

1. はじめに

揮発性有機化合物汚染地盤を原位置で浄化する技術としては、土壌ガス吸引工法が広く用いられている。しかし、この工法は浄化に多大な時間を要するため、空気注入法や地下加熱法など様々な付随技術が検討されている¹⁾。筆者らも、常温では比較的揮発しにくい灯油を対象とし、吸引工法における加熱併用時の浄化促進効果および効果の定量的評価法を検討してきた^{2~4)}。そのうち効果の評価法については、簡易手法を提案したものの1次元場での検証にとどまっているため、ここでは、軸対象問題での検証を行う。

2. 評価手法の概要

本手法は、不飽和汚染地盤に設けた井戸から加熱空気を注入し、別の井戸から吸引して地盤を浄化する原位置処理法において、経時変化する地盤内汚染物質の残存量を定量的に評価するものである。この手法では有限要素浸透拡散解析⁵⁾を利用し、地盤内を流れる空気の一部が浄化に対して有効に作用すると仮定する。そのため式(1)に示すとおり、実際の地盤の透気係数 K_0 に、比透気係数と呼ぶ係数 K_r を乗じた有効透気係数 k を算出して浸透拡散解析プログラムに入力する。

$$k = K_0 K_r \quad (1)$$

このようなやり方は浸透拡散理論の本筋から外れることになるが、本手法が実用化のための簡易手法という位置づけにあること、1次元問題で信頼性を確認していることから問題なしとする。なお、比透気係数 K_r は、別途実施の灯油汚染土を用いたカラム試験から図-1に示すとおり地盤温度 T (°C) の関数で表されることがわかっており、式(2)で表される。

$$\log_{10} K_r = 2.1 \log_{10} T - 5.9 \quad (2)$$

初期濃度を $C=100\%$ 、供給空気を規定濃度 $C=0$ 、吸引井を物質流出境界として非定常解析を行えば、地盤内汚染物質濃度の時間変化が計算できる。

3. 解析条件

解析モデルを図-2に示す。ここでは半径50cm、高さ100cmの室内実験用円柱土槽を想定し、軸対象解析を行った。土槽中心には半径2.5cmの吸引井を設置している。土槽内には灯油で均一に汚染された砂が充填されており、初期地盤温度は11°Cである。そして土槽の側面から加温空気(50°C)を供給し、土槽中心の穴から空気を吸引することによって土槽内汚染地盤を1320hour(55day)かけて浄化する。その間の地盤内温度は、別途行った温度シミュレーション解析の結果と同様に変化するものとした。その一部を図-3、4に示すが、各節点において温度変化が異なる状況を想定している。一方、浄化における加熱の効果を把握するために、土槽側面から常温空

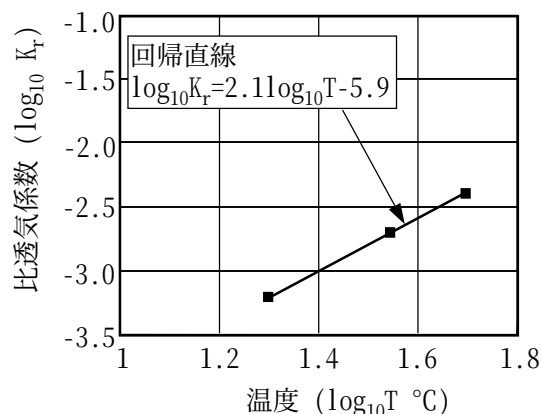


図-1 温度と比透気係数の関係

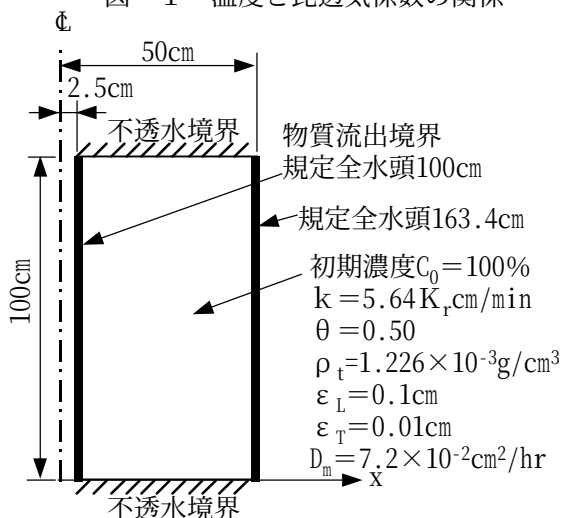


図-2 解析モデル

気(11℃)を供給する場合も併せて解析した。

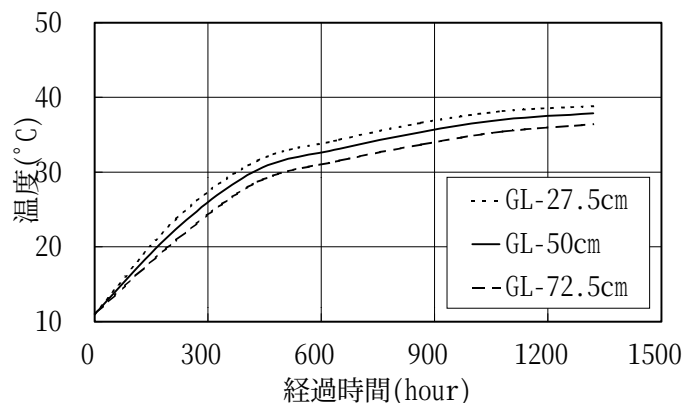
4. 解析結果と考察

図－5に吸引井から10cm、48cmにおける各深度の灯油残存率時間変化を示している。吸引井から48cmの位置では各深度で浄化開始とともに急激に浄化が進んでいる。一方、吸引井から10cm位置では、浄化を開始直後において灯油の浄化は進まず、400secあたりから残存率が低下し始めている。これは、加熱空気供給側から灯油の気化が始まり、気化した灯油が吸引井方向すなわち土槽中心側に移動し、土槽中心付近では灯油の飽和蒸気圧に達した空気のみが流れ込んでくるため、浄化が進まないものと考えられる。また、常温空気供給の場合は、加熱空気供給の場合に比べて浄化が進んでいないことがわかる。図－6には、浄化開始から1320hour(55day)後の灯油残存率の分布を示した。図－5から得られた知見のとおり給気供給側、すなわち土槽側面側から浄化が行われ、土槽中心側には多くの灯油が残っている様子がわかる。また、加熱しない空気を提供した場合の浄化が進んでいない様子も読みとられる。目下の問題においては正解が未知のままであるから、これ以上の議論はできないが、温度が高いほど浄化速度が速いこと、空気吸引井の付近から浄化が始まること、という極自然な結果に至っている事実には注意しておきたい。

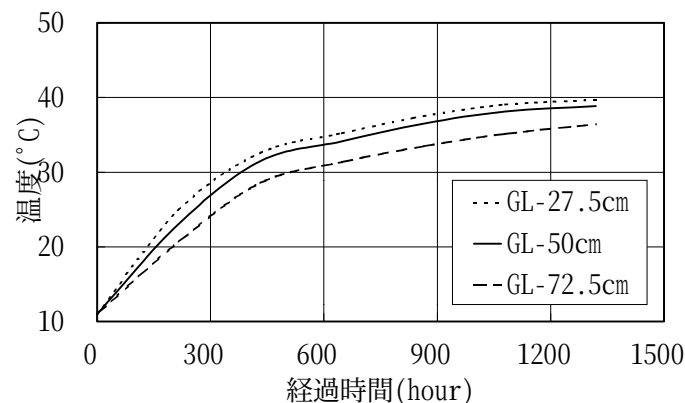
5. おわりに

今後は、ここでの解析結果と実測値との比較を行い、本手法の妥当性を確認していく予定である。

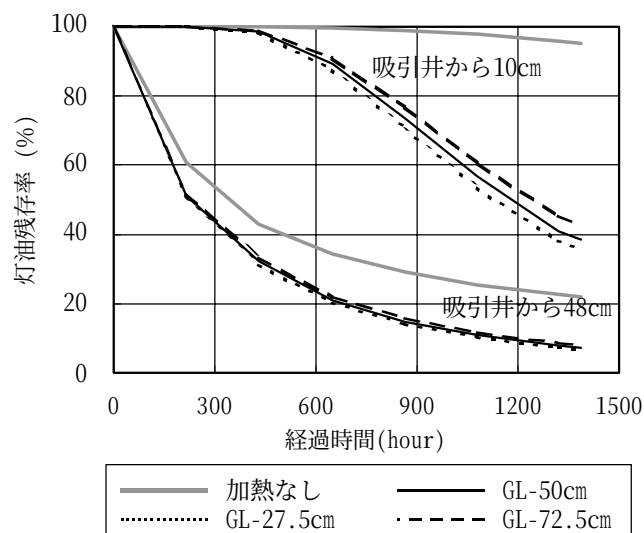
【参考文献】1) Walter W. Kovalick: IWGER'98 TOKIO 講演集, pp.77～86, 1998. 2)三浦, 他: 第34回地盤工学研究発表会, pp.107～108, 1999. 3)Nishida, K., et al.: International Symposium 2000 on Groundwater, IAHR, 2000. 4) 西田, 他: 第35回地盤工学研究発表会, 2000. 5)西田, 他: 第29回地盤工学研究発表会, pp.1929～1930, 1994.



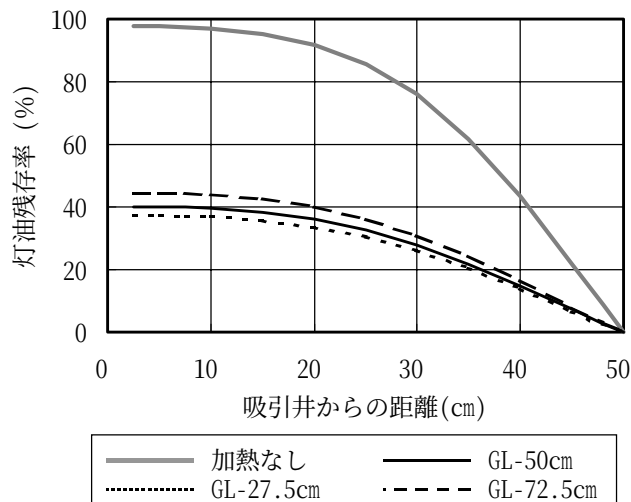
図－3 吸引井戸から10cm位置における温度の時間変化



図－4 吸引井戸から48cm位置における温度の時間変化



図－5 灯油残存率の時間変化(加熱あり)



図－6 浄化開始1320hour後の灯油残存率