

VII-11

上向流嫌気性濾床による高濃度テトラクロロエチレンの連続分解

福島県

正 新明 淳

長岡技術科学大学 正 小松俊哉, 正 桃井清至, 正 原田秀樹

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）等の塩化エチレン類によって汚染された地下水に対して，生物プロセスを用いた浄化法が注目されている。塩化エチレン類の嫌氣的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。筆者らは嫌気性濾床により PCE（2.8mg/l）が高速度でエチレン・エタンに転換したことを報告した¹⁾。一方，汚染源周囲の地下水は高濃度の塩化エチレン類で汚染されていることが明らかになっている²⁾。本研究では，高濃度（20～80mg/l）の PCE がエチレン・エタンに転換可能であることを回分実験と連続実験（上向流嫌気性濾床）によって検討した。

2 実験装置及び方法

2-1 回分実験

微生物源として，培養液の 20% の fill & draw を行った嫌気性集積培養菌¹⁾を用いた。その集積系は，PCE（20mg/l）を 7 日間でエチレン（約 85%），エタン（約 15%）のみに転換した（エレクトロンドナー：エタノール又は乳酸 100mgCOD/l）。実験ではエレクトロンドナー添加量（100mgCOD/l）を一定として PCE 添加濃度を 40，60，80mg/l と上昇させた。各濃度で 3 回程度培養を行い，1 回の培養期間は概ね 14 日間とした。エレクトロンドナーとして，塩化エチレン類を良好に分解した¹⁾エタノール，乳酸，及び直接のエレクトロンドナーと推定されている³⁾水素を添加した 3 系を設定した。

2-2 嫌気性濾床

実験装置図を図 1 に示す。反応槽の液相部容積は 1.0L（濾材充填後 0.7L）である。濾材として，多孔質セラミックス¹⁾よりも菌体保持性が優れていた軽石（耐火石）を用いた。流入 PCE 濃度 5mg/l，HRT 2 日でスタートアップを行い（HRT の算出は濾材充填前の容積に基づいた），その後 HRT を 1 日にしてから流入 PCE を 10，20，40，80mg/l と段階的に上昇させた。エレクトロンドナーとしてエタノール（100mgCOD/l，後半は 200mgCOD/l）を添加した。

3 結果及び考察

回分実験：水素添加系では，PCE のエチレンへの転換率は徐々に低下し，主としてジクロロエチレン（DCE），塩化ビニル（VC）

が蓄積した。一方，エタノール添加系と乳酸添加系では，高濃度の PCE も，エタン（ETA）への転換は停止したものの，エチレン（ETY）までは速やかに転換するようになった。図 2 にそれらの系での転換例を示す。エタノール添加系では 7 日，乳酸添加系では 9 日で PCE はエチレンに転換した。

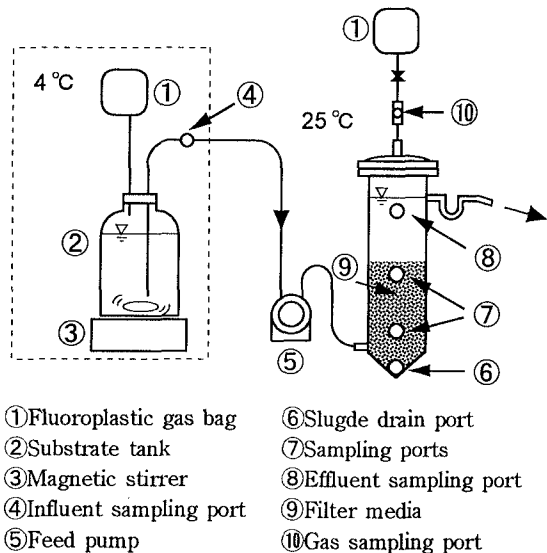


図1 PCE連続処理実験装置（上向流嫌気性濾床）

また、この回分期間以外においても常にエタノール添加系の方が乳酸添加系よりも転換が速かった。これは、エタノールが主に水素生成性酢酸生成菌によって分解されたのに対して、乳酸はプロピオン酸経由で分解され水素生成が遅れたためと考えられる（揮発性脂肪酸の分析を行って確認した）。なお、エタノール、乳酸の嫌気分解ではCOD当量で約33%の水素が生成する。ここで、80mg/lのPCEがエチレンに転換するのに必要な化学量論的エレクトロドナー量は31mgCOD/lであることから、本実験では生成した水素の大部分が塩化エチレン類の転換に利用されたと考えられる。

嫌気性濾床：各条件で10日間程度連続運転した。表1に運転結果を示す（最後3回の平均値）。DCEは各異性体毎に濃度を示した。流入濃度が5mg/lでHRT 2日、1日の場合、PCEのエチレン・エタンへの転換率は回収量基準で各々80%、82%を示したが、流入濃度の上昇と共に徐々に転換率が低下し、PCE 40mg/lでは11%となった。しかし、PCE自体とTCEは殆ど検出されなかった。

PCE 80mg/lではPCE自体の分解率が低下し処理水にもかなり残存した。そこでエタノール添加量を200mgCOD/lとした結果、PCEは容易にcis-DCEまで転換した。だが、エチレンへの転換率、及びCOD除去率

が共に低かったため、今度はHRTを変化させた。その結果エチレンへの転換率はHRT 2日では46%、HRT 3日では80%となり、またCOD除去率も回復した。以上から、嫌気性ろ床により高濃度PCEも連続的にエチレンに転換可能であることがわかった。

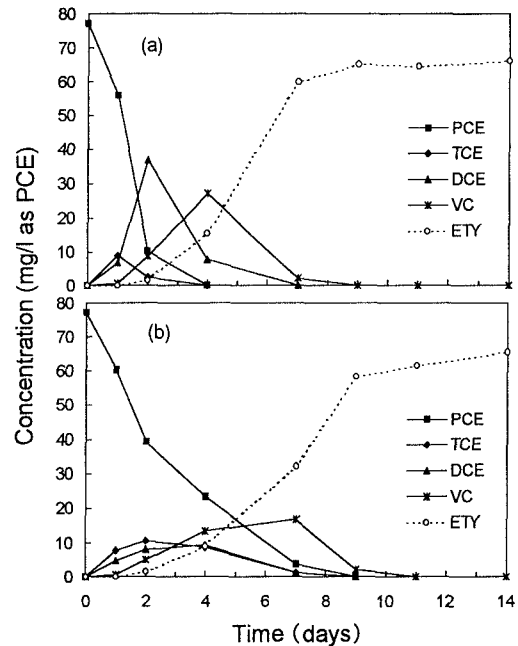


図2 高濃度PCEの転換
(a)エタノール添加系 (b)乳酸添加系

表1 各条件でのPCE転換とCOD除去の平均

HRT(days)		1.90	1.02	1.00	0.99	1.02	1.02	1.02	2.15	3.07
Influent(mg/l)	PCE	5.72	4.82	9.01	20.0	36.0	80.9	83.2	86.1	74.9
Effluent (mg/l as PCE)	PCE	ND*	ND	ND	ND	0.35	17.96	0.01	ND	ND
	TCE	ND	ND	ND	ND	0.17	11.15	0.01	0.01	0.01
	1,1-DCE	ND	ND	ND	0.01	0.04	0.07	0.13	0.01	ND
	trans-DCE	ND	ND	ND	ND	0.01	0.02	0.01	0.05	0.04
	cis-DCE	0.42	0.22	1.94	5.60	19.67	29.96	58.82	16.23	3.98
	VC	0.77	0.72	2.75	4.99	7.11	5.42	9.31	19.80	7.00
	ETY	3.44	3.39	5.37	6.84	2.71	1.47	1.76	26.03	39.04
	ETA	0.17	0.29	0.23	0.06	ND	ND	ND	ND	ND
	Gas-phase									
(mg/l as PCE)	PCE	ND	ND	ND	ND	ND	0.35	ND	ND	ND
	TCE	ND	ND	ND	ND	ND	0.15	ND	ND	ND
	1,1-DCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	trans-DCE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	cis-DCE	ND	ND	ND	0.01	ND	0.18	ND	0.02	ND
	VC	0.04	ND	0.06	ND	ND	ND	0.02	0.31	ND
	ETY	0.72	0.34	1.24	1.69	0.51	ND	ND	5.13	6.16
	ETA	0.09	0.13	0.08	0.01	ND	ND	ND	ND	ND
Influent(mg/l)	CODcr	109	112	117	125	123	128	230	231	220
Effluent	CODcr	19	21	20	24	20	46	125	76	61

*not detected

effluent detection limit(mg/l as PCE) PCE:0.006 TCE:0.004

- 参考文献 1) 島崎他：土木学会第50回年誌，2B，1179-1180 (1995)
2) 中杉：水環境学会誌，17，76-80 (1994)
3) 小松他：水環境学会誌，18，396-404 (1995)