



ORIGINAL PAPER

원저

## 퇴비화 공정의 1차 발효단계에서 질소성 물질의 거동 평가

정연구, 김진수

금오공과대학교 토목, 환경 및 건축공학부  
(2000년 7월 6일 접수, 2000년 8월 15일 채택)

### An Assessment on the Behavior of Nitrogenous Materials during the First High-rate Phase in Composting Process

Yeon-Koo Jeong, Jin-Soo Kim

School of Civil, Environmental and Architectural Engineering  
Kumoh National University of Technology

#### ABSTRACT

Composting of N-rich wastes such as food waste and wastewater sludges can be associated loss of with substantial gaseous N, which means loss of an essential plant nutrient but may also lead to environmental pollution. We investigated the behavior of nitrogenous materials during the first high-rate phase in composting of food waste. Air dried food waste was mixed with shredded waste paper or wood chip and reacted in a bench scale composting reactor. Samples were analyzed for pH, ammonia, oxidized nitrogen and organic nitrogen. The volatilized ammonia nitrogen was also analyzed using sulfuric acid as an absorbent solution.

Initial progress of composting reaction greatly influenced the ammonification of organic nitrogen. A well-balanced composting reaction with an addition of active compost as an inoculum resulted in the promoted mineralization of organic nitrogen and volatilization of ammonia. The prolongation of initial low pH period delayed the production of ammonia. It was also found that nitrogen loss was highly dependent on the air flow supplied. With an increase in input air flow, the loss of nitrogen as an ammonia also increased, resulted in substantial reduction of ammonia content in compost. The conversion ratio of initial nitrogen into ammonia was in the range of 28 to 38% and about 77-94% of the ammonia produced was escaped as a gas. Material balance on the nitrogenous materials was demonstrated to provide an information of importance on the behavior of nitrogen in composting reaction.

Key Words : Composting, nitrogen loss, cumulative production of ammonia, organic nitrogen

#### 초 록

음식쓰레기, 슬러지 등과 같이 C/N비가 낮은 폐기물을 호기성으로 퇴비화하는 경우 질소 성분이 많이 손실될 수 있으며, 이는 비료성분의 손실, 악취를 비롯한 환경오염 발생 등을 유발할 수 있다. 본 연구에서는 퇴비화 공정에서 질소성 물질의 보존방법을 도출하기 위한 기초 연구로 음식쓰레기를 실험실 규모로 퇴비화하면서 일반적인 호기성 퇴비화 공정에서 일어나는 질소의 거동을 분석하였다. 음식쓰레기는 종이나 나무조각과 혼합하여 퇴비화

하였으며, 질소성 물질의 거동을 평가하기 위해 퇴비시료에 포함된 암모니아, 산화성 질소, 유기성 질소를 측정하였다. 배가스로 손실되는 질소도 황산으로 흡수시켜 정량하였다.

퇴비화 반응의 활성화 여부가 유기성 질소의 무기화에 큰 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 활성이 좋은 퇴비를 식중환 경우 반응 초기부터 유기성 질소의 무기화가 활발히 진행되어 많은 양의 질소가 손실된 반면 초기의 낮은 pH 기간이 길어지면 유기성 질소의 분해가 지연되는 것으로 나타났다. 암모니아 손실량은 주입된 공기량의 영향이 큰 것으로 판단되며, 암모니아 손실이 증가하면 퇴비의 암모니아 함량이 크게 감소하였다. 질소에 대한 물질수지 분석을 통하여 초기 질소의 28~38%가 암모니아로 전환되었으며, 전환된 암모니아의 77~94%가 가스로 손실된 것으로 나타났다.

## 1. 서론

퇴비화는 다양한 종류의 미생물이 관여하여 유기성 폐기물을 안정한 부식물질로 전환하는 생물학적 공정이다. 유기성 폐기물이 생물학적으로 분해되는 과정에서 유기산, 암모니아, 열 등 다양한 종류의 발효산물이 생성되고 이는 환경인자를 변화시켜 퇴비화 반응의 진행에 영향을 준다. 즉, 퇴비화 반응이 진행됨에 따라 pH, 온도 등과 같은 환경인자가 변화되고, 환경변화에 효과적으로 적응할 수 있는 미생물이 퇴비화 반응을 주도하는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>.

퇴비화 반응에 따른 질소성 물질의 거동은 우선 유기성 질소성분이 미생물에 의해 무기화되어 암모니아로 전환된다. 고분자 물질인 유기성 질소는 아미노산과 같이 다양한 형태의 저 분자량 유기성 질소를 거쳐 최종적으로 암모니아로 전환된다. 암모니아의 생성은 퇴비화 초기의 낮은 pH를 높임으로써 전반적으로 퇴비화 반응을 촉진하지만 축적된 암모니아는 높은 pH 조건에서 주입된 공기에 의해 가스로 손실된다. 암모니아의 손실은 퇴비화 시설의 악취 발생의 원인이 될 뿐만 아니라 최종적으로 생산되는 퇴비의 비료가치를 저하시킬 수 있다<sup>2)</sup>.

일반적으로 퇴비의 암모니아 농도는 C/N 비, 공기 공급량, 수분함량 변화, 반응 온도 등 다양한 인자에 의해 변화된다<sup>3)</sup>. 초기 C/N 비가 낮은 경우 암모니아성 질소가 다량으로 축적되고 이는 주입된 공기를 통해 퇴비로부터 제거된다. 공기 공급량이 증가하면 손실되는 암모니아 양이 증가하고 수분함량은 낮을수록 암모니아 손실을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

또한 퇴비화 반응에서 암모니아 성분의 손실을 억제함으로써 퇴비의 암모니아 농도를 증가시키기 위해 다양한 방법이 연구되고 있다. Zeolite, peat, 쉽게

분해될 수 있는 물질 등을 첨가하여 암모니아의 손실을 줄임으로써 암모니아 농도가 증가한 사례가 보고된 바 있다<sup>3-5)</sup>. 이러한 방법은 1차 발효과정에 있어 부분적으로 질소 농도 증가에 기여하는 것으로 알려져 있다. 그러나 퇴비화 공정의 1차 발효 단계에서 생성된 암모니아는 숙성단계를 거치면서 질산화, 탈질산화 반응을 거쳐 질소가스로 전환된다<sup>2,6)</sup>. 이에 따라 최종적으로 숙성된 퇴비에는 암모니아와 같은 무기성 질소의 매우 제한된 양만 존재하게 된다.

본 연구에서는 호기성 퇴비화 공정에서 생성, 손실되는 무기성 질소 성분을 보존하여 최종적으로 상품화되는 퇴비의 비료가치를 향상시킬 수 있는 방법을 모색하기 위해 먼저 퇴비화 조건에 따른 질소성 물질의 거동에 관한 기초 연구를 진행하였다. 대상 유기성 폐기물은 음식 쓰레기로 하였으며, 퇴비화 조건에 따른 질소성 물질의 분해, 생성, 전환 등에 관한 정보를 실험실 규모 퇴비화실험을 통해 조사하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 퇴비화 실험

퇴비화 실험에 사용된 음식쓰레기는 성상 변화를 최대한 억제하기 위하여 식당에서 배출되는 잔반을 수거하여 노천에서 일광 건조한 후 사용하였으며, 수분 조절제는 절단된 폐종이 혹은 나무조각을 사용하였다. 혼합 비율을 비롯한 상세한 퇴비화 실험 조건은 (Table 1)과 같으며, 초기 수분함량은 모든 실험에서 60%가 되도록 조절하였다.

실험에 사용된 실험실 규모 퇴비화 반응기는 두께 0.5cm, 내경 25cm, 높이 45cm의 원통형 아크릴로 제작하였으며, 유효용적은 약 20ℓ 이다. 퇴비화 반응열의 손실을 억제하기 위해 반응기 둘레와 상부를 유리습

(Table 1) The conditions of composting experiment

구분	Run 1	Run 2	Run 3
음식쓰레기(kg)	2.06	1.87	1.90
종이류(kg)	-	0.41	-
나무조각(kg)	0.29	-	0.55
식중 퇴비(kg)	0.75	0.74	0.74
C/N 비	17.2	18.3	18.2

건조 중량 기준

으로 단열하였다. 두개의 온도센서를 반응기 가운데에 설치하여 각각 퇴비화 온도 측정과 최고 온도를 일정 온도 이하로 유지하기 위하여 공기 주입량을 조절하는데 이용하였다. 압축공기를 반응기 하부의 유공판을 통하여 주입하여 반응조 전면에 골고루 분산되도록 하였다.

Run 1과 3에서는 공기 유입량을 0.4~6.0l /min 범위로 조절하여 퇴비화반응의 최고 온도를 60℃ 이하로 조절하였다. Run 1에서는 반응온도에 따라 공기량을 달리하여 45℃ 이하에서는 0.4l /min, 45~55℃에서는 2.0l /min, 55~65℃에서는 4.0l /min, 65℃이상에서는 6.0l /min가 주입되도록 하였다. Run 3에서는 55℃를 기준 온도로 설정하여 그 이하에서는 0.4l /min, 그 이상에서는 6.0l /min가 주입되도록 온도조절기를 이용하여 자동으로 조절하였다. 한편 Run 2에서는 1.5l /min의 공기를 전체 퇴비화 기간에 걸쳐 일정하게 주입하였다.

반응기로부터 배출되는 가스는 증발되는 수분을 포집하기 위한 수분 응축조를 거친 다음 암모니아를 흡수하기 위해 1N 황산용액(500ml)을 통과시켰다. 혼합은 2~3일 간격으로 반응기를 해체하여 수작업으로 실시하였으며, 혼합 후 분석을 위한 퇴비시료를 채취하였다.

2.2 분석항목 및 방법

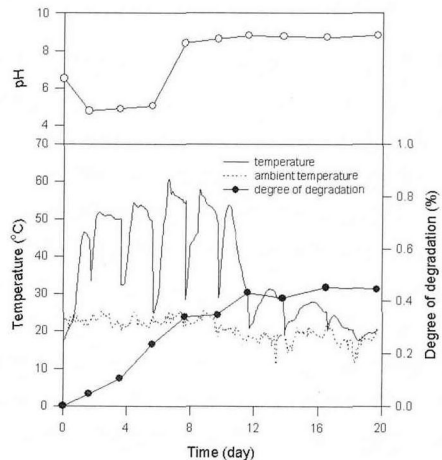
pH는 습윤 시료 5g을 증류수 50ml와 혼합하여 상온에서 약 30분간 교반한 다음 pH meter를 이용하여 측정하였다. 퇴비의 수분함량과 휘발성 고형물 농도는 각각 105℃에서 24시간 건조, 550℃에서 6시간 강열하여 구하였다. 분해율은 퇴비에 포함된 회분의 양이 퇴비화 과정을 통하여 변하지 않는다고 가정하여 휘발성 고형물의 감소량으로 계산하였다. 퇴비화 온도는 온도 센서와 data logger를 이용하여 기록하였다. 흡수액에 포집된 암모니아와 퇴비에 존재하

는 암모니아는 각각 Standard Methods에 따라 semi-automatic nitrogen analyzer(VELP)를 이용하여 증류법으로 측정하였다<sup>7)</sup>. 그리고 퇴비에 존재하는 산화성 질소(NOx)는 아질산염과 질산염을 구분하지 않은 상태에서 Devarda's alloy를 이용하여 암모니아로 환원시킨 다음 증류법으로 측정하였다. TKN은 고온, 산성조건에서 산화시킨 다음 암모니아와 같은 방법으로 측정하였으며, 유기성 질소는 TKN에서 암모니아 함량을 감하여 산출하였다.

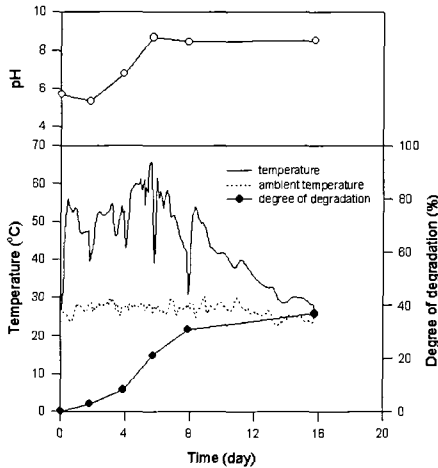
3. 결과 및 고찰

3.1 전반적인 퇴비화 반응

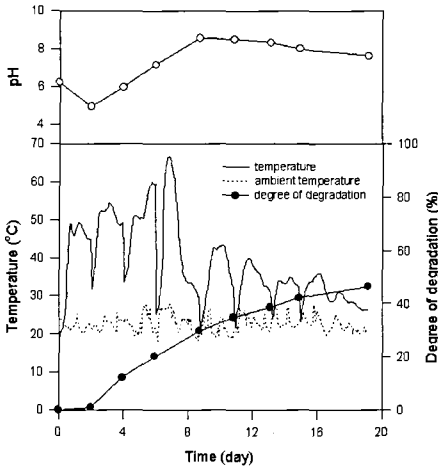
퇴비화 반응의 진행에 따른 pH, 온도, 분해율 변화는 (Fig 1~Fig 3)에 제시된 바와 같다. Run 1은 퇴비화 시작 후 바로 온도가 상승하여 고온을 유지하였으나 Run 3의 경우 약 1일 정도 후에 온도가 상승하였다. pH 변화는 퇴비화 반응의 활성화 여부를 더 분명하게 보여주고 있다. Run 1에서는 초기 pH 저하가 두드러지지 않았으나 Run 3에서는 6일 정도로 비교적 길게 유지되었다. 세 경우에 있어서 퇴비화 반응의 진행 정도 차이는 반송퇴비의 영향으로 판단된다. Run 1의 경우 1차 발효 직후의 퇴비를 식중반 반면 Run 3은 1차 발효 후 약 50일 정도 보관된 것을 사용한 결과로 판단된다. 따라서 Run 3은 퇴비를 반송하지 않고 퇴비화하는 경우에 더 근접한 실험결과로 여겨진다. 공기 주입량을 일정하게 유지한 Run 2에서는



(Fig 1) Variation of pH temperature, degradation rate in Run 1.



[Fig 2] Variation of pH temperature, degradation rate in Run 2.



[Fig 3] Variation of pH temperature, degradation rate in Run 3.

6일부터 반응온도가 65°C 정도로 높아졌다 급격히 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 유사한 조건에서 실험한 다른 연구결과와 일치한다<sup>8)</sup>.

퇴비화 반응에 따른 분해율은 Run 1의 경우 38% 정도이나 Run 2, 3은 45% 정도의 값을 보였다. 이러한 결과는 초기 반응의 활성화 여부는 1차 발효가 종료되는 시점의 분해율과 상관성이 크지 않음을 의미하며, 이는 퇴비화 공정이 갖는 동적 특성에 따른 결과로 판단된다. 한편 모든 실험에서 8~10일 정도의 고온기간이 유지된 것으로 나타나 전반적으로 퇴비화 반응이 원활히 진행되었음을 알 수 있다. 그리고 Run 3을 살펴보면 반응 초기에 pH가 낮게 유지되는 기간에도 온도가 50°C 정도로 높게 유지되고 분해율이 증

가하는 것으로 보아 유기물이 활발히 분해되고 있음을 알 수 있다.

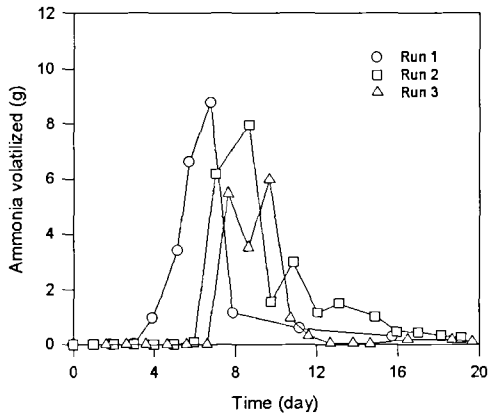
### 3.2 질소성 물질의 거동

#### 3.2.1 암모니아 발생 및 손실

퇴비화 반응이 진행됨에 따라 손실되는 암모니아의 양은 (Fig 4)에 제시된 것과 같다. 처음부터 퇴비화 반응이 활발히 진행된 Run 1에서는 약 4일 경과 후부터 암모니아가 손실되었으며, 초기에 pH가 낮은 기간이 길었던 Run 3은 약 7일 경과시점부터 암모니아가 손실되기 시작하였다. 암모니아 손실도 퇴비화 반응이 초기부터 활성화된 Run 1과 일정한 공기량을 유지한 Run 2에서 크게 나타났고 Run 3에서 가장 적게 나타났다. Run 2에서도 Run 3과 유사하게 초기에 낮은 pH 기간을 거친 다음 6일부터 암모니아가 많이 손실되었다. 특히 온도가 실온 수준으로 떨어진 12일 이후에도 암모니아 손실은 비교적 높은 수준을 유지하였다.

한편 (Fig 5)는 퇴비에 잔류하는 암모니아의 변화를 보여주고 있다. 암모니아가 급격히 발생하는 기간에는 퇴비에 포함된 암모니아 농도가 증가하였다가 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 유기성 질소의 무기화 반응이 진행되면서 암모니아가 퇴비에 축적되어 농도가 증가하지만 점차 무기화 반응이 종료되면서 생성되는 암모니아 양은 감소하는 반면 암모니아 손실은 그대로 유지되기 때문으로 판단된다. 특히 초기 퇴비화 반응이 활성화되었던 Run 1과 1.5l/min 수준의 일정한 유량으로 공기를 주입한 Run 2에서 퇴비에 포함된 암모니아 농도의 감소 경향이 크게 나타났다.

퇴비화 반응이 비슷한 C/N비에서 진행되는 경우 암모니아 손실은 주입된 공기량의 영향을 크게 받는 것을 알 수 있다. 즉, Run 1에서는 고온기간에 암모니아가 다량 생성되었기 때문에 이때 공기 주입량이 많아 암모니아 손실이 많았고, Run 2에서도 Run 1이나 Run 3의 저온시 공기량보다 많은 양이 공급되어 암모니아가 꾸준히 손실된 것으로 판단된다. Run 3에서는 유기성 질소의 분해반응이 지연되어 고온단계 말기에 암모니아가 집중적으로 생성되었으나 반응 온도가 떨어져 0.4l/min 수준의 적은 유량으로 공기를 공급한 관계로 퇴비에 잔류하는 암모니아의 양이

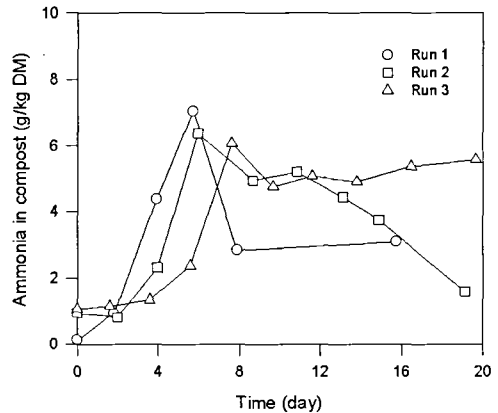


(Fig 4) Variation of ammonia loss weight.

높은 수준을 유지하였다. 이러한 결과는 주입된 공기량이 미생물 반응에 영향을 미쳐 발생한 것이 아니라 퇴비에 포함된 암모니아를 공기가 물리적으로 배출시키는 기능을 갖기 때문에 발생한 것으로 판단된다. Run 2와 3은 각각 수분조절제로 종이와 나무조각을 첨가하였으나 상대적으로 생분해도가 큰 종이류를 첨가한 Run 2에서 암모니아 손실이 크게 나타난 것도 같은 이유로 판단된다.

손실된 암모니아 양 또는 퇴비의 암모니아 농도는 유기성 질소가 암모니아로 전환되는 과정에 대한 명확한 정보를 제공하지 못한다. (Fig 4, 5)에서 본 바와 같이 pH, 온도, 공기 공급량 등의 퇴비화 조건에 따라 암모니아 손실이나 퇴비에 잔류하는 암모니아 양은 변화된다. 또한 암모니아가 생성되지 않아도 다른 종류의 유기물이 분해되면 암모니아 농도가 상대적으로 증가할 수 있다. 이는 잔류성 고형물 비율은 퇴비화 반응이 진행됨에 따라 증가하지만 퇴비에 존재하는 잔류성 고형물의 양은 처음부터 일정하게 유지되는 것과 같은 원리이다. 그리고 손실되는 암모니아 양의 많고 적음에 따라 퇴비에 잔류하는 암모니아의 농도가 변동될 수 있다.

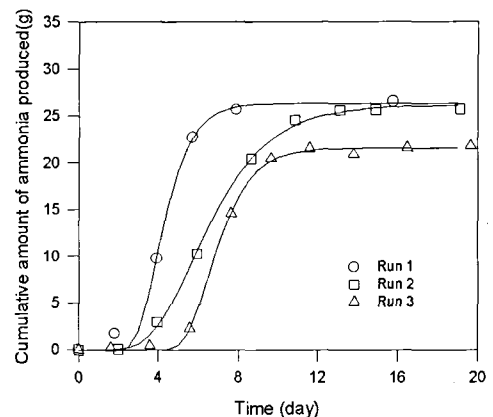
(Fig 6)은 퇴비화 반응기간 동안 배가스로 손실된 암모니아 양과 퇴비에 잔류하는 양을 합산한 것으로 유기성 질소가 분해되면서 형성된 암모니아의 누적량이다. 이는 암모니아가 미생물 동화작용에 이용되는 부분, 질산화 반응으로 인한 질산염으로의 전환되는 부분 등 몇몇 암모니아 감소요인을 고려하지 않은 것으로 암모니아의 겉보기 발생량이라 할 수 있다. 따라서 그래프의 기울기는 암모니아 발생속도를 의미한



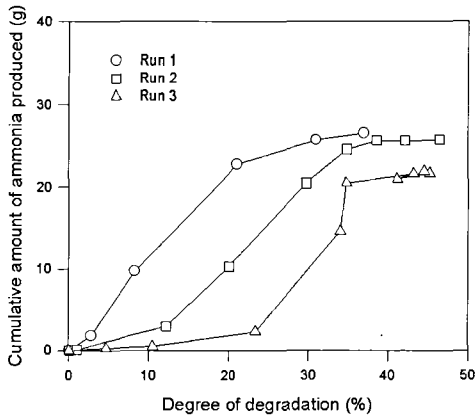
(Fig 5) Variation of ammonium concentration in compost

다. Run 1의 경우 3일이 경과하면서부터 암모니아가 급격히 생성된 반면 Run 3에서는 6일이 경과한 다음부터 암모니아가 급격히 생성됨을 알 수 있다. 그리고 Run 2에서는 4일부터 암모니아가 많이 생성된 것으로 나타났다. 따라서 (Fig 6)의 암모니아의 누적 발생량은 유기성 질소가 암모니아로 전환되는 반응의 특성을 잘 설명하고 있음을 알 수 있다.

(Fig 7)은 유기물의 분해율과 누적 암모니아 발생량을 도시한 것으로 유기성 질소와 이를 포함한 일반적인 유기물의 상대적인 분해속도에 관한 정보를 제공한다. 유기성 질소는 대체로 단백질과 같은 고분자 유기물로 존재하기 때문에 쉽게 분해될 수 있는 유기물보다 늦게 분해되는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 이산화탄소 발생량이 먼저 증가한 다음 암모니아 발생량이 증가한다<sup>9)</sup>. Run 1의 경우 분해율과 암모니아

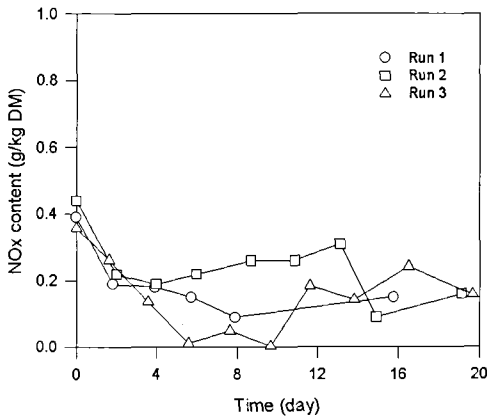


(Fig 6) Variation of evolution weight accumulated Ammonia gas



(Fig 7) Relationship of degradation rate and accumulated NH3 gas

발생량이 유사한 비율로 증가하고 있으나 Run 3의 경우에는 분해율이 20% 이상 될 때까지는 암모니아 발생이 적어 유기성 질소 성분의 분해가 지연된 것을 알 수 있다. Run 3에서는 반응 초기에 낮은 pH가 6 일 정도 길게 유지되었던 것에 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 한편 Run 2에서도 유기성 질소가 일반 유기물 보다 다소 느리게 분해되는 것으로 나타났다. 따라서 퇴비화 공정의 초기 반응의 활성화 정도에 따라 유기성 질소의 무기화 반응이 결정됨을 알 수 있다. 그리고 유기물 분해율이 30% 정도에 이르면 더 이상 암모니아 발생이 없는 것으로 보아 유기성 질소의 무기화 반응이 거의 종료된 것으로 판단된다. 유기물 분해율과 누적 암모니아 발생량을 비교함으로써 유기성 질소와 이를 포함한 일반 유기물의 상대적인 분해특성을 파악할 수 있었다.

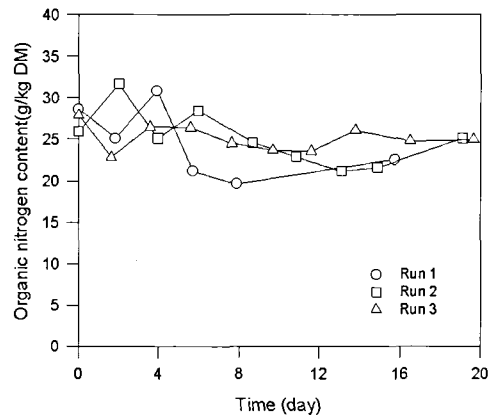


(Fig 8) Variation of NO2 concentration

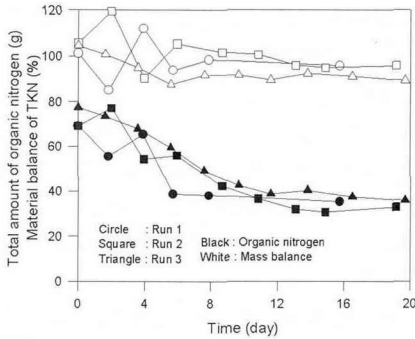
### 3.2.2 질소의 물질수지

20일 정도의 퇴비화 기간동안 산화성 질소(질산염과 아질산염)의 농도는 (Fig 8)과 같이 변화되었다. 실험에 따라 다소 변동은 있지만 초기의 0.4 g/kg DM의 수준에서 퇴비화 반응이 진행됨에 따라 감소하여 최종적으로 0.16 g/kg DM의 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 따라서 퇴비화 공정의 1차 발효단계에서는 산화된 형태의 질소는 암모니아에 비하여 매우 적은 양으로 존재함을 알 수 있다. 이는 1차 발효단계에서는 암모니아성 질소 농도와 온도가 높게 유지되어 질산화 반응이 거의 진행되지 않기 때문으로 판단된다. 다른 연구자에 의하면 퇴비화 공정의 1차 발효단계에서도 질산화 미생물이 퇴비에 존재하는 것으로 보고되고 있다<sup>10)</sup>. 그러나 질산화 미생물은 1차 발효 단계의 온도, pH와 같은 환경조건으로 인해 질산화 반응을 유발하지 못하는 것으로 판단된다.

한편 퇴비의 유기성 질소 농도는 (Fig 9)와 같이 Run 2, 3에서는 초기에 다소 변동은 있으나 25 g/kg DM 수준을 유지하는 것으로 나타나 유기성 질소의 분해 정도를 분명하게 관찰할 수 없다. Morisaki et al. (1989)도 유사한 연구결과를 보고한 바 있다<sup>11)</sup>. 그러나 Run 1에서는 암모니아 발생이 활발한 고온기간 동안 유기성 질소의 농도가 20 g/kg DM 수준으로 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 한편 퇴비화 반응의 진행에 따른 유기성 질소의 총량 변화를 표시하면 (Fig 10)과 같다. 이는 퇴비에 남아있는 유기성 질소와 시료로 손실된 양을 합산한 것으로 퇴비화 반응 초기에는 다소 변동이 크나 (Fig 6)의 암모니아 농도가 급격히 증가하는 시기에 유기성 질소의 양이 급격히



(Fig 9) Variation of organic nitrogen concentration



[Fig 10] Variation of total amount of organic nitrogen and material balance of TKN

감소하는 것으로 나타났다. 따라서 유기성 질소의 분해과정은 퇴비의 유기성 질소 농도 변화보다는 총량 변화로 판단하는 것이 바람직함을 알 수 있다. 이는 유기성 질소 성분과 이를 포함한 유기물 성분이 모두 퇴비화 반응을 거치면서 분해되기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

[Fig 10]의 TKN 자료는 퇴비에 잔류하는 질소, 시료 채취를 통해 배출된 질소, 암모니아 가스로 손실된 질소의 양을 모두 고려하여 시간별로 나타낸 것으로 물질수지를 의미한다. 이를 보면 TKN 총량은 퇴비화 반응이 진행됨에 따라 일부 손실되어 대략 초기 값의 90~95%를 유지하는 것으로 나타났다. 가스로 손실되는 암모니아가 모두 흡수용액으로 측정되지 못한 것을 감안한다면 1차 발효 단계에서는 질산화, 탈질산화 과정을 통해 전환되는 무기성 질소의 양이 작은 것으로 판단된다. 또한 6일 정도 경과한 반응초기에는 유기성 질소 농도의 변동이 큰데 이는 시료가 균일하지 못하여 발생한 것으로 생각된다.

퇴비화 반응에 따른 질소의 거동을 정리하면 [Table 2]와 같다. Run 1~3에서 손실된 질소의 총량은 각각 21.9g, 24.1g, 16.9g으로 나타났으며, 이는 초기 질소의 31.5%, 35.9%, 22.0%에 해당하는 양이다. 공기 주입량을 일정하게 유지한 Run 2에서 질소 손실이 가장 크게 나타났으며, 이는 이전의 연구결과와 일치

[Table 2] The loss and conversion weight to ammonia of organic nitrogen

구분	질소 손실량 (g)	질소 손실률 <sup>a)</sup> (%)	암모니아 생성 총량 (g)	암모니아 전환률 (%)	암모니아의 손실률 <sup>b)</sup> (%)
Run 1	21.9	31.5	25.9	37.3	84.6
Run 2	24.1	35.9	25.7	38.3	93.8
Run 3	16.9	22.0	21.9	28.5	77.2

a)는 총 질소에 대한 손실된 암모니아의 비율.

b)는 생성된 암모니아 총량에 대한 질소의 손실비율을 의미한다.

한다.<sup>8)</sup> 생성된 암모니아의 총량에 대한 손실된 암모니아의 비율은 Run 1~3의 경우 각각 84.6%, 93.8%, 77.2%인 것으로 나타났다. 따라서 퇴비화 반응으로 무기화된 질소의 대부분이 1차 발효단계에서 암모니아로 손실됨을 알 수 있다. 총 질소에서 암모니아성 질소로 전환된 비율은 Run 1, 2가 37~38% 수준으로 높고 Run 3에서는 28% 수준으로 비교적 낮게 나타났다. Run 3의 경우에는 반응 초기에 유기성 질소의 무기화 과정이 지연되어 Run 1, 2에 비하여 암모니아 전환율이 다소 낮은 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

이상의 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 유기성 질소의 무기화 반응은 퇴비화 반응의 활성화 정도에 따라 크게 영향을 받았으며, 특히 반응 초기의 저 pH 기간을 길어지면 유기성 질소의 무기화 반응이 크게 지연되는 것으로 나타났다.

2. 암모니아화 반응을 통해 생성된 암모니아의 손실 정도는 공급된 공기량에 의해 좌우되는 것으로 나타났으며, 손실된 암모니아와 퇴비의 암모니아 농도로부터 산출된 겉보기 암모니아 발생량은 질소성 물질의 거동 설명에 매우 유효한 것으로 나타났다. 그리고 퇴비화 반응의 활성화 여부에 따라 암모니아로 전환되는 질소의 비율은 28~38%, 생성된 암모니아의 77~94%가 가스로 손실되는 것으로 파악되었다.

3. 질소 산화물은 퇴비화 반응의 1차 발효단계에서는 거의 생성되지 않음을 알 수 있었다. 그리고 유기성 질소의 분해는 퇴비의 유기성 질소 농도 변화보다는 물질수지에 근거한 총량 변화로부터 더 명확히 파악할 수 있었다.

### 감사의 글

본 논문은 1999년도 금오공과대학교의 학술연구비 지원에 의해 수행된 연구의 일부로서 연구비 지원에 대해 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. Haug, R.T. "The Practical Handbook of Compost Engineering", Boca Raton, Lewis Publishers (1993).
2. Eklind, Y. & Kirchmann, H. "Composting and Storage of Organic Household Waste with Different Litter Amendments. II: Nitrogen Turnover and Losses", *Bioresource Technology*, 74, pp.125~133 (2000).
3. Mahimairaja, S., Bolan, N.S., Hedley, M.J. & MacGregor, A.N. "Loss and Transformation of Nitrogen during Composting of Poultry Manure with Different Amendments: An Incubation Experiment", *Bioresource Technology*, 47, pp.265~273 (1994).
4. Bernal, M.P. & Lopez-Real, J.M. "Natural Zeolites and Sepiolite as Ammonium and Ammonia Adsorbent Materials", *Bioresource Technology*, 43, pp.27~33 (1993).
5. Martin, A.M., Evans, J., Porter, D. & Patel, T.R. "Comparative Effects of Peat and Sawdust Employed as Bulking Agents in Composting", *Bioresource Technology*, 44, pp.65~69 (1993).
6. 정연구 & 김진수 "음식물 쓰레기 퇴비의 숙성 특성", *한국폐기물학회지*, 17(4), pp.438-446 (2000).
7. APHA, AWWA & WEF "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 19th edition. Washington DC: Publication Office APHA (1995).
8. Jeong, Y.K. & Shin, H.S. "Effects of Temperature Control on the Behavior of Nitrogen and Cellulose in Composting Reaction", *J. of the Chinese Institute of Environmental Engineering*, 10(1), pp.43~51 (2000).
9. Nakasaki, K., Sasaki, M., Shoda, M. & Kubota, H. "Effect of Seeding during Thermophilic Composting of Sewage Sludge", *Appl. Environ. Microbiol.* 50(4), pp.899~905 (1985).
10. Kowalchuk, G.A., Naoumenko, Z.S., Derikx, P.J.L., Felske, A.S., Stephen, J.R. & rkipchenko, I.A. "Molecular Analysis of Ammonia-Oxidizing Bacteria of the  $\beta$  Subdivision of the Class Proteobacterium in Compost and Composted Materials", *Appl. & Environ. Microbiol.*, 65(2), pp.396~403 (1999).
11. Morisaki, N, Phae, C.G., Nakasaki, K., Shoda, M. & Kubota, H. "Nitrogen Transformation during Thermophilic Composting", *J. of Ferment. & Bioeng.*, 67, pp.57~61 (1989). ☐