

한강유역 축분퇴비공장 근로자의 작업환경 만족도 평가

김기연* · 최홍림* · 김치년**

서울대학교 농생명공학부*, 연세대학교 의과대학 산업보건연구소**

Evaluation on the Degree of Satisfaction with Working Environment for Workers Engaged in the Composting Plant with Livestock Manure in the Han-river Watershed

K. Y. Kim*, H. L. Choi* and C. N. Kim**

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University*

Institute for Occupational Health, College of medicine, Yonsei University**

ABSTRACT

This study was executed to elucidate the degree of satisfaction with working environment and the factors affecting it for workers who are engaged in the composting plants with livestock manure in the Han-river watershed. As an evaluation on site, we applied the self-administered questionnaire including general characteristics, working conditions, degree of satisfaction with working environment, and degree of satisfaction with working condition. Simultaneously, we analysed the exposure levels of odor (ammonia, hydrogen sulfide, and odor intensity) in the boundary area of plants. As a result of the study, health condition, odor, work load, dust, and smoking were proved to be the main factors affecting the degree of satisfaction with working environment for workers who are employed in the composting plants with livestock manure in the Han-river watershed. Of them, it was investigated that health condition, odor, and work load accounted for 61.3% of the total degree of satisfaction with working environment and health condition($p<0.01$), odor($p<0.05$), work load($p<0.05$), and dust($p<0.05$) were statistically significant. It was concluded that the degree of satisfaction with working environment was high for the workers who had good health status and low for the workers who had the relatively considerable work load and were often exposed to odor and dust. Therefore, to increase the degree of satisfaction with working environment for workers who are engaged in the composting plants with livestock manure, the measures that can reduce the exposure levels of odor and dust emitting from the composting plant with livestock manure should be improved.

(Key words : Working condition, Odor intensity, Ammonia, Hydrogen sulfide, Dust)

I. 서 론

가축분뇨를 원료로 퇴비를 생산하는 공장은 부산물 비료생산업체로 분류되며, 이들 대부분

의 축분퇴비공장은 평균 상근 근로자 5인 미만의 소규모 사업장으로 전국에 300여개소로 산재해 있다. 축분퇴비를 토양환원함으로써 발생하는 환경개선효과와 경종농가의 유기질비료에

“본 연구는 2000년도 한강수계관리위원회 한강수계 환경기초조사사업비에 의해 수행되었음”

Corresponding author : K. Y. Kim, School of Agricultural Bio-technology Engineering, CALS, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea. E-mail address : kksnu5@hanmail.net

대한 선호 때문에 축분퇴비공장의 수는 계속 증가할 것으로 전망된다. 그러나 이들 대부분의 축분퇴비공장은 최근까지 법적 규제도 없이 소자본으로 운영되므로 작업환경에 관련된 시설을 최소화하거나, 기존 시설이 노후되어 분진과 소음 등으로 작업환경이 매우 열악하다. 2000년부터 7월에야 정부에서는 5인 미만 사업장에 대해서도 산재보험 가입이 가능하도록 하였으며, 2002년부터 산업안전보건법(노동부, 1999)에 의거하여 노동부는 작업장의 작업환경 평가를 계획하는 등 최근에는 소규모 사업장에 대한 관심을 보이기 시작하였다. 축분퇴비공장의 작업환경 악화에 영향을 주는 원인물질로는 생산공정에서 발생하는 먼지와 bioaerosol, 그리고 악취 유발 원인물질로 알려져 있다. 특히 축분퇴비공장에서 발생하는 악취원인물질로는 암모니아(ammonia), 황화수소(hydrogen sulfide), 페놀(phenol), 그리고 메틸메캅탄(methylmercaptan) 등이며 이들 가스 및 먼지농도는 작업환경측정 대상이 된다(노동부, 1994). 작업장내 노출기준을 살펴보면 암모니아는 25ppm, 황화수소는 10ppm, 메틸메캅탄은 0.5ppm, 그리고 페놀은 5ppm으로 설정되어 있다(노동부, 1998; ACGIH, 2001). 따라서 이러한 화학물질과 생산공정 중 발생하는 먼지 및 bioaerosol에 근로자들이 장시간 노출될 경우, 호흡기 질병 뿐만 아니라 각종 질병의 원인이 될 수 있다. 악취 가스 및 먼지는 휘산성이 강하여 공장내 뿐만 아니라 인근 주변마을에까지 불쾌감을 유발하여 민원이 증가하는 추세에 있다. 국립환경연구원 연구자료(1999)에 따른 공해요인별 전국 민원건수 현황을 살펴보면, 악취로 인해 접수된 민원은 1990년 137건에서 1993년 274건, 1996년 423건으로 계속 증가 추세에 있음을 알 수 있다. 미국과 EC의 경우 축분퇴비공장에서 발생하는 악취와 먼지, bioaerosol의 노출에 따른 작업자의 질병 증상 및 발병 기작에 대한 현장 연구가 심도있게 이루어지고 있으나(Louhelainen, 2001; Lacey, 1991; Bungler, 2000), 국내에서는 축분퇴비공장의 작업환경 평가, 특히 악취와 먼지 발생량에 대한 기초자료 뿐만 아니라 관련연구가 전무한 실정이다. 또한 악

취원인 물질 중 가장 대표적인 것으로 인지되고 있는 암모니아와 황화수소의 경우, 최소감지농도가 각각 0.037ppm(WPCF, 1985), 0.00047ppm(양과 이, 1997)으로 20~25ppm 수준의 암모니아에 사람이 노출되면 심한 두통과 불쾌감을 호소하며(NIOSH, 1974), 5~30ppm 수준의 황화수소는 사람의 눈에 독성작용을(Nesswetha, 1969), 50ppm에서는 폐부종을 유발하는(Milby, 1962) 매우 유해한 물질이다. 따라서 축분퇴비공장에 대한 작업환경 측정시 악취물질로서 대기 환경오염문제를 유발하고 근로자에게 건강상 유해를 주는 암모니아와 황화수소에 대해 많은 관심을 가져야 한다. 그러므로 본 연구에서는 한강유역에 위치한 축분퇴비공장의 근로자들을 대상으로 한 설문조사를 통해 악취수준과 작업환경의 상관관계를 究明하고, 이 외의 영향인자를 규명하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사 대상 선정

한강수계 5개 권역(북한강 상류권역, 남한강 상류권역, 팔당호 권역, 잠실 권역, 임진강 권역)에 위치한 축분퇴비공장은 2001년 기준으로 총 85개 업체가 등록되어 있으며(한강유역환경관리청, 2001), 이 중 90% 이상이 남한강 상류권역, 팔당호 권역, 임진강 권역에 분포되어 있다. 따라서 3개 권역을 대표하는 중·대규모 생산시설을 갖춘 업체 3개소를 임의로 선정하였으며, 이 곳에서 근무하는 22명의 작업자를 대상으로 작업환경(악취) 측정과 개인면접 설문조사 등을 2001년 3월부터 6월말까지 현장 방문을 통해 실시하였다.

2. 작업환경 조사

축분퇴비공장 운영에 있어 가장 문제시되는 악취 요인을 측정한다는 취지에서 악취강도, 암모니아, 황화수소를 축분퇴비공장에서부터 발생하는 악취 평가 항목으로 선정하였다.

(1) 악취강도(odor intensity)

축분퇴비공장 부지경계선상에서의 악취강도 측정은 대기오염공정시험법(환경부, 2001)에 근거하여 직접관능법을 적용하였다.

(2) 암모니아(ammonia)

축분퇴비공장 부지경계선 상에 암모니아 흡수액(sulfuric acid, 10 ml)을 담은 임핀저(impinger)와 실리카겔(Silicagel) 200g을 담은 moisture trap을 흡입펌프(air sampler, Gilian, No. 800519)에 폴리에틸렌 재질로 제작된 관을 통해 부착시킨 후 시료를 채취하였다. air sampler의 유량은 2 l/min으로 설정하였으며, 시료 채취시간은 10분, 시료 채취회수는 5회로 하였다. 채취된 시료는 IC(761 Compact IC, Metrohm, Switzerland)를 이용한 분석방법(NIOSH, 2000)을 통해 측정된 평균값을 대표치로 사용하였다.

(3) 황화수소(hydrogen sulfide)

황화수소 흡수액으로 cadmium sulfate-STRactan 용액($CdSO_4 \cdot 8H_2O + NaOH$)을 이용하여 현장에서 채취된 시료를 UV spectrophotometer (UV-1601, SHIMADZU, Japan)를 이용한 흡광광도법을 적용, 670nm 파장에서 측정하였다(NIOSH, 1998). 시료 채취 방법 및 시간, 회수 등의 모든 분석절차는 암모니아 분석의 경우와 동일하다.

3. 설문조사

본 연구에서 이용된 설문지의 내용은 연구 대상자의 일반적 특성과 근무조건 특성에 관한 11문항, 작업 환경 만족도에 관한 8문항, 근무조건 만족도에 관한 3문항, 주관적 건강 수준에 관한 2문항으로 총 24문항으로 구성하였다.

(1) 일반적 특성 및 근무조건 특성

축분퇴비공장 근로자의 작업환경 만족도에 영향을 미칠 수 있다고 판단된 성, 연령, 교육 수준, 결혼상태, 월급, 흡연과 음주, 근무연한, 평균 근무시간을 묻는 문항과 주관적 건강 수

준을 묻는 문항으로 구성되었다. 피조사자의 주관적 건강상태의 측정은 2문항으로 보건정책 평가에 적용될 수 있는 short-form SF-36(Ware et al., 1993)에 근거를 두어 100점 만점으로 환산하였다.

(2) 근무조건 만족도

축분퇴비공장 근로자의 근무조건 만족도를 측정하기 위하여 작업시간, 일일 작업량, 월급에 대해 어느 정도 만족하는지에 대한 3개의 5점 척도 문항을 적용하였다. 점수가 높을수록 근무조건에 만족하는 경향이 있는 것으로, 자료 분석을 위해 근무조건 만족도 3개의 문항별 점수를 합산한 후 100점 만점으로 환산하였다.

(3) 작업환경 만족도

전반적인 작업환경, 온도 및 습도, 조명, 소음, 악취, 먼지, 환기 등 축분퇴비공장 근로자의 작업환경 만족도에 관한 5점 척도 문항 8개로 구성되었다. 작업환경 만족도에 관한 8개 문항 점수를 합산한 후 100점 만점으로 환산하였다.

4. 통계 분석

조사대상 축분퇴비공장 근로자의 일반적 특성에 관해 도수분석을 통한 백분율을 산출하였다. 근로자의 일반적 특성과 근무조건 및 작업조건의 특성에 따른 근로자의 작업환경 만족도에 차이가 있는지를 입증하기 위해 t-test를 통한 분산분석을 적용하였으며, 상관분석은 근로자의 건강수준과 이에 영향을 미칠 것이라 추정되는 각각의 작업환경 요인과의 상관성 여부 및 악취 요인(암모니아, 황화수소, 악취강도) 노출 수준과 근로자들이 인지하는 주관적 악취 변수간의 상관성 여부를 규명하기 위해 실시하였다. 근로자의 작업환경 만족도를 설명할 수 있는 모델을 추정하기 위해서 단계적 다중 회귀분석(stepwise multiple regression)을 실시하였다. 위의 모든 항목의 설문조사 자료의 통계적 분석은 SAS package 6.11을 이용하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 조사대상 한강유역 축분퇴비공장 운영현황 및 작업자의 일반적 특성

조사대상 축분퇴비공장 3개소에서 근무하는 작업자는 총 22명으로 사무직 9명, 현장직 13명으로 파악되었다. 평균 공장부지면적은 1,823 m², 연평균 축분퇴비 총 생산량은 12,258 ton/yr로 조사되어 연구대상 3개 업체의 축분퇴비공장은 중·대규모 시설을 갖춘 사업장으로 분석되었다. 조사대상 근로자 22명 중 남자는 19명으로 86.4%, 여자는 3명이며, 여자 모두는 사

무직이었다. 연령분포는 30대 미만의 근로자와 30대 연령의 근로자가 각각 11명(50.0%)이었다.(Table 1 참조)

결혼 여부는 기혼자가 12명으로 54.5%, 미혼자가 10명으로 45.5%를 차지하였다. 교육 수준은 고졸이 12명(54.6%)으로 가장 높게 나타났으며, 중졸 이하가 2명으로 9.1%, 대졸 이상의 고학력자도 8명(36.3%)이나 되었다. 흡연은 13명(59.1%), 음주는 19명(86.4%)으로 조사되어 조사대상 축분퇴비공장 근로자의 절반이상이 흡연과 음주에 나타났다. 한달 평균 월급수준은 100~150만원이 14명(63.6%)으로 조사되어 가장 높게 나타났다(Table 2 참조).

Table 1. General characteristic of the three composting plants in survey

Composting plant site	No. of worker		Plant area (m ²)	Total production compost with livestock manure (ton/yr)
	Field	Office		
A	3	3	1,900	18,375
B	3	3	1,200	6,400
C	7	3	1,350	12,000
Total (average)	13	9	4,450 (1,823)	36,775 (12,258)

Table 2. General characteristics of study subjects

General characteristics		No. of subjects(%)			
		A plant	B plant	C plant	Total
Sex	male	5	5	9	19(86.4)
	female	1	1	1	3(13.6)
Age(years)	<30	3	2	6	11(50.0)
	30~39	3	4	4	11(50.0)
Marital status	single	3	3	4	10(45.5)
	married	3	3	6	12(54.5)
Education status	middleschool	1	0	1	2(9.1)
	high school	3	3	6	12(54.6)
	college	1	3	3	7(31.8)
	graduate	1	0	0	1(4.5)
Smoking	yes	4	2	7	13(59.1)
	no	2	4	3	9(40.9)
Drinking	yes	4	6	9	19(86.4)
	no	2	0	1	3(13.6)
Salary per month (unit : ₩, ten thousand)	≤100	1	0	0	1(4.6)
	101~150	4	4	6	14(63.6)
	151~200	1	2	3	6(27.2)
	201≤	0	0	1	1(4.6)

2. 작업환경(악취 요인) 측정 결과

Table 3에서 제시한 바와 같이 공장부지 경계선상에서 측정된 조사대상 축분퇴비공장 3개소의 암모니아와 황화수소 농도는 대기환경보전법(환경부, 2001)에서 규정한 배출허용 기준치인 0.1ppm과 0.1ppb를 모두 초과하는 것으로 분석되었다. 악취강도 또한 3개소 모두 3도 이상으로 조사되어 대기환경보전법에 근거, 악취발생 측면에서 부적합한 사업장으로 나타났다.

3. 현장/사무직 근로자에 따른 작업환경 만족도의 비교

조사대상 한강유역 축분퇴비공장 3개소 근로자들의 작업내용(현장/사무직)에 따른 작업환경 만족도에 대한 평가는 Table 4와 같다. 현장직

근로자들의 작업환경 만족도는 A공장 56.7, B공장 51.3, C공장 54.6으로 나타나 총점 54.2로 조사된 반면, 사무직 근로자들의 작업환경 만족도는 A공장 66.0, B공장 58.0, C공장 59.3으로 나타나 총점 61.1로 분석되었다. 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았으나 사무직 근로자들보다는 현장직 근로자들의 작업환경 만족도가 낮은 것으로 분석되었다. 이는 축분퇴비 공장들의 노후된 작업시설의 운용 및 현장직 근로자들의 휴식을 위한 편의시설의不在에 기인하는 듯하다. 또한 퇴비원료인 축분뇨를 농가에서 수거하여 공장으로 반입되는 축산분뇨가 함수율이 높은 슬러리인 경우, 축분만 수거되는 경우보다 공장내 악취취산 정도가 훨씬 강하였다(한강유역환경관리청, 2001).

세부 작업환경 요인에 대한 현장직 근로자와 사무직 근로자의 작업환경 만족도를 상위항목

Table 3. Exposure levels of odorous agents by the three(A, B, C) composting plants

Odorous agents	Plant		
	A	B	C
NH ₃ (ppm)	1.80 ± 0.32	3.39 ± 0.51	2.11 ± 0.34
H ₂ S(ppb)	6.40 ± 0.55	9.11 ± 0.85	5.19 ± 0.51
Odor intensity(O.I.)	4.2 ± 0.45	5.0 ± 0.0	3.6 ± 0.55

* ± : SD

Table 4. Comparison of the satisfaction degree by field and office workers at the work place in the composting plants

Work environment	Composting plants						Averaged score	
	A		B		C		Field	Office
	Field	Office	Field	Office	Field	Office		
Ventilation	60.0	80.0	53.3	53.3	60.0	60.0	58.7 ± 4.9*	66.7 ± 13.3
Temperature	66.7	73.3	53.3	60.0	62.9	60.0	63.2 ± 3.3	64.4 ± 7.7
Humidity	60.0	66.7	60.0	60.0	60.0	66.7	61.0 ± 1.6	66.7 ± 6.7
Dust	46.7	66.7	40.0	60.0	42.9	53.3	47.6 ± 5.3*	57.8 ± 13.3
Odor	26.7	33.3	33.3	46.7	33.3	33.3	31.4 ± 4.2**	40.0 ± 11.5
Noise	60.0	53.3	53.3	60.0	62.9	60.0	56.5 ± 8.6	60.0 ± 3.8
Illumination	73.3	80.0	60.0	66.7	62.9	73.3	65.4 ± 7.0	71.1 ± 3.8
Work-time	66.7	66.7	60.0	66.7	57.1	73.3	61.3 ± 4.9	68.9 ± 3.8
Work-load	60.0	80.0	40.0	66.7	51.4	60.0	48.3 ± 7.2*	64.4 ± 7.7
Salary	46.7	53.3	53.3	40.0	45.7	53.3	48.6 ± 4.2*	51.1 ± 10.2
Averaged score	56.7 ± 13.1	66.0 ± 14.6	51.3 ± 9.5	58.0 ± 7.7	54.6 ± 10.5	59.3 ± 11.5	54.2 ± 2.7	61 ± 4.3

* ± : SD, * : p<0.05, **

세 요인을 기준으로 살펴보면, 현장직 근로자의 경우 A공장은 밝기(73.3)·작업시간(66.7)·온도(66.7), B공장은 상대습도(60.0)·밝기(60.0)·근무시간(60.0), C공장은 온도(62.9)·소음(62.9)·밝기(62.9)로 나타났으며, 사무직 근로자의 경우 A공장은 밝기(80.0)·작업량(80.0)·환기(80.0), B공장은 밝기(66.7)·근무시간(66.7)·작업량(66.7), C공장은 밝기(73.3)·근무시간(73.3)·상대습도(66.7)로 조사되었다. 한편 조사된 작업환경 만족도 하위항목 세 요인은 현장직 근로자의 경우 A공장은 악취(26.7)·분진(46.7)·봉급(46.7), B공장은 악취(33.3)·분진(40.0)·작업량(40.0), C공장은 악취(33.3)·분진(42.9)·봉급(45.7)으로 나타났으며, 사무직 근로자의 경우 A공장은 악취(33.3)·소음(53.3)·봉급(53.3), B공장은 봉급(40.0)·악취(46.7)·환기(53.3), C공장은 악취(33.3)·분진(53.3)·봉급(53.3)으로 분석되었다. 전체적으로 축분퇴비공장 현장/사무직 근로자의 작업환경 요인별 만족도를 50점 기준 척도로 평가하면, 현장직 근로자의 경우 50점 이상으로 분석된 항목은 밝기(65.4)·온도(63.2)·근무시간(61.3)·상대습도(61.0)·환기(58.7)·소음(56.5)으로, 50점 이하의 항목은 악취(31.4)·분진(47.6)·작업량(48.3)·봉급(48.6)으로 나타난 반면, 사무직 근로자의 경우 50점 이상의 항목은 밝기(71.1)·근무시간(68.9)·환기(66.7)·상대습도(66.7)·온도(64.4)·작업량(64.4)·소음(60.0)·분진(57.8)·봉급(51.1)으로, 50점 이하의 항목은 악취(40.0) 요인만 유일하게 분석되었다. 축분퇴비공장 작업환경 만족도의 항목별 총점에 대한 통계적 유의성 평가 측면에서는 현장직 근로자의 경우 악취 항목이 매우 유의하게 높았으며($p<0.01$) 다음으로 환기·분진·작업량·봉급 항목이 유의하게 높은 것으로 나타났으나($p<0.05$), 그 이외의 항목들에 대해서는 유의한 차이가 없었다. 한편 사무직 근로자의 경우 봉급 항목($p<0.05$)을 제외한 나머지 항목들에 대해서 유의한 차이가 없는 것으로 입증되었다.

통계분석을 통한 축분퇴비공장 근로자들의 설문조사 결과를 고찰해 보면 현장직 근로자의 경우 작업환경 만족도에 영향을 주는 요인으로

악취, 분진 등과 같은 작업환경 조건과 작업량, 봉급과 같은 근무조건 모두 해당되는 것으로 나타났으나, 사무직 근로자의 경우 작업환경 조건보다는 근무조건의 만족 여부가 작업환경 만족도를 좌우하는 직접적인 요인인 것으로 규명되었다. 이는 근무조건 만족도가 높을수록 근로자들의 작업태도에 영향을 주고 이로 인해 생산효율 측면에도 직접 영향을 미친다는 연구결과(Robinson, 1987)에 일치한다. 사무직 근로자의 경우에는 통계적 유의성이 입증되지는 않았으나, 축분퇴비공장 근로자들에게 노출된 작업환경 조건 중 악취와 분진 항목이 작업환경 만족도를 저하시키는 주요 요인인 것으로 나타났다. 특히 악취의 발생은 이번 조사에서 한강유역 축분퇴비공장에 근무하는 근로자의 작업환경 조건에 가장 영향을 미치는 유해인자로 밝혀졌으며 축분퇴비공장에서 방출되는 악취의 심각성에 대해 언급한 지금까지의 연구 보고(Goldstein, 1989; Haug, 1990; Walker, 1991; Wilber and Murray, 1990; 김과 최, 2001)에 근거를 둔다면, 향후 한강유역 축분퇴비공장의 안정적인 운영을 지속하기 위해서는 근로자들의 산업위생학적인 측면을 고려한 실질적인 악취저감 대책의 수립이 시급하며 이는 곧 가축분뇨의 적정관리를 통한 친환경적 축산업의 장래와 직결된다고 할 수 있다.

4. 작업환경 조건에 따른 근로자들의 건강수준 평가

근로자의 건강에 영향을 미칠 것이라 추정되는 작업환경 요인과 근무조건 요인에 따른 한강유역 축분퇴비공장에서 근무하는 근로자의 현재 건강수준과 입사 후 건강악화 수준과의 기여 정도 및 상관성 분석은 Table 5에서 제시하는 바와 같다. 근로자들의 현재 건강수준에 영향을 미친 주요 요인으로는 음주(51.4), 악취(45.4), 흡연(43.9), 분진(43.5)으로 나타났으며, 입사 후 건강악화 수준에 영향을 미친 주요 요인으로는 악취(51.4), 흡연(48.2), 분진(45.7), 소음(42.3)으로 분석되었다. 근로자의 현재 건강수준과 陽(positive)의 상관관계를 보인 요인은

Table 5. Evaluation on the degree of health condition by work environmental parameters

Work environmental parameter affecting health of worker	Degree of the present health condition		Worsening degree of health condition after entrance	
	Degree of contribution (score)	Correlation	Degree of contribution (score)	Correlation
Ventilation	37.3 ± 7.8	-0.162	41.4 ± 16.0	0.153
Temperature	30.8 ± 11.4	0.134	39.2 ± 14.2	0.195
Humidity	33.9 ± 14.2	-0.041	40.8 ± 6.9	0.187
Dust	43.5 ± 16.1	-0.273	45.7 ± 11.5	-0.158**
Odor	45.4 ± 8.2	-0.145**	51.4 ± 16.3	-0.215*
Noise	40.2 ± 10.5	-0.197	42.3 ± 15.6	-0.331*
Illumination	29.1 ± 17.4	0.012	37.5 ± 13.7	0.110
Work-time	35.3 ± 16.1	0.123	41.3 ± 18.4	-0.092
Work-duration	40.7 ± 13.7	-0.081	38.5 ± 14.8	0.128
Smoking	43.9 ± 17.5	-0.113	48.2 ± 8.8	-0.227*
Drinking	51.4 ± 16.2	-0.349*	40.6 ± 13.7	0.043

± : SD, * : p<0.05, ** : p<0.01.

작업장의 온도, 밝기, 근무시간이었고 그 외 다른 요인들은 陰(negative)의 상관관계를 나타냈으며, 통계적 유의성을 나타낸 요인으로는 악취(p<0.01), 음주(p<0.05)로 분석되었다. 한편 입사 후 건강악화 수준과 陰의 상관관계를 나타낸 요인은 분진, 악취, 소음, 근무시간, 흡연으로 밝혀졌고 그 외 다른 요인들은 陽의 상관관계를 보였으며, 분진(p<0.01), 악취·소음·흡연(p<0.05) 요인이 유의한 상관성을 나타낸 것으로 입증되었다. 이번 조사를 통해 한강유역 축분퇴비공장에 종사하는 근로자의 건강수준과 작업환경 만족도간에는 양의 상관성을 보였는데, 이는 근로자의 건강수준이 높을수록 일반적으로 작업환경 만족도가 높다는 연구결과(문등, 1992)와 건강수준이 낮은 근로자일수록 작업환경에 대해 민감하게 인식한다라는 연구결과(이, 1997)에 일치하는 것으로 분석된다.

한강유역 축분퇴비공장 근로자의 건강수준에 영향을 미치는 주요 작업환경 요인으로 악취와 분진이 분석되었다. 특히 분진의 경우 수분조절제로 이용되는 톱밥이나 왕겨가 퇴비화의 원료인 축분에 투입되는 혼합 공정과 발효를 위한 교반 공정에서 분진이 많이 발생되며, 이것

이 근로자들에게 노출되었을 시 천식이나 폐렴과 같은 호흡기 관련 질병을 유발하는 요인으로 작용하게 된다(Millner et al., 1994). 또한 악취와 bioaerosol을 흡착하여 대기 중으로 확산시키는 운반체로서의 역할을 하기 때문에(Drummond et al., 1975; Bottcher, 2001) 축분퇴비공장에 종사하는 근로자들의 건강유지를 위해 이에 대한 방지대책이 강구되어야 할 것이라 사료된다. 퇴비화시 방출되는 bioaerosol 중 발생빈도가 높고 근로자들의 건강상에 유해 요소인 동시에 가장 문제시되는 것으로 *Aspergillus fumigatus*와 endotoxin을 들 수 있는데(Millner et al., 1977; Clark et al., 1983; Malmros, 1990; Malmros et al., 1992; Sigsgaard et al., 1992), 이 또한 분진과 더불어 축분퇴비공장에서 규제되어야 할 작업환경 요인으로 판단된다. 따라서 향후 연구에서는 이번 조사에서 측정항목으로 선택된 악취 외에도 분진과 bioaerosol을 축분퇴비공장의 작업환경과 근로자들의 건강에 영향을 주는 유해인자로 추가시켜 현장 측정이 필연적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

5. 근로자들의 악취 감지에 영향을 주는 악취요인들의 상관성 평가

설문조사 결과로 나타난 한강유역 축분퇴비공장 근로자들의 악취 감지도와 이에 영향을 주는 악취요인들(NH₃, H₂S, odor intensity)간의 상관성을 분석한 결과, 제 변수들 모두 陽의 상관관계를 나타냈으며, 악취로 인한 불쾌도에 영향을 주는 요인은 odor intensity(0.473), H₂S(0.384), NH₃(0.193) 順으로 분석되었으나 통계적으로 유의차는 없었다. 하지만 현장에서 측정된 결과, NH₃와 H₂S의 농도가 대기환경보전법(환경부, 2001)에서 제시한 최소 감지농도(odor threshold) 이상으로 측정되어 세 요인 모두 악취 형성에 상당한 영향을 준 것으로 판단된다. NH₃와 H₂S(p<0.05), NH₃와 odor intensity(p<0.05), 그리고 H₂S와 odor intensity(p<0.01) 간에는 유의한 상관성이 나타난 것으로 분석되었는데, 특히 악취강도 측면에서는 NH₃ 보다는 H₂S의 기여도가 높은 것으로 추정된다(Table 6 참조).

6. 작업환경 만족도에 영향을 미치는 요인

Table 7에 나타난 바와 같이 한강유역 축분퇴비공장 근로자의 작업환경 만족도를 설명할 수 있는 모델을 설정하기 위해서 단계적 다중회귀분석(stepwise multiple regression)을 적용하여 회귀모델을 도출하였다. 최종적으로 회귀모델에 포함된 변수는 일반 건강수준, 악취, 작업량, 분진, 흡연으로 나타났다. 이 중 일반 건강수준, 악취, 작업량이 작업환경 만족도의 61.3%를 설명하고 있는 것으로 분석되었다. 유의성을 나타낸 변수로는 일반 건강수준(p<0.01), 악취·작업량·분진(p<0.05)이었다. 즉, 일반 건강수준이 높은 근로자일수록 작업환경 만족도가 높았으며, 작업량이 상대적으로 많고 악취와 분진에 쉽게 노출된 공장의 근로자일수록 작업환경 만족도가 낮은 것으로 해석될 수 있다. 흡연을 하는 근로자일수록 작업환경 만족도가 낮아지는 결과를 보였으나 통계적 유의성은 없는 것으로 분석되었다.

Table 6. Correlation of odor(response), NH₃, H₂S, and odor intensity

Variables	Odor(response)	NH ₃	H ₂ S	Odor intensity
Odor(response)	1.000			
NH ₃	0.193	1.000		
H ₂ S	0.384	0.446*	1.000	
Odor intensity	0.473	0.259*	0.805**	1.000

* : p<0.05. ** : p<0.01.

Table 7. Factors affecting the degree of satisfaction at the work environment of the compost plants

Factors	Partial R ²	Model R ²	Estimate	SE	T-value
Health condition	0.4522	0.4315	0.5624	0.0785	6.758**
Odor	0.1234	0.5627	-3.1254	1.0264	-2.254*
Work load	0.1086	0.6128	-0.0257	0.0075	-1.127*
Dust	0.0822	0.6307	-1.8562	0.8247	-0.862*
Smoking(yes=0)	0.0763	0.6421	-0.2652	0.1124	-0.267

* : p<0.05. ** : p<0.01.

IV. 요 약

본 연구에서는 한강유역에 위치한 축분퇴비공장의 작업환경 조사를 위한 현장 평가로서, 설문조사 및 악취물질 측정을 통해 근로자들의 작업환경 만족 수준과 이에 영향을 주는 요인들을 규명하였다. 연구결과, 축분퇴비공장 근로자들의 작업환경 만족도에 영향을 주는 요인들로 일반 건강수준, 악취, 작업량, 분진, 흡연으로 조사되었으며, 이 중 일반 건강수준, 악취, 작업량이 전체 작업환경 만족도의 61.3%를 대변하는 것으로 나타났다. 통계적 유의성을 나타낸 작업환경변수로는 일반 건강수준($p<0.01$), 악취·작업량·분진($p<0.05$) 등 이었다. 결론적으로 일반 건강수준이 높은 근로자일수록 작업환경 만족도가 높았으며, 작업량이 상대적으로 많고 악취와 분진에 쉽게 노출된 공장의 근로자일수록 작업환경 만족도가 낮은 것으로 분석되었다. 흡연을 하는 근로자는 작업환경 만족도가 낮게 나타냈으나, 통계적 유의성은 없는 것으로 분석되었다. 따라서 한강유역 축분퇴비공장 근로자들의 작업환경 만족도를 제고시키기 위해서는 공정 중 악취와 분진농도의 발생을 저감시켜야 할 것으로 판단된다. 그러므로 축분퇴비공장의 악취 및 분진농도의 발생을 최소화할 수 있는 처리공정 및 관리체계 정립이 시급하며, 이는 궁극적으로 축분퇴비공장 작업자의 건강 뿐만 아니라 주변 마을 정주민의 생활환경개선효과를 유발할 수 있다.

V. 사 사

본 연구는 2000년 한강수계 환경기초조사사업비 지원에 의하여 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

VI. 인 용 문 헌

1. ACGIH. 2001. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices : Cincinnati.
2. Botcher. R. W. 2001. An environmental nuisance: odor concentrated and transported by dust. Chemical Senses. 26(3):327-331.
3. Bunger, J., Antlauf-Lammers. M., Schulz, T. G., Westphal, G. A., Muller, M. M., Ruhnau, P. and Hallier, E. 2000. Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. Occupational and Environmental Medicine. 57(7): 458-464.
4. Clark, C. S., Rylander, R. and Larsson, L. 1983. Levels of gram-negative bacteria, *Aspergillus fumigatus*, dust, and endotoxin at composting plants. Applied and Environmental Microbiology. 45(5): 1501-1505.
5. Drummond, J. G., Curtis, S. E., Grunloh, D. J., Lynch, P. B. and Jensen, A. H. 1975. Relative and qualitative aspects of aerial bacteria and dust in swine houses. Journal of Animal Science. 41 (5):1512-1520.
6. Goldstein, N. 1989. New insights into odor control. BioCycle. 30(2):58-61.
7. Haug, R. T. 1990. An assay on the elements of odor management. BioCycle. 31(10):60-67.
8. Lacey, J. 1991. Aerobiology and health: the role of airborne fungal spores in respiratory disease. In D. L. Hawksworth(ed). Honorary and general lectures from the Fourth International Mycological Congress. Regensburg, Germany. C.A.B. International. pp. 157-185.
9. Louhelainen, K., Kangas, J., Veijanen, A. and Viilos, P. 2001. Effect of *In Situ* Composting on Reducing Offensive Odors and Volatile Organic Compounds in Swineries. AIHAJ 62(2):159-167.
10. Malmros, P. 1990. Problems with the working environment in solid waste treatment. The National Labour Inspection of Denmark. Report No. 10/1990. Copenhagen, Denmark.
11. Malmros, P., Sigsgaard, T. and Bach, B. 1992. Occupational health problems due to garbage sorting. Waste Management & Research. 10: 227-234.
12. Milby, T. H. 1962. Hydrogen Sulfide Intoxication - Review of the Literature and Report of Unusual Accident Resulting in Two Cases of Nonfatal Poisoning. Journal of Occupational Medicine. 4: 431-437.
13. Millner, P. D., Marsh, P. B., Snowden, R. B., and Parr, J. F. 1977. Occurrence of *Aspergillus*

- fumigatus* during composting of sewage sludge. Applied and Environmental Microbiology. 34(6): 765-772.
14. Millner, P. D., Olenchok, S. A., Epstein, E., Rylander, R., Haines, J., Walker, J., Ooi, B. L., Horne, E. and Maritato, M. 1994. Bioaerosols associated with composting facilities. Compost Science & Utilization. 2(4):6-57.
 15. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). 1974. Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Ammonia. DHEW(NIOSH) Pub. No. 74-136; NTIS No. PB-246-699/A06. National Technical Information Service, Springfield, VA
 16. Nesswetha, W. 1969. Eye Lesions Caused by Sulfur Compounds. Arbeitsmed. Sozialmed. Arbeitshyg(Germany). 4:288-290.
 17. NIOSH. 1998. Manual of analytical methods. 2nd Ed. Vol 2.
 18. NIOSH. 2000. Manual of analytical methods. 4nd Ed. Vol 3.
 19. Robinson, J. C. 1987. Worker responses to workplace hazards. Journal of Health Polit Policy Law. 12(4):664-670.
 20. Sigsgaard, T., Malmros, P., Nersting, L. and Petersen, C. 1992. Respiratory Disease and Atopy in Danish Resource Recovery Workers. Unpublished Report. Institute of Environmental and Occupational Medicine. U. of Aarhus. Denmark.
 21. Walker, J. N. 1991. Fundamentals of odor control. BioCycle. 32(9):50-55.
 22. Ware, J. E., Snow, K. K., Kosinski, M. and Gandek, B. 1993. SF-36 health survey: Manual and interpretation guide. The Health Institute, New England Medical Center, Boston, Massachusetts.
 23. Wilber, C. and Murray, C. 1990. Odor source evaluation. BioCycle. 31(3):68-72.
 24. WPCF. 1985. Odor Control for Wastewater Facilities: Manual of Practice No. 22. Washington, D. C. Water Pollution Control Federation.
 25. 국립환경연구원. 1999. 공해요인별 전국 민원건수 현황
 26. 김기연, 최홍림. 2001. 한강유역내 축분퇴비공장 악취발생에 대한 현장평가. 동물자원과학회지. 43(6):1005-1018.
 27. 노동부. 1994. 산업보건기준에 관한 규칙(별표6).
 28. 노동부. 1998. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(고시 제1997-65호).
 29. 노동부. 1999. 산업안전보건법(법률 제5886호).
 30. 문영한, 박종연, 이경종, 조명화. 1992. 근로자들의 건강상태가 작업 환경 인식에 미치는 영향. 대한산업의학회지. 4(1):81-90.
 31. 양성봉, 이성화. 1997. 악취의 성분분석. 동화기술. pp. 6.
 32. 이명숙. 1997. 소규모 사업장 보건관리 지원사업 수행실태 분석연구. 대한보건협회.
 33. 환경부. 2001. 대기환경보전법.
 34. 한강유역환경관리청. 2001. 축산분뇨의 자동 퇴비화 방안 연구. (접수일자 : 2002. 3. 13 / 채택일자 : 2002. 4. 18)