

# 水平井戸を用いた VOC 汚染土壌の浄化促進方法に関する実験的研究

鹿島技術研究所 土木技術研究部 正会員 ○畔柳 幹雄<sup>\*</sup>、正会員 岡本 道孝、正会員 笹倉 剛  
環境技術研究部 正会員 安本 敬作、正会員 今立 文雄

## 1.はじめに

揮発性有機化合物(以下、VOC)で汚染された不飽和地盤の有効な浄化技術として土壌ガス吸引法が多数適用されている。しかし、土壌ガス吸引法は、浄化開始当初は主に透水(気)性の高い地盤からVOCを大量に除去(回収)できるものの、難透水(気)層付近に滞留しているVOCの除去は難しく、そのため膨大な時間・労力を要するケースが多い。本報文では浄化促進案として、汚染土壌に設置した水平井戸から、蒸気、空気または熱空気を注入・吸引する方法に着目し、実験的検討を行なった結果について報告する。

## 2.実験方法

### 2.1 使用材料

使用材料の物性値を表-1 及び、図-1 に示す。

### 2.2 模型地盤作成方法

①難透水(気)層を模擬し、土槽下部に粘土を最適含水比で締め固める。  
②粘土層の上部に 1cm 厚の透水(気)層を設置し、上面よりVOC1 瓶を満遍なく注入する。④透水(気)層を締め固めて設置する。なお、土槽上部は気密性の低い簡易な蓋で覆い、大気圧と等しいものとした(図-2, 3)。

### 2.3 実験手順

模型地盤を作成した後、注入側ケーシングより蒸気、空気または熱空気を注入するとともに、吸引側ケーシングより真空ポンプにより吸引する。浄化効果を把握するため、図-3 のように、土槽側面に土槽内と大気圧の差圧を測定する差圧計、VOC濃度測定用のガス採取孔を設置した。土中の揮発VOCは、ガス採取孔からシリンジを用いて吸引し、ガスクロ(PID)によって濃度測定を行った。また、模型地盤内にガス採取孔1~4 とほぼ同じ高さに熱電対を配置し、土槽内の温度上昇を測定した。測定のタイミングを表-2 に示す。実験ケースを表-3 に示す。

## 3.実験結果

図-4 に差圧分布の測定例を、図-5 に温度及び0, 30, 60, 120, 180分、試験終了1時間後のガス採取孔1~4位

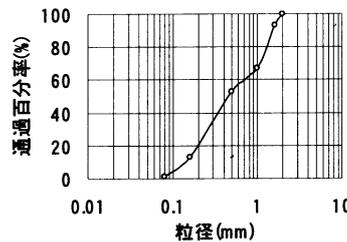


図-1 透水(気)層を形成する砂の粒径加積曲線

表-1 材料の物性値

VOC	種類	1,1,1-トリクロロエチレン
	化学式	C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
	沸点	61 °C
	密度	1.52 g/cm <sup>3</sup>
透水(気)層	砂種類	新セメント規格用標準砂
	湿潤重量	1.765 g/cm <sup>3</sup>
	含水比	2.0 %
難透水(気)層	砂種類	豊浦砂
	粘土種類	木節粘土
	配合比	(砂:粘土)=60:50
	湿潤密度	1.906 g/cm <sup>3</sup>
	最適含水比	21.4 %
	透水係数	3.5 × 10 <sup>-8</sup> cm/s

表-2 測定タイミング

測定項目	測定のタイミング
土中の差圧	0,15,30,45,60,90,120,150,180分
VOC濃度	0.5,15,30,45,60,90,120,150,180分 試験終了1時間後
土中の温度	2秒毎

表-3 実験ケース

Case No.	注入側		吸引側
	促進方法	流量	
Case1	空気	20l/min	20l/min
Case2	熱空気(100°C)		
Case3	蒸気		

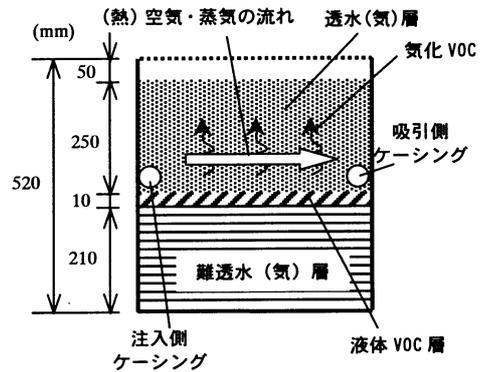


図-2 土槽断面図

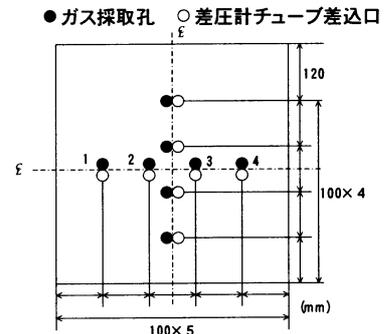


図-3 土槽側面図

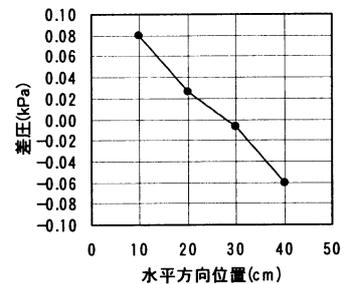


図-4 熱空気 120 分後差圧分布

キーワード:汚染土壌、VOC、浄化促進法、水平井戸、土壌ガス吸引  
連絡先:<sup>\*</sup> 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 Tel.0424-89-7067 Fax.0424-89-7034

置の濃度分布の経時変化を示す。これらから次のことがいえる。

### 3.1 空気による促進実験結果

地盤中のVOC濃度は実験開始後から徐々に低下し、60分後には測定限界以下となったが、実験終了1時間後の測定では、再びVOC濃度が検出された。これは、透水(気)性の高い砂層中のVOCは、比較的短時間で除去できたものの、難透水(気)層付近に滞留しているVOCの除去は殆ど進行しておらず、実験後に気化したものが測定点で検出されたものと考えられる。

### 3.2 熱空気による促進実験結果

注入側ケーシングから100℃の熱空気を送り込んだものの、地盤中の温度上昇効果は3~5℃と僅かであった。空気注入時と同様、地盤中のVOC濃度は実験開始後から徐々に低下し、120分後には測定限界以下となったが、実験終了1時間後の測定では、再びVOC濃度が検出された。これは、熱空気は空気との密度差により土槽上部へ抜けるため、地盤中の温度上昇効果が僅かであったためと考えられる。

### 3.3 蒸気による促進実験結果

注入側ケーシング近傍の測定点では、実験開始とともに地盤中の温度は急速に上昇している。注入側ケーシングから離れた測定点でも、実験開始から暫く経過した後徐々に上昇し始めていることがわかる。地盤中のVOC濃度は実験開始後から徐々に低下するものの、測定点の温度がVOCの沸点(61℃)付近に上昇した時刻頃から、その測定点でのVOC濃度は再び高くなっている。これは地盤中の温度が大きくなったことによって、難透水(気)層付近に滞留していたVOCの揮発が促進され、土壤ガス吸引時の除去効果が継続していることによると考えられる。

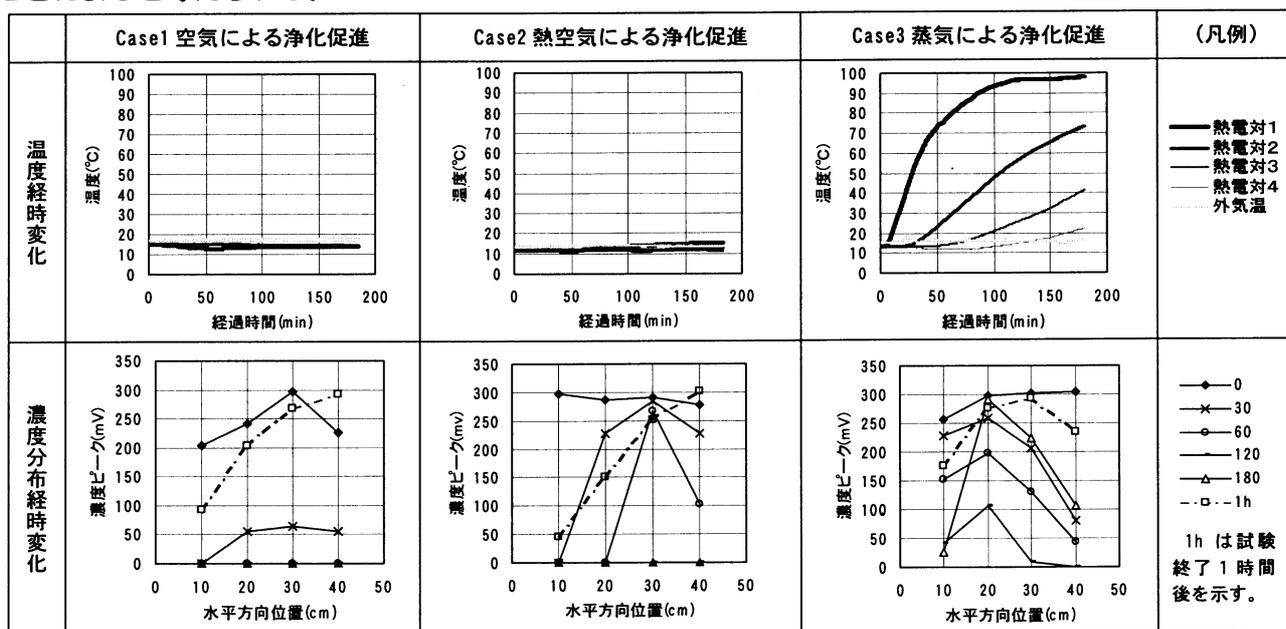


図-5 各ケースの温度、濃度分布の経時変化

## 4. まとめ

本実験から以下のことがわかった。

- ・浄化の促進を図る点で、地盤中の温度を上昇させて揮発を促進させることが効果的であることを確認した。
- ・熱空気による地盤中の温度上昇効果は小さく、空気注入時と同程度のVOC除去効果しか得られなかった。熱空気による浄化促進のためには、井戸レイアウトの工夫などが必要と考えられる。
- ・蒸気による方法では、地盤中の温度上昇が大きく、難透水(気)層付近に滞留していたVOCの揮発が促進され、土壤ガス吸引時の除去効果が継続・促進できることがわかった。

今後は、これらの実験結果を踏まえて、数値解析及び現場規模での実験を行なうことによって促進効果を実証し実用化を図る予定である。