

河床構成物からの鉄の溶出特性

岩手大学工学部 学生会員 ○加賀 豪

岩手大学工学部 正 会 員 伊藤 歩 相澤治郎 海田輝之

1. はじめに

岩手県矢巾町の岩崎川は、断面が狭小で治水安全度が低く、家屋や農地などの浸水被害が発生し、また、地元からの事業促進の強い要望により河川改修工事がなされた。この工事の際に河床を掘削した結果、河床に赤茶色の沈殿物が顕著に見られるようになった。これは鉄を多く含む地層まで掘削したため、河川水に鉄が溶出して生成されると考えられる。そこで、本研究では岩崎川における鉄の挙動とその起原について調査した。

2. 調査方法および実験方法

2. 1 対象河川における水質調査

調査の対象とした岩崎川は、岩手県内陸の矢巾町から紫波町にかけて流れ、北上川に合流する一級河川である。岩崎川流域は、平成2年度の集中豪雨により広範囲にわたる浸水被害を受けた。河川改修工事は、平成4年度から平成17年度までに北上川合流部から岩崎川上流へ約5kmに渡り行われた。今後も上流に向かって改修工事が行われる予定になっている。調査地点は、岩崎川上流部の未工事地点を St.1 とし、そこから5km下流の北上川合流部付近まで計6箇所設置した。St.1の下流約50m地点が、工事が行われた最上流部である。調査日は平成19年7月12日、10月10日、11月8日の3日である。水質の分析は、各地点において河川水をポリエチレン製容器に採取し、河川水質試験方法(案)と水の分析第4版に基づき水質の分析を行った。測定項目は気温、水温、pH、SS、DO、BOD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、T-N、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、T-P、全鉄、溶解性鉄(Fe^{2+} 、 Fe^{3+})、その他金属(溶解性、全金属)である。

2. 2 コアサンプルを用いた溶出試験

試験に用いたコアサンプルは、改修工事前の地盤高に基づいた深度6.70~13.44mの砂礫(Ag)と、深度1.80~5.30mの砂質シルト(Am)であり、Agは河川改修工事で現在河床に露出している地層である。この2つの土壌について、土壌環境基準と下水試験方法に基づいて分析を行った。金属含有量は、底泥を硝酸と塩酸による煮沸溶出法で前処理した後、ICP-MSにより測定した。Ag、Amの鉄の含有量はそれぞれ19.0、22.7g/kgである。溶出試験は、固形物濃度を風乾重量換算で100g/lとし、pHを7.2に調整し、25℃、120rpmで振とうして行った。pH調整には1MHCl、1MNaOHを用いた。さらに窒素曝気し、DOを1mg/l以下にしたものを無酸素条件とし、好気条件と比較した。Agに関してはpH無調整の条件も検討した。採水後に遠心分離を行い0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過し、そのろ液を試料水とした。測定項目は溶解性金属、pH、ORP、DOである。金属濃度の測定は硝酸と塩酸による煮沸溶出法で前処理した後、ICP-MSにより行った。また、 Fe^{2+} は1,10-フェナントロリン法で測定した。

表-1 水質の概要 (H.19.11.8)

調査地点	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
気温(°C)	10.4	11.6	11.4	12.5	13.6	13.7
水温(°C)	8.1	8.6	9.9	10.1	10.6	10.9
流量(m ³ /s)	0.13	0.19	0.22	0.37	0.34	0.32
pH	7.6	7.1	7.0	6.9	6.9	6.9
SS(mg/l)	5	4	8	5	12	11
DO(%)	108.3	101.6	98.8	95.6	101.8	98.5
BOD(mg/l)	2.6	1.7	1.3	1.2	0.9	1.1
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/l)	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10
$\text{NO}_2^-\text{-N}$ (mg/l)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
$\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/l)	1.11	1.02	0.91	0.77	0.68	1.05
T-N(mg/l)	1.40	1.20	1.20	1.64	0.93	1.61
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (mg/l)	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
T-P(mg/l)	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.12
Fe^{2+} (mg/l)	0.06	1.08	1.19	1.61	1.85	1.83
Fe^{3+} (mg/l)	0.01	0.03	0.01	ND	0.10	0.42
全鉄(mg/l)	1.06	1.62	2.37	3.99	4.86	4.88

3. 実験結果および考察

3. 1 水質調査

表-1に岩崎川における水質調査の結果を示す。なお、測定値は平成19年度11月8日(晴天の日)

の結果である。鉄以外の水質に関しては、窒素はほとんどが NO_3^- -N である。リンは St.1 の PO_4^{3-} -P が高い値を示した。DO、BOD に関しては環境基準の A 類型をほぼ満足している。

図-1 に河川水の Fe^{2+} と全鉄の濃度の流下方向における変化をそれぞれ示す。St.1 は改修工事が行われていない地点であるので、いずれの値も低い。その下流では流下方向に徐々に増えていくことがわかる。岩手県の主な河川の水質では Fe^{2+} の濃度は $0.01\sim 0.06\text{mg/l}$ であるが、岩崎川では $0.03\sim 1.83\text{mg/l}$ であることから鉄の濃度が高いことが分かる。また、河岸の流れのない場所には、鉄細菌の集落が観察され、また、 Fe^{2+} は中性付近では容易化学的に酸化されるにもかかわらず、検出されたことから Fe^{2+} が溶出していることが分かる。

3. 2 溶出試験

試料と水の混合直後での初期 pH は Ag、Am がそれぞれ 4.9、5.1 付近まで低下し、DO は好気条件の場合は $7\sim 10\text{mg/l}$ 、無酸素条件の場合は 1mg/l 以下の値を示した。ORP は Ag、Am ともに $250\sim 300\text{mV}$ 、pH 無調整の Ag で $400\sim 450\text{mV}$ の値を示し、好気条件と無酸素条件で大きな差はなく、経時的な変化もほとんどなかった。

図-2 に溶解性全鉄と Fe^{2+} の濃度変化をそれぞれ示す。3 つの試料に共通して、好気条件と無酸素条件との間に大きな差は見られなかった。最も鉄の溶出量が多いのは Ag であることが分かるが、pH 無調整ではほとんど溶出しなかった。Am では 1 日目付近まで溶出速度が速く、その後は徐々に溶出した。 Fe^{2+} については、Ag と Am の間で濃度の差はさほど現れず、その値自体も小さいため、 Fe^{2+} の形態で溶出する鉄の割合は小さいと考えられる。Ag の pH 無調整では濃度がほとんど増加しなかった。pH が 5 程度で溶液が酸性を示す時は鉄の溶出が起こらず、アルカリを加えて中性で鉄が溶出したことから、腐植質の関与も考えられ、さらに検討する予定である。鉄以外の金属の例として溶解性亜鉛濃度の変化を図-2 に示す。亜鉛も Ag からの溶出濃度が高く、pH 無調整では溶出濃度が最も低かった。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- ・ 現在河床に露出している地層である Ag からの鉄の溶出が Am と比べて大きく、時間経過に従ってその差は大きくなる。
- ・ 河床からの鉄の溶出は土壌の pH が影響していると考えられる。
- ・ 溶解性全鉄濃度に対して Fe^{2+} の濃度が低いことより、河床からの鉄の溶出形態を今後検討する必要がある。

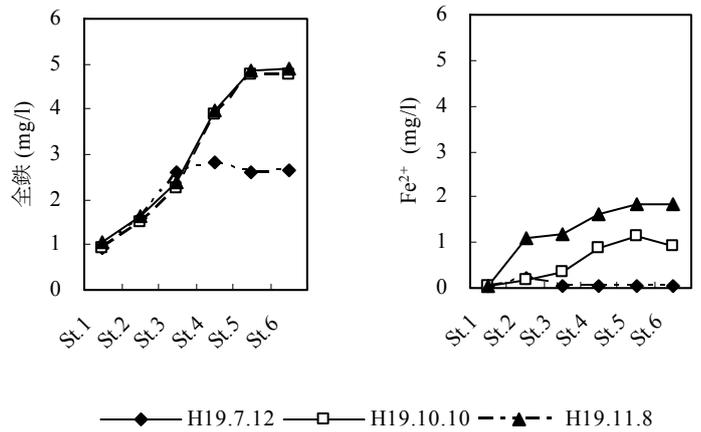


図-1 河川水の Fe^{2+} 、全鉄の濃度の変化

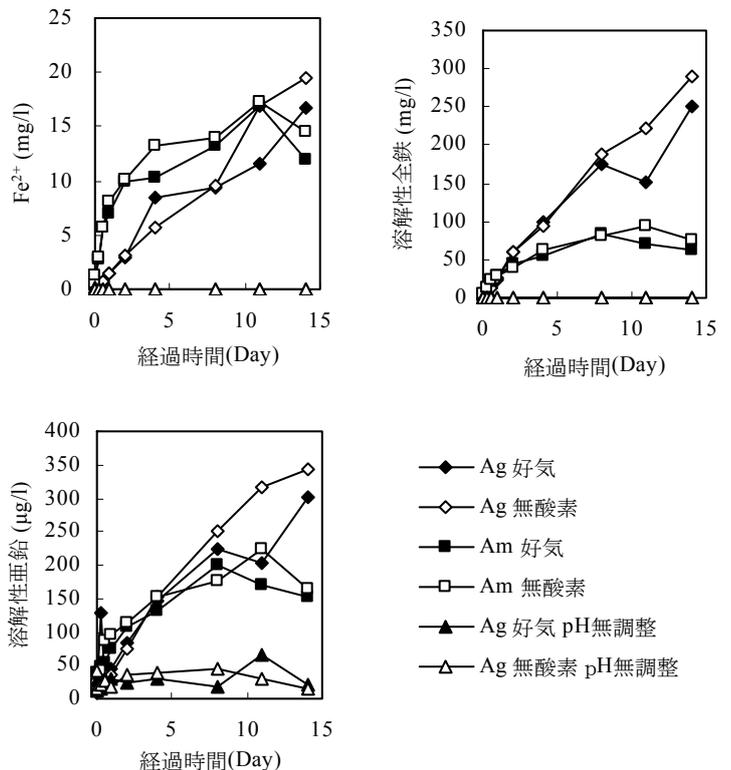


図-2 溶解性の Fe^{2+} 、全鉄、亜鉛の濃度の経時変化