

## Aquifer Microcosm 실험을 통한 BTEX 생분해에 관한 연구 Aquifer Microcosm Test for BTEX Biodegradation

박재형 · 권수열 · 고석오<sup>1</sup> · 최의소<sup>2</sup>

한국방송통신대학교 보건위생학과 (bio1970@chollian.net)

<sup>1</sup>대우건설기술연구소

<sup>2</sup>고려대학교 토목환경공학과

### ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate substrate interactions of BTEX for multicomponent. Although BTEX compounds have similar chemical structures, biodegradation of individual BTEX is different with the present of certain BTEX compounds. The biodegradation rate is order to Benzene>Toluene>Ethylbenzene>m,p-Xylene>o-Xylene. Xylenes is stimulated when benzene or toluene is present. Especially o-xylene inhibit other BTEX compounds.

**Key words** : BTEX, Aquifer microcosm, Biodegradation, Substrate interaction

### I. 서론

BTEX 생분해에 영향을 미치는 요소로는 오염물의 농도, active biomass 농도, 온도, pH, 무기영양소 (N, P 등) 이용정도, 전자수용체 그리고 미생물의 적응도 등이 있는 것으로 알려져 있으며, 최근 들어서는 이들 영향요소 이외에도 BTEX 각 성분들이 다른 성분의 생분해를 촉진시키거나 또는 억제시키는 정도에 따라 분해정도가 달라지는 현상, 즉 기질상관 관계 (substrate interaction)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>1)</sup>. 그러나, 이들 연구는 BTEX 각 성분이 단일 기질로 존재할 경우 또는 혼합기질일 경우라도 몇가지 성분들만이 존재할 경우에 한하여 수행되었다. 실제 자연계에서는 BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene) 성분이 단일 기질로 존재할 경우보다는 혼합기질로 존재할 경우가 대부분이며 BTEX 성분이 화학적으로 유사한 구조를 가지고 있지만 혼합기질의 구성에 따라 분해율이 각각 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다<sup>2)</sup>. 따라서, 본 연구는 유류로 오염된 현장 미생물을 이용하여 지하수내의 BTEX 성분이 모두 존재할 때 각각 성분의 생분해 정도를 실험하여

기질 상관관계를 알아보는 것을 목적으로 하였다.

## II. 실험방법

### 1. Aquifer microcosm 설계

현장토양 미생물을 이용하기 위하여 유류 오염토양을 현장에서 채취하여 건조 (air-dried) 및 체 (2mm sieve)로 거른 후 165 mL serum bottle (Teflon septa, Al cap)에 25 gr을 주입한 다음 지하수를 이용하여 전체 용량이 100 mL가 되도록 하였으며 N<sub>2</sub> gas로 퍼징한 후 잉여 산소량을 공급하기 위하여 pure O<sub>2</sub> (99.9 %)를 주입하였다. BTEX 분해에 대한 기질 상관관계 (substrate interaction)를 규명하기 위하여 Table 1과 같은 방식으로 BTEX 각각의 물질을 1.4 µl씩 주입한 후 23°C, 180 rpm에서 진탕 배양하여 각 성분의 존재유무가 다른 성분에게 미치는 영향을 관찰하였다. 생분해 정도를 정확히 예측하기 위하여 토양 및 지하수를 120°C에서 10분간 autoclave 시킨 후 HgCl<sub>2</sub> 10gr을 사용하여 대조구를 제조하였는데 abiotic loss가 10일간 5 % 이하로 유지되었다.

Table 1. Matrix for Aquifer Microcosm Test

Conc., mg/L	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	o-Xylene
	12.25	11.77	11.32	11.66	11.85
Control	○	○	○	○	○
1	○	○	○	○	○
2	×	○	○	○	○
3	○	×	○	○	○
4	○	○	×	○	○
5	○	○	○	×	○
6	○	○	○	○	×

### 2. 분석방법

100 µl gas-tight syringe (Hamilton )를 이용하여 serum bottle의 headspace에서 50 µl를 채취한 후 HP 6890 plus GC(FID detector, HP-5 capillary column)를 이용하여 분석을 수행한 결과를 가지고 Henry 상수를 이용하여 지하수 농도를 계산하였다. 이때 분석온도는 oven, inlet 및 detector 각각 , 및 °C로 유지하였다.

## III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 BTEX 생분해에 있어 방해 (inhibition), 촉진 (stimulation) 및

cometabolism 등 다양한 기질상관관계가 관찰되었다. Figure 1은 BTEX 각 성분들에 대한 시간에 따른 농도변화를 그림으로 나타낸 것이며 Table 2는 BTEX 혼합기질에 따른 각 성분의 생분해율 (mg/L · day)을 표시한 것이다. Table 2에 따르면 benzene 이나 toluene의 경우 다른 성분의 존재유무에 따른 영향이 없는 것으로 나타났으며 분해율은 비슷한 것으로 나타났는데 benzene과 toluene간의 분해속도는 연구자에 따라 다소 상이한 것으로 알려져 있다<sup>3,4)</sup>. 본 연구에서 분해속도는 Benzene = Toluene > Ethylbenzene > m,p-Xylene > o-Xylene 순으로 나타났다.

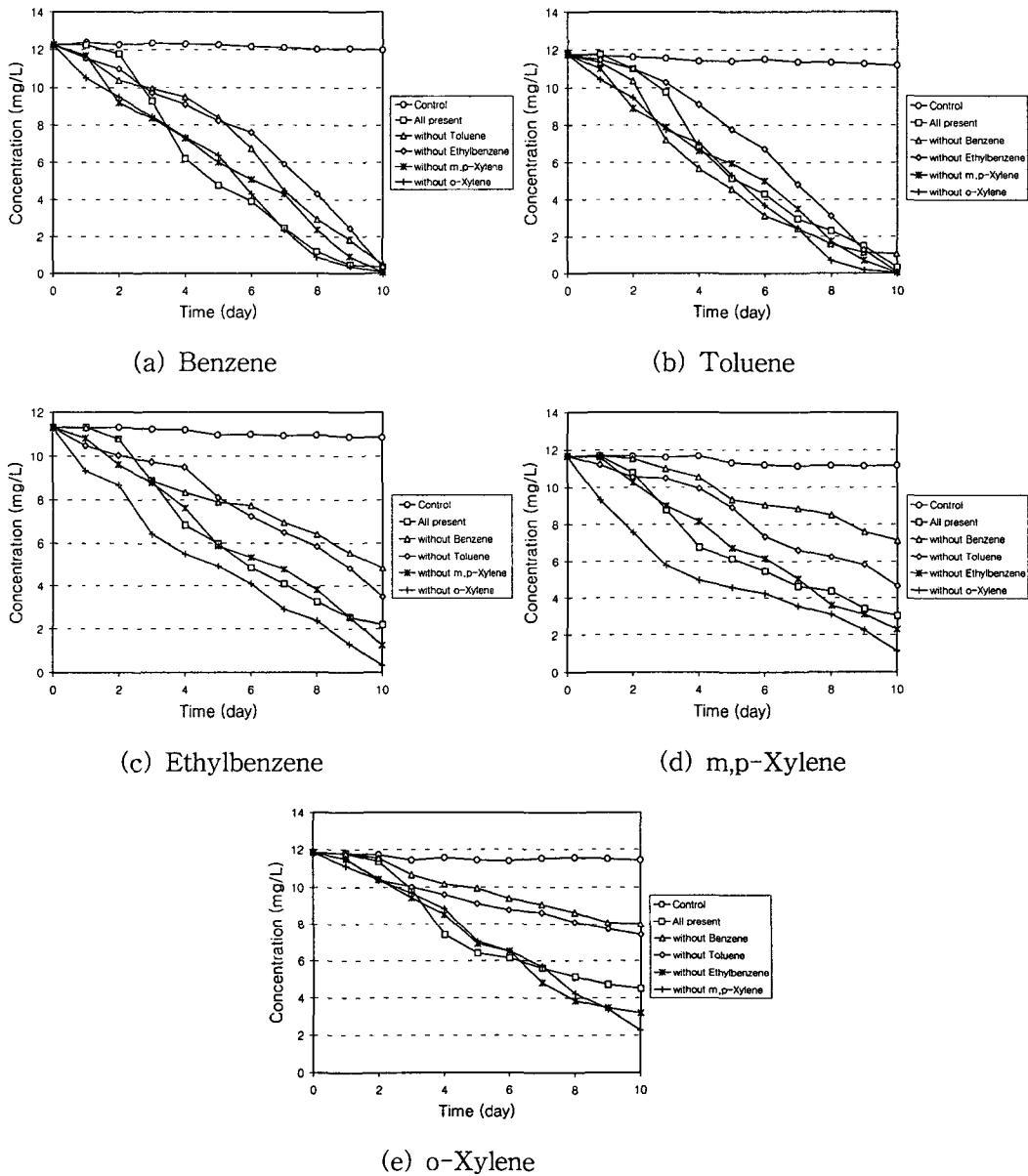


Figure 1. Substrate Interaction of BTEX Compounds

Table 2. Biodegradation Rate of BTEX for Multicomounds

Compound	Biodegradation rate (mg/L · day)					
	All present	without Benzene	without Toluene	without Ethylbenzne	without m,p-Xylene	without o-Xylene
Benzene	0.097	-	0.096	0.097	0.100	0.100
Toluene	0.097	0.091	-	0.099	0.100	0.100
Ethylbenzene	0.081	0.058	0.069	-	0.089	0.097
m,p-Xylene	0.074	0.039	0.060	0.080	-	0.090
o-Xylene	0.062	0.032	0.037	0.073	0.081	-

Xylene의 경우 benzene이나 toluene이 없을 경우 다른 조건에 비해 분해율이 0.032 - 0.037 mg/L · day 정도로 낮게 나타났는데 이는 benzene이나 toluene이 존재할 경우에만 촉진작용이 발생하는 것으로 생각되며 또한 o-xylene이 없을 경우 benzene이나 toluene의 분해율이 0.100 mg/L · day로 나타나 o-xylene은 다른 성분들에 대해 방해작용을 하는 것으로 나타났다.

#### IV. 결론

1. 본 연구 결과 BTEX의 생분해에 있어서 방해 (inhibition) 및 촉진 (stimulation) 작용 등 다양한 기질상관관계가 관찰되었다.
2. 분해속도는 Benzene = Toluene > Ethylbenzene > m,p-Xylene > o-Xylene 순으로 나타났다.
3. Benzene이나 toluene이 존재할 경우 촉진작용으로 인해 xylene의 분해가 증가되며 o-xylene은 다른 BTEX 성분에 방해작용을 하는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. Alvarez P. J. & T. M. Vogel, Substrate Interactions of Benzene, Toluene and para-Xylene during Microbial Degradation by Pure Cultures and Mixed Culture Aquifer Slurries, *Appl. and Environ. Microbiol.*, Vol. 57, 1991, p2981-2985.
2. Deeb R. A & L. Alvarez-Cohen, Aerobic Biotransformation of Gasoline Aromatics in MultiComponent Mixtures, *Bioremediation J.*, Vol. 4, p171-179, 2000.
3. Thomas, J. M., etc., Biodegradation of BTEX in subsurface materials contaminated with gasoline: Granger, Indiana, *Wat. Sci. Technol.*, Vol. 6, p53-62, 1990.
4. Davis, E., etc., Basic microbial degradation rates and chemical byproducts of selected organic compounds, *Water Res.*, Vol. 15, p1125-1127, 1981.