

## ダイレクトセンシングによる土壌・地下水汚染の調査

地盤環境エンジニアリング㈱ ○遠藤 康仁  
高木 一成

## 1. はじめに

ダイレクトセンシングは、海外で開発された技術で、土壌コアを採取することなく、現場で汚染状況や地質状況を迅速に把握するための技術である。測定結果をリアルタイムで確認することができ、短期間に汚染源の絞り込みを行う場合には特に有効である。国内では10年ほどまえから利用され始め、その実績も増えているが<sup>1)2)</sup>、ダイレクトセンシングによる環境調査の報告事例は少ない。

昨年の技術フォーラムで筆者らはダイレクトセンシングのひとつである膜界面サンプリング分析法の MIP (Membrane Interface Probe) システムの導電率を用いた地層判定の事例について発表を行った<sup>3)</sup>。本稿では揮発性有機化合物 (VOC) による土壌汚染を対象とした MIP の測定事例と有効性についてまとめた。

## 2. MIP システムの概要

「地盤調査の方法と解説」には、電気式コーン貫入試験の多機能化コーンのひとつとして膜界面サンプリング・測定システムを紹介している<sup>4)</sup>。また環境省の油汚染対策ガイドラインには膜界面サンプリング分析法として示されている<sup>5)</sup>。

MIP システムは、探査プローブ (図-1参照)、深度計測装置 (ストリングポット)、ヒータッドトランクライン、MIP コントローラー、トランクラインコントローラー、フィールドコンピューターおよび検出器で構成される。検出器は PID (光イオン化検出器) や FID (水素炎イオン化検出器) など対象とする汚染物質によって切り替え、複数接続することも可能である。

測定する際は、打撃式ボーリングマシンを使用し、探査プローブを地中に打ち込みながら調査を行う。N 値30~40程度 (局所的に N 値50) の地層でも調査は可能である。

探査プローブの側面には、接触面を熱するためのヒーターと VOC を探査プローブの内部に取り込むためのメンブレンフィルターが取り付けられている。ヒーターは 80℃~125℃に設定されており、接触面付近の VOC の揮発を促す。メンブレンフィルターは、水は通さないが、揮発したガスは通す半透膜である。揮発した VOC はメンブレンフィルターから探査プローブ内部を流れるキャリアガス (窒素) に取り込まれ、キャリアガスによって検出器まで運ばれる。探査プローブから検出器まではヒータッドトランクラインで繋がれ、この中をキャリアガスが流れる。このトランクラインの全長にはヒーターが備

わっており、トランクラインを熱することによって (約 100℃)、キャリアガスチューブ内に VOC が滞留あるいは吸着することを防いでいる。

検出器は、ほぼ連続的に地層中の PID 反応値 (全 VOC 濃度に相当) を測定することができる。なお、このシステムは成分の同定はできず、VOC の総量を測定することとなる。汚染物質を同定または定量する場合は、別途、コアボーリングが必要となる。

探査プローブの先端部には、土壌の導電率を測定するための電極が備わっている。この電極により、リアルタイムで地層の判定を行うことができる。一般的な導電率は、砂質土で低く、粒径の小さな粘性土で高い。

掘進速度は、地盤と探査プローブの接触時間を均一にするため、通常約 1.2m/min である。

MIP による測定結果はフィールドコンピューターでリアルタイムで確認することができる。測定結果は、深度毎に PID 反応値や地盤の導電率のほか、掘進速度、探査プローブのヒーター温度について、連続的に記録される。なお、測定結果はエクセル形式等に出力することが可能であり、グラフ編集などの加工が容易である。

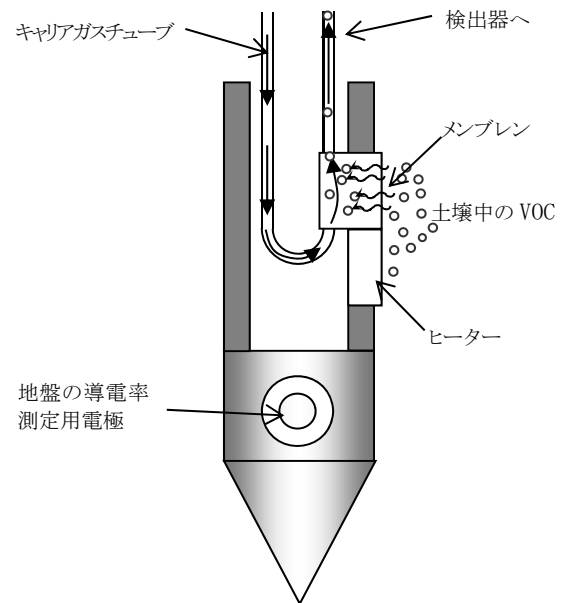


図-1 探査プローブの模式図

## 3. MIP の測定事例

図-2 には地盤の導電率 (図左) と PID の反応値 (図右) を示す。掘進中は、これらの情報がフィールドコンピューターの画面上にリアルタイムで表示される。

調査対象地ではトリクロロエチレン (TCE) やシス-1, 2-

ジクロロエチレン (cis-1,2-DCE) による汚染が判明していた。この調査地点の探査深度は深度16mで、所要時間は約2時間である。

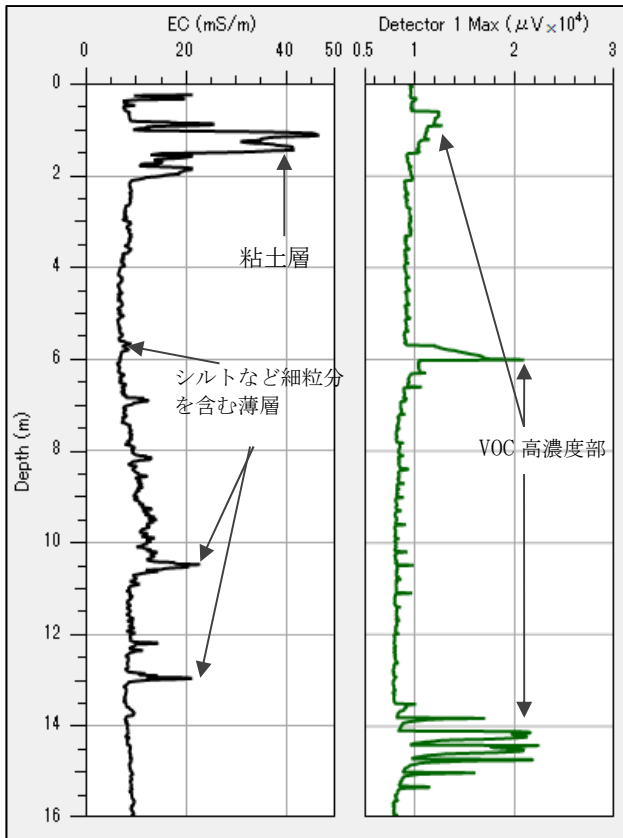


図-2 探査結果図

PID 反応値は、深度1m付近、深度5.5m付近、深度13.5～深度15.5mの3箇所ピークが認められ、これらの深度では高濃度のVOCが存在していることを示す。

導電率は深度1m～深度2mにかけて最も高く、ほかにも局所的に高い深度が認められた。これらの深度には粘性土を多く含んでいることを示す。深度1m付近、深度5.5m付近ではPID反応値も高いことから、細粒分にVOCが吸着していると考えられる。深度13.5m以深はPID反応値が高いものの、導電率にピークがなく、均質な砂質土を示すが、掘進時に掘進速度が著しく遅くなったことから、非常に締まった砂質土によってVOCが滞留したと考えられる。この調査地点では深度15m以深でVOCの濃度が収束したことを確認し、深度16mで掘止めとした。

#### 4. VOCによる土壤汚染を対象としたMIPの有効性

ダイレクトセンシングはコアを回収する手間がないため、コアボーリングに比べ作業時間が短く、迅速性に優れている。コアサンプラーを深度1m毎に回収・洗浄する手間もなく、ツールの洗浄処理にかかる手間を低減させることが出来る。

またリアルタイムでVOCの濃度や地盤の導電率を確認することが可能であることから、粘性土上に溜まったVOCをボーリングの掘進によって、下位の帯水層に拡散

させてしまうことを未然に防ぐことが出来る。コアボーリングでは、通常、深度1m毎に土壤試料を回収しており、粘性土上に溜まったVOCを把握する前にボーリングの掘進によって粘性土層を突き抜けてしまうため、粘性土層下位の帯水層にVOCを拡散させてしまう可能性がある。

さらに土壤分析に供する土壤試料を採取しないため、コアボーリングに比べVOCが大気に放出されることによる濃度変化が発生しない。VOCは常温でも揮発しやすいため、万が一、コアボーリングによって採取したコアを放置した場合は、正確な濃度を把握することが出来ない。VOCを対象とした調査ではコアボーリング削孔時の回転によるコアサンプラーの発熱にも注意が必要である。コアの芯部まで熱が伝わっている場合は、すでに土壤中のVOCが揮発している可能性が高い。

地層の判定においては、導電率によって客観的なデータとして地層の変化を捉えるため、圧力解放によるコアの膨張やボイリングによる試料の乱れ、コアの落下による影響を受けることがない。

#### 5. まとめ

本稿では揮発性有機化合物(VOC)による土壤汚染を対象としたMIPの測定事例と有効性について紹介した。

MIPは、短期間にVOCの高濃度部を特定できることが特徴としてあげられるが、土壤の公定法分析を行わないため、土壤汚染対策法に基づく環境調査ではMIPの測定結果を利用することはできない。

コアボーリングとMIPを組み合わせることによってMIPの有効性を活用し、土壤汚染の有無も判定することができ、浄化対策の詳細設計を検討するための環境調査としては有効な手法と考える。

#### 《引用・参考文献》

- 1)高木一成・小山真樹:ダイレクトセンシング技術の油汚染現場での適用事例、土壤環境センター技術ニュース、No.10、pp43-46、2005
- 2)高木一成・深田園子:ダイレクトセンシング技術を使用した油汚染の分布調査、土と基礎 Vol.54、No.5、pp.19-21、2006
- 3)遠藤康仁・高木一成:全地連技術フォーラム2014論文集、論文No.96、2014.8
- 4)地盤工学会編：地盤調査の方法と解説-二分冊の1-、pp395-397、2013.3.
- 5)油汚染対策ガイドライン:中央環境審議会土壤農薬部会、土壤汚染技術基準等専門委員会、資料B-3、2006