

ブランチ・ノードモデルを用いた感潮河川の非定常水質解析

佐賀大学理工学部 ○学 清水稔宏 正 古賀憲一 正 荒木宏之

朝日水コン

佐藤慎一

日本工営中央研究所

野原昭雄

1. はじめに

近年、流域を単位とした総合水管理の必要性が指摘されている。佐賀平野のような低平地において総合水管理を行なう場合、非定常性を考慮した水量・水質の制御、管理が必要となる。このような制御、管理を行なうためには、水量・水質の定量的な把握、並びにそれらの数値モデルが必要不可欠と言える。著者らは、これまでにブランチ・ノードモデルを用いた水質モデルを構築し、開水路網や感潮河川における水質予測手法としての有効性を示してきた^{1,2,3)}。本研究は、感潮河川である六角川を対象に、ブランチ・ノードモデルを用いた非定常水質解析を行ない、その有効性について検討を加えたものである。

2. 流れ・水質モデル

河川・水路における流れ・水質のモデル化は、水路部をブランチ、水路と水路の結合部をノードとするブランチ・ノードモデル^{1,2,3,4)}を用いて行なった。流れに関する基礎式は、式(1)に示す1次元非定常流れの運動方程式と連続式である。水質の濃度を横方向及び深さ方向に一樣とし、水質に関する基礎式は、式(2)のようになる。

$$\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q \cdot v)}{\partial x} + g \cdot A \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + J(Q, h) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial BC}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial x} - P = 0 \quad S = QC - AD_L \frac{\partial C}{\partial x} \quad (2)$$

Q:流量 v:平均流速 h:水位 A:流れ断面積 g:重力加速度 J:摩擦勾配 B:濡れ断面積

C:横断面の平均濃度 S:物質輸送速度 P:水質反応速度 Q:流量 D_L:移流分散係数

ブランチ・ノードモデルを用いた流れモデルについては既に開発されており、実用化されている⁴⁾。基礎式(2)を1本のブランチについてFEM法を用いて定式化する。各ブランチごとに得られる方程式は各ノードでの物質貯留が0という条件のもとに最終的には未知ノード濃度に関する線形代数方程式として次のように得られる。

$$\sum_{j=1}^{j_{\max}(i)} M_{i,j} \cdot C_j + M_{i,0} = 0 \quad (3)$$

M:係数マトリックス C:ノード濃度 i:ノード番号 j:ダミー番号 j_{max}(i):全ブランチ数

式(3)を解くことによりノードの未知濃度を求めることができ、ノードの濃度からブランチ端濃度や物質輸送速度を得ることができる。

3. 数値計算・結果

数値計算の対象は感潮河川である六角川とした。Fig. 1に六角川に適用したブランチ・ノードを示す。数値計算においては簡単のため武雄川と牛津川の接続は考慮していない。Fig. 2に数値計算に用いた断面を示す。断面形状は実測断面をもとに三角形断面で近似した。流れ・水質とも実測値として1983年11月の大潮時及び1983年12月の小潮時のもの⁵⁾を用いた。流れに関する数値計算はブランチ・ノードモデルを基本とする不定流計算モデル^{1,2,4)}を用いて行なった。

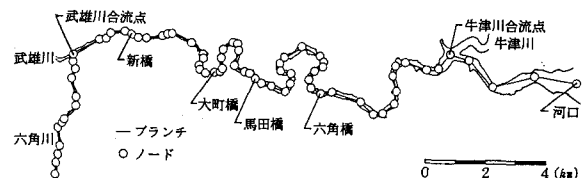


Fig. 1 六角川ブランチ・ノード

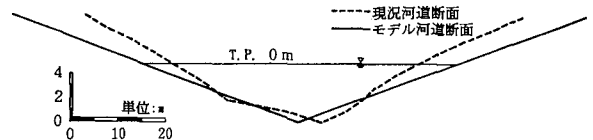


Fig. 2 六角川河道断面(六角橋付近)

六角川下流端の境界条件には大潮及び小潮の実測潮位データを用いた。また粗度係数は実測値を再現できるように定めた。Fig. 3～Fig. 5の凡例は共通である。Fig. 3に小潮時の水位変動の数値計算結果を示す。Fig. 3から分かるように流れに関する数値計算結果は実測値を十分に再現している。

次に同河川における非定常水質解析を行なった。水質濃度の数値計算における水理量には、前述の流れ計算の結果を用いた。数値計算の対象とした水質項目は、塩素イオン(Cl^-)、 BOD_5 及び DO である。境界条件はいずれも実測値をもとに決定した。非保存系の物質(Cl^-)を用いて、移流分散係数(全区間一定)を推定し、実測値と最も合致する計算結果をFig. 4に示す。Fig. 5に小潮時、Fig. 6に大潮時の BOD_5 の計算結果を示す。 $D_1=70(\text{m}^2/\text{sec})$ とし、 BOD_5 の減少は1次反応とした。Fig. 5及びFig. 6から BOD_5 減少速度係数 $k=0.2(1/\text{day})$ で実測値を概ね再現できることが分かる。Fig. 7に小潮時、Fig. 8に大潮時の DO の計算結果を示す。Fig. 7及びFig. 8から再曝気係数を小潮時で $k_2=0.01(1/\text{day})$ 、大潮時で $k_2=0.02(1/\text{day})$ のときに実測値を概ね再現できることが分かる。また、 BOD_5 、 DO とも実測値の変動パターンを完全には再現できていないようであるが、詳細については今後の課題としたい。

4. まとめ

本研究におけるブランチ・ノードを用いた水質モデルは、感潮河川の非定常水質解析において、適切な移流分散係数、水質反応速度を用いることで実測値を概ね再現できることが確認された。

最後に、貴重な実測データを提供して頂きました九州大学の二渡了氏に深謝致します。

【参考文献】

- 1) 佐藤、清水、野原、古賀、荒木 『ブランチ・ノードモデルを用いた非定常水質解析』 土木学会西部支部 1994
- 2) 古賀、荒木、野原、渡辺 『佐賀クリーク網の水質特性と水質モデルに関する研究』 環境システム研究 Vol.18 1990.8
- 3) 佐藤、清水、野原、古賀、荒木 『開水路網の水質予測モデルに関する研究』 土木学会年講 1993
- 4) Nico Booiij : "A Micro-computer Package for Simulation of One-dimensional Unsteady Flow in Channel systems, IHE, TU-Delft, Rijkswaterstaat, 1989
- 5) 二渡了 『強混合河川感潮部における物質輸送と水質変換に関する研究』 九州大学学位論文 1993.5

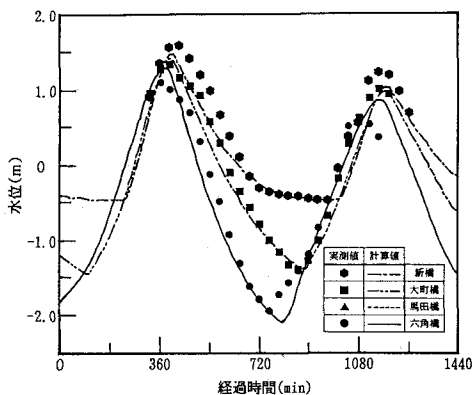


Fig. 3 水位計算結果(小潮)

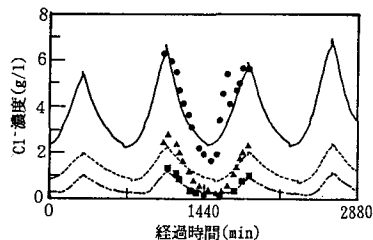


Fig. 4 Cl^- 計算結果(小潮)

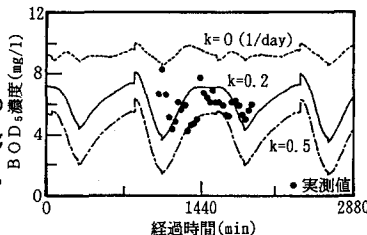


Fig. 5 BOD_5 計算結果(小潮)
(新橋)

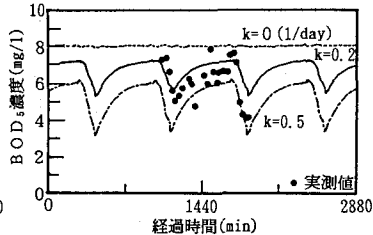


Fig. 6 BOD_5 計算結果(大潮)
(大町橋)

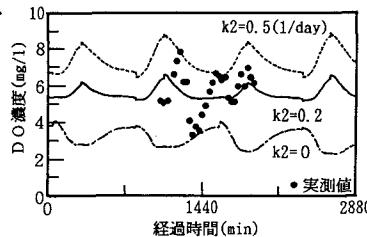


Fig. 7 DO 計算結果(小潮)
(新橋)

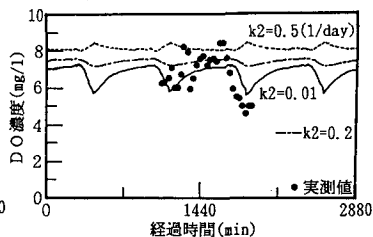


Fig. 8 DO 計算結果(大潮)
(大町橋)