

# 土壌汚染の簡易調査手法

## - 汚染土壌を見つけるには -

廃棄物管理担当 長森 正尚

### 1 はじめに

近年、土壌汚染の深刻化から法規制も急ピッチで進んでおり、土壌汚染対策法<sup>1)</sup>が平成 14 年 5 月に公布され、本年 1 月に施行されたばかりである。本法律の主な目的は、土壌汚染から引き起こるヒトへの健康被害を防止するためのものである。この法律によれば土壌調査の結果で、汚染が判明した土地は指定区域となり、何らかの措置が講ぜられる。その土壌調査法は、「土壌汚染対策法に係る技術的事項について<sup>2)</sup>」に記載されている。土壌調査法については、我々は以前より航空写真を時系列で比較することにより廃棄物の投棄された時期や範囲を把握するなど、様々な簡易解析手法を取り入れてきた。その中でも、使用頻度の高い方法が土壌間隙水用電気伝導度計(以下、土壌 EC 計)を用いた調査手法であり、本報では土壌 EC 計を使用する理由や目的を解説する。

### 2 土壌汚染の原因

全国において平成 12 年度までに土壌汚染が発覚した事例を表 1 に汚染原因別で示した。最も多い汚染原因は「汚染原因物質の不適切な取扱いによる漏洩」で、原因不明を除くと他を圧倒している。また、土壌汚染の原因行為を 2 つに大別すると、汚染原因物質そのものを誤って土壌中に漏洩してしまうか、廃液や廃棄物を意図的あるいは非意図的に投棄することである。また、汚染原因物質それ自体が純品で価値が高い場合には意図的に投棄されない反面、廃棄物等の場合には特に意図的に投棄が行われる場合がある。しかし、廃棄物に含まれる極少量の有害化学物質は環境負荷や人体等への影響を与える可能性があるため、どちらについても早急な対応が必要となる。

### 3 土壌汚染調査の流れ

#### 3.1 調査の契機

土壌汚染調査を行う契機となる事柄は、表 2 のように大きく分けて 3 種類ある。第 1 は、地下水のモニタリング等により地下水汚染が判明したケースで、汚染源が必ず何処かに在るため、土壌の汚染源を究明する必要がある。第 2 には、現状把握型で工場を売却するときなどに敷地内の汚染の有無を確認する場合が圧倒的に多い。第 3 は、汚染発見型のように汚染が発見され原因がわからない場合などである。

表 1 土壌汚染の原因行為<sup>3)</sup> (複数回答有り)

	件数			
	超過事例(～平成 12 年度)			
	重金属等 超過事例	VOC 超過事例	複合汚染 事例	
施設破損等による汚染原因物質の漏洩事故	56	25	29	2
汚染原因物質の不適切な取扱いによる漏洩	260	86	150	24
汚染原因物質を含む排水の地下浸透	39	16	23	0
廃棄物の埋立処分	29	23	3	3
廃棄物の不法投棄	18	7	7	4
残土の埋立処分	6	6	0	0
その他・不明	207	129	54	24
合計件数	574	293	232	49

表 2 土壌汚染調査の契機<sup>3)</sup>

	目的	調査数	超過数
地下水汚染契機型	汚染源の究明, 対策	141 件	72 件
現状把握型	汚染状況の把握	585 件	384 件
汚染発見型	汚染原因究明, 対策	229 件	118 件

表 3 住民苦情の例

	具体例	発生原因等
色	黒い水, 赤い水	硫化鉄, 酸化鉄
臭い	悪臭	硫黄臭, 腐敗臭, 溶剤臭
植物被害	葉の黄変, 枯死	塩類濃度障害
魚類被害	魚類の浮上	河川等の酸欠
美観	散乱ゴミ	
目に見えない汚染の不安		微量化学物質(環境ホルモン等)

土壤汚染調査の契機には、「行政が関与した土壤調査(473件)」「行政による立入検査(164件)」「行政による地下水・表流水水質調査(264件)」「住民・土地所有者等による調査・訴え(494件)」等がある(カッコ内は平成12年度までの調査事例<sup>3)</sup>)。特筆すべきことは住民等による調査・訴えが多く、環境に対する意識の高さが伺える。苦情例を表3に示すが、ほとんど五感に訴えるものであり、これを客観的に把握することが環境調査に当たる。

表4 土壤汚染調査の手順

	目的	内容
地下水汚染源推定調査	汚染源の推定 (地下水汚染契機型)	周辺井戸の調査
資料等調査	対象物質の絞込み 汚染範囲の推定	土地利用の履歴 汚染物質の使用状況
概況調査	表層の汚染の有無 汚染範囲の推定	対象地表層の土壤サンプリング
詳細調査	汚染の3次元把握 要対策範囲の確定	汚染推定範囲のボーリング調査 土壤等のサンプリング(深度毎)

「土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準<sup>4)</sup>」をまとめたもの。

### 3.2 調査の手順

調査の手順としては表4における～へと進む。但し、は地下水汚染が発見された場合にのみ行われる。そして、土壤汚染の有無や汚染範囲を確定することにより、汚染土壤の処理方法が決定することになる。そのため調査により汚染の有無等を確定できなければ、再度調査が必要になる。環境調査における無計画なサンプリングは分析データを評価できないことが多く、経験を必要とする場合が多い。また、簡便かつ速やかに汚染源や汚染範囲を確定できれば、的確な対応へと繋がっていく。次に、土壤汚染調査においては、現場での聞き取りなどの事前調査(資料等調査)は欠かすことのできない重要な調査である。さらに、調査地域における植生や土色は、原因究明の一助となることも多く重要な事項である。概況調査では、表面土壤を採取分析して平面的な汚染範囲を把握した後、詳細調査により深度方向の汚染範囲を3次元で確定する。

## 4 土壤 EC 計を用いた簡易調査手法

### 4.1 土壤 EC 計を用いる理由

廃棄物の処理・処分現場(埋立地や焼却施設等)で起こる環境被害は、廃棄物の散乱や汚水の漏出等により植物の枯死や魚類の浮上など高濃度化学物質による一過性の被害が多い。そのため、これらの被害は国で定められた有害物質による原因でないことが多く、この物質だけではヒトや生態系への影響を解析するのは非常に困難となる。

環境汚染を引き起こす化学物質を解明するには、図1に示したように廃棄物に大量に含まれる化学物質(有機物や塩等)と、微量ではあるが毒性の強い化学物質との関係を知っておく必要がある。例えば、焼却処理に伴って排出されるダイオキシン類等は、多種多量の有機化学物質や大量の塩類と共に排出され、塩類濃度が高いほどダイオキシン類濃度が高い値を示すことが多い。このようなケースは、複合的な環境汚染を総括的に評価し解析する手法として塩類の濃度分布の把握が有効であり、塩類濃度を簡易に測定できる土壤 EC 計が微量毒性物質の分布を知り得る携帯機器となる。特に、土壤汚染地域は、毒性の高い微量化学物質と大量化学物質の影響が複合していることが多いため、電気伝導度(以下、EC)により汚染範囲を推定することが可能となる。

通常、環境汚染調査において、数種類の微量の有害化学物質だけに絞り汚染範囲を決定することは困難な場合が多い。そのため、調査範囲を広くかつ細かくとり汚染を推定することになり、分析数の増加につながる。しかし、溶解性の大量化学物質をターゲットにすれば、土壤 EC 計を用いることにより、汚染範囲を現場で即座に判定することができるため、土壤汚染調査における有効な簡易調査手法となり得る。但し、EC 値と微量化学物質との間には必ずしも相関がある訳でないため注意が必要である。また、EC 値による解析は、バックグラウンド土壤の数倍の値を示す地域に微量化学物質が存在するケースが多い事実から、バックグラウンド値と比較することにより汚染範囲を推定することが必要である。なお、自然状態にある土壤では、土地利用の

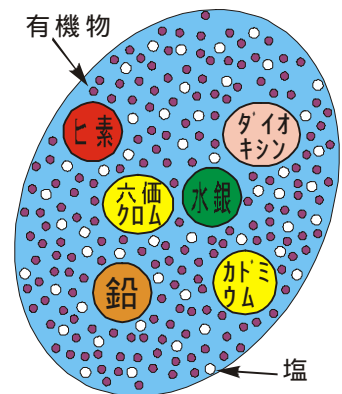


図1 廃棄物の概要

形態にもよるが地質母材が同一であれば、ほぼ一定範囲の EC 値を示すケースが多い。

#### 4.2 土壌 EC 計の原理

土壌 EC 計(写真)は、元来農業におけるリン酸塩イオン、カリウムイオン等の肥沃度を示す成分のモニタリングに使用されている。この土壌 EC 計は土壌間隙水の EC 値を測定する装置で、主に間隙水に含まれるイオン濃度と温度がパラメーターになっている。土壌中に挿入したプローブの先端に付属した一対の電極により土壌の誘電特性を測定し、EC 値を計算する方式である。計算式は、測定した誘電特性に間隙水の EC 値を相関させる数式に基づいており、測定値の単位は mS/m で表示される。測定時間は 10 秒以内であり、即座に結果を得ることができる。土壌 EC 計は容易に携帯できることも利点である。測定時の注意事項としては、プローブが土壌に密着していないと気泡が入り測定値がばらつくので、プローブを土壌に挿入するときは注意が必要である。



写真 1 土壌 EC 計

#### 4.3 公定法と簡易法の汚染範囲の推定における比較

汚染の現況を把握しその汚染範囲を推定するには、土壌汚染対策法に係る調査法をそのまま適用するため、資料等調査に基づき概況調査を行い広大な範囲を調査しなければならない事例が多い。特に、現況把握型では汚染の有無の把握が目的であるため、敷地全域の土壌表層調査を公定法どおり行う必要がある。これは多大な時間と費用等を要する。また、土壌のサンプリングは土壌汚染が推定された範囲では重点的に、それ以外はおおむね 100m<sup>2</sup> に 1 地点と定められているため、分析結果から推定できる汚染範囲も粗くならざるを得ない。迅速かつ容易に簡易調査できれば調査地点数を飛躍的に増やし、多くの情報を得られるため調査精度を向上させることができる。

資料等調査で汚染範囲の推定ができなかった場合に、公定法と土壌 EC 計を用いた簡易調査法を取り入れた方法を比較した模式図を図 2 に示す。公定法では、およそ 10m×10m の区画ごとに 5 点混合法により土壌をサンプリングする。図の例では 36 試料を全て 5 点混合法により採取することになる。これに対して、土壌 EC 計により簡易調査を行うと、EC 値の高い地点(汚染の予想される地点)の等高線図が描ける。その結果を基に汚染の可能性が高い領域を重点的にサンプリングすることができる。図の例では、試料数は 5 点混合法で 4 検体、1 点採取が 21 検体である。汚染地域周辺を集中的に分析した簡易調査法の方が、少ない試料数で汚染範囲を詳細に特定できることがわかる。汚染範囲推定の精度向上の他にも、時間の短縮、コスト及び労働力の削減が図れる。さらに、汚染土壌等の除去に際して、EC 値により除去範囲の適否をその場で直ぐに判断できるという長所がある。

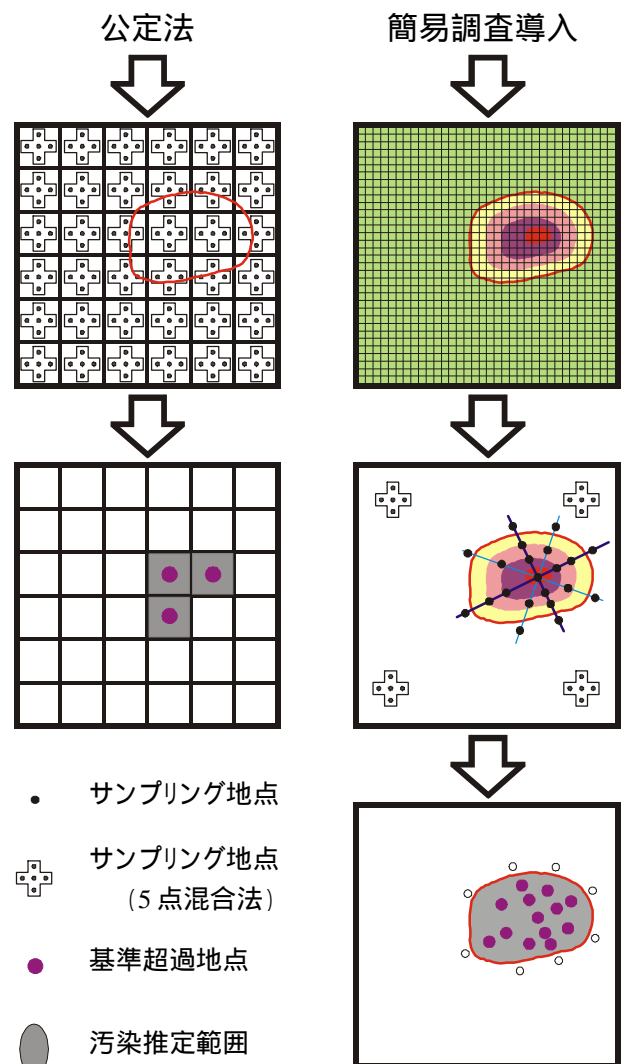


図 2 概況調査の手順

## 5 調査事例

ダイオキシン類による土壤汚染が発見された廃棄物処理施設周辺において調査を実施した。処理施設の周囲を 18 に分割した調査地点及びバックグラウンド 3 地点 (No.19~21) において、各 5 点以上の土壤 EC を測定した。さらに、各地点からサンプリングした試料について重金属類等の含有量試験及び溶出試験を、また一部の地点についてダイオキシン類の分析を行った。その結果の一部について、EC の平均値を折れ線グラフで、さらに有害項目のうちダイオキシン

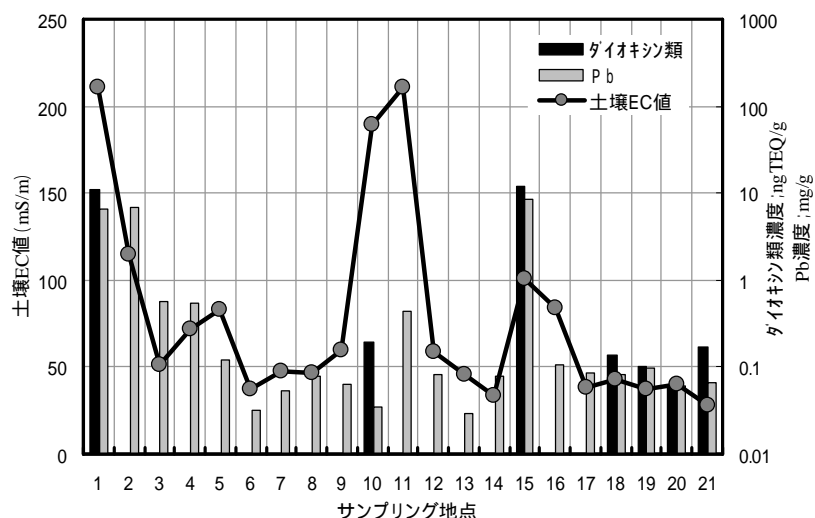


図3 土壤 EC 値と有害物質濃度の関係

類及び鉛(含有量試験データ)について棒グラフで図3に示した。高い EC 値が検出された地点のうちダイオキシン類濃度が高かったのは、No.1 (11,000pgTEQ/g) 及び No.15 (12,000pgTEQ/g) であり環境基準の 1,000pgTEQ/g を超過し、その他の地点では超えていなかった。重金属類の鉛については No.1、2 及び 15 が高濃度で環境基準を超過しており土壤汚染地域と認められた。EC 値の高い地域全てで高濃度の化学物質が検出されなかったが、化学物質の濃度が高い地域は EC 値が高い傾向にあった。

## 6 おわりに

土壤 EC 計による簡易調査手法を用いることにより、迅速かつ精度良く汚染範囲を推定することができた。調査事例から EC 値の高い場所はダイオキシン類や重金属類などの微量成分が同時に高濃度で存在することが分かった。しかし、本文では VOC 等の溶媒による土壤汚染について述べなかったが、溶媒が塩類のようなイオン性の化学物質でないため EC 値を使用できない場合が多い。万能な簡易方法はないと思われるため、ケースバイケースで適用できる他の方法を今後確立する必要があると思われる。

## 用語解説

注1) 重金属等: 基準項目のうち、カドミウム、全シアン、有機リン、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、アルキル水銀、PCB、チウラム、シマジン、チオベンカルブ、セレン、ふっ素及びぼう素をいう。

注2) VOC: Volatile Organic Compounds: 「揮発性有機化合物」の略称で、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、ベンゼン及び1,3-ジクロロプロペンをいう。

注3) 電気伝導度: 読んで字のごとく、どのくらい電気を通すかをいい、電気抵抗の逆数(電気伝導度 = 1 / 電気抵抗)である。

注4) 誘電率: 誘電率とは蓄える電気量の大きさを示し、誘電率が高くなると蓄える電気量も大きくなる。また周波数および温度に依存する値であるため注意が必要となる。

注5) 誘電特性: 誘電率や温度依存性などの特性をいう。

注6) pg 及び ng: ピコグラム及びナノグラムと読み、重量単位。1g = 10<sup>3</sup>mg = 10<sup>6</sup>µg = 10<sup>9</sup>ng = 10<sup>12</sup>pg で 1pg は 1兆分の1グラム。

## 文献

- 1) 土壤汚染対策法, 平成 14 年 5 月, 環境省
- 2) 土壤汚染対策法に係る技術的事項について, 平成 15 年 1 月, 環境省
- 3) 平成 12 年度土壤汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果, 平成 14 年 2 月, 環境省環境管理局水環境部
- 4) 土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準, 平成 11 年 3 月, 環境庁水質保全局