

自然由来重金属汚染に関するマニュアル等と  
試験方法についての調査報告書

2016年4月

土木学会  
建設技術研究委員会  
土壌・地下水汚染対策研究小委員会

# 目 次

1.	目的	1
2.	概要	1
2.1	調査の流れ	3
2.2	調査項目	3
2.3	溶出試験	5
2.4	土壌汚染対策法・自然由来マニュアル等の試験方法の区分	7
3.	土壌汚染対策法及び土壌汚染関連マニュアル等について	9
3.1	土壌汚染対策法	9
3.2	建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（改訂版）	10
3.3	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）	10
3.4	建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック	25
4.	試験方法	26
5.	対応事例	28

## 1. 目的

建設業界は今後、リニア中央新幹線、東京オリンピック、外環自動車道などの大規模事業がひかえており、大量の掘削残土等が発生することで、日本特有の土質に起因する自然由来の重金属汚染が懸念されている。

平成15年2月に施行された土壌汚染対策法では、「自然的原因により有害物質が含まれる土壌」に関しては法の対象外とされた。その後、平成22年4月の改訂で、自然由来の土壌が法の対象となったが、対象としたものは「土壌」であり、岩盤<sup>※1</sup>は対象となっていない。

一方、国土交通省の建設工事における自然由来の岩盤等について、関係法令やマニュアル等を補完する形で、平成22年3月に「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)」(以下、自然由来マニュアルと記載)が取り纏められている。土壌汚染対策法や条例で該当しない場合は、自然由来マニュアルが参考となる。自然由来マニュアルでは様々な場面に対応させるため、専門家によるリスク評価なども取り入れたスキームとなっており、試験方法としては、あえて画一的ではない内容となっている。

本調査報告書では、自然由来の岩盤等の試験方法に着目し、土壌汚染対策法と自然由来マニュアルを比較するとともに、自然由来マニュアルの試験方法についての内容を整理した。合わせて、どのような場合にどのような試験を実施したのかを抽出し、事例の試験目的や試験内容を取り纏めた。また具体的な事例を整理し、最後に紹介した。本調査報告書が、今後の建設会社の大規模工事等の取り組みにおいて、その一助となれば幸いである。

※1：土壌汚染対策法で示す岩盤とは、マグマ等が指圧程度で土粒子に分離できない固結した状態となっている火成岩、堆積岩、変成岩等で構成された地盤である。

## 2. 概要

土壌汚染対策法における調査の契機としては、法第4条の3,000 m<sup>2</sup>以上の形質変更を実施する場合が該当する。法に該当しない場合は自然由来マニュアルを参考にし、検討することが可能である。その他にも建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(改訂版)(以下、地盤汚染マニュアルと記載)、建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック(以下、自然由来ハンドブックと記載)などが参考となる。特に自然由来ハンドブックは、自然由来マニュアルに沿った実務者向けの内容となっており、自然由来マニュアルから一歩踏み込んだ調査場所などについても記載している。法、マニュアル、ハンドブックの内容については3章の「土壌汚染対策法及び土壌汚染関連マニュアル等について」で後述する。

建設発生土砂の性状の違いによって適用をうける法、マニュアルの区分概念図を図2.1に示す。

土壌汚染対策法の適用対象の土地においては、土壌においてはもちろん、泥状のものであっても、指定を受けた区域の場合は汚染土壌として取り扱う事となる。土壌汚染対策法の適用を受けない土地においては、泥状のものは汚泥として廃棄物処理法に則り処分する必要がある(廃棄物処理法については本報告書対象外)。土壌の場合は、土壌汚染対策法に準じて取り扱われたいとなっており、その都度判断していくことになる。

また、岩盤などの場合は、土壌汚染対策法の適用対象の土地、適用を受けない土地いずれの場合であっても、自然由来マニュアルや自然由来ハンドブックを参考にすることができる。

土壌汚染対策法の適用を受ける土地での泥状のものや、適用を受けない土壌の場合などは、場面場

面において専門家の意見や行政協議等により準拠する法令等を判断していく必要があるので注意されたい。また、条例については各自治体によって目的や方針が決定され、上乘せ基準が規定されている場合もあるため、建設工事を進める上において別途確認が必要である。

建設発生土等の発生場所		建設発生土等の性状		
		泥状のもの	土壌	岩盤 など
土壌汚染対策法の適用を受ける土地	○ 有害物質使用特定施設の使用を廃止した土地	土壌汚染対策法施行規則において、指定を受けた区域の場合、『汚染土壌』として取り扱うよう規定	土壌汚染対策法に則った対応 告示※3により分析方法が規定 基準不適合で『汚染土壌』	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) Appendix-18において土壌汚染対策法の適用外と規定
	○ 土壌汚染により健康被害が生ずるおそれがあると都道府県知事が認める土地			
	○ 自主調査で土壌汚染が判明した場合において土地所有者等が都道府県知事に区域の指定を申請した土地			
	○ 一定規模(3,000㎡)以上の土地の形質変更の届出の際、土壌汚染のおそれがあると都道府県知事が認める土地			
土壌汚染対策法の適用を受けない土地	上記以外 例) ・3,000㎡未満の土地改変をする土地 ・坑口改変面積が3,000㎡未満のトンネル・シールド工事	廃棄物処理法に則り『汚泥』※1として対応 告示により分析方法が規定 判定基準省令※2に不適合の場合『特別管理産業廃棄物』	土壌汚染対策法施行規則において、法に準じて『汚染土壌』として取り扱われたいと規定	自然由来マニュアル等※4による対応 リスク評価につながる試験 ↓ 専門家によるリスク評価(土対法を参考)

※1: 排水処理後および各種製造業生産工程で排出された泥状のもの。建設工事に伴って発生するものは建設汚泥が該当。  
 ※2: 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令(昭和48年2月17日総理府令第5号)  
 ※3: 分析を行うための試料採取方法において、「2mm」のふるいを通過したものが対象。  
 ※4: 「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)」および「建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック」

図 2.1 建設発生土砂(建設発生土、岩ずり)を規制する法、マニュアル等の区分概念図

## 2.1 調査の流れ

自然由来マニュアルの調査の流れを図 2.2 に示す。調査には、施工前概略調査、施工前詳細調査、施工中調査がある。

施工前概略調査は、概況を把握し、対応方針を立案するための基礎情報を収集するために行う。収集情報をもとに、初期サイト概念モデルを構築する。

施工前詳細調査はリスク評価、対策の設計、モニタリング計画立案のための情報を収集することを目的とする。これらの情報をもとに、より精度の高いサイト概念モデルを構築する。

施工中調査は、リスクがあり、何らかの対応が必要な岩石や土壌を判定するために実施する。

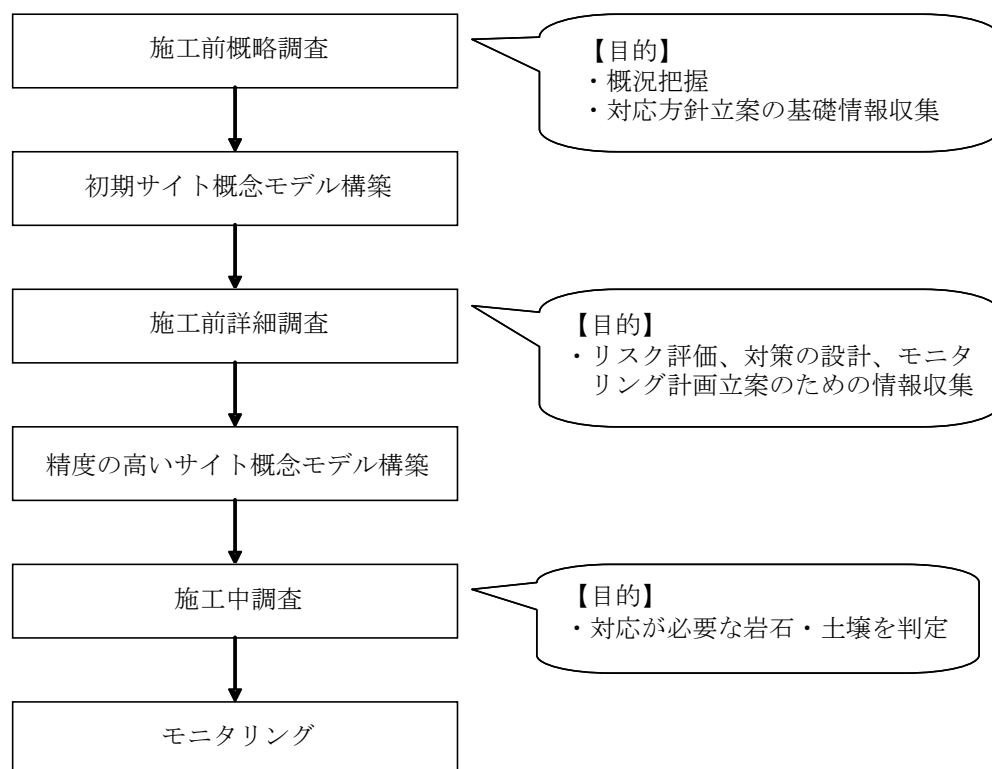


図 2.2 調査の流れと目的

## 2.2 調査項目

調査項目は、資料等調査、地質調査、水文調査、試料採取と地質試料の調製、スクリーニング試験、バックグラウンド値試験、溶出試験、迅速判定試験等がある。これらの調査項目は必要に応じて、施工前概略調査、施工前詳細調査、施工中調査の各フェーズで実施する。

図 2.3 (自然由来マニュアル図 4.1.2 の抜粋) に工事の段階ごとの試験の流れを示す。

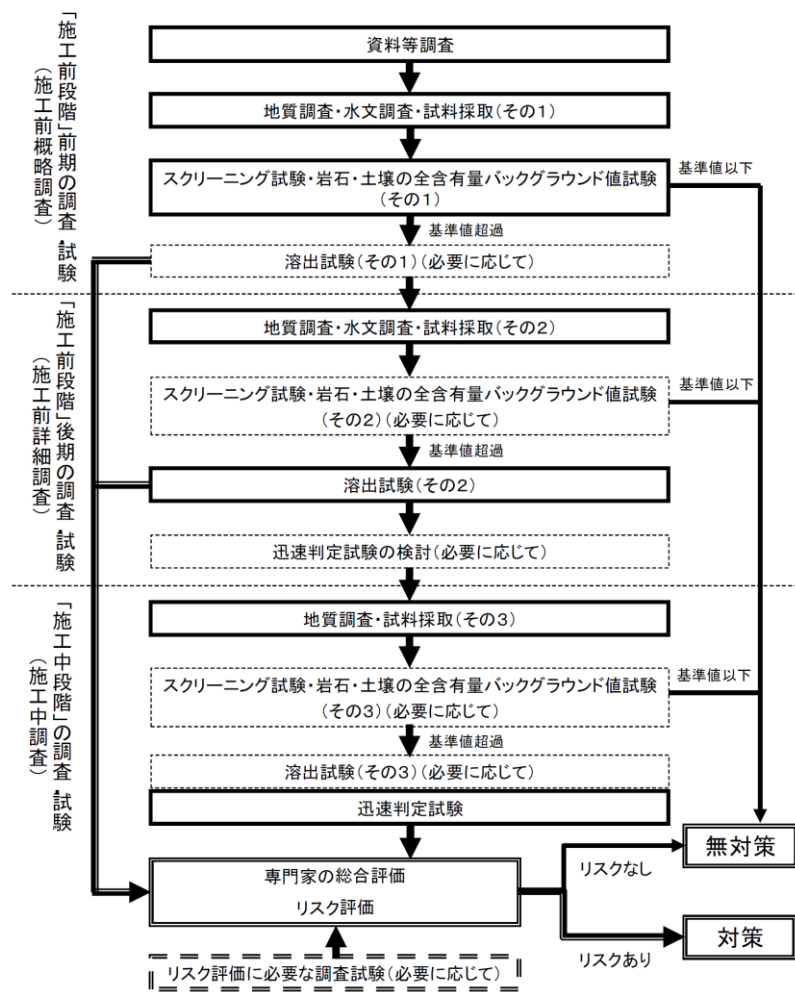


図 2.3 工事の段階ごとの試験の流れ  
(自然由来マニュアル図 4.1.2 の抜粋)

出展：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

表 2.1 は、図 2.3 を参照して、各フェーズの調査で実施する調査項目を整理したものである。各調査のフェーズと調査項目はこのようなマトリックスとなるように、自然由来マニュアルで規定されている。

一方で、調査場所、調査頻度、調査深度等は明確には提示されていない。また、調査項目は調査の各フェーズで実施されるが、どの項目を実施するかは、必要に応じて実施する項目もある。

この様に調査項目、調査の内容に関して、それぞれの場面に応じて実施の判断が委ねられているため、どのような場面を想定してどの調査項目等を選定するかが重要になってくる。

資料等調査、地質調査、水文調査、試料採取と地質試料の調製、スクリーニング試験を実施し、基準を満足していない場合は、溶出試験を実施してリスク評価を行った上で対策を検討する。ここで言う基準は自然由来マニュアルの表 4.8.6 スクリーニング基準値(1)及び表 4.8.7 スクリーニング基準値(2)を指し、これらの基準値とスクリーニング試験結果（全含有量の測定）を比較する。

小規模な現場の場合はスクリーニング試験を実施せず、溶出試験を行う場合もある。

表 2.1 各調査フェーズでの調査項目の整理

	資料等調査	地質調査	水文調査	地質試料の調製 試料採取と	スクリーニング試験	バックグラウンド値試験	溶出試験※	迅速判定試験の検討	迅速判定試験	直接摂取のリスクを把握するための試験
施工前概略調査	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	—	—	○
施工前詳細調査	—	◎	◎	◎	○	○	◎	○	—	◎
施工中調査	—	◎	◎	◎	○	○	○	—	◎	○

◎：実施項目

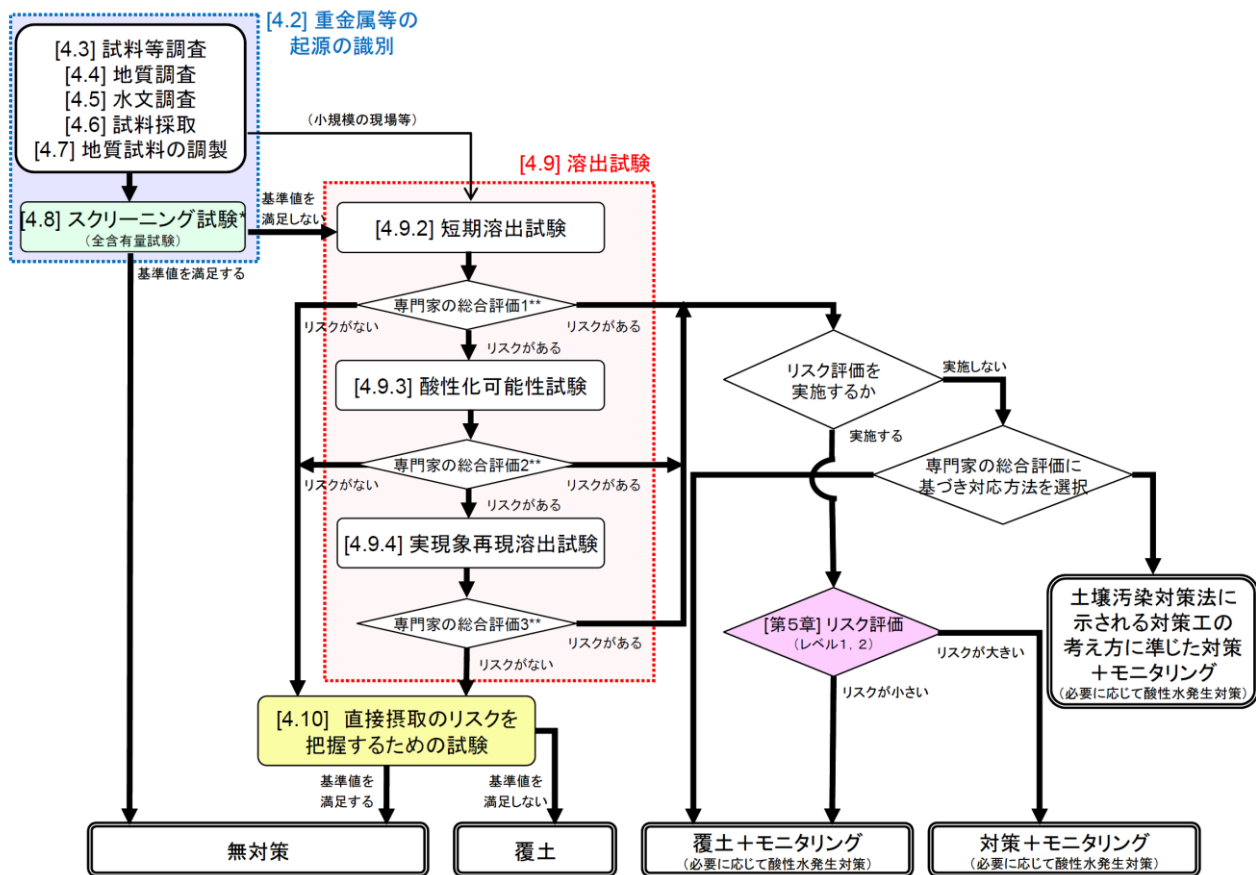
○：必要に応じて実施する項目

※：溶出試験には、短期溶出試験、酸性化可溶性試験、実現象再現溶出試験がある。

## 2.3 溶出試験

溶出試験は、短期溶出試験、酸性化可溶性試験、実現象再現溶出試験がある。溶出試験においては、図 2.4（自然由来マニュアル図 4.1.1 の抜粋）で「調査および試験の流れ」が示されているが、必ずしもこの流れに沿う必要は無く、専門家による総合評価を行うに際して、その検討会の中で調査方法等を検討することができる。現場の状況に応じてケースバイケースでどの溶出試験を実施するかを選定でき、フレキシブルな対応が可能となっている。検討会では、リスクの有無を判断してもらい、もしくは他の溶出試験が必要かを判断してもらうことになる。

この様に現場の状況によって調査項目は異なるため、4章の「試験方法」、5章の「対応事例」を紹介して、どのような場面でどのような調査項目が選定されているかを紹介する。



\* スクリーニング試験は岩石・土壌の全含有量バックグラウンド値試験を兼ねる。

\*\* 専門家の総合評価において、サイト概念モデルを用いた評価を行うことができるのは、利用場所とその後の管理方法が決まっている場合のみである。

図 2.4 調査および試験の流れ  
(自然由来マニュアル図 4.1.1 の抜粋)

出展：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



## 2.4 土壤汚染対策法・自然由来マニュアル等の試験方法の区分

### 2.4.1 試験方法の区分

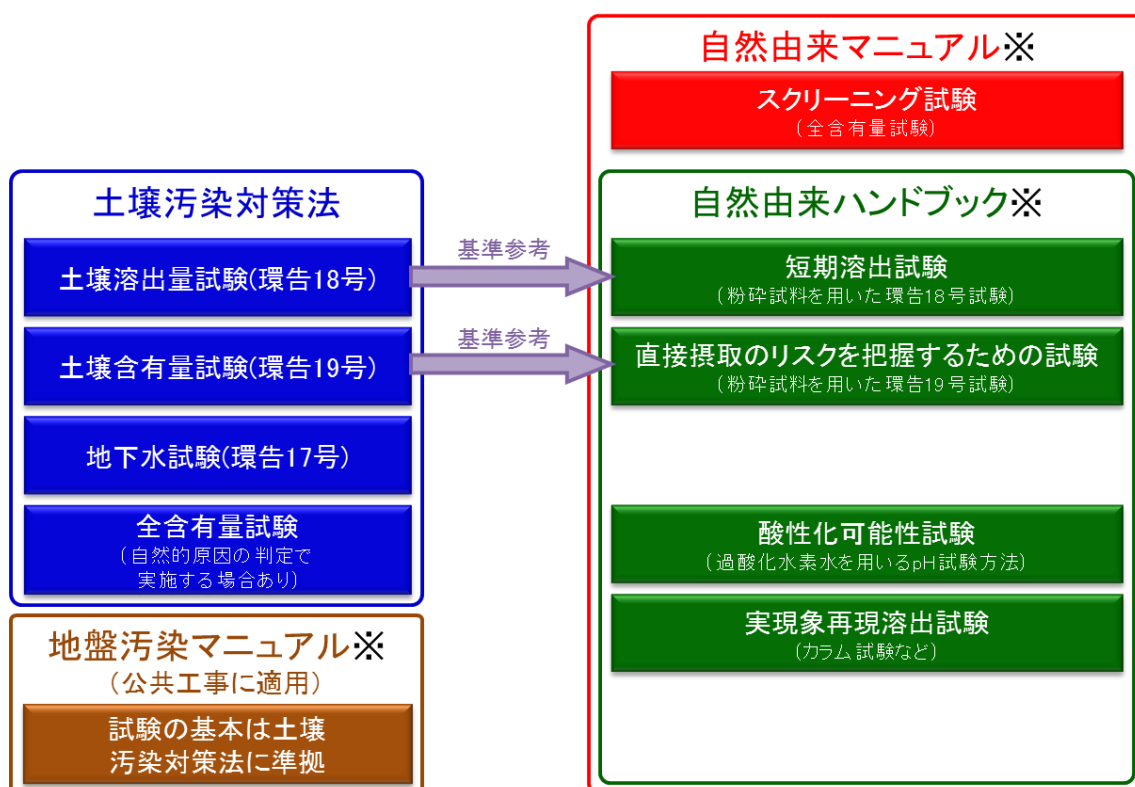
土壤汚染対策法と自然由来マニュアル等の試験方法を図 2.5 に示す。

土壤汚染対策法には、土壤溶出量試験、土壤含有量試験、地下水試験がある。また、自然由来か否かの判定の際には全含有量試験を実施する場合もある。

地盤汚染マニュアルは公共事業における建設工事を対象としたマニュアルであり、土壤汚染対策法に準じて行う試験方法の他に、自主的な試験として迅速判定試験も記載されている。

自然由来マニュアルでは、含有量試験として、スクリーニング試験、直接摂取のリスクを把握するための試験があり、溶出試験として、短期溶出試験、酸性化可能性試験、実現象再現溶出試験がある。また、調査のフェーズにより迅速判定試験を実施する。

自然由来ハンドブックは、自然由来マニュアルにおけるスクリーニング試験以外の試験方法を採用している。



※迅速判定試験を場面に応じて実施

図 2.5 土壤汚染対策法と自然由来マニュアル等の試験方法

## 2.4.2 土壌汚染対策法と自然由来マニュアルの比較

土壌汚染対策法と自然由来マニュアルの比較を表2.2に示す。土壌汚染対策法は、調査地における土壌分析値が基準を超過すると、要措置区域または形質変更時要届出区域に一律に決まり、推奨する対策も設定されている。これに対して、自然由来マニュアルでは、スクリーニング基準値を超過しても専門家の総合評価を実施することによりリスク評価を行い、サイトに応じた対策を検討することになる。

表 2.2 土壌汚染対策法と自然由来マニュアルの比較

	土壌汚染対策法	自然由来マニュアル
対象地盤	土壌（岩盤は含まない）	土壌以外に岩盤も含む
調査契機	3,000 m <sup>2</sup> 以上の形質変更を伴う場合	法・条例の対象外で、自然由来の重金属汚染を伴うおそれがある場合 法・条例適用の場合でも更なる検討をする場合
調査～評価までの流れ	現地における【土壌汚染状況調査】を実施 ↓ 分析結果を土壌溶出量基準、土壌含有量基準と比較 ↓（基準を超過した場合） 直接摂取リスク、地下水摂取リスクの有無の判断 ↓ リスクの有無により、要措置区域、形質変更要届出区域に分類し、措置等の管理を行う。	【重金属類の含有の有無を判断する調査】を実施 ↓ 自然由来マニュアルのスクリーニング基準（1）、（2）と比較 ↓（基準を超過した場合） 溶出試験等【リスクの有無を判断する調査】を実施 ↓ 専門家による総合評価 ・サイト概念モデルにより「リスクがある」、「リスクがない」に区分し、対策方法を検討 ・サイト概念モデルは、「発生源」、「周辺状況」、「周辺地盤」の3つの要素を考慮し評価する。
調査	【土壌汚染状況調査（資料等調査含む）】 汚染のおそれの区分により、調査頻度を設定  ・土壌溶出量試験 ・土壌含有量試験 ・地下水試験	【重金属類の含有の有無を判断する調査】 資料等調査、地質調査、水文調査、試料採取と地質試料の調製、スクリーニング試験（全含有量試験、バックグラウンド値試験含む）  【リスクの有無を判断する調査】 ・溶出試験 短期溶出試験 酸性化可能性試験 実現象再現溶出試験 ・直接摂取のリスクを把握するための試験  （小規模現場の場合は、スクリーニング試験をせずに、溶出量試験をする場合もある）
基準	土壌溶出量基準 土壌含有量基準	スクリーニング基準値（1）（含有量基準） スクリーニング基準値（2）（含有量基準）

### 3. 土壤汚染対策法及び土壤汚染関連マニュアル等について

本章では、土壤汚染対策法及び土壤汚染関連マニュアル等に記載されている重金属等の試験方法について説明する。

#### 3.1 土壤汚染対策法

土壤汚染対策法では国民の健康を保護することを目的として、一定の機会に土壤汚染状況調査を義務付けており、土壤溶出量基準又は土壤含有量基準に適合しない場合は区域指定が行われる。土壤溶出量と土壤含有量の試験方法は以下の通りである。なお、測定の対象となる土壤は、破碎することなく、自然状態において2ミリメートル目のふるいを通して得た土壤となっている（環境省通知「土壤汚染対策法の一部を改正する法律による改正後の土壤汚染対策法の施行について」）。

##### ①土壤溶出量（環境省告示第18号）

土壤溶出量の試験方法は、「土壤溶出量調査に係る測定方法を定める件（平成15年環境省告示第18号）」で定められている。

溶出量基準は、土壤（重量：g）の10倍量（容量：mL）の水で対象物質を溶出させ、その溶出液中の濃度が、地下水環境基準の値以下であることを条件として定められている。これは、土壤に含まれる有害物質が地下水に溶出し、人がその地下水を1日2L、一生涯（70年間）にわたって飲み続けても健康影響が現れない濃度に設定されている（ただし、鉛は最も感受性が高いと考えられている乳幼児期の影響を考慮して濃度が設定されている）。

なお、地下水等の摂取によるリスクについては、既に環境基本法に基づき土壤環境基準が定められている。土壤環境基準は、土壤から地下水等へ汚染物質が溶出することに着目し、地下水等から有害物質を摂取することによる健康影響を防止する観点で定められた基準である。そのため、土壤汚染対策法の溶出量基準と土壤環境基準は試験方法も基準も同じになっている。

##### ②土壤含有量（環境省告示第19号）

土壤含有量の試験方法は、「土壤含有量調査に係る測定方法を定める件（平成15年環境省告示第19号）」で定められている。

含有量基準は、汚染土壤を直接摂取することによる健康リスクに対して定められており、重金属等を対象としている。基本的には、一日あたり大人100mg、子供200mgの土壤を一生涯（70年間）にわたって摂食し続けても健康影響が現れない濃度に設定されている。

重金属（カドミウムを除く）は体内に留まる時間が比較的短く、また直接摂取された土壤に含まれる重金属等は必ずしもすべてが体内に吸収されるわけではない。そこで、土壤含有量の試験方法は、全量分析ではなく、酸抽出法（胃酸を想定した溶液によって溶出する重金属含有量）等になっている。

#### 【参考】

環境省通知「土壤汚染対策法の一部を改正する法律による改正後の土壤汚染対策法の施行について」の別紙、及び「土壤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」のAppendix-3では、自然由来による汚染の判定方法について、考え方を始めとした具体的な解説が記載されている。その中で、重金属等の含有量による値が、自然由来に

よる汚染か否かの判定指標の一つになるとしている。その際の含有量の測定方法は、土壤汚染状況調査における含有量調査の測定方法によらず、全量分析によるものとしている。

### 3.2 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（改訂版）

本マニュアルは、原則として公共建設工事において、工事敷地内での土壤汚染・地下水汚染（地盤汚染）に対応する場合の調査、対策等に関する技術的対応方法を示したものである。土壤汚染対策法の対象とならない自然由来の重金属等を含む土砂への対応は自然由来マニュアル（以下 3.3 に記載）等によるとしているため、説明を省略する。

### 3.3 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル（暫定版）

本マニュアル（自然由来マニュアル）は、公共工事として実施される建設工事において、自然由来の重金属等を含有する岩石、土壤、あるいはそれらの混合物（以下、「岩石・土壤」という）に起因する人への健康への影響のおそれが新たに発生する場合の調査、設計、施工及びモニタリングにおける技術的な対応方法を示したものである。

本マニュアルの 7 ページでは、人為由来の汚染土壤とマニュアルで扱う岩石・土壤の相違について以下の通り記載している。

自然由来の重金属等を含有する岩石・土壤は、その物理・化学的特性が人為由来の汚染土壤とは異なる場合があるので、それらを考慮した調査・試験・評価・対策の検討が必要である。主な相違点を以下に挙げる。

- 1) 酸性化による重金属等の溶出特性への影響：岩石・土壤にはしばしば黄鉄鉱等の硫化鉱物が含まれ、掘削等によって空気・雨水に曝露されると硫化鉱物の酸化分解反応によって酸性化が生じる。この鉱物の分解反応によって鉱物中に微量存在する重金属等が溶出したり、酸性化に伴い重金属等の溶出が促進される場合がある。
- 2) 重金属等の汚染分布や存在形態：自然由来の重金属等は地質の影響を受けて広い範囲に分布するのに対して、人為由来の汚染物質の分布は、汚染物質の埋立、漏洩箇所等を中心に局所的に高濃度の箇所が存在する。

また、自然由来の重金属等は元来鉱物中に含まれているものであるが、こうした鉱物が分解してしまった場合には、他の鉱物表面に吸着されていたり、土壤間隙水に含まれる場合がある。一方、人為由来の重金属等は①人工化合物として土壤に埋設されたり、②廃液として土壤に流され、土壤間隙水に含まれたり、鉱物表面に吸着されているが、①、②のいずれの場合にも、時間が経過すると化学反応を起こし、天然鉱物とは異なる化学組成を有する物質として固定される場合がある。

- 3) 粒径：土壤汚染対策法に基づく溶出試験では 2mm ふるいを通過したものを試料とするが、建設工事で発生する岩石・土壤は 2mm より大きい粒径の粒子を含む。特に岩石に対しては溶出試験に供する試料の粒径調整方法が確立されていない。

本マニュアルでは上記の問題に対して、次のような方針で対処するものである。

- ①従前より便宜的に実施されている環境省告示第 18 号に準ずる試験（短期溶出試験）で把握がでない、酸性化に伴う重金属等の溶出の促進について、過酸化水素水を用いる pH 試験方法に準じた試験（酸性化可能性試験）や実際の現場における溶出条件を踏まえた溶出試験（実現象再現溶出試験）を用意し、長期的に溶出量が増大する可能性のある岩石・土壌を適切に把握できるようにした。
- ②地質学的手法に基づき、自然由来の重金属等を含有する岩石・土壌の分布を把握する合理的な調査方法を提案した。また、自然由来の重金属等の存在状態を踏まえた試験方法を提案した。
- ③短期溶出試験においては、試料粒径を 2mm 以下になるように粉碎調整することとしているが、実現象再現溶出試験として、実粒径を考慮した試験の選択ができることとした。

出典：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

本マニュアルでは、自然由来の重金属等に関する調査および試験は、原則として、「地質調査、水文調査」、「試料採取と地質試料の調製」、「スクリーニング試験」、「溶出試験」を一連の組み合わせとして行うこととしている（図 3.1）。重金属等について溶出量と含有量によりリスクを評価しているが、自然由来の重金属等を含有する岩石・土壌の特性を考慮した試験方法を提案している。また、施工中に掘削した岩石・土壌を対策が必要なものと対策が不要なものに迅速に分別するための迅速判定試験について記載している。

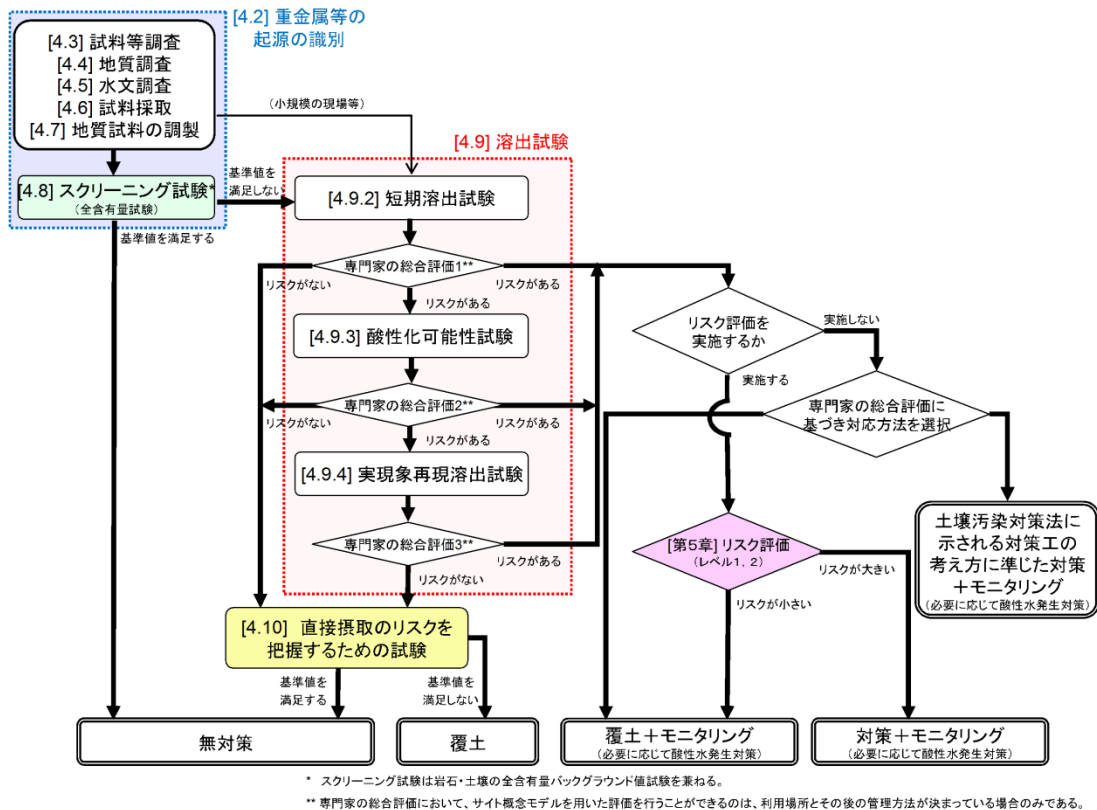


図 3.1 調査および試験の流れ

出典：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

## (1) 溶出量

### ①短期溶出試験

本マニュアルでは、溶出試験方法の一つとして、短期溶出試験を行うことにしている。本マニュアルでは、本試験の位置づけ、試験方法、評価について以下の通り記載している。

#### (1) 本試験の位置づけ

人為由来の重金属等は、主として土壌粒子に吸着あるいは土壌中の間隙水中に溶解して存在しており、その溶出量は土壌の吸着に依存することから、環境省告示第 18 号に示される方法によって評価されている。

一方、自然由来重金属等は鉱物に取り込まれているものなど化学的に結合していることが多く、その溶出量は岩石と溶液の反応の程度によって変化すると考えられる。このため、環境省告示第 18 号に示される方法を参考に自然由来の重金属等の溶出量を測定した場合、2mm 以下の粒径に試料を

粉砕すると比表面積が増加するため溶出量を多く見積もる可能性がある一方で、重金属等が化学結合していることから反応速度が遅く短時間の反応では溶出量を少なく見積もる可能性があり、この方法によって得られた溶出量のみをもって自然由来の重金属等の溶出による人の健康への影響を評価することは困難である。しかしながら、自然由来の重金属等の溶出現象を短時間で適切に評価しうる試験方法が存在しないこと、人の健康への影響について土壤環境基準に基づく評価が行われることが多いことなどから、自然由来の重金属等の溶出特性の評価方法の一つとして、環境省告示第18号に示される方法に変更を加えた試験（短期溶出試験）を取り上げることにした。また、本試験は、特に基準値を超過して重金属等を含有することが明らかな場合、もしくは工事が小規模で排出される土量がそれほど多くない場合、スクリーニング試験の代わりとして実施しても良いこととした。

なお、ここに示す試験方法は、試料として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものをを用いる点において、環境省告示第18号に記載の試験方法とは異なるものである。

## (2) 試験方法

試験方法は、原則として環境省告示第18号「土壤溶出量調査に係る測定方法を定める件」に示されている環境庁告示第46号「土壤の汚染に係る環境基準について」の付表に掲げる方法に従う。

ただし、試料は、「4.7 地質試料の調製」に従い、2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものをを用いる。

測定項目は、重金属等については調査の段階に応じて必要なものを測定する。このほか、検液の水素イオン濃度指数(pH)、電気伝導率(EC)、酸化還元電位(ORP)、ナトリウムイオン濃度(Na<sup>+</sup>)、カルシウムイオン濃度(Ca<sup>2+</sup>)および硫酸イオン濃度(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)を測定しておくこと、溶出特性の把握に利用可能である。また、必要に応じて残渣の鉍物組成の分析を実施する。

## (3) 評価

試験結果から専門家の総合評価1を行う。専門家の総合評価1の結果は、「リスクがある」と「リスクがない」に区分する。専門家の総合評価1は発生源評価とサイト概念モデルを用いた評価に分けられる。

専門家の総合評価1の発生源評価に当たっては、まず、土壤溶出量基準を基準値として評価を行う。ただし、本試験の位置づけでも述べたように、自然由来の重金属等の溶出現象は試料の状態、反応時間等によって様々なケースがある。したがって本試験によって得られる溶出量が土壤溶出量基準を満足していても、地質試料からの自然由来の重金属等の溶出特性を考慮すると、直ちに安全と評価することはできない。逆に溶出量が土壤溶出量基準を超過していても、地質試料からの自然由来の重金属等の溶出特性を考慮すると、直ちに危険であると評価することはできない。発生源評価に当たっては、対象地域と同じ地質または類似地質に関するより詳細な溶出試験の結果（たとえば、実現象再現溶出試験の結果、溶出量の経時変化など）、当該重金属等の全含有量、地質試料の鉍物組成などとの比較を行う。たとえば、全含有量が著しく大きい、鉍物組成からみて高濃度の重金属等を溶出させる可能性がある、あるいは長期的な酸性水発生の懸念があるなどの場合には、「リスクがある」と判断される。一方、短期溶出量試験の結果、溶出量が土壤溶出量基準を満足し、なおかつ硫化鉍物の酸化に伴う長期的な重金属等の溶出や酸性化の懸念がない場合（たとえば非変

の花こう岩など)には、「リスクがない」と判断される。

専門家の総合評価1のサイト概念モデルを用いた評価を行うことができるのは、発生する岩石・土壌の利用場所とその後の管理方法が明らかな場合のみであることに留意する。サイト概念モデルを用いた評価に当たっては、サイト概念モデル(第5章)を構築し、発生源近傍で地下水飲用による人の健康への影響の可能性があるかどうか、定性的に評価する。「リスクがある」と判断される場合は、例えば、発生源評価において「リスクがある」と判断され、かつ、発生源より地下水の下流方向近傍に飲用井戸が存在する場合などが挙げられる。一方、発生源評価において「リスクがない」と判断される場合や、発生源における重金属等の溶出量が小さく、発生源近傍に飲用井戸が存在しない場合などは「リスクがない」と判断する。

出典：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酸性化可能性試験

酸性化可能性試験は自然由来の重金属等を含有する岩石・土壌が空気や水分に曝され続けた場合の酸性化の程度を把握するために行うものである。

本マニュアルで溶出試験の一つとして記載されているが、pHを測定する試験であり、重金属等の測定ではないため、説明を省略する。

## ③実現象再現溶出試験

実現象再現溶出試験は、岩石・土壌の性状、工事内容、水文環境等の条件により変化する自然由来の重金属等の溶出特性を把握するために行うものである。実現象再現溶出試験の試験方法や条件は、対象物質の溶出に関わる現場条件と影響因子を考慮して設定する。本マニュアルでは、試験概要、現場における溶出特性と試験条件の設定、試料調製と供試体作製、試験方法、測定項目、結果の整理と利用について以下の通り記載している。

### (1) 試験の概要

専門家の総合評価1または2の結果、さらなる試験の実施が必要と判定された岩石・土壌の現場条件下における重金属等の溶出挙動を評価し、地下水等の摂取によるリスクの評価に資する試験結果を得ることを目的とする。試験の実施にあたっては、下記の3点を考慮する。

①地域特性、事業特性、現場条件等に応じた試験方法を検討する。

②岩石・土壌からの自然由来の重金属等の溶出は、岩石・土壌の性状、工事内容、水文環境等の影響を受けるので、溶出特性の態様は多様であると想定される。実現象再現溶出試験では現場条件を想定した上で、以下のような試験結果を得る。

- ・単位質量当たりの岩石・土壌からの重金属等の溶出量(mg/kg)、ならびその経時変化  
(溶出量=溶出濃度(mg/L)×溶出水量(L)÷土砂質量(kg))
- ・溶出率(=溶出量(mg/kg)÷全含有量(mg/kg))、ならびにその経時変化



③適用するリスク評価のレベル（詳細は「5.2 サイト概念モデルに基づく対応」を参照されたい）に応じて、実現象再現溶出試験において想定する現場条件の範囲が異なる。レベル1（標準モデル）を適用する場合には、試験の実施時に対策工の効果を見込まない。レベル2（詳細モデル）を適用する場合には、対策工の効果を見込んで試験を実施してもよい。

## (2) 現場における溶出特性と試験条件の設定

自然由来の重金属等を含有する岩石・土壌から対象物質が溶出し移動（移流・拡散）する状態は、その対象物質の種類・存在形態、降雨・地下水等の浸透状態、および化学環境の状況などにより表4.9.1のように分類される。本項で述べる実現象再現溶出試験では、掘削した岩石・土壌の溶出特性を把握することが主体となるため、表4.9.1に示す①、②、④の状態が検討の中心となる。盛土の内部や地盤中に掘削した岩石・土壌を埋める場合には③の状態になることも考えられる。

表 4.9.1 場の条件と対象物質の溶出・移動

対象物質の溶出と移動の分類	左の溶出・移動挙動が生じる対象地層と場の条件		化学環境	該当する条件の現場(例)
	対象地層	被覆の有無		
①対象物質が溶出するが停滞	不飽和層	被覆あり (降水浸透無し)	好気性	盛土・埋土 (遮水構造あり)
②対象物質が溶出して鉛直移動	不飽和層	被覆なし (降水浸透あり)	好気性	切土・盛土(遮水構造なし) ずり仮置き場
③対象物質が地下水に溶存し移動	浅い～深い帯水層	被覆なし (降水浸透あり)	好気～嫌気性	盛土下部・埋土部 (遮水構造なし)
④対象物質が地表水に流出	表層	被覆なし	好気性	トンネル切羽、ずり仮置き場

実現象再現溶出試験の方法と条件は、様々な地質の種類・物理性状、重金属等の種類・全含有量分布・化学形態を有する岩石・土壌が、どのような工事（土地の形質変更）や対策の実施によって、どのような環境条件に置かれたとき、どのように溶出するのか（溶出量＝溶出水量×濃度の経時変化）を模擬できるように設定することが重要である。重金属等の分布状態や化学形態によっても化学反応である溶出特性は様々であり、実現象再現溶出試験の方法と条件を決定するにあたっては、現場における溶出特性に影響を及ぼす岩石・土壌の性状と環境条件（図4.9.2）を予測しなければならない。中でも、試験条件を定める上で重金属等の溶出特性に比較的大きな影響を及ぼす現場条件には、下記の4点が考えられる。

- ①試料粒度：細粒分が多いと比表面積が大きくなり溶出量が増加する可能性がある。
- ②曝露水量：岩石・土壌への降水浸透量等が多いと総溶出量が増加する可能性がある。
- ③乾湿繰返し：酸化反応と細粒化が促進され溶出性が高くなる可能性がある。
- ④乾燥（湿潤）密度：盛土等において岩石・土壌の乾燥（湿潤）密度が低いと水と空気の浸透能が高くなるため溶出性が高くなる可能性がある。

これまでに行われている試験方法とその特徴を表4.9.2に示した。また、試料調製や溶出操作な

どの試験条件が溶出特性に及ぼす影響、ならびにこれらの試験条件を考慮しうる試験方法を表 4.9.3 に整理した。

表 4.9.2、表 4.9.3 に基づいて試験方法ならびに試験条件を決定する。

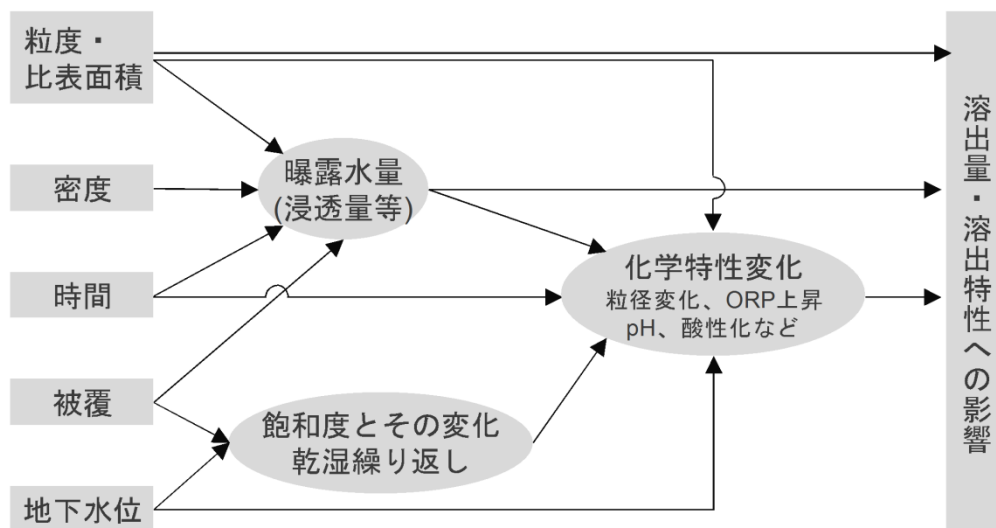


図 4.9.2 現場での溶出特性に影響を及ぼす岩石・土壌の性状と環境条件

表 4.9.2 試験方法の種類と特徴（実現象再現性）

試験方法		試料量	特徴				留意事項
			再現性	最大溶出量	溶出速度	長期溶出	
回分 (バッチ)	繰り返し溶出	約 100 g	良い	可能	ある程度可能	可能	操作容易
	pH 依存性	不定 (5g~50g)	良い	可能	困難	場合によっては可能	薬品注意、過酷化学条件溶出
	タンクリーチング (浸漬)	約 400g (有姿)	良い	可能な場合あり	ある程度可能	可能	操作容易、拡散溶出
連続 (フロースルー)	カラム	不定 (30g~20kg)	良い	可能	可能	可能	装置必要、密度・透水性と溶出量の関係把握
	ライミーター	10kg 以上	不明	可能	可能	可能	装置必要、現場条件模擬、溶出量変化把握
	曝露試験 実大盛土	10kg 以上	不明	可能な場合あり	可能	可能	現場条件模擬、溶出量変化把握

表 4.9.3 溶出試験の試験条件と溶出特性に及ぼす影響、ならびに試験方法の適用

試験条件 (①～④は影響大)	固相の単位質量あたりの溶出性 (短期溶出試験に対する相対評価)			試験方法 (試験条件の制御：可能○、不可×)			
	低い	短期溶出試験	高い	繰り返し溶出	タンクリーチング	カラム・ライシメーター	曝露試験 実大盛土
①粒度	大	-2mm	小	○	○	○	○
②試料・溶媒の比	小	1/10	大	○	○	○	×
③乾湿繰り返し	小	(風乾)	大	○	×	×・○	△
④密度	大	—	小	×	×	○	○
攪拌	小	200rpm	大	○	○	×	×
温度	小	常温	大	○	○	○	×
酸化還元電位	小	—	大	○	○	○・×	×
溶媒 pH (酸性) *	大	初期 5.8～6.3	—	○	○	○	×
溶媒 pH (塩基性) **	—	初期 5.8～6.3	大	○	○	○	×
時間	小	6 時間	大	○	○	○	○

\*溶媒 pH (酸性)：硫化鉱物を含む岩石・土壌は、硫化鉱物の酸化分解反応に伴い、硫酸を生成すると共に重金属等を溶出させることがある。このような岩石・土壌の溶出性を把握するため、酸性溶媒(硫酸)を用いた試験を行うことがある。

\*\*溶媒 pH (塩基性)：水溶液中で陰イオンの形態を取る重金属等は、塩基性の溶液中で溶出しやすくなることがある。このような状況が想定される場合には塩基性溶媒を用いた試験を行うことがある。

参考として、比較的大きな影響を及ぼす現場条件と溶出量の関係を概念的に図 4.9.3 に示す。左図の攪拌の強弱による溶出量への影響は、バッチ試験において把握することが可能であり、右図の乾湿繰り返しによる溶出量への影響は、繰り返し溶出試験、カラム試験、ライシメーター試験、曝露試験において把握することが出来る。

また、岩石を粉砕した試料を用いて試験を行うと、一般に、実際の粒径より大きな溶出量を示すことから、土壌溶出量基準そのもので評価することは適切でない場合がある。大粒径の試料を用いた短期溶出試験の結果と通常の短期溶出試験の結果を用いて、短期溶出量試験結果の補正ができる場合があると考えられる。参考にその方法を資料集 6 に示す。

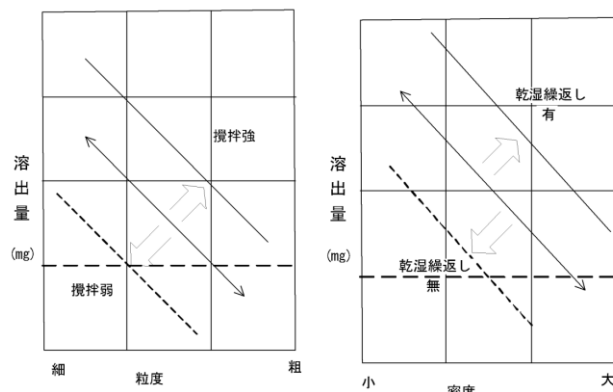


図 4.9.3 主要な試験条件と溶出量の関係(概念図)

### (3) 試料調製と供試体作製

実現象再現溶出試験に供する試料は、他の試験試料と同じく代表性と均質性に十分配慮する必要がある。

バッチ試験に供する試料の調製（試料の縮分、粒度調整等）は「4.7 地質試料の調製」を参照し、さらに表4.9.2に示した目的別の各試験に供する試料の調製については目的に適した粒径に調整する。

カラム試験、ライシメーター試験、曝露試験に供する試料の採取は「4.6 試料の採取」、試料調製は「4.7 地質試料の調製」を参照とするが、カラム試験には乱さない試料採取を用いる場合もあるので、その場合の採取方法は地盤工学会規格(JGS1221～1224, 1231)を参照されたい。

なお、カラム試験、ライシメーター試験、曝露試験における岩石・土壌供試体の密度は、透水性と溶出特性に影響を及ぼすので、現場での条件を模擬できるように設定する。

### (4) 試験方法

実現象再現溶出試験は、表4.9.2に示した試験方法の中から表4.9.3に示した現場条件と溶出特性の関係を参考に、目的に応じて適宜適切な方法を選択あるいは組み合わせて行う。具体的な試験方法は、資料集9を参照されたい。

### (5) 測定項目

試験中の測定項目は、対象物質の溶出特性（溶出量、溶出率等）を把握するために試験に用いる試料の全含有量、および溶媒と溶出水の水質に関する下記の項目を目的に応じて選択して実施する。特に、溶出量の時間変化を把握するためのカラム試験、ライシメーター試験、曝露試験においては対象物質の濃度とその他の必須項目との相関性、影響を把握できるような測定が重要である。

①全含有量：対象物質の溶出率の算定に必要（「4.8.2 全含有量試験」の結果を利用）

②溶媒と溶出水の水質：対象物質の溶出量とその速度および溶出率の算定に必要

必須項目：水温、pH、電気伝導率、溶出水量、対象物質の濃度

選択項目：溶存イオン濃度、酸化還元電位、対象物質以外の濃度

### (6) 結果の整理と利用

試験結果から専門家の総合評価3を行う。専門家の総合評価3の結果は、「リスクがある」と「リスクがない」に区分する。専門家の総合評価3は発生源評価とサイト概念モデルを用いた評価に分けられる。

「リスクがある」と評価された場合には、リスク評価を実施するか否かを判断する。「リスクがない」と評価され、かつ、土壌含有量基準を満たすものを対策が不要な発生土として扱う。

専門家の総合評価3の発生源評価に当たっては、まず、溶出時間ないしは溶出水量と溶出濃度、溶出量、溶出率等との関係を、たとえば図4.9.4に示すように整理する。図4.9.4のEやGは初期溶出濃度が基準値未満でも積算溶出量が許容摂取量を越える場合、図4.9.4のBやCは初期溶出濃度が基準値超過でも積算溶出量が許容溶出量を越えない場合であり、前者はリスクがあり、後者はリスクが無いと評価される事例である。専門家の総合評価3は、表4.9.4に示すように、想定期間中の岩石・土壌からの重金属等の総溶出量と許容摂取量（70年間、毎日2リットル飲用した場合、

10万人に1人の健康被害が生じる基準値（＝土壌の環境基準）からの算定量）とを比較することなどが考えられる。ただし、想定期間中の総溶出量を求める方法は確立した方法がないので、評価にあたっては学識経験者等の専門家による判断が必要である。

専門家の総合評価3のサイト概念モデルを用いた評価を行うことができるのは、発生する岩石・土壌の利用場所とその後の管理方法が明らかな場合のみであることに留意する。サイト概念モデルを用いた評価に当たっては、サイト概念モデル（第5章）を構築し、発生源近傍で地下水飲用による人の健康への影響の可能性があるかどうか、定性的に評価する。「リスクがある」と判断される場合は、例えば、発生源評価において「リスクがある」と判断され、かつ、発生源より地下水の下流方向近傍に飲用井戸が存在する場合などが挙げられる。一方、発生源評価において「リスクがない」と判断される場合や、発生源における重金属等の溶出量が小さく、発生源近傍に飲用井戸が存在しない場合などは「リスクがない」と判断される。

リスク評価は、「第5章 リスク評価」にしたがって行う。

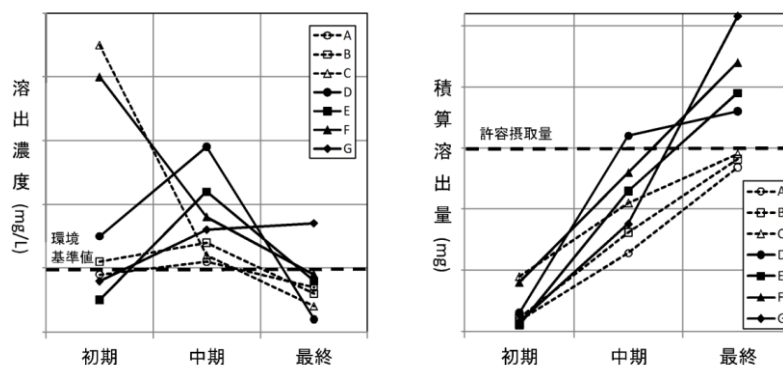


図 4.9.4 溶出濃度の時間変化と積算溶出量の関係

(A, B, C は積算溶出量が許容摂取量未満のため対策不要)

(D, E, F, G は積算溶出量が許容摂取量超過のため要対策)

表 4.9.4 溶出試験結果の解釈の例（許容摂取量を超える場合を要対策とした）

初期溶出濃度	中間濃度	最終濃度	想定期間中の総溶出量と許容摂取量の比較	判定	図 4.9.4 の例
基準超過	初期に比べ上昇 (基準超過)	中間以上 (基準超過)	超える	要対策	—
		初期・中間に比べ低下 (基準適合)	超える	要対策	D
	初期に比べ低下	初期・中間に比べ低下 (基準適合)	超えない	対策不要	B
			超えない	対策不要	C
基準適合	初期に比べ上昇 (基準超過)	中間以上 (基準超過)	超える	要対策	G
		基準適合	超える	要対策	E
	低下	基準適合	超えない	対策不要	A
			超えない	対策不要	—

出典：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) 含有量

### ①全含有量試験

全含有量試験は、地質試料に含まれる自然由来の重金属等のうち、カドミウム、総クロム、総水銀、セレン、鉛、ひ素、ふっ素、およびほう素の全含有量を、湿式分析法あるいは蛍光X線分析法によって測定することになっている。本マニュアルでは、湿式分析法、蛍光X線分析法について以下の通り記載している。

### (2) 湿式分析法

底質調査方法（昭和63年9月環水管第127号）および土壤環境分析法により、分析目的の元素ごとに適切な方法を用いて分析を行う。

試料については「4.7 地質試料の調製」に従った縮分済みの微粉碎試料を微粉化して分析に供し、分解操作において残査が少なくなるよう配慮する。なお分析が正確に行われた場合、湿式分析法による値は、後述の蛍光X線分析法による値と同じか、それより小さくなる。

#### 1) 底質調査方法（昭和63年9月環水管第127号）

本法には、底質中の各元素の分析方法が記述されている。なお、ふっ素、ほう素の分析方法は改訂案（2001年）に追記されている。表4.8.2は、各元素の底質調査方法による検出下限値およびスクリーニング基準値（「4.8.3 スクリーニング試験結果の評価」参照）を示したものである。また、目的元素ごとの試料の分解方法は表4.8.3の通りである。

なお、カドミウムおよびセレンについては、スクリーニング基準値が検出下限値付近あるいは検出下限値以下に設定されていることから、検出された場合には、スクリーニング基準値を超過しているものとみなす。

表 4.8.2 底質調査方法による各元素の検出下限値

	カドミウム	総クロム	クロム(VI)	総水銀	セレン	鉛	ひ素	ふっ素	ほう素
検出下限値 (mg/kg)	0.1	5	0.5	0.01	0.2	0.5	0.2	20	0.5
スクリーニング基準値 (mg/kg)	0.15	65	—	0.05	0.1	23	9	625	10

表 4.8.3 底質調査方法による試料の元素別分解方法

	試料の分解方法
カドミウム	硝酸・塩酸・過塩素酸分解法、あるいは圧力容器法（硝酸・塩酸）
総クロム	炭酸ナトリウム融解法、あるいは硝酸・過塩素酸・ふっ化水素酸分解法、もしくは圧力容器法（硝酸・ふっ化水素酸）
総水銀	硝酸・過マンガン酸カリウム還流分解法、あるいは硝酸・硫酸・過マンガン酸カリウム分解法、もしくは硝酸・塩化ナトリウム分解法
セレン	硝酸・硫酸・過塩素酸分解法
鉛	硝酸・塩酸・過塩素酸分解法、あるいは圧力容器法
ひ素	硝酸・硫酸・過塩素酸分解法
ふっ素	過塩素酸酸性下で水蒸気蒸留
ほう素	炭酸ナトリウム融解法、あるいは硝酸・塩酸・ふっ化水素酸分解法、もしくは圧力容器法（硝酸・塩酸・ふっ化水素酸）

## 2) 土壌環境分析法

本法には、土壌中の各元素の分析方法が記述されている。ただし、ふっ素、ほう素の全含有量分析方法については示されていない。目的元素ごとの試料の分解方法は表 4.8.4 の通りである。

表 4.8.4 土壌環境分析法による試料の元素別分解方法

	試料の分解方法
カドミウム	過塩素酸分解法
総クロム	アルカリ融解法、あるいは過塩素酸分解法、もしくはふっ化水素酸分解法
総水銀	加熱気化、または硫酸・硝酸・過マンガン酸カリウムで加熱分解後、塩化第一すずにより還元気化
セレン	ふっ化水素酸分解法、あるいは硝酸・過塩素酸分解法
鉛	過塩素酸分解法
ひ素	硫酸・硝酸・過塩素酸分解法
ふっ素	—
ほう素	—

## (3) 蛍光 X 線分析法

### 1) 蛍光 X 線分析法の概要

蛍光 X 線分析法は、固体のまま試料の元素分析が可能な方法であり、簡易、迅速に分析が可能であることが特色である。しかしながら、資料集 5 のように「4.8.3 スクリーニング試験結果の評価」で述べるスクリーニング基準値と比較すると、定量下限値または検出限界がスクリーニング基準値未満の元素は限られていることに留意する必要がある。なお、定量下限値、検出限界や分析の正確さに関しては、機器の性能のみならず、測定条件（管電圧、管電流の選択や測定時間）、試験試料および標準試料の調製方法、試験試料と標準試料との組成の類似性、検量線の作成方法など、様々な要因の影響を受ける。従って、資料集 5 の値はあくまで参考にとどめ、個別に検討されたい。

蛍光X線分析装置には卓上型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置と、実験室据付型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置・波長分散型蛍光X線分析装置がある。エネルギー分散型蛍光X線分析装置では、ほう素およびふっ素の分析はできないが、波長分散型では可能な場合がある。

## 2) 卓上型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置による全含有量試験

卓上型のエネルギー分散型蛍光X線分析装置は、現場でのスクリーニング試験に適している。スクリーニング基準値未満の精度で定量できるのは、総クロム、ひ素、鉛である。セレン、カドミウム、水銀が検出された場合には、スクリーニング基準値を超過しているとみなす。

岩石・土壌中のひ素と鉛の全含有量を高精度で求めるためには、JIS K0470「土砂類中の全ひ素および全鉛の定量—エネルギー分散方式蛍光X線分析法」に従って、「4.7 地質試料の調製」に従った縮分済みの微粉碎試料を微粉化し、日本分析化学会や産業技術総合研究所が配布している標準試料を用いて検量線法により定量分析する必要がある。

## 3) 実験室据付型蛍光X線分析装置による全含有量試験

高出力X線管球を装備した実験室据付型蛍光X線分析装置を用いることにより、卓上型蛍光X線分析装置よりも高精度に各元素全含有量を求めることが可能である。波長分散型蛍光X線分析装置はふっ素、ほう素の分析も可能な場合がある。スクリーニング基準値未満の精度で定量できるのは、総クロム、ひ素、鉛である。また、波長分散型の装置を用いた場合、ふっ素も定量できる。セレン、カドミウム、水銀が検出された場合には、スクリーニング基準値を超過しているとみなす。波長分散型蛍光X線分析装置でほう素が検出された場合にも、スクリーニング基準値を超過しているとみなす。

試料調製法と検量線法による定量分析方法はJIS K0470と同様であるが、JIS K0470と同様の方法で試料を微粉碎した後、プレス器で試料をプレスして試料表面を平坦にし、検量線法により定量分析する。検量線作成用の標準試料には日本分析化学会や産業技術総合研究所が配布している標準試料を用い、これらをプレス器でプレスして表面を平坦にする必要がある。特に波長分散型蛍光X線分析装置による定量分析の場合には試料の平面性が重要となる。

出典：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直接摂取のリスクを把握するための試験

岩石・土壌の直接摂取のリスクを評価する場合、直接摂取のリスクを把握するための含有量試験（環告第19号）を行うことにしている。本マニュアルでは、試験法の位置付け、試験法の内容、評価について以下の通り記載している。

### (1) 試験法の位置付け

岩石・土壌の直接摂取によるリスクを評価する場合、以下に示す試験を実施し、土壌含有量基準と比較する。ただし、本試験の結果は、原理的に「4.8.2 全含有量試験」の結果より必ず小さくなると考えられることから、全含有量試験の結果が土壌含有量基準を下回るものは、岩石・土壌の直接摂取リスクがないと見なすことができる。



## (2) 試験法の内容

試験方法は、原則として環境省告示第 19 号「土壌含有量調査に係る測定方法を定める件」による。ただし試料は、「4.7 地質試料の調製」に従い、2mm 以下のふるいを全量通過するまで粉碎したものをを用いる。

## (3) 評価

土壌含有量基準を用いて評価を行う。

出典：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

## (3) 迅速判定試験

迅速判定試験は、施工中に掘削した岩石・土壌を対策が必要なものと対策が不要なものに迅速に分別するために実施するものである。重金属等の迅速判定試験として、蛍光 X 線分析法、ストリッピングボルタンメトリー法および吸光光度法の適用事例が多い。本マニュアルでは、本試験の位置付け、試験区分について以下の通り記載している。

### (1) 本試験の位置付け

迅速判定試験は、スクリーニング試験、バックグラウンド値試験、溶出試験、ないしは直接摂取リスクを把握するための試験（以下、「規定の試験」という）との相関性が認められる迅速な試験であり、試験対象の岩石・土壌について自然由来重金属等への対応が必要かどうかの判定に用いるものである。

施工前段階での迅速判定試験は、重金属等を含有する岩石・土壌の三次元分布を把握するためのデータの取得、および施工中段階で実用可能な対策要否判定方法を検討するものである。施工中段階での迅速判定試験は、先進ボーリングコア、掘削岩石、仮置き岩石を対象に、施工サイクルが滞ることのないように対策の要否を判定することを目的とするものである。

迅速判定において基準に適合する試料が規定の試験で基準に適合しないことがないようにすべきである。そのため迅速判定基準の設定にあたっては、規定の試験と迅速判定試験を同一試料で数多く実施し、分析結果の対比に基づいて安全側に設定する必要がある。また、経済性の観点からは、迅速判定試験において基準に適合しない試料群には、公定法で基準に適合する試料が限りなく少ないことが望ましい。

### (2) 試験区分

迅速判定試験は、岩石・土壌の重金属等の存在状況（含有量と溶出特性）を、規定の試験と相関関係が確認された指標項目の試験により判定するもの（間接法）、および規定の試験方法に基づき処理した抽出液および溶出液について基準項目の分析試験を行い判定するもの（直接法）がある。

表 4.13.1 に迅速判定試験の区分と試験方法の例を文献事例などに基づいて示した。また、迅速判定試験の適用事例について、資料集 10 に示した。

表 4.13.1 迅速判定試験の区分と試験方法の例

分類	試料	目的	試験方法 (例)	項目
間接法	岩石・ 土壌	<ul style="list-style-type: none"> <li>変質および風化の程度</li> <li>硫化鉱物とアルカリ鉱物の含有量と分布状況</li> </ul>	目視	色調・土性
				硫化鉱物
				炭酸塩鉱物
			硬度計	硬さ
			帯磁率計	帯磁率
	蛍光X線分析	全硫黄		
		カルシウム		
溶出液・ 環境水	<ul style="list-style-type: none"> <li>硫化鉱物の酸化状況(水溶出)と長期溶出性(過酸化水素水溶出)</li> <li>地下水、表流水モニタリング</li> </ul>	pH 指示薬、pH 計	pH	
		電気伝導率計	EC	
		イオンクロマトグラフィー	硫酸イオン	
直接法	岩石・ 土壌	<ul style="list-style-type: none"> <li>スクリーニング試験および岩石・土壌バックグラウンド値試験</li> </ul>	蛍光X線分析	Pb, As (Cd, Cr, Hg, Se, F)
			溶出液・ 環境水	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶出試験</li> <li>直接摂取リスクの有無(直接摂取リスクを把握するための試験)</li> <li>地下水、表流水モニタリング</li> </ul>
	吸光光度法	Cr(VI), F, B		

出典：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

### 3.4 建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック

本ハンドブックは、建設工事を行う際に自然由来重金属等含有土が対象地盤となったり発生土となったりした場合に、工事に関係する実務者が周辺環境への影響を最小限とするための適切な対応を行うことにより円滑に工事が進められるよう、関係法令および技術上の留意事項をまとめたものである。本ハンドブックの中で、自然由来マニュアルとの関係について記載はされていないが、同マニュアルを踏まえて、実務担当者向けにまとめられた図書と位置づけられる。

#### (1) 調査および試験の流れについて

本ハンドブックにおける調査の記載内容は自然由来マニュアルを参照してまとめられているが、調査および試験の流れで異なる点はスクリーニング試験（溶出試験の実施の要否を判断するために行う試験）の取扱いである。

「自然由来マニュアル」では、スクリーニング試験（全含有量試験）を実施することとしているが、スクリーニング基準値に非常に小さな値が設定されている物質について、迅速に分析可能なエネルギー分散型蛍光X線分析装置による方法では分析・評価ができず、時間と費用を要する湿式分析法を実施する必要があることから、スクリーニング試験を多数の検体で実施することが実務的に困難である。このため、本ハンドブックにおいてはスクリーニング試験を行わないこととし、短期溶出試験、酸性化可能性試験、実現象再現溶出試験、および直接摂取のリスクを把握するための試験等により対策要否判断やリスク評価を行うこととしている。

#### (2) 試験方法

本ハンドブックでは、試験方法として、土壤汚染対策法の土壤溶出量試験と含有量試験、自然由来マニュアルの短期溶出試験、酸性化可能性試験、実現象再現溶出試験、全含有量試験、迅速分析法が記載されている。内容は自然由来マニュアルと同様のため、説明を省略する。

#### 【参考】短期溶出試験の課題

本ハンドブックでは短期溶出試験について、長期的な酸性化に伴う重金属等の溶出の可能性を把握することができないこと、溶出の可能性を過大評価する場合があること、を課題としてあげている。このため、実現象再現溶出試験等により、重金属等の溶出の可能性を適切に把握することが望ましい、と記載している。

## 4. 試験方法

表 4.1 に主に岩石における試験方法<sup>1)</sup>についての一覧表形式にまとめた。

土壌における試験は、土壌汚染対策法に規定されている方法があるため一律となるが、岩石については法で定められた試験方法は無いため、他の類似する分析方法を一部引用したり、又は各現場、検討会などで決定した方法に従うこととなる。

本表に示したように、岩石または土壌に対する試験方法の名称が類似していても、試験の目的が異なれば、その分析値（評価または基準値）の意味が大きく異なる場合があることに留意する必要がある。

例えば、岩石を対象として行うスクリーニング試験（全含有量試験）は、岩石に含まれる重金属類含有量の全量を把握するための試験であり、土壌汚染対策法における土壌を対象として行う含有量試験は、経口摂取で体内に取り込まれ、溶解した重金属類の溶出量を評価する試験であることから、分析値の意味が大きく異なることになる。

なお、岩石・土壌以外の試験対象物（鉄スラグ等再生品及び廃棄物）についても記載したので、参考にされたい。

（引用文献）

1) 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、「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

表 4.1 岩石等における試験方法一覧

試験対象物	試験名	試験目的	分析項目	試験規格等	試験調整	適用例	備考
土壌	土壌含有量試験	土壌に含まれる重金属類等を体内に直接摂取した際の健康リスクを評価する(土壌の直接摂取によるリスク)	重金属類(9項目)	環境省告示19号	風乾、<2mm	土壌汚染状況調査、雑土調査等	粉砕すること約0.5mm目のふるいを通過した土壌
	土壌溶出量試験	土壌に含まれる有害な有害物質が、地下水に溶出し、それを飲用した際の人の健康リスクを評価する目的で行う(地下水の採取によるリスク)	VOC、重金属類、農薬の9項目	環境省告示19号	風乾、<2mm		
	含有量試験	自然由来の重金属等の溶出試験の実施の可否を判定するため、地質試料中に含まれる重金属の含有量を申請する(むかに)行うもので、報告19号の含有量試験とは、評価目的異なる	自然由来重金属類(8項目)	度調査法、蛍光線分析 法也	全量<2mmに粉砕	・東谷村線路 八甲田トンネル ・一般国道303号 海老坂トンネル	スクリーニング基準値の一部の重金属類において蛍光線分析装置による定量下限値が低いため、実測の適用に留意が必要である。このため、自然由来ハートブック <sup>※1</sup> においてはスクリーニング試験による評価を行っている
	スクリーニング試験	自然由来の重金属等の溶出試験の実施の可否を判定する目的で行う	自然由来重金属類(8項目)	環境省告示19号に準拠	全量<2mmに粉砕	・一般国道450号 旭川放射線自動車道中越トンネル ・日本海沿岸東北自動車道 大館～小幡間トンネル	試験として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものを使用する点が報告19号と異なる
岩石	直接採取の試料	岩石・土壌の直接採取によるリスクを評価する目的で行う	自然由来重金属類(8項目)	環境省告示19号に準拠	全量<2mmに粉砕	・一般国道450号 旭川放射線自動車道中越トンネル ・日本海沿岸東北自動車道 大館～小幡間トンネル	試験として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものを使用する点が報告19号と異なる
	短期溶出試験	自然由来の重金属等の溶出試験の実施の可否を判定する目的で行う	自然由来重金属類(8項目)	環境省告示19号に準拠	全量<2mmに粉砕	・一般国道450号 旭川放射線自動車道中越トンネル ・日本海沿岸東北自動車道 大館～小幡間トンネル ・仙台市高道線東西線 ・一般国道298号 甲子トンネル ・一般国道303号 海老坂トンネル	試験として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものを使用する点が報告19号と異なる
	酸性化可能性試験	自然由来の重金属等の溶出試験の実施の可否を判定する目的で行う	検定のpHのみ	過酸化水素水を用いるpH試験(地質工学)	全量<2mmに粉砕	・仙台市高道線東西線 ・一般国道298号 甲子トンネル ・一般国道303号 海老坂トンネル	・試験を酸化させる酸化剤として過酸化水素水を使用し、これに10mmol/L NaOHを加え、pHを6に調整する ・検定のpHが5.5以下のものを地質試料の長期的な酸性化の可能性が あるものとして評価する
	寒天土試験	現場の環境要因を考慮し、自然由来重金属類の溶出現象を忠実に再現する目的で行う	土壌溶出量、地温、酸素濃度、土中水分	自然由来マニュアル <sup>※1</sup>	有差	・一般国道450号 旭川放射線自動車道中越トンネル	・現場調査の名称 ・覆かて実施(自然条件下での試験)
	土硝式雨水暴露試験	現場の盛土層に近い条件を想定した曝露試験	岩石試料を透過した雨水(自然由来重金属類、pH等)	自然由来マニュアル <sup>※1</sup>	max40mm~10mm	・土硝式雨水暴露試験による掘削土のリスク評価(第2回地質)スクマノンメント事例研究発表会(地質リクス学会(2011))	・フナグネ(ト)ト(断面積0.05m <sup>2</sup> )に岩石試料 ・覆かて実施(自然条件下での試験)
	ラインメーター試験	現場の盛土層に近い条件を想定した曝露試験	岩石試料を透過した雨水(自然由来重金属類、pH等)	自然由来マニュアル <sup>※1</sup>	max40mm~10mm	・阿賀川掘削対策	基本的に土硝式雨水暴露試験と同様であるが、以下の点が異なる ・室内で実施 ・雨水は使用しない(雨水は)
	寒天土硝式雨水暴露試験	現場の盛土層に近い条件を想定した曝露試験	岩石試料を透過した雨水(自然由来重金属類、pH等)	自然由来マニュアル <sup>※1</sup>	RC-90級(75mmふるい目通過)	・除水暴露の雨水暴露試験(日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会平成19年度研究発表会講演予稿集(2007))	コンテナ(1.4×0.9×0.7m)に岩石試料 ・覆かて実施 ・凍上抑制剤に用いられる砕石石を指定
	タンクラーシミュレーション試験	現場の盛土層に近い条件を想定した曝露試験	自然由来重金属類(8項目)	国土交通省調査 <sup>※2</sup>	塊状	・建設盛土土に含まれる有害物質の溶出特性について(その2)1:第41回地質工学研究発表会(2006)	試験期間に任意で設定できる
	大割溶出試験	掘削り切り等を利用する場合の追加を想定した溶出試験	自然由来重金属類(8項目)	環境省告示19号に準拠	塊状(使用する粒度に調整)	・岩石の有害物質溶出に関する調査(平成16年度研究発表会論文集、応用地質学会(2004))	短期溶出試験結果の補正にも利用
	促進酸化試験	地質試料中に含まれる酸化鉱物が酸化した際に重金属等の溶出の可能性を評価する目的で行う	自然由来重金属類(9項目) ・pH、ECも計測	環境省告示19号に準拠	全量<2mmに粉砕	・自然由来マニュアル <sup>※1</sup> 、浸出槽7リ ・「酸性化した溶出液による地下水による溶出」に関する調査(第2回環境地質工学学会論文集(2006))	・試験として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものを使用する ・試験を酸化させる酸化剤として過酸化水素水を使用するが、酸性化可能な試験のようにNaOHによるpH調整は行わないことに留意する
	繰返し溶出試験	掘削り切り等の可溶性成分(重金属類等)の一時的放出量の推定または溶出溶出傾向として長期的な溶出傾向の推定を目的で行う	自然由来重金属類(8項目)	120rpmで1日振とう	粒状、粉砕試料	・覆土による重金属汚染対策に関する現場調査(その2)1:地質工学北海道支部第4回技術報告会(2008)	・「酸化還元指示薬」を用いた掘削り切りの重金属溶出特性(第1回地下水・土壌汚染との防止対策に関する研究発表会(2006))
スラグ等の 廃棄物	スラグ類の化学物質試験方法	スラグ類に含まれる重金属等の安全性を評価する目的で行う	利用有差 ・粗砕試料<2mm	JIS K 0058-1:2005	風乾、粗砕分級<2mm	溶融スラグ(原料)を原料とした溶出試験及び含有量試験を適用し、環境に對しての安全性評価および人への直接摂取を抑制した安全性評価を行う等	
	溶融スラグ類(焼成土)	溶融スラグ類(焼成土)に含まれる重金属等の含有量を評価する目的で行う	燃え殻、灰、ばいじん、ばいじん灰、その他(0.5~5mmふるい)	JIS K 0058-2:2005	風乾、粗砕分級<2mm	・溶融スラグ(原料)を原料とした溶出試験及び含有量試験を適用し、環境に對しての安全性評価および人への直接摂取を抑制した安全性評価を行う等	・溶融スラグ類(焼成土)に含まれる重金属等の含有量を評価する(ダイオキシン類)の調査等
	溶融スラグ類(焼成土)	溶融スラグ類(焼成土)に含まれる重金属等の含有量を評価する目的で行う	燃え殻、灰、ばいじん、ばいじん灰、その他(0.5~5mmふるい)	環境省告示19号試験	燃え殻、灰、ばいじん、ばいじん灰、その他(0.5~5mmふるい)	・溶融スラグ(原料)を原料とした溶出試験及び含有量試験を適用し、環境に對しての安全性評価および人への直接摂取を抑制した安全性評価を行う等	・溶融スラグ類(焼成土)に含まれる重金属等の含有量を評価する(ダイオキシン類)の調査等
	溶融スラグ類(焼成土)	溶融スラグ類(焼成土)に含まれる重金属等の含有量を評価する目的で行う	燃え殻、灰、ばいじん、ばいじん灰、その他(0.5~5mmふるい)	環境省告示19号試験	燃え殻、灰、ばいじん、ばいじん灰、その他(0.5~5mmふるい)	・溶融スラグ(原料)を原料とした溶出試験及び含有量試験を適用し、環境に對しての安全性評価および人への直接摂取を抑制した安全性評価を行う等	・溶融スラグ類(焼成土)に含まれる重金属等の含有量を評価する(ダイオキシン類)の調査等

※1 自然由来マニュアルとは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、を指す  
 ※2 国土交通省大臣官房技術政策課(平成14年4月20日)「セメント及びセメント系固結材料を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領(案)」  
 ※3 自然由来マニュアルとは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、を指す

## 5. 対応事例

No. 1

事例名(工事名等)	海老坂トンネル		
所在地	滋賀県高島市	事業主体	滋賀県
対象有害物質	ひ素	試験対象物	掘削ずり
試験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スクリーニング試験(全含有量試験), ・短期溶出試験(溶出量試験)</li> <li>・酸性化可能性試験(pH試験)</li> </ul>		
対応の概要	<p>(試験目的, タイミング, その他)</p> <p>目的: 土壤汚染対策法の指定基準に不適合な「要対策ずり」と「一般土」の分類。</p> <p>タイミング: トンネル掘削ずりの搬出前。</p>		
◆ フロー図 等	<p>ひ素溶出量に関する「要対策ずり等」判定の流れ</p> <p>出典 URL: <a href="http://www.pref.shiga.lg.jp/h/d-kanri/kikaku/files/7_kizu.pdf">http://www.pref.shiga.lg.jp/h/d-kanri/kikaku/files/7_kizu.pdf</a></p>		

No. 2

事例名(工事名等)	大和御所道路トンネル		
所在地	奈良県大和郡山市から同県五條市	事業主体	国土交通省 近畿地方整備局
対象有害物質	ひ素	試験対象物	切羽土砂
試験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土壤調査(土壤含有量試験; 環告19号, 土壤溶出量試験; 環告18号)</li> <li>・目視判定, ・酸性化可能性試験(pH試験)</li> </ul>		
対応の概要	<p>(試験目的, タイミング, その他)</p> <p>目的: 盛土材料の「要対策土」と「対策不要土」に判別する。</p> <p>タイミング: トンネル切羽での試料採取時。</p> <p>その他: コア写真を用いた目視判定(肉眼判定)が主体。</p>		
◆ フロー図 等	<p>出典 URL: <a href="https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/theses/2014/pdf02/18.pdf">https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/theses/2014/pdf02/18.pdf</a></p>		

No. 3

事例名(工事名等)	平成27年度 北海道開発局 道路設計要領 第4集トンネル 参考資料2		
所在地	北海道内トンネル工事場所 4事例	事業主体	北海道開発局
対象有害物質	ひ素	試験対象物	掘削ずり
試験方法	・短期溶出試験(溶出量試験)・実現象再現溶出試験(繰返し溶出試験)		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的: 掘削ずりを道路盛土の路体として利用する際、吸着層工法の配合を決定するため。 タイミング: 先進ボーリングのコアおよび仮置きずり。		
◆ フロー図 等	<p>サイト概念モデルとパラメータの評価方法</p>		
出典 URL:	<a href="http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/download/pdf/04/4-sankou2.pdf">http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/download/pdf/04/4-sankou2.pdf</a>		

No. 4

事例名(工事名等)	外環(千葉県区間)における建設発生土対策に関する検討																		
所在地	千葉縣市川市および松戸市	事業主体	国土交通省関東地方整備局																
対象有害物質	ひ素, 鉛, ふっ素	試験対象物	掘削土砂																
試験方法	・スクリーニング試験(全含有量試験), ・土壌溶出量試験 ・ボルタンメトリー法※-ひ素, 鉛, ・吸光光度法※-ふっ素 ※いずれも公定法との相関確認																		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的: 汚染土壌受入先の基準に合わせ分類。分析時間が確保できないことを想定して実施。 タイミング: 掘削前のボーリング調査時点で公定法と合わせ実施。 その他: 最適となる分析方法と管理基準値を決定。																		
◆ フロー図 等	<p>最適と判断された分析法と管理基準値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>迅速分析法</th> <th>選定根拠</th> <th>管理基準値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>砒素</td> <td>ボルタンメトリー法</td> <td>公定法との相関は蛍光X線と同程度であったが、過去の実績や定量下限値、試験の汎用性等からボルタンメトリー法の方が優れるため。</td> <td>0.005 mg/L</td> </tr> <tr> <td>鉛</td> <td>ボルタンメトリー法</td> <td>公定法との相関は蛍光X線と同程度であったが、過去の実績や定量下限値、試験の汎用性等からボルタンメトリー法の方が優れるため。</td> <td>0.004 mg/L</td> </tr> <tr> <td>ふっ素</td> <td>吸光光度法</td> <td>公定法との十分な相関が確認されたため。</td> <td>0.60 mg/L</td> </tr> </tbody> </table>				迅速分析法	選定根拠	管理基準値	砒素	ボルタンメトリー法	公定法との相関は蛍光X線と同程度であったが、過去の実績や定量下限値、試験の汎用性等からボルタンメトリー法の方が優れるため。	0.005 mg/L	鉛	ボルタンメトリー法	公定法との相関は蛍光X線と同程度であったが、過去の実績や定量下限値、試験の汎用性等からボルタンメトリー法の方が優れるため。	0.004 mg/L	ふっ素	吸光光度法	公定法との十分な相関が確認されたため。	0.60 mg/L
	迅速分析法	選定根拠	管理基準値																
砒素	ボルタンメトリー法	公定法との相関は蛍光X線と同程度であったが、過去の実績や定量下限値、試験の汎用性等からボルタンメトリー法の方が優れるため。	0.005 mg/L																
鉛	ボルタンメトリー法	公定法との相関は蛍光X線と同程度であったが、過去の実績や定量下限値、試験の汎用性等からボルタンメトリー法の方が優れるため。	0.004 mg/L																
ふっ素	吸光光度法	公定法との十分な相関が確認されたため。	0.60 mg/L																
出典 URL:	<a href="http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000041559.pdf">http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000041559.pdf</a>																		

No. 5

事例名(工事名等)	新名神高速道路		
所在地	新名神高速道路の兵庫県域	事業主体	西日本高速道路(株) 関西支社
対象有害物質	ひ素, 鉛, ふっ素	試験対象物	掘削岩および掘削土砂
試験方法	・土壌調査(土壌含有量試験;環告19号, 土壌溶出量試験;環告18号)		
対応の概要	<p>(試験目的, タイミング, その他)</p> <p>目的: 盛土(覆土)への利用判定のため。</p> <p>タイミング: 1切土面、1切羽面、1掘削箇所での1日の作業量ごとに判定を行う。</p> <p>その他: 基準不適合土壌(土砂性状の物)は、浄化等処理施設へ運搬し処理する。</p>		
◆ フロー図 等 [対策フロー]			
出典 URL:	<a href="http://corp.w-nexco.co.jp/activity/branch/kansai/infomation/pdfs/02.pdf">http://corp.w-nexco.co.jp/activity/branch/kansai/infomation/pdfs/02.pdf</a> (※対策フロー A区間 を抜粋)		

No. 6

事例名(工事名等)	一般国道450号 旭川紋別自動車道 中越トンネル																																															
所在地	北海道上川郡上川町中越	事業主体	北海道開発局																																													
対象有害物質	ひ素	試験対象物	掘削ずり																																													
試験方法	<p>・土壌調査(土壌含有量試験;環告19号, XRF分析法, 土壌溶出量試験;環告18号)</p> <p>・実現象再現溶出試験(繰返し溶出試験)</p>																																															
対応の概要	<p>(試験目的, タイミング, その他)</p> <p>目的: 重金属を含有する岩盤掘削ずりを路体材料に用いるが、覆土材料の違いによる汚染物質(ひ素)拡散抑制効果を確認するために実験を実施。</p> <p>タイミング: トンネル掘削ずり搬出前。</p>																																															
◆ フロー図 等	<p>実験ケース一覧表</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>路体材料</td> <td>汚染ずり</td> <td>汚染ずり</td> <td>汚染ずり</td> <td>汚染ずり</td> </tr> <tr> <td>覆土材料</td> <td>-</td> <td>床堀土</td> <td>沼田砂利産普通土</td> <td>沼田砂利産普通土 + 3%ウッドチップ</td> </tr> <tr> <td>路体締固め度D</td> <td>85%以上</td> <td>85%以上</td> <td>85%以上</td> <td>85%以上</td> </tr> <tr> <td>路体乾燥密度</td> <td>1.811g/cm<sup>3</sup>以上</td> <td>1.811g/cm<sup>3</sup>以上</td> <td>1.811g/cm<sup>3</sup>以上</td> <td>1.811g/cm<sup>3</sup>以上</td> </tr> <tr> <td>覆土締固め度D</td> <td>-</td> <td>95%以上</td> <td>85~90%</td> <td>85~90%</td> </tr> <tr> <td>覆土乾燥密度</td> <td>-</td> <td>1.136g/cm<sup>3</sup>以上</td> <td>1.392~1.474g/cm<sup>3</sup></td> <td>1.392~1.474g/cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>路体透水係数k</td> <td>4.36 × 10<sup>-2</sup>(D=85%)</td> <td>4.36 × 10<sup>-2</sup>(D=85%)</td> <td>4.36 × 10<sup>-2</sup>(D=85%)</td> <td>4.36 × 10<sup>-2</sup>(D=85%)</td> </tr> <tr> <td>覆土透水係数k</td> <td>-</td> <td>1.29 × 10<sup>-5</sup>(D=95%)</td> <td>3.62 × 10<sup>-4</sup>(D=85%) ~ 2.23 × 10<sup>-4</sup>(D=90%)</td> <td>3.62 × 10<sup>-4</sup>(D=85%) ~ 2.23 × 10<sup>-4</sup>(D=90%)</td> </tr> </tbody> </table>			ケース	1	2	3	4	路体材料	汚染ずり	汚染ずり	汚染ずり	汚染ずり	覆土材料	-	床堀土	沼田砂利産普通土	沼田砂利産普通土 + 3%ウッドチップ	路体締固め度D	85%以上	85%以上	85%以上	85%以上	路体乾燥密度	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	覆土締固め度D	-	95%以上	85~90%	85~90%	覆土乾燥密度	-	1.136g/cm <sup>3</sup> 以上	1.392~1.474g/cm <sup>3</sup>	1.392~1.474g/cm <sup>3</sup>	路体透水係数k	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	覆土透水係数k	-	1.29 × 10 <sup>-5</sup> (D=95%)	3.62 × 10 <sup>-4</sup> (D=85%) ~ 2.23 × 10 <sup>-4</sup> (D=90%)	3.62 × 10 <sup>-4</sup> (D=85%) ~ 2.23 × 10 <sup>-4</sup> (D=90%)
ケース	1	2	3	4																																												
路体材料	汚染ずり	汚染ずり	汚染ずり	汚染ずり																																												
覆土材料	-	床堀土	沼田砂利産普通土	沼田砂利産普通土 + 3%ウッドチップ																																												
路体締固め度D	85%以上	85%以上	85%以上	85%以上																																												
路体乾燥密度	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上	1.811g/cm <sup>3</sup> 以上																																												
覆土締固め度D	-	95%以上	85~90%	85~90%																																												
覆土乾燥密度	-	1.136g/cm <sup>3</sup> 以上	1.392~1.474g/cm <sup>3</sup>	1.392~1.474g/cm <sup>3</sup>																																												
路体透水係数k	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)	4.36 × 10 <sup>-2</sup> (D=85%)																																												
覆土透水係数k	-	1.29 × 10 <sup>-5</sup> (D=95%)	3.62 × 10 <sup>-4</sup> (D=85%) ~ 2.23 × 10 <sup>-4</sup> (D=90%)	3.62 × 10 <sup>-4</sup> (D=85%) ~ 2.23 × 10 <sup>-4</sup> (D=90%)																																												
出典 URL:	<a href="http://www.db.pwri.go.jp/pdf/D6808.pdf">http://www.db.pwri.go.jp/pdf/D6808.pdf</a>																																															



No. 7

事例名(工事名等)	日本海沿岸東北自動車道 大館～小坂間トンネル		
所在地	秋田県大館市および鹿角郡小坂町	事業主体	国土交通省東北地方整備局
対象有害物質	セレン, ひ素, ふっ素	試験対象物	掘削ずり
試験方法	・土壌調査(土壌含有量試験;環告19号, 土壌溶出量試験;環告18号)		
対応の概要	<p>(試験目的, タイミング, その他)</p> <p>目的:トンネル掘削土の判定・処理・管理マニュアル作成のため。</p> <p>タイミング:先進ボーリングによる試料採取時。</p> <p>その他:pH, 強熱減量, 硫黄含有量等の指標試験との相関性から汚染状況を判断。</p>		
◆ フロー図 等	<p>トンネル掘削土の区分</p> <p>出典 URL: <a href="http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf">http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf</a></p>		

No. 8

事例名(工事名等)	東北新幹線 八甲田トンネル		
所在地	青森県上北郡七戸町および青森市	事業主体	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
対象有害物質	ひ素, 鉛, カドミウム, セレン	試験対象物	掘削ずり
試験方法	・目視判定(鉱脈、鉱石の判定), ・火山岩を対象とした帯磁率測定, ・簡易溶出試験 ・全岩化学組成分析(蛍光X線分析;検量線法)		
対応の概要	<p>(試験目的, タイミング, その他)</p> <p>目的:掘削ずりを「一般型土捨場」と「管理型土捨場」に選別するために実施。</p> <p>タイミング:試験時間は半日程度であるため、掘削ずり発生時に試験実施。</p> <p>その他:八甲田トンネル試験室調査・分析業務マニュアルの制定。</p>		
◆ フロー図 等	<p>岩石判定フロー</p> <p>出典 URL: <a href="http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf">http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf</a></p>		

No. 9

事例名(工事名等)	仙台市高速鉄道 東西線		
所在地	宮城県仙台市	事業主体	仙台市
対象有害物質	ひ素, カドミウム, ふっ素, 鉛, セレン	試験対象物	掘削土砂
試験方法	・土壌調査(土壌含有量試験;環告19号, 土壌溶出量試験;環告18号), ・短期溶出試験 ・実現象再現溶出試験 <sup>※</sup> (促進酸化試験) ※pH=4以下を要対策土とした		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的: 掘削残土を採石場跡地に搬出し、林地復旧の盛土材の一部として有効利用するため。 タイミング: ボーリング調査資料等により事前判定(地層が異なる場合は、迅速分析)。		
◆ フロー図 等 ◇ 試験方法の詳細 【公定法による分析】 一般土と判断された土については、5,000 m <sup>3</sup> に1回溶出量試験(18号試験)、含有量試験(19号試験)を実施。 【迅速分析による判別管理基準】 ・即時溶出: 土壌溶出量試験でひ素が指定基準値0.01mg/Lを超えた場合は要対策土とした。 ・酸化溶出: 強制酸化試験(3% 過酸化水素水により4時間反応させる)についてpHを測定し、結果が閾値(pH=4以下)を超過したものを要対策土とした。 出典 URL: <a href="http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf">http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf</a>			

No. 10

事例名(工事名等)	一般国道289号 甲子トンネル		
所在地	福島県南会津郡下郷町~西白河郡西郷町	事業主体	国土交通省東北地方整備局および福島県
対象有害物質	鉛, ひ素, セレン	試験対象物	掘削ずり
試験方法	・酸性化可能性試験(pH試験): pH(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )測定と全硫黄含有量測定		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的: 要対策岩を道路盛土工事の路体の中に遮水シート(二重)で封じ込めるための選別。 タイミング: 一次判定; 先進ボーリング試料, 二次判定; 仮置き場からの任意採取。 その他: 試験頻度は、一次判定; ボーリング 1回/5m, 二次判定; 1回/1日掘削分。		
◆ フロー図 等			
出典 URL:	<a href="http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf">http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf</a>		

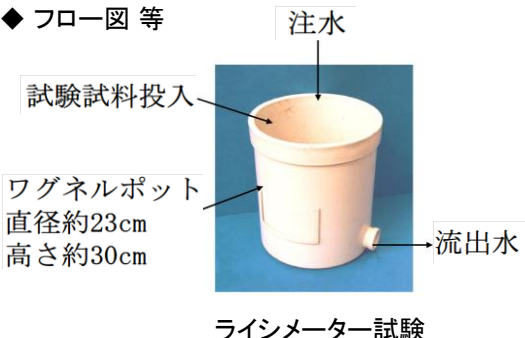
No. 11

事例名(工事名等)	岡山県内工業団地 調整池		
所在地	岡山県勝田郡勝央町	事業主体	旧地域振興整備公団
対象有害物質	酸性水	試験対象物	調整池底面の泥岩層(植月層)
試験方法	・酸性化可能性試験(pH試験)		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的:底泥の酸性状態把握(調整池および法面部の一部に硫酸酸性を示す泥岩が存在)。 タイミング:対策実施前。		
◆ フロー図 等			
<p>【自然由来重金属等対策方法】</p> <p>①泥土化した調整池底盤の掘削除去</p> <p>②遮断層施工前の石灰散布</p> <p>③調整池底面の遮断層の施工(良質土の撒き出しとセメント系固化材の練混)</p> <p>④碎石敷き均し</p>			
出典 URL: <a href="http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf">http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sizenyuraimanyu_zantei_siryou.pdf</a>			

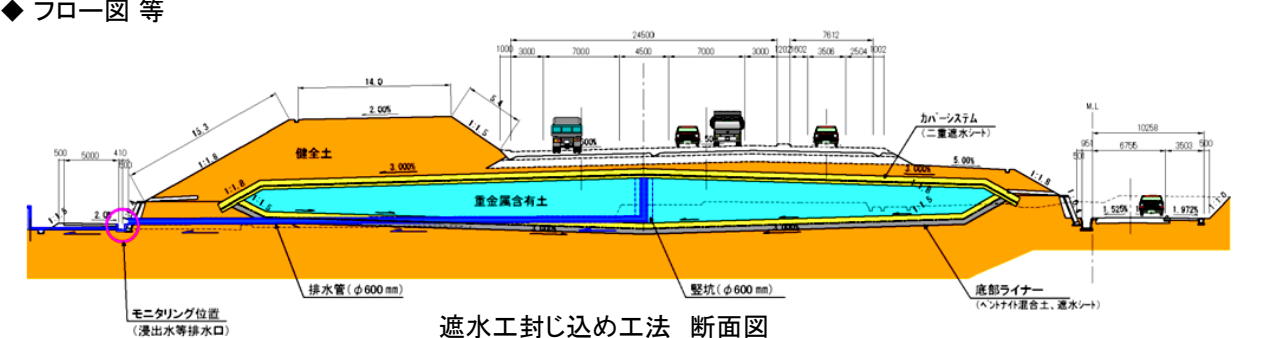
No. 12

事例名(工事名等)	大槌第2トンネル		
所在地	岩手県上閉伊郡大槌町	事業主体	国土交通省東北地方整備局
対象有害物質	ひ素	試験対象物	掘削ずり(岩砕)
試験方法	・土壌調査(土壌溶出量試験;環告18号):土壌を想定した試験 ・スラグ類の化学物質試験方法(第1部:溶出量試験方法):岩砕の盛土を想定した試験		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的:掘削した岩砕を大槌町へ提供し、一般土として利用するため。 タイミング:利用開始前。 その他:学識者・専門家等で構成する検討委員会を設置。		
◆ フロー図 等			
・溶出量基準値は、土壌汚染対策法の基準値を準用した値:0.01mg/L以下。			
	土壌を 想定した試験	岩砕盛土を 想定した試験	利用先(利用条件)
盛土区分Ⅰ	基準適合	-	一般土として盛土に利用(大槌町へ提供)
盛土区分Ⅱ	基準不適合	基準適合	地下水利用等の無い事業箇所の盛土 <sup>※</sup>
盛土区分Ⅲ	基準不適合	基準不適合	事業箇所に遮水シート等で岩砕を封じ込め盛土 <sup>※</sup>
※:水質モニタリングを実施			
出典 URL: <a href="http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/images/51738_1.pdf">http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/images/51738_1.pdf</a>			

No. 13

事例名(工事名等)	阿賀川掘削土対策		
所在地	福島県河沼郡会津坂下町	事業主体	国土交通省東北地方整備局
対象有害物質	鉛, ひ素, カドミウム	試験対象物	河川掘削土砂
試験方法	・実現象再現溶出試験(ライシメーター試験), ・バッチ吸着試験: 重金属類を含む水が地盤等へ浸透した場合の土壌の重金属に対する吸着性を把握するため。		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的: 河川掘削で自然由来の重金属類が検出されたため、今後掘削する土砂の対策を検討し、盛土状態(土砂粗粒、雨水)と溶出試験試料(土砂細粒、pH調整水)での重金属類の溶出量を比較するとともに、長期的な溶出量の傾向を把握するため。		
◆ フロー図等	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  <p>ライシメーター試験</p> </div> <div style="flex: 2;"> <p>【試験手順】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ワグネルポットに、予め重量を計量した対象土砂を投入する。</li> <li>・試験試料上部より水を注入し、試料を通過する浸透水の水質の経時変化を測定する。</li> <li>・通水量は、年間降水量を18日間で通水することとし、ワグネルポットの断面積に換算し、4リットル/日とした。</li> </ul> <p>※ シルト岩や亜炭は、透水性が低いため試験期間中に流出水が得られない可能性があるため、締め固めは実施していない。</p> </div> </div> <p>出典 URL: <a href="http://www.hrr.mlit.go.jp/agagawa/agagawa/oshirase/kentouin2.html">http://www.hrr.mlit.go.jp/agagawa/agagawa/oshirase/kentouin2.html</a></p>		

No. 14

事例名(工事名等)	新東名高速道路		
所在地	愛知県	事業主体	中日本高速道路株式会社
対象有害物質	ひ素	試験対象物	掘削ずり(岩砕)
試験方法	・土壌調査(土壌含有量試験;環告19号, 土壌溶出量試験;環告18号) ・実現象再現溶出試験(タンクリーチング試験), ・ボルタンメトリー法		
対応の概要	(試験目的, タイミング, その他) 目的: 事前に公定法とボルタンメトリー法の計測結果に対する相関を取り、管理基準値を設定し、水浸に伴うヒ素の溶出を確認するためにタンクリーチング試験を実施した。 タイミング: 明かり部の掘削は、岩質毎に1日1回、トンネル掘削においては1日1回。		
◆ フロー図等	 <p>遮水工封じ込め工法 断面図</p> <p>出典 URL: <a href="http://jgs-chubu.org/download/syn5/pdf/24/s2424.pdf">http://jgs-chubu.org/download/syn5/pdf/24/s2424.pdf</a></p>		