

폐기물의 퇴비화 과정중 물질 변화

3. C/N율 변화

서 정 윤*

Changes of Chemical Compounds in Compost of Municipal Refuse

3. Changes of C/N Ratios in Compost

Jeoung-Yoon Seo*

Abstract

To determine the accurate C/N ratio of compost, biodegradable carbon and nitrogen in compost must be analyzed. In biodegradable nitrogen analyzed by Kjeldahl Method, nitrate and nitrite which are available for microbes can not be detected at all. By means of Förster Method, nitrate and nitrite can be detected. Therefore, various nitrogens in compost were analyzed by Kjeldahl and Förster Method to investigate the seasonal changes of various C/N ratios of compost.

C/N ratios in compost analyzed by Kjeldahl and Förster Method were decreased rapidly within 2 weeks after composting, then were not changed to 6 weeks, and thereafter were decreased slowly with the lapse of composting time.

C/N ratios analysed by Kjeldahl Method were higher than those analyzed by Förster Method.

C/N ratios of total carbon/total nitrogen analyzed by Kjeldahl Method were higher(5 as C/N ratio or 36%) than those of biodegradable carbon/biodegradable nitrogen analyzed by Förster Method.

Highly positive correlations were observed among C/N ratios of total carbon/total nitrogen analyzed by Kjeldahl Method total carbon/total nitrogen analyzed by Förster Method and biodegradable carbon/biodegradable nitrogen analyzed by Förster Method one another.

서 론

C/N율은 퇴비화에 있어서 다음과 같은 중요한 의미를 가지고 있다. 첫째로 C/N율은 퇴비화 기간에 따라 점차적으로 감소하기 때문에 퇴비의 부속도를 결정하는 하나의 척도가 될 수 있다. 그러나 퇴비 중의 C/N율 자체가 퇴비 원료 물질에 따라 일정하지 않기 때문에 퇴

비의 부속도를 결정하는 완벽한 기준이라고는 할 수 없을 것이다.¹²⁾

두번째로 퇴비 원료 물질 중의 C/N율에 따라 유기물의 분해 속도가 달라지기 때문에 퇴비화를 위한 한 조건이 될 수 있다. 따라서 퇴비내의 C/N율이 최적일때 퇴비화에 관여하는 미생물들의 증식 및 유기물 분해가 가장 왕성하게 일어날 것이며 퇴비화 기간을 단축시킬

* 베를린 공과대학교 환경보전연구소 *Fachgebiet Abfallwirtschaft, Institut für Technischen Umweltschutz, Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 135, 1000 Berlin 12, West Germany*

수 있을 것이다.

일반적으로 퇴비화를 위한 최적 C/N율은 35로 보고 있으며 이 C/N율은 다음과 같은 이론에 근거를 두고 있다. 즉 퇴비화에 관여하는 미생물 자체의 C/N율이 7이며 퇴비화 과정에서 분해 소비되는 탄소의 20%만이 미생물의 자체 증식을 위한 체세포 형성에 이용되고 나머지 80%는 자체의 생명을 유지하기 위한 에너지 원으로 이용되기 때문에 필요한 전체 탄소량은 체세포 증식에 필요한 탄소량의 5배가 되어야 하며 따라서 미생물 자체의 C/N율 7에다가 5를 곱하여 이론적인 최적 C/N율 35를 얻게 된다. 이렇게 얻은 최적 C/N율 35는 존재하는 질소가 100% 체세포 형성에 이용된다는 데에 근거를 두고 있기 때문에 퇴비화 초기 원료 물질의 C/N율 35로 조정하므로써 질소의 손실이 전연 없이 가장 신속하게 퇴비화가 행해지게 될 것이다. 만약 퇴비 초기 원료 물질의 C/N율이 35이상이면 질소 부족으로 미생물 자체의 증식이 일어나지 않고 단순히 생명 유지를 위한 에너지 원으로서 탄소를 소비하게 되므로 퇴비화 속도가 완만하게 되고 이 보다 작으면 미생물 자체의 증식과 유기물 분해는 왕성해지는 반면 질소 과잉으로 퇴비화 기간 중 질소 손실이 크게 될 것이다. 이상의 이유에서 퇴비 원료 물질 중의 탄소와 질소 함량을 측정하여 C/N율을 인위적으로 사전에 조정해 주므로써 퇴비화에 속도 조정할 수 있을 것이다.

그러나 퇴비내에 존재하는 모든 탄소와 질소가 퇴비화에 관여하는 미생물에 의하여 질소원 또는 탄소원으로 이용될 수 없으며 그럼에도 불구하고 퇴비중 총 탄소와 총 질소 함량을 측정하여 C/N율을 결정하는 것이 일반적이기 때문에 본 논문에서는 퇴비중 미생물이 이용할 수 있는 탄소와 질소 함량을 측정하여 C/N율을 계산하고 이렇게 하여 얻어진 C/N율과 통상 행해지는 C/N율과의 차이를 조사하고자 한다. 또한 일반적으로 C/N율을 결정하기 위하여 사용되는 질소 분석 방법인 Kjeldahl 방법으로는 퇴비화 미생물이 이용할 수 있는 질소인 아질산과 질산이 측정되지 않는 점을 고려하여 이와 같은 질소도 모두 측정될 수 있는 Förster 방법으로 병행하여 퇴비중 질소 함량을 측정함으로써 두 방법간의 퇴비중 C/N율 차이도 동시에 보고자 한다.

실험 방법

1. 퇴비원료물질의 생산공정, 퇴비화 방법 및 분석 방법

본제 논문 1보 및 2보와 같음

2. 계산 방법

$$1) C/N율 = \frac{C}{N}$$

C=어느 기간 후 퇴비중의 탄소 함량(%)

N=어느 기간 후 퇴비중의 질소 함량(%)

$$2) C/N율의 감소율(reduction rate)$$

$$C/N율의 감소율 = \frac{A-B}{A}$$

A=퇴비 원료 물질중의 C/N율

B=어느 기간 후 퇴비중의 C/N율

$$3) C/N율의 감소 능력(raduction capacity)$$

$$C/N율의 감소 능력 = \frac{C/N율의 감소율}{퇴비화 기간}$$

결과 및 고찰

표 1에서 보면 총 탄소 및 총 질소로부터 얻어진 C/N율이 퇴비화 기간에 따라 점차 감소한다는 것을 분명히 볼 수 있었으며 퇴비화 전 기간을 통하여 총 탄소와 Kjeldahl 방법에 의한 총 질소로부터 얻어진 C/N율이 총 탄소와 Förster 방법에 의한 총 탄소와 총 질소로부터 얻어진 C/N율 보다 높았다. 두 분석 방법간의 차이는

Table 1. Changes of carbon/nitrogen(C/N)-ratios in compost by analysing methods at composting periods.

composting periods (weeks)	TC/TN by	
	Kjeldahl	Förster
0	28	26
6/7	26	24
2	21	21
5	22	21
6	22	21
9	22	20
17	19	18
21	17	15
30	16	15

TC : total carbon TN : total nitrogen

표 2에 나타나 있는 바와 같이 Kjeldahl 방법에 의한 C/N율이 Förster 방법에 의한 C/N율 보다 C/N율로서 1 백분율로 환산하면 6.8%가 높았다.

그림 2에서 퇴비화 기간에 따라 총 탄소와 총 질소에

Table 2. Comparison between carbon/nitrogen(C/N-) ratios in compost determined by different methods analysis

	$\frac{(TC/TN) (K)}{(TC/TN) (F)}$ (%)	$\frac{(BC/BN) (K)}{(BC/BN) (F)}$ (%)	$\frac{(TC/TN) (K)}{(BC/BN) (F)}$ (%)	$\frac{(TC/TN) (K)}{(BC/BN) (K)}$ (%)	$\frac{(TC/TN) (F)}{(BC/BN) (F)}$ (%)
average	1,068 (6.8)	1,061 (6.1)	1,360 (36.0)	1,284 (28.4)	1,273 (27.3)

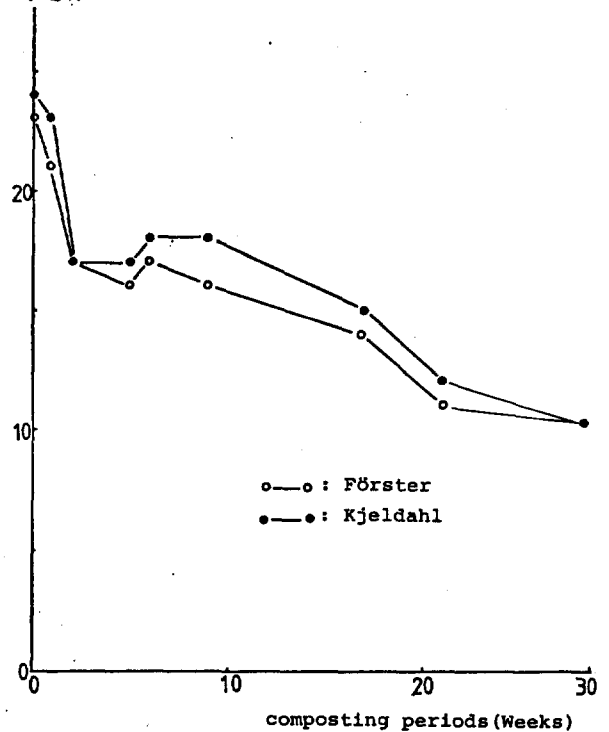
(TC/TN) (K) : total carbon/total nitrogen ratio by Kjeldahl Method
 (TC/TN) (F) : " " by Förster Method
 (BC/BN) (K) : biodegradable carbon/biodegradable nitrogen ratio by Kjeldahl Method
 (BC/BN) (F) : " " by Förster Method

서 얻어진 C/N율의 감소율은 퇴비화 초기 2주까지 급BC/BN

격히 증가하였고 2주와 6주 사이에 완만한 감소 내지 거의 일정하게 유지하다가 이후부터 다시 완만하게 증가하는 경향을 볼 수 있었으며 C/N율의 감소 능력은 퇴비화 초기 2주까지 급격한 증가와 2주에서 5주 사이의 급격한 감소이후 아주 완만한 감소 경향을 보였다.

총 탄소 및 Kjeldahl 방법에 의한 총 질소로부터 얻은 C/N율은 초기 28에서 30주 후 16으로 초기에 대한 43% 그리고 총 탄소 및 Förster 방법에 의한 총 질소로부터 얻은 C/N율은 초기 26에서 30주 후 15까지 초기에 대한 42%의 감소량으로 두 방법간에 큰 차이를 볼 수 없었다.

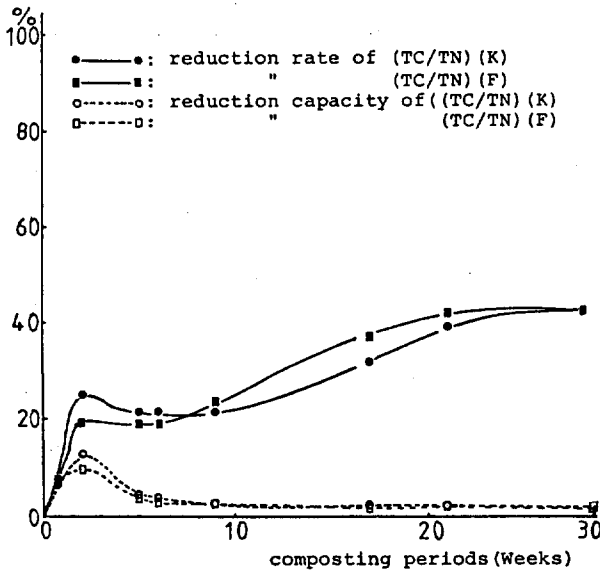
그림 1에서는 퇴비화 기간에 따른 미생물이 이용할 수 있는 탄소와 두 질소 분석 방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소로부터 얻어진 C/N율의 변화를 나타낸 것으로 둘 다 같이 퇴비화 초기 2주까지 급격히 감소하였고 5주부터 6주 사이에 약간 증가를 보였다가 이후부터 완만하게 감소하는 경향이였으며 C/N율의 감소율과 감소 능력이 두 질소 분석 방법간에 거의 비슷하다는 것도 그림 3에서 잘 볼 수가 있었다. 그러나 표 2에서 볼 수 있는 바와 같이 총 탄소와 각각의 같은 분석 방법에 의한 총 질소와 미생물이 이용할 수 있는 질소로부터 얻은 C/N율에 있어서의 차이는 다 같이 C/N율로서 4 백분율로 환산하면 Kjeldahl방법에서 28.4% Förster 방법에서 27.3%로서 Kjeldahl 방법에서 약간의 차이를 볼 수 있었다. 한편 통상 퇴비중 C/N율 계산을 위하여 질소 분석에 사용하는 Kjeldahl 방법에서 얻은 총 질소와 총 탄소를 부터 얻은 C/N율과 Förster방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소와 미생물이 이용할 수 있는 탄소를 부터 얻어진 C/N율의 차이는 표2에서와 같이 C/N율로서 5백분율로서 36%의 차이를 보여주었다. 이것은 Kich와 Hilkenbäumer³⁾에 의한 두 C/N율간의 차이



BC : biodegradable carbon
 BN : " " nitrogen

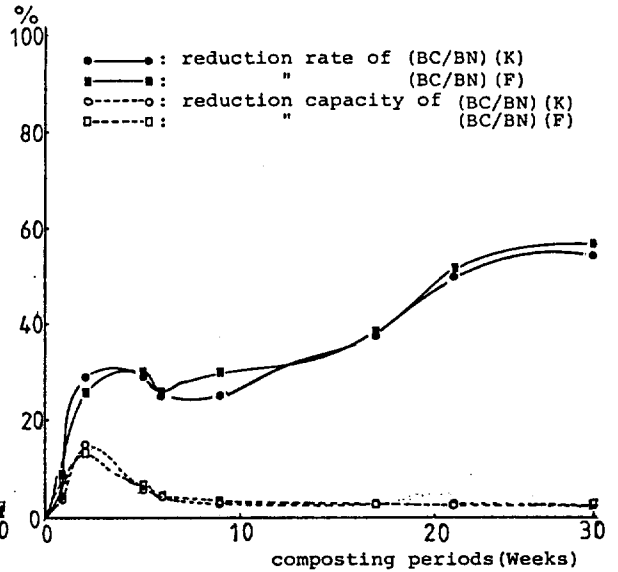
Fig. 1. Changes of carbon/nitrogen(C/N-) ratios in compost at various composting periods.

10의 절반에 해당하며 이러한 차이는 퇴비중 아질산과 질산 함량 차이에서 온 것으로 생각된다. 또한 이들 차이는 퇴비화 기간이 경과함에 따라 점점 증가하는 경향이였으며 퇴비화 30주 후에는 60%라는 현저한 차이를 보였다.



(TC/TN) (K) : total carbon/total nitrogen ratio by kjeldahl Method
 (TC/TN) (F) : total carbon/total nitrogen ratio by Forster Method

Fig. 2. Changes of reduction rate and reduction capacity of total carbon/total nitrogen ratio in compost.



(BC/BN) (K) : biodegradable carbon/biodegradable nitrogen ratio by Kjeldahl Method
 (BC/BN) (F) : biodegradable carbon/biodegradable nitrogen ratio by Forster Method

Fig. 3. Changes of reduction rate and reduction capacity of biodegradable carbon/biodegradable nitrogen ratio in compost

Table 3. Regression equations and correlation coefficients among some C/N-ratios.

		Kjeldahl (x)		Forster (x)	
		TC/TN	BC/BN	TC/TN	BC/BN
Forster (Y)	TC/TN				
	BC/BN	$1.161x - 7.782$ ($r = 0.991^{**}$)			
Kjeldahl (Y)	TC/TN	$0.936x + 0.034$ ($r = 0.984^{**}$)	$0.794x + 6.528$ ($r = 0.977^{**}$)		
	BC/BN	$1.069x - 6.820$ ($r = 0.988^{**}$)	$0.916x + 0.432$ ($r = 0.991^{**}$)	$1.129x - 6.586$ ($r = 0.992^{**}$)	

TC : total carbon TN : total nitrogen
 BC : biodegradable carbon BN : biodegradable nitrogen

표 3에서는 두 질소 분석 방법에 의한 총 질소와 미생물이 이용할 수 있는 질소에서 얻은 C/N율 사이의

상관을 조사한 것으로 Kjeldahl방법에 의한 총 질소와 총 탄소간의 C/N율, 미생물이 이용할 수 있는 탄소와

Kjeldahl방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소간의 C/N율, 총 탄소와 Förster방법에 의한 총 질소에서 얻은 C/N율 및 미생물이 이용할 수 있는 탄소와 Förster방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소로부터 얻은 C/N율 서로 서로 간에 고도의 유의적인 정(+)의 상관성이 있었다.

요 약

퇴비중의 정확한 C/N율은 미생물이 이용할 수 있는 탄소와 비로서 결정하여야 하기 때문에 본 시험에서는 일반적으로 C/N율을 결정하기 위하여 사용하는 Kjeldahl 방법과 아질산과 질산도 동시에 분석되는 질소 분석방법인 Forster 방법으로 병행하여 질소 함량을 분석하고 이들 함량으로부터 얻어진 퇴비 중의 C/N율 변화를 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 퇴비화 기간에 따라 두 질소 분석 방법에서 얻어진 C/N율이 모두 점차 감소하였으며 퇴비화 초기 2주까지 급격히 감소한 후 2주와 6주사이에 약간 증가 내지 일정하게 유지하다가 이후부터 완만하게 감소하는 경향이 있었다.

2. 퇴비화 기간에 따라 두 질소 분석 방법에서 분석된 퇴비 종류의 질소와 탄소로부터 얻어진 모든 C/N율을 비교할 때 Kjeldahl 방법에 의한 C/N율이 Förster 방법에 의한 C/N율 보다 높았다.

3. 통상 퇴비 중 C/N율 계산을 위하여 질소 분석 방법으로 사용하는 Kjeldahl 방법에서 얻은 총 질소와 총

탄소로부터 얻어진 C/N율이 Förster 방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소와 미생물이 이용할 수 있는 탄소로부터 얻어진 C/N율보다 C/N율로서 5백분율로 36% 높았다.

4. 총 탄소와 Kjeldahl 방법에 의한 총 질소 간의 C/N율, 미생물이 이용할 수 있는 탄소와 Kjeldahl 방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소간의 C/N율, 총 탄소와 Förster 방법에 의한 총 질소간의 C/N율 및 미생물이 이용할 수 있는 탄소와 Förster 방법에 의한 미생물이 이용할 수 있는 질소간의 C/N율간에 서로 서로 고도의 유의적인 정(+)의 상관성이 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Merkblatt 10(1985) ; Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost aus Müll und Müll/Klärschlamm ; Straub, H., Schenkel, W. und Hösel, G. ; Müll-und Abfall-beseitigung-Müllhandbuch-KZ 6856
- 2) Kahman, L.(1981) ; Kompostqualitätskriterien und Schwermetall, Müll und Abfall 7/81, p. 188-194
- 3) Kick, H., Hilkenbäumer, F. und Reinben, G.(1962) : Untersuchung über die Anwendung von Müll-und Müllklärschlamm-Kompost sowie Klärschlamm in Landbau, sowie in Garten-und Obstbau.