

# 地質汚染現場における汚染機構解明調査の手順 —地下水汚染の浄化対策として—



地層が露出している斜面（泥層と砂層の互層） 写真の場所：いすみ市弥正

暗灰色の砂層と灰白色の泥層が交互に重なり互層を形成している。

砂層では地下水の移動速度が速く、露頭（地層の露出部）面が常に湿っているため暗灰色に見える。

泥層では地下水の移動速度が遅く、露頭面の乾燥により灰白色に見える。

## まえがき

地下水は、身近で安価な水資源として、飲用水、工業用水、農業用水など広く利用されており、地下水を良好な状態に保全し、将来の世代に引き継いでいくことは、私たちに課せられた重要な責務です。

千葉県環境研究センターでは、地下水の汚染状況調査や浄化手法等について、県内市町村に対する技術支援を実施しています。

これまで多数の汚染現場での調査を実施し、現場ごとに浄化手法を検討してきた実績を踏まえ、このたび、長年にわたり培ってきた地下水浄化に係る調査手順について取りまとめました。

県や市町村の職員など、地下水浄化対策に携わる皆様の技術的な参考として、本冊子を御活用いただければ幸いです。

令和5年8月1日

千葉県環境研究センター長 市原 泰幸

## 目次

はじめに	1
地質汚染の進行の概要	2
地質汚染機構解明調査の概要	7
地下水汚染井戸の発見時	9
I 概略調査	10
I-1 周辺井戸調査	10
I-2 井戸諸元調査	14
I-3 土地の利用履歴調査	18
II 詳細調査	20
II-1 有害物質取扱い場所の特定	21
II-2 表層汚染（地下空気汚染）調査	22
II-3 地層汚染調査	29
II-4 地下水観測井の設置	49
II-5 地下水汚染調査	55
II-6 汚染源地層汚染調査	62
II-7 地質汚染機構の検討と浄化対策の立案	68
コラム	
地下での地下水の賦存状態	6
地質汚染に関する知識1 地層の粒度と透水性の違い	38
地質汚染に関する知識2 コアでみられるラミナなどの初生的堆積構造や汚染物質が吸着しやすい地層	39
地質汚染に関する知識3 地層の積み重なりと試料採取位置	41
地面の下を調べるオールコアボーリング	42
トピック	
トピック1 汚染源での深部までの地下空気汚染調査の事例	28
トピック2 揚水対策時の揚水井の設置位置決めと地下水汚染調査を応用した揚汚水試験の事例	59
トピック3 六価クロムによる地質汚染現場における複数枚の難透水層部分の汚染浸透位置の推定事例	66
用語解説	71
引用文献	72
おわりに	74



## はじめに

人の健康に影響を及ぼす可能性のある地下水汚染の問題が顕在化したのは、昭和 56 年（1981 年）である。アメリカのシリコンバレーの半導体工場が汚染源となり、トリクロロエチレン（以下「TCE」という。）等の揮発性有機塩素系化合物（以下「VOCs」という。）による地下水汚染が確認された。この事件では、周辺住民に健康被害が多数発生したことで世界的な問題となり、VOCs による地下水汚染は「ハイテク汚染」と呼ばれるようになった。

これを契機として、環境庁（当時）は、昭和 57～58 年（1982～1983 年）に全国主要都市において「地下水汚染実態調査」を実施し、TCE は浅井戸の 2%、深井戸の 5%、テトラクロロエチレン（以下「PCE」という。）は、浅井戸、深井戸それぞれの 5%で水道水質基準を超過する結果となり、我が国においても地下水汚染が進行していることが示された。

環境庁では VOCs による地下水汚染対策のため、TCE 及び PCE 等を対象に昭和 59 年（1984 年）に「トリクロロエチレン等の排出に係る暫定指導指針」を制定し、平成元年（1989 年）には水質汚濁防止法に基づく規制基準を、平成 5 年（1993 年）には公共用水域の環境基準を、平成 9 年（1997 年）には地下水の環境基準を設定している。

本県では、平成元年（1989 年）の「千葉県地下水汚染防止対策指導要綱」の制定以後、市町村と協力して、地下水質の監視、VOCs 使用事業者の指導、汚染機構解明調査及び汚染除去対策等を推進している。

有害物質により汚染された地下水を再び持続的に利用できるようにするための浄化対策を、効果的・効率的に進めるための調査技術を継承することを主な目的として本資料を作成した。

## VOCs による地下水汚染について

VOCs は有害物質の中でも移流しやすいため、以下 VOCs による汚染対策を中心に述べていく。VOCs が地表から地下に浸透した場合、この VOCs が揮発し地下空気を汚染させている状況（地下空気汚染）、VOCs が地層の粒子を被覆したり粒子内に浸み込んだりしている状況（地層汚染）、VOCs による地下水の汚染状況（地下水汚染）といった地質全体の汚染状況（地質汚染、図 1）を調べていくことになる。そして、VOCs がどこから地下に浸入し、透水層中の地下水の流動に乗って移流し、汚染範囲が拡大し、湧水や井戸水を汚染させているのかといった状況を明らかにする地質汚染機構解明を行い、浄化に向けた対策が県内各地で進められている<sup>1)2)3)4)</sup>など。

最初に、地質汚染がどのように進行していくのかの典型例を地質汚染モデル等で紹介し、次に地質汚染の進行を解き明かす手順について説明する。

なお、ボーリングや電気検層の方法などは、既存の書籍を参照いただきたい。

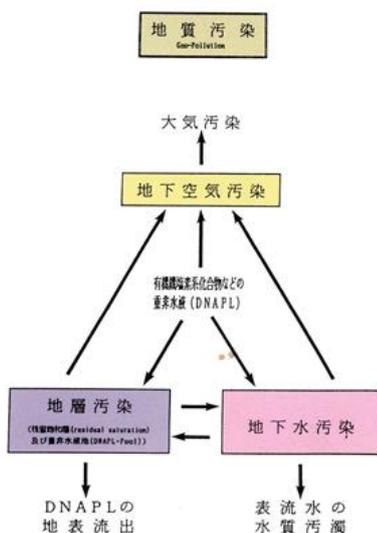


図 1 VOCs の地中での挙動

地中では、地層粒子（固体）同士が接合し層をなしているが、それら粒子の隙間には地下空気（気体）や地下水（液体）が存在している。地中に揮発性の高い液体が浸み込むと、地層粒子・地下空気・地下水がその物質により汚染される。汚染された地下空気（地下空気汚染）は地上で気圧が下がると地表へ噴出する。汚染された地下水（地下水汚染）は湧水となって流出したり、井戸での揚水により地表へ流出したりする。地下水面より上に難透水層があり、その難透水層が崖に露出していれば揮発性の液体の原液が流出することがある。また、地層粒子に吸着したり粒子表面を覆ったりする状態（地層汚染）の揮発性の液体は、地下空気の汚染濃度が低下すれば、気液分配に従って移流する。地下水中に含まれる揮発成分も同様に地下空気へ移流する。地質汚染はこのような地下での汚染の全体をいう。



第3透水層から下位の透水層は透水層全体の地層粒子隙間が地下水で満たされている。その層に井戸を作ると、地下水はこの直上の難透水層の下面より上に位置するようになる。このような地下水は圧力状態から被圧地下水と呼ばれている。これに対し、第1及び第2透水層のように、透水層内に地下水が形成される地下水は圧力状態から不圧地下水と呼ばれている。また、これら不圧地下水の水面を自由地下水面と呼ばれている。このような地下水の圧力状態は地下水を利用する際に重要な要素となる。第2透水層の地下水面から下の地層全体は地層粒子間隙が地下水で満たされている状態となっており、この地下水の状態は本水（ほんみず）と呼ばれている。これに対し、第2透水層の地下水面の上の地層は地下水で満たされておらず不飽和帯となっており、この中の第1透水層の地下水は不飽和帯中に宙に浮いた状態となっており、このような状態の地下水は宙水（ちゅうみず）と呼ばれている。

地下水の移動は、不飽和帯では主に鉛直方向に流れるものの、宙水中や本水中では各透水層内を主に横方向へ流れる。これは、透水層が難透水層によって仕切られているからである。また、その流動方向は層ごとに異なる。

宙水や本水の地下水の流動方向は、透水層ごとに作られた井戸の水位の比較からわかる。これらの井戸の水位は水圧を表し、水面が高い場所から低い場所へ地下水が流れていく。同じ透水層にスクリーン（井戸管の側面の小さな孔を通して周囲の地層中の地下水が管内に流入する部分）を持つ井戸を複数本作り、それらの地下水位の標高を調べ、井戸位置の平面分布図にその標高値を記入し、水面標高の等量線図を作成することにより透水層の地下水の流動方向が把握できる（P.66の図T-5）。

地質汚染の進行については、不飽和帯においては複雑なので、本水に汚染物質が降下してからの動きを図3～図8の地質汚染モデルによりまず説明し、次に図2により、不飽和帯での動きを述べることにする。

### 本水中での汚染物質の動き

図3は地質汚染流動モデルの表層部に汚染物質を滴下した直後の写真である。地表から深部へ向けて、A1透水層、A1難透水層、A2透水層、A2難透水層、A3透水層が順に重なる水文地質構造となっている。A1透水層にスクリーンを持つ井戸（A1-1～A1-5、以下「A1透水層の井戸」という。）には黄色の浮きが、A2透水層にスクリーンを持つ井戸（A2-1～A2-5、以下「A2透水層の井戸」という。）の水面にはオレンジの浮きが、A3透水層にスクリーンを持つ井戸（A3-1～A3-5、以下「A3透水層の井戸」という。）には緑の浮きが入っており、水面位置をわかりやすくしてある。

ここで、A1透水層の地下水面の高さの変化をA1透水層の井戸内の水面で見ると、モデルの右ほど水面が低くなっていることがわかる（図3）。このことは地下水の流動はA1透水層内を左から右へ流れていることを示す。この地下水はA1透水層全体を満たしていないので不圧地下水の状態となっている。A2透水層について見てみると、モデルの右ほど水面が低くなっており、地下水はA2透水層内を左から右へ流れていることを示す（図4）。A3透水層では、モデルの左ほど水面が低くなっており、地下水はA3透水層内を右から左へ流れていることを示す（図5）。ここでA2層やA3層の地下水面は、それぞれの透水層の直上の難透水層の下面よりも高く、透水層全体が地下水で満たされているので、被圧地下水の状態となっている。この時の地下水面は被圧地下水面と呼ばれている。

次に汚染物質はこのモデル内でどのように流動していくのかを図3～図8で見えていく。モデルの左上においてA1透水層上に滴下された汚染物質は、A1透水層の不飽和帯部分を鉛直方向に流動し、地下水面に到達すると、地下水の流動方向であるモデルの右方向へ流動しながら鉛直方向へ流動していく（図3）。図3において、濃い汚染の中にあるA2-1の井戸を見てみると、井戸の上部のA1透水層部分には濃い汚染はあるものの、汚染は井戸内には入り込んでいない。もしも入っているならば、この汚染物質は水よりも比重が重いので、井戸内の下部に汚染が落ちているはずであるが、この部分の水は透明である。一見すると井戸の上部が汚染されているように見えるが、井戸管が透明なので、井戸のバックの透水層内の汚染が見えているだけである。

しばらく時間がたったものが図6である。汚染物質はA1透水層内を右へ流動し、A1-2に達している。また、A1難透水層をよく見ると、中央から左の一部に途切れている部分があり、そこではA1透水層とA2透水層が接している。この部分に注目すると、A1透水層にある濃い汚染部分につながる薄い汚染がA1透水層からA2透水層に帯のようにつながって見える。ちょうどA1透水層からA2透水層へ汚染物質が流入し始めるところを捉え

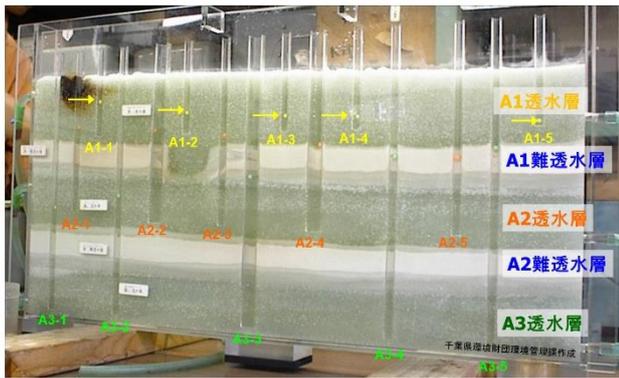


図3 地質汚染モデルの水文地質構造と A1 透水層の地下水面

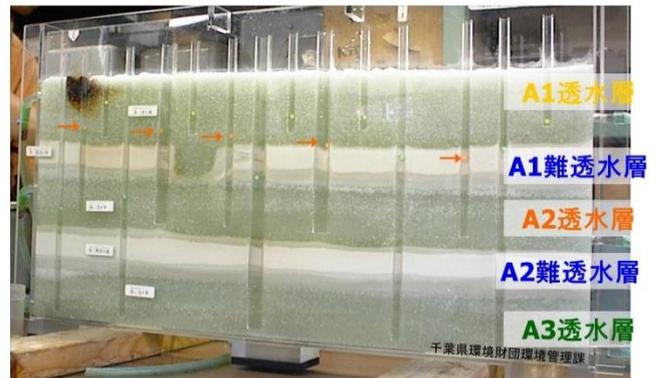


図4 地質汚染モデルの水文地質構造と A2 透水層の地下水面

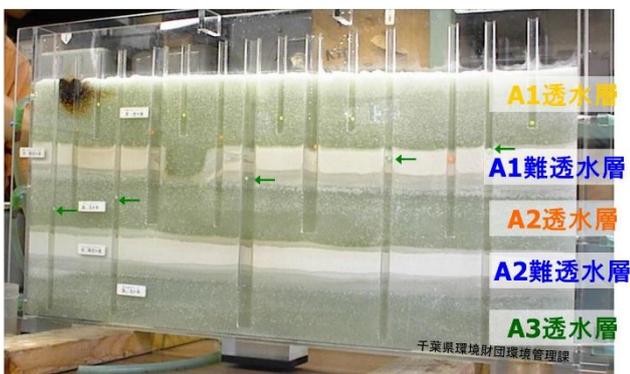


図5 地質汚染モデルの水文地質構造と A3 透水層の地下水面  
左上のこげ茶色の部分は TCE を想定した水よりも比重の重い液体。この物質を A1 透水層の上面に滴下したところ。

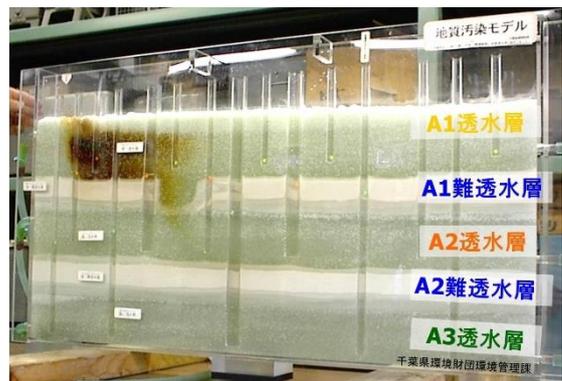


図6 汚染の移流状況  
汚染物質は A1 透水層内を右へ流動し、A1 難透水層の切れ目付近に達している様子。



図7 汚染の移流状況  
汚染物質が A1 透水層・A2 透水層内を右へ流動している様子。



図8 汚染の移流状況  
汚染物質が A3-5 の井戸を通じて、A2 透水層から A3 透水層へ流入し、A3 透水層内を左へ流動している様子。

た写真である。難透水層が途切れているところでの A1 透水層と A2 透水層の地下水面の高さを比較してみると、A1 透水層の地下水面は A1-2 観測井で示されている水位となる。A2 透水層の地下水面は、A1 難透水層の途切れ目の両端にある A2 透水層の井戸である A2-2 と A2-3 の井戸の中間の水位となる。これらを比較すると、A2 透水層の地下水面のほうが A1 透水層の地下水面よりも低い。この水面の差により、A1 難透水層の途切れ目において A1 透水層の地下水は A2 透水層へ流入している。汚染物質はこの地下水の流動に乗って A1 透水層から A2 透水層へ流下し始めたところといえる。

さらに時間を経たものが図 7 である。濃い汚染物質は A2 透水層へ入り込む一方、一部の汚染物質は A1 難透水層の途切れ目を超えて A1 透水層中を右へ移動し、A1-3 観測井に達している。A2 透水層に入りこんだ濃い汚染は A1 難透水層の途切れ目から右へ流動し A2-3 観測井や A2-4 観測井を通り抜け、A3-4 観測井付近まで達している。ここで、A2 透水層において A1 難透水層の途切れ目よりも左にある A2-1 及び A2-2 観測井では汚染は見られない。これは、A1 難透水層の途切れ目よりも地下水流動の上流側にあるためである。また、A3-4 観測井をよく見ると、A2 透水層部分から A3 透水層部分にかけて薄く色がついている一方、A1 難透水層から上部は透明である。これは、A3-4 観測井は A2 透水層と A3 透水層の両方にスクリーンを持つマルチスクリーン井戸となっており、A2 透水層中の地下水がこの井戸内を通って A3 透水層へ通り抜けており、汚染物質はこの地下水の流れに乗って流動し始めたところを捉えた写真であるためである。このようにマルチスクリーン井戸では、スクリーンが付いている透水層のうち地下水位の高い透水層から地下水が井戸内に流入し、地下水位の低い透水層へ地下水が流出していく。井戸の水位は、スクリーンが付いている複数の透水層の平均的な水位となる。

さらに時間を経たものが図 8 である。濃い汚染物質が第 2 透水層内を右へ流動し A3-4 観測井内に流入し A3 透水層へ流出し、A3 透水層内を左へ流動している様子がわかる。A2 透水層内では A3-4 観測井よりも右の A2-5 観測井を通り、さらにこの右に汚染が達している。A3 透水層内の A3-4 観測井の右側には汚染は見られない。これは、A3 透水層内では地下水が右から左へ流動しており、A3-4 観測井の右側は地下水の上流側にあたるためである。また、A2 透水層において A3-4 観測井の右に達した濃い汚染は、A2 難透水層に阻まれて、A3 透水層へは流入していないことも、A3 透水層内における A3-4 観測井の右に汚染が見られない原因の一つである。A3 透水層内では濃い汚染は A3-3 観測井に、薄い汚染はこの左の A3-2 観測井に達している。

### 不飽和帯での汚染物質の動きと実際の汚染現場での本水中での汚染物質の動き

図 2 において、汚染物質は第 1 透水層である関東ローム層や廃棄物層においてほぼ鉛直に地下へ浸透し、まず関東ローム層直下の第 1 難透水層の上面にたまる。この有機塩素系溶剤原液溜まりを DNAPLs プールという。このよう剤は粘性が水よりも低いため、水は粘性が高く透りにくいような難透水層のわずかな切れ目や生痕（地層堆積直後に生物が棲み処としてあけた孔（図 C-5, P39）や植物の根の跡などの微小な隙間を通り、下位の第 2 透水層中へ浸透し、第 2 透水層の不飽和帯をほぼ鉛直方向に降下し、地下水面に達し地下水を汚染させていく。

VOCs が地表から地質中に浸透し不飽和帯を通過しているときには、地層粒子（固体）の中に染み込んだり、地下水（液体）に溶けたり、地下空気（気体）中に揮発したりして汚染させていく。地表への移流などで一時的に地下空気の濃度が低下しても、地下水や地層中の VOCs が揮発し地下空気の汚染濃度は再び上昇する。この関係を示したものが図 1 である。このため、機構解明調査では、地下水だけでなく、地下空気や地層の汚染状況も調べる必要がある。ここまでが不飽和帯中での汚染物質の動きとなる。

ここからは、図 3～8 の汚染モデル実験では再現できていない、実際の汚染現場での本水中の汚染物質の動きを述べる。地下水面に達すると第 2 透水層の地下水の流動方向に影響を受けながら水より比重の大きい原液は降下し続け第 2 難透水層の上面にたまり、ここでも DNAPLs プールを作る。第 2 難透水層の切れ目や生痕などを透って第 3 透水層へ浸透していく。第 3 透水層ではその地下水の流動方向に沿って地下水が汚染されていくとともに、原液は降下を続け第 3 難透水層の上面にたまる。この原液のたまりの中に井戸がある場合は、井戸作成のための孔と井戸管の隙間をすり抜けて第 3 難透水層を原液が降下し、第 4 透水層へ浸入しここから地下水流動の下流側へ汚染が移流していく。また、既存の井戸が複数の透水層にスクリーンが設置している場合は、その井戸を通して汚染が移流する場合もある。

以上のように地質汚染機構が明らかになれば、どこから汚染物質が地下に浸透し、どのように地下水面に達し、透水層や難透水層を汚染させていったのか、また特に各透水層の地下水の流動方向が明らかになれば、それらの透水層の汚染がどのように進行しているのかが明らかとなり、効果的・効率的な浄化方法を検討できるようになる。本書はこの地質汚染機構解明の手順について、これまで千葉県内で行われてきた地質汚染機構解明調査とその方法<sup>1)・8)・9)・10)・11)・12)・13)</sup>をベースに、その後の技術的進展も踏まえてまとめたものである。

地質汚染の発見から地質汚染機構解明調査を経て浄化に至るプロセスを図 9 のフローチャートで示した。以後これに沿って地質汚染機構解明の手順を中心に述べる。

地下での地下水の賦存状態

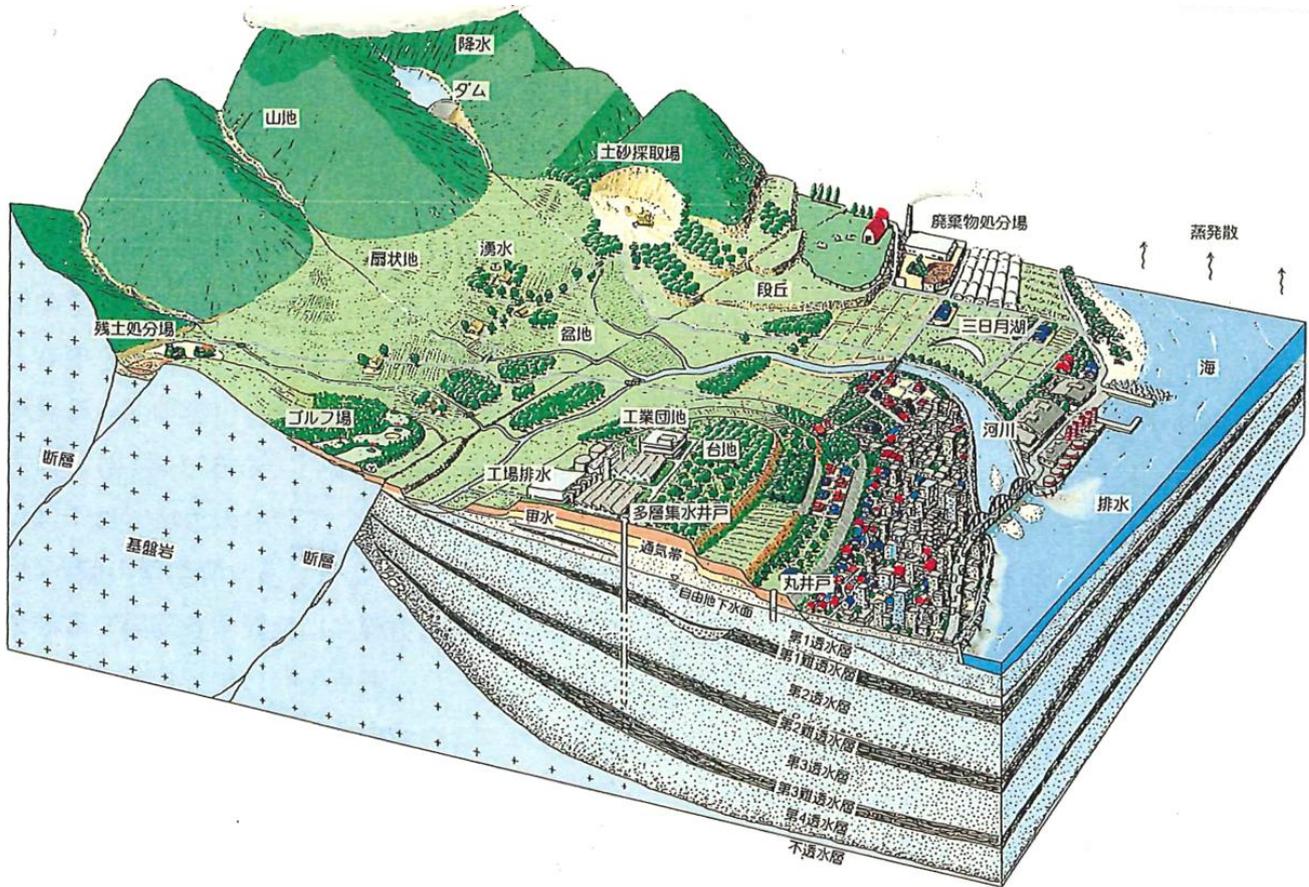


図 C-1 わたしたちをとりまく地質環境<sup>14)</sup>

地下水は、地下のどのようなところを流れているのかを示したのが図 C-1 である。

地下は基盤岩（岩盤）などのほとんど水が透らない「非透水層」、砂層やレキ層などの水が透りやすい「透水層」、泥層などの水が透りにくい「難透水層」から構成されている。透水層や難透水層は地表に近い浅層から深層へ向かい番号を付けて、それぞれの層を呼ぶ。陸域に位置する第 1 透水層には一般に自由地下水面が形成される。また、この水面より上の通気帯中にはしばしば連続性に乏しい薄い難透水層が挟まることがあり、この上に宙水の地下水面が形成される。第 2 透水層より下位は地下水で満たされていることが多く、その地下水面は第 1 難透水層の下面よりも高く被圧地下水となっている。

非透水層中にも亀裂や断層、風化部分などの隙間があれば、ここを地下水が流れることもある。

多数の人々が住む平野や盆地の地下はレキ層・砂層・泥層などが厚く沈殿してできた堆積層から構成されている場合が多く、砂層やレキ層などの「透水層」と泥層を主とした「難透水層」が交互に積み重なっている。雨が降ると、水が地面から地中の透水層へ鉛直方向に浸み込んでいき、地下水面に達すると今度は透水層中を側方へ流れていく。

地下水は井戸を通して透水層からくみ上げ、直接又は上水道を経由して飲用・生活用として、また農業用・工業用・水産業用などに利用されている。

# 地質汚染機構解明調査の概要

図9は、地下水汚染の発見から浄化に至るフローチャートである。国や自治体が行う地下水の水質検査や、事業所の自主的な地下水調査などにより、地下水汚染が発見されると、千葉県環境保全条例第7条第1項・第2項に従い、必要な措置を進めるため、担当地域の市町村・県水質保全課・県環境研究センターなどで連絡体制を構築し、相談しながら調査・対策を進めていく。

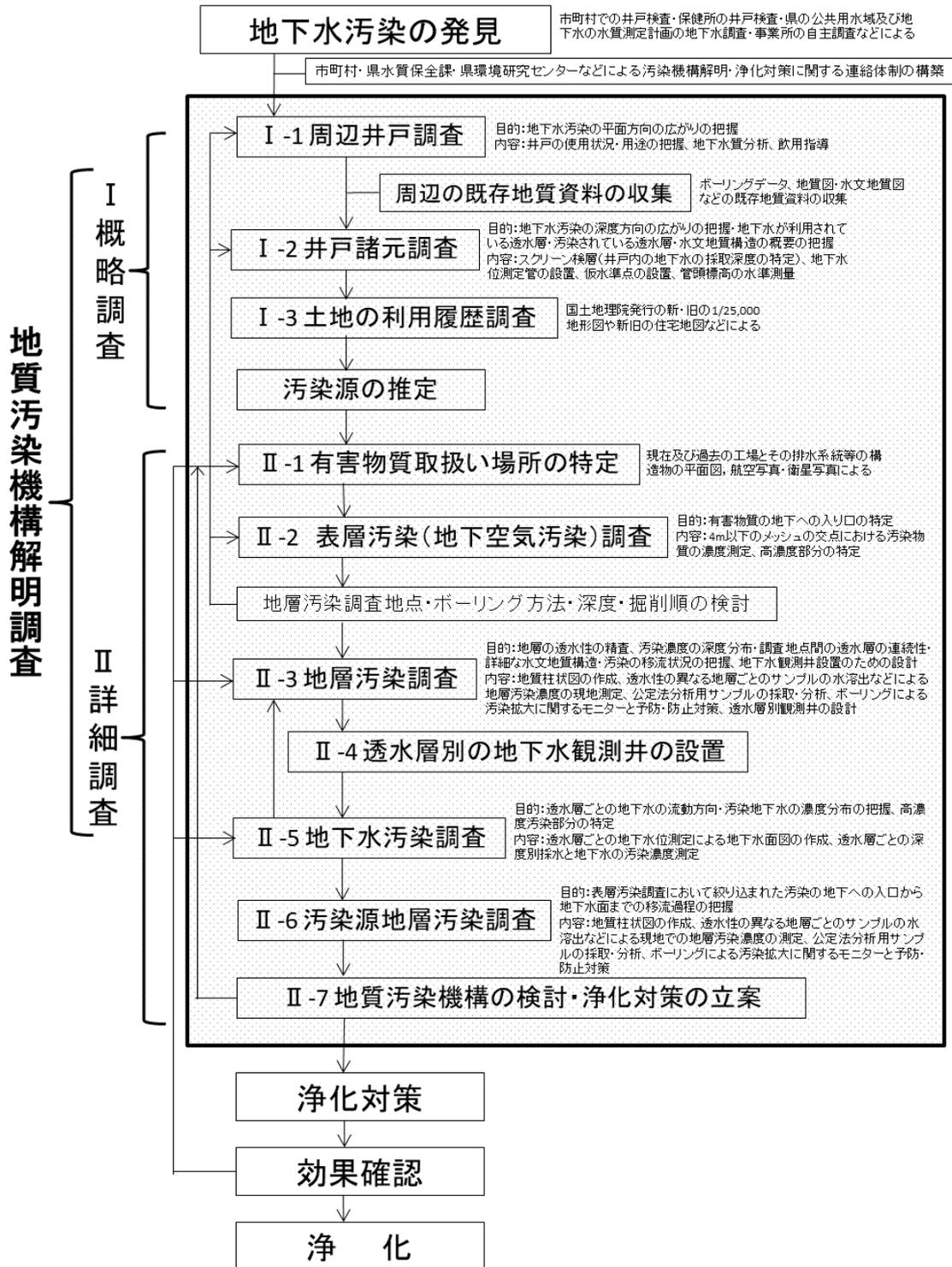


図9 地下水汚染の発見から地質汚染機構解明を経て浄化に至るまでのプロセス  
 本書では地質汚染機構解明調査の部分を取扱う。

浄化対策は、地質汚染機構解明の結果を踏まえて、これに沿って対策方法を立案し進めていく。その際に効果確認を行いながら、必要に応じて機構解明や浄化方法を修正し進めていく。本書では、このうちの地質汚染機構解明調査の手順について述べていく。

地質汚染機構解明調査の手順は、**I 概略調査**及び**II 詳細調査**からなる（図 9）。これらの概要は、以下のとおりとなる。

汚染が見つかった場合は、**I 概略調査**として汚染が見つかった井戸を中心に、その周囲の井戸の地下水質を調べ、汚染の平面分布を把握するための「**周辺井戸調査**」を行う。次に、主要な透水層・利用されている透水層・汚染されている透水層を把握し、地下水汚染の鉛直方向の広がり进行を明らかにするための「**井戸諸元調査**」を行う。これらの調査から、地下水汚染の三次元的な広がり进行の概要をつかむことができる。一番浅い透水層中の汚染の広がりは帯状に分布することが多く、この帯の延長方向を中心に、見つかった汚染物質を使用する可能性がある施設を新旧の国土地理院地図や住宅地図などで調べる「**土地の利用履歴調査**」を行う。このようにして地下水汚染の根本原因である汚染源（表層部での汚染の入り口）を推定していく。同時に、汚染範囲及びその周辺における地質環境インフォメーションバンクなどのボーリングデータ、透水層・難透水層の分布や地層の傾きが推定できる地質図・表層地質図・水文地質図などの地質資料を収集（「周辺の既存地質資料の収集」）し、井戸諸元調査のまとめの際に、透水層や難透水層の側方へのつながり方や傾きといった、推定される概略的な水文地質断面図を作成する際の補助資料とする。ここまでの、**I 概略調査**となる。

汚染源がある程度推定できた後に、**II 詳細調査**に移る。まず、汚染源を確定するための前準備として、現在と過去の事業所とその配管・排水路・廃棄物取扱い場所・有害物質使用施設・有害物質保管庫などの平面図、空中写真・衛星写真を収集し、「**有害物質取扱い場所の特定**」を行う。次にこれら有害物質取扱い場所とその周辺において「**表層汚染（地下空気汚染）調査**」を行い、高濃度汚染部分を明らかにし、表層部分での汚染の地下への入り口を特定する。この結果や、周辺井戸調査・井戸諸元調査を参考に、地質汚染調査のための「**オールコアボーリングの地点・深度・掘削順の検討**」を行い、地層汚染調査を進める。「**地層汚染調査**」では、地層の透水性の精査と水文地質構造の把握、汚染の深度分布の把握、汚染されている地層の種類把握、汚染の濃集深度の特定を行う。この調査の際に、電気検層も行い、この結果と地層のコア観察より、透水層・難透水層の区分を行い、透水層ごとの地下水観測井の設計を行う。次にこの設計を基に、「**透水層別の地下水観測井の設置**」を行う。これら観測井を利用し「**地下水汚染調査**」として、透水層別の地下水位測定・地下水質測定を行い、透水層ごとの地下水流動方向と汚染濃度分布を明らかにする。さらに、高濃度に汚染された汚染源部分の浄化方法を検討するため、高濃度汚染部分を三次元的に把握し、汚染されている地層の種類を特定する「**汚染源地層汚染調査**」を行う。これらデータを取りまとめ、「**地質汚染機構の検討・浄化対策の立案**」を行う。なお、取りまとめの段階で、表層汚染調査・地層汚染調査・地下水汚染調査・汚染源地層汚染調査を追加する場合がある。ここまでの**II 詳細調査**である。

こうして立案された浄化対策により、浄化を進めていく。その際、地下水汚染調査や浄化対策の際に作成された観測井戸にて、浄化の状況をモニターし、浄化対策効果を把握する。そして、十分な効果が得られていないときには、詳細調査に立ち戻り、地質汚染機構を再検討し、必要に応じて浄化対策の修正を行い、より効果的・効率的な浄化へと進めて行く。

## 地下水汚染井戸の発見時

### 汚染井戸の発見

水質汚濁防止法第 15 条などによる地下水の常時監視、水質汚濁防止法第 16 条による公共用水域及び地下水の水質測定計画の水質調査、市町村や保健所の井戸水検査などの際に汚染された地下水や湧水が発見された場合は、関係機関による地質汚染機構解明調査・浄化対策に関する連絡体制を構築する。

また、事業所内の汚染が周辺地域へ移流することが懸念される場合も同様な連絡体制を構築する。

### 市町村・県水質保全課・県環境研究センターなどによる地質汚染調査・浄化対策に関する連絡体制の構築

地下水や湧水などで汚染が見つかったら、最寄りの市町村の環境担当やその所在地を担当する県地域振興事務所環境保全課又は県水質保全課及び県環境研究センターは連絡し合いその対応を協議する。その中で、県水質保全課は市町村が行う地質汚染の機構解明調査・対策の補助事業や全体調整などを行い、調査対策が円滑に行えるよう協力する。県環境研究センターは、実際の調査時の技術的な助言（例えば、委託業者が行う地層汚染調査時のコア記載の検査、地下水汚染調査結果の妥当性の検討など）により効果的・効率的な調査・対策に協力する。

地質汚染機構解明でのボーリングや表層汚染などの調査は、公共用地だけではなく民間の土地で行うこともあり、土地所有者に協力を得ることができるか否かが効率的な調査に結び付く。その際に、地元の状況に精通した市町村の役割は重要である。一つの透水層中の汚染地下水の高濃度部分は、地下水の流動方向に対し直交する方向において、幅数 m しかない場合が多く（図 10）、その高濃度部分での調査・対策のためのボーリングが必要となる。特に対策の際は、この高濃度の帯から外れた場所で行うと浄化の効果はごく小さいが、高濃度の帯内で対策を行えば効果的・効率的な対策が可能となる。

各調査において、現地での委託調査機関の作業に対する監視はとても重要である。しかし、監視の人手が足りない場合には、国土交通省などで行われているように、専門知識を持ち合わせた第三者機関に監督を委託することも、有用である。

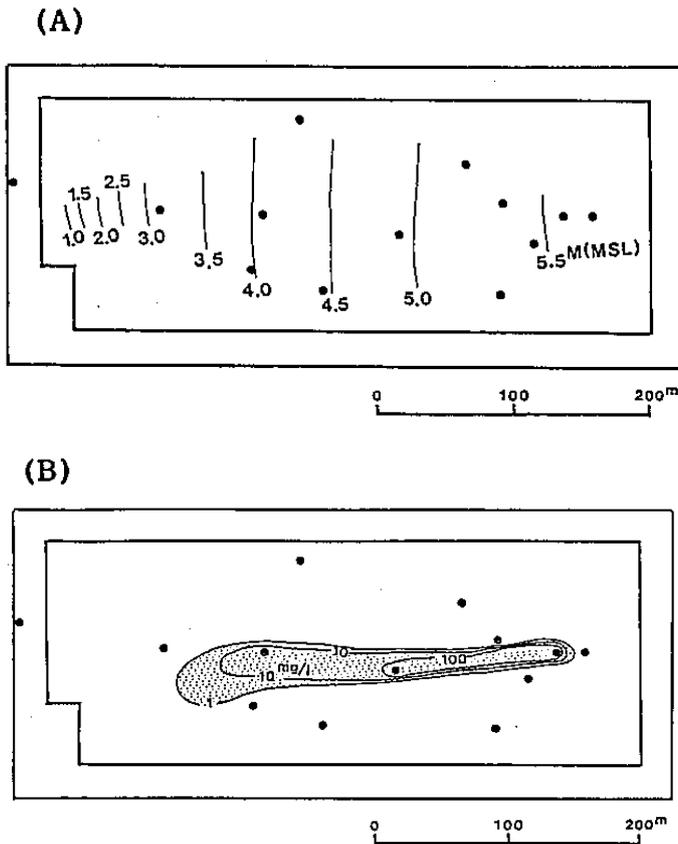


図 10 九十九里平野南部の沖積低地における地質汚染現場での浅層部の第 1 透水層の地下水面図 (A) と地下水汚染濃度分布 (B) <sup>15)</sup>

(A) の等量線の数字は地下水面の標高値。地下水はこの図の右から左へと流動していることがわかる。

(B) は同じ場所の地下水の TCE による汚染濃度分布。高濃度部分は幅十数 m、長さ数百 m あり、地下水の流動方向へ帯状に分布していることがわかる。この帯に沿って井戸を作り、汚染地下水を揚水すれば効果的・効率的に汚染を回収することができる。しかし、この帯から数 m 離れた場所で揚水しても、汚染物質の回収はほとんどできない。

# I 概略調査

詳細調査の前段階として、地下での汚染の大まかな三次元的な広がりを明らかにし、汚染源の推定を行う。

## I-1 周辺井戸調査

### 1 目的

地下水汚染の平面方向の広がりを把握する。

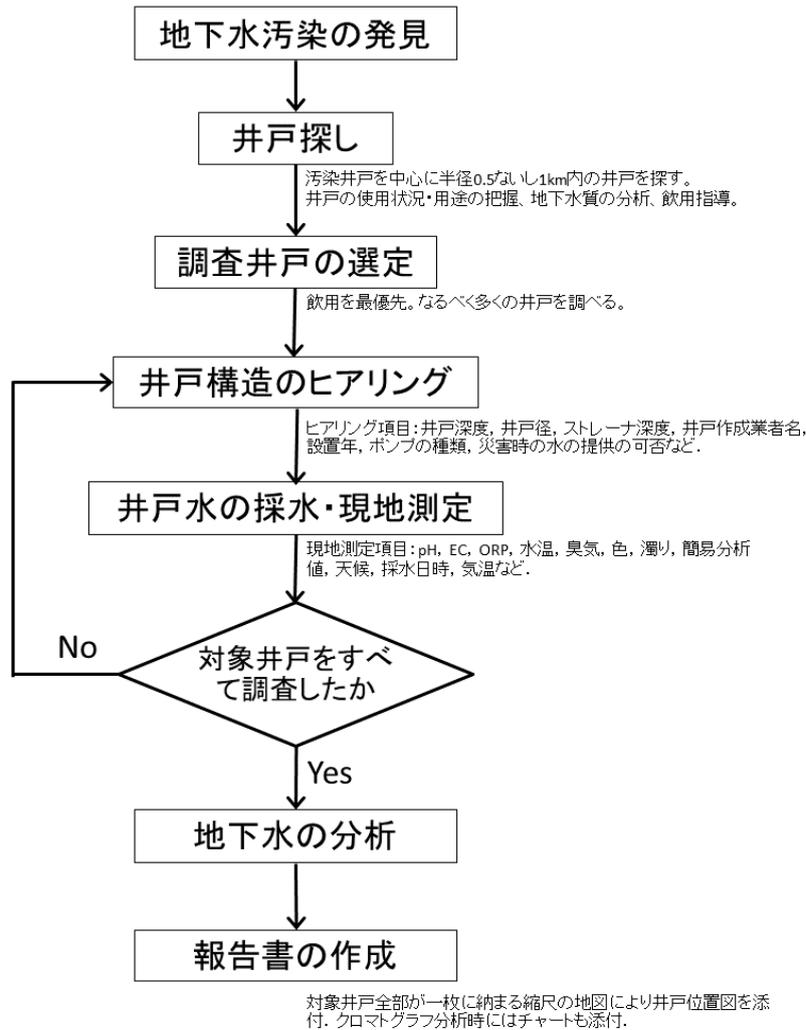


図 I-1 周辺井戸調査の手順

### 2 調査の概要

調査の手順の概要を図 I-1 に示す。汚染井戸周辺部について市町村や保健所の井戸台帳や対象地でのヒアリングなどによりなるべく多くの井戸を探し、地下水質、井戸の構造、井戸水の用途などを井戸の所有者又は管理者からのヒアリングにより調べ、井戸水の水質分析を行う。井戸水の水質分析の対象物質は、発見された汚染物質とその分解生成物及び、汚染物質が不純物として混じっている主原料などとする。汚染井戸が見つかった場合は、市町村の担当者などにより井戸所有者へ飲用指導を行う。また、これら調査結果を報告書としてまとめる。

### 3 調査の手順

#### 井戸探しと調査井戸の選定

汚染井戸が見つかったら、その井戸を中心に半径 0.5km 又は 1km 以内の井戸を探す。市町村や保健所に井戸台帳があればこれを利用する。また、現地での住民への聞き込みにより、さらに見つかることが多い。なるべく

多くの井戸を探し、位置を地図にまとめる。この中から飲用井戸を優先し、井戸調査を行う。井戸本数が多い場合は飲用井戸を優先的に調査対象とする。この際、特に飲用井戸の把握漏れがないかをチェックする。

### 井戸構造のヒアリングと井戸水の採水・現地調査

これらは以下の順に行う。

①対象の井戸について井戸構造を井戸の所有者又は管理者に以下の項目を聞き取り、野帳に記入する。聞き取り項目は、井戸の種類（丸井戸（図 I-2）か掘抜き井戸（現在飲用に利用されている井戸のほとんどは掘抜き井戸なので以下「井戸」という。）かを選択）、井戸の設置年月、井戸の深度、井戸のスクリーン（井戸管内に地下水が流入できるように管の側面に小孔やスリットが施されている部分（図 I-8））の深度、揚水施設の種類（揚水ポンプ（図 I-3）、手押しポンプ（図 I-4）、水中ポンプ（図 I-5）、エアリフトなど）、井戸設置業者、井戸水の採取当日の天候・気温・日時、採水直後の地下水質として pH、EC、ORP、水温、臭気、色、濁り、試験紙などによる簡易分析値を可能な限り記録する。この際、井戸の名称については地区名と番号などで命名し個人名は使用しないようにする。

調査を委託する際には、これらの項目が調査対象となっているのかを確認する。

②対象の井戸において地下水の水質分析用試料を採取する。井戸にポンプが設置されている場合は、そのポンプを稼働させ、井戸内の水をくみ上げ、蛇口から採水する。この際、貯水タンク（図 I-3）が備え付けてある場合は、新鮮な地下水を採取するため、貯水タンクの容量以上に揚水した後に試料を採取する。揚水ポンプから貯水タンクへ入る手前に蛇口が付いている場合はそこから採水する。ポンプが無く自噴していない場合は、採水器（図 I-7）にて井戸のスクリーン区間の中央付近で採水する。自噴井（図 I-6）の場合は、湧き出ているのは新鮮な地下水なので湧き出ている地下水を採水する。採水の際、ロートなどを利用し試料瓶に泡立たぬよう流し込み、溢れさせ、外気を入れないように蓋をする。採水中及び採水後に採取試料が直射日光に当たらないようにし、水質に変化が起これぬように速やかに必要な処理を行い、冷暗所にて保存する。

③地下水の水質分析は速やかに行う。クロマトグラフィーにて分析する場合は、対象物質の測定値のみでなく、チャートも入手する。対象物質以外のチャートのピークを確認することでそれらの濃度を定性的に把握でき、汚染源の推定の資料とする。また、対象物質以外のピークが有害物質の場合は、再検査し、その水の有害性について国立研究開発法人国立環境研究所の化学物質データベース（<https://www.nies.go.jp/kisplus/>）や独立行政法人製品評価技術基盤機構のNITE化学物質総合情報提供システム（[https://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip\\_search/systemTop](https://www.nite.go.jp/chem/chrip/chrip_search/systemTop)）などにより化学物質の毒性について調べ、対策を検討する。対象物質が主原料の不純物である場合は、主原料物質の濃度も調べる。一方で、分析すべき試料が多く、予算的に全量の試料の分析が困難な場合は、地下水の利用形態から分析の優先順を決めて行う。また、現地における簡易分析（P.36 参照）も併用して、対象物質又は主原



図 I-2 電動の揚水ポンプでくみ上げている丸井戸の例

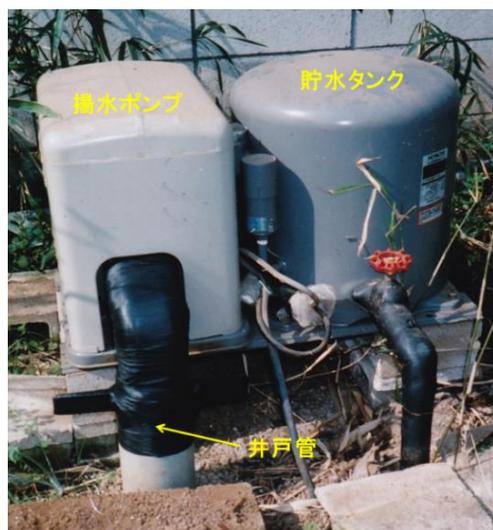


図 I-3 一般的な電動の揚水ポンプでくみ上げている井戸の例



図 I-4 手押しポンプが付いている井戸の例

料物質の濃度をなるべく多くの井戸で調べ、高濃度の部分を把握する。簡易分析としては、パックテストやガス検知管を利用する。PCEやTCEについてはP.36の図II-19に示すように、ヘッドスペースのガスをガス検知管にて調べ、水中濃度に換算する。重金属や硝酸態窒素はパックテスト又はデジタルパックテストなどで測定する。その際、公定法分析との整合性を確認する。

### 報告書の作成

報告書は、調査位置、井戸の調査手順、井戸管理者へのヒアリング項目、井戸水の採水方法と水質の測定方法について述べ、井戸ごとのヒアリング結果のシート、井戸水の水質測定結果、井戸の位置図及び写真を付ける。水質分析がクロマトグラフィーによる場合は測定チャートも付け結果を述べる。また、汚染地区全体の井戸位置は調査地域全体が含まれるような縮尺の地形図上に記入し、対象物質等の濃度の平面方向の広がりが見えるように井戸位置の脇に水質測定結果を表示し、汚染濃度により井戸位置を色分けする（図I-9）。

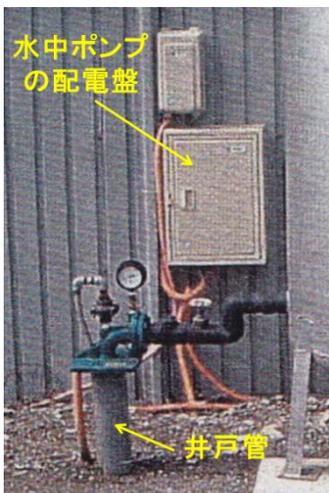


図 I-5 水中ポンプによる揚水の例  
井戸水の使用量が多い時は、井戸から地下水を水中ポンプでくみ上げている場合が多い。井戸の後ろに水中ポンプの配電盤がある。



図 I-6 自噴井の例  
ポンプで揚水していないにもかかわらず、自然に地下水が湧き上がっている。

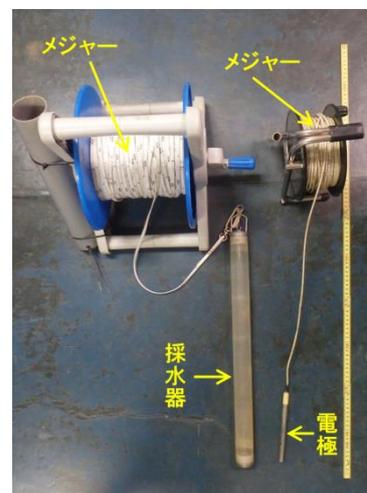


図 I-7 採水器（左）と水位計（右）の例  
採水器は、上下に可動する蓋が付いており、井戸内を降下させている最中は蓋が開き井戸内の水が採水器の中を通過していく。予定深度まで達し、引き上げ始めると蓋が縮まり、所定の深度の水を採水できる。水位計はメジャーの先に電極が付いており、水面に達すると通電し、井戸の管頭から水面までの深度を測定できる。



図 I-8 井戸のスクリーン部分の例  
地下水を採取する層の部分にのみ井戸管に小孔をあける。ここから地下水が井戸管内へ入る。地層粒子の管内への侵入を防止するため、ステンレス製などのメッシュを井戸管の周囲に巻いてある。地質汚染現場で使う井戸管はこの管の左のようにねじ切部を設置し、井戸管をつないでいく。一般の井戸は管のつなぎにソケットを使用するが、管の外側に凸状に飛び出するため、汚染移流予防対策で肝心の井戸管と掘削孔との隙間の遮水に支障を来す。

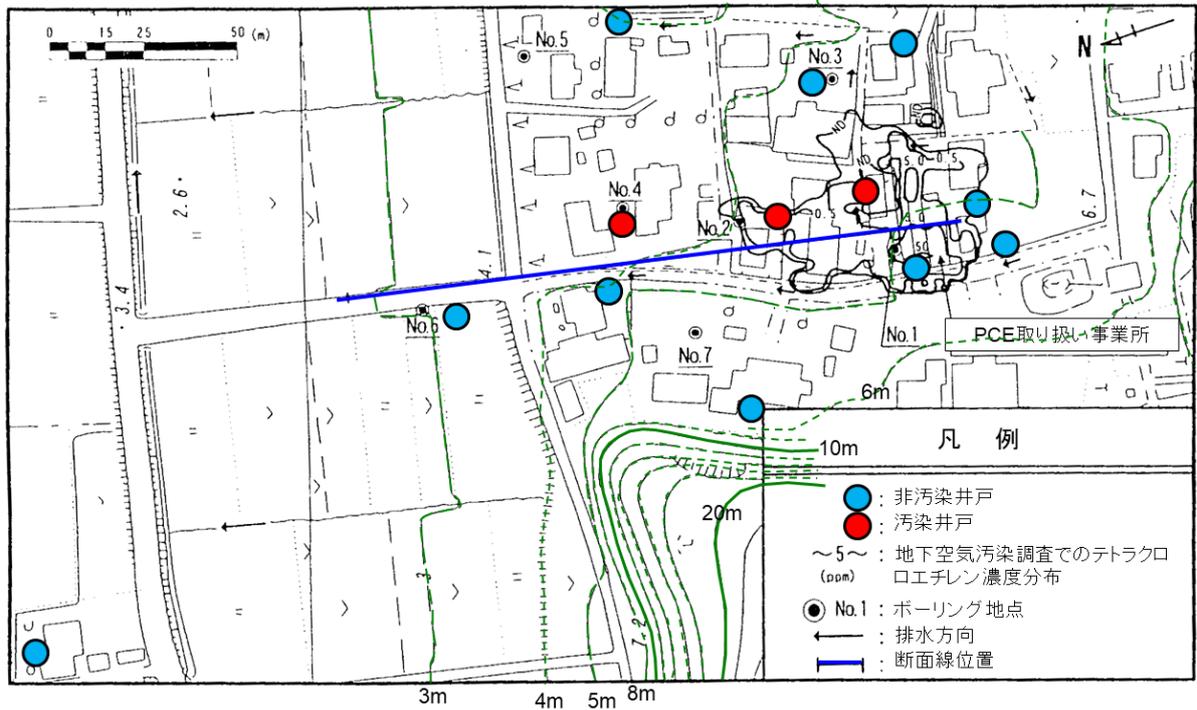


図 I-9 井戸平面図の例<sup>4)</sup>

汚染井戸と非汚染井戸を色違いにすると汚染の分布がわかりやすい。この現場では、汚染井戸はほぼ南北方向に線状に並んでいる。地形図は市町村で作成された 1/2,500 の縮尺のものを使用した。この図中の青色の太線は P.57 の図 II-34 に示す水文地質断面図の作成位置。

## I-2 井戸諸元調査

### 1 目的

地下水汚染の深度方向の広がり、地下水が利用されている透水層、汚染されている透水層、大まかな水文地質構造を把握する。

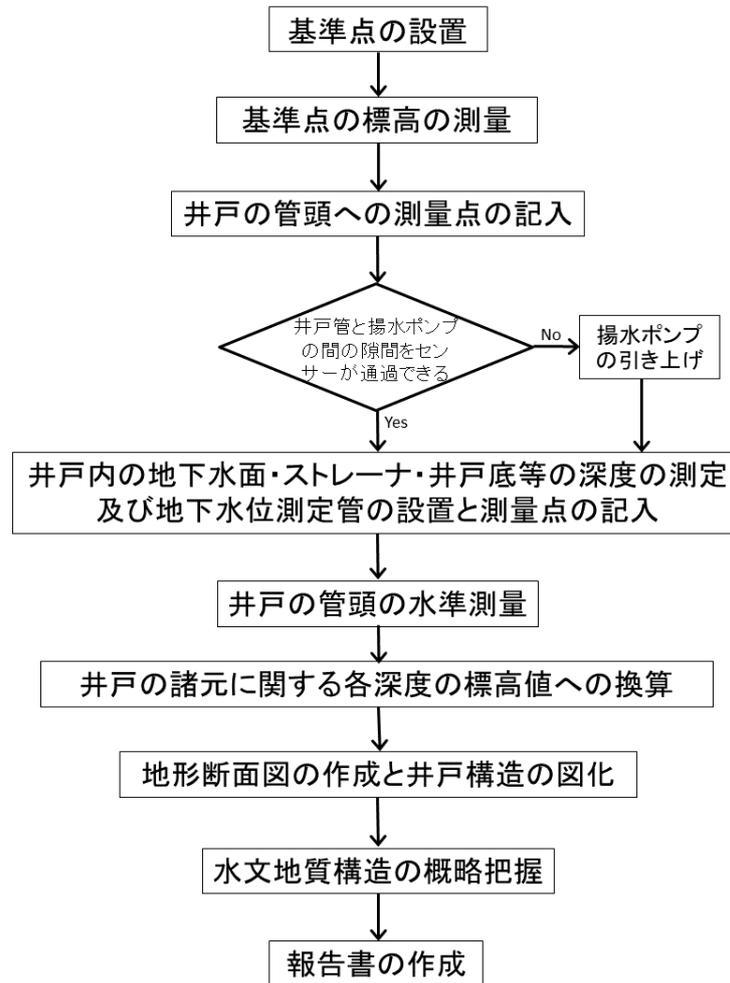


図 I-10 井戸諸元調査の手順

### 2 調査の概要

調査の手順の概要を図 I-10 に示す。まず基準点を設置し、周辺井戸調査で調べた井戸（汚染井戸・非汚染井戸）の中から選定し、井戸の諸元である井戸の管頭（図 I-11）の標高、スクリーン（図 I-8）の上端・下端及び井戸底（図 I-13）の深度を調べ整理し、水文地質構造の概要を把握する。選定する井戸は、汚染が見られた井戸についてはなるべくすべてと、汚染が見られた井戸周囲の汚染が見られなかった井戸とし、なるべく多くの井戸で調査を行う。これら結果を報告書としてまとめる。

### 3 調査の手順

#### 基準点の設置と標高の測量

調査地の中の 2 箇所に、調査位置と高さのための基準点を設置する。表層汚染調査やボーリング調査などの調査地点の位置が後に確認できるようにするため、2 点の基準点は 10m 以上離れた場所に設置する。また、対策が終わるまで使用するため、杭基礎を持つしっかりした構造物などにこの点を設置できることが理想的である。そのような構造物が無い場合は、踏まれるなどしても高さが変わらないように、長めの木杭などを地中に打ち込み、この杭の頭に基準点を設置する。この基準点の近くにある、標高が既知の水準点（図 I-12）から水準測量により基準点の標高を求める。これら基準点は GPS 測量により水平方向 10cm 未満の精度で緯度経度を求める。また、

将来的に移動しないと思われる構造物の位置も合わせて平面測量し、基準点との位置関係がわかるようにする。

### 井戸の管頭への測量点の記入

調査を行う井戸の上端の測量用の標尺を立てることができる点に油性マジックなどの消えにくいものでマークをつける（図 I-11）。その点を井戸の「管頭」とし、これを起点に、水位計による地下水面の深度や、電気検層又は井戸カメラなどによるスクリーンの上端・下端、井戸底の深度などを調べることとなる。

### 井戸内での地下水面・スクリーン・井戸底の深度測定及び測定管の設置

揚水施設（ポンプや揚水管など）と井戸管の間の隙間を調べ、この隙間が狭く、電気検層の電極や井戸カメラがその隙間を通過し深部に到達することが不可能な場合は、揚水管も含めた揚水設備をあらかじめ地上へ引き上げた後にスクリーン深度を調べる。

井戸は塩化ビニル製のものがほとんどであるが、鉄製のものがある。塩化ビニル製の井戸ではスクリーン深度は電気検層により調べる。揚水施設を引き上げることが困難な場合は、既製品の電気検層の電極は太いので、図 I-14 のように「+」と「-」の電極と 2 線の被覆線及びテスターからなる自作のものでスクリーンの深度測定を行う。電気検層ではスクリーン部分の比抵抗が低くなる（図 I-15）ことでその深度を認識することができる。鉄製の井戸の場合は、スクリーン深度を電気検層で求めることができないので、井戸カメラにて調べる。

井戸底の深度測定は、スクリーン深度測定の際に併せて行う。

地下水位は、図 I-7 の水位計により測定する。

井戸所有者の了解をえられれば、後の地下水汚染調査の際に複数回水位測定ができるように水位測定管（水位計で水位が測定できる程度の小孔径の塩化ビニル製の管）を設置し（図 I-16）地下水位を測定する。この管頭にも印を付け、雨水などが井戸内に入らないように蓋を付ける。

### 井戸の管頭の水準測量と井戸の諸元に関する深度の標高換算

基準点を基に、各井戸及び測定管の管頭の比高を水準測量により求め、基準点の標高から管頭の標高を換算する。次に管頭の標高から、井戸のスクリーンの上端・下端及び井戸底の深度を標高に換算する。



図 I-11 井戸の上端と、管頭に付けられた黒いマークの例

地下水面は管頭に付けられたマークから水位計により深度を測定する。管頭のマークは管の上端の最も高い部分に付け、あらかじめその標高を水準測量により求めておく。



図 I-12 水準点の例

千葉県内には県環境生活部所管や国土地理院所管の水準点があり、地盤沈下の監視等のため、毎年一級水準測量が行われ、その標高値が公表されている。これらの水準点の標高値を基に汚染現場の基準点の標高値を水準測量にて求める。

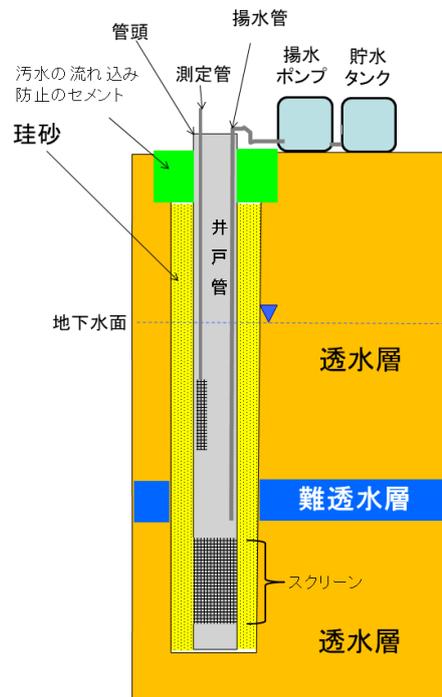


図 I-13 一般的な井戸の構造の断面図

一般的な井戸では、掘削孔と井戸管の隙間は珪砂が充填されている。地表部にも、井戸管と掘削孔の隙間に汚水が流れ込まないようにセメントが井戸管の周囲に打設されている。井戸管の地上の先端部は「管頭」と呼ばれる。井戸管内の揚水管と井戸管の隙間に電気検層用の電極を降下させ、スクリーン検層を行う。

## 地形断面図の作成と井戸構造図の図化

周辺井戸調査で作成した井戸位置図を使用し、周辺井戸調査において明らかになった平面方向において汚染が広がっている方向や地層の走向方向又は傾斜方向に直線を引き、地形断面図を描く。その地形断面図に井戸位置を投影し、図 I-15 のような井戸構造図を貼り付ける。この図の井戸構造と書いてある下には井戸の管頭、地下水水面、スクリーンの上端・下端、井戸底が書いてあり、管頭にはその標高値、地下水水面にはその標高値、スクリーンの上端と下端には管頭からの深度が書いてある。この右わきには、電気検層結果がグラフとして描かれている。後で述べる地下水汚染調査の際には、このような表示となっている井戸構造図があると作業を行い易い。

### 水文地質構造の概略把握

図 I-17 は、汚染地区全体の井戸諸元をまとめたものである。この地区は既存の地質図からほぼ水平に地層が広がっていることがわかっているので、標高を基に井戸構造図を並べている。この図の各井戸のスクリーン深度の分布から、スクリーンが横に並ぶ部分が4層見つかった。このようにスクリーンが横に並ぶ部分が利用されている透水層と推定される。また、この4層の内3層には汚染は見られず、一番上の1層に汚染が見られた。

しかし、このように地層が傾いていないことは少ないので、既存の地質図より、調査地における透水層などの地層の傾斜を確認する。また、調査地周辺において「ちば情報マップ(くらし・環境)」などで公開されている地質柱状図があれば、地形断面図に井戸構造図と地質柱状図を貼り付けて、大まかな透水層・難透水層の構造を把握する。なお、公開されている地質柱状図のほとんどは基礎工事のためのボーリングデータであり、メートルオーダーでの地層の粒径変化はわかるが、地質汚染調査に必要なセンチメートルオーダーでの地層の粒径変化が把握できるものではない。

この断面図は、後の地層汚染調査の際のオールコアボーリングの深度の決定に利用される。地層汚染調査の深度は、汚染が検出されている透水層の一層下の透水層の基底付近までとする。

### 報告書の作成

報告書は、調査位置、調査手順、測定方法などについて述べ、周辺井戸調査で作成された井戸位置図に基準点や調査井戸に印を付けた図、井戸ごとの諸元調査結果、地形断面に井戸構造図を貼り付け水文地質構造を推定した断面図、測量野帳、井戸の管頭や測定管にマークを付けた各井戸の写真等を付け、調査結果をまとめる。



図 I-14 スクリーン検層用に作られた電気検層装置の例  
1m 間隔に印を付けた 2 線の被覆線の先にそれぞれ電極棒が付けてある。この電極棒の位置は 1m ほど離してある。これら電極間を流れる電流を測定することで、スクリーン深度を特定できる。

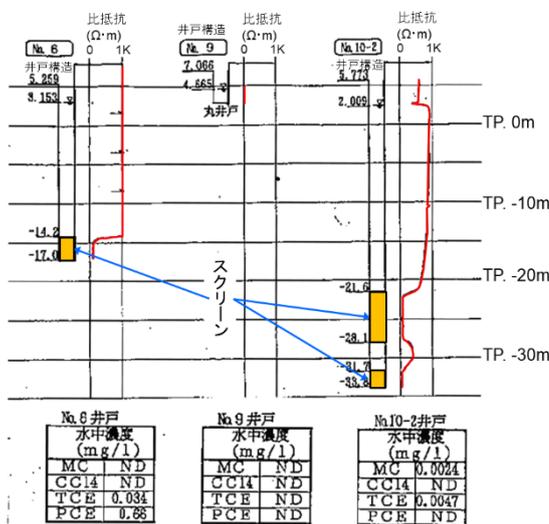


図 I-15 一般井戸における電気検層結果と井戸構造を示した図の例  
電気検層による深度毎の比抵抗値は赤線で示されている。No.6 では、スクリーンの無い部分では比抵抗が大きい、スクリーン部分では電気が流れやすくなり比抵抗は小さくなっている。No.9 の丸井戸では孔壁全体から地下水が流入するので、比抵抗は小さいままである。No.10-2 では比抵抗が小さくなる深度が 2 箇所あることから、スクリーンが 2 深度に設置された井戸であることがわかる。



図 I-16 揚水井に取り付けられた測定管の例  
測定管の最上部にはキャップが付けられている。

地表

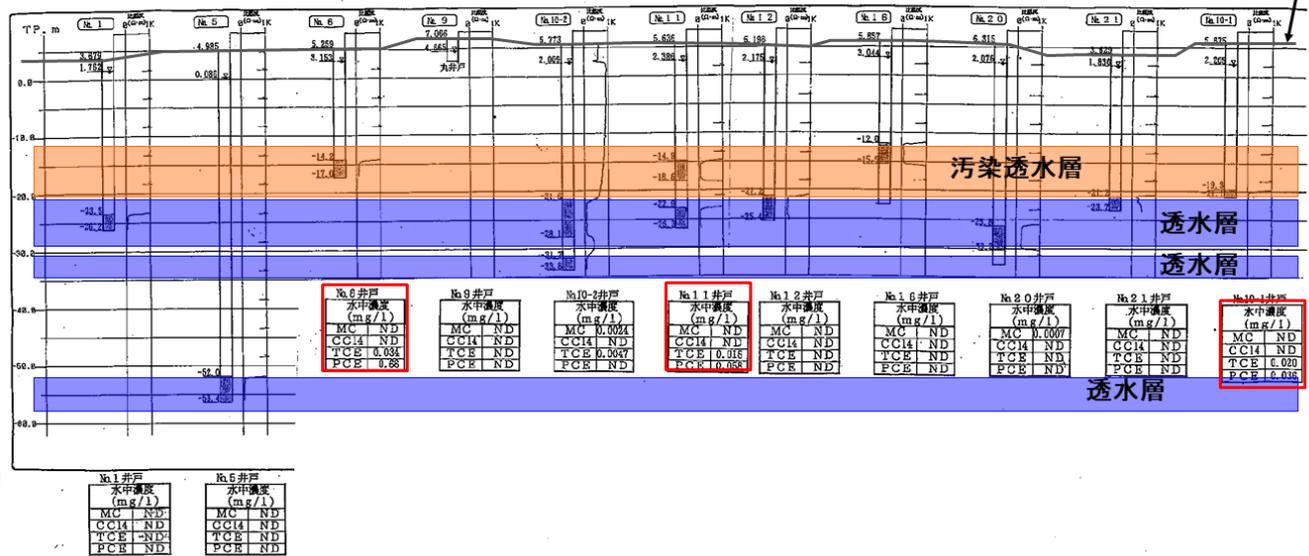


図 I-17 スクリーン検層結果の例<sup>4)</sup>

この地区には4層の利用されている透水層（オレンジ色・青色の帯）があり、汚染は標高-10～-20mの透水層に見られる（オレンジ色の帯）。左から5番目と6番目の井戸は、複数の透水層にスクリーンが付いているマルチスクリーン井戸の可能性が高い。マルチスクリーン井戸を介して汚染が下方へ移流する例がしばしば見つかっている<sup>2)</sup>。

## I-3 土地の利用履歴調査

### 1 目的

現在と過去の対象となる有害物質の取扱い施設を把握する。

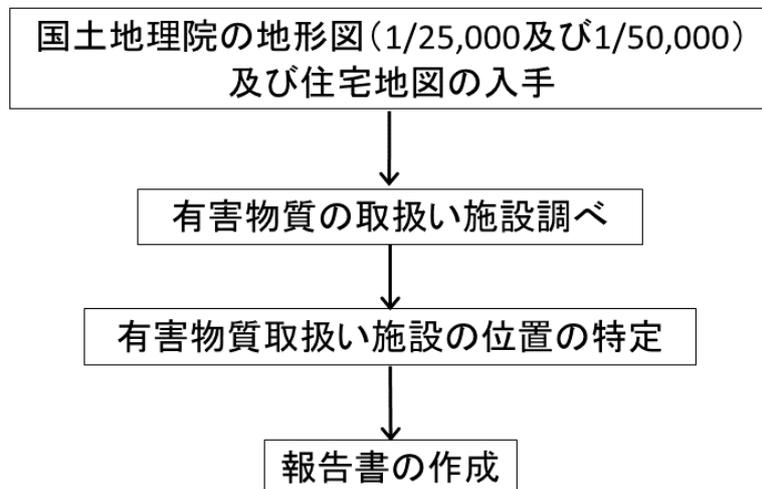


図 I-18 土地の利用履歴の調査の手順

### 2 調査の概要

調査の手順の概要を図 I-18 に示す。周辺井戸調査や井戸諸元調査による汚染の分布の範囲を基に、その数倍の広さの範囲における有害物質取扱い場所を検討するため、国土地理院発行の現在と過去の 1/25,000 及び 1/50,000 の地形図と住宅地図を入手し、有害物質取扱い施設を調べる。また、その範囲内について、市町村の環境担当課や保健所及び地域振興事務所などで、有害物質取扱い施設の記録を調べ、対象となる有害物質又はその有害物質が不純物として混入する主原料の取扱い施設の位置を調べる。さらに、それら施設や自社内処分場が写っている空中写真を入手し、有害物質の取扱期間を調べる。これらを報告書としてまとめる。

### 3 調査の手順

#### 国土地理院の地形図及び住宅地図の入手

最新の地形図は国土地理院より地理院地図としてホームページで公開されている。また、過去の地図は同ホームページの図歴で確認でき、現物はつくば市にある国土地理院の「地図と測量の科学館」内の情報サービス館にあり、閲覧や複写（地図謄本の写しの購入）が可能である。また、現在と過去の住宅地図は図書館に保管されている場合が多く閲覧・複写が可能である。

#### 有害物質取扱い施設調べ

上記の現在と過去の地図上にて、調査地周辺に工場、鉱山、保健所、病院、学校、廃棄物処分場、旧軍事施設などの有害物質を取扱う可能性のある施設を地図記号（図 I-19）から探す。

また、市町村の環境担当課や保健所及び地域振興事務所にて、調査地周辺における有害物質取扱い施設や自社内処分場の位置の記録の有無を確認し、保有している場合は有害物質の種類や取扱い施設の稼働状況を調べる。

#### 有害物質取扱い場所の位置の特定

上記で見つかった有害物質取扱い施設の位置を基に、詳細調査を行う候補地を特定する。この候補地は、複数箇所となることが多い。この候補地が写っている空中写真を入手し、有害物質の取扱い施設や自社内処分場の位置を特定する。この資料は、詳細調査 II-1 の有害物質取扱い場所の特定にも利用する。空中写真は、国土地理院のホームページで閲覧できるが、画像の分解能が高くないので、必要に応じて購入する。また、京葉測量株式会社、株式会社パスコ、国際航業、アジア航測株式会社、株式会社八州などでも空中写真を持ち合わせていることがあり、販売されている。

なお、詳細調査の結果、より上流部からの汚染が、汚染を出していない施設の地下を通過していたことや、有害物質取扱い施設の隣接地の他社のゴミ捨て場が汚染源であったことも過去の事例としてあるので、ここで見つかった施設が汚染源であるとは断定できない。

### 報告書の作成

報告書は、入手した地図や有害物質取扱い施設に関する情報、空中写真をまとめ、周辺井戸調査で作成した地図などに有害物質取扱い施設とその稼働期間を記入したものを付ける。



	記念碑(きねんひ)		煙突(えんとつ)
	電波塔(でんぱとう)		油井(ゆせい)・ガス井(がい)
	灯台(とうだい)		坑口(こうこう)
	指示点(しじてん)		風車
	送電線(そうでんせん)		へい
	輸送管(そうそうかん)		擁壁(ようへき)(小)
	擁壁(ようへき)(大)		土堤(どてい)
	城跡(しろあと)		史跡・名勝・天然記念物 (しせき・めいしょう・てんねんきねんぶつ)
	噴火口・噴気口 (ふんかこう・ふんきこう)		温泉(おんせん)
	採鉱地(さいこうち)		採石地(さいせきち)
	重要港(じゅうようこう)		地方港
	漁港(りょこう)		都府県界

図 I -19 国土地理院の地形図に使用されている主な地図記号

## II 詳細調査

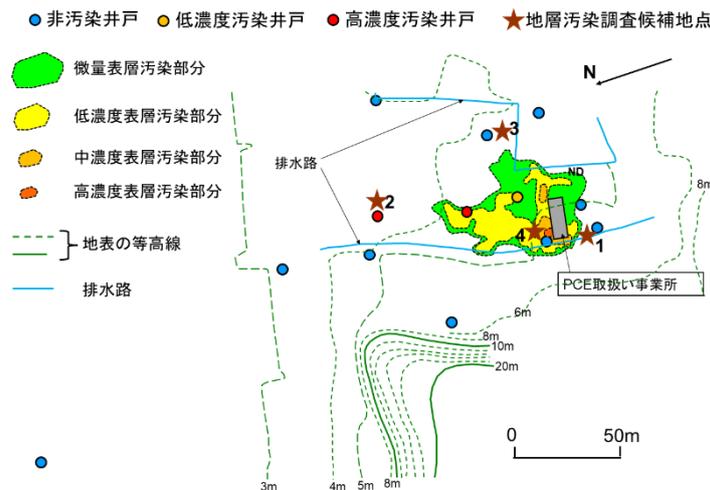
詳細調査にはP7の図9に示すように、「II-1 有害物質取扱い場所の特定」、「II-2 表層汚染（地下空気汚染）調査」、「II-3 地層汚染調査」、「II-4 透水層別の地下水観測井の設置」、「II-5 地下水汚染調査」、「II-6 汚染源地層汚染調査」、「II-7 地質汚染機構解明の検討・浄化対策の立案」があり、これらは順を追って行うが、II-3以降は平行して進める場合もある。これら調査を進めながら汚染機構を解明していく。これら調査方法の基本は文献・9)・10)・11)・12)によりほぼ原形が形づくられ、これらを参考にしながら、最近の調査事例も含めて以下に記していく。

「I-2 井戸諸元調査」や有害物質の取扱い場所での「II-2 表層汚染（地下空気汚染）調査」の結果を踏まえ、汚染源よりも地下水の上流と推定される場所にて、「II-3 地層汚染調査」を開始する。これは、①汚染源部分やその下流部においては浅層部に高濃度の汚染が難透水層の直上に存在することが多く、その高濃度汚染物質の深部への移流を防ぎながら調査を進める必要があるため、高濃度汚染の無いところであらかじめ難透水層の深度を把握すること、②汚染の浄化に当たり地下水の涵養メカニズム（降雨が地表から浸透し、本水の地下水面に達する過程）の解明の必要があること、の2つの目的から行う。

次に汚染源の下流側2箇所で地層汚染調査を行い、各ボーリング地点において「II-4 透水層別の地下水観測井の設置」を行う。この2箇所の地層汚染調査地点とは、高濃度の地下水汚染が見られた井戸周辺、及び地下水の流動方向を特定できる位置である。この段階で「II-5 地下水汚染調査」をはじめ、さらに透水層ごとの地下水の流動方向や汚染濃度を考慮し高濃度が予想される下流部及び汚染源付近での地層汚染調査・地下水汚染調査を追加して進め、汚染の三次元的な広がりや詳細な水文地質構造を明らかにする。

一方で、汚染源部分の効果的・効率的な浄化のため、浅層部に存在する高濃度汚染部分（汚染源）の絞り込みを行う「II-6 汚染源地層汚染調査」も並行して進める。特に深刻な汚染となっている可能性の高い浅層部の汚染地下水については、その効果的・効率的な浄化を進めるため、汚染地下水の濃い帯<sup>15)</sup>の分布（P9 図10）を明らかにする必要がある。この汚染地下水の濃い帯の幅は汚染源の幅となる場合が多い。汚染源付近や汚染源の下流部での調査では、観測井を設置する際に揚水対策井や地下空気の浄化対策井も念頭に置いた井戸の設置を検討し、効率的な地質汚染機構解明・浄化につなげていくことが望ましい。

ところで、汚染された井戸は見つかったものの周囲に対象物質の取扱い場所が見当たらないことがある。その場合は汚染井戸の周囲でまず地層汚染調査を行い、地下水観測井を作り、既存井戸のスクリーン深度から汚染されている透水層を推定し、既存井戸も利用し、各透水層の地下水の流動方向や汚染濃度分布から汚染源を探っていく場合もある。このように、状況に応じて効率的な調査となるよう、ケースバイケースで考え調査を進めていく。



図II-1 地層汚染調査の順の考え方

周辺井戸調査・井戸諸元調査・表層汚染調査の結果や等高線、排水路を一枚の図にまとめ、地層汚染調査の候補地点や調査順を検討する。4箇所の地層汚染調査候補地点のうち、1は汚染源よりも地下水の上流地点、2は高濃度の地下水汚染が見られた井戸付近、3は1と2の地点を結んだ線に対し直交方向とし地下水の流動方向を明らかにでき、かつ地下水汚染プルームの端を検討できる地点、4は汚染源近傍の地点である。

## Ⅱ-1 有害物質取扱い場所の特定

### 1 目的

高濃度汚染の可能性のある場所を探し、表層汚染調査を行う場所を特定する。

### 2 調査の概要

対象とした有害物質を取り扱う施設等の中において表層汚染調査対象地を絞り込むため、過去から現在までの有害物質と有害物質を含む廃棄物の取扱い場所やそれらの移動経路及び自社内処分場を、現在の事業所の平面図に記入し、表層汚染調査箇所を決める。

### 3 調査の手順

#### 表層汚染調査地の絞り込み調査

対象とした有害物質を扱う施設の過去から現在までの平面図・空中写真・衛星画像などにより、以下の①～⑦の具体的な位置を調べ、現在の事業所の平面図に記入する。その際、扱っていた期間も記入する。

- ①敷地内の洗浄槽・ドライクリーニング機などのような有害物質を直接取り扱っている場所
- ②有害物質を含む廃水が流れる経路
- ③有害物質、有害物質を含む原料及び有害物質を含む廃棄物の保管場所
- ④有害物質、有害物質を含む原料及び有害物質を含む廃棄物の運搬経路
- ⑤自社内処分場
- ⑥有害物質を含む流体が流れている地中及び地上配管
- ⑦上記以外で有害物質を取り扱っていた場所

なお、有害物質取扱い施設や自社内処分場の位置の平面図は市町村や保健所・地域振興事務所などに保管されている場合がある。

千葉県内では、空中写真が1967年以降毎年撮影されているので上記の検討には有用である<sup>16)</sup>。

また、詳細調査では様々な深度の掘削の際に地中配管の損傷を防ぐため、聞き取りも含めてすべての地中配管を漏れなく現在の事業所の平面図に記入する。

この地中配管からの漏洩による地質汚染も見つかっている。浅層部の透水層の地下水面図から地中配管からの漏水が明らかになった例がある。また、高圧電線の近傍にある鉄管が電蝕により孔が開き、そこからの漏えいによる地下水汚染が見つかった例がある。

ここで作成された平面図を基に次の詳細調査を進めて行く。