

筑波森林試験地における溪流水質形成機構について

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 森林流域における溪流水質形成機構を把握するためには、森林土壌からの物質の流出過程を検討する必要がある。その手段として、これまでは溪流水質の経時変化と溪流水量の増減とを比較する方法が用いられてきた¹⁾。しかし、1)実際の溪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、物質の流出過程を詳細に検討するには、溪流水を構成する各流出成分の増減と溪流水質の経時変化とを比較する必要がある。そこで、著者らの「森林水循環モデル²⁾」を用いて、溪流水を各流出成分に分離し、各々が溪流水質形成機構に果たす役割について考察する。

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)を表現する土壤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、土壤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)¹⁾であり、1985年6月29日～7月3日にかけて観測された雨量、溪流流量、および溪流水硝酸態窒素(以下 $\text{NO}_3\text{-N}$ と記す)濃度の経時変化を用いて、溪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。

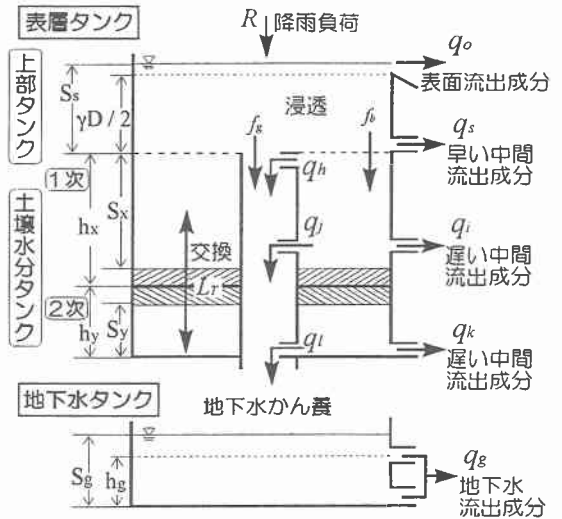


図-1 直列2段タンクモデル

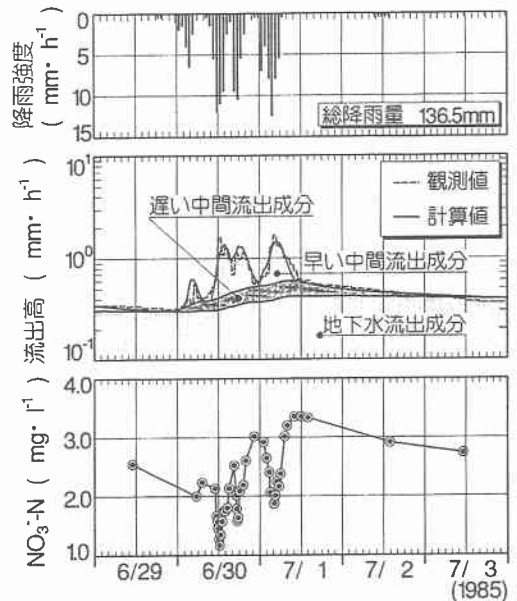


図-2 流出成分の分離結果

3. 解析結果 図-2 に、観測期間におけるハイエトグラフ、ハイドログラフ、および渓流水の NO_3^- -N 濃度の経時変化を示す。ハイドログラフは観測値と直列 2 段タンクモデルによる分離結果（計算値）を示している。各流出成分の増減と渓流水濃度の経時変化を比較すると、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通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分かる。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分かる。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。図は各流出成分の構成比を横軸に、縦軸に渓流水濃度を取り、時間を追ってプロットしたものである。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、 $q_{o,j}, q_{s,j}, q_{i,j}, q_{k,j}, q_{g,j}$: 時刻 j における各流出成分の流出高 ($\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$)。

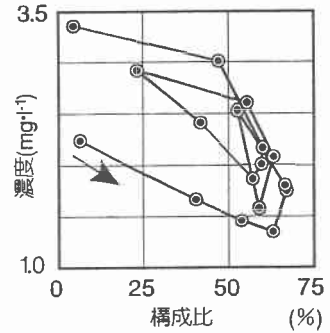
各グラフの渓流水濃度と流出成分構成比との相関、および履歴から以下のようなことが読み取れる。

- (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 NO_3^- -N が土壌から渓流へと流出する。
- (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 NO_3^- -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。

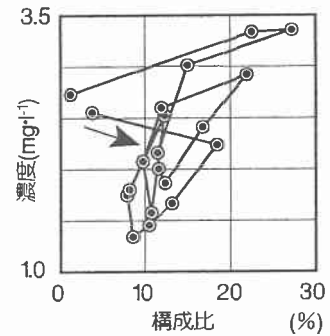
4. おわりに 性質の異なる土壌層から発生する各流出成分を的確に分離して、その増減と渓流水濃度の経時変化との関連性を検討することで、これまで困難であった渓流水質形成機構における各流出成分の役割を定性的ではあるが把握することができた。現在このような解析によって物質流出過程と水質形成機構に関する知見を蓄積しつつ、森林流域が有する水質調節機能を定量的に表現できる数理モデルの構築を進めている。なお、国立環境研究所平田健正総合研究官より貴重な水質観測データを頂きました。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献

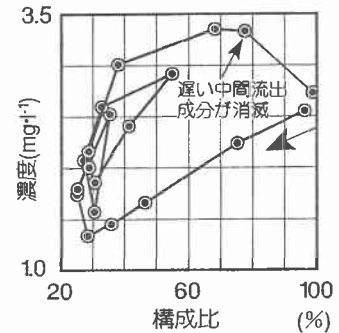
- 1) 村岡・平田, 森林域における物質循環特性の渓流水質に及ぼす影響, 土木学会論文集 II, 399, pp.131-140, 1988.
- 2) 端野・吉田・村岡, 森林水循環モデルと水収支の評価, 水工学論文集, 36, pp.521-528, 1992.



(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 NO_3^- -N 濃度の関係