

(S2-19) 実施措置等の適用可能性試験の手引き（事例集）に関する検討

○山崎将義¹・羽渕博臣¹・大久保敬祐¹・森岡錦也¹・西田憲司¹・
 土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（第2期）¹
¹ 土壤環境センター

1. はじめに

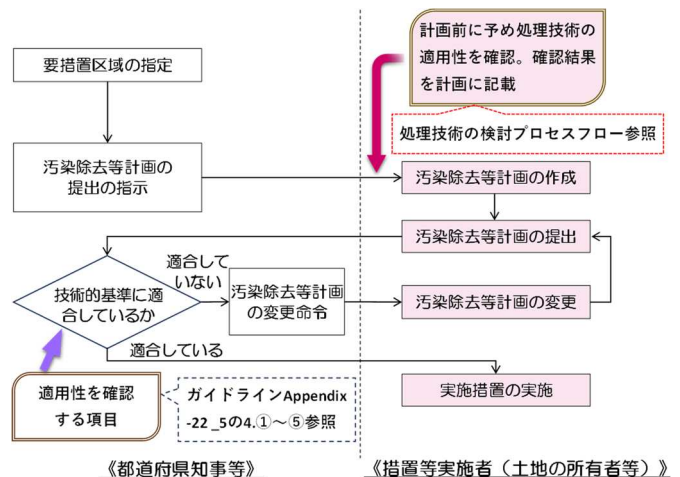
土壤汚染対策法（以下、法）において実施措置として土壤汚染の除去等の処理方法（以下、処理技術）を適用する場合、予め適用可能性試験等を行い処理技術の適用性を確認することが規定されているが、その具体的な手順等は示されていない。そこで、土壤環境センターの「土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会」（以下、当部会）では、適用可能性評価のための室内試験（以下、室内試験）について検討を行い、これまでにオンサイト洗浄処理をはじめ計5つの処理技術について室内試験の具体例を提示した¹⁻⁶⁾。現在、それら成果の活用促進および普及を目的とし、試験フローや留意点等の情報を実務で有効に活用できるツール・仕組みについて開発を行っており、オンラインで手軽に利用でき、試験時に手元に置いて使える手引き（事例集）として構成などを検討している。本報ではその概要および利用イメージについて紹介する。

2. 事例集の概要

事例集（以下、本書）は、法に基づく実施措置や自主対策に用いる対策技術を選定する場合に、候補の処理技術を対象に適用可能性試験を計画・実施するにあたり、参考になる試験方法の具体例を示し、試験の手引きとして活用を図るものである。また、土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（以下、ガイドライン）や環境省の区域内措置優良化ガイドブック（以下、ガイドブック）の副読本として活用することを想定し作成中である。本書の目次案を図1に記す。行政や発注者との打合せにおいて参考資料として活用する場合も想定し、実施措置を講じる際に作成する汚染除去等計画⁷⁾や、処理技術の検討プロセスフロー⁸⁾など、適用可能性試験の位置付けをより深く理解できる内容を、前段の概説において各処理技術共通の事項として記載し、資料の利便性を高めている。以下、概説の主な内容と試験の手引きの基本書式について述べる。

目次	
1. 概説	
1-1. 本書の背景・目的	（頁番号省略）
1-2. 本書の適用対象	
1-2-1. 汚染除去等計画に記載する事項	（法による規定）
1-2-2. 適用性の確認の方法、確認すべき項目	
1-2-3. 処理技術の検討プロセスフロー	
1-2-4. 適用可能性試験の定義等	
1-3. 用語の定義（一覧表）	
2. 処理技術の適用可能性試験の手引き	
2-1. オンサイト洗浄処理	
イメージ図/技術の概要/室内試験概要フロー・試験フロー	
1. 試験前の確認（前提条件等）	フロー 留意点
2. 試料採取	
3. 試料調整	
4. 事前分析	フロー 留意点
5. 洗浄処理試験	フロー 留意点
6. 結果まとめ（適用性の評価）	フロー 留意点
参考文献	
試験チェックリスト	
2-2. 原位置生物処理	（以下略）：準備中

図1 事例集の目次案

図2 実施措置の計画過程における適用性確認の契機（ガイドラインの図5.1.1-1⁷⁾に加筆）

Study on a case studies on applicability test of measures such as removal of soil contamination

Masayoshi Yamazaki¹, Hiroomi Habuchi¹, Keisuke Ohkubo¹, Kenya Morioka¹, Kenji Nishida¹ andStudy group on applicability test of measures such as removal of soil contamination (The 2nd Term)¹ (¹GEPC)

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

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

2.1 汚染除去等計画に記載する事項

実施措置の計画過程において適用性を確認する契機を図2に示す。法に基づき指示措置に代わる処理技術を実施措置に適用する場合、土地所有者等の措置実施者は予め適用可能性試験等を行い、適用性を確認した結果を汚染除去等計画に記載し、行政に提出して確認を受けなければならない。

汚染除去等計画に記載すべき内容は、ガイドライン⁹⁾に以下の5項目が示され、その1つに「適用性の確認方法」が挙げられている。

- ・実施措置の種類
- ・処理の種類
- ・処理方法の区分
- ・処理の対象
- ・適用性の確認方法

上記項目「適用性の確認方法」に記載すべき内容は、適用性を確認する項目と適用性を確認した試験等の方法および結果である。これらに関するガイドラインの記載内容¹⁰⁾を整理した結果を表1に示す。

表1 適用性の確認方法および確認する項目¹⁰⁾

適用性の確認方法 (適用性を確認するための試験等の結果)	①現地採取試料を用いた室内試験結果 ②現地で行ったパイロット試験(掘削した土壌を用いて現地に設置した処理施設で行う試験や、土壌を掘削せずに原位置で行う試験等)や試験施工の結果 ③同一事業所において、過去に適用性を確認した結果あるいは汚染除去等工事の実施結果 ④措置対象地と同様な地盤環境(同様な地質や地下水環境、土壌の汚染状態である場合をいう。)を有する土地において、過去に適用性を確認した結果あるいは汚染除去等工事の実施結果 ⑤その他、上記①～④と同等あるいは同等以上の結果
適用性を確認する項目	①汚染の除去等の処理対象となる特定有害物質(土壌汚染状況調査等において基準不適合となった特定有害物質及び汚染の除去等の処理の過程で基準不適合となるおそれがある特定有害物質)及び土壌の汚染状態(土壌溶出量及び土壌含有量) ②汚染の除去等の原理及び処理フロー ③汚染の除去等の処理対象となる地質及び地下水に係る情報(土質の種類、地下水の有無及びpH等の地下水環境に係る情報等) ④汚染の除去等の処理の適用性を確認できる試験結果(土壌溶出量及び土壌含有量等)及び処理に要する期間 ⑤実績の有無

2.2 適用可能性試験(室内試験)の位置付け

本書に例示する室内試験は、表1の上段①に記載の室内試験に相当し、当部会提案の処理技術の検討プロセスフロー⁸⁾(図3)に示すとおり、実施措置に用いる処理技術を検討する際に、候補の技術に対し適用可能性を評価し、試験結果を基に選定する段階において活用することを想定している。

また、当部会で整理した、法に基づき適用性の確認が必要な実施措置の一覧表を表2に示す。表2には各処理技術に関して適用可能性試験および室内試験で確認する事項としてガイドブック¹¹⁾に示されたチェック項目とチェック方法を記載し、適用可能性試験を計画・実施される際に簡便に参照できるようにしている。

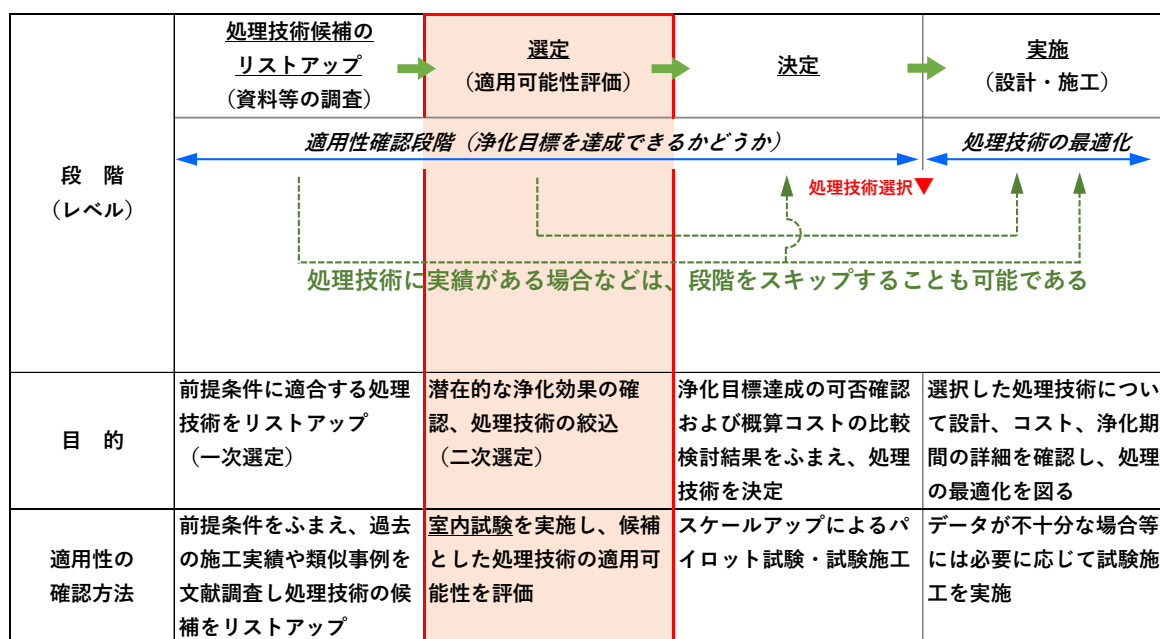


図3 処理技術の検討プロセスフロー⁸⁾

表2 適用性の確認が必要な実施措置 一覧表

分類	実施措置の種類	対象の特定有害物質※1			適用可能性試験によって確認する事項※2	
		第一種	第二種	第三種	チェック項目	チェック方法
土壌汚染の管理	原位置封じ込め	○	○	○	第二溶出量基準に適合していない土壌は、第二溶出量基準に適合させるようになっているか	不溶化等に係る適用可能性試験による確認
					底部層等が所定の遮水効果を有するような遮水構造になっているか	透水試験等による透水係数の確認
	遮水工封じ込め	○	○	○	第二溶出量基準に適合しない汚染状態にある土壌は、第二溶出量基準に適合する汚染状態にすることができるか	不溶化等に係る適用可能性試験による確認
					遮水構造物が所定の遮水効果を有するようになっているか	材料証明書や透水試験等による透水係数の確認
	透過性地下水浄化壁	○	○	○	浄化壁の厚さは、浄化壁下流側において特定有害物質（原理が分解の場合は分解生成物も含む）の地下水濃度が目標地下水濃度を超えない（分解生成物は地下水基準に適合する）汚染状態となる設計となっているか	適用可能性試験が現地の地下水濃度、地下水環境、pH、酸化還元電位、妨害物質等、地下水流速を反映した内容となっているかの確認
	不溶化埋め戻し	－	○	－	適用可能性試験で効果を確認できたか	現地の土壌の使用、不溶化の可否、不溶化剤の混合比率、不溶化対象物質以外の特定有害物質の溶出量変化等についての確認
					安定性確認試験を行ったか	pH の変化等に対する安定性が確認されているかについて確認
	原位置不溶化	－	○	－	適用可能性試験で効果を確認できたか	現地の土壌の使用、不溶化の可否、不溶化剤の混合比率、不溶化対象物質以外の特定有害物質の溶出量変化等についての確認
					安定性確認試験を行ったか	pH の変化等に対する安定性が確認されているかについて確認
					強度試験は必要ないか。固化材は弊害を生まないか	適用可能性試験結果報告書の確認
土壌汚染の除去／オンサイト浄化	熱処理（加熱脱着・熱抽出）	○	△ 水銀、シアン化合物	○	必要に応じ、事前に小規模の試験機等で適用性を確認しているか	現地で採取した土壌を用いて小型試験機で試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間の予測を実施
	洗浄処理（土壌洗浄）	×	○	○	事前に適用可能性試験等で適用性を確認しているか	現地で採取した土壌を用いて洗浄処理試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間等の予測を実施
	化学処理	○	△ シアン化合物	○	適用可能性試験で効果を確認できたか	現地で採取した土壌を用いた適用可能性試験にて検証
	生物処理（ランドファーマーミング）	○	△ シアン化合物	△	事前に適用可能性試験等で適用性を確認しているか	現地で採取した土壌を用いて生物処理試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間の予測を実施
	抽出処理（生石灰混合）	○	×	×	適用可能性試験で効果を確認できたか	現地で採取した土壌を用いた適用可能性試験にて検証
	磁力選別	×	△ ほう素除く	×	事前に適用可能性試験等で適用性を確認しているか	現地で採取した土壌を用いて磁力選別試験を行い、浄化効果、物質収支の検討、適用性、浄化期間等の予測を実施
土壌汚染の除去／原位置浄化	加熱脱着※3（原位置抽出）	○	△ 水銀	△ PCB	（記載なし） [参考] 設計条件のチェック項目として以下の記載あり ・抽出した有害物質の回収方法は妥当か ・特定有害物質を処理できるか（処理量・処理濃度） ・処理において副次的に有害な物質や臭気が発生しないか ・騒音・振動レベルを把握しているか	（記載なし） [参考] 設計条件のチェック方法として以下の記載あり ・機器性能の確認（左記全項目共通）
	化学処理（原位置分解）	○	△ シアン化合物	△	適用可能な効果を確認できたか。分解生成物は生じたか	現地で採取した土壌・地下水を用いた適用可能性試験にて検証、あるいは実績を確認
					現地にて設計の妥当性を確認できたか	現地にて原位置試験を行い、効果、計画量の注入、影響範囲等の設計の妥当性を検証
	生物処理（原位置分解）	○	△ シアン化合物	△	・適用可能性試験で効果を確認できたか ・適切な栄養物質等を選定できたか ・（パイオオーギュメンテーションの場合）適切な微生物を選定できたか	現地で採取した土壌や地下水を用いた室内試験等で検証
					現地にて設計の妥当性を確認できたか	現地で原位置試験を行い、効果及び設計条件の妥当性を検証
	ファイトレメディエーション	△	△	△	事前に適用可能性を確認しているか	施工計画書の確認
	原位置土壌洗浄	○	○	○	溶出促進剤の種類と濃度は適切か（溶出効果はあるか、土壌中で安定か）	適用可能性試験結果、既存文献等の確認
					設計とおりの仕様で揚注水・薬剤供給・水処理ができるか	実績や現場試験等の確認

注 ※1. 対象物質凡例 ○：全ての物質に適用可、△：一部の物質に適用、×：適用できない、－：対象外

※2. チェック項目とチェック方法は、区域内措置優良化ガイドブックにおける各実施措置のチェックリスト例より室内試験と適用可能性試験の部分を抜粋

※3. ガイドラインの本編には掲載されていないが、同Appendix-22に最新技術として掲載されている

2.3 基本書式・構成（例：オンサイト洗浄処理）

試験の手引きの基本書式および構成は、図1の目次に記したとおり、①イメージ図／技術の概要／適用可能性試験（室内試験）概要フロー、②試験フロー例（留意点含む）、③参考文献、④試験チェックリストの4つの要素からなる。図4に、オンサイト洗浄処理を例とした基本書式のイメージ（上記①と、②の抜粋）を示す。

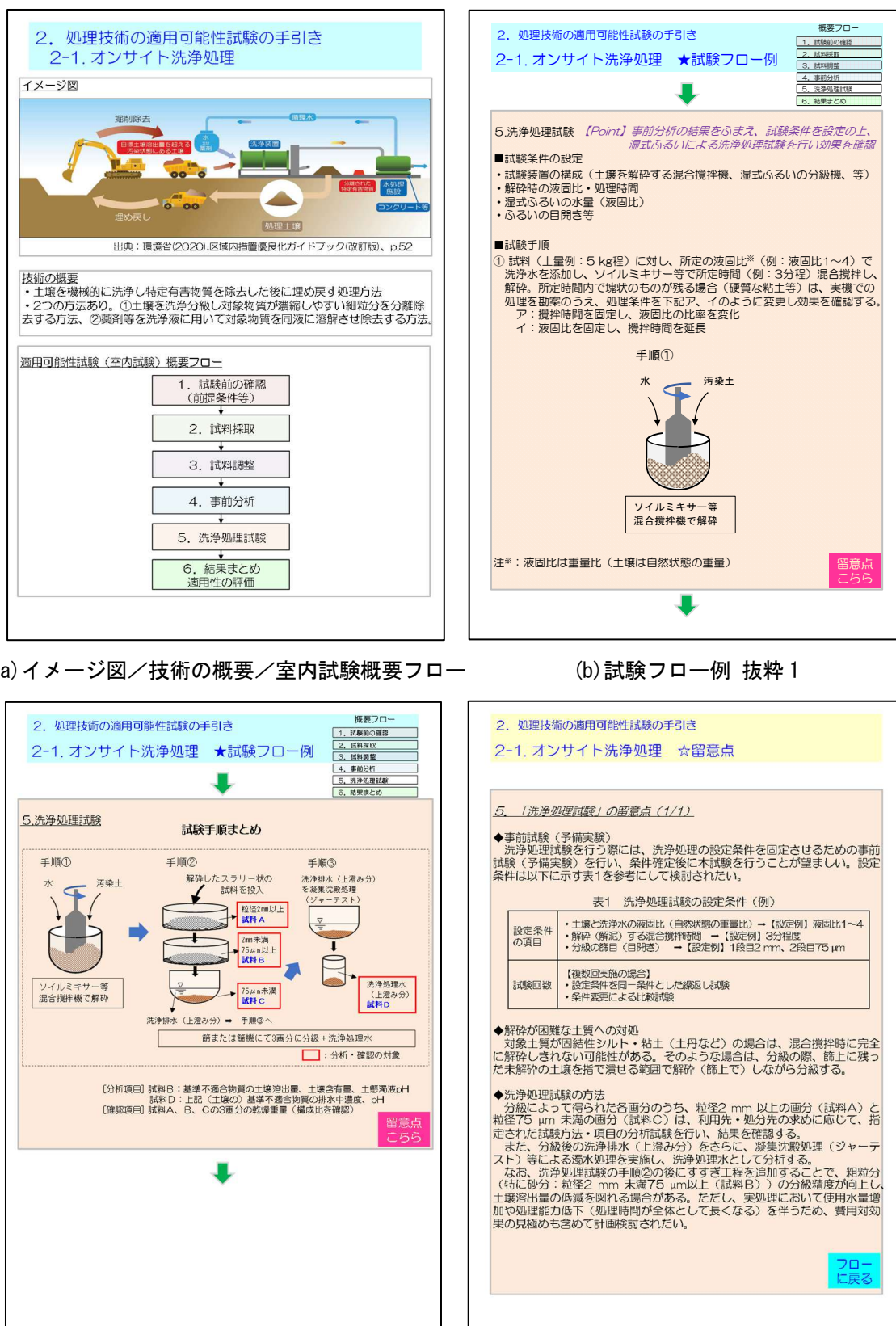


図4 試験の手引きの基本書式イメージ（オンサイト洗浄処理の例）

図4(b)、同(c)および同(d)の図内右下に「留意点こちら」あるいは「フローに戻る」の文字表示を配置している。これらは本書をオンラインで利用する際、関係するページに相互にアクセスすることができるボタンとして機能する。図1に示した目次においても、試験フローの項目の一部に「フロー」と「留意点」のボタンを配置しており、これらも上記と同様に機能し、クリックすると閲覧したいページにアクセスすることができる。

また、今般、試験の手引きの作成にあたり、新たに参考資料として試験チェックリストを検討し、オンサイト洗浄処理の場合の例を作成した。表3にその抜粋を示す。このチェックリストは、ガイドブック¹²⁾に記載された適用可能性試験に関する確認事項をふまえ、既報の試験フロー例¹⁾の手順ごとにチェック項目とチェック方法を検討、整理し表にまとめたものである。チェック方法に関しては、既報の留意点に記載した内容に加え、一部には、当部会に所属する当該処理技術の実務経験者や土壤環境監理士といった専門家複数名の経験をふまえた実践的な対応例も記載しており、実用性のある資料を目指している。

表3 試験チェックリストの例：オンサイト洗浄処理の場合（抜粋）

試験手順	チェック項目	チェック方法	確認
1 試験前の確認	1-1 ・基準不適合土壌の範囲と深さ（最大濃度、地下水の有無等） ・基準不適合土壌は試料採取が可能か（現状で採取可能か）	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書	□
	1-2 浄化対象土量	土壌汚染状況調査、詳細調査等報告書	□
	1-3 土質区分（粒度構成、粗粒分の割合）	ボーリング柱状図、土質試験結果等	□
	1-4 浄化目標	ー（関係者ヒヤリング等）	□
	1-5 洗浄水	実サイトで使用を計画する水源と水量	□
	1-6 洗浄水の処理方法（循環再利用、余剰水処理）	計画している処理方法、放流先水質基準	□
	1-7 対象土壌に気化する可能性のある「水銀及びその化合物」が含まれる場合の作業条件（作業環境、作業時間、保護具、設備等）	土壌汚染状況調査や詳細調査等の報告書やSDS等の資料をもとに対象物質の物理化学的性質を確認	□
2 試料採取	2-1 試料採取地点	・土壌汚染状況調査や詳細調査等の報告書、ボーリング柱状図 ・例：汚染の最大濃度、土質が大きく異なる箇所	□
	2-2 採取した土壌試料の量、採取する最大粒径の設定	・採取土量：試験計画および最大粒径（試験装置の篩目上限）を検討し設定した上で必要量を採取 ・最大粒径の設定例：10～50mmの範囲を目安とし設定	□
	2-3 採取した試料の土質性状	土質試験項目は試験フロー例の2.参照	□
	2-4 事前分析用試料は別途確保	分析必要量を確保したか確認	□
3 試料調整	3-1 試料を均質に混合	目視にて確認	□
	3-2 不純物（がれき、木片等）、石等の除去	目視にて確認	□
	3-3 試料の変質の有無	・目視にて確認 ・異臭が無いことを確認	□
	3-4 試料の土質性状 ※2-3未実施の場合	土質試験項目は試験フロー例の2.参照	□
4 事前分析	4-1 試料の基準不適合物質の濃度	化学分析項目は試験フロー例の4.参照	□
	4-2 洗浄水 ※水道水以外の水を使用する場合	水質分析項目は試験フロー例の4.参照	□

3. オンライン掲載のイメージと利点

本書は、前記のとおり、オンラインで手軽に利用でき、試験時に手元に置いて使えるツールとして、土壤環境センターのホームページに掲載することを計画している。まずは同センター会員専用サイトに設置し試験運用を行い、不具合の有無や使い勝手等を確認し、改善を図る。次段階として将来的に一般公開を目指す考えである。

オンラインで利用できる特長を活かし、本書に参考文献として挙げた情報のうち web サイトで公開され閲覧可能なものに対しては、URL リンクを添付して簡便に内容を確認できるようにし、実務の効率化を図る予定である。

4. おわりに

本報では、既報の室内試験例を実務で有効に活用できるツールとして開発中の手引き（事例集）について概要および利用イメージを紹介した。今後、室内試験例を作成済の他の処理技術（原位置生物処理^{2,3)}）、および更新中の処理技術（透過性地下水浄化壁⁴⁾、原位置化学処理⁵⁾、原位置加熱脱着処理⁶⁾）についても、手引き（事例集）として活用できるように仕上げて事例集に追加する考えである。今回の発表内容について、是非とも忌憚のないご意見やご提案をお聞かせいただきたい。

参考文献

- 1) 山崎将義，森岡錦也，佐藤毅，岡田雄臣，田村和広，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（2024）：重金属汚染土壌のオンサイト処理に関する適用可能性試験の検討－第2報－，第29回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.119-124.
- 2) 羽瀧博臣，藤井雄太，山野辺純一，伊藤雅子，西田憲司，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（2024）：塩素化エチレン類による土壌・地下水汚染の原位置生物処理に関する適用可能性試験の検討－地下水を用いる場合 第2報－，第29回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.346-351.
- 3) 山野辺純一，羽瀧博臣，藤井雄太，伊藤雅子，西田憲司，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（2024）：塩素化エチレン類による土壌・地下水汚染の原位置生物処理に関する適用可能性試験の検討－土壌を用いる場合－，第29回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.470-475.
- 4) 山崎将義，佐藤毅，三浦英俊，森川航平，西田憲司，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（第2期）（2025）：透過性地下水浄化壁（吸着）に関する適用可能性試験の検討，第30回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.397-402.
- 5) 藤井雄太，羽瀧博臣，森岡錦也，水柿貴史，三浦英俊，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（第2期）（2025）：原位置化学処理（還元分解）に関する適用可能性試験の検討，第30回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.50-55.
- 6) 山野辺純一，ブラーツ初枝，島田雄太郎，大久保敬祐，西田憲司，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（第2期）（2025）：原位置加熱脱着処理に関する適用可能性試験の検討，第30回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.465-470.
- 7) 環境省（2022）：土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3.1版），5.1 汚染の除去等の措置の考え方，pp.422-424.
- 8) 岡田雄臣，山崎将義，森岡錦也，佐藤毅，西田憲司，土壤汚染の除去等の措置の適用可能性試験に関する調査・検討部会（2024）：米国（EPA）における汚染土壌の処理方法の適用性の確認方法・手順，第29回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.23-28.
- 9) 環境省（2022）：土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3.1版），Appendix 22_5，同6.
- 10) 環境省（2022）：土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（改訂第3.1版），Appendix 22_4，同5.
- 11) 環境省（2020）：区域内措置優良化ガイドブック（改訂版），pp.23-123.
- 12) 環境省（2020）：区域内措置優良化ガイドブック（改訂版），p.55.