

4．物理探査による埋設農薬調査事例

2章において農薬の埋設状況について検討し、大きく分けて2通りの埋設形態があることが判った。

- ・ひとつは『小規模埋設』の場合であり、1箇所に埋没する量は原則 300kg 以内、消石灰を利用する等して埋設されている。
- ・もうひとつは『大規模埋設』であり、3トン以上を単位としてコンクリート製施設に密閉、埋設されている。

3章において、各種物理探査手法について、埋設農薬の調査を『埋設物調査(埋設位置の特定)』と捕え、その観点から埋設農薬調査に対する適用性について検討した。その結果、

- ・埋設農薬の調査に適用性の高い物理探査手法としては、地中レーダ探査であり、
- ・埋設において金属体を用いている場合には、地中レーダ探査に加えて電磁探査および磁気探査が有効と考えられた。

本章ではまず、物理探査による埋設農薬調査について、調査の実状を把握する目的でヒアリング調査が行なわれているので、この結果についてまとめ、埋設農薬調査における物理探査適用の実状を整理する。次に、実際の農薬埋設地点(大規模埋設)において物理探査の探査実験を行なう機会が得られたので、大規模埋設の場合に対する物理探査の適用性について検討を行なうことを目的に、探査実験を行なった。この探査実験について述べる。

4.1 調査事例の現状

(1) ヒアリング調査の内容

2002(平成14)年11月に、土壤環境センター会員企業のうち地質調査を実施している民間企業23社および非会員企業3社の計27社を対象に、埋設農薬調査に関して電話によるヒアリング調査が行なわれた。この27社は、埋設農薬調査を実際に行なう可能性のある民間企業と考えてよい。

ヒアリングの主な内容は、以下のとおりである。

- 1) 物理探査による廃棄物探査の経験はあるか。
- 2) 深度1～2mに埋設された農薬を検知することは可能か。その場合、どのような物理探査技術が有効か、あるいは有効と考えるか。
- 3) 物理探査を行なう場合に、適用を困難にする条件とその代替手法について。
- 4) コンクリート遮へい内部に薬液が存在するか否かを探査する可能性について。
- 5) コンクリート遮へいの場合に、ひび割れ、穴などの探査の可能性について。
- 6) 農薬が漏洩している場合に、物理探査により土壤汚染範囲を特定することは可能か。

なお、27社の内訳は、

- 資源調査会社（金属資源）： 3社
- 建設コンサルタント、設計会社： 4社
- 地質調査会社： 13社
- 環境調査コンサルタント、その他： 7社

であるが、自社では物理探査の対応ができない企業が4社あるので、これらを除く計23社から有効回答があったものと言える。

（2）ヒアリング調査結果

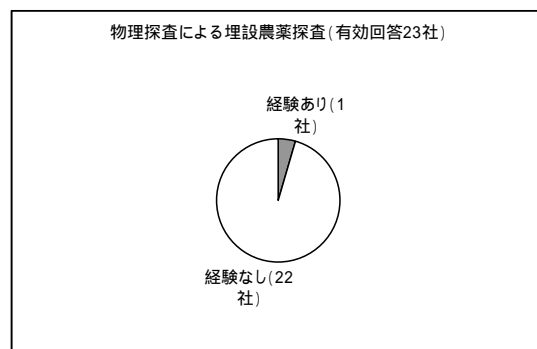
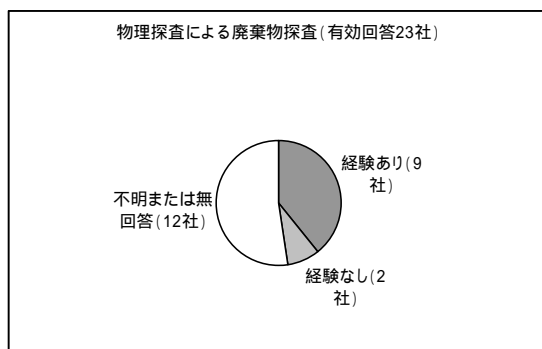
（2）- 1 物理探査による廃棄物探査の経験について

23社中、

- ・物理探査による廃棄物探査の経験あり： 9社
- ・経験なし： 2社
- ・不明または無回答： 12社

である。

また、物理探査による埋設農薬の探査経験があるのは、1社のみであった。このことから、平成13年に『埋設農薬調査・掘削等暫定マニュアル』（以降、「暫定マニュアル」という）が出されたが、現時点では、実際に物理探査を利用して埋設農薬の探査が行なわれた事例は非常に少ないものと言える。



（2）- 2 埋設農薬の探査に有効な技術について

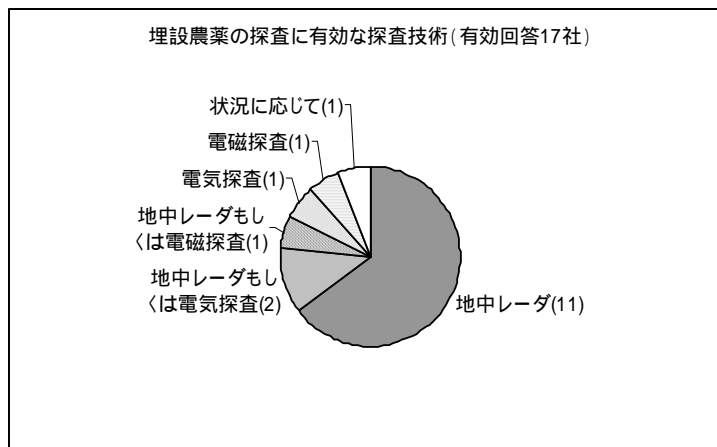
23社中17社が有効な探査技術について回答し、

- ・このうち11社が、1～2mの深度であれば地中レーダが最適とした。
- ・地中レーダもしくは電気探査：2社
- ・地中レーダもしくは電磁探査：1社
- ・電気探査：1社
- ・電磁探査：1社

- ・状況に応じて手法を選択する必要がある：1社

であった。

ヒアリングの回答結果は、暫定マニュアルの内容を裏付けるように、地中レーダが大多数を占めた。



(2) - 3 物理探査の適用を困難にする条件とその代替手法

埋設農薬の探査に有効な探査技術を回答した17社のうち、地中レーダを何らかの形で挙げたのは15社であった。したがって、地中レーダの適用を困難にする条件について、ヒアリングしている。各社とも様々なものを指摘しているが、これらをまとめると以下のようなものである。

1)埋設物

鉄筋などが埋設されている場合(特に鉄筋コンクリートなど)、複数の金属製の埋設管が存在する場合は、その下を地中レーダで探査することが困難となる。精度は低くなるが、弾性波探査を行なう(探査対象が大きい場合)。

2)急な斜面

傾斜45度以下の地表面に凹凸の少ない斜面であれば、探査可能。

3)地表面の凹凸

地中レーダではアンテナを地表面に接する必要があるため、地表面に凹凸や木の根などがあると測定しにくくなるとともに、測定データの品質にも影響を与える。凹凸が激しい場合には、電気探査で代替する場合もある。

4)植生

測定では地中レーダのアンテナを連続的に移動しながら測定を行なうので、アンテナを無理な

く移動できる程度に、事前に測線沿いの草刈りを行なう必要がある。樹木が多い場合には、樹木の間測線を設定することで対応可能であるが、この場合、アンテナ幅（約 60cm）以上の幅が必要である。

5) 地下水の影響

地下水位が浅い場合、これが強い反射面となるので、地下水位以深の探査は難しい場合がある。ただし、探査対象深度が小さい（1～2 m）こと、地下水位が深い場所を選んで農薬埋設を行なっていることから、地下水の影響は小さいものと考えられる。ただし、水田等のように常時、灌水している場所では探査は難しい。休耕田は測定可能。

6) 探査範囲

数 10m～100m四方位程度の範囲であれば、十分に探査可能。これより広い場合でも、ある大きさの区画に区切ることで効率よく測定することができる。探査範囲による制約は特に無い。

地中レーダ探査が実施困難な場合の代替手法としては、
電気探査、電磁探査、弾性波探査、磁気探査
などを挙げている。

(2) - 4 コンクリート遮へい内部の探査可能性について

コンクリート遮へい内部に薬液が存在するか否かの探査可能性については、回答のあった7社のうち6社は、コンクリート遮へいに小さな穴を開けて、内視鏡などで内部を観察することは可能であるが、穴を開けずに薬液の有無を把握することは困難であるとしている。

1社だけは、地表から掘り出さずにコンクリート遮へいの内部を知ることは困難であるが、コンクリート遮へい体を掘り出して、コンクリート表面から地中レーダ探査を行なうことで、電磁波速度の変化から内部の薬液の有無を探査できる可能性があるとしている。ただし、薬液はガラス容器等に入っていて、コンクリート遮へいの容積に対してある程度の大きさを持っていることが必要である。

(2) - 5 コンクリート遮へいのひび割れ、穴などの探査の可能性について

回答した4社とも、地表からの探査で、埋設されているコンクリート遮へいのひび割れ、穴などを把握することは困難としている。

(2) - 6 農薬漏洩時の物理探査による土壌汚染範囲特定の可能性

コンクリート遮へいから農薬が漏洩した場合の土壌汚染範囲特定の可能性については、4社が回答した。

- ・このうち2社は、漏洩による比抵抗の変化を、電気探査あるいは地下水サンプリングにより捕えることで、土壌汚染範囲特定の可能性があるとした。
- ・1社は、汚染範囲そのものではなく、物理探査によって不透水層分布などの情報を得て地下水の流れを予測することにより、汚染範囲が推定できる可能性ありと回答している。
- ・他の1社は、汚染範囲特定の可能性は不明と回答した。

農薬が漏洩した場合、周辺の地下水（土壌中の間隙水）の比抵抗（または電気伝導度）の変化が十分に大きければ、地表から電気探査または電磁探査により比抵抗分布を把握することで、漏洩範囲推定の可能性が考えられる。

地下水または土壌のサンプリング調査により汚染が確認された場合、地中レーダまたは電気探査で、サンプリングと言う「点」の情報から「線」の情報に広げることが可能である。この場合、汚染の拡がりそのものを把握すると言うよりは、不透水層などの地下構造を把握して地下水の流れを予測し、汚染範囲が推定できる可能性がある。

(3) ヒアリング調査のまとめ

ヒアリング調査についてまとめると、以下のようなになる。

- ・埋設農薬の調査に適した物理探査手法としては、地中レーダが最適であるとしたところが大多数であり、その他に可能性のある手法として、電気探査、電磁探査が挙げられた。
- ・しかしながら、実際に埋設農薬の調査に物理探査を適用したのは1社だけであり、現状では、埋設農薬調査に物理探査を利用した事例は非常に少ないものと言える。（調査そのものが少ないのか、調査は行なわれているが、物理探査の利用が少ないのかは不明である）
- ・地中レーダ探査を困難にする条件として、地表付近に金属埋設物がある場合、地表の凹凸が大きく測定困難な場合、水田などのように非常に地下水位が浅い場合などが指摘されている。
- ・地中レーダ探査の実施が困難な場合の代替手法としては、電気探査、電磁探査、弾性波探査、磁気探査が挙げられているが、探査精度の低下や対象物が大きいことなどの新たな適用上の制約がある。
- ・コンクリート遮へい内部に薬液が存在するか否かの探査可能性については、地表から物理探査により把握することは困難であり、コンクリート遮へいに小さな穴を開けて、内視鏡などで内部を観察することになる。ただし、コンクリート遮へい体を掘り出して、コンクリート表面から地中レーダ探査を行なうことで、内部の薬液の有無を探査できる可能性はある。
- ・地表からの探査で、埋設されているコンクリート遮へいのひび割れ、穴などを把握することは困難としている。
- ・コンクリート遮へいから農薬が漏洩した場合の土壌汚染範囲特定の可能性については、

『漏洩による比抵抗の変化を、電気探査あるいは地下水サンプリングにより捕えることで、
土壌汚染範囲特定の可能性がある』

『汚染範囲そのものではなく、物理探査によって不透水層分布などの情報を得て地下水の流れを予測することにより、汚染範囲が推定できる可能性あり』

としている。しかしながら、いずれも可能性を指摘したものであり、実際に物理探査により明瞭に把握した事例は少ないようである。

以上に述べたヒアリング調査結果から、次のようなことが言える。

- ・平成 13 年に「暫定マニュアル」が出されたが、現時点では、実際に物理探査を利用して埋設農薬の探査が行なわれた事例は非常に少ない。
- ・したがって、実際の埋設農薬調査において物理探査を実施し、その適用性を確認する必要がある。

そこで、今回、実際の埋設地点において物理探査を実施し、その適用性について検討を行なった。

4.2 調査事例

実際の農薬埋設地点(大規模埋設)において物理探査の探査実験を行なう機会が得られたので、大規模埋設の場合に対する物理探査の適用性について検討を行なうことを目的に、探査実験を行なった。実施した物理探査は、地中レーダ探査および電磁探査である。各探査手法の概要および物理探査結果の図面類を巻末資料(資料-3、4)に収める。

探査概要を整理して、図4.2.1に示す。この図に基づいて事例の説明を行なう。

(1)目的

埋設農薬調査に対する物理探査の適用性の検討資料として下記を得ることを目的に、平成15年に掘削回収作業が予定されている実際の埋設農薬埋設地点において地中レーダ探査および電磁探査を実施した。

- 1)農薬はヒューム管に詰めて埋設されているが、地中レーダ探査によりどのような結果が得られ、ヒューム管の埋設位置、分布状況、埋設深度はどのように推定されるか。
- 2)ヒューム管の埋設位置を、金属埋設物探査手法である電磁探査により把握できるかどうか。
- 3)物理探査(地中レーダ探査、電磁探査)により推定したヒューム管(埋設農薬はヒューム管に詰めて埋設されている)の埋設位置、分布状況、埋設深度は、掘削により確認される実際の埋設状況に対しどのくらいの精度を有するか。

(2)地表状況

地表は未舗装道路であり、ほぼ平坦である。道路沿いには若干の立ち木とトラクターの駐車スペースがある。

(3)埋設形態

埋設状況から、『大規模埋設』である。

(4)埋設状況

幅4.4m×長さ33m×高さ3.9mの直方体型に掘削し、コンクリート底盤を作成した上に外径2.0m×高さ2.4mのヒューム管30本を立てた状態で2列に並べ、その中に農薬を容器ごと搬入したとされている。ヒューム管はコンクリート製の蓋で覆い密閉した後、埋め戻されている。

(5)実施した物理探査技術

埋設に使われているヒューム管は高圧処理したものであり鉄筋コンクリートである可能性が高いため、探査手法として地中レーダ探査と電磁探査を選択し、ヒューム管が埋設されていると推定される範囲をカバーするように調査範囲を設定し、測定を行なった。

(6)物理探査結果

- ・地中レーダ探査により、ヒューム管によるものと考えられる明瞭な反応を得ることができ、ヒューム管の埋設位置を推定することができた。ヒューム管が2列×各15本=計30本が並んでいること、それらは多少ずれて並んでいることが推定できた。
- ・上面深度については、地中レーダ探査により、コンクリート蓋の上面深度が1.3～1.6m(約1.4m)と推定された。
- ・電磁探査でも、ヒューム管が2列に並んで埋設されていることが推定され、地中レーダ探査のクロスチェックの意味で、探査結果の确实度が増した。しかし、トラクター駐車スペースが存在する部分は、地表に存在する金属体(支柱、屋根)の影響を受けて、金属埋設物の識別が困難であった。

埋設地点および探査概要

- ・現地測定実施期間： 2003年1月16～17日
- ・事前の資料調査により推定される埋設状況：
 - 埋設時期： 昭和48(1973)年3月
 - 埋設物： 残留性有機塩素系農薬など
 - 埋設方法：
 - (1) 幅4.4m×長さ33m×深さ3.9mの直方体型に掘削し、床面を砂利等で固め、その上をコンクリートで覆った。
 - (2) コンクリート上に外径2.0m(内径1.8m)×高さ2.4mのヒューム管30本を立てた状態で2列に並べ、床面と管の下部との隙を埋めるために、管の中にコンクリートを流し平らに均した。
 - (3) 管の中にビニール袋を張り、その中に農薬を容器ごと搬入。
 - (4) 管の上部にボンドモルタルを塗布し、その上からコンクリート製の蓋で覆い密閉した後、埋め戻されている。コンクリート蓋上部から地表面までは約1mとされている。
 なお、ヒューム管は高圧処理した特注のものであり、鉄筋が入っている可能性が高い。また、埋設範囲の周囲には、地下水調査用の観測孔が配置されている。
- ・地表の現況： 未舗装道路(平坦)
- ・探査手法および数量：
 - 探査範囲： 本地点では、推定埋設範囲4.4m×33mを中心に、11m×42m範囲を実験範囲とした。
 - ・地中レーダ探査： 0.5m間隔で、40m×19本=計760m
 - ・電磁法探査： 0.5m間隔で、42m×23本=計966m

探査状況

・現地全景



手前がX=0mの基線

・測線配置図

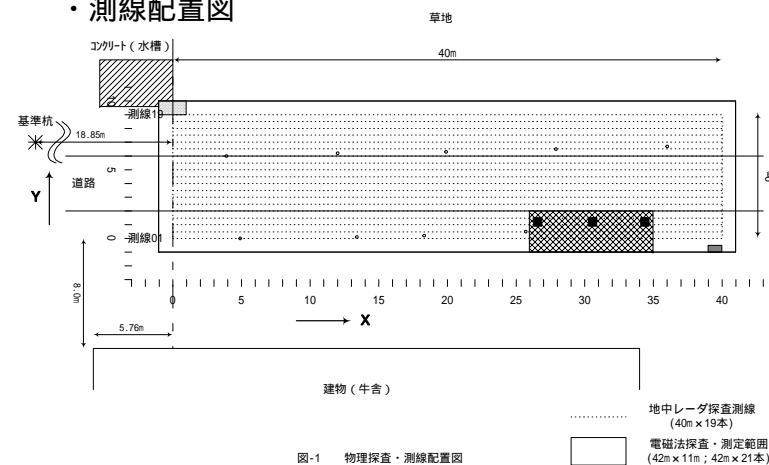


図-1 物理探査・測線配置図

・物理探査の測定状況



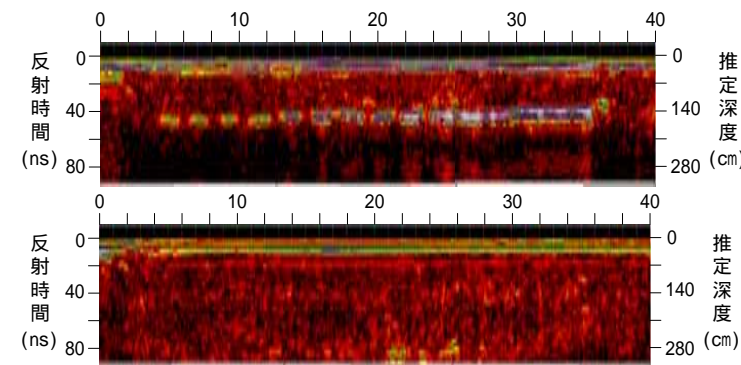
地中レーダ探査(左：測定本部、右：アンテナ部)



電磁探査(測定器 EM61)

探査結果概要

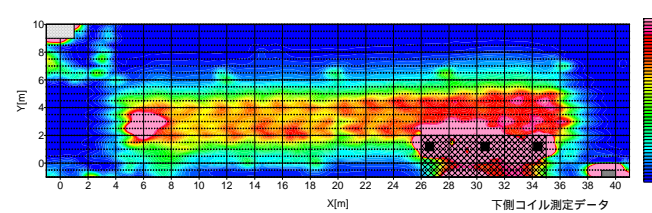
・地中レーダ探査



Y=5m 測線の測定記録
 深度140cm付近に横方向に続く強い反射が認められる。コンクリート蓋上面からの反射と推定される。

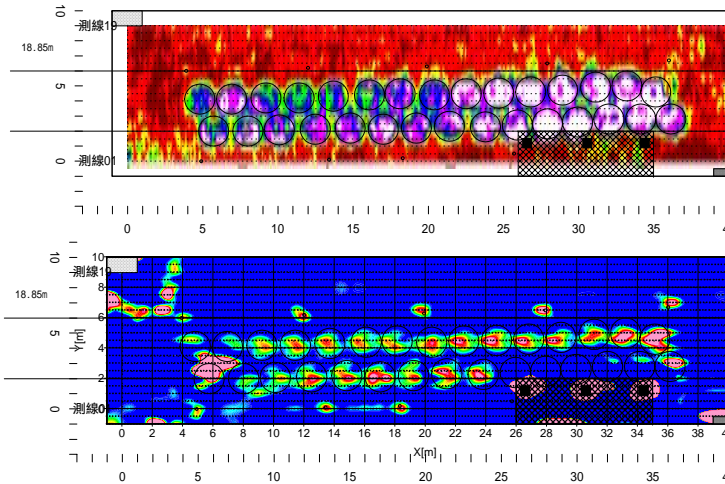
Y=9m 測線の測定記録
 強い反射は特に認められない。

・電磁探査



電磁探査測定結果
 下側コイル測定値の平面分布
 金属体によるものと推定される強い反応が認められる。

・探査結果：



地中レーダ探査結果
 中心深度1.5mの深度スライス断面
 強い反射の部分に円筒形の容器があるものと推定される。直径2mの円として表示。

電磁探査結果
 2m×2mの移動平均除去処理結果
 個々の容器(蓋)の金属反応を捕えているものと推定される。

試掘観察結果との対比

- ・試掘状況： 重機による掘削
- ・試掘結果： 2列×15本=30本
- ・探査結果と試掘結果の対比： 両者は良くあっており、ヒューム管の分布位置を正確に把握することができた。

図4.2.1 調査事例(物理探査の適用実験)