

OF2) 초음파 및 마이크로파를 이용한 디젤오염토양의 TPH 제거특성

노지희*, 노기현¹, 고현웅², 박정규³, 우재균³, 안영희, 성낙창
동아대학교 환경공학과, ¹낙동강유역환경청 환경감시단,
²환경관리공단 토양지하수사업처, ³(주)서영엔지니어링 환경팀

1. 서 론

현재 우리사회는 급격한 산업화와 다양한 산업구조로 인해 생성된 많은 종류의 화학물질이 환경문제로 제기되고 있다. 특히 토양오염은 대체로 천연에 거의 존재하지 않는 유기물의 축적, 산성우, 폐기물 등에서 토양오염의 상황은 그 한계를 넘게 됨으로써 발생된다. 토양오염의 원인은 인간의 생산활동에서 발생하는 각종 유해폐기물을 들 수 있는데, 그 중 디젤유 및 가솔린 등 유기성 용매에 의한 오염은 토양으로 흘러들어 지하수 오염의 원인이 되고 있다. 최근 들어 주유소의 유류 오염으로 인한 토양 및 지하수의 오염이 심각한 문제로 대두되는데, 이와 같은 경우 디젤에 의한 오염이 원인일 것으로 추정된다. 오염 사고의 발생으로 인한 사회문제가 이슈화 되면서, 토양 복원 및 정화연구가 진행되고 있다. 정화대책으로는 생물학적 처리법, 물리화학적 처리법, 열처리법이 있지만, 이런 방법들의 경제적 처리면에 있어서 여러 가지 단점을 가진다. 그 가운데 마이크로파 및 초음파를 이용한 시도가 이루어지고 있는데, 이는 마이크로파 가열이 열효율이 높고, 가열시간이 짧고, 2차 공해를 유발하지 않는 장점을 가지고 있으며 초음파는 오염토양과 세척수를 한꺼번에 처리 할 수 있는 장점을 가짐으로써 높은 효율을 기대하고 있기 때문이다.

따라서, 본 연구는 초음파 및 마이크로파를 이용한 디젤오염토양의 처리시 TPH 제거특성을 평가하여 이로 인한 환경위해성을 저감하는데 그 목적이 있다.

2. 실험재료 및 방법

본 연구에서 사용된 오염토양은 B시 K군에 위치하고 있는 A광산에서 표층 0~15 cm에서 채취한 중금속 오염토양을 사용하였다. 채취된 토양은 24시간 동안 풍건한 후 토양에 함유된 큰 입자와 기타물질을 제거하여 시료를 균등화하기 위해 No.10 mesh (2 mm)를 이용하여 체거름 하였다. 건조된 토양 디젤을 사용하여 혼합한 후 디젤오염토양을 제조하였으며, 조제과정에서 중금속 오염토양에 일정하고 균일하게 디젤을 오염시키기 위해 메탄올(CH₃OH)을 주입한 후 용매만을 휘발하여 오염시킨 후 2주 경과된 토양을 사용하였다. 본 연구에서는 디젤오염토양의 TPH 농도를 약 2,000~2,500 mg TPH/kg soil로 맞추기 위하여 토양 1 kg당 디젤의 분무량을 달리하여 혼합한 다음 적정 디젤 혼합량을 얻어 이를 연구에 사용하였다.

2.1. 초음파실험

본 연구에 사용된 디젤오염토양의 초음파 실험장치를 Fig. 1 에 나타내었다. 초음파 반응기(E. Co., Korea)의 주파수는 15 kHz와 20 kHz의 2가지 주파수를 사용하였으며, 초음파 반응기의 소요전력은 연속운전이 가능한 최대출력 440 W와 음향밀도 30 W/L로 고정하여 운전하였다.

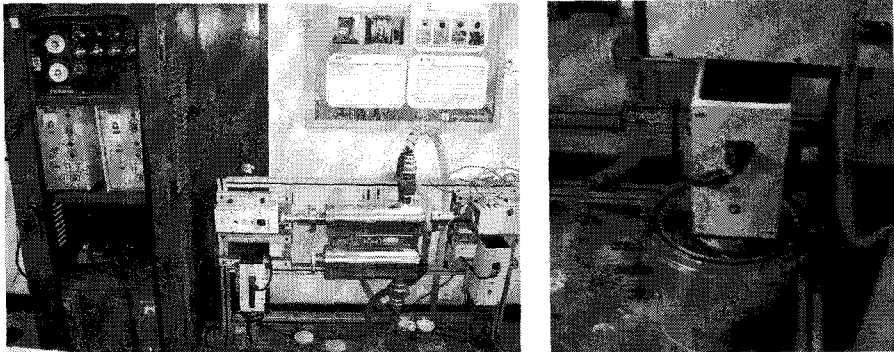


Fig. 1. Photograph for ultrasonic degradation of diesel-contaminated soil.

2.2. 마이크로파 실험

디젤오염토양의 마이크로파 처리실험은 Fig. 2 에서 보여진 주파수 2,450 MHz, 정격고주파로 최대출력 700 W인 가정용 전자레인지(Daewoo Electronics KR-B20MB)를 사용하였다.

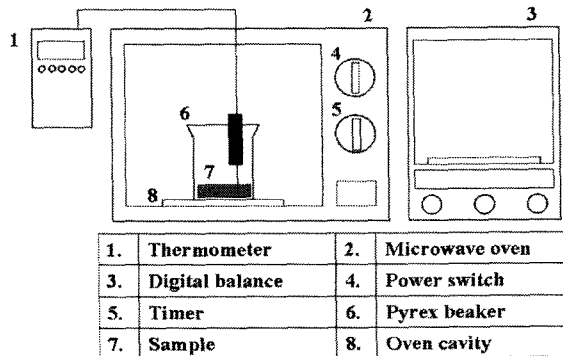


Fig. 2. Schematic diagram of experimental set-up for microwave.

2.3. TPH (석유계총탄화수소) 분석

본 연구에서는 다양한 성분에 대한 정성분석이 가능하며, TPH 형태로 정량화할 수 있는 GC분석법을 이용하였다. 유류오염토양 시료의 석유계탄화수소(TPH) 추출 및 분석은 토양오염공정시험법에 준하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 초음파처리

디젤오염토양의 초기 TPH 농도를 약 2,000~2,500 mg TPH/kg soil로 조절한 후 오염토양과 물의 비를 1:1(3 L:3 kg), 음향밀도 30 W/L의 조건에서 초음파 주파수 15, 20 kHz를 사용하여 각각 60분 동안 조사한 후 처리된 토양의 온도, pH, TPH 농도 및 제거효율 등을 평가하였다. 수온은 주파수 15, 20 kHz에서 각각 36.2°C와 35.5°C이었으며, 조사시간 60분 경과 후 각각 37.5°C와 35.7°C까지 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한 초음파 처리전 pH는 주파수 15, 20 kHz에서 각각 3.7과 3.5이었으며, 초음파 조사시간 60분 경과 후 pH는 각각 3.7과 3.6으로 나타나 조사시간에 따른 pH 변화는 미미하였다.

3.2. TPH 제거특성

초음파 주파수(15, 20 kHz)에 따른 디젤오염토양의 TPH 농도 및 제거효율의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 디젤오염토양의 초음파 처리시 조사시간 60분 경과 후 TPH 농도와 제거효율은 초음파 주파수 15, 20 kHz에서 각각 884.7 mg/kg (58.4%)와 1,089.4 mg/kg (48.7%)을 나타내어, 주파수가 낮을수록 처리효율은 증가하는 것을 알 수 있었다.

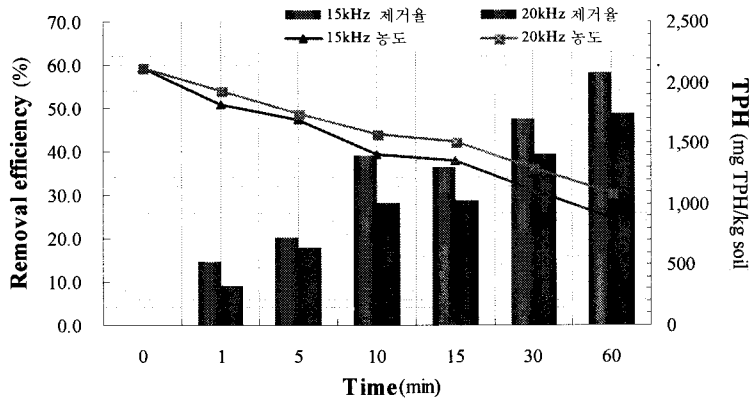


Fig. 3. The results of TPH concentration and removal efficiency of diesel-contaminated soil on various ultrasonic frequency.

3.3. 마이크로파 처리

Fig. 4 은 마이크로파 조사강도에 따른 온도 및 무게변화를 나타낸 것으로 대체적으로 조사시간 초기 10분간 급격한 온도상승을 나타내었으며, 조사시간 10분 이후에는 완만한 증가를 나타내었다. 마이크로파 조사강도(350, 500, 700 W)에 따른 온도변화와 무게변화는 조사시간 15분에서 각각 118.9°C(178.0 g), 147.2°C(174.1 g), 183.2°C(163.2 g)를 나타내었다.

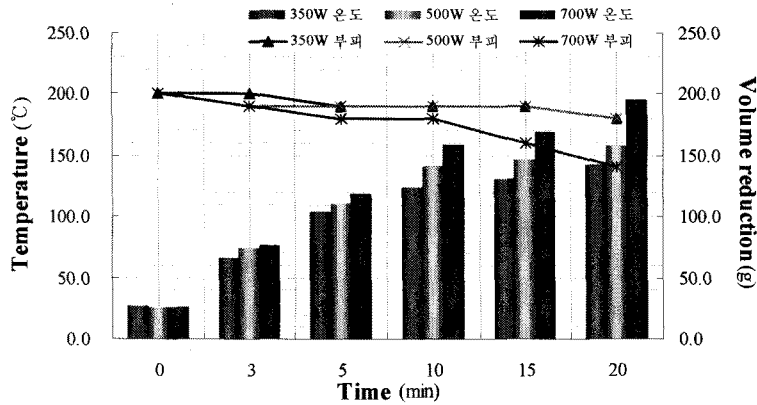


Fig. 4. The results of temperature distribution and volume reduction of diesel-contaminated soil on various microwave power.

3.4. TPH 제거특성

마이크로파 조사강도(350, 500, 700 W)에 따른 디젤오염토양의 분해시 TPH 농도변화와 제거효율을 Fig. 5에 나타내었다. 마이크로파 조사강도(350, 500, 700 W)에 따른 TPH 농도변화는 초기 2,100 mg TPH/kg soil에서 조사시간 15분경과 후 각각 1,078.2, 865.0, 571.9 mg TPH/kg soil를 나타내었다. 조사시간에 따른 TPH 농도 감소량은 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 조사시간 15분경과 후 오히려 TPH의 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 TPH의 분해가 조사시간 15분까지 진행되었으며, 이후에는 농축에 의한 TPH 농도의 증가로 인한 결과로 판단된다.

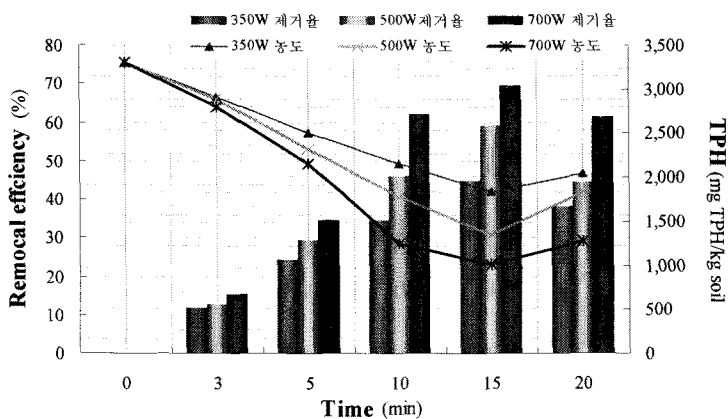


Fig. 5. The results of TPH concentration and removal efficiency of diesel-contaminated soil on various microwave power.

4. 결 론

본 연구에서는 초음파, 마이크로파를 이용한 디젤오염토양의 TPH 제거특성을 평가한

결과 디젤오염토양 중 TPH 제거효율은 마이크로파의 경우 조사강도가 클수록, 더 효율적임을 알 수 있었으며, 디젤오염토양의 초음파 처리시 조사시간 60분 경과 후 TPH 농도와 제거효율은 초음파 주파수 15, 20 kHz에서 각각 884.7 mg/kg (58.4%)와 1,089.4 mg/kg (48.7%)을 나타내어, 주파수가 낮을수록 처리효율은 증가하는 것을 알 수 있었다. 마이크로파 조사강도(350, 500, 700 W)에 따른 TPH 제거효율은 조사시간 15분 경과 후 최대로 나타났으며, 각각 48.7%, 58.8%, 72.8%를 나타내었다. 따라서 초음파 및 마이크로파의 적용은 오염토양 내 유해물질을 효과적으로 저감할 수 있는 방안으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 전자기술연구회, (1994), 초음파 응용, 기문사
- 문경환, 김우현, 이병철, 김덕찬, (1996), 마이크로파에 의한 휘발성 유기토양오염 물질제거에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 22, 3, pp. 116-112
- 임명희, 김지형, (2004), TCE로 오염된 토양에 초음파를 적용 할 때 음향강도의 영향에 관한 연구, 한국폐기물학회 2004년 춘계학술연구회발표논문집, pp. 265
- 김해윤, (2006), 과산화수소 및 황산제1철을 이용한 유류오염토양의 화학적 복원, 경상대학교 석사 학위논문, pp. 33