

PS II-7 富栄養化した都市河川の水質予測モデル

長岡技術科学大学工学部 正員 中村 由行
日本上下水道設計(株) 正員 岩田 浩一
長岡技術科学大学工学部 正員 早川 典生

1. 序論 水質改善策として全国の都市河川において試みられている方法には、下水道整備に代表される負荷削減策、および水質の良い水の導水・希釈等がある。ここで、いずれの方法によっても一般に流量は変化する点に注意する必要がある。従って、何等かの改善策に関連して将来の水質予測を可能にするためには流量変化に対応できる力学モデルが必要である。長岡市柿川においても河川環境整備事業が開始されており、更に、流域の下水道整備も進行中で、水質の改善が期待されている。本研究は、この柿川を対象として都市河川の水質予測を試みることを目的とする。

柿川は、長岡市街地を貫流し信濃川に合流する都市河川であり、流域面積は約 29 km²、流路延長は約 6.5 km である。我々は、昭和59年度以降、渇水時及び低水時を対象とした水質環境調査を行ってきた¹⁾²⁾

その結果、第一に、主要な汚濁負荷源が下水道整備のなされていない市街地区であることが見だされている。第二に、柿川のみかけの自浄作用に対して、粒子態有機物の沈降による寄与が大きいことが推定されている。以上の点を踏まえ、本研究では粒子の沈降を考慮した次元拡散モデルおよび不等流計算モデルからなるシミュレーションモデルを開発した。

2. 不等流計算モデル 昭和61年7月に測量した結果を基に、計算区間の分割を図1のように行った。流軸方向の運動方程式を横断面内で積分することにより、基礎式が次のように得られる。

$$-1 + \frac{dh}{dx} + \frac{1}{2g} \frac{d}{dx} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 + \frac{n^2}{R^{4/3}} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 = 0$$

ここで、マンニングのnについては、実測の水面形を再現できる様に求めた。図2に計算及び実測の水位を示す。この図より、計算値は実測値に十分適合していると考えられる。

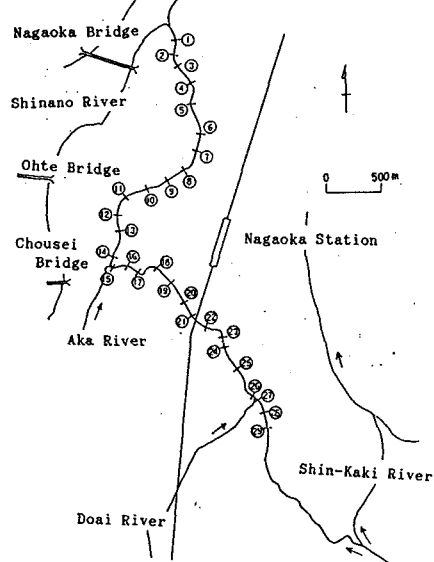


Fig.1 A plan view of the survey point.
Streams are divided into 28 sections.

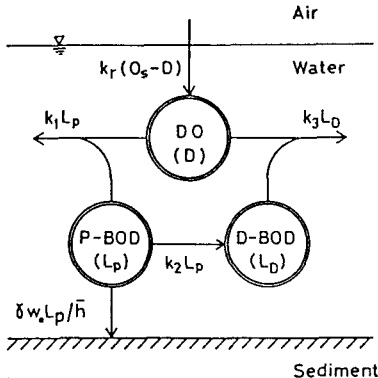


Fig.3 Processes and variables of the model.

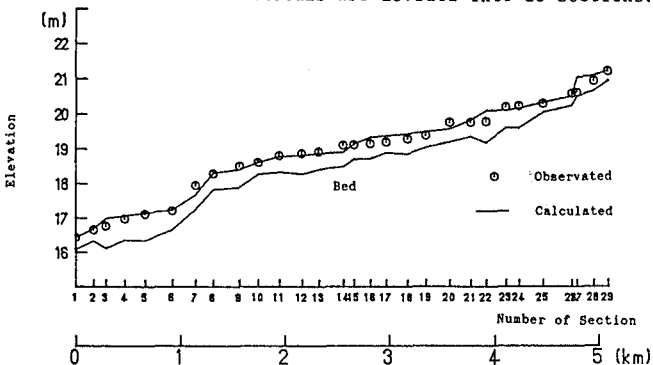


Fig.2 Comparison of observed and calculated water depth.

3. 水質モデル 前述のように、柿川のみかけの自浄作用に対して、粒子態有機物の沈降による寄与が大きいことが推定されている。そこで本モデルでは、汚濁指標であるBODを、粒子態及び溶存態BODにわけて扱うことにし、これらにDOを加えて、モデルの変数とした。モデルにおける素過程を図3に示す。

各々の変数について、一次元の移流分散方程式を書くこととなる。

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{L}_p}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AD_x \frac{\partial \bar{L}_p}{\partial x}) - \frac{v_{w0} \bar{L}_p}{h} - (k_1 + k_2) \bar{L}_p$$

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{L}_D}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AD_x \frac{\partial \bar{L}_D}{\partial x}) - k_3 \bar{L}_D + k_2 \bar{L}_p$$

$\bar{u} \frac{\partial \bar{D}}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AD_x \frac{\partial \bar{D}}{\partial x}) - k_1 \bar{L}_p - k_3 \bar{L}_D + k_r (O_s - \bar{D})$
各記号の意味は表1に示す。ここで、 k_r については、Dobbinsの式³⁾を用い、その他の係数については、柿川での実測値⁴⁾を用いたが、沈降速度については計算の上で実測値にあうように求めた、表1に用いたパラメータの値を示す。

水質モデルの計算にあたって、計算区間の分割は不等流のモデルと同じであるが、計算は上流端から下流に向かって行った。途中の流入は、土合川及び赤川を考慮しており、合流点では濃度が完全に混合すること、及び合流点より上流側に分散の影響は及ばない、と仮定した。境界条件は、河川上流端で濃度を与えた。

計算結果の一例を図4に示す。一部にばらつきはあるが、計算結果は実測の分布を良く再現しているものと考えられる。

4. 負荷削減を伴う将来水質の予測 現在長岡市では第四期公共下水道計画が進行中である。福島⁵⁾は、下水道計画の進行に合わせて将来のBOD負荷量及び排水負荷量を推定している。本研究では、彼の推定値を用いて下水道整備のもたらす水質の変化過程を計算した。但し、各年度において水質の悪化する低水時を想定した。結果を図5に示す。これより、計画完了時には柿川下流域において信濃川の水質環境基準 2ppm以下が達成できること、及び、70年度以降では、柿川上流域の水質改善策の検討が望まれることがわかった。

参考文献

- 1) 伊藤剛, 早川典生, 中村由行 : 土木学会年譜, 1986.
- 2) 岩田浩一 : 土木学会新潟会発表論文集, 1987.
- 3) O'Connor and Dobbins : Trans. ASCE, 1958.
- 4) 岩田浩一 : 長岡技術科学大学研究報告, 1988.
- 5) 福島義和 : 長岡技術科学大学課題研究, 1987.

Table 1 パラメーター一覧

パラメータ	年度	62-10
平均水深 h	m	0.457
平均流速 u	m/s	0.182
水温 T	°C	13.5
分散係数 D_x	m ² /s	0.17
反応速度 k_1	1/day	2.09
反応速度 k_2	1/day	1.05
反応速度 k_3	1/day	1.64
分子拡散係数	m ² /s	2E-09
再ばつ気係数 k_r	1/day	1.99
γ		1.5
沈降速度 w_0	m/s	1.304E-05
飽和酸素濃度 O_s	mg/l	10.09

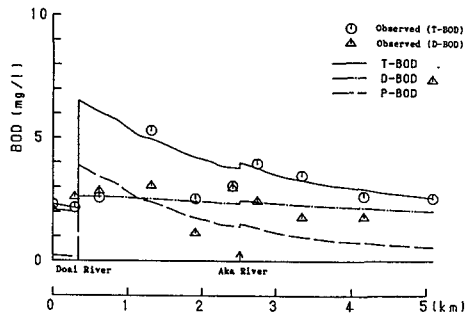
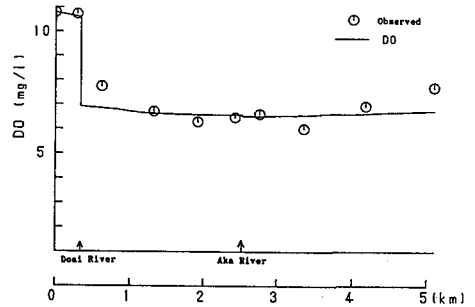


Fig.4 Results of the calculations : 1987.

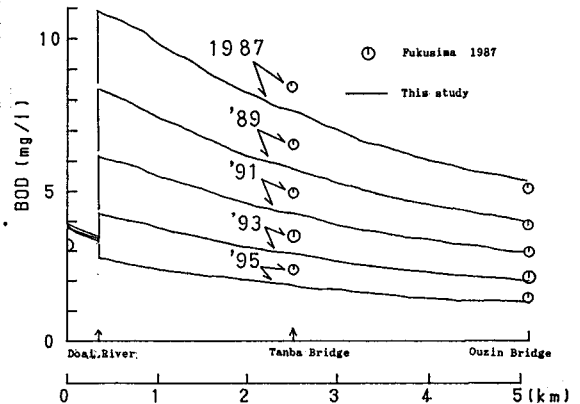


Fig.5 Predicted water quality in the future.