

地盤環境汚染の調査方法(1)

スミコンセルテック㈱ 高橋 忍

1. 地盤環境調査の基本理念

1990年以降、地球規模の環境問題が国際的な重要課題として、ひとびとの関心を集めるようになり、かけがえのない地球がその存在の危機に立ち至る恐れについて論議が重ねられている。

大気汚染に起因する酸性雨による森林の枯死や、湖沼からの魚類の消滅、オゾン層の破壊などの広域的な汚染の実態や対策は、国連環境会議（1992）によるアジェンダ21で知られる地球環境保全のための各種の行動計画が提案され、日本を含めて各国の積極的な取組が始められている。

地球環境問題としては、上記の(1)酸性雨、(2)オゾン層の破壊のほか、(3)地球の温暖化、(4)熱帯雨林の減少、(5)砂漠化、(6)開発途上国の公害問題、(7)野生生物種の減少、(8)海洋汚染、(9)有害廃棄物の越境移動などが挙げられる。これらの問題は相互に密接に関連し、学術、政治、社会、文化的問題を含んで、現象に対する科学的解析が複雑なテーマとも言える。

地盤環境の汚染問題も、近年広域的な汚染が進行しつつあることから、地球表層地盤の直接問題として、重要課題に加わる問題である。¹⁾

ここで言う地盤環境の汚染とは、土と地下水の構成する、即ち地盤の環境におよぼされる汚染を意味する。

環境庁では土壤汚染、土壤ガス汚染、地下水汚染という用語を用いているが、土壤、土壤ガス、地下水の汚染は表裏一体をなすものである。日本地質学会環境委員会は、これらを地質汚染（楡井1992²⁾）と定義し、地層汚染（土粒子群や土壤粒子群の汚染を含む）、地下水汚染、地下空気汚染からなるとしている。ここでは環境庁指針に準拠して調査方法を述べることが多いので、土壤汚染・土壤ガス汚染（土の汚染）、地下水汚染を用い、これらの総称として筆者も参加した地盤工学会の講座（地盤環境汚染の現状とその対策、嘉門ほか、1994.4～1995.3）で用いた『地盤環境汚染』を用いさせていただくことにする。

地盤環境汚染は、農用地をはじめとして、市街地の工場敷地・工場跡地や廃棄物埋め立て地の地盤環境が各種の物質により汚染されていることが明らかになり、その対応が求められるもので、古くは足尾銅山から流出した銅による渡良瀬川流域の土の汚染、神通川流域のカドミウム汚染など大きな社会問題となった汚染が知られている。その汚染物質はわ

が国ではカドミウムやヒ素、六価クロム、水銀などの重金属類、安定な有機溶媒として多用されてきたトリクロロエチレン（TCE）やテトラクロロエチレン（PCE）などのハロカーボン人工化学物質、ベンゼン、キシレン、トルエンなど芳香族炭化水素、油脂系の炭化水素など特性の著しく異なる有害物質が対象となっている。汚染物質が単一のこともあるが、アメリカで厳しい地盤環境保全政策を打ち出す発端となった、化学廃棄物投棄を起因とするラブキャナル汚染のように揮発性有機化合物（VOCs）、多環芳香族系炭化水素類（PAHs）、重金属など数十種類の有害物質の複合汚染もある。^{3) 4)}

地盤環境汚染の対策を進めるためには、国家や地方行政による一定の法規及び施策と指針のもとに『土や地下水が、有害物質により人の健康に影響する程度まで汚染されているか否か』を判断し、汚染の恐れがあれば、『その汚染の実態を把握して、汚染機構の解明を行い、その結果を基に汚染防止対策を検討する』ことが求められる。

地盤環境を汚染する物質は多種にわたり、その地盤中の挙動も異なっている。従って汚染の浄化対策も汚染物質の種類に適合した技術手法を用いることになる。

適正な対策を実施するためには、汚染された地盤環境の現状を把握し、汚染の三次元分布範囲・濃度、地下水流動に関連する汚染物質の移行・拡散などの汚染機構の評価（サイアセスメント）を正確に行うことが求められる。そのために地盤環境汚染の調査が、応用地質調査の新しいジャンルとして登場し、地質コンサルタント業者で地盤環境汚染調査を手掛ける会社が多くなってきた。

地盤環境汚染調査の特性は楢井他（1995）⁵⁾により分かりやすく解説されている。

この調査は地盤環境の汚染単元を見定めて、汚染機構を解明する調査であり、条件支配の大きな要素として、『汚染物質の性質』と『汚染域の地質環境』が上げられる。

地質環境を知ることは基本的には地質調査であり、地質単元、地質構造の正しい把握が効果のある対策に結び付くことは言うまでもないが、汚染物質の性質、すなわち

- * 汚染物質が単一物質か複数物質の混合か
- * 汚染物質が固相か液相か気相かあるいは混合相か
- * 物質の溶解性、揮発性、昇華性、密度、粘性、吸着性等
- * 物質が化学的、生物的に安定か

と地質環境、特に

- * 汚染物質が透過してゆく地層が1枚か複数枚か
- * 透過層の層相、層相変化と堆積環境からもたらされた不均一性はどうか
- * 不透過層（一般に不透水層）の深度はどうか
- * 地下水面上（不飽和）か下（飽和）か
- * 地下の温度、圧力条件が変化しないか

の諸要素を勘案しながら調査を進めてゆくことになる。

また、調査条件としては下記の特長がある。

- * 調査対象となる地層は一般に地盤の最上部に位置する地層で、自然地盤と埋め立て層、盛り土層などの人工地層からなるものである。自然地層は先ず第四紀層である。
- * 地盤環境汚染の調査は通常10m以内、深い場合でも数十mまでである。
- * 土や地下水に含まれ、溶出する物質の分布評価をおこなう。地質調査業務に化学分析業務がドッキングした調査であること。
- * 従って、土、土壌ガス（地下空気）、地下水のサンプリングが重要な業務となり、コンタミネーションを起こさぬサンプリング技術が求められること。
- * 汚染の場合である土の状況、とくに層序、粒度構成の分布、含水率、透水性、透気性など汚染物質の動きに関係する土の性質の把握が求められること。
- * 調査の解析業務としては、汚染物質の3次元分布評価を行うことになる。この解析業務の要素技術は鉱山探査の3次元分布評価技術と共通性がある。
- * 汚染の場合であり、移行拡散の媒体ともなる地下水の賦存状況、帯水層分布、流動機構などの解明と物質の遅延係数や分散係数が関与する汚染物質拡散・移行の解明が求められること。
- * 操業中の工場敷地や構造物内、家屋密集地、水田など調査立地の制約があり、小型で軽量の調査機器が必要となること。
- * 下流側に浄化対策設計の業務が密着し、また、浄化対策の方法が対象物質により、かなり異質の要素技術を用いるため、調査結果の検討には幅広い知識と柔軟な思考が求められること。

以下、本文は地盤環境調査の技術マニュアル解説になりそうであるが、環境調査である以上、調査結果の判断は調査対象物質の分布濃度、分布総量などが国あるいは地方自治体が定める環境基準に適合するかどうかである。そのための調査手法も一定の基準と指針のもとに実施された、共通性、再現性があるものでなければならない。

また、地盤環境汚染の場合が市街地であるか農用地であるか、汚染物質が揮発性の有機化合物であるか、重金属類であるかで浄化対策の技術原理も全く異なり、その基礎資料となる調査手法も異なってくる。ここでは市街地における地盤環境調査についてその準拠する法規、指針と技術手法について述べることにしたい。

2. 環境法規と地盤環境調査

わが国における地盤環境保全の基本法は環境基本法（平成5年11月制定）及び環境基準計画であり、『人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準』

として大気、水質、土壌、地下水などの環境基準が定められている。

土壌の汚染についての環境基準は、『土壌の汚染に係る環境基準（土壌環境基準、平成3年8月）』があり、当初カドミウム等10物質についての基準が設定され、その後、土の①水質を浄化し及び地下水を涵養する機能、②農作物を生産する機能に重点をおいた考え方で改正が加えられ、現在、表1に示した25物質について定められているが更に指定物質を増やして強化されていく傾向にある。

地下水の環境基準は、水質汚濁法（昭和45年12月）による水質環境基準（昭和46年12月）が適用され、その改正による指定物質を対象として調査を行ってきたが、平成8年度の水質汚濁法の改正強化にともない、地下水浄化基準（平成8年9月）及び地下水環境基準（平成9年4月、表2）が設定されると共に、県知事による浄化命令権という強制規制が平成9年4月より施工されている。

一方、浄化対策の指針としては、『地下水水質調査指針（昭和62年6月、環境庁水質保全局管理課通知）』、公用地を対象とした『市街地土壌汚染に係る暫定対策指針（昭和61年）』、『国有地に係る土壌汚染対策指針（平成4年7月）』などが、環境基準の制定に対応して定められてきたが、現在は平成6年11月に制定された『重金属等に係る土壌汚染調査・対策指針及び有機塩素系化合物等に係る土壌・地下水汚染調査・対策暫定指針』が地盤環境汚染調査のマニュアルとして広く用いられている。この指針の上に『東京都汚染土壌処理基準（東京都環境保全局、平成6年12月）』、『東京都地下水浄化対策指導指針、平成8年3月』、『横浜市工場等跡地土壌汚染対策指導指針、平成6年8月改定』など、地方自治体による上乘せ基準がある。

調査を実施する場合には、調査担当者を調査委託者と共に、その事業区域内での適用指針を確認し、調査結果の判断基準がその区域の法規対応に適合するものにしなければならない。

土壌・地下水汚染には油脂類や硝酸アンモニウム類の汚染などのように土壌・地下水環境基準に含まれていない物質の汚染も多くある。それらのうち将来、指定物質になるような物質については監視基準が定められている。また、それらに含まれなくても、悪臭の環境汚染をもたらす物質や油脂類の汚染については、汚染の調査結果を判断する基準として、『排水基準を定める総理府令（昭和46年6月制定、平成7年改正）』や水道法による『水質基準に関する省令、（厚生省、平成4年12月）』、『廃棄物の処理及び清掃に関する法律、厚生省、昭和45年12月制定・平成9年4月改正』などの基準値を適用して検討を行うことがある。

鉱山公害による土壌・地下水汚染と放射性廃棄物の汚染については、それぞれ鉱山保安法、原子力基本法に準拠し環境基本法の適用がされないこと。

環境基準値はその基準値を上回るものがあったとしても、自然環境汚染や認可された廃棄物処理場埋設物には原則的に適用されないことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 嘉門 雅史 講座 地盤環境汚染の現状とその対策 1
講座を始めるにあたって、土と基礎vol.42-4(435) pp93~945 1994
- 2) 楡井 久 地層汚染、地下水汚染とその除去対策の基本
日本地質学会関東支部、第4回地下水汚染地層汚染技術研究会資料 1992
- 3) 中杉 修身 講座 地盤環境汚染の現状とその対策 2
日本における地盤環境汚染の現状 土と基礎vol.42-4(435) pp95~100 1994
- 4) 酒井 伸一 講座 地盤環境汚染の現状とその対策 3
欧米の地盤環境汚染と未然防止体系 土と基礎vol.42-5(436) pp71~78 1994
- 5) 楡井 久ほか 地質環境における新しい単元の形成
アーバンクボタ 34 pp2~9 1995

