

# 1 酸性水発生岩対策に関する基礎実験

Basic Study concerning measures of Rock oozing acid water

(株)エイトコンサルタント 磯野陽子

## 1. はじめに

黄鉄鉱を含有する岩盤が酸化すると、pH が 2~3 の強酸性水を排水し、周辺環境に悪影響を及ぼす基盤岩への関心が高まり、いくつかの現場で報告・検討資料が公開されている。しかし、黄鉄鉱の無機的な酸化反応のスピードは非常に遅く、黄鉄鉱の溶解には微生物の活動が大きく関わっている。従って、過酸化水素水 pH 試験等で無機的な酸化メカニズムを促進させ酸性水発生の有無を検討できても、現実を伴った実質的な対策を検討するにあたっては、現場毎に試行錯誤を繰り返している状況にあると思われる。今回、特に現場の状況を再現しうる方法として、5 地点の試料を混合し酸性水発生の検討を行った。その結果検討した試料に関して、1 試料では酸性水の発生が懸念されるが 5 地点混合することで、その発生が抑制されるものもあれば、抑制されない場合もあることがわかり、酸性水発生の対策にあたっての基礎的なデータが得られたので、ここで報告する。

表-1 試験試料の状況

分析孔	岩種	pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
A	泥岩	4.94
B	蛇紋岩	8.42
C	流紋岩質凝灰岩	8.79
D	泥岩・砂岩	7.15
E	砂岩・礫岩	3.04

## 2. 試料選択および調整

掘削岩を盛土材として再利用した場合を想定し、切土やトンネル調査ボーリングを対象とする。また現場作業性および不均質性を再現するために、1 本のボーリングから 5 箇所深度の試料を無作為に抽出混合し(5 地点混合試料)、一つはそのサイズを 2mm 以下に調整したもの(粉碎試料)、一つは 2cm 程度のほぼ同じ大きさの岩片を 5 個集めたもの(岩片試料)の 2 パターン準備した。分析対象試料の特徴を表-1 に示す。これによると E のみ、過酸化水素水を用いた pH 試験で硫酸酸性塩土と判定された。

## 3. 簡易溶出試験方法

試験方法も 2 パターン実施した。1 つはビーカに試料：水=1：5 重量比と調整し、3 分振とう後、水浸させたまま放置し、10 分・30 分・1 時間・24 時間・・・と pH を測定する方法(鉄

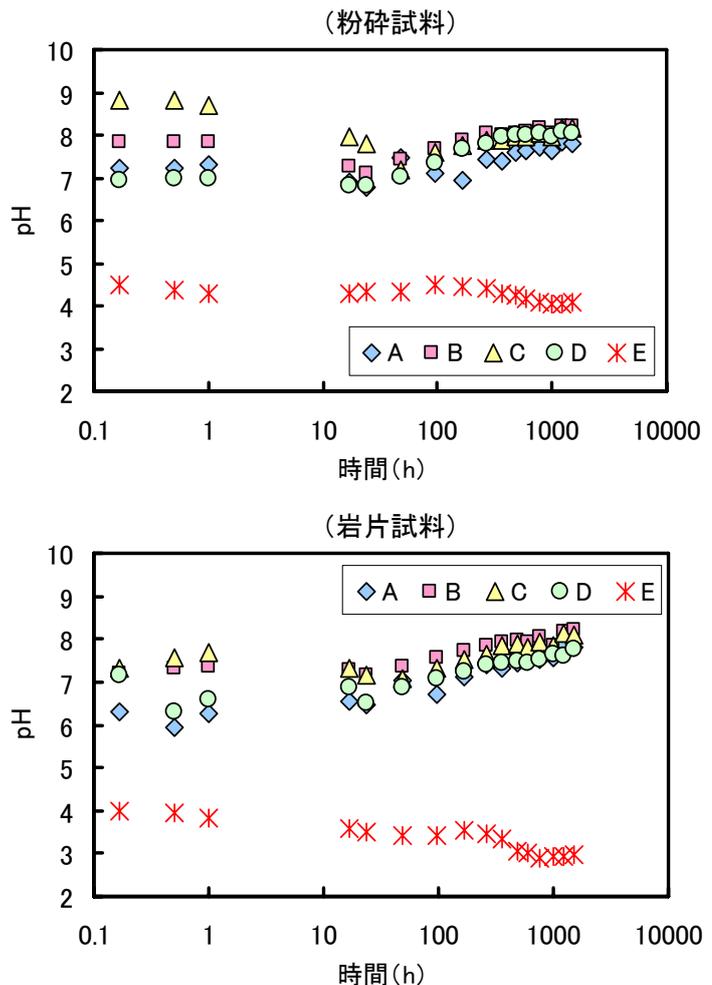


図-1 鉄道総研方法試験結果図

道総研方法<sup>1)</sup>とし、もう1つは同様に調整・振とう後、10分・1時間・24時間後のpHを測定し、24時間測定後に排水、24時間放置を1サイクルとして繰り返し測定する方法(乾湿繰り返し法)とした。

#### 4. 簡易溶出試験結果(鉄道総研方法)

結果を横軸に時間、縦軸pHとして図-1に整理する。これによると試料Eは、10分後からpHが5以下を示し、その後も値は低下し続け、回復する傾向は見られない。E以外の試料は1~2日後最も値が小さくなり、その後はpH=8程度に回復し落ち着いている。

#### 5. 簡易溶出試験結果(乾湿繰り返し法)

縦軸を静置1時間後のpH、横軸をサイクル数で整理した試料EとCの結果を図-2に示す。試料Eは粉碎試料で3サイクル目からpH>4となり5サイクル目からpH=5とほぼ一定の値を示す。

岩片試料でも3サイクル目でpH>4を示し、14サイクル目からpH=5に落ち着いた。

逆に試料Cは10サイクル目までpHが低下する傾向を示しており、これはアルカリ成分の溶脱と推測される。

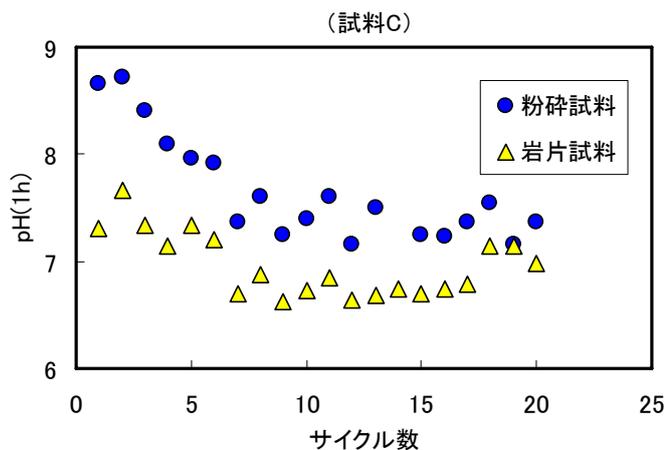
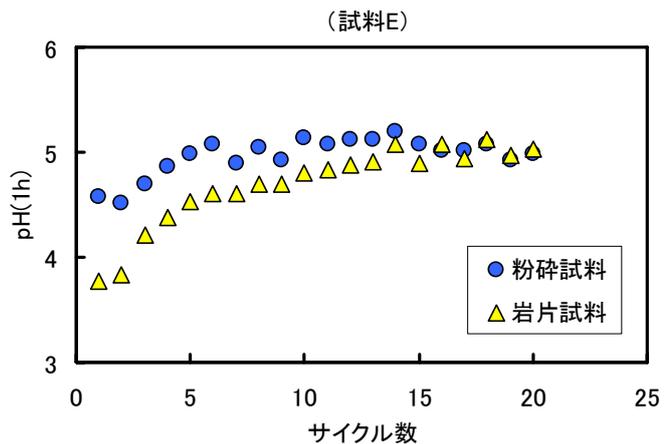


図-2 乾湿繰り返し試験法結果図

表-2 個別試料と5地点混合の過酸化水素 pH・元素量

試料	深度(m)		岩種	岩級	pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	TC-TOC(mol)	TS(mol)	
					個々				5地点混合
A	3.65 ~ 5.65	~ 3.75 ~ 5.75	泥岩	CL	4.29	4.94	1.67E-04	1.15E-04	
					5.65				
	7.21								
	7.43								
	DH	3.94							
E	4.5 ~ 6.5	~ 4.6 ~ 6.6	礫岩	DL	6.74	3.04	検出できず	3.12E-05	
					7.97				
	8.4 ~ 12.2	~ 8.5 ~ 12.3	砂岩	DH	7.08				
					7.26				
				CM	2.36				
F	3.65 ~ 5.65	~ 3.8 ~ 5.75	泥岩	CL	7.93	7.49	5.08E-04	1.09E-04	
					8.32				
	7.65 ~ 11.65	~ 7.75 ~ 11.75		砂岩	CM				8.14
									2.48
									2.56

## 6. pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)・塩酸処理後の炭素(TC-TOC)・硫黄(TS)量の関係

過酸化水素 pH 試験を実施した試料に関して、試料中の黄鉄鉱を構成する元素である S (硫黄) と、酸性水に対し pH 調整材となりうる方解石等の含有量に注目する。なお、ここでは方解石等の含有量は、塩酸処理を施した試料の炭素含有量 (TC-TOC) と近似する。

結果の一例を表-2 に示す。これによると、試料 A・F のように個別に検討すると酸性水を発生さす

試料が存在するものの、5 地点の試料を混合すると、酸性水の発生が抑えられるものがある。試料 A・F は TS が試料 E よりも高いが、TC-TOC もある程度混入している。その一方で、試料 E は TS が少なくても TC-TOC がなく、5 地点混合試料で酸性水が発生してしまう。従って、酸性水発生の鍵は TS に対する TC-TOC 量と推測できる。

図-3 に第三紀の堆積岩の pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)と(TC-TOC)/TSmol 比の関係を示す。当然、(TC-TOC)/TS 比が大きくなると高い pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)を示す。しかしその変化傾向は不連続で、(TC-TOC)/TS=2 付近で pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)値が大きく上昇する結果が得られている。

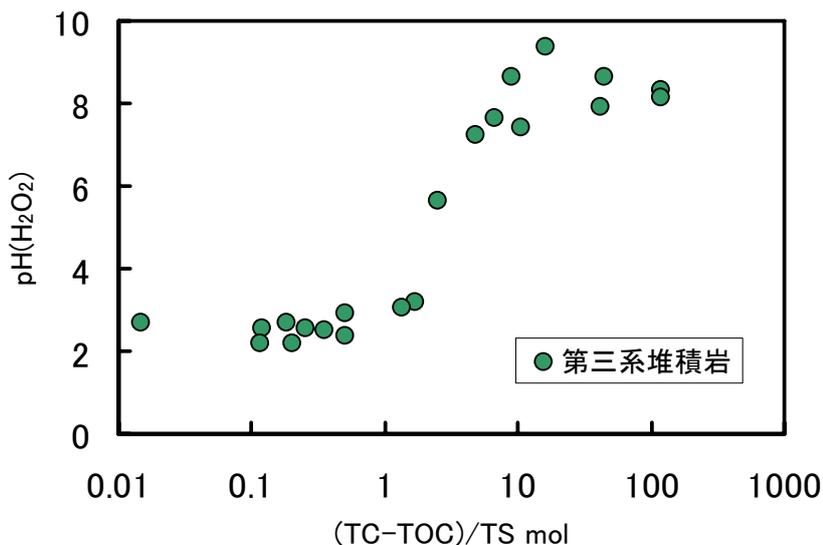


図-3 pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)と元素含有量の関係

## 7. 試料 E と試料 A・F 混合簡易溶出試験

以上より、試料 E からの酸性水の発生を抑制するためには、TC-TOC をある程度含有する試料と混合すれば、中和が可能であると推測される。そこで試料 E の(12.2~12.3m pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)=2.36)試料 1 に対して、A(9.65~9.75m pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)=7.43)および F(pH(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)=7.93~8.32)試料の重量比が、1:1 1:2 1:3 1:4 1:5 となるように調整し、鉄道総研方法簡易溶出試験を実施した。

結果を図-4 に示す。これによると、試料 E に対し 3 倍の A や F を混入すると、pH は 5 を下回らず酸性水の発生は防げる結果が得られた。1~2 倍混合比でも、1~2 日後 pH=4 前後まで低下するがその後は回復に向かい、最終的に全て pH=7.5 前後に落ち着いた。なお、凡例の ()内数字は概算した(TC-TOC)/TSmol 比で、図-3 より将来的にもこの混合比で pH が低下する可能性は低いと判断できる。

## 8. おわりに

検討の結果、一度酸性化した水を封じ込めると回復の見込みは小さく、逆に強制排水を繰り返すことで、pH の回復が見込める可能性が示された。個々の試料で検討すると酸性水発生岩と判定されてしまうが、試料を混合することで酸性水の発生が防げる場合があることがわ

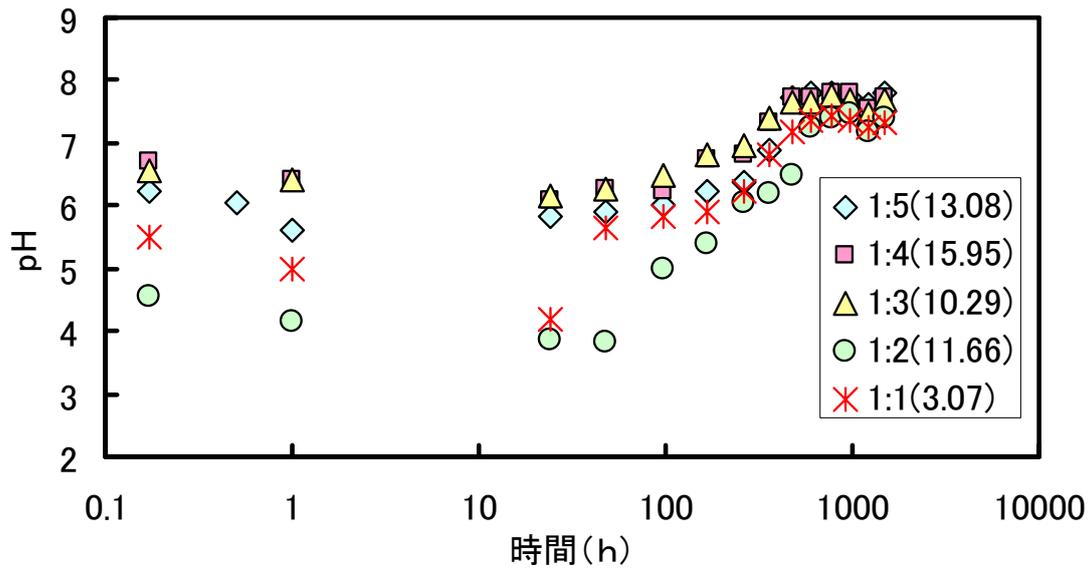


図-4 E・A・F 混合試料簡易溶出試験結果

かった。混合試料による検討の方がより現場の状況を再現しており、より現実的な対策選定のためにも、混合試料での検討が望ましいと考えられる。試料を混合しても酸性水が発生する可能性のあるものは、 $(TC-TOC)/T_{Smol} < 2$  の関係があるもので、逆に、この関係を 3 以上にすれば、現地発生土による酸性水発生抑制も可能である。費用対効果も考慮する必要があるが、対策工の 1 つとなり得ると考えられる。

今回は特に堆積岩に注目した検討であったが、今後はその他岩種に関しても同様に、データの蓄積・解析に努めたいと考える。

#### 参考文献

- 1) 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, 応用地質, 第 43 巻, 第 6 号, p359-371