

沖縄県の沿岸域における Suspended Particles in Sea Sediment(SPSS)予測モデルの構築 Development of Suspended Particles in Sea Sediment (SPSS) prediction model in the sea coast of Okinawa

○酒井 一人, 仲村渠 将
Sakai Kazuhito, Nakandakari Tamotsu

1.はじめに

沖縄県の沿岸海域のサンゴ礁は、近年、大規模な白化現象、陸域からの栄養塩類や赤土等の流出、オニヒトデの大量発生などにより大きな被害を受けている。これらの要因の中で、人為的なものは赤土等流出による陸域からの負荷である。サンゴ礁保全のために陸域からの負荷の削減に向けて具体的な対策を進めることが求められている。

沖縄県では、沿岸域における汚染度の評価指標として底質中懸濁物質量(Suspended Particles in Sea Sediment: SPSS)が用いられている。SPSSは単位体積あたりの底質に含まれるシルトより小さい土粒子質量と定義されており、単位は kg/m^3 である。

現在、陸域からの負荷の主要な発生源はサトウキビ畑を中心とした農地であり、これまでも農地からの赤土流出防止対策が進められてきた。それら対策実施効果の評価は、農地からの赤土等流出量の削減として評価されてきたが、それが沿岸域汚染改善にどれほど効果があるかについては明確ではなく、具体的な達成目標が設定されていなかった。それに対して、沖縄県では SPSS 簡易予測モデル(仲宗根ら 2010)を構築し、サンゴ礁保全に必要な赤土等流出削減目標の設定を試みた。しかしこのモデルは、モデルパラメータの同定において不定期な SPSS の実測期間の総降水量、平均・最大有義波高を使用するため観測期間の取り方によりパラメータの同定結果が変わってしまうという問題点を持っている。さらに、SPSS の対数差分を取っているため土砂収支の物理的表現ができていないことが問題である。そこで本研究では、これらの問題点を改善するために土砂収支を考慮した SPSS 予測モデルを構築し、その適用性について検討した。

2.研究方法

2.1 SPSS 予測モデルの概要

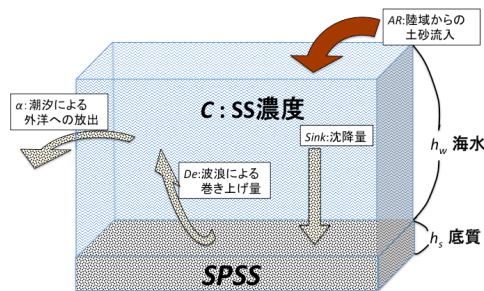


Fig.1 モデル概念図
Schematic diagram of the model

Fig.1 に SPSS 予測モデルの概念図を示す。SPSS 予測モデルでは、陸域から海域に流れ出した赤土等が堆積した場合をプラス要因、堆積している赤土等が波浪で巻き上げられ、潮汐により外洋へ放出された場合をマイナス要因とした。風波によって巻き上げられる SPSS は豊田ら(2003年)の底泥輸送解析モデルを考慮した。

$$SPSS_i = SPSS_{i-1} + \frac{\beta C_{i-1}}{h_s} - \frac{M \left(\frac{\tau}{\tau_c} - 1 \right)}{h_s} \times SPSS_{i-1} \quad (1)$$

$$C_i = C_{i-1} + AR - \alpha C_{i-1} - \frac{Sink}{h_w} + \frac{De}{h_w} \cdot SPSS_{i-1} \quad (2)$$

$SPSS_i$: SPSS 値(kg/m^3)、 β : 沈降速度 (cm/s)、 M : 侵食速度定数($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$)、 τ : 底面せん断応力 (N/m^2)、 τ_c : 限界底面せん断応力(N/m^2)、 h_s : 海底の SPSS 堆積に関する高さ(m)、 C_i : SS 濃度 (kg/m)、 A : 係数、 R : USLE の降雨係数 ($\text{t}\cdot\text{m}^2/\text{ha}\cdot\text{h}$)、 α : 潮汐・波浪による SS の外洋への放出係数、 $Sink$: 沈降量、 De : 巻き上げ量、 h_w : 海水深に相当する長さ(m)である。ここで、

$$\tau = \rho \frac{f_c}{2} U^2 \quad (3)$$

$$U = \frac{\pi H_{1/3} \cosh k(z+h)}{T_{1/3} \sinh kh} \quad (4)$$

で求めた。ここに、 ρ : 水の密度(kg/m^3)、 f_c : 摩擦係数である。また、 $U(\text{m/s})$ は波速振幅で、微小振幅波理論より求めた。 k : 波数(m^{-1})、 h : 水深(m)、 $H_{1/3}$: 有義波高(m)、 $T_{1/3}$: 有義周期(s)で、 $H_{1/3}$ と $T_{1/3}$ は井島ら(1968 年)の浅水域に対する波浪推算の式で求めた。また、 $Sink$ と De は、以下の式で表した。

$$Sink_i = wC_i \cdot \left[1 - \frac{1}{1 + \exp(L_{s1} - L_{s2} \frac{\tau_i}{\tau_{spss}})} \right] \quad (5)$$

$$De = h_s \cdot M \frac{1}{1 + \exp(L_{d1} - L_{d2} \frac{\tau_i}{\tau_c})} \quad (6)$$

ここに、 $Sink$: 沈降量、 De : 巻き上げ量、 L : ロジスティック曲線のパラメータ、 w : シルト粒子(粒径:0.074mm)の沈降速度(=425[cm/s])、 τ_{spss} : シルト粒子の限界剪断応力(N/m^2)、 τ_c : 海底砂(粒径 1mm)の限界せん断応力(N/m^2)である。

2.2 モデル適用海域

SPSS 予測モデルのパラメータの同定には、沖縄県環境保健部が毎年複数回観測している SPSS データに適用した。対象地点は重点監視海域である沖縄県沿岸域計 10 地点とした。入力気象データは、奥、名護、東、金武、糸数地点の气象台及びアメダスより日平均風速、1 時間降水量を収集しモデルに適用した。計算は日単位で行い、パラメータの同定には SPSS ランクによる重み付けをした RMSE を最小にするように Excel ソルバーを用いて行った。

3.結果・考察

モデルの適用結果について、いくつかの特徴が認められた。赤瀬海域、白保海域、アージ海

域では変化のトレンドは追っていたものの、細かき変動は再現できず、決定係数が 0.012~0.233 と低い値を示した。加武川、漢那中港川では実測 SPSS 値が低いところの再現は出来たが、実測 SPSS 値のピークの再現性は低かった。源河川、平南川、平良川では実測 SPSS 値の低い時に過大評価、実測 SPSS 値の高い時に過小評価する傾向が見られた。大度海域では実測値を追うことは出来ていたが、大幅に過大評価する部分が数カ所見られた。

計算結果例として、Fig.2 に平良川河口での結果の例を示す。

4.まとめ

本研究では既存モデルの問題点を改善し、土砂収支を考慮し、計算ステップが一定(日単位)の SPSS 予測モデルを構築し、それを複数の流域に適用した。その結果、ほとんどの海域でトレンドを再現することができたが、多くの場合期間最大値は過小評価される結果となった。

今後の課題は、赤土流出対策効果の評価モデルとして、ピークの再現性についてモデルに求められる精度を明確にし、回線を進めていくことが挙げられる。

引用文献

- 仲宗根一哉ら(2010): 石垣島轟川河口海域における底質中懸濁物質含量簡易予測モデルとその応用、沖縄県衛生環境研究報、第 44 号、pp.61-66
- 豊田正史ら(2003): 諏訪湖における風波の影響を考慮した底泥の輸送解析、水工論集、47、pp.1213-1218

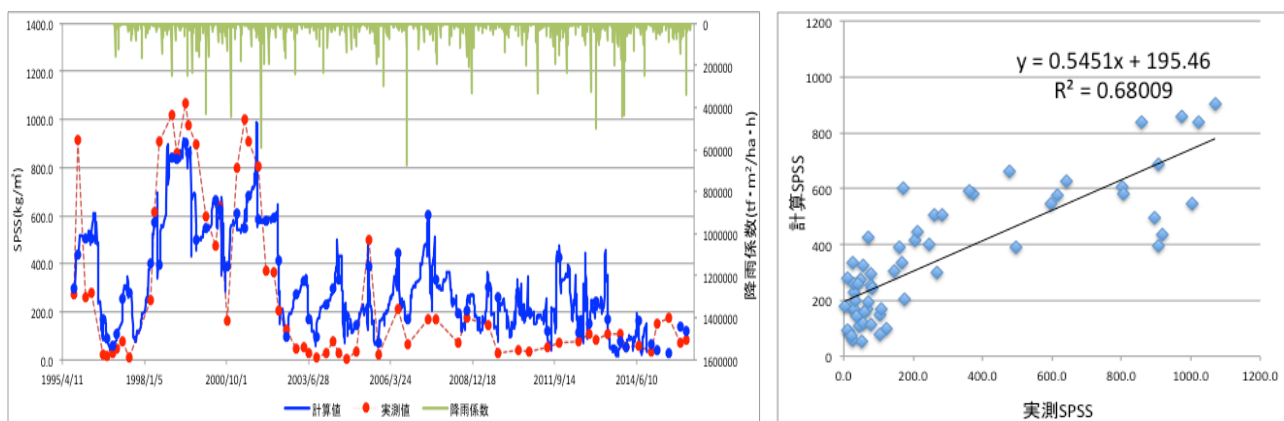


Fig.2 平良川河口海域の計算結果
Calculation result of the mouth of Taira river