

S4-12 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーによる土壌・地下水汚染に係わる対策・処理技術の検討と対策上の留意点

○大橋貴志¹・菊池毅¹・山本哲史¹・黒澤典明¹
 非規制物質による土壌汚染調査・対策手法検討部会¹
 土壌環境センター

1. はじめに

土壌汚染対策法では25物質の特定有害物質が指定されているが、特定有害物質の追加や基準の見直しに関する検討は継続的に進められている。「非規制物質による土壌汚染調査・対策手法検討部会」では、特定有害物質に指定されていないが、将来、土壌汚染問題の顕在化する可能性がありそうな化学物質を対象に、現在の土壌・地下水汚染調査・対策手法では十分に整備されていないと考えられる課題を抽出し、解決策を提示することを目的として活動を行ってきた。

検討部会の活動成果のうち、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマー(クロロエチレン)に汚染された土壌及び地下水の対策・処理技術について報告する。

2. 検討の背景

2.1 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーの規制動向

上記2物質に関する環境省による規制動向を表-1に示す。

2.2 活動経緯

検討部会の活動は、調査と対策の2つのWGで検討することとし、このうち対策WGでは未規制物質による土壌・地下水汚染の処理・対策手法に関する技術的課題を抽出し取りまとめることを目標とした。

本稿は2年間の活動成果を報告するもので、実施項目を以下に示す。

- 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーによる土壌・地下水汚染の対策・処理技術の整理
- 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーに対する想定ケーススタディ、処理業・運搬に関する課題検討

表-1 未規制物質に係る一連の環境省の規制動向

年月日	発表文書等	概要
平成21年11月30日	平成21年環境省発表第78号 第78号 地下水汚染等防止法(第14号)改正 地下水汚染等防止法(第14号)改正 地下水汚染等防止法(第14号)改正	健康保護に係る水質汚濁防止法(1,4-ジオキサン)を追加。 地下水汚染等防止法(1,4-ジオキサン)を追加。
平成25年10月7日	環境省発表第362号	環境大臣が中央環境審議会に対し諮問。 土壌汚染対策法(第25号)改正(1,4-ジオキサン)追加。土壌汚染対策法(第25号)改正(1,4-ジオキサン)追加。
平成26年12月19日	中央環境審議会(第25号)開議 土壌汚染対策法(第25号)開議	1,4-ジオキサンは、土壌汚染調査では効果的な調査が行えないこと等から、当面は特定有害物質には指定せず。 塩化ビニルモノマーは、特定有害物質に追加することが適当である。
平成28年1月8日	環境省発表資料	中央環境審議会会長から環境大臣へ答申。
平成28年3月18日	環境省発表資料	土壌汚染対策法施行令の一部を改正する政令が閣議決定。 土壌汚染対策法の特定有害物質に、新たにクロロエチレン(塩化ビニルモノマー)を追加指定。
平成28年3月29日	環境省発表資料	土壌汚染対策法施行令の一部を改正する政令が閣議決定。 土壌汚染対策法の特定有害物質に、新たにクロロエチレン(塩化ビニルモノマー)を追加指定。 土壌汚染に係る環境基準 クロロエチレン、1,4-ジオキサンを追加する告示。 土壌汚染対策法施行令 クロロエチレンの土壌汚染調査基準、地下水基準及び第二土壌汚染調査基準を設定。

3. 対策WGの活動内容

- 1,4-ジオキサン、塩化ビニルモノマー及び揮発性有機化合物の物理化学的性状を国内外の文献より収集・整理しその特徴を比較検討した(4.1)。
- 国内外の文献(40件)、中央環境審議会情報、海外書籍の内容を精査し、対策・処理技術に関する状況としてまとめた(4.2.1)。
- 国内で起こり得る汚染ケースを想定し、その対策・処理技術や対策時に留意すべき点をまとめ、想定ケーススタディを行った(4.2.2)。
- 処理業・運搬について、土壌汚染対策法を適用した場合の課題抽出、留意点をまとめた(4.3)。汚染土壌処理業者へアンケート調査を実施した(4.4)。

4. 対策WGの活動結果

4.1 各物質の物理化学特性(表-2)

4.1.1 1,4-ジオキサン

水と任意に混和し、土壌吸着係数が小さく土壌に吸着しにくい性質を持つため、汚染拡散を起こしやすい。

4.1.2 塩化ビニルモノマー

常温では気体なので、作業環境基準への留意が必要である。
ジクロロエチレン類の分解生成物として存在する場合、第一種特定有害物質として汚染拡散の状況が異なる可能性がある。

表-2 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーの代表的物性

物質名	分子量	沸点(°C)	融点(°C)	比重	溶解度(mg/L)	揮発性係数(Koc(推定値))	外観	臭気
1,4-ジオキサン	88.11	101.32	11.80	1.03(4°C)	水と自由に混和	4.8 × 10 ⁴	無色の液体	淡い香気、強い臭気
塩化ビニルモノマー	62.5	-13.4	-153.8	0.9106(20°C)	8,800(25°C)	2.78 × 10 ⁴	無色の液体または気体	ほのかに甘い匂い
テトラクロロエチレン	165.85	121.2	-22.4	1.6227(20°C)	150(25°C)	1.48 × 10 ⁴	無色の液体	ややクロロホルムに似た臭気
ベンゼン	78.11	80.1	5.5	0.8787(15°C)	1,800(25°C)	5.5 × 10 ⁴	無色の液体	特異な芳香

※化学物質評価データベース 公開データベース

4.2 対策・処理技術の種類と適用にあたっての留意点

4.2.1 対策・処理技術の種類(表-3, 4)

土壌汚染対策法で認められている対策手法では、2物質とも⑥遮断工封じ込み及び⑦不溶化以外の対策手法(①～⑤)が適用可能であると考えられた。(表-3)
 また、1,4-ジオキサンの対策では揮発性が低く、土壌に吸着しにくい特性に応じた対応として、地下水を揚水し地上で処理する技術が多いことが分かった。(表-4)

4.2.2 想定ケーススタディ

日本国内で起こり得る汚染ケースを5件(1,4-ジオキサン3件、塩化ビニルモノマー2件)を想定し、それぞれのケースについて以下を検討した。
 ・汚染発生に至る背景や汚染濃度等の現場条件を設定
 ・適用可能と思われる複数の技術を比較検討し、対策技術を選定
 ・施工上の留意点
 ・ここでは、代表的な2例を表-5に、うちケース1における対策概要を図-1に示す。

表-3 対策手法ごとの適用性と施工上の留意点等

従来の対策手法	適用性評価 [※]	施工上の留意点等	
		1,4-ジオキサン	塩化ビニルモノマー
①地下水の水質の測定	○	土壌汚染調査基準に適合しない地点のうち、最も土壌汚染が高い地点や観測井における地下水の測定結果等より地下水の流れからみた下流側にある地点を重点的に調査すること。	
②原位置封じ込み	○	開削工法、地中注工法、薬液注入工法及び高圧射撃封鎖工法については適用可能。工法の選定については、現場の特性を考慮することが必要。また、封じ込めを行う場所は所定以上の遮断性を有した不透水層が連続して分布していることを確認。	
③遮断工封じ込み	○	対象地の地下水モニタリング値の測定、遮断材料への影響の評価(水圧耐力、耐久性、耐薬品性等)。	対象地の地下水モニタリング値の測定、第一種特定有害物質の中で比が劣化しやすい材料、掘削・設置が適に配慮が必要。
④地下水汚染の拡大防止	○	■地下水揚水:適切な位置に揚水装置を設置するとともに、適切な揚水速度の選定及び地下水の流動状況及びその予測される変化等を検討が必要。 ■遮断性地下水浄化型:高性能の吸着材の吸着容量と効果的な分解手法の選定が必要。	■地下水揚水:左記と同様 ■遮断性地下水浄化型:季節等に等水層の透水性変化や地下水の流動状況及びその予測される変化等を検討が必要。
⑤土壌汚染の除去	○	掘削・搬出・処理時の拡散防止対策(ラップ養生等)や作業時の蒸散防止対策が必要。処理方法については適用性試験を実施し、目標とする浄化性能を達成できる処理条件を設定。	
⑥遮断工封じ込み	×		
⑦不溶化	×		

※適用性評価:○適用可、×適用困難

表-4 揚水処理技術(1,4-ジオキサン)※

分類	対策・処理技術	浄化性能(分解・除去率)	課題
酸化分解	促進酸化	69～100%	共存物質の影響
	フenton法	0～99.7%	余剰汚泥の発生
	過硫酸法	7.1～99%	共存物質の影響
吸着除去	活性炭吸着	14.6～98.8%	高濃度汚染水への対応、吸着速度が低い
	生物浄化	69～100%	分解期間が長い

※文献等調査結果より整理。

4.3 処理業及び運搬の課題と留意点

「汚染土壌の処理業に関するガイドライン改訂版(改訂第2版追補)」及び「汚染土壌の運搬に関するガイドライン改訂版(改訂第2版追補)」を、2物質の処理・運搬に適用した場合、特に配慮すべき課題、留意点を以下に取りまとめた。

4.3.1 処理業における課題・留意点

(1)処理方法:1,4-ジオキサン、塩化ビニルモノマー共に不溶化の適用は不可。抽出、分解、溶融が適用可能。

(2)飛散等及び悪臭の発生を防止する構造:

・1,4-ジオキサンは水と自由に混和し、移行しやすい特性のため、雨水等に触れないための措置、外部への流出を防止するための措置を徹底。

・塩化ビニルモノマーは非常に揮発しやすいため、ばく露防止、排ガス処理及び土壌からの揮発抑制等の措置を徹底。

4.3.2 運搬における課題・留意点

(1)飛散等の防止措置、積替え、保管施設における飛散等及び悪臭の発生防止措置:第一種特定有害物質の対応に準拠することが適当。

(2)保管施設における排水管理:1,4-ジオキサンは排水・排除基準(0.5mg/L)を遵守する。塩化ビニルモノマーは排水・排除基準が設けられていないが、適正に処理することが望ましい。

4.4 汚染土壌処理業者へのアンケート調査

土壌環境センター会員企業のうち、汚染土壌処理業の許可を取得している6社に対してアンケートを実施し、処理業における諸課題及び留意点を調査した。その結果、第一種特定有害物質に対応した設備が最低限必要であり、かつ、塩化ビニルモノマーについては保管施設や品質管理上の課題が、1,4-ジオキサンについては保管施設や処理方法の課題が明らかとなった。これらの課題を解決することにより処理可能な事業所が増加することを期待する。

表-6 アンケート調査結果

対象物質	有効回答数	現状での処理可否	受入れる目安濃度	想定処理方法	第一種特定有害物質との処理コスト比較	諸課題及び留意点
塩化ビニルモノマー	6社	可能3社	α [※] の100倍以下～濃度制限なし	化学分解・分解 加熱分解	同～数倍程度	・第一種特定有害物質に対応した設備が最低限必要。 ・受入れ、保管施設の検討。 ・品質管理(分析)の検討。
1,4-ジオキサン	5社	可能1社(検討中1社)	(α [※] の10倍以下)～濃度制限なし	加熱分解 (化学分解)	数倍程度	・第一種特定有害物質に対応した設備が最低限必要。 ・受入れ、保管施設の検討。 ・処理方法の検討。

※α:土壌汚染調査基準、塩化ビニルモノマー0.002mg/L、1,4-ジオキサン0.05mg/Lと想定

5. おわりに

土壌汚染対策法の特定有害物質への追加が検討されてきた2物質(うち、塩化ビニルモノマーは2017年4月より施行)に関して、対策・処理技術を整理し、適用に当たっての留意点をまとめた。

対策・処理技術については、2物質ともに、地下水の水質の測定や原位置封じ込みなど既往の対策・処理技術が適用可能であるものの、原位置浄化等については適用性確認等の課題が残されており、引き続き技術開発の動向に注視が必要である。また、処理業及び運搬においては、2物質の物性を踏まえて取り扱える留意点を整理した。今後、適正な処理・運搬技術の普及や、諸課題を解決することにより処理可能な事業所が増加することを期待する。