

流域の水質管理モデルに関する研究

岡山県 正員 ○森本 光信
岡山大学工学部 正員 河原 長美
滋賀県立短大 正員 國松 孝男

1. はじめに

閉鎖性水域での水質汚濁や富栄養化防止ならびに各種防止対策の評価のためには、各種条件下での流出汚濁負荷量の把握が必要である。そこで本研究では、琵琶湖に流入する野洲川の支流である杣川流域を対象として、家庭排水などの点源や山林、田畑などの面源からの汚濁負荷の流達、河川の流下過程での水質変化、ならびに、雨水流出成分（表面流出、地下水流出）を考慮したマクロ的なモデルによりCODの流出汚濁負荷モデルを定式化した結果について報告する。

2. 解析方法

対象流域を図1に示すように10のブロックに分割し、各汚濁負荷発生源ごとに流達負荷量を定式化し、流出成分を考慮してモデル化をおこなった。

点源のモデルの構造はすべて同じであり、その数式表現は、

$$(\text{汚濁負荷量}) = (\text{流達率}) \times (\text{排出率}) \times (\text{人口もしくは家畜数}) \times (\text{原単位})$$

となっている。なお工場については観測の結果無視しうる程度であったので点源として考慮しなかった。

面源のモデルでは雨水流出成分を考慮した定式化を行った。宅地では、降水量と蒸発量のみ考慮し、雨天日のみ負荷量が流出しそれ以外の日負荷量は堆積するものとした。

晴天日 $(P - r \leq 0)$

$$S(t) = S(t-1) \cdot e^{-k} + \alpha$$

$$L(t) = 0$$

雨天日 $(P - r > 0)$

$$S(t) = S(t-1) - L(t-1)$$

$$L(t) = b_1 \cdot S(t-1) \cdot (P - r)^{b_2}$$

$S(t)$: 汚濁堆積量(ton/ha/day)、 k : 減衰係数、 $L(t)$: 流出汚濁負荷量(ton/ha/day)、 b_1, b_2 : 係数、

α : 単位面積あたりの発生汚濁負荷量(ton/ha/day)、

P : 降水量(m/day)、 r : 蒸発量(m/day)

山林では、表面流出と地下水流出を考慮した式を用いた。田畑については、まだ未知の部分が多く表面流出のみに着目した。

$$\text{山林} \quad L = \alpha \cdot Q_s^\beta + \gamma \cdot Q_g$$

$$\text{田畑} \quad L = \alpha \cdot Q_s^\beta$$

L : 流出汚濁負荷量、 Q_s : 表面流出量(ton/day)、

Q_g : 地下水流出量(ton/day)、 α, β, γ : 係数

河川の流下過程における水質変化に関しては、図2に示すように流水断面積 A 、幅 B の河川に単位河川長当たり P の汚濁負荷が流入し、水中では沈降速度 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次式が誘導される。なお、拡散は無視している。

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} = \frac{\partial (AvC)}{\partial x} - Ak_1C - BwC + P + Bf$$

上式において、一日ごとの定常を仮定し、 $B/A \approx h$,

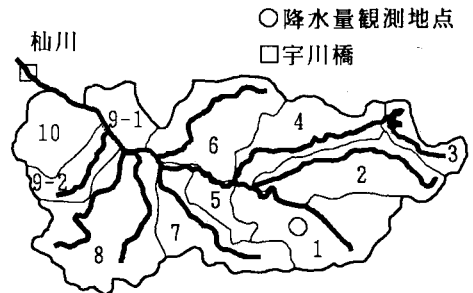


図1 流域分割図

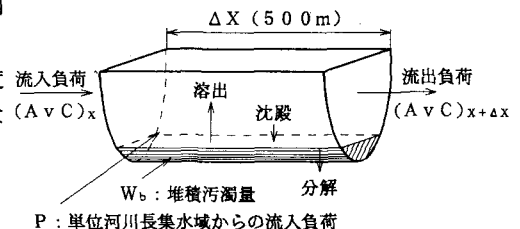


図2 流下過程モデル図

$AvC=L$, $AC=S$ と置いて、境界条件 $x=0$ で $L=L_0$ を用いて解き w/h を k_3 と置くとともに $dx=vdt$ なる関係用いると次のようになる。なお、流入負荷量の中に地下水量にバックグラウンド水質濃度をかけたものを含めている。

$$L = \exp\{-(k_1+k_3)T\} \int_0^T (P+Bf) \exp\{(k_1+k_3)T\} v dt + L_0 \exp\{-(k_1+k_3)T\}$$

また、 W_b については、巻き上げと沈降によって決定されるとすると次の方程式が成立する。

$$\frac{\partial W_b}{\partial t} = \frac{k_3 L}{v} - B a W_b Q^b$$

これを $t=0$ で $W_b=W_{b0}$ として積分すると次式になる。

$$W_b = \exp\left(\int_{t_0}^t B a Q^b dt\right) \int_{t_0}^t \frac{k_3}{v} L \exp\left(-\int_{t_0}^t B a Q^b dt\right) dt + W_{b0} \exp\left(-\int_{t_0}^t B a Q^b dt\right)$$

モデルのパラメータを推定するために、非線形回帰手法の一つであるMarquardt法を用いた。

なお、解析に用いたデータは、観測期間が1989年1月下旬から同年11月下旬で、流量とCOD水質データは仙川下流端の宇川橋で、日降水量は仙川上流部での観測値を用いた。また、汚濁負荷流出解析の基礎的データである流量は観測値の水位から推定し、日野、長谷部の提案した成分分離AR法を用いて表面流出と地下水流出とを算定した。分離結果については、図3に示す。

3. 結果と考察

再現性については図4、5からわかるように、全体的に観測値と良くフィッティングしている。紙面の都合で、図を示していないが、仙川流域内の他の観測地点におけるCOD負荷量も良好に再現されている。以上より、仙川流域を対象とした、CODに関する水質予測モデルの定式化はほぼ達成されたと考えられる。しかし、高負荷量時には、観測がほとんどなされておらず、十分に再現性を検討することができない。高負荷量時の流出負荷量は、総流出負荷量に占める割合が大きいため、琵琶湖の水質保全を検討する上で重要であるので、高負荷量時の再現性の検討が必要とされる。なお、対象期間中に、洪水による河床変化が生じ、流量算定に用いたH-Q式が変化した。河床変化前のH-Q式を河床変化後についても便宜的に用いたために、流量に誤差が含まれていると考えられ、これについては今後の観測により改善する必要がある。

今後、さらに精度の高い結果を得るためには、山林や水田からの汚濁負荷量のモデル式を、観測結果や汚濁負荷量の流出機構を考慮して確立することが必要とされる。また、流出負荷量は河道中の堆積量に依るところも大きいので、堆積量の概略値を推定することも必要である。

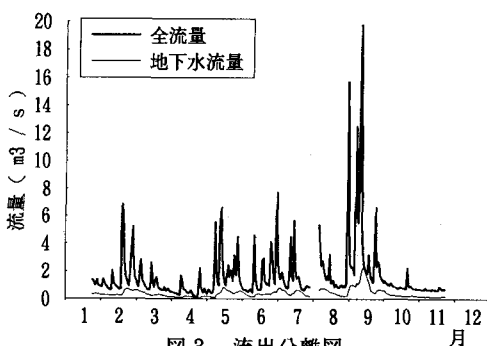


図3 流出分離図

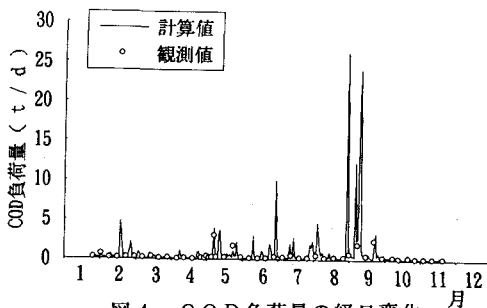


図4 COD負荷量の経日変化

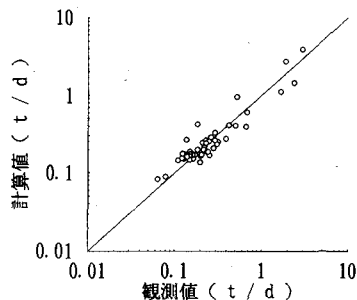


図5 観測値と計算値の相関図