

유류오염토양 세척유출수내 미세토사의 효율적 제거방안에 관한 연구

윤세영, 최상일, 서용식*, 류두현**, 이재영***

광운대학교 환경공학과, *(주)알파환경, **전주대학교 환경과학과, ***서울시립대학교 환경공학부
(e-mail: nefertarry78@kw.ac.kr)

<요약문>

본 연구에서는 유류오염토양 세척유출수내 미세토사의 효율적 제거를 위한 최적의 방안 및 적용 운전 조건을 도출하고자 하였다. 응집제를 주입하지 않은 blank 실험결과, 광운대학교 토양 세척유출수는 pH 7~12의 범위에서 65~75%의 효율을 나타내었고, 우이천 하천퇴적 토양 세척유출수는 pH 7~11의 범위에서 30% 안팎의, pH 12에서는 70% 정도의 낮은 효율을 나타내었다. pH 13에서는 두 가지 세척유출수에서 각각 91%, 85%의 효율을 나타내었다.

응집·침전 실험 결과, 광운대학교 토양 세척유출수는 FeCl₃, alum, PAC을 적용하였을 때 대체로 99% 이상의 효율을 보였으나, PAM을 적용하였을 때는 pH 13에서만 약 95%의 효율을 보였을 뿐 pH 7~12의 범위에서는 50~70%의 낮은 효율을 보였다. 우이천 하천퇴적 토양 세척유출수는 alum과 PAC을 적용하였을 때 대체로 90% 이상의 효율을 나타내었으나, FeCl₃와 PAM을 적용하였을 때는 pH 13일 경우에서만 98% 이상의 효율을 보였을 뿐 다른 pH 조건에서는 대체로 60% 이하의 효율을 보였다.

두 가지 세척유출수에 대하여 높은 효율을 보인 alum과 PAC의 경제성을 비교해본 결과 같은 양의 세척유출수를 응집처리 할 경우 PAC에 비하여 alum을 적용하였을 때 적은 비용이 소요되었다. 따라서 alum이 효율성과 경제성에서 가장 우수함을 알 수 있었다.

주제어 : 토양세척, 세척유출수, 미세토사, 응집, 침전, 응집제

1. 서론

유류오염토양 정화기법중 토양세척기법(soil washing)은 효율적으로 다양한 오염물질들을 단기간에 탈착·제거시킬 수 있을 뿐만 아니라 오염토양의 부피도 크게 줄일 수 있다. 그러나 세척용액이 토양내 오염물질과 접촉하게 되면 용해작용(solubilization)과 유탁액의 형성(formation of emulsion)등과 같은 물리·화학적 작용에 의하여 세척유출수가 생성되기 때문에¹⁾ 이에 대한 적절한 처리가 반드시 필요하다. 특히 토양내 미세토사의 함유량이 25% 이상일 경우에는 세척유출수내 미세토사의 과다 함유로 인하여 침전효율 저하 등이 발생하여 적용성에 제약이 따른다^{2),3)}. 따라서 본 연구에서는 미세토사의 함유량에 크게 구애됨이 없이 토양세척기법을 효율적으로 적용하기 위한 방안으로 세척유출수에 포함된 미세토사를 경제적으로 제거하기 위한 최적의 방안 및 적용 운전조건을 도출하고자 하였다.

2. 본 론

본 연구에 사용된 토양은 서울특별시 노원구 월계동에 위치한 광운대학교 부지내의 토양과 부근의 우이천에서 채취한 하천퇴적 토양을 디젤로 약 15,000mg TPH/kg dry soil의 농도로 인공 오염시켜 실험에 사용하였다. 세척제는 계면활성제인 POE₅와 POE₁₄를 1:1의 비로 혼합하였으며 1% 농도로 적용하였다^{4),5)}. 인공오염토양과 세척용액을 1:3(진탕비)으로 3시간 동안 교반한 후 상등액을 채취하여 세척유출수로 사용하였다.

응집제는 일반적으로 널리 사용되고 있는 무기응집제인 FeCl₃, alum, PAC 및 고분자응집제인 PAM을 사용하였다. 적정 응집제의 종류, 주입량 및 적용 pH를 선정하기 위하여 pH를 6~13까지 변화시키면서, 응집제 용액(FeCl₃, alum, PAC은 10% 희석, PAM은 0.5% 희석)을 세척유출수 대비 체적비로 1~5%까지 주입하였다. 응집제 용액 주입 후 1분간 급속교반(150rpm), 30분간 완속교반(50rpm)후 30분간 정체시킨 뒤 상등액의 탁도를 측정하였다.

3. 결 론

광운대학교 토양 세척유출수는 응집제를 첨가하지 않은 blank 실험 결과, pH 7~12의 범위에서 65~75%, pH 13에서는 91%의 효율을 나타내었다. 우이천 하천퇴적 토양 세척유출수는 pH 7~11의 범위에서 30% 안팎의 낮은 효율을 보였으나, pH 12에서는 70%, pH 13에서는 85%의 효율을 나타내었다.

FeCl₃를 적용하였을 경우, 광운대학교 토양 세척유출수에 대해서는 pH 7~11의 범위에서 99% 이상의 효율을 보였으며, pH 12와 pH 13에서는 주입량이 증가함에 따라 효율이 높아지는 추이를 나타내었다(Fig. 1). 우이천 토양 세척유출수의 경우에는 pH 13에서 98%의 효율을 나타내었으나 pH 7~12에서는 50% 미만의 낮은 제거 효율 보였다(Fig. 2).

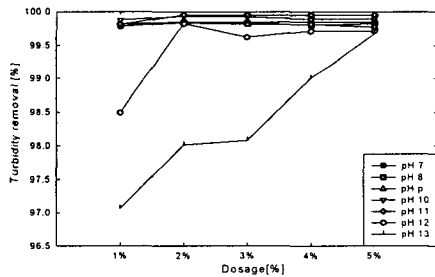


Fig. 1. FeCl₃(광운대학교 토양)

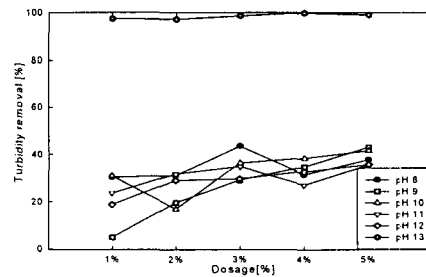


Fig. 2. FeCl₃(우이천 토양)

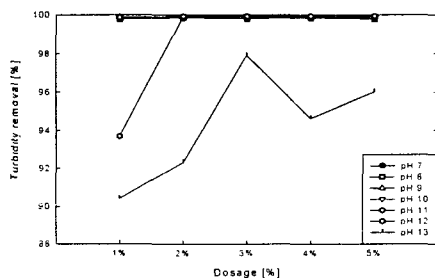


Fig. 3. Alum(광운대학교 토양)

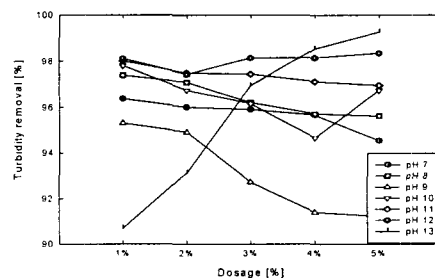


Fig. 4. Alum(우이천 토양)

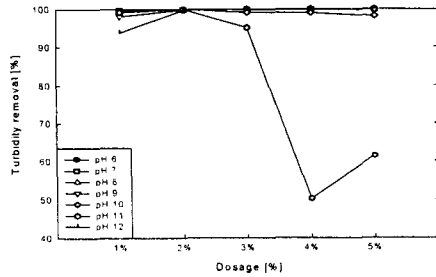


Fig. 5. PAC(광운대학교 토양)

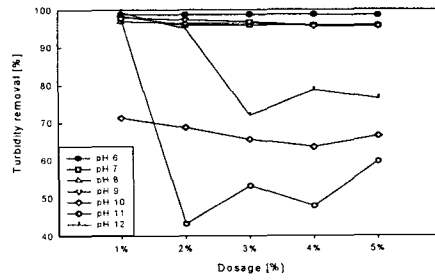


Fig. 6. PAC(우이천 토양)

alum을 적용하였을 경우, 광운대학교 토양 세척유출수에 대해서는 pH 7~11 범위에서 99% 이상의 효율을 보였고, pH 12와 pH 13에서는 주입량이 증가함에 따라 효율이 높아짐을 알 수 있었다(Fig. 3). 우이천 토양 세척유출수의 경우, pH 7~12에서는 대체로 95%정도의 고른 효율을 나타내었으며, pH 13에서는 주입량이 증가함에 따라 효율이 높아지다가 5%일 때 99% 이상의 수치를 나타내었다(Fig. 4). PAC을 적용하였을 경우, 광운대학교 토양 세척유출수는 pH 11을 제외한 범위에서는 주입량에 관계없이 99% 이상의 높은 효율을 나타내었고, pH 11의 경우 주입량 1~3%까지는 90% 이상의 효율을 나타내었으나 주입량이 증가함에 따라 효율이 급격히 낮아지는 현상을 보였다(Fig. 5). 우이천 토양 세척유출수의 경우에는 pH 6~9의 범위에서 주입량에 상관 없이 95% 이상의 효율을 보였으나, pH 10에서는 전체적으로 70% 안팎의 효율을 나타내었고, pH 11과 pH 12에서는 주입량이 1%일 때 95% 이상의 효율을 나타내었지만 주입량이 증가하면서 효율은 현저하게 낮아졌다(Fig. 6).

고분자응집제 PAM을 적용하였을 경우, 광운대학교 토양 세척유출수는 pH 13일 때 효율이 95% 이상이었으나, pH 7~12의 범위에서는 50~70%의 낮은 효율을 나타내었다(Fig. 7). 우이천 토양 세척유출수에서는 pH가 높아짐에 따라 효율이 상승하는 추이를 보였으며, 특히 pH 7~11의 범위에서는 30~60% 사이의 효율을 나타내었고, pH 12에서 80% 안팎, 그리고 pH 13에서는 98% 이상의 높은 제거 효율을 나타내었다(Fig. 8).

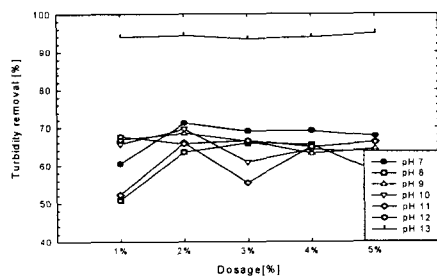


Fig. 7. PAM(광운대학교 토양)

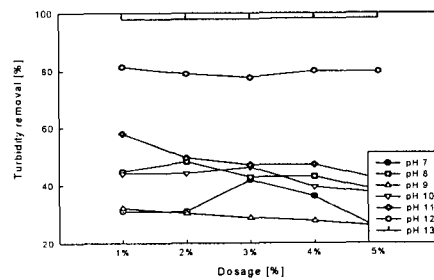


Fig. 8. PAM(우이천 토양)

실험 결과 두 가지 대상 세척유출수에 alum과 PAC을 적용하였을 때 $FeCl_3$, PAM에 비하여 상대적으로 효율이 우수하였고 이를 바탕으로 alum과 PAC의 적용에 소요되는 비용을 비교한 결과 alum이 보다 경제적이었다. 따라서 효율성과 경제성에서 alum이 가장 우수함을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 서울지방중소기업청/서울특별시청의 2003년도 산학연 공동기술개발컨소시엄사업의 일환으로 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) U.S. Environmental Protection Agency, Handbook: Remedial Action at Waste Disposal Sites(Revised), EPA/625/6-85/006, Hazardous Waste Engineering Reserch Laboratory, Cincinnati, Ohio and Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D. C.(1985).
- 2) Anderson, W. C., "Innovative Site Remediation Technology Soil Washing/Soil Flushing", *Vol. 3, American Academy of Environmental Engineers*, pp. 4.3(1993).
- 3) Freeman, H. M. and Eugene F. Harris, "Hazardous Waste Remediation-Innovative Treatment Technologies", *TECHNOMIC*, pp. 103~112(1995).
- 4) 소정현, "유류오염 토양/지하수 정화를 위한 토양세정·전기반응벽 복합형 기술의 연구", 광운대학교 석사학위논문, pp. 38~39(2002).
- 5) 김광수, "다환 방향족 오염물질의 분해에 미치는 계면활성제의 영향", 전주대학교 석사학 위논문 (1998).