

(0072) 自然由来重金属等を含む土壌や岩石の適正利用に係るケーススタディ

○奥村正孝¹・熱田真一¹・峠和男¹・須藤泰幸¹・門間聖子¹・汚染土壌等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～27年度に「汚染土壌の適正な処理及び利用に関する検討部会」（以下、適正処理部会という）を立ち上げ、土壌汚染対策法（以下、土対法という）の適用を受けない自然由来重金属等含有土壌や岩石を対象とし、適正な管理の下での適正な処理や再生利用のあり方について考え方を検討した。その成果を受けて、平成28年度はさらにそれらの土壌や岩石の利用促進を図る目的で、「汚染土壌等の適正な利用に関する検討部会」（以下、適正利用部会という）を立ち上げて2年間の計画で検討を実施してきた。

平成26年度～27年度の2年間の適正処理部会では、土対法の適用を受けない汚染土壌や重金属等を含む掘削岩石を対象とし、対策事例の文献調査や関連マニュアル類の収集・整理・分析を行い、分析結果を基に汚染土壌等を利用する場所と、利用する際の管理項目に係る「利用×管理マトリックス表」の素案を作成した¹⁾。

平成28年度の適正利用部会では、自然由来重金属等含有土壌や岩石の適正利用をイメージ化するために模擬条件に基づくケーススタディの試行を行い、課題点や改善点を抽出した。

平成29年度では、自然由来重金属等含有土壌や岩石の利用先の保全対象により、地下水・陸水域・臨海部の3通りに分けて、利用先の立地条件、健康影響、曝露可能性、水利用などのリスクに関する項目を整理した上で、自然由来重金属等含有土壌や岩石の適正利用のイメージが出来るようなケーススタディを試みた。

本報では、平成29年3月3日に閣議決定し、平成29年5月19日に公布された土対法の改正案において、自然由来による汚染土壌はリスクに応じた規制の合理化が求められている²⁾、という内容が示されたことを踏まえ、ケーススタディで設定した条件を基に利用先のリスクレベルを考慮した上で、適正利用の検討フローを提示し、そこから得られた課題点や改善点を整理し取り纏めたので、紹介するものである。

2. 自然由来重金属含有土壌や岩石等のケーススタディ

2.1 ケーススタディ実施の経緯

「1.はじめに」で述べたように、適正利用部会では、自然由来重金属等含有土壌や岩石の適正利用のイメージ化を図るため、適正利用のための課題抽出を目的としてケーススタディを試行し、課題点や改善点の抽出を実施している。

今回、利用先の条件により講じる対応が異なることを考慮して、利用先の保全対象（溶出先）別に地下水、陸水域、臨海部に分けて作業を行った。設定した条件に基づき、品川・阿南（2017）³⁾の考え方を参考とし、利用先のリスクレベルも設定した上で、自然由来重金属等含有土壌や岩石の適正利用がイメージ出来るケーススタディを実施した。

2.2 利用先のリスクレベル区分（案）

利用先のリスクレベルの評価項目として、健康影響（特に地下水飲用の有無）・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（農業用水、生活用水、飲用水等）・ステークホルダーなどが挙げられる。これらの内容を総合的に勘案して利用先のリスクレベルを区分することを検討した。

2.2.1 利用先のリスクレベルの区分（案）（表-1）

ケーススタディの実施に際して、利用先のバックグラウンドなど諸条件によって講ずべき対応が異なるため、まず始めに基本となる利用先のリスクレベルの区分（案）について検討した。リスクレベルは、設定条件で示された利用先のバックグラウンドの状況及び推定される曝露の可能性を総合的に勘案し、リスクレベルを小・

Case study on proper management and use of soil and rock containing nature origin hazardous substances

Masataka Okumura¹, Shinichi Atsuta¹, Kazuo Toge¹, Yasuyuki Sudo, Mariko Monma¹,

and Research group for proper management and use of contaminated soil and rock¹(GEPC)

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-5 KS ビル 3F 一般社団法人土壌環境センター

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

中・大の3種類に区分した。

表-1 利用先のリスクレベル区分 (案)

☆リスクレベルを小-中-大の3段階に区分

リスクレベル	区分	
	バックグラウンド	曝露可能性
リスク小	<ul style="list-style-type: none"> ・自然由来汚染(基準不適合)を呈する地層が、利用場所の全体に分布。 ・現状の地下水が環境基準不適合。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状で飲用水源利用はなく、将来的にも飲用が見込まれないまたは非常に低い。 ・水産用水、工業用水、生活用水等(飲用を除く)の利用はある。
リスク中	<ul style="list-style-type: none"> ・自然由来汚染(基準不適合)を呈する地層が、利用場所の一部に分布。 ・現状の地下水は環境基準に適合、もしくは、一時的に地下水が環境基準不適合する場合もあるが、年間平均としては環境基準に適合。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状で飲用水源利用はなく、近い将来でも飲用の可能性がないまたは低い。 ・飲用水源近傍まで地下水汚染が到達する可能性が少ない。 ・農業用水、水産用水、工業用水等の利用はある。
リスク大	<ul style="list-style-type: none"> ・自然由来汚染(基準不適合)を呈する地層は、利用場所には分布せず。 ・現状の地下水は、環境基準に適合。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状で飲用水源が近傍にある、または将来的に飲用水源として利用する可能性があるまたは高い。 ・飲用水源近傍まで地下水汚染が到達する可能性がある。

: ケーススタディ対象
 : ケーススタディ対象外

2.2.2 保全対象と水利用形態を考慮したリスクレベルの考え方 (案) (表-2)

保全対象(溶出先)として、地下水(井戸)、陸水域(河川・湖・池沼)、及び海域(閉鎖性水域・沿岸域)を選定し、水利用形態も考慮したリスクレベルの区分を検討した(表-2)。このうち井戸は、地表付近の自然由来重金属等土壌含有土壌や・岩石からの浸出水等の排水の混入するおそれの多い第一帯水層等の比較的浅い井戸を対象とした「浅層」と地表付近の浸出水等の排水の混入するおそれの少ない難透水層より深い井戸を対象とした「深層」に区分した。

河川は、河川水の希釈効果を考慮し、河川流量が河川に流入する汚染水の水量の10倍未満(普通・準用河川)、10倍以上~100倍未満(二級河川)、100倍以上(一級河川)と任意に水量を設定した。

水利用等の形態は、人の健康に影響する項目(飲用水・水道水源及び食品添加利用)、生活環境に影響する項目(生活用水)、生産活動に影響する項目(農業用水及び工業用水)、生態系に影響する項目(水産用水(水生生物))をそれぞれ設定した。

表-2 保全対象と水利用形態を考慮したリスクレベルの考え方 (案)

土地利用・水利用形態		地下水		陸水域					海域	
		井戸		河川※			湖	池沼	閉鎖性水域 狭・小湾	沿岸域
		浅層	深層	普通・準用河川	二級河川	一級河川				
村落・住宅地	飲用水・水道水源	大	中	大	中	中	大	—	—	—
	生活用水	小	—	小	小	小	小	小	—	—
農地	農業用水	中	中	中	中	小	中	中	—	—
工業専用区域	食品添加利用	—	中	—	—	—	—	—	—	—
	工業用水	小	小	小	小	小	小	—	—	—
山野・原野・港湾・海面埋立地	水産用水(水生生物)	—	—	中	中	小	小	中	中	小

※河川の流量は、以下の通り設定する。
 ・普通・準用河川 : 河川に流入する汚染水の水量の10倍未満
 ・二級河川 : " 10~100倍未満
 ・一級河川 : " 100倍以上

2.2.3 リスクレベルに応じた対策工法例 (案) (表-3)

保全対象のリスクレベルが大きければ、汚染状態が軽微であっても適正な拡散防止措置が必要となるなど、リスクレベルに応じて適用する対策方法が異なる。このため、表-3にリスクレベルに応じた対策工法例(案)を発生源の濃度と組み合わせた形で参考として示した。なお発生源の濃度は自然由来であることを考慮し、土壌溶出量基準の1~10倍であるものをケーススタディの対象とした。

表-3 リスクレベルに応じた対策工法例(案)注2)

項目	利用先・保全対象のリスクレベル		
	リスクレベル小	リスクレベル中	リスクレベル大
発生源 濃度	非常に高濃度 (例: 土壌溶出量基準の30倍超)	第二溶出量基準以下に不溶化処理 ^{注1)} 後→底面遮水構造、二重遮水、遮断工等	
	高濃度 (例: 土壌溶出量基準の10倍~30倍)	底面遮水構造、一重遮水・二重遮水等	
	中程度 (例: 土壌溶出量基準の1倍~10倍程度)	無対策、モニタリング等	モニタリング、浸透抑制、吸着層、不溶化、一重遮水・二重遮水等

□ : ケーススタディ対象 □ : ケーススタディ対象外

※ただし、地下水、陸水域、臨海部等で対策工法の組合せは異なる可能性がある。

注1：第二溶出量基準不適合の土壌は、土対法ではそのまま封じ込めが出来ないことになっているため、非常に高濃度な場合は不溶化処理を併用するものとしている

注2：対策工法の分類については、品川・阿南（2017）³⁾の中のフローチャート（案）を参考とし、部会内で議論の上で表の形に整理した。

2.3 ケーススタディの流れ

ケーススタディは、図-1 で示すフローで実施した。まず、設定条件として、「A. 発生源」、「B. 発生土等の利用場所・利用先」、「C. 保全対象」、「D. 特定有害物質の曝露経路（溶出先）」を設定し、検討を行った（表-4）。

表-4 ケーススタディにおける設定条件

条件	記載内容
設定条件A (発生源)	・官庁工事/民間工事・事業概要、施工方法・発生量・特定有害物質の種類及び濃度・分析方法 ・地域、地質・スレーキングの可能性・酸性化の可能性・懸念事項、課題・技術検討委員会の有無
設定条件B (利用先・利用場所)	・利用場所及び利用先・事業概要・受入条件(物理・化学的条件) ・周辺の地質、地下水・特定有害物質の種類及び濃度(バックグラウンド) ・人為由来/自然由来(バックグラウンド)・懸念事項、課題
設定条件C (保全対象)	・利用場所下流隣接地の土地利用・利用場所下流地域での保全対象・適用基準・ステークホルダーの状況
設定条件D (溶出先)	・特定有害物質の曝露経路(溶出先)(地下水、海水、河川等)

それらの条件から、保全対象のリスクレベルを区分した上で、「求められる評価方法や質」「対策方法」「利用に際しての周辺配慮」等について、収集した文献事例や関連マニュアル類から記載内容を引用した。さらに、該当する記載イメージを添付した（図-2）。

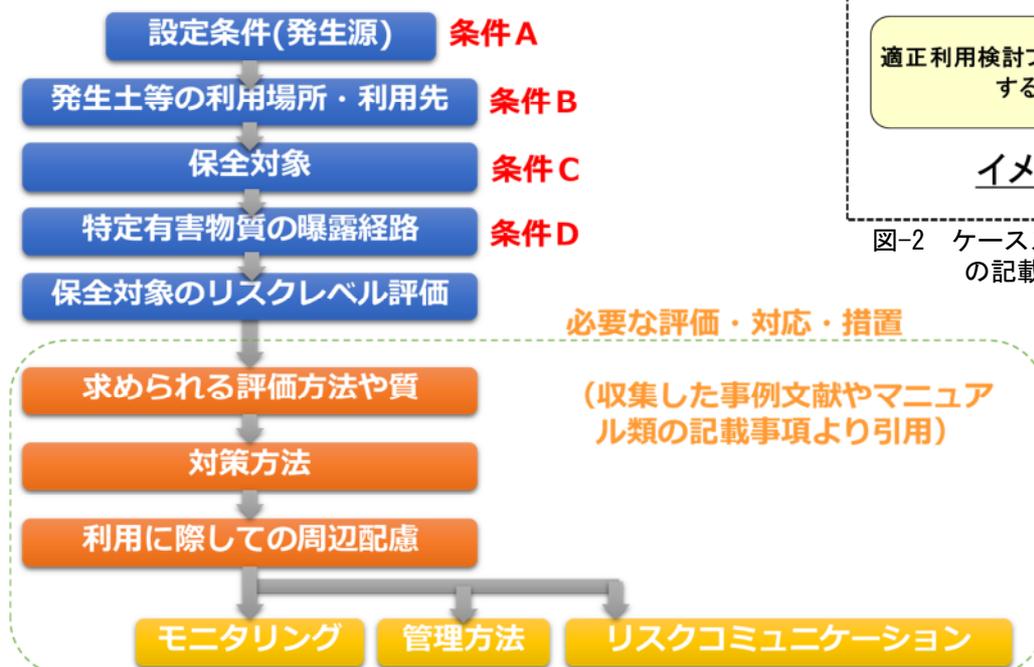


図-2 ケーススタディの参考図の記載イメージ

図-1 ケーススタディ様式の適正利用検討フロー

2.4 ケーススタディ作成例の紹介（表-5～表-8）

ケーススタディは土壌・岩石の種別および曝露経路（溶出先）に分けて9例作成した。このうち、「土壌」「曝露経路：地下水」のケースについての作成例を示す。

2.4.1 ケーススタディの設定条件

発生源の設定条件Aは、市街地における地下鉄延伸工事で発生する砒素等を含む自然由来土壌と想定した（表-5）。設定条件B（利用先・利用場所）は、利用場所を河川堤防の側帯盛土により広場を構築し、防災拠点として活用される予定とした。また、土壌溶出量基準不適合土壌の受入に際し、土対法第14条に基づき要措置区域等の自主申請を行い、形質変更時要届出区域に指定されている土地とし、受入れの際の物理的条件としては、広場の構築を目的とするため、国土交通省「発生土利用基準について」の中で示される第1種～3種建設発生土を満たすものとした（表-6）。

設定条件C（保全対象）は、周辺は水田として利用されているが、住居はない。利用場所は堤防を隔てて河川が存在する（表-7）。設定条件D（特定有害物質の曝露経路（溶出先））は地下水とした（表-8）。

表-5 発生源の設定条件A

項目	内容	
官庁工事 or 民間工事	官庁工事	
事業概要	市街地における地下鉄延伸工事	
発生量	基準不適合土 10万 m ³	
特定有害物質の種類および濃度	土壌	(土壌汚染調査結果より) 土壌溶出量基準不適合: 砒素 0.02 mg/L、鉛 0.03 mg/L、土壌含有量は基準適合。
	地下水	地下水基準に適合。
	岩石	該当なし。
分析方法	公定法(環告 18号、19号)	
地域・地質	自然由来で砒素を含む海成粘土層が地表面下 5 m以下に存在。	
スレーキングの可能性	該当なし。	
酸性化の可能性	なし。	
懸念事項・課題	工事場所の車両通行量多い。	
技術検討委員会の有無	なし。	

表-6 利用場所・利用先の設定条件B

項目	内容	
利用場所および利用先	・河川築堤(側帯盛土) 事業主体は国、県など。 ・発生源と同一地層	
事業概要	事業概要: 側帯盛土にて広場構築。防災拠点として利用。 施工方法: 底面遮水および浸出水処理(排水基準準拠)。	
受入れ条件	物理的条件	第1～3種建設発生土(含水率 40%未満、コーン指数 400 kN/m ² 以上)
	化学的条件	・発生源と利用先が同一地層の自然由来土壌。 (自然由来で砒素、鉛を含む海成粘土層が地表面下 5 m以下に存在)
周辺の地質・地下水	・GL-2～5m以深は、地山で沖積層(海成堆積物)が分布。 ・地下水位は浅い。	
特定有害物質の種類および濃度(バックグラウンド)	土壌	砒素と鉛の溶出量が基準不適合(砒素、鉛とも溶出量基準の 1～10 倍程度)、含有量基準に適合(※公園利用のため経口曝露を鑑み設定)。
	地下水	基準に適合。
	河川水	該当なし。
	岩石	該当なし。
人為由来 or 自然由来(バックグラウンド)	発生源と同様の自然由来重金属土が分布。	
懸念事項・課題	・法第14条による自主申請手続きにより形質変更時要届出区域に指定。 ・盛土による周辺地盤沈下 ⇒ 堤防天端の沈下による河川管理上の問題がないこと。 ・底面遮水工による既設堤防における洪水時の地下水流動の変化。	

表-7 保全対象の設定条件C

利用場所下流隣接地の土地利用	・周辺は水田利用。住居なし。 ・利用箇所は堤防を挟んで河川に隣接。
利用場所下流地域での保全対象	・下流域 250 m の範囲に飲用井戸なし。 ・農業用水は考慮しない。(下記のケーススタディ検討の注意点に合わせて)
適用基準	・地下水環境基準 ※ 利用場所の上下流にモニタリング孔設置。 ・水質汚濁防止法の排水基準(河川築堤竣工後の盛土底面からの浸出水) ・環境基準(河川) ※ 利用場所の上下流地点で河川水をモニタリング。
ステークホルダーの状況	・自治体 ・隣接地の地権者(住居なし)。

表-8 特定有害物質の曝露経路(溶出先)の設定条件D

特定有害物質の曝露経路(地下水、海水、河川等)	地下水 地下水流向は、河川方向。地下水は河川に合流し、希釈される。
-------------------------	--------------------------------------

2.4.2 利用場所のリスクレベル

設定条件から、リスクレベルは「小」と区分した。

2.4.3 作成したケーススタディ

設定条件に基づき作成したケーススタディの適正利用検討フローを図-3 に、参考図を図-4 に示す。

対策方法は、遮水シート等（遮水工）による底面浸透防止と浸出水処理（浸出水中に溶出する重金属等を適切に水処理することで回収する）とし、それに対するモニタリングとして、①地下水水質（利用場所の上下流）、②河川水質（利用場所の上下流）、③浸出水（排水）について施工中・施工後の水質モニタリングを行うことと計画している。

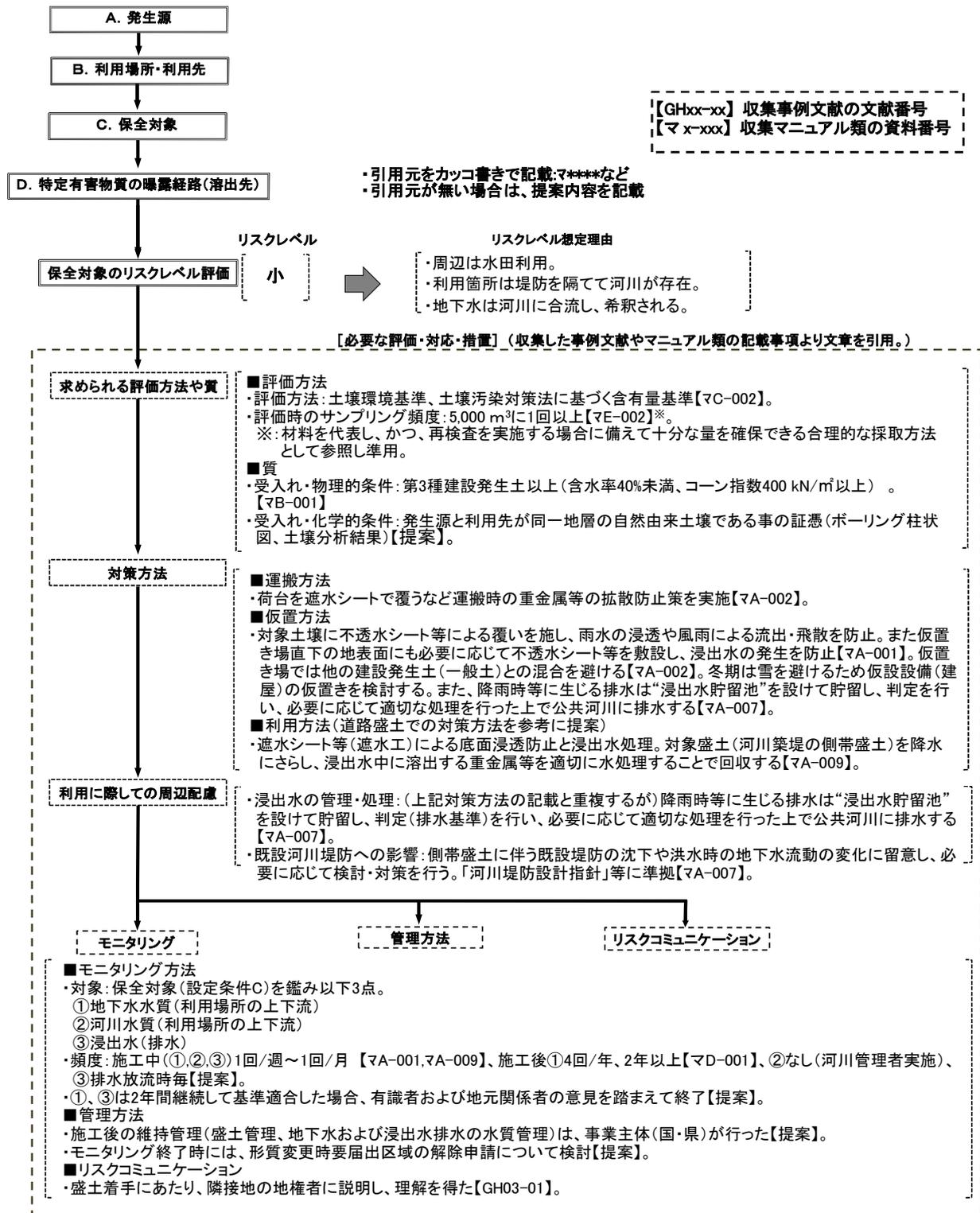


図-3 適正利用検討フロー(溶出先; 地下水、土壌ケース)

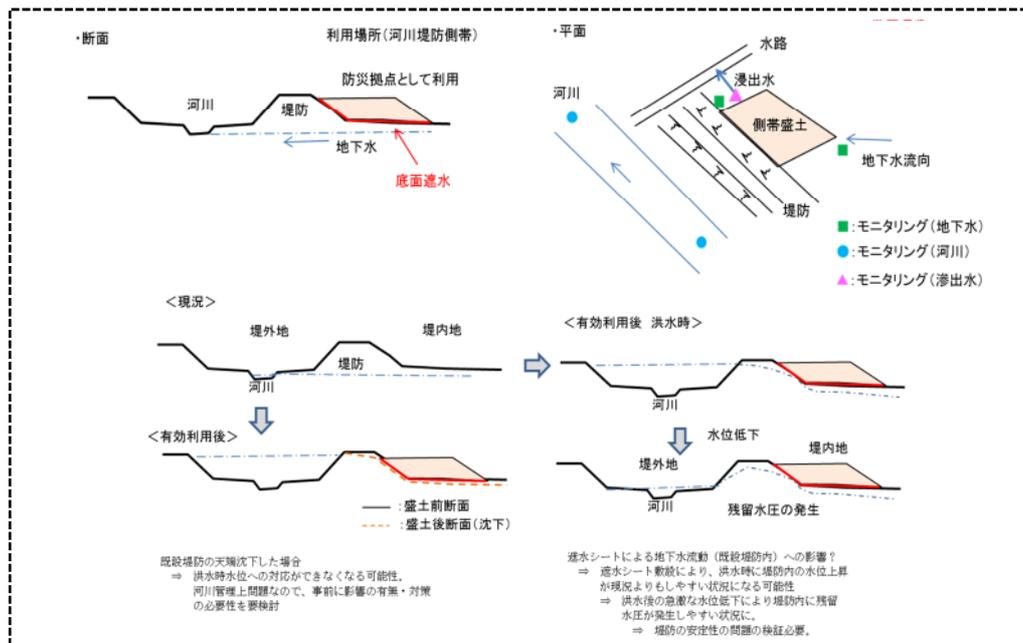


図-4 参考図(溶出先;地下水、土壌ケース)

3. ケーススタディに対する課題

ケーススタディの実施により得られた課題を抜粋して以下に示す。今後はこれらの課題を踏まえてケーススタディの様式や利用先のリスクレベル評価の手法を見直し、適正利用に際しての課題抽出を行う必要がある。

- ・現在のケーススタディの様式では、複数要因（立地条件、水利用など）の関連性を正しく反映させることが難しいため、ケーススタディの様式をブラッシュアップする必要がある。
- ・曝露経路（溶出先）が河川や湖沼のように水量が豊富である場合など、特異な設定条件に対しても正しく反映出来るケーススタディの形にすべきである。
- ・今回のケーススタディでは、地盤の飽和帯・不飽和帯の取り扱いや透水係数等の詳細要因は反映されていないため、他の要因も反映可能となるようなさらなるブラッシュアップの必要がある。

4. おわりに

設定条件との利用先のリスクレベルに基づいて9ケースのケーススタディを実施し、課題を抽出した。今後は、今回実施したケースに加え、さらに多様かつ現実的な用途を想定したケーススタディを実施し、課題の抽出と解決策の検討を進める。また今回の土対法改正内容のうち、自然由来関連の内容について、活用例や注意点をイメージ化するためのケーススタディを並行して実施する予定である。

なお、土対法改正の第二次答申案⁴⁾が平成30年4月3日に環境省から示されているほか、東京都の第3回土壌汚染対策検討委員会にて自然由来汚染土壌等基準不適合土壌の拡散防止措置を条例に新たに加える素案⁵⁾が了承されている。このため、ケーススタディの検討に際してはこれらの内容を確認し、法令等の内容と齟齬の無い形で進めていくことが重要と考える。

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) 環境省ホームページ,報道発表資料（H29.3.3）：「土壌汚染対策法の一部を改正する法律案の閣議決定について」,<http://www.env.go.jp/press/103723.html>（参照：2018/05/08）
- 3) 品川俊介・阿南修司（2017）：自然由来重金属等を含む建設発生土,地盤工学会誌,Vol.65,No.8,pp.57-64
- 4) 環境省報道発表資料（2018.4.3）：「今後の土壌汚染対策の在り方について（第二次答申）」について,<http://www.env.go.jp/press/105367-print.html>（参照：2018/05/08）
- 5) 東京都環境局土壌汚染対策検討委員会ホームページ（2018.3.2）：「都における土壌汚染対策制度の見直しに係る検討について（中間とりまとめ）」,
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/chemical/soil/information/dojou-kentou.files/chukan_kentouiinkai.pdf（参照：2018/05/08）