

大和御所道路トンネル掘削土処理対策に関する 施工マニュアルについて

吉安 勇介¹

¹近畿地方整備局 奈良国道事務所 調査課 (〒630-8115奈良県奈良市大宮町3-5-11)

京奈和自動車道 大和御所道路のうち御所区間8工区(御所南IC~五條北IC)は、主にトンネル構造による区間である。その計画路線近傍に、鉱脈や変質帯または圧砕岩があり、トンネル掘削土から自然由来の重金属が溶出することについて懸念されている。

トンネル掘削土の適切な処理方法として、自然由来の重金属を含有する岩石の取り扱いについて必要な事項をとりまとめた「大和御所道路トンネル掘削土処理対策に関する施工マニュアル」を作成した。本マニュアル作成にあたっては、専門家・学識者で構成された検討委員会での審議結果や、奈良県をはじめとした関係機関との協議結果を踏まえ、とりまとめを行った。

キーワード 自然由来重金属, ヒ素, トンネル, 施工マニュアル

1. はじめに

京奈和自動車道大和御所道路 御所区間は、橿原高田ICから五條北ICまでの延長約13.4kmの高規格幹線道路である。平成24年3月に橿原高田ICから御所ICまでの区間(6工区)が供用し、平成26年度には御所ICから御所南ICまでの区間(7工区)が供用予定である。御所南ICから五條北ICまでの区間(8工区)については、平成28年度供用予定である。

8工区のトンネル4箇所のうち1箇所(巨勢山トンネル)は施工済みである。残る3カ所のトンネルについて、既往の調査ボーリングコアを用いて重金属類を対象として分析した結果、2箇所のトンネル(新田東佐味トンネルと水泥トンネル)の岩石から土壌汚染対策法の指定基準値(0.01mg/L以上)を超過する自然由来のヒ素が検出された。本事業で発生する重金属含有岩については、改正土対法の対象外となるが、事業者として適切な対応を図るべく、専門家・学識者で構成された検討委員会での審議結果や、奈良県をはじめとした関係機関との協議結果を踏まえ、「大和御所道路トンネル掘削土処理対策に関する施工マニュアル(案)(以下、施工マニュアル)」を平成24年度に作成したので事例紹介する。

2. 重金属含有岩の分布

8工区には花崗閃緑岩、圧砕岩が主に分布しており、小規模な鉱山跡も認められる。

既往の分析値を精査した結果、基準値以上のヒ素溶出がみとめられた岩石は変質した花崗閃緑岩(以下、変質岩)と圧砕岩であった。また変質岩よりも圧砕岩のほうが高い溶出量を示す傾向が認められた。未変質の花崗閃緑岩からは基準を超過した岩石は認められな

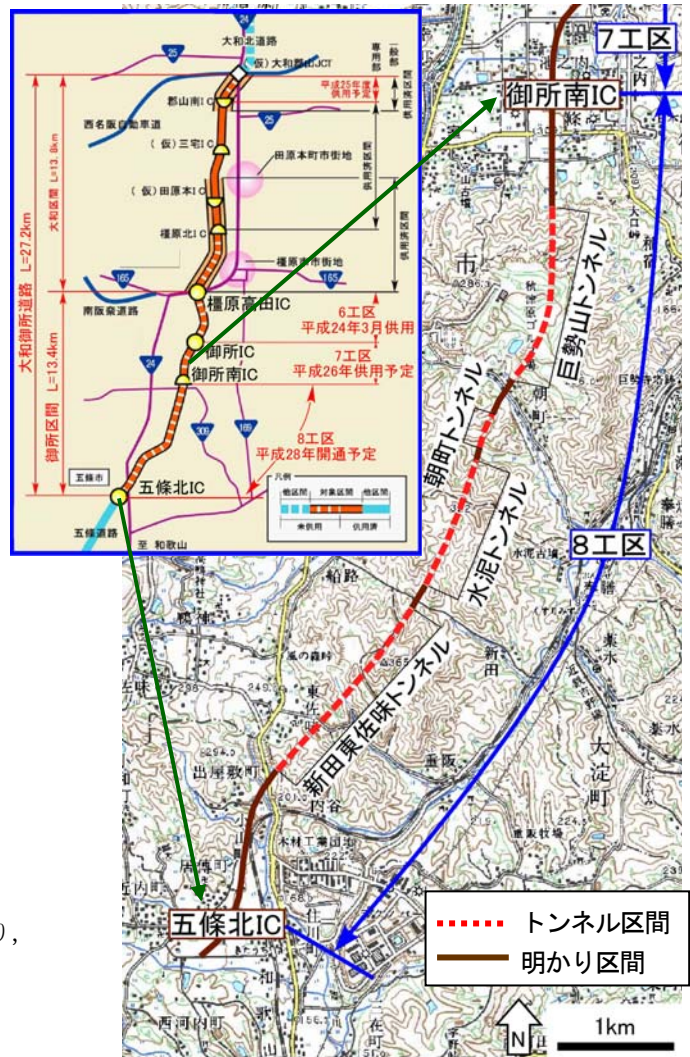


図-1 調査位置図

かった。

なお、ヒ素の判定基準については、改正土対法の基準値を準用することとした。（表-1）

表-1 ヒ素の判定基準

物質	溶出量 (mg/l)	含有 (mg/kg)	第二溶出量 (mg/l)
ヒ素	0.01	150	0.3

(改正土対法の基準値を準用)

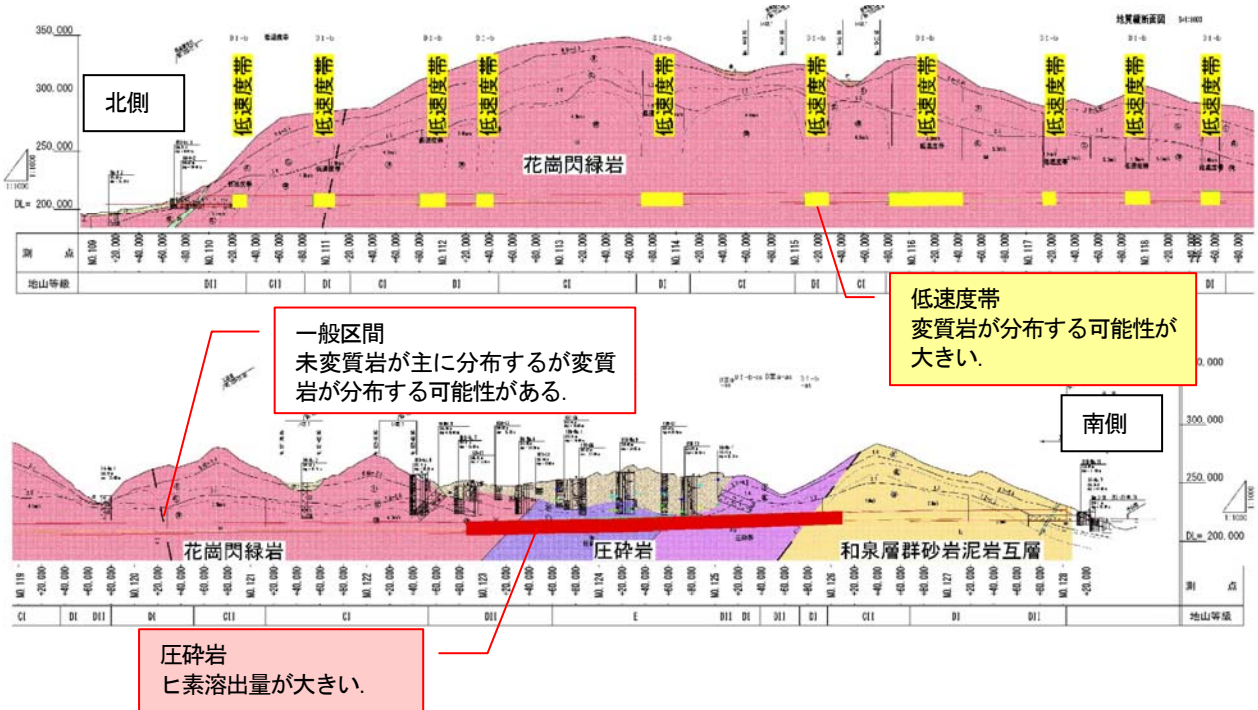


図-2 新田東佐味トンネル地質縦断面図

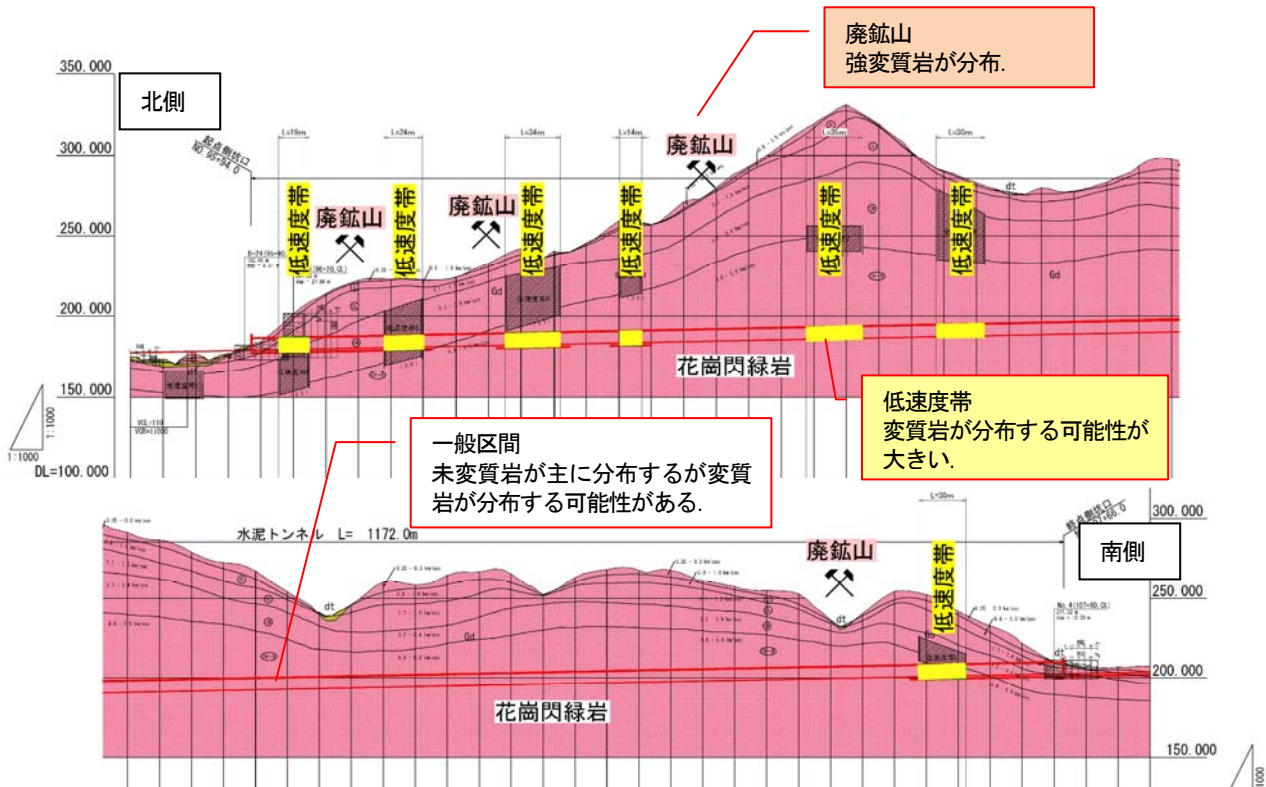


図-3 水泥トンネル地質縦断面図

3. 岩判定に関する課題

(1) 要対策土と対策不要土の判別方法

重金属含有岩の処理費は高額なため、基準値以上のヒ素を溶出する掘削ズリ「要対策土」と「対策不要土」とに分類・判別し、要対策土のみを処理対象とすることで処理費を最小限にしようとした。

まず、圧砕岩については、新田東佐味トンネルの南側にのみ分布すると想定される。(図-2)

次に、変質岩については、熱水(高温の温泉水)変質に伴い形成された岩石で、熱水は岩石の亀裂に沿って流動することから、亀裂が多いと考えられる弾性波探査の低速度帯の周辺に分布すると想定される。以上の検討から要対策土の土量は7.5万³m程度(全体の25%程度)と想定された。(図-2, 図-3)

しかし、変質岩については、亀裂は低速度帯に限らず存在するため、低速度帯以外にも分布する可能性がある。そのため、切羽での岩石判別が必要と考えられた。

岩石の判別は地質技術者であれば肉眼観察により比較的容易に実施できる。しかし複数の技術者の間で判別に個人差が出ることも考えられる。



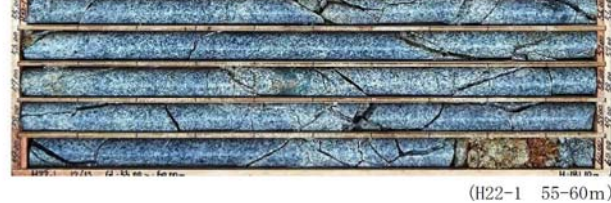
また掘削期間を通じて常時に地質技術者を確保できない場合もあるため、コアの写真を用いた岩石の判別表を作成することとした(表-2)。実際の工事では、圧砕岩、変質岩、未変質花崗閃緑岩を切羽で肉眼で判別し、圧砕岩と変質岩を分析対象として基準を超過した岩石を要対策土とすることとした。

なお、地山表層は岩石の風化が認められ、風化が進んだ岩石では変質岩か未変質花崗閃緑岩かの区別が難しくなるので、強風化岩は岩石種にかかわらず分析することとした。

分析試料は切羽で掘削土を採取することとした。実際の工事では切羽毎にスケッチを残すため、その際に切羽に出現した岩石の量をスケッチから算出し、偏りのないように岩石を採取して混合した上で分析することとした。これは同じ切羽に複数の岩石種が出現しても切り分けて搬出することが困難であることと、搬出する掘削土全体で重金属の汚染状況を把握する必要があることを踏まえたものである。予想される岩石の出現パターン毎の試料採取方法を表-3に示す。

分析方法は分析に数日かかるが計量法に基づく計量証明書が発行され信頼性が高いため公定法(環境省告示18号, 19号)とした。^{1), 2)}

表-2 変質岩の判別表(案)

区分	コア写真	特徴	扱い
花崗閃緑岩	 <p>(H22-1 22-27m)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石組織が不明瞭。 ・黒い鉱物と白い鉱物の判別が不明瞭。 ・岩石が全体にもろくなっており、土砂状の場合もある。 ・風化や地下水の影響で褐色化する場合もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分析の対象とする。
	 <p>(H22-1 45-50m)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・岩石組織は明瞭。 ・黒い鉱物(角閃石, 黒雲母)に光沢がなく、脱色して緑がかかった色になっている。 ・白い鉱物(斜長石)に透明感がないかごく弱くなっている。 ・亀裂沿いに岩片がもろくなっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・分析の対象とする。
	 <p>(H22-1 55-60m)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・粒(鉱物)が集合して形成されている岩石組織が明瞭。 ・黒い鉱物(角閃石, 黒雲母)に光沢がある。 ・白い鉱物(斜長石)に透明感がある。 ・岩石は硬質。 ・風化しても粒状の岩石組織は識別できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・切羽全面に出現した場合は分析しない。 ・分析対象の岩と同時に出現した場合は分析する。

(2) 要対策土の処分方法

掘削土の判定・処理フローは、図-4に示すとおりである。

御所南ICおよび條地区における盛土量が最も多いが、周辺は住宅地や農地であるため、要対策土を盛土に使うことが不相当であると判断し、肉眼判定により対策不要土（未変質かつ未-弱風化の良質な花崗閃緑岩のみ）と判断されるもののみを使うこととした。

肉眼判定により要対策土と判断されるもののうち、ヒ素溶出量が0.01mg/l以下のものについては、集落や農地から離れた朝町地区および五百家地区の、トンネル間の盛土に利用することとした。

なお、ヒ素溶出量が0.01mg/lを超えて0.3mg/l以下のものについては、土対法に準拠した二重シートによる遮水工封じ込めを行ったうえで、朝町地区および五百家地区の盛土に利用することとした。（図-5）

表-3 切羽での試料採取(案)

切羽模式図	状態と試料採取方法
	例1:均質な切羽状態(亀裂はあるもののほぼ塊状な岩相) 切羽から岩石を5個採取し、等量混合した上で分析する。 試料採取地点
	例2:切羽内に複数の地層が分布する状態 地質状況が2種類以上の岩種からなる場合は、主要な岩種(2~3種類)からそれぞれ試料を採取する。試料は各岩種の露出面積の比に応じて均等に採取する。試料は最低5個は採取する。 (25点方眼でスケッチを行い、交点の岩石を判別する。例では、圧砕岩10・花崗閃緑岩12・砂岩3なので3個・4個・1個)。
	例3:変質の程度に違いが見られる状態 変質作用の程度(強変質, 中~弱変質, 未変質)に応じて切羽を区分し、それぞれの変質区分に応じて試料を採取する。試料は各岩種の露出面積の比に応じて均等に採取する。試料は最低5個は採取する。 変質部だけで切羽全体を評価するのではなく、健全な岩も評価に含める。 (25点方眼でスケッチを行い、交点の岩石を判別する。例では花崗閃緑岩12・弱変質8・強変質5なので2個・2個・1個)
	例4:鉱脈を含む状態 試料の採取時には、鉱石鉱物の有無、鉱物量比等を入念に観察し、鉱脈等があった場合は、その近傍の鉱化変質帯を区分し、それ以外の場所と鉱化変質帯の露出面積に応じて岩石試料を採取する(最低は5個)。 鉱脈や鉱化変質帯だけで切羽全体を評価するのではなく、健全な岩も評価に含める。 (例では健全岩10・鉱化変質帯10・鉱脈5なので2個・2個・1個)

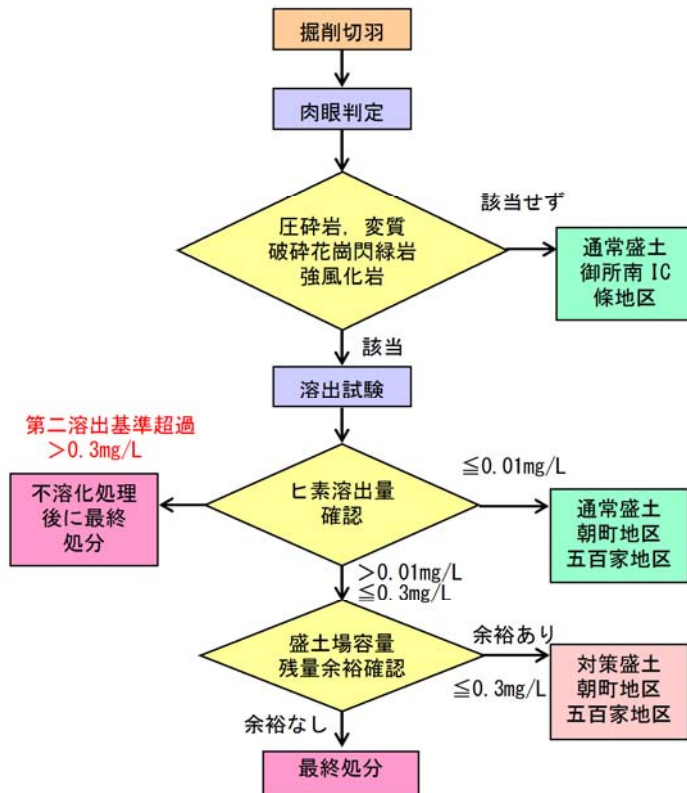


図-4 掘削土の判定・処理フロー
数値はヒ素の溶出量

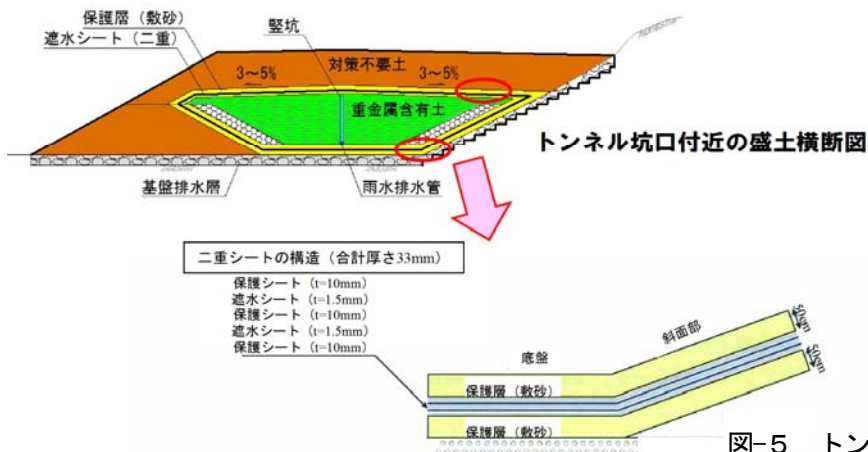


図-5 トンネル坑口付近の盛土横断面図

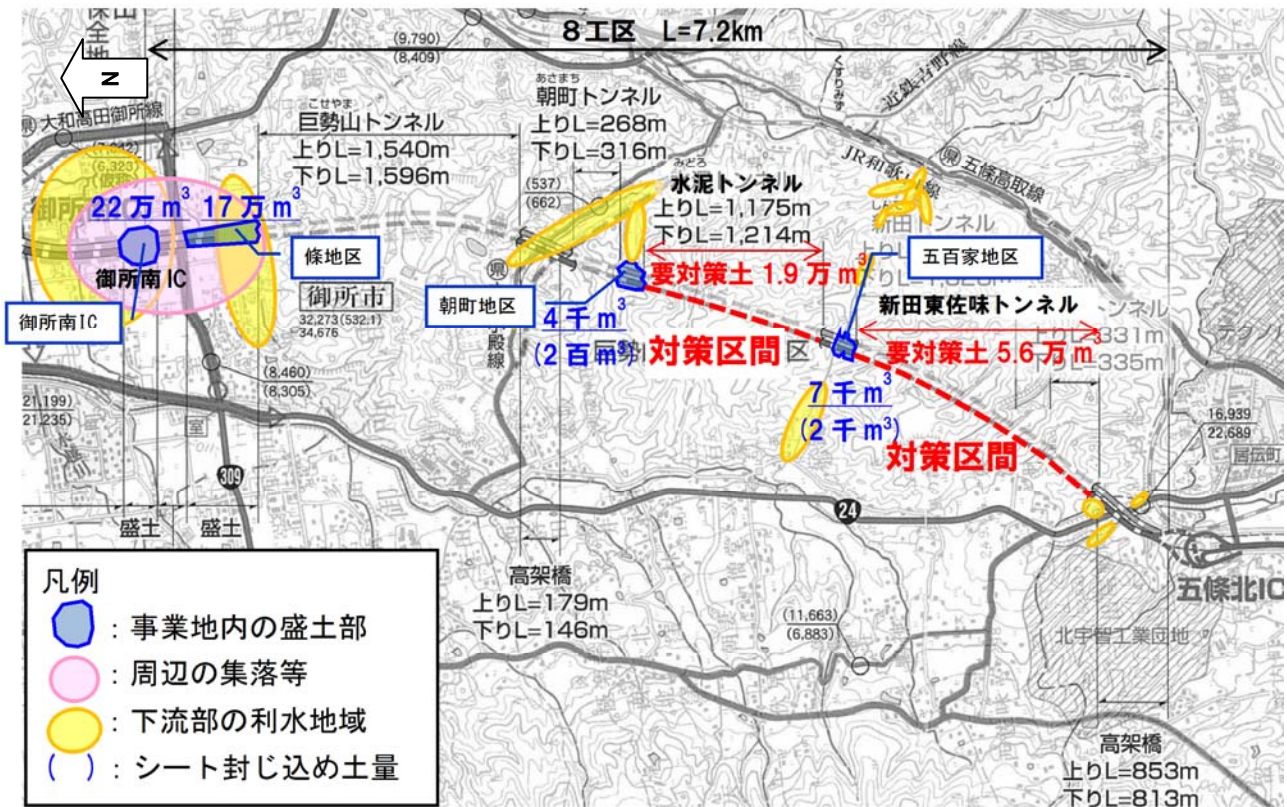


図-6 要対策土搬出先候補地

図-6は、掘削土の搬出先候補地を示したものである。要対策土全体の想定量約7.5万 m^3 に対して事業地内における盛土利用可能な土量が少なく、余った要対策土は、最終処分場まで搬出せざるを得ない状況である。

4. 施工中・施工後の対応

(1) 試験施工による施工マニュアルの修正

表-2に示す判別表は、ボーリングコアの写真を利用したものであるため、実際のトンネル切羽では見え方が異なることが考えられる。したがって、施工マニュアルでは、施工開始後において試験施工を行い、トンネル切羽での見え方を考慮した判別表の修正および当初の施工マニュアルの妥当性確認を行うこととした。

(2) 要対策土のモニタリング

要対策土を用いた盛土構造については、盛土施工中および施工後において、盛土施工箇所の表流水と地下水の上流側と下流側で溶出ヒ素が漏れ出ていないかモニタリングを行うこととした。

なお、御所南ICおよび條地区における盛土においても、良質な材料のみを使用する予定であるが、安全確認の観点から、モニタリングを予定している。

モニタリング期間は施工中および施工後2年間を予定している。¹⁾

5. おわりに

平成26年度から水泥トンネルと新田東佐味トンネルの施工を開始する予定であり、引き続き、検討委員会の委員様のご助言を賜りながら、関係機関と連携し、施工マニュアルの確認・修正を行いながら事業進捗をはかっていく所存である。

謝辞

施工マニュアルの作成にあたり、検討委員会の三田村委員長をはじめ各委員様には、多大なご助言ご協力をいただきありがとうございました。

(参考文献)

- 1) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版) 平成22年3月 建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会
- 2) 土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン(改訂第2版) 平成24年8月 環境省 水・大気環境局 土壌環境課