

土中の微生物動態と有機塩素化合物の分解特性

岐阜大学工学部 正会員 佐藤 健
 岐阜県 塩谷晃久
 岐阜大学大学院 学生会員 木村由郎
 岐阜大学農学部 高見澤一裕

1. 研究の背景・目的

有機塩素化合物による汚染土壌・地下水の浄化技術の中で、微生物などのもつ生物機能を活用して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。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的とし、嫌気性微生物である *Clostridium bifermentans* DPH-1 株を用いて、カラム法による微生物の流れ場における動態と、バッチ法による微生物の PCE 分解特性を、室内実験結果にもとづいて考察した。

2. 微生物の分解特性

本研究では *Clostridium bifermentans* DPH-1 株(菌体の長さは 2~2.5 μm)を用いて実験を行った。この菌は、嫌気性環境下で PCE を 90%以上分解し、PCE を cis-DCE(ジクロロエチレン)まで分解することが確認されている¹⁾。DCE を CO₂まで分解する微生物として、*Methanothermobacter* sp.KHT-2 株を考えている。*Clostridium bifermentans* DPH-1 株は酵母エキス(栄養塩)の発酵により得られる水素を電子供与体とし、低濃度から高濃度の PCE を分解する活性をもっている。

3. カラム実験

流れ場における *Clostridium bifermentans* DPH-1 株の動態を調べるため、定流量飽和カラム実験を行った(図1参照)。実験条件は以下のとおりである。

- 1) 試料: 豊浦砂($\rho_s=1.55\text{g/cm}^3$)
- 2) 流入溶液: *Clostridium bifermentans* DPH-1 株懸濁液(以下、菌液と呼ぶ)
- 3) 流量: 0.1, 3.5 (mL/min)
- 4) 菌液の原液濃度: 3.55~35.74 (mg protein/L) (表1参照)

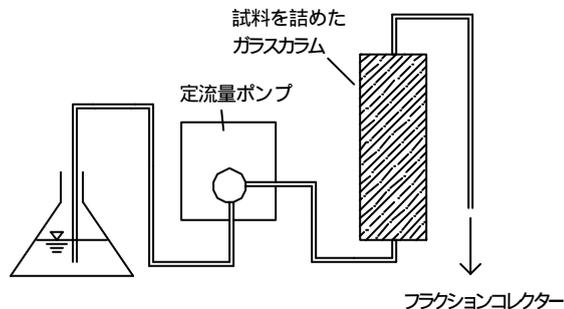


図1 定流量飽和カラム実験装置

菌液の原液濃度 C_0 と流出水の菌液濃度 C から相対濃度を算出し、横軸にポアボリューム PV, 縦軸に相対濃度 C/C_0 をとり実験結果を整理した。実験結果を One-Region モデル, Two-Region モデル(以下、TRM と呼ぶ)、完全混合モデルでフィッティングした結果の一例を図2に示した。

Clostridium bifermentans DPH-1 株の流れ場における輸送形態は TRM により的確に表現できることがわかった。

表1にTRMパラメータを示した。流れ場にあつて微生物が散らばる程度を表現するペクレ数 Pe は、菌液の原液濃度、ダルシー流速に依存せずほぼ一定で、遅延係数 R は菌液の原液濃度が高くなると大きくなり、土中の空隙に菌体が捕捉される割合が増加する様子がパラメータ R の値に反映されていることが伺われた。スタ

表1 実験から推定された TRM パラメータ

菌液の原液濃度 C_0	流量 Q	ダルシー流速 q	スタント数	可動水存在率	ペクレ数 Pe	遅延係数 R
mg protein/L	mL/min	cm/min	-	-	-	-
4.98	3.5	1.115	0.241	0.449	52.0	2.7
9.60	3.5	1.115	0.603	0.106	50.8	12.5
28.81	3.5	1.115	1.412	0.143	51.0	8.3
3.55	0.1	0.032	0.698	0.577	57.0	2.0
9.60	0.1	0.032	0.759	0.128	50.1	8.5
35.74	0.1	0.032	1.590	0.140	61.0	9.5

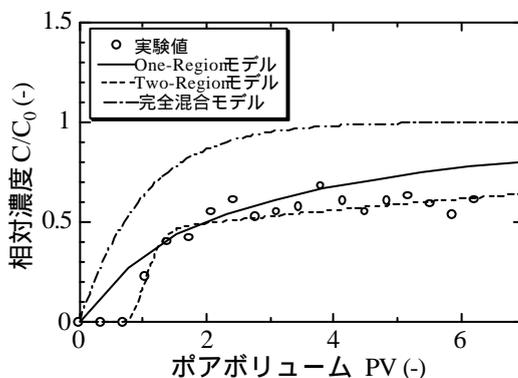


図2 実験結果 ($C_0=9.60\text{mg protein/L}$, $Q=0.1\text{mL/min}$)

キーワード: バイオレメディエーション, 有機塩素化合物, カラム実験, バッチ試験

連絡先: 岐阜大学工学部社会基盤工学科 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 TEL: 058-293-2418 FAX: 058-230-1891 email: tsat@cc.gifu-u.ac.jp

ントン数，可動水存在率 と流速，菌体量との明確な関係は認められなかった。

4. バッチ試験

Clostridium bifermentans DPH-1 株による PCE の分解特性を調べるため，初期 PCE 濃度 5, 50, 150(mg/L)，初期 TCE 濃度 2, 20, 60(mg/L)にてバッチ試験を行った。試験結果の例を図3,4 に示した。

試験結果から，*Clostridium bifermentans* DPH-1 株は PCE を初期濃度の 99%以上 cis-DCE まで分解することが確認された。

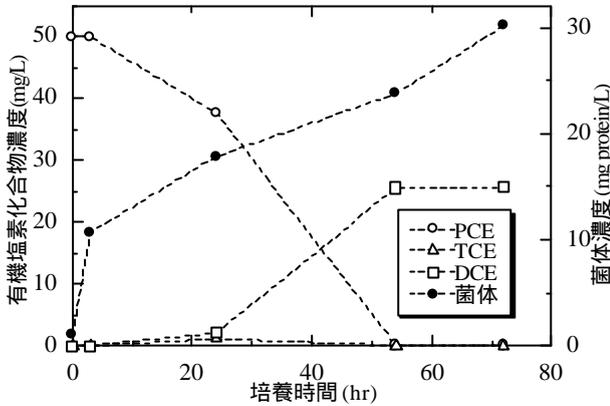


図3 初期 PCE 濃度 50mg/L の試験結果

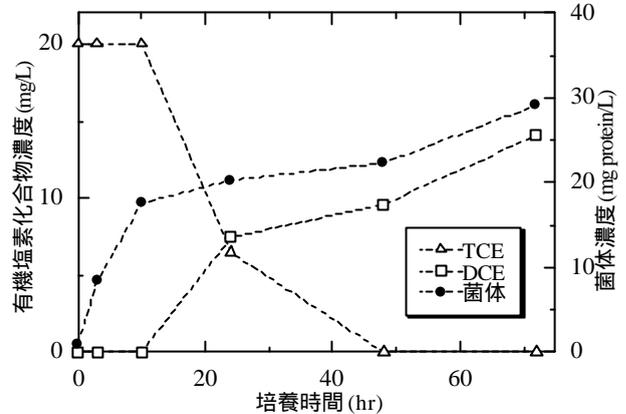


図4 初期 TCE 濃度 20mg/L の試験結果

バッチ試験結果にもとづき，比 PCE 分解速度 V_p と PCE 濃度の関係を図5，菌体増殖速度 μ_p と PCE 濃度の関係を図6 に示した。図5の結果より，比 PCE 分解速度は，Michaelis-Menten 式でよく表現でき，今回の実験では，

$$V_p = 0.591 \frac{[PCE]}{242.117 + [PCE]} \quad (1)$$

が得られた。図6の菌体増殖速度と PCE 濃度の関係は，従来指摘されているような Monod 式は適用できず，菌体増殖速度と PCE 濃度との間に直線関係が認められた。

$$\mu_p = -0.0015[PCE] + 0.5064 \quad (2)$$

TCE との関係も，PCE と同じ結果となり，比 TCE 分解速度 V_t は，

$$V_t = 0.222 \frac{[TCE]}{13.839 + [TCE]} \quad (3)$$

菌体増殖速度 μ_t は，

$$\mu_t = \frac{0.163}{[TCE]} + 0.435 \quad (4)$$

が得られた。

5. まとめ

Clostridium bifermentans DPH-1 株による PCE と TCE 分解が確認され，流れ場における輸送形態は TRM により比較的良好に表現できることがわかった。PCE と TCE 分解速度，菌体増殖速度を考慮してシミュレーションモデルを構築し，バイオリアクターに対するシミュレーション解析が進行中である。

【参考文献】

- 1) 張容喆：Clostridium bifermentans DPH-1 株によるテトラクロロエチレンの分解とその機構，岐阜大学農学部博士論文，pp.56-72，1999。

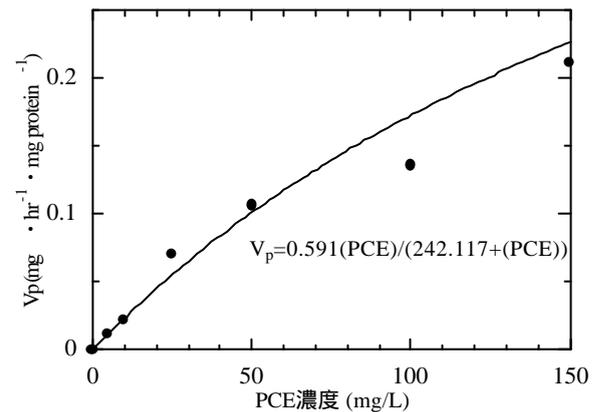


図5 比 PCE 分解速度 V_p と PCE 濃度の関係

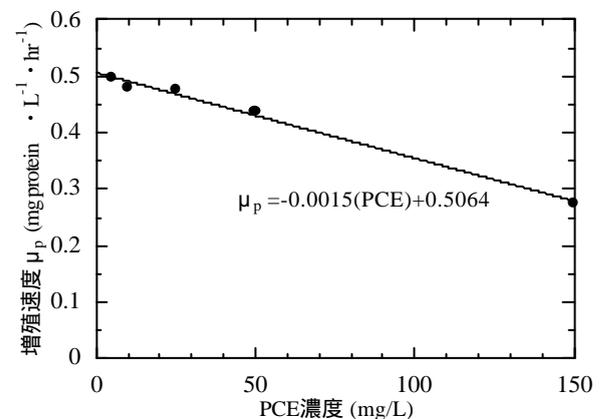


図6 菌体増殖速度 μ_p と PCE 濃度の関係