

(S4-09) 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3年度実態調査）

○大橋 貴志¹・熱田 真一¹・河内 幸夫¹・加洲 教雄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⁾

（一社）土壌環境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、（一社）土壌環境センター会員企業（以下、会員企業）によって実施された土壌・地下水汚染対策の適用技術について継続的にアンケート形式にてデータを収集し、調査結果と対策に関する動向を把握することによって、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・地下水汚染の対策時の技術適用に関する実態調査の令和3年度の結果から年度実績の概要などについて得られた知見を報告する。

2. アンケート調査の概要

2.1 調査の経緯

土壌・地下水環境に係わる制度及び技術は年々改められてきており、平成22年4月に改正法が施行された際には、汚染土壌の場外搬出の抑制が目標の一つとされ、汚染土壌を極力、指定区域外へ搬出することなく、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。

このような背景の中、会員企業を対象に法に基づく土壌汚染状況調査及び自主的な調査結果に基づいて適用される対策等の技術動向を把握し、技術開発や法改正時等の参考として会員企業へ還元するのみでなく、対策時の技術適用の実態について社会に情報を提供することを目的として、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。

2.2 調査内容

アンケートは、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⁾も参考にして、技術分類などを14種類の対策の項目に整理し作成した。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、採用した対策について、それぞれの案件（サイト）ごとに下記の内容の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選択された対策とその選択理由：14種類の対策（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、土壌入換えなど）
対策選択理由：（不適合基準；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）
- ④（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
- ⑤（④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）
- ⑥（④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（酸化分解など）、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
- ⑦参考情報（任意回答）：対策規模等（面積、深度、土量、費用等）、対策実施サイトの法指定の該当区域、基準値以外の値の設定有無、深さを限定した調査の有無

Results of the questionnaires on the application of technology for the soil and groundwater contamination measures (2021 fact-finding)

Takashi Ohashi¹, Shinichi Atsuta¹, Yukio Kawauchi¹, Norio Kashu¹,
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

なお、調査票の配布・回収は令和4年7月1日～8月31日の期間に行った。

2.3 回答者情報

令和3年度実績に対するアンケートは、会員企業97社に調査票を配布し、65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67%）。回収された調査票の件数は428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。また複数汚染物質や複数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

対策の契機についての回答（複数回答を含むのべ452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」）34%や「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」）5%などの法が関与する事例（計39%）、また「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」）11%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」）50%が多いという結果となった。

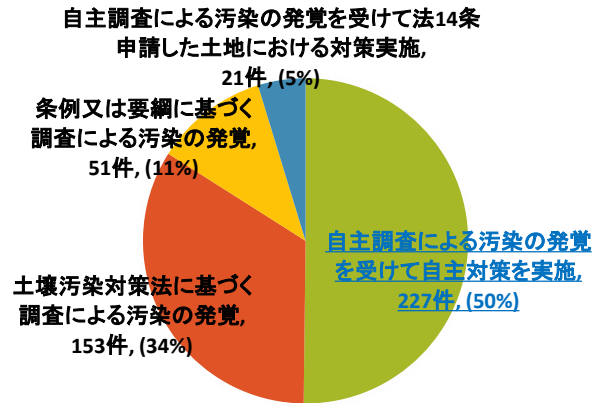


図-1 対策の契機(複数回答を含む、のべ452件)
(青字:最多回答)⁴⁾

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630件）は、図-2に示すように、「土壌溶出量基準不適合」が49%、次いで、「地下水基準不適合」28%、「土壌含有量基準不適合」17%、「油臭・油膜・TPH」4%となっていた。

「土壌溶出量基準不適合」の内訳に関しては、「第二溶出量基準不適合を含む」ものは19%であった。

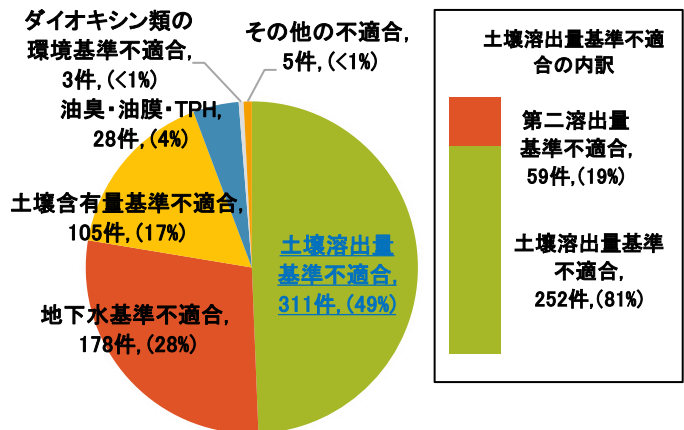


図-2 基準不適合状況
(複数回答を含む、のべ630件)(青字:最多回答)⁴⁾

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を図-3に示す。

主な内訳は、「有機塩素系化合物」のみと「ベンゼン」のみを対象とした対策は25%で、「重金属等」のみは57%、「油分」のみは3%であった。全体の14%は対象となった汚染物質が組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」5%、「ベンゼン+油分」1%などとなっていた。

なお、汚染物質組合せのうち件数の少ない回答の詳細は表-1のとおりであった。

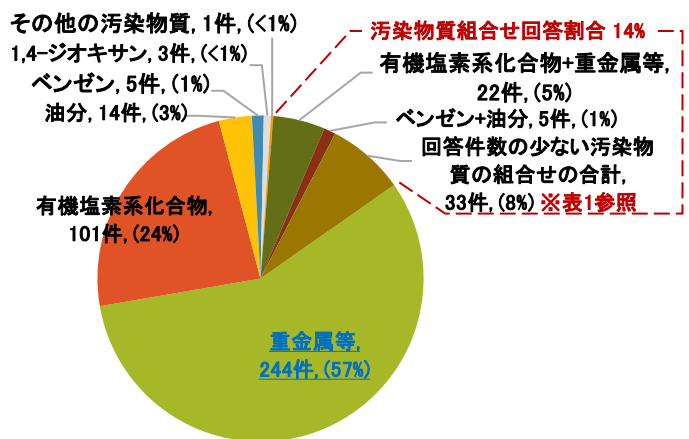


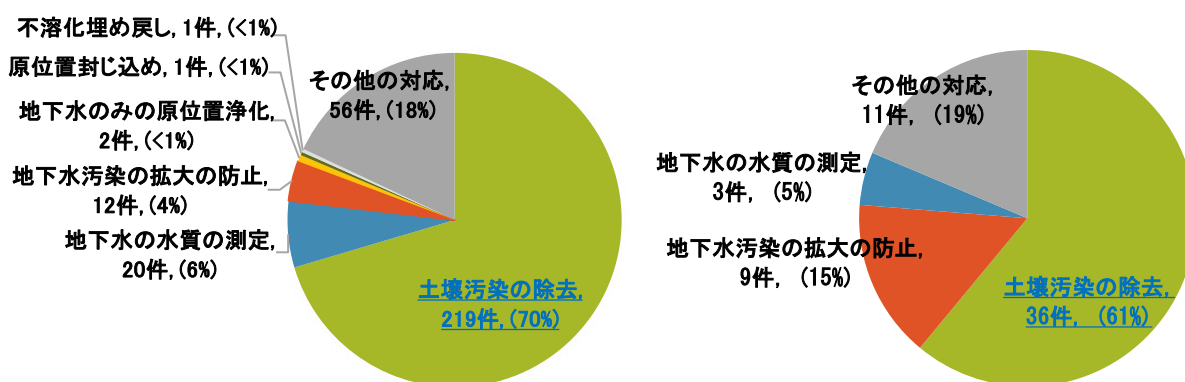
図-3 対象となった汚染物質の組合せと件数
(428件)(青字:最多回答)⁴⁾

表-1 図-3の「回答件数の少ない汚染物質の組合せ回答」

汚染物質の組合せ	件数	汚染物質の組合せ	件数
有機塩素系化合物+ベンゼン	4件	重金属等+ダイオキシン類	1件
有機塩素系化合物+ベンゼン+重金属等	4件	重金属等+その他の汚染物質	1件
有機塩素系化合物+重金属等+ダイオキシン類	4件	PCB+ダイオキシン類	1件
ベンゼン+重金属等	3件	有機塩素系化合物+ベンゼン+1,4-ジオキサン	1件
重金属等+油分	3件	有機塩素系化合物+重金属等+PCB	1件
有機塩素系化合物+油分	2件	有機塩素系化合物+重金属等+1,4-ジオキサン	1件
有機塩素系化合物+ベンゼン+重金属等+PCB	2件	重金属等+油分+その他の汚染物質	1件
有機塩素系化合物+その他の汚染物質	1件	有機塩素系化合物+ベンゼン+重金属等+油分	1件
重金属等+農薬	1件	有機塩素系化合物+ベンゼン+重金属等+その他の汚染物質	1件
合計件数 33件 (8%)			

3.4 選択された対策

土壌溶出量基準不適合での選択された対策は図-4に示すとおりであった（複数回答を含む）。



(1) 土壌溶出量基準不適合への対策
(複数回答を含む、のべ 311 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 59 件)

図-4 土壌溶出量基準不適合への対策（複数回答を含む）（青字：最多回答）⁴⁾

なお、以降に示す「対策」のうち「その他の対応」の内容は、90%は法の措置での「地下水の水質の測定」とは異なる自主的な地下水測定や条例や要綱等に沿った地下水モニタリングなどとなっている。

土壌溶出量基準不適合への対策（複数回答を含む、のべ 311 件）の内訳は、図-4 (1) に示すように「土壌汚染の除去」が70%と最も多く、続いて「その他の対応」18%、「地下水の水質の測定」6%、「地下水汚染の拡大の防止」4%であった。第二溶出量基準不適合を理由としたものに絞ると図-4 (2) に示すように「土壌汚染の除去」61%、続いて「その他の対応」が19%、「地下水汚染の拡大の防止」が15%、「地下水の水質の測定」が5%であった。

土壌含有量基準不適合への対策（複数回答を含む、のべ 105 件）の場合は、図-5 に示すように「土壌汚染の除去」が80%と最も多く、続いて「舗装」・「盛土」各4%、「地下水の水質の測定」・「地下水汚染の拡大の防止」各2%などであった。

「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」（図中の左上）は「掘削除去」の87%に対して、「原位置浄化」は13%であった。「掘削除去」の場合、「区域外処理」が98%とほとんどで、「浄化等処理施設」47%や「分別等処理施設」36%、「セメント製造施設」

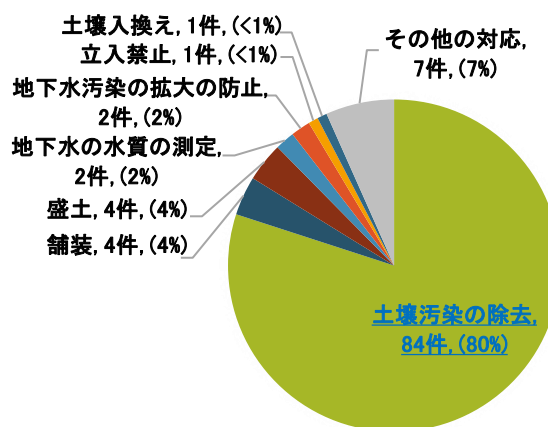


図-5 土壌含有量基準不適合への対策
(複数回答を含む、のべ 105 件（青字：最多回答）⁴⁾

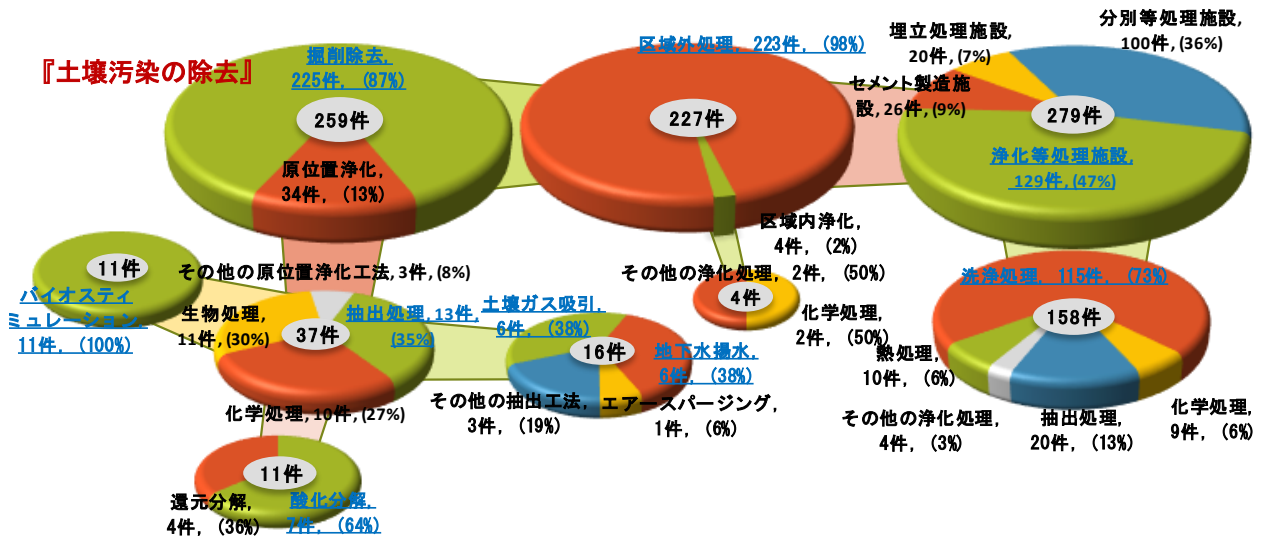


図-6 土壌汚染の除去での詳細内訳（複数回答を含む、青字：各グループ最多回答対策）⁴⁾

9%にて処理をしているケースが多い。「原位置浄化」の場合は、「抽出処理」が35%、「生物処理」が30%、「化学処理」が27%の順に行われていた。

「地下水のみの原位置浄化」対策の詳細内訳を図-7に示す。ここでは「生物処理」が70%と最も多く、「抽出処理」が27%、次に「化学処理」が3%であった。

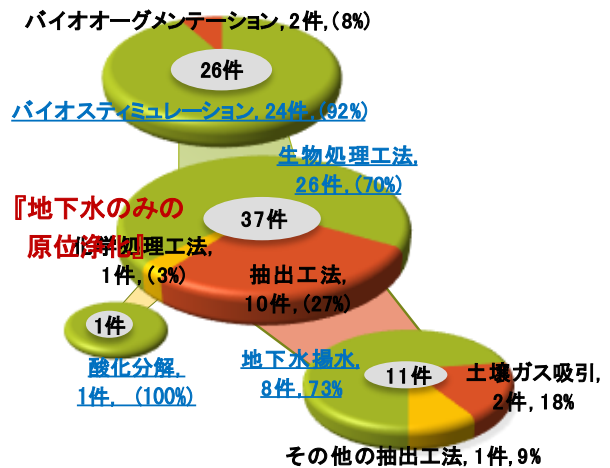


図-7 地下水のみの原位置浄化対策の詳細内訳（複数回答を含む、青字：各グループ最多回答対策）⁴⁾

3.5 実態調査から把握された事柄

ここでは汚染物質別（重金属等、有機塩素系化合物、油分）に、「契機」、「対策」や任意回答によって得られた「掘削除去後区域外処理を選択した理由」、「対策面積」、「対策深度」、「対策土量」の回答件数を取りまとめ、その傾向について述べる。なお、複数汚染物質や複数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。

3.5.1 契機、対策、掘削除去後区域外処理の傾向

汚染物質と対策の契機について図-8に示す。「有機塩素系化合物」を含む場合は76%が「自主契機」であった。一方「重金属等」を含む場合は「法契機」が46%と特徴的であり、「自主契機」は36%となっていた。

汚染物質と対策の関係について図9に示す。

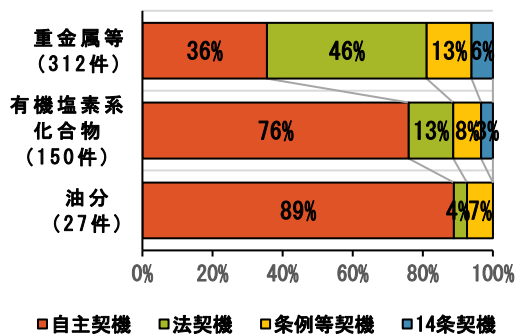


図-8 汚染物質と対策の契機（複数回答を含む）

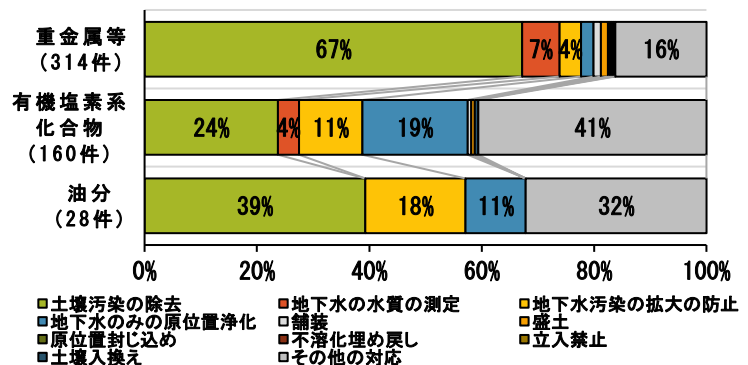


図-9 汚染物質と対策の関係（複数回答を含む）

「その他の対応」を除き、「重金属等」は「土壌汚染の除去」が67%と多くを占め、次に「地下水の水質の測定」が7%となっていた。「有機塩素系化合物」については「土壌汚染の除去」24%、「地下水のみの原位置浄化」19%、「地下水汚染の拡大の防止」11%となっている。「油分」は「土壌汚染の除去」が39%と多く、次に「地下水汚染の拡大の防止」18%、「地下水のみの原位置浄化」11%の順となっている。

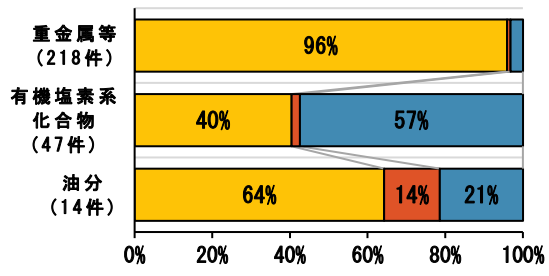


図-10 土壌汚染の除去で選択された対策の内訳

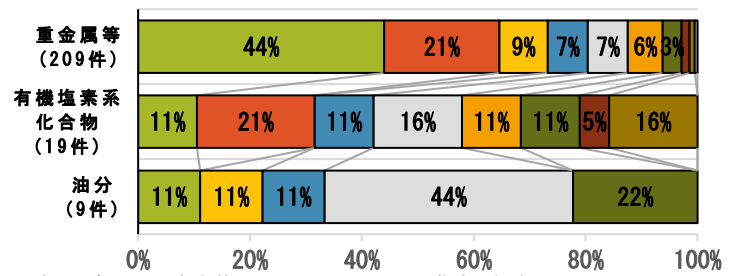


図-11 掘削除去後区域外処理を選択した理由 (対象物質ごと、任意回答)

図-10に土壌汚染の除去で選択された対策の内訳を示す。「油分」を除き、「掘削除去-区域内浄化」の割合は数%と少ない。「掘削除去-区域外処理」は「重金属等」96%、「油分」64%であるが、「有機塩素系化合物」では40%と少なく、「原位置浄化」は57%と多くなっている。

図-11に掘削除去後区域外処理を選択した理由について示す。理由について汚染物質ごとに見ると、「重金属等」は「建設工事における掘削範囲」44%、「区域指定の解除」21%、「土壌汚染範囲が比較的小規模」9%の順となっていた。一方、「有機塩素系化合物」については、「区域指定の解除」21%、「工期の短縮」と「対象汚染物質の濃度では原位置浄化困難」各16%となっており異なる傾向が見られた。

3.5.2 対策規模の傾向

汚染物質別の対策規模（「対策面積」、「対策深度」、「対策土量」）の割合を図-12から図-14に示す。

図-12に汚染物質別に「対策面積」の割合を示す。「油分」では「900m²未満」が67%と他の汚染物質より狭い面積のサイトの割合が多かった。

図-13に「対策深度」の割合を図-12と同様に示す。汚染物質ごとに特徴的となっており、最多割合は「重金属等」は「2m未満」46%、「有機塩素系化合物」で「5m以上10m未満」42%、「油分」は「2m以上5m未満」45%となっていた。

図-14は同様に「対策土量」の割合を示す。「重金属等」と「有機塩素系化合物」は似たような傾向であったが、「油分」は「900m³以上10,000m³未満」が67%で他の汚染物質とは傾向が異なっていた。

4. まとめ

会員企業に対して行った令和3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実態調査は以下のような結果となった。

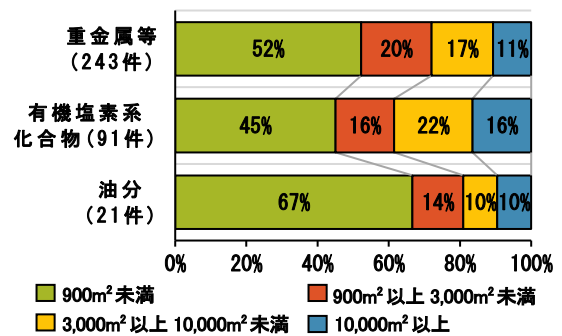


図-12 対策面積の割合 (任意回答)

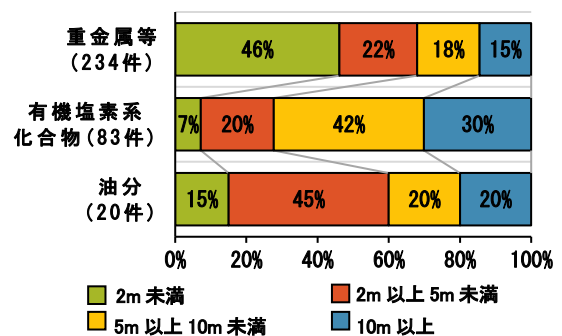


図-13 対策深度の割合 (任意回答)

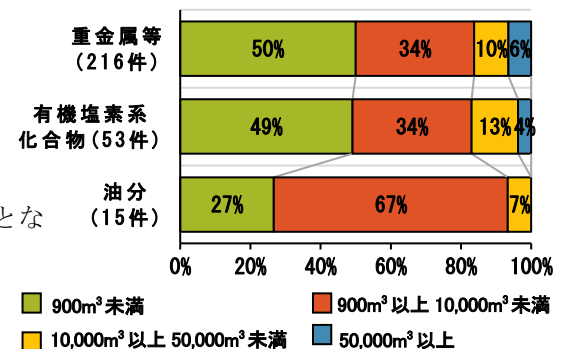


図-14 対策土量の割合 (任意回答)

4.1 全体的な傾向

対策の契機は、「自主契機」が50%を占め、「法契機」と「14条契機」を合わせた法が関与する事例が39%を占める結果となった。

対策の対象となった汚染物質は、「重金属等」のみが57%、「有機塩素系化合物」のみは24%であり、この汚染物質の組み合わせで全体の80%を超える割合となっていた。「油分」のみは3%、「ベンゼン」のみは1%であった。

対策については、「土壌溶出基準不適合」では「土壌汚染の除去」が70%を占めているが、「第二溶出量基準不適合」では「土壌汚染の除去」が61%で最も多く、続いて「地下水汚染の拡大の防止」15%となっていた。「土壌含有量基準不適合」では「土壌汚染の除去」が80%を占めていることがわかった。

4.2 汚染物質ごとの傾向

全体的な傾向は4.1節に示したとおりであるが、汚染物質ごとでは違った傾向が見られた。

「重金属等」を含む場合は、対策の契機は「法契機」46%、「条例等契機」13%となり割合が他の汚染物質より多かった。選択された対策は「土壌汚染の除去」が67%と多くを占めており、その内訳は「掘削除去-区域外処理」が96%を占めている。その理由は、「建設工事における掘削範囲」44%、「区域指定の解除」21%、「土壌汚染範囲が比較的小規模」9%が主なものであった。

「有機塩素系化合物」を含む場合は、他の汚染物質に比べ、「対策深度」5m以上の割合が72%となっており、より深い深度に対し対策が行われていることが見て取れる。対策は「地下水のみの原位置浄化」19%、「地下水汚染の拡大の防止」11%を占めていることなどが特徴で、有機塩素系化合物に対しては、地下水汚染に対応した対策方法が選ばれていることが推察できる。

「油分」を含む場合は「自主契機」89%が主な契機となっており、対策は「土壌汚染の除去」が39%と多くを占めており、その内訳は、「掘削除去-区域外処理」を行っている割合が64%で、「掘削除去-区域内浄化」も14%を占めていた。掘削除去後に区域外処理を行っている理由は、「工期の短縮」44%が最も多く、次いで「不動産価値の保全」22%となっていた。規模については、「対策深度」の最多割合「2m以上5m未満」が45%と特徴的であり、「対策土量」は10,000m³未満が94%など比較的対策規模が他の汚染物質を含む場合よりも小さかった。

5. おわりに

当分科会では、会員企業に対し土壌・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3年度のみの実態調査の結果を取りまとめたが、過年度調査結果との比較、検討は別報⁵⁾にて報告する。

今後もこの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) 松久裕之, 折茂芳則, 大橋貴志, 鈴木弘明, 技術実態集計分科会 (2022) : 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2年度実態調査)、第27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、pp246~249 ※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、『令和4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3年度実績)、2023/1、https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/R4_survey_summary.pdf (参照 2023/2/1)
- 5) 山下 巧, 阿部 美紀也, 田村 和広, 鈴木 弘明, 技術実態集計分科会 (2023) : 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28回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会