

簡易 pH 試験による酸性水発生地山の事前予測・評価事例

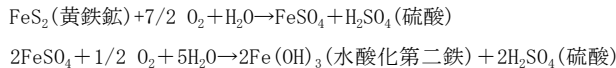
サンコーコンサルタント(株) ○赤嶺辰之介
 // 彦坂 正明
 // 松崎 達二
 // 山口 廣文

1. はじめに

近年、黄鉄鉱等を多く含む地山における土木工事に伴い酸性水の発生やこれに伴う重金属類の溶出が問題視されている。

酸性水は、硫化物を含む岩石が、掘削等により地表に曝され空气中の酸素や水中の酸素と接触し、酸化することによって生成する¹⁾。

例えば酸性水発生の主原因となる黄鉄鉱は、地下水位以深にある場合には還元環境下の安定な状態にあるものの、地山の大量掘削及びそれに伴う周辺地下水位の変化などに伴って空気と水の供給により酸化し、下式のような硫酸等を生じる。



鉱化変質地域等の重金属を含有する地山では、生じた強酸性の硫酸酸性水等によってしばしば重金属の溶出が引き起こされる。

本発表ではボーリングコアを用い、目的区間全てで連続的に酸性水発生の度合いを比較的簡易かつ短時間に判定が可能な試験手法を紹介し、それを用いた地質状況の異なる2地域における評価事例について報告する。

2. 簡易 pH 試験

事前調査の段階で酸性水を発生する地山かを判定する場合、現在酸性水が観測されていないような場所でも施工に伴い還元領域の箇所が酸化領域に移行し酸性水発生源となる可能性があり、現在の還元領域の状況を把握することが重要である²⁾。このことは、ボーリングコア等を用いた深度方向の把握が特に重要であると考えられる。

簡易 pH 試験は、ボーリングコアを薬品で強制的に酸化させ(特に採取直後で十分酸化されていない場合)、市販の pH 試験紙を用い深度方向に連続的に酸性水発生の度合いを測定するものである。試験の手順は以下の通りである。

- ① 1級30%過酸化水素水(H₂O₂)に希薄な水酸化ナトリウム溶液を少量添加し、pH=7に調整した薬品を作成する。
- ② ハケ等で適量をコア表面に塗り、表面が乾く程度一定時間放置し、ボーリングコアを強制酸化させる。
- ③ pH 試験紙(写真-1)をコア表面に1m毎に配置し、蒸留水で湿らせる。
- ④ pH 試験紙の色の変化を深度毎に記録する。

なお、過酸化水素水取り扱いに当たっては高温を避け、身体に直接触れないよう注意する必要がある。

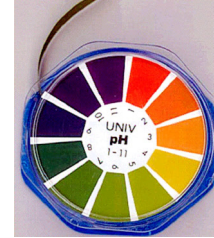


写真-1 pH 試験紙

(ADVANTEC, UNIV (pH=1-11): 東洋濾紙(株)製)



写真-2 簡易 pH 試験状況

3. 簡易 pH 試験事例

(1) 事例①(領家帯結晶片岩類分布域)

調査地は、領家帯に位置する大規模土地造成計画地で、主として泥質片岩、砂質片岩、珪質片岩が分布している。

図-1に試験結果の一部を示す。同図には室内試験による全硫黄含有量と鉄含有量(全鉄、二価、三価)も示す。

B-19孔は泥質片岩を主体とし、深度24m 付近までは岩芯まで強く風化し、褐色化が強い(D~CL 級)。鉄の含有量は深部になるにつれ酸化環境下に多い三価の鉄に乏しくなり、相対的に二価の鉄が多くなる。この変化は肉眼観察による風化状況の変化と概ね調和的であり、地下水位の状況も踏まえ、深度24m 付近までが地山の酸化域に相当すると考えられる。B-26孔は珪質片岩を主体とし、最深部まで酸化褐色化が進んでいる。

B-19孔では、酸化域と還元域で簡易 pH 試験結果に違いが認められた。還元域では、pH は5程度以下で、特に片理面沿いでは4程度以下の低い pH が確認された。これらの箇所では一部で肉眼的に黄鉄鉱が確認された。一方、酸化域は殆どが pH>6であった。珪質片岩を主体とする B-26孔では殆どの区間が pH>6であった。

全硫黄含有量は、酸化・還元域で比較的明瞭に分かれ、簡易 pH 試験結果で低 pH であった還元域は0.1wt%以上であるが酸化域では0.1wt%未満と相対的に低い。このことから酸化域からの酸性水発生の可能性は低いと考えられる。B-26孔の分析結果に関しては珪質片岩自体に黄鉄鉱含有量が極めて低いことを示している。

以上より対象地の結晶片岩類は、還元域の特に泥質片

岩が酸性水を生ずる能力を有していると考えられる。

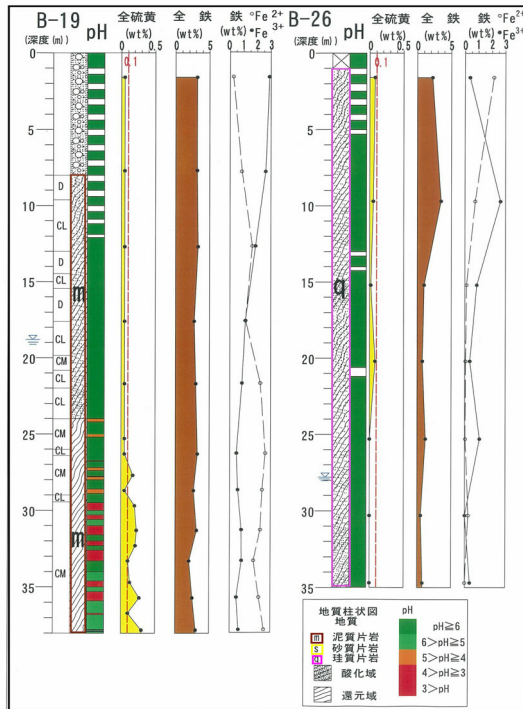


図-1 簡易 pH 試験結果 (結晶片岩類)

在状態・結晶度、中和機能を有する炭酸塩・珪酸塩の存在等の違いを反映している可能性がある。

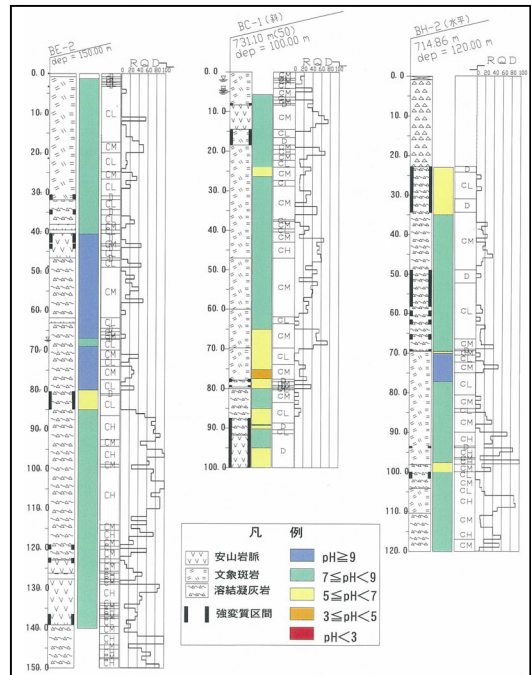


図-2 簡易 pH 試験結果 (溶結凝灰岩、火成岩類)

(2) 事例② (流紋岩質溶結凝灰岩、火成岩類分布域)

調査地は白亜紀の流紋岩質溶結凝灰岩とこれを貫く文象斑岩と安山岩脈が分布する山岳トンネル計画地である。調査地周辺にはかつて銀、鉛等を採掘した鉱山が点在する。旧鉱床は安山岩脈貫入に伴う熱水活動により形成された浅熱水性鉱床とされ、黄鉄鉱等の濃集状況は母岩の種類と熱水変質状況に、またその存在状態は地下水位に関連した酸化・還元状態に依存することが予測された。これを評価するため、ボーリングコアに対し深度方向に連続的に簡易 pH 試験を行った。また肉眼観察により岩種毎の風化・変質区分を行い、これに対応した分析試料を採取し、室内試験を行った。

代表的な簡易 pH 試験結果を図-2に示す。試験の結果、pH は局部的に3程度の低い値が得られたが、全体に7前後～9前後の中性～弱アルカリ性を示した。岩種、変質状況、酸化還元領域毎に明瞭な試験結果の差異は認められなかった。このようなことからトンネル湧水の酸性化や掘削残土からの酸性水発生等の可能性は低いと考えられる。

図-3は、簡易 pH 試験箇所の試料に対して「土質試験の方法と解説」³⁾に基づいて実施した室内 pH 試験の結果と同試料の全硫黄含有量の関係を示したものである。同図には事例①の結晶片岩類の試験結果も併記した。

図のように pH は岩種・変質程度に関らず、7程度～9前後を示し、簡易 pH 試験とほぼ同様な分布が得られた。

硫黄濃度に注目すると本事例の溶結凝灰岩、火成岩類は、事例①の結晶片岩類に比べ、同程度の硫黄濃度でも比較的高い pH を示す試料が多く見られた。このような結果の違いは岩相、黄鉄鉱の粒度 (表面積、反応面積)・存

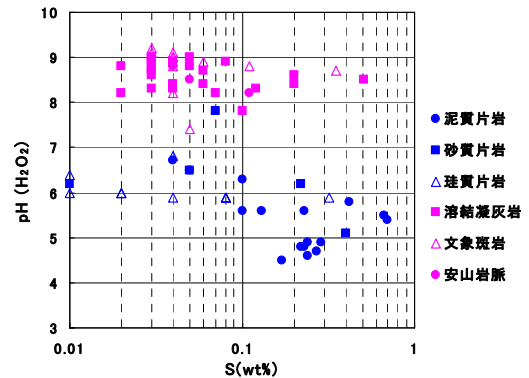


図-3 室内 pH 試験 (H₂O₂法) と硫黄濃度の関係

4. まとめ

簡易 pH 試験は深度方向に連続的に酸性水発生度の合いを比較的簡易かつ短時間に判定可能な手法であり、事前の概略的な酸性水発生地山の把握やその結果を用いた試験箇所選定等に有効であると考えられる。

酸性水の湧出状況は、岩相、硫化鉱物の特徴・存在状態、鉱物組成等の条件により異なると考えられる。精度の高い酸性水発生地山の判定のため今後多くの実施事例をもとに試験・評価手法の改良を行っていく必要がある。

《引用・参考文献》

- 五十嵐敏文・大山隆弘・井筒隆文：黄鉄鉱を含む地盤からの酸性水の溶出，第6回衛生工学シンポジウム，1988. 11.
- 松崎達二・堀川滋雄・東谷謙・山口廣文：酸性水発生地山の事前検出予測手法の提案，日本応用地質学会，2002.
- 地盤工学会土質試験法編集委員会編，土質試験の方法と解説．地盤工学会，pp. 125-130, 1990.