養殖ホタテガイの成長に及ぼす流れの影響

櫻井 泉,^{1*} 下野 学,^{2a} 今野 繁基,^{2b} 水野 勝彦,³ 成田 伝彦³

(2002 年 10 月 28 日受付, 2003 年 7 月 7 日受理)

¹北海道立中央水産試験場, ²渡島東部地区水産技術普及指導所,³留萌南部地区水産技術普及指導所Effect of current velocity and direction on growth of the Japanese scallop
Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis in hanging cultureIZUMI SAKURAI,^{1*} MANABU SHIMONO,^{2a} SHIGEKI KONNO,^{2b}
KATSUHIKO MIZUNO³ AND MORIYOSHI NARITA³¹Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, ²Oshima-Toubu Fisheries Extension Office, Minamikayabe, Hokkaido 041-1613, ³Rumoi-Nambu Fisheries Extension Office, Rumoi, Hokkaido 077-0027, Japan

This study examined the effects of current velocity and direction on the growth of the Japanese scallop *Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis* in hanging culture. Scallops of 1-year-old were suspended from four surfaces of a cubic frame with exhalent margin (posterior) oriented outside, and placed in cultivation areas of Shikabe and Mashike, Hokkaido, Japan, for eight and eleven months, respectively. In Shikabe, the growth of scallops with inhalent margin (anterior) oriented NNW was highest, whereas that of scallops with posterior oriented NNW was significantly lower. The growth of scallops in Mashike with anterior oriented SW and NW was significantly higher. The current component of S-SE and NE-ESE with speed of <10 cm/s was dominant in Shikabe and Mashike, respectively. The results suggested that the presence of dominant current from a specific direction affected the growth of hanging cultured scallop: the feeding was enhanced and inhibited by anterior and posterior oriented dominant currents with speed of <10 cm/s, respectively.

キーワード：ホタテガイ, 垂下養殖, 成長, 流向, 流速, 摂餌効率

ホタテガイ *Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis* は、本州北部、北海道、サハリン、千島列島および朝鮮半島北部に分布するイタヤガイ科の二枚貝である。本種は、北海道や青森県では主要な養殖対象種であり、平成8年度の北海道内における養殖生産量は過去最高の16万トンに達している。しかし、その生産額は年々減少傾向にあり、本種の養殖経営は極めて厳しい情勢に置かれている。このような生産額低下の背景には、養殖量の増加に起因した出荷貝の小型化に伴う単価の下落が指摘されており、¹⁾ 養殖生産額の維持・増大のためには、養殖量の見直しを行うとともに大型貝生産に向けた養殖技術の改良が必要となろう。

一方、イタヤガイ科の二枚貝の成長を左右する要因の一つに、潮流の変化に伴う餌料フラックスや摂餌効率の変化が指摘されている。²⁾ また、一方向の流れが卓越する漁場の貝は、流向変動が顕著な漁場の貝に比較して高い成長率を示すことが明らかにされている。³⁾ さらに、ホタテガイの成長と流れの関係を調べた水槽実験では、流速 5~10 cm/s の流れに前縁を向けて垂下した貝の成長量は後縁や殻面を向けて垂下した貝に比較して 1.9~4.4 倍高くなることや、流速 15 cm/s の流れに後縁を向けて垂下した貝は排泄障害による成長の停滞や死亡を起こすことが示されている。⁴⁾ したがって、野外においても、ある特定方向からの卓越した流れが存在すれば、垂

* Tel : 81-135-22-2567. Fax : 81-135-23-3141. Email : sakuraii@fishexp.pref.hokkaido.jp

^a 現所属：留萌北部地区水産技術普及指導所 (Rumoi-Hokubu Fisheries Extension Office, Haboro, Hokkaido 078-4120, Japan)^b 現所属：後志北部地区水産技術普及指導所 (Shiribeshi-Hokubu Fisheries Extension Office, Yoichi, Hokkaido 046-0021, Japan)

Fig. 1 Map showing locations of the experimental sites (solid circles) at Shikabe (left) and Mashike (right) in Hokkaido, Japan.

下の向きによって貝に成長差が生ずるとともに、流速 5～10 cm/s 程度の卓越流を前縁に受けた貝では成長量が大きく、反対に流速 15 cm/s 程度の卓越流を後縁に受けた貝では成長量が小さくなることが予測される。そこで本研究では、大型貝の生産に向けたホタテガイ垂下養殖技術改良の前段階として、上述の予測を野外で検証したので、その結果を報告する。

試験海域の概要と試験方法

本研究では、北海道鹿部町沖と増毛町沖のホタテガイ養殖場を試験海域とした (Fig. 1)。鹿部町は噴火湾の湾口部南岸に位置しており、沖合 2.5～5.0 km (水深 25～50 m) の範囲内でホタテガイ養殖が行われている。一方、増毛町は日本海に面しており、沖合 4.0～8.8 km (水深 45～47 m) の範囲内で本種が養殖されている。また、鹿部では深度 10 m 層に、増毛では深度 20 m 層に、養殖用の垂下連や籠を垂下するための延縄が海岸線に沿って (すなわち鹿部では北北西から南南東の方向に、増毛では北東から南西の方向に) 張られている。

本研究では、ホタテガイの垂下施設として縦横 1.2 m × 高さ 0.6 m の直方体の枠 (ステンレス製: 以下、垂下枠と略記) を作成し (Fig. 2)、各面に径 0.52 mm のテグス 2 本を 0.3 m 間隔で結び付けた。そして、ホタテガイの耳状突起部に耳吊養殖用の穿孔機 (電動ドリル) を用いて孔を開け、この孔に上述のテグスを、後縁が外側 (すなわち前縁が内側) を向くように通すことによって垂下枠の各面に貝を吊した。その後、垂下枠を上述の延縄に取り付けるとともに、垂下枠の横 0.5 m の位置にメモリー式電磁流向流速計 (鹿部: アレック電子 ACM-16M, 増毛: 同 ACM-8M) を係留した (Fig. 3)。ま

Fig. 2 Photograph of a cubic frame for suspending the scallops. The frame is 1.2 m in length and width, and 0.6 m in height.

た、メモリー式水温計 (StowAway Tidbit) を垂下枠の側面に取り付けた。これにより、垂下枠の各面は、鹿部では東北東、南南東、西南西および北北西に、増毛では南西、北西、北東および南東に対面して固定されたことになる。

以上の設定により、鹿部では 1999 年 6 月 8 日～2000 年 2 月 14 日 (1 回目) および 2000 年 6 月 17 日～2001 年 2 月 14 日 (2 回目)、増毛では 2000 年 4 月 20 日～2001 年 3 月 18 日に試験を実施した。試験には、試験開始の前年 5 月に地場で採苗後、籠の中で育成されたホタテガイ (1 年貝) を使用し、垂下枠の各面に鹿部の 1 回目の試験では殻高 55.3～77.8 mm および重量 18.0～53.0 g の貝を 40 個体ずつ、2 回目の試験では殻高 51.5～72.9 mm および重量 23.0～42.0 g の貝を 20 個体ずつ取り付けた。また、増毛の試験では、垂下枠の各面

Fig. 3 Schematic diagram of long line system for scallop culture. The long lines in Shikabe and Mashike are set at the depth of 10 and 20 m below the water surface, respectively. The cubic frame with a thermometer and an electromagnetic current meter were hung from the long lines. AL: anchor line, B: bottom, CB: concrete block, CM: current meter, CF: cubic frame, F: float, FL: float line, L: long line, R: rope for hanging the cubic frame, S: scallop, SW: surface of water, T: thermometer.

に殻高 53.9～67.9 mm および重量 18.9～35.0 g の貝を 20 個体ずつ装着した。

各試験とも試験開始時と終了時に貝の殻高および重量をそれぞれ 0.1 mm および 0.1 g の精度で計測するとともに、鹿部では 2000 年 8 月および 11 月に、増毛では 2000 年 7 月、9 月および 2001 年 1 月に、貝を垂下枠に装着したまま船上で殻高を計測した。そして、各計測期間に認められた殻高および重量の増加量をそれぞれ 1 か月当たりの殻成長量 G_H (mm/month) および増重量 G_W (g/month) として、以下の式により計算した。

$$G_H = (H_b - H_a) \times 30 / (b - a),$$

$$G_W = (W_e - W_s) \times 30 / T$$

ここに H_a および H_b はそれぞれ試験開始後 a 日目および b 日目の殻高 (mm), W_s および W_e はそれぞれ試験開始時および終了時の重量 (g), T は試験期間 (日) であり, $b > a$ とする。なお、得られた計算値の統計的検討には、1 元配置の分散分析と Bonferroni の多重比較を適用した。

一方、上述の試験期間に合わせて、両海域の水温および流向・流速をそれぞれ 30 分および 20 分間隔で連続的に観測した。ただし、鹿部の流向・流速観測については、計器の不調により回収できた観測値が 1 回目の試験では 1999 年 6 月 8 日～8 月 4 日、2 回目の試験では 2000 年 6 月 17 日～8 月 8 日と 8 月 29 日～10 月 30 日に限られた。

結 果

試験海域の水温特性 鹿部と増毛における水温の月別

Fig. 4 Monthly changes in mean water temperature for every ten days. Open squares and circles represent Shikabe in June 1999–February 2000 and June 2000–February 2001, respectively. Solid circles indicate Mashike in April 2000–March 2001.

変化を、旬別平均値の推移として Fig. 4 に示した。鹿部の水温変化には、1 回目および 2 回目の観測とも同様の傾向が認められた。すなわち、水温は観測開始時 (6 月中旬) より漸次上昇し、7 月下旬には 15℃ を越え、9 月上旬にはピーク (1 回目: 22.1℃, 2 回目: 21.3℃) に達したが、その後は徐々に低下し、10 月下旬には 15℃, 12 月中旬には 10℃, 1 月下旬には 5℃ を下回った。一方、増毛の水温は、観測開始時 (4 月下旬) より上昇し、6 月上旬には 10℃, 7 月中旬には 15℃ を越え、9 月中～下旬にはピーク (20.3℃) に達したが、その後 11 月上旬には 15℃, 11 月下旬には 10℃, 1 月上旬には 5℃ 以下に下降した。

試験海域の流況特性 鹿部と増毛の流況を流向・流速の頻度分布として、それぞれ Fig. 5 と 6 に示した。鹿部では、各観測期間とも南東～南方向への流れが卓越した。また、2000 年 8 月～10 月には北方向への流れも高い頻度で観測された。流速の頻度は、各観測期間とも 10 cm/s 以下が最も高く、全体の 59～62% を占め、次いで 10～20 cm/s が 28～33% であり、20 cm/s 以上の頻度は 10% 以下であった。増毛では、各観測期間とも東流を中心とする北東～東南東方向への流れが卓越したほか、7 月～9 月、9 月～11 月および 1 月～3 月には南南西～南西方向への流れが比較的多く観測された。流速の頻度は、いずれの観測期間も鹿部と同様に 10 cm/s 以下が最も高く (74～86%), 20 cm/s 以上が最も低い値 (10% 以下) となった。

ホタテガイの成長比較 ホタテガイの殻成長量と増重量の平均値を垂下枠の面ごとに示した (Fig. 7)。鹿部における殻成長量と増重量は、1 回目および 2 回目の試験とも後縁を北北西に向けて垂下した貝が最も低い値を示した (ともに $P < 0.05$)。また、後縁を南南東に向け

Fig. 5 Frequency distribution of current direction at Shikabe during June–August 1999 (A), June–August 2000 (B) and August–October 2000 (C). Solid, shaded and dotted portions represent the current speeds of 0–10, 10–20 and >20 cm/s, respectively.

Fig. 6 Frequency distribution of current direction at Mashike during April–July 2000 (A), July–September 2000 (B), September–November 2000 (C) and January–March 2001 (D). Solid, shaded and dotted portions represent the current speeds of 0–10, 10–20 and >20 cm/s, respectively.

て垂下した貝の殻成長量と増重量は、他の面の貝に比較して2回目の試験では有意に高く ($P < 0.05$), 1回目の

Fig. 7 Monthly mean increment in shell height (upper) and body weight (lower) of the scallops at Shikabe and Mashike. The scallops were reared during June 1999–February 2000 at Shikabe (1st experiment), June 2000–February 2001 at Shikabe (2nd experiment) and April 2000–March 2001 at Mashike. Shaded, solid, dotted and open bars represent mean increment of the scallops with their posteriors oriented ENE, SSE, WSW and NNW at Shikabe, and NE, SE, SW and NW at Mashike, respectively. Vertical lines extending from the top of each bar indicate standard deviation. Values identified with the same roman letter are not significantly different ($P < 0.05$).

試験でも統計的な有意差は検出されなかったものの、最も高い値となった。一方、増毛における殻成長量と増重量は、後縁を北西と南西に向けて垂下した貝が他の面の貝に比較して有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。なお、両海域とも各試験開始時の殻成長量と増重量には垂下方向による有意差は検出されなかったほか ($P > 0.05$), 試験期間中に死亡した貝は認められなかった。

ホタテガイの殻成長量の平均値を時期別に比較した結果を Fig. 8 に示した。鹿部では、6月～8月は後縁を南南東に向けて垂下した貝の殻成長量が最も高い値を示した ($P < 0.05$), 8月～11月と11月～2月は後縁を北北西に向けて垂下した貝の殻成長量が最も低い値を示した (ともに $P < 0.05$)。また、殻成長量は、各面の貝とも6月～8月 > 8月～11月 > 11月～2月の順に低下する傾向が認められた (すべて $P < 0.05$)。一方、増毛では、4月～7月は後縁を北東と南東に向けて垂下した貝の殻成長量が他の面の貝に比較して有意に高く、7月～9月は後縁を南東に向けて垂下した貝の殻成長量が最も高い値を示した (ともに $P < 0.05$)。また、9月～1月の殻成長量には垂下方向による有意差は検出されなかったが ($P > 0.05$), 1月～3月は後縁を北東に向けて垂下した貝の殻成長量が北西に向けて垂下した貝に比べて有意に高い値を示した ($P < 0.05$)。さらに、殻成長量は各面の貝

Fig. 8 Seasonal changes in monthly mean shell height increment of the scallops at Shikabe (2nd experiment, upper) and Mashike (lower). Shaded, solid, dotted and open bars are the same as in Fig. 7. Vertical lines extending from the top of each bar indicate standard deviation. Values identified with the same roman letter are not significantly different ($P < 0.05$).

とも4月～7月が最も高く、9月～1月と1月～3月が最も低い値となった（ともに $P < 0.05$ ）。

考 察

噴火湾沿岸の流れに関しては、湾口部の流速は通常 20 cm/s 以下であること、および外海水は常に湾口部北側から流入するとともに、湾内の水は湾口部南側から流出することが推定されている。⁵⁾したがって、噴火湾の湾口部南側に位置する鹿部では、流速 20 cm/s 以下の南南東寄りの流れが卓越するものと推察される。本研究において鹿部の流況観測を行った結果、1999 年および 2000 年の 6 月～8 月は流速 10 cm/s 以下の南東～南流が卓越する傾向を示した。また、2000 年 8 月～10 月についても南南東～南流が高い頻度で観測されており、今回の観測結果は上述の予測とはほぼ一致していた。なお、本研究では計器の不調により流況の周年観測を行うことができなかった。しかし、ホタテガイの殻成長量が最も高くなる 6 月～8 月（Fig. 8）の流況については把握できたことから、貝の成長と流れの関係を検討するには十分であったと判断する。

増毛の流況は、周年を通して東流を中心とする北東～東南東流が卓越するほか、7 月～3 月には南南西～南西流も比較的多く認められるとともに、流速は周年を通して 10 cm/s 以下の流れで占められることが明らかとなった。これまでに増毛の流況に関する報告はないが、こ

の海域を含めた日本海沿岸は北上する対馬暖流の影響下にあることから、⁶⁾本研究において周年を通して観測された北東流は、対馬暖流の影響によるものと推察される。なお、東～東南東流や南南西～南西流については、吹送流や潮汐流の影響を受けているものと考えられるが、詳細については風や潮位のデータを解析する必要がある。

鹿部に垂下したホタテガイの成長量は、殻高および重量とも後縁を北北西に向けた場合に低くなることが明らかとなった。また、後縁を南南東（すなわち前縁を北北西）に向けた貝の成長量は、殻高および重量とも 2 回目の試験では他の貝に比べて有意に高く、1 回目の試験でも統計的な有意差は検出されなかったものの、最も高い値を示した。さらに、殻成長量を時期別にみると、6 月～8 月は後縁を南南東に向けた貝の値が最も高く、8 月～11 月と 11 月～2 月は後縁を北北西に向けた貝の値が最も低くなった。一方、増毛に垂下したホタテガイの成長量は、殻高および重量とも後縁を北東と南東（すなわち前縁を南西と北西）に向けた場合に高くなることが示された。また、殻成長量を時期別にみると、4 月～7 月は後縁を北東と南東（すなわち前縁を南西と北西）に向けた貝の値が最も高く、7 月～9 月と 1～3 月は後縁をそれぞれ南東と北東（すなわち前縁をそれぞれ北西と南西）に向けた貝の値が最も高くなった。

一般に懸濁物食性の二枚貝では、摂餌効率を高めるために摂餌器官（鰓、口唇および水管）を上流側に向けること²⁾が知られている。例えば、*Placopecten magellanicus* と *Pecten maximus* は、野外では鰓や口唇が位置する前縁～腹縁を上流側に向けて定位することが観察されている。^{7,8)} また、*Pl. magellanicus* の成長に最適流速は、10 cm/s 程度と見積もられている。⁹⁾ さらに、*Pl. magellanicus* および *Argopecten irradians* の成長と流向・流速の関係を水槽実験によって調べた報告によると、それぞれ流速 10～20 cm/s および 1.4～17.2 cm/s の範囲では前縁に流れを受けた貝の成長量が後縁に流れを受けた貝に比べて高くなると述べられている。^{10,11)} これは、流速の増加に伴って、前縁に流れを受けた貝では餌料フラックスが増大し、摂餌効率が上昇するのに対して、後縁に流れを受けた貝では入水口と出水口との間に圧力差が生じ、この差によって排泄が阻害され、摂餌効率が低下するためではないかと推定されている。^{10,11)} 同様にホタテガイを用いて行った水槽実験でも、貝は流速 5～10 cm/s では腹縁を上流側に向けて定位し、流速 20 cm/s では後縁が上流側に向くのを避けるような行動を示すこと¹²⁾や、前縁を上流側に向けて飼育した時の殻成長量は後縁や殻面を上流に向けた時の 1.9～4.4 倍になるとともに、流速 15 cm/s 程度の流れを後縁に受けると、貝は排泄障害による成長の停滞や死亡を引き起こ

すこと⁴⁾が示されている。これらのことから、鹿部において前縁を北北西に向けた貝と増毛において前縁を南西と北西に向けた貝の成長量が高くなったのは、それぞれ卓越する流速 10 cm/s 以下の南東～南流と北東～東南東流を前縁に受けることによって餌料フラックスが増大し、貝の摂餌効率が上昇したためと考えられる。反対に、鹿部において後縁を北北西に向けた貝の成長量が低くなったのは、卓越する南東～南流を後縁に受けることによって貝の摂餌効率が低下したためと推察される。

一方、*Pl. magellanicus* の成長と流向・流速の関係を平均流速の異なる 2 つの海域 (9 cm/s 以下および 16 cm/s 以上) で試験した例¹³⁾では、両海域とも流れに対する貝の向きと成長との間に有意差は認められず、既往の水槽実験^{10,11)}とは異なった結果が得られている。これは、試験期間が約 2 か月間と短かったことに加えて、成長に影響を及ぼす水温や風浪条件が水槽実験のように一定ではないため、流れに対する貝の向きの効果が不明瞭になったのではないかと推察されている。¹³⁾ しかし、本研究では試験期間を 8 か月 (鹿部) および 11 か月 (増毛) 設定した結果、先述のように垂下の向きによるホタテガイの成長差を確認することができた。また、ホタテガイの殻成長量は、両海域とも垂下の向きに依らず、春～夏 (鹿部: 6 月～8 月, 増毛: 4 月～7 月) > 夏～秋 (鹿部: 8 月～11 月, 増毛: 7 月～9 月) > 秋～冬 (鹿部: 11 月～2 月, 増毛: 9 月～3 月) の順に低下したが、増毛の 9 月～1 月を除き各季節とも垂下の向きによる貝の成長差が認められた。このことから、3～4 か月程度の短期間でも垂下方向によるホタテガイの成長差は顕在化するものと考えられる。なお、北海道沿岸において 5 月～7 月は海域の一次生産量が比較的高く、ホタテガイの殻成長量が最大になること、および 8 月～10 月と 1 月～3 月はそれぞれ高水温と低水温によってホタテガイの殻成長が停滞することから、^{1,14)} 上述した季節による貝の成長差は、水温や餌料環境の季節性に起因した変動と推察される。

以上のように、ホタテガイの垂下養殖では、前縁に卓越流が当たるとともに後縁には卓越流が当たらないように貝を設置することによって、貝の高成長を期待できる可能性が示唆された。現在、鹿部を含む噴火湾沿岸のホタテガイ養殖では、耳吊と呼ばれる垂下方法が主流となっている。この方法には、穿孔したホタテガイ数個体にテグスを通し、その両端を養成用のロープに結び付けるループ方式と、長さ 10 cm 程のピン (径 1 mm 程度) をロープに打ち込み、ピンの両端に穿孔した貝を装着するアゲピン方式の 2 種類がある。しかし、両方式とも流れに対する方向性を考慮して貝を垂下連に装着することは不可能である。少なくとも、貝の後縁に卓越流が当たらないような構造上の工夫を垂下連に施すことができ

れば、現状よりも成長の良い貝を生産することが可能と考えられる。ホタテガイ養殖の経営安定化を図るためにも、このような垂下連の改良を検討する必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、供試貝や養殖海面の提供に加えて、試験に多大なるご協力をいただいた鹿部漁業協同組合の築地丈士指導漁業士ならびに増毛漁業協同組合の石田和夫理事に深く感謝申し上げます。また、供試貝の装着・計測と流速計の設置・回収にご協力いただいた渡島東部地区水産技術普及指導所の全先清通所長、高山剛普及員、杉本正和普及員ならびに密谷法行普及員、留萌南部地区水産技術普及指導所の森所長ならびに河井渉普及員、増毛漁業協同組合の吉良道子技師、千田 亨技師ならびに柳澤敦史技師に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 嶋田 宏, 西田芳則, 伊藤義三, 水島敏博. 噴火湾八雲沿岸における養殖ホタテガイの成長, 生残と漁場環境要因の関係. 北水試研報 2000; **58**: 49-62.
- 2) Wildish D, Kristmanson D. *Benthic suspension feeders and flow*. Cambridge University Press, Cambridge. 1997; 213-269.
- 3) MacDonald BA, Bajdik CD. Orientation and distribution of individual *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in two natural populations with differing production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1992; **49**: 2086-2092.
- 4) 櫻井 泉, 瀬戸雅文. 養殖ホタテガイの成長に適した流動条件に関する実験的研究. 寒地技術論文集 1999; **15**: 381-384.
- 5) 大谷清隆. 噴火湾. 「日本全国沿岸海洋誌」(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編) 東海大学出版会, 東京. 1985; 102-112.
- 6) 宇野木早苗, 久保田雅久. 「海洋の波と流れの科学」東海大学出版会, 東京. 1996; 225-228.
- 7) Caddy JF. Underwater observations on scallop (*Placopecten magellanicus*) behaviour and dredge efficiency. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 1968; **25**: 2123-2141.
- 8) Mathers NF. The effects of tidal currents on the rhythm of feeding and digestion in *Pecten maximus* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1976; **24**: 271-283.
- 9) Wildish DJ, Saulnier AM. The effect of velocity and flow direction on the growth of juvenile and adult giant scallops. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1992; **133**: 133-143.
- 10) Wildish DJ, Kristmanson DD, Hoar RL, DeCoste AM, McCormick SD, White AW. Giant scallop feeding and growth responses to flow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1987; **113**: 207-220.
- 11) Eckman JE, Peterson CH, Cahalan JA. Effects of flow speed, turbulence and orientation on growth of juvenile bay scallops *Argopecten irradians concentricus* (Say). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1989; **132**: 123-140.
- 12) Sakurai I, Seto M. Movement and orientation of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in response to water flow. *Aquaculture* 2000; **181**: 269-279.
- 13) Claereboudt MR, Himmelman JH, Côté J. Field evaluation of the effect of current velocity and direction on the growth of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, in

suspended culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1994; **183**: 27–39.

- 14) 丸 邦義, 小原昭雄. 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. 北水試研報 1967; **7**: 72–83.