

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(令和元年度実態調査)

○折茂 芳則¹・松久 裕之¹・大橋 貴志¹・鈴木 弘明¹・技術実態集計分科会¹
¹ 土壌環境センター

1. はじめに¹⁾

土壌環境センター技術委員会技術実態集計分科会では、当センター会員企業（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元年度の調査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¹⁾

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 月に土壌汚染対策法の一部改正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、会員企業の技術開発や法改正時等の参考としてセンター会員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（2012）²⁾並びにその後の改正分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：法による調査、条例・要綱による調査、自主調査
- 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、ダイオキシン類、1,4-ジオキサン、その他
- 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・遮水工封じ込め・原位置不溶化・不溶化埋め戻し・地下水汚染の拡大の防止・遮断工封じ込め・舗装・立入禁止・土壌入換え・盛土・その他の対応）と選択理由（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、その他）
- 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）
区域外処理を選択した理由（任意回答）：不動産価値の保全、跡地利用、工期の短縮など
- 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

Results of the questionnaires on the application of technology for the soil and groundwater contamination measures (2019 fact-finding)

Yoshinori Orimo¹, Hiroyuki Matsuhisa¹, Takashi Ohashi¹, Hiroaki Suzuki¹,
and Task Team on actually-applied soil remediation technology¹ (¹GEPC)

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麴町 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

⑦参考情報（任意回答）：対策面積、対策深度、対策土量、対策費用、今後の土地利用の予定、対策実施サイトの該当区域、基準値以外の値の設定有無、深さを限定した調査の有無

なお、調査票の配布・回収は令和2年7月1日～8月31日の期間に行った。

2.3 回答者情報

令和元年度実績に対するアンケートでは、会員企業102社に調査票を配布し、67社（対策の実績なしと回答した21社を含む）から回答を得た（回収率65.7%）。回収された調査票の件数は489件（精査後の値）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。

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512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、法調査）31%（159件）や「地方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）13%（65件）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、自主調査）54%（276件）が明らかに多いものの、「法調査」に「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条調査）2%（12件）を含め33%（171件）となり、法が関与する事例が約1/3を占める結果であった。

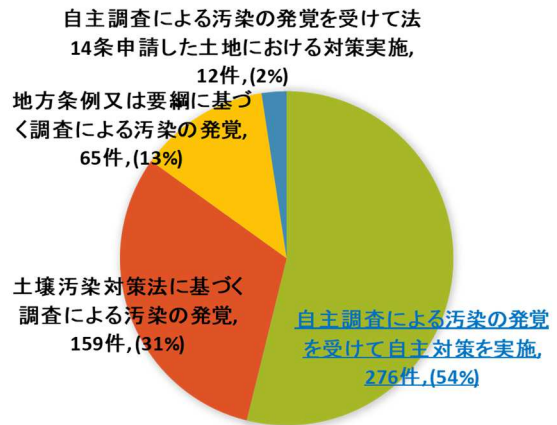


図-1 対策の契機（複数回答を含む、のべ512件）
（青字：最多回答）

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698件）は、図-2に示すように、「土壌溶出量基準不適合」が50%、次いで、「地下水基準不適合」26%、「土壌含有量基準不適合」16%、「油臭・油膜・TPH」6%の順番となっていた。

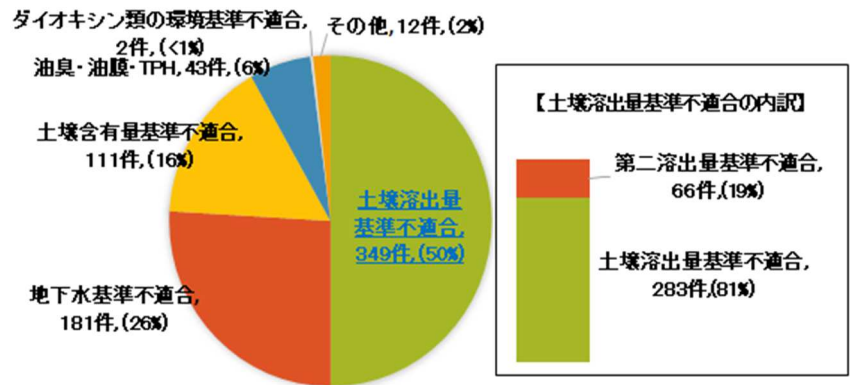


図-2 基準不適合状況

（複数回答を含む、のべ698件）（青字：最多回答）

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組合せの回答を図-3に示す。

主な内訳は、揮発性有機化合物（「有機塩素系化合物」、「ベンゼン」とその組合せ）は26%（129件）で、「重金属等」のみは52%（253件）、「油分」のみは5%（26件）であった。全体の16%（77件）は対象となった汚染物質が組み合わせられた回答であった。主な組み合わせは「有機塩素系化合物+重金属等」6%（28件）、「ベンゼン+重金属等」（7件）、「有機塩素系化合物+ベンゼン+重金属」（6件）もそれぞれ1%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。

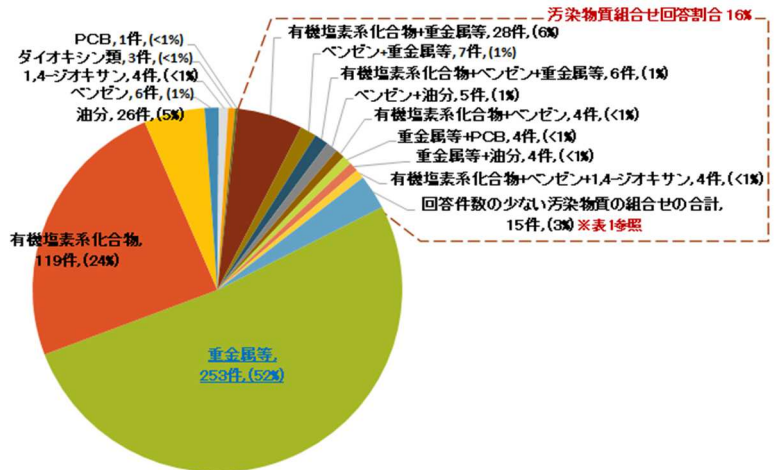


図-3 対象となった汚染物質の組合せと件数（489件）（青字：最多回答）

表-1 図3の「回答件数の少ない汚染物質の組合せ回答」の詳細

汚染物質の組合せ	件数	汚染物質の組合せ	件数
重金属等+その他	2件	有機塩素系化合物+重金属等+油分	1件
有機塩素系化合物+重金属等+ダイオキシン類	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+その他	1件	ベンゼン+重金属等+油分	1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+1,4-ジオキサン	1件
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+その他	1件
ダイオキシン類+その他	1件	有機塩素系化合物+ベンゼン+重金属等+PCB+油分	1件
有機塩素系化合物+重金属等+PCB	1件	※合計件数 15件 (3%)	

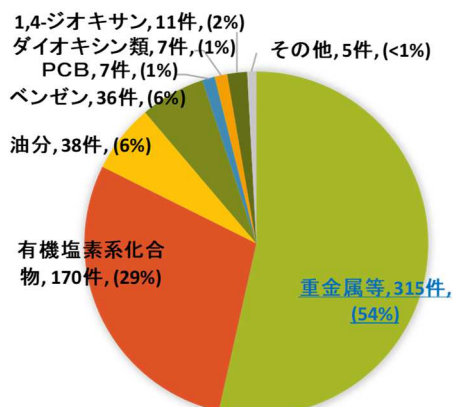


図-4 対象となった汚染物質 (複数回答を含む、のべ 589 件)

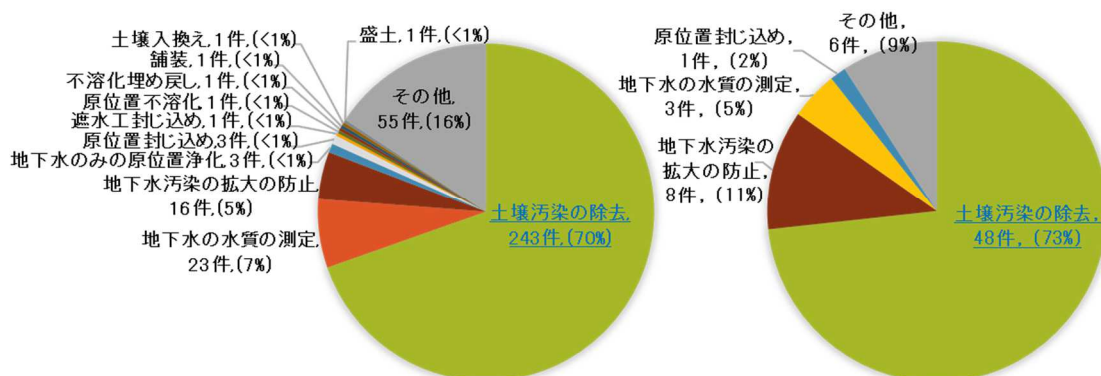
図-3 では回収された調査票 489 件について汚染物質の状況を集計したグラフを示したが、参考として汚染物質の重複を考慮せず、汚染物質毎に集計したグラフを図-4 に示す。

のべ 589 件に対し、重金属等は 315 件 (54%)、有機塩素系化合物は 170 件 (29%) となっており、この 2 汚染物質で全体の 8 割を超える割合となっている。

3.4 選択された対策

土壌溶出量基準不適合に対する対策の採用状況は図-5 に示すとおりであった (複数回答を含む)。

土壌溶出量基準不適合への対策 (複数回答を含む、のべ 349 件) の内訳は、図-5(1)に示すように「土壌汚染の除去」が 70% (243 件) と最も多く、続いて「その他」16% (55 件)、「地下水の水質の測定」



(1) 土壌溶出量基準不適合への対策 (複数回答を含む、のべ 349 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 66 件)

図-5 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)

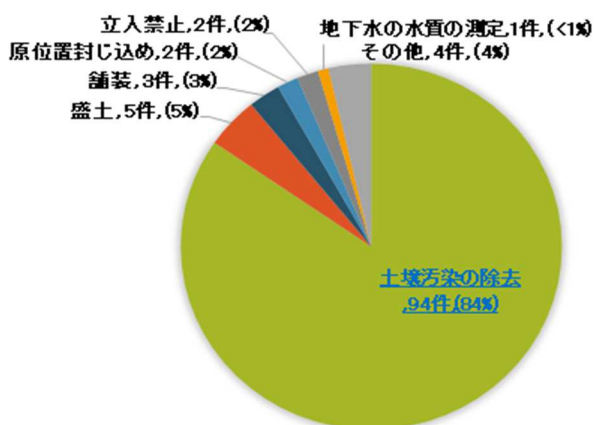


図-6 土壌含有量基準不適合への対策 (のべ 111 件 (青字：最多回答))

7% (23 件) であった。また、「その他」の 55 件の内 53 件 (96%) は、「(法による措置としての)「地下水の水質の測定」関連以外の地下水測定」となっていた。なお、第二溶出量基準不適合を理由としたものに絞ると図-5(2)に示すように「土壌汚染の除去」が 73% (73 件) で、続いて「地下水汚染の拡大の防止」11% (8 件)、「その他」が 9% (6 件) 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 111 件) の場合も、図-6 に示すように「土壌汚染の除去」が 84% (94 件) と最も多く、続いて「盛土」5% (5 件)、「その他」4% (4 件)、「舗装」3% (3 件)、「原位置封じ込め」「立入禁止」2% (2 件) であった。

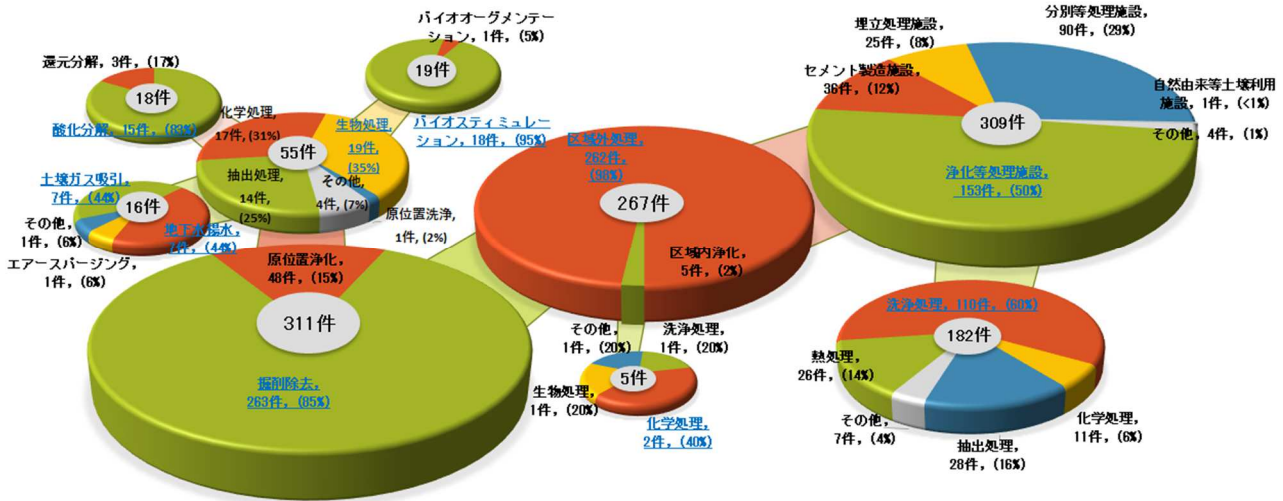


図-7 土壌汚染の除去での詳細内訳（複数回答を含む、青字：各グループ最多回答対策）

「土壌汚染の除去」について、詳細な内訳を図-7に示す（複数回答を含む、のべ数はそれぞれ異なる）。

「掘削除去」85%に対して、「原位置浄化」は15%に留まった。「掘削除去」の場合、「区域外処理」がほとんどで「浄化等処理施設」50%や「分別等処理施設」29%、「セメント製造施設」12%にて処理をしているケースが多い。「原位置浄化」の場合は、「生物処理」が35%、「化学処理」が31%、「抽出処理」が25%の順に行われていた。

図-8に「地下水のみの原位置浄化」対策の内訳を示す。ここでは「生物処理」が75%と最も多く、次に「化学処理」が14%、「抽出処理」が11%の順であった。

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。

3.5.1 契機、対策、掘削除去後区域外処理の傾向

図-9に汚染物質と対策の契機について示した。「有機塩素系化合物」を含む場合は70%以上が「自主調査」であった。一方「重金属等」を含む場合は「法調査」の42%「条例等」の15%が他の汚染物質と比べて多く特徴的であり、「自主調査」は40%となっていた。

図-10に汚染物質と対策の関係について示した。なお、各汚染物質とも「その他の対応」の内訳は効果確認等の地下水モニタリング97%となっている。

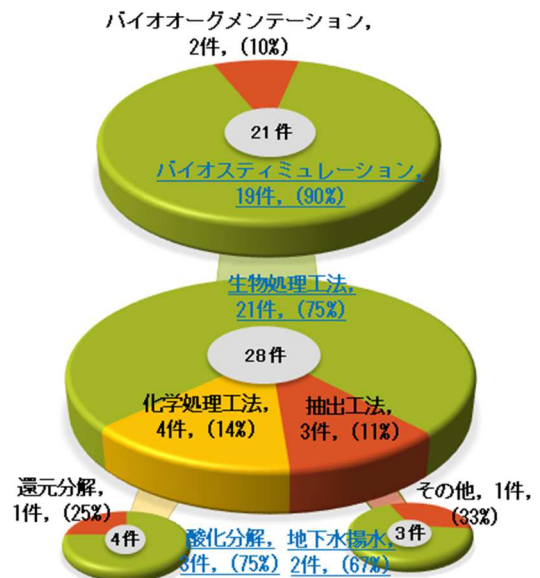


図-8 地下水のみの原位置浄化対策の詳細（複数回答を含む、青字：各グループ最多回答対策）

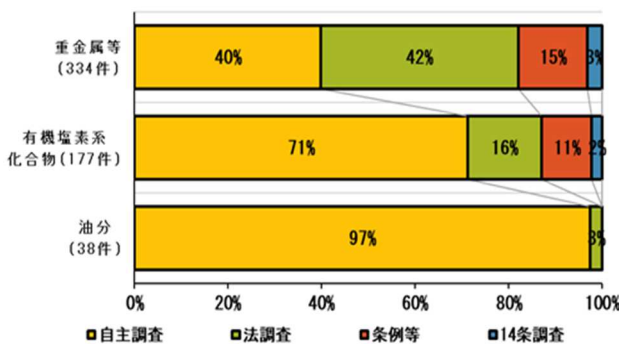


図-9 汚染物質と対策の契機（複数回答を含む）

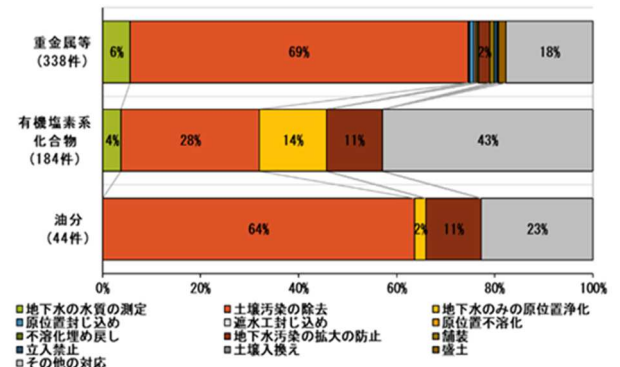


図-10 汚染物質と対策の関係（複数回答を含む）

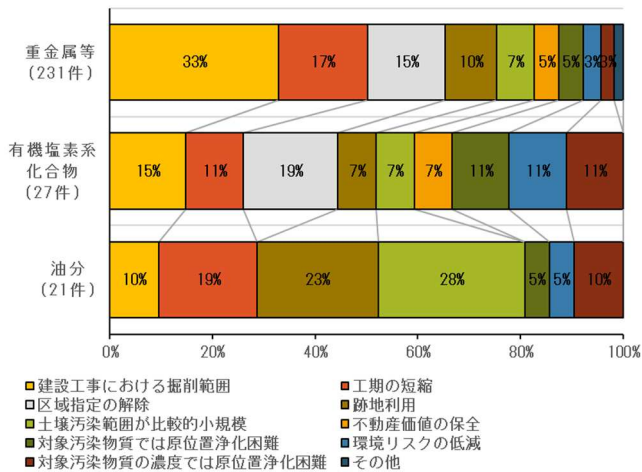


図-11 掘削除去後区域外処理を選択した理由 (対象物質ごと、任意回答)

表-2 汚染物質ごとのサイト数・掘削後区域外処理サイト数とその割合

	①サイト数	② ①のうち区域外処理を行ったサイト数	②/①%
重金属等	315 件	231 件	73%
有機塩素系化合物	170 件	27 件	16%
油分	38 件	21 件	55%

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 に示した。

図-12 は「重金属等」を含む場合を示したが、それぞれの規模に対応した対策が行われていると推察される。

図-13 に「有機塩素系化合物」の対策規模の割合を示した。他の汚染物質と比べ、「対策深度」5m 以上が 74% となっており、他の汚染物質より深い深度で対策が行われていることが見て取れる。

図-14 に「油分」の対策規模の割合を示した。他の汚染物質と比べ、「対策面積」は 3,000 m² 未達が約 90% と狭く、「対策深度」は 5m 未達がおよそ 80% を占め、「対策土量」は 10,000 m³ 未達が約 90% と少ない量となっており、土壤汚染規模が比較的小さいことが示された。

3.5.3 調査結果より推察される汚染物質ごとの傾向

1) 「重金属等」を含む場合

契機は図-9 で示したとおり「法調査」42%、「条例等」15%の割合が他の汚染物質より多く、図-12 にみられるように対策規模に特筆する特徴はなかった。掘削除去後に区域外処理を行う割合は表-2 に示すように 73% を

「その他の対応」を除き、「重金属等」は「土壤汚染の除去」が 69% と多くを占め、次に「地下水の水質の測定」6% となっていた。「有機塩素系化合物」は「土壤汚染の除去」28%、「地下水のみの原位置浄化」14%、「地下水汚染の拡大の防止」11% となっている。「油分」は「土壤汚染の除去」が 64% と多く、次に「地下水汚染の拡大の防止」11% となっている。

掘削除去後区域外処理を選択した理由について図-11 に示す。理由については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」33%、「工期の短縮」17%、「区域指定の解除」15% の順となっていた。「有機塩素系化合物」については、「区域指定の解除」19% で、「建設工事における掘削範囲」15%、「工期の短縮」、「対象汚染物質では原位置浄化困難」、「対象汚染物質の濃度では原位置浄化困難」、「環境リスクの低減」各 11% となっていた。また、「油分」については、「土壤汚染範囲が比較的小規模」が最も多く 29%、次いで「跡地利用」24%、「工期の短縮」19% となっており、汚染物質ごとに異なる傾向が見られた。

汚染物質ごとのサイト数、その内掘削除去後区域外処理を行ったサイト数とその割合を表-2 に示す。「有機塩素系化合物」はその割合が 16% と低く、一方「重金属等」は 73%、「油分」は 55% と半数以上が掘削除去後区域外処理を行っていた。

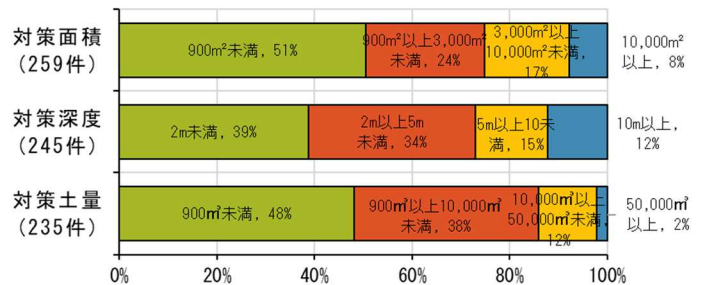


図-12 重金属等を含む場合の対策規模 (対策面積、対策深度、対策土量) の割合 (任意回答)

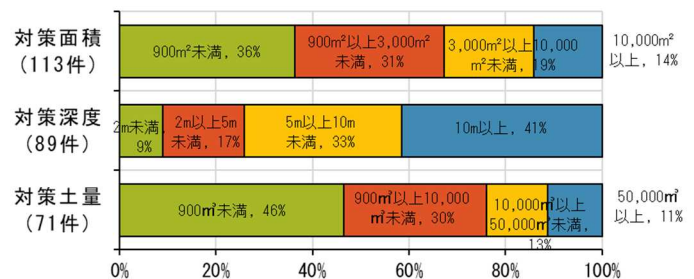


図-13 有機塩素系化合物を含む場合の対策規模 (対策面積、対策深度、対策土量) の割合 (任意回答)

占めており、その理由は、図-11の「建設工事における掘削範囲」33%、「工期の短縮」17%、「区域指定の解除」15%が主なものであった。

2) 「有機塩素系化合物」を含む場合

図-13に示すように、他の汚染物質に比べ、「対策深度」5 m以上が74%となっており、より深い深度で対策が行われていることが見て取れる。図-10で示した「地下水のみの原位置浄化」14%、「地下水汚染の拡大の防止」11%等の特徴的な対策と考え合わせ、地下水汚染に対応した対策が行われていることが推察できる。

3) 「油分」を含む場合

図-9に示すように「自主調査」97%が主な契機となっており、表-2に示すとおり、「掘削除去後区域外処理」を行っている割合(55%)が高い。そして図-14に示すとおり、比較的対策規模が他の汚染物質を含む場合よりも小さく、「掘削除去後区域外処理」を行っている理由も図-11に示すように、「土壤汚染範囲が比較的小規模」が最も多く28%、次いで「跡地利用」23%、「工期の短縮」19%が主な理由であった。

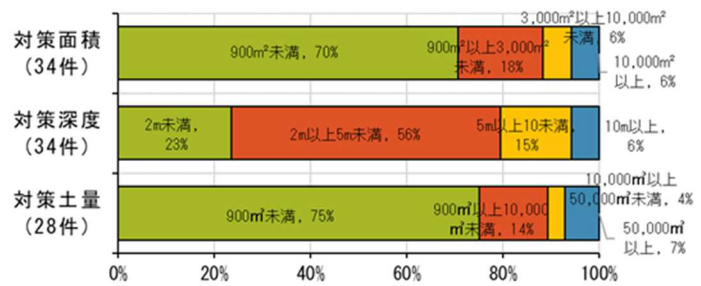


図-14 油分を含む場合の対策規模 (対策面積、対策深度、対策土量) の割合 (任意回答)

4. まとめ

会員企業に対して行った令和元年度実績の土壤・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。

まず、対策の契機は「自主調査」が5割以上を占め、「法調査」と「14条調査」を合わせた法が関与する事例が約3分の1を占める結果となった。

対策の対象となった汚染物質は、他の汚染物質と重複して汚染されている場合も件数に組み入れると、「重金属等」が54%、「有機塩素系化合物」は29%であり、この2汚染物質で全体の8割を超える割合となっている。「油分」、「ベンゼン」は各6%であった。

「土壤溶出基準不適合」や「土壤含有量基準不適合」などの不適合土壤に対する対策は、「土壤汚染の除去」が対策の7~8割を占めていた。「土壤汚染の除去」後の対策手法では、「掘削除去」が85%を占め、「掘削除去」後は大半(98%)が「区域外処理」となっていることがわかった。

また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」や、対策規模(「対策面積」、「対策深度」、「対策土量」)の設問と契機・対策等を複合的視点で勘案することにより、「3.5 実態調査から把握された事柄」で述べたように、土壤汚染対策は、「契機」、「汚染物質の種類」と「汚染の規模」、さらに対策を行うに際して何を重要視するかにより選択が行われている状況が見受けられた。さらに本報告では述べることはできなかったが、土地利用、対策費用も含めて総合的な判断などから対策が選択されている状況を推察することができた。

5. おわりに

土壤環境センター技術委員会技術実態集計分科会では、会員企業に対し土壤・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。

本報告では令和元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) 友口勝 他、土壤・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(平成29年度実態調査)、第25回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会、2019 ※本報は続報
- 2) 環境省(2012)：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改訂第2版
- 3) 環境省(2019)：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改訂第3版