

생물여과층에 의한 납의 이동억제효과에 관한 연구

이 문 현* · 이 재 영 · 최 상 일**

*여명창업환경(주), 서울시립대학교 환경공학부,
광운대학교 환경공학과

A Study on the Effects of Retardation with Pb in the Biofilter

Mun-Hyun Lee*, Jai-Young Lee, Sang-il Choi**

**YuMung Environment Co., Ltd.,*
Department of Environmental Engineering, The University of Seoul,
Department of Environmental Engineering Kwangwoon University

ABSTRACT

The purpose of this study was to show the application of the Biofilter for treatment of the soil contaminated by lead and to investigate the effect of the biofilter on the retardation of lead with pilotplants that were simulated with different media and the number of bed, and to testify the inoculation by seeding microbes. The ratio of the degradation of soil contaminant was verified as CODcr/TOC in order to find a variation of the stabilization index in soil.

The Biofiltration was one of biological processing methods for treatment. The contaminants were transported through the biofilter that was filled with the media. The surface of media formed biofilm which was surrounded by microbes and through its boundary, some materials were exchanged and migrated into the cell of microbes in an orderly manner.

To investigate the effect of the Biofiltration, contaminated soil with lead nitrate of 1000mg/kg in dry was made artificially. The tests were simulated such as compost,

Bioceramic and compost with bioceramic by 7:3 in weight. The bed consisted of three layers in order to find effect of the number of bed. *Aspergillus niger* was used as a biosorbent could probe the effect on the retardation of lead.

Key words : Biofiltration. Biofilter. seeding. contaminated soil. Retardation effect.

요 약 문

본 연구는 Pb으로 오염된 토양을 Biofilter에 의한 적용가능성을 판단하고 충전물질, bed수 그리고 미생물 접종에 따른 Pb의 이동억제효과의 변화를 Pilot Plants의 실험을 하였으며 토양의 분해정도를 CODcr/TOC ratio로써 안정화 지표에 대한 변화를 검토하였다. 생물여과는 오염된 물질을 생물여과상을 통과시켜 충전물질표면에 부착되어있는 생물막의 각종미생물들에 의한 경계면을 통하여 물질의 상호교환 및 전환이 생기며 생물막내에 흡수된 물질을 생물학적으로 처리하는 방법의 일종이다. 본 연구는 오염된 토양에 lead nitrate를 첨가시켜 납을 1,000mg/kg dry soil로 인공적으로 조제한후 충전물질로는 퇴비, 바이오세라믹 그리고 퇴비와 바이오세라믹을 중량비로 7:3으로 하였고, 1단, 2단, 3단으로 하고 이에따라 생물흡착제로 '*Aspergillus niger*'를 이용하며 납의 이동억제효과의 변화를 검토하였다.

주제어 : 생물여과, 생물여과층, 식중, 오염토양, 이동억제효과

I. 서 론

토양은 대기·물과 같이 환경의 기본 구성요소의 하나로써, 무수한 생물군들의 서식처이며, 오염물질을 분해·원상시키는 역할 뿐 아니라 토양은 물질순환의 매체로써 매우 중요하다. 현행 생물학적 정화방법은 오염토양의 토착 미생물에 미생물의 활성을 높여주는 방법(Biostimulation)과 오염물질을 분해시키는 미생물을 배양하여 현장에서 접종하는 방법(Bioaugmentation)이 연구되고 있다. 이런 연구들의 목적은 오염토양에 내재되어있는 토착미생물보다 효과적인 미생물을 개발하여 접종함으로써 생물학적 공정의 효율성을 극대화시키고 있다¹⁾.

본 연구는 생물여과 반응기(Biofilter reactor)를 제작하여 납에 오염된 인공토양의 시료를 통하여

- 단(bed)수, 충전물질(media)종류, 미생물 접종(seeding)에 따른 납의 이동억제효과의 변화
- CODcr/TOC의 ratio의 변화를 통한 중금속 오염토양의 안정화정도를 실험을 통해 본 연구 목적을 추구하고자 한다.

II. 실험 방법

1. 실험장치

Biofilter reactor는 가능한 한 단회로현상

(Channeling)을 줄이고 결과해석을 용이하게 하기 위해서 반응기의 내경은 30cm, 높이는 충전물질(media)의 단(bed)수에 따라 75cm, 100cm, 125cm로 제작하였고, 각 충전물질의 충전시에는 Perforated plate상부에 부직포를 2겹으로 깔아 하수배수층의 역할을 하도록 하였다.

Biofilter reactor는 분리가 가능하도록 1단의 경우 3등분, 2단의 경우 4등분, 그리고 3단의 경우 5등분으로 제작하였다.

주변장치로는 인공강우시설을 설치하였고 상부 Air space에 공기를 자연상태를 주입하도록하여 미생물 활성조건을 유지하도록하고 배수밸브(drainage valve)를 설치하였다.

Fig.1에서는 Biofilter System의 개략도와 Fig.2에서는 Biofilter reactor의 단면도를 나타낸 것이다.

2. 실험재료

1) 인공오염토양

오염토양의 시료채취는 납에 오염되어있는 토양을 선정하기 위해서 경기도 'A'시의 준공업 지역의 토양으로서 시료채취(Sampling)는 토양을 대표할 수 있는 5개 지점을 선정하였고 조대물질은 4~5cm정도로 잘게 조각 낸 다음 5개 지점에서의 Sample을 재 혼합하여 원추4분법으로 재분리하여 오염토양의 시료로 사용하였다.

채취된 시료(오염토양)의 물리 화학적 특성은 Table 1.와 같다.

시료 채취된 토양에 적절한 양의 lead nitrate($Pb(NO_3)_2$)용액과 48시간 반응시켜 납 농도가 토양대책기준인 1000mg/kg(공장, 산업지역)이 되도록 lead nitrate 양을 조절하였다. 납에 오염된 시료는 회전혼합장치를 이용하여 충분히 교반한 후 1주일동안 풍건하여 제조하였다²⁾.

2) Compost

본 실험에 사용된 퇴비(compost)는 퇴비화 시설에서 음식물 쓰레기를 대상물질로 하여 생산된 것을 4.75mm 트롬멜 스크린(trommel screen)을 통과시킨 후 사용하였다.

3) Bioceramic media

본 실험에 사용된 Bioceramic media는 다공성 물질로 악취물질, 세균, 중금속등의 오염물질 제거가 가능하다. 기공을 70%이상인 Bioceramic media는 많은 종류의 미생물과 영양물질이 용존하

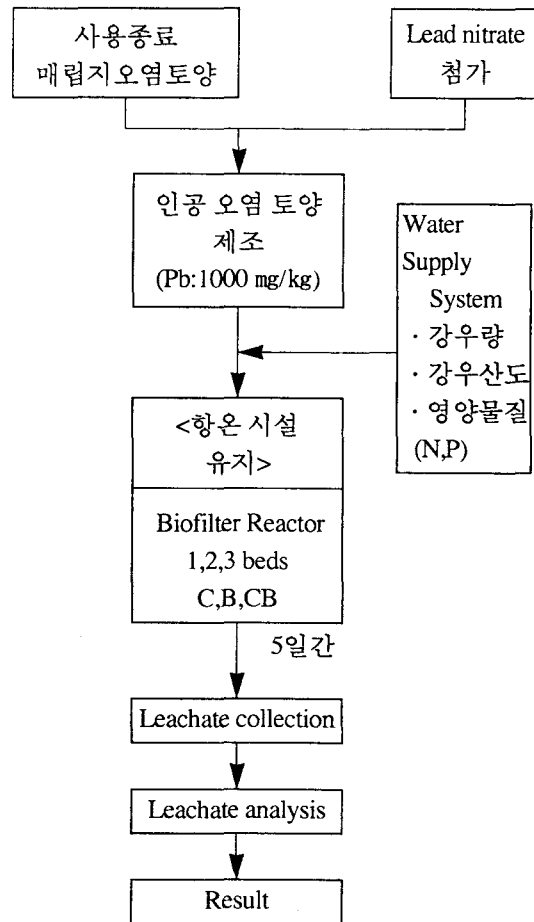


Fig. 1. Schematic Diagram of Biofilter System

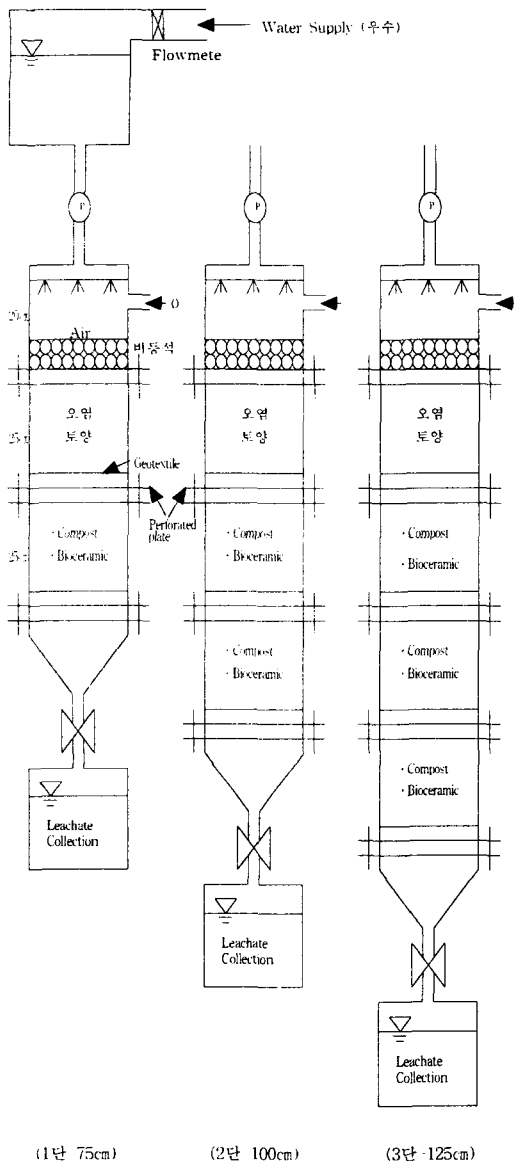


Fig. 2. The Structure of Biofilter Reactor

므로 미생물이 활성화하는데 도움을 주므로 많은 미생물이 번식되어 흡착된 오염물질등을 재생하여 효율을 높여준다.

4) 생물흡착제(Biosorbent)

Table 1. The Physical and Chemical Characteristics of Contaminated Soil

Texture (%)	sand (0.05~2mm) : 67 silt (0.002~0.05mm) : 14 clay (<0.002mm) : 19
Moisture content (%)	17
Volatile solids (%)	25.8
pH	4.2
Total Kjeldal Nitrogen (mg/ l)	90.1
Total Organic Carbon (mg/ l)	414.3
C/N ratio	4.6
CODcr (mg/ l)	953
Heavy metal (mg/kg)	Pb 229.7
	Zn 253.6
	Cu 113.4

Table 2. The Physical and Chemical Characteristics of Compost (dry weight basis)

Moisture content*(%)	50
Volatile solids (%)	68.2
pH**	8.8
Total Organic Carbon (mg/ l)	501.8
Total Kjeldal Nitrogen (mg/ l)	34.8
C/N ratio	14.4
CODcr (mg/ l)	1254.6
Heavy Metals (mg/kg)	Pb 86.4
	Zn 123.3
	Cu 53.7

* wet weight %

** wet weight basis

본 실험에 사용한 생물흡착제는 'Aspergillus niger' 를 사용하였다. 각종 산업폐수 및 하천수에

다량으로 존재하는 금속을 대상으로 납이온이 이들 금속과 혼재하여 있을 때 생물흡착제가 납이온을 흡착하는데 'Aspergillus niger'는 금속에 대해 덜 민감하며 경쟁적인 저해효과가 적은 생물흡착제이다³⁾.

퇴비의 물리·화학적 특성은 Table 2.과 같다.

5) Water Supply System

본 실험의 Water supply system은 경기도 'A' 시의 강수량자료는 과거 7년간의 연평균강우량은 1271mm이며 증발산량은 240mm이다. 그리고 표면유출은 토양의 형태에 따라 다르지만 통상적인 표면유출은 20%하는 것이 보통이다⁴⁾. 본 실험의 water supply는 6.3 l/m² day로 5일간 spray를 하였다. Spray는 지속적으로 실시하고 초기 침출수(6시간 이전)는 제외하고 6시간 이후부터 5일간 까지 집수되는 침출수를 이용하여 분석하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 충전물질별 납의 이동억제효과의 변화

충전물질종류에 따른 이동억제 효과의 변화를 검토하기 위하여 여러 가지 충전물질을 단(bed)수에 따라 반응기에 충전한 후 납의 이동 억제율을 Fig.3 과 4에서 비교하여 보았다. 충전 물질로는 퇴비, 바이오 세라믹 그리고 퇴비와 바이오 세라믹을 7:3으로 혼합하여 사용하였고 단수는 1단(75cm), 2단(100cm), 3단(125cm)로 하였다. 또한 미생물 중 납에 대한 흡착력이 좋은 Aspergillus niger를 배양하여 각 충전물질에 식종(seeding)하여 납의 이동 억제율을 비교하여 보았다.

2. CODcr/TOC의 변화

Biofiltration의 단(bed)수에 따른 CODcr/TOC

1) 단(bed)수에 따른 이동억제효율

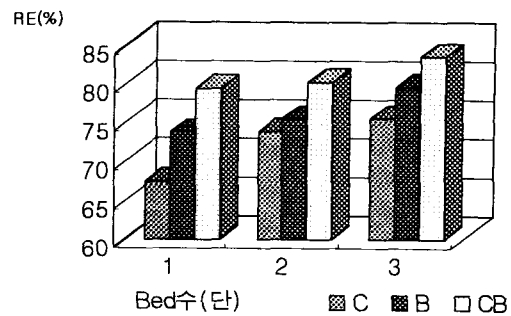


Fig. 3. 단(Bed)수에 따른 이동억제효율

RE : Retardation Efficiency
 C : Compost
 B : Bioceramic
 B : Compost+Bioceramic(7:3)

2) 미생물 접종에 따른 이동억제효율

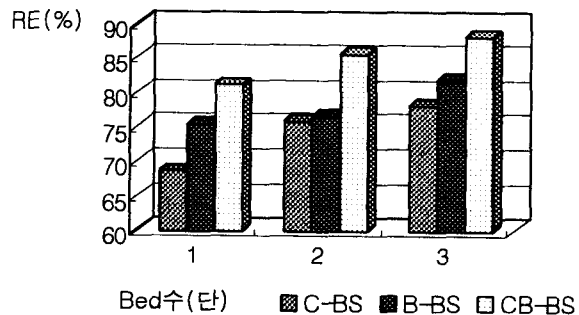


Fig. 4. 미생물 접종에 따른 이동억제효율

RE : Retardation Efficiency
 C-BS : Compost + Bio-Seeding
 B-BS : Bioceramic + Bio-Seeding
 CB-BS : Compost+Bioceramic(7:3)+Bio-Seeding

의 ratio을 보면 퇴비반응기의 경우 1단, 2단, 3단에서 각각 2.29, 2.29, 2.25를 나타내었고, Bioceramic의 경우 2.17, 2.09, 2.03을 나타내었고, 퇴비와 Bioceramic의 혼합(7:3)한 경우는

1) 단(bed)수에 따른 ratio의 변화

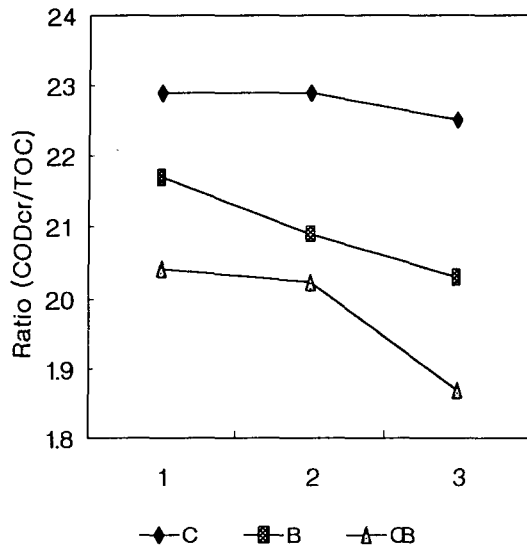


Fig 5. 단(bed)수에 따른 ratio의 변화
ratio : CODcr/TOC의 ratio
C : Compost
B : Bioceramic
CB : Compost+Bioceramic(7:3)

2) 미생물 접종에 따른 ratio의 변화

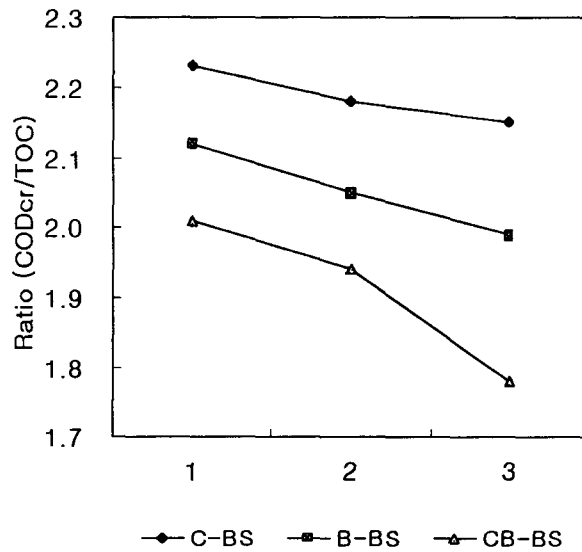


Fig 6. 미생물 접종에 따른 ratio의 변화
ratio : CODcr/TOC의 ratio
C-BS : Compost + Bio-Seeding
B-BS : Bioceramic + Bio-Seeding
CB-BS : Compost+Bioceramic(7:3)
+ Bio-Seeding

2.04, 2.02, 1.87을 나타내고있다. (Fig. 5, 6)

IV. 결 론

본 연구의 목적은 납으로 오염된 토양을 Biofilter(생물여과층)에 의한 적용가능성을 판단하고 충전물질에 따른 납의 이동억제효과의 변화를 실험을 실시하였으며 토양의 분해정도를 CODcr/TOC의 비(ratio)로써 안정화지표에 대한 변화를 검토하였으며 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. Biofilter reactor의 단(bed)수에 따라 퇴비 반응기의 경우 1단, 2단, 3단에서 각각 67.4%, 73.8%, 75.5%의 납 이동억제 효과

를 보이며 Bioceramic의 경우 73.7%, 75.5%, 78.6%의 이동억제 효과를 보였고 퇴비와 Bioceramic의 혼합(7:3)한 경우는 79.4%, 80.2%, 83.5%의 이동억제 효과를 보였다.

2. Biofilter reactor에 생물 흡착제 (Biosorbent)인 *Aspergillus niger*를 접종 하였을 퇴비 반응기의 경우 1단, 2단, 3단에서 각각 68.6%, 75.8%, 78.1%의 이동억제 효과를 보이며 Bioceramic의 경우 75.3%, 76.4%, 81.8%의 이동억제 효과를 보였고 퇴비와 Bioceramic의 혼합(7:3)한 경우는 81.1%, 85.4%, 88.1%의 이동억제 효과를 보였다.

3. Biofiltration의 단 (bed)수 에 따른 CODcr/TOC의 ratio을 보면 퇴비반응기의 경우 1단, 2단, 3단에서 각각 2.29, 2.29, 2.25를 나타내며, Bioceramic의 경우 2.17, 2.09, 2.03을 나타내었고, 퇴비와 Bioceramic의 혼합(7:3)한 경우는 2.04, 2.02, 1.87을 나타내었다.

4. Biofiltration에 생물흡착제(Biosorbent)인 *Aspergillus niger*를 접종에 의한 CODcr/TOC의 ratio을 보면 퇴비반응기의 경우 1단, 2단, 3단에서 각각 2.23, 2.18, 2.15를 나타내며, Bioceramic의 경우 2.12, 2.05, 1.99를 나타내었고, 퇴비와 Bioceramic의 혼합(7:3)한 경우는 2.01, 1.94, 1.78을 나타내고 있다. 전반적 결과에 의하면 Biofilter의 두께에 의한 효과를 볼 수 있었으며 모든 실험결과 퇴비와 Bioceramic의 혼합 filter층이 Pb이동 억제에 좋은 효과를 보이고 있다. 따라서 Pb으로 오염된 토양처리에 있어 퇴비와 Bioceramic의 혼합층이 Biofilter로서의 역할을 충분히 할 수 있다고 본다.

5. 생물학적 정화방법의 효능을 실험은 전형적으로 측정되는 Parameter는 미생물 개체군의 계수, 미생물의 호흡률(산소소비율과 이산화탄소의 발생량), 분해율(개개 또는 총오염물질의 제거율)과 오염물질의 제거율(소멸도)를 측정하는 것이다.

그러나, 본 연구에서는 오염물질 제거율에 관한 기초적인 연구를 수행하였으며, 향후 미생물 개체군의 계수, 미생물의 호흡률, 대조군의 분석을 통하여 현장적용에 대한 연구가 필요하다고 본다.

V. 참고 문헌

1. 강현의 11인 공저, 환경영향평가(서울:동화기술, 1998) PP.156~188
2. Chul-Sung Kim, "Effective Method for lead extraction from Pb-Contaminated soil with EDTA", Journal of KoSES, Vol.4, NO.1(1999) PP.3~12
3. Byung-Ha Kim, "Adsorption of lead ion by using biomass of *Aspergillus niger*", Journal of KoSES, Vol.1, NO.2 (1996) PP.43~49