

狭水路と氾濫原で構成されるマングローブ感潮入江の流動特性

鹿児島大学工学部 学生員 瀬戸口 喜祥
鹿児島大学工学部 正 員 浅野 敏之

1. はじめに

藻場・塩性湿地のヨシ原・マングローブ林などの沿岸域植生群落は、水質浄化能力・後背地の海岸保全・魚鳥類の繁殖の場として、最近その環境上の価値が注目されている。マングローブ林は熱帯・亜熱帯の沿岸の浅い海域・汽水域に分布し、わが国では沖縄とくに西表島・石垣島に集中している（わが国全体の91%）。鹿児島県奄美大島の西仲間地区にも73haのマングローブ林があり、特別保護区に指定されている。

マングローブ水域の生物環境・水質環境を理解するためには、その基盤である物理過程を明らかにすることが必要である。マングローブ水域は地形的に河口に続く水路（creek）とマングローブが群生する低平湿地（swamp）で構成され、上げ潮に水路から低平地に氾濫し、下げ潮時に水路に流入する流動特性を繰り返す。底質土壌は泥質で表面は植物の枯死体で形成される。こうした外力条件・地形条件の下での物理過程は、従来の海岸工学であまり対象とされなかったため十分に解明されていないのが現状である。

本研究はマングローブ群落を粗度としてモデル化し、潮汐変動による植生繁茂域の流れについて数値実験を行い、水域に特有の流動特性を検討したものである。今回の計算ではマングローブ群落の粗度機能を明らかにすることを目的とし、単純化された入江における流動特性を検討した。

2. 奄美大島住用川・役勝川河口の地理と植生の特性

奄美大島西仲間地区のマングローブ林は、郡内最大の住用川と役勝川が合流する河口部に73haにわたって広がっている。図-1に示すように両河川の合流する河口部は幅約40m、水深は平均潮位下約1.1m、河床勾配は約1/1200である。朔望平均満潮位はT. P. + 0.8m、朔望平均干潮位はT. P. - 1.2mである。

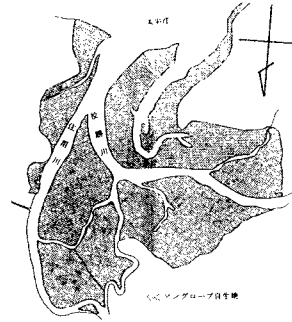


図-1

3. creek-swamp システムの一次元解析

氾濫原への浸水を考慮した一次元非定常流の方程式は次式となる (Wolanski, 1985)。

$$\frac{\partial(A+M)}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (2)$$

ここに、 A は creek の断面積・ M は swamp の断面積で、水路幅 w 、水路の静水時水深 d 、水位変動 η 、swamp の横方向勾配 α を使って次のように表される（図-2）。

$$A = hw = (d + \eta)w, M = \alpha \eta^2 \quad (3)$$

また Q は流量、 S_f は摩擦勾配で Manning の粗度係数 n 、径深 R を使って次式で計算される。

$$S_f = n^2 Q |Q| / A^2 R^{4/3} \quad (4)$$

計算は図-3に示すような水路条件で行った。数値計算は断面積・水位と流量を時間ステップごとに交互に求める leap-frog 法によった。下流端（河口入口）で潮位変動を与え、上流端では日野・仲座(1987)の開放境界スキームを採用し、潮汐の伝播を自由に通過させるようにした。

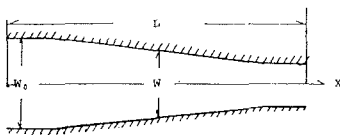


図-2

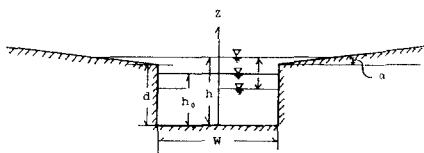


図-3

4. マングローブの粗度効果

図-4に示すように、マングローブの支持根は底面に近づくほど分岐し、佐藤(1978)の調査によれば、支持根の本数 n は樹高 H と底面からの高さ z が関与する指数関数で表される。したがって氾濫原で水位が増せば粗度として機能する支持根の本数が変化することになる。定常状態を考えると、

$$\rho g \frac{dh}{dx} dx dy dz = \frac{\rho}{2} C_D n(z) d_0 u^2(z) dz \quad (5)$$

となる。ここに C_D は支持根の抗力係数、 n は本数、 d_0 は単位鉛直長さ当たりの投影面積である。上式を変形すると次式となる。

$$u(z)^2 = \frac{2g(dh/dx)}{C_D d_0} \frac{1}{N(z)} \quad (6)$$

ここに $N = n/dxdy$ は単位面積当たりの植生密度で、 $N(z) \sim \exp(-cz)$ であれば $u(z) \sim \exp(cz/2)$ となることがわかる。すなわち流速分布は図-5に示すように底面近くで減少し、マングローブ林内での底質沈澱機構ともなっている。

しかし、3. 節の解析では流速の鉛直分布は考慮できないから断面平均流速 v を用いる必要がある。すなわち、

$$v = \frac{1}{h} \int_0^h u(z) dz = \frac{1}{h} \int_0^h \sqrt{\frac{2g(dh/dx)}{C_D d_0 N(z)}} dz \quad (7)$$

となり、 v は $C_D, d_0, N, dh/dx$ の関数となる。一方、Manningの公式では

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (8)$$

であるから、 n と C_D, d_0, N との関係が得られる。

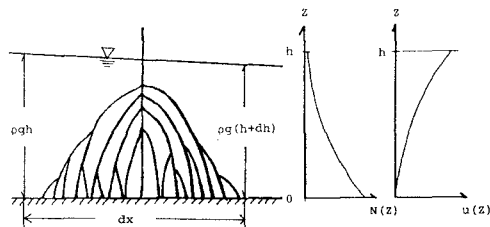


図-4

図-5

5. 計算結果および考察

計算された結果を図-6と図-7に示す。共に横軸を時間(横軸の1が潮汐変動の1周期分=12時間に相当する)、縦軸を水面変位としている。図-6のXは図-2で示したとおりで、 $X=0$ が水路の入口、 $X=200$ が水路の最奥部付近である。図からは河口部では、上下左右対称の曲線となっているが、その後奥へ進行するにつれて波形の前後および上下の非対称性が生じることがわかる。また、水面変位も奥へ進むにつれて振幅が減衰していることがわかる。

図-7ではXを固定してManningの粗度係数を変化させたものである。Manningの粗度係数を大きくすると水面変位の振幅は減衰しているのがわかる。また、水面変位の上昇と下降のピークもManningの粗度係数を大きくしていくと時間的に後退するのがわかる。

以上のことからManningの粗度係数は計算結果に大きな影響を与えることがわかった。4. 節で述べたように、マングローブの支持根の数は、底面からの距離とともに変化するから、水位によって粗度効果も変動する。こうしたマングローブ林に特有の抵抗特性を取り入れた計算を行うことが今後の課題である。そして更に2. 節で述べた場所での現地調査を行い、モデルの実証性を検討したい。

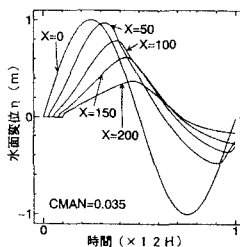


図-6

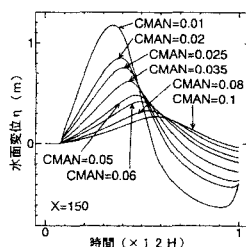


図-7