

東京湾三番瀬に侵入した米国由来のホンビノスガイ (*Mercenaria mercenaria*) の個体群動態について

橋詰 和慶・鑪迫 典久*

食物栄養科

1. 緒言

ホンビノスガイは、欧米ではクラムチャウダーに使われる馴染み深い食用二枚貝で、原産地は北米大陸大西洋岸である。21世紀初頭に東京湾で移入が確認され¹⁾、近年では大阪湾でも普通種となっている²⁾。移入まもない本種について国内で産卵期の研究は皆無であり、稚貝の着底状況、野外での定期採集に基づく級群（同時期発生群）の解析を伴った個体群生態的研究に至っては、原産地ですら大変乏しく、ホンビノスガイに関する多分野の従来からの知見をまとめた総説³⁾にも取り上げられていない。これまでの本種の成長研究の多くは、限られた個体数による殻表の成長輪解析でなされたものである。本種の分布の中心が潮下帯であり、しかも最大10cm近くまであるさまざまな大きさの範囲の個体の十分量の採集には、一般的な定量調査で行われる方形枠内の総取り採集や採泥器によるものは不適で、広範囲に十分な個体数の捕獲が必要なことが、この研究を困難にしてきたかもしれない。以上より本研究では、東京湾の湾奥の三番瀬におけるホンビノスガイの個体群生態的研究を、肥満度の季節変化や産卵期の推定も伴いつつ、明らかにする。

2. 方法

1) 調査域、試料の採集

本種の採集は日本に定着して間もない時期である2002年11月より2005年2月まで、東京湾湾奥の三番瀬にある船橋地先 (Fig. 1) にて、地盤高約0cmの潮間帯下部から約-50cmの潮下帯にかけての牡蠣

殻等が多く混ざる砂泥域を中心に、月に1~2回の頻度で大潮時に、ジョレン（鋤簾、籠の部分：30×19×21cm、鋸歯長：7.8cm、鋸歯の間隔：1.4cm、籠の部分の目合：1.1cm）を用い、行った (Fig. 2)。うち10~2月の採集はよく干出する夜半に行った。

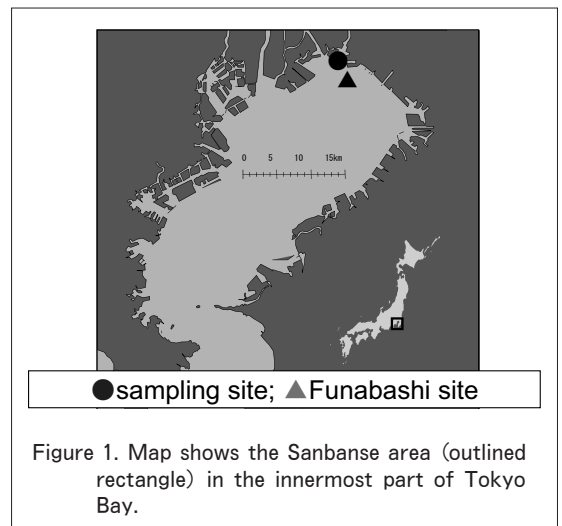


Figure 1. Map shows the Sanbanse area (outlined rectangle) in the innermost part of Tokyo Bay.

その際、ジョレンで5杯を目安に、砂泥を洗い流しながら採集した。ときには、採取した砂泥の体積の過半が本種になるような高密度域も珍しくなかった (Fig. 2のa)。それとは逆に、僅かな個体数しか採集できない場合には、主生息域を外れたとみなして、調査域をより広くとり、採集回数を増やして高密度生息域の探索を続け、多く採集されたところのみで5杯になるように扱った。なお、微小稚貝も採集できるように、ジョレンの籠の部分に1mm目合の金網を装着した。

* 愛媛大学大学院農学研究科

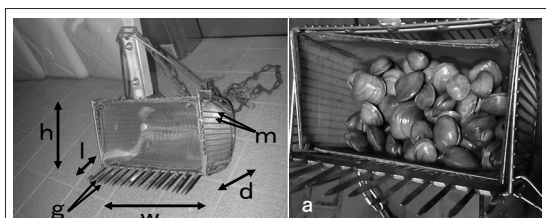


Figure 2. Fishery dredge used for clam harvesting was used for this study : (h) 19 cm long height of the opening of its cage ; (w) 30 cm long its width ; (d) 21 cm long its depth ; (m) 1.1-cm its cage mesh ; (l) 7.8-cm long twelve nails beneath its opening ; (g) 1.4-cm gaps between its nails ; (a) Clams were gathered with the fishery dredge with only a scoop from high density areas. Its cage is covered with 1-mm wire-mesh net for sampling juvenile clams.

採集物から本種のみを選び出し、クーラーボックスに保管し、採集後、半日以上以内に冷凍保管した。微小貝については、冷蔵保管した現場の砂泥から数日以内に入念に抽出した。その際、砂泥をさらに2mm目合の篩で分けることで、数mm以下の個体の識別を容易にするなど、抽出にあたって工夫した。

2) 試料の測定、分析

貝の殻長（殻の前縁から後縁にかけての最大値）を体の大きさの代表値とした。デジタルノギス（ABSOLUTE Digimatic Calipers、株式会社ミットヨ）で計測したものを、テレメジャーMS-30（日東工器株式会社）で無線受信させ、RXV-XL（株式会社フカサワ）というソフトでパソコン上のエクセルに測定値を $\frac{1}{100}$ mmの単位まで自動入力させた。毎月ごとに得られた殻長の組成からヒストグラム（度数分布グラフ）を作成し、特定の大きさの偏りから級群（同時期発生群）を識別した。

さらに、大きさの計測後、産卵期であれば確実に成熟している¹⁾殻長40~99mmまでの個体を対象に、月に1~2回、37個体以上（ただし、2003年10月14日だけは28個体のみ）の貝を開殻し、軟体部湿重量を電子天秤（コンパクトスケールHT-120、株式会社エー・アンド・デイ）などで $\frac{1}{100}$ gの単位まで計測した。湿重量の値から、以下のように肥満度も求め平均値の季節的推移を調べた。

$$\text{肥満度} = \frac{\text{軟体部重量 [g]}}{(\text{殻長 [cm]} \times \text{殻高 [cm]} \times \text{殻幅 [cm]})} \times 100$$

雌雄の判別および成熟度の区分については、内臓塊にある生殖巣の広がりを確認した上で、その中にある生殖細胞をピンセットでつまみ、その大きさ・形態を雌雄別に双眼生物顕微鏡（Nikon Eclipse E200）などで観察することで（Fig. 3）、以下のような4つの成熟段階に識別し、各期の出現割合を季節別に明らかにした（Fig. 4）。

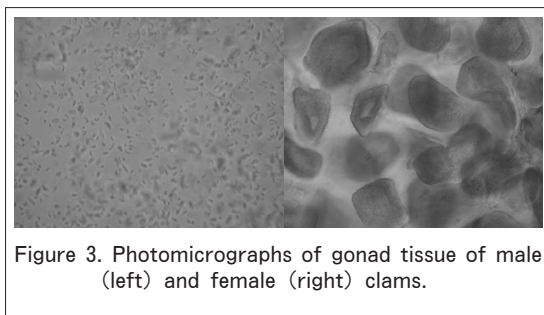


Figure 3. Photomicrographs of gonad tissue of male (left) and female (right) clams.

未成熟期（Unsexed or degenerative phase: Fig. 4u）

生殖細胞が少数か微小であるため性の識別が困難である。生殖巣が小さいので、内臓塊から中腸腺（dd: digestive gland）だけでなく消化管（it: intestine）がその外部から透けて見やすい。

成長期（Active phase: Fig. 4a）

生殖巣が内臓塊全体に十分に広がらないために肉はまだ平らである。生殖細胞の多くはまだ小型で、成熟した生殖細胞は一部であるか全く見られない。

成熟期（Ripe phase: Fig. 4r）

内臓塊全体に生殖巣が広がるために肉がよく肥膨し、雌で大きな卵細胞が充満する。雄で頭部が特殊化した精子特有の伸長した細胞が見られる。生殖細胞内でも放精前の精子の動く姿がしばしば見られる。なお、肥膨した内臓塊の表面から、肉眼で卵巣は白色ないしクリーム色に、精巣は橙色を帯びる場合が多い。生殖細胞が充満するために、外部から暗緑色となる中腸腺がほとんど見えなくなる。

放卵・放精期（Partially spent phase: Fig. 4p）

生殖巣内に一部の生殖細胞が放出されたことによる間隙があり、内臓塊は肥膨せず平らで、その表面の一部がへこんでしわがあるように見える。生殖細胞

胞の多くは未発達で、発達した生殖細胞はごく一部かほとんど見られない。

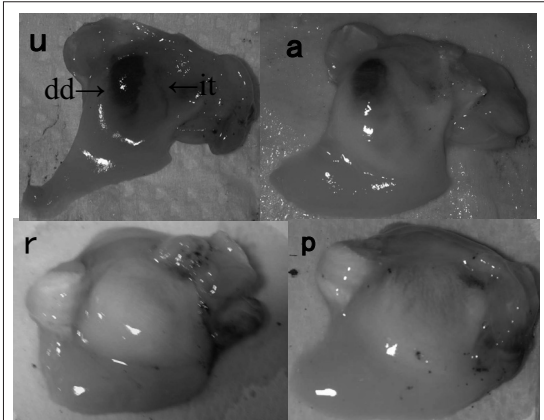


Figure 4. Photomicrographs of different gonadal stages observed in the soft body parts of the clams: (u) degenerative and resting stage; (a) active (moderately developed) stage; (r) ripe stage; (p) partially spawned stage.

なお、調査期間中の水温およびクロロフィル *a* 量については、東京湾海況情報に掲載された、本調査地から約 6 km 離れた、船橋調査点 (Fig. 1) のデータを引用した⁴⁾。

3. 結果

東京湾海況情報による水温を季節的にみると、両年とも 8 月に 25°C を越えて最高に、2-3 月に 10°C を下回り、最低となった。餌量の指標となるクロロフィル *a* 量は両年とも 8 月に最高となった。ただし、2003 年については春から秋にかけて値が一時的に高水準となり、短期間に大きく変動した (Fig. 5 上)。

本種の平均肥満度を季節的にみると、両年 (2003-2004 年) とも、7 月の一時的な落ち込みをはさんで春と秋 (4 月および 9 月) に 12 以上と値が高まり、10 月以降に激減して、12 月に最低となり、その後すぐに急激な上昇に転じるという点では、共通した (Fig. 5 下)。ただし、両年でその絶対値は異なっており、2003 年は極大となる 9 月を除いて 11 以下と

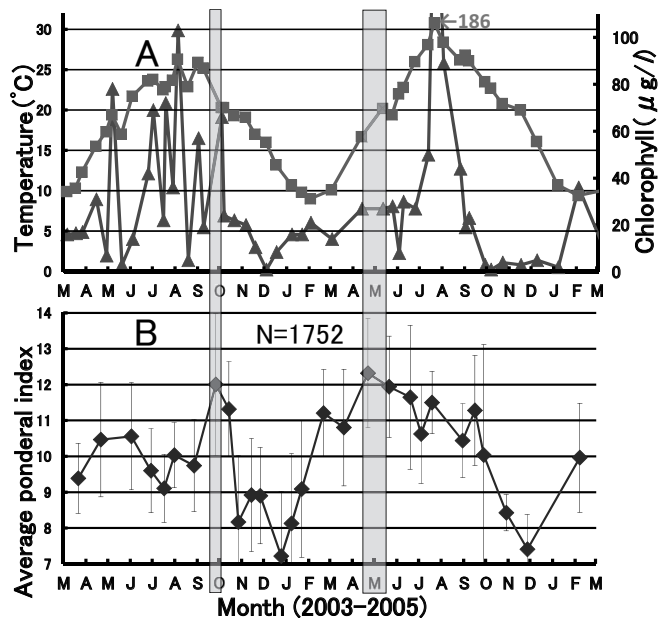


Figure 5. (A) Average surface water temperatures (black squares) and chlorophyll *a* (black triangles) at the Funabashi site (by Futsu Laboratory, 2003-2004) from March 2003 to March 2005. For the bar that extends beyond the scale of the y-axis, chlorophyll *a* is indicated adjacent to the arrow. (B) Average ponderal index of *Mercenaria mercenaria* (shell length > 40 mm) from March 2003 to March 2005. In both panels, gray rectangles indicate when the average ponderal index at the sampling site was more than 12.

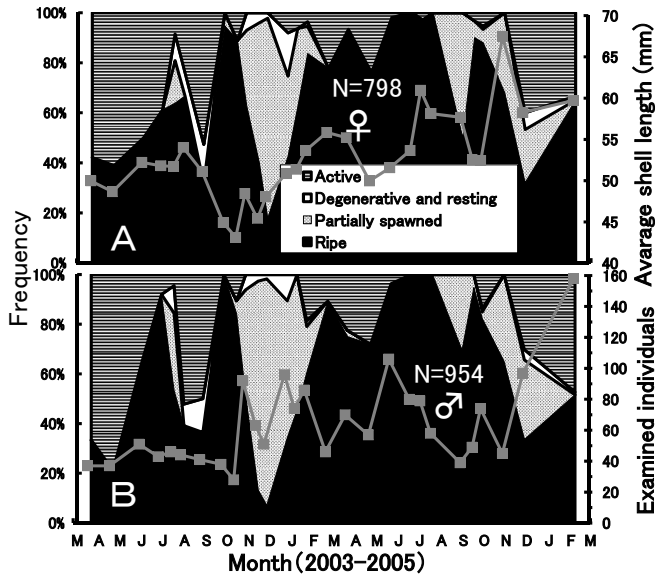


Figure 6. Frequency of gonadal stages (A, female; B, male) of *Mercenaria mercenaria* (shell length > 40mm) from March 2003 to March 2005. The grey line in panel B shows the examined individuals for gonadal stages. The grey line in panel A shows the average shell length of its individuals.

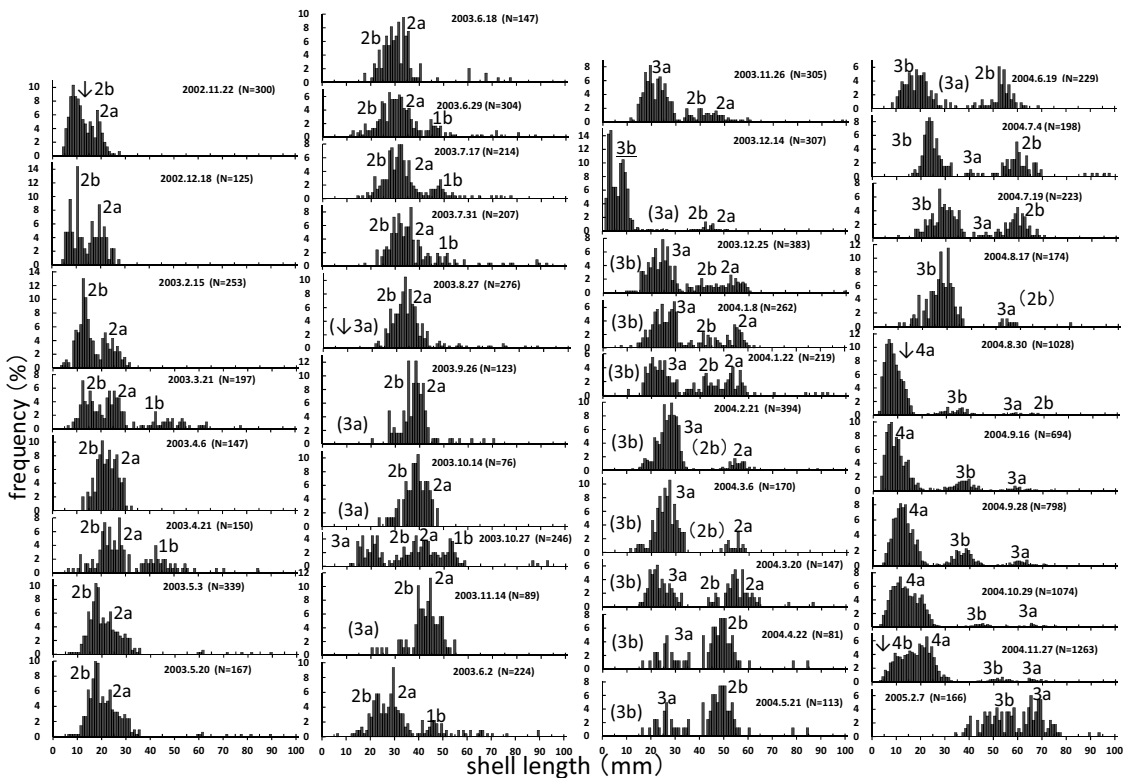


Figure 7. Seasonal change in size structure of *Mercenaria mercenaria* from November 2002 to March 2005. Roman numerals and alphabets indicate cohorts that settled at approximately the same time. Sampling dates and sample sizes are also provided for the upper part of each histogram.

低水準となる一方で、2004年は2～9月までほぼ11を越す高水準の状態が長く続いた。

4つの成熟段階を季節的にみると、両年とも、夏と秋(6-7月および9月)に成熟期の、4月に成長期の、11～12月に放精放卵期の個体の割合が高く、8月と11月に成熟期個体が大きく減少する点は共通した(Fig. 6)。ただし、2003年は成熟期が80%以上と高水準の時期が6-7月と9-10月に限られるのに対し、2004年は低水準となる11～12月以外の全ての月で成熟期の個体の割合が50%を越えた。

本種の殻長頻度分布を季節的にみると、調査期間中のいずれの年(2002-2004年)も初冬(11月下旬～12月)に、2004年には初秋(8月下旬～9月)に、10mm以下の稚貝の加入が多く見られた(Fig. 7)。そこで、初秋に加入した級群をa、初冬に加入したものをbとし、例えば2003年に加入したbであれば、3bとした。なお、2003年初秋に同様な加入は見られないものの、2003年10月には、2004年11月の4aと類似した20mm付近をモード(卓越した殻長の群)とする個体群(3aとした)が出現した。加えて、2004年6月には、2003年5月の2bと類似した20mm付近をモードとする個体群(3bとした)が出現した。

4. 考察

本種の平均肥満度の値は春や秋(4月と9月)の水温20℃前後の時期に12以上と高水準になった(Fig. 5)。この時期は、クロロフィルa量が増加傾向にあった。一方で、12月に両年とも9未満と最も低水準になるのは、低水温に加えクロロフィルa量が乏しくなる影響が大きいと考えられる。なぜなら、クロロフィルa量が20 $\mu\text{g}/\ell$ 以上と増え始める2004年2月には最低水温であるにもかかわらず、既に平均肥満度の増加が始まっているからである。

両年(2003-2004年)に見られる8月と11月の成熟個体の割合の急激な落ち込みは、両時期、少なくとも年に2回、放卵放精が盛んになることを示唆する(Fig. 6)。11月の方が成熟期個体で大きく減少するのは、11-12月に餌量の指標となるクロロフィルa量が最低水準である影響が考えられる。一方で、8-9月に放卵放精期の個体がほとんど見られず、成長期の個体の方が多いのは、この時期が高温・富

栄養環境下で、放卵放精直後から早期に生殖細胞の再発達が行われているものと考えられる。

なお、平均肥満度の低下が7月と10月であるのに対し(Fig. 5)、成熟期個体の減少が8月と11月になるのは(Fig. 6)、肥満度の低下が放卵放精の盛期より約1ヶ月、早くなることを示唆する。軟体部は生殖巣がよく発達する時期よりも少し前の筋肉に栄養が蓄積する時期の方が重くなるからかもしれない。と言うのは巻貝の知見ではあるが、アワビで足部筋肉部重量比や肥満度の極大が生殖腺成熟度指数の極大より数ヶ月早くなることが知られるからである⁵⁾。さらに、2003年に比べ2004年の方で長期にわたり平均肥満度や成熟期個体の割合が高くなったのは、より深い生息水深の個体を多く採集した影響があるかもしれない。なぜなら本種は、たとえ同一域であっても、干出しない潮下帯(亜潮間帯)、および潮間帯下部で産卵期が長期にわたるのに対し、よく干出する湿地の方が短い産卵期となり⁶⁾、しかも未成熟の個体が通年にわたり見つかることが知られるからである。

ホンビノスガイは原産地の北米において主に水温の影響により、低緯度の海域の方が、産卵が早期に年に2回、起こり、全体的に産卵時期が長くなることが知られる⁷⁾。本調査域の結果は、北米の温帯域で夏に1回だけ産卵するコネチカット州やニューヨーク州とは異なるが、より南方に位置し5-7月と10月に年2回の産卵期があるノースカロライナ州とは類似した。さらにもっと南方の亜熱帯海域であるジョージア州やフロリダ州では年最初の産卵開始時期が本調査よりも早くなっており(春と秋に年2回の産卵期)、春先の水温上昇の時期が産卵の開始に影響を与えることが示唆された。

加えて、年2回産卵するこれら米国の3つの州はいずれも秋(2回目)より春(1回目)の方が産卵の規模が大きいとある⁷⁾。しかしながら、本研究では初冬にも毎年、明確な稚貝の加入があり、成熟期個体の減少は、初秋よりむしろ初冬において著しい(Fig. 6)。米国と異なり、本調査域では年の2回目である初冬の方も初秋と同様に十分な規模の産卵と言える。

結果で述べたように殻長頻度分布の季節的移行を

長期的に追跡することで、2002～2004年にかけて、年に2回。初秋（a）と初冬（b）に出現する級群を認めることができた（Fig. 7）。年に2回の稚貝の加入（9月と12月）は、その約2ヶ月前に平均肥満度の落ち込み（7月と10月）が、約1ヶ月前に成熟期個体の出現割合の落ち込み（8月と11月）があったから生じており、これら3つの結果が互いによく符合した。ただし、2003年初秋は10mm以下の着底直後の級群（3a）を見出すことができず、2003年初冬に一時的に見られた着底稚貝群（3b）は、2004年6月までは見出すことができなくなるなど、十分に継続追跡できない級群があった。加入の規模が小さく、着底場所が局所的であれば、継続的には追跡されにくくなる可能性がある。一方で、3a（2003年10月27日）や3b（2003年12月14日）に見られるように、今回は単一の着底稚貝群とみなしたものの、複数のモードになっているように見えるところがあり、成熟個体の割合が多くなる極大も2004年では3回以上あることから（Fig. 6）、より多くの採集を行うことができれば、年に3回以上の産卵・加入のピークを識別できる可能性がある。

比較的継続追跡できた2002年初冬群（2b）と2004年初秋群（4a）のモードの季節的移行を比較すると、加入約2ヶ月後の、4aは約25mmに（2004年11月27日）、2bは10数mmに（2003年2月15日）、モードが見られた。明らかに初秋群（a）は冬を初めて経験する時期が初冬群（b）に比べて遅くなる分だけ、加入初期に高成長を示した。なお、10mm以下の個体が加入してから（加入時期を推測したものも含む）、約1年間で、2aは40数mm（2003年10月27日）、2bは約40mm（2003年11月14日）、3aは50数mm（2004年8月30日）、3bは約50mm（2004年11月27日）でモードが見られた。1年間で殻高40mm近い成長（殻長だと約45mmに相当）は、成長輪解析で計測したものではあるものの、テキサス産の亜種の個体でも確認されている⁸⁾。東京湾という富栄養で比較的温暖な海域で、同様な緯度の他の地域に比べ、干潟の二枚貝が大変速い成長を示すことはシオフキガイでも知られる⁹⁾。さらに、調査が行われた2002-2005年は、調査地から僅か2kmしか離れていない千葉市幕張にて1998年に国内の自然条件下で初めて採集される¹⁰⁾に至って

から僅か4年しか経っていない時期にあたる。移入直後で、天敵も少なく個体数が爆発的に増加していた時期かもしれない。しかしながら、どの級群もたった1年で全個体に占める割合はごく僅かになっており、2003年生まれ（3aと3b）に見られる年間50mmを越える高成長については、今後、大型個体の採集数を増やすことで再検証する必要がある。

本研究は、前述したように、ほとんどの級群について一部の月に追跡できなかった時期が含まれたので、多くの潮間帯性二枚貝で行われているような、級群識別のためのコホート解析ならびに季節ごとの各級群の平均殻長、成長速度の統計的推定をするまでには至らなかった。とは言え、これまで原産地の北米も含めてほとんどなされていない、月1回以上の調査間隔での、複数年にわたる野外採集によって殻長頻度分布の季節的推移を明示し、年2回の産卵期、着底稚貝の加入を初めて明らかにすることができた。

5. 謝辞

船橋地先での調査をご許可頂いた船橋漁業協同組合、千葉県農林水産部の皆様、貝の分析にご便宜を図って頂いた木幡邦男研究所長（埼玉県環境科学国際センター）、中村泰男博士（千葉県漁業組合連合会）、樋渡武彦博士・佐竹潔主任研究員（独立行政法人 国立環境研究所）、さらには、根岸由紀子教授（女子栄養大学栄養科学研究所）、渡邊早苗名誉教授（女子栄養大学栄養学部）に、文献の入手にご協力を頂いた岡本正豊氏（千葉県柏市）に、英文のご校閲を頂いた中村公子講師（戸板女子短期大学）に、深甚なる謝意を申し上げる。

6. 参考文献

- 1) 橋詰和慶・木内秋恵・高木嘉雄（2016） 東京湾の移入種、ホンビノスガイ（*Mercenaria mercenaria*）の雌への成熟について 戸板女子短期大学研究年報58：47-51.
- 2) 松隈明彦・孔令鋒・高田良二（2015） 外来種ホンビノスガイ *Mercenaria mercenaria* (Gould, 1861) と在来種ピノスガイ “*Mercenaria*” *stimpsoni*

- (Linnaeus, 1758) の形態学的・分子生物学的特徴と属位 西宮市貝類館研究報告 9 : 1-59.
- 3) Kraeuter, J.N. & Castagna M. eds. (2001) *Biology of the hard clam*. Elsevier, Amsterdam, XIX+751pp.
- 4) 千葉県水産総合研究センター富津研究所 (2002-2004) 東京湾海況情報 <https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/suisan/kaikyouchouhou/h16.html>
- 5) 田中種雄・坂本仁 (1988) 内房海域のメカイアワビの産卵期、肥満度、成長について 千葉県水産試験場研究報告46 : 17-22.
- 6) Walker, R.L. and P.B. Heffernan. 1994. Temporal and spatial effects of tidal exposure on the gametogenic cycle of the northern quahog, *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758), in coastal Georgia. *Journal of Shellfish Research* 13 (2): 479-486.
- 7) Eversole A.G. (2001) Reproduction in *Mercenaria mercenaria*. In: Kraeuter J.N. & Castagna M. eds., *Biology of the hard clam*. Elsevier, Amsterdam: pp. 221-260.
- 8) Craig, M.A. and T.J. Bright. 1986. Abundance, age distributions and growth of the Texas hard clam, *Mercenaria mercenaria texana* in Texas bays. *Contributions in Marine Science* 29: 59-72.
- 9) Hashizume, K., Tatarazako, N., Kohata, K., Nakamura, Y. & Morita, M. (2012) Life history characteristics of the surf clam *Macra veneriformis* (Bivalvia: Veneroidea: Mactridae) on a sandy tidal flat in Tokyo Bay, Japan. *Pacific Science* 66 (3): 335-346.
- 10) 西村和久 (2003) 東京湾奥のホンビノスガイ (移入種) について ひたちおび (東京貝類同好会) 94 : 13-17.