

# 검단일반산업단지 악취 배출특성 평가

황수연\*, 최준호, 임종성, 박선영, 조영민, 이범열, 강희규, 방기인, 이성모  
인천광역시보건환경연구원 생활환경과

## Odor emission characteristic evaluation of Geomdan General Industrial Complex

Su-Yeon Hwang\*, Jun-Ho Choi, Jong-Sung Lim, Sun-Young Park, Young-Min Cho,  
Boem-Yeol Lee, Hee-Gyu Kang, Ki-In Bang, Sung-Mo Lee

Indoor Environment Division, Incheon Metropolitan City Institute of Public Health and Environment

### ABSTRACT

Incheon Metropolitan City is a maritime city with harbors and international airports. It has all the requirements of a city with a world-class port, and is working to develop a pleasant and healthy green city through the launch and launch of the Green Climate Fund (GCF) secretariat. However, the coexistence of 12 industrial complexes and odor - inducing facilities such as landfill sites has become an obstacle to sustainable cities. According to data from the Ministry of Environment, Incheon City has the second highest incidence of complaints among 17 cities and provinces in the past three years. Incheon city has continuously increased bad complaints since 2011, with the largest number of civil complaints occurring in the West. Actually, 1927 cases, 78 % of complaints related to odors received in the entire area of Incheon in 2014, occurred in the West.

Therefore, it is necessary to identify the odor characteristics of the odor industry in the western part of Incheon, and to investigate the odor characteristics of the odor factory in Geomdan general industrial complex located at the branch of Gimpo Hagun industrial complex, We will discuss the environmental management plan of the complex and actively use it to establish the countermeasures to reduce the odor.

**Key words** : Incheon Metropolitan City, Odor, Geomdan general industrial complex

## I. 서론

인천광역시에는 항만과 국제공항을 지닌 해양 도시로 세계적 미향이 갖춘 제반 도시 요건을 지니고 있으며 녹색기후기금(Green Climate Fund, GCF) 사무국 유치와 출범을 통해 쾌적하고 건강한 녹색도시로의 발전을 위해 노력하고 있다. 그러나 인천의 도시특성상 거주지역과 12개의 산업단지가 혼재되어 있고 수도권 매립지 등의 악취유발시설의 공존으로 지속가능도시의 저해요인이 되고 있다. 또한 환경부에 의하면 최근 3년간 전국 17개 시·도 중 인천시 악취 민원 건수 전국 2위로 나타났다. 인천시는 2011년부터 악취 민원이 지속적으로 증가하였는데, 그 중 가장 많은 민원이 발생한 곳은 서구이다. 실제 2014년 인천 전 지역에서 접수된 악취 관련 민원 중 78 %에 해당하는 1927건이 서구에서 발생하였다.

이에 따라 인천 서부권역에서도 수도권매립지 인근에 위치하며 김포 학운일반산업단지와 맞닿아 악취에 취약한 지역에 위치한 검단일반산업단지 악취사업장의 악취실태를 조사하여 악취업종별 배출특성을 파악하고 이를 토대로 보다 바람직한 산업단지의 환경관리 방안을 논의하여 악취저감 대책의 수립에 적극적으로 활용하고자 한다.

## II. 이론적 고찰

### 2.1 악취의 특성

악취란, 황화수소·메르캅탄류·아민류 및 그 밖에 수많은 자극성 있는 기체상태의 물질이며, 한 가지 또는 여러 가지 성분이 혼합된 상태로 존재하면서 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감으로 정서생활과 건강에 피해를 주어 쾌적한 생활환경을 영위하고자 하는 인간의 욕구를 저해하는 나쁜 냄새를 말한다. 즉, 악취는 사람에게 특정냄새 자체로 심리적·정

신적 피해로 인한 스트레스와 건강상의 피해를 주는 감각오염의 한 형태이다.

냄새는 물질의 종류에 따라 차이가 있으며, 이러한 물질 일부가 악취로 인식된다. 악취종류를 모두 나타낼 수는 없으나, 주요 형태로는 계란·생선 등이 썩은 것과 같은 부패성 냄새, 암모니아성 냄새, 땀 냄새, 강한 자극을 주는 냄새 등으로 구분하여 볼 수 있다. 일반적으로 냄새를 유발하는 물질은 쉽게 휘발될 수 있는 분자량이 300보다 작고, 비이온성인 화합물질로 분자구조 및 작용기에 따라 냄새특성이 각기 다르다. 예를 들어 메르캅탄류는 썩은 배추 냄새, 알릴(allyl)기를 포함하는 화합물은 마늘 냄새, 아민류화합물은 생선비린내와 암모니아 냄새, 알데하이드류는 낮은 농도에서 과일향기를 높은 농도에서 불쾌한 냄새를 유발한다(환경부, 2012).

주요 물질별 냄새의 형태를 예시하면 (Table 1)과 같다(악취법령연구회, 1996).

### 2.2 악취의 영향

악취에 의한 생리적인 영향은 호흡기, 순환기, 소화기, 후각기계통 등으로 나눌 수 있으며, 주로 감각적, 주관적인 영향을 미침에 따라 피해를 구체적으로 입증하기가 곤란하다. 악취 물질은 알러지 반응을 촉진하거나 정신적 불안감으로 인한 증상의 악화 또는 회복에 저해를 일으킬 수 있다.

악취가 인체에 미치는 주요 영향은 다음과 같다.

#### 2.2.1 호흡기 계통

좋은 냄새를 맡으면 호흡이 깊어지고, 불쾌한 냄새를 맡으면 반사적으로 호흡이 멈춰지고 호흡리듬의 변화가 일어나 호흡수 및 호흡의 깊이가 감소된다. 악취로 인한 호흡변화는 악취정보가 호흡중추에 작용하기 때문으로서, 개를 이용한 실험에 따르면 악취물질이 후신경을 자극하거나 3차신경과 후신경의 양쪽을 자극시켜 호흡변화를 일으킨다고 알려져 있다.

Table 1. Specification of odor by main substance.

Compounds	Characteristics of Odor	Causing Substances
Sulfur Compounds	Onion, cabbage rotting odor	Methyl mercaptan, Dimethyl sulfide, Dimethyl disulfide
	Egg rotting odor	Hydrogen sulfide
Nitrogen compounds	Excreta odor	Ammonia, Ethyl amine
	A fishy rotten odor	Methyl amine, Trimethylamine
Aldehydes	Aggressive, sour and burning odor	Acetaldehyde, Propionaldehyde, n-Butyraldehyde, i-Butyraldehyde, n-Valeraldehyde, i-Valeraldehyde
Hydrocarbons	An irritating thinner odor	Ethyl acetate, Methyl isobutylketone
	Gasoline odor	Toluene, Styrene, Xylene
Fatty acids	Irritating sour odor	Propionic acid
	Sweat odor	n-Butyric acid
	Odor in wet shoes	n-Valeric acid, i-Valeric acid
Halogens	Irritating odor	Chlorine, Fluorine

## 2.2.2 순환기 계통

좋은 냄새를 맡으면 깊은 호흡과 동시에 혈압이 하강하고 과도한 긴장을 풀어주는 등의 진정효과가 있으며, 반대로 자극적인 냄새(악취)는 혈압의 상승 등에 의한 정신적 불안을 가져오기도 한다.

## 2.2.3 소화기 계통

후각은 미각과 밀접한 관련이 있어, 좋은 냄새는 식욕증가를 유발하는 반면, 악취는 일반적으로 위장활동을 억제하고 소화액의 분비를 저해하여 식욕 감퇴, 수분섭취의 저하를 일으키고 심한 경우 구토를 일으키기도 한다.

## 2.2.4 수면 장애

악취가 건강에 미치는 또 다른 영향은 불면증과 정신불안을 들 수 있다. 장기적으로 계속하여 불쾌한 냄새에 노출되면 사람은 안정감을 잃게 되고 마음이 조급해지며, 심한 경우 히스테리 상태가 되어 이상한 행동을 하는 등 정신적 작용으로 인한 영향이 크게 나타난다. 또한, 불쾌한 냄새로 인하여 깊은 잠에서 깨어나면 다시 잠들기 어렵게 되며, 약한 악취에도 수면 방해가 있을 수 있게 되지만 어느 정도의 냄새에서 수면이 방해되는가에 대해서는 상황에 따라 일정하지가 않다.

## 2.2.5 두통, 구토감

불쾌한 냄새에 의해 두통이나 구토를 호소하는 예는 대단히 많으며, 방향성(芳香性) 물질에 장기간 또는 고농도로 노출되면 대단히 강한 불쾌감과 혐오감을 일으키게 된다. 그러나 이러한 심리적 영향은 대단히 주관적이며 불쾌한 정도나 대상물질은 사람의 태도, 성질, 시간 등에 좌우되는 수가 많다.

## 2.2.6 기타 영향

황화수소나 유기황화합물 등의 악취물질이 고농도로 대기 중에 존재하는 경우에는 여러 가지 사고가 발생되지만, 저농도에서도 장기간에 걸쳐 환경에 존재하는 경우에는 동·식물에 여러 가지 생리적 장애를 일으킬 수 있다. 또한, 악취물질에 의해 금속의 부식, 고무의 열화, 구조물의 손상 등의 광범위한 영향도 일어날 수 있으며, 이는 악취에 의한 영향보다는 개별물질의 물리·화학적 성격에 따른 영향으로 볼 수 있다.

## 2.3 악취의 성분별 특성

악취물질의 물리·화학적 성분별 특성은 매우 다양하며, 분자량, 흡착력, 용해도, 비중 등에 따라 주변에 영향을 미치는 정도와 각 업종별 저감방안 등에 따라 다양하게 나타날 수 있

다. 주요 배출원별 악취물질의 특성을 (Table 2)에 정리 하였다. 또한 (Table 3)에서는 악취물질별 탈취 방법을 정리하였다(순천제일대학 그린전남환경종합센터, 2006).

## 2.4 검단일반산업단지

인천지역은 남동국가산업단지, 한국수출국가산업단지(부평·주안)를 포함한 2개의 국가산업단지와 검단일반산업단지 등을 포함한 9개의 일반산업단지, 도시첨단산업단지인 IHP(Incheon Hightech Park) 까지 총 12개의 산업단지가 있다(한국산업단지공단, 2016). 이 중 검단일반산업단지는 인천광역시 서구 오류동 410-243번지 일원(총면적 2,250,871 m<sup>2</sup>)으로 검단신도시 및 검단개발사업으로 인한 이주공장의 부지확보 및 무분별하게 산재되어 있는 공장지대를 계획적이고 체계적으로 정비, 개발하기 위하여 2006년 12월 지정되었다. 경인고속도로와 6 km, 인천항과 15 km, 인천국제공항과 17 km 거리에 위치하여 수도권 서부지역 내 중소기업들을 위한 대규모의 新산업클러스터를 형성하여 균형발전과 고용창출을 통한 지역경제의 활성화 및 인천 서북부지역의 균형개발 도모할 수 있는 중점지역으로서의 이점이 있으나, 수도권 매립지, 김포의 학운일반산업단지 등 다양한 악취 발생원이 산재해 있을 뿐 아니라 근거리 주거지역이 위치해 있어 복합 취기 발생 시 악취에 매우 취약한 지역이다. 이와 같은 이유로 2012년 10월 악취관리지역으로 지정(인천광역시 고시 제2012-257호)된 상태이다. 타 시·도 및 국제공항과 근접하여 악취 발생 시 인천시의 이미지에 직접적인 영향을 미칠 수 있으므로 악취의 효율적인 관리가 시급하다.



Fig. 1. Incheon Metropolitan City Industrial Complex



Table 2. Odorous substances that can be emitted by industry.

Source	Odorable substance	Odor	Main generation process
고무공장	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Toluene</li> <li>◦Disulfide</li> <li>◦Mercaptans</li> <li>◦Acetaldehyde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦신나냄새</li> <li>◦자극취</li> <li>◦자극취</li> <li>◦역겨운냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦반응시설</li> <li>◦성형시설</li> <li>◦접착시설</li> <li>◦증자시설</li> <li>◦도장 및 건조시설</li> </ul>
합판제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Formalin</li> <li>◦Thinner</li> <li>◦Bond</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦자극취</li> <li>◦신나냄새</li> <li>◦생고무냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦접착제혼합시설</li> <li>◦도포시설</li> <li>◦도장시설</li> <li>◦건조시설</li> </ul>
어분사료 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Trimethylamine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦생선 썩는 냄새(물고기 냄새)</li> <li>◦시궁창 냄새</li> <li>◦건어물 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦발효시설</li> <li>◦혼합시설</li> <li>◦증자시설</li> <li>◦자숙시설</li> </ul>
호마이카 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Styrene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦양파썩는 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦혼합시설</li> </ul>
페인트 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Styrene</li> <li>◦Xylene</li> <li>◦Toluene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦양파썩는 냄새</li> <li>◦신나 냄새</li> <li>◦신나 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦반응시설</li> <li>◦혼합시설</li> <li>◦저장시설</li> <li>◦포장시설</li> </ul>
알루미늄가공	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Sulfuric acid mist</li> <li>◦Thinner</li> <li>◦Hydroxide mist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦산 냄새</li> <li>◦신나 냄새</li> <li>◦자극취</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦산·알칼리 처리시설</li> <li>◦탈지시설</li> <li>◦용융·용해시설</li> </ul>
펄프제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Hydrogen sulfide</li> <li>◦Methyl mercaptan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦달걀 썩는 냄새</li> <li>◦양배추 썩는 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦석회로 시설</li> <li>◦농축시설(증발)</li> <li>◦표백시설</li> <li>◦증해시설</li> </ul>
주물(특수주물)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Phenol</li> <li>◦Formaldehyde</li> <li>◦Ammonia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦의약품 냄새</li> <li>◦불쾌한 냄새</li> <li>◦자극취</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦주물공정</li> </ul>
가죽제품 제조·가공	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Methyl ethyl ketone</li> <li>◦Toluene</li> <li>◦Acetone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦방향성 자극취</li> <li>◦방향성 자극취</li> <li>◦자극취</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦저장시설</li> <li>◦석회석시설</li> <li>◦건조시설</li> </ul>
석유정제	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Hydrogen sulfide</li> <li>◦Methyl mercaptan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦달걀 썩는 냄새</li> <li>◦양배추 썩는 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦반응시설, 혼합시설</li> <li>◦저장시설, 황회수시설</li> </ul>
도장공업	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Toluene</li> <li>◦Xylene</li> <li>◦Benzene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦신나 냄새</li> <li>◦신나 냄새</li> <li>◦자극취</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦도장시설</li> </ul>
식료품제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Amines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦생선썩는 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦발효시설</li> <li>◦증자시설</li> <li>◦자숙시설</li> </ul>
섬유공업(인견사제조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Hydrogen sulfide</li> <li>◦Carbon disulfide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦달걀 썩는 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦방사시설</li> </ul>
합성수지제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Aldehyde</li> <li>◦Formalin</li> <li>◦Phenol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦불쾌한 냄새</li> <li>◦자극취</li> <li>◦의약품냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦성형시설</li> <li>◦반응시설</li> <li>◦혼합시설</li> </ul>
유지가공제조업	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Aldehyde</li> <li>◦Fatty Acid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦불쾌한 냄새</li> <li>◦불쾌한 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦혼합시설, 농축시설</li> <li>◦반응시설, 저장시설</li> </ul>
환경기초시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦Ammonia</li> <li>◦Methyl mercaptan</li> <li>◦Hydrogen sulfide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦자극취</li> <li>◦양배추 썩는 냄새</li> <li>◦달걀 썩는 냄새</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦폐기물처리장</li> <li>◦분뇨처리장</li> <li>◦하수처리장</li> </ul>

Table 3. Deodorization method by odor substance.

Substance	Washing water	Ozon-Oxidation	Asorption	Combustion	Micro organism	Deodorant
Ammonia	○	○	○	○	○	○
Methyl mercaptan	○	○	○	○	○	○
Hydrogen sulfide	○	○	○	○	○	○
Dimethyl sulfide	○	○	○	○	○	○
Dimethyl disulfide	○	○	○	○	○	○
Trimethylamine	○	○	○	○	○	○
Acetaldehyde	○	○	○	○	○	○
Propionaldehyde	×	△	○	○	○	×
Butyraldehyde	×	△	○	○	○	×
n-Valeraldehyde	×	△	○	○	○	×
i-Valeraldehyde	×	△	○	○	○	×
Styrene	×	△	○	○	○	×
Toluene	×	△	○	○	○	×
Xylene	×	△	○	○	○	×
Methyl ethyl ketone	×	△	○	○	○	×
Methyl isobutyl ketone	×	△	○	○	○	×
Butyl acetate	×	△	○	○	○	×
i-Butyl alcohol	×	△	○	○	○	×
Propionic acid	○	○	○	○	○	○
n-Butyris acid	○	○	○	○	○	○
i-Valeric acid	○	○	○	○	○	○
n-Valeric acid	○	○	○	○	○	○

※ 비고 1. ○ : 처리가능, △ : 처리가능(적절한 접촉시간), × : 처리 불가

비고 2. 일반적으로 세정법, 소취제 분무법은 용제류 가스에는 적합하지 않음

### Ⅲ. 조사방법

#### 3.1 조사지점

조사대상은 검단일반산업단지 내 사업장 중에서 악취중점관리업체로 지정된 업체를 중심으로 선정하였으며, 총 37 개 사업장에 대한 악취 배출원 조사를 실시하였다. 이들 사업장은 다시 업종에 따라 환경기초시설(하수처리장, 폐수중말처리장), 아스콘제조업, 금속조립구조체제조업, 비금속 원료 재생업, 인쇄회로기판업, 도금업 등 총 6 개 그룹으로 구분하였다. 또한 산단 내 분포 및 확산조사를 위해 악취실태조사 지점 중 검단일반산업단지 내부와 외부의 7

지점을 포함하여 조사하였다(Fig. 2).

#### 3.2 조사내용

악취조사는 해당 사업장을 방문하여 각각의 개별 공정을 면밀히 살펴본 후 취기가 가장 많이 감지되는 공정, 악취방지시설, 부지경계에 대해 시료채취를 실시하였다. 조사항목은 복합악취와 지정악취물질인 황화수소 등 22 항목을 대상으로 하였고, 분석은 악취공정시험기준의 공기희석관능법과 기기분석법을 적용하였으며(국립환경과학원, 2007), 자세한 사항은 (Table 5)와 같다.

Table 4. Odor emission business classification.

classification	Metal manufacturing	Recycling of non-metallic raw material	Ascon Factory	PCBs	Plating	Environment basic facility	
						Sewage treatment plant	Wastewater treatment plant
Subject	4	4	9	4	14	1	1



Fig. 2. Map of odor intensive management work places.

Table 5. Odorous substance items and methods of analysis.

Substance	Sampling	Instrument
Complex odor	흡인상자법	무취공기제조장치
Ammonia	임핀저법	UV/Vis
Methyl mercaptan	흡인상자법	GC/PFPD
Hydrogen sulfide	흡인상자법	GC/PFPD
Dimethyl sulfide	흡인상자법	GC/PFPD
Dimethyl disulfide	흡인상자법	GC/PFPD
Trimethylamine	임핀저법	GC/NPD
Acetaldehyde	DNPH 카트리지법	HPLC
Propionaldehyde	DNPH 카트리지법	HPLC
Butyraldehyde	DNPH 카트리지법	HPLC
n-Valeraldehyde	DNPH 카트리지법	HPLC
i-Valeraldehyde	DNPH 카트리지법	HPLC
Styrene	고체 흡착관법	GC/MS
Toluene	고체 흡착관법	GC/MS
Xylene	고체 흡착관법	GC/MS
Methyl ethyl ketone	고체 흡착관법	GC/MS
Methyl isobutyl ketone	고체 흡착관법	GC/MS
Butyl acetate	고체 흡착관법	GC/MS
i-Butyl alcohol	고체 흡착관법	GC/MS
Propionic acid	임핀저법	GC/FID
n-Butyric acid	임핀저법	GC/FID
i-Valeric acid	임핀저법	GC/FID
n-Valeric acid	임핀저법	GC/FID

### 3.3 악취평가방법

#### 3.3.1. 지정악취물질 기여도 평가

본 조사연구에서는 측정된 각 물질별 예상 악취강도 평가는 측정된 항목만이 모든 악취유발물질로 가정하고, 농도레벨과 악취강도와는 정비례 관계를 갖는다는 가정 하에 측정농도를 최소감지값으로 나누어 추정된 예상악취강도(Expected odor intensity)를 산정하였다(환경부, 2001; 김시영, 2006).

악취성분에 따라 고농도라도 악취기를 나타내지 못하는 반면, 미량의 낮은 농도라도 악취기에 크게 영향을 미치는 성분이 있기 때문에 악취를 발생시키는 성분이 단순히 농도만으로 악취의 강도에 기여한다고 단정할 수 없다. 이와 같은 요인 때문에 악취성분에 대해 정량적 접근이 어려우나, 일반적으로 악취성분에 따라 악취를 감지할 수 있는 최소감지농도(Threshold Limited Value, TLV)가 산정되어 있기 때문에

측정된 농도를 TLV로 나누어 예상악취강도를 산정할 수 있다.

따라서 분석된 악취성분의 예상악취강도를 검토하기 위하여 수식(1)과 같이 각 악취성분의 농도를 성분별로 알려진 TLV로 나누어 예상악취강도의 합계를 전체 예상악취강도로 구하고, 얻어진 전체 예상악취강도에 대한 각 악취성분의 예상악취강도의 백분율을 수식(2)와 같이 악취기여도(Odor attribution ratio)로 정의하여 주요악취원인물질을 규명하고자 하였다(민태홍, 2006;유민선 et al, 2005).

$$Opf = \frac{Cm}{Ct} \quad (1)$$

여기서,  $Opf$  : 악취성분의 예상악취강도

$Cm$  : 악취성분의 농도

$Ct$  : 악취성분의 TLV

$$A_o = \frac{Opf}{\Sigma Opf} \times 100 \quad (2)$$

여기서,  $A_o$  : 악취기여도(%)

$Opf$  : 악취성분의 예상악취강도

$\Sigma Opf$  : 모든 악취성분의 예상악취  
강도의 합

악취는 악취성분의 농도보다 악취의 세기를 표현하는 예상악취강도에 의존하므로 악취성분의 전체 예상악취강도에 대한 악취기여도를 계산함으로써 악취의 주요 성분이 어느 물질인가를 판단할 수 있다. 따라서 악취는 농도가 높은 악취물질을 대상으로 제어되기보다는 악취기여도가 높은 악취물질을 중심으로 제어되는 방향으로 진행되어야 악취 저감의 효율성을 높이며, 악취기여도의 계산은 악취저감대책 마련을 위한 중요한 방안이라 판단된다(김시영, 2006).

### 3.3.2. 악취배출총량 평가

본 조사연구에서는 사업장에서 발생하는 모든 악취는 악취방지시설로 포집된다고 가정하여, 악취의 배출 유량은 악취 방지시설의 배출구 유량과 동일하다고 가정하였다. 따라서 악취의 단위시간당 배출량에 대해서는 복합악취 회석배수에 악취방지시설의 배출구 유량을 곱한 값이 사용되었다. 이것을 악취배출량(Odor Emission Rate, OER)이라고 하며 수식(3)과 같이 정의한다(국립환경과학원, 2004; 박정호; 유민선 et al, 2002; 한국환경공단, 2016).

$$OER = OD \times OF \quad (3)$$

여기서,

$OER$  : 악취배출량(Odor Emission Rate,  
 $OU \cdot m^3/min$ )

$OD$  : 복합악취 회석배수(Odor Unit, OU)

$OF$  : 배출구 유량( $m^3/min$ )

또 악취 배출원이 여러 개 존재할 경우에는 각 악취 배출원에서 악취배출량의 총합을 악취배출총량(Total Odor Emission Rate, TOER)이라고 하며 수식(4)와 같이 정의한다(한국환경공단, 2016).

$$TOER = \Sigma (OD \times OF) \quad (4)$$

여기서,

$TOER$  : 악취배출총량(Total Odor Emission  
Rate,  $OU \cdot m^3/min$ )

$OD$  : 복합악취 회석배수(Odor Unit, OU)

$OF$  : 배출구 유량( $m^3/min$ )

일본 환경청 대기보전국에서 통계적으로 사업장 내 악취배출총량으로부터 주변에 미치는 범위를 정립한 바가 있으며(일본 환경청 대기보전국, 1998) 이 관계에 대해서 (Table 6)과 같이 제안하고 있다. 이것은 특정 사업장의 모든 사업장의 모든 악취 배출원에서의 악취 배출량을 합산하여 점오염원으로 가정한 다음 풍속, 기온, 지형, 확산 속도 등을 일정하게 보고 악취로 인한 민원이 발생할 가능성이 있는 발생원으로부터의 거리를 TOER의 함수로 나타낸 것이다. 악취 확산에 미치는 많은 요인을 무시했기 때문에 대단히 불확실한 관계 표이지만 사업장 악취배출총량으로부터 악취를 느낄 수 있는 대략적인 최대거리를 간단히 예상할 수 있다는 점에서 외국에서는 사업장에 대한 악취민원 발생을 예측하는데 흔히 사용되고 있으며, 최근 우리나라에서도 환경분쟁조정위원회 등에서 악취피해 보상범위 및 금액 등은 산정하는 자료로 활용하고 있다.

### 3.3.3. 악취 배출허용기준

인천광역시에서는 악취의 엄격한 배출허용기준 조례 제4193호를 통해 악취관리지역안의 악취에 대해서는 엄격한 배출허용기준을 설정하여

관리하고 있으며 그 기준은 (Table 7), (Table 8)과 같다. 복합악취는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제4호에 따른 환경오염공정시험기준의 공기희석관능법을 적용하

여 측정하고, 지정악취물질은 기기분석법을 적용하여 측정하였다. 복합악취의 시료는 배출구와 부지경계선에서 채취하였고 지정악취물질의 시료는 부지경계선에서 채취하였다.

Table 6. Relation between TOER and affection of odor.

TOER	Possibility of odor pollution	Representatives of industrial classification	Extent of effect
$10^4 >$	특수한 경우를 제외하고 일어나지 않음	제빵공장, 양조공장	
$10^{5-6}$	현재, 소규모로 악취공해가 일어나고 있거나 그 가능성이 내재하고 있음	도료도장공장, 잉크인쇄공장, 피혁공장, FRP공장, 사료비료공장, 하수처리장	악취의 최대 도달거리는 1~2 km 이상은 없음
$10^{7-8}$	소, 중 규모의 악취공해가 일어나고 있음	주물공장, 분뇨처리장, 양돈양계장, 석유화학 공장	악취의 최대 도달거리는 2~3 km 이상은 없음
$10^{9-10}$	대규모 악취공해가 일어나고 있음	크래프트 펄프공장, 셀로판공장, 레이온공장, 도축장,	악취의 최대 도달거리는 10 km 이내로 악취 민원은 2~3 km범위 내
$10^{11-12}$	최대의 악취 발생원으로 그 예는 적음	공해대책을 하지 않은 대규모 크래프트 펄프공장	악취의 최대 도달거리는 수십km에 이르며, 피해도 4~6 km의 범위

Table 7. Complex odor.

Division	Strict emission limits (Dilution Factor)	
	Industrial area	Other area
Outlet	$\leq 500$	$\leq 300$
Site boundaries	$\leq 15$	$\leq 10$

Table 8. Designated odor.

	Substance	Strict emission limits (ppm)
		Industrial area
1	Ammonia	$\leq 1$
2	Methyl mercaptan	$\leq 0.002$
3	Hydrogen sulfide	$\leq 0.02$
4	Dimethyl sulfide	$\leq 0.01$
5	Dimethyl disulfide	$\leq 0.009$
6	Trimethylamine	$\leq 0.005$
7	Acetaldehyde	$\leq 0.05$
8	Styrene	$\leq 0.4$
9	Propionaldehyde	$\leq 0.05$
10	Butyraldehyde	$\leq 0.029$
11	n-Valeraldehyde	$\leq 0.009$
12	i-Valeraldehyde	$\leq 0.003$
13	Toluene	$\leq 10$
14	Xylene	$\leq 1$
15	Methyl ethyl ketone	$\leq 13$
16	Methyl isobutyl ketone	$\leq 1$
17	Butyl acetate	$\leq 1$
18	Propionic acid	$\leq 0.03$
19	n-Butyric acid	$\leq 0.001$
20	n-Valeric acid	$\leq 0.0009$
21	i-Valeric acid	$\leq 0.001$
22	i-Butyl alcohol	$\leq 0.9$

Table 9. Threshold of Odor.

	Substance	Threshold (ppm)
1	Ammonia	0.1
2	Methyl mercaptan	0.0001
3	Hydrogen sulfide	0.0005
4	Dimethyl sulfide	0.0001
5	Dimethyl disulfide	0.0003
6	Trimethylamine	0.0001
7	Acetaldehyde	0.002
8	Styrene	0.03
9	Propionaldehyde	0.002
10	Butyraldehyde	0.0003
11	n-Valeraldehyde	0.0009
12	i-Valeraldehyde	0.0007
13	Toluene	0.9
14	Xylene	0.041
15	Methyl ethyl ketone	0.44
16	Methyl isobutyl ketone	0.2
17	Butyl acetate	0.008
18	Propionic acid	0.002
19	n-Butyric acid	0.00007
20	n-Valeric acid	0.0001
21	i-Valeric acid	0.00005
22	i-Butyl alcohol	0.01

## IV. 조사결과

### 4.1. 기상자료

인천 서부 지역의 기상특성을 살펴보기 위해 이 지역에 인접한 인천기상대의 2015년 12월부터 2016년 11월까지의 기상자료를 조사하였다. 인천지역 평균 풍속은 3.1 m/s였으며, 계절별로는 겨울이 3.4 m/s로 가장 높았고, 그 다음으로 봄(3.0 m/s), 가을(2.9 m/s), 여름(2.7 m/s)의 순이었다. 기압은 연평균 1,007.7 hPa이었으며, 겨울철에는 주로 고기압, 여름철에는

저기압 상태였다. 연중 기온은 14.6 °C로 조사되었다. 인천기상대의 연중·계절별 풍배도를 다음 그림에 나타내었다. 연중 주풍은 북북서풍으로 풍속 3.0 ~ 4.0 m/s, 빈도 13.8 %을 차지했으며, 그 다음으로 북북동풍(풍속 3.0 ~ 4.0 m/s, 빈도 10.9 %), 서남서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 9.4 %), 북풍(풍속 0.5 ~ 2.0 m/s, 빈도 8.4 %), 서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 8.3 %), 남서풍(풍속 0.5 ~ 2.0 m/s, 빈도 8.0 %) 계열의 영향이 큰 것으로 나타났다. 계절별로 살펴보면 봄은 남서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 13.7



%)이 주풍이었으며, 그 다음으로는 서남서풍(풍속 3.0 ~ 4.0 m/s, 빈도 13.2 %), 북북서풍(풍속 3.0 ~ 4.0 m/s, 빈도 10.7 %)의 순이었다. 여름은 서남서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 15.4 %)이 주풍이었으며, 그 다음으로는 서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 14.0 %), 남서풍(풍속 0.5 ~ 2.0 m/s, 빈도 13.7 %)의 순이었다. 가을은 북북동풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 15.8 %)이 주풍

이었으며, 그 다음으로는 북북서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 15.8 %), 남남동풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 9.1 %)의 순이었다. 겨울은 북북서풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 13.8 %)이 주풍이었으며, 그 다음으로는 북북동풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 10.9 %), 북풍(풍속 2.0 ~ 3.0 m/s, 빈도 8.5 %)의 순인 것으로 조사되었다.

Table 10. Weather data of Incheon meteorological station(2015.12~2016. 11).

Division		Wind speed (m/s)	Atmospheric pressure (hPa)	Temperatures (℃)
Incheon meteorological station	Spring	3.0	1,007.0	13.0
	Summer	2.7	999.2	24.8
	Autumn	2.9	1,008.7	18.4
	Winter	3.4	1,016.2	3.4
	Annual	3.1	1,007.7	14.6

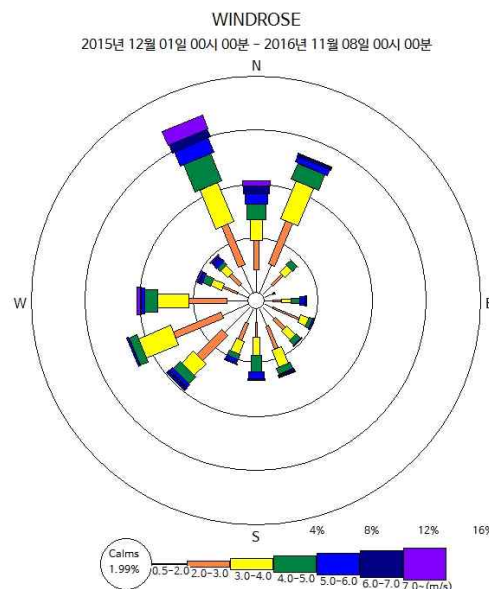


Fig. 3. Windrose of Incheon meteorological station(2015.12 ~ 2016.11).

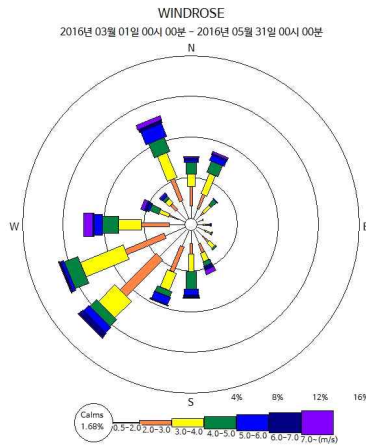


Fig. 4. Windrose of Incheon meteorological station(spring).

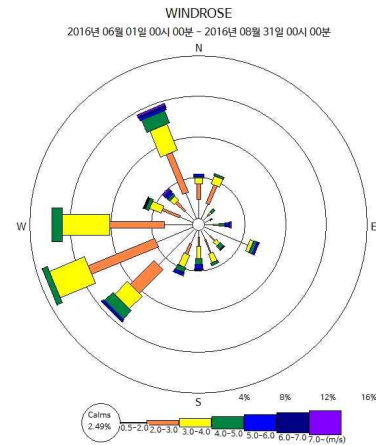


Fig. 5. Windrose of Incheon meteorological station(summer).

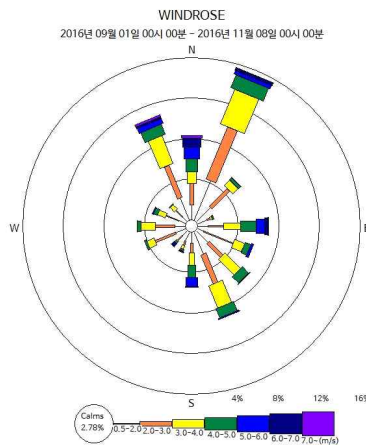


Fig. 6. Windrose of Incheon meteorological station(autumn).

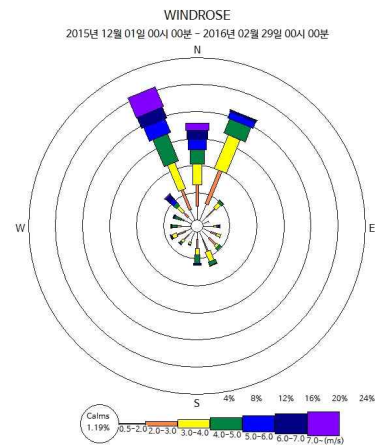


Fig. 7. Windrose of Incheon meteorological station(winter) .

## 4.2. 방지시설 운영현황

검단일반산업단지 내에 악취배출시설로 신고한 총 81개 사업장 중 대표업종에 해당하는 37개의 사업장에 대한 방지시설 운영현황을 조사하였다. 37개 사업장 내에 58개의 악취 방지시설이 설치되어 있으며 이중 흡수에 의한 시설

이 31개로 53.4%를 차지하였으며, 그 뒤로 흡착에 의한 시설이 15개(25.9%), 소취제·탈취제 등의 살포를 통한 악취 제거 시설이 9개(15.5%), 산화·환원에 의한 시설이 2개(3.4%), 미생물을 이용한 시설이 1개(1.7%)를 차지하였다.

Table 11. Odor prevention facility status.

Total	Absorption	Adhesion	Deodorant	Oxidation/ Reduction	Microorganism
58	31	15	9	2	1

업종별로 살펴보면 환경기초시설 2개 사업장은 4개의 방지사설을 운영하고 있었으며, 흡수에 의한 시설 2개, 흡착에 의한 시설 1개, 미생물을 이용한 시설 1개로 조사되었다. 아스콘 사업장은 총 16개의 방지사설을 운영하고 있었으며, 흡착에 의한 시설 8개, 소취제·탈취제 등의 살포를 통한 악취 제거 시설 5개, 산화·환원에 의한 시설 2개, 흡수에 의한 시설 1개로 조사되었다. 사업장 중 1곳은 악취방지사설이 없이 악취배출사업장으로 신고 되어있어, 이에 대하여 추가 조사를 한 결과 이전에 다른 업체가 운영 중인 곳을 인수하는 과정에서 악취방지사설의 유무를 확인하지 않고 인수하였으며 인수 후 악취방지사설이 없다는 사실을 확인 후 가동을 하지 않고 있으나 이전 업체의 가동여부는 확인하지 못하였다.

### 4.3. 사업장 조사결과

#### 4.3.1. 사업장-1

사업장-1은 하수처리업과 폐수처리업으로 등록되어있으나 실질적으로는 하수처리업만 운영하고 있으며, 하수 처리과정은 아래의 그림과 같다. 하수가 유입되면 유입분배조, 유입유량계설, 침전지, 생물반응조, 3차처리시설, 방류유량계설, UV소독조를 거쳐 방류되며 유입유량계설, 침전지, 3차처리시설, UV소독조 등이 악취발생시설이며, 악취방지사설로는 이온교환 및 이산화염소 산화 방식, 생물학적 탈취 시설이 있다. 이는 이온교환섬유에 의해 악취물질을 흡착하여 제거하고, 강한 산화제인 이산화염소( $\text{ClO}_2$ )를 이용하여 악취 가스를 산화시켜 제거한다. 생물학적 탈취 시설은 발포 다공성 세라믹 매디아에 미생물을 부착하여 악취를 제거하는 방식으로 하수 처리 시에 주로 발생하는 유황계 및 질소계가스를 분해하는 역할을 한다. 시료채취는 배출구와 부지경계에서

실시하였다. 배출구의 경우 복합악취 300 배, 지정악취 항목은 황화수소가 125.1 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸머캅탄(36.5 ppb), 다이메틸설파이드(18.9 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계의 경우 3 지점을 측정하였고 복합악취는 3 배, 지정악취항목 중 황화수소는 불검출 ~ 2 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 예상악취강도의 경우 메틸머캅탄 > 황화수소 > 다이메틸설파이드 > 다이메틸다이설파이드 순이었으며, 예상악취강도의 합은 859.6로서 매우 높은 수준이었다. 악취를 유발하는 주요악취원인물질은 메틸머캅탄(기여도 42.5%)와 황화수소(기여도 29.1%), 다이메틸설파이드(22.0%) 등 황화합물의 기여도가 높은 것으로 조사되었다. 하수처리업종의 경우 분뇨 및 슬러지에 함유된 유기성 물질의 혐기화로 인해 황화수소, 메틸머캅탄, 다이메틸설파이드가 다량 발생한 것으로 보인다. 사업장-1은 악취의 엄격한 배출허용 기준 적용 시 기타지역에 해당하므로 배출구의 복합악취가 300 배를 초과하는 경우에 부적합에 해당하며 배출구의 복합악취가 300 배로 부적합에 해당하고 있지는 않으나 경우에 따라서는 초과될 가능성이 높다고 판단되며, 황화합물의 발생량이 상당하므로 이에 대한 방지대책이 필요하다고 판단된다.

사업장-1의 특징으로는 일반산업단지 내에 있는 하수처리시설이므로 주말, 공휴일 등 공장의 휴무에 따른 상주인구의 감소로 하·폐수의 발생량이 감소하여 하수처리시설로의 흐름이 원활하지 않아 관로에 정체되고 부패하여 발생한 악취로 인하여 처리장이 정상 가동될 때 악취강도가 높아지는 특징을 보인다. 한편, 하수처리시설의 증설공사 사업이 진행 중이며, 지상에 있던 악취를 유발하는 시설이 모두 지하에 조성될 예정이므로 악취 등의 환경 개선이 기대된다.

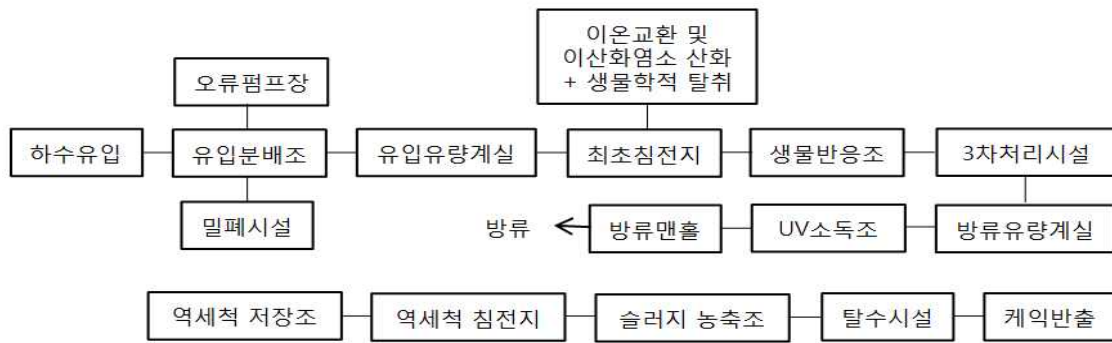


Fig. 8. Schematic of Company-1.

Table 12. The odor survey results of Company-1.

Survey point	Division	Methyl mercaptan	Hydrogen sulfide	Dimethyl sulfide	Dimethyl disulfide	Total
	Threshold(ppb)	0.1	0.5	0.1	0.3	-
	Density(ppb)	36.5	125.1	18.9	16.6	-
Company-1	Expected odor intensity	365.0	250.2	189.0	55.3	859.5
	Odor contribution(%)	42.5	29.1	22.0	6.4	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨

#### 4.3.2. 사업장-2

사업장-2는 점단일반산업단지 내 모든 하수, 폐수, 오수를 혼입 처리하는 시설로 폐수 처리과정은 아래의 그림과 같다. 폐수는 일차식침사지, 전처리조, 유량조정조, 안정화조, 무산소조, 혐기조, 호기조, 분리막조 등을 거쳐 처리되며, 활성탄 흡착기를 지나 최종 방류되고 있다. 이 중 일차식침사지, 유량조정조, 안정화조, 무산소조, 혐기조, 슬러지 저류조 등이 악취발생시설이며, 악취방지시설로는 흡수에 의한 시설(Packed Tower, 충전탑)이 설치되어 있다. 충전탑은 물에 녹는 수용성 가스를 세정수를 이용하여 물에 흡수시켜 제거하는 방법으로 기,액 간의 접촉을 원활히 하기 위해 충전물을 사용한다. 이는 암모니아, 황화합물, 지방산 등을 제거할 때 효과적이나 휘발성유기화합물, 알데하이드 등에는 적합하지 않다. 시료채취는 배출구와 부지경계에서 실시하였다. 배출구의 경우 복합악취 3,000 배, 지정악취 항목은

황화수소가 1,200.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 톨루엔(66.6 ppb), 자일렌(41.2 ppb), 아세트알데하이드 (34.7 ppb), 메틸에틸케톤(15.1 ppb)의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출되었다. 부지경계는 4 지점 측정하였고 복합악취는 3 배, 지정악취항목 중 톨루엔은 불검출 ~ 31.5 ppb, 자일렌은 불검출 ~ 9.0 ppb, 메틸에틸케톤은 불검출 ~ 6.4 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 예상악취강도의 경우 황화수소 > 아세트알데하이드의 순이었으며, 예상악취강도의 합은 2417.5로써 높은 수치를 나타내었다. 악취를 유발하는 주요악취원인물질은 황화수소(기여도 99.3%)와 아세트알데하이드(기여도 0.7%)로 황화수소의 기여도가 가장 높은 것으로 조사되었다. 사업장-2는 악취의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취 500 배 초과) 적용시 배출구의 복합악취가 3,000 배에 해당하므로 부적합이 된다. 이 사업장의 경우 배출구의

용량이 60 m<sup>3</sup>/min으로 방지시설의 용량이 작아 악취제거가 원활히 이루어지지 않아 높은 수치의 복합악취 및 황화수소 농도를 나타낸 것으로 판단된다. 이 사업장 또한 증설공사 사업이 진행되고 있으므로 악취가 개선되리라 기대된다.

#### 4.3.3. 사업장-3

사업장-3은 아스콘 제조 사업장이다. 아스콘(Ascon)은 아스팔트 콘크리트(Asphalt Concrete)를 줄인 명칭으로, 아스콘의 제조를 위해 액상 아스팔트 시멘트, 석분, 골재가 사용되고 있으며, 이 3가지 성분을 혼합하여 도포 포장에 사용되는 제품을 생산하고 있다. 아스팔트 제조 공정에는 회분식과 연속식으로 구분되고 연속식은 다시 순방향과 역방향식으로 구분되는데, 외국의 경우 회분식이 전체의 60 ~ 70 %를 차지하고 한국의 경우 대부분이 회분식으로 조사되었다(인천지역환경기술개발지원센터, 2003). 점단일반산업단지 내에 있는 조사사업 대상 사업장도 모두 회분식 공정으로 조사되었다. 회분식과 연속식 모두 자갈을 로터리 건조기에 건조시킨 후에 고온의 아스팔트 시멘트와 혼합시킨다. 다만, 회분식은 고온혼합기(Hot bins and mixer)에서 혼합시키고, 연속식은 드럼혼합기(Drum mixer)에서 혼합시키는 차이가 있다. 회분식 공정을 자세히 살펴보면 아스팔트

는 열매체 보일러(Hot oil heater)에서 180 ℃로 가열된 뜨거운 오일과 혼합시켜 적당한 온도까지 승온시키고, 골재는 LNG 버너(직접연소)로 직접 열을 공급시키는 직접가열방식을 사용한다. 이렇게 생산된 뜨거운 아스콘은 출하공정에서 차가운 외부로 노출되면서 다량의 유기증발가스(Organic fume)와 취기가 발생한다(인천보건환경연구원, 2013).

사업장-3은 신생아스콘과 재생아스콘을 생산하는 업체이다. 신생아스콘은 신골재만 사용하는 반면, 재생아스콘은 신골재 약 60 %와 재생골재 약 40 %를 혼합하여 사용하는 것으로 알려져 있다. 전반적으로 건조한 신골재에 비해, 수분함량이 비교적 높고 여러 자동차 연료 등에 의해 오염된 재생아스콘의 경우 불완전 연소에 의해 악취발생 농도가 증가하는 것으로 조사되었다(유희종 et al, 2014).

악취발생시설로는 건조시설, 선별시설, 혼합시설, 계량시설, 저장시설, 출하시설 등이 있으며, 악취방지시설로는 원심력집진시설(전처리시설), 여과집진시설(전처리시설)과 산화·환원시설이 설치되어 있다. 전처리시설에서 VOCs를 제거하고, 산화·환원시설은 아염소산나트륨, 차아염소산나트륨 등의 약액으로 염소화합물을 발생하여 황화합물, 알데하이드, 암모니아, 트라이메틸아민 등의 악취물질을 제거하는 역할을 한다.

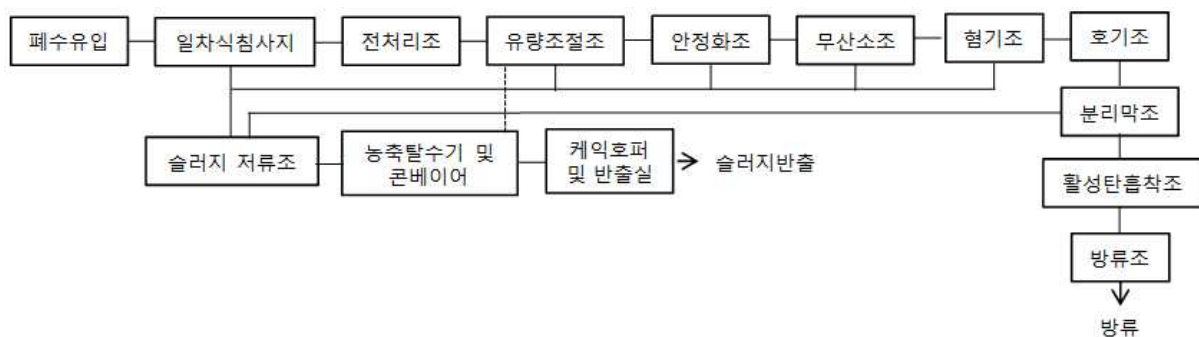


Fig. 9. Schematic of Company-2.

Table 13. The odor survey results of Company-2.

Survey point	Division	Hydrogen sulfide	Acetaldehyde	Xylene	Toluene	Total
	Threshold(ppb)	0.5	2.0	479	900	-
Company-2	Density(ppb)	1,200.0	34.7	41.2	66.6	-
	Expected odor intensity	2,400.0	17.4	0.09	0.07	2417.5
	Odor contribution(%)	99.3	0.7	0.0	0.0	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 10. Full image of Ascon Factory.

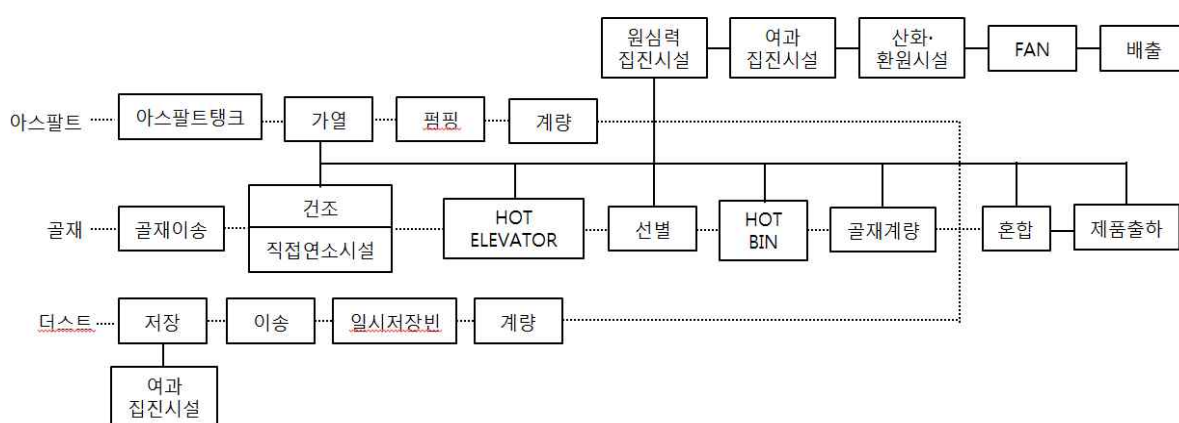


Fig 11. Schematic of Ascon Factory.

시료채취는 배출구, 적환장, 적재차량 부근과 부지경계에서 실시하였다. 배출구의 경우

복합악취 300 배, 지정악취 항목은 아세트알데하이드가 2,657.7 ppb로 가장 높았고, 그 다음



으로 프로피온알데하이드(294.4 ppb), 암모니아(241.1 ppb), 톨루엔(153.6 ppb), 뷰티르알데하이드(150.3 ppb), 황화수소(117.7 ppb), n-발레르알데하이드(70.4 ppb)의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출되었다. 적환장의 경우 복합악취 4배, 지정악취 항목은 황화수소 1.5 ppb가 검출되었으며 기타 항목은 미량 또는 불검출되었다. 적재차량 부근에서는 복합악취 10 배, 지정악취 항목은 황화수소가 1.5 ppb 검출되었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출되었다. 부지경계는 5 지점 측정하였는데 복합악취는 3 ~ 4 배, 지정악취항목 중 황화수소는 불검출 ~ 1.1 ppb, 아세트알데하이드는 불검출 ~ 66.0 ppb, 프로피온알데하이드는 불검출 ~ 0.8 ppb가 검출되었고, 기타 항목은 미량 또는 불검출되었다. 예상악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 황화수소 > 프로피온알데하이드 순이었으며, 예상악취강도의 합은 1774.2로서 매우 높은 수준이었다. 악취를 유발하는 주요악취원인물질은 아세트알데하이드(기여도 74.9 %)와 황화수소(기여도 13.3 %), 프로피온알데하이드(기여도 8.3 %) 등이 조사되었다. 사업장-3은 악취의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취 500 배 초과) 적용

시 배출구의 복합악취가 300 배로 적합에 해당한다.

아스콘 업종의 경우 원료인 아스팔트가 원유의 감압증유 공정에서 발생하는 잔류물이기 때문에 알데하이드가 높게 검출된 것으로 보이며, 알데하이드는 정유 및 석유화학사업장에서 주로 높게 배출되는 악취물질 중의 하나이다(서병량 et al. 2005). 황화수소는 발생량은 적으나 최소감지농도가 0.5 ppb로 매우 낮아 알데하이드류(최소감지농도 2.0 ~ 7.0 ppb)보다 낮은 수치를 나타내어도 악취기여도는 높아지므로 황화합물이 소량 발생하는 공정에서도 악취 저감을 위한 노력이 필요하다.

아스콘 제조업체에서 주로 배출되는 대기오염물질은 먼지와 아스팔트 시멘트가 휘발하여 발생하는 유기증발가스(Organic fume)이다. 우리나라에서 주로 사용하는 회분식 아스콘 제조 공정에서 유기증발가스가 배출되는 공정은 고온혼합기(Hot bins and mixer)에서 자갈과 아스팔트 시멘트가 혼합되는 공정, 제조된 아스콘을 트럭에 적재하는 공정과 아스팔트 시멘트를 고온에서 저장하는 공정이다. 이 중 가장 많은 유기증발가스가 배출되는 공정은 아스콘을 트럭에 적재하는 공정으로 알려져 있으며, 본 공정에서 미국 EPA의 AP-42의 배출계수는 (Table 15)와 같다.

Table 14. The odor survey results of Company-3

Air pollutants	Emission Factor Unit Equation
Total PM	$EF = 0.0000181 + 0.00141(-V)\exp((0.0251)(T+460)-20.43)$
Organic PM	$EF = 0.00141(-V)\exp((0.0251)(T+461)-20.43)$
TOC	$EF = 0.0172(-V)\exp((0.0251)(T+461)-20.43)$
CO	$EF = 0.00141(-V)\exp((0.0251)(T+461)-20.43)$

Table 15. Emission Factor Unit of major air pollutants during truck loading process.

(Emission factor unit : lb/ton of Ascon)

Survey point	Division	Ammonia	Hydrogen sulfide	Acetaldehyde	Propionaldehyde	Butyraldehyde	n-Valeraldehyde	Toluene	Total
	Threshold(ppb)	100	0.5	2.0	2.0	3.0	7.0	900	-
Company -3	Density(ppb)	241.1	117.7	2,657.7	294.4	150.3	70.4	153.6	-
	Expected odor intensity	2.4	235.4	1,328.9	147.2	50.1	10.1	0.2	1,774.2
	Odor contribution(%)	0.1	13.3	74.9	8.3	2.8	0.6	0.0	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 12. Process of loading an ascon in a vehicle.

사업장-3의 경우에도 (Fig. 12)에서와 같이 아스콘이 차량에 적재되는 과정에서 유기증발가스가 발생하는 것을 볼 수 있다. 아스콘 적재 과정에서 복합악취 10 배, 지정악취 항목 중 황화수소가 1.5 ppb 검출되는 등 이 과정 또한 간과할 수 없는 악취발생시설 중의 하나이다. 또한 아스콘 운반용 트럭 역시 악취 배출원으로 작용한다. 이는 사업장-3에만 해당하는 사항이 아닌 연구조사사업에 참여했던 모든 아스콘제조 사업장에 해당한다. 아스콘제조 과정에서 발생하는 악취를 방지시설을 통하여 제어한다 할지라도 출하시설에서 발생하는 악취를 제어하지 않으면 피해를 야기하므로 복합악취 및 지정악취 물질을 제어하기 위한 별도시설의 설

치가 반드시 필요하다. 출하를 위한 적재실에서 악취를 흡입 처리하고 있으나 협소하여 밀폐가 제대로 이루어지지 않아 외부로 배출되고 있어 차량 적재 시 완전 밀폐가 가능하도록 적재실을 확충하여야 하며, 아스콘 수송차량의 적재함을 완전 밀폐하고 가스를 흡입처리 할 수 있는 장치를 설치 등 악취 배출을 최대한 억제하는 방법을 강구해야 한다.

#### 4.3.4. 사업장-4

사업장-4는 아스콘 제조 사업장으로 현재 신생아스콘만 생산하는 사업장이다. 악취발생 시설로는 건조시설, 이송시설, 선별시설, 저장시설, 계량/혼합시설, 출하시설 등이 있으며, 이



사업장은 다양한 악취방지시설을 갖추고 있다. 배출구-1은 원심력집진시설(전처리시설), 소취제살포시설, 여과집진시설(전처리시설), 소취제살포시설의 순서로 구성되어 있으며, 소취제로는 소석회( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )를 사용하는 방지시설이다. 배출구-2는 여과집진시설(전처리시설)과 흡착에 의한 시설로 구성되어 있다. 배출구-3은 흡착에 의한 시설로 구성되어 있으며 흡착제로는 활성탄을 사용하고 있다. 배출구-4는 유화제 생산 공정을 위한 악취방지시설로 유화제는 아스팔트 사용 전에 점착제의 역할을 하는 물질로 악취물질로는 염화수소( $\text{HCl}$ )가 발생하므로 가성소다( $\text{NaOH}$ )를 사용하여 악취를 제거한다. 시료채취는 배출구와 배출구 주변, 부지경계에서 실시하였다.

배출구-1의 경우 소취제살포시설의 악취방지효율을 살펴보고자 소취제살포시설의 가동여부에 따라 시료채취를 실시하였다. 소취제살포시설 가동 중에 배출구-1의 복합악취는 1000 배, 지정악취 항목은 황화수소 550 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 아세트알데하이드(389.4 ppb), 암모니아(229 ppb), 자일렌(61.7 ppb), 메틸에틸케톤(58.2 ppb), 프로피온알데하이드(41.7 ppb), 톨루엔(38.8 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 소취제살포시설 미가동 시에 배출구-1의 복합악취는 1500 배, 지정악취 항목은 황화수소 879 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 아세트알데하이드(395.5 ppb), 암모니아(212.0 ppb), 자일렌(61.5 ppb), 메틸에틸케톤(66.5 ppb), 프로피온알데하이드(41.5 ppb), 톨루엔(53.2 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 검출 또는 검출되지 않았다. 소취제살포시설 가동 시보다 미가동 시에 황화수소의 수치가 약 1.5 배 이상 증가하는 것으로 보아 이는 소석회가 황화합물의 제거에 효과적인 반면 알데하이드, 암모니아, VOCs 제거에는 효과가 없음을 보여준다. 배출구-2의 복합악취는 666 배, 지정악취 항목은 황화수소가 766.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음

으로 암모니아(187.4 ppb), 메틸에틸케톤(20.2 ppb), 자일렌(20.2 ppb), 아세트알데하이드(5.7 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 배출구-3의 복합악취는 3 배, 지정악취 항목은 암모니아가 207.4 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 아세트알데하이드(27.9 ppb), 자일렌(18.4 ppb), 톨루엔(6.5 ppb), 프로피온알데하이드(6.4 ppb), 황화수소(5.8 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 배출구-3은 활성탄을 교체한지 얼마 되지 않은 상태여서 복합악취 및 황화합물이 낮은 수치를 보이는 반면, 배출구-2는 활성탄을 장기간 교체하지 않은 상태로 복합악취와 황화수소가 높은 수치를 나타내었다. 이는 악취방지시설에서 활성탄의 교체 및 사용량에 따른 악취발생량의 변화폭이 큰 것을 알려준다. 배출구-4는 유화제 생산공정의 악취방지시설로 복합악취 10 배, 지정악취 항목은 암모니아 244.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 톨루엔(28.9 ppb), 메틸에틸케톤(26.0 ppb), 아세트알데하이드(20.0 ppb), 자일렌(14.7 ppb), 프로피온알데하이드(11.4 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 배출구-1 주변의 경우 복합악취 30 배, 지정악취 항목은 메틸에틸케톤 9.3 ppb이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 부지경계는 3 지점 측정하였고 복합악취는 3 배, 지정악취항목 중 톨루엔은 불검출 ~ 35.5 ppb, 메틸에틸케톤은 불검출 ~ 24.0 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 예상악취강도의 경우 황화수소 > 아세트알데하이드 순이었으며, 예상악취강도의 합은 2,906.0로서 이번 연구조사 사업에 참여한 사업장 중에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 주요 악취원인물질은 황화수소(기여도 91.0 %), 아세트알데하이드(기여도 7.6 %)로 황화수소의 기여도가 가장 높은 것으로 조사되었다. 사업장-4는 악취의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배 초과) 적용 시 배출구-1, 배출구-2에서 복합악

취가 각각 1,000 배, 666 배로 부적합에 해당한다. 이 사업장의 경우에는 악취배출시설 중 흡착에 의한 시설은 흡착제(활성탄)의 충전량 및 교체주기에 대한 세심한 관리가 필요하고 소취제 살포시설에 대해서도 점검이 필요한 것으로 판단된다.

(Fig. 13)은 아스콘이 차량에 적재되는 출하시설의 내부와 에어커튼의 모습이다. 에어커튼은 출하시설 끝단에 설치되어 있어 악취가 외부로 배출되는 것을 막아 주는 역할을 하고 있으나 출하장에서 아스콘 적재 시 차량이 앞뒤로 이동 적재하면서 에어커튼 범위를 벗어나 적재하기 때문에 에어커튼 역할을 제대로 하지 못하고 있어 이에 대한 개선이 요구된다.

#### 4.3.5. 사업장-5

사업장-5는 아스콘 제조 사업장으로 신생아스콘과 재생아스콘은 생산하는 사업장이다. 악취발생시설로는 건조시설, 혼합시설, 계량시설, 출하시설, 저장시설 등이 있으며, 악취방지시설로는 배출구-1은 여과집진시설(전처리), 원심력집진시설(전처리), 소취제살포시설, 여과집진시설(후처리)의 순서로 구성되어 있고, 배출구-2는 흡착에 의한 시설이 있으나 현재는 가동하고 있지 않다. 따라서 사업장-4에 대해서는 배출구-1, 아스콘 출하시설, 부지경계 시료만 채취하였다. 배출구-1의 경우 복합악취 1,000 배, 지정악취 항목은 아세트알데하이드가 713.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 암모니

Table 16. The odor survey results of Company-4.

Survey point	Division	Ammonia	Hydrogen sulfide	Acet aldehyde	Propion aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Threshold (ppb)	100	0.5	2.0	2.0	440	900	479	-
	Density (ppb)	867.9	1,322.8	443.0	59.5	104.4	74.2	115.0	-
Company-4	Expected odor intensity	8.7	2,645.5	221.5	29.8	0.2	0.1	0.2	2,906.0
	Odor contribution (%)	0.3	91.0	7.6	1.0	0.0	0.0	0.0	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 13. The inside of the ascon hopper and the air curtain.

아(330.6 ppb), 프로피온알데하이드(140.0 ppb), 뷰티르알데하이드(117.3 ppb), 자일렌(93.9 ppb), 톨루엔(71.8 ppb), 메틸에틸케톤(52.7 ppb), 황화수소 (48.8 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 아스콘 출하시설 부근의 경우 작업이 없는 상태였고, 복합악취는 10 배, 지정악취의 경우 자일렌 (23.7 ppb), 메틸에틸케톤(19.9 ppb), 톨루엔 (11.3 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계의 경우 두 지점 측정하였는데 복합악취는 3 배, 지정 악취항목 중 황화수소는 0.2 ~ 1.2 ppb, 메틸에틸케톤은 18.3 ~ 20.5 ppb, 톨루엔은 14.1 ~ 16.3 ppb, 자일렌은 22.1 ~ 24.5 ppb가 검출되었고, 기타 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 예상 악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 황화수소 > 프로피온알데하이드 > 뷰티르알데하이드 순이었으며, 예상악취강도의 합은 566.9로 조사되었다. 악취를 유발하는 주요악취원인물질은 아세트알데하이드(기여도 62.9 %), 황화수소(기여도 17.2 %), 프로피온알데하이드(기여도 12.4 %), 뷰티르알데하이드(기여도 6.9 %)로 다른 아스콘 사업장과 마찬가지로 알데하이드와 황화수소가 주요 악취 원인물질이었

다. 사업장-5는 악취의 엄격한 배출허용 기준 (공업지역, 배출구 복합악취가 500 배 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 1,000 배로 부적합에 해당한다. (Fig. 14)는 사업장-5의 아스콘 출하시설로 다른 아스콘 사업장과 마찬가지로 악취 발생 시 방지효과가 낮은 것으로 나타났다. 따라서 사업장-5는 아스콘 출하시설의 밀폐 및 적절한 강제 송풍시설의 보강이 필요하다고 판단된다. (Fig. 15)는 사업장-5의 고온혼합기(hot bins and mixer)에서 발생하는 유기증발가스(Organic fume)이다. 이를 Blue smoke라고도 지칭하며 이는 고온혼합기에서 자갈과 아스팔트 시멘트가 고온에서 혼합될 때 증발하여 생성되는 벤젠, 이황화탄소, 폼알데하이드, 스타이렌, 자일렌 등이 포함된다. 이는 고온혼합기의 화염방패(Flame shield)와 아스팔트 주입 노즐 변경 등의 기존시설의 변경 또는 고온혼합기 내부에 별도의 유인송풍기를 부착하여, 흡입된 공기는 건조기(Dryer)로 보내서 완전 산화시키도록 하여야 한다. 또한 강제 환풍되는 공기는 RTO(Regenerative Thermal Oxidation), RCO(Regenerative Catalytic Oxidation) 장치 등을 적용하여 악취원인물질을 제거해야한다.

Table 17. The odor survey results of Company-5.

Survey point	Division	Ammonia	Hydrogen sulfide	Acet aldehyde	Propion aldehyde	Butyr aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Threshold (ppb)	100	0.5	2.0	2.0	3.0	440	900	479	-
Company-5	Density (ppb)	330.6	48.8	713.0	140.0	117.3	52.7	71.8	93.9	-
	Expected odor intensity	3.3	97.6	356.5	70.0	39.1	0.1	0.1	0.2	566.9
	Odor contribution (%)	0.6	17.2	62.9	12.4	6.9	0.0	0.0	0.0	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 14. The air curtain of the ascon.



Fig. 15. The organic fume of the ascon.

#### 4.3.6. 사업장-6

사업장-6은 아스콘 제조 사업장으로 신생아스콘과 재생아스콘을 생산하는 사업장이다. 악취 발생시설로는 건조시설, 선별시설, 계량시설, 혼합시설, 출하시설, 저장시설 등이 있으며, 악취방지시설로는 원심력집진시설(전처리), 소취제 살포시설, 여과집진시설(후처리)이 설치되어있다.

시료채취는 배출구, 아스콘 출하시설, 골재 저장시설, 부지경계의 시료를 채취하였다. 배출구의 경우 복합악취 44 배, 지정악취 항목은 아세트알데하이드가 320.8 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 암모니아(78.4 ppb), 톨루엔(74.1 ppb), 자일렌(73.4 ppb), 뷰티르알데하이드(41.4 ppb), 프로피온알데하이드(40.7ppb)의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 아스콘출하시설의 아스콘 출하 작업 중에 시료채취를 하였으며 복합악취 5 배, 지정악취 항

목은 미량 또는 불검출 되었다. 골재저장시설 부근 악취 시료는 복합악취는 4 배, 지정악취 항목은 미량 또는 불검출되었다. 예상악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 프로피온알데하이드 > 뷰티르알데하이드 순이었으며, 예상악취강도의 합은 195.6로서 이번 연구조사 사업에 참여한 아스콘 사업장 중에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 악취를 유발하는 주요 악취원인물질은 아세트알데하이드(기여도 82.0 %), 프로피온알데하이드(기여도 10.4 %), 뷰티르알데하이드(기여도 7.1 %)로 알데하이드류의 기여도가 99.5%로 대부분을 차지하였다. 사업장-6은 악취의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 44 배로 적합에 해당하며 이번 조사사업에 참여한 아스콘 사업장 중에 가장 낮은 수치를 나타내었다.



Table 17. The odor survey results of Company-5.

Survey point	Division	Ammonia	Acet aldehyde	Propion aldehyde	Butyr aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Threshold (ppb)	100	2.0	2.0	3.0	440	900	479	-
Company-6	Density (ppb)	78.4	320.8	40.7	41.4	10.3	74.1	73.4	-
	Expected odor intensity	0.8	140.4	20.4	13.8	0.0	0.1	0.2	195.6
	Odor contribution (%)	0.4	82.0	10.4	7.1	0.0	0.0	0.1	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 16. Aggregate, Sand and Mineral filter storage place

(Fig. 16)은 사업장-6의 골재, 모래 및 석분 등을 보관하는 장소이다. 이 물질들은 복합악취나 지정악취의 발생을 적으나 미세먼지, 분진 등이 다량 발생하여 건강상 위해 요인이 되므로 덮개 또는 밀폐시설에 보관해야 한다.

#### 4.3.7. 사업장-7

사업장-7은 금속조립구조재 제조 사업장으로 철재 펜스 등 건축용 철재 자재를 생산하는 업체로서 악취 주요 배출과정으로는 건축자재(거푸집) 생산, 도장공정이 신고 되어 있으나, 악취는 주로 도장공정에서 발생하는 것으로 판단된다. 악취방지시설로는 흡착에 의한 시설(A/C Tower)이 설치되어 있었다. 이 사업장은 종업원이 5명 내외인 소규모 업체로 도장시설은 수공에 의한 분체도장 형태이며, 건조는 자연건조 방식으로 별도의 건조시설을 갖추고 있

지 않았다.

도장은 제품표면에 도료를 입히는 공정인데, 도료의 표면 접착성 및 표면 광택을 높이기 위하여 다양한 종류의 유기용제를 사용하게 된다. 도장 공정은 크게 제품표면 세척, 도포, 건조로 구분되는데, 도포와 건조 시에 휘발성 유기화합물이 배출된다. 도료를 제품표면에 도포시키는 방법은 담그기(Dipping), 붓칠(Brushing)과 분사(Spray) 등으로 구분되는데, 양질의 도장을 하기 위해서 대다수의 업체에서는 분사형태의 분체도장을 하고 있다. 도장 시에 분사되는 도료와 유기용제 화합물이 알갱이 상태로 배출되므로 타 방식보다 휘발성유기화합물의 배출량이 크게 나타난다.

시료채취는 배출구와 도장시설내부, 부지경계에서 실시하였다. 배출구의 경우 복합악취 300 배, 지정악취 항목은 톨루엔이 2710.5 ppb

으로 가장 높았고, 그 다음으로 자일렌(752.6 ppb), 메틸에틸케톤(45.8 ppb), 뷰티르아세테이트(42.9 ppb)의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 도장시설내부의 경우 복합악취 100 배, 지정악취 항목은 톨루엔이 389.3 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 자일렌(22.0 ppb), 메틸에틸케톤(16.0 ppb), 메틸이소뷰티르케톤(1.1 ppb), 뷰티르아세테이트(0.6 ppb)의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취는 4배, 지정악취 항목 중 톨루엔은 불검출 ~ 83.0 ppb, 메틸에틸케톤은 불검출 ~ 19.2 ppb, 뷰티르아세테이트는 불검출 ~ 6.8 ppb의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장-7은 악취의 엄격한 배출허용기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 300 배로 적합에 해당하나 배출구 및 작업장 내부에서 고농도에 휘발성유기화합물이 발생되므로 악취물질도 작업위해요소로 인식하고 작업자의 작업환경 개선에 대한 노력이 필요하다. (Fig.

18)은 사업장-7의 도장시설 내부 모습이다. 벽면에 보이는 주황색 부분은 도장시설에서 도색 시 생산품 표면에 부착되지 않은 안료가 분체로 시설 내에 남아있는 상태이다. 안료가 덕트로 들어가지 않도록 부직포로 붙여 걸러주는 역할을 하고 있으나, 악취방지시설 내부에서도 다량의 안료가 묻어있는 것으로 보아 효율이 좋지는 않은 것으로 판단된다. 이러한 열악한 내부 환경은 작업자가 건강상 위해 가능성을 높이는 주요인이나, 도장 방법에 따라 도료 사용량의 변화폭이 커지므로 도료 및 시너 사용량에 대한 원천적인 저감 방법을 강구하여야 한다.

(Fig. 19)는 도장시설의 덕트 앞면에 붙어있는 부직포로 2달에 1번씩 교체하고 있다. 이 시설은 악취물질 저감을 도모하는 것이기는 하지만 직접적인 악취저감대책은 아님을 고려해야 한다. (Fig. 20)은 악취방지시설 내부에 활성탄 모습으로 표면에 주황빛 안료가 존재하고 있는 것을 알 수 있다.

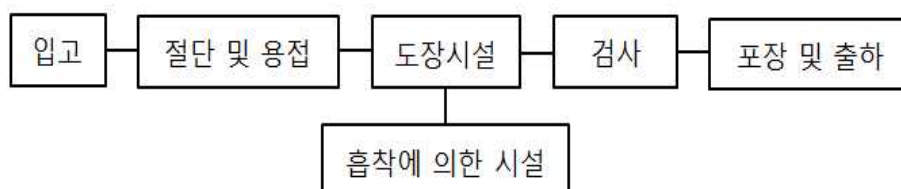


Fig. 17. Schematic of Metal Manufacturing

Table 19. The odor survey results of Company-7.

Survey point	Division	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Methyl isobutyl ketone	Butyl acetate	Total
	Threshold (ppb)	440	900	479	200	16	-
	Density (ppb)	103.6	2,710.5	752.6	45.8	42.9	-
Company-7	Expected odor intensity	0.2	3.0	1.6	0.2	2.7	7.7
	Odor contribution (%)	3.0	39.0	20.3	3.0	34.7	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 18. Painting facility of Company-7.



Fig. 19. Pigment attached to nonwoven fabric.



Fig. 20. Pigment attached to on activated Carbon



Fig. 21. Outlet of Company-7

(Fig. 21)은 배출구의 모습이다. 사업주가 악취를 저감하겠다는 목적으로 배출구를 U자 형태로 설계하였고 그 아래에 수조를 설치하여 배출되는 기체가 물에 접촉하면서 분체를 제거하는 흡수에 의한 시설 역할을 하고 있다. 사업주의 개선 방안에도 불구하고 배출구 주변 노면에 주황색 안료와 배출구의 악취분석 결과로는 효과가 미비한 것으로 판단되며, 근본적인 개선방안이 필요하다.

#### 4.3.8. 사업장-8

사업장-8은 금속조립구조재 제조 사업장으로 행거, 고정 장치 등 대형 주차시설의 철제 파이프 서포트를 생산하는 업체로서 악취 주요 배출과정으로는 도장공정, 건조공정이 신고되어 있으나, 악취는 주로 도장공정에서 발생하는 것으로 판단된다. 악취방지시설로는 흡착에 의한 시설(A/C Tower)이 설치되어 있었다. 본 사업장은 초기에는 담그기(Dipping)와 분사(Spray) 두 가지 방법을 사용하였으나, 사업방향이 전환되면서 담그기(Dipping) 방법만 사



용하고 있으며, 담그기 방법은 악취방지법 대상시설에 포함되지 않아 악취방지시설을 운영하고 있지 않았다.

시료채취는 사업장 내부와 도장시설부근, 부지경계에서 실시하였다. 사업장 내부는 복합악취 10 배, 지정악취 항목은 톨루엔이 39.8 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 자일렌(30.3 ppb), 메틸에틸케톤(24.0 ppb), 뷰티르아세테이트(5.8 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 도장시설부근의 경우 복합악취 30 배, 지정악취의 경우 톨루엔 519.8 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸에틸케톤(414.4 ppb), 자일렌(331.8 ppb), 뷰티르아세테이트(83.4 ppb)의 순이었으며, 기타 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취 4배였으며 기타 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 도장시설의 예상악취강도의 경우 뷰티르아세테이트 > 메틸에틸케톤 > 자일렌 > 톨루엔 순이었으며, 예상악취강도의 합은 7.4로서 이번 연구조사 사업에 참여한 사업장 중에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 이는 최소감지농도가 높은 항목인 휘발성 유기화합물 위주의 지정악취물질을 발생하기 때문에 예상악취강도의 합이 낮게 계산된 것으로 판단되며, 다른 사업장은 배출구의 예상악취강도를 계산하였으나, 이 사업장은 도장공정의 예상악취강도를 계산하였다는 차이점이 있다. 주요악취원인물질은 뷰티르아세테이트(기여도 70.2 %), 메틸에틸케톤(기여도 12.7 %)로 휘발성유기화합물의 기여도가 가장 높은 것으로 조사되었다.

사업장-8은 현재 악취발생사업장은 아니지만

시설 내부의 복합악취 및 지정악취 물질이 상당량 발생하는 곳으로 악취관리가 필요하다고 판단된다.

(Fig. 23)은 도장공정의 모습으로 연구조사 사업 시료 채취 시 작업 상태가 아니었음에도 복합악취가 30 배로 측정되었다. 따라서 작업 중인 상태에서는 복합악취가 더 높게 측정될 가능성이 높으며 이는 피해 인정기준을 고려했을 때 작업자의 건강상 위해 가능성이 높은 여건으로 작업자의 건강보호를 위해 신속한 저감 대책이 필요한 상황이다. (Table 18)은 중앙환경분쟁조정위원회에서 간단하게 악취의 피해 인정기준을 제안한 표로 사업장-8의 도장공정에서 복합악취 희석배수 수치가 어느 정도를 의미하는지 파악할 수 있다(울산대학교 산학협력단, 2008). 따라서 도장공정 상단에 국소흡인장치 등의 악취방지시설을 갖추고 좀 더 쾌적한 작업환경을 조성하여야 한다.

사진(Fig. 24, 25)은 건조공정의 외부와 내부의 모습이다. 담그기(Dipping) 방법을 사용하고 있으므로 도료의 날림은 없으나 휘발되는 유기오염물질, 미세먼지, 분진 등이 작업장 내부로 배출되고 있어 건강상 위해요인으로 작용하고 있으며, 건조공정 내부의 흡인시설에도 부착되어 흡인시설의 효율을 떨어뜨리므로 주기적인 관리를 요한다. 본 사업장은 법적으로는 악취발생시설을 사용하고 있지 않으므로 악취발생사업장은 아니지만 내부의 시설에서 높은 수치의 복합악취 및 지정악취물질이 발생하여 작업자의 건강상 위해 가능성이 높은 여건이므로 국소배출시설 등의 악취방지시설을 운영해야 하며, 악취방지법 관리대상에 포함시켜 관리해야 한다.



Table 20. The odor survey results of Company-8.

Survey point	Division	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Butyl acetate	Total
	Thresold (ppb)	440	900	479	16	-
Company-8	Density (ppb)	414.1	519.8	331.8	83.4	-
	Expected odor intensity	0.9	0.6	0.7	5.2	7.4
	Odor contribution (%)	12.7	7.8	9.3	70.2	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 22. Outlet of Company-8.



Fig. 23. Dipping Process of Company-8.



Fig. 24. Drying Process of Company-8.



Fig. 25. Inside of Drying Process.



Fig. 26. Schematic of Recycling of non-metallic raw materials

#### 4.3.9. 사업장-9.

사업장-9는 비금속원료재생업 사업장으로 폐타이어, 폐전선, 폐금속(폐모터) 등을 분쇄, 선별하는 작업을 한다. 악취발생시설로는 분쇄시설, 절단시설, 탈피시설, 선별시설, 보관시설 등이 있으며 악취방지시설로는 원심력집진시설, 여과집진시설 및 탈취제 살포 시설을 갖춘 배출구와 밀폐시설 및 탈취제시설을 갖춘 배출구로 총 2개가 있다. 시료채취는 배출구와 부지경계에서 실시하였다. 배출구-1의 복합악취는 10 배, 지정악취 항목은 암모니아 128.2 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸에틸케톤(50.0 ppb), 자일렌(45.4 ppb), 톨루엔(40.4 ppb), 메틸이소부티르케톤(34.5 ppb), 아세트알데하이드(10.5 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 배출구-2의 복합악취는 10배, 지정악취 항목은

의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 10 배로 적합에 해당한다.

사업장-9는 폐타이어, 폐전선등의 분쇄 및 절단이 주 공정으로 악취를 발생할만한 부분이 많지 않으며 사업장 내부의 청결도도 높은 상태로 악취 및 비산먼지 등에 대한 관리가 잘 되고 있는 사업장으로 판단된다. 사업장-10은 비금속원료재생업 사업장으로 폐합성수지 재활용 사업이다. 악취발생시설로는 용융(압출)시설, 분쇄시설, 탈수시설, 보관시설 등이 있으며 악취방지시설로는 흡착에 의한 시설을 갖춘 배출구

암모니아가 449.6 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸이소부티르케톤(89.1 ppb), 톨루엔(43.2 ppb), 자일렌(43.0 ppb), 메틸에틸케톤(28.3 ppb), 아세트알데하이드(7.7 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취는 3 배, 지정악취 항목 중 메틸에틸케톤은 1.8 ~ 8.3 ppb, 톨루엔은 14.8 ~ 22.4 ppb, 자일렌은 30.9 ~ 36.1 ppb, 메틸이소부티르케톤은 2.3 ~ 22.1 ppb이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 예상악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 암모니아 순이었으며, 예상악취강도의 합은 16.0으로서 이번 연구조사 사업에 참여한 사업장 중에서 낮은 수치를 나타낸다. 주요 악취원인물질은 아세트알데하이드(기여도 57.0 %), 암모니아(36.2 %)로 조사되었다. 사업장-9는 악취와 여과집진시설, 탈취제살포시설을 갖춘 배출구로 총 2 개가 있다. 폐합성수지 재활용 업체의 대표적인 생산공정은 폐합성수지를 세척과 분쇄공정을 거쳐 폐합성수지 조각을 중간제품으로 생산하는 공정과 분쇄 플라스틱을 용융(압출)가공을 거쳐 펠렛 제품으로 생산하는 공정으로 구분되며 선별, 분쇄, 용융(압출) 공정이 주요 악취발생공정이다. 시료채취는 배출구-1과 사업장 내부, 부지경계에서 실시하였다. 배출구-2는 악취시료를 채취하기 부적절한 환경이어서 시료채취를 하지 못했다.

Table 21. The odor survey results of Company-9.

Survey point	Division	Ammonia	Acet aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Methyl isobutyl ketone	Total
	Thresold (ppb)	100	2.0	440	900	479	200	-
	Density (ppb)	577.8	18.2	78.3	83.6	88.4	123.6	-
Company-9	Expected odor intensity	5.8	9.1	0.2	0.1	0.2	0.6	15.6
	Odor contribution (%)	36.2	57.0	1.1	0.6	1.2	3.9	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 27. Inside of Company-9

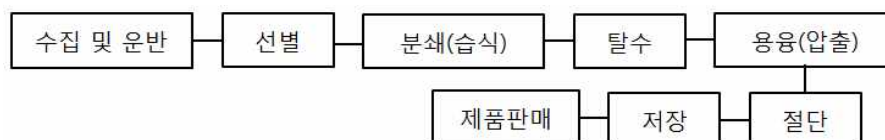


Fig. 28. Schematic of Recycling of non-metallic raw materials(melting and extrusion).

#### 4.3.10. 사업장-10

배출구-1의 복합악취는 300 배, 지정악취 물질은 스타이렌이 865.4 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 암모니아(438.0 ppb), 톨루엔(123.8 ppb), 아세트알데하이드(105.3 ppb), 자일렌(101.1 ppb), 메틸에틸케톤(24.4 ppb), 프로피온알데하이드(6.8 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 작업장 내부의 경우 복합악취는 4 배, 지정악취 물질은 톨루엔이 31.4 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 자일렌(27.0 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취는 3 배, 지정악취 항목 중 메틸에틸케

톤은 24.9 ~ 26.7 ppb, 톨루엔은 63.2 ~ 69.7 ppb, 자일렌은 24.9 ~ 30.5 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 예상악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 스타이렌의 순이었으며, 예상악취강도의 합은 89.7로서 이번 연구조사 사업에 참여한 사업장 중에서 낮은 수치를 나타내었다. 주요악취원인물질은 아세트알데하이드(기여도 58.7 %), 스타이렌(기여도 32.2 %)로 알데하이드와 휘발성유기화합물의 기여도가 높은 것으로 조사되었다. 이는 용융(압축)시 폐플라스틱의 열분해용융과정에서 생성된 가스와 흠에 의한 것으로 판단된다. 사업장-10은 악취의



엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 300 배로 적합에 해당한다.

(Fig. 29)은 사업장-10의 내부 모습이다. 사업장 내부가 밀폐되어있지 않아 비산먼지, 분진 등이 외부로 배출되고 있다. 또한 국소배기시설의 추가 설치가 필요하며, 설치되어있는 배기시설의 상태가 불량하고, 가스, 증기, 타르 등의 이물질이 쌓여 화재 등의 위험성도 높다. 이는 사업장-10에만 해당하는 상황이 아닌 대

부분의 폐합성수지 재활용시설에 해당한다. 참고로 폐합성수지 재활용시설을 운영하는 대부분의 사업장에서 악취포집시설의 일반적인 운영현황은 다음과 같다. 밀폐 및 포집이 양호한 시설은 22 %에 불과하고, 대부분이 포집이 불량하다. 주요원인으로는 포집시설의 설계용량 부족 47 %(낮은 포집풍량 33 %, 풍량부족 14 %), 포집덕트 설치불량(19 %), 국소배기시설 미비 등이 있다(환경부, 2015).

Table 21. The odor survey results of Company-10.

Survey point	Division	Ammonia	Acet aldehyde	Propion aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Styrene	Total
	Thresold (ppb)	100	2.0	2.0	440	900	479	30	-
Company -10	Density (ppb)	438.0	105.3	6.8	24.4	123.8	101.1	865.4	-
	Expected odor intensity	4.4	52.7	3.4	0.1	0.1	0.2	28.8	89.7
	Odor contribution (%)	4.9	58.7	3.7	0.1	0.2	0.2	32.2	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 29. Inside of Company-10

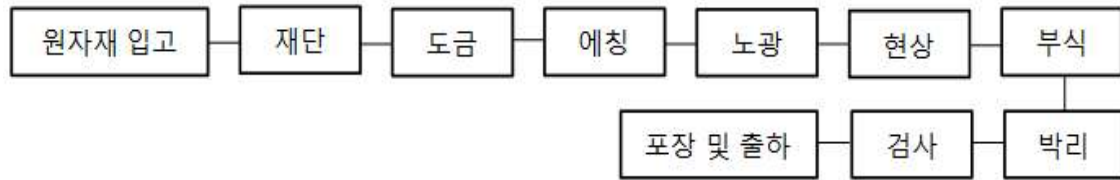


Fig. 30. Schematic of Printed Circuit Board Factory.

비금속 원료재생업 산업은 대체로 영세한 사업장이 많아 발생된 미세먼지, 분진 등이 내부로 확산되어 작업자의 건강에 위험요소가 될 수 있다. 더구나 폐합성수지의 용융(압출)공정을 포함하는 원료재생업 사업장은 폐합성수지의 재활용과정에서 발생하는 가스, 타르, 흙 등 건강에 직접적인 위해요인이 존재하므로 작업공정의 밀폐화, 악취배출원에 따른 적절한 악취포집시설의 설치 운영 등의 대책이 필요하다.

#### 4.3.11. 사업장-11

사업장-11은 인쇄회로기판 제조업 사업장으로 전자부품중의 하나인 PCB(Printed Circuit Boards) 제조공정으로 주요 악취 발생시설은 금속 표면의 불필요한 부분은 부식시켜서 제거하는 에칭시설(부식시설), 노광 후 비 경화부분을 현상액으로 용해, 제거하여 경화부분을 남게 하여 기본회로를 형성하는 현상시설, 회로가 형성된 기판 위에 남아있는 성분을 알칼리약품으로 제거하는 박리시설 등이 있으며, 악취방지시설로는 흡수에 의한 시설이 있다. 시료채취는 배출구 2개(부식라인, 인쇄라인), 사업장 내부(부식라인, 인쇄라인), 부지경계에서 실시하였다. 배출구-1은 부식라인에 연결된 배출구로 복합악취는 30.0배, 지정악취 항목은 암모니아가 211.6 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸에틸케톤 199.6 ppb, 톨루엔 20.6 ppb, 자일렌 19.4 ppb, 아세트알데하이드 11.1 ppb, 황화수소 1.2 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 배출구-2는 인쇄라인에 연결된 배출구로 복합악취는 10 배, 지정악취 항목은 암모니아가 220.6 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 자일렌 47.7 ppb, 톨루엔

46.7 ppb, 메틸에틸케톤 30.3 ppb, 아세트알데하이드 13.0 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 내부 라인 중 부식라인은 복합악취는 5 배, 지정악취 항목은 톨루엔 26.6 ppb, 자일렌 16.6 ppb의 순이었으며 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 내부 라인 중 인쇄라인은 복합악취는 6 배, 지정악취항목은 톨루엔 13.8 ppb, 자일렌 13.2 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취는 3 배, 지정악취 항목 중 메틸에틸케톤은 불검출 ~ 22.3 ppb, 톨루엔은 32.2 ~ 32.3 ppb, 자일렌은 25.7 ~ 31.4 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부식라인 배출구에서는 부식라인에서 지정악취 물질의 농도는 낮았으나 염소취가 심하게 났다. 이는 방지시설에 흡수액을 과하게 사용하여 오히려 흡수액이 악취의 원인으로 작용한 것으로 판단된다. 사업장 내부에서는 5 ~ 6 배의 복합악취가 발생하였으나 (Fig. 31, 32)에서 볼 수 있듯이 공정의 밀폐화가 잘 이루어져 있고, 공정별 개별 국소포집시설이 갖추어져 있었다.

예상악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 암모니아 순이었으며, 예상악취강도의 합은 19.5로서 이번 연구조사사업에 참여한 사업장 중에서 낮은 수치를 나타내었다. 주요악취원인물질은 알데하이드(기여도 61.8 %), 암모니아(22.2 %)로 알데하이드의 기여도가 높은 것으로 조사되었다. 사업장-11은 악취의 엄격한 배출허용기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 300 배로 적함에 해당한다.

Table 22. The odor survey results of Company-11

Survey point	Division	Ammonia	Hydrogen sulfide	Acet aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Thresold (ppb)	100	0.5	2.0	440	900	479	-
Company-11	Density (ppb)	432.2	1.2	24.1	229.9	67.3	67.1	-
	Expected odor intensity	4.3	2.4	12.1	0.5	0.1	0.1	19.5
	Odor contribution (%)	22.2	12.3	61.8	2.7	0.4	0.7	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 31. Corrosion line of Printed Circuit Board Factory



Fig. 32. Printing line of Printed Circuit Board Factory

#### 4.3.12. 사업장-12

사업장-12는 인쇄회로기판 제조업 사업장으로 악취배출시설로는 도금시설, 산처리시설, 탈지시설, 알칼리처리시설 등이 있으며, 악취방지시설로는 흡수에 의한 시설이 있다. 시료

채취는 배출구 3 지점, 사업장 내부 2 지점, 부지경계에서 실시하였다. 배출구-1은 사업장 1층에 있는 패턴도금, 에칭, 무전해도금, 디스미어 공정과 연결된 배출구로서 복합악취는 300 배, 지정악취 항목은 암모니아 5,774.0 ppb로

가장 높았고, 그 다음으로 아세트알데하이드 55.1 ppb, 메틸에틸케톤 33.4 ppb, 톨루엔 25.4 ppb, 자일렌 18.1 ppb, 프로피온알데하이드 13.0 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 배출구-2는 사업장 2층에 있는 판넬도금 공정과 연결된 배출구로서 복합악취는 100 배, 지정악취 항목은 암모니아 2,648.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 톨루엔 294.0 ppb, 자일렌 28.6 ppb, 아세트알데하이드 22.6 ppb, 메틸에틸케톤 8.0 ppb, 프로피온알데하이드 6.8 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 배출구-3은 폐수처리시설과 연결된 배출구로서 복합악취는 100 배, 지정악취 항목은 암모니아 2,143.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸에틸케톤 205.0 ppb, 톨루엔 100.2 ppb, 자일렌 98.5 ppb, 아세트알데하이드 22.7 ppb, 프로피온알데하이드 7.9 ppb, 다이메틸설파이드 1.03 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 1층(패턴도금, 에칭, 무전해도금, 디스미어 공정)의 복합악취는 5 배이고, 지정악취 항목은 자일렌이 43.6 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 톨루엔 32.9 ppb, 메틸에틸케톤 28.3 ppb의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 2층(판넬도금, 산처리시설)의 복합악취는 5 배이고, 지정악취 항목은 자일렌이 44.3 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 톨루엔 37.4 ppb, 메틸에틸케톤 14.0 ppb의 순이었으

며, 기타항목은 미량 또는 불검출되었다. 부지 경계는 두 지점을 측정하였고 복합악취는 3 배, 메틸에틸케톤은 10.9 ~ 12.3 ppb, 톨루엔은 25.4 ~ 29.6 ppb, 자일렌은 22.6 ~ 35.4 ppb였으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다.

배출구-1의 경우 패턴도금공정, 에칭라인, 무전해 도금공정 등에서 염화암모늄, 염화구리, 폼알데하이드, 수산화나트륨, 타르타르산나트륨 등의 원료가 대량 사용되면서 복합악취와 암모니아, 알데하이드 등이 높게 검출되었고, 배출구-2의 경우 판넬공정, 산처리 시설 등에서 폴리옥시에틸렌 고급 지방족 알코올 등의 원료 사용으로 복합악취와 암모니아, 톨루엔 등의 휘발성유기화합물이 높게 검출되었다. 예상악취강도의 경우 암모니아 > 아세트알데하이드 순이었으며, 예상악취강도의 합은 181.3 이었다. 주요악취원인물질로는 암모니아(기여도 58.3 %), 아세트알데하이드(기여도 27.7 %), 프로피온알데하이드(기여도 7.6 %), 다이메틸설파이드(기여도 5.7 %)로 암모니아와 알데하이드의 기여도가 높게 조사되었다. 이는 사업장 1층(패턴도금공정, 에칭라인, 무전해 도금공정)의 공정에서 사용하는 원료에 의한 영향이 크게 작용한 것으로 판단된다. 사업장-12는 악취의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 300 배로 적합에 해당한다.

Table 23. The odor survey results of Company-12.

Survey point	Division	Ammonia	Dimethyl sulfide	Acet aldehyde	Propion aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Thresold (ppb)	100	0.5	2.0	2.0	440	900	479	-
Company -12	Density (ppb)	10,565.0	1.0	100.4	27.7	246.4	419.6	145.2	-
	Expected odor intensity	105.7	10.3	50.2	13.9	0.6	0.5	0.3	181.3
	Odor contribution (%)	58.3	5.7	27.7	7.6	0.3	0.3	0.2	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨





Fig. 33. Pattern plating process of Printed Circuit Board Factory.



Fig. 34. Panel plating process of Printed Circuit Board Factory.

사업장 내부에서는 5 배의 복합악취가 발생하였으나 (Fig. 33, 34)에서 볼 수 있듯이 국소 배기장치와 공간포집시설 등으로 악취배출특성에 적합한 포집방식을 선정하여 관리하고 있었다.

#### 4.3.13. 사업장-13

사업장-13은 인쇄롤러를 생산하는 도금업 사업장으로 악취발생시설로는 코팅시설, 현상시설, 탈지시설, 산처리시설, 도금시설 등이 있고 악취방지시설로는 흡수에 의한 시설이 있다. 사업장-13은 철실린더를 만드는 두 개의 도금 사업장과 공동악취배출시설을 사용하고 있다. 사업장-13과 공동악취배출시설을 사용하는 사업장은 산처리시설, 도금시설 등의 악취발생시설이 설치되어 있다.

시료채취는 배출구, 사업장내부, 부지경계에서 실시하였다. 배출구의 복합악취는 5 배, 지정악취 항목은 톨루엔 3677.1 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 암모니아(655.8 ppb), 자일렌 (43.7 ppb), 메틸에틸케톤(27.7 ppb), 아세트알데하이드(20.8 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 내부의 복합악취는 10 배, 지정악취 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취 3 배, 메틸에틸케톤 14.2 ~ 31.8 ppb, 톨루엔 126.4 ~ 218.7 ppb, 자일렌 43.6 ~ 44.0 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 예상악취강도의 경우 아세트알데하이드 > 암모니아 순이었으며, 예상악취강도의 합은 21.2로서 이번 연구조사사업에 참여한 사업장 중에서 낮은 수치는 나타내었다. 주요악



취원일물질은 아세트알데하이드(기여도 49.1 %), 암모니아(기여도 30.9 %), 톨루엔(19.3 %), 자일렌(0.4 %), 메틸에틸케톤(0.3 %)로 알데하이드와 암모니아의 기여도가 높은 것으로 조사되었다. 사업장-13의 경우 악취의 엄격한 배출 허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 10배로 적합에 해당한다. 사업장-13은 소규모 사업장으로 악취배출량이 많지는 않으나 현재 설치된 악취방지시설은 휘발성유기화합물의 처리에는 적합하지 않으므로 휘발성유기화합물의 제거를 위하여 흡착에 의한 악취방지시설을 전단에 설치하면 좋을 것으로 판단된다.

#### 4.3.14. 사업장-14

사업장-14는 알루미늄세시를 생산하는 도금업 사업장으로 악취발생시설로는 산처리시설,

알칼리처리시설, 도금시설 등이 있고 악취방지 시설로는 흡수에 의한 시설이 있다. 사업장-14는 알루미늄폴을 만드는 도금업 사업장과 공동 악취배출시설을 사용하고 있다. 사업장-14와 공동악취배출시설을 사용하는 사업장은 산처리시설, 알칼리처리시설, 도금시설 등의 악취 발생시설이 설치되어 있다. 시료채취는 배출구, 사업장내부, 부지경계에서 실시하였다. 배출구의 복합악취는 30 배, 지정악취 항목은 암모니아 319.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 메틸에틸케톤(67.7 ppb), 자일렌(42.3 ppb), 톨루엔(39.2 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 내부의 복합악취는 4 배, 지정악취 항목은 톨루엔 55.0 ppb로 가장 높았고, 그 다음으로 자일렌(38.6 ppb), 메틸에틸케톤(36.7 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다.

Table 24. The odor survey results of Company-13.

Survey point	Division	Ammonia	Acet-aldehyde	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Thresold (ppb)	100	2.0	440	900	479	-
Company-13	Density (ppb)	655.8	20.8	27.7	3,677.1	43.7	-
	Expected odor intensity	6.6	10.4	0.1	4.1	0.1	21.2
	Odor contribution (%)	30.9	49.1	0.3	19.3	0.4	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨

Table 25. The odor survey results of Company-14.

Survey point	Division	Ammonia	Methyl Ethyl Ketone	Toluene	Xylene	Total
	Thresold (ppb)	100	440	900	479	-
Company-14	Density (ppb)	319.0	67.7	39.2	42.3	-
	Expected odor intensity	3.19	0.2	0.0	0.1	3.5
	Odor contribution (%)	91.8	4.4	1.3	2.5	100.0

※ 기타 악취물질은 미량 또는 불검출됨



Fig. 35. Inside of Company-13.



Fig. 36. Inside of Company-14.

부지경계는 두 지점 측정하였으며, 복합악취 3 배, 지정악취 항목 중 메틸에틸케톤은 불검출 ~ 25.3 ppb, 톨루엔은 32.4 ~ 36.0 ppb, 자일렌은 39.8 ~ 42.6 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 예상악취강도의 경우 암모니아가 3.2로 가장 높았으며, 예상악취강도의 합은 3.5로서 이번 연구조사사업에 참여한 사업장 중에서 가장 낮은 수치는 나타

내었다. 주요악취원일물질은 암모니아 (기여도 91.8 %), 메틸에틸케톤(기여도 4.4 %), 자일렌 (2.5%), 톨루엔(1.3 %)로 암모니아의 기여도가 높을 것으로 조사되었다. 사업장-14의 경우 악취의 엄격한 배출허용 기준(공업지역, 배출구 복합악취가 500 배를 초과) 적용 시 배출구의 복합악취가 30 배로 적합에 해당한다.

사업장-14는 소규모 사업장으로 악취배출

량이 많지는 않으나 사업장 내부에 악취포집장치를 추가적으로 설치하면 작업자의 건강상 위해 가능성이 낮아질 것으로 판단된다.

#### 4.3.15. 사업장-15

사업장-15는 주물제품의 표면을 처리하는 도금업 사업장으로 악취발생시설로는 산처리공정이 있고 악취방지시설로는 흡수에 의한 시설이 있다. 시료채취는 배출구, 사업장내부, 부지경계에서 실시하였다. 배출구의 복합악취는 30 배, 지정악취 항목은 메틸에틸케톤(67.7 ppb), 자일렌(21.4 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 사업장 내부의 복합악취는 4 배, 지정악취 항목은 톨루엔(26.4 ppb), 메틸에틸케톤(18.9 ppb)의 순이었으며, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 부지경계는 두 지점 측정하였고 복합악취 3 배, 지정악취 항목 중 메틸에틸케톤은 16.2 ~ 21.6 ppb, 톨루엔은 19.8 ~ 22.9 ppb, 자일렌은 18.1 ~ 18.6

ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 악취의 엄격한 배출허용 기준 적용시 공업지역에 해당하므로 배출구의 복합악취가 500 배를 초과하는 경우에 부적합에 해당하며 배출구의 복합악취가 30 배로 적합에 해당한다.

사업장-15는 소규모 사업장으로 악취배출량이 많지는 않으며 사업장 내부에 국소포집덕트가 공정마다 설치되어 있어 악취관리가 잘 되고 있다.

#### 4.4. 악취실태조사 결과

본 연구조사사업은 악취실태조사 지점 중에서 검단일반산업단지 내부 및 주변 7 지점의 실태조사결과를 살펴보고자 한다. 악취실태조사는 매 분기별 복합악취 및 지정악취 22 항목에 대하여 실시하였으며 조사지점은 (Fig. 38)과 같다.



Fig. 37. Inside of Company-15.





Fig. 38. Odor Actual Investigation point.

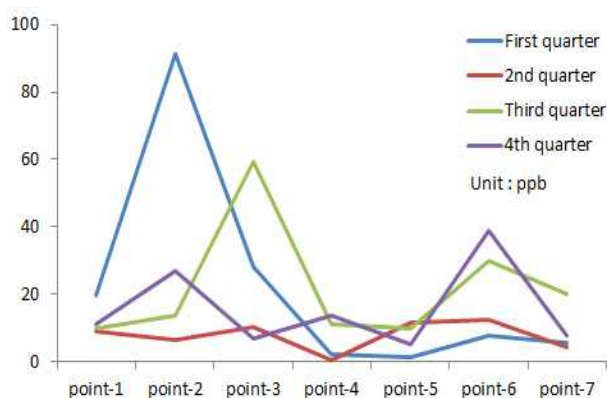


Fig. 39. Toluene concentration by Investigation point

악취실태조사 1분기의 복합악취는 3 ~ 4 배, 지정악취 항목 중 암모니아는 16.6 ~ 74.6 ppb, 황화수소는 불검출 ~ 4.12 ppb, 톨루엔은 1.1 ~ 91.4 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 2분기의 복합악취는 3 ~ 4 배, 지정악취 항목 중 암모니아는 45.1 ~ 118.5 ppb, 황화수소는 0.1 ~ 6.3 ppb, 아세트알데하이드는 2.8 ~ 4.5 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 3분기의 복합악취는 3 배,

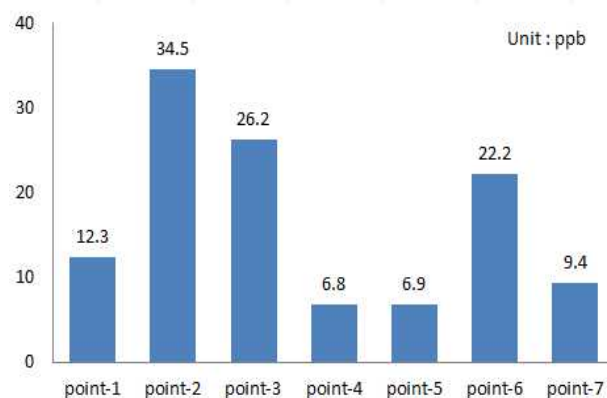


Fig. 40. Toluene Average by Investigation point

지정악취 항목 중 암모니아는 23.7 ~ 37.8 ppb, 아세트알데하이드는 1.2 ~ 4.5 ppb, 메틸에틸케톤은 2.5 ~ 55.2 ppb, 톨루엔은 9.6 ~ 59.4 ppb, 뷰티르아세테이트는 불검출 ~ 7.5 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다. 4분기의 복합악취는 3 배, 지정악취 항목 중 암모니아는 19.6 ~ 40.2 ppb, 아세트알데하이드는 1.8 ~ 3.7 ppb, 메틸에틸케톤은 0.5 ~ 29.7 ppb, 톨루엔은 5.0 ~ 39.0 ppb, 뷰티르아세테이트는 1.0 ~

6.6 ppb가 검출되었고, 기타항목은 미량 또는 불검출 되었다.

악취실태조사의 결과와 연구조사사업에 참여한 사업장 부지경계의 조사결과를 비교하면 복합악취 및 지정악취물질의 농도수준이 대부분 비슷하게 측정되었으나, 사업장-10의 톨루엔 수치가 63.2 ~ 69.7 ppb, 사업장-13의 톨루엔 수치가 126.4 ~ 218.7 ppb로 측정되어서 높은 경향을 나타내었다. 이는 각 사업장에서 사용하는 원료에서 발생한 물질로 판단되며 엄격한 악취배출 허용기준 적용 시 부지경계에서 적합한 수준을 보이지만 적절한 악취방지시설의 사용으로 배출농도를 낮추면 더 좋을 것으로 판단된다.

검단일반산업단지의 악취실태조사 최소감지농도 이상 검출되는 항목은 암모니아(최소감지농도 100.0 ppb), 황화수소(최소감지농도 0.5 ppb), 아세트알데하이드(최소감지농도 2.0 ppb)가 있었으며, 그 이외의 항목은 검출되어도 최소감지농도 이하로 검출되었다.

#### 4.5. 모델링

본 연구조사사업에서는 복합악취와 배출량 자료로 이용하여 대기확산모델인 CALPUFF 모델을 악취에 적용 평가하여 전반적인 악취분포 현황을 파악하였다.

대기확산모델은 오염물질의 확산 방정식을 이용하여 수용지점에서의 오염물질 농도를 계산하는 방법으로 적용되는 확산에 따라 대기오염 확산 평가의 정확도 및 특성이 결정된다. CALPUFF 모델은 시·공간에 따른 바람장의 변화를 puff의 이동으로 나타낼 수 있기 때문에 비정상상태(Unsteady state)를 구현할 수 있으며 유체의 흐름을 정상상태로 가정하여 수행하는 ISCST 모델 보다 시간에 따른 풍향 및 풍속의 변화를 더 정확히 확산에 반영할 수 있는 장점이 있다. 따라서 복잡한 지형에서의 산곡풍이나 해안가에서의 해륙풍 순환과 같은 급격

한 바람장의 변화를 나타내는 지역에 유용하게 적용될 수 있다(김종보, 2011). 즉 기존의 Gaussian 모델이 반영하지 못하는 해안가에서의 Fumigation 현상 등을 고려할 수 있어 해안 지역에 위치하고 해륙풍 순환에 영향을 받는 검단일반산업단지의 풍하 측 악취농도 예측에 적합한 모델이다.

악취 모델링에서의 배출량 산정은 두 가지 방법을 고려해 볼 수 있다. 주요 지정악취물질 중 한 성분의 농도를 조사한 후 배출속도를 곱하여 배출량을 산정하는 방법과 현행 악취방지법상 주 시험법인 공기희석관능법에 의해 산정된 복합악취를 활용하는 방법이다. 전자는 단일 성분만으로 복합물질의 감각오염인 악취를 객관적으로 평가할 수 없으나 지정악취물질의 확산 분포 현황을 파악이 가능한 후자의 복합악취는 수용체에서 느낄 수 있는 피해감과 동일한 냄새의 강도를 나타낼 수 있다.

(Fig. 41)은 CALPUFF 모델의 시뮬레이션 결과로 검단일반산업단지를 중심으로 배후 주거지역 및 수도권 매립지를 포함한 영역 내의 1시간 평균 최대농도 자료를 이용하여 구한 악취의 계절별 분포를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 2016 년 6 월 ~ 8 월(여름)까지의 복합악취의 1시간 평균 최대농도는 4.1 배로 가장 높았고 그 다음으로는 2016 년 3 월 ~ 5 월(봄)(2.1 배), 2016 년 9 월 ~ 11 월(가을)(2.1 배), 2015 년 12 월 ~ 2016 년 2 월(겨울)(1.5 배)의 순이었다. 이는 다른 계절보다 평균 기온이 24.8 °C로 가장 높고, 평균 풍속은 2.7 m/s로 가장 낮은 여름에 악취의 확산이 적게 이루어져 여름에 가장 높은 수치를 나타낸 것으로 판단된다. 또한 검단일반산업단지는 바다에 근접해 있어 해풍(남서풍)의 영향으로 복합악취가 동쪽으로 확산되는 것을 알 수 있다. 또한 지역적으로는 아스콘 사업장이 밀집한 구역을 중심으로 복합악취가 확산된다. 따라서 아스콘 사업장 주변으로 기본 방지시설의 점검과 고효율의 악취방지시설로의 교체가 이루어져야 할 것이다.





<Summer>



<Spring>



<Autumn>



<Winter>

Fig. 41. Modeling result of complex odor

## V. 결론

### 5.1. 배출구 복합악취 측정 결과

이번 연구조사사업에서 검단일반산업단지 내 15개 악취배출사업장 22 개소 배출구의 복합악취 항목의 측정결과 ‘인천광역시 악취의

엄격한 배출허용 기준 조례’의 ‘배출구 기준’을 초과하는 곳은 3 개 사업장의 배출구 4 개소가 해당한다. 또한 복합악취 300 배 이상에 해당하는 배출구는 10 개소로 업종별로는 아스콘 4개소, 인쇄회로기판 2 개소, 환경기초 시설 2 개소, 비금속원료재생업 1 개소, 금속제조업 1개소에 해당하였다.

## 5.2. 배출구 지정악취 측정 결과

이번 연구조사사업에서 검단일반산업단지 내 15개 악취배출사업장 22개소 배출구의 지정 악취항목의 측정결과 개별 물질의 총 합은 암모니아가 14.3 ppm으로 가장 높았고, 그 다음으로는 톨루엔(8.1 ppm), 황화수소(6.5 ppm), 아세트알데하이드(4.1 ppm)의 순으로 검출되었다. 암모니아, 황화합물 4 종, 알데하이드류 4 종, 휘발성유기화합물 6 종, 총 15 개 지정악취 물질이 검출되었다.

## 5.3. 지정악취물질 기여도 평가

지금까지의 조사 결과를 토대로 검단일반산업단지 내 악취배출사업장에 대한 사업장별 예상악취강도는 (Fig. 42)와 같다. 사업장별로 살펴보면 예상악취강도는 사업장-4가 2,906.0으로 가장 높았고, 그 다음으로 사업장-2(2417.5) > 사업장-3(1,539.8) > 사업장-1(859.5) > 사업장-5(566.9)의 순이었다. 특히 예상악취강도가 매우 높은 상위 5 개 사업장이 환경기초시설과 아스콘사업장으로 전체 악취예상강도 총합의 94.6 %에 해당하는 수치를 나타내므로 이들 사업장에 대해서는 집중적인 관리가 필요할 것으로 보인다. 전체 배출구에서 지정악취물질의 기여도를 살펴보면 황화수소가 62.1 %로 가장 높은 수치를 나타내고, 그 다음으로는 아세트알데하이드가 24.5 %를 나타내었다. 이는 예상악취강

도 산정 시 상위 사업장에서 배출되는 주요 악취물질과 비슷한 양상을 나타내었다. 또한 각 사업장 지정악취물질의 기여도 평가를 통해 선정된 업종별 주요악취원인물질은 (Table 26)과 같다.

## 5.4. 악취배출총량 평가

이번 연구조사사업 대상인 15 개 사업장의 배출구에서 배출되는 악취물질배출총량은 약 2,772,563 OU · m<sup>3</sup>/min으로 조사되었다. 앞에서 언급했던 바와 같이 일본 환경청 대기보전국에서 통계적으로 연구한 수치에 따르면 사업장에서 발생하는 총 악취발생량이 10<sup>5</sup> OU · m<sup>3</sup>/min 이상인 경우 악취물질이 반경 2 ~ 3 km 거리의 지역에 영향을 미치는 것으로 추정하고 있다. 이번 연구조사사업에 참여한 사업장의 악취배출총량과 비교해보면 사업장 5곳(아스콘사업장 3 개소, 금속제조업 1 개소, 인쇄회로기판 1 개소)이 10<sup>5</sup> OU · m<sup>3</sup>/min 이상의 악취를 발생하고 있으며 이는 연구조사사업 대상 사업장 전체 배출량의 약 90.4 %에 해당하는 2,507,742 OU · m<sup>3</sup>/min에 해당한다. 또한 해당사업장의 배출구 10 개 중에 ‘인천광역시 악취의 엄격한 배출허용 기준 조례’의 ‘배출구 기준’을 초과하는 곳은 2 개 사업장, 3 개 배출구이며 이들 악취발생량이 많은 사업장에 대한 ‘선택과 집중’이 필요하다고 판단된다.

Table 26. Major odor-causing substances.

classification	Major odor-causing substances
Environment basic facility	Hydrogen sulfide, Methyl mercaptan, Dimethyl sulfide
Ascon Factory	Hydrogen sulfide, Acetaldehyde, Propionaldehyde
Metalmanufacturing	Toluene, Xylene, Butyl acetate
Recycling of non-metallice raw material	Ammonia, Acetaldehyde, Styrene
PCBs	Ammonia, Acetaldehyde
Plating	Ammonia

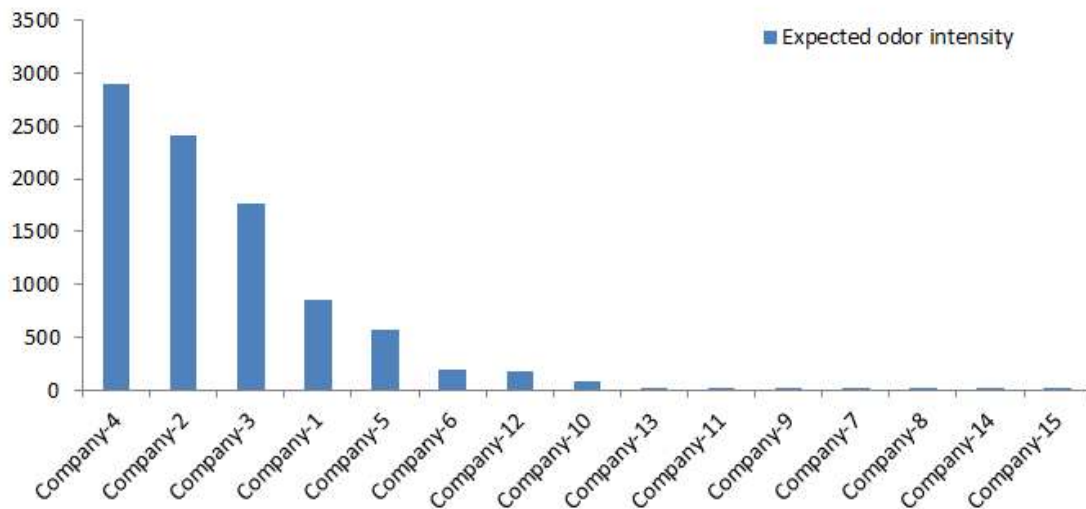


Fig. 42. Expected odor intensity.

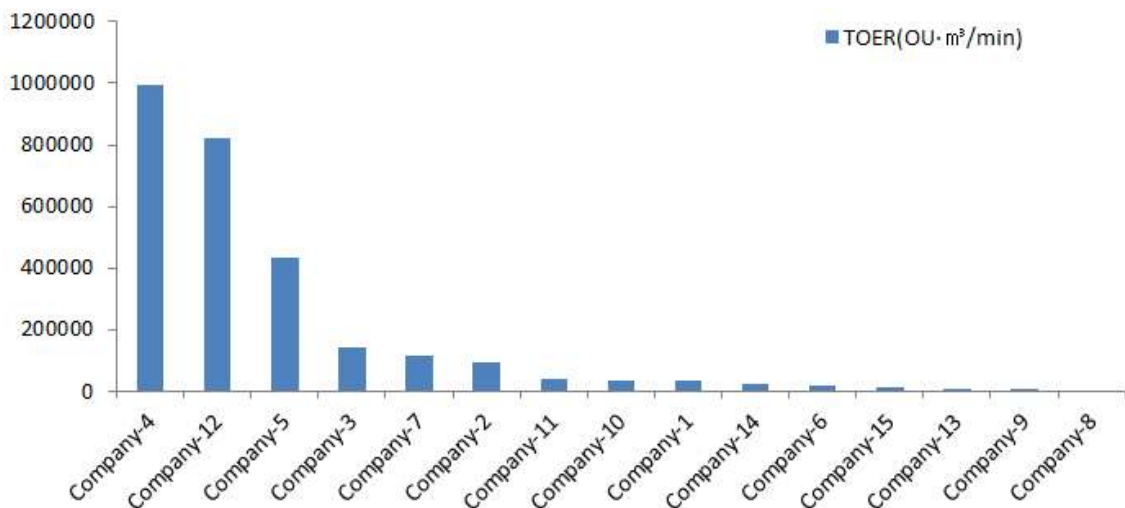


Fig. 43. Total Odor Emission Ratio.

## 5.5. 악취실태조사

2016년 검단일반산업단지 내 및 주변지역의 실태조사 실시 결과 복합악취는 3 ~ 4 배, 지정 악취 항목 중 암모니아는 16.6 ~ 104.2 ppb, 황화수소는 불검출 ~ 6.3 ppb, 트라이메틸아민은 불검출 ~ 0.3 ppb, 아세트알데하이드는 불검출 ~ 4.5 ppb, 스타이렌은 불검출 ~ 4.6 ppb, 메틸 에틸케톤은 불검출 ~ 55.2 ppb, 톨루엔은 0.4 ~ 59.4 ppb가 검출되었으며, 그 이외의 항목은 미량 또는 불검출 되었다. 특히 메틸에틸케톤의

경우 검단일반산업단지 내 및 주변지역 7개 지점의 평균값은 9.7 ppb이고, 전 지역(백석·오류·검단산단지역)의 평균은 5.1 ppb(전 지역 평균 수치는 2015년 악취실태조사결과), 자일렌의 경우 자일렌의 경우 검단일반산업단지 내 및 주변지역 7 개 지점의 평균값은 6.2 ppb이고, 전 지역(백석·오류·검단산단지역)의 평균은 4.5 ppb로 조사되어 타 산업단지에 비해 높은 수치를 나타내었다. 2015년 상반기부터 검단일반산업단지의 입주율이 높아지면서 휘발



성유기화합물의 농도가 증가하고 있으며, 타 산업단지에 비해 높은 휘발성유기화합물 농도를 나타내는 특징이 있다.

## 5.6. 사업장의 악취저감 대책

일반적으로 사업장의 악취대책을 말할 때 악취제거장치를 생각하는 경우가 많으나 악취의 특성상 한번 배출되면 주변에 영향이 없는 수준까지 저감하는 것이 매우 어렵기 때문에 악취가 발생할 수 있는 요인 자체를 줄여나가는 것이 무엇보다 중요하다.

### 5.6.1. 환경기초시설

검단일반산업단지 내 환경기초시설은 하수처리장과 폐수처리장이 있다. 폐수처리장은 하수, 폐수, 오수를 혼입 처리하여 효율이 떨어지는 상황이며, 또한 방지시설의 용량이 작아 악취제거가 완전히 이루어지지 않고 있을 뿐만 아니라 유량에 비해 적은 팬의 용량 때문에 배출되지 못한 배가스가 역류되어 주변지역으로 확산되어 사업장 부지 내로 악취가 퍼지고 있었다. 하수처리장은 주말, 공휴일 등 공장의 휴무에 따른 상주인구의 감소로 하·폐수의 발생량이 감소하여 하수처리시설로의 흐름이 원활하지 않아 관로에 정체되고 부패하여 발생한 악취로 인하여 처리장이 정상 가동될 때 악취강도가 높아지는 특징을 보인다. 한편, 하수처리시설의 증설공사 사업이 진행 중이며, 지상에 있던 악취를 유발하는 시설이 모두 지하에 조성될 예정이므로 악취 등의 환경 개선이 기대된다.

### 5.6.2. 아스콘사업장

아스콘사업장은 검단일반산업단지의 악취발생량의 큰 부분은 차지하고 있어 복합악취로 악취배출총량 평가와, 지정악취 물질로 예상악취강도 평가에서 아스콘 사업장의 집중적인 악취관리를 언급한 바 있다.

우선, 아스팔트 저장시설에서 입고 시 발생하는 악취를 저감하기 위해서 배기구에 역화방지기를 설치하여 악취 배출을 최소화하고 배출가스는 캐노피후드로 포집 후 악취방지시설로 제거하여야 하며, 재생골재건조시설은 건조온도를 100 ~ 120 ℃로 낮추어 악취 발생을 저감하거나 혼합기 내부에 별도의 유인송풍기를 부착하여 흡입된 공기는 건조기로 보내어 완전 산화시켜야 한다. 출하를 위한 적재실에서 악취를 흡입 처리하고 있으나 협소하여 밀폐가 제대로 이루어지지 않아 외부로 배출되고 있어 차량 적재 시 완전 밀폐가 가능하도록 적재실을 확충 및 전·후단에 에어커튼을 보강 설치하여야 하며, 아스콘수송차량의 적재함을 완전 밀폐하고 가스를 흡입처리 할 수 있는 장치를 설치 등 악취 배출을 최대한 억제하는 방법을 강구해야 한다.

악취방지시설의 경우 흡수에 의한 시설은 세정수의 오염 및 교체주기에 대한 관리, 약액의 선택에 대한 전문적인 관리가 필요하다. 흡착에 의한 시설은 흡착제의 충전량 및 교체주기에 대한 정확한 판단으로 방지시설에 관한 관리를 강화하여야 한다.

### 5.6.3. 금속조립구조제 제조 사업장

금속조립구조제 제조 사업장의 도장 및 건조 공정은 휘발성유기화합물에 의한 악취와 분체임자 등이 배출되고 있으며, 열악한 내부 환경은 작업자의 건강상 위해 가능성을 높이는 주요인이다. 도장 방법에 따라 도료사용량의 변화폭이 커지므로 도료 및 시너 사용량에 대한 원천적인 저감 방법을 강구하여야 하고, 도장 및 건조 방법에 따른 국소포집장치의 점검(포착속도, 반응속도, 압력손실 등)과 점착성 물질처리를 위한 전처리 설비를 갖추어야 할 것으로 판단된다.

### 5.6.4. 비금속원료재생업 사업장

비금속원료재생업 사업장은 파쇄, 분쇄 공

정과 용융(압출) 공정에 따라 악취 배출특성 및 발생량에도 큰 차이가 나타난다. 파쇄만 있는 사업장은 악취 발생이 적으나, 용융(압출)공정이 있는 사업장은 폐플라스틱의 열분해 용융과정에서 가스와 흙 등이 발생한다. 또한 원료재생업 산업은 대체로 영세한 사업장이 많아 발생된 유해가스가 배출되지 못하고 내부로 확산되어 작업자의 건강에 직접적인 위험요소가 될 수 있다. 따라서 작업공정의 밀폐화 및 악취배출원에 따른 적절한 국소 악취포집장치를 설치하고 검댕 등이 악취방지장치로 넘어오지 않도록 전처리시설을 갖추도록 한다.

#### 5.6.5. 인쇄회로기판 제조업 사업장

인쇄회로기판 제조업 사업장은 공정의 밀폐화가 잘 이루어져 있고, 공정별 개별 국소포집시설이 갖추어져있어 모든 내부의 악취 포집효율이 높아 악취가 거의 없는 환경이다. 그럼에도 배출구에서 고농도의 복합악취가 발생하는 것은 방지시설에서 흡수액을 장시간 사용하여 오히려 흡수액이 악취의 원인으로 작용했거나 다른 요인이 있을 것으로 생각된다. 따라서 악취방지시설의 기술검토를 통해 보수 또는 교체가 필요한 것으로 판단된다.

#### 5.6.6. 도금업 사업장

도금업 사업장은 간소한 공정 및 열악한 내부시설에도 불구하고 타 악취배출 사업장에 비해 악취배출량이 적으나 관리가 제대로 이루어지지 않아 사업장 내부에 국소적 포집장치의 관리 및 개인 안전에 대한 인식이 필요하고, 발생하는 악취물질에 적절한 악취방지시설의 추가적 설치가 필요한 것으로 판단된다.

#### 5.6.7. 기타

악취물질 처리를 위한 방지시설의 관리가 미흡할 경우 악취발생원으로 작용하므로 사업장은 청소점검 등 기본관리부터 철저히 해야

한다. 고도의 기술을 요하는 경우에는 전문기관에 방지시설 위탁관리에 대해서도 긍정적인 검토가 필요하다. 악취 포집을 위한 시설 용량이 부족한 경우 기타 경로(작업장, 창문 등)로 악취가 확산되므로 설계유량 대비 포집 유량의 적절성을 확인해야한다. 기존 시설은 주기적으로 전·후단 악취농도 및 풍량 측정을 통해 포집처리효율을 모니터링 해야 한다. 신규 시설의 설치 시에는 가급적 복합형 악취방지시설을 권장하며 부실방지시설을 미연에 방지하기 위해서 명확한 Guarantee를 제시하고 확인해야 한다.

### 5.7. 결론

본 연구조사사업은 검단일반산업단지의 악취배출사업장에 대한 배출특성을 파악하고 발생원에 대한 효과적인 관리방안을 도출하여 악취저감 대책 수립을 위한 기초자료로 활용되고자 한다. 본 연구조사사업에서 제시한 주요 악취배출사업장에 대한 ‘선택과 집중’ 관리와 업장별로 파악된 악취배출특성을 통하여 적절한 악취 저감 방안을 수립하고 적극적으로 악취를 줄여 바람직한 산업단지의 환경관리 대책으로 활용하고자 한다.

## Ⅵ. 참고문헌

1. 환경부, 2012, 악취관리편람.
2. 악취법령연구회(일본), 1996, 핸드북 악취방지법.
3. 순천제일대학 그린전남환경종합센터, 2006, 금호타이어(주) 광주공장 악취실태 조사보고서.
4. 한국산업단지공단, 2016, 한국산업단지 총람.
5. 국립환경과학원, 2007, 악취공정시험법(환경부고시 제2007-17호).
6. 환경부, 2001, 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구.

7. 김시영 (2006). 유기성폐기물 자원화시설로부터 발생하는 악취물질 발생특성, 부경대학교.
8. 민태홍 (2006). 산업단지 악취조사 및 평가에 관한 연구, 우송대학교 대학원.
9. 유미선, 양성봉, 안성수 (2005). 흡착열탈착 장치와 GC/MS를 이용한 휘발성 유기화합물의 분석과 악취 원인 성분의 예측, *Analtical Science & Technology*, Vol.15, No1.
10. 국립환경과학원, 2004, 총량규제 대상 사업장의 대기오염물질 배출총량 산정·평가방법 최적화 연구.
11. 박정호, 이형천 (2016). 악취 배출구의 합리적인 배출규제를 위한 사례연구, *Journal of 서구지역 악취 배출원조사 및 저감방안 연구*
17. 유희중, 최준호, 임중성, 박선영, 조영민, 강희규 (2014). 아스콘 제조과정 중 발생하는 악취분석 및 개선방안 연구, 인천보건환경연구원
17. 인천보건환경연구원, 2013, 악취배출오염원 특성 조사연구(서부지역을 중심으로)
18. 서병량, 정경훈, 허당, 고오석, 전준민, 서성규, 전기석 (2005), 여수 석유화학단지지역 악취성 알데하이드류의 농도 경향, 한국냄새  
Environmental Science International 25(1), 115~161.
12. 유미선, 양성봉, 이오근 (2002). 화학공장악취배출량으로부터 간이 악취 영향도 예측 사례, 한국환경과학회지 제 11권(제4호), 383~389.
13. 한국환경공단, 2016, 인천시 서구 일원 악취취약지역 악취기술지원 결과.
14. 한국환경공단, 2016, 악취방지법의 이해 및 악취 방지기술.
15. 일본 환경청 대기보전국 대기생환환경실, 1998, 냄새의 용어와 해설, (사)취기대책연구협의회.1998
16. 인천지역환경기술개발지원센터, 2003, 인천새환경학회, p154~p162
19. 울산대학교 산학협력단, 2008, 배출원을 기준으로 한 악취피해조사 및 배상액 추정방안에 관한 연구
20. 환경부, 2015, 악취방지계획 수립 방안 마련 가이드북(폐합성수지 재활용업)
21. 김종보, 김태화, 류형열, 김상훈, 정상진, 2011, CALPUFF Model을 이용한 시화공단의 악취관리방안에 관한 연구.