

< 研究発表 >

微生物の土中移動に関する室内実験とモデル化

Laboratory Test and Modeling on Bacteria Transport

佐藤健¹⁾・藤原俊明¹⁾・高見澤一裕²⁾

¹⁾岐阜大学工学部, ²⁾岐阜大学応用生物科学部

Takeshi Sato¹⁾, Toshiaki Fujiwara¹⁾ and Kazuhiro Takamizawa²⁾.

¹⁾Faculty of Engineering, Gifu University, ²⁾Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University

Key Words bacteria transport, effluent breakthrough curve, laboratory column test

1. はじめに

地下水汚染に対する浄化技術として、汚染土壌や地下水中に生息する微生物の物質分解能力を活用したバイオレメディエーションが、低濃度汚染に対して浄化効果高く、エネルギー消費少ない、という点で注目を集めている。バイオレメディエーション（特にバイオオーギュメンテーション B.A.）の効果的実施には、微生物と栄養塩の土中での動態評価が重要になり、本研究は、B.A.に対する基礎的資料の蓄積を目指し、土中流れ場における微生物動態を室内実験で再現したものである。PCE, TCE による汚染地下水を対象とした B.A.を想定し、これら汚染物質に対し分解能力を持つ嫌気性微生物 *Clostridium bifermentans* DPH-1 株（以下 DPH-1 株と呼ぶ）を用いたカラム実験を実施し、物質移動モデル¹⁾を下敷きとした実験結果に対するフィッティング解析に基づき土中の微生物移動で特に重要となる間隙内堆積現象について若干の考察を加えた。

2. DPH-1 株の性質と菌体量の定量

DPH-1 株は PCE→TCE→*cis*-DCE の分解能力を持つ嫌気性の桿菌で、菌体量の定量には Bradford 法を用い、タンパク質濃度を指標とした。タンパク質濃度 y は吸光度 x から式(1)により算出した。

$$y = 1.538x - 0.0253 \quad |r| = 0.995 \quad (1)$$

3. DPH-1 株を用いた定流量室内カラム実験

カラム実験装置を図 1 に示す。土質試料として、豊浦砂、鶏糞炭化物（セラミック炭）、セラミックビーズ、ガラスビーズ、礫を用いた。試料の物性を表 1 に示す。試料をカラムに充填し、蒸留水による飽和定常流を作る。流れの定常を確認後、DPH-1 株培養液（以下、原液と呼ぶ）に切り替え、カラム上端から採液を開始する。流出過程の微生物動態確認のため任意時間経過後、再び蒸留水に切り替える。原液および採液の菌体定量を行い、原液菌体濃度 C_0 、採液菌体濃度 C の経時変化から流出破過曲線を描き、カラム土柱での動態を考察した。

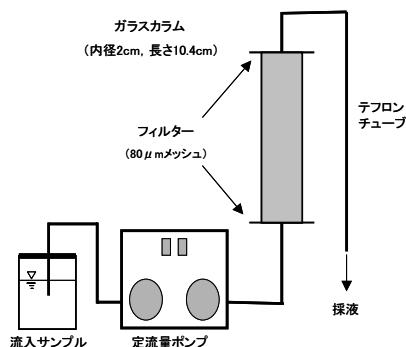


図 1 実験装置

表 1 土質の物性

	土粒子密度 g/cm ³	平均粒径 cm	比表面積 ^{※2} m ² /g
豊浦砂	2.65	0.018	0.34
セラミック炭	2.23(1.42) ^{※1}	直径:0.4~0.5, 長さ:0.5~2.4	11.0
セラミックビーズ	3.40(2.00) ^{※1}	0.48	0.1
ガラスビーズ	2.5	0.48	0.0005
礫	2.58	1.04	0.0002

※1 ()内はかさ密度

※2 水銀圧入法で計測

4. NaCl のカラム実験との比較

図2に豊浦砂における微生物およびNaClの流出破過曲線を示した(PV:カラム内の水分量に対する流出水量の比). 微生物とNaClの流れ場における挙動は, 定常域および水で洗い出す過程で相違が生じた. 微生物の大きさはおよそ3μmであり, NaClに比べて大きく, 微生物の間隙内抑留・堆積現象が砂中で発生し, 微生物輸送が阻害され, 流出破過曲線の形状が大きく異なる結果になった.特に定常域での微生物濃度の変動はNaClには見られない傾向で, 間隙サイズの計測を実施し土質特性との関連性を今後吟味する予定である.

5. DPH-1 株の間隙内堆積速度係数

微生物の土中間隙における抑留・堆積現象による輸送低下を一次反応速度式で表現し, 移流・分散式¹⁾に組み込んで流出破過曲線に対してフィッティングを行った. 間隙内抑留・堆積によるDPH-1株の砂中カラム除去に関する反応速度係数ξをフィッティングで推定し, 式(2)によるカラム内堆積菌体量M_{se}*と流出破過曲線から推定できる堆積菌体量M_{se}との関係を調べた.

$$M_{se} = \xi C_0 t_0 V_w \tag{2}$$

M_{se}*: 推定堆積菌体量(mg protein), t₀: 注入継続時間(min), V_w: カラム内間隙水体積(cm³)

図3の結果より, M_{se}とM_{se}*の間に高い相関が認められ, 土質によらず式(3)の関係を利用してDPH-1株の土中間隙堆積速度係数ξを推定できることがわかった.

$$M_{se} = 0.895 M_{se}^{*0.730} \quad |r|=0.895 \tag{3}$$

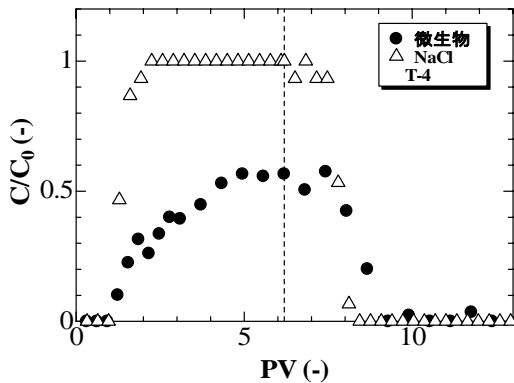


図2 微生物とNaClの比較(豊浦砂)
C₀=20.394(mg protein/l), q=0.318(cm/min)

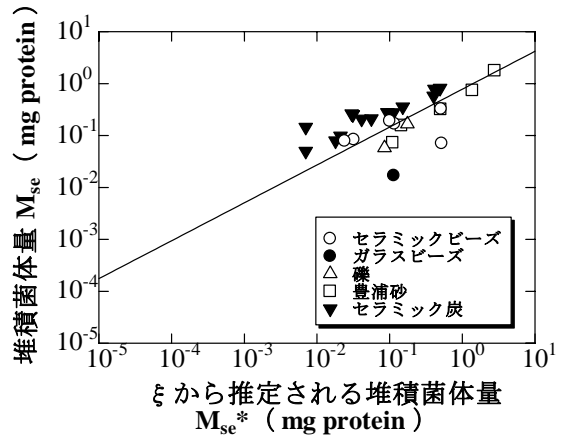


図3 破過曲線と移流分散式のフィッティングで求まる土中間隙内堆積菌体量の比較

6. まとめ

- ① 土質によってDPH-1株は異なった移動特性を示し, その挙動は可溶性物質の土中移動と概ね同じ物理現象として追跡可能である. 微生物は間隙内抑留・堆積により可溶性物質とは異なる特徴的な現象も観察された.
- ② 土中に注入するDPH-1株の原液濃度が高くなると, 微生物は間隙狭小部で輸送が妨げられ, 間隙内堆積を引き起こしやすくなる. しかし, 注入量の増加に従い間隙内堆積現象は発生しにくくなる.
- ③ DPH-1株とNaClのカラム土中移動は, 微生物の間隙内抑留・堆積現象を考慮した溶質の移流・分散モデルによりある程度は追跡できる. しかし, 定常域や洗い出し過程におけるDPH-1株の細かい変動までは説明できない.

参考文献

1)A.S.Humayra, Y.Kimura, K.Takamizawa and T.Sato: Transport of *Clostridium bifermentans* DPH-1 through The Laboratory Column Can Be Explained by Two-Region Model for Bioremediation, ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY, 2005(in press)