

신문지 첨가에 의한 음식쓰레기 퇴비화 과정 중 물질수지 및 퇴비의 성분

한종필*, 박주원, 서정윤

창원대학교 공과대학 환경공학과

Material Balance and Properties of Compost during Composting of Household Food Wastes Blended with Waste Newspapers

Jong-Phil Han, Ju-Won Park, Jeoung-Yoon Seo (Department of Environmental Engineering, Changwon National University, Changwon, 641-771 Korea, Tel : 0551-279-7562, Fax : 0551-281-3011, email : syseo@srkim.changwon.ac.kr)

ABSTRACT : Waste newspapers was used as an amendment to adjust the moisture of household food wastes for composting. The mixture of household food wastes and waste newspapers was composted in an especially designed small home composter, where the early fed composting materials were discharged early. The temperature inside composting materials was influenced very much by that of outside, because the composter was not insulated. Accordingly, the higher the outside temperature was, the higher the decomposition rate was. The temperature inside composting materials did not reach to optimum, because the amount of composting materials added in the composter everyday was too little, and it caused too high water content of discharged compost after 15 weeks. Therefore, it was required that the composter must be insulated to maintain the higher temperature. The inorganic compounds(K_2O , CaO , MgO , P_2O_5) and heavy metals(Zn, Cu, Cr, Cd, Hg, As) were accumulated obviously in produced compost, when dry recycled compost was reused as the amendment for adjusting the moisture.

Key words : household food wastes, waste newspaper, amendment, composting

서 론

폐기물관리법 시행규칙 중 개정령에서는 2005년부터 음식쓰레기 등 젖은 쓰레기의 매립장 반입을 금지하는 방안을 입법 예고했다. 따라서, 생활 쓰레기의 약 40%가량을 차지하고 있는 음식쓰레기의 처리에 대한 적절한 대책 방안이 시급하게 강구되어야 한다.¹⁾

쓰레기 종량제가 도입된 이후 생활 쓰레기 중 재활용(recycling) 가능한 쓰레기를 분리 수거하고 있으나, 음식물 쓰레기만은 극히 제한된 일부 지역을 제외하고는 거의 분리 수거되지 않고 있다. 일반적으로 음식 쓰레기의 재이용을 통한 자원화 방법으로는 퇴비화, 사료화가 대표적으로 논의되고 있다. 사료화는 음식 쓰레기를 분리 수집하여 일정한 가공처리를 한 후 가축의 사료로 활용하는 것으로, 음식 쓰레기가 쉽게 부패하기 때문에 안전성의 문제가 있어 배출에서부터 사료화 시점까지의 기간이 짧아야 하는 등의 문제점이 있다.

1992년 리우데자네이로에서 제정된 국제민간단체협약(International Non Governmental Organizations Treaty)에서도 소각처리나 폐기물의 물리적 성상만을 변화시키는 처리방법을 금지하고, 퇴비

화와 같은 재자원화(Resource Conversion) 처리방법을 도입할 것을 선언하고 있어(Mondanedo, 1992) 국제적으로 퇴비화 처리에 대한 관심이 높아지고 있다.

퇴비화 기술에 관한 연구는 음식 쓰레기의 재자원화와 토양의 질을 개선할 수 있다는 일석이조의 효과를 기대할 수 있어, 최근 국내에서도 많은 연구가 이루어지고 있으나, 대부분 집중식 퇴비화에 치중하고 있는 경향이 있다. 집중식 퇴비화 방법은 퇴비장 건설에 막대한 경비가 소요된다. 또한, 현실적으로 분리수거가 완벽하게 보장되지 않아 퇴비 중 중금속 및 불순물 함량 증가가 우려되며 생산된 퇴비의 사용을 기피할 경우 퇴비 그 자체가 잔류 폐기물로 남게 된다. 그러나, 분산식 퇴비화는 퇴비화 가능한 물질을 빌생 장소에서부터 분리함으로서 퇴비 중 오염물질의 함량을 줄일 수 있고, 처리되어야 할 양이 퇴비화로 인하여 감소되기 때문에 집중식 퇴비화보다 이점이 있다.²⁾ 더욱이 각 가정 단위별로 퇴비화 하여 가정 원예용 퇴비로 유도할 경우 수요 기피현상에 따른 문제점도 다소 극복할 수 있을 것이다.

퇴비화의 최종목표인 안정화를 위해서는 적정 수분의 유지가 필요하다. 그러나 우리나라의 음식 쓰레기는 80%이상의 수분을 함유하고 있어 수분조절 없이 원활한 퇴비화를 기대하기 어렵

다.³⁾ 따라서, 안정적인 퇴비화를 위해서는 수분조절이 매우 중요하다. 수분의 조절을 위한 방안은 매우 다양하다. 수분조절을 위한 팽화제(Bulking agent)는 톱밥, 왕겨, 밀겨, 나무칩 등 다양하나, 이 들은 구입이 용이하지 않고 고가의 비용을 요구하는 단점이 있다. 저렴하고, 손쉬운 팽화제의 개발은 에너지를 사용하지 않은 퇴비화 방법에서는 매우 중요한 요건이라고 사료된다.^{4, 5)}

현재 국내의 대기업과 중소기업에서 다양한 용도와 형태의 퇴비화용기를 개발하고 있으나, 이들은 모두 높은 에너지 사용과 가격이 높아 가정에 보급하기에는 많은 문제점을 안고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하여 일반 단독 주택에서 손쉽게 사용할 수 있는 가정용 퇴비화 용기의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 외부에서 에너지를 공급하지 않고 퇴비화 물질의 퇴비화 과정에서 발생되는 열만으로 퇴비화할 수 있는 소형용기를 이용하여 가정에서 발생되는 음식물쓰레기를 퇴비화하면서 물질 수지 및 생산된 퇴비의 각종 성분함량을 조사하였다. 우리나라의 가정에서 발생되는 음식물 쓰레기는 수분함량이 높고 또한 질소에 대한 탄소 비율이 낮아 첨가제 없이 퇴비화하기에는 문제점이 있다. 그러나 각 가정에서 톱밥이나 왕겨와 같은 첨가제를 조달하기도 어렵고, 조달이 가능하다 하더라도 비용의 문제를 고려하지 않을 수 없다. 그러나 대부분의 가정에서 신문을 구독하고 있어 폐 신문지의 확보에는 별 문제가 없다. 이러한 점을 고려하여 음식물 쓰레기를 퇴비화할 때 수분 조절 및 탄소 공급 원으로써 폐 신문지를 사용하였다.

재료 및 방법

실험장치

본 실험에 사용한 소형 퇴비화 용기는 Fig. 1과 같이 내부 벽이 이중으로 되어 있다. 먼저 투입된 것이 먼저 배출되도록 하기 위하여 일정 기간(21일)마다 분리 판을 넣어 내용물을 분리하였다. 용기의 내벽은 10mm 간격으로 지름 10mm의 구멍을 뚫어 벽 사이에 유통되는 공기가 퇴비 층 내부로 확산되도록 만들었다. 퇴비물질이 쌓이는 부분은 가로 40cm, 세로 40cm 그리고 높이 100cm로 총 부피는 160L이었다. 공기는 용기의 아래쪽에서 유입되고 위쪽에서 배출되도록 하였고 열 손실을 줄이기 위하여 위쪽 배출구에 밸브를 달아 배출량을 조절하였다. 용기는 PVC로 만들었으며 외벽이 단열재 등으로 보온되지는 않았다.

음식물 쓰레기

음식물 쓰레기는 창원시의 가정에서 발생되는 것을 매일 한번 수거하여 사용하였다. 물리·화학적 특성은 Table 1과 같다.

폐 신문지

각 가정에서 발생되는 폐 신문지를 잘게 분쇄하는 것이 실제로 불가능하기 때문에 그냥 손으로 2~3cm의 크기로 찢어서

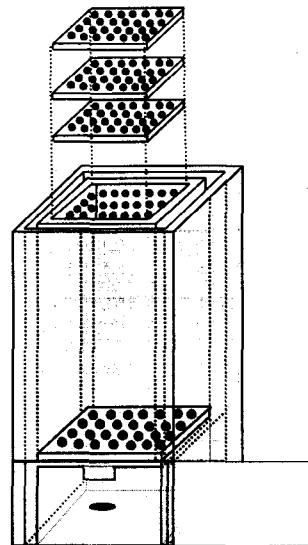


Fig. 1. Schematic diagram of a small composter

사용하였다. 신문지의 물리·화학적 특성은 Table 1과 같다.

실험방법

먼저 소형 퇴비화 용기에 분리 판을 넣고 가정에서 매일 수거

Table 1. Physicochemical properties of the food wastes, waste newspapers and the mixing waste(unit on dry matter basis)

| Sample Item | Food wastes | Mixing raw wastes | Waste newspapers |
|-----------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| pH | 4.95 ~ 6.10 | - | 8.40 |
| Moisture (%) | 73.83 ~ 88.02 | 48.55 ~ 70.14 | 7.00 |
| NH ₃ -N (mg/kg) | 316.69 ~ 1329.13 | 200.98 ~ 886.08 | 4.50 |
| NO ₂ -N (mg/kg) | 1.77 ~ 47.58 | 0.81 ~ 7.69 | ND* |
| NO ₃ -N (mg/kg) | 124.99 ~ 226.59 | 79.45 ~ 151.06 | 0.30 |
| TKN (%) | 2.42 ~ 3.20 | 0.86 ~ 2.67 | 0.07 |
| Organic matter (%) | 80.39 ~ 88.58 | 70.82 ~ 92.26 | 94.31 |
| P ₂ O ₅ (%) | 1.03 ~ 3.44 | 0.43 ~ 1.85 | 0.01 |
| CaO (%) | 0.13 ~ 0.28 | 0.02 ~ 1.88 | 1.16 |
| MgO (%) | 0.17 ~ 6.54 | 0.58 ~ 8.68 | 0.04 |
| K ₂ O (%) | 0.74 ~ 2.45 | 0.17 ~ 0.97 | 0.03 |
| Hg (μg/kg) | ND | ND | ND |
| Cd (mg/kg) | 0.39 ~ 2.28 | 0.38 ~ 3.27 | ND |
| Cu (mg/kg) | 1.26 ~ 10.73 | 0.70 ~ 6.68 | 5.40 |
| Cr (mg/kg) | 0.88 ~ 5.65 | 1.61 ~ 6.58 | 4.45 |
| Pb (mg/kg) | 5.54 ~ 19.25 | 9.94 ~ 32.31 | ND |
| Zn (mg/kg) | 0.89 ~ 3.12 | 0.38 ~ 1.96 | ND |
| As (mg/kg) | 4.19 ~ 8.31 | 2.86 ~ 13.51 | 0.76 |

*ND : Not Detected

Table 2. Total fed amount of food wastes, waste newspapers and recycled compost, and composting period

(unit : g)

| Sample No.* | food wastes | waste newspapers | recycled compost | composting period |
|-------------|-------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 1 | 21,000 | 3,720 | - | 1998. 5. 4~1998. 8.16 |
| 2 | 21,000 | 4,230 | - | 1998. 5.25~1998. 9. 7 |
| 3 | 20,150 | 4,050 | - | 1998. 6.15~1998.10. 2 |
| 4 | 21,100 | 4,420 | - | 1998. 7. 6~1998.10.28 |
| 5 | 13,800 | - | 5,000 | 1998.11.19~1999. 3. 4 |
| 6 | 17,200 | - | 8,600 | 1999. 1. 4~1999. 4.19 |
| 7 | 10,900 | - | 5,000 | 1999. 1.26~1999. 5.11 |

*No. means number of layer(the separating plate of composter), where composting mixture was fed everyday

한 음식물 쓰레기 약 1kg과 신문지를 혼합한 후 투입하였다. 그러나 배출된 건조 퇴비를 수분 조절제로 사용하였을 경우는 건조 퇴비의 부피가 증가하여 매일 약 1kg의 음식쓰레기를 투입할 수 없어(매일 1 kg의 음식쓰레기를 투입할 경우 체류 시간이 단축됨) 퇴비물질의 용기 체류 시간이 15주가 되도록 하기 위하여 투입량을 줄였다. 한 분리 판에 21일간 투입한 후 다른 분리 판을 넣고 다시 21일간 투입하는 과정을 반복하였다. 퇴비화용기가 완전히 차게 되었을 때 분리 판의 수는 총 5개이었다. 투입을 시작하여 그 층에 쌓였던 음식물 쓰레기가 배출될 때까지의 기간은 15주가 걸렸다. 본 실험은 1998년 5월 4일부터 7월 26일까지 실시하였다. 또한 퇴비화 기간 동안에 수분 조절제로 사용된 폐 신문지는 대부분 분해되지 않고 남았기 때문에 이것을 다시 건조시켜 사용할 수 있을 것을 고려하여 다시 사용하는 실험을 1998년 11월 19일~1999년 5월 7일까지 실시하였다. 수분조절제로 폐 신문지를 이용한 경우(No. 1~4)에는 음식쓰레기 1kg에 신문지 200g의 비율로 혼합하였으며, 배출된 퇴비를 건조하여 수분조절제로 재 사용한 경우(No. 5~7)에는 음식쓰레기 1kg에 건조퇴비 400g의 비율로 혼합하여 투입하였다. 음식쓰레기와 수분조절제의 혼합비율 및 실험 기간은 Table 2와 같다.

물리·화학적 성분 분석용 시료는 투입 및 배출 시에 일정량을 취하여 변하기 쉬운 성분은 젖은 시료를 사용하여 분석하였고, 그 이외의 시료는 105°C에서 건조 후 1mm 이하로 분쇄하여 시료로 사용하였다. 측정 및 성분 분석은 한국환경농학회지 제13권 제3호에 따라 실시하였다⁶⁾

결과 및 고찰

초기 퇴비화 물질

퇴비화에 사용된 물질은 가정에서 발생되는 음식물 쓰레기와 수분조절제로서 폐 신문지를 혼합하여 사용하였으며 물리·화학

적 성질은 Table 1과 같다(건조 시료에 대한 물질함량). 음식물 쓰레기의 pH는 4.95~6.10, 수분 73.83~88.02%, NH₃-N 73.83~88.02mg/kg, NO₂⁻-N 316.69~1,329.13mg/kg, NO₃⁻-N 124.99~226.59mg/kg, TKN 2.42~3.20%, 유기물 80.39~88.58%, P₂O₅ 1.03~3.44%, CaO 0.13~0.28%, MgO 0.17~6.54%, K₂O 0.74~2.45%, Hg ND, Cd 0.39~2.28mg/kg, Cu 1.26~10.73mg/kg, Cr 0.8~5.65mg/kg, Pb 5.54~19.25mg/kg, Zn 0.89~3.12mg/kg, As 4.19~8.31mg/kg이었다.

폐 신문지는 pH 8.40, 수분 7.00%, NH₃-N 4.50mg/kg, NO₂⁻-N ND, NO₃⁻-N 0.30mg/kg, TKN 0.07%, 유기물 94.31%, P₂O₅ 0.01%, CaO 1.16%, MgO 0.04%, K₂O 0.03%, Hg ND, Cd ND, Cu 5.40mg/kg, Cr 4.45mg/kg, Pb ND, Zn ND, As 0.76mg/kg이었다.

음식물 쓰레기와 폐 신문지를 혼합하여 소형퇴비화용기에 투입된 혼합물질은 수분 48.55~70.14%, NH₃-N 200.98~886.08mg/kg, NO₂⁻-N 0.81~7.76mg/kg, NO₃⁻-N 79.45~151.06mg/kg, TKN 0.86~2.67%, 유기물 70.82~92.26%, P₂O₅ 0.43~1.85%, CaO 0.02~1.88%, MgO 0.58~8.68%, K₂O 0.17~0.97%, Hg ND, Cd 0.38~3.27mg/kg, Cu 0.70~6.68mg/kg, Cr 1.61~6.58mg/kg, Pb 9.94~32.31mg/kg, Zn 0.38~1.96mg/kg, As 2.86~13.51mg/kg이었다.

물질수지 및 분해율

폐 신문지를 수분조절제로 혼합한 No. 1~4의 평균 물질수지는 Fig. 2와 같다. 21일간 투입된 음식쓰레기와 폐 신문지의 양은 각각 20,812.50g, 4,105.00g이며, 이 때 수분함량은 각각 82%, 7%이었다. 투입 시 혼합된 혼합쓰레기의 양은 24,917.50g 이었으며 이때의 수분은 69.12%이었다. 이 혼합쓰레기를 소형퇴비화용기에서 15주간 경과 한 후 측정된 잔류 양은 15,425.00g이었으며 수분 함량은 82%이었다. 15주가 경과한 후의 건 기준 분해율은 63.92%이었다. 또한 배출된 퇴비를 수분조절제로 재 이용한 No. 5~7의 평균 물질수지는 Fig. 3에 나타내었다. 21일간 투입된 음식쓰레기와 퇴비(대부분 폐 신문지로 구성)의 양은 각각 13,800.00g, 6,200.00g이었으며, 이때 수분함량은 각각 86%, 10%이었다. 투입 시 혼합된 혼합쓰레기의 양은 20,000.00g이었으며 이 때의 수분은 50.53%이었다. 이 혼합쓰레기를 소형퇴비화용기에서 15주간 경과 한 후 측정된 양은 18,366.67g이었으며 수분함량은 68%이었다. 15주가 경과한 후의 건 기준 분해율은 40.80%이었다. 수분 조절제로서 폐 신문지를 사용하였을 때와 배출된 건조 퇴비를 사용하였을 때 건 기준 분해율이 63.92%와 40.08%로 큰 차이를 보였는데 이것은 퇴비화되는 동안 온도의 차이에 인한 것으로 생각되었다.

각 퇴비화 총별 15주 후 건조 물질 분해율은 Fig. 4에 나타내었다. No. 1~4까지의 분해율은 각각 62.3%, 47.77%, 68.47%, 77.02%이었으며, No 5~7까지의 분해율은 52.91%, 32.28%, 39.87% 이었다. No. 1~4 층 중 No. 2 층의 분해율이 가장 낮았다. Fig. 5의 초기 21일 동안 온도범위를 보면 No. 1 층보다 No. 2층의 온도가 높았음에도 불구하고 No. 2 층의 분해율이 No. 1

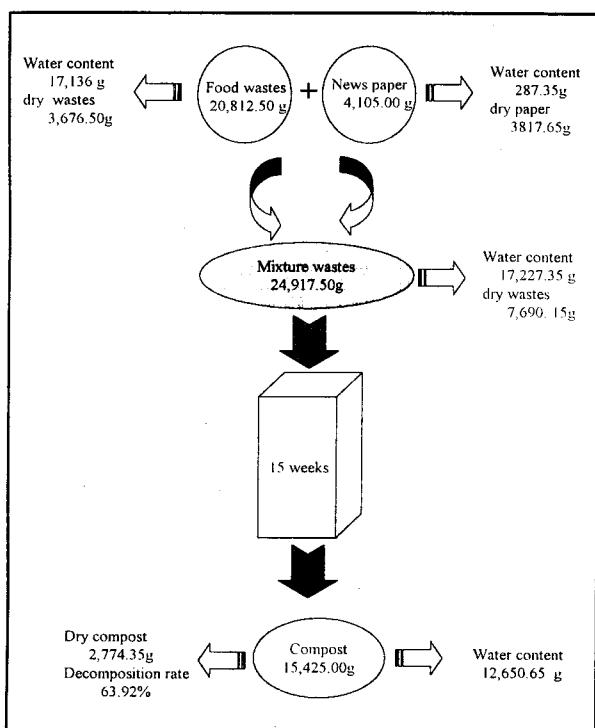


Fig. 2. Averaged material balance of compost layer No. 1~4 with a mixture of food wastes and waste newspapers

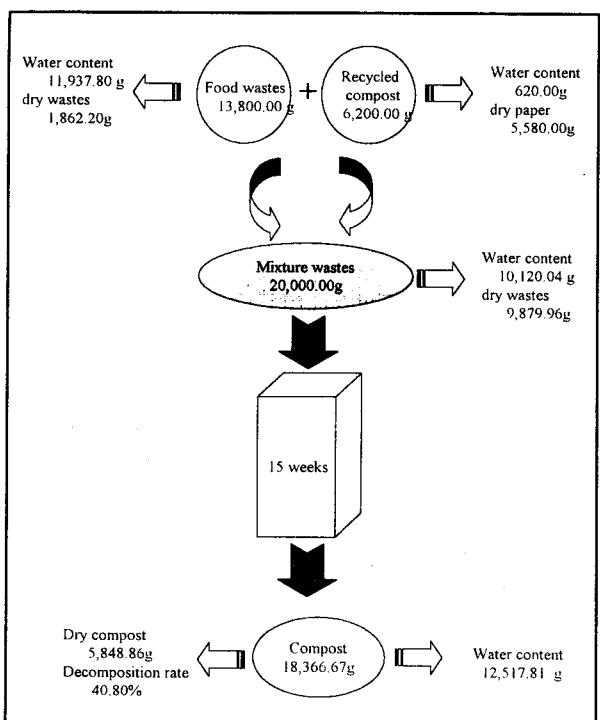


Fig. 3. Averaged material balance of compost layer No. 5~7 with a mixture of food wastes and recycled compost

층의 분해율보다 낮은 것은 투입된 쓰레기 성상의 차이 때문이라고 생각되었다. 수분조절제로 배출된 건조 퇴비를 사용한 No.

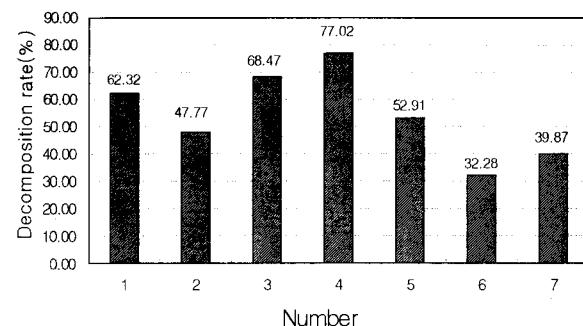


Fig. 4 Decomposition rate on dry matter basis

5~7 층 중 No. 5 층의 분해율이 가장 낮았는데 퇴비화하는 동안 온도와 폐기물 성상의 영향 중 단독 또는 공동의 영향으로 해석될 수 있을 것으로 사료되었다.

온도

Fig. 4는 퇴비화용기의 맨 위에 분리 판을 넣고 매일 약 1kg씩 21일 동안 음식쓰레기를 투입하면서 그 층의 온도를 측정한 것이다. 퇴비화용기의 단열되지 않아 외부 온도의 영향을 받아 최고 도달 온도가 낮았다. 폐 신문지를 혼합한 No. 1에서 No. 4까지는 41.0~53.0°C이었으며 건조 퇴비를 혼합한 No. 5에서 No. 6까지는 19.0~52.0°C이었다. 온도의 변화는 처음부터 서서히 증가하여 최고 온도에 도달된 후 점차로 감소하는 경향을 다 같이 보였다. 초기 No. 4까지는 외기의 기온이 점점 증가되면서 층 내의 온도도 전체적으로 점점 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 No. 5에서 No. 7 까지에서는 No. 6의 층 온도가 가장 낮았다. 이것은 이 때 외기 기온이 가장 낮아 그 영향으로 인하여 층 내의 온도도 가장 낮게 유지되었다. 윤 등은 퇴비화용기를 단열되었을 때 온도가 이보다 훨씬 높게 유지되었다.¹⁾ 따라서 퇴비화에 적절한 온도를 유지하기 위해서는 퇴비화용기를 단열재로 단열되어야 될 것으로 생각되었다.

퇴비의 성상

Fig. 6에는 음식쓰레기, 폐 신문지 또는 배출된 퇴비와 음식쓰레기의 혼합물 및 배출된 퇴비의 수분함량을 나타내었다. 음식쓰레기의 수분함량은 73.83~88.02%이었다. 혼합물은 No. 1~4까지는 67.91~70.14%이었다. 이와는 달리 혼합물 No. 5~7번까지는 48.55~51.62%로 낮았다. 이러한 차이는 초기 No. 4까지 음식쓰레기 1kg과 폐 신문지 200g을 섞었을 때 퇴비화 적정 수분함량 50~60%를 초과하여 No. 5부터는 음식쓰레기 1kg과 배출된 건조 퇴비 400g을 혼합하였기 때문이다. 반면에 배출된 퇴비의 수분함량은 62.39~87.03%로 혼합물의 수분함량보다 훨씬 높았다. 이것은 퇴비화가 진행되면서 유기물들이 대부분 탄산가스와 물로 분해되어 생성된 물과 초기부터 함유되어 있던 물이 퇴비 층의 온

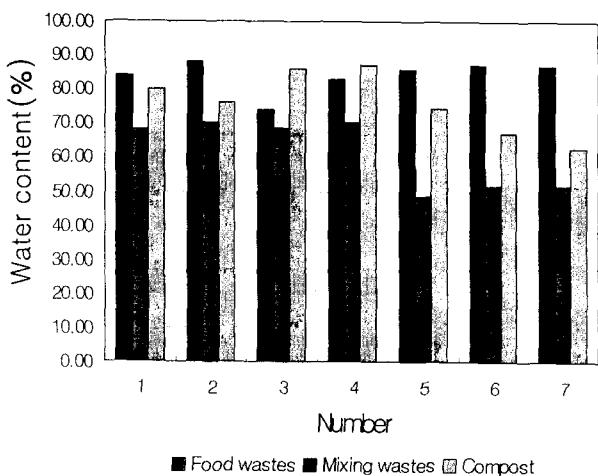


Fig. 5. Temperature ranges of each layer number during the experimental period of early 21 days

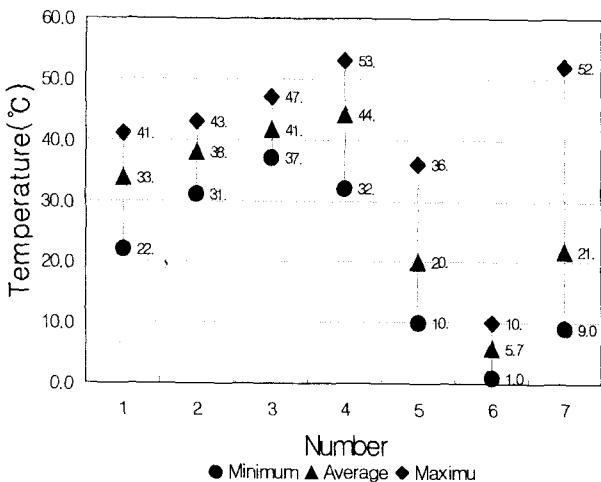


Fig. 6. Variations of water content of composting materials during the experimental period at each layer number

도가 낮아 대부분 증발되지 못하고 잔류하였기 때문이었다. 그 결과 유기물들이 분해되면서 전체적인 유기물의 양이 감소되어 상대적으로 물이 차지하는 비율이 증가하였기 때문이었다.

Fig 7에는 음식쓰레기와 배출된 퇴비의 pH를 나타낸 것이다. 음식물쓰레기 자체의 pH는 4.95~6.10 정도로 낮았다. 그러나 배출된 퇴비의 pH는 7.64~9.17이었다. 특히 No. 1의 경우에는 9.17로 높았다. 유기물질의 분해과정에서 초기에는 유기산 등의 생성으로 pH가 낮으나 퇴비화가 어느 정도 진행되면 pH가 상승하는 것이 일반적이다.

Table 3의 회분 및 유기물 함량을 보면 혼합물의 유기물 함량이 배출된 퇴비에서는 감소하였고 상대적으로 회분함량이 증가되었다는 것을 확인할 수 있었다. 육안으로도 배출된 퇴비 중에는 음식쓰레기의 형태를 알아볼 수 없었고 수분함량이 높은 폐 신문지만 확인 할 수 있었다. 배출된 퇴비의 유기물 함량이 53.6 ~ 84.32%이었다.

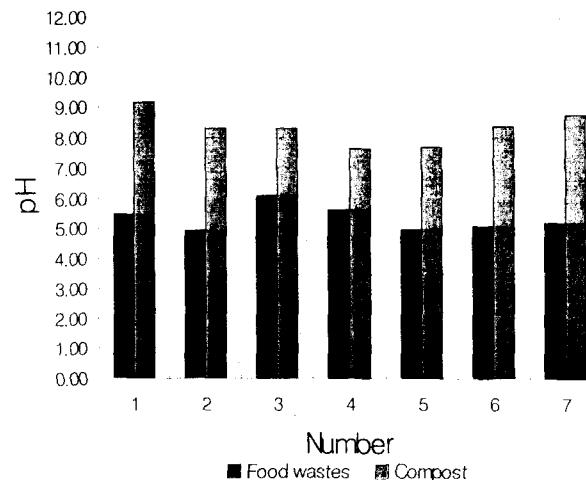


Fig. 7. variations of pH during the experimental period at each number

Table 3. Ash/organic matter content of composting raw materials and composts at each layer number(unit on dry matter basis)

| No. | Sample | Mixing raw wastes | | Compost | |
|-----|--------|-------------------|-------------------|---------|-------------------|
| | | Ash(%) | Organic matter(%) | Ash(%) | Organic matter(%) |
| 1 | | 7.74 | 92.26 | 15.68 | 84.32 |
| 2 | | 8.33 | 91.67 | 21.36 | 78.64 |
| 3 | | 13.06 | 86.94 | 28.33 | 71.67 |
| 4 | | 13.54 | 86.46 | 35.82 | 64.18 |
| 5 | | 28.65 | 71.35 | 29.93 | 70.07 |
| 6 | | 31.19 | 68.81 | 46.40 | 53.60 |
| 7 | | 29.19 | 70.82 | 38.09 | 61.91 |

Table 4에는 각종 형태별 질소함량을 나타내었다. 음식쓰레기와 수분 조절제를 혼합한 혼합물의 kjelhahl 질소함량은 No. 1~4까지는 0.86~1.32%이었으며 No. 5~7까지는 2.19~2.45%이었다. No. 5~7까지의 질소함량이 No. 1~4까지의 질소함량보다 높은 것은 No. 5~7까지는 배출된 건조 퇴비가 수분조절제로 사용되어 수분 조절제의 질소함량이 높았기 때문이었다. 배출된 퇴비의 질소함량은 No. 1~4까지는 1.40~2.45%이었으며 No. 5~7까지는 3.27~3.60%이었다. 초기 혼합물의 질산성 질소의 함량은 79.45~151.06mg/kg이었으며 배출된 퇴비의 질산성 질소함량은 1.39~65.91mg/kg이었다. 또한 초기 혼합물의 아질산성 질소함량은 0.81~7.69mg/kg이었으며 배출된 퇴비의 아질산성 질소함량은 0.35~20.73mg/kg이었다. 산화형 총 질소함량이 초기 혼합물보다 배출된 퇴비에서 낮았던 것으로 보아 퇴비화가 진행되는 동안 산소의 공급이 원활하지 못하였던 것으로 추정되었다. 초기 혼합물의 암모니아성 질소의 함량은 No. 1~4까지는 200.98~886.08mg/kg이었으며 No. 5~7까지는 361.23~476.35mg/kg이었다. 배출된 퇴비 중의 암모니아성 질소함량은 No. 1~4까지는 2271.13~6259.59mg/kg이었으며 No. 5~7까지는 471.17~596.10mg/kg으로 수분 조절제로

Table 4. Total kjeldahl nitrogen, nitrate, nitrite, ammonia nitrogen content of composting raw materials and composts at each layer number(unit on dry matter basis)

| Item | No. | Sample | |
|-----------------------------------|-----|-------------------|----------|
| | | Mixing raw wastes | Compost |
| TKN (%) | 1 | 1.00 | 1.80 |
| | 2 | 0.86 | 1.40 |
| | 3 | 1.06 | 2.45 |
| | 4 | 1.32 | 2.33 |
| | 5 | 2.67 | 3.27 |
| | 6 | 2.19 | 3.60 |
| | 7 | 2.45 | 3.32 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/kg) | 1 | 127.08 | 1.39 |
| | 2 | 151.06 | 6.94 |
| | 3 | 79.45 | 65.91 |
| | 4 | 85.61 | 26.47 |
| | 5 | 102.11 | 5.90 |
| | 6 | 121.11 | 5.22 |
| | 7 | 115.17 | 2.83 |
| $\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/kg) | 1 | 0.81 | 0.72 |
| | 2 | 1.22 | 1.81 |
| | 3 | 7.69 | 0.35 |
| | 4 | 3.42 | 20.73 |
| | 5 | 1.04 | 1.42 |
| | 6 | 1.12 | 0.69 |
| | 7 | 2.86 | 1.06 |
| $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/kg) | 1 | 201.71 | 2,271.13 |
| | 2 | 886.08 | 2,742.51 |
| | 3 | 200.98 | 5,851.91 |
| | 4 | 293.30 | 6,259.59 |
| | 5 | 476.35 | 476.28 |
| | 6 | 467.90 | 471.17 |
| | 7 | 361.23 | 596.10 |

폐 신문지를 사용하였을 때보다 배출된 건조 퇴비를 사용하였을 때가 뚜렷하게 낮았다.

Table 5에는 각종 중금속 함량을 나타내었다. 초기 퇴비화 물질의 중금속 함량의 범위는 Zn 0.38~1.96mg/kg, Pb 9.94~32.31mg/kg, Cd 0.38~3.27mg/kg, Cr 1.61~6.58mg/kg, Cu 0.70~6.68mg/kg, As 4.37~13.51mg/kg, Hg ND이었다. 15주 후 배출된 퇴비 중의 중금속 함량 범위는 Zn 0.60~5.77mg/kg, Pb 13.03~68.62mg/kg, Cd 1.20~6.29mg/kg, Cr 4.01~17.08mg/kg, Cu 2.1~15.44mg/kg, As 4.97~15.88mg/kg, Hg ND이었다. 초기 퇴비화 물질의 유기성분들이 분해로 인하여 상대적으로 배출된 퇴비 중의 중금속함량이 증가하였다. 수분조절제로 폐 신문지를 사용한 No. 1~4번 층에서 보다 배출된 건조 퇴비를 사용한 No. 5~7번 층에서 배출된 퇴비 중의 중금속 함량이 뚜렷하게 높았다. 이러한 원인은 한번 수분 조절제로서 사용한 것이 다시 수분 조절제로 재 사용되었기 때문이었다.

Table 5. Heavy metal content of composting raw materials and composts at each layer number(unit on dry matter basis)

| Item | No. | Sample | |
|------------|-----|-------------------|---------|
| | | Mixing raw wastes | Compost |
| Zn (mg/kg) | 1 | 0.58 | 0.60 |
| | 2 | 0.38 | 1.80 |
| | 3 | 0.60 | 1.74 |
| | 4 | 1.29 | 1.99 |
| | 5 | 1.79 | 5.04 |
| | 6 | 1.88 | 5.64 |
| | 7 | 1.96 | 5.77 |
| Pb (mg/kg) | 1 | 9.94 | 13.03 |
| | 2 | 10.21 | 19.75 |
| | 3 | 11.08 | 29.81 |
| | 4 | 13.58 | 28.69 |
| | 5 | 19.60 | 64.42 |
| | 6 | 32.31 | 68.62 |
| | 7 | 28.28 | 65.23 |
| Cd (mg/kg) | 1 | 0.97 | 1.20 |
| | 2 | 0.38 | 2.21 |
| | 3 | 1.06 | 3.02 |
| | 4 | 1.19 | 2.29 |
| | 5 | 2.19 | 6.07 |
| | 6 | 3.27 | 6.29 |
| | 7 | 2.26 | 6.19 |
| Cr (mg/kg) | 1 | 2.34 | 4.01 |
| | 2 | 1.61 | 5.71 |
| | 3 | 2.56 | 5.12 |
| | 4 | 3.37 | 6.67 |
| | 5 | 5.67 | 14.40 |
| | 6 | 5.55 | 15.28 |
| | 7 | 6.58 | 17.08 |
| Cu (mg/kg) | 1 | 1.75 | 2.10 |
| | 2 | 2.18 | 6.31 |
| | 3 | 0.70 | 2.83 |
| | 4 | 2.97 | 6.77 |
| | 5 | 6.27 | 15.44 |
| | 6 | 3.07 | 8.25 |
| | 7 | 6.68 | 10.10 |
| As (mg/kg) | 1 | 4.76 | 4.97 |
| | 2 | 4.37 | 6.61 |
| | 3 | 8.77 | 10.15 |
| | 4 | 2.86 | 6.98 |
| | 5 | 9.53 | 10.43 |
| | 6 | 13.51 | 17.50 |
| | 7 | 11.84 | 15.88 |
| Hg (mg/kg) | 1 | ND | ND |
| | 2 | ND | ND |
| | 3 | ND | ND |
| | 4 | ND | ND |
| | 5 | ND | ND |
| | 6 | ND | ND |
| | 7 | ND | ND |

Table. 6. Inorganic compound content of composting raw materials and composts at each number(unit on dry matter basis)

| Item | No. | Sample | |
|-----------------------------------|-----|-------------------|---------|
| | | Mixing raw wastes | Compost |
| CaO (%) | 1 | 0.02 | 0.08 |
| | 2 | 0.05 | 0.22 |
| | 3 | 0.07 | 0.43 |
| | 4 | 0.78 | 1.91 |
| | 5 | 0.22 | 1.51 |
| | 6 | 0.47 | 1.60 |
| | 7 | 1.88 | 2.44 |
| MgO (%) | 1 | 0.58 | 1.46 |
| | 2 | 1.06 | 2.80 |
| | 3 | 1.19 | 2.94 |
| | 4 | 0.97 | 2.80 |
| | 5 | 2.36 | 2.14 |
| | 6 | 2.38 | 2.68 |
| | 7 | 2.68 | 2.69 |
| K ₂ O (%) | 1 | 0.55 | 1.05 |
| | 2 | 0.41 | 0.98 |
| | 3 | 0.22 | 0.73 |
| | 4 | 0.79 | 0.17 |
| | 5 | 0.97 | 2.71 |
| | 6 | 0.80 | 2.15 |
| | 7 | 0.17 | 2.28 |
| P ₂ O ₅ (%) | 1 | 0.43 | 0.96 |
| | 2 | 0.81 | 3.33 |
| | 3 | 1.85 | 1.35 |
| | 4 | 0.95 | 1.18 |
| | 5 | 0.84 | 2.80 |
| | 6 | 1.09 | 1.11 |
| | 7 | 0.90 | 1.18 |

Table 6에는 초기 퇴비화 물질과 배출된 퇴비 중의 비료성분 함량을 나타내었다. 초기 퇴비화 물질 중 각종 함량은 CaO 0.02~0.47%, MgO 0.58~2.68%, K₂O 0.17~0.97%, P₂O₅ 0.43~1.85%였다. 배출된 퇴비 중의 함량은 CaO 0.08~2.44%, MgO 1.46~2.94%, K₂O 0.17~2.71%, P₂O₅ 0.96~3.33%이었다. 중금속의 함량에서와 마찬가지로 유기물이 분해되면서 각종 성분들의 농축으로 인하여 배출된 퇴비 중의 각종 비료 성분 함량이 높았다.

요 약

단열이 되지 않은 소형 퇴비화용기를 이용하여 가정에서 발생되는 폐기물 중 종이류를 제외한 퇴비화 가능한 폐기물을 퇴비화하였다. 수분 조절제로서 가정에서 발생되는 폐 신문지를 사용하였다. 초기 퇴비화 혼합물질이 투입되기 시작하여 15주 후에 배출되었다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다 :

퇴비화용기가 단열재로 보온되지 않아 외부 온도의 영향을 크

게 받았다. 따라서 퇴비화 후 건조물질 기준으로 분해율은 32.2~77.02%로 외부 온도에 따라 차이가 현저하였다. 폐 신문지를 혼합하여 초기 수분을 48.55~70.14%로 조절하였음에도 배출된 퇴비의 수분 함량은 62.38~87.03%로 높았으며 pH는 7.64~9.17이었다. 배출된 퇴비 중 회분 및 총 질소 함량은 증가하였으나 NO₃⁻-N, NO₂⁻-N, NH₄⁺-N 함량은 어떠한 경향을 보이지 않았다. 배출된 퇴비 중 중금속 및 비료성분의 함량은 초기 퇴비화 혼합물질보다 증가하였다. 수분 조절제로 폐 신문지를 1회 사용하였을 때 배출된 퇴비 중의 중금속 함량은 Zn 0.60~1.99mg/kg, Pb 5.77~29.81mg/kg, Cd 1.20~3.02mg/kg, Cr 4.01~6.67mg/kg, Cu 2.10~6.77mg/kg, As 4.97~10.15mg/kg, Hg ND이었으며 비료성분 함량은 CaO 0.08~1.91%, MgO 1.46~2.80%, K₂O 0.17~1.05%, P₂O₅ 0.96~3.33%이었다. 그러나 배출된 건조 퇴비를 재사용하였을 때 배출된 퇴비 중의 중금속 함량은 Zn 5.04~5.77mg/kg, Pb 64.42~68.62mg/kg, Cd 6.07~6.29mg/kg, Cr 14.40~17.08mg/kg, Cu 6.77~15.44mg/kg, As 10.4~31~17.50mg/kg, Hg ND이었으며 비료성분 함량은 CaO 1.51~2.44%, MgO 2.14~2.69%, K₂O 2.15~2.71%, P₂O₅ 1.11~2.80%이었다.

참 고 문 헌

- Yoon, E.J. (1999) A study on the possibility of using newspapers as humidity conditioner for the household garbage composting, Master' thesis of Changwon National University
- B. Jaeger (1986) Dezentrale Kompostierung von Kuechen und Gartenabfaellen in dichtbesiedelten Wohngebieten
- 서정윤 (1996) 음식물 쓰레기 퇴비화 첨가제에 대한 연구, LG 전자(주) 생활시스템연구소
- Hwang, E.J. (1993) Effect of bulking agent on garbage composting, Master' thesis of Korea Advanced Institute of Science and Technology
- Haug, Roger Tim (1980) Compost engineering, Principles and Practice I, Ann Arbor Science Publishers, Inc.
- Seo, J.Y. and Joo, W.H. (1994) Decentralized composting of garbage in a small composter for dwelling house, I. Laboratory composting of the household garbage in a small bin, Korean Journal of Environmental Agiculture, Vol. 13, No. 3, pp. 321-337