

Appendix－12 自然由来等土壌構造物利用施設における新たな地下水汚染を
引き起こさないための措置の決定に係る個別サイト評価の計
算ツールの操作方法

1. 概要

自然由来等土壤構造物利用施設では、「新たな地下水汚染を防止するための措置（処理業省令第4条第1号ト）」を講じ、都道府県知事から汚染土壤処理業の許可を受けることで、自然由来等土壤を構造物等に利用ができる。

この新たな地下水汚染を防止するための措置（以下、地下水汚染防止措置）の内容は、自然由来等土壤の特定有害物質の種類及びその汚染状態により異なる。自然由来等土壤の特定有害物質の種類及びその汚染状態に応じた地下水汚染防止措置の内容を表-1 及び図-1 に示す。なお、埋立地特例区域の土壤の場合にあっては、汚染状態によらず、表-1 のクラス2 に示す地下水汚染防止措置を講ずる必要がある。

本マニュアルは、地下水汚染防止措置として、特定有害物質の汚染状態が、遮水工等（表1-1 のクラス2 の地下水汚染防止措置参照）が不必要なクラス1-B に該当するか、遮水工等が必要なクラス2 となるかの判断用の計算ソフト（計算ツール）の操作方法を示したものである。なお、実際には自然由来等土壤構造物利用施設の許可申請を行う際に、事業者及び処理施設のある自治体が利用することを想定している。

表-1 自然由来等土壤構造物利用施設における地下水汚染防止措置

呼称	自然由来等土壤の汚染状態	地下水汚染防止措置
クラス1-A	① 鉛及びその化合物（以下、鉛）0.30 mg/L 未満又は、カドミウム及びその化合物（以下、カドミウム）0.044 mg/L 未満であり当該施設を設置する土地の土壤に水を加えた検液中の水素イオン濃度指数が5.0 以上の場合*。	- 当該自然由来等土壤構造物利用施設の底面から帯水層までの距離***を50cm 以上保つ位置に当該自然由来等土壤構造物利用施設を設けること（<u>遮水工等（クラス2 参照）は不要</u>）。 - なお、クラス2 の措置も講ずることができる。
クラス1-B	② ①を除く汚染状態であり、かつ、当該自然由来等土壤を利用した日から相当期間を経過した後、当該自然由来等土壤に含まれる特定有害物質を含む液体が帯水層に到達しない**距離を保つことができる特定有害物質による汚染状態。当該汚染状態は、計算ツールにより算定する。	- 当該自然由来等土壤構造物利用施設の底面から帯水層までの距離を、計算ツールに入力した値を保つこと。（<u>遮水工等（クラス2 参照）は不要</u>） - なお、クラス2 の措置も講ずることができる。
クラス2	③上記①、②以外の場合	- 自然由来等土壤構造物利用施設が帯水層に接しないこと及び次のイ又はロに掲げる措置（以下「遮水工等」という。）を講ずること - イ 自然由来等土壤構造物利用施設に利用する自然由来等土壤に含まれる特定有害物質が水に溶出しないように当該自然由来等土壤の性状を変更すること。 - ロ 自然由来等土壤に含まれる特定有害物質を含む液体の地下への浸透による新たな地下水汚染を防止するために必要な構造として当該自然由来等土壤構造物利用施設に遮水工を設置すること。

* 検液中の水素イオン濃度指数は JGS T 211 土懸濁液の pH 試験方法に基き実施する。

** 特定有害物質を含む液体が帯水層に到達しない状態とは、帯水層直上の土壤間隙水中の特定有害物質の汚染状態が土壤溶出量基準に示される濃度に適合する状態を指している。

*** 「当該施設の底面から帯水層までの距離」とは、自然由来等土壌構造物利用施設の盛土等部分底面と当該施設設置範囲において確認された最も高い地下水位との距離とする。

※ 第二種特定有害物質（シアン化合物及び水銀及びその化合物を除く）のみ利用可能である。

※ 上部構造としては、自然由来等土壌の飛散及び流出を防止するための措置として自然由来等土壌を利用した場所の表面を土砂で 50 cm 以上覆うこと又は、これと同等以上の効果を有する方法により、当該場所の表面を覆うことが必要である。また、③の口の措置を採用する場合には、当該自然由来等土壌構造物利用施設であった施設の内部に雨水その他の水が滞留するおそれがある場合にあっては、当該場所の表面を遮水シートで覆うことその他の措置により、当該自然由来等土壌構造物利用施設であった施設の内部に雨水その他の水を滞留させないこと。

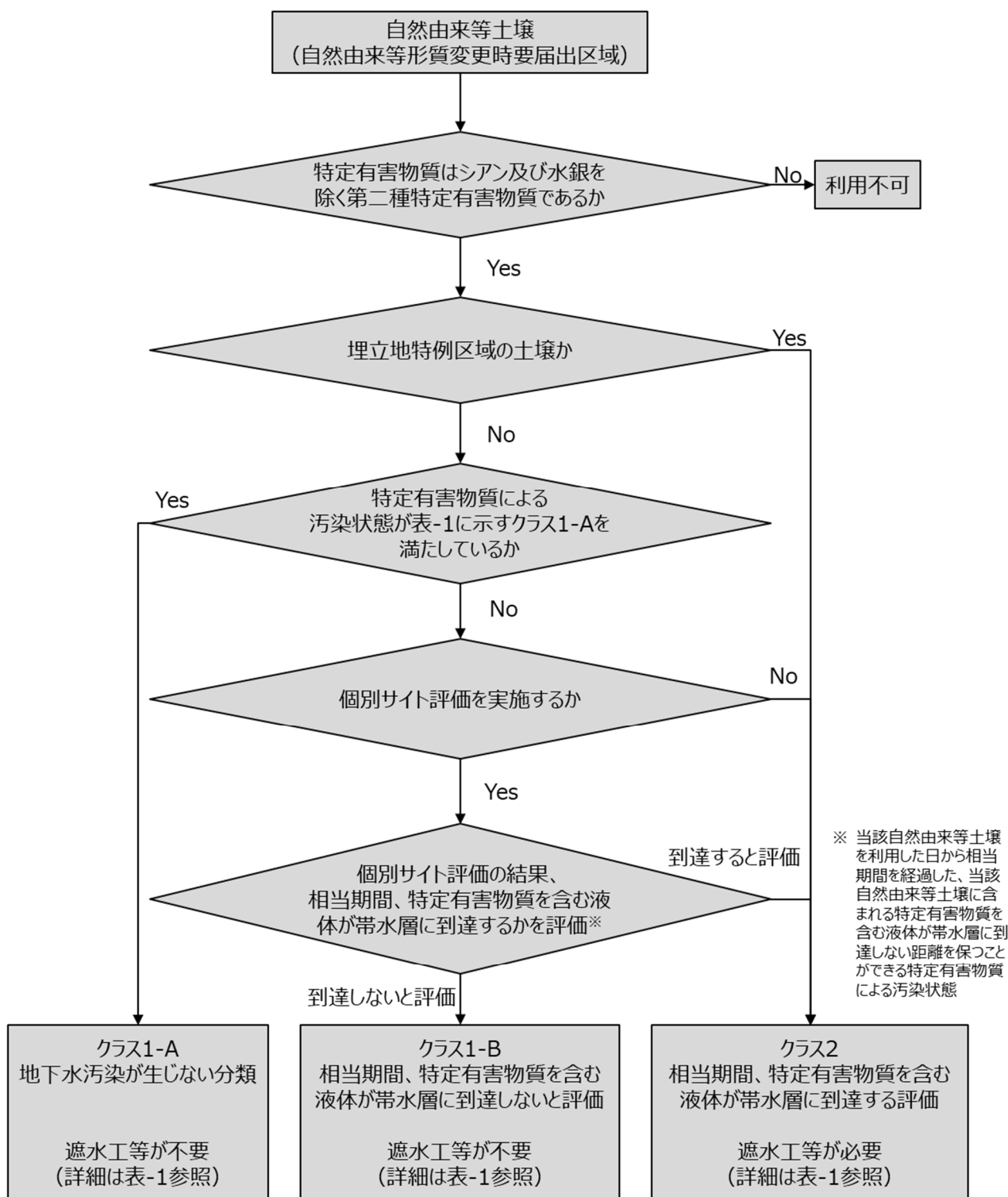


図-1 自然由来等土壌構造物利用施設における地下水汚染防止措置を決定する判断フロー

2. 計算ツールの概要

2.1 計算ツールの目的

計算ツールは、表-1 のクラス 1-A で示された自然由来等土壌の汚染状態（土壌溶出量として、鉛 0.30mg/L 未満又は、カドミウム 0.044 mg/L 未満であり当該施設を設置する土地の土壌に水を加えた検液中の水素イオン濃度指数が 5.0 以上の場合）を満たさない場合において、「当該施設の盛土等部分底面から帯水層までの距離及び当該施設を設置する土地の土壌に係る分配係数その他の情報を勘案して、当該自然由来等土壌を利用した日から相当期間を経過した後、当該自然由来等土壌に含まれる特定有害物質を含む液体が帯水層に到達しない距離を保つ（告示第 7 号第二）」ことができる自然由来等土壌の汚染状態を判定することを目的として作成している。

ここで、「相当期間を経過した後」とは、自然由来等土壌を利用した日から 100 年間を想定している。

2.2 評価内容と評価対象物質

計算ツールでは、自然由来等土壌構造物利用施設において利用する自然由来等土壌の汚染状態について、「クラス 1-B」又は「クラス 2」を評価することを基本とする。また、評価の対象の特定有害物質は、クラス 1-A として第二溶出量基準までが受入れ可能な鉛を除き、自然由来等土壌構造物利用施設で受入れが可能である、砒素、ふっ素、ほう素、カドミウム、セレン、六価クロムの 6 項目である。ただし、複合汚染の場合を考慮し、クラス 1-A の汚染状態の評価も組み込んでいる。

2.3 評価方法

評価においては、告示第 7 号に記載されているとおり、「自然由来等土壌構造物利用施設の盛土等部分底面から帯水層までの距離（以下「不飽和層厚」という。）」、「自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌に係る分配係数（以下「分配係数」という。）」、「自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地付近における年間の降水量（以下「年間降水量」という。）」の 3 つのパラメータをサイト情報として入力し、許容濃度を得る。受け入れる土壌の汚染状態と許容濃度を比較することにより評価（クラス判定）を行う。図-2 に評価フローのイメージを示す。

ここで、許容濃度は、当該自然由来等土壌に含まれる特定有害物質を含む液体が雨水等により浸透することを考慮し、相当期間に該当する 100 年後に帯水層に到達しない距離を保つことができる自然由来等土壌の汚染状態として算定されている。また、「帯水層に到達しない」とは、帯水層直上の土壌間隙水中の特定有害物質の濃度が土壌溶出量基準に示される濃度に適合する状態を指している。図-3 にイメージを示す。

なお、許容濃度の算出方法の詳細については、Appendix-13 を参照されたい。

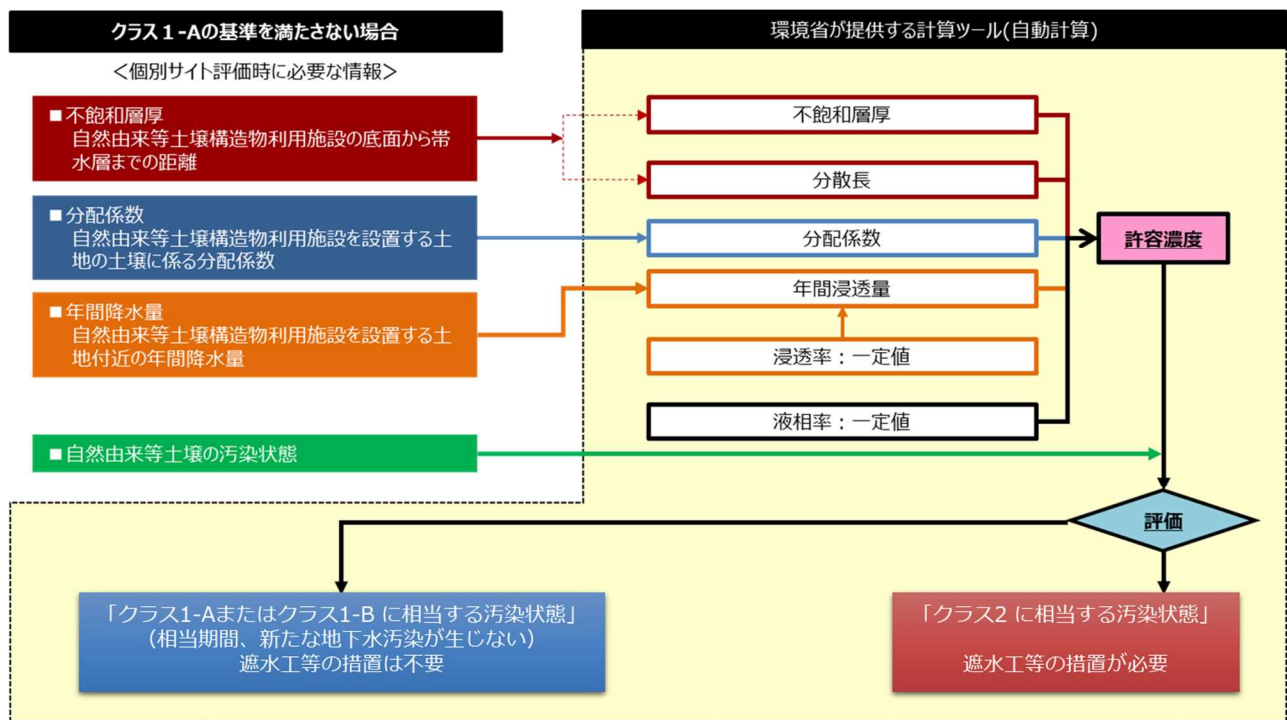


図-2 計算ツールのイメージ

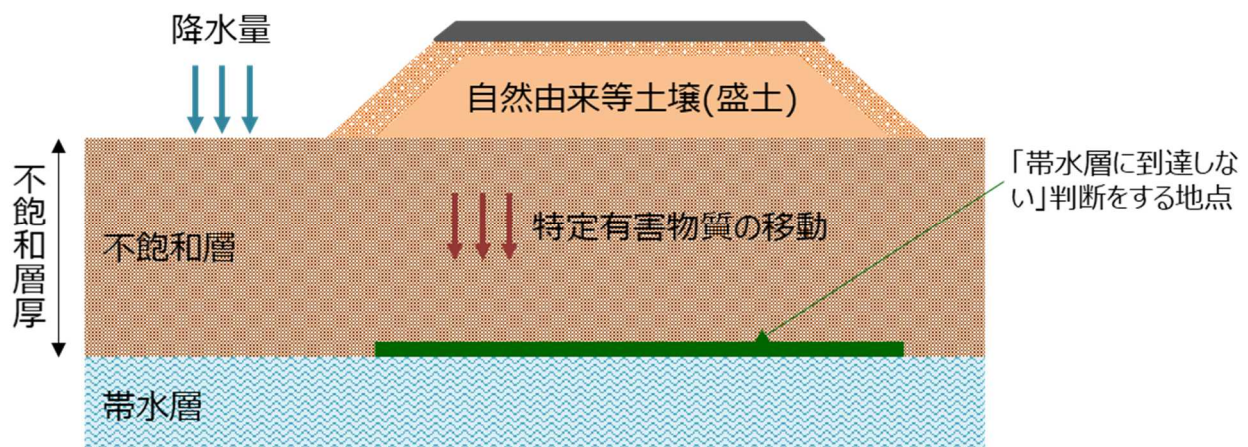


図-3 計算ツールにおける「帯水層に到達をしない」判断をするポイント

3. 計算ツールの使用方法

3.1 概要

本計算ツールは、表計算ソフト「Microsoft Office Excel」上で作成されている。
計算ツールは、環境省のホームページから最新版の入手が可能である。

3.2 個別サイト評価計算ツールの画面構成

計算ツールは、表-2 に示す5つのセクションから構成されている。計算ツールの画面イメージを図-4 に示す。

表-2 計算ツールの画面構成

セクション	内容
基礎情報	評価対象地住所、計算実施日、自然由来等土壌の搬出元の区域指定整理番号を入力する欄
サイト情報	自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の情報（不飽和層厚、年間降水量、分配係数）、自然由来等土壌の汚染状態の情報を入力する欄
汚染状態の判定結果	許容濃度、汚染状態の判定結果を出力する欄
不飽和層内の濃度分布	不飽和層内の濃度分布に関する参考情報
汚染状態に関する基準	評価対象物質の土壌溶出量基準及び第二溶出量基準

サイト情報

不飽和層厚の情報	
不飽和層厚 (m)	0.5
年間降水量の情報	
年間降水量 (mm/年)	2700
年間浸透量 (mm/年)	810
計算に使用する年間浸透量 (mm/年)	800

自然由来等土壌の汚染状態		※評価対象物質のみ入力					
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.05	1.1		0.044			
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH				pH5.0以上			

分配係数の情報		※評価対象物質のみ入力					
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数 (L/kg)	200	100					
分配係数デフォルト値 (L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

汚染状態の判定結果

特定有害物質毎の許容濃度と汚染状態							
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
許容濃度 (mg/L)	0.15	1.4	-	-	-	-	-
物質ごとの汚染状態の判定結果	クラス1-B	クラス1-B	-	クラス1-A	-	-	-

汚染状態の判定結果 クラス1-B (透水工等の措置を必要としない)

汚染状態に関する基準 2021年4月

物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
土壌溶出量基準 (mg/L)	0.01	0.8	1	0.003	0.01	0.05	0.01
第二溶出量基準 (mg/L)	0.3	24	30	0.09	0.3	1.5	0.3

計算実施日	
自然由来等土壌の抽出元の区域指定の整理番号	

不飽和層内の濃度分布

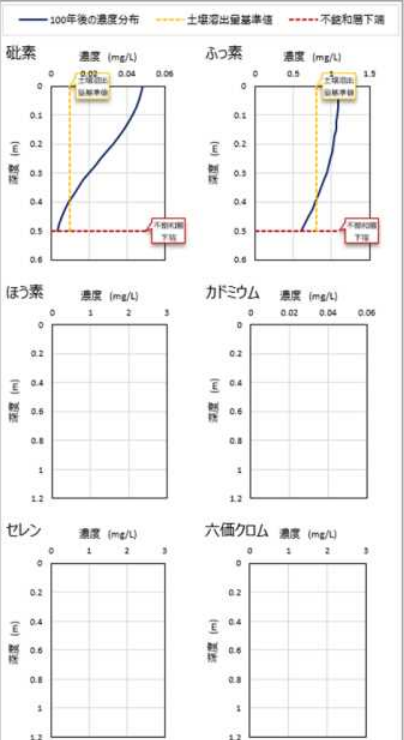


図-4 計算ツールの画面イメージ

3.3 具体的な使用方法

3.3.1 基礎情報の入力

評価対象地及び自然由来等土壌に関する基礎的な情報を入力する。図-5 の灰色セルのみが入力可能となっている。

- ① 評価対象地住所：自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の住所を入力する。
- ② 計算実施日：計算を実施した日を入力する。
- ③ 自然由来等土壌の搬出元の区域指定の整理番号：自然由来等土壌の搬出元である自然由来特例区域の区域指定番号を入力する。

個別サイト評価計算ツール		計算実施日	
評価対象地住所		自然由来等土壌の搬出元の区域指定の整理番号	

図-5 基礎情報の入力画面

3.3.2 サイト情報の入力

個別サイト評価に必要な情報を入力する。図-6 の灰色セルのみが入力可能となっている。

- ① 不飽和層厚：(m)
- ② 年間降水量：(mm/年)
- ③ 自然由来等土壌の汚染状態：(mg/L) ※カドミウムについては土壌の pH も入力する。
- ④ 分配係数：(L/kg)

サイト情報							
不飽和層厚の情報							
不飽和層厚 (m)	0.5						
年間降水量の情報							
年間降水量 (mm/年)	2700						
年間浸透量 (mm/年)	810						
計算に使用する年間浸透量 (mm/年)	800						
自然由来等土壌の汚染状態				※評価対象物質のみ入力			
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.05	1.1		0.044			
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH				pH5.0以上			
分配係数の情報				※評価対象物質のみ入力			
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数 (L/kg)	200	100					
分配係数デフォルト値 (L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

図-6 サイト情報の入力画面

(1) 不飽和層厚

- ・ 不飽和層厚を入力する。単位は m とする。
- ・ 不飽和層厚のデータの取得方法については、4.1 を参照されたい。不飽和層厚に関わるデータの取得をしない場合には、不飽和層厚は 50 cm（入力値は 0.5 m）とする。

なお、自然由来等構造物利用施設における自然由来等土壌の利用においては、不飽和層厚は 50cm 以上あることの事前確認が必要なため、不飽和層厚が 50 cm未満の場合には利用自体ができない。50cm 未満の値が入力された場合は、エラーが表示され、許容濃度と汚染状態等の判定はされない。

不飽和層厚の情報	
不飽和層厚 (m)	0.5

図-7 不飽和層厚の情報の入力（例）

(2) 年間降水量

- ・ 年間降水量を入力する。単位は mm/年とする。
- ・ 年間降水量は、自然由来等土壌構造物利用施設の敷地境界から最近傍 2 箇所の雨量のデータを保持する気象庁のアメダスデータ地点を選定し、両地点の過去 10 年、計 20 の年間降水量データのうち、最大値を入力する。取得方法等の詳細は 4.2 を参照されたい。
- ・ 年間浸透量は年間降水量に浸透率 0.3 を乗じて自動計算される（年間浸透量＝年間降水量×浸透率 0.3）。また、年間浸透量が 800 mm/年を超えた場合は、自動的に 800 mm/年（計算に使用する年間浸透量）に変更される。
- ・ 負の値が入力された場合は、エラーが表示され、許容濃度と汚染状態等の判定はされない。

（参考）上記の設定で入力する年間降水量は、平均的な年間降水量と比較して安全側の値となっている。また、一般に被覆された場合の浸透率は 0.3 と比較して小さくなることから、浸透率の観点からも安全側の値となっている。

年間降水量の情報	
年間降水量 (mm/年)	1300
年間浸透量 (mm/年)	390
計算に使用する年間浸透量 (mm/年)	390

(上)

年間降水量の情報	
年間降水量 (mm/年)	2700
年間浸透量 (mm/年)	810
計算に使用する年間浸透量 (mm/年)	800

(下)

図-8 年間降水量の入力（例）

(上) 年間降水量が 1300 mm/年の時、年間浸透量は 390 mm/年（ $=1300 \times 0.3$ ）と自動計算される。

(下) 年間降水量が 2700 mm/年の時、年間浸透量は 810 mm/年と計算されるが、計算には上限値の 800 mm/年が使用される。

(4) 自然由来等土壌の汚染状態

- 自然由来等土壌の汚染状態の入力方法は、Appendix-9 により確認された汚染状態を入力する。単位は mg/L とする。具体的には、以下の 3 パターンがある。
 - Appendix-9 に示すデータ数が確保できている場合には、区域指定濃度を自然由来等土壌の汚染状態として入力する。
 - 追加調査を実施して Appendix-9 に示すデータ数を確保した場合には、追加調査を含めた最大濃度を自然由来等土壌の汚染状態の最大値を入力する。
 - Appendix-9 に示すデータ数が不足している場合であって、追加調査を実施しない場合には、第二溶出量基準を入力する。
- 受け入れない特定有害物質の入力セルは空欄のままにする。
- 受け入れる特定有害物質について、土壌溶出量よりも小さな値、または第二溶出用基準よりも大きい値を入力した場合にはエラーが表示され、許容濃度と汚染状態は判定されない。
- カドミウムの場合は、土壌の pH も入力する。

自然由来等土壌の汚染状態				※評価対象物質のみ入力			
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.05	1.1		0.044			
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH				pH5.0以上			

図-9 自然由来等土壌の汚染状態の入力（例）

(3) 分配係数

- 対象とする特定有害物質の分配係数を入力する。対象とする特定有害物質は、自然由来等土壌の搬出元の自然由来特定区域の区域指定物質を基本とする。
- 対象としない特定有害物質の入力セルは空欄のままにする。
- 分配係数の値は、4.3 に記載された設定方法に従い入力する。
- 4.3 に示される分配係数取得試験を実施しない場合は、デフォルト値を入力する。なお、受け入れる自然由来等土壌の区域指定物質がカドミウムである場合であって、自然由来等土壌構造物利用施設の設置を予定する土地の土壌の pH を測定しない場合には 20 L/kg を、自然由来等土壌構造物利用施設の設置を予定する土地の土壌の pH を測定する場合には、測定した pH に応じたデフォルト値を入力する（pH が 5.0 以上の場合は 100 L/kg、pH が 5.0 未満の場合には 20 L/kg）。
- 負の値が入力された場合は、エラーが表示され、許容濃度と汚染状態等は判定されない。

（参考）デフォルト値は、過去に我が国で取得された分配係数のデータのうち、自然由来の濃度範囲において最も小さい分配係数、もしくはそれに類する分配係数を設定してい

る。詳細は 4.3 を参照されたい。

(参考) 分配係数取得試験によって得られる分配係数は、自然由来等土壌構造物利用施設が設置される土地における複数の土壌を用いて試験を実施し、最小値を使用することから安全側の値になる。

分配係数の情報				※評価対象物質のみ入力			
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数 (L/kg)	200	100					
分配係数デフォルト値 (L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

図-10 分配係数の入力 (例)

3.3.2 汚染状態の判定結果

許容濃度、汚染状態の判定結果を確認する。

(1) 許容濃度

- ・ 受入れが可能な自然由来等土壌の許容濃度の計算結果が表示される。計算値が第二溶出量基準不適合の場合は、自動的に第二溶出量基準に変更される。
- ・ クラス 1-A に相当する場合、許容濃度は表示されない。

(2) 物質ごとの汚染状態の判定結果

- ・ 「許容濃度 > 受け入れる自然由来等土壌の汚染状態」の場合はクラス 1-B、「許容濃度 < 受け入れる自然由来等土壌の汚染状態」の場合はクラス 2、と判定される。
- ・ クラス 1-A に相当する場合、クラス 1-A と表示される。
- ・ 評価しない特定有害物質の出力セルは、” - ” と表示される。

(3) 汚染状態の判定結果

- ・ 自然由来等土壌の汚染状態の判定結果。
- ・ 物質ごとの汚染状態の判定結果に 1 つでもクラス 2 がある場合はクラス 2 と判定される。
- ・ 上記以外の場合で、物質ごとの汚染状態の判定結果が全てクラス 1-A の場合はクラス 1-A と、それ以外はクラス 1-B と判定される。

汚染状態の判定結果							
特定有害物質毎の許容濃度と汚染状態							
特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
許容濃度 (mg/L)	0.15	1.4	-	-	-	-	
物質ごとの汚染状態の判定結果	クラス1-B	クラス1-B	-	クラス1-A	-	-	-
汚染状態の判定結果		クラス1-B (遮水工等の措置を必要としない)					

図-11 汚染状態の判定結果（例）

3.3.3 不飽和層内の濃度分布

サイト情報及び土壌溶出量基準等から計算された【100 年後の濃度分布】、【土壌溶出量基準】、【不飽和層厚】、がグラフに表示される。評価しない特定有害物質またはクラス 1-A に相当する場合については軸のみが表示される。

(1) 100 年後の濃度分布（青実線）

- ・ 評価期間を 100 年としたときの濃度分布を表示。
- ・ 深度は、サイト情報に入力した不飽和層厚の距離までを表示。

(2) 土壌溶出量基準（黄点線）

- ・ 受け入れる特定有害物質の土壌溶出量基準。

(3) 不飽和層下端（赤点線）

- ・ 不飽和層下端を表示。評価ポイントの位置を意味する。

不飽和層内の濃度分布

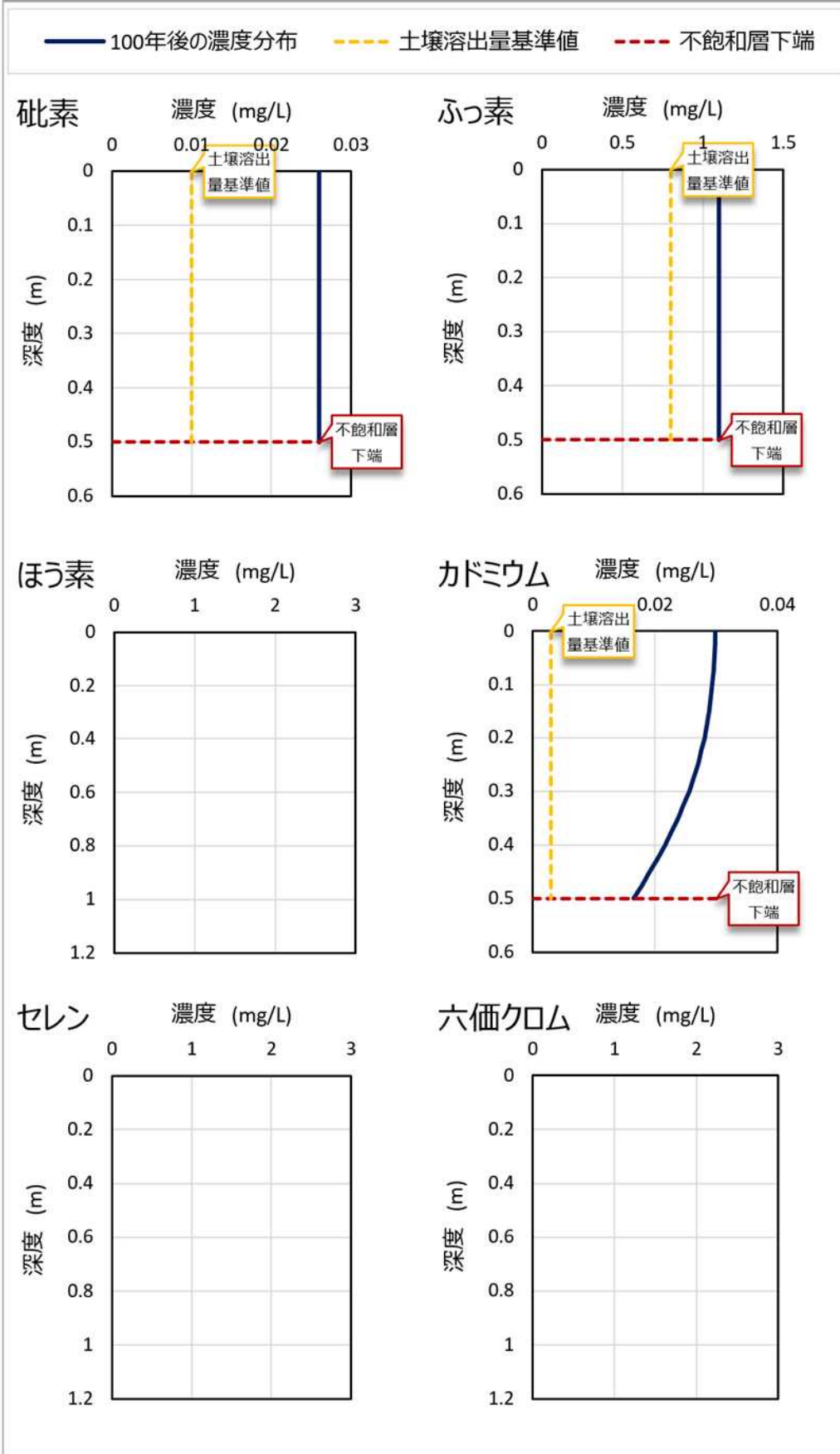


図-12 不飽和層内の濃度分布 (例)

3.3.4 計算例

【計算例 1：受け入れる特定有害物質が 1 項目の場合】

サイト情報	不飽和層厚 (m)	5
	年間降水量 (mm/年)	2700
	自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	砒素: 0.026
	分配係数 (L/kg)	砒素: 20
汚染状態の 判定結果	許容濃度 (mg/L)	砒素: 0.15
	物質ごとの汚染状態の判定結果	砒素: クラス 1-B
	自然由来等土壌の汚染状態の判定結果	クラス 1-B

不飽和層厚の情報

不飽和層厚 (m)

5

年間降水量の情報

年間降水量 (mm/年)

2700

年間浸透量 (mm/年)

810

計算に使用する年間浸透量 (mm/年)

800

自然由来等土壌の汚染状態

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.026						
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH							

分配係数の情報

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数 (L/kg)	20						
分配係数デフォルト値 (L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

汚染状態の判定結果

特定有害物質毎の許容濃度と汚染状態

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
許容濃度 (mg/L)	0.15	-	-	-	-	-	-
物質ごとの汚染状態の判定結果	クラス1-B	-	-	-	-	-	-

汚染状態の判定結果

クラス1-B (遮水工等の措置を必要としない)

図-13 計算例 1 の場合の入出力画面

不飽和層内の濃度分布

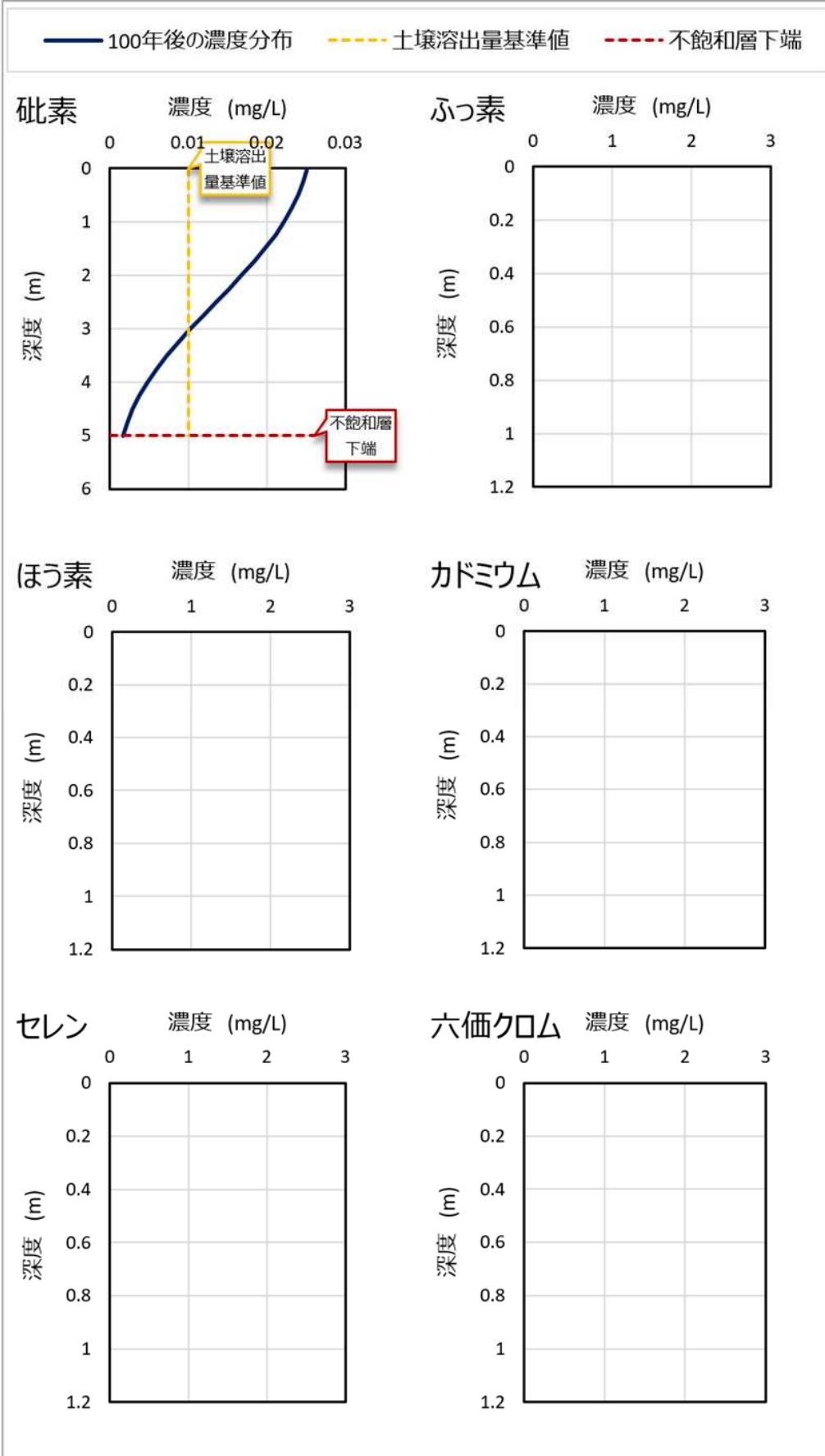


図-14 計算例 1 の場合の不飽和層内の濃度分布

【計算例 2：受け入れる特定有害物質が 3 項目の場合】

サイト情報	不飽和層厚 (m)	7
	年間降水量 (mm/年)	2000
	自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	砒素: 0.03、ふっ素: 2、ほう素: 10
	分配係数 (L/kg)	砒素: 10、ふっ素: 5、ほう素: 1
汚染状態の 判定結果	許容濃度 (mg/L)	砒素: 0.12、ふっ素: 1.3、ほう素: 1
	物質ごとの汚染状態の判定結果	砒素: クラス 1-B ふっ素: クラス 2 ほう素: クラス 2
	自然由来等土壌の汚染状態の判定結果	クラス 2

不飽和層厚 (m)

7

年間降水量 (mm/年)

2000

年間浸透量 (mm/年)

600

計算に使用する年間浸透量 (mm/年)

600

自然由来等土壌の汚染状態

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.03	2	10				
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH							

分配係数の情報

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数 (L/kg)	10	5	1				
分配係数デフォルト値 (L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

汚染状態の判定結果

特定有害物質毎の許容濃度と汚染状態

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
許容濃度 (mg/L)	0.12	1.3	1	-	-	-	
物質ごとの汚染状態の判定結果	クラス1-B	クラス2	クラス2	-	-	-	

汚染状態の判定結果

クラス2 (遮水工等の措置が必要)

図-15 計算例 2 の場合の入出力画面

不飽和層内の濃度分布

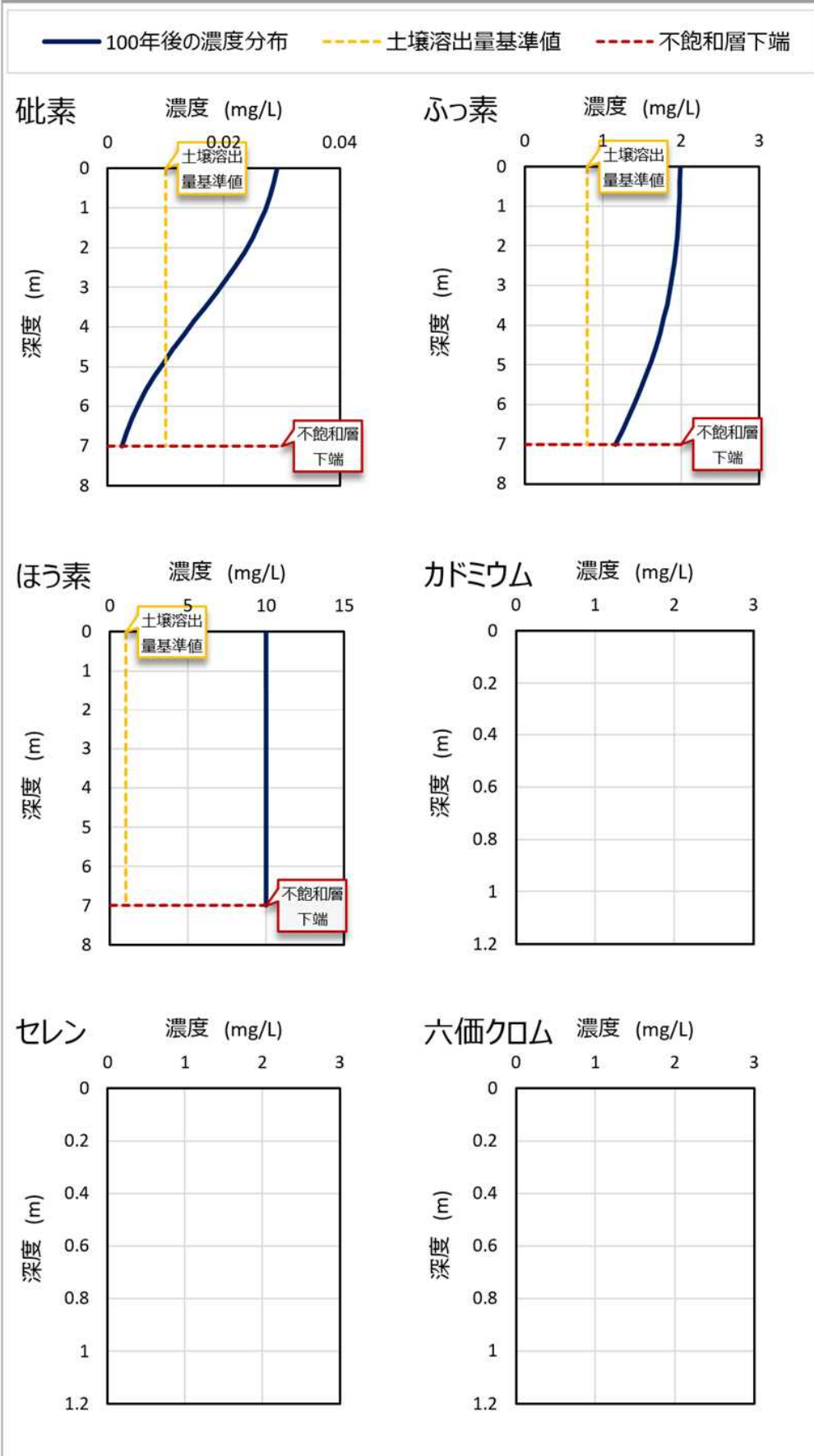


図-16 計算例 2 の場合の不飽和層内の濃度分布

【計算例3：計算例2の条件のうち、不飽和層厚のみ変更した場合】

サイト情報	不飽和層厚(m)	14
	年間降水量(mm/年)	2000
	自然由来等土壌の汚染状態(mg/L)	砒素:0.03、ふっ素:2、ほう素:10
	分配係数(L/kg)	砒素:10、ふっ素:5、ほう素:1
汚染状態の 判定結果	許容濃度(mg/L)	砒素:0.3、ふっ素:10、ほう素:1
	物質ごとの汚染状態の判定結果	砒素:クラス1-B ふっ素:クラス1-B ほう素:クラス2
	自然由来等土壌の汚染状態の判定結果	クラス2

不飽和層厚(m)

14

年間降水量(mm/年)

2000

年間浸透量(mm/年)

600

計算に使用する年間浸透量(mm/年)

600

自然由来等土壌の汚染状態

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態(mg/L)	0.03	2	10				
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH							

分配係数の情報

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数(L/kg)	10	5	1				
分配係数デフォルト値(L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

汚染状態の判定結果

特定有害物質毎の許容濃度と汚染状態

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
許容濃度(mg/L)	0.3	10	1	-	-	-	-
物質ごとの汚染状態の判定結果	クラス1-B	クラス1-B	クラス2	-	-	-	-

汚染状態の判定結果

クラス2（遮水工等の措置が必要）

図-17 計算例3の場合の入出力画面

不飽和層内の濃度分布

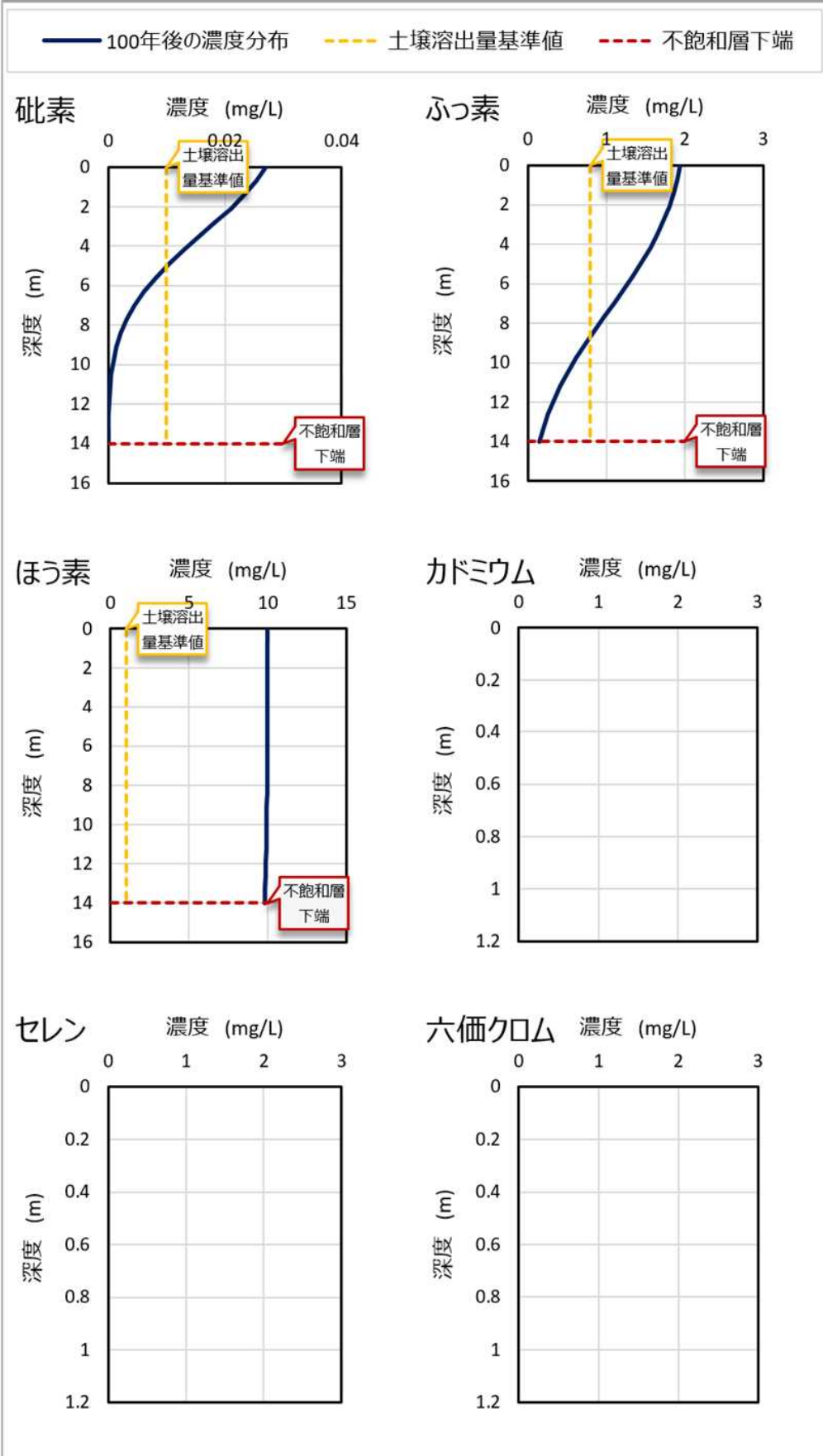


図-18 計算例 3 の場合の不飽和層内の濃度分布

【計算例 4：クラス 1-A の汚染状態を含む場合】

サイト情報	不飽和層厚(m)	5
	年間降水量(mm/年)	2000
	自然由来等土壌の汚染状態(mg/L)	砒素:0.03、カドミウム:0.044(土壌の pH は 5.0 以上)
	分配係数(L/kg)	砒素:10、カドミウム:-
汚染状態の判定結果	許容濃度(mg/L)	砒素:0.035、カドミウム:-
	物質ごとの汚染状態の判定結果	砒素:クラス 1-B カドミウム:クラス 1-A
	自然由来等土壌の汚染状態の判定結果	クラス 1-B

不飽和層厚の情報

不飽和層厚 (m)

5

年間降水量の情報

年間降水量 (mm/年)

2000

年間浸透量 (mm/年)

600

計算に使用する年間浸透量 (mm/年)

600

自然由来等土壌の汚染状態

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.03			0.044			
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH				pH5.0以上			

分配係数の情報

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
分配係数 (L/kg)	10						
分配係数デフォルト値 (L/kg)	3	0.6	0.1	100(pH5以上) 20(pH5未満又は 測定していない)	5	0.8	

汚染状態の判定結果

特定有害物質毎の許容濃度と汚染状態

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
許容濃度 (mg/L)	0.035	-	-	-	-	-	-
物質ごとの汚染状態の判定結果	クラス1-B	-	-	クラス1-A	-	-	-

汚染状態の判定結果

クラス1-B (遮水工等の措置を必要としない)

図-19 計算例 4 の場合の入出力画面

- Appendix12_20 -

不飽和層内の濃度分布

— 100年後の濃度分布 - - - 土壌溶出量基準値 - - - 不飽和層下端

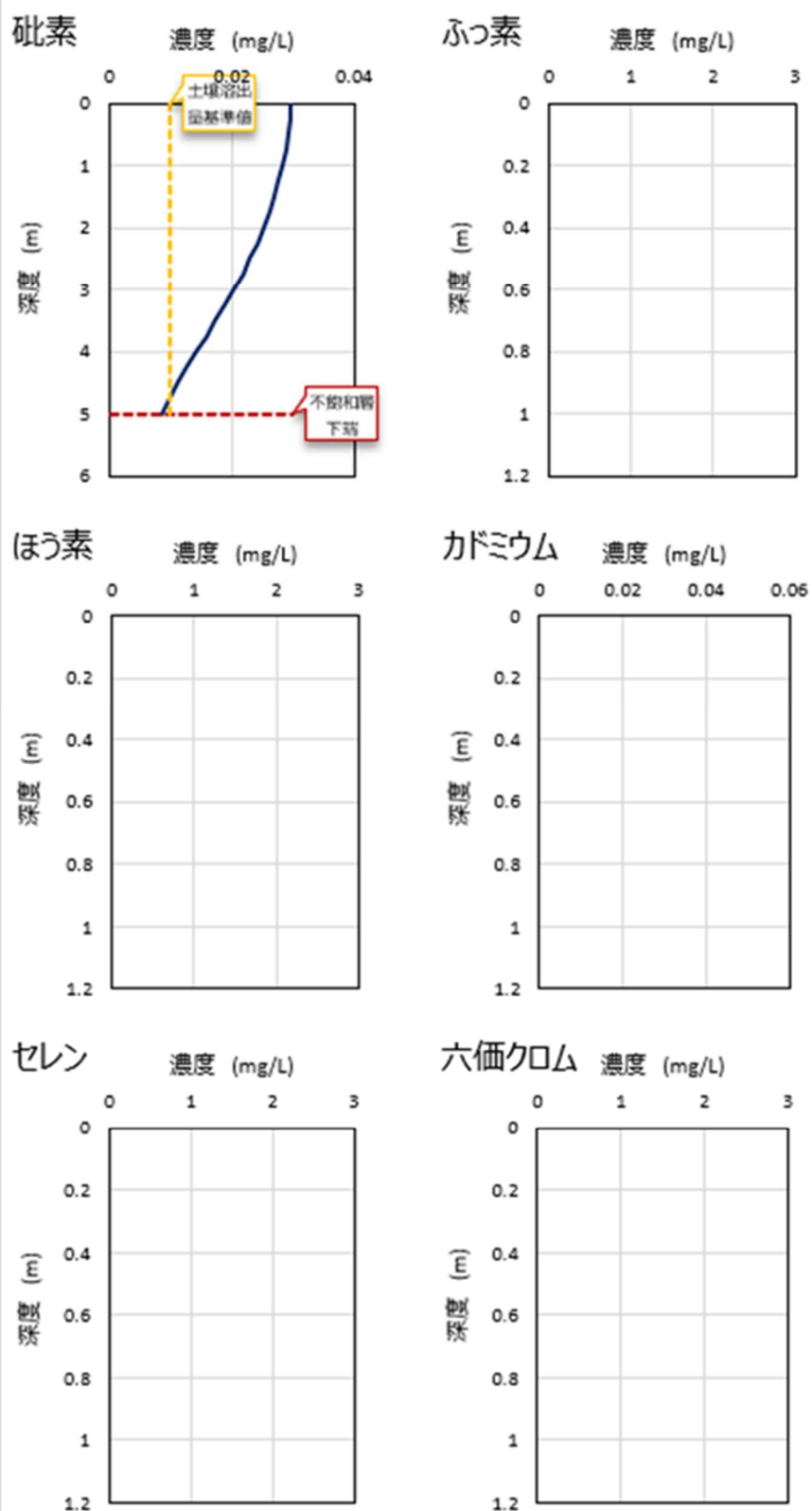


図-20 計算例 4 の場合の不飽和層内の濃度分布

3.3.5 エラー表示

サイト情報の入力において、分配係数及び受け入れる自然由来等土壌の汚染状態に関しては、入力できる値の範囲が限られている（3.3.2 サイト情報の入力）。入力可能範囲外の値が入力された場合のエラー表示について、表-3 に示す。エラーが表示されている特定有害物質については、特定有害物質ごとの許容濃度と汚染状態は判定されない。また、一つでもエラーが表示されている場合は、自然由来等土壌の汚染状態も判定されず、判定結果の表示は “－” となる（図-23）。

表-3 エラー表示一覧

No.	エラー表示	説明
1	エラー:0.5m より小さい値が入力されています。	不飽和層厚が 50cm 未満の場合は利用自体ができないため、0.5m より小さい値を入力するとエラーが表示される。
2	エラー:0 より小さい値が入力されています。	年間降水量と分配係数は正の値であるため、負の値を入力するとエラーが表示される。
3	エラー:土壌溶出量基準以下の値が入力されています。	土壌溶出量基準以下の汚染状態の土壌については本計算ツールによる評価の対象外であるため、自然由来等土壌の汚染状態に、土壌溶出量基準以下の値を入力するとエラーが表示される。
4	エラー:第二溶出量基準より大きい値が入力されています。	第二溶出量基準を超える汚染状態の自然由来等土壌については本計算ツールによる評価の対象外であるため、自然由来等土壌の汚染状態に、第二溶出量基準より大きい値を入力するとエラーが表示される。

不飽和層厚の情報

不飽和層厚 (m)	0.3	エラー:0.5 mより小さい値が入力されています。
-----------	-----	---------------------------

図-21 エラー表示の例：不飽和層厚の入力

自然由来等土壌の汚染状態

エラー:土壌溶出量基準以下の値が入力されています。

※評価対象物質のみ入力

特定有害物質	砒素	ふっ素	ほう素	カドミウム	セレン	六価クロム	鉛
自然由来等土壌の汚染状態 (mg/L)	0.009						
特定有害物質がカドミウムの場合の土壌のpH							

図-22 エラー表示の例：自然由来等土壌の汚染状態の入力

図-23 エラー表示の例：入力画面と汚染状態の判定結果の表示

4. パラメータ取得方法

4.1 不飽和層厚（自然由来等土壌構造物利用施設の盛土等部分底面から帯水層までの距離）の設定

不飽和層厚（自然由来等土壌構造物利用施設の盛土等部分底面から帯水層までの距離）の設定は、以下の①～④に示した方法で実施する。不飽和層厚に関わるデータの取得をしない場合には、不飽和層厚は 50 cm（入力値は 0.5 m）とする。なお、自然由来等構造物利用施設における自然由来等土壌の利用においては、不飽和層厚は 50cm 以上であることを事前に確認が必要なため、不飽和層厚が 50 cm未満の場合には利用自体ができない。

また、自然由来等土壌構造物利用施設の底面と当該施設を設置する土地の土壌との間に、構造物の設計や安定性その他の目的で他の土壌（清浄土など）を盛土構造物の材料として敷設することが想定されるが、その厚さについては不飽和層厚として加えてはならない。

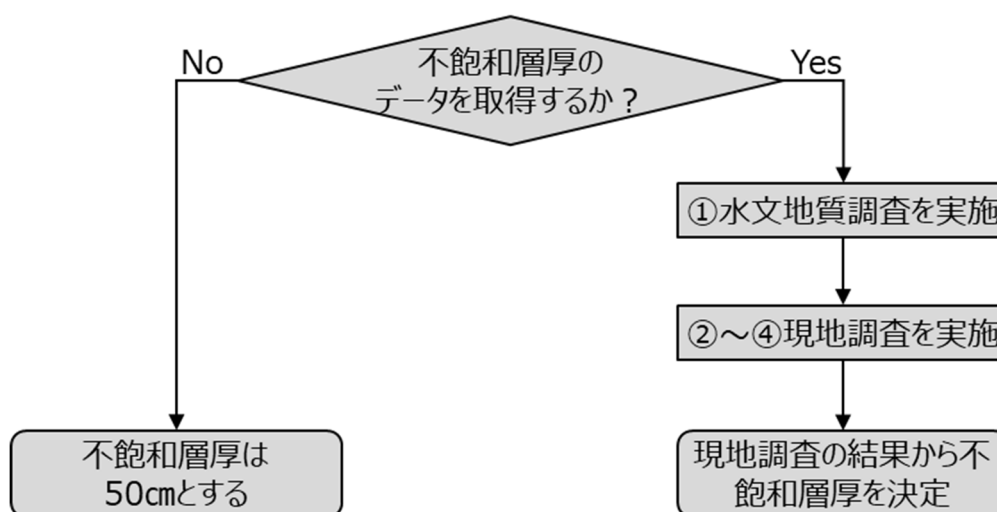


図-21 不飽和層厚設定の手順

- ① 水文地質調査を実施し、自然由来等土壌構造物利用施設の設置を予定する土地付近の大局的な地下水位、季節及び年間変動に関する情報収集をする。
- ② ①の情報を考慮した上で、自然由来等土壌構造物利用施設の設置を予定する土地において、地下水位の測定に適した位置を選定し、900m 格子に 1 箇所以上の頻度で、年間 4 回以上、季節変動が判断できるような時期に地下水位を確認する。

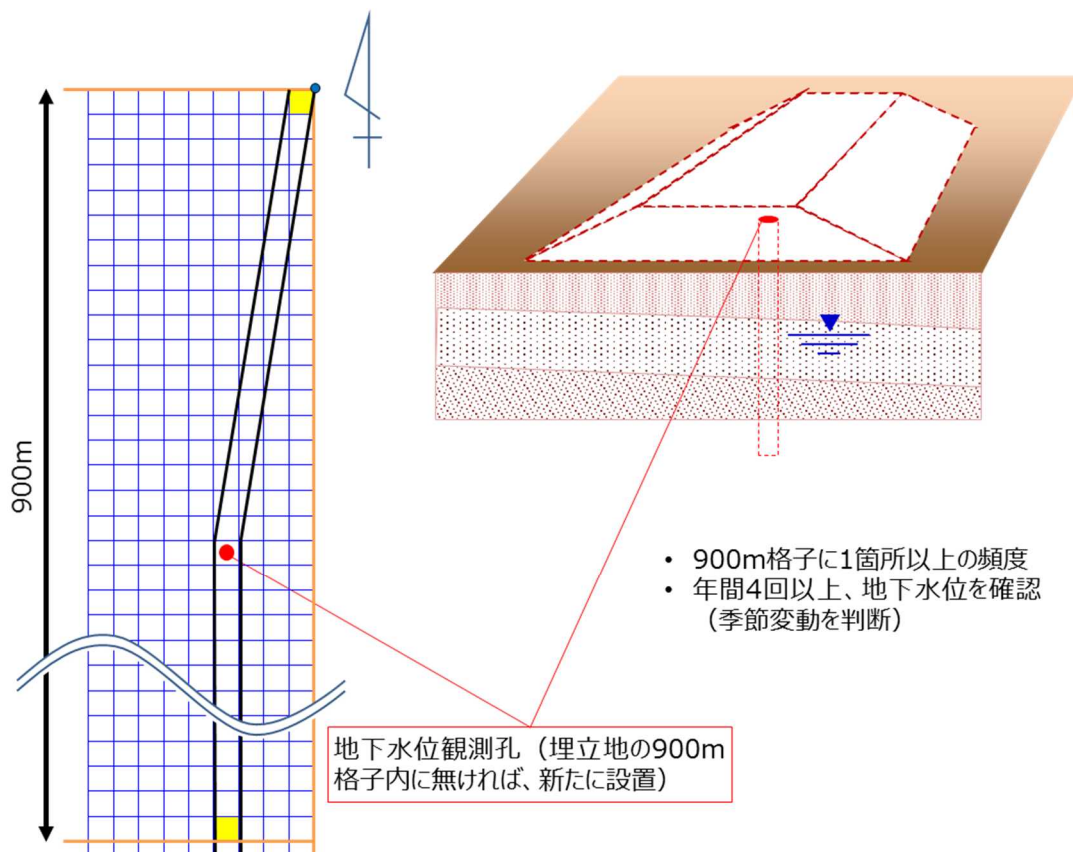


図-22 地下水位測定ポイントの例

- ③ ②で得られた最も高い地下水位を、自然由来等土壌構造物利用施設の設置を予定する土地の地下水位とし、自然由来等土壌構造物利用施設の底面との距離を不飽和層厚とする。

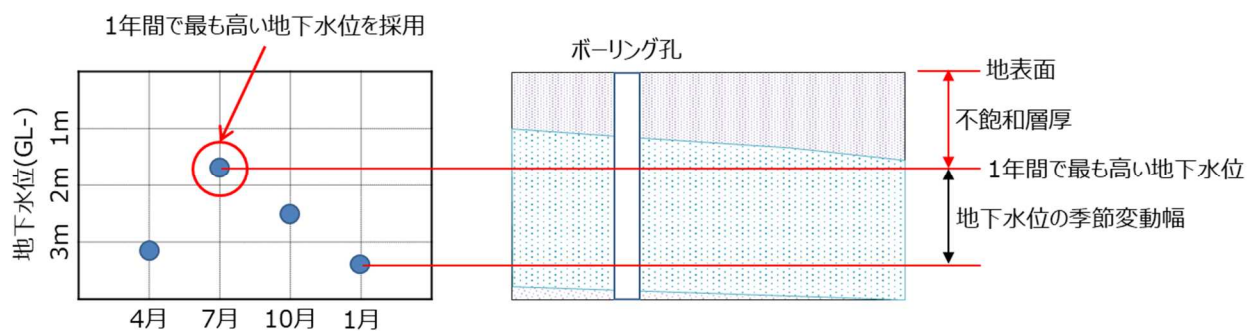


図-23 地下水位の判断の例

- ④ 自然由来等土壌構造物利用施設の設置を予定する土地の面積が広く、③の地下水位のデータが複数地点設定され、複数の「不飽和層厚」のデータが取得できた場合、「不飽和層厚」が最も小さくなるデータを使用する。

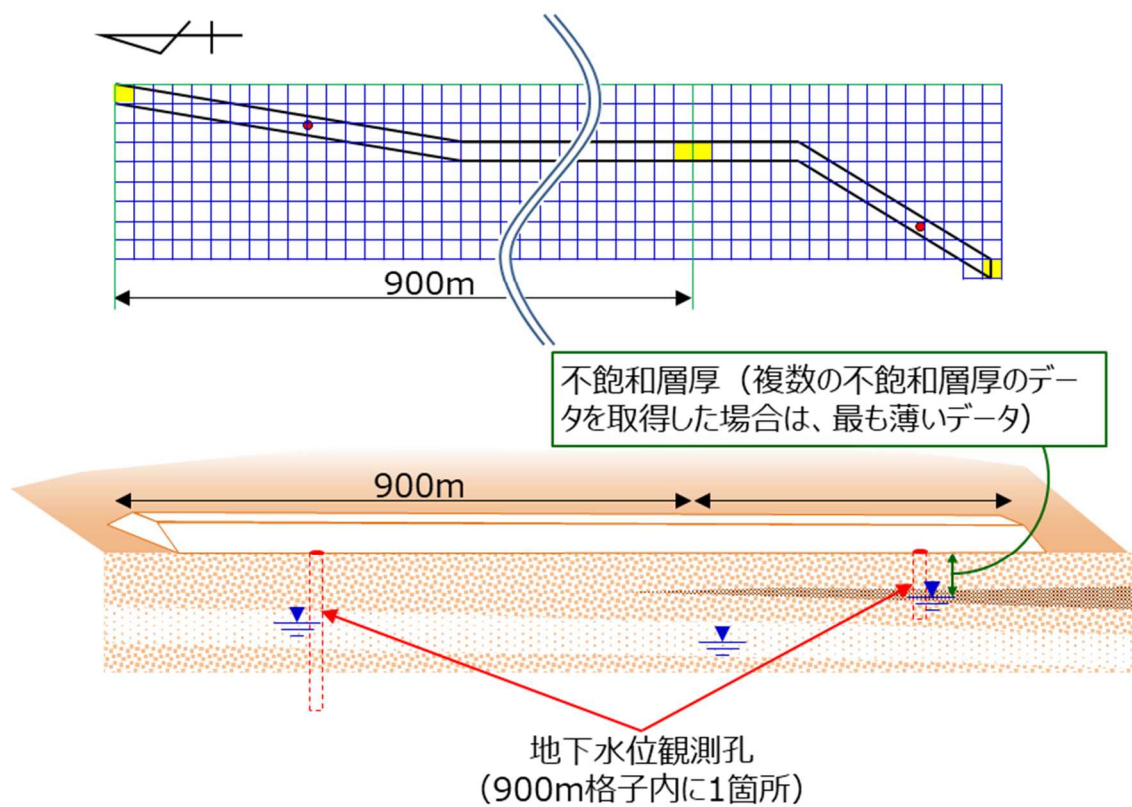


図-24 複数の地下水位データが有る場合の不飽和層厚の設定方法

4.2 年間降水量の設定

自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地付近の年間降水量は、自然由来等土壌構造物利用施設の敷地境界から最近傍 2 箇所の雨量のデータを保持する気象庁のアメダスデータ地点を選定し、両地点の過去 10 年、計 20 の年間降水量データのうち、最大値を入力する。なお、気象庁アメダスデータ以外の年間降水量データ（例えば、当該地等に独自に設置した雨量計により得られた年間降水量データ等）は使用できない。

（参考）気象庁アメダスデータ：<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

（参考）計算ツールでは、浸透率を一律 0.3 とし、年間浸透水量を計算する。また、年間浸透水量（年間降水量×浸透率）の上限値は 800 mm としており、800 mm を超える場合は、800 mm として計算がなされる。上限値の 800mm は、過去 11 年の日本全国のアメダスデータの年間降水量の幾何平均 95% タイル値である約 2690mm に対して、裸地等での実測データから得られた平均的な値である浸透率 0.3 を乗じて算定した値である 807mm を四捨五入して算定した。浸透率は、自然由来等土壌構造物利用施設では覆土・アスファルト等で飛散流出防止措置を前提としていること、また、降水量が多い場合表面流出が増加することなどから実際には、浸透率は 0.3 よりも低くなる可能性が高い。ただし、構造物（盛土）に積極的に降水等が浸透するような形状（例えば、盛土の上面に凹部をつくる等）とはしないように留意する必要がある。

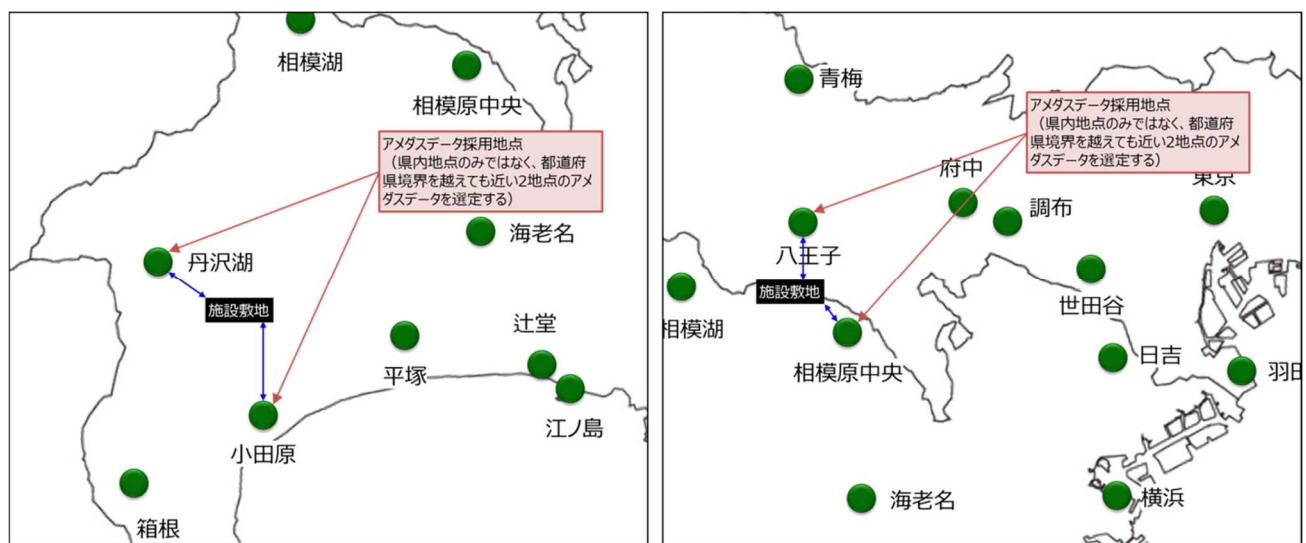


図-25 自然由来等土壌構造物利用施設の敷地境界から最近傍 2 箇所の気象庁アメダスデータの選定方法の例

4.3 分配係数の設定方法

分配係数は、土壌の有害物質の吸着しやすさを示す指標であり、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌を対象に評価する。分配係数が大きいと土壌が有害物質を吸着し、有害物質の土壌中での移動速度が遅くなる。分配係数の設定方法のフローを以下に示す。

なお、自然由来等土壌構造物利用施設の底面と当該施設を設置する土地の土壌との間に、構造物の設計や安定性その他の目的で他の土壌（清浄土など）を盛土構造物の材料として敷設することが想定される。しかしながら、当該層は本評価対象外のため、分配係数算定のために当該層の土壌試料採取は実施しない。

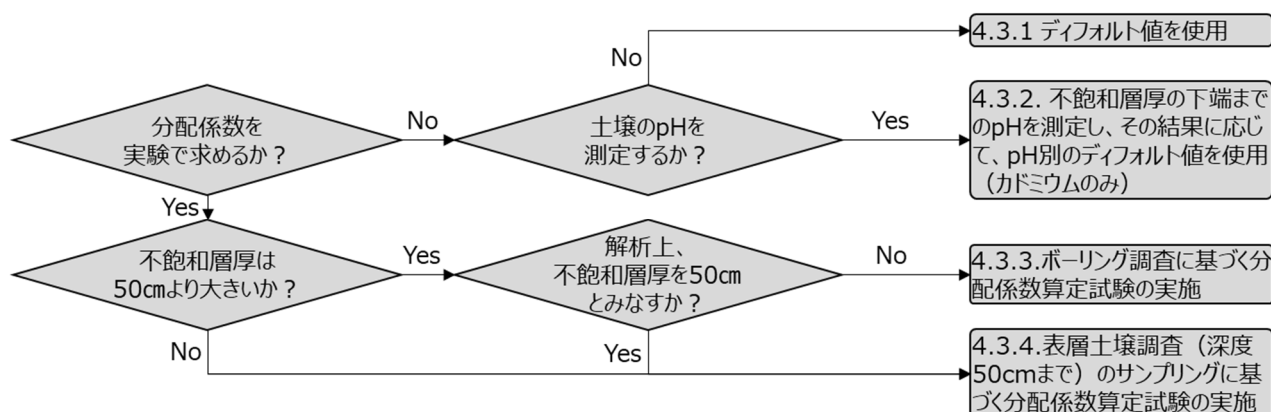


図-26 分配係数の設定方法のフロー

4.3.1 分配係数を試験で求めず、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌の pH を測定しない場合

分配係数を試験では求めず、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌の pH を測定しない場合には、以下に示すデフォルト値を使用することとする。

表-4 分配係数のデフォルト値

（分配係数を試験で求めず、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌の pH を測定しない場合）

物質	分配係数(デフォルト値)
カドミウム	20 L/kg
ふっ素	0.6 L/kg
砒素	3 L/kg
セレン	5 L/kg
六価クロム	0.8 L/kg
ほう素	0.1 L/kg

これらのデフォルト値の算定は、日本の一般的な土壌として、砂、砂質土、粘性土、黒ボク土、森林褐色土を選定し、環境省が実施した土壌を用いたバッチ吸着試験の結果及び文献 1)～4) のデ

ータを活用し、12以上の土壌の実験結果より、フロインドリッヒ型の吸着等温式に近似し、第二溶出量基準の濃度における分配係数を算定し、有効数字1桁で切り捨てとした値である。

なお、セレンについては、ほぼすべての条件で濃度が上昇すると分配係数が上がる形状となったため、前述の第二溶出量基準の濃度ではなく実測された分配係数の最小値を用いた。また、ほう素については、前述の第二溶出量基準の濃度における分配係数の最小値は0.4 L/kgであったが、試験実施時の吸着率が10%以下と低い結果が多かったことから安全側として0.1 L/kgとした。

4.3.2 分配係数を試験で求めないが、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌の pH を測定する場合

分配係数を試験では求めないが、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の土壌の pH を測定する場合には、以下に示すデフォルト値を使用することとする。実際にはカドミウムのみ、pHにより分配係数が変わることになる。

表-5 分配係数のデフォルト値

(分配係数を試験で求めず、自然由来等土壌構造物利用施設の設置予定場所の土壌の pH を測定する場合)

物質	分配係数(デフォルト値)
カドミウム	100 L/kg (pH5 以上) 20 L/kg(pH5 未満)
ふっ素	0.6 L/kg
砒素	3 L/kg
セレン	5 L/kg
六価クロム	0.8 L/kg
ほう素	0.1 L/kg

4.3.3 分配係数を試験で求め、自然由来等土壌構造物利用施設の設置する土地の不飽和層厚を 50 cmとみなす場合

分配係数を試験で求め、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の不飽和層厚を 50 cmとみなす場合、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の表層土壌(深度 50cm まで)のサンプリングに基づく分配係数算定試験を実施する。手順は以下のとおりである。

- ① 調査地点は、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の 900m 格子のほぼ中心で実施するものとする。
- ② 調査深度は 50cm までとする。
- ③ サンプリングは 0～50 cmの土壌を均等にサンプリングする。
- ④ 得られた試料については、それぞれを個別に分配係数取得のためのサンプルとする。(例えば、900m 格子が 4 区画ある場合、分配係数取得のための試験は 4 区画×1 サンプル/区画=

計 4 サンプル) が必要となる。

- ⑤ Appendix-13 の分配係数取得のための試験方法に基づき実施する。
- ⑥ 得られた分配係数のうち、最小値のデータを使用する。

4.3.4 分配係数を試験で求め、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の不飽和層厚を 50 cmとみなさない場合

分配係数を試験で求め、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の不飽和層厚が 50 cm以上あり、その厚さを評価する場合、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地でのボーリング調査を実施し、分配係数算定試験を実施する。手順は以下のとおりである。

- ① 調査地点は、自然由来等土壌構造物利用施設を設置する土地の 900m 格子のほぼ中心で実施する。
- ② 調査深度は、3.2 で設定した不飽和層厚まで掘削する。
- ③ サンプルリングは 0～50cm、1～1.2m、以降 1m 間隔で 20cm 範囲の土壌をサンプルリングするものとする。サンプルリングでは、ダブルスコップ、ハンドオーガー、簡易式ボーリングマシン、ロータリー式ボーリングマシン等で各深度 20cm 区間の土壌を均等に採取する。ボーリングマシンを使用する場合は、無水掘りとする。
試験に必要な土壌試料の量は、Appendix-13 の分配係数取得のための試験方法を参考に決定する。
- ④ 得られた試料については、それぞれを個別に分配係数取得のためのサンプルとする（例えば、900m 格子が 4 区画あり、不飽和層厚が 4.5m の場合、4.5m までのボーリング調査が 4 区画、分配係数取得のための試験は 4 区画×5 サンプル／区画=計 20 サンプルが必要となる）。
- ⑤ Appendix-13 の分配係数取得のための試験方法に基づき実施する。
- ⑥ 得られた分配係数のうち、最小値のデータを使用する。

引用文献

- 1) Nakamura, K., Yasutaka, T., Kuwatani, T., & Komai, T. (2017). Development of a predictive model for lead, cadmium and fluorine soil-water partition coefficients using sparse multiple linear regression analysis. Chemosphere, 186, pp 501-509.
- 2) 亀屋 隆志, 大橋 優子, 小林 剛, 浦野 紘平 (2004) 土壌汚染予測のための広濃度範囲での共存物影響を考慮した金属カチオン交換等温線, 土木学会論文集. 776, 33, pp 29-37,
- 3) 山田優子 亀屋隆志 小林剛 (2015) 各種粘土鉱物・土壌に対する有害金属カチオンの分配係数と共存イオン影響、第 11 回環境地盤工学シンポジウム論文集, pp 445-449
- 4) 岸本幸尚, 古田光弘, 阪本廣行, 佐藤靖彦, 山本親志 (2000) バッチ試験から求めた遅延係数による土の重金属吸着能の評価、土木学会第 55 回年次学術講演会概要集
- 5) 杉田創, 駒井武, 井本由香利 (2011) フッ素及びホウ素の土壌吸着に関する基礎的研究、Journal of MMIJ, 127, 4-5, pp202-212.

参考資料 許容濃度の算出方法

計算ツールでは、サイト情報から受け入れる自然由来等土壌の許容濃度の算出し、受け入れる自然由来等土壌の汚染状態と比較することにより、地下水汚染防止措置濃度を定める汚染状態の判定を行う。許容濃度の算出は以下の方法を用いた。

(1) 計算式

「帯水層に到達をしない」判断をするポイント（図 - 3）における評価期間後の濃度（受け入れる土壌の汚染状態に対する比濃度）の計算には、次の一次元移流分散方程式の解析解（上部境界条件：フラックス一定、下部境界条件：無限遠において濃度勾配 0）※を使用した。

$$c = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{Rz - vt}{2(DRt)^{1/2}} \right] + \left(\frac{v^2 t}{\pi DR} \right)^{1/2} \exp \left[-\frac{(Rz - vt)^2}{4DRt} \right] - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{vz}{D} + \frac{v^2 t}{DR} \right) \exp \left(\frac{vz}{D} \right) \operatorname{erfc} \left[\frac{Rz + vt}{2(DRt)^{1/2}} \right]$$

ここに、 C ：比濃度（-）、 t ：評価期間（年）、 z ：不飽和層厚（m）、 v ：流速（m/年）、 R ：遅延係数（-）、 D ：分散係数（m²/年）である。評価期間は 100 年とした。

(2) パラメータの換算

計算式に代入するパラメータのうち、流速、遅延係数、分散係数は、サイト情報の入力値から換算して使用した。換算方法は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{流速} \quad v &= r/1000/\theta \\ \text{遅延係数} \quad R &= 1 + (Kd/1000) \times b\rho_s/\theta \\ \text{分散係数} \quad D &= \lambda \times v \end{aligned}$$

ここに、 r ：計算に使用する年間降水量（mm/年）、 θ ：液相率（-）、 $b\rho_s$ ：乾燥密度（kg/m³）、 K_d ：分配係数（L/kg） λ ：分散長（m）、である。分散長は、不飽和層厚の 10 分の 1 の値を使用した。

乾燥密度は、一定値（1500 kg/m³）、また、液相率と浸透率は一定値（共に 0.3）を使用した。

(3) 許容濃度の算出

許容濃度は、計算式より求めた比濃度から、次のように算出した。

$$c_p = c_r/c$$

ここに、 c_p ：許容濃度（mg/L）、 c_r ：受け入れる自然由来等土壌の汚染状態（mg/L）

上式により求めた数値の第 3 位を切り捨てた値を許容濃度として受け入れる自然由来等土壌の汚染状態の判定に使用した。

※Methods of Soil Analysis, Part 1, A. Klute, Editor, 1986.