

기술자료

울산광역시 악취발생 현황과 통합관리체계 구축 제안

최성득[†]

울산과학기술원 도시환경공학과

Occurrence of Odor and Suggestions for a Comprehensive Management System in Ulsan, South Korea

Sung-Deuk Choi[†]

Department of Urban and Environmental Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST),
Ulsan, 44919, Korea

Received March 21, 2022 / Revised March 30, 2022 / Accepted March 31, 2022

In Ulsan, large-scale industrial facilities emit large amounts of various odors and hazardous air pollutants. This study investigated the current status of odor problems in Ulsan and suggested a comprehensive management system. Owing to the geographical conditions, weather conditions, major industrial complexes, and management of emission facilities, complaints about odor occur mainly in summer. The city authority responds to odor problems by preparing comprehensive measures to prevent odors and introducing unmanned sampling devices, real-time monitors, and a mobile monitoring system. Major odor substances and pollution characteristics can be identified through these efforts, but information on specific odor substances, complex odors, emission sources, and transport pathways is lacking. Therefore, it is necessary to upgrade the current monitoring system and establish a comprehensive management system to solve this problem.

Key words: Odor, Sampling device, Industrial complex, Management system

1. 서 론

악취방지법에 의하면, 악취는 황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 그 밖에 자극성이 있는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새이다. 2000년대 이후 악취에 대한 관심이 증가하였으며, 산업단지의 악취배출량을 산정하고 주변지역으로의 영향을 평가하며 배출저감 방법을 제안하는 종합적인 연구들이 수행되었다.¹⁾ 이후, 악취센서, 실시간 질량분석기, 자동시료채취장치, 대기확산모델링 기법 등이 개발되어 현업에 사용되고 있다. 그러나 이러한 기술적 진보에도 불구하고 울산과 같이 다양한 업종의 산업단지가 위치한 도시에서는 악취 문제가 획기적으로 해결되지 못하고 있다. 악취는 주관적, 감각적, 순간적인 공해로서 악취도를 표준화하기 어려우며, 악

취가 발생하는 시간대에 시료를 채취하여 악취유발물질을 명확하게 규명하는 데 한계가 있다.²⁾ 또한, 울산과 같은 대규모 산업도시에는 악취를 유발하는 업체가 많고 전수조사 결과가 부족하므로, 악취 사고가 발생해도 배출업체를 특정하기 어렵다.³⁾ 더구나 악취배출원이 부지경계와 굴뚝만이 아니라 비점오염 형태인 경우가 많으므로 악취배출 현황을 정확히 파악하기 어렵다.³⁾

화학물질 배출·이동량 정보(<https://icis.me.go.kr/prtr>)에 의하면, 울산 소재 산업체의 2020년 연간 유해화학물질 대기 배출량은 9,029 tonne/y로서 전국 광역지자체 중에서 2위(16.1%)를 차지했으며, 단위면적당 배출량은 8.5 tonne/km²로서 1위를 차지하였다. 배출 물질수는 139개로서 전국에서 가장 다양한 유해화학물질을 배출하고 있다. 이와 같이 다양한 화학물질이 다량으로 배출되며 개

[†]To whom correspondence should be addressed.

별물질에 의한 악취 혹은 복합악취(두 가지 이상의 악취 물질이 함께 작용하여 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새)를 유발할 가능성이 크다. 그러나 여전히 악취방지법에 지정된 22종 지정악취물질(암모니아, 메틸메르캅탄, 황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드, 트라이메틸아민, 아세트알데하이드, 스타이렌, 프로피온알데하이드, 뷰틸알데하이드, n-발레르알데하이드, i-발레르알데하이드, 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸아이스부틸케톤, 뷰틸아세테이트, 프로피온산, n-뷰틸산, n-발레르산, i-발레르산, i-뷰틸알코올)을 측정분석 대상으로 한다. 물론, 배출구와 부지경계선에서 시료를 채취하고 공기희석관능법을 이용하여 복합악취의 희석배수를 산정하지만, 여전히 지역 배출특성이 충분히 고려되지 않고 실질적인 악취 원인물질과 배출원 파악에 한계가 있다.

울산에서는 2005년 울산-미포국가산업단지와 온산국가산업단지가 악취관리지역으로 지정되었으며, 2009년과 2014년에는 울주군 삼동면 하잠리(축사 밀집 지역)와 조일리(음식물류 폐기물처리시설, 가축분뇨처리시설) 일원이 지정되었다. 전자의 경우에는 산업활동으로 배출된 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds: VOCs)이 주요 악취유발물질이며, 이러한 악취물질은 단순한 냄새 성분이 아니라 유해대기오염물질인 경우가 많다. 반면에 울주군 삼동면 악취는 주로 생활 악취와 관련이 있다. 이와 같이 국가산업단지가 악취관리지역으로 지정된 지 만 17년이 경과하였으나, 여전히 악취 배출량 자료가 부족하고, 정규 대기오염측정망⁴⁾이 마련되지 않았으며, 장기간

실시간 정밀 측정결과가 없다. 또한, 현 모니터링 체계에서는 산업단지 주변 주거지역의 악취 원인물질을 정확하게 파악하고 배출업체를 특정하기 어렵다. 본 연구에서는 울산광역시의 악취발생 현황을 정리하고, 향후 효과적인 악취 모니터링 방안과 통합관리체계 구축을 제안하였다.

2. 울산시 악취오염 현황

2.1. 울산의 입지조건과 악취오염 특성

울산의 주요 산업단지는 모두 동쪽 해안가에 위치하므로, 여름철 해풍의 영향으로 산업단지에서 배출된 대기오염물질이 시내 방향으로 확산된다. 연평균 바람장미에 의하면 북서풍이 주풍으로서 산업단지에서 배출된 대기오염물질 상당량이 동해로 확산되는 것으로 추정된다(Fig. 1). 계절별 주야간 바람장미에 의하면, 겨울을 제외한 모든 계절의 주간에는 남동풍과 북동풍이 우세하며, 야간에는 북서풍이 우세하였다. 특히, 봄과 여름에는 해륙풍 순환이 강하게 나타나므로 주간에 산업단지에서 배출된 대기오염물질이 시내로 확산될 가능성이 크다.

실제로 2020년 울산시의 악취민원은 국가산단이 위치한 남구(275건), 북구(204건), 울주군(174건) 위주로 여름철에 집중되고 있다(Fig. 2). 여름철 해풍으로 산업단지에서 배출된 악취물질이 주거지역으로 이동하기 쉬우며, 산업체 정기보수 기간이므로 방지시설이 가동되지 않는 경우가 많고, 기온 상승으로 인한 화학물질 휘발이 증가하기 때문이다. 이러한 악취민원 증가는 여름철 미세먼지와 아황산가스(SO₂) 농도 증가와 비슷한 현상이다.⁵⁾

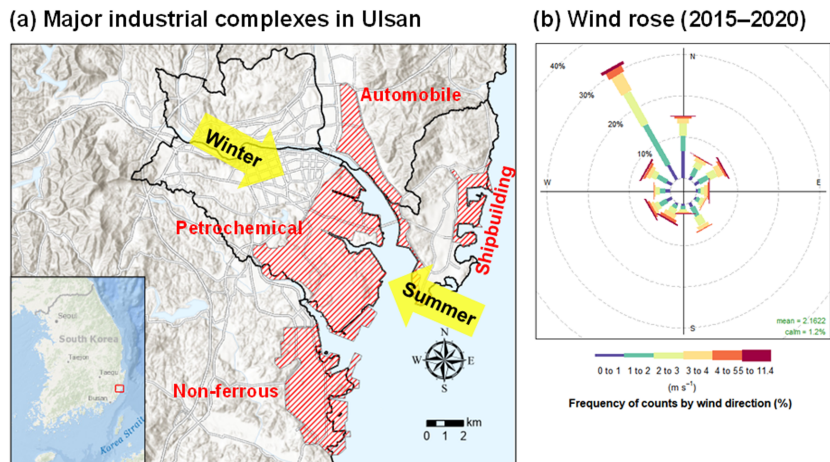


Fig. 1. Major industrial complexes and wind patterns in Ulsan, South Korea. Meteorological data were obtained from a weather station (ID 152).

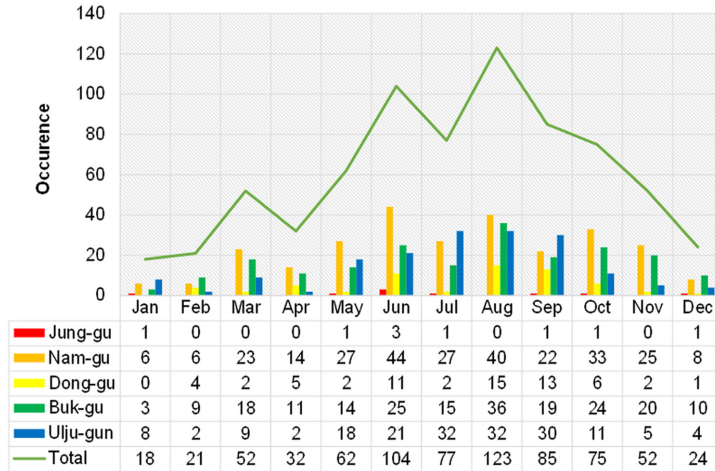


Fig. 2. Monthly occurrence of odor complaints in Ulsan in 2020. Data were obtained from the Ulsan Institute of Health and Environment.⁶⁾

2.2. 울산시 악취의 주요 원인과 특성

2020년 울산광역시 환경백서에 제시된 주요 악취민원 유발물질은 생선 썩는 비린내를 유발하는 아민 계통(남구 삼산동), 곡물(사료 냄새(삼산동), 매캐한 냄새를 유발하는 스타이렌 계통(선암동, 아음동)이다.⁷⁾ 지역별 악취 유발물질은 (1) 삼산동에서는 암모니아, 아민류, 메르캅탄, 곡물사료, 초산, 스틸렌, (2) 여천동, 선암동, 아음동, 신정동에서는 스타이렌, 초산, 암모니아, 벤젠, 황화수소, 아민류, (3) 양정동과 염포동에서는 알데히드류, 벤젠, 아민류, 코아류, 페인트, (4) 울주군 온산읍에서는 아민류, 암모니아, 코아류, 벤젠, 메르캅탄, 황화수소로서 지역별 주요 산업체 영향을 나타내고 있다. 그러나 실제로 산업단지에서 배출되는 악취물질은 매우 다양하므로 22종 지정 악취물질 위주의 측정분석으로는 실제 악취 원인을 규명하기 어렵다.

울산시가 파악한 악취발생의 주요 원인은 (1) 석유화학 및 정유, 비료, 자동차, 조선업 등 다양한 업종과 생산시설의 노후에 의한 오염물질 누출, (2) 봄과 여름철 기업체 정기 보수작업 중 다량의 악취물질 배출, (3) 노후 및 저효율 방지시설의 가동으로 인한 오염물질 배출, (4) 악취물질이 각 공정의 밸브와 프랜지 등에서 미량 누출되어 복합악취 발생, (5) 주거지역 배수장, 오수펌프장, 하수구 등의 부패로 인한 생활악취 발생이다.⁷⁾

2.3. 울산시 악취 대응현황

2.3.1. 악취방지 종합대책

울산시는 2021년 4월 보도자료를 통해 악취방지 종합대책 추진을 발표하였다.⁸⁾ 특히, 무인악취포집기 55대

(2021년 5대 추가 예정), 악취모니터링시스템 22대(2021년 3기 추가 예정), 실시간 유해대기 측정시스템 1대를 구축하여 입체적인 악취 모니터링을 실시하고 있다. 주요 내용은 (1) 구·군과 함께 4월부터 10월까지 환경감시 종합상황실 설치, (2) 사업장별 악취종류 및 특성 데이터베이스화, (3) 악취 중점관리사업장과 상습감지지역 주변 사업장을 대상으로 유관기관 합동단속 등 지도·점검 강화, (4) 사업장 내 시료자동채취장치를 설치해 원격제어로 채취한 시료에 대해서 행정처분, (5) 악취모니터링시스템으로 복합악취, 황화수소, 암모니아, 휘발성유기화합물(VOCs) 등의 악취정보를 측정, (6) 유해대기시스템으로 벤젠 등 유해대기오염물질 105개 항목을 실시간으로 측정, (7) 악취모니터링시스템 3대, 악취시료자동채취장치 5대를 추가 설치, (8) 4월부터 10월까지 울산지역 154개 업체로 민간자율환경순찰반을 설치 운영하고 석유화학공단 등 5개 지역 대상 순찰활동을 하는 것이다.

2.3.2. 무인악취포집시스템과 악취자동측정기

울산시는 악취민원 발생 현장에서 즉각적인 시료채취를 위해 2009년부터 단계적으로 무인악취포집시스템을 도입하였으며, 2021년 상반기 현재 고정식과 이동식 포집기 총 55대를 보유하고 있다. 구체적으로는 울산시 본청(고정식 22대)과 기초자치단체인 중구(고정식 1대), 남구(이동식 13대), 동구(이동식 2대), 북구(이동식 3대), 울주군(고정식 10대, 이동식 4)이 별도의 필요성에 의해 무인악취포집시스템을 운영하고 있다. 고정식은 공단주변 악취 상습감지지역에 설치하였고, 이동식은 민원다발 사업장 등 배출구와 부지경계에 설치(수시변경)하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Sampling devices and real-time odor monitors installed in Ulsan. Photos were obtained from the Ulsan Metropolitan City.

또한, 울산시는 무인악취포집시스템 설치 22개소에 악취 자동측정기(센서)를 설치하였다. 악취자동측정기는 주로 산업단지 외곽에 설치되었으므로(Fig. 4의 붉은 원), 악취 민원 다발 지역에 설치된 것으로 파악된다. 그러나 악취 배출원과 이동을 파악하기 위해서는 산업단지 내부에 무인악취포집기와 자동측정기를 다수 설치할 필요가 있다.

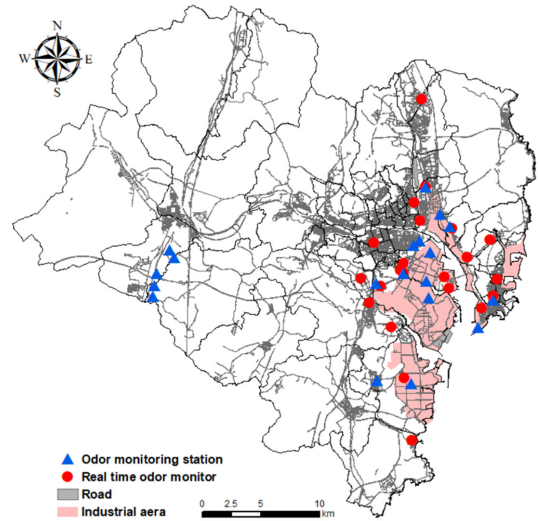


Fig. 4. Real-time odor monitors (n = 22) and odor monitoring stations (n = 19) operated by the Ulsan Metropolitan City and the Ulsan Institute of Health and Environment, respectively.

2.3.3. 울산광역시보건환경연구원 악취실태조사

울산광역시보건환경연구원은 매년 반기 혹은 분기별로 악취실태조사를 실시하고 있으며, 2016년 측정결과부터 홈페이지(<http://www.ulsan.go.kr/uihe>)에 공개하고 있다. 2020년 악취실태조사⁶⁾에서는 반기마다 2일 동안 악취관리지역 19개 지점(Table 1)에서 새벽(6~9시)·주간(11~17시)·야간(19~22시) 각 1회 시료를 채취하여 복합악취와

Table 1. Classification of odor monitoring stations in Ulsan operated by the Ulsan Institute of Health and Environment in 2020.⁶⁾ Their locations are presented in Fig. 1.

악취관리지역	계	측정지점 수		
		관리지역	경계지역	영향지역
계	19	7	2	10
울산미포국가산업단지	12	4	2	6
온산국가산업단지	2	1	0	1
울주군 삼동면 하잠리	2	1	0	1
울주군 삼동면 조일리	3	1	0	2
지역분류	관리지역	경계지역	영향지역	
울산미포국가산업단지	<ul style="list-style-type: none"> · 현대자동차울산서비스센터 앞 · 롯데정밀화학(주) 입구 사거리 · (주)효성 울산공장 정문 · SKC(주) 울산공장 	<ul style="list-style-type: none"> · 태화강역 · 북구문화예술회관 	<ul style="list-style-type: none"> · 양정동 힐스테이트아파트 · 화정동 엠코타운아파트 · 선암동 주민센터 · 선암동 신선산휴먼빌아파트 · 화암중대대 입구 · 삼산동 꿈에그린 	
온산국가산업단지	<ul style="list-style-type: none"> · 고려아연(주) 사거리 	-	<ul style="list-style-type: none"> · 덕신소공원 	
울주군 삼동면 하잠리	<ul style="list-style-type: none"> · 울산자원화학(주) 앞 	-	<ul style="list-style-type: none"> · 삼남면 마산마을회관 	
울주군 삼동면 조일리	<ul style="list-style-type: none"> · 대건자원화(주)와 울산양돈영농조합법인 경계 	-	<ul style="list-style-type: none"> · 상천리 상천마을회관 · 조일리 암리마을회관 	
총 19개 지점	7	2	10	

지정악취물질(22종)을 분석하였다. 이 결과, 전 지점에서 배출허용기준을 만족하였다. 복합악취의 희석배수는 대부분 지점에서 무취(3배) 수준으로 나타났고, 일부 지점(울산자원화산업(주) 등)에서 4~10배 수준이었다. 지정악취물질의 경우, 일부 지점에서만 3종(암모니아, 아세트알데하이드, 트라이메틸아민)이 미량 검출되었다. 이 조사는 악취현황을 주기적으로 조사하여 환경정책을 수립하고 악취저감 방안을 마련하기 위한 기초자료를 제공하는데 의의가 있다.⁶⁾ 그러나 측정주기가 길고 실제로 악취 민원이 발생한 상황에서 시료를 포집하지 않았으므로 비교적 악취오염도가 양호한 결과가 도출된 것으로 추정된다.

악취실태조사의 시료채취지점 위치(Fig. 4의 파란 삼각형)는 전반적으로 울산시 악취자동측정기 분포와 비슷하며, 일부 산업단지외 울주군 삼동면 지점이 추가되었다. 그러나 악취의 특성을 고려할 때 최대한 많은 측정지점을 확보하는 것이 중요하므로, 수동대기채취기를 이용하여 고해상도 공간자료를 산출하여 악취물질 분포와 이동현상을 파악할 필요가 있다.^{9,10)}

2.3.4. 이동형 유해대기측정시스템

악취는 다양한 배출원에서 순간적으로 발생하여 사라지는 경우가 많기 때문에 고정형 측정기를 사용하여 배출원을 규명하는데 한계가 있다. 또한, 악취자동측정기에는 악취 센서가 장착되어 있는데, 이러한 센서로는 다양한 악취물질을 분석할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 울산광역시보건환경연구원은 이동형 유해대기측정시스템을 도입하였다(Fig. 5). 차량에 선택이온흐름튜브

질량분석기를 장착하여 악취물질을 포함한 다양한 대기오염물질을 실시간으로 이동 혹은 정차하여 분석한다. 차량 이동에 따른 좌표별 오염물질 농도가 할당되며, 이를 지도상에 표출하여 주요 도로 오염지도를 작성할 수 있다. 해당 장비는 국립환경과학원, 시도 보건환경연구원, 한국환경공단 등에 보급되었으며 울산의 VOCs 모니터링 현업에 사용되고 있다.¹¹⁻¹³⁾

2020년 울산광역시보건환경연구원은 78일 동안 이동형 유해대기측정시스템을 운행했으며, 총 201건을 측정하였다.¹³⁾ 구체적으로는, 자체(운행일수 40일, 포집시료 6건, 대기질측정 25건), 외부의뢰(운행일수 28일, 포집시료 72건, 대기질측정 48건), 신규사업(운행일수 10일, 포집시료 39건, 대기질측정 11건) 실적을 달성하였다. 향후, 해당 장비를 이용한 악취 및 유해대기오염물질 연구가 활발히 수행될 것으로 기대된다.

3. 악취통합관리체계

3.1. 악취통합관리체계 사례

2020년 4월 3일, 울산광역시 울주군은 악취통합관리시스템을 공개하였다(Fig. 6). 해당 보도자료¹⁴⁾에 의하면, 이 시스템은 “온산공단과 상습 악취 발생 사업장 주변 지역에 대표적인 악취 원인물질인 황화수소와 암모니아, VOCs에 대한 복합 악취를 실시간으로 측정하는 악취 센서 37대와 풍향, 풍속, 습도, 온도, 일사량 등을 관측할 기상측정기 7대, 미세먼지 측정기 12대, 굴뚝 매연 발생 등 악취 징후를 상시 감시할 고성능 CCTV 8개소, 악취발생 지역에서 측정 및 시료 포집 가능한 이동측정차량으로 운영된다”. 또한, “기상 확산 정추적과 역추적을 통한 악취 이동 확산 경로를 파악해 악취 피해 지역 예측과 악취 발생 시 대상 지점을 역추적할 수 있는 악취모니터링과 악



Fig. 5. Mobile monitoring system for the monitoring of odor and VOCs operated by the Ulsan Institute of Health and Environment.



Fig. 6. Integrated management control room for odor management in Ulju. The photo was obtained from the Ulju County Office.

취 예측 모델링을 구현”한다. 이 관리시스템을 6개월 운영한 결과, 위법행위에 대한 조업정지 8건을 행정처분했고, 주요 악취 사업장 11개소를 대상으로 면담을 실시하였으며, 전년(147건)도 대비 민원 건수(99건)가 33% 감소하였다.¹⁵⁾ 향후, 울주군 악취통합관리시스템을 참고하여 울산시 전체를 대상으로 하는 통합시스템 구축을 고려할 수 있다.

한편, 울산시 소재 업체인 ㈜태성환경연구소는 센서와 측정분석 결과를 이용하여 악취통합관리시스템을 자체적으로 구축하였다. 또한, 다중 센서 모니터링 결과와 인공지능(기계학습)을 통해 악취종류를 예측하고 발생원을 추적하는 기술도 개발하였다.¹⁶⁾ 최근에는 울산광역시의회 연구과제를 수행하여 악취발생 실태에 따른 문제점과 향후 개선방안을 제시하였으며, 악취통합관리시스템의 필요성을 강조하였다.¹⁷⁾

추가적으로, 스마트폰 어플리케이션을 이용하면 악취 민원의 구체적인 지점 확인, 사진, 동영상 첨부 등을 통해 정확한 신고와 관리가 가능하다. 2022년 1월 현재, 악취 관련 안드로이드 계열 스마트폰 어플리케이션 3개가 검색되었다. 울산시에 특화된 어플리케이션을 개발하여 효율적인 민원대응과 악취 배출원 파악을 기대할 수 있다.

3.2. 악취 모니터링을 위한 고려 사항

배출원과 수용원 관계를 고려하여 악취를 모니터링하고 관리하기 위해서는 우선적으로 악취유발물질을 규명해야 한다. 일반적인 악취센서는 암모니아, 황화수소, TVOC 등을 분석하므로, 구체적인 악취유발물질을 확인하기 어렵다. 전술한 바와 같이 울산에서는 전국에서 가장 다양한 화학물질이 사용되므로, 현행 22종 지정악취물질이 울산시의 주요 악취유발물질이 아닐 가능성이 크며, 여러 물질이 혼합되어 발생하는 복합악취의 원인물질을 파악해야 한다. 악취민원 지역에서 측정한 자료로 악취 배출원을 특정할 수 없다면 악취 관리차원에서 아무 소용이 없기 때문이다.

울산시에 적합한 악취 분석대상물질이 확정되면 배출원 전수 조사를 주기적으로 실시해야 한다. 이를 통해, 신뢰성 있는 악취 배출량을 산정해야만 악취 모델링 결과를 신뢰할 수 있다. 산업단지 내부에도 충분한 무인악취포집기와 악취모니터링시스템을 설치해야 배출원 영향을 파악하고 악취물질 이동 현황을 추적할 수 있다. 또한, 대기오염취약 지역(산업단지 최근거리 마을)에도 무인악취포집기와 악취모니터링시스템을 설치하여 사회적 약자를 배려해야 한다. 지역 주민의 알권리 차원에서 악취 측정결과(정밀 분석기기 및 센서)를 충분히 공개하여 악취 배출업체가 사회적인 부담을 느끼고 자발적으로 악취배출을 저감하도록 유도해야 한다.

3.3. 모니터링 기법 고도화와 통합관리체계 구축

지금까지 울산시에서는 악취방지 종합대책을 마련하고 악취문제를 해결하기 위해 많은 노력을 기울여왔다. 울산시 본청에서는 무인악취포집시스템과 악취자동측정기 설치, 울산광역시보건환경연구원의 악취 실태조사, 개별 연구용역 등을 통해 다각도로 악취 문제에 접근하고 있다. 울주군은 이와 별도로 통합관리시스템을 구축하여 모니터링과 모델링 기술을 활용하고 있다. 그러나 산업단지 주변에서는 여전히 악취가 수시로 발생하고, 시민들이 체감할 수 있을 정도로 악취 문제가 해결되지 않고 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해서 모니터링 기법을 고도화하고 울산시 전역에 대한 통합관리체계(Fig. 7)를 구축할 필요가 있다. 이를 위해 다음과 같은 기초 자료 확보와 최신 기술 활용 등을 제안한다. (1) 악취민원과 악취 측정지점의 지리정보시스템 데이터 베이스를 구축한다. (2) 주민참여를 전제로 악취측정지점 위치 적정성을 평가해야 한다. (3) 국립재난안전연구원에서 측정하고 있는 울산시 고해상도 기상자료를 이용하여 실시간 바람장을 표출하고 대기확산모델을 이용하여 악취 확산 경로를 추적해야 한다. (4) 악취 배출구, 부지경계, 주거지역(민원다발지역)에서 종합적으로 모니터링 실시하고 고해상

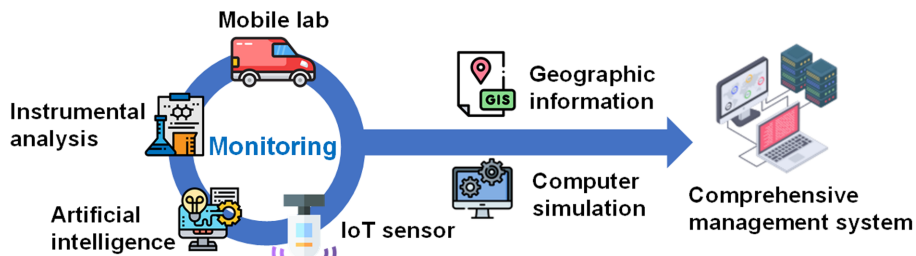


Fig. 7. Concept of a comprehensive management system for odor.

도 시공간 자료를 확보한다. (5) 악취원인물질 규명 과 배출원 파악을 위해서 지정악취물질 22종 외에 다양한 원인물질 데이터 베이스를 구축하고 인공지능 기법을 도입해야 한다. (6) 배출원 전수 조사를 통해 악취 배출량을 산정하고 물질별 배출 경향을 파악한다. (7) 배출량 자료와 실측자료를 다변량통계기법에 적용하여 민원지역에서의 배출원 기여도를 정량적으로 평가한다. (8) 실시간 측정자료를 활용하여 조건부확률함수 등의 자료해석기법을 사용하여 배출원을 추정한다.

4. 결 론

본 연구에서는 울산시의 악취문제를 개선하기 위해서, 지역 악취발생 현황을 파악하고 통합관리체계 구축을 제안하였다. 울산의 지리적 입지조건, 기상조건, 산업단지의 위치, 배출시설 관리 등으로 인해서 주로 여름에 악취 민원이 발생한다. 울산시는 악취방지 종합대책을 마련하고 무인악취포집, 자동측정, 악취실태조사, 이동형 유해대기측정시스템 도입 등을 통해 다방면으로 악취 문제에 대응하고 있다. 이를 통해 주요 악취물질과 지역별 특성을 파악하고 있으나, 지정악취물질 이외의 구체적인 원인물질과 복합악취에 대한 정보는 부족하며, 민원발생 시 악취배출원을 특정하고 오염경로를 추적하는데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 모니터링 기법을 고도화하고 악취통합관리체계를 구축해야 한다.

감사의 글

본 연구는 울산광역시의회와 한국연구재단 기초연구사업(No. 2020R1A6A1A03040570)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 최성득, 김지훈, 장윤석, 박재범, 이수현, 윤희영, “뚝초액을 이용한 야외 철강작업장의 악취저감”, *한국냄새환경학회지*, 2006, 5, 33-39.
2. 최성득, 김지훈, 장윤석, 박재범, 이수현, 윤희영, “기상

자료를 고려한 철강공단의 악취영향평가”, *한국냄새환경학회지*, 2005, 4, 95-103.

3. 경상일보, “경상신문: 울산에서 악취 문제 해결하기”, <http://www.ksilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=711972>, 2019년 8월.
4. 울산광역시, “울산광역시 대기오염측정망 확대 운영 종합계획 수립”, 2020.
5. 이운세, 최성득, 권혜옥, 김철수, 손희식, 예진, “울산지역 대기 중 아황산가스의 시공간적 오염특성(2005-2009)”, *한국환경분석학회지*, 2011, 14, 249-256.
6. 울산광역시보건환경연구원, “2020년도 악취실태조사 결과 보고”, 2021.
7. 울산광역시, “환경백서”, 2021.
8. 울산광역시, “울산시, 악취방지 종합대책 추진”, https://www.ulsan.go.kr/u/rep/bbs/view.do?bbsId=BBS_000000000000027&mId=001004003001000000&dateId=92193, 2021년 4월.
9. S.-J. Kim, S.-J. Lee, H.-Y. Lee, H.-J. Park, C.-H. Kim, H.-J. Lim, S.-B. Lee, J. Y. Kim, U. Schlink, and S.-D. Choi, “Spatial-seasonal variations and source identification of volatile organic compounds using passive air samplers in the metropolitan city of Seoul, South Korea”, *Atmospheric Environment*, 2021, 246, 118136.
10. 울산녹색환경지원센터, “울산 석유화학단지 악취 측정 및 지도 제작”, 2017.
11. 윤승진, 조강희, 김형석, 송건범, 이승복, 정주영, “실시간질량분석장치 (SIFT-MS) 장착 이동측정시스템에 의한 산업단지 유해대기오염물질 오염도 측정 연구”, *한국대기환경학회지*, 2020, 36, 507-521.
12. 환경부, “울산산단 건강피해 예비타당성 조사”, 2021.
13. 울산광역시보건환경연구원, “유해대기측정시스템(이동형) 운영실적 보고”, 2020.
14. 울주군, “악취통합관리 상황실 개소”, <https://www.ulju.ulsan.kr/ulju/bbs/view.do?bIdx=13533&ptIdx=146&mId=0404020000>, 2020년 4월.
15. 울주군, “울주군 악취통합관리시스템, 악취 대응 컨트롤 타워 역할 토크”, <https://www.ulju.ulsan.kr/ulju/bbs/view.do?bIdx=16685&ptIdx=146&mId=0404020000>, 2020년 10월.
16. 태성환경연구소, “악취통합관리시스템”, <http://www.ts-ei.com>, 2022년 3월.
17. 울산광역시의회, “울산광역시 악취발생 실태에 따른 문제점과 향후 개선방안 연구”, 2021.