

豊平川におけるヒ素の降雨時流出特性

辰巳健一*、中埜渡文嘉*、三浦勝己*、成田隆広*（(株)ドーコン）
 神 和夫**（北海道立衛生研究所）
 眞柄泰基***、橋 治国***（北海道大学大学院工学研究科）

1. はじめに

筆者らは、前報¹⁾において、豊平川の水質管理を流域の鉱山活動や、温泉利用などの流域環境と関連させて検討した。本報告においては、降雨時の水質連続調査から、主にヒ素(As)の動態をその流出特性から考察した。砒素の動態解析は、札幌市の水道水源など水質環境の保全とも関連し、豊平川の流域管理のための重要な検討課題である。



図1 豊平川調査対象水域の概況

2. 調査対象地域の概要と調査方法

豊平川は、流域面積 904.8km²、流路延長 72.5km、源流は支笏洞爺国立公園内の小漁岳(1235m)にあり、豊平峡ダム、定山溪温泉街、その後数箇所のダムを通過して札幌市を貫流後石狩湾に注ぐ、石狩川水系の一級河川である。流域の概況を図1に示した。流れは一ノ沢ダム、砥山ダム、藻岩ダムで発電に利用され、また河川水の一部は藻岩ダムから札幌市藻岩浄水場に導水され飲料水として利用される。豊平川の水質汚染源は主に豊羽鉱山と定山溪温泉にあり、特に定山溪温泉排水に含まれるヒ素は豊平川下流部で水道水基準を超えることもあり、その動態が注目されている。^{1, 2)} 調査地点は豊平川の4地点、2次支川である白井川の1地点、計4地点である。調査は2001年8月21日~24日の降雨時(総雨量:79mm)に概ね2時間間隔で行った(各調査地点で計17回採水)。採水の際には、水位、気温、水温等を測定した。水質分析は前報²⁾と同様に前処理を行い、約30成分を定量した(懸濁態、溶存態は項目名に添え字P、Fを付けて区別した)。流況は、各ダムの流入・放流量、河川流量観測所の自動測定による流量データを用いた。

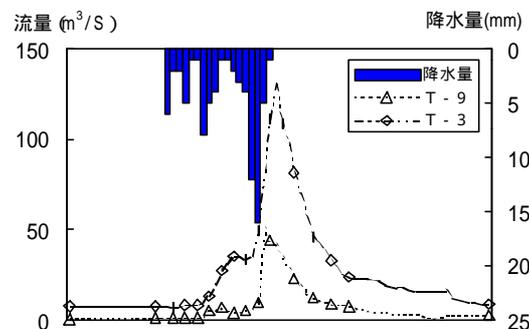


図2 降水量と流量の変化

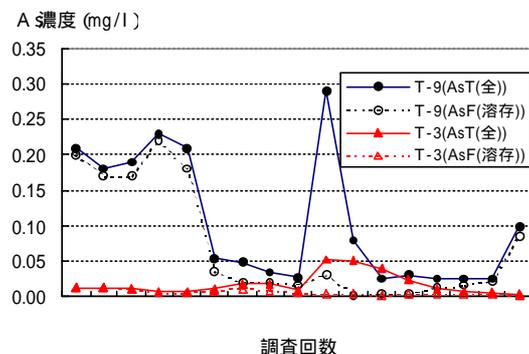


図3 As 濃度の経時変化

3. 結果の要約

3.1 ヒ素の流出特性

図2に流量変化の一例としてT-9とT-3を示した。期間中の流量は、降雨量と対応した変化を示し、ピークではそれぞれ50、130m³/s(23日3時頃)を記録した。

図3にT-9、T-3のヒ素濃度の経時変化を示した。降雨時の濃度変化の特徴は、初期は溶存態ヒ素が高濃度であるが、流量ピーク付近では懸濁態ヒ素が高濃度となる。

キーワード：水質汚濁、流域環境、ヒ素、流出

連絡先： 北海道札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4 1 Tel 011-801-1572 Fax 011-801-1573
 北海道札幌市北区北19条西12丁目 Tel 011-747-2211、Fax 011-736-9476
 北海道札幌市北区北13条西8丁目 Tel (Fax) 011-706-6277

比流量 (X: Q/A) と比成分流出負荷量 (Y: L/A) の関係を $Y=C \cdot X^n$ で整理 (図4) し、係数 C、n を表1に示した。図4、表1から、溶存態ヒ素は、流出量の大きな変化がなく、ポイント型 (希釈型) の流出を示す。懸濁態ヒ素は、ノンポイント型 (洗い出し型) の流出で、下流の T-7,3 では n が2以上になり、この傾向が強まる。

3.2 懸濁物質と懸濁態ヒ素の関係

図5に SS と懸濁態ヒ素の関係、表2に河川水の SS 及び底質中 (前報¹⁾による) のヒ素含有量の値を示した。SS と懸濁態ヒ素の間には、正の相関関係が認められ、懸濁態ヒ素は SS 中に比較的均一に含まれることがわかる。

温泉の下流地点 (T-9~3) における SS 中のヒ素含有量は、汚染の影響を受けない地点 (T-10, S-8) より高い値を示し、また底質 (シルト・粘土) 中のヒ素含有量と同程度の値を示す。ヒ素はこの区間で堆積し、降雨による増水時には、シルト・粘土分の洗い出しによって懸濁態ヒ素が高濃度で流出することがわかる。

これらの結果は、主成分分析 (表3) によっても裏付けられる。第一主成分 (寄与率: 49%) は「発生源の差異」、第二主成分 (寄与率: 30%) は「変動の大きさ」を示している。ヒ素は SS 及び他の懸濁成分と同じような挙動を示すことがわかる。

結論

豊平川流域において降雨時の調査を行い、特にヒ素の動態を、流出機構から解析した。溶存態ヒ素は流量増加に伴い希釈されるポイント型 (希釈型) の流出を示すが、懸濁態ヒ素は懸濁成分と共にノンポイント型 (洗い出し型) の流出を示すことがわかった。平水時に底質中のシルト・粘土分に蓄積されたヒ素は、降雨時には底泥の巻き上げにより懸濁態ヒ素として高濃度で流出することがわかった。

今後は懸濁態と溶存態を区別した動態及び流出解析による下流域への影響、ダムや流水制御などの河川管理方法について検討したい。

謝辞: 本研究を遂行するのに際し、北海道開発局石狩川開発建設部、北海道電力 (株) には流量データ提供のご協力をいただいた。記して謝意を示します。

表2 河川水と底質のヒ素含有量の比較 単位 mg/kg

区分	No.	S-8	T-10	T-9	一の沢 ダム	T-7	砥山 ダム	藻岩 ダム	T-3
河川水	Asp/SS	24 ~ 47	38 ~ 71 (59)	85 ~ 765 (227)		100 ~ 125 (121)			75 ~ 116 (94)
底質 (<2mm)	As				123 ~ 244	15 ~ 95	33 ~ 34		
底質 (<0.02mm)	As				98 ~ 225	127 ~ 154	83 ~ 95		

注) 河川水の括弧内は加重平均値

(参考文献)

- 1) 辰巳、橘他: 豊平川における砒素の動態と底質環境、第56回土木学会年次学術講演会講演概要集() p82 ~ 83, 2000
- 2) 青木、佐藤、眞柄他: 豊平川水系におけるヒ素の挙動とその環境リスク評価、第6回衛生工学シンポジウム論文集 p55-60, 1998

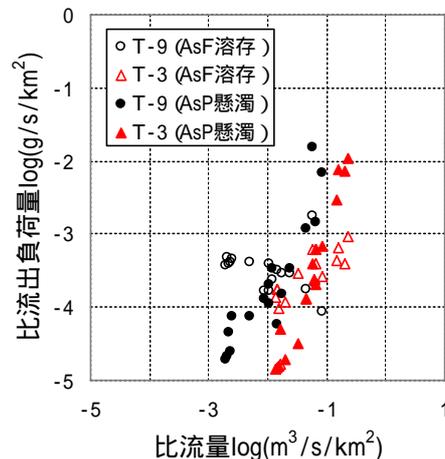


図4 比流量と比成分流出負荷量の関係

表1 比流量と比成分流出負荷量

区分	No.	C	n	相関係数
As _F	T-9	-3.797	-0.14	0.29
	T-7	-3.801	-0.31	0.34
	T-3	-2.657	0.73	0.74
As _P	T-9	-1.001	1.37	0.91
	T-7	-0.530	2.86	0.84
	T-3	-0.536	2.38	0.98

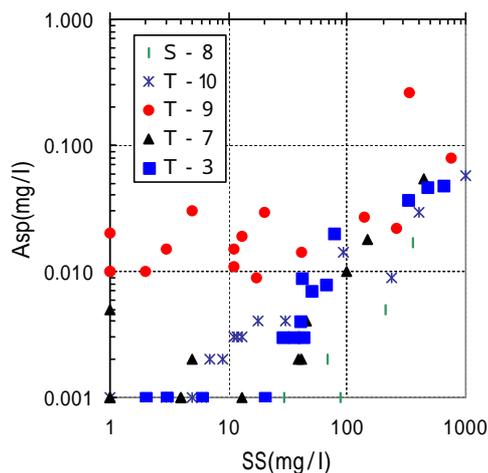


図5 SS と As_p の関係

表3 主成分分析の結果 (主成分負荷量)

	第一主成分	第二主成分
SS	-0.51	0.78
D-N	-0.13	0.41
P-N	-0.58	0.72
DOC	-0.55	0.48
POC	-0.50	0.78
As _F	0.92	0.34
As _S	-0.16	0.68
Fe _p	-0.51	0.79
Fe _e ⁺	-0.32	0.49
Na	0.92	0.34
Cl ⁻	0.91	0.35