

6. 硫酸酸性水による周辺環境への影響

The Environmental Influences Caused by Sulfuric Acid Seepage Water

○小笠原 洋，新見 健
復建調査設計株式会社

1. はじめに

近年，道路施工やトンネル建設などにおいて，黄鉄鉱（ FeS_2 ）を原因とする硫酸酸性水の事例が多数報告されており，基礎研究も進んでいる．黄鉄鉱は熱水変質帯や海成泥岩層などに含まれる鉱物で，水・空気との化学反応で酸性水を生成する．その結果，周辺環境に影響を及ぼすことがある．

既往報告¹⁾では，酸性水の発生事例について報告したが，本稿では，その後周辺環境で起こった事象について報告する．

酸性水の発生原因である地質中の黄鉄鉱は，変質帯などでは小規模に分布する 경우가多く，事前予測が困難な場合が多い．そのため，将来も同様の案件が発生する可能性がある．本稿の目的は，もし酸性水が発生した場合の留意事項を示すこととしている．

2. 酸性浸出水発生の概要

酸性水は，黄鉄鉱が濃集した幅数 10m 程度の熱水変質帯を切土し，残土置き場に置いたことから発生した．

残土置き場の酸性浸出水はため池に流れ込み，A池とB池が酸性化した(図-1)．さらに，ため池の水は下流域の水田や鯉水槽に流下したため，環境が変化した．

これを受け，残土置き場に遮水シートを設置して雨水の流入を防ぎ，浸出水の発生を抑制させた結果，ため池の水質は好転した．

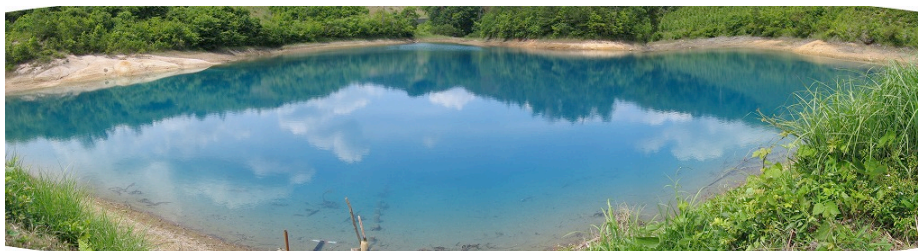
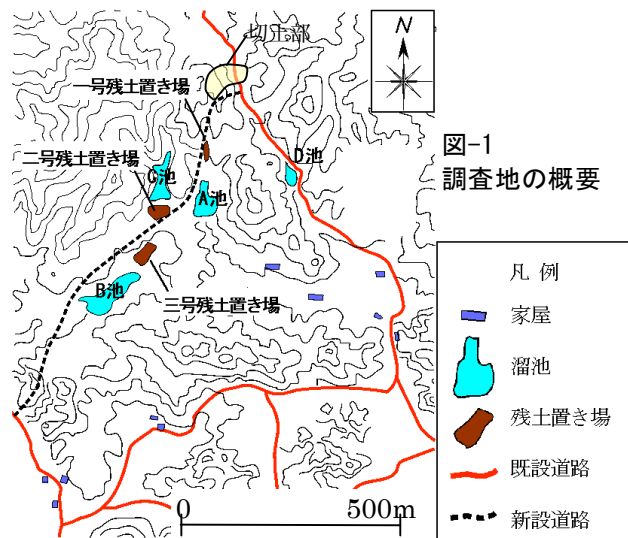
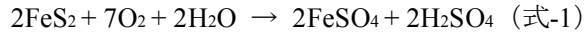


写真-1
酸性化したため池

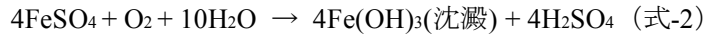
3. 酸性水の特徴

1) 硫酸酸性水の生成

黄鉄鉱の分解による硫酸酸性水は以下のような化学反応で生じる。



FeS₂ : 黄鉄鉱, Fe(OH)₃ : 水酸化鉄



FeSO₄ : 硫酸鉄, H₂SO₄ : 硫酸

2) 水質の特徴

酸性水が上述の化学反応で生成するため、硫酸イオンと電気伝導度、pH のそれぞれが強い相関を示す (図-2)。したがって、ハンディタイプの pH・電気伝導度計を用いた現地調査でも状況を把握することができた。

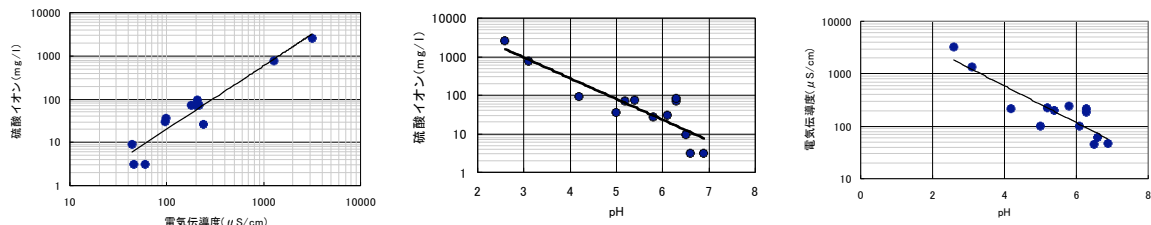


図-2 pHと電気伝導度、硫酸イオンの関係

4. 周辺環境への影響

酸性水は切土・残土置き場で発生したのち、流下し、ため池や水田に影響が様々な影響が及んだ。その状況をまとめると表-1 のとおりである。

表-1 硫酸酸性水発生当時の状況

区分	地点	影響項目および状況
発生元	法面等	<ul style="list-style-type: none"> ・金網工の腐食, 植生工の枯死 ・表層崩壊の発生 ・浸出水で一部の道路盤が劣化
	残土置き場	<ul style="list-style-type: none"> ・浸出水は毎分数L以下だが強酸性 (pH2.2~3.5程度) ・緊急対策で中和剤を水路に設置し, さらなる水質悪化を抑制 ・残土置き場のうち, 伏流水がなく, 粘性土で覆った地点からは酸性水は発生せず
流下先	ため池	<ul style="list-style-type: none"> ・pHが5以下まで低下 ・pH以外の水質分析項目(重金属等)の基準値超過なし
	水田	<ul style="list-style-type: none"> ・稲作収量は変化なし
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺井戸へは影響なし

5. 酸性水発生後の対応

対策として残土置き場の表面遮水，および法面モルタル吹きつけを実施したことで，酸性水の発生量が抑制され，ため池の水質も改善した．しかし，ため池水の使用先である水田や鯉水槽などで環境変化が顕在化した（表-2）．

表-2 浸出水対策後の状況

区分	地点	影響項目および状況
発生元	法面等	・モルタル吹きつけによる改修
	残土置き場	・遮水シートによる表面遮水対策で浸出水を9割カット ・中和剤設置は効果維持が困難
流下先	ため池	・残土置き場の遮水対策後はpH改善 ・水質改善後，白濁の発生（バクテリアかプランクトン）
	水田	・珪藻による表土はく離の発生（好酸性種の卓越） ・用水路に緑色の藻が発生 ・土壌pHは数年後も酸性化せず
	その他	・下流域で鯉が死亡（因果関係は直接的には不明） ・用水路に白っぽい沈殿物（無機物的反応物？）

6. 黄鉄鉱の事前予測，および発生後の対応

1) 黄鉄鉱が存在する地域の特徴

黄鉄鉱を含む可能性がある地質としては変質帯（鉱脈），三紀の泥岩層などが挙げられるが，小規模であることが多く，確実に事前予測することは将来的にも難しい．ただし，以下のような地域の特徴があれば，黄鉄鉱の存在が示唆される．

- ・「金け水」があると言われる地域
- ・水路・井戸などで硫黄臭を感じる地点があった時
- ・法面の排水パイプに茶色い（酸化鉄）筋がある時
- ・保護工が劣化し，地層がむき出しになっている法面がある時
- ・農業用水路などに鉄さび色の跡がついている時
- ・水路に鮮やかな緑色の藻が繁茂している時
- ・近くに鉱床がある時
- ・通常と異なる色を呈するため池（特に青っぽい）がある時

これらの特徴を合わせ持つ地域については，注意が必要であろう．

ところで，この地域の溪流のpHは6~7程度で特段酸性ではない．推察するに，この地域の変質帯が大規模でないため，溪流水質まで反映されることがないのであろう．

2) 施工時に黄鉄鉱を含む地層が出現した場合

黄鉄鉱は水に触れさせなければ酸性水は発生しない。切土面は吹き付けなどで水を遮断するとともに、法面水路工も岩盤を浸透しないような構造にさせる必要がある。残土処分地も遮水工などで塞ぐ必要があるが、谷埋めの場合は伏流水の浸入に対する配慮が必要になるため、そのような地点には埋めないことが望ましい。

3) 酸性水が発生した場合

酸性水が発生した場合は、法面の遮水がまだであれば速やかに保護するとともに、残土置き場の遮水対策も講じる必要がある。ただし、今回の事例では以下のような課題も残った。

- ・法面の浸出水を止めることは斜面安定上難しい
- ・谷埋めの残土置き場では伏流水が流入するため、表面遮水だけでは浸出水をゼロに出来ない
- ・残土浸出水をゼロにするにはコストがかさむため、実質的に難しい
- ・アルカリ材（消石灰、石灰岩、ゼオライト等）の投入は、反応物の処理が問題となる
- ・長期的な構造物の劣化は避けられない（維持管理コストの増大）

参考文献

- 1) 小笠原洋・田尻宣夫・新見健(2005)：黄鉄鉱起源の酸性浸出水による水質汚染の調査・対策事例,日本応用地質学会中国四国支部研究発表会講演論文集,pp.43-48.
- 2) 武藤速夫(1978)：石灰乳中和法による酸性河川の水質改善について,土木学会論文報告集,No.275,pp.41-52.
- 3) 桜本勇治(1994)：海成泥質岩が酸性水を発生させる可能性について,地下水技術,Vol.36,No.4, pp.29-33.
- 4) 五十嵐敏文・大山隆弘(1997)：黄鉄鉱の酸化に伴う貯水池水質の酸性化とアルミニウムの溶出,応用地質,Vol.38,No.5,pp.244-251.
- 5) 五十嵐敏文・大山隆弘・斎藤典之(2001)：黄鉄鉱を含む堆積岩の溶出水酸性化ポテンシャルに関する実験的検討,応用地質,Vol.42,No.4,pp.214-221.
- 6) 五十嵐敏文・井筒崇文・岡泰道(2002)：2段階溶出モデルによる黄鉄鉱の酸化・溶解速度の評価,応用地質,Vol.43,No.4,pp.208-215.
- 7) 町屋安定・伊東佳彦(2002)：黄鉄鉱を含む岩石の風化促進試験における酸性化と重金属類の溶出,第37回地盤工学研究発表会(大阪),pp.2387-2388.
- 8) 服部修一・太田岳洋・木谷日出男(2003)：酸性水発生に関わる掘削残土の応用地質学的検討－鉱山に近接して施工される八甲田トンネルにおける岩石特性評価法－,応用地質,Vol.43,No.6,pp.359-371.
- 9) 五十嵐敏文・丸山悠・朝倉國臣・服部修一(2003)：黄鉄鉱起因酸性水の抑制のための方解石含有岩石の利用に対する実験的研究,応用地質,Vol.44,No.4,pp.234-242.