

(株)建設技術研究所 正会員 ○大屋 敬之
(株)大林組 正会員 山本 多成
大阪大学工学部 正会員 中辻 啓二

1 まえがき

マングローブ・エスチュアリーは、蛇行するクリーク（河川）と上げ潮時には海水の氾濫原となるスオンプから構成されている。スオンプには気根を有したマングローブ樹木が密に繁茂し、生物・魚介類の生息のための穴が多数ある。地表面は凸凹している。エスチュアリーの流動構造の外力は主として潮汐変動である。しかしながら、雨季あるいは出水時には大量の陸水が流れ込み、とくに小潮においてはクリーク内の成層化を強化するという報告もある。物質の輸送過程を考える上において、成層化を含む流動や物質の鉛直構造の理解は重要である。本研究では、クリーク内の流動を3次元問題として、またスオンプ内の流動を2次元問題として取り扱うモデル化を試みている。そこで、スオンプの諸特性がマングローブ河口特有の流速変動の非対称性に及ぼす影響を検討する。

2 マングローブ・河口で計測された流速変動の非対称性

図-1はマレーシアの北西部に位置する Merbok Estuary（全長35km、水深3m～15m、幅2000m～3m、集水域550km²）で大潮時に河口で観測された一潮時間の水位と流速の変動を示す。無印の曲線が潮位変動を示す。測点Cは河口、GとHの位置は河口から19km、22kmである。図から分かるように、河口での振幅は約1.1m

であり、測点Hでも潮位変動に位相差がないことから、全域が感潮域にあることが分かる。符号入り曲線は海底から11m、5mでの流速変動を示す。潮流速は潮位変動に1/4周期遅れて変動するが、下げ潮時の流速勾配が大きく、流速変動に非対称性が窺われる。これは下げ潮流速が0.80cm/sに対して、上げ潮流速は0.51cm/sと0.75cm/sであることから分かる。また、最大流速の近くでくぼみが現れるのが特徴である。この非対称性は Wolansk(1992)によっても指摘されている。この原因として上げ潮時に氾濫するスオンプの流水の一次貯留効果があげられている。

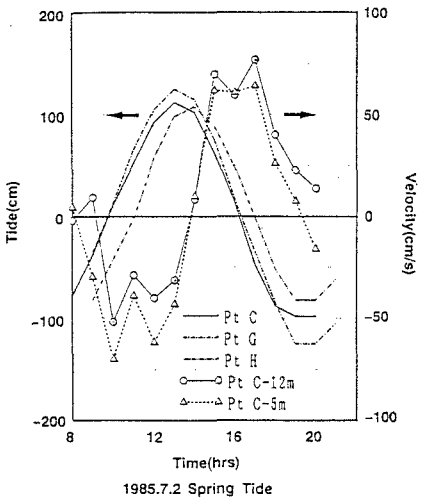


図-1 水位・流速の時間変化（大潮時）

3 クリーク・スオンプ連結モデル

雨季における物質輸送過程を考える場合に成層化の効果を導入することに異論はないでしょう。但し、上げ潮時にスオンプに氾濫する流動までも3次元的に取り扱う必要はない。むしろ地表面を拡がる先端部の挙動をうまく表現する方が重要である。そこで、クリークでは阪大モデルODEMを、またスオンプではBradford大学で開発されたDIVASTの適用を試みた。両者の連結は、クリークからスオンプへは両境界の水位により、逆の場合はスオンプで得られた両境界での流量によるものとした。

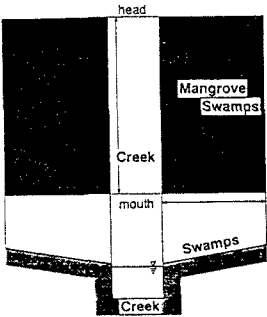


図-2 モデル水域

Yoshiyuki OOYA, Kazunari YAMAMOT, Keiji NAKATSUJI

4 計算結果とその考察

図-1に示す単純なモデル（長さ20km、幅200m、水深8m、勾配2/10,000のクリークと、20km、400m、2/10,000のスオンプ）を設定した。クリークは10層位とし、流下ならびに横方向間隔はそれぞれ270mと10mとした。外力として、大潮時の半日周潮（振幅1.15m）と河川流量2.04m³/sを与えた。

スオンプの一次貯留効果を議論する場合に、重要な点は水面勾配と底面摩擦力が支配的であり、また流速は数cm/sと小さいことである。そこで、スオンプ内の摩擦係数と底面勾配を変えた実験を行い、河口での流速の非対称性に及ぼす効果を検討した。

図-3は摩擦係数 γ_2 を2、4、8と変えた場合の河口での流速変動を示す。 $\gamma_2 = 4$ は密生した高水敷でのマンニングの粗度係数 $n = 4$ に相当する。この範囲の摩擦係数の違いはほとんどなく、流速は同じ変動を呈している。実測結果に見られた下げ潮時の大きな流速勾配、流速変動の非対称性、さらには最大流速近くのくぼみ、等の諸特性は再現できている。

図-4はスオンプの底面勾配を1/1000、3/1000、6/1000とした時の流速変動への影響を示す。一周期内の流動の非対称性はいずれも認められる。また、底面勾配が小さいほど、下げ潮最大流速は増大する。1/1000の場合は下げ潮最大流速が第2のピーク値へと移行しているのが分かる。

図-5はクリークとスオンプ間の流量交換を示している。スオンプへの流入は水位が最高になる前に最大となり、水位がピークを過ぎた辺りから減少し始める。流入が流出に替わるのは3~4時の間であり、4.5 時頃にはクリークに戻る最大値を示す。但し、その値は6/1000では80%、3/1000で等価となる。そして、残存するスオンプ内の流量は時間をかけてクリークへと戻る。この時間の遅れがスオンプの一次貯留効果に相当することになる。6/1000の場合には半潮汐の間にスオンプとの交換は完了している。クリーク内の流速変動にこのスオンプとの流量のやりとりを考慮すれば、図-4の流速変動の非対称性は理解できる。底面勾配の小さいほど、スオンプ内での流入水の流動や分散等、両者間の流量交換に関与する機構が複雑になっているものと思われる。

Wolanski, E. (1992): The Ecology of Mangrove and Related Ecosystem, Kluwer Academic Publisher, pp.141-161.

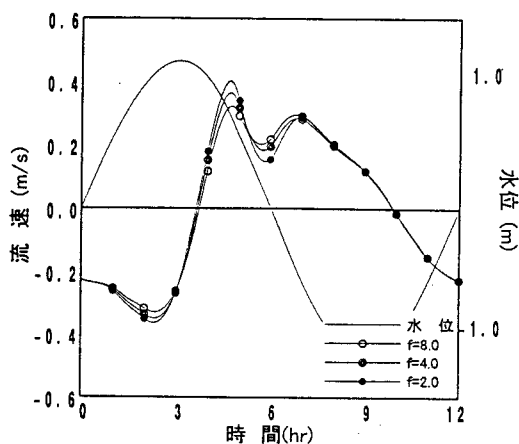


図-3 スオンプの摩擦抵抗係数の影響

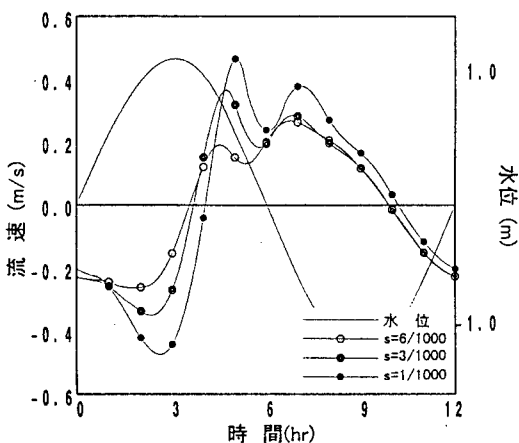


図-4 スオンプの底面勾配の影響

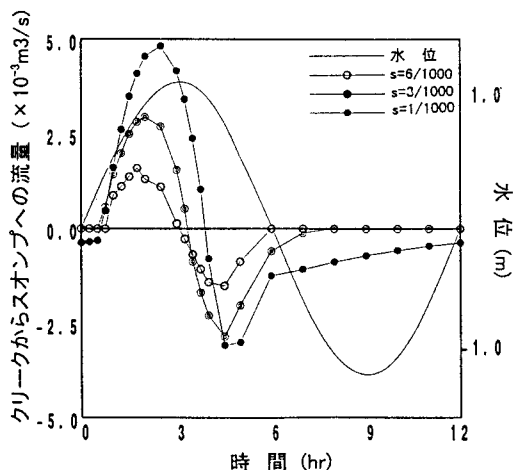


図-5 クリークとスオンプ間の流量交換