

# 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<sup>1</sup>・平田 桂<sup>1</sup>・小河篤史<sup>1</sup>・山田優子<sup>1</sup>・ISO/TC190検討部会<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 土壌環境センター

## 1. 背景及び目的

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 15175:2018(以下、本規格)<sup>※1</sup>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後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、サンプリング戦略、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。本規格では、階層アプローチによる評価プロセスと、汚染土壌の特性化に必要な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。

本発表では、本規格の概要を示すとともに、我が国の土壌・地下水汚染対策における本規格の内容の適用性について検討する。

## 2. 本規格の概要

### (1) 地下水への直接的および間接的な入力の評価

土壌から地下水への経路を評価するための前提条件に、**土壌に関連する物理的、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、汚染源による土壌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[図1、表1]

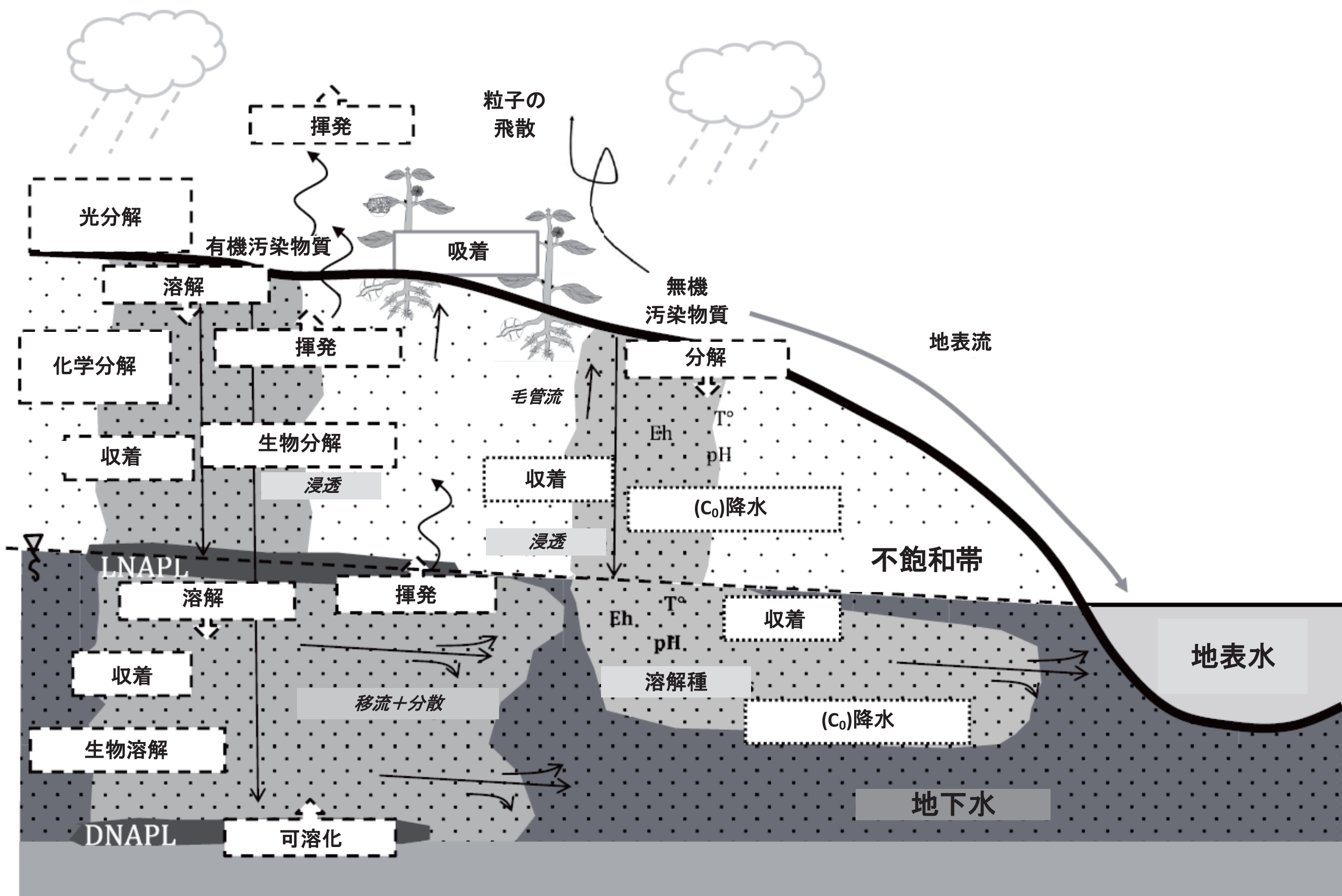


図1 地下水汚染への汚染の影響に作用する評価手順・プロセスの対象となる土壌区分の概念図(翻訳)

表1 土壌の異なるプロセスに関するパラメーターの例(一部修正)

プロセス	土壌パラメーターの例	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、土壌保水関数、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/収着	
水中での汚染物質の輸送	移流	圧力勾配、透水係数、間隙率	分散係数
	分散/拡散	分散性、間隙水速度	液体密度
	密度輸送	間隙水速度、土層化	粘度、密度、拡散係数
	選択流	粘度、密度変化	分散性、間隙径、マクロ間隙径、接続性
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	
有機物の収着	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/水分配係数、収着係数	
無機物の収着	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)酸化物および酸化水ゲル	融着係数	
	酸化還元、pH、温度	主要な気質の存在、分解、微生物への毒性	
分解	非生物的		
	生物的		

調査 評価

### (2) 影響評価の手順

汚染源と土壌の説明を完了するために、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**を策定。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評価には、**階層アプローチ**[図2]による評価が必要

※ISO 18400-203(潜在的汚染サイトの調査)、ISO 18400-104(サンプリング戦略)、ISO 18400-204(土壌ガスのサンプリング)、ISO 5677-11(地下水のサンプリング)

### (3) 階層1ー簡易な評価

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)**に基づき、**潜在的な汚染源一経路一受容体のつながりの存在**を特定(現地の条件に関する現地データを補足することあり) ※ISO 18400-202(予備調査)

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実施

※ISO 18400-203(潜在的汚染サイトの調査)

- 汚染物質や他の対象物質(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を、**サイト履歴、土壌や水の分析や土壌ガス測定値**により推定
- 関連する輸送・分解プロセスを、文献から取得した土壌条件や汚染物質に関するデータから概算
- 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必要な、**調査中のサイトに関する一般的な情報**を提示[表2] ※ISO 18400-202(予備調査)

### (4) 階層2ー中間評価

対象を絞った**探索的調査**により、地下水に入る浸透水中の汚染物質濃度、土壌から地下水への曝露経路、土壌汚染に起因する地下水汚染リスクを順に評価

- 通常は、汚染源の範囲、異なる相(土壌ガス、土粒子内または土壌に結合、土壌水への溶解)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**を行い、**地下水に入る浸透水中の汚染物質濃度**を評価し、**土壌から地下水への曝露経路**を評価
- 調査開始前に、調査の目的を理解し、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 ※ISO 18400-104、ISO 18400-203
- 関連する地盤環境および調査結果の評価に関する**国家基準・規格に付属するガイダンスを参照する必要あり**。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
- 汚染サイトの説明・評価には、**土壌、土壌ガスおよび水の物理的、化学的および生物学的な特性に関する情報が必要**[表2、表3]
- 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、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
- 潜在的および進行中の土壌・地下水汚染の季節的傾向の評価には、気候特性の季節的パターンを把握および灌漑の種類と量などの管理方法の考慮も必要
- 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導入可能

表3 物理パラメーター(参考)(一部修正)

パラメーター	方法			土壌 <sup>a</sup>	水 <sup>a</sup>	土壌ガス <sup>a</sup>	適用可能な国際規格 <sup>b</sup>
	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 <sup>c</sup> 、データベース)	室内および現場での方法(例:ゲルフト定水頭透透計、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 <sup>c</sup> 、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)
圃場容量	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。

### (5) 階層3ー複雑な評価

階層2の評価を改善する必要がある場合に、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し、利用可能な情報の精度を向上

- 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
- 固体を含む汚染物質の形態は、室内での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/EDS)、拡張X線吸収微細構造(EXAFS)により評価可能
- 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

## 3. 我が国における本規格の適用性について

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や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ため、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階層1評価に相当する調査が行われており、事業者や土地所有者が自主的に土壌・地下水汚染対策に取り組む場合にさらに詳細な階層3評価を行ってより合理的な対策を設計・実施している場合もある。

このような我が国の状況を考えると、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。

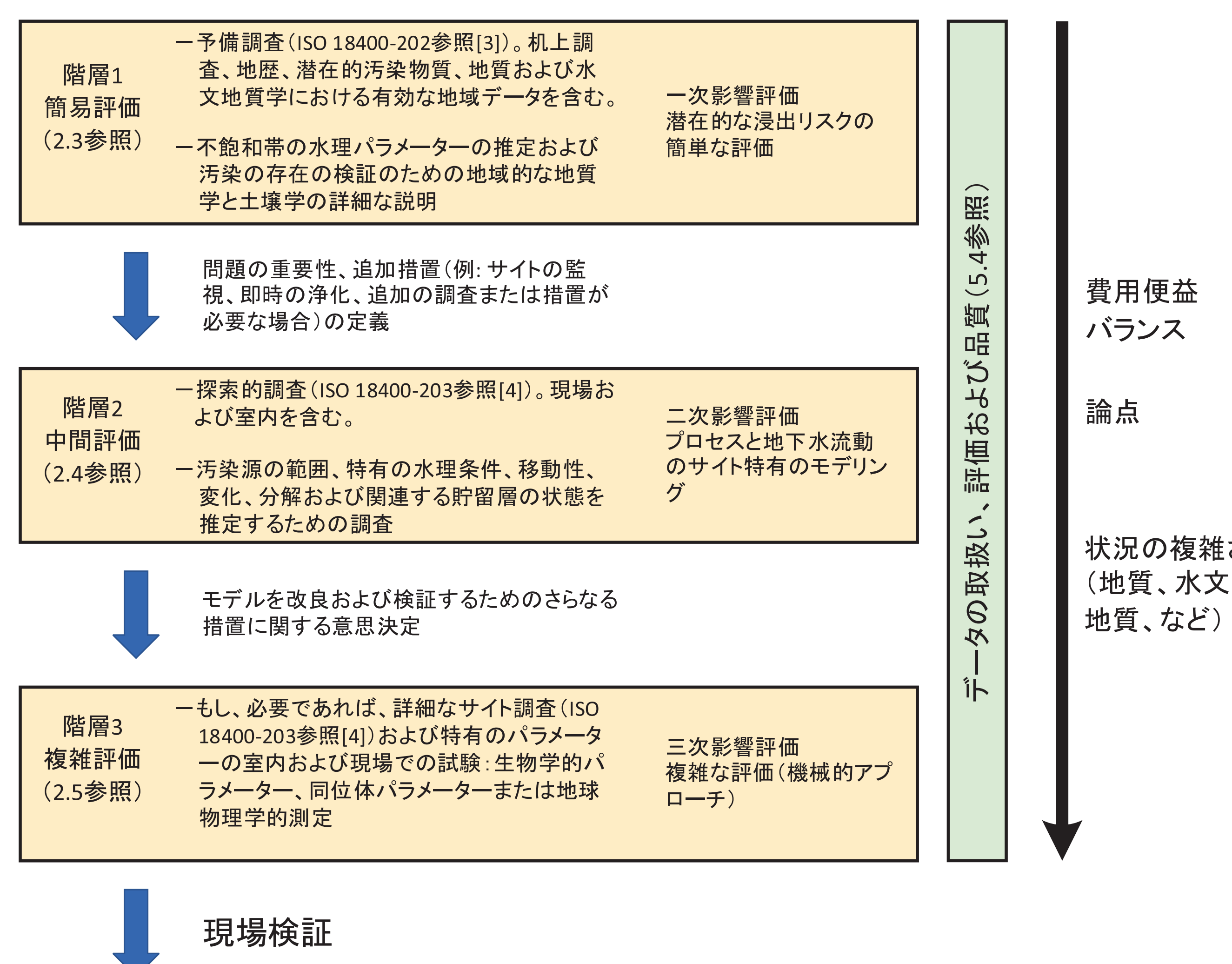


図2 影響評価のための推進的なアプローチ(翻訳)

表2 サイトと土壌の説明のためのパラメーターの例(翻訳)

パラメーター	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、破砕、不均一性、密度と整合性 全推定間隙率 根、蟻(ぜん)虫のチャンネル、生物活動	

表4 生物学的パラメーター(参考)(一部修正)

一般的な特性	特殊な測定/例	土壌 <sup>a</sup>	水 <sup>a</sup>	適用可能な国際規格 <sup>b</sup>
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)
生態毒性	窒素鉱化作用	○		ISO 14238(s)
	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態毒性効果)		○	
生物学的病原体	急性不動化(ミジンコの移動抑制)		○	ISO 6341(w) ISO 15799(w)

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。

表5 同位体パラメーター(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	<sup>222</sup> Rn、人工トレーサー <sup>2</sup> H、 <sup>18</sup> O、 <sup>3</sup> H、 <sup>3</sup> H- <sup>3</sup> He、CFCs、 <sup>14</sup> C
定量的パラメーター	面積と涵養率	<sup>2</sup> H- <sup>18</sup> O、 <sup>3</sup> H、 <sup>3</sup> H- <sup>3</sup> He、CFCs、 <sup>14</sup> C、人工トレーサー
	流動	<sup>3</sup> H、 <sup>3</sup> H- <sup>3</sup> He、 <sup>85</sup> Kr、CFCs、 <sup>14</sup> C、人工トレーサー
地下水質	地表水と地下水の相互作用	<sup>2</sup> H、 <sup>18</sup> O、 <sup>3</sup> H、 <sup>222</sup> Rn、 <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr、人工トレーサー
	帯水層間の相互作用	<sup>2</sup> H、 <sup>18</sup> O、 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C、 <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr、人工トレーサー
汚染物質の起源と汚染源	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	<sup>3</sup> H、 <sup>3</sup> H- <sup>3</sup> He、CFCs、 <sup>14</sup> 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

※1 ISO (2018) : ISO 15175:2018 Soil quality – Characterization of contaminated soil related to groundwater protection. 41p.