

(S3-27) 事業所内土壌・地下水汚染発見契機への対応
 ～土壌・地下水汚染への総合的な対応に関する指針（案）～

○佐藤徹朗¹・嶋本直人¹・清水祐也¹・藤安良昌¹・三原洋一¹・

土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する指針検討部会¹

¹土壌環境センター

1. はじめに

土壌汚染対策法（以下、土対法）が施行された2003年以降、事業所等の敷地内で土壌汚染が確認された際、法契機とはならない場合においても、土対法を参考に調査や対策が進められることが一般的となり、地下水汚染の状況が十分には把握されていない場合も多い。しかしながら、本来、土壌汚染と地下水汚染は不可分であり、土壌汚染対策の実施にあたっては、地下水汚染の存在を無視することはできないため、土対法と水質汚濁防止法（以下、水濁法）の連携が必要であるとの指摘もある。さらに、今後、地下水の飲用による健康リスクへの対応だけでなく、地下水環境保全の観点からの対応を求められるケースも増加してくることが予想される。このような状況に対し、（一社）土壌環境センターでは、2018年度から土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する分科会および自主部会を設置し、土壌・地下水汚染を一体として捉えた合理的な対応方法についての検討を行った¹⁻⁴⁾。2022年度からは、「土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する指針検討部会」（以下、指針検討部会）において、これまでの研究成果をもとに「土壌・地下水汚染への総合的な対応に関する指針」⁵⁾（以下、本指針）の作成を進めている。本稿では、本指針（案）のうち、事業所敷地内において土壌または地下水汚染が発見された場合の対応フローと具体的な調査内容（想定される実施者や各ステップで実施すべき調査項目およびその内容）、事業所敷地内と事業所敷地外における連携のあり方等について報告する。なお、本指針（案）に関しては、汚染の発見契機や対象物質によって対応方法が異なるため、「事業所外で地下水汚染が発見された場合の対応内容と事業所内外の連携のあり方」⁶⁾、および「1,4-ジオキサン⁷⁾の地下水汚染が確認された場合のその汚染の特徴と調査方法および対応内容」⁷⁾について別途投稿しているので合わせて確認頂きたい。

2. 指針（案）のコンセプト

指針（案）のコンセプトを表1に示す。

表1 指針（案）のコンセプト⁶⁾

総合的な調査・対策の定義	土壌と地下水を一体として捉えた調査を実施し、その汚染メカニズムを把握した上で、地下水環境の保全に資するために必要となる対策を講じていくこと
目標とする土壌・地下水の状態	地下水飲用による健康リスクだけでなく、地下水環境の保全の観点から、将来的には、対象地の土壌および地下水の状態が環境基準に適合すること、さらには地下水が本来あるべき姿（人為的な負荷を受けていない状態）に到達すること ※自然由来や生態系、汚染土壌の直接摂取への対応は対象外
対象とする有害物質の区分	土対法第一種特定有害物質→「揮発性有機化合物」 土対法第二種特定有害物質、土対法第三種特定有害物質→「重金属等・農薬等」 1,4-ジオキサン→「その他物質」 ※発生源が面的・多岐にわたる硝酸性及び亜硝酸性窒素は対象外
対応の契機	「事業所外地下水汚染発見契機型」、「事業所内地下水汚染発見契機型」、「事業所内土壌汚染発見契機型」に場合を分け、それぞれの契機に応じた対応の進め方を示している。

Responding to the Discovery of Soil and Groundwater Contamination inside the Workplace
 - Concept of Guideline for Comprehensive Response to Soil and Groundwater Contamination -
 Tetsuro Sato¹, Naoto Shimamoto¹, Yuya Shimizu¹, Yoshimasa Fujiyasu¹, Yoichi Mihara¹,
 Study group on guidelines for comprehensive response to soil and groundwater contamination¹ (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

3. 指針（案）の概要

3.1 調査・対応のイメージ

事業所内で土壤汚染が確認された場合の対応イメージを図1、地下水汚染が確認された場合を図2に示す（図中の①～⑩調査ステップについては、3.2で説明する）。

土壤汚染や地下水汚染が確認される契機は、土対法や条例等による土壤汚染状況調査、条例に基づく地下水検査等の他、事業者等における自主的な調査による土壤汚染や地下水汚染の確認も契機としている。

本指針（案）では、土壤汚染発見契機においても、当該土壤汚染に起因する地下水汚染の有無を把握し、地下水汚染が確認された場合は事業所内地下水汚染状況調査を行い汚染地下水の敷地外への拡散可能性を評価することとしている。一方、地下水汚染発見契機においては、地下水汚染源を把握して土壤汚染の有無を確認し、汚染源の土壤汚染状況を把握したうえで、総合的な対策を行うこととしている。いずれの契機においても、地下水流向下流側敷地境界で地下水汚染が確認された場合や敷地外への拡散可能性がある場合には、都道府県等へ

報告し、当該報告を受けた都道府県等は、汚染井戸周辺地下水調査を行って当該地下水汚染に起因する敷地外の地下水汚染の有無および範囲を把握するとともに、水濁法により地下水質を継続監視することとしている。これらの調査により、汚染地下水が飲用されていない等、健康リスクが想定されない場合においても地下水環境の保全の観点から事業者等との協力のもと、総合的な対策を実施していくことを想定している。

3.2 総合的な調査・対策のフロー

調査ステップ毎の調査項目や実施内容は、対象物質によって異なるため、指針（案）では、調査対象物質の区分毎に調査フローを検討した。ここでは、遭遇機会が多い重金属等・農薬等による土壤汚染発見契機（図3）、揮発性有機化合物による地下水汚染発見契機（図4）について説明する。

3.2.1 事業所内土壤汚染発見契機型（重金属・農薬等の場合）

事業所内で土壤汚染が確認された場合、図3の「ステップ①事業所内資料等調査」を実施し潜在的汚染源を把握する場合と「ステップ⑥事業所内既設井戸水質調査」を実施する場合が想定される。ステップ⑥を先行して実施し、地下水汚染が確認された場合には、地下水汚染発見契機型に移行する。地下水汚染が確認されなかった場合は、ステップ①を実施する。「ステップ②潜在的土壤汚染源での調査」では、ステップ①調査で把握された潜在的汚染源での土壤・地下水調査を行い、確認された土壤汚染に起因した地下水汚染発生の有無を確認する。地下水汚染が確認されなかった場合においても観測井戸での水質の継続監視を行う。地下水汚染が確認された場合には、まずは、事業所内の飲用井戸の有無を確認した上で、「ステップ④潜在的土壤汚染源における追加調査」および「ステップ⑤事業所内地下水汚染状況調査」を実施する。ステップ④は、ステップ①で把握された潜在的土壤汚染源のうち、ステップ②の調査対象としなかった範囲に対して、土壤・地下水調査を実施する。ステップ⑤では、地下水流向下流側敷地境界における地下水汚染の有無や拡散の可能性を評価することが主な目的となり、詳細な現況把握型 CSM（サイト概念モデル）の構築が必要な場合もある。したがって、地下水汚染状況調査の内容は、サイト毎によって大きく異なり、同一サイトによっても、時期によって異なる場合もあり、一律に定めることができないため、本指針（案）では「地下水汚染状況調査に関する Q&A」を準備している。

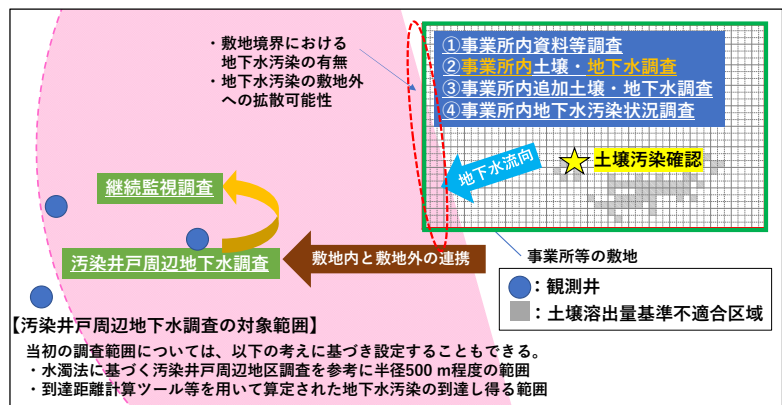


図1 事業所内土壤汚染発見契機型の対応イメージ

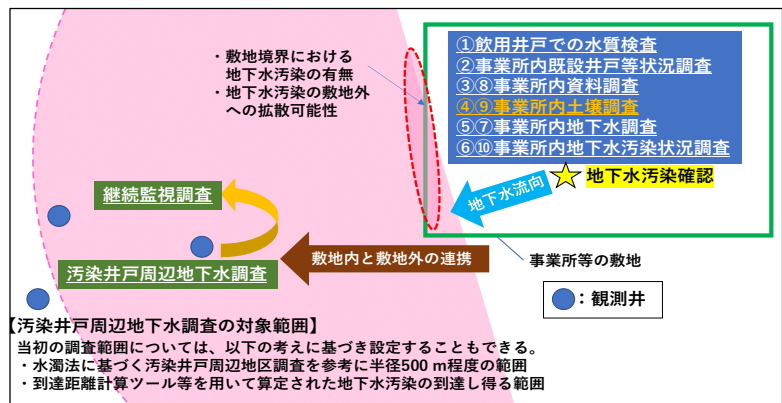


図2 事業所内地下水汚染発見契機型の対応イメージ

ステップ①事業所内資料等調査

【調査項目】

- ・潜在的土壌汚染源範囲および汚染源からの地下水汚染経路等の推定のための地歴調査
- ・既設井戸の有無の確認及び諸元および構造に関する情報の整理
- ・水文地質状況・水理特性の調査

ステップ②潜在的土壌汚染源における表層土壌調査・土壌ボーリング調査・地下水調査

【調査項目】

- ・既設井戸の井戸構造調査
- ・表層土壌調査
- ・土壌ボーリング調査
- ・把握された土壌汚染に対する地下水調査

ステップ③飲用井戸での測定記録の確認、水質検査

ステップ④潜在的土壌汚染源における追加土壌・地下水調査（ステップ②の調査範囲外）

【調査項目】

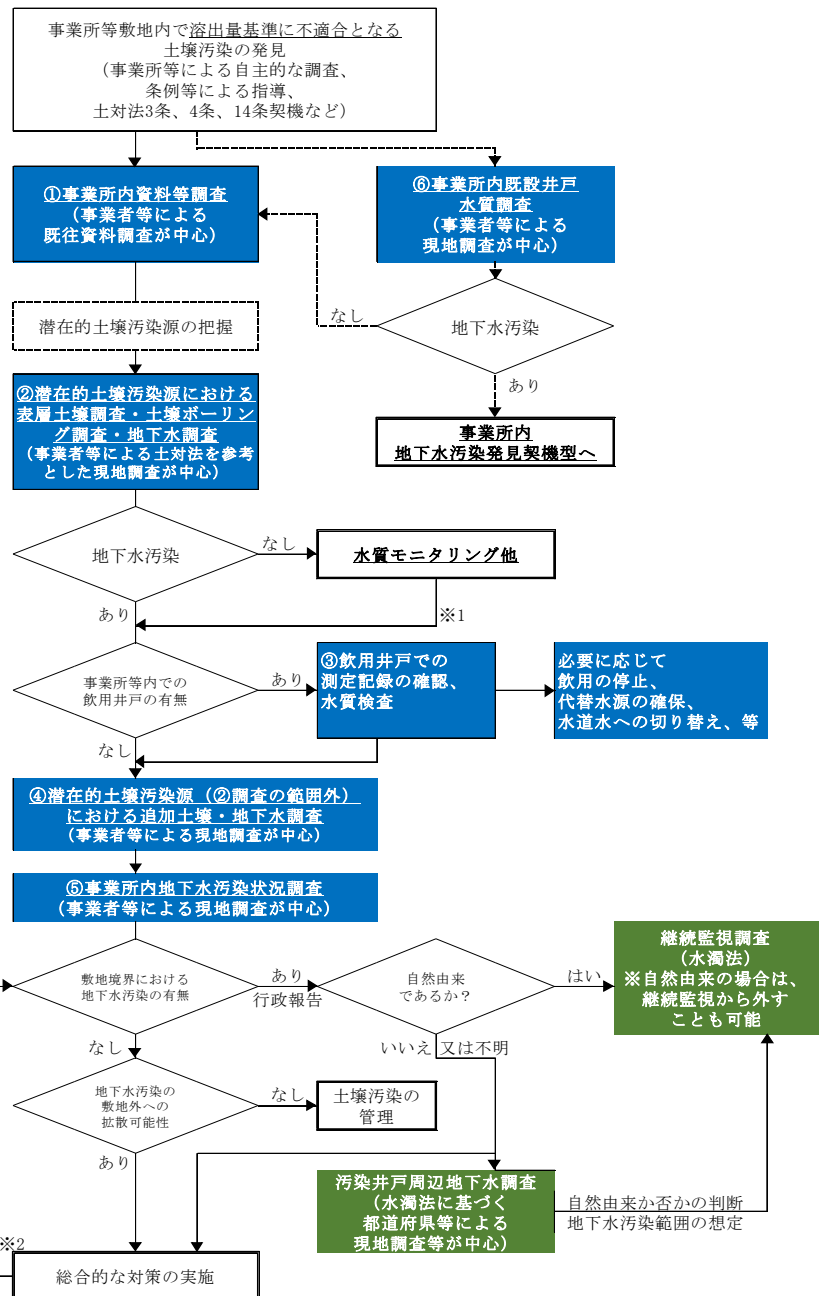
- ・表層土壌調査
- ・土壌ボーリング調査
- ・把握された土壌汚染に対する地下水調査

ステップ⑤事業所内地下水汚染状況調査

ステップ⑥事業所内既設井戸水質調査

【調査項目】

- ・既設井戸の諸元および構造に関する情報の整理
- ・既設井戸における地下水調査



※1 観測井戸での水質の継続監視や土壌・地下水調査を実施し、地下水汚染が確認された場合には次ステップに移行する。

※2 総合的な対策における水質モニタリング等で敷地境界で新たな地下水汚染が確認された場合

図3 事業所内土壌汚染発見契機型の対応フロー（重金属等・農薬等）

3.2.2 事業所内地下水汚染発見契機型（揮発性有機化合物等の場合）

事業所内で地下水汚染が確認された場合、契機となった井戸の汚染地下水が飲用に用いられなくとも、事業所内における飲用井戸の有無について確認し、飲用井戸が確認された場合には、図4に示すステップ①として当該井戸から地下水を採取し、契機となった物質及びその分解生成物（以下、契機物質等）と使用などの可能性があった親物質を対象に分析を行う。次に「ステップ②事業所内既設井戸等状況調査」を行った上で、「ステップ③事業所内資料等調査」を行う。資料等調査で把握された潜在的土壌汚染範囲において「ステップ④潜在的土壌汚染源における調査」、「ステップ⑤把握された土壌汚染に対する地下水調査」を行い、契機となった地下水汚染による土壌・地下水汚染の状況を把握する。なお、事業所特性（敷地面積が広大である、複数の企業が事業活動を行っている）によっては、「ステップ⑦事業所内地下水汚染絞込調査」を先行実施し、「事業所内資料等調査」の調査範囲を絞り込んだ上で、「ステップ⑧地下水汚染源存在範囲の資料等調査」、「ステップ⑨潜在的土壌汚染源における調査」を行うこともできる。ステップ⑥またはステップ⑩の「事業所内地下水汚染状況調査」では、地下水汚染の有無や拡散の可能性を評価することが主目的となり、詳細な現況把握

型 CSM (サイト概念モデル) の構築が必要な場合もあり、状況によって調査内容が異なるため、本指針 (案) では「地下水汚染状況調査に関する Q&A」を準備することとした。

ステップ① 飲用井戸での水質検査

ステップ② 事業所内既設井戸等状況調査

【調査項目】

- ・既設井戸の諸元及び構造に関する情報の整理
- ・既設井戸の井戸構造調査
- ・既設井戸における地下水調査

ステップ③⑧ 事業所内資料等調査

【調査項目】

- ・潜在的土壌汚染源範囲および汚染源からの地下水汚染経路等の推定のための地歴調査
- ・水文地質状況・水理特性の調査

ステップ④⑨ 潜在的土壌汚染源における土壌調査

【調査項目】

- ・土壌ガス調査、
- ・土壌ボーリング調査

ステップ⑤ 把握された土壌汚染に対する地下水調査

【調査項目】

- ・地下水観測井戸の設置
- ・観測井戸における地下水調査

ステップ⑦ 事業所内地下水汚染源絞込調査

【調査項目】

- ・地下水調査
- ・地下水汚染範囲想定のための土壌ガス調査

ステップ⑥⑩ 事業所内地下水汚染状況調査

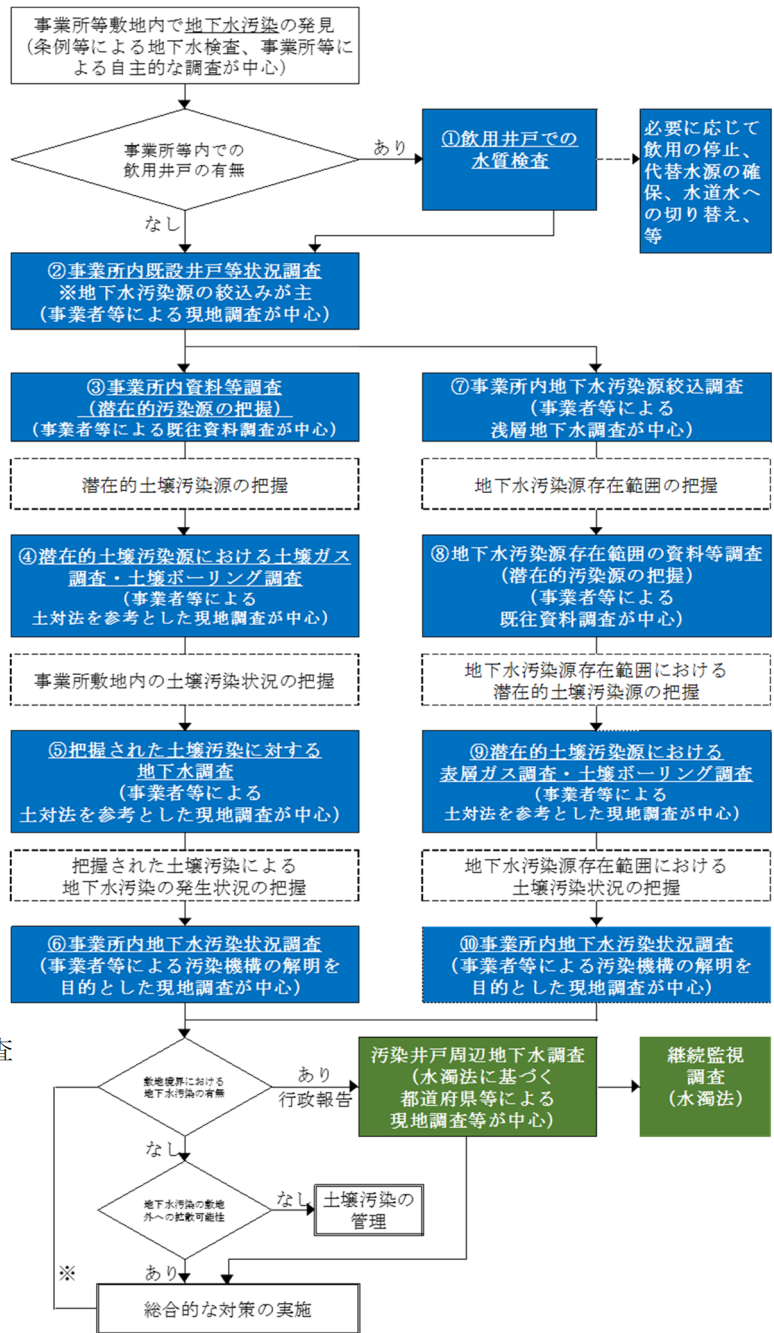


図4 事業所内地下水汚染発見契機型の対応フロー (揮発性有機化合物)

4. 本指針 (案) における詳述内容の構成について

本指針 (案) では、各調査契機に対し調査対象物質の区分毎に対応フローを示し、各調査ステップにおける調査項目に対して実施すべき項目等を示している。具体的には、各調査項目に対し、「実施すべき項目」、「望ましい項目」、「参考となる項目」に区分し、それぞれの調査内容について説明しており、その例を4.1 および4.2 に示す。なお、調査内容については、「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3.1 版)⁸⁾ (以下、ガイドライン) 等の公の資料を参考とできる場合には、詳細は記載せず、指針 (案) 作成時点における参照先を示すこととした。

4.1 事業所内土壌汚染発見契機型 (重金属・農薬等) の場合

図3 に示すステップ②「潜在的土壌汚染源における表層土壌調査・土壌ボーリング調査・地下水調査」の調査項目である「把握された土壌汚染に対する地下水調査」は以下のとおり行う。

【実施すべき事項】

土壌ボーリング調査にあわせ、地下水観測井戸を設置する。設置した観測井戸から地下水を採取し、契機物質を対象に分析を行う。観測井戸が設置できない場合でも、土壌ボーリング孔から地下水を採取し、分析に供

する。地下水観測井戸の設置方法、土壌ボーリング孔を利用する地下水の採取方法は、「ガイドライン App-7」、設置した井戸からの地下水の採取方法については、「ガイドライン App-7」や「既設井戸等からの地下水等の採取について⁹⁾（以下、地下水などの採取について）」、採取した地下水の前処理、採取容器、保管方法については、「地下水などの採取について」を参考とできる。また、採取した地下水の分析方法は、「ガイドライン App-6」に準拠する。

【望ましい事項】

地下水調査は、全ての土壌ボーリング調査地点で実施することが望ましい。この場合、観測井戸を設置せずにボーリング孔を利用する方法も考えられる。

事業所等敷地の全域を対象とした事業所内資料等調査で、契機物質以外の対象物質の利用履歴が確認されている場合、分析項目に追加することが望ましい。ここで、地下水基準不適合が確認された場合には、事業所内地下水汚染発見契機型の対応を行うこととなる。

地下水調査で設置した観測井戸については、当初の調査で基準に適合した場合においても、水質モニタリングを継続することが望ましい。調査頻度は、当初は1か月に1回程度、少なくとも季節毎に実施する。

【参考となる事項】

○主要溶存イオン成分による調査

地下水質の測定の際に、契機物質だけではなく、主要溶存イオン（カリウムイオン、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、塩化物イオン、炭酸水素イオン、硫酸イオン、等）濃度を測定し、ヘキサダイアグラム等として整理することで、地質的特徴との関連性の評価を行うことができる。

○深度別地下水調査

「ガイドライン App-7」では、帯水層全体にスクリーンを設置する方法が示されているため、土壌汚染対策法施行後においては、ガイドラインの考え方に基づいた観測井戸が多く設置されている。また、飲用による健康リスクを評価する場合には、「ガイドライン App-7」に示される方法により地下水を採取し、帯水層の平均的な濃度で評価することが適当であると考えられる。一方で、汚染メカニズムの把握には、同一の帯水層における地下水濃度の深度分布を把握することが有効となる。同一の帯水層の全体にスクリーンが設置されている既設井戸から不攪乱に近い状態で深度別に地下水を採取し、地下水分析を行うことを深度別地下水調査としている。深度別地下水調査により同一帯水層における地下水汚染の3次元分布を把握することで、汚染の浸透源の把握等、汚染メカニズムの把握・評価に資するデータを取得することができる。

○打ち込み井戸による地下水調査

土壌ボーリング調査地点での地下水調査結果の補完や地下水汚染の広がりや把握するために、打ち込み井戸を用いることが有効である。打ち込み井戸による調査方法は、「ガイドライン App-7」、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2013）」を参考とできる。重金属等・農薬等の場合、浅層部に汚染が溜まりやすい性質を持つため、地下水汚染の広がりを把握するには、先ず、帯水層の上部を対象とすることも考えられる。

○現場透水試験

観測井戸において現場透水試験を実施することで、透水係数を把握することができる。現場透水試験の実施方法は、「地盤調査の方法と解説」（地盤工学会、2013）を参考とできる。なお、揚水した地下水は、特定有害物質濃度や油の含有状況などに応じて適切に処理する必要がある。

4.2 事業所内地下水汚染発見契機型（揮発性有機化合物）の場合

図4に示す調査ステップ②「事業所内既設井戸等状況調査」の調査項目である「既設井戸における地下水調査」は以下のとおり行う。

【実施すべき項目】

事業所等の敷地内にある地下水調査に利用可能な全ての既存井戸を用いた一斉測水調査を実施する。なお、既存井戸が数多く存在する場合には、例えば、900㎡に1か所程度の割合で井戸を選定し調査を実施することも考えられる。地下水流向や動水勾配を求める方法は、「ガイドライン 5.3項やApp-1」が参考とできる。

次に、地下水汚染のプルームを把握するために一斉採水調査を実施する（一斉測水調査と同時にすることも考えられる）。一斉採水調査では、同時期に観測井戸から地下水を採取し、契機物質等と使用等の可能性のあった親物質を対象とした分析を行う。相対的な濃度分布の把握には簡易法の利用も可能である。

【望ましい項目】

○地下水流向の変化

地下水流向は、降雨（降雪）や地下水利用により変化することもあるため、季節毎に把握することが望ましい。また、潮汐によって、流向自体が変化するような地域では、【参考となる項目】に記載した自記水位計による調査等によって、流向の変化を把握することが望ましい。

○地下水質の変化

契機となった観測井戸や地下水流向下流側等の観測井戸では、契機物質等について経時変化を把握することが望ましい。調査頻度は、当初は1か月に1回程度、少なくとも季節毎に実施する。

既存井戸で基準に適合している場合でも、地下水流向下流側では定期モニタリングを継続することで汚染地下水の拡散を事前に把握できる。さらに、汚染プルームのライフサイクルに関する評価を行うことが可能となり、総合的な対応の検討に資するデータとなる

【参考となる項目】

○自記水位計による調査

地下水位は、降雨（降雪）浸透や海岸付近で潮汐の影響といった自然現象の他、揚水量の変化、融雪への利用、水田への湛水等の影響も受ける。これらの影響が大きい地域では、水位の変動が大きく、短いスパンで流向が変化する可能性もある。このような懸念がある場合、代表的な観測井戸に自記水位計を設置し地下水位を連続的に記録することで検証が可能となる。

○主要溶存イオン成分による調査、○深度別地下水調査、○現場透水試験：4.1項のとおり

○揮発性有機化合物の分解経路

揮発性有機化合物の場合、契機物質の他、親物質と分解生成物を対象とすることを基本とするが、分解経路には、指針（案）の対象物質となっていないクロロホルムも含まれることに留意する。

5. まとめ

土壌汚染と地下水汚染を一体として捉え、地下水環境の保全を目的とした指針（案）のうち、事業所内土壌汚染発見契機型及び事業所内地下水汚染発見契機型における対応内容について示した。今後は、他の契機も含め土壌環境センターの技術標準とすることも視野に入れ、2026年度までには、一般に公開できるようにしたい。

参考文献

- 1) 中島誠・佐藤徹朗・鈴木弘明・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する検討部会(2021)：土壌・地下水汚染を総合的に捉えた幾つかの対応事例，地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会第26回講演集，pp.281~286.
- 2) 鈴木弘明・中島誠・鈴木洋子・青木鉦二・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する検討部会(2022)：地下水汚染が発見された場合の土壌汚染対策法および水質汚濁防止法による土壌・地下水汚染への対応における現状と課題，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，pp.36~41
- 3) 清水祐也・鴨志田元喜・菅沼優巳・藤安良昌・今安英一郎・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する検討部会(2022)：地方自治体の条例における土壌・地下水汚染への対応に関する特徴，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，pp.137~140.
- 4) 塩谷剛・佐藤徹朗・三原洋一・駒崎光俊・瀬野光太・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する検討部会(2022)：土壌と地下水を一体として捉えた土壌・地下水汚染に対する調査・対策のあり方の検討，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，pp.222~227.
- 5) 佐藤徹朗・鈴木弘明・中島誠・藤安良昌・青木鉦二・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する指針検討部会(2023)：土壌・地下水汚染への総合的な対応に関する指針のコンセプト，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，pp.215~220.
- 6) 鈴木弘明・北島義裕・西川直仁・大石力・今安英一郎・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する指針検討部会(2024)：事業所外地下水汚染発見契機への対応，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
- 7) 塩谷剛・中島誠・和田卓也・青木鉦二・佐藤徹朗・土壌・地下水汚染の総合的な対応に関する指針検討部会(2024)：1,4-ジオキササンによる地下水汚染発見契機型への対応，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
- 8) 環境省水・大気環境局(2022)：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3.1版)
- 9) 佐藤徹朗・稲田ゆかり・佐藤秀之・佐藤幸考・設楽和彦・技術標準化部会(2014)：既設井戸等からの地下水採取について，第20回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，pp.493~498.