

VII-282

原位置透気実験による土壌ガス吸引効果の検討

ー 地表面の水膜による被覆効果について ー

鹿島技術研究所 正会員 安本敬作 川端淳一

1. はじめに

トリクロロエチレン(TCE)、テトラクロロエチレン(PCE)に代表される揮発性有機化合物の有効な浄化方法として知られている土壌ガス吸引法について、筆者らは、ローム層を主体とした不飽和地盤において原位置透気実験を行い、その吸引効果に関する評価を行ってきた^{1,2)}。今回は、土壌ガス吸引の効果を高めることを目的とした地表面の被覆効果についてを検討を行うために、吸引孔周囲の地表面に湛水し水膜で被覆し、その際の吸引効果の変化について検討を行った。

2. 原位置透気実験の概要

原位置透気実験の概要を図-1に示す。実験を行った地盤中のCO₂濃度は9,000～12,000ppm程度であり、大気中のCO₂濃度(約400ppm)よりかなり高くなっているが、これは生物活動等による一般的なものである³⁾。実験は、吸引孔R-1から真空ポンプによってローム層中に強制的に負圧を発生させ(初期吸引負圧 $P \approx 40\text{kPa}$, 吸引風量 $Q \approx 2.75\text{m}^3/\text{min}$)、吸引孔から距離 $r = 1.25, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0\text{m}$ の地点に設置した観測孔R-2～8($\Phi=50\text{mm}$)において、発生負圧および低下CO₂濃度を経時的に測定した。また、吸引開始直前から実験終了までの間、吸引孔から距離 $r=15\text{m}$ の範囲に常時水膜ができるように散水($q \approx 15\text{l/min}$)を継続して行い、地表面付近の透気性を低下させた。

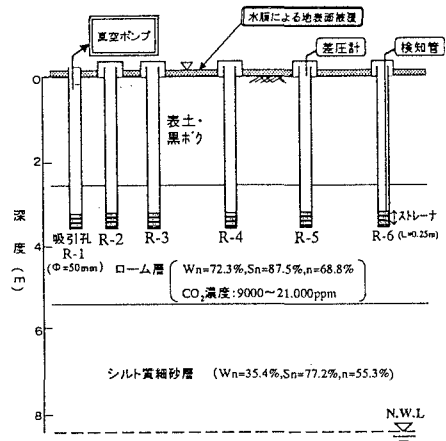


図-1 原位置透気実験の概要

3. 実験結果

(1)吸引風量・吸引負圧の経時変化

吸引孔の吸引風量(以下 Q)および吸引負圧(以下 P_0)の経時変化を図-2に示す。これによれば、 Q 、 P_0 については地表面の被覆の影響はないことがわかる。

(2)地盤中の発生負圧 P_i の分布

各観測孔における発生負圧 P_i (以下 P_i)の経時変化を図-3に示す。地表面被覆時は、 P_i は大きくなっていることがわかる。図-3をもとに、それぞれの定常時($t=7\text{hr}$)のデータを整理し、吸引孔からの距離 r と P_i との関係を示すと図-4のようになる。これによれば、吸引孔近傍においては、 P が過大となり、図-4中のダルシー則に基づいて得られる理論直線から外れる傾向が見られるが、地表面被覆時は、ダルシー則に基づいて得られる理論直線から得られる影響半径 R が被覆がないときよりも5m程度大きくなることがわかった。

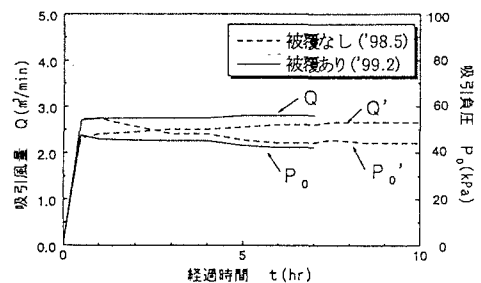


図-2 吸引風量および吸引負圧の経時変化

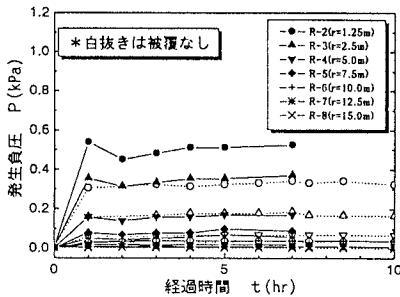


図-3 発生負圧の経時変化

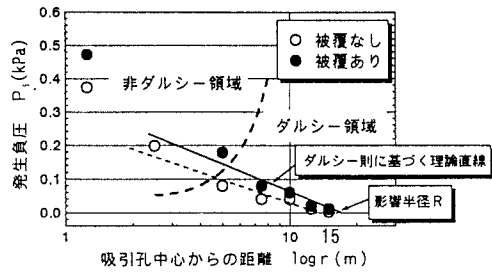


図-4 吸引孔からの距離と発生負圧との関係

(3) 地盤の透過度 k

図-4中のダルシー則に基づき、実験地盤の透過度 k を、以下に示す①,②の条件で算定した結果を表-1に示す。これによれば、今回のローム層を主体とした不飽和地盤の透過度は、いずれもほぼ $k = 10^{-7} \text{ cm}^2$ 程度であるが、式(2)の算定結果によれば、被覆時の透過度 k は若干大きくなった。

以上のことから、前述の地表面被覆による吸引効果(P , R)の増大は、地表面から空気の入侵(鉛直浸透流)が減少したことによる地盤中の水平浸透流の増加によるものと推測される。

①地盤中の一地点への三次元放射流理論に空气の粘性・圧縮性を考慮した式

$$Q = \left(\frac{4\pi k}{\mu} \right) \frac{(P_{\infty} - P_w) \{1 + (P_{\infty}/P_w)\}}{(1/r_0 - 1/R)} \quad \text{----- (1)}$$

②不完全貫入井戸におけるフカシハヤの理論に空气の粘性・圧縮性を考慮した式

$$Q = \left(\frac{2\pi k}{\mu} \right) \frac{H(P_{\infty} - P_w) \{1 + (P_{\infty}/P_w)\}}{\ln(R/r_0)} \sqrt{\frac{L}{H}} \cdot \sqrt{\frac{2H-L}{H}} \quad \text{----- (2)}$$

Q : 吸引風量, k : 透過度, μ : 粘性係数, H : 不飽和層の厚さ, P_w : 吸引負圧, P_{∞} : 大気圧, R : 影響半径, r_0 : 吸引孔の半径, L : 吸引孔のストローク長

(4) 地盤中の CO_2 の濃度の経時変化

各観測孔で測定した地盤中の CO_2 濃度の経時変化を図-5に示す。これによれば、地表面被覆時は、 CO_2 濃度が急速に低下する範囲が $r = 10 \text{ m}$ 程度まで拡大していることがわかる。

これは、吸引孔近傍($r \leq 5 \text{ m}$)に卓越していたと推測される地表面からの空气の鉛直浸透流が、地表面被覆によって減少し、より遠方からの空气の浸透流が増加することによるものと推測される。

4. おわりに

土壤ガス吸引時における地表面の被覆効果についてを検討を行うために、地表面を散水によって被覆し、原位置透気実験を実施した結果、以下の知見を得ることができた。

- (1) 地表面を散水によって被覆することによって、吸引効果(P , R)は増加する。これは地表面からの空气の入侵(鉛直浸透流)が減少したことによる地盤中の水平浸透流の増加によるものと推測される。
- (2) 地盤中の圧力分布 P , CO_2 濃度に着目することによって吸引効果を確認することができる。

参考文献 1) 安本, 川端: 原位置透気実験による不飽和地盤の透気特性評価, 第53回土木学会年次学術講演集, III-A317, 1998.10
2) 安本, 川端: 原位置透気実験による土壤ガス吸引効果の検討, 第34回地盤工学会研究発表会, 1999.7
3) 浜田, 田中: 森林土壌における二酸化炭素の時空間分布, 日本水文学会誌, pp3-16, 1997

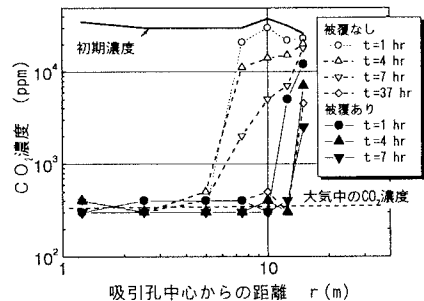


図-5 地盤中の CO_2 濃度の経時変化