

水質タンクモデルを用いた汚濁物流出解析

前橋工科大学工学部 学生員 ○小菅 香苗
前橋工科大学工学部 正会員 土屋 十園

1. 研究目的

浸透性地表面流域では、降雨量や降雨強度が大きい場合、表面流出および地表面下の浅い表土層からの中間流出、すなわち直接流出に伴う汚濁物流出のウェイトが高い¹⁾。しかしながら、このような降雨時における汚濁物流出過程は、流域の土地利用状況などにより異なる。

そこで本研究では、流域の状況による短期流出時の汚濁物流出過程の違いを明らかにするため、森林および農地からなる流域、人口造成された複層林からなる流域、および裸地流域の3流域において水質タンクモデルを構築し、基底流出に伴う負荷量と直接流出に伴う負荷量の分離を行うことを目的として調査・研究を行った。

2. 対象流域の概要

対象とする流域はいずれも利根川上流域であり、群馬県北部に位置する利根郡川場村内の田代川流域、同流域内裸地試験地（以下、ヒロイド流域）、および吾妻郡長野原町応桑地内の水土保全強化総合モデル事業地内、笹沢3号流域である。表-1に各流域概要を示す。

田代川流域における森林の植生分布は、主にナラ、スギ、ヒノキであり、果樹園ではリンゴが栽培されている。幼齢林帯には樹齢5～10年のナラ、クヌギ等が植林されている。笹沢3号流域の単層林は主にアカマツ、複層林は上木にアカマツ、下木にスギ、ヒノキとなっている²⁾。

いずれの流域においても、流域末端部で雨量および流量の観測を行うとともに、水質観測を平水時に月1回程度と台風などによる洪水時に連続的に行った。ただし、田代川流域の雨量についてはヒロイド流域のものを採用した。水質分析項目は、COD（化学的酸素要求量）、T-N（全窒素）、T-P（全リン）、D-P（溶存態リン）である。ただし、ヒロイド流域についてはデータ不足のためD-Pを除いた。

3. 水質タンクモデル概要

水質タンクモデルの概要を図-1に示す。タンクa、タンクbからなる直列2段のタンクモデル³⁾を基礎として、側面の孔からの各流出成分における流出負荷量を算出する。基礎式を次に示す。

流出負荷量(g/h):

$$L = L_a + L_b$$

$$\begin{aligned} \text{tank a} \quad L_a &= L_{a1} + L_{a2} \\ &= k_a \cdot Q_{a1}^{n_{a1}} + k_a \cdot Q_{a2}^{n_{a2}} \end{aligned}$$

$$\text{tank b} \quad L_b = k_b \cdot Q_b^{n_b}$$

$$Q_i = q_i \cdot A$$

ここに、 L_i :各流出孔の流出負荷量(g/h)、 Q_i :各流出孔の流量(m^3/h)、 q_i :各流出孔の流出高(mm/h)、 A :流域面積(km^2)、 k_i, n_i :定数。

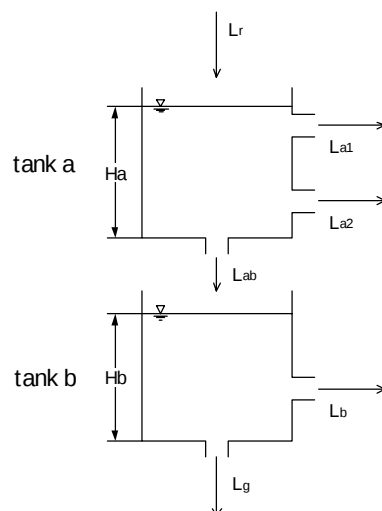


図-1 水質タンクモデル概要

キーワード：水質タンクモデル、山地森林流域、短期流出、汚濁物流出負荷

連絡先：〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460-1 Tel. 027-265-0111 Fax. 027-265-3837

4. 計算方法

まず、各流域において直列2段タンクモデルを構築し、雨量から流量を算出した。
次に、水質タンクモデルの k_i, n_i を決定するにあたり、L-Q式(負荷量-流量関係式)の手法⁴⁾を用いて観測値より算出した係数を参考値とし、負荷量のピーク出現時刻とその値、総流出負荷量、負荷量の減衰状態の合致に重点を置いて決定した。その後、構築した水質タンクモデルのタンクaからの流出負荷を直接流出負荷、タンクbからの流出負荷を基底流出負荷として分離し、短期流出時の汚濁物流出負荷について検討を行った。

解析期間は田代川流域およびヒロイド流域については2002年7月9日0:00から同13日11:00までの台風6号による短期流出時、笹沢3号流域については2002年9月30日0:00から同10月4日23:00までの台風21号による短期流出時とした。

5. 解析結果

各流域についてそれぞれの水質項目の負荷量変動を水質タンクモデルにより再現し、基底流出負荷と直接流出負荷の分離を試みた。

例として各流域のT-Nの解析結果を図-2、図-3に示す。また解析期間中の総負荷量に占める直接流出負荷量の割合を表-2に示す。田代川流域のCODおよびT-Pについて降雨の影響による負荷が大部分を占めることがわかった。田代川流域にある果樹園の多くが下流域に位置しており、リンゴ栽培のために春から夏にかけて散布される農薬の影響があると考えられる。また、ヒロイド流域ではCODおよびT-Pの直接流出負荷が全体の約3割と小さいのに対し、笹沢3号流域では半分以上を占めている。裸地流域に比べ森林流域には水源涵養機能があることが大きな要因であろう。森林流域である田代川流域および笹沢3号流域では、T-Nの直接流出負荷量の割合が他の水質項目に比べ小さい。森林土壌による窒素固定や脱窒作用によると考えられる。

6. まとめ

土地利用状況の相違による降雨時の汚濁負荷の流出過程を明らかにするため、水質タンクモデルを構築し、基底流出に伴う負荷と直接流出に伴う負荷の分離を行った。その結果、流域面積や地表状態の異なる場所での比較ではあるが、全体として裸地流域の基底流出負荷量の割合は森林流域に比べ大きく、汚濁負荷流出の降雨に受ける影響が小さいことがわかった。

参考文献

- 1) 海老瀬潜一 水質汚濁現象の数理モデル 水質汚濁研究 第6巻第2号 pp.125-133 1983
- 2) 群馬県林務部森林保全課 森づくり水づくり 水土保持機能強化総合モデル事業のあらまし pp.3-4 1989
- 3) 菅原正巳 流出解析法 共立出版 pp.25-140 1972
- 4) 国松孝男 村岡浩爾 河川汚濁のモデル解析 技報堂出版 p151

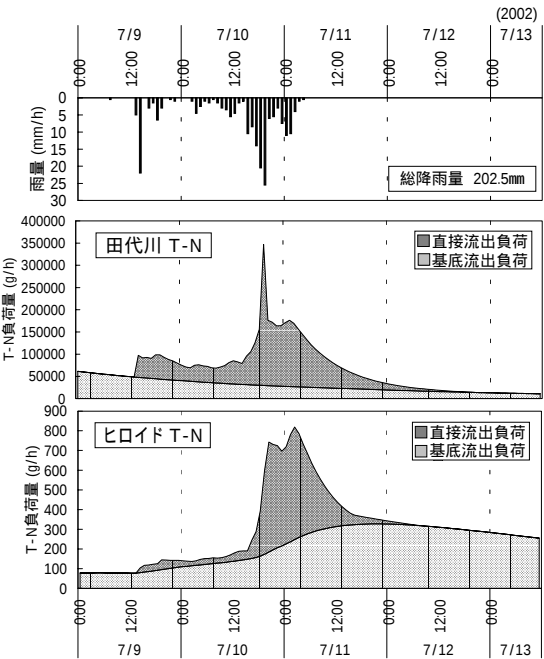


図-2 解析結果(田代川,ヒロイド)

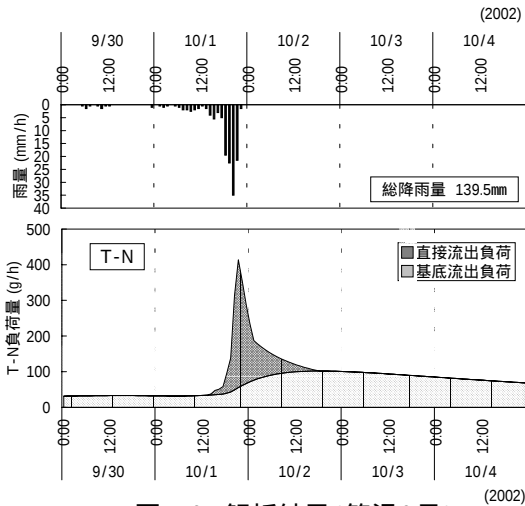


図-3 解析結果(笹沢3号)

表-2 総負荷量に占める直接流出負荷量の割合(%)

	田代川	ヒロイド	笹沢3号
COD	99.1	28.1	72.3
T-N	56.3	27.7	21.6
T-P	89.7	29.4	60.3
D-P	73.9	—	14.9