

환경일반-P2 Microwave 에너지를 이용한 오염 토양에서 오염 물질의 제거 연구

이기환, 이태호*, 전기석

공주대학교 자연과학대학 화학과

1. 서 론

오염 토양의 복원 기술은 여러 방향으로 연구 개발되어 오고 있으나 처리 효율 면이나, 비용 면에서 만족스러운 결과를 얻지 못하고 있다. 오염 토양의 복원을 위한 기술적인 측면을 살펴보면 용매를 이용하는 방법과 계면활성제를 이용하는 방법으로 양분할 수 있을 것이다. 용매를 이용하는 방법은 처리 후 토양에 용매의 잔류 문제와 용질에 대한 용매의 용해 효율의 문제가 있으며 점토 성분이 많은 토양에는 비효율적인 것이 단점이다. 본 연구에서는 오염 토양을 microwave 에너지와 용매를 사용하여 복원하는 것에 관한 기초 조사를 위한 실험을 수행하였다.

2. 재료 및 실험 방법

토양은 채취 10일 전부터 비가 오지 않는 것을 확인 한 후 2000년 4월 초순 경 충남 공주시 인근의 야산에서 채취하였다. 채취지점은 무작위로 반경 50 m 내에서 10 개 지점에서 채취를 하였고 채취시 지표면의 유기물인 낙엽 등과 표층 (지표에서 심도 10 cm)을 제거한 후 심토를 채취하였다. 일반 토양의 함수율과 작열감량 시험을 실시하여 유기탄소 함량과 유기물 함량을 계산하였다. 일반 토양의 중금속 용출 시험은 토양오염공정시험법에 준하여 실시하였고 검액을 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, JY-38Plus, Jobin Yvon, France)로 분석하여 중금속 각각의 용출량을 조사하였다. 또한 토양 중 광물 조성을 알아보기 위하여 XRD (PW1710, PHILIPS, NETHERLANDS)를 사용하였고, 토양의 화학성분은 XRF (PW1400, PHILIPS, NETHERLANDS)로 분석하였다. 오염 토양은 토양 10 g에 phenol 5 mL씩 첨가하여 잘 섞어서 조제하였고, 이것을 방치시간, 추출 용매, 추출 시간에 따라 각각 phenol을 추출하였다. 이렇게 추출한 용액을 원심 분리하여 상등액에서 phenol의 회수율을 조사하였다. phenol의 정량 분석은 UV-VIS 분광광도계 (UV-VIS Spectrophotometer; U-3300, Hitachi, Japan)를 이용한 광도법 적정을 이용하였다. 그리고 추출 조건에 따른 회수율을 반응회귀분석법을 사용하여 회수율에 미치는 반응 조건을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

토양의 수분 함량은 약 16 %의 수분이 존재하는 것으로 확인되었고, 수분을 제외하고 고형분 84.11 % 중에서 휘발성 고형분인 Loss of Ignition (LOI)은 2.86 %으로 관찰되었다. LOI의 함량 중 토양 속에 존재하는 결정수분은 1.30 %, 유기 탄소 함량은 0.91 %로

각각 관찰되었으며 탄소를 제외한 유기물은 0.65 %로 나타났다. 토양의 중금속 용출 시험 및 전체 함량 시험 결과는 유해 중금속의 함량이 낮은 청정한 토양으로 판단할 수 있었다. 토양의 화학성분 분석 결과, SiO_2 와 Al_2O_3 가 주성분인 점토질 토양으로 확인되었으며 Quartz ($\alpha\text{-SiO}_2$), Albite ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) 그리고 Orthoclase ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)가 주요 광물로 구성되었으며 Muscovite ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)와 Kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)가 미량 함유되어 있었다. 그리고 Phenol에 임의로 오염된 토양으로부터 soxhlet 추출법에 의한 phenol의 회수율은, 추출 조건에 따라 약 3 ~ 75 %의 범위를 가지며, microwave 에너지 추출법을 사용한 경우는 추출 조건에 따라 약 27 ~ 85 % 정도의 회수율을 가지는 것으로 관찰되었다. 이러한 phenol의 회수율과 추출 조건의 상관관계를 반응회귀분석으로 검토한 결과, phenol에 오염된 토양의 복원에 있어서 soxhlet 추출법은 보통 12 ~ 18 시간 정도 소요되었지만 microwave 에너지 추출법은 1분 내외의 시간이 소요되었으며, 추출 효율 면에서는 microwave 에너지를 이용한 추출법이 soxhlet 추출법에 의한 회수율보다 최대 10 % 이상의 높은 회수율을 가지는 것으로 조사되었다.

4. 요약

Phenol에 오염된 토양으로부터 토양을 복원하기 위하여 soxhlet 추출법과 microwave 에너지 추출법을 비교하였다. 그 결과 phenol에 오염된 토양으로부터 soxhlet 추출법으로 phenol을 회수하고자 할 때는 오염된 지 36 시간 전후에 메탄올과 물을 일정 비율 혼합하여 추출하는 것이 최고의 회수율을 가지는 것으로 관찰되었으며 그 회수율은 약 75 %에 이른다. 그리고 microwave 에너지 추출법을 사용할 경우 phenol에 오염된 지 36 시간 전후로 추출 용매는 acetone을 사용하여 추출 시간 60 초 동안 microwave 에너지를 주사하여 추출하는 것이 제일 좋은 회수율을 가지는 것으로 확인되었고 그 회수율은 약 85 %였다. 따라서 오염 토양으로부터 오염 물질 제거시 soxhlet 추출법보다는 microwave 에너지 추출 방법이 보다 경제적이며 우수한 추출 효율을 나타냄을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국생산기술연구원의 지원연구비로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- Keith, L. H., 1998, Compilation of EPA's -Sampling and Analysis Methods- 2nd ed., CRC press, Inc.
- Alvarez, P. J. J. and T. M. Vogel, 1991, *Appl. Environ. Microbiol.*, 57(10), 2981.