

担体と生分解性プラスチック、嫌気性微生物群を用いた芳香族塩素化合物の脱塩素反応を行う透過性反応壁

名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 学生会員 ○宮本 隆史
 名古屋大学エコトピア科学研究所 正会員 井上 康
 名古屋大学エコトピア科学研究所 吉田奈央子
 株式会社 TYK 奥村 洋
 名古屋大学エコトピア科学研究所 正会員 片山 新太

1. はじめに

土壌地下水汚染に対する浄化技術として、バイオレメディエーション技術を用いた透過性反応壁（バイオバリア）は、低コストでメンテナンス不要であることからその確立が期待されている（図1）. しかしながら、バイオバリアの実現には、高い透水性の維持や微生物の固定化、長期的な電子供与体の供給が必要とされる. 本研究では、バイオバリアの性能評価を行うため、嫌気性カラムの嫌気性微生物群の固定化および芳香族塩素化合物を脱塩素するシステムの構築を目的とした試験を行った.

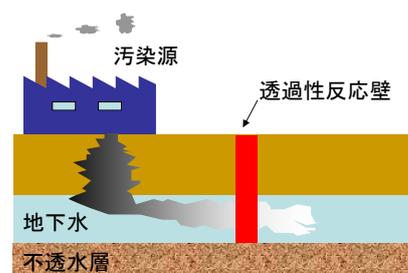


図1 透過性反応壁

2. 実験材料

芳香族有機塩素化合物一つであるフサライドをモデル化合物として使用した. これは嫌気性微生物群に図2のように図2のような経路で脱塩素され、最終的に4-モノクロロフタリドとなる.

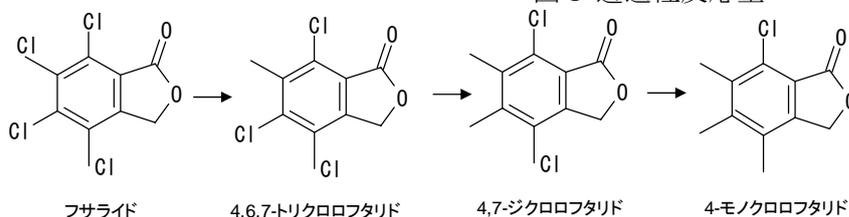


図2 フサライド代謝経路

担体は平均外径 8.0 mm, 内径 2.5 mm, 高さ 8.0 mm, 気相率 46% のチクワ状の鶏糞炭と枝下粘土粉末の混練焼成ペレットを用いた. 生分解性プラスチックは、マタービー®と呼ばれるデンブンと芳香族脂肪族ポリエステルの混合プラスチックを用いた. マタービーの微生物分解により水素が発生するので、その水素を脱塩素化菌の電子供与体とした. 嫌気性微生物群には、DHB 培地（表1）において脱塩素活性が確認された、フサライドの嫌気性脱塩素化菌群とマタービー分解菌群の2種類の混合微生物群を使用した.

表1 DHB 培地組成

成分	濃度
NaBr	1 g/L
KBr	0.5 g/L
NH ₄ Br	0.5 g/L
CaBr ₂ ·2H ₂ O	0.1 g/L
MgBr ₂ ·6H ₂ O	0.1 g/L
KH ₂ PO ₄	0.2 g/L
微量元素群 SL-10	1 ml/L
セレン・タングステン溶液	1 ml/L
レサズリン溶液(0.5 g/L)	1 ml/L
200mM MOPS緩衝液 (pH7.2)	100 ml/L

3. 回分培養

マタービー、フサライドを用いた嫌気性微生物群の大量回分培養を行った. ここでは、定期的にフサライド及び代謝産物の濃度を GC-MS（島津製作所, GCMS-QP5050）、気相における水素、二酸化炭素、メタン濃度を GC-TCD（島津 製作所 GC-14B）により測定した.

濃度変化の推移より（図3）、フサライド濃度が減少し、4-モノクロロフタリド濃度が増加していたことから脱塩素反応が起きていることを確認した. 検出されるフサライドおよび

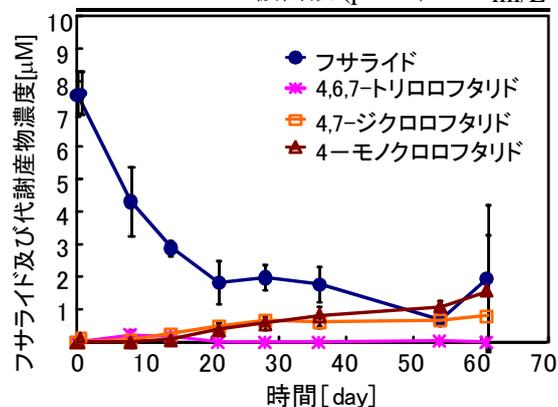


図3 回分試験での濃度変化

キーワード バイオレメディエーション, バイオバリア, 還元的脱塩素化

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学エコトピア科学研究所片山新太研究室

TEL:052-789-5858 E-mail:a-katayamka@esi.nagoya-u.ac.jp

代謝産物の物質収支が合わなかったが、これは還元剤として加えたチタンの沈殿物にフサライド及び代謝産物が吸着していたためと考えられた。また、気相の濃度測定から脱塩素化菌群に用いられる水素は微量であることがわかった。

4. 嫌気カラムの作製

図5に本試験で作製したカラムシステムを示す。カラム本体はアクリル製で、内径73.4 mm、高さ545.6 mmである。これに担体とマタービーを充填し、還元剤を用い嫌気化した後、回分培養を行った嫌気性微生物群の培養物で満たした。窒素ガスを発生装置から窒素ボックスとインキュベータ内に連続的に送気し、カラムシステムの大半の酸素を取り除くことにより後述するカラム試験の高い嫌気度を達成した。サンプリングユニットは冷蔵庫内に設置し、電子天秤により培地流出量を確認した。

微生物群充填後、12日間静置し、フサライド入り培地を144 ml/day（滞留時間12日間）で流し、実験を開始した。このとき、培地に添加したレサズリン溶液はカラム出口まで赤変せず、嫌気度が保たれていることが確認された。1~10日おきにサンプリングを行いフサライド及び代謝産物濃度を分析し、

フサライド濃度の減少と4-モノクロロフタリドの増加によりフサライドの脱塩素を示すこととした。

5. 実験結果

フサライド及び代謝産物の担体への吸着性を把握するため、1, 5, 10, 20 μM のフサライド及び代謝産物の担体24 g、マタービー0.05 gへの吸着試験を行った結果（表2）、フサライドの吸着性が最も高く、塩素数が少ない方が吸着性が低いことが明らかとなった。次に、カラム出口におけるフサライド及び代謝産物濃度の推移を図6に示す。吸着による流出の遅延を考慮しても、7 PV以降、4-モノクロロフタリドは検出され続けていることから脱塩素化活性は維持できていると考えられた。

6. まとめ

本研究では、高い嫌気性を持続できるカラムシステムを構築することに成功した。また、担体、生分解性プラスチック、2種類の嫌気性微生物群を充填したカラムで、フサライドの脱塩素化に成功した。

本カラム試験では今後も運転を継続し、分解活性の時間経過を確認するとともに、平衡状態に達した時の分解速度を算出すること、および脱塩素化反応速度のモデル化を行う。

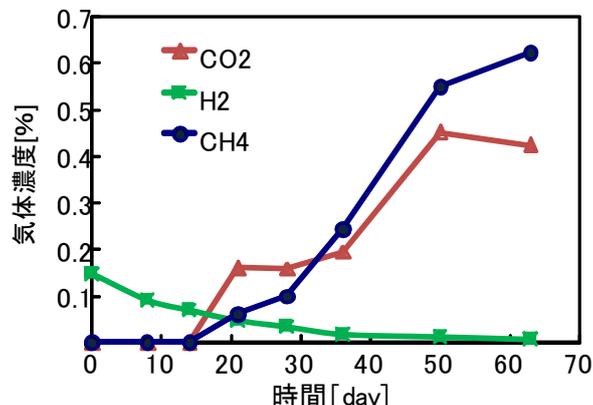


図4 回分培養における気相の気体濃度

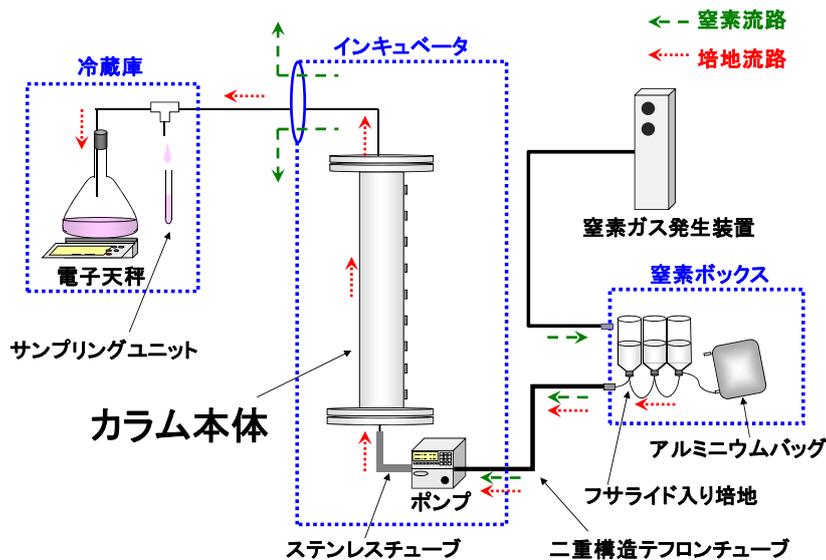


図5 カラムシステム

表2 分配定数 K_d と遅延係数 R

	K_d [L/kg]	R [-]
フサライド	5.09	5.67
4,6,7-トリクロロフタリド	2.22	3.03
4,7-ジクロロフタリド	0.62	1.57
4-モノクロロフタリド	0.75	1.69

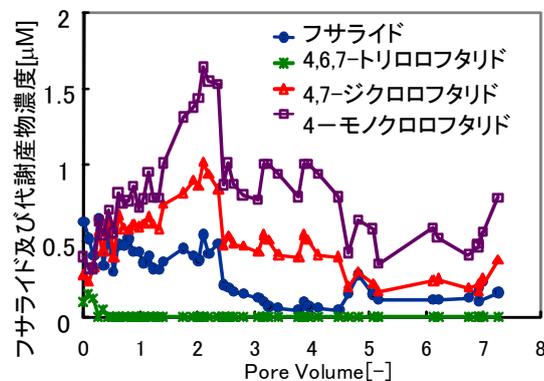


図6 カラム試験での濃度変化