

乾燥地土壌内の溶質の移動に関する現地実験

鳥取大学農学部生存環境科学講座
九州大学工学部建設都市工学科
チュニジア・農業省農業工学研究所
鳥取大学農学部生存環境科学講座
スウェーデン・ルンド工科大学水資源学科

正会員 ○ 安田 裕
正会員 神野 健二
Akissa Bahri
田熊 勝利
Ronny Berndtsson

1. まえがき

本研究はチュニジア、スウェーデン、日本の3国共同で実施された乾燥地土壌内中の溶質移動に関する現地実験の結果を報告するものである。溶質の土壌内移動を評価するために、染料を地表から散布し、土壌断面がどのように染色されたかを観察したものである。

2. 実験

実験はチュニジア国チュニス郊外のシェルフ農業省農業工学研究所実験農場で実施された。同地は地中海性気候（温帯冬雨気候）に含まれ、雨期・乾期の区別があり、実験は現地の雨期に実施された。実験が行われた畑地の土壌断面は3層に分離され、1) 表層(0-0.4m)；シルト質粘土、2) 中間層(0.4-1.0m)；シルト質粘土ローム、3) 深層(1.0-1.5m)；砂質粘土ロームであり、表層には乾燥による亀裂が卓越している(Bahri 他, 1993; Yasuda 他, 1994)。

本研究に先立ちシェルフ農場ではNaBr, KBrを用いたトレーサー試験が行われており、結果は数10cmのスケールの著しい非均一性を示すものであった(Yasuda 他, 1994)。本研究においては、染料を地表に散布した後、散布域下の土壌断面（縦断面、横断面）を掘削し、染料の浸透の様子を視覚的に把握しようとするものである。図-1のような鉄製二重枠を用い（内枠1.0x1.0m、外枠2.0x2.0m、高さ共に0.25m）を用いて実験が行われた。染料の注入に先立ち内枠と外枠の間に水を散布し緩衝域とし、内枠に青色染料(C.I. Food blue 2)の溶液(4,000 mg/L) 50Lを地表から散布した(Flury 他, 1994)。

染料散布1日後、実験装置の側方（北側）にトレンチを掘削し、実験装置内側まで掘り込み、染料の下方への浸透状況を写真撮影する。内枠の水平方向50cmまで縦断面を掘削した後は、残りの50cmについては水平方向に土壌面を削除し染料の平面分布を観察した。図-1に示すようにまず北側(N)鉛直断面を掘削し、観察・撮影の後、残り南側(S)50cmにつき水平断面を掘削し、観察・撮影したものである。

3. 実験結果・考察

図-2に北側鉛直断面における染色パターンを示す。染料の下方への移動は散布域直下ではほぼ水平方向に染料が拡がっているものの、枝状に分布しており、染料が大量に流下したところと、全く通過しなかったところに明確に分離されている。およそ10cm深までは散布域全体にわたり均等に染料が拡がったものであるが10cmより下では、2～3の優勢な染色域が認められ、3つの主幹部から枝分かれしてタコ足状に染料が流下している。これらの主幹部をはずれた領域では染料は全く到達しておらず、散布域下での著しい不均一性が確認された。特に図の右側(W側、横軸70-100cm)では染色域の下方への移動が著しい上に30-50cm

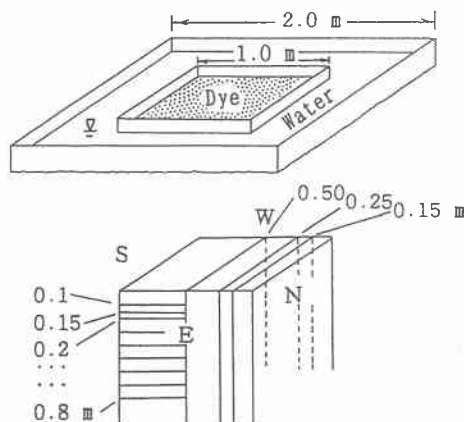


図-1 実験区画、土壌断面

深で左方へのよじれが認められる。これらの染料の大量通過域は亀裂、マクロポーアによる高透水域であるが、主染色域の内側には島状に全く染色されていない領域が存在するとともに、主染色域の外側には飛び石状に染色された領域もある。これは染料が3次的に移動していることを示すものであり、2次元モデルでは説明できないものと考えられる。

コンピュータ・シミュレーションの適応性を検討するために、2次元の水分・溶質のシミュレーションを行った (SWMS_2D; Simunek 他, 1992)。図-3は染料注入後600秒後の染料の濃度と体積土壌水分量のシミュレーション・モデルによる結果である。実験結果(図-2)で得られた10cm深まで全域にわたる染色域とはほぼ一致しているが、10cm以深の分岐は計算できない。また、図の右の染料の移動はマクロポーアの効果を検討するために、実測の飽和透水係数を100倍して計算されたものである。実験結果が示す分岐領域の先端部(およそ50cm深)にいたる平均的染色域が認められる。本計算では水平方向に諸パラメータの分布が与えられていないので、実験結果が示す三つ又状の染色域を表すことはできないが、2次元パラメータ分布を与えることにより大まかな評価は可能であることが予想される。一方で、島状の非染色域や飛び石状の染色域は3次元マクロポーア効果によるものであることが予想されるので、将来的には3次元の非均一モデルによる解析が期待される。

4. むすび

溶質の土中の移動は不均一的である。実験結果が示すように、染料の土中の移動は著しい不均一性を示しており、数センチメートルのスケールにおける土壌特性の変化により、水分、溶質の移動が大きな影響を受けることがわかる。2次元の非均一モデルにより全般的な溶質の移動をシミュレーションできることは予想されるが、詳細なシミュレーションにはマクロポーア沿いの流れを考慮した3次元モデルが必要である。数値シミュレーション・モデルでの適応にあたっては、ダイナミックモデルのみではなく、統計的手法が期待される。

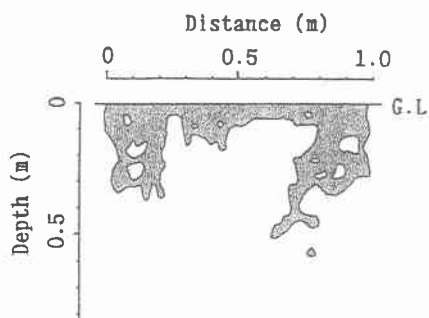


図-2 染色パターン(N=0cm 鉛直断面)

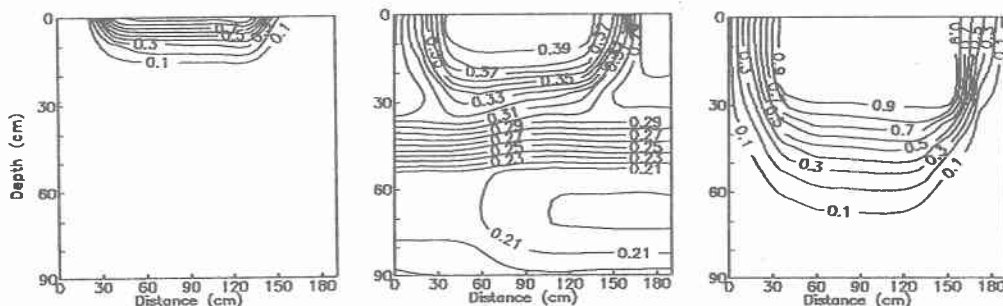


図-3 コンピュータ・シミュレーション(左:染色域、中:土壌水分、右:100倍の透水係数を与えた場合の染色域)

参考文献

- A. Bahri, R. Berndtsson, and K. Jinno. "Spatial dependence of geochemical elements in a semiarid agricultural soil". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1316-1322, 1993.
- M. Flury, H. Fluehler, W. A. Jury and Leuenberger. "Susceptibility of soils to preferential flow of water: A field study." *Water Resou. Res.* 30:1945-1954, 1994.
- J. Simunek, T. Vogel, and M. Th. van Genuchten. "The SWMS_2D Code for simulating water flow and solute transport in two-dimensional variably saturated media." 1992.
- H. Yasuda, R. Berndtsson, A. Bahri, and K. Jinno. "Plot-scale solute transport in a semi-arid agricultural soil." *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58, 1052-1060, 1994.