

충주시 악취발생원으로부터 배출되는 악취원인물질 특성 분석

조병렬* · 조영민†

*충주대학교 환경공학부 · 경희대학교 환경응용화학대학

(2007년 11월 16일 접수, 2008년 3월 17일 채택)

Characterization of Odorous Elements from Emission Sources in Chungju

Byung Yeol Cho* · Young Min Jo†

*Department of Environmental Engineering, Chungju National University
College of Environment & Applied Science, Kyung Hee University

ABSTRACT : The emission characteristics of odorous compounds discharged from the major environmental treatment facilities in Chungju were closely investigated by an ammonia passive sampler and by analyzing a questionnaire of the public complains. Amongst the four major emission sources, the manure treatment facility showed the highest concentration. The major components were sulfur compounds including H₂S, tri-methyl amine, and aldehydes. The foodwaste treatment processes releases sulfur compounds and aldehydes. Municipal waste water treatment facility emits a high concentration of acetaldehyde. It was found that the perceived odor level depends on the meteorological condition, and the odor intensity was higher at midnight than daytime.

Key Words : Odorous Compounds, Odor Concentration, Emission Source, Passive Sampler

요약 : 충주시에 소재하는 주요 환경시설로부터 배출되는 악취성 물질의 배출특성을 주민 민원에 대한 설문과 정치형 시료채취기를 활용하여 조사하였다. 네 군데의 조사시설 가운데 분뇨처리장이 가장 높은 악취농도를 보여주었다. 악취성물질의 주요 성분은 황화합물, 트리메칠아민, 알데히드 등이었다. 음식물 쓰레기 처리공정은 황화합물과 알데히드를 많이 배출하였다. 도시하수처리장은 고농도의 알데히드를 배출하는 것으로 나타났다. 악취의 관능 수준은 기상여건에 따라 다양하였으며, 심야의 악취 강도가 주간보다 훨씬 심각하게 나타났다.

주제어 : 악취성물질, 악취농도, 발생원, 정치형 시료채취기

1. 서론

악취는 인간의 감각을 자극하여 불쾌감과 함께 혐오감을 유발하는 물질이라 할 수 있으며, 현재까지 알려진 물질도 수십만 가지가 넘는 냄새를 발생시킬 수 있는 물질이 있는데 이들 중 악취물질은 인체에 직접적인 피해보다는 심리적 또는 정신적인 피해를 끼치기 때문에 소음 진동과 유사한 감각공해 물질이라고 할 수 있다.¹⁾ 인간의 후각 능력은 이런 악취물질의 냄새를 식별하는데 다른 동물과 비교해서 둔한 편이나 사람 개개인의 특성에 따라 조금씩 다를 수가 있다. 또한 일반적인 대기오염물질과 달리 악취는 계절적 변화에 따라 나타나는 피해정도가 다르며, 대기 중에 개방되어 있는 각종 환경관련 시설 등 다양한 형태의 오염원에서 발생하는 다양한 악취물질의 관리 또한 쉽지 않다.^{2~4)} 사람들의 생활수준의 향상으로 과거에는 건디고 살았던 생활 민원형 악취에도 민감하게 반응하는 등 삶의 질에 대한 인식이 새롭게 부각되고 있다. 최근 행정기

관에 접수된 악취 민원통계에 의하면 매년 악취 민원이 산업단지를 중심으로 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.^{5~8)} 대부분의 악취배출시설에서 발생하는 악취의 경우 유해한 대기오염물질과 연계되어 있으며 악취특성상 대기오염관리 방식으로는 함께 해결하는 것이 어렵기 때문에 정부에서는 악취방지법을 제정하여 악취문제를 해결하고자 시도하고 있다. 특히 대기중으로 개방된 상태에서 운영되고 있는 하폐수처리장, 분뇨처리장, 음식물처리장과 같은 환경기초시설의 경우 일부지역에서 악취관련민원이 집중되는 사례에서 알 수 있듯이 악취와 관련된 대책을 수립하기가 어렵다.^{9~12)} 그러나 2005년부터 악취 방지법이 시행됨에 따라 환경기초시설도 악취배출시설로 지정되었기 때문에 환경기초시설을 운영하고자 할 경우 환경기초시설의 악취배출시설 신고와 함께 악취현황조사 및 방지계획 작성과 주변지역에 악취영향을 최소화 할 수 있는 방안을 의무화하는 등 시설 운영에 대한 적절한 대응 방안이 법률로 규정하고 있다.

본 연구에서는 충주시 악취민원발생지역을 중심으로 악취배출시설로부터 배출되는 악취물질특성을 파악하고, 효과적인 관리를 하기위해 충주시에 분포하고 있는 악취유발시설을 조사하였으며, 악취유발시설의 운영현황과 악취

† Corresponding author
E-mail: ymjo@khu.ac.kr
Tel: 031-201-2860

Fax: 031-203-4589

시설의 현황 및 공정진단을 통해 발생하는 물질을 악취방지법의 공정시험방법상의 복합악취도 분석 및 악취지정물질 12개 항목을 분석하였으며, 암모니아 분석기를 이용한 주변지역에서의 취기분석을 시도하였다. 주민설문을 통해 악취의 확산특성과 피해정도 범위를 조사 분석하였다.

2. 연구방법

2.1. 악취물질 배출시설조사 및 악취물질 분석

충주시의 민원발생지역인 봉방동 일대의 악취물질 및 특성을 파악하기 위해 봉방동 일대의 악취오염원을 조사하였으며, 악취발생원으로부터 발생하는 물질은 악취공정 시험방법에 의거하여 복합악취기 및 지정악취물질 12개 항목에 대해 분석하였다. 복합악취는 공기희석 관능법, 지정 악취물질은 기기분석법을 통해 수행하였다. 시료채취지점과 분석기기를 요약하면 Table 1과 2에 요약한 바와 같다.

2.2. 암모니아 Passive sampler를 활용한 악취 조사

조사대상지역의 주요 악취배출원과 배출된 악취원인물질이 주변지역에 미치는 영향을 평가하기 위한 방법은 다양할 수 있다. 본 조사에서는 사전 조사에서 나타난 악취성 물질의 농도 평가로부터 악취방지법에서 규정하고 있는 악취원인물질 중 하나인 암모니아 성분이 비교적 높게

나타나고, 주민들에게 강한 자극성을 주고 있는 것으로 판단되어 암모니아를 대상물질로 선정하여 주요 암모니아 배출원과 주변지역에 미치는 영향을 확인하였다. 이를 위해서는 사용이 간편하며, 전원 등 부가적인 요구조건이 필요치 않아 다양한 연구에 활용되고 있는 passive sampler를 활용하였다. 암모니아 측정을 위하여 본 조사에 사용된 passive sampler는 전체 측정기의 길이가 짧고 대기 중에 노출된 끝 부분에 멤브레인 여과기(membrane filter) 또는 공기스크린을 갖고 있는 뱃지 형태의 구조를 사용하였으며, 가장 안쪽에는 측정하고자 하는 가스상 오염물질에 적합한 흡수제로 처리한 여지를 설치하여 사용하였다. 시료채취기는 크게 뚜껑과 본체 두 부분으로 구분되며, 본체의 가장 안쪽에는 흡수액을 묻힌 흡수여과필터가 놓이게 되며, 그 위로 2장의 멤브레인이 위치하게 제작된다. 암모니아 농도가 30 ppb 미만인 단계부터 최고 200 ppb 이상인 단계까지 총 5단계로 구분하여, 모두 129회 반복 측정을 진행하였다. 본 조사대상지역에서 악취원인물질을 배출하는 주요 악취배출시설은 충주시 하수처리장, 분뇨등을 처리하는 충주시 위생처리장, 음식물쓰레기를 처리하는 시설, 마지막으로 유·무기성 슬러지를 소각하는 시설 등으로 판단하였다. 따라서, 본 조사에서는 주요 배출원의 암모니아 배출특성을 확인하기 위하여 하수처리장, 위생처리장, 음식물쓰레기처리시설, 하수슬러지 처리시설 등의 주요 배출원과 부지경계를 중심으로 총 17개 지점을 선정하여 측정을 진행하였다. 측정은 2회에 걸쳐 진행되었으며, 각각 24시간 동안의 평균적인 암모니아 농도를 평가하였다. 주요 배출원의 암모니아 평가와는 별도로 주요 배출원으로부터 발생한 암모니아가 주변지역에 미치는 영향을 확인하기 위하여 칠금동, 봉방동, 문화동, 달천동, 용관동, 용두동, 하검단, 창동리 등을 중심으로 총 31개 지점을 선정하고 배출원 평가가 이루어진 시기와 동일한 기간 동안 암모니아의 공간적인 분포를 측정하였다.

Table 1. Sampling sites

Facility	Sampling point
Sanitary treatment	dehydration-deodorizing tower, dehydration-sludge sink tank, plant deodorizing tower, plant phase separator, boundary layer
Swage sludge treatment	front of control facility, discharge point, boundary layer
Food waste treatment	scrubbing tower, deodorizing tower, feeding point, boundary layer
MSW treatment plant	aeration tank, boundary layer

Table 2. Instrumental analysis method for odorous compounds

Odorous	Analysis method	Reference
ammonia	dynamic liquid absorption	standard test method
methyl, hydrogen sulfide, di-methyl sulfide, di-methyl di-sulfide	low temperature concentration-capillary column GC analysis	
tri-methyl amine	low temperature concentration-packed column GC analysis	
acetaldehyde, propion aldehyde, butyl aldehyde, n-baler aldehyde, iso baler aldehyde	DNPH-deveritive liquid chromatograph(HPLC/uv) analysis	
styrene	low temperature concentration-GC analysis	

2.3. 주민 설문조사

인간의 감각기관을 자극하여 불쾌감을 유발하는 악취현상은 특정시간대에 지속적으로 감지되는 것이 아니라 바람의 영향, 강우의 유무 등 기상상황과 지형의 특성에 따라 감지되는 빈도와 악취세기가 다양하게 나타날 수 있는 개연성을 갖게 된다. 이러한 특성을 감안하면 특정기간에 집중적으로 진행되는 현장실측 결과만으로 대상지역의 악취 특성을 평가하는데 일정부분의 미흡한 점이 있게 되며, 주변지역에서 감지되는 악취 현상을 평가하는 과정에서 예기치 않은 오류를 범할 수 있는 개연성을 갖게 된다. 본 연구에서는 주변에 거주하고 있는 주민들을 대상으로, 작성한 설문지를 이용하여 일대일 면담을 통해 조사한 결과를 정리하였으며, 그 결과를 토대로 주민이 인식하고 있는 악취현상에 대한 평가와 실측이 진행되지 않았던 기간에 발생하였던 악취현상에 대한 기초자료를 확보하는데 목적을 두었다. 설문조사는 악취 발생원 주변 반경 2.5 km 내의 주거지를 대상으로 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 악취 유발시설 분포현황

현행법(악취방지법)에 의거한 충주시 관내에 악취관리지역으로 지정된 곳은 없으나, 향후 악취관리지역의 지정이 확대되면 배출시설로 분류되어 엄격한 법 규제를 받게 될 것으로 판단된다. 2006. 1. 5기준 충주시에 위치하고 있는 사업장을 대상으로 행정구역별, 업종별로 조사하였다. 충주시에 위치한 사업장은 총 474개로, 행정구역상 충주시 동(洞)에 154개소 (32.48%)가 위치하는 것으로 나타났으며, 주덕읍 54개소(11.39%), 신니면 45개소 (9.49%), 가금면 39개소(8.22%) 등의 순으로 조사되었다. 업종별로는 음식료품 제조업이 100개소로 전체의 21.09%를 차지하는 것으로 나타났으며, 비금속 광물 제조업 66개소 13.92%, 달리 분류 되지 않는 기계 및 장비 제조업 49개소 10.43%, 조립금속제품 제조업 44개소 9.28% 등의 순으로 조사되었다. 이들 공장시설 중 악취배출시설에 해당될 수 있는 개연성을 나타내는 업소는 약 21%인 100개소, 고무·플라스틱 제조시설이 19%, 도축·고기가공 및 저장시설 17%, 식품제조시설 14%의 순으로 조사되었다. 이외도 축산시설을 고려하면 더욱 많은 시설이 악취를 배출할 수 있는 개연성이 있는 것으로 나타났다. 특히 민원대상지역인 봉방동

을 중심으로 악취오염원을 조사한 결과 환경기초시설 포함 28개소의 악취원이 분포하며, 대상시설물 이외에 축사, 퇴비적치 등이 악취원으로 작용할 수 있는 시설들이 분포하는 것으로 나타났다. 이들 중 악취로 인한 피해를 유발할 수 있는 대표적인 시설은 환경기초시설인 하수처리장과 위생처리장, 하수슬러지 건조시설, 음식물쓰레기처리시설, 도축시설 등으로 조사되었다.

3.2. 악취물질 분석

악취발생원에서 발생하는 악취물질의 복합악취도와 지정악취물질의 농도를 나타내면 Table 3과 같다.

Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 위생처리장은 부지경계를 포함하여 5 곳에서 조사한 결과, 다른 처리시설에 비해 악취가 가장 심하게 발생하는 곳으로서, 복합악취는 배출허용기준 기타지역 기준을 상회하며, 지정악취물질인 황화수소 및 알데히드 화합물 등이 기준치 이상으로 나타났다. 공정중 탈수기동탈취탑, 슬러지저류조 및 처리동 탈취탑에서 복합악취의 희석배율이 허용기준의 4~6배 이상으로 조사되었으며, 지정악취물질은 황화수소, 트리메틸아민, 알데히드류(5개) 화합물 등이 검출되었다. 특히, 황화수소와 아세트알데히드의 농도가 높아 주된 악취발생 원인물질로 사료된다. 따라서 황화수소와 알데히드 화합물

Table 3. Concentration of complex odors and specific odors

Facility	Point	Measuring time	Complex odor level (dilution rate)	Specific odor elements (ppm)											
				ammonia	hydrogen sulfide	methyl mercaptane	di-methyl sulfide	di-methyl di-sulfide	tri-methyl amine	acetaldehyde	propion aldehyde	buthyl aldehyde	n-baler aldehyde	i-baleraldehyde	styrene
Sanitary treatment	dehydration-deodorizing tower	1st	6694.3	0.1	13.155	N.D	N.D	N.D	0.0055	0.332	0.505	1.14.3	N.D	0.0862	N.D
		2nd	2080.1	1.2	12.219	N.D	N.D	N.D	0.0006	1.454	0.312	0.4283	N.D	0.0434	N.D
	sludge storage tank	1st	965.5	4.0	8.815	N.D	N.D	N.D	N.D	0.135	0.127	0.0996	N.D	N.D	N.D
		2nd	3107.2	1.8	12.124	N.D	N.D	N.D	0.0002	1.296	0.143	0.3702	N.D	N.D	N.D
	plant deodorizing tower	1st	14422.5	85.0	248.765	N.D	N.D	N.D	0.3354	0.631	2.655	6.6731	0.1176	0.4156	N.D
		2nd	2080.1	5.9	13.606	N.D	N.D	N.D	TR	1.415	0.272	0.0813	N.D	N.D	N.D
	buoyancy separator	1st	6694.3	7.3	14.671	N.D	N.D	N.D	0.0099	0.214	0.572	1.3569	N.D	0.0966	N.D
		2nd	310.7	2.9	TR	N.D	N.D	N.D	TR	1.266	0.048	0.0128	N.D	TR	N.D
	boundary layer	1st	100.0	0.4	0.140	N.D	N.D	N.D	0.0006	0.426	0.054	0.0318	N.D	N.D	N.D
		2nd	20.8	0.4	0.061	N.D	N.D	N.D	N.D	0.035	0.005	0.0063	N.D	N.D	N.D
MSW treatment plant	discharge point	1st	176.3	3.6	0.070	N.D	0.010	0.0054	0.0024	0.657	0.400	0.1324	0.0607	N.D	0.67
		2nd	669.4	0.1	0.544	N.D	N.D	N.D	N.D	3.944	0.612	0.4351	0.1736	0.1084	N.D
	front of control facility	1st	669.4	64.6	0.014	0.0106	0.016	N.D	0.0073	6.601	3.092	1.2395	0.6544	N.D	0.46
		2nd	3000.0	1.1	10.172	N.D	N.D	N.D	N.D	13.515	5.152	2.3211	1.2936	0.5847	N.D
	boundary layer	1st	44.8	0.2	0.010	N.D	0.010	N.D	0.0006	0.384	0.101	N.D	N.D	N.D	N.D
		2nd	20.8	0.5	0.017	N.D	N.D	N.D	N.D	0.254	0.092	0.0070	N.D	TR	N.D
Discharge regulation (boundary layer)			15	1	0.02	0.002	0.01	0.009	0.005	0.05	0.05	0.029	0.009	0.003	0.4
Discharge regulation (discharge point)			500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 3. continued

Facility	Point	Measuring time	Complex odor level (dilution rate)	Specific odor elements (ppm)											
				ammonia	hydrogen sulfide	methyl mercaptane	di-methyl sulfide	di-methyl di-sulfide	tri-methyl amine	acetealdehyde	propion aldehyde	buthyl aldehyde	n-baler aldehyde	i-baleraldehyde	styrene
Food waste treatment	scrubbing tower	1st	965.5	0.5	0.742	N.D	N.D	N.D	0.0005	0.707	0.220	0.0625	N.D	N.D	0.02
		2nd	144.2	N.D	TR	N.D	N.D	N.D	N.D	1.697	0.081	0.0186	N.D	N.D	N.D
	deodorizing tower	1st	1442.2	0.1	4.587	N.D	5.105	N.D	0.0002	18.707	0.875	0.5317	0.2554	0.2382	N.D
		2nd	1442.2	N.D	11.212	N.D	N.D	N.D	N.D	3.053	N.D	N.D	N.D	TR	TR
	feeding point	1st	669.4	0.1	1.840	N.D	N.D	N.D	0.0003	0.123	0.172	0.0447	N.D	N.D	0.04
		2nd	44.8	0.1	0.032	N.D	N.D	N.D	N.D	1.124	0.021	0.0089	N.D	N.D	N.D
boundary layer	1st	96.5	0.3	0.008	N.D	N.D	N.D	0.0018	0.549	0.549	N.D	N.D	N.D	N.D	
	2nd	14.4	0.1	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0002	0.630	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	
MSW treatment plant	Aeration tank	1st	54.8	0.2	0.010	N.D	0.011	0.0050	0.0002	0.127	N.D	N.D	N.D	N.D	0.01
		2nd	36.7	0.2	N.D	0.418	N.D	N.D	N.D	0.870	N.D	0.0051	N.D	N.D	N.D
	boundary layer	1st	20.8	0.2	0.0006	N.D	0.011	N.D	0.0002	0.374	0.054	N.D	N.D	N.D	N.D
		2nd	14.4	0.6	N.D	TR	N.D	N.D	N.D	1.023	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Discharge regulation (boundary layer)			15	15	1	0.02	0.002	0.01	0.009	0.005	0.05	0.05	0.029	0.009	0.003
Discharge regulation (discharge point)			500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ND : not detected, TR : Trace

의 저감방안이 강구되어야 될 것으로 판단된다.

부지경계선에서 복합악취의 회석배율이 20.8을 나타낸 것은 처리시설로부터 황화수소 등이 발산되어 기준치를 초과된 것으로 판단되며, 지정악취 물질 중 황화수소, 아세트·프로피온·부틸 알데히드가 배출허용기준을 초과하였다. 따라서 전반적인 악취저감 노력이 필요하며, 황화수소 및 알데히드 화합물의 처리방안이 시급한 것으로 나타났다.

하수슬러지처리 시설은 알데히드류가 기준치 이상으로 조사되었다. 방지시설 진단과 배출구의 농도를 보면, 방지시설 진단에 비하여 배출구에서 전반적으로 악취물질이 저감되어 배출되는 것으로 조사되고 몇몇 물질의 농도는 기준치 이하로 저감되었으나, 일부 알데히드류는 여전히 배출허용기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 배출구의 배출허용기준을 준수하기 위해서는 방지시설을 더욱 보강해야 될 것으로 판단된다.

음식물처리 시설의 경우는 부지경계를 포함하여 4곳을 조사하였으며, 황화수소와 아세트알데히드 화합물이 기준치를 상회하는 것으로 나타났다. 아세트알데히드가 높게 검출된 것은 탈취탑이 제 역할을 못하고 오히려 농축과 중간부산물을 만드는 것으로 판단된다. 부지경계선에서 2차 측정시 복합악취의 회석배율이 14.4를 나타내었으나, 아세트알데히드가 기준치를 상회하였으므로 지속적인 처리장 관리가 필요하다고 사료된다. 시설물 중에서 탈취탑이 오히려 악취성분을 농축시키는 결과를 나타내므로 시설개선이 필요하다고 판단된다. 하수처리장의 경우 전반적으로 양호한 상태이나 아세트알데히드가 검출되므로, 이에 대한 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다. 또한 시설들이

모두 가까운 거리에 있으므로 다른 시설 및 부지경계선의 농도에 일정한 기여를 하고 있는 것으로 판단되며, 주변지역에 악취에 의한 영향을 지속적으로 미칠 것으로 보인다.

3.3. 암모니아 Passive sampler를 활용한 악취 측정 결과

본 연구에서는 주요 배출원의 암모니아 배출특성을 확인하기 위하여 하수처리장, 위생처리장, 음식물 쓰레기처리 시설, 하수슬러지처리시설 등의 주요 배출원과 부지경계를 중심으로 총 17개 지점을 선정하여 측정을 진행하였다. 측정은 2회에 걸쳐 진행되었으며, 각각 24시간 동안의 평균적인 암모니아 농도를 평가하였다.

주요 배출원의 암모니아 평가와는 별도로 주요 배출원으로부터 발생한 암모니아가 주변지역에 미치는 영향을 확인하기 위하여 Fig. 1에 나타난 것과 같이 칠금동, 봉방동, 문화동, 달천동, 용관동, 용두동, 하검단, 창동리 등을 중심으로 총 31개 지점을 선정하고, 배출원 평가가 이루어진 시기와 동일한 기간 동안 암모니아의 공간적인 분포를 측정하였다.

주요 악취 배출원 가운데 총 4개 시설의 17개 지점을 중심으로 암모니아를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 전체 17개 암모니아 측정 지점의 2회 측정에서 가장 높은 농도를 나타낸 지점은 충주시 위생처리장 내의 1번 지점인 저류조 상단으로 2차 측정시 24시간 평균농도가 2,291.2 ppb로 측정되었다. 위생처리장의 경우에는 저류조 상단지점 이외에도 3번 지점인 침전지에서도 1차 측정시 1,444.5 ppb의 암모니아 농도가 측정되었으며, 2번과 4번 지점인 분



Fig. 1. Monitoring site of ammonia.

노 투입시설과 탈취시설에서도 다른 배출원에서 측정된 결과에 비하여 상대적으로 높은 결과를 나타내었다. 위생처리장을 제외하고 가장 높은 암모니아 농도가 측정된 시설은 유·무기성 하수슬러지 처리 시설 내의 슬러지 저장호퍼로 1차 측정시 208.7 ppb 수준의 농도가 검출되었으며, 이 지점의 2회 측정 평균결과도 119.8 ppb 수준으로 위생처리장을 제외할 경우 가장 높게 측정되었다. 또한 슬러지 투입시설의 암모니아 농도도 평균 102.9 ppb 수준으로 타 시설에 비하여 높게 나타났다. 음식물쓰레기처리시설의 경우에는 혐기성 반응시설에서 1차 측정 시 152.5 ppb, 평균 91.9 ppb 수준의 암모니아 농도가 검출되어 사업장 내에서 가장 높은 지점으로 평가되었으며, 음식물쓰레기

를 투입하는 시설에서도 평균 63.1 ppb의 암모니아 농도가 검출되었다. 총 5개 지점을 측정한 충주시 하수처리장의 경우에는 전체적으로 35 ppb 미만 수준의 저농도 암모니아 검출되었으며, 세부적으로는 슬러지 탈수시설에서 1, 2회 평균 암모니아 농도가 30.9 ppb, 1차 침전지는 20.1 ppb 수준을 나타냈다.

주요 배출원에서 발생한 암모니아가 주변지역에 미치는 영향을 확인하기 위하여 칠금동, 봉방동, 문화동, 달천동, 용관동, 용두동, 하검단 등 주변지역 마을을 중심으로 총 31개 지점을 선정하여 암모니아 농도를 평가하였다. 주요 배출원에서 암모니아 농도를 평가한 시기와 동일한 기간 동안 측정한 주변지역 암모니아 농도는 다음의 Table 5와 같다. 주변지역 암모니아 측정결과는 전체적으로 2차 측정결과에 비해서 1차 측정결과가 높게 나타났다. 이는 계절적인 영향이 큰 것으로 판단되며, 세부적으로 살펴보면, 주변지역에서 측정된 암모니아 최고 농도는 326.7 ppb로 위생처리장 뒤쪽에 위치한 23번 지점의 측사에서 1차 측정 시 나타난 결과이다. 또한, 23번 지점과 가까이에 위치한 21번 지점에서는 1차 측정시 101.6 ppb 수준이 측정되었는데, 이 지점은 우사와 개사육장이 함께 위치한 곳이었다. 이 지점들 이외에 도축장(대성살업)이 위치하고 있는 28번 지점에서도 83.6 ppb 수준의 암모니아 농도가 측정되었으며, 인근 용두동 지역의 29번 지점에서도 동일한 기간에 53.7 ppb 수준의 암모니아 농도가 확인되어 다른 마을지역에서 측정된 결과보다 높게 측정되었다. 이는 도축장에 의한 영향 가능성으로 판단할 수 있으며, 도축장의 경우에는 악취 배출원으로 구분하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 기타 칠금동, 봉방동, 문화동, 달천동, 용관동, 하검단 등에서 측정한 결과는 전체적으로 1차, 2차 측정결과를 평균한 농도가 20 ppb 미만인 것으로 나타나 암모니

Table 4. Ammonia concentration at major emission sources

(unit: ppb)

Facility	Sampling point	Sampling point ID	1st	2nd	Mean
Sanitary treatment	1	Upper part of storage tank	266.9	2,291.2	1,279.0
	2	Excrement feeding part	391.2	230.3	310.7
	3	Sedimentation pond	1,444.5	497.0	970.8
	4	Entrance of deodorization facility	229.4	110.9	170.1
	5	Entrance of excrement treatment plant	16.8	8.1	12.5
Food waste treatment	6	Food waste feeding place	89.7	36.5	63.1
	7	Anaerobic reaction facility	152.5	31.3	91.9
	8	Feedstuff storage facility	2.9	9.4	6.1
	9	Entrance	28.0	2.7	15.4
MSW treatment plant	10	First sedimentation pond	31.1	9.2	20.1
	11	Aeration tank	21.8	6.2	14.0
	12	Dehydration facility	33.6	28.2	30.9
	13	Sludge thickener)	17.7	7.2	12.4
	14	Entrance	10.6	5.2	7.9
Sewage sludge treatment	15	Sludge feeding point	112.3	93.5	102.9
	16	Sludge storage hopper	208.7	30.9	119.8
	17	Boundary layer to river	12.9	5.6	9.3
17 places		Mean concentration	180.6	200.2	190.4
		Max. concentration	1,444.5	2,291.2	1,279.0
		Min. concentration	2.9	2.7	6.1

Table 5. Ammonia concentration of neighboring areas (unit : ppb)

Sampling point	Sampling point ID	1st	2nd	Mean	Reference
18	riverside road(vicinity of slaughterhouse)	7.3	7.5	7.4	
19	riverside road	13.6	10.0	11.8	
20	riverside road(vicinity of sanitary facility)	17.0	11.8	14.4	
21	middle between cowhouse and dog farm	101.6	40.7	71.2	
22	Bul ter(residence)	28.8	20.9	24.9	
23	cowhouse(back side of sanitary facility)	326.7	79.4	203.1	
24	farm road(between sewage treatment plant and sanitary facility)	16.4	8.3	12.3	
25	river road(vicinity of discharge)	27.6	11.3	19.4	
26	Ha Bang(Dong san children house)	16.3	10.3	13.3	
27	vinyl house telegraph pole, sideway of farm road	16.0	7.0	11.5	
28	side of slaughterhouse(Dae sung industry)	83.6	16.9	50.3	
29	Yong-doo dong	53.7	8.8	31.3	
30	Sang yong doo	19.8	10.8	15.3	
31	Ha yong gwan	8.8	1.6	5.2	
32	in front of Dal chun elementary school	18.6	12.2	15.4	
33	Ha gum dan(in front of Gum dan bridge)	8.0	7.2	7.6	
34	Ar rat dam rock	8.8	6.1	7.5	
35	Gal ma	3.8	2.0	2.9	
36	Geum nae	14.8	7.6	11.2	
37	Sae mal(vicinity of Geum je bridge)	18.8	7.6	13.2	
38	vicinity of Tan geum dae Funeral place	5.8	4.9	5.4	
39	dog farm	99.8	49.5	74.6	
40	in front of kolon apartment 105th	24.4	13.9	19.1	
41	Sang bang bridge	17.4	18.7	18.0	
42	Bong whang bridge	12.7	9.5	11.1	
43	Moon-wha dong(side of GM daewoo)	15.2	10.3	12.7	
44	Sang bang bridge	12.5	8.7	10.6	
45	Bong bang iea gu	20.4	16.5	18.5	
46	Dal-chun dong 1	18.0	14.2	16.1	
47	Dal-chun dong 2	9.8	7.6	8.7	
48	Dal-chun dong 3	8.0	3.1	5.5	
31 sites	Mean concentration	34.0	14.3	24.2	
	Maximum concentration	326.7	79.4	203.1	
	Minimum concentration	3.8	1.6	2.9	

이에 의한 악취영향은 미미한 것으로 판단된다.

3.4. 주민 설문조사

전체 설문응답자 188명중 남자 108명(57.4%), 여자 80명(42.6%)으로, 연령별 60세 이상 27.7%, 50대 23.9%, 40대 22.9%, 30대 17.6%, 20대 8%으로 나타났다. 설문응답자 직업은 농업 26.6%, 주부 21.3%, 자영업 17.6%등의 순으

Table 6. Respondents of questionnaire for Odor exposure

Answer	frequency(person)	percent(%)
YES	128	68.1
NO	60	31.9
TOTAL	188	100.0

로 나타났고, 거주기간은 현재 거주지에서 거주기간이 5년 이상이 74.5%, 1~5년이 21.8%, 1년 미만의 거주자가 3.7%로 나타났으며, 주거 형태는 단독주택 71.8%, 연립주택 11.7%등으로 나타났다.

설문응답자의 거주지는 악취 발생원을 기준으로 반경 2.5 km내의 동별 인구수와 포함 면적비율을 고려하여 설문매수를 설정하여 이에 가깝게 조사하였으며, 조사 결과 봉방동 48매(25.5%), 칠금동 45매(23.9%), 달천동 25매(13.3%), 문화동 23매(12.2%), 이류면 13매(6.9%) 등의 순이었다. 설문응답자중의 현재 거주하고 있는 거주지에서의 악취경험에 대한 조사는 전체 188명중 128명(68.1%)이 악취를 경험한 것으로, 60명(31.9%)이 악취를 경험하지 못한 것으로 나타났다.

악취를 경험한 응답자중 계절별로는 여름(81.3%)에 가장 많이 느끼는 것으로 나타났으며, 기타 계절에 상관없이 풍향에 의하여 영향이 있다는 응답자도 일부 있었다. 날씨는 주로 흐린 날씨에 가장 많이 느끼는 것으로 나타났으며, 악취빈도는 전체 악취 경험자중 78.9%가 거의 매일 혹은 주 3~4회 정도 악취를 경험하는 것으로 나타났고, 경험 시간대는 12:00~21:00시 사이에 느낀다는 응답자가 61.8%로 주를 이루고 있다. 또한 지속시간과 악취의 강도에 대한 질문에는 30분 이상 악취가 지속된다고 하는 응답자가 75.0%, 강한취기 이상의 악취를 경험하는 응답자가 80.5%로 나타났다. 악취 경험자중 악취로 인한 생활의 영향정도에는 많다 53명(41.4%), 매우많다 41명(32.0%), 조금있다 30명(23.4%)로 조사되었고, 영향이 거의 없다는 응답자는 4명(3.1%)으로 조사되었다. 악취의 영향을 위생상, 심미적, 건강상 영향으로 나누어 조사한 결과, 전체 악취 경험자 124명중 71명(57.3%)이 심미적인 영향을 지적하였고, 이중 기분이 나빠진다는 대답이 66.2%로 가장 많이 나타났다. 위생상, 건강상 영향은 각각 28명(22.6%), 21명(16.9%)으로 조사되었으며 위생상 영향에 해충이 많아진다는 답변과, 건강상 영향에 두통과 어지러움을 호소하는 대답이 나타났다. 악취 문제로 민원을 제기한 적이 있는지에 대한 질문에 68명(53.1%)이 민원을 제기한 경험이 있는 것으로 조사되었으며, 민원제기 장소는 시청이 88.2%로 가장 많이 차지하며, 민원에 대한 답변은 54.4%가 받은 것으로 조사되었다. 민원제기 후 개선된 것이 없다고 95.6%가 응답하였고, 앞으로 지속적으로 악취가 계속 된다면 민원을 제기할 의사가 있는 응답자가 95.6%로 나타났다. 각 행정구역별로 악취의 경험여부는 가금면, 금가면, 달천동, 봉방동, 칠금동이 악취경험 비율이 50%를 넘는 지역으로 조사되었고, 이를 제외한 지역에서는 50% 이하로 조사되었다.

4. 결론

본 연구에서는 충주시 악취민원발생지역을 중심으로 악취배출시설로부터 배출되는 악취물질특성을 파악하고, 효과적인 관리를 하기위해 충주시에 분포하고 있는 악취유발시설을 조사하였다. 또한 악취유발시설의 운영현황과 악취시설의 현황 및 공정진단을 통해 발생하는 물질을 공정시험방법상의 복합악취도 분석 및 악취지정 물질 12개 항목을 분석하였고, passive 암모니아 분석기를 이용하여 주변지역에서의 취기를 분석하였다. 또한, 주민설문을 통해 악취의 확산특성과 피해정도 범위를 조사 분석하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 충주시에 분포하는 공장시설 중 악취배출시설에 해당될 수 있는 개연성을 나타내는 업소는 약 21%인 100개소, 고무·플라스틱 제조시설이 19%, 도축·고기가공 및 저장시설 17%, 식료품제조시설 14%의 순으로 조사되었다. 민

원대상지역인 봉방동을 중심으로 악취오염원을 조사한 결과 환경기초시설 포함 28개소의 악취원이 분포하며, 악취로 인한 피해를 유발할 수 있는 대표적인 시설은 환경기초시설인 하수처리장과 위생처리장, 하수슬러지 건조시설, 음식물쓰레기처리시설, 도축시설 등이다.

2) 위생처리장은 부지경계를 다른 처리시설에 비해 악취가 가장 심하게 발생하는 곳으로서, 복합악취는 배출허용기준 기타지역 기준을 상회하며, 지정악취물질인 황화수소 및 알데히드 화합물 등이 기준치 이상으로 나타났다.

3) 본 조사대상지역에 위치한 주요 악취배출원 중 암모니아의 주요 배출원은 충주시 위생처리장 내의 시설인 것으로 판단할 수 있으며, 하수슬러지처리시설의 슬러지 투입시설, 슬러지 저장호퍼 등과 음식물쓰레기처리시설의 혐기성 반응시설 등과 같은 일부 지점도 암모니아의 발생원으로 판단할 수 있다. 반면, 하수처리장에서 배출되는 암모니아 수준은 상대적으로 미미한 것으로 판단된다. 대부분의 주변지역에서는 암모니아에 의한 악취영향은 크지 않은 것을 확인할 수 있으며, 주요 악취배출원 이외에 일반 주거지역에 인접해 있는 가축의 사육시설이나, 도축시설 등이 암모니아를 배출하는 것을 확인하였다. 따라서 이와 같은 알려지지 않은 추가적인 악취배출 시설에 대한 악취발생 억제 대책이 필요할 것으로 판단된다.

4) 악취에 대한 설문지 조사결과 설문응답자중의 현재 거주하고 있는 거주지에서의 악취경험에 대한 조사는 전체 188명중 128명(68.1%)이 악취를 경험한 것으로, 60명(31.9%)이 악취를 경험하지 못한 것으로 나타났다. 각 행정구역별로 악취의 경험여부는 가금면, 금가면, 달천동, 봉방동, 칠금동이 악취경험 비율이 50%를 넘는 지역으로 조사되었고, 이를 제외한 지역에서는 50% 이하로 조사되었다.

사 사

이 논문은 충주대학교 대학구조개혁지원 사업비(교육인적자원부 지원)의 지원을 받아 수행한 연구임.

참 고 문 헌

1. 김기은, 이해경 공역, 악취측정 및 제거, 아카데미서적(2004).
2. 안상영, 최성우, "산업단지에서 배출되는 악취원인 물질의 규명," 한국환경과학회지, 14(1), 81~89(2005).
3. 이용기, 이기중, 우정식, 손진석, "악취오염물질의 업종별 배출특성에 관한 연구," 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, pp. 413~414(2003).
4. 송희일, 변주형, 김진길, 김태열, 임홍빈, 김중찬, 저연훈, 이수, "업종별 악취 오염물질 분포특성 조사 연구(1)," 한국대기환경학회 춘계학술논문집, pp. 288~289(2005).
5. 박강호, 김학웅, 조현선, 이갑상, 송기봉, "안산지역 악취물질특성(황계열 및 탄화수소 류)과 인접지역 악취민원

- 의 특성조사,” 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, pp. 143~145(2005).
6. 김유근, 이영미, 이평근, “울산지역 악취발생과 관련한 기상특성,” 한국대기환경학회 춘계학술논문집, pp. 308~309(2003).
 7. 박찬진, “인천의 지역별 악취발생과 저감방안에 관한 연구,” 환경관리학회지, **11**(1), 37~47(2005).
 8. 구민정, 최성우, 김태윤, “대구성서산업단지의 악취 평가에 대한 연구,” 환경과학논문집, **9**(1), 235~243(2004).
 9. 팽종인, 조수준, 김학민, “관능법을 이용한 하수처리장 악취특성평가,” 환경관리학회지, **11**(2), 73~79(2005).
 10. 전재식, 유승선, 오석률, 권승미, 김덕찬, “하수종말처리장에서 발생하는 악취 배출 특성,” 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, pp. 369~371(2004).
 11. 김선태, 김학민, 정구희, 정재호, 고장석, “하수처리장 공정별 주요 악취원인물질간 상관성 조사,” 한국대기환경학회, pp. 272~274(2004).
 12. 송복주, 정재은, 정승열, 지기원, “음식쓰레기 처리설비의 악취성분에 관한 연구,” 한국산업폐기물학회지, **21**(2), 107~116(2004).