



## 댐부유물 톱밥과 하수슬러지를 이용한 퇴비화 연구

류지훈, 이종진\*, 홍주화\*, 장기운\*, 이규승\*\*, 박관수\*\*, 한기필\*†

한국수자원공사, (주)판코리아\*, 충남대학교 농업생명과학대학\*\*

(2010년 3월 12일 접수, 2010년 3월 23일 수정, 2010년 3월 25일 채택)

## The Study on the Composting by Using Dam Suspended Particle Sawdust and Sewage Sludge

Ji-Hune Ryu, Jong-Jin Lee\*, Joo-Hwa Hong\*, Ki-Woon Chang\*, Gyu-Seung Lee\*\*,  
Gwan-Soo Park\*\*, Ki-Pil Han\*†

Korea Water Resources Corporation, PanKorea CO.,LTD,\*  
College of Agriculture & Life Science in Chungnam National University\*\*

### ABSTRACT

This study was carried out on the composting of the most part of the plant waste materials inflow-dripping into the dam during the localized heavy rain and the rainy season, due to the abnormal climate change, and for the sewage sludge banned to dispose legally into the ocean from the year of 2012. It was analysed the distinctive physicochemical qualities of the compost with treatment S-1 (dam suspended particle sawdust : oak tree bark : sewage sludge : chicken manure = 30 : 20 : 40 : 10) and treatment S-2 (dam suspended particle sawdust : oak tree bark : sewage sludge : chicken manure = 30 : 30 : 30 : 10). Both S-1 and S-2 maintained for 10 days at above 65°C of the compost pile temperature, and the most of its pathogen were destroyed. In case of pH, until the 90th day into composting, S-1 with the pH value of 7.78 was slightly higher than S-2. The C/N value of S-1 was 15.3 and that of S-2 was 16.9. The quality of its final product was satisfied to the manufacture-standards. The GI value of S-1 was 91 higher than that of S-2, which was 84. In conclusion, it is highly recommendable to manufacture S-1 for its frequent usage of dam suspended particle sawdust and sewage sludge, and for its excellent quality and safety.

Keywords : Dam suspended particle sawdust, sewage sludge, composting

\*Corresponding author : kipil7@naver.com

## 초록

기후변화에 따른 집중호우와 장마로 댐 내에 가장 많이 유입되는 초목류와 2012년부터 해양투기가 전면 금지되는 하수슬러지의 자원재활용 방안으로 퇴비화 연구를 수행하였다. 처리구는 댐부유물 톱밥, 참나무수피, 하수슬러지, 계분을 30 : 20 : 40 : 10 (S-1)과, 댐부유물 톱밥, 참나무수피, 하수슬러지, 계분을 30 : 30 : 30 : 10(S-2)로 설정하여 퇴비화 과정 중 이화학적 특성 등을 분석하였다. S-1과 S-2 처리구 모두 퇴적터미 내부온도가 65℃ 이상에서 10일 정도 유지되어 대부분의 병원균이 사멸되었고, 최종 90일째 pH는 S-1 처리구가 7.78로 S-2 처리구보다 약간 더 높았다. C/N율은 S-1 처리구가 15.3, S-2 처리구는 16.9 였다. 최종 제품의 품질은 부산물비료 퇴비 공정규격에 적합하였다. 부숙도 평가에서 발아지수는 S-1이 91, S-2가 84로 S-1이 더 높은 부숙도를 보였다. 따라서 우수한 품질과 안전성, 그리고 댐부유물 톱밥과 하수슬러지의 이용량이 가장 많은 배합비율인 S-1(댐부유물 톱밥 : 참나무수피 : 하수슬러지 : 계분 = 30 : 20 : 40 : 10)으로 제품을 생산하는 것이 바람직하다.

핵심용어 : 댐부유물 톱밥, 하수슬러지, 퇴비화

## 1. 서론

이상 기후의 결과로 여름철 집중호우와 태풍으로 홍수가 빈발하고 있다. 댐내 유입되는 부유쓰레기의 발생량이 매년 크게 증가하여 처리 비용이 급증하고 있다. 2008년 한국수자원공사에 따르면 다목적 댐내 유입되는 부유쓰레기는 평년 3만~5만 $m^3$ 에 비해 태풍이나 집중호우에 의한 대규모 수해 발생시 10~20만 $m^3$ 로 평년의 3~4배 가량 증가되고 있다. 이들은 대부분이 초목류로 65~90% 정도이고, 산림 및 농지와 각종 공장 등에서 유입되고 있다.

한편 하수슬러지는 2007년 말 기준 전국 347개 하수처리장에서 1일 평균 7,631톤이 발생되고 있으며, 2011년까지 113개 하수종말처리시설의 신·증설이 계획되어 있어 460개소에 달할 것으로 예상되어 1일 발생량이 10,259톤에 이를 것으로 전망된다. 하수슬러지의 약 68.5% 정도는 해양투기, 소각이 10.9%, 재활용 18.5% 이었다<sup>10)</sup>. 그러나 런던협약(London Convention)과 96년 도쿄의정서 등으로 해양투기가 제한되고 있으며, 2008년 5월 하수슬러지관리 종합대책을 발표하면서 2011년까지 처리시설을 완비하여 해양배출 68.5%→0%, 재활용 18.5%→69.5%, 소각 11%→29%, 매립 2%→1.5%의 감량 목표로 다양한 정책을 준비 중이다. 이러한 추세로 하수슬러지의 육상

처리 대책이 절실하다. 따라서 본 연구에서는 댐부유물과 하수슬러지의 재활용을 위한 퇴비화 연구를 수행하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료의 특성

이화학적 특성과 유해 중금속 함량 분석 결과는 [Table 1] 및 [Table 2]와 같다. pH는 6.46~8.85 범위를 보였으며, 댐부유물 톱밥이 6.61, 계분이 8.85를 나타냈다. 참나무 수피와 댐부유물 톱밥, 하수슬러지, 계분의 중금속과 염분함량 등은 미량으로 검출되거나 흔적 정도로 나타났다. 비료공정규격상 사전분석 후 퇴비 원료로 사용가능한 원료에서 하수슬러지의 유해성분 함량은 건물 기준 구리 66  $mg \cdot kg^{-1}$ , 아연 599  $mg \cdot kg^{-1}$ 로 다소 높은 결과를 보였으나 중금속 및 염분함량 이기준치 이하를 보여 퇴비 원료로 사용이 가능하다.

### 2.2 처리구 설정

댐부유물 톱밥과 하수슬러지의 퇴비화에 적합한 배합비를 찾기 위해 댐부유물 톱밥 : 참나무 수피 : 하수슬러지 : 계분을 30 : 20 : 40 : 10 (v/v)으로 배합한 S-1 처리구, 30 : 30 : 30 : 10 으로 배합한 S-2 처리구로 설정하여 퇴비화를 실시하였다.

### 2.3 퇴비화 시설 및 방법

대전광역시에 위치한 P사의 호기적 시설(30m<sup>3</sup> = 2.5 × 5 × 2.4m)에서 퇴비화를 진행하였다. 밑바닥 공기주입구를 통해 매일 1시간 씩 송풍(3.6m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>)을 실시하였다.

### 2.4 시료 채취 및 조제

퇴비화 기간 중 1, 4, 8, 15, 25, 40, 60, 90일에 걸쳐 8회 채취하였다. 시료 채취시 퇴비 더미 중간 지상 약 1m 위치에서 시료를 채취, 현물상태로 이화학성 및 식물독성 실험을 실시하였다.

### 2.5 온도 측정 및 이화학성 분석

Digital thermometer (HY-550)를 이용하여 퇴적 더미의 중심부의 약 30cm 위치에서 매일 측정하였다.

공시재료의 무기원소 및 중금속함량 분석은 HClO<sub>4</sub>로 분해한 후 ICP(PE-Optima 3300DV)로 측정하였고, 퇴비시료의 이화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학 분석법 및 비료분석법에 준하여 실시하였다.

### 2.6 식물독성 시험

Zucconi 등(1981)의 방법에 따라 발아된 배추종자의 발아율과 뿌리길이를 조사하여 Germination Index(G.I)값을 구하였다.

[Table 1] Physico-chemical Properties of the Materials

Materials	pH (1:5)	EC	T-N	O.M	Moisture	C/N
		dS · m <sup>-1</sup>		%	%	ratio
OB <sup>a</sup>	7.20	0.6	0.38	46.8	50.5	71
DSPS <sup>b</sup>	6.61	1.9	0.20	47.5	41.2	138
Sewage sludge	8.21	6.6	1.77	20.5	70.6	6.7
CM <sup>c</sup>	8.85	44.8	3.24	51.5	20.8	9.2

a : Oak tree Bark, b : Dam Suspended Particle Sawdust, c : Chicken Manure

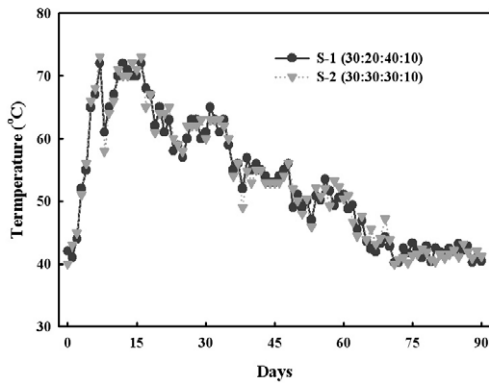
[Table 2] Contents of Heavy Metal and NaCl of the Materials

Materials	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni	NaCl
	mg · kg <sup>-1</sup>								
Detection limit	0.1	0.01	0.1	0.18	0.78	0.025	0.006	0.06	0.005
OB	<0.1	<0.01	<0.1	7.18	4.21	3.18	12.18	<0.06	<0.005
DSPS	2.12	1.16	<0.1	5.15	12.32	4.42	13.14	<0.06	<0.005
Sewage sludge	0.51	0.73	<0.1	5.14	12.16	66.15	599	9.05	<0.005
CM	1.04	0.52	<0.1	6.28	8.17	47.14	339	5.17	0.08

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 온도

퇴비화 과정 중 온도변화는 3일차부터 급격히 증가하여 7일차에 72~73℃ 까지 상승하였고, 주발효가 끝난 34일 이후부터는 온도가 서서히 감소하기 시작하여 66일째부터는 퇴비화 초기 온도인 40℃ 내외로 일정한 수준을 보여 S-1, S-2 처리구 모두 안정화된 것으로 판단되었다[Fig. 1]. 그리고 처리구 모두 퇴비더미 내부온도가 65℃ 이상에서 10일 정도 유지하여, 대부분의 병원균은 사멸된 것으로 보인다(Poincelot, 1975).



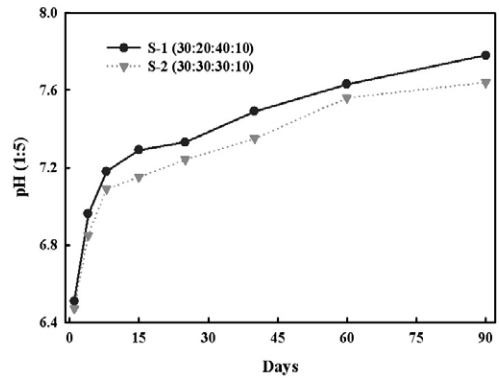
[Fig. 1] Changes of temperature during the composting.

#### 3.2 pH와 EC

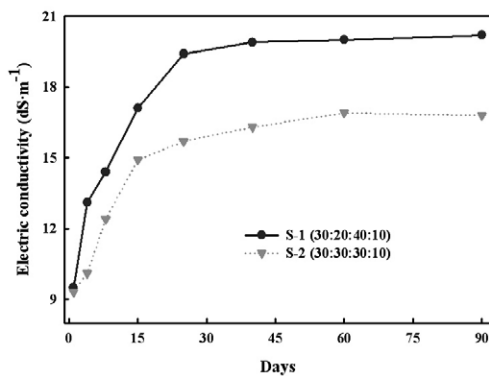
초기 pH가 6.47~6.51 정도였고, 15일째까지 급격히 증가되었다. 이후 서서히 증가되었고, 90일째 적정 pH인 6.0~8.5의 범위였다. 그리고 EC는 30일까지는 급격히 증가하였다가 이후 서서히 증가하여 안정화된 90일째는 S-1이 20.2 dS · m<sup>-1</sup>로 S-2 16.8 dS · m<sup>-1</sup> 보다 더 높아 퇴비화 진행속도가 빠르게 나타나 미생물에 의한 유기물의 분해가 증가되는 변화를 보였다.

#### 3.3 전질소와 C/N을

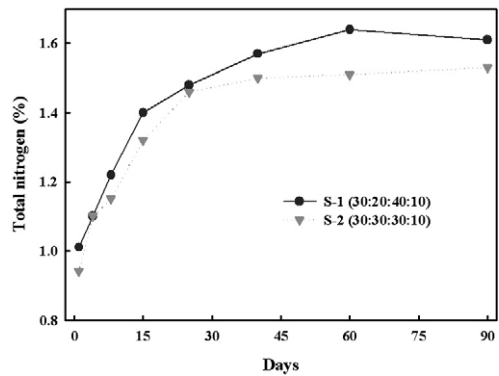
전질소 함량 변화는 30일째까지는 급격히 증가하다 이후 서서히 증가하였고, 90일째에는 S-2 보다 S-1



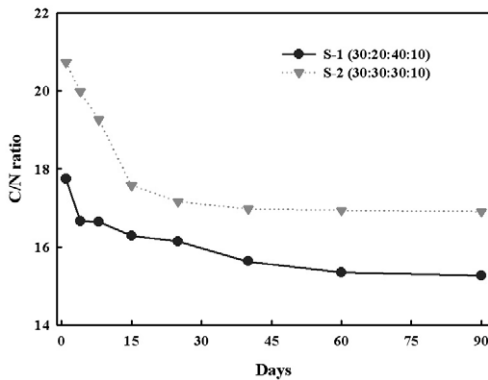
[Fig. 2] Changes of pH during the composting.



[Fig. 3] Changes of electric conductivity during the composting.



[Fig. 4] Changes of total nitrogen during the composting.



[Fig. 5] Changes of C/N ratio during the composting.

이 약 0.15% 정도 더 높았다. 퇴비화 과정에서 질소는 부식물질로 재합성되거나 미생물의 영양원으로 고정되어 증가하는데(유영석, 2003) 증가율이 높다는 것은 가용성탄소 함량이 가용성 질소량보다 많다는 것을

의미하며, 퇴비의 질소함량이 높을 경우 작물에 이용될 수 있는 질소량이 상대적으로 높다는 것을 의미하므로 S-1 처리구가 더 우수한 것으로 판단된다.

최적의 퇴비화를 위한 조건들 중에 C/N율은 미생물의 생육에 필요한 탄소원과 질소원의 균형을 위해 매우 중요하다. 적정 C/N율은 25~35이며, 만약 이 범위보다 낮으면 질소의 일부가 암모니아 가스로 휘산되고(Mathews, 1990), 반대로 50 이상으로 높아지면 미생물의 영양원으로 이용되는 질소의 부족으로 세포의 성장이 감소되기 때문에 그 만큼 퇴비화가 지연된다(Nodar et al., 1990).

본 실험에서 퇴비화 초기 C/N율은 17.7~20.7 정도였는데, 이는 공시원료 중 C/N율이 상대적으로 높은 참나무 수피가 10% 더 배합된 S-2 처리구가 S-1 처리구보다 약간 더 높았다. 퇴비화가 진행될수록 C/N율은 감소하였고, 90일째에 S-1이 15.3, S-2가 16.9로 비료공정규격에 적합하였으나, 미생물 자체의 C/N율(10~15)에 더 근접한 S-1 처리구가 더 우수하였다.

[Table 3] Physico-chemical Properties of the Compost

Treatments	pH (1:5)	EC dS · m <sup>-1</sup>	O.M	T-N	Moisture	O.M / T-N
S-1	7.78	20.2	44.2	1.68	50.2	26.3
S-2	7.64	16.8	44.6	1.53	48.3	29.2
Standard	-	-	>25	-	<55	<50

[Table 4] Contents of Heavy Metal and NaCl of Compost

Treatments	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni	NaCl %
	mg · kg <sup>-1</sup>								
Detection limit	0.1	0.01	0.1	0.18	0.78	0.025	0.006	0.06	0.005
S-1	<0.1	<0.01	<0.1	11	1	48	270	15	0.09
S-2	<0.1	<0.01	<0.1	7	3	45	242	15	0.10
Standard	<50	<5	<2	<150	<300	<300	<900	<50	<1.0

[Table 5] Germination Index(G.I) Values of the Compost

Treatments	Germination ratio(%)	Root length(cm)	Germination index
Control	100	5.91	-
S-1	97	5.54	91 ± 2.16*
S-2	97	5.13	84 ± 2.55

\*Mean ± Standard Deviation

### 3.4 최종 퇴비의 이화학적 특성 및 유해성분

생산된 제품의 특성은 [Table 3] 및 [Table 4]와 같다. 하수슬러지를 40%와 30% 배합한 S-1과 S-2는 부산물비료 퇴비 공정규격에 적합하였다. 그러나 처리구별 퇴비의 품질을 평가하면 질소함량이 높고 유기물/질소율이 낮은 S-1 처리구가 더 우수하였다.

### 3.5 식물독성 시험

G.I값이 80이상일 때 식물체 생육에 독성이 없다고 하였고(Zucconi et al., 1981), 50 이상이면 퇴비로서 사용이 가능하다. S-1이 91, S-2가 84로 모두 독성이 거의 소멸되는 80 이상으로서 퇴비로 사용하는 데 문제가 없을 것으로 판단되었다.

## 4. 결론

이상기후에 따른 집중호우와 장마로 인해 댐 내에 유입되는 부유물 중 가장 많이 차지하는 초목류와 2012년부터 해양투기가 전면 금지되는 하수슬러지의 재활용 방안으로 퇴비를 개발하고, 폐유기자원의 재활용을 높이고자 본 연구를 수행하였다.

퇴비화 과정 중 내부온도가 65℃ 이상에서 10일 정도 유지되어 대부분의 병원균은 사멸된 것으로 보이며, 90일째 pH는 적정 범위를 보였고, S-1이 7.78로 S-2보다 약간 더 높았다. C/N율은 퇴비화가 진행될수록 감소하였고, 90일째에 S-1이 15.3, S-2가 16.9 였다. 최종 제품의 수분 및 유기물함량과 유기물대질소비는 부산물비료 퇴비공정규격에 적합하였다. 부숙도 평가는 S-1, S-2 처리구 모두 식물독성이 거의 소멸되는 80 이상으로 안정단계에 있었으나, S-1이 S-2보다 G.I 값이 91로 더 높아 S-1의 퇴비가 부숙이 더 양호

하였다.

이와 같은 결과를 종합하여 볼 때 댐부유물 톱밥과 하수슬러지를 이용한 퇴비화는 우수한 품질과 안전성과 하수슬러지의 이용량이 많은 배합비를 갖는 S-1으로 제품을 만드는 것이 바람직하다.

## 5. 참고문헌

1. Mathews, P. J. and Border, D. J., In alternative uses for sewage sludge, edited by JE hall. (1990).
2. Nodar, R. M., Acea, J., and Carballas, T., Microbial composition of poultry excreta. Biological Wastes 33, pp. 95~105 (1990).
3. Poincelot, R. P., The biochemistry and methodology of composting. Bull. 754. The Connecticut Agr. Expt. Station, New Haven, CT. (1975).
4. Zucconi, F., Pera. A., Forte. M. and de Bertoldi. M., Evaluating toxicity of immature compost. BioCycle, Mar./Apr., pp. 54~57 (1981).
5. 농촌진흥청, 비료공정규격 (2009).
6. 농촌진흥청, 비료의 품질검사 방법 (2009).
7. 농촌진흥청, 토양화학분석법 (1989).
8. 유영석, 왕겨의 입도에 따른 돈분 퇴비화 특성과 혼합상토로의 이용 연구 (2003).
9. 한국수자원공사, 전국다목적댐 탁수 및 부유물 발생원 사전 합동 점검 계획 보고 (2008).
10. 환경부, 하수슬러지 관리 종합 대책 (수정) (2008). 