

波浪による二枚貝の挙動と漂砂

Behavior of Bivalves and Sediment Transport by Water Waves

山下 俊彦

Toshihiko YAMASHITA

1. はじめに

200海里漁業経済水域の設定以来、沿岸漁業の振興が重要視されている。開放性砂浜域には、例えば北海道沿岸ではウバガイ (*Pseudocardium sybillae*) やバカガイ (*Macra chinensis*)、鹿島灘ではチョウセンハマグリ (*Meretrix lamarckii*) やコタマガイ (*Gomphina melanae-gis*) 等の潜砂性の二枚貝が生息している。これらは市場価値が高く重要な漁業資源であり、増殖技術や資源管理技術の開発が求められている。これらの二枚貝の減耗要因としては、①波浪による陸上への打ち上げあるいは活力低下、②ヒトデ、カレイ等による害食、③餌量不足、④自然死亡などが考えられる。砂浜域に港湾を建設すると周辺の静穏域にホッキ稚貝が増加する例があること

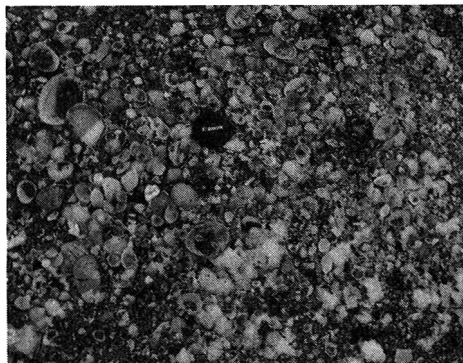


写真-1 石狩浜における稚貝の打ち上げ

(例えば明田ら, 1993), 写真-1 の様に高波浪の後では海岸に稚貝の打ち上げがあること、他の資源量調査(例えば渡辺, 1980)等から、前述の減耗要因のうち波浪による減耗が重要であると考えられる。そこで本講では、波による二枚貝の挙動と漂砂の関係についての最近の研究を紹介する。

2. 波による二枚貝の移動機構

波による二枚貝の移動を考える際には、潜砂等の二枚貝の能動的な行動と波浪流による強制的な移動の両方を考える必要がある。ここでは、貝の移動限界(潜砂している貝が流れにより砂中より水中に出されること)と移動限界後(貝が水中に出された状態)の貝の挙動について山下ら(1995)の振動流場の結果について述べる。

2. 1 貝の移動限界

図-1に地形変化と貝の挙動の実験結果の代表例を示す。図中には地形の時間的な変化から計算した地形侵食速度 V_e も示してある。図-1(a)は、貝が潜砂している場所での地形は侵食されたにも関わらず、貝の潜砂速度 V_s よりも地形侵食速度が小さかったため、貝はずっと砂中に留まった例である。図-1(b)は、実験の初期に貝の潜砂速度を越える地形侵食が発生したため、貝が殻長の1/5程度砂中より出されたが、その後地形侵食速度が貝の潜砂速度よりも小さくなったため、貝が砂中に留まった例である。図-1(c)は、実験初期には貝の潜砂速度とほぼ同程度の地形侵食が発生したが、この時、貝はずっと潜砂し続け砂中に留まり、実験開始後43秒から後に起こった潜砂速度を越える地形侵食により、貝は砂中より一部を出され、最終的には貝全体が砂中より水中に出された例である。図中×印で貝全体が砂中から出された時刻を示す。

図-2に貝の移動限界の実験結果を示す。図-1より、貝の移動限界(貝が砂中より出されること)は、貝の潜砂速度 V_s と貝が潜砂している所での地形侵食速度 V_e が関係していることがわかる。図-2は、横軸に地形侵食速度 V_e 、縦軸に貝の潜砂速度 V_s をとり、ある潜砂速度 V_s の貝がある地形侵食速度 V_e の侵食を受けたとき、

貝全体が留まった場合には○印、貝の一部は砂中より出たが貝全体は水中に出なかった場合には●印、貝全体が水中に放出された場合には×印で示す。貝は殻長の1/2程度砂中より出されると貝全体が砂中より出され易くなる。そこで、地形侵食速度としては、貝の殻長の1/2だけ地形侵食が進む場合の平均侵食速度の、流れ作用中での最大値を採用した。この図より、 $V_e/V_s < 1.0$ の範囲では全ての貝が砂中に留まり、 $V_e/V_s > 1.3$ では全ての貝が水中に出され、 $1.0 < V_e/V_s < 1.3$ の範囲では両者が存在することがわかる。すなわち、貝の移動限界は、地形侵食速度と貝の潜砂速度の比によって決定されることがわかる。 $1.0 < V_e/V_s < 1.3$ の範囲に、砂中に留まる貝があるということは、貝は砂中から出されないようにするために、静水状態よりも流れ作用下の場合に速く潜砂する場合があることがわかる。なお、地形侵食速度 V_e は、貝の潜砂している場所ごとに異なるため、各場所での V_e は流速振幅と比例関係ではなく、貝の移動限界を流速との関係で直接的には整理できない。また、ここで求めた生貝の移動限界は、死貝を砂上に置いたときの移動限界よりもかなり大きく、貝の自動（潜砂）効果が大きいことがわかった。

以上では、貝の移動限界は貝が潜砂するよりも速い地形侵食が振動流により起こった場合に貝が砂中より出されることを扱ってきた。波浪により貝が砂中より出される原因には、この他に砂地盤の液状化や有効応力の減少が考えられる。砂層全体に少し上昇流を与え、模擬的に砂地盤の液状化状態を作ると、その砂中に潜砂している貝は水中に出されることがわかった。実験を行った範囲において、砂地盤が液状化している際には、二枚貝は潜砂行動をとらず、貝の比重が周りの砂

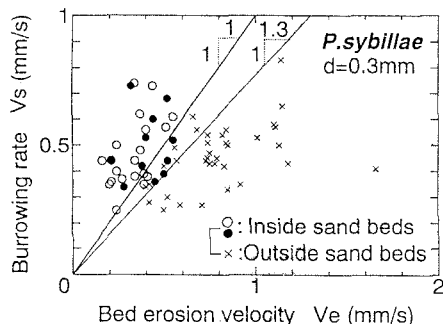
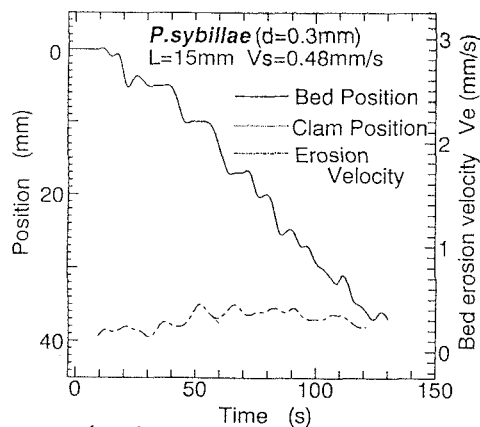
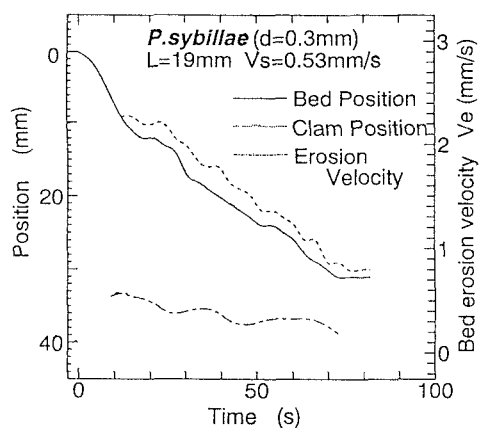


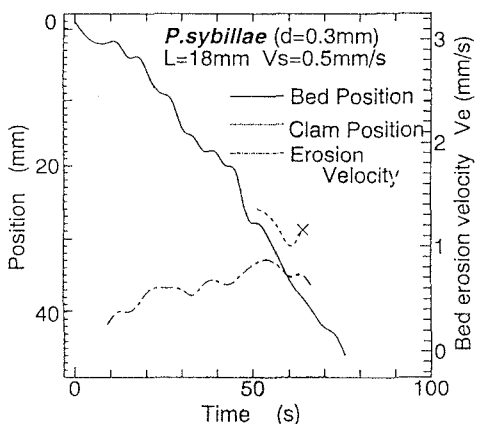
図-2 貝の移動限界



(a)



(b)



(c)

図-1 地形侵食と貝の潜砂挙動

地盤より軽いために、浮力によって貝が砂中より出されたものと考えられる。今後、貝の移動限界への砂地盤の液状化と有効応力の減少の影響を詳細に調べる必要がある。

2. 2 貝の潜砂能力

貝の移動限界には、貝の潜砂速度 V_s が関係していることが前述のように明らかとなった。その結果を次に述べる。

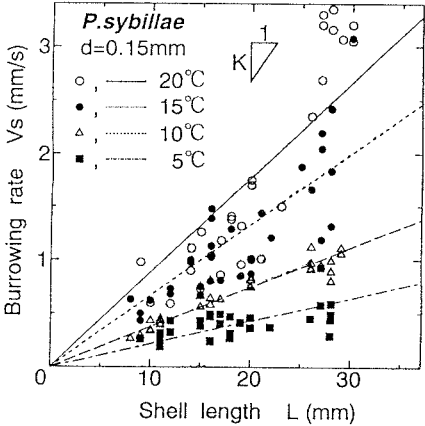
図-3 に、ウバガイについて水温を20℃から5℃まで下げた条件での潜砂速度の実験結果を示す。潜砂速度 V_s は、貝の殻長 L と貝が潜砂し始めてから殻長分だけ潜るまでの時間を計測し、殻長をその値で割った値とした。図中の直線は各水温についての原点を通る重回帰直線である。この図より、各水温についてみると、殻長と潜砂速度はほぼ比例し、水温が高いほど潜砂速度が大きいことがわかる。

図-4に、水温を低下させる実験条件下での重回帰直線の傾き k と水温 T の関係を示す。この図より、ウバガイ、バカガイ共底質の条件に関わらず、20℃～5℃の範囲では水温が低下するに従って潜砂速度つまり活力が低下することがわかる。同じ底質において貝種別に潜砂速度をみると、水温10℃付近ではウバガイとバカガイではほぼ同じであるが、水温が高くなるとバカガイの方が、逆に水温が低下するとウバガイの方が潜砂速度が大きいことがわかる。このことから、冬季水温下ではウバガイの方が活力があるものと考えられる。また、底質の違いについてみると、両貝共粒径 $d=0.15\text{ mm}$ の方が $d=0.3\text{ mm}$ より潜砂速度が大きいことがわかる。

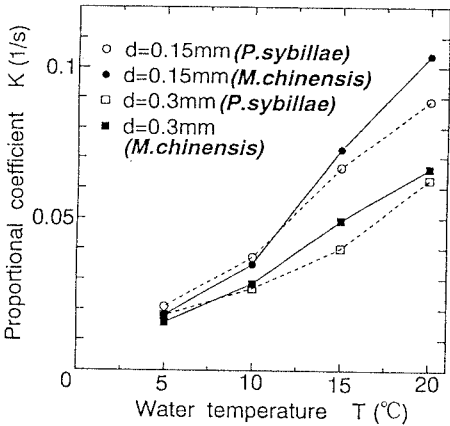
図-5に、水温低下条件と水温上昇条件でのウバガイの潜砂速度の実験結果を示す。この図より、高水温時（20℃）では、貝を採取した時の水温と実験開始時の水温が近い水温低下条件の方が潜砂速度が大きく、逆に低水温時（5℃）では水温上昇条件の方が潜砂速度が大きくなっていることがわかる。これは、現地では徐々に水温が変化し、貝がその水温に適応するための時間的余裕があるため、潜砂速度あるいは活力が大きくなると考えられる。

2. 3 砂漣の形成による地形侵食速度

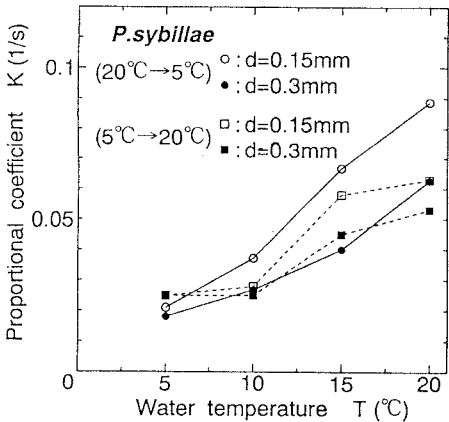
貝の移動限界には、地形侵食速度 V_e が関係していることが前述のように明らかとなった。貝の移動限界には、貝の殻長程度の距離を侵食する際の短時間平均の大きな地形侵食速度が重要となる。従来、一日平均以



図－3 貝の殻長と潜砂速度



図－4 水温と比例定数K



図－5 水温と比例定数K

上の長時間平均の地形侵食速度は調べられているが、ここで対象としている短時間平均の地形侵食速度はほとんど調べられていないのが現状である。短時間に大きな地形侵食をもたらす波による地形変化としては、砕波の大規模渦による侵食および砂漣の形成・移動によるものが考えられる。ここでは、その第一歩として、振動流による砂漣形成時の地形侵食速度を調べた結果について述べる。

図-6に砂漣形成時の地形侵食速度 V_e の実験結果を示す。底面位置を3箇所、5周期(17.5s)ごとに読みとり、それを微分することにより5周期平均の地形侵食速度 V_e の頻度分布を求めた。この図より、地形侵食速度 $V_e=0$ を頂点とした山状の分布となっていることがわかる。また、流速振幅 U_m が大きくなるに従って山の傾斜がなだらかになっている。これは、流速振幅が大きくなるに従い、地形侵食速度も大きな値を取る頻度が増すことを示す。

図-7は、図-6より5%~50%までの各々の確率で起こる地形侵食速度を求め、流速振幅との関係を示したものである。この図より各々の確率に対して、流速振幅が大きくなるに従い地形侵食速度も大きくなることがわかる。

2. 4 移動床砂漣上での貝の挙動

流れにより砂中より出された貝の水中での移動状況を調べた。実験は、流速振幅45cm/sで安定した砂漣(波長25cm, 波高4.5cm)を形成した後に、殻長25mmのウバガイを投入して行った。貝の半周期間の移動状況は、図-8に示す3つのパターンに分類できる。Case-0は、半周期の間に水中にある貝が砂漣の山を越えない場合(36%)、Case-1は1つ越える場合(42%)、Case-2は2つ越える場合(15%)である。貝の移動がどのパターンになるかは、貝の砂漣上での初期位置(移動前)が重要であることがわかった。また、流れにより一旦砂中から出された貝は、実施した実験(貝の移動限界の実験も含めて)の範囲では再び潜砂する事はなかった。

2. 5 平坦固定床上での貝の挙動

図-9に、平坦固定床上における貝の水中での移動速度の実験値と理論値を比較した一例を示す。理論値は貝を自動する生物としてではなく、物体として次式を用いて計算した。

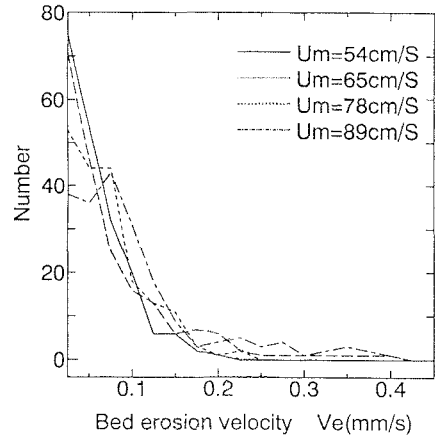


図-6 地形侵食速度の頻度分布

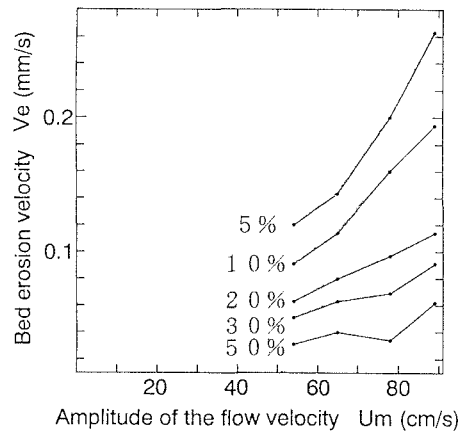


図-7 流速振幅と地形侵食速度

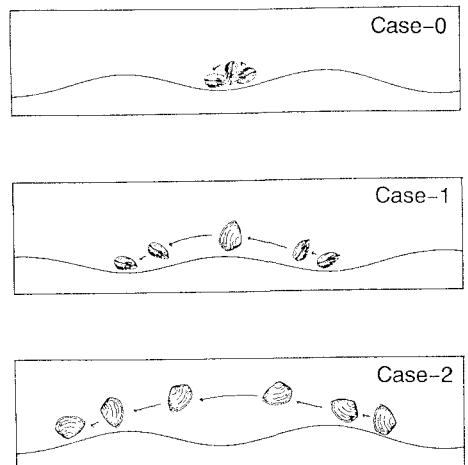
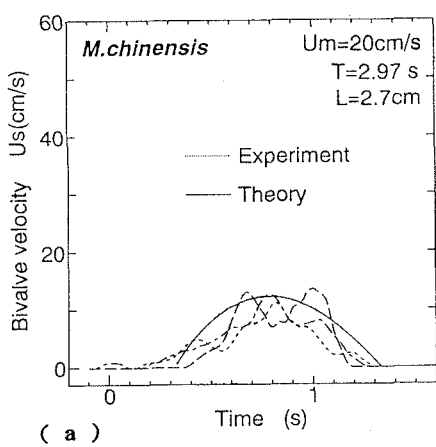
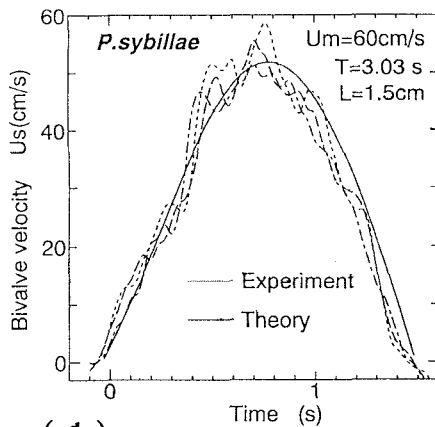


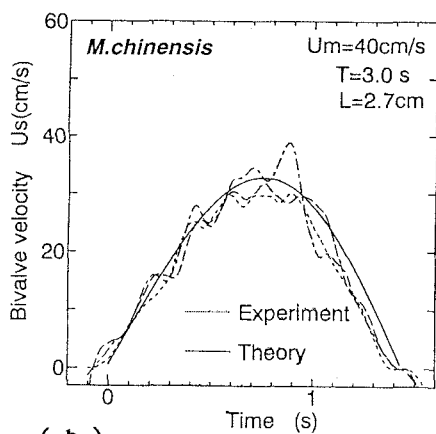
図-8 移動床砂漣上での貝の挙動パターン



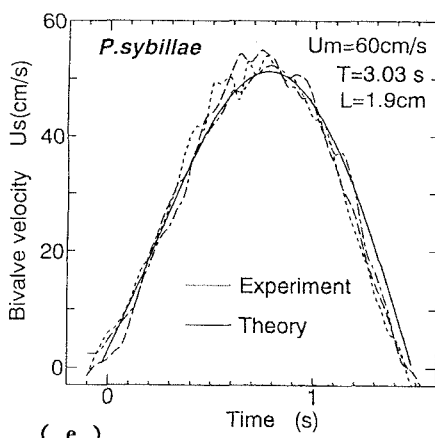
(a)



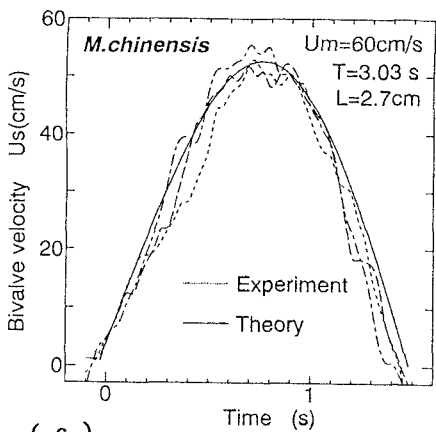
(d)



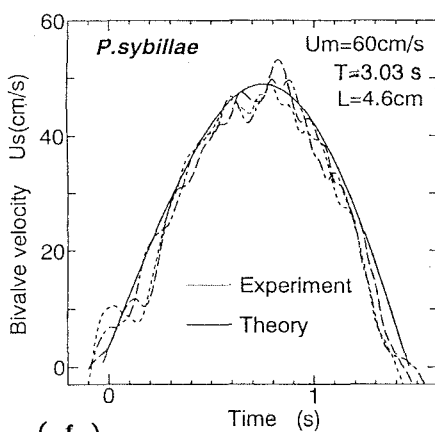
(b)



(e)



(c)



(f)

図-9 貝の移動速度

$$M \frac{dU_s}{dt} + C_m m \frac{d(U_s - u)}{dt} = m \frac{du}{dt} + \frac{1}{2} C_D \rho_w A |u - U_s| (u - U_s) - \mu' (M - m) g \frac{U_s}{|U_s|} \dots (1)$$

ここに、M：貝の質量、m：貝が排除した流体の質量、 U_s ：貝の移動速度、 u ：水粒子速度である。理論計算では、貝の流れ方向への投影面積Aは貝の体積を球に換算したその投影面積、抗力係数 $C_D=1.0$ 、付加質量係数 $C_m=0.5$ 、動摩擦係数 $\mu'=0.1$ とした。図-9(a),(b),(c)は、バカガイについて流速振幅を変化させた場合、図-9(d),(e),(f)は、ウバガイについて殻長を変化させた場合である。時間軸のゼロは主流の反転時とした。図中には、実験値として異なる3つの半周期間の貝の移動速度がプロットされている。流れ作用中、貝はさまざまな方向に回転し、それが移動速度の実験値の乱れとして現れているが、全体として理論値は実験値とよく一致していることがわかる。図-9(a),(b),(c)によると、流速振幅 U_m が大きいほど貝は速い位相から動き出し、貝の移動速度の最大値 U_{sm} と U_m の比は1に近づくことがわかる。図-9(d),(e),(f)によると、貝の殻長が大きいほど U_{sm} が少し小さくなるが、流速振幅 U_m が大きいほど貝の殻長による差は少ない。

以上のことと、前述の移動床上で一旦砂上に出された貝は再び潜砂することはないという事と考え合わせると、一旦砂上へ出された貝の挙動について自動の効果は少なく、物体として取り扱ってよいことがわかる。

3. 波による二枚貝の正味の岸沖移動

2章では、海底は水平で正弦的な流速場を対象としていた。実際の海岸では、海底勾配があり、非対称な流速場となるので二枚貝のnetの移動が起こる。波による二枚貝の正味の移動についての実験的研究は、渡辺(1982)、桑原ら(1994)により二枚貝死貝をラグランジュ的に追跡することにより行われている。一方、理論的研究は、中村ら(1990)により漂砂移動モデルを拡張する方法で、桑原ら(1993,1994)により二枚貝をラグランジュ的に追跡する方法で行われている。ここでは、漂砂移動モデル拡張型として中村ら(1990)、ラグランジュ的移動予測モデルとして桑原ら(1994)の研究を紹介する。

3. 1 漂砂移動モデル拡張型

中村ら(1990)は、ウバガイを対象とし、ウバガイには前述のように潜砂能力があり、砂の動きとは独立して砂層中を上下に移動できるが、ここではウバガイ稚貝も受動的な底質と捉え、漂砂移動モデルを拡張することにより、稚貝の波による正味の岸沖輸送をモデル化することを試みている。モデル化の過程で砂と異なる要因として考慮したものは、①粒径、比重、形状などの物理特性が異なること、②海底がすべてウバガイで構成されているのではなく、ごく表面の砂層の中にウバガイ稚貝が分布しているということである。

1) 移動方向・移動限界

渡辺(1982)の実験結果を、砂村(1982)と同様にアールセル数 u_r とハーレマイヤーの ϕ とを用いて再整理し、稚貝の波による移動特性を検討したものが図-10である。この図より、稚貝も砂と同様に移動限界、移動方向が判別できることがわかる。移動限界条件をみると稚貝の移動限界は砂より小さく、 $\phi=10$ で限界シールズ数に換算すると、殻長10mmの場合0.069になる。そこでモデル中では移動限界シールズ数は0.069に固定している。稚貝の沖向き移動は、実験において底面上に砂漣が形成されている状態の下で生じており、砂漣背後の浮遊砂雲の中に取り込まれることによる稚貝の沖向き輸送と判断される。現地の波浪条件を用いた試算では、お

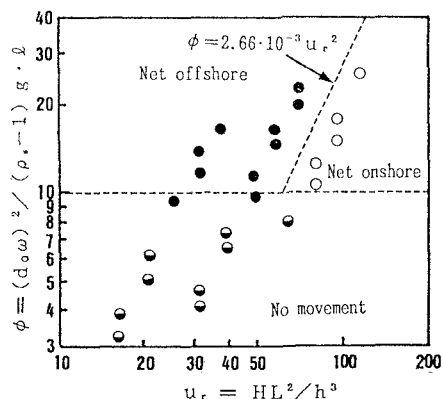


図-10 ウバガイ稚貝の移動方向(中村ら, 1990)

おむね沖浜帯は砂漣の形成される領域に入っており、このモードによる稚貝の輸送が卓越していると考えられる。

2) 波による稚貝の移動量

砂漣のある場での稚貝の波による岸沖移動量の定式化をするために、渡辺(1985)の漂砂量式を次のように変形している。

$$q_w = A_w(u_*^2 - u_{*c}^2)u_* = \left[A_{w1}(u_*^2 - u_{*c}^2) \right] \left[A_{w2}u_m \right] \dots\dots(2)$$

ここで、 q_w ：漂砂量、 u_* 、 u_{*c} ：各々波による摩擦速度と限界摩擦速度、 u_m ：軌道流速の振幅、 A_w 、 A_{w1} 、 A_{w2} は係数である。前述の砂と稚貝の差は、まず②について、ある大きさの貝が単位面積の海底面を完全に覆うのに要する個体数 R とその時の稚貝密度 N との比を式(2)の右辺第一項に乗ずることにより考慮する。次に①については、稚貝の平均移動速度には稚貝の粒径、比重、形状の差が影響を与え、半周期間に砂及び稚貝が輸送される距離を各々 L_1 、 L_2 とすると、砂と稚貝との平均移動速度の比は L_2/L_1 で与えられる。これらの修正をし、さらに稚貝一個の体積 V で除して個数ベースの漂貝量 q_{wn} を求めると次のようになる。

$$\begin{aligned} q_{wn} &= \frac{1}{V} \left[\left(\frac{N}{R} \right) A_{w1}(u_*^2 - u_{*c}^2) \right] \left[\left(\frac{L_2}{L_1} \right) A_{w2}u_m \right] \\ &= \frac{1}{V} \left(\frac{N}{R} \right) \left(\frac{L_2}{L_1} \right) q_w \quad \dots\dots(3) \end{aligned}$$

福島海岸を対象にしたシミュレーションにおいては、貝の粒径、比重、沈降速度を用いた試算に基づいて、 $A_w = A_{w1}A_{w2} = 0.014$ に、 L_2/L_1 を0.3に固定して用いている。

3. 2 ラグランジュ的移動予想モデル

桑原ら(1994)は、ウバガイを対象とし、貝の一波一波に対する二枚貝の移動状況を観察し、次に二枚貝の移動が終了するまで波を作用させ、二枚貝の集積、分散状況について実験的に調べている。さらに、実験結果と二枚貝の移動予測モデルの計算結果を比較検討している。ここでは死貝を対象としており、2章で述べた移動限界後(貝が砂上に出された後)の波による受動的な貝の移動に注目している。

1) 二枚貝の移動予測モデル

二枚貝は圧力勾配による力、質量力、重力、抗力及び底面摩擦力の釣り合いによって掃流移動すると仮定すると、運動方程式は式(3)、(4)となり、貝の移動した場所の底面流速を逐時与えると、ラグランジュ的に貝の移動を計算することができる。X軸は海底面の岸向きを正としている。

$$\begin{aligned} \frac{dX(t)}{dt} &= U_s(t) \\ M \frac{dU_s(t)}{dt} &= m \frac{du(X,t)}{dt} + C_M m \frac{d(U_s(t) - u(X,t))}{dt} \\ &\quad + \frac{1}{2} C_D A \rho_w |u(X,t) - U_s(t)| (u(X,t) - U_s(t)) \\ &\quad - (M - m) g \sin \beta - \mu' g (M - m) \cos \beta \frac{U_s(t)}{|U_s(t)|} \dots\dots(4) \end{aligned}$$

ここに X ：二枚貝の移動距離、 β ：海底勾配である。ウバガイの特性値は、比重 ρ_s が実測値から1.2、静止摩擦係数 $\mu = 0.55$ 、動摩擦係数 $\mu' = 0.05$ と仮定し、質量力係数 $C_M = 0.5$ 、抗力係数 C_D はMolerusら(1968)よ

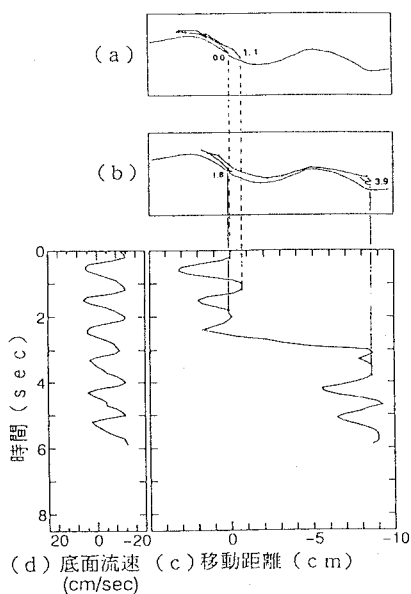


図-111 波による二枚貝の移動
(桑原ら, 1994)

一波長を急速に沖へ移動し、その後再び、底面流速の位相と同様に移動している。鉛直方向の移動は、時々、砂漣周辺の渦や海底面の衝突によって浮遊状態で海底面上を移動するが、海底面から大きく舞い上がるような現象はみられず、二枚貝の移動は実験の範囲では掃流的なものと考えられる。この様に波の一波一波に対する二枚貝の移動は、貝の姿勢、砂漣とその周辺の渦および底面流速の局所的な物理量が影響し岸沖へと複雑な挙動を示す。このため、短時間の二枚貝の移動を追跡しただけで移動方向を判定することは困難である。

3) 正味の二枚貝移動についての実験結果と計算結果の比較検討

図-12~14に、それぞれ侵食、中間及び堆積性の波を作用させた場合の実験結果と計算結果の比較を示す。海浜形状は、砂漣による局所的な地形の起伏をなくするため50cmの移動平均をとっている。

図-12の侵食性の場合についてみると、実験では、貝は汀線から3.5mを境に、これより岸側では岸向きに、沖側では沖向きに移動しており、汀線から0.9m, 5.4mあたりで集積が認められる。この様な二枚貝の移動状況は計算結果にも同様に認められるが、沖側の集積場所は計算の方が少し沖側になっている。

り次式で求める。

$$C_D = \frac{24}{R_e} \left(1 + 0.152 \sqrt{R_e} + 0.0151 R_e \right) \dots \dots (5)$$

ここに、 R_e :レイノルズ数 ($= |U_s - u| L / \nu$, ν :動粘性係数)である。なお、 C_M , C_D は、二枚貝を球体と仮定して係数を決めている。砕波帯を含む岸沖一次元の波浪場は、非定常緩勾配方程式(渡辺ら, 1984)を用いて計算し、戻り流れ(佐藤ら, 1987)も考慮している。

2) 二枚貝の移動状況

図-11に二枚貝の移動状況の例を示す。約2.5秒までは、底面流速が岸向きに増加するときは岸へ、沖向きに増加するときは沖へ移動するが、砂漣頂を越えないためnetの移動はほとんど認められない。2.5~3.0秒の底面流速が沖向きに増加する

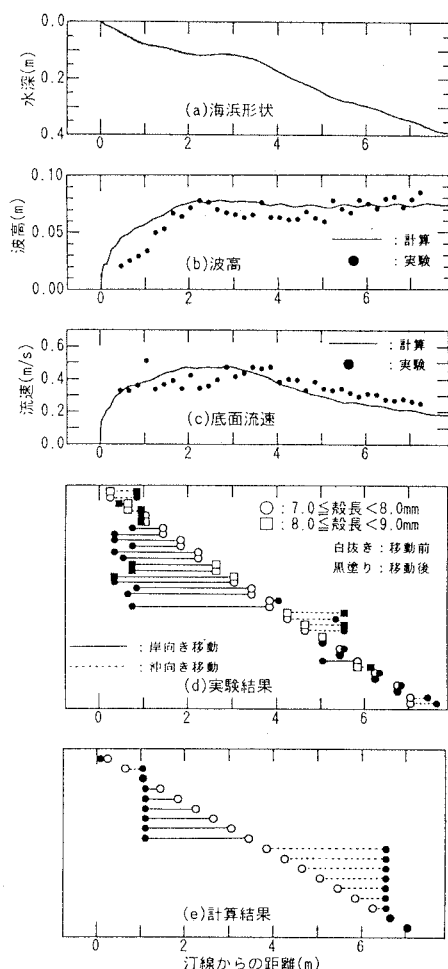


図-12 侵食性の波による実験と
計算結果の比較(桑原ら, 1994)

図-13の中間性の場合についてみると、実験では、貝は汀線から3.5mより沖側のものは沖に移動し、5.5mあたりで集積し、岸側は碎波点（汀線から2.2m）やや沖側の2.0~3.0m付近に集積している。計算結果では、3.5mより沖側の貝が沖に移動する事は実験とよく一致するが、集積場所は計算の方がやや沖側となっている。また、集積場所は1.0~2.0付近に現れ、実験と相違いがみられる。

図-14の堆積性の波の場合についてみると、実験では、貝は汀線から0.5~1.5m、3.2m及び6.0m付近に集積が認められる。汀線より岸側に貝が移動しているが、これは造波直後の過渡的な波によるものである。計算結果では、実験でみられた0.5~1.5m、3.2mの集積場所は一致するが、それ以外に2.1m、4.6mにも集積がみとめられる。また計算では沖側の集積が認められない。

二枚貝の移動予測モデルは、平均的な底面勾配、底面流速によって二枚貝が滑動する事を想定しており、2)で述べたような局所的な外力に伴う二枚貝の複雑な挙動を表現することはできない。しかし、実験と計算結果の二枚貝の集積、分散状況は比較的良好一致が見られる。これは波の一波一波に対して二枚貝は複雑な挙動を示すが、波が長く作用する場合、二枚貝には平均的な海浜形状、底面流速などの物理量が支配的にきいて二枚貝移動モデルの結果とよく一致したものと考えられる。

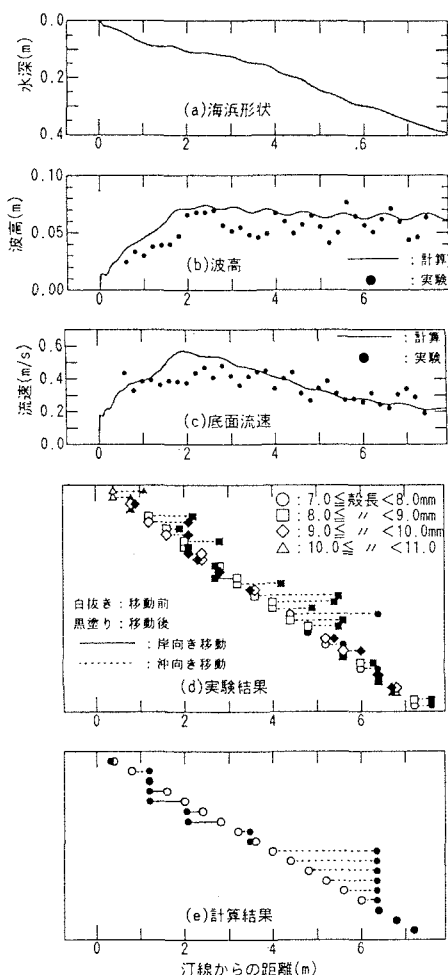


図-13 中間性の波による実験と
計算結果の比較（桑原ら，1994）

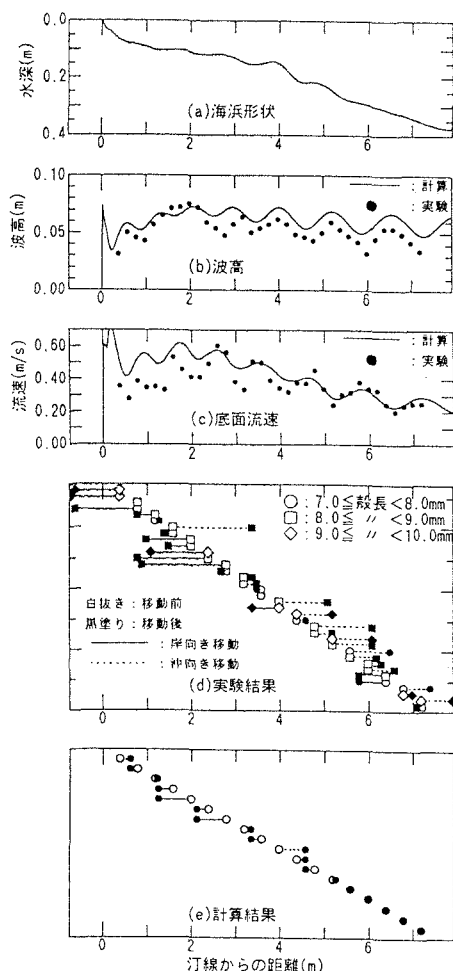


図-14 堆積性の波による実験と
計算結果の比較（桑原ら，1994）

4. 海底地形変化と二枚貝の分布性状

現地で二枚貝の直接的な移動を調査するのは困難が多く、現在のところ行われていない。しかし、日向野ら(1988)は運輸省の波崎海洋研究施設で海底地形の変化と二枚貝の分布の関係について現地調査を実施しているので、その結果を紹介する。

図-15はチョウセンハマグリ(Chowson hamaguri)の調査結果である。チョウセンハマグリの分布域は1986年12月には70m地点から320m地点にわたっており、バーを中心にかなり広い範囲に分布している。1987年1月もほぼ同様の分布状態であったが、2月にはバーが沖側に形成され分布の中心も沖側へ移動している。4月以降は採集個体数が減少し、海底地形との関連性について明確な傾向は現れていないが、特に殻長30mm以上の個体ではおもにバーに分布が見られる。

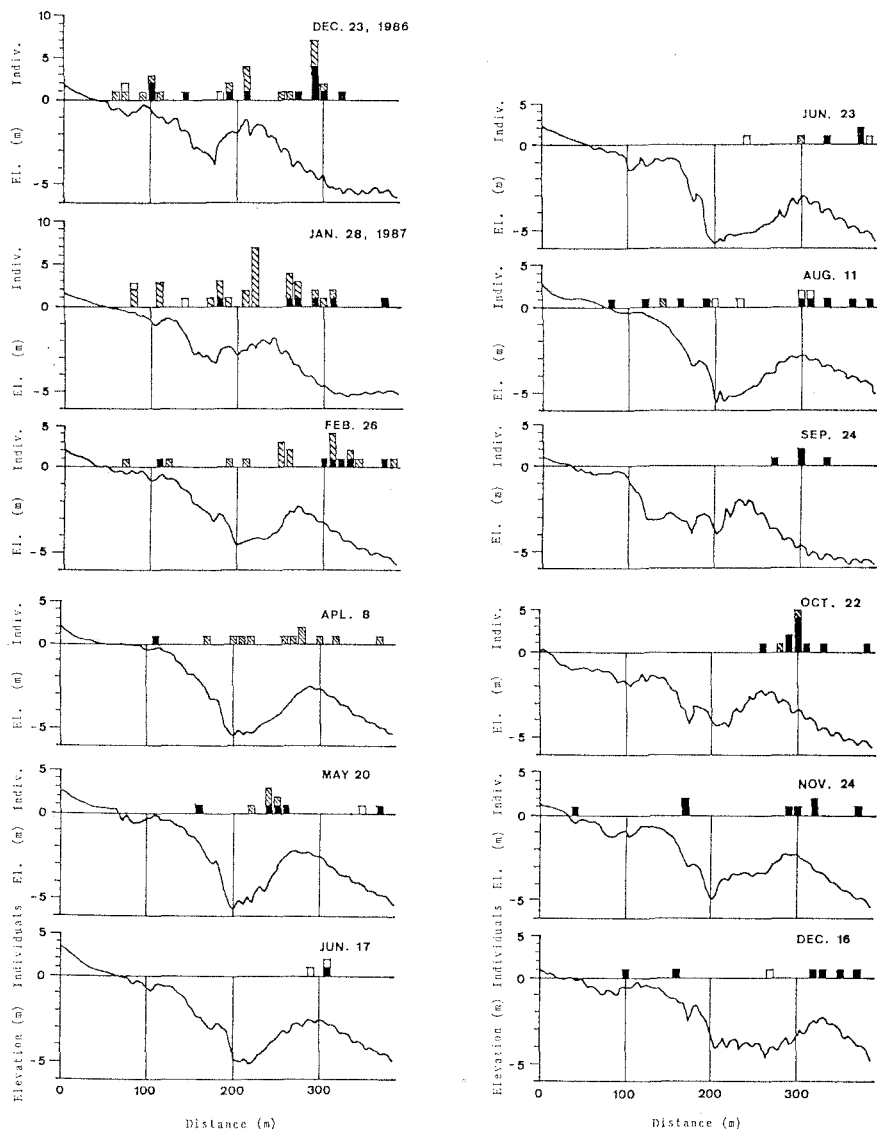


図-15 各採集日の海底断面とSM式採泥一回当たりのチョウセンハマグリ採集個体数の関係
白抜きは殻長10mm以下、斜線は殻長10~30mm、黒色は殻長30mm以上。(日向野ら, 1988)

図-16はコタマガイの調査結果である。1986年12月にはトラフを中心に分布する傾向がわずかに認められ、1987年1月では採集個体は少なく海底地形との関係は特に認められなかったが、2月にバーを中心に殻長10mm以下の稚貝が多数出現していた。4月から6月17日にかけても稚貝はほぼ同域に見られた。5月までは200m地点

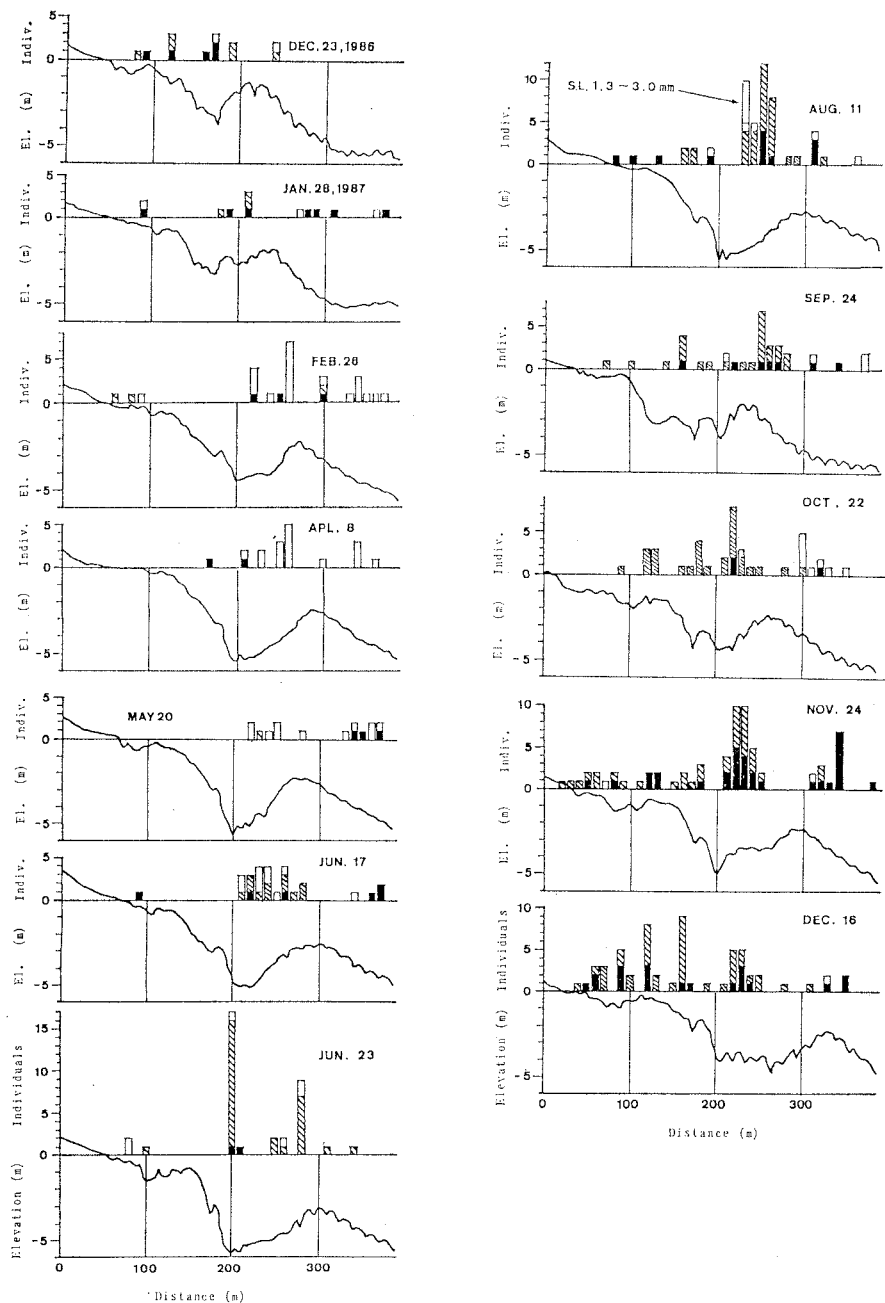


図-16 各採集日の海底断面とSM式採泥一回当たりのコタマガイ採集個体数
白抜きは殻長10mm以下，斜線は殻長10～30mm，黒色は殻長30mm以上。（日向野ら，1988）

より沖側で10mm以下の稚貝の占める比率が非常に高かったが、6月には殻長10mm以上の個体が半数以上を占めていた。6月23日には海底が大きく侵食されトラフの最深部であった200m地点に17個体と最も多く見られたほか280m地点でも多数採集された。8月にはバーの岸側斜面(230~260m地点)に分布が多く見られた。さらに、230m地点で殻長1.3~3.0mmの稚貝が出現していた。9月には海底地形は大きく変化し、バーは岸側に移動したものの、コタマガイの分布の中心は8月とほぼ同様であった。10月にはバーはやや沖側へ移動したが、殻長10mm以上の個体の分布は岸側に移動し、また300m地点より沖側に殻長10mm以下の稚貝が出現していた。11月ではトラフに相当する210~250m地点に分布が多く、12月になると岸側の堆積が顕著で、これとともに200m地点より岸側での分布個体数も増加していた。

調査期間中特に大きな地形変化があったのは、1987年1月28日と2月26日の間、6月17日と23日の間、8月11日と9月24日の間であり、いずれも暴浪によるもので激しい海底の侵食を伴っていた。図-17は6月の例である。時化前には底質は230m地点で中央粒径0.46mmが最高で他では0.15から0.2mmであり、またコタマガイが200~300m地点にかなりまとまって分布していたが、時化後にはほぼ同地域が大きく侵食され、200~260m地点にかけて底質中央粒径は0.5mmと非常に粗くなっていた。特にトラフの最深部である200m地点では底質は中央粒径2.75mmに達していたが、コタマガイ幼貝(殻長8.6~30.2mm)が非常に多く採集された。また、周囲の底質中には同貝と同サイズの小石・貝殻片も見られた。このことより、激しい波浪によって細かい砂は浮遊砂となって同域から沖側あるいは岸側へ移動され、粗砂・レキが残留し、コタマガイ幼貝もまた同様に残留し、さらに周辺から集積されたことが推察された。一方、1月28日から2月26日にかけてバーは沖側へ移動し、これに伴いチョウセンハマグリ幼貝の分布域も沖側へ移動する傾向が見られた。以上の結果から、コタマガイ幼貝は荒天時侵食域では粗砂やレキとほぼ同様の挙動を示す。また、チョウセンハマグリはコタマガイと異なった挙動を示し、細砂の挙動に近い可能性が示唆されたが、分布密度の減少により採集個体数が減少したため、分布の傾向が不明確な状況であり十分に検討することができなかった。

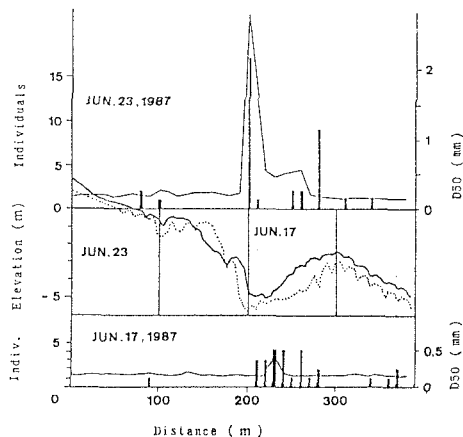


図-17 海底断面変化とコタマガイ採集個体数及び底質中央粒径との関係(日向野ら, 1988)

5. おわりに

従来、漂砂の問題は海岸侵食等物理的側面からの議論が多くなされてきた。しかし最近、砂浜域に生息する生物との関係についての研究も活発に行われるようになってきた。ここでは、開放性の砂浜域に生息する潜砂性の二枚貝について、波によるその挙動と漂砂の関係の最近の研究を紹介した。本稿がこの方面の研究の発展に一助となれば幸いである。

参考文献

- 明田定満・宮本義憲・谷野賢二・佐藤 仁・桑原伸司(1993): 防波堤延長に伴うホッキ貝分布域の変遷—石狩湾新港を事例として—, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 1156-1160.
- 渡辺栄一(1980): ホッキガイの減耗と環境要因について, 北海道開発局土木試験所月報, No. 325, pp. 1-12.
- 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

究, 海岸工学論文集, 第42巻, 印刷中.

渡辺栄一(1982): 波浪によるホッキガイの減耗に関する実験的研究, 北海道開発局土木試験所月報, No. 351, pp. 3-15.

桑原久美・日向野純也・中村義治・三村信男(1994): 波浪による二枚貝移動予測モデルの妥当性と移動機構に関する研究, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 376-380.

中村義治・三村信男・秋元義正(1990): 波による二枚貝の輸送モデルと漁場形成機構, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 818-822.

桑原久美・日向野純也(1993): 波浪による二枚貝の岸沖移動に関する解析手法の開発, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 311-315.

砂村継夫(1982): 浅海域の岸沖漂砂量に関する実験的研究, 第29回海岸工学講演会論文集, pp. 239-243.

渡辺 晃(1985): 地形変化の計算, 海岸環境工学, 東京大学出版会, pp. 274-283.

渡辺 晃・丸山康樹(1984): 屈折・回折・碎波減衰を含む波浪場の数値解析法, 海岸工学論文集, 第31巻, pp. 103-107.

Molerus, O. and J. Werther(1968): Berechnung der Sinkbewegung kugelliger Teilchen in einem vertikal pulsierenden Stromungsfeld, Chemie-Ingenieur-Technik, Vol. 40, pp. 522-524.

佐藤慎司・福濱方哉・堀川清司(1987): 斜面上における不規則波の碎波変形と底面流速に関する実験的研究, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 36-40.

日向野純也・安永義暢(1988): 開放性砂浜域における海底地形変化と二枚貝の分布性状について, 第35回海岸工学講演会論文集, pp. 767-771.