

## 佐賀クreek網の水質モデルに関する研究

佐賀大学理工学部 ○学 樺島和枝 正 古賀憲一  
正 荒木宏之 正 渡辺訓甫

## 1. はじめに

高度成長期に深刻化した佐賀クreek網の水質汚濁問題は、下水道の普及やクreek清掃活動(年間延べ人数約2万人)によって次第に改善されつつある。今後は、佐賀クreek網の清流復活を目的とした水量・水質管理が重要施策となり、維持流量確保(導水)計画も立案されつつある。導水計画においては、水路網維持流量の確保に加えて適切な流量配分が工学的に重要な検討課題となる。低平地では、水質管理から見た対策として懸濁性物質の沈降抑制と富栄養化対策が重要となる。富栄養化対策を目的とした環境維持流量の概算値については既に試算を行っている。懸濁性物質の沈降抑制対策については、現象が複雑なこともあり、未だ詳細な水質解析には至っていない。以上の観点から、本研究では、これまで構築してきたブランチノードモデルを用いて、佐賀クreek網における懸濁性物質の水質モデルについて検討を加えた。

## 2. 開水路網におけるブランチノードモデル

本研究で用いたブランチノードモデルは、流れ解析モデルと水質解析モデルから構成され、基礎式は以下の通りである。

| 流れ解析モデル                                                                                                                  | 水質解析モデル                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 連続式 $\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$                                                  | 物質保存式 $\frac{\partial BC}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial x} \pm P = 0$ |
| 運動方程式 $\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Qv)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + J(Q, h) = 0$ | $S = QC - AD \frac{\partial C}{\partial x}$                                      |

ここに、B:濡れ断面積、Q:流量、v:断面平均流速、g:重力加速度、h:水位、J:摩擦項

C:濃度、S:物質輸送速度、P:反応項、A:流れ断面積、D:移流分散係数

流れ解析モデルの定式化並びに流れ解析結果については、別報を参照されたい。<sup>2)</sup>

上述の物質保存式を有限要素法を用いて1本のブランチ長について積分し、時間微分については重み係数を導入し差分化する。1本のブランチについて、解くべき一般的な方程式は以下のように表される。

$$S_1^+ = N_{m,1} C_i^+ + N_{m,2} C_j^+ + N_{m,3} \quad , \quad S_2^+ = N_{m,4} C_i^+ + N_{m,5} C_j^+ + N_{m,6}$$

ここに、 $S_1, S_2$ :ブランチ端の輸送速度

$C_i, C_j$ :ブランチに隣接するノードの濃度、 $N_{m,(1-6)}$ :係数

ノードは容積0の仮想点として定義されている(ノードでの物質貯留=0)ので、各ノードに対して $\sum S = 0$ が成立し、最終的には各ノードの未知濃度に関する以下の連立方程式が得られる。

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

i:ノード番号、 $j_{\max(i)}$ :全ブランチ数、j:ダミー変数、 $M_{i,j}, M_{i,0}$ :係数マトリックス

## 3. 水質解析結果及び考察

水質解析に必要な水理量(流量、水位)は定常状態の流れ解析により求めた。<sup>2)</sup>流れ計算における境界条件(流入流量、流出水位)、水路幅、水路長、水路勾配は実測値を用いた。得られた流量計算結果と実測値を図-1

に示す。この図から、水路網の流量配分、すなわち、流れの再現性は概ね妥当であることが分かる。当然のことではあるが、任意のブランチについて運動方程式は満足され、連結されたノードについての連続式も満足されている。水質解析モデルに必要な境界条件(流入 SS 濃度)は実測値を用いた。水路への排出負荷(雑排水由来)は、原単位法で算出されたものを用い、点源としてノードに与えた。流れの遅い長いブランチでは沈降フラックスの影響がブランチ下流端に顕著に現れるために、計算結果が不安定となり、発散することもあり得る。本研究では、発散防止のために、流れの状況を勘案しつつ中間ノードを設けることとした。SS の沈降フラックス式は、図-2 に示すような実測データから得られたものを用いた。佐賀市街部における沈降フラックスは、比較的スケールの小さい水路網において流況特性に大きな違いがなければ、濃度の 2 乗に比例することが確認されている。<sup>3)</sup> このことは、粒径の大きいものから沈降し、流下するに従い小さい粒子群が残存しているためと思われる。この沈降フラックス式を用いて得られた計算結果を図-3 に示す。この図から、SS 濃度の計算値がオーダー的には一致するものの実測値より小さくなっており、計算過程での沈降フラックスが過大に見積もられていることが分かる。前述したように沈降フラックスと濃度との関係式は、実測データから得られているので、ここでは、流れ特性を考慮した沈降フラックスの補正を試みた。具体的には、流れの速い時には沈降量が抑制されることを考慮するために、既に得られている流達率と平均流速との関係式<sup>4)</sup>から図-4 に示す補正係数 $\beta$ を沈降フラックスに乗じることとした。図-4 に示すように、平均流速 25cm/sec 以上では沈降が生じないものとし、25cm/sec 以下では、平均流速と沈降フラックスは線形的に変化するものとした。基本的には、この補正係数 $\beta$ は、摩擦速度(壁面せん断応力)の関数で表現すべきものであるが、ここでは、簡単のために平均流速で表現することとした。SS 計算結果を図-5 に示す。この図から、SS 濃度の再現性は良好であると言える。若干ではあるが、計算値が実測値より小さくなる傾向が認められるが、このことは、藻類増殖由来の SS を考慮していないためと思われる。藻類由来の SS 増加については今後の課題としたい。

#### 参考文献

- 1) 佐藤、古賀、荒木、野原；「水質予測モデルを用いた佐賀クリーク網の環境維持用水量の検討」土木学会年次学術講演会 1992
- 2) 中村、渡辺、古賀；「佐賀市街地小水路網の流況改善について」土木学会西部支部研究発表会 1997
- 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(II)」土木学会年次学術講演会 1993
- 4) 野原；「低平地における水システムと総合水管理に関する研究」佐賀大学 博士学位論文 1994

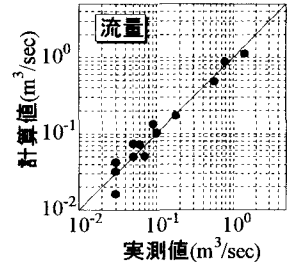


図-1 流量計算結果

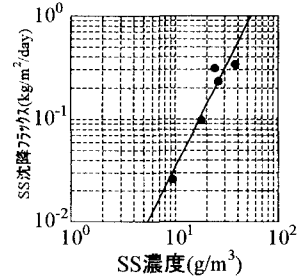


図-2 沈降フラックスと SS 濃度の関係

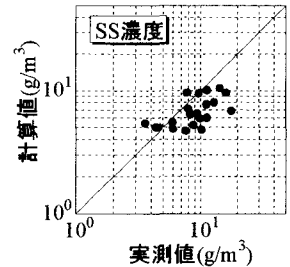


図-3 SS 濃度計算結果

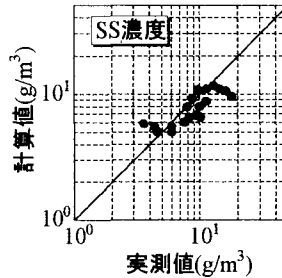


図-5 SS 濃度計算結果

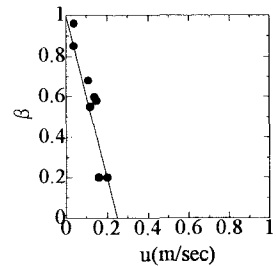


図-4 沈降フラックス補正係数