

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○中村一樹

京都大学防災研究所 正会員 城戸由能

京都大学防災研究所 正会員 岡 太郎

1. はじめに

湖沼などの閉鎖性水域では汚濁物質が集積しやすく、水質のみならずその周囲の環境悪化をひきおこす。本研究では琵琶湖に流入する野洲川水系の支流である磯尾川を対象として、非灌漑期における懸濁態・溶存態別の汚濁物質流出モデルを適用した。また、このモデルを用いて、非灌漑期における汚濁物質流出量を算定し、既存の調査・研究結果との比較を行った。流出解析の対象水質項目としてTOC(全有機態炭素)を用いた。

2. 汚濁物質流出量の推定法

一般に汚濁物質流出量の推定は懸濁態・溶存態汚濁物質を一括して、原単位法やLQモデルを用いて行われてきた。

原単位法は、様々な流域における調査に基づき、単位面積や人口当りの汚濁物質発生量を設定して、汚濁物質流出量を推定する方法である。しかし調査時期の古さや、調査流域と適用流域の環境の違い等が問題。一方、LQモデルは、汚濁物質流出量を経験式(式1)により推定する方法である。また、汚濁物質堆積量を考慮したLSQモデルもある(式2)。

$$L = xQ^y \quad (\text{式1})$$

$$L = xS^z Q^y \quad (\text{式2})$$

ここでL: 汚濁物質流出量、Q: 流量、S: 汚濁物質堆積量、 $x \cdot y \cdot z$: 定数である。

磯尾川流域における観測データに対してLQモデルを適用した(図1)。その結果、溶存態汚濁物質は観測値と計算値の相関がよいものの、懸濁態汚濁物質は相関が悪いことが分かった。そこで、懸濁態汚濁物質流出量の推定は、SWMM(Storm Water Management Model)の表面流出負荷量モデル(式3)を用いた2)。

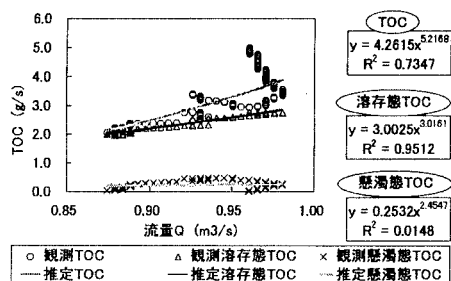


図1 磯尾川流域におけるLQモデル

$$\text{運動式} \quad \frac{dP(t)}{dt} = K \cdot u(t) \cdot P(t) \quad (\text{式3})$$

$$\text{連続式} \quad P(t) = P0 - \int_0^t Ku(\tau)P(\tau)d\tau$$

ここでP: 汚濁堆積量、u: 流速、t: 時間、K: 定数、P0: 初期汚濁物質堆積量である。

本研究では流速は後述する雨水流出解析で求めた直接流の斜面流速を与え、初期汚濁物質堆積量として一降雨の累積懸濁態汚濁物質を与えた。また、定数Kは土地利用ごとに設定した。

雨水流出解析については、直接流はKinematic runoff modelを用い、基底流は最下流端において直列2段タンクモデルを用いた。汚濁物質の推定に用いたモデルの構成を図2に示す。

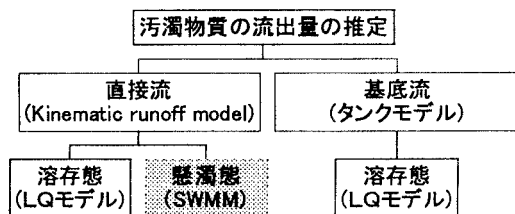


図2 汚濁物質流出解析に用いたモデル

3. 磯尾川流域における汚濁流出解析

磯尾川は540haの流域である。流域の約7割が森林域で、河川沿いに水田域が多く約3割を占めている。灌漑用の溜池が多く、大きなものでは水面積が約5haある。本研究では、対象期間が10~12月の非灌漑期であるため、溜池の集水域は対象流域から除外した。平成13年11月29日の観測データを基に流出解析を行った結果、流量についての再現性は高かった(図3)。

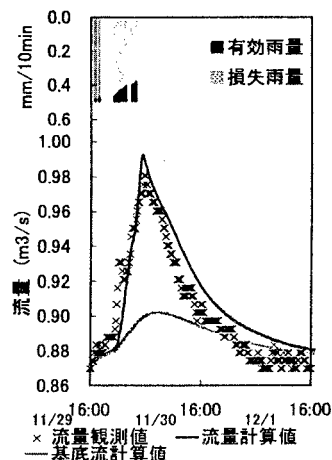


図3 ハイドログラフの再現

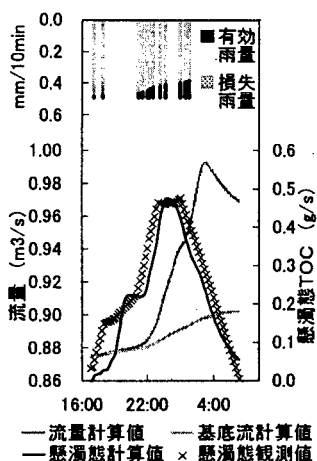


図 4 懸濁態 TOC 流出の再現

この結果を用いて、SWMM により懸濁態汚濁物質流出量を算定した。この結果、直接流出初期に流出する懸濁態 TOC を、高い精度で再現することができた(図 4)。また、溶存態汚濁物質の流出は、基底・直接流に伴うものをそれぞれ晴天時・雨天時の観測データに基づいた LQ モデルにより推定した。この結果、溶存態 TOC の流出に関しても、高い精度で再現することができた(図 6)。

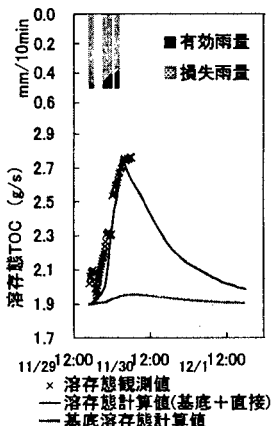


図 6 溶存態 TOC 流出の再現

4. 計算結果の評価

本モデルを用いて、平成 8 年～平成 10 年の非灌漑期における汚濁物質の流出を再現した。懸濁態汚濁物質の流出は降雨量より、先行晴天日数に大きく影響を受けることが分かった(図 5)。

算出した TOC 流出量 2.5 t/月は、文献記載の原単位³⁾に基づく算出結果 1.8 t/月より高い値となった。このことから文献記載の原単位を用いて対象流域の汚濁物質を推定した場合過少評価となる。

礫尾川流域と土地利用の似た湖山池流域においてタンクモデルと LSQ モデルを用いた汚濁物質流出解析の結果⁴⁾との比較を行った。礫尾川流域における算出結果は 1.9 kg/km²・mm・月、湖山池流域における算出結果は 2.0 kg/km²・mm・月とほぼ一致した。

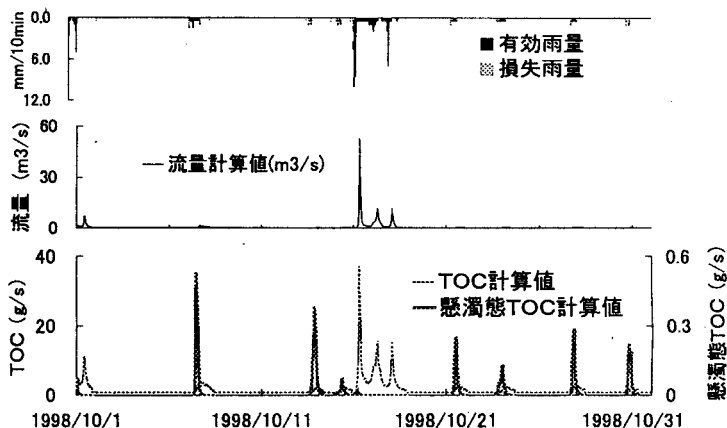


図 5 平成 10 年 10 月のハイドロ・ポリュートグラフ

懸濁態汚濁流出量

について、本モデルにより計算した結果と、LSQ モデルにより計算した結果を図 7 に示す。LSQ モデルは流出総量や流出量ピークの再現性は高いが、流出初期の汚濁物質流出量の再現性は低く、SWMM の有効性が示された。

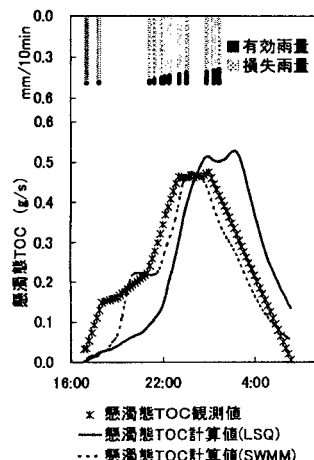


図 7 SWMM と LSQ モデルの比較

5. 結論

本研究で用いたモデルにより、非灌漑期における懸濁態・溶存態汚濁物質の流出を高い精度で再現することができた。また、非灌漑期における TOC の流出量を推定し、原単位法で算定した場合より流出量が高いことを示した。

参考文献

- 1) 国松孝男他編著:河川汚濁のモデル解析,技報堂出版,1989
- 2) 建設省土木研究所:水質汚濁防止からみた雨天時流出水の解析とその対策に関する調査,日本下水道協会,1976
- 3) 建設省都市局監修:流域別下水道整備統合計画調査,日本下水道協会,1997
- 4) Y.Kido, et al: Estimation of Annual Runoff Pollutant Load and Its Reduction Efficiency, Technology Report of Tottori University, Vol28, No.1, pp.253-260,1997