

## 소형 퇴비화 용기를 이용한 유기성 주방폐기물의 퇴비화에 관한 기초연구

송준상, 최훈근, 김규연\*

국립환경연구원, 서울시 은평구 불광동 280-17(우 120-040)  
\* 서울시립대학교 대학원 환경공학과, 서울시 동대문구 전농동 8-3(우 130-743)

## A Basic Study on Composting of Organic Household Waste using Small Vessels

Jun-Sang Song, Hun-Keun Choi, and Kyu-Yeon Kim\*

National Institute of Environmental Research, Seoul 122-040, Korea  
\* Depart. of Environmental Eng., Seoul City Univ., Seoul 130-143, Korea

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the possibility of composting for organic solid waste from restaurants and domestics. Small three vessels were prepared which were conditioned to semianaerobic, convectional and air-blowed type. During the experiment period for 4 months, the values of volatile solid(VS) %, moisture % and carbon/nitrogen (C/N) ratio of the wastes in the vessels were stabilized, 80 % to 40-50 %, 80 % to 48-55 % and 18 to 8-10, respectively. On the basis of VS % and C/N ratio, the reactions were more adaptable to 2nd order formula than to 1st order one. Reaction rate constant of the 3 vessels were estimated,  $4.96 \times 10^{-5}(\text{day}^{-1})$  in the semianaerobic type,  $5.82 \times 10^{-5}(\text{day}^{-1})$  in the convectional type and  $8.42 \times 10^{-5}(\text{day}^{-1})$  in the air-blowed type on VS. Compared reaction rate constants(k), it can be said that composting period shorten if air is supplied artificially and that vessels similar to those of this study are useful for household organic waste at the backyards.

### 초 록

일반가정이나 식당에서 배출되는 유기성주방폐기물을 소형용기를 이용하여 퇴비화할 수 있는지를 알아보기 위해 밑바닥이 없는 세개의 소형용기를 바깥 뜰의 토양면에 설치하였다. 퇴비화용기의 내

부를 준협기성상태, 다공관을 설치한 자연대류형, 산기관을 이용하여 공기를 불어 넣어주는 공기공급형으로 각각 조건을 만든 후 주방에서 배출된 폐기물을 충전한 후 120 여일간 실험을 한 결과 수분은 80% 에서 40-50% 로, 휘발성고형물질(건조중량)은 80% 에서 48-55% 로, 탄소질소비는 18에서 8-10 으로 안정화 되었다. 휘발성고형물질 % 와 탄소질소비의 분해에 의한 변화는 2차 반응식에 잘 부합되었으며 휘발성고형물질의 분해시 반응속도상수  $k$  는 준협기성의 경우  $4.96 \times 10^{-5}/\text{day}$ , 자연대류형은  $5.82 \times 10^{-5}/\text{day}$ , 공기공급형은  $8.42 \times 10^{-5}/\text{day}$  인 것으로 나타나 본 실험에 사용한 것과 유사한 용기를 사용하여 유기성주방폐기물을 퇴비화 할 경우 인위적으로 공기를 공급하는 것이 퇴비화에 소요되는 시간을 단축할 수 있을 것으로 나타났다.

**핵심용어** — 음식물쓰레기, 퇴비화, 탄소질소비, 분해반응속도, 공기주입

## 1. 서 론

70년대의 산업발달에 힘입어 향상된 생활수준과 더불어 가정으로부터의 폐기물발생량도 크게 증가되어 1991년도의 음식물·채소류 등 유기성 생활폐기물의 1일 발생량은 21,807 톤으로서 전체 폐기물 발생량의 약 29%를 차지하고 있다.<sup>1)</sup> 이러한 발생량은 '85년도 발생량인 11,460톤/일 보다 약 2배 증가된 양으로 이를 매립할 경우 자체의 높은 함수율로 인한 매립지 침출수와 유해가스의 발생으로 인한 2차 오염의 우려가 있고 소각으로 처리할 경우 전체 폐기물의 발열량이 낮아지는 문제가 있으며 또한 재활용하고자 할 경우도 혼합배출시 유용한 종이류 등의 선별을 어렵게 하는 문제점들이 있어 환경보호와 폐기물의 합리적인 처리측면에서 이들 유기성 주방폐기물의 선별처리가 관심의 대상이 되고 있다.

유용한 자원의 물질전환회수의 한 방법인 퇴비화는 토양오염을 유발시키는 화학비료의 대안임과 동시에 유기성폐기물의 합리적인 방안이 될 수 있어 국내외에서 이에 대한 연구가 활발히 행하여지고 있다.<sup>2-4)</sup>

본 연구에서는 각 가정 및 음식점에서 발생하는 유기성 주방폐기물을 소형용기를 이용하여 발생장소에서 퇴비화함으로써 퇴비화에 관한 기초자료로 삼고자 하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

유기성 주방폐기물을 퇴비화하기 위해 그림 1과 같이 뚜껑은 있으나 밑바닥이 없는 용기를 외부의 토양위에 설치한 후 국립환경연구원 구내식당에서 발생된 음식물 폐기물을 투입하여 실험하였다. <표 1>은 충전된 폐기물의 이화학적 특성을 나타내고 있다.

퇴비화의 실험방법은 공기를 공급하는 방법에 따라 <그림 2>와 같이 세가지의 조건으로 구분하여 실험하였다.

준협기성 A 형 : 시료를 퇴비화장치내에 20~30 cm 정도 쌓고 흙을 2~3 cm 정도 덮은 후 이와 같은 작업을 반복하여 최종적으로 시료 160 kg 과 흙 15 kg 을 합하여 총 175 kg 을 채워 넣었다.

자연대류 B 형 : A 형과 동일한 방법으로 시료를 채웠으며 퇴비화장치내에 다공관 파이프

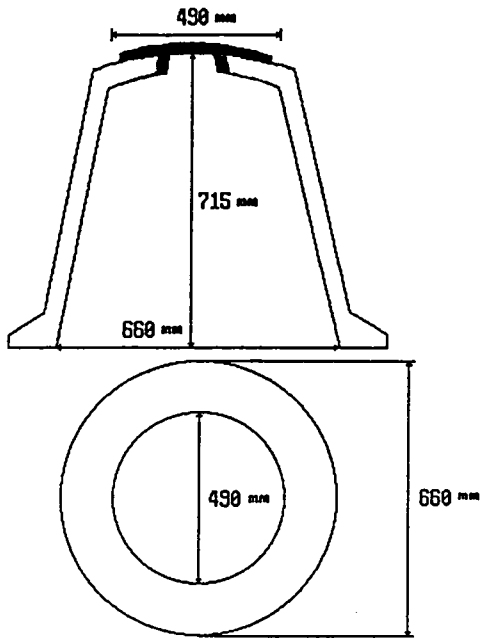


Fig. 1 Structure of composting Vessels

Table. 1 Physical and Chemical Characteristics of the Packed Waste

pH	6
Moisture content	80 %
Carbon	43.25 % (dry basis)
Nitrogen	2.386 % (dry basis)
Volatile Solid	79.68 % (dry basis)

( $\phi$ : 50 mm) 를 설치하여 온도차이에 의해 자연적으로 공기가 시료와 접촉할 수 있도록 하였다.

공기공급 C 형: A 형과 동일한 방법으로 시료를 채웠으며 퇴비화장치하단에 산기관을 설치하고 시료내에 공기발생장치로 공기를 공급하였다.

실험항목으로는 온도, pH, 수분, C/N 비, 휘발성고형물질등을 폐기물공정시험법에 준하여 실험하였으며 탄소와 질소의 원소분석은 CHN CORDER MT-5(일본 yanaco 社)를 사용하여 실험하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 온도

퇴비화 장치내부의 온도변화는 <그림 3>에서 알 수 있는 바와 같이 외기온도보다는 높게 유지되면서 변화하였으나 일반적인 퇴비화의 적정 온도<sup>9)</sup>인 60℃ 보다는 낮은 온도를 보였다. 폐기물을 충전한 후부터 온도는 줄곧 상승하다가 약 80일이 경과하면서 떨어지기 시작하여 120일이 경과한 시점에서는 외기의 온도와 비슷한 수준을 나타냈다. 이는 퇴비화용기의 크기가 작고 외부에 설치되어 용기외부의 온도에 영향을 받아 퇴비화의 적정온도까지 상승하지 못한 것으로 판단된다.

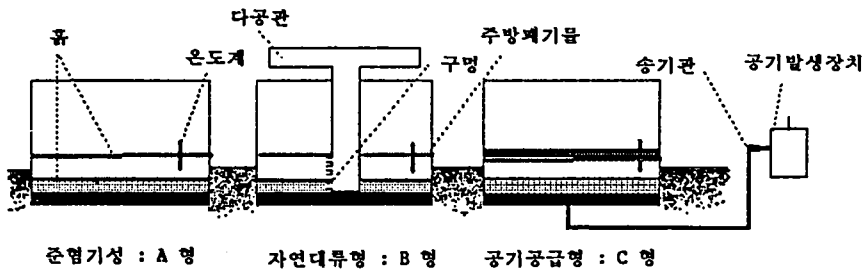


Fig. 2 Conditions of Compostion Vessels

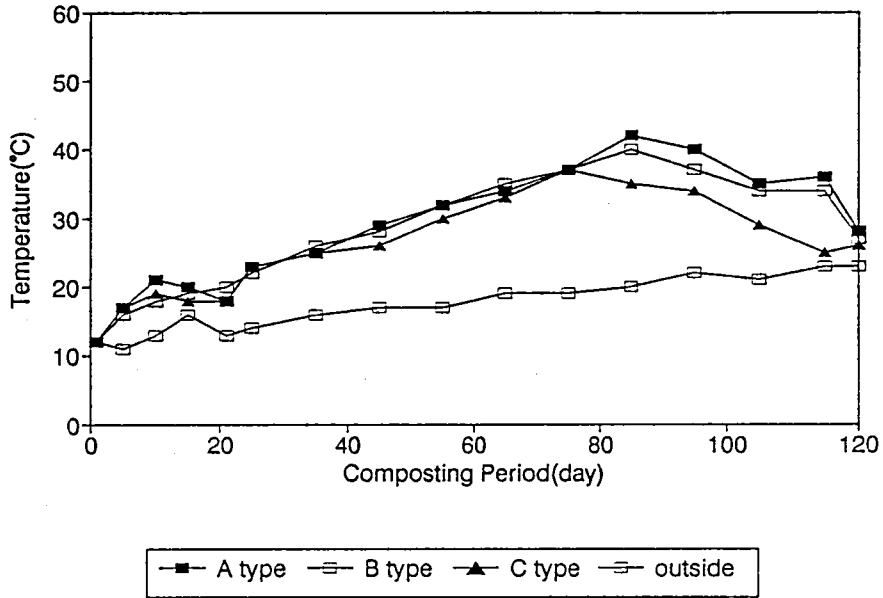


Fig. 3 Temperature Variations of Waste in Vessels on Time

퇴비화방법별 온도변화는 세 방법 모두 별 차이를 보이지 않고 상승하다가 약 80 일이 경과 하였을 때부터 인위적으로 공기를 공급한 C 형이 다른 조건보다 먼저 온도의 하락을 보였고

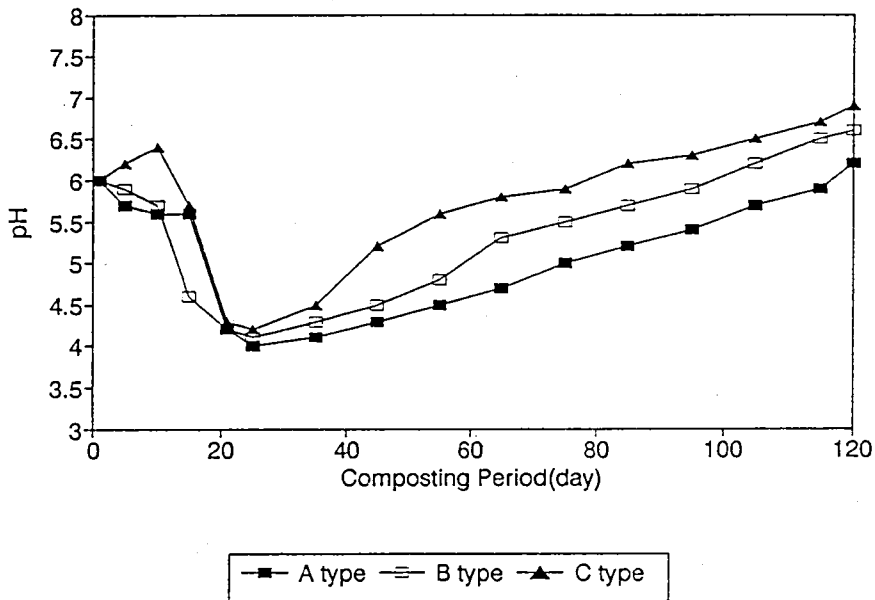


Fig. 4 pH Variations of Waste in Vessels on Time

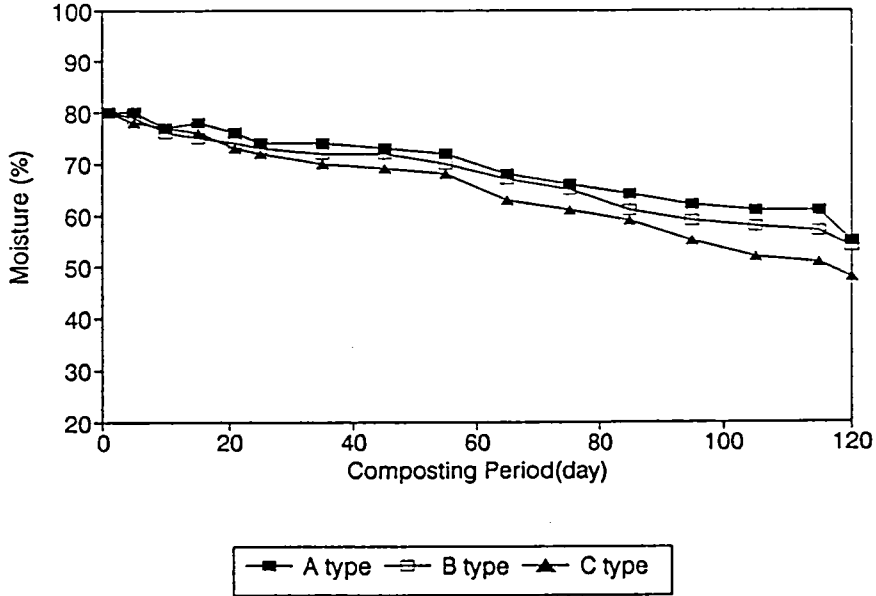


Fig. 5 Moisture Variations of Waste in Vessels on Time

약 5℃ 낮은 상태를 유지하며 변화하였다. 이는 것으로 생각된다.  
공기의 유입이 다른 장치에 비해 많았기 때문인

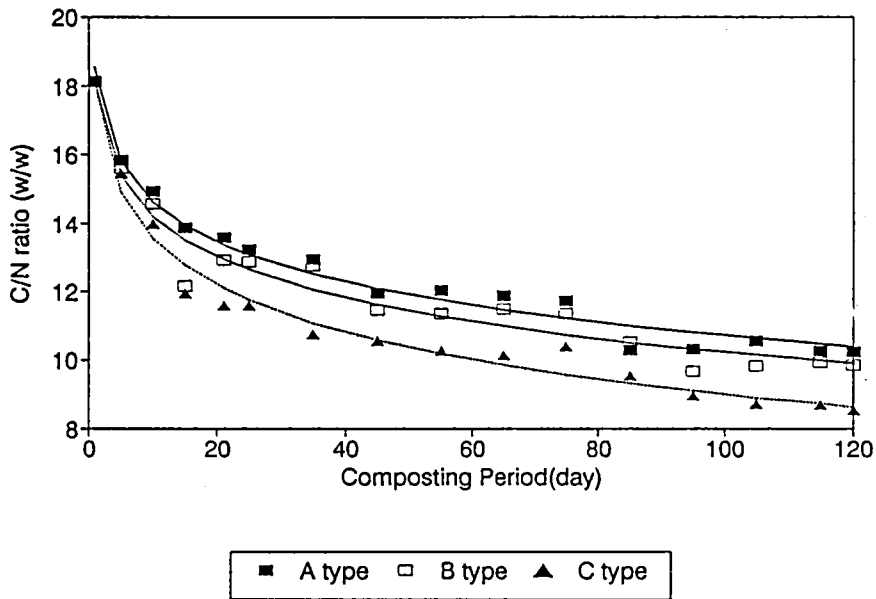


Fig. 6 Carbon/Nitrogen Ratio Variations of Waste in Vessels on Time

### 3.2 pH

pH는 <그림 4>에 나타난 바와 같이 퇴비화가 진행됨에 따라 초기에 산성상태로 떨어졌다가 시간이 경과하면서 중성에 접근하는 것으로 나타났다. 이는 충전시료가 80%의 높은 함수율을 갖고 있기 때문에 초기에는 혐기성 상태를 유지하다가 시간이 경과됨에 따라 함수율이 낮아지고 공기가 유입되면서 호기적 분위기에서 퇴비화가 진행됨으로서 pH가 중성에 가까워진 것으로 판단된다.

퇴비화방법별 pH 변화는 공기를 공급하지 않은 A 형에서는 공기와 접촉하는 B 형과 C 형보다 pH가 낮은 것으로 나타났다. 이는 공기의 유입이 원활하지 않으므로 용기의 내부가 혐기성상태로 유지되고 그 반응 부산물에 때문에 pH의 회복이 늦은 것으로 판단된다.

고 있다. 실험초기에 80%인 수분은 시간이 경과함에 따라 서서히 낮아지고 있으며 퇴비화에 적합한 수분인 70% 이하 7)가 되기까지에는 공기 공급 C 형이 35일, 자연대류 B 형이 55일, 준혐기성 A 형이 65일 정도가 소요되는 것으로 나타났다. 120일이 경과한 후 수분은 각각 48%, 54%, 55%로 떨어졌다. 이런 수분의 변화는 pH의 상승과 경과시점이 일치해 적절한 함수율에 이르면서 pH의 중성화가 나타나 혐기성상태를 극복하는 것으로 판단된다. 퇴비화 장치내부의 수분이 외부로 원활히 배출될 수 없는 특성에 때문에 함수율의 하락은 더디게 나타났으며 수분 함유율이 너무 높으면 공극의 막힘으로 인하여 공기의 순환이 제대로 이루어지지 않으므로 효율적인 퇴비화를 위해서는 초기에 함수율을 조절하는 것이 필요하다고 사료된다.

### 3.3 수분

<그림 5>는 퇴비화장치내의 수분변화를 보이

### 3.4 탄소/질소비(C/N Ratio)

탄소/질소비의 변화는 <그림 6>에 나타난 바

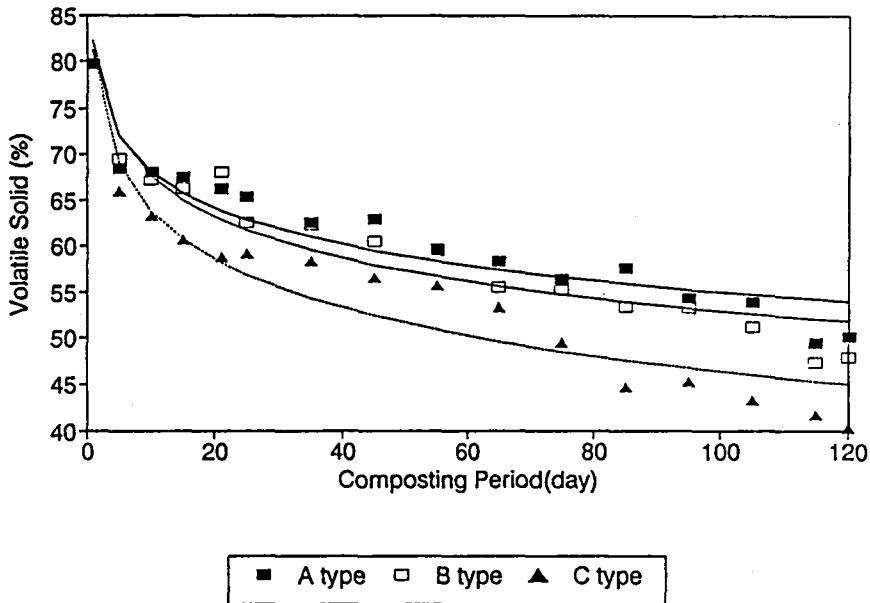


Fig. 7 Volatile Solid Variations of Waste in Vessels on Time

와 같이 초기 C/N 비는 18 정도로 다른 종류의 폐기물에 비해 비교적 낮은 수치이며 퇴비화가 진행됨에 따라 초기 20여일까지는 급격히 낮아져 11~14로 떨어졌으며 120일이 경과하였을 때 준협기성 A 형은 10.2, 자연대류 B 형은 9.9, 공기공급 C 형은 8.5로 낮아졌다.

### 3.5 휘발성 고형성분

휘발성 고형물질(Volatile Solid)의 변화는 <그림 7>에 나타난 바와 같이 초기에 건량기준으로 약 80%를 차지하고 있었으나 10여일이 경과한 후 휘발성고형물질은 63~68%로 급격히 줄어 들었고 시간이 경과함에 따라 고형물질중 미생물에 의해 분해가능한 부분이 감소되어 약 120일 후에는 준협기성 A 형은 50%, 자연대류 B 형은 48%, 공기공급 C 형은 40%로 낮아졌다.

### 3.6 퇴비화 조건별 분해속도의 비교

<그림 6>과 <그림 7>에서 보는 바와 같이 퇴비화 장치를 회분식 반응조로 볼 때 유기성 주방폐기물중 생물학적으로 분해가능한 부분(Bio-degradable Fraction)의 초기치를  $A_0$ 라 할 때 시간이 경과함에 따라 미생물에 의해 단위시

간당 분해되는 유기물의 감소는 다음과 같은 반응식으로 표현할 수 있다.

$$dA / dt = -kA \quad (1 \text{ 차 반응})$$

$$dA / dt = -kA^2 \quad (2 \text{ 차 반응})$$

이를 적분하여 풀면,

$$A = A_0 e^{-kt} \quad (1 \text{ 차 반응})$$

$$1/A_0 - 1/A = -kt \quad (2 \text{ 차 반응})$$

가 된다.

이 반응식에 따라 휘발성 고형성분(VS)의 미생물에 의한 분해속도상수(k)와 C/N 비 변화의 반응속도상수를 구하면 <표 2>와 같다.

<표 2>에 나타난 바와 같이 반응식은 휘발성 고형물질과 탄소/질소비 둘 다 2차 반응식의 상관성이 높은 것으로 나타났으며 <그림 8>과 <그림 9>는 이들의 회귀분석선을 나타내고 있다. 이들의 반응속도상수(k)를 비교하여 보면 휘발성 고형물질(VS)의 경우 공기공급 C 형의  $k_c$ 와 자연대류 B 형의  $k_b$ 가 각각 준협기성 A 형의  $k_a$ 보다 1.7배, 1.15배 크게 나타났으며 탄

Table. 2 Coefficients of Degradation Rates for C/N Ratio and Volatile Solid

Item	Reaction Order	Coefficient	A type	B type	C type
C/N Ratio	1st	k(day <sup>-1</sup> )	3.91E-3	3.93E-3	4.70E-3
		R squared	0.866	0.806	0.802
	2nd	k(day <sup>-1</sup> )	3.10E-4	3.22E-4	4.17E-4
Volatile Solid		R squared	0.906	0.859	0.876
	1st	k(day <sup>-1</sup> )	2.99E-3	3.43E-3	4.45E-3
		R squared	0.923	0.935	0.925
	2nd	k(day <sup>-1</sup> )	4.96E-5	5.82E-5	8.42E-5
		R squared	0.941	0.954	0.948

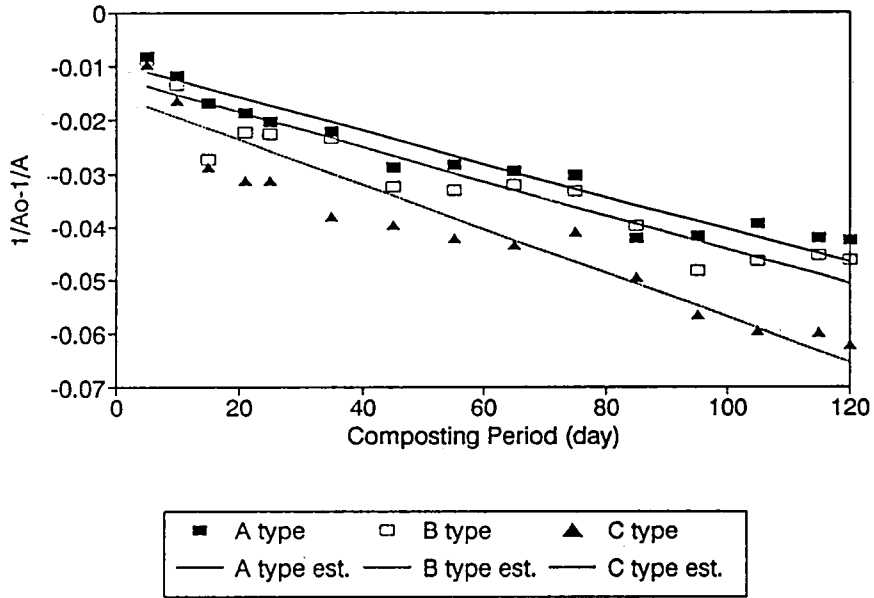


Fig. 8 Regression of C/N Ratio Variation

소/질소비의 경우 공기공급 C 형의  $k_c$ 와 자연 대류 B 형의  $k_b$ 가 각각 준혐기성 A 형의  $k_a$ 보다 1.35배, 1.04배 크게 나타나 공기공급 C 형과 자연대류 B 형이 준혐기성보다 더 빨리 안정

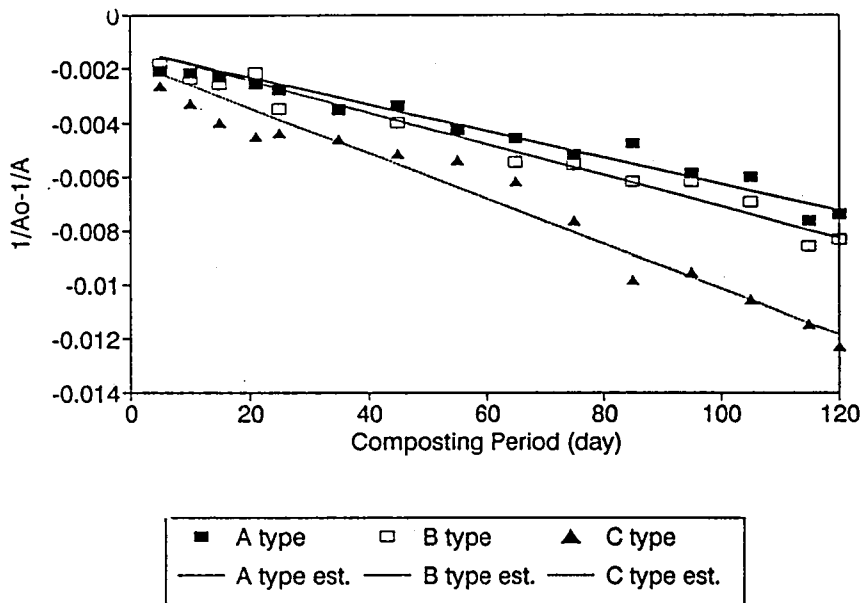


Fig. 9 Regression of Volatile Solid Variation



화되면서 퇴비화되므로 퇴비화의 기간이 단축될 수 있음을 알 수 있다.

### 5. 결 론

가정 및 음식점 등에서 발생하는 유기성 주방 폐기물의 소형용기를 이용한 퇴비화 처리의 실 용 가능성을 조사하기 위하여 행한 본 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유기성 주방폐기물을 소형의 퇴비화장치로 120일 동안 운전한 결과 휘발성고형물질의 함유율은 초기의 80%에서 40~50% 로, C/N 비는 18 에서 8~10으로, 함수율은 80%에서 48~55%로 안정화되는 것을 알 수 있었다.

2. 유기성 주방폐기물의 퇴비화과정은 휘발성 고형성분과 탄소/질소의 비를 통해 볼 때 1차 반응식보다 2차 반응식에 더 잘 부합되는 것으로 나타났다.

3. 조건별로 퇴비화장치를 운전한 결과 공기 공급 C 형의 반응속도가 가장 빨랐으며 그 다음 이 자연대류의 B 형, 준협기성 A 형의 순으로 나타나 본 실험에 사용된 소형용기를 사용하여 퇴비화 할 경우 인위적으로 공기를 공급하는 것이 퇴비화의 기간을 단축할 수 있는 것으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

- 1) 환경처, 1993, 전국일반폐기물처리시설 ( ' 92) 및 계획 ( ' 93),
- 2) 中崎清彦, 1991, コンポスト化における 種菌の効果, 日本 第 2 回 廢棄物學會 研究發表會 講演論文集, 81-84.
- 3) 裴英眞, 金子榮廣, 勝田賢二, 1993, 도 시폐기물의 퇴비화과정에 있어서 미생물 수와 증식활성, 유기성폐기물자원화협의 회학회지, 제 1권, 제 1호, 59-68.
- 4) 과학기술처, 1992, 토양생물을 이용한 유기성 슬러지처리 기술개발에 관한 연구 ( I )
- 5) 환경처, 1991, 폐기물공정시험방법.
- 6) Poincelot, R.P., 1971, The biochemistry and methodology of composting, Conn. Agric. Exp. Stn. Bull, 727.
- 7) Schulze, K., 1961, Aerobic Decomposition of Organic Waste Materials, Final Report Project, RG-4180.