

土壌汚染調査手法の検討

○鈴木 義彦¹・平田 桂¹・松村 光夫¹・鈴木 圭一¹・樋口 雄一¹・

未規制物質による土壌汚染調査・対策手法検討部会¹

¹土壌環境センター

1. はじめに

現行の土壌汚染対策法では特定有害物質として25物質が指定されているが、今後、土壌環境基準項目の見直しに伴い、同法の特定有害物質の種類や基準の見直しに関する検討が進められていくものと想定される。「未規制物質による土壌汚染調査・対策手法検討部会」では現行の土壌汚染対策法により規制されていない化学物質について、将来、土壌汚染問題が顕在化する可能性やこれらの化学物質が見直される可能性に備え、それらの化学物質に対する土壌・地下水汚染調査・対策手法について、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目的として活動を行ってきた。本報告では、2年計画のうち、初年度に行った活動結果を報告する。

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、調査ワーキンググループ(以下、WGという)と対策WGの2つに分かれて検討することとし、このうち調査WGは未規制物質による土壌・地下水汚染の調査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ており、本稿は1年目の活動成果を中間報告するものである。実施項目を以下に示す。

- (1) 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーに汚染された土壌、地下水の調査手法の検討
- (2) 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーに汚染された土壌、地下水の分析手法の検討

また、いずれの検討においても、これらの物質の土壌・地下水での挙動(汚染機構)に留意している。なお、中央環境審議会 土壌農薬部会 土壌制度専門委員会において1,4-ジオキサンは「当量は」土壌汚染対策法に規定する特定有害物質には含まないこととなる模様であるが、当該委員会の資料中に、「効率的かつ効果的な調査技術の開発」が求められていることも考慮し、調査WGでは、調査手法の「あるべき姿」を追求することとした。また、参考までに1,4-ジオキサンと塩化ビニルモノマーの主要な物性を表-2に示す。

表-1 未規制物質に係る一連の環境省の規制動向

年月日	発出文書等	概要
平成21年11月30日	平成21年環境省告示第78号、第79号 環境大次発第09130004号 環水大次発第09130005号	健康保護に係る水質環境基準及び1,4-ジオキサン物質が追加され、地下水環境基準として塩化ビニルモノマー及び1,4-ジオキサン物質が追加された。
平成26年10月7日	土壌の汚染に係る環境基準及び土壌汚染対策法に基づく特定有害物質の見直し等について(諮問第362号)	環境大臣が中央環境審議会に対し、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーを含む6物質の土壌の汚染に係る環境基準及び土壌汚染対策法で定め特定有害物質の種別、特定有害物質による汚染状態に係る基準の見直し等について諮問した。第20回中央環境審議会 土壌農薬部会(平成26年10月1日)は上記の諮問について検討を行った。「土壌汚染に係る環境基準(平成26年10月1日)」及び「土壌汚染に係る環境基準(平成26年10月1日)」の諮問に対する答申(平成26年10月1日)は、本稿の執筆時点で「(意見募集期間:平成26年10月1日～10月20日)」、なお、本稿の執筆時点で「(パブリックコメント)」が公開されていない。
平成26年9月16日	環境省報告発表資料	1,4-ジオキサンは、土壌汚染調査を適用しても、その特性から抽出が困難であるため、効率的な調査が行えず、第一種特定有害物質と同等の厳格な管理を行うことが難しいこと等から、当量は特定有害物質には指定せず、汚染態の把握に努め、併せて効率的かつ効果的な調査技術の開発を推進し、合理的な土壌汚染調査手法が構築された旨で、改めて特定有害物質への追加について検討することが適当ではないとされた。一方、塩化ビニルモノマーについては、汚染状態調査の実態や汚染の除去等の措置が適用可能であると考えられること等を踏まえ、土壌汚染対策法に基づく特定有害物質に追加することが適当であるとされた。
平成26年12月18日	中央環境審議会 土壌農薬部会 土壌制度専門委員会(第2回)開催	1,4-ジオキサンは、土壌汚染調査を適用しても、その特性から抽出が困難であるため、効率的な調査が行えず、第一種特定有害物質と同等の厳格な管理を行うことが難しいこと等から、当量は特定有害物質には指定せず、汚染態の把握に努め、併せて効率的かつ効果的な調査技術の開発を推進し、合理的な土壌汚染調査手法が構築された旨で、改めて特定有害物質への追加について検討することが適当ではないとされた。一方、塩化ビニルモノマーについては、汚染状態調査の実態や汚染の除去等の措置が適用可能であると考えられること等を踏まえ、土壌汚染対策法に基づく特定有害物質に追加することが適当であるとされた。

表-2 1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーの物性

物質名	分子量	沸点 (°C)	融点 (°C)	比重 (20°C)	溶解度 (mg/L (20°C))	土壌吸着係数 (K _{oc})	外観	臭気
1,4-ジオキサン	88.11	101.32	11.80	1.0320(4)	水と自由に混和	1.23 ^{*)}	無色の液体	強い香気、快い臭気
塩化ビニルモノマー	62.5	-13.4	-153.8	0.9106(20)	8,800(25)	24 ^{**)} ~ 80 ^{**)}	無色の液体または固体	ほのかに甘い匂い

出典 ※1: HSDB, 2001, ※2: SRC-PoKwWin, 2002, ※3: BUA Report 35, 1989.

3. 平成26年度調査内容

調査手法について、海外の事例を集め知見を得ることとした。2011年及び2012年に行われたBattelle主催の国際会議(Bioremediation and Sustainable Environmental Technologies. International Symposium. Reno, Nevada, 2011, Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds. The Eighth International Conference. Monterey, California, 2012)の投稿論文から、1,4-ジオキサンと塩化ビニルモノマーがキーワードに設定されている論文を抽出した。1,4-ジオキサンに関する論文は35件、塩化ビニルモノマーは100件であった(合計135件)。これらの内容について精査を行い、調査手法等の知見を集めた。上記文献調査を進めていく中で、調査手法の評価までを含めた考察を行っている文献は非常に限られていた(4.1節)。そこでWGメンバー間の討議を通じて調査の各段階で遭遇する可能性のある諸課題を抽出した(4.2節)。さらに、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーについて、現在公表されている複数の分析手法を収集し、比較検討した。

4. 平成26年度調査結果

4.1 文献調査結果

文献の分類結果を図-1に示す。1,4-ジオキサンについての文献数は28件であり、その内6件が調査に係る文献であった。1,4-ジオキサンの調査関連の文献内容は、措置の評価(原位置酸化分解実施後や地下水揚水処理中のモニタリング等)、汚染機構の解析、ダイレクトブッポン調査、汚染状況確認調査結果、地下水調査等であった。塩化ビニルモノマーの調査関連の文献数は47件であり、その内5件が調査に係るものであった。これらの内容は、バイオレメディエーションにおける地下水モニタリング、同位体分析による地下水調査、MNA (Monitored Natural Attenuation)の評価であった。

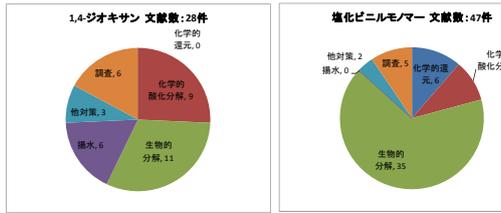


図-1 Battelle会議の発表投稿の1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーを対象とした文献まとめ ※全体件数が135件より少ない理由は、現在も文献の内容精査中のためである。来年度に全て終了予定。

このように、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーの調査に係る文献を確認することができたが、その多くが、調査結果の紹介に留まっており、具体的な調査手法についての文献は確認できなかった。ただし、1,4-ジオキサンや塩化ビニルモノマーの土壌中や地下水での挙動等に言及した文献があり、調査手法の検討を行う上で有用な情報も得られた。一方、対策手法について1,4-ジオキサンは化学的酸化及び生物的分解に関する文献が多くあり、塩化ビニルモノマーは生物的分解に関する文献が多数を占めていた。

4.2 調査手法に関する課題の抽出結果

各調査段階(調査の種類)における2物質についての課題を抽出した結果を、表-3、表-4に示す。1,4-ジオキサンについては、主に物性を考慮した調査手法を検討する必要があるという課題を確認することができた。塩化ビニルモノマーについては、地下水汚染の事例が文献調査でも多いことから、土壌ガスや土壌調査による汚染の有無を評価することに対して課題があるということが確認できた。なお、今後は抽出した課題に対し、優先順位の高い項目から検討を行っていく予定である。

表-3 調査の種類毎における課題(1,4-ジオキサン)

調査の種類	調査項目	課題	
		課題	課題とした根拠
地盤調査	使用有無等の有無の判断基準	適切な採取方法が不明	サンプリングにも追加して含まれていない情報があるが、その含有率等の情報が定量化されていない。そのための理由や発生原因は不明だが、定量化や追加測定として含有される場合の取扱が定量化されていない。
	土壌ガス	現在の採取方法が適用可能かどうか不明 不検出時における評価が不明	揮発した成分をまきガスが移動する間に水相に移行するために気化しにくい
表層調査	土壌ガス	測定方法が未確立	土壌ガス調査を想定した事例が少ない
	土壌採取	採取方法が未確立 表層調査の評価方法が未確立	土壌吸着が少ない等の物性を考慮した方法の検討が不足している 土壌中に存在する有害物質の挙動は調査が、汚染機構を考慮する場合は調査不足となる可能性がある
深度調査(ボーリング調査)	土壌採取	適切な採取・運搬・保管方法	物性を考慮した方法の検討が必要である
	深度調査	採取深度・分析深度の考え方が未確立 深さ方向の汚染態を特定し、地下水の有無を考慮 基準不適合土壌の評価方法が未確立	調査深度をどこまでにするかの根拠的根拠が不足している 物性を考慮し、主として調査すべきか、地下水で調査すべきかが不明確である
地下水調査	ボーリング調査	オーソライズされた調査手法	地下水調査手法はサイト状況により異なるため技術的側面のみからの標準化は難しい
	地下水調査	調査を適用する機器・目的が明確 調査範囲は比較的大きな事例が多い	汚染態(浸透途)を見分けることが難しい
試料運搬/保管	土壌ガス	実試料における検討事例	当該項目で評価した事例が少ない
	土壌採取	採取方法・検出下限値等が未確立	土壌ガス濃度と土壌抽出濃度の相関や、吸着材・回収液等の利用等の検討事例がない
分析方法	土壌抽出量	分析方法が未確立	汚染態を考慮した事例が少ない
	土壌汚染	簡易分析法が未確立 国内では土壌法以外の分析の改善提案 評価方法が未確立	現場での汚染有無の判断が必要な場合がある 諸外国の動向を調査し比較することで、より良い方法を提案することが必要 汚染の有無を浄化手法を検討するため、諸外国の動向を調査し比較することが必要
地下水	地下水	簡易分析法が未確立 国内では地下水環境基準等に記載の方法の改善提案	現場での汚染有無の判断が必要な場合、事例がない 諸外国の動向を調査し、比較することにより、より良い方法を提案する

表-4 調査の種類毎における課題(塩化ビニルモノマー)

調査の種類	調査項目	課題	
		課題	課題とした根拠
地盤調査	使用有無等の有無の判断基準	適切な採取方法が不明	サンプリングにも追加して含まれていない情報があるが、その含有率等の情報が定量化されていない。そのための理由や発生原因は不明だが、定量化や追加測定として含有される場合の取扱が定量化されていない。
	土壌採取	適切な採取・運搬・保管方法	物性を考慮した方法の検討が必要である
表層調査	土壌ガス	測定方法が未確立	土壌ガス調査を想定した事例が少ない
	土壌採取	採取方法が未確立 表層調査の評価方法が未確立	土壌吸着が少ない等の物性を考慮した方法の検討が不足している 土壌中に存在する有害物質の挙動は調査が、汚染機構を考慮する場合は調査不足となる可能性がある
深度調査(ボーリング調査)	土壌採取	適切な採取・運搬・保管方法	物性を考慮した方法の検討が必要である
	深度調査	採取深度・分析深度の考え方が未確立 深さ方向の汚染態を特定し、地下水の有無を考慮 基準不適合土壌の評価方法が未確立	調査深度をどこまでにするかの根拠的根拠が不足している 物性を考慮し、主として調査すべきか、地下水で調査すべきかが不明確である
地下水調査	ボーリング調査	オーソライズされた調査手法	地下水調査手法はサイト状況により異なるため技術的側面のみからの標準化は難しい
	地下水調査	調査を適用する機器・目的が明確 調査範囲は比較的大きな事例が多い	汚染態(浸透途)を見分けることが難しい
試料運搬/保管	土壌ガス	実試料における検討事例	当該項目で評価した事例が少ない
	土壌採取	採取方法・検出下限値等が未確立	土壌ガス濃度と土壌抽出濃度の相関や、吸着材・回収液等の利用等の検討事例がない
分析方法	土壌抽出量	分析方法が未確立	汚染態を考慮した事例が少ない
	土壌汚染	簡易分析法が未確立 国内では土壌法以外の分析の改善提案 評価方法が未確立	現場での汚染有無の判断が必要な場合がある 諸外国の動向を調査し比較することで、より良い方法を提案することが必要 汚染の有無を浄化手法を検討するため、諸外国の動向を調査し比較することが必要
地下水	地下水	簡易分析法が未確立 国内では地下水環境基準等に記載の方法の改善提案	現場での汚染有無の判断が必要な場合、事例がない 諸外国の動向を調査し、比較することにより、より良い方法を提案する

4.3 分析方法検討結果

土壌・地下水について、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーの分析方法に関して日本と米国の知見を収集した。日本、米国の両方とも、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーそれぞれについても、水質及び土壌に対する分析方法が確立されていることが確認できた。なお、日本の土壌については土壌汚染に係る環境基準にて、溶出液を作成し水中の1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーを測定するという案(土壌汚染に係る環境基準の見直しについて(第2次答申)(案))が出ている。

5. おわりに

文献調査結果によれば、1,4-ジオキサン及び塩化ビニルモノマーを含有するおそれのある土壌に対する調査手法に関する知見はまだ少ないが、地下水調査や分析に関する知見は比較的多い。次年度以降の活動では、抽出された諸課題への解決策として、国内外の文献を通じて調査・分析事例、対策事例等に関する情報収集を継続して実施する。これらの情報を整理し、調査フェーズ毎の調査・分析のあるべき姿の検討、具体的な対策・処理技術を例示した上での適用方法等について検討を深めていく予定である。