

ウバガイ、バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす 水温、塩分および底質粒径の影響^{*1}

櫻井 泉, 瀬戸雅文, 中尾 繁

(1995年11月24日受付)

Effects of Water Temperature, Salinity and Substrata on Burrowing Behaviors of the Three Bivalves, *Pseudocardium sachalinensis*, *Macra chinensis*, and *Ruditapes philippinarum*

Izumi Sakurai,^{*1} Masabumi Seto,^{*2} and Shigeru Nakao^{*3}

This paper analyzed the effects of water temperature, salinity and particle size of the substratum on the burrowing behaviors of the three Veneroid bivalves, *Pseudocardium sachalinensis*, *Macra chinensis*, and *Ruditapes philippinarum*. The starting time for burrowing behavior (STBB) and mean burrowing velocity (MBV) of the three bivalves in 15–25°C tended to be more rapid than those in 5–10°C. In 5–10°C, STBB and MBV of *P. sachalinensis* were the most rapid, and the burying depth of this species in 5–10°C was deeper than that in 15–25°C. In *R. philippinarum*, the ranges of optimum salinity and particle size for burrowing were wide compared with the other species. It was concluded that the burrowing behaviors of *P. sachalinensis* and *R. philippinarum* are well adapted to the dynamic swash conditions in high latitudes and to sites with fresh water, fluctuation of water temperature and low sorting sediment.

キーワード：ウバガイ、バカガイ、アサリ、潜砂行動、潜砂反応時間、潜砂速度、潜砂深度

ウバガイ（ホッキガイ）*Pseudocardium sachalinensis*, バカガイ *Macra chinensis* および アサリ *Ruditapes philippinarum* は、干潟およびその周辺砂泥域に生息する潜砂性の二枚貝であり、北海道では重要な水産資源に位置付けられている。これら二枚貝では、波浪などの物理的要因による若齢期の減耗が指摘されており、¹⁻³⁾ 減耗緩和策の確立が増殖を図る上で課題となっている。

一般に波浪によって岸沖方向に移動する海底の砂は、底面流速が一定以上の大きさに達すると、砂の比重および粒径に応じて掃流移動、浮遊移動、砂漣の発生、消滅および層状移動へと進行する。⁴⁾ このような砂の移動に伴う海底地形の変動が潜砂二枚貝の生息に不安定な環境をもたらすと考えられ、ウバガイおよびバカガイでは、砂面の急激な侵食に潜砂行動が追従できない場合に砂中から洗い出されることが明らかにされている。⁵⁾ 一方、ウバガイおよびアサリの潜砂率は、水温、塩分および底質条件によって異なるとともに、その環境耐性には、種による違いが認められる。^{6,7)} したがって、海底地形の変

動によって二枚貝が減耗する過程を明らかにするために、各環境条件に対する潜砂行動の変化を定量的に評価しておくことが必要と考える。

そこで本研究では、波浪による海底地形の変動に伴うウバガイ、バカガイおよびアサリの減耗機構を明らかにする前段階として、これらの潜砂行動に及ぼす水温、塩分および底質粒径の影響を検討した。

材料および方法

本研究には、1994年9月22および26日に北海道小樽市沖の水深5m域において採集されたウバガイ0齢（平均殻長±標準偏差；10.9±1.4mm）、1齢個体（36.4±3.7mm）およびバカガイ1齢個体（17.8±0.2mm）を使用した。また、同年9月6日に北海道能取湖内の干潟域において採集されたアサリ2齢個体（27.1±2.1）および3齢個体（32.7±1.9mm）を用いた。採集時の水温は、小樽市沖および能取湖でそれぞれ18.0および19.0°Cであり、底質は両地区とも細砂（粒径0.125～

^{*1} 本研究の一部は、平成7年度日本水産学会春季大会（東京）および平成7年度日本水産工学会学術講演会（東京）において発表した。

^{*2} 北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan）.

^{*3} 北海道大学水産学部（Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hakodate, Hokkaido 041, Japan）.

0.25 mm) であった。

採集した個体は、余市町前浜で採取した細砂を厚さ 15 cm に敷き、水温を 15~18°C に調温した水槽内に 1~3 週間収容した後、後述する馴致期間を経て、以下の実験に供した。なお、収容から馴致および実験期間中は、無給餌とした。また、本研究には、余市郡漁業協同組合とラメセンタが余市町沖で取水した海水（塩分濃度 32.5）を使用した。

潜砂行動に及ぼす水温の影響を検討するため、15 l 水槽 5 基にメッシュサイズ 0.125~0.25 mm の篩でふるい分けた市販の砂（海水で洗浄済み）を厚さ 20 cm になるように敷き、上述の海水を注入した後、水温を恒温室内でそれぞれ 5, 10, 15, 20 および 25°C に調温した。また、各供試個体とも、収容から約 1 週間後に水温 15 および 20°C 下で 2 日間、10°C 下で 5 日間、5 および 25°C 下で 7 日間の馴致を行った。この時の塩分濃度は 32.5 とし、底質には上述の砂を用いた。

潜砂行動に及ぼす塩分の影響を検討するため、15 l 水槽 7 基に上述の砂を厚さ 20 cm になるように敷き、塩分を水道水（脱塩素処理済み）でそれぞれ 13.0, 15.0, 18.0, 21.5, 25.5, 28.5 および 32.5 に調整した海水を注入した後、水温を恒温室内で 15°C に調温した。また、各供試個体とも、収容から約 2 週間後に塩分 32.5 下で 2 日間、21.5, 25.5 および 28.5 下で 3 日間、13.0, 15.0 および 18.0 下で 4 日間の馴致を行った。この時の水温は 15°C とし、底質には上述の砂を用いた。

潜砂行動に及ぼす底質粒径の影響を検討するため、15 l 水槽 5 基にそれぞれ市販の粗砂（粒径 0.5~1.0 mm）、中砂（粒径 0.25~0.5 mm）、細砂（粒径 0.125~0.25 mm）、極細砂（粒径 0.063~0.125 mm）および極細砂にシルトを 10% 添加した砂をそれぞれ厚さ 20 cm になるように敷き、塩分 32.5 の海水を注入した後、水温を恒温室内で 15°C に調温した。また、各供試個体とも、収容から約 3 週間後に上述の各底質条件下で 2 日間の馴致を行った。この時の水温および塩分濃度は、それぞれ 15°C および 32.5 とした。

以上の条件に設定した各水槽に馴致した供試個体を右殻が上方を向くように静置し、これらが潜砂行動を始めるまでの時間（潜砂反応時間：STBB）および砂中に完全に埋没するまでの時間（ETBB）を個体ごとにストップウォッチで計測した。なお、水槽 1 基当たりの収容個体数については、その密度が相互の潜砂行動に影響を与えないように配慮し、ウバガイ 0 齢個体およびバカガイでは 15 個体ずつ、アサリでは 10 個体ずつ、ウバガイ 1 齢個体では 5 個体ずつとした。

すべての個体の潜砂を確認した後、エアレーションを開始した。なお、本実験に先立って、ウバガイ、バカ

イおよびアサリの潜砂深度の経時変化を調べたところ、3 種とも埋没後 36 時間以降は潜砂深度に顕著な変化がみられなかった。また、これら二枚貝の光に対する反応については不明な点が多い。したがって、エアレーションを施した各水槽は、暗条件下に 2 日間放置した。その後、飼育水をサイフォンで取り除き、砂表面から供試個体の殻の最上部（後背縁部）までの距離（D）をステンレス製定規で計測した後、貝を取出し、殻長（SL）を計測した。

各環境因子に対する貝の潜砂能力の評価には、潜砂反応時間（秒）、平均潜砂速度（mm/s）および潜砂深度を用いた。平均潜砂速度（MBV）の算出には、以下の式を用いた。

$$MBV = SL / (ETBB - STBB)$$

また、多くの二枚貝では、潜砂した深さと殻長の間に比例関係が認められるので、^{8,9)} 潜砂深度（BD）には、貝が潜砂している深さ（SL+D）を殻長で除した値を用いた。

なお、各環境条件に対する測定値の差の検定には Kruskal-Wallis および Dunn 検定を、各年齢に対する測定値の差の検定には Mann-Whitney U-検定を適用し、¹⁰⁾ それぞれ $P < 0.05$ を有意差とした。

結果および考察

潜砂行動の評価指標 日向野ら¹¹⁾は、チョウセンハマグリ¹²⁾の潜砂行動を観察した結果から、その一連の動作を底質を探索する行動、底質への潜入行動および底質内での定位行動の 3 つに区分している。このような一連の潜砂行動は、本実験においてウバガイ、バカガイおよびアサリでも観察された。このうち、底質を探索する行動には、貝が周辺の環境を感知するとともに、潜砂のための底質を選択し、潜入への準備を整える行動が含まれる。したがって、本研究で用いた潜砂反応時間は、貝の潜砂に対する応答性と底質選択の敏捷性の両側面を捉えた指標と考えられる。また、平均潜砂速度および潜砂深度は、底質への潜入および底質内での定位行動において、貝の砂中への潜入能力と各環境下における貝の活力の両側面を運動性として捉えた指標と考えられる。

ウバガイの潜砂行動 水温 5, 10, 15, 20 および 25°C におけるウバガイ 0 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を Fig. 1 に示した。潜砂反応時間は、5~10°C では 206~230 秒であったが、15~20°C では約半分の 93~100 秒に減少した。また、平均潜砂速度は、5~10°C では 0.22~0.34 mm/s であったが、15~25°C では約 2 倍の 0.46~0.69 mm/s に増大した。さらに、潜砂深度は、5~10°C では 2.22~2.24 であったが、20~25°C では 1.92~1.94 に減少した。これよ

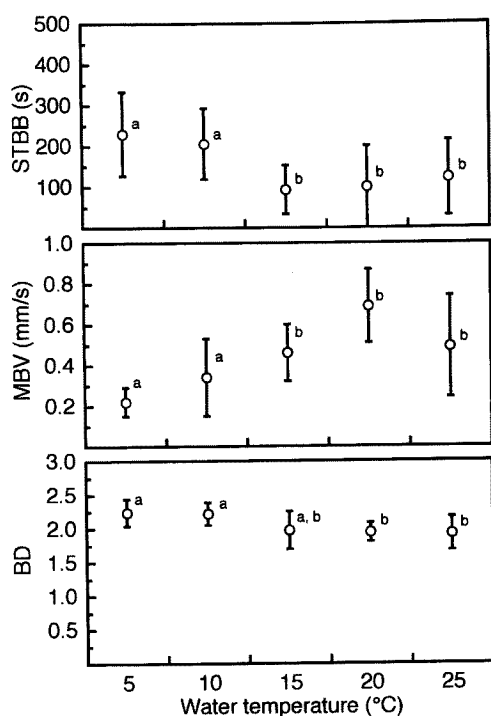


Fig. 1. *P. sachalinensis*. Burrowing behavior of the clam with several levels of water temperature.

STBB, MBV and BD represent starting time for burrowing behavior, mean burrowing velocity and burying depth, respectively. STBB indicates the time when the clam stands up for burrowing after setting it on the bottom. BD is given by $(D+SL)/SL$, where D and SL are distance from bottom to top of the shell and shell length, respectively. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

り、水温に対するウバガイ 0 齢個体の潜砂行動特性として、15~25°C では潜砂に対する応答性および底質選択の敏捷性が高くなるとともに、運動性も上昇することが伺われた。

次に、ウバガイ 0 齢および 1 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を比較した (Table 1)。そ

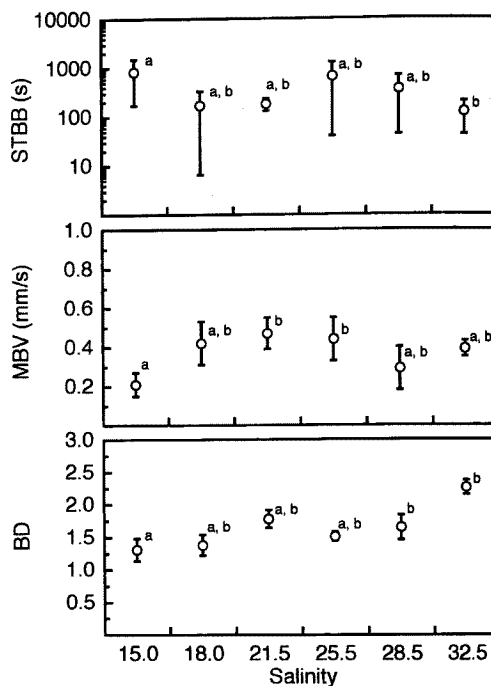


Fig. 2. *P. sachalinensis*. Burrowing behavior of the clam with several levels of salinity.

STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

Table 1. Comparison of the burrowing behavior between age 0 and 1 year classes for *P. sachalinensis* with several water temperatures

Water temperature	Starting time for burrowing behavior (s)		Mean burrowing velocity (mm/s)		Burying depth	
	Age 0 year	Age 1 year	Age 0 year	Age 1 year	Age 0 year	Age 1 year
5°C	230.0±103.0	7994.4±7010.3**	0.23±0.07	0.21±0.08	2.24±0.20	2.16±0.25
10°C	205.7± 86.7	2833.1±2059.7**	0.34±0.18	0.31±0.19	2.22±0.17	2.27±0.13
15°C	93.3± 59.4	2080.6±1466.1**	0.46±0.14	0.46±0.17	1.97±0.28	2.21±0.30
20°C	100.2±100.3	1719.1±1226.0**	0.69±0.18	0.73±0.16	1.94±0.14	1.97±0.11
25°C	122.2± 91.9	2077.8± 904.1**	0.49±0.25	0.50±0.28	1.92±0.25	1.82±0.28

Each value represents mean±S.D.

** Significant at $P<0.01$ (Mann-Whitney U-test).

の結果、平均潜砂速度および潜砂深度には年齢による有意差がみられなかったが、潜砂反応時間には各水温区とも1齢個体で増大する傾向が認められた。このことから、ウバガイ0齢および1齢個体の潜砂に対する応答性および底質選択の敏捷性は、加齢に伴って鈍くなると推察される。

塩分 15.0, 18.0, 21.5, 25.5, 28.5 および 32.5 におけるウバガイ0齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を Fig. 2 に示した。潜砂反応時間は、塩分 32.5 では 122 秒であったが、塩分 15.0 では 839 秒に増大した。また、平均潜砂速度は、塩分 21.5~25.5 では 0.44~0.47 mm/s であったが、塩分 15.0 では 0.21 mm/s に低下した。さらに、潜砂深度は、塩分 28.5~32.5 では 1.65~2.26 であったが、塩分 15.0 では 1.31 に低下した。なお、塩分 13.0 に曝した個体は、実験開

始から2日経過しても殻を閉じたまま潜砂しなかった。これより、塩分 15.0 以下の環境は、ウバガイ0齢個体の潜砂行動に支障をきたすものと推察される。なお、ウバガイ若齢個体では、塩分が 12.9 以下に低下すると死亡率が上昇するという。⁷⁾ このようなウバガイの塩分耐性は、本実験で観察された低塩分に対する本種の潜砂行動の変化と一致している。

粗砂、中砂、細砂、極細砂および 10% シルト含有細砂に対するウバガイ0齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を Fig. 3 に示した。潜砂反応時間および潜砂深度には、底質の違いによる有意な差は認められなかったが、平均潜砂速度は細砂および極細砂で有意に大きく、それぞれ 0.69 および 0.50 mm/s であった。このことから、ウバガイ0齢個体が砂に潜入するのに適した底質は細砂および極細砂と推察され、この結果は石狩および苫小牧沿岸で観測されているウバガイ若齢個体の生息域の底質環境^{12,13)}と一致している。

バカガイの潜砂行動 水温 5, 10, 15, 20 および 25°C におけるバカガイ1齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂

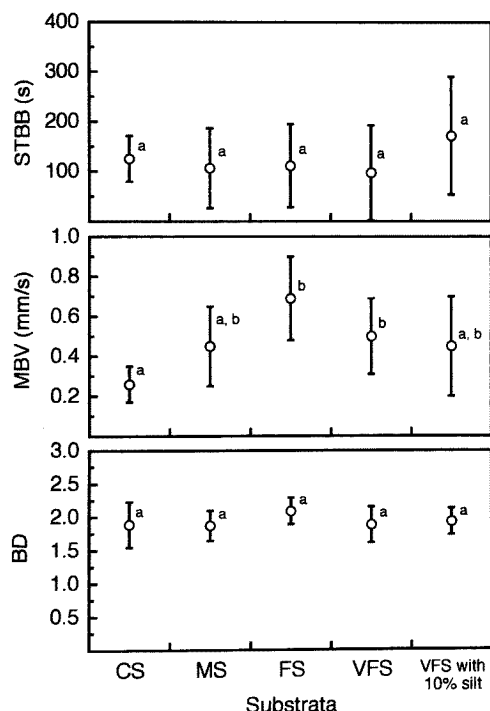


Fig. 3. *P. sachalinensis*. Burrowing behavior of the clam with several particle size of substratum.

CS, MS, FS and VFS represent coarse, medium, fine and very fine sand, respectively. STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

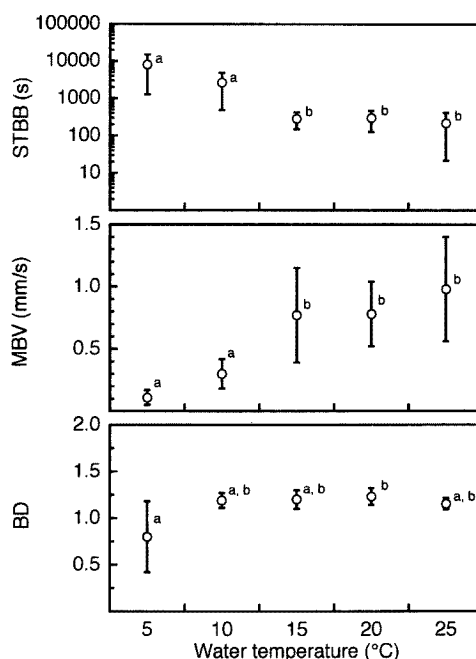


Fig. 4. *M. chinensis*. Burrowing behavior of the clam with several levels of water temperature.

STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

速度および潜砂深度を Fig. 4 に示した。潜砂反応時間は、5~10°C では 2,678~8,154 秒であったが、15~20°C では 219~303 秒に減少した。また、平均潜砂速度は、5~10°C では 0.11~0.30 mm/s であったが、15~25°C では 0.77~0.98 mm/s に増大した。さらに、潜砂深度は、5°C では 0.80 であったが、20°C では 1.23 に増大した。これより、水温に対するバカガイ 1 齢個体の潜砂行動特性として、15~25°C では潜砂に対する応答性および底質選択の敏捷性が高くなるとともに、運動性も上昇することが伺える。

塩分 15.0, 18.0, 21.5, 25.5, 28.5 および 32.5 におけるバカガイ 1 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を整理したのが Fig. 5 である。潜砂反応時間および潜砂深度には、塩分の違いによる有意な差は認められなかったが、塩分 15.0 での平均潜砂速度は、塩分 25.5~32.5 での 0.56~0.77 mm/s に比較して有意に小さく、0.13 mm/s であった。また、塩分 13.0 に曝した個体は、ウバガイと同様に実験開始から 2 日経過しても潜砂しなかった。これより、塩分 15.0 以下の環境

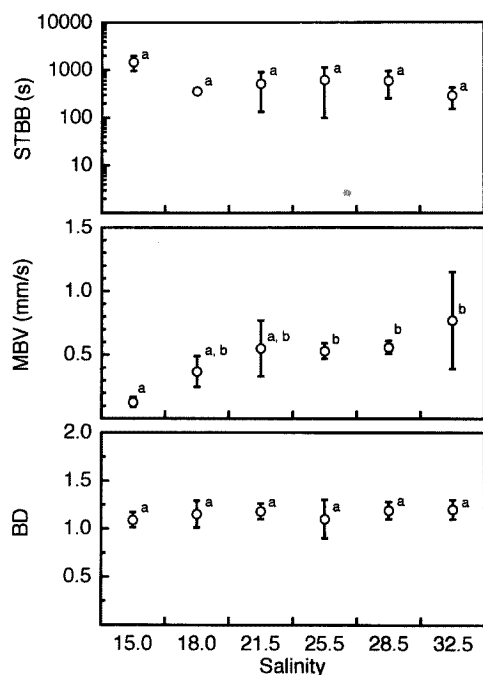


Fig. 5. *M. chinensis*. Burrowing behavior of the clam with several levels of salinity.

STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

は、バカガイ 1 齢個体の潜砂行動に支障をきたすものと推察される。

粗砂、中砂、細砂、極細砂および 10% シルト含有細砂に対するバカガイ 1 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を示したのが Fig. 6 である。潜砂反応時間および潜砂深度には、ウバガイと同様に底質の違いによる有意な差は認められなかったが、中砂~極細砂での平均潜砂速度は、粗砂での 0.44 mm/s に比較して有意に大きく、0.71~0.77 mm/s であった。このことから、バカガイ 1 齢個体が砂に潜入するのに適した底質は中砂~極細砂と推察され、この結果は苫小牧沿岸で観察されているバカガイ若齢個体の生息域の底質環境²⁾と一致している。

アサリの潜砂行動 水温 5, 10, 15, 20 および 25°C におけるアサリ 2 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を示したのが Fig. 7 である。潜砂反応時間は、水温の上昇に伴って 5°C の 9,998 秒から 25°C

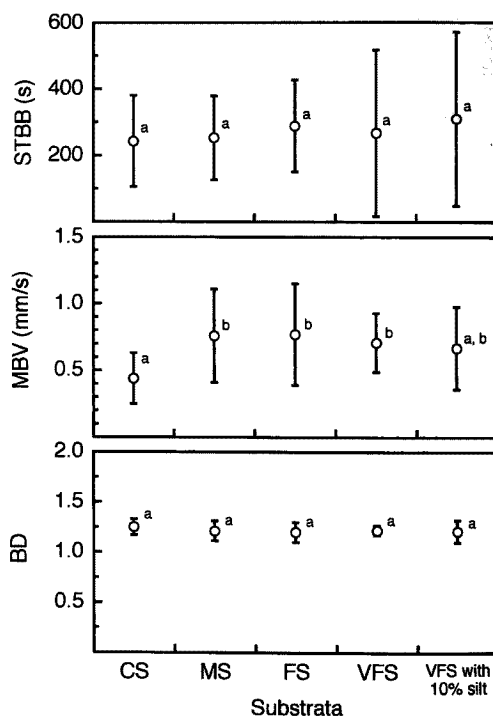


Fig. 6. *M. chinensis*. Burrowing behavior of the clam with several particle sizes of substratum.

CS, MS, FS and VFS are the same as in Fig. 3. STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

の468秒に減少した。また、平均潜砂速度は、水温の上昇に伴って5°Cの0.02 mm/sから25°Cの0.11 mm/sに増大した。なお、潜砂深度には水温の上昇に伴う変化は認められず、1.08~1.24を示した。これより、水温に対するアサリの潜砂行動特性として、5~25°Cの条

件下では、高水温域ほど潜砂に対する応答性および底質選択の敏捷性が高くなるとともに、運動性も上昇することが伺える。低水温域においてアサリの潜砂能力が低下したことは、相島の実験結果⁷⁾とも一致している。

一方、アサリ2齢および3齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を比較した結果 (Table 2)、各潜砂行動とも年齢による有意差は認められな

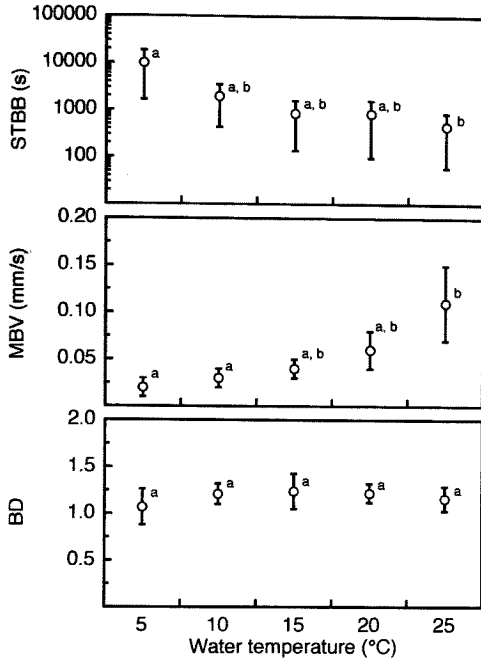


Fig. 7. *R. philippinarum*. Burrowing behavior of the clam with several levels of water temperature.

STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

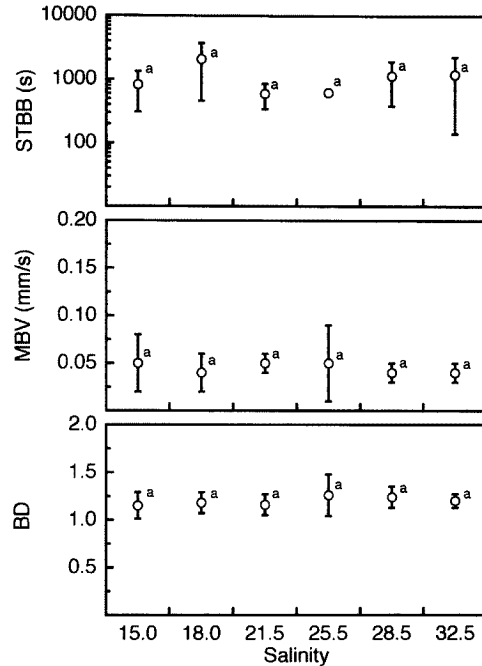


Fig. 8. *R. philippinarum*. Burrowing behavior of the clam with several levels of salinity.

STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

Table 2. Comparison of the burrowing behavior between age 2 and 3 year classes for *R. philippinarum* with several water temperatures

Water temperature	Starting time for burrowing behavior (s)		Mean burrowing velocity (mm/s)		Burying depth	
	Age 2 year	Age 3 year	Age 2 year	Age 3 year	Age 2 year	Age 3 year
5°C	8935.2±7277.9	7324.6±6309.9	0.02±0.01	0.01±0.01	1.17±0.26	1.27±0.18
10°C	2073.4±1679.5	1547.9±871.4	0.04±0.02	0.03±0.01	1.28±0.13	1.18±0.14
15°C	860.8±763.0	901.1±454.4	0.05±0.02	0.04±0.01	1.29±0.13	1.23±0.22
20°C	817.6±680.3	797.8±890.4	0.07±0.02	0.08±0.07	1.23±0.10	1.20±0.11
25°C	546.8±429.3	311.9±269.3	0.11±0.04	0.12±0.05	1.17±0.12	1.20±0.11

Each value represents mean±S.D.

った。このことから、アサリ 2 齢および 3 齢個体の潜砂行動に差はないものと推察される。

塩分 15.0, 18.0, 21.5, 25.5, 28.5 および 32.5 におけるアサリ 2 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を Fig. 8 に示した。潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度には、塩分の違いによる有意な差は認められず、それぞれ 598~1,733 秒, 0.04~0.05 mm/s および 1.15~1.26 を示した。なお、塩分 13.0 に曝した個体は、ウバガイおよびバカガイと同様に実験開始から 2 日経過しても潜砂しなかった。これより、アサリの潜砂行動に影響しない塩分は 15.0 以上と推察される。

粗砂, 中砂, 細砂, 極細砂および 10% シルト含有細砂に対するアサリ 2 齢個体の潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度を Fig. 9 に示した。潜砂反応時間、平均潜砂速度および潜砂深度には、底質の違いによる有意な差は認められなかったことから、粒径 0.063~0.5

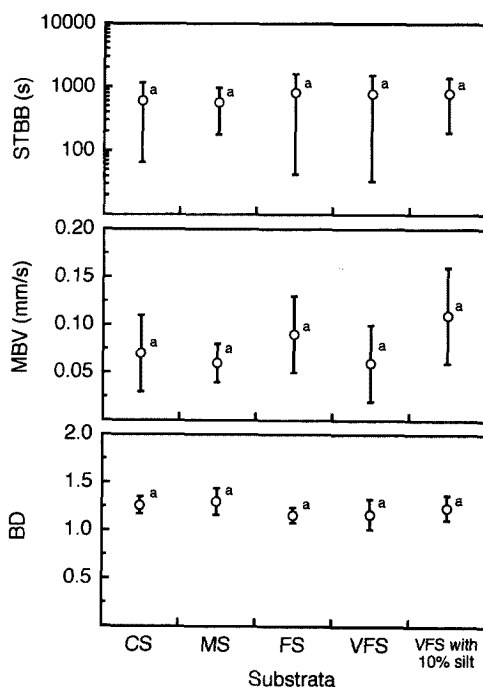


Fig. 9. *R. philippinarum*. Burrowing behavior of the clam with several particles sizes of substratum.

CS, MS, FS and VFS are the same as in Fig. 3. STBB, MBV and BD are the same as in Fig. 1. Each value denotes the mean with standard deviation indicated by a vertical bar. Values identified with the same roman letter are not significantly different.

mm の範囲およびシルト分 10% 以内では、アサリの潜砂行動に対する底質粒径の影響はないものと考えられる。

二枚貝 3 種の潜砂行動の比較 本実験で観察されたウバガイ、バカガイおよびアサリの水温に対する潜砂行動を比較すると、15~25°C で潜砂に対する応答性、底質選択の敏捷性および運動性が高くなる傾向は 3 種とも共通していたが、ウバガイでは 5~10°C で潜砂深度が増大した。このことは、ウバガイが侵食による砂中からの洗い出しを回避するため、低水温下では鈍化した運動性をより大きな潜砂深度で代償していることを示唆すると思われる。

一般にウバガイは、バカガイおよびアサリに比較して、より開放性の高い砂浜海岸に生息することが知られており、その地理的分布は、他の 2 種に比べてより高緯度地域に認められる。¹⁴⁾ また、低水温下での潜砂能力は、潜砂反応時間および平均潜砂速度から判断すると、ウバガイが最も高かった。このことから、上述したウバガイの潜砂行動は、寒海域において波浪の影響を強く受ける生息環境によく適応していることが伺われる。

一方、3 種の塩分に対する潜砂行動を比較すると、ウバガイおよびバカガイでは塩分 15.0 以下で潜砂行動に変化が生じたのに対して、アサリでは塩分 15.0~32.5 では潜砂行動に差がなく、アサリは低塩分条件下においても潜砂行動があまり変化しないことが示された。また、バカガイでは 10°C 以下の低水温条件下で急激に平均潜砂速度が低下するとともに、潜砂深度が浅くなったのに対して、アサリではそれらの変化が小さかった。さらに、3 種の底質に対する潜砂行動を比較すると、アサリは他の 2 種に比較して砂中への潜入に適した底質粒径の範囲が広がった。このようなアサリの潜砂行動は、河川水や降雨などの淡水および水温の急激な変動の影響を受けやすく、底質粒径の淘汰度が低い干潟域および河口域の環境によく適応した側面を表すと考えられる。

謝 辞

本報告にあたり、懇切なご指導をいただいた日本水産学会の匿名の校閲者の方々、標本の採集にご協力いただいた小樽市漁業協同組合の古川 登氏ならびに北海道立網走水産試験場の蔵田 護氏に深く感謝いたします。なお、本研究は北海道開発局「環境保全型沿岸域利用調査」の一環として行われたことを付記し、関係者各位に謝意を表します。

文 献

- 1) 林 忠彦：天然漁場におけるホッキガイ稚貝の発生、分布、減耗。水産土木, 24, 45-52 (1988)。

- 2) 櫻井 泉：北海道苫小牧におけるバカガイ若齢個体群の分布と減耗。日水誌, **60**, 585-591 (1994).
- 3) 柿野 純, 中田喜三郎, 西沢 正, 田口浩一：東京湾盤洲地先におけるアサリの生息の波浪との関係。水産工学, **28**, 51-55 (1991).
- 4) 堀川清司：海岸工学, 東京大学出版会, 東京, 1991, pp. 245-281.
- 5) 山下俊彦, 和田 彰, 松岡 学, 谷野賢二, 明田定満：振動流場での二枚貝の挙動に関する実験的研究。海岸工学論文集, **42**, 57-58 (1995).
- 6) 佐々木浩一：ウバガイ（ホッキガイ）の生態と資源, 日本水産資源保護協会, 東京, 1993, pp. 42-46.
- 7) 相島 昇：アサリ稚貝の潜砂行動に及ぼす水温と塩分の影響。福岡水技研報, **1**, 145-150 (1993).
- 8) L. Zwarts and J. Wanink: Siphon size and burying depth in deposit- and suspension-feeding benthic bivalves. *Mar. Biol.*, **100**, 227-240 (1989).
- 9) Y. Kondo and G. Stace: Burrowing ability and life position of *Toheroa (Paphies ventricosa: Mesodesmatidae)*, an unusually large, deep-burrowing ocean beach bivalve endemic to New Zealand. *Venus*, **54**, 67-76 (1995).
- 10) 米澤勝衛, 佐々木義之, 今西 茂, 藤井宏一：生物統計学, 朝倉書店, 東京, 1988, pp. 107-118.
- 11) 日向野純也, 安永義暢：砂泥性着底基質の解明Ⅱ—チョウセンハマグリ, コタマガイの潜砂行動に関する基礎的研究。水工技報, **7**, 41-52 (1986).
- 12) 中尾 繁：ホッキガイ漁場の底生動物群集と底質環境。北大水産集報, **28**, 95-105 (1977).
- 13) 櫻井 泉, 宮本建樹, 高橋和寛：北海道苫小牧沿岸におけるホッキガイ漁場の環境特性と二枚貝幼稚貝の分布。北水試研報, **36**, 39-59 (1991).
- 14) 波部忠重：日本産軟体動物分類学。二枚貝綱/掘足綱, 北隆館, 東京, 1977, pp. 178-180.