

小流域における溶存成分の流出特性

北海学園大学大学院 ○学生員 山田 俊則 (Toshinori Yamada)
 北海学園大学大学院 学正員 今井 圭介 (Keisuke Imai)
 北海学園大学工学部 正 員 嵯峨 浩 (Hiroshi Saga)
 北海学園大学工学部 正 員 余湖 典昭 (Noriaki Yogo)

1. まえがき

これまで全国各地で流出試験地が多数設置され、多くの優れた研究成果が得られている。しかし、大規模プロジェクトの試験地を除いて、降雨・流出プロセスに注目した観測項目が主であったり、水質に主眼を置いた観測形態が主であったりと両者に重点を置いた流出試験地はあまりみられない。本研究は、細かな現象まで目が届くような規模の小さな流域で、水質と水量の同時観測を行い水質と水の循環メカニズムの解明を目的としている。

流出試験地の選定は、アクセスが容易である事を第一条件とし、目配りが十分出来るような比較的小さな流域であることを考慮して、最終的に豊平川支流のオカバルシ川流域とした。本学工学部から 10km ほどの距離で車による所要時間は 20 分程度である。

2002 年度は 10 月下旬から 11 月、2003 年度は 5 月から 11 月、2004 年度は 5 月から 11 月までの長期間のデータ収集・調査を実施したのでその結果を報告する。

2. 流域の概要

オカバルシ川は真簾峠付近にその源を発し、北流して豊平川右岸側に合流する渓流河川である。試験地の流域面積は 3.42km²、観測地点の標高は 207m、源流部は 370m で 163m の標高差をおよそ 3km の河川で一気に下っている。上流部東側では標高 651m の山が隣接し、崖地や急斜面となっている。そのため崩壊等による土砂生産が多く、砂防ダムや治山ダムが複数個設置されている。観測地点より下流側では国道 230 号線まで住宅地が広がっているが、上流側ではゴルフ場、スキー場、霊園があるのでそれ以外は自然林となっている。

3. 観測項目

観測項目は以下のとおりである。

降雨関連：0.5mm 精度の自動観測雨量計 × 2 台

群馬高専式雨水採水装置 × 2 台

水量関係：投げ込み式水位計 × 1 台

水質関係：YSI Model6000 水質モニタリングシステム（水温、pH、DO、伝導度、濁度、ORP センサー）

土壌水関係：ポーラスカップ付土壌水採取装置（10、25、50 cm の深度で採取）

流速（流量）：電磁流速計使用

自動採水：ISCO オートサンプラー使用

雨水採水と土中水採水は降雨終了後適宜行うが、水位、雨量および水質は 10 分間隔で自動観測を行った。観測地点の概要を写真-1 に示す。

自動観測機のデータは原則として 2 週間に 1 度回収した。

水質測定項目は、塩化物イオン (Cl⁻)、硝酸イオン (NO₃⁻-N)、硫酸イオン (SO₄²⁻)（以上イオンクロマトグラフ法）、ナトリウムイオン (Na⁺)、カリウムイオン (K⁺)、カルシウムイオン (Ca²⁺)、マグネシウムイオン (Mg²⁺)（以上原子吸光光度法）、アンモニアイオン (NH₄⁺-N)（インドフェノール法）、全窒素、全リン（ペリオキシニ硫酸カリウム分解法）、COD（過マンガン酸カリウム法）、SS（重量法）などである。

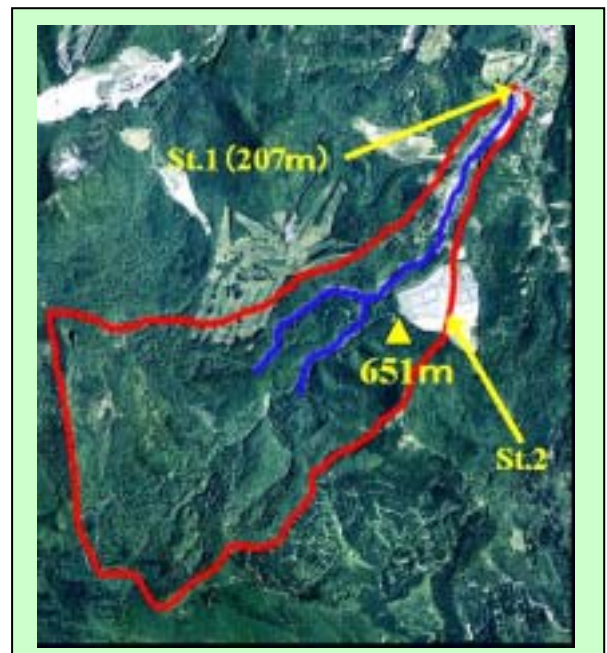


写真 - 1 オカバルシ川流域概要

4. 結果および考察

(1) 流出率について

今年の観測期間の降雨量と流量の関係を示したのが図 1 である。2003 年度と 2004 年度で同じ期間をとり流出率の比較をしたものが表 - 1 である。この流域では 2003 年と 2004 年の流出率にそれほど差が無いことから、この流域の流出率は 50% 程度であるといえる。また、ここでのいう流出率とは水収支を比較した結果の長期の流出率である。

表 - 1 オカバルシ川流出率の比較

	雨量 (mm)	流量 (mm)	流出率 (%)
2003年			
5月27日～11月8日	603	318	52.7
2004年			
5月27日～11月8日	533	270	50.6

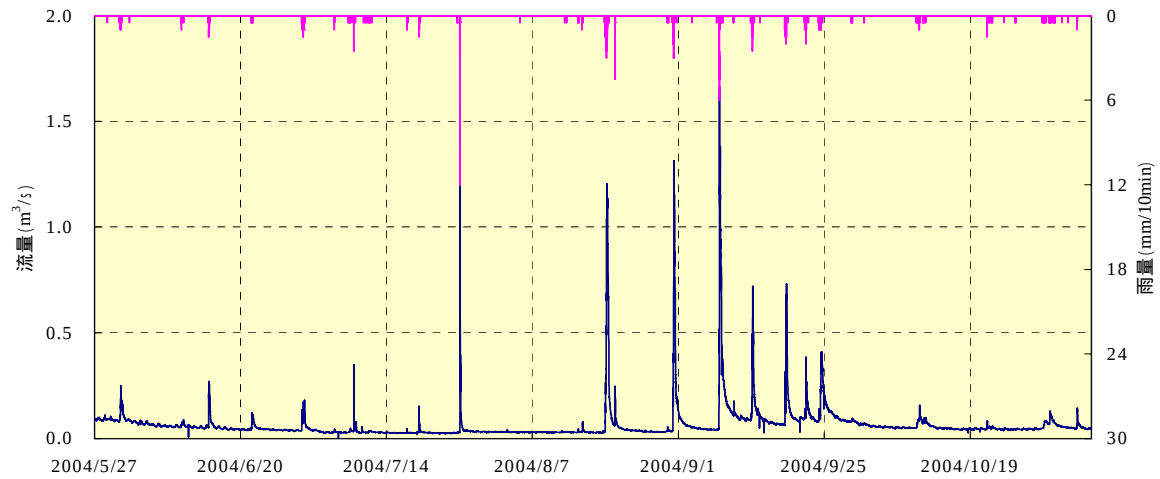


図 - 1 2004年観測期間の降雨量と流量の関係

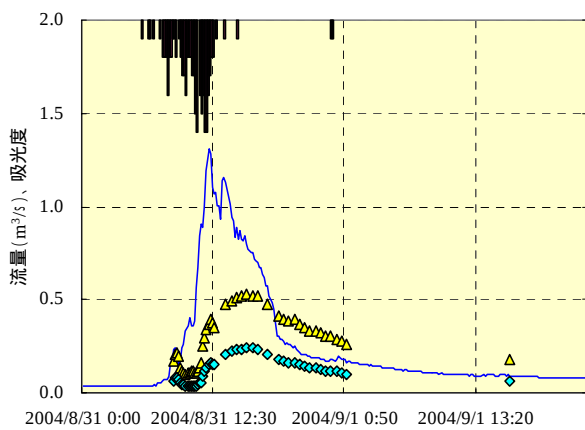


図 - 2 8月31日～9月1日の降雨量と流量の関係

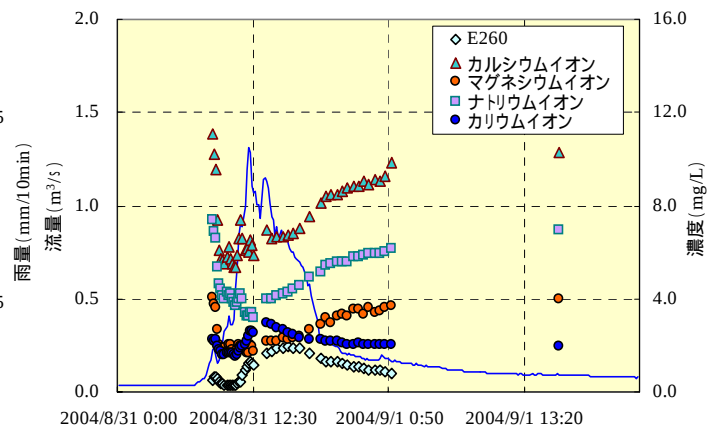


図 - 3 8月31日～9月1日の流量とカチオン成分濃度

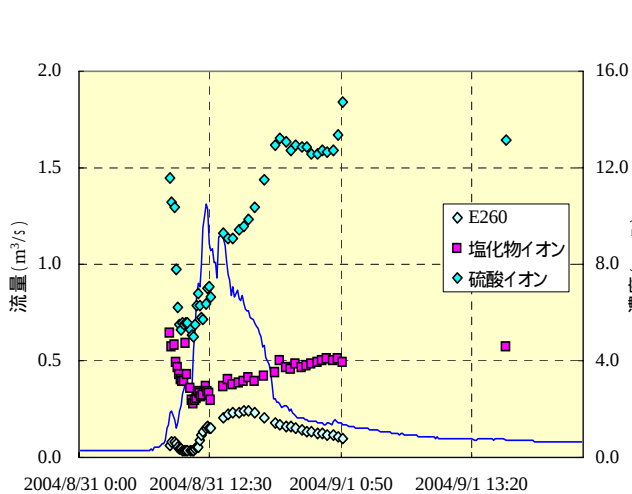


図 - 4 8月31日～9月1日の流量とアニオン成分濃度

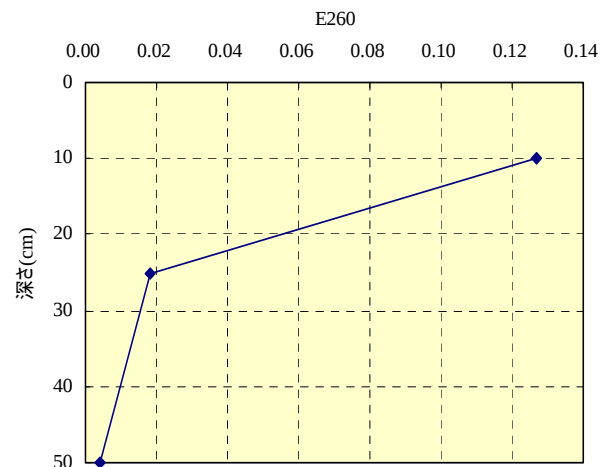


図 - 5 土壌中の E260 濃度の分布

(2)流量と濃度の関係

今年の観測期間ではピーク流量が $1\text{m}^3/\text{s}$ を超えるものが4つあった。中でも、流量立ち上がりから減衰時までをサンプリングすることができた、8月31日から9月1日にかけてのピーク（総雨量は50mm、ピーク流量は $1.31\text{m}^3/\text{s}$ ）を例にあげて雨量、流量と濃度の関係を示していく（図2）。図3と図4は、それぞれ流量とカチオン、アニオンの濃度変化を示したものである。図中の右にプロットされている点は湧水時の平均濃度を示している。図3を見ると、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ については流量のピーク時に濃度が下がり、流量が低下して行くとともに濃度が上昇していることがわかる。しかし、 K^+ は他のイオンとは違い、流量ピーク直後に濃度が上昇していることがわかる。またアニオンは図3のカチオン同様、流量と反比例の関係にあることがわかる。しかし、 SO_4^{2-} は流量減衰時にピークを持ち、 Cl^- は降雨初期においてピークを持つことがわかる。このようなカチオン、アニオンの濃度変化は他の増水時においても同様の傾向が見られた。次に、フミン質濃度の指標であるE220、E260と流量の関係を図2より見ていく。その結果、流量のピーク後にE220・E260の大きなピークがある。さらに細かく見てみると、降雨初期においても小さなピークを持っていることがわかる。このように、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- は流量の増加とともに濃度が減少し、その後流量の減少にともない濃度が増加することがわかった。 K^+ とE220、E260は流量減衰時に幅の広いピークを持つことがわかった。そのことを図5に示す土壌水の結果から見ていく。これはSt.2においてサンプリングしている土壌水のE260濃度の深さによる違いを示している。深さ10cmで採水した土壌水のE260が高く、深さが増すにつれて濃度が低下していることがわかる。この図より、河川水においてE220、E260が高いのは流域に降った雨が土壌の表層近く、特に10cm付近を流れたと考えることができる。

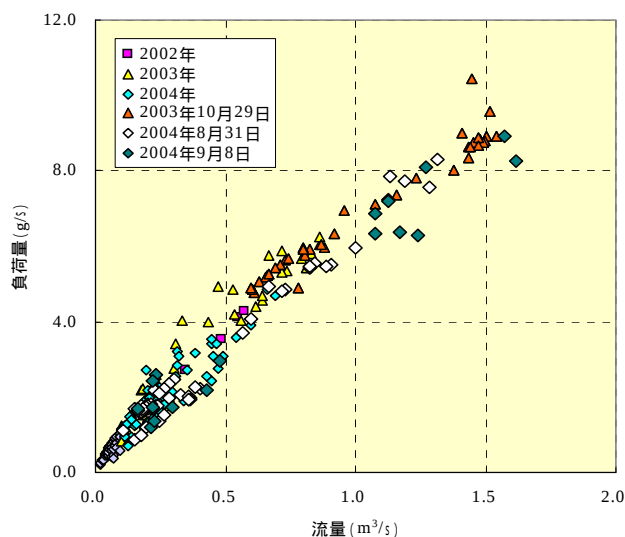


図 - 6 流量と Ca^{2+} 負荷量

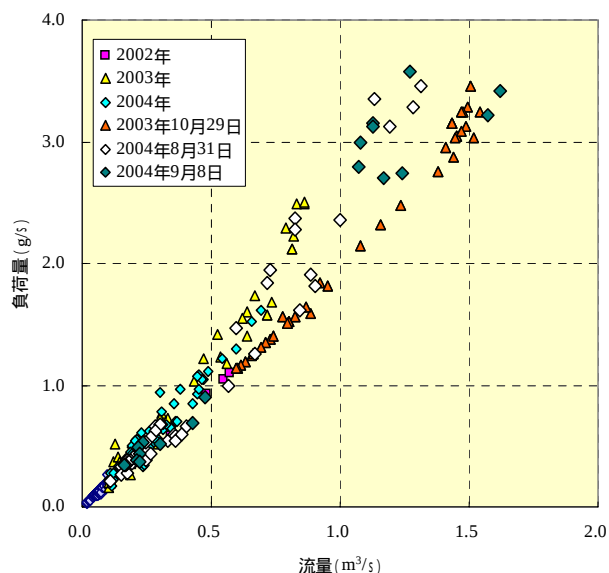


図 - 7 流量と K^+ 負荷量

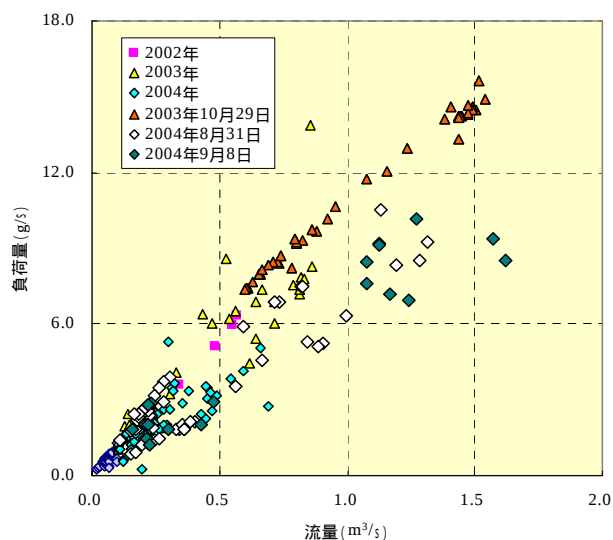


図 - 8 流量と SO_4^{2-} 負荷

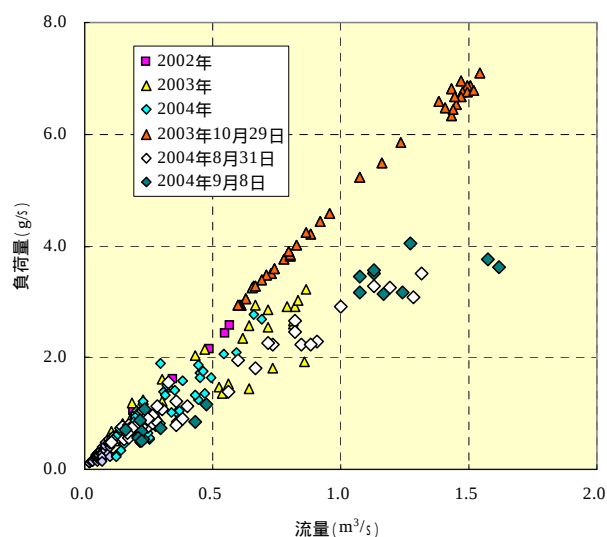


図 - 9 流量と Cl^- 負荷量

(3)溶存成分の流出特性

ここでは 2002 年～2004 年の調査結果をもとに溶存成分の流出特性についてみていく。図 6、7、8、9 はそれぞれ Ca^{2+} 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- の流量と流出負荷量の関係を示している。 Ca^{2+} については、2002 年～2004 年度までの LQ 式がほぼ 1 本の曲線で表すことができた。また Mg^{2+} 、 Na^+ についても同様の結果になった。 K^+ は他のカチオンと違い、今年の調査結果では流量の増加とともに負荷量も増加している。これは、(2)で述べたように流量直後の濃度上昇によると考えられる。 SO_4^{2-} の LQ 式は 2002 年～2003 年度までは直線で表すことができたが今年の調査結果ではそれを下回り、さらに流量が増えても負荷量があまり増加しない傾向にある。 Cl^- の LQ 式は SO_4^{2-} とほぼ同様になった。したがって、アニオンとカチオンは明らかに違いがあるということがわかった。昨年度報告したように、アニオンの流出負荷量は雨からの負荷量に影響を受けることがわかっているため、表 2 に 2003 年と 2004 年の雨水の月別平均濃度を示した。これを見ると、夏よりも秋において濃度の高い雨が降っていることがわかる。したがって Cl^- 、 SO_4^{2-} については雨からの影響を強く受けるため、河川水の流出特性にばらつきがみられると考えられる。しかし、流域からの供給量の方がはるかに多いと考えられるカチオン系物質は、雨水の濃度変化や負荷量に関係が無いと考えられる。

表 - 2 雨水の月別平均濃度の比較

		月別平均濃度(mg/L)						
		Cl^-	$\text{NO}_3^- \cdot \text{N}$	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
2003年	10月	4.40	0.30	2.97	2.24	0.22	0.24	0.27
	11月	4.03	1.32	10.75	2.46	0.00	0.26	0.00
2004年	7月	1.03	0.37	1.84	0.42	0.06	0.25	0.60
	8月	3.50	0.77	3.54	0.54	0.11	0.76	0.72

5. 結論

オカバルシ川流域を対象に 2002 年～2004 年度まで調査を行い、以上の結果を得ることができた。それらをまとめると以下ようになる。

- 1) 増水時のアニオンとカチオン (K^+ 以外) の濃度は、流量の増加にともない減少し、その後流量の減衰時に上昇する。
- 2) K^+ と E220、E260 の濃度は流量ピーク後に幅の広いピークを持つ。
- 3) E220、E260 の上昇は深さ 10 cm 以浅の地層内に存在するフミン質によると考えられる。
- 4) Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ の流量と流出負荷量の関係はほぼ 1 本の曲線で表される。しかし、 K^+ は、増水時に負荷量が大きくなる可能性がある。
- 5) カチオンに比較して Cl^- 、 SO_4^{2-} の流量と流出負荷量の関係はばらつきが大きくなる。これは、雨水濃度の違いが直接影響しているためと考えられる。

謝辞

本研究は、(財団法人)北海道河川防災センターの研究助成により遂行された。観測に際し多大なる協力を得た。また(財)聖山会には観測機器の設置にご協力頂いた。北海学園大学工学部余湖典昭研究室の 4 年生には調査、分析の際に協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) 今井圭介、山田俊則、余湖典昭；雨水中水質成分の起源と流域への負荷量、第 17 回 水文・水資源学会
- 2) 山田俊則、今井圭介、嵯峨浩、余湖典昭；小流域における水質成分の流出特性、第 59 回土木学会全国大会年次技術講演会