

가축분뇨 및 유기성 퇴비화 시설의 부지경계선상 악취발생 특성

윤형선 · 임익현* · 심왕근** · 서성규[†]

전남대학교 환경시스템공학과 · *한려대학교 건설방재공학과 · **순천대학교 고분자공학과
(2018년 11월 21일 접수, 2018년 12월 10일 수정, 2018년 12월 14일 채택)

Odor Occurrence Characteristics on Site Boundary of Livestock Manure and Organic Composting Facilities

Hyung-Sun Yoon · Ik-Hyoun Lim* · Wang-Geun Shim** · Seong-Gyu Seo[†]

Department of Environmental system Engineering, Chonnam National University

**Department of Construction and Disaster Prevention Engineering, Hanlyo University*

***Department of High Polymer Engineering, Sunchon National University*

(Received 21, November 2018, Revised 10, December 2018, Accepted 14, December 2018)

Abstract

In this study, the direct sensory and complex odor characteristics of the livestock manure and organic composting site were identified. The odor intensity by the direct sensory method showed the highest odor intensity 5 at the O-11 site in the first survey and the highest odor intensity 5 at the O-11 site in the second survey. The O-4 and O-12 site were the odor intensity 4. The dilution ratio of the complex odor was 21 in the first survey at the O-11 site, and the wind direction was the southern wind, complex odors were in the order of O-3 < O-4, O-5, O-6, O-9, O-10 < O-1 < O-7 < O-8 < O-2 < O-11. The second survey also showed the highest dilution ratio of 30 at O-11 site, and the wind direction was northeast wind, complex odors were in the order of O-3 < O-8, O-9, O-10 < O-1 < O-5 < O-4 < O-6 < O-2, O-12 < O-11. These results are consistent with the direct sensory results. The correlation between direct sensory and complex odor was 0.6454 for R^2 in the first survey and 0.9171 for R^2 in the second survey. In the future, these results will be used as basic data for effectively responding to civil complaints that are continuously raised.

Keywords : Complex odor, Direct sensory, Livestock manure, Organic composting, Civil complaints

1. 서론

악취는 우리 주변의 생활환경에서 삶의 질과 건강 등에 큰 영향을 미치고 있으며, 발생

되는 생활 민원의 많은 부분을 차지하고 있는 관계로 그 관리감독의 강화 필요성이 점차 증대되고 있다¹⁻²⁾. 악취배출원은 과거에도 우리의 생활환경 주변에서 다양한 형태로 존

[†]Corresponding author E-mail: sseo@jnu.ac.kr

재하고, 주로 가축의 사육이나 분뇨처리, 쓰레기 처리과정에서 발생하는 문제로 여겨왔지만 최근에는 가축분뇨(축사), 유기질 퇴비화시설과 음식물쓰레기 재활용 시설, 폐기물 소각, 석유화학제품 제조 및 취급, 각종 페인트 도장작업, 원유정제공정 등 다양한 시설에서 배출되는 유해성 악취로 인하여 시민들의 불쾌감은 물론 일부는 건강에 영향을 우려하는 수준으로 악취로 인한 민원이 급증하고 있는 상황으로 이들 시설에 대한 법적 규제 미비로 인해 관리가 어려운 실정이다³⁻⁴⁾. 특히, 2005년 악취방지법 제정 이후, 축산환경 문제에 대한 악취 민원이 급속히 증가하였고, 악취 배출원 중에서 축산악취가 사회적 이슈로 높게 부각 되었다⁵⁾. 최근 악취문제는 육류 소비 증가로 인한 축산업의 발달 및 확대 등으로 인해 축산업 분야의 환경 문제 중에서 가장 심각한 현안이라 할 정도로 악취관리 강화의 필요성이 증대되고 있다. 축산악취로 인한 민원은 다른 어떤 분야의 민원 보다 압도적으로 증가하는 추세를 나타내고 있다. 축산악취는 가축사육시설 설치제한으로 이어져 축산업에 대한 좋지 않은 인식과 축산업의 존립에 까지 영향을 미치는 심각한 정도의 사회현상을 유발하게 되었고, 이제 악취문제는 축산업이 반드시 해결하여야 할 우선과제로 지목되고 있다⁶⁾. 2006년 자연순환농업 시책이 시행되면서 가축분뇨는 오염물질이 아닌 자원이라는 인식의 확대와 더불어 순환농업 및 친환경농업의 필요조건으로 가축분뇨의 활용을 전제하게 되었다⁷⁾. 2012년 이후 가축분뇨 해양투기 전면금지와 맞물려 가축분뇨의 적정처리 방법으로 퇴비화, 액비화 및 에너지화 등의 자원화가 대세를 이루고 있으며, 이에 따른 악취 문제도 더욱 대두되고 있다^{8,9)}. 따라서 본 연구에서는 가축분뇨 및 유기성퇴비화 사업장의 부지경계선상에서 직접 관능도와 복합악취 발생 특성을 파악하였으며, 악취민원 발생 해소를 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사대상 및 지점

악취 조사대상은 축산농장과 유기성퇴비화 및 자원화 시설의 부지경계선상에서 거리는 3~35 m에서 조사하였다. 전라남도 악취 민원 지역 등을 중심으로 부지경계선상에서 1차 조사(하계, 18. 08. 20~08. 21)는 5개 시·군의 11개 지점, 2차 조사(추계, 18. 11.01~11. 02)는 6개시·군 12개 지점에서 조사를 실시하였다. Table 1에 현장조사 지점 및 현장 현황을 나타내었다. 1차 조사에서 5개 시·군의 악취 지점은 영암군 3개지점, 여수시, 나주시, 보성군 각각 2개지점, 화순군, 담양군 각각 1개지점, 2차 조사에서 6개시·군의 악취지점은 영암군 3개지점, 여수시, 나주시, 보성군 각각 2개지점, 화순군, 담양군, 무안군 각각 1개지점으로 구성하였다.

2.2. 국지기상 및 악취분석

악취 조사지점에 대한 국지기상은 풍향풍속계(7802-00, SATO, Japan)를 이용하여 풍향, 풍속 및 온도를 측정하였다. 악취측정은 직접관능법과 복합악취를 병행하였다. 직접관능법에 의한 악취는 각각의 측정지점에서 6단계 악취강도로 악취를 평가하였다. 복합악취는 악취방지법에서 정하고 있는 악취공정시험방법에 따라 진행하였다.¹⁰⁾ 시료채취의 높이는 삼각대를 이용하여 약 1.5 m로 하고 테프론제 도관을 시료 유입구까지 연결하였으며, 시료채취는 진공상자에 5 L 테들러백을 사용하고, 진공펌프(SP-401 DC, Top-Trading, Korea)는 1 L/min의 유량으로 5분 이내에 채취하였다. 채취한 시료는 직사광선에 노출을 피하고 상온(15~20℃)을 유지하여 운반 후, 12시간 이내에 공기희석관능법으로 시험을 실시하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

Table 1. List of odor survey sites

Site	Region	Location conditions	Distance of boundary line (m)
O-1	Naju	Livestock industry(Swine farm)	5
O-2	Naju	Livestock manure recycling(Composting)	32
O-3	Hwasun	Livestock feed, Waste recycling	35
O-4	Damyang	Pulp manufacturing	15
O-5	Yeosu	Plastic recycling	10
O-6	Yeosu	Sludge drying and incineration	15
O-7	Yeongam	Composting of livestock manure	6
O-8	Yeongam	Livestock manure liquefaction, Composting	18
O-9	Yeongam	Waste recycling, Composting	33
O-10	Boseong	Waste recycling, Composting	3
O-11	Boseong	Food waste recycling, Composting	10
O-12	Muan	Chicken processing	5

3.1. 국지기상 분석

1차 조사지점별 풍향은 주로 북풍계열이 많이 측정되었고, 일부 지점에서는 남풍 및 서풍계열의 풍향도 측정되었다. 계절적으로 하계의 경우 남풍계열이 일반적이거나 현장에서의 국지 풍향은 북풍계열이 많이 측정되었다. 풍속 분포는 0.0~6.2 m/s로 나타났으며, 현장 온도는 30~33℃로 측정되었다. 2차 조사지점별 풍향 분포는 주로 북풍 및 북서계열이 많이 측정되어, 일반적인 추계 풍향과 유사하게 측정되었다. 풍속은 1.1~3.8 m/s로 나타났으며, 현장온도는 14~20℃로 측정되었다.

3.2. 직접관능법에 의한 악취도

조사지점별 직접관능법에 의한 악취강도를 Fig. 1에 나타내었다. 1차 조사는 O-11지점에서 가장 높은 악취강도 5로 나타나 참기 어려운 강한 취기를 나타내었다. O-2 지점은 악취강도 3으로 강한 취기, O-4, O-5, O-9 지점은 악취강도 2로 보통 취기를 나타내었다.

Table 2. Local weather analysis by survey site

Site	Survey	Wind direction	Wind velocity(m/s)	Temp. (℃)
O-1	1st	NE	6.2	31
	2nd	SE	3.6	16
O-2	1st	NE	4.8	32
	2nd	SE	3.4	17
O-3	1st	N	0	33
	2nd	S	1.1	16
O-4	1st	NE	0.9	32
	2nd	N	2.6	14
O-5	1st	SE	0.4	31
	2nd	N	1.8	17
O-6	1st	NE	2.1	30
	2nd	N	3.1	17
O-7	1st	N	1.7	33
	2nd	NW	1.2	18
O-8	1st	W	0.4	34
	2nd	NE	2.0	20
O-9	1st	NW	0.2	32
	2nd	NW	2.3	20
O-10	1st	NE	2.5	30
	2nd	NE	2.5	18
O-11	1st	S	3.2	33
	2nd	NE	1.8	17
O-12	1st	-	-	-
	2nd	SW	3.8	15

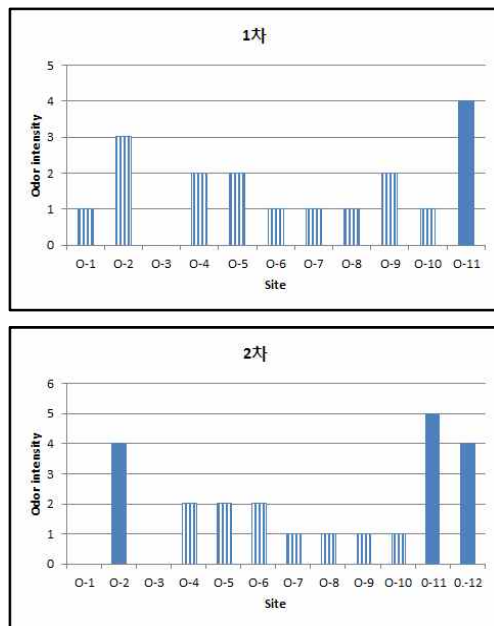


Fig. 1. Odor intensity by direct sensory method.

O-1, O-6, O-7, O-8, O-10 지점은 악취강도 1로서 약간의 취기를 감지하는 정도였으며, O-3 지점은 가장 낮은 악취강도 0을 보여 무취로 나타났다. 2차 조사는 O-11지점에서 가장 높은 악취강도 5로서 참기 어려운 취기, O-4 및 O-12 지점은 악취강도 4로서 극심한 취기를 나타내었다. O-4, O-5, O-6 지점은 악취강도 2로서 보통 취기, O-7, O-8, O-9, O-10 지점은 악취강도 1로서 약간의 취기를 감지, O-1과 O-2 지점은 가장 낮은 악취강도 0을 보여 무취로 나타났다. 이러한 악취강도는 풍향 및 풍속에 따라 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3.3. 악취 조사지점별 복합악취 풍배도

1차 조사에서 현장의 풍향을 고려하여 작성한 복합악취 풍배도를 Fig. 2에 나타내었다. 조사지점별 복합악취는 O-3 < O-4, O-5, O-6, O-9, O-10 < O-1 < O-7 < O-8 < O-2 < O-11 순서로 나타났다. 가장 높은 O-11 지점은 주풍향이 남풍계열로서 복합악취 21로 나

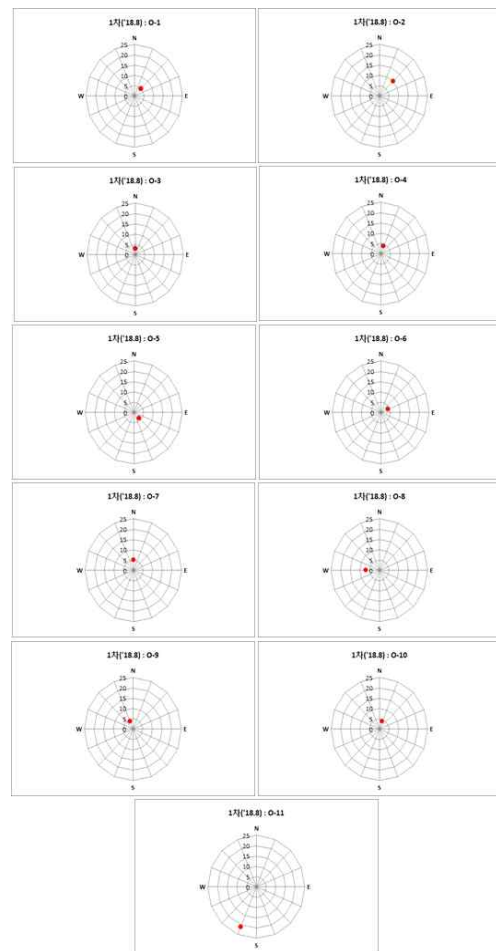


Fig. 2. Complex odor wind rose at first survey site.

타났으며, 가장 낮은 O-3지점은 북풍계열로서 복합악취 3으로 나타났다. 2차 조사에서도 현장의 풍향을 고려하여 작성한 복합악취 풍배도를 Fig. 3에 나타내었다. 조사지점별 복합악취는 O-3 < O-8, O-9, O-10 < O-1 < O-5 < O-4 < O-6 < O-2, O-12 < O-11 순서로 나타났다. 가장 높은 O-11 지점은 주풍향이 북동풍계열로서 복합악취 30으로 나타났고, O-2지점은 남동풍계열, O-12 지점은 남서풍계열로 각각 복합악취가 21 수준으로 높게 나타났으며, 가장 낮은 O-3 지점은 남풍계열로서 복합악취 3으로 가장 낮게 나타났다. 1차 및 2차 종합결과에서 O-2, O-11, O-12지

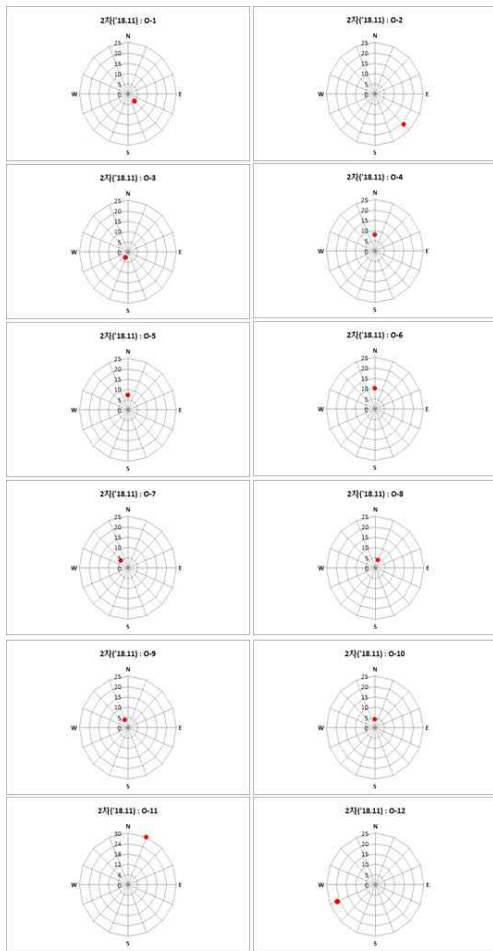


Fig. 3. Complex odor wind rose at second survey site.

점은 사업장부지경계선 배출허용기준(기타지역)과 비교시 복합악취 기준 15를 크게 초과하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 직접관능도 조사 결과와도 거의 일치하는 것으로 나타났다.

3.4. 직접관능도와 복합악취의 관계

직접관능도와 복합악취 분석결과에 대한 상호 연관성을 Fig. 4에 나타내었다. 적합한 정도를 재는 척도로서 결정계수(Coefficient of Determination: R^2)를 사용하였다. R^2 의 값은 0에서 1사이에 있으며, 두 결과 사이에 상관관계가 높을수록 1에 가까워진다. 1차 조사

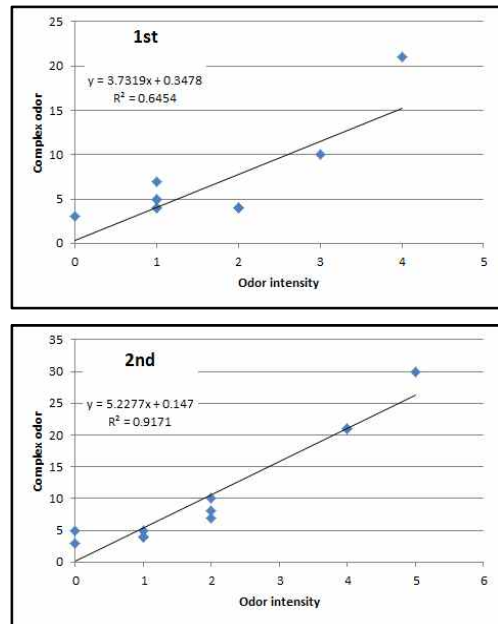


Fig. 4. Relationship between odor intensity and complex odor dilution ratio.

에서 R^2 은 0.6454로 나타났으며, 2차 조사에서 R^2 은 0.9171로 나타나 2차 조사에서 조금 더 높게 나타났다. 사람의 후각을 통해 감지하는 직접관능도와 복합악취의 관계는 서로 상호 연관성이 있는 것으로 나타나 직접관능도와 복합악취 분석결과는 상호 신뢰도가 매우 높다는 것을 R^2 의 값을 통해 확인 할 수 있었다. 따라서 이러한 복합악취 분석 결과를 통해 지속적으로 제기되는 민원발생에 대해 효과적으로 대응 할 수 있는 기초자료로 사용 가능 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

가축분뇨 및 유기성퇴비화 사업장의 부지경계선상에서 악취발생 특성을 파악한 결과 다음과 같은 기초자료를 얻었다.

1) 국지기상은 1차 조사에서 주로 북풍계열, 일부 지점에서는 남풍 및 서풍계열도 관측되었다. 2차 조사는 주로 북풍 및 북서계열이 많이 관측 되었다.

2) 직접관능법에 의한 악취강도는 1차 조사시 O-11지점에서 가장 높은 악취강도 5를 나타내었고, 2차 조사도 O-11지점에서 가장 높은 악취강도 5를 나타내었으며, O-4 및 O-12 지점은 악취강도 4로 나타났다.

3) 복합악취는 1차 조사시 O-11지점에서 회석배율이 가장 높은 21로, 바람은 남풍으로 나타났다. 조사지점별 복합악취는 O-3 < O-4, O-5, O-6, O-9, O-10 < O-1 < O-7 < O-8 < O-2 < O-11 순서로 나타났다. 2차 조사도 O-11 지점에서 회석배율이 가장 높은 30으로 나타났으며, 바람은 북동풍으로 나타났다. 조사지점별 복합악취는 O-3 < O-8, O-9, O-10 < O-1 < O-5 < O-4 < O-6 < O-2, O-12 < O-11 순서로 나타났다. 이러한 결과는 직접관능법 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

4) 직접관능도법에 의한 악취강도와 복합악취 회석배율에 대한 상호 연관성은 1차 조사에서 R^2 은 0.6454로 나타났고, 2차 조사에서 R^2 은 0.9171로 나타났다.

5) 본 연구결과는 지속적으로 제기 될 수 있는 민원발생에 대해 효과적 대응을 위한 기초자료로 활용 가능 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구과제는 환경부지정 전남녹색환경지원센터의 연구비지원에 의해 수행된 연구과제입니다.

References

1. 김광렬, 강병욱, 연익준, 송천, 정지선 (2016), 악취기여도 평가를 이용한 시멘트 및 석회석 제조 사업장에서의 악취원인물질 연구, 한국환경기술학회지, 17(4). pp. 340-652.
2. Seo, S. G., Ma, Z. K., Jeon, J. M., Jung, S. C. and Lee, W. B.(2011), Measurements of key offensive odorants in a fishery industrial complex in Korea, Atmospheric Environment, 45, pp. 2929-2936.
3. 김기연(2015), 가축분뇨 자원화시설에서 발생하는 암모니아와 황화수소의 계절적 현상 평가, 축산시설환경, 21(2), pp. 41-46.
4. 김두환, 하덕민, 이재영, 김희호, 송준익 (2015), 한우 및 젖소농장 발생 악취의 확산 특성 연구, 축산시설환경, 21(1), pp. 1-8.
5. 서성규, 윤형선, 마충곤, 유의(2010), 망간산화물 촉매를 이용한 악취제거, 한국대기환경학회지, 26(4), pp. 443-448.
6. 심왕근, 서성규, 임익현, 윤형선(2018), 나쁜 냄새 없는 전남 만들기 실천 방안 연구, 전남녹색환경지원센터 최종보고서.
7. 고한중, 최홍림, 김기연, 이용기, 김치년 (2006), 액상 가축분뇨의 처리 및 토양환원에 따른 악취 및 악취물질 평가, 한국동물자원과학회지, 48(3), pp. 453-466.
8. 김원태, 서대석, 축산 유기성 폐기물 자원화 정책의 중요도-만족도 분석(2018), 한국산학기술학회논문지, 19(12), pp. 523-531.
9. 서성규, 김은식, 문경주, 박원춘, 안양진, 윤형선(2014), 산업공정부산물을 이용한 하수슬러지 고화재 특성, 한국환경기술학회지, 15(1), pp. 48-55.
10. 환경부(2018), 악취공정시험방법.