

토양세척장치에 의한 유류오염부지 토양정화

이달희¹⁾ · 나인욱²⁾ · 황경엽²⁾

1. 서론

토양복원을 위한 정화기술의 선택은 오염물의 종류와 부지특성 등을 고려한 처리효율의 극대화와 전체 복원비용의 최소화를 위하여 신중하게 이루어진다. 현재 현장에서 적용되고 있는 여러 가지 형태의 토양 정화기술들과 적용사례들에 대한 문헌상의 보고는 기술선택과정의 중요성을 일깨워주고 있다.

일반적으로 널리 알려진 토양복원기술로는 기계적 마찰과 세정수를 이용한 세척방법, 온도를 높여 고온에서 오염물을 토양으로부터 분리하는 열적 처리방법, 미생물을 이용한 생물학적 처리방법, 반응화합물을 첨가하여 화학적 변환에 의해 오염물의 위해도를 저감시키는 화학적 처리방법과 휘발성 오염물질의 처리에 적합한 토양증기추출법 등이 있다(1). 이러한 각 처리 방법을 수행하기 위한 장치는 저마다 다양한 형태의 구조를 가지고 있으며, 현장위주의 설계를 통하여 공정이 이루어진다. 이러한 토양복원기술의 특성상 대상 오염토양의 특성에 따라 유동적인 장치 설비가 필요하고 운전조건도 각 경우에 맞게 조절되어야 하므로, 경제적이고 국내오염현황에 적합한 토양복원 장치개발이 필요하다 하겠다. 그 중에서 토양세척공정은 1980년대 초부터 유럽국가, 즉 독일, 네덜란드, 벨기에 등에서 활발하게 적용되어왔으며 좀 더 최근에는 미국, 캐나다 등 북미지역에서도 폭 넓게 사용되고 있는 기술 가운데 하나로 고전적인 채광공정과 폐수처리공정의 기본토대에 바탕을 두고 있다. 적용 범위에 있어서도 토양에 국한하지 않고 강이나 호수, 또는 수로나 도크, 그리고 항구 등에서 준설된 퇴적침전물의 세척 등 적용범위가 광범위한 기술로 알려져 있다 (2, 3).

본 연구에서는 토양세척장치를 개발, 각 운전인자들을 최적화시키고 기초자료를 도출하고자 하였으며, 실제 오염 부지 정화에 적용하여 정화효율을 나타내고자 하였다.

2. 재료 및 방법

정화대상토양은 약 20여년전부터 유류, 유기용제 등으로 오염되어있는 경기도 H 사 현장 부지에서 채취하였으며, 시료의 분석방법으로 대상 토양의 입도 분포는 Particle size analysis in Methods of Soil Analysis, part 1의 방법에 따라 측정하였다. 오염토양과 처리토양의 TPH, BTEX 농도는 토양오염공정시험방법에 따라 분석하였는데, TPH는 디클로로메탄으로 추출하였고, BTEX는 메탄올로 추출하여 자동주입기(autosampler)가 부착된 GC/FID (HP 5890 series II, USA)를 이용하여 분석하였다.

주세척 장치는 제 1 차와 제 2차 세척부로 나누어져 있다. 진동체를 통과한 오염된 토양은 컨베이어벨트를 통해 호퍼(hopper)로 이송되어 저장되며, 이 호퍼는 왕복 축이 연결

주요어: 토양세척공정, 유류에 의한 오염토양, 미세토양분리

1) 연세대학교 지하수 토양 환경 연구소(dalheui@korea.ac.kr)

2) 한국과학기술연구원 환경복원 연구실

되어 주세척 장치에 토양을 일정한 속도로 보내도록 설계되어 있다. 제 1차 세척부는 외부 케이싱과 소정경사를 가지는 교반날이 일정간격으로 배열되어 있는 여러 개의 평행한 회전축과 여러 개의 세척수 분사용 압력 분사노즐이 구비되어 있어 세척수와 오염토양의 교반효과가 극대화될 수 있도록 하였다. 제 2차 세척부는 종축으로 길게 신장되어 있는 원통형 외부드럼 내의 표면에 토양이동을 위한 나선형 날을 구비하며, 세척수를 분사하기 위한 압력노즐, 상기 마찰수단의 종축과 상기 외부드럼의 종축 사이의 각도를 조절하는 기울임 조절 장치 및 오염물 배출수단을 구비하고 있다.

세척된 토양은 주세척 장치를 통하여 밖으로 배출된다. 오염된 세척수는 펌프에 의하여 하이드로사이클론을 통과하여 fine sand 범위의 토양을 분리한다. 그 이하의 미세 토양은 응집조로 들어가 응집된 후 침전조에서 세척수 중의 미세토양은 슬러지로 분리되어 세척수는 다시 주 세척장치로 재순환되어 사용된다. 세척수는 다시 주 세척 장치로 재순환되어 사용되었다. 모든 운전조건은 제어 판넬에서 이루어지도록 하였다.

3. 실험 결과 및 토의

현장토양을 샘플링하여 토양의 TPH, BTEX 농도와 토양의 입도 분포를 측정하여 효과를 분석 하였다. 오염농도는 BTEX 20~263ppm, TPH 80~1,020ppm 범위였는데 토양 오염 우려기준(BTEX 80ppm, TPH 2,000ppm)을 고려해볼 때 BTEX농도는 초과하지만 TPH 농도는 초과하지 않았다. 그리고, 토양입경분포를 볼 때 대부분 모래로 구성되어 있는 사질토의 특성을 나타내어 일반적으로 토양세척공정을 적용하였을 때 경제성이 있는 것으로 판단되었다.

토양 세척후 세척수에는 모래가 20%(wt), silt 52%, Clay 28%로 측정되었는데 유입토양의 모래 65~99%, silt 0.4~34%, clay 0.6~1% 값과 비교하였을 때 주세척 장치에서 오염토양 중 미세토양을 세척수로 분리시킴을 알 수 있다. 또한, 오염된 세척수는 fine sand 범위 입도 분리를 위하여 펌프를 통하여 하이드로사이클론(Hydrocyclone)으로 이동하였다. 세척수의 고형물 농도(TS)가 3~7%(wt)정도를 나타내었으며, 하이드로사이클론을 통해 큰 토양으로 배출되는 세척수는 TS 28~32%, 하이드로사이클론을 통해 작은 토양으로 배출되어 응집조로 들어가는 세척수는 TS 1~3%범위의 농도값을 나타내었다. 오염된 세척수의 무게 비율로 약 50~60%정도가 하이드로사이클론을 통해서 분리됨을 알 수 있었다.

하이드로사이클론을 통해 나온 세척수는 응집조로 들어가게 되는데 Jar Test를 통해 응집제 PAC 30ppm, 고분자응집제 3ppm을 주입하였다. 여기서 발생하는 슬러지는 부지 옆에 저장해두었지만, 앞으로 탈수하여 매립하거나 생물학적 처리를 시도해보려고 한다. 응집을 시킨 후 슬러지 침전조가 약 4m³정도되었고 침전조로 유입되는 유량은 50~100L/min 정도 되었는데, 침전조내의 슬러지 양에 따라 슬러지는 넘치는 경우가 가끔 있었다. 따라서 앞으로 침전조 설계와 또한 슬러지 처리에 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

시간당 오염토양 10톤 처리속도의 파일럿 규모 토양세척장치를 개발하여 실제 오염된 부지에 적용한 결과 세척수 유량 100~150L/min유량의 조건에서 BTEX 20~263ppm

TPH 80~1,020ppm 농도의 오염토양이 처리후 99%이상의 제거율을 나타냄을 알 수 있었으며, 오염된 세척수를 재사용하기 위해 하이드로사이클론과 응집을 이용하여 효과적으로 미세토양을 제거할 수 있음을 알 수 있었다.

앞으로 토양오염도가 매우 심한 부지에 적용하는 일, 이동형 토양세척장치 개발, 미세토양 슬러지 처리를 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1. 장윤영, 신정엽, 황경엽, “파일럿 규모의 토양세척장치 개발,” *한국토양환경학회지*, 3(3), pp. 55~62, 1998.
2. 공준, 최상일, “유류 오염토양 복원을 위한 토양세척 장비의 적용성 연구,” *한국토양환경학회지*, 3(3), pp. 109~116, 1998.
3. Domenic Grasso, “Hazardous Waste Site Remediation Source Control,” Lewis Publishers, USA, *G-Chemical Extraction/Soil Washing* pp. 18~38, 1993.