(2)

土壌ガス吸引法による汚染土壌の浄化効果に与える通気係数と遅延係数の影響

鹿児島市 正会員 飯田 毅 広島大学大学院工学研究科 正会員 小松 登志子 筑波大学地球科学系大学院 正会員 福島 武彦

<u>1.はじめに</u>

土壌中の気体の揮発性有機化合物(VOC)を浄化する 方法としては,吸引井戸を用いる土壌ガス吸引法(SVE 工法)が最も広く用いられている.SVE工法を用いて不 飽和土壌中の VOC を浄化する際,土壌の通気性を表す 通気係数と,VOC の土壌への収着性を表す遅延係数は 重要な因子である.そこで,種々の VOC と土壌を用い て,通気係数と遅延係数を測定することにより,VOC 浄化効率に与えるそれらの複合的影響を検討する.

2. 通気係数の測定及び通気係数予測モデルの考案

(1)土壌水ポテンシャル(pF値)の定義¹⁾

3 種類の土壌(砂質ローム土,褐色森林土,マサ土) の通気係数の測定を行った.いずれも,現場で36mの 直線上において,3mおきにサンプリングを行った.サ ンプルの土壌水ポテンシャルを1.3,1.7,2.0,2.7と変化 させて,空気間隙率を調整し,通気係数の測定を行った. 土壌水ポテンシャルとは,土粒子の水分吸着力を水柱 の高さ (H₂Ocm)で表したものである(式(1)).土壌水ポ テンシャル とpF値の関係を表-1に示す.

$$pF = log(-) \tag{1}$$

(2)通気係数の結果及び通気係数予測モデル

表-1 のように, pF 値を変化させた時の, 3 種類の土 壌の通気係数 k_aと空気間隙率の関係を図-1 に示す.



図-1 3種類の土壌の通気係数と空気間隙率の関係

a E $k_a = k_a^* \left(\frac{\mathbf{e}}{\mathbf{e}^*}\right)^n (\mathbf{m}n^2)$ 下 $k_a^*: pF:2.0 の通気係数(\mu m^2)$:空気間隙率(cm³/cm³)

次に,5つの通気係数予測モデルを示す.

*:pF:2.0の空気間隙率(cm³/cm³)

b:Campbell 保水係数, :指数

Model:1	=1+0.25b	Model:2	=1+0.64b	Model:3	=1+1.10b
Model:4	=1+0.05b	Model:5	=2		

本研究では式(2)を用いてkaを予測する際に2つの方 法を用いた. ka*に実測値を用いる方法, ka*に予測 値を用いる方法.式(3)は,サンプルの土壌物理特性を 用いて,ka*を予測する式である.もし式(3)によりka* を正確に予測することができれば,汚染現場でのka*を 測定する必要がなく,非常に便利である.

$$k_a^* {}_{predicted} = \frac{r^2 (\boldsymbol{e}^*)^3}{8\boldsymbol{f}}$$
(3)

r:空隙の大きさを表す係数(µm), :間隙率(cm³/cm³)

ほとんどの土壌において,式(2)の5つの Modelの中 で Model:5 が最もよい予測を行っていた.そこで図-2 において砂質ローム土の実測通気係数と,式(2)の Model:5 に k_a*の実測値と予測値を用いた場合を比較し た結果を示す.





キーワード:揮発性有機化合物(VOC),通気係数,遅延係数,土壌ガス吸引法(SVE 工法) 連絡先:〒739-8527 東広島市鏡山1丁目4-1 広島大学大学院工学研究科

3. 遅延係数の測定方法及び結果

(1)GC-マイクロカラム法

図-3 に遅延係数 R を測定する装置の概要図を示す. GC-マイクロカラム法とは,ガスクロマトグラフに土 壌マイクロカラムを組み込み,迅速かつ簡便に気体状 態の化学物質の R を測定する方法である .R とは「土壌 に収着しない気体の間隙内流速に対する VOC 等の収 着性のある気体の流速の比:R=V_{air}/V_{VOC}」とする.本研 究で用いた VOC はトリクロロエチレン(TCE),テトラ クロロエチレン(PCE),トルエン(Toluene)である.



測定結果の一例として,各土壌における土壌水分量の変化に伴う TCE の遅延係数の変化を図-4 に示す.



図-4 TCE の遅延係数と体積水分含有率の関係

(2)遅延係数予測モデル

低水分領域(含水比 w=0.04 未満)の遅延係数予測モデ ルとして, Matching point vapor sorption model²⁾が提案されている.

$$\log R = \log R^* \cdot e^{-a\left(w^* - w\right)} \tag{4}$$

R*:w=w*における実測遅延係数, :モデルパラメータ

図-5 に TCE の砂質ローム土の実測データに,

Matching point vapor sorption modelを適用した例を示す.



モデルの適用

4. 通気係数と遅延係数の VOC 間隙内流速への影響

ダルシー則より通気係数 k_a()と遅延係数 R()の予 測モデルを用いて,それらの複合的影響を考慮して VOC 間隙内流速と体積水分含有率の関係を明らかに する.その結果から VOC 間隙内流速が最大となる土壌 水分量を求める.以下にその式とTCE の結果を表す.

$$v(\mathbf{q}) = \frac{K_a(\mathbf{q})}{R(\mathbf{q})} \cdot \frac{\Delta h_a}{\Delta X} (m / day)$$
(5)

$$K_{a}(\mathbf{q}) = \frac{k_{a}(\mathbf{q}) \cdot \mathbf{r}_{a} \cdot g}{\mathbf{h}_{a}} (m / day)$$
(6)

h_a:2本の吸引井戸の圧力差(m)=1(m) X:2本の吸引井戸の距離(m)=1(m) K_a:透気係数(m/day), _a:空気密度(kg/m³)

a:空気粘性土(kg/m·s),g:重力加速度(m/s²)



図-6 TCE の間隙内流速と体積水分含有率の関係

<u>5.結論</u>

1)通気係数と空気間隙率には高い相関がある.

- 2)pF:2.0の実測通気係数と実測空気間隙率を用いた通 気係数測モデルは実測値をよく表していた.
- 3)低水分領域では、土壌水分はVOCの収着に大きな影響を及ぼしている.また、低水分領域の遅延係数を 予測するMatching-point vapor sorption modelは実測値 をよく表していた。
- 4)通気係数予測モデルと遅延係数予測モデルを用いて, VOC間隙内流速と土壌水分量との関係を明らかにし, VOC間隙内流速が最大になる最適土壌水分量を決定 することができた.

<u>6.参考文献</u>

- 日本土壌肥料学会:土壌標準分析・測定法,博友社 pp36-46,1988
- 2)安渡之訓:気相吸着モデルによる揮発性有機化合物の 遅延評価,土木学会第53回年次学術講演会講演概要 集,1998