

実河川における水質変化の予測手法

長崎大学工学部 学生員 ○永矢貴之
長崎大学工学部 正 員 野口正人

長崎大学大学院 学生員 西田 渉
長崎大学工学部 学生員 小川敬雄

1. まえがき

最近、まちづくりを進める際に、水辺の有する自然的機能を見直していく気運が高まっている。その目的を達成するためには各種の問題に対処せねばならないが、本論では、流域からの汚濁負荷流出に伴う受水域の水質変化を取り上げ、その予測手法を示す。具体的には、実河川における水量・水質変化の予測を行うための数値シミュレーション・モデルを開発し、併せて、現地での水質観測を実施することによりモデルの妥当性について検討した。

2. 数値シミュレーション・モデルの概要

著者らは、複断面蛇行水路の水理計算をするために、水深方向に平均化された2次元平面流の基礎方程式を取り上げ、既に二、三の計算を行っている¹⁾。ここでは、流域からの汚濁負荷流出が受水域に及ぼす影響を調べる目的で、以下に示す移流拡散方程式を取り上げ、前述された連統方程式・運動方程式と同様ガラキン法を用いて離散化を行った。以下には、基礎方程式として移流拡散方程式のみが表示されているが、勿論、実際の数値シミュレーションは上述された諸式を連立させて実行されている。なお、計算は三角形3節点要素を用いて行われており、時間積分については2段階陽的解法を使っている。

$$\frac{\partial}{\partial t}(Ch_L) + \frac{\partial}{\partial x_\nu}(CM_\nu) = \frac{\partial}{\partial x_\nu} \left(h_L \psi_{(\nu)} \frac{\partial C}{\partial x_\nu} \right) + S_C \quad (\nu=1, 2) \quad \dots(1)$$

3. 本明川における水質観測結果とその考察

著者らは本明川で水質観測を行っているが、以下では、窒素系の指標を取り上げて観測結果を示す。

観測は、本明川の公園堰～光江橋の区間で行われ、採水は公園堰（河口からの追加距離：5.1km）、公園橋（5.0km）、高城橋（4.6km）、八天第3樋管位置（4.4km）、諫早橋（約4.2km）、光江橋（約4.0km）の6箇所、それぞれ、河道中央、右岸側、左岸側の3箇所ずつの合計17箇所（諫早橋は左岸側、右岸側のみ）で行われた。

図-1には、計算で用いられた三角形要素網を背景にして、観測値が表示されると共に、TNの等濃度線が描き込まれている。ここに、長方形枠で囲まれた観測値は上から順に、TN、NH₃-N、NO₂-N、NO₃-N、無機性窒素（IO-N）がTNに占める割合、有機性窒素（O-N）を表している。なお、O-Nは単にTNからIO-Nを差し引いて求められた。図中には、参考のために排水樋管の位置も併記されている。前述されたように、今回の観測では下水道放水口の測定は公園堰直下流の左岸にある神町田樋管においてだけしか行われなかった。しかし、TNの等濃度線を見れば、本町第1～第4樋管、旭町第1、2樋管からの排水が受水域の水質に大きな影響を及ぼしていることが明らかである。因みに、本町は諫早市の中心街に位置している。

図-2は、TNのみを取り上げて縦断方向の変化を示したものである。観測区間の上流側と下流側とでは、左右岸のTNの大きさが逆転しているが、これは図-1における神町田樋管と本町・旭町樋管の影響が他のものに比して大きいことを表している。ところで、図-1の測定値から明らかなように、IO-NがTNに占める割合は両岸で大略70～75%であるのに対して、河道中央部では80%を越えている。これは、両岸、特に前述された樋管位置付近では有機性汚濁物質の流入が顕著であることを示している。河道中央部で各種窒素の縦断変化を見るために、それらを示したのが図-3である。図中のNO₂-Nの値は10倍されたものである。本図よりO-N（=TN-IO-N）は流下方向にさほど変化していないのに対して、TNは単調に増加している。この原因としては、両岸からの汚水流入により絶えずNH₃-Nの補給があったためであると考えられる。このこと、並びに、硝化作用によりNO₂-Nは微増している。しかし、NO₃-Nは僅かながら減少傾向にある。これは、両岸のNO₃-Nが比較的低濃度の流体が主流に巻き込まれたとも推察されるが、確かなことは分からない。

4. 計算結果とその考察

2. で述べられた数値モデルにより水質変化のシミュレーションを実行するためには、すべての排水樋管で水量・水質面での流入条件を知る必要がある。観測は前述された範囲で実施されたので、ここでは神町田樋管からの汚水流入のみを考慮して計算を行った。速度ベクトルの計算値は図-4に示されている。本図は、横方向の長さスケールが流下方向のものの約3.8倍に歪まされている。なお、八天第3樋管位置付近で速度が小さくなっているのは、水深が大きいためである。

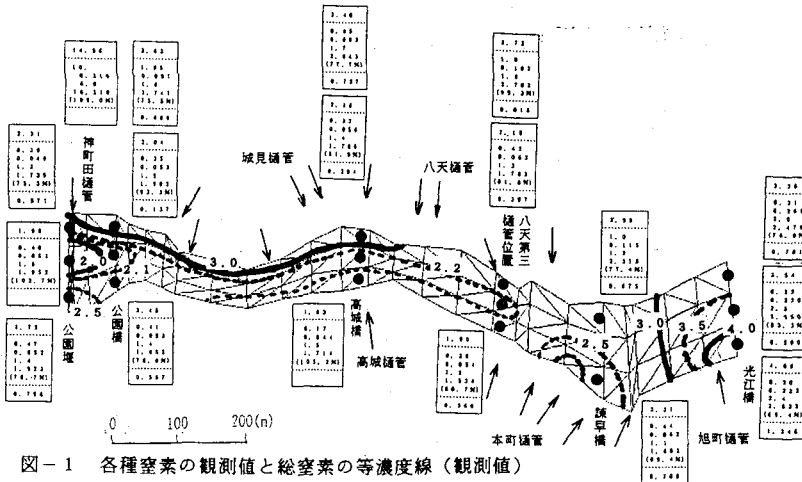


図-1 各種窒素の観測値と総窒素の等濃度線(観測値)

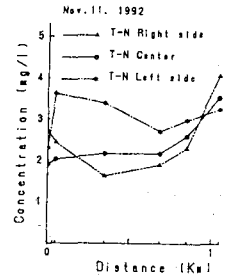


図-2 総窒素の縦断方向の変化

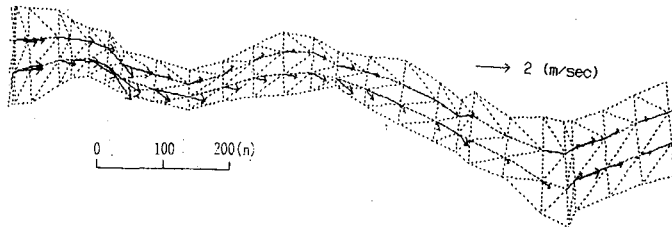


図-4 速度ベクトルの空間分布(計算値)

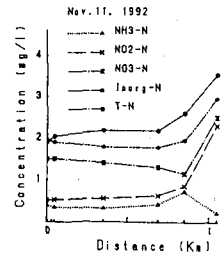


図-3 各種窒素の縦断方向の変化(河道中央)

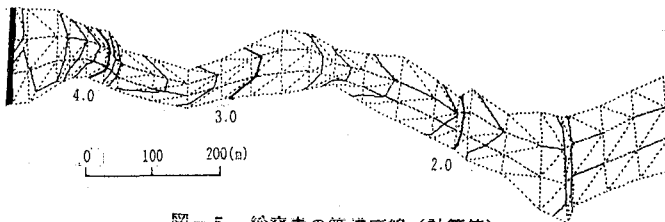


図-5 総窒素の等濃度線(計算値)

一方、計算より求められたTNの等濃度線は、図-5に示されている。これを実測された分布と比較すると、計算条件の違いから両者が合致しないことは当然である。しかしながら、河道中央の流下方向の変化は比較的良く予測されている。また、神

町田樋管からの汚水流入により、その付近での等濃度線の形状や、汚水が左岸側から流入することに伴う横方向の濃度変化に、計算の妥当性を読み取ることができる。しかし、より小さな三角網で覆うことや、本町・旭町の汚濁流入を考慮する必要がある。さらに厳密なシミュレーションに、硝化作用や窒素固定・脱窒等の影響を考慮せねばならないことも理論的には考えられるが、通常はそこまで必要がないであろう。これらの点については、今後さらに観測結果を増やし、より詳細な計算を行っていく予定である。

参考文献 (1) 中島・野口：湾曲複断面水路における流れの水理学的検討、土木学会西部支部年講、1992。