

（S2-31）土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関する アンケートの集計結果について（令和5年度実態調査）

○阿部 美紀也¹・西谷 英晃¹・森脇 涼介¹・河内 幸夫¹・技術実態集計分科会¹

¹ 土壌環境センター

1. 背景および目的¹⁾

一般社団法人土壌環境センター（以下、「センター」）技術委員会技術実態集計分科会（以下、「当分科会」）では、センター会員企業（以下、「会員企業」）が適用した土壌・地下水汚染対策技術について、アンケート形式にてデータを収集し、対策技術の動向を把握することにより、各企業の技術開発や土壌汚染対策法（以下、法）改正時等の参考となるよう検討を行っている。本稿では、会員企業を対象に行った土壌・地下水汚染対策の令和5年度実績に係るアンケート結果から得られた知見の概要を報告する。

2. アンケート調査の概要

2.1 調査の経緯

土壌・地下水汚染に関しては平成15年4月の法施行後2回の改正が行われ、平成22年4月の改正法施行時には、汚染土壌の搬出抑制が目標の一つとされ、より環境負荷の少ない方法で対策を行い、リスク管理を図ることが期待された。それに伴い、対策技術についてより一層の開発が進められ、今日に至っている。

こうした背景の下、当分科会では、法や条例等に基づく調査や自主的な調査の結果を基に会員企業が適用した対策技術の動向等を把握するため、平成22年度実績より継続的にアンケート調査を実施している。調査結果は会員企業へ還元するだけでなく、報文やセンターHPでの公開により対策時の技術適用実態の情報を広く社会に提供することは有用な活動と捉えており、土壌・地下水汚染対策の知見の蓄積にも繋がると考えている。

2.2 調査内容

アンケートでは、「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2版²⁾並びにその後の改訂第3版³⁾（最新は改訂第3.1版）を参考にして、対策技術を14種類に分類した。調査対象は会員企業各社が元請として受注した対策工事とし、それぞれの案件（サイト）について、下記の項目ごとに選択肢から該当するものを選択する形式とした。

- ①対策の契機：法による契機、条例・要綱による契機、自主契機
 - ②対象となった汚染物質：有機塩素系化合物、ベンゼン、重金属等、農薬等、PCB、油分など
 - ③適用した対策技術：14種類の技術（地下水の水質の測定、土壌汚染の除去、地下水のみの原位置浄化、原位置封じ込め、地下水汚染の拡大の防止、立入禁止、土壌入れ換えなど）
 - ④対策技術を適用したサイトの汚染状況：土壌溶出量基準不適合、第二溶出量基準不適合、土壌含有量基準不適合、地下水基準不適合、油臭・油膜・TPH、ダイオキシン類の環境基準不適合など
 - ⑤（③で土壌汚染の除去を選んだ場合）土壌汚染の除去の種類：掘削除去、原位置浄化
 - ⑥（⑤で掘削除去を選んだ場合）掘削除去後の処理：区域内浄化（熱処理、洗浄処理、化学処理など）、区域外処理（浄化等処理施設、セメント製造施設、埋立処理施設など）とその理由
 - ⑦（⑤で原位置浄化を選んだ場合）浄化工法の種類：抽出処理（土壌ガス吸引など）、化学処理（酸化分解、還元分解）、生物処理（バイオスティミュレーションなど）、原位置土壌洗浄など
 - ⑧参考情報（任意回答）：対策規模（面積、深度、土量、費用）、対策後の土地利用、対策サイトの区域指定状況、対策での汚染状態に関する基準以外の目標土壌溶出量等の設定有無など
- なお、調査票の配布・回収は令和6年7月1日～8月30日の期間に行った。

Results of the questionnaires on the application of technology for the soil and
groundwater contamination measures (2023 fact-finding)

Mikiya Abe¹, Hideaki Nishitani¹, Ryosuke Moriwaki¹, Yukio Kawauchi¹
and Task Team on actually-applied soil remediation technology¹ (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

2.3 回答者情報

令和5年度実績に対するアンケートは、会員企業94社に調査票を配布し、58社（対策の実績なしと回答した22社を含む。）から回答を得た（回収率62%）。回収された調査票の件数は405件（有効数）であった。なお、件数は同一の敷地内の離れた二つの場所で種類の異なる対策を実施した場合は二つのサイトとし、同じ場所で複数の異なる種類の対策を実施した場合は一つのサイトとして扱っている。また、複数の汚染物質や契機の選択などにより、一般的な土壌・地下水汚染の対策等と合わない回答が含まれる場合がある。

3. 調査結果

3.1 対策の契機

対策契機についての回答（複数回答を含む、のべ432件）は図-1に示すとおりである。「土壌汚染対策法に基づく調査による汚染の発覚」（以下、「法契機」）36%と「自主調査による汚染の発覚を受けて法14条申請した土地における対策実施」（以下、「14条契機」）3%の法が関与した事例（計39%）や、「条例又は要綱に基づく調査による汚染の発覚」（以下、「条例等契機」）12%に比べて、「自主調査による汚染の発覚を受けて自主対策を実施」（以下、「自主契機」）49%が多い結果となった。

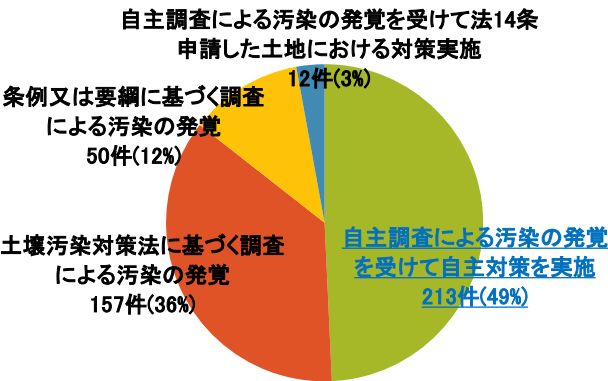


図-1 対策の契機
（複数回答を含む、のべ432件、**青字**：最多回答）⁴⁾

3.2 対策の選択理由

対策の理由となった基準不適合事例（複数回答を含む、のべ604件）は、図-2に示すように「土壌溶出量基準不適合」が45%、次いで、「地下水基準不適合」34%、「土壌含有量基準不適合」13%、「油臭・油膜・TPH」5%となっていた。

「土壌溶出量基準不適合」の内訳では、「第二溶出量基準不適合を含む」ものは17%であった。

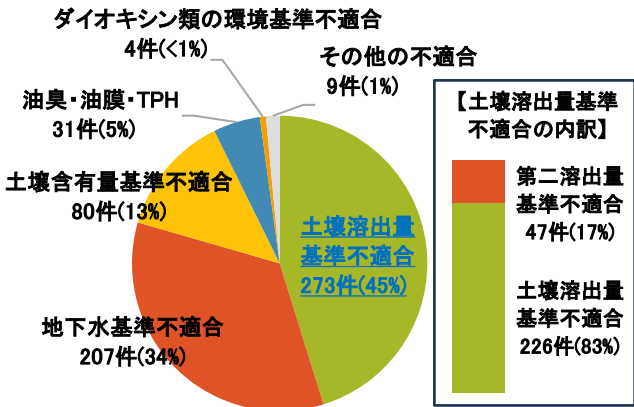


図-2 基準不適合の状況
（複数回答を含む、のべ604件、**青字**：最多回答）⁴⁾

3.3 対策の対象となった汚染物質

対象となった汚染物質（特定有害物質、油分、ダイオキシン類等）の種類及び汚染物質の組合せについての回答総数を図-3に示す。

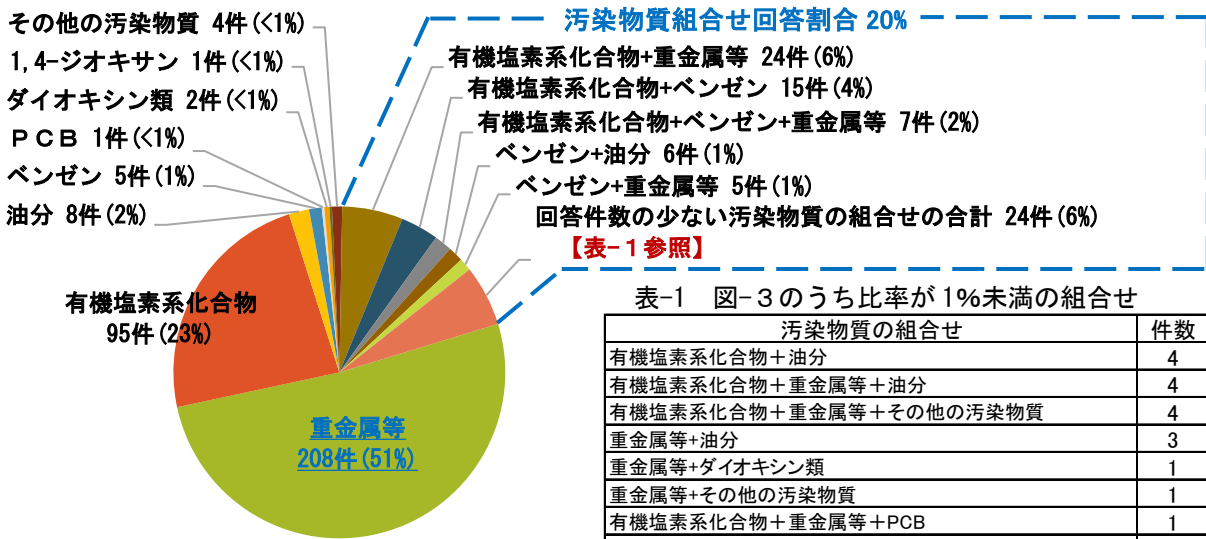


図-3 対象汚染物質及びその組合せの総数
（405件、**青字**：最多回答）⁴⁾

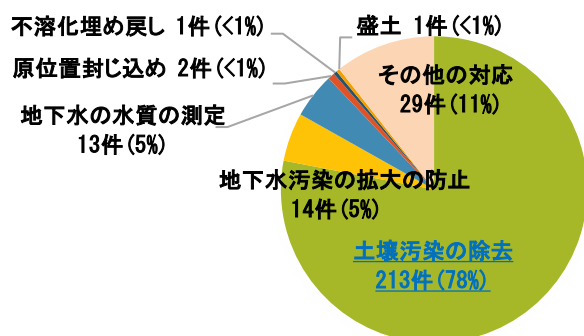
表-1 図-3のうち比率が1%未満の組合せ

汚染物質の組合せ	件数
有機塩素系化合物+油分	4
有機塩素系化合物+重金属等+油分	4
有機塩素系化合物+重金属等+その他の汚染物質	4
重金属等+油分	3
重金属等+ダイオキシン類	1
重金属等+その他の汚染物質	1
有機塩素系化合物+重金属等+PCB	1
ベンゼン+重金属等+油分	1
1,4-ジオキサンと他の有害物質(最大4物質)との組合せ	4
汚染物質の組合せが6物質以上	1
※合計件数	24件(6%)

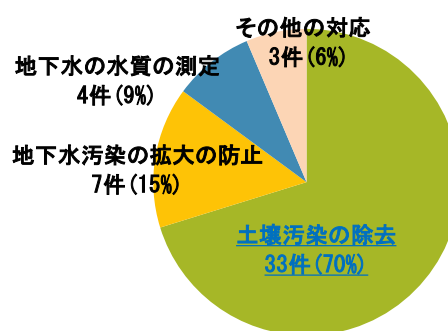
主な内訳は、「重金属等」のみを対象とした対策が51%で、「有機塩素系化合物」のみは23%、「油分」のみは2%であった。全体の20%は対象となった汚染物質が組み合わさった回答であった。主な組合せは「有機塩素系化合物+重金属等」6%、「有機塩素系化合物+ベンゼン」4%、などとなっていた。なお、「その他の汚染物質」は、硝酸性窒素・亜硝酸性窒素、PFAS、POPs 農薬、トリクロロベンゼンであった。

3.4 選択された対策

3.4.1 土壌溶出量基準不適合、土壌含有量基準不適合への対策



(1) 土壌溶出量基準不適合への対策
(複数回答を含む、のべ 273 件)



(2) 第二溶出量基準不適合への対策
(複数回答を含む、のべ 47 件)

図-4 土壌溶出量基準不適合への対策 (青字：最多回答) ⁴⁾

土壌溶出量基準不適合、土壌含有量基準不適合に対する対策の選択状況を図-4、図-5 に示す。

第二溶出量基準不適合も含んだ溶出量基準不適合全体に対する対策 (複数回答を含む、のべ 273 件) は、図-4 (1) に示すように「土壌汚染の除去」が 78%、「その他の対応」(法の措置ではない地下水の水質の測定が約 9 割) が 11%、「地下水汚染の拡大の防止」と、法の措置の「地下水の水質の測定」が各 5%であった。

一方で、第二溶出量基準不適合だけに限ると、図-4 (2) に示すように「土壌汚染の除去」が 70%、「地下水汚染の拡大の防止」が 15%であった。

土壌含有量基準不適合 (複数回答含む、のべ 80 件)

の場合は、図-5 に示すように「土壌汚染の除去」が 65 件 (81%) で、その他はすべて 3 件以下であった。

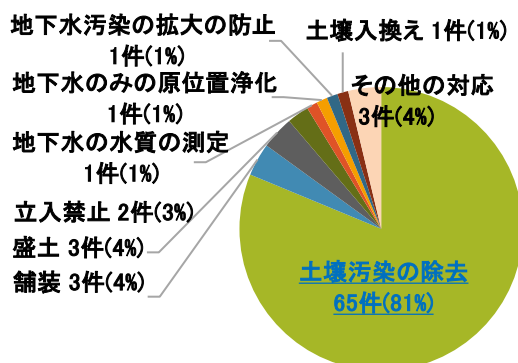


図-5 土壌含有量基準不適合への対策
(のべ 80 件、青字：最多回答) ⁴⁾

3.4.2 土壌汚染の除去の内訳

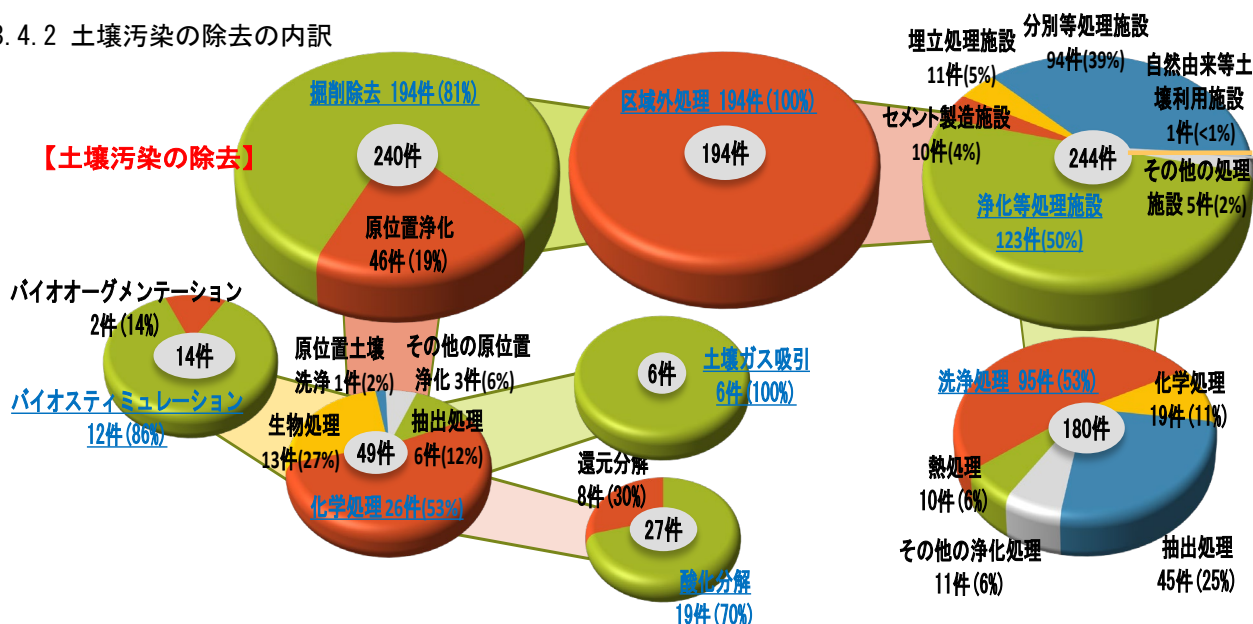


図-6 土壌汚染の除去の詳細内訳 (複数回答を含む、青字：各内訳の最多回答) ⁴⁾

「土壌汚染の除去」について、詳細な内訳を図-6に示す（複数回答を含む、のべ数はそれぞれ異なる）。

「土壌汚染の除去」は「掘削除去」の81%に対して、「原位置浄化」は19%であった。「掘削除去」の場合、掘削後の処理は全て「区域外処理」で、区域内での処理は行われていない状況にあった。「区域外処理」の施設は「浄化等処理施設」が50%で、次に多い施設は「分別等処理施設」39%であった。また、「自然由来等土壌利用施設」での利用が1件であった。

一方、「原位置浄化」では「化学処理」53%、「生物処理」27%、「抽出処理」12%の順であった。なお、「生物処理」はバイオスティミュレーションが主体で、「抽出処理」は全て土壌ガス吸引であった。

3.4.3 掘削除去後の区域外処理の選択理由

掘削除去後に区域外処理を選択した理由を、図-7に示す。なお、従来は任意回答であったが必須回答とし、選択肢に「費用対効果」を加え、かつ選択肢から理由を選ぶ際の数を1つ限定から最大3つに変更した。

選択理由は「建設工事掘削範囲」が34%と最も多く、次いで、「工期短縮」と「区域指定解除」が各14%、「跡地利用」が13%、「汚染範囲小規模」が9%などであった。

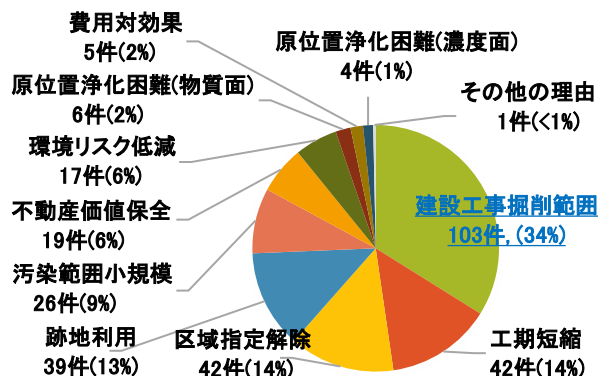


図-7 掘削除去後の区域外処理の選択理由

（複数回答を含む、のべ304件、青字：最多回答）⁴⁾

3.4.4 地下水のみの原位置浄化の内訳

「地下水のみの原位置浄化」について、詳細な内訳を図-8に示す（複数回答を含む、のべ数はそれぞれ異なる）。「抽出処理」が58%と最も多く、「生物処理」が37%で、「化学処理」も2件（5%）と少ないが行われている。「抽出処理」は地下水揚水、「生物処理」はバイオスティミュレーションが大部分を占めている。

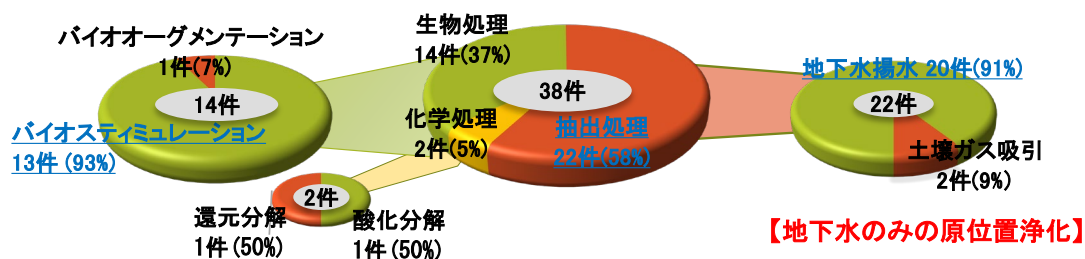


図-8 地下水のみの原位置浄化の詳細内訳（複数回答を含む、青字：各内訳の最多回答）⁴⁾

3.5 実態調査から把握された事柄

ここでは汚染物質3種類（重金属等、有機塩素系化合物、油分）を対象に「契機」や「対策」との関係や、任意回答である対策規模（「面積」、「深度」、「土量」）との関係を整理した。

3.5.1 汚染物質3種類の契機と対策

汚染物質3種類の対策の契機について図-9に示す。「重金属等」を含む場合は「法契機」が46%、「自主契機」が36%であった。一方、「有機塩素系化合物」を含む場合は「自主契機」67%、「油分」を含む場合は86%であった。

汚染物質3種類と対策との関係について図-10に示す。

「その他の対応」（法の措置ではない地下水の水質の測定が約9割）を除き「重金属等」は「土壌汚染の除去」が62%を占め、次に、「地下水の水質の測定」と「地下水汚染の拡大の防止」が各6%であった。「有機塩素系化合物」は「土壌汚染の除去」30%、「地下水のみの原位置浄化」15%、「地下水汚染の拡大の防止」12%である。「油分」は「土壌汚染の除去」32%、「地下水汚染の拡大の防止」15%、「地下水のみの原位置浄化」9%の順であった。

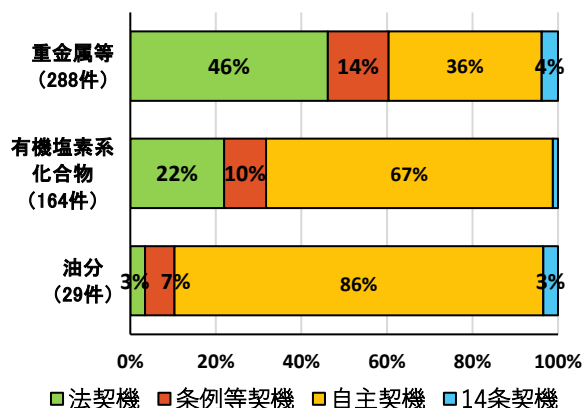


図-9 汚染物質3種類と対策の契機（複数回答を含む）

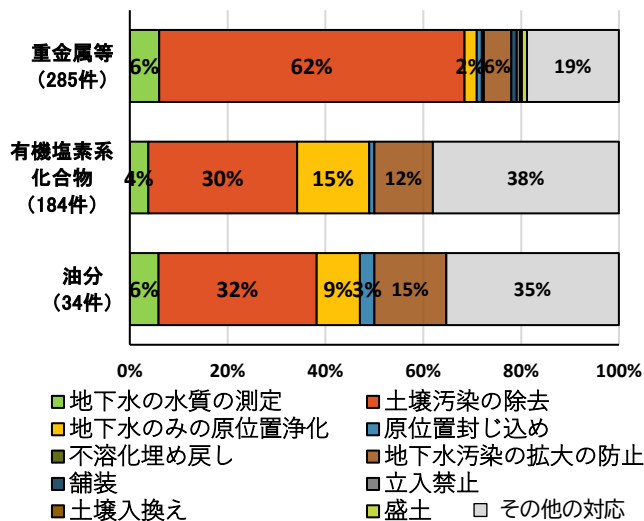


図-10 汚染物質 3 種類と対策の関係
(複数回答を含む)

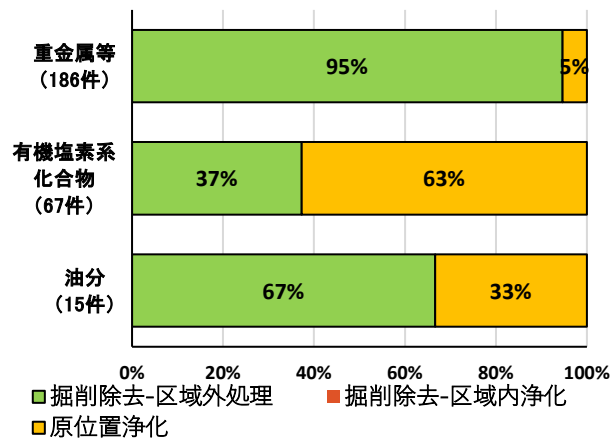


図-11 汚染物質 3 種類の土壌汚染の除去で選択された対策の内訳

図-11 に土壌汚染の除去で選択された対策の内訳を示す。汚染物質 3 種類すべてで、「掘削除去-区域内浄化」は実施されていない。「掘削除去-区域外処理」は「重金属等」95%、「油分」67%に対し、「有機塩素系化合物」は 37%と少なく、「原位置浄化」が 63%と多くなっている。

3.5.2 汚染物質 3 種類の対策規模

3 種類の汚染物質別の対策規模（面積、深度、土量）の割合を図-12 から図-14 に示す。

図-12 の「対策面積」は、「900 m² 未満」が油分＝有機塩素系化合物<重金属等の順、「10,000 m² 以上」が重金属等<有機塩素系化合物<油分の順で、「重金属等」に比べて「有機塩素系化合物」や「油分」が広い面積を対象にしている。

図-13 の「対策深度」は、「重金属等」は「5 m 未満」が 65%、「有機塩素系化合物」は「5 m 以上」が 74%、「油分」はその中間の「2 m 以上 10 m 未満」が 57%と、汚染物質ごとに異なる状況にある。「重金属等」に比べ、「油分」、さらに「有機塩素系化合物」が深くなる傾向が見られる。

図-14 の「対策土量」については、「対策面積」と「対策深度」から概ね推量できるが、比較的大規模な「10,000 m³ 以上」の割合は汚染物質 3 種類で大きく変わらないが、「900 m³ 未満」の割合が「重金属等」、「有機塩素系化合物」の 4 割前後に比べ、「油分」は 13%と少なく、対策土量が多い傾向が見られた。

4. まとめ

当分科会が会員企業に対して行った令和 5 年度実績の土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関するアンケートによる実態調査結果を、以下にまとめる。

4.1 全体的な傾向

対策の契機は、「自主契機」が 49%を占め、「法契機」と「14 条契機」を合わせた法が関与した事例が 39%を占める結果であった。

対策の対象汚染物質は、「重金属等」のみが 51%、「有機塩素系化合物」のみが 23%で、この二つ汚染物質の合計は全

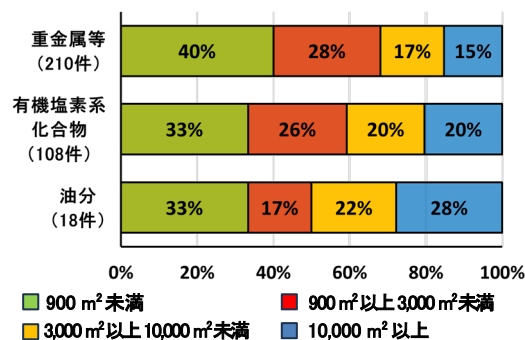


図-12 対策面積の割合（任意回答）

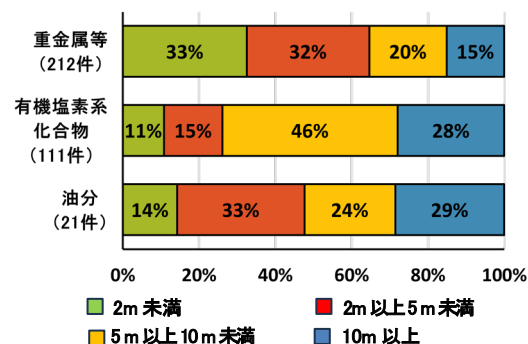


図-13 対策深度の割合（任意回答）

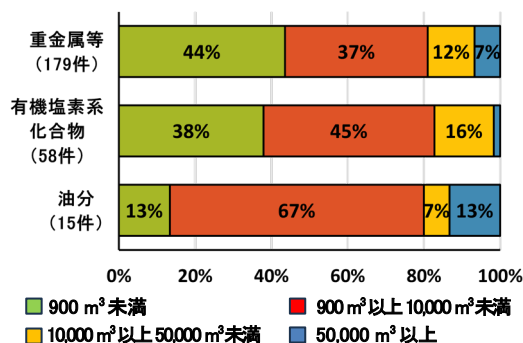


図-14 対策土量の割合（任意回答）

体の74%であった。これらに次ぐ「油分」のみは2%、「ベンゼン」のみは1%であった。

対策と基準不適合との関係については、「土壌溶出量基準不適合」では「土壌汚染の除去」が最も多く78%を占め、「地下水汚染の拡大の防止」が5%であった。「第二溶出量基準不適合」の場合は「土壌汚染の除去」が70%で「地下水汚染の拡大の防止」が15%となっていた。これは、土壌溶出量の濃度が大きいため、付帯して地下水汚染も存在していた割合が大きかったことが推察される。一方、「土壌含有量基準不適合」では「土壌汚染の除去」が81%を占めていた。

4.2 汚染物質ごとの傾向

3種類の汚染物質（「重金属等」、「有機塩素系化合物」、「油分」）を取り上げ、それぞれの傾向について検討を行った。

「重金属等」を含む場合の「対策の契機」は、「法契機」46%、「条例等契機」14%で、これらの割合が他の汚染物質より大きかった。選択された対策は「土壌汚染の除去」が62%と多くを占め、その内訳は「掘削除去-区域外処理」が95%であった。

「有機塩素系化合物」を含む場合、対策は「土壌汚染の除去」30%に加えて、「地下水のみの原位置浄化」15%、「地下水汚染の拡大の防止」12%のように、地下水汚染を対象とした対策が行われているのが特徴である。これは、「対策深度」の5m以上の割合が74%となっており、他の汚染物質と比較して深い深度の対策が多いためと考えられる。

「油分」は、それ自体は法対象外の物質であるため、単体での汚染は法の対象とならない。法の対象となるのは、特定有害物質による汚染との組合せで油分の汚染が存在する場合に限られる。したがって、「自主契機」86%が対策を行う契機の主体となっている。対策は「土壌汚染の除去」32%、「地下水汚染の拡大の防止」15%、「地下水のみの原位置浄化」9%のように、「有機塩素系化合物」と類似した状況にある。

なお、「土壌汚染の除去」で掘削除去を実施した後の処理について、例年は区域内での処理も行われていたが、令和5年度は3つの汚染物質の全てで区域外の処理が行われた状況であった。

その他として、対策規模については、対策深度に関して「重金属等」は5m未満の浅い深度が多く、「有機塩素系化合物」は5m以上のより深い深度の割合が多いなど、特徴的な結果が得られた。

5. おわりに

当分科会では、会員企業を対象に土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関する実態調査を実施し、調査結果と対策との関連に関する動向を取りまとめ提供している。

本報告では令和5年度実績に対する実態調査の結果のみを取りまとめたが、今年度を含め既往の7年間の調査結果を基に経年変化を整理して比較を行っており、別報⁵⁾にて報告する。

今後も「対策時の技術適用に関するアンケート」を毎年継続していくことで、対策方法や技術の動向について実態把握を進め、技術開発や対策検討に役立つよう図っていきたい。最後に、今回の調査にご協力頂いた会員企業の皆様に感謝するとともに、今後も同様に調査への協力をお願いしたい。

参考文献

- 1) 山下巧, 大橋貴志, 熱田真一, 河内幸夫, 田村和弘, 技術実態集計分科会(2024): 土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関するアンケートの集計結果について(令和4年度実態調査), 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, pp129~134. ※本報は続報
- 2) 環境省(2012): 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2版.
- 3) 環境省(2019): 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版.
- 4) (一社)土壌環境センター 技術委員会 技術実態集計分科会(2025): 『令和6年度 土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関するアンケート』調査結果(令和5年度実績).
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/R5_survey_summary.pdf
- 5) 熱田真一, 阿部美紀也, 西谷英晃, 鈴木弘明, 技術実態集計分科会(2025): 土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関するアンケートの集計結果について(経年変化とその考察), 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.