

室内カラム実験にもとづく微生物の流れ場における動態

岐阜大学工学部 正会員

岐阜大学工学部

岐阜大学大学院

岐阜大学大学院

岐阜大学農学部

佐藤 健

○菊野 博一

木村 由郎

清水 泰貴

高見澤 一裕

1. 背景・目的

トリクロロエチレン(TCE)やテトラクロロエチレン(PCE)の有機溶剤は、ドライクリーニング用洗浄溶剤、半導体製造などにおける金属機械部品の脱脂洗浄剤として多く使用されてきた。日本では、これら有機塩素系化合物により汚染されている場所が 1000 ヶ所以上報告されている。有機塩素系化合物による土壌地下水汚染の浄化方法には、表-1 に示すような方法があり、その中でも、微生物、植物及び動物などのもつ生物機能を活用し、圧倒的な低コストで汚染環境を修復するバイオレメディエーション(Bioremediation)技術が最近注目されている。

表-1 土壌浄化方法（塩素系有機溶剤）

方法	内容
機械的浄化方法	土壌中を負圧にして溶剤を蒸発促進
加熱浄化方法	土壌を加熱し蒸発 土壌に生石灰を混入し、水分との反応熱利用
微生物分解方法	土壌を嫌気性にして微生物分解
還元分解方法	ゼロ価鉄粉を混入し還元反応

本研究ではバイオレメディエーションを、より有効な浄化技術として確立することを目指とし、嫌気性微生物である *Clostridium bifermentans* DPH-1 株を用いて、有機塩素化合物で汚染された土壌地下水の原位置浄化のための基礎的実験を行った。本報告では、バッチ試験による微生物の吸着特性とカラム実験による微生物の流れ場における動態を室内実験結果にもとづいて考察する。

2. 微生物の吸着特性を調べるためのバッチ試験と流れ場における動態を調べるカラム実験

振とう吸着実験；試料に豊浦砂・廃粘土混合材（以下 CC 材と呼ぶ）を用いる（表-2 参照）。フラスコ内に試料および菌液を一定量入れ、6 時間振とう後のタンパク質濃度から吸着量を算出し、土試料への吸着の有無を検討する。

カラム実験；実験装置は図-1 に示すとおりで、試料をカラムに詰め、飽和状態で充填した。定常流れを確認後、DPH-1 株培養液（以下、原液と呼ぶ）をカラム下端から流入させ、一定時間後水を流入させ、流出水サンプルを採る。流出水のタンパク質濃度を測定し、流れ場における DPH-1 株の動態を考察する。たんぱく質濃度は吸光度によって計測する。

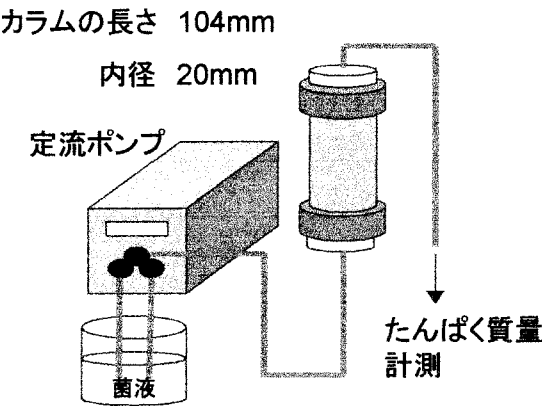


表-2 土質材料の物性

図-1 カラム実験装置

	充填密度 g/cm ³	土粒子密度 g/cm ³	全細孔体積 cm ³ /g	全細孔表面積 m ² /g	平均細孔直径 μm
豊浦砂	1.55	2.65	-	-	-
CC材	0.58	2.23(1.42)	0.257	11.0	0.0932

3. 実験結果と考察

振とう吸着実験を5回行い、平均吸着量を表-3に示した。CC材は、菌の吸着を確認したが、豊浦砂は、ほとんど吸着しなかった。

図-2は豊浦砂を試料に用いたカラム実験結果である。相対濃度が1に到達せず、吸着現象が発生しているような、破過曲線になった。実線は非吸着性物質 NaCl を流した結果である。図-3はCC材を試料に用いた結果である。相対濃度はスムーズに1に漸近し、図-2のNaClと似た形を描いた。図-2、3の縦軸に平行な点線は注入溶液を原液から水に切替えた時刻(PV)を示す。原液を注入している期間の C/C_0 の経時変化と、水に切替える後の C/C_0 の経時変化に相違が見られ、吸着と洗い出しの過程が同じにならない点は注目すべき結果である。

図-4は、に関しては、豊浦砂に対するカラム実験で原液濃度・ダルシー流速を変化させ吸着量を算出した結果である。原液濃度が高くなるにつれ、吸着量も高くなる傾向が見られ、ダルシー流速が速くなるにつれて、吸着量は増加する傾向が認められる。しかし、振とう吸着実験の結果では、豊浦砂の吸着はほとんど認められず、カラム実験では、豊浦砂の細間隙部分に微生物の目詰まり現象が起き、見かけ上吸着のような現象が破過曲線に表われたものと考えられる。

図-5は、CC材の吸着量を示した結果である。原液濃度が高くなるにつれて、吸着量が増加する傾向が認められるが、ダルシー流速 q が1.592 (cm/min)以上になると吸着量の変化は認められない。CC材は粗間隙部分が多いため、流速が速くなると細間隙部分に微生物が侵入しないで、粗間隙を流出してしまうためだと考えられる。

4. 結論

- 1) 廃粘土と鉄粉の混合材(CC材)は菌の吸着現象を確認したが、豊浦砂は、ほとんど菌の吸着現象は認められなかった。
- 2) 豊浦砂のカラム実験による吸着現象は、細間隙部分での微生物の、目詰まり現象が影響している可能性を指摘した。
- 3) 微生物が吸着する過程と分解する過程は反応速度に違いがあり、流出破過曲線は水に切替わる時刻を挟んで対称形とはならない。
- 4) 微生物の土中移動とNaClの移動は破過曲線が一致しないけれども破過開始時間は同じになる。

表-3 振とう吸着実験における吸着量

	振とう実験における吸着量 mg protein/g
豊浦砂	0.00801
CC材	0.03391

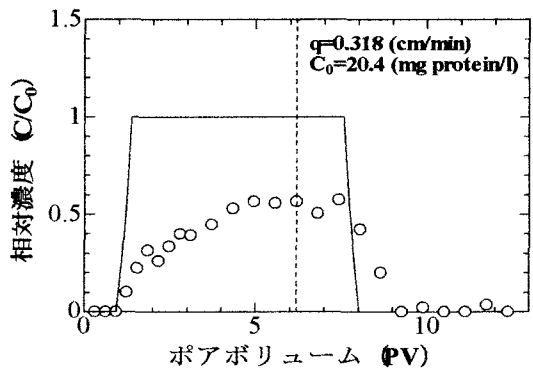


図-2 豊浦砂におけるカラム実験

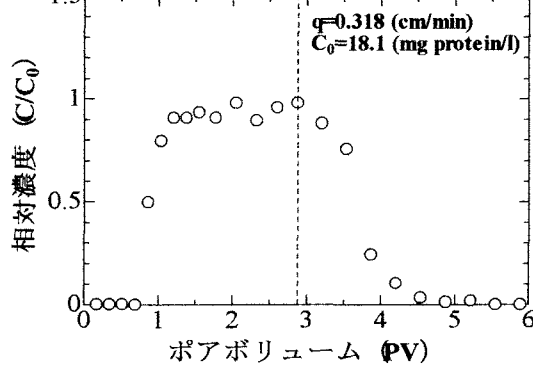


図-3 CC材におけるカラム実験

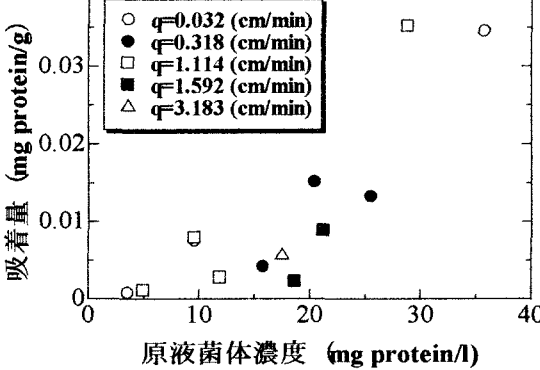


図-4 吸着量-原液菌体濃度 (豊浦砂)

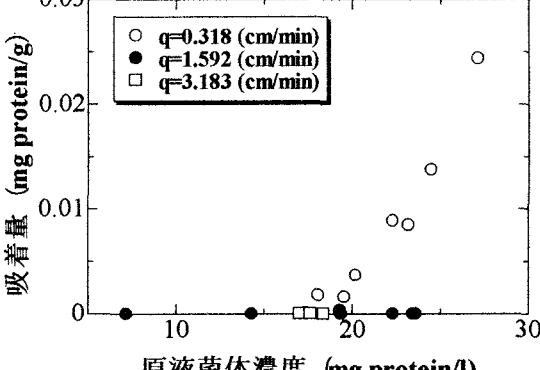


図-5 吸着量-原液菌体濃度 (CC材)