



## 自然的原因の重金属汚染への対策技術

独立行政法人土木研究所  
 つくば中央研究所 品川 俊介  
 寒地土木研究所 田本 修一

### 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、熱水に関する**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**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)

### 土壌汚染対策法(H15)施行以後の 建設工事における対応の混乱

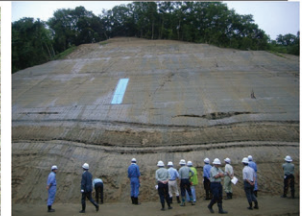
- ◆ 目的: **土壌の直接摂取**、および**地下水の飲用摂取**による人の健康被害の防止。
- ◆ **自然的原因**により基準を超過する「土壌」も対象  
→ 「岩石」は同法の対象外
- **自然的原因**により重金属等が含まれる岩石・土壌が環境汚染するのか？  
→ 普通はしないが重金属等が濃集した**鉱石**は**環境汚染**する。
- **環境汚染**するかどうかの評価法は??  
→ **分からない**から土壌汚染対策法を準用(**適切でない**)

### 時間とともに重金属等が 溶け出す岩石



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**)

### 土壌汚染対策法以前には 問題にされてこなかった例

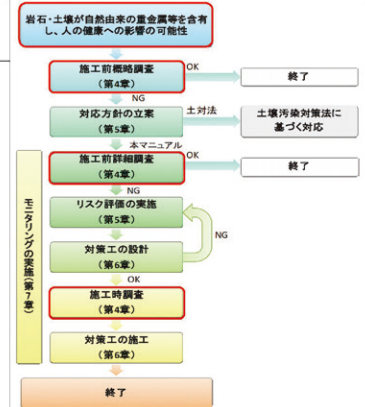


**変質してない堆積岩**  
 粉碎して溶出試験すると砒素などが基準値超過  
 ● 全国どこでも  
 ● 海成でも非海成でも  
 ● 第四紀層から古生層まで

### 「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)」

- 国土交通省総合政策局事業総括調整官室が組織する「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」(H20.10~H22.3)が作成
- 委員長: 嘉門雅史 香川高等専門学校校長
- 国内の有識者、国土交通省、環境省、業界団体、土木研究所職員8名が参加、土研の研究成果を反映
- **平成22年3月に、国土交通省HPにて公開**  
 国土交通省のリサイクルホームページ  
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/recyclehou/manual/index.htm>

### 対応の流れ



## マニュアルの特徴(発生源評価)

- 自然由来重金属等を含む岩石・土壌を対象にした、**各種試験方法および独自の評価基準の導入**

- スクリーニング試験(底質調査方法など)

	Cd	Cr	Hg	Se	Pb	As	F	B
「日本の地球化学図」平均値	0.158	65.2	0.054	—	23.1	9.32	—	—
「クラーク数」	0.2	100	0.08	0.05	13	1.8	625	10
土壌溶出量基準より算定した値	0.1	0.5	0.005	0.1	0.1	0.1	8	10
スクリーニング基準値	0.15	65	0.05	0.1	23	9	625	10

- 3種の溶出試験

短期溶出試験(粉碎した岩石を用いる環告18号試験)

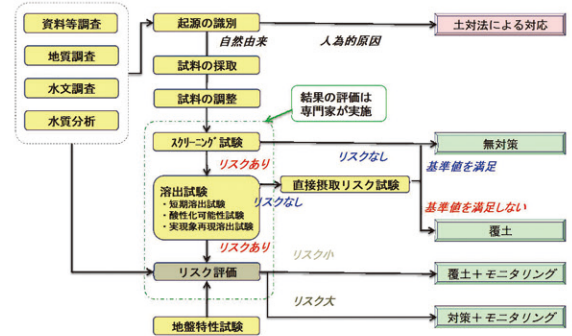
酸性化可能性試験(過酸化水素水を用いるpH試験)

実現象再現溶出試験(定められた方法はない)

- 結果の評価においては**専門家が総合的に判断**

7

## 自然由来重金属等に関する試験・評価の流れ



8

## 実現象再現溶出試験

さまざまな現場の条件に応じた溶出挙動を把握するための試験で、**定まった方法はない**。試験方法や条件は、現場条件と影響因子を考慮して個別に設定する。

- 回分試験(バッチ試験)
  - タンクリーチング試験
  - 繰り返し溶出試験(シリアルバッチ試験)
  - pH依存性試験
  - 大粒径溶出試験
- 連続試験(フローズルー試験)
  - カラム試験
  - ラインメーター試験
  - 土研式雨水曝露試験
  - 実大盛土試験



土研式雨水曝露試験

9

## マニュアルの特徴(リスク評価)

- サイト概念モデルに基づく**リスク評価の導入**
  - 発生源濃度に基づく評価から、**敷地境界等での地下水濃度での評価へ**(現場条件を考慮した評価、対策)
  - 地下水等の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**

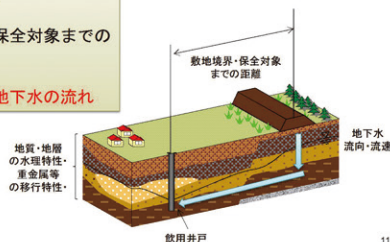
	サイト概念モデルに基づくリスク評価		[参考] 土壌汚染対策法
	レベル1 (標準モデル)	レベル2 (詳細モデル)	
評価地点	敷地境界や保全対象近傍		発生源
評価地点における地下水濃度	環境基準値/BG値以下	モニタリングのみ	—
	環境基準値/BG値超過 第二溶出量超過	土壌汚染対策法に準じた対策	評価地点における地下水濃度が環境基準値/BG値以下となる適切な対策
			(必要に応じて)土壌汚染対策法に基づく対策

10

## サイト概念モデルに基づくリスク評価

**サイト概念モデル**: 現場毎の特性を考慮し、環境への影響を評価し、対策するためのモデル。

- 発生源**: 自然由来の重金属等を含有する岩石・土壌(含有量・溶出量)
- 周辺状況**: 発生源から敷地境界や保全対象までの距離・曝露経路
- 周辺地盤**: 重金属等の吸着特性・地下水の流れ



11

## リスク評価の実施

- 移流分散解析等の実施**  
サイト概念モデルを用いて、評価期間を100年間とした敷地境界等における重金属等の地下水濃度について移流分散解析等の実施

- 判定基準との比較**  
判定基準と比較し、超過の場合は、適切な対策の実施

**レベル1 (標準モデル)** (1次元移流分散モデルなど、表計算ソフトで実施可能)

結果をもとに土壌汚染対策法に準じた対策の設計・施工を実施

対策手法が現場条件に適合しない等

**レベル2 (詳細モデル)** (多次元移流分散モデルなど)

対策工法の効果を適切にサイト概念モデルの中に考慮することにより、現場状況に応じて対策の設計・施工を実施可能

- 適用にあたっては環境部局と協議することを推奨(発展途上)
- 住民とのリスクコミュニケーションにおける**定量的な説明に有効**

12

## マニュアルの特徴(対策)

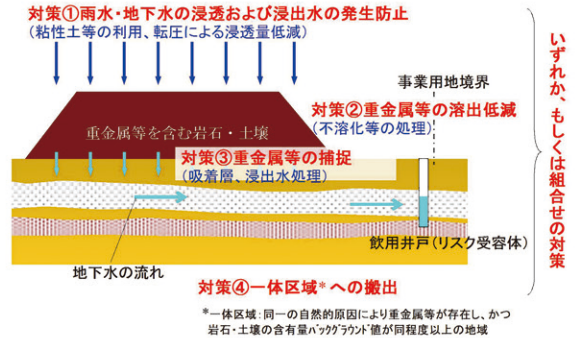
- 地下水等の摂取によるリスクへの対策として、**土壌汚染対策法に示される対策工法以外の工法の採用**

対応	目標	具体的な内容 (複数併用可)	備考
レベル1(標準モデル)のリスク評価による選定可能な対策		遮水工封じ込め(不溶化後封じ込めを含む) 遮断工封じ込め	土壌汚染対策法に示される対策工の考え方に準じた対策
レベル2(詳細モデル)のリスク評価による選定・設計可能な対策	① 雨水・地下水の浸透、および浸出水の発生防止	粘性土等による覆土・敷土 転圧による透水性の低下	リスク評価に基づく対策
	② 重金属等の溶出低減	不溶化等の処理	
	③ 重金属等の捕捉	吸着層 浸出水処理	
	④ その他	一体区域*への搬出	

\*同一の自然的原因により重金属等が存在し、かつ岩石・土壌の含有量バックグラウンド値が同程度以上の地域

13

## 地下水経路のリスクに対する対策の考え方



14

## 地下水経路のリスク対策の留意点

- **モニタリングは必須**
- **土壌汚染対策法に示される対策工の考え方に基かない方法は、レベル2のリスク評価(対策工の効果を見込んだリスク評価)により効果を確認した上で適用**
- 各対策に応じた設計手法、材料評価手法等の確立が必要(標準化)
- 求められる**エンジニアリング ジャッジメント**
- 現場内および周辺への重金属等の拡散防止。

15

## 北海道開発局では・・・

○本局道路計画課・建設課発議の平成22年6月3日付事務連絡「道路事業における重金属対応について」

・改正土対法の施行に伴い、新規事業並びに既設事業で対策中及び今後対策予定のものを対象に「改正土対法及び国交省マニュアル」に準じること、自治体(市町村)との協議により地域住民への説明を行うこと等が、通知された。

○平成23年度 北海道開発局 道路設計要領 第4集 トンネル → 国交省マニュアルを踏まえた内容に改訂された。

・北海道開発局のHPからダウンロードが可能。(平成23年5月公開)  
[http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z\\_doro/download/download.html](http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/download/download.html)



16