

임목폐기물의 현장 재활용을 위한 퇴비화기술*

허영진¹⁾ · 고정현¹⁾ · 주 백¹⁾ · 안태영²⁾

¹⁾ 일송환경복원(주) · ²⁾ 단국대학교 첨단과학대학 미생물학과

The Composting Techniques for On-site Recycling of Wood Waste*

Hur, Young-Jin¹⁾ · Koh, Jeung-Hyun¹⁾ · Joo, Paik¹⁾ and Ahn, Tae-Young²⁾

¹⁾ IL Song ERT Co. Ltd.,

²⁾ Department of Microbiology, College of Advanced Sciences, Dankook University.

ABSTRACT

The main purpose of this study is as follows : Finding a solution for fresh wood chips to be used as an alternative growing-media through a study of the formation method of a compost base that is applicable on both construction site and composting factory to ferment fresh wood chips produced from construction site as well as a study on adjuvant or secondary materials. The result from the experiment plot using wood chips sized 50mm or less, manure and fertilizer mixed manure as a source of nitrogen to compost fresh wood chips has shown that the temperatures 9days and 3days after the beginning of the experiment reached to 49.0°C and 40.4°C respectively, the heating duration was 7days and 4days respectively, and the C/N ratio was 26.5 and 25.3, each satisfying the standard for composted manure (25.0~40.0). Also, the other result from another experiment plot using mixture of sandy soil and microorganism as an inoculation source of microorganism has shown that the temperature 10days after the beginning of the experiment reached to 67.6°C and lasted 16days. The experiment plot using sandy soil has shown the highest figure of 5.3×10^8 CFU/g in terms of number of microorganism. The result

* 이 논문은 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업 “재해 및 개발로 훼손된 국토핵심생태복원지역의 지형 및 수림복원 기술개발”(과제번호 051-081-032)의 지원을 받았음.

Corresponding author : Ahn, Tae-Young, Department of Microbiology, College of Advanced Sciences, Dankook University,

Tel : +82-41-550-3456, E-mail : ahnty@dankook.ac.kr

Received : 29 June, 2009. **Accepted** : 17 August, 2009.

from the experiment plots for on-site composting of fresh wood chips have shown that the experiment plot that used sandy soil with fertilizer due to supply restriction of manure as a nitrogen source in construction site reached the high temperature of 54.7°C after 3days of experiment beginning and maintained heating state for 17days and reached 30.6 of C/N ratio, satisfying the standard for composted manure.

Key Words : *Wood waste, Wood chip, Growing-media.*

I. 서 론

20세기는 과학과 산업의 발전에 의한 ‘문명의 세기’라고 할 수 있고, 인간에게는 문명의 진보에 의해 편리성이 증가되었으나 환경훼손이 심화되어 생물종이 감소하고 건전한 생태계의 존속이 위협받고 있는 상황이다(笹原 등, 2002). 이러한 인위적·자연적 환경훼손은 단순히 푸르른 식생이 없어지는 것이 아니라 생태환경의 기반이자 바탕요소인 지형이 파괴되고 토양이 상실됨으로써 토양 내 미생물과 그 위의 식물이 소실된다는 것을 의미한다. 훼손된 비탈면을 인공적으로 녹화하고자 할 때 가장 중요한 두 가지 요소는 식물생육의 바탕이 되는 식생기반의 안정적 조성과 훼손지의 종다양성을 확보하기 위해 인위적으로 도입되는 종자의 발아 및 지속적인 생육이라 할 수 있다.

식물생육에 적합한 토양환경 조성을 위해 사용되는 식생기반재에는 부엽토, 톱밥퇴비, 마크퇴비, 피트모스와 하수오니, 임목폐기물 등을 재활용한 유기질계 식생기반과 마사토, 사질토, 황토, 현장발생토 등을 사용하는 무기질계 식생기반의 두 종류가 있다. 유기질계 식생기반재 중 건설현장발생재인 임목폐기물을 재활용하여 녹화공에 이용하고자 하는 노력은 자연환경과 기후조건이 유사한 일본에서 그 유래를 찾을 수 있으며(橫塚 등, 2000; 高橋 등, 2002; 木村 등, 2005), 이러한 임목폐기물을 재활용한 식생기반재 및 녹화공법의 개발은 친환경적인 건설기술의 발전에 기여할 수 있다(건설교통부, 1997). 임목폐기물을

재활용한 파쇄목은 녹화토양의 근간이 될 수 있으며, 장차 부식되면 식물이 필요로 하는 영양소의 공급원이 될 수도 있다. 따라서 파쇄목을 활용한 녹화기술의 개발은 환경친화적인 건설공사의 큰 목표가 되고 있다(小橋 등, 1999). 그러나 파쇄목만으로는 토양입자 사이에서의 결속력이 부족하여 녹화토양으로 사용이 용이하지 않은 실정이다. 파쇄목은 입자가 크기 때문에 적절하게 결속시켜 주면 식물의 생육에 필요한 대공극이 많아져 뿌리의 신장이 용이하며, 주변 식생의 침입 가능성을 매우 높일 수 있는 특성이 있다(二見 등, 1999).

본 연구는 건설현장에서 발생하는 임목폐기물을 파쇄하여 현장 내·외에서 퇴비화를 통한 식생기반재 생산을 위한 고속 퇴비화 발효의 조성방법에 관한 것으로 파쇄된 생칩 상태로 식생기반재와 혼합하여 사용할 때의 식물 생육상황과 토양의 이화학적 특성을 분석함으로써, 훼손된 생태계의 복원요소 중 하나인 식생기반재로의 활용가능성을 평가해 보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 질소원의 종류에 따른 퇴비화효율

본 실험에는 건설현장에서 발생된 뿌리가 포함된 근원부의 임목폐기물을 ‘D’사의 임목파쇄기를 사용하여 25mm, 50mm, 100mm의 스크린으로 파쇄한 임목파쇄칩을 사용하였다. 또한, 퇴비화를 위한 질소원으로는 돈분(Manure), 요소비료(Fertilizer), 미생물제재(찌모겐, Microorganism)

를 사용하였고, 미생물접종원으로는 마사토(Sand), 황토(Loess), 논흙(Paddy soil)을 이용하였다.

임목파쇄칩의 퇴비화 실험은 충북 청원군 소재 퇴비화 실험구에서 총 3차에 걸쳐 진행하였으며, 2007년 10월 7일부터 1개월간 임목파쇄칩의 크기 및 질소원의 종류에 따른 퇴비화 효율을 검증하고자 온도, pH, EC, CEC, C/N비 등의 항목에 대한 화학적 특성을 분석하였다.

실험은 임목파쇄칩의 크기를 50mm 이하와 50mm 이상의 2수준으로 하였으며, 질소원으로 돈분(600ℓ), 돈분(600ℓ)+비료(5kg), 비료(5kg)의 3수준으로 설계하였다. 또한 대조구로서 50mm 이하와 50mm 이상의 임목파쇄칩을 이용하여, 질소원을 미혼합한 실험구를 각각 1개씩 배치하였

다. 실험구는 총 24개(3반복 임의배치)로 구성하였고, 실험에 사용된 임목파쇄칩은 실험구별로 각각 1.0m³씩으로 하였으며, 적정 습도 유지와 통기를 위해 필요에 따라 뒤집기 작업을 실시하였다. 퇴비화 실험의 설계는 표 1과 같다.

2. 미생물접종원의 종류에 따른 퇴비화효율

임목파쇄칩의 퇴비화를 위해 사용되는 미생물접종원에 따른 퇴비화 효율을 파악하기 위하여 수행하였다. 본 실험은 2007년 12월 12일부터 3개월간 진행하였으며, 온도, pH, EC, CEC, C/N비 등의 항목에 대한 화학적 특성 분석 및 미생물수 분석을 통하여 미생물접종원의 종류에 따른 퇴비화 효율을 검증하고자 하였다.

토양은 마사토(Sand), 황토(Loess), 논흙(Paddy soil)을 각각 0.2m³씩 혼합한 실험구와 각각의 혼합물에 미생물제재를 0.5kg씩 추가한 실험구로 총 6개의 실험구를 조성하였다.

실험에 사용된 임목파쇄칩은 50mm 이상의 크기로 고정하였으며, 각 실험구당 2.0m³씩을 사용하였다. 또한 질소원으로 돈분 600ℓ와 비료 5.0kg을 각 실험구에 동일하게 혼합하였다(표 2).

3. 임목폐기물 발생 현장의 퇴비화 실험

현장 퇴비화실험은 2008년 5월 15일부터 2개월간 진행하였으며, 선행된 질소원과 미생물접종원의 종류에 따른 퇴비화 실험의 결과를 토대로 하여 건설현장에서 발생하는 임목폐기물을 현장

Table 1. Experimental plots position and material mixture rates.

| Fresh wood chips | | Manure (ℓ) | Fertilizer (kg) |
|--------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| (m ³ , <50mm) | (m ³ , 50mm<) | | |
| 1.0 | - | 600 | - |
| 1.0 | - | 600 | 5.0 |
| 1.0 | - | - | 5.0 |
| - | 1.0 | 600 | - |
| - | 1.0 | 600 | 5.0 |
| - | 1.0 | - | 5.0 |
| 1.0 | - | - | - |
| - | 1.0 | - | - |

Experimental plots : [6×3(rep.)]+[2(control)×3(rep.)]=24;
Arrangement : Fully random arrangement; Com mon fact : Keep moisture content about 60%.

Table 2. Plot position and material mixture rates.

| | Sand | Loess | Paddy Soil | Sand | Loess | Paddy Soil |
|--|------|-------|------------|------|-------|------------|
| Fesh Wood Chip (m ³ , 50mm <) | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Manure (ℓ) | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Fertilizer (kg) | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Soil (m ³) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Microorganism (kg) | - | - | - | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

Experimental plots : 6×3(rep.)=18; Arrangement : Fully random arrangement; Common fact : Keep moisture content about 60%

Table 3. Plan of experiment for composting mixture.

| Fresh wood chip (m ³ , <50mm) | Manure (ℓ) | Fertilizer (kg) | Sand (m ³) | Microorganism (kg) |
|--|------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| 2.0 | | | 0.2 | 0.5 |
| 2.0 | | | 0.6 | |
| 2.0 | | 10.0 | 0.2 | |
| 2.0 | | 10.0 | 0.6 | |
| 2.0 | | | 0.2 | |
| 2.0 | 600 | 10.0 | 0.2 | |
| 2.0 | | | 0.2 | |

Experimental plots : [6×3(rep)]=18; Arrangement : Fully random arrangement; Common fact : Keep moisture content about 60%.

내에서 파쇄 후 퇴비화하는 것을 목적으로 진행하였으며, 온도, pH, EC, CEC, C/N비 등의 항목에 대한 화학적 특성 분석 및 미생물수 분석을 통하여 퇴비화 효율을 검증하고자 하였다.

실험의 설계는 50mm 이하의 임목파쇄칩(2.0m³)을 원재료로 하여, 질소원을 공급하지 않은 마사토를 각각 원재료에 10%(0.2m³)와 30%(0.6m³)를 혼합하여 2개의 대조구를 조성하였다. 또한, 현장 퇴비화를 위하여 마사토 10%와 30%에 질소원으로 비료(10.0kg)를 추가한 실험구와 마사토 10%에 미생물제재(0.5kg), 돈분(600 ℓ)+비료(10.0kg)를 추가하여 4개의 실험구를 조성하였다(표 3).

III. 결과 및 고찰

1. 임목파쇄칩의 크기와 질소원

임목폐기물의 재활용을 위해 파쇄칩의 크기를 50mm 이하와 이상으로 나누고 질소원으로 돈분과 비료를 첨가하여 실험하였다. 파쇄칩의 크기가 50mm 이하와 이상 모두 질소원을 첨가한 실험구에서 대조구보다 온도의 상승이 빠르고 높게 나타났다(표 4).

한편 C/N비는 50mm 이하의 임목파쇄칩을 사용한 모든 실험구에서 24.9~26.5를 나타내어 퇴비화 지표(25.0~40.0, 윤석표 외, 2002)에 충족되었고 대조구에서는 46.4를 나타내었다(표 5). 반

Table 4. Change of temperature(°C) in first composting experiment.

| Days | Fresh wood chip | | | | | | | |
|------|-----------------|------------------|----------------|----------------|-------|------|------|------|
| | <50mm | | | | 50mm< | | | |
| | M ^c | M+F ^y | F ^x | C ^w | M | M+F | F | C |
| 1 | 19.7 | 20.4 | 22.3 | 28.1 | 21.8 | 21.1 | 23.7 | 22.7 |
| 2 | 26.4 | 30.4 | 24.7 | 30.0 | 33.3 | 40.1 | 28.7 | 23.2 |
| 3 | 31.3 | 40.4 | 26.0 | 33.6 | 52.1 | 56.1 | 34.4 | 22.6 |
| 4 | 37.1 | 40.9 | 27.4 | 34.1 | 45.8 | 47.9 | 31.5 | 22.5 |
| 5 | 43.6 | 40.9 | 28.5 | 29.3 | 37.8 | 30.3 | 26.5 | 22.9 |
| 6 | 44.0 | 40.5 | 28.5 | 28.6 | 39.1 | 31.6 | 26.2 | 24.1 |
| 7 | 41.7 | 37.0 | 28.2 | 27.2 | 38.1 | 32.5 | 26.6 | 23.3 |
| 8 | 40.2 | 33.9 | 28.3 | 26.4 | 38.0 | 31.8 | 28.0 | 22.1 |
| 9 | 49.0 | 41.1 | 27.1 | 22.1 | 53.7 | 41.1 | 27.1 | 21.3 |
| 10 | 46.8 | 42.3 | 26.9 | 22.4 | 42.7 | 37.3 | 27.0 | 21.0 |
| 11 | 43.9 | 40.1 | 26.9 | 22.1 | 41.3 | 35.7 | 29.6 | 24.0 |
| 12 | 39.5 | 36.4 | 26.5 | 22.8 | 40.0 | 32.5 | 28.0 | 22.1 |
| 13 | 35.4 | 32.3 | 26.5 | 22.2 | 37.3 | 28.8 | 25.3 | 20.6 |
| 14 | 31.7 | 29.3 | 26.0 | 19.0 | 37.5 | 26.9 | 22.8 | 18.8 |
| 15 | 29.8 | 27.6 | 25.7 | 20.1 | 36.4 | 26.1 | 22.1 | 19.0 |
| 16 | 31.1 | 26.8 | 23.4 | 18.5 | 37.7 | 27.8 | 21.8 | 17.9 |
| 17 | 30.9 | 25.9 | 22.8 | 19.0 | 36.6 | 28.3 | 21.7 | 19.2 |
| 18 | 30.4 | 26.2 | 22.4 | 13.5 | 35.4 | 29.2 | 21.8 | 13.0 |
| 19 | 16.0 | 15.9 | 14.8 | 15.1 | 14.9 | 14.6 | 15.7 | 16.9 |
| 20 | 19.2 | 18.8 | 19.0 | 19.0 | 19.2 | 18.5 | 18.6 | 19.2 |
| 21 | 18.8 | 18.7 | 18.5 | 17.2 | 18.5 | 17.8 | 17.8 | 17.3 |
| 22 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 20.3 | 21.1 | 21.0 | 20.6 | 19.9 |
| 23 | 21.2 | 21.3 | 21.3 | 20.9 | 21.3 | 21.3 | 21.1 | 24.6 |
| 24 | 20.8 | 20.9 | 21.0 | 19.8 | 20.5 | 20.6 | 20.3 | 20.2 |
| 25 | 19.0 | 18.5 | 18.5 | 21.7 | 20.4 | 20.4 | 19.2 | 23.0 |
| 26 | 18.1 | 17.8 | 17.8 | 17.2 | 18.5 | 18.5 | 17.9 | 19.4 |
| 27 | 15.6 | 16.0 | 15.5 | 15.5 | 15.9 | 15.9 | 15.6 | 17.5 |
| 28 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 13.8 | 14.4 | 14.2 | 14.1 | 16.0 |
| 29 | 14.9 | 14.1 | 13.9 | 13.1 | 13.3 | 13.2 | 13.2 | 13.1 |
| 30 | 14.8 | 14.0 | 14.1 | 12.7 | 14.0 | 13.8 | 13.7 | 12.7 |

^cM : Manure, ^yM+F : Manure+Fertilizer.

^xF : Fertilizer, ^wC : Control.

면에 50mm 이상의 임목파쇄칩에 비료를 질소원으로 혼합한 실험구의 C/N비는 29.9로 퇴비화 지표에 충족되었으나, 돈분과 돈분+비료를 혼합한 실험구는 각각 17.2와 14.8로 퇴비화 지표보다 낮게 나타났고 대조구는 62.3을 나타내었다(허영진, 2008).

Table 5. Determination of chemical characteristics during composting for application to growing-media.

| | Fresh wood chip | | | | | | | |
|--------------|-----------------|-------------------|------------|---------|--------|-------------------|------------|---------|
| | <50mm | | | | 50mm< | | | |
| | Manure | Manure+Fertilizer | Fertilizer | Control | Manure | Manure+Fertilizer | Fertilizer | Control |
| pH | 6.5 | 6.6 | 6.1 | 5.9 | 6.8 | 6.8 | 6.6 | 5.4 |
| EC(ds/m) | 5.5 | 6.0 | 7.2 | 0.2 | 2.9 | 3.7 | 4.5 | 0.3 |
| CEC(cmol/kg) | 45.0 | 44.5 | 42.2 | 30.8 | 37.7 | 38.9 | 34.5 | 33.9 |
| C(%) | 29.2 | 25.3 | 17.4 | 23.2 | 17.2 | 8.9 | 29.9 | 24.9 |
| N(%) | 1.1 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 1.0 | 0.6 | 1.0 | 0.4 |
| C/N ratio | 26.5 | 25.3 | 24.9 | 46.4 | 17.2 | 14.8 | 29.9 | 62.3 |

2. 토양과 미생물의 효과

1개월간 진행된 퇴비화 실험의 결과를 볼때 최고 온도까지 도달하는데 소요되는 시간과 40℃ 이상의 고온을 유지하는 기간이 선행 퇴비화 실험과 대체로 비슷한 양상을 보이고 있었다.

토양 접종원으로 황토를 혼합한 실험구의 경우 실험착수 11일만에 61.3℃의 최고온도를 나타내었으며, 총 12일간 40℃ 이상의 고온을 유지하다 하강과 상승을 반복한 후 점차적으로 온도가 하강하는 것으로 나타났다. 또한 시중에서 판매되고 있는 퇴비 생산용 미생물제제 ‘찌모젠’을 추가로 혼합한 실험구의 경우 마사토(Sand)를 혼합한 실험구가 황토(loess)나 논흙(Paddy soil)을 혼합한 실험구보다 가장 단시간 내에 최고 온도인 67.6℃까지 도달하였으며, 40℃ 이상의 고온 유지 기간도 총 16일로 장기간 유지되는 것으로 나타났다(표 6).

이상의 결과에서와 같이 최고온도 도달시점과 발열 지속기간에서는 황토와 논흙을 사용한 실험구가 퇴비화 효율이 높게 나타났으며, 토양접종원에 미생물제제를 추가할 경우 발열 지속기간이 늘어나는 것으로 나타났다.

본 퇴비화 실험 조성물의 이화학적 특성을 분석한 결과 토양 접종원으로 마사토를 혼합한 실험구의 pH는 6.7, C/N비는 20.4이고, 황토를 혼합한 실험구의 pH는 6.3, C/N비는 16.6, 논흙을 혼합한 실험구의 pH는 6.4, C/N비는 16.9로 나타났다, C/N비의 경우 모든 실험구에서 일반적

Table 6. Change of temperature(℃) in second composting experiment.

| Days | Fresh wood chip(50mm<) | | | | | |
|------|------------------------|-------|------------|----------------------|-------|------------|
| | Without microorganism | | | Microorganism(0.5kg) | | |
| | Sand | Loess | Paddy soil | Sand | Loess | Paddy soil |
| 1 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.1 | 7.2 | 7.2 |
| 2 | 7.3 | 6.9 | 7.1 | 6.9 | 7.0 | 6.9 |
| 3 | 9.6 | 9.1 | 9.4 | 8.2 | 9.2 | 9.6 |
| 4 | 15.2 | 12.8 | 11.8 | 12.0 | 11.5 | 12.0 |
| 5 | 20.6 | 18.2 | 15.6 | 16.5 | 15.7 | 15.4 |
| 6 | 30.3 | 30.1 | 32.5 | 30.1 | 27.3 | 30.4 |
| 7 | 40.6 | 33.4 | 41.7 | 38.9 | 33.2 | 42.7 |
| 8 | 44.3 | 47.4 | 54.8 | 66.4 | 43.4 | 55.3 |
| 9 | 43.6 | 52.4 | 56.8 | 67.0 | 54.7 | 58.9 |
| 10 | 44.8 | 54.8 | 62.8 | 67.6 | 64.5 | 63.1 |
| 11 | 49.3 | 61.3 | 63.0 | 64.6 | 65.3 | 64.1 |
| 12 | 46.2 | 56.5 | 56.6 | 62.5 | 64.5 | 58.2 |
| 13 | 15.9 | 18.7 | 16.9 | 19.4 | 22.7 | 18.1 |
| 14 | 18.0 | 21.5 | 17.7 | 24.3 | 24.1 | 18.6 |
| 15 | 22.1 | 24.6 | 21.0 | 27.2 | 27.6 | 20.4 |
| 16 | 26.4 | 28.3 | 24.6 | 32.4 | 30.3 | 24.0 |
| 17 | 32.9 | 32.7 | 31.4 | 35.3 | 36.8 | 29.6 |
| 18 | 35.7 | 38.0 | 39.0 | 43.2 | 41.6 | 34.4 |
| 19 | 36.1 | 40.6 | 40.7 | 44.4 | 45.1 | 38.0 |
| 20 | 37.4 | 43.5 | 42.8 | 45.7 | 47.5 | 39.6 |
| 21 | 41.1 | 50.8 | 46.4 | 52.6 | 53.2 | 46.9 |
| 22 | 36.1 | 44.7 | 41.9 | 43.2 | 40.0 | 46.5 |
| 23 | 38.4 | 45.7 | 39.2 | 46.2 | 46.0 | 42.2 |
| 24 | 37.5 | 44.5 | 34.5 | 45.1 | 47.9 | 44.2 |
| 25 | 36.9 | 40.3 | 32.0 | 46.5 | 43.2 | 42.0 |
| 26 | 35.6 | 36.9 | 30.3 | 45.8 | 43.8 | 42.2 |
| 27 | 33.0 | 33.1 | 27.9 | 47.9 | 45.1 | 42.8 |
| 28 | 32.6 | 32.0 | 27.1 | 44.0 | 42.4 | 42.1 |
| 29 | 31.0 | 30.3 | 24.9 | 38.6 | 39.2 | 41.3 |
| 30 | 29.7 | 25.4 | 22.6 | 36.2 | 34.5 | 40.3 |

Table 7. Determination of chemical characteristics during composting for application to growing-media (2nd experiment).

| | Fresh wood chip(50mm<) | | | | | |
|--------------|------------------------|-------|------------|----------------------|-------|------------|
| | Without microorganism | | | Microorganism(0.5kg) | | |
| | Sand | Loess | Paddy soil | Sand | Loess | Paddy soil |
| pH | 6.7 | 6.3 | 6.4 | 6.6 | 5.9 | 6.0 |
| EC(ds/m) | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 0.8 |
| CEC(cmol/kg) | 15.7 | 28.6 | 25.4 | 15.3 | 33.4 | 24.9 |
| C(%) | 17.1 | 20.7 | 27.7 | 25.2 | 24.2 | 20.0 |
| N(%) | 0.8 | 1.3 | 1.7 | 2.3 | 0.9 | 1.0 |
| C/N ratio | 20.4 | 16.6 | 16.9 | 11.1 | 26.7 | 20.3 |

인 퇴비의 기준보다 낮게 나타났다. 토양접종원으로 마사토에 미생물제제를 추가한 실험구의 pH는 6.6을 나타냈고, C/N비는 11.1로 퇴비의 기준에 크게 미달되는 수치를 나타내었고, 황토에 미생물제제를 추가한 실험구의 경우, pH 5.9, C/N비는 26.7을 나타내 전체 실험구중 가장 높은 C/N비를 나타내는 것으로 분석되었다. 논흙에 미생물제제를 추가한 실험구의 pH는 6.0, C/N비는 20.3으로 분석되었다(표 7).

이상의 결과를 종합하면, pH(기준 6.0~7.0)와 C/N비의 경우 마사토를 접종원으로 사용한 실험구가 퇴비의 기준(윤석표 외, 2002)에 가장 근접한 것으로 나타났다.

본 퇴비화 실험에서는 미생물의 활동을 통한 퇴비화 과정을 규명하기 위해 토양 접종원으로써 마사토, 황토, 논흙 및 시중에서 판매되고 있는 퇴비 생산용 미생물제제를 사용하였으며, 이러한 첨가제의 사용에 따른 미생물의 변화를 분석한 결과는 다음과 같았다(표 8).

25℃에서 배양된 세균의 변화를 살펴보면 접종원으로 사용된 마사토, 황토, 논흙과 미생물제제를 추가한 실험구 전체에서 세균수가 유사하게 시작하여 시간의 경과에 따라 증가와 감소를 반복하는 것으로 나타났다. 최종 시점의 미생물 수는 마사토를 접종원으로 사용한 실험구가 530.0×

Table 8. Change of bacterial numbers(10^6 CFU/g) during compost process(2nd experiment).

| Days | Fresh wood chip(50mm<) | | | | | |
|------|------------------------|-------|------------|----------------------|-------|------------|
| | Without microorganism | | | Microorganism(0.5kg) | | |
| | Sand | Loess | Paddy soil | Sand | Loess | Paddy soil |
| 1 | 6.5 | 4.7 | 5.8 | 14.0 | 5.5 | 1.0 |
| 2 | 19.7 | 24.0 | 10.7 | 22.0 | 18.0 | 14.0 |
| 3 | 6.0 | 15.1 | 10.1 | 5.5 | 21.0 | 6.5 |
| 4 | 6.6 | 8.3 | 5.9 | 1.7 | 2.4 | 5.9 |
| 6 | 58.0 | 147.3 | 43.3 | 12.0 | 84.0 | 57.0 |
| 11 | 9.1 | 506.3 | 28.2 | 8.0 | 14.0 | 220.0 |
| 13 | 1.0 | 2.0 | 3.5 | 1.0 | 5.5 | 1.0 |
| 15 | 530.0 | 53.7 | 11.0 | 170.0 | 8.5 | 240.0 |

10^6 CFU/g로 가장 많았으며, 다음으로 논흙에 미생물제제를 추가한 실험구가 240.0×10^6 CFU/g으로 나타났다(표 8).

3. 임목폐기물 발생 현장내 퇴비화실험

본 퇴비화 실험은 건설현장이라는 특수한 조건을 감안하여 질소원으로 사용한 돈분을 배제하는 것을 원칙으로 하였으며, 처음 실시한 퇴비화 실험의 결과에 따라 임목파쇄칩의 크기는 50mm 이하로 고정하였고, 두 번째로 실시한 퇴비화 실험의 결과에 따라 미생물 접종원으로 마사토를 사용하여 실험을 진행하였다. 본 퇴비화 실험에 의한 실험 조성물의 온도 변화 결과는 다음과 같다(표 9).

원재료의 10%($0.2m^3$) 분량의 마사토를 혼합한 대조구의 경우 최고 도달 온도는 47.5℃를 나타내었고, 총 5일간 40℃ 이상의 고온의 부숙 온도를 유지하는 것으로 나타났다(표 9). 이러한 결과는 임목파쇄칩에 질소원을 공급하지 않고, 토양 접종원만을 혼합하였을 경우 퇴비화를 위한 부숙의 진행이 미진한 것으로 보이며 원재료에 마사토 10%와 미생물제제를 혼합한 실험구와 원재료에 마사토 30%를 혼합한 실험구의 경우도 비슷한 온도변화 양상을 나타내고 있었다.

반면 임목파쇄칩과 원재료의 10% 분량의 마

Table 9. Change of temperature(°C) in third composting experiment.

| Days | Fresh wood chip(<50mm) | | | | | |
|------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|------|
| | Sand(0.2m ³) | | | | Sand(0.6m ³) | |
| | C ^z | M+F ^y | F ^x | M ^w | C | F |
| 1 | 38.2 | 40.8 | 37.6 | 37.3 | 35.6 | 35.2 |
| 2 | 44.8 | 58.3 | 53.2 | 49.6 | 46.2 | 44.2 |
| 3 | 47.5 | 56.3 | 54.7 | 49.5 | 52.7 | 46.0 |
| 4 | 46.0 | 55.9 | 53.1 | 47.3 | 50.2 | 46.2 |
| 5 | 42.7 | 53.4 | 50.1 | 45.6 | 47.8 | 48.2 |
| 6 | 44.4 | 52.4 | 48.2 | 43.8 | 42.7 | 46.4 |
| 7 | 36.7 | 50.2 | 41.2 | 34.7 | 35.9 | 41.9 |
| 8 | 36.7 | 52.9 | 44.5 | 34.8 | 36.1 | 45.3 |
| 9 | 34.6 | 53.1 | 47.9 | 34.9 | 36.7 | 44.7 |
| 10 | 33.2 | 50.3 | 46.0 | 34.1 | 33.7 | 42.5 |
| 11 | 33.0 | 48.9 | 44.4 | 33.5 | 32.2 | 41.3 |
| 12 | 32.7 | 47.6 | 41.9 | 31.9 | 30.2 | 40.9 |
| 13 | 30.2 | 63.0 | 40.4 | 27.9 | 27.4 | 37.8 |
| 14 | 32.5 | 56.5 | 40.8 | 28.5 | 27.6 | 32.7 |
| 15 | 23.1 | 43.2 | 38.3 | 25.8 | 25.7 | 36.4 |
| 16 | 27.0 | 49.5 | 36.6 | 27.1 | 25.1 | 37.8 |
| 17 | 27.1 | 51.5 | 41.1 | 27.9 | 26.3 | 40.2 |
| 18 | 28.4 | 52.3 | 41.6 | 29.3 | 27.3 | 40.0 |
| 19 | 27.6 | 50.6 | 40.8 | 28.9 | 27.9 | 40.3 |
| 20 | 27.7 | 51.2 | 41.4 | 29.0 | 27.9 | 40.0 |
| 21 | 26.9 | 48.1 | 38.2 | 28.8 | 27.5 | 36.3 |
| 22 | 25.8 | 44.6 | 35.5 | 28.4 | 26.7 | 33.8 |
| 23 | 25.4 | 43.5 | 34.5 | 27.7 | 25.9 | 32.5 |
| 24 | 26.1 | 43.4 | 33.9 | 26.5 | 27.6 | 31.8 |
| 25 | 25.5 | 46.4 | 33.8 | 26.0 | 26.2 | 31.4 |
| 26 | 27.5 | 50.6 | 35.2 | 28.6 | 28.0 | 32.4 |
| 27 | 28.2 | 49.4 | 35.3 | 28.7 | 27.9 | 33.0 |
| 28 | 29.0 | 48.5 | 35.0 | 29.1 | 28.0 | 33.9 |
| 29 | 29.3 | 48.0 | 36.1 | 30.7 | 30.3 | 34.5 |
| 30 | 29.8 | 46.8 | 35.0 | 30.7 | 30.3 | 34.6 |

^zC : Control, ^yM+F : Manure+Fertilizer.

^xF : Fertilizer, ^wM : Manure.

사토 및 돈분+비료를 혼합한 실험구의 경우 실험 착수 13일만에 전체 실험구 중 가장 높은 온도인 63.0°C를 나타내었으며, 40°C 이상의 고온 유지 기간도 실험 관찰기간인 30일 내내 고온을 유지하는 것으로 나타났다(표 9). 이러한 결과는 임목 파쇄칩의 크기는 50mm 이하, 질소원으로 돈분+비료를 사용한 실험의 최종 결과와 미생물 접종

Table 10. Determination of chemical characteristics during composting for application to growing-media(3rd experiment).

| Days | Fresh wood chip(<50mm) | | | | | |
|--------------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|------|
| | Sand(0.2m ³) | | | | Sand(0.6m ³) | |
| | C ^z | M+F ^y | F ^x | M ^w | C | F |
| pH | 6.4 | 7.1 | 7.3 | 6.3 | 6.8 | 7.1 |
| EC(ds/m) | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |
| CEC(cmol/kg) | 16.2 | 22.6 | 15.9 | 14.4 | 8.6 | 12.1 |
| C(%) | 26.3 | 23.9 | 13.6 | 23.5 | 20.9 | 30.4 |
| N(%) | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.8 |
| C/N ratio | 94.3 | 37.8 | 30.6 | 94.8 | 74.1 | 44.9 |

^zC : Control, ^yM+F : Manure+Fertilizer.

^xF : Fertilizer, ^wM : Manure.

원으로 마사토를 사용한 퇴비화 실험의 결과로 도출된 최적의 퇴비화 조건을 갖춘 결과인 것으로 판단된다.

현장 퇴비화를 위한 조건으로 실시한 실험계획에 따라 마사토 10%와 비료를 혼합한 실험구 및 마사토 30%와 비료를 혼합한 실험구의 경우 최고 온도가 각각 54.7°C 및 48.2°C로 나타났으며, 40°C 이상의 고온 유지기간도 17일 및 15일 수준으로 나타났다. 이러한 결과는 온도변화의 측면에서 현장내 퇴비화에 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 질소원의 혼합비 조정 및 이화학적 특성 분석결과 등을 종합하여 현장 퇴비화의 효율을 높일 수 있는 방법을 고려해야 할 것으로 판단된다.

50mm 이하의 임목파쇄칩에 마사토 10%와 30%를 각각 혼합한 대조구의 pH는 각각 6.4와 pH 6.8을 나타내었으며, C/N비는 94.3과 74.1로 매우 높게 나타나 질소공급원의 추가가 필요할 것으로 판단된다(표 10). 온도 변화의 결과에서 퇴비화 효율이 가장 우수한 것으로 나타난 마사토 10%에 돈분+비료를 혼합한 실험구의 pH는 7.1을 나타내고 있었으며, C/N비는 37.8로 나타났다. 이러한 결과는 퇴비화 기준에 적합한 것으로 나타났다. 마사토 10%와 비료를 혼합한 실

Table 11. Change of bacterial numbers(10^6 CFU/g) during compost process(3rd experiment).

| Days | Fresh wood chip(<50mm) | | | | | |
|------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|-------|
| | Sand(0.2m ³) | | | | Sand(0.6m ³) | |
| | C ^c | M+F ^y | F ^x | M ^w | C | F |
| 1 | 12.6 | 29.7 | 36.0 | 19.0 | 11.3 | 24.0 |
| 3 | 42.8 | 38.5 | 100.0 | 9.8 | 7.0 | 42.7 |
| 4 | 4.8 | 9.5 | 3.7 | 9.2 | 18.0 | 23.0 |
| 6 | 11.8 | 4.2 | 9.3 | 2.6 | 4.0 | 6.8 |
| 7 | 154.3 | 92.3 | 138.4 | 82.3 | 63.0 | 210.0 |
| 10 | 35.3 | 51.0 | 50.0 | 34.7 | 33.3 | 27.0 |
| 13 | 8.6 | 15.3 | 19.7 | 4.8 | 4.3 | 5.9 |

^cC : Control, ^yM+F : Manure+Fertilizer.

^xF : Fertilizer, ^wM : Manure.

험구 및 마사토 30%와 비료를 혼합한 실험구의 pH는 각각 7.3 과 7.1로 나타내었으며, C/N비는 각각 30.6과 44.9로 일반적인 퇴비의 적정 수준에 부합되는 것으로 나타났다. 또한 마사토 10%와 미생물제제를 혼합한 실험구의 pH는 6.3을 나타내었고, C/N비는 94.8로 전체 실험구 중 가장 높은 것으로 나타났다(표 10).

본 퇴비화 실험 중 온도의 변화에 따라 샘플을 수거하여 25℃에서 미생물을 배양한 결과 전체적인 미생물 수의 변화는 증가와 감소를 반복하였으며, 전체 실험구 중 마사토 10%와 질소원으로 비료를 혼합한 실험구의 미생물 수가 최종시점에서 19.7×10^6 CFU/g으로 가장 높게 나타났다. 이는 본 실험의 목적인 현장 퇴비화를 위한 조건에 충족되는 것으로 확인되었다.

각 실험구별 미생물 수는 표 11과 같았다.

IV. 결 론

본 연구에서는 건설현장에서 발생하는 임목폐기물을 현장 내 또는 퇴비화공장에서의 퇴비화를 통하여 톱밥퇴비 등의 유기질계 식생기반재를 대체하고, 미분해 임목과쇄칩을 식생기반재와 혼합하여 사용하는 등 임목폐기물의 재활용을 촉진하는 다양한 생태복원기술을 적용하는데 있으며,

본 연구의 결과는 다음과 같았다.

임목과쇄칩을 퇴비화하기 위해서 50mm 이하의 임목과쇄칩에 질소원으로 돈분과 돈분+비료를 사용한 실험구에서, 실험착수 후 9일과 3일만에 49.0℃와 40.4℃의 고온에 도달하였고, 발열 지속기간이 7일간과 4일간으로 나타났으며, C/N비는 각각 26.5와 25.3을 나타내어 부숙퇴비의 기준에 적합한 것으로 나타났다. 또한, 미생물 접종원으로 마사토와 미생물제제를 혼합한 실험구에서 실험착수후 10일만에 67.6℃의 고온에 도달하여 16일간 지속되었으며, 미생물수의 경우 마사토를 사용한 실험구에서 5.3×10^8 CFU/g로 가장 높게 나타났다. 임목폐기물의 발생 현장 내 퇴비화를 위한 실험에서는 질소공급원인 돈분의 사용이 제한됨에 따라 비료와 마사토를 사용한 실험구에서 실험시작 후 3일만에 54.7℃의 고온에 도달하여 17일간 발열상태를 유지하였고, C/N비도 30.6으로 나타나 퇴비화 기준을 충족시키는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

건설교통부. 1997. 환경친화적 건설사업 수행요령. 64pp.

윤석표 · 김교근 · 김석완 등 공저. 2002. 폐기물 처리시설 설계를 위한 폐기물 실험방법. 신광문화사 : pp.155-172.

허영진. 2008. 임목폐기물의 현장 재활용을 통한 생태복원기술의 적용 및 평가. 단국대학교 대학원 박사학위논문.184pp.

高橋輝昌 · 伊藤香那子 · 野口敬記 · 淺野義人 · 小林達明. 2002. 植物發生材の粒徑および窒素施肥が分解特性 · 土壤の性質植物 · 生育に及ぼす影響. 日本緑化工學會誌 28(1) : 263-266.

笹原則之 · 西澤睦博 · 大澤和幸 · 岡田拓, 2002. 高次団粒構造を形成する斜面緑化工法におけるリサイクルへの取り組み. 日本緑化工學會

- 誌 27(4) : 569-573.
- 小橋登治 · 材井 宏 · 龜山 章 編著. 1999. 環境生態工學. pp.13-136.
- 二見繁顔 · 鈴木實知代 千秋曲里 中野裕司 内田 昭. 1999. 自然循環型植物生基盤を用いた厚層基材吹付工の蓄物性. 日本緑化工學會研究發表會 : 134-137.
- 横塚 享 · 小林 正宏 · 齊藤 茂 · 細江 清二. 2000. 未分解チップ施用土壤による法面緑化事例. 日本緑化工學會誌 25(4) : 471-474.
- 木村正信 · 肥後睦輝 · 篠田善彦. 2005. チップ吹付け斜面でのハギ類の生育と基盤の養分特性. 日本緑化工學會誌 31(1) : 175-178.