

愛媛大学大学院 学生員○原楨利幸
愛媛大学工学部 正員 伊福 誠

1. はじめに

従来、河川における塩水の侵入の現象の再現は、潮位を日潮不等を考慮しない正弦波の形で与えてきた。しかしながら、現地で生じる現象は、日潮不等の影響を強く受けているため、現象を的確に捉えているとはいえない。本研究では日潮不等を考慮した河川密度流の流速場や密度場を予測できる2次元数値モデルを開発した。

2. 数値計算

流体が非圧縮性で密度は塩分のみの関数、Bussinesq近似が適用できるとし、支配方程式である連続の式、運動方程式、水面形の方程式および塩分の方程式を連立して解く。なお、渦動粘性係数は、SGS(subgrid-system)を用いた。また乱流拡散係数は、水平および鉛直方向の流速成分に依存すると仮定する。

水平方向は25 m間隔、鉛直方向は10分割し、時間間隔2秒で計算した。

3. 解析結果

(1) 肱川の観測結果に基づく解析

(a) 流速ベクトルの空間分布

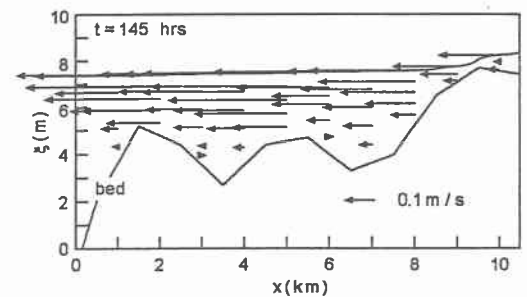
図1(a)は、1978年9月14日の下げslackの流速ベクトルの空間分布を示したものである。また、図中のbedは、肱川管内図に記載されている1977年の最深河床高、図中の時間tは、計算開始時刻からの経過時間である。潮位の低下に伴う河川流量の流出により、ベクトルの向きは、ほとんど下流方向を示している、また、 $x = 3$ および6 kmの河床付近では河床の影響により反時計回りの循環流が形成されている。

図1(b)は、同日の上げslackの流速ベクトルの空間分布である。潮位の上昇に伴い海水が浸入するために、 $x = 8$ kmより海側では、ベクトルの向きは上流方向である。しかしながら、 $x = 9.5$ km付近に浅瀬が存在するため、下流方向への流速が増大し、 $x = 9$ kmより上流ではベクトルの向きは下流方向である。

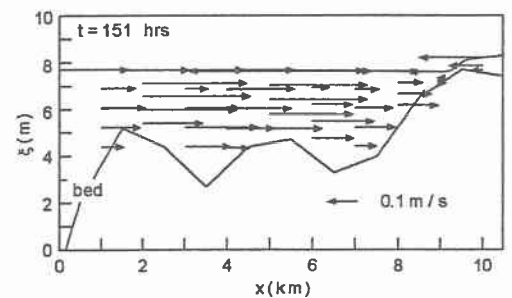
(b) 塩分の空間分布

図2(a)は、1978年9月14日のhigh waterの等塩分線の空間分布を示したものである。また、図中の黒丸、黒矩形、黒菱形および黒三角は、それぞれ $S/S_0 = 0.025, 0.05, 0.25$ および0.5の観測結果、図中の破線および実線は観測結果および計算結果、図中の S_0 は海域における塩分を示したものである。なお、 $S/S_0 = 0.01$ は、水道原水基準の3類の塩素イオンの限界値を塩分に換算した値である。潮位が最も高いため、等塩分線は密度差によって最も上流側へ浸入している。

図2(b)は、同日のlow waterの等塩分線の空間分布を示したものである。潮位の低下に伴い等塩分線は下流方向に後退する。水面付近に比較すると、河床付近は河床形状の影響で海水が後退

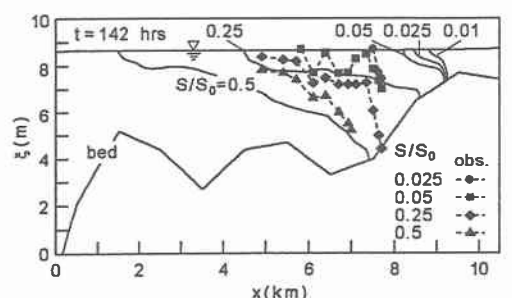


(a)



(b)

図1 流速ベクトルの空間分布



(a)

する速さは遅い。このため、 $x = 5.5 \text{ km}$ から 7 km の河床の窪地に塩分が比較的高い淡・塩混合水が残留している。

図2(c)は、同日の上げslackの等塩分線を示したものである。潮位の上昇に伴い等塩分線は上流側に侵入している。また、河床の窪地における淡・塩混合水の残留領域は狭くなっている。なお、等濃度線の勾配は大きくなっている。

等塩分線は $x = 9.5 \text{ km}$ に浅瀬が存在するため下流方向への流速が増大するため上流側へ侵入できないことを示している。この距離は肱川管内図の感潮域と一致している。

(2) 日潮不等の有無による塩水の侵入距離の比較

図3は、1978年9月14日、10月24日および11月29日の日潮不等を考慮した場合および無視した場合の等塩分線 $S/S_0 = 0.5$ の河床における侵入距離の比較を示したものである。図中の L_{st} および L_{sa} はそれぞれ日潮不等を考慮した場合および無視した場合の侵入距離である。9月および10月は日潮不等を考慮した場合がより上流側に侵入し、11月は日潮不等を無視した場合がより上流側に侵入している。

この2つの異なる結果を図4に示しているモデル潮位変動を用いて考察する。時間 $t_0 \sim t_1$ 、 $t_1 \sim t_2$ および $t_2 \sim t_3$ 積分量をそれぞれ A_1 、 A_2 および A_3 とし、日潮不等パラメータを次式で定義する。

$$P_t = 2A_2 / (A_1 + A_3) \tag{1}$$

日潮不等を無視する場合（正弦波）、日潮不等パラメータは次式となる。

$$P_t = 1 \quad (A_1 = A_2 = A_3) \tag{2}$$

表1は、9月、10月および11月の解析期間中のパラメータを算出し平均したものである。9月および10月の値はそれぞれ1.5および1.35で1より大きい。11月の値は0.85で1より小さい値をとる。これは、日潮不等を無視した場合と比較すると、9月および10月は平均水位からの正への変動量が大きく、11月は平均水位から負への変動量が大きいことを示している。

日潮不等を無視して侵入距離を予測すると、 $P_t > 1$ のときは塩水の侵入距離を過小に評価することになり、 $P_t < 1$ のときは塩水の侵入距離を過大に評価することになる。

実河川において河川水の取水設備を設けようとする場合には日潮不等を考慮した解析を行って、淡・塩混合水の挙動を詳細に把握する必要がある。

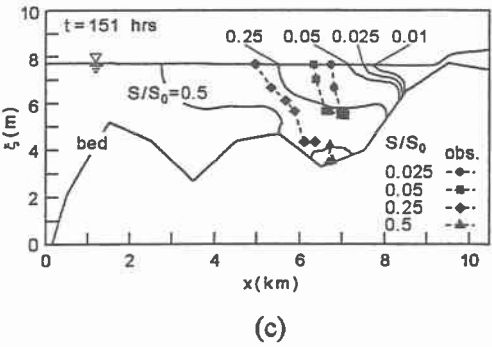
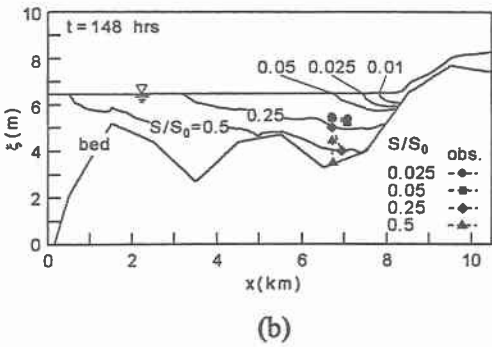


図2 等塩分線の空間分布

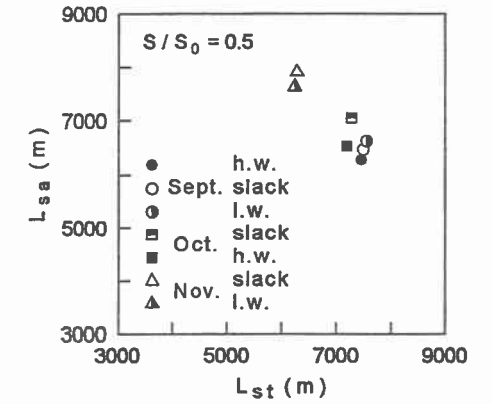


図3 日潮不等に影響による侵入距離の比較

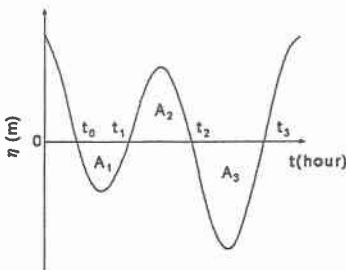


図4 モデル潮位変動

表1 日潮不等パラメータの平均値

観測日	P_t
1978年9月14日	1.5
1978年10月24日	1.35
1978年11月29日	0.85