

重金属を含むトンネル地山の調査例（濃飛流紋岩類を例に）

(株)ダイヤコンサルタント 濱本 拓志

1. はじめに

2003年に土壤汚染対策法が施行され、土木工事の分野においても周辺環境に対する配慮が重視されるようになった。特に、トンネルや大規模切土の施工では、大量の残土が発生する。それらが海成堆積物や鉱床由来の地質である場合、自然由来の特定有害物質（特に重金属）を含む可能性がある。本来、自然由来の特定有害物質に対する環境汚染は、土壤汚染対策法の対象とはならないが、掘削残土の盛土場周辺では、環境悪化が懸念されるため、土壤汚染対策法や関連法令等に準じて対応される場合が多い。最近では、日本のさまざまな地域から、建設中に自然由来の汚染土砂に遭遇した例が報告されている¹⁾。

本発表では、濃飛流紋岩類分布地で重金属を含むトンネル地山で、掘削中に行った調査および評価方法について紹介する。

2. 調査地の地質構成

調査地の地質は、時代の古い順に、①濃飛流紋岩類溶結凝灰岩（基盤岩）、②玄武岩・安山岩・花崗斑岩（貫入岩脈）、③崖錐堆積物から構成される。トンネル施工基面に出現する地質は、大部分が①ないしは②で、岩級がCLまたはCM級に判定される良好な岩盤であるが、部分的に岩片混り土砂状や岩片混り粘土状を呈する断層破砕帯も認められる。

また、①と②の接触部では、熱水等の上昇により岩石は鉱化作用を被り、重金属を伴う場合がある。調査地の周辺では、かつて複数の鉱床跡地が認められ、金、銀、鉛などを採掘していた²⁾。

トンネルの施工に際して、地山の①や②は、重金属を多量に含む可能性が懸念される地質である。

3. 地山中の重金属賦存モデル

トンネル掘削途中で判明した、掘削残土およびトンネル湧水の分析結果は、以下のとおりである。

- ① 掘削残土の岩塊部に基準（土壤汚染対策法の指定基準）を超過する重金属は含まれず、土砂・粘土部に基準を超過する重金属（ヒ素）を含む。
- ② トンネルからの湧水は、基準（地下水の環境基準）を超過する重金属（ヒ素）を含む。

以上のことから、次に示す2種類の重金属賦存モデルを想定した。

- (1) 重金属鉱物を含む、鉱化作用を被った地山が出現するモデル（図-1）

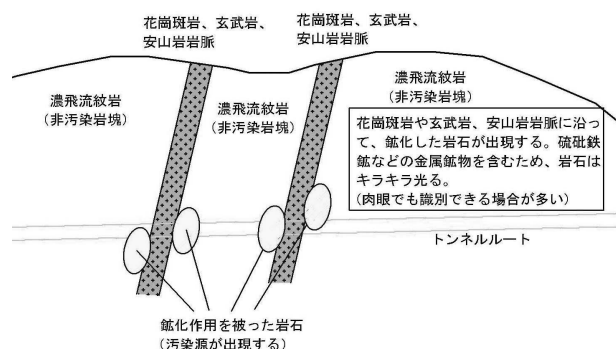


図-1 汚染土砂の出現モデル1（鉱化作用モデル）

- (2) 汚染地下水を媒体にし、水みちの土砂や粘土に重金属を吸着するモデル（図-2）

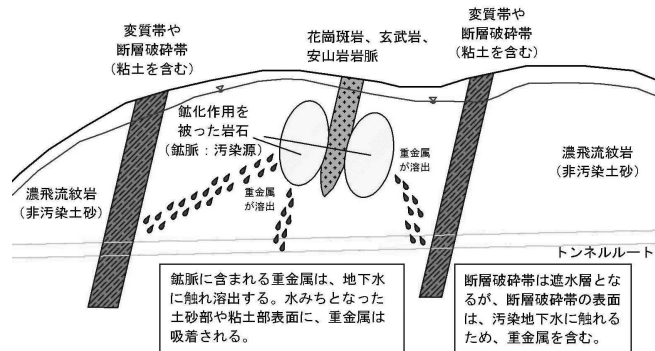


図-2 汚染土砂の出現モデル2（吸着モデル）

4. トンネル掘削中の残土調査

トンネル掘削中の残土調査は、上記の賦存モデルを念頭に置き、以下に示す方法で調査を行った。

- (1) 分析試料の採取方法について

調査地の地質は、断層破砕帯や変質帯、鉱脈、岩脈等が分布し、地質の判定が難しい場合が想定されるため、分析試料の採取にあたっては、地質技術者が切羽を確認し以下の方針で行った。試料採取のフローチャートを図-3に示す。

- ① 試料採取は、地山の変化点または、掘削土量約2,000m³（掘削距離約30m）に1度、地質技術者が切羽を確認して試料採取を行う。
- ② 岩塊部と土砂・粘土状部は、区別して採取する。
- ③ 岩塊部は岩相ごとに各1試料採取する。
- ④ 土砂・粘土状部が切羽全体に分布する場合は、「天端」、「左肩」、「右肩」、「左下」、「右下」の位置で各1試料採取し、等分混合したものを分析試料とする。

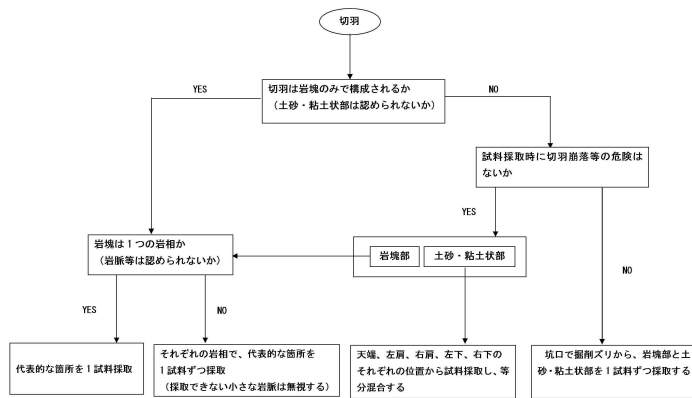
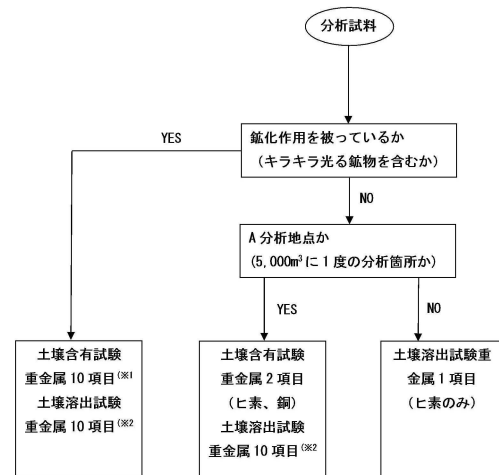


図-3 試料採取のフローチャート

(2) 分析項目について

採取した試料の分析項目については、基準超過項目が調査開始時点でヒ素のみであったことを踏まえ、以下のとおり分析区分を行い、公定法により実施した(図-4)。

- ① 掘削土量約5,000m³ (掘削距離約80m) に1度、重金属含有試験2項目、溶出試験10項目について実施する。⇒A 分析
- ② 掘削土量約2,000m³ (掘削距離約30m) に1度、ヒ素の溶出試験を行う。⇒B 分析
- ③ 鉱化作用を被った試料は、重金属含有試験10項目、溶出試験10項目について実施する。



(※1) カドミウム、六価クロム、シアン、総水銀、セレン、鉛、ヒ素、ふっ素、ほう素、銅
(※2) カドミウム、六価クロム、シアン、総水銀、アルキル水銀、セレン、鉛、ヒ素、ふっ素、ほう素

図-4 分析項目のフローチャート

ただ、切羽観察において、汚染の疑わしい掘削残土や湧水が出現した場合は、「水中ヒ素濃度簡易テストキット」(米国、ADI 社製)を用い、ヒ素を指標にして15分程度の迅速さで重金属有無を簡易的に判定した。この結果で、汚染の可能性があるかと判定されたものは、公定法による分析を行い、正確な濃度を判定した。

(3) 分析結果の評価と残土の処理方法について

分析結果の評価と残土の処理方法は、汚染残土処理対

象土を最小するために、岩塊部と土砂・粘土状部を区別して以下の方針で評価した(図-5)。

- ① 掘削土砂は、土壌分析を行った単位毎が混ざらないように、分別して仮置きする。そして、土壌分析結果が判明するまでは、掘削土砂は単位毎にシートで覆い、雨水等に触れないように仮置きする。
- ② 土壌分析結果の評価は、基準値(土壌汚染対策法の指定基準)に基づき評価する。基準値を超えていない土砂(適合土砂)はそのまま搬出、処理を行い、基準値を超えた土砂(不適合土砂)は、管理型の処理をおこなう。
- ③ 岩塊部、土砂・粘土状部とも基準値を超えていない場合(適合土砂)は、分別せず残土処理を行う。
- ④ 岩塊部、土砂・粘土状部とも基準値を超えた場合(不適合土砂)は、分別せず、管理型の処理をおこなう。
- ⑤ 岩塊部、土砂・粘土状部のどちらかが基準値を超えた場合(不適合土砂)は、スケルトンバケットによるふるい分けを行い、不適合土砂について管理型の処理をおこなう。

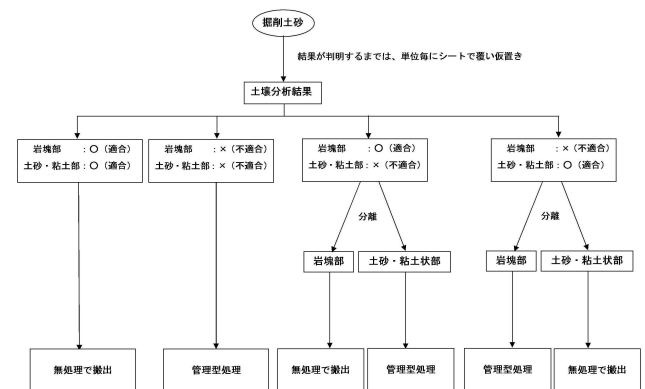


図-5 残土処理のフローチャート

5. 調査の成果と結び

現在、トンネル掘削は完了し、上記の調査手法により、トンネル掘削残土の一部に、鉱化作用被ったと考えられる汚染残土を適切に発見することができた。また、トンネル掘削時の試料採取を細かく行い、小さな単位で汚染残土を発見できたため、汚染残土処理対象土を少なくすることができた。

最近では、分析機器が進歩し、ポルタンメトリー分析など、現地で比較的精度の良い分析が可能となってきた。建設現場での汚染土砂の判定は、迅速性が要求されるが、分析技術の向上と同等に適切な試料採取が重要である。現場の地質を的確に判定できる地質技術者の力量を生かし、精度・効率の良い調査を行なっていきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 服部ほか：トンネルと地下，pp.871～878，2003.11.
- 2) 中部地方土木地質図編纂委員会：中部地方土木地質図解説書，515pp，1992.12.