

(S4-24) 人への曝露に関する土壌の特性評価（ISO15800）に関する検討

○小河篤史¹・肴倉宏史^{1,2}・平田 桂¹・ISO/TC190 検討部会¹¹土壌環境センター・²国立環境研究所

1. 背景および目的

ISO 15800:2019¹⁾は、ISO/TC 190/SC7 Impact assessment（影響評価）によって作成され、2019年8月に発行された改訂国際規格である。本規格では、有害物質の人体への曝露影響を評価するために必要な土壌特性評価の種類と範囲に関し、基礎的な解説を提供することを目的としており、汚染土壌への曝露による人の健康への影響と、様々な曝露経路に関する背景情報が提供されている。なお、本規格は第2版であり、第1版（ISO 15800:2003）からは、曝露経路、サンプリング、分析方法等について、より詳細な解説が加えられた内容となっている。本報では規格の概要を示すとともに、我が国の土壌・地下水汚染対策における有効性について論じる。

2. 本規格の概要

人体への曝露に関する土壌およびサイトの特性評価は、通常、リスク評価の一環として実行される。ほとんどの国では、産業活動は土壌と地下水の質に悪影響を及ぼしている。同様に、土壌や地下水の質は、農業等の活動によっても悪影響を受けることがある。また、潜在的に有害な物質（Potentially Harmful Substances : PHS）の濃度上昇も自然に発生する可能性がある。人のPHSへの曝露を定量化する際には、土壌、地下水、その他の媒体（食品、大気）への物質の蓄積が考慮されるべきであり、そのリスク評価は①危険の特定、②用量反応の評価、③曝露評価、④これらに基づくリスク特性評価から構成される。このうち曝露評価は、人が物質に曝露される強度、頻度、および期間を推定するプロセスであり、⑤発生源の特定と特性評価、⑥曝露経路の特定、⑦関連する曝露シナリオを持つ関連受容体グループの同定、⑧これらに基づく曝露評価が含まれる。ISO 15800:2019では、これらのプロセスについて留意事項を解説している。なお、土中の病原体、アスベスト、放射性物質への曝露影響および数値解析モデルの設計といった内容は本規格には含まれない。

2.1 曝露経路

1) 一般事項

土壌汚染の人への曝露は、さまざまな媒体を介して発生する可能性がある。表1に人への曝露を引き起こす媒体、経路および関連する用途との関係を示す。土壌中の潜在的に有害な物質に対する直接の曝露経路としては、土壌摂取、皮膚接触、粉じん吸入、有毒ガスおよび蒸気の吸入が挙げられる。また、食物連鎖を通じた間接的な曝露としては、農作物・野草及び菌類を含む植物の消費や野生動物を含む動物および動物製品（卵、牛乳、肉）の消費が挙げられる。

表1 人に曝露しやすい特定の媒体内での使用例¹⁾

媒体		曝露経路	活動・使用例
土	表層土	土壌摂取、屋内外の粉じん吸入、屋内外の粉じん/土壌摂取、経皮接触、野菜摂取、動物性食品の摂取	農業、畜産、ガーデニング、狩猟
	地下土壌	粉じん/土壌の摂取、粉じん/エアロゾル吸入、経皮接触、野菜摂取、蒸気吸入	農業、畜産、ガーデニング
	深層土壌	粉じん/土壌の摂取、粉じん/エアロゾル吸入、蒸気吸入、経皮接触	抽出/採掘場所、使用中または土地の再開発のために維持されている建設資材および構造物
水	地表水	摂取、エアロゾル吸入、蒸気吸入、経皮接触	水道水、工業用水、農業用水、養殖、貝類養殖、釣りや遊漁、魚の消費、貝類の消費、灌水
	地下水	摂取、エアロゾル吸入、蒸気吸入、経皮接触	水道水、工業用水、井戸、農業用水、灌水
空気	屋内	蒸気吸入、粉じん摂取、粉じん/エアロゾル吸入	住宅、工業用建物、商業施設、第三次産業（オフィス、学校）
	屋外	蒸気吸入、粉じん/エアロゾル吸入、粉じん/土壌の摂取、経皮接触	ガーデニング、商業施設の屋外エリア
堆積物	浮遊粒子	摂取、粉じん/エアロゾル吸入、経皮接触	堆積物の抽出、釣り
	沈殿粒子	摂取、粉じん/エアロゾル吸入、経皮接触	堆積物の抽出、釣り

Characterization of soil with respect to human exposure (ISO 15800)

Atsushi Ogawa¹, Hirofumi Sakanakura^{1,2}, Kei Hirata¹ and Study group on ISO/TC190¹(¹Geo-Environmental Protection Center, ²National Institute for Environmental Studies)

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) 土壌摂取

子供による土壌の摂取は、粉じんの吸入、汚れた指を口に入れる、土壌そのものを口に入れることによって起こる。ここでは、不注意および偶発的な摂取と、意図的な長期持続行動（異食症）を区別する必要がある。一般に異食症の行動は特別なケースと見なされるべきであり、土壌汚染に関する問題の評価には必ずしも関連しない。大人は主に、例えばガーデニングに伴う粉じん、洗浄されていない野菜や果物に付着した土として土壌を摂取する。このように、特定のサイトを特徴付けるときは実際の利用状況を考慮する必要がある。

3) 経皮接触

皮膚と汚染された土壌との接触は、大気中の粉じんの付着および土壌で遊んだり作業したりすることによる付着によって発生する可能性がある。作業での接触は通常「職場での健康と安全」の規制の対象となるため、家庭での経皮接触と職場での接触には違いがあることに留意が必要である。経皮接触は、物質によって全身的影響（臓器の損傷）と局所的影響（発疹、過敏症、刺激、腐食）の両方を引き起こす可能性がある。したがって、この経路は、脂溶性化合物（皮膚バリアを容易に通過する物質）にとって潜在的に重要である。

4) 粉じんの吸入

曝露経路としての粉じん吸入（および消化）の重要性は、サイトでの活動（菜園や農業など）に関連しており、気候条件と植生被覆の影響も受ける。この曝露経路は、多くの場合、粉じん摂取経路と関係しており、飲み込まれる物質と吸入される物質を区別することは非常に困難である。粉じんの吸入に関する計算は、空気中の粉じんの一般的なモデルに基づくことができる。通常、物質の濃度は粒子サイズによって異なり、最小の粒子で最も高濃度となる。平均濃度の測定のみが利用可能な場合や実際の曝露が過小評価される可能性がある場合は、これを考慮に入れる必要がある。空気中の粉じんの呼吸域画分は通常 30 μm 未満であると考えられているため、曝露評価にとって重要なのはこの画分中の懸念物質の濃度である。

5) 蒸気吸入（屋外）

蒸気吸入の評価は、主に土壌および土壌ガス濃度の測定に基づくべきとされている。土壌ガス測定は、受動的または能動的なサンプリング法（ISO 18400-204）による。これが不可能な場合、汚染された土壌から地表への空気流束の計算によってシミュレーションできる。これらの計算に関連する土壌パラメータとしては、濃度、空隙率、水分含有量、かさ密度、有機炭素画分等がある。

6) 蒸気吸入（屋内）

屋内での蒸気の吸入は、床構造物内を通過する拡散および亀裂などを通過する移流輸送の推定に関連する情報を考慮して、屋外蒸気と同じ基準で評価できる。揮発性の化合物で汚染された土壌の上に現存する建物については、屋内濃度測定と共に土壌ガス測定を行う必要がある。実測定ができない場合は、モデルを使用して土壌ガス濃度から屋内濃度を推定することができる。この際のモデルは、土壌から地表への揮発性化合物の拡散および移流による輸送プロセスを統合したものとなる。モデリング値は、可能な限り土壌ガスなどの測定によって裏付けられることが望ましい。

7) 植物経由の摂取

有害物質は、根からの取り込みを介して植物に捕捉および蓄積される可能性があり、葉や果実などへの沈着によっても植物が汚染される可能性がある。人体への曝露は、消費される植物体の種類と量、また消費前の植物体の処理方法（洗浄、皮むき、調理、包装など）によって異なる。植物が蓄積する物質の量は、物質の物理化学的特性、土壌の特性、植物の種類（特定の植物の種類の種類/品種/栽培品種を含む）、および気候によって異なる。濃度は、根、茎、葉、果実など、植物の部分によって異なる傾向がある。土壌と植物（その中で成長する）の汚染との関係は、土壌の物理的および化学的特性、植物の種類、年齢、部分など、土壌と植物の関係に影響を与えるさまざまな因子からなる。また、植物の吸収による総曝露量と、地域の状況および可能性の影響を考慮することが重要となる。

8) 動物経由の摂取

動物による摂取は、主に表層土壌または飼料に付着した土壌の直接摂取によるものである。程度は低いですが、植物の取り込みと蓄積の後に飼料を摂取することから生じる。動物による物質の蓄積の程度は、土壌の特性と動物の食事の成分だけでなく、物質の特性と汚染の程度にも依存する。

2.2 土地特性評価のためのサンプリング

1) 土地の特性評価

汚染されたサイトと一般的な土壌の曝露評価は、汚染源、移動経路、危険にさらされている可能性のある潜在的な受容体など、評価対象となるサイトの特性について入手可能な情報に依存する。そのため、調査する場所とサンプリングする発生源を決定することが重要である。調査は、汚染の程度と範囲を評価するために、水

平方方向（サンプル領域）と鉛直方向（サンプル深度）の両方に対して行う必要がある。サンプリング基準は、一般的な調査およびサンプリング方法に関する ISO 18400-104 のガイダンス、および汚染された可能性のあるサイトに関する ISO 18400-203 のガイダンスに従う必要がある。

評価の初期段階では、発見される可能性のある物質と土壌中の分布パターンは、サイトの汚染源の可能性を特徴付けることによって特定できる。これは通常、サイトで行われた活動の履歴調査と呼ばれることが多い。この段階では、検討中の地域の一般的な曝露パターンの特性評価と、特定の汚染につながる可能性のあるサイトでの過去の活動の特定と特徴付けも含めることが適切である。このような予備調査は、ISO 18400-202 に従って実施する必要がある。詳細な現地調査の目的は、汚染の範囲とレベルを明確にし、サイト概念モデル（Conceptual Site Model : CSM）で特定されたハザードと受容体に関連する曝露を評価することであり、人体への曝露を評価する上で、すべての関連媒体における汚染の程度（濃度と物理的範囲）を現地調査で決定することが非常に重要である。曝露パターンを評価するには、多くの一般的なサイト特性が必要となる。判別可能なサイトの関連特性を表 2 に示す。

表 2 土地の種類説明に役立つパラメータ¹⁾

パラメータ	種類	ISO 規格
地形	地形、土地要素、位置、傾斜、微地形	ISO 25177
土地利用と植生	土地利用、人間の影響、植生、建物など	ISO 19144-2
地質	母材料の起源、有効土壌深さ	ISO 25177 ISO 14688-1 ISO 14689
表面特性	岩の露頭、粗い表面の破片、風と水の侵食、表面封止、表面の亀裂、その他の特性	ISO 25177
水文	表層水収支、降雨量、蒸発散量、地表流出量、地下水涵養、地下水面の有無と深さ、水分条件	—
気象条件	風速、主風向、温度	—
土壌の種類/地層	使用される分類体系に関する土壌の種類、診断範囲の順序と深さ、土壌の色（母岩、斑紋）、有機物、構造、粗要素、ペドフィーチャー、炭酸塩、フィールド pH、構造、破碎、不均一性、非土壌材料の存在、緊密さ、総推定空隙率、地球化学、根、ワームチャンネル、生物活性	ISO 25177 ISO 14688-1
水理地質	帯水層数、深さ、流向、流量変動	—

2) 土壌摂取

土壌中の特定の濃度で摂取される潜在的に有害な物質の量は、主に CSM で特定された活動/用途に依存する。活動や用途によって、サンプリングに最適な層や深さは異なり、例えば、子供たちが遊ぶための表土（表層の数センチメートル）や、ガーデニングのために耕される深い土壌などがある。また、木や茂みを植えたり交換したりするには穴を掘る必要があり、その際に穴の底で掘削された土の一部は表面に移動されることがある。また、ミミズや他の土壌動物相も、より深い層から地表に土壌を輸送することがある。一方、土壌の物性を考慮することも重要である。土壌の粒径は摂取に影響し、例えば、土粒子が小さい場合は、大きな粒子とは対照的に子供の指に付着するため、摂取されやすくなる。さらに、揮発性、水溶性、土壌吸着などといった有害物質の特性も表土などの土壌中の物質の分布に影響を与える。さらには、自然由来の金属と半金属の濃度も考慮する必要がある。サンプリング方法の選択は、ISO 18400-104 のガイダンスに従って行う必要がある。

3) 経皮吸収

汚染された土壌の経皮接触は、粉じんが皮膚に付着したり、土で遊んだり作業したりすることによって引き起こされる可能性がある。経皮接触に関与する粉じんは、ウェットティッシュや綿棒、または袋に粉じんを集めるための集じん機をかけるなど、いくつかの技術によって測定することができる。これらはいずれも屋内の粉じん測定に使用される。屋外の粉じんについては、曝露時間に応じて計量器や検査機を用いて測定を行う。

4) 蒸気および粉じんの吸入

蒸気の特徴付けるための土壌評価は、関連する深さおよび関連する土壌層で実施する必要がある。評価に際しては、気候要因（気象条件、湿度、温度、換気など）および結果を乱す可能性のある測定地点の近くの他の排出源（燃料タンクなど）に関して十分に考慮する必要がある。また、サンプリング、輸送、分析中の物質の損失を防ぐためには、特別な注意が必要となる（ISO 18512、ISO 15009、ISO 22155などを参照）。

地下水や土壌からの蒸気汚染の場合、数値解析によって結果が過大評価または過小評価される可能性がある。物質輸送解析の結果の品質と信頼性は、CSM の開発と数学的モデルの構築と改良に使用されたデータに依存しており、データが不十分な場合、解析結果は信頼できない。使用するデータはサイト固有であり、モデル化されるサイトとエリアを特徴付ける必要がある（ISO 21365）。

粉じんの移動は、主に土壌から一定期間植物の被覆がなくなる地域（例:庭園、耕作地、かつての採掘現場）および激しい活動のある地域（例:庭園、公園、スポーツ施設）に関連している。粉じんはもともと土壌の最上層から来ており、主に細かい粒子で構成されている。粉じんの吸入が曝露経路と見なされる場合、土壌粒子径の小さな画分（直径 30 μm 未満の画分は通常呼吸可能と見なされる）と関連する可能性がある。粉じん測定に際しては、気象条件（降雨量、風など）を考慮することが重要であり、浮遊粒子状物質の測定には、サイトでの気象モニタリングを同時に行う必要がある。

5) 植物経由の物質の摂取

庭や農業用植物の根の深さは一般的に 30 cm 未満であり、場合によっては 60 cm に達することもあるが 160 cm を超えることはほとんどないとされている。木は数メートルに達する根を持つことがあるが、温帯では最初の 40 cm から養分の大部分を摂取する。樹木の場合、根の量は枝の量と関係しており、根の向きは樹木の種類によって異なる。家庭菜園と農業（鋤入れ、掘削、耕作）は通常、最大 30 cm の深さまでの土壌に影響を与え、60 cm に達する可能性のある下層土を除いて、より深い深度に達することはめったにない。植物によって取り込まれ蓄積される物質の量は、物質の物理化学的特性、土壌の種類、植物の種類、さらには気候によって異なる。植物から人への曝露は、消費前の植物の処理方法（洗浄、皮むき、調理、包装など）にも依存する。そのため、植物のサンプリングは、植物学や、曝露の代表性確保、人間が消費するための植物の処理方法などのパラメータを考慮する必要がある。

6) 動物性製品の消費による物質の摂取

動物による潜在的に有害な物質の摂取は、主に表層または飲み水からの土壌の直接摂取によるものである。PHS を取り込み蓄積した植物、または土壌が付着した植物を含む飼料の消費も摂取による全体的な曝露を引き起こす可能性があることから、土壌サンプリングは食物連鎖の評価に関連しているべきである。例えば、卵と家禽肉の消費のための納屋の表土や動物飼料、牛乳、肉用の牧草地の表土が挙げられる。動物性食品（牛乳、卵、肉）の直接サンプリングは、数値解析に内在する不確実性を考慮して、解析よりも優先されるべきである。また、物質の物理化学的挙動も考慮に入れる必要がある。例えば、卵の生物濃縮はいくつかの物質にとって非常に重要な経路となる。

7) 人体曝露に関連した現場サンプリング

表 3 は、サンプリングのためのサイトの用途、曝露経路、サンプリング深度の関連性をまとめたものである。汚染源や曝露地点を特定する場合、サンプリング深度は ISO 18400-104、ISO 18400-203 および ISO 18400-205 のガイダンスに従って決定する必要がある。また、調査対象地は、過去に汚染された場所が再開発された跡地である可能性を認識しておく必要がある。そのため、容易にアクセスできる表層土壌が汚染土壌の上に重なっている可能性があり、水分の移動、植物の生長と腐敗、ミミズを含む穴掘り動物の活動により、汚染物質が上方へ移動する可能性があることに留意が必要となる。ISO 18400-202 に準拠した予備調査と、それに続く ISO 21365 に準拠したサイト概念モデルの作成は、このような問題を考慮する必要がある場合の識別につながる。

表 3 土地用途、曝露経路、サンプリング深度の関係¹⁾

用途	曝露経路	サンプリング深度の例
個人庭園（観賞用）	粉じんの吸入（屋外）	表土(1cm)
	土壌やほこりの摂取	表土(1cm)
	皮膚接触	表土(1cm)
個人庭園（家庭菜園）、農業用地	汚染された野菜の摂取	植物の根域（根の深さ）は野菜の種類によって異なる
	土壌やほこりの摂取	土壌の耕された深さ
	粉じん吸入	土壌の耕された深さ
	皮膚接触	土壌の耕された深さ
遊び場、公園、スポーツ施設	粉じんの吸入	表土(1cm)
	蒸気の吸入	発生源の深さ
	土壌やほこりの摂取	表土(1cm)
	皮膚接触	表土(1cm)
地表	蒸気の吸入	発生源の深さ
産業（連結・非連結地域、公園状地域、建物を含む）	粉じんの吸入	表土(1cm)
	蒸気の吸入	発生源の深さ
	土壌の摂取	表土(1cm)（土壌の利用可能性による）
農業	食品消費	野菜の種類によって異なる植物の根域（根の深さ）
養鶏	食物消費量（卵）	表土(1cm)

注) 耕作深さは通常約 30 cm だが、栽培されている作物によって異なる。

2.3 発生源としての土壌の特性評価

土壌は、固体のマトリックス中に液体と気体が存在する三相の混合物である。土壌の特性は、土壌の元となる岩石や地質学的堆積物、土壌に生息する生物、気候学的要因などのパラメータに依存する。土壌は、時間の経過とともに元の物質を変化させる。この変化により、物理的・化学的特性の異なる多種多様な土壌が形成される。1つの土質タイプであっても、短い距離内で大きな違いが生じることもある。人為起源物質が存在する場所では、土壌に灰、クリンカー、レンガ、瓦礫などが含まれている可能性がある。

土壌中に存在する物質は、吸着および結合メカニズムによって土壌に結合し、吸入や摂取など生物による取り込みおよび/または代謝に関して、影響を及ぼす可能性がある。物質の結合は、土壌の変質や結合メカニズムの変化によって、時間とともに変化する可能性がある。そのため、土壌に含まれる物質に対する人への曝露を定量化するためには、土壌中の各物質の総含有量に関する情報だけでは不十分な場合がある。また、複数の物質が混在する可能性もある。物質が土壌中を移動する際には、減衰、濃縮、固定化、放出、分解等、多くの物理的、化学的および生物学的プロセスの影響を受ける。これらは物質濃度と曝露経路の両方に影響を与えるため、これらのプロセスを支配するパラメータに関する情報は曝露評価にとって重要となる。土壌中の物質の動態と輸送に關与する潜在的なプロセスは、土壌の種類と物質の種類によって異なり、その主要なものは表4および表5のように整理できる。

表4 様々な曝露経路に関する土壌の物理パラメータ¹⁾

土壌パラメータ	土壌摂取	経皮接触	粉じんの吸入	蒸気の吸入(屋外)	蒸気の吸入(屋内)	植物経由の摂取	動物経由の摂取
粒子密度	○	○	○	○	○	○	○
粒径分布	○	○	○	○	○	○	○
砂の含有量				○	○	○	○
粘土含有量				○	○	○	○
シルト含有量				○	○	○	○
透気性				○	○		
かさ密度				○	○	○	○
不飽和帯の深さ				○	○		
乾物含量		○	○	○	○	○	○
有機物含有量	○	○		○	○	○	○
間隙率		○		○	○		
温度				○	○		
含水比		○	○	○	○	○	○

表5 様々な曝露経路に関する土壌の化学パラメータ¹⁾

土壌パラメータ	土壌摂取	経皮接触	粉じんの吸入	蒸気の吸入(屋外)	蒸気の吸入(屋内)	植物経由の摂取	動物経由の摂取
炭酸塩含有量	○					○	○
陽イオン交換容量						○	○
交換可能酸性度						○	○
有機炭素画分		○		○	○	○	○
pH						○	○
酸化還元電位						○	○
分配係数				○	○	○	○
土壌中の酸素						○	○

2.4 分析手法

1) 汚染の特性評価

ISO 18400で規定されている手順は、様々なマトリックス(土壌、ガス、水)中の物質の特性評価方法を定義するために開発されたものである。実験室での分析に先立ち、試料は、採用する分析方法に適合した前処理(サブサンプリング、物質の種類に応じた適切な乾燥など)を行うべきである。これらは通常、ISO 11464およびISO 14507に記載されている試験室での試料の前処理に関するガイダンスに従うべきである。抽出または分析法によっては、試料の前処理に関する独自の要求事項が含まれている場合もある。

2) 金属および半金属

金属および半金属は、汚染物質である場合もあれば自然に存在する場合もあり、どちらの状況でもリスクは物質の濃度と本質的な危険性に依存する。摂取あるいは吸入等の直接摂取や植物の取り込みまたは浸出の可能性を評価するには、強酸、弱い抽出剤、または水への溶解度など、問題となる物質の化学的特性を区別する必

要がある。総濃度とは、ケイ酸塩鉱物に含まれる元素を含め、すべての化学形態で存在する元素の合計である。これらの「真の」全濃度を測定するには、蛍光 X 線分析などの技法や、フッ酸と過塩素酸の混酸のような強力な酸の組み合わせを使用する必要がある。このような混酸の使用には多くの実用上の問題があり、環境アセスメントの多くの目的には擬似総濃度で十分である。

錯化剤、塩溶液のような弱い抽出剤、または水で抽出可能な濃度は、物質の間隙水濃度に関連する植物の取り込みや曝露経路など、さまざまな種類の生物学的利用能の評価に関連する可能性がある。水抽出可能濃度に関しては、溶解度が制限される化合物（石膏など）が存在する場合、見かけの溶解量は試験で採用した土壌/水の比率に依存することを認識することが重要である。土壌浸出および抽出試験に関する詳細な議論は、ISO 15175 に記載されている。

3) バイオアベイラビリティとバイオアクセシビリティ

健康リスク評価では、100%に等しいバイオアベイラビリティ（摂取した量のうちどれだけが体を循環するか）の値がよく使用される。つまり、摂取されたすべての物質が身体に吸収され、血流に到達すると想定される。しかし、これが真実であることはめったになく、実際には、物質の一部のみが消化管膜を通過して吸収され、他の一部は消化中に直接排出される。特定の元素（ヒ素、カドミウム、鉛）については、バイオアベイラビリティが、例えば ISO 17924 の方法で測定されるバイオアクセシビリティ（腸管吸収が可能な量）と関連することが示されている。

4) 有機汚染物質

有機物質の範囲は非常に広く、潜在的に関連する有機物質のいくつかは、様々な種類の産業活動に関連する汚染物質のリストを提案する文書（ISO 18400-202:2018、附属書 A）に記載されている。有機化学分析では、存在する可能性のあるあらゆる物質を探すことに重点を置くことが多い。例えば、何が存在するかを判定する方法（定性分析）と、特定の化合物または化合物のクラスがどれだけ存在するかを判定する方法（定量分析）である。特に有機化学種の複雑な混合物が存在する場合、「不純物」または予期せぬ物質を検出するには、ガスクロマトグラフィ/質量分析などのスクリーニング法が必要である。また、フェノール類、PAHs、全石油系炭化水素（TPH）、塩素化炭化水素などの化合物クラスの総濃度を測定することを目的とした分析法を採用することが通例である。

石油系炭化水素の場合、リスクアセスメントは通常、存在する化合物の炭素原子の数に基づいて、芳香族および脂肪族の画分を検討する。どのような画分や個々の化合物を測定するかを決定する際には、ISO 11504 のガイダンスに従うべきである。

揮発性有機化合物（ベンゼン、塩素系溶剤など）を評価するための土壌のサンプリングと分析では、代表的な結果を得るための分析上の困難が特に生じる。ISO 18400 シリーズは、サンプリング、輸送、試料調製などの理想的な条件下でも、かなりの損失が発生する可能性があることを示唆している。原位置での測定や、実験室での分析に適した揮発性物質の試料を得るために、様々な技法が用いられており、例えば、吸着管、パーカッションウィンドウサンプリング、ウィンドウレスドリルリグや土壌コアラー（ISO 18400-204 参照）などがある。

3. 我が国における本規格の適用性について

本規格ではリスク評価および曝露評価に関する概説がなされており、地盤環境分野の研究者や実務者にとっては興味深い内容となっている。当該分野の基礎を学ぶ入門書的な位置づけとして、曝露経路、リスク評価、サンプリング方法等の考え方を知ることができる。わが国の土壌汚染対策法では、曝露経路として地下水摂取と土壌の直接摂取の2つに着目していることに対し、本規格ではより広範囲の曝露経路に対する包括的な考え方が示されている。したがって、土壌・地下水汚染に対してある程度の知見を有する方にとっても、日本の法律や公定法、あるいは土壌環境センターの技術標準3「土壌・地下水汚染のサイトリスク評価手法 指針」²⁾で示された考え方との相違を知り、それらが設定された背景を比較することで知識を深化させるといった利用が期待できる。このように、本規格は我が国の地盤環境分野、特に土壌・地下水汚染対策に携わる研究者や技術者にとって有益な情報をもたらすと言える。

参考文献

- 1) ISO (2019) : ISO 15800:2019 Soil quality -Characterization of soil with respect to human exposure,36p.
- 2) 土壌環境センター(2022) : 土壌・地下水汚染のサイトリスク評価手法 指針