

の確保を図るため、土壌汚染対策の状況の把握、土壌汚染による人の健康被害の防止に関する措置等の土壌汚染対策を実施することを内容とする土壌汚染対策法¹⁾が平成14年5月22日に制定された。この土壌汚染対策法¹⁾の第4条においては、一定規模以上の土地の形質変更を行う場合であって、形質変更する面積が3000㎡以上の場合には、当該形質の変更をしようとする土地の所在地等を知事に届け出る必要があるが、見の越トンネルの形質変更の面積では一定規模未満であったことから届け出の対象とはならなかった。

一方、愛媛県の条例²⁾の第7条（土砂基準に適合しない土砂等による土砂等の埋立て等の禁止等）において、「何人も、土砂基準に適合しない土砂等を使用して土砂等の埋立て等をし、又は土砂基準に適合しない土砂等を使用する土砂等の埋立て等の用に供するために土地を提供してはならない。」とあり、その趣旨を踏まえ、自主的な対応として対策を行うこととした。

4. 重金属等の対応

(1) 飲用井戸調査

土壌汚染は、揮発性有機化合物や重金属等の不適切な取扱いによる漏出や、これらの物質を含んだ排水が地下に浸透することが主な原因となって引き起こされると考えられている。

土壌は、いったん汚染されると、有害物質が蓄積され汚染が長期にわたるといった特徴がある。土壌汚染による影響として、汚染土壌から溶出した有害物質で汚染された地下水を飲用するリスクと、汚染された土壌に直接接触したり、口にしたりする直接接種によるリスクが考えられる。

汚染土壌から溶出した有害物質で汚染された地下水を飲用するリスクについての調査は「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（第3版）³⁾」に基づき、周辺で地下水の飲用等がある場合を考える必要がある。また、「地下水汚染が生じているとすれば地下水汚染が拡大するおそれがあると認められる区域」、つまり特定有害物質を含む地下水が到達し得る範囲を考える必要がある。この範囲については、特定有害物質の種類やその場所における地下水の流向・流速に関する諸条件により異なるものではあるが、本案件については「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（第3版）³⁾」を参考にし、地下水汚染が到達すると考えられる250mを範囲とした。

この範囲において周辺住民への影響の有無を迅速に確認する必要があることから、見の越トンネルの掘削ズリの搬出先周辺に飲用井戸が無いかの確認を行った。そして、周辺に飲用利用がされている井戸があるかどうかについて速やかに調査を行い、影響のある飲用井戸は無いことを確認した。

(2) 処理方針の検討

a) 全国的な対応状況

重金属等について、その処理方法はさまざま、遮水工封じ込め、不溶化工法、吸着層工法、固化工法などがある。ここではその全国的な対応の例を紹介する。

A県Bトンネルにおいては、掘削ズリの一部で溶出量基準を超過したことが確認された。そのため、技術検討会による処理・処分方針に従い施工を行っている。方針として①試料採取（先進ボーリングによる）②溶出量試験及び含有量試験を行う③土壌溶出量基準、第二溶出量基準、土壌含有量基準に基づき判定を行っている。また、試験頻度についてはボーリングを100m/1回、10m程度を1区間として実施している。基準値を超過した重金属等の対策については道路盛土への遮水工封じ込めを採用している。

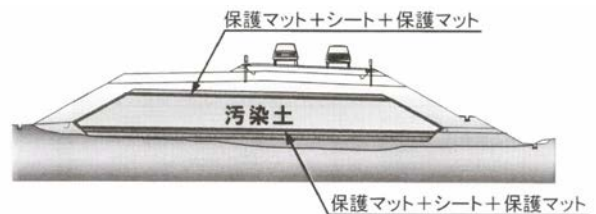


図-3 遮水工封じ込めの概要

出典：自然的原因による有害物質を含むトンネル掘削ズリの土捨て場管理について

C県Dトンネルにおいては、A県Bトンネルと同様な経緯、処理方針ではあるが基準値を超過した重金属等の対策については管理型盛土として運搬処理を行っている。

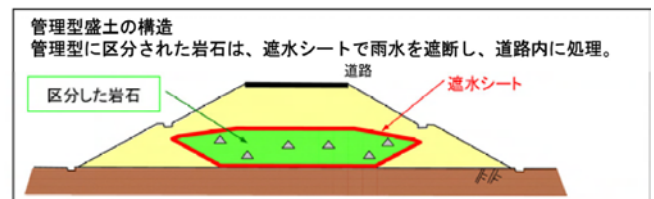


図-4 管理型盛土の構造

出典：トンネル工事で発生する重金属等含有掘削土砂対策について

b) 有識者を交えた打ち合わせにおける重金属等の処理方針

重金属等の処理にあたり、愛媛県環境部局との協議を行い、その処理方針を有識者を交えて検討することとした。有識者との打合せにおいては、全国で行われている重金属等対策として7工法（①遮水工封じ込め（二重遮水シート）②不溶化工法③掘削除去（管理型処分場）④転圧による雨水浸透低減⑤遮水工封じ込め（ベントナイト混合土）⑥不溶化およびベントナイト混合土による封じ込め⑦底面遮水工）のメリット・デメリットを説明し、見の越トンネルの搬出先の処理方針について議論を行った。

c) 処理方針の決定

前述の有識者を交えた打ち合わせでの意見を考慮し、重金属等の処理方針について施工性や管理面、コストなどを総合的に評価し決定した。7つの対策工のうち④転圧による雨水浸透低減以外については了解を得ていたが、②不溶化工法についても対策後にどのような反応を示すか不明な部分があるため推奨しないとの意見があった。この結果及び、現場の施工ヤードに制限があることを踏まえて、重金属等の処理には⑦底面遮水工を用いることとした。また、底面遮水工の遮水方法については、重金属等を処理する場所が狭隘な地形であり、この制約下での施工を考慮し、ベントナイト混合土を用いることとした。

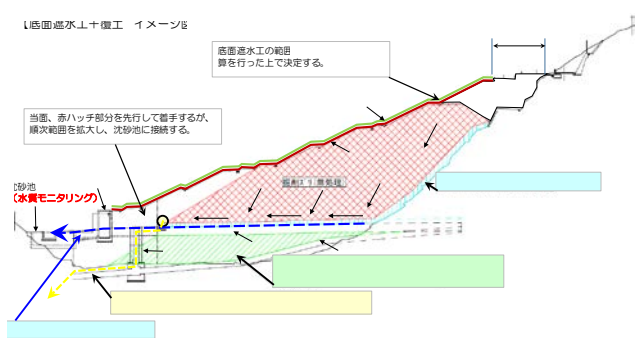


図-5 底面遮水工及び覆土 イメージ図

(3) マスコミ及び地元への周知方法

重金属等においては、健康に影響があることなどから社会的関心が高まってきており、検出結果や対策については早急に周知することが求められた。当事務所においては重金属等における検出結果や対策について、地元住民に対し、職員により各戸へチラシ配布を行い、重金属等による影響に対する心配の払拭に努めた。なお、マスコミに対しても適時的確に記者発表を行い事務所HPにも掲載することで重金属等の対応の経緯が分かるように情報提供を行った。

5. 現場対応

(1) 施工にあたっての留意点

底面遮水工の施工にあたっては管理型処分場など広大な土地における場合が多く、本案件のように狭隘な谷地形での施工という事例はあまり存在しない。ベントナイト混合土の敷設に関しては、重金属等の基準値を超過した掘削ズリにおける雨水の地下への浸透を防ぐため底面だけでなく斜面への敷設も必要となってくる。しかし、本案件においては斜面が急峻であり単にベントナイトを敷設することは難しい。また、ベントナイト混合土について与条件として透水係数が $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ となるように配合・転圧を行い、層厚が50cm以上必要であるという条件もあるため、ベントナイト混合土については敷設を行う際に工夫が必要となってくる。よって、ベントナイト混合土の斜面に対する盛り方については下記の通りとした。

- ① 斜面部に機械転圧できる幅を確保してベントナイト混合土の腹付け盛土（法面勾配は1:1.5）を行う
- ② 腹付けしたベントナイト混合土の層厚を50cm以上確保した上で不要部分を撤去（掘削勾配は1:1.5）し、受け入れ容量を確保するとともに撤去したベントナイト混合土はストックして次の段階の腹付け盛土に流用する。
- ③ 無処理土を盛土する
- ④ ①と同様に斜面部に機械転圧できる幅を確保してベントナイト混合土の腹付け盛土を行う（以下繰り返し）

また、施工時の留意点として以下の通りとした。

- ・地形や斜面状況等の現場条件により層厚が50cm以上となる場合がある。
- ・地山から湧水が認められた箇所については適宜排水工を追加する。
- ・敷設が完了したベントナイト混合土上は、直接重機が走行しないようにすること。重機が走行する範囲は、対象土による覆土もしくは敷き鉄板をし、遮水層を乱さないようにすること。
- ・締固め度は路体相当が良いが、締固め管理は十分に行うこと。
- ・長期にわたって施工がストップするような事態が生じた場合は、覆土あるいはシート養生を行うこと。

(2) ベントナイトの管理について

ベントナイトとは、粘土鉱物であるモンモリロナイトを主成分とする岩石である。このベントナイトの主成分であるモンモリロナイトには水を吸収すると元の体積の何倍にも膨らむといった特徴的な性質がある。そのため、管理時にはなるべく水を吸水しないように屋根付きの倉庫で保管し、現場においては雨天時にブルーシートをかけるなどの管理を行っている。また、現場ではベントナイトに母材（碎石）を混ぜて使用するため、碎石の含水比についても管理を行っている。



写真-1 ベントナイト（左側）及び母材（右側）



写真-2 ベントナイト混合土作成状況

(3) 今後の進め方

今後のトンネル掘削にあたっては、あらかじめ掘削予定の地山にて重金属等の有無を確認した上で掘削することとした。方法としてはトンネルを掘削する区間において先行ボーリングを行い、土壌調査を行うことにより事前に重金属等が掘削ズリに含まれているかの確認を行う。土壌調査の調査方法は下記に示す通りとする。

分析項目：重金属等29項目※、検液のpH・電気伝導度
※複数区間で土壌調査で重金属等が確認されなかった場合は、有識者の意見を踏まえて自然由来で検出しえない項目は除き8項目まで減じることとする。

分析資料：10m毎の中間点から10試料を混合した試料
調査方法：

1. 先行ボーリングを行い5000m³毎に分析を行う。
2. 試料は、10m毎の中間点の試料を採取し混合する。
3. この混合試料で基準値を超える場合は、10m単位で1m毎の試料を10点混合した試料で再度調査を行い、基準値を超える範囲を確認する。
4. 先行ボーリングの本数については既存の地質調査で地層の走向傾斜が掘進方向に直交している区間においては1本のボーリングとする。なお、走行傾斜が掘進方向と併走する区間においては、切羽の状況を観察した上で2本とする。

(4) 水質モニタリング調査

見の越トンネルの掘削ズリの搬出場所周辺への影響は現時点では確認されていないが、経時変化により重金属等が溶出しないかどうかを定期的にモニタリングすることとしている。

モニタリング項目については基準値を超過した重金属等（ヒ素、フッ素）及び土壌調査において基準値内ではあったものの確認された重金属等（六価クロム、セレン、ホウ素）を加えた5項目及びpH、電気伝導率の7項目とする。また、モニタリングの頻度及び期間については下記の通りとする。ただし、モニタリングの頻度及び期間については土壌汚染対策法施行規則第42条の2に示された

封じ込め・不溶化措置の完了報告事項に準じるものとした。

モニタリング頻度 1年目：毎月実施
2年目：毎月実施
3年目：1年に4回以上

また、モニタリング頻度については、モニタリングの結果及び有識者等の意見を踏まえて以下の見直しを行うこととしている。

- ・1年目から2年目までにあつては、1年に4回以上のモニタリング頻度に減じることが出来る

最後にこのモニタリングの完了時期については、「土壌汚染対策法¹⁾の一部を改正する法律による改正後の土壌汚染対策法の施行について」（環水大土第1903015号平成31年3月1日、環境省水・大気環境局長通知）に示される、「地下水の水質の測定を5年以上継続して実施しており、かつ、直近の2年間において年4回以上実施しており、今後、地下水基準に適合しないおそれがないことが確認できた場合にあつては、当該措置の完了を報告することができることとした。」を参考とすることとした。

6. 終わりに

見の越トンネルの重金属等の対応を通して、地元住民の環境に対する関心の高さを感じ、公共事業を進める中で事前調査の重要性をあらためて認識した。今回の対応にあたっては、愛媛県環境部局、有識者の方々の指導・助言により適切な対応ができたと考えている。今後も山鳥坂ダム建設事業の推進にあたっては、関係機関との協議を適切に行い周辺環境への影響をできる限り抑えながら進めていきたい。

参考文献

- 1) 土壌汚染対策法（環境省HP）
- 2) 県条例（愛媛県土砂等の埋立て等による土壌の汚染及び災害の発生の防止に関する条例（愛媛県HP））
- 3) 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（第3版）
- 4) 自然由来マニュアル