

II - 464

汚染土壌浄化のための電磁波加熱装置の開発

大成建設（株）技術研究所 （正）○井尻裕二、（正）檜垣貫司
 大成建設（株）計画技術部 （正）天野史郎
 大成建設（株）技術開発部 （正）薮田英俊

1. はじめに

汚染土壌浄化の1工法であるSVE工法（土壌ガス抽出法）は、トリクロロエチレンのような揮発性有機塩素化合物（VOC）を砂質地盤から吸引回収する工法として注目され、原位置地盤において地下水位低下工法との併用によりその効果が認められている¹⁾。しかし、SVE工法を粘性土地盤において適用する際には、透水性が低いために地下水位の低下が遅く土壌ガスを十分に吸引できないため、砂質地盤と比較してその浄化効率が低下することが多い。このような粘性土地盤においては、汚染土壌を加熱してVOCを水分とともに蒸気化させて吸引回収すると浄化効率が高められ、ヒーター等に比較して加熱効率の高い電磁波照射による土壌加熱例も見受けられる²⁾。

電磁波による土壌加熱は、電子レンジと同じく電磁波誘電加熱の原理を応用したもので、電磁波を地盤に照射することにより分極性分子である水分子が激しく振動することによって摩擦が生じ、地盤の温度が上昇するものである³⁾。電磁波の周波数が高いほど振動も激しくなり温度上昇も大きくなる反面、電磁波エネルギーが吸収されて到達する深度は浅くなる。したがって、ある程度広い範囲の土壌を加熱対象とするためには、比較的周波数の低い電磁波を用いて到達深度を大きくする必要がある。ただし、電磁波エネルギーは、地盤中では主として比誘電率と損失角の大きな水に吸収されるため、蒸気化された水分を吸引回収すれば地盤中の水分が減少して電磁波エネルギーの減衰が小さくなり、電磁波の到達距離が時間とともに大きくなり、広範囲にわたって加熱できる利点がある。

2. 電磁波加熱装置の概要

電磁波加熱装置の仕様を表-1に、装置の概観を図-1に示す。装置は、高周波発振機、整合器、アンテナおよび操作ボックスからなる。高周波発振機には、電磁波を発振する電子管が内蔵されており、最大出力は10kwで、周波数はISM周波数帯域である40.46MHz（波長7.41m）を用いている。整合器は、装置の安全性を考慮して、高周波の反射が生じたときにその反射を防止または調整するためのものである。アンテナは、地中に挿入して地盤に電磁波を照射するためのもので、長さは2.2mである。操作ボックスは、運転・停止および出力調整を行うための操作パネルである。高周波発振機、整合器およびアンテナは、同軸管（銅製）により接合されている。

表-1 電磁波加熱装置の仕様

所要電源	AC200V, 3φ 50/60Hz, 18kVA
直流入力	16kw
高周波出力	最大10kw連続
使用周波数	40.46MHz
発振方式	電子管式陽極同調自励方式
同軸管	WX-77D相当、銅製

3. 電磁波加熱実験

3.1 実験の概要

電磁波による土壌加熱実験を鋼製土槽（φ3.0m×H3.0m）内で実施した（図-1参照）。実験は、山砂（千葉県産浅間山砂）を突き固めながら土槽内に充填し、さらに、含水比の調節と締固めのために水締めを行った後、数日放置して含水比が比較的安定した状態（初期含水比約14%）で加熱実験を開始した。また、電磁波の漏洩を軽減するために山砂表面にはトタンを敷き詰め、アンテナに直接滴水するのを避けるためアンテナ

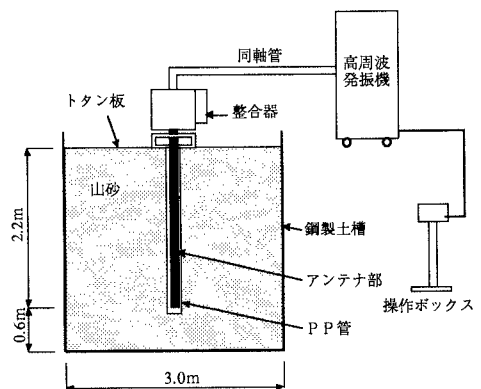


図-1 電磁波加熱実験概要図

は土槽内に埋設したポリプロピレン管中に挿入した。本実験での電磁波発振機の出力は7.5kwである。温度計測は、図-2に示すように熱電対（クロメルアルメル）を土槽内のPP管から0.2m（A1～A5）、0.4m（B1～B4）、0.7m（C1～C5）、1.0m（D1～D4）、1.3m（E1～E5）離れた地点の深度0.2、0.7、1.2、1.7、2.2m計23点に埋設して行った。また、電磁波発振中は熱電対に電流が載って計測できないため、1時間毎に電磁波の発振を一時停止して延べ30時間計測した。本実験では、蒸気の吸引は行っていない。

3.2 実験結果

熱電対による温度計測の結果、各計測点における温度の経時変化を図-3に、30時間後の土槽内の温度分布を図-4に示す。図-3より、土槽上部のアンテナ近傍（A1、A2、B1、B2）での温度上昇が大きく、電磁波加熱の効果が確認される。アンテナ近傍にも拘らず、土槽下部（A4、A5）での温度上昇が小さいのは、アンテナ下部から十分な電磁波が照射されていないためと考えられる。また、土槽上部でもアンテナから離れるにしたがって温度上昇が小さくなる（C1、D1、E1）のは、電磁波エネルギーが水分に吸収されて弱まるためである。土槽中の温度は、図-4に示すように全体的に上昇傾向にあるが、土槽上部のアンテナ近傍以外の点では、温度上昇の大きな土槽上部のアンテナ近傍部からの熱伝導による影響が大きいものと推測される。

4. まとめ

今回開発した電磁波加熱装置を用いて加熱実験を実施した結果、時間の経過とともに試料の温度が上昇し、アンテナ近傍では10時間以内に100℃に達した。本実験では、試料上部の温度上昇が顕著であったが、アンテナ先端部でも加熱できるようにアンテナの仕様を変更する必要がある。今後は、電磁波による土壌加熱のメカニズムを把握し、

汚染回収効率を高める研究をさらに続けていく予定である。

謝辞 電磁波加熱に関して助言を頂きました日本電熱協会柴田長吉郎氏と機器開発を担当して頂いた新日本無線（株）の関係諸氏には感謝の意を表します。

参考文献 1) 藪谷保之、長藤哲夫：高槻市における有機塩素化合物汚染の土壌浄化対策、地下水汚染とその防止対策に関する研究集会第2回講演集、p.80-85、1992
2) Calabrese and Kostecki：Hydrocarbon Contaminated Soils, vol.3, Lewis Publishers

3) 柴田長吉郎：工業用マイクロ波応用技術、電気書院、1993

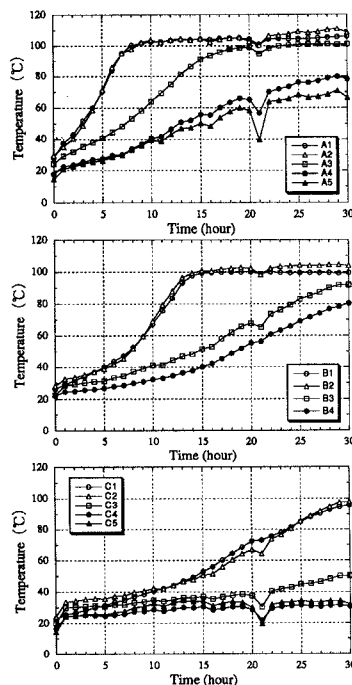


図-3 温度経時変化

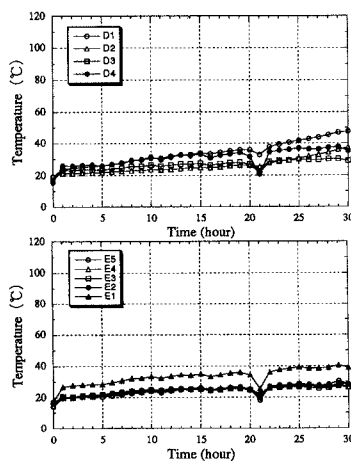


図-4 温度分布図（30時間後）

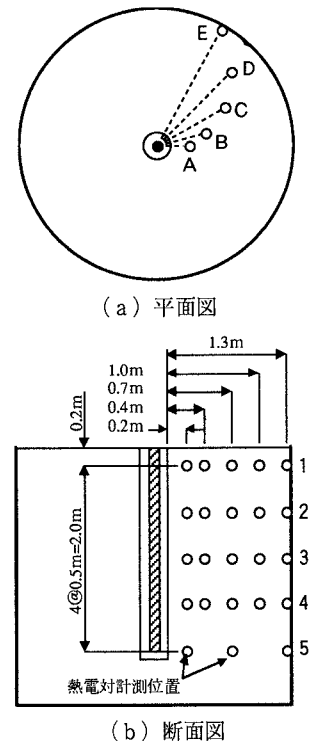


図-2 温度計測点位置図

