

東洋大学工学部 学生員 中澤 忠誠

東洋大学工学部 正会員 福井 吉孝

1. はじめに

感潮河川の流れや塩水遡上の挙動を把握するためには、多くのデータを集めることが必要である。しかし、観測により多くのデータを集めることは多大な労力と時間を費やすこととなり能率的でない。したがって、数少ない観測結果からより正確な数値解析を行うことは極めて重要なことである。

今回は特に拡散解析に重点を置いて、ラモン川の乾期における塩水遡上の解析を行った。

2. 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ぎ、その流路延長83.7km、流域面積715.5km²で河川としては比較的小規模である。川幅は河口付近では約80mあり、上流部では連続して湾曲している。河床勾配は河口付近では約1/1000である。また、河口より1.6km地点のロモカリサリ橋を固定観測点として、水位、流速、塩分濃度を重点的に観測している。

3. 解析方法

基礎方程式

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

$$\text{連続の式: } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \dots\dots\dots ②$$

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

上の①、②式を差分化した式より下流から上流に向かって計算を進めて、流速 v 、水位 h を求めて(逆流漸)、つぎに③式を差分した式に不定流解析の結果を用いて塩分濃度を求めた(遡漸)。

不定流解析

今回はLeap-Flog法で計算をすすめるが、次のような初期条件、境界条件を与えておく。

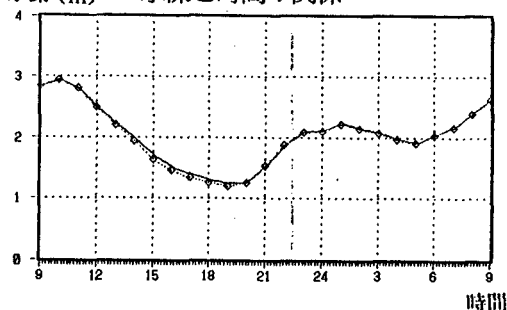
1). 初期条件

あらかじめ不等流計算を行い、 v, h を与えた。

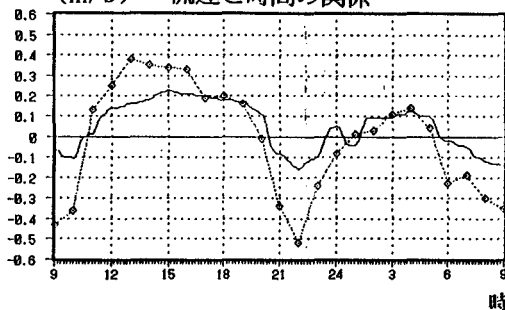
2). 境界条件

下流端の水深はロモカリサリ橋での実測値を与え、上流端の水深は不等流解析で得られた結果を与えた

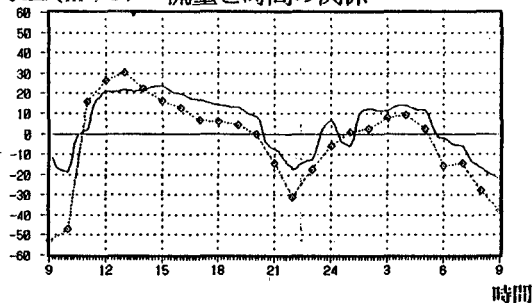
水深(m) 水深と時間の関係



流速(m/s) 流速と時間の関係



流量(m³/s) 流量と時間の関係



拡散解析

上で得られた不定流解析の結果をもとに拡散解析を行うが、次のような条件を与えておく。

1) . 初期条件

塩分濃度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

$$C = \frac{C_{max}}{(e-a)^x} \text{ で与えた。}$$

2) . 境界条件

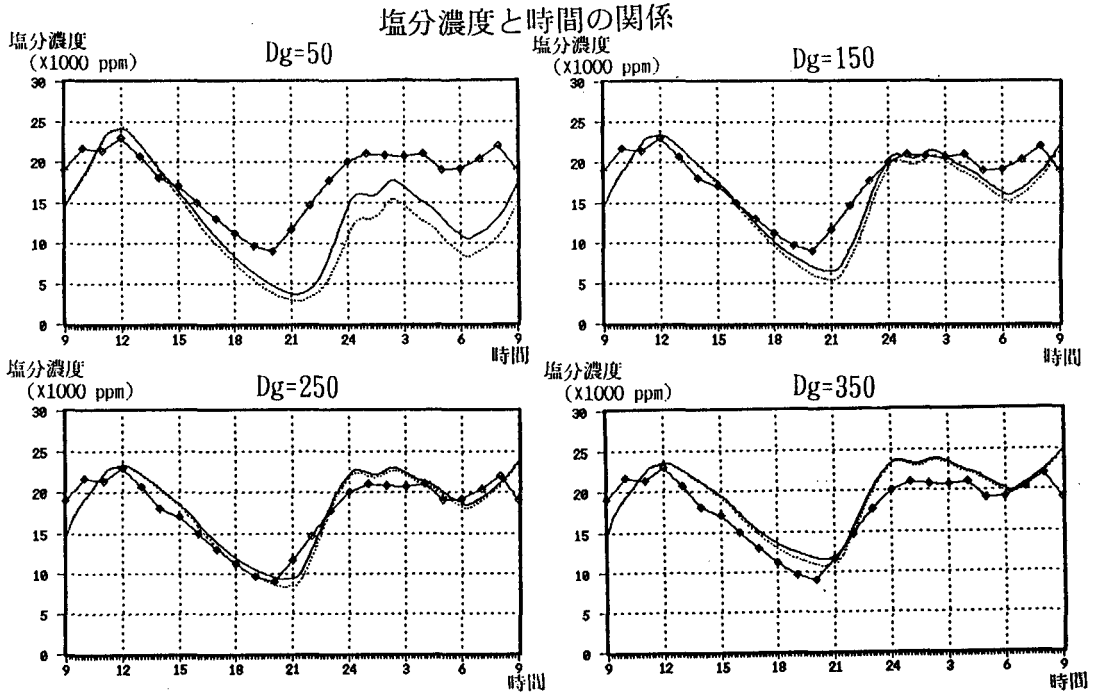
下流端においては、ロモカリサリ橋における濃度の最大値を、上流端においては60ppmを与えた。

拡散係数および疑似拡散係数について

計算に用いる、拡散係数Dgなどはデータとして与えられているものではないがこれらについても実測値に近づくように検討する必要がある。今回はDg=50~350 の範囲で変化させて与えた。またこの時基礎方程式を差分化するときTaylor展開の省略された項による誤差が生じる。これは流速が速く、拡散係数が小

さいほど大きくなり、これを拡散係数の形にしたものが疑似拡散係数で $Dn = \frac{v\Delta x}{2} \left(1 - 2r - \frac{v\Delta t}{\Delta x} \right)$ で表される

(r は差分型式によるパラメータで前進差分: r=0、中央差分: r=1/2、後退差分: r=1 となる)。計算においては $D=Dg-Dn$ で補正した値を拡散係数として計算を行った。



4. おわりに

今回の計算においては、塩分濃度の解析に重点をおいて計算を行ったが、比較的良好な結果を得る事ができたのは拡散係数がDg=150~250 の時であった。また今回の解析は乾期の解析であり、流速が極めて小さかったため疑似拡散係数を用いた結果と用いない結果とではそれほど差はなかった。