

II - 683

山地小流域での渓流水質形成過程に関する基礎的検討

—筑波森林試験地での $\text{NO}_3\text{-N}$ を例にして—

高松工業高等専門学校 ○ 正員 田村 隆雄

徳島大学工学部 正員 端野 道夫

徳島大学工学部 正員 吉田 弘

1. はじめに 森林流域における渓流水質形成機構を把握するためには、森林土壌からの雨水と物質の流出過程を検討する必要がある。そして 1) 実際の渓流水はいくつかの流出成分によって構成されていること、2) 各流出成分は性質の異なる土壌層で発生するために、互いに水質が異なること、を考慮すると、流出過程を詳細に検討するには、渓流水を構成する各流出成分の増減と渓流水質の経時変化との関係を把握しなければならない¹⁾。本報告では、筑波森林試験地における渓流水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の形成機構を検討する。具体的には、観測結果に「森林水循環モデル²⁾」を適用して渓流水を各流出成分に分離する。その上で観測された渓流水濃度の経時変化と対応させることで、各々の流出成分が渓流水質形成機構に果たす役割について考察する。

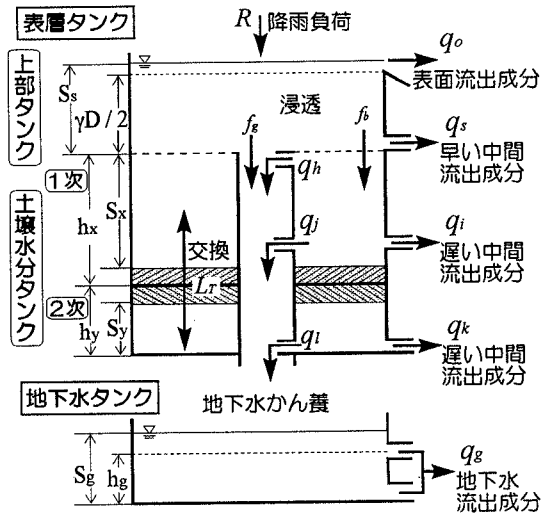


図-1 直列2段タンクモデル

2. 解析手法 ハイドログラフを各流出成分に分離するために、森林土壌中での雨水流動を表した直列2段タンクモデル²⁾を用いる(図-1)。モデルは表層土壌を表現する表層タンクと、地下水層を表現する地下水タンクから構成されている。なお表層タンクは、土壌表層のA層(有機物層)を表現する上部タンクと、A層の下部に位置するB層(鉱物土層)を表現する土壌水分タンクによって構成される。上部タンクからは、直接流出成分である表面流出成分、および早い中間流出成分が発生し、土壌水分タンクと地下水タンクからは、それぞれ基底流出成分である遅い中間流出成分と地下水流出成分が発生する。また、モデルの入力量である地表到達雨量は、別途、降雨遮断タンクモデル²⁾を用いて計算する。解析の対象とした流域は、国立環境研究所筑波森林試験地(流域面積67.5ha)³⁾であり、1985年6月29日～7月3日にかけて観測された雨量、渓流流量、および渓流水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時変化を用いて、渓流水質形成機構における各流出成分の果たす役割について考察する。

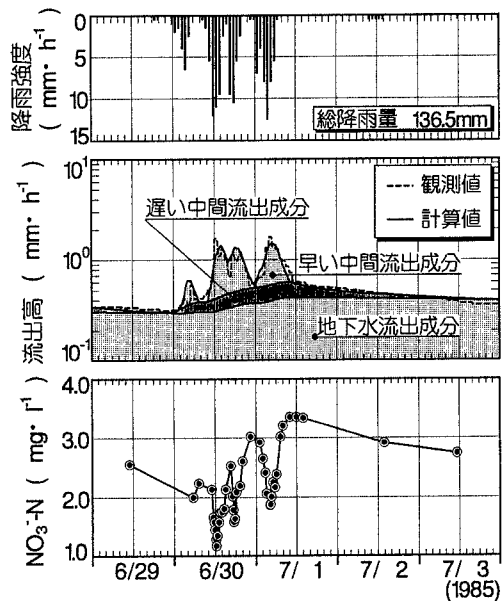


図-2 流出成分の分離結果

3. 解析結果 図-2に、観測期間におけるハイトグラフ、ハイドログラフ、および渓流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時変化を示す。ハイドログラフには、観測値と直列2段タンクモデルによる分離結果（計算値）が描かれている。各流出成分の増減と渓流水濃度の経時変化とを比較すると、早い中間流出成分が発生する流量ピーク付近で渓流水濃度は減少し、遅い中間流出成分が卓越する逡減期では渓流水濃度が流出ピーク以前より上昇することが判る。また同じ流量ピークでも後半ほど濃度が上昇していることも判る。図-3(a)～(c)を用いて更に各流出成分の寄与を詳細に検討する。図には、各流出成分の構成比を横軸に、縦軸に渓流水濃度をとったものが時間順にプロットされている。ここで、例えば時刻 j における早い中間流出成分の構成比 $R(q_{s,j})$ (%) は式(1)によって計算される。

$$R(q_{s,j}) = \frac{q_{s,j}}{q_{o,j} + q_{s,j} + q_{i,j} + q_{k,j} + q_{g,j}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 $q_{o,j}$ 、 $q_{s,j}$ 、 $q_{i,j}$ 、 $q_{k,j}$ 、 $q_{g,j}$ は、それぞれ、時刻 j における各流出成分の流出高 ($\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$) である。

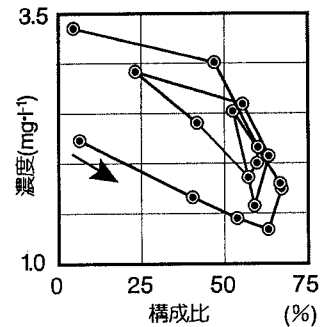
各グラフの渓流水濃度と流出成分構成比との相関、および履歴から以下のようなことが読み取れる。

(1) 負の相関を示す早い中間流出成分は希釈成分であり、正の相関を示す遅い中間流出成分は渓流水濃度上昇に寄与していることが分かる。また、正の高い相関を示す地下水流出成分については、遅い中間流出成分が消滅すると、すみやかに降雨イベント以前の濃度に戻ることから、渓流水濃度の上昇には寄与していない。つまり遅い中間流出成分に運ばれることによって、大量の $\text{NO}_3\text{-N}$ が土壌から溪流へと流出する。

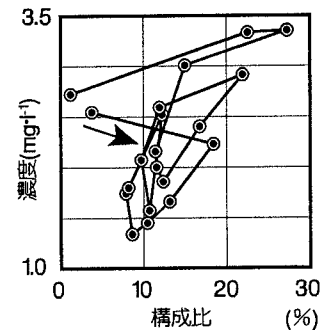
(2) 同じ構成比でも、イベント後半ほど渓流水濃度が高くなっていることから、早い中間流出成分の希釈作用は徐々に弱くなり、遅い中間流出成分は、ますます渓流水濃度を上昇させることが分かる。これは土壌組織から $\text{NO}_3\text{-N}$ が溶出するために土壌水濃度が上昇し、それぞれの成分濃度が上昇した結果と考えることができる。

4. おわりに 性質の異なる土壌層から発生する各流出成分を的確に分離して、その増減と渓流水濃度の経時変化との関連性を検討することで、筑波森林試験地での渓流水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度形成機構における各流出成分の役割を定性的ではあるが把握することができた。現在このような解析によって物質流出過程と水質形成機構に関する知見を蓄積しつつ、森林流域が有する水質調節機能を定量的に表現できる数理モデルの構築を進めている。なお、国立環境研究所平田健正総合研究官より貴重な水質観測データを頂きました。ここに記して深謝申し上げます。

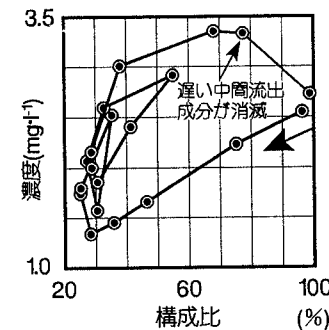
参考文献 1) 吉田ら、山地小流域での渓流水質形成過程に関する基礎的検討、水工学論文集, 38, pp. 271-276, 1994. 2) 端野ら、森林水循環モデルと水収支の評価、水工学論文集, 36, pp. 521-528, 1992. 3) 村岡ら、森林域における物質循環特性の渓流水質に及ぼす影響、土木学会論文集Ⅱ, 399, pp. 131-140, 1988.



(a) 早い中間流出成分



(b) 遅い中間流出成分



(c) 地下水流出成分

図-3(a)～(c) 流出成分構成比と
渓流水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係