

土壌圏における環境影響化学物質の挙動解析 Fate and Transport of Environmental Impact Chemicals in Soils

小松登志子(代表)・川本 健 (埼玉大学大学院理工学研究科)

Augustus C. Resurreccion(フィリピン大学ディリマン校), Per Moldrup(デンマーク オルボー大学)

はじめに

❖ 土壌に存在する各種環境影響化学物質(重金類類,揮発性有機化合物,農薬類などの汚染物質,メタン等の温室効果ガス)は,土壌固相(コロイド相)・液相・気相の物質移動相を,溶解態・コロイド吸着態・ガス態など多様な形態で,各相間の物質分配を繰り返しながら移動する。本研究では,このような多様な形態での物質移動を「環境影響化学物質の土壌内マルチフェイズ移動」と位置づけ,土壌・地下水汚染防止のためのリスク評価や汚染土壌の効率的な浄化法の開発を目指して,土壌汚染物質のマルチフェイズ輸送機構の解明とそのモデル化を行った。

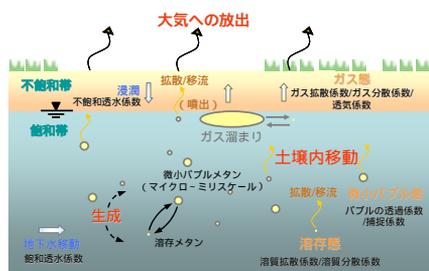
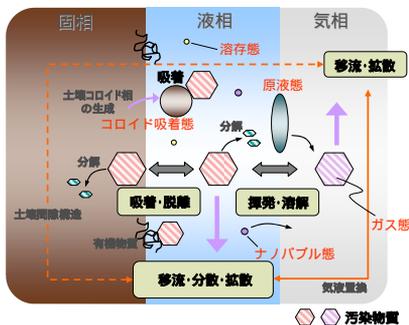
❖ 尚,本研究はH17-19年度本学重点研究テーマ「環境影響化学物質のクロスメディア挙動の予測・評価のための統合的解析に関する研究」(代表:坂本和彦)の一環として行なわれた。

マルチフェイズ移動を規定する物質移動パラメータ

❖ 環境影響化学物質の土壌内マルチフェイズ移動を規定する主な物質移動パラメータとしては,以下が挙げられる。

- 溶解態: 溶質拡散係数,溶質分散係数,飽和・不飽和透水係数
- ガス態: 土壌ガス拡散係数・ガス分散係数・通気係数
- コロイド吸着態: コロイドの捕捉(付着)係数

土壌汚染物質のマルチフェイズ輸送

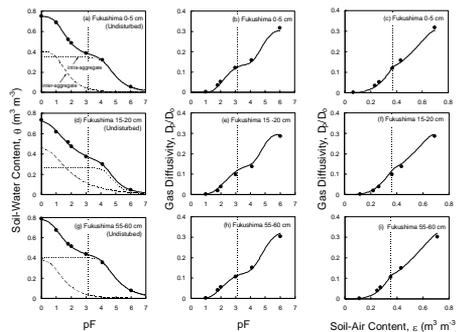


メタンの土壌内マルチフェイズ移動の概念図

物質移動パラメータの測定とモデル化

❖ 団粒構造を有する土壌の土壌ガス拡散係数の予測モデルの提案と検証

団粒土は団粒内と団粒外間隙の二重間隙構造を有し,既存の予測モデルでは土壌ガス拡散係数 D_p/D_0 と気相率 ϵ の関係を上手(表現できなかった。本研究では,各水分状態(pF)での土壌間隙特性(間隙曲度・連結度)の変化を考慮することで,精度の良い予測モデルを構築した。

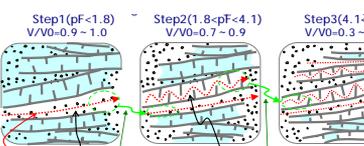
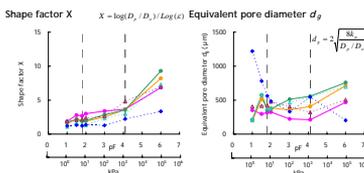
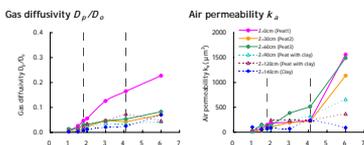


$$\frac{D_p(pF)}{D_0} = \left[(\Phi - 0_r) \left(1 - \sum_{i=1}^3 W_i (1 + (\epsilon_i - 10^{pF})^{\beta_i})^{-1} \right) \right]^X$$

Resurreccion et al., (2008, VZJ)より抜粋

❖ 泥炭土の土壌ガス拡散・通気メカニズムの解明

これまでに測定例の少ない泥炭土を対象に,脱水・収縮過程における土壌ガス拡散係数・通気係数を測定した。これらの物質移動パラメータを用いて土壌間隙形状係数を求めるとともに,脱水収縮にともない物質移動パラメータの変化が植物遺体内外部の間隙構造変化に基づき説明できることを示した。



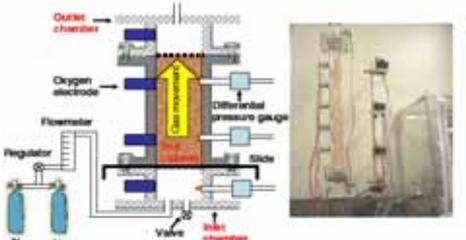
上段: 泥炭土のガス拡散係数 D_p/D_0 , 透気係数 k_a の変化
中段: 間隙形状係数(X, dg)の変化
下段: 泥炭土の脱水収縮にともない間隙構造の変化

飯塚ら(2008, 土木学会論文集)より抜粋

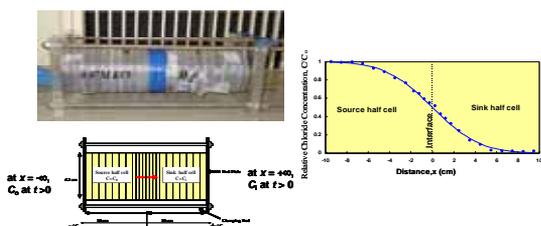
物質移動パラメータの測定

❖ 各種物質移動パラメータの簡便な測定方法を確立し,国内外の土壌を対象として測定を行った。

土壌ガス拡散係数・ガス分散係数・透気係数同時測定装置



土壌の溶質係数拡散装置および測定例



おわりに

❖ 今後は,本研究プロジェクトを通して得られた各種物質移動パラメータの予測モデルを組み込んだ環境影響化学物質の運命予測モデルを構築し,土壌汚染サイトならびに廃棄物処分場埋立地の環境リスク評価を行なう予定である。

廃棄物処分場埋立地



環境リスク評価における環境影響化学物質の挙動連鎖 (Step I-IV)

(廃棄物処分場埋立地を例として)

$F_{g,0}$: ガスEIGsフラックス
 $F_{g,1}$: 微小バブル相EIGsフラックス
 $F_{g,2}$: 溶解相EIGsフラックス

掲載した研究成果
【論文・報告】
1. Kawamoto, K., P. Moldrup, T.P.A. Ferré, M. Tuller, O.H. Jacobsen, and T. Komatsu. 2006. Linking the Gardner and Campbell models for water retention and hydraulic conductivity in near-saturated soil. *Soil Sci. 171*(8): 573-584.
2. Kawamoto, K., P. Moldrup, P. Schjønning, B.V. Iversen, D.E. Rolston, and T. Komatsu. 2006. Gas transport parameters in the vadose zone: Gas diffusivity in field and lysimeter soil profiles. *Vadose Zone J.* 5: 1194-1204.
3. Kawamoto, K., P. Moldrup, P. Schjønning, B.V. Iversen, T. Komatsu, and D.E. Rolston. 2006. Gas transport parameters in the vadose zone: Development and tests of power-law models for air permeability. *Vadose Zone J.* 6: 1205-1215.
4. Resurreccion, A.C., K. Kawamoto, T. Komatsu, P. Moldrup, N. Ozaki, and D.E. Rolston. 2007. Gas transport parameters along field transects of a volcanic ash soil. *Soil Sci. 172*(1): 3-16.
5. Resurreccion, A.C., K. Kawamoto, T. Komatsu, P. Moldrup, N. Ozaki, and D.E. Rolston. 2007. Gas diffusivity and air permeability in a volcanic ash soil profile: Effects of organic matter and water retention. *Soil Sci. 172*(6): 432-443.
6. Kawamoto, K., P. Moldrup, T. Komatsu, L.W. de Jonge, and M. Oda. 2007. Water repellency of aggregate size fractions of a volcanic ash soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1658-1666.
7. 川本 健, 渡辺 聡, 小松 登志子. 2007. 経土(土)から土壌コロイドの流出解析. 埼玉大学紀要. 工学部 第40号: 28-35.
8. Komatsu, T., K. Kawamoto, A. Resurreccion, and P. Moldrup. 2007. A linear model to predict the soil-gas diffusion coefficient of undisturbed unsaturated volcanic ash soil. 埼玉大学紀要. 工学部 第40号: 43-56.
9. Resurreccion, A.C., P. Moldrup, K. Kawamoto, S. Yoshikawa, D.E. Rolston, and T. Komatsu. 2008. A variable Buckingham pore connectivity factor to link gas diffusivity with soil-water matrix potential in unsaturated, aggregated soil. *Vadose Zone J.* 7(2): 307-325.
10. Resurreccion, A.C., T. Komatsu, K. Kawamoto, M. Oda, and P. Moldrup. 2008. Linear model to predict soil-gas diffusivity from only two soil-water retention points in undisturbed, unsaturated volcanic ash soils. *Soils and Foundations* 48(3): 400-414.
11. 飯塚 真一, 川本 健, 小松 登志子, 長谷川 隆一. 2008. 泥炭土のガス拡散・透気特性に及ぼす脱水・収縮の影響. 土木学会論文G 64(3): 242-249.
12. Regalado, C. M., A. Ritter, L. W. de Jonge, K. Kawamoto, T. Komatsu, P. Moldrup. 2008. Useful soil-water repellency indices. *Soil Sci.* (in press).
13. El Man, E., T. Hirata, S. Hiratake, S. Hiratake, T. Komatsu, and P. Moldrup. 2008. Adoption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid onto volcanic ash soils: Effects of pH and soil organic matter. *Environment Asia* (in press).
【要約】
1. 2007年7月 Outstanding Student Paper Award 2006 (American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, Hydrology Section). Resurreccion, A.C.
2. 2007年9月 Best Presentation Award (JSCE 9th International Summer Symposium), International Activities Committee, Japan Society of Civil Engineers. Chandra, D.T.K.K.
3. 2007年9月 埼玉大学学術特別賞 (Osaka University, A.G. (7月) 地球環境科学研究会賞受賞).
4. 2008年7月 Outstanding Student Paper Award 2007 (American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, Hydrology Section). Samanthi, M.A.D.
5. 2008年9月 Best Presentation Award (JSCE 10th International Summer Symposium), International Activities Committee, Japan Society of Civil Engineers. Kasurathna, A.K.
6. 2008年10月 埼玉大学学術特別賞 (Saitama University, A.G. (7月) 地球環境科学研究会賞受賞).
7. 2008年10月 建設省スター発表賞, 土木学会賞. 論文集一編