

II-589

上向流嫌気性ろ床によるテトラクロロエチレンのエチレン、エタンへの転換

関電工 正員 島崎晴一

長岡技術科学大学 学生員 新明 淳 正員 小松俊哉 原田秀樹 桃井清至

1 はじめに

テトラクロロエチレン(PCE)、トリクロロエチレン(TCE)などの塩化エチレン類による地下水汚染に対して、汚染物質を微生物分解させる浄化法が根本的な汚染対策技術として期待されている。嫌気条件下での塩化エチレン類の微生物分解は還元的脱塩素反応によって進行し、それらは最終的に無害なエチレン、エタンに転換する^{1)、2)}。この反応の進行にはエレクトロドナー(電子供与体)の存在が不可欠である。本研究ではPCE分解菌の半連続培養を行い、PCEの転換に対する効果的なエレクトロドナーを検討した。さらに、高効率型嫌気性バイオリアクターの上向流嫌気性ろ床によってPCEのエチレン、エタンへの連続処理を試みた。

2 実験方法

2.1 PCE分解菌の半連続培養

エレクトロドナーとして5種類の有機物(エタノール、乳酸、プロピオン酸、シュクロース、酢酸)を添加した系でPCEの転換を比較した。植種源として *cis*-1,2-ジクロロエチレン(*cis*-DCE)をエチレン、エタンへ転換する嫌気性集積培養菌¹⁾を用いた。培地の有機物組成はPCE:約10mg/L、エレクトロドナー:100mgCOD/L、酵母エキス:5mg/Lとした。既報¹⁾と同様に、通常7日に1回培養液の20%をfill & drawしてPCE分解菌の集積を図った。

2.2 上向流嫌気性ろ床によるPCEの連続処理

実験装置図を図1に示す。液相部容積2.4Lのガラス製反応器を用いた。充填剤として多孔質セラミックスを用い、空隙率を75%(有効容積1.8L)とした。リアクター性能に対して植種源が極めて重要となることから²⁾、植種源として半連続培養で得られた集積培養菌(VSS濃度55mg/L)を1.0L投入した。流入水中の有機物組成はPCE:約3mg/L、エタノール:100mgCOD/L、酵母エキス:5mg/Lとした。流入水は上向流で連続注入し、水理学的滞留時間(HRT)を96hで運転を開始した。その後HRTを段階的に約10hまで短縮させた。

2.3 分析方法

塩化エチレン類及びエチレン、エタンはヘッドスペースガスクロマトグラフ法(FID)で分析した。また、これらの物質は揮発性なので、連続実験では液相部

だけではなく気相部の濃度も測定した。

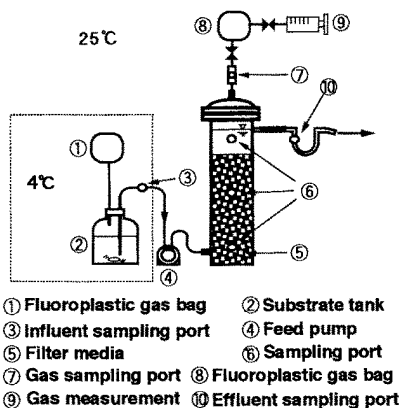


図1 PCE連続処理実験装置(嫌気性ろ床)

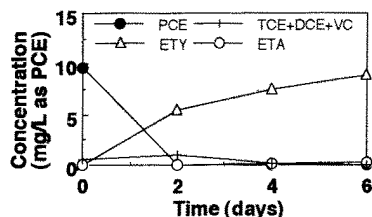


図2 PCEの転換(エタノール添加系)

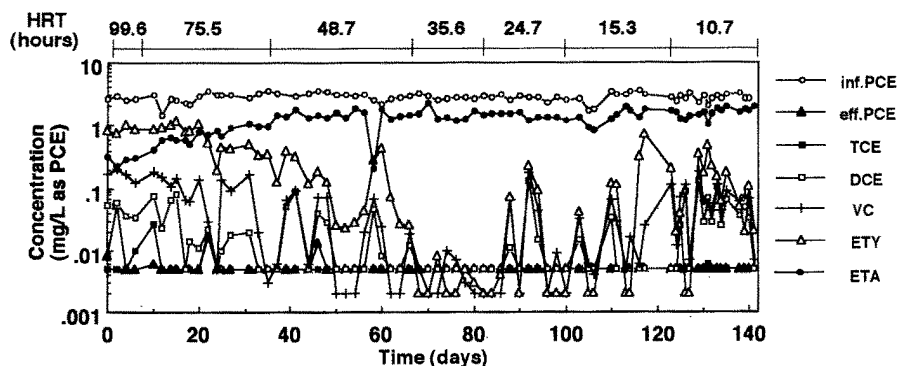


図3 液相部におけるPCEの転換の経日変化

3 実験結果及び考察

3.1 半連続培養

酢酸添加系ではPCEの転換が殆ど進行しなかったが、他の4系でPCEは速やかにエチレンに転換されるようになった。従って、嫌気分解過程で水素を生成する有機物がエレクトロンドナーとして有効と考えられる。中でも、エタノール添加系及び乳酸添加系が良好であった。図2にはエタノール添加系でのPCE転換の代表例（10回以上fill & drawした後のデータ）を示す。PCEは2日間で完全に分解され、中間生成物のTCE、DCE、塩化ビニル（VC）も4日間で完全に分解され、それに伴いエチレン（ETY）が生成した。さらに若干ではあるがエタン（ETA）も生成した。

3.2 PCEの連続処理

図3に液相部におけるPCEの転換の経日変化を示す。本実験においてもPCEはTCE、DCE、VCを経てエチレン、エタンに転換した。なおDCEは*cis*-DCEのみが検出された。運転開始直後からPCEは良好に処理され、エチレン、エタンが転換物質の大部分を占めた。また、主な最終生成物は初期はエチレンであったが、22日目からはエタンとなった。全運転期間中、流出水中にPCE、TCEは数回検出されただけであった（検出限界値：0.005mg/L as PCE）。

表1に各HRTにおけるPCEの転換（流出水と気相部に分けて示し、気相部は流出水量基準に換算した）とCOD除去の平均値を示す。リアクター気相部中の転換物質もエチレン、エタンが大部分を占めた。HRT48.7hから15.3hまではPCE転換の回収量（約80%）のうちエチレン、エタンの比率はほぼ100%（97～99%）であった。またHRT10.7hでもそれらの比率は約93%に達した。

図4にはCODの経日変化を示す。COD除去も良好に行われ、流出水CODは20～30mg/Lであった。さらに全運転期間を通してリアクターからのSSの顕著な流出はみられなかった。

図5にHRT約10hでのPCEのリアクター高さ方向に対する転換状況を示す。リアクター中間部においてPCEは完全に分解されており、かつ中間生成物の蓄積レベルも低いことから、さらにHRTを短縮してもエチレン、エタンへの転換が可能であると考えられる。

4 まとめ

上向流嫌気性ろ床によるPCE連続処理実験において、HRTが約10hの場合にも流入PCEの約93%（回収量ベース）がエチレン、エタンに転換した。またCODも良好に除去されたことから、本システムにより塩化エチレン類で汚染された地下水を高速度で浄化できる可能性が示された。

表1 各HRTにおけるPCEの転換とCOD除去の平均

HRT (hours)		75.5	48.7	35.6	24.7	15.3	10.7
influent (mg/L)	PCE	2.77	2.92	2.78	2.65	2.81	2.70
effluent (mg/L as PCE)	PCE	0.006	0.006	ND*	ND	ND	ND
	TCE	0.008	ND*	ND	ND	ND	ND
	DCE	0.026	0.019	ND*	0.021	0.009	0.063
	VC	0.094	0.028	0.004	0.034	0.021	0.080
	ETY	0.678	0.139	0.003	0.045	0.147	0.132
	ETA	0.734	1.485	1.481	1.375	1.385	1.548
gas-phase (mg/L as PCE)	PCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	TCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	DCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	VC	0.003	ND	ND	0.005	0.003	0.003
	ETY	0.127	0.022	0.028	0.016	0.047	0.018
	ETA	0.445	0.684	0.680	0.691	0.693	0.292
influent (mg/L)	COD _{Cr}	122	128	118	116	108	117
effluent	COD _{Cr}	36	33	27	20	19	29

*effluent detection limit (mg/L as PCE)

PCE : 0.005 TCE : 0.005 DCE : 0.005 VC : 0.002 ETY : 0.002

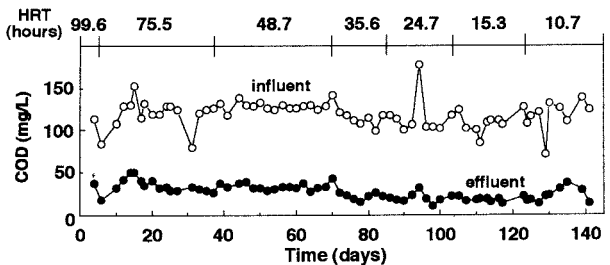


図4 CODの経日変化

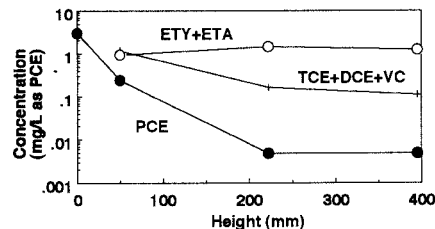


図5 PCEのリアクター高さ方向に対する転換状況（125日目）

参考文献 1) 小松他：第30回環境工学研究フォーラム講演集 61-63(1993)

2) de Bruin et al., Appl. Environ. Microbiol. 58 1996-2000(1992)