縮が著しい場合には、肉眼では発見が困難な場合もある。なお、櫻井ほか (1992) は北海道苫小牧沿岸のバカガイについて、生殖腺の組織切片を観察し、発達状況に応じて6段階 (回復期, 成長前期, 成長後期, 成熟期, 放出期, 放出終了期) にステージ分けを行った。安田ほか (1945) のアサリの簡易成熟度判定法に準じた今回の判定基準と完全には対応しないものの、おおむね、ステージAが成熟期と放出期、ステージBが成長前期, 成長後期および放出終了期, そしてステージCが回復期に相当する。

A, B, Cと判定された個体数をそれぞれ n_1, n_2, n_3 , 総個体数を $N=n_1+n_2+n_3$ とし, $A=1.0, B=0.5, C=0.0$ の得点を与え, 以下の式により群成熟度 R (Ratio of mature individuals) (安田ほか, 1945) を算出した。

$$R=(n_1 \cdot A+n_2 \cdot B+n_3 \cdot C) \cdot N^{-1} \quad (2)$$

群成熟度は0-1の値をとり, 0に近いほどその個体群には未成熟な個体が多く, 1に近いほど成熟した個体が多いこ

とを示す。

本種の生活年周期と海洋環境の関係を調べるために, 調査地点付近に設置された愛知県水産試験場が管理する自動観測2号ブイ (Fig. 2) の日平均値のうち, 漁場の水深に近い3.5 mの水温およびクロロフィル濃度の推移を調べた (<http://www.suisanshiken-buoy.jp/top/buoy02/wtopN.html>, 2018年2月28日)。

殻長組成の調査

小型底びき網漁場におけるバカガイの殻長組成を調べるため, 2017年2月, 5月, 9月, 11月および2018年2月の5回, 水流噴射式貝けた網 (けた幅144 cm, 目合い15節で半目 (節と節との間の長さ) 10.8 mm) を用いて小型底びき網漁場5地点 (Fig. 2), St. 1-St. 5 (水深2.1-3.8 m) で曳網を行った。1回の曳網における曳網速度は2.0-3.4 kt (3.7-6.3 km·h⁻¹), 曳網時間は2分で, 曳網面積は178-302 m²であった。採集された底生生物のサンプルを船上で適宜分割し, 研究室に持ち帰った後にバカガイを選別した。選別した全てのバカガイの殻長 (mm) を測定し, 一部は殻幅 (mm) も合わせて測定した。ただし, 殻が破損した個体は測定から除いた。殻長組成の解析の際には, 調査地点により異なるサンプルの分割状況や曳網面積を補正したうえで集計し, 相澤の方法 (相澤・滝口, 1999) に従いコー

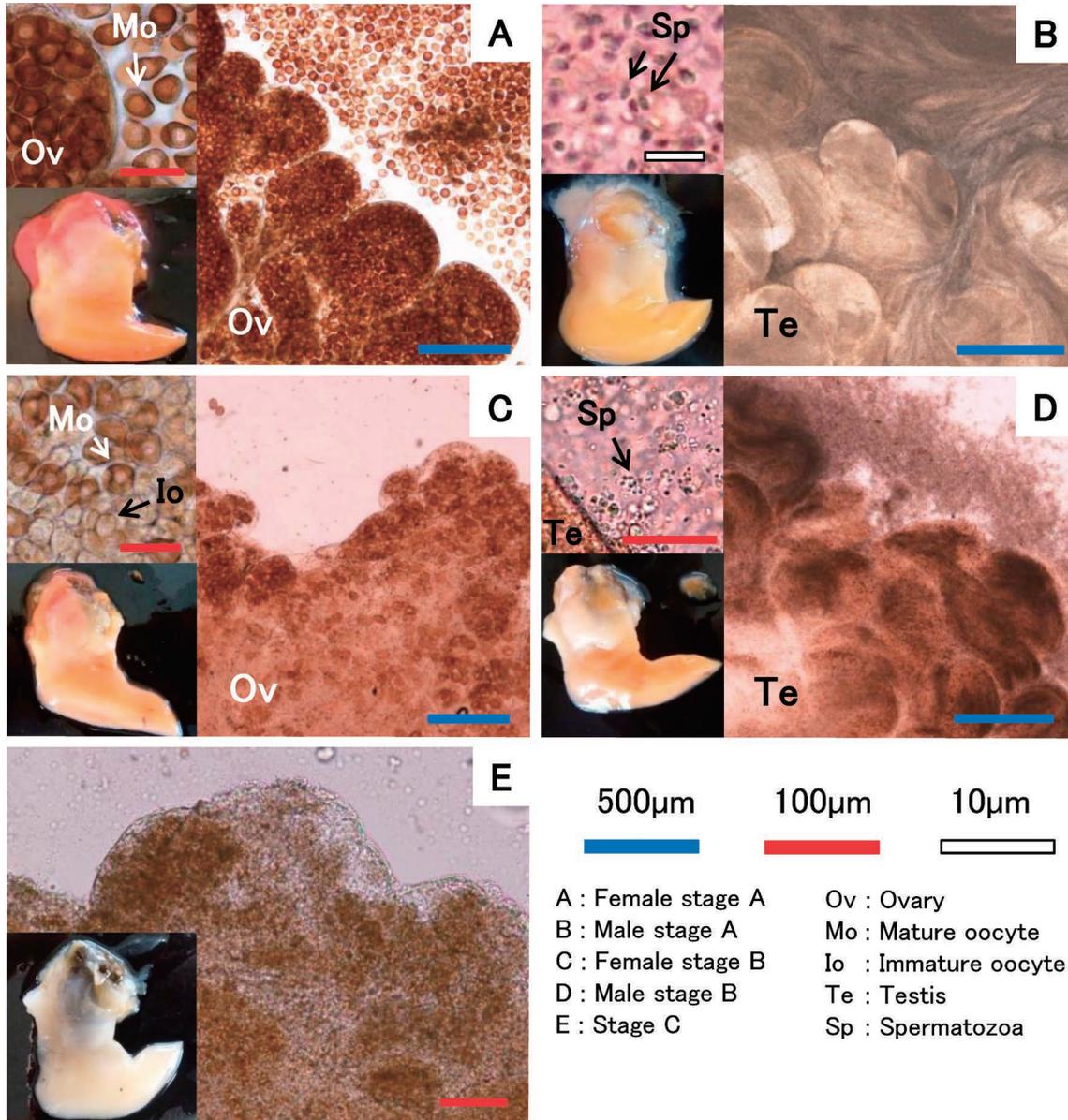


Figure 3. Photomicrographs of gonads at different maturation stages of *Mactra chinensis*. Appearances of soft tissue are also shown at lower left of each photo, and gametes are also shown at upper left of panels A, B, C and D. Note that different colors of bars indicate different scales.

トを分離した。

なお、目合い15節の袋網からは、小型個体が逸出することにより解析結果に影響がおよぶ可能性が考えられたので、全5回の調査で得られた合計2,576個体の殻長を測定した上で、そのうち1,955個体について殻幅も測定し、以下の殻長と殻幅の関係式を得た。

$$SW=0.29 \cdot SL^{1.12} \quad (R^2=0.99) \quad (3)$$

ただし、 SW は殻幅 (mm), SL は殻長 (mm) を示す。

得られた関係式から、殻長25.5 mmの個体はバカガイの最短径である殻幅が10.9 mmであると推定され、目合い15節の袋網の半目10.8 mmを上回ることから、袋網から抜けることなく残留すると考えられたため、殻長組成のコホート解析には2,576個体のうち殻長が25.5 mm以上の1,535個体を用いた。また、コホート解析の際には、殻長の測定値を1の位まで四捨五入により繰り上げた。

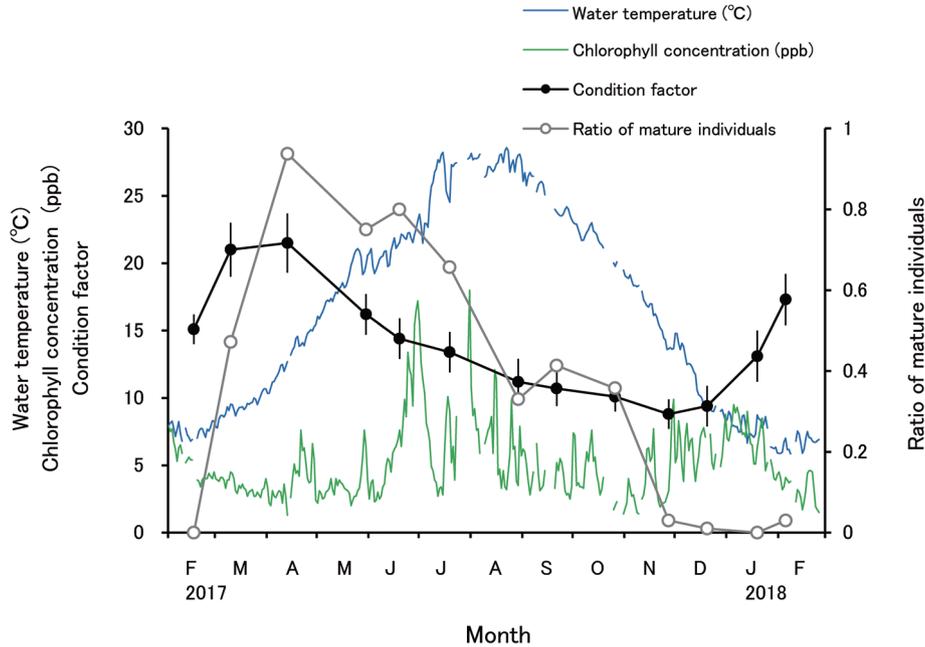


Figure 4. Monthly changes of mean (\pm S.D.) condition factor and ratio of mature individuals of *Mactra chinensis* in relation to daily changes of water temperature and chlorophyll concentration at the observation buoy shown in Figure 2.

結果

成熟度および肥満度

2017年2月から2018年2月までの調査で、合計680個体(平均殻長 \pm 標準偏差: 59.6 ± 4.9 mm)のバカガイについて成熟度の判定と肥満度の測定を行った。2017年2月には調査した全てのバカガイの生殖腺は未成熟で、顕微鏡観察による雌雄の判別ができない状態であったため (Fig. 3E), 成熟段階はステージCと判定された。3月には生殖腺は完全な成熟には至っていないと考えられるものの、雌では直径50–60 μ mの大型の卵細胞 (Fig. 3C), 雄では精子が生殖腺内に出現した (Fig. 3D)。また、生殖腺は雌が赤色、雄では乳白色を示し雌雄の判別が容易になり、多くの個体はステージBと判定された。その後、4月の調査では生殖腺内に雌では直径50–60 μ mの大型の卵細胞 (Fig. 3A), 雄では精子が充満していたため (Fig. 3B), 多くの個体がステージAと判定された。このように生殖腺の発達に伴い群成熟度は2月から4月にかけて急激に上昇し4月に最大値0.94を示した (Fig. 4)。5月から7月にかけてはステージBの個体の割合が増加したことに伴い4月よりも群成熟度が低下した。8月から10月にかけてはステージAの個体がほとんど出現せず、ステージBの個体の割合が大部分を占めるとともに、再びステージCの個体が出現したことで群成熟度は急速に減少して0.5を下回った。11月になると、ステージCの個体が大部分を占めたことで群成熟度は0に近い値を示し、その状態が2018年2月まで継続した。顕微鏡観察による雌雄の判別が容易であった3月から7月にかけての

雌雄比はほぼ等しく(雄:雌:不明=127:135:4), 雌雄不明個体を除いた262個体について、帰無仮説を雌雄比が1:1であるとして χ^2 testを行ったところ、有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。

肥満度は2017年2月から3月にかけて急激に上昇し、4月に最大値となる21.5を示した。5月から11月にかけて低下し、11月には最小値の8.8を示した後に再び上昇に転じた (Fig. 4)。

2017年2月から2018年2月までの2号ブイ(水深3.5 m)の日平均水温およびクロロフィル濃度の推移をFig. 4に示した。水温は2017年2月上旬に年最低値の6.8 $^{\circ}$ Cを示した後に上昇し、4月には10 $^{\circ}$ Cを上回った。水温はその後も上昇し7月中旬には28 $^{\circ}$ Cに達し、8月下旬に最高値28.6 $^{\circ}$ Cを示した。その後水温は降下し、12月中旬には10 $^{\circ}$ Cを下回り、2018年2月上旬に調査期間中の最低値の5.9 $^{\circ}$ Cを示した後に上昇に転じた。

日平均クロロフィル濃度は、2017年2月から5月までの間10 ppbに満たない比較的低濃度で推移し、4月中旬には調査期間中最低値の1.3 ppbを示した。6月上旬に急激に値が上昇し、同月下旬および7月下旬に15 ppbを超えるピークが2回認められ、後者のピークは調査期間中最大値の18.0 ppbを示した。8月には10 ppbを上回ることもあったが、6,7月ほどのピークにはならず、9月以降は翌年の2018年2月まで10 ppbを上回ることなく推移した。10月下旬および11月上旬には4月に記録した最小値に近い1.4 ppbを示した。

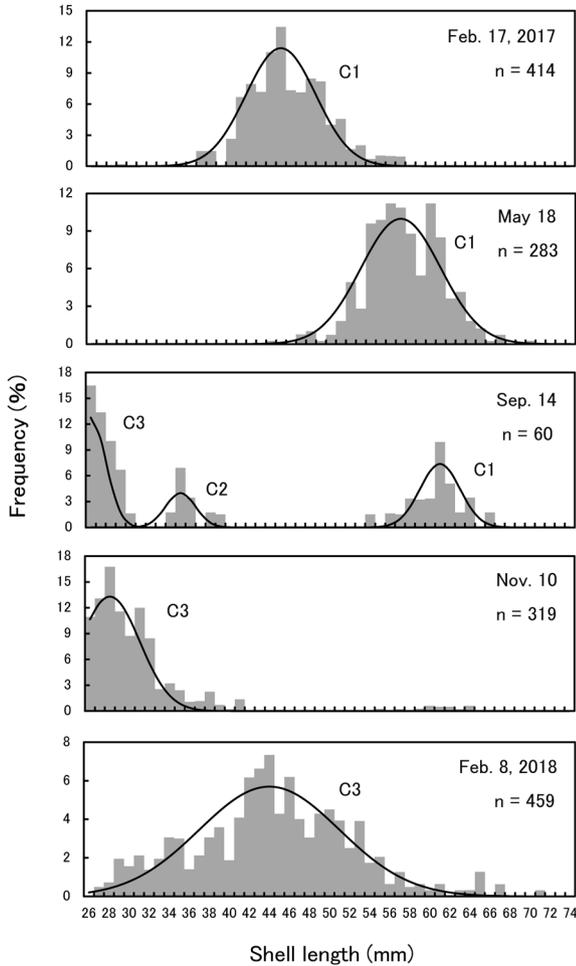


Figure 5. Seasonal changes of shell length (SL) frequency distribution of *Mactra chinensis*. The lines show normal distribution curves fitted numerically. “C1–C3” designate different cohorts, and n denotes the measured number of individuals. Note that ≥ 25.5 mm SL individuals were included in the analysis to avoid the effect of sampling selectivity by mesh size.

殻長組成

2017年2月の調査では、漁獲可能サイズ(40 mm)を超える殻長45 mmにピークを持つコホートC1(推定平均殻長46 mm)が出現した(Fig. 5)。殻長40 mm未満の個体もごくわずかに確認されたが、明確なコホートを形成しなかった。2017年5月の調査では、C1(推定平均殻長57 mm)のピークは殻長57 mmとなり、2月の調査から12 mm移行していた。殻長40 mm未満の個体は確認されなかった。2017年9月の調査ではC1(推定平均殻長61 mm)のピークは殻長61 mmとなり、5月の調査から4 mm移行していた。一方で、殻長40 mm未満の新規コホートC2とC3が出現したため、サンプル全体に占めるC1の割合が低下した。2017年11月の調査では、漁獲可能サイズを超える個体は散見

されるのみとなり、C1は消滅した。9月に確認されたC2も増大したC3に取り込まれて区別できなくなった。2018年2月の調査では、C3(推定平均殻長44 mm)は漁獲可能サイズを超える殻長44 mmにピークを持つまでに成長していた。2017年2月の調査時よりもコホートの範囲は広く、漁獲可能サイズ未満の個体も比較的多く確認された。

出現したコホートは、2017年5月までは主に2016年の春季から夏季に生まれたと推測されるC1のみであり、2017年9月の調査時には、C1に加えて2017年の春季から夏季に生まれたと推測されるC2, C3が出現したが、2017年11月以降はC3のみが確認されるという単純なものであり、1.5歳以上と推測される個体(通称:ヒネ)の割合は非常に少なく、コホートとして分離できるだけの個体数が出現しなかった(Fig. 5)。なお、1.5歳以上と推測される個体は殻長70 mm程度にまで達し、殻頂周辺が白くなり、側面には成長が停滞したことによると考えられる1本の明瞭な輪紋が形成されることから、容易に区別は可能である(Fig. 6)。

考察

群成熟度は生殖腺が成熟するとともに上昇してピークに達し、産卵および放精が行われるにつれて低下していくため(安田ほか, 1945)、三河湾の小型底びき網漁場においては、バカガイは群成熟度が上昇する2月から4月にかけて生殖腺の発達が進み、群成熟度が低下する4月から7月にかけての期間が産卵期であると考えられた(Fig. 4)。また、産卵のピークはほとんどの個体がステージA(得点1.0)を示した4月中旬から、半数程度がステージB(得点0.5)であった5月下旬までの期間であると考えられるが、5月から7月にかけても、全体の半数程度の個体の成熟段階がステージAと判定されたことに加え、ステージBと判定された雌個体の生殖腺内には、産卵後も残存したと思われる直径50–60 μm の大型の卵細胞とともに、発達途上と思われる小型の卵細胞も確認されたことから、この時期には産卵と未成熟な生殖細胞の成熟は同時に進行しており、産卵は成熟した卵細胞を一度に全て放出するものではなく、鳥羽ほか(1992)が東京湾船橋市地先のアサリで報告するように、産卵期を通じて少量ずつ複数回行われるものと推測された。また、バカガイの雌雄比がほぼ1:1であることも確認された。8月から10月にかけては、ステージAの個体がほとんど出現せず、ステージBおよびステージCの個体が主になったことから群成熟度は0.5を下回った。この時期には、新たに未成熟な生殖細胞が成熟することはなく、産卵および放精は生殖腺内に残存した生殖細胞が散発的に放出されるか、分解されて再吸収されていく過程(Kim et al., 2014)にあると考えられた。11月に入るとステージCの個体が大部分を占めたことから生殖細胞の分解および再吸収は完了し、12月以降もこの状態が継続した

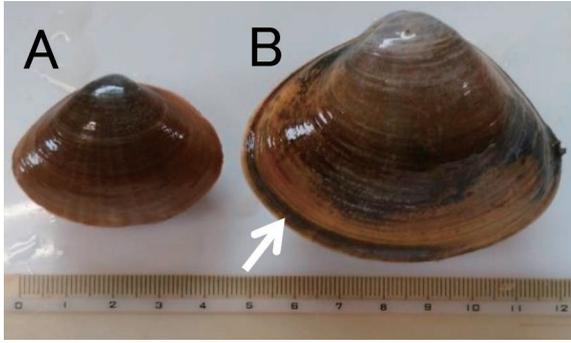


Figure 6. Photo showing specimens collected in February 2018. Specimen A and B were estimated to be <12 mo and >18 mo old, respectively. White arrow shows the external growth ring.

ことから、翌年2月まで配偶子形成は休止しているものと考えられた。

バカガイの産卵期は、東京湾では5月から6月（花岡・島津, 1949）、北海道苫小牧沿岸では7月から9月（櫻井ほか, 1992）、韓国西岸の群山では5月から9月で盛期は6月から7月（Chung et al., 1987）、黄海山東省沿岸では8月（Li et al., 2011）と報告されている。また、愛媛県瀬戸内海沿岸（岩下, 1992）や福岡県豊前海沿岸（藤本, 1992）のように4月から5月の春季と10月の秋季の2回産卵のピークがあるとする報告や、鹿児島県甲突川河口のように、産卵盛期は5月から7月だが、5月から12月までの長期間に渡り成熟した卵細胞を持つという報告もある（鹿児島県水産指導所, 1954, 1955）。本研究により三河湾の小型底びき網漁場におけるバカガイの産卵期の開始は4月頃と推定され、東京湾以南の他海域との類似性が認められた。バカガイの産卵および放精が東京湾以南ではおおむね4月から5月頃にピークを迎えるのに対して（花岡・島津, 1949；鹿児島県水産指導所, 1954, 1955；藤本, 1992；岩下, 1992）、苫小牧沿岸のような高緯度の地域では夏頃にピークを迎えることから（櫻井ほか, 1992）、本種の成熟には水温が重要な因子として働いていると考えられた。

バカガイの主産卵期の水温について、豊前海沿岸では20℃（藤本, 1992）、鹿児島県甲突川河口では19℃（鹿児島県水産指導所, 1954）、苫小牧沿岸では18℃から22℃（櫻井ほか, 1992）、黄海沿岸では20℃から27℃（Chung et al., 1987）、29℃（Li et al., 2011）という報告がある。また、バカガイの卵が正常に発生するための最低水温は16℃で、最適水温は22℃から28℃の間とされている（宮崎, 1933）。本種の三河湾の小型底びき網漁場における産卵期と推測された4月から7月にかけては、水温は10℃から28℃の間にあり（Fig. 4）、産卵は正常な卵発生に必要なとされるよりもやや低い水温から開始している可能性が考えられたが、5月には16℃を上回り、6月から7月にかけては

概ね22℃から28℃の間で推移したことから、産卵初期を除いて水温条件は適温であり、国内他海域と比較すると産卵可能な水温の範囲は広いと推測された。

本研究の結果では、三河湾の小型底びき網漁場に生息するバカガイは7月頃までには概ね産卵や放精を終え、8月から10月にかけては産卵や放精をしたとしても残存する生殖細胞を放出するだけの散発的なものであり、生殖腺は退行状態にあった。したがって、愛媛県瀬戸内海沿岸（岩下, 1992）や福岡県豊前海沿岸（藤本, 1992）のような秋季にも産卵ピークを持つ地域、あるいは鹿児島県甲突川河口のような半年以上に渡る長期間成熟卵を持つ地域（鹿児島県水産指導所, 1954, 1955）とは差異が認められた。調査地点周辺海域の水温は9月から11月の間は14℃から27℃の範囲にあり、産卵期と推定された4月から7月頃とほぼ同じ水温帯に収まったことから（Fig. 4）、水温が秋季の成熟を抑制している要因ではないと推測された。一方、餌料環境の指標としてのクロロフィル濃度の推移については、産卵期の終盤と推定される6月下旬および7月下旬に15 ppbを超えるピークが認められたが、その後は目立ったピークは認められなかった（Fig. 4）。黄海山東省沿岸のバカガイは、海域の水温とクロロフィルa濃度が最大値となる8月に産卵を行い、それが浮遊幼生の生残に有利に働くと予想されている（Li et al., 2011）。三河湾の小型底びき網漁場のバカガイにおいては、群成熟度の変化から配偶子形成が始まるのは2月頃、実際に産卵および放精が行われるのは4月頃からと予想されるが、この時期にクロロフィル濃度の目立ったピークは認められず、配偶子形成の開始や産卵および放精とクロロフィル濃度の直接的な関係は明らかにはならなかった。

アサリにおいては、飼育実験の結果から水温（鳥羽ほか, 1992, 1993；Toba and Miyama, 1995）以外にも餌料環境（鳥羽, 1989；鳥羽ほか, 1992）等の環境要因が成熟に影響を与えることが指摘されており、成熟生理から見た主たる産卵期は春季であるが、夏季から秋季にかけても水温や餌料環境などが良好であれば付加的に産卵期が形成されることが指摘されている（鳥羽ほか, 1992）。したがって、三河湾の小型底びき網漁場のバカガイにおいても、海況次第では秋季にもアサリで認められているような付加的な産卵および放精のピークが形成される可能性はあり、実際に他地域のバカガイでは秋季に産卵および放精のピークが認められるという報告もある（藤本, 1992；岩下, 1992）。本研究を実施した2017年に、秋季は産卵適温範囲にあったもののクロロフィルは比較的低濃度で推移した（Fig. 4）。本種の配偶子形成、産卵および放精の開始と餌料環境との関係は不明だが、秋季に付加的な産卵および放精のピークが形成される条件については、今後より詳細な調査により検討する必要がある。

群成熟度と肥満度のピークは良く一致したが、秋季から

冬季にかけて肥満度が群成熟度に先駆けて上昇する傾向が認められた (Fig. 4). 肥満度がピークに達した後、産卵および放精が行われるにつれて低下していく傾向は他地域の報告と同様であった (Chung et al., 1987; Li et al., 2011). 一般的に二枚貝類は成熟の前にグリコーゲン、タンパク質、脂質といった形でエネルギーを体内に蓄えることが知られており (Barber and Blake, 1981; Li et al., 2006), バカガイについても同様の報告がある (Li et al., 2011). 本研究では成熟前の2017年12月から2018年2月に肥満度が急激に上昇し、冬季が産卵のためのエネルギーを蓄える重要な時期であることが示唆された. その後、2月上旬に水温が上昇に転じると共に蓄えられたエネルギーが配偶子形成に使用され、生殖腺の発達が急激に進んだことが、2017年2月から4月にかけての急激な群成熟度の上昇に表れたと考えられる. 一方、クロロフィル濃度が高い値を示した6,7月には肥満度が低下しつつあり、両者の間に関連性は認められなかった (Fig. 4). アサリでは25°Cを超えると生理的な高温障害により肥満度が低下する (磯野ほか, 1998). バカガイについては、肥満度への影響は調べられていないものの、アサリと同様に25°Cが正常な生理活性を維持できる最大値であることが報告されている (磯野・中村, 2000). 本研究海域では7月中旬から9月中旬にかけて水温が恒常的に25°Cを超えたことから (Fig. 4), 餌料環境が良好であったにもかかわらず、アサリと同様の高温障害 (磯野ほか, 1998) が起きた可能性が指摘され、7月にも肥満度が低下し続けたことが説明できる. さらに11月に肥満度が最低値を示したことから、三河湾の小型底びき網漁場に生息するバカガイは秋季に最も栄養状態が悪かったといえる. 夏季の高温障害による栄養状態の低下とそれに続く秋季の低いクロロフィル濃度のため、秋季の成熟が抑制された可能性が考えられる. 三河湾のアサリでも秋季に肥満度が最低となることが報告されているが (松本ほか, 2014; 宮脇ほか, 2014) 春季に加えて秋季にも産卵のピークを持つ (松本ほか, 2014). 同じ湾内に生息する多獲性の二枚貝でありながら、栄養状態が悪い秋季にも成熟する種 (アサリ) と、成熟しない種 (バカガイ) の存在は興味深い. 両者の違いをもたらす要因は今後の重要な研究課題となろう. 例えば、アサリは浮遊性藻類のみならず附着性藻類も餌として利用可能との報告がなされているため (小池ほか, 1992), 両者を考慮して餌料環境を把握した上でバカガイの食性についても検証する必要がある.

殻長組成に基づくコホート解析結果から、以下の生活年周期が考えられた. 即ち、4月から7月の産卵期に発生した幼生は3週間程度の浮遊幼生期 (鶴井, 1980) を経た後に着底し、9月には早生または高成長率の個体が目合い15節 (半目: 10.8 mm) の袋網に入網するようになり、11月には大部分が殻長30 mm程度まで成長し、15節の袋網に入網するようになった. その後、冬季にも停滞することな

く成長が継続し、2月には漁獲可能サイズの殻長40 mmを超え、5月には殻長60 mm近くまで成長する. 以上のように本種は三河湾の小型底びき網漁場において発生後1年程度で漁獲可能サイズに達することが明らかになった.

本研究結果を他海域のバカガイと比較すると、まず東京湾においては、5月から6月に生まれ、12月には殻長50 mmに達し (花岡・島津, 1949), 豊前海沿岸では1年で殻長47 mmに達するとされる (藤本, 1992). 一方、苫小牧沿岸では殻長60 mmに達するのに2年以上必要である (櫻井, 1993). したがって、三河湾の小型底びき網漁場におけるバカガイの成長速度は、同じ温帯域の東京湾や豊前海沿岸と同程度であることが明らかとなった. 本研究海域を含む温帯域においてバカガイは単年で成貝まで成長し、これは高緯度海域である苫小牧沿岸で2年以上を要するのと対照的であったが、これは生息水温の差が影響していると考えられる. 苫小牧沿岸のバカガイ生息域の水温は3°Cから20°C程度であり (櫻井, 1993), 周年にわたり本研究海域 (5.9°Cから28.6°C) (Fig. 4) よりも低かった. また、殻長組成の推移の結果から三河湾のバカガイは冬季に成長が停滞しないと推測されたのに対し、苫小牧沿岸では冬季に殻の縁辺部に成長が停滞したことによる輪紋が形成される (櫻井, 1993). バカガイの寿命について、東京湾では1.5歳 (花岡・島津, 1949), 豊前海沿岸では2歳 (藤本, 1992), 苫小牧沿岸では10歳 (Sakurai et al., 1996) とされる. 三河湾の小型底びき網漁場において1.5歳以上の個体は非常に少なかったが、それが漁獲圧あるいは生理的な要因によるかの判定にはさらなる研究が必要である. また、1.5歳以上の個体の殻への輪紋の形成時期についても、冬季に成長が停滞しないことから、肥満度の低下により栄養状態の悪化が示唆される夏季から秋季であろうと予想されるが、今後検証を進める必要がある.

三河湾の小型底びき網漁業者は、稚貝保護のため秋季から冬季のバカガイ漁を休漁しているが、この時期は肥満度が低く身入りが悪いため、仮に漁獲したとしても商品価値は低いと思われる. また当年の春季から夏季に生まれたバカガイの大部分はこの時期には未だ漁獲可能サイズである40 mmに達していないと考えられ (Fig. 5), 漁獲効率も悪く、掘り返しや散逸による減耗を防ぐためにも、秋季から冬季にかけての休漁は妥当であると考えられた. 一方、春季から夏季にかけては、バカガイは肥満度が高く身入りが良いため積極的に漁獲を行うべきであるが、この時期は本種の産卵期と重なることが明らかとなった (Fig. 4). したがって、産卵期を通じて一定数の親貝を確保するために、袋網の目合いや船上での選別方法に工夫が必要である. 三河湾の小型底びき網漁業者は船上でのバカガイの選別に金属製の格子を用いており、格子の幅に満たない殻幅の個体は漁獲後に再放流される. 本研究で殻幅と殻長の関係が明らかとなったため、漁場における殻長組成や、その後の成

長の見込みなどを考慮にいれつつ適切な幅の格子を用いることにより、親貝の保護や、漁獲が大型個体で統一されることによる単価向上等に繋げられる可能性がある。

本研究では、採集に目合い15節（半目：10.8 mm）の水流噴射式貝けた網を用いたため、小型個体の成長を明らかにできなかった。また、本漁具によるバカガイの採捕効率も不明であるため、生息密度も明らかにできなかった。これらの点については、網目選択性の影響を受けない採泥器による採集（櫻井，1994）や潜水調査（櫻井ほか，2004）を組み合わせた調査を行う必要がある。

2018年2月に見られたコホートC3は、2017年2月に見られたコホートC1とピークの殻長が一致していたものの、コホートに含まれる殻長の範囲は2018年2月のコホートC3の方が広く、漁獲可能サイズ未満の個体も比較的多く含まれていた（Fig. 5）。これは、親貝の産卵や放精が行われた期間、浮遊幼生および着底後の稚貝の成長や生残が年ごとに概ね同じ傾向ではあるものの、いくらかの差異が存在することを示している。本研究の調査期間はほぼ1年間であったため、今後はより長期間のデータを使用して経年的な変動も検討する必要がある。

謝 辞

本研究は、公益社団法人日本水産資源保護協会の平成29年度漁村研究実践活動助成事業により行われた。また、北海道大学大学院水産科学研究院山村織生博士および匿名の査読者の方々には本稿のご高閲ならびに貴重なご助言を頂いた。調査を実施するにあたり、手三貝協会会長中根静夫氏を始めとする小型底びき網漁業者の方々には、多大なるご協力をいただいた。ここに、感謝の意を表する。

引用文献

- 相澤 康・滝口直之（1999）MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討。水産海洋研究，**63**，205–214。
- Barber, B. J. and N. J. Blake (1981) Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). J. Experiment. Marine Biol. and Ecol., **52**, 121–134.
- Chung, E., Y. Kim and T. Y. Lee (1987) A study on sexual maturation of hen clam *Macra chinensis* Philippi. Bull. Korean Fish. Soc., **20**, 501–508.
- 藤本敏昭（1992）バカガイの漁場造成要因の解明（6年間のとりまとめ）。福岡県豊前水産試験場研究報告，**5**，91–103。
- 花岡 資・島津忠秀（1949）東京湾産バカガイの形態変異と成長。日本水産学会誌，**15**，311–317。
- 磯野良介・喜田 潤・岸田智穂（1998）アサリの成長と酸素消費量におよぼす高温の影響。日本水産学会誌，**64**，373–376。
- 磯野良介・中村義治（2000）二枚貝による海水濾過量の推定とそれにおよぼす温度影響の種間比較。水環境学会誌，**23**，683–689。
- 岩下藤雄（1992）バカガイ種苗生産。平成3年度愛媛県中予栽培センター業務報告書，26–30。
- 鹿児島県水産指導所（1954）甲突川尻におけるバカガイの産卵期について。昭和28年度鹿児島県水産指導所事業報告，264–265。
- 鹿児島県水産指導所（1955）バカガイの産卵期について。昭和29年度鹿児島県水産指導所事業報告，236。
- Kim, S. H., E. Chung and K. Lee (2014) Oocyte degeneration associated with follicle cells in female *Macra chinensis* (Bivalvia: Mactridae). Dev. Reproduct., **18**, 321–327.
- 小池裕子・齊藤 徹・小杉正人・柿野 純（1992）東京湾小櫃川河口干潟におけるアサリの食性と貝殻成長。水産工学，**29**，105–112。
- Li, Q., W. Liu, K. Shirasu, W. Chen and S. Jiang (2006) Reproductive cycle and biochemical composition of the Zhe oyster *Crassostea plicatula* Gmelin in an eastern coastal bay of China. Aquaculture, **261**, 752–759.
- Li, Q., L. Yang, Q. Ke and L. Kong (2011) Gametogenic cycle and biochemical composition of the clam *Macra chinensis* (Mollusca: Bivalvia) : Implications for aquaculture and wild stock management. Mar. Biol. Res., **7**, 407–415.
- 松本才絵・淡路雅彦・日向野純也・長谷川夏樹・山本敏博・柴田玲奈・秦 安史・櫻井 泉・宮脇 大・平井 玲・程川和宏・羽生和弘・生嶋 登・内川純一・張 成年（2014）日本国内6地点におけるアサリの生殖周期。日本水産学会誌，**80**，548–560。
- 宮脇 大・村内嘉樹・山本直生・平井 玲・川村耕平（2014）三河湾の前浜干潟におけるアサリの成長と成熟。愛知県水産試験場研究報告，**19**，16–18。
- 宮崎一老（1933）バカガイの卵の発生に及ぼす温度及び塩分の影響。日本水産学会誌，**2**，162–166。
- 櫻井 泉（1993）北海道苫小牧におけるバカガイの年齢と成長。日本水産学会誌，**59**，469–472。
- 櫻井 泉（1994）北海道苫小牧におけるバカガイ若齢個体群の分布と減耗。日本水産学会誌，**60**，585–591。
- 櫻井 泉・金田友紀・藤澤千秋・佐々木義英・平井茂夫・鈴木芳房（2004）移植によるバカガイ母貝集団造成試験。北海道立水産試験場研究報告，**67**，89–95。
- Sakurai, I., M. Kurata and E. Abe (1996) Age structure and mortality of the sunray surf clam *Macra chinensis* off Tomakomai, southwest Hokkaido. Fish. Sci., **62**, 168–172.
- 櫻井 泉・蔵田 護・宮本建樹（1992）苫小牧におけるバカガイの産卵期について。日本水産学会誌，**58**，1279–1283。
- 武田和也（2005）三河湾の人工干潟域に優先する4種の二枚貝類に対するスナヒトデ (*Luidia quinaria*) の捕食選好性。愛知県水産試験場研究報告，**11**，37–42。
- 武田和也・石田基雄・石田俊朗・家田喜一（2004）人工干潟・浅場の水質浄化機能定量手法確立試験。平成15年度愛知県水産試験場業務報告，70–72。
- 鳥羽光晴（1989）アサリの水槽飼育での性成熟過程における摂餌量の重要性。水産増殖，**37**，63–69。
- Toba, M. and Y. Miyama (1995) Influence of temperature on the sexual maturation in Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Suisanzoshoku, **43**, 305–314.
- 鳥羽光晴・夏目 洋・山川 紘（1992）東京湾産アサリの成熟と産卵に関する二、三の知見。水産工学，**29**，47–53。
- 鳥羽光晴・夏目 洋・山川 紘（1993）東京湾船橋地先におけるアサリの生殖周期。日本水産学会誌，**59**，15–22。
- 鶴井啓司（1980）バカガイの人工採卵と初期飼育。栽培技術開発研究，**9**，13–20。
- 柳橋茂昭（1992）アサリ幼生の着底場選択性と三河湾における分布量。水産工学，**29**，55–59。
- 安田治三郎・浜井生三・堀田秀之（1945）アサリの産卵期について。日本水産学会誌，**20**，277–279。