

土中の微生物移動に関する室内実験とその考察

岐阜大学工学部 正会員 佐藤 健
 岐阜大学大学院 ○ 石黒 陽平
 岐阜大学大学院 清水 泰貴
 岐阜大学大学院 藤原 俊明

1. はじめに

環境に広範囲に広がった汚染物質を除去・無害化する方法として、微生物のもつ浄化能力を利用した「バイオレメディエーション」が、土壌の掘削・洗浄・過熱等の処理過程を必要としないため、低コストでありかつ低濃度汚染に対しては浄化効果が高く、エネルギー消費や環境負荷が少ないという点で、注目されている。日本では、土壌汚染は累加総事例数では2368件（平成13年度まで）にのぼっている¹⁾。

本研究では、培養した有用性微生物を土壌に導入して浄化を行う「バイオオーギュメンテーション」に対する基礎資料の蓄積を目指し、PCE（テトラクロロエチレン）に対して分解活性を持つ嫌気性微生物 *Clostridium bifermentans* DPH-1株（以下DPH-1株と呼ぶ）を用いて、室内カラム実験を行った。地下水汚染の浄化を考えているので、透水性材料に対する微生物の移流と分散、吸着（堆積）・脱離（剥離）の各特性を、土質特性・菌体濃度・流れ場の特性と関連付けながら実験結果を考察した。また比較として、非吸着性物質であるNaCl溶液を用いて、微生物移動の特性と比較し考察した。

2. 研究方法

(1) 流れ場における微生物およびNaCl溶液の動態実験

DPH-1株とNaCl溶液をトレーサとして、図-1に示すような実験装置を用いて定流量カラム実験を行った。実験要因として流量、試料、粒径、比表面積を変化させた。各試料の物性値は表-1のようである。また、流量は1.0、5.0、10.0(ml/min)の3パターン行った。カラムに試料を飽和状態となるように充填し、定流量ポンプによりカラム下端から蒸留水を流入させ、定常流れを確認後、菌液に切り替え、経時的な流出水のサンプルを採液する。任意時間経過後、再び蒸留水に切り替え、採液を続ける。採液終了後、原液および流出サンプルの菌体濃度を測定する。流出水の菌体たんぱく質濃度から微生物量を、また硝酸銀滴定によりCl⁻濃度を定量し、流れ場における動態を考察した。

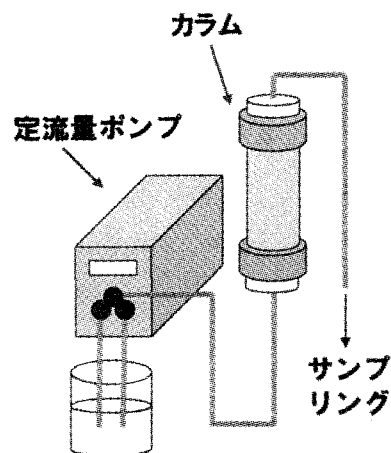


図-1 定流量カラム実験装置

(2) 振とう実験による試料への吸着特性

試料にはカラム実験と同じく、豊浦砂、セラミックビーズ、セラミック炭、ガラスビーズ、礫の5種類を用いた。坂口フラスコに菌液および試料を入れる。振とう機を用いて、常温で振とう回数80回/minの条件で6時間バッチ振とうし、振とう後の菌液の菌体濃度をサンプルして測定し、土試料への微生物の吸着特性を明らかにした。菌体濃度はBradford法を用いて吸光

表-1 試料の物性値

	土粒子密度 g/cm ³	平均粒径 cm	比表面積 ^{※1} m ² /g	間隙率 %
豊浦砂	2.65	0.018	0.34	41.5
セラミック炭	2.23(1.42) ^{※2}	0.45	11.0	74.0
セラミックビーズ	3.4(2.00) ^{※2}	0.48	0.1	68.8(47.0)
ガラスビーズ	2.50	0.48	0.0005	44.8
礫	2.58	1.04		47.0

※1 水銀圧入法で計測
 ※2 ()内はかさ密度

度から、タンパク質量として求めた。

3. 研究結果と考察

まず、ガラスビーズ (以下GB) とセラミックビーズ (以下CB) を比較した場合、粒径がほぼ同じ試料であるのに、微生物・NaCl共に流出過程 (点線以降) において、CBではGBよりも流出に時間を要している。これは、CBはGBより比表面積が大きく、細間隙が微生物やNaClを引き込む力 (ひきつける力) があるために、なかなか洗い出されないためであると考えられる。

セラミック炭 (以下CC) における微生物とNaClの挙動を比較した場合、定常域に達するまでは微生物・NaCl共に似た挙動を示すが、流出過程において微生物のほうが相対濃度が0になるまでの時間が短い。これは、CCには細間隙部分が多く存在し、かつNaClイオンの大きさが1~5 (Å) であるのに対し、微生物が2~2.5 (μm) と非常に大きいため吸着・堆積現象が起きていて、全ての微生物が洗い出されないためであると考えられる。NaClでは、吸着・堆積現象を起こすことなくスムーズに流出し、流出破過曲線は対照形になっている。

帯水層を考えた礫においては、微生物・NaCl共に似た挙動を示し、流出過程において相対濃度が0になるまでの時間も他よりも若干早いことが分かる。他の試料の実験と比べ、礫の実験は間隙率が大きいいため、可動水の影響を強く受けるためである。今回の実験より、通水流量が大きいほど微生物の洗い出しに要する時間が短くなる傾向が認められた。(図なし)

4. まとめ

- (1) 間隙の多少が土中の微生物移動 (特に流出過程) に影響を与えていることが分かり、間隙特性を評価し、微生物移動を考察する必要がある。
- (2) 帯水層で微生物・栄養塩を広く拡散させるには、流量を大きくさせることも効果的である。

5. 参考文献

- 1) 環境庁：平成13年度土壌汚染調査・事例対策及び対応状況に関する調査結果の概要(2001)

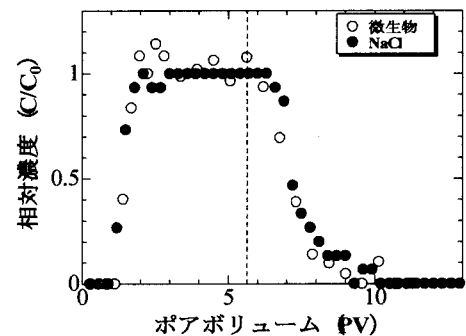


図-2 GB (1.0ml/min)

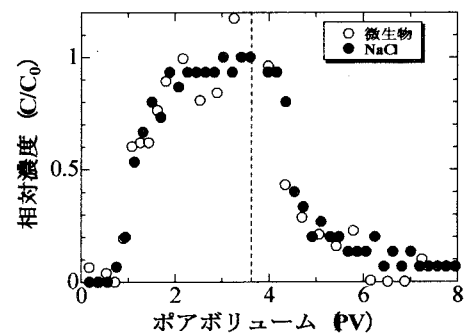


図-3 CB (1.0ml/min)

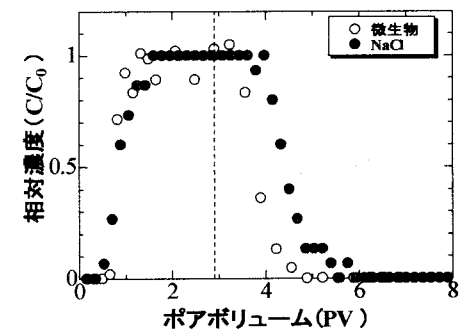


図-4 CC (10.0ml/min)

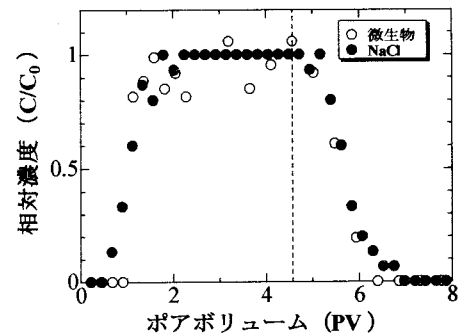


図-5 礫 (10.0ml/min)