

土中の微生物動態を考慮した有機塩素化合物汚染のバイオレメディエーションに関する研究

岐阜大学大学院 学生会員 塩谷晃久
岐阜大学工学部 木村由郎
岐阜大学大学院 河内則子
同上 中谷勝美
岐阜大学工学部 正会員 佐藤 健
岐阜大学農学部 高見澤一裕

1. はじめに

日本では、PCE(テトラクロロエチレン),TCE(トリクロロエチレン)に汚染されている土壌・地下水が 1000 か所以上報告されている。アメリカでは 20 万か所、ドイツでは 15 万か所、オランダでは 10 万か所あるといわれている¹⁾。PCE、TCE などの有機塩素化合物は、水より比重が重く、粘性が小さく、揮発性で容易に地盤中に浸透する特性がある。これらの有機塩素化合物を浄化する方法には、機械的浄化方法、加熱浄化方法などがある。その中でもバイオレメディエーションは低コストで行え、低濃度における汚染に対して浄化効果が高いという点で注目を集めている²⁾。

しかし、バイオレメディエーションを原位置浄化工法として実用化するために、地盤工学の技術が必要になる。例えば、微生物を汚染土壌にどのように注入するのか？流れ場における微生物、有機塩素化合物の動態はどのようにになっているか？など分からないことが多く、地盤工学の貢献すべき点は多い。

筆者らは、バイオレメディエーションを原位置浄化工法として確立するために、微生物の土中移動特性、微生物の分解活性を考慮した有機塩素化合物の土中移動特性、に関する基礎的な資料を得るために、嫌気性微生物であるクロストリジウムを用いて室内実験を行った。また、バイオレメディエーションの効果判定や、環境基準達成までの将来予測を行うためのシミュレーションモデルの構築についても検討している。

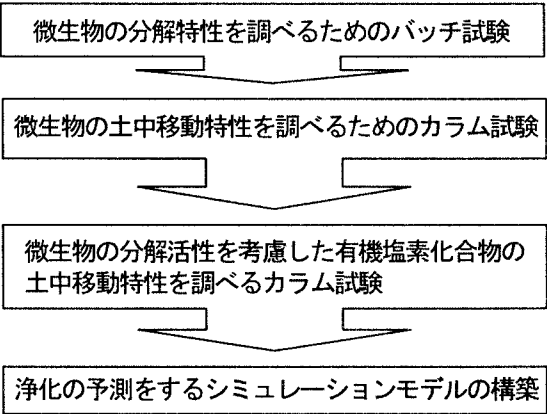


図-1 研究の流れ

2. 微生物の分解特性を調べるためのバッチ試験

1.0mg/l の微生物 (クロストリジウム)、MY 培地 (K₂HPO₄,KH₂PO₄, (NH₄)₂SO₄,MgSO₄・7 H₂O)、栄養源(酵母エキス)を入れた溶液に、初期 PCE 濃度 5,50,150(mg/l)、初期 TCE 濃度 2,20,60(mg/l)をそれぞれ添加し、摂氏 30 度で静置培養をする。経時的に FID-GC、ECD-GC を用いて PCE , TCE, DCE (ジクロロエチレン) の濃度を測定した。

図-2 に PCE (50mg/l) を添加した結果を示した。この図からクロストリジウムは PCE を TCE に、TCE を DCE に分解していることが確認できた。また、初期 PCE 濃度 5,50,150(mg/l)であったものが、72 時間後にはそれぞれ 0.01,0.02,0.03(mg/l)に分解された。

図-3 に初期 PCE 濃度 0,5,50,150(mg/l)における菌体濃度の経時変化を示した。この図から、最も菌体濃度が高くなっているのは初期 PCE 濃度 5(mg/l)であった。これはクロストリジウムが PCE をエサとして増殖をしているわけではないことがこの結果から分かった。さらに、菌体の増殖速度について考えても、初期 PCE 濃度 5(mg/l)が他のものに比べ大きな値となった。

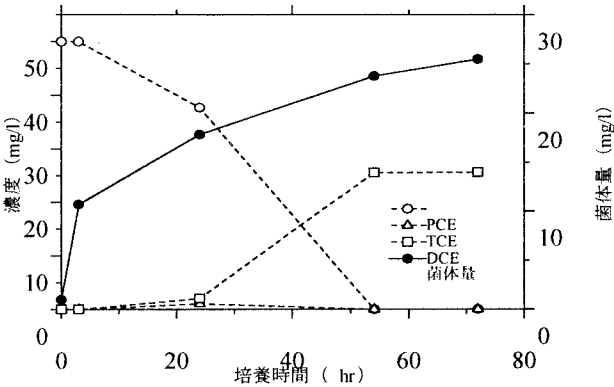


図-2 初期 PCE 濃度 50(mg/l) の経時変化

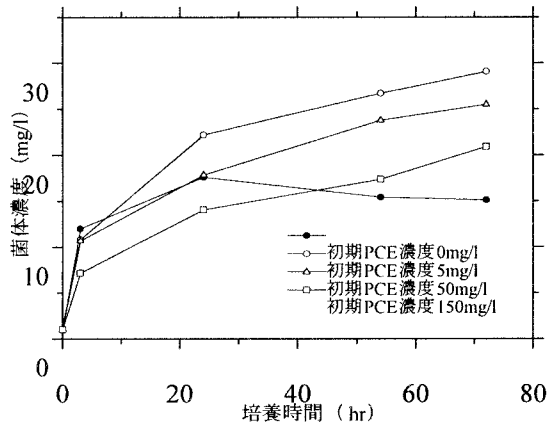


図-3 菌体濃度の経時変化

PCE、TCE の分解速度を求めるために、Michaelis-Menten equation (1) を使い考察を行った。図-3 は、PCE の分解速度を Lineweaver-Burk's Plot により算出した結果である。この図から $V_{\max}$ (比最大 PCE 分解速度)、 K_m (基質飽和定数) は、それぞれ $0.591(\text{mg} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{mg protein}^{-1})$ 、 $242.117(\text{mg} \cdot \text{l}^{-1})$ と推定された。

$$V = V_{\max} \frac{[S]}{K_m + [S]} \quad (1)$$

V: 反応速度, $V_{\max}$: 最大反応速度, K_m : 基質飽和定数, S: 基質濃度

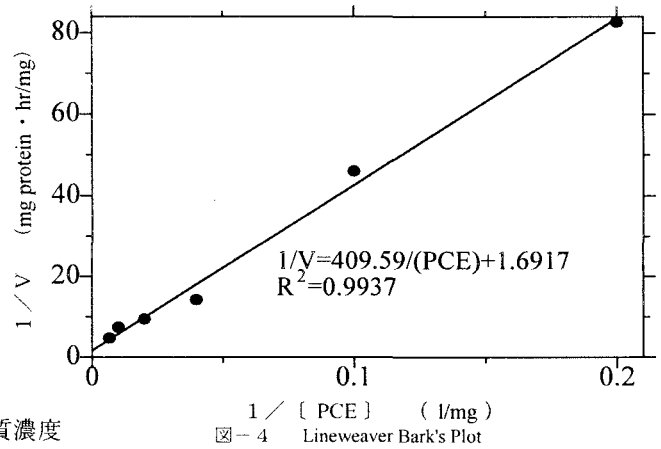


図-4 Lineweaver-Burk's Plot

3. 微生物の土中移動特性を調べるためのカラム試験

ガラスカラム (10cm × φ2cm) に豊浦砂を充填し、水を流す。定常流を確認したのち、所定のクロストリジウム濃度溶液をカラムに流入させ、カラム出口におけるクロストリジウム濃度を、分光光度計を用いて測定した。流量や微生物の初期濃度を変化させ、微生物の土への分散や吸着の特性について調べた。

図-5 と 6 は、初期菌体濃度が 9.60mg/l と同じであるが、流量はそれぞれ 0.1ml/min, 3.5ml/min と異なっている。どちらの図も相対濃度が 0.6 で平衡となっており、カラム内にクロストリジウムが捕捉されている様子が分かる。C/C₀=0.6 までの濃度変化から、クロストリジウムの分散係数を推定すると、流量が大きい図-6 のほうが分散係数が小さくなっている。

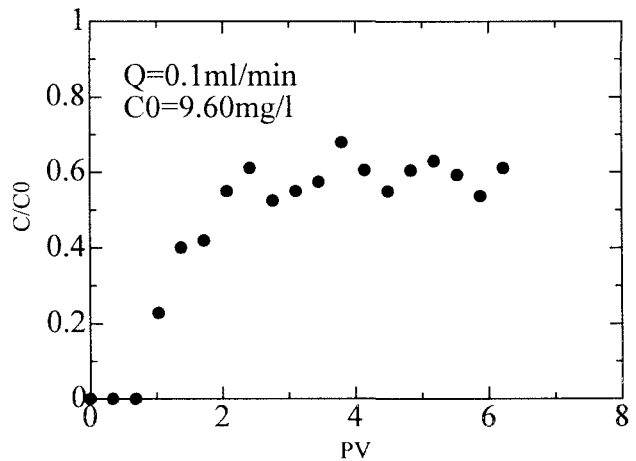


図-5 ポアボリュームと相対濃度の関係(Q=0.1ml/min)

溶質移動においては、分散係数は流量 (流速)

に比例し、流速が大きくなるほど、分散係数は大きくなることが知られている。図-5 と 6 の結果は、そうした溶質移動の特性とは異なる分散の傾向を示し、微生物の移動特性かどうか、さらに実験データの蓄積に努める。

4. おわりに

バッチ試験により、クロストリジウムは PCE を TCE に、TCE を DCE に分解することを確認でき、PCE をエサとして増殖する菌ではないと分かった。分解速度については、Michaelis-Menten equation に従って表現することが可能であることが分かった。

カラム試験結果より、分散係数は溶質移動現象と異なり、流速に比例しない結果を得た。

今後は実験データの蓄積、そして、浄化予測をするためのシミュレーションモデルの構築を行う予定である。

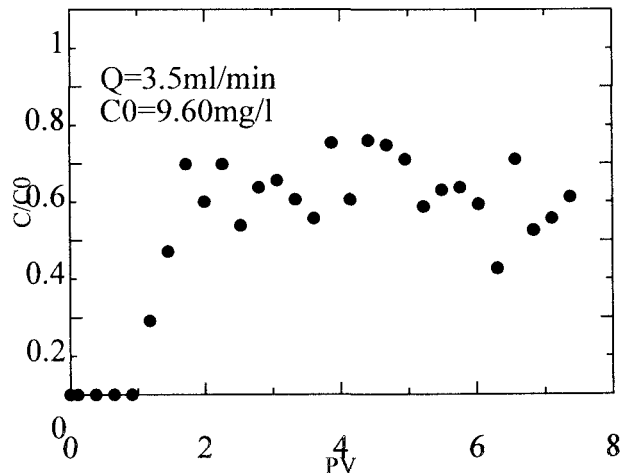


図-6 ポアボリュームと相対濃度の関係(Q=3.5ml/min)

【参考文献】

- 1) 矢木修身：自然界の微生物や組み換え技術を使い、汚染土壌・地下水の修復に取り組む, 土木学会誌, vol.86, pp.23-27, 2001 年
- 2) 小坂橋律子, 野村和博, 小崎丈太郎：地価はバイオで上げろ, 日経バイオビジネス, 9 月号, pp.50-63, 2001 年