

(II-107) 塩水遡上の数値解析に関する研究

東洋大学 (学) 大谷 伸介
東洋大学大学院 (学) 中澤 忠誠
東洋大学 (正) 福井 吉孝

はじめに

数年前よりインドネシアの河川(ラモン川)を対象に塩水遡上の数値解析を行ってきた。その結果、塩分濃度の変動を比較的正確に再現することが出来るようになってきた。今回は、新たに入手したデータを用いて、その解析の汎用性についての検討を行った。

ラモン川について

ラモン川は、インドネシアのジャワ島東部のスラバヤ市とグレシク地区の境を流れてマドラー海峡に注ぐ、流路延 83.7km、流域面積 715.5km² の比較的小規模な河川である。川幅は河口付近で約 80m あり、上流に向かって徐々に減少し、河口より約 1.6km のロモカリサリ橋で約 70m となっている。更に上流に向かって川幅は減少し、河口より約 10km の地点では約 20m にまでなっている。また、河床勾配は河口周辺で約 1/1000 となっており、上流に向かって徐々に増加する傾向にある。

観測データ

データは塩水の遡上が顕著に見られる乾季(1989.8)における流速、水深、塩分濃度などである。

今回はさらに雨期(1990.12)のデータを用いた。観測点は河口部より 1.6km 上流のロモカリサリ橋と 3.7km 上流のテナペス村である。このデータは、 C_s/C_b (C_s : 表面付近の塩分濃度、 C_b : 底面付近の塩分濃度) が 1 に近い値となっているので、その混合形態は雨季にも拘わらず乾季の時と同様に強混合型であると思われる。

解析方法

以下の基礎方程式を Leap-Frog 法で差分化した式を連立させて解析を行う。

$$\text{運動方程式: } \frac{1}{g} \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2} \right) - i + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} = 0 \quad (1)$$

$$\text{連続方程式: } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\text{拡散方程式: } \frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial (AvC)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (3)$$

t : 経過時間(s)	x : 河口からの距離(m)	g : 重力加速度(m/s ²)
v : 流速(m/s)	h : 水深(m)	n : マニングの粗度係数
i : 河床勾配	R : 径深(m)	A : 流積(m ²)
Q : 流量(m ³ /s)	C : 塩分濃度(ppm)	D : 拡散係数(m ² /s)

まず、(1)式、(2)式を連立させ、流速 v および水深 h を求め(不定流解析)、その結果を用いて、(3)式より塩分濃度 C を求める(拡散解析)。

初期条件

この解析に必要な初期条件は、流速 v 、水深 h 、及び塩分濃度 C である。

流速 v 、水深 h については初期条件にどのような値を与えても解析に問題が生じないことが判っているので、今回の解析では、流速は $v=0\text{m/s}$ を、水深は、計算開始時刻における河口端と上流端の水深より比例配分して求めた水深 h を与えて予備計算を行い、計算開始時刻の境界条件を満足するような初期条件を求めておいた。しかし、塩分濃度 C については初期条件の影響が強いので、適切な初期値を設定する必要がある。ここで塩分濃度 C は満潮時には河口から上流に向かって指数関数的に減少する傾向があるので、イペーンハーレマンの式である $C=C_{\max}(e^{-\alpha}x)$ を用いて、計算開始時刻の境界条件を満足するような値を求めて、その値を初期条件とした。

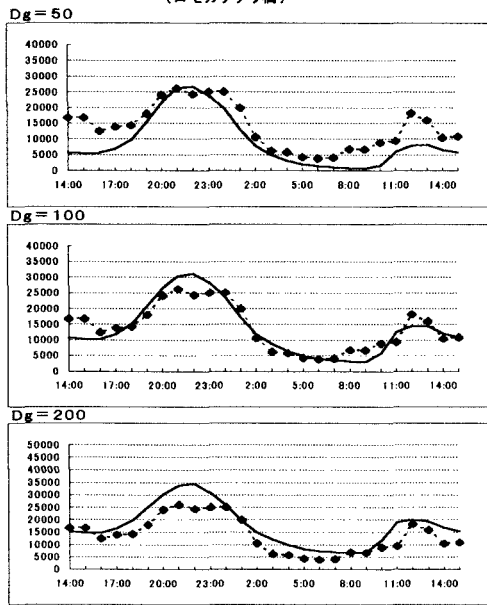
境界条件

境界条件は、河口と計算対象区間の上流端に水深 h と塩分濃度 C を与える。

河口部の境界条件を与えるためのデータは、河口より約1600m付近の観測点における実測値より推定して与えた。上流部では有効な実測値はほとんどない。計算対象区間を潮汐の影響が無くなると思われる長さ(河口より20km)まで延長して、その付近では流れが等流状態と仮定して水深 h を定数で与えている。

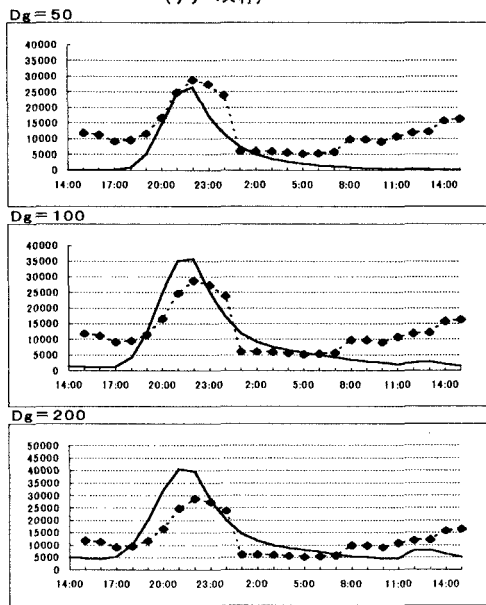
解析結果

塩分濃度と時間の関係 (ロモカリサリ橋)



— 計算値
- - 実測値

(テナベス村)



— 計算値
- - 実測値

拡散係数は、 $D_g=50\sim 200(\text{m}^2/\text{s})$ の間で変化させた。ロモカリサリ橋においては $D_g=100(\text{m}^2/\text{s})$ のときに、実測値と計算値が比較的近い値を示したが、テナベス村においてはどの拡散係数を用いても、実測値と計算値が近づかなかった。したがって、この解析の汎用性を実証するには更なる検討が必要であろう。