

가정용 소형 퇴비화 용기의 형태 및 온도가 응축수량에 미치는 영향

박주원 · 서정윤*

창원대학교 환경공학과

(2001년 3월 12일 접수, 2001년 7월 23일 수리)

Effect of Shape and Temperature on Condensation of Water in a Small Domestic Composter

Ju-Won Park and Jeoung-Yoon Seo* (Dept. of Environmental Engineering, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea)

Abstract : This study was performed to investigate the amount of water condensation and energy consumption in a small composter. The heights of composter (10 cm, 15 cm, 20 cm), horizontal angles of lid (40°, 50°, 60°) and operating temperatures (75°C, 85°C, 95°C) as the parameters were changed to optimize the shape and operating temperature. The compostable foodwastes were added into the composter at the rate of 1 kg/day without additives. The results are as follows; Condensation of food waste increased with temperature, but no trends were observed in related with the height and the horizontal angle of the container. The amount of condensated water decreased with increasing of the horizontal angle up to the height 10 cm of the composter. In the composter with the height of 15 cm, the amount of condensated water decreased in order of 95°C, 75°C and 85°C. The higher the temperature increased, the more energy consumption increased.

Key words : condensated water, domestic composter shape, energy consumption

서론

경상남도의 생활폐기물 발생량은 1996년 말 3,298톤/1일에 이르고 있으며 지역적으로 인접한 마산, 창원, 진해 3개 시에서만 약 31%에 해당하는 1,019톤/1일이 발생하였다. 또한 이들 3개 시의 경우 생활폐기물의 71.7%가 매립되고 있으며 특히 음식물쓰레기인 경우 발생량의 90% 정도가 단순히 매립되고 있어, 이로 인한 매립지 고갈 및 침출수 발생 등 많은 문제를 야기하고 있다. 따라서 음식물쓰레기 발생량에 대한 정확한 자료와 각 배출원별 특성을 파악하여 음식물쓰레기의 적정관리방안을 모색하는 연구가 필요한 상황이다¹⁾.

음식물쓰레기는 많은 양의 수분을 함유하고 있어 소각에 의한 처리가 힘들고, 매립 등에 의해 장기간 방치할 경우 침출수에 의한 악취 발생과 분해된 후 지반침하 등의 문제점이 수반되기 때문에 음식물쓰레기는 미생물에 의한 발효 분해 과정을 이용하는 퇴비화·소멸화 처리가 바람직한 것으로 추천되고 있다²⁾.

음식물쓰레기를 발효·분해시키기 위해서는 미생물에 의해서

원활하게 분해될 수 있는 형태의 퇴비화 장치와 약 85%에 이르는 음식물쓰레기의 높은 수분함량을 약 50~60%로 유지하여 호기적인 조건에서 미생물이 활발하게 활동할 수 있고 음식물쓰레기의 연속 투입을 특징으로 하는 소멸형 음식물쓰레기 처리기가 개발되어야 할 것이다. 또한 반응이 혐기성으로 유도되지 않도록 통기성이 뛰어나야 한다³⁾.

따라서 본 연구는 수분조절제의 투입 없이 장치의 구조와 온도의 조정으로 적절한 퇴비화 조건을 유지할 수 있는 장치의 개발을 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

퇴비화 장치

본 실험에 사용된 퇴비화 장치는 Fig. 1과 같다. 퇴비화 장치는 24 cm × 50 cm × 25 cm 크기의 아크릴로 제작되었으며, 자동으로 온도 및 혼합을 조절할 수 있도록 제작하였다. 그리고 응축수의 포집을 위하여 뚜껑을 삼각형의 형태로 설계하였고 통 내부에 응축수를 포집할 수 있는 홈을 설치하였다. 장치의 높이를 교반기 중심축을 기준으로 하여 10 cm, 15 cm, 20 cm, 뚜껑의 수평 각도를 40°, 50°, 60°로 조절하였다. 그리고 장치의 온도를

*연락처

Tel: +82-55-279-7562 Fax: +82-55-281-3011

E-mail: syseo@sarim.changwon.ac.kr

75℃, 85℃, 95℃으로 조절하며, 각각의 응축수량을 조사하였다. 장치 내부의 공기 순환을 위하여 시간당 5 L의 공기를 주입시켰다. 모든 실험을 동일하게 30분마다 2분씩 교반을 실시하였다.

실험방법

가정에서 발생하는 음식물쓰레기의 발생량이 약 250 g/day · capita이므로 4인 가족의 한 가정에서 매일 1 kg의 음식물쓰레기가 발생하는 것을 기준으로 하였다. 실험 초기에는 한번에 음식물쓰레기 10 kg을 투입한 후 매일 응축수를 제거하여 퇴비화물질의 수분함량을 50-60%로 안정화시켰다. 안정화된 상태에서 매일 1 kg씩 음식물쓰레기를 투입하면서 하루 동안에 응축되는 응축수량을 조사하였다.

각 실험조건마다 5일씩 응축수량을 측정하여 그 값을 평균하여 1일 배출되는 응축수량으로 하였다. 예비 실험에서 다양한 음식물쓰레기를 투입하더라도 하루에 배출되는 응축수량의 차이가 크지 않아 이 방법을 채택하였다.

결과 및 고찰

퇴비화 용기의 높이에 따른 응축수량의 변화

Fig. 2, 3과 4에는 높이의 차이에 대한 응축수량의 변화를 나타내었다. 동일한 각도의 뚜껑을 사용하고 온도와 높이를 변화시키며 실험을 진행하였다. 뚜껑의 수평각도가 40° 인 경우는 높이가 증가할수록 온도에 따른 응축수량이 감소하였다. 뚜껑의 수평각도가 50° 인 경우는 높이가 증가할수록 응축수량은 온도 95℃의 경우는 감소하였으나, 75℃, 85℃의 경우는 높이 15 cm까지는 감소하다가 20 cm에서 다시 증가하였다. 뚜껑의 수평각도가 60° 인 경우는 높이 15 cm까지는 응축수량이 증가하다가 20 cm에서는 다시 감소하였다.

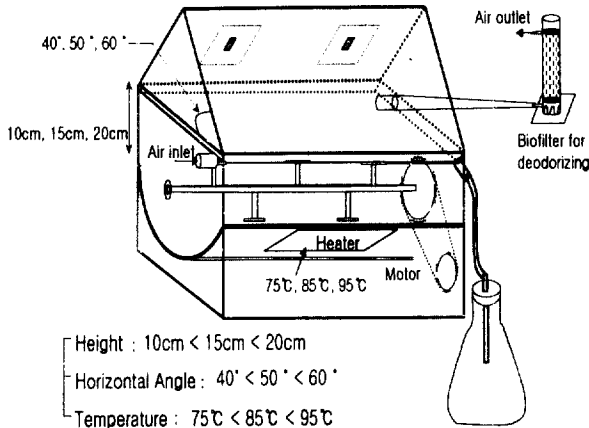


Fig. 1. Schematic diagram of composter.

이것은 응축이 일어나는 뚜껑의 내부와 외부의 온도차이와 용기 내에서 발생하는 대류에 의하여 응축 표면에 접촉되는 공기의 양에 의하여 응축수량이 결정될 것으로 생각되지만 본 연구결과만으로는 완전한 설명이 불가능하며 차후 상세한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

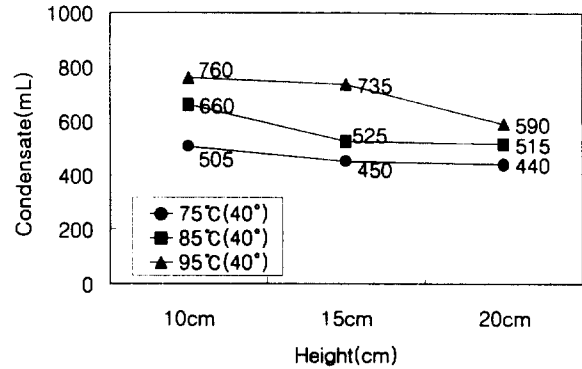


Fig. 2. Condensate variation in the composter with the various height at 40° of horizontal angle of lid.

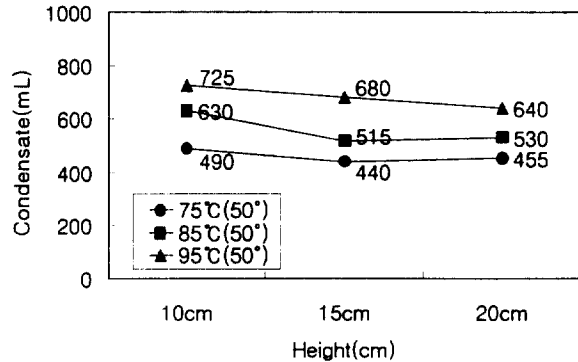


Fig. 3. Condensate variation in the composter with the various height at 50° of horizontal angle of lid.

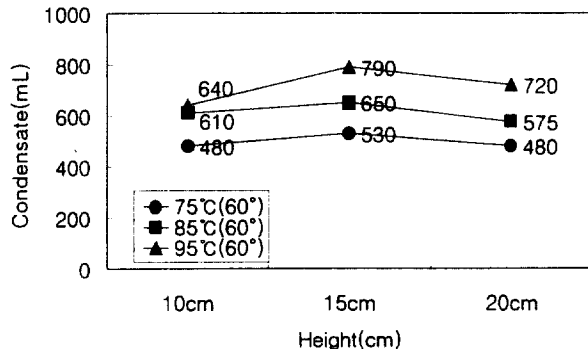


Fig. 4. Condensate variation in the composter with the various height at 60° of horizontal angle of lid.

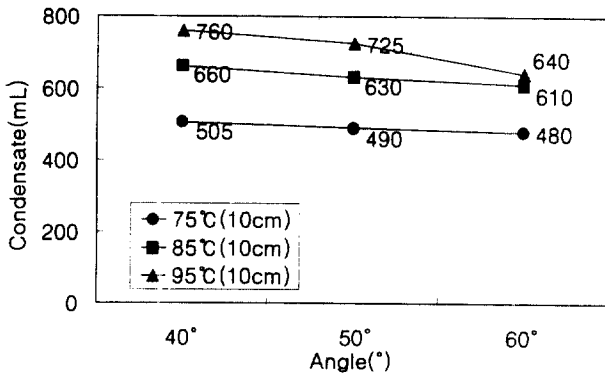


Fig. 5. Condensate variation in the composter with the various horizontal angles of lid and operating temperatures at 10 cm of height.

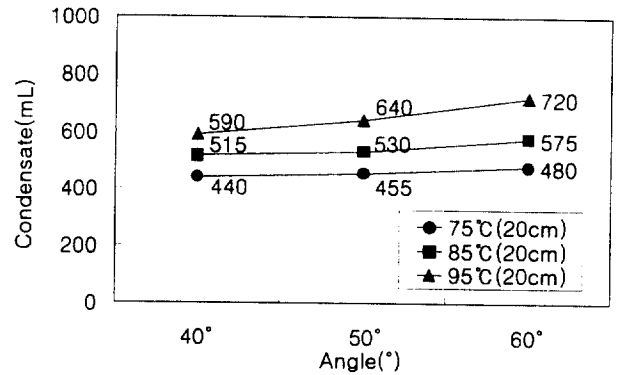


Fig. 7. Condensate variation in the composter with the various horizontal angles of lid and operating temperatures at 20 cm of height.

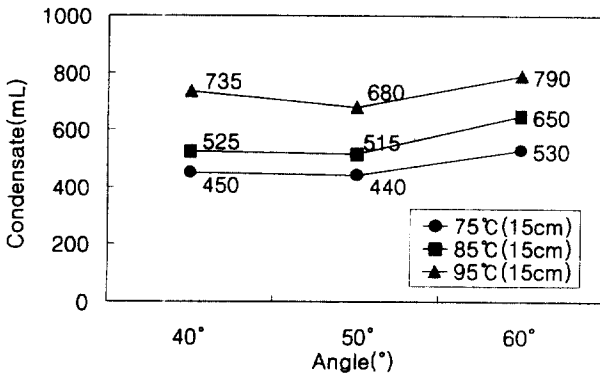


Fig. 6. Condensate variation in the composter with the various horizontal angles of lid and operating temperatures at 15 cm of height.

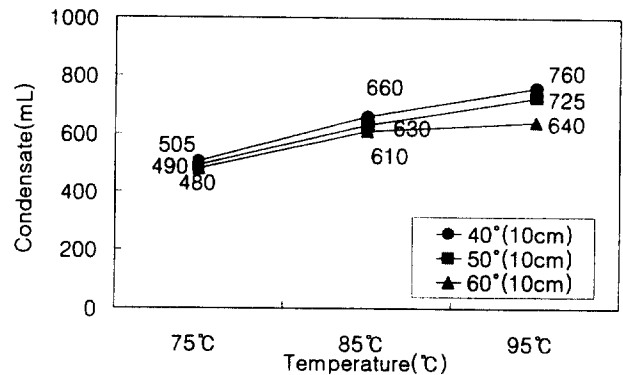


Fig. 8. Condensate variation in the composter with the various operating temperatures and horizontal angles of lid at 10 cm of height.

퇴비화 용기의 뚜껑의 수평각도 차이에 따른 응축수량의 변화

Fig. 5, 6과 7에는 뚜껑의 수평각도 차이에 대한 응축수량의 변화를 나타내었다. 동일한 높이의 장치를 이용하고 온도와 뚜껑의 수평각도를 변화시키며 실험을 진행한 결과이다. 장치의 높이를 10 cm, 15 cm, 20 cm 로 고정시켜 놓고, 뚜껑의 수평각도를 40°, 50°, 60° 온도를 75°C, 85°C, 95°C로 바꾸어 가며 실험한 결과이다. 장치의 높이가 10 cm인 경우는 뚜껑의 수평각도가 증가할수록 온도에 따른 응축수량이 감소되는 것으로 나타났다. 장치의 높이가 15 cm인 경우는 뚜껑의 수평각도가 증가할수록 응축수량은 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 장치의 높이가 20 cm인 경우는 뚜껑의 수평각도가 증가할수록 응축수량은 증가하는 경향을 보였다.

뚜껑의 수평각도가 증가하면 용기 뚜껑 내부의 응축 면적(용기 내 대류작용에 의하여 응축 면적과 접촉되는 공기의 양과 관계가 있음)이 증가한다. 높이 10 cm의 경우 수평각도가 증가할수록 뚜껑의 내부 응축 면적이 증가하였음에도 불구하고 응축수량이 감소한 것은 응축 면의 내부와 외부 온도 차이가 응축 면적보다 응

축수량에 크게 영향을 미쳤다는 것을 의미한다. 한편 높이 20 cm의 경우는 반대 현상이 발생하였음을 추정할 수 있다. 그러나 높이 15 cm는 높이 10 cm와 20 cm의 중간으로 응축수량에 미치는 두 인자인 응축 면적과 응축 면의 내부와 외부의 온도 차이가 응축수량에 미치는 영향의 정도가 서로 교차됨으로써 반전이 일어난 것으로 사료된다.

퇴비화 용기의 열판의 온도 차이에 따른 응축수량의 변화

Fig. 8, 9와 10에는 퇴비화 용기의 높이가 일정할 때 열판의 온도와 뚜껑의 수평각도 차이에 따른 응축수량의 변화를 나타낸 것이다. 모든 실험에서 온도가 상승할수록 응축수량이 증가하는 것으로 나타났다.

실험조건별 응축수량의 변화

Fig. 11에 가정용 소형 퇴비화 용기를 높이 10 cm, 15 cm, 20 cm, 뚜껑의 수평각도 40°, 50°, 60°, 온도 75°C, 85°C, 95°C의 9 가지 인자를 이용, 변화시키면서 발생하는 응축수의 양을 조사한 결과를 나타내었다.

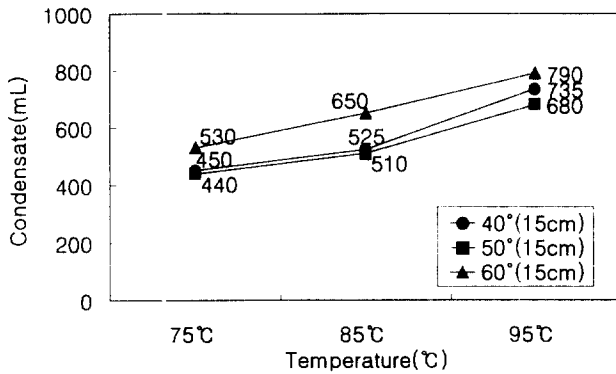


Fig. 9. Condensate variation in the composter with the various operating temperatures and horizontal angles of lid at 15 cm of height.

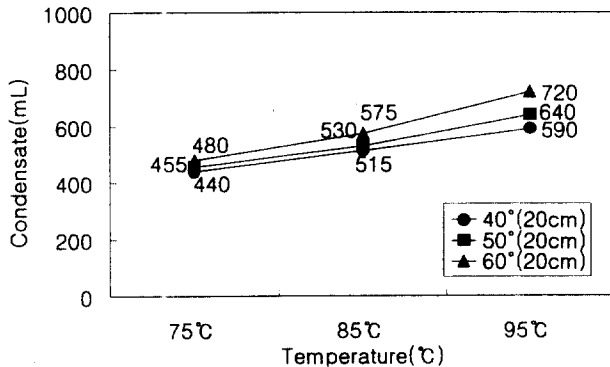


Fig. 10. Condensate variation in the composter with the various operating temperatures and horizontal angles of lid at 20 cm of height.

온도를 기준으로 보면 온도가 증가할수록 모든 조건에서 응축수의 포집량은 증가하였다. 위의 75°C, 85°C, 95°C의 조건에서 장치 내부의 쓰레기더미 평균온도는 각각 38.5°C, 43°C, 48°C이었다. 뚜껑의 수평각도에 대해서는 10 cm의 경우는 수평각도가 클수록 응축수의 포집량은 감소하였고, 20 cm의 경우는 수평각도가 클수록 응축수의 포집량이 증가하였다. 반면에 15cm의 경우는 60°, 40°, 50°의 순으로 응축수의 포집량이 감소하였다.

이러한 결과를 통하여 퇴비화의 가장 큰 문제점인 수분함량을 50~60%로 적절하게 유지시킬 수 있는 조건을 찾아보면, 온도 85°C, 뚜껑의 수평각도 50°, 장치의 높이 15 cm의 조건이 장치 내의 수분함량 53% 정도로 퇴비화의 최적 조건을 만족시켰다.

실험조건별 전력소비량의 변화

실험 조건별 전력 사용량을 Fig. 12에 나타내었다. 쓰레기의 양이 적은 실험 초기에는 열판의 보온력이 떨어져 전력 소모량이 상대적으로 많았으나, 장치내부에 일정량 이상의 쓰레기가 채워진 상태에서는 쓰레기 더미 자체의 열 발생 및 유지로 인하여 실험조건별 전력소모량은 큰 차이를 나타내지 않았다. 장치의 내부

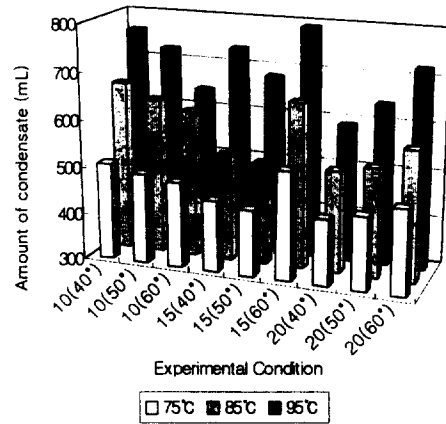


Fig. 11. Condensate variation in the composter with the various the experimental condition(unit : mL).

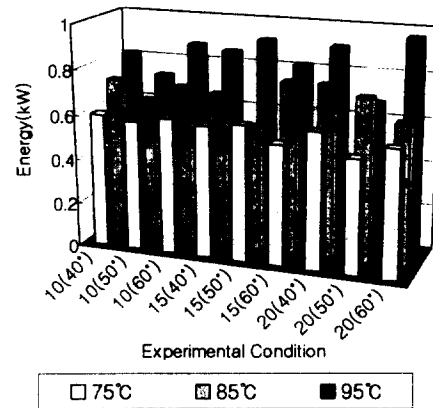


Fig. 12. Energy consumption in the composter with the various experimental condition(unit : kW).

면적이 넓어지거나 온도가 상승할수록 전력소모량은 약간 증가하는 경향을 보였지만 큰 변화는 없었다.

Fig. 12에 나타난 전력량은 동일한 조건에서 실험하기 위하여 장치내부에 10 kg의 쓰레기를 투입한 상태에서 실험한 결과이다.

요 약

본 연구에서는 소형 퇴비화 용기를 높이 10 cm, 15 cm, 20 cm, 뚜껑의 수평각도 40°, 50°, 60°, 온도 75°C, 85°C, 95°C에서 포집되는 응축수의 양을 바탕으로 최적의 조건을 찾으려 하였다. 실험결과를 요약하면 다음과 같다; 높이에 관계없이 온도가 증가할수록 응축수의 포집량은 증가하였다.

뚜껑의 수평각도에 대해서는 10 cm의 경우는 수평각도가 클수록 응축수의 포집량은 감소하였고, 20 cm의 경우는 수평각도가 클수록 응축수의 포집량이 증가하였다. 반면에 B의 경우는 60°, 40°, 50°의 순으로 응축수의 포집량이 감소하였다. 각각의 실험에서 에너지 변화를 보면 온도가 높아질수록 에너지 사용량이 증

가하는 것으로 나타났다.

찾는 말 : 응축수, 가정용 퇴비화 용기의 형태, 에너지 소비량

참 고 문 헌

1. 이명희, 박중석, 김종오, 백병천 (1998) 음식물쓰레기 관리의 최

적화 방안 연구 -창원, 마산, 진해시를 중심으로-. 여수대학교
환경연구논문집 1권, p.67-78.

2. McCabe, Smith, Harriott (1997) Unit Operations of Chemical
Engineering, p.511-515.

3. 삼성전자(주) 생활시스템연구소 환경기술그룹 (1997) 소멸형
잔반처리기 수분조정제 개발에 관한 연구.