

(0021) 潜在的汚染サイトの調査方法に関する新しい国際的指針について

○保賀康史¹・中島 誠¹・角田真之¹・平田 桂¹・ISO/TC190 検討部会¹

¹ 土壌環境センター

1. 背景および目的

ISO/TC190 は、ISO（国際標準化機構、International Organization for Standardization）に設置されている現在 247 ある TC（技術委員会、Technical Committee）の一つである。

我々 ISO/TC190 検討部会は、地盤環境に関わる「ISO と JIS の整合性を図ることにより、国際規格にできるだけ日本の規格を反映させ日本の国際競争力を確保する」ことを第一の活動目的としている。そして、地盤環境の国際規格を制定する場である ISO/TC190（Soil quality（地盤環境）：日本国内の審議団体は地盤工学会）に関与し、ジャンル別の分科会（Subcommittee：SC）にも部会員が所属して活動を行っている。本報で紹介する規格は、SC 2：Sampling（サンプリング）により作成されたものである。

これまで、バッチ溶出試験やサンプリング関連規格、最近ではカラム溶出試験の ISO 規格の制定において、ISO/TC190 検討部会は直接的に関与するなど成果を挙げてきた。また、ISO/TC190 で定められた ISO 規格の内容についても、国内向けに整理をした上で積極的に公表し、紹介してきている。

今般、SC 2 で検討・審議されてきた ISO 18400 シリーズのレベル 0~2 規格のおおよそすべてが 2017 年~2018 年に成立、発行されたことから、その中の「潜在的汚染サイトの調査（ISO 18400-203:2018¹⁾）」について紹介し、今後の国内の規格等との関わりについて述べる。

2. 指針の概要

ISO 18400-203:2018 には、Investigation of potentially contaminated sites（潜在的汚染サイトの調査）として、土壌汚染の有無や土壌汚染の存在が疑われる土地の調査、汚染のおそれがある掘削土の再利用または管理の必要性についての調査、リスク評価に必要な情報の収集などについて記載されている。

2.1 規格の目的

2.1.1 一般的な目的

この文書（規格）は潜在的に汚染された場所の調査について規定しており、リスク評価や適切な措置の方法を検討する際に役立つものとなる。汚染の種類やレベルなど状況を特定し、土地の再開発などで土壌を掘削し、搬出される場合などを対象としている。

2.1.2 対象とするリスクと調査の内容

表 1 に示すようなリスクを特定し、評価することを目的とする。

表 1 特定すべきリスクと具体的な調査内容

特定すべきリスク	具体的な調査内容
<ul style="list-style-type: none">・その土地を利用する人の健康リスク・周辺の土地や地表水、地下水、生態系、公衆衛生などの環境に与える影響・その土地の調査や修復に関わる労働者に与える影響・掘削物の適正な管理・建築材料に悪影響を及ぼす可能性、など	<ul style="list-style-type: none">・土地の履歴と汚染の可能性・敷地内での汚染の性質と分布・地表や地下水からの汚染の移動性・公衆衛生や安全、環境への影響・汚染によって生じる開発上の制約・対策に要するコストなど・修復措置への判断、低減、コスト見積・汚染土壌の外部搬出についての対応、など

The New International Standards for Investigation of potentially contaminated sites

Yasushi Hoga¹, Makoto Nakashima¹, Masayuki Kakuta¹, Kei Hirata¹ and Study group on ISO/TC 190¹⁾・^{(1)GEPC}

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-5 KS ビル 3F （一社）土壌環境センター

TEL 03-5215-5955 FAX 03-5215-5954 E-mail info@gepc.or.jp

2.2 現地調査

2.2.1 現地調査の一般的方針

汚染による潜在的なリスクや経路、影響を受ける対象についての情報を得るため、汚染された土地に関するリスクを特定し、定量化し、評価するプロセスを、調査の各段階で反復して実施する必要がある。

調査の段階には、予備調査（preliminary investigation）、探索的調査（exploratory investigation）、詳細現場調査（detailed site investigation）がある。

2.2.2 予備調査の範囲

予備調査については、ガイダンスが ISO 18400-202（Preliminary investigation：予備調査）に記載されている。机上調査（地域の土壌特性、地質、地形、土壌、地表水文学、水文地質学、環境情報など）と現地調査などによってサイト概念モデルを形成する。

この予備調査から汚染の可能性を推測し、付属書 A（後掲）に示される「汚染のおそれの区分」を行うことができる。

2.2.3 探索的調査の範囲

探索的調査では、現地分析を含む、土壌や地表水、地下水、土壌ガスの採取と分析が行われる。この結果から予備的調査の仮設が正しいかを検討して、汚染区域の定性的な特定を行う。より詳細な情報が必要ならば、詳細調査へ進む。

2.2.4 詳細現地調査の範囲

詳細な現地調査では、探索的調査の結果に加えて、汚染物質の種類や、それらの移動性、環境中の分布状態や可能性を調査する。調査項目や内容は、現場の性質や調査の目的によって、量も質も異なってくる。リスク評価や是正措置の必要性および内容について、意思決定のプロセスに関与する全ての当事者に十分な情報が与えられるよう、調査は実施されなければならない。

2.3 予備調査

予備調査は、ISO 18400-202 に従って実施され、当初のサイト概念モデルの作成に用いられる。サイト概念モデルによって、予想される汚染、地質、住環境など全てについて、現在及び将来に影響を受ける受容体への経路を同定し、説明する。

2.4 侵入型調査の設計

侵入型（intrusive）調査（土壌中に侵入して試料を採取する調査）とは、「2.2 現地調査」で示した探索的調査や詳細な調査を含み、その設計は、ISO 18400-104（Strategies：計画）に関連して適用される。

2.4.1 フィールドワーク

汚染された場所での調査実施者の健康リスクについては、ISO 18400-103（Safety：安全）を参照する。

サンプリング、ボーリング、調査機による削孔、ピット試掘などでの試料採取、保存、調査実施者などについては、ISO 18400-102、ISO 18400-104、ISO 18400-105（Packaging, transport, storage and preservation of samples：サンプルの包装、輸送、保管、保存）を参照する。付属書 B（後掲）に示される非侵入型（non-intrusive）の技術（土壌中に侵入せずに地上から探査する技術）も活用される。

2.4.2 現地作業計画

現地作業計画には、次のような点が含まれる。

- ・サンプリングの位置と数、配置
- ・検体の採取方法（試掘孔、試掘ピットなど）
- ・採取する試料の種類（土壌、水、ガス、など）
- ・特別なサンプリング要件（揮発性、保存方法、など）
- ・試料容器
- ・現地分析、試験など
- ・試料の採取、保存、分析機関への運搬など
- ・調査による汚染の拡散対策
- ・調査箇所の埋め戻し方法
- ・その他

2.4.3 採取パターンと採取間隔

サンプリングの方針は、ISO 18400-104 などのガイダンスに基づいて行われる。

通常のサンプリンググリッドの格子間の距離は、探索的調査での 30 m から、詳細な現地調査では 10 m または 15 m の間で変化する。非常に不均一な汚染が想定される場合、例えば局所的なエリアでは 10 m のグリッドが必要と考えられる。以前ガス工場であった場所では、より高密度のサンプリンググリッドが必要となる可能性がある。リスク評価の結果に要求される信頼水準によっては、高密度の土壌品質データを必要とする場合（例えば、住宅開発の場合）、高密度のサンプリンググリッドが必要となる可能性がある。

予備調査に基づいて、潜在的な汚染が拡散すると予想され、ホットスポットが予想されない（例えば、点源大気汚染によって影響を受ける広いエリア）場合のように、サンプリング対象の面積が大きい場合には低密度サンプリング（すなわち、より広いサンプリンググリッド）が許容可能である。

2.5 分析・試験の方針

前の調査段階または仮説の結果に基づいて、土壌、地下水、地表水、底質、土壌ガスから採取した試料について、予想される汚染物質などについて調べる。

人の健康又は環境などに悪影響を及ぼす可能性があるために懸念される潜在的な汚染物質、及び特定の産業において使用され、そのために汚染物質として存在する可能性のある物質に関する情報について、前出の ISO 18400-202 や付属書 A（汚染仮説）を参照して整理する。

2.6 探索的調査

2.6.1 探索的調査の目的

探索的調査は、予備調査に続き、主に、敷地の汚染に関連して策定された仮説の正確性を検証するため、または、より一般的な用語で、その土地に設定されたサイト概念モデルの正確性をチェックするために実施される。探索的調査では、注意深く設計して、最小限の資源と時間内で仮説の正確さを実証する必要がある。

2.6.2 探索的調査の手順

探索的調査では以下の手順で実施する。

- ・ ISO 18400-104 に準拠した調査戦略を設計する。
- ・ 現場調査及び試料の分析を行う。
- ・ 仮説の妥当性を決定する。
- ・ 可能性のある更なる調査内容を決定する。

2.6.3 サンプリング方針

予備調査の結果と、「汚染された可能性の少ない」土地と「汚染された可能性の多い」土地について、定型化された仮説（2.8(2)、(3)参照）に基づいて、区別できる。

探索的調査におけるサンプリングの間隔と深さは、その結果が調査結果によるリスク評価に用いられるように選択されるべきである。汚染の移動および（受容体としての）ヒトや他の受容体の曝露に関連する潜在的な経路について、サンプリングの設計をする際に考慮する。

潜在的な土壌汚染の調査は、汚染が存在する可能性を把握する他の調査と併せて行われなければならない。

- ・ 地下水（ISO 5667-11 参照）
- ・ 地表水（ISO 5667-4 参照）
- ・ 土壌ガス（ISO 18400-204 参照）

2.6.4 探索的調査の報告

サンプリング終了時に、サンプリング報告書を ISO 18400-107（Recording and reporting：記録と報告）に準拠して作成する。

2.6.5 詳細な現場調査の必要性の決定

調査目的により、汚染物質の量と分布、移動性と不動性の画分、移動の可能性、ヒトなどによる汚染物質の取り込みの可能性に関するより詳細な情報を必要とする場合、詳細な現場調査を行う。

2.7 詳細調査

探索的調査が行われたサイトで、より詳細な調査を必要とする場合、以下のような情報が必要となる。

- ・ サイトに存在する汚染物質
- ・ （三次元の）汚染区域の範囲の表示
- ・ 汚染の分布（均質又は不均質）の表示
- ・ 敷地の土壌組成、地質及び土壌に関する知識

- ・地域の水文学及び水文地質学の知識

調査の設計にあたっては、土壌ガス（ISO 18400-204（Guidance on sampling of soil gas：土壌ガスのサンプリングに関する指針）参照）および地下水（ISO 5667-11 参照）の調査結果が、土壌汚染に関する詳細な現場調査の参考となる。

2.8 付属書

ISO 18400-203（潜在的汚染サイトの調査）には、付属書として A（汚染仮説）、B（非侵入型調査の方法）が示されている。下記に概要を示す。

2.8.1 付属書 A（汚染仮説）の概要

(1) A.1 一般

予備調査および予備的なサイト概念モデルの作成に続いて、汚染に関する仮説の成立について考察する。これらは、土壌サンプリングの準備を含むその後の調査段階と引き続いての設計の基礎を形成する。

(2) A.2 「おそらく汚染されていない」サイトまたはゾーンの仮説

予備調査の結果に基づき、その敷地内で事業活動が行われたことを疑う理由がなく、敷地内のそこで物質の移動の可能性を示す情報がない場合には、敷地を「おそらくそこで（有害物質が）使用されていない」敷地に分類すべきであると仮説する。

敷地が汚染されておらず、汚染の可能性がないという決定的な証拠を見出すことは非常に困難である。したがって、予備調査が完了した後、探索的現地調査を実施することがしばしば必要となる。この探索的現地調査は、下記および本文 2.6 の探索的調査に関連する項によって示されているガイドラインに従う。（「おそらく汚染されていない場所」の探索的現地調査では、通常、限られた数の試料によって比較的広い範囲の汚染物質が測定される。）

ある敷地が汚染されていないと考えることができるかどうかの判断は、次による。

- 潜在的な汚染物質のレベル
- 含まれる汚染経路（都市・工業地域における大気経路での緩いレベルの人為汚染を含む）
- 通常遭遇するこれらの成分の濃度レベル（事前に調査する範囲の広さ等を関係者間で合意しておく）
- これらの成分の目標レベルを設定

(3) A.3 「おそらく汚染されている」サイトの仮説

予備調査に基づいて、ある時点でそのサイトにおいて汚染活動が行われていると予想される十分な理由がある場合、そのサイトは「おそらく汚染されている」という仮説が立てられる。

この場合、全体的なサイト概念モデルにおいてサイト（ゾーン）の異なる部分に関する仮説は、予想される汚染物質、サイト全体にわたり予想される汚染物質の空間的分布、可能性のある移動経路、および地表や地下水に対する潜在的な影響を詳細に定義し、サイト全体として最適な調査戦略が設計されるべきである。

仮説を策定する際には、以下の要因を考慮に入れるべきである。

- 汚染物質の化学的及び物理的性質（必要ならば、いくつかの個別仮説）
- 汚染源の性質及び汚染が土壌に入った方法（拡散汚染又はスポット汚染）
- 土壌又は地下水において、汚染物質の性質に応じて、予想される移動過程（水平方向及び垂直方向の両方）に基づき、汚染物質の位置が特定されると予想される場合。
- 選択的経路の存在の可能性
- 汚染物質の物理的特性、土壌通過および水への溶解性、粘土および他の土壌成分との相互作用による変化または崩壊（生分解を含む）の可能性
- 収着と錯体形成のプロセス
- 土壌中の汚染物質と有機物との相互作用
- 汚染物質が移動したゾーンに残留物がある可能性
- 埋立地のガスおよび揮発性化合物の移動
- 土壌構造と層状化（例えば、土壌中の高度に浸透性の砂質土壌または泥炭または高度に不透性の粘土、収縮またはマクロポアからの亀裂および生物学的活性）
- 汚染が生じた期間
- 地下水面の深さ

(4) A.4 汚染の空間的分布に関する仮説

1) A.4.1 汚染の空間分布の種類

サンプリング戦略を設計する目的で、汚染の空間分布の4つの基本的なタイプを識別することができる。

- 汚染が存在しない、または汚染が均質な分布で存在するもの
- 既知の場所の点汚染源を有する不均質な分布を有する汚染によるもの
- 不明な場所の点状汚染源を有する不均一な分布を伴う汚染によるもの
- 汚染は不均一な分布で存在するが、汚染の点源は存在しないもの

2) A.4.2 不均一分布対均一分布

不均一か均一かの定義は、水平面内の個々の地層においてのみ実際に適用できる。より小さい垂直方向の分布は、ほとんど常に不均一であると記述される。汚染物質の性質、地盤の性質、および汚染が存在した時間の長さのすべてが分布のタイプに影響を及ぼす。(初期段階における汚染のプルームは、不均一な汚染であると考えられるが、プルームが拡散する時間が経過した後、主要な範囲は、均一に分布した汚染であると考えられることができる。)

2.8.2 付属書B (非侵入型調査の方法) の概要

付属書Bには、参考として、非侵入型 (non-intrusive) と呼ばれる、土壌中に侵入せずに地上から探査する技術が示されている。これらにはわが国でも用いられているものも多い。

(1) 電磁探査

迅速調査手法の一つ。時変電磁場により対地導電率に比例する二次電流を生成することで、地下水の水質変動や埋設金属の有無を推定できる。また、乱された地盤の定性的把握や地下3mまでの金属探知にも使用できるとされている。周辺の金属類の影響を受ける場合がある。

(2) 比抵抗電気探査

電極の線形アレイに沿った見かけの抵抗率を測定して画像輪郭二次元断面を作成する。飽和土壌と不飽和土壌の区別や、注入材の様子や広がりなどを推定することに用いられる。

(3) 地中レーダー (GPR)

地表下にパルス発信して反射してくるマイクロ波周波数を測定する方法。プラスチックパイプ、金属物体、地中の間隙など、地表近くの探査に用いられる。例えば、埋設タンクの検出に有用で、炭化水素の存在を検出することも可能。地表が比較的均一である必要がある。

(4) 磁気探査

一つあるいは複数のセンサーで地中の総磁界強度を測定する方法。鉄を対象にした迅速調査方法。深度や広がりをモデル化するのに専門知識を要する。

(5) 精密重力探査

地表面下の垂直及び横方向の密度変化から生じる重力値の変化を測定。人工的なノイズが電磁波及び地震波の調査を妨げる地域で行うことができる。

(6) 屈折法地震探査

鋼板上のハンマーなどによって発生させた衝撃波が地表面から放出された圧縮波(P)または剪断波(S)を測定する。異なる密度を有する岩石学的単位の厚さおよび深さの推定に使用することができる。また地下水の水深や、古い埋め戻された採石場の縁などの垂直な境界を調べるのに用いることができる可能性がある。

(7) 赤外線写真

赤外線反射エネルギーの差を検出することで、汚染された地面または埋立地のガスによってダメージを受けた植生を調べる。リモコンの航空機を用いて実施することができる。

(8) 赤外線サーモグラフィ

埋立地での発熱反応や石炭による汚染、地下暖房による地中の温度差の検出などに用いられる。ヘリコプター、リモコン飛行機、クレーンなどにより現地で、または衛星での非常に広い範囲の測量などで行うことができる。

3. ISO とわが国の地盤環境に関する基準や規格

3.1 ISO/SC2 とわが国の土壌汚染調査

ISO/SC2は1985年に設置され、地盤環境に関わるサンプリングに関するISO規格の検討を行ってきた。SC2で開発され、発行(公開)されてきたISO規格としては、2001年~2009年に発行されたISO 10381シリーズ (ISO 10381-1~10381-8) があり、2007年に発行されたISO 18512がある。これらのうち、ISO 10381-5やISO 10381-7は、開発段階での規格案の内容がわが国の土壌汚染対策法の土壌汚染状況調査の方法や、環境化学分析のため

の試料に関わる地盤工学会基準を定める際に参考にされてきている。従来の ISO 10381 シリーズは、新たな体系である ISO 18400 シリーズへの改訂作業の終了をもって撤回された。

3.2 ISO/TC190 とわが国のサンプリング等に関する規格

ISO/TC190 において、わが国の土壌汚染に関連する規格・基準・告示やガイドライン等と整合性を図るために、日本の TC190 国内委員会から積極的に意見の具申や審議での参加を行ったものとして、ISO 10381-7（土壌ガスのサンプリングに関する指針）、ISO 18512（土壌試料の長期および短期保管に関する指針）、ISO 11504（石油系炭化水素で汚染された土壌からの影響のアセスメント）、ISO 18504（サステイナブル・レメディエーション）、およびサンプリングに関する ISO 18400 シリーズ等がある。

本報で述べたように、ISO 18400-203:2018（潜在的汚染サイトの調査）では、土壌汚染の有無や土壌汚染の存在が疑われる土地の調査、汚染のおそれがある掘削土の再利用または管理の必要性についての調査、リスク評価に必要な情報の収集などが示されている。例えば、本報「2.4.3 採取パターンと採取間隔」で記したように、通常のサンプリンググリッドの節点間の距離など日本で現在規定されているものと基本的に同じである。また、以前ガス工場であった場所では、より高密度のサンプリンググリッドが必要となる可能性がある、などとされている。日本で土壌汚染対策法に基づいて行われている土壌汚染の調査・対策手法と比較しても、基本的な考え方に大きな齟齬はないと考えられる。

4. わが国の基準・規格へ取り入れるべきと考えられるところ

ISO 18400 シリーズでは、付属書 A に記されているように、土壌汚染により影響を受ける受容体（ヒト）のリスクを検討するために、汚染の媒体（media）として考えられる土壌、地下水及び土壌ガスの他、地表水や大気も汚染経路としてとらえている。また汚染原因として都市・工業地域での大気経由の緩いレベルの人為汚染も含まれるとしている。

この ISO 18400 シリーズによる調査結果から、そこに存在するリスクの重要性、およびリスクに対処するために何らかの行動をとる必要性があるかどうかについて決定を下すことができる。これらを行う際に、日本でもその土地を利用するヒトの健康リスクが大きな要因となる。

しかし、周辺の土地や地表水・地下水・生態系・公衆衛生などの環境に与える影響、調査・修復に関わる労働者に与える影響などについては、国内で規格等が整備あるいは関連付けられているとは言い難く、関係諸外国との間にギャップがあると思われる。

こうした面についても ISO/TC190 で検討される諸課題に注目して活動を継続し、日本の土壌汚染関連の規格の整備や保護を図らねばならない。

5. まとめ

ISO/TC 190 の web site で公開されている ISO/TC190 に関わる ISO 規格の公開・開発状況（2019 年 4 月 9 日現在）としては現在、179 規格が発行されている状況であり、34 規格が審議中である。

先にも述べたが、今回紹介した「潜在的汚染サイトの調査（ISO 18400-203）」など、これまで TC190 が検討・審議してきた数多くの ISO 規格が成立し、新たな検討事項が少なくなりつつある。それに伴い、2018 年より国際組織全体の再編も行われ、「潜在的汚染サイトの調査（ISO 18400-203）」に関わってきた SC2（Sampling）は SC7（Soil and Site Assessment）と統合する形で廃止され、新たな名称の SC7（Impact Assessment）で再編される等、TC190 の活動自体が一つの変化点を迎えている。

我々の ISO/TC190 検討部会も、全体の新たな動きに対応すべく、TC190 国内委員会と協議してわが国の体制も見直し、新たに活動を進めつつある。

参考文献

- 1) ISO(2019) : ISO 18400-203:2018 Soil quality - Investigation of potentially contaminated sites, 32p.