

주요 업종별 악취 특성 연구

산업환경과

김시영 · 김주인 · 강성원

A Study on the Characteristics of Odors by Industrial Classification

Industrial Environment Division

Si-Young Kim · Ju-In Kim · Seong-Won Kang

Abstract

By means of survey of the offensive odor emission source and the concentration of the outlet and site boundary that are thought to be the highest in their odor concentration for the four types of industry that produced a lot of odors, the odor-released contents according to the types of industry and the expected odor concentration according to the sampling sites were evaluated and the following results were obtained:

The mainly odorous components in the manufacturing facilities for feed and rubber products and foundry were odorous amine types and sulfur compounds.

After evaluating the expected odor concentration in the offensive odor emission source by industrial classification, the most odorous facilities were the manufacturing facilities for feed and followed by the manufacturing facilities for rubber products, the foundry and the waste incineration facilities, respectively.

In the manufacturing facilities for feed, the main components of odor were the amine-typed Trimethylamine and sulfur compounds such as MethylMercaptan, Dimethyl DiSulfide, Dimethyl Sulfide and Hydrogen Sulfide, respectively.

In the manufacturing facilities for rubber products, the main components of odor were the amine-typed Trimethylamine, Ammonia, Aldehyde-typed Acetaldehyde. In the foundry, the main components of odor were the amine-typed Trimethylamine, Ammonia and sulfur compounds as Dimethyl Sulfide

Key word : Odor, Manufacturing facilities, Amine-typed, Sulfur compounds

서론

대기환경보전법에서는 악취를 "황화수소, 메르캡탄류, 아민류, 기타 자극성 있는 기체성 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새"라고 정의하고 있다.¹⁾ 즉, 악취라 함은 여러 가지 성분이 혼합된 상태로 존재하면서 사람의 후각을 자극하여 인간의 쾌적한 정서생활과 나아가서는 건강에 피해를 주는 나쁜 냄새를 의미한다. 악취는 감각적이고 주관적인 오염물질로 상황에 따라 또는 개인의 성향에 따라 문제의 심각성 여부와 정도가 판단되기 때문에 정량적인 측정이 어려운 물질이다. 그러나 이러한 악취로 인한 민원이 계속 발생하고, 쾌적한 대기 질을 원하는 요구가 점점 커지고 있다.

우리나라의 경우 2002년 환경오염 피해진정 4,500건 중 소음·진동 2,568건(57.1%), 대기 829건(18.4%), 악취가 438(9.3%)건으로 소음·진동 및 대기질과 관련된 민원 다음으로 높은 비중을 차지하고 있다. 부산시의 경우 환경오염 피해진정 658건 중 소음·진동 408(62%)건, 대기질 177건(26.9%) 악취민원은 38건(5.8%)으로 전국적으로 악취 관련 피해 진정은 1998년 이후 급속하게 증가하고 있으며, 일반인의 관심이 점차 커지고 있음을 알 수 있다.²⁾ 게다가 우리나라는 좁은 국토와 인구밀도가 높은 주거지역과 공업지역이 혼재하고 있는 상황에서 악취 등 감각공해에 의한 민원 발생 가능성이 한층 높은 실정이다.

현재 알려져 있는 화합물은 약 200만 가지로, 그 중에 약 40만종이 냄새가 있다고 한다.³⁾ 하지만, 악취 원인물질을 정확하게 분석하는 것은 매우 어렵다. 악취에 관한 국내의 측정방법은 대기오염공정시험법에서 직접관능법과 공기희석관능법, 그리고 일부항목에 대한 기기분석법이 제시되고 있다.⁴⁾ 현재까지 일부 물질은 ppb 수준의 저농도 분석은 분석기술의 난이도와 인간의 후각이 느끼는 정도의 분석기술이 개발되지 못한 이유 등으로 저변확대가 이루어지지 않는 등 여러 가지 제약으로 대부분 관능법에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 직접관능법은 배출원이 밀집되어 있는 공업지역 등에서는 원인 물질을 배출하는 사업장을 추정하고 규정하기 어려워 측정의 신뢰성이 떨어지며 주관적인 면이 판정에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 악취 다량 배출 업종을 대상으로 발생원, 배출구 및 부지경계에서 악취를 기기분석법을 이용하여 정량 분석하여 업종별 악취성분을 규명하고자 하였고, 각 업종별 예상악취농도를 평가하여 업종별 배출되는 악취 특성을 조사하여 2005년 시행되는 악취방지법의 악취방지방안 수립에 필요한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

문헌 고찰

기기분석법은 GC, GC/MS 등을 이용하여 분석하는 방법으로, 인간으로는 알 수 없는 냄새성분은 규명이나 정량에는 적합

하지만 냄새를 순간 또는 종합적으로 판단하는 경우에는 적합하지 않다. 반면 관능 시험법은 후각을 이용하므로 냄새의 질, 세기, 불쾌도 등을 종합적으로 판단할 수 있는 장점을 가지나 후각의 응답이 주관적으로 나타내는데 문제가 있다. 또한 측정하는 기준으로는 냄새의 질(質)과 강도(強度), 용인성(容認性), 전파성이 있으며, 냄새의 용인성이란 어떤 물질이 좋은 냄새인가 또는 악취인가를 판단하는 방법으로 물질의 종류와 관계가 있다.⁵⁾ 악취를 평가하는 여러 방법은 어느 쪽이나 장단점이 있기 때문에 이들 방법을 상호보완적으로 이용할 필요가 있으며 측정된 자료로부터 상호간의 관계를 정량적으로 해석할 필요가 있다.

1. 화학성분 농도로부터 예상악취농도와 세기의 예측

예상악취농도는 그 냄새가 최소감지값에 이를 때까지 무취공기로 희석시킬 때 필요한 희석배율로 나타나므로 냄새가 단일 물질로 구성된 경우, 예상악취농도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$OCT = C_i / Thi$$

OCT : 예상악취농도

C_i : 측정된 악취 성분 농도

Thi : 측정된 악취성분의 최소감지값

여러 성분으로 구성된 악취에 대해서는 성분사이의 냄새세기에 대한 상호작용의 영향을 고려해야 한다. 혼합물의 냄새 세기는 각 성분에 대해 독립적인 것, 중화(中

和)적인 것, 혹은 상가(相加)적이거나 상승(相乘)적인 것도 있다. 예를 들면 A, B의 두 종류의 냄새물질이 혼합되면 악취의 세기는 다음처럼 될 수 있다.

$$\text{독립 } I_{AB} = K \log(C_A \text{ 또는 } C_B)$$

$$\text{중화 } I_{AB} < K \log(C_A \text{ 또는 } C_B)$$

$$\text{상가 } I_{AB} = K \log(C_A + C_B)$$

$$\text{상승 } I_{AB} > K \log(C_A + C_B)$$

여기에서, I_{AB} = 혼합냄새의 세기, K : 계수, C_A, C_B : 물질농도이다.

현재의 기술 수준으로는 상승·상쇄 작용 등 성분 상호작용의 관계를 정확하게 파악하기에는 어려움이 있다. 그러나 각 성분에 의한 예상악취농도 값이 큰 성분일수록 냄새의 세기에 크게 기여하고 있는 것은 확실하며, 그 성분이 냄새의 주된 역할을 하는 성분 중 하나임에는 틀림없다고 말할 수 있다.⁶⁾

2. 환경악취의 일반적 특성³⁾

악취는 대기오염의 한 형태이며, 대체로 신체적 장애가 나타나기 이하의 농도에서 피해가 두드러진 것으로 대기오염의 전국적 현상이라고 할 수 있다. 악취 물질은 다음과 같은 특성을 갖는다.

(가) 다(多) 성분계이다.

대부분의 악취는 특정한 몇 가지 냄새나 는 물질에 의한 것은 아니고, 대단히 많은 물질을 포함하는 다 성분계이다. 또한 이러한 다 성분계 냄새의 세기는 냄새를 일으키는 성분끼리의 복합 작용이 있기 때문

에, 단순하게 성분의 합으로 생각하기는 어려움이 있다.

(나) 냄새 최소감지농도가 낮다.

매우 얽은 농도의 냄새는 아무 것도 느낄 수 없지만, 이것을 서서히 진하게 하면 무엇인지는 모르지만 냄새의 존재를 느끼는 농도가 된다. 이 최소농도를 “최소감지농도(Detection Threshold)”라고 정의하고 있다. 또한 농도를 더 짙게 하면, 냄새질이

나 어떤 느낌의 냄새인지 표현할 수 있는 시점이 나오게 된다. 이 최저농도가 되는 것이 ”최소인지농도(Recognition Threshold)”라고 한다. Table 1은 물질별 최소감지농도를 나타낸 것이다. 최소감지농도는 측정방법이나 측정기관에 따라 약간씩 차이를 보이며 우리나라 사람에 의해 측정된 예는 없는 듯하다. 물질별 약취 최소감지값은 사람마다 차이를 보이므로 인종이 다른 국가간은 당연히 차이를 보이며, 특히 암모

Table 1. Threshold concentration of odor-contained matters

분류	성분	최소감지농도 (ppb)	분류	성분	최소감지농도 (ppb)		
황화합물	황화수소	0.41	케톤류	아세톤	42000		
	황화메틸	3		메틸에틸케톤	440		
	이황화메틸	2.2		메틸이소부틸케톤	17		
	메틸메르캅탄	0.07					
알코올류	메틸알코올	33000	알데히드류	포름알데히드	500		
	에틸알코올	520		아세트알데히드	1.5		
	이소부틸알코올	26000		프로피온알데히드	1		
n-발레르알데히드				0.41			
	아크로레인	3.6					
에스테르류	아세트산에틸	870	지방산류	초산	6		
	아세트산n-부틸	16		프로피온산	5.7		
	아크릴산에틸	0.26		n-발레르산	0.037		
	아크릴산n-부틸	0.55		iso-발레르산	0.078		
	아크릴산메틸	210					
방향족 탄화수소	벤젠	2700	페놀·크레졸	페놀	5.6		
				o-크레졸	0.28		
				m-크레졸	0.1		
	톨루엔	330	기타질소화합물	암모니아	150		
						스티렌	35
						o-크실렌	380
						m,p-크실렌	41
						124-트리메틸벤젠	120
135-트리메틸벤젠	170	아민류	메틸아민	35			
			디메틸아민	33			
			트리메틸아민	0.032			

니아나 지방산 등에는 많은 차이를 보였다.

(다) 냄새성분의 농도는 수시로 변한다.

실제 부지경계선이나 배출구에서 채취된 악취 성분의 농도는 일정하지 않으며 수시로 변화된다. 특히, 악취가 심하게 날 때와 냄새가 나지 않을 때의 악취성분의 농도에는 많은 차이를 보이며 악취 원인 성분을 규명하고자 할 때는 악취가 강하게 날 때의 악취 성분이 규명 되어야 할 것이다. 악취는 온도와 밀접한 관계가 있어, 통상의 악취물질은 26~30℃에서 강한 영향을 미치며, 온도가 낮아질수록 악취의 세기가 감소하는 경향이 있다. 또한 습도의 영향도 커서 60~80%의 상대습도에서 악취에 보다 민감하게 반응한다.⁷⁾

(라) 생활주변의 악취는 복합성분으로 구성되며 악취 배출업소마다 원인 성분이 대체로 알려져 있다.

Table 2는 사업장별 악취원인 성분을 나타낸 것으로 업종에 따라 악취원인 성분이 대체로 일정하다.

(마) 산소, 황, 질소와 같은 원자가 있는 유기화합물은 냄새가 심하다.

지방산류, 황화합물, 알데히드류, 아민류 등 헤테로 원자가 있는 유기화합물의 경우 악취 최소감지값이 낮은 경향을 보이며 이러한 물질이 배출되는 사업장에 대해서는 악취 관련 민원이 발생될 수 있다. 특히,

악취 최소감지값이 낮은 물질 즉, 지방산, 메르캡탄, 트리메틸아민 등이 발생하는 시설에 대해서는 얼마 안 되는 양이라도 대기 중에 배출되면 심각한 악취 민원을 야기하므로 면밀한 주의가 필요하다.

(바) 악취민원의 원인이 되는 성분은 대체로 알려져 있다.

냄새의 특징과 주요 발생원 사업장은 Table 3에 나타내었다. 이러한 악취물질은 사업장이나 생활주변에 악취의 원인이 되기 쉬운 물질이며 취급하거나 배출되는 사업장에서는 악취방지 차원에서 면밀한 검토가 필요하다.

(사) 악취의 세기와 농도와의 관계

악취의 세기와 대기 중 악취물질의 농도 사이에는 대체로 다음과 같은 대수관계가 성립하는데, 이를 Weber-Fechner 법칙이라 한다.

$$I = k \cdot \log C + b$$

I : 냄새(악취)의 세기

C : 악취물질의 농도

k : 냄새물질별 상수

b : 상수 (무취농도의 가상 대수치)

이는 악취물질의 농도가 감소하여도 악취의 세기는 농도의 대수에 비례하기 때문에 농도감소에 상응하는 양만큼의 세기로 감소하지 않음을 뜻하며, k값은 물질에 따라 다르기 때문에 동일한 농도감소에서도 물질별로 체감되는 악취세기는 다를 수 있음을 의미한다. 예를 들어, k값이 1인 경우

Table 2. The main components that cause odor in the factory and place of business

물 질 공장 · 사업장		황화수소	메틸메르캅탄	황화메틸	이황화메틸	암모니아	트리메틸아민	아세트알데히드	스티렌	탄화수소류	케톤·알데히드류	알콜류	에스테르류	질소화합물	황화합물	저급지방산류	기 타
축산농업	양돈업	●	●	○	○	○											●
	양우업	●	●	○	○	○											●
	양계업	●	●	○	○	●	●							○			○
사료비제조공장	복합비료제조업	○	○	○	○	●	○										
	어골처리장	●	●	○	○	○	●				○	○		○			○
	동물뼈처리장	●	●	○	○	○	●				○	○	○				○
	닭분뇨건조장	●	●	○	○	●		○									○
	폐어처리장	●	●	○	○	○	○	○			●	○		○			
식품제조공장	커피제조공장	○	●	○	○			○			○					●	
	축산식품제조공장	○	○			○				○	○						○
	수산식품제조공장	●	○			○	●							○			
	조미료제조공장	○	○								○	○	○				●
	반찬공장	○															
	빵,과자제조공장																
	제차공장										○	○	○	○	○		
전분제조공장	●	○												○		●	
화학공장	석유제조공장	○	●	○	○	○				●						○	
	코크스제조공장	○				○		○		○	○						
	펄프제조공장	●	●	●	●					●						○	
	셀로판제조공장	●															
	화학비료제조공장					●											
	무기화학공업 제조공장	○				○										○	
	석유화학계기초제품 제조공장	○	○	○				●		●	●	●	●				
	발효공장	○	○								○	○	○				
	플라스틱제조공장									○	○	○	○				
	합성고무제조공장	○							●	●	○	○	○			○	
	레이온제조공장	●														○	
	유지가공제조공장	○	○							○	○	○	○				○
	도료제조공장									●	●	●	●				
인쇄잉크제조공장									●	●	●	●					
의약품제조공장	○	○			○				○	○	○				○		
접착제제조공장									●	●	●	●					
칠공장																	

공장 · 사업장	물질	황화수소	메틸메르캅탄	황화메틸	이황화메틸	암모니아	트리메틸아민	아세트알데히드	스티렌	탄화수소류	케톤 · 알데히드류	알콜류	에스테르류	질소화합물	황화합물	저급지방산류	기 타
		페플라스틱재생공장								○	○	○					
FRP 제품제조공장									●	○							
기타 제조 공장	섬유공장	○				○									○	○	
	목재,목기품,가구 제조공장									●	●	●	●				
	인쇄공장							●		●	●	●	●				
	도장공장							●		●	●	●	●				
	담배제조공장	○				○	●	○	○	○	●	○	○	●	○		
	피혁제조공장	○	○			○											○
	주물제조공장					○	○				○			○			
	제철공장	○						○		○				○	○		
기타	폐기물처리장	●	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	하수처리장	●	●	○	○	○				○	○			○	○		
	분뇨처리장	●	●	●	○	●							○	○			○
	화장장	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○			
	도축장	●	●	○	○	○	○	○			○		○	○			○
	사육처리장	●	●	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○
	병원,진료소,검사센터	○	○			○						○					
	크리닝점,세탁공장																
	음식점	○				○			○								
	사진관,현상소					○											
	주유소									●							
	프로판가스충전소									○					●		
	여관,호텔	○				○											
	미장원,이발소					●				○							
	폐품회수업	○	○			○				○		○					○
	자동차수리공장									●	●		●				
발생원 이동	자동차,트럭							●		●	●			○			
	항공기							●		●	●			○			
건설작업현장									○	○							
하수,용수	●	○	○	○	○												
쓰레기집적조	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○			○	
개인주택	○	○	○	○	○	○	○										

○ ... 측정에서 검출된 물질
 ○ ... 검출될 가능성이 있는 물질
 ● ... 악취의 원인이 되고 있는 물질.

에 악취세기를 1단위 감소시키기 위해서는 냄새물질 농도를 1/10(90%제거)로 낮추어야 함을 의미한다.⁷⁾

시료채취 및 분석방법

본 연구에서는 부산지역에서 악취 민원 발생가능성이 높은 사료제조, 고무제품제조, 폐기물소각 및 주물공장을 선정하였으며 사업장별로 그 대상은 다음 Table 4와

같다. 7월 예비조사를 통하여 10월초 시료 채취 및 분석을 실시하였다.

악취의 성분 분석은 극미량 다성분 유기화합물의 혼합물이므로 고도의 분석기술이 요구되는 가스크로마토그래프(Gas chromatograph)를 이용 분석하였다. GC에 의해 분리된 개개의 성분에 대해 질량스펙트럼을 얻을 수 있으므로 성분확인을 위하여 많은 실험실에서 기초 장비로 활용되며,

Table 3. The characteristics of bad odor and its emission source⁸⁾

물질명	화학식	냄새의 특징	주요 발생 사업장
암모니아 (Ammonia)	NH ₃	오줌과 같은 냄새	축산사업장, 계분건조장, 복합비료제조공장, 전분제조공장, 화장장, 어장골처리장, 털처리장, 쓰레기처리장, 분뇨처리장, 하수처리장
메틸메르캡탄 (Methyl Mercaptan)	CH ₃ SH	썩은 양파 같은 냄새	Craft pulp 제조공장, 화장장, 어장골처리장, 쓰레기처리장, 분뇨처리장, 하수처리장
황화수소 (Hydrogen Sulfide)	H ₂ S	썩은 계란 같은 냄새	축산사업장, Craft pulp 제조공장, 전분제조공장, 셀로판제조공장, 비스코스레인제조공장, 클로로프렌제조공장, 담배제조공장, 복합비료제조공장, 어육처리장
황화메틸 (Dimethyl Sulfide)	(CH ₃) ₂ S	썩은 양파 같은 냄새	Craft pulp 제조공장, 화장장, 어장골처리장, 쓰레기처리장, 분뇨처리장, 하수처리장
이황화메틸 (Dimethyl DiSulfide)	CH ₃ SSCH ₃	썩은 양파 같은 냄새	Craft pulp 제조공장, 화장장, 어장골처리장, 쓰레기처리장, 분뇨처리장, 하수처리장
트리메틸아민 (Trimethylamine)	(CH ₃) ₃ N	썩은 생선 냄새	축산사업장, 복합비료제조공장, 화장장, 어장골처리장, 수산식료품제조공장
아세트알데히드 (Acetaldehyde)	CH ₃ CHO	비린내 나는 자극적인 냄새	아세트알데히드제조공장, 아세트산제조공장, 아세트산비닐제조공장, 클로로프렌제조공장, 담배제조공장, 복합비료제조공장, 어육처리장
스티렌 (Styrene)	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	도시가스 같은 냄새	스티렌제조공장, 폴리스티렌제조공장, 폴리스티렌가공공장, SBR제조공장, FRP제품제조공장, 화장합판제조공장

Table 4. Sampling sites

업종	방지시설	시료채취지점		
		방지시설 전단	방지시설 후단	부지경계선
사료제조	연소로(120 ℓ/h)	원료투입구	방지시설 후단 연도 측정공	악취농도 높은 지점
고무제품제조	흡착탑 (1800m ³ /m)	성형 및 가황시설	방지시설 후단 연도 측정공	악취농도 높은 지점
폐기물소각	흡수에 의한 시설 (270m ³ /m)	-	방지시설 후단 연도 측정공	악취농도 높은 지점
주물공장	흡착탑 (600m ³ /m)	코아제조시설	방지시설 후단 연도 측정공	악취농도 높은 지점

여러 가지 화합물을 정성, 정량하기 용이한 GC-MSD를 분석기종으로 선정하였고, 또한 대부분의 악취성분을 흡착할 수 있고 또 흡착효율이 우수한 저온흡착법을 시료농축장치(전처리장치)로, 포집 후 시료성분의 변화가 거의 없는 캐니스터를 포집용기로 선정하였다.

Figure 1은 본 연구의 분석 장비로 활용된 Agilent사의 6890N-5973MSD이다.

시료농축장치에서 농축된 시료의 분석은 GC/MSD로 분석하였고, 분석조건은 Table 5와 같으며, 현행 우리나라 대기환경보전법 규제대상 물질 8개 항목 중 암모니아는 붕산을 포집용액으로 하여 포집 후 흡광광도법으로 분석하였고, 나머지 물질에 대해서는 표준가스의 GC/MSD 질량스펙트럼과 머무름시간을 비교하여 악취성분을 정성 및 정량하였다. 지점별 채취위치 선정은 업종별 악취농도가 최대라고 판단되는 배출시설(방지시설전단), 배출시설이 방지시



Fig. 1. Gas chromatograph (Agilent 6890N-5973MSD)

설을 통과하여 배출되는 연도 측정공(방지시설후단), 악취농도가 높은 부지경계선을 선정하였다. 하지만, 폐기물소각시설은 방지시설전단에서 시료채취가 불가능하여 방지시설후단, 부지경계선에서 시료를 채취하였다.

Table 5. Analytical conditions of preconcentration and GC/MSD

Step		Conditions
7100 Preconcentrator	Trap 1 (Empty)	<ul style="list-style-type: none"> • Sample Vol. : 50~500ml • Flow rate : 60ml/min • Trapping : -10℃ • Desorb : 20℃ (Preheat 20℃)
	Trap 2 (Tenax)	<ul style="list-style-type: none"> • Trapping : -70℃ • Desorb : 180℃
	Cryofocusing Trap	<ul style="list-style-type: none"> • Cool down temp. : -150℃ • Injection temp : 80~90℃ • Desorb : 180℃ • Injection time : 3min
6890N GC	Injector	<ul style="list-style-type: none"> • Volatile Interface, 100℃
	Column	<ul style="list-style-type: none"> • HP-1MS(30m x 0.2mm x 1.0μm) • Carrier gas : He 1.0ml /min
	Oven Temp.	<ul style="list-style-type: none"> • Initial Temp. : 30℃ (10min) • 1st Ramp : 5℃/min • 1st Hold Temp. : 100℃ (1min) • 2nd Ramp : 15℃/min • Final Temp. : 230℃ (3min)
5973MSD	Detector	<ul style="list-style-type: none"> • MSD temp : 230℃ • EM Volts : 1618 • Scan mode (range 30-400)

결과 및 고찰

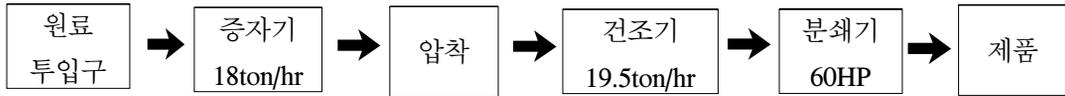
1. 사료제조업에서의 약취분석

사료제조과정에서는 다양한 크기의 농·임·수산물을 원료로 사용하고, 이를 분쇄 및 혼합하여 원하는 조성의 사료를 제조한다. 본 연구에서는 생선을 이용하여 어분용 사료를 제조하는 사업장을 선정하였다. 사료 제조 공정 중 혼합된 사료에 수분함량을 조절하기 위해서 증자 혹은 건조과정을

을 거치게 된다. 증자는 건조한 사료에 증기를 이용하여 수분을 가하는 공정이며, 건조는 과량의 수분을 함유한 사료에 수분을 제거하는 공정이다.

원료의 입하, 저장, 분쇄 및 혼합공정에서 주로 약취, 먼지가 배출되고, 건조 및 증자 공정에서는 고온에서 사료원료물질을 처리하게 되므로 여기서 약취가 발생한다.

사료제조시설의 공정은 아래 그림과 같다.



증자, 압착, 건조과정에서 생성되는 폐가스는 연소로(연료 : B-C, 120 l/시)로 주입된다. 또한 압착과정에서 생성되는 폐수는 위탁처리 된다. 현장조사결과 사료제조업의 대표적인 악취배출시설은 원료 투입구, 증자 및 건조시설이었으며, 특히 원료투입구에서 원료를 오래 보관할시 악취가 심하였다.

Table 6은 사료제조과정 중 원료투입구(방지시설 전단)와 증자 및 건조 후의 연소로를 거친 후 연도 측정공(방지시설 후단), 부지경계에서의 악취 물질을 나타내었다.

사료제조공정의 원료투입구에서는 현행 악취규제대상 8개 항목 중 7개 항목이 검출되었으며, 최소감지농도보다 현저히 높

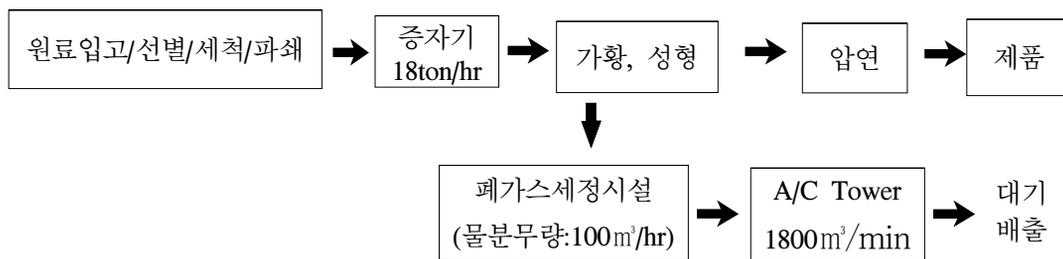
은 물질은 아민류인 생선 썩은 냄새를 발생하는 트리메틸아민 84.9ppb, 썩은 양과 같은 냄새인 이황화메틸 53.2ppb가 검출되었으며, 방지시설후단에서는 트리메틸아민 18.6ppb로 방지시설 전단에 비하여 78.1% 감소하였고, 이황메틸은 21.1ppb로 60.3% 감소하였다. 또한 부지경계에서는 트리메틸아민 3.4ppb, 메틸메르캅탄 1.8ppb이 검출되었다.

2. 고무제품 제조시설에서의 악취분석

고무제품 제조 시설은 자동차 폐튜브를 이용하여 튜브를 재생하는 공정이며, 가황 시설 및 성형시설에서 발생하는 악취를 폐가스세정시설(물분무량 : 100m³/hr) 및 흡착탑(1800m³/min)을 거쳐 대기로 배출된다.

Table 6. The main components that cause odor of the manufacturing facilities for feed

Compounds	최소감지농도 (ppb)	방지시설 전단 (ppb)	방지시설 후단 (ppb)	부지경계선 (ppb)
Ammonia	150	70.0	-	40.0
Hydrogen Sulfide	0.41	2.2	-	1.7
MethylMercaptan	0.07	22.6	3.2	1.8
Dimethyl Sulfide	3	33.8	13.1	0.1
Dimethyl DiSulfide	2.2	53.2	21.1	-
Acetaldehyde	1.5	21.2	3.1	5
Trimethylamine	0.032	84.9	18.6	3.4
Styrene	35	-	-	-



측정지점은 성형·가황시설(방지시설 전단), 방지시설인 흡착탑을 거친 후 연도측 정공(방지시설 후단), 부지경계에서 시료를 채취하였다.

Table 7은 고무제품제조과정 중 성형·가황시설 및 배출구(흡착탑) 및 부지경계에서의 악취물질을 분석한 결과이다.

고무제품제조과정의 성형·가황시설에서는 오줌과 같은 냄새인 암모니아 180.0ppb, 자극적인 비린내인 아세트알데히드 31.6ppb가 검출되었으며, 배출구에서는 암모니아

140.0ppb로 방지시설 전단에 비하여 22.2% 감소되었고, 아세트알데히드는 7.2ppb로 77.2% 감소되었다. 또한 부지경계에서는 아세트알데히드 1.2ppb, 이황화메틸 0.4ppb가 검출되었다.

3. 폐기물 소각시설에서의 악취분석

폐기물 소각시설은 폐합성수지, 목재 및 종이 등을 주로 소각하는 시설로 주요 공정은 폐기물의 입하 및 저장으로 시작되나, 대형 생활폐기물 소각로와는 달리 저장실

Table 7. The main components that cause odor of the manufacturing facilities for rubber products

Compounds	최소감지농도 (ppb)	방지시설 전단 (ppb)	방지시설 후단 (ppb)	부지경계선 (ppb)
Ammonia	150	180.0	140	-
Hydrogen Sulfide	0.41	-	-	-
Methyl Mercaptan	0.07	-	-	-
Dimethyl Sulfide	3	-	0.1	-
Dimethyl DiSulfide	2.2	0.7	1.4	0.4
Acetaldehyde	1.5	31.6	7.2	1.2
Trimethylamine	0.032	15.5	2.4	-
Styrene	35	7.6	5.5	-

에는 공기밀폐시설이 없으며 지하가 아닌 지상에 저장하고 있다. 저장된 폐기물은 간단한 파쇄를 통한 전처리 또는 전처리 없이 소각로에 투입된다. 소각로의 온도는 부착된 온도센서로 850℃ 이상 유지되며, 배가스는 1차 원심력집진시설을 이용하여 먼지를 제거하고 2차 세정집진시설 3차 흡수에 의한 시설(충전탑)을 통하여 대기로 배출된다.

폐기물소각시설의 공정은 아래와 같다.

Table 8은 폐기물 소각시설에서의 악취분

석결과이며, 악취시료 채취는 방지시설전단은 불가능하여 최종 배출구(방지시설 후단) 및 부지경계에서 채취하였다.

본 연구에서의 선정된 폐기물 소각시설은 원료투입구에 소각대상 물질을 투입하고 소각하는 방식으로 배출구에서는 아세트알데히드 5.5ppb 및 스티렌 55.0ppb이 검출되었으며, 부지경계에서는 검출이 되지 않았다.

4. 주물공장에서의 악취분석

주물제조공정에서의 주 악취원은 코아

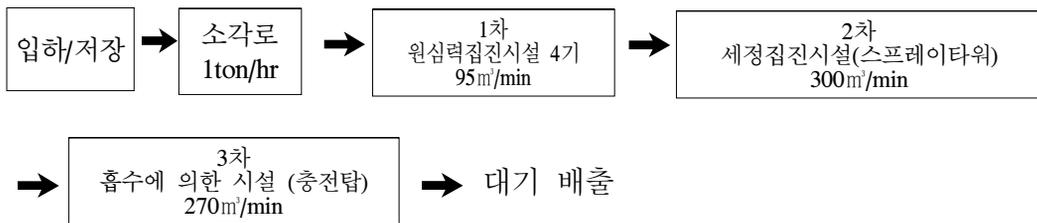


Table 8. The main components that cause odor of the Waste incineration facilities

Compounds	최소감지농도 (ppb)	방지시설 후단 (ppb)	부지경계선 (ppb)
Ammonia	150	-	-
Hydrogen Sulfide	0.41	-	-
MethylMercaptan	0.07	-	-
Dimethyl Sulfide	3	-	-
Dimethyl DiSulfide	2.2	-	-
Acetaldehyde	1.5	5.5	-
Trimethylamine	0.032	-	-
Styrene	35	55.0	-

(중자) 제조공정이며 코아제조과정에는 주물사 외에 점결제를 사용하는데 점결제로는 주로 레진 및 경화촉진제로 디메틸아민 등이 쓰이고 있어 아민류를 쓸 경우 아민가스가 발생하여 피부, 눈, 호흡기관에는 유해하여 직접적인 접촉을 금하여야 하며 취급 시 주의하여야 한다.

대상 사업장은 코아제조시설에서의 악취가 가장 심하였으며, 1차 흡수에 의한 시설, 2차 흡착에 의한 시설을 통해 대기로 배출된다.

본 연구에서는 코아제조시설(방지시설전단), 배출구(방지시설후단), 부지경계선 시료를 채취하였으며 코아제조공정은 아래와 같다.

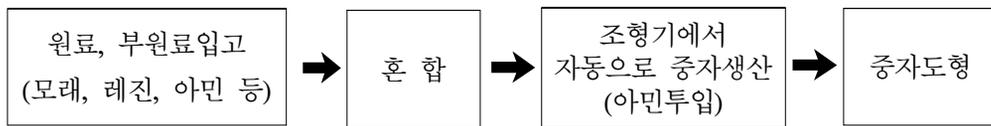


Table 9는 주물공장악취 원인물질을 나타내었다.

본 연구에서 선정한 주물공장의 코아제조시설에서는 황화합물인 이황화메틸 9.1ppb, 아민류인 트리메틸아민이 5.1ppb 검출되었으며, 배출구에서는 이황화메틸 4.5ppb로 방지시설 전단에 비하여 50.4ppb가 감소되었으며, 트리메틸아민이 2.1ppb로 58.8% 감소되었다. 부지경계선에서는 아세트알데히드가 0.4ppb로 검출되었다.

5. 방지시설 전단에서의 악취평가

본 연구에서 선정한 업종에 대한 방지시설 전단에서의 악취물질농도와 그 물질의 최소감지농도의 비인 예상악취농도를 Table 10에 나타내었다. Figure 2는 방지시설 전

Table 9. The main components that cause odor of the Foundry

Compounds	최소감지농도 (ppb)	방지시설 전단 (ppb)	방지시설 후단 (ppb)	부지경계선 (ppb)
Ammonia	150	170.0	130.0	-
Hydrogen Sulfide	0.41	-	-	-
Methyl Mercaptan	0.07	-	-	-
Dimethyl Sulfide	3	-	-	-
Dimethyl DiSulfide	2.2	9.1	4.5	-
Acetaldehyde	1.5	5.4	-	0.4
Trimethylamine	0.032	5.1	2.1	-
Styrene	35	60.0	21	-

단에서의 측정항목의 총 예상악취농도를 나타내었으며 사료제조시설 3031.4, 고무제품제조시설 507.2, 주물공장 170.0 순으로 총 예상악취농도가 높게 나타났다. 사료제조시설의 경우 원료투입구에서 시료를 채취하였으며 원료투입구에서는 심한 악취가 있었다. 또한 투입구 입구를 철저히 막지 않아 공장 주위에서도 심한 악취가 있었다. 아민류인 트리메틸아민이 예상악취도 2653.1이며 황화합물인 메틸메르캡탄이 예상악취농도 322.9로 사료제조시설에서의 주 악취 원인 물질로 나타났다. 고무제품제조시설은 발생원인 가황·성형시설에서는 질소화합물인 암모니아(1.2), 알데히드류인 아세트알데히드(21.2), 아민류인 트리메틸아민(484.4)이 주 악취 원인 물질로 나타났다. 주물공장의 주 악취 발생원인 코아제조 공정에서는 트리메틸아민(159.4), 황화이메틸(4.1), 아세트알데히드(3.6)가 주 악취원인물질로 나타났다.

6. 방지시설 후단에서의 악취평가

방지시설 후단에서의 시설별 예상악취농도를 Table 11에 나타내었으며 Figure 3은 총 예상악취농도를 나타내었다. 사료제조시설(643.0), 고무제품제조시설(81.6), 주물공장(69.1), 폐기물소각시설(5.2) 순으로 총 예상악취농도가 높게 나타났다. 사료제조시설의 경우 트리메틸아민이 예상악취농도 581.3, 황화합물인 메틸메르캡탄이 45.7로 주 악취 원인 물질임을 알 수 있고, 고무제품제조시설은 트리메틸아민 75.0으로 주

악취 원인 물질이며, 또한 주물공장에서도 주 악취 원인 물질은 트리메틸아민 65.6으로 나타났다. 다른 시설에 비해 폐기물소각 시설은 예상악취 농도가 낮게 나타났다. 흡착시설을 사용하는 고무제품제조, 주물공장에서는 활성탄 교체비용이 고가로 인하여 6개월 정도의 주기로 교체하고 있다. 하지만 활성탄의 경우 파과점이상이 되면 흡착능력이 급격히 저하되므로 교체주기를 앞당길 필요가 있다.

7. 부지경계선에서의 악취평가

부지경계선에서의 예상악취농도를 Table 12에 나타내었다. Figure 4는 총 예상악취농도를 나타내었다. 사료제조시설 총 예상악취농도 139.7, 고무제품제조시설 1.0, 주물공장0.3, 폐기물소각시설 순으로 예상악취농도가 높게 나타났다. 사료제조시설의 경우 부지경계선에서 총 예상악취농도가 139.7로 주 악취 발생원인 원료투입구, 건조, 증자시설이 완전히 밀폐되지 않아 시료채취 당시 부지경계선에서도 상당히 심한 악취가 발생하였다. 앞으로 사료제조시설은 시설의 밀폐가 요구된다. 고무제품제조시설에서의 부지경계에서는 아세트알데히드, 이황화메틸이 검출되었으며, 주물공장에서는 아세트알데히드가 검출되었다. 하지만 폐기물소각시설은 수분응축에 의한 연도의 백연으로 주변 악취가 심할 것으로 일반 시민들은 생각하지만 부지경계는 특별한 냄새를 느끼지 못하였고 규제대상항목은 검출되지 않았다.

Table 10. The expected odor concentration in the front part of the prevention facilities

Compounds	①최소감지 농도 (ppb)	②주물공장 방지시설 전단 (ppb)	주물공장 예상악취 농도 (2/①)	③고무제품 제조 방지시설 전단 (ppb)	고무제품 제조 예상악취 농도 (3/①)	④사료제조 방지시설 전단 (ppb)	사료제조 예상악취농도 (4/①)
Ammonia	150	170.0	1.1	180	1.2	70.0	0.5
Hydrogen Sulfide	0.41	-	0.0	-	0.0	2.2	5.4
MethylMercaptan	0.07	-	0.0	-	0.0	22.6	322.9
Dimethyl Sulfide	3	-	0.0	-	0.0	33.8	11.3
Dimethyl DiSulfide	2.2	9.1	4.1	0.7	0.3	53.2	24.2
Acetaldehyde	1.5	5.4	3.6	31.6	21.1	21.2	14.1
Trimethylamine	0.032	5.1	159.4	15.5	484.4	84.9	2653.1
Styrene	35	60.0	1.7	7.6	0.2	-	0.0
총 예상 악취농도	-	-	170.0	-	507.2	-	3031.4

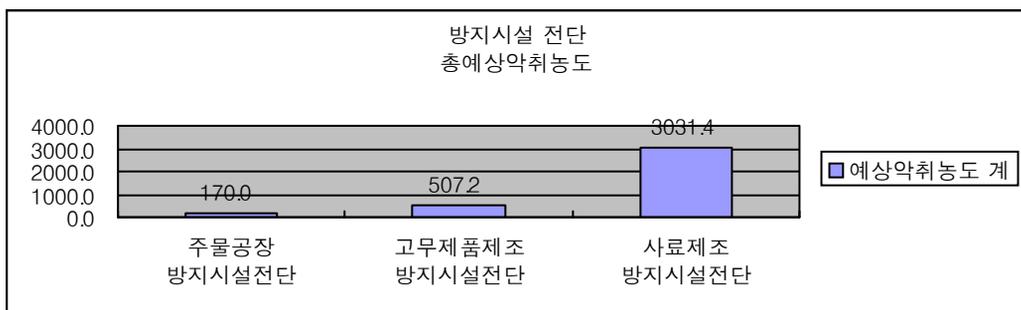


Fig. 2. The total expected odor concentration in the front part of the prevention facilities

Table 11. The expected odor concentration in the rear part of the prevention facilities

Compounds	①최소감지 농도 (ppb)	②주물공장 방지시설 후단 (ppb)	주물공장 예상악취 농도 (②/①)	③고무제품 제조 방지시설 후단 (ppb)	고무제품 제조 예상악취 농도 (③/①)	④사료제조 방지시설 후단 (ppb)	사료제조 예상악취 농도 (④/①)	⑤폐기물 소각 방지시설 후단 (ppb)	폐기물 소각 예상악취 농도
Ammonia	150	130.0	0.9	140.0	0.9	-	0.0	-	0.0
Methyl Mercaptan	0.07	-	0.0	-	0.0	3.2	45.7	-	0.0
Dimethyl Sulfide	3	-	0.0	0.1	0.0	13.1	4.4	-	0.0
Dimethyl DiSulfide	2.2	4.5	2.0	1.4	0.6	21.1	9.6	-	0.0
Acetaldehyde	1.5		0.0	7.2	4.8	3.1	2.1	5.5	3.7
Trimethyl amine	0.032	2.1	65.6	2.4	75.0	18.6	581.3	-	0.0
Styrene	35	21.0	0.6	5.5	0.2	-	0.0	55.0	1.6
총예상악취농도	-	-	69.1	-	81.6	-	643.0		5.2

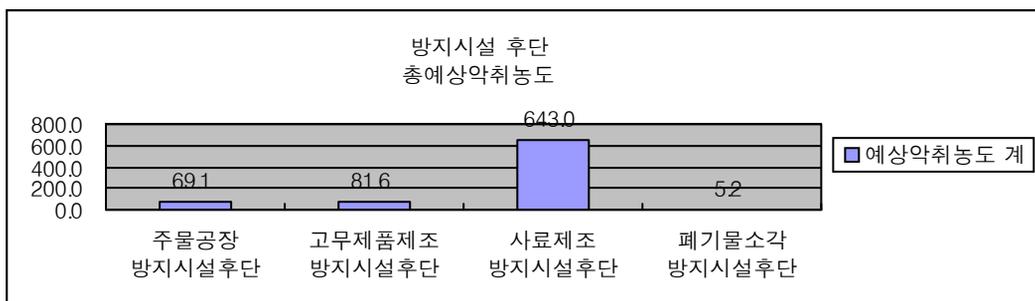


Fig. 3. The total expected odor concentration in the rear part of the prevention facilities

Table 12. The expected odor concentration in boundary

Compounds	①최소감지 농도 (ppb)	②주물공장 부지경계선 (ppb)	주물공장 예상악취 농도 (2/①)	③고무제품 제조 부지경계선 (ppb)	고무제품제조 예상악취농도 (3/①)	④사료제조 부지경계선 (ppb)	사료제조 예상악취 농도 (4/①)	⑤폐기 물소각 부지 경계선 (ppb)	폐기물 소각 예상악 취농도
Ammonia	150	-	-	-	-	40.0	0.3	-	-
Hydrogen Sulfide	0.41	-	-	-	-	1.7	4.1	-	-
Methyl Mercaptan	0.07	-	-	-	-	1.8	25.7	-	-
Dimethyl Sulfide	3	-	-	-	-	0.1	0.0	-	-
Dimethyl DiSulfide	2.2	-	-	0.4	0.2		0.0	-	-
Acetaldehyde	1.5	0.4	0.3	1.2	0.8	5.0	3.3	-	-
Trimethyl amine	0.032	-	-	-	-	3.4	106.3	-	-
Styrene	35	-	-	-	-		0.0	-	-
총예상악취농도			0.3		1.0		139.7		0.0

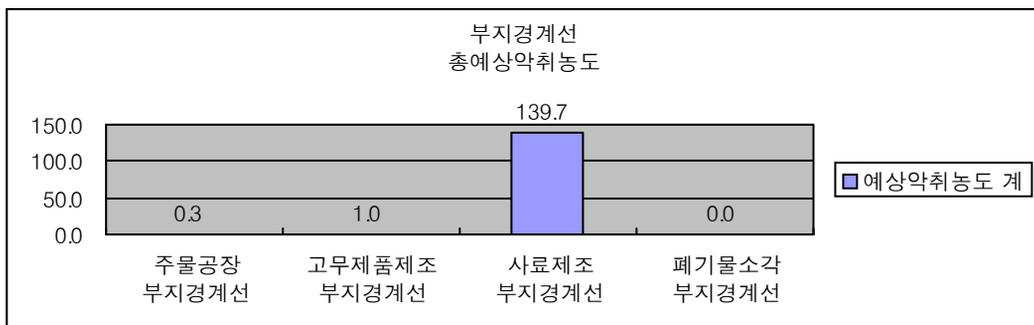


Fig. 4. The total expected odor concentration in boundary

Figure 5는 시료채취 위치별 총 예상악취농도의 변화를 나타내었다. 앞의 결과에서 알 수 있듯이 발생원, 배출구, 부지경계에서 사료제조시설의 악취가 모든 시료채취 지점에서 가장 높게 나타났으며, 고무제품제조, 주물공장, 폐기물소각시설 순으로 나타났다. 사료제조시설의 경우 주위와의 밀폐가 요구되며, 원료인 생선이 부패하지 않도록 보관하는 시간을 단축하여 공정에 투입하여 부패로 인한 악취를 방지할 필요가 있으며, 고무제품제조시설 및 주물공장의 경우 방지시설의 효율을 높이기 위하여 활성탄의 교체주기를 단축할 필요가 있다.

결론

악취를 다량 배출하는 4개 업종을 대상

으로 악취 농도가 가장 높을 것으로 예상되는 악취 발생원과 배출구, 부지경계선의 농도를 분석하여 업종별 악취 배출 성분의 규명과 시료채취지점별 예상악취농도를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사료제조시설, 고무제품제조시설, 주물공장에서의 주 악취 원인 화합물은 아민류 및 황화합물이었다.
2. 악취발생원, 배출구, 부지경계선에서 총 예상악취농도로 평가한 결과 악취가 가장 심한 업종은 사료제조시설이며, 고무제품제조, 주물공장, 폐기물소각시설 순으로 악취가 높게 나타났다.
3. 악취발생원에서 사료제조시설의 경우 트리메틸아민 84.9ppb, 메틸메르캅탄 22.6ppb, 이황화메틸 53.2ppb이며, 고무제품제조시설은 트리메틸아민 15.5ppb,

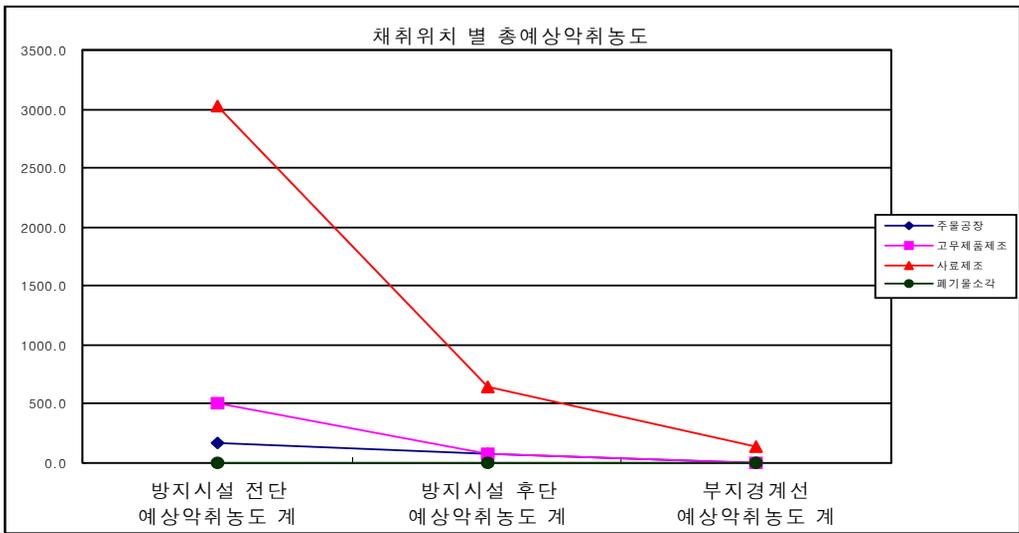


Fig. 5. The change in the total expected odor concentration by sampling sites.

아세트알데히드 31.6ppb이며 주물공장은 트리메틸아민 5.1ppb, 암모니아 170ppb, 이황화메틸 9.1ppb로 나타났다.

4. 사료제조시설에서는 악취발생원에서 악취의 원인이 되는 물질은 아민류인 트리메틸아민이 예상악취농도 2653.1, 황화합물인 메틸메르캅탄이 322.9로 주 악취 원인 물질이며, 이황화메틸 24.2, 황화메틸 11.3, 황화수소 5.4로 나타났다.
5. 고무제품제조시설 악취 발생원에서는 아민류인 트리메틸아민이 예상악취농도 484.4로 주 악취 원인이며, 알데히드류인 아세트알데히드 21.1, 질소화합물인 암모니아 1.2로 악취의 원인으로 나타났다.
6. 주물공장의 악취발생원에서는 아민류인 트리메틸아민이 예상악취농도 159.4, 암모니아 1.1, 황화합물인 이황화메틸 4.1로 악취 원인 물질로 나타났다.
7. 폐기물소각시설은 배출구에서 스티렌 55ppb, 아세트알데히드 5.5ppb가 검출되었으며, 부지경계선에서는 검출되지 않았다.

참 고 문 헌

1. 대기환경보전법, 2조7항, “악취”
2. 환경부, 2003년 환경통계연감, p564 (2003)
3. 환경부, 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구, p179~181, p186~196, (2001)
4. 장철현 등, 대기오염공정시험법 주해, 동화기술, p461~494, (2001)
5. 양성봉 등, 악취의 성분분석, 동화기술, p5, (1994)
6. 환경부, 업종·시설별 악취관리, p6, (2003)
7. 김성천 등, 유해가스 처리공학, 동화기술, p301~312, (2002)
8. 악취법령연구회, 악취방지법 Handbook, p301~338, (1996)