

大同工業大学大学院 学生員 ○上田裕一郎

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: 山地溪流水は山腹を浸透する降水等によってもたらされるので、その水質は土壤層中の浸透経路の地質的特性を情報として含んでいる。著者らは、特に水質に着目して、山地河川流域での流出経路を明らかにするため、神通川上流の小流域を対象流域として選び、現地観測を行っているが、本文は、今までに得た約9カ月間のデータを用い、河川水の水質形成につき検討した結果を示したものである。

2. 観測流域の概要と観測法: 対象流域は蒲田川支流足洗谷の小支溪のヒル谷流域(流域面積は0.84 km²)で、地質は上流から下流に向かって、古生層、花崗斑岩、石英斑岩で構成され、面積割合は0.66 : 0.24 : 0.10 となっている¹⁾。同流域下流には堰が設けられ、流量、導電率等の観測がなされている¹⁾。河川水の水質を調べるため、同観測地点で、1994年6月より、約3日毎に採水を行い、イオンクロマトでCa²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、NH₄⁺、SO₄²⁻、Cl⁻、NO₃⁻等につき化学分析を行った。

3. 観測結果と考察

(1) 流量と化学成分濃度の関係

昨年6月以降の少雨で、河川流況は例年になく低い流量状態となっていたが、主たる化学成分濃度は、陽イオンではCa²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺(図3参照)、陰イオンではSO₄²⁻ > Cl⁻の順となっており、また、[Ca²⁺]:[Na⁺] = 1:0.28、[SO₄²⁻]:[Cl⁻] = 2.5:1程度であった。ここに、[]はイオン濃度(meq/l)を意味する。なお、HCO₃⁻濃度は分析されなかった。

[Ca²⁺]、[SO₄²⁻]と流量(Q)の関係は図1(a)、(b)の通りである。ここに●印、○印はそれぞれ暖期(6月~11月)、寒期(12月~2月)に対応する。いずれのイオンについても、暖期のデータはQ = 5~10 l/s (= Q_c)を境にして二つのグループに分かれ、それぞれではQの増加と共に濃度が若干減少している。この不連続性は他のイオンについても、同程度のQ値で起こっている。この特性の出現は、この流量付近で、ある流出成分の生起/消失が起こっていることを示唆する。寒期のデータは積雪期間中でのものであり、Q > Q_cでも低濃度のグループに属しているので、寒期の流出形態は暖期に比して異なっていることを暗示する。

(2) 流量の低減状況: 図2は昨年7月1、3、9日の降雨(19、10、11 mm)事象による流量低減の様子を示す。Q = 6 l/s辺りで低減の様子が変化しており、図1の結果と対応することが分かる。

(3) 化学成分間の関係

総陽イオン濃度と総陰イオン濃度間に電荷バランスがとれていると考え、両イオン濃度より推定した[HCO₃⁻]を[Ca²⁺]、

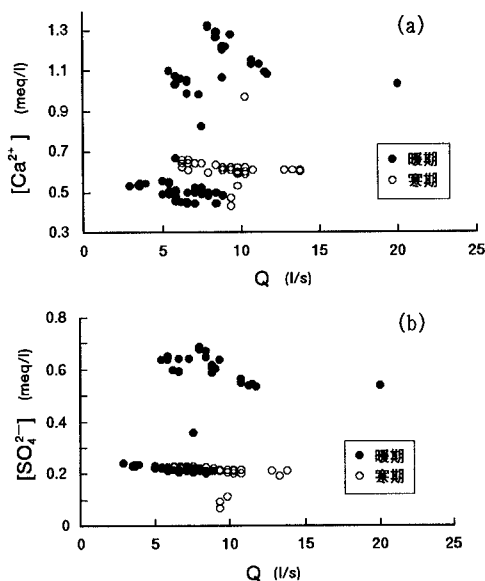


図1: [Ca²⁺]、[SO₄²⁻]とQの関係

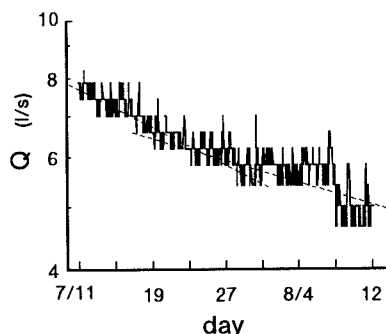


図2: 流量低減の様子

[Mg^{2+}]、[Na^+]に対して調べた結果が図3であり、黒印、白印はそれぞれ暖期及び寒期に対応する。いずれのデータも原点を通る直線上にほぼ点描されているが、その勾配は、[Na^+]では0.3、[Ca^{2+}]では0.9程度の値となっている。この結果は、 Ca^{2+} や Na^+ の起源は(Ca-Na)斜長石やカルサイトの浸透水による溶出に因ると考えられるが、 Ca^{2+} についてはカルサイトが支配的である。なお、 Mg^{2+} は堆積岩からの溶出に因る。

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 等の濃度は正の相関関係にある。そこで、 $X = [\text{Ca}^{2+}] / \{[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-]\}$ と $Y = [\text{Mg}^{2+}] / \{[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-]\}$ の関係を調べたものが図4で、●印、○印はそれぞれ暖期及び寒期の場合に対応する。データは原点を通る二直線上に分離されてプロットされている。下方に位置するグループは、Qが小さな場合や寒期のデータで構成され、上方のものは暖期でQが大きな場合に対応する。

4. 溶出実験からみた河川水の水質

(1) 溶出実験方法： 河川水の水質形成を調べるため、上記の異なる三つの地質部分の風化層で、表面より下方に約5 cmの幅で、深さ約40 cmまで土壌サンプルを採取し、風乾燥させた。なお、表面下約5 cmは落ち葉層が形成されていた。同サンプルを0.21~0.84 mm(Aグループ)、1.2~2.5 mm(Bグループ)に分離し、それぞれのサンプルの20 gをポリビンに入れ、200mlの蒸留水で溶出実験を行った。実験では、同一サンプルを4つ用意し、1、3、10、30日目に溶液を濾過し、化学分析した。

(2) 化学成分間の関係

溶出実験の陽イオンとして、上記の河川水と同様なイオンに比し、 NH_4^+ の濃度が高くなっていた。そこで、Aグループの全データを用い、[NH_4^+]と[SO_4^{2-}]の関係を調べると図5のようになる。データは土壌の採取場所（深さや地質の相違）に関係なく、原点を通る1.8:1の傾きの直線上にほぼ点描されている。

河川水と溶出実験での NH_4^+ 濃度の相違については、現地で土壌に含まれる $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ が浸透水に溶解し、その多くの NH_4^+ がアンモニアガスとして大気へ放出されている機構を考えることができる。

図4には、溶出実験のデータ(Aグループ)もプロットされている。古生層(▽印)、花崗斑岩(◇印)のサンプルは石英斑岩(△印)のものに比し勾配が大きくなっている。この結果と河川水のデータとを比較すると、寒期を含むグループのデータは石英斑岩のものと、また他の二つの岩質のデータは暖期の別のグループ(Qが大)のものと大略一致していることが分かる。前者の結果は、積雪中の河川水は、地面高度の低い部分(石英斑岩)を通過してきた浸透水の寄与が大きいことを示唆し、また暖期の場合で、流量が非常に小さな場合、対象流域の下流部分(石英斑岩)の浸透水による流出が顕著であることを示す。また、後者の結果から、Qが大きい場合、上流に位置し、支配面積が大きな古生層、花崗斑岩の風化層から流出する雨水が卓越していると考えられる。なお、図4にBグループの実験結果をプロットすると、各地質ごとに、Aグループの値に一致、若しくはデータを直線で近似した場合の直線の延長上に描かれることが認められている。

5. おわりに： 今後、河川流量の大きな状況での水質をも対象にして、データの蓄積に努め、水質と浸透（流出）経路との関係をより一層明確に行きたい。＜＜参考文献＞＞ 1) 澤田、京大博論、1986。

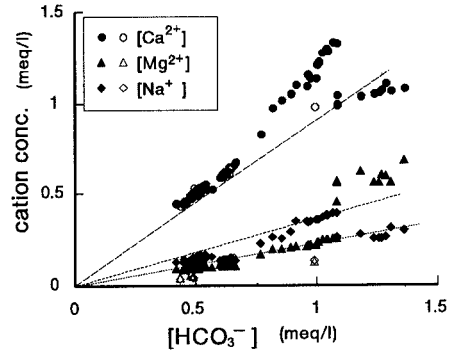


図3：種々の陽イオン濃度と $[\text{HCO}_3^-]$ の関係

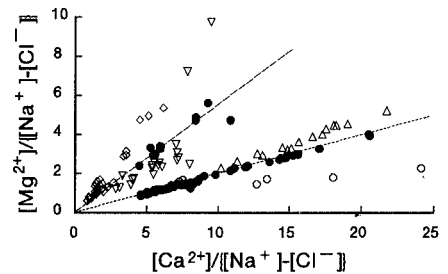


図4：[Ca^{2+}]と[Mg^{2+}]の関係

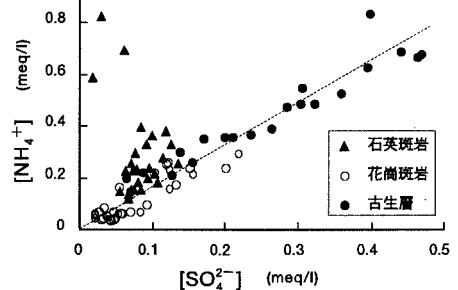


図5：[NH_4^+]と[SO_4^{2-}]の関係