HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | アサリの定位方向が摂食効率に与える影響 |
| Author(s) | 岩城, 里奈; 田村, 亮輔; 五嶋, 聖治 |
| Citation | 北海道大学水産科学研究彙報, 66(2), 63-68 |
| Issue Date | 2016-08-10 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/bull.fish.66.2.63 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/62646 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | bull.fish.66.2.63.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北 大 水 産 彙 報
**66**(2), 63–68, 2016.
DOI 10.14943/bull.fish.66.2.63

# アサリの定位方向が摂食効率に与える影響

岩城　里奈[1)]・田村　亮輔[2)]・五嶋　聖治[3)]

(2016 年 3 月 24 日受付，2016 年 4 月 12 日受理)

# Effects of Burrowing Direction on Feeding Efficiency of the Short-necked Clam *Ruditapes philippinarum*

Rina Iwaki[1)], Ryosuke Tamura[2)] and Seiji Goshima[3)]

**Abstract**

The substratum of Tateno fishing ground of the short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*, Hakodate Bay, Hokkaido, Japan is characterized by higher percentage of cobbles and pebbles compared with other regions. The shell growth rate of the adult clam in this region is slower than that of other fishing grounds. In this study, the relationship between the uncommon sediment composition and the depressed growth was examined from the viewpoint of feeding efficiency of the clam. Infaunal bivalves usually stay with vertically directed siphons up to the sediment surface in suspension feeding, but in this region the clams often burrow into the sediment at an angle when they cannot burrow into sediment deeper. In the laboratory experiment the clam could not turn its valves but often extended its siphons up under condition of restricted burrowing. Filtration rate of the clam, which was estimated by changes in the chlorophyll-*a* concentration of the diatom *Chaetoceros gracilis* as an algal diet, was the highest in the vertical position of siphons among all setup directions. Therefore, the short-necked clam cannot keep their body the most effective direction by restricted burrowing due to many cobbles and pebbles, which may cause food intake reduction. It seems one of the reasons for depressed growth of the short-necked clam in this region.

**Key words** : Short-necked clam, Burrowing direction, Burrowing depth, Clearance rate, Feeding efficiency, Shell growth, Sediment, Hakodate Bay

## は　じ　め　に

アサリ *Ruditapes philippinarum* はサハリン，北海道から九州，朝鮮半島，中国大陸沿岸の潮間帯中部から水深 10 m ほどの砂礫泥底に生息する潜砂性の二枚貝である (松隈，2000)。その漁獲量は 1980 年代前半に最大で 16 万トンを記録したが，1980 年代半ばから減少に転じ，2010 年以降は 2 万トン台で推移している。天然アサリの漁獲が低迷している中，各地で種苗放流や垂下式養殖 (藤原ら，2008) など，アサリの資源量増大に向けた取り組みが行われているが，資源の回復は順調とは言いがたい。漁場での資源生物学的研究とともに，本種の持つ基本的な生物学的特性についての研究も十分とは言えず，その中でも特に生物生産の根幹をなす成長に関する本種の摂餌生態学的視点からの研究はまだ知見が乏しいのが現状である。

アサリの成長には多くの物理・化学・生物的環境要因が関係している (西沢ら，1992)。物理的要因に関しては，浮泥 (日向野，2005)，水温 (Nakamura, 2004 ; 慶野ら，2008) などが，化学的要因に関しては，溶存酸素 (日向野，2005)，硫化水素 (日向野，2005)，懸濁物濃度 (小沼ら，2002) などが，生物的要因に関しては，各種の食害生物 (大越，2004 など)，病原・寄生生物 (Hamaguchi et al., 1998 ; 宮崎ら，2010)，自身の成熟・産卵 (藤原ら，2008) などが挙げられている。しかし，個々の要因が及ぼす影響の大きさは生息地ごとに異なるため (多賀ら，2005)，アサリ資源の管理，保全のためには生息地ごとにその成長に影響を及ぼす要因を明らかにする必要がある。

北海道函館湾に面する北斗市館野地区では，殻長 32 mm 以上の個体を対象に漁獲が行われている。本漁場は規模が小さくアサリの資源量が多くはないため，その利用

[1)] 北海道大学水産学部海洋生物学講座
(*Laboratory of Marine Biology, School of Fisheries Sciences, Hokkaido University*)
[2)] 北海道大学大学院水産科学院海洋生物学講座
(*Laboratory of Marine Biology, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University*)
[3)] 北海道大学大学院水産科学研究院海洋生物学分野
(*Laboratory of Marine Biology, Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University*)
現所属 : 北海道大学総合博物館水産科学館
(*Fisheries Science Center, Hokkaido University Museum*)

は現在のところ直接販売中心の限定的なものにとどまっている。また，資源量の少なさから，2014 年には予定していたアサリ漁期よりも短期で漁を終了した (上磯郡漁協私信)。このような限られた資源を回復，または有効に利用するためにも，この漁場でのアサリの成長に関する知見を集積する必要がある。本漁場のアサリは殻長 30 mm を越えると急速に成長が鈍り，日本各地の他漁場のアサリに比べて特異な成長様式を示すことが知られている (田村ら，2014, 2016)。この成長鈍化の機構に関して，漁場内の基質中の大型礫の存在が示唆されているものの (田村ら，2014, 2016)，そのメカニズムに関して詳細は明らかにされていない。

館野漁場内の粒度組成 (重量比) は，大礫・巨礫を除いた後でも，礫 (粒径 > 2.0 mm) が 48%，砂 (0.063〜2.0 mm) が 50%，泥 (< 0.063 mm) が 2% ほどであり (伊藤ら，2015)，礫の割合は日本各地のアサリ漁場と比較しても極めて大きいことが分かる (大分県 : 岩男，2003 ; 熊本県 : 堤，2005 ; 愛知県 : 蒲原ら，2013)。また，底質の表面・内部ともに大礫 (直径 64〜256 mm) や巨礫 (直径 256 mm 以上) が多数存在し，礫に挟まり斜めに潜砂しているアサリが多く観察される (田村ら，2014, 2016)。通常，アサリを含む埋在性濾過食二枚貝は，水管を底質表面に対し垂直方向に向けることが知られているが (Widdows and Navarro, 2007)，当該漁場においては他ではほとんど見られない定位方向を示す個体も多いことから，アサリの成長や生存に何らかの影響を与えていることが考えられる。

そこで本研究では，アサリの定位方向と濾水速度の関係を明らかにし，当該漁場のアサリの成長鈍化と漁場内の礫との関連性について，摂餌生態学的な検討を行うために以下の 3 つの実験を行った。1 つ目の実験では漁場内におけるアサリの定位方向を調べ，2 つ目の実験では潜砂制限を受けた場合のアサリが示す定位方向を明らかにした。そして 3 つ目の実験では，成長に直接的に影響する摂食速度を示す指標である濾水速度を，さまざまな定位方向のアサリについて調べた。得られた実験結果や観察によって明らかになったアサリの行動などから，主に摂食過程に焦点を当ててアサリの成長鈍化の機構について検討を行った。

## 材 料 と 方 法

### 漁場内におけるアサリの定位方向

漁場内でアサリがどの定位方向を示しているのか，またその定位方向は何によって影響を受けているのかをはじめに調べた。本実験は，2015 年 2 月の大潮干潮時に北斗市館野地区のアサリ漁場において行った。本漁場では基質中に埋在している通常状態のアサリの他に，殻の一部が基質上に露出している個体も見られる。干出した基質を表面から慎重に削り取り，出現したアサリの殻長，潜砂深度 (基質表面から殻の最下部までの距離) を測定し，

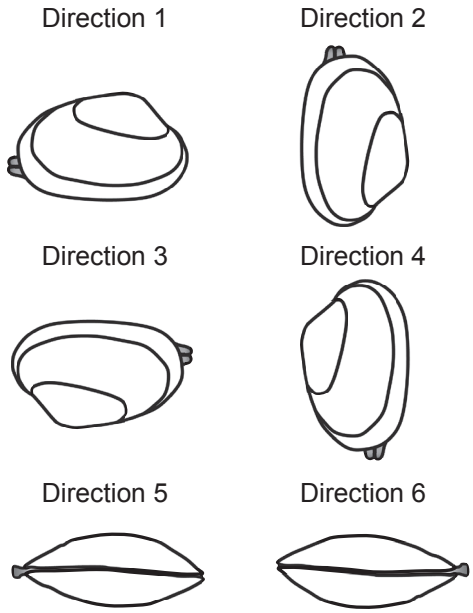


Fig. 1. Classification of the body angles of the short-necked clam. Direction 1 : dorsal top, direction 2 : siphons top, direction 3 : ventral top, direction 4 : siphons bottom, direction 5 : right top, and direction 6 : left top.

同時に定位方向について記録した。定位方向は Fig. 1 に示すように大きく 6 つに分類した。通常のアサリは 2 に示すように殻後端を上方に，前端を下方にして潜砂しているが，斜めに潜砂している個体については，その定位方向にもっとも近い分類群を選んで記録した。以降，Fig. 1 に示した各方向を，それぞれ定位方向 1 〜 6 と表す。さらに記録した定位方向を用いて以下の 3 つに分類した。すなわち, A : 記録された定位方向は 2 のみであるケース，つまり水管が上向きで垂直方向に定位している場合，B : 最も近い定位方向が 2 であるがいずれかの方向に傾いているケース，つまり水管は上向きであるがいずれかの方向に傾いて定位している場合，C : 最も近い定位方向が 2 ではないケース，つまり水管が上向き以外で定位している場合の 3 通りである。

結果の解析は，アサリの傾き (A〜C) に影響している要因を明らかにするため，殻長と潜砂深度に関してモデル選択を行った。モデル選択の規準として赤池の情報量規準 (AIC) を用いた。リンク関数にロジットを，誤差構造に二項分布を指定した順序ロジットモデルを用いて解析を行った。傾き A，B，C にはそれぞれ 2，1，0 の順序変数を与え，応答変数にこれを用いた。また，説明変数としてアサリの殻長と潜砂深度を考慮した。

### 潜砂の制限と定位方向の関係

アサリの定位方向が，礫に接し潜砂の制限を受けている場合とそうでない場合とで異なるかどうかを明らかにするため，基質の厚さを変化させた場合のアサリの定位方向について実験的に調べた。本実験は，2014 年 11 月に

館野アサリ漁場で採集したアサリを用い，室内実験により行った。水槽 (縦 180 mm，横 300 mm，高さ 230 mm) を 6 つ用意し，それぞれ 1〜6 の番号を付けた。実験に使用したアサリの平均殻長は 33.6±3.3 SD mm であり，当該漁場では潜砂制限を受けていない場合には 42〜48 mm の潜砂深度を示す (田村ら，2016)。ゆえに，潜砂の制限を受けている群 (潜砂制限群) として水槽 1, 2 には 2 cm，中間群として水槽 3, 4 には 4 cm，潜砂の制限を受けていない群 (潜砂可能群) として水槽 5, 6 には 6 cm の基質深さになるように，直径 0.500〜1.397 mm のガラスビーズ (アズワン社製) を敷きつめた。各々の水槽には漁場で採取した海水を入れ，アサリをそれぞれの水槽に 13 個体ずつ，右殻を上 (定位方向 5) にしてビーズ基質上に並べた。その後，24 時間静置した後のアサリの定位方向を調べた。アサリの定位方向は Fig. 1 に示す 6 パターンに分類した。水槽 1, 2 からは計 26 個体，水槽 3, 4 からは計 26 個体，水槽 5, 6 からは計 24 個体のデータが得られた (残り 2 個体については潜砂深度の測定ができなかったため，解析から除外した)。なお，実験時における水温は開始時 19.0℃，終了時には 19.5℃ であった。

実験で得られた結果はまずフィッシャーの正確確率検定 (Fisher's exact probability test) で解析し，各定位方向を示す個体数に差が検出されるかを調べた。さらに，基質の厚さが変化すると定位方向はどのように変化するのかを明らかにするために，一般化線形モデル (GLM) の二項検定で解析した。例えば定位方向が 1 であるかどうかを検定するために，応答変数を定位方向が 1 であるかどうか (1 である = 1, 1 以外である = 0) とし，説明変数を基質の厚さとした。定位方向 2〜6 についても同様の解析を行った。

### 定位方向と濾水速度の関係

アサリの定位方向が摂食量にどのように影響するのかを明らかにするために，アサリを固定することで定位方向を操作したときの摂食量 (濾水速度) を室内実験によって測定した。実験は 2014 年 5 月 28 日, 6 月 4 日, 7 月 4 日，9 月 11 日，9 月 25 日，9 月 30 日，10 月 7 日，10 月 23 日に計 8 回行った。室温で実験を行ったために実験日によって水温は異なるものの，毎回ほぼ同時に全ての群の実験を行ったため，各回の水温の差が全体に及ぼす影響は小さいと考えられる。実験に用いたアサリ (平均殻長 30.3±1.1 SD mm) は各実験日の前日に館野地区アサリ漁場内から採集した。これらを実験室に持ち帰り，基質なしの水槽内で人工海水により 24 時間の予備飼育を行ってから，以下の実験に供した。まず，容量 3 L の広口ポリエチレンボトル (口内径 75 mm，胴径 140 mm，高さ 265 mm) を 7 つ用意し，それぞれ番号 1〜7 を振った。7 つのボトルにそれぞれ直径 0.500〜1.397 mm のガラスビーズ (アズワン社製) を 5 cm の厚さに敷き，塩分を 30 に調整した人工海水 (株式会社マリン・テック製) を 2.5 L ずつ入れた。実験に使用する 18 個体をランダムに 3 個体ずつ 1〜6 番のボトルに振り分け，Fig. 1 に示した向きで瞬間接着剤 (アロンアルファ，コニシ株式会社) を用いて殻をアクリル棒に貼りつけた。接着剤が乾いた後，各ボトルのガラスビーズ内にアサリが貼りつけられたアクリル棒を，定位方向番号とボトル番号が同じ組合せになるように 3 本ずつ挿した。7 番のボトルに関してはアクリル棒のみを挿し，アサリは入れなかった。このとき，田村ら (2016) を参考に，漁場内のアサリと潜砂深度 (基質表面から殻の最下部までの距離) をほぼ等しくするため，潜砂深度が 4 cm になるように調節した。その状態でエアポンプにより水を撹拌しながら 1 時間馴致させた。

実験開始時のボトル内のクロロフィル *a* 濃度を自然状態に近づけるため，漁場近くである流渓川沖の過去 6 年間のクロロフィル *a* 濃度の平均値 3.4 μg / L を参考に (函館湾漁場環境保全対策連絡協議会，2012)，餌料として用いた浮遊珪藻 *Chaetoceros gracilis* (WDB 環境バイオ研究所製濃縮珪藻) の濃度を決定した。予備実験により，投入する濃縮珪藻 (濃度 400,000,000 cells/mL) の量は 15 μL が適当と判断されたので，実験開始と共に 15 μL の餌料を添加した。餌料の沈殿を防ぐためと，二枚貝は一般に水流があるほうが濾水速度が速いことから (Walne, 1972)，本実験は常にエアポンプにより水をかき回しながら行った。餌料添加直後，20, 60, 120 分後に飼育水をそれぞれ 50 mL ずつ採水し，ガラス繊維濾紙 (Whatman GF/F) を用いて採水後速やかに濾過した。その後，ガラス繊維濾紙を 90% アセトンにて光を当てないようにして 24 時間抽出した。クロロフィル *a* 濃度の測定には蛍光光度計 (ターナーデザイン社製 10-AU) を用いた。細川ら (1969) の手法を参考に，4 回の測定で得られたクロロフィル *a* 濃度の自然対数値をプロットして得られた回帰直線の切片と傾きを用いてクロロフィル *a* 濃度の減少率とした。アサリの摂食量の指標としては濾水速度 *CR* (Clearance rate, L / h) を用い，その計算は Coughlan (1969)，Nakamura et al. (1988) を参考に，以下の式により行った。

$$CR = V/t\,(\ln(C_o/C_t) - \ln(C_{bo}/C_{bt}))$$

$V$ は容器内の海水の容量 (L)，$t$ は餌料を添加してからの経過時間 (時)，$C_o$ は初期のクロロフィル *a* 濃度 (μg / L)，$C_t$ は $t$ 時間後のクロロフィル *a* 濃度 (μg / L) を示している。$C_{bo}$ と $C_{bt}$ はそれぞれ，コントロール群における $C_o$ と $C_t$ の値である。

実験で得られた結果に関しては，まず 6 つの定位方向間の濾水速度の等分散性をバートレット検定 (Bartlett's test) で確かめた上で，分散分析法 (ANOVA) を用いて 6 つの定位方向間に差があるかどうかを検定した。さらに，6 つの定位方向間で多重比較 (Tukey's HSD) を行って，どの方向間に差があるかを確かめた。

Table 1. Results of model selection based on Akaike's information criterion (AIC) using an ordinal regression model with the logistic error distribution.

| Model | N | AIC |
|---|---|---|
| Shell length and Burrowing depth | 91 | 197.35 |
| Shell length | 91 | 202.64 |
| Burrowing depth | 91 | 195.49 |
| None | 91 | 203.60 |

## 結　　果

### 漁場内におけるアサリの定位方向

館野漁場でのアサリの潜砂深度と定位方向を調べた結果，基質中の礫に完全に接して潜砂しているアサリは全91 個体中 23% にあたる 21 個体であった。殻長よりも潜砂深度が浅い個体は全個体数の 80% にも達し，これらは殻の一部が基質表面に露出しているか，殻全体が基質中に潜っていても斜めに潜砂している個体であることを示す。定位方向については，もっとも多いのは水管を上方に向けて潜砂している定位方向 2 で全体の 68% を占め，次いで定位方向 1 (14%)，5 (10%)，6 (8%) の順になった。腹側を上に向ける定位方向 3 や，水管を下方に向ける定位方向 4 の個体はまったく見られなかった。定位方向 2 に分類した個体の中にも斜めに潜砂しているものは多く，水管が完全に上方を向いて垂直に潜砂している正常潜砂個体 (A) の割合は全個体のわずか 32% (29/91, 91 個体中 29 個体) で，上方は向いているものの，いずれかの方向に傾いて定位している個体 (B) は 36% (33/91)，水管が上方を向いていない個体 (C) は 32% (29/91) もいた。すなわち，全体の 68% の個体はいずれかの方向に傾いて定位している非正常個体 (B と C, 62/91) ということになる。

潜砂個体の定位方向について AIC 解析を行った結果，潜砂深度のみのモデルの AIC 値が最も小さく，最適モデルとして選択された (Table 1)。すなわち，潜砂深度が深くなるほどアサリが有意に底質に対して垂直方向に定位することが示された (ordinal regression model, $P = 0.003$)。なお，観察に用いた個体の平均殻長は 33.5 ± 8.2 SD mm，平均潜砂深度は 25.6 ± 12.6 SD mm であった。

### 基質の厚さと定位方向の関係

室内実験による基質の厚さと定位方向の関係を Table 2 と Fig. 2 に示す。潜砂制限群，中間群，潜砂可能群において各定位方向を示す個体数に差が見られた (Fisher's exact probability test, $P < 0.05$)。基質が厚くなるに従って，定位方向 2 の個体数が増加し (GLM, $P < 0.001$)，定位方向 6 の個体数が減少した (GLM, $P < 0.01$)。他の向きのアサリについては，基質厚の変化によってその割合が大きく変わるということはなかった (GLM, $P > 0.05$) (Fig. 2)。

Table 2. Number of the short-necked clams showing each burrowing direction in different sediment depths. The burrowing directions are shown as in Fig. 1.

| Burrowing direction | Sediment depth (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 6 |
| 1 | 11 | 10 | 6 |
| 2 | 3 | 10 | 16 |
| 3 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 2 | 1 |
| 6 | 10 | 4 | 0 |
| Total | 26 | 26 | 24 |

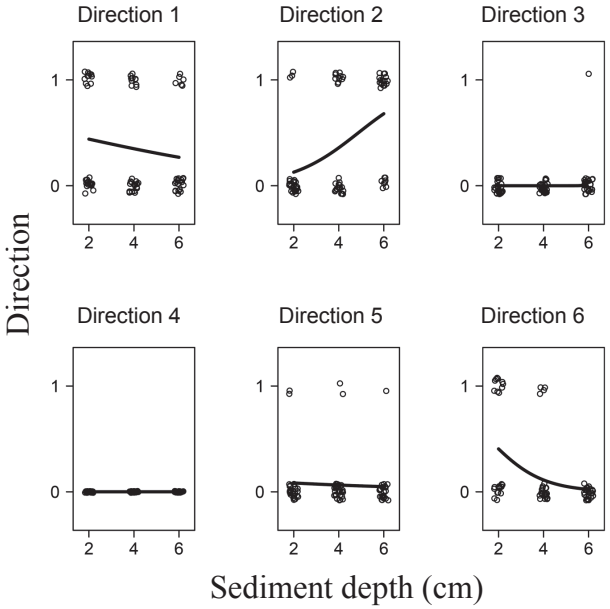


Fig. 2. Relationship between sediment depth of substrate and burrowing direction of the short-necked clams in the tank, shown by binomial distribution. Each 1 and 0 on the vertical axes means clams showing the relevant direction and other directions, respectively. Small circles indicate individual clam, and the curves show a trend of changing frequency of each direction.

### 定位方向と濾水速度の関係

定位方向と濾水速度の関係を Fig. 3 に示す。分散が各群で等しいことを確認した上で (Bartlett's test, $P > 0.05$)，各群の濾水速度に差があることが示された (ANOVA, $P < 0.001$)。また，その中で他の全ての定位方向に比べて定位方向 2 の濾水速度が速いことが示された (Tukey's HSD, $P < 0.05$)。

## 考　　察

田村ら (2016) の調査では，殻の下方に大型の礫が存在

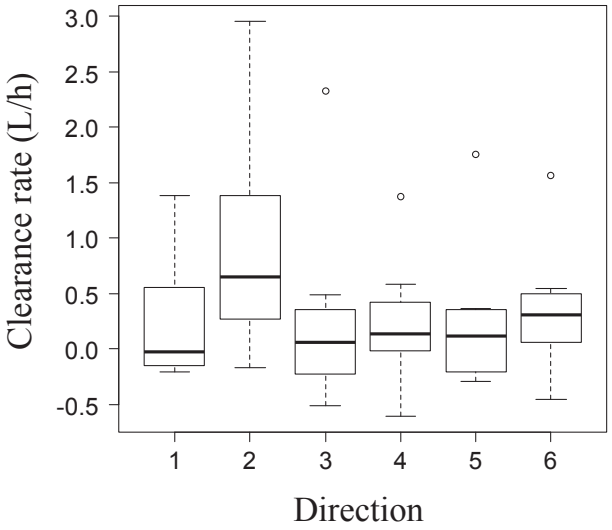


Fig. 3. Box plots of the clearance rates of the short-necked clams fixed at each direction shown as in Fig. 1 in the laboratory experiment.

しているアサリは，大型の礫が存在していない個体に比べて，特に殻長が大きい場合に潜砂制限を受けやすく，その一方で，殻の下に大型の礫が存在する小型個体はほとんど見られていない。その理由として，小型個体は大型個体よりも潜砂可能な深度が浅いため，潜砂時に大型の礫に接する確率が低いことや，小型個体は大型個体に比べて水平方向への移動能力が高いことなどが挙げられている (田村ら，2016)。つまり，成貝のアサリは殻の下に大型の礫が存在する可能性が高いため潜砂制限を受けやすく，また小型個体と比較すると大型の礫を回避する行動，たとえば水平移動などを起こすことが困難であるため，その影響を大きく受けやすいことが考えられる。

今回行った野外実験では，館野地区のアサリに関して潜砂深度がアサリの定位方向に影響を及ぼすことが示された。つまり，礫の存在により潜砂制限を受け，潜砂深度が浅くなり，水管が上を向くという通常の定位方向を保てなくなることが考えられる。基質が薄くなるほど定位方向がより水管上向きから遠ざかることは，基質にガラスビーズを用いた室内実験でも示された (Fig. 2)。

アサリの潜砂行動は貫入相と潜砂相に分けられる (Trueman, 1983)。実験中には，右殻を上 (定位方向 5) にして置かれたアサリが，足を使うことで腹側を下にし (定位方向 1)，その後水管を上に向ける (定位方向 2) ため同じく足を使う行動が観察された (貫入相)。それに続き，生息に適した深度まで潜る行動を行った (潜砂相)。基質が薄い潜砂制限群では，腹を下にした状態のまま水平方向に移動する個体が複数観察された。アサリは波浪などによる底質の変動により掘り出され，定位のための運動量が増加すると衰弱することが知られている (柴田ら，1997)。田村ら (2016) は，館野漁場は潜在的に波浪の影響を受けやすいと述べている。よって本漁場においても，大型の礫により潜砂制限を受け，波浪によって基質から洗い出されたアサリが新たに潜砂するための行動を行い，それが頻繁に続くと，当然のことながら，アサリの衰弱につながると考えられる。

アサリはその定位方向によって濾水速度を変化させ，水管が上になっている通常の定位方向 2 の場合は他の定位方向に比べてより濾水速度が大きくなることが示された (Fig. 3)。これは，潜砂制限を受けていない通常のアサリが餌を取り込みやすい方向で定位していることを示すものであるが，同時に他の方向では効率的に摂食できないことを示している。他の方向で効率的な摂食ができない理由の 1 つとして，重力の影響が考えられる。餌となる懸濁物は，底質内に生息するアサリに取り入れられるという点で，アサリの直上に存在する水よりもその密度が等しいか大きいことが予想される。実際に実験で使用した珪藻も，飼育水に注入するとエアポンプでかき混ぜなかった場合には沈降することが確認されている。餌としての懸濁物は，入水管から外套膜に取り入れられると鰓で水から篩い分けられて鰓葉上に残り，繊毛の作用で唇弁に送られ，さらに選り分けられて口に取り込まれる (澄川，1999)。これをアサリの体構造と照らし合わせると，懸濁物の輸送は水管を上にした場合にほぼ重力方向と合致し，重力に逆らわない方向になっていることがわかる。他の定位方向の場合は，懸濁物を水平または重力方向に逆らって輸送する必要があり，輸送の効率という観点から見ても非効率的であると予想される。

2 つ目の理由として，入水管と出水管の向きから生まれる水流の存在が考えられる。ヨーロッパザルガイ *Cerastoderma edule* は，基質表面近くの水を取り込み，出水を垂直方向に行うことで，取り込む水の中に存在する餌である懸濁物が減少しないようにしている (Widdows and Navarro, 2007)。濾水速度を測定する実験では，アサリを様々な方向に固定して基質の中に入れて実験を行ったが，水管を下にした定位方向 4 の場合でさえ底質表面まで水管が達する個体が観察された。このことは，定位方向が通常と異なっていても，水管を曲げ伸ばすことで摂食が可能になるということを示している。ただし，蝶番が上になる定位方向 1 の場合はまだしも，底質が薄い場合に多く見られた左殻が上になる定位方向 6 の場合に，定位方向 2 のときのような水管の方向による水流を作れるとは考えづらい。定位方向 6 の場合に入水管と出水管が十分に基質に達していたとしても，その双方の高さや角度を変えることは困難であり，基質からほぼ同じ高さの水を利用していると考えられる。そのため，自らが排出した，餌となる懸濁物が減少した水を再び取り込むという現象が起こりうる。これが，摂食が効率的に行われないもう 1 つの原因と考えられる。

前述のように，北斗市館野地区では漁場内に大型の礫が存在していることで特にアサリ成貝に潜砂制限が起こっていると考えられる (田村ら，2016)。潜砂制限がアサ

リの成長を鈍化させることは既に述べられているが，本研究においてはその機構として潜砂制限により通常の定位方向を保てないために濾水速度が遅くなることを明らかにした。アサリの生息基盤としての底質は，泥分 (粒径 0.063 mm 以下の粒子) や礫 (粒径 2 mm 以上の粒子) が主成分であると好ましくないとされている (社団法人全国沿岸漁業振興開発協会，1997)。有明海に関しては底質悪化の主な原因が細粒化であり，その対策として覆砂が行われて成果を上げている (上田・山下，1997) など，細粒化に関する研究知見はある程度の蓄積が見られる。しかし，大型の礫の存在がアサリに与える影響や，その対策を論じた研究は筆者らが探した限り見当たらなかった。各漁場に適した対策を行うためにも，今後，礫の存在がアサリ資源に与える影響についても検討する必要があるものと考えられる。

## 謝　　辞

本研究に際して，資料採取にご協力いただいた上磯郡漁業協同組合上磯支所の皆様に御礼申し上げる。また，統計解析についてご教示くださった佐賀大学の吉野健児氏と，様々なアドバイスや資料採集のご協力を頂いた北海道大学大学院水産科学院海洋生物学講座の各位に厚く御礼申し上げる。

## 引 用 文 献

Coughlan, J. (1969)　The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions.　*Marine Biology*, **2**, 356–358.

藤原正夢・辻　秀二・田中雅幸・今西裕一・中西雅幸 (2008)　垂下コンテナ飼育におけるアサリの成長．京都府立海洋センター研究報告，**30**, 49–53.

函館湾漁場環境保全対策連絡協議会 (2012)　函館湾漁場環境等調査報告書　平成 24 年 4 月．函館湾漁場環境保全対策連絡協議会，函館.

Hamaguchi, M., Suzuki, N., Usuki, H. and Yoshikawa, H. (1998)　*Perkinsus* protozoan infection in short-necked clam *Tapes* (= *Ruditapes*) *philippinarum* in Japan.　*Fish Pathology*, **33**, 473–480.

日向野純也 (2005)　貧酸素・硫化水素・浮泥等の環境要因がアサリに及ぼす影響．水産総合研究センター特殊号別冊，**3**, 27–33.

細川恭史・木部英治・三好英一 (1969)　盤洲干潟 (小櫃川河口付近) におけるアサリによる濾水能力分布調査．港湾空港技術研究所資料，(**844**), 3–21.

伊藤詩織・田村亮輔・森本翔一・五嶋聖治 (2015)　北海道函館湾アサリ漁場の形成過程．北海道大学水産科学研究彙報，**65**, 93–100.

岩男　昂 (2003)　アサリ漁場の環境特性．大分県海洋水産研究センター調査研究報告，**4**, 57–63.

蒲原　聡・山田　智・和久光靖・曽根亮太・岩田靖宏 (2013)　三河湾六条潟におけるアサリ着底初期稚貝の動態．愛知県水産試験場研究報告，**18**, 13–20.

慶野英生・杉山清泉・西沢　正・鈴木輝明 (2008)　潜砂行動とエネルギー消費過程からみたアサリ資源回復に向けての諸課題 (学会賞受賞講演)．水産工学，**44**, 169–174.

小沼　晋・五島勇樹・中村由行 (2002)　成長モデルを用いた東京湾盤洲干潟での二枚貝による懸濁物除去量の推定．土木学会，**49**, 1126–1130.

松隈明彦 (2000)　アサリ．pp. 1012–1013，奥谷喬司 (編)，日本近海産貝類図鑑，東海大学出版会，東京.

宮崎勝己・小林　豊・鳥羽光晴・土屋　仁 (2010)　アサリに内部寄生し漁業被害を与えるカイヤドリウミグモの生物学．タクサ：日本動物分類学会誌，**28**, 45–54.

Nakamura, M., Yamamuro, M., Ishikawa, M. and Nishimura, H. (1988)　Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon.　*Marine Biology*, **99**, 369–374.

Nakamura, Y. (2004)　Suspension feeding and growth of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinarum* reared in the laboratory.　*Fisheries Science*, **70**, 215–222.

西沢　正・柿野　純・中田喜三郎・田口浩一 (1992)　東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と減耗．水産工学，**29**, 61–68.

大越健嗣 (2004)　輸入アサリに混入して移入する生物―食害生物サキグロタマツメタと非意図的移入種．日本ベントス学会誌，**59**, 74–82.

社団法人全国沿岸漁業振興開発協会 (1997)　沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針　ヒラメ・アサリ編　平成 8 年度版 (増殖場造成計画指針編集委員会編)．東京.

柴田輝和・柿野　純・村上亜希子 (1997)　冬期の漁場における砂の流動に対するアサリの定位性ならびに餌料量・運動量とアサリの活力との関係．水産工学，**33**, 231–235.

澄川精吾 (1999)　摂餌と消化．pp. 80–88，波部忠重・奥谷喬司・西脇三郎 (編)，軟体動物学概説 (下巻)，サイエンティスト社，東京.

多賀　茂・和西昭仁・馬場俊典・松野　進・桃山和夫 (2005)　山口県瀬戸内海沿岸干潟における放流アサリの成長と生残．山口県水産研究センター研究報告，**3**, 87–96.

田村亮輔・中川宙飛・五嶋聖治 (2014)　北海道函館湾におけるアサリの成長．北海道大学水産科学研究彙報，**64**, 37–44.

田村亮輔・戸田拓磨・竹下文雄・五嶋聖治 (2016)　潜砂制限がアサリの成長に及ぼす影響．日本ベントス学会誌，**70**, 83–90.

Trueman, E.R. (1983)　Locomotion in molluscs.　pp. 156–198, Saleuddin, A.S.M. and Wilbur, K.M. (eds), *The Mollusca*, vol. 4, Academic Press, New York.

堤　裕昭 (2005)　有明海に面する熊本県の干潟で起きたアサリ漁業の著しい衰退とその原因となる環境変化．応用生態工学，**8**, 83–102.

上田　拓・山下輝昌 (1997)　アサリ漁場の造成事例．水産工学，**33**, 213–218.

Walne, P.R. (1972)　The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves.　*Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **52**, 345–374.

Widdows, J. and Navarro, J.M. (2007)　Influence of current speed on clearance rate, algal cell depletion in the water column and resuspension of biodeposits of cockles (*Cerastoderma edule*).　*Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **343**, 44–51.