

地球温暖化に伴う河口部流況の変化予測

名古屋工業大学 学生員○船戸美佳

学生員 中野智憲

正 員 喜岡 渉

1. まえがき

河口部の淡水と塩水についての水質問題は、生態系や、河口流域における上水、農水、工水等の水利用に大きな影響を与えるものであり、温暖化による海面上昇に伴う河口流域の塩水遡上距離や流況変化を予測しておくことは大変に重要である。

温暖化による河口部の遡上距離の変化予測については、これまでも弱混合型について計算された例がある。しかし、現地観測によると、塩水の遡上距離に対する混合型の違いによる差異は明確にみられず(深谷ら, 1993)、このことは逆に強混合型についての検討も必要であることも示唆している。

そこで、本研究では、弱混合型と強混合型の両方のモデルについて、温暖化による海面上昇に伴う塩水遡上距離と流速の変化をシミュレーションし、温暖化によって河口部の流況がどのように変化するかを予測することを試みた。

2. 予測モデルの説明

(弱混合型)：弱混合型については、河口二層流として塩水楔の長さや形状を計算することで、塩水の遡上距離を求める。流速状況については、満潮時に塩水楔の進入距離が最大としているので、下層の流速を0とする。また、河口付近で淡水層は限界水深(密度差を考慮した内部限界水深)をとり、この位置を河口(0km)とする。計算には、以下に示す上下層の連続式と運動方程式(1)～(4)式を用いた(堀口・渋谷, 1992)。

$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + h_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + h_1 u_1 \frac{1}{b} \frac{\partial b}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + g \left(\frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_2}{\partial x} + \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{f_i |u_1 - u_2| (u_1 - u_2)}{h_1} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + h_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + h_2 u_2 \frac{1}{b} \frac{\partial b}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + g \left((1 - \varepsilon) \frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_2}{\partial x} + \frac{\partial s}{\partial x} \right) - \frac{f_i |u_1 - u_2| (u_1 - u_2)}{h_2} + \frac{f_b |u_2| u_2}{h_2} = 0 \quad (4)$$

ここに、 h_1 : 上層水深、 h_2 : 下層水深、 b : 河幅、 ε : 相対密度差、 g : 重力加速度、 f_i : 界面摩擦抵抗係数、 f_b : 河床摩擦抵抗係数、 u_1 : 上層流速、 u_2 : 下層流速、 s : 河床高、である。

(強混合型)：強混合型については、塩水が移流拡散現象によって河道に侵入する形態として、塩水遡上距離と、流速状況を求める。計算には、以下に示す移流分方程式を含む(5)～(7)式を用いた(建設省河川局, 1992)。

$$b \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + u \frac{\partial Q}{\partial x} + Q \frac{\partial u}{\partial x} + hA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{AC^2R} + g \frac{Ad_c}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial AS}{\partial t} + \frac{\partial QS}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial S}{\partial x} \right) \quad (7)$$

ここに、 y : 水位、 b : 河幅、 g : 重力加速度、 Q : 流量(上向きを正)、 q : 単位当たりの横流入量、 u : 断面平均流速、 A : 流水断面積、 C : シェジーの流速係数、 R : 径深、 d_c : 流水断面の図形中心までの水深、 ρ : 流水密度、 S : 塩分濃度、 E : 移流拡散係数、である。

3. 両モデルの計算結果

ここでは、潮汐変化を考慮せず、温暖化による海面の静的上昇のみ考慮して計算を行った。両モデルとも、河口水深 h を 3.0m, 3.5m, 4.0m とし、河幅、河床勾配を一定とした。なお、弱混合型の界面摩擦抵抗係数を $f_i = 0.002$ とし、強混合型の移流分散係数は $E = 10^4 \text{cm}^2/\text{s}$ とした。また、海の塩分濃度は、 $S_0 = 30,000 \text{mg/l}$ とした。流速については、河口から上流方向を正とした。両モデルの計算結果を、図-1～図-3に示す。

強混合型については、計算結果の図-1から分かるように、塩分濃度分布に対する海面上昇による影響はあまりないといえる。流速については、図-2に示すように、海面が上昇するにつれて減少しているが、これは海面上昇によって河口部断面積が増大するためと考えられる。

弱混合型については、図-3から分かるように、海面上昇により塩水楔の遡上距離が大きく増加する傾向が見られる。

4. おわりに

以上の結果からは、温暖化に伴う海面上昇による河口部の流況の変化は、弱混合型の方が大きいといえる。しかし、以上の計算結果には塩水遡上に影響する河床勾配、河幅の変化等の河川の形状は考慮されておらず、水平な長方形断面水路と仮定して計算を行ったので、弱混合型に対しては影響が大きく現れたものと考えられる。河床勾配や河口地形などの影響をモデルに組み込んで、流況のシミュレーションをより正確に行うことが、弱混合型、強混合型両モデルに対して必要であり、今後の課題である。

なお、本研究は、文部省科学研究費総合研究(A) (代表 渡辺 晃 東京大学教授) の補助を受けたことを付記して、謝意を表す。

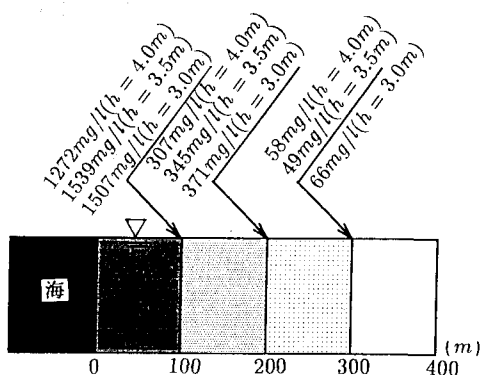


図-1 強混合型の塩分濃度分布

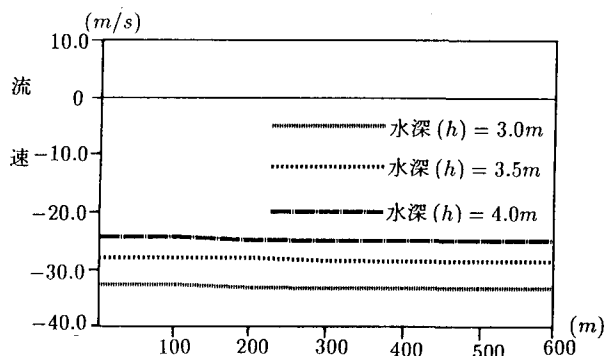


図-2 強混合型の流速変化

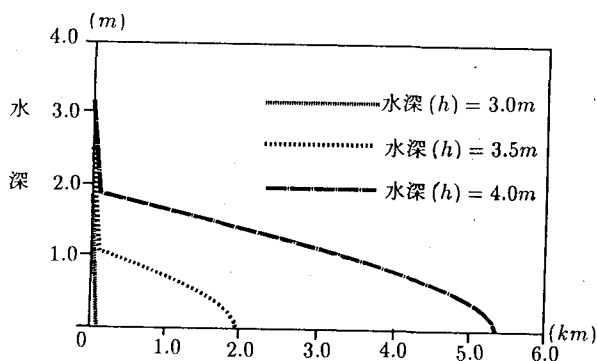


図-3 弱混合型の塩水楔の遡上距離変化

参考文献

- 堀口孝男, 波田悦子 (1992): 弱混合型河口密度流の動的解析, 海岸工学論文集, 第39巻, p261～p265.
 深谷 渉, 高橋 晃, 山本晃一 (1993): 河川における塩水遡上の実態と混合特性, 土木学会第48回年次学術講演会, p622～p623.
 建設省河川局, 建設省土木研究所, 水資源開発公団 (1992): 長良川河口堰に関する技術報告書, p3-29～p3-36.