

北海道寿都漁港におけるコタマガイの生殖周期と成長様式

小川隆彰¹, 櫻井隆丞², 櫻井 泉^{1*}

Reproductive cycle and growth of the sandy beach clam, *Macridiscus melanaegis*, in Suttsu, southwestern Hokkaido, Japan

Takaaki OGAWA¹, Ryusuke SAKURAI² and Izumi SAKURAI^{*1}

School of Biological Science, Tokai University

Sapporo Hokkaido 005-8601, Japan

Abstract

This study aimed to develop a standard method of resource management of the sandy beach clam, *Macridiscus melanaegis*, by examining its reproductive cycle and the relationship between age and growth of individuals in Suttsu, southwestern Hokkaido, Japan. Histological observations of the gonads indicated that this clam has one spawning season per year in August. Mature clams had shell lengths of at least 23.3 mm in females and over 22.7 mm in males. Seasonal changes in the shell increment from the outermost major ring-to-shell margin suggested that the annual ring primarily forms during November-May. Assuming the first ring is formed at age 0, the relationship between age and shell length can be expressed using von Bertalanffy growth equation: $L_t = 61.36 [1 - \exp\{-0.24(t + 0.09)\}]$, where L_t is the shell length (mm) at age t (years). Therefore, we conclude that the shell length at first capture should be set to 40 mm, at which the growth rate slows down, and that fishing should be prohibited in August to ensure spawning.

Key words : age determination, growth, *Macridiscus melanaegis*, reproductive cycle, Suttsu macrobenthos

¹ 東海大学生物学部海洋生物科学科

² 寿都町役場産業振興課

* Tel : 011-571-5111, Fax : 011-571-7879, Email : sakurai@tokai.ac.jp

1. 緒 言

コタマガイ *Macridiscus melanaegis* は、北海道南部～九州および朝鮮半島の潮下帯下部～水深 50m に生息するマルスダレガイ科に属する潜砂性二枚貝であり¹⁾、北海道ではエゾハマグリと称して日本海沿岸を主体に漁獲されている。北海道寿都町においても本種は重要な水産資源に位置付けられており、1990 年代後半には年間 5 トン以上の水揚げが記録されているが、2010 年以降は資源量の低下によりほとんど漁獲がみられない状況にある（寿都漁業協同組合、私信）。このため、寿都町ではコタマガイ漁業の復活に向けて資源管理計画の策定を検討しているが、本種の生態に関しては移植時の減耗²⁾や新潟市沿岸における成長³⁾など断片的な知見がみられるに過ぎず、北海道において資源管理に必要な生活史特性に関する知見は皆無である。

そこで、本研究では寿都町沿岸において採集されたコタマガイを漁港内で 1 年間飼育することにより生殖周期と成長様式を検討したので、その結果を報告する。

2. 材料および方法

寿都漁港は日本海に面する寿都湾の湾口部南岸に位置しており、北東方向に開いた第 3 種漁港である (Fig. 1a)。港内中央部の水深は 6 m であり、水面下 0.5m の位置には養殖マガキを一時飼育するためのカゴ垂下用の延縄施設が整備されている。一方、寿都町におけ

るコタマガイの漁期は 6～8 月であるが、近年の資源量低下により休漁措置が取られているため、定期的に標本採集することは困難な状況にある。このため、本研究では寿都漁業協同組合が 2018 年 5 月に寿都町浜中沖の水深 3～5 m において実施した資源量調査により得られたコタマガイを上述の延縄施設において飼育し、これらを定期的に計測することにより成長と生殖に関するデータを収集することとした。

供試したコタマガイは、桁曳網を用いて採集された後、港奥の蓄養水面 (Stocking area; Fig. 1b) に整備された延縄施設において網カゴ内で垂下飼育された 191 個体である。これらを 2018 年 10 月に電子ノギス (CD-20AX; ミットヨ社) を用いて殻長を 0.01mm の精度で計測した。この時、供試個体を 3 つのサイズ群に区分し、本研究ではこれらを小型、中型および大型群として別々に飼育するとともに、以後の成長と生殖についても群ごとに解析した。なお、小型、中型および大型群の個体数はそれぞれ 62, 58 および 71 個体であり、平均殻長 ± 標準偏差はそれぞれ 29.2 ± 3.2 , 36.6 ± 2.9 および 46.0 ± 4.4 mm であった (Table 1)。次に、直径 40cm、高さ 10cm および目合 1 mm の網カゴを 3 つ用意し (Fig. 2)、これらに直径 3～5 mm の砂利を厚さ 10cm になるように敷設するとともに、供試個体を群ごとに収容した後、港中央部の航路 (Fairway area; Fig. 1b) に設置された延縄施設に垂下した。なお、網カゴの垂下水深は、水面下 1 m に

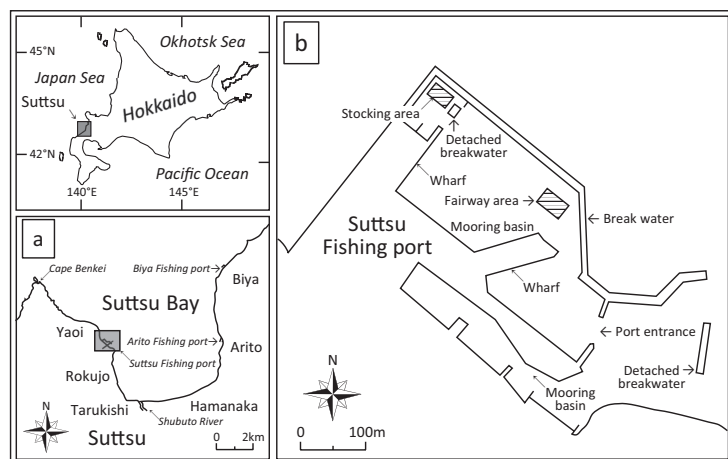


Fig. 1 Study area around the Suttsu fishing port on the coast of Suttsu Bay in southwest Hokkaido, Japan (a). An enlarged view of the shaded area in panel of the fishing port including the stocking and fairway areas (b).

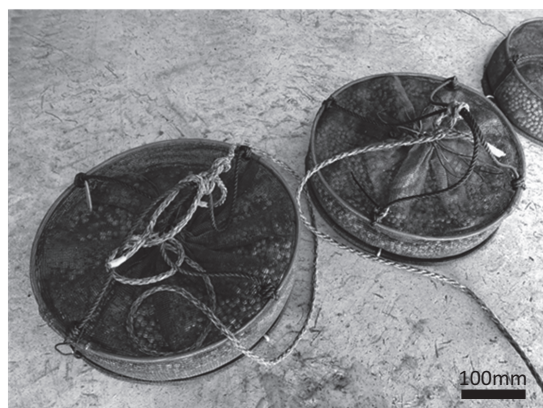
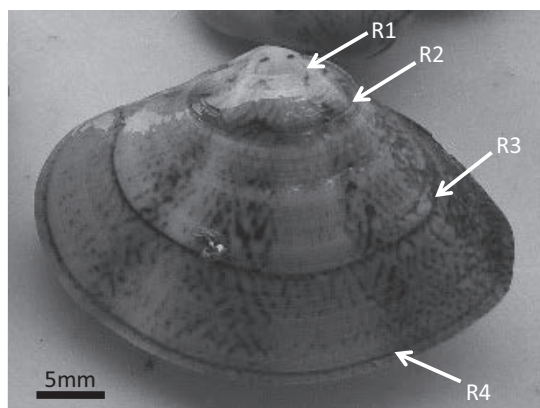


Fig. 2 Photograph of the rearing cages.

なるように調整した。

本研究では2018年11月～2019年10月にかけて月1回の頻度で3つの網カゴからコタマガイを全数回収し、先述の電子ノギスを用いて殻長を0.01mmの精度で計測するとともに、電子秤（HL-100；A & D社）を用いて全重量を0.01gの精度で秤量した。また、計測後の小型、中型および大型群の中から毎月3～4個体ずつコタマガイを無作為に抽出し、これらを標本として実験室に持ち帰った。その他の個体については、網カゴに戻した。なお、コタマガイを戻す前に、網カゴ表面に付着した海藻類や固着動物をブラシで除去した。

実験室に持ち帰った標本については、採集当日のうちに殻長を先述の電子ノギスを用いて再計測するとともに軟体部を摘出し、これをデビットソン液（エタノール：ホルマリン：酢酸：蒸留水＝33：22：11.5：33.5）に3日間浸漬した後、70%エタノール水溶液に移し替えて保管した。後日、軟体部中央部から約5mm角の組織を切り出し、通常のパラフィン包埋法により5μmの組織切片を作成した。これにマイヤーのヘマトキシリン・エオシン染色を施し、生物顕微

Fig. 3 Outside view of the right valve of *Macridiscus melanaegis* sampled from Suttu fishing port in May 2019. Rn (n=1-4) indicates the nth external growth ring.

鏡（×400；CH30；オリンパス社）を用いて組織学的観察を行った。なお、観察に際しては、サラガイ *Megangulus venulosus* の生殖巣発達段階⁴⁾に準拠し、回復期、成長前期、成長後期、成熟期、放出期および放出終期の6段階に分類した。

コタマガイの殻表面には、同心円状の細かい輪脈のほかに段差状の明瞭な輪紋が観察される（Fig. 3）。本研究では、これらの輪紋が年齢形質として有効であるかを検討するとともに、本種の年齢と成長の関係を明らかにするため、以下の解析を行った。まず、軟体部摘出後の貝殻を市販の塩素系漂白剤で洗浄し⁵⁾、これを風乾後、殻表面にみられる輪紋を計数し、これらが形成された時の殻長を先述の電子ノギスを用いて0.01mmの精度で計測した。なお、各標本とも輪紋には左殻と右殻で差が認められなかったことから、計測に供する殻の左右については限定しなかった。次に、輪紋数と殻長の関係を求めるため、輪紋形成時の殻長の平均値を算出し、これらを用いてWalfordの定差方程式を導出した後、以下に示すvon Bertalanffyの成長曲線に当てはめた。

$$L_r = L_{\max} [1 - \exp(-k(r-c))]$$

ここで L_r は輪紋数 r の時の殻長（mm）、 $L_{\max}$ は理論上の最大殻長、 k は成長係数、 c は $L_r=0$ の時の輪紋数である。

さらに、輪紋が年齢形質として有効であるかを検討するため、殻成長が明瞭であった小型群を対象に殻長と最終輪紋形成時の殻長の差分を縁辺成長量として求

Table 1 Individual number and mean shell length of *Macridiscus melanaegis* used in rearing.

Group	Number	Shell length ± standard deviation (mm)
Small size	62	29.2 ± 3.2
Medium size	58	36.6 ± 2.9
Large size	71	46.0 ± 4.4

め、この値が最小になる月を輪紋形成月とした。また、生殖巣の発達過程より推定した産卵月を起算月とし、産卵月と輪紋形成月のずれの年数をもとに上式を年齢 t と t 歳時の殻長 L_t の下式に補正した。

$$L_t = L_{\max} [1 - \exp\{-k(t-c)\}]$$

なお、本研究ではコタマガイの第1輪紋形年齢を明らかにできなかったため、バカガイ *Macrarchinensis*⁵⁾ やウバガイ *Pseudocardium sachalinense*⁶⁾ と同様に0歳時に形成されるものと仮定した。

2018年10月1日～2019年10月18日にかけて大型群の網カゴにメモリー式水温計 (Tidbit V2; Onset 社) を取り付け、水温を30分間隔で計測した。

3. 結果

サラガイの生殖巣発達段階⁴⁾ に準じて、コタマガイの生殖巣発達過程を組織学的に観察した結果、回復期、成長前期、成長後期、成熟期、放出期および放出終了期の6段階に区分することができた。

生殖巣の各発達段階に属するコタマガイの割合を月別に整理して Fig. 4 に示した。雌では、10～11月はすべての個体が放出終了期に属したが、12月には回復期、1月には成長前期および4月には成長後期の個体が出現した。その後、6月には成熟期の個体が約25%みられ、7月、8月および9月には全個体がそれぞれ成熟期、放出期および放出終了期に移行した。一方、雄では、10～11月はほとんどの個体が放出終了期に属したが、12月には回復期、1月には成長前

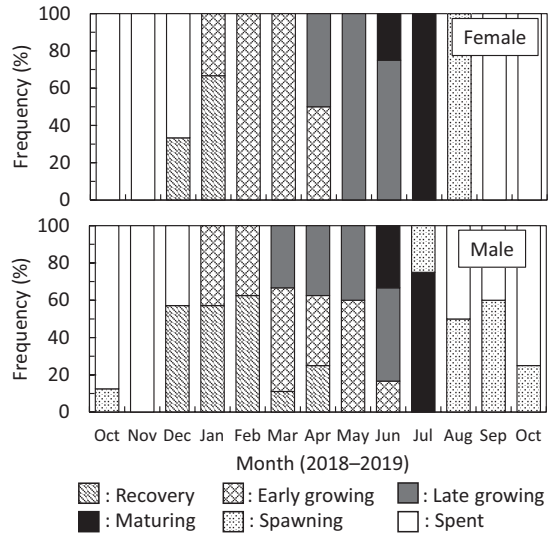


Fig. 4 Monthly changes in relative proportion (%) of *Macridiscus melanaegis* at each gametogenetic stage from October 2018 to October 2019.

期および3月には成長後期の個体がみられた。また、6月には成熟期の個体が約30%出現し、7月には約75%が成熟期に属するとともに、放出期の個体も認められた。8月には約半数が放出期に移行し、その後10月まで放出期の個体が認められた。

各調査月において抽出された標本のうち殻長が最も小さな個体の生殖巣の発達段階をみると (Table 2), いずれの個体も判別可能な発達段階に属しており、雄

Table 2 Gametogenetic stage of *Macridiscus melanaegis* with the smallest shell length in each month.

Year	Month	Shell length (mm)	Sex	Stage
2018	Oct	26.8	Male	Spent
	Nov	28.0	Female	Spent
	Dec	31.0	Male	Recovery
2019	Jan	25.6	Female	Early growing
	Feb	35.4	Female	Early growing
	Mar	23.7	Male	Early growing
	Apr	23.9	Male	Late growing
	May	23.6	Male	Late growing
	Jun	33.6	Female	Late growing
	Jul	22.7	Male	Maturing
	Aug	23.3	Female	Maturing
	Sep	38.4	Male	Spawning
	Oct	34.3	Female	Spent

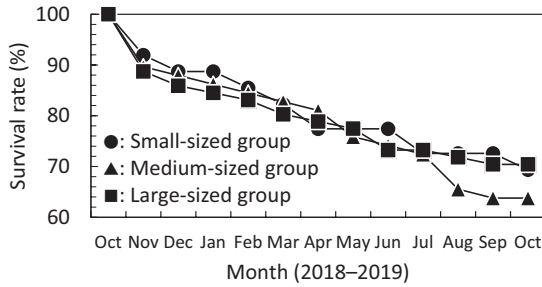
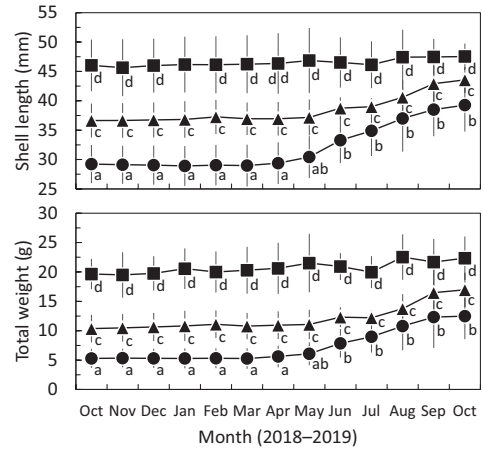


Fig. 5 Monthly changes in survival rate of *Macridiscus melanaegis* in each sized group from October 2018 to October 2019.

では殻長 22.7mm 以上、雌では殻長 23.3mm 以上の個体において成熟期に達することが確認された。

試験期間中におけるコタマガイ小型群、中型群および大型群の生残率の推移を Fig. 5 に示した。試験終了時における小型群、中型群および大型群の生残率は、それぞれ 69%、64%および 70%であり、サイズによる明瞭な差は認められなかった。

試験期間中におけるコタマガイの殻長および全重量の月別変化を Fig. 6 に示した。小型群の殻長および全重量は、2018 年 10 月～2019 年 4 月まではほぼ横ばいで推移したが、その後は増加し、10 月にはそれぞれ 39.3mm および 12.5g に達した。また、小型群では、平均殻長および全重量ともに 2018 年 10 月～2019 年 4 月と 2019 年 6～10 月との間に有意差が認められた (Steel-Dwass 検定, $p < 0.05$)。中型群の殻長および全重量は、小型群と同様に 4 月まではほぼ横ばいで推移した後に増加し、10 月にはそれぞれ 43.6mm および 17.0g になったが、各月間の平均殻長および全重



●: Small-sized group ▲: Medium-sized group ■: Large-sized group

Fig. 6 Mean shell length and total weight of *Macridiscus melanaegis* in each sized group from October 2018 to October 2019. Vertical lines indicate standard deviations. Values with the same letter are not statistically different ($p > 0.05$) among the months.

量に有意差は認められなかった (Steel-Dwass 検定, $p > 0.05$)。また、大型群についても各月間の平均殻長および全重量に有意差は認められず (Steel-Dwass 検定, $p > 0.05$)、試験期間中における殻長および全重量の増加量はそれぞれ 1.5mm および 2.7g に過ぎなかった。

各輪紋形成時におけるコタマガイの平均殻長を算出した後 (Table 3)、これらの値を用いて Walford の定差方程式を導出し、以下に示す von Bertalanffy の成長式を得た。

$$L_t = 61.36[1 - \exp\{-0.24(r-0.66)\}]$$

Table 3 Mean shell length and standard deviations at each shell ring for *Macridiscus melanaegis* sampled from October 2018 to October 2019.

Number of rings	N	Shell length (mm)								
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉
3	46	4.5 ± 0.7	15.4 ± 2.9	27.3 ± 4.0						
4	54	4.6 ± 0.9	15.9 ± 2.9	28.0 ± 5.8	35.6 ± 4.5					
5	48	5.1 ± 0.7	16.1 ± 2.9	27.3 ± 4.5	35.4 ± 3.7	40.5 ± 3.8				
6	23	5.2 ± 0.9	17.5 ± 2.4	28.3 ± 4.6	35.4 ± 5.2	40.6 ± 5.3	43.9 ± 4.7			
7	9	5.4 ± 0.7	16.6 ± 2.2	27.8 ± 3.3	35.9 ± 4.5	40.0 ± 4.3	43.1 ± 4.2	44.8 ± 4.4		
8	2	5.0 ± 0.6	17.1 ± 4.6	25.5 ± 4.3	33.6 ± 1.4	38.4 ± 0.1	42.7 ± 0.9	46.6 ± 1.5	50.0 ± 3.3	
9	4	5.1 ± 0.8	17.1 ± 2.3	26.0 ± 4.7	32.8 ± 3.7	38.9 ± 3.3	43.7 ± 3.9	47.3 ± 4.3	50.2 ± 2.9	52.9 ± 3.0
Mean		4.8 ± 0.9	16.1 ± 2.8	27.6 ± 4.7	35.4 ± 4.3	40.3 ± 4.2	43.6 ± 4.3	45.6 ± 4.0	50.1 ± 2.6	52.9 ± 3.0
N		186	186	186	140	86	38	15	6	4

L_r (r=1-9) indicates shell length at the r-th ing. N represents number of specimens examined.

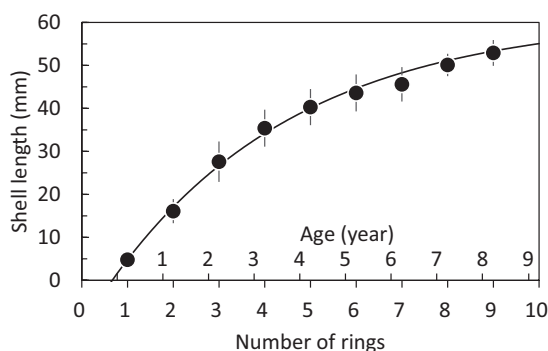


Fig. 7 Growth curve obtained using von Bertalanffy' growth equation and measured mean shell length of *Macridiscus melanaegis*. Vertical bars represent standard deviations.

これより、コタマガイの最大到達殻長は 61.4mm, 成長係数は 0.24 と算出され, 得られた成長式は計測値に対してよく適合していた (Fig. 7)。

コタマガイ小型群の殻の縁辺成長量の月別変化を Fig. 8 に示した。殻の縁辺成長量は, 2018 年 10 月は 7.8mm であったが, 11 月から減少し, 12 月～2019 年 4 月はほとんど変化がみられず 1 mm 以下であった。その後の成長量は 5 月から増加し, 10 月には最大値の 8.8mm を示した。

試験期間中における日平均水温の変化を Fig. 9 に示した。水温は 2018 年 10 月の 19.9℃から徐々に低下し, 2019 年 2 月に最低値の 2.4℃を記録した。その後の水温は上昇に転じ, 8 月に最高値の 24.5℃に達した後, 再び低下した。

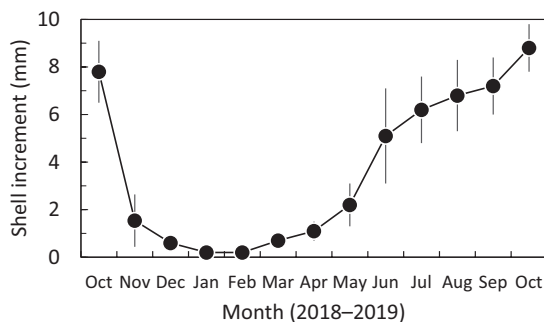


Fig. 8 Monthly changes in shell increments from the outermost major ring to shell margin for small-sized *Macridiscus melanaegis*. Vertical bars represent standard deviations.

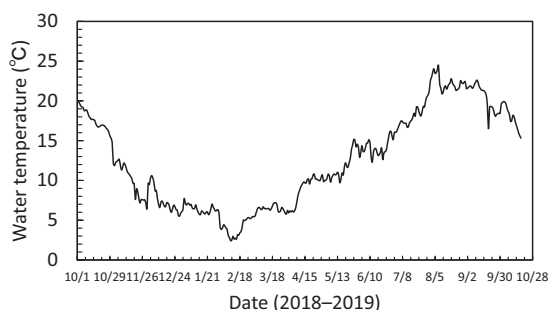


Fig. 9 Time-series changes in daily mean water temperature in Suttu fishing port from October 2018 to October 2019.

4. 考 察

本研究の結果, コタマガイは雌雄ともに 1～6 月にかけて生殖巣が発達し, 7 月に成熟期に達した後, 8 月に放出期を迎えた。したがって, 寿都漁港における本種の繁殖期は 8 月の年 1 回であると推察される。また, 寿都漁港の水温は, 2 月に最低値および 8 月に最高値を記録した。二枚貝の成熟と産卵は水温の影響を受ける事例が多数報告されており^{4,7,8)}, コタマガイでは水温上昇期の 2～7 月に生殖巣が発達し, 水温がピークとなる 8 月に放卵・放精を行うものと推察される。

試験終了時におけるコタマガイの生残率は, 小型群では 69%, 中型群では 64% および大型群では 70% であり, サイズによる明瞭な差は認められなかったが, 本研究と並行して行われたアサリ *Ruditapes philippinarum* の垂下養殖試験における生残率 (= 95%; Sakurai et al. 印刷中) に比べて低い値となった。このように, コタマガイの生残率が低下した原因の 1 つとして, 本種のストレス耐性の弱さが挙げられる。安永²⁾によると, コタマガイは輸送によるストレスに弱く, 水槽実験では輸送後のチョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii* およびウバガイの生残率が 90% 以上であったのに対して, コタマガイの生残率は 60% 程度であった。また, 輸送後 3 日生残した個体を漁港内に 30 日間垂下した実験では, チョウセンハマグリおよびウバガイの死亡率がそれぞれ 6% および 8% であったのに対して, コタマガイの死亡率は 14% であったという²⁾。一方, コタマガイの塩分および水温に関する耐性実験では, 塩分濃度を 60‰ に希釈した海水中における 30 日間の生残率は 100% であり, 6℃の

低水温および 30℃ の高水温下でも 10 日間の生残率は 100% であったことが述べられている²⁾。寿都漁港には河川水の流入はなく、付近の河川についても港内の塩分濃度に影響を与えるほどの流量はないものと考えられる。また、寿都漁港内は上述の耐性実験よりも低水温になるが、港外にはコタマガイが生息していることを考えると、低水温が生残率に影響しているとは考えにくい。加えて、最高水温についても寿都漁港内は 8 月に記録された 24.5℃ であり、生残率への影響はないものと推察される。以上のことから、毎月の計測作業において網カゴを陸上げし、基質中から掘り起こす行為がコタマガイにとってストレスとなり、死亡を誘発させたものと推察される。また、網カゴは延縄に垂下されていたため、波や流れによる揺れがストレスになっていた可能性も考えられる。今後、コタマガイを一時的にでも網カゴで飼育する際には輸送方法に留意するとともに、陸上げ回数の低減や固定方法の改善を図る必要がある。

本研究期間中、コタマガイ小型群では殻長が 10.0mm 伸長するとともに（試験開始時の 1.3 倍）、全重量は 7.2g 増加した（同 2.4 倍）。また、中型群においても殻長は 6.9mm 伸びるとともに（同 1.2 倍）、全重量は 6.6g 増えた（同 1.6 倍）。一方、大型群は、殻長では 1.5mm の伸長（同 1.0 倍）、全重量では 2.7g の増加（同 1.1 倍）に過ぎなかった。ただし、成長に有意差が認められたのは小型群の 2018 年 10 月～2019 年 4 月と 2019 年 6～10 月との間に限られた。このことから、寿都漁港におけるコタマガイの成長期は 6～10 月であり、成長の程度は殻長 30mm 前後の小型個体で顕著となることが示唆される。

本研究の結果、コタマガイ小型群の殻の縁辺成長量は、11～5 月にかけては 2.2mm 以下で推移したが、6～10 月にかけては 5.1～8.8mm の範囲にあり、明瞭な 1 年周期の変化を示した。このことから、寿都漁港におけるコタマガイの輪紋は、年に 1 本、11～5 月に形成されることが示唆される。二枚貝の輪紋形成の主要因としては、放卵・放精⁸⁾、水温低下^{4,5)} および高水温⁹⁾ 等による成長停滞が知られているが、寿都漁港におけるコタマガイの産卵期は、先述のように 8 月であることから、本種の輪紋形成に放卵・放精は直接関係していないと思われる。一方、殻の縁辺成長量と水温変化を比較すると、殻の縁辺成長量は水温

上昇とともに増加し、水温低下とともに減少することが理解できる。特に、殻の縁辺成長量の顕著な増加は、水温が 15℃ 以上の 6～10 月にみられたが、水温が 15℃ 以下となる 11～5 月にはみられなかった。このことから、コタマガイの殻成長は水温変化に同調しており、本種の輪紋は水温が 15℃ を下回った時に起こる成長停滞によって形成されると考えられる。

輪紋数を年齢に置換するには、産卵期と輪紋形成時を知る必要がある。本研究の結果、コタマガイの産卵期は 8 月であり、輪紋は 11 月に形成されることが明らかとなった。また、本種の第 1 輪紋は 0 歳時に形成されると仮定すると、産卵期と輪紋形成時期のずれの年数は 0.75 年となる。この年数をもとに輪紋数と殻長の関係式を補正し、以下に示す年齢 t 歳時における殻長 L_t の関係式を得た。

$$L_t = 61.36[1 - \exp\{-0.24(t + 0.09)\}]$$

得られた関係式より満 1, 3, 5, 7 および 9 歳時の殻長を算出すると、それぞれ 12.2, 31.2, 42.8, 50.0 および 54.4mm となる。一方、新潟市五十嵐浜におけるコタマガイは、1 歳で 10mm, 3 歳で 32mm, 4 歳で 45mm 以上に成長することが報告されている³⁾。このことから、寿都漁港のコタマガイは、1～3 歳までは新潟市沿岸の個体と同程度の成長速度を示すが、殻長 45mm 以上に達する年齢は 5.6 年と推定されるため、4 歳以降の成長速度は新潟市沿岸の個体より遅いものと考えられる。

本研究において生殖巣の観察に供したコタマガイの殻長は 22.7～54.8mm であり、すべての標本に生殖巣が確認されるとともに、雌雄判別は可能な状態であった。このことから、寿都漁港におけるコタマガイは、少なくとも雄では殻長 22.7mm 以上、雌では殻長 23.3mm 以上の個体は再生産に寄与すると考えられる。そこで、先述の年齢と殻長の関係式に $L_t = 23\text{mm}$ を代入すると $t = 1.9$ 年と計算されることから、コタマガイは親貝として少なくとも 2 歳から繁殖に加入すると推察される。

コタマガイを持続的に漁獲するには、生活史特性を明らかにした上で漁獲開始サイズや禁漁期、禁漁区、許容漁獲量などを決める必要がある。本研究では、寿都漁港においてコタマガイを飼育することにより、本種の成長周期や年齢と成長の関係、初回成熟年齢といった生活史特性を明らかにすることができた。これ

らを踏まえたコタマガイの資源管理策として、成長が緩やかになる殻長 40mm 以上を漁獲開始サイズとし、産卵期の 8 月を禁漁期に設定することが挙げられる。今後は、本種の資源量および稚貝加入量を毎年把握するとともに、年齢構造を解析することにより個体群動態を解明し、許容漁獲量を検討する必要がある。また、稚貝の分布状況を調べることにより、禁漁区の設定も検討しなければならない。なお、本研究で提示した生活史特性は、漁港内で垂下飼育した個体のものである。同じマルスダレガイ目のアサリでは、垂下養殖した個体のほうが干潟に生息する個体より良好な成長を示すことが報告されている (Sakurai et al. 印刷中)。したがって、今後は本研究で得られた結果を天然海域に生息するコタマガイの産卵期や成長様式と比較し、漁港内との差を明確にすることも重要な課題である。

5. 謝 辞

本研究の実施にあたり、現地調査にご協力いただいた株式会社西村組の山田俊郎係長、寿都漁業協同組合の関係各位、並びに東海大学生物学部の関係各位に深く感謝申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 奥谷喬司 (2017) : 日本近海産貝類図鑑第二版. 東海大学出版部, 東京, 1248pp.
- 2) 安永義暢 (1980) : 砂浜性二枚貝の移植時の減耗に関する基礎的考察. 日水研報告, 31, 73-85.
- 3) 赤嶺達郎・中西 孝・梅澤 敏・栗原 肇 (1991) : 新潟市五十嵐浜におけるコタマガイの成長. 日水研報告, 41, 27-41.
- 4) 五嶋聖治・長本克義・河合 溪・中尾 繁 (1991) : 知内におけるサラガイ *Megangulus venulosus* の生殖周期と成長. 日本ベントス学会誌, 40, 23-33.
- 5) 櫻井 泉 (1993) : 北海道苫小牧におけるバカガイの年齢と成長. 日水誌, 59, 469-472.
- 6) 杉浦大介・橋詰翔太郎・野呂英樹・藤川義一 (2017) : 青森県太平洋沿岸におけるウバガイ (ホッキガイ) の年齢と成長. 青産技セ水研研報, 10, 1-7.
- 7) 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. 日水誌, 58, 1279-1283.
- 8) Coe, W. R. (1947): Nutrition, growth and sexuality of the pismo clam (*Tivela stultorum*). *J. Exp. Zool.*, 104, 1-24.
- 9) 丸 邦義・小原昭雄 (1967) : ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) の生態に関する研究, 1. 成長と年輪形成について. 北水試報告, 7, 72-83.