

(Ⅲ－89) 土中のTCEガス拡散について

大成建設(株)技術研究所 正会員 下村雅則

同 正会員 今村 聡

同 正会員 末岡 徹

1. はじめに

トリクロロエチレン（以下TCEとする）などの揮発性有機塩素化合物による土壌・地下水汚染が注目され、各地で調査や浄化といった取り組みが行われている。そして現在では、汚染のメカニズムの把握や浄化の予測の面で汚染物質の移流・拡散解析が重要になってきている。

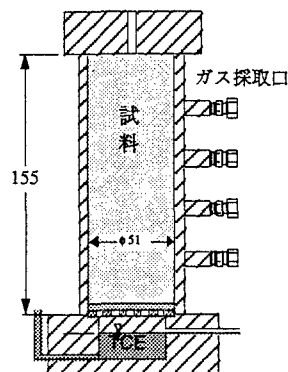
汚染物質の挙動を解析するためには、土中のガス拡散状況を把握する必要があるが、土中のガス拡散はガスの種類・土質・含水比等に多く影響され、未だ十分に研究されているとは言えない。特にガス拡散が土の飽和度に対する影響を調べることは実験的に難しくあまり例がない。ここでは、現在最も問題となっているTCEガスを取り上げ、その拡散係数に関する基礎的な実験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

本実験は一定濃度のTCEガスを供給し、試料中のガス濃度の経時変化を測定することで拡散状況を把握するものである。実験には図－1に示すような15cm程度の小型のカラムを使用し、一定濃度のガスを供給するために、今回は試料下部に10mg/LのTCE溶液を注入した。また、試料にはガラスビーズ・珪砂・標準砂を使用し、表－1に示す条件で含水比と拡散係数の関係について検討を行った。

ガス濃度の測定に関しては、ガスの移流を少なくするためにガス採取口より0.1ccのガスを採取し、PIDガスクロマトグラフで分析を行っている。実験手順を以下に述べる。

- 1) 試料の含水比を調整し、カラムに詰める
- 2) TCE溶液を試料下部のタンクに注入する
- 3) ガス濃度の測定（ガス濃度がほぼ定常状態になるまで測定を行う）
- 4) 試験後の含水比・濃度の測定



図－1 実験装置

表－1 実験条件

試 料	乾燥密度 ρd (g/cm ³)	含水比 w (%)	飽和度 Sr (%)	間隙率 n (-)
ガラスビーズ(2mm)	1.55	0.0	0.0	0.40
珪砂 6 号	1.50	0.0	0.0	0.43
標準砂	1.45	0.0	0.0	0.45
	1.52	2.5	9.0	0.42
	1.41	4.2	12.9	0.47
	1.58	6.9	27.4	0.40
	1.56	10.0	38.2	0.41
	1.51	14.8	52.0	0.43

3. 実験結果および考察

移流の無い場合の土中ガスの拡散は、屈曲率 (Tortuosity)、間隙水への溶解などに影響されるものと考えられる。屈曲率および溶解による遅延は計測が困難な値である。本実験では、これらの影響をすべて含んだ形での拡散係数が求められるため、この拡散係数を無理に分離していない。実験結果から拡散係数を算定した式を式（1）に示す²⁾。ここに、Cはガス濃度、C₀ガス供給源でのガス濃度、xはガス供給源からガス採取位置までの距離、Dは拡散係数、tは時間である。

$$\frac{C}{C_0} = \text{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \quad \text{式（1）}$$

乾燥状態でのガラスビーズ、珪砂、標準砂の試験結果を図-2に示す。3試料の間隙率はほとんど等しいにもかかわらず、拡散係数の値はガラスビーズと他の2試料では2倍程度異なっている。これはガラスビーズよりも珪砂・標準砂の間隙の屈曲が複雑になっているからと考えられる。これまでの研究においてもガラスビーズと珪砂の間で同様の傾向を示している³⁾。

また、標準砂の飽和度と拡散係数の関係について図-3に示した。拡散係数は飽和度が30%程度まではほぼ同程度の値を示しているが、飽和度が40%程度から急激に低下している。全体的には含水比が高くなると拡散係数が小さくなっていくことがわかる。

Millington⁴⁾らの理論的な研究と今回の実験結果を比較して見ると、飽和度の高い部分では比較的良く一致しているが、飽和度の低くなるとその差は大きくなっていく。

今回の実験では、前述したように間隙率が等しくても拡散係数が試料によって異なることがわかったが、Millingtonらの研究では飽和度と間隙率が等しければ拡散係数は等しいものとしているためにこのような相違が生じるものと考えられる。

今後、種々の試料について同様の実験を行うことによって土質や飽和度と拡散係数の関係を把握することが可能であろう。さらに、移流の影響を考慮した実験結果とともに再考して行きたい。

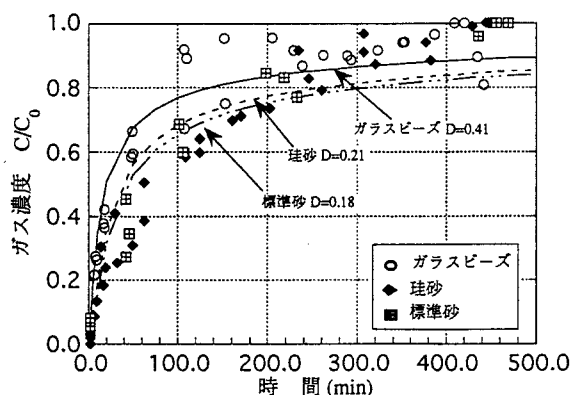


図-2 乾燥状態での拡散係数の比較

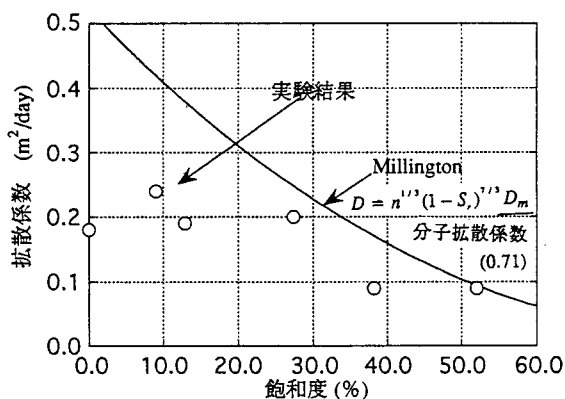


図-3 標準砂の含水比と拡散係数

4. おわりに

本報告ではガラスビーズ・珪砂・標準砂中の拡散のみ取り扱ったが、今後他の試料（標準砂やローム等）についても検討を行っていきたい、さらに移流、有機物への吸着を考慮することにより、粘性土からのガスの揮発、拡散、含水比の高い土を通過する際のガスの拡散などを明らかにし、汚染のメカニズムの把握や浄化の予測に役立てて行くつもりである。

【参考文献】

- 1) 今村聡、末岡徹、名倉克博: 土壌浄化工法の適用について、第26回土質工学研究発表会講演集, pp.1967-1968, 1991.
- 2) AKIO OGATA: THEORY OF DISPERSION IN GRANULAR MEDIUM, pp.112-113, 1970.
- 3) 下村雅則、今村聡ほか: SVE工法におけるTCEガス拡散に関する研究、第28回土質工学研究発表会講演集, pp.2265-2266, 1993.
- 4) Millington R.J. & J. Quick: Gas Diffusion in Porous Media, Science. 130: pp.100-102, 1959.