

토양 미생물에 의한 PAH 분해 특성

장태식, 조대철, 허남수
순천향대학교 환경공학과
e-mail: daechul@sch.ac.kr

A PAH degradation study by soil microorganisms

Tae sik Jang, Daechul Cho and Nam Soo Huh

Department of Environment Engineering, Soonchunhyang University

요 약

PAHs의 분해를 위해 *Bacillus subtilis* 와 *Phanerochaete chrysosporium*의 두 미생물을 사용하였고, 이들을 부착시킬 담체로 코르크와 톱밥을 선정하여 미생물을 접종시켰다. Phenanthrene 분해의 경우, 반응 초기에는 분해 속도가 매우 빠르지만 반응 12일째 분해 속도가 떨어졌다. 분해 속도는 1) 톱밥에 담지한 *Bacillus subtilis*, 2)코르크에 담지한 *Bacillus subtilis*, 3)톱밥에 담지한 *Phanerochaete chrysosporium*, 4)코르크에 담지한 *Phanerochaete chrysosporium* 의 순으로 나타났다.

1. 서론

PAHs는 2개 이상의 벤젠링을 가지는 방향족 탄화수소로서, 특성과 분자량에 의해 크게 두 가지로 구분된다. 즉 2~3개의 벤젠핵을 가진 naphthalene ~ anthracene, 4~6개의 벤젠핵을 가진 fluoranthene ~ indeno(1,2,3-c,d)pyrene 등이다.

이러한 PAHs는 화석연료나 유기물질의 불완전연소에 의해 주로 발생하며 자동차의 매연, 코크스 오븐, 소각장, 화력발전소, 공장매연, 담배연기, 훈제구이 연기 등이 주 발생원이다. 이렇게 생성된 PAH는 여러 경로를 통해 마지막으로 토양으로 방출된다. PAHs는 부유물질에 쉽게 흡착되어 바닥에 퇴적되며 소수성과 잔류성으로 인하여 미생물이나 화학적 반응에 분해가 되지 않기 때문에 퇴적물중에 높은 농도로 축적될 수 있다. 이러한 요인으로 PAHs에 오염된 토양이 사람들에게 피해를 주지 않도록 하기 위해서는 PAHs를 완전히 분해하거나 무독성 화합물로 전환시켜야 한다.

현재 미국 유럽 등의 선진국에서는 PAHs에 오염된 토양을 복원하기 위한 연구가 오래전부터 연구하고 있으며, 특히 미생물을 이용한 PAHs 오염 처리프로그램을 개발하여 상용화까지 되고 있다. 하지만 국내의 경우에는 토양오염에 관한 법규마저 체계적이지 못하고 규제 화합물의 종류 또한 미비한 상

태이다.

본 연구에서는 U. S EPA가 선정한 16개의 PAHs 물질 중에서 phenanthrene을 택하여 *Bacillus subtilis* 와 *Phanerochaete chrysosporium*, 두 미생물에 의해 분해되는 kinetics를 검토하였다. 이 때 미생물의 생존을 높이기 위하여 미생물 세포를 고정화할 수 있는 담체로서 코르크와 톱밥을 사용하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 실험에서 사용한 균주는 *Bacillus subtilis* 와 *Phanerochaete chrysosporium* 이며, 미생물을 담지할 담체로 코르크와 톱밥을 선정하였고, 각각의 담체 100g에 미생물이 포함된 액상배지를 10ml정도를 접종시킨 후 상온에서 일주일 동안 20rpm으로 혼합하여 담체에 배양하였다. 배양하는 동안 이틀에 한번씩 60% 수분유지와 영양분주입을 위해 액상배지를 적절하게 주입하였다.

또한 실험에 사용된 토양은 경상대학교 해양과학대 인근 산에서 채취한 것이며, 토양은 2mm체로 자갈

이나 불순물을 거른 후 수분함량을 조사하였다.

전처리한 시료는 GC/MS(Gas Chromatograph/Mass Spectrometer)를 이용하여 PAHs를 분석하였다. GC는 HP6890 GC와 MSD 5973으로 구성된 장비를 이용하였고, 칼럼은 HP5 crosslinked 5% ph Me silicon capillary column(50m×0.2mm×0.11µm film thickness)를 사용하였으며, 작업조건은 GC의 운반 가스로서 순도 99.999의 헬륨(유니온 가스)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1와 Fig. 2 는 각각의 코르크와 톱밥에 담지한 후 *Bacillus subtilis* 와 *Phanerochaete chrysosporium* 의 phenanthrene 분해정도를 나타내고 있다. 코르크에 담지한 경우 반응 초기에 *Bacillus subtilis* 가 *Phanerochaete chrysosporium* 보다 phenanthrene을 더 많이 감소시켰으며, 반응이 12일 이후 정체기에 들어서면서, phenanthrene 농도는 각각 2.9ppm, 2.8ppm까지 감소하였다. 톱밥에 담지한 경우에는 대체적으로 코르크와 비슷한 분해양상을 보였으나, 정체기에 들어가면서 농도가 서서히 감소하는 시기는 *Bacillus subtilis* 는 6일부터, *Phanerochaete chrysosporium* 은 9일부터 각각 2.9ppm, 3.1ppm까지 농도가 감소하였다. 코르크에 담지한 대조군의 평균 phenanthrene 농도는 초기 농도 50ppm보다 다소 낮은 43ppm이었으며 최고 57ppm ~ 최저 27ppm으로 불규칙한 분포를 보였다. 반면 톱밥에 담지한 대조군은 평균 47ppm이며 코르크에 담지한 대조군보다는 농도변화가 적었다.

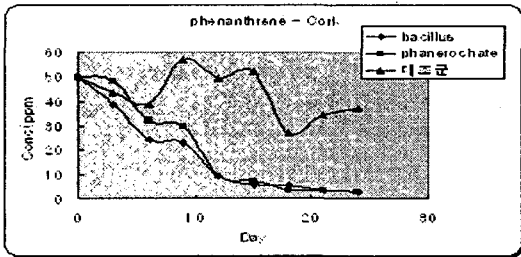


Fig 1. The variation of phenanthrene concentration - 코르크

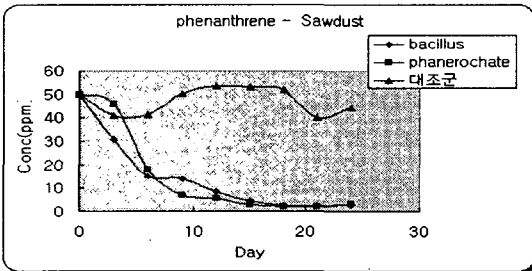


Fig 2. The variation of phenanthrene concentration - 톱밥

이를 요약하면, phenanthrene을 분해한 네 가지 경우에 모두 반응 초기에는 분해 속도가 빠르지만 반응 12일째부터 분해 속도가 급격히 떨어졌다. 분해 속도를 살펴보면, 톱밥에 담지한 *Bacillus subtilis* > 코르크에 담지한 *Bacillus subtilis* > 톱밥에 담지한 *Phanerochaete chrysosporium* > 코르크에 담지한 *Phanerochaete chrysosporium* 의 순으로 나타났다. 전체적으로 *Bacillus subtilis* 가 초기 분해 속도가 크게 나타났고 반면 *Phanerochaete chrysosporium* 는 초기 1 ~ 3일 동안 lag period를 보였다. 또 9 ~ 10일을 전후하여 2차 분해가 진행되는 양상을 보였다.

참고 문헌

1. 강현구, "토양으로부터 분리한 새로운 Phenanthrene 분해 세균의 동정 및 몇 가지 생리학적 특성," 연세대 대학원 (2001).
2. 조용말, 조기철, 강지순, 조상원, 오광중, "PAHs로 오염된 토양복원을 위한 *Pseudomonas* sp.의 분해 특성에 관한 연구," 大韓環境工學會誌, 제23권 12호, (2001).
3. A. R. Johnsen and U. Karlson., "Evaluation of bacterial strategies to promote the bioavailability of PAH," Appl. microbiol. biotechnol., 63:452-459, (2004).
4. Zheng and J.P. obband, "Oxidation of PAH by the white rot fungus, *Phanerochaete chrysosporium*," Enz. Microbial Technol., 31:3-9, (2002).