

ベトナムメコンデルタにおける網状運河内での水環境シミュレーションモデルの開発

Development of simulation model for water environment in Mekong Delta

篠原綾^{*}・Hoang Quang Huy^{**}・ 片岡大祐^{**}・久保成隆^{**}

Aya Shinohara^{*}・Hoang Quang Huy^{**}・ Daisuke Kataoka^{**}・Naritaka Kubo^{**}

1. はじめに

ベトナム南部に位置するメコンデルタは豊富な水資源を背景に農業や水産業が盛んに行われている。その一方で水資源に関する課題も多く、特に塩水遡上の問題は深刻である。河川流量が減少する乾季においては灌漑用水の取水も困難となる。近年、上流国における水資源開発も進んでおり今後、影響の増大が懸念されている。また、そのほかにも硫酸塩土壌の流出、生活・工業排水の増加などに伴いデルタ内の水路の水質の低下が見られるようになった。これは、塩水浸入防止ゲートの影響による水路内の水の停滞も大きく係っていると見られている。

2. 研究目的

本研究の目的は、ベトナムメコンデルタの Ben Tre 省を中心とした流域の河川および水路モデルを作成し、複雑な水路網における塩分濃度計算を行えるように既存の塩水遡上モデルを改良する。塩水遡上モデルを応用し、運河内の水の停滞(水路内での水の経過日数をここでは水齢と呼ぶこととする)モデルを構築する。フラップゲートのモデルを作成し、デルタ下流域にフラップゲートを設置した場合、運河内の塩分濃度および水齢に及ぼす影響を評価する。

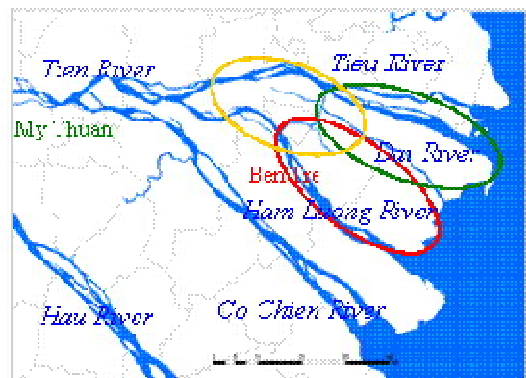


図 1 研究対象地域

3. 研究方法

・流域のモデル化

単水路の 1 次元計算を基本とし、358 本の単水路を接続し、上流境界 1 ヶ所、下流境界 14 ヶ所からなる流域モデルを作った。河川および大水路は実測データから断面形状および水路長を決定した。運河網内の小水路は Arc GIS を用いて、水路長および水路幅を計測し、規模に応じて 4 段階に断面形状を設定した。

・非定常流計算

非定常流の計算には連続式と運動方程式からなる Saint-Venant 方程式を用いた。

$$\begin{cases} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(S_0 - S_f) \end{cases}$$

ここに、 A :面積, Q :流量, h :水深, S_0 :水面勾配, S_f :摩擦勾配

^{*}東京農工大学農学部

^{**}東京農工大学大学院農学府

キーワード 塩水遡上、メコンデルタ、水路網、フラップゲート、水齢

・移流分散方程式

メコン河の塩水遡上は強混合型を示すことから、移流分散方程式を用いたシミュレーションが有効である。

$$\begin{cases} \frac{\partial(AS)}{\partial t} + \frac{\partial(QS)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial S}{\partial x} \right) \\ D_L = e_1 \frac{b^2 |V|}{mR} \end{cases}$$

ここで、 A :面積, Q :流量, h :水深, S :濃度, e_1 :係数, b :水面幅 $\div 2$, V :断面平均流速, R :径深, m :断面特性値

・水齢モデルの考え方

水齢モデルは水の流動に時間データを付加したもので、運河内での水の停滞時間や停滞の生じやすい場所を特定できると考えた。時間データは塩水遡上モデルにおける塩分濃度に当たり、河川から水路への流入点を境界条件 0.0、1 ステップ毎に t 増加するものとし、移流分散方程式を用いて解析を行った。

・差分法による数値解析

シミュレーション期間は 2003/1/1 ~ 2003/5/30 とし、差分格子 x , t はそれぞれ 1000m, 30sec, 縦分散係数のパラメーター e_1 は 0.11 とした。水位境界条件は My Thuan および下流各観測地点の水位、塩分濃度境界条件は上流を淡水の 0.0ppt とし、下流は観測日最高・最低濃度から算出した時系列データを用いた。水齢の境界条件は、河川から水路への流入地点を 0.0 とした。

4. 結果と考察

数値計算結果を右の図に示す。ゲートの有無による水路内の塩分濃度の値は大きく異なり塩水がデルタ内に浸入していないことがよく分かる。一方、水路をせき止めているにもかかわらず水齢は低い値に抑えられていることが分かった。これは、ゲートがない場合は上下流の双方から運河内に水が流れ込み、運河内に水が停滞するためではないかと考えられる。そのため、図 4 ではデルタの中心部の水齢が大きな値を示していることがわかる。なお、図 5 のグラフの突出した値は河川との接続点にゲートが設置されておりそれ以外は他の水路とつながっていない水路のデータである。

5. 結論

塩水遡上モデルおよび水齢モデルを構築した。フラップゲートはこの密度の水路網に関しては必ずしも水の停滞を起こさせるわけではないことが分かった。しかし実際には、この地域では高密度でより細かい水路が毛細血管のように張り巡らされているため、これに関してはより詳細な水路のデータを用いたシミュレーションが必要となるだろう。

6. 参考文献

- ・ メコン河 開発と環境、堀博、1996、古今書院
- ・ 斎藤大作、星清(1998) : 移流分散方程式の解析確解(2) 開発土木研究所月報 No.541 P64-73

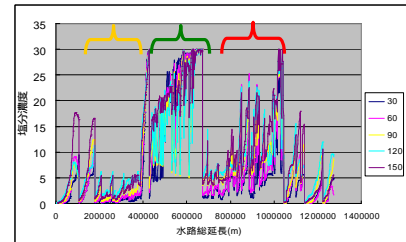


図 2 ゲートを設置しない場合の塩分濃度

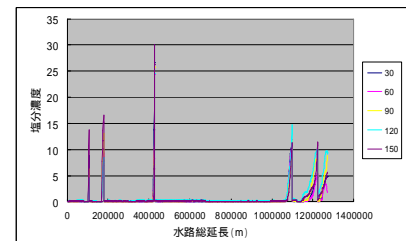


図 3 ゲートを設置した場合の塩分濃度

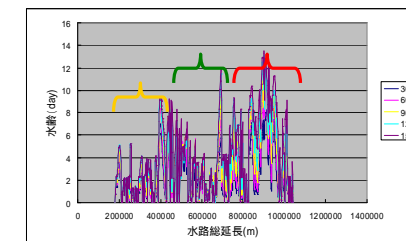


図 4 ゲートを設置しない場合の水齢

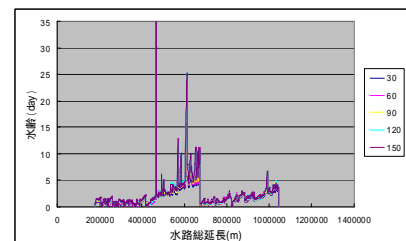


図 5 ゲートを設置した場合の水齢