

# S2-13 土壌・地下水汚染の潜在的規制物質の調査・対策方法の検討

○山崎祐二<sup>1</sup>・中村太郎<sup>1</sup>・島田曜輔<sup>1</sup>・白石祐彰<sup>1</sup>・浜本知美<sup>1</sup>・  
潜在的規制物質の調査・対策スキームの検討部会<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>土壌環境センター

## 1. 目的と検討項目

現在は土壌汚染対策法で未規制の物質に遭遇した際に調査・対策手法の立案に寄与することを目的として、潜在的規制物質の調査・対策スキームの検討部会(以下、本部会)の活動を始め、以下の項目を検討した

- (1) 潜在的規制物質の定義付け
- (2) 対象物質の選定と、基礎情報の整理
- (3) 選定した物質を主要な物性値に基づいて分類(グルーピング)
- (4) 地歴調査の際の留意事項の整理
- (5) 物質特性に応じた調査・対策手法の選定の考え方の整理

潜在的な規制候補物質を選定するとともに、物性を基に各物質群への分類とそれに応じた調査・対策手法の検討の考え方を適用することで、未規制物質による汚染に対し実効性のある調査・対策の計画及び実施に役立つと期待される

## 2. 潜在的規制物質の定義と選定

### (1) 潜在的規制物質の定義

「人への有害性があり、これまで広く多く使用され、現在、土壌・地下水汚染問題が顕在化しつつあり、今後、土壌・地下水汚染に係る調査・対策実務に携わる技術者が遭遇する可能性がある物質」と定義した

分類	定義するうえで重要なキーワード
有害性	人体影響、生態系影響、曝露経路、分解生成物、生物蓄積性、法規制(国内外)、有害性に関するデータが少ない
量(普及度合い)	使用量、国内残存量(保管量)、使用履歴、流通量、国内での利用、利用頻度
遭遇機会	事故事例、広範囲拡散、蓄積性、残存性、難分解、社会的問題(警鐘)、健康被害顕在化、長距離移動性、実態報告・顕在化、法規制対象化

### (2) 潜在的規制物質の選定

上記の定義に沿って(2)-1又は(2)-2に該当する物質を潜在的規制物質として選定

#### (2)-1 既存の法規制からの対象物質の選定 ←発表原稿から訂正あり

土壌汚染対策法に追加可能性のある物質は既存法規制の対象物質が多い  
⇒PRTR法の第一種指定化学物質、POPs条約又は水道法の水道水質基準(要検討項目)の対象物質等の既存法規制関連物質の26物質と下記3物質を選定  
⇒1,1,2,2-テトラクロロエタン: PRTR法第二種指定化学物質であり、分解過程で1,2-ジクロロエチレン等が生成  
⇒フタル酸ジイソブチル: EUのRoHS指令の規制対象であるフタル酸エステル類  
⇒ベンゾ(g,h,i)ペリレン: USEPA優先汚染物質のPAHsでアントラセンより分子量が大きく物性が異なる

物質名	PRTR法(第一種指定化学物質)	POPs条約	水道法水質基準(要検討項目)
デカブロモジフェニルエーテル、エンドスルファン(α体)、ペンタクロロフェノール	○	○	-
PFOS(ペルフルオロオクタンスルホン酸)、PFOSカリウム塩、PFOA(ペルフルオロオクタンスルホン酸)、PFOAアンモニウム塩	○	○	○
PFHxS(ペルフルオロヘキサンスルホン酸)	-	△ 審議中	○
アセトアルデヒド、アニリン、ビスフェノールA、ノニルフェノール、エチレンジアミン四酢酸、キノリン、N,N-ジメチルアニリン、トリクロロ酢酸、ニトリロ三酢酸、2,4-トルエンジアミン、ヒドラジン、1,3-ブタジエン	○	-	○
アルドリル、ディルドリン、リンデン、DDT	-	○	-
アントラセン、フタル酸ジブチル	○	-	-
1,1,2,2-テトラクロロエタン、フタル酸ジイソブチル、ベンゾ(g,h,i)ペリレン	-	-	-

## 3. 選定した化合物の分類

選定44物質(有機化合物41、無機化合物3)のうち、有機化合物41物質、土壌汚染対策法の第一種特定有害物質13物質、第三種特定有害物質8物質及び既報<sup>1)</sup>で選定した17物質の計79物質を、比重、溶解度、ヘンリー定数、オクタノール/水分配係数及び蒸気圧の5物性から階層的クラスター分析<sup>2)</sup>で物理化学的性質の類似した5物質群に分類  
なお、既報<sup>1)</sup>は38物質を4物質群に分類したが、本報では将来の規制可能性まで考慮した79物質を幅広い物性に即した5物質群に再定義して分類を確定させた

物質群名(※今回新たに選定した有機化合物を赤字で記載)	揮発性		溶解性
	ヘンリー定数(Pa・m <sup>3</sup> /mol)	蒸気圧(kPa)	溶解度(mg/L)
①高揮発・中溶解性物質群 四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、トランス-1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,2-トリクロロエタン、ベンゼン、トリクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、1,1,1-トリクロロエタン、クロロエチレン、クロロホルム、1,2-ジクロロプロパン、p-ジクロロベンゼン、トルエン、キシレン(o-体)、キシレン(m-体)、キシレン(p-体)、エピクロロヒドリン、エチルベンゼン、スチレン、酢酸ビニル、プロモジクロロメタン、1,1,2,2-テトラクロロエタン、アセトアルデヒド、1,3-ブタジエン、アントラセン	3.1 ~7.5 × 10 <sup>3</sup>	1.7 × 10 <sup>-1</sup> ~3.4 × 10 <sup>2</sup>	1.2 ~6.6 × 10 <sup>4</sup>
②中揮発・高溶解性物質群 1,4-ジオキサン、メチルジメチル、フェノール、ホルムアルデヒド、アクリルアミド、アジピン酸、2,4-キシレノール、p-tert-ブチル安息香酸、N,N-ジメチルアセトアミド、ピリジン、PFOA-アンモニウム塩、アニリン、キノリン、N,N-ジメチルアニリン、トリクロロ酢酸、2,4-トルエンジアミン、ヒドラジン	7.9 × 10 <sup>-6</sup> ~5.8	8.1 × 10 <sup>-6</sup> ~ 5.2 × 10 <sup>2</sup>	1.5 × 10 <sup>3</sup> ~ ~易溶
③難揮発・中溶解性物質群 PFOS-カリウム塩、エチレンジアミン四酢酸、ニトリロ三酢酸	1.2 × 10 <sup>-11</sup> ~3.1 × 10 <sup>-4</sup>	6.6 × 10 <sup>-14</sup> ~4.0 × 10 <sup>-6</sup>	5.0 × 10 <sup>2</sup> ~5.9 × 10 <sup>4</sup>
④低揮発・低溶解性物質群 フタル酸ジエチルヘキシル、チウラム、シマジン、チオベンカルブ、EPN、パラチオン、メチルパラチオン、ポリ塩化ビフェニル、ベンゾピレン(ベンゾ(a)ピレン)、フルオランテン、5-クロロ-2-(2,4-ジクロロフェノキシ)フェノール、3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン、2,4,6-トリプロモフェノール、フェナントレン、エンドスルファン(α体)、PFOS、PFOA、PFHxS、ペンタクロロフェノール、ビスフェノールA、ノニルフェノール、アルドリル、ディルドリン、リンデン、フタル酸ジブチル、フタル酸ジイソブチル	9.3 × 10 <sup>-7</sup> ~4.1 × 10 <sup>1</sup>	8.1 × 10 <sup>-10</sup> ~2.3 × 10 <sup>-3</sup>	3.0 × 10 <sup>-3</sup> ~9.5 × 10 <sup>3</sup>
⑤難揮発・難溶解性物質群 ダイオキシン類(2,3,7,8-TCDD)、デカブロモジフェニルエーテル、DDT、ベンゾ(g,h,i)ペリレン	1.2 × 10 <sup>-3</sup> ~3.3	1.3 × 10 <sup>-11</sup> ~1.5 × 10 <sup>-8</sup>	5.5 × 10 <sup>-6</sup> ~1.4 × 10 <sup>-4</sup>

## 4. 遭遇機会の検討

遭遇機会は物質毎に使用用途や物性から判断することが望ましく、各物質群よりプロモジクロロメタン、2,4-トルエンジアミン、エチレンジアミン四酢酸、リンデン、DDTを例に検討した

項目	使用用途や物性から推測される地歴調査の際の留意事項
プロモジクロロメタン(①高揮発・中溶解性物質群)	常温液体で平成14年に水道水質基準が設定(0.03 mg/L以下)されたトリハロメタンの一種である。浄水過程で水中のフミン質等と消毒剤の塩素が反応して生成し、生成量は原水中の臭素イオンの濃度による。製造工場などでの遭遇機会は考えにくく、浄水場跡地などでの遭遇機会の可能性が考えられる。
2,4-トルエンジアミン(④低揮発・高溶解性物質群)	褐色、暗褐色の柱状結晶固体で大部分はポリウレタン樹脂に使用されるトルエンジイソシアネート(TDI)合成原料であり、化学工場等で遭遇可能性がある。樹脂製品から環境中への拡散の可能性は低いが、2,4-トルエンジアミンは水に易溶性で環境中では容易に分解されず、広範囲に拡散し長期に渡り残存する懸念がある。
エチレンジアミン四酢酸(③難揮発・中溶解性物質群)	白色固体の物質で染料や薬品の安定剤、洗浄剤や食品添加物等として利用される。金属と錯体を形成して地下水を移動し、環境水中での分解性は低い。プラスチック製品製造業からの排出が多く、使用・貯蔵設備のほか、洗浄剤の用途から、様々な事業所の排水配管や排水処理施設などからの漏洩にも留意する必要がある。
リンデン(④低揮発・低溶解性物質群)	白色固体で主な用途は殺虫剤。1971年農業登録失効、2010年農業用途以外の製造等禁止。土壌中害虫および植物加害剤として使用された経緯があるほか、分解性(半減期)は水中で3~300日、土壌で2~3年とされる。登録失効後の使用残農薬は一旦埋設され、後年に再度掘削して無害化処理が進められたが、埋設後に無害化処理された履歴のない土地などで遭遇する可能性がある。
DDT(⑤難揮発・難溶解性物質群)	無色結晶又は白か灰色の粉状物質。1971年農業登録失効、1982年農業用途以外の製造等禁止。過去に家庭用殺虫剤として使用された経緯があるほか、分解性(半減期)は水中で1年、土壌で15年とされ、化学工場や農業工場などの製造工場だけでなく、農業として使用及び埋設された市街地でも遭遇機会があると考えられる。

## 5. 試料採取・調査方法の検討

各物質群に対する試料採取・調査方法の適否を整理した

	①高揮発・中溶解性物質群	②中揮発・高溶解性物質群	③難揮発・中溶解性物質群	④低揮発・低溶解性物質群	⑤難揮発・難溶解性物質群
土壌ガス調査(H15年環告16号)	○	△	×	△	×
溶出量(H15年環告18号)	○	○	○	○	○
含有量(H15年環告19号)	-	-	-	-	-
底質調査方法	○	○	○	○	○
ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル	×	×	×	△	△
地下水調査(H15年環告17号)	○	○	○	○	○

凡例: ○、適用(流用)可能、△、物質ごとに適用可否について要確認、×、適用不可、-、適用外  
※リンデン、DDT、アルドリル、ディルドリンは「埋設農薬調査・掘削等マニュアル」の土壌含有量も適用可  
※エンドスルファン、ペンタクロロフェノール、ビスフェノールA、フタル酸ジブチル、フタル酸ジイソブチル、ベンゾピレンは「農薬等の環境残留実態調査分析手法IV(土壌編)」の土壌含有量も適用可

■分析手法は化学物質分析方法開発調査報告書、底質調査方法、要調査項目等調査マニュアル、外因性内分泌攪乱化学物質調査暫定マニュアル及び環境基準等に係る分析方法等のいずれかに水質及び底質の分析方法が示されており、参照できる

## 8. おわりに

法規制状況、毒性、環境中の検出例(曝露可能性)から将来的に土壌汚染で遭遇可能性のある潜在的規制物質を選定した。これらを物性値に応じて5物質群に分類し、各物質群の調査・対策方法の検討結果と、代表物質の地歴調査の留意点及びケーススタディでの調査・対策例を示した。検討した物質はそれぞれ固有の物性を持つものの、主要物性値に着目することで土壌・地下水中挙動を大枠で捉えることができた。本報の対象物質のみならず土壌汚染対策法の規制対象外である有機化合物の調査・対策を検討する際にも、本報で示した物性値から各物質群への分類と物質群に応じた調査・対策手法を検討する考え方は、実効性のある調査・対策の計画及び実施に役立つと期待される

【参考文献】1) 大石ら(2021): 物質特性に応じた土壌・地下水汚染の調査・対策方法の検討~選定した有機化合物の調査・対策方法とケーススタディ~、第26回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会講演集、S5-10。  
2) 清水裕士(2016): フリーの統計分析ソフトHAD機能の紹介と統計学習・教育研究実践における利用方法の提案、メディア・情報・コミュニケーション研究、1、p.59-73