P417

Lab scale의 섬유상담체를 이용한 VOCs 제거

장정균, 최환석, 박주영, 차진명, 오민하[1], 박돈희[1]
(주)환경과 생명 광주연구소, 전남대학교 응용생물화학공학부[1]
전화 062) 369-7896, FAX (062) 369-7897

Abstract

This work reported concerns the removal of mixtures of methyl ethyl ketone (MEK), methyl isobutyl ketone (MIBK) and BTXs, which find wide application as industrial solvents, using the biofilter by the microbial consortium. The biofilter was constructed from acryl columns and was 400 mm in length and 55 mm in diameter and the height of fibrous packing material which made of PVC was 160 mm, 8 seconds of the retention time, pH 6.5 - 7.5 and the initial inlet concentration of MEK, MIBK and BTXs were 220 ppm. The removal efficiency of the gaseous mixtures was relatively low during the initial 2 days after inoculum of the microbial consortium, after 3 days, however, the efficiency was increased remarkably. In this study, The removal efficiency of the biofilter for the mixtures show the high degree from one day after inoculum of the microbial consortium, having no relation to the fluctuation of the inlet concentration of MEK, MIBK and BTXs.

서론

석유화학공정에서 많이 이용되어지고 있는 MEK(methyl ethyl ketone), MIBK(methyl isobuthyl ketone)와 BTX(benzene, toluene, xylene)는 페인트, 잉크, 가죽 등을 제조하는 공정에서 용매로 많이 이용되어지고 있다. 이러한 용매는 매년 250,000~600,000 ton 이상이 생산되어지고 사용되어지고 있다.[1)] 그러나 공정을 수행하고 배출되어지는 각 용매성분은 1990년 Clean Air Act Amendments(CAAA)에서 위해한 189가지의 오염물질로 보고되면서 산업 공정에서 제거되어야 할 물질로 대두되었다.[2)] 또한 미국 환경보호청에서도 환경오염물질로 구분하여 있으며, 우리나라에서도 기준을 설정하여 규제하고 있다.

휘발성유기화합물(VOCs)을 제거하기 위하여 최근 생물학적 방법을 이용하여 처리하기 위하여 biofilter에 관심이 모아지고 있다. Biofilter는 초기의 생물학적 처리방법으로 많이 이용되었던 biotrickling system을 변형한 방법으로서 그 효율이 뛰어나 현재 많이 사용되어지고 있다.[3)] 그러나 VOCs 물질의 다양함과 미생물을 이용함에 있어 변수의 변화에 대하여 제어하는 문제점이 남아있는 상태이다. 본 연구는 산업현장에서 배출되어지고 있는 MEK, MIBK와 BTX 혼합물을 biofilter를 이용하여 제거하기 위하여 미생물 컨소시엄을 확보하고, 기존 연구에서의 pH, 수분, 영양공급주기 등을 일정하게 유지한 후 biofilter의 처리효율의 큰 변수중의 하나인 유입농도에 따른 제거효율의 변화를 검토하여 pilot plant scale의 기본 자료로 이용하기 위한 조건을 검토하였다.

재료 및 방법

미생물의 consortium

미생물의 선정은 여천, 울산 등의 공업단지의 오염토양으로부터 분리한 균주들 중 MEK, MIBK, BTX의 분해능이 우수한 균주들을 선별하여 각각 영양분이 풍부한 nutrient broth 배지에서 shaking incubator를 이용하여 30℃, pH 7.0 및 150 rpm으로 단일 배양 후 혼합하여 consortium을 구성하였다.

미생물 담체

미생물 담체는 상업화되어있는 ㄷ사의 섬유상 담체를 이용하였으며, 재질은 PVC, biofilter 컬럼반응기에 160mm 높이로 충진하여 미생물을 부착하였다.

미생물 부착

반응기에 충진된 담체에 반응기 하부에서 peristaltic pump를 이용하여 MEK, MIBK, BTX를 혼합 공급하여 각 물질에 적응시킨 미생물을 상부에서 분무하여 담체에 부착될 수 있도록 하였다.

분석방법

각 물질별 분석은 하지 않았으며, 총 휘발성 유기화합물 농도를 측정할 수 있는 multi gas monitor PGM-50(RAE SYSTEMS, U.S.A.)을 사용하였으며, 검지관법을 이용하여 각 물질의 농도를 측정하였다.

Biofilter 구성 및 운전

VOCs 제거용 biofilter 장치는 아크릴로 제작되었으며 컬럼의 크기는 직경 5.5mm, 높이 400mm이며 160mm의 높이로 담체를 충전하였다. 습도를 50~99%로 유지함과 함께 미생물의 활성을 유지하기 위하여 pH 조절제와 영양물은 pump를 이용하여 반응기 상부에서 일일동안 주기적으로 1회 5분동안 공급하였으며 하단으로 유출수를 받아 재순환 공급하여 습도를 유지토록 하였다. 반응기의 온도는 water bath를 이용하여 반응기 외부에 물을 순환하여 30℃로 일정하게 유지하였으며, 각 VOCs 물질은 MEK, MIBK, BTX혼합물의 용액이 담긴 500ml 삼각플라스크를 30℃로 일정하게 유지되는 water bath에 설치하고 이때 발생되어지는 가스를 air mass flow controller를 이용하여 콤프레서 공기와 mixing chamber에서 정량적으로 혼합하여 실험농도까지 희석된 가스를 반응기 하부로부터 주입하였다.

결과 및 고찰

섬유상 담체를 이용하여 biofilter를 운전하기 위하여 컬럼반응기에 담체를 충전하고 MEK, MIBK, BTX 혼합물에 적응된 균주를 담체에 분무하여 담체 표면에 biofilm이 형성되도록 하여, 각 VOCs 물질을 가스상으로 반응기 내부로 유입시켜 그 제거효율을 관찰한 결과 다음과 같다. Fig 2.은 일정한 VOCs 농도(220 ppm)를 유입하여 미생물 consotium의 제거율

의 변화를 나타냈다. 일반적인 biofilter의 경우 균주의 적응기간 동안의 제거효율은 낮으며 미생물의 처리물질에 대한 적응기간 이후에 높은 처리효율을 나타내고 있으며, 본 연구에서도 이와같은 경향을 나타냈었다. 초기 2일까지의 제거효율은 변화의 폭이 적었으나 3일 이후부터 급상승하여 4일 이후부터 높은 제거효율을 나타내었다. Fig 3.에서는 유입되어지는 VOCs의 농도의 변화를 주어 이에 대한 biofilter의 운전시간에 따른 제거율의 변화를 나타냈다. 앞의 경우와 유사하게 VOCs 유입에 대하여 초기에는 낮은 처리효율을 보여주었으나 1일이 경과한 후 높은 제거효율을 보여주고 있다. Biofilter의 지금까지의 연구결과에서는 유입되어지는 처리물질의 농도 폭이 클 경우 낮은 처리효율을 보여주었다고 알려져 있으나, 본 연구에서는 연구결과들의 발표에서 문제점으로 대두되었던 유입 VOCs 농도의 변화에 상관없이 높은 처리효율을 나타냈다. 이러한 이유는 처음 이용되어졌던, 담체의 표면에 부착되어 있던 미생물들이 제거되지 않고 잔류하고 있어 유입되어질 VOCs 물질에 대한 적응기간을 단축시킬 수 있었던 것으로 생각되며, 또한 처리물질에 기 적응된 미생물은 큰 농도 변화을 주지 않는 이상 제거효율과는 무관하다고 사료된다.

요약

본 연구는 MEK, MIBK와 BTX 혼합물을 미생물 컨소시엄을 통하여 biofilter를 이용한 이들 화합물에 대한 제거율을 파악해 봄으로써, 추후에 pilot plant scale을 설계하는 기본 변수로 활용하고자 한다.

미생물의 적응기간인 초기 2일까지의 제거효율은 변화의 폭이 다소 적었으나 3일 이후부터 급상승하여 4일 이후부터 높은 제거효율을 나타내었다. 또한, 혼합 VOCs의 유입 농도에 변화를 주어 이에 대한 biofilter의 운전시간에 따른 제거율의 변화에 있어서도 VOCs 유입에 대하여 초기에는 낮은 처리효율을 보여주었으나 1일이 경과한 후 높은 제거효율을 보였다. 본 연구에서는 처리할 VOCs 물질의 유입 농도 변화에 상관없이 높은 처리효율을 나타냈다. 이는 biofilter에 처음으로 적용한 섬유상 담체의 표면에 운전 기간동안 미생물들이 지속적으로 부착되어 유입되는 VOCs 물질에 대한 적응기간을 단축시킬 수 있었던 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Deshusses, M. A. and G. Hamer (1993), The removal of volatile ketone mixtures from air in biofilters, *Bioprocess Engineering* 9, 141-146.
2. Chou, M. S. and J. J. Huang (1997), Treatment of methyl ethyl ketone in air stream by biotrickling filters, *J. Env. Eng.*, **123**(6), 569-576
3. Marc A. Deshusses, Geoffrey Hamer and Irving J. Dunn (1996), Transient-State Behavior of a biofilter removing mixture of vapors of MEK and MIBK from Air, *Biotech.* and *Bioeng.*, 49, 587-598

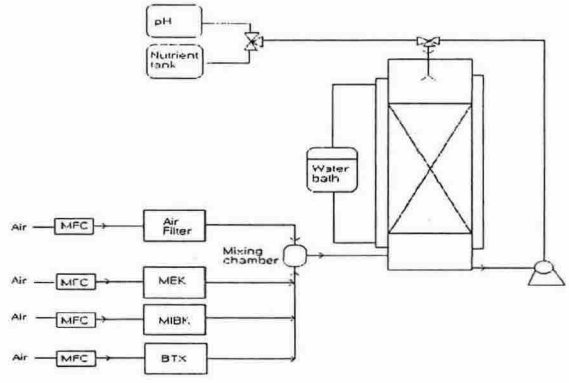

Fig 1. Schematic of the equipment used

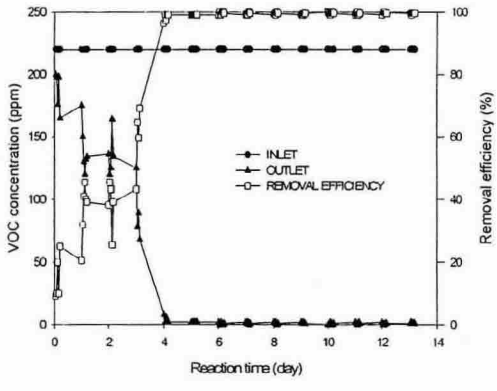

Fig 2. Removal efficiency of constant inlet VOCs concentration.

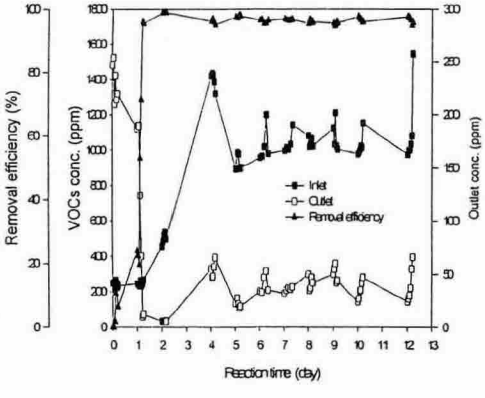

Fig 3. Removal efficiency of variable inlet VOCs concentration.