



Title	ウバガイの潜砂行動について
Author(s)	梨本, 勝昭; 小島, 隆人; 佐藤, 修
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 37(3), 171-180
Issue Date	1986-08
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23919
Type	bulletin (article)
File Information	37(3)_P171-180.pdf



[Instructions for use](#)

ウバガイの潜砂行動について

梨本 勝昭*・小島 隆人*・佐藤 修*

Burrowing Behavior of Japanese Surf Clams

Katsuaki NASHIMOTO, Takahito KOJIMA and Osamu SATO

Abstract

In stormy weather, the Japanese surf clams are thrown up on shore, thereby creating serious problems for the shell fish industry. To enhance productivity, a method to prevent such losses must be found.

The burrowing action of surf clams, changes in drifting sands produced by tidal currents and wave action during furibund weather were observed in order to determine the degree of stability of those clams which have burrowed into the sand.

This research was carried out at Usujiri Fisheries Laboratory, Faculty of Fisheries, Hokkaido University. For these observations, a layer of sand 25 centimeters thick was placed in the bottom of a water tank 300 mm width, 600 mm long and 300 mm high.

A surf clam was placed on its horizontal axis on the surface of the sand; the foot of the clam extended and began to probe the surface with an occasional digging motion. The subsequent downward motion as observed from the side of the tank was recorded on film using a 16 mm camera set at 1 frame sec⁻¹. The digging period, distance from surface to the final buried position and digging speed were measured.

Results were obtained as follows:

1. The burrowing speed of the clam is relative to the shell length and distance from the surface. As the shell length and depth increase, the burrowing speed decreases.
2. The distance from the surface to the buried position by one digging cycle was approximately 0.10 times the shell length.
3. The relationship between the mean digging speed (V) and shell length (L) can be expressed as $V=0.013 L$.
4. The distance from the surface to the uppermost point of the shell in its final buried position was about 0.5 times the shell length.

浅海域の砂中に潜って棲息している重要な貝資源の一つであるウバガイは荒天時には砂の移動に伴ってしばしば海岸に打ち上げられ、多大な損害を受けている。砂中に棲息している貝の資源変動が特に大きいのはこのような原因が一つ考えられている。今まで、砂中に潜って棲息している貝の安定した漁場を形成させ生産を増大させるために、稚貝や親貝の海岸への打ち上げ現象による減耗機構の解明と防止策が種々試みられている¹⁾。しかし、十分な成果は得られていないのが現状である。砂の中に棲息している貝を人為的に砂の表面に置いて、砂の中に潜って行く時の動きや力学的機構についてはマテガイなどを使って詳しく調べられている²⁻⁶⁾。しかし、ウバガイについてはほとんど明らかになされていない。

本研究ではウバガイを用いて、砂の表面に露出された貝が、砂の中に潜って行く時の運動を調

* 北海道大学水産学部漁具設計学講座
(Laboratory of Fishing Gear Engineering, Faculty of Fisheries, Hokkaido, University)

Table 1. Size of the Japanese surf clams used for present study

	Shell Length (mm)	Shell Height (mm)	Shell Width (mm)
1	106.4	86.0	55.9
2	106.0	86.5	58.5
3	102.2	83.2	54.8
4	101.8	82.7	59.0
5	101.2	81.2	59.6
6	100.0	80.8	55.9
7	100.7	83.5	57.4
8	99.7	81.6	56.3
9	98.2	81.3	54.9
10	97.7	75.5	53.6
11	97.7	79.2	56.7
12	97.6	78.3	55.8
13	93.6	75.1	53.2
14	93.6	76.5	53.6
15	92.0	76.4	55.4
16	86.4	73.2	51.1
17	86.3	73.0	47.7
18	81.1	64.8	42.7
19	81.1	64.8	42.7
20	80.3	67.0	43.8
21	72.0	60.3	42.7
22	59.0	47.7	28.8

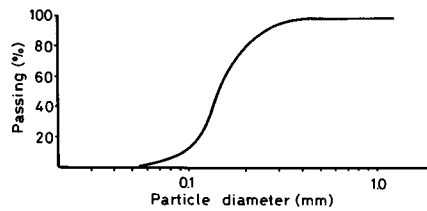


Fig. 1. Distribution of grain size of sand.

べ、潮流や波浪による流れによって漂砂が発生した時の潜砂運動の能力を知るための基礎資料を得ることを目的とした。

材料および方法

測定には北海道の長万部地先の前浜で桁網を用いて採取したウバガイを用いた。採取した貝を実験室に運び、飼育しながら実験に供した。測定に用いたウバガイは殻長が59~109 mmの22個体であり、この大きさの概要を表1に示す。ウバガイの飼育には深さが50 cm、幅が45 cm、長さが60 cmの合成樹脂製の水槽を4個用いた。水槽の底には砂を約25 cmの厚さに敷き、各々の水

槽には5~7個体を同時に入れ、常に海水を毎分3~5 l注水して、他端より自然に流出させた。また、貝の潜砂行動の観察には高さが30 cm、幅が30 cm、長さが60 cmのガラス製の水槽を用い、底には砂を約25 cmの厚さに一面に敷いた。測定中は海水を常に毎分2 l注水し、他端より流出させた。なお、水槽の底に敷いた砂は長万部地先の海岸より採取してきたもので、この砂の粒度組成を図1に示す。使用した砂の中央粒径は0.18 mmとなっている。この砂は一般のホツキ漁場の底質の砂の粒子とほぼ同じ粒径分布を示している。

ウバガイの潜砂行動の測定観察は、水槽の砂床上に殻幅軸を垂直にして貝を静かに置き、斧足を出して探砂行動を起こして、砂床に殻長軸を垂直にしてから、周期的な潜砂運動を行い、次第に砂中に深く潜って行く時の貝の動きを観察するとともに、貝が砂の中に完全に没し、一定の深さに達して潜砂行動を休止するまで16 mmシネカメラを用いて毎秒1コマの速度で撮影し、貝の動きと位置をとらえた。1個体の測定が終了するごとに約10 cmの深さの砂を全面にわたって掘り起こして砂の表面を平坦にならしてから次の計測を行った。貝の潜砂行動の観察と撮影したフィルムの画像を用いて、貝が斧足を出してから砂床に貝長軸を垂直にするまでの時間、貝が砂床に垂直に潜入を開始する時間、周期的な潜入運動を繰り返して行っている時の周期、潜入する距離、潜入速度および貝が砂の中に潜って棲息している時の深さなどについてそれぞれ調べた。なお、測定中の水温は19~22°Cであった。

結 果

砂床に殻幅軸を垂直にして静置したウバガイは時間が経過して環境に十分慣れると、斧足を出して砂面を探り始める。その後、砂地に斧足を深く刺し込み、貝は砂面に殻長軸を垂直に起こして、潜入運動を開始し、周期的な潜砂行動を繰り返しながら砂の中に次第に深く潜って行くこと

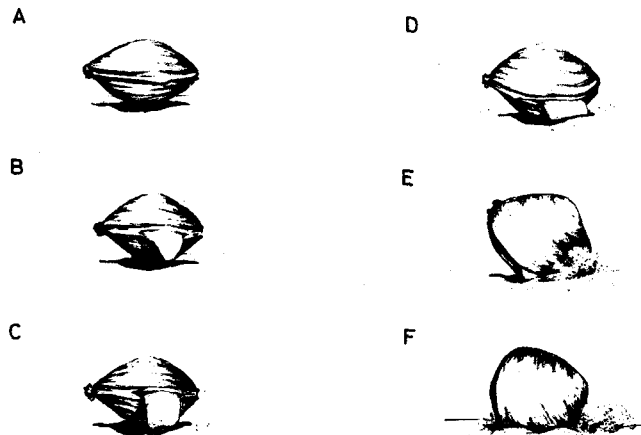


Fig. 2. Sketches showing movement of the Japanese surf clam during digging activity.

- A; shell was place on sand to make vertically axis of shell width,
- B; extending movement of foot,
- C, D; probing movement of foot into sand,
- E; pedal retraction making axis of shell length vertical to surface of sand,
- F; pedal retraction pulling shell down into sand.

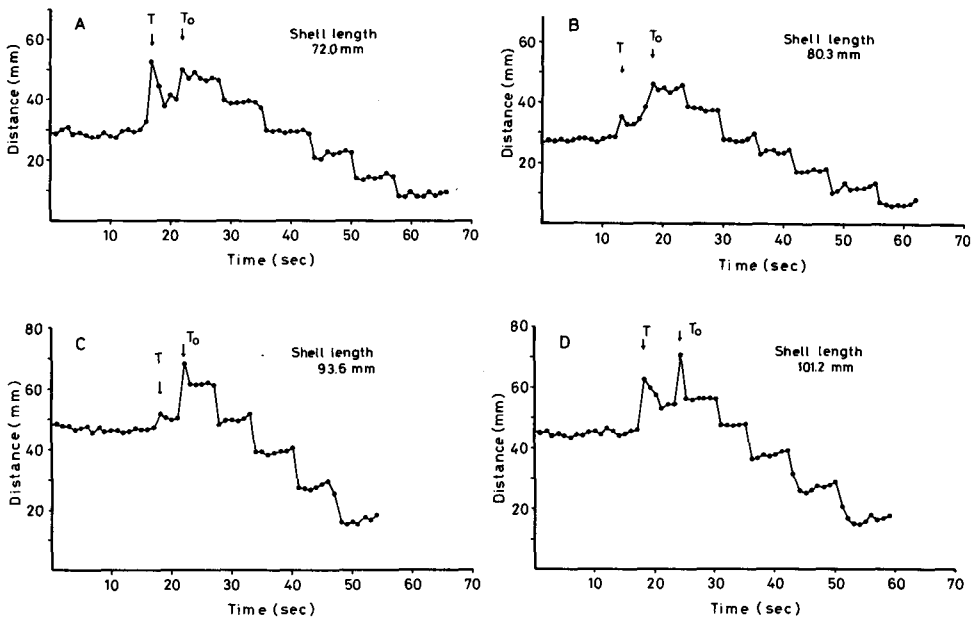


Fig. 3. Diagrams showing activity of shell during a complete digging period.

T; time from began to probe surface on sand to make vertically axis of shell width,

T₀; time from began to probe surface on sand to make downward motion,

A; shell length 72.0 mm,

B; shell length 80.3 mm,

C; shell length 93.6 mm,

D; shell length 101.2 mm.

が観察された。この時の様子をとらえて模式的に示したのが図2である。ウバガイの潜砂行動は次のように要約される。

- 1) 図2のAのように砂床に静置された貝はしばらくして環境に十分慣れると図2のBのように斧足を出して探砂行動を開始する。
- 2) 斧足を動かしながら、図2のCのように砂地に刺し込み、振動させながら図2のDのように砂地に斧足を深く入れて、斧足の先を膨張させ、殻を閉じて水を勢よく噴射しながら斧足を収縮させて図2のEのように砂面に殻長軸をほぼ垂直になるように起こす。
- 3) 殻を若干開き、図2のFのように再び斧足を砂地に深く刺し込み、斧足の先端を膨張させ、殻を閉じながら水を噴射させ斧足を収縮して殻高軸方向に揺り動かしながら引き込み潜って行く。
- 4) 一定の棲息する深さに達するまでは周期的に3)の運動を繰り返しながら潜砂行動を行う。貝が砂の中に完全に没すると出入管を砂の表面に出しながら所定の深さに到達するまではこの運動を繰り返す。

殻幅軸を砂床に垂直に置いた貝が斧足を出してから、砂の中に潜って行く時の様子(砂床から殻の上面までの垂直距離で表わす)を時間経過ごとにとらえた結果例を図3に掲げる。これらの貝の動きの様子から、砂床に置かれた貝の潜砂行動は斧足を出し探砂して、砂の中に刺し込んで砂面に殻長軸を垂直にして起き上がるまでの動きと、砂面に殻長軸をほぼ垂直にした後、周期的

な潜砂行動を繰り返しながら潜って行く動きとの二つに分けられる。これらの運動を整理し、時間経過ごとに、砂の表面から出ている貝の垂直距離をとらえて模式的に示したのが図4である。ここでは貝の潜砂行動を量的表示するために貝が砂地に斧足を出してから、殻長軸をほぼ砂床に垂直にするまでの時間 T 、および殻長軸を砂床に垂直にして最初の潜入運動を開始するまでの時間 T_0 をまず求めた。また、潜砂行動を開始してから周期的な潜入運動を繰り返し行っている時のそれぞれの周期 T_1, T_2, T_3, \dots について調べた。潜入運動を繰り返し行っている時には若干殻を開き斧足を砂地に深く刺し込んで行くので、貝はわずかであるが上方にずる。このずって移動する距離 d_1, d_2, d_3, \dots 、および1回の潜砂行動によって砂地に潜入して行く深さ D_1, D_2, D_3, \dots 、を撮影した画像を利用して読み取って整理した。貝が斧足を出してから砂床に殻長軸をほぼ垂直にするまでの時間 T 、および砂床に垂直になって潜砂行動を開始するまでの時間 T_0 について求めた結果を図5に掲げる。 T, T_0 の測定値は若干変動するが、殻長が大きくなれば両者の時間は増加し、殻長 L の関数 $T=0.04L^{1.34}$ 、 $T_0=0.04L^{1.42}$ として表わされる。

次に繰り返し潜砂行動を行う時の運動の周期と潜砂運動を起こしてから回数との関係を殻長の大きさ別に整理して描いたのが図6である。どの大きさの貝とも潜砂運動を繰り返す回数が増加して、次第に貝が砂の中に深く潜って行くに従って、運動の周期は長くなる傾向を示す。しかし、殻長 103.7 mm の貝で見られるように貝が砂の中に完全に潜入した状態ではこの運動周期の増加する割合は小さくなる傾向を示すが、資料が十分に得られなかったので、詳細なことは明らかではない。また、この図からでは貝の大きさがこの運動周期にどのように影響するのかは明らかでない。そこで、比較的資料が整っている潜砂行動を起こしてから3回目までの運動周期を回数別に求め、周期と殻長の関係を整理して描いたのが図7である。潜砂行動の回数が増え、次第

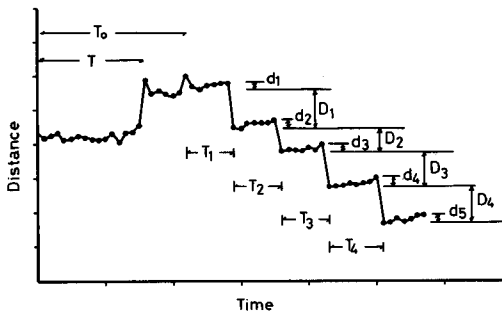


Fig. 4. Illustrate diagrams showing activity of shell during a complete digging period schematically,

- T ; time from began to probe surface on sand to make vertically axis of shell width,
- T_0 ; time from began to probe surface on sand to make downward motion,
- T_1-T_4 ; digging period,
- d_1-d_5 ; distance of which lifting of shell caused by probing of foot,
- D_1-D_4 ; distance of which pulling of shell caused by one digging cycle.

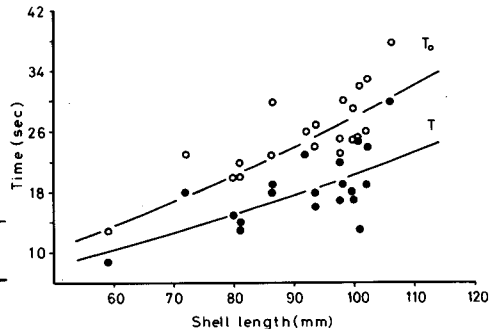


Fig. 5. Relation between time from protracting movement of foot to probing movement of foot into sand and pedal retraction making axis of shell length vertically to surface of sand and shell length.

- T ; time from began to probe surface on sand to make vertically axis of shell width,
- T_0 ; time from began to probe surface on sand to make downward motion.

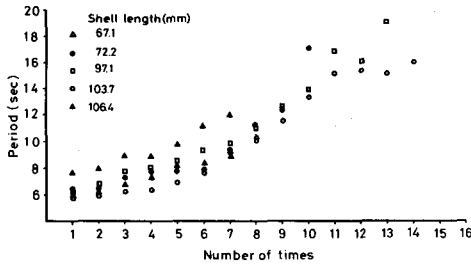


Fig. 6. Relation between digging period and number times of digging activity for various shell lengths.

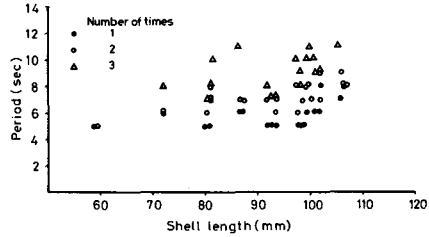


Fig. 7. Relation between digging period and shell length.

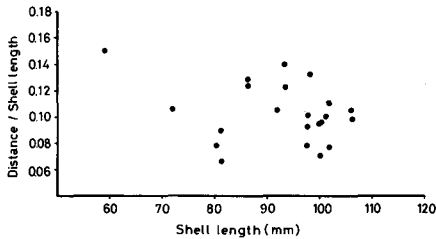


Fig. 8. Distance of which pedal retraction pulling shell downward into sand.

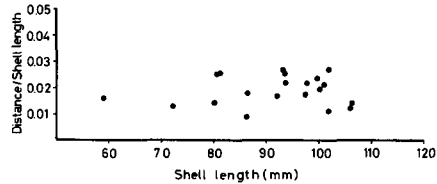


Fig. 9. Distance of which lifting of shell caused by probing of foot.

に砂の中に深く入って行くに従って運動の周期は長くなる。また、この周期は殻長が大きくなるとわずかではあるが増加する傾向を示す。

1回の潜砂行動によって潜入する深さ D と殻長 L との関係をとらえるために横軸には殻長、縦軸には潜入距離と殻長との比 D/L をとり描いたのが図8である。測定値は変動するが、殻長によってこの比は変わらないとみることができ、約0.10が得られた。また、潜砂運動で斧足を砂地に刺し込んで行く時に貝がずって持ち上げられる距離 d を計測し、横軸には殻長 L 、縦軸にはこの距離と殻長との比 d/L をとり描いたのが図9である。この比の値は若干変動するが、殻長によって変わらないとみることができ、約0.017が得られた。ウバガイが砂の中に潜って行く時の平均速度 v は各個体について図4のように描いた図を用いて、次のようにして算出した。貝の殻長軸を砂床に垂直にしてから貝が完全に砂の中に潜入するまでの距離を $\sum_{i=1}^n D_i$ 、ずり上がる距離を $\sum_{i=1}^n d_i$ 、その距離を潜入するに要する時間を $\sum_{i=1}^n T_i$ とすれば平均速度 v は次式のように表わされる。

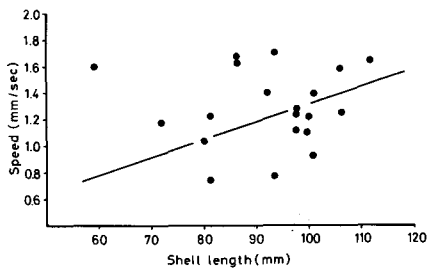


Fig. 10. Burrowing speed of the Japanese surf clam.

$$v = \left(\sum_{i=1}^n D_i - \sum_{i=1}^n d_i \right) / \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

Table 2. Distance from upper part position of shell final
buried depth to surface on sand
A ; observed during 10 minutes

	Shell Length (mm)	Depth (mm)	Ratio
1	58.8	30	0.51
2	66.5	38	0.57
3	67.1	28	0.42
4	71.5	38	0.53
5	72.1	58	0.80
6	72.0	65	0.90
7	72.2	28	0.39
8	74.0	71	0.96
9	93.6	44	0.47
10	97.7	35	0.36
11	97.7	47	0.48
12	99.7	35	0.35
13	100.4	25	0.25
14	101.8	28	0.28
15	103.7	40	0.39
16	106.0	22	0.21
17	106.0	68	0.64
18	106.4	55	0.52
19	116.8	56	0.48

B ; observed during 17~110 hours

	Shell Length (mm)	Depth (mm)	Ratio
1	100.8	70	0.69* ¹
2	101.7	50	0.49* ¹
3	101.8	35	0.34* ¹
4	59.0	48	0.81* ²
5	80.3	50	0.62* ²
6	86.3	58	0.67* ²
7	98.2	52	0.53* ²
8	100.3	55	0.55* ²
9	58.8	30	0.51* ³
10	67.1	28	0.41* ³
11	72.2	28	0.39* ³
12	106.0	22	0.21* ³
13	106.4	55	0.52* ³
14	116.8	56	0.48* ³

*¹ 110 H

*² 17 H

*³ 20 H

ただし、 i は潜砂行動の回数である。

上式に従って平均速度を算出し、殻長との関係を求め描いたのが図 10 である。求めた平均速度は個体によって変動するが、殻長が大きくなると、この速度 v は増加し、殻長 L の関数、 $v=0.013L$ として表わされる。北海道において漁獲の殻長制限がされている 90 mm の貝では、この速度は約 1.2 mm/sec となる。

ウバガイが海底の砂の中に棲息している時の深さは有馬⁷⁾などによって測定されているが十分明らかにされていない。そこで、ここでは周期的な潜砂運動が休止した直後に、貝が砂の中に潜っている深さ(砂床から貝殻までの垂直距離)を計測し、殻長との比を求めて整理した結果を表 2 の A に示す。また、この深さが極く短時間内の観察と長時期にわたって放置した場合とでは異なってくることが予想されたので、ここでは 17~110 時間にわたって実験室内に放置した後に調べた結果を表 2 の B に掲げる。両者で測定した深さは個体によって変動が見られるが、短時間内の観察では殻長の約 0.50 倍、長時間にわたる観察では殻長の約 0.52 倍となり、両者には有意差は認められなかった。実験室内の大変静かな環境下での測定であるので、波浪などの影響を強く受ける自然の海底では異なってくることが考えられ、ここで得られた潜っている深さより大きくなることが予想される。したがって、今後は自然の状況下で季節ごとに、海域ごとに調べる必要があろう。

考 察

波浪の高い荒天時にはしばしばウバガイが海岸へ打ち上げられる現象が生じ、多大な損害を受けている。このような打ち上げ現象については飯倉他⁹⁾によって実験的に、有馬など¹¹⁾によって理論的な考察を行い説明が試みられている。しかし、実測の資料に基づいた検討が十分行われていない。一般に波浪によって海底の砂は波の進行方向に移動が起こることは良く知られている⁹⁾。砂粒の大きさによって異なってくるが、波による海底の最大水粒子速度がある一定以上の大きさに達すると、水の粒子速度に応じて、砂は初期移動→一様移動→砂漣の発生→砂漣の消滅→砂の擾乱の現象へと進むことが知られている⁹⁾。荒天時には海底ではこのような砂の移動が起こることになる。波によって生ずる海底の砂の初期移動から一様移動までの範囲までは棲息条件としては比較的安定した状態とみることができ。しかし、砂漣の移動に伴って砂面の上下動が生ずると、砂の中に棲息しているウバガイにとっては大変不安定な生育環境となる。波の碎波帯より沖については波による砂の移動機構は理論的に十分明らかにされているが、これより以浅についてはほとんど解明されていない。しかし、前者の水深帯より後者の水深帯の方が水粒子速度が大きく、大変不安定な環境下にあるとみることができ。ウバガイの親貝が多く棲息している水深 5~7 m ではまだ碎波されていないものと考えられる。

碎波帯より以深において、波浪によって砂漣が発生し、その時の前進速度 u_r は、 $u_r = 2.87\Psi^{4.8} \times 10^{-7}$ cm/sec として示されている⁹⁾。ここで Ψ は無次元量で砂粒に対する流れの揚力効果を表わすもので、実験的に砂の運動形式によってこれらの値は決定される。今、ウバガイが棲息している海底の砂粒子の中心粒径は約 0.18 mm とすると、砂漣の発生限界では $\Psi = 9.3$ 、砂漣の消滅限界では $\Psi = 20.9$ となる⁹⁾。これらの値を適用して、このような現象が発生する時の波による海底の水粒子の速度は前者の条件では 34 cm/sec、後者の条件では 75 cm/sec となる。また、この時の砂漣の前進速度 u_r を前式に従って試算すると、前者の条件では $u_r = 0.13$ mm/sec、後者の条件では $u_r = 6.24$ mm/sec が得られる。この時生ずる砂漣の波長はいろいろ調べられ、砂の粒径によって変化することが知られている¹⁰⁾。中心粒径が 0.18 mm 程度の砂では約 20 cm となることが推定される。また、砂漣の波高については十分明らかにされていないが、砂の息角より推定すれば、砂漣の波

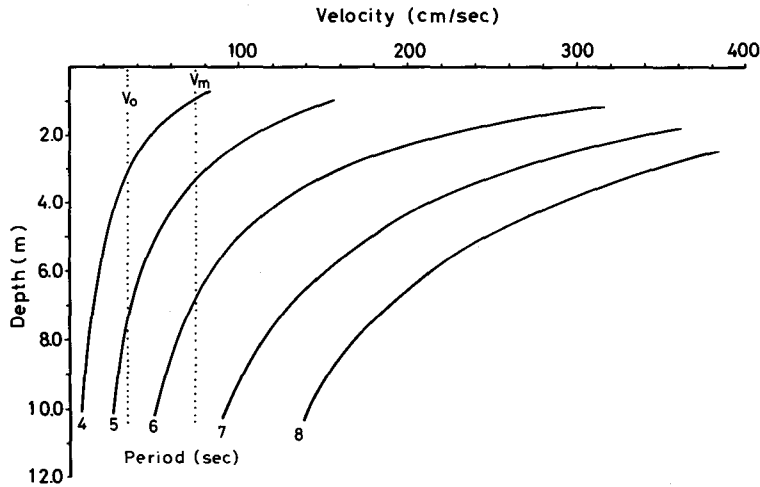


Fig. 11. Relation between water velocity of seabed and depth under condition of various wave periods on offshore.
 V_0 ; Velocity of which moving sand particle occur,
 V_m ; Velocity of which sand particle is disturbed.

高は最大で約 25 mm 程度と考えられる。したがって砂漣の移動に伴って砂床面が上下に変動する平均的な速さは前者の条件では約 0.07 mm/sec, 後者の条件では約 3.1 mm/sec となる。このような環境下で砂の中に潜って棲息しているウバガイが波浪によって打ち上げられる機構としては、(1) 砂漣が発生する底面流速域と (2) 砂漣が消滅し、砂が擾乱する流速域との二つが想定される。さらに前者の流速域では貝が潜砂行動をする場合と貝が潜砂行動をしない場合とが考えられる。後者の流速域では貝は入水管を殻の中にとじこめて潜砂行動をしないものと考えられる。(1) の流速域でウバガイが潜砂行動をする場合には貝が砂漣の谷にいる時と山にいる時とに分けて考える必要がある。砂に潜ったり、砂から出たりする時の行動は同じ機構になるものとするれば、次のように理解される。貝の潜砂速度 v は図 10 からも明らかなように殻長 L の関数として近似的に、 $v=0.013L$ として示された。ここで、貝が砂床に殻長の $\frac{1}{2}$ 以上が露出すると安定性を失い転がるものとする。

砂漣の波高は砂漣が消滅する限界での流速では前述のように 50 mm とみることができる。一方、砂漣が発生する限界時で砂床が上下する速度は 0.07 mm/sec となるので、これらの値を使って砂漣の移動に伴って貝が潜砂行動をしても砂面に殻長の $\frac{1}{2}$ 以上を露出してしまう殻長の大きさをそれぞれ試算すると、砂漣の発生限界では約 4.9 mm 以上、砂漣の消滅限界では殻長約 41 mm 以上の貝となり、これらの殻長より大きければ砂漣の移動によって貝は転がることなく安定した条件下にあるといえよう。潜砂行動をしない場合には砂漣の高さの変動は前述のように 50 mm とみることができ、通常砂の中に潜って棲息している深さは前述のように殻長の 0.5 倍となっているので、50 mm 以上の貝であれば一部貝が露出しても転がって移動することはないであろう。

砂漣が消滅し、砂が擾乱する流速域では、砂が擾乱するようになると貝は入水管、斧足を殻の中に引っこめてしまい、全く潜砂行動は行えないものと想定される。生きているウバガイの比重を計測したところ、約 1.32 となっており、砂が擾乱している時の砂の見掛け上の比重はこれより十分大きいものと考えられる。したがって、砂が擾乱するような条件下では貝に浮上力が作用し、砂床の表面まで持ち上げられて、流れによって移動されるものと思われる。さらに、貝は碎

波帯の以浅まで移動すると波による強い流れによって海岸へ打ち上げられるものと考えられる。水深ごとに沖波の周期、波高別に底面流速を求め描いたのが図 11 である。ウバガイの棲息する水深 5 m では、沖波の周期 4.5~5 秒の波で砂漣が発生し、周期 5.6 秒以上の波では砂が擾乱する条件となる。この程度の波はウバガイが多く棲息している漁場ではしばしば観察される。したがって、当面の防止策としては底面の流速を減少させることが大きな課題であろう。

文 献

- 1) 有馬健二外 (1975). 大規模増養殖場開発事業調査報告書 (八雲地区), 53 p. 北海道.
- 2) Trueman, E.R., Brand, A.R. and Davis, A. (1966). The effect of substrate and shell shape on the burrowing of some common Bivalves. *Proc. Malac. Soc. Lond.* **37**, 97-109.
- 3) Trueman, E.R. (1966). Observations on the burrowing of *Arenicola Marina* (L). *J. Exp. Biol.* **44**, 93-118.
- 4) Trueman, E.R., Brand, A.R. and Davis, P. (1966). The dynamics of burrowing of some common littoral bivalvia. *J. Exp. Biol.* **44**, 469-492.
- 5) Ansell, A.D. (1962). Observations on burrowing in the Veneridae (Eulamellibranchia). *Biol. Bull. Woods Hole*, **23**, 521-530.
- 6) Trueman, E.R. (1967). The dynamics of burrowing in *Ensis* (Bivalvia). *Pro. Royal Soc.*, **166**, 459-476.
- 7) 有馬健二・浜谷進司・宮川洋一 (1972). ヒトデ類の二枚貝捕食行動について。北海道立水産試験場報告, **14**, 63-69.
- 8) 飯倉敏弘他 (1972). 二枚貝の砂の移動に関する実験的研究, 113 p. 農業土木試験所, 茨城県水産試験場増殖部.
- 9) 沼知福三郎・本間 仁 (1966). 水工学便覧, 1246 p. 森北出版, 東京.
- 10) 井上正男 (1975). 漂砂と流速の水理学, 290 p. 古今書院, 東京.