

黄鉄鉱含有土壌の簡易分析・判定方法

矢作建設工業 竹岡 由積
 矢作建設工業 正会員 ○西村 智樹
 矢作建設工業 丹羽 善久
 環境科学研究所 渡辺 敏紀

1. はじめに

わが国には、黄鉄鉱の含有する地層が多数確認されている。黄鉄鉱含有土壌が地中に存在するときは、還元雰囲気下で安定していた。しかし、掘削などの人為的行為に伴い、黄鉄鉱含有土壌は、暴露され酸性化する。その結果、硫酸を含む酸性水が生じ、周辺の水環境に悪影響を与える。また、酸性水は、土壌中の重金属類の溶出を助長するため、溶出水の流域において重金属汚染が懸念される。

近年、岐阜県的美濃帯を対象とした工事において、黄鉄鉱により生じた酸性水による重金属汚染が確認された。同じ地層を対象とする本工事においても同様に、掘削・転用土壌に黄鉄鉱の含有が想定された。一般的に、黄鉄鉱含有土壌の判定基準に画一的なものは存在しない。そこで、工事が円滑に行われ、なおかつ周辺への環境リスクの低減を図るため、発生する掘削土を対象に、簡易に分析・判定する手法が必要となった。

2. 事前調査

掘削工事着手前に、対象となる地層の土壌特性把握と有害性の判定基準策定を目的に、事前調査を行った。採取したボーリングコア試料を使用し、表-1の分析を行った。黄鉄鉱含有土壌は、酸化作用を受け長期的に酸性硫酸塩土壌となるが、コア試料は、採取直後で十分な酸化が進行していないと想定された。そこで、過酸化水素水により強制酸化させた水素イオン濃度 (pH(H₂O₂)) を分析項目とした。次に、黄鉄鉱の有無を把握するため、ボーリングコア全延長について目視観察を実施するとともに、蛍光X線分析による全硫黄含有量 (T-S) の分析を実施した。また、前述した美濃帯を対象とした工事において、重金属類の溶出事例があるため、土壌汚染対策法に規定されている物質について公定法分析を実施した。さらに、地下水のバックグラウンド値を把握するため、ボーリング箇所にて採水し pH を分析した。

表-1 事前調査項目

対象	試験方法	分析項目	備考
土壌	過酸化水素水による土懸濁液のpH試験	水素イオン濃度pH(H ₂ O ₂)	ボーリング延長×1m毎
	蛍光X線分析	全硫黄含有量T-S (%)	同上
	目視	黄鉄鉱の有無	同上
	含有量試験 (公定法)	重金属類の含有量 (mg/kg)	地層種別毎に1検体 (土壌汚染対策法)
	溶出量試験 (公定法)	重金属類の含有量 (mg/l)	同上 (土壌汚染対策法)
地下水	pH試験	水素イオン濃度pH	ボーリング箇所

有土壌は、酸化作用を受け長期的に酸性硫酸塩土壌となるが、コア試料は、採取直後で十分な酸化が進行していないと想定された。そこで、過酸化水素水により強制酸化させた水素イオン濃度 (pH(H₂O₂)) を分析項目とした。次に、黄鉄鉱の有無を把握するため、ボーリングコア全延長について目視観察を実施するとともに、蛍光X線分析による全硫黄含有量 (T-S) の分析を実施した。また、前述した美濃帯を対象とした工事において、重金属類の溶出事例があるため、土壌汚染対策法に規定されている物質について公定法分析を実施した。さらに、地下水のバックグラウンド値を把握するため、ボーリング箇所にて採水し pH を分析した。

事前調査の結果、土壌汚染対策法で規定されている有害物質は検出されず、重金属類が潜在的に存在する可能性は低いと判断された。一方、目視確認で、一部のコア試料に黄鉄鉱が確認でき、酸性水の発生リスクは存在した。また、T-S と pH(H₂O₂)の分析結果の相関図 (図-1) では、相対的に T-S の少ない中性域の I 群と、チャート主体の T-S の高い、酸性域の II 群に、大きく分けることができた。地下水分析の結果は、pH5.8~7.1 にあり、土中の黄鉄鉱含有土壌は、まだ酸性化していないと想定できた。

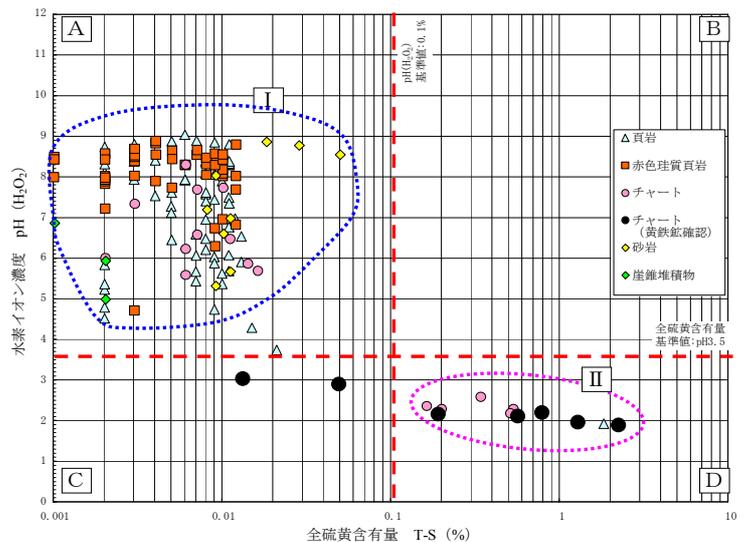


図-1 事前調査分析結果相関図 (pH(H₂O₂) : T-S)

キーワード 黄鉄鉱、硫黄、pH、酸性硫酸塩土壌、蛍光 X 線
 連絡先 〒461-0004 愛知県名古屋市中区葵 3-19-7 矢作建設工業(株)施工事業本部設計部 TEL

3. 判定基準の策定

掘削工事に先立ち、事前調査の結果を基に、要対策土壌の判定基準を策定した。

- 1) 事前調査で黄鉄鉱が確認できた土壌は、すべて強酸性を示した。よって、目視により黄鉄鉱が確認できる土壌はすべて要対策土壌と判定する。
 - 2) pH(H₂O₂)は、アメリカの土壌分類体系の「サルフィック層」を参考に pH3.5 を基準とする。この基準値によると、黄鉄鉱が確認された土壌は、すべて包括され、妥当と考える。
 - 3) T-S は、過去の研究によると逆王水可溶性硫黄として 0.4% を超過すると酸性硫酸塩土壌になりうるとある。事前調査では、酸性土壌の疑いが高いⅡ群の土壌を包括できないため、対象地質特性を考慮し、T-S として 0.1% を基準とする。
- 以上 2)、3) で策定した基準値を図-1 に併記する。

pH(H₂O₂)、T-S とともに、設定した基準値を満たす土壌 (A 区分) は、健全土壌とし、反対に基準値をともに超過する土壌 (D 区分) は、要対策土壌と判定する。B、C 区分の土壌は、再検査土壌として外部試験を実施する。再検査の結果、T-S のみ超過する土壌 (B 区分) は、安定した形態の硫黄が含有しており、酸性硫酸塩土壌に変化しないと考えられる。よって、B 区分の土壌は、健全土壌として取り扱う。一方 pH のみ超過した土壌 (C 区分) は、酸性硫酸塩土壌の可能性が高いため、要対策土壌と判定する。以上の内容を図-2 にまとめる。

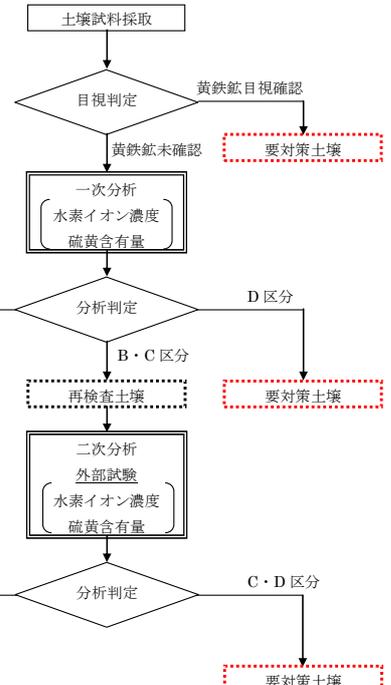


図-2 黄鉄鉱含有土壌判定フロー

4. 簡易分析の実施

前節で設定した判定基準を運用し、掘削工事に着手した。掘削土壌の分析項目を表-2 に示す。一次分析は、現場内に試験設備を設け実施した。特に T-S については、小型蛍光 X 線分析装置

対象	試験方法	分析項目	頻度	備考
掘削土壌	過酸化水素水による土懸濁液のpH試験	水素イオン濃度 pH(H ₂ O ₂)	午前・午後各1回	試料を100m ³ 毎に採取し、均等混合して1検体とする。
	蛍光X線分析	全硫黄含有量T-S (%)	同上	同上
	目視	黄鉄鉱の有無	同上	同上
場内排水	pH試験	水素イオン濃度pH	1回/月	場内6箇所の水路流末各箇所流入・流出水を対象

(OURSTEC160;アワーズテック株) の適用により、現場内の分析を可能とした。掘削土壌は、健全と判断できるまで搬出せず、半日単位で土砂を仮置きした。一方、判定後搬出した土壌から酸性水の流出を監視する目的で、土壌転用箇所の場内排水を採水し pH 試験を実施した。

実際の掘削土壌の分析結果を図-3 に示す。T-S と pH(H₂O₂)の相関は、事前調査と同様であった。そして、前述の土壌判定フローに従い、その有害性を判定し、要対策土壌を特定した。場内排水の pH 試験結果は、地下水のバックグラウンド値と排水路流入・流出水の比較から、変化が見られず、土壌判定の安全性が確認できた。

5. おわりに

今回の黄鉄鉱含有土壌判定方法は、現場内で pH(H₂O₂)と T-S の分析が可能であり、即日判定を可能とした。その結果、建設工事の工程に与える影響を最小限に抑えることができた。

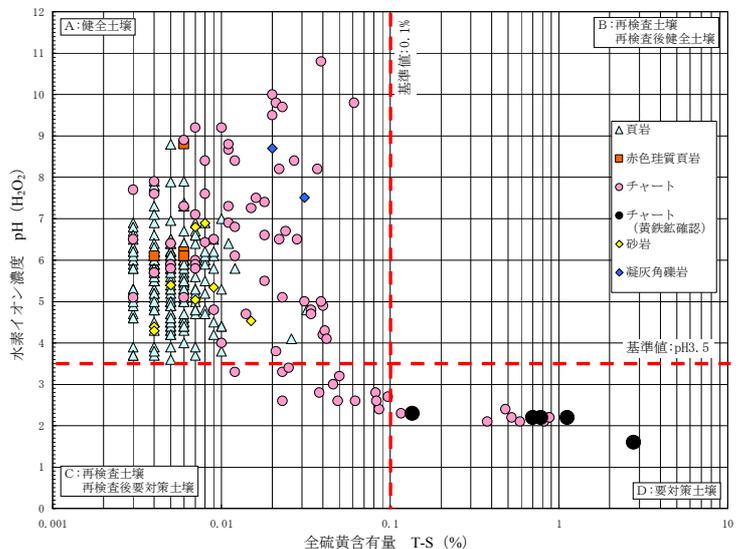


図-3 掘削土壌分析結果相関図 (pH(H₂O₂) : T-S)