

地球型惑星における生命活動のための「土壌」改良技術について

島根大学 森 也寸志

A technique for improving the “soil” of terrestrial planets.

Yasushi Mori

Shimane University, Matsue, Shimane 690-8504

E-Mail: yasushim@life.shimane-u.ac.jp

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 techniques were considered which effectively conduct chemicals or organic matter into “soils”. Solute transport experiment revealed that unsaturated condition with small injection rate has advantage over saturated condition with fast injection, because dispersion process effectively conducted the chemicals into smaller pores.

Key words; Solute transport, Convection, Dispersion

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有機物含量を増やして表層を土壌化し、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作業は減らしたい。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、ここではまず、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。

一般に土壌中の物質移動はコントロールが難しく、亀裂や間隙の大小など不均一な構造のために、浸透理論が当てはまらない現象が多く観察される。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、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いる（Mori ら, 1999, 2001, 東ら, 2001. また下図参照）ため、これが制御できるものであるかどうかの吟味を行った。

2. 実験の方法

試料として火山灰土くろぼく土壌を使用し、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、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。窒素・リン酸・カリを1:2:1の割合で含む植物用の液肥を、飽和流に相当する 10^{-4}cmsec^{-1} と、わずかに不飽和となる 10^{-5}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。途

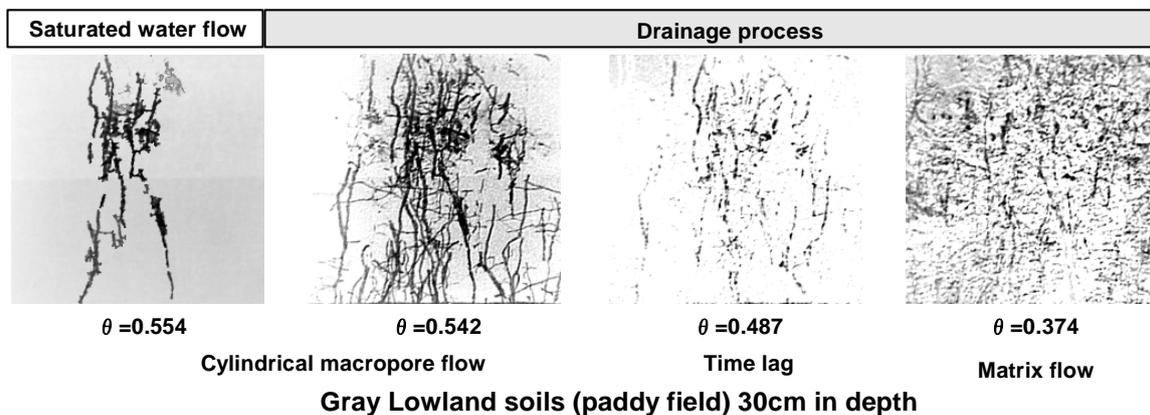


Fig.1 X-ray radiography of drainage process from natural soil (after Mori et al., 2001)

Photos were taken from exactly the same soils during drainage process.

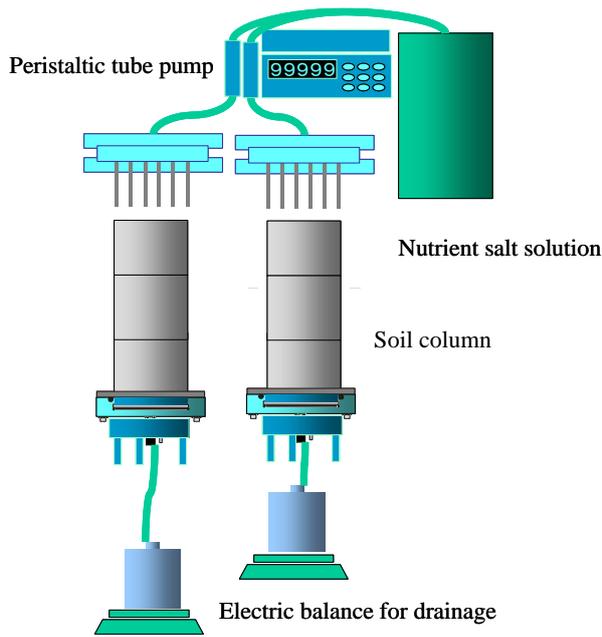


Fig.2 Schematic of solute transport experiments

中，土壤カラムをX線で透視し，実際の溶質移動を可視化して確認した。

3. 結果と考察

排水液をイオンクロマトで分析すると，飽和に相当する速さで浸透実験を継続したものは土壤構造の影響を受けて異なった排水液の傾向を示した (Fig.3 左二つ) . 一方，試料を不飽和にして遅い浸透を採用した土壤については，構造の違いにかかわらず同じ排水傾向を示した (Fig.3 の右二つのグラフ) . すなわち構造に関係なく同じ溶質移動傾向を作り上げることが出来た. これは Fig.1 における不飽和状態でのX線映像と同じで，水分を少なくすることで土壤カラム全体に溶液を分散させることが出来たものと判断された. 実際，X線写真で確認すると，全く同じ土壤でも不飽和では土壤全体に造影剤が分散する様子が撮影された. すなわち，送液の境界条件の制御によって土壤中の溶質移動が制御可能であることを示しており，不均一で制御することが難しいと考えられてきた土壤についてその環境を管理するための一つの手法を提供することが出来た. また，わずかに不飽和になる条件での浸透は実験終了まで (1ヶ月) 送液を継続することが出来たが，飽和を継続する方は途中で目詰まりを起こした. 細かい粒子が土壤間隙に詰まったと考えられるが，表層土壤の環境改善には長期にわたる送液実験が必要になるため，不飽和流を利用する方が有利であることが観察された.

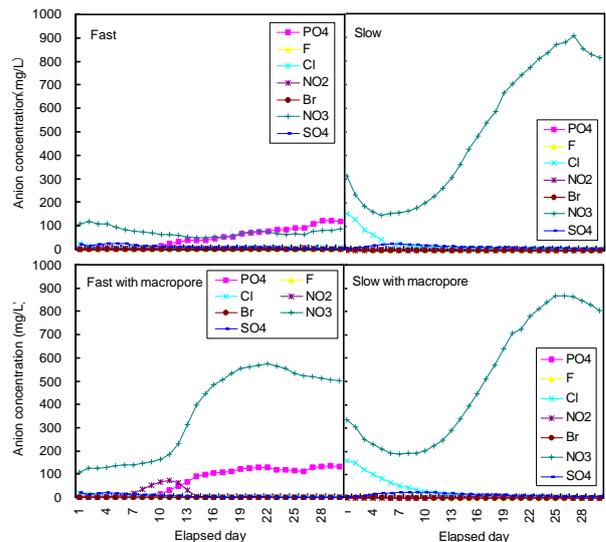


Fig. 3 Ion chromatography of leachate
Ion concentration in leachate showed same trend for slow injection with/without macropore.



Fig. 4 X-ray radiography of solute transport.
Left: saturated condition, right: unsaturated condition.
Both photos were taken at the same sample.

4. おわりに

土壤環境改変に有効な薬品が開発されたとしてもそれを的確に求める部位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. 一般的には有効な薬液などがあれば，早く大量に土壤中に送液しようと考えがちであるが，逆説的に，遅い浸透をしてやる方が効率がよいことが明らかであった. 遅い浸透の方が動力源も余りかからず，長期の環境改変には有利である.

引用

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