

道道西野真駒内清田線トンネル整備における重金属対策

1

掘削土のリスク評価結果（基礎資料）・・・・・・・・・・

1

2

掘削土処理に関する管理項目・・・・・・・・・・

2

3

掘削土管理に関する流れ・・・・・・・・・・

2

4

施工中の管理方法・・・・・・・・・・

3

5

施工後の管理方法・・・・・・・・・・

6

1 掘削土のリスク評価結果（基礎資料）

(1) トンネル区間の化学的性質

トンネル区間の地質の化学的性質（公定法による分析）を以下に整理する（図 2）。

- ・含有量は、全ての地質で含有量基準を満足している。
- ・崖錐堆積物は、鉛および砒素が溶出量基準値を超過する（最大で基準値の 2 倍）
- ・泥岩は、砒素およびセレンが溶出量基準値を超過する（最大で基準値の 3 倍）
- ・泥岩の場合でも風化帯は、いずれも溶出量基準値以下である。
- ・安山岩では変質部において酸性硫酸塩土壌に該当する試料が確認されているが、酸化速度は遅く、また、溶出水が酸性化する条件にも該当しない※（表 1）。このため、酸性水が発生する可能性は低い。
- ・酸性化の程度が小さく、また、進行した場合においても、溶出量基準値以下である。

※田本ほか（2009）：酸性化した溶出液による岩石ずりの重金属類溶出量評価に関する考察 第 8 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集

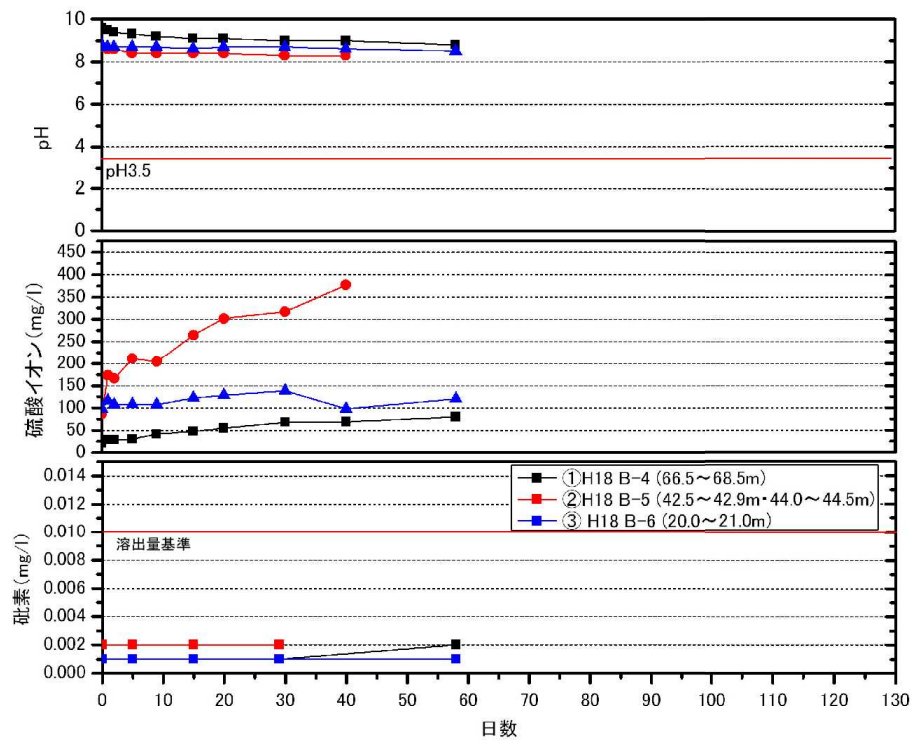


図 1 酸化速度と溶出傾向

表 1 酸性化判定

判定項目	分析結果			判定条件※
	試料①	試料②	試料③	
硫黄含有量	4,150ppm	19,400ppm	9,480ppm	強酸性化の条件（全ての項目を満たすこと） ≥4,000ppm ≤7.0 ≤3.5
公定法溶出液 (pH)	8.5	7.9	8.4	
pH (H ₂ O ₂)	3.4	2.5	3.0	

※田本ほか（2009）：酸性化した溶出液による岩石ずりの重金属類溶出量評価に関する考察 第8回環境地盤工学シンポジウム発表論文集

判定条件に該当

(2) 処理を必要とする地質

掘削土の処理必要区間は、リスク評価結果に基づき、以下のように設定する。

- ・処理必要な地質：崖錐堆積物、泥岩（未風化帯）
- ・処理不要な地質：安山岩、泥岩（強～弱風化帯）

※ただし、安山岩の区間において当初調査で確認していない変質帯等が確認された場合は、化学分析を実施し、対策の要否を判定するものとする。

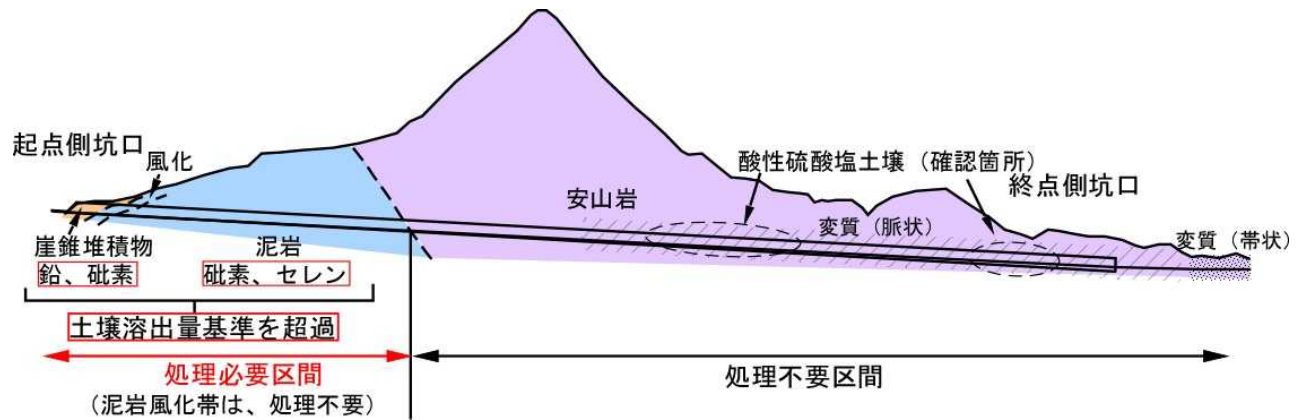


図 2 分析結果および処理必要区間の設定

掘削土処理に関する管理項目

掘削土の管理は、施工前～施工後の段階において表 2 の項目を実施する。

表 2 管理項目

	項目	細項目
施工中	処理区間の判定方法	・判定必要区間の抽出 ・判定手法 ・分析項目 ・先進ボーリングの実施方法
	掘削土の管理方法	・仮置き場の管理方法 ・最終処分場の管理方法 ・運搬方法
施工後	モニタリング	・仮置き場のモニタリング ・最終処分場のモニタリング

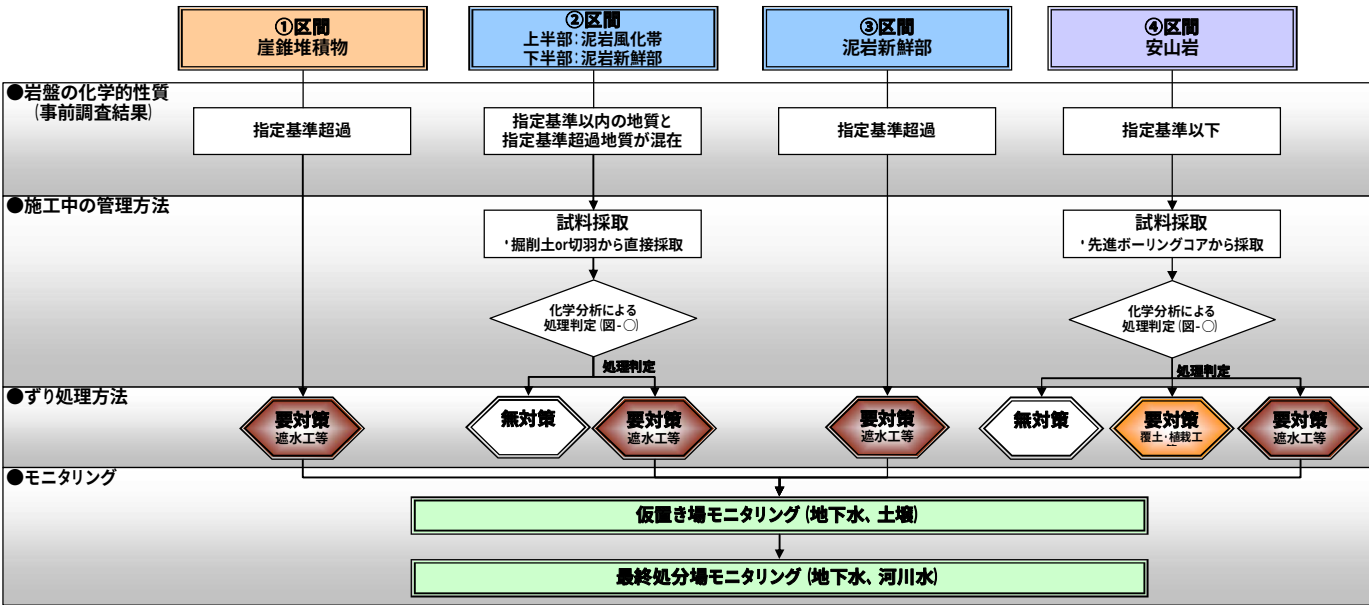


図 4 掘削土管理に関するフロー

2 掘削土管理に関する流れ

掘削土の管理は、「掘削土の処理判定」と「モニタリング」に区分する。

掘削土の処理判定は、安全かつ経済的な処理を行うことを目的に実施するものであり、トンネル施工中に先進ボーリングまたは切羽、掘削土から採取した試料から行うものである。モニタリングは、要対策土の仮置き場および最終処分場の地下水などを対象に実施するものである。

対策区分および管理方法を図 3 に、管理フローを図 4 および図 5 にとりまとめる。

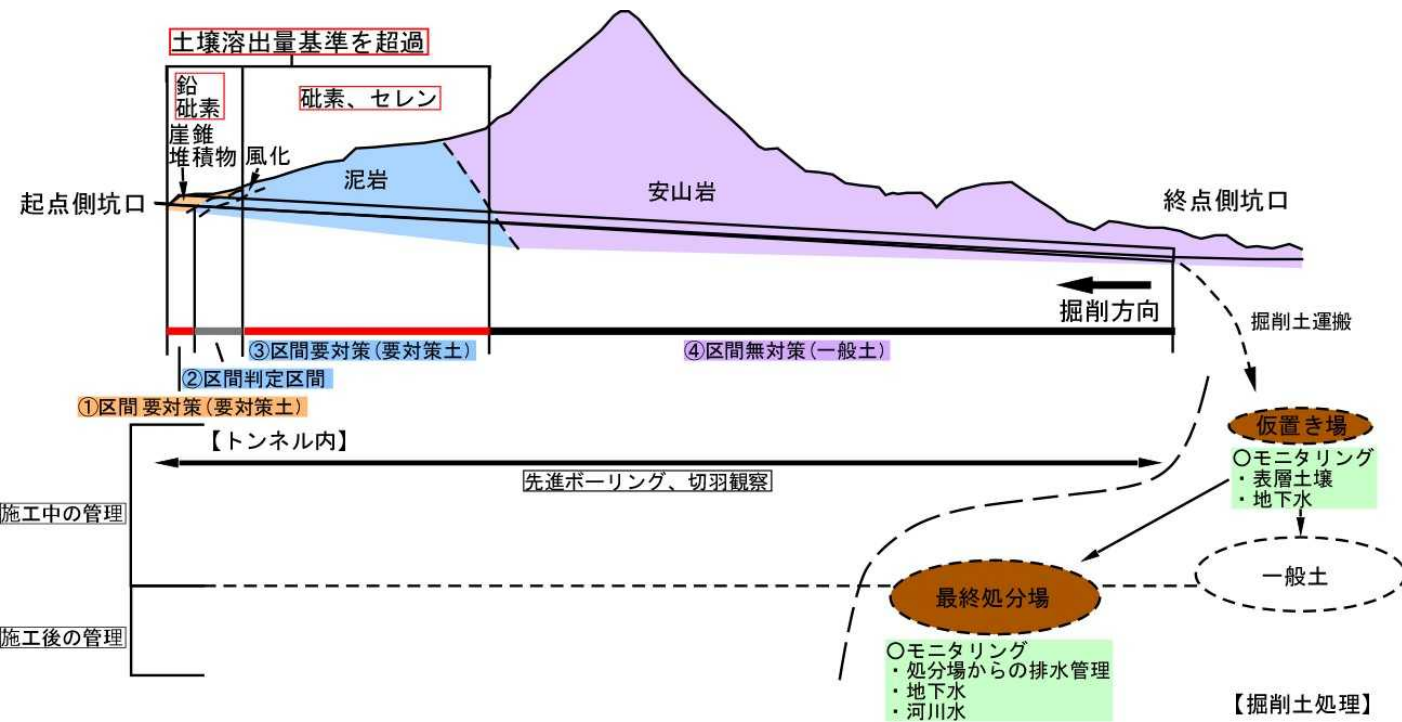


図 3 管理項目とトンネルの位置関係

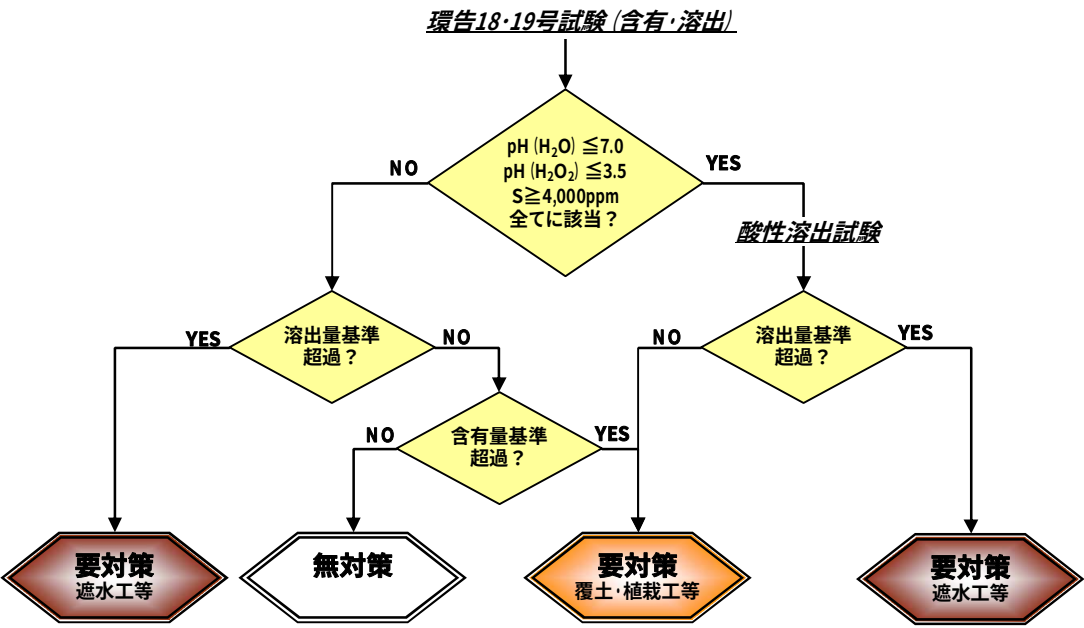


図 5 化学分析による判定

3 施工中の管理方法

3.1 調査・判定手法

(1) 施工中に判定を実施する区間

施工中に判定を必要とする区間は、以下の区間とする。なお、判定区間長については、分析結果から適宜見直しを行うものとする。

- ・処理を不要とする泥岩（強～弱風化）が分布する起点側坑口部（延長：約 50m）（図 6）
- ・安山岩の区間（注）

※泥岩（未風化）の区間は、土壌溶出量基準以上、第2溶出量基準以下として処理を行う。

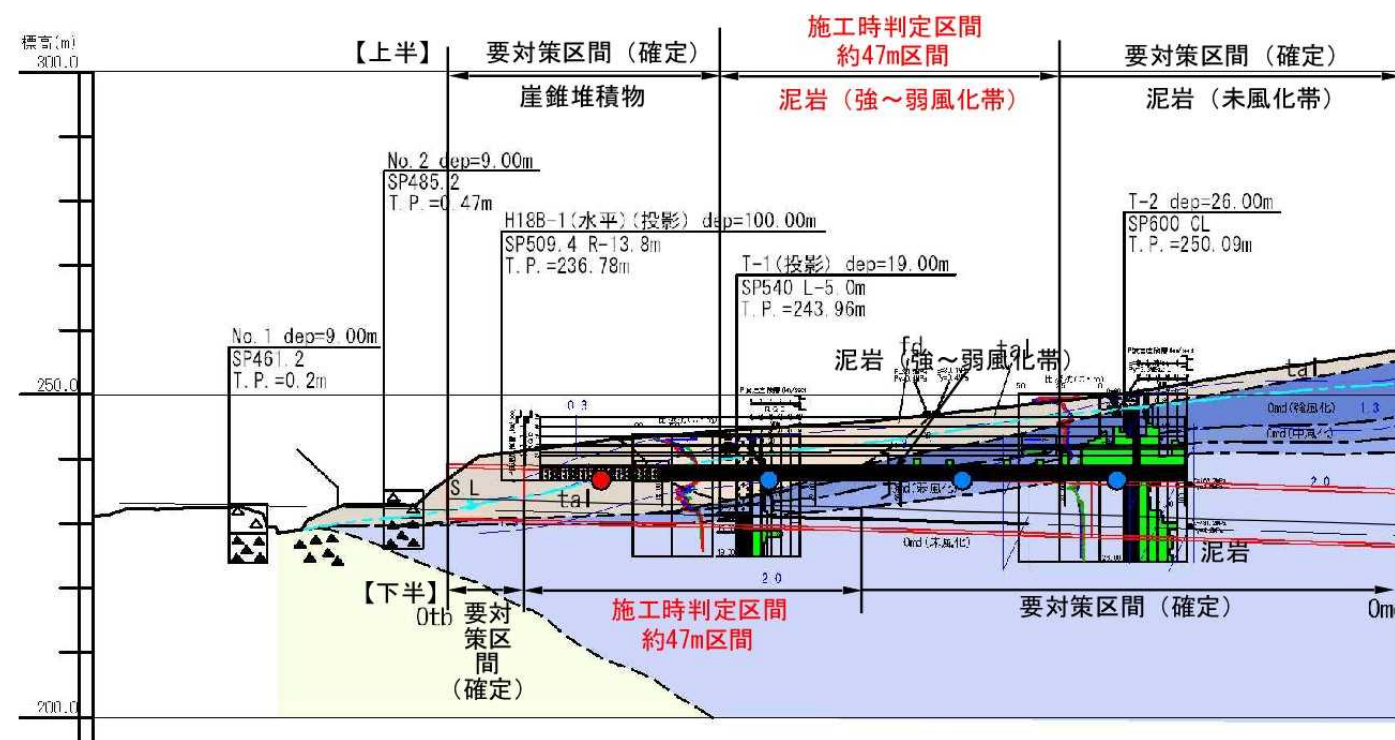


図 6 判定を実施する区間（起点側坑口）

注）安山岩区間における判定区間

安山岩の分布域については、変質部を含めて土壌溶出基準に適合していることから、基本的には処理不要と判断できる。しかし、今回確認した変質帯は、変質部の縁部であり、その中心部がトンネルと交差する可能性もあるため、変質の程度（グレード）が強く、かつ変質部の割合が多い場合は、重金属類の溶出傾向が異なる可能性もあるため、確認分析を実施する。

【当初調査で確認された変質帯】



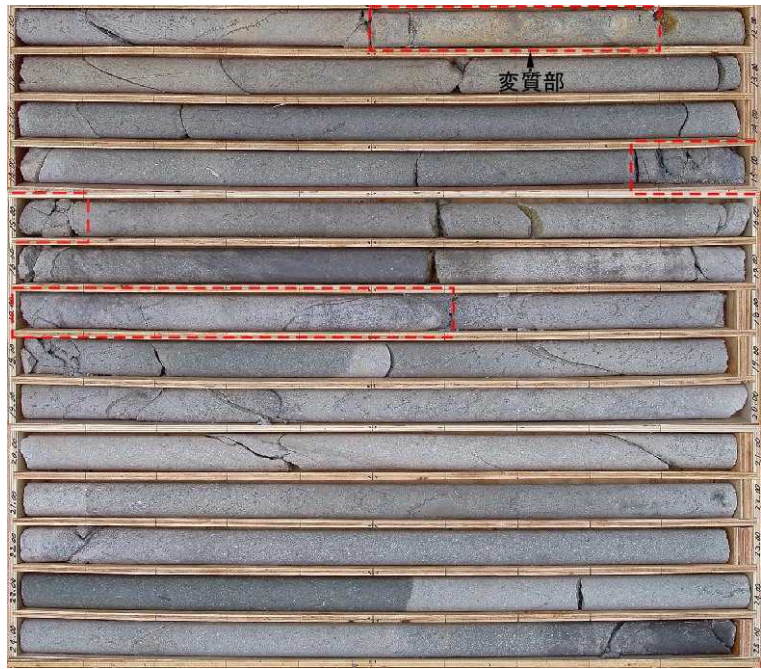
○H18B-4 号孔（トンネル断面付近）

亀裂沿いに白色化した変質部を伴う。変質部は数cm～数10cm程度の幅を持ち、脈状に発達する。明瞭な軟質化は見られない。



○H18B-5 号孔（トンネル断面付近）

幅約 1m の変質脈。白色化しており全般に弱く粘土化している。強度の低下が顕著。



○H18B-6 号孔（トンネル断面付近）
幅約 0.2～1m の変質脈。白色化しており全般に弱く粘土化している。強度の低下が顕著。

表 3 変質帯と判定の必要性

	変質帯の模式図	変質状況
施工時に分析が不要な変質例		○変質の産状 節理 (亀裂) に沿って脈状、網状に発達 ○変質脈の幅 最大1m程度 ○変質の程度 弱い場合で白濁化、強い場合で白濁化および軟質化
施工時に確認分析が必要な変質例		●変質の程度が強い 粘土化の程度が強い、あるいは変質タイプ (グレード) が異なる。 ●変質帯の規模が大きい 帯状に広く変質部が形成されている。岩盤に占める変質帯の割合が高い。

(2) 判定手法

1) 試料の採取方法

試料の採取は、地質状況を考慮して以下のように行う。

○泥岩（強～弱風化）の分布区間

泥岩（強～弱風化）が分布する区間の掘削ずりは、処理を必要とする地質（崖錐堆積物、泥岩（未風化帯））と混在することが想定される。この状態における溶出傾向の把握として、①切羽から直接採取、もしくは②掘削ずりからの採取を行う。

【試料採取方法】

①掘削ずりから採取

掘削ずりからの試料の採取は、一日に搬出されるずりを対象とする。採取方法は、仮置き場の 1 日に発生する掘削ずりから、無作為に 5 地点から試料を採取（掘削および運搬時の混合を考慮）（図 7）。これを等量混合させ分析を行う。

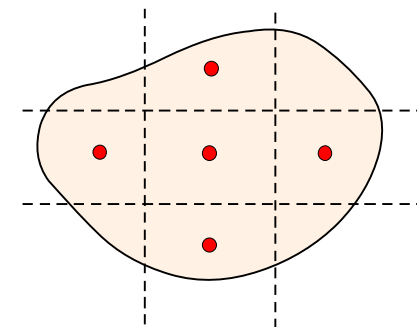


図 7 掘削ずりからの採取方法（案）

注）試験期間は、公定法で行う場合 1 週間程度を必要とするため、分別した仮置きを行う必要がある。

①切羽から直接採取

切羽（上半）に出現する地質状況を試験に反映できるように、図 8 に示すようなライン上からの採取を基本とする。地質構造は水平方向であるため、設定するラインは、地質構造の変化を踏まえて 3 本を設定する。分析は、この試料を等量混合して実施する。試料を採取する頻度は、に 1 回/日を基本とするが、地質状況に明確な違いが確認された場合は適宜行う事とする。

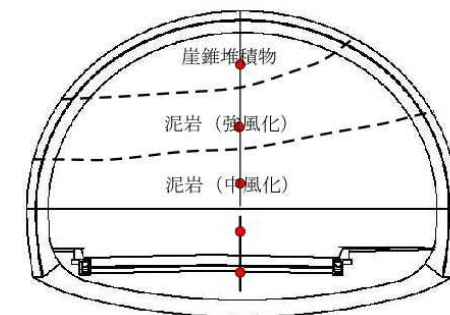


図 8 試料採取方法（案）

○安山岩(変質帯)の分布区間

先進ボーリングにより、表2に示すような変質帯が確認された場合は、この区間の分別が可能となることから、限定したサンプリングを行う。

【試料採取方法】

変質帯は、その構造および規模を考慮して、図9に示すように、変質部のみから試料を採取する。試料の採取頻度は、その延長や変質のタイプを考慮して判断することが必要である。

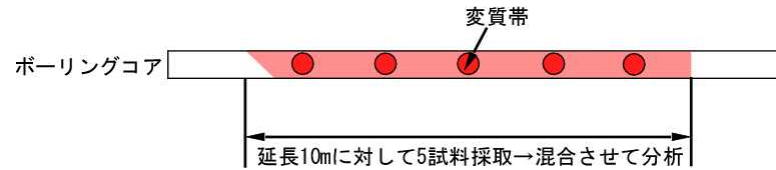


図9 変質帯の試料採取の考え方

2) 分析項目・方法

分析項目は、事前調査の分析結果に従って、表4のように設定する。泥岩については、基準を超過する項目が明らかになっているため、その項目に限定して溶出試験のみを実施する。安山岩は、変質状況により溶出項目に違いが生じる可能性もあるため、環境基準項目を対象として、溶出試験および含有量試験を実施する。

分析方法は公定法とする。

表4 分析項目

地質	分析内容	分析項目
泥岩、崖錐堆積物	溶出試験	pH、砒素、セレン
安山岩 (表2に示す変質帯)	溶出試験	pH、カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、セレン、フッ素、ホウ素
	含有量	pH(H ₂ O)、pH(H ₂ O ₂)、カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、セレン、フッ素、ホウ素、硫黄

(3) 先進ボーリングの実施方法

先進ボーリングは、地山等級を検討するために、トンネル全線で実施する。安山岩の変質部が確認された場合は、このボーリングコアを用いて化学分析を行う。

化学分析を行わない場合は、図10に示すように各ボーリング間にラップを設ける必要性はない。一方、化学分析を行う場合（安山岩の分布区間）は、化学分析の判定期間を考慮して、実施済みのボーリングとラップを確保することで、施工サイクルに与える影響を極力少なくすることに努める必要がある。ラップの延長は、分析に必要とする日数（7～10日程度）を考慮して、30m程度(掘削速度3～4m/日程度)を目安にする。

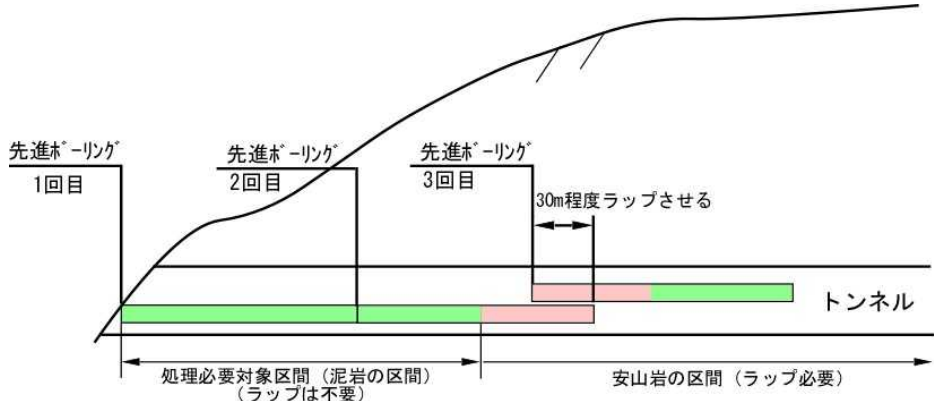


図10 先進ボーリングの実施方法

3.2 掘削土の管理方法

(1) 仮置き場

トンネル掘削により発生するズリは、坑口ヤードにて仮置きが生じる。現状で想定される掘削土の性状は、土壌溶出量基準以下、土壌含有量基準以下の掘削土と土壌溶出量基準値以上、第二溶出量基準未満の掘削土の2種類である。処理を必要とする掘削土に関しては、周辺環境への影響を考慮し、モニタリングを実施する。

○仮置場のモニタリング

- 仮置き場の表層土壌・・・施工前に表土の化学分析を実施
- 地下水・・・施工前に初期値を把握、施工中は定期的（1回/月程度）に水質分析を実施

(2) 最終処分場

最終処分場では、ずり処理箇所に浸透する雨水を処理するために、調整池を設けることが一般的である。ここに流れ出る水は、重金属類を多く含んだ状態が想定されるため、調整池からの排水によるリスク管理として、排水の水質や河川水および地下水のモニタリングを実施する。

○最終処分場のモニタリング

- ・処分場からの排水の管理・・・濁水処理前後の水質分析
- ・河川水のモニタリング（水質分析、流量観測）・・・施工前に初期値を把握、施工中は定期的（1回/月程度）に実施
- ・地下水のモニタリング（水質分析）・・・施工前に初期値を把握、施工中は定期的（1回/月程度）に実施

(3) 運搬方法

当トンネルの重金属を含むトンネル掘削土砂の二次運搬に際して、運搬路周辺への土砂の飛散防止に努める必要がある。

- ・運搬中の飛散防止手法としては、産業廃棄物用の箱車（完全に密封出来る荷台）を用いるか、トラックの荷台を飛散防止シートで覆うなど荷台を極力露出させないような対応を行う（写真 1）。
- ・トンネル坑内（仮設ヤード）や重金属処理場からの出入りの際にも、トラックのタイヤに重金属を含む土砂が付着する可能性があることから、場内にタイヤ泥落機や洗車場を設けることを基本とする。



写真 1 運搬状況

4 施工後の管理方法

(1) 仮置き場のモニタリング

仮置き場については、仮置きによる影響の最終確認として、ヤード内の土壌を対象とした化学分析を実施する。

- ・表層土壌の化学分析（アスファルト撤去後）

(2) 最終処分場のモニタリング

最終処分場では、完成後においても定期的に地下水のモニタリングを実施する。頻度は、年4回以上として、地下水基準を超過しない状態を2年間継続して確認する。

- ・地下水のモニタリング（水質分析）