

自然地域の負荷流出特性に関する研究

関西大学大学院 学生員○岡 憲広
 関西大学工学部 正 員 和田安彦
 関西大学工学部 正 員 三浦浩之

1. はじめに

湖沼やダム貯水池での富栄養化問題の解決にはその集水域の大部分を占める自然地域の負荷流出特性を定性的、定量的に明らかにする必要がある。そこで自然地域を土地利用状況や開発レベルによって自然域、山地域、山村域に区分し、その代表的な地点における流量、流出負荷量の連続調査を実施した。これより、各区分域からの負荷の流出特性を明らかにし、各区分域からの流出負荷量を定量的に推定できるモデルを構築した。そして、このモデルにより自然地域からの流出負荷の発生源別割合を明らかにした。

2. 対象流域の概要と調査手法

対象地域を①人の手が加えられていない自然森林のある自然域、②植林の行われた山地域、③各種開発工事が行われている山地・工事域、④宅地や田畑のある山村地域に分けた。調査は各区分域毎に調査地点を設け、地域内の河川において流出水量、流出負荷量等の測定を1989年4月から1992年1月まで月1回の頻度で実施した。

3. 解析手法と結果

(1) 各区分域別の流出水量の推定

区分域別の流出水量は図1に示す3段直列式のタンクモデルにより推定した。各タンクのパラメータは実測流量値を用いた同定シミュレーションにより決定した。ただし、 H_i ：流出孔高、 A_i ：流出率、 B_i ：浸透率とする。解析結果の一例を図2に示す。大降雨時の流量が多いときの再現性がやや十分ではないものの、調査河川での流量変動を表して得ており、同定したタンクモデルは対象地域での雨水流出状況を再現できていると評価できる。

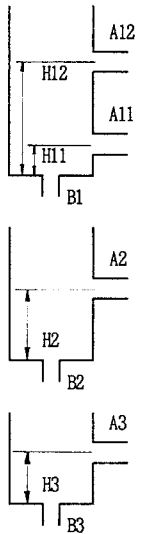


図1 タンクモデル

(2) 各区分域毎の流出負荷量の推定

各区分域毎の流出負荷量の推定は、同様な開発レベルや植生の地域に応用できるように比負荷量により行った。BOD、CODの流出負荷量は他の地域でも適用できるように比流量と比負荷量によるLQ曲線により推定した。実測値により同定したLQ曲線式を表1に示す。窒素、リンの流出負荷量については、晴天時が継続した後の雨天時には水質値が高くなること、大降雨時の流出後半では水質値が極端に低くなることから、窒素とリンはその流出成分として①降雨による流量変化に対応して変化する成分と②先行晴天日数や前回の降雨量等の影響を受ける負荷の堆積状況により変化する成分が存在すると考えた。そこで、このような流出特性を表し得るモデルとして、汚濁負荷堆積流出モデル

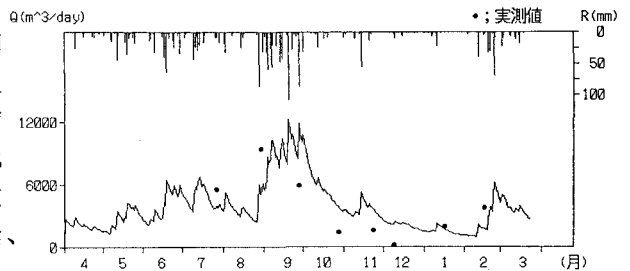


図2 タンクモデルによる河川水量の変動

表1 LQ曲線の係数と相関係数

	BOD	COD
自然域	$Lu=0.00049Qu^{0.95}$ $R=0.81$	$Lu=0.00049Qu^{0.97}$ $R=0.74$
山地域	$Lu=0.00041Qu^{1.0}$ $R=0.73$	$Lu=0.00081Qu^{0.96}$ $R=0.75$
山地・工事域	$Lu=0.00038Qu^{1.0}$ $R=0.70$	$Lu=0.00076Qu^{1.0}$ $R=0.77$

注) R：相関係数

ルを構築した。これは、渇水時の流量と水質により推定できるベース流出負荷量と、降雨後の晴天時に広く面的に流域内で発生・堆積した負荷量の流出による負荷量をそれぞれ別個に計算し、これらを合わせたものをその流域からの流出負荷量とするものである。

①単位堆積負荷モデル

$$S = S_0 \times e^{-K \cdot n} + \frac{a(1 - e^{-K \cdot n})}{1 - e^{-K}} \quad \dots (1)$$

S_0 : 前回の降雨後の残存堆積負荷量(g/m^2),

a : 単位面積当りの汚濁負荷発生量($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)

K : 堆積負荷量減衰係数, n : 連続して流量が基底流量を下回った日数(日)

②堆積負荷流出モデル

$$L = C_R \times (S \times A)^{m_R} \times R + C_B \times Q \quad \dots (2) \quad \text{ただし、} R = (Q - Q_0) / A \times 10^{-3}$$

$$S' = S - L / A \quad \dots (3)$$

L : 流出負荷量($\text{g}/\text{日}$), A : 対象域面積(m^2),
 R : 有効流出高(mm), S : 堆積負荷量(g/m^2),
 C_R : 流出係数, m_R : 運動式の係数, C_B :
 基本水質(mg/l), Q : 流量($\text{m}^3/\text{日}$), Q_0 : 基
 底流量($\text{m}^3/\text{日}$)

本モデルによる解析結果の一例を図3に示

す。区分域内での地域開発工事等により
 実測値が異常に高い場合を除いてはほぼ実
 際の流出変動を再現している。相対的に
 流出負荷量が少ない時の方が再現性が良
 好であるが、これはタンクモデルにおい
 て大流量時の再現性に若干問題があった
 ことに起因している。

また、山村地域からの流出負荷量は原
 単位法により推定した。

(3) 自然地域からの流出負荷量の推定

各区分域毎に求めたモデルを用いて、ある自然地域からの流出水量、負荷量を求めた。この際、各区分域から流出した負荷が、流下過程での自浄作用により減少することを浄化残率を用いて表現した。解析結果を図4、5に示す。流出水量はほぼ各区分域の面積比率に比例した量となっているが、面積的には自然域の方が山地域の約2倍であるのに対して、流出水量での比率は3:2となり、自然域の方が雨水の地下かん養分や樹木などでの保水が多いことが判明した。流出負荷量では面積及び流量では数%しか占めていない山村域からの流出分の割合が10~40%と高く、住宅、水田、畑地等からの発生負荷量が自然地域での河川水質の決定因子として大きなウェイトを占めていることが明らかになった。

4. まとめ

自然地域からの流出水量をタンクモデル、流出負荷量をLQ曲線と汚濁負荷堆積流出モデルにより推定した結果、自然域や山地域などからの自然発生的な負荷が90~60%と大部分を占めるものの、生活排水や農地からの負荷も無視できない量であり、自然地域の河川水質を決定する主因となることが明らかになった。これより、閉鎖性水域の水質管理において、自然地域にある山村等での負荷削減対策が重要であることがわかった。今後は、各推定シミュレーションモデルの再現精度を大流量時を中心に高くすること、及び、閉鎖性水域内での負荷削減対策実施による水質保全効果の予測評価に取り組む必要がある。

参考文献 1) 和田：ノンポイント汚染源のモデル解析，技報堂出版，1990-7。 2) 和田・三浦：都市化した中小河川の水質に及ぼす下水道等整備効果のモデル解析，土木学会論文集，No.429，pp. 97-105，1991. 5。

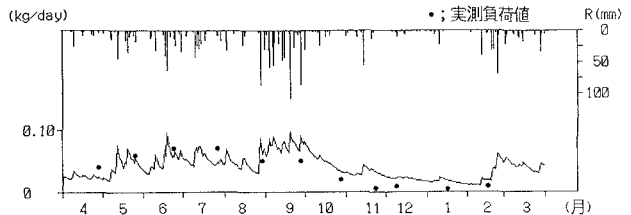


図3 汚濁負荷堆積モデルによる河川負荷量の変動

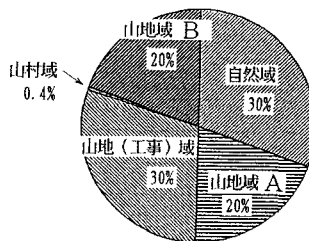


図4 自然地域からの年間
流出水量の発生源別割合

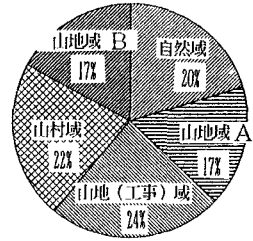


図5 自然地域からの年間
流出負荷量の発生源別割合