

# 유류오염토양의 열탈착을 위한 마이크로웨이브 적용성 평가

## Applicability Evaluation of Microwave system for Thermal Desorption of Oil Contaminated Soil Remediation Technology

고태훈\*†, 이동근\*, 이재영\*, 박기천\*\*, 박두희\*\*\*

Taehoon Koh\*†, Donggeun Lee\*, Jaeyoung Lee\*, Gichun Park\*\*, Duhee Park\*\*\*

**Abstract** In this paper, the applicability evaluation of using microwave thermal desorption technology was investigated to treat the oil-contaminated soil. Oil contaminated soil remediation test was performed to produce a thermal desorption system consisting of microwave generator, microwave absorber and a test container. Heating temperature(350, 550°C) was controlled by microwave thermal desorption system. then, the result of the remediation property of diesel contaminated soil(TPH 8,420mg/kg) was found to increase approximately 20% (76→98%) of removal efficiency according to the heating temperature. From the lab test, it is found that this technology has a potential to complete the remediation process of the oil-contaminated soil.

**Keywords:** oil-contaminated soil, microwave, thermal desorption, microwave absorber

**초 록** 본 논문은 유류오염토양의 마이크로웨이브를 활용한 열탈착시스템의 적용성 평가를 목적으로 한다. 마이크로웨이브 제너레이터와 마이크로웨이브 반응발열체 및 토양컨테이너로 이루어진 열탈착시스템을 제작하여 유류오염토양 정화시험을 수행하였다. 열탈착시스템의 발열온도(350, 550°C)를 조절하면서 유류(경유)오염토양 (TPH 8,420mg/kg)의 정화특성을 분석한 결과, 발열온도 변화에 따라 정화율이 약 20% (76→98%) 증가되는 것으로 나타나 마이크로웨이브 열탈착시스템을 활용한 유류오염토양의 정화가 가능하였다.

**주요어** : 마이크로웨이브 반응발열체, 열탈착시스템, 유류오염토양

## 1. 서 론

열탈착(Thermal Desorption)을 이용한 토양정화 방법은 휘발유, 경유 등의 휘발성(Volatile) 유기오염물질로 오염된 토양을 신속하게 복원할 수 있는 확실한 방법 중의 하나이다[1]. 하지만 열탈착공법은 다른 오염토양정화공법과 비교하여 에너지 소비가 높아 경제

† 교신저자: 한국철도기술연구원(thkoh@krrri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원

\*\* (주)비엠에스이앤씨

\*\*\* 한양대학교 공과대학 건설환경공학과

적으로 처리비용이 높은 단점이 있다. 최근 마이크로웨이브를 이용한 토양정화 방법은 열탈착공법의 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 방법 중의 하나로 주목 받고 있다[2, 3].

본 연구에서는 기존의 마이크로웨이브 직접 조사방법이 아닌 간접 조사방법으로 마이크로웨이브 열탈착시스템의 적용성 평가를 실시하였다. 마이크로웨이브는 원하는 대상물체를 선택적으로 가열할 수 있는 특징을 가진다. 이와 같은 특성을 이용하여 마이크로웨이브 열탈착시스템 중 발열이 필요한 반응발열체에 마이크로웨이브를 조사하여 선택적 발열을 하였다 [4]. 본 논문에서는 마이크로웨이브 열탈착시스템의 발열온도 변화에 따른 정화시간, TPH 제거 및 정화율을 비교 분석하였고 마이크로웨이브가 유류오염토양 열탈착시스템의 열원으로 적용가능성을 평가하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 실험방법

#### 2.1.1 실험재료

실험에 사용한 유류오염토양시료(Fig. 1)는 전라도에 위치한 00군부대 부근에서 채취하였다. 실험대상 시료는 지표토양을 제거한 후 2 - 3m 심도에서 채취하였으며 자연건조 후 표준체 (#10체 (2mm))를 이용하여 토양 이외 불순물을 제거하였다. 실험대상시료의 입도분포는 Fig. 2와 같으며 자연건조 전 시료의 함수비는 30.2%, TPH 농도는 8,420mg/kg을 나타냈다.



Fig. 1 Oil-contaminated soil tested in this study

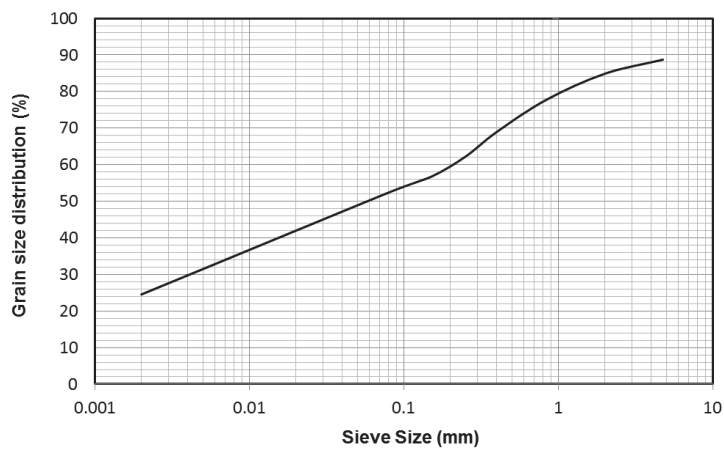


Fig. 2 Grain size cumulative distribution curve

### 2.1.2 실험과정

본 연구에서는 마이크로웨이브 제너레이터와 마이크로웨이브 반응발열체 및 토양컨테이너로 이루어진 열탈착시스템(Fig. 3)을 제작하여 유류오염토양 정화시험을 실시하였다[5]. 시스템에 적용된 마이크로웨이브 제너레이터의 용량은 1.1kW이며, 1.4kg의 토양시료를 토양컨테이너에 투입시키고 3 - 5rpm속도로 회전을 가하였다. 열탈착시스템의 발열온도는 350, 550℃로 설정하였으며, 발열온도의 측정은 Testo사(독일)의 177-T4 모델 Type-K를 이용하였다[6, 7, 8]. 정화시간은 15, 30, 60분으로 설정하여 실험을 진행하였다.

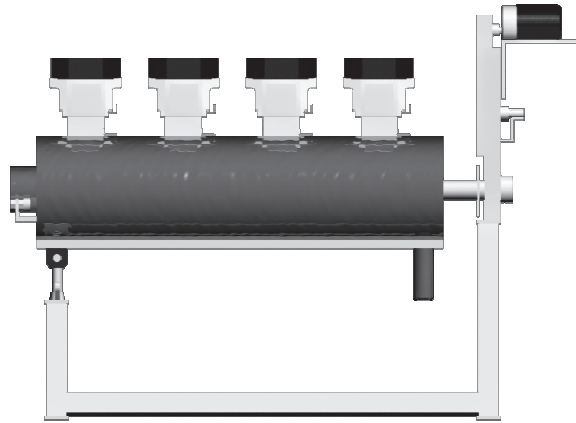


Fig. 3 Experimental Setup

### 2.1.3 실험분석

TPH 농도 및 정화율을 평가하기 위해 마이크로웨이브 열탈착시스템으로 정화시킨 토양시료를 토양오염공정시험기준 KS IISO 16703에 따라 분석하였다[9].

정화 후 토양 속에 남아 있는 오염물질을 추출하여 오염정도에 따라 토양시료 10g을 비커에 넣고 무수황산나트륨과 디클로로메탄 50mL를 투입하였다. 또한, 초음파추출기를 이용하여 얻어진 추출물을 여과지에 여과한 다음, 회전증발농축기로 2mL가 될 때까지 농축한 후 실리카겔 0.3g을 넣고 기체크로마토그래프에 주입하여 크로마토그램을 측정하였다.

## 2.2 실험결과 및 고찰

### 2.2.1 실험결과

초기 TPH 8,420mg/kg인 토양시료를 대상으로, 마이크로웨이브 열탈착시스템 내부 토양컨테이너에서 측정된 발열온도는 350℃와 550℃로 측정되었으며, 설정된 정화시간 동안 토양을 정화한 결과는 Fig. 4, 5와 같다.

발열온도 350℃에서 15분, 30분, 60분 정화 시 TPH농도 3,511~2,022mg/kg, 정화율 58~76%로 토양오염우려기준(3지역) 2,000mg/kg을 초과하였지만, 발열온도 550℃에서는 TPH 농도 312~137mg/kg, 정화율 96~98%로 토양오염우려기준(1, 2, 3지역)을 충족시키는 결과를 보였다.

본 연구에서는 마이크로웨이브 열탈착시스템의 발열온도와 정화시간에 따른 유류오염토양의 TPH 제거 및 정화율 변화를 확인하였으며, 향후 기준을 만족하면서 상용화가 가능한 수준의 시스템 효율의 개선을 진행할 계획이다.

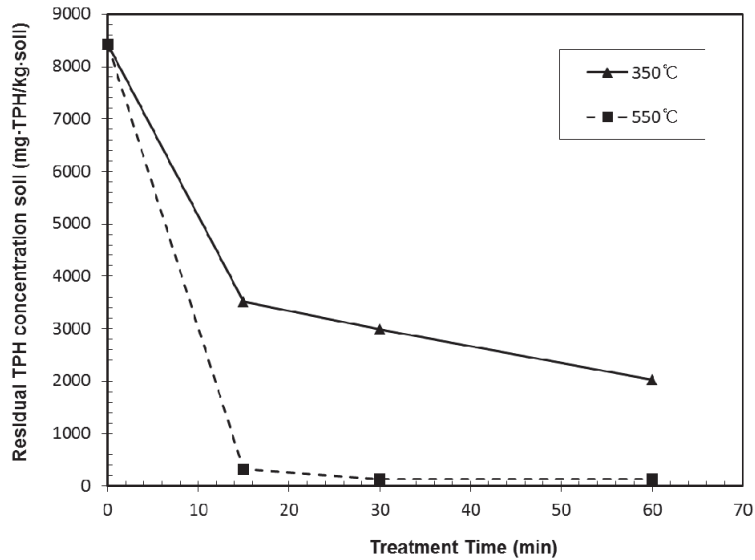


Fig. 4 TPH of the tested soil treated by microwave temperature desorption

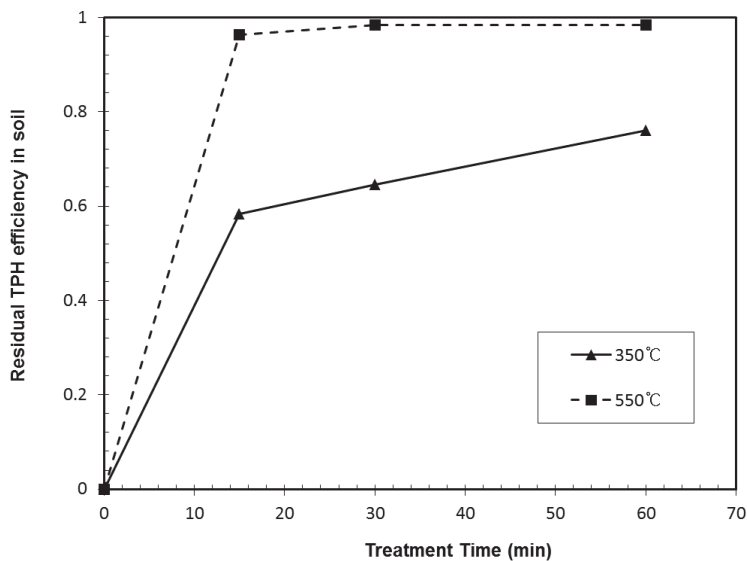


Fig. 5 Removal Efficiency of the tested soil treated by microwave temperature desorption

### 3. 결론

본 연구에서는 유류오염토양정화를 위해 마이크로웨이브 열탈착시스템의 적용성 평가를 수행하였다. 발열온도(350, 550°C)변화에 따라 약 20%(76%→98%)의 정화율 향상을 보였는데, 향후 기준을 만족시키면서 상용화가 가능한 수준의 시스템 효율의 개선연구를 수행할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] Kawala, Z., and Aramanczuk, T. (1998) Microwave-enhanced thermal decontamination of soil. *Environmental Science & Technology*, 32(17), pp. 2602-2607.
- [2] Jeong, S. J., and Choi, H. J. (2013) Removal of Semi-volatile Soil Organic Contaminants with Microwave and Additives, *Korean society of soil and groundwater environment*, 18(1), pp. 67~77.
- [3] Jones. D. A, Lelyveld T. P, Mavrofidis. S. D, Kingman., S. W., and Miles. N. J (2002) Microwave heating applications in environmental engineering-a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 34(2), pp. 75-90.
- [4] Holzwarth, A., Lou, J., Hatton, T.A., and Laibinis, P.E.(1998) Enhanced microwave heating of nonpolar solvents by dispersed magnetic nanoparticles, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 37, pp. 2701-2706.
- [5] Koh, T. (2013) Fast Concrete Curing Technology for Railway Construction, *Special Session, KRRI International Seminar*.
- [6] Abramovitch, R.A., Huang, B.Z., Abramovitch, D.A., and Song, J.(1999) In situ decomposition of PAHs in soil and desorption of organic solvents using microwave energy, *Chemosphere*, 39, pp.81-87.
- [7] Liu, X., Quan, X., Bo, L., Chen, S., and Zhao, Y.(2004) Simultaneous pentachlorophenol decomposition and granular activated carbon regeneration assisted by microwave irradiation, *Carbon*, 42, pp. 415-422.
- [8] Liu, X. and Yu, G.(2006) Combined effect of microwave and activated carbon on the remediation of polychlorinated biphenyl contaminated soil, *Chemosphere*, 63, pp. 228-235.
- [9] Korean Standards Association (2005) KS IISO 16703 Soil Quality-Determination of Content of Hydrocarbon in the Range C10 to C40 by Gas Chromatography.

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper 작성일: 2014.09.26)