

北海道内における自然由来重金属類の対策事例 の現状と課題について

(独) 土木研究所寒地土木研究所 防災地質チーム ○井上 豊基

田本 修一

伊東 佳彦

平成22年4月土壤汚染対策法の改正により自然的原因による重金属類を含む汚染土壌も法律の対象となった。そのため、建設発生土中の自然由来重金属類について、より適切な対応が求められるようになった。本報告では、土壤汚染対策法施行直前の平成13年度から現在までの北海道開発局発注の公共工事における重金属類対策事例を基に、自然由来重金属類の評価・対策の過渡期における対策の現状と課題について報告する。

キーワード：生活環境、重金属、安心・安全

1. はじめに

平成15年2月に「土壤汚染対策法」（以下、「法」という）が施行された。法の施行当初は「自然的原因により有害物質が含まれる土壌」は法の対象外とされ、建設工事において自然由来重金属類が含まれる岩石等が確認された場合には、個別に対応を行ってきた。しかし、平成22年4月に施行された「土壤汚染対策法の一部を改正する法律」（以下、「改正法」という）では、自然的原因による重金属類を含む汚染土壌（依然として岩石は含まれてはいない）も法律の対象となり、建設発生土中の自然由来重金属類について、より適切な対応が求められているところである。

一方、施工サイドでは、平成16年に土木研究所が建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（暫定版）¹⁾（以下、「地盤汚染対応マニュアル」という）をとりまとめ、土木工事における自然由来重金属類の評価・対策の考え方を示しているほか、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が「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）」²⁾（以下、「自然由来対応マニュアル」という）をとりまとめている。建設工事を実施するにあたり、必要に応じて自然由来対応マニュアルを活用することが望まれる。

本報告では、土壤汚染対策法施行直前の平成13年度から平成22年度までの北海道開発局発注の公共工事に

おける重金属対策事例を基に、自然由来重金属類の評価・対策の過渡期における対策の現状と課題について報告する。

2. 対策の現状

平成13年度から平成22年度までに北海道開発局が実施している公共工事のうち、自然由来重金属類に対する対策を行った事例は19件が確認され、その内訳はトンネル工事が15件、改良工事が4件であった。その結果を表-1に示す。

(1) 対象となった重金属類

対策の対象となった重金属類は、19件全ての箇所においてヒ素が対象となった。その他、複数の自然由来重金属類が対象となった地域は、「ヒ素+鉛」および「ヒ素+セレン」が各1箇所、「ヒ素+鉛+ホウ素」が1箇所、「ヒ素+ホウ素+セレン」が3箇所、「ヒ素+鉛+水銀+カドミウム」が2箇所の合計8箇所であった。

なお、これら全ての地域で対象となったのは溶出量のみであり、含有量が対象となった地域はなかった。北海道においては、特にヒ素の溶出量に対する精度の高い評価法とその合理的な対策法の提案が重要であることが確認できた。

表-1 北海道の重金属類対策事例一覧表

対象工事	対象となった重金属類						地質類型	地質時代、地層名、岩相等	対策工	措置箇所	モニタリング頻度	着工	完成
	ヒ素	鉛	ホウ素	水銀	カドミウム	セレン							
トンネル	A	ヒ素	鉛		水銀	カドミウム	火山岩類	鮮新世岩老溶岩(安山岩・デイサイト)	遮水シート 封じ込め	土捨場	不明	H13	H16
							火砕岩類	鮮新世岩老溶岩(凝灰角礫岩)					
	B	ヒ素	鉛	ホウ素			火砕岩類	中新世凝灰角礫岩	遮水シート 封じ込め	旧道内	4回/年	H14	H17
							火山岩類	中新世安山岩					
	C	ヒ素					火砕岩類	鮮新世溶結凝灰岩	遮水シート 封じ込め	盛土内	未定	H14	H17
	D	ヒ素	鉛		水銀	カドミウム	火山岩類	第四紀安山岩溶岩	遮水シート 封じ込め	土捨場	3回/年	H14	H18
							火砕岩類	第四紀凝灰角礫岩					
	E	ヒ素					堆積岩類	日高層群砂岩・粘板岩互層、粘板岩	遮水シート 封じ込め	盛土内	4回/年	H15	H20
	F	ヒ素					堆積岩類	上部エゾ層群泥岩	pH調整による 溶出抑制	土捨場	5回/年	H16	H20
								函淵層群泥岩					
	G	ヒ素					堆積岩類	白亜紀後期川流布累層砂岩・泥岩	吸着層	盛土内	4回/年	H17	H21
	H	ヒ素				セレン	堆積岩類	古第三紀砂岩・泥岩	吸着層 遮水シート 封じ込め	盛土内	4回/年	H17	H21
	I	ヒ素					堆積岩類	古第三紀縫別層砂岩・泥岩	吸着層	盛土内	4回/年	H18	H19
								火砕岩類					
	J	ヒ素					堆積岩類	古第三紀舌辛層砂岩・泥岩	吸着層	盛土内	1回/月	H18	H20
	K	ヒ素	鉛				堆積岩類	鮮新～更新世更別層砂岩・礫岩・泥岩	吸着層	盛土内	4回/年	H19	H19
	L	ヒ素					堆積岩類	古第三紀舌辛層砂岩・泥岩	吸着層	盛土内	4回/年	H19	H22
								古第三紀尺別層砂泥互層					
	M	ヒ素		ホウ素		セレン	堆積岩類	白亜紀川流布累層砂岩・泥岩	吸着層 遮水シート 封じ込め	盛土内	不明	H20	H22
N	ヒ素		ホウ素		セレン	堆積岩類	白亜紀川流布累層砂岩・泥岩	吸着層 遮水シート 封じ込め	盛土内	不明	H20	H22	
O	ヒ素		ホウ素		セレン	堆積岩類	白亜紀川流布累層砂岩・泥岩	吸着層 遮水シート 封じ込め	盛土内	不明	H20	施行中	
							白亜紀活平累層泥岩						
改良	P	ヒ素				火砕岩類	レルコマベツ層凝灰角礫岩 ・北湯沢層群軽石凝灰岩	遮水シート 封じ込め	土捨場	未定	H13	施行中	
						堆積岩類	レルコマベツ層砂岩類						
	Q	ヒ素					堆積岩類	古第三紀縫別層砂岩・泥岩 古第三紀上茶路層泥岩	吸着層 ・遮水工併用	盛土内	4回/年	H19	H21
R	ヒ素					堆積岩類	古第三紀砂岩・泥岩	吸着層	盛土内	4回/年	H20	H21	
S	ヒ素					堆積岩類	古第三紀舌辛層砂岩・泥岩 古第三紀尺別層砂泥互層	吸着層	盛土内	4回/年	H21	H21	

(2) 地質との関係

対象となった地質は堆積岩類が13件、火砕岩類が1件、「堆積岩類+火砕岩類」が2件、「火砕岩類+火山岩類」が3件であった。

「堆積岩類」13件の内12件で、対象となった自然由来重金属類がヒ素のみであった。また「火砕岩類+火山岩類」の組み合わせである3件とも対象となった自然由来重金属類は「ヒ素+鉛+α」(αはホウ素、水銀、カドミウム)であった。これらの地域では、熱水変質作用が確認されることから、そのような地域で工事を実施する場合には調査・設計段階から自然由来重金属類に留意すべきである。

(3) 本州以南の事例

本州以南の堆積岩類での事例を表-2に示す。北海道の堆積岩類では主にヒ素が課題となっているのに対し、本州以南では13例中12例で鉛が最も多い対象となっている。その他、ヒ素は10例、カドミウムは7例となっており、フッ素、ホウ素、セレンも対象となっている。

また、鉛とヒ素の組み合わせが10例、鉛とヒ素とカドミウムの組み合わせが6例となっている。

北海道と本州以南での対象重金属類の相違が、事例の取り方によるものか、地域性や地質特性によるものか、あるいはその両方か、など現時点では不明であるが、今後明らかにしていきたい。

(4) 対策工法

対策工法の内訳をみると、吸着層工法が12件、遮水

表-2 本州以南の重金属類対策事例一覧表¹¹⁾

No.	地質時代	地域	地層名	堆積環境・岩相		溶出量基準超過元素					文献	
						鉛	ヒ素	カドミウム				
1	完新世	関東平野	沖積層	海成		鉛	ヒ素	カドミウム				4)
2		大阪府	沖積層	海成	シルト	鉛	ヒ素		フッ素	ホウ素		5)
3	更新世・鮮新世	宮城県	仙台層群	海成	シルト岩・砂岩・凝灰岩?	鉛	ヒ素	カドミウム				6)
4				陸成	砂岩・シルト岩・凝灰岩?	鉛	ヒ素	カドミウム				4), 6)
5		福島県	和泉層	陸成	砂岩～泥岩	鉛	ヒ素	カドミウム				7)
6		千葉県	上総層群・下総層群	海成	泥層～砂層	鉛	ヒ素					8), 9), 10)
7		愛知県	段丘堆積物	陸成		鉛						4)
8		大阪平野	大阪層群	海成	泥層	鉛	ヒ素	カドミウム				5)
9	中新世	宮城県	秋保層群・志田層群	海成	砂岩?	鉛	ヒ素					6)
10				陸成	凝灰岩?	鉛	ヒ素					6)
11			名取層群	海成	シルト岩	鉛	ヒ素	カドミウム				6)
12				陸成	凝灰岩	鉛						6)
13	中・古生代	三重県	秩父帯		泥質片岩			カドミウム			セレン 10)	

シートによる封じ込め工法が 10 件、pH 調整による溶出抑制工法が 1 件である。また、H、M、N、O の各トンネル事例においては、対象となった重金属類が「ヒ素のみ」は吸着層工法、「ヒ素+セレン」または「ヒ素+ホウ素+セレン」は遮水シートによる封じ込め工法であり、対象となった重金属類が単一型か複合型かによって対策工法の使い分けを行っている。

着工年代別に見ると、平成 15 年度以前に着工した 6 件全てで、遮水シートによる封じ込め工法が採用されている。これに対し、平成 17 年度以降に着工された 12 件では吸着層工法が採用されている。法が整備される直前・直後の平成 15 年度以前は、人為由来の有害物質に準拠した遮水シートによる封じ込め工法が採用されていたが、自然由来の重金属類が法の対象外であり、個別に対応出来ることが明確になるにつれ、より経済的な工法である吸着層工法に置き換わってきたことが確認できた。なお、pH 調整による溶出抑制工法の着工年次は、両対策工法の狭間にあたる平成 16 年度である。

(5) 土砂の措置箇所

自然的原因による重金属類が含まれる土砂を措置した箇所は、盛土内封じ込め方式が 14 件と最も多く、そのほか、土捨場方式が 4 件、廃道トンネル内封じ込め方式が 1 件であった。

土砂の措置箇所は現場条件（都市近郊か山岳部か、切土と盛土のどちらが卓越しているか等）に大きく左右されるが、盛土内封じ込めや廃道トンネルの利用など極力、建設工事の事業用地内で対応できるよう、現場が工夫していることが伺える。言い換えれば、建設発生土がたとえ自然的原因による重金属類が含まれる土砂であっても工事を実施するに当たっては有用な建設資材のひとつであると言える。

(6) モニタリング頻度

モニタリング頻度をみると、施工中の事例は 1 件（1 回/月の頻度でモニタリング）であり、その他は施工後のモニタリング頻度を示している。施工後で最も件数が多いのは 4 回/年（19 件中 10 件）であり、それ以外は 3 回/年や 5 回/年（共に 1 件ずつ）であった。

モニタリング頻度は、地盤汚染対応マニュアルで示されている頻度（施工時は週 1 回～月 1 回程度、施工後は年 4 回程度）をほぼ満足する結果であった。

モニタリング箇所の事例では、現場毎にモニタリング箇所に偏りがあることが確認された。例えば、図-1 に示すように数百メートルを超える範囲で対象土砂の措置を行っている箇所で下流側の 1 点でのみモニタリングが行われているケース、図-2 に示すように比較的狭隘な範囲で対象土砂の措置を行っている箇所で複数地点のモニタリングが行われているケース、などである。また、特定の範囲内に点在して対象土砂の措置を行っているが、措置箇所毎にモニタリングの有無があるケースもあった。これらのケースでは、地盤汚染対応マニュアルに準拠し

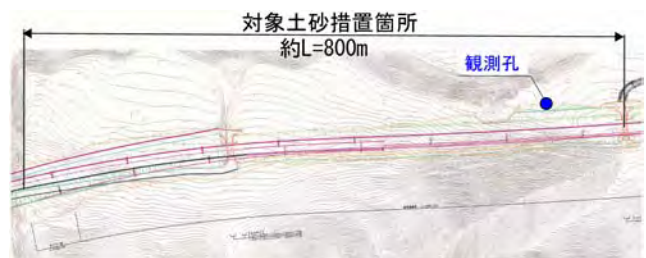


図-1 モニタリング事例 1¹¹⁾

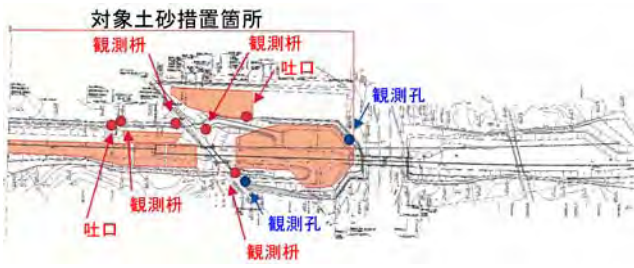


図-2 モニタリング事例2¹⁾

ているが、地元要望によるモニタリング箇所の追加など、自然由来対応マニュアルにおけるリスク評価という概念が整備・普及していない結果、現場条件に応じたモニタリングの適切な位置や範囲を設定出来なかったものと考えられる。

3. 改正法と対策の関係と課題

改正法以前の実際の土壤汚染対策は、掘削除去の偏重が問題視されていた。改正法では、規制をかける区域と必要な対策について明確化され、自然由来の重金属類も法の対象となった。近年、経済的に安価な対策手法の一つとして、吸着層工法が採用される事例が増えていることを前項で述べたが、吸着層工法は、「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版 2011年」(以下、「ガイドライン」という)においては、透過性地下水浄化壁に相当することから、都市部における土砂トンネル等で搬出土壤の搬出先において要措置区域の指定を受けた場合、その対策として経済性の観点から吸着層工法が採用されることが想定される。ガイドラインでは、透過性地下水浄化壁の施工後は、永続的なモニタリングが必要であるとされているが、そのためには莫大な費用を要することが想定されることから問題であり、妥当な期間でのモニタリング終了を判断する必要がある。モニタリング期間終了の妥当性を判断するためには、より合理的な評価・判定方法を構築しなければならないと考える。

また、自然由来対応マニュアルでは、リスク評価による対策効果の検証とモニタリング期間終了の目安にも触れているが、それらについても今後は、より精度を上げるための検討が必要であると考えられる。

4. おわりに

現在、対策工法は、従来の遮水シートによる封じ込め工法から吸着層工法に移行し、一定の合理化が進んだと

いえる。しかし、吸着層工法の詳細を見ると、様々な理由から安全側に評価・対策している部分が多く、まだまだ合理化の余地があると考えられる。このような課題は、自然由来対応マニュアルに示されている現場毎の特性を考慮したサイト概念モデルに基づくリスク評価法が確立し、適切な評価・対策・モニタリングが実施されていけば、順次解消されていくものと考えられる。今後、施工現場の実態に応じたモニタリングの観測数や観測位置等を簡易的に評価・決定出来る標準パターンの提案に向けた検討が必要であると考えられる。

謝辞: 資料の提供を頂きました北海道開発局の関係各位には、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所編：建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版)、鹿島出版会、2004。
- 2) 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、<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/recyclehou/manual/index.htm>
- 3) 環境省：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暫定版、平成22年7月、http://www.env.go.jp/water/dojo/gl_ex-me/index.html
- 4) 丸茂克美、氏家亨、江橋俊臣：日本各地の土壌中の重金属含有量と鉛同位体組成、資源地質、第53巻、第2号、pp.125-146、2003年
- 5) 国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課大深度地下利用企画室：平成18年度大深度地下利用における地層の化学反応に関する検討調査報告書、国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課大深度地下利用企画室、2007年3月
- 6) 丸茂克美、根本尚大、氏家亨、江橋俊臣、小野木有佳、山田亮一、吉田武義：土壤・地質汚染評価基本図～5万分の1仙台地域～、数値地質図E-2、産業技術総合研究所地質調査総合センター、CD-ROM、2006年
- 7) 阿賀川河川事務所、郡山国道事務所：第1回阿賀川掘削土対策検討委員会 配付資料-2、阿賀川掘削土対策検討委員会、2006年8月
- 8) 鈴木喜計、かずさ砒素研究会：自然地質からの砒素の溶出-房総丘陵における上総層群・下総層群を例として-、砒素をめぐる環境問題 自然地質・人工地質の有害性と無害性、古今書院、pp.47-62、1998年2月
- 9) 丸茂克美、竹内美緒、江橋俊臣、楡井久：土壤・地質汚染評価基本図～5万分の1姉崎～、数値地質図E-1、産業技術総合研究所地質調査総合センター、CD-ROM、2003年

10) 佐々木靖人、浅井健一、品川俊介：自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発、<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/project/2007/pdf/2007-8-5.pdf>

11) 防災地質チーム：北海道内の自然由来重金属類の対策事例と課題について、寒地土木研究所月報・解説、第699号、pp. 41-44、2011年8月