

植生繁茂域への土砂の堆積に関する数値解析

鹿児島大学大学院 学生会員 園田勝徳  
 鹿児島大学工学部 正会員 浅野敏之

1.はじめに

ヨシ、海藻、マングローブ林などの沿岸植生は、魚や海岸小動物への棲みかの提供、水質の浄化作用、野鳥の襲来を含めた景観効果など様々な環境上の長所を有している。物理作用に限っても沿岸植生は、入射波を減衰させて静穏域を形成し、土砂を堆積させる機能を有している。堆積した土砂の上に種子が落下するとそれが発芽・生長し、繁茂域は拡大していく。一方、入射波が大きい場合は、植生体に作用する波力が根や地下茎による支持力を上回り、あるいは根圏の土壌が流出するために、植生は繁茂できない。このように波浪と沿岸植生は相互干渉を行い、その結果として沿岸植生の繁茂域も決定される。景観や環境整備を目的とした沿岸植生繁茂域の水理学的設計は、生態的な観点も包めたシステムを解明する必要があり、新たに発展させるべき水理学・海岸工学の1課題と言えよう。本研究は、こうした沿岸植生の持つ土砂堆積機構について数値シミュレーションにより検討したものである。

2.数値計算の概要

全幅  $B$  を有する直線水路の両岸に幅  $B_w$  の植生群落が繁茂する場を想定し、水路の横断形状として中央が水深  $h_0$  で両岸に近づくとともに浅くなる放物線断面を考える(図-1)。この水路を波高  $H$ 、周期  $T$  の線形長波が伝播するものとする。基礎式は次式のような非定常緩勾配方程式で与える。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{n} \frac{\partial}{\partial x} (nM) + \frac{1}{n} \frac{\partial}{\partial y} (nN) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{1}{2} (f_b + f_v) Q |M|/h^2 + A_h \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial y} = -\frac{1}{2} (f_b + f_v) Q |N|/h^2 + A_h \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

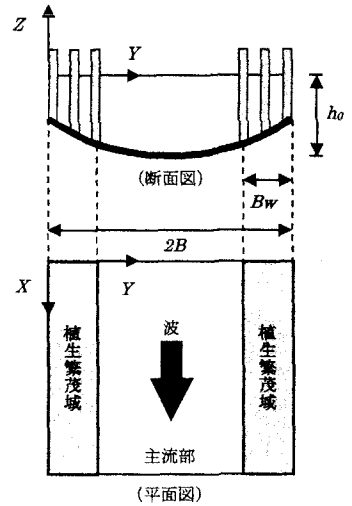


図-1 数値計算の座標系

ここに、 $\eta$  は水位変動、 $c$  は波速、 $n$  は群速度係数、 $M$ 、 $N$  はそれぞれ  $x$ 、 $y$  方向の線流量、 $Q$  は合成線流量  $Q = \sqrt{M^2 + N^2}$ 、 $A_h$  は水平拡散係数であり、ここでは簡単に  $A_h = 0.05 \Delta x^{4/3}$  を基準値として与えた。 $f_b$  は底面摩擦係数、 $f_v$  は植生による抗力抵抗係数であり、次式で与えられる。

$$f_v = C_D \int_{-h}^0 N_v d_0 dz \quad (4)$$

ここに、 $C_D$  は植生葉状体の抗力係数、 $d_0$  は葉状体の等価直径、 $N_v$  は単位面積当たりの植生の繁茂本数である。

地形変化の計算は、現地スケールの波浪・底質粒径・地形変化に対して多くの適用実績のある Bailard(1981)の公式で求めた。ここでは、重量表示の漂砂量は掃流砂  $i_b$  と浮遊砂  $i_s$  の和で表され、これらは次式のように底面における波による時々刻々の水粒子速度  $\vec{u}_c$  によって表される。

$$\langle \vec{i}_b \rangle = \rho c_f \frac{\epsilon_b}{\tan \phi} \left[ \left\langle |\vec{u}_c|^2 \vec{u}_c \right\rangle - \frac{\tan \beta}{\tan \phi} \left\langle |\vec{u}_c|^3 \right\rangle \vec{i} \right] \quad (5)$$

$$\langle \vec{i}_s \rangle = \rho c_f \frac{\varepsilon_s}{W} \left[ \left\langle \left| \vec{u}_c \right|^3 \vec{u}_c \right\rangle - \frac{\varepsilon_s}{W} \tan \beta \left\langle \left| \vec{u}_c \right|^5 \right\rangle \vec{i} \right] \quad (6)$$

ここに、 $\langle \rangle$  は波の1周期間の平均を意味し、また  $\varepsilon_b$ 、 $\varepsilon_s$  は漂砂量係数、 $\tan \beta$  は局所的な海底勾配、 $\phi$  は底質粒子の内部摩擦角、 $W$  は底質粒子の沈降速度、 $\rho$  は水の密度、 $c_f$  は海底摩擦係数である。漂砂量  $\vec{i} = \vec{i}_b + \vec{i}_s$  が求まれば、地形変化は局所的な地形変化による底質移動への影響を考慮し、次式で計算できる。

$$\frac{dz_b}{dt} = -\frac{1}{\rho g(1-\lambda)} \left( \frac{\partial}{\partial x} \left( i_x - \varepsilon |i_x| \frac{\partial z_b}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( i_y - \varepsilon |i_y| \frac{\partial z_b}{\partial y} \right) \right) \quad (7)$$

ここに  $z_b$  は底面高、 $\lambda$  は底質粒子群の空隙率、 $\varepsilon$  は定数である。

数値計算は、 $M$ 、 $N$  と  $\eta$  をスタッガード格子にとり、時間差分には leap-frog 法とした。水路の上流端では、日野・仲座(1988)による無反射境界スキームを leap-frog 法に適用できるように修正した久連山・浜中(1991)の計算スキームを採用し、波が反射することなく透過するようにした。

### 3. 結果と考察

本研究では、水路幅  $Y=80\text{m}$ 、水路長さ  $X=160\text{m}$ 、水深  $h=1\text{m}$  の水路上を周期  $T=5\text{s}$ 、初期波高  $H_0=30\text{cm}$  の波が遡る状況を基本的条件とし(図-2)、静水状態から波を入射させ、波が定常状態に達した状態より得られた特性について考察する。定常状態に達した時点での水位変動の計算結果(図-3)より、地形と植生の抗力により水位は両岸で減衰していることがわかる。また、水位の減衰に伴い、底質は植生が繁茂する両側で補足され、底面高さは上昇することがわかる(図-4)。

### 4. 実験

鹿児島大学工学部海洋土木工学科が所有する長さ  $12\text{m}$ 、幅  $40\text{cm}$ 、高さ  $30\text{cm}$  の片面ガラス張り二次元造波水路の中に両端  $8\text{cm}$ 、高さ  $10\text{cm}$  の人工植生を格子状に設置し、人工植生による土砂の堆積実験を行った。水槽の一端にはプランジャー式造波装置が設置されており、本実験では周期別(4 ケース)の規則波を用いて、植生の有無での底質変化の比較を行う(図-5)。植生を設置することで洗掘されていた植生の後背地が守られていることが分かる。

### 5. まとめ

沿岸植生の持つ土砂堆積機構を、数値計算で表現し、実験で植生群落による底質の堆積効果の検討を行った。

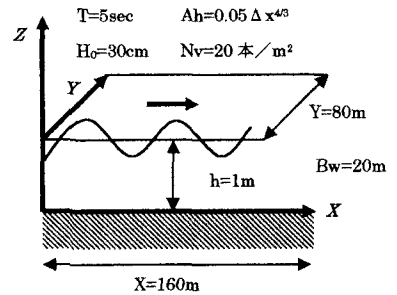


図-2 基本条件

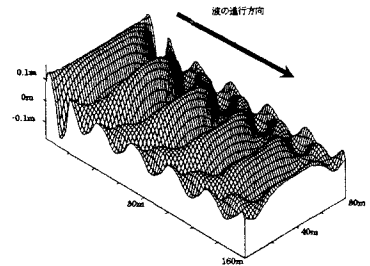


図-3 水位変動

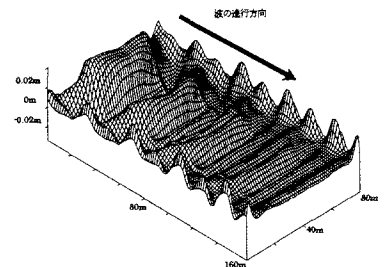


図-4 底面高さの変動

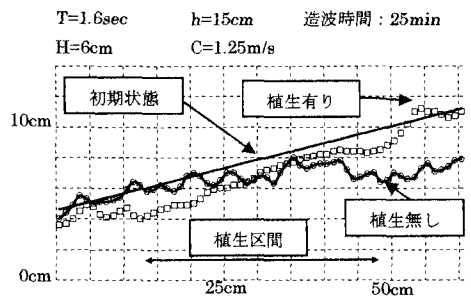


図-5 実験結果