

(S4-19) 自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正利用支援ツールの検討

○長谷川怜思¹・熱田真一¹・奥村正孝¹・湯浅忠¹・門間聖子¹・自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正な利用に関する検討部会¹
¹土壌環境センター

1. はじめに

一般社団法人土壌環境センター（以下、センターという）では、平成26年度～29年度にかけて土壌汚染対策法（以下、土対法という）の適用を受けない汚染土壌・岩石を対象とし、適正な管理の下での処理や再生利用のあり方について考え方を検討した^{1)~3)}。その成果を受けて、平成30年度は「自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正な利用に関する検討部会」（以下、本部会という）を立ち上げ、さらに、土対法の適用を受けない汚染土壌は自然由来重金属等を含有するものに対象を絞った上で、岩石と併せて適正な管理の下での利用（以下、適正利用という）に関して2年間の計画で検討を実施している。

平成29年度以前の活動では、自然由来重金属等を含有する土壌・岩石の対策を行った事例の文献調査ならびに参考となるマニュアル類（副産物等を対象としたものも含む）の収集・整理・分析を行い、それらの結果を基に自然由来重金属等含有土壌・岩石を利用する場所と、利用する際の管理項目を表形式で整理した「利用×管理マトリックス表」（以下、マトリックス表という）の素案を作成した。また、それらを踏まえ、自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正利用のあり方をイメージ化するためシナリオを仮定したケーススタディを行い、課題点や改善点を抽出した。

本部会においては、平成29年5月19日に公布された改正土対法を踏まえ、平成29年度以前の活動成果も含めて、自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正な管理の下での有効利用を推進するため、手引き的な形で利用方法を取りまとめることを目標として活動している。平成30年度はその初年度として、自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正利用を支援するためのツールについて新たに検討を行ったので、ここに紹介する。

2. 適正利用支援ツールとは

法の適用対象外となる土壌・岩石の適正利用を推進するための方策として、平成29年度以前の活動では、収集文献や事例から得られた知見を参照しやすい資料にまとめることが有効と考え、利用×管理マトリックス表を作成した。また、発生源と利用先の状況をリスクレベル評価表としてまとめ、それらを用いてケーススタディを行うことで、適正利用方法を示すことを試みた^{1)~3)}。

本部会では、これらの既往成果をブラッシュアップあるいは再整理して適正利用を検討する際の参考図表を作成し、適正利用の流れを示すケーススタディ様式、さらに検討方法例としてケーススタディ実施例を含めた適正利用支援ツールを作成することとしている（図-1）。今回はその前段階として、図中に示した図表やフロー及びチェックリストの検討を行ったものである。以降に、これらの詳細について述べる。

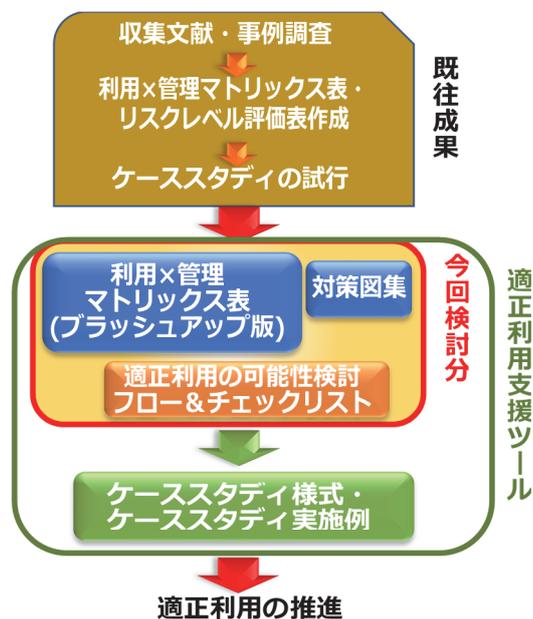


図-1 適正利用支援ツールの位置づけ

3. 利用×管理マトリックス表のブラッシュアップ

3.1 利用×管理マトリックス表の内容とその課題

利用×管理マトリックス表とは、自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正利用を推進するため、考えられ

Study on the tool to support proper management and use of soil and rock containing nature origin hazardous substances
 Satoshi Hasegawa¹, Shinichi Atsuta¹, Masataka Okumura¹, Tadashi Yuasa¹, Mariko Monma¹, and Study group of
 proper management and use of soil and rock containing naturally derived heavy metals¹(¹GEPC)

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町4-5 KSビル3F (一社)土壌環境センター

TEL 03-5215-5955 FAX 03-5215-5954 E-mail info@gepc.or.jp

る利用先および利用時の管理項目・管理方法について収集事例（マニュアル・指針・ガイドライン）や文献（公表された実現場の事例等）を基に整理し、これらの知見を表形式にしたものである（表-1）。

表の縦軸には「管理（利用時の管理項目・管理方法）」、横軸には「利用（考えられる利用先）」を示し、自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正利用を行おうとする際に、利用先と管理項目に応じて既往の知見を容易に引用できるようとりまとめた。

しかし、このマトリクス表の記載事項は、基本的に公表されている各種マニ

ュアルや事例から抽出した内容であるため、それらの文献等に記載がない事項は自ずと空欄となってしまう、適正利用支援としての機能が十分とは言えない。このため、空欄を埋める、すなわち適正利用に関して既往事例等でない提言的な内容を記載する必要がある。また、マトリクス表は最終的に12の利用場所と31の管理項目にわたる膨大なものとなり、実務的に参照することが困難な規模になってしまっていたことから、より使いやすい形式を検討することも必要と考えた。

表-1 利用×管理マトリクス表の内容¹⁾

管理項目		利用が考えられる場所	溶出先の媒体		
① 適用法	適用する法令、適用基準	盛土系 道路盛土 構造物の裏込め・埋戻し等 鉄道盛土 空港盛土 土捨場	地下水		
② 評価方法	対象材料の質；求められる質（物理的/化学的な質の記入）			対象材料の調査・分析	設定した基準値（溶出量基準・含有量基準・水質基準など、サイト概念モデル含む）
	サンプリング方法				
	前処理方法				
	サンプルの粒径				
対象材料の評価方法	調査・分析頻度			評価方法	
	評価方法				
③ ストック場所	利用に至るまでのストック場所、選搬、仮置き方法等			造成系 宅地造成 公園・緑地造成	
④ 利用方法と場所	基準不適合土壌の利用方法（封じ込め・不溶化等）				
	利用条件（周辺環境；飲用地下水利用、公共用水の有無等）	利用に際しての環境配慮（浸出水の管理、処理、土粒子飛散・流出防止等）	河川系 河川築堤 水面埋立		
⑤ モニタリング	モニタリング方法				
⑥ リスクコミュニケーション	リスクコミュニケーション（住民・行政対応、マスコミ対応等）	モニタリング頻度	造成系 防災緑地	海水	
		モニタリング期間			
		記録の管理者（自治体、土地所有者等）			
		トレーサビリティ（記録の管理期間）	海域系 海岸築堤 海面埋立		
		記録の管理者（自治体、土地所有者等）			

3.2 マトリクス表の改善

前述の課題を踏まえ、マトリクス表の空欄に記載を追加する作業を行った。その際、全ての空欄を埋めるのではなく、想定された利用先のうち「鉄道盛土」「空港盛土」等、特定の事業者による大規模事業に限定されて多様な場面での活用が見込まれないものは除外し、より活用の可能性が高い利用先を対象に記載作業を行った。

空欄の記載時の区分は、以下の通りである。

- ①収集文献・マニュアル等の事例がある場合：【文献番号】
- ②収集文献・マニュアル等の拡大解釈：【文献番号（引用）】
- ③ケーススタディの試行及び土壌汚染対策法の改正による新たな提案：【提案】

このうち③の【提案】については、学識者の意見を参考に、より“自然由来重金属等含有土壌・岩石の適正な利用”における方策となりうる、ケーススタディによる試行を増やしていくこととした。表-2に、これらの記載例のうち、河川築堤での適正利用を想定した場合の、利用方法に関する事項についての記載例を示す。

表-2 利用×管理マトリクス表の空欄に対する追記例

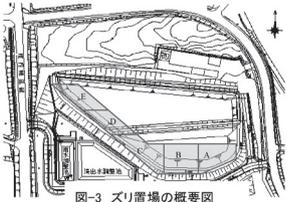
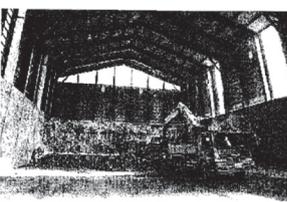
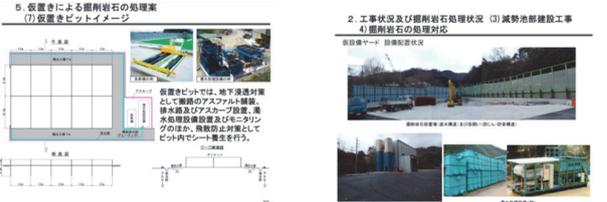
管理項目	利用が考えられる場所	溶出経路	
		河川系	河川築堤
7 ④ 利用方法	7-2 基準不適合土壌の利用方法（封じ込め・不溶化等）	<ul style="list-style-type: none"> ■粘性土などによる被覆・浸透防止：岩石・土壌の盛土表面を覆土、敷土で被覆する。 ■転圧による浸透性の低下：雨水浸透低減を目的として、岩石・土壌盛土時に十分転圧し、盛土の透水係数を所定の値以下に低下、または粘性土などを混合させることで透水係数を低下させる。【試A-002（引用）】 ■酸性水が求められる基準を超過する場合はpH調整のための対策が必要。【提案】 	
	7-3 搬出先（場内利用含む）の利用方法	<ul style="list-style-type: none"> ■堤体の構造面から透水係数に応じて配慮する必要があり、表法面では低い透水性が、裏法面には高い透水性がそれぞれ必要となる。【マE-002（引用）】 ■材料の性状と利用用途に応じて「直接利用」、「性状を改良して利用」等、種々の利用方法がある。技術標準等を参考に、土質改良等の必要性を検討する。【マD-001（引用）】 ■土壌溶出量が港湾用途溶出量基準に適合する場合は無対策。【提案】 	

注）「マ**-**-**」「試*-***」は出典となる収集文献の整理番号を示す。

4. 対策図集の作成

適正利用に際しては、マトリクス表だけではなく、利用方法のイメージを明らかにすることで利用の支援に資するものと考え、対策手法のカタログ的な役割を持つ整理資料として、収集文献・マニュアル等から対策図の抽出を行い、対策図集として取りまとめた（図-2）。なお、これらの対策図の中には、個別のサイト特有の条件下でのみ採用され得た手法もある。このため、今後、対策図集の精査を行い、前述のような対策図については、誤った使い方がなされないよう注釈を加える等の配慮が必要と考える。

利用に至るまでのストック場所、運搬、仮置き方法等の図

 <p>図-3 スリ置場の概要図</p>	 <p>写真 4-5 不溶化処理後堆積・養生用ヤード</p>	 <p>図-3 西工区現場全景（丸子側）H28. 5撮影 図-4 東工区現場全景（枝ヶ谷側）H27. 6撮影</p>
<p>幌延立坑：ずり置場の概要図</p>	<p>萌平トンネル：不溶化処理後堆積・養生用ヤード</p>	<p>薬科トンネル：狭小な現場の仮置きスペース</p>
<p>【GH01-01-01】⁴⁾</p>	<p>【GH01-12-01】⁵⁾</p>	<p>【GH22-01-01】⁶⁾</p>
		
<p>甲子トンネル：仮置き場</p>	<p>現場不明</p>	<p>天ヶ瀬ダム：仮置きビットイメージ 掘削岩石の処理状況・アスファルト舗装・濁水処理設備例</p>
<p>【試A-015】⁷⁾</p>	<p>【試A-015】⁷⁾</p>	<p>【GH26-01-01】⁸⁾</p>

注) 「GH**-**-**」「試**-**-**」は出典となる収集文献の整理番号を示す。

図-2 対策図の抽出例

5. 適正利用の可能性を検討するためのフローチャート（案）及びチェックリスト（案）の作成

5.1 適正利用検討に際しての課題

平成 29 年度以前の活動では、健康影響（特に地下水の飲用有無）・立地条件（利用先のバックグラウンドや曝露可能性等）・水利用・ステークホルダー（土地利用形態や住民の事業理解度等）等を総合的に勘案して「リスクレベル評価表」、「土地利用・水利用形態を考慮した保全対象ごとのリスクレベル区分表」を整理した³⁾。これらは、自然由来重金属等含有土壌・岩石を適正利用する上での対応方法の軽重を直感的に判断する目的で作成されたものであるが、一般的にリスクとして論ぜられる「有害性」×「曝露量」⁹⁾としての項目以外に社会的な阻害要因まで含めて示したことから、種々の定義における「リスク」が混在するものとなっており、再整理の必要が生じた。

このため、適正利用に際しての対応（対策）方法の選定に際して、既往のリスクレベル評価表に変えてフローチャートとチェックリストを組み合わせた方法について検討した。

5.2 適正利用の可能性を検討するためのフローチャート（案）

法の適用を受けない“自然由来重金属等含有土壌・岩石”を適正かつ合理的に利用する際には、発生源濃度と利用先・保全対象のリスクレベルやステークホルダー等の現場条件に応じて対応策を検討する必要がある。

このため、自然由来重金属等含有土壌・岩石が有する物理・化学的特性と利用先の周辺環境等の条件から、適正利用の可能性や利用方法（対策メニュー）を選定しやすいよう、適正利用の可能性を検討するためのフローチャート（案）を作成した（図-3）。

同図に示す通り、本フローチャート（案）においては、自然由来重金属等土壌・岩石について溶出量試験（岩石の場合は 2mm 以下に粉碎して評価）の結果が法の汚染状態に関する基準に適合しないもののうち、溶出濃度が自然的原因で超過するレベルと言われる土壌溶出量基準の 10 倍以内の場合に、モニタリングを行いながら無対策での利用（いわゆる適正利用）が可能か否かを判断する流れとなっている。このうち、「利用

先・保全対象において適正利用は可能か」については、利用先のバックグラウンドや保全対象となる地下水や河川水等の状況を踏まえて判断する必要があることから、後述のチェックリスト形式で判断するものとした。

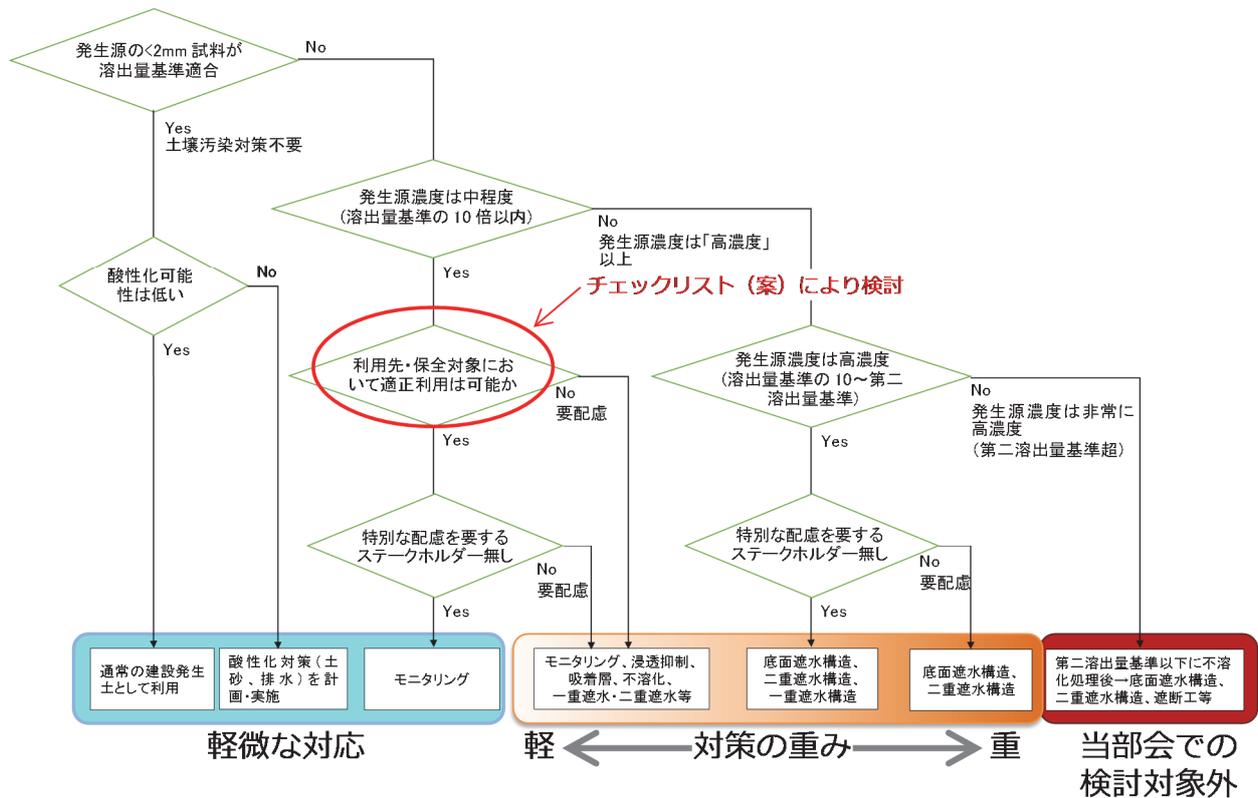


図-3 適正利用の可能性を検討するためのフローチャート（案）

5.3 適正利用の可能性を検討するためのチェックリスト（案）

上述のフローチャート（案）と併せて、適正利用に際して留意すべき事項や課題等を評価するためのチェックリスト（案）を整理し、本部会のとりまとめ成果が、より多くの現場で活用してもらうことを目指した。

具体的には、図-3のフローチャート（案）における「利用先・保全対象において適正利用は可能か」を判断するため、以下の事項について検討すべき項目を列挙した。これらの個別の検討項目の内容は、表-3に示すとおりである。

- ・利用先のバックグラウンド（土地の利用用途、土壌の汚染に関わる土地履歴、法規制等、地形・地質・被災履歴等）
- ・保全対象（地下水利用、河川水利用、河川環境、水生生物等、その他）
- ・対策・モニタリング
- ・ステークホルダー

本チェックリスト（案）について、チェックが入った（記載事項に該当した）項目から適正利用が可能かどうかを総合的に検討し、図-3のフローチャート（案）において無対策で利用が可能か、あるいは対策が必要かを判断する。

今後は、それぞれの検討項目について、チェックが入った場合適正利用が可能となる事項と避けたほうがよい事項に分け、必要に応じ重みづけ等を行い、チェック数の集計等により簡易に適正利用の可否が検討できる形を目指して引き続き検討を進めることとしている。

表-3 利用先に応じた対策工法選定のためのチェックリスト（案）

分類	No.	検討項目	該当 ✓	留意点
利用先 バック グラウンド	【土地利用用途】			
	1	村落・住宅であるか。		水利用形態による
	2	農地であるか。		水利用形態による
	3	工業専用地域であるか。		地下水下流に水利用がある場合再考
	4	公有水面埋立て場所または海面埋立地の土地であるか。		地下水利用が無いことが前提
	5	山野・原野であるか。		管理者の有無が対策に影響
	【土壌の汚染に関わる土地履歴】			
	1	要対策土と同一汚染物質の地下水汚染が確認された土地であるか。		複合物質の汚染の場合再考
	2	人為由来の土壌汚染が確認された土地であるか。		
	3	自然由来(第二種特定有害物質(シアンを除く))の土壌汚染が確認された土地であるか。		汚染状態の検証が必要
	4	自然由来汚染土壌を盛土あるいは埋戻した土地であるか。		汚染状態の検証が必要
	5	発生源と汚染状態(同一物質)が地質的に同質の土地であるか。		改正土対法と同等の利用条件
	6	発生源と同一港湾内の土地であるか。		改正土対法と同等の利用条件
	7	履歴不明である。		
	8	土壌・地下水汚染が確認されていない土地である。		
	【法規制等】			
	1	土壌汚染対策法の要措置区域であるか。		土対法に準拠
	2	土壌汚染対策法の形質変更時要届出区域(自然由来特例区域を含む)であるか。		土対法に準拠
	3	廃棄物処理法の指定区域に該当する土地であるか。		廃掃法に準拠
	4	土地(農地含む)の開発行為に関わる法律等に指定されている土地であるか。		農用地汚染防止法に準拠
	5	土砂災害警戒区域等に指定されている土地であるか。		土砂に関する自然災害の影響を考慮
	6	鉱山法で規制されている土地であるか。		
	【地形・地質・被災履歴など】			
	1	過去の地震や豪雨等による災害時に土砂崩れによる土砂流出が起こった土地であるか。		
	2	地下水の主たる帯水層となり得るような地層が存在するか。		
	3	地下水流向等の特性が把握できるデータがあるか。または可能か。		
	4	利用先は酸性化やpH等の環境条件が変化しやすい土地であるか。		
	保全 対象	【地下水利用】		
1		地下水流向約500m※までの範囲に飲用井戸または水道水源等の利用のある土地であるか。		
2		地下水流向約500mまでの範囲に深層井戸(飲用以外)の利用のある土地であるか。		
3		地下水流向約500mまでの範囲に生活用の地下水利用がある土地であるか。		
4		地下水流向約500mまでの範囲に農業用の地下水利用がある土地であるか。		
5		地下水流向約500mまでの範囲に水産用の地下水利用がある土地であるか。		
6		地下水流向約500mまでの範囲に工業用の地下水利用がある土地であるか。		
7		地下水流向約500mまでの範囲にて将来的に飲用井戸が利用される可能性があるか。		実現可能性の検討
【河川水利用】				
1		排水先の河川下流側に水源利用があるか。		考慮範囲は要検討
2		排水先の河川下流側に生活用水利用があるか。		考慮範囲は要検討
3		排水先の河川下流側に農業用水利用があるか。		考慮範囲は要検討
4		排水先の河川下流側または湖沼、閉鎖性水域、沿岸域に水産用水利用があるか。		考慮範囲は要検討
5		排水先の河川下流側に工業用水利用があるか。		考慮範囲は要検討
6		排水先の河川下流側が将来的に水道水源として利用される可能性があるか。		実現可能性の検討
【河川環境・水生生物等】				
1		周辺に生育・生息する生物への影響が生じるおそれがあるか。 (適宜拡充する)		
【その他】				
1		環境影響評価を必要とする工事規模であるか。		
2		施工中に粉じん対策が必要となる土地であるか。		
対策・ モニタ リング	1	工事完了後に雨水等による浸出水のおそれはあるか。		
	2	工事完了後に雨水等は地下浸透するおそれはあるか。		
	3	雨水等の浸出水の排水にあたって揚水処理する必要はあるか。		
	4	放流先の放流基準は。		
	5	敷地内に調整池等の一時貯留設備を確保することは可能か。		
	6	排水先の流量はどの程度か。		
	7	施工に先立ち、再溶出試験等の必要性はあるか。 (ケーススタディWGの活動を踏まえ拡充する)		
「参考」 ステーク ホルダー	1	周辺住民の活動に影響のある土地であるか。		影響によって要協議
	2	自治会の活動に影響がある土地であるか。		影響によって要協議
	3	利用先付近において農業協同組合等の活動に影響がある土地であるか。		影響によって要協議
	4	利用先付近において漁業協同組合等の活動に影響がある土地であるか。		影響によって要協議
	5	溶出先の河川下流側の農業協同組合等の活動に影響があるか。		影響によって要協議
	6	溶出先の河川下流側の漁業協同組合等の活動に影響があるか。		影響によって要協議
	7	運搬ルート周辺に特別配慮が必要な住民または団体等は存在するか。		影響によって要協議
	8	近隣説明会を必要とする工事であるか。		

※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-1 特定有害物質を含む地下水が到達し得る「一定の範囲」の考え方に基づき、第二種特定有害物質のうち到達距離の長い六価クロムの一般値を考慮して設定

6. おわりに

平成 29 年度以前の活動成果を踏まえ、自然由来重金属等含有土壌・岩石を適正利用するに際しての支援ツールについて検討した。今後は、平成 31 年 4 月 1 日に全面施行された改正土対法の内容も踏まえ、適正利用のケーススタディを実施することでその課題を整理し、最終的な適正利用方法の取りまとめに向けて活動を進めていきたい。

参考文献

- 1) 有馬孝彦ほか (2016) : 汚染土壌等の適正利用に関する考え方,第 22 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会,S1-11,pp.45-50
- 2) 金澤孝仁ほか (2017) : 自然由来重金属等含有土壌・岩石への対応事例と適正利用に関する考え方,第 23 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会,S1-16,pp.66-71
- 3) 奥村正孝ほか (2018) : 自然由来重金属等含有土壌や岩石の適正利用に係るケーススタディ,第 24 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会,S2-15,pp.179-189
- 4) 山西毅, 関谷美智, 佐高裕之, 北川義人, 加藤欣也 (2009) : 管理型掘削土 (ズリ) の酸性・中和現象と今後の課題, 第 65 回年次学術講演会 講演概要集/土木学会, pp.1079-1080
- 5) 藤谷敦司 (2010) : 道道留萌小平線 道路改良 (萌平トンネル) 工事現場報告
<http://www.miyasaka-cc.co.jp/tech/gijutsu/pdf/moehiratonneru.pdf> (参照 2019-5-27)
- 6) 安藤裕通, 佐宗輝倫, 塚本暢弥 (2016) : 国道 1 号静清バイパス丸子藁科トンネル工事における自然由来重金属等への対応
<http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/2016kannai/pdf/in20.pdf> (参照 2019-5-27)
- 7) ジェオフロンテ研究会 (2013) : 改訂 現場技術者のための重金属を含むずり処理に関する Q&A
- 8) 国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所 (2014) : トンネル式放流設備重金属等含有岩石処理対策検討会 他
http://www.kkr.mlit.go.jp/biwako/amadam/pdf/taisaku_kiyaku_first.pdf (参照 2019-5-27)
- 9) 社団法人 土壌環境センター技術委員会リスク評価適用性検討部会 (2008) : 実務者のための「土壌汚染リスク評価」活用入門, 化学工業日報社, p.4