

山地小流域における短期流出の流出機構に関する研究

名古屋大学工学部 正 員 高木 不折

〃 正 員 松林宇一郎

名古屋大学大学院 学生員 〇渡辺 茂

1. はじめに

山地流域における短期流出は、流出経路により直接流出と地下水流出に大別される。流出機構を明らかにする糸口として先ずこれら成分の分離が必要となるが、雨量と流量の情報だけでは不可能であり、一般にトレーサーが用いられる。本報告は、トレーサーとして自然水に含まれる安定同位体 ^{18}O の濃度 $\delta^{18}\text{O}$ を用い流出成分の分離を試みたものである。さらに、その過程で生じた問題を解決する新しい方法も提案する。

2. 従来の分離法による解析と問題点

図1は対象とした兼平試験流域(流域面積 0.078km^2)で観測した1986年6月17日の 降雨流量(実線)、流量の $\delta^{18}\text{O}$ (●印)の変化を示したものである。降雨の $\delta^{18}\text{O}$ (-○-印)は図中にあるように2つの値だけを得た。従来の分離法では、ある河道断面を通過する流量とトレーサーの保存式(1)を連立させて直接流出成分地下水流出成分を求める。なお、ここで言う直接流出とは降雨水そのものが河道へ流出したものである。

$$QT = QS + QG、$$

$$CT \cdot QTS = CS \cdot QS + CG \cdot QG \quad (1)$$

ここに、 Q は流量、 C は流出水の $\delta^{18}\text{O}$ であり、添え字 T, S, G はそれぞれ全流出量、直接流出成分、地下水流出成分を示す。(ただし CS は降雨の $\delta^{18}\text{O}$ を用いる) 図1中にはこの方法で分離した結果を示しているが、 $CS = -8.8$ では計算不能であり、また前期の降雨濃度 $CS = -5.4$ とピーク部の降雨に近い値 $CS = -7.5$ を用いた場合とでは両者の分離

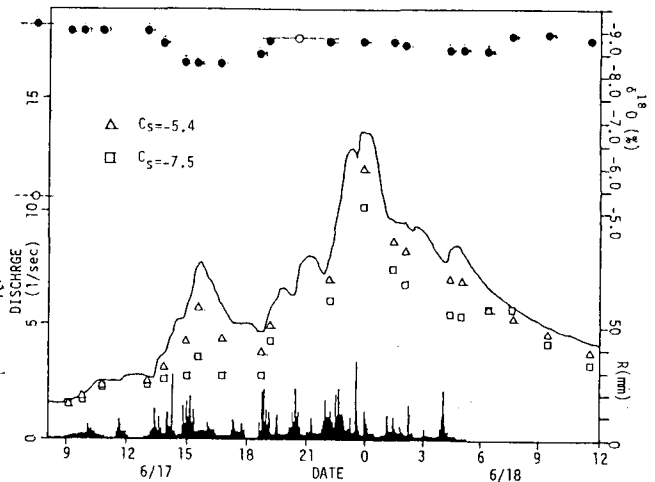


図-1 6月17日の観測結果と分離結果

特性にかなりの差がみられる。これは、この方法では降雨の $\delta^{18}\text{O}$ が出水期間中変わらないという実際とは異なる前提に立っているためであり、しかも、この例では CS と CG の値が近いことさらに分離精度が悪くなったものと考えられる。そこで次節で、その改良を試みた。

3. 応答モデルを用いた分離法

ある時刻に観測された流出水はそれより前の降雨が遅れて流出してきたものである。ここではこの時間遅れをもっとも簡単な応答モデルで表現し(1)式を(2)式に示す形に書き改めた。

$$QT(t) = \int KS(t-\tau) \cdot r(\tau) d\tau + \int KG(t-\tau) \cdot r(\tau) d\tau + Q_0$$

$$CT(t) \cdot QT(t) = \int KS(t-\tau) \cdot CS(\tau) \cdot r(\tau) d\tau + \int KG(t-\tau) \cdot CG \cdot r(\tau) d\tau + CG \cdot Q0 \quad (2)$$

ここに、 $r(t)$ は実測降雨、 $KS(t)$ 、 $KG(t)$ はそれぞれ直接流出、地下水流出の応答関数である。(ただし、流出場の広がり、降雨損失等を含んだものであり、その積分は1にならない) $Q0$ は基底流出であり、立ち上がり前の一定値を与えた。

(2) 式は $KS(t)$ 、 $KG(t)$ を未知関数とする連立積分方程式である。まず、両式から KG を消去した KS のみの積分方程式 (3) を解く。次にその KS を (2) の第1式に代入し同様の方法で KG もとめる。これらを用いて成分分離する。

$$QT(t) \cdot (CT(t) - CG) = \int KS(t-\tau) \cdot (CS(\tau) - CG) \cdot r(\tau) d\tau \quad (3)$$

4. 実測データへの適用及び考察

6月のデータでは降雨の期間長に対して実測数が少な過ぎるため本法を適用できない。そこで詳細なデータの得られた9月17日の例で適用を試みる。

(2) (3) 式の解析は単位図法と同じであり、ここではコリンズの方法を用いた。図2は本法による分離結果と、従来法による結果を比較したものである。図では両者に大きな違いはみられない。これは、この例では CS と CG の値の開きが大きく CS の時間変化が結果に余り影響しなかったためと考えられる。

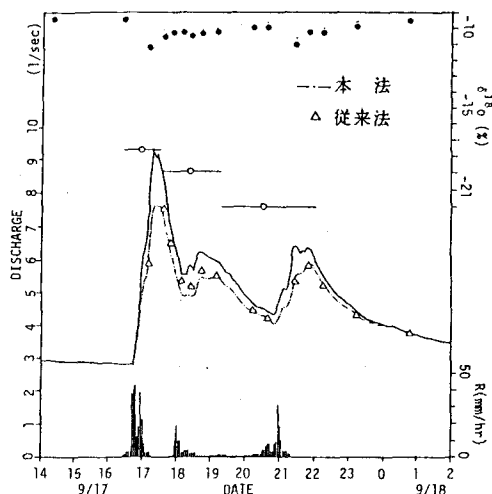


図-2 9月17日の観測結果と分離結果

次に、流出成分の分離特性について、図3はここで求めた $KS(t)$ 、 $KG(t)$ を示したものである。また、図2より求めた直接、地下水流出成分の流出率は、0.07%、3.6%であった。この結果は降雨にともなう流出の約80%以上が地下水流出成分で占められていたことを示す。これに関して、兼平試験流域の河道の現地測量から得た水表面、谷底面積の対流域面積比は 0.06、0.13 であった。この値はトレーサーによる解析結果0.07%と似ており直接流出は主に河道付近での現象と推察される。また、地下水成分が多いことは雨水がパイプフローとして河道へ直接流入するのではなく、雨水が短時間で地下水に到達して (パイプフローも含む) それを押し出す構造を示唆している。なお、図3に示した KG の扱いについて、 KS の場合と同じ降雨を入力として使う点に問題があり今後検討を要する。

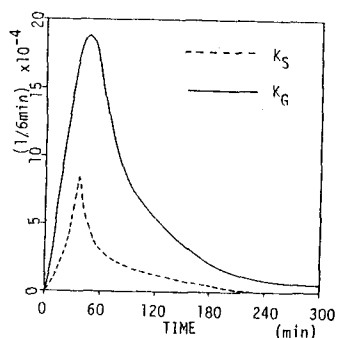


図-3 直接流出、地下水流出の単位図

5. あとがき

トレーサーによる流出成分の分離の成否は CS 、 CG の値自身にかなり依存する。そのため今回は本法のメリットを十分実証できなかったがその必要性は6月の例より明かである。また、その際には降雨の $\delta^{18}O$ の詳細な観測が必要である。成分分離の結果より、花崗岩地域でも関東ローで観察された¹⁾と同様に地下水成分が多いことが分かった。今後別の側面からの検討も加え流出機構を明らかにして行きたい。 参考文献: 田中正ほか: 多摩丘陵地における流出機構。地理評, 57-1, 1~19, 1984