

II - 287

LESを用いた河口遷移領域における温度・濁度の混合特性の数値解析

京都大学大学院 学生員○山敷庸亮

京都大学工学部 正員 松井三郎

はじめに

河口遷移領域における混合特性は、河川水温と湖水温の差に大きく依存するが、同時に懸濁物の混入による影響を受ける。本研究ではLESを用いた遷移領域の混合特性の3次元数値解析を行い、河川水の潜り込みや浮上といった特性の再現を試みた。

基礎式および計算手法

LESとしては古典的なSmagolinskyモデルを利用した。また、Leonard, Cross項のモデルは用いていない。

Continuity Equation

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

Momentum Equation

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{u}_i \bar{u}_j - 2\nu_T \bar{S}_{ij}) = \nu_{(T,C)} \Delta \bar{u}_i - \frac{1}{\rho_{(T,C)}} \left[\frac{\partial P}{\partial x} - \nabla (\rho_{(T,C)} \bar{u}_i \bar{u}_j) \right] + F_i \quad (2)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right), \nu_T = (C_s \Delta)^2 (2 \bar{S}_{ij} \bar{S}_{ij})^{1/2}, C_s = 0.20 \quad (3)$$

熱輸送方程式には以下のものを用い、熱拡散係数をSGSモデルで補完した。

Heat Transport

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\rho_{(T,C)} \bar{T}) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho_{(T,C)} \bar{u}_j \bar{T}) \\ &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(1 + \frac{\nu_T}{\nu} \right) \left(\frac{\lambda(T)}{C_p} \right) \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right] \quad (4) \end{aligned}$$

濁度の輸送式には、通常の拡散型の方程式を用いている。

Turbidity Transport

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\rho_{(T,C)} \bar{C}) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho_{(T,C)} (\bar{u}_j - w_{sj}) \bar{C}) = \\ & \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(1 + \frac{\nu_T}{\nu} \right) D_C \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_j} \right] \quad (5) \end{aligned}$$

ただし D_C は熱拡散係数の1/100とした。粒子の粒径は $10 \mu m$ として、Stokes式により沈降速度 w_s を計算した。

流体の密度の計算は、次の式を用いた。

Density equation

$$\rho_{(T,C)} = 999.9726 \times (1.0 - 0.000009297173$$

$$\times (T - 273.029825)^{1.8}) + \sigma_w C \quad (6)$$

水の粘性係数の計算には、濁度がそれほど高濃度ではないとして、 30°C 以下の回帰式とEinsteinの式を組み合わせた以下のものを用いた。

Viscosity equation

$$\mu_w = 0.001 \exp(0.5546 - 0.0269)(1.0 + 2.5C) \quad (7)$$

境界条件としては、壁関数を用いており、圧力の緩和は流速圧力同時緩和法を用い、3次元的な底斜面に対する補正を行った。

離散化には境界付近には中心差分法、その他の部分にはQUICK法を用いた。

計算条件

条件1(CASE 1)は湖水温が河川水温を上回る場合であり、条件2(CASE 2)は逆の場合で、それぞれ7月、5月に対応する。対象河口は琵琶湖北端の西野水道河口部である。

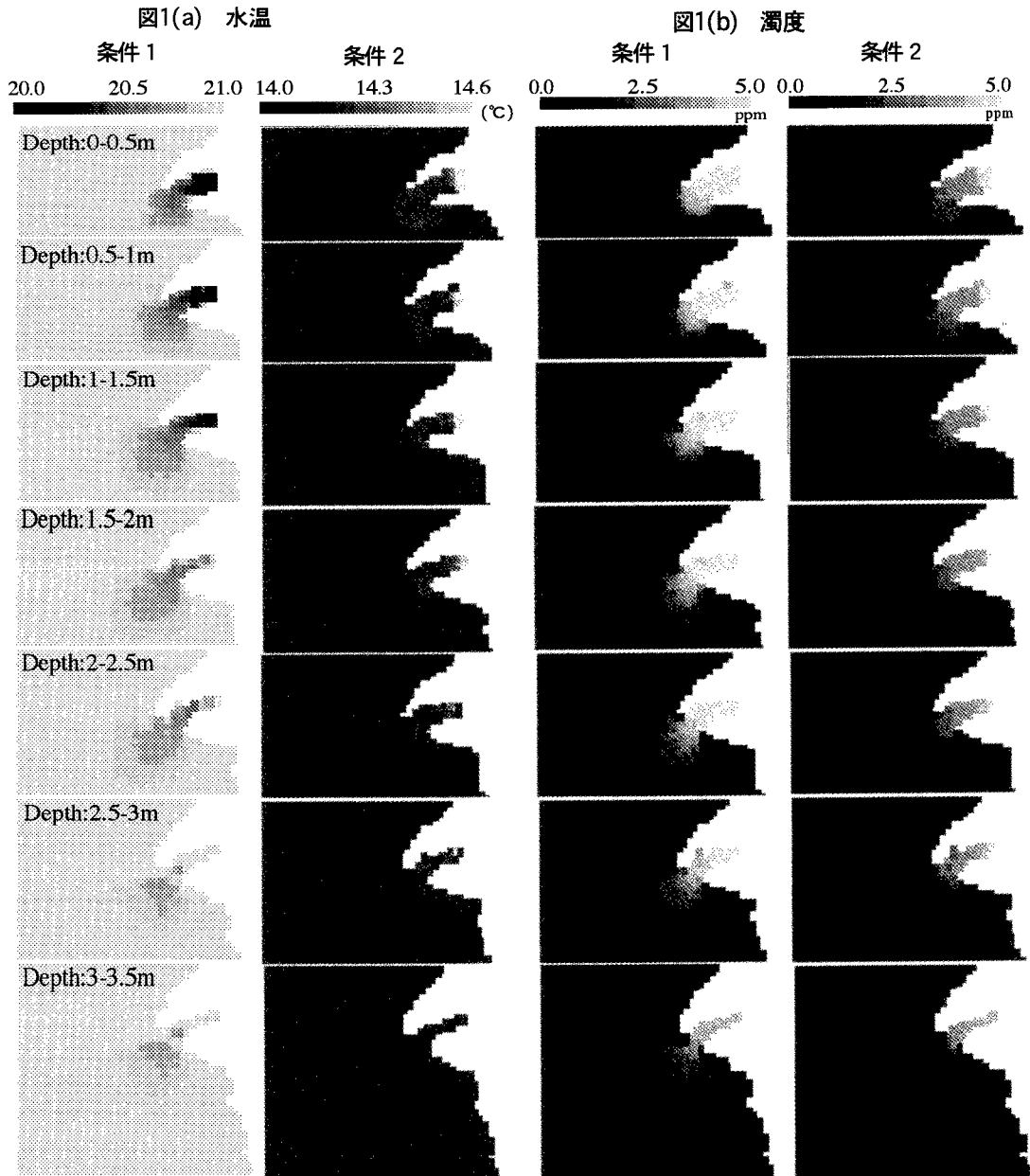
	CASE 1	CASE 2
INFLOW TEMPERATURE:	20°C	15°C
LAKE WATER TEMPERATURE:	21°C	14°C
INFLOW DISCHARGE:	2 TON/S	
INFLOW TURBIDITY:	5 PPM	
SIMULATION VOLUME:	500M X 400M X 7M	
GRID SIZE:	DX, DY: 10 M, DZ: 0.5 M	

計算結果と考察

初期条件を与え、4時間後の計算結果を図1に示す。図1(a)に水温、図1(b)に濁度を示した。条件1では水温の潜り込み特性が再現されており、同時に濁質も下層に潜り込んでいる。条件2では水温・濁度共水面付近に広がっている。これらは奥田らによる観測結果¹⁾をよく説明している。

計算では濁度の小さい領域を対象にしたが、今後高濁度の河川水流入を対象に解析を進めていく予定である。

図1 西野水道河口部における計算結果



参考文献

1)河口遷移領域におけるリンの収支,奥田節夫他,平成元年度琵琶湖研究所委託研究報告書