



ORIGINAL PAPER

원저

과열증기 반응에 의한 생활폐기물 유기성분 입도특성

장하나[†], 민태진*, 노선아*, 김우현*, 성현제, 박성범

환경연구소 한솔이엠이(주), 한국기계연구원*

(2010년 12월 13일 접수, 2010년 12월 21일 수정, 2010년 12월 23일 채택)

Characteristics of Particle Size Distribution in the Organic Fraction of Municipal Solid Waste by the Reaction of Super-heated Steam

Ha-Na Jang[†], Tai-Jin Min*, Seon-Ah Roh*, Woo-Hyun Kim*, Hyun-Je Sung, and Seong-Bum Park

Environmental R & D Center, Hansol EME, 7th Fl., First Tower, 266-1 Seohyeon-dong, Bundang-gu, Gyeonggi-do, Korea,
Korea Institute of Machinery & Materials, 171 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Korea*

ABSTRACT

Recently, MBT(Mechanical Biological Treatment) facilities were built up and operated to separate and recycle MSW(Municipal Solid Wastes)in South Korea. However, the size distribution of MSW is very rough, and it is causing operation problem because MSW would be crushed in undersize diameter by mechanical equipment before feeding each seperation process. Also, the organic material should be pre-seperated to reuse recycle material in MSW. In this research, the reactor of 1ton/batch using the super-heated steam was tested to present the separation efficiency and the size distribution of MSW by experimental factors.

Keywords : MBT, MSW, Organic fraction, Reccycle, Super-heated steam, Size distribution

초 록

최근, 국내에서 MBT(Mechanical Biological Treatment) 처리시설이 건설되어 운영 중에 있으며, 생활폐기물 등이 분리선별되어 재활용되고 있다. 그러나, 생활폐기물의 입도가 불균질하고, 분리선별을 하기 위해서 일정입도 이하로 파쇄하여야 하므로 운영상의 문제점이 발생하게 된다. 또한, 생활폐기물 내 유기성분의 분리선별이 어려워서, 재활용 물질의 이용이 어려운 실정이라 이에 대한 대책이 요구된다. 본 연구에서는 1ton/batch 규모의 반응기에 과열증기를 사용하여 각 반응인자에 따른 생활폐기물 분리선별 효율을 파악하였으며, 유기성분 분해에 따른 생활폐기물 입도특성의 변화를 고찰하였다.

[†]Corresponding author : janghana@hansol.com

핵심용어 : 분리선별, 생활폐기물, 유기성분, 재활용, 과열증기, 입도

1. 서론

생활폐기물의 최종 처리방법인 생활폐기물 매립장의 신규건설이 억제됨에 따라 현존하는 매립장의 수명 연한이 짧아지고 매립장의 수명이 다한 지역은 수거되는 생활폐기물을 처리하지 못하여 적체되고 있는 상황이 발생하고 있다. 폐기물의 매립용량을 획기적으로 감소시킬 수 있는 소각의 경우 대기오염물질의 배출과 생활폐기물의 발열량 증가에 따른 불안정한 운전으로 인근 주민들의 반대와 민원 등이 빈번하여 설치가 어려운 상황이다. 더불어 환경부는 생활폐기물 매립량을 2011년 17%까지 감소시킬 계획¹⁾이며 이에 따라 현재 국내의 생활폐기물 처리시장에서 새로운 기술에 대한 수요가 증대되고 있다.

현재 국내 대부분의 지자체에서는 음식물의 분리수거로 이전보다 생활폐기물에 포함되는 유기물의 함량이 줄었음에도 불구하고 전국 소각장으로 반입되는 폐기물은 종이, 목재, 피혁 등을 포함한 유기성 성분의 함량이 70% 이상이다²⁾. 유기성 성분은 다량의 수분을 포함하여 상온에서 빠르게 부패하고 악취, 유해조수의 서식, 병원균의 원인이 되어 위생문제를 유발할 뿐 아니라 매립을 하였을 경우 매립지 침하와 오염된 침출수의 주요 발생원이므로 사전에 분리 및 선별하여 매립되는 폐기물의 안정화와 더불어 bio-gas, 퇴비, RDF 등의 자원으로 활용할 수 있다^{3)~5)}.

생활폐기물 내 유기성분은 많게는 50% 이상 차지하며, 이는 매립 시 온실가스인 메탄을 생성하여 기후변화 등 환경에 악영향을 미친다. MBT 공정의 주요 목적은 이러한 유기성분을 매립 전에 최대한 제거하고, 공정에서 생산되는 고형연료의 에너지 활용량을 최대한 높이고 균질하게 하는 것이다. 또한, 유기성분이 MBT 재활용 공정의 전단에서 제거되면 후단의 재활용 공정의 효율이 높아지게 된다. 따라서, MBT 공정의 효율을 높이기 위해서, 폐기물 내 유기성분의 분해

및 제거가 반드시 요구된다^{6)~8)}.

본 연구에서는 과열증기를 이용하여 생활폐기물 중 유기성 성분의 분리를 목적으로 하는 1ton/batch 규모의 파일럿 플랜트를 설치하였으며, 폐기물 투입량과 반응시간을 변수로 하여 유기성분 분해에 따른 폐기물 입도특성 변화를 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험설비

본 연구의 실험설비는 길이 4.28 m, 직경 0.96m의 원통형 내압·내열 반응기(5 kg/cm², 150°C)로 고온 고압의 증기 및 입계상태의 물과 접촉이 용이하고 내부 Baffle 구조에 의해 폐기물이 고르게 분해 될 수 있도록 회전이 가능하다. 반응기의 회전은 별도의 유압 콘트롤러에 의하여 조작되고 회전수는 1~5 rpm까지 가능하며 과열증기 상태를 유지하기 위하여 외부에 보온자켓을 설치하였다. 반응기의 내부에는 폐기물의 회전과 전후이동을 위하여 나선형의 baffle을 설치하였다. 반응기 내부의 온도와 압력을 측정하기 위하여 내부에 온도계와 외부에 표면온도계 그리고 반응기의 투입구에 압력계를 장착하였다. 반응기 후단에는 입도선별기(입경 50mm)를 설치하여 분해된 유기성분을 선별하였다.[Fig. 1]

2.2 실험방법

도시지역의 K시에서 생활폐기물을 일정하게 공급하여(약 5ton/주), 폐기물 투입량과 반응시간을 변수로 하여 실험이 수행되었다. 반응용량은 1batch당 700~800kg까지 가능하나, 장치제약상 300kg을 최대용량으로 수행하였다. 실험설비의 운전은 다음과 같은 과정으로 진행되었다. 보일러를 운전하여 증기를 발생시킨 후 반응기의 투입구를 개방하고 생활쓰레기를 종량제 봉투 채로 투입하였다. 투입구를 완전히 밀폐하고 지정

된 회전수(3rpm)을 설정하여 용기를 회전시키고 지정된 압력으로 콘트롤 밸브를 설정하고 보일러의 증기공급밸브 열어 증기가 반응기내로 일정하게 주입되도록 하였다. 반응기의 압력이 설정압력(150℃, 4~5 kg/cm²)에 도달하면 3rpm으로 일정하게 회전하면서 15~45분간 반응시켰다. 운전 종료 후 콘트롤밸브의 압력을 0으로 설정한 다음 보일러의 증기공급밸브를 닫고 반응기의 배출밸브를 개방하여 내부의 압력을 낮추었다. 반응기의 압력이 0에 도달하면 반응기의 투입구를 개방하고 반응된 시료를 입도선별 및 체선별을 거쳐 입도를 분석 하였다. 입도선별은 직경이 50mm 인 트롬멜 선별기와 직경이 13mm인 진동선별기를 사용하였으며, 체선별은 50mm 이하의 시료를 다시 선별하여 플라스틱 등 수작업으로 간단히 선별한 후 시행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 생활폐기물 처리실험

생활폐기물은 평균적으로 가연성분이 93%를

나타내며, 불연성분은 7%를 나타낸다. 가연성분 중, 종이류, 음식물류, 나무류 등의 유기성분이 50%에 이른다²⁾. [Table 1]에 반응시간 및 투입량에 따른 50mm이하 시료의 비율을 나타내었다. 표의 결과를 보면 반응시간이 길어질수록 50mm 이하의 시료 비율이 높게 나타나는 것으로 나타났다. 또한, 동일반응시간에는 투입량이 낮아질수록 시료 비율이 높아짐을 알 수 있었다. 13mm 이하의 선별 결과, 300kg의 시료를 30분 반응시켰을 때 70% 이상으로 가장 높은 선별효율을 나타내었다.

3.2 생활폐기물 입도분포

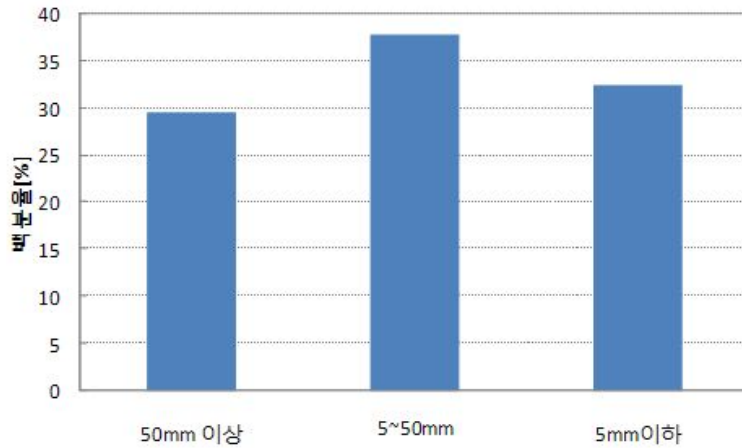
[Fig. 2]에 과열증기 반응을 통한 생활폐기물 유기성분 입도분포를 나타내었다. 생활폐기물의 평균입도의 경우, 50mm 이상의 시료가 60%를 넘는 반면²⁾, 과열증기 반응을 통하여 50mm 이상의 시료가 30%이하로 감소하였다. [Fig. 3]은 50mm 이하의 시료를 플라스틱 등 수작업으로 간단히 선별한 후 이를 100%로 산정하여 세분화된 입도분포를 나타내었다. [Fig. 2]에서는



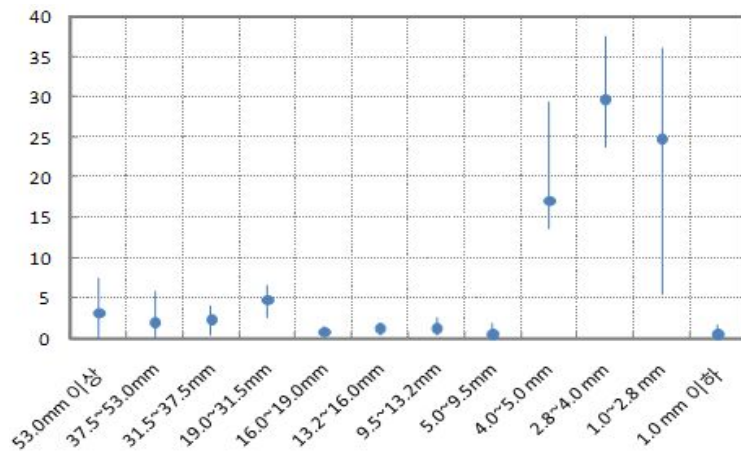
[Fig. 1] Pilot-scale reaction system for organic municipal solid waste degradation.

[Table 1] The Weight Fraction of <50mm by the Super-heated Steam Reaction

	100 kg	200 kg	300 kg
15 min.	77.1 %	69.2 %	68.5 %
30 min.	76.7 %	73.7 %	72.5 %
45 min.	80.6 %	76.5 %	72.1 %



[Fig. 2] Size distribution by super-heated steam Reaction.



[Fig. 3] Size distribution of the fraction of <50mm after pre-separation.

5~50mm 시료가 40% 정도 차지하나, [Fig. 3]에서는 8% 미만으로 나타났다. 이러한 결과는 5~50mm에 포함된 시료의 대부분이 플라스틱 및 타성분임을 뜻하며 분해된 유기성 물질과는 단순 분리/선별만으로 충분히 가능성을 시사한다. 또한 [Fig. 3]의 결과에서 보듯이 5.0 ~ 19mm 사이의 영역에서는 시료 입도분포가 거의 존재하지 않음을 확인할 수 있다. 평균치 뿐만 아니라 편차에서도 0으로 수렴하고 있음을 확인하였는데 이와 같은 결과로 향후 분리/선별에 있

어서 유기물과 타성분을 구분할 수 있는 선별기의 기준으로 5.0~19mm 사이의 영역에 존재하는 선별기로 충분히 분리/선별이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론

생활폐기물의 처리실험 결과, 반응시간이 길어질수록 50mm 이하 시료비율이 높아지는 것으로 나타났다. 또한, 13mm 이하의 경우 300kg을 30

분 반응시켰을 때 가장 분해효율이 높은 것으로 나타났다. 이는 반응기 내에 폐기물 투입량 및 반응시간이 입도에 영향을 미치는 주요인자임을 가리킨다. 과열증기 반응에 따른 입도분포 결과, 생활폐기물의 50mm 이상의 시료가 30% 이하로 감소하였다. 또한, 50mm 이하의 시료에 대한 세분화된 입도분포 결과, 5~50mm 입도분포가 8%에 불과하는 것으로 나타났다. 이는 과열증기 반응에 의하여 생활폐기물 입도가 크게 감소하며, 생활폐기물 유기성분의 경우 대부분이 5mm 이하의 입도분포를 나타내는 것으로 파악된다.

사사

본 연구는 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 환경부 보도자료, 환경부, Sep. (2006).
2. 2007 전국 폐기물 발생 통계조사 ; 국립환경과학원(2008).
3. T. Lunde, "The impact of source separation, recycling and mechanical processing on MSW conversion to energy activity", *Biomass & Bioenergy*, pp. 387~398 (1995).
4. R. Beckmann, J. Guderian, E. Hoffmann, "Assessment of Processes for Municipal Residual Waste Separation" *Aufbereitungstechnik* 34(6), p. 296 (1993).
5. A.M. Celi, "Conversion, Separation, Waste Disposal and Recovery of Metals, Plastics and Chemicals", *Proceedings of the printed circuit world convention* 7, p. 35 (1996).
6. E. Dogan, G. N. Demirer. "Renewable Energy Production from Organic Fraction of Municipal Solid Waste through Two-phase Anaerobic Digestion". 3th International Symposium MBT and MRF. p. 283 (2009).
7. S. Scotti. "Recyclable Materials Recovery after Biological treatment of the Residual Fraction: Quality Improvement and Contribution to Landfill Diversion Targets". 3th International Symposium MBT and MRF. p. 380 (2009).
8. W. Muller. "Mechanical Biological Treatment and its Role in Europe". 3th International Symposium MBT and MRF. p. 1 (2009). 