

佐賀クリーク網の水質モデルに関する研究(Ⅱ)

佐賀大学理工学部 ○学 樺島和枝

正 古賀憲一 正 渡辺訓甫

佐賀大学低平地防災研究センター 正 荒木宏之

1. はじめに 佐賀クリーク網の水質汚濁問題は、下水道の普及やクリーク清掃活動(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。佐賀クリーク網の清流復活を目的とした維持流量確保(導水)計画も立案されつつある。ブランチ・ノードモデルは、開水路網の水量制御や水質管理のために開発されたものであり、その有効性は既に確認されている^{1,2)}。本研究は、検討課題として残されていた懸濁性物質の沈降現象について検討し、各汚濁物質の輸送・変換特性(反応項)をモデル化して水質解析を行ったものである。また、環境維持流量の水質改善に及ぼす影響についての検討も加えた。

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

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。

$$S_1^+ = N_{m,1} C_1^+ + N_{m,2} C_2^+ + N_{m,3} \quad , \quad S_2^+ = N_{m,4} C_1^+ + N_{m,5} C_2^+ + N_{m,6}$$

ここに、 S_1, S_2 :ブランチ端の輸送速度 C_1, C_2 :ブランチに隣接するノードの濃度、 $N_{m,1} \sim 6$: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。

$$\sum_{j=1}^{j_{\max(i)}} M_{ij} C_j + M_{i0} = 0$$

i:ノード番号、 $j_{\max(i)}$:全ブランチ数

j:ダミー変数、 M_{ij}, M_{i0} :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³⁾。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。図-1に、流量計算結果を示す。

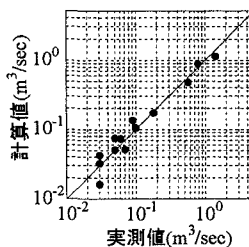


図-1 流量計算結果

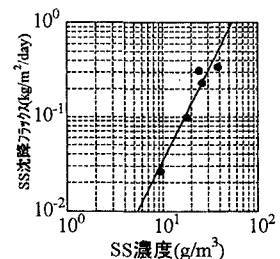


図-2 沈降フラックスとSS濃度の関係

開水路網 ブランチ・ノードモデル 水質解析モデル 環境維持流量

〒840 佐賀市本庄町1 佐賀大学理工学部建設工学科 TEL 0952-28-8575 FAX 0952-28-8190

この図から水路網における流れの再現性は概ね妥当であり、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、ブランチについての連続式も満足されていることが分かる。水質解析モデルに必要な境界条件、反応速度定数は現地観測で得られた実測値を用いた。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。沈降フラックス式は、図-2 に示す実測データから得られたものを用いた。流れの速いときには沈降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の関係式⁴⁾から沈降フラックスの補正を行った。

平均流速 25cm/sec 以上では沈降が生じないとし、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。表-1 に、分画された各水質項目と物質輸送・変換モデルを示す。従来のモデルはBOD、CODについて物質を総括的に取り扱っていたが、SSについては良好な結果が得られなかった。本モデルは沈降現象を明らかにし、各水質項目の現象を分離して検討を行ったものである。図-3 のSSの計算結果から沈降現象の再現性は良好であることが分かる。図-4、図-5 にBOD、CODの計算結果を示す。それぞれに実測値の再現性は良好であるといえる。佐賀クリーク網においては流れ特性から、物質の分画を行うことが有効であると考えられる。図-6 に、環境維持流量と水質改善効果(BOD)との関係を示す。この図から、流量 4~5(m³/sec)において改善効果があるといえる。従来のモデルでは、同様の改善効果を得るための導水流量 2~3(m³/sec)であった。本モデルにおいては、流れが速いところでの懸濁性物質の沈降過程を考慮したため、水質改善効果の予測精度が向上し、多くの流量を必要とする結果が得られたものと考えられる。

4. まとめ 佐賀クリーク網においては、水路内の汚濁物質を分画して解析を行うことが有効であるといえる。

【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) 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
- 3) 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
- 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

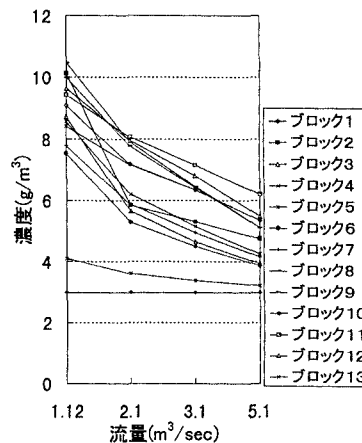


図-6 環境維持流量の水質改善効果

表-1 水質項目と物質輸送・変換モデル

水質項目	物質分画	発生由来など	輸送・変換
BOD	懸濁性	流入河川 雑排水	沈降 $-k_s(u)c_{BOD}^2$
	溶解性	流入河川 雑排水 藻類	分解 分解 呼吸 $-k_s c_{BOD}$ $k_c c_{BOD}$
COD	懸濁性	流入河川 雑排水 藻類	沈降 沈降 増殖 $-k_s(u)c_{COD}^2$ $k_c c_{COD}$
	溶解性	流入河川 雑排水 代謝産物	分解 分解 代謝 $-k_s c_{COD}$ $k_b c_{COD}$
SS	懸濁性	流入河川 雑排水 藻類	沈降 沈降 増殖 $-k_s(u)c_{SS}^2$ $k_c c_{SS}$

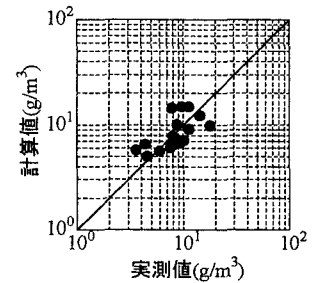


図-3 SS 計算結果

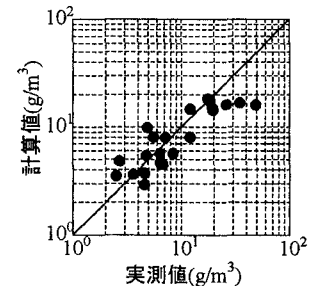


図-4 BOD 計算結果

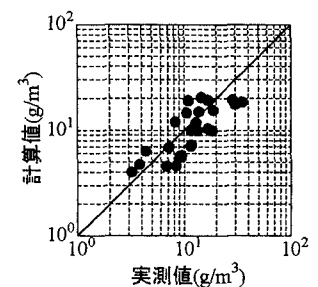


図-5 COD 計算結果