

퇴비를 이용한 가솔린 오염토양증기추출
배가스의 바이오필터 처리

남궁완·박준석

건국대학교 공과대학 환경공학과

**Biofiltration of Soil Vapor Extraction Off-gas from
Gasoline Contaminated Soil Using a Compost**

Wan Namkoong, Joon-Seok Park

Department of Environmental Engineering, College of Engineering, Konkuk University

ABSTRACT

The recent emergence of biofiltration as a cost effective waste-gas control technology has stimulated in European countries and the USA. Biofiltration of soil vapor extraction off-gas from gasoline contaminated site was simulated in lab-scale in this study. A filling material used was a compost. This study was conducted to evaluate biofiltration characteristics of the compost material for gasoline off-gas. TPH elimination capacity at the gas loading rate of about 50g/m³(filling material)/hr was circa 40g/m³(filling material)/hr. Removal rate of xylene was the highest among BTEX, while it was the lowest in case of benzene. The maximum elimination capacity of the compost was about 1.5g/m³(filling material)/hr for benzene. More than 95% of trimethylbenzene and naphthalene were removed below the loading rate of 0.7g/m³(filling material)/hr. About 80% of total TPH and BTEX were removed by biodegradation.

Key words : Soil vapor extraction, Gasoline off-gas, Biofiltration, TPH, BTEX

요약문

본 연구는 석유계탄화수소로 오염된 토양의 토양증기추출시 발생하는 가솔린 배가스의 바이오필터법 처리가능성을 검토하기 위하여 실시하였다. 바이오필터 충전물질로는 퇴비를 사용하였다. 약 50g/m³(충전물질)/hr의 유입부하에서 TPH제거능력은 약 40g/m³(충전물질)/hr를 나타내어 80%정도의 제거효율을 나타내었다. 자일렌은 BTEX중에서 제거효율이 가장 우수하였으며, 벤젠은 제거효율이 가장 낮아 최대제거능력은 약 1.5g/m³(충전물질)/hr이었다. 0.7g/m³(충전물질)/hr미만의 부하량에서의 TMB(trimethylbenzene)와 나프탈렌의 제거효율은 95%이상이었다. 바이오필터법의 처리시 생물학적 반응에 의한 TPH와 BTEX의 제거효율은 약 80%이었다.

주제어 : 토양증기추출, 가솔린 배가스, 바이오필터법, TPH, BTEX

1. 서론

오늘날 각종 산업체 및 지하유류저장탱크(USTs, Underground Storage Tanks)에서 누출되는 오염원들은 토양계에서 자정하기에 어려울 정도이어서 이제는 토양오염이 자연환경에 미치는 영향을 간과할 수 없게 되었다. 특히 지하유류저장탱크에서 누출되는 유류성분들은 토양 및 지하수의 주 오염원으로 인식되고 있다. 한 예로써 1L의 가솔린이 음용수원에 유출될 경우 10⁶L의 물을 오염시킬 수 있다¹⁾. 이러한 유류성분들은 매우 복잡한 석유계탄화수소로 구성되어 있고 인체 및 토양생물에 유해하므로 반드시 적절하게 처리하여야 한다. 미국 환경보호청에서는 700,000개소 2,000,000개의 지하유류저장탱크 중 약 25%에서 유류가 누출되고 있다고 추정하고 있다²⁾. Galaska 등(1990)은 미국의 지하유류저장탱크의 수를 1,400,000개로 추정하고 있으며 이 중에서 유류가 누출되는 지하저장탱크(LUSTs, Leaking Underground Storage Tanks)의 수가 10~30%에 이를 것으로 보고 있다. 오염토양처리기술 중에서 토양증기추출법(SVE, Soil Vapor Extraction)은 주로 휘발성 유기화합물로 오염된 토양에 추출정을 설치하여 오

염물질을 추출한 후 그 배가스를 처리하는 방법이다. 미국의 오염토양 처리를 위한 근거서류(RODs, Records of Decision)에 의하면 1982년부터 1994년까지 토양증기추출은 오염토양정화에 적용되고 있는 신기술 중에서 가장 많은 비율(약 45%)로 시행되고 있었다³⁾. 토양증기추출 배가스에는 휘발성유기화합물을 비롯하여 상당량의 오염물질이 포함되어 있으므로 이를 적정처리한 후에 대기중으로 방출하여야 할 것이다. 현재 이러한 배가스를 처리하는 방법으로 바이오필터법이 많이 시행되고 있다. 바이오필터법은 주로 악취물질을 처리하기 위하여 이용되었으며 일부 매립지가스에도 적용되었으나^{4, 5)}, 최근에는 오염토양복원시 발생하는 휘발성배가스의 처리에도 이용하려는 움직임이 활발하다. Wright 등(1997)은 가솔린배가스의 바이오필터 처리의 성능특성을 연구하였으며, Leson 등(1997)은 비용효과적으로 석유계탄화수소 배가스의 정화방법을 모색하고자 바이오필터법에 관한 연구를 현장규모로 실시하였다⁶⁾.

본 연구는 악취처리를 주대상으로 시행되었던 바이오필터법을 석유계탄화수소로 오염된 토양의 토양증기추출시 발생하는 가솔린 배가스 처리에 적용한 후 그 적용가능성을 검토하는 것을 목적으로

하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 가솔린휘발장치, 진공흡인펌프, 유입가스가습장치(humidifier), 바이오필터 반응기, 이산화탄소 포집장치 등으로 구성되어 있다(Fig. 1). 가솔린 휘발을 위한 반응기로는 테프론 뚜껑이 달린 약 4L(1 갤런)의 유리병을 사용하였다. 유리병은 진공흡인펌프(GAST Vacuum Pumps, DOAP104AA)와 연결하여 펌프가동시 가솔린휘발장치 내부가 감압되면서 가솔린이 자연스럽게 휘발될 수 있도록 하였다. 바이오필터 충전물질의 수분손실을 최소화하기 위하여 유입된 가스를 증류수가 주입된 500mL 용량의 증류

수병을 통과시켜 수분을 포화시킬 수 있도록 하였다. 바이오필터 반응기는 내경이 5cm, 높이가 100cm인 원통형 아크릴로 제작하였다. 반응기 하부에는 응축수를 배출하기 위한 배수파이프(drainage pipe)를 설치하였다. 반응기를 통과한 배가스는 이산화탄소 포집장치를 통과하여 대기 중으로 배출되도록 하였다.

2.2 실험재료 및 성상

가솔린은 유류 성분 중 휘발성이 가장 큰 화합물로서 전체의 50~60%가 BTEX로 구성되어 있다⁶⁾. 토양, 퇴비, 그리고 토양과 퇴비의 혼합재료를 충전재료로 사용한 기존의 연구결과를 살펴보면 BTEX의 제거효율은 퇴비가 토양보다 월등히 우수하였다^{9, 10)}. 그러므로 본 실험에서는 BTEX가 주성분을 이루고 있는 가솔린 배가스의 처리를 위하

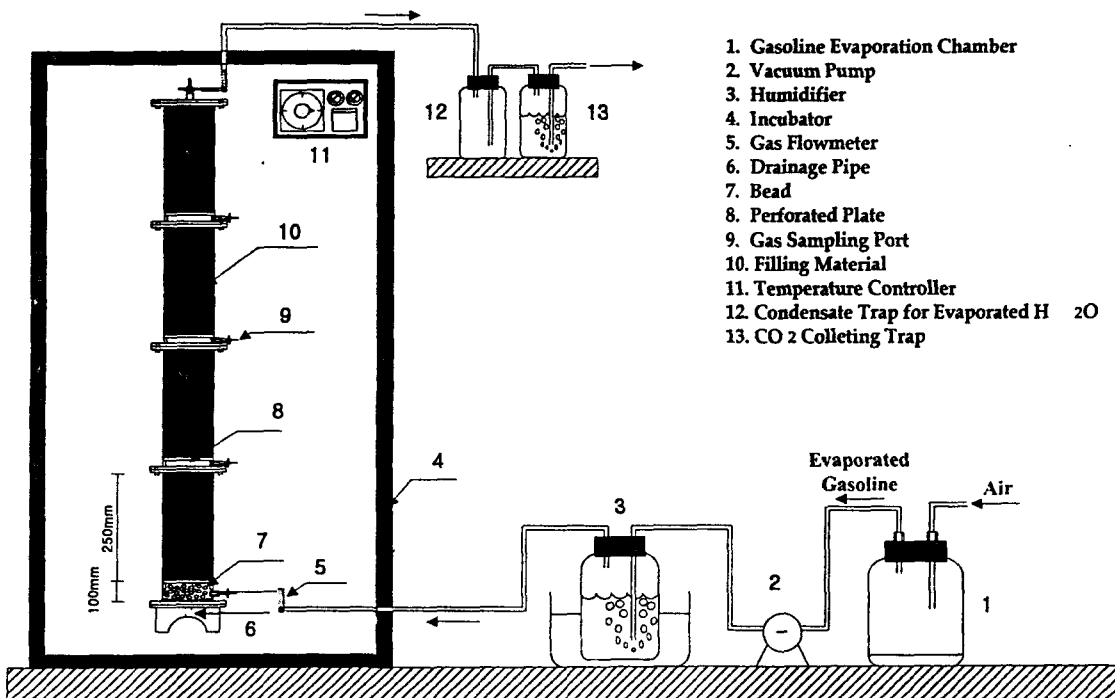


Fig. 1. Experimental schematic used in this study.

여 BTEX처리에 우수한 특성을 나타내었던 퇴비를 바이오필터 충전재료로 사용하였다. 퇴비는 난지도 퇴비화시설에서 생산된 것을 사용하였다. 이 퇴비는 음식쓰레기에 폐목재(공극개량제)를 혼합하여 생산된 것이다. 생산된 퇴비는 2mm 체로 거름을 한 후 통과한 것만을 사용하였다. 퇴비의 물리적/화학적 특성을 잠시 살펴보면 용적밀도는 약 770kg/m³, 수분보유능력은 73%, pH는 8.8, VS는 67% 정도이었으며, 중금속 분석결과는 모두 지정폐기물 기준치미만이었다. 입자의 균등계수는 약 5이었다.

2.3 실험조건 및 방법

반응기는 외부온도에 의한 영향을 배제하고 결과의 해석을 명확히 하기 위하여 20℃로 설정된 항온조내에서 실시하였다. 초기수분함량은 수분보유능력(field capacity)의 60~80%로 조절하였다. 토양의 경우 석유계탄화수소의 생물학적 분해에 적합한 수분함량은 수분보유능력의 약 50~90%인 것으로 보고되고 있다^{11, 12, 13)}. 가스유입유량은 0.2L/min으로 실시하였다. 바이오필터 반응기의 용적이 약 2L이므로 이 때의 EBRT(Empty Bed Retention Time)는 약 10분이 된다. 가솔린 배가스의 생물학적 반응에 의한 분해정도를 알아보기 위하여 biocide를 첨가한 비교실험을 실시하였다. Biocide첨가 후에는 미생물이 사멸되어 미생물활성이 없어지므로 이를 보정하면 생물학적 반응에 의한 제거효율을 구할 수 있다¹⁴⁾. Biocide로는 HgCl₂를 6,000mg/kg(건조질량)으로 첨가하였다.

2.4 분석방법

배가스는 핸드샘플러(hand sampler)를 이용하여 흡인하였으며 흡인된 가스는 활성탄칼럼(SKC, Cat. No. 226-01)에 흡착시켰다. 활성탄칼럼은 길이 7cm, 외경 6cm, 내경 4mm의 크기

를 가지고 있으며 BTEX를 포함한 유기화합물에 대한 흡착능력이 우수하다. 시료를 흡착한 활성탄은 분리하여 바이알에 넣은 다음 용매를 1mL 넣어 30분간 방치하여 탈착하였다. 탈착용매로는 검출물질의 피크와 중첩이 되지 않도록 methylene chloride를 이용하였다. 탈착용매는 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래프(Hewlett Packard 5890 II)로 분석하였다. TPH 표준용액의 경우 본 실험에 사용된 재료와 동일한 가솔린을 이용하여 무게비로 조제하였으며, GROs(Gasoline Range Organics)표준물질은 Supelco회사의 Modified GRO Mix(Catalog No. 4-8167)제품을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가솔린오염가스 제거특성

퇴비를 충전물질로 사용하여 0.2L/min (EBRT = 10분)의 유량으로 약 140일간 운전한 경우 TPH 제거특성을 Fig. 2에 나타내었다. 이 때의 충전물질 깊이는 1m이었다. 가스유입초기에는 미생물순응에 유리하도록 저농도로 유입하였다. 가솔린의 유입농도는 기간에 따라 변화가 심하였으며, 물리적으로 일정 농도를 유입하는 것은 어려웠다. 실제 현장에 적용된 가솔린오염토양 증기추출 배가스의 바이오필터법 처리 예를 살펴보면 1년 운전기간 동안 유입농도는 300~1,800mg/m³으로 본 연구와 마찬가지로 농도변화가 컸다⁶⁾. 본 연구에서 약 4개월간은 유입농도를 8,000mg/m³미만으로 운전하였으며 이후 12,000mg/m³까지도 유입하였다. 120일차까지의 평균제거율은 약 80%이었으며 퇴비의 경우 가스부하량의 변동에도 불구하고 전반적으로 안정적인 처리효율을 나타내었다. 농도를 증가시킨 후 20일 동안의 평균제거율은 약 60%로 낮았다. 120일차 이후에 제거효율이 이렇게 저하한 것은

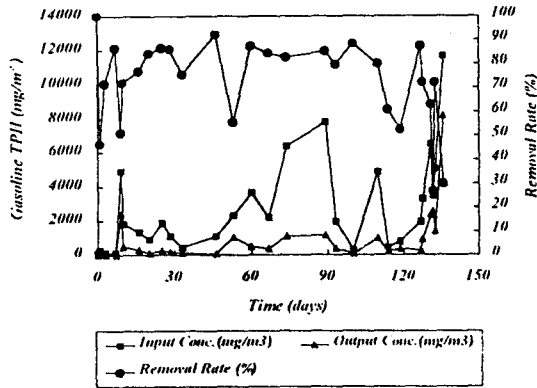


Fig. 2. Gasoline TPH removal rate at the depth of 100cm.

유입농도가 높아 미생물분해에 저해요인으로 작용하였기 때문으로 판단된다.

가솔린 TPH의 유입농도는 시간에 따라 변화가 심하였으므로 유입부하량에 대한 제거특성을 판단하기가 용이하지 않다. 이를 자료분석이 용이하도록 운전기간을 고려하지 않고 TPH, BTEX, TMB(trimethylbenzene), 그리고 나프탈렌의 부하량에 대한 각 화합물의 제거능력과 관계로 나타내어 보았다(Fig. 3~5). 유입부하량에 대한 제거능력은 1차직선으로 표현가능하였다. 여기에서 TPH는 가솔린 배가스의 총량을 의미하며 BTEX와 TMB, 그리고 나프탈렌은 가솔린 TPH 중의 목적성분의 양을 의미한다. 먼저 TPH의 제거특성을 살펴보면 가솔린 TPH의 유입농도를 증가시킴에 따라 제거능력도 지속적으로 증가하였다. 약 50g/m³(충전물질)/hr의 유입부하에서 퇴비의 TPH제거능력은 약 40g/m³(충전물질)/hr를 나타내어 80%정도의 제거효율을 나타내었으며 최대제거능력은 이 이상일 것으로 판단되었다. 1차직선의 기울기는 0.8을 나타내어 유입부하량에 대한 제거능력이 약 80%임을 보여주고 있다(Fig. 3).

방향족화합물 중에서 주요 관심대상이었던 BTEX의 제거특성은 Fig. 4에 나타내었다. 자일

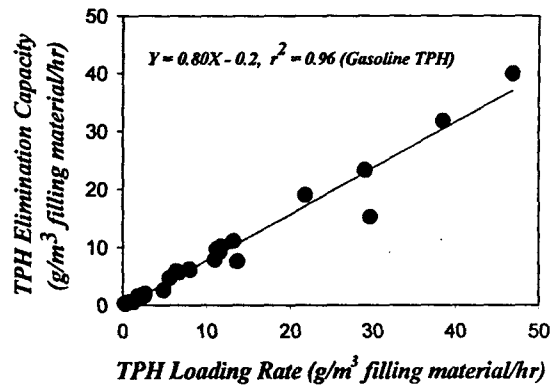


Fig. 3. Elimination capacity of gasoline TPH.

렌의 경우 m, p, o-xylene 모두 0.95이상의 기울기를 나타내었다. 톨루엔은 0.81로 자일렌보다는 낮았으나 비교적 높았다. 벤젠은 최대 유입가스부하량이 2g/m³(충전물질)/hr이었으며 부하량에 대한 제거량의 관계를 1차직선으로 나타내면 기울기는 0.74로 BTEX중에서 가장 낮았다. 톨루엔과 자일렌은 최대 부하량에서 최대 제거능력을 나타내었으나 벤젠은 1.5g/m³(충전물질)/hr이상의 부하량에서는 더 이상 제거능력이 증가하지 못하였다. Table 1에서 볼 수 있듯이 벤젠의 경우 헨리상수 값이 0.0054atm·m³/mol로 에틸벤젠, 자일렌, 그리고 톨루엔에 비하여 상대적으로 낮았으며 물용해도는 다소 높았다^{15, 16}. 벤젠이 상대적으로 바이오필름에 흡수가 잘 되는 물질임에도 불구하고 제거효율이 낮은 것은 벤젠의 독성이 강하여 미생물에 의한 생분해에 제한인자로 작용하였기 때문으로 생각된다. GROs 표준화합물 중에서 가장 높은 온도에서 검출되는 TMB와 나프탈렌은 최대 가스부하량이 0.7g/m³(충전물질)/hr미만이었으며 이 때의 제거효율은 95%이상이었다(Fig. 5).

Wright 등(1997)은 가솔린오염토양 배가스의 바이오필터법 처리결과 BTEX는 90% 이상이 제거되었으며 TPH보다 높은 제거효율을 나타내었다

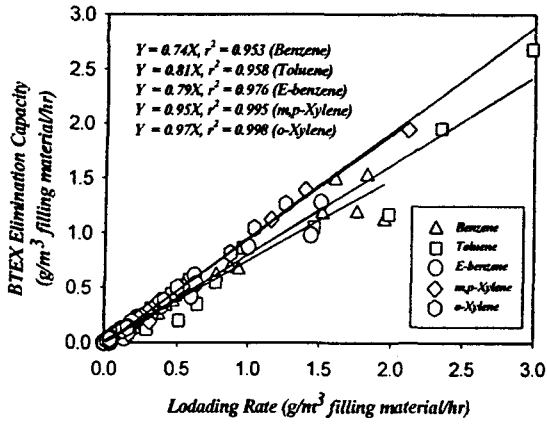


Fig. 4. Elimination capacity of BTEX in gasoline off-gas.

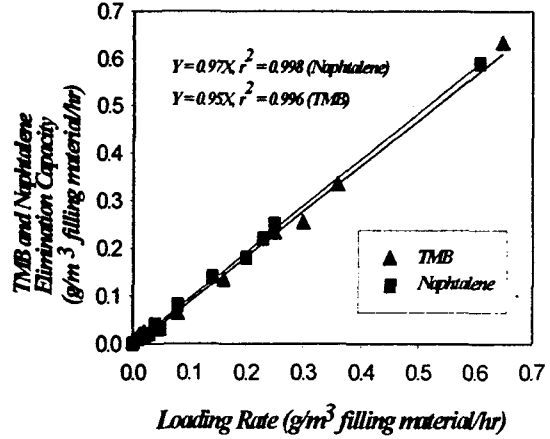


Fig. 5. Elimination capacity of BTEX in gasoline off-gas.

고 보고하였다. 이 중에서 생물학적 분해반응에 의한 제거율은 BTEX가 93%, TPH가 73%이었다. 퇴비를 충전재료로 사용하여 난지도매립지가스를 처리한 경우의 예를 살펴보면 다음과 같다⁹⁾. 유입되는 매립지가스내의 BTEX농도는 30~60mg/m³이었다. 이를 가스부하율로 환산하면 0.9~1.8g/m³(충전물질)/hr에 해당된다. 처리시작 후 배출가스의 농도는 10~20mg/m³를 유지하였으나 3일 이후부터는 10mg/m³미만을 나타내었다. BTEX를 각 화합물질별로 살펴보면 톨루엔과 에틸벤젠이 약

80%로 비교적 높은 제거율을 보였으며 벤젠과 자일렌은 70%를 약간 상회하였다. Webster 등(1995)은 정원폐기물을 원료로 생산된 퇴비를 이용하여 휘발성 유기화합물질들을 처리한 결과 methylene chloride는 약 45%가 제거되었으며, 벤젠과 톨루엔은 각각 약 65%와 약 85%가 제거되었다고 하였다¹⁷⁾. 이 때의 유입농도는 20ppbv미만이었다. Ortiz 등(1998)은 가솔린 중의 BTX분해특성을 분석한 결과 자일렌이 가장 분해가 잘 되었으며 다음으로 톨루엔이 제거가 잘 되었다고 하

Table 1. Physical properties and health risk of BTEX

Item	TLV-TWA ^{a)} (mg/m ³)	TLV-STEL ^{b)} (mg/m ³)	IDLH ^{c)} (ppmv)	Solubility in water at 20°C (mol/m ³)	KH at 20°C (atm · m ³ /mol)
benzene	15	32	2,000	22.79	0.0054
toluene	188	—	2,000	5.60	0.0066
ethylbenzene	434	543	2,000	1.43	0.0086
xylene	434	651	10,000	1.50~2.07	0.0055~0.0071

a) Threshold Limit Value - Time Weighted Average

b) Threshold Limit Value - Short Time Exposure Limit

c) Immediately Dangerous to Life and Health

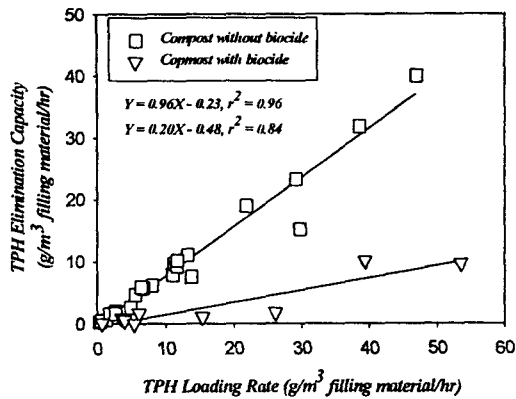


Fig. 6. Comparison of elimination capacity for gasoline TPH by biocide addition.

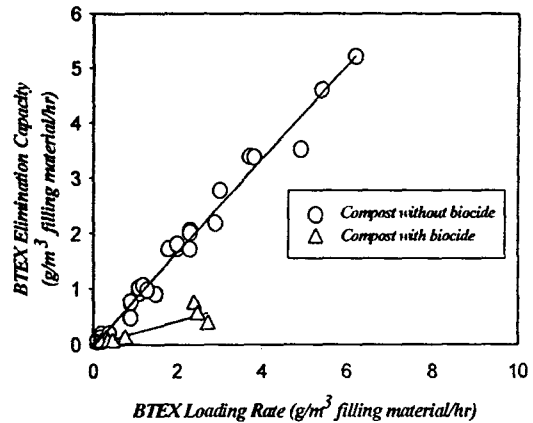


Fig. 7. Comparison of elimination capacity for BTEX by biocide addition.

였다¹⁸⁾. 이는 본 실험의 분해특성과 동일한 결과이었다. Ortiz 등(1998)의 연구결과를 조금 더 살펴 보면 다음과 같다. 자일렌 중에서도 m, p-xylene은 거의 100%가 제거되었으나 o-xylene은 85%가 제거되었다. 그리고 30일간 운전하는 동안 오염물질에 순응하기 위하여 필요한 기간은 초기 15일간으로 나타났다. 유입가스농도는 2.4gC/m³이었으며 평균 제거능력은 약 30C/m³/hr이었다.

3.2 생물학적 분해도

Biocide를 첨가한 실험에서 미생물의 활성이 증가하기 시작한 시점의 자료를 제외한 후의 유입부하량과 제거능력과의 관계를 Fig. 6~Fig. 7에 나타내었다. Fig. 6은 TPH의 분해특성을 나타낸 것이다. Biocide를 첨가한 경우에는 부하량과 제거능력과의 관계를 1차직선으로 표현하면 $Y = 0.20X - 0.5$ 가 되며, 실험기간 동안의 총부하량에 대한 총 제거능력의 비율은 17%로 나타나 기울기 0.2와 유사하여 1차직선 표현이 적합하였다. Biocide를 첨가하지 않은 경우에는 $Y = 0.96X - 0.2$ 로 기울기가 상당히 컸으며, TPH 총부하량에 대한 총 제거능력의 비율이 78%이었다. 이로부터 생물학적

인 반응에 의한 제거량을 구하면 $(78-17)/78 \times 100\% = 78\%$ 정도가 된다. Fig. 7은 BTEX를 나타낸 것이다. Biocide를 첨가한 경우 BTEX의 총 부하량에 대한 총 제거능력의 비율은 20% 정도였다. Biocide를 첨가하지 않은 경우에는 83% 정도이므로 위와 같이 계산하면 $(73-20)/73 \times 100\% = 76\%$ 가 된다. 따라서 생물학적 처리에 의한 제거효율은 TPH와 BTEX가 큰 차이가 없었으며 결론적으로 바이오필터법의 처리시 생물학적 반응에 의한 TPH와 BTEX의 제거효율은 약 80%이었다. Wright 등(1997)은 생물학적 반응에 의한 TPH와 BTEX의 제거효율 각각 78%와 93%라고 발표한 바 있다.

4. 결 론

본 연구는 석유계탄화수소로 오염된 토양의 토양증기추출시 발생되는 가솔린 배가스의 바이오필터법 처리가능성을 검토하기 위하여 실시하였으며 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 8,000mg/m³미만의 유입농도로 120일간 운전시 평균제거효율은 약 80%이었으며 가스

- 부하량의 변동에도 불구하고 전반적으로 안정적인 처리효율을 나타내었다. 12,000mg/m³까지 농도를 증가시킨 후 20일 동안의 평균제거율은 약 60%로 낮았다.
2. 약 50g/m³(충전물질)/hr의 유입부하에서 퇴비의 TPH제거능력은 약 40g/m³(충전물질)/hr를 나타내어 80%정도의 제거효율을 나타내었으며 파괴점을 보이지 않아 실제 최대제거능력은 이 이상일 것으로 판단되었다.
 3. 자일렌은 BTEX중에서 제거효율이 가장 우수하였으며 유입부하량의 대부분이 제거되었다. 벤젠은 제거효율이 가장 낮았으며 1.5g/m³(충전물질)/hr이상의 부하량에서는 더 이상 제거능력이 증가하지 못 하였다.
 4. 0.7g/m³(충전물질)/hr미만의 부하량에서의 TMB(trimethylbenzene)와 나프탈렌의 제거효율은 95%이상이었다.
 5. 바이오필터법의 처리시 생물학적 반응에 의한 TPH와 BTEX의 제거효율은 약 80%이었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 핵심전문 연구비(981-1206-018-1) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Galaska, E.G., Skladany, G.J., and Nyer, E.K., "Biological Treatment of Groundwater, Soils, and Soil Vapor Contaminated with Petroleum Hydrocarbons", 44th Purdue Industrial Waste Conference Proceedings, pp.11-21 (1990).
2. Hincee, R.E. and Ong, S.K., "A Rapid In Situ Respiration Test for Measuring Aerobic Biodegradation Rates of Hydrocarbons in Soils", J. A&WM, Vol.42, No.10, October, pp.1305-1312 (1992).
3. U.S. EPA, "Innovative Treatment Technologies: Annual Status Report (7th ed.), Application of New Technologies at Hazardous Waste Sites", EPA-542-95-008, No. 7, Revised September, Office of Solid Waste and Emergency Response, p10(1995).
4. Figueroa, R.A., "Landfill Gas Treatment by Biofilters" in "Landfilling of Waste: Biogas" edited by Christensen, T. H. , Cossu, R. and Stegmann, R., E&FN SPON, pp535-549 (1996).
5. Frechen, F.B., "Odour Emissions and Controls" in "Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact" edited by Christensen, T. H. , Cossu, R. and Stegmann, Academic Press, pp.425-436 (1989).
6. Wright, W. F., Schroeder, E. D., Chang, D.P.Y. and Romstad, K., "Performance of a Pilot-Scale Compost Biofilter Treating Gasoline Vapor", J. Env. Eng., June, pp.547-555(1997).
7. Leson, G. and Smith, B.J., " Petroleum Environmental Research Forum Field Study on Biofilters for Control of Volatile Hydrocarbons", Env. Eng., Vol.123, No.6, June, pp.556-562(1997).
8. 표희수, 박송자, 박성수, 홍지은, 이강진, "오염 토양중의 유류 분석법", 한국토양환경학회지, 제3권, 제2호, pp3-12(1998)
9. 삼성물산주식회사, "생물탈취상을 이용한 매립가스 악취처리"(1997)
10. 김경, "오염토양의 증기추출시 발생하는 돌루엔의 biofilter처리". 건국대학교 석사학위논문(1999)
11. Autry, A.R. and Ellis, G.M., "Bioremediation of

- Petroleum Fuel Contaminated Soils”, Federal Environmental Restoration Conference Proceedings, pp.93-100(1993)
12. Frankenberger, W.T., “ The Need for a Laboratory Feasibility Study” in “Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons, Hydrocarbons Contaminated Soils and Groundwater Vol. 2” edited by Calabrese E.T. and Kostecki P.T., Lewis Publishers, pp.237-293(1992)
 13. Morgan, P. and Watkinson, R.B., “Hydrocarbon Degradation in Soils and Methods for Soil Biotreatment” . CRC Critical Reviews in Biotechnology. Vol.8. Issue 4. pp.305-333(1989)
 14. Tang. H.M. Hwang. S.J., and Hwang. S.C., “Waste Gas Treatment in Biofilters”. J. Air & Waste Manage. Assoc., Vol.46. April. pp.349-354(1996)
 15. Smallwood. I., “Solvent Recovery Handbook” . Edward Arnold, pp.214-225 (1993)
 16. Gustafson, J.B., Tell, J.G., and Orem, D., “Selection of Representative TPH Fractions Based on Fate and Transport Consideration” , Vol.3, Amherst Scientific Publishing, pp.41-50(1996)
 17. Webster, T.S., Deviny, J.S., Torres, E.M., and Basrai, S.S., “Control of Air Emissions from POTWs Using Biofiltration” in “Biological Unit Processes for Hazardous Waste Treatment” edited by Hincee, R.E., Sayles, G.D., and Skeen, R.S., 3rd Inter. In Situ and On-Site Bioreclamation Symposium. pp.227-234 (1995)
 18. Oritz. I. Morales. M., Gobbee. C., Revah. S., Guerrero. V.M., and Auria. R., “Biofiltration of Gasoline VOCs with Different Support Media” . A&WM, 91st Annual Meeting & Exhibition, June 14-18. 98-WAA.14P (1998)