

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18360224

研究課題名 (和文) 土壌ガス挙動のモデル化と環境リスク評価への適用

研究課題名 (英文) Modeling Gas Transport in Soils and its Application to the Environmental Risk Assessment

研究代表者

小松 登志子 (KOMATSU TOSHIKO)

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：80034396

研究成果の概要：本研究では、環境リスク評価に適用できる統合モデルの構築を目指して、土壌内におけるガスの挙動を測定し、ガス挙動に与える土壌特性の影響を調べるとともに、トランスポート・パラメータ (拡散係数、分散係数、通気係数、溶質拡散係数) のモデル化を行った。土壌ガスのトランスポート・パラメータについては、火山灰土壌、砂質土を用いて実測を行い、間隙構造や粒径分布、有機物含有量などの土壌特性を考慮した多くの新しい予測モデルを提案した。従来のモデルの検証も行った。また、同一カラムで3つの土壌ガスのトランスポート・パラメータ (拡散係数、分散係数、通気係数) を測定できる新しい方法を開発した。構造異方性のある泥炭土の乾燥過程におけるガス拡散係数、通気係数を測定し、泥炭土のガス輸送機構は泥炭の内間隙と外間隙の水分状態に応じて大きく3つに区分されることが示唆された。溶質拡散についてはこれまでに報告例の少ない火山灰土壌の拡散係数を測定し、火山灰土壌は団粒内間隙と団粒間隙という複雑な土壌構造を持つため、拡散係数が他の土壌に比べて特異な挙動を示すことがわかった。土壌特性 (粘土、有機物含有量) と土壌構造 (間隙径分布) を考慮した新しい溶質拡散係数の予測モデルも提案した。このように多くの実測とともに、最終目標とする統合モデルの構築の基盤となる多くの簡便で正確な予測モデルを提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
2007年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：(1)ガス拡散係数 (2)通気係数 (3)パラメータ予測モデル (4)不攪乱土壌
(5)拡散係数空間分布 (6)無効間隙率 (7)火山灰土壌 (8)土壌水分特性

1. 研究開始当初の背景

地下オイルタンク、半導体工場、クリーニング業などから漏出または流出するトリク

ロロエチレン、ガソリンなどの揮発性有機化合物 (VOCs; Volatile Organic Chemicals) による土壌汚染は、深刻な環境問題となっており、土壌汚染対策法も平成 15 年に施され

た。土壌から気散するこれらの VOCs による大気汚染、室内空気汚染は生態系や人の健康に被害を与えている。また、泥炭地、森林、農地において不適切な土壌管理が要因となる温室効果ガス (CO₂, CH₄ など) の発生は、温暖化の原因となり、地球環境に深刻な影響を与えつつある。このように土壌、地盤から発生するガスは環境に重要な影響を与えているが、土壌ガスの挙動については未解明の部分が多く、リスク評価に適用できる統合的モデル構築に関する研究も極めて少ないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、土壌内におけるガスの挙動を測定し、その拡散と移流に関するパラメータのモデル化を行うことにある。土壌汚染サイトにおける汚染源や、土壌中の有機物から発生するガスは拡散や移流により地表へと運ばれる。その移動を表すパラメータは、土壌ガス拡散係数、通気係数 (透水係数に相当するもので、空気の通りやすさを表す係数)、分散係数および溶質拡散係数である。

本研究では、これらのトランスポート・パラメータに着目し、アメリカ、デンマークを含む種々の土壌における測定をもとに、簡便で正確なパラメータ予測モデルを開発する。さらに、これらの予測モデルを基礎方程式 (移流分散方程式など) に導入して統合的モデルを構築し、土壌汚染サイト周辺の環境リスク評価、汚染土壌浄化工法 (土壌ガス吸引法) の最適化、温室効果ガスの放出抑制のための管理法の提案などへの適用を目指す。

本研究で明らかにする主な項目は以下のとおりである。

- 1) トランスポート・パラメータ (土壌ガス拡散係数、通気係数、溶質拡散係数) の測定 (フィールド、ラボ・スケール)
- 2) トランスポート・パラメータに与える土壌特性の影響 (全間隙率、土壌気相率、間隙分布、間隙径分布、間隙屈曲度など)
- 3) 土壌特性を考慮したトランスポート・パラメータ予測モデルの提案
- 4) これらのパラメータ予測モデルを組み込んだ環境リスク評価モデルの構築と検証

3. 研究の方法

- 1) 試料採取サイトの選定・既存データの収集・整理

対象とする試料採取サイトは、基本的土壌特性を把握しているサイトを中心に、国内 6、デンマーク 6、米国 3 の計 15 サイトとする。これらのサイトは農地、森林土、都市土壌、泥炭地等で、多様な土壌タイプから構成される。採取資料についてトランスポート・パラ

メータ測定するとともに、これまでに報告されている各種データを収集する。

- 2) トランスポート・パラメータの測定とモデル化

土壌ガス挙動を支配するトランスポート・パラメータ (拡散係数、通気係数、土壌溶質拡散係数) を測定する。間隙分布や屈曲度などの土壌特性パラメータと、各トランスポート・パラメータ間の相関を明らかにし、パラメータ予測モデルを提案する。

- 3) フィールドにおけるトランスポート・パラメータの測定とガス濃度分布の把握

国内のサイト (美唄湿地) において、トランスポート・パラメータの実測、および深さ方向の土壌ガス濃度分布 (二酸化炭素、酸素、メタンなど) の経時変化を測定する。

- 4) トランスポート・パラメータの空間分布の統計的解析

トランスポート・パラメータの空間分布を統計的に解析し、ラボ・スケールとフィールドスケールのトランスポート・パラメータの相関についても調べる。

- 5) 環境リスク評価モデルの構築と環境リスク評価への適用

土壌ガス拡散係数、溶質拡散係数、通気係数の各予測モデルを、ガス挙動を支配するフィックの拡散則、ダルシー則、ヘンリーの分配則などに導入し、環境リスク評価モデルを構築する。

4. 研究成果

本研究の目的は土壌内におけるガスの拡散と移流に関するトランスポート・パラメータのモデル化を行うことにある。日本国内数カ所の土壌およびデンマークの土壌について、土壌ガス拡散係数、通気係数、溶質拡散係数などを測定し、予測モデルの提案を行った。研究方法 5) のリスク評価については本研究では未だ検討中であるものの、3 年間の発表論文 16 報、国内外の学会発表 50 件と大きな成果が得られた。

以下にその概要を示す。

- 1) ガス移動パラメータの測定とモデル化

1)-1 環境因子の影響と予測モデルの検証

西東京ローム (火山灰土壌、東京大学農場) において 100m の直線上に採取した不攪乱試料について、土壌ガス拡散係数、通気係数、透水係数などを測定し、その空間分布について調べた。ガス拡散係数については Penman-Call Model (Moldrup, 2005)、通気

係数については Kawamoto Model(2006) が最適であることを示した (論文 15).

団粒構造を有する火山灰土壌 (東京大学農場牧草地) のガス拡散係数と通気係数を測定し、これらのトランスポート・パラメータの空間変動性を調べた. 長さ 117m と 33m の直線上に 3m 間隔に試料を採取して測定し、拡散係数は主として気相率に、通気係数は主として土壌構造に依存して変動することが明らかとなった. これまでにこのような計測はほとんど行われていないため、貴重な実測データとなっている (論文 9).

福島ローム土 (火山灰土壌, 福島県西郷村) の深さ方向について拡散係数・通気係数を測定し、間隙量と有機物量が多い表層土での拡散係数が低いこと、下層土に比べて、拡散係数がゼロとなる無効間隙の値が表層土では大きいこと、通気係数には有機物量の影響は小さいことなど、林地における有機物含有量がトランスポート・パラメータに及ぼす影響を明らかにした (論文 10).

1)–2 新しいモデルの提案

5 種類のデンマークの土壌についてガス拡散係数を測定し、予測モデルの評価を行った結果、Three-Porosity Model (Moldrup, 2004) の適合性が最もよいことが明らかになった. 通気係数については土壌間隙径分布に基づいた新しい予測モデルを提案し、このモデルに必要な通気係数の基準値 ($k_{a,100}$) の予測法も示した (論文 16).

火山灰土壌について拡散係数と土壌間隙の連結性を示す Pore Connectivity Factor (PCF) を調べた結果、従来、一定値とされていた PCF が気相率とともに変化することが明らかになり、PCF の変化を考慮した新しい拡散係数予測式を提案した (論文 8). また、この PCF の気相率に伴う変化特性を利用して、気相率から拡散係数を求める簡便で正確な線形予測モデルを提案した (論文 7).

土壌の気相、液相、固相のそれぞれのガス拡散への抵抗性を考慮した新しい予測モデルも開発した (論文 6).

砂質土の平均粒径、乾燥密度などを考慮した新しい拡散、通気係数予測式も提案した (論文 4).

土壌ガス拡散係数、通気係数、透水係数などと、気相率や体積水分含有率との相関について統一的に適用できる Bimodal Probability Law Model を提案した (論文 14).

1)–3 湿地土における温室効果ガスの土壌内濃度・放出量の長期モニタリング

美唄湿原に隣接する防風林内において、温室効果ガスの土壌内濃度・地表放出量を年間計測した. このように、温室効果ガスの土壌内濃度・地表放出量双方の長期計測に成功し

た例は極めて少ない. この長期計測から地下水面上の上下変動が CH_4 の発生に影響を及ぼすこと、 N_2O は積雪期にも生成、消失が活発であることなどが明らかとなった.

2) ガス移動パラメータの測定方法の開発

同一カラムで 3 つのガス移動パラメータ (拡散係数・分散係数・通気係数) を測定できる方法を開発した. この方法では、従来は別々の装置で測定しなければならなかったこれら 3 つのパラメータを同一カラムの異なる深さで測定することができる. 異なった粒径の砂と団粒構造を持つ西東京ロームを用いて、これらのパラメータに与える土壌構造、団粒径、カラムスケール (5, 30, 60 cm) の影響を調べた. (論文 1).

原位置通気係数の算出に用いられる形状係数について、有限要素法解析と模型実験により検証した結果、下端境界条件が形状係数に大きな影響を与えることが明らかになった. 原位置通気係数測定の際、測定地点に不透気層が存在する可能性がある場合は、調査地点での境界条件を適切に考慮した形状係数を求め、原位置通気係数を算出することが重要である (論文 2).

3.) 構造異方性土壌 (泥炭土) におけるガス挙動の測定と間隙構造解析

構造異方性のある泥炭土 (北海道美唄泥炭土) の乾燥過程におけるガス拡散係数、通気係数を測定し、マイクロフォーカス X 線 CT により間隙構造を詳細に調べた. その結果、脱水収縮にともなうトランスポート・パラメータの変化は、植物遺体内部・外部の間隙構造変化に依存し、泥炭土のガス輸送機構は泥炭の内間隙と外間隙の水分状態に応じて大きく 3 つに区分されることが示唆された (論文 5).

4) 火山灰土壌における溶質拡散係数の測定と解析

溶質拡散については、これまでに報告例の少ない火山灰土壌 (黒ボク土) の拡散係数を測定し、試料の団粒構造および間隙構造の違いが溶質拡散係数に強く影響を与えることが明らかになった. 5 種類の土壌の拡散係数を測定した結果、火山灰土壌は団粒内間隙と団粒間間隙という複雑な土壌構造を持つため、拡散係数が他の土壌に比べて特異な挙動を示すことがわかった. 拡散係数予測モデルを検証し、PMQ (Penman-Millington-Quirk) モデルの適合性が最もよいことが示された (論文 3). また、土壌特性 (粘土、有機物含有量) と土壌構造 (間隙径分布) を考慮した新しい予測モデルを提案した (論文 11).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

1. Hamamoto S., P. Moldrup, K. Kawamoto, T. Komatsu, and D. E. Rolston. 2009. Unified Measurement System for the Gas Dispersion Coefficient, Permeability and Diffusion Coefficient, and their Interrelations in Variably-Saturated Soil. Submitted to Soil Science Society of American Journal. , 査読有(掲載決定)
2. 濱本昌一郎, 川本 健, 長森正尚, 小松登志子, Per Moldrup, 2009, 境界条件が原位置通気係数の算出に用いられる形状係数に及ぼす影響, 土木学会論文集, 査読有(掲載決定)
3. Hamamoto S., M. S. A. Perera, A. Resurreccion, K. Kawamoto, S. Hasegawa, T. Komatsu, and P. Moldrup 2009. The Solute Diffusion Coefficient in Variably-Compacted, Unsaturated Volcanic Ash Soils. Submitted to Vadose Zone Journal, 査読有(掲載決定)
4. Hamamoto S., P. Moldrup, K. Kawamoto, and T. Komatsu. 2009. Effect of Particle Size and Soil Compaction on Gas Transport Parameters in Variably-Saturated, Sandy Soils. Vadose Zone Journal, 査読有(掲載決定)
5. 飯塚健仁, 川本健, 小松登志子, 長谷川周一, 泥炭土のガス拡散・透気特性に脱水収縮が及ぼす影響, 土木学会論文集 G, Vol. 64, No. 3, 242-249, 2008. 9, 査読有
6. Thorbjørn, A., P. Moldrup, H. Blendstrup, T. Komatsu, and D.E. Rolston, A Gas Diffusivity Model Based on Air-, Solid-, and Water-Phase Resistance in Variably Saturated Soil, Vadose Zone Journal, Vol. 7, No. 4, 1230-1240, 2008, 査読有
7. Resurreccion, A.C., K. Kawamoto, T. Komatsu, K. Sato, and P. Moldrup, Linear Model to Predict Soil-Gas Diffusivity from Two Soil-Water Retention Points in Unsaturated Volcanic Ash Soils, Soils and Foundation, Vol. 48, No. 3, 397-406, 2008, 査読有
8. Resurreccion, A.C., P. Moldrup, K. Kawamoto, S. Yoshikawa, D.E. Rolston, and T. Komatsu. Variable Pore Connectivity Factor Model for Gas Diffusivity in Unsaturated, Aggregated Soil, Vadose Zone Journal, Vol. 7, No. 2, 397-405, 2008, 査読有
9. Resurreccion, A.C., K. Kawamoto, T. Komatsu, P. Moldrup, N. Ozaki, and D.E. Rolston, Gas transport parameters along field transects of a volcanic ash soil, Soil Sci., Vol. 172, No. 1, pp. 3-16, 2007, 査読有
10. Resurreccion, A.C., K. Kawamoto, T. Komatsu, P. Moldrup, N. Ozaki, and D.E. Rolston, Gas diffusivity and air permeability in a volcanic ash soil profile: Effects of organic matter and water retention, Soil Sci., Vol 172, No. 6, pp. 432-443, 2007, 査読有
11. Kawamoto, K., P. Moldrup, T. Komatsu, L.W. de Jonge, and M. Oda, Water repellency of aggregate size fractions of a volcanic ash soil, Soil Sci. Soc. Am. J., 71, pp. 1658-1666, 2007, 査読有
12. Moldrup, P., T. Olesen, H. Blendstrup, T. Komatsu, L.W. de Jonge, and D.E. Rolston, Predictive-descriptive models for gas and solute diffusion coefficients in variably saturated porous media coupled to pore-size distribution: IV. Solute diffusivity and the liquid phase impedance factor. Soil Science Vol. 172, No. 10, 741-750, 2007, 査読有
13. Komatsu, T., K. Kawamoto, A. Resurreccion, and P. Moldrup, 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, pp. 63-66, 2007, 査読無
14. Poulsen, T.G., P. Moldrup, S. Yoshikawa, and T. Komatsu, Bi-modal probability law model for unified description of water retention, air and water permeability, and gas diffusivity in variably saturated soil, Vadose Zone Journal, No. 5, 1119-1128, 2006, 査読有
15. Kawamoto, K., P. Moldrup, P. Schjønning, B.V. Iversen, D.E. Rolston, and T. Komatsu, Gas transport parameters in the vadose zone: Gas diffusivity in field and lysimeter soil profiles, Vadose Zone J., Vol. 5, pp. 1194-1204, 2006, 査読有
16. Kawamoto, K., P. Moldrup, P. Schjønning, B.V. Iversen, T. Komatsu, and D.E. Rolston, Gas transport parameters in the vadose zone: Development and tests of

power-law models for air permeability, Vadose Zone J., Vol. 5, pp. 1205-1215, 2006, 査読有

[学会発表] (計 50 件)

1. Unno, M., K. Kawamoto, P. Moldrup, and T. Komatsu, Gas diffusion coefficient in variably saturated peat soil: Development and tests of predictive models, American Geophysical Union Fall Meeting 2008, 2008 年 12 月 15 日, サンフランシスコ (USA)
2. Iiduka, K., K. Kawamoto, T. Takemura, M. Oda, P. Moldrup, and T. Komatsu, Three-dimensional pore structure analysis for peat materials using microfocus X-ray computed tomography, American Geophysical Union Fall Meeting 2008, 2008 年 12 月 15 日, サンフランシスコ (USA)
3. 濱本 昌一郎, 川本 健, 小松 登志子, 砂と団粒土のガス分散長に関する研究, 第 50 回土壌物理学学会シンポジウム講演, 2008 年 10 月 18 日, 三重大学(三重県)
4. Resurreccion, A.C., K. Kawamoto, S. Hamamoto, T. Komatsu, and P. Moldrup, Single- and two-individual-region models for gas diffusivity in structureless or aggregated, unsaturated soil, International Annual Meeting of SSSA, 2008 年 10 月 7 日, ヒューストン (USA)
5. Hamamoto, S., K. Kawamoto, T. Komatsu, and P. Moldrup, Simultaneous measurements of the soil-gas dispersion coefficient, gas permeability, and gas diffusivity in repacked, structureless and aggregated soils, International Annual Meeting of SSSA, 2008 年 10 月 7 日, ヒューストン(USA)
6. 海野 将孝, 川本 健, 小松 登志子, 常田 岳志, 飯山 一平, 泥炭土の脱水過程におけるガス移動パラメータの特性, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008 年 9 月 10 日, 東北大学 (宮城県)
7. 飯塚健仁, 川本 健, 小松 登志子, 小林 邦宏, 不飽和領域における泥炭土の透水・透気性評価, 土木学会 第 63 回年次学術講演会, 2008 年 9 月 10 日, 東北大学 (宮城県)
8. 濱本 昌一郎, 川本 健, 小松 登志子, 一次元カラム実験装置を用いた土壌ガス分散係数の測定, 第 14 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2008 年 6 月 26 日, さいたま市 (埼玉県)
9. 飯塚 健仁, 川本 健, 小松 登志子, 岩田 幸良, 土壌物理特性に基づく新たな透気係数予測式の提案, 第 14 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2008 年 6 月 26 日, さいたま市 (埼玉県)

10. Hamamoto, S., M.A.P. Samintha, A.C. Resurreccion, K. Kawamoto, T. Komatsu, and P. Moldrup, The effect of soil compaction on solute diffusion in volcanic ash soil, Interfaces Against Pollution 2008, 2008 年 6 月 2 日, 京都大学 (京都府)

11. Samintha, M.A.P., S. Hamamoto, A.C. Resurreccion, K. Kawamoto, P. Moldrup, T. Komatsu, and S. Hasegawa, Comparison of solute diffusivity between volcanic ash soils and normal mineral soils, 日本地球惑星科学連合大会 2008, 2008 年 5 月 28 日, 幕張メッセ (千葉県)

12. Hamamoto, S., K. Kawamoto, and T. Komatsu, Measurements of gas phase convection and dispersion parameters in soil, 日本地球惑星科学連合大会 2008, 2008 年 5 月 28 日, 幕張メッセ (千葉県)

13. Sugimoto, Y., S. Hamamoto, K. Kawamoto, T. Komatsu, and M. Nagamori, Spatial variability and scale dependency of soil-air permeability at waste disposal landfill site and natural field., iSEM 2008, 2008 年 4 月 24 日, タワーホール船堀 (東京都)

14. Iizuka, K., K. Kawamoto, P. Moldrup, and T. Komatsu, Soil-gas diffusion coefficient and air conductivity for peat soil: Effect of volume shrinkage with successive drainage, International Collaborative Graduate Symposium between Saitama University, 2008 年 1 月 29 日, スリランカ

15. Iizuka, K., A.C. Resurreccion, K. Kawamoto, P. Moldrup, S. Hasegawa, and T. Komatsu, Gas transport parameters for peaty soil: Effect of peat shrinkage induced by successive drainage, American Geophysical Union Fall Meeting, 2007 年 12 月 14 日, サンフランシスコ (USA)

16. Hamamoto, S., K. Kawamoto, P. Moldrup, and T. Komatsu, Gas diffusivity and air permeability in sandy soils: Effect of particle size, compaction and sample scale, American Geophysical Union Fall Meeting, 2007 年 12 月 14 日, サンフランシスコ (USA)

17. Samintha, M.A.P., A.C. Resurreccion, K. Kawamoto, T. Komatsu, and P. Moldrup, Solute diffusivity of repacked volcanic ash soil: Effect of changes in pore size distribution due to soil compaction, American Geophysical Union Fall Meeting, 2007 年 12 月 14 日, サンフランシスコ (USA)

18. Kawamoto, K., K. Iiduka, K. Kobayashi,

P. Moldrup, T. Komatsu, and S. Hasegawa, Gas transport parameters in a peat soil profile, ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, 2007年11月7日, ニューオーリンズ (USA)

19. 飯塚健仁, 川本 健, 小松登志子, A.C. Resurreccion, 小林邦宏, 長谷川周一, 泥炭土の脱水収縮がガス輸送パラメータに及ぼす影響について, 第49回土壌物理学学会, 2007年10月13日, 福岡

20. 杉本雄一, 濱本昌一郎, 長谷川久展, 川本 健, 小松登志子, 土壌の構造および粒径がガス拡散係数に及ぼす影響, 第49回土壌物理学学会, 2007年10月13日, 福岡

21. Samintha, M. A. P., A. C. Resurreccion, K. Kawamoto, T. Komatsu, P. Moldrup, Comparison of soil compaction effect on solute diffusivity between normal mineral soils and volcanic ash soils, 第49回土壌物理学学会, 2007年10月13日, 福岡

22. 濱本 昌一郎, 川本 健, 小松 登志子, 人工マクロポアを含む砂のガス輸送パラメータへの毛管束モデルの適用, 第49回土壌物理学学会, 2007年10月13日, 福岡

23. Samintha, M. A. P., A. C. Resurreccion, K. Kawamoto, and T. Komatsu, Effect of soil compaction on solute diffusion coefficient in repacked volcanic ash soil, 第9回土木学会国際ナショナルサマーシンポジウム, 2007年9月18日, 横浜

24. Hamamoto, S., T. Komatsu, K. Kawamoto, and A. C. Resurreccion, Scale dependency of gas diffusivity and air permeability in sand, 第9回土木学会国際ナショナルサマーシンポジウム, 2007年9月18日, 横浜

25. Iiduka, K., K. Kawamoto, K. Kobayashi, T. Komatsu, Characteristics of gas transport parameters in a peat soil, 第9回土木学会国際ナショナルサマーシンポジウム, 2007年9月18日, 横浜

26. 飯塚 健仁, 小林 邦宏, 川本 健, 小松登志子, 長谷川 周一, 小田 匡寛, 泥炭土におけるガス拡散係数・通気係数測定, 第13回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2007年6月6日, 京都

27. Sharma, A., K. Kawamoto, S. Hiradate, H. Kurokawa, P. Moldrup, and T. Komatsu, Adsorption of 2,4-D and atrazine onto kaolinite: Effects of pH and back-ground electrolytes, 日本地球惑星科学連合, 2007年5月24日, 幕張メッセ (千葉県)

28. Resurreccion, A. C., K. Kawamoto, P. Moldrup, T. Komatsu, and D. E. Rolston, Two-retention-point (2RP) linear model for predicting the soil-gas diffusivity in unsaturated undisturbed volcanic ash soil, 日本地球惑星科学連合, 2007年5月24日, 幕張メッセ (千葉県)

29. Sharma, A., K. Kawamoto, T. Komatsu, and P. Moldrup, Adsorption mechanisms of an ionic pesticide onto kaolinite, Proceedings of the International Conference on Emerging Issues on Research and Development, International Conference on Emerging Issues on Research and Development, 2007年4月4日, カトマンズ (ネパール) (その他21件の発表)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小松 登志子 (KOMATSU TOSHIKO)
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 80034396

(2) 研究分担者

川本 健 (KAWAMOTO KEN)
埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 50292644

長谷川 周一 (HASEGAWA SYUICHI)
北海道大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 10333634

溝口 勝 (MIZOGUCHI MASARU)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授
研究者番号: 00181917

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

Per Moldrup
Aalborg University · Department of
Chemistry, Biotechnology, and
Environmental Engineering · Professor

Dennis E. Rolston
Dept. of Land, Air, and Water Resources,
Univ. of California, Davis · Professor