

京都大学工学部 正会員 後藤仁志

京都大学工学部 正会員 酒井哲郎

京都大学大学院 学生員 豊田泰晴

京都大学大学院 学生員 酒井敦史

1.はじめに 時化の際の二枚貝の浜への打ち上げは水産工学上の重要課題であり、多くの研究・調査が行われているが、潜砂中の二枚貝の掘り出し過程に関しては未解明の点が多い。本研究では二枚貝の能動的特性を考慮した潜砂過程のモンテカルロシミュレーションを実施し、山下・松岡¹⁾による砂面侵食速度・潜砂速度比と掘り出し発生・非発生の関係に関する実験結果と比較して、二枚貝の掘り出し過程に影響を与える要因について検討を行う。

2.山下・松岡の実験 山下・松岡は、U字管振動流装置を用いて、貝長8mmのホッキ貝とエゾバカ貝について砂面の侵食速度 v_e と二枚貝の潜砂速度 v_s を測定し、侵食速度・潜砂速度比 $\alpha \equiv v_e/v_s$ と貝の掘り出し事象との関係を調べた。その結果、 $\alpha \geq 0.3$ の範囲では貝は全て砂層中より放出され、 $\alpha \leq 0.1$ では全て砂層中に残留し、 $0.1 \leq \alpha \leq 0.3$ の範囲では両者が存在することが示された。このことは、貝の運動能力を大幅に下まわる砂面侵食が生じる際にも、貝の掘り出しが生じることを示しており、二枚貝の掘り出し事象に対する種々の変動要因の影響の存在を裏付けるものである。

3.二枚貝の潜砂行動のモデル化 既往の研究^{1) 2)}を基に二枚貝の潜砂行動を以下のようにモデル化した。(1) 二枚貝は長軸 $l_s=8\text{mm}$ とする。(2) 二枚貝は長軸を鉛直にして潜砂するものとする。(3) 二枚貝は初め砂床表面と上端を接しているものとする(図-1参照)。(4) 水流により砂床表面の砂が流されて殻が露出すると貝は潜入運動を行ない、再び砂が流されて殻が露出することによりこの運動を繰り返す。潜入運動を誘発した時に露出していた殻部分の殻長に対する比率は既往の実験から得られた分布に従う乱数を発生させて、潜砂開始の判定を行った。(5) 二枚貝は果てしなく潜砂し続けるわけではなく、砂床表面と貝の上端の距離が殻長の50パーセントとなるまで潜砂すれば停止する(図-1参照)。(6) 二枚貝は殻長の80パーセントが砂床表面に露出すれば掘り出されたものとする(図-1参照)。(7) 二枚貝が潜砂し始め(5)の条件により停止するまでを1サイクルとし潜砂行動を追跡する。また、追跡開始より2200秒間掘り出されることがなければ1サイクルの終了とし、そのサイクルでは掘り出しは生じなかったと判断する。(8) 既往の実験によると、二枚貝が潜入運動の反復周期は、平均2.2秒であるので、2.2秒ごとに既往の

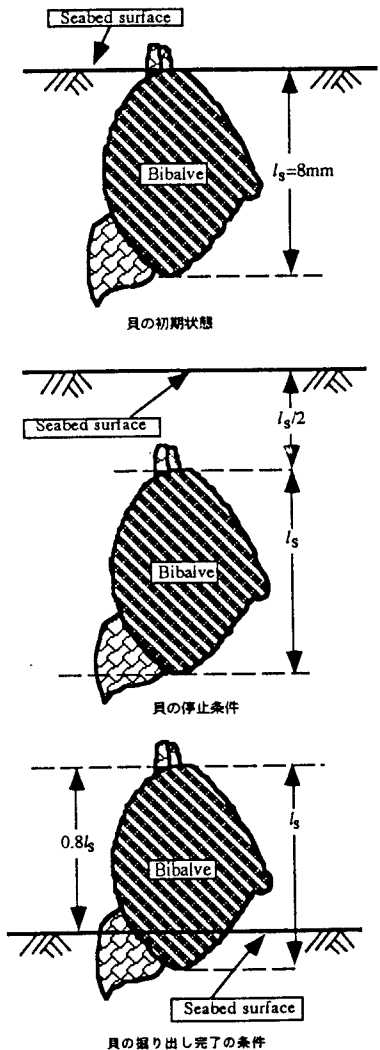


図-1 貝の諸量

実験から得られた速度分布に従う乱数を発生させて速度を変化させるものとする。(10) 二枚貝が掘り出されるか、(7) の条件のもとに1サイクルが完了すれば、(3) の初期状態に戻り、潜砂を再び開始するものとする。このプロセスを繰り返して、掘り出し発生・非発生をカウントし掘り出し事象の生起確率 P_m を求めた。

4. 解析結果 山下らの実験報告には、砂面の侵食速度の変動特性について述べられていないが、ここでは砂面侵食速度が掘り出し事象に与える影響について検討するため、砂面の侵食速度を標準偏差 $\sigma=v_s/3$ の正規分布に従うように確率変動させる。

図-2は、 $\alpha=1.0$ で貝が掘り出されない場合の、1サイクルの間の二枚貝の潜砂と砂の侵食の深さ z と、追跡時間 t の関係を示したものである。また、図-2には、砂床厚(貝の土被りの厚さ) δ と追跡時間 t の関係も併示している。この例では、 $tv_s/l_s \cong 7.0$ 付近から停止まぎわに砂床厚が急に増加して貝が掘り出しを受けずに砂層中に留まったことがわかる。もし砂層厚の急減が生じたならば貝は掘り出しを受けることになる。このように、貝の掘り出しの発生・非発生は侵食速度の偶発的な変化に大きく左右される。図-3は、砂の侵食速度の確率分布を考慮したときの100サイクル後に貝が掘り出されず砂層中に存在する確率 P_{100} と侵食平均速度・潜砂平均速度比 α の関係を示したものである。また、図中には砂の侵食速度の確率分布を考慮しない場合の P_{100} と侵食平均速度・潜砂平均速度比 α の関係も併示したが、山下らの実験では掘り出される貝と砂中に留まる貝が共存している範囲は $0.1 \leq \alpha \leq 0.3$ の0.2の幅であるが、侵食速度を一定にした場合には実験よりずっと小さな範囲で P_{100} が1.0から0に急減している。

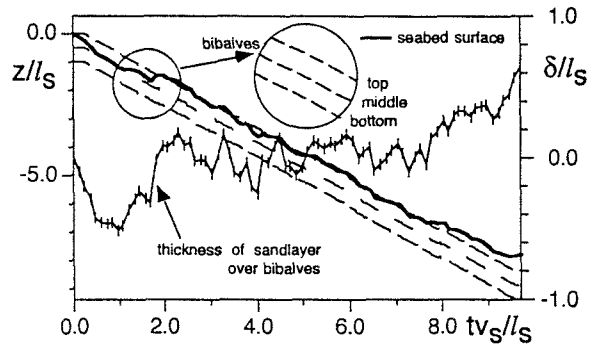


図-2 貝と砂床表面の変位と砂床厚

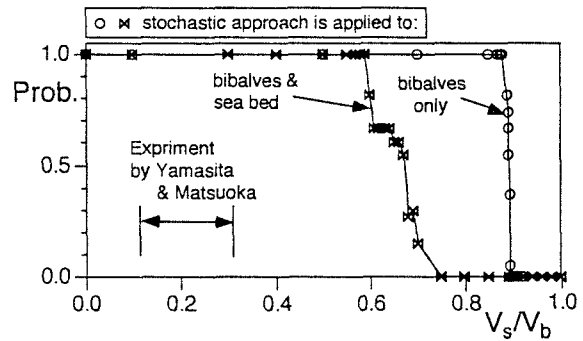


図-3 100サイクル後に貝が砂中に留まる確率

これに対して砂面の侵食速度の確率分布を考慮した場合は、 $0.6 \leq \alpha \leq 0.75$ の範囲で P_{100} の値は緩やかに変化しており、山下らの実験結果に近づく方向に結果がシフトするが、砂の侵食速度の確率分布を考慮しないときと同様、掘り出し発生・非発生の境界は山下らの実験よりも大きな範囲に存在している。このように、確率過程を考慮した場合、砂の侵食平均速度が貝の潜砂平均速度にかなり近い値でなければ掘り出しは生じないが、実験では貝の潜砂速度の0.1倍から0.3倍というかなり小さな侵食平均速度でも掘り出しが生じている。

5. おわりに 確率論的モデルによると、既往の実験に見られた二枚貝の掘り出しの発生・非発生の混在域の存在は明確に示されたが、掘りだしと二枚貝の運動能力の関係を定量的に説明するには至らなかった。今後は掘り出し事象に係わる他のメカニズムについても検討を進めて、定量的な評価に近づきたい。

参考文献：1) 山下 俊彦，松岡 学 (1994)：波浪による二枚貝の挙動と減耗に関する実験的研究，海洋開発論文集 Vol. 10, pp.119-122. 2) 日向野 純也，木元 克則，安永 義暢 (1993)：潜砂行動と物理環境の関係から見たチョウセンハマグリとコタマガイの分布特性，水工研研報 Vol. 14, pp. 65-87.