

ヒル谷小流域での流量低減時の流量と水質の変化特性について

大同工大・大学院 学正員 ○ 田口春樹
 大同工大・工学部 正員 下島栄一
 京大・防災研究所 正員 澤田豊明

1. はじめに

山地流域での河川水の水質には、雨水流出場の地質的情報が含まれている。従って、雨水流出の仕組みを解明しようとする際、その水質情報は有用となることが期待できる。本文は、神通川流域上流の小流域を対象にし、そこでの4年間の現地採水で得た河川水の流量と水質のデータを用いて、特に降雨後の流量低減時に着目し、流量と各種イオン濃度の変化特性を検討した結果の報告である。

2. 対象流域の概要及び観測方法

対象流域は神通川流域上流の蒲田川小支流ヒル谷流域¹⁾で、流域面積は0.85km²である。地質は上流では古生層、中流では花崗斑岩、下流右岸及び左岸ではそれぞれ石英斑岩と堆積岩で構成される。また、それぞれの面積は0.433km²、0.161km²、及び0.066km²となっており、上流域の古生層域が支配的である。河床勾配は上・中流部で約1/3、下流部で約1/5となっており、急峻な河川である。

同流域下流端に堰を設置し、流量と導電率の連続観測を行っている。また、河川水の採水は、その地点で、1994年6月よりほぼ3日毎に、また降雨によって流量が大きく増大した場合には短時間ごとの密な採取も行った。採取した水はイオンクロマトで分析を行った。

本解析対象のデータは、採水開始時(1994年6月)より1998年6月までのものである。

3. 観測結果と検討

(1) 河川流量の低減の様子

図1は1995年7月22日(流量低減開始時刻)から8月23日までの約1ヶ月間の実測河川流量(Q)の平方根の逆数の時間変化を示す。7月20日～22日間の約129mmの降雨によって増加した流量はその後低減し続けたが、その間ほぼ10日程度を経た後、 $1/\sqrt{Q}$ のデータはひとつの直線に従って変化している。この直線的变化、即ちQが分数関数的に減少するという変化は不圧地下水流出成分の低減²⁾に対応するものと考えられる。この直線の傾きは0.0042((l/s)^{-1/2}/day)となるが、他の流量低減期間でも多くの場合0.004～0.006((l/s)^{-1/2}/day)の値を示していた。なお例外的に勾配がこの範囲よりも小さくなる場合も現れたが、その理由は現在不明である。結局、流量の低減は時間経過と共に、次式に従うことになる。

$$1/\sqrt{Q} = at + b \quad \cdots \textcircled{1} \quad \text{ここに} a, b \text{ は定数。}$$

(2) 流量低減時におけるイオン濃度変化

図2(a)は図1と同期間でのCa²⁺とMg²⁺の濃度[C]の自乗の経時変化を示す。ここに、[]はイオン濃度(meq/l)を表す。Ca²⁺の場合、[C]²は流量低減と共に増加するが(濃縮過程の生起)、その変化は流量の場合と異なり、最初から直線的である。その直線の傾きは

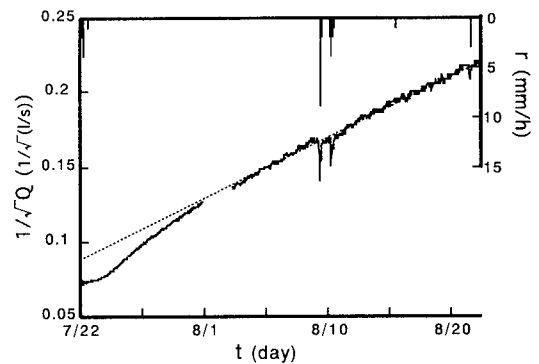
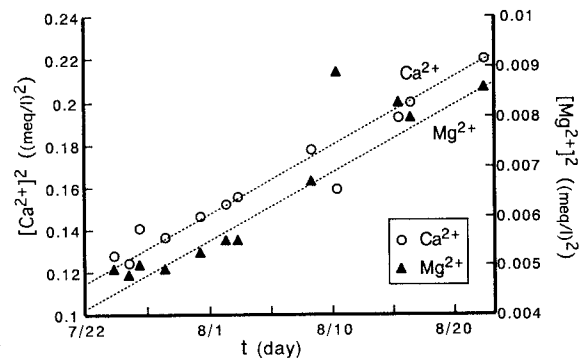


図1：河川流量の経時変化

図2(a)：[C]²の経時変化 (Mg²⁺, Ca²⁺)

0.0034((meq/l)²/day)となっている。他の期間でも多くの場合0.002~0.004((meq/l)²/day)の値を示していた。Mg²⁺の場合もCa²⁺の場合と同様で、その勾配は0.00014((meq/l)²/day)を示したが、他の期間でも多くの場合、0.0001~0.0002((meq/l)²/day)の範囲の値となった。但し例外的に流量低減に係わらず、濃度が減少傾向(希釈過程)を示す期間が存在した。

図2(b)はSO₄²⁻とK⁺の場合を示すが、Ca²⁺とMg²⁺と同様な変化特性が現れている。この場合のSO₄²⁻の直線の勾配は0.00068((meq/l)²/day)となっていたが、この値は他の期間で求めた値(0.0005~0.0007((meq/l)²/day))とほぼ一致していた。K⁺については、傾きの値は0.000011((meq/l)²/day)を示し、また他の多くの場合0.00001~0.00003((meq/l)²/day)を示していた。

以上のイオン濃度の時間変化を定式化すると、次式の通りになる。

$C = \sqrt{(\alpha t + \beta)} \cdots \textcircled{2}$ ここに α, β は定数。
この関係は上記したように流量変化特性(式①)が現れる時間より早く成立している。これらのイオンは降雨に伴う浸透水が流出場を移動する過程で、土壌粒子の溶出によって現れるはずであり、また浸透水が、ある時間かかって河道に流出した際、いわば滞留時間に関係した溶出量が流出水に付与されることになる。

土壌のバッチ溶出実験では水溶液の濃度が放物線型の関数³⁾ $C = \alpha^* \sqrt{t} + \beta^*$ (α^*, β^* : 定数) で変化することが認められているので、式②との対比は興味深い。

(3) 流量と各イオン濃度の関係

図3は全解析期間を対象にして、そこで採水された河川水のCa²⁺、Mg²⁺の濃度とその時刻での流量の関係を示す。流量の増加に従い、イオン濃度は暖期(4月~10月)、寒期(11月~3月)に関係なく、ひとつの直線に従って減少している。その勾配は、Ca²⁺とMg²⁺では、それぞれ1/6.2及び1/7.6となっていた。なお、季節によってプロットされた範囲は異なり、暖期では高い流量部分に、寒期では低い流量部分に大略プロットされている。

このようなlog Cとlog Qの直線的関係、即ち $C = \gamma Q^{-n}$ (γ, n : 定数) $\cdots \textcircled{3}$ はSO₄²⁻についても成立したが、この勾配(n)は1/6.6となった。結局、Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻のn値は同じ程度となっていることが分かる。

いま、式①を $Q \propto t^{-2}$ 、式②を $C \propto t^{1/2}$ のように概略表現できるとすれば、両式よりtを消去することにより $C \propto Q^{-1/4}$ を得るが、この関係式は式③と類似であることが分かる。ここで得たべき乗の値(1/4)は式③でのn値に対応する。この値は現地採水による水質データのn値(1/6程度)より少し大きい目となっているが、オーダー的には一致している。

4. おわりに

今後は、流量低減の様子(式①)およびその際の濃度変化の様子(式②)の内部機構を詳細に調べていきたい。
<<参考文献>>

- 1) 澤田豊明:京大博論、1986; 2) F.Takagi: 京大博論、1970; 3) 例えば、W.Stumm and R.Wollast: Review of Geophysics, AGU, 1990.

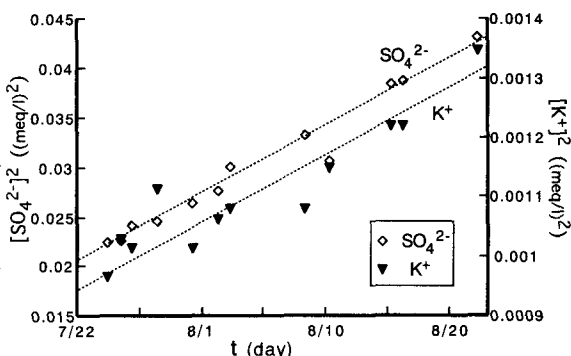


図2(b): [C]²の経時変化 (SO₄²⁻, K⁺)

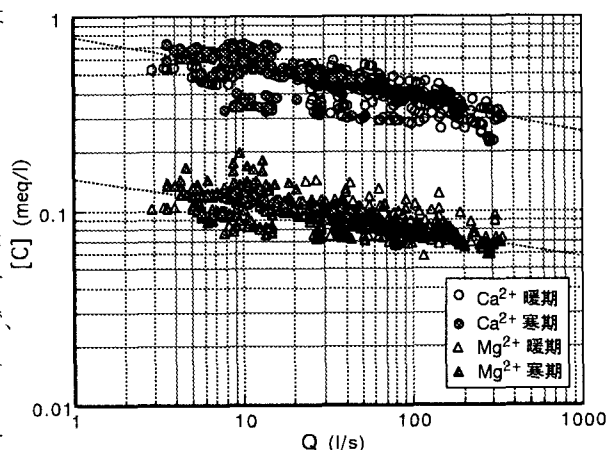


図3: 流量と各イオン濃度の関係