

◆特集：公共工事で遭遇する土壤汚染問題への対応について◆

建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアルと今後の課題

森 啓年* 古本一司** 小橋秀俊***

1. はじめに

近年、鉛等の重金属類やトリクロロエチレンといった揮発性有機化合物等により汚染された土壤や地下水の存在が判明する土地が増加している。環境省の調査¹⁾によると、平成14年度においては635件の土壤汚染に関する調査が行われ、そのうち260件において土壤環境基準に適合しないことが判明している。超過件数は、平成3年度から連続して増加し続けており(図-1)、今後調査が進むにつれてさらに増加する可能性がある。

土壤汚染や地下水汚染に係る法制度としては、平成3年に土壤環境基準、平成9年には地下水環境基準が環境庁により設定された。さらに、平成12年には「ダイオキシン類対策特別措置法」、平成15年2月には国民の安全と安心の確保を図るため、土壤汚染の状況調査、土壤汚染による人の健康被害の防止に関する措置等を規定した「土壤汚染対策法」が施行されてきた。

そのような中、建設事業においても、事業区域内に大量の廃棄物や有害物質に汚染された土、油分の付着した土などが広範囲に存在するような状況に遭遇し、建設工事を予定どおり実施できなくなるなどの事態が生じている(表紙、グラビア参照)。

そこで、土木研究所では、建設省官民連帯共同研究「地盤環境保全型建設技術の開発」(平成9～11年度)において、土壤・地下水汚染を用地内で管理しながら土地の有効利用を図る技術的手法に関する検討を行い、平成12年度からは共同研究に参加した民間21社を母体とした「地盤環境保全型建設技術の開発フォローアップ委員会」(平成12～15年度)を発足させ、検討を引き継いだ。それらの検討の成果をもとに土木研究所の重点プロジェクト研究「地盤環境の保全技術に関する研究」の

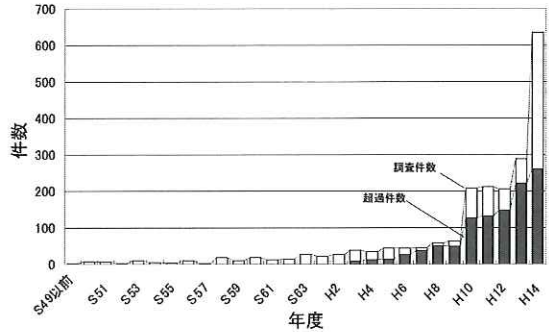


図-1 年度別の土壤汚染判明事例¹⁾

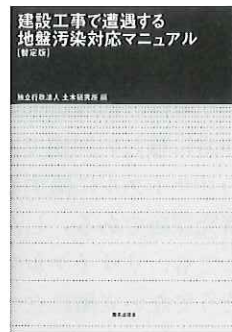


図-2 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版)²⁾

一環として、土壤汚染対策法の施行を念頭に置きつつ、調査、影響検討手法、対策技術、モニタリングの考え方、法令などについて検討し、平成15年7月に「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版)」(以下「マニュアル」という。)としてとりまとめた。

マニュアルは平成16年5月に土木研究所編として出版(図-1)²⁾するとともに、平成16年6月には土木研究所、(財)土木研究センターと民間会社による「地盤汚染対応技術検討委員会」(事務局：土木研究センター)を発足させ、マニュアルの普及を図るとともに、実際の汚染遭遇事例に対する技術的な支援を積極的に行っている。

本報文においては、マニュアルの概要について紹介するとともに、今後建設工事における地盤汚

The Latest Information About the Manual for Soil and Groundwater Contamination

染問題が抱える課題を述べ、土木研究所における最新の取り組みについても紹介する。なお、ここでは土壤汚染と地下水汚染をあわせて、地盤汚染と定義して論を進めることをご了承いただきたい。

2. マニュアルの内容

2.1 目的と対象

マニュアルは、公共事業として行っている建設工事中において、早期の浄化等の措置の実施が困難な場合でも、工事による汚染の周辺への二次拡散を防止しながら安全に工事を進めることを目的としてとりまとめられた。特に、建設工事中に遭遇した地盤汚染のうち、自然的原因により特定有害物質が土壤中に含まれている土地など、土壤汚染対策法に基づく調査を命令するに至らない土地を対象とし、土壤汚染対策法と同等の措置が講じられるよう技術的事項を定めていることを特色としている。

なお、土壤汚染対策法に基づく調査を命令される場合とは以下の2つがあり、そのような場合、土壤汚染対策法に基づきその後の土壤調査等が実施されることとなる。

- ①使用が廃止された「特定有害物質の製造、使用又は処理をする水質汚濁防止法の特定施設」に係る工場・事業場の敷地であった土地（土壤汚染対策法第3条）
- ②都道府県知事が土壤汚染により人の健康被害が生ずるおそれがあると認める土地（土壤汚染対策法第4条）

また、マニュアルが対象とする物質は、土壤汚染対策法に規定されるものと同じ物質（重金属等や揮発性

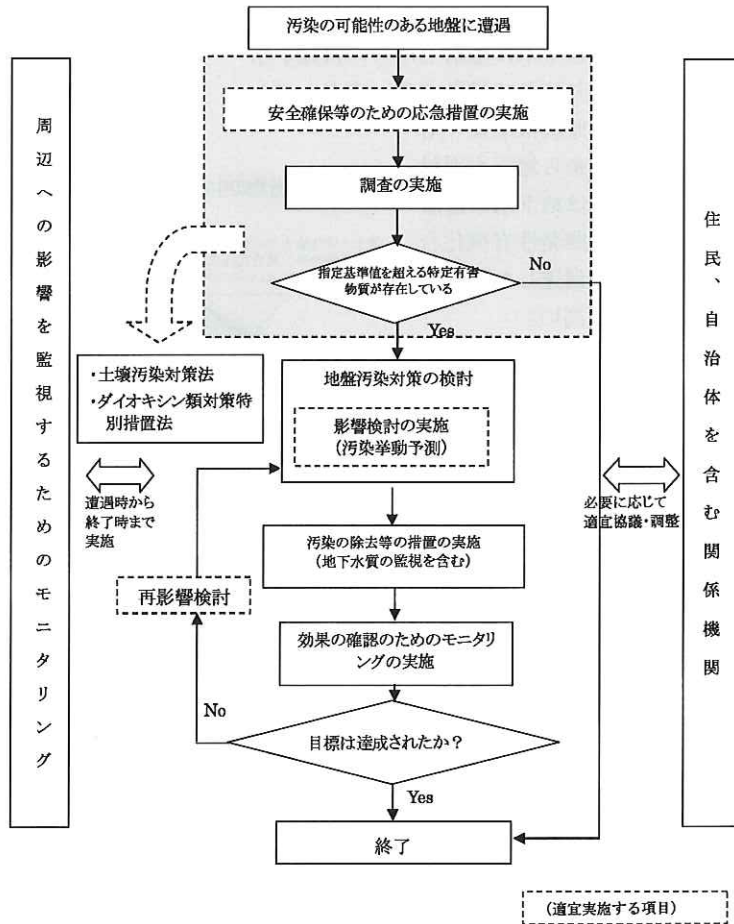
有機化合物、農薬等といった特定有害物質、25物質）であり、ダイオキシン類汚染土壌や廃棄物混じり土、油汚染土壌については対象外となっている。

2.2 汚染された地盤との遭遇から対策終了までの流れ

建設工事中に汚染されている可能性のある地盤に遭遇した場合の検討手順の流れを図-3に示すとともに、以下に手順に沿ってその概要を述べる。

(1) 安全確保等のための応急措置

土壤から異臭が発しており作業員による吸引の恐れがあるといった状況など、直ちに作業員への曝露や周辺への拡散のおそれがあると考えられる



- ・・・1)適宜、都道府県と協議し、調査の過程で土壤汚染対策法の調査命令の対象となった場合は同法に基づき調査・措置を実施する。
- 2)遭遇した地盤汚染が、自然的原因で存在する特定有害物質によるものでなく人為的な原因によるもので、人の健康被害が生ずるおそれがあると認められる場合は、土壤汚染対策法の調査命令の対象となる。

図-3 地盤汚染に遭遇した場合の検討手順

場合には、シートによる覆い等の応急措置を実施する必要がある。

(2) 汚染状況の調査 (グラビア参照)

1) 特定有害物質の地盤中の挙動

特定有害物質はその種類により地盤中での挙動は異なる。例えば、鉛等の陽イオン系の重金属類は、土壤に吸着される傾向が高く、あまり拡散しない。しかし、陰イオンとして移動する重金属等(例えば、ヒ素、六価クロム等)は陽イオンとして移動するものに比べると吸着性が低いため、地下水に溶出している状態で遭遇する場合がある。一方、トリクロロエチレン等の揮発性有機化合物は、土壤にあまり吸着されないため、自重により帯水層中を降下し、帯水層の下面に滞留しつつ地下水とともに移動する。そのうち原液が帯水層中を降下する過程で地下水に溶解したものは地下水の実流速とほぼ同じ速さで拡散する。また、ベンゼンについては、原液は水よりも比重が小さいことから地下水表面付近に滞留し、一部は地下水に溶解する。このように揮発性有機化合物は、地下水まで到達した状態で遭遇する可能性が高い。

2) 調査の実施

前述のように特定有害物質の種類によって地盤中の挙動が大きく異なり必要な対策が変わってくるため、対策を検討する上で、適切に調査を実施して有害物質の種類とともに、その濃度、分布等を把握することは重要である。

調査にあたっては、まず、遭遇した汚染の疑いのある土壤試料を採取し、環境省が定めた分析方法である公定法を基本として、有害物質の分析を行う。また、過去の土地履歴や地質図など、関連する資料があれば、有害物質の種類をある程度特定することが可能となり、現地での試料採取および分析を効率的に行うことが可能となる。

試料採取密度は、基本的には100m²に1カ所とし、資料等の調査により汚染の可能性が低いと想

定される箇所については、900m²に1カ所とする。また、対策の検討にあたり、影響予測を実施する場合は、有害物質の当該地盤中での挙動を把握することが重要であるため、必要に応じてカラム試験等を行い影響予測に必要なパラメータを取得する。

(3) 対策 (グラビア参照)

調査の結果、特定有害物質が基準値を超えて存在することが確認され、対策を実施する必要があると判断された場合は、特定有害物質の種類や濃度、地盤の状況等に応じて浄化処理や汚染拡散防止措置等、適切な措置を選定し実施する。

汚染土壤に対する措置には、有害物質の直接摂取の防止を図るものと、地下水を經由して摂取されることを防止するものがある。なお、揮発性有機化合物は、地盤中に浸透しやすく、地表面に存在しているケースはほとんど無いため、直接摂取

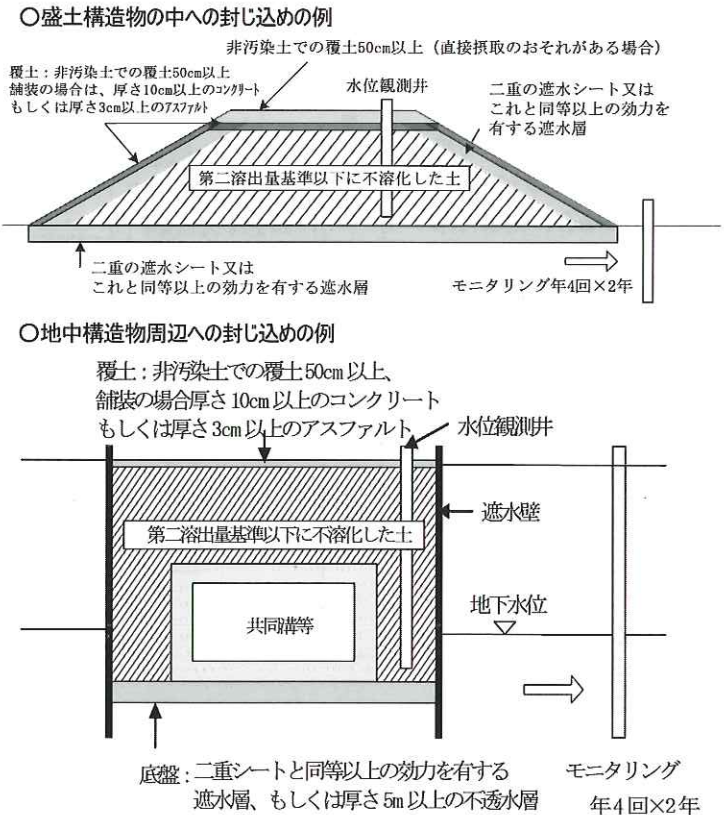


図-4 構造物への封じ込めの例

※以下の汚染土壤を対象とする場合
 重金属等により汚染された土壤で、第二溶出基準以下のものおよび第二溶出量基準を超過するものを第二溶出量基準以下に不溶化したもの

の防止については、重金属等が土壌含有量基準を超過して表層付近に存在する場合のみが対象となる。また、有害物質が既に地下水に溶出し、地下水を經由して汚染が拡散するおそれがある場合は、地下水汚染対策についても検討する必要がある。

また、図-4に示すような敷地内の構造物に土壌を封じ込めることも考えられる。なお、この場合、将来において適正な管理がなされず、新たなリスクが発生するようなことが生じた場合には、当該土壌を処分した者が汚染原因者となる場合があるので、十分留意する必要がある。

なお、合理的な措置を実施するためには、移流・分散解析等を用いた特定有害物質の拡散状況の予測（影響予測）を必要に応じて実施することが効果的である。影響予測では、溶出特性（汚染源からの溶出濃度）、地盤水理条件（透水係数、有効間隙率、実流速など）、分散特性、地盤による吸着特性、減衰特性などのパラメータ取得と入力前提となる。パラメータの重要度に応じて、文献値の適用、室内及び現地試験、モニタリングの逆解析など、取得手段の適切な選別を行い、過大な調査試験コストや作業量を回避することが必要である。また、こうした定量的な検討手法には、設定する地質構造や地層および特定有害物質のパラメータ等に不確実性が含まれるので、モニタリングにより、予測結果の確認を行うとともに、必要に応じて予測モデルの見直しを行うことが重要である。

(4) モニタリング

特定有害物質による周辺への影響の監視や実施した措置の効果を確認するために、定期的にモニタリングを実施する必要がある。モニタリングには、以下の三つの種類がある。

- ①敷地外もしくは保全対象への汚染拡散の有無の確認
- ②措置の効果の確認
- ③措置施工中の周辺環境への影響の把握および作業環境の確認

モニタリングの実施にあたっては、それぞれの目的に応じて、適切な手法を選定する必要がある。モニタリング結果が予測と大きく異なる場合は、その原因を検討し、必要に応じて、影響予測の条件の見直しや再調査を行う必要がある。

また、汚染が直ちに拡散しないと想定される場

合は、地下水質等のモニタリング自体が対策となることもある。

(5) 留意事項

地盤汚染に遭遇した場合は、速やかに関係自治体を含む関係機関に相談するとともに、適切な情報の開示等を行うことが重要である。

3. 搬出汚染土壌の取扱い

汚染の拡散の防止という点から、基本的には敷地内で地盤汚染の措置を実施することが望まれるが、汚染土壌を掘削し敷地外に搬出する場合は、以下のような方法があり、それぞれ都道府県知事等が認めたものに限られる。

- ①最終処分場・埋立地への処分
- ②汚染された土壌の浄化施設における浄化処理
- ③セメント工場等におけるセメント等の原料として利用

また、汚染された土壌を搬出する場合には、「搬出する汚染土壌の処分に係る確認方法」（平成15年3月環境省告示第21号）に従い汚染土壌管理票を用いて確認することが望まれる。

4. 自然的原因により特定有害物質が超過する場合の取扱い

自然的原因により特定有害物質が含まれた土壌は土壌汚染対策法の適用対象ではない。また、自然的原因により高濃度の有害物質を含む土を、同様の土が存在する周辺の地域において盛土等、土地の造成に用いる場合には、特に対策は必要とはならない。

しかし、掘削等の行為に伴いそのような土壌への人や周辺環境の曝露リスクを高めてしまう場合には、適切な対応を図ることが望まれる。そのような場合の対策として、将来形質が変更される可能性が少ない国有地等においては図-4に示すような構造物に土壌を封じ込めることも考えられる。

5. 今後の課題

5.1 マニュアルの改訂

マニュアルは特定有害物質の化学的性質や、影響予測評価における不飽和特性や特定有害物質の移動特性などを記述し、比較的専門性の高い内容となっている。そのため、建設現場においてより利用しやすくするため、マニュアルの内容をわか

りやすく説明した解説本の執筆に、平成17年度から着手する。

また、マニュアルの建設現場における適用状況を踏まえるとともに、日進月歩である地盤汚染対応技術の状況を反映させる改訂の作業に今後取り組んでいく予定である。

5.2 ダイオキシン類汚染土壌

前述のように平成12年1月に国民の健康の保護を図ることを目的として「ダイオキシン類対策特別措置法」が施行された。それと同時に旧環境庁（現環境省）からの告示において大気・水質・土壌のダイオキシン類に関する環境基準が、その後底質の環境基準についても平成14年9月に設定された。

ダイオキシン類は微量でも毒性が強いとされるため、廃棄物の不法投棄や清掃工場に起因するダイオキシン類による汚染が発見された場合は社会的に関心と呼び、新聞・テレビなどで大きく報道され注目を集める可能性が高い。

建設工事においても、このような世の中の動きとは無縁ではなく、ダイオキシン類汚染が顕在化している現場が存在する。

そのような状況を考慮して、土木研究所では平成12～15年度にかけて「建設分野におけるダイオキシン類汚染土壌対策技術の開発」を実施してきた。その成果をもとに、「ダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル検討委員会」（委員長：嘉門雅史京都大学教授）を設置し、現在「ダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル（暫定版）」（以下、「ダイオキシンマニュアル」という。）について平成17年度上半期完成を目標にとりまとめを行っている。

ダイオキシンマニュアルは建設工事において工事の発注者や施工業者が事業用地内でダイオキシン類汚染の可能性のある地盤に遭遇した場合の技術的な対応方法を示し、ダイオキシン類汚染の拡大防止を図りながら、安全に工事を推進可能にすることを目的としている。

その内容は、ダイオキシン類汚染に遭遇した場合における「応急措置」、「調査」、「区分（法的取扱い）」、「対策」、「モニタリング」について現場における作業の流れに沿った形でまとめる予定である。特に、建設現場におけるダイオキシン類汚染の特性に鑑み、現時点での実用性を考慮すると、

汚染拡大防止措置、いわゆる封じ込め技術の適用が有効であることから、マニュアルではこの点に配慮した記述とする予定である。

5.3 廃棄物混じり土と油汚染土壌

ダイオキシン類汚染土壌のほかに建設工事において遭遇する可能性のある地盤汚染として、廃棄物混じり土と油汚染土壌がある。ここではそれらの現状について述べる。

(1) 廃棄物混じり土

平成17年4月に改正された「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」においては、処分場跡地などの廃棄物が地中にある土地で掘削等の形質変更が行われることにより、生活環境保全上の支障が生じるおそれがある区域を都道府県知事等が指定を行うこととなった。あわせて、その区域内での土地の形質変更は施行方法に関する基準に従い実施することと知事への事前の届出が義務づけられた。

また、土壌と廃棄物の混合物（廃棄物混じり土）に関しては、その法的な取扱いが「土壌」であるか「廃棄物」であるかは、都道府県等の環境部局の判断による部分が非常に大きい。

また技術的にも、圧縮特性等不明な点が多く、建設工事において遭遇する廃棄物混じり土への法的を図るための研究開発が求められている。

(2) 油汚染土壌

石油に含まれる物質に関する土壌及び地下水の環境基準としてはベンゼンのみが存在し、他の物質については対象となっていない。

しかし、平成14年1月の中央環境審議会による「今後の土壌環境保全対策の在り方」に関する答申においてその必要性が述べられていることから、注意深く動向を見守っていく必要がある。

5.4 簡易分析法の開発

建設発生土については平成16年度より公共工事土量調査と工事間利用調整が行われ、これまでより一層、利用を図ることが求められている。

そこで、土木研究所においては建設発生土の円滑な利用を図るため、平成16～18年度にかけて民提案型共同研究「簡易分析技術を用いて重金属類を含む土砂を判定する手法の開発」を実施し、2グループ8社と共同研究を進めている。この研究では、特に自然由来の存在が比較的多いと考えられる鉛、ひ素、ふっ素、ほう素を対象として、建設発生土中で溶出基準を超える可能性を、現場

で簡易に分析し、超過する対象土砂を迅速に判定できる手法の開発を目標として実施している。

今後、簡易分析法の実用化により、建設発生土中に含まれる自然由来の特定有害物質を適切に管理出来るようになると考える(図-5)。

6. おわりに

一口に地盤汚染と言ってもその対象は重金属等や揮発性有機化合物、農薬等だけでなくダイオキシン類や廃棄物混じり土など多数存在する。建設工事において遭遇する様々な地盤汚染に総合的に対応することが今後は求められると考えられる。土木研究所においても、これまでは個別要素の研究を進めてきたが、今後は、様々な地盤汚染に総合的に対応可能な手法についても検討を進めていきたい。

最後に、本マニュアルの作成にあたり数多くのご協力、ご支援を頂いた関係者の方々に深く感謝いたします。特に、「建設工事で遭遇する地盤汚染の対応マニュアル検討委員会」(委員長：嘉門雅史)には大変お世話になりました。この場を借りて御礼申しあげます。

お願い

マニュアル改訂の際の参考とするため、現場における汚染事例及び対策例があればご提供頂きますようお願い致します。(連絡先：土木研究所材料地盤研究グループ土質チーム 029-879-6767)

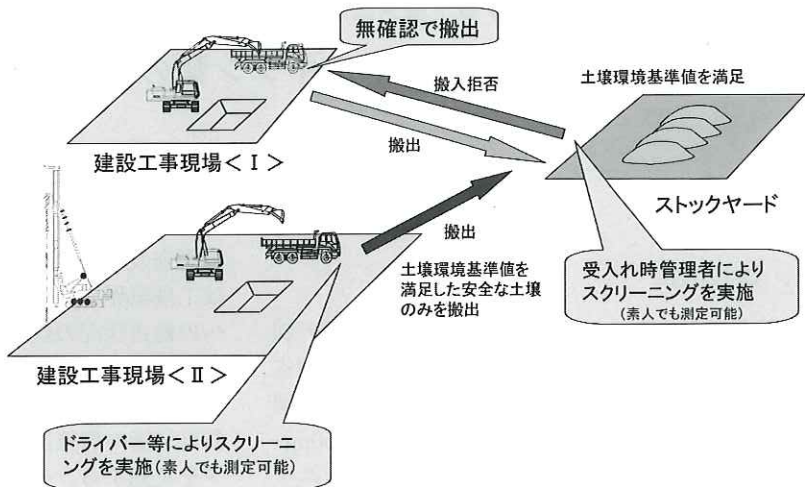


図-5 簡易分析法の開発

参考文献

- 1) 環境省、「平成14年度土壌汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果の概要」、環境省ホームページ、<http://www.env.go.jp/>, 2005.1
- 2) 土木研究所編、「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版)」、鹿島出版会, 2004.5

森 啓年*



独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ土質チーム研究員
Hirotooshi MORI

古本一司**



独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ土質チーム研究員
Kazushi FURUMOTO

小橋秀俊***



独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ土質チーム上席研究員
Hidetoshi KOHASHI