

吾妻連峰を起源とする酸性河川の流下に伴う水質挙動

山形大学	工学部	正会員	○ 佐々木 貴史
山形大学	工学部		堀内 耕平
山形大学	工学部		水沼 里美
山形大学大学院	理工学研究科	正会員	遠藤 昌敏

背景及び目的：山形県と福島県の県境に位置する吾妻連峰は 2000m 級の峰々が東西に連なっており、現在でも活動中の火山が存在している。その吾妻連峰の山麓には旧鉱山や温泉が点在しており、それらの鉱廃水及び温泉廃水の流入によって酸性化した特徴的な河川環境が存在している。本研究では、この吾妻連峰を源流とし、多量の酸と重金属類を含む旧硫黄鉱山からの浸出水を受容する河川と上流部において酸性度の高い温泉水及び温泉廃水が流入する河川の 2 つの酸性河川について水質調査を行った。上記の酸性化要因の異なる 2 つの酸性河川から得られた水質データに対して多変量解析手法を用いた解析をすることから、これら河川の流下に伴う水質の挙動の類似性及び水質パラメータ間の関連性について検討を行った

調査方法：吾妻連峰から山形県側に流下する松川(Fig.1)は旧西吾妻硫黄鉱山からの鉱廃水の流入により酸性化している河川である。採水地点は Fig.1 に示される合計 8 地点とした。Fig.1 中の T は廃水処理施設であり鉱廃水の地下浸透処理が行われている。調査は 2015/7/22 および 10/22 に実施した。

吾妻連峰から福島県側に流下する須川、白津川および荒川(Fig.2)は高湯温泉と微温湯温泉の温泉水および温泉廃水の流入によって酸性化している。A-1 において須川と白津川が合流し、荒川となっている。採水地点は須川、白津川および荒川においてそれぞれ 4 地点、4 地点および 7 地点とした。調査は 2015/5/25、6/30、9/4、10/16 および 12/8 に実施した。測定項目は pH、導電率 (EC)、水温、金属イオン濃度 (Na, Al, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Cd, および Pb)、陰イオン濃度 (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) とした。陰イオン濃度は 0.45μm で濾過した河川水サンプルをイオンクロマトグラフにて測定を行った。また、金属イオン濃度は、濾過した河川水サンプルを酸分解の後、ICP-MS にて測定した。データ解析の際は Fig.1 の M-7 付近の新田観測所の水位データ、Fig.2 の A-1 付近の水保観測所、A-2 付近の天戸川観測所、A-3 付近の館ノ下観測所、A-6 付近の八木田観測所および A-7 付近の上名倉観測所の水位データを使用した。

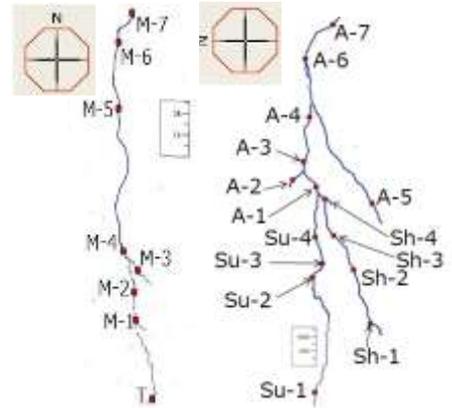


Fig.1 松川における採水地点 (左) および須川、白津川と荒川における採水地点(右)

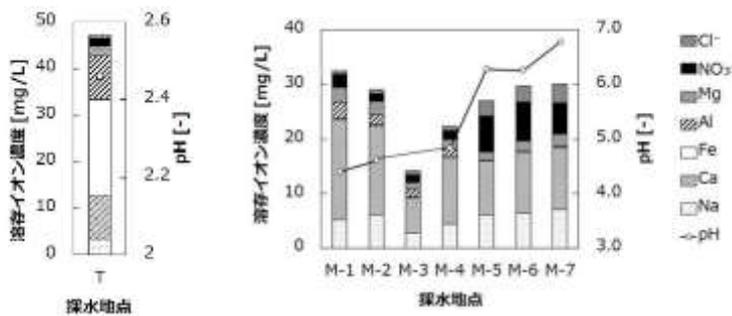


Fig.3 松川における溶存イオン濃度変化

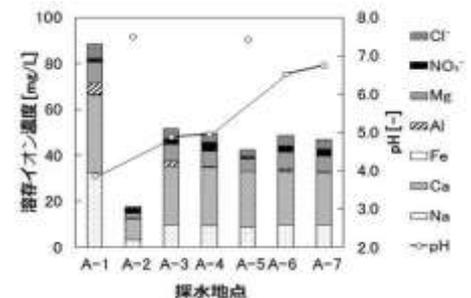


Fig.4 荒川における溶存イオン濃度変化

結果及び考察: Fig.3 に 7/22 の松川の各調査地点における pH および溶存イオン濃度の変化を示した。松川の鉱廃水処理施設 T における鉱廃水は pH2.5 程度と非常に高い酸性度を示し、鉱廃水処理後の上流部(M-1)では pH

が4~5に上昇し、最下流部(M-7)では6.8まで上昇した。硫酸イオン濃度は鉱廃水処理施設Tでは930 mg/Lであったが浸透処理後のM-1で400 mg/Lに減少し、そこから流下に伴い徐々に低下し、最下流部のM-7では120 mg/Lとなった。また、M-4以降においてNa、ClおよびNO₃⁻が4 mg/Lから7 mg/L、1 mg/Lから3 mg/Lおよび2 mg/Lから6 mg/Lまでそれぞれ上昇している。M-4以降の調査地点は農業用地および市街地に位置しており、周辺からの農業排水および生活排水の流入がNa、ClおよびNO₃⁻の上昇の原因であると考えられる。

Fig.4に9/4の荒川における流下に伴う溶存イオンの変化を示した。白津川および須川の合流点である荒川のA-1はpH3~4を示し、天戸川と荒川の主要な支流の流入に伴いpHが上昇し、下流部A-7では6.8となった。硫酸イオン濃度はA-1の600 mg/Lから流下に伴い減少しA-4において360 mg/Lとなるが、A-6にて若干上昇し、最下流部のA-7では400 mg/Lとなった。また、荒川は温泉廃水中に高濃度で存在するNaおよびClの影響でそれらの濃度が上流部において高く、A-1以降においてNaおよびClは33 mg/Lから10 mg/Lおよび6 mg/Lから4 mg/Lに減少する傾向を示している。Fig.5およびFig.6にそれぞれ7/22の松川および9/4の荒川における溶存イオンの変化率を示す。なお、図中の値はそれぞれの河川における最上流部A-1およびM-1における各種溶存イオン濃度を100%とした場合の割合を示す。松川および荒川の双方においてAlの挙動が他の主要な溶存イオンの挙動とは異なって減少していることが確認された。両河川においてSO₄²⁻およびMnは支流におけるそれらの濃度と比較して上流部において高濃度で存在しており、流下に伴うSO₄²⁻およびMnの挙動はこれら支流の流入に伴う希釈によるところが大きいと考えられる。従って、両河川においてSO₄²⁻およびMnの挙動と大きく異なる挙動を示したAlは支流等の流入に伴う希釈のみならず他の要因に影響を受けている可能性が高いといえる。Fig.5およびFig.6において、松川のM-4~5の間と荒川のA-3~4の間において急激にAlの濃度が減少している。松川ではAlが0.021 mg/LであるM-5以降、荒川ではAlが0.041 mg/LであるA-4以降においてそれぞれpHが4.8から6.3および5.0から6.5に急激に上昇している。Alは、pH4~5付近において下式のような反応を起こしAlの加水分解種が生成することが明らかとなっている¹⁾。

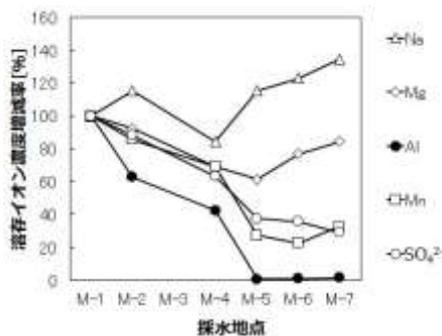


Fig.5 松川における溶存イオンの変化率

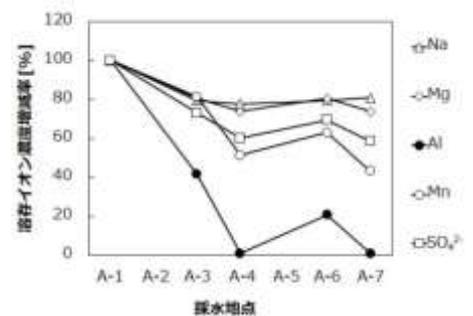
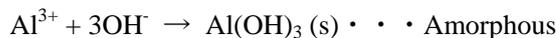


Fig.6 荒川における溶存イオンの変化率



松川および荒川の両河川においてAlはその加水分解反応によってOHを消費し、pHの上昇を阻害しているものと考えられる。

まとめ:酸性化要因の異なる荒川と松川のどちらの河川においてもpHが5付近でAlイオン濃度が急激に減少し、pHが急激に上昇することが確認された。Alはこれらの酸性河川において支流の流入等のアルカリ源の供給により加水分解しており、その反応に伴ってOHが消費され河川のpHの上昇を阻害しているものと考えられる。

土木技術発表会では、秋季および冬季のデータを含めた全ての水質データを用いた多変量解析の結果から、これら河川の流下に伴う水質の挙動の類似性及び水質パラメータ間の関連性について発表を行う。

参考文献:

- 1) Masatoshi ENDO, Naoki SUGAI, Kazuhiro HIKICHI, Masaru SANJO, Hitoshi MIZUGUCHI, Atsushi SASAKI, Variation of Water Quality Arising from the Hydrolysis of Aluminum in the Acidified River, Journal of Water and Environment Technology, Vol.13, No. 2, pp.141-152, 2015.