

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(2023年版) —その背景と考え方—



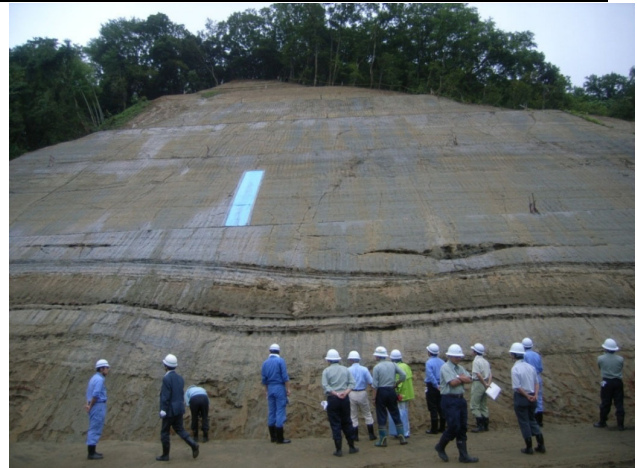
国立研究開発法人土木研究所
品川 俊介

自然由来の重金属等とは？

- 地質体に天然に含まれる有害物質（重金属等）
 - カドミウム、鉛、(六価)クロム、水銀、ヒ素、セレン、ふっ素、ほう素
- 重金属等は、火山、熱水に係する鉱脈・鉱床のほか、堆積岩・堆積物にも存在
- 存在自体は「汚染」ではない
- 掘削土の堆積によって「リスク」が発生
 - 地下水の汚染（掘削ずりからの地下水への溶出）
 - 表流水の汚染（掘削面の酸化と雨水・湧水への溶出）
 - 土壌、地質の二次汚染（拡散による）
 - 直接摂取（含有量の多い地質体の露出、ずり等からの飛散）

時間とともに重金属等が
溶け出す岩石

土壌汚染対策法以前には
問題にされてこなかった例



いわゆる“焼け”

←硫ひ鉄鉱を含む鉱石

硫化鉱物〔黄鉄鉱、硫ひ鉄鉱など〕が時間とともに分解、硫酸を生成する。（酸性化）

変質していない堆積岩

粉碎して溶出試験すると砒素などが基準値超過

- 全国どこでも
- 海成でも非海成でも
- 第四紀層から古生層まで

3

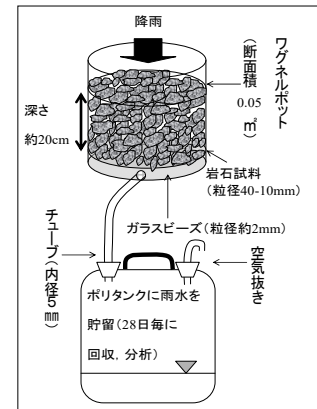
マニュアル類の策定

- 土木研究所では自然由来の有害物質を含む岩石に対処するための研究を平成14年度から開始
 - ・ 2007年 共同研究報告書「建設工事における自然由来の重金属汚染対応マニュアル（暫定版）」
- その後土壌汚染対策法制定後の情勢を踏まえ、専門家の中で指針策定の気運が高まる
- それを受け国土交通省総合政策局事業総括調整官室では、マニュアル作成のための委員会を組織
 - ・ 2010年 「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）」（国交省マニュアル）
 - ・ 2015年 「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」（国交省マニュアルの解説的位置づけ）
 - ・ 2023年 国交省マニュアル（2023年版） 公表

4

国交省マニュアルの特徴

- ✓ **岩石にも適用可能な独自の発生源評価**
 - ・粉砕した岩石・土壌を用いた「短期溶出試験」、「直接摂取のリスクを把握するための試験」、「全含有量試験」に加え、「酸性化可能性試験」、「実現象再現溶出試験」を導入
- ✓ **リスク評価の導入**
 - ・**サイト概念モデルに基づくリスク評価**を導入し、地下水等の飲用摂取に関する対応目標として、地下水環境基準のほか、地下水のバックグラウンド値も考慮可能
- ✓ **多様な対策工法**
 - ・**土壌汚染対策法に位置づけられている対策工法に加え、一重の遮水工封じ込め、吸着層工、転圧工、水処理工などの採用が可能**
- ✓ **2023年版の主な改訂点**
 - ・**土の受入先に応じた標準的な対応方法を整理**
 - ・**リスクレベルに応じた最適な対策選択の考え方を整理**



土研式雨水曝露試験

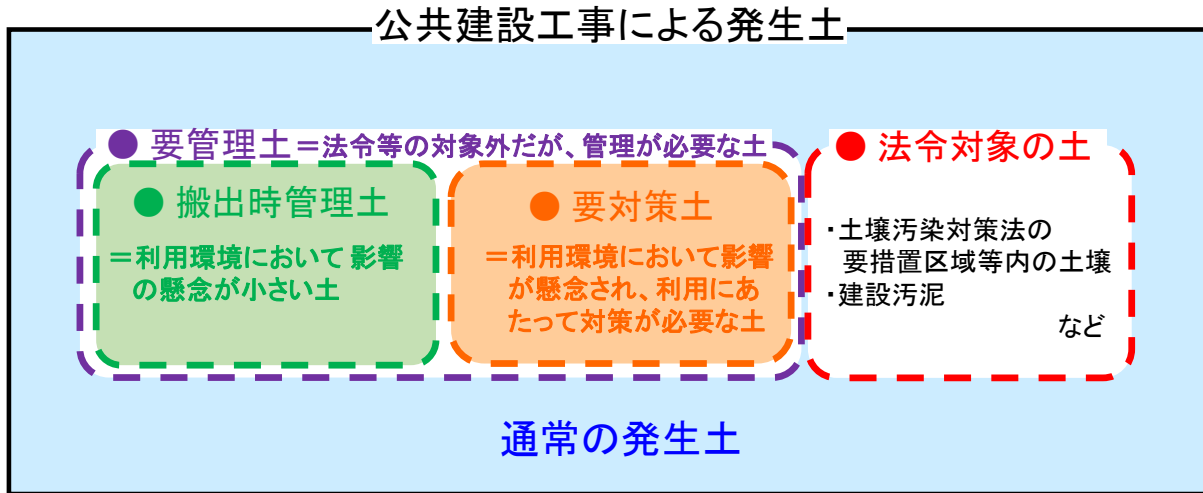
5

目次

- **第1章 総説**
 - ・マニュアルの目的、適用範囲等
- **第2章 自然由来重金属等含有土および酸性土への対応の基本事項**
 - ・対応の基本的考え方、事業段階に応じた検討の進め方
 - ・調査、評価、対応方法の概要
- **第3章 調査**
 - ・各調査・試験項目に関する詳述
- **第4章 要管理土への対応**
 - ・主に盛土等として利用することを想定した対応のメニュー
 - ・施工上の留意点、モニタリング、施工後の管理等
- **参考資料**

6

公共建設工事における発生土の分類 (2.1)



7

要管理土への対応の基本的考え方 (2.1)

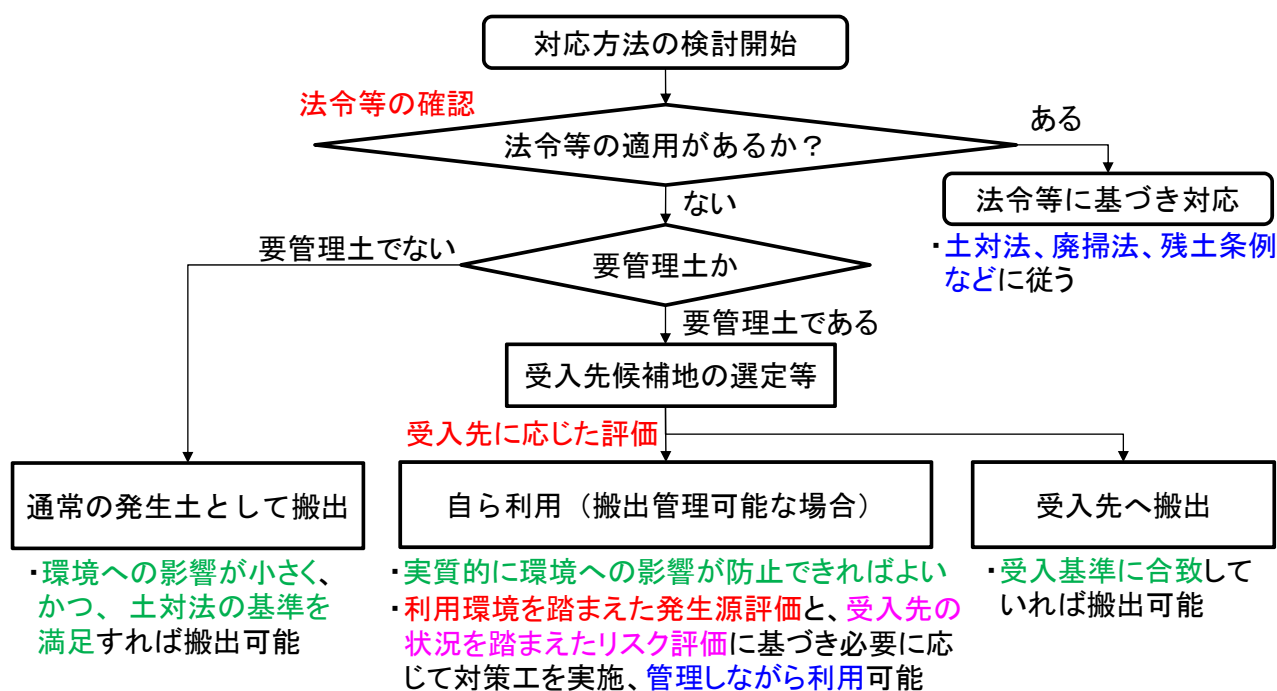
- ① サイト変更による要管理土の掘削の回避 ■
- ② 設計変更による要管理土の減量 ■
- ③ 要管理土の適切な現場内利用と管理 ■ ■
 - ・ 要管理土の性質や場の条件を考慮し、必要に応じて対策を実施(民有地 ■ では搬出管理が一般に難しいことに留意)
- ④ 要管理土の適切な搬出、現場外管理 ■ ■
 - ・ 受入先が定める基準を満足すれば、搬出可能

環境安全性評価を開始した段階	実施可能な対応				
事業計画段階	サイト変更による リスクの回避	設計変更による 対応が必要な土量の減量	(利用環境における環境安全性評価に基づく対応内容の軽減) 公共工事での利用	民有地への搬出	管理型廃棄物処分場や浄化等処理施設などへの搬出
概略設計段階 ~ 施工計画段階				水面埋立地への搬出	
施工段階					

早い段階での検討が望ましい

8

受入先の状況に応じた対応方法の選択 (2.1)



9

発生土の細分とその特徴 (2.1)

□ 通常の発生土

土対法基準を満足、かつ長期的に重金属等の溶出や酸性化の懸念が少ない。

□ 要管理土

通常の発生土以外の土で、何らかの管理が必要な土。

土の属性のみならずその使い方、搬出先の状況により決まる。

・**搬出時管理土** 置いておくだけなら、環境影響小さい(対策不要)

・**要対策土(酸性土)** 重金属等は溶出少ないが酸性化

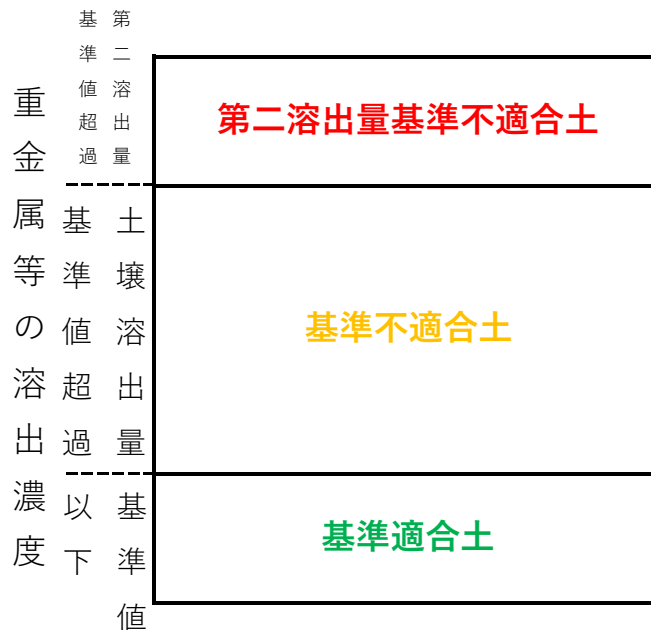
・**要対策土(低濃度) リスクレベル I ~ IV**

有害物質の種類と濃度、搬出先の環境、水利用の状況等との兼ね合わせにより、リスクレベルを区分(対応の重さが違う)

・**要対策土(高濃度)** 長期的な溶出濃度が大きい、含有量が高い

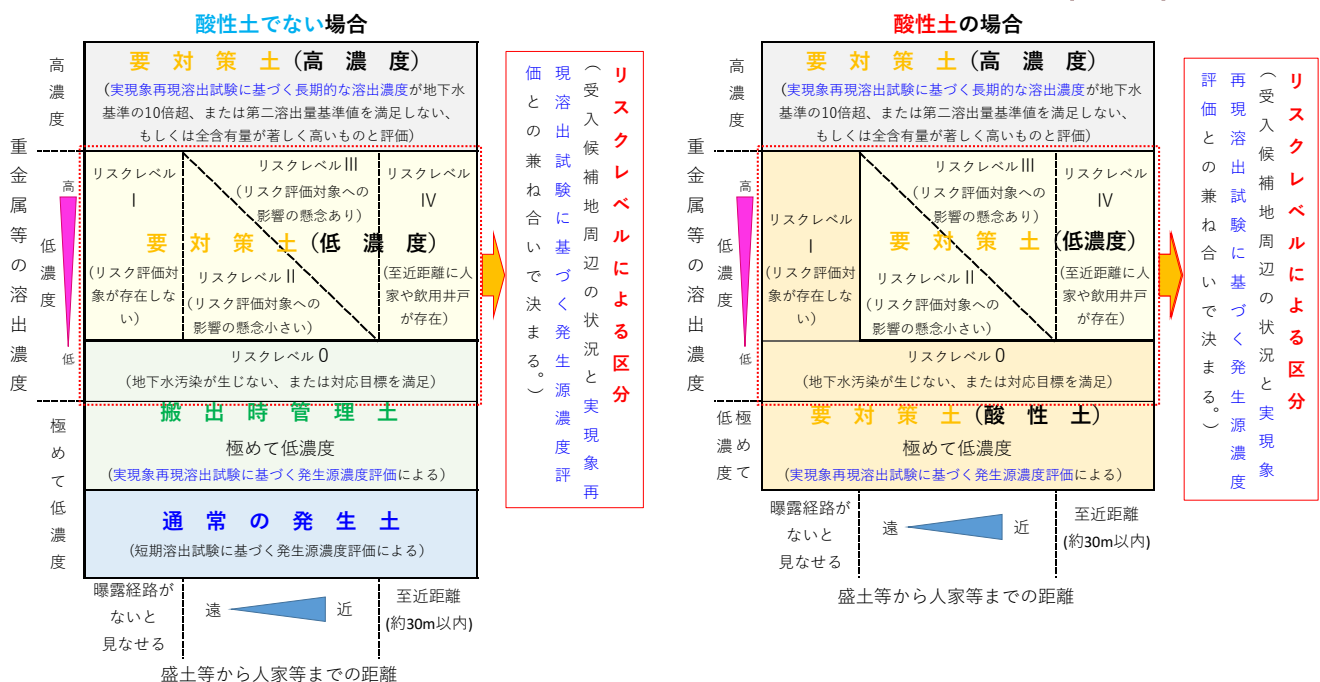
10

(参考) 土壌汚染対策法における土の区分



土の試験結果のみで区分され、利用場所の条件は考慮されない。

マニュアル改訂版における土の区分 (2.1)



真ん中の赤枠部は土の溶出試験だけでは対応が決まらない。
(盛土等の場所や地盤特性などによって適用する対応方法を最適化)

要対策土(低濃度)のリスクレベル区分 (2.10)

- **リスクレベルⅠ** (場の条件から判断)
 - 地下水経由の曝露経路がないと見なせる場所
 - 地下水が飲用される可能性がほとんどない;たとえば海岸沿いの土地、岩盤が浅所に存在する場所など
- **リスクレベルⅡ**
 - 対策を実施しない場合においても、人家や飲用井戸の近傍まで汚染地下水が到達する可能性が少ない場所
- **リスクレベルⅢ**
 - 対策を実施しない場合に、人家や飲用井戸の近傍まで汚染地下水が到達する可能性がある場所
- **リスクレベルⅣ** (距離のみで決まる)
 - 敷地に隣接するか、ごく近傍に人家や飲用井戸が存在する場所

定量的評価(影響予測評価)により分けることが可能
(一部はリスクレベル0に区分)

13

要管理土を盛土等に利用する場合の対応目標 (2.8)

- **人の健康への影響がないこと**
 - 長期的に下記の基準を満足しない場合には基本的に対策を行うことが原則。ただし基準の設定にあたっては、**実際の水利用や表流水、地下水のバックグラウンド濃度等を考慮**
 - ① 敷地境界の地下水については**地下水環境基準**
 - ② 公共用水域への排水については**一律排水基準**
 - ③ 土粒子の経口摂取については**土壌含有量基準**
 - **動植物へ影響が小さいこと**
 - 酸性化する土(酸性土)への対応
 - **発生土の管理を行わない場合には、土壌汚染対策法、その他の基準にも適合すること**
- ※ 埋立処分場等の受入先へ搬出する場合は、上記に関わらず、受入基準を満足していればよい

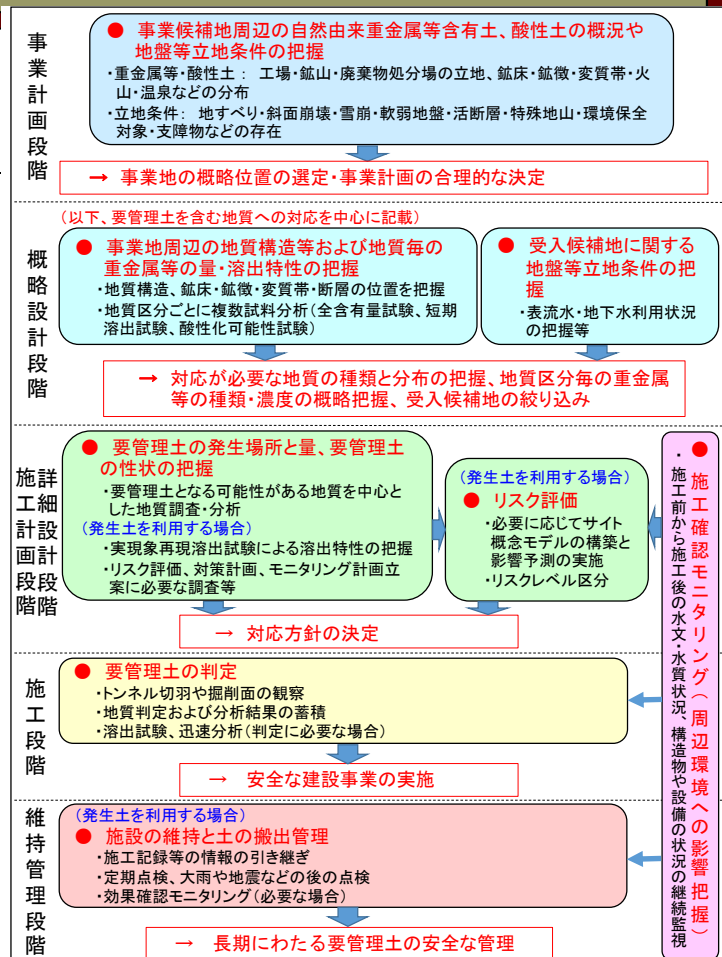
14

盛土等への利用に当たって考慮すべき、土の性状および受入先の状況 (2.4ほか)

- **土の性状**
 - ・重金属等の種類と溶出濃度(実現象に近い方法による評価が望ましい)
 - ・酸性化可能性(酸性化すると溶出リスクが高まる)
 - ・重金属等の含有量(全含有量が著しく高いものは溶出リスクが高い)
- **受入先における地盤の物質移行特性**
 - ・地下水の水位、流向、流速
 - ・下流の水利用地点等までの水理地質構造(地下水の流れる道すじ)
 - ・物質ごとの土の吸着特性(吸着しやすい物質は遠くまで到達)
- **受入先周辺の土地利用、水利用の可能性**
 - ・現状の土地利用、水利用地点
 - ・将来にわたる水利用の可能性(例えば海面埋立地や岩盤斜面では水利用の可能性がない)

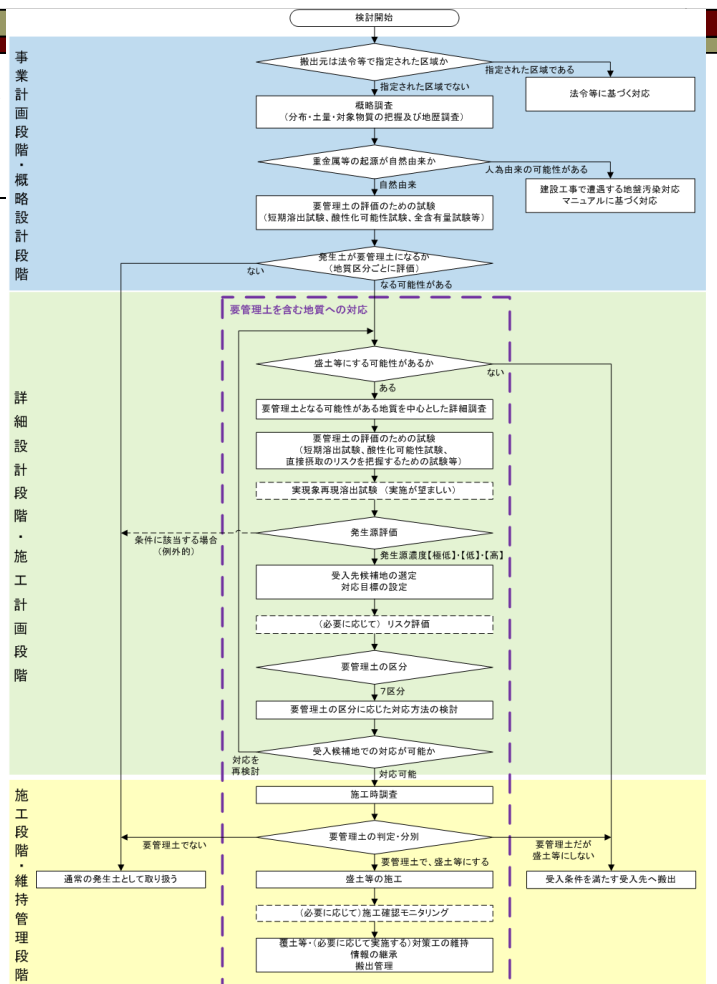
事業段階ごとの対応の流れ (2.2)

- 事業段階に応じて必要な調査を実施する



土の調査・評価の流れ (2.1)

- **要管理土となる可能性は下記により判定**
 - ① 短期溶出試験
 - ② 酸性化可能性試験
 - ③ 直接摂取のリスクを把握するための試験
- **要管理土となる可能性がある土については適切な評価により分別**



土の区分(7区分)に応じた対策工の選定 (2.1)

- **搬出時管理土** 対策工は不要、必要に応じて水質モニタリング
- **要対策土(酸性土)**
浸透抑制対策(上部遮水工、転圧工)または中和工
- **要対策土(低濃度)リスクレベルⅠ** 水質モニタリングのみ
- **要対策土(低濃度)リスクレベルⅡ**
一重の遮水工封じ込め、不溶化工、吸着層工など
- **要対策土(低濃度)リスクレベルⅢ**
信頼性の高い対策工(二重の遮水工封じ込めなど)または、その他の対策工に加えてモニタリングを強化
- **要対策土(低濃度)リスクレベルⅣ・要対策土(高濃度)**
二重の遮水工封じ込めなど、信頼性の高い対策工に限定、必要に応じて不溶化工を併用

要対策土を用いて築造する盛土が有すべき機能と対応する工種の例 (2.11)

機能	工種の例
直接摂取経路の遮断	覆土工、表面被覆工、舗装工
盛土内への雨水の浸透抑制	覆土工、植栽工、転圧工、上部遮水工
重金属等の溶解や酸化反応の抑制	不溶化工
重金属等の捕捉や酸性水の中和	吸着層工、滲出水処理工、透過性地下水浄化壁工、中和工
盛土滲出水の地下浸透の抑制および表流水としての排水	底部遮水工、排水工
対策効果の確認	内部保有水の水位観測、排水量または漏水観測、排水水質分析、地下水水質分析など
要対策土とそれ以外の土との区別 (必要がある場合)	覆土工、表面被覆工、砕石敷設工など

対策盛土の例(1) (4.3.1)

対策工種	対策のイメージ図	概要	特徴・留意点および長所・短所
二重遮水工 (二重遮水シートによる封じ込め)		盛土構造物の中に、周囲を二重の遮水構造とした要対策土を封じ込め、要対策土からの浸透水や滲出水の発生を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> 土壌汚染対策法の封じ込め措置として挙げられた方法と同等 土の搬入・積層・転圧時のシート破損やシート上面での土の滑りに留意し、シート勾配を小さくするなど、構造物として安定となる設計・施工法とする 比較的高コスト
一重遮水工 (粘性土による封じ込め)		盛土構造物の中に、周囲を粘性土による一重の遮水構造とした要対策土を封じ込め、要対策土からの浸透水や滲出水の発生を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> 封じ込め材としての粘性土は現地発生土の利用も可能 重金属等含有土と封じ込め粘性土による構造物の安定性確保のための補助工法等が必要
一重遮水工 (一重遮水シートによる封じ込め)		盛土構造物の中に、周囲を遮水シートによる一重の遮水構造とした要対策土を封じ込め、要対策土からの浸透水や滲出水の発生を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> 土の搬入・積層・転圧時のシート破損やシート上面での土の滑りに留意し、シート勾配を小さくするなど、構造物として安定となる設計・施工法とする
上部遮水工		要対策土による盛土等構造物の上部に粘性土、シート、アスファルト舗装、コンクリート舗装等による遮水工を施す。	<ul style="list-style-type: none"> 浸透性の低い基盤や吸着性の高い基盤の利用により、さらなるリスク低減が可能 土の搬入・積層・転圧時のシート破損やシート上面での土の滑りに留意し、シート勾配を小さくするなど、構造物として安定となる設計・施工法とする 施工法は比較的低コスト
転圧工		要対策土による盛土等構造物を転圧し、締固め効果により透水性を低減し、構造物内部からの重金属等や酸性水の溶出を低減する。	<ul style="list-style-type: none"> 既往の土工管理に基づく管理手法の適用が可能 施工法は比較的低コスト 重金属等含有土の土質により転圧効果が異なる

対策盛土の例(2) (4.3.1)

対策工種	対策のイメージ図	概要	特徴・留意点および長所・短所
不溶化工・中和工		<p>要対策土に不溶化材や中和材を添加し、重金属等や酸性水の溶出を低減する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 施工実績は比較的多く、不溶化・中和資材も多種 施工法は比較的低コスト 土の物理化学的特性や構造物の置かれる環境条件等により不溶化・中和効果やその持続性が異なる
吸着層工		<p>要対策土による盛土等の構造物下面に吸着層を敷設し、重金属等の地下への浸透を防止する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 施工実績は比較的多い 施工法は比較的低コスト 吸着層に現地発生土を利用したり、原地盤の吸着性能を評価することも可能 土の物理化学的特性や吸着材料の吸着特性により、リスク低減の効果が異なる
透過性地下水浄化壁工		<p>要対策土による盛土等の構造物の地下水流向下流側に重金属等を吸着する透過性地下水浄化壁を構築し、下流側への重金属等の拡散を防止する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 施工実績は少ない 重金属等の移行経路の途中で施される吸着法の位置づけ 既存構造物からの拡散防止対策として有効 吸着材料については「吸着」対策の場合と同様の扱い
底面遮水工+滲出水処理工		<p>要対策土による盛土等の構造物からの表流水・滲出水の処理により重金属等を回収する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 土構造物そのものの対策は不要 排水処理コストの他に排水処理で生じる汚泥の処分コストを見積もる必要 滲出水の処理能力と処理期間等の予測が困難
効果確認モニタリング		<p>要対策土による構造物を含む地下水をモニタリングし、汚染されていないことを確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 土壌汚染対策法の措置の一つとして挙げられており、もともとリスクが低い場合に最も低コストで実施可能 常時の地下水監視と未然防止策等の準備が必要となる

21

対策工の信頼性は、工法だけでは決まらない(2.11)

- 各種の対策工はそれぞれ一長一短があり、適用する場の条件などによって、その信頼性の程度が異なる。
- マニュアルでは、現場に合った最適な対策工を選定するよう推奨。
- 評価のポイント
 - ・設計の信頼性
 - ・岩石・土壌の性状との関係
 - ・長期耐久性
 - ・変形追従性
 - ・自己修復性
 - ・現場の施工条件(地形、地盤の性状等)
 - ・機能の確認

22

まとめ

- **発生土は「資源」**であるという観点から、公共建設工事においては自然由来重金属等含有土を積極的に利用していく必要
- **利用においては必要十分な安全性の確保**のため、現場ごとに調査、評価、対策を検討し、実施する
- **自然由来重金属等の技術相談、マニュアルの内容に関する問い合わせ先**

土木研究所 地質チーム 上席研究員 品川 俊介
sinagawa@pwri.go.jp

- **マニュアルのダウンロード先**

国土交通省のリサイクルホームページ

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/d03project/index_0305manual.htm