

II-30

山腹斜面からの流出経路の推定

建設省土木研究所 正員 堀内輝亮
建設省土木研究所 正員 吉野文雄
建設省土木研究所 正員 吉谷純一
建設省土木研究所 正員 深見和彦

1. まえがき

従来、流出現象は流域に入力する降雨と出力としての流量との関係として解析され河川計画に利用されてきた。しかし、流域に貯っていた水が降雨により押し出され流出するなど、現在の解析手法と整合しない事例が報告されている。本報告では裏筑波試験地の水源部で実施した観測結果を用い流出機構を推定した結果を報告する。

2. 観測項目

研究の対象とした流域は、裏筑波流出試験地内の小流域である小沢流域（流域面積約1ha）とした（図1）。無降雨時における小沢の流出のほとんどは、1ヶ所からの湧水流出により供給されている。観測項目は、地下水位3ヶ所、土壤吸引圧4ヶ所（設置深度20、50、100cm）、河川流量、湧水流量と、水質である。水質の分析項目はEC、水温、 NO_3^- -N、 K^+ 、 SiO_2 、 Cl^- 、 $\delta^{18}\text{O}$ とした。

3. 観測結果

3.1 土壤吸引圧、湧水流量の変化

図2に1989年8月26日降雨（総降雨83.0mm）における観測結果を示す。このとき表面流は観測されなかった。湧水（N02）は、流量増加をしているが小沢の流量変化からみれば微少な変化でしかない。

テンシオメータの観測値は表層部の20cmでは降雨に即座に反応しているのに対し、深度が深くなるにしたがって反応が遅れ100cmでは6時間の遅れを生じている。

3.2 水質の変化

1989年8月26日降雨について小沢河川水、湧水（N02）の水質分析を行った結果を図3に、降雨の水質分析を行った結果を表1に示す。表1より $\delta^{18}\text{O}$ を除くその他の降雨水質濃度はすべて降雨前の河川水質濃度よりかなり低いことがわかる。したがって、降雨が河道に流入すれば河川水質は、 $\delta^{18}\text{O}$ では濃度上昇をし、その他の水質では降雨の希釈効果により濃度が減少すると考えられる。小沢地点の水質濃度変化をみると、 $\delta^{18}\text{O}$ 、EC、 SiO_2 、 Cl^- は予測と一致するが、 NO_3^- -N、 K^+ 、は逆に増加している。

4. 流出経路の推定

河川水質は降雨水質と地下水水質の混合からなるとして、流出成分分離を式（1）により行う。なお、 C_0 は降雨水質の平均濃度で一定とし、 C_0 は降雨前の河川水質とし降雨期間中変化しないとした。

$$Q_0 = \left(\frac{C_t - C_n}{C_0 - C_n} \right) Q_t \quad \dots \dots \dots (1)$$

Q_t : 総流量 Q_n : 雨水の水質成分を持つ流出成分 Q_0 : 地下水の水質成分を持つ流出成分
 C_t : 河川水質 C_n : 雨水の水質 C_0 : 地下水水質

流出成分分離に使用する水質項目は $\delta^{18}\text{O}$ 、EC、 SiO_2 、 Cl^- とした。図4に小沢における分離ハイエトグラフを示す。使用する水質項目によって分離の波形及び分離割合に若干の違いはあるが概ね小沢で85%程度は地下水の水質を持つ流出成分であり、しかも土壤中に貯留されていた旧水であることがわかる。なお、4番目の降雨時に新水の卓越した分離結果となっているが、これは採水の欠測により分離が行えなかつ

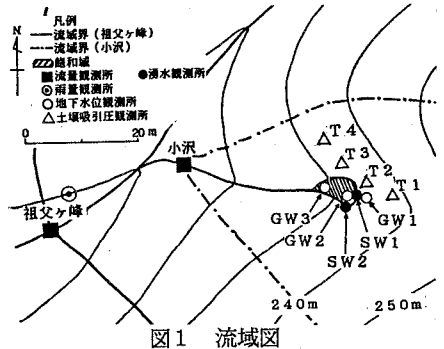


図1 流域図

表1 降雨中の水質濃度

水質	降雨中濃度 (mg/l)
EC	8.30
水温	-
NO_3^- -N	0.045
K^+	0.053
SiO_2	0.340
Cl^-	1.183
$\delta^{18}\text{O}$	-6.365

注) * $\delta^{18}\text{O}$ の単位は‰。

ためである。

小沢への流出経路は表面流出が観測されないで図5の様に推定できる。①、②は降雨の一部であり③、④は降雨前から土壤中に貯留されていた水である。小沢で①+②+③+④を、湧水NO2で③を観測しており、①は飽和域の面積より算出できる。又、流出成分分離により(①+②)/(③+④)がわかる。以上から①=0.62mm、②=-0.05mm、③=2.38mm、④=1.17mmとなる。②がマイナスとなっているのは誤差のためでゼロと考えられる。③の湧水2.38mmのうち降雨による増水分は0.54mmである。従って、直接流出のうち約50%は無降雨時には流出しない土壤中に貯留されている水の湧水流出孔以外からの流出、約25%は湧水の降雨による増加、残りの25%は飽和域からの流出と推定できる。

5. 結論

現地観測結果より小沢地点の降雨時における直接流出の75%は地中からの流出であることを推定した。今後とも観測を継続し観測事例を増やすとともに、これらの現象を把握して行きたい。

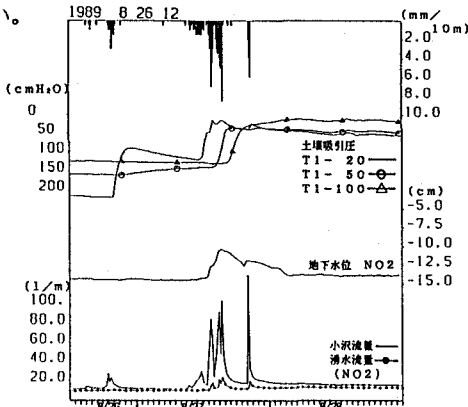


図2 土壌吸引圧等の変化

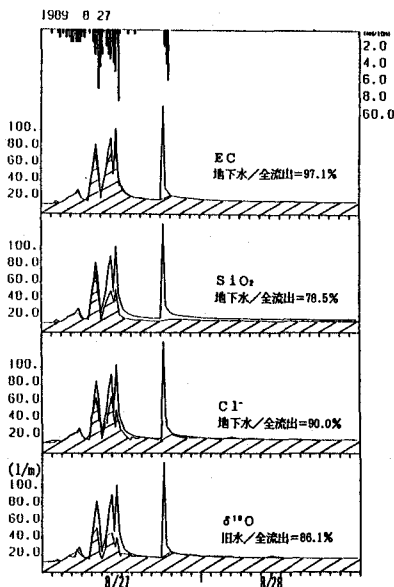


図4 流出成分分離結果

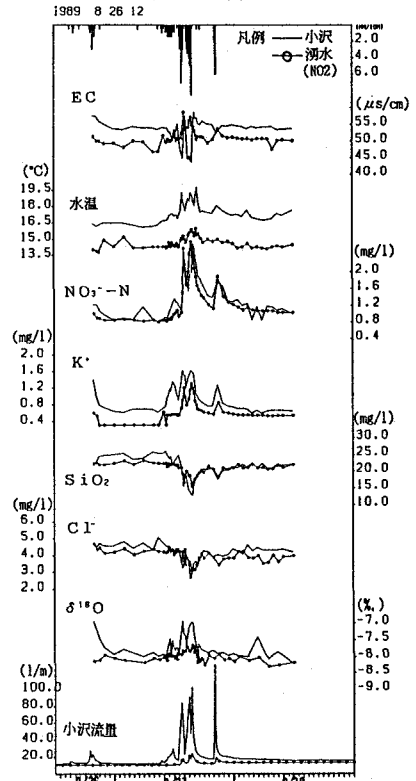


図3 水質の変化

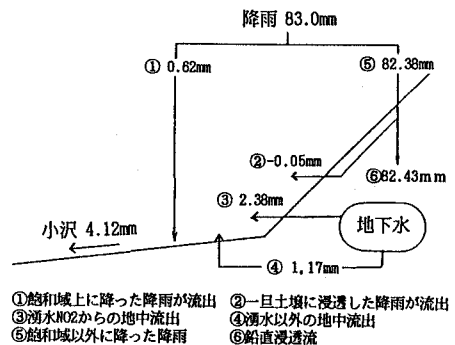


図5 流出経路推定図