

京都大学工学研究科 正会員 沖 和哉

同 上 正会員 酒井哲郎

同 上 正会員 後藤仁志

1. はじめに

近年、沿岸域の生態系保全の重要性に関する社会的認識の高揚を受けて、沿岸域の生態系の動態予測の問題が急浮上しつつあるが、沿岸域の生態の中でも底質の特性との関連の深い底生生態系を対象とした予測モデルの開発は端緒に付いたばかりであり、特に具体的な種を対象とした検討にはあまり例がない。生態系は、極めて多数のサブシステムが複雑にリンクしたいわゆる複雑系であることから、通常、微生物や栄養塩を状態変数とした比較的マクロな議論が行われることが多く、特定の種の個体数の増減が論じられことは希である。一方、河川流域では近年、水理量と特定の魚種の個体数との相関関係を大規模な生態調査により把握して、流域開発の影響による個体数の変化を予測しようとする試みが盛んになりつつある。この試みは、PHABSIM(Physical HABitat SIMulation method)と呼ばれ、流れ系のシミュレーションと生物の棲息環境系のシミュレーションを組み合わせた数値予測手法として具体化されている。ここでは、時化の前後の二枚貝の減耗を例に、PHABSIMを沿岸域の底生生態に適用する。

2. 二枚貝のPHABSIMの意義

PHABSIMのサブシステムの内、流れ系のシミュレーションについては、既に多くの研究が蓄積され、波浪場、海浜流場、海浜変形の何れについても多くの数値解析手法が提案されている。これに対して、棲息環境系のモデルには経験的な要素が多く含まれるため流れ系と比べると解析精度が低く、系全体としての予測精度も棲息環境系のモデルに規定される。

生物の個体数の変動には、長い時間スケールの穏やかな変動と短い時間スケールの急激な変動が存在し、一般的に、前者が水質的（あるいは生物化学的）要因の影響を強く受けるのに対して、後者は水理的（あるいは物理的）要因に強く規定される。特に、長時間の生態系の変動を論じるには、微生物の摂食を含む活動に伴う相互作用を考慮した複雑系を解析する必要があるが生じ、モデルには多くの経験的要素が含まれるために困難を伴う。ここでは、物理的要因に強く影響される短時間の急激な個体数の変動、具体的には時化の前後での二枚貝の棲息個体数の変化を対象にPHABSIMを実施する。

二枚貝は潜砂運動として知られる能動的運動を行うが、時化の際には海底床付近に高速で流動するシートフロー層が形成され、二枚貝の能動的な運動能力を遥かに凌ぐ外力が作用するため、能動的活動が近似的な意味で停止したと仮定して解析が可能であり、ハビタートの全体構造が物理的要因に支配され、モデルの構成要素中の不確定要因が少なくなる。

3. シミュレーションの概要

まず、高波浪の作用下における砂層中の二枚貝の生存条件について、粒状体モデルを用いて検討する。二枚貝、砂粒子を比重の異なるシリンダーでモデル化し、二枚貝が埋没した粒子層の表層にせん断力を作用させた際の二枚貝の挙動を個別要素法で追跡した結果、表層から殻長程度の層厚が流動化すれば二枚貝が直ちに砂層から放出されるとの結果が得られた。すなわち、二枚貝の生存条件は流動層厚に依存し、流動層厚と水理量の関係がPHABSIMの選好性曲線（水理量と対象種の個体数の相関関係）に相当する。図-1は、個別要素法により求めた表層せん断力と流動層厚（saltation層厚, sheetflow層厚）の関係を示している。

キーワード：PHABSIM, 二枚貝, 漂砂力学, シートフロー漂砂

連絡先：〒606 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5099 FAX 075-761-0646

次に、底面せん断力に関しては、波浪場を非定常緩勾配方程式に基づく数値解析で評価し、波高分布から底面せん断力の最大値の空間分布を計算することとした。

解析対象領域は、早瀬・宮本¹⁾によって時化の前後での個体数変動の調査例が報告されている石狩湾新港東防波堤沖である。この領域では、1984年10月9日と11月30日に棲息個体数調査が実施され、この間に最大波高 6.8m, 周期 8.6 秒の時化が観測されている。底質は対象領域内の全域で細砂に分類され、中央粒径は $d=0.17$ mm (防波堤東側の 5m 以浅の領域では $d=0.17\sim 0.21$ mm) ある。また、調査対象は稚貝であり、

平均殻長は $d_b=5.7$ mm と報告されている。殻長・粒径比 d_b/d を求めると 27.1~33.5 となるが、底面せん断力-流動化層厚曲線 (図-1) で sheetflow 層の発達がほぼ完了する $\tau_*=1.5$ 付近では、流動層厚は粒径の 25 倍程度に達しており、殻長に相当する層厚の活発な流動が生じている。

仮に、砂層中の二枚貝の洗い出しという個々の事象がここで示す考え方で良好に記述できるとしても、現実には更に多くの不確定要因が存在する。例えば、二枚貝の殻長は一定ではなく、分布範囲を有しており、二枚貝の砂層中の生存限界も厳密には殻長に依存することとなる。殻長と二枚貝の生存限界に関して、ここで提案する数値モデルを利用した詳細な検討を行うことは可能であるが、殻長の分布特性に関するデータがなければ詳細な検討結果を予測に反映させることはできない。ここでは、このような状況に鑑み、平均量に基づく予測のみに限定することとした。先に述べた殻長と流動化層厚の関係から、 $\tau_*=1.5$ を二枚貝の生存限界に想定し、波高分布から計算される底面せん断力の最大値の分布において $\tau_* > 1.5$ の領域を示したのが、図-2 である。防波堤前面の波高の高い領域で洗い出しが顕著で、水深の増加により底面せん断力が低減する沖合領域では汀線近傍と比べて洗い出しが抑制されている。この傾向は、報告されている個体数の変化率とも概ね良好な整合性を示しており、二枚貝の生存条件を砂層の流動化に求めたフレームワークの一定の妥当性が確認された。

4. おわりに

ここでは砂層中からの二枚貝の洗い出し事象にのみ注目して、時化による二枚貝の生存可能領域の予測を行った。時化前後の二枚貝の分布域の変化に関してより正確に予測を行うには、水流中に放出された二枚貝の移動過程についての検討も重要であるので、今後の検討課題としたい。

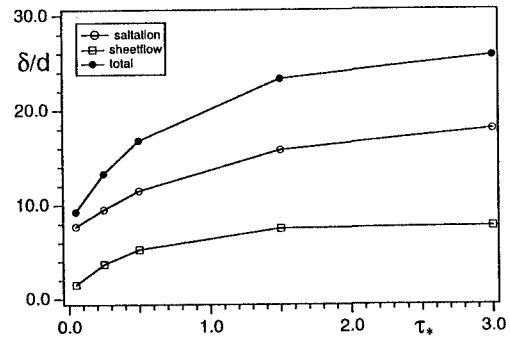


図-1 砂層の流動化層厚

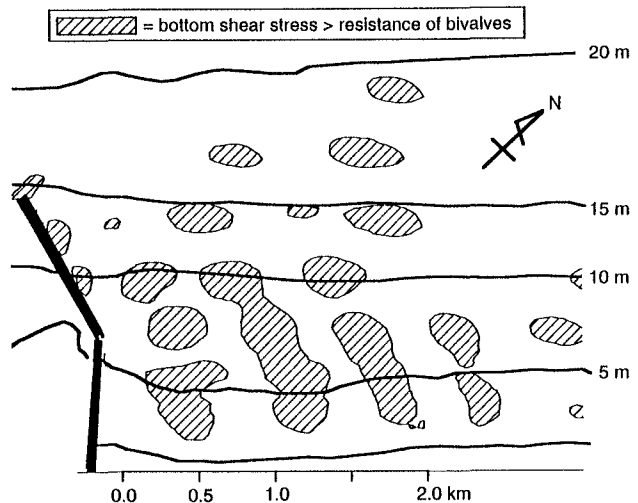


図-2 二枚貝の生存可能領域