

第21回 技術セミナー

21st Construction Engineering Seminar OKUMURA CORPORATION

環境リスクの低減に向けて
— 土壌汚染の現状と対策 —

平成 21 年 12 月

 株式会社 **奥村組**

ご挨拶

奥村組は、本年も時節の話題を取り上げて「技術セミナー」を開催させて頂き、日頃ご指導賜っております皆様方へご案内させていただきました。本年度で21回目を迎えられましたのも、これまでにご参加いただきました皆様方や講師の先生方のご支援とご指導の賜物と深く感謝しております。

今回は、企業の社会的責任の重要な要素として位置付けられているだけでなく、昨年来の景気後退の中で、生産施設の資産リストラを含めて企業が保有する不動産の有効利用などでも関心が高まっている「土壌汚染対策」を題材に「環境リスクの低減に向けて／土壌汚染の現状と対策」をメインテーマにとりあげました。

セミナーの構成としましては、水や土壌汚染問題の第一人者として、学協会だけでなく国や地域が主催する委員会でご活躍されている国立大学法人 和歌山大学 理事 平田健正氏による基調講演、さらに同氏をコーディネーターに(社)土壌環境センター 北岡幸氏、国際環境ソリューションズ(株) 中島誠氏、(財)日本不動産研究所 山本忠氏によるパネルディスカッションを企画いたしました。

本セミナーに対して皆様のご意見を賜り、より研鑽を深めて参りたいと考えております。本日は有意義なセミナーになりますよう、よろしくお願い申し上げます。

平成 21 年 12 月

代表取締役

副社長執行役員 神原 裕一

建設本部長

目 次

メインテーマ

環境リスクの低減に向けて — 土壌汚染の現状と対策 —	1
--------------------------------	---

— 基調講演 —

「土壌地下水汚染対策の現状と課題」	3
国立大学法人 和歌山大学 理事	平田 健正 氏

— パネルディスカッション —

コーディネーター	13
国立大学法人 和歌山大学 理事	平田 健正 氏

パネリスト

(社) 土壌環境センター	北岡 幸 氏
国際環境ソリューションズ(株)	中島 誠 氏
(財) 日本不動産研究所	山本 忠 氏

環境リスクの低減に向けて

－ 土壌汚染の現状と対策 －

「安全・安心」という国民の基本的要求に対して、環境分野では土壌汚染が健康リスクの一つとして認識されています。土壌汚染に関しては、平成14年に制定された「土壌汚染対策法」が基準となっており、本年3月には、さらに汚染土壌の適切かつ適正な処理を図るため「土壌汚染対策法の一部を改正する法律」が成立しました。

しかしながら、その調査や浄化などの対策には莫大な費用がかかり、コスト面での課題が指摘されています。それ故、そのまま放置されているケースもあるなど、いわゆるブラウンフィールド化し、地域住民の安全な生活に影響を与える問題を生み出す要因ともなっています。

このため、土壌汚染対策はCSR(企業の社会的責任)の重要な要素として位置付けられていますが、昨年来の景気後退の中で、土地の売却や再開発計画あるいは生産施設の資産リストラなどのCRE戦略(企業が保有する不動産の有効利用)においても重要性が増しています。まさに「土壌汚染」は、環境問題としてだけでなく社会経済的問題としても認識され、取り組むべき重要課題として着目度を増している状況です。

本セミナーの基調講演では、土壌地下水汚染対策の現状と課題などについて述べるとともに、パネルディスカッションでは、適切な土壌・地下水汚染調査及び対策方法、土壌汚染による環境リスク評価の考え方や計算方法、環境リスク評価を効果的に活用した土壌汚染対策の考え方を話題提供して討論するなど、多方面からの専門的／体系的な知識を提供します。

「土壌地下水汚染対策の現状と課題」

ひらた たてまさ
平田 健正

国立大学法人 和歌山大学 理事



大阪大学工学部土木工学科助手、環境省国立環境研究所にて研究員、総合研究官などを経て 1995 年 和歌山大学システム工学部教授、和歌山大学評議員、和歌山大学副学長、和歌山大学システム工学部長などを歴任し 2009 年から現職。

要 約

土壌地下水汚染は身近な生活空間の中で生じている環境問題であり、それだけに社会的関心は高い。特に土壌汚染は、私有地あるいは私有財産と不可分の関係にある点で、他の環境問題とは一線を画している。土壌汚染というより土地汚染として、資産リスクを回避するため、安易に汚染土壌の掘削除去に走る傾向のあることも事実である。

ただ汚染の有無を問われ、環境基準達成はもとより、ときにはゼロリスクが求められる社会状況にあって、どのような手法が掘削除去に取って代わることができるのであろうか。多様な物質、存在空間の不均一性、土壌地下水汚染で常用されるこれらの言葉は、汚染現象の複雑さと修復の困難さを連想させる。だからこそ的確な調査に基づいた有害物質の動態と暴露量解析などが、土地利用・地下水利用を踏まえた着実に説得力ある対策立案のキーポイントと考える。

1. 汚染対策の動向

土壌は私たちの日常生活を支える基盤であり、それだけに土壌環境の汚染は社会的関心を集める。それではどのような場合に土壌汚染調査が実施されているのであろうか。土壌環境センターの市場調査によると、土壌汚染対策法や自治体の要綱等に基づく土壌汚染調査は数%に過ぎず、残りの90%以上は土地所有者が自主的に行っている。さらに自主調査の目的は、土地売買、土地資産評価と土地改変など私有財産に係る調査が3/4を占めており、この結果を見ても土壌汚染は、私有地あるいは私有財産と不可分の関係にある点で顕在化している他の環境問題とは一線を画する。

このように土壌や地下水といった地下環境の汚染問題は、環境財としての汚染防止と私有財産の資産リスク回避と言う両側面を有する。土壌汚染か土地汚染かが議論の対象となり、対策にしても環境基準達成はもとより、ときにはゼロリスクが求められることもある。調査から修復対策、さらには対策後の土地利用についても、こうしたマインドの間で揺れ動き、健康影響リスク低減措置を趣旨とする土壌汚染対策法に照らして、大きな齟齬を来していることも希ではない。

汚染が見つかり対策として安易に汚染土壌掘削除去に走る傾向はその現れであろうし、都市域の一等地であっても開発を断念することもある。土壌汚染対策法は人の健康保護のために定められており、経済活動を視野に入れていないわけではないが、少なくとも法に定める対策を実施すれば、生活空間として、経済活動の場として、問題なく活用できる。

ただ報告義務のない自主調査では汚染実態や対策手法を把握することは難しい。しかも毎年、数百万トンに上る汚染土壌が掘削除去されており、その汚染土壌の行方次第では二次的な環境汚染を引き起こしかねない。どのような調査であれ、判明した土壌地下水汚染の実態把握と適切な処理が必要なことは言を待たない。こうした視点から2009年4月に土壌汚染対策法が改正された。これには、調査機会の拡大を始めとして、講ずべき措置(要措置区域、形質変更時要届出区域)、さらには搬出土砂の適正処理など、新たな取り組みも提示されている。この機会を捉え、これまでの土壌地下水汚染対策の現状と将来に予想される課題について、話題提供したい。

2. 調査と汚染メカニズムの解明

適切な調査は、その後を実施する対策の成否を決めることになる。おざなりな調査は汚染対策を長引かせるばかりか、汚染状態を助長することにもなりかねない。それでは顕在化した土壌地下水汚染に対して、的確な調査を実施し、汚染メカニズムを解明してきたか、と問われると、はなはだ心許ない回答しか得られない事例が多いのではないだろうか。

土壌や地下水と言った地下空間は直接目で見ることができず、しかも水や物質の移動速度は遅いため、人知れず密かに汚染の進んでいることが多い。諸外国をみても、

地質構造や土地利用特性に違いはあるものの、共通するのは原因となる行為と汚染発現にはかなりの時間遅れが存在することである。米国ニューヨーク州ラブカナルにおける有機塩素化合物汚染はその典型であろう。1940年代に始まる化学工場廃棄物の埋立が原因であるが、周辺住宅地の地下室で臭気や化学物質の漏洩が確認されたのは30年を隔てた1970年代半ばであった。

こうした事例を見るまでもなく土壌地下水中の汚染物質の動態は、地下空間構造の物理的不均一性に汚染物質の生物・化学的特性が相乗して、両者の単純な重ね合わせでは説明できない現象も生じている。もちろん調査にはかなりの経費負担が伴うことも事実である。対策全体を見通した経費的バランスをとりながら、効率的な調査は必要であるが、飛び越すことのできない基本調査は存在する。

これまでに係わった国や自治体のプロジェクトの中で、調査から汚染機構解明、さらには修復対策や評価まで、必ずしも一連の作業がスムーズに進んでいるわけではない。そうした中で、基本調査から汚染機構推定、数値モデルによる汚染機構確認と将来予測、修復対策まで、教科書的な要素を含んだ対策事例として、茨城県^{かみす}神栖市の有機ヒ素汚染を紹介しよう。

神栖市における有機ヒ素による地下水汚染は、近接した地区住民に神経症状がみられたことから、担当医が地元保健所に井戸水調査を依頼したことに始まる。その結果、飲用使用していた井戸水から4.5mg/Lのヒ素が検出された(2003年3月)。この飲用井戸の西方1kmに位置する井戸でも0.43mg/Lのヒ素が検出され、いずれのヒ素も有機ヒ素化合物(ジフェニルアルシン酸、DPAA)であることが判明した。

こうした結果を受け、環境省では茨城県、神栖町(当時)等と協力し汚染メカニズム解明のため、地歴・DPAA等の情報収集、飲用井戸を中心としたボーリング調査、地下水・土壌調査を実施してきた。その過程で地下水流動と汚染プルームのゆらぎなど、地下水理学的にきわめて貴重な学術データが蓄積されていく。ところが当初から浅層より深層の地下水から高濃度のDPAAが検出された。しかも総ヒ素で30mg/Lを超える濃度であり、なぜ深い地層の地下水から高濃度ヒ素が検出されるのか、汚染機構解明の中心を成す課題であった。

そうした状況の中で、特に健康影響を発現した井戸周辺ではDPAAの汚染源絞り込みのボーリング調査を実施し、2005年1月に飲用井戸南東90m地点で極めて高濃度のDPAAを含むコンクリート塊が発見された(図-1)¹⁾。このコンクリート塊の掘削と詳細分析により汚染機構解明が飛躍的に進むこととなった。図にみるように3つのコンクリート塊が掘削され、周辺の小片を含めると重量は約87トンと推定された。さらに塊Iから総ヒ素にして含有量数千mg/kgのDPAAが検出され、溶出濃度も3200mg/Lと極めて高濃度なDPAAであった。

神栖地域特有の砂利採取跡の人工地盤と自然地盤を三次元的に立体表現し、さらに3200mg/Lという溶出濃度をコンピュータ上のデジタル空間に投入して、その後の汚

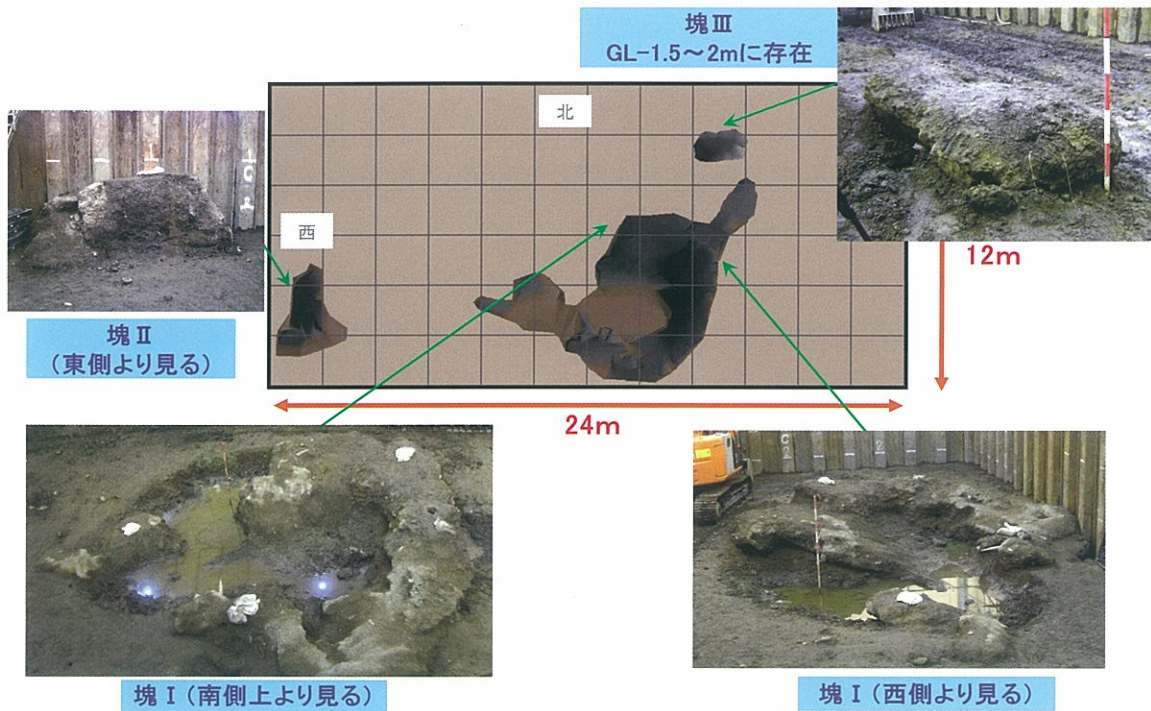


図-1 ボーリング調査で発見されたコンクリート塊

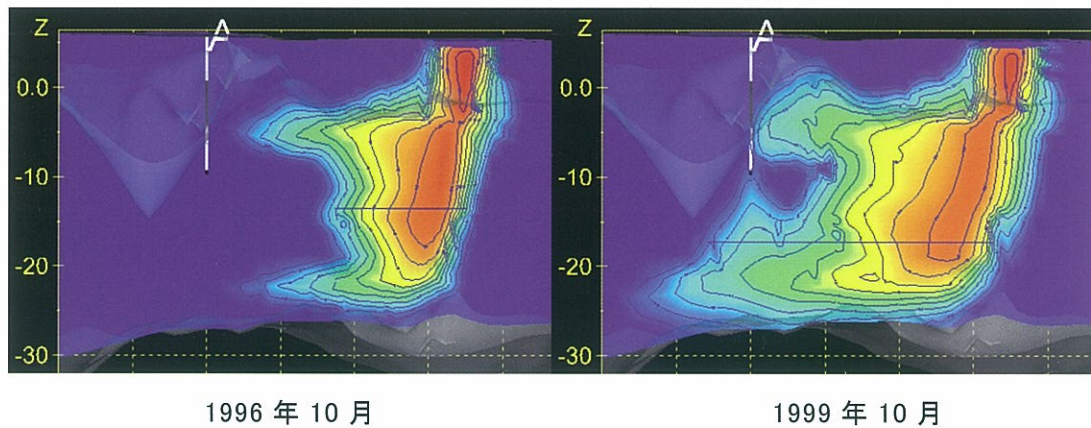


図-2 地下水汚染機構説明のための数値解析結果(始点は1993年10月)

染物質 DPAA を数値的に追跡した結果が図-2である²⁾。図に見るように、コンクリート塊から溶出した DPAA を含む水は自重によって地下水中を降下浸透し、30m付近の深層地下水にまで到達する。その後は透水性のよい深度 25~30m付近を流れる速い地下水流れに運搬され、飲用井戸の地下水揚水効果もあって、徐々に浅層地下水にまで拡散しながら汚染範囲を拡大していく様子が再現されている。こうした数値解析結果は、ボーリング調査の初期から最大の課題であった深層地下水で高濃度 DPAA が観測されるメカニズムを説明するとともに、現在実施している地下水揚水や汚染土壌洗浄による浄化対策に発展している。

全ての汚染事例で、ここに紹介した調査から数値解析と修復対策を実行することは困難であろう。神栖市の土壌地下水汚染は、人の健康影響を引き起こしたことから、さらに汚染物質は毒ガスの原料となることから(調査の結果、毒ガス成分は不検出)、国(環境省)が汚染機構解明調査を実施したものである。ただ一連の調査と汚染機構解明、さらには修復対策と評価は、どの側面を見ても手法として土壌地下水汚染対策に役立つ内容を含んでいる。

3. 土壌地下水汚染対策の変遷

土壌汚染対策法が2003年2月に施行されて6年が経過した。その間に実際の汚染現場で用いられている技術、あるいはその技術開発はどのように変わったのであろうか。これまでの土壌汚染対策に用いられてきた技術の概略を、1998年度以前と土壌汚染対策法施行後を含む2006年度までの累積事例数について、重金属等、揮発性有機化合物(VOC)、これらの複合汚染、の3種類に区別して図-3に整理した。

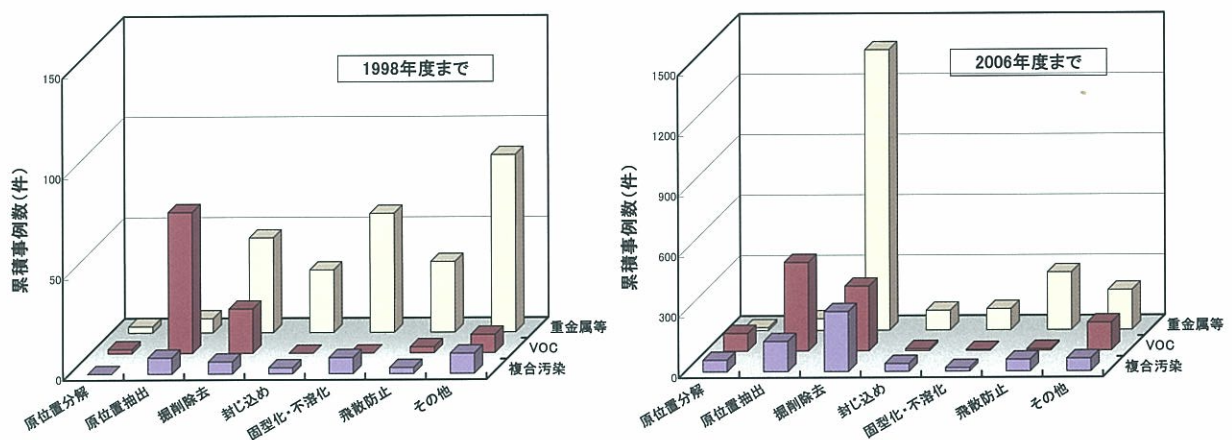


図-3 汚染土壌対策に用いられてきた技術の推移

これら3種類の物質の中で、重金属等の対策技術は際立った違いを見せている。1998年度までの累積事例で掘削除去は35%程度であったのが、2006年度までの調査結果では84%にまで高まっている。さらに土壌汚染対策法が施行されて以来、土壌汚染が確認された指定区域の対策を見ると、揮発性有機化合物では52件中17件(33%)でバイオレメディエーションや化学分解などの原位置分解技術が用いられているのに対して、重金属類については96件中86件(90%)で掘削除去が実施されている³⁾。

重金属類は土壌の浅い部分に高濃度で存在することが多く、しかも原位置では分解や抽出が難しい。さらに原位置対策を実施した場合、対策に伴う二次的な環境負荷は軽減できても、対策の効果確認や事後モニタリングなど浄化完了までに比較的長時間を要する。一方、汚染土壌の掘削と処理を組み合わせた技術は、経費はかかっても一気に浄化完了できるところに大きな利点がある。不動産の流動化など経済活動が、対策期間が短縮できる土壌掘削処理を進めたことは否めない。

揮発性有機化合物(VOC)については原位置抽出の割合が高まり、2006年度までの調査結果では86%に達している。特に重金属類と異なるのは、バイオレメディエーションや化学分解といった原位置分解技術の適用例が増加傾向にある。こうした原位置分解技術は、環境負荷の少ない技術として認知され、過マンガン酸カリや過酸化水素を用いた酸化分解、水溶性有機物の注入による嫌気分解、さらにゼロ価の鉄による化学分解など、様々な分解技術が実用化され汚染現場で用いられている⁴⁾。

4. 土壌地下水汚染対策の難しさ

多様な物質、存在空間の不均一性、土壌地下水汚染で常用されるこれらの言葉は、汚染現象の複雑さと修復の困難さを連想させる。地下水の修復事例を見ると、対策が始まると地下水中の汚染物質濃度は見事に低下し、短時間に汚染状態を解消できるような期待を抱かせる。ところが時間の経過とともに、濃度減少のカーブは緩くなり、ほとんど横ばい状態に近づく。汚染が改善されていないようにも見えるが、実は汚染濃度は対数軸上で直線的に減少していることが多い。つまり対策当初に見られた濃度減少率と同等の減少率を得るには、時間経過とともに百倍、千倍の時間を必要とすることになる。このように汚染された土壌地下水空間、特に地下水の修復には、長い時間とこれに応じて多額の経費が必要になる。

自然由来の土壌汚染も顕在化している。例えば自然的原因によりヒ素などを含む土壌を、同じような環境にある周辺土壌に移動させることは可能である。元々自然的要因で汚染されていること、移動させても土壌の化学的な溶出環境が大きく変わるとは考えにくいからである。ただし自然由来の汚染であっても、汚染土壌を他地域に持ち出す場合には、浄化するか受入場所の定める基準を満たす必要がある。

海底の底質に含まれるヒ素はよく知られているが、底質を掘削した浚渫土だけでなく、トンネルなど地山の掘削に伴いヒ素等を含む建設土の発生することがある。特に泥岩など堆積岩では、土壌溶出基準をごくわずかではあるが超過することがある。こうした自然由来の汚染土壌について、遮水シートなどライナーの中に埋め込み水との接触を断った上で道路の路盤材に用いたり、セメント材料として用いた事例がある。大量の掘削土壌を盛り土し空気に曝すと、酸化的環境で溶出環境が大きく変わることが予想されるからである。

沿岸地域には底質を埋め立てた人工地盤が広がっている。例えば、ジェーン台風(1950年)や第二室戸台風(1961年)による高潮被害を契機として、大阪湾岸地域は周辺の海底底質を用いて数メートルも嵩上げされている。こうした埋立地の地下水は塩分濃度が高く飲用には適さない。さらに工場敷地として管理され、一般には立ち入ることのできない土地でもある。土壌溶出濃度は環境基準を上回っているが、人への健康影響が発現する可能性の少ない土地であり、その対策のあり方も問われている。

5. 今後に期待される取り組み

バランスの取れた思考と対策が必要である。調査から汚染解析、さらには修復対策の設計と施工や事後モニタリングなど、汚染対策全般についてもどのように対策経費を配分するのか、将来の土地利用までを見越した具体的な実施計画が必要であろう。詳細な調査は汚染機構解明に不可欠であり、正しい汚染機構と汚染物質の存在形態を明らかにして始めて実効ある修復対策の設計が可能となる。自明のことであるが、限られた経費を調査にばかり投入できないことも事実であり、対策全体を見通した計画立案と実施が重要である。

修復対策技術の開発においても同様であろう。革新的技術の開発は、より低コスト低負荷の対策と新たな技術開発を促進しよう。ただ革新的技術であっても、実際の汚染現場に適用して、実施可能性を明らかにして初めて実効ある技術となる。こうしたとき、確かに汚染物質は分解されたが、今後に必要な対策を立案するには、ある程度の精度を持った物質収支を求め、将来の汚染動向を予測する必要がある。これには数値解析を行う以外に有効な方途がない。数値解析は用いるモデルに依存し、地質特性の不均一性やパラメータの不確実性が常に問題とされる。ただこうした課題はあるにしても、地下水流れの解析や汚染の将来予測に数値解析手法以外に適切な手立てがない以上、数値解析手法の限界や問題点を認識した上で、目的に応じて有効利用していく努力が重要と考える。

現場技術者の理解できる数値解析手法や革新的技術の開発に留まらず、古典的な技術であっても、改善し工夫しなければならない場面にも遭遇しよう。改正土壌汚染対策法では地下水利用があれば、要措置区域に指定される。要措置区域内での形質変更は基本的には難しく、地下水汚染の拡散防止対策が施されている場合のみ、認められることになる。こうした指定区域内での構造物構築やその基礎となる杭打ちなど、どのような技術が可能となるのか、留意する必要がある。杭打ち、あるいは現場施工のコンクリート構造物など、土壌あるいは地下水に含まれる汚染物質を拡散することなく施工することは可能であるのか。またどのような技術が必要となるのか、杭打ち技術一つをとっても改めて技術のあり方を見直し改善する必要があると生じてくる。

汚染の有無を問われ、さらにゼロリスクが求められる社会状況にあって、どのような手法が掘削除去に取って代わることができるのであろうか。

もちろんゼロリスクに拘る考え方を否定するものではなく、リスクを管理し健康影響を低減することも重要であろう。高度に発達した科学技術や便利で快適な日常生活は、多くの化学物質で支えられていることは事実であり、役に立つからこそ化学物質は生産されているのである。化学物質を正しく理解し、環境リスクを低減するには、企業や地域住民、行政、専門家などステイクホルダーの間に、相互信頼を伴ったリスクコミュニケーションを日常的に成立させておく必要がある。

その前提として、対象とする地域にどのような化学物質がどの程度使用され、廃棄されているのか、さらには環境中への放出量や残留量など、情報開示が第一であり、情報を共有する基本的姿勢が問われている。汚染状態を修復し浄化するハードな技術開発に加えて、ステイクホルダー間のリスクコミュニケーションに耐えうる技術評価といったソフト面での発展が是非に望まれる。特にわが国において、調査手法や浄化技術の開発と言ったハード面の技術開発が先行する傾向にあり、これらの技術レベルは欧米と伍するものがある。

有害物質の土壌地下水環境における動態モデルと人への暴露量を評価する環境影響リスクの定量的評価は世界の潮流であり、早晚わが国もこの流れに組み込まれることになる。もちろんリスク評価は万能ではなく、未規制の有害物質も多々存在する。汚染状況は、地質や地質依存の水理特性によって大きく異なる。数値モデルに組み入れるパラメータは、土壌地下水空間を単純化し、モデル化するほど重要度が増し、その裏返しとして恣意的な解析に陥るおそれがある。

揮発性物質一つをとっても、地下から揮発した汚染物質の吸引、さらに気化する過程には土壌や地下水を媒体として考慮する必要がある(図-4)。土壌水分量はもちろん地下水面の深さ、不飽和土壌の空隙率や透気性、汚染物質の分配に関する有機物量など、対象が多岐にわたる。また、こうしたパラメータは現地の地質特性に依存する。つまりリスク解析の透明性・公平性を高めることはもちろん、誰が評価するのか評価者の位置づけを明確にするなど、システムの客観性を如何に高めるのかが問われることになる。

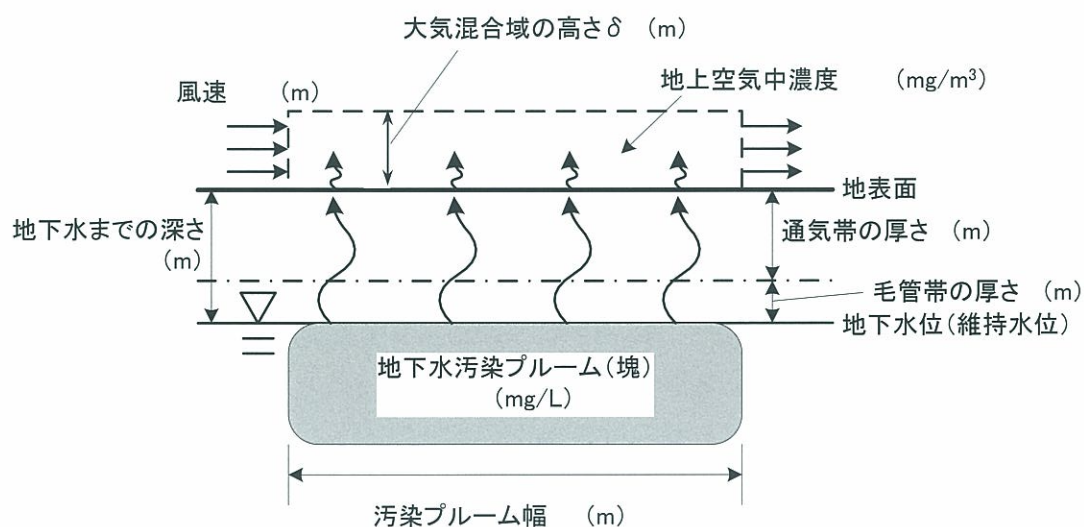


図-4 地下水から地上空気への揮発性汚染物質移動の概念図

このようにシステムに内在する課題があっても、なおリスク解析に期待するのは、暴露経路を考慮したより現実的な対策の立案、特に浄化対策の発動や浄化目標、さら

には浄化終了判定の合理的決定やブラウンフィールド問題(塩漬け土地)の解決に、相対評価のできる対策案を提供できると考えられるからである。言うまでもなくリスクコミュニケーションや合意形成に果たす役割は大きい。少なくとも物質の動態をモデル化していれば、想定されていない汚染経路の評価や対策実施後の状況を対象に、有害物質の暴露量や健康リスクをある程度の精度を持って推定はできよう。

産業界はもとより、行政や教育現場などにおいて質の保証が求められている。土壌地下水汚染対策も例外ではなく、マニュアル作りが盛んである。多岐にわたる化学物質や複雑な現象を目の当たりにして、画一的な手法はありがたい存在に違いない。ただそうした調査手法や思考では、歯が立たない事象が身の回りで生じている。土壌汚染対策法の改正論議が盛んである今だからこそ、考えること、またその癖をつけることの大事さを身にしみて実感している。

参考文献

- 1) 環境省総合環境政策局環境保健部(2007)：茨城県神栖市における汚染メカニズム解明のための調査地下水汚染シミュレーション等報告書，平成 19 年 6 月。
- 2) 平田健正(2008)：有機ヒ素化合物による地下水汚染メカニズムの解明．土壌環境センターニュース，15，40-51.
- 3) 環境省水・大気環境局：平成 18 年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果，62p，2008.
- 4) 平田健正(2009)：地盤汚染対策の現状と将来(総説)．地盤工学会誌，57(7)，1-3.

パネルディスカッション

■コーディネーター

ひらた たてまさ
平田 健正

国立大学法人 和歌山大学 理事

(経歴は前掲)



■パネリスト

きたおか こう
北岡 幸 (社) 土壤環境センター
地下水調査・対策の考え方検討部会長



土壤環境監理士試験部会員、資格制度委員会委員、技術委員会・実態把握調査部会員、土壤環境監理士試験部会副部会長を経て2008年から現職。

1. 土壤汚染調査契機

土壤汚染対策法(以下、法という)は、有害物質使用特定施設の廃止時(法第3条：調査義務)、あるいは、土壤汚染が原因で健康に被害を及ぼす恐れのあるとき(法第4条：調査命令)に適用されることになっている。

また、東京都、愛知県、大阪府等の多くの自治体で土壤汚染に関する条例が制定されている。条例では、敷地面積3,000m²以上の土地の改変を調査契機とするなど、法よりも調査契機は広く設定されていることが多い。法及び条例ともに、土壤汚染を管理することによって人の健康リスクを排除することが第一の目的である。

一方、土壤・地下水汚染調査のほとんどは、法や条例の適用を受けない自主調査である。(社)土壤環境センターが実施している「土壤汚染状況調査・対策」に関する実態調査結果(平成20年度)では、自主調査が90.2%と多く、条例・要綱の適用を受けた調査は8.9%、法3条・4条の適用を受けた調査はわずかに0.9%であった。自主調査は、土地取引時等に実施されることが多く、有害物質の「使用履歴がある」場合や「使用した可能性がある」場合だけでなく、汚染の可能性がなくても「汚染のないことを確認する」ため実施することもある。このように、自主調査では汚染の「有」・「無」の把握と経済リスク排除が最重要視されているのが現状である。

これまで法を適用されることが少なかったことから調査契機を拡大することや、掘削除去以外の対策を促進すること等を目的として、現在、法改正が進められており、平成22年4月1日から施行される。

2. 土壤・地下水汚染調査

一般的に実施されている土壤汚染調査から対策までの、おおまかな流れを図-1に示す。

資料等調査(地歴調査)は、新旧の地形図・空中写真・住宅地図などの既存資料や対

象地管理者からのヒアリングや現地踏査等を行い、調査対象地における土壌・地下水汚染の可能性の有無を評価する。この資料等調査は、事前に有害物質使用履歴の有無や土地利用履歴を把握し、土壌汚染状況調査の地点配置や調査項目選定に反映させることにより、汚染状況を的確に把握するための重要な調査である。

資料等調査で土壌汚染の可能性があると評価された場合には、次に表層部の土壌を対象として土壌汚染状況調査を実施する。土壌汚染調査の対象となる有害物質は、物理・化学的な性質の違いから、揮発性有機化合物(第一種特定有害物質)は土壌ガス調査を行い、重金属等(第二種特定有害物質)やPCB・農薬(第三種特定有害物質)については表層部の土壌を採取・分析する。

表層部で土壌汚染が確認された場合には、土壌・地下水汚染の三次元分布と地質・地下水状況を把握するため、詳細調査(深度方向の土壌調査及び地下水調査)を実施する。詳細調査の結果を基に、今後の土地利用予定や、土地所有者の汚染浄化の意向や対策完了までの要望期間等を考慮して、対策方法とコストを検討する。

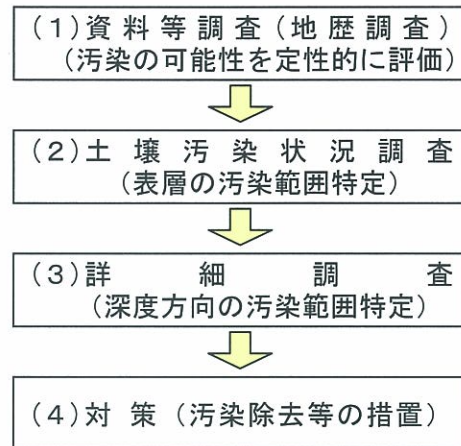


図-1 一般的な土壌汚染調査・対策の流れ

3. 土壌・地下水汚染対策

土壌・地下水汚染対策のうち、汚染を除去する方法として掘削除去やバイオレメディエーション、揚水処理等が用いられている。また、汚染を残す方法としては、盛土、原位置あるいは遮水工封じ込め、不溶化埋め戻し等がある。これらの対策工法のうち、これまでは、健康リスクがなくても汚染を完全に除去する掘削除去が最も多く用いられている。掘削された重金属等による汚染土壌はセメント製造工場や洗浄施設に搬入し、揮発性有機化合物による汚染土壌は熱処理施設等に搬入すること等で処理が行なわれている。ところが、土壌汚染対策として掘削除去が多く用いられてきたことにより、汚染土壌の不適正な処理が発生しているといわれており、このことも法改正を行なうに至った理由の一つとして挙げられている。

法改正により、新たに3,000m²以上の形質変更時の届出義務、自主調査の申請制度が設けられるため、法の適用を受ける調査・対策件数がこれまでと比較して増加すると考えられる。一方で、改正法では、掘削除去を行なう際に10m格子ごとにボーリングで掘削深度まで1m毎に土壌を採取し、全特定有害物質を分析しなければならないなど、実質上掘削除去が抑制されることになる。そのため、改正法施行後は、掘削除去はこれまでに比べて減少し、原位置浄化対策が増加するものと推測される。

なかしま まこと
中島 誠 国際環境ソリューションズ(株)
中島研究室室長



国際航業(株)地盤環境エンジニアリング事業部技術部長、技術開発室長、技術センター中島研究室長を経て2008年から現職。

1. 土壌汚染による環境リスク評価

土壌汚染問題では、土壌中に含まれる化学物質に起因して人の健康や生活環境および生態系に悪影響が及ぶ可能性、すなわち環境リスクが問題となる。最近では、個人や団体の資産である土地が汚染されることによる土地汚染としての側面が強調されがちであるが、その根底には潜在的な環境リスク対策のための費用の存在がある。

土壌汚染による環境リスク評価では、環境リスクとして人の健康被害のおそれ、すなわち健康リスクを取り上げ、その定量的な評価を行うのが一般的である。土壌汚染により人の健康被害が生じるためには、①汚染物質になんらかの有害性(ハザード)がある、②汚染物質に曝露する機会がある、③汚染物質に曝露する量(または程度)が有害性の発現に十分である、の三つの条件が揃っている必要がある。潜在的な土壌汚染物質についてこれら三つの要件が揃っているかどうかを定量的に評価するのが土壌汚染による環境リスク評価であり、データ収集・評価、有害性の評価および曝露の評価、リスク判定するという流れで行われる。

汚染物質の有害性については、評価対象とする汚染サイトで想定される汚染物質を評価対象物質として同定し(有害性の同定)、それぞれ人の摂取量(用量)と健康影響(反応)の関係を定量的に評価する(用量-反応評価)。一般に、あるレベル以下の摂取量であれば全く影響がない(閾値がある)非発がん性物質については慢性毒性をハザード比で評価し、どんなに摂取量が少量であっても影響が生じる(閾値がない)と考えられる発がん性物質については発がんリスクで評価する。

汚染物質の摂取量(曝露量)については、評価対象サイトで想定される汚染物質毎に曝露経路をすべて抽出して曝露シナリオを構築し(曝露経路の評価)、各汚染物質の曝露経路毎の摂取量(曝露量)を算定する(曝露量の評価)。図-1は、

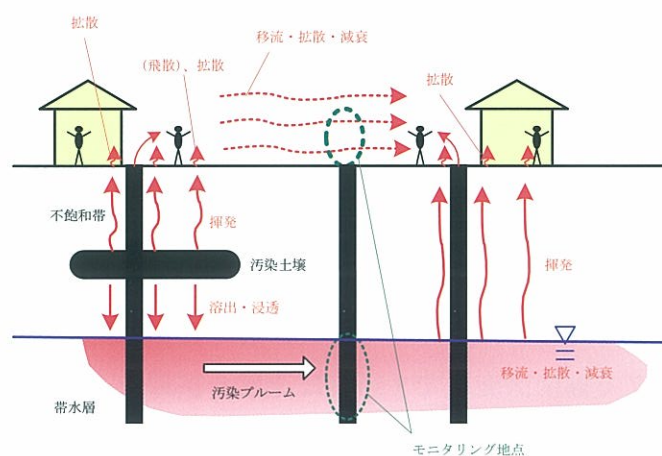


図-1 曝露シナリオ概念図の例

筆者らが開発した土壌・地下水汚染リスク評価システム(KT-RISK)で考慮している曝露シナリオの概念図である。リスク評価モデルによっては、汚染地下水を浴槽やシャワーの水で使用する事による蒸気吸入や皮膚接触、家庭菜園等で育てた農産物の摂食等が評価できるようになっているものもある。

リスク判定では、曝露の評価によって求めた汚染物質毎、曝露経路毎の曝露量を有害性の評価で求めた各汚染物質の用量-反応関係と対比し、健康リスクが許容される範囲にあるかどうかを判定する。

2. 土壌汚染対策におけるリスク評価の効果的な活用

土壌汚染対策におけるリスク評価の活用は欧米で進んでおり、土地利用別に調査や対策の発動基準値や対策目標値を設定するためにリスク評価を使用していたり、汚染サイト毎の条件の違いを考慮したリスク評価を各汚染サイトのリスク管理に使用していたりする。わが国においても、リスク評価の活用方法としては、これら2つの方法が考えられる。

筆者らが有効と考えるリスク評価の活用方法は、アメリカのRAGS(Risk Assessment Guidance for Superfund)に倣ったものであり、図-2に示すようなかたちで、①現況(土壌汚染対策実施前の状態)における健康リスク(現況リスク)の評価、②対策目標の決定、③対策方法の選択肢に対する対策実施後の残存リスクの評価という流れでリスク評価を活用する。そして、図-3に示すような概念で土壌汚染対策を行い、健康リスクを許容される範囲まで低減する。

このようなかたちでリスク評価を活用することで客観的かつ合理的なリスク管理を実現し、リスクコミュニケーションの円滑化を図ることで、環境リスク上の「安全」と住民等の「安心」の間のギャップを解消していくことが重要であると思われる。

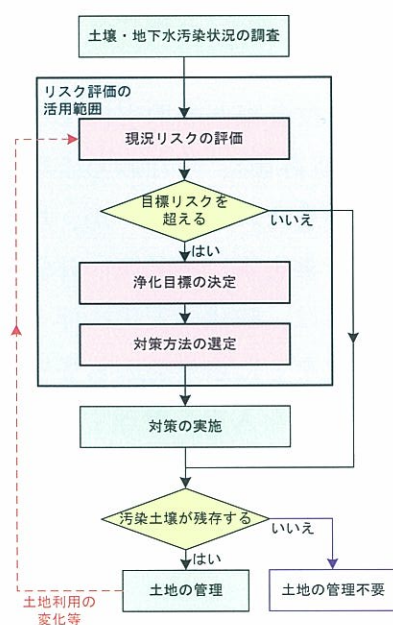


図-2 リスク評価を活用したリスク管理の流れ

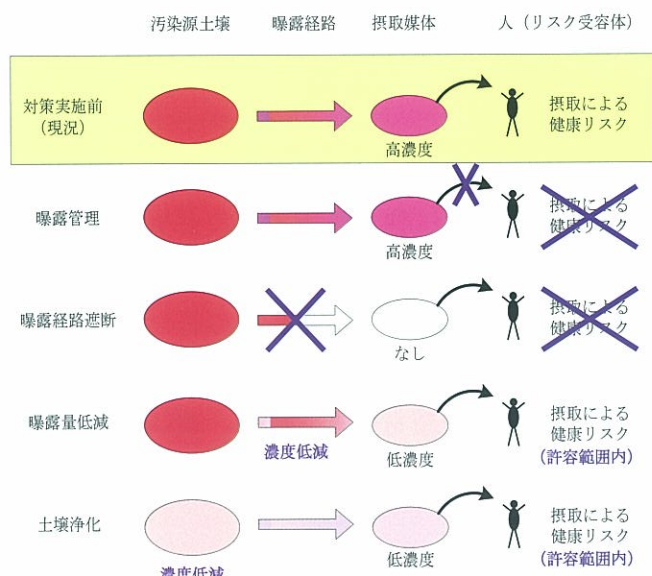


図-3 土壌汚染対策によるリスク低減化の概念

やまもと ただし
山本 忠

(財)日本不動産研究所
常勤顧問



コンサルタント部副部長、研究部長、理事・研究部長
を経て 2008 年から現職。

1. 不動産の世界から見た環境

「不動産」という言葉は耳慣れしているが言葉の定義になると難しく、一般には民法 86 条にある「土地とその定着物」を定義にしている。すなわち、土地と建物の事である。毎日の生活において土地は家を建てる土台であり、土地を購入する時には、位置、形状や周りの環境について綿密に調べるが、土地の中まで調べて買う人はあまりいない。しかし、土地の履歴を調べてみるとリスクが潜んでいることが分かる。これまでは造成する前の地形、地質をチェックし、家が傾かないか、地震の時に大丈夫かを見極めていた。近年は更に埋めた土に環境のリスクが無いかを確かめる必要が出てきた。リスクが存在すれば土地の価値も下がってくる。また、建物についても従来は建築基準法でチェックされていたので、余程古い建物でなければチェックすることはなかった。しかし、建築資材に含まれる人体に悪い影響を及ぼす化学物質からシックハウス症候群が起こったり、耐震偽装事件が起って以降はチェックの必要性が増し、住宅を買うときにはホームインスペクション(住宅診断あるいは調査)を依頼される方も増えてきている。

不動産証券化ビジネスは従来の相対取引では無く、多数の投資家との取引になることから、不動産の評価に当たってはデューデリジェンス(適正評価)、すなわち土壤汚染の調査や建物に含まれる人体に悪影響を及ぼす化学物質が含まれていないか、地震に対する強度等を細かく調査し報告書にまとめる。この報告書を基に不動産の評価が行われることになっている。この様に不動産の世界においては、時代の変化に伴って環境に関するリスクの内容が変化してきており、価格に変化をもたらす要因も多様化している。不動産を所有したり、購入する場合には詳細な情報を入手し整理することが重要になってきた。

2. 土壤汚染と不動産

土壤汚染のことは、少し前まで住宅地においてほとんど問題にされてこなかった。また、既にできあがった街の中では、全くとっていい程土壤汚染のことを考える人

はいなかった。これまでの住宅地で起る問題は、低地で大雨が降ると床下まで浸水したり、住宅団地の建て売り住宅を買って住んでいたら、地盤の悪いところを造成した地区の為、塀が傾いてきて、さらには家までが傾くことが新聞で報じられたりしていた。これらの対策は排水ポンプの設置や軟弱地盤に対する造成工事の対応が進み、近年はこの様な事件はあまり聞かなくなってきた。

一方、日本の製造業の海外移転が進む中で、多くの工場が閉鎖され、土地利用の転換が始まった。これらの工場は大都市の中に位置し、その転換後の利用は工場用地としての再利用は少なく、流通関連用地、商業施設用地や集合住宅用地に利用転換されることが多くなった。従来の行政指導は工場から出る産業廃棄物は自家内処理が原則であったことから、これらの工場跡地は土壌が汚染されているケースが多く見られた。流通関連用地や商業施設用地として利用する視点からは土壌汚染に対する違和感はあまり無かったが、これらの土地を資産としてみる視点からは、その価値は下がり土地を担保にして金融機関からの借入れをするとなると課題が発生してきた。さらに、近年になると不動産証券化が発展してきて、これらの流通施設や商業施設は不動産証券化の対象となっても、土壌汚染がある場合には事業化は難しくなる。一方、戸建住宅地、分譲マンション用地を見ると、住宅購入者の意向は土壌汚染された土地をわざわざ購入する人は少なく、経済状況も悪い中では事業化は難しく、住宅地への転換は進んでいない。工場跡地に建てられた高層住宅において、後から土壌汚染されていた事例がマスコミで報道された事もあり、建ててからの土壌汚染対策や浄化は費用が嵩むことから事業主体は多大な費用の出費を経験している。したがって住宅地としての転用には緻密な調査をし、事業採算のチェックを十分行うこととなり、事業化された例は少ない。

3. 化学物質や地震によるリスク

建築資材は製品の多様化の中で自然材から人工材に変わってきた。さらに、これらの人工材の中で人体に悪い影響をもたらす材が古くから使用されてきたことが判明してきた。最近では工場や倉庫で長く働いていた人の中にがんで死亡する人が出てきて、大きな社会問題となった。これは建物の壁や壁面に使われていた石綿の繊維で造られた、いわゆるアスベストによると言われている。現在は使用禁止になっているが、今後アスベストが使用された建物の解体が本格的になることから、建物の持つリスクとして重要な問題である。

近年各地で発生している大きな地震による工場建屋や住宅が崩壊する例から、建物の地震に対する安全度のチェックがさらに重要となっており、建物に対するリスクは増加してきている。

「第 21 回技術セミナー」 お問い合わせ先

株式会社 奥村組 建設本部
技術セミナー 事務局

〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1

TEL:03-5427-2330 FAX:03-5427-8104

E-mail : seminar@okumuragumi.co.jp