

(사)한국지하수토양환경학회
00년춘계학술발표회 5.26~27

토양·하수 슬러지·음식물 쓰레기 퇴비내에서의 휘발성
유기화합물(VOCs)의 기체상 생분해에 관한 연구

Investigation on the biodegradation of VOCs in soil, sewage sludge,
and food waste compost

김혜진·이은영·박재우

이화여자 대학교 환경공학과
macrocosmos@hanmail.net

ABSTRACT

Wastewater sludge and composted food wastes were examined as the alternatives of a landfill cover for soils to eliminate the emission of VOCs. The benefit of these alternatives is in their high sorption capacity, which is 5 to 50 times higher than natural soils. After sorption is finished, biodegradation is an important mechanism in decrease of VOCs concentration. In order to investigate appropriate VOCs degradation condition, biodegradation batch experiment is being conducted with isolated strain X9-c. Both benzene and TCE were degraded only in soil with 12%(water volume/sorbent volume) water condition. When the water condition varied from 12 to 48% in compost, optimum water conditions of composted food waste was 36%.

key word : landfill cover, VOCs, sorption, biodegradation, sludge, composted food waste,

I. 서론

최근 들어 휘발성 유기화합물(VOCs)은 자동차 운행의 급증(주로 가솔린)과 유류 및 유기용제의 사용확대로 배출량이 증가되고 있으며, 다양한 형태로 대기 중에 존재하다 인간의 주변환경 및 건강에 직접 유해하거나 대기 중에 광화학 반응에 참여하여 "오존(O₃)"를 생성시키는 원인물질로 작용한다. 매립지에서도 이러한 VOCs가 배출되고 있으며 이는 매립지가 2차오염의 발생원으로서의 될 수 있음을 시사한다..

이 연구에서는 매립지에서 발생하는 가스상 VOCs를 제어하기 위해 매립지 복토재로서 하·폐수 슬러지 및 퇴비화된 음식물 쓰레기의 활용을 모색해보고자 한다. 하수 처리시설에서 발생하는 하수 슬러지는 폐기물 관리법 시행규칙 개정(1997)에 따

라 2001년 부터는 직매립을 금지하는 사안이 입법예고 되고 있어 최근 처분 방안 마련이 절실한 상태이다. 음식물 퇴비는 폐기물 관리법에 따라 음식물 쓰레기를 매립지로 직매립하는 것이 금지됨에 따라 그 처리방안의 하나로 생산되고 있으나 목적에 부합되지 못하고 야적되어 있는 실정이다. 하·폐수 슬러지와 퇴비화된 음식물 쓰레기의 경우 유기물 함량이 높아 유기 오염물의 수탁과 생물학적인 분해에 있어 좋은 조건이 된다.

따라서 이들을 토양과 적절히 혼합하여 매립지 복토재로 사용한다면 하수 슬러지나 퇴비화된 음식물 쓰레기의 처분 효과와 복토재로 쓰이는 양질의 토양 자원의 절약효과 그리고 최종적으로 매립지에서 발생하는 VOCs의 수탁과 생물학적인 분해를 통해 제어하는 효과를 가진다.

회분식 조건에서 생물학적 난분해성 물질인 TCE를 분리균주 X9-c을 이용하여 benzene을 공대사(cometabolism)시킴으로서 분해하여 각 흡착재에 대해 생물학적인 분해를 위한 최적조건을 찾고 각 경우의 분해능을 비교해보았다.

II. 실험 방법 및 분석

1. 연구재료

실험은 4단계로 진행되고 있는데 1단계에서는 회분식 조건에서 휘발성 유기화합물의 수탁능을 2단계에서는 칼럼상에서 수·탈착능을 살펴보고 3단계에서는 회분식 조건으로 생분해능을 보고 최적 조건을 찾아 이를 biofilter에 적용하는 마지막 단계까지 이 연구의 수행 계획이다.

본 연구는 3단계에 해당하는 것으로 각 흡착재에 대해 최적 조건을 찾고 분해 효율을 보는데 목적을 두고 있다.

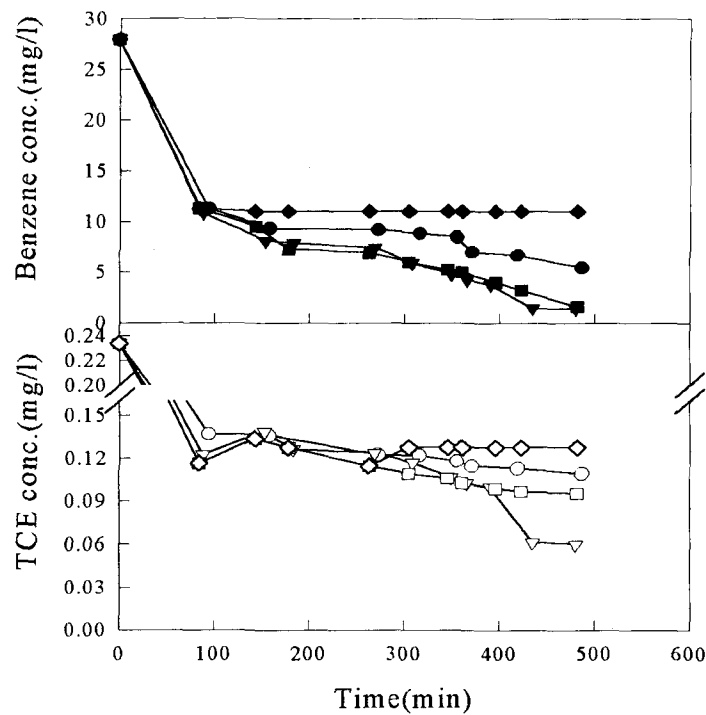
실험에 사용된 슬러지는 서울시 가양동에 위치한 가양하수처리장의 탈수 슬러지를 채취하였으며 음식물퇴비는 서울시 마포구 상암동에 위치한 나지 하수 처리장으로부터 채취하였다. 슬러지와 퇴비를 30일간 공기건조 시킨후 균일한 입경을 가지도록 분쇄기로 분쇄하여 U.S Standard Sieve 20-30 mesh 사이의 입자들에 대해서 실험을 행하였다.

실험은 mininert valve가 부착된 vial에 토양, 하·폐수 슬러지, 퇴비화된 음식물 쓰레기 같은 부피로 채우고 수분과 미생물 접종액을 넣어준 후 benzene과 TCE를 주입하였다. 20℃에서 250rpm으로 교반하면서 1.5~2시간 간격으로 samplelock syringe를 사용하여 30 μ l의 headspace를 취하여 GC(Youngin 680D-FID Detector)로 분석하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

1. 함수율이 12%(v-water/v-sorbent)로 일정하게 주어질 때 토양, 미생물접종액, 슬러지, 퇴비에 있어서 benzene과 TCE의 분해 양상

함수율이 12%(v-water/v-sorbent)로 일정하게 주어질 때 접종한 토양과 미생물접종액(w/o sorbent)에서만 분해가 일어나고 슬러지와 퇴비의 경우 수착이후 분해가 일어나지 않는다 초기에는 미생물 접종액에서의 분해가 더 빠르나 약 10시간이 후에는 접종한 토양에서 TCE의 분해량이 더 많다. 1주일간의 장기간 관찰 결과 슬러지는 차후 약간의 분해를 보이나 퇴비의 경우 전혀 분해되지 않는다. 결과적으로 12% 함수율에서는 토양에서만 분해가 일어난다



<Fig. 1> TCE biodegradation with strain X9-C in compost at different water content (Inoculum : 5.57mg)

◆12%(v-water/v-sorbent) ● 24% ▼ 36% ■ 48%

생분해능 실험에 있어서 함수율은 결정적인 요소가 되는 것으로 수분 함량이 낮을 경우 분해속도가 느리거나 더 이상 미생물이 성장하지 못하고 분해반응이 멈춘다. 20-30mesh로 입경분포가 일정하더라도 각 물질별로 수분을 함유하는 함수력이나 내부 공극으로 인한 비표면적 등의 차이가 있어서 각기 필요로 하는 함수율이 다르고 같은 물질이라 할지라도 수분 함량에 따라 분해율이 다른 양상을 보인다.

2. Compost의 함수율의 변화에 따른 TCE 및 Benzene의 생분해에 미치는 영향

Compost의 함수율이 12, 24, 36, 48%(v-water/v-sorbent)인 경우, 이를 질량으로 환산하여 비교하여보면, 34, 49, 58, 65%(wt-water/wt-compost)이다. 7시간 30분 경과하였을 때 초기 TCE 농도의 46, 53, 74, 59%의 분해 효율을 보였다. 초기 균주 접종 후 3시간이 경과할 때까지는 물리적으로 흡착이 일어나고 그 이후 함수율이 12%인 경우는 생분해가 거의 일어나지 않았다. 반면, 함수율이 2, 3, 4배로 증가됨에 따라 TCE의 분해 효율이 점차로 증가되어 36%(v-water/v-sorbent)의 함수율에서 최대의 분해 효율을 보였다.

V. 인용문헌

1. Unger, D. R., Lam, T. T., Schaefer, C. E. and Kosson, D. S., Predicting the Effect of Moisture on Vapor-Phase Sorption of Volatile Organic Compounds to Soils, Environ. Sci. Technol., 1996, 30(4), 1081-1091.1.
2. Chiou, C. T. and Shoup, T. D., Soil Sorption of Organic Vapors and Effects of Humidity on Sorptive Mechanism and Capacity, Environ. Sci. Technol., 1985, 19(12), 1196-1200.2.
3. Rutherford, D. W., Chiou, C. T., and Kile, D. E., Influence of Soil Organic Matter Composition on the Partition of Organic Compounds, Environ. Sci. Technol., 1992, 26(2),
4. Eric, B.E., Anderson, P., Walker, B.L. and Burrows, Don B. Characterization of Landfill Gas Composition at the Fresh Kills Municipal Solid-Waste Landfill, Environ. Sci. Technol., 1998, 32(15), 2233-2237.4.
5. Malachowsky, K. J., Phelps, T.J., et al. Aerobic Mineralization of Trichloroethylene, Vinyl Chloride, and Aromatic Compounds by Rhodococcus Species. Applied and Environmental Microbiology, 1994, 542-548
6. Heald, S., Jenkins R.O. Trichloroethylene Removal and Oxidation Toxicity Mediated by Toluene Dioxygenase of Pseudomonas putita. Applied and Environmental Microbiology, 1994, 4634-4637