

[資料]

土壌・地下水汚染の調査解析手法の検討

— 様々な土地情報を利用した汚染発覚時初動調査手法 —

高橋基之* 長森正尚* 野尻喜好* 八戸昭一* 佐坂公規* 山川徹郎**

1 はじめに

近年、土壌・地下水汚染は化学物質の不適切な使用や環境基準の設定等に伴って問題が顕在化してきており、対策の必要性が強く指摘されている。特に表層地下汚染状況の把握は、汚染源の特定や将来のさらなる汚染拡大を防止するために必要不可欠である。このような背景を踏まえ、表層地下汚染を総合的に把握する新たな調査解析手法の確立を目的として、概況調査、物理探査及び表層汚染物質調査等の各種手法について検討してきた。このうち、特に土壌・地下水汚染発覚時の初動調査として実施される概況調査はその後の調査全体を方向づけるため極めて重要である。

本報では、自治体の環境担当職員が遂行可能な概況調査を念頭において、調査に有用な資料の具体的利用方法やその入手方法について詳述し、これらを実際の汚染調査に適用した例について紹介する。

2 新旧の土地利用情報に関する評価手法の検討

土壌・地下水汚染調査では対象地域の汚染環境(汚染源、汚染範囲、汚染物質の移流・拡散状況の時間的変化など)を的確に評価するため、その周辺地域を含めた地形・地質学的背景とともに、過去に遡り土地利用状況を正確に把握する必要がある。調査地点の土地利用状況を示す資料としては、地形図、都市計画図、国土基本図、空中写真、土地条件図さらに土地分類基本調査や地力保全基本調査の成果図などが挙げられるが、ここでは特に空中写真、大縮尺地形図および住宅地図に着目した。

2.1 空中写真

空中写真(航空写真ともいう)は大きく分けて、国土地理院、林野庁、自治体などによって撮影されたものが一般的であるが、最近では民間企業も全国規模で地層撮影している(表1)。空中写真を利用した地形・地質に関する概略調査(空中写真判読)は古くからの技術であり、これまで主に防災分野(活断層調査、地すべり調査など)で利用されてきた。

最も古いものは戦前の旧日本軍や終戦直後の米軍によるものがあるが、環境調査で必要となることが多い昭和40～50

表1 埼玉県南東部において入手可能な代表的空中写真

| 撮影年代 | | 撮影年 | | 種類 | 撮影機関 | 縮尺 |
|--------|--------|------|-----|-----|------|----------|
| 西暦 | 和暦 | 西暦 | 和暦 | | | |
| 1940年代 | 昭和20年代 | 1948 | S23 | 白黒 | 米軍 | 1/10,000 |
| 1950年代 | 昭和30年代 | 1956 | S31 | 白黒 | 米軍 | 1/20,000 |
| | | 1961 | S36 | 白黒 | 地理院 | 1/10,000 |
| 1960年代 | | 1966 | S41 | 白黒 | 埼玉県 | 1/20,000 |
| | | 1966 | S41 | 白黒 | 地理院 | 1/20,000 |
| 1970年代 | 昭和40年代 | 1970 | S45 | 白黒 | 埼玉県 | 1/12,500 |
| | | 1971 | S46 | 白黒 | 地理院 | 1/20,000 |
| | | 1974 | S49 | カラー | 地理院 | 1/8,000 |
| | | 1975 | S50 | 白黒 | 埼玉県 | 1/12,500 |
| 1980年代 | 昭和50年代 | 1979 | S54 | カラー | 地理院 | 1/10,000 |
| | | 1980 | S55 | 白黒 | 埼玉県 | 1/12,500 |
| | | 1984 | S59 | カラー | 地理院 | 1/10,000 |
| | | 1985 | S60 | カラー | 埼玉県 | 1/8,000 |
| 1980年代 | 昭和60年代 | 1987 | S62 | 白黒 | 地理院 | 1/20,000 |
| | | 1989 | H1 | カラー | 地理院 | 1/10,000 |
| 1990年代 | 平成元年代 | 1990 | H2 | カラー | 埼玉県 | 1/8,000 |
| | | 1992 | H4 | カラー | 地理院 | 1/25,000 |
| | | 1995 | H7 | カラー | 地理院 | 1/25,000 |
| | | 1995 | H7 | カラー | 埼玉県 | 1/8,000 |
| | | 1997 | H9 | カラー | 地理院 | 1/30,000 |
| 2000年代 | 平成10年代 | 1999 | H11 | カラー | NTT | 1/12,500 |
| | | 2000 | H12 | カラー | 中日本 | 1/12,500 |

年代における情報に対しては国土地理院や埼玉県で撮影したものが有用である。モノクロ(白黒)の空中写真については、国土地理院撮影のものが昭和35～36年以降、埼玉県撮影のものが昭和41年以降、それぞれ約5年ごとに撮影されており、さらにカラーの空中写真は国土地理院撮影のものが昭和49年以降、埼玉県撮影のものが昭和60年以降やはりそれぞれ約5年ごとに撮影されている。表1のように、国土地理院や埼玉県など各種機関撮影のものを並べると、概ね2～3年ごとの土地利用変遷を把握することができる。空中写真はその時点における地上に存在するあらゆる地物を上空から撮影しているため、特にカラーのものは多くの情報を得ることができる。また、8,000分の1～10,000分の1程度の縮尺のものでは車一台レベルの情報まで認識できることから、当時の工場立地やタンク・ドラム缶等の配置箇所など汚染源の推定に有用な情報を得ることができる(図1)。

なお、これらの空中写真は購入することができるが、県内の空中写真(国土地理院、県撮影分)については県立文書館(さいたま市浦和区高砂4-3-18)で、また全国の国土地理院撮影分空中写真は同院情報サービス館(茨城県つくば市北郷一番)や同院関東地方測量部(千代田区九段南1-1-15九段第二合同庁舎)などで閲覧することができる。また、最近では国土地理院撮影の空中写真について試験的にインターネット上で閲覧可能である(<http://mapbrowse.gsi.go.jp>)。

*埼玉県環境科学国際センター 〒347-0115 埼玉県北埼玉郡騎西町上種足914

**埼玉県西部環境管理事務所 〒350-1121 埼玉県川越市新宿町1-1-1



図1 空中写真で把握される土地利用の時系列変化の例(一部加筆)、(a)、(b) 国土地理院撮影、(c)埼玉県撮影

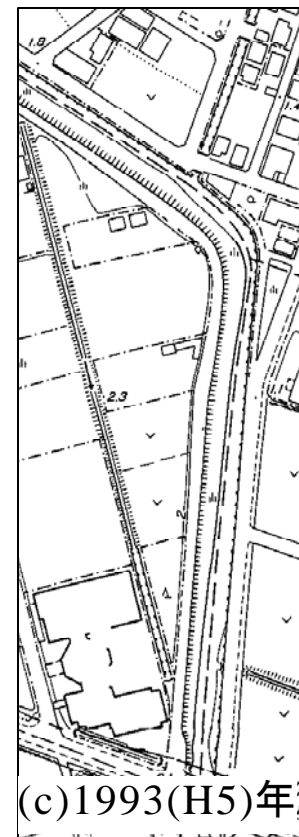
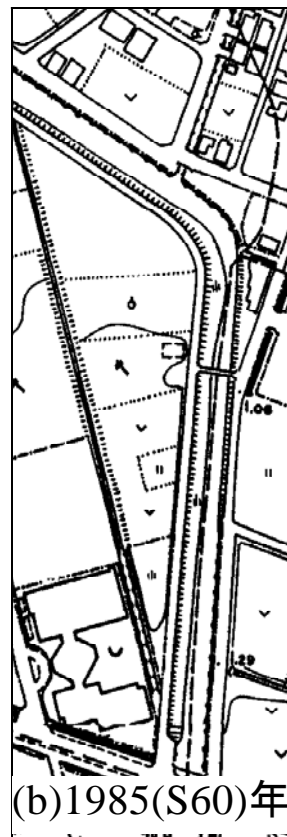
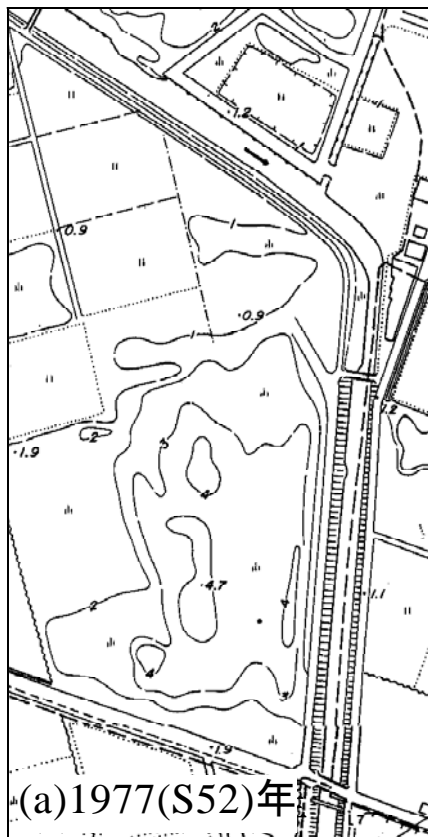


図2 2,500分の1地形図(都市計画図白図)で把握される土地利用の時系列変化の例

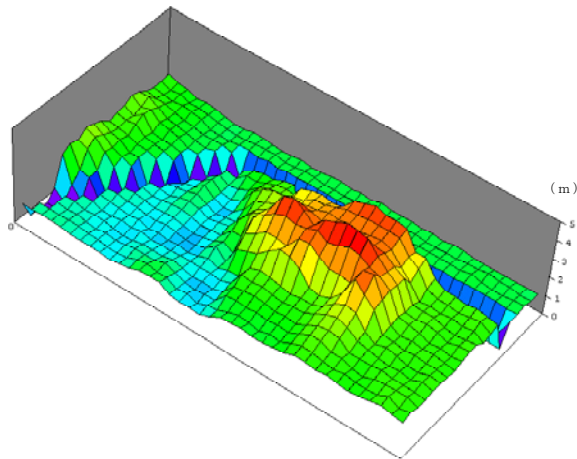


図3 数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)による昭和 52 年当時の残土の分布状況(10mメッシュ)(図2(a)の範囲を南西側上方から立体的に表現したもの)

2.2 大縮尺地形図

環境調査で参考となるような大縮尺地形図は市町村発行の2,500分の1地形図(都市計画図の白図)や国土地理院発行の国土基本図(2,500分の1または5,000分の1)がある。現在、埼玉県内の市町村で発行している2,500分の1地形図は全県で約1,500枚あり、昭和40年代後半からおよそ5～10年ごとに更新されている場合が多い¹⁾。大縮尺地形図から得られる情報の中で最も特徴的なのは標高情報である。図2(a)は図1(a)と同一範囲を、地形図と空中写真で比較したものである。空中写真でも実体視(異なる位置で撮影した2枚の同じ地域の写真を使って対象物を立体的に見る方法)することによって、高さ情報を読みとることができるが、地形図であれば残土などの存在は誰でも容易に確認することができる。また、図3に示すように、2,500分の1地形図上の等高線を利用することによって、数値標高モデル(以下、DEMと呼ぶ)を比較的容易(安価)に作成することができる。そのため、新旧の地形図にDEMを併用することによって、過去に廃棄物が不法投棄された地点での埋立量や分布範囲を正確に把握することが可能となる。なお、県内市町村発行の地形図等は旧版のものも含めて県立文書館に所蔵されており、空中写真と同様に閲覧することができる。

2.3 住宅地図

県内各地で問題となっているトリクロロエチレン(以下、TCEと呼ぶ)やテトラクロロエチレン等による地下水汚染地域では、電子部品工場やクリーニング店など汚染源の業種があらかじめ想定できることがあるが、このような場合には住宅地図が役立つ、しかも一般の人にも簡単に土地利用情報を調べることができる。ただし、汚染源となった工場などでは跡地が売却されていることもあるため、最新のものよりも古いものの方が参考となることが多い。例えば、毎年情報を更新し刊行

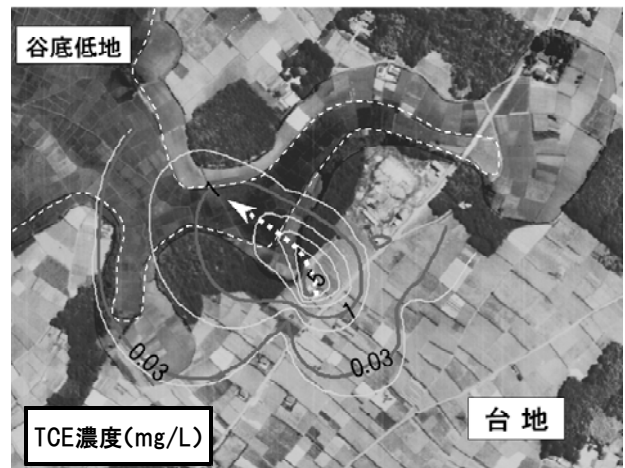


図4 トリクロロエチレン(TCE)による地下水汚染範囲と浅層地下水の流動方向³⁾

されている住宅地図などの場合には、一軒一軒の住宅から事業所までその所有者等が細かく記載されているため、空中写真や大縮尺地形図のデータを補間することによって、より細かい(条件がよければ1年ごと)土地利用の時系列変化を把握することができる。

住宅地図は場所をとるため保管が難しいが、地元の公立図書館に行けばかなり古いものまで揃っていることが多い。

3 実際の土壌・地下水汚染調査への適用

本章では前章で紹介したような様々な新旧の土地利用情報を実際の地下水汚染調査に適用した例について詳述する²⁾。調査は本県中東部に位置する台地およびそれを下刻する開析谷が分布する地域を対象とした。台地開析谷の底部には谷底低地(図4中の破線で表示)が分布している。この地域ではTCEによる地下水汚染が発覚しており、特に高濃度に汚染された地点は台地開析谷の谷頭部に集中していた(図4)。

一般的に、浅層地下水の大局的な流動方向は地形と調和することから、汚染物質を含む浅層部の地下水は白矢印で示す方向に流動するものと推定された。そこで、当該地域における地形分類図およびDEMを参考として、汚染範囲とその周辺の地形条件との相対的位置関係を三次元的に捉えながら、汚染源および汚染範囲の特定を目的とした現地調査を実施した。

まず、DEMを用いて推定した浅層地下水の流動方向を検証するために、一斉測水調査を実施した。その結果、浅層地下水は大局的には台地上から谷に向かって流動しており、地形解析及びDEMから推定されるものと整合していた。さらに、浅層地下水の流動方向からみて高濃度汚染井戸の上流側で土壌ガス調査を行ったところ、その濃度分布はこの地域の大局的な地下水流動方向と調和して、高濃度汚染井戸が存在する谷側に向かって広がっていた。しかし、土壌ガス

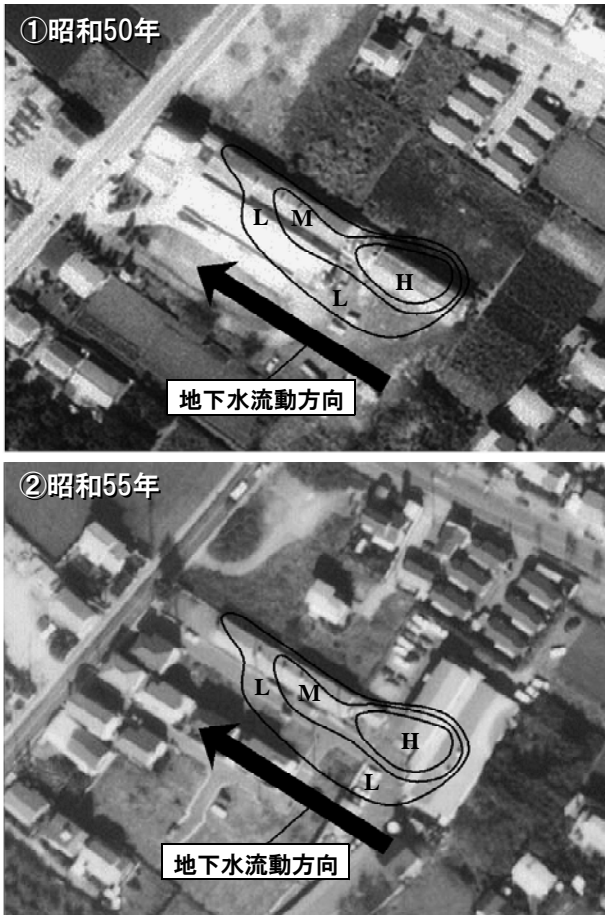


図5 工場建家の配置と土壌ガス濃度分布との関係³⁾
(H:高濃度, M:中濃度, L:低濃度)

調査で高濃度のTCE汚染が検出された地点の周辺には汚染源となりそうな事業所等は見当たらなかった。

そこで、この地域の開発が始まる以前に遡り、空中写真を時系列的に解析した結果、高濃度の土壌ガス汚染が検出された地点にかつて工場が存在していたことが判明した(図5)。さらに、昭和60年の住宅地図では電子部品工場であることも確認できた。この工場は昭和40年代後半に操業を開始し、昭和50年及び55年頃に建家の大幅な増改築を行っていた。土壌ガス濃度の測定結果を昭和50年及び55年の空中写真に重ね合わせると図5に示されるような位置関係となった。よって、これら両時代もしくはどちらか一方の時代の工場建家が汚染源となっている可能性が高いことが推測された。このように現在の汚染分布を古い時代の事業所等の配置に正確に重ね合わせることによって、汚染源箇所および汚染原因者(例えば土地所有者)の特定に役立つと思われる。

一方、広域的な浅層地下水の流動を把握するために、図6のような調査地域周辺数kmの範囲を対象としたDEMを使用した。図6に示されるように、谷底面は開析谷Aよりも開析谷Bの方が相対的に高く、台地内と両谷底低地内の自由地下水面のポテンシャルを考慮すると浅層地下水は谷A側により大きく流動することが予想された。このことは一斉測水調

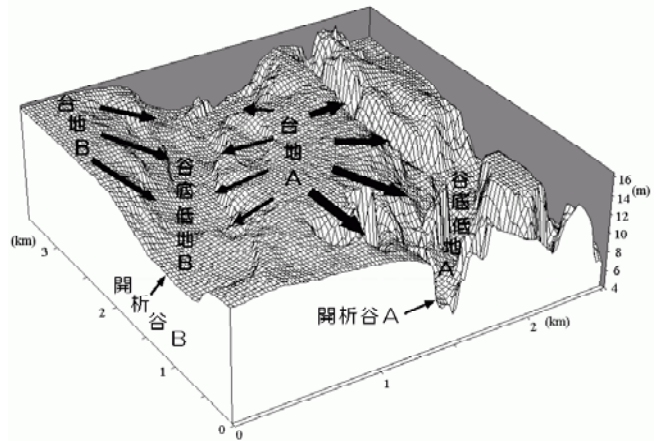


図6 数値標高モデルによる台地浅層部の地下水流動の評価
(北海道地図㈱の2mメッシュデータを用いて作成)
矢印の向きとその太さは台地浅層部における大局的な地下水の流動方向とその速度を示す

査における調査井戸の選定および汚染範囲等の絞り込みに役立った。このように、特に開析谷が発達した台地における地下水調査の場合には隣接する谷の相対的位置に関する情報が必要となるため地形分類図だけでなくDEMの利用が大変有用である。

なおここでは影響度の大きい浅層部の汚染を対象としたものについて紹介したが、実際にはVOCsに代表される地下深部に浸透する汚染物質を対象とした場合、浅層地下水だけでなく、より深部の帯水層についても考慮する必要がある。

4 まとめ

本研究では、土地情報や空中写真の利用など、汚染発覚時の初動調査として高い専門知識や技術がなくても汚染源の位置やその分布範囲を把握できる方法について整理した。土壌・地下水汚染による詳細調査ではボーリング調査等多大な経費が必要となるが、概略調査の段階であっても既存資料を収集し、それらを工夫することによって、少額の経費で多大な情報を得ることができた。今後はこれらの手法が自治体の環境担当職員等へ普及していくことで汚染問題に対する新たな取り組みの一助となれば幸いである。

文献

- 1) 埼玉県立文書館(1996)埼玉県立文書館所蔵地図目録, 市町村作成地図目録1, 埼玉県, 216p.
- 2) Takahashi, M., Hachinohe, S., Sasaka, K., Nagamori, M. and Kawamura, K. (2002) Source Survey of the Groundwater Pollution Caused by Inappropriate Management of Harmful Chemical Substances, 第四回中日環境保護技術検討会, 78-86.
- 3) 佐坂公規(2004)土壌・地下水汚染の調査とモニタリング, 「土壌・地下水の汚染・評価」専門研究会報告書, 京都大学原子炉実験所, KURRI-KR-99, 34-42.