

II-578

流域の水質管理モデルに関する研究

岡山大学工学部 正 員 河原長美
 京都大学大学院 学生員 平山克也
 滋賀県立短期大学農業部 正 員 國松孝男

1. はじめに

閉鎖水域の富栄養化を防止する基本は、流域からの汚濁物質を削減することである。そのためには、特定汚濁源からの負荷削減だけでなく、非特定汚濁源からの負荷削減も必要とされる。従来、農耕地や山林については、国土に占める面積の割合は大きいにもかかわらず、従来、研究があまりなされてきておらず、未解明な部分が多く残されている。しかし、特定汚濁源対策が進むにつれ、これらからの汚濁負荷量は無視できなくなってきており、施肥法や水管理の改善による農耕地からの負荷削減対策や、適切な山林管理による浄化機能の活用などが考えられ、これらの汚濁源からの負荷削減の効果を把握する事も重要である。本研究では、滋賀県の日野川と杣川とを取りあげ、従来より検討を加えてきたモデルの適用性を検討した。

2. 流域の概要と用いたデータ

日野川は、琵琶湖に流入する河川のうち4番目の大きさの1級河川である。日野川の流域面積は210.9km²である。本流域の8割弱は山林と水田から構成されている。水質の観測地点は河口から8.5km上流に位置し、これより上流側の流域面積は175km²である。この地域には約5万人が住んでおり、人口が増加しつつある。水質は1985年7月から1986年6月まで1週間に2回観測されている。本研究で取り上げた水質項目は、COD、T-NならびにT-Pであった。河川流量は水質観測地点の近くで測定されていた水位より推定した。

杣川は、野洲川の支流であり、流域は8割弱が山林、2割弱が水田である。水質の観測は流域内の3箇所で行われており、最下流部の水質観測地点より上流側の流域面積は113km²である。この地域には約2万5千人が住んでいる。用いた水質データは、1989年1月から1989年11月まで1週間に1回、3地点で観測されたデータである。本研究で取り上げられている水質項目は、COD、T-NならびにT-Pであった。河川流量は水質観測地点の近くで測定されていた水位より推定した。

3. 汚濁負荷流出モデル

表-1 モデル式

本研究で用いた汚濁負荷流出モデルは、4つのサブモデルから構成されている。雨水流出モデル、特定汚濁源モデル、非特定汚濁源モデルおよび河川流下モデルである。これらのモデルの基本的構造は、従来の研究において用いているものと同じであり、特定汚濁源以外のモデル式は表-1に示す通りである。雨水流出モデル：全流量からモデル必要とされる表面流出と地下水流出を推定すると共に、河道形状と勾配からManning式により流速を推定し、これを用いて流下

宅	晴天日 ($P-r \leq 0$)	雨天日 ($P-r > 0$)
	$S(t) = S(t-1) \cdot e^{-k} + \alpha$ $L(t) = 0$	$S(t) = S(t-1) - L(t-1)$ $L(t) = b_1 \cdot S(t-1) \cdot (P-r)^{b_2}$
地	$S(t)$: 汚濁堆積量 (ton/ha/day)、 $L(t)$: 流出汚濁負荷量 (ton/ha/day)、 α : 単位面積あたりの発生汚濁負荷量 (ton/ha/day)、 b_1, b_2 : 係数、 k : 減衰係数 (1/d) P : 降雨量 (mm/d)、 r : 蒸発量 (mm/d)	
山	$L = \alpha \cdot Q_s^a + \gamma \cdot Q_g$	
林	Q_s : 表面流出量 (m ³ /ha/day)、 Q_g : 地下水流出量 (m ³ /ha/day)、 α, β, γ : 係数	
水	COD $L = \alpha \cdot Q_s^a$ Q_g : 地下水流量、 L : 流出汚濁負荷量、 α, β : 係数 TN, TP $L_x = (Q_x / \sqrt{\frac{2\pi}{\xi}} (\bar{Q}_x \cdot f(x))) \cdot a \cdot f(x) \cdot A$ $f(x) = \frac{C_1}{\sqrt{2\pi}\xi} \frac{1}{x} e^{-x^2} \left\{ -\frac{1}{2} \frac{(t \ln x - \mu_1)^2}{\xi^2} \right\} + \frac{C_2}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-x^2} \left\{ -\frac{1}{2} \frac{(x - \mu_2)^2}{\sigma^2} \right\} + \frac{C_3}{365}$	
田	$C_1 + C_2 + C_3 = 1$ Q_x : 減水深+降水量-蒸発散量 A : 水田の面積、 x : 日数、 μ_1, μ_2 : ピークの生じる日、 $\bar{Q}_x$: 20年間の平均の Q_x	
流	流水中の汚濁物の基礎式 $\frac{\partial (AC)}{\partial t} = \frac{\partial (AVC)}{\partial x} - A k_1 C - B w C + P + B f$ $f = a W_b Q^b$ 、 W_b : 単位河川長当たりの堆積汚濁物量 堆積汚濁物量 W_b の基礎式 $\frac{\partial W_b}{\partial t} = \frac{R_s L}{v} - B a W_b Q^b$	

時間を推定している。

特定汚濁源モデル：特定汚濁源として家庭排水と家畜排水を取り上げ、家庭排水については、し尿処理、合併処理、単独処理、農地還元なども考慮している。流域における工場の工場排水を幾つか調べた結果、工場からの汚濁負荷量は、極めて少なく、工場を考慮しなかった。また、家畜は、牛、豚をとりあげ、発生汚濁負荷量はそれぞれこととなるが流出率は同一とした。各点源からの流出汚濁負荷量は次式で算定した。

$$\text{流達汚濁負荷量} = (\text{排出率}) \times (\text{流達率}) \times (\text{原単位}) \times (\text{人口、家畜数})$$

非特定汚濁源モデル：非特定汚濁源として水田、畑、山林、宅地を取り上げた。なお、宅地には道路等も含めて考えており、和田による宅地のモデルを採用した。負荷量を求めるに際しては、表面流出と地下水流出量を利用した。水田からの汚濁負荷量においては、COD、TPおよびTNの流出形態がそれぞれ異なるのでこれらを区別した。CODについては表面流出のみを考慮し、またTP、TNについては、施肥の時期、回数、各時期の施肥量およびTN、TPの土壤中での挙動を考慮して季節的な流出パターンを表現すると共に、年間雨量の多少に応じて基準となる原単位が変化するようにしたものである。

河川流下過程モデル：河川の流下過程における水質変化に関しては、流水断面積 A 、河川幅 B の河川に単位河川長当たり P の負荷が流入し、水中で速度 w での沈降、フラックス f での巻き上げ並びに速度 k_1 での分解が生じるとするとし、水中の負荷量と河床堆積量に関して1日ごとの定常性を仮定し解いたものである。

河川流域の汚濁負荷流出モデルの各種パラメータは、非線形回帰により推定したものと、文献から推定したものとに分けられ、後者については、現実的な値をとるように変動範囲が設定されている。誤差の大きさを示す評価関数 S は、観測値と計算値の残差と観測値の比の二乗和、 $S = \sum_{t=1}^n (L_c / L_o - 1)^2$ で表現した。

4. 同定結果と考察

ここで取りあげた2流域は、近距離しか離れていないが、人口や山林などの各種汚濁源の占める割合が異なるので、モデルの適用性を検討するためには格好の流域であると考えられる。

観測値と計算値との比較の例を図-1に示す。リンを除けば、同様なパラメータ値を用いて比較的良好に再現された。

5. まとめ

農村河川として日野川と杣川を取りあげ、汚濁負荷流出モデルを作成した。ここでは、モデル中のパラメータをできるだけ共通として、異なる流域の負荷量を予測できるかどうかを検討し、ほぼ満足できる結果が得られた。詳細については、講演時に発表する。なお、本研究は琵琶湖研究所からの受託研究として行われたものであり、研究を進めるに際しては、滋賀県立短大の須戸先生、流域各町ならびに県庁の関係各位には資料や情報の提供等で御高配を賜った。ここに記して謝意を表します。

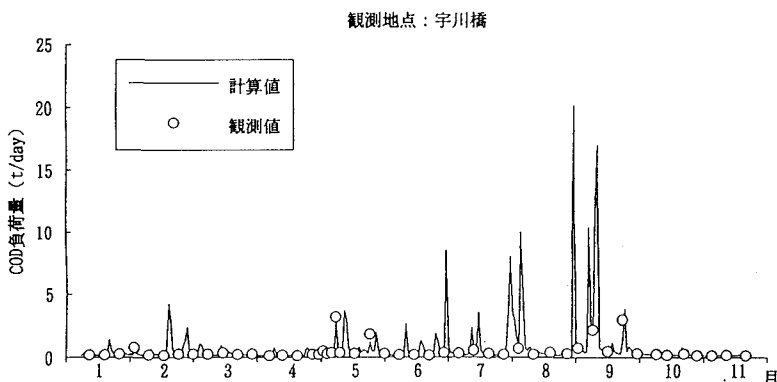


図-1 杣川における流出汚濁負荷の計算結果の例