

II-347 旭川におけるポリユートグラフのシミュレーションと
それに基づく汚濁負荷流出構造の検討

岡山大学工学部 学生員 ○森田 一也
岡山大学工学部 正員 河原 長美
アイサワ工業 五百木通隆

1. はじめに

筆者ら^{1),2)}は従来より河川から流出する年間総汚濁負荷量や河川の代表値に関して、旭川における観測結果に基づき検討を加えてきている。今回は、旭川における約五年にわたる観測結果を整理し、流出汚濁負荷量の特性に関して検討を加えるとともに、観測より得られたポリユートグラフを、流送能力・供給関数型モデルによりシミュレートし、この結果、同定されたパラメータを用いて、流域で発生する汚濁負荷量が増大したときに流出する汚濁負荷量がどの程度変化するかに関して検討を加えたものである。

2. 流域の概要および調査方法

旭川流域および調査地点を図-1に示す。調査地点は白丸印で示される旭川の非感潮部下流端に位置する兵団地点であった。旭川は流域面積1,800万km²、平水流量約40m³/sの一級河川であり、人為的汚染域の比較的少ない河川である。旭川には、総貯水量1億m³弱ならびに6,000万m³弱を有する湯原ダムならびに旭川ダムが存在し、流量が比較的安定している。

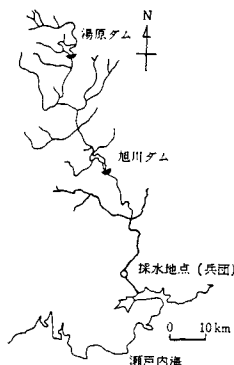


図-1 調査地点

調査方法については、毎日午前10時前後に採水を行い、SS(ガラスファイバーろ紙法)、濁度(吸光光度法)、COD(Mn)(酸性法)、総窒素(還元法)、総リン(混合試薬法)の5項目について分析した。定時観測のデータには欠測日があり、すべてのデータが完備しているわけではないが、本研究のモデルのパラメータの決定に用いたデータは観測頻度の最も高い1980年11月より1981年10月までであり、観測された水質値に日流量を乗じて算出される値を日平均汚濁負荷量として採用した。

3. 解析方法

3.1 モデル式

本研究で用いたモデル式を以下に示す。

$$(Case 1) \frac{dS}{dt} = P_1 - P_2 S(t)^{P_3} Q(t)^{P_4} + P_5 R'(t)^{P_6} \quad S_0 = P_7$$

$$(Case 2) \frac{dS}{dt} = P_1 - P_2 S(t)^{P_3} Q(t)^{P_4} - P_3 Q(t)^{P_5} + P_7 R'(t)^{P_6} \quad S_0 = P_8$$

ここで、 $R'(t) = R(t) - E(t)$ $E(t+1) = E(t) + 2.0 - R(t)$ ($0 \leq E(t) \leq 5.0$)

$S(t)$: 汚濁負荷堆積量 S_0 : 初期汚濁負荷堆積量 $Q(t)$: 流量 $R(t)$: 降水量

$E(t)$: 浸透能 $P_1 \sim P_8$: パラメータ

なお、Case 1, Case 2 は目的関数に対数処理を行った場合であり、Case 3 のモデル式はCase 1 と同じで目的関数に対数処理を行わない場合である。

3.2 パラメータの決定方法

モデル式の各パラメータを推定するために、非線形回帰手法の1つである Marquardt法による関数回帰を行う。以下にCase 1 を例にとり示す。

$\sigma^2 = \sum \{ \ln L(t) - \ln [P_2 S(t)^{P_3} Q(t)^{P_4}] \}^2$ を目的関数とし、これを最小にすることを考える。 $L(t)$ は観測された汚濁負荷量である。ここで、 $P_2 S(t)^{P_3} Q(t)^{P_4} = f(P_2, P_3, P_4, S(t), Q(t), R'(t), Q)$ とおき、係数の微小変化を

$f(P_2'+\Delta P_2, P_3'+\Delta P_3, P_4'+\Delta P_4, S(P'+\Delta P, Q, R'), Q)$ と考え、式を近似し、 σ^2 を ΔP ($\Delta P_1 \sim \Delta P_4$)で偏微分し、正規方程式を導く。次に、 $\frac{dS}{dt}$ および $\frac{d}{dt}(\frac{dS}{dP_i})$ に関する常微分方程式の解法には、初期の4点をルンゲ・クッタ法により求め、それ以後はアダムス・モルトン予測子修正子法を用いて求める。

4. 結果と考察

4.1 回帰結果

以上の各モデルについて、実測値と計算値との相関係数、回帰直線の切片と勾配より各流出汚濁負荷量推定に最も適切なモデル式を推定したところ、SS、濁度、TN、TPに関してはCase 1、CODに関してはCase 2である。同定結果を表-1に、SSの相関図を図-2に、ポリュートグラフを図-3に示す。

4.2 排出汚濁負荷量の流出汚濁負荷量への影響

各水質項目に最も適合するモデルにおいて、 P_i を流域の排出汚濁負荷量と考え、別途求め、3.2の方法により、モデル式を同定する。(Case 4, 表-2)次に、この排出汚濁負荷量を1/2倍(Case 5)、2倍(Case 6)にしたものを用い、排出汚濁負荷量の変化による流出汚濁負荷量への影響を考察した。その結果、CODを除く他の4つの水質項目には人為的排水汚濁負荷量の影響はほとんど認められなかった。このことより、旭川における流出汚濁負荷量には、自然的・半自然的の面源の影響が大きいと考えられる。

5. まとめ

以上、旭川流域における流出汚濁負荷量をモデル式を用いて、ある程度再現することが可能となった。また、流域の人為的排出汚濁負荷量は、流出汚濁負荷量にほとんど影響しておらず、流出汚濁負荷量は、自然的・半自然的の面源の影響を大きく受けているようである。今後、流域の特性を考慮したモデル化を進める予定である。

<参考文献>

- 1) 河原長美: 河川の水質ならびに汚濁負荷量の代表値推定に関する2.3の検討 土木学会第12回環境問題シンポジウム講演論文集 1984年
- 2) 河原長美、福寿真也、北川知与司: 年間総流出汚濁負荷量の推定法に関する研究 水道協会雑誌 第53巻第2号 1984年

表-1 最適推定式

Index	Regression equation
SS	$\frac{dS}{dt} = 66.56 - 1.576 \times 10^{-5} S(t)^{0.933} Q(t)^{1.825} + 1.707 \times 10^{-5} R'(t)^{2.955}$ $S_0 = 1.657 \times 10^3$
TUR	$\frac{dS}{dt} = 55.10 - 2.152 \times 10^{-5} S(t)^{0.922} Q(t)^{1.723} + 2.397 \times 10^{-5} R'(t)^{2.971}$ $S_0 = 5786.$
TP	$\frac{dS}{dt} = 1.245 - 3.817 \times 10^{-6} S(t)^{0.4730} Q(t)^{1.227} + 1.912 \times 10^{-1} R'(t)^{0.6118}$ $S_0 = 350.6$
TN	$\frac{dS}{dt} = 0.2021 - 3.474 \times 10^{-5} S(t)^{0.4476} Q(t)^{1.188} + 4.122 R'(t)^{0.7968}$ $S_0 = 1757.$
COD	$\frac{dS}{dt} = 20.85 - 9.734 \times 10^{-6} S(t)^{0.995} Q(t)^{1.228} - 1.841 \times 10^{-2} Q(t)^{1.992} + 2.423 \times 10^{-2} R'(t)^{0.8378}$ $S_0 = 1007.$

表-2 Case 4の推定式

Index	Regression equation
SS	$\frac{dS}{dt} = 76.325 - 0.1958 \times 10^3 S(t)^{0.4705} Q(t)^{1.823} + 0.818 \times 10^7 R'(t)^{0.900}$ $S_0 = 1.665 \times 10^4$
TUR	$\frac{dS}{dt} = 117.614 - 0.1568 \times 10^2 S(t)^{0.3749} Q(t)^{1.615} + 0.2187 \times 10^6 R'(t)^{0.900}$ $S_0 = 1.912 \times 10^4$
COD	$\frac{dS}{dt} = 9.1866 - 0.9802 \times 10^{-5} S(t)^{0.9947} Q(t)^{1.527} - 0.1781 \times 10^{-1} R'(t)^{1.480} + 0.6861 \times 10^{-1} R'(t)^{0.070}$ $S_0 = 1179.000$
TN	$\frac{dS}{dt} = 3.205 - 0.1058 \times 10^{-7} S(t)^{1.132} Q(t)^{1.192} + 49.2 Q(t)^{1.249}$ $S_0 = 3.279 \times 10^3$
TP	$\frac{dS}{dt} = 0.1832 - 0.1952 \times 10^5 S(t)^{0.7436} Q(t)^{1.232} - 15.49 R'(t)^{0.8103}$ $S_0 = 4949.000$

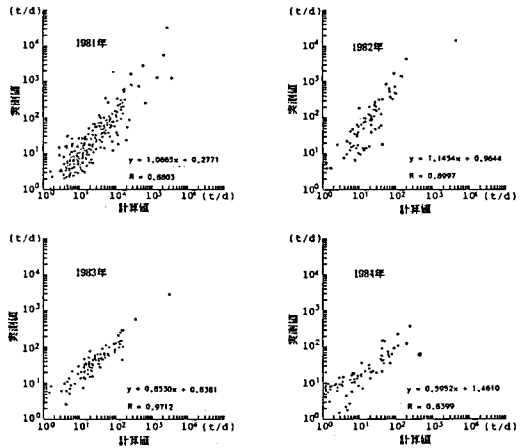


図-2 SSの相関図(Case 1)

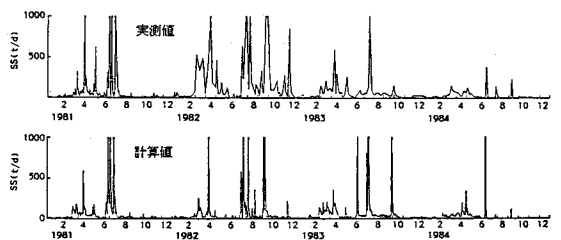


図-3 SS負荷量のポリュートグラフ(Case 1)