

令和5年度 埋設農薬の探査に関する事業

報告書

令和6年3月

発注機関: 中部森林管理局

実施機関: 国土防災技術株式会社

<はじめに>

本報告書は、中部森林管理局より発注された令和5年度埋設農薬の探査に関する事業の結果についてとりまとめたものである。

本業務では現地調査の実施において岐阜県、下呂市に多大な御協力をいただきました。以上をはじめとする御協力いただきました関係各位に対し、巻頭に当たり厚く御礼申し上げます。

令和6年3月

国土防災技術株式会社

名古屋支店長 下原 甚介

【 目 次 】

1. 業務概要.....	1
1.1 業務名称.....	1
1.2 業務目的.....	1
1.3 業務内容.....	1
1.3.1 業務実施場所.....	1
1.3.2 埋設農薬の状態.....	1
1.3.3 調査項目および数量	1
1.3.4 調査内容.....	1
1.3.5 その他留意事項.....	2
1.4 業務委託期間.....	2
1.5 業務受託機関.....	2
1.6 成果品.....	2
1.7 その他事項.....	3
2. 業務実施方針	4
2.1 現地調査方針.....	4
2.2 安全管理方針.....	4
2.2.1 作業時の飛散防止措置等	4
2.2.2 作業員の安全管理.....	4
2.2.3 周辺環境監視.....	5
2.3 解析	5
2.3.1 地中レーダー探査データ解析	5
2.3.2 探査棒調査データ解析	5
2.3.3 報告書作成.....	5
2.4 協議・打合せ.....	5
3. 地中レーダー探査	7
3.1 現地調査実施日.....	7
3.2 調査方法.....	7
3.2.1 測定原理.....	7
3.2.2 使用機械.....	8
3.2.3 調査方法.....	10
3.2.4 解析方法.....	10
3.2.5 地中レーダー探査における理論検知サイズ	11
3.3 調査結果.....	12
3.3.1 測線設定.....	12
3.3.2 探査数量.....	14
3.3.3 探査結果.....	15
4. 探査棒調査.....	17

4.1	現地調査実施日.....	17
4.2	調査方法.....	17
4.3	調査結果.....	17
5.	土壌調査.....	19
5.1	現地調査実施日.....	19
5.2	調査方法.....	19
5.3	調査結果.....	22
5.3.1	採取した土壌の観察結果.....	22
5.3.2	土壌分析結果.....	29
6.	まとめと考察.....	30
6.1	調査結果まとめ.....	30
6.2	考察.....	30
6.2.1	埋設農薬が確認されなかった原因の推定と解決策の検討.....	30
6.2.2	埋設農薬が周辺環境に与える影響の評価.....	31
7.	追加調査の提案.....	32
7.1	掘削による目視等での確認.....	32
7.2	土壌調査の追加.....	32
7.3	調査範囲の拡大.....	33
7.4	学識経験者への聞き取り調査.....	33

【 図 表 目 次 】

図 2-1	飛散防止措置状況	4
図 3-1	地中レーダー探査測定模式図	7
図 3-2	地中レーダー探査作業手順フロー	10
図 3-3	反射波の波形	10
図 3-4	探査深度および範囲	11
図 3-5	刈払い範囲図	12
図 3-6	測線配置図	13
図 3-7	地中レーダー探査結果	15
図 3-8	反射画像例	16
図 4-1	探査棒調査結果図	18
図 5-1	5 地点混合法による土壌調査のイメージ	19
図 5-2	土壌採取位置図	20
図 7-1	土壌調査のイメージ	32
表 1-1	調査項目および数量	1
表 3-1	地中レーダー探査機器仕様一覧	8
表 3-2	アンテナ周波数ごとの検知サイズ	11
表 3-3	地中レーダー探査数量	14
表 4-1	探査棒調査結果概要	17
表 5-1	分析方法	20
表 5-2	土壌採取諸元一覧	21
表 5-3	土壌分析結果	29

1. 業務概要

1.1 業務名称

令和5年度埋設農薬の探査に関する事業

1.2 業務目的

本業務は、昭和40年代から国有林野内に埋設・管理している除草剤（2,4,5-トリクロロフェノキシ酢酸（以下、「245T」という）系除草剤）の埋設位置・掘削対象範囲を地中レーダー探査等により確認することを目的とする。

1.3 業務内容

1.3.1 業務実施場所

岐阜県下呂市落合国有林内

1.3.2 埋設農薬の状態

昭和40年代に除草剤をセメントと土壌で混和し固形化して土中に埋設・管理されている。

1.3.3 調査項目および数量

本業務の調査項目および数量を表1-1に示す。

表 1-1 調査項目および数量

業務区分	工種	名称	設計数量	実施数量	単位	摘要
一般調査業務	埋設物一般調査業務	地中レーダー測線設定	2.1	2.4	km	1m間隔
		地中レーダー探査測定Ⅰ	2.1	2.3	km	手押し型・周波数350MHz以上
		地中レーダー探査測定Ⅰ（追加）	0.2	0.2	km	地中レーダー探査測定Ⅰの反応範囲
		地中レーダー探査測定Ⅱ	0.1	0.1	km	手押し型・周波数700MHz以上
		探査棒調査	210.0	225.2	m	
		探査棒調査（追加）	450.0	490.2	m	
		土壌試料採取調査	21.0	21.0	箇所	
解析等調査業務	埋設物解析業務	機材準備・跡片付け	1.0	1.0	地区	
		伐開整理等	2100.0	2337.0	m ²	
		現地調査	1.0	1.0	地区	
		地中レーダー解析業務	2.2	2.4	km	地下2mまで
		地中レーダー解析業務（追加）	0.2	0.2	km	
		探査棒解析業務	1.0	1.0	地区	
		探査棒解析業務（追加）	1.0	1.0	地区	
		土壌試料分析	1.0	1.0	地区	
設計・計画業務	埋設物設計業務	作業打合せ申請手続き	1.0	1.0	回	着手前
		報告書作成	1.0	1.0	業務	報告書5部、電子媒体(DVD-R)2部
		打合せ協議	3.0	4.0	回	着手時・中間時・成果物納入時

1.3.4 調査内容

① 地中レーダー探査

調査区域内の傾斜縦断方向1m間隔で横断方向の測線を設定し、その測線上でレーダー探査を行った。

解析結果により、推定される埋設箇所に対し、更に高周波レーダー探査を行った。
ただし、植栽箇所や露岩など明確に埋設が不可能である部分については探査を実施しなかった。

② 簡易貫入試験（探査棒調査）

地中レーダー探査の解析結果により、推定された埋設箇所に対して探査棒による調査を実施した。
探査深度は最大 2.0m とした。

探査後、探査棒先端の臭気を確認し、埋設農薬の有無を判定した。

③ 土壌調査

調査区域内において、土壌試料（21 箇所・5 検体）を採取、分析し、埋設農薬に含まれるダイオキシン類等処理が必要な有害物質及びその濃度を把握した。

④ 資料作成業務

埋設調査路線等図面、断面図、平面図及びレーダー探査、探査棒調査解析等の報告書を作成した。

⑤ その他

作業に当たり支障となる灌木類、下層植生(笹類含む)、転石その他支障となるものは適宜除去した。
また、必要がある場合には協議・手続き等を申し出た。

1.3.5 その他留意事項

- ① 作業に当たっては、埋設農薬等の飛散などにより周辺環境や人体への影響を与えないような措置を講じた。
- ② 作業に当たっては、「ダイオキシン類対策特別措置法」や「埋設農薬調査・掘削等マニュアル（平成 20 年 1 月 17 日、環境省）」（以下、「埋設農薬マニュアル」という）に準拠した。
- ③ 作業の状況は、画像（動画及び静止画）等で記録し、適宜報告した。
- ④ 今後同様の作業を実施するに当たり必要な留意事項等課題があれば、これを提示することとした。

1.4 業務委託期間

令和 5 年 7 月 27 日（木） ～ 令和 6 年 3 月 15 日（金）

1.5 業務受託機関

国土防災技術株式会社名古屋支店
〒465-0025 愛知県名古屋市名東区上社二丁目 148 番地
TEL：052-799-8101

1.6 成果品

- ① 調査報告書（A4 版カラー） 5 部
- ② 電子媒体（DVD-R） 2 部

1.7 その他事項

- ① 打合せは業務着手段階と解析段階、取りまとめ段階のほか、発注者の求めがあった場合は別途実施した。
- ② 発注者に業務の進行状況等を定期的に報告したほか、発注者の求めに応じて報告した。
- ③ 業務目的を達成するため、業務実施状況や進行状況に関して発注者が行う必要な指示に従った。
- ④ 再委託については、事前に中部森林管理局長の承認を得た。
- ⑤ 仕様書に明示されていない事項で業務目的を達成するために必要な作業が生じた場合、発注者と協議を行った。
- ⑥ 本業務により知り得た情報については、地元等への風評被害が発生するおそれがあることや、不特定多数の人が立ち入ることにより適切な埋設管理に支障が生じる懸念等があることから、管理を徹底した。

2. 業務実施方針

2.1 現地調査方針

業務目的を達成するため、業務は以下の方針・手順にて実施する方針とした。

- ① 調査区域内において地中レーダー探査を実施
- ② ①の探査実施中に反応が確認された箇所において探査棒調査を実施
- ③ ①の探査データを室内で詳細に解析
- ④ ③で反応が確認された箇所において地中レーダー追加探査を実施
- ⑤ ④で反応が確認された箇所において探査棒追加調査を実施
- ⑥ 土壤汚染対策法に準じ、調査区域を単位（10m）格子ならびに 30m 格子に区画化
- ⑦ 調査区域内における有害物質の存在状況を面的に把握する目的で、土壤汚染対策法施行規則第 4 条第 3 項第 2 号に準じた方法で土壤試料を採取
- ⑧ ⑦で採取した土壤試料について、245T およびダイオキシン類濃度を分析

2.2 安全管理方針

2.2.1 作業時の飛散防止措置等

土壤試料採取の際には、作業によって漏洩・飛散など汚染を拡大することの無いよう仮囲いを設置した。



図 2-1 飛散防止措置状況

2.2.2 作業員の安全管理

現地調査着手前に全作業員に対して以下の安全確保に関するルールについて周知徹底した。

- ・作業の目的と手順
- ・対象となる農薬の有害性と中毒症状
- ・作業中に農薬等が散乱した場合の対応策
- ・農薬にばく露した場合の対処方法（洗浄等の応急措置等）
- ・天候の急変時の対応

作業員の安全管理については埋設農薬マニュアルに準じ以下の通り実行した。

(1) 安全装備

土壌試料採取作業に当たっては、埋設物を発見した場合に直ちに皮膚接触や吸引を回避できるよう、必要な作業安全装備（農薬を浸透させない作業服・粉塵発生時の安全マスク・手袋・保護眼鏡等）を現場に常備した上で作業に当たった。

(2) 万一身体に異常を感じた場合の事前想定

土壌試料採取中に万一身体に異常を感じた作業員が出た場合は、直ちに作業を中止し、異常を感じた作業員は、医師の診断を仰ぐよう作業前に周知した。なお、応急措置等を講ずるための洗浄水等についても作業箇所に常備した。

2.2.3 周辺環境監視

土壌試料採取中に帯水層が確認された場合には、地下水を対象に毎日1回水素イオン濃度、電気伝導度、塩素イオンの簡易分析を行う準備を講じた。なお、本業務では作業時に帯水層は確認されず、簡易分析を実施する必要性は生じなかった。

2.3 解析

2.3.1 地中レーダー探査データ解析

地中レーダー探査で得られた波形データを解析し、埋設物の可能性がある位置を抽出した。

2.3.2 探査棒調査データ解析

探査棒調査で得られた貫入不能深度データを解析し、地盤状況について解析した。

2.3.3 報告書作成

調査結果を報告書としてとりまとめた。

2.4 協議・打合せ

発注者との打合せは着手時、中間時（現地作業終了時、とりまとめ方針決定時の2回）、納品前（報告書内容確認時）の4回実施した。なお各打合せ前に社内照査を実施し、業務品質を管理した。

各段階における照査項目を以下に示す。

<着手時>

業務着手時に当該業務の基本的な事項を理解・把握しているかを照査した。

- ・ 事業目的、調査項目の理解
- ・ 作業許可等、必要な申請手続き
- ・ 調査内容、方法の確認
- ・ 調査指針、基準等の確認
- ・ 作業実施方針（工程）の確認

<中間時（第一回）>

現地で実施した作業について妥当性を照査した。

- ・ 探査方法の確認

- ・ 探査結果の報告
- ・ 計画工程に対する作業進捗状況

< 中間時（第二回） >

追加調査結果と報告書のとりまとめ方針について妥当性を照査した。

- ・ 追加調査方法の確認
- ・ 周辺土壌の分析結果の妥当性
- ・ 調査結果を受けた考察の妥当性
- ・ とりまとめ方針の妥当性

< 納品前 >

成果品の品質及び妥当性を照査した。

- ・ 現地調査のとりまとめ結果の妥当性
- ・ 報告書全体の妥当性

3. 地中レーダー探査

3.1 現地調査実施日

令和5年9月19日～21日, 11月14日～15日

3.2 調査方法

3.2.1 測定原理

地中レーダー探査模式図を図 3-1 に示す。

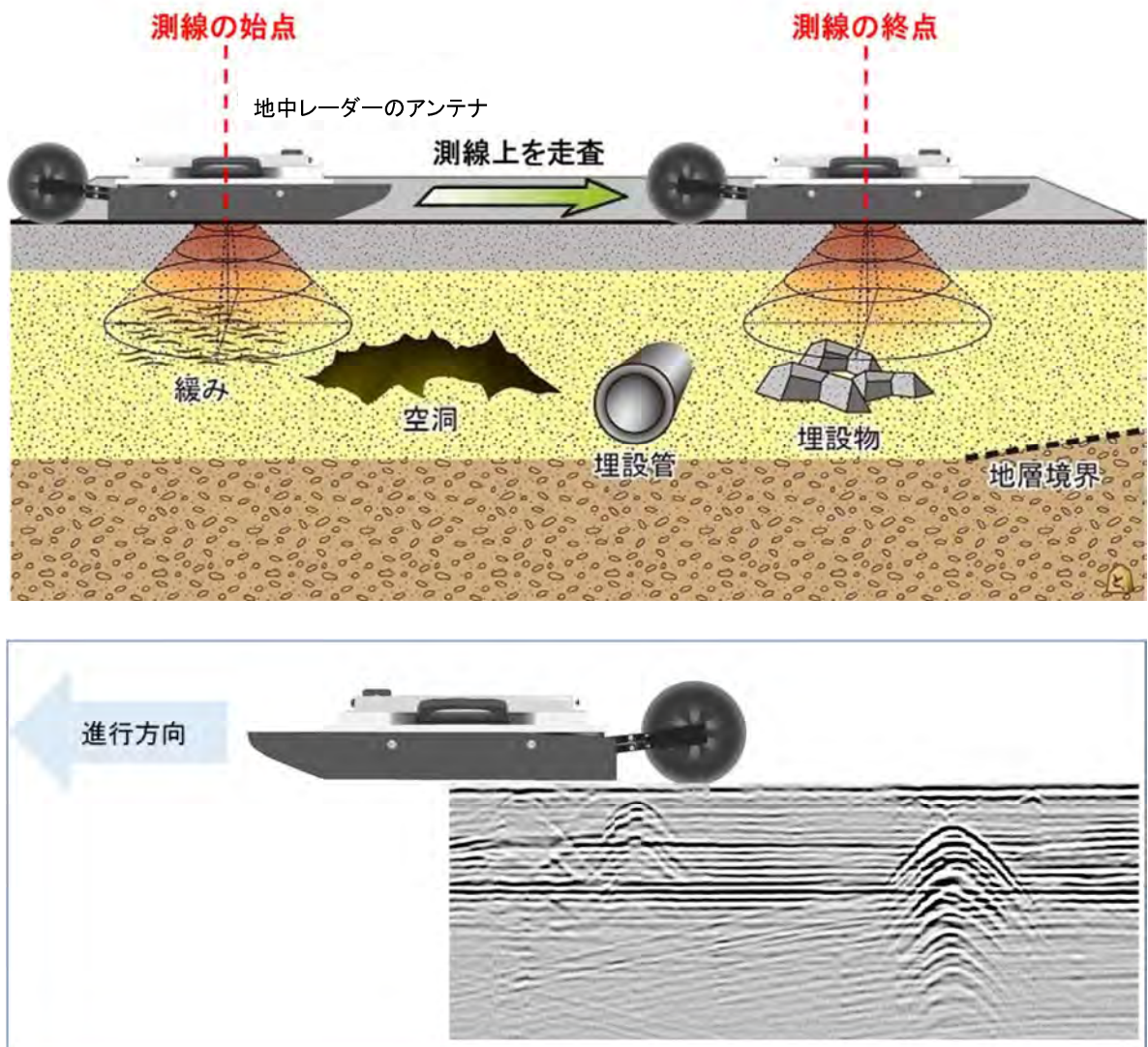


図 3-1 地中レーダー探査測定模式図

地中レーダー探査は、電気的性質の異なる物質からの反射波を利用して地下構造を探査する手法である。アンテナから地下に向けて発射された電磁波（電波）は、伝搬媒体となる土や地層と電気的性質の異なる物質に当たって反射し、地表に出て受信アンテナに到達する。電波の発射から受信アンテナに到達するまでの往復時間から、反射物体までの距離（深度）を求めることができる。この原理により、例えば埋設管、空洞、地下水などの反射物体、または地層の境界面等を二次元の断面図で表わすことができる。

地中レーダー探査は、地下の浅い部分を高い分解能で探査することを目的とするため、パルス幅のきわめて短い数 ns（ナノ秒=10 億分の 1 秒）のパルス送信波が必要とされる。

通常、遠距離用のレーダーの送信波は、搬送波（連続波）のオン／オフによる数 ns のバースト波を利用しているが、搬送波の中心周波数が 1GHz 以上のマイクロ波となり、地表面での反射や地表での減衰が大きくなる。そのため、地中レーダー探査では、搬送波を含まないインパルス波を送信に用いている。

数 ns のインパルス波は、DC～数百 MHz までの周波数成分が分布するため、装置のアンテナとしては特殊な広帯域アンテナを使用している。また、電磁波を地下にのみ放射し、空中へは放射しないようにするためのシールドなどの処置が施されている。

大地の比誘電率を ϵ_r とすると、空気中の電磁波の伝搬速度が $3 \times 10^8 \text{m/s}$ なので、地下における電磁波の速度 V は、

$$V = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

で求められる。

反射物体までの距離 D は、送信時刻と反射波の受信時刻の時間差 T から、

$$D = \frac{1}{2} V \cdot T \quad \text{(m)} \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

の式で求めることができる。

3.2.2 使用機械

地中レーダー探査の機器仕様一覧を表 3-1 に、使用機器写真を写真 3-1 にそれぞれ示す。

今回は 450MHz および 750MHz アンテナを使用した。

表 3-1 地中レーダー探査機器仕様一覧

項目・型式		仕様		メーカー	
MALA GX 450 HDR 750 HDR	アンテナ	アンテナ周波数	450 MHz	750 MHz	MALA Geoscience AB guideline Geo Groupe
		SNR	101 dB	97 dB	
		有効ビット数	16 bit	16 bit	
		処理回数	770 回/s	129 回/s	
		タイムウィンドウ	300ns	75ns	
		稼働時間	5時間	5時間	
		動作電源	12V Li-ionバッテリー		
		消費電流	1.3A		
		計測モード	距離、手動		
		外径寸法 (mm)	430×360×180	375×235×170	
重量	5.5kg	3.6kg			
MALA GX コントローラー	コントローラー	プロセッサ	1.6GHz Intel Atom		
		ディスプレイ	1024×768		
		OS	Linux		
		記録媒体	コンパクトフラッシュメモリー-8GB		
		データ出力解像度	32bit		
		通信	イーサネット、USB3.0、RS232(serial)		
		GPS	内部GPS、外部GPS		
消費電流	内部 12V/20.8Ah Li-ionバッテリー 外部 DC10-15V				



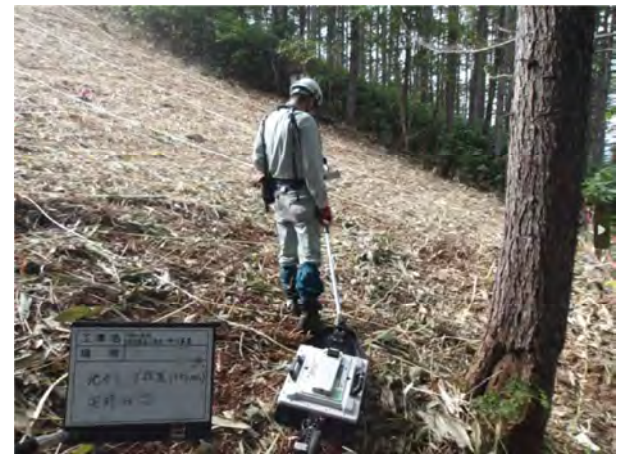
MALA GX コントローラ



MALA GX 450 HDR



MALA GX 750 HDR



MALA GX 450 HDR 測定状況



MALA GX 750 HDR 測定状況



MALA GX 450 追加測定状況

写真 3-1 使用機器写真

3.2.3 調査方法

調査フローを図 3-2 に示す。

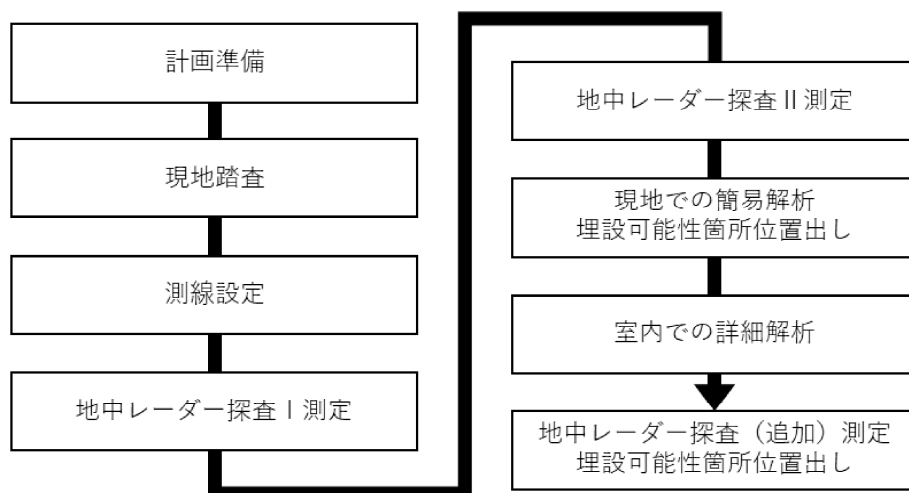


図 3-2 地中レーダー探査作業手順フロー

測線の始点とアンテナの中心が一致するように装置をセットし、測線上を終点側に向かってアンテナを走査した。終点にアンテナの中心が到達した時点で測定を終了した。

3.2.4 解析方法

地中レーダー探査により得られる反射波は、実際には波形として磁気記録される。この記録波形を室内で処理することにより、アンテナ走査下部の地中の状況が断面状の可視記録として表示される。

波形処理した可視記録を図 3-3、探査深度および範囲を図 3-4 にそれぞれ示す。

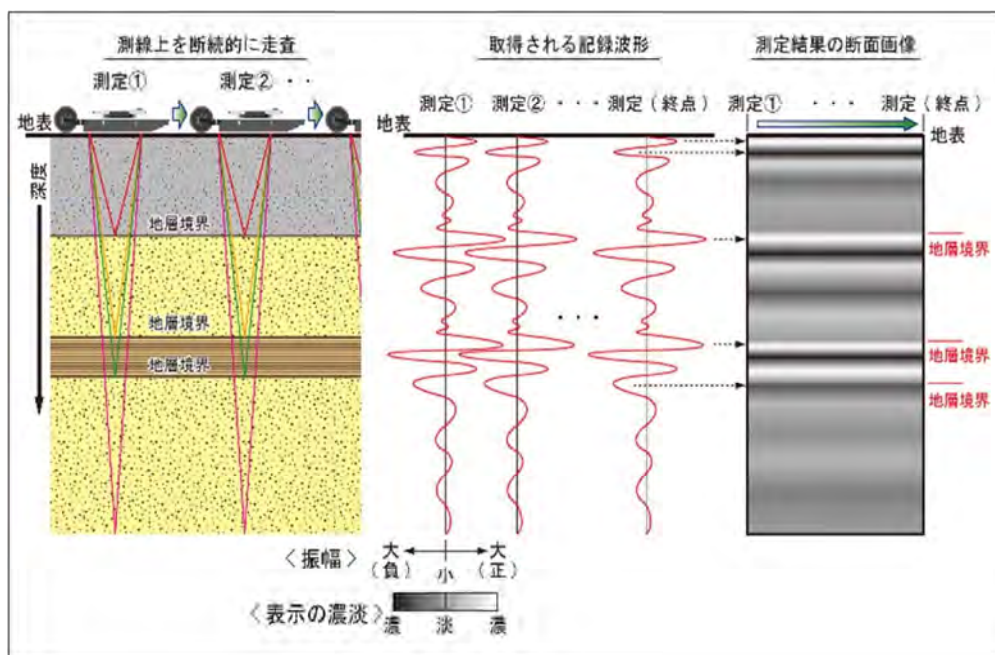


図 3-3 反射波の波形

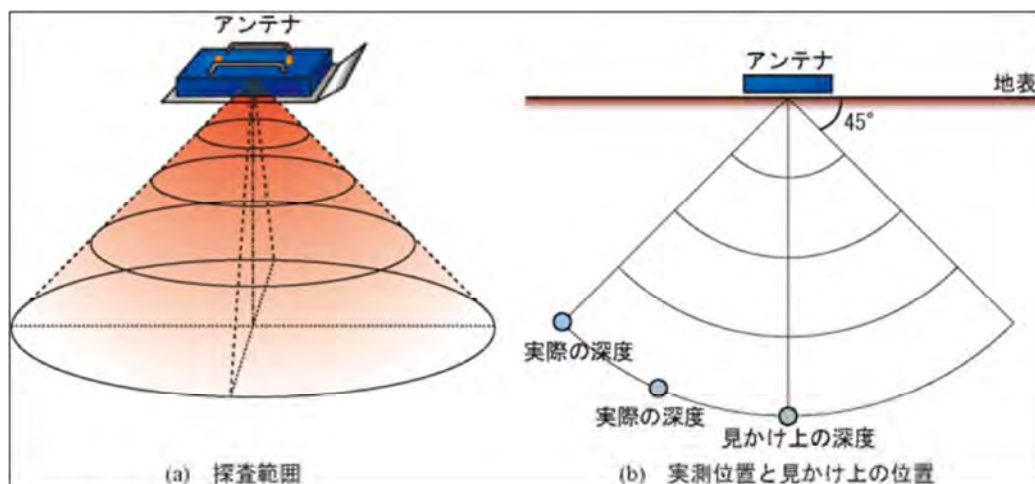


図 3-4 調査深度および範囲

3.2.5 地中レーダー探査における理論検知サイズ

本調査で使用したアンテナ周波数 450MHz, 750MHz における波長と, 波長から求められる理論検知サイズおよび完全透過サイズを表 3-2 に示す。

表 3-2 アンテナ周波数ごとの検知サイズ

アンテナ周波数	波長 (cm)	理論検知サイズ (cm)	完全透過サイズ (cm)
450MHz	19.3	9.7	4.8
750MHz	11.6	5.8	2.9

3.3 調査結果

3.3.1 測線設定

調査地地表面の多くはササ等草本類に被覆されていた。地中レーダー探査時に支障となる被覆草本類については刈払いした。

その後、傾斜縦断方向 1m 間隔で横断方向の測線を 86 本設置した。

刈払い範囲を図 3-5 に、測線配置図を図 3-6 に、現地状況写真を写真 3-2 にそれぞれ示す。



図 3-5 刈払い範囲図

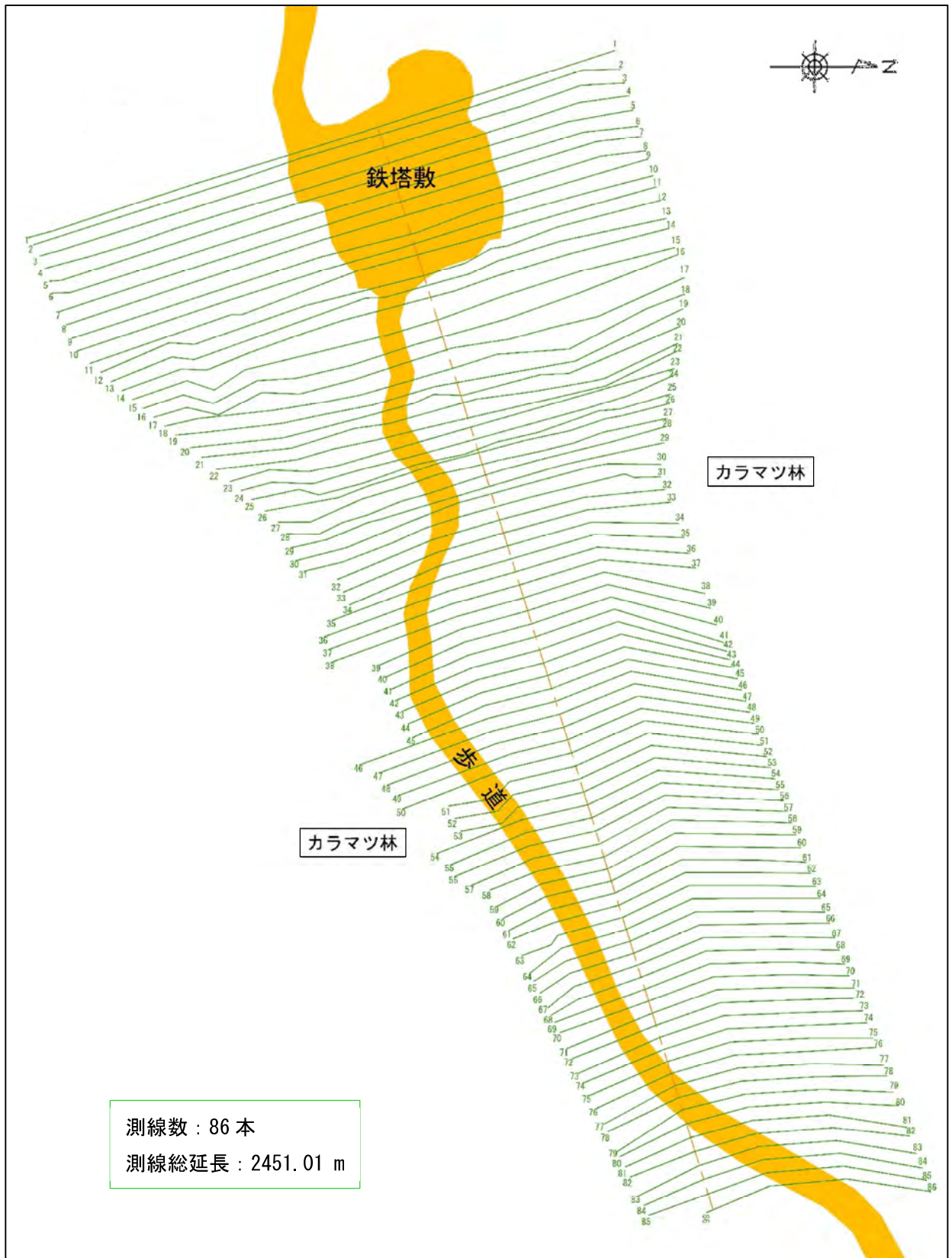


図 3-6 測線配置図

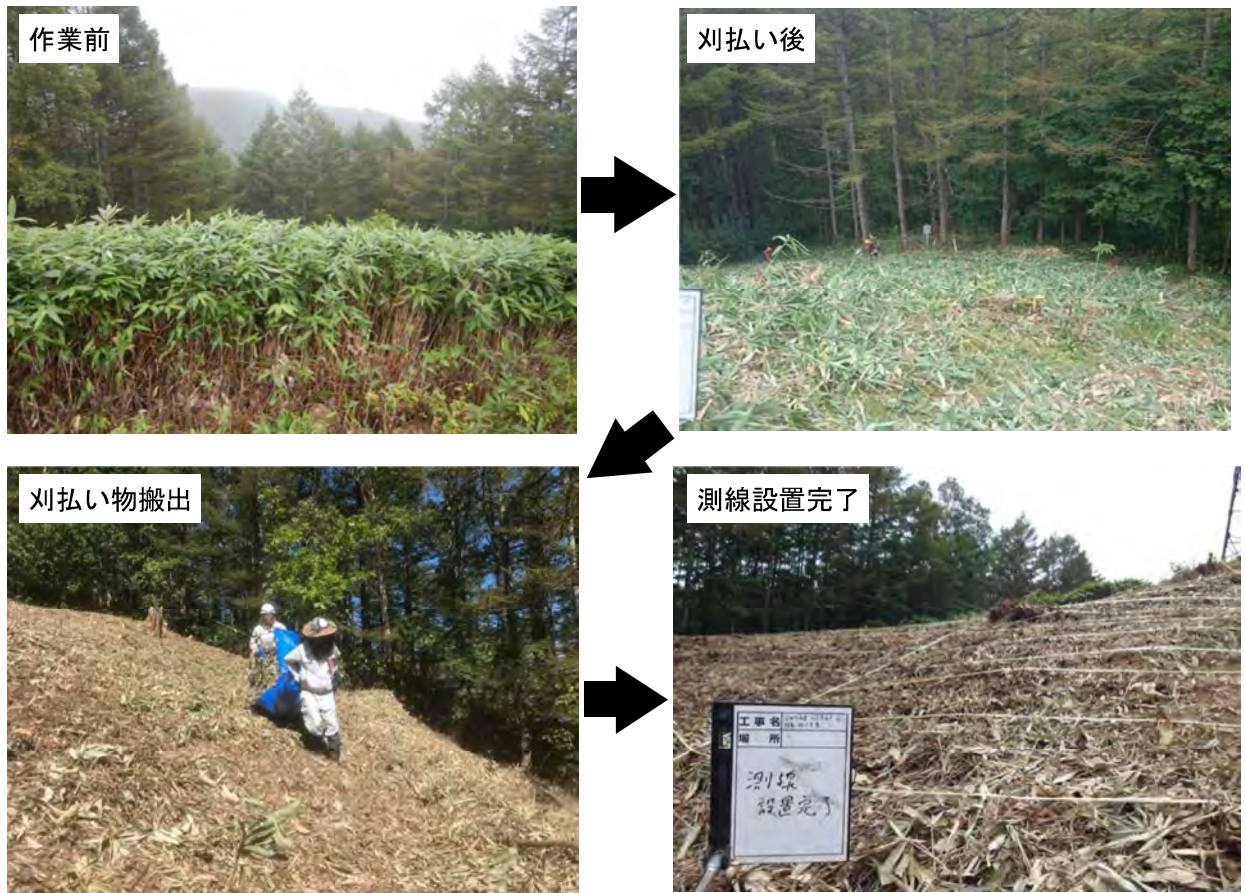


写真 3-2 測線設定状況

3.3.2 探査数量

令和5年9月19日～21日に探査Ⅰ（450MHz）、探査Ⅱ（750MHz）を実施し、探査Ⅰの詳細解析結果を踏まえ令和5年11月14日～15日に探査Ⅰ（追加）（450MHz）を実施した。

地中レーダー探査数量を表3-3に、探査状況写真を写真3-3に示す。

表 3-3 地中レーダー探査数量

NO	調査内容	周波数(MHz)	延長 計	測線数 計	反応箇所数	備 考
1	地中レーダー測線設定	—	2451.01 m	86 測線	—	
2	地中レーダー探査測定Ⅰ	450 MHz	2311.50 m	86 測線	87 箇所	調査対象範囲内では多数の箇所では反応がみられたものの、埋没した凝灰角礫岩の転石の可能性が高い。また、鉄塔敷の部分は反応深度が一定であり、基礎コンクリートが埋没しているとみられる。また、測定Ⅰと測定Ⅱの反応箇所は重複している。
3	地中レーダー解析業務Ⅰ（追加）		231.10 m	59 測線		
4	地中レーダー探査測定Ⅱ	750 MHz	111.50 m	5 測線	4 箇所	



写真 3-3 地中レーダー探査状況

3.3.3 探査結果

GL-2.0m 以浅の反応を整理した探査結果を図 3-7 に示す。

初回調査時における現地解析では、地中における何らかの異物の存在（19 箇所）や地層の乱れ（59 箇所）が示唆された。また、室内で実施した詳細解析により、異物等の可能性がある反応（9 箇所）が追加で確認された。

代表的な反射画像例について図 3-8 に示す。

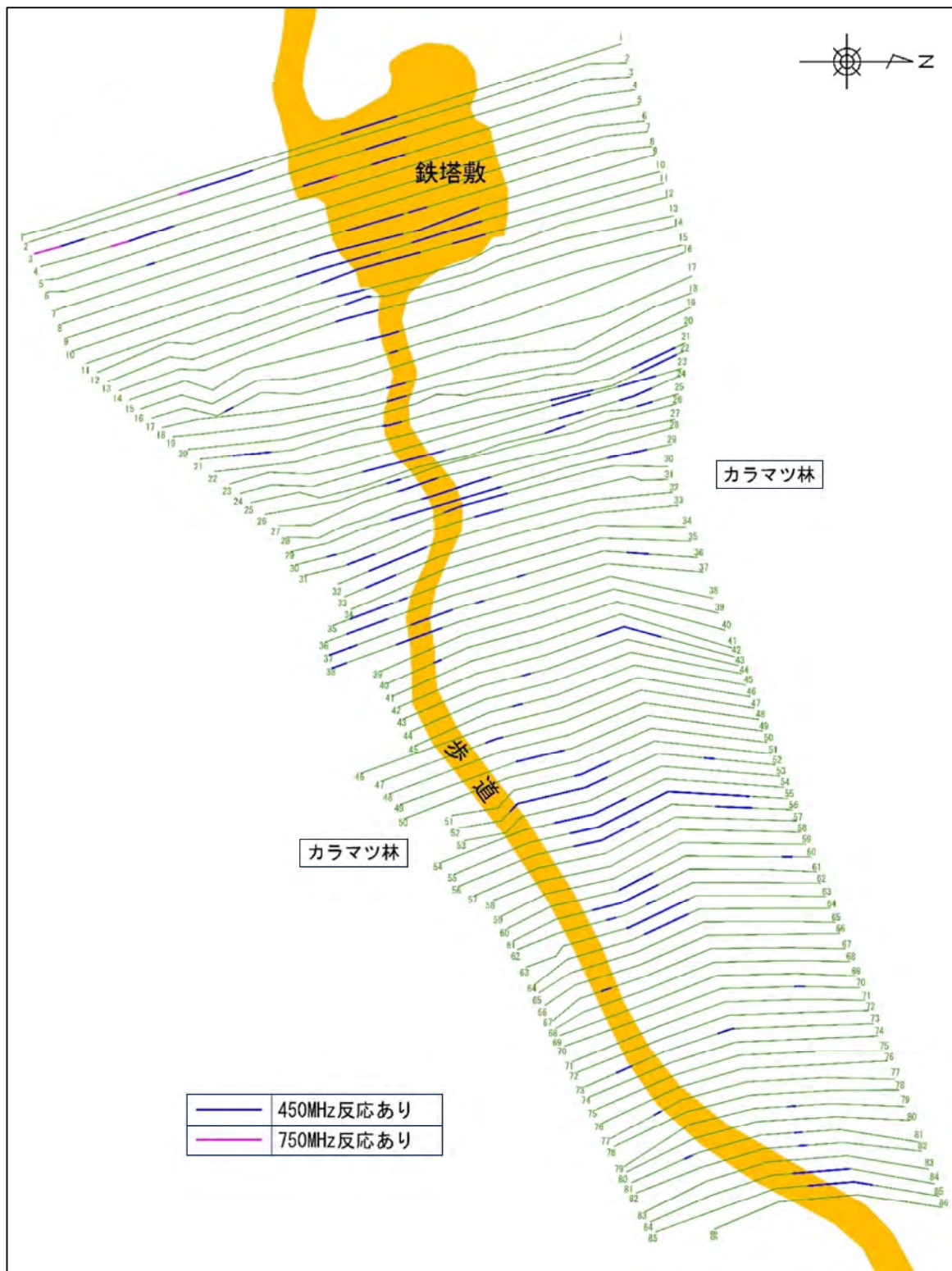


図 3-7 地中レーダー探査結果

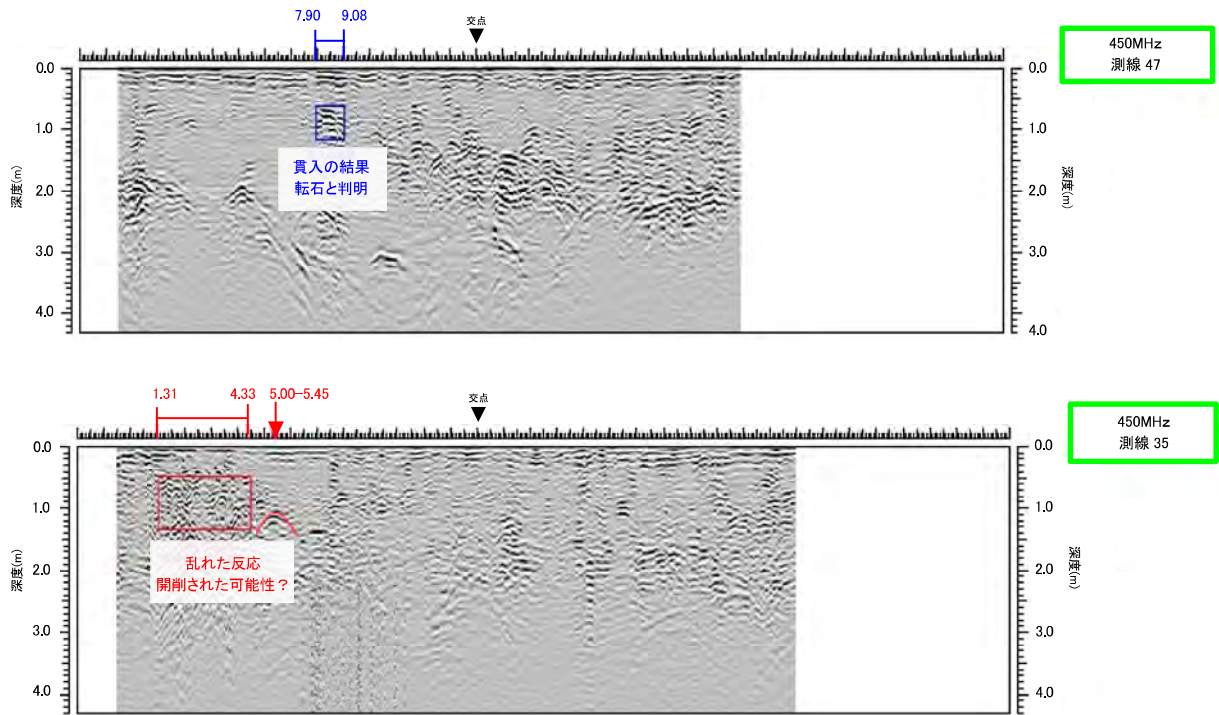


図 3-8 反射画像例

4. 探査棒調査

4.1 現地調査実施日

令和5年9月20日～21日，令和5年11月14日～15日

4.2 調査方法

3章で示した地中レーダー探査で反応が認められた地点（図3-7），および現地確認において地形的に見て過去に掘削された可能性が周囲に比べ相対的に高いと推察された地点において，土質調査で用いられる簡易貫入試験機を用い，GL-2.0m以浅の範囲において人力での貫入探査を実施した。GL-2.0m以浅で不貫となった場合には探査棒先端付着物の臭気を確認し，同地点における埋設農薬の有無を判定した。

探査に用いた簡易貫入試験機および探査実施状況写真を写真4-1に示す。



写真 4-1 使用機材および実施状況

4.3 調査結果

令和5年9月20日～21日に地中レーダー探査Ⅰ，Ⅱの現地解析において埋設の可能性のある反応が確認された箇所（78箇所），および地形的に見て過去に掘削された可能性が周囲に比べ相対的に高いと推察された箇所（100箇所）の計178箇所，令和5年11月14日～15日に地中レーダー探査Ⅰ，Ⅱのデータを詳細解析することで埋設物の可能性のある反応が確認され，かつ地中レーダー探査Ⅰ（追加）で反応が再現されたうち9月に調査されていなかった計415箇所，合計593箇所ですべて探査棒による調査を実施した。なお11月の調査では，地層の乱れと推定される反応が連続的に確認された箇所においては，測線方向0.5mピッチで調査を実施した。

結果概要を表4-1に，探査棒調査結果図を図4-1にそれぞれ示す。本調査において，GL-2.0m以浅で探査棒が不貫となる地点は複数あったが，探査棒先端付着物に異常な臭気は認められず，埋設農薬を確認することはできなかった。

表 4-1 探査棒調査結果概要

NO	調査内容	調査日	調査箇所数	探査延長計	備考
1	探査棒探査	令和5年9月20日	90箇所	105.00 m	臭気のある調査箇所はなかった
2		令和5年9月21日	88箇所	120.20 m	臭気のある調査箇所はなかった
	探査棒探査 計		178箇所	225.20 m	
3	探査棒探査(追加)	令和5年11月14日	77箇所	99.90 m	臭気のある調査箇所はなかった
4		令和5年11月15日	338箇所	390.30 m	臭気のある調査箇所はなかった
	探査棒探査(追加) 計		415箇所	490.20 m	

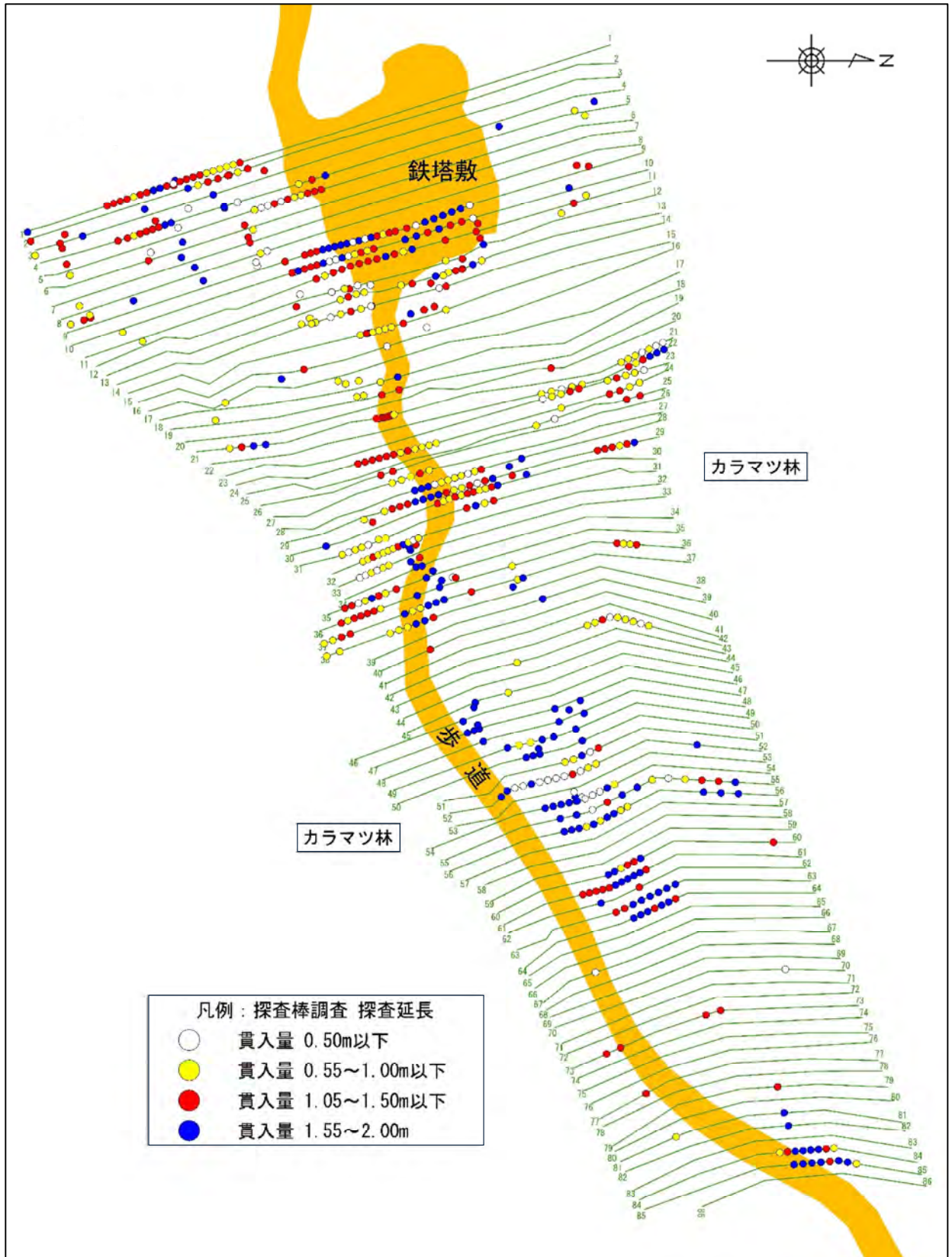


図 4-1 探査棒調査結果図

5. 土壌調査

5.1 現地調査実施日

令和5年11月15日～17日、21日～24日

5.2 調査方法

土壌汚染対策法に準じ、以下の方法（5地点混合法）で調査を実施した。

- ① 調査範囲に10m×10mの格子（以下、「単位格子」という）および30m×30mの格子（以下、「30m格子」という）を設定
- ② 30m格子内に含まれる単位格子が6個以上の場合はそのうち5個の単位格子から、5個以下の場合は全ての単位格子から土壌を採取（計21試料）
- ③ 採取した試料を30m格子ごとに等量混合（計5検体）
- ④ 245Tおよびダイオキシン類の濃度を分析

なお土壌採取地点には、地中レーダー探査結果や現地地形等状況を踏まえ相対的に埋設農薬が存在する可能性が高いと推察される単位格子および同格子内の地点を選定した。また試料は、農薬が埋設されている可能性が高いと推察されるGL-1.0～1.5m（GL-1.5m以浅で掘削不能となった場合は掘削不能深度から上部50cmまでの間）から均一に採取した。

5地点混合法による土壌調査のイメージを図5-1に、設定した単位格子、30m格子と土壌採取地点の位置図を図5-2に、土壌分析方法を表5-1にそれぞれ示す。

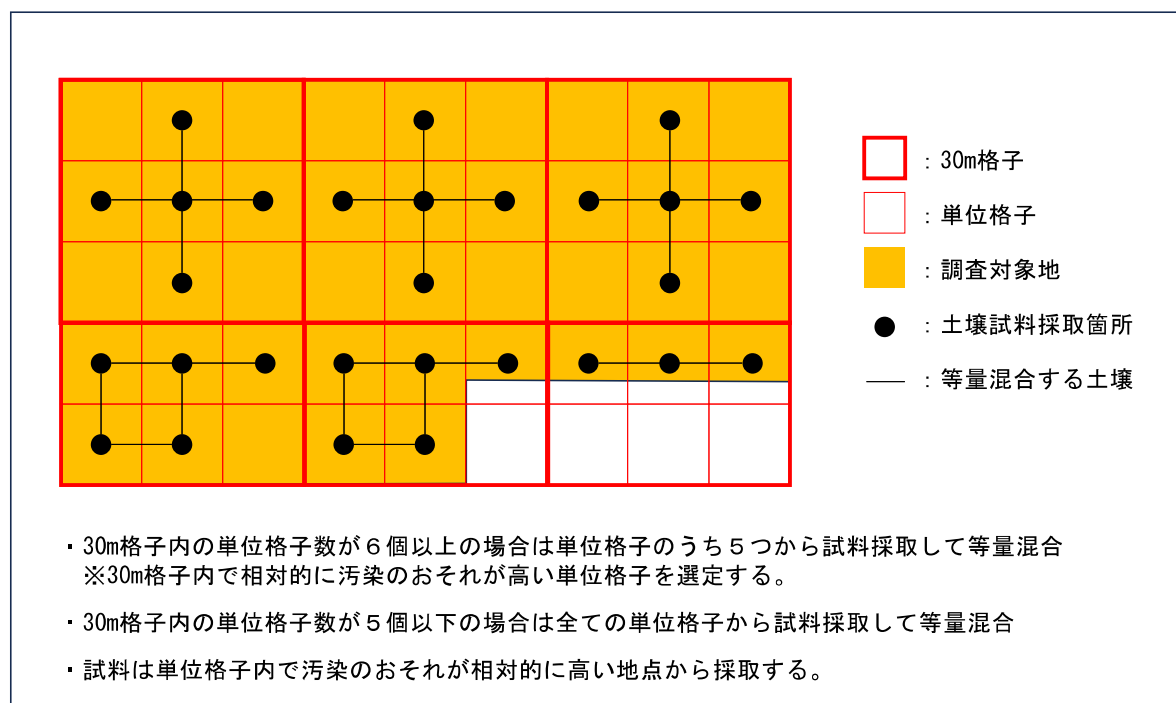


図 5-1 5地点混合法による土壌調査のイメージ

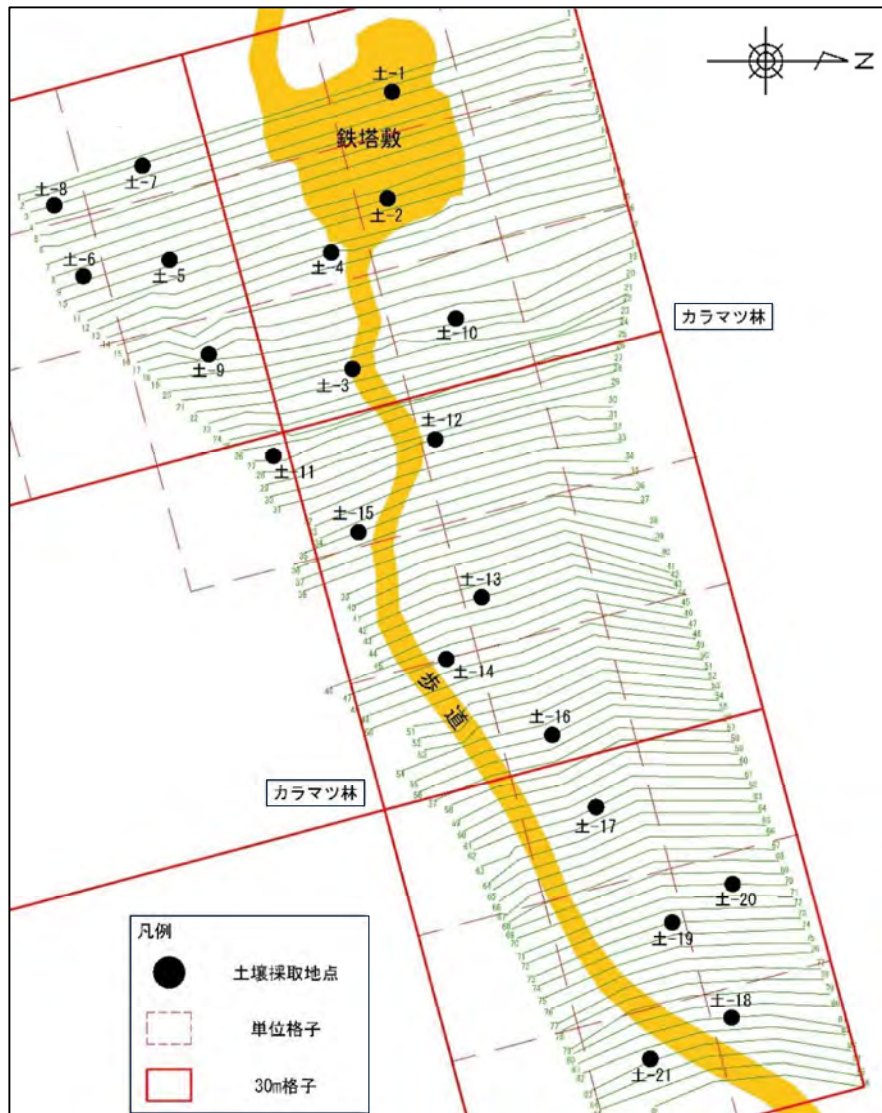


図 5-2 土壤採取位置図

表 5-1 分析方法

項目	分析方法
245T	「農薬等の環境残留実態調査分析法(平成11年10月, 環境庁)」における「IV 土壌編」のフェノキシ酢酸系化合物分析法
ダイオキシン類	ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル(令和4年3月, 環境省)

土壌は地表～GL-0.7m までをダブルスコップで、GL-0.7m 以深は打撃式無水ボーリングにより採取した。なお GL-0.7m 以深では埋設農薬に接触する可能性があることから、周辺環境への飛散防止を目的として仮囲いを行った上で作業を実施した。

土壌採取状況を写真 5-1 に、土壌採取諸元一覧を表 5-2 にそれぞれ示す。

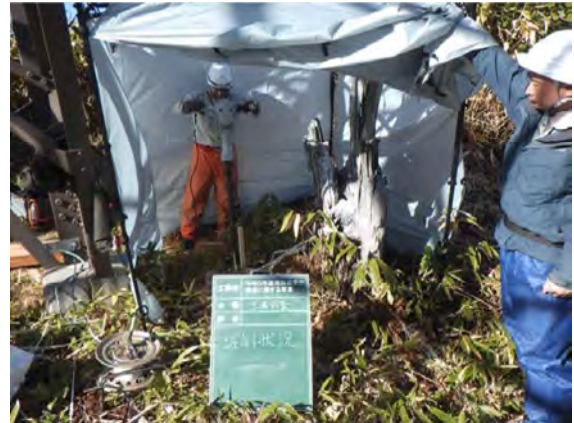


写真 5-1 土壤採取状況

表 5-2 土壤採取諸元一覧

NO	総削孔長	試料採取深度	備考
1	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	5地点混合試料 試料名: 上L
2	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
3	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
4	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
10	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
5	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	5地点混合試料 試料名: 上R
6	GL- 1.15 m	GL- 0.65 m ~ GL- 1.15 m	
7	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
8	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	5地点混合試料 試料名: 中R
9	GL- 1.00 m	GL- 0.50 m ~ GL- 1.00 m	
11	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
12	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	5地点混合試料 試料名: 中L
13	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
14	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
15	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
16	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
17	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	5地点混合試料 試料名: 下L
18	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
19	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
20	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	
21	GL- 1.50 m	GL- 1.00 m ~ GL- 1.50 m	

5.3 調査結果

5.3.1 採取した土壌の観察結果

採取した土壌の写真を写真 5-2～写真 5-8 に示す。

全 21 地点で採取されたのは土壌および自然レキのみであり、埋設農薬は確認されなかった。また、ビニル等の人工物や異臭を放つ物質についても確認されなかった。

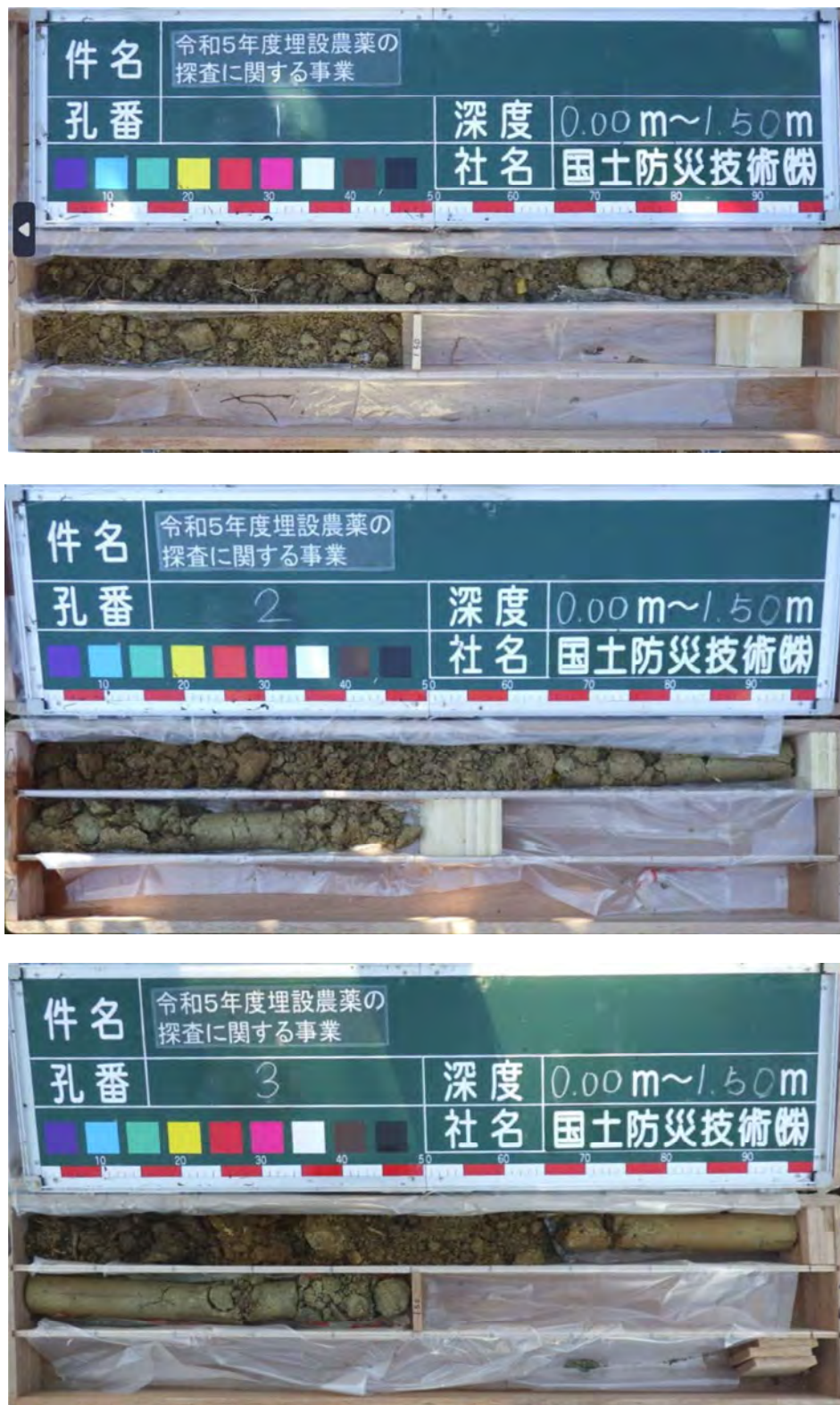


写真 5-2 採取土壌の状況 (1)



写真 5-3 採取土壌の状況 (2)



写真 5-4 採取土壌の状況 (3)



写真 5-5 採取土壌の状況 (4)

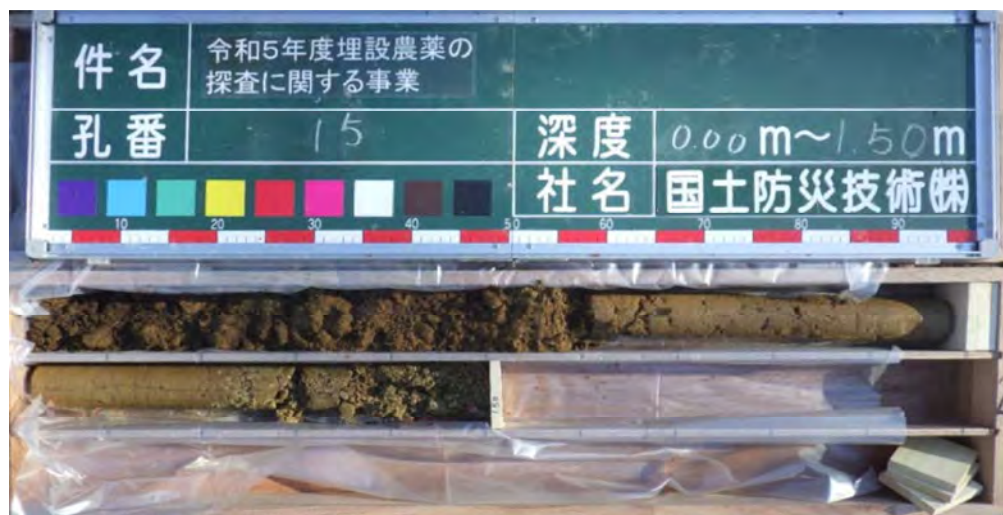


写真 5-6 採取土壌の状況 (5)

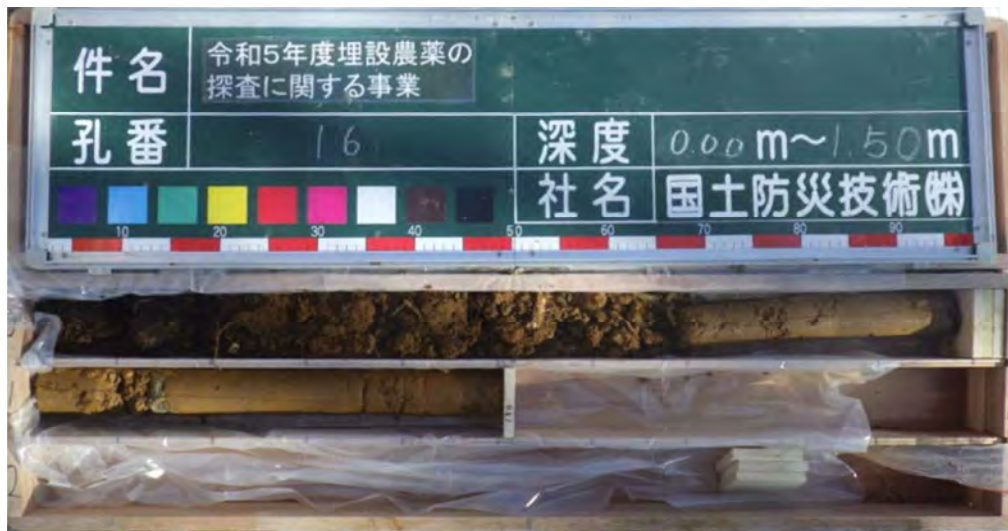


写真 5-7 採取土壌の状況 (6)



写真 5-8 採取土壌の状況 (7)

5.3.2 土壌分析結果

土壌分析結果を表 5-3 に示す。

245T は全検体で不検出 (< 10 μ g/kg), ダイオキシン類は土壌基準 1,000pg-TEQ/g-dry に対し 0 ~0.0072pg-TEQ/g-dry であった。なお 245T 由来のダイオキシンは, 245T 中に不純物として含まれる 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾジオキシン (以下, 「2,3,7,8-TeCDD」という) であるとされているが¹, 2,3,7,8-TeCDD については全検体で不検出 (< 0.8pg/g-dry) であった。

以上より, 現時点で調査対象地内において埋設農薬に起因する土壌環境影響は発生していないと考えられる。

表 5-3 土壌分析結果

項目	単位	土壌基準値	上R	上L	中L	中R	下L
245T	μ g/kg	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
ダイオキシン類	pg-TEQ/g-dry	1,000	0	0.0036	0.0072	0	0.00015
※2,3,7,8-TeCDD	pg/g-dry	-	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8

¹ 農薬のダイオキシン不純物, 廃棄物学会誌, Vol.13, No.5, pp.247-254, 202

6. まとめと考察

6.1 調査結果まとめ

前章までに記載した本業務で得られた結果を以下に整理する。

- ・ 地中レーダー探査により，調査地内の 19 箇所地中の異物，59 箇所地層の乱れと推察される反応，9 箇所その他埋設に起因する可能性がある反応を確認した。
- ・ 上記箇所を含む 593 箇所実施した探査棒による調査では，いずれの箇所でも異常な臭気は確認されなかった。
- ・ 土壌汚染対策法に準じた方法で選定した地点で掘削採取した土壌から，埋設農薬やビニル等の人工物，異臭を放つ物質は確認されなかった。
- ・ 上記で採取した土壌から 245T やそれに不純物として含まれる 2, 3, 7, 8-TeCDD は検出されず，ダイオキシン類濃度も 0~0.0072 pg-TEQ/g-dry と土壌基準 (1,000pg-TEQ/g-dr) を大きく下回った。



- 調査地から埋設農薬は確認されなかった。
- 埋設農薬による対象地内土壌への環境影響は確認されなかった。

6.2 考察

6.2.1 埋設農薬が確認されなかった原因の推定と解決策の検討

本業務において埋設農薬が確認されなかった原因について，以下に推察する。

(1) 地中レーダーで検知できなかった

地中レーダーは，地表から電磁波を照射し，地下で土壌と電氣的性質の異なる物質に当たって反射した電磁波を地表のアンテナで受信することで地中の異物を探査する手法である。よって，探査対象物質が伝搬媒体である土壌と近い性状である場合，両者に電氣的性質の差異もなく，結果として検知できないこととなる。

既往報告¹によると，対象の農薬は昭和 46 年 11 月に現地土壌とセメント，水と混合した後，ビニルで包んで埋設されている。現地土壌の混合量次第では，混合物の物性が現地土壌に近いものとなり，結果として地中レーダーで検知できなかった可能性がある。

(2) 探査棒調査で検知できなかった

探査棒による調査は，埋設された農薬が地中で完全に固化し，かつ異常な臭気を有することを想定して実施している。

埋設された農薬の固化強度が探査棒で貫通できる程度であった場合には，探査により埋設農薬を検

¹ 「令和 3 年度 埋設農薬の管理に関する調査委託事業 報告書 (令和 4 年 3 月，林野庁)」

知することは困難である。

また既往報告²において、他の箇所でも埋設された農薬の位置を探査棒で調査した際、探査棒先端付着物から強い異臭が確認されたとあるが、農薬の種類や成分、埋設時に混合した土壌等の量、埋設環境によっては臭気が無い、もしくは人の嗅覚で確認できないレベルに減衰している可能性も払拭できない。この場合についても探査棒による調査では検知することは困難となる。

(3) 調査対象地に埋設されていない

埋設は現在から50年以上前の昭和46年(1971年)に実施されている。当時は簡易に測位できるGPSの運用前(1993年運用開始)であり、正確な位置情報は残っていない。また、昭和60年(1985年)に注意喚起標識等が設置されたが、既に埋設後10年以上が経過しており、埋設箇所の正確な再現は困難であった可能性がある。よって農薬が調査対象地から外れた箇所に埋設されている可能性も払拭できない。

6.2.2 埋設農薬が周辺環境に与える影響の評価

地中レーダー探査および探査棒調査で埋設位置が特定できなかったため、有害物質の存在状況を面的に把握する目的で、土壌汚染対策法施行規則第4条第3項第2号に準じた方法で土壌試料を採取し、245Tおよびダイオキシン類の分析を実施した。245Tについては土壌や廃棄物等の基準値は設定されていないが、全試料不検出であった。ダイオキシン類の濃度については土壌基準を大きく下回っており、かつ245T由来の2,3,7,8-TeCDDは検出されなかった。この結果から、現状、調査対象地において245Tを含む農薬に起因する環境影響は認められないと評価される。

ただ本調査地においては、農薬が土壌調査対象地から外れた箇所に埋設されている可能性も払拭できないため、引き続き埋設農薬の発見に向けて調査を継続することが望ましい。

なお、土壌汚染対策法では、同様の調査を実施して基準を超過する有害物質が確認されなかった場合には、調査対象とした有害物質に起因する土壌汚染はないものと判定とされ、以降の調査は不要となる。

² 「令和4年度 埋設農薬の掘削処理に関する事業 報告書(令和5年3月、林野庁)」

7. 追加調査の提案

現時点において、地中の小物体を探索する方法として地中レーダー探索以上に適した物理探索技術は実用化されていないと考えられる。よって現状では、探査できない可能性を踏まえつつもあくまで地中レーダー探索を基軸に調査計画を策定することとなる。

有効と考えられる追加調査を以下に示す。

7.1 掘削による目視等での確認

本業務において地中レーダー探査で埋設物の可能性がある反応を示した 593 地点について、探査棒調査では埋設農薬の確認には至らなかった。ただ、前章で記載した通り同地点に埋設されていても検知できなかった可能性もあるため、存在しないことを完全には確認できてはいないといえる。よって同地点において掘削を行い、目視及び臭気により埋設農薬の有無を確認することが望ましい。特に GL-2.0m 以浅で何らかの異物により探査棒が不貫となった 507 箇所については、実際に掘削し、不貫となった原因を目視にて確認することが望ましい。ただし、重機を用いてのトレンチ掘削など斜面形状を改変するような規模で掘削を実施する場合には、斜面の崩壊を招く危険性もあることから、事前に斜面安定性に係る調査を行った上で掘削の規模や手順を慎重に決定する必要がある。

ボーリング等スポット掘削による確認は斜面の不安定化の懸念もなく有効な方法であるが、全地点でのボーリング調査には多大な費用と時間を要するため現実的ではない。簡易かつ安価なスポット掘削方法としてはダブルスコップによる人力掘削が挙げられる。同方法で掘削可能な深度は GL-0.7m 以浅であり、それ以深については確認不可となるが、本年度の探査棒調査において GL-0.7m 以浅で不貫となった 122 箇所に限れば最も有効かつ現実的な方法として挙げられる。

7.2 土壌調査の追加

本業務では、土壌汚染対策法に準じ、30m 格子内の 5 つの単位格子から土壌を採取・混合して 245T およびダイオキシン類の濃度を分析し、埋設農薬に起因する土壌環境への影響が発生していないことを確認した。ただし、ダイオキシン類については土壌中での移動性が極めて小さいことから、30m 格子内で試料採取対象とならなかった残り 4 つの単位格子内に埋設されていた場合、今年度の調査では検知できていない可能性がある。よって、本業務で採取対象としなかった単位格子において土壌を採取し、30m 格子ごとの混合試料を対象に 245T とダイオキシン類の濃度分析を実施することが望ましい。

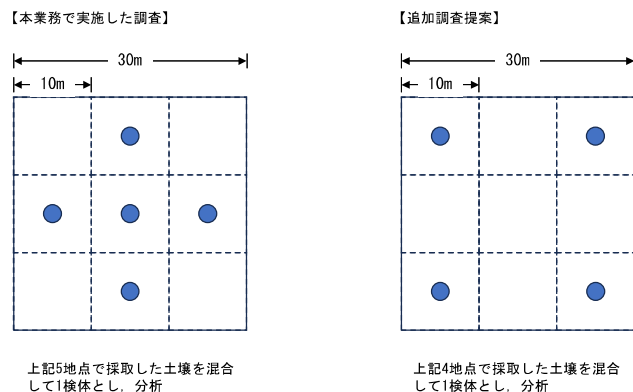


図 7-1 土壌調査のイメージ

7.3 調査範囲の拡大

本業務で調査対象となっているのは、埋設標識の位置等から埋設された可能性が相対的に高いと判定された範囲である。前章で記載した通り、埋設当時においては埋設位置を正確に把握することは困難であり、本調査対象地から外れた箇所に埋設された可能性も払拭できない。よって、調査範囲を拡大して本業務と同様の調査を実施することも検討すべきと考えられる。

7.4 学識経験者への聞き取り調査

追加調査を実施して埋設農薬の発見に至ることが最も望ましいものの、前章で記載した通り、そもそも地中レーダーで検知できない状態で土中に存在する場合には発見できる可能性は小さいと想定される。その場合には、調査で得られた結果を総合的に踏まえ、埋設農薬が将来的に周辺環境へ及ぼす影響の有無やそれに応じて求められる対応等について、学識経験者から意見を聴取し、今後の取り組みに生かしていくことが望ましい。