

振動流場での砂漣上の二枚貝の移動機構に関する実験的研究

Experimental study on the behavior of bivalves over sand ripples under oscillatory flow

山下俊彦*・金子寛次**・新山雅紀**・永田晋一郎***・北原繁志***

Toshihiko Yamashita, Hirotugu Kaneko, Masaki Niiyama, Shin-ichiro Nagata, Shigeshi Kitahara

Abstract

Bivalves are important fishery resources. For example, surf clam (*Pseudocardium sybilla*), lives in sandy beaches along the open sea in northern Japan. It has been reported that an increase in young bivalves of surf clams in tranquil areas around newly constructed ports. A large number of young bivalves are often cast onto the shore by high waves in winter. The process of mortality and behavior of young bivalves due to waves must be clarified. In this study, in order to grasp the behavior of bivalves after released out of sand, the behavior of bivalves over sand ripples under oscillatory flow was experimentally investigated.

Key words: behavior of bivalves, sand ripples, oscillatory flow

1. はじめに

砂浜海岸にはハマグリ、ウバガイ、アサリ等の水産資源として重要な二枚貝が生息している。開放性砂浜域に生息するウバガイ等は、港湾建設に伴って港周辺の静穏域で資源量が増加する例がある（例えば早瀬・宮本 1985）ことや、冬季における高波浪の後に海岸に稚貝が打ち上げられるなど、波浪が二枚貝の資源量に大きな影響を与えている。従来の研究により、潜砂性二枚貝が高波浪時に砂中から水中に放り出される限界（放出限界）は明らかになっている（山下ら、1995）。また、水中に放り出された後の平板上での移動機構、抗力係数、付加質量係数も把握されている（山下ら、1996）。しかし、実用上重要となる砂漣上での二枚貝の移動機構はほとんど調べられていない。そこで本研究では、振動流場での砂漣上の流速場と貝の移動過程の詳細な測定を行うことにより、砂漣上での二枚貝の移動機構を実験的に明らかにする。

2. 実験装置及び実験内容

実験は任意波形振動流装置を用いて、底面に模型砂漣を設置して行った。流れの条件は、周期 $T=6$ 秒、流速振幅 $U_m=30\text{cm/s}$ 、 45cm/s 、 60cm/s である。流れに応じて形成される砂漣は形状が異なるが、本研究では従来の知見を基に前述の流れ条件で形成される砂漣寸法の平均的なもの（砂漣の波長 $L_s=24\text{cm}$ 、 H_s =波高 3.6cm ）1種

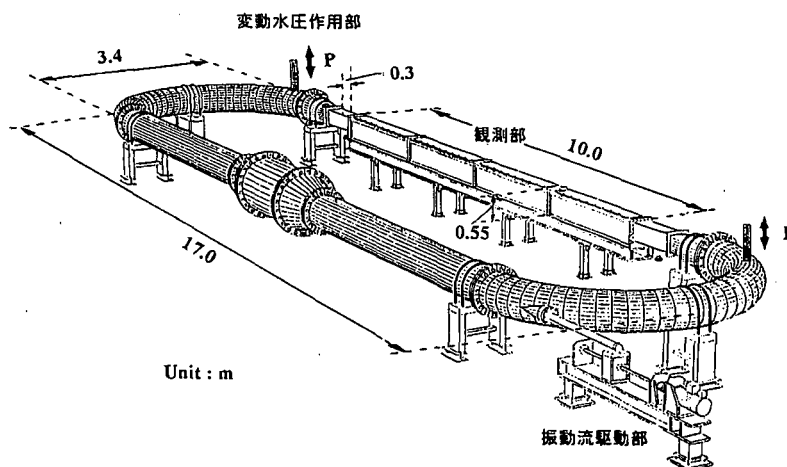


図1 実験装置

* 正会員 北海道大学大学院工学研究科
 ** 学生会員 北海道大学大学院工学研究科
 *** 正会員 北海道開発局開発土木研究所

類を使用し実験を行った。砂漣表面には0.3mmの珪砂をはり粗面仕上げとした。砂漣形状は、できるだけ実際のものに近い形を与えるために、次の写像関数で表されるような峰で尖り、谷でなだらかなものとした。

$$z = \zeta + i \frac{Hs}{2} \exp(i \frac{2\pi}{Ls} \zeta) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $Z=x+iy$ は物理平面、 $\zeta = \xi + i \eta$ は平面上の半無限領域であり、 $\eta = 0$ が砂漣表面に対応する。使用する貝は、ウバガイの形状の模型貝を用い、殻長 $L=1.0、2.0、3.0\text{cm}$ 、比重 $S=1.25、1.50、1.75$ の9種類とし、貝の移動機構への殻長と比重の効果を調べた。流速は、図2に示す半波長の砂漣上の105点で、2成分レーザー流速計を用いて水平、鉛直成分を測定した。測定間隔は0.005秒で50波測定した。二枚貝の移動過程はビデオカメラで撮影し解析した。

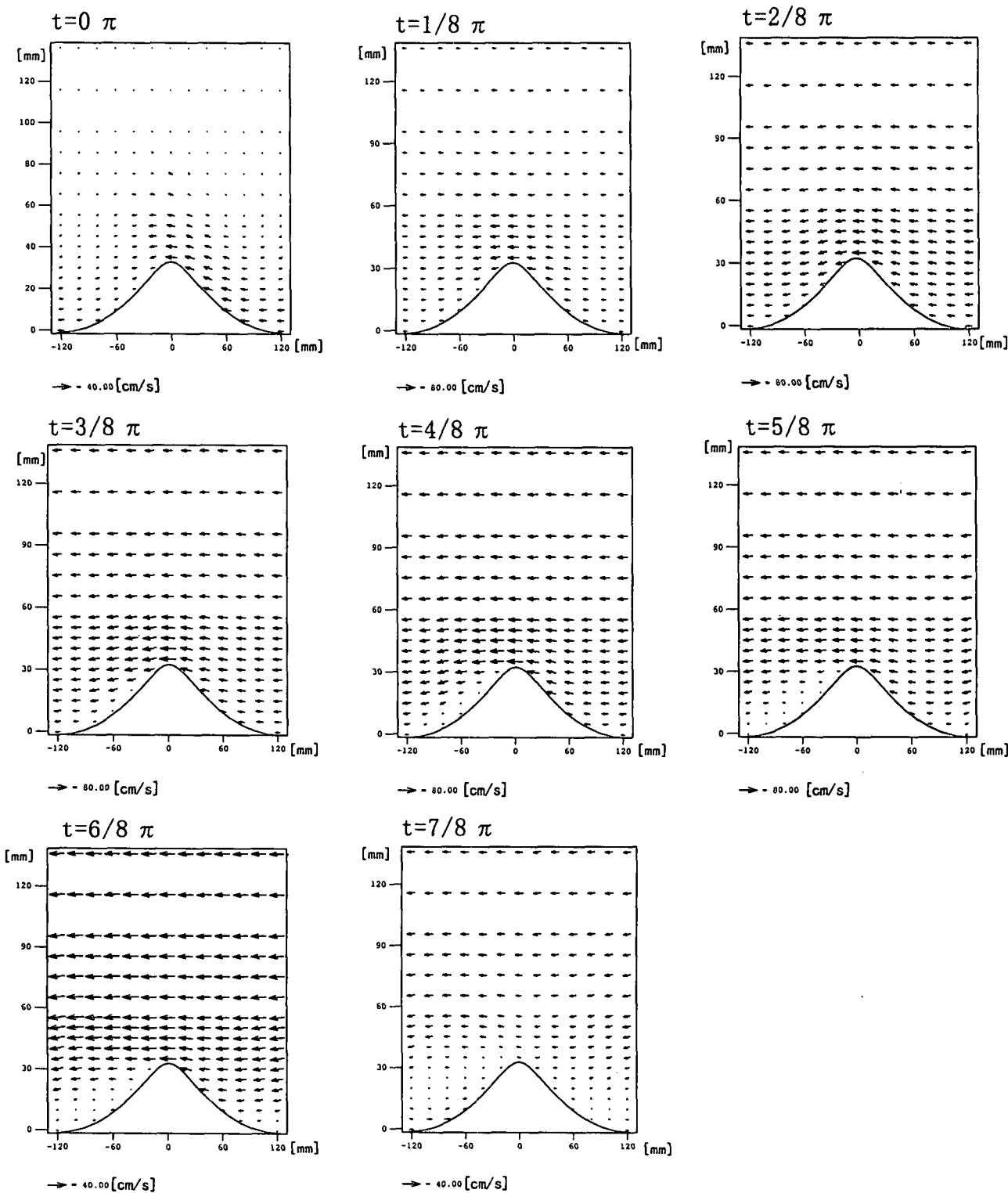


図2 砂漣上の位相平均流速分布
- 12 -

3. 砂漣上の流速分布

図2に一例として、 $U_m=45\text{cm/s}$ の場合の砂漣上の位相平均流速分布を示す。位相 t は主流の反転時をゼロとした。流速測定は砂漣半波長について行ったが、流れは半周期ごとに同じ流れを繰り返すため、砂漣の残りの半波長上の流速分布を、位相が半周期ずれた流れを逆転させて砂漣一波長分の半周期間の位相平均流として示した。位相 0π では、前の半周期間に形成された時計回りの渦がもうすでに放出し出しており、砂漣右側斜面から砂漣頂まではその渦によって左向きの比較強い流れが生じている。位相 $1/8\pi\sim 3/8\pi$ では渦の放出と凸部での加速効果により、砂漣頂上で流速が大きくなっている。位相 $4/8\pi$ では砂漣背後に新たな反時計回りの渦が形成され始めている。位相 $5/8\pi\sim 7/8\pi$ では、渦は大きさが拡大し、その流速も強くなっている。位相 $7/8\pi$ では、渦のスケールは鉛直方向には砂漣の波高程度、水平方向には波長の $2/3$ 程度、渦流の強さも最大で主流の流速振幅の約 $1/4$ 程度まで発達していることがわかる。

4. 貝の移動機構

4. 1 貝の移動状況

貝の移動状況の一例($U_m=45\text{cm/s}$)を図3に示す。(a)は、比重 $S=1.75$ 、殻長 $L=2.0\text{cm}$ 、(b)は、 $S=1.25$ 、 $L=2.0\text{cm}$ 、(c)は、 $S=1.25$ 、 $L=1.0\text{cm}$ の場合である。貝の位置を $1/6$ 秒毎に読み取り、その位置を丸印でプロットし、その間を直線で結んで示している。(a)の $S=1.75$ 、 $L=2.0\text{cm}$ の場合は、貝はほぼ砂漣に沿って移動し、半周期間の移動距離もあまり大きくないことがわかる。これは、比重、殻長が大きい場合の典型的なパターンである。(b)は、(a)と殻長は同じで比重が $S=1.25$ と小さくなった場合である。このケースでは、貝の移動は不規則で、砂漣に沿う移動、砂漣背後の渦に取り込まれる場合、その渦の上方を浮遊しながら移動する場合等がある。このような殻長も比重もある程度小さい場合に、貝の半周期移動距離が大きくなる。(c)は比重も殻長も小さい場合で、貝は砂漣背後の渦にとりこまれやすいため比較的規則的な移動を示し、(b)の場合よりは半周期移動距離は小さくなる。

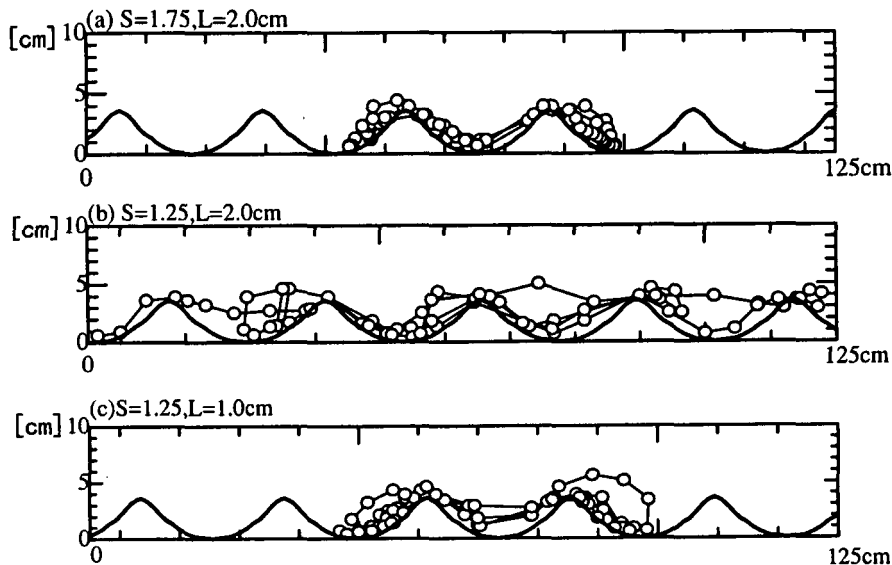


図3 貝の移動状況

4. 2 貝の移動距離分布

図4に、一例として $S=1.50$ 、 $L=2.0\text{cm}$ の貝の半周期移動距離 X の分布を示す。この図より、流速振幅 U_m が大きくなるに連れて平均移動距離が大きくなることがわかる。また $X=20\text{cm}$ 、 $X=45\text{cm}$ 前後の値が多くなっている。これは、例えば4.1(c)で述べたような貝が砂漣背後の渦に取り込まれる等の現象によるもので、貝の移動が砂漣によってかなり規定されているためであり、貝の半周期移動距離は砂漣波長の整数倍より少し小さいところにピークがある分布となることがわかる。

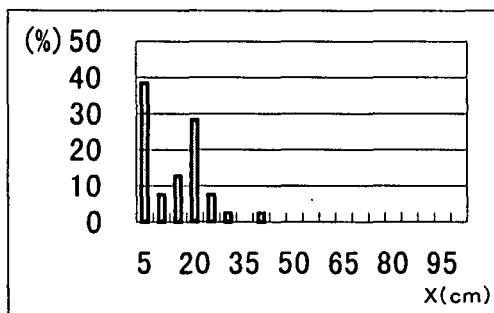
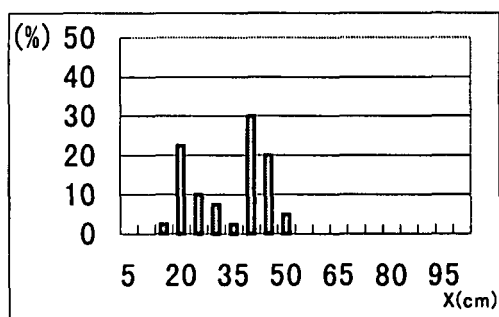
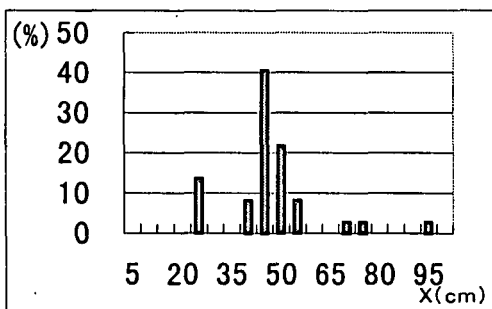
(a) $U_m = 30\text{cm/s}$ (b) $U_m = 45\text{cm/s}$ (c) $U_m = 60\text{cm/s}$ 

図4 半周期移動距離分布

4. 3 貝の平均移動距離

図5に、図4で示した半周期移動距離を各ケースごとに平均した平均移動距離 X_m の結果を示す。比重が大きい (a) $S = 1.75$ では、流速が大きいく殻長が小さくなるほど平均移動距離 X_m が大きくなる。一方、比重が小さい (c) $S = 1.25$ では、流速が大きくなるほど平均移動距離は大きくなるが、殻長については $L = 2.0\text{cm}$ で移動距離が一番大きく、 $L = 1.0\text{cm}$ では $L = 3.0\text{cm}$ と同程度の移動距離になることがわかった。これは4. 1の移動状況で述べたように、比重及び殻長が小さくなると、砂漣の背後にできる渦に巻き込まれやすい傾向があるために $L = 1.0\text{cm}$ では、平均移動距離が小さくなったものと考えられる。

図6に無次元移動距離 X_m/d_o ($=$ 貝の平均移動距離 / 水粒子の半周期移動距離) の結果を示す。(a) $S = 1.75$ の場合には、貝が砂漣に沿って移動するため底面との抵抗が大きく、 X_m/d_o は流速に規定され、流速とともに大きくなるが、全体的には0.5以下と小さくなっている。一方、(b) $S = 1.25$ の場合には、貝が砂漣より離れて浮遊状態で移動することが多いので、 X_m/d_o は水粒子の半周期移動距離 d_o に規定され、流速によらず X_m/d_o は、ほぼ一定で、全体的には0.6以上で大きくなっている。

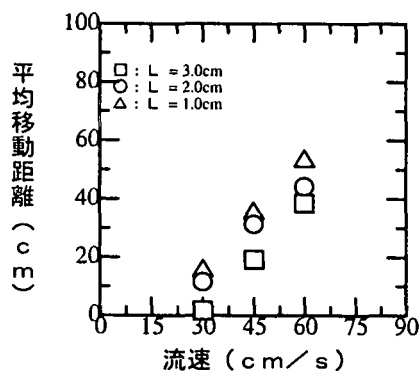
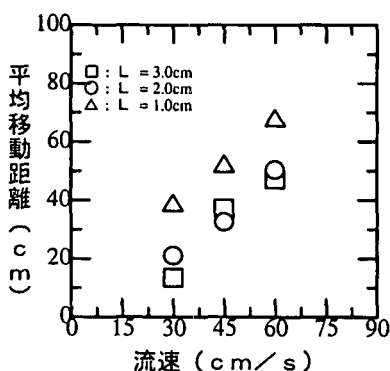
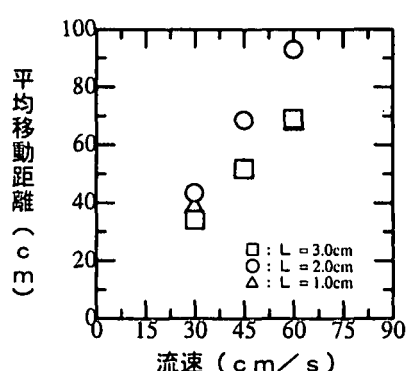
(a) $S = 1.75$ (b) $S = 1.50$ (c) $S = 1.25$ 

図5 半周期平均移動距離

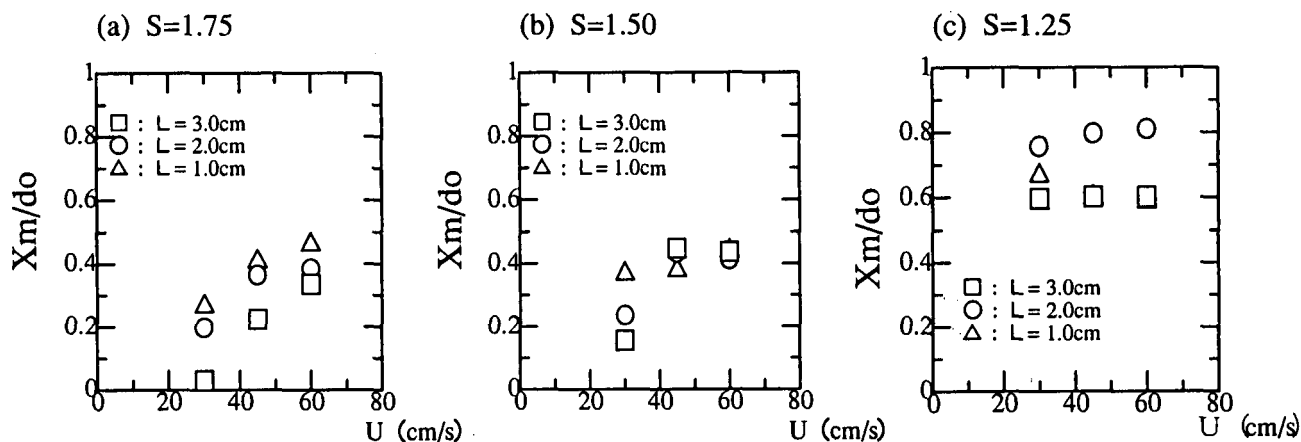


図6 無次元移動距離

5. おわりに

本研究で得られた主な結果は以下の様である。

①砂漣背後には渦が形成され、次の半周期で流れの方向が逆転するとその渦が放出され、砂漣背後に新たな渦が形成される過程を定量的に把握した。

②砂漣上での貝の移動状況は、比重・殻長によって異なる移動パターンを示すことがわかった。これは、砂漣背後で形成される渦による影響が大きいためで、比重・殻長が小さい場合には特に渦に巻き込まれやすいことがわかった。

③貝の半周期移動距離分布、平均移動距離、無次元移動距離を定量的に把握した。

参考文献

- 1) 早瀬吉雄・宮本義憲 (1985) : 海岸構造物によるホッキ貝漁場形成機構に関する研究、北海道開発局土木試験所月報、No. 386、pp. 1-11.
- 2) 山下俊彦・和田彰・松岡学・谷野賢二・明田定満 (1995) : 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 第42巻、pp. 506-510.
- 3) 山下俊彦・山本明・和田彰・明田定満・谷野賢二 (1996) : 振動流場での固定床上の二枚貝の移動機構、海岸工学論文集 第43巻、pp. 1071-1075.