

地球型惑星における表層「土壌」改良のための溶液輸送技術

島根大学 森 也寸志, 明治大 登尾浩助, 東大 溝口 勝, 明治大 落合博之

A solute transport technique for improving the surface "soil" of terrestrial planets.

Yasushi Mori¹, Kosuke Noborio², Masaru Mizoguchi³, and Hiroyuki Ochiai²

1 Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504 E-Mail: yasushim@life.shimane-u.ac.jp

2 Meiji University. 3 The University of Tokyo.

Abstract: In certain stage of terra-forming, there needs to be improvement of planet surface by increasing organic matter in "soils", because rich "soil" keeps surface environment in good condition during terra-forming. Solute transport experiments were conducted for four soils which have: no macropore inside; empty macropores; macropores with cellulose fillings; macropores with glass fiber fillings. Results indicated that macropore fillings worked as by-pass which conducted solution to the deeper profile without saturation at the surface, and kept unsaturated condition by passing the excess water to deeper profile.

Key words: solute transport, macropore, bypass flow

1. はじめに

地球上では土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫であり、大気や水の大循環に大きな役割を果たし、その状態の安定に貢献している。同様に、惑星探査や資源開発を越えて、地球型惑星で生命活動を考えるときには、表層環境の安定化のために、その惑星に応じた惑星表層の改善を行う必要があると思われる。

宇宙空間では動力源は貴重であり、また安全上の問題から、重機の頻繁な移動を伴う大がかりな土木工事は減らしたい。そこで選択肢のひとつとして、地上に重機を固定し、液体を惑星表層に注入することによって表層「土壌」改良を図ることを考えた。送液の方法としては有機物を直接注入、または無機薬剤を注入することが考えられる。想定する惑星では非常に薄い大気があり、重力が地球の10-50%程度であると考えられるが、まず、地球上の条件を使って、溶液を効率的に輸送し、拡散を効率的に行うためにどのような条件が必要となるか基礎的な実験を行った。

自然に存在する多孔質体は、一般に亀裂や間隙の大小など不均一な構造があるために浸透理論が当てはまらない現象が多く観察され、その物質移動はコントロールが難しいことが知られている。典型的なものは、バイパス流と呼ばれる粗大間隙を通じた迅速な流れで、これが発生すると土壌全体に満遍なく溶液を拡散することが出来ない。これまでの成果から土壌中の溶質移動は間隙サイズに応じた領域において発生することがわかっており (Mori ら, 1999, 2001, また右図), わずかな圧力制御で溶質移動が制御できることがわかってきた (東ら, 2000). さらにこれを利用すると効果的に薬液を土壌内に拡散させ、土壌環境の修復が効果的に行えることが

わかってきた (森ら, 2005). 地球以外の惑星上では大気が薄いため表層を回避し、少しでも早く地中に薬液を届けることが必要となる。ここではこれらの技術を発展させ、土壌表層だけでなく鉛直下方へも効率的に溶液輸送が可能であるか試みた。

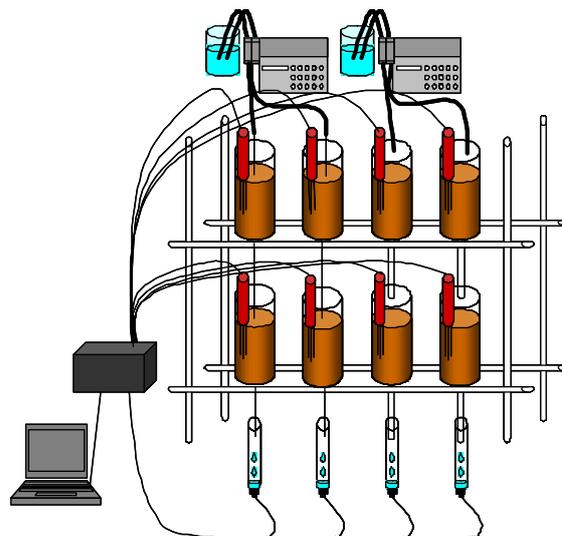


Fig. 1 Schematic of experimental setup.

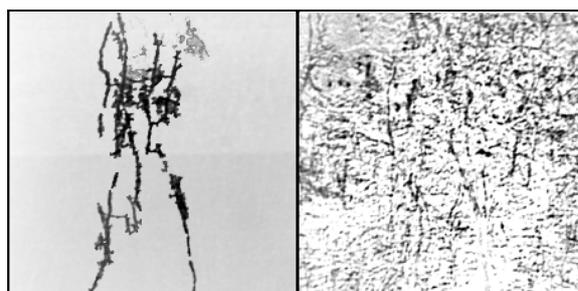


Fig. 2 X-ray radiography of solute transport. Left: saturated condition, right: unsaturated condition.

Both photos were taken at the same sample.

2. 実験の方法

溶質拡散が試料下方でも充分発生する条件を探るため、直径 5cm 高さ 10cm のカラムに土壌を乾燥密度 0.95gcm^{-3} になるように充填し、これを上下に 2 つつなげ (Fig.1), 栄養塩の注入速度や土壌の間隙構造を変えて実験を行った. 仮想レゴリストして火山灰性くろぼく土壌を使用し, 不均一な構造を模して鉛直に直径 1mm の穴をいくつか空け溶質移動実験を行った. また溶液を下方へバイパスさせる間隙構造として, セルロースを主成分とする繊維とグラスファイバーを通し, また, 中空のマクロポアも作成した. 比較のためにマクロポアのない試料も用意した.

有機物を含む薬液を, 飽和流に相当する 10^{-4}cmsec^{-1} の速度で 1 ヶ月にわたって浸透させ, 溶質移動の様子を調べた. 土壌カラムの中には TDR を挿入し, 水分量と電気伝導度の変動が記録されるようにした.

3. 結果と考察

Fig.3 より, マクロポアが存在し, かつその内部に充填物が存在するときに効率的に試料全体にわたって平均的な水分量を達成できることがわかった. マクロポアのない物は目詰まりによる水分上昇をやすく, また, 不飽和状態を維持する本実験ではマクロポアが存在するだけでは水みちたらず, 内部に充填物を挿入することで効率的な下部浸透を促すことがわかった.

薬液についても同様 (Fig.4) で, 土壌内部では濃度むらが発生しやすいがマクロポア内部に充填物を挿入しておくことで下部浸透を迅速に促し, 安定した濃度を実験初期から作り出しやすことが明らかになった.

4. おわりに

土壌環境変化に有効な薬品が開発されたとしてもそれを求める部位に的確に送液出来なければ, その効果を十分に発揮することが出来ない. 一般的な現象としては, 表層にしか薬液が届かないこと, また, バイパス流の発達によってムラのある送液があり得るが, 今回のような方法であれば効率的に溶液を土壌深部に到達させることが出来る可能性がある. 更に長いカラムで実験を継続したい.

引用

Mori, Y., T. Maruyama and T. Mitsuno. Soft X-ray

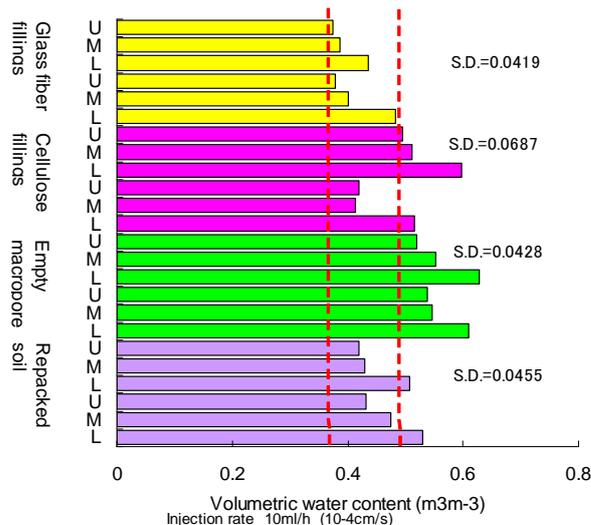


Fig. 3 Water content distribution during the experiments.

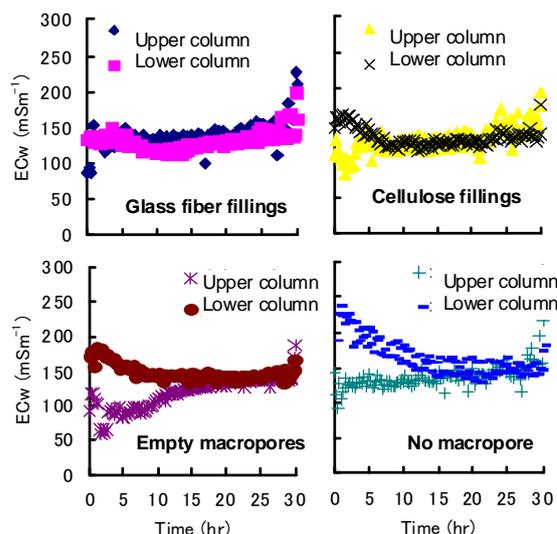


Fig. 4 Calculated solution electrical conductivity in soil during the flow experiments..

radiography of drainage patterns of structured soils, Soil Sci. Soc. Am. J. 63(4) : 733-740. 1999.

Mori, Y., I. Takeda and A. Fukushima. Soft X-ray radiography of structure-induced macropore flow in clayey soils. Clay Science for Engineering, Balkema, Rotterdam: 297-302. 2001.

東 直子, 森 也寸志, 武田育郎, 福島 晟. 土壌間隙の二重構造性が溶質移動に与える影響. 平成 12 年度農業土木学会大会講演会講演要旨集, 624-625, 2000.

森 也寸志, 宮林哲司, 北村光太郎. 油汚染土壌の浄化における栄養塩注入速度の最適化. 第 11 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集 : 336-339. 2005.