

(S3-10) 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）

○阿部 美紀也¹・熱田 真一¹・河内 幸夫¹・田村 和広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. 背景および目的¹⁾

一般社団法人土壌環境センター技術委員会技術実態集計分科会では毎年、土壌環境センター会員企業（以下「会員企業」）を対象に前年度に行った土壌・地下水汚染対策の適用技術に関して、アンケート形式で「土壌・地下水汚染の対策時の技術適用に関する実態調査」を行っている。本報告では実態調査結果のうち対策の契機、対象とした汚染物質、対策の内容などを対象にして、平成28年度から令和4年度実績に対する経年変化や傾向などについて報告する。

2. アンケート調査の概要

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⁾」も参考にし、当分科会での議論を踏まえて、土壌・地下水汚染対策の適用技術を14種類に整理した。調査対象は会員企業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）ごとに選択肢の中から該当するものを選択する形式としている。アンケートの中から以下の①～⑦の質問項目の回答結果を年度ごとに集計した結果のうち、平成28年度から令和4年度まで^{4)~10)}の経年変化を質問項目ごとや、クロス集計してまとめている。

- | | | |
|--------------------|-------------|-----------------|
| ①対策の契機 | ②対象となった汚染物質 | ③選択された対策とその汚染状態 |
| ④土壌汚染の除去の種類 | ⑤掘削除去後の処理 | ⑥原位置浄化工法の種類 |
| ⑦対策の選択理由を得るための参考情報 | | |

なお、同じ場所で複数の契機や複数の汚染物質に対応する場合も1つのサイトとして扱っているため、一般的な土壌・地下水汚染対策とは異なる対策が集計に含まれる場合があるのでご留意いただきたい。

3. 調査結果

平成28年度から令和4年度（調査対象年度）までの実態調査^{4)~10)}から得られた集計結果を踏まえ、対策方法等の割合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。令和2年度で543件と前年度と比較して増えたものの、令和3年度以降は減少し、令和4年度で359件となった。

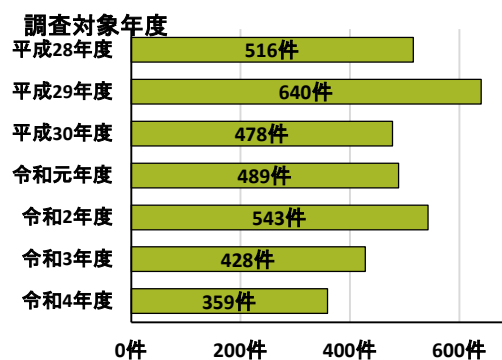


図-1 実態調査で収集した事例数の推移^{4)~10)}

3.1 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。

図-2に示す対策の契機は、「自主契機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」）の割合は平成29年度で68%であったが、それ以降は50%台で推移している。「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」）は平成30年度までは20%以下であったが、令和4年度では32%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「条例等契機」）は平成30年度で20%であったが、令和4年度は13%となっている。「自主契機による汚染の発覚を受けて法14条申請した土地にお

Results of the questionnaires on the application of technology for the soil and groundwater contamination measures (Aging and characteristic considerations)

Mikiya Abe¹, Shinichi Atsuta¹, Yukio Kawauchi¹, Kazuhiro Tamura¹, Hiroaki Suzuki¹,
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

ける対策実施」(以下「14条契機」)の割合は平成29年度では6%であったが、以降は減少して令和4年度で2%となっている。

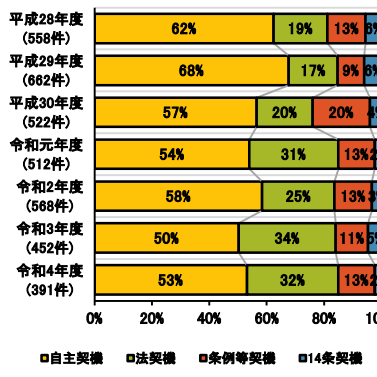


図-2 対策の契機の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

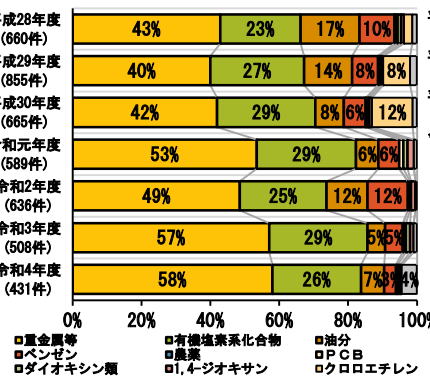


図-3 対策対象の汚染物質の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

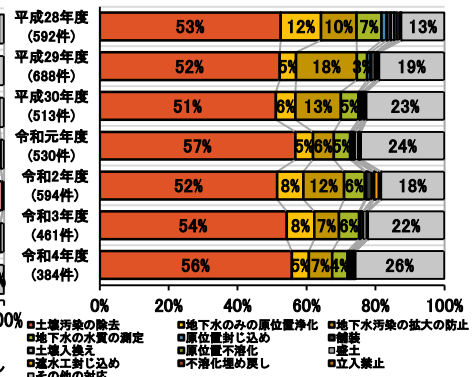


図-4 選択された対策の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

図-3に示す対策の対象となった汚染物質の割合は、「重金属等」が近年増加傾向となっており令和元年度で53%、令和4年度で58%となっている。「油分」、「ベンゼン」は令和元年度でともに6%と減少傾向で、令和2年度でともに12%まで増加したものの、令和4年度では「油分」7%、「ベンゼン」3%であった。

図-4に示す選択された対策の割合は、「土壌汚染の除去」が平成30年度までは52%前後であったが、令和元年度は57%、令和4年度で56%であった。「地下水のみの原位置浄化」は令和元年度から令和4年度で5%や8%となっている。「地下水汚染の拡大の防止」は令和3年度、令和4年度では7%であった。「地下水の水質の測定」は平成29年度で3%と最小だが、他の年度は6%前後であった。「その他の対応」は13%から26%の間で推移している。なお、「その他の対応」の内容は年度により違いはあるものの、90%以上は土壌汚染対策法の措置である「地下水の水質の測定」以外の地下水測定(自主的な地下水測定、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。

3.1.2 土壌汚染の除去方法の推移

「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、原位置浄化の割合の減少に連動して掘削除去の割合が増加の傾向にあり、中でも、汚染土壌の移動を伴う「区域外処理」が主な対策である状況がわかる。

掘削除去後の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50%の割合となっている。「分別等処理施設」は近年増加傾向を示し、令和4年度は30%である。一方、「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4年度で5%となっている。「埋立処理施設」は令和2年度での13%以外は8%程度で推移している。

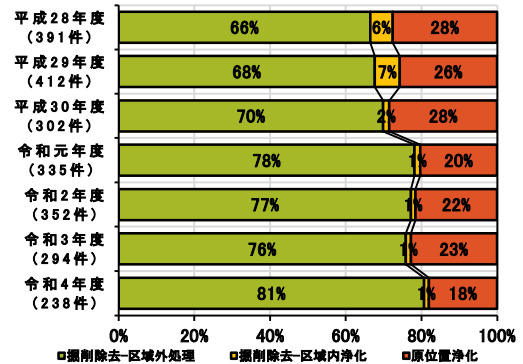


図-5 土壌汚染の除去で選択された方法の内訳の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

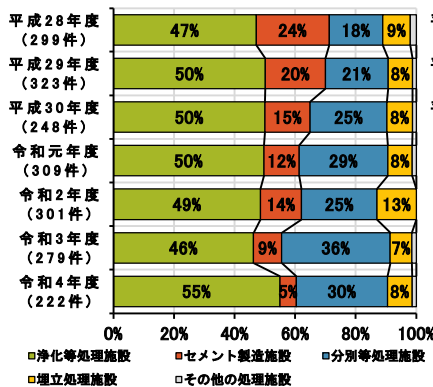


図-6 掘削土壌-区域外処理の処理先の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

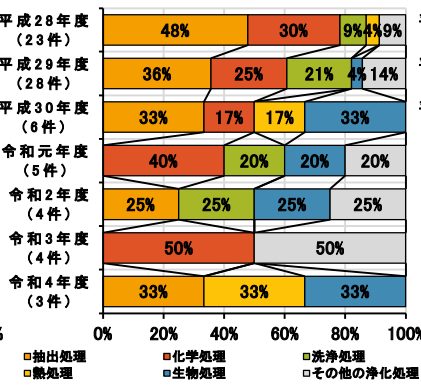


図-7 掘削土壌-区域内浄化の処理方法の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

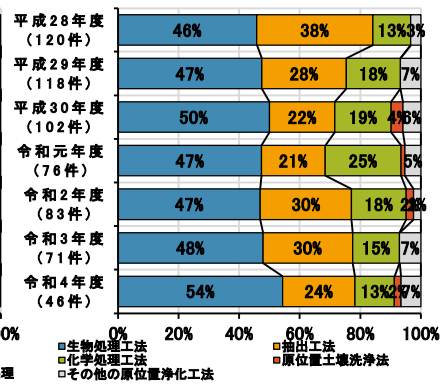


図-8 原位置浄化の処理方法の推移 (複数回答を含む) 4)-10)

「掘削除去一区域内浄化」は、図-7に示すとおりはっきりとした傾向はみられない。これは各年度とも回答件数が少ないためであると考えられる。特に、平成30年度以降の件数は一桁となっている。

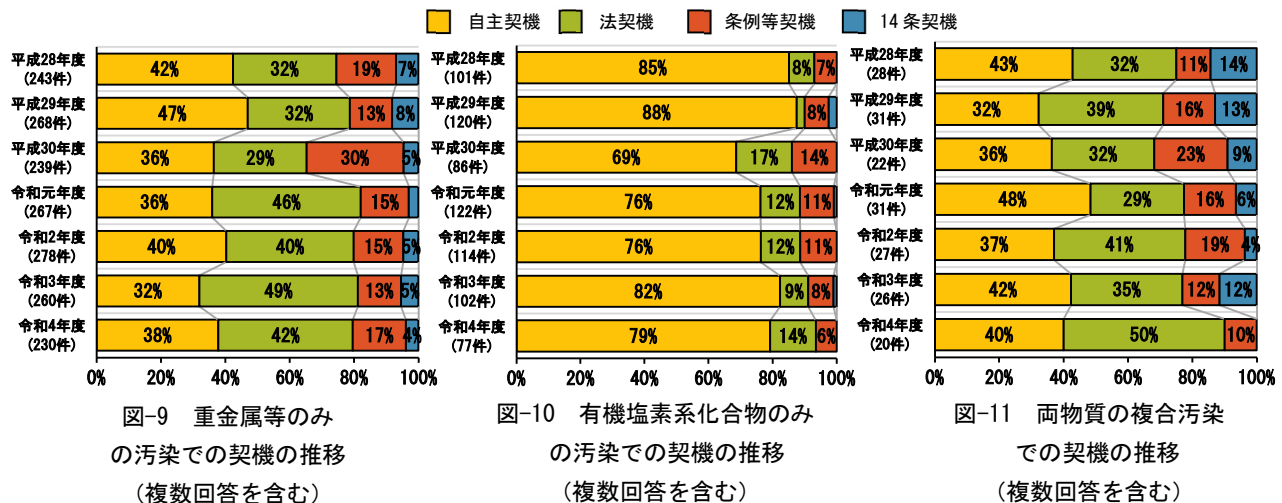
原位置浄化は、図-8に示すとおり年度により変動があるものの、「生物処理」の割合が高く、50%前後を占めている。「抽出処理」は減少傾向で、平成28年度の38%から令和4年で24%まで減っている。「化学処理」も令和元年度までは増加して25%となったが、令和4年度は平成28年度と同じ13%に減少している。

3.2 汚染物質ごとの適用された対策等の特徴

前節では平成28年度から令和4年度までの全体の傾向を述べたが、以下では、重金属等のみの汚染、有機塩素系化合物のみの汚染、及び重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染（以下「両物質の複合汚染」）の3つのケースに区分し、対策の契機や技術適用などについて個別に得られた知見を報告する。

3.2.1 対策の契機の推移

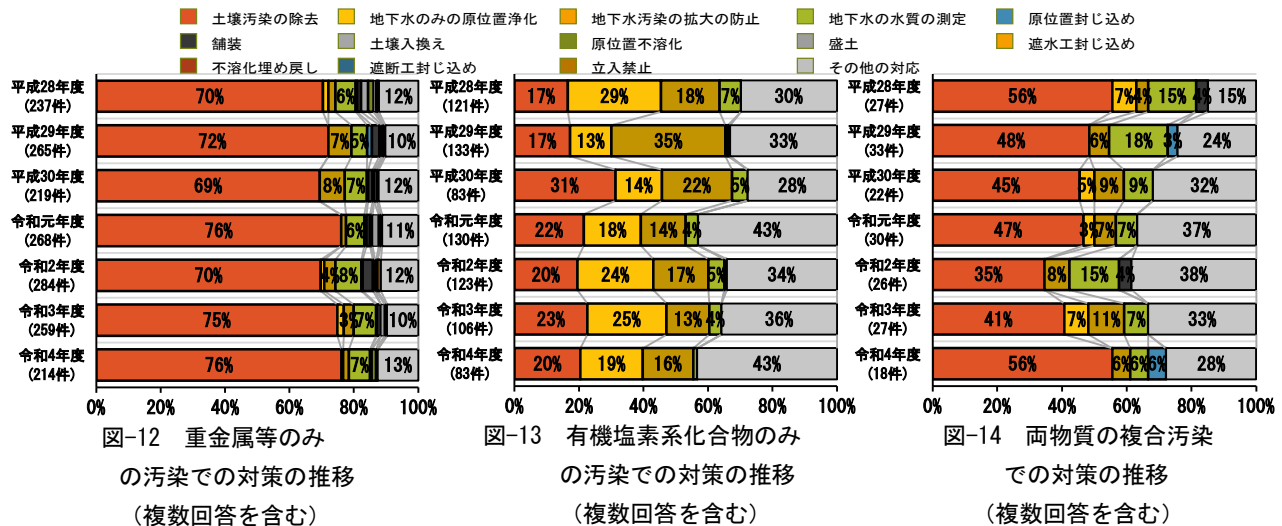
汚染物質に応じて区分した3つのケースでの対策契機の推移を、図-9から図-11に示した。重金属等のみの汚染では、平成30年度までの割合は「自主契機」>「法契機」で推移してきたが、令和元年度で「法契機」が46%となり「自主契機」を上回った。こうした傾向は続いており、令和3年度、令和4年度も「法契機」が「自主契機」を上回っている。「条例等契機」は平成30年度のみ30%だが、他の年度は10%台である。有機塩素系化合物のみの汚染では、平成28年度から2年間80%台後半を「自主契機」が占めていたが、平成30年度で69%となり、令和4年度では79%となっている。両物質の複合汚染では、「自主契機」、「法契機」が主な契機だが、他の2つのケースに比べ「14条契機」の令和3年度までの割合は高めになっている。



3.2.2 選択された対策の推移

3つのケースでの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、重金属等のみの汚染では、図-12に示すように変動はあるが多くを「土壌汚染の除去」が占め、令和4年度で76%となっている。有機塩素系化合物のみの汚染では、図-13に示すように「地下水のみ



の原位置浄化」や「地下水汚染の拡大の防止」が多いのが特徴的である。「土壌汚染の除去」も主な対策の一つだが、これらの割合は年度毎に変動しており、令和4年度は「土壌汚染の除去」20%、「地下水のみの原位置浄化」19%、「地下水汚染の拡大の防止」16%となっていた。なお、令和元年度、令和4年度の「その他の対応」は43%で、他の年度と比べて高い割合であった。両物質の複合汚染では、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つのケースに比べ高めの割合となっている。「その他の対応」の割合も多く令和4年度で28%であった。

3.2.3 土壌汚染の除去方法の推移

汚染物質に応じて区分した3つのケースで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）方法の推移について、図-15から図-17に示す。

土壌汚染の除去を選択した事例では、重金属等のみの汚染では、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みの汚染では、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方法であることがわかる。両物質の複合汚染では、除去方法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。

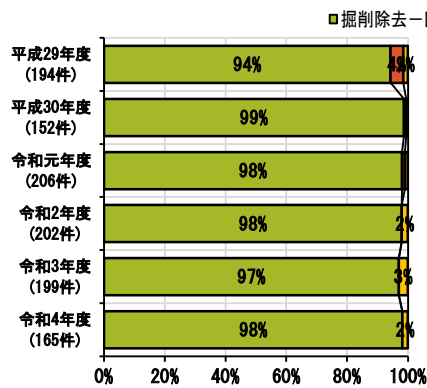


図-15 重金属等のみの汚染での土壌汚染の除去方法の推移 (複数回答を含む)

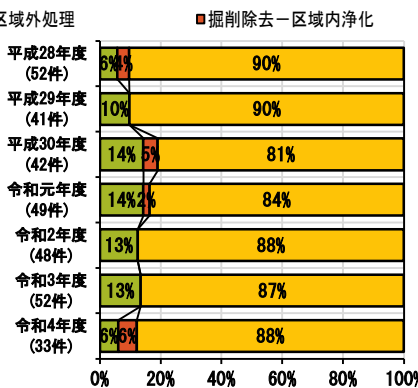


図-16 有機塩素系化合物のみの汚染での土壌汚染の除去方法の推移 (複数回答を含む)

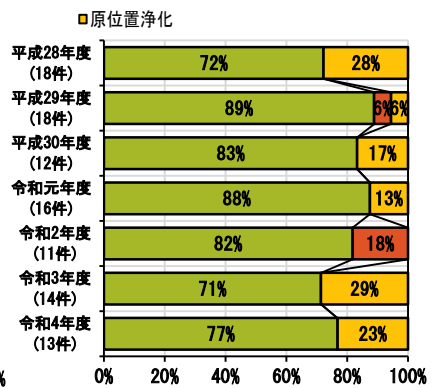


図-17 両物質の複合汚染での土壌汚染の除去方法の推移 (複数回答を含む)

3.2.4 対策の規模等

次に、各ケースの対策の規模や対策費用について示す。なお、各年度の実態調査で、規模や費用は全ての事例で回答を求めたものではなく、任意回答の形式でお願いしたものである旨、ご留意いただきたい。

まず、対策面積については図-18から図-20のとおりとなった。重金属等のみの汚染では、令和2年度までは3,000㎡未満が80%前後と比較的狭い面積の割合が多かったが、令和3年度以降は10,000㎡以上の割合が20%を超えている。有機塩素系化合物のみの汚染では、令和2年度以降10,000㎡以上の割合が多くなり、令和4年度は52%であった。両物質の複合汚染では、面積は3,000㎡以上の割合が多い状況となっている。

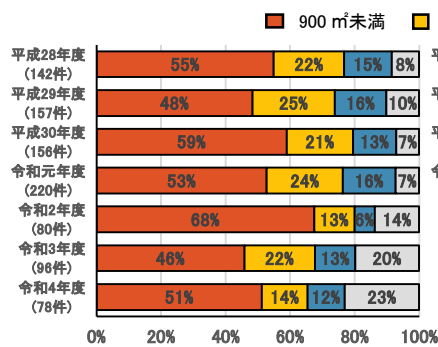


図-18 重金属等のみの汚染での対策面積の推移

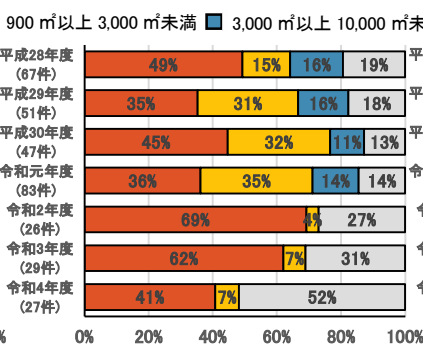


図-19 有機塩素系化合物のみの汚染での対策面積の推移

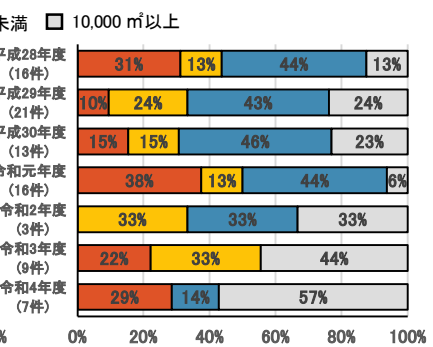


図-20 両物質の複合汚染での対策面積の推移

一方で、対策深度については、図-21から図-23のとおりとなった。

重金属等のみの汚染では、令和元年度までは5m未満が80%前後と比較的浅い深度の割合が多かったが、令

和2年度以降は5m以上の割合が50%を超えている。有機塩素系化合物のみの汚染では、5m以上の割合が平成30年度は63%であったが、直近3年間は90%以上で割合が大きくなっている。両物質の複合汚染では、有機塩素系化合物のみの汚染ほどではないが、5m以上の割合が54%から93%と深い深度を対象としていた。

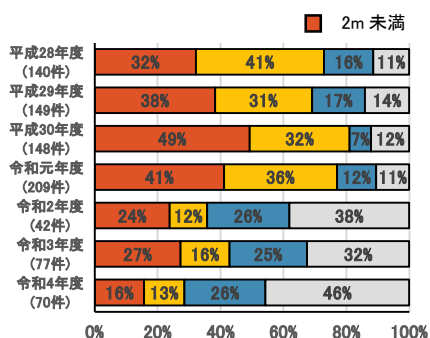


図-21 重金属等のみの汚染での対策深度の推移

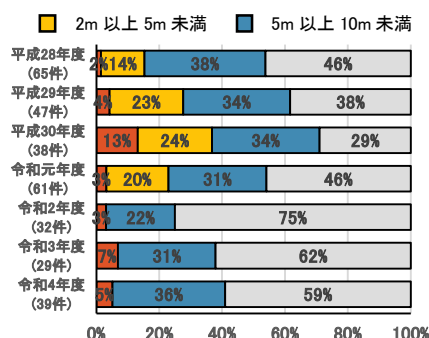


図-22 有機塩素系化合物のみの汚染での対策深度の推移

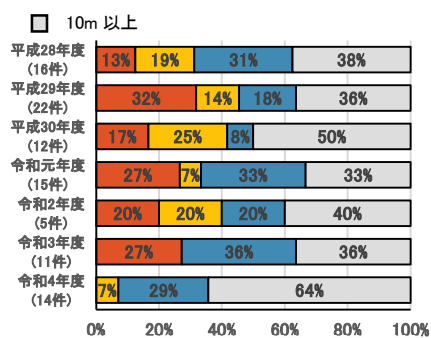


図-23 両物質の複合汚染での対策深度の推移

対策費用については、図-24 から図-26 のとおりとなった。

重金属等のみの汚染では、10百万円以上3億円未満の割合が多く46%から59%となっている。有機塩素系化合物のみの汚染では、30百万円未満の割合が80%程度を占めており低い費用帯である。両物質の複合汚染では件数は少ないが、その費用は単独による汚染の2つのケースより1億円以上の割合が大きいのが目立った。

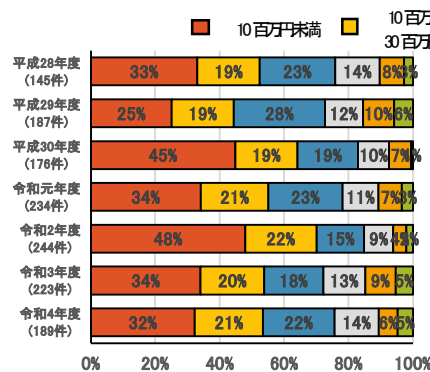


図-24 重金属等のみの汚染での対策費用の推移

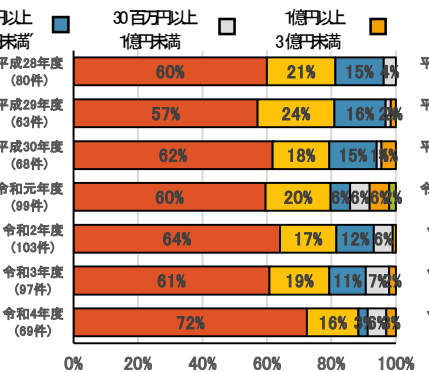


図-25 有機塩素系化合物のみの汚染での対策費用の推移

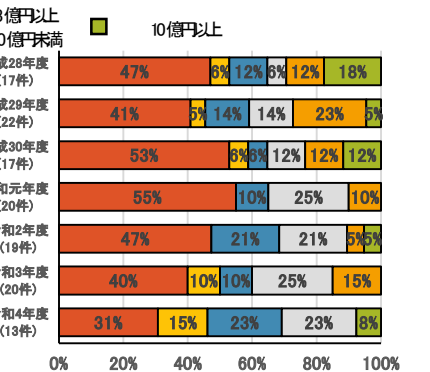


図-26 両物質の複合汚染での対策費用の推移

4. 考察

会員企業に対して行った平成28年度から令和4年度の実績に対するアンケート調査より、以下のような傾向が見られた。

まず、3.1で整理した対策に係る全体的な傾向としては、「土壌汚染の除去」は全期間中50%を超える割合であり、その内訳は掘削除去が増加の傾向（掘削後は区域外処理が大半）、原位置浄化は減少の傾向であった。他の対策では、「地下水のみの原位置浄化」は令和元年度から令和4年度にて5%や8%となっていた。また、「地下水汚染の拡大の防止」は令和3年度、令和4年度は7%で、「地下水の水質の測定」は全期間中6%前後で推移していた。こうした結果より、土壌・地下水汚染対策は、汚染土壌の掘削除去後に移動を伴う区域外処理を行う状況が、高い割合で継続していることがわかった。

一方、全体的な傾向に加え、3.2では対策対象の主な汚染物質である重金属等と有機塩素系化合物を取り上げ、各物質単独での汚染、両物質の複合汚染の計3ケースについて、アンケートの実態調査結果を基に対策等の特徴に係る解析を個別に試みた。その結果、各ケースにおいて特徴があることが確認された。（3.2.4の冒頭で記載のとおり、以下の対策規模等（面積、深度、費用）の内容は任意回答に基づいたものである。）

重金属等のみの汚染の場合、対策の契機は、「法契機」が令和元年度以降は40%台の割合を占め、「自主契機」を上回る状況に変わっている。選択された対策の主体は「土壌汚染の除去」で、大部分は「掘削除去-区域外処理」であった。対策規模等を見ると、対策面積は3,000㎡未満が主で比較的狭い面積の割合が多かった。一方で、対策深度は令和元年度までは5m未満が多かったが、それ以降は5mを超える深い深度の割合が多い状況となっていた。また、対策費用については10百万円以上3億円未満の割合が多いという結果であった。

有機塩素系化合物のみの汚染の場合、対策の契機は「自主契機」が80%前後で、対策は「原位置浄化」が主体の「土壌汚染の除去」に加え「地下水のみの原位置浄化」や「地下水汚染の拡大防止」が多く選択されており、特徴的と言える。対策規模等を見ると、令和2年度以前の対策面積は3,000 m²未満が主であったが、令和2年度以降は900 m²未満と10,000 m²以上に2極化している。対策深度は5m以上特に10m以上の占める割合が多く、対策費用は30百万円未満、特に10百万円未満の割合が多いという結果であった。

重金属等と有機塩素系化合物の複合汚染の場合、対策の契機は「自主契機」、「法契機」がほぼ拮抗している状況であった。選択された対策の主体は「土壌汚染の除去」だが、「地下水のみの原位置浄化」、「地下水汚染の拡大防止」、「地下水の水質の測定」や「その他の対応」も多いなど、複合汚染での有機塩素系化合物への対応の影響がみられた。対策規模を見ると、対策面積は3,000 m²以上の割合が各物質の単独汚染の場合より多く、加えて10,000 m²以上の割合も多い状況であった。また、対策深度も5m以上の深めの割合が多く、対策費用についても3億円以上の割合が比較的多いという結果であった。この結果と各物質単独による汚染の場合の結果とを比較すると、汚染物質の種類を多さを始めとして、それに起因して汚染状況が複雑なことから種々の対策が取られ、そのため費用も多めにかかるのではないかと推察された。

5. おわりに

一般社団法人土壌環境センターでは、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。

単年度の解析結果⁷⁾は、直近の状況を表す重要なデータだが、それと並行し、単年度のデータを活用して本報告で示した経年変化や汚染物質ごとの対策状況の推移を詳細に読み解くことも大事であると考えている。

今後も毎年継続している対策時の技術適用に関するアンケート結果について、蓄積した情報を経年変化としてまとめることにより、対策方法や技術の動向についての実態把握につとめ、技術開発や対策検討に役立てられるよう図っていきたい。

参考文献

- 1) 山下巧,大橋貴志,熱田真一,河内幸夫,田村和広,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、投稿中
- 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、『平成29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(平成28年度実績)、2018/1、
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/H29_survey_summary.pdf(参照 2024/2/1)
- 5) (一社)土壌環境センター 技術委員会 技術実態集計分科会、『平成30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(平成29年度実績)、2019/1、
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/H30_survey_summary.pdf(参照 2024/2/1)
- 6) (一社)土壌環境センター 技術委員会 技術実態集計分科会、『令和元年度 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(平成30年度実績)、2020/1、
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/R1_survey_summary.pdf(参照 2024/2/1)
- 7) (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2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(令和元年度実績)、2021/1、
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/R2_survey_summary.pdf(参照 2024/2/1)
- 8) (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3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2年度実績)、2022/1、
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/R3_survey_summary.pdf(参照 2024/2/1)
- 9) (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 2024/2/1)
- 10) (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5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4年度実績)、2024/1、
https://www.gepc.or.jp/engineer/sub-actual/R5_survey_summary.pdf(参照 2024/2/1)