

디젤로 오염된 토양의 효과적인 Bioventing

왕성환 · 오영진 · 문원재 · 박태주

부산대학교 환경공학과

hyunin68@hanmail.net

Abstract

In this work, cost effective venting is considered by comparing flow rates of 5ml/min, 10ml/min, and 20ml/min. Studies were performed on a soil artificially contaminated with diesel oil (the initial TPH(Total Petroleum Hydrocarbon) concentration of 7098mg/kg), and nutrient condition was C:N:P rate of 100:10:1. The soil has a sandy texture with pH of 6.8, 2.16~2.38% organic matter, a total porosity of 47~52% and field capacity 16.2~17.2%. The column experiments was made of glass column of 60cm length and 10cm I.D. at controlled temperature of 20°C(±2.5°C). The efficiency of continuous flow rate of 5, 10 and 20ml/min resulted in separately 61.3%, 58.1%, and 55% reduction of initial TPH concentration(7098mg/kg). Hydrocarbon utilizing microbial count and dehydrogenase activity in air flow of 5ml/min were higher than those of the others.

The first order degradation rate of n-alkanes ranging from C10 to C28 was higher than that of pristane and phytane as isoprenoids. The C₁₇/pristane and C₁₈/phytane ratios for monitoring the degree of biodegradation were useful only during the early stages of oil degradation. Degradation contributed from about 89% to 93% of TPH removal. Volatilization loss of diesel oil in contaminated soil was about 7% to 11%, which was significantly small compared to degradation.

key word: bioventing, TPH, diesel, venting

1. 서론

생물학적 복원기술의 한가지인 Bioventing은 유류오염토양에 공기를 공급하여 토양내 토착 미생물의 활동을 촉진시키고 생분해도를 높이는 생물정화 기술이다. 주로 휘발성이 낮고, 생분해도가 높은 디젤, 제트류 등의 유류로 오염된 토양을 처리하는데 많이 이용되어 왔다(EPA, 1995). Bioventing 동안 주입되는 공기량을 적절하게 저감시키려는 연구가 국외에서 활발하게 진행되고 있다. 이는 최적의 생분해 대 휘발율을 찾아내어, 생분해를 극대화시키면서 대기로 휘발되는 유기오염물질을 줄이는 효과 뿐 아니라 공기를 주입할 때 드는 전력비 및 휘발되는 오염물질의 처리비용 등의 전체적인 복원비용을 절감할수 있기 때문이다. 그러

나 국내에서 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있지 않다. 특히 유류오염복원에 있어 토양의 특성은 그 복원방법의 결정에 있어 제일 큰 인자로 작용하는데 비해 국내 토양을 이용한 bioventing의 공기주입량 저감효과에 관한 연구결과가 드문 현실이다. 이에 본 연구는 대표적인 사질토양을 실험토양으로 하여 연속주입공기량을 20ml/min, 10ml/min, 5ml/min으로 저감시킬 때 TPH 분해특성을 살펴보고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

실험토양은 지표로부터 깊이 15cm 저부의 표토층을 채취하여 2mm체로 쳐낸 토양을 사용하였으며, 디젤을 인위적으로 채취토양에 섞어주었다. 초기 영양염류 공급을 위해 디젤 혼합 후 TPH를 측정하고 이 농도를 기준으로 TPH:N:P의 비율을 100:10:1로 NH₄Cl₂, NaHPO₄를 이용하여 맞추어 주었으며 이때 Field capacity가 60~80%사이을 올 수 있도록 수분도 함께 조절하였다. 토양특성은 입경분포가 2.0mm ~ 0.05mm 사이로 모래가 97%이상인 사질토양이었으며 유기물함량 2.16 ~ 2.38%, pH 6.8±0.3, 입자밀도 2.22 g/cc, 겉보기 밀도 1.2 g/cc, 공극율 47.0 ~ 50.2%으로 사질토양의 특성을 가지고 있었으며 N 및 P의 함량은 각각 0.01g/kg, 0.22g/kg이었다. TPH(총석유계탄화수소)의 분석은 토양오염공정시험법(1997)을 따랐으며 속시렛 추출법을 이용하였다. 총석유계탄화수소 농도외의 채취된 오염시료 분석항목은 Standard Methods, Methods of Soil analysis 등을 이용하였다.

연구에 사용된 실험장치는 Fig. 1과 같이 원통형 반응기, 습윤기(Humidifier), MFC & MFC 제어기, CO₂ 제거 및 포집장치, 활성탄튜브 등으로 구성되어 있으며 반응기 재질은 유리로 용적은 4.7L이다. 주입되는 공기유량은 MFC Controller를 통해 조절될 수 있도록 설치하였으며 반응기는 25±2.5°C에서 유지되었다. Table 1은 연구에 적용한 운전조건을 나타낸 것이다. 주입하는 공기유량을 20~5ml/min으로 줄여가면서 TPH 분해정도와 그에 따른 미생물의 활성도, 미생물수를 측정하여 감소에 따른 영향을 살펴보았다.

Table 1. Experimental conditions

TPH Concentration(mg/kg)	Air flow (ml/min)	Field Capacity (%)	Nutrient
7,098	5	60-80	N:P(10:1)
	10		
	20		

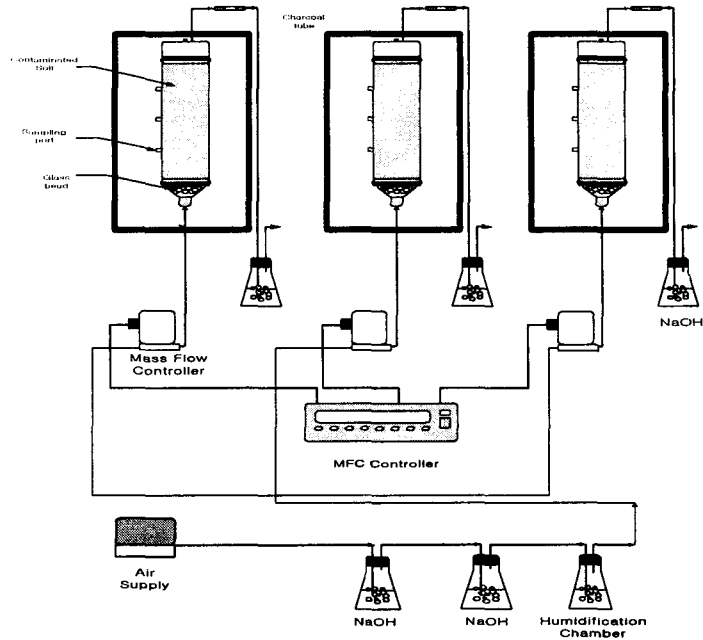


Fig. 1 Schematic diagram of lab-scale Bioventing system.

3. 결과 및 고찰

3.1 공기공급량에 따른 TPH 농도 변화

Fig. 2은 영양염이 첨가된 적절한 공기량 결정 실험에서 반응일수동안 공기공급량에 따른 총석유계탄화수소(TPH)농도의 변화를 나타내었다. TPH가 7098 mg/kg인 초기농도에서 5ml/min, 10ml/min, 20ml/min으로 주입한 칼럼내 오염토양의 농도는 반응 60일 이후 각각 2794, 2972, 3193 mg/kg이었으며, 제거율은 61.31%, 58.11%, 55.02%이었다. Table 2는 적절한 공기량 결정 실험에서 오염된 토양의 공기주입량 변화에 따른 TPH 분해제거속도를 반응차수 1차로 나타내었을 때의 분해속도상수를 비교하여 나타내었다. 공기공급량 5ml/min 주입조건에서 상관계수는 두 조건에 비해 상대적으로 높았으며 저유량으로 갈수록 증가함을 알 수 있다.

Table 4.5 Comparison of residual TPH degradation kinetic parameters calculated on the first order kinetic equation at various air flow management with added nutrient

Condition	First order		
	k (1/day)	R ²	Half-life (day)
5 ml/min	0.0177	0.96	39.16
10 ml/min	0.0141	0.91	49.16
20 ml/min	0.0143	0.95	48.47

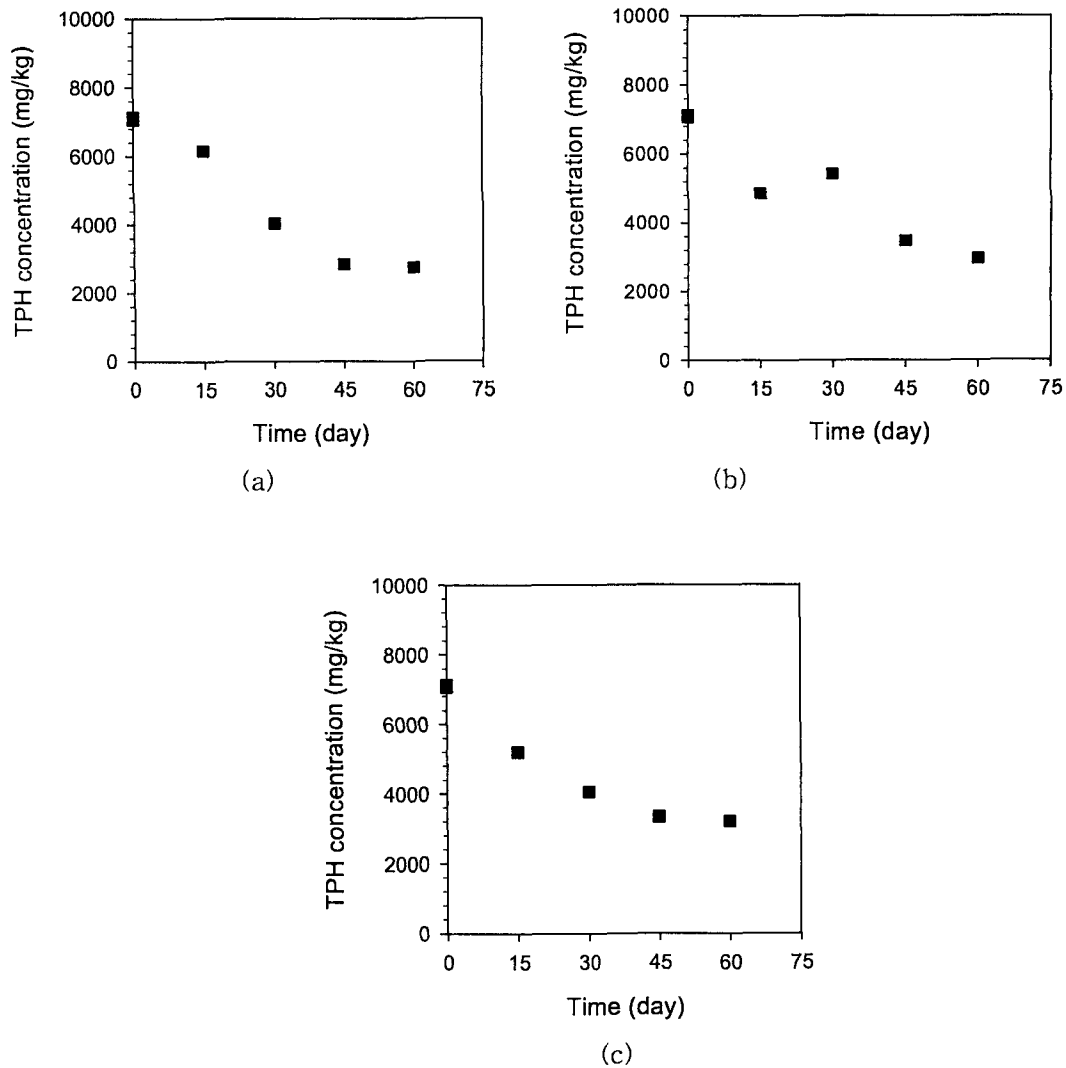


Fig. 2 Variation of residual TPH concentration versus time for various air flow management option. Values are the means of three replicates[(a):5ml/min, (b):10ml/min, (c):20ml/min].

5. 참고문헌

- AFCEE, (1996) "A General Evaluation of Bioventing for Removal Actions at Air Force/Department of Defense Installations Nationwide", Air Force Center for Environmental Excellence, Brooks Air Force Base, Texas
- Al-Awadhi, N., Al-Daher, R., ElNawawy, A., Balba, M.T., (1996) "Bioremediation of oil-contaminated soil in Kuwait. I. Landfarming to remediate oil-contaminated soil", *J. Soil Contamin.* 5(3), 243-260