*Korean J. Environ. Agric.*
*Vol. 14, No. 2, August 1995*

# 가정용 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 분산식 퇴비화

## III. 실험실조건에서 이중벽 소형 용기에 의한 퇴비화 연구

서정윤* · 주우홍**

# Decentralized Composting of Garbage in a Small Composter for Dwelling House

## III. Laboratory Composting of the Household Garbase in a Small Bin with the Double Layer Walls

Jeoung-Yoon Seo*, Woo-Hong Joo**

## Abstract

The garbage from the dwelling house was composted in two kinds of small composter in the laboratory, and the possibility of garbage composting was examined. The composters were general small. One (type 3) was constructed with the double layer walls and the other (type 4) was the same as the first except for being insulated. Because it was found that type 3 was not available for composting under our meteorological conditions through the winter experiment, only type 4 was tested in spring and summer. The experiment was performed for 8 weeks in each season. The seasonal variation of several components in the compost was evaluated and discussed. The results summarized below were those obtained at the end of the experiment, if the time was not specified.

1) The maximum temperature was 43°C in winter, 55°C in spring and 56°C in summer.

2) The mass was reduced to an average of 63% and the volume reduction was an average of 78%.

3) The density was estimated as 1.5 kg/l in winter and 0.8 kg/l in spring and summer.

4) The water content was not much changed during the composting periods. It was 79.3% in winter, 75.0% in spring and 70.0% in summer.

5) After pH value increased during the first week, it decreased until the second week and increased again continuously thereafter. It reached pH 6.19 in winter, pH 7.59 in spring and pH 8.69 in summer.

* 창원대학교 공과대학 (College of Engineering, Changwon National Univesity, Changwon 641-773, Korea)
** 창원대학교 자연과학대학 (College of Natural Science, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea)

6) The faster the organic matter was decomposed, the greater the ash content increased. The contents of cellulose and lignin increased, but that of hemicellulose decreased during the composting period.

7) Nitrogen contents were in the range of 3.3−6.8% and especially high in summer. After ammonium contents increased at the early stage of the composting period, they decreased. The maximum ammonium-nitrogen content was 2,404mg/kg after 8 weeks in winter, 12,400mg/kg after 3 weeks in spring and 20,718mg/kg after 3 weeks in summer. C/N-ratios decreased with the lapse of composting time, but they were not much changed. Nitrification occurred actively in summer.

8) The contents of volatile and higher fatty acids increased at the early stage of composting and reduced after that. The maximum content of total fatty acid was 9.7% after 6 weeks in winter, 14.8% after 6 weeks in spring and 15.8% after 2 weeks in summer.

9) The contents of inorganic components were not accumulated as composting proceeded. They were in the range of 0.9−4.4% $P_2O_5$, 1.6−2.4% $K_2O$, 2.2−5.4% CaO and 0.30−0.61% MgO.

10) CN and heavy metal contents did not show any tendency. They were in the range of 0.21−14.55mg/kg CN, 11−166mg/kg Zn, 5−65mg/kg Cu, 0.5−10.8mg/kg Cd, 6−35mg/kg Pb, ND−33 mg/kg Cr and ND−302.04 g/kg Hg.

## 서 론

우리의 생활쓰레기는 1990년도의 경우 매립 93.0%, 소각 1.8%, 재활용이 4.6%로 거의 대부분이 매립되고 있는 실정이나 소각장 건설에는 막대한 경비가 소요되기 때문에 당분간은 이러한 매립에 의존하지 않을 수 없을 것이다. 그러나 앞으로 새로운 매립지 확보는 지역이기주의(Not in my back yard: NIMBY)로 인하여 대단히 어려울 것이 예상되므로 각종 폐기물 처리방법들을 적절하게 조화시켜 가급적 매립 의존도를 줄여야 할 것이다.

이상적인 폐기물관리를 위해서는 무엇보다 먼저 발생량을 줄이기 위한 최대한의 노력이 선행되어야 하며, 이러한 노력에도 불구하고 발생된 폐기물은 발생장소에서 분리, 수거되어 재활용되고, 재활용 불가한 것만 소각, 퇴비화 또는 매립되어야 한다. 그러나 매립장에 의한 2차 환경오염을 고려한다면 매립되어져야 할 성분량을 줄여야 하며, 이를 위하여 소각 및 퇴비화를 모색해야 할 것으로 생각된다.

소각은 최종 처분되어져야 할 폐기물량을 최소한으로 줄일 수 있으면서 가장 위생적인 폐기물 처리방법이기 때문에[1] 정부에서도 재정이 확보되는 대로 소각장 건설을 계획하고 있으나, 퇴비화는 별다른 관심을 보이고 있지 않다. 최근 생활쓰레기 분석결과에 의하면 음식쓰레기가 약 40%를 차지하고 있고, 또한 이것은 수분을 거의 80% 이상 함유하고 있다. 그러므로 이들이 다른 가연성 쓰레기와 함께 소각된다면 함유되어 있는 수분이 기화하면서 많은 열량을 소비하기 때문에 큰 열량 손실이 발생하게 된다. 그러나 음식물 쓰레기를 제외한 가연성 쓰레기만 소각한다면 열 이용효율을 증가시킬 뿐만 아니라 소각장 시설규모가 작아지므로 이에 상당하는 경비도 절감하게 될 것이다. 따라서 음식쓰레기 및 퇴비화 할 수 있는 젖은 쓰레기는 소각 대상에서 제외되어야 하며, 분리 퇴비화하여 다시 재활용되어야 할 것이다.

퇴비화방법은 일반적으로 집중식 및 분산식으로 분류하고 있으나 집중식은 퇴비장 건설에 막대한 경비가 필요하고, 또한 퇴비 중 중금속 및 불순물 함량 증가를 초래하여 생산된 퇴비 사용에 문제점이 발생한다[2, 3]. 그러나 분산식 퇴비화는 폐기물 발생장소에서 분리되어 퇴비화되므로 퇴비 중 오염물질

함량을 줄일 수 있고 또한 수거되어야 할 양(무게로 약 60% 이상) 및 부피(발생 당시의 약 1/3로 줌)[4] 가 감소되는 등 집중식 퇴비화 보다 이점이 있다. 따라서 양질의 퇴비를 생산하여 현재의 매립장까지의 3배 떨어진 장소까지 같은 비용으로 운반이 가능하여 추가 부담없이 사용자에게 퇴비를 공급함으로서 매립에 의한 막대한 비용 및 2차오염을 줄일 수 있을 것이 예상되어 생활쓰레기가 발생되는 각 가정에서 퇴비화할 수 있는 쓰레기를 분리 수거하여 퇴비화하려는 시도들이 이루어 지고 있다. 그리하여 본 연구에서는 실험실에서 용기의 벽을 이중으로 만든 소형 퇴비화용기를 이용하여 음식쓰레기의 퇴비화 가능성 여부를 검토하였다.

## 실험 및 분석방법

### 1. 소형퇴비화용기

소형퇴비화용기는 Fig. 1과 같이 2 종류를 제작하여 실험에 사용하였다. 본 용기는 벽이 이중으로 되어 있어 바깥벽과 내부벽 사이로 공기가 자유롭게 유통될 수 있도록 하였으며 특히 내부벽은 직경 2 mm 구멍을 10mm 간격으로 뚫어 다공성으로 하여 퇴비 내부에 산소 공급이 원활하도록 하였다. 두 용기의 차이점을 보면 Type 3은 용기 구조는 같으나 보온을 하지 않았고 type 4는 같은 용기이나 50 mm 뚜께의 스치로폴로 보온을 하였다. 각 용기의 내부에는 매주 투입되는 퇴비원료물질이 구분될 수 있도록 사각형 다공판을 넣고 이 판이 퇴비물질과 함께 아래로 이동하여 용기바닥으로부터 200mm 상부 벽에 만들어져 있는 턱에 걸려 더 이동하지 못하도록 하였다. 필요시에 이 판을 앞쪽으로 당겨 빼내면 본 층의 퇴비는 아래 공간에 모이고 그 바로 위 층의 판이 중력에 의하여 아래로 이동하여 턱에 걸려 고정되므로서 위 층의 아무런 영향을 받지않고 아래 층의 퇴비를 제거할 수 있도록 하였다.

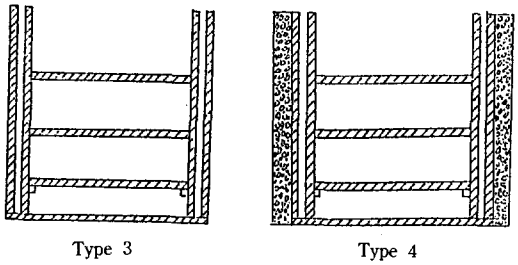


**Fig. 1. Types of composter.**

### 2. 퇴비원료물질 및 투입방법

퇴비원료물질은 한 아파트를 선정하여 비치되어 있는 쓰레기통에서 부엌쓰레기를 분리한 후, 실험실로 옮겨 퇴비화용기에 계획에 따라 투입하였다. 처음 투입할 때는 퇴비화용기의 절반 정도를 왕겨로 채우고 그 바로 위 한 층에 퇴비화물질을 약 15cm 뚜께로 투입하므로서 처음 투입되는 층이 가급적이면 외부의 직접적인 영향을 받지 않도록 하였다. 또한 한 층에 퇴비원료물질이 투입되면 1 주 내지 2 주일동안 그 상태에서 퇴비화를 진행시킨 후 그 위 층에 새로운 퇴비원료물질을 투입하였다. 퇴비원료물질 투입시기는 처음 1개월은 매주, 두번째 1개월은 2주에 한번 투입하여 총 2개월간 퇴비화시킨 후 퇴비를 회수하도록 하였다.

### 3. 실험기간, 시료채취 및 조제

실험은 각 계절별 Table 1과 같이 실시하였고 시료는 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8주 마다 같은 층에서 채취하였다. 채취된 시료는 건조시에 변하는 성분은 건조시키지 않고 젖은 상태로 채취 후 가위로 적당히 잘라서 분석하였으며 그 외의 성분은 시료를 105° C에서 건조시킨 후 1mm 이하의 크기로 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다.

**Table 1. Experimental period.**

| season | spring | summer | winter |
|---|---|---|---|
| period | 1993.3.19.-5.14. | 1993.7.5.-8.30. | 1992.12.17.-1993.2.11. |

### 4. 측정 및 분석방법

측정 및 분석방법은 전보와 같은 방법[5]으로 하였

다.

## 결과 및 고찰

두 용기의 퇴비화시간의 경과에 따른 퇴비 중의 온도변화를 Fig. 2 및 3에 나타내었다. 온도변화는 일반적으로 퇴비화과정중에 옮겨쌓기를 해줄 때와 같이 상승, 하강이 반복되는 것을 볼 수 있었는데 이것은 용기자체가 퇴비화에 필요한 산소를 상당히 원활하게 공급해 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다. 먼저 겨울철 실험에서 두 용기의 상승한 최고온도를 보면 보온을 하지 않았을 때(Type 3) 38°C, 보온을 하였을 때(Type 4) 43°C 였다. 이러한 온도들은 병원균의 완전한 파괴를 보장할 수 있는 온도[5~7]로는 간주하기 어려우나 Type 4의 43°C는 외국에서 사용되고 있는 퇴비화용기의 최고온도[2]와 비교할 때 사용해도 무방한 것으로 판단된다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 우리나라의 겨울철 기후여건하에서는 2중벽으로 된 퇴비화용기를 사용하여 퇴비화하더라도 반드시 용기의 보온이 필요하다는 것이 입증되었다. Type 4의 계절별 온도변화에서 봄철의 최고온도는 55°C, 여름철에는 56°C로 병원균를 파괴하기에는 충분했으며 여름철과 봄철에 최고온도

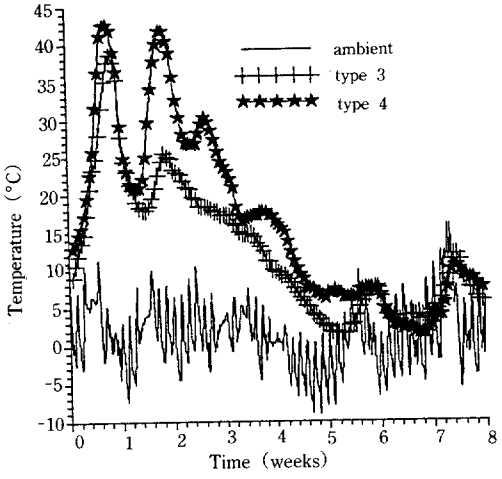


**Fig. 2. Temperature evolution in the bin-type composter in winter.**

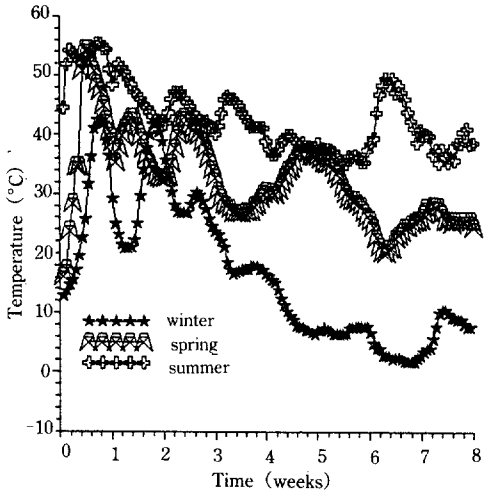


**Fig. 3. Seasonal temperature evolution in the bin-type composter(type 4).**

의 차이가 크지 않았던 것은 여름철에 초기부터 온도가 높아 유기물의 분해가 활발하여 퇴비 전체의 양이 빠른속도로 감소되어 발생열을 충분히 유지할 수 없었기 때문으로 생각된다. 그러나 퇴비화 전 기간을 비교하면 여름철이 봄철보다는 훨씬 높게 온도가 유지되었다는 것을 알 수 있었다. 이상의 온도변화에서 볼 때 type 3는 겨울철에 온도가 낮아 실용성이 없는 것으로 판단되어 계속되는 계절적 실험에서 제외하고 Type 4만으로 실험을 계속하였다.

Fig. 4에는 퇴비화기간에 따른 퇴비물질의 계절별 수분을 포함한 무게의 변화를 나타내었다. 우선 겨울철에 보온을 했을 때와 하지 않았을 때를 비교해 보면 보온을 한 Type 4에서 보온을 하지않은 Type 3에서 보다 분해가 빠르다는 것을 볼 수 있었고 Type 4에서의 계절적인 변화를 보면 봄철보다는 기온이 높은 여름철에 유기물 분해가 훨씬 빨랐다는 것을 알 수 있었다. 그러나 Type 4에서 4주까지 봄철보다 겨울철에 오히려 유기물 분해속도가 빨랐는데 그 원인은 규명되지 못했다. 특히 여름철에는 지속적으로 온도가 높게 유지되어 4주째에 유기물 분해가 거의 완료된 것을 볼 수 있었다. 8주째에 봄철과 여름철에 7주째보다 큰 차이는 아니지만 오

히려 무게가 증가된 것은 동일층에서 무게의 감소를 조사하지 않고 여러층에서 조사된 것을 한 그림표에 작성한 결과로 각 층의 조건이 약간씩 달랐기 때문으로 생각된다. 8주 후 Type 3에서 겨울철 40.5%, Type 4에서는 겨울철 46.5%, 봄철 61%, 여름철 82.5%, 3 계절 평균 63.3%의 무게가 감소되어 용기벽을 이중으로 하지 않았을 때[7]와 거의 비슷한 무게의 감소를 나타내었으며 역시 계절별로는 상당한 차이를 보였다.

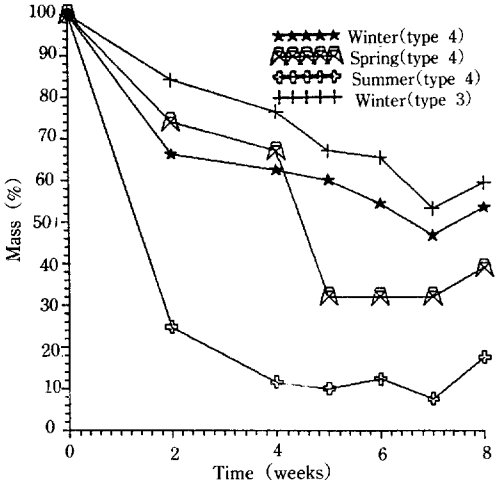


**Fig. 4. Mass evolution of the compost during the experimental period.**

Fig. 5에서 퇴비화시간의 경과에 따른 부피변화를 보면 봄철을 제외하고는 3주 내지 4주까지 급속히 감소한 후 완만한 감소경향을 보였으나 봄철에는 첫주에 크게 감소한 후 대단히 완만하게 감소하였다. 일반적으로 부피변화에는 퇴비물질의 무게에 의한 물리적 압축과 퇴비물질의 생물학적 분해[8]에 의하여 부피의 감소가 초래되지만 봄철에 첫주 후 부피의 감소가 대단히 완만하게 감소한 것은 이상의 두가지 이유로도 설명이 되지 않기 때문에 퇴비층 사이에 있는 분리판이 아래로 이동하면서 공간이 생겨 실제 부피의 변화에 영향을 받지 못한 것으로 생각된다. 초기 퇴비물질의 부피와 비교하여 8주 후 Type 4에서는 봄철 67%, 여름철 87%, 겨울철 81%로 평균 78%, Type 3에서는 겨울철 69%의 부피를 감소시켰다. 따라서 본 퇴비화용기에서도 발생 당시 쓰레기 부피의 약 3배 정도 부피감소가 예상되며 운반비의 추가부담 없이 현재 매립장 까지 거리의 3배되는 장소까지 수송이 가능하여 퇴비 사용자들에게 퇴비를 공급함으로서 농업과 연결되는 완전한 폐기물 처리를 할 수 있을 것으로 여겨진다[7].

퇴비화과정중 밀도변화를 Fig. 6에 나타내었다.

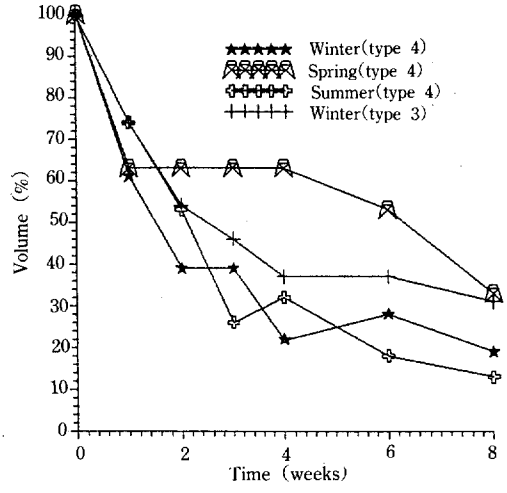


**Fig. 5. Volume evolution of the compost during the experimental period.**

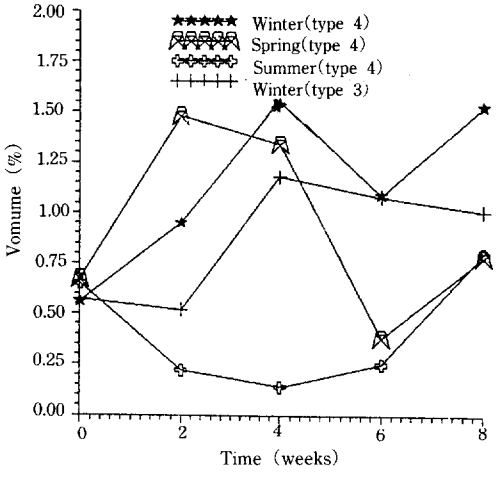


**Fig. 6. Density evolution of the compost during the experimental period.**

우선 겨울철의 밀도변화를 보면 시간의 경과에 따른 증가경향을 확인할 수 있었다. 봄철에는 첫주에 증가하였다가 후반에 오히려 감소하였다. 이것은 시간의 경과에 따라 증가하는 일반적인 경향과는 달리 부피변화에서 설명된 바와 같이 분리판 사이의 공간형성에 의한 것으로 생각된다. 그러나 여름철에는 초기에 유기물 분해가 너무 빨라 오히려 감소하였으며 후반에 다시 증가하게 된 것은 퇴비층이 아래로 이동되면서 윗층에 퇴비물질의 증가에 따른 무게에 의한 압축현상 때문으로 여겨진다[7]. 8주 후 Type 3에서 겨울철 1.01kg/l, Type 4에서 겨울 1.53 kg/l, 봄철 0.78kg/l, 여름철 0.80kg/l였다.

Table 2에 퇴비화 진행 시간에 따른 수분함량변화를 나타내었다. 수분함량은 전 기간을 통하여 큰 변화가 없음을 볼 수 있었다. 일반적으로 수분의 유실이 없다면 시간의 경과에 따라 유기물이 분해되면서 물이 생성되기 때문에 수분함량은 증가해야 한다. 그러나 별 변동없이 유지된 것은 과도한 수분이 아래로 흘려내려 유실되었기 때문으로 생각된다. 8주 후 Type 4에서 겨울철 79.3%, 봄철 75.0%, 여름철 70.0%, Type 3에서 겨울철 73.9%였다. 여름철에 수분함량이 다른 계절에 비하여 대체로 높았다. 따라서 Type 4로 퇴비화 할 때 높은 수분함량이 문제점이 될 것으로 여겨진다.

Fig. 7의 퇴비화과정 중 pH의 변화를 보면 모두 첫주에 증가한 후 2주째에는 감소하였다. 그 이후는

**Table 2. Water content evolution of the compost during the experimental period (unit : %)**

| time (weeks) \ vessel type | type 4 | | | type 3 |
|---|---|---|---|---|
| season | winter | spring | summer | winter |
| 0 | 75.0 | 67.4 | 85.4 | 75.0 |
| 1 | 75.6 | 79.7 | 82.8 | 77.8 |
| 2 | 73.7 | 81.4 | 81.0 | 76.2 |
| 3 | 73.3 | 77.7 | 81.6 | 76.2 |
| 4 | 75.0 | 73.6 | 81.9 | 75.2 |
| 6 | 76.9 | 79.5 | 73.1 | 83.5 |
| 8 | 79.3 | 75.0 | 70.0 | 73.9 |

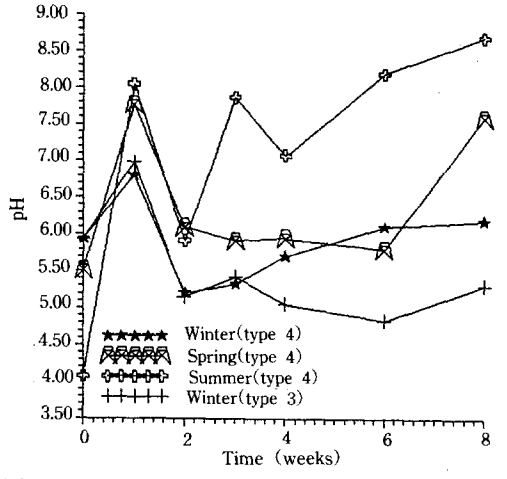


**Fig. 7. pH evolution of the compost during the experimental period.**

차이는 있으나 증가하였다. 겨울철보다는 여름철에 pH의 증가가 큰 것으로 보아 유기물 분해속도와도 관계가 있음이 확인되었다. 첫째주에 pH가 증가한 것은 질산성 및 아질산성 질소가 크게 감소한 반면 유기산 및 암모니아성 질소의 생성량은 상대적으로 크지 않았기 때문으로 생각되며 2주째에 다시 감소한 것은 다량의 유기산 생성에 기인된 것으로 여겨진다. 8주 후 Type 4에서 pH는 겨울철 6.19, 봄철 7.59, 여름철 8.69, Type 3에서는 겨울철에 5.31이였다.

Fig. 8에서 퇴비화 시간 경과에 따른 회분함량의 변화를 보면 여름철을 제외하고는 큰 변화를 볼 수 없었다. 겨울 및 봄철에 함량이 별 변화가 없었던 것은 유기물의 분해에 의하여 생성되는 회분이 과도한 수분에 의하여 아래로 씻겨내렸기 때문이며[7,8] 여름철에는 유실이 생기더라도 유기물 분해가 대단히 커서 회분함량이 증가한 것으로 생각된다. 8주 후 Type 4에서 겨울철 21.6%, 봄철 28.2%, 여름철 50.3%, Type 3에서 겨울철에 18.8%였다.

Fig. 9의 퇴비화 시간의 경과에 따른 유기물함량 변화를 보면 우선 여름철 후반 2주를 제외하고는 큰 변동이 없음을 알 수 있었다. 그리고 봄철에는 초기 2주까지 크게 감소하였으나 여름철에는 오히려 후

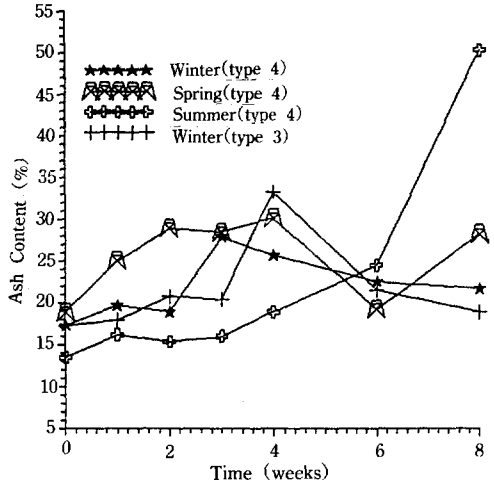


Fig. 8. Ash content evolution of the compost during the experimental period.

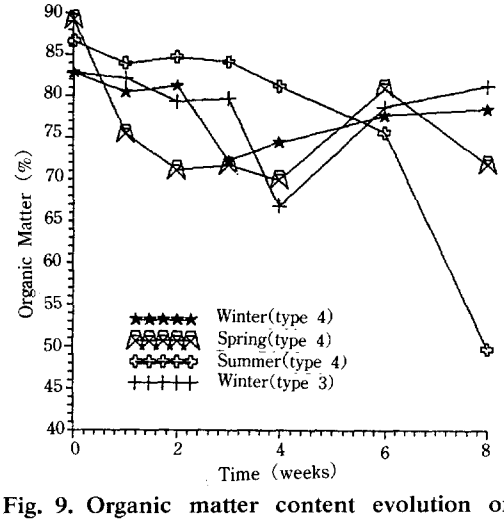


Fig. 9. Organic matter content evolution of the compost during the experimental period.

반 2주에 크게 감소하여 뚜렷한 차이를 보였다. 이러한 원인은 무기화된 회분이 수분과 함께 언제 씻겨내리느냐에 따라 유기물함량에 보다 큰 변동을 가져올 수 있기 때문이다. 따라서 봄철에는 초반에 수분함량이 낮아 적은 량의 회분이 유실되었기 때문이며 여름철에는 6주째 수분함량이 높았음에도

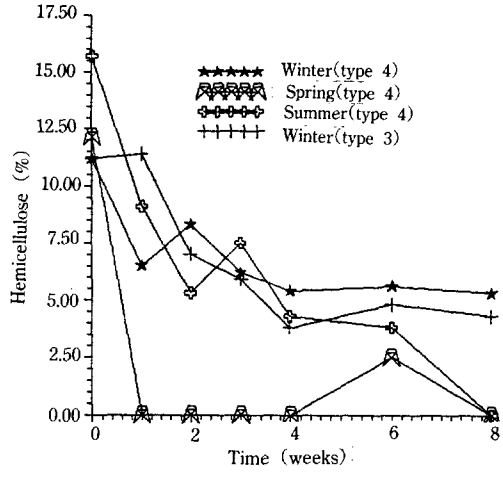


Fig. 10. hemicellulose content evolution of the compost during the experimental period.

불구하고 6주와 8주 사이에 유기물함량이 크게 감소한 것은 여름철에 기온이 높아 수분이 오히려 증발에 의하여 제거되었기 때문이 아닌가 생각된다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 소형 퇴비화용기로 퇴비화 할 때 유기물 및 회분의 함량을 퇴비의 숙성도 기준으로 하기에는 문제점이 될 수 있다. 8주 후 유기물함량은 Type 4에서 겨울철 78.4%, 봄철 71.8 %, 여름철 49.7%, Type 3에서 겨울철 81.2%였다.

Fig 10에는 퇴비화기간에 따른 hemicellulose의 함량변화를 나타내었다. 전 기간을 통하여 감소경향이 뚜렷하며 대부분 첫주에 가장 크게 감소하였다. 특히 봄철 2주째와 여름철 8주째에 hemicellulose 전부가 완전히 분해되었다. 이것은 계절에 따른 쓰레기의 특성에 의한 것으로 생각된다. 한편 Fig. 11의 cellulose 함량변화에서는 여름철을 제외하고는 뚜렷한 증가현상을 볼수 있었다. 단 여름철에는 3주 후 부터 크게 감소하였는데 높은 온도가 유지되어 cellulose 분해가 빨라질 수 있는 여건이 빨리 조성되었기 때문으로 여겨진다. 8주 후 hemicellulose 함량은 Type 3에서 겨울철 4.3%, Type 4에서 겨울철 5.3%, 봄철 4.3%, 여름철 0% 그리고 cellulose 함량은 Type 3에서 겨울철 14.9 %, Type 4에서 겨

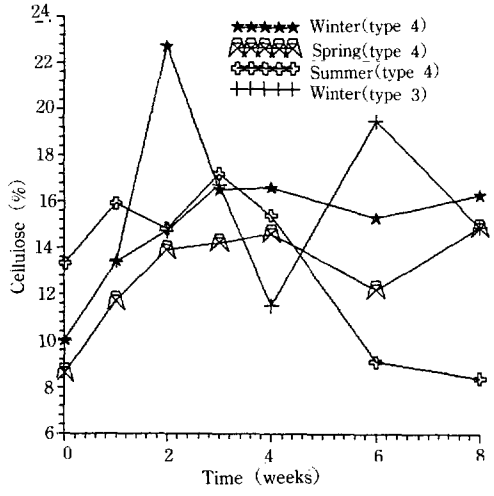


Fig. 11. Cellulose content evolution of the compost during the experimental period.

울철 16.3%, 봄철 14.9, 여름철 8.4%였다.

Fig. 12의 퇴비화기간의 경과에 따른 lignin 함량 변화에서는 겨울철 초기를 제외하고는 명확한 증가 현상을 나타내었다. 그러나 첫주에 lignin의 함량이 감소한 것은 실제 분해에 의하여 감소된 것인지 아니면 산소공급이 충분하여 lignin이 용해되어[9] 수분과 함께 흘러내려 유실된 것인지는 확인하지 못하

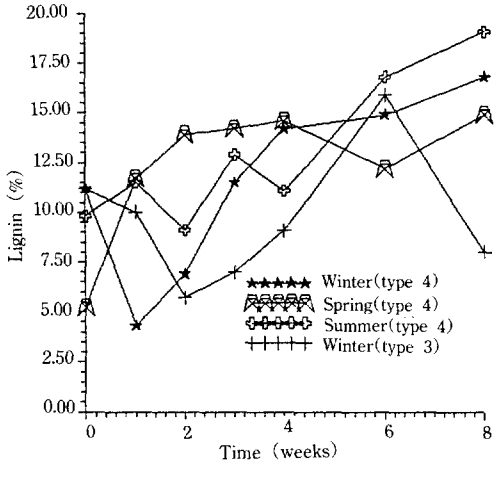


Fig. 12. Lignin content evolution of the compost during the experimental period.

였다. 8주 후 lignin 함량은 Type 3에서 겨울철 8.0 %, Type 4에서 겨울철 16.8%, 봄철 11.6%, 여름철 19.1%이였고 cellulose 함량은 Type 3에서 겨울철 14.9%, Type 4에서 겨울철 16.3%, 봄철 14.9%, 여름철 8.4%였다.

Table 3. Total (Kjeldahl) nitrogen content evolution of the compost during the experimental period(unit : %)

| time (weeks) \ vessel type | type 4 | | | type 3 |
|---|---|---|---|---|
| season | winter | spring | summer | winter |
| 0 | 3.6 | 3.5 | 5.8 | 3.6 |
| 1 | 3.6 | 4.1 | 5.2 | 3.8 |
| 2 | 3.9 | 4.2 | 7.2 | 3.7 |
| 3 | 3.3 | 5.0 | 7.2 | 3.7 |
| 4 | 3.5 | 3.7 | 6.8 | 3.6 |
| 6 | 4.0 | 4.1 | 6.1 | 4.6 |
| 8 | 4.0 | 3.3 | 5.4 | 4.4 |

Table 3의 퇴비화기간에 따른 총 질소함량변화를 보면 두 용기별 겨울철의 질소함량의 차이는 별로 없었다. 그러나 계절별로 보면 여름철이 다른 계절에 비하여 월등히 높았다. 이러한 원인은 계절별 발생되는 쓰레기중의 질소함량 차이에서 온 것으로 생각된다. 8주 후 질소함량은 Type 3에서 겨울철 4.4%, Type 4에서 겨울철 4.0%, 봄철 3.3%, 여름철 5.4%였다. 두 용기에서 생산된 퇴비의 질소함량은 3.3~6.8%로 독일의 부엌쓰레기에서 생산된 퇴비의 질소함량 2.2~3.1%[2] 보다 훨씬 높았다. Fig. 13의 암모니움태 질소함량변화을 보면 겨울철에는 두 용기 모두 초기에 약간 증가 후로는 큰 차이가 없었으며 그러나 계절별로는 온도가 높을수록 현저히 높아 뚜렷한 차이를 보였다. 봄철과 여름철에는 초기에 증가한 후 3주 이후에 감소하였다. 가장 높을 때의 암모니움태 질소함량은 Type 3에서 겨울철 2주째 1,463 mg/kg, Type 4에서 겨울철 8주째 2,404 mg/kg, 봄철 3주째 12,400 mg/kg, 여름철 3주째 20,718 mg/kg이였다. Fig. 14와 Fig. 15에서 질산화현상을 볼 수 있는데 우선 먼저 계절에 관계없이 첫

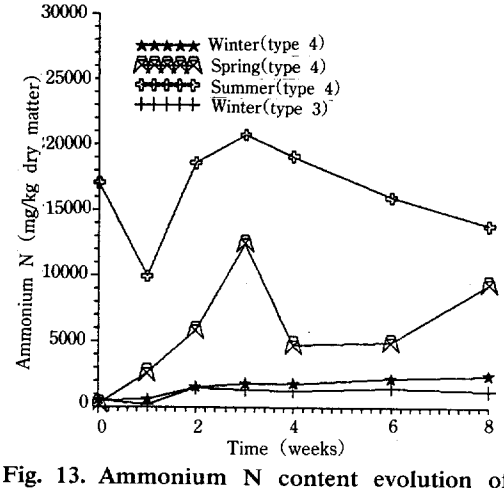


Fig. 13. Ammonium N content evolution of the compost during theexperimental period.

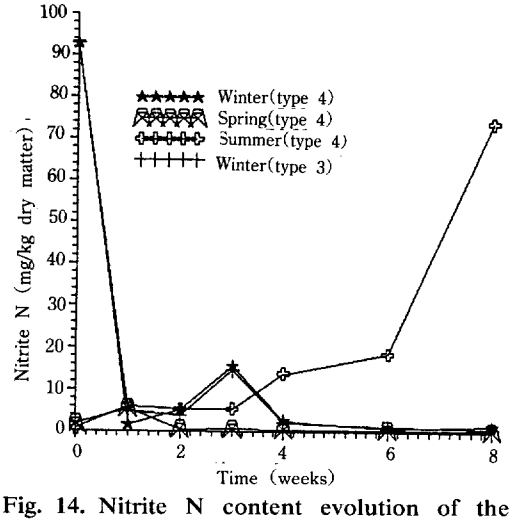


Fig. 14. Nitrite N content evolution of the compost during the experimental period.

째주에 현저하게 감소하였다. 이것은 초기 미생물 증식이 활발하여 질산성 및 아질산성 질소가 세포 합성에 이용되었기 때문으로 여겨진다. 그러나 그 이후 부터 여름철을 제외하고는 이들 함량에 별 변화가 없었다. 여름철 후반에 아질산화 및 질산화가 활발했던 것은 유기물 분해가 거의 끝나 산소의 소모가 적고 퇴비의 밀도도 낮아 산소공급도 원활하

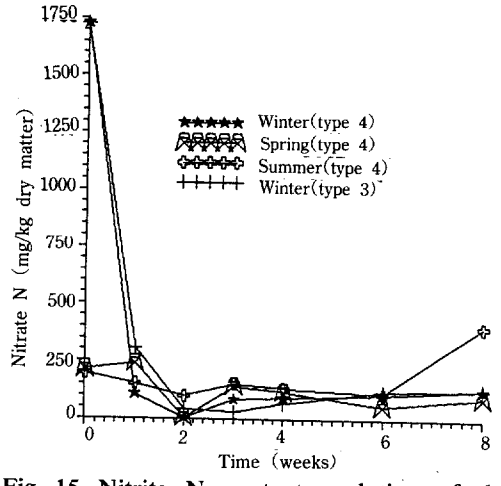


Fig. 15. Nitrite N content evolution of the compost during the experimental period.

였기 때문으로 생각된다[7].

Table 4의 C/N율의 변화를 보면 대체적으로 시간의 경과에 따라 감소하였다 그러나 처음의 C/N과 비교하여 차이가 크지는 않았으며 특히 여름철에 변화가 가장 적었다. 따라서 퇴비의 숙성도 판정기준[10,11]으로서는 적합하지 못한 것으로 판단된다. 8주후 Type 3에서 겨울철 7, Type 4에서는 겨울철 7, 봄철 8, 여름철 4였다.

Fig. 16의 퇴비화시간이 경과에 따른 퇴비 중 휘발성 유기산함량을 보면 초기에 증가하였다가 감소하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 감소시기는 유기

Table 4. C/N-ratio evolution of the compost during the experimental period.

| time (weeks) \ vessel type | type 4 | | | ype 3 |
|---|---|---|---|---|
| season | winter | spring | summer | winter |
| 0 | 8 | 9 | 5 | 8 |
| 1 | 8 | 6 | 6 | 8 |
| 2 | 8 | 5 | 4 | 8 |
| 3 | 7 | 5 | 4 | 8 |
| 4 | 8 | 7 | 4 | 7 |
| 6 | 7 | 7 | 5 | 6 |
| 8 | 7 | 8 | 4 | 7 |

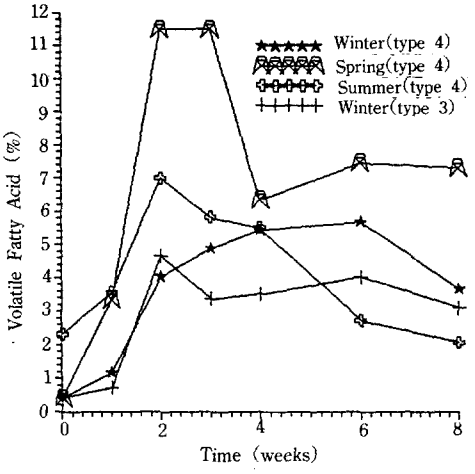


Fig. 16. Volatile fatty acid content evolution of the compost during the experimental period.

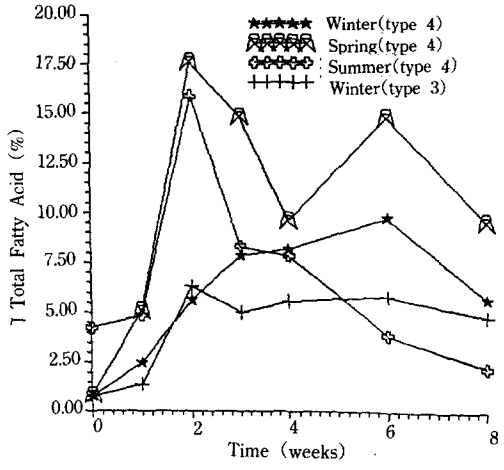


Fig. 18. Total fatty acid content evolution of the compost during the experimental period.

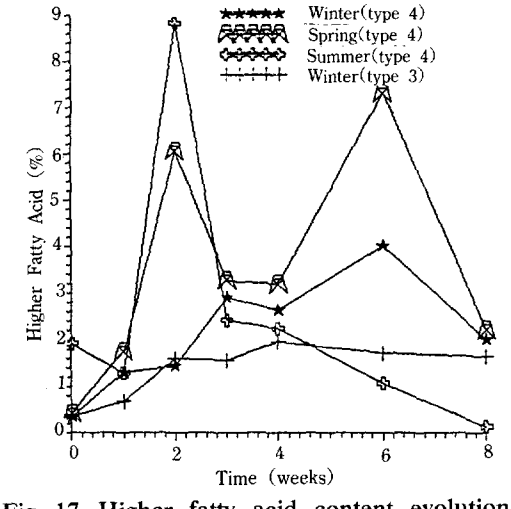


Fig. 17. Higher fatty acid content evolution of the compost during the experimental period.

물의 분해가 빠를수록 일찍 감소하였다. Type 3의 겨울철 변화에서 2주까지 증가하였다가 그 이후 큰 변화없이 가장 낮은 함량 수준으로 유지되었다. 반면에 Type 4에서는 겨울철에 초기 2주까지 약간 크게 증가한 후 완만하게 6주째까지 증가하다가 감소하였다. 그러나 봄철과 여름철에는 3주와 2주 후에 이미 감소현상을 보였다. Fig. 17과 Fig. 18에서 고급유기산 및 총 유기산 함량 변화에서도 비슷한 경향을 나타내었다. 전 기간을 통하여 봄철의 함량이 여름철의 함량보다 높았는데 이것은 여름철에 생산되는 유기산량이 많아도 유기산 분해가 빨라 유기산의 함량은 낮았을 것으로 생각된다[7]. Type 3 겨울철 2주째 휘발성유기산 4.7 %, 4주째 고급유기산 1.9%, 2주째 총 유기산 6.2%, Type 4에서는 겨울철 6주째 휘발성 유기산 5.7% 고급유기산 2.9%, 총 유기산 9.7%, 봄철 2주째 휘발성 유기산 11.5%, 6주째 고급유기산 7.3% 그리고 총 유기산 14.8%, 그리고 여름철 2주째 휘발성 유기산 7.0%, 2주째 고급유기산 8.8% 그리고 총 유기산 15.8%로 가장 높았다.

Table 5에는 퇴비화시간의 경과에 따른 무기성분 함량을 나타내었다. 외국의 도시폐기물에서 생산된 퇴비 중의 함량에 비하여 높았다[10]. 두 용기에서 생산된 퇴비 중의 함량에서는 별 차이가 없었으나 계절별로는 약간의 차이를 볼 수 있었다. 계절적으로 인의 함량은 여름철에 그리고 칼륨, 칼슘함량은 봄철에 가장 낮았다. 이러한 계절적인 변화는 계절별 발생되는 쓰레기의 성분 차이에서 온 것으로 생각된다. Type 3의 겨울철 $P_2O_5$ 1.4−3.0%, $K_2O$ 1.7−

**Table 5. Inorganic compound content evolution of the compost during the experimental period(unit : %)**

| vessel type (season) | inorgainc compound | time (weeks) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| type 4 (winter) | $P_2O_5$ | 2.5 | 2.3 | 3.7 | 2.7 | 3.2 | 4.4 | 2.1 |
| | $K_2O$ | 1.8 | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.1 |
| | CaO | 3.4 | 3.8 | 3.8 | 4.0 | 3.9 | 3.6 | 3.8 |
| | MgO | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.31 | 0.32 |
| type 4 (spring) | $P_2O_5$ | 1.6 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 3.1 | 2.2 | 2.8 |
| | $K_2O$ | 1.7 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 2.1 | 1.8 |
| | CaO | 2.9 | 2.2 | 2.4 | 4.6 | 3.9 | 3.2 | 3.5 |
| | MgO | 0/35 | 0.36 | 0.38 | 0.39 | 0.41 | 0.42 | 0.41 |
| type 4 (summer) | $P_2O_5$ | 0.9 | 0.8 | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 2.1 | 3.4 |
| | $K_2O$ | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 3.2 | 2.4 |
| | CaO | 4.1 | 3.7 | 5.4 | 2.2 | 4.7 | 3.0 | 2.7 |
| | MgO | 0.36 | 0.46 | 0.50 | 0.44 | 0.41 | 0.61 | 0.53 |
| type 3 (winter) | $P_2O_5$ | 2.5 | 3.0 | 1.8 | 2.1 | 1.8 | 1.4 | 2.1 |
| | $K_2O$ | 1.8 | 2.5 | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 2.1 | 2.5 |
| | CaO | 3.4 | 3.4 | 3.9 | 3.7 | 1.6 | 1.5 | 3.8 |
| | MgO | 0.31 | 0.32 | 0.31 | 0.31 | 0.26 | 0.28 | 0.30 |

2.5%, CaO 1.5−3.9%, MgO 0.26−0.32% 그리고 Type 4에서는 겨울철 $P_2O_5$ 2.1−4.4%, $K_2O$ 1.8−2.4%, CaO 3.4−4.0%, MgO 0.31−0.32, 봄철 $P_2O_5$ 1.6−2.8%, $K_2O$ 1.7−2.1%, CaO 2.2−4.6%, MgO 0.35−0.42%, 여름철에는 $P_2O_5$ 0.9−3.4%, $K_2O$ 1.6−2.4%, CaO 2.2−5.4%, MgO 0.36−0.61%였다.

Table 6에는 용출실험을 통하여 분석한 퇴비 중의 CN 함량을 나타내었다. 두용기에서 생산된 퇴비 모두에서 비슷하게 용출됨을 확인할 수 있었으나 여름철에 때때로 높았는데[7] 이유와 CN의 출처는 밝혀지지 않았다. 용기별 계절별 구분없이 함량은 0.28−14.55 mg/kg dry matter 였다.

Table 7에는 퇴비화시간의 경과에 따른 퇴비 중의 중금속함량을 나타내었다. 용기별, 계절별 구분없이 생산된 퇴비 중에 모든 종류의 중금속이 함유되어 있었으나 Type 4의 봄철 Cd 함량을 제외하고는 외국의 도시폐기물에서 생산된 퇴비 중의 중금속함량 기준치[3, 12] 이하였다. 이러한 중금속들이 실제 음식물쓰레기 자체에 함유되어 있는 것인지 혹은 다른 쓰레기에서 유래되었는지는 본 실험에 사용된 음식쓰레기를 처음부터 완전히 분리한 것이 아니고 다른 가정쓰레기들과 혼합되어 있는 쓰레기통에서 음식쓰레기를 분리하여 퇴비원료물질로 사용하였기

**Table 6. CN content evolution of the compost during the experimental period (unit : mg/kg dry matter)**

| time (weeks) \ vessel type | type 4 | | | type 3 |
|---|---|---|---|---|
| season | winter | spring | summer | winter |
| 0 | 0.51 | 0.76 | 2.11 | 0.51 |
| 1 | 0.27 | 0.29 | 14.55 | 0.49 |
| 2 | 0.32 | 1.28 | 1.76 | 0.38 |
| 3 | 0.32 | 0.21 | 10.25 | 0.30 |
| 4 | 0.49 | 0.29 | 1.95 | 0.31 |
| 6 | 0.28 | 0.53 | 0.34 | 0.35 |
| 8 | 0.56 | 0.55 | 0.26 | 0.33 |

**Table 7. Heavy metal content evolution of the composer during the experimental period.**

| vessel type (season) | heavy metal | time (weeks) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| type 4 (winter) | Zn(mg/kg) | 130 | 47 | 166 | 71 | 79 | 81 | 107 |
| | Cu( 〃 ) | 15 | 42 | 15 | 12 | 5 | 16 | 18 |
| | Cd( 〃 ) | 2.8 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 0.8 | 2.0 | 3.0 |
| | Pb( 〃 ) | 25 | 17 | 26 | 8 | 15 | 28 | 35 |
| | Cr( 〃 ) | 30 | 11 | 12 | 9 | 23 | 4 | 10 |
| | Hg( μg/kg) | 47.98 | 2.21 | 11.07 | 86.10 | 14.85 | 3.49 | 6.53 |
| type 4 (spring) | Zn(mg/kg) | 64 | 11 | 79 | 75 | 91 | 83 | 69 |
| | Cu( 〃 ) | 65 | 11 | 17 | 18 | 15 | 16 | 18 |
| | Cd( 〃 ) | 8.3 | 9.1 | 7.1 | 12.1 | 10.8 | 10.2 | 10.7 |
| | Pb( 〃 ) | 9 | 11 | 10 | 16 | 11 | 10 | 17 |
| | Cr( 〃 ) | 14 | 27 | 16 | 27 | 33 | 25 | 21 |
| | Hg( μg/kg) | 17.43 | 19.97 | 1.46 | 24.14 | 10.17 | 302.04 | 123.63 |
| type 4 (summer) | Zn(mg/kg) | 24 | 37 | 70 | 55 | 63 | 100 | 97 |
| | Cu( 〃 ) | 7 | 7 | 50 | 13 | 12 | 22 | 35 |
| | Cd( 〃 ) | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 2.0 |
| | Pb( 〃 ) | 13 | 12 | 17 | 21 | 23 | 21 | 23 |
| | Cr( 〃 ) | ND | ND | ND | ND | ND | 0.2 | 0.4 |
| | Hg( μg/kg) | 14.57 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| type 3 (winter) | Zn(mg/kg) | 24 | 47 | 65 | 76 | 67 | 55 | 79 |
| | Cu( 〃 ) | 15 | 12 | 11 | 13 | 12 | 15 | 16 |
| | Cd( 〃 ) | 2.8 | 1.5 | 1.8 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 2.3 |
| | Pb( 〃 ) | 25 | 22 | 17 | 6 | 23 | 25 | 28 |
| | Cr( 〃 ) | 30 | 11 | 13 | 4 | 2 | 18 | 10 |
| | Hg( μg/kg) | 47.98 | 3.64 | 1.47 | 13.85 | 1.08 | 1.65 | 15.40 |

때문에 밝혀지지 않았다. 또한 Hg는 여름철 퇴비화 원료물질에는 함유되어 있었는데 그 이후로 분석되지 않은 반면 Cr는 초기에는 분석되지도 않았으나 8주째에 분석이 되었는데 이것이 실제 농축된 것인지는 지금까지 무기성분의 농축현상이 없었기 때문에 이러한 원인도 규명이 있어야 할 것으로 생각된다. 각종 중금속함량은 Zn 11－166 mg/kg, Cu 5－65 mg/kg, Cd 0.5－10.8 mg/kg, Pb 6－35 mg/kg, Cr ND－33 mg/kg, Hg ND－302.04 g/kg의 범위였으며 중금속 역시 다른 무기성분들과 마찬가지로 퇴비화가 진행되면서 축적되지는 않았다.

악취 발생도 직접 악취의 단위를 측정하지는 않았지만 개인주택에 두고 사용하더라도 특별히 용기 뚜껑을 열고 코로 냄새를 맡을려고 하지 않는 한 느끼지 못할 정도로 미미한 것으로 확인되었으며 특히 여름철에 용기 주위에 파리들이 거의 없었고 그 외 유해 곤충의 침입도 없었다.

## 요 약

주택용 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 퇴비화 가능성을 알아보기 위하여 두가지 용기(Type

3과 Type 4)를 제작하여 실험실 실험을 통하여 조사하였다. 두용기의 구조는 다 같이 용기의 벽을 이중으로 하였으며 Type 4는 보온을 하였고 Type 3은 보온을 하지 않았다. 겨울철 실험을 통하여 type 3은 우리나라의 기후여건에 사용이 불가능한 것으로 판단되어 봄철 및 여름철 실험에서 제외하였다. 따라서 Type 4에 대한 3 계절 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 퇴비화기간 중 상승한 최고온도는 겨울 43°C, 봄철 55°C 그리고 여름철 56°C였다.

2) 퇴비화원료물질의 무게는 8주 후 평균 63.3% 그리고 부피는 78% 감소하였다.

3) 퇴비층의 밀도는 겨울철 1.5kg/l, 봄철 0.8kg/l 그리고 여름철 0.8kg/l였다.

4) 수분함량은 전 퇴비화기간 동안 큰 변동이 없었으며 8주 후 겨울철 79.3%, 봄철 75.0% 그리고 여름철 70.0%였다.

5) pH는 모두 첫주에 증가한 후 2주째에 감소하였다. 그 이후는 계절별 차이는 있었으나 계속 증가하였다. 8주 후 pH는 겨울철 6.19, 봄철 7.59 그리고 여름철에 8.69였다.

6) 퇴비화시간의 경과에 따른 회분 및 유기물함량은 분해속도가 빠를수록 증감현상이 뚜렷하였고 cellulose 및 lignin은 증가, hemicellulose 함량은 감소하였다.

7) 질소함량은 3.3−6.8%로 높았으며, 특히 여름철에 대단히 높았다. 암모늄태 질소함량은 전반에 증가했다가 감소하였으며 겨울철 8주째 2,404mg/kg, 봄철 3주째 12,400mg/kg 그리고 여름철 3주째 20,718mg/kg으로 가장 높았다. C/N율은 퇴비화기간의 경과에 따라 감소하였으나 차이는 크지 않았다. 여름철에 질산화가 가장 활발하였다.

8) 휘발성 및 고급유기산함량은 초기에 증가했다가 계절별로 시기적 차이는 있으나 감소하였다. 총 유기산의 최고농도는 겨울철 6주째 9.7%, 봄철 6주째 14.8% 그리고 여름철에는 2주째 15.8%였다.

9) 퇴비의 부숙도와는 무관하게 각 무기성분함량은 $P_2O_5$ 0.9−4.4%, $K_2O$ 1.6−2.4%, CaO 2.2−5.4% 그리고 MgO 0.30−0.61%였다.

10) CN 및 각종 중금속함량도 퇴비화시간의 경과에 따라 큰 변화가 없었으며 각 함량범위는 계절구분없이 CN 0.21−14.55 mg/kg, Zn 11−166 mg/kg, Cu 5−65 mg/kg, Cd 0.5−10.8 mg/kg, Pb 6−35 mg/kg, Cr ND−33 mg/kg 그리고 Hg ND−302.04 g/kg 이였으며 중금속 역시 다른 무기성분들과 마찬가지로 퇴비화가 진행되면서 축적되지는 않았다.

사의 : 이 논문은 한국과학재단의 1992년도 특정기초과제 연구비 지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Jaeger, B. (1981). Afallwirtschaft-Motivation und Moeglichkeiten, Verlaengerung der Nutzungsdauer von Deponien, Abfallwirtschaft an der TU Berlin: 1−5.
2. Jaeger B. (1986). Dezentrale Kompostierung von Kuechen-und Garten-abfaellen in dichtbesiedelten Wohngebieten.
3. Offhaus E. (1982). Aspect of domestic waste treatment in the Federal Republic of Germany, in Karl J. Thome-Kozmiensky, Recycling International, E. Freitag-Verlag fuer Umwelttechnik: 43−46.
4. 서정윤 (1993). 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 겨울철 퇴비화 실험, 창원대학 환경문제연구소, 환경연구논문집 제2집 : 117−128.
5. 서정윤, 주우홍 (1994). 가정용 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 분산식 퇴비화, 1. 실험실 조건에서 퇴비화 연구, 한국환경농학회지, **13**(3) : 321−337.
6. 황응주 (1993). 주방폐기물 퇴비화에 Bulking Agent의 효과 연구, 석사학위논문.
7. Golueke, C. G.(1975). Composting, A study of the process and its principles, Rodale Press, Inc., Emmaus.

8. 서정윤(1993). 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 겨울철 퇴비화 실험, 창원대학 환경문제연구소, 환경연구논문집 제2집 : 117－128.
9. Giovannozzi-Sermanni G. (1987). Lignin Metabolism in the Soils ammended with Compost, Compost: Production, Quality and Use, Elseviser Applied Science, London and New York: 101－197.
10. Merkblatt 10 (1984). Qualitaetskritien und Anwendungsempfehlungen fuer Kompost aus Muell und Muel/Klaerschlamm, in G. Hoesel, W. Schenkel and H. Schnurer, Muell-Handbuch, Erich Schmidt Verlag: KZ 6856.
11. Jeoung-Yoon Seo (1986). Bestimmung des Kohlenstoff-Stickstoff-Verhaeltnisses in Hausmuellkomposten, *Diplomarbeit.*
12. 남궁완, 최정영 (1993). 유기성폐기물 자원화기술, 유기성폐기물 자원화 **1**(1) : 33－47.