

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

1. はじめに

湖沼などの閉鎖性水域での富栄養化予測ならびに防止対策の評価のためには、流域内での開発や各種保全対策による流出汚濁負荷量の変化の予測が必要である。本研究では、野洲川の支流である杣川流域を対象として、特定汚濁源や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）を考慮したモデルにより流出汚濁負荷モデルを作成した結果について報告する。

2. 解析方法

対象流域は、面積約113km²、人口約23,000人の山林並びに水田が大半占める流域である。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、雨水流出成分を考慮してモデル化をおこなった。

特定汚濁源のモデルの構造はすべて同じであり、その数式表現は、（汚濁負荷量）＝（流達率）×（排出率）×（人口もしくは家畜数）×（原単位）となっている。なお工場については、無視しうる程度であったので特定汚濁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（ $\langle P - r \leq 0 \rangle$ ） $S(t) = S(t-1) \cdot e^{-k} + \alpha$ 、 $L(t) = 0$

雨天日（ $\langle P - r > 0 \rangle$ ） $S(t) = S(t-1) - L(t-1)$ 、 $L(t) = b_1 \cdot S(t-1) \cdot (P - r)^{b_2} S(t)$

ここに、 $S(t)$ ：汚濁堆積量(ton/ha/d)、 k ：減衰係

数、 $L(t)$ ：流出汚濁負荷量(t/ha/d)、 b_1 、 b_2 ：係数、

α ：単位面積あたりの発生汚濁負荷量(t/ha/d)、 P ：降雨量(mm/d)、 r ：蒸発量(mm/d)である。

山林では、表面流出と地下水流出を考慮した次式を用いた。田畑については、CODとT-N、T-Pとで異なる式を用いたが、詳細は講演時に発表する。

山林からの負荷量 $L = \alpha \cdot Q_s^\beta + \gamma \cdot Q_g$

L ：流出汚濁負荷量、 Q_s ：表面流出量(m³/d)、

Q_g ：地下水流出量(m³/d)、 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し、拡散を無視すると次式が誘導される。

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

上式において、一日ごとの定常を仮定し、 $B/A \approx h$ 、

$AvC = L$ 、 $AC = S$ と置き、 $x=0$ で $L=L_0$ として

解き w/h を k_s と置くと共に $dx = v dt$ なる関係を用いると次式になる。なお、流入負荷に地下水による負荷を含めている。

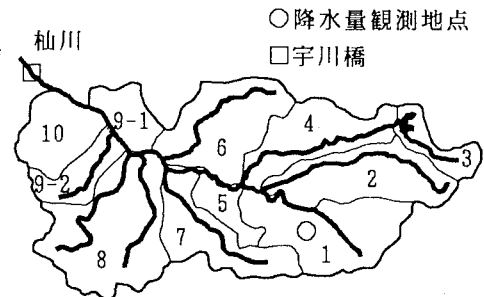


図-1 流域分割

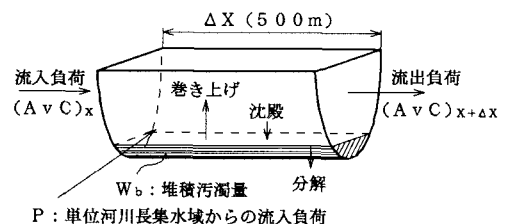


図-2 流下過程モデルの概念

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

また、堆積汚濁物量 W_b は、巻き上げと沈降によって決定されるとすると、

$$\frac{\partial W_b}{\partial t} = \frac{k_3 L}{v} - B a W_b Q^b \quad \text{が成立し、これを } t=0 \text{ で } W_b = W_{b0} \text{ として積分すると、次式となる。}$$

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

なお、用いた降雨、流量及び水質データは、1989年1月下旬から同年11月下旬にかけて観測されたものであり、日降水量は杣川上流部で、流量は下流端付近で観測されている水位から推定し、日野、長谷部の提案したフィルター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

ここで定式化されたモデルによる、COD、T-N及びT-Pの各負荷量の再現性について図-4に示す。図-4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、杣川流域内の他の観測地点における負荷量も良好に再現されている。

以上より、杣川流域を対象とした、COD、

T-N及びT-P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、図-4からわかるように、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かった。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く、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。

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、堆積量の検討も必要である。

本研究を遂行するにあたっては、滋賀県短大の須戸幹助手に資料収集に関して多くの御尽力を頂いた。ここに記して、謝意を表します。

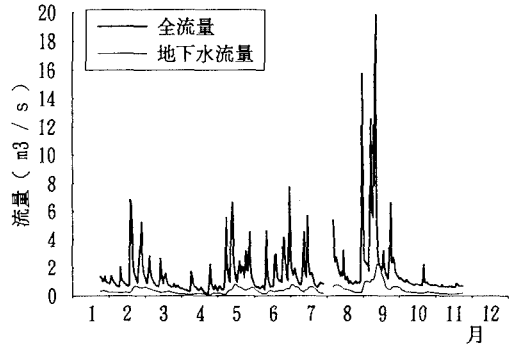


図-3 雨水流出の成分分離

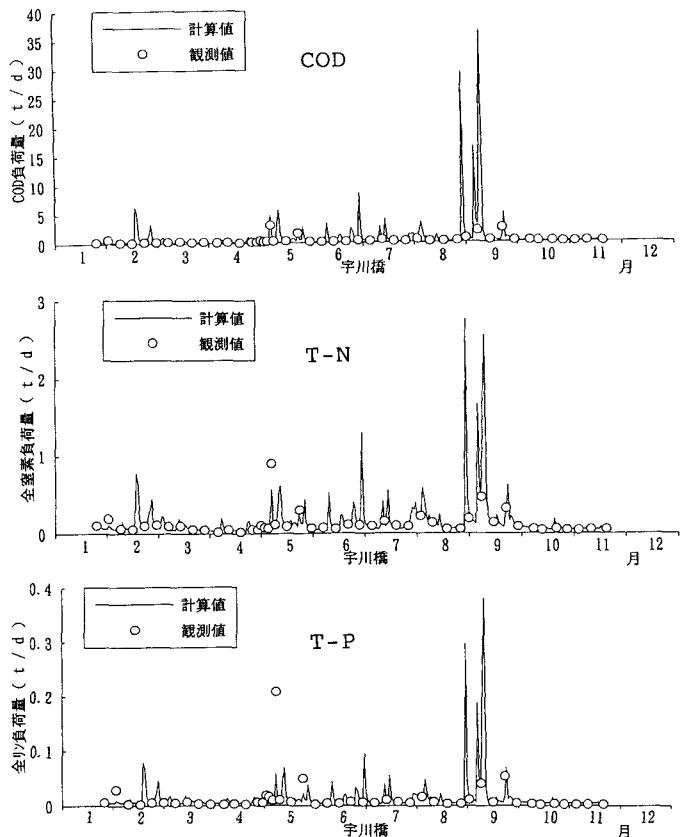


図-4 モデルの再現性