

## 5. 物理探査による埋設地点調査の流れ

『暫定マニュアル』に記されている埋設地点環境調査のうち、物理探査に求められることは、まず第一に、

(1) 埋設物(埋設農薬)の位置、深さを正確に特定すること  
である。現状の『暫定マニュアル』には記されていないが、その他に期待される役割としては、  
(2) 周辺への汚染の有無の推定(汚染の有無を検討するための資料を提供すること)  
である。(2)については、4.1節で述べたように現在のところ適用の可能性が指摘されている段階であり、今後の課題と言える。

この第一の役割に対する物理探査による埋設地点調査の流れは、図 5.1 に示すようになる。Step1～Step3の各項目における留意点や基本的な考え方について述べる。

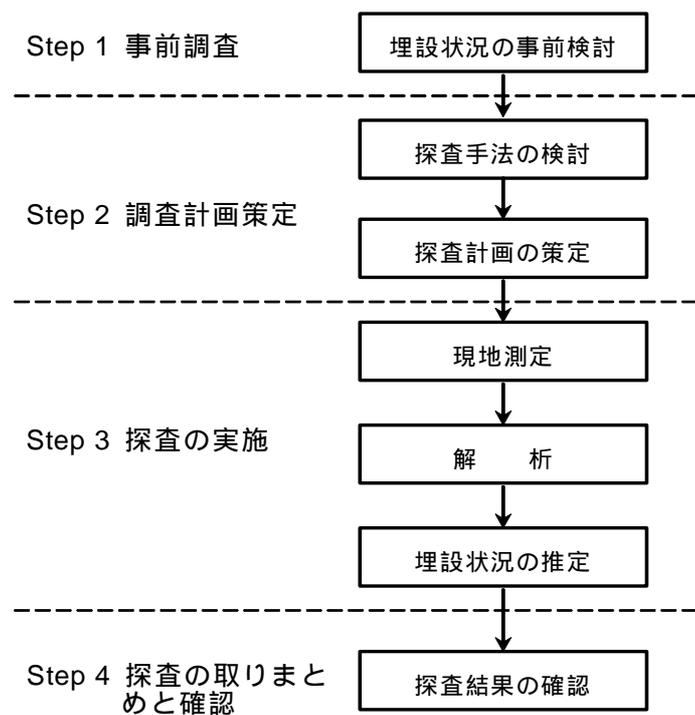


図 5.1 物理探査による埋設地点調査の流れ

## 5.1 埋設状況の事前検討

物理探査を利用した埋設農薬の調査（分布調査）では、図 5.1 に示したように、通常、次のような流れになる。

事前調査（調査計画立案に必要な情報の整理および提示） -> 調査計画策定

-> 探査実施

したがって、調査会社などの調査請負者が調査計画を検討立案する場合には、そのために必要な情報を、物理探査の専門家ではない調査の実施主体である自治体の担当者などが事前に整理し、調査会社などの調査請負者に提示する必要がある。このような事前に整理する必要のある項目、内容についてまとめておくことは、より効率的で質の高い調査を行なうために有効と考えられる。

調査計画を検討立案するために事前に把握しておく必要のある事項としては、大きくは『埋設地点に関する情報』、『埋設状況に関する情報』の2つが挙げられる。これらについて、調査計画検討立案との関係に留意して説明を加える。なお、事前調査では、資料調査、聞取調査、現地調査（踏査）などがある。

### （1）埋設地点に関する情報

・埋設地点の特定がどの程度できているか、埋設範囲は想定できているか、できている場合にはどの程度の範囲か：

-> これらにより、調査範囲の検討、測定の際の測線間隔の検討が可能となる。埋設地点の特定は、調査範囲を検討する上で非常に重要である。

・現在の地表の状況：

-> 地表の状況については、埋設から約 30 年の長い年月が経過しているため、土地の改変がある可能性も推定される。しかしながら、通常は埋設箇所の維持管理が適正に行なわれているものと考えられるので、宅地開発などの大きな土地の改変が行なわれているとは考えにくい。可能性のある地表の状況としては、次の状況などが想定される。

更地（埋設時の状況を維持）、田畑・果樹園内、山林内、管理用地内の道路などの下、  
構造物の下、構造物近傍

このような現在の地表状況を事前に知ることにより、現地測定が可能な物理探査手法を検討することが可能となる。なお、構造物が存在し、その下に埋設されている可能性が考えられる場合には、地表からの物理探査は原理的に実施困難である。また、地表部には探査が実施できる十分なスペースが確保できることが必要である。その他、構造物近傍に埋設されている可能性が考えられる場合には、構造物自体が金属体であったり、構造物基礎が周辺に存在するために、それらの影響を受けて埋設物の探査が困難な場合があるので、それらの状況も把握する必要がある。

・その他の埋設地点に関する情報として、対象地点の地質状況、地下水位などが挙げられる：

-> 地質状況や地下水位を知ることにより、例えば地中レーダ探査の探査深度推定に資するなど、探査手法を検討するための材料となる。

## (2) 埋設状況に関する情報

### ・想定される埋設深度：

-> 物理探査手法によって探査可能な深度は異なるので、物理探査の適用可能性を検討する上で、あらかじめ埋設深度を知ることが重要である。農薬の埋設の場合には地表からの掘削となるため、埋設作業の安全性、効率の面から、一般には地下数m程度の比較的浅い深度に埋設されているものと推定される。農薬の埋設は、地下水位の深い場所を選んで埋設されているものと考えられるが、探査手法によっては地下水の影響で探査不可能となる場合があるので、地下水位の把握も必要である。

### ・埋設規模（埋設量および埋設範囲）：

-> 埋設量に関する情報が得られると、大規模集約型あるいは小規模分散型の埋設規模を推定する手がかりになる。大規模集約型か小規模分散型かの埋設規模を知ることにより、埋設状況の推定ができる。すなわち、大規模集約型では3トン以上をコンクリート容器に入れて埋設しており、小規模分散型では1箇所当たり300kg以内として消石灰で包むように埋設するなどしている。したがって、埋設状況を推定することができ、適した物理探査手法の検討、測線配置の検討において有効な情報となる。

### ・埋設状況：

-> 農薬の埋設状況には、次のものが想定される。

- ・乳剤の場合で、粉剤、粘土粉、消石灰に吸収させて埋設されている場合
- ・農薬の上下および周囲を消石灰で包むようにして埋設されている場合
- ・厚手のビニール袋に入れて埋設されている場合
- ・石油缶などの金属容器に入れて埋設されている場合
- ・大型コンクリート容器（施設）に入れて埋設されている場合（鉄筋および金属製蓋の有無）

これらの埋設状況、特に埋設容器などの材質についての情報を把握することにより、適用可能な探査手法の検討が可能となる。

以上に述べた事項について表形式にまとめ、表 5.1.1 に示すチェックリスト（物理探査の調査計画立案に先立って把握しておく事項）を作成した。

表 5.1.1 チェックリスト（物理探査の調査計画立案に先立って把握しておく事項）

埋設地点の特定		ある程度特定できている			不明				
埋設範囲									
地表の状況		更地	田畑、果樹園など	山林	管理用地内の道路などの舗装下			構造物下	構造物近傍
					アスファルト	無筋コンクリート	鉄筋コンクリート		
埋設深度									
推定埋設量									
地下水位									
周辺の地質状況									
埋設状況による埋設物の推定	埋設規模	大規模集約型			小規模分散型			不明	
	埋設形態または方法	(乳剤等の場合で)粉剤、粘土粉、消石灰に吸収埋設	(粉剤が)消石灰で包まれている	ビニール袋入り	石油缶などの金属容器	大規模埋設 コンクリートのみ(無筋)    鉄筋コンクリートまたは金属製蓋		その他	不明

## 5.2 探査手法の検討

埋設状況に関する事前検討結果を基に、より適した物理探査手法の検討を行なう。埋設物探査によく利用されるのは、地中レーダ探査、電磁探査、磁気探査であり、探査対象物の大きさによっては、電気探査、反射法地震探査、表面波探査、重力探査なども適用の可能性が考えられる。

3.3節、5.1節に述べた内容に基づいて、具体的な探査手法検討の手順について図5.2.1に示すフローを作成した。チェックリスト(表5.1.1)を調査地点に対して作成し、図5.2.1のフローおよび『埋設状況』、『地表の状況』に対する物理探査適用性の表(表3.3.1、3.3.2)を用いることにより、この調査地点の埋設農薬調査に適した探査手法を導くことが可能である。

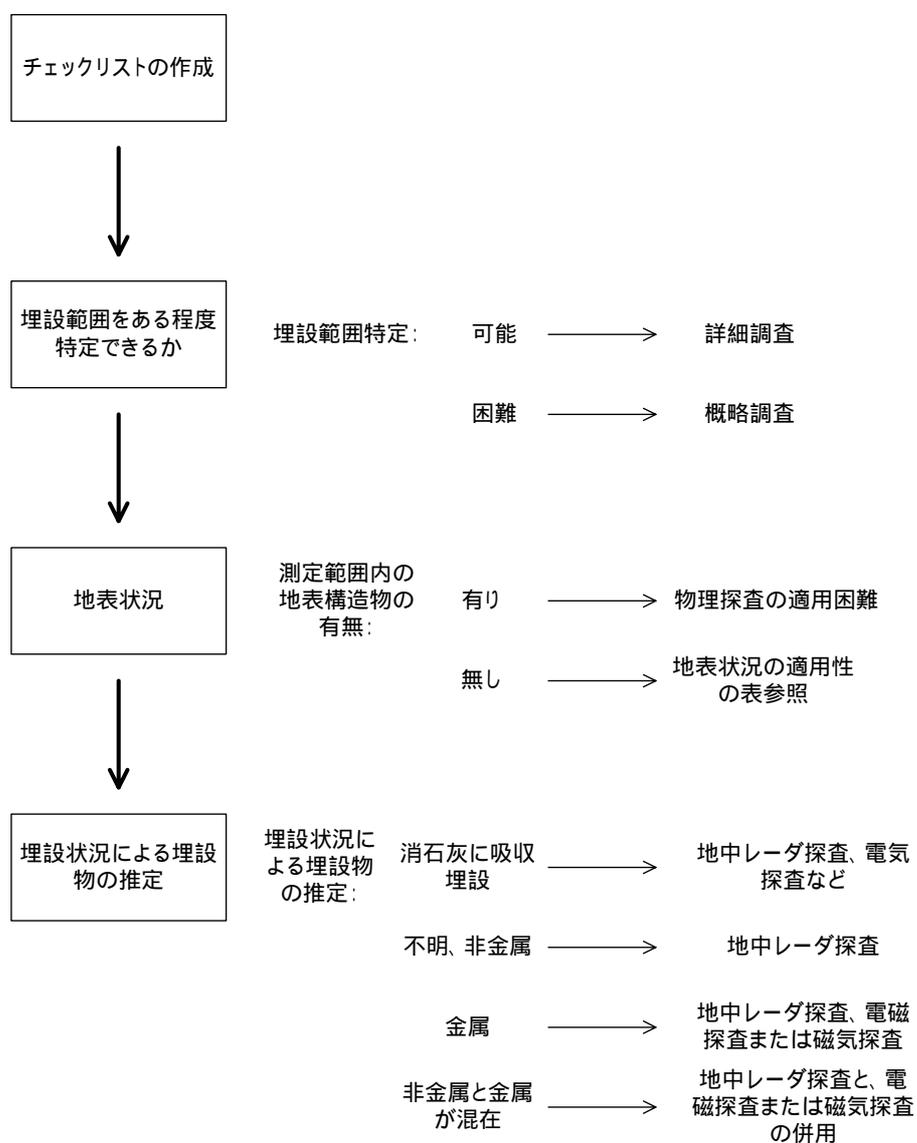


図 5.2.1 埋設農薬調査における物理探査手法検討のフロー

図 5.2.1 の各項目について、留意点などを以下に記す。

- ・埋設範囲（埋設物の平面的な広がり）： 埋設範囲としては数m～数 10m四方のエリアと考えられる。地中レーダ探査、電磁探査、磁気探査の場合には、深度 1～2 m に対しては、50cm 四方程度の大きさであれば探査可能であるので、問題になることは無い。探査対象物の大きさが深度と同程度かそれ以上の場合には、電気探査、反射法地震探査、表面波探査、重力探査も適用の可能性が考えられる。
- ・地表の現況： 地表に構造物がある場合には、その下を探査することは原理的に不可能である。地表面が鉄筋コンクリートで覆われている場合には、電磁探査、磁気探査は適用不可能であり、地中レーダ探査では鉄筋の間隔が広く測定記録に影響を及ぼさない場合のみ、適用の可能性がある。
- ・埋設状況または埋設物の材質： 埋設状況または埋設物の材質によって、適用可能な物理探査手法は異なる。地中レーダ探査は全ての埋設状況に対し適用可能と考えられるが、電磁探査は金属体および周辺地盤と埋設農薬部分の比抵抗コントラストが大きい場合に限り、磁気探査は磁性金属体が探査対象となる。電気探査は周辺地盤と埋設農薬部分の比抵抗コントラストが大きい場合、反射法地震探査、表面波探査は周辺部と埋設部分との速度コントラストが大きい場合、重力探査では周辺部と埋設部分との密度差が大きい場合に、適用の可能性がある。

その他、埋設深度、作業性についても留意する必要がある。

- ・埋設深度： 埋設の上面深度としては、一般には 1～2 m と想定されるので、この場合は埋設物探査によく利用される地中レーダ探査、電磁探査、磁気探査のいずれも、探査深度的には問題が少ない。ただし、地盤の比抵抗が小さい場合には、電磁波の減衰が激しく地中レーダの探査深度が小さくなり、場合によっては 1 m 程度までしか探査できない場合もあるので、注意が必要である。埋設深度が 2 m を越えて数 m に及ぶ場合には、地中レーダ探査、電磁探査、磁気探査では適用困難な場合も十分に考えられる。その場合には、比較的探査深度の大きな、電気探査、反射法地震探査、表面波探査、重力探査の中から、他の条件を考慮して適した手法を検討する必要がある。
- ・作業性： 探査手法を検討する場合には、探査範囲の面積または測定数量と、現地測定が実施可能な期間などに対し、探査手法の作業性を考慮して行なう必要がある。

探査手法の検討では、上記の点に留意することの他に、適用可能性のある複数の手法を用いて探査を行なうことにより、探査結果の高精度化、高品質化を図ることも必要である。例えば、埋設物が金属体であるかどうかは、地中レーダ探査だけでは材質の判断は難しいが、電磁探査または磁気探査を併用することにより、探査対象物が金属体かどうかを判断することが可能となる。

### 5.3 探査計画の策定

探査計画策定では、主として測線配置（方向、間隔など）について検討を行なう。その際に留意すべき点は、以下の内容である。

- ・概略の埋設位置情報： 概略の埋設位置情報の内容によって、探査範囲の設定、概査か精査かなどを決める。すなわち、概略の位置や埋設範囲が判っていれば、それを包含するように探査範囲を設定し、その範囲に対して精査を行なえばよい。しかしながら、これらの情報が不確かな場合には探査範囲をある程度広範囲に設定し、まず概査を行なうことにより精査範囲の絞込みを行なうという、段階的な計画が必要となる。

概査 - (範囲の絞込み) -> 精査

- ・埋設物の分布方向と測線の方向： 埋設物の分布方向が判っている場合には、これと平行な方向および直交する方向の2方向に測線を設定するのが望ましい。しかしながら、十分に密な間隔で測線を設定した場合には、1方向で十分な探査結果が得られる場合が多く、2方向に測線を設定することはオーバースペックになる場合がある。磁気探査では、磁性金属体による正負の磁気異常は地球磁場の方向に現われるので、ほぼ磁北の方向に測線を設定するのが一般的である。
- ・測線間隔について： 概査では、埋設物の概略分布を捕えることが第一の目的であるので、図5.3.1に示すように、埋設物の平面的な大きさ(拡がり)や埋設間隔などを考慮して、測線の間に入ってしまう捕え損なうことが無いように測線間隔を設定することが必要である。精査の場合には、探査手法の特性または測定器の探査可能な幅を考慮して、探査対象を面的にカバーするように測線間隔を設定する必要がある。例えば、地中レーダ探査では、測線毎にアンテナが重なるように測線設定を行なう（アンテナの幅約1 mの場合、50cm～1 m間隔に測線を設定する）。

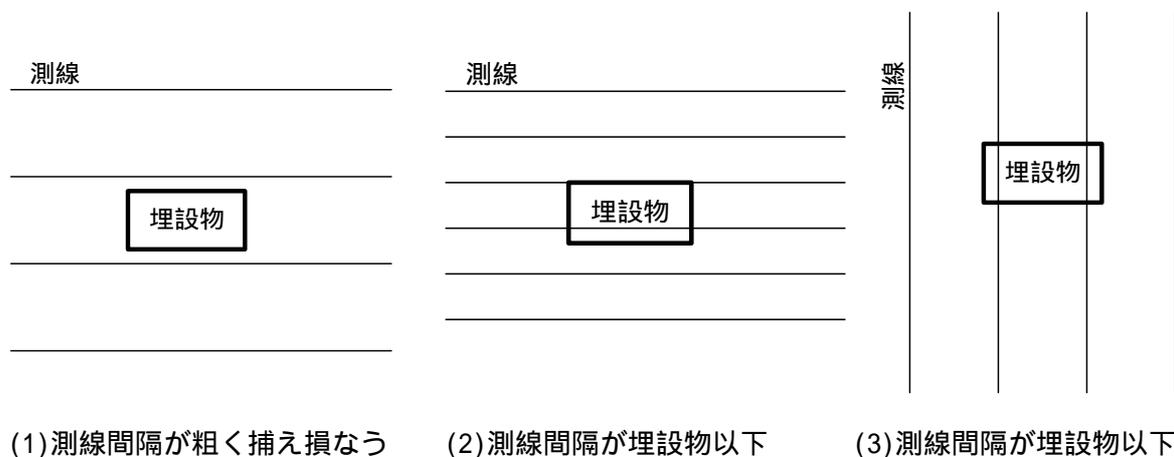


図 5.3.1 埋設物の大きさと測線間隔

## 5.4 現地測定

現地測定においては、下記の点に留意する必要がある。

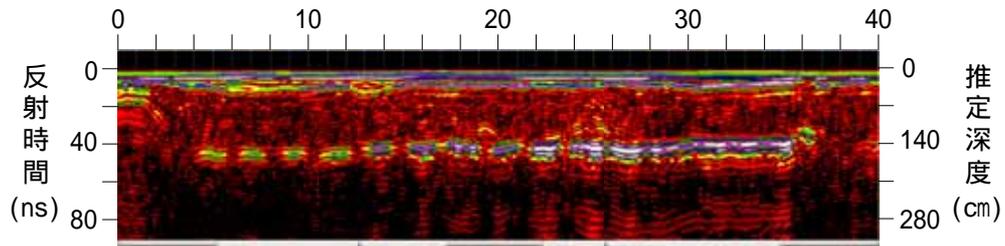
- ・ 現地状況の観察： 事前調査段階で実施している場合が多いが、改めて物理探査を行なう視点から現地状況を観察する。例えば、地表の凹凸、土壌の色や性状、植生などである。
- ・ 測線設定のための測量： 測線の位置座標については、後の掘削時においても容易に位置の決定ができるように、基準点または基準線を決める。
- ・ 現地での解析および追加測定： 地中レーダ探査、電磁探査、磁気探査などのように、現地で概略解析の実施が可能な場合は、携帯型パソコンなどの必要な資材を用意して解析を行ない、埋設物推定範囲の現地マーキングや位置測量などを行なう。また、その結果を基に必要な追加測定を行なって、より精度の高い探査結果が得られるように配慮する。

## 5.5 解析

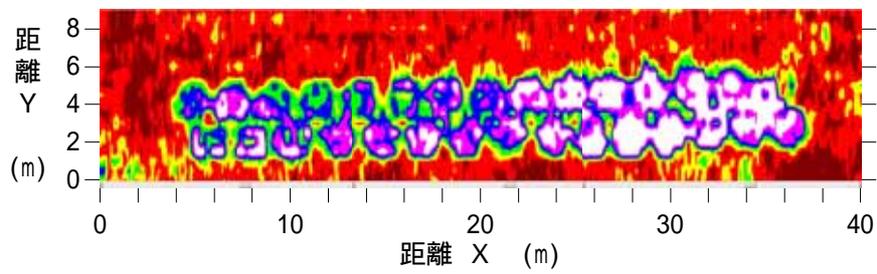
解析においては、下記の点に留意する必要がある。

- ・ 解析結果の表示方法： 地中レーダでは測線間隔を密にして測定を行ない、解析結果としては、2次元深度断面図（深度方向の断面図）だけでなく、深度スライス表示（ある深度の水平断面図）で表わし、探査結果の解釈に供する。また、図 5.5.1 に示すように、必要に応じて3次元キュービック表示などの見やすい表示方法も併用する。
- ・ 電磁探査、磁気探査の解析： 電磁探査や磁気探査では、測定値を平面的に表示して周囲とは値の異なる異常分布を把握し、金属埋設物の分布を推定するものである。解析においては、移動平均処理あるいは移動平均除去処理などの2次元フィルター処理を行なって、異常値分布を求めるようにする。
- ・ 埋設深度の把握： 埋設物の深度を高い精度で求められるのは、地中レーダ探査だけである。深度の精度は、いかに精度良く地盤中での電磁波速度を求めるかにより決まる。地中レーダのシステムには、送信アンテナと受信アンテナが別体のものと、一体化されているものの2種類があり、2アンテナ型のシステムではワイドアングル測定と呼ばれる速度測定を行なうことにより、電磁波速度を求めることができる。1アンテナ型のシステムでは、埋設深度の判っている埋設物を利用して速度を求めるか、土壌サンプルを採取して土壌の比誘電率を求めて速度を求める。

・ 2次元深度断面 (Y=5m)



・ 深度スライス表示 (中心深度 1.5m)



・ 3次元キュービック表示

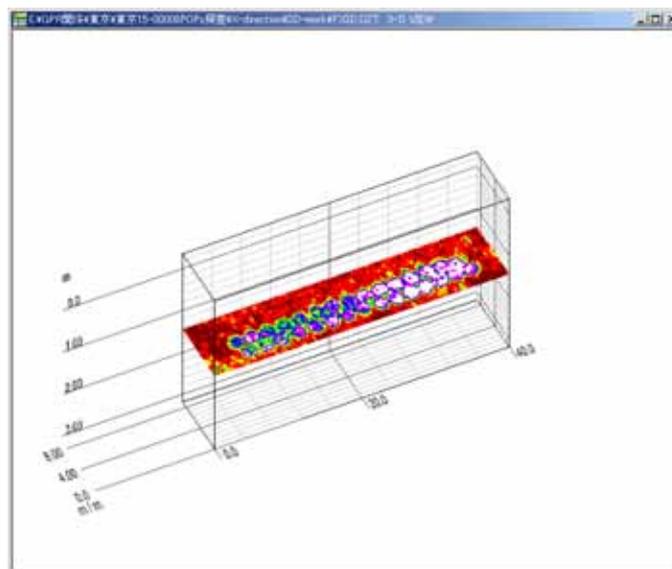


図 5.5.1 地中レーダ探査における 3次元探査の場合の表示方法

## 5.6 埋設状況の推定

探査結果から埋設状況を推定する場合には、次の点に留意して行なう。

- ・ 解釈を行なう場合の基本姿勢： 解析の結果、非常に明瞭な結果が得られれば、解釈において何の問題も無いが、いつもそうとは限らず不明瞭で解釈に苦慮する場合もある。そのような場合には、周囲に比較して何らかの異常がありそうな箇所は指摘するようにし、『疑わしいものは指摘する』姿勢で解釈を行なうようにする。また、資料調査、聞取り調査、現地踏査などの事前調査結果のほか、各測線の解析結果、複数手法の解析結果を基に、相互の關係に矛盾が無いように解釈を行なうことが必要である。