


## 대구시 서구 산업단지 주변 지역의 악취오염도와 악취감시시스템 운영 평가

이명숙\*  · 김종록 · 강동훈 · 조항욱 · 권병윤\*\* · 김은덕\*\*\* ·  
이찬형\*\*\* · 송희봉\*\*\*† · 신상희†

대구광역시보건환경연구원, \*대구광역시 상수도사업본부 고산정수사업소,  
\*\*대구광역시 상수도사업본부 매곡정수사업소, \*\*\*대구광역시 상수도사업본부 수질연구소

### Evaluation of the Odor around an Industrial Complex Area and the Operational Effects of the Odor Monitoring System in Seo-gu, Daegu City

Myeong-Sug Lee\*, Jong-Lok Keum, Dong-Hoon Kang, Hang-Wook Jo, Byoung-Youne Kwon\*\*,  
Eun-Deok Kim\*\*\*, Chan-Hyung Lee\*\*\*, Hee-Bong Song\*\*\*†, and Sang-Hee Shin†

*Public Health and Environment Institute of Daegu Metropolitan City*

*\*Gosan Purification Plant, Waterworks Headquarters Daegu Metropolitan City*

*\*\*Maegok Purification Plant, Waterworks Headquarters Daegu Metropolitan City*

*\*\*\*Water Quality Research Institute of Waterworks Headquarters Daegu Metropolitan City*

#### ABSTRACT

**Objectives:** This study evaluated the odor around an industrial complex area (#1-#5) and the operational effects of the Odor Monitoring System in Seo-gu in Daegu City.

**Methods:** Samples were collected from November 2012 to December 2018 and were analyzed for complex odor. The odor occurrence rate and the odor reduction rate were calculated.

**Results:** In 2018, the mean concentration of complex odor decreased 20.9% and the odor occurrence rate decreased from 65.0 to 27.5% around the industrial complex area (#1-#5) in Seo-gu compared to 2013. After the operation of the Odor Monitoring System, the standard excess rate (3.0%→40.8%) and the excess concentration of complex odor (1,442→4,304) increased at odor-emitting workplaces. In addition, the mean concentration of complex odor (15.9%) and the odor occurrence rate (60.6%→32.9%) around the industrial complex area (#1-#5) and the number of odor complaints (23.4%) in Seo-gu decreased.

**Conclusion:** In order to reduce the odor around the industrial complex area, it is important to improve the odor emitting facilities. The Odor Monitoring System uses scientific and systematic monitoring methods that can help control and manage the odor emission facilities.

**Key words:** Complex odor, standard excess rate, odor complaints, odor occurrence rate

†Corresponding author: Water Quality Research Institute of Waterworks Headquarters Daegu Metropolitan City, 176 Dangan-ro, Dalseo-gu, Daegu 42650, Korea, Tel: +82-53-670-2600, Fax: +82-53-670-3905, E-mail: newmans@korea.kr

†Co-corresponding author: Public Health and Environment Institute of Daegu Metropolitan City, 215 Muhak-ro, Suseong-gu, Daegu 42183, Korea, Tel: +82-53-760-1270, Fax: +82-53-760-1333, E-mail: sophia04@korea.kr

Received: 8 December 2020, Revised: 18 December 2020, Accepted: 21 December 2020

## I. 서 론

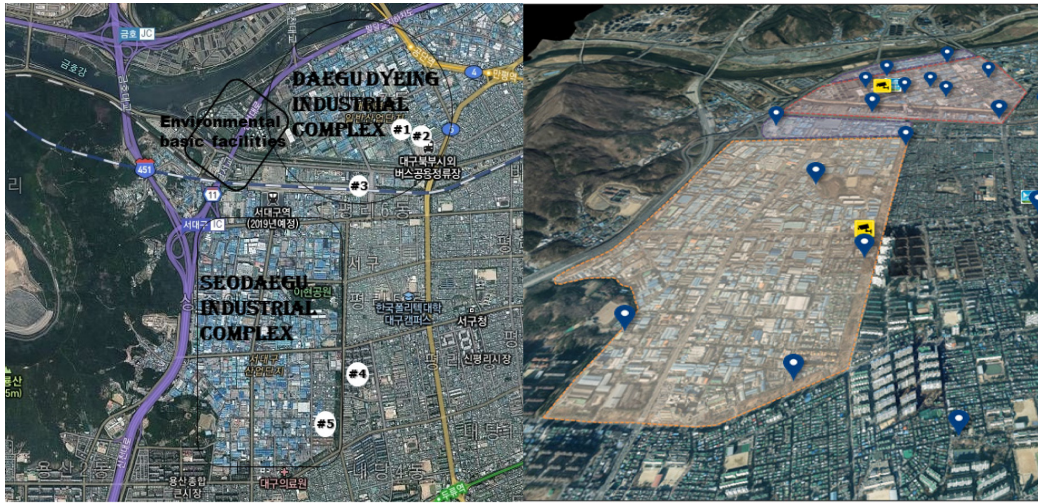
악취는 사람에게 특정냄새 자체로 심리적·정신적 피해와 건강상의 피해를 주는 감각오염의 한 형태로 발생물질의 종류와 배출원이 다양하다. 그리고 여러 물질이 복합적으로 작용하며 생활환경과 사람의 심리상태에 따라서 오염에 대한 인식이 달라지는 특성이 있어, 다른 대기오염물질과는 달리 발생원을 효과적으로 관리하고 저감 대책을 수립하는 데에 어려움이 있다.<sup>1)</sup> 대구광역시의 8개 구·군 중 중서부에 위치한 서구는 다른 지역에 비해 악취 민원이 많은 지역인데, 이는 도심 인근에 산업단지(대구염색산단 등)와 환경기초시설(하·폐수처리장 등)이 위치하고 있기 때문이다. 악취 민원은 주로 봄에서 가을 사이에 많이 발생하고 있으며, 지리적 조건과 기상상태 등에 밀접한 관계가 있어<sup>2)</sup> 악취 저감을 위해서는 지역의 환경적인 영향인자들을 파악해 볼 필요가 있다. 악취 민원의 특징은 불쾌한 냄새가 난다는 수준에서 나아가 호흡기가 아프거나 구토와 어지러움 등의 증세들을 호소한다.<sup>3)</sup> 특히 악취에 민감하게 반응하는 천식 및 알레르기 환자의 경우에는 악취에 단시간 노출되었다 하더라도 오랜 시간 동안 건강상의 피해를 입을 수 있어,<sup>1)</sup> 악취로 인한 피해를 줄려면 악취 발생원에 대한 특성 파악과 관리가 매우 중요하다. 서구에 있는 환경기초시설에 대한 악취 연구결과를 살펴보면, 2015년에는 환경기초시설 6곳(폐수처리장 3곳, 하수처리장 2곳, 음식물류폐기물처리시설 1곳)의 부지경계선에 대한 연구에서는 폐수처리장이 하수처리장이나 음식물류폐기물처리시설에 비해 악취강도가 높았고,<sup>4)</sup> 2016년에는 환경기초시설 중 악취강도가 가장 높았던 폐수처리장(공단1A)의 각 공정에 대한 악취 연구에서는 침사조가 다른 공정에 비해 악취강도가 높았다.<sup>5)</sup> 또한 하수처리장의 각 공정별 악취 연구에서는 B하수처리장(2017년)은 1차침전조,<sup>2)</sup> D하수처리장(2018년)은 최종침전지가 다른 공정에 비해 악취강도가 높았다.<sup>6)</sup> 그리고 4년간의 연구에서 환경기초시설의 주요 악취 원인 물질은 모두 황화수소였다. 이 물질은 산업단지 내 다림질공정, 염색공정과 코팅공정에서 발생되어 세정방식으로 제거된 후 공동폐수처리장으로 유입<sup>7)</sup>되는 등 산업단지와 환경기초시설 모두에서 발생하였다. 최근 4년(2015~2018년)간 서구지역의 악취 민원을 분

석해 본 결과, 산업단지로 인한 민원이 60.7% (413/680건)로 환경기초시설의 39.3% (267/680건)보다 훨씬 많았다.<sup>8)</sup> 특히 대구염색산단 등의 섬유염색 및 가공업에서 발생하는 악취는 인근지역 뿐 아니라 먼 곳에서도 악취 감지가 가능해 악취배출시설에 대한 개선과 관리가 무엇보다 중요하다. 그러나 구청의 지속적인 단속에도 악취배출허용기준을 초과하는 사업장은 거의 없어 산업단지의 악취 개선은 한계가 있었다. 그래서 대구시와 서구청은 산업단지 내 악취배출사업장을 감시하고 단속하기 위해 악취측정기 18대(황화수소, 암모니아, 총휘발성유기화합물)와 기상측정기 및 고성능 CCTV를 각각 2대씩 설치하는 등 악취를 24시간 실시간 모니터링 할 수 있는 악취감시시스템(Odor Monitoring System)을 2016년 말에 구축하였다. 이 시스템은 2008년 부산광역시 사하구 신평/장림공단이 처음 대규모 악취모니터링 구축사업이 시작되면서 본격적인 국내 시장이 형성되었고,<sup>9,10)</sup> 현재는 인천시, 울산시, 창원시, 기장군 등이 도입하여 운영하고 있다. 우리 연구원은 도심에서 악취가 가장 취약한 서구 산업단지 주변지역 5곳(대구염색산단 주변지역 3곳, 서대구산단 주변지역 2곳)을 선정하여 2012년 11월부터 복합악취 등 악취오염도를 조사하였다. 이에 본 연구에서는 서구 산업단지 주변지역 5곳에 대한 복합악취 측정결과(2012년 11월~2018년 12월, 총 540회)를 바탕으로 서구 지역의 악취오염도 변화와 영향인자를 알아보고, 악취감시시스템 구축에 따른 운영효과를 평가(운영 전·후 2년, 2015년~2018년)하여 악취로 인한 주민들의 피해를 최소화하고 악취 저감 대책 마련의 기초자료로 활용하고자 한다.

## II. 자료 및 방법

### 1. 측정지점 및 측정기간

대구광역시 중서부에 위치한 서구는 시 전체 면적(883.6 km<sup>2</sup>)의 약 1.96% (17.33 km<sup>2</sup>)을 차지하고 인구 191,922명이 거주하는 도시로, 이곳에는 섬유염색가공, 금속제품, 화학제품, 플라스틱 등을 생산하는 대기 및 악취배출시설 377개소가 있는 산업단지(대구염색산단, 서대구산단, 일반공업지역)와 환경기초시설(음식물류폐기물처리시설, 분뇨처리장, 하수처리장 2곳, 폐수처리장 3곳)이 있다.<sup>11)</sup> 이렇듯 산업단



< Sampling point >

- #1: Bisan-dongA (35.88770135, 128.55352115)
- #2: Bisan-dongB (35.88512762, 128.55411705)
- #3: Pyeongri-dong (35.88061824, 128.54824636)
- #4: Sangjunglee-dongA (35.86732523, 128.54661588)
- #5: Sangjunglee-dongB (35.86152441, 128.54355878)

< Odor Monitoring System >

- Odor meter (18)
  - Daegu Dyeing (9), Seodaegu (6), Residential (3)
  - TVOC (Total Volatile Organic Compounds), Hydrogen sulfide, Ammonia
- High-performance CCTV (2), Weather Meter (2)

Fig. 1. Sampling points and Odor Monitoring System in Seo-gu

지에 밀집해 있는 악취배출시설들을 효율적으로 감시하고 단속하기 위해 대구염색산단 9곳, 서대구산단 6곳, 주변지역 3곳에 악취측정기(황화수소, 암모니아, 총휘발성유기화합물, 18대)와 기상측정기(2대) 및 고성능 CCTV (2대)를 설치하여 악취를 24시간 실시간 측정하고 모니터링 할 수 있는 악취감시시스템(Odor Monitoring System)을 Fig. 1과 같이 구축하였다.

시료채취 지점은 Fig. 1과 같이 대구염색산단 주변지역 3곳(#1: 비산동A, #2: 비산동B, #3: 평리동)과 서대구산단 주변지역 2곳(#4: 상중이동A, #5: 상중이동B)으로 총 5곳을 대상으로 복합악취를 측정하였다. 시료채취 기간은 2012년 11월부터 2018년 12월까지이며, 매일 1~4회, 각 지점별 108회, 총 540회 측정하였고, 악취발생 시 냄새 종류를 기록하였다. 시료채취는 주로 사람들이 많이 활동하는 오전(10~13시)과 오후(13~18시)에 실시하였고, 시료채취 당일 날씨는 맑거나 흐렸으며 평균기온은 18.6°C (-5.0~36.0°C)이었고<sup>12)</sup> 시료채취 당일 풍향은 서풍계열(서북서풍)이 많았다.<sup>13)</sup>

2. 시료채취 및 분석방법

복합악취 시료채취와 분석은 환경부 악취공정시험 기준의 공기희석관능법(ES 09301, ES 09301.a)<sup>14)</sup>에 따랐다. 시료채취는 고순도 질소로 미리 3회 이상 세척한 폴리에스테르백(Top-trading 10 L, Korea)을 사용하였고, 현장에서 백을 1회 이상 세척한 후 흡입상자방법(Lung sampler)으로 1~10 L/min의 유량으로 시료를 5분 이내에 채취하였다. 무취공기제조는 일반 공기를 증류수와 실리카겔, 활성탄 등 흡수제를 통과시키는 무취공기 제조 장치를 이용하였다. 제조된 무취공기를 희석용 냄새주머니에 3L 채운 후 마개로 막아 무취공기주머니를 만든 다음, 공기희석관능법(Air dilution method)에 따라 희석배수를 산정한 후 유리 주사기를 사용하여 단계적으로 원시료를 무취공기주머니에 주입하여 희석, 조제하였다. 악취판정요원 선정은 악취강도 인식시험액인 노말뷰탄올(n-butanol) 1도를 사람들에게 냄새 맡게 하여 냄새를 인식한 사람만 선정하여 1도에서 5도 순으로 악취강도를 인식시켰고, 인식하지 못한 사람은 선

**Table 1.** Concentrations of complex odor (unit: dilution value)

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
#1	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4
	2013	4	3	6	5	5	3	5	4	4	4	8	6
	2014	6	4	8	8	4	4	4	3, 4	8, 3	3, 4	5	4
	2015	4	8	4	4	5	4	4	4	3	4	6	5
	2016	5	6	6	6	6	4	6, 6	3, 6, 4, 8	8	4, 8	6, 6	6, 6
	2017	8, 8	5, 8	5, 6	5, 6	5, 5	3, 3	3, 3	5, 6	5, 6	8, 5	5, 4	10, 5
	2018	8, 4	4, 4	3, 3	4, 3	4, 6	6, 4	4, 4	4, 3	3, 4	3, 4	3, 4	4, 3
	#2	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
2013		4	3	6	5	5	6	5	5	5	5	8	4
2014		6	6	6	4	4	4	4	3, 8	4, 4	3, 4	8	4
2015		5	8	6	6	8	4	4	5	4	5	6	6
2016		6	6	6	6	8	5	8, 8	3, 8, 4, 8	8	4, 8	6, 8	6, 6
2017		8, 8	8, 5	8, 5	5, 5	5, 4	4, 3	4, 3	6, 6	8, 6	5, 5	5, 5	8, 4
2018		5, 4	4, 4	3, 3	4, 3	4, 6	4, 4	5, 4	3, 3	3, 4	4, 4	3, 4	4, 4
#3		2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
	2013	3	4	6	5	5	3	3	3	3	4	5	4
	2014	4	4	4	4	4	4	3	3, 4	8, 3	3, 3	5	4
	2015	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4
	2016	4	4	4	4	4	4	3, 3	3, 3, 4, 4	3	3, 6	3, 6	3, 6
	2017	6, 3	3, 3	3, 4	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 4	3, 3	3, 3
	2018	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3
	#4	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
2013		3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2014		3	3	3	3	3	3	3	3, 3	3, 3	3, 3	3	3
2015		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2016		3	3	3	3	3	3	3, 3	3, 3, 3, 3	3	3, 4	3, 3	3, 3
2017		3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3
2018		3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3
#5		2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
	2013	3	4	6	5	5	5	5	5	5	3	4	6
	2014	4	4	6	4	3	4	3	3, 4	4, 3	3, 3	8	4
	2015	5	4	3	3	4	4	4	4	4	3	4	8
	2016	5	4	3	3	6	3	4, 3	3, 3, 3, 3	6	3, 4	3, 3	3, 3
	2017	3, 3	3, 3	3, 8	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3
	2018	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3	3, 3

정시험 대상에서 제외하였다. 그리고 기름종이(길이 14 cm, 폭 7 mm)는 5매를 1조로 하는데, 악취 판정 시험용 선정 시험액 4개(1.0wt% Acetic acid 식초 냄새, 0.1wt% Trimethylamine 생선 썩는 냄새, 0.32wt% Methylcyclopentenolone 설탕 타는 냄새,

1.0wt%β-Phenylethyl alcohol 장미 냄새) 중 3개와 정제수(무취) 및 유동파라핀(무취)을 각각 약 1 cm 정도 길이로 시험액에 담가둔 후, 악취강도 인식시험에 통과한 예비판정요원에게 기름종이 5매를 냄새 맡게 하여 냄새나는 기름종이 3매를 찾고, 냄새 중

**Table 2.** Concentrations of complex odor (mean±S.D\*, unit: dilution value)

	Daegu dyeing industrial complex area			Seodaegu industrial complex area		Total
	#1	#2	#3	#4	#5	
2012	5.0±1.0	7.0±1.0	4.5±1.5	3.5±0.5	5.0±1.0	5.0±1.5
2013	4.8±1.4	5.1±1.2	4.0±1.0	3.1±0.3	4.7±0.9	4.3±1.2
2014	4.8±1.8	4.8±1.6	4.0±1.2	3.0±0.0	4.0±1.3	4.1±1.5
2015	4.6±1.3	5.6±1.3	3.7±0.5	3.0±0.0	4.2±1.3	4.2±1.3
2016	5.8±1.3	6.4±1.6	3.9±1.0	3.1±0.2	3.6±1.0	4.5±1.7
2017	5.5±1.8	5.5±1.6	3.2±0.7	3.0±0.0	3.2±1.0	4.1±1.7
2018	4.0±1.2	3.9±0.7	3.0±0.0	3.0±0.0	3.0±0.0	3.4±0.8
Total	4.9±1.6	5.2±1.6	3.6±0.9	3.0±0.2	3.6±1.1	4.1±1.5
		4.6±1.6			3.3±0.9	

\*: Standard Deviation

**Table 3.** Odor occurrence rate (% , odor occurrence number/sample size)

	Daegu dyeing industrial complex area			Seodaegu industrial complex area		Total
	#1	#2	#3	#4	#5	
2012	100.0(2/2)	100.0(2/2)	50.0(1/2)	50.0(1/2)	100.0(2/2)	80.0(8/10)
2013	83.3(10/12)	91.7(11/12)	58.3(7/12)	8.3(1/12)	83.3(10/12)	65.0(39/60)
2014	80.0(12/15)	86.7(13/15)	66.7(10/15)	6.7(1/15)	53.3(8/15)	58.7(44/75)
2015	91.7(11/12)	100.0(12/12)	66.7(8/12)	0(0/12)	66.7(8/12)	65.0(39/60)
2016	94.7(18/19)	94.7(18/19)	63.2(12/19)	5.3(1/19)	31.6(6/19)	57.9(55/95)
2017	83.3(20/24)	91.7(22/24)	12.5(3/24)	0(0/24)	4.2(1/24)	38.3(46/120)
2018	66.7(16/24)	70.8(17/24)	0(0/24)	0(0/24)	0(0/24)	27.5(33/120)
Total	82.4(89/108)	88.0(95/108)	38.0(41/108)	3.7(4/108)	32.4(35/108)	48.9 (264/540)
		69.4(225/324)			18.1(39/216)	

류와 악취도를 3도와 4도로 인식하는 사람만 합계시켰다. 합격된 사람들 중 5명을 악취판정요원으로 선정하였고, 악취분석요원도 판정요원과 똑같은 검사를 실시하였다. 악취판정요원 5명에게 제조된 무취공기 냄새를 맡게 한 후 냄새 유무를 판별하도록 하여 모두 무취로 판정하면, 현장에서 채취한 냄새 시료를 인식시킨 후 5분간 흡식하도록 하였다. 이후 악취판정요원 5명은 관능시험용 마스크를 쓰고 단계별로 희석시킨 시료희석주머니 1개와 무취주머니 2개를 손으로 눌러 주면서 2~3초 간 냄새를 맡은 후 정답지에 냄새가 나면 “O”, 냄새가 안 나거나 판정하기 어려우면 “X”를 기록하도록 하였다. 정답을 산정은 시료냄새주머니를 선정한 경우 1.0으로, 무취냄새주머니를 선정한 경우 0.0으로 계산하였으며, 모든 악취판정요원의 정답율(1차, 2회)이 0.6 이상일

경우 다음 2차 평가를 진행하였다. 1차에서 2회 모두 맞춘 판정요원만 2차 평가에 참여하였고, 2차 평가부터는 정답을 맞힌 악취판정요원이 2인 이상이면 다음 평가를 진행, 1인 이하인 경우는 평가를 중단하였다. 결과값 산정은 전체 판정요원의 시료희석배수 중 최대값과 최소값을 제외한 나머지를 기하평균한 값으로 소수점 첫째자리까지 계산하였고, 결과 표시는 소수점 이하는 절삭하고 정수로 표시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 서구 산업단지 주변 지역의 악취오염도 변화

대구광역시 서구 산업단지 주변지역(#1~#5지점)의 복합악취 농도는 Table 1과 같다. 복합악취 평균 농도와 악취발생율은 Table 2와 Table 3에 지점별, 연

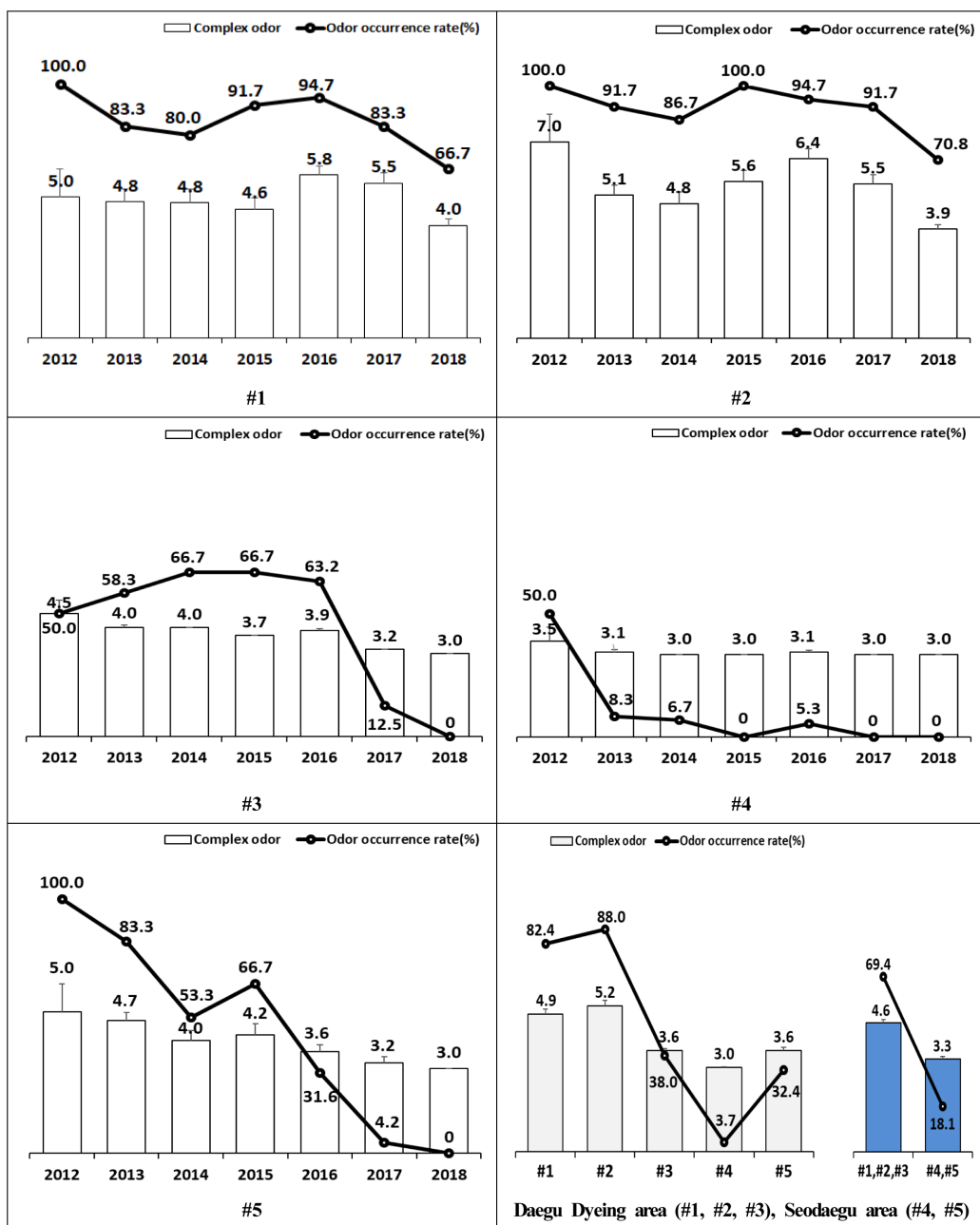


Fig. 2. Variation of odor around the industrial complex area

도별로 구분하여 나타내었다. 복합악취 전체 평균농도는 4.1배(3~10배), 악취발생율은 48.9%(264회/540회)이었다. 악취는 섬유염색 및 가공업에서 발생하는 냄새가 모든 지점에서 났다. 즉, 직물을 텐타(Tenter, 약 200°C)로 다름질하는 공정에서 발생하는

냄새(텐타)와 염색 및 코팅하는 과정에서 사용되는 유기용매 냄새(코팅) 등으로 텐타냄새 94.7%(250회) >텐타와 코팅냄새(11회)>텐타와 식초 또는 시큼한 냄새(2회)>코팅냄새(1회) 순으로 많았다. 지점별 복합악취 평균농도와 악취발생율은 #2지점(5.2배,

88.0%)>#1지점(4.9배, 82.4%)>#3지점(3.6배, 38.0%)>#5지점(3.6배, 32.4%)>#4지점(3.0배, 3.7%) 순으로 높았다. 특히 #1과 #2지점은 다른 지점들에 비해 악취오염도가 높았는데, 그 이유는 서쪽에 바람길을 가로막는 장애물이 없는 확 트인 금호강 주변에 위치한 대구염색산단과 환경기초시설이 인접해 있기 때문이다.<sup>15)</sup> 그리고 #5지점이 #4지점에 비해 대구염색산단과 거리가 멀었는데도 악취오염도가 높았던 이유는 #5지점과 가까운 서대구산단에 섬유염색 및 가공업체가 있었기 때문이다.

지점별 악취 변동 추이는 Fig. 2와 같고, 지점마다 다소 차이는 있지만 2017년부터 악취가 조금씩 감소하는 추세를 나타내었다. 산업단지별로 살펴보면, 대구염색산단 주변지역(#1~#3지점)의 복합악취 평균농도는 4.6배(3~10배)로 서대구산단 주변지역(#4, #5지점)의 3.3배(3~8배) 보다 약 1.4배 정도 높았다. 또한 악취발생율은 대구염색산단 주변지역이 69.4% (225회/324회)로 서대구산단 주변지역의 18.1% (39회/216회) 보다 훨씬 높았다. 이러한 결과는 섬유염색 및 가공업종(특히 대구염색산단)과 가까운 지역 일수록 악취 강도와 빈도가 높고, 이들 업종이 다른 업종에 비해 악취 피해 범위가 넓다는 것을 의미한다.

최근 2018년과 5년 전인 2013년의 악취오염도를 지점별로 비교해 보면, 악취감소율은 #5지점>#3지점>#2지점>#1지점>#4지점 순으로 높았다. #5지점은 2013년에 비해 2018년에는 복합악취 농도가

36.2% (4.7배→3.0배) 감소되었고, 악취발생율은 83.3%에서 0%로 떨어졌다. #3지점과 #2지점은 복합악취 농도가 각각 25.0% (4.0배→3.0배)와 23.5% (5.1배→3.9배) 감소되었으며, 악취발생율은 #3지점이 58.3%에서 0%로, #2지점이 91.7%에서 70.8%로 낮아졌다. #1지점과 #4지점은 복합악취 농도가 각각 16.7% (4.8배→4.0배), 3.2% (3.1배→3.0배) 감소되었고, 악취발생율은 #1지점이 83.3%에서 66.7%로, #4지점이 8.3%에서 0%로 떨어졌다. 그러므로 최근 2018년의 서구 산업단지 주변 지역(#1~#5지점)은 과거 2013년에 비해 복합악취 평균농도가 20.9% (4.3배→3.4배) 감소되었고, 악취발생율은 65.0%에서 27.5%로 크게 낮아졌다. 2013년에는 5개 지점 모두에서 악취가 났으나, 2018년에는 대구염색산단 및 환경기초시설과 인접한 #1과 #2지점은 2013년에 비해 악취강도 및 빈도가 많이 줄어들었고, 3개 지점(#3, #4, #5지점)은 악취가 감지되지 않았다.

**2. 서구 산업단지 주변 지역의 악취오염도와 영향인자**

최근 4년(2015~2018년)간 서구 산업단지 주변지역의 영향인자에 따른 악취오염도를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 지리적으로는 대구염색산단 주변지역의 복합악취 평균농도가 4.5배(237회)로 서대구산단 주변지역의 3.2배(158회) 보다 높았고, 기상학적으로는 북서풍 계열일 때가 평균 4.1배(245회)로 남동풍 계열일 때 3.8배(150회) 보다 높았다. 또한, 계

**Table 4.** Influence factors and concentrations of complex odor (mean±S.D, unit: dilution value)

Influence factors	Daegu dyeing industrial complex area			Seodaegu industrial complex area		Total	
	#1	#2	#3	#4	#5		
Geographic influence	Complex odor (sample size)	5.0±1.6 (79)	5.3±1.7 (79)	3.4±0.7 (79)	3.0±0.1 (79)	3.4±1.0 (79)	-
	Total (sample size)	4.5±1.6 (237)			3.2±0.7 (158)		
Meteorological influence	Northwesterly winds* Complex odor (sample size)	5.3±1.6 (49)	5.5±1.5 (49)	3.4±0.7 (49)	3.0±0.0 (49)	3.5±1.1 (49)	4.1±1.6 (245)
	Southeasterly winds** Complex odor (sample size)	4.4±1.5 (30)	4.8±1.9 (30)	3.4±0.8 (30)	3.0±0.2 (30)	3.2±0.6 (30)	3.8±1.3 (150)
Seasonal influence	Sping, Fall, Winter Complex odor (sample size)	5.2±1.6 (57)	5.4±1.6 (57)	3.5±0.8 (57)	3.0±0.1 (57)	3.5±1.1 (57)	4.1±1.6 (285)
	Summer (June~August) Complex odor (sample size)	4.4±1.3 (22)	4.8±1.7 (22)	3.1±0.3 (22)	3.0±0.0 (22)	3.2±0.4 (22)	3.7±1.3 (110)

\*SW, NNW, NW, W, WNW \*\*SSE, SE, E, ESE

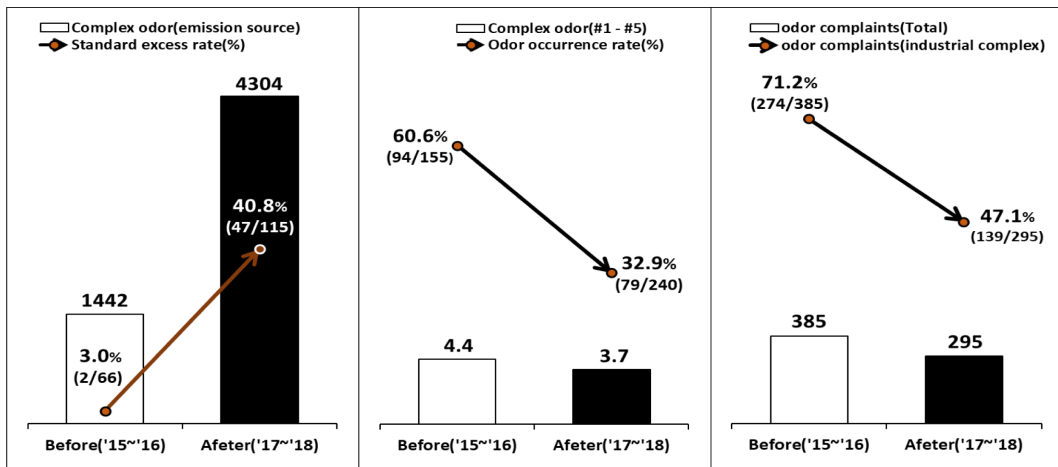


Fig. 3. Operation results of the Odor Monitoring System in Seo-gu

절적으로는 비여름철(봄, 가을, 겨울)일 때 복합악취 평균농도는 4.1배(285회)로 여름철(6월~8월)의 3.7배(110회)에 비해 높았는데, 이것은 비여름철에는 북서풍계열이, 여름철에는 남동풍계열이 주 풍향으로 불었기 때문이다.

서구지역이 다른 지역에 비해 악취 민원이 많이 발생했던 이유는 지리학적 영향(산업단지와 환경기초시설 등의 악취유발시설이 북서쪽 밀집), 기상학적 영향(북서풍계열이 주 풍향), 계절적인 영향(봄·가을·겨울에 북서풍계열)이 복합적으로 작용하여 남동쪽에 위치한 주거지역으로 악취가 이동 및 확산되었기 때문이다.

### 3. 악취감시시스템(Odor Monitoring System) 운영 평가

대구시 서구지역에 설치된 악취감시시스템에 대한 평가는 운영 전 2년(2015~2016년)과 운영 후 2년(2017~2018년)으로 나누어 총 4년간의 자료를 비교하였고, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 악취감시시스템은 악취배출사업장에 대한 감시와 단속을 위해 구축되었기에, 그 활용도에 대한 평가는 사업장 기준초과율(초과건수/검사건수)과 초과된 배출구 복합악취 평균농도로 나타내었다. 악취감시시스템이 운영되기 전 2년간 사업장의 기준초과율은 3.0% (2건/66건)이었으나, 운영 후 2년간은 40.8% (47건/115건)로 크게 증가하였다. 또한 기준 부적합 사업장의 배출구 복합악취 농도는 악취감시시스템이 운영되기

전에는 평균 1,442배(2건)에서 운영 후에는 평균 4,304배(47건)로 높아졌다. 이러한 결과는 악취배출사업장 단속이 현실적으로 매우 어렵다는 것과 악취감시시스템 운영이후 단속이 용이해 졌음을 시사한다. 악취는 사업장마다 배출되는 시간과 농도가 다르기 때문에 고농도로 배출되는 시간에 맞춰 단속하기가 매우 어렵다. 하지만 악취감시시스템은 데이터가 24시간 생성됨으로 고농도 악취 배출시점을 파악 수 있어 단속(시료채취)이 가능했다.

악취감시시스템 운영이후 산업단지 내 악취 감소여부에 대한 평가는 산업단지 주변지역(#1~#5지점)의 복합악취 농도와 악취발생률, 서구지역의 악취 민원건수로 나타내었다. 산업단지 주변지역의 복합악취 평균농도는 악취감시시스템이 운영되기 전 2년간은 4.4배(155회), 운영 후 2년간은 3.7배(240회)로 약 15.9% 감소되었다. 또한 악취발생률은 악취감시시스템이 운영되기 전에는 60.6% (94회/155회)에서 운영 후에는 32.9% (79회/240회)로 크게 낮아졌다. 산업단지별은 대구염색산단 주변지역(#1, #2, #3)의 복합악취 평균농도는 17.6% (5.1배→4.2배)감소되었고, 악취발생률은 84.9% (79회/93회)에서 54.2% (78회/144회)로 낮아졌다. 또한 서대구산단 주변지역(#4, #5)의 복합악취 평균농도는 8.8% (3.4배→3.1배)감소되었고, 악취발생률은 24.2% (15회/62회)에서 1.0% (1회/96회)로 떨어졌다. 서구지역의 악취 민원건수는 악취감시시스템이 운영되기 전 2년간은 385건에서 운영 후 2년간은 295건으로 약 23.4% 감소되었다.



또한 악취 민원건수 중 산업단지로 인한 악취 민원 건수의 비율은 악취감시시스템이 운영되기 전에는 71.2% (274건/385)였으나, 운영 후에는 47.1% (139건/295)로 줄어들었다. 이러한 결과들은 악취감시시스템 운영 이후 기준부적합 사업장들 중에서 섬유염색 및 가공업(대구염색산단 등)이 차지하는 비율이 85.1% (40건/47건)로 가장 많았고, 이들 부적합 악취배출시설들이 모두 개선되었기에 가능했다. 그러므로 서구지역에 구축된 악취감시시스템은 악취배출 사업장에 대한 감시와 단속에 활용도가 높았고, 산업단지 주변지역의 악취 개선에도 도움이 되었다.

#### IV. 결 론

본 연구는 대구광역시 서구 산업단지 주변지역 (#1~#5지점)을 대상으로 2012년 11월부터 2018년 12월까지 측정된 복합악취 결과(지점별 108회, 총 540회)를 분석하여 서구지역의 악취오염도 변화와 영향인자를 파악하고, 악취감시시스템(Odor Monitoring System) 구축에 따른 운영효과를 평가(운영 전·후 2년, 2015~2018년)하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 서구 산업단지 주변지역의 복합악취 전체 평균 농도는 4.1배(3~10배), 악취발생율은 48.9% (264회/540회)였으며, 섬유염색 및 가공업에서 발생하는 냄새(텐타냄새 94.7% 등)가 모든 지점에서 났다. #1과 #2지점(비산동A, B)은 대구염색산단 및 환경기초시설과 인접하여 다른 지점들에 비해 악취오염도가 높았다.

2. 2018년에 측정된 서구 산업단지 주변지역의 악취는 2013년에 비해 복합악취 평균농도가 약 20.9% (4.3배→3.4배) 감소되었고, 악취발생율은 65.0%에서 27.5%로 낮아졌다. 2013년에는 모든 지점에서 악취가 났으나, 2018년에는 3개 지점(#3, #4, #5)은 악취가 감지되지 않았고, #1과 #2지점(비산동A, B)은 악취강도와 빈도가 많이 줄어들었다.

3. 서구 산업단지 주변지역의 영향인자에 따른 악취오염도는 대구염색산단 주변지역이 서대구산단 주변지역보다(지리학적 영향), 북서풍 계열일 때가 남동풍 계열일 때 보다(기상학적 영향), 비여름철(봄·가을·겨울)이 여름철(6~8월) 보다(계절학적 영향), 악취감시시스템 운영전이 운영 후보다 상대적으로 높았다.

4. 악취감시시스템 운영 이후 산업단지 내 악취배

출사업장의 기준초과율(3.0%→40.8%)과 초과된 배출구 복합악취 평균농도(1,442배→4,304배)는 증가하였고, 산업단지 주변 지역의 복합악취 농도(15.9%, 4.4배→3.7배)와 악취발생율(60.6%→32.9%) 및 서구 지역의 악취 민원건수(23.4%, 385건→295건)는 감소하였다.

#### 감사의 글

이 논문은 2020년도 환경부 “환경분야 시험검사의 국제적 적합성 기반구축” 사업의 일부 지원으로 완성되었으며 이에 감사드립니다.

#### References

1. Ministry of Environment. Odor management manual; 2012.
2. Lee MS, Kang DH, Keum JL, Kwon BY, Jo HW, Lee CH, Kim ED, Lim HJ, Song HB. Emission Characteristics of Odor Compounds from a Sewage Treatment Plant Near an Industrial Complex Area in Daegu City. *J Environ Health Sci.* 2018; 44(2): 178-187.
3. Oh MH, Lee EY. Assessment of real-time odor monitoring system using gas sensor in livestock farm: field study. *J Odor Indoor Environ.* 2018; 17(3): 241-249.
4. Lee CH, Jeon HS, Shin MC, Kim ED, Jang YJ, Kwon BY, Song HB. Emission Characteristics of Odor Compounds from Fundamental Environmental Facilities in an Industrial Complex Area in Daegu City. *J Environ Health Sci.* 2016; 42(4): 246-254.
5. Lee CH, Jeon HS, Kwon BY, Kim ED, Jang YJ, Lee MS, Keum JL, Song HB. Emission Characteristics of Odor Compounds from a Dyeing Wastewater Treatment Plant in an Industrial Complex Area in Daegu City. *J Environ Health Sci.* 2017; 43(4): 314-323.
6. Kang DH, Lee MS, Keum JL, Kwon BY, Jo HW, Bae GH, Song HB, Sin SH. Emission Characteristics of Odor Compounds from a Sewage Treatment Plant Near an Industrial Complex Area in Daegu City (II). Research Institute of Health and Environment (Environmental research fields), The Report of Daegu Metropolitan City; 2020. p.37-61.
7. Ministry of Environment. Odor management manual for various facility (II); 2009.
8. Management register for odor complaints, Seo-gu

- Office of Daegu Metropolitan City; 2015~2018.
9. You-Jeong Choi, Kim KS, Kang JM, Lim YS. Urban Living Quality Team, The study on correlation analysis between odor sensor value in odor monitoring systems and odor concentration in Busan City; Public Health and Environment Institute of Busan Metropolitan City; 2016.
  10. Prevention facility status real-time monitoring system feasibility review service (final report), Korea Society of odor Research and Engineering; 2015.
  11. Status of odor occurrence and reduction measures in Seo-gu, Seo-gu Office of Daegu Metropolitan City; 2019.11.
  12. Sample collection records of odor (5 sampling points); 2012.11.~2018.12.
  13. Disaster Prevention Meteorological Information Portal Service System. Available: 28 December 2018].
  14. Ministry of Environment. The Korea odor standard test method; 2014, 2018.
  15. Results of regular monitoring of odor around the industrial complex area in Seo-gu, Public Health and Environment Institute of Daegu Metropolitan City; 2019.

**<저자정보>**

이명숙(환경연구사), 금종록(환경연구사), 강동훈(환경연구사), 조항욱(환경연구사), 권병윤(환경연구사), 김은덕(환경연구사), 이찬형(환경연구사), 송희봉(환경연구관), 신상희(환경연구관)