

山地河川の流量と水質の関係について

大同工業大学工学部 ○ 田口春樹
 大同工業大学工学部 正員 下島栄一
 京都大学防災研究所 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、雨水流出場の地質の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^{1) 2)}。本文は、神通川流域上流の小流域を対象として、そこでの2年余の期間の現地観測で得た河川水の水質や流量のデータの検討を通して、雨水流出の様子を考究した結果を示したものである。

2. 対象流域の概要及び観測方法

対象流域は上記の神通川流域上流の蒲田川小支溪ヒル谷流域で、流域面積は0.85km²である。地質は上流から下流に向かって、古生層、花崗班岩、石英班岩の順に構成され、それぞれの面積は0.433km²、0.161km²、及び0.0066km²となっている³⁾。これらの面積割合は0.66:0.24:0.10と計算され、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³⁾。

同流域下流端には堰が設置され、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Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、K⁺、NH₄⁺、SO₄²⁻、Cl⁻、NO₃⁻等につき分析した。本解析対象のデータは、採水開始時より1996年9月までのものである。

3. 観測結果とその検討

(1) 流量とCa²⁺濃度の経時変化

河川水の主たる化学成分濃度(meq/l)は、陽イオンではCa²⁺>Na⁺>Mg²⁺>K⁺、陰イオンではSO₄²⁻>Cl⁻の順となっていた(後図3参照)。図1(a)は1995年9月～1996年8月の間での[Ca²⁺]と流量(Q)の経時変化を示す。ここに、[]は濃度を意味する。冬季でのQが小さな状態から春先(3月下旬で200日程度より)の融雪と降雨によってQが次第に増大している様子が分かったが、全期間で、濃度は流量と逆の方向に変化している様に見える。ただ濃度のなめらかな変化の途中、不連続的に非常に高濃度のデータが現れている。

図1(b)は、前図の1996年6月の詳細図である。流量と濃度の関係は、大半の場合前図で示した特性を示しているが、25日での濃度増加に対しては、流量は必ずしも減少していないことが認められる。

(2) 流量と化学成分濃度の関係

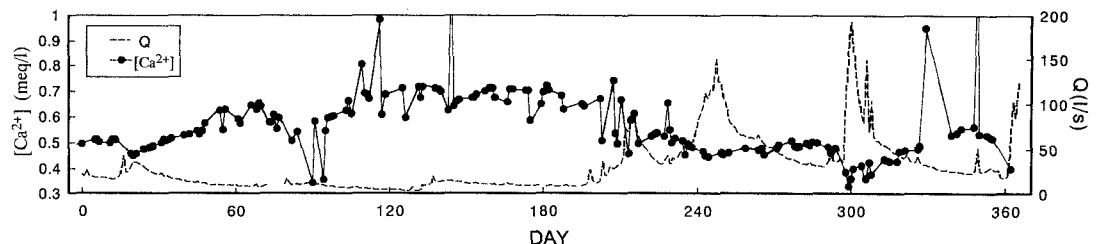


図1(a)：Qと[Ca²⁺]の経時変化('95年9月～'96年8月の場合)、横軸は'95の9/1を原点とする

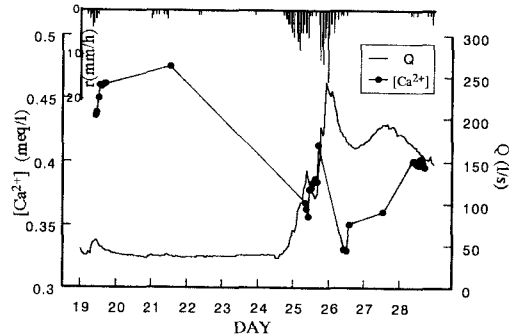


図1(b)：Qと[Ca²⁺]の経時変化('96年6月の場合)

全データの Ca^{2+} 濃度を流量に対してプロットしたものが図2である。ここに、丸印、三角印及び四角印はそれぞれ1994年度、1995年度及び1996年度のデータを意味するが、その内、時期を4月～11月(暖期)と12月～3月(寒期)の二つに分けて、それぞれを○△□印及び●▲■印で示している。多くのデータは、図中の破線の様に直線的に変化し、流量の増加と共に濃度は減少している。また、この直線の上方部にもかなりのデータがプロットされているが、これらは1994年と1996年の7～8月(少雨期)で、流量がかなり低くなっていた段階にある程度の大きさの降雨が生起して流量を増加させた場合、及び1995年と1996年の春先(4～5月)で認められた大きな降雨により流量が増加した場合である。このような特性は、他のイオンについても同様に確認された。

(3) 化学成分間の関係

図3は、 $[\text{Ca}^{2+}]$ 、 $[\text{Mg}^{2+}]$ 、 $[\text{Na}^+]$ を $[\text{HCO}_3^-]$ に対してプロットしたものであり、図中の○印は暖期、●印は寒期に対応する。横軸は、全陽イオン濃度とより HCO_3^- (未分析)を除いた総陰イオン濃度とを差し引いた値である。いずれのカチオンも、 $[\text{HCO}_3^-] < \text{約} 1.1 (\text{meq/l})$ の範囲(領域Ⅰ)のデータは原点を通る直線上にほぼ点描されており、また $[\text{HCO}_3^-] > \text{約} 1.1 (\text{meq/l})$ の範囲(領域Ⅱ)で、領域Ⅰとは異なる変化を示し、例えば $[\text{Mg}^{2+}]$ と $[\text{Na}^+]$ の大小関係も逆になっているが、この領域Ⅱのデータは図2で示した直線の上方にプロットされたものに対応する。

領域Ⅰの $[\text{Ca}^{2+}]$ の直線の傾きは約1と計算されたので、 Ca^{2+} の主成因はカルサイト(CaCO_3)からの溶出であると言えそうである。また領域Ⅱでは $[\text{Mg}^{2+}] > [\text{Na}^+]$ であり、水質に占める Mg^{2+} の割合が大きくなっている。 Mg^{2+} は堆積岩(流域上流の主たる地質)の溶出によると考えられるので、当該のデータは流域上流よりの寄与が大きい流出形態が生起していたと推測されるが、このことは上記の流量状況(図2参照)と一致する。

図4は、 $[\text{Ca}^{2+}]$ と $[\text{Mg}^{2+}]$ の関係を調べたものである。ここに、○印、●印はそれぞれ暖期及び寒期の場合に対応する。多くのデータは原点を通る直線S-1上に点描され、若干のものがこの直線より上方に位置している。S-1上のデータは、1994年の暖期での流量が小さな場合、1995年と1996年の暖期の大半の場合、及び寒期のものに対応し、一方上方に位置したデータは図3での領域Ⅱでのものと一致する。図中の直線S-1は下流域の土壌(石英斑岩)の溶出実験の結果を意味し、またS-2及びS-3は中流(花崗斑岩)と上流(古生層)での土壌の同様な実験結果である²⁾。従って、S-2及びS-3の付近にプロットされたデータは、河道への雨水流出が上・中流域でも生起するような流量が大きい場合で、かつ場の溶出が容易に行われ得る春先や少雨期での場合であったが、この結果は溶出実験の結果と一致していることが分かる。

<<参考文献>> 1) 下島ら: 水工学論文集, 1995. 2) 上田ら: 土木学会年講, 1995. 3) 澤田: 京大博論, 1986.

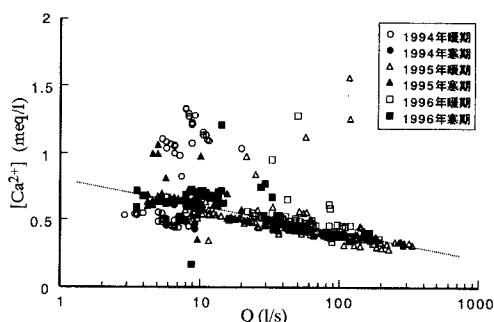


図2: $[\text{Ca}^{2+}]$ とQの関係

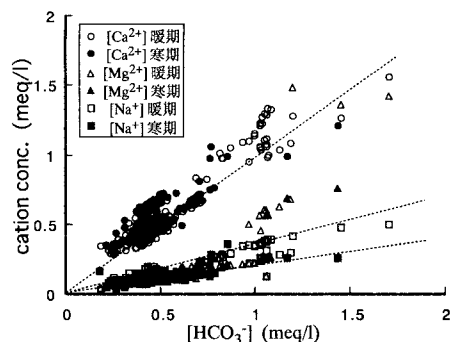


図3: $[\text{HCO}_3^-]$ と各種カチオン濃度の関係

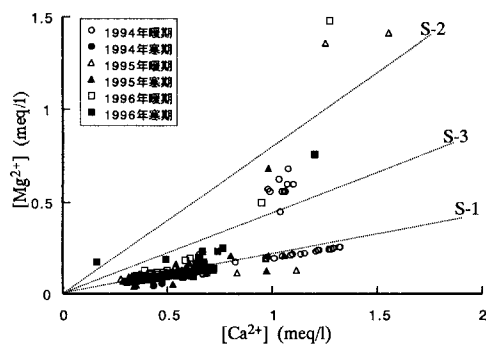


図4: $[\text{Ca}^{2+}]$ と $[\text{Mg}^{2+}]$ の関係