

山梨大学工学部 正会員 坂本 康

山梨大学工学部 正会員 竹内 邦良

山梨大学大学院 学生員 本郷 善彦

1. はじめに

前報では、NO₃⁻を流出成分分離に用いる前提として、土壌中に浸透した水がどのようにNO₃⁻の供給を受けるかを室内実験により検討した。主な結果は、(1)初期NO₃⁻-N濃度は空間的にばらつく、(2)土壌カラムを通過する水のNO₃⁻は指数的に減少する、(3)減少の割合は降雨強度によらず土壌カラムを通過した累加流量、及び土壌の物理性による、であった。このことから、ある河川流域について土の流域全体での平均的特性を知れば、累加浸透流量と浸透水へのNO₃⁻供給量との関係がわかり、NO₃⁻による流出成分分離も可能といえる。本報では、室内実験の知見をもとに実河川の流出をNO₃⁻で分離した例を示し検討し、さらに水質タンク・モデルによる検討を報告する。

2. NO₃⁻を用いた流出成分の分離例

降雨による河川の増加流量をNO₃⁻により二成分に分ける方法を検討した。各時刻での収支式は、

$$Q_s + Q_i = Q_D$$

$$C_s \cdot Q_s + C_i \cdot Q_i = C_D \cdot Q_D$$

Q_D, C_D : 降雨流出水の流量と濃度

Q_s, C_s : 降雨流出水のうち、比較的表面を流れるため土より水質変化をうけにくく、早い時期に流出する成分の流量と濃度。「表面流出」の流量と濃度に対応する。
 Q_i, C_i : 降雨流出水のうち、土により水質変化をうけ、流出時期も遅れる成分の流量と濃度。「中間流出」「地下水流出」の流量と濃度に対応。

水質を用いた分離法として、各成分を濃度一定とする考え方もあるが、それでは、降雨後かなりたってもNO₃⁻-N濃度が下がることを説明できない。ここでは、室内実験の知見をもとに、 i 番目の時刻での濃度を、

$$C_{s,i} = (\text{一定})$$

$$C_{i,i} = C_0 \cdot \exp\left(-\alpha \cdot \sum_{j=1}^{i-1} Q_{Dj} \cdot \Delta t_j\right)$$

とおく。土の表面は、降雨開始から流出がはじまるまでの間でも、地中に浸透する水に洗われる。そのため、表面流出のはじまる時点ではNO₃⁻源は表面には少く、濃度 C_s は低い。ここでは、ほとんど雨に近い水質の水が流れると考え、 C_s には雨の平均濃度を用いる。 C_i は、地表面から地下水面までのどこを流れるかで違うが、

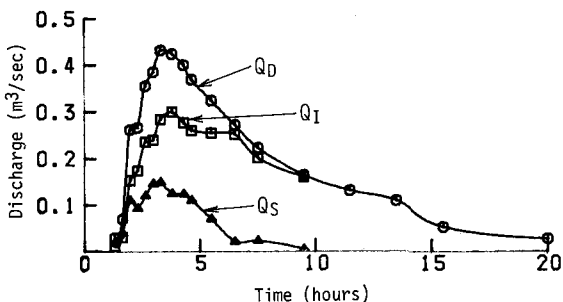
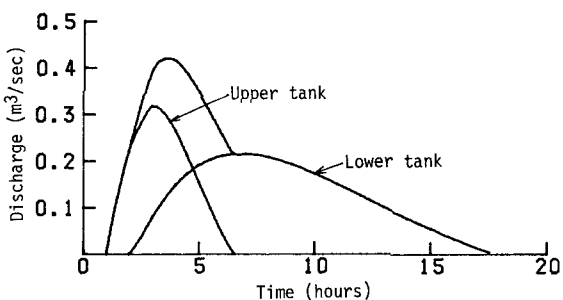
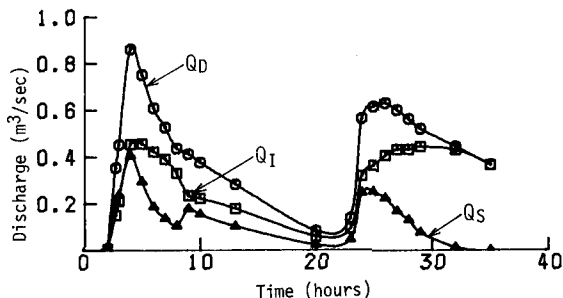
図1. NO₃⁻を用いた流出成分分離例 ($\alpha = 0.66 [1/\text{mm}]$, $C_0 = 1.7 [\text{mg/l}]$)

図2. 二段のタンク・モデルによる分離例

図3. NO₃⁻を用いた連続した二雨による流出の成分分離例 ($\alpha = 0.023 [1/\text{mm}]$, $C_0 = 3.4 [\text{mg/l}]$)

全体の平均としては、室内実験と同じように、累加流量に従って、指數的に下がると考える。このように、成分を「雨に近いもの」と「それ以外」とに分けると、異なる流域、異なる降雨条件での比較がしやすいと考えられる。 α は Q_p と Q_s が等しくなったと考えられる時刻を以降の C_p と $Q_s \Delta t$ との関係より求める。 C_0 は、 C_{1st} 、 Q_{1st} を逐次計算して、時刻 t で $C_t = C_0$ となるように決める。上記の方法で、実河川の流出(流域面積8.4 km²の相川での'82.7.8の30.5 mmの雨の流出)について分離した例を図1に示す。このときの C_0 、 α の値は、室内実験の値と比べ妥当なものとなった。比較のために、二段のタンク・モデルで分けた場合を図2に示す。両図を比べると、 Q_s は上段のタンクの流出と時期的に一致している。このことから、タンク・モデルをうまく作れば、水質の予測にも用いる可能性があることがうかがえる。図3には、連続した二雨による流出(相川、'82.6.20, 40 mm, 6.2, 17.5 mmの雨の流出)を分離した例を示す。この図では、二つの雨の間では定性的に疑わしい結果になることがわかる。上に用いた三つの雨について、 Q_s を時刻に対し片対数グラフ上にプロットしたのが図4である。 Q_s の減衰率が一致すれば、その値を Q_s に相当するタンクの定数とすることができ、ここで用いたデータではそれほど一致しなかった。

3. 水質変化のあるタンク・モデルを用いた計算例

土壌カラム実験の知見を用いた水質モデルの一創として、タンク・モデルに水質をとり込んだものを考えた。もとにしたタンク・モデルは、3mの斜面に模擬降雨を与えたときの流出データより構成した。20 mm, 20 minの雨に対し各タンクの流出を図5に示す。このタンクの一段目から二段目に水が移るときに NO_3^- が増し、 $\alpha = 0.015$ (室内実験の値)で濃度が変わるとした。降雨強度、継続時間をかえて計算すると、流量のピークと濃度のピークの時刻のずれは、図6, 7のようになった。これは、従来の観測結果と定性的に一致する。タンク定数、 α 、 C_0 をうまく決め、タンクの構造にも工夫を加えれば、定量的にも正しく水質を予測できる可能性がある。

4. まとめ

室内実験の知見をもとに、 NO_3^- を用いた流出成分の分離を試みた。また、タンクモデル内の水に水質変化を与えたときの流出水質を計算し、流量ピークと濃度ピークのずれと、降雨条件との関係を調べた。それらの結果は定性的に妥当であった。これより、流出機構の解明のためには、流量の情報ばかりでなく、水質の情報についても検討することが有効であるという感触をえた。又、流量と水質を組み合わせたモデルを用いれば、流出水の水質予測も可能であると思える。

4. まとめ

室内実験の知見をもとに、 NO_3^- を用いた流出成分の分離を試みた。また、タンクモデル内の水に水質変化を与えたときの流出水質を計算し、流量ピークと濃度ピークのずれと、降雨条件との関係を調べた。それらの結果は定性的に妥当であった。これより、流出機構の解明のためには、流量の情報ばかりでなく、水質の情報についても検討することが有効であるという感触をえた。又、流量と水質を組み合わせたモデルを用いれば、流出水の水質予測も可能であると思える。

(文献) 本野, 竹内, 坂本「 NO_3^- を用いた流出成分の分離に関する研究(4) - 表層土壌から浸透水への NO_3^- の供給状況 -」'83. 第38回年輪, 講演概要集

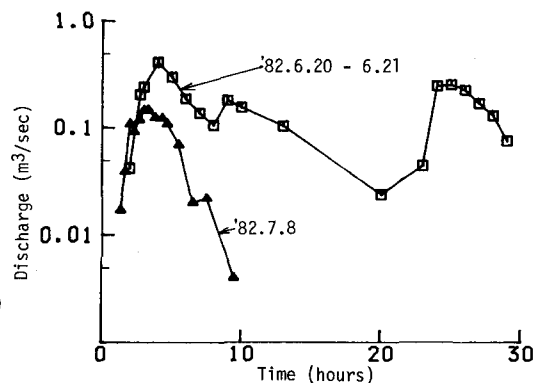


図4. 表面流出相当流量(Q_s)の時間変化

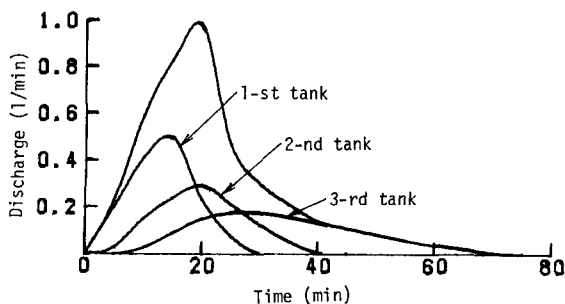


図5. 計算に用いたタンク・モデルの流出

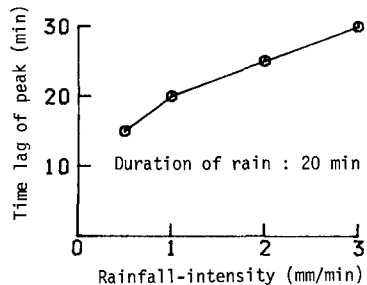


図6. 降雨強度と流量・濃度ピークのずれとの関係(計算結果)

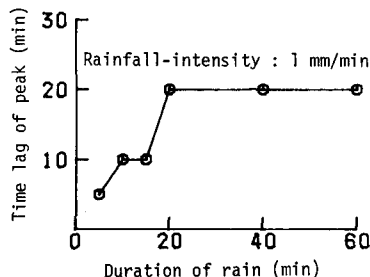


図7. 継続時間と流量・濃度ピークのずれとの関係(計算結果)