

## 北海道苫小牧海域におけるウバガイの成長と生息密度の関係

大田はるか<sup>1</sup>, 渡谷真奈聖<sup>1</sup>, 五十嵐大将<sup>2</sup>, 飯村幸代<sup>2</sup>,  
巻口範人<sup>2</sup>, 赤澤一貴<sup>3</sup>, 櫻井 泉<sup>1\*</sup>

### Relationship between growth and population density of *Pseudocardium sachalinense* in Tomakomai, southwest Hokkaido, Japan

Haruka OHTA<sup>1</sup>, Manase WATARIYA<sup>1</sup>, Hiromasa IKARASHI<sup>1</sup>, Sachiyo IIMURA<sup>2</sup>,  
Norihiro MAKIGUCHI<sup>2</sup>, Kazutaka AKAZAWA<sup>3</sup> and Izumi SAKURAI<sup>1\*</sup>

School of Biological Science, Tokai University  
Sapporo Hokkaido 005-8601, Japan

#### Abstract

At the fishing grounds of the surf clam *Pseudocardium sachalinense* off the coast of Tomakomai, Hokkaido, marked differences in juvenile recruitment depending on location can result in local overcrowding, which can hinder clam growth. To examine the optimum population density suitable for clam growth, growth patterns between locations with different densities were compared. Two hundred and forty clams were collected from eight stations with different population densities in October 2018 and 2019. The relationship between age and shell length was investigated using von Bertalanffy's growth equation after age determination using the rings engraved in the chondrophore. At five stations, clam population density was 0.9 to 6.6 ind./m<sup>2</sup>, and the theoretical maximum shell length ( $L_{max}$ ) ranged from 123.5 to 138.0 mm. In contrast, at three stations clam density was 10.6 to 18.1 ind./m<sup>2</sup>, and the  $L_{max}$  ranged from 109.6 to 119.3 mm, with a notable tendency for miniaturization. The yield rate, calculated as the ratio of the soft body weight to the total weight, was also lowest at the station with the highest density. Therefore, we hypothesize that clam growth in Tomakomai would be affected by a population density over 10 ind./m<sup>2</sup>.

**Key words :** growth, population density, *Pseudocardium sachalinense*, yield rate

---

<sup>1</sup> 東海大学生物学部海洋生物科学科

<sup>2</sup> 北海道栽培漁業振興公社

<sup>3</sup> 苫小牧漁業協同組合

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

## 1. 緒 言

ウバガイ *Pseudocardium sachalinense* は、北海道および東北地方沿岸の浅海砂泥底に生息するバカガイ科の二枚貝である。本種は、北海道では重要な漁業資源に位置付けられているが<sup>1)</sup>、稚貝加入量の年変動が著しく、稀に発生する卓越年級群に漁業が依存している事例が多くみられる<sup>2)</sup>。このため、ウバガイ漁業は、資源量や加入量に基づいた漁獲枠の中で行われており、加入量の変動要因を明らかにすることが本種の安定生産を図る上で課題となっている。

こうした中、苫小牧海域においても例外ではなく卓越年級群の発生に起因したウバガイ資源量の顕著な変動が記録されている。近年では2013年と2014年に本種稚貝の大量発生が確認されており、その後、本発生群が順調に成長した結果、2018年には大幅な資源加入に至り、同年3月時点においてウバガイ資源量は、前年度を11,545トン上回る28,946トンを記録した(苫小牧漁業協同組合調査資料)。また、翌2019年3月時点の本種資源量は、前年を2,047トン下回ったものの、依然として26,899トンの高水準を維持している。一方、こうした資源量を漁場別にみると、7～11月に操業する夏漁場では11,500トンに対して12～4月に操業する冬漁場では15,399トンであり、場所による加入量の差が顕著となっている。また、地点別に調査したウバガイの生息密度にも0.1～27.2個体/m<sup>2</sup>の範囲で変動がみられ(苫小牧漁業協同組合調査資料)、場所により密度差が大きいことが窺われる。このため、

生息密度の高い場所では過密による成長阻害が危惧されている。

そこで、本研究では生息密度が異なる8つの地点においてウバガイを定量採集し、年齢と殻長の関係を比較することによって生息密度が本種の成長に及ぼす影響を検討した。また、生息密度がウバガイの歩留り(全重量に対する軟体部重量の割合)に及ぼす影響を併せて検討したので、その結果を報告する。

## 2. 材料および方法

### 2-1. 採集方法及計測

本研究で用いたウバガイは、北海道苫小牧市沿岸(Fig. 1)において2018年および2019年の各10月に採集した。採集には、目合36mmの内袋と目合90mmの外袋を装備したウバガイ操業用の噴流式桁網(桁幅1.5mm)を用いた。

採集場所については、2017年および2018年の苫小牧地区ウバガイ資源量調査報告に基づいて本種の生息密度が異なる8地点を設定した。すなわち、苫小牧西港を挟んで東側に位置する水深5～7mの夏および冬漁場に2点ずつ、苫小牧西港を挟んで西側に位置する水深6～9mの夏および冬漁場に2点ずつであり、推定されたウバガイの生息密度は3.9～27.2個体/m<sup>2</sup>の範囲にある。

採集に際しては、各地点において先述の桁網を3～9分間曳網するとともに、潜水により曳網距離を実測した後、桁網で獲り残した個体を採集し、これらを入

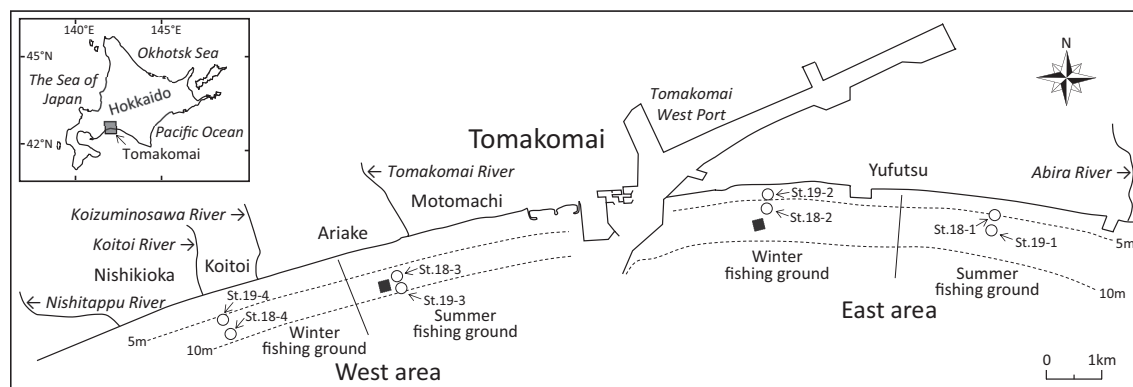


Fig. 1 Location of the survey area off the coast of Tomakomai, southwest Hokkaido, Japan. Open circles indicate the sampling stations for population density and growth analysis of *Pseudocardium sachalinense*. Solid rectangles represent the position of electro-magnetic current meters and chlorophyll and turbidity sensors.

網個体に加えた上で以下の式により生息密度  $P$  (個体/m<sup>2</sup>) を算出した。

$$P = (N + n) / (TL \times GW)$$

ここで、 $N$  は入網個体数、 $n$  は獲り残し個体数、 $TL$  は曳網距離、 $GW$  は桁幅である。採集個体については、各地点において無作為に 30 個体ずつ船上で抽出し、実験室に持ち帰った。また、2019 年の調査では、入網した他の生物の個体数を計数し、ウバガイと同様に生息密度を求めた。

各地点 30 個体のウバガイを対象に、殻長  $L$ 、殻幅  $B$ 、全重量  $TW$  および軟体部重量  $SW$  をデジタルノギス (CD-20AX; ミットヨ社) および電子天秤 (HL-100; A & D 社) により 0.01mm および 0.1g の精度で測定した。また、2019 年に採集したウバガイについては、以下の式により歩留り  $Y$  (%) および丸形指数<sup>3)</sup>  $S$  を以下の式で算出した。なお、丸形指数は二枚貝の殻の形状を表す指標の一つであり、値が大きいほど幅広、小さいほど扁平、および 1 に近いほど球形に近くなることを示している。

$$Y = SW / TW \times 100, S = B / L$$

得られた値については、Kruskal-Wallis 検定と Steel-Dwass 多重比較により地点間の有意差を検定した。

## 2-2. 年齢査定

一般に、二枚貝の貝殻の切断面には 2 種類の性状の異なる透明帯と不透明帯が交互に形成されることが知られており、この 2 つの帯がウバガイにおいても確認されている<sup>4)</sup>。また、こうしたウバガイの貝殻構造が年齢査定に有効であることが示されており<sup>5)</sup>、上磯産および青森産ウバガイでは貝殻断面の成長線を用いた成長解析が行われている<sup>6,7)</sup>。さらに、同じ二枚貝のチョウセンハマグリやアサリにおいても貝殻断面の成長線を用いた年齢査定が行われている<sup>8,9)</sup>。一方、貝殻断面を用いた年齢査定は、切断作業中に貝殻が損傷する場合が多く、限られた標本の年齢構造を確認することが困難であることも指摘されている。このため、本研究では事前に予備サンプルを用いて貝殻の弾帯受を研磨したところ、貝殻断面と同様の透明帯と不透明帯が確認され、その数も貝殻断面のものと一致した。そこで、本研究では、貝殻の弾帯受を研磨することによりウバガイの年齢と成長の関係を明らかにすることとし、以下の手順により解析を行った。



Fig. 2 Photograph of the polished chondrophore of *Pseudocardium sachalinense*. The pink and white bands show the nacreous and prismatic layers dyed and undyed with eosin solution, respectively.

歩留り測定後の標本について、左殻を対象に殻長  $L$  (mm) を先述のデジタルノギスにより 0.01mm の精度で測定した後、貝殻を室温において乾燥させた。後日、弾帯受から弾帯を除去し、刃物研磨機 (9820 型、砥石粒度 1000 番; マキタ社) を用いて弾帯受の弾帯と接していた面を中央部の窪みが平坦になるまで研磨した後、研磨した部分をエオシン水溶液に 1 分間浸して染色を施した。これらを室温において乾燥させた後、エオシン水溶液で濃く着色された透明帯<sup>5)</sup>を年輪とみなし (Fig. 2)、これをスキャナーにより画像として取り込んだ。得られた画像を用いて、弾帯受の長径  $R$  と  $n$  本目の透明帯外縁部の長径  $r_n$  を定規により 1 mm の精度で計測し、 $L$  と  $R$  の関係を一次回帰式 ( $L = aR$ ) に当てはめて推定した後、 $R$  に  $r_n$  を代入して  $n$  本目の透明帯形成時の殻長  $L_n$  を推定した。ただし、St.18-1 ~ 18-4 の標本では、弾帯受縁辺付近の透明帯と不透明帯を明確に分離できなかったため、確実に区別できた透明帯に限定して  $r_n$  の計測を行った。得られた値を用いて Walford の定差方程式を導き、以下に示す von Bertalanffy の成長式に当てはめた。

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

ここで、 $L_{\max}$  は最大到達殻長 (mm)、 $k$  は成長係数および  $c$  は  $L_n = 0$  とした時の輪紋数である。一方、ウバガイでは最初の年輪は 0 歳時の 12 月に形成されること<sup>7)</sup>、および苫小牧における本種の産卵期は 6 月であること<sup>10)</sup>に基づいて、産卵月と年輪形成月のずれの年数をもとに上式を次頁に示す年齢  $t$  と  $t$  歳時の殻長  $L_t$  の関係式に補正した。

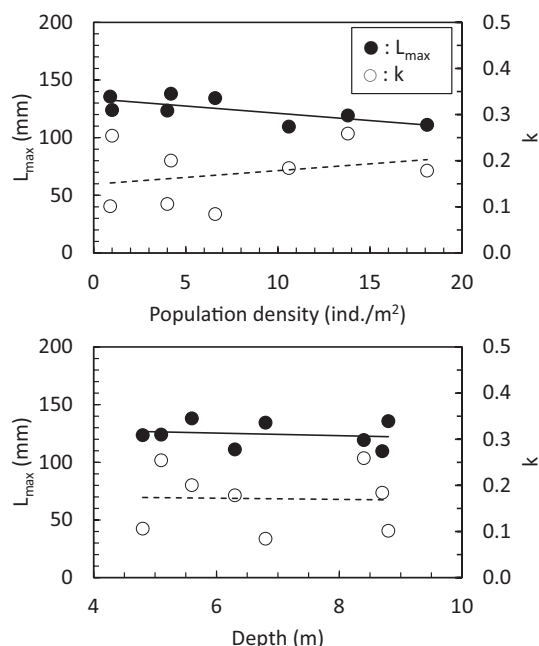


Fig. 3 The relationship between Population density (top) or Depth (bottom) with the theoretical maximum shell length ( $L_{\max}$ ) and the growth coefficient ( $k$ ) of *Pseudocardium sachalinense*.

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

ここで,  $c$  は  $L_t = 0$  とした時の年齢である。得られた関係式の各パラメーターと生息密度および水深の相関分析には, ピアソンの相関係数を適用した。

## 2-3. 環境観測

苫小牧東部および西部海域におけるウバガイの餌料環境を比較するため, St.19-2 と St.19-3 の各水深 8 m において流速およびクロロフィル a 濃度を観測した。流速およびクロロフィル a の観測にはそれぞれ電磁式流速計 (Infinity-EM, JFE アドバンティック社) およびクロロフィル濁度計 (Compact-CLW, JFE アドバンティック社) を使用し, 各計測器のセンサーが海底直上 30cm に位置するように設置した。観測期間は 2019 年 9 月 7 日～10 月 13 日の 38 日間とし, 流速については 1 時間間隔で 5 分間 (インターバル 0.5 秒), クロロフィル a については 1 時間間隔で 10 秒間 (インターバル 1 秒) の連続観測を行った。なお, クロロフィル a については, 計測値を補正せず, 蛍光強度として扱った。得られた流速データについては, TS-

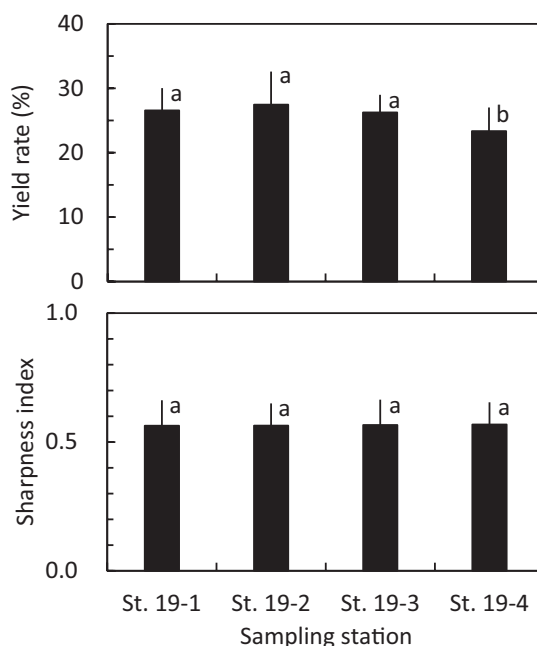


Fig. 4 Yield rate (top) and sharpness index (bottom) of *Pseudocardium sachalinense* in each station sampled in October 2019. Yield rate and sharpness index were calculated from soft body wet weight / total wet weight  $\times 100$  and shell width / shell length, respectively. Vertical lines indicate standard deviations. Values with the same letter are not statistically different ( $p>0.05$ ) among the stations.

Editor 4.12 および TS-Master 6.6 (国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所 川俣茂博士作成) を用いて調和解析を行い, 潮流や海浜流, 吹送流などに起因した移流成分と主に波浪に起因した変動成分に分離した。計測値の統計検定には 1way-ANOVA および Tukey の多重比較を適用した。

苫小牧東部および西部海域において流速の変動成分に差がみられた原因を検討するため, 波浪による流速に影響を及ぼす海底勾配を以下の手順により算出した。まず, 苫小牧海域における波の卓越周期を 5 秒<sup>11)</sup> として波長  $WL(m)$  を  $WL = gT^2/2\pi$  ( $g$  は重力加速度) により計算し, この値の半分の長さを波が浅水変形し始める水深  $h(m)$  として求めた<sup>12)</sup>。次に, 東部および西部海域において汀線から各流速計の設置点を通り, 水深  $h$  に達するまでの距岸距離  $D(m)$  を苫小牧沖海底地形図から読み取り,  $D$  に対する  $h$  の値を海底勾配として求めた。

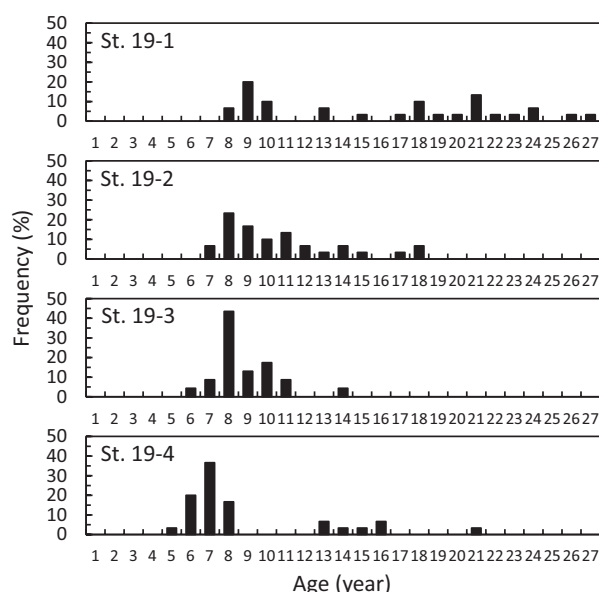


Fig. 5 Age composition of *Pseudocardium sachalinense* in each station sampled in October 2019, n=30 per group.

### 3. 結果

6月1日を起算日として得られたウバガイの年齢と殻長の成長式を水深および生息密度と併せて地点別に Table 1 に示した. St.18-3, 18-4 および 19-4 のウバガイは  $L_{\max}$  が小さく, 109.6 ~ 119.3mm の範囲にあったのに対して, St.18-2, 19-1 および 19-3 のウバガイは  $L_{\max}$  が最も大きく, 134.3 ~ 138.0mm の範囲にあった.

ウバガイの生息密度は2か年を通して 0.9 ~ 18.1 個体/m<sup>2</sup> の範囲にあり, St.19-4 で最も高く, St.19-3 で最も低い値を示した. また, 生息密度と成長曲線の各パラメーターの関係を解析した結果, 生息密度の増加に伴って  $L_{\max}$  が低下する傾向が認められたが ( $p < 0.05$ ;

Fig. 3), 水深と各パラメーターの間には明瞭な関係は認められなかった ( $p > 0.05$ ; Fig. 3).

各地点におけるウバガイの歩留りと丸形指数を Fig. 4 に示した. 歩留りは, 生息密度が最も高い St.19-4 において他の地点に比べて有意に低い値を示したが ( $p < 0.05$ ), 丸形指数には地点による差はみられなかった ( $p > 0.05$ ).

弾帯受に刻まれた透明帯をすべて判読できた St.19-1 ~ 19-4 のウバガイを対象として年齢構成を示したのが Fig. 5 である. 本種の年齢構成は, 地点により大きく異なっていた. すなわち, St.19-1 の年齢範囲は幅広く, 8 ~ 27 歳に及んでおり, 特に 9 歳およ

Table 1 Sampling date and place, depth, population density, and von Bertalanffy's growth equation of *Pseudocardium sachalinense* off the coast of Tomakomai, Japan.

| St.  | Date        | Area | Fishing ground | Depth (m) | Population density (ind./m <sup>2</sup> ) | Growth equation                            |
|------|-------------|------|----------------|-----------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 18-1 | Oct 4, 2018 | East | Summer         | 5.1       | 1.0                                       | $L_t = 123.9[1 - \exp\{-0.25(t - 0.26)\}]$ |
| 18-2 | Oct 4, 2018 | East | Winter         | 5.6       | 4.2                                       | $L_t = 138.0[1 - \exp\{-0.20(t - 0.25)\}]$ |
| 18-3 | Oct 4, 2018 | West | Summer         | 8.4       | 13.8                                      | $L_t = 119.3[1 - \exp\{-0.26(t - 0.26)\}]$ |
| 18-4 | Oct 4, 2018 | West | Winter         | 8.7       | 10.6                                      | $L_t = 109.6[1 - \exp\{-0.18(t - 0.03)\}]$ |
| 19-1 | Oct 1, 2019 | East | Summer         | 6.8       | 6.6                                       | $L_t = 134.3[1 - \exp\{-0.08(t + 0.53)\}]$ |
| 19-2 | Oct 1, 2019 | East | Winter         | 4.8       | 4.0                                       | $L_t = 123.5[1 - \exp\{-0.11(t + 0.44)\}]$ |
| 19-3 | Oct 1, 2019 | West | Summer         | 8.8       | 0.9                                       | $L_t = 135.6[1 - \exp\{-0.10(t + 0.39)\}]$ |
| 19-4 | Oct 1, 2019 | West | Winter         | 6.3       | 18.1                                      | $L_t = 111.1[1 - \exp\{-0.18(t + 0.03)\}]$ |

$L_t$  indicates shell length at the age  $t$ .

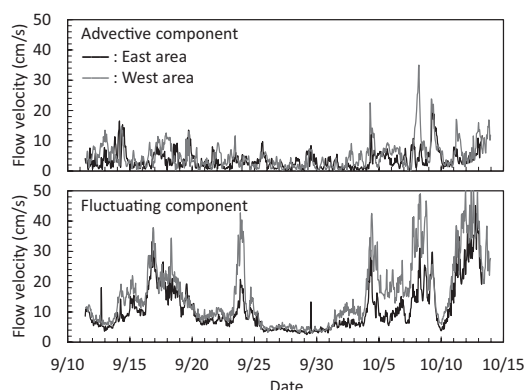


Fig. 6 Time-series changes in advective (top) and fluctuating (bottom) components of flow velocity in the east and west areas of *Pseudocardium sachalinense* fishing ground from September 11 to October 15, 2019.

び 21 歳群が多くみられた。反対に, St.19-3 の年齢範囲は狭く, 6 ~ 14 歳に限られるとともに, 8 歳群が最も多く出現された。St.19-2 は 7 ~ 18 歳群が多く認められた。また, St.19-4 は 5 ~ 21 歳群に及ぶ幅広い年齢範囲を示したが, 4 ~ 8 歳群, 13 ~ 16 歳群および 21 歳群の 3 年齢群に分かれていた。

移流および変動成分に分離した流速の時系列変化を Fig. 6 に示した。流速の移流成分は, 東部海域では 0.1 ~ 16.6 cm/s, 西部海域では 0.1 ~ 14.8 cm/s の範囲を推移したが, 両者の平均値に有意差はなく ( $p > 0.05$ ), 4 ~ 5 cm/s を示した。一方, 流速の変動成分は, 東部海域では 3.6 ~ 45.1 cm/s, 西部海域では 4.1 ~ 51.5 cm/s の範囲を推移するとともに, 平均値は東部海域では 10.8 cm/s, 西部海域では 15.7 cm/s となり, 東部海域より西部海域の方が有意に高い値を示した ( $p < 0.01$ )。

クロロフィル濁度計により得られた蛍光強度に流速

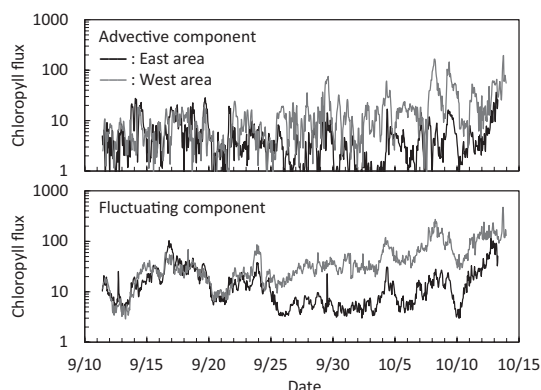


Fig. 7 Time-series changes in chlorophyll flux calculated using advective (top) and fluctuating (bottom) components of flow velocity in the east and west areas of *Pseudocardium sachalinense* fishing ground from September 11 to October 15, 2019.

の各成分を乗じて求めた値をウバガイへの餌料供給量を表すクロロフィルフラックス<sup>13)</sup>の指標値とし, その時系列変化を Fig. 7 に示した。指標値は, 観測開始から 9 月 26 日までは両海域とも 0.5 ~ 3.6 の範囲を推移したが, それ以降は西部海域の方が高い値で推移し, これに伴って指標値も西部海域の方が東部海域より高い値を示した。

苫小牧海域において卓越する周期 5 秒の波の波長は 39 m と計算されたため, この波が浅水変形し始める水深は 19.5 m と推定された。また, 東部および西部海域において汀線から各流速計の設置地点を通過し, 水深 19.5 m に達するまでの距岸距離はそれぞれ 2,454 m および 1,636 m と推定されたことから, 海底勾配はそれぞれ 1/126 および 1/84 と算出された。

ウバガイとともに採集された底生動物の生息密度を Table 2 に示した。主にハイロハスノハカシパ

Table 2 Population density of benthic animals collected with *Pseudocardium sachalinense* in October 2019.

| St.  | Population density (ind./m <sup>2</sup> ) |                          |                          |
|------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      | <i>Scaphechinus</i> spp.*1                | <i>Macrura chinensis</i> | <i>Megangulus</i> spp.*2 |
| 19-1 | 0.0                                       | 1.5                      | 1.4                      |
| 19-2 | 162.2                                     | 0.2                      | 1.3                      |
| 19-3 | 3.4                                       | 5.7                      | 1.7                      |
| 19-4 | 24.0                                      | 3.9                      | 1.1                      |

\*1: *Scaphechinus* spp. includes *S. griseus* and *S. mirabilis*.

\*2: *Megangulus* spp. includes *M. venulosus* and *M. zonoensis*.

ン *Scaphechinus griseus* で占められるカシパン類は、St.19-1 ではほとんど採集されなかったが、St.19-2 では 162.2 個体/m<sup>2</sup>、St.19-3 では 3.4 個体/m<sup>2</sup>、St.19-4 では 24.0 個体/m<sup>2</sup> が採集された。バカガイ *Mactra chinensis* は、St.19-1 では 1.5 個体/m<sup>2</sup>、St.19-2 では 0.2 個体/m<sup>2</sup>、St.19-3 では 5.7 個体/m<sup>2</sup>、St.19-4 では 3.9 個体/m<sup>2</sup> の採集がみられた。サラガイ *Megangulus venulosus* とアラスジサラガイ *M. zyonensis* が含まれるサラガイ類の採集数は、St.19-1 では 1.4 個体/m<sup>2</sup>、St.19-2 では 1.3 個体/m<sup>2</sup>、St.19-3 では 1.7 個体/m<sup>2</sup>、St.19-4 では 1.1 個体/m<sup>2</sup> であった。なお、各地点の底質を目視観察した結果、St.19-3 では黒色を呈した還元化した泥が含まれていた。

#### 4. 考 察

本研究では、苫小牧東部および西部海域におけるウバガイの餌料環境を比較するため、餌料供給の程度を表すクロロフィルフラックス<sup>13)</sup>の指標値として、流速と蛍光強度の積を求めた。その結果、餌料供給の指標値は、東部海域より西部海域の方が高い値を示した。このように、西部海域において餌料供給の指標値が高くなった一因としては、波浪に起因した変動成分が西部海域において高くなっていることが挙げられる。これは、西部海域の海底勾配 (= 1/84) は東部海域 (= 1/126) に比べて大きいため、波の浅水変形により同一水深において波による軌道流速が増大するためであり、この効果により餌料供給の指標値が西部海域で高くなったものと推察される。また、クロロフィル a 濃度を指標する蛍光強度についても、東部海域より西部海域の方が高い値を示している。そこで、東部および西部海域に流入する河川数を比較すると、前者は安平川の 1 河川に限られるのに対して、後者は苫小牧川、小泉の沢川、小糸魚川、錦多峰川、覚生川、樽前川およびポン樽前川の 7 河川が流入している。各河川の規模や流量は定かではないが、西部海域ではこれら河川水により栄養塩類が東部海域よりも多く供給されることによって植物プランクトンによる基礎生産量が増大し、蛍光強度が増加したのかもしれない。さらに、西部海域は、先述のように軌道流速が東部海域より速いため、底生珪藻類が巻き上げられやすい条件にあることも蛍光強度を上昇させた要因と推察される。

なお、本研究における流速および蛍光強度の観測は、

2019 年 9 月 7 日～10 月 13 日の 38 日間に行った。苫小牧沖水深 50～200 m 地点の海面下 10 m において 4～5 月と 9～10 月に流速およびクロロフィル a 濃度を観測した報告によると<sup>14)</sup>、流向を考慮しない平均流速は両時期とも同程度の値であるが、クロロフィル a 濃度は 9～10 月のほうが 4～5 月より低い値となることが示されており、季節によって餌料供給が異なる可能性が窺われる。今後は、苫小牧東部および西部海域におけるウバガイの餌料環境を周年観測するとともに、年変動を含めて評価する必要がある。

本研究では、ウバガイの年齢と殻長の関係を von Bertalanffy の成長曲線により求め、採集時点で予測される最大到達殻長を比較することにより成育状況を生息密度ごとに検討した。その結果、ウバガイの生息密度が 10.6～18.1 個体/m<sup>2</sup> の St.18-3、18-4 および 19-4 では  $L_{max}$  が小さく、109.6～119.3mm の範囲にあり、今回調査した 8 地点の中では小型化の傾向が顕著にみられた。反対に、ウバガイの生息密度が 0.9～6.6 個体/m<sup>2</sup> の St.18-1、18-2、19-1、19-2 および 19-3 では  $L_{max}$  が大きく、123.5～138.0mm の範囲にあり、8 地点の中では大型化の傾向がみられた。さらに、ウバガイの生息密度と  $L_{max}$  の間には有意な負の相関が認められ、本種は生息密度が高いほど小型化の傾向を示すことが明らかとなった。先述のように、餌料環境は西部海域のほうが東部海域より好適な条件にあったが、 $L_{max}$  の低下は西部海域のウバガイで顕著にみられた。また、St.19-3 を除けば、東部海域に比べて西部海域のほうがウバガイの生息密度は高かった。このことから、西部海域では豊富な餌料供給量に支えられて稚貝の新規加入量が東部海域より多くなるが、成長に伴う餌料要求量の増加により各個体に配分される餌料量が減少することにより  $L_{max}$  が低下していることが推察される。これらのことから、苫小牧西部海域におけるウバガイでは、生息密度が 10 個体/m<sup>2</sup> 以上になると成長に影響が現れるものと考えられる。また、東部海域では西部海域に比較して餌料供給量が少ないことから、成長に影響する生息密度も西部海域より低い可能性がある。今後は、東部海域においてウバガイの成長に影響が現れる生息密度を検討する必要がある。

本研究の結果、苫小牧沿岸のウバガイ漁場にはハイイロハスノハカシパンの生息がみられた。ハイイロハスノハカシパンを含むカシパン類は、短い棘と扁平な

円盤型の殻で特徴付けられる堆積物食性の棘皮動物であり, 一般には内湾の潮間帯から潮下帯にかけての砂泥底に多数の個体が重なり合うように群生する傾向がある<sup>15)</sup>. このため, カシパン類の生息密度の増加がウバガイの生息密度を規定する要因の1つとして指摘されている<sup>16)</sup>. これは, カシパン類は海底面を覆うように定位するため, 砂中に生息するウバガイが海底面上に伸ばした水管の出入水口を塞がれることによって摂餌や呼吸が阻害されるためである<sup>17)</sup>. このことから, 同じ東部海域にあり, ウバガイの生息密度の値も類似した St.19-1 と St.19-2 において  $L_{max}$  が異なった理由の1つとして, ハイイロハスノハカシパンの生息密度が影響している可能性が推察される. また, バカガイやサラガイ類についてもウバガイと同様に懸濁物食者であるため, ウバガイとの餌料を巡る競争が起こる可能性がある. 本研究においてバカガイとサラガイ類はさほど高い生息密度を示さなかったため, 現時点ではウバガイとの餌料や空間を巡る競争種にはなっていないのかもしれない. しかし, これら二枚貝類がハイイロハスノハカシパンのように高密度で生息するようになると, ウバガイとの間に餌料や生息場所を巡る種間競争が起こる可能性があるため, 今後も引き続き生息密度のモニタリングが必要である.

本研究で採集されたウバガイの年齢は5~27歳の範囲にあり, 8歳群が最も多く出現した. このうち, St.19-1では他の3地点よりも年齢の幅が広く, 20歳を超える個体も多くみられた. また, St.19-1はハイイロハスノハカシパン, バカガイおよびサラガイ類の生息がほとんどみられず, 餌料や生息場所を巡る競争の程度が低かったことや, ウバガイの生息密度もさほど高くなかったことから ( $=6.6$  個体/ $m^2$ ), 高齢個体が生き残りやすい環境にあったものと推察される. これに対して, St.19-2では19歳以上のウバガイが採集されなかった. St.19-2はウバガイの生息密度が低く ( $=4.0$  個体/ $m^2$ ), バカガイやサラガイ類の生息もほとんどみられなかったが, ハイイロハスノハカシパンの生息密度が極めて高かった ( $=162.2$  個体/ $m^2$ ). このため, 餌料や生息場所を巡る競争が激化し, 19歳を超えるようなウバガイ高齢個体は排除されてしまったのかもしれない. St.19-3のウバガイは年齢の幅が狭く, ほとんどが11歳以下であった. また, ウバガイの生息密度は低く ( $=0.9$  個体/ $m^2$ ), ハイイロハスノハカ

シパンやバカガイ, サラガイ類の生息密度も低かった. このように, 競争種が少なかったにもかかわらず, 高齢のウバガイが出現しなかった一因として底質の影響が考えられる. St.19-3では, ウバガイ採集時に硫黄臭を伴う還元化した底質が桁網に付着していた. 本研究では底質の硫化物量を計測しなかったが, 酸揮発性硫化物濃度が  $2mg/g$  を超えると, アサリをはじめとする二枚貝類は生息不能になることが報告されている<sup>18)</sup>. また, 底質の還元化は, 一般には深度の増加に伴って顕著となる. このため, St.19-3では硫化物の発生によって潜砂深度の深い大型個体の生息が制限されたため, 高齢群の生息がみられなかったものと推察される. St.19-4のウバガイは年齢群が3つに分かれるとともに, ほとんどが17歳未満の群であった. St.19-4ではウバガイの生息密度が4地点の中で最も高く ( $=18.1/m^2$ ), ハイイロハスノハカシパンの生息密度も高かった ( $=24.0/m^2$ ). このため, St.19-4ではウバガイに餌料不足が起こっていたことが疑われる. また, 3つの年齢群に分かれていたのは, ウバガイの潜砂深度は成長に伴って増大するため<sup>19)</sup>, 高密度条件下では連続した年齢群が砂中を立体的に棲み分けることができず, 結果として離散的な3つの年齢群がそれぞれの潜砂深度を確保できたことを示しているのかもしれない.

本研究の結果, 苫小牧沿岸におけるウバガイの歩留りは, 現状では生息密度が最も高い St.19-4 において他の地点に比べて有意に低い値を示した. このことから, St.19-4に分布するウバガイでは, 生息密度の増大に伴って殻の成長だけでなく, 軟体部にも成長阻害の影響が現れていることが示唆される. 苫小牧海域に近い登別海域においてウバガイ卓越年級群の成長を追跡した結果によると, 高密度によるウバガイの成長不良を防ぐには, 4歳時に  $2kg/m^2$  以下の生息密度になるように密度調整を行う必要があることが指摘されている<sup>1)</sup>. 本研究では, 5歳未満のウバガイは採集されておらず, 年齢による重量の区分も行っていないが, St.19-4におけるウバガイの生息密度を本研究で得られた殻長と全重量の関係式から重量に換算すると,  $2kg/m^2$  を大幅に超える  $4.1kg/m^2$  と推定された. また, ウバガイと同じ懸濁物食性の二枚貝であるホンビノスガイ *Mercenaria mercenaria* においても, 高い生息密度による局所的な餌料不足が低成長の要因と推察さ

れている<sup>20)</sup>。このことから、ウバガイの生息密度が高い場所では、先述のように各個体に配分される餌料量が局所的に不足し、軟体部への栄養供給が滞った結果、歩留りが低下したものと考えられる。また、他の3地点において最も生息密度の高かったSt.19-1では2.6kg/m<sup>2</sup>と推定されたが、St.19-2およびSt.19-3との間に有意差は認められなかった。このことから、苫小牧沿岸では2.6～4.1kg/m<sup>2</sup>の間にウバガイの殻成長や歩留りに影響を与える生息密度の閾値が存在するものと考えられる。

## 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苫小牧漁業協同組合の関係各位、並びに計測作業にご協力いただいた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

- 堀井貴司・村上 修・櫻井 泉 (2002)：ウバガイ *Pseudocardium sachalinense* の成長に及ぼす生息密度の影響。日水誌，68，666-673.
- 櫻井 泉・中尾 繁 (1996)：北海道苫小牧沿岸におけるウバガイ浮遊幼生の分布特性。水産増殖，44，17-23.
- 柿野 純 (1996)：丸型指数を指標とした籠試験によるアサリの成長と生残の特性。日水誌，62，376-383.
- 佐々木浩一 (1993)：ウバガイ（ウバガイ）の生態と資源。水産研究叢書，42，13-16.
- 林 忠彦 (1955)：貝類の年齢形質に関する研究—I。貝殻切片による観察 (1)。北水研報，12，43-50.
- Kato, Y. and I. Hanai (1975): Growth and shell formation of the surf clam, *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 25, 291-303.
- 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（ウバガイ）の年齢と殻長。青産技セ水研研報，10，1-7.
- 半澤浩美・杉原奈央子・山崎幸夫・白石厚太郎 (2017)：茨城県鹿島灘産チョウセンハマグリ（ウバガイ）の年齢形質と年齢推定法。日水誌，83，191-198.
- Sugiura, D. and N. Kikuya (2017): Validation of the age estimation method using the shell section of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Mutsu Bay, northern Japan. *Aquaculture Science*, 65, 193-202.
- 櫻井 泉・宮本建樹・蔵田 護 (1992)：苫小牧および静内におけるウバガイの産卵について。北水試研報，39，45-52.
- 小舟浩治・菅原一晃・後藤智明 (1988)：日本沿岸の波候特性について。海岸工学講演会論文集，35，232-236.
- 榎木 亨・出口一郎 (1996)：新編海岸工学。共立出版，東京，225pp.
- 張 成年・山本敏博・丹波健太郎・柴田玲奈・日向野純也・淡路雅彦・松本才絵・長谷川夏樹・櫻井 泉・秦 安史・鈴木秀和・宮脇 大・村内嘉樹・平井 玲・水野知巳・羽生和弘・程川和宏・川崎信司・内川純一・梅本敬人・生嶋 登 (2013)：漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝場造成および新規創出技術開発。http://www.mf21.or.jp/suisankiban\_hokoku/date/pdf/z0000913.pdf, (閲覧日 2020 年 1 月 23 日).
- 武田康孝・津川康治・峰 寛明・山下和則・藤井淳夫 (2007)：人工海底マウンド整備から見た北海道苫小牧沖の海洋構造について。海洋開発論文集，23，375-379.
- 重井陸夫 (1974)：ウニ（海胆）類「動物系統分類学8（中）棘皮動物」（内山亨編）。中山書店，東京，208-332.
- ウバガイ研究グループ (1962)：ウバガイについて（その1）。北水試月報，20，16-28.
- Sakurai, I., H. Abe and T. Ogata (2019): Reproductive cycle and growth of the sand dollar *Scaphechinus griseus* inhabiting Japanese surf clam *Pseudocardium sachalinense* fishing grounds in Tomakomai, southwest Hokkaido, Japan. *Fisheries Science*, 85, 465-474.
- 宮城県 (1984)：松島湾地区大規模増殖場造成事業調査報告書。宮城県，64pp.
- 櫻井 泉・中島幹二・山下俊彦 (1998)：ウバガイの潜砂行動に及ぼす振動流の影響。日水誌，64，406-411.

大田はるか，渡谷真奈聖，五十嵐大将，飯村幸代，巻口範人，赤澤一貴，櫻井 泉

- 20) Peterson, H. and B. F. Beal (1989): Bivalve growth density, site, and time. *Ecology*, 75, 1390-1404.  
and higher order interactions: importance of