오염토양의 생물학적 처리기술

1. 개요

산업의 고도화와 함께 유기성 유해폐기물질의 발생 및 유기성 용매류의 사용량이 늘어남에 따라 이의 부적절한 관리 또는 누출 등에 의해 지하수 및 토양의 오염이 중대한 환경문제로 제기되고 있다.

문제의 대표적인 유기물질로는 트리클로로에틸렌(TCE), 테트라클로로에틸렌(PCE), 비닐클로라이드(Vinyl Chloride), 트리클로로에탄(Trichloro Ethane), 클로로포름(Chloroform) 등과 같은 염화지방족탄화수소(Chlorinated Aliphatics)와 벤젠(Benzene), 톨루엔(Toluene), 크실렌(Xylene), 다이옥신(Dioxin), PCB 등과 같은 방향족염화탄화수소(Aromatic Halogenated Compounds)가 있다.

지하로 스며든 위와 같은 오염물질은 토양입자가 흡착하거나 토양입자사이의 작은 공간에 갇히게 되며, 물에 대한 용해도가 낮아서 지하수에 의해 쉽게 씻겨 내려가지도 않는다. 또한 난분해성 물질이어서 자연상태에서 미생물 또는 물리화학적 작용에 의해 쉽게 분해되지도 않는다. 그리고 지하수에 도달한 유기물질은 비중에 따라 이동경로가 달라지는데 물보다 가벼운 벤젠, 톨루엔 등은 지하수 수면에 부유확산하고, 물보다 무거운 염화탄화수소류는 계속 아래로 이동하며 지하수 바닥의 불투수층에 도달한 후 서서히 지하수를 따라 이동한다.

오염된 지하수 또는 토양처리를 위하여 여러 가지 방법이 연구되어 왔으나 아직은 연구단계에 있는 것이 많다. 현재 실용화 단계에 있는 기술로는 진공추출법(Vacuum Extration), 토양세척법(Soil Washing), 굴착제거(Excavation), 차폐방식(Barrier)과 생물학적 처리방법(Bioremedation)이 있으며, 특히 생물학적 방법은 처리면적을 광범위하게 다룰 수 있고, 응용범위가 매우 넓으며 처리비용이 매우 경제적이어서 최근 많이 도입되고 있는 방법중의 하나이다.

2. 처리기술

2.1 원리

용매류의 합성화학물질들은 자연적으로 존재하지 않은, 비자연적 물질(Xenobiotic)이기 때문에 분해속도가 매우 느리며, 분해속도가 느리면 미생물이 에너지를 얻는 속도가 매우 느려지게 되어 성장이 둔화되므로, 미생물을 생산하고 활력을 유지하기 위하여 외부로부터 유기물질을 인위적으로 공급하며, 또한 미생물의 호흡을 위한 산소원(공기 또는 순산소, 과산화수소(H_2O_2), 질산염(NO^-_3)등과 질소, 인 등의 영양물질을 공급한다. 위와 같은 원리를 이용하여 실용화된 생물학적 처리기술은 다음과 같다.

(1) Bed reactor〈그림1〉

- 오염된 굴착토 처리에 사용.
- Bed 상부에서 질소, 인 등의 영양염류 살포.

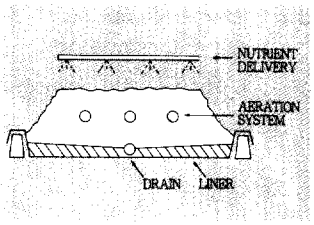

그림1. Bed reactor

- 불투수층 차수재(Liner) 및 공기공급시설 설치.
- 휘발성 유해물질 발생시에는 처리시설 전체를 밀봉시킴.

(2) Composting

- 오염된 굴착토와 Carobn Source인 밀집, 나무껍질, 볏집 등을 혼합하여 Pile을 형성.
- 질소 및 인 비료 주입 및 공기주입.
- Chlorophenol로 오염된 토양, TNT 및 RDX 등으로 오염된 토양처리에 주로 사용.

(3) Slurry Recator〈그림2〉

- 굴착토와 물을 혼합하여 반응조에서 교반하고 미생물이 잘 자랄 수 있도록 용존산소, 온도, pH 등을 적절히 조절한 후 활성슬러지 공법과 유사하게 운전.

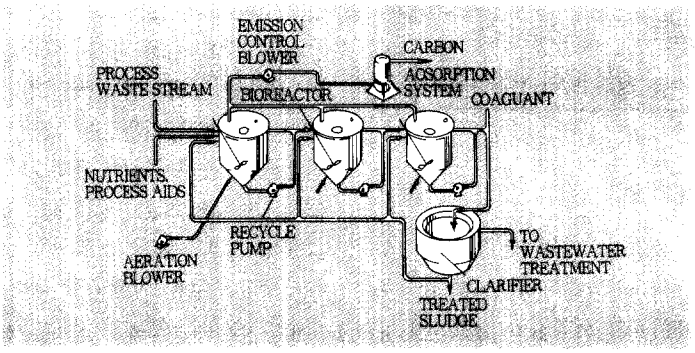

그림2. Slurry reactor

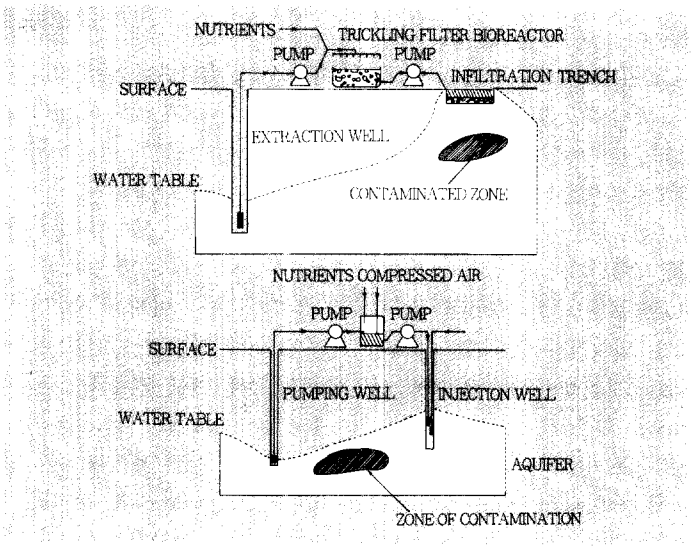

그림3. In Situ처리

- 처리된 토양은 탈수시킨 후 재사용.
- 휘발성 유기오염 물질 발생시에는 활성탄처리.

(4) 현장(In Situ)에서 처리
〈그림3〉

- Pumping Well을 설치하여 지상에서 생물학처리후 다시 토양에 주입하거나, 지중에서 처리 가능하게 지상에서 영양염류와 용존산소를 Injection well을 통하여 주입함.
- 산소의 경우 수용액에서 용해도가 낮기 때문에 산소대용으로 과산화수소(H_2O_2)를 주입.

(5) 해변의 기름오염 제거

- Exxon Valdez호 사건(1989년 3월)이후 개발.
- Oil에는 유기물 성분은 많으나 질소, 인 등의 영양염류는 부족.
- 질소, 인 공급방법 : 수용성 비료 사용시 바다에 적조현상 발생 우려가 있어서 친유성비료 사용(Oleophilic Fertilizer: Decyle phosphate, Paraffined Urea, Inipell 22). ♧

■ 자료 : Martin Alexander, "Biodegradation and Bioremediation", Academic press, pp.248~266, 1994

■ 자료제공 : 김광수(환경연구실)

건물에너지 해석 프로그램 ESP-r

건물에너지 해석 프로그램이 본격적으로 멀티존(multi-zone)의 처리가 가능하고 건물외피에서부터 열원플랜트까지의 통합적인 해석이 가능해진 형태로 나타난 것은 1970년대 말부터이며, 현재 국내에는 미국의 DOE 및 일본의 HASP등 몇 가지 동적 건물에너지 해석 프로그램이 도입되어 있다. 최근 선진국의 건물에너지 해석 프로그램의 개발 동향은 건물에서 발생하는 복합적인 열·에너지 현상을 보다 실제적이고 정밀하게 해석되도록 하는 것과 과거에는 분리되어 수행되었던 자연채광 및 공기유동해석 등을 하나의 팩키지에서 통합화하는 것에 역점을 두고 있다. 이러한 경향은 대용량 고속처리, 그래픽 기능의 강화 등 최근 컴퓨터기술의 발달과 더불어 더욱 가속화되고 있다. 본고에서는 영국의 스트라스클라이드대학의 ESRU(Energy Systems Research Unit)에서 유럽 참조 건물 시뮬레이션 프로그램(European Reference Building Simulation Program)으로 개발하였으며, 현재 세계적으로 60여개 이상의 대학, 연구소, 컨설팅회사에서 사용되고 있는 ESP-r(Environmental Systems Performance : r은 research를 의미)에 대하여 소개하고자 한다.

ESP-r은 실제의 상황을 정밀하게 시뮬레이션하고, 그 정확도는 현행 국제적인 건물에너지 시뮬레이션 분야의 최고 수준을 유지하고 있다. 건물 열에너지에 영향을 미치는 모든 요소를 동시에 고려할 수 있도록 되어 있어, ESP-r은 설계자에게 건물의 형상, 외피, 설비와 제어방법 등의 결합에 의해 발생하는 복잡한 관계를 사전에 파악하게 해준다.

ESP-r은 해석하고자 하는 건물의 기하학적 데이터, 건물의 구성재료, 거주자 및 운전관련 설정 자료, 침기(infiltration) 및 실간의 공기 이동 등 자료를