

長期水質調査データに基づく酸生河川の水環境評価

山形大学 工学部
山形大学 工学部
山形大学 工学部
山形大学大学院 理工学研究科
山形大学大学院 理工学研究科

○佐々木 貴史
安齋 聡彦
吉川 栄史
水口 仁志
遠藤 昌敏

1. はじめに

近年、日本では従来の環境基準項目に亜鉛が追加される等、水域生態系に対する有害な金属類の規制および水圏環境の監視が重要視されている。

最上川上流域に位置し山形県米沢市を流下する松川は、その上流部に位置する旧西吾妻鉾山からの鉾山廃水処理水を受容する酸生河川である。本研究では、松川において長期にわたる水質調査を行い、それらデータの解析に基づいて水質の経年変化から最上川上流域における水圏環境の現状を把握し、鉾山廃水処理水が水質に与える影響を検討した。また、松川の人工的な分流である掘立川においても水質調査を行い酸生河川の流下に伴う水質の挙動について検討した。

2. 調査地点と調査方法

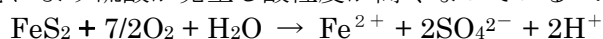
松川および掘立川の採水地点を図 1 および 2 に示す。松川において、鉾山廃水は愛ノ沢と合流し浸透櫛に集められ、浸透櫛直下の地点において 80m×80 本のボーリング坑により地下に浸透させる中和浸透処理が行われる。処理水は明道沢および矢沢に流出している。本研究では、1976 年以降、夏季と秋季における水質調査を継続している。また、2008 年度の掘立川上流部において季節ごとに 5 回調査した。

現在の調査では、採水した河川水の陰イオン (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) およびアンモニアをイオンクロマトグラフ DX-100 (DIONEX) およびインドフェノール青吸光光度法によりそれぞれ測定した。金属元素は、試料を前処理後、ICPS-7000 (島津製作所) および Z-5010 形偏光ゼーマン原子吸光光度計 (日立ハイテク) を用いて測定した。

3. 調査結果および考察

3-1 松川

松川の最上流部に位置する旧西吾妻鉾山では、鉾床と水が接触し、以下に示す反応により硫酸が発生し酸性度が高くなっている¹⁾。



浸透櫛において SO_4^{2-} , Fe , Zn および Pb 濃度は経年的に減少し、pH は上昇傾向にある (図 3~7)。また、 SO_4^{2-} 濃度の経年変化と H^+ , Fe , Zn および Pb の mol 濃度の経年変化は高い正の相関にあること明らかになった (SO_4^{2-} と H^+ , Fe , Zn および Pb の相関係数はそれぞれ 0.833, 0.671, 0.827, および 0.827)。これは、鉾山廃水の排出量が経年的に減少傾向にあることを示している。

図 8~11 は 2002~2008 年度の平均を示す。硫酸イオン濃度は、浸透櫛では 400~500mg/l 程度と非常に高濃度であり、明道沢および矢沢では 200mg/l 以下に減少している (図 8, 図 9)。また、合流点以降においても支

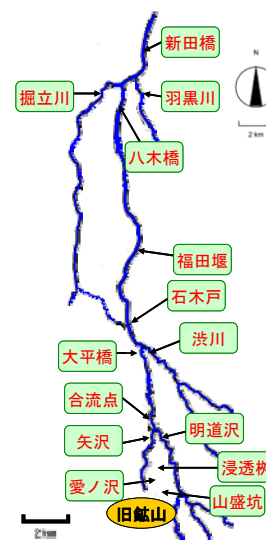


図-1 松川採水地点

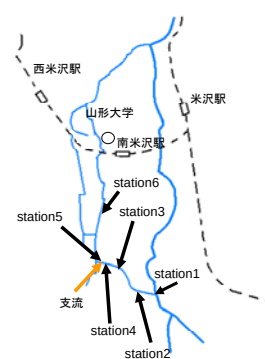


図-2 掘立川採水地点

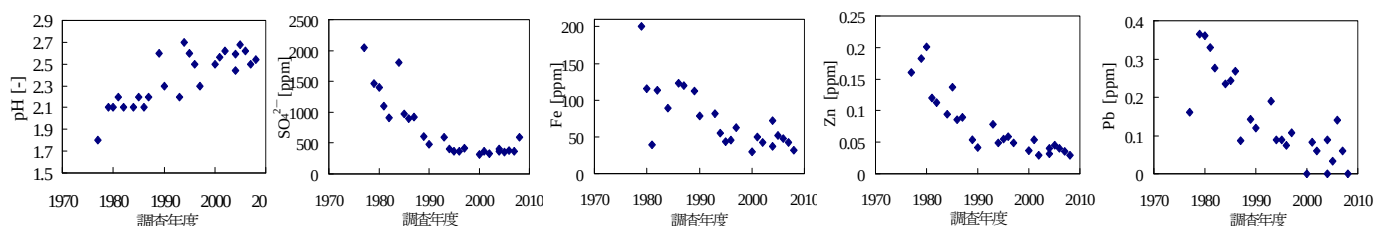


図-3 pH 経年変化
(秋, 浸透櫛)

図-4 SO_4^{2-} 濃度経年変化
(秋, 浸透櫛)

図-5 Fe 濃度経年変化
(秋, 浸透櫛)

図-6 Zn 濃度経年変化
(秋, 浸透櫛)

図-7 Pb 濃度経年変化
(秋, 浸透櫛)

流の流入等により流下に伴って減少する傾向を示した。塩化物イオンおよび硝酸イオン濃度は福田堰以降に上昇している。福田堰以降は市街地に位置しており、家庭内排水および農業用水の流入が上昇の原因と考えられる。

山盛抗～浸透桝間において pH は 2~3 程度と非常に低く、金属が高濃度で存在していることが明らかとなった(図 10)。ボーリング坑処理後に Fe 濃度は急激に減少し、pH が 4 程度に上昇する傾向が見られた。また、石木戸から八木橋間では Al が 0.1ppm 以下まで減少した後に pH が 6 以上に上昇する傾向が見られた。

松川では、Fe および Al の溶解度の低下に伴って Fe 濃度および Al 濃度が減少し、pH が上昇する傾向にあることがわかる(図 11)。

松川において高濃度で存在する Fe および Al は pH 上昇を阻害する緩衝物質として機能しているといえる。また、図中の金属濃度プロットは金属濃度の減少および pH の上昇に伴って溶解度理論線上から外れており、これは高 pH において溶解している Fe および Al は水酸化物以外の形態で存在していることを示唆している。

3-2 掘立川

掘立川では station3 と 4 間で Al の濃度および負荷量の減少に伴い pH の上昇が確認された(図 12 および 13)。これは松川の福田堰から八木橋間での Al の減少による pH 上昇と同様であり、station3 まで Al の干渉作用が働いているといえる。Fe 濃度も減少しているが station1 の時点ですでに少ないため緩衝作用は低いと考えられる。

4. まとめ

鉱廃水の硫酸イオンは年々減少し、pH は上昇しており、上流部の水質は改善傾向にあるといえる。また、ボーリング坑による浸透処理による水質改善が現在もなされていることが確認された。松川において Fe および Al の溶解度の低下に伴って Fe および Al 濃度が減少し pH が上昇する傾向を示した。掘立川では Al 濃度の減少時に pH 上昇の傾向が見られた。図 11 から、図中の金属濃度プロットは金属濃度の減少および pH の上昇に伴って溶解度理論線上から外れており、これは高 pH において溶解している Fe および Al は水酸化物以外の形態で存在していると考えられる。

両河川とも一般河川と比べ酸性度は未だ高く長期にわたる監視が必要である。

<参考文献>

- 1) Ata Akcil, Soner Koldas, Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies, *Journal of Cleaner Production* **14**, 1139-1145, 2006.
- 2) 藤永太郎, 関戸栄一, イオン平衡, 化学同人, 1979.
- 3) Snoeyink, V. L. and Jenkins, D., *Water Chemistry*, Jhon Wiley & Sons, Inc., 1980.

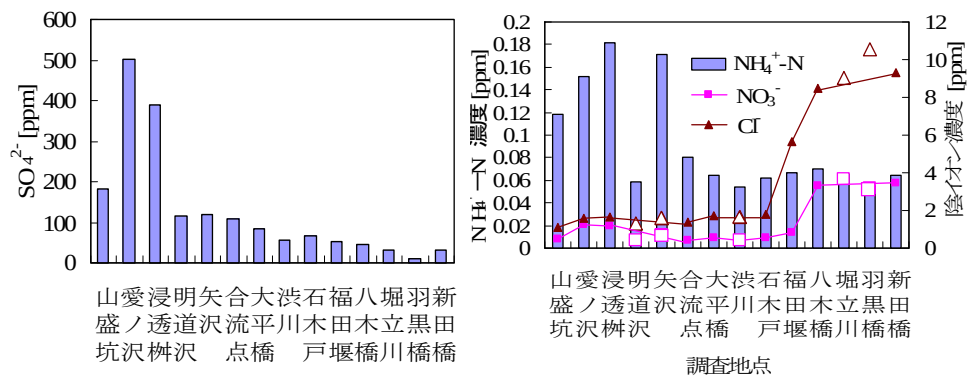


図-8 SO_4^{2-} 濃度

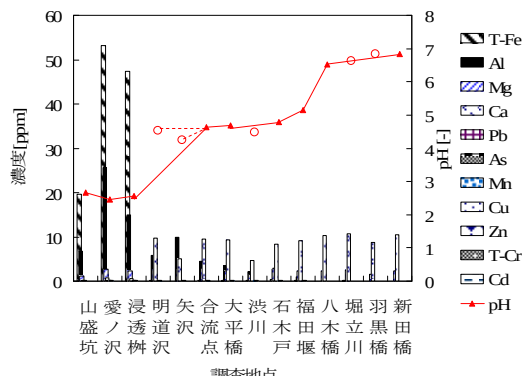


図-10 金属濃度および pH

図-9 Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ -N 濃度

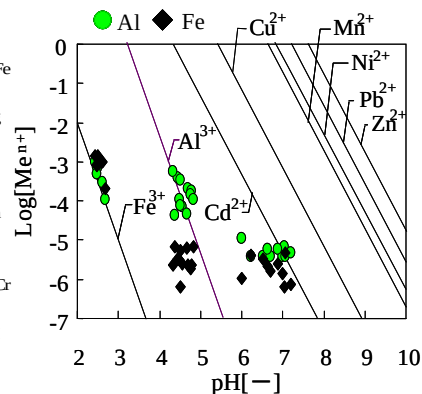


図-11 Fe 濃度, Al 濃度および pH と主要な金属の溶解度

*水酸化物の溶解度理論線^{2, 3)} および実測値を示す

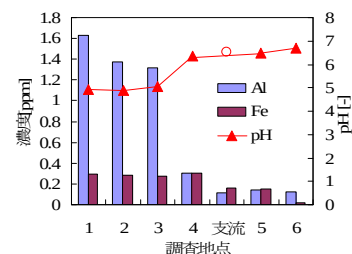


図-12 pH, Al および Fe 濃度 (12月16日採水)

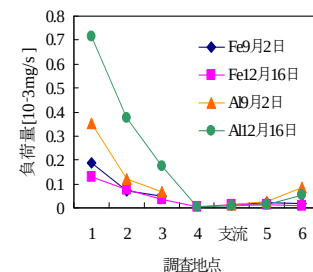


図-13 Al および Fe の負荷量