

北上川の水質とその機構

東北地方建設局 岩手工事事務所 正員 椎野 佐昌
正員 齊田 重夫

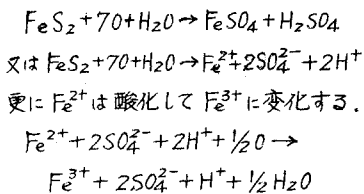
1. はじめに

北上川の酸性汚濁の原因は上流部の二次支流赤川が合流しているからであり、赤川は旧松尾鉾山区域を貫流して、鉾山から排出される鉾毒水が合流する結果、強烈な酸性河川となっている。松尾鉾山が肉山した現在においても鉾毒水が流出して北上川全川の汚濁の原因となっており、建設省において中和処理を行なって四十四田ダム下流の北上川はほぼ正常な水質を維持している。ここで赤川及び北上川の水質特性を把握しその機構を解明して、将来の抜本的な恒久対策を樹立するための調査を実施しているのでその一端を報告する。

2. 坑内水の酸性化について

旧松尾鉾山に埋蔵されている硫化鉄鉱には黄鉄鉱と化学的に不安定な白鉄鉱があり、いつも空気存在のもとで地下水に酸化溶解する性質をもっている。これらの鉱石が空気中の酸素の供給をうけて酸化分解する結果、地下水の硫酸と硫酸第一鉄の濃度が著しく高くなって坑内水として流出するものである。鉾毒水の酸性成分の主なものは H^+ (PH), Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , などがあり、硫化鉄鉱が地下水と酸素の供給をうけて、次のような反応を生ずる。

表-1 北上川水質調査表



以上の反応式を裏付けるデータは表-1であり、赤川最上流部の河川水が伏没して地下水となり坑道に接触したり、汚濁源を貫流する結果、酸性化されるものである。

3. 赤川の中和処理

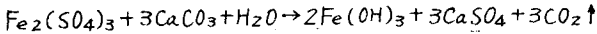
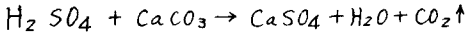
鉾毒水が赤川に流出し、強酸性の河川となっているので中和処理を実施している。現在は鉾毒水とまとめて処理する設備がないため、赤川河水の大部分に直接中和剤を投入しており、投入量は四十四田ダムまで合流する中性の河川水の希釈ならびに中和効果を見込んで水質目標値に合うように試算している。

4. 中和反応について

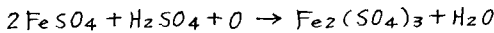
硫酸ならびに硫酸第一鉄と多量に含んでいる赤川河水に対してタンカルを

項目	年月日	Q	Tw	PH	84Ac	TFe	Fe ²⁺	Al ³⁺	SO ₄ ²⁻
源流(比叡)	47.10.6	(m ³ /s) 3.21	(°C) 7.3	4.68	(mg/l) 7.0	(mg/l) 0.09	—	(mg/l) —	(mg/l) —
地味湧出	5.30	0.17	16.5	2.32	16,266.0	4,083.0	3,425.0	970.0	17,783.0
坑内水(112)	5.25	21.5	25.5	1.00	23,016.0	5,081.0	4,802.0	1,258.0	22,550.0
	10.25	23.2	22.5	1.39	9,074.0	1,704.0	1,620.0	624.0	8,948.0
	48.4.26	27.2	21.0	1.47	6,984.0	1,290.0	1,153.0	330.0	6,786.0
	7.25	22.5	21.8	1.58	6,364.0	1,182.0	1,073.0	337.0	6,397.0
	10.25	18.8	22.0	1.54	6,368.0	1,222.0	1,222.0	321.0	6,372.0
赤川取入口	47.5.25	47.0	15.5	1.50	13,353.0	1,843.0	1,591.0	549.0	8,543.0
	10.25	35.5	12.3	1.70	5,193.0	1,050.0	704.0	446.0	5,324.0
	48.5.15	64.5	13.5	1.93	3,011.0	582.0	365.0	202.0	3,127.0
	7.25	34.3	19.2	1.89	4,460.0	862.0	240.0	285.0	4,545.0
	10.25	56.5	13.2	1.93	3,222.0	634.0	473.0	225.0	2,889.0
シタカバ	47.5.25	—	12.4	4.23	3,145.0	1,307.0	1,298.0	368.0	5,257.0
	10.25	—	11.3	4.61	1,427.0	615.0	614.0	222.0	4,528.0
	48.5.23	—	10.0	5.05	789.0	400.0	400.0	78.0	3,151.0
	7.25	—	17.8	4.13	1,158.0	240.0	240.0	189.0	3,864.0
	10.25	—	12.7	4.40	1,759.0	507.0	484.0	210.0	3,336.0
船田橋	47.5.25	(mg/l) 30.7	12.0	3.63	151.0	28.0	25.0	50.0	298.0
	10.25	26.5	8.5	4.80	60.0	28.0	11.0	21.0	162.0
	48.5.23	20.3	9.0	5.55	46.0	29.0	17.0	28.0	185.0
	7.25	10.3	19.5	6.47	20.0	26.0	3.3	29.0	264.0
	10.25	32.0	11.0	6.45	29.0	18.0	11.0	21.0	112.0
四十四田	47.6.13	22.5	—	3.13	112.0	135	9.05	—	174.0
	11.15	36.6	8.0	4.65	26.0	5.7	2.1	10.0	111.0
	48.6.7	28.3	15.5	6.45	10.0	4.6	4.0	2.6	128.0
	8.7	19.3	22.0	6.53	10.0	2.5	1.5	0.7	81.0
	11.6	30.6	10.0	5.95	18.0	6.7	6.1	3.1	91.0

投入すると次のような反応を生ずる。



中和の初期段階では (PH2~3台) 硫酸第2鉄がアルカリと反応して褐色沈澱物 (水酸化第2鉄) を生成する。 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ について PH4台 となって Al^{3+} が反応し、更に水中の酸素の補給と PH値の上昇により、硫酸第1鉄が酸化して硫酸第2鉄に変化し、同時に水酸化第2鉄の沈澱が生ずる。硫酸第1鉄の酸化促進のためには PH6台まで上昇しなければならぬ。タンカル投入による中和反応では PH5台までは上昇するが PH6台までの上昇は極めて困難である。次に硫酸第1鉄の酸化反応式を示す。



中和剤に消石灰を使用すると硫酸第1鉄は PH5台、6台と上昇するに従い硫酸第2鉄に酸化し、水酸化第2鉄の沈澱物を生成して中和が完了する。消石灰の中和反応式は次のとおりである。

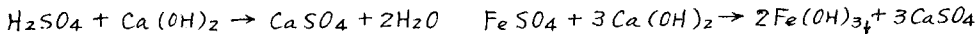
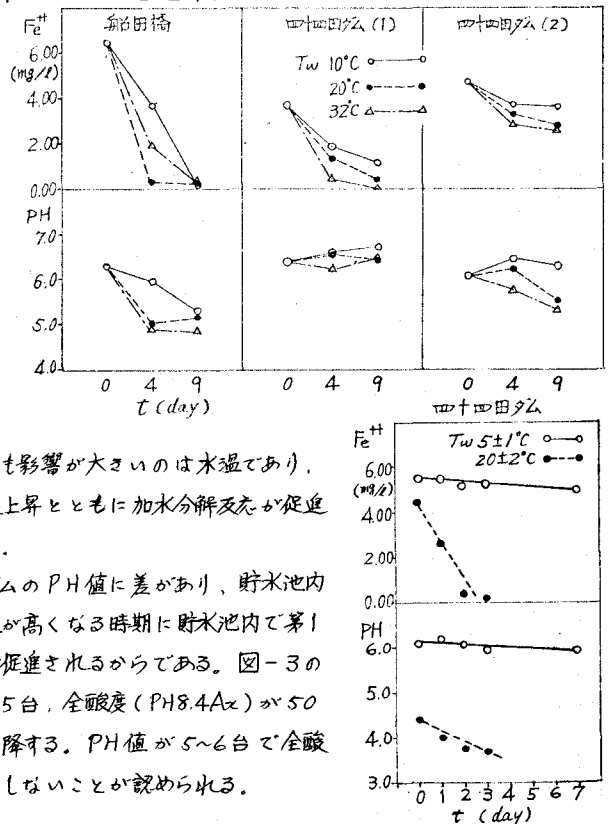
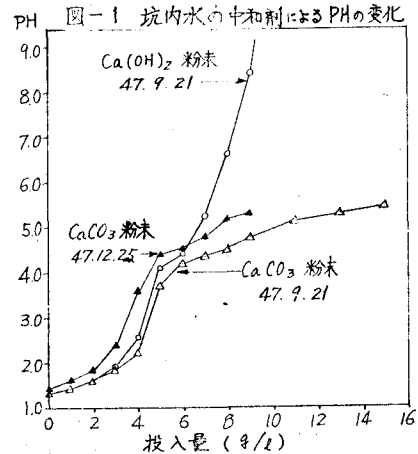


図-1 は 112^m 坑内水の中和実験の結果である。中和剤にタンカルを使用した場合と消石灰を使用した場合の比較を示しているがタンカルの場合は PH4台までは容易に上昇するが PH値6台までの上昇は至難である。表-1 の赤川取入口の水質をみると硫酸第1鉄が多量でタンカルで中和しても硫酸第2鉄のみは反応するが硫酸第1鉄は反応していない。現状の中和処理は硫酸第1鉄に関しては四十四田ダムまでの中性水のアルカリ反応を期待するとともに悪水期には消石灰を補助的に使用している。図-2 水温の変化と経時変化による Fe^{++} と PH の変化

5. 中和後の PH 値の変化について

図-2 には四十四田ダム及び船田橋で採取した河川水について、水温の変化、経時変化による水質の変化を示した。水温の影響は水温が上昇すれば PH 値の低下が大きき、経時変化による影響は長ければ PH 値の低下が大きくなる傾向が認められる。しかしこの傾向も採水時の水質によって異なり、PH 値6台で第1鉄イオンの含有量が 4.0^{mg/l} を界にして、以上の場合は水温経時変化等の条件が加って PH 値の著しい低下を招く原因となっている。4.0^{mg/l} 以下の場合は PH 値の変化は殆んど認められない。第1鉄イオンの酸化に対して最も影響が大きいのは水温であり、第1鉄イオンの含有量が 4.0^{mg/l} 以上の場合は水温上昇とともに加水分解反応が促進されて PH 値の低下をもたらすものと考えられる。

図-3 の5月6月における船田橋と四十四田ダムの PH 値に差があり、貯水池内に滞留している間に PH 値が低下するのは、水温が高くなる時期に貯水池内で第1鉄イオンが第2鉄イオンに酸化、加水分解反応が促進されるからである。図-3 の水質推移は中和剤投入後、船田橋の PH 値が 4~5 台、全酸度 (PH8.4A₂) が 50^{mg/l} 以上の場合は貯水池内で PH 値が著しく下降する。PH 値が 5~6 台で全酸度が 50^{mg/l} 以下であれば PH 値が大きく変化しないことが認められる。



赤川の中和処理については以上の実を留意して水質目標値を設定する必要があり、特に水質悪化期(4月～7月)については第1鉄イオンの含有量を小さくする必要がある。そのためには船田橋の水質目標値を全酸度(PH8.4Ax)を20～30mg/lとし、PH値を6台に維持するようにタンカルと消石灰を併用している。

6. 今後の調査と対策について

旧松尾鉾山坑内に流入する赤川の伏没水及び赤川流域ならびに他流域からの地下水は多量で現在までの調査では16～25m³/minで全て坑内水として排出されている。坑内に地下水が流入すると前述のように鉾石に接触して強酸性の毒水となって出てくる。この汚濁負荷量(PH8.4Ax×Q)は旧松尾鉾山区域の汚濁負荷量の90%に及んでいる。抜本的な対策として坑内に流入する地下水を減少させることは極めて有効なものと考えられる。

このためにすでに赤川河川水の伏没防止対策としての保全水路工事を建設省直轄で施行中であり、露天堀跡地から坑内への浸透水防止対策として覆土工事が着手されている。

更に地下水の坑内への浸透防止対策として、汚濁される前の地下水を排水するための排水トンネルの検討を行なっている。そのために地下水の位置、地下水の流動状況の把握、排水量の試算を目的とした地質地下水調査を実施している。

坑内水の減少を計っても完全に止めることは至難であり、恒久的対策が完成するまでの時間的な差もあるので中和処理を完全なものにする必要がある。坑内水には多量の溶存鉄が含まれており、しかもその大部分は硫酸第1鉄で中和処理が困難である。中和剤の節減、沈澱池、沈澱泥物堆積場の軽減を計るために、第1鉄イオンの酸化機構について調査研究を行なっている。これは第2鉄イオンに酸化させたあとはタンカルで中和をほぼ完了させることができるからであり、引まつぎ中和実験等を行なって中和処理計画を樹立する必要がある。

以上抜本的な対策のための調査を柱にして、赤川地区の水質、流量等の諸調査を併行して進めている。北上川の水質改善は水系全体の水利用と水質保全の面から重要な課題となっている。北上川の豊かな水は多年にわたり、その存在価値が失われてきたが、この水を浄化し水系全体として利用されなければならない。そのために早急に恒久的かつ抜本的な汚濁防止対策を確立すべく努力している。

〔参考文献〕水文学講座9 汚染水質機構 半谷高久編 共立出版

