

（S3-04）地下水保護に関する汚染土壌の特性付け（ISO 15175）についての検討

○中島 誠¹・平田 桂¹・小河篤史¹・山田優子¹・ISO/TC 190 検討部会¹

¹土壌環境センター

1. 背景および目的

ISO/TC 190（地盤環境）では、地下水保護に関する汚染土壌の特性付けについてのガイダンスとして、ISO 15175:2018¹⁾（以下、本規格）が規格化されている。本規格は、2004年に発行された第1版（ISO 15175:2004）を技術的に改訂した第2版（ISO 15175:2018）である。

本規格は、汚染土壌の地下水汚染源としての役割と汚染物質の保持、放出および変換における機能に関して、サイト、土壌および地盤材料の評価の背景にある原則と主な方法に関するガイダンスを提供しており、関連するモニタリング戦略、サンプリング方法、土壌プロセスおよび分析方法を特定およびリスト化する汚染地管理に焦点を当てている。本規格は本編およびA、B二つの附属書（参考）で構成されている。土壌汚染対策に取り組むうえで、汚染土壌が地下水にどのような影響をもたらし、どのようなリスクが存在するのかを正しく評価することは重要である。本規格では、リスク評価で世界的に広く取り入れられている階層アプローチを取り入れた評価プロセスと、汚染土壌の特性化に必要となるパラメーターの種類とそれらの取得に適用可能な国際規格（ISO規格）の番号が示されている。本規格の内容は、我が国の土壌・地下水汚染対策に取り組むうえでも参考になると考えられる。

本稿では、本規格の概要を示すとともに、我が国の土壌・地下水汚染対策に対する本規格で示されている内容の適用性について検討する。

2. 本規格の概要

2.1 一般

地下水への直接的および間接的な影響の評価では、一般的事項、関連する土壌プロセス、影響評価手順、感度と不確実性の解析、データの取扱いと品質について解説している。

土壌は、その貯水機能とろ過機能が水収支と地下水質に永続的な影響を与えるため、水循環の中で非常に重要であり、土壌のもつ機械的フィルター機能（浮遊スラッジと汚染粒子の保持）、化学的フィルター機能（物質の収着と流動）、変換機構（物質の分離または変換）の三つの機能に特に注意が必要である。土壌は固相、液相および気相の三つの相からなる多孔質媒体として理解されており、これらの相の比率とそれぞれの組成は時間と空間によって大きく異なる。液相には非水溶性液体が水とは別の相として存在することもある。

地下水質に影響を与える汚染を評価するためには、土壌中における潜在的に有害な化合物の支配プロセスと反応を広く理解する必要がある。汚染物質は化学物質と土壌の特性に応じて土壌の三相のすべてに移動するため、土壌汚染による地下水へのリスクを評価するための戦略では、汚染物質を考慮し、主に、上記の三つの機能および変換機構を支配する土壌特性を考慮に入れる必要がある。

地下水汚染に対して適切なリスク評価戦略を設計する際には、土壌中の汚染物質の挙動を支配する化学物質と土壌の特性を考慮することに加えて、汚染物質が土壌に侵入する様々な方法も評価する必要がある。

土壌と地下水の汚染は様々な空間スケールの様々な汚染源により引き起こされる可能性がある。汚染のほとんどの点源は敷地外への地下水汚染の拡散源とみなすことができる。汚染源と汚染物質の関数として、様々な汚染シナリオが地下水への影響について様々な調査戦略を要求し、地下水への影響の評価は帯水層システム（不圧または被圧）と間隙タイプ（多孔質媒体、亀裂性媒体またはカルスト環境）により異なる。現時点では、水資源の保護に関連した汚染土壌や汚染サイトの調査および評価に関する統一された原則は存在していない。

調査戦略は単純なものから複雑なものまで様々である。単純または定性的なアプローチは、主に化学物質が土壌から地下水へ溶出する潜在的リスクなどの評価を指し、実際の土壌汚染のレベルは考慮されない。この種のアプローチは、地下水資源を汚染から保護する能力に関してより広い範囲を分類するためや、実汚染サイト

Study on characterization of contaminated soil related to groundwater protection (ISO 15175)

Makoto Nakashima¹, Kei Hirata¹, Atsushi Ogawa¹, Yuko Yamada¹ and Study group on ISO/TC 190¹ (¹GEPC)

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

の評価における導入ステップなどとして使用できる。

特定の土壤汚染に起因した地下水における敷地内での影響を評価するためには、室内・野外測定を含むサイト固有の調査手順に基づく定量的アプローチを用いる必要がある。室内測定には物理的、化学的および生物学的分析ならびに溶出試験が含まれる。この種の評価では、物質の自然的バックグラウンド濃度や、地下水への影響に作用するその他の自然条件も考慮に入れる必要がある。地下水への影響の評価では、実際の影響が調査実施時点では測定できなくても将来発生する可能性があるという時間的な側面が含まれることがよくある。

地下水への影響の評価は、例えば、地下水汚染を防止するための土壤機能の保全、土壤・地下水の監視、リスク評価、是正措置の管理など、調査の目的によって異なる。地下水への影響が地表水への影響（本規格の対象外）につながり、全体的な影響の評価に関連してくる可能性もある。

2.2 地下水への直接的および間接的な入力の評価

2.2.1 一般

土壤から地下水への経路を評価するための前提条件に、土壤に関連する物理的、化学的および生物学的特性、ならびにサイトの水文学的特性の決定がある。これらの決定には、汚染の種類と程度および汚染源の範囲に関して汚染源を評価するためのデータ収集が必要であり、汚染源による土壤と地下水への影響に作用する要因（例えば、形状、水理条件、自然の化学的および生物学的プロセス）の説明も必要である。関連するプロセスは図1に模式的に示され、パラメーターの説明は表1に示される。

関連する土壤成分を記述するために必要な情報の種類には、

土壤学（土壤単位）、母材の岩石学、水文地質学（例：透水係数）、物理化学的条件（例：pH）、生物学的条件（例：基質の有効性）が含まれる。影響評価の調査範囲は、汚染の起源（拡散源と点源）、汚染物質の種類と特性（例：溶解度、持続性）、帯水層の種類（例：固結、未固結、堆積/変成/火成、亀裂、カルスト、二重空隙など）および特性（例：均一/不均一、等方性/異方性、層理、接合、封じ込め、分散性、速度など）、

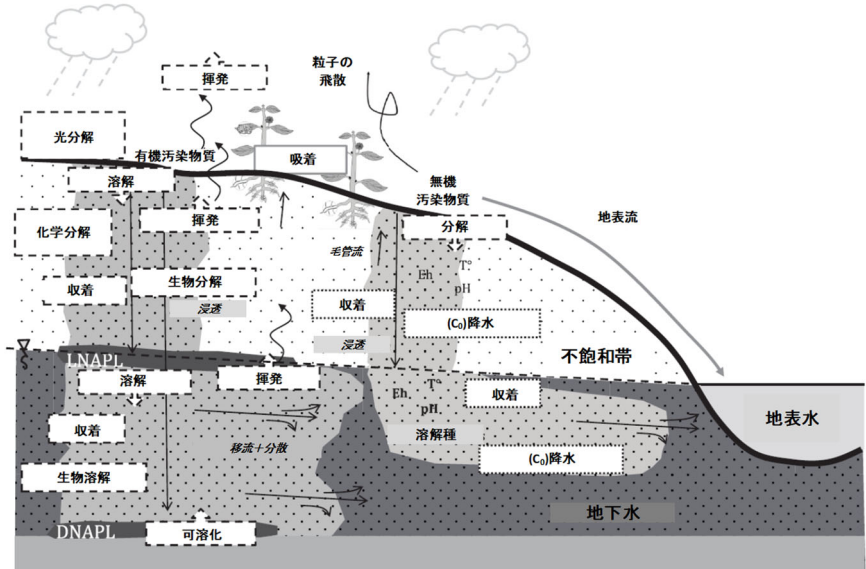


図1 地下水汚染への汚染の影響に作用する評価手順・プロセスの対象となる土壤区分の概念図 (ISO¹⁾を翻訳)

表1 土壤の異なるプロセスに関係する土壤およびパラメーターの例 (ISO¹⁾を一部修正)

プロセス	土壤パラメーターの例	汚染物質パラメーターの例	
汚染物質の質量輸送	透水係数、飽和度、間隙率、間隙径分布、土壤保水関数、比透磁率、残留飽和率、湿潤性、表面張力、毛管圧、屈曲度	溶解度、揮発性、密度、粘度 吸着/取着	
水中での汚染物質の輸送	移流	圧力勾配、透水係数、間隙率	
	分散/拡散	分散性、間隙水速度	分散係数
	密度輸送	間隙水速度、土層化 粘度 分散、密度変化	液体密度
選択流	間隙径分布、亀裂サイズ、マクロ間隙径、接続性 分散、密度変化	粘度、密度、拡散係数	
揮発	含水量、温度、化学相含有量	蒸気圧、ヘンリー定数	
気相輸送	含水量、屈曲度、圧力差	分散係数	
有機物の溶解	透水係数、屈曲度、含水量	溶解度、化学相の組成	
無機物の溶解	透水係数、屈曲度、含水量	溶解度積	
沈殿	pH、酸化還元、その他の成分、含水量	溶解度積、錯体形成定数	
錯体形成	pH、配位子濃度、溶存有機化合物、DOC	複合体の安定定数	
イオン交換	陽イオン交換容量、イオン強度、その他の陽イオン、pH	原子価、水和度	
有機物の取着	pH、有機物含有量、粘土含有量および鉱物、比表面積	オクタノール/水分分配係数、 取着係数	
無機物の取着	pH、有機物含有量、粘土含有量および鉱物、比表面積、非結晶（短距離秩序）酸化物および酸化物ゲル	融着係数	
分解	非生物学的	酸化還元、pH、温度	主要な気質の存在、分解、 微生物への毒性
	生物学的	微生物、酸化還元、基質、温度、含水量	

帯水層の利用(例:飲料水供給、工業用水供給) および帯水層と地表水(例:湖、河川など)の関係など、多くの要因により異なる。

2.2.2 関連する土壌プロセス

不飽和帯での汚染物質の輸送プロセスは、浸透水の輸送だけでなく、多くの場合、生物学的、物理的および化学的プロセスに支配されている。特定の状況において重要とみなされるプロセスは汚染物質の種類と実際の土壌条件による。汚染物質の輸送に関する土壌と汚染物質のパラメーターの概要は表1に示すとおりである。

2.2.3 影響評価の手順

汚染源と土壌の説明を完了するためには、地下水への影響を左右するサイトや媒体(土壌、地下水、土壌ガス)固有のパラメーターの評価戦略、サンプリング戦略、分析・試験戦略の策定が必要である。現地調査や室内測定・試験に必要な費用と時間に関する情報の必要性の最適化には、階層アプローチ(図2)による評価が必要である。汚染サイトの調査は、通常、汚染が予想される場所においてのみ行われ、ISO 18400-203²⁾に示されているガイドランスが使用できる。

階層1では、既知または疑わしい汚染のホットスポットや予想される汚染物質に関する情報を収集するなど、事前調査(机上調査、現地視察)が必要である。階層1の評価により潜在的な汚染源-経路-受容体のつながりの存在が特定される。これが決定的でないか判明した場合は、対象を絞った探索的調査(階層2)によるホットスポットの特定が必要になる可能性がある。階層2における土壌から地下水への曝露経路の評価には、地下水に入る浸透水中の汚染物質濃度の評価が必要である。詳細調査の枠組みの中で、さらに、移動可能な汚染物質の量、潜在的に移動可能な画分およびその他のパラメーターの考慮が必要になる場合がある。土壌汚染に起因する地下水汚染リスクの評価は様々な複雑さのレベルで実施することが可能であり、利用可能なデータが多いほどリスク評価モデルで考慮できるプロセスが増加する。

階層1では、既知または疑わしい汚染のホットスポットや予想される汚染物質に関する情報を収集するなど、事前調査(机上調査、現地視察)が必要である。階層1の評価により潜在的な汚染源-経路-受容体のつながりの存在が特定される。これが決定的でないか判明した場合は、対象を絞った探索的調査(階層2)によるホットスポットの特定が必要になる可能性がある。階層2における土壌から地下水への曝露経路の評価には、地下水に入る浸透水中の汚染物質濃度の評価が必要である。詳細調査の枠組みの中で、さらに、移動可能な汚染物質の量、潜在的に移動可能な画分およびその他のパラメーターの考慮が必要になる場合がある。土壌汚染に起因する地下水汚染リスクの評価は様々な複雑さのレベルで実施することが可能であり、利用可能なデータが多いほどリスク評価モデルで考慮できるプロセスが増加する。

2.2.4 感度と不確実性の解析、データの取扱いと品質

シミュレーションの結果と予測設定への影響を判断するため、各パラメーターについて感度と不確実性の解析の実行が必要である。この解析により、試験された各パラメーターの全体的な不確実性への寄与を理解することが可能である。モデルは予測シミュレーションの結果と現場での測定結果の比較により繰り返し検証される。地下水への影響を判断する前に、使用する土壌、土壌ガス、地下水に関するデータの種類、量、分析/試験の品質において十分であるかを評価する必要がある。地盤環境のサンプリング戦略に関するガイドランスはISO 18400-104³⁾に、土壌ガスについてはISO 18400-204⁴⁾に、地下水についてはISO 5667-11⁵⁾に例えば記載されている。

2.3 階層1-簡易な評価

2.3.1 一般

階層1は、初期の影響評価の実施を目的とした机上調査と現地視察に基づき、例えば、ISO 18400-202⁶⁾で定義されている予備調査を含む。この階層には一般的な知識に基づいた土壌形状、土壌単位および水文地質条件の描写が含まれ、現地の条件に関する幾つかの現地データが補足されることもある。特定の水理パラメーターは関連する文献からも推定できる。汚染物質やその他の対象物質(溶出する可能性のある自然由来物質)の存在と可能性のある濃度は、サイトの履歴、土壌や水の分析や土壌ガス測定値に基づき推定される。関連する輸送・分解プロセスは文献から取得した土壌条件や汚染物質に関連するデータから概算される。

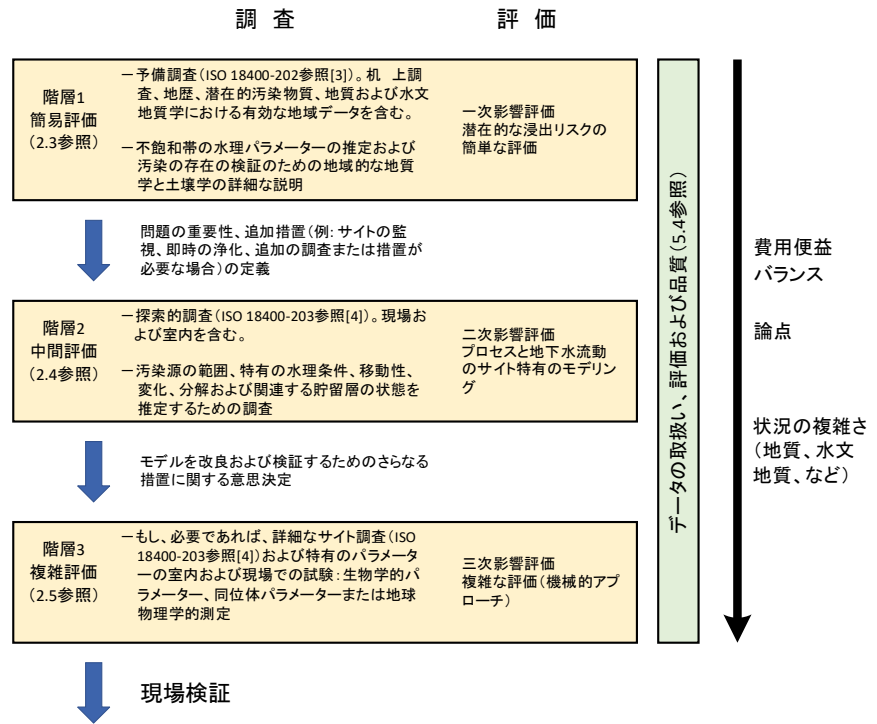


図2 影響評価のための推進的なアプローチ (ISO¹⁾ を翻訳)

2.3.2 サイトと土壌の説明

汚染された土壌が地下水に及ぼす潜在的な影響の評価には、調査中のサイトに関する一般的な情報が必要である。サイトの記述に最も関連するパラメータを表2に示す。例えば、ISO 18400-202⁶⁾の適用が可能であり、この情報の収集規模と必要な詳細度は主として予想される汚染の性質と分布に依存する調査目的と密接に関係している (ISO 18400-203²⁾参照)。

2.3.3 潜在的な溶出リスクの簡単な評価

単純なモデルの適用は、サイト管理目的 (例えば、飲料水保護区の定義、地球規模および大規模の環境影響調査) や無機および有機汚染物質による地下水への土壌の潜在的および実際の汚染の評価の場合に特に推奨される。単純な評価は簡単に入手できる非常に限られた数の入力データしか必要としないが、評価結果は相対的なものに限られる。単純な評価方法は、例えば、低、中、高の溶出リスクの観点から相対的な評価を目的としている。定性的リスク評価の結果は、実際の土壌汚染の状況が考慮されていないため、潜在的な溶出リスクとして表される。土壌および汚染物質の物理的、化学的および生物学的な特性は、一般に、入力データとして必要である。土壌特性に関する情報は土壌図やデジタル土壌情報システムから入手可能であり、単純な輸送規則や輸送関数を適用し導き出すことも可能である。気候、水文、土地利用に関する情報もデジタル情報システムや紙の地図で提供されることがよくある。単純な評価モデルの適用は中程度に汚染された土壌に限定されるが、土壌汚染の疑いが強い場合には主に局所的規模で複雑な評価が行われる。

2.4 階層2—中間評価

2.4.1 一般

階層2は、通常、汚染源の範囲、および異なる相 (土壌ガス、土粒子内または土粒子に結合、土壌水へ溶解) の間の土壌マトリックス内における汚染物質の分布推定のためのサンプリングと分析・試験を含む。溶出・抽出試験は、土壌、水および地球化学的状態の間での汚染物質の分布を評価し、潜在的な環境への影響と必要な修復措置を評価するために適用可能である。潜在的および進行中の土壌・地下水汚染の季節的傾向を評価するには、気候特性の季節的パターンを知る必要があり、灌漑の種類と量などの管理方法も考慮する必要がある。プロセスと地下水の流れのサイト固有のコンピューターモデリングもこの階層の一部として導入できる。

2.4.2 サンプリング

調査開始前に、調査の目的を定義し、それらの目的と一致するサンプリング戦略を作成することが重要であり (ISO 18400-104³⁾、ISO 18400-203²⁾参照)、関連する国際規格および調査結果の評価に用いられる地盤環境関連の国家基準・規格に付属するガイダンスを参照する必要がある。考慮される各情報源に ISO 規格が適用される場合があり、それ以外の場合は適切な国の規格または同等の規則を使用する必要がある。

2.4.3 土壌、水および土壌ガスの特性評価

汚染サイトの説明と評価には、土壌、土壌ガスおよび水の特性に関する情報が必要である。本規格では、これらの媒体の物理的、化学的および生物学的な特性の評価に必要な関連パラメータのリストが附属書 A (参考) に示されている。定性的または単純な評価アプローチでは、一般的なサイトおよび土壌の説明 (表2) に加えて、選択された物理パラメータ (表3) や化学パラメータが入力データとして必要である。化学パラメータについても基本特性、栄養汚染物質、無機汚染物質および有機汚染物質の四つに分けて同様の表に整理されているが、本稿では省略する。より複雑な評価方法では、特に、土壌と水中の潜在的な汚染物質の実際の濃度に関して、拡張された具体的なデータの入力が必要になる。

2.4.4 影響評価

結果として生じる地下水への溶出リスクに関する土壌中の無機物質または有機物質の挙動の予測モデリングを用いて、その複雑さや地下水資源への潜在的に深刻な影響のために特に重要であると考えられるサイトへの影響を評価できる。

表2 サイトと土壌の説明のためのパラメータの例 (ISO¹⁾を翻訳)

パラメータ		適用可能な国際規格
地形 (topography) と地形 (landform)	topography, landform、土地要素、位置、勾配、微地形	ISO 25177 ISO 18400-202
土地利用と植生	土地利用、人の影響、有効土壌深さ	
地質と岩質	母材の種類、有効土壌深さ	
地表の特性	土壌露頭表面の粗い破片、侵食現象、表面遮水、表面亀裂、その他の特性	
土壌-水の関係	地表水収支、降雨量、蒸発散量、地下水涵養、地下水面の存在と深さ、サイトの排水、水分条件	
土壌タイプ/土壌プロフィールの説明	使用される分類システムに関する土壌単位 診断範囲の順序と深さ、境界の種類 土壌の色 (マトリックス、まだら) 有機物	
	構造、粗粒要素、非土壌物質の存在、炭酸塩、現場 pH、電気伝導率 構造、隙間、破碎、不均一性、密度と整合性 全推定空隙率 根、蠕 (ぜん) 虫のチャネル、生物活動	

モデルの選択は、状況、概念モデル(サイトの地質と水文環境)、汚染物質の挙動、情報の質と入手可能性、および輸送モデルの限界(範囲)により異なる。モデルの複雑さを研究分野の特性に合わせて調整する必要があることに注意が必要である。モデルの目的と利点を使用前に明確に定義する必要がある。

浸透水中の物質の濃度推定には、地下水の調査に基づく土壌水中の濃度の推定、土壌水の直接調査の

いずれかのアプローチを使用できる。土壌調査に基づく土壌水中濃度の推定では、土壌水の濃度を直接測定する際に生じる問題の回避のため、汚染された土壌マトリックスの調査(バッチ法など)の実施が可能である。これには自然の土壌固液比を確認するためにできるだけ正確な方法が必要である。本規格で示されている無機汚染物質の測定方法では、重金属およびその他の微量元素の移動性/可動性含有量(錯化/弱抽出剤/水溶性)が説明されており、錯化剤の存在下でより大きな液固比が得られる。これに基づいて決定された濃度(溶出試験など)は土壌浸透液中の微量物質の実際の含有量を過大評価する傾向にある。上記のバッチ法に加え、カラム試験を用いて土壌溶液を取得することも可能であり、特に有機汚染物質に適用できる。溶出試験が用いられる場合、適切な試験の選択と正当化を促進するための論理的なプロセスとして、ISO 18772⁷⁾に従う。

2.5 階層3—複雑な評価

階層2の後にも評価を改善する必要がある場合は、追加の階層を実施できる。次の階層3の内容は、階層2と同じ要素の幾つかで構成されるが、例えば、より多くのサンプルを採取して土壌の不均一性の影響を判断することにより利用可能な情報の精度が向上する。追加の収着、分解および溶出試験は、サイトの進化(pH、酸化還元電位などの変化)を考慮した条件で室内にて実施される。固相を含む汚染物質の形態は、室内の方法(例えば、X線回折(XRD)、エネルギー分散型X線分析装置付走査電子顕微鏡(SEM/EDX)、拡張X線吸収微細構造(EXAFS))で評価することも可能である。

生物学的パラメーター(表4)、同位体パラメーター(表5)または地球物理学的パラメーターなどの他のツールの使用は定量的評価の改善に役立つ。

生物学的パラメーターは、土壌中の有機化合物の分解性、浸透する土壌水または地下水における有機化合物の(生態)毒性学的潜在性に影響を与えるため、特に重要である。同位体ツールは、水文地質学的特性、特に流動ラインの決定、涵養域の定義、水の推定移動時間または滞留時間、1つまたは

表3 物理パラメーター(参考)(ISO¹⁾を一部修正)

パラメーター	方法			土壌 ^a	水 ^a	土壌ガス ^a	適用可能な国際規格 ^b
	階層1	階層2	階層3				
構造	ふるい分け、沈降			○			ISO 11277(s)
粗粒材料	ふるい分け			○			ISO 25177(s)
非土壌材料の存在	ふるい分け 目視検査			○			ISO 25177(s)
透水係数(不飽和/飽和)	文献(PTFs ^c 、データベース)	室内および現場での方法(例:ゲルフト定水頭透水計、ダルシー試験、風の蒸発)		○			ISO 11275 ISO 17313 ISO 22282-4(s)
温度	温度センサー			○	○	○	
保水特性	文献(PTFs ^c 、データベース)	吸引または張力による段階抽出		○			ISO 11274(s)
土壌水分量(原位置外)	重量法 中性子深度プローブ、TDR(時間領域反射)			○			ISO 16586(s) ISO 11465(s) ISO 10573(s)
間隙径分布	土壌保水曲線から推定			○			ISO 25177(s)
圃場含水量	土壌保水曲線から推定			○			ISO 11274(s)
体積密度	乱されていない土壌試料の直接測定、土壌保水曲線から推定			○			ISO 11272(s)
浸透率	文献(サイトと土壌の説明のためのパラメーター)	定水浸透計		○			ISO 22282-5
大気圧						○	

a “○”は、情報または特徴が関連している可能性があることを示す。ただし、意思決定は常にケース特有の基準で行う必要がある。

b もし可能であれば、(s):土壌のため、(w):水のため、(g):ガスのため、の標準的な方法。

c PTFs:ペドトランスファー関数。

表4 生物学的パラメーター(参考)(ISO¹⁾を一部修正)

一般的な特性	特殊な測定/例	土壌 ^a	水 ^a	適用可能な国際規格 ^b
微生物活動	有機化学物質の鉱化作用	○		ISO 14239(s)
	好気条件下での生物分解	○		ISO 112666(s)
	嫌気条件下での生物分解	○		ISO 15473(s)
	窒素鉱化作用	○		ISO 14238(s)
生体毒性	発光抑制		○ ○ ○	ISO 11348-1(w) ISO 11348-2(w) ISO 11348-3(w)
	バイオマス阻害(藻類試験)		○	ISO 15799(w)
	植物生育阻害(成長初期段階における生体毒性効果)		○	
	急性不動化(ミジンコの移動抑制)		○	ISO 6341(w) ISO 15799(w)
生物学的病原体		○	○	

a “○”は、情報または特徴が関連している可能性があることを示す。ただし、意思決定は常にケース特有の基準で行う必要がある。

b もし可能であれば、(s):土壌のため、(w):水のため、の標準的な方法。

複数の帯水層の存在とこれらのシステム間の接続の可能性、地表水の影響に関する情報を提供する。個々の有機化合物の同位体分析（化合物特有同位体分析：CSIA）は、原位置プロセスに関する追加情報取得のため、迅速かつ具体的な手段を提供する。地球物理学的手法は、汚染されたサイトや土壌の調査の様々な段階で、地質および水文地質モデルの改善、潜在的な発生源とプルームを特定するためのサイトの環境診断、プルームの監視のために使用できる。地球物理学的手法は包括的で非破壊的であり、時間的に連続することができる。

表5 同位体パラメーター（ISO¹⁾を一部修正）

	提供される情報	使用される同位体ツール
帯水層の特徴	間隙率、分散性、透過率、保管、居住時間、脆弱性	²²² Rn、人工トレーサー ² H、 ¹⁸ O、 ³ H、 ³ H- ³ He、CFCs、 ¹⁴ C
	面積と涵養率	² H、 ¹⁸ O、 ³ H、 ³ H- ³ He、CFCs、 ¹⁴ C、人工トレーサー
定量的パラメーター	流動	³ H、 ³ H- ³ He、 ⁸⁵ Kr、CFCs、 ¹⁴ C、人工トレーサー
	地表水と地下水の相互作用	² H、 ¹⁸ O、 ³ H、 ²²² Rn、 ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr、人工トレーサー
	帯水層間の相互作用	² H、 ¹⁸ O、 ³ H、 ¹⁴ C、 ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr、人工トレーサー
地下水質	汚染物質の起源と汚染源	B、C、N、S、Clの同位体
	汚染物質の輸送	³ H、 ³ H- ³ He、CFCs、 ¹⁴ C、U/Th
	化学的および生物学的プロセス	B、C、N、Sの同位体

3. 我が国における本規格の適用性について

本規格の大きな特徴は、汚染土壌による地下水への影響の評価の進め方として階層アプローチを提案している点である。汚染源の土壌から汚染物質が地下水へ輸送され、地下水中で輸送される過程および影響について、予備調査に基づく簡易評価（階層1）、現地調査・試験や室内試験に基づく中間評価（階層2）、および詳細なサイト調査や室内・現場試験等に基づく複雑評価（階層3）の実施内容や評価のために使用する物理、化学および生物学的パラメーターの種類と測定・試験に適用可能なISO規格の番号などが網羅的に示されている。

階層アプローチは、アメリカでRBCA（Risk-based Corrective Action：リスクに基づく修復措置）（ASTM⁸⁾）のために最初に開発され、その後、イギリスのLCRM（Land Contamination Risk Management：土壌汚染リスクマネジメント）⁹⁾などで取り入れられている。

我が国では、土壌汚染対策法により土壌汚染状況調査の方法および土壌汚染による人の健康被害のおそれの判断方法が細かく規定されており、階層2に相当する評価により地下水への影響が評価される。階層アプローチは法や条例の下で行われる土壌汚染への対応では取り入れられていない。しかしながら、企業のM&Aや不動産取引の際に行われる環境デューデリジェンスやフェーズI環境サイトアセスメントでは、潜在的な土壌汚染を想定し、土壌汚染が存在する場合の地下水等への影響や人の健康リスクを評価することがあり、階層1評価（簡易評価）に相当する調査が行われている。また、事業者や土地所有者が自主的に土壌汚染対策に取り組む場合、階層2評価（中間評価）によってではなく、さらに詳細な階層3評価（複雑評価）を行ってより合理的な対策を設計して行われている場合もある。

このような我が国の土壌汚染への対応の状況を考えると、本規格の内容を用いて、または参考にして地下水環境の保全の観点から汚染土壌を特性化することは有効であり、本規格の各表に整理して示されている各種パラメーターの種類およびそれらの測定や評価に適用可能なISO規格の番号が参考になる。我が国において実際に汚染土壌を特性化するにあたっては、これらの適用可能なISO規格に相当する国内規格等の番号や両者の方法の違いなどを把握し、適切な方法を整理しておくことが有効であると思われる。

参考文献

- 1) ISO (2018) : ISO 15175:2018 Soil quality – Characterization of contaminated soil related to groundwater protection, 41p.
- 2) ISO (2018) : ISO 18400-203:2018 Soil quality – Sampling –Part.203: Investigation of potentially contaminated sites., 32p.
- 3) ISO (2018) : ISO 18400-104:2018 Soil quality – Sampling--Part.104: Strategies. 131p.
- 4) ISO (2017) : ISO 18400-204:2017 Soil quality – Sampling--Part.204: Guidance on sampling of soil gas. 52p.
- 5) ISO (2009) : ISO 5667-11:2009 Water quality – Sampling—Part.11: Guidance on sampling of groundwaters. 26p.
- 6) ISO (2018) : ISO 18400-202:2018 Soil quality – Sampling—Part.202: Preliminary investigations. 34p.
- 7) ISO (2008) : ISO 18772:2008 Soil quality – Guidance on leaching procedures for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soils and soil materials. 32p.
- 8) ASTM (2022) : ASTM E2081-22 Standard guide for risk-based corrective action. 98p.
- 9) Environment Agency (2023): Guidance LCRM: Stage 1 risk assessment. (<https://gov.uk/government/publications/land-contamination-risk-management-lcrm/lcrm-stage-1-risk-assessment>) (2023.12.17 閲覧)