

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)

○山下 巧¹・阿部 美紀也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. 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、調査結果と対策との関連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平成26年度から令和元年度までの経年変化や、汚染物質の種類による対策の傾向などについて報告する。

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種類の技術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の中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 (Aging and characteristic considerations)

Takumi Yamashita¹, Mikiya Abe¹, 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

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

平成26年度から令和元年度（調査対象年度）までの実態調査から得られた集計結果を踏まえ、対策方法の推移について特徴的な事項により得られた知見を報告する。収集した事例数の推移は、図-1に示すとおりである。

3.1 対策時の技術適用の全体の傾向

3.1.1 対策の契機・対象汚染物質と選択された対策の推移

対策の契機を図-2に、対策の対象となった汚染物質を図-3に、選択された対策を図-4に示す。

対策の契機は、「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」）を契機とした対策の比率は平成26年度から平成29年度までは概ね60%前後であったが、平成30年度以降は下がり始め令和元年度では48%となっていた。「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」）は平

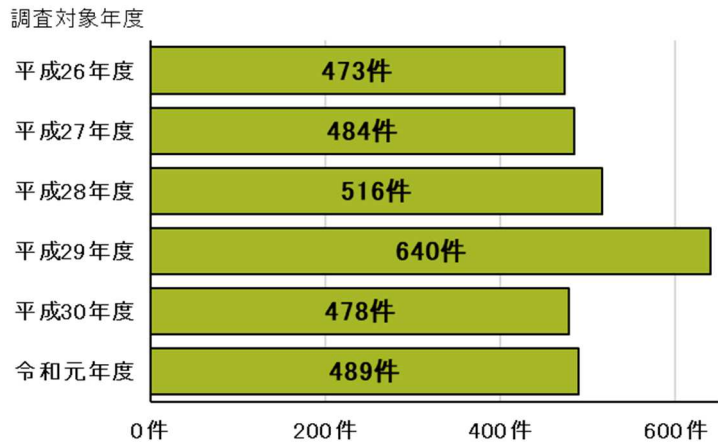


図-1 実態調査により収集した事例数の推移

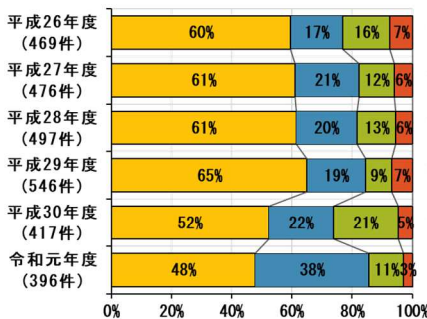


図-2 対策の契機 (複数回答を含む)

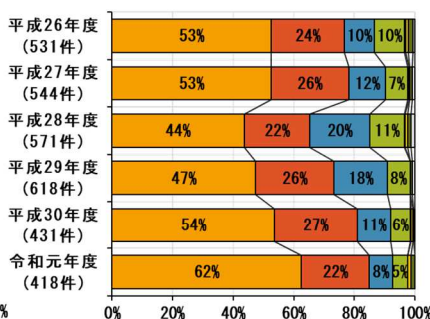


図-3 対策の対象となった汚染物質 (複数回答を含む)

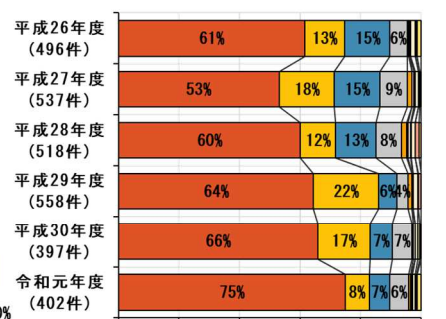


図-4 選択された対策の推移 (複数回答を含む)

平成30年度までは20%前後であったが、令和元年度では38%となった。「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」）は平成29年度までは減少傾向であったが平成30年度で21%まで増え、令和元年度で再び減少した。「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」）の比率は平成29年度以降では減少している。対策の対象となった汚染物質の比率は、「重金属等」が近年増加傾向となっており令和元年度で62%となっている。「油分」、「ベンゼン」は減少傾向となっている。選択された対策は、「土壌汚染の除去」の割合が平成27年度までは減少傾向にあったものの、平成28年度より増加に転じている。「地下水汚染の拡大の防止」は平成29年度で22%となっていたがその後は減少している。「地下水のみの原位置浄化」、「地下水の水質の測定」については平成29年度以降7%以下の水準となっている。

3.1.2 土壌汚染の除去内容の推移

「土壌汚染の除去」の内訳の推移を図-5 に示す。年度により増減はあるものの、区域外処理を伴う「掘削除去」の割合は増加の傾向にあり、「土壌汚染の除去」においては、汚染土壌の移動を伴う「掘削除去」が主な対策である状況がわかる。

掘削除去後区域外処理の処理先は図-6 に示すとおり「浄化等処理施設」が最も多く期間内で毎年約5割の比率となっている。「分別等処理施設」は近年増加傾向となっており令和元年度は29%である。反面「セメント製造施設」は減少傾向で平成28年度の24%から令和元年度で12%と半減している。「埋立処理施設」は8%程で推移して(複数回答を含む)

「掘削除去-区域内浄化」については図-7 に示すとおりはっきりとした傾向はみられない。これは各年度と

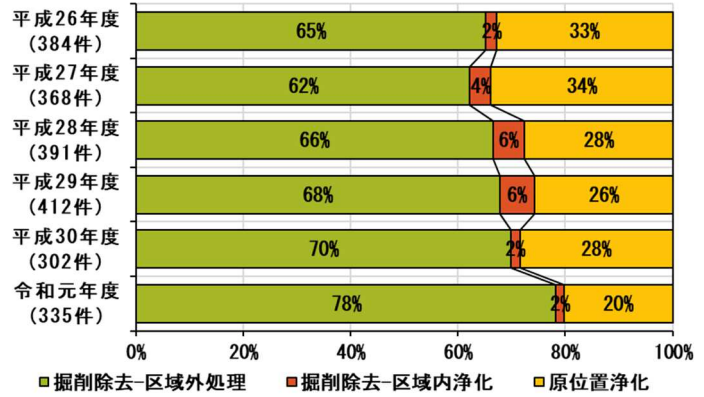


図-5 土壌汚染の除去で選択された対策の内訳の推移

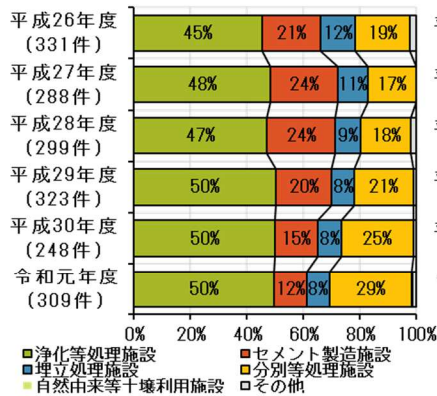


図-6 掘削土壌-区域外処理の処理先の推移 (複数回答を含む)

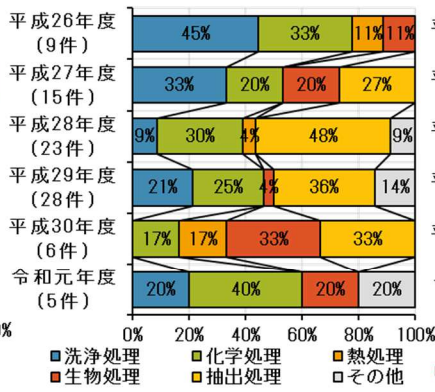


図-7 掘削土壌-区域内浄化の処理方法の推移 (複数回答を含む)

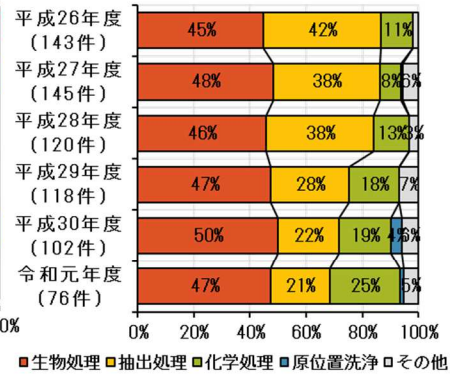


図-8 原位置浄化の処理方法の推移 (複数回答を含む)

も回答件数が少ないためであると考えられる。

原位置浄化の内容は図-8 に示すとおり年度により変動があるものの、「生物処理」の割合が高く、5割弱を占めている。「抽出処理」は減少傾向で平成26年度の42%から令和元年で21%と半減している。「化学処理」は増加傾向で平成26年度の11%から令和元年度で25%と2倍以上となっている。

3.2 汚染物質ごとの適用された対策等の特徴

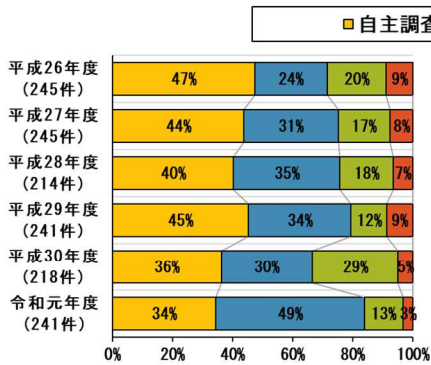


図-9 重金属等のみの場合の契機 (複数回答を含む)

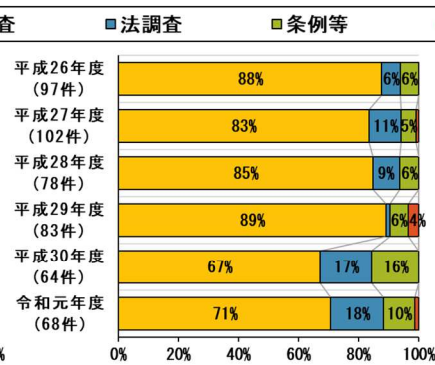


図-10 有機塩素系化合物のみ場合の契機 (複数回答を含む)

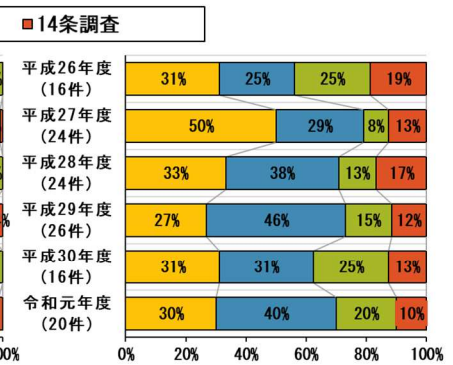


図-11 重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染と契機 (複数回答を含む)

前節では平成26年度から令和元年度までの全体の傾向を述べたが、以下は重金属等のみの場合、有機塩素系化合物のみの場合、及び重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合の契機や技術適用などについて得られた知見を報告する。

3.2.1 契機の推移

各汚染物質の契機の推移を図-9から図-11に示した。図-9に示すように重金属等のみの場合は平成30年度までは割合が「自主調査」>「法調査」>「条例等」で推移してきたが、令和元年度で「法調査」が49%となり「自主調査」を上回った。有機塩素系化合物のみの場合平成26年度から平成29年度まで80%から90%を「自主調査」が占めていたが、平成30年度、令和元年度では70%前後となっている。重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合、「自主調査」、「法調査」が主な契機であるが、他の2つのケースに比べ「14条調査」が10%以上を占めているのが特徴的である。

3.2.2 選択された対策の推移

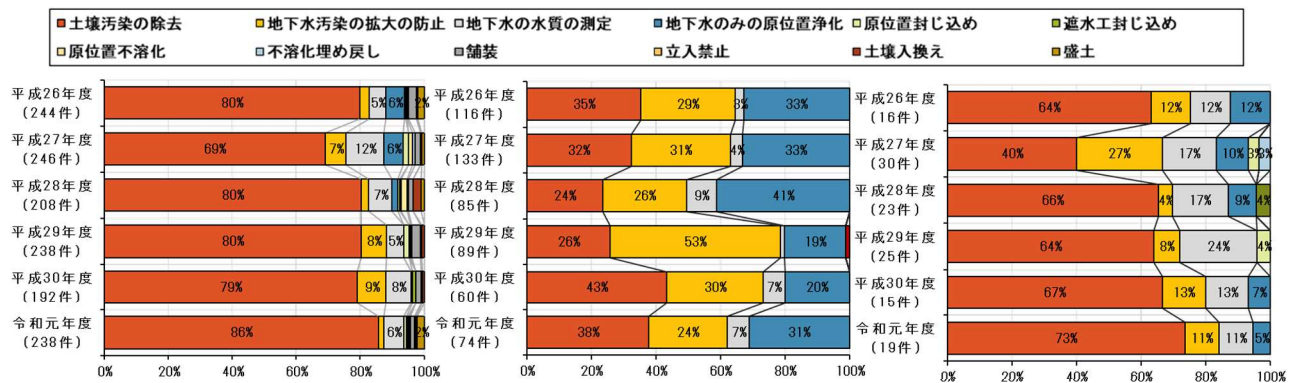


図-12 重金属等のみの場合の対策 (複数回答を含む)

図-13 有機塩素系化合物のみの場合の対策 (複数回答を含む)

図-14 重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染と対策 (複数回答を含む)

対策の推移について図-12から図-14に示す。

選択された対策は、対象が重金属等のみの場合、図-12に示すように変動はあるものの多くを「土壌汚染の除去」が占めており、令和元年度で86%となっている。有機塩素系化合物のみの場合は図-13に示すように、「土壌汚染の除去」、「地下水のみの原位置浄化」、「地下水汚染の拡大の防止」が主な対策内容ではあるがその割合は年度毎に変動しており、令和元年度では「土壌汚染の除去」38%、「地下水のみの原位置浄化」31%、「地下水汚染の拡大の防止」24%の順番と割合になっていた。重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合は、図-14に示すように「土壌汚染の除去」が最も多く、「地下水の水質の測定」が他の2つのケースに比べ多めの割合となっている。

選択された対策をさらに「法調査」、「自主調査」の契機毎に集計し直すと次のようになった。

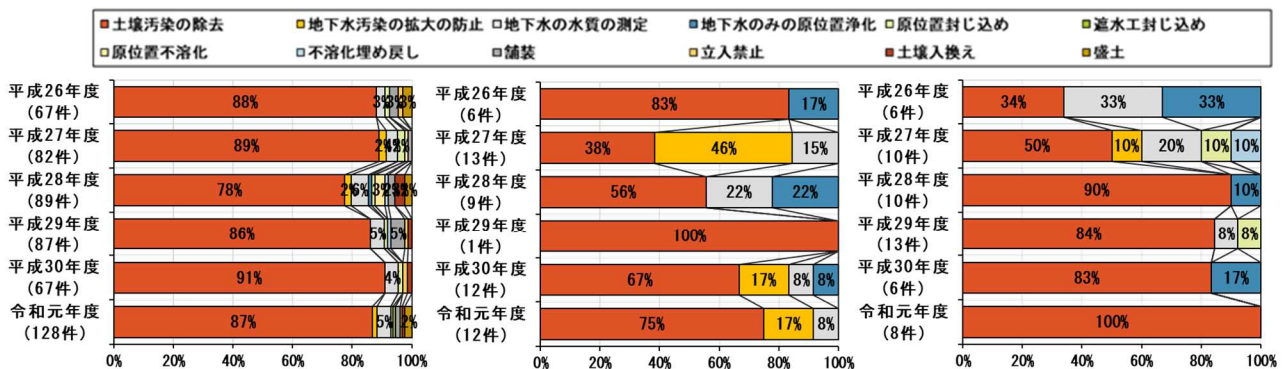


図-15 重金属等のみの場合の対策 (法調査、複数回答を含む)

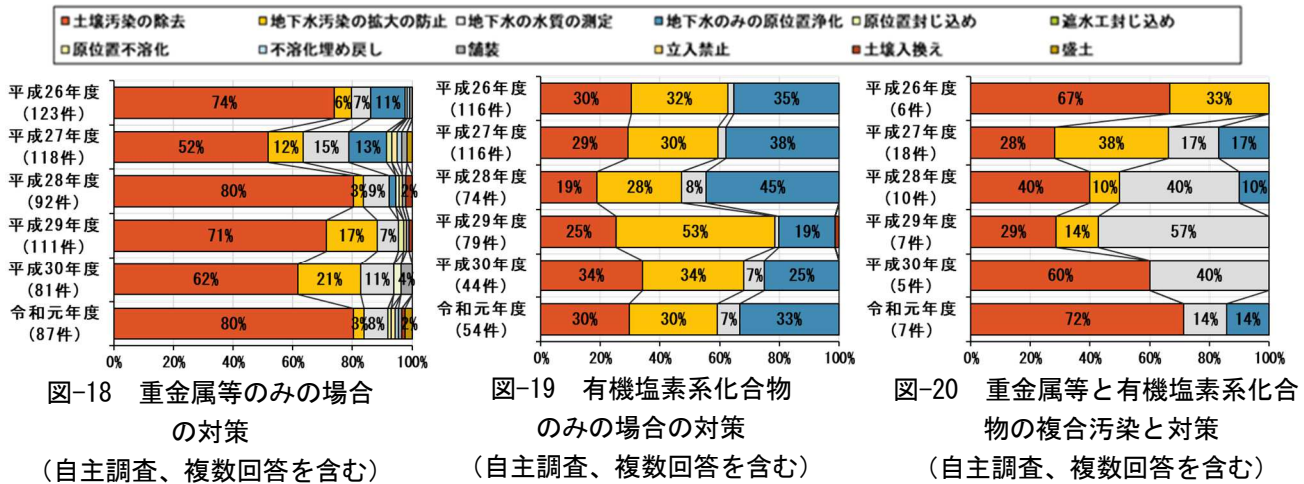
図-16 有機塩素系化合物のみの場合の対策 (法調査、複数回答を含む)

図-17 重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染と対策 (法調査、複数回答を含む)

まず「法調査」で集計したグラフを図-15 から図-17 に示す。

対象が重金属等のみの場合、図-15 に示すように変動はあるものの平成 28 年度以外は 90%ほどが「土壌汚染の除去」であった。有機塩素系化合物のみの場合は図-16 に示すように各年度の件数は少なく変動は大きい、「土壌汚染の除去」が主な対策となっている。重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合は、図-17 に示すように各年度の件数は少なく変動は大きくなっているが、図-14 に示した全ての契機に比べ「土壌汚染の除去」の割合が多くなっている。

次に「自主調査」で集計したグラフを図-18 から図-20 に示す。

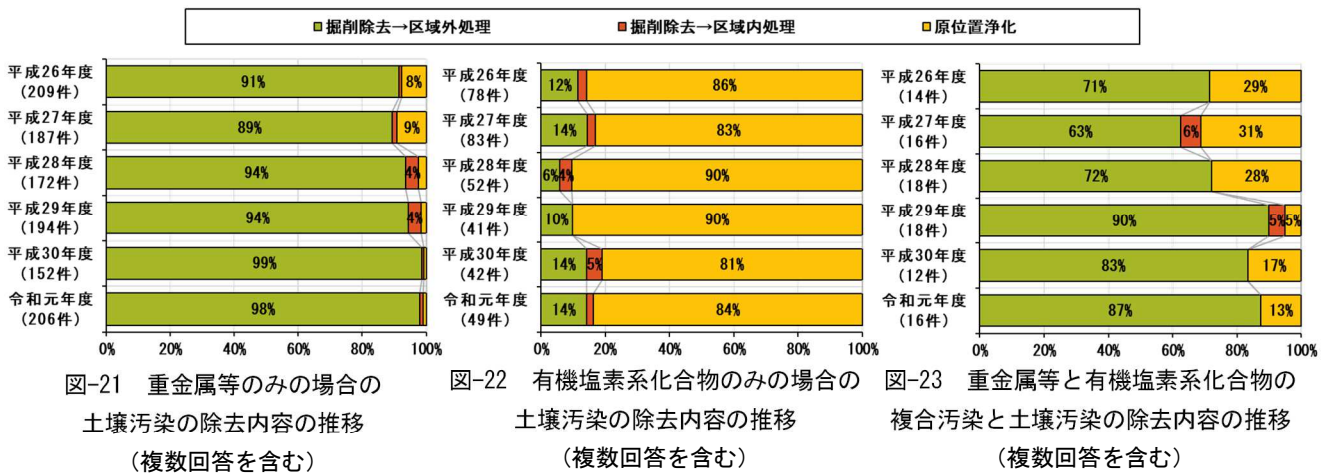


対象が重金属等のみの場合、図-18 に示すように主な対策は「土壌汚染の除去」だが、「地下水汚染の拡大の防止」、「地下水のみの原位置浄化」、「地下水の水質の測定」なども年度により違いがあるが高い割合で選択されていた。有機塩素系化合物のみの場合は図-19 に示すように「地下水のみの原位置浄化」と「地下水汚染の拡大の防止」が合わせて 60%以上を占め主な対策となっており、「土壌汚染の除去」の割合は少なくなっている。重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合は、図-20 に示すように各年度の件数は少なく変動は大きいものの、「地下水の水質の測定」、「地下水汚染の拡大の防止」、「地下水のみの原位置浄化」が高い割合である。

3.2.3 土壌汚染の除去内容の推移

重金属等のみの場合、有機塩素系化合物のみの場合、及び重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合に選択された土壌汚染の除去（「地下水のみの原位置浄化」を含む）内容の推移について図-21～23 に示す。

土壌汚染の除去を選択した事例では、対象が重金属等の場合、ほとんどが「掘削除去→区域外処理」となっており、経年的な変化が認められず汚染土壌の移動を伴う掘削除去が主な対策方法である状況がわかる。



一方、有機塩素系化合物の場合、重金属等の場合とは大きく異なり、原位置浄化が主な土壌汚染の除去内容であることがわかる。重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合は、除去内容の割合が年度毎に変化して

おり、重金属等と有機塩素系化合物の汚染度合い等のサイト条件が対策の選択に影響を与えているのではないかと推測される。

4. 考察

会員企業に対して行った令和元年度の調査並びにこれまでの調査から以下のような傾向が見られた。

まず「3.1 対策時の技術適用の全体の傾向」で示したように、全体的な傾向としては「土壌汚染の除去」については選択された対策中、減少傾向にあったものが平成 28 年度から増加に転じ、「掘削除去－区域外処理」についても「土壌汚染の除去」の傾向と同じく平成 28 年度からは多くなっていることがわかった。また、「地下水の水質の測定」や「地下水のみの原位置浄化」は平成 27 年度まで微増傾向がみられていたが、平成 28 年度以降は減少している状況が確認された。「地下水汚染の拡大防止」については平成 29 年度で 22%まで増加していたが、令和元年度は 8%までに減少していた。

しかしながら「3.2 汚染物質ごとの適用された対策の特徴」で示したように、詳細にデータを解析すると、契機や汚染物質の組合せなどによっては、対策の選択に特徴があることが確認された。

重金属等のみの場合は図-12 に示すように選択された対策の主体は「土壌汚染の除去」であり、その大部分は図-21 に示すように「掘削除去－区域外処理」であった。しかし、契機別の対策をみると、図-18 で示した「自主調査」では、図-15 で示した「法調査」よりも、「土壌汚染の除去」が選択された割合が少なく、「地下水汚染の拡大の防止」、「地下水のみの原位置浄化」、「地下水の水質の測定」などの対策も選択されていた。

有機塩素系化合物のみの場合は図-13 に示すように選択された対策は「地下水のみの原位置浄化」、「地下水汚染の拡大防止」が多く選択されており、図-22 に示すように「土壌汚染の除去」の内容は「原位置浄化」が主なものとなっていた。契機別の対策をみてみると、図-16 で示したように「法調査」では「土壌汚染の除去」が多く選択されているが、重金属等のみの場合と同様に、図-19 で示した「自主調査」では「土壌汚染の除去」を選択する割合は少なく、ほかの対策を選択していることがわかった。

また、重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合は、図-14、図-17、図-20、図-23 にみられるように「重金属等」が汚染物質として含まれるため重金属等のみの場合と似たような傾向となるようであるが、サイトによっては例えば「有機塩素系化合物」が主たる対策対象物質となるため、「土壌汚染の除去」以外の対策が取られるのではないかと推察された。

以上のように、汚染物質によらず「法調査」では「土壌汚染の除去」が多く選択される傾向があり、「重金属等」が汚染物質として含まれる場合は「土壌汚染の除去」－「掘削除去－区域外処理」という対策が多くとられていた。そして全体の傾向としても「法調査」、「重金属等」の割合が高まるにつれて、「土壌汚染の除去」－「掘削除去－区域外処理」の割合も高くなっているものと推察された。

今後も継続して動向を把握していきたい。

5. おわりに

土壌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。

令和元年度の実態調査結果の取りまとめ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(平成 29 年度実態調査)、第 25 回地下水・土壌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