

정책연구보고서

# 지역 내 대기유해물질 저감을 위한 조사 분석 및 해결방안 연구

2023. 11



대구광역시의회

# 제 출 문

대구광역시의회 의장 귀하

본 보고서를 “지역 내 대기유해물질 저감을 위한 조사 분석 및  
해결방안 연구”에 관한 최종보고서로 제출합니다.

2023. 11. 13

대구가톨릭대학교 산학협력단  
대표자 김 기 홍 (인)

## 참여연구진 및 용역수행기관

### □ 대구시의회

의원연구단체 「미래지속가능발전포럼」 대표 전태선

제안의원 김원규

참여의원

권기훈, 김대현, 류종우, 박소영, 박우근, 손한국, 이동욱

이성오, 임인환, 허시영, 황순자

### □ 용역수행기관

책임연구원 양원호 (대구가톨릭대학교 교수)

참여연구원 신지훈 (대구가톨릭대학교 연구원)

민기홍 (대구가톨릭대학교 연구원)

우재민 (대구가톨릭대학교 연구원)

김동준 (대구가톨릭대학교 연구원)

이준호 (대구가톨릭대학교 연구원)

# 요 약 문

## I. 제 목

“지역 내 대기유해물질 저감을 위한 조사 분석 및 해결방안 연구”

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구목적

대기오염 및 악취 관련 민원이 제기된 사항을 파악하여 측정 시기 및 위치를 선정한다. 그리고 악취의 원인이 되는 유해 대기유해물질을 조사해 측정·분석하여 지역주민의 영향 정도를 파악하고, 발생원을 평가하여 환경정책에 활용될 수 있도록 기초자료로 제공하고자 하였다.

### 2. 연구의 필요성

악취물질은 대기오염물질이며 우리나라에서는 악취방지법에서 22종을 지정악취물질로 규제하고 있다. 산업단지와 주거지역의 이격거리가 가깝고, 인구밀도가 높으면 악취 및 대기오염물질에 대한 민원이 발생할 수 있다. 환경정책 결정 및 대기질 개선을 위해서는 발생원에 대한 조사가 이루어져야 하고, 지역주민에 대한 노출 정도를 파악해야 한다. 그 중 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)은 대기 중에 낮은 끓는 점으로 쉽게 증발하고 많은 악취 유발 인자를 가지고 있으며, 알데하이드류(aldehydes)의 경우 소각, 화석연료의 사용 등에서 발생된다. 휘발성유기화합물과 알데하이드류의 노출은 사람에게 각종 환경 관련 질환 및 발암의 악영향을 줄 수 있다.

## III. 연구내용 및 범위

본 연구는 대구광역시 서구 및 달성군의 발생원으로부터 대기유해물질에 대한 지역주민의 영향을 대기환경 공정시험기준과 실시간 측정 장비를 이용해 평가하였다. 화학물질 배출량 및 이동 정보를 이용해 해당 지역의 배출량과 대기오염 정도를 확인하여 대상 지역을 선정한 뒤 실시간 측정이 가능한 직독기(센서측정기)를 설치하고, 발생원 및 민원 현황을 순회 및 분석하여 영향권(노출지역)에 측정지점을 선정하고 본 조사를 수행하였다. 대기확산 모델을 이용해 발생원에서 측정지점과 영향권에 대한 노출 정도를 확인하였고, 배출되는 화학물질과 측정된 오염물질을 비교하여 어느 지역 및 발생원에서 기여 정도를 간접적으로 평가하였다.

## 1. 대기오염도 조사

- 가. 환경부 에어코리아([www.airkorea.or.kr](http://www.airkorea.or.kr))에서 대기질 측정소의 농도를 수집
- 나. 대구광역시 전체 및 대구광역시 서구와 달성군의 대기환경기준 물질의 오염도 변화 확인

## 2. 화학물질 배출량 조사

- 가. 화학물질 배출·이동량 정보 시스템의 정보를 이용해 대기오염물질 파악
- 나. 악취오염 물질 22종과 비교해 시료채취 방법 선정

## 3. 환경민원 특성 조사

- 가. 민원 현황을 지자체에 요청하여 2022년 민원 내용을 분석
- 나. 주요 악취 시간대 및 민원이 발생한 장소 등을 검토 후 순차적 접근

## 4. 시료채취 및 분석

### 가. 예비조사

- 1) 공공기관의 실내와 실외에 직독기(센서측정기)를 이용해 실시간 측정
- 2) 발생하는 시간대 확인 및 실외와 실내의 농도 비교
- 3) 발생원 주변 조사를 통해 시료채취 지점 선정

### 나. 본조사

- 1) 민원 및 예비조사를 통해 주요 발생 시간대를 선정하여 대기유해물질 측정
- 2) 직독기(센서측정기기)를 이용해 실시간 농도변화 비교
- 3) 대기확산 모델링을 통한 주거지역 영향 정도 분석

## IV. 연구 결과

### 1. 대기오염도 조사

대구광역시의 대기질 측정소의 농도를 종합하여 대기오염물질 측정 현황을 조사하였다. 입자상물질인 미세먼지(PM<sub>10</sub>)와 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 농도는 초미세먼지가 대기질 측정소가 설치된 시기인 2015년부터 2022년까지 전체 평균 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 서구의 경우 대구광역시 전체 평균보다 다소 높았으며, 2016년과 2021년을 제외하고 지속적으로 감소하고 있다. 달성군의 PM<sub>10</sub> 농도는 낮았고, PM<sub>2.5</sub>는 타지역과 유사하게 나타났다.

## 2. 화학물질 배출량 조사

염색산업단지가 있는 서구는 암모니아, 자일렌(xylene), 톨루엔(toluene), 메틸에틸케톤(MEK) 등의 휘발성유기화합물이 다량 배출되는 지역으로 트리클로로에틸렌(TCE)의 경우 연간 150,000 kg에서 연간 50,000 kg까지 배출량이 크게 감소하였고 또한 메틸에틸케톤, 디클로로메탄(DCM)과 암모니아의 배출량이 크게 줄었다. 달성군의 배출량은 화학물질 중 톨루엔, 디메틸포름아미드(DMF), 메틸에틸케톤, 염화수소, 아세트산, 암모니아 등 이었다. 암모니아, 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤이 악취 대상 물질과 배출원 조사 자료와 일치하여 휘발성 유기화합물 및 알데하이드 측정 방법을 결정하였고, 기존에 보고된 자료를 검토하여 대상 지역은 측정자료 및 연구자료가 상대적으로 부족한 달성군을 중점 대상 지역으로 선정하였다.

## 3. 환경민원 조사

대구광역시 달성군의 2022년 민원 데이터를 제공받아 대기유해물질에 대한 악취 민원 사례를 추출하여 분석한 결과 전체 94건으로 달성1차 산업단지과 테크노폴리스 산업단지와 주변에 위치한 제지공장에 대한 민원이 각각 17건과 18건으로 조사되었다. 특히 지역 주민들은 저녁 시간과 새벽 그리고 비가 오는 날의 악취에 대한 민원을 제기하였다.

## 4. 악취를 포함한 대기유해물질 농도 수준

예비조사의 경우 환경 민원 데이터에서 분석한 결과와 현장 조사 한 결과를 종합하였다. 그리고 주변 모든 산업단지를 고려하도록 했으며, 달성군의 산업단지 주변 지역 주민의 노출을 고려하여 실제 거주하는 지역을 중심으로 시료채취 위치를 선정하였다.

장소는 민원이 발생한 지점과 함께 고려하여 4개의 지점을 선정하였으며, 고체 흡착관을 이용한 총휘발성유기화합물(TVOCs)을 측정하였으며, 알데하이드의 경우 DNPH-유도체화 방법을 이용한 매체를 선택하여 시료 채취하였다. 직독기(센서측정기기)의 경우 예비조사를 실시한 장소를 그대로 시료채취한 시간 동안 1분 단위로 연속 24시간 측정하여 실외와 실내의 농도비를 비교한 결과 악취를 유발하는 대기오염물질을 9종을 비교 분석할 수 있었다. 에틸벤젠과 자일렌은 대부분 검출한계 미만 값으로 검출이 되지 않았으며, 밤 22시부터 24시 사이에 총휘발성유기화합물(TVOCs)의 경우 122.02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타내었다. 낙동강 물환경연구소 주변에서 측정한 위치는 달성2차 일반산업단지로 18시부터 20시까지 TVOCs는 108.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이었고, 에틸벤젠과 자일렌을 제외하고 모든 물질이 검출되어 영향이 있는 것으로 확인되었다. 구지 농공단지와 달성2차 산업단지 및 신기공업단지의 영향을 받은 것으로 판단한다. 논공읍사무소 인근의 달성1차 일반

산업단지에는 자동차 부품 제조업이 많이 입주해 있으며, 18시부터 20시에 사이에 메틸에틸케톤이 검출 되었으며, 저녁 시간대의 TVOCs 농도가 높았다. 테크노폴리스 산단은 제지공장의 배출원이 주거지역과 가까운 곳에 집락해 있는 형태로 확산모델링 확인 결과 배출량 모델과 일치하였다.

특히 벤젠(benzene)은 혈액암을 야기하는 대표적인 대기유해물질임에도 테크노폴리스 산업단지 주변에 위치한 대구과학관 천문대에 경우 오전 주업무 시간대(10:00-1200)와 오후 주업무 시간대(14:00-16:00)에  $5.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  및  $5.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준치(연간평균치  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 약간 초과하였고, 논공읍사무소 공단 출장소 주변에서 측정했을 때 벤젠의 농도는  $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $7.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $5.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 22시부터 자정까지의 농도가 가장 높았다. 따라서, 산업단지 내의 발생원 관리 및 실태조사가 필요하며, 벤젠을 배출하는 발생원의 추적조사가 필요한 것으로 판단한다.

## V. 연구결과 활용에 대한 건의

대기 중 유해화학물질을 포함한 악취를 해결하기 위해서는 배출원의 관리가 중요하다. 현재 대구광역시 달성군의 경우 산업단지와 거주지역이 가깝게 형성이 되어있어 지차체와 사업체와 지역주민의 협의가 없을 경우 마찰이 늘어날 것으로 예상된다. 해결책으로 설치된 자동시료 채취망을 운영하는 것은 바람직하나 정보가 공개되지 않아 실효성의 의심되는 부분 중 하나로 생각되며, 시료 채취자의 숙련도 및 관리상태를 점검하고 자주 모니터링하는 것이 자동시료 채취망의 효율을 높일 수 있는 방법이라 판단된다. 위해도 소통(risk communication) 개념에서 투명한 정보공개가 주민들과의 마찰이 최소화될 수 있는 하나의 방법이 될 수 있다.

주변 지역의 대기 중 유해물질을 파악하여 최적의 측정 및 분석방법을 설정하고, 대기확산 모델링을 이용한 농도 예측, 바이오모니터링(biomonitoring) 및 지역사회 설문조사를 통한 건강위해평가 수행이 필요하다. 또한 지역주민의 유해물질 노출을 중심으로 발생원을 역추적하여 사업장에 대한 기여율을 평가할 수 있다. 따라서, 향후 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

악취는 단순히 나쁜 냄새가 아닌 유해화학물질이다. 지역주민들은 단순히 나쁜 냄새가 아닌 유해화학물질에 노출되어 건강영향을 나타낼 수도 있기 때문에 대기유해물질이 어디서(어떤 산업장에서) 발생되고 어떻게 주민에게 건강영향을 주는지에 대한 조사가 필요하다. 이런 추가적 조사를 통해 좀 더 강화된 발생원 관리의 근거를 삼아야 한다. 또한 악취를 포함한 대기오염 수준의 감시체계를 구축하여 지역주민의 환경권과 건강권을 지킬 수 있도록 해야하며, 악취관리 개념보다 화학물질 관리 개념으로 접근하여 지역주민의 건강영향평가를 진행해야 한다.

# 목 차

I. 연구개발 목적 및 필요성 .....	1
1. 연구의 배경 .....	1
2. 연구의 목적 및 필요성 .....	4
II. 연구내용 및 범위 .....	5
1. 대기오염 및 배출량 조사 .....	5
가. 대구광역시 대기오염도 조사 .....	5
나. 대구광역시 화학물질 배출량 조사 .....	6
2. 대상지역의 선정 .....	6
3. 환경민원 특성 조사 .....	6
4. 시료채취전략 수립 .....	7
가. 예비조사 .....	7
나. 본 조사 .....	8
다. 정도관리 (QA/QC) .....	12
라. 대기확산 모델링 .....	12
III. 연구결과 .....	13
1. 대기오염도 .....	13
가. 대구광역시 대기오염도 .....	13
나. 서구 대기오염도 .....	14
다. 달성군 대기오염도 .....	15
2. 지역별 사업장 배출량 조사 결과 .....	16
가. 서구 화학물질 배출량 .....	16
나. 달성군 화학물질 배출량 .....	17
3. 대기유해물질 조사지역 선정 .....	17
4. 환경민원 .....	18
5. 시료채취 및 분석 .....	20
6. 예비조사 .....	21
7. 대기확산 모델링 .....	24
8. 약취를 포함한 대기오염물질 농도 수준 .....	25
가. 시료채취 결과 .....	25



나. 분석 결과 .....	26
다. 실시간 측정 결과 .....	29
IV. 결론 .....	30
V. 연구결과 활용에 대한 건의 .....	32

## 〈표 차례〉

〈표 1.1〉 악취물질의 냄새 특성 및 원인물질명 .....	2
〈표 1.2〉 민원의 종류 .....	3
〈표 2.1〉 대기오염물질 시료채취 시간 및 분석방법 .....	8
〈표 2.2〉 기체크로마토그래피 및 질량분석기 분석 조건 .....	10
〈표 2.3〉 고성능 액체크로마토그래피 분석 조건 .....	11
〈표 3.1〉 조사지역 선정 .....	18
〈표 3.2〉 주요 단어별 빈도분석 결과 .....	19
〈표 3.3〉 대구광역시 달성군 2022년도 월별 민원 건수 .....	19
〈표 3.4〉 악취 오염물질 및 기준농도와 배출지역 비교 .....	21
〈표 3.5〉 대구 테크노폴리스 LH천년나무 1단지 주변 악취 및 대기오염물질 농도 .....	27
〈표 3.6〉 대구과학관 천문대 주변 악취 및 대기오염물질 농도 .....	27
〈표 3.7〉 낙동강 물 환경연구소 주변 악취 및 대기오염물질 농도 .....	28
〈표 3.8〉 논공읍사무소 공단출장소 주변 악취 및 대기오염물질 농도 .....	28

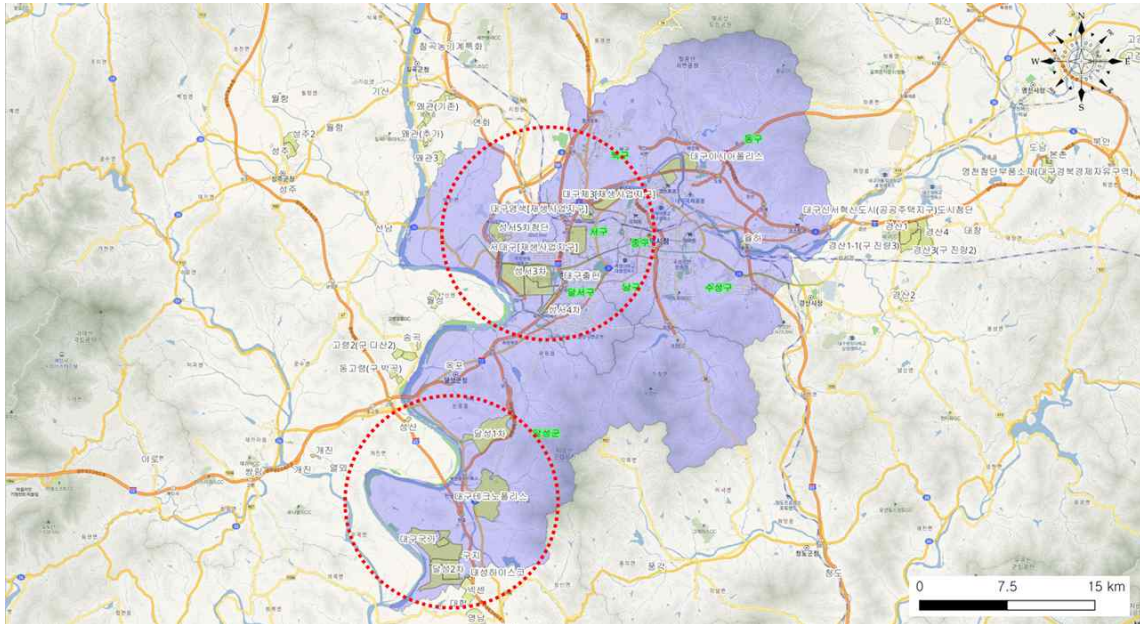
## 〈그림 차례〉

〈그림 1.1〉 대구광역시 산업단지 분포 .....	1
〈그림 1.2〉 연구의 개요 .....	4
〈그림 2.1〉 환경부 에어코리아(AirKorea) .....	5
〈그림 2.2〉 환경부 화학물질 배출·이동량 정보 시스템 .....	6
〈그림 2.3〉 환경민원 자료 이용 흐름도 .....	7
〈그림 2.4〉 Tenax-TA tube 및 TVOC 펌프 .....	9
〈그림 2.5〉 기체크로마토그래피 및 질량분석기 .....	9
〈그림 2.6〉 2,4-DNPH 카트리지와 알데하이드 펌프 .....	11
〈그림 2.7〉 고성능 액체크로마토그래피 .....	11
〈그림 2.8〉 모델링 프로그램 .....	12
〈그림 3.1〉 대구광역시 연도별 미세먼지 농도 비교 .....	13
〈그림 3.2〉 대구광역시 연도별 가스상 물질 농도 비교 .....	14
〈그림 3.3〉 대구광역시 서구 연도별 미세먼지 농도 비교 .....	14
〈그림 3.4〉 대구광역시 서구 연도별 가스상 물질 농도 비교 .....	15
〈그림 3.5〉 대구광역시 달성군 연도별 미세먼지 농도 비교 .....	15
〈그림 3.6〉 대구광역시 달성군 연도별 가스상 물질 농도 비교 .....	16
〈그림 3.7〉 서구 연간 화학물질 배출량 비교 .....	16
〈그림 3.8〉 달성군 연간 화학물질 배출량 비교 .....	17
〈그림 3.9〉 대구광역시 달성군 2022년도 민원 분석 결과 .....	19
〈그림 3.10〉 대구광역시 달성군 시료채취장소 선정 .....	20
〈그림 3.11〉 실시간 센서 모니터링장비 설치 사진 .....	22
〈그림 3.12〉 악취유발 대기오염물질 발생원 조사 .....	22
〈그림 3.13〉 실내 실시간 센서 측정 결과 .....	23
〈그림 3.14〉 실외 실시간 센서 측정 결과 .....	23
〈그림 3.15〉 달성군 악취 확산 모델링 .....	24
〈그림 3.16〉 달성군 바람 장미도 .....	24
〈그림 3.17〉 주요 시간대 대기오염물질 시료채취 .....	25
〈그림 3.18〉 실내 실시간 측정 농도 .....	29
〈그림 3.19〉 실외 실시간 측정 농도 .....	29
〈그림 4.1〉 위해도 소통의 흐름도 .....	33

# I. 연구개발 목적 및 필요성

## 1. 연구의 배경

산업화에 따라 산업단지 인근의 주거지역들은 다양한 형태의 대기오염물질에 직간접적으로 노출되고 있다. 특히 산업단지 및 공단지역에서 발생하는 악취로 인한 대기오염 피해는 인근 주민의 중요한 민원사항으로 지속적으로 보고되고 있다(Bundy, 1992). 이들 지역에서 발생하는 악취물질들은 인근 주민들의 건강상에 심각한 피해를 일으킬 뿐만 아니라, 낮은 농도에서 심리적인 불쾌감을 유발할 수 있다(Kabir and Kim, 2010; Herr 등, 2003). 대구시의 경우 서구, 북구, 달성군에 산업단지가 집중되어 있으며, 이것은 지역주민의 불안감 및 환경에 대한 민원이 발생할 것을 판단된다(그림 1.1).



<그림 1.1> 대구광역시 산업단지 분포

대기오염물질 저감을 위한 가장 기본 사항은 주요 영향물질의 종류 및 그 농도가 중요한 기초자료가 된다. 특히 인구밀도가 높고 주거지역과 공업지역이 혼재하고 있는 경우 악취 민원 발생 가능성이 한층 높으며, 이에 따른 보다 신뢰성 있는 악취분석 방법을 통한 악취원인물질 규명에 중점을 두어야 할 것으로 판단된다(An and Choi, 2005; Seo and Lee, 2012; Jung 등, 2016). 환경부에서는 악취물질을 22종으로 지정하고 있으며 냄새의 특성 또한 각기 다른 것으로 나타났다. 알데하이드류(aldehydes)의 경우 자극적이며 새콤하고 타는 듯한 냄새이며, 탄소가 있는 탄화수소류는 자극적인 시너 냄새가 나는 것으로 보고 되고 있다(표 1.1).

〈표 1.1〉 악취물질의 냄새 특성 및 원인물질명

화합물	냄새 특성	원인물질명
황화합물	양파, 양배추 썩은 냄새	메틸메르캅탄 다이메틸설파이드 다이메틸다이설파이드 등
	계란 썩은 냄새	황화수소 등
질소화합물	분뇨 냄새	암모니오, 에틸아민 등
	생선 썩은 냄새	메틸아민, 트라이메틸아민 등
알데하이드류	자극적이며, 새콤하고 타는 듯한 냄새	아세트알데하이드
		프로피온알데하이드
		n-뷰티르알데하이드
		i-뷰티르알데하이드
탄화수소류	자극적인 시너 냄새	n-발레르알데하이드 i-발레르알데하이드
	가솔린 냄새	아세트산에틸 메틸아이소뷰티르케톤
지방산류	자극적인 신 냄새	톨루엔, 자일렌, 스타이렌 등
	땀 냄새	프로피온산 등
	젖은 구두에서 나는 냄새	노말부티르산 등 노말발레르산 이소발레르산 등
할로젠원소	자극적인 냄새, 자극성 냄새	염소, 불소 등

총휘발성유기화합물(Total Volatile Organic Compounds, TVOCs)은 끓는점이 낮아서 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물을 총칭으로서 산업체에서 많이 사용하는 용매에서 화학 및 제약공장이나 플라스틱 건조공정에서 배출되는 유기가스에 이르기까지 매우 다양하며 끓는점이 낮은 액체연료, 파라핀, 올레핀, 방향족화합물 등 생활주변에서 흔히 사용하는 탄화수소류가 대부분 해당된다.

보건학적으로 TVOCs는 악취를 유발하여 삶의 질을 감소시키고 신체 자극이나 암을 유발할 가능성이 있으며, 대기오염을 유발하는 광화학 스모그나 오존의 전구체 역할을 한다(양우영 등, 2021). 이에 전 세계적으로 TVOCs 저감에 대한 요구가 높아지고 있으며, 국내에서는 환경부에서 대기 환경 보전법 제2조 제10호를 관련 근거로 하여 총 37가지의 VOCs를 규제하고 있다.

알데하이드류는 자동차 운행, 화석연료와 바이오매스(biomass)의 소각 및 생산 공정 등과 같은 1차 발생원과 대기 중에서 휘발성유기화합물의 광화학 반응에 의한 2차 발생원을 통해서 대기로 배출된다. 알데하이드류는 각종 질병유발의 원인 및 발암성으로

인해 환경보건학적인 측면에서 위해한 성분, 광화학 반응의 주요한 부산물, 환경부에서 규정하는 관리대상 악취성분, 휘발성유기화합물, 특정대기유해물질 등과 같이 여러 가지 특징을 동시에 지니고 있다(황철원 등, 2018).

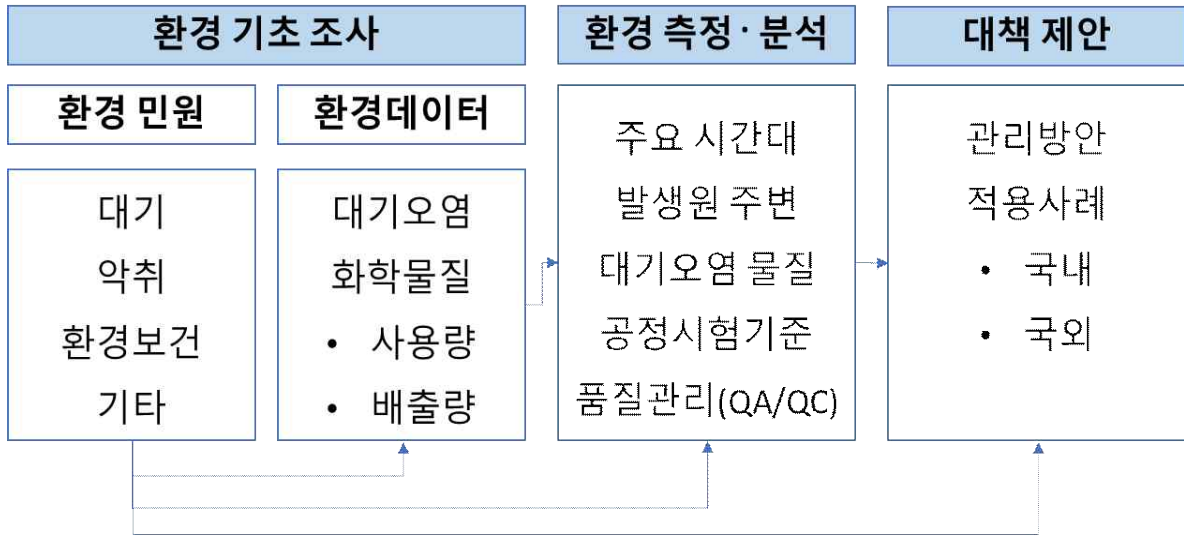
민원인이 행정기관에 처분 등 특정한 행위를 요구하는 사항으로 민원의 내용에 따라 일반민원과 고충민원으로 분류한다(국민신문고). 여기서 민원은 크게 4종류 구분하고 있으며, 지자체에서는 본 내용을 바탕으로 국민들의 민원을 수집하고 정리하여 관리하고 대책을 세우는 정책방향에 활용되고 있다.

〈표 1.2〉 민원의 종류

종 류	정 의	데이터 속성
일반민원	법정 민원	정형 데이터 (정부24)
	질의 민원	
	건의 민원	
기타 민원	법령·훈령·예규·고시·자치법규 등에서 정한 일정요건에 따라 인가·허가·승인·특허·면허 등을 신청하거나 장부·대장 등에 등록·등재를 신청 또는 신고하거나 특정한 사실 또는 법률관계에 관한 확인 또는 증명을 신청하는 민원	비정형 데이터 (국민 신문고)
건의 민원	행정제도 및 운영의 개선을 요구하는 민원	
고충민원	행정기관 등의 위법·부당하거나 소극적인 처분(사실행위 및 부작위를 포함한다) 및 불합리한 행정제도로 인하여 국민의 권리를 침해하거나 국민에게 불편 또는 부담을 주는 사항에 관한 민원(현역장병 및 군 관련 의무복무자의 고충민원을 포함한다)	

## 2. 연구의 목적 및 필요성

대기오염 및 악취 관련 민원이 제기된 사항을 파악하여 측정 시기 및 위치를 선정한다. 그리고 악취의 원인이 되는 유해 대기오염물질을 조사해 측정·분석하여 지역주민의 영향 정도를 파악하고, 발생원을 평가하여 환경정책에 활용될 수 있도록 기초자료로 제공하고자 하였다.



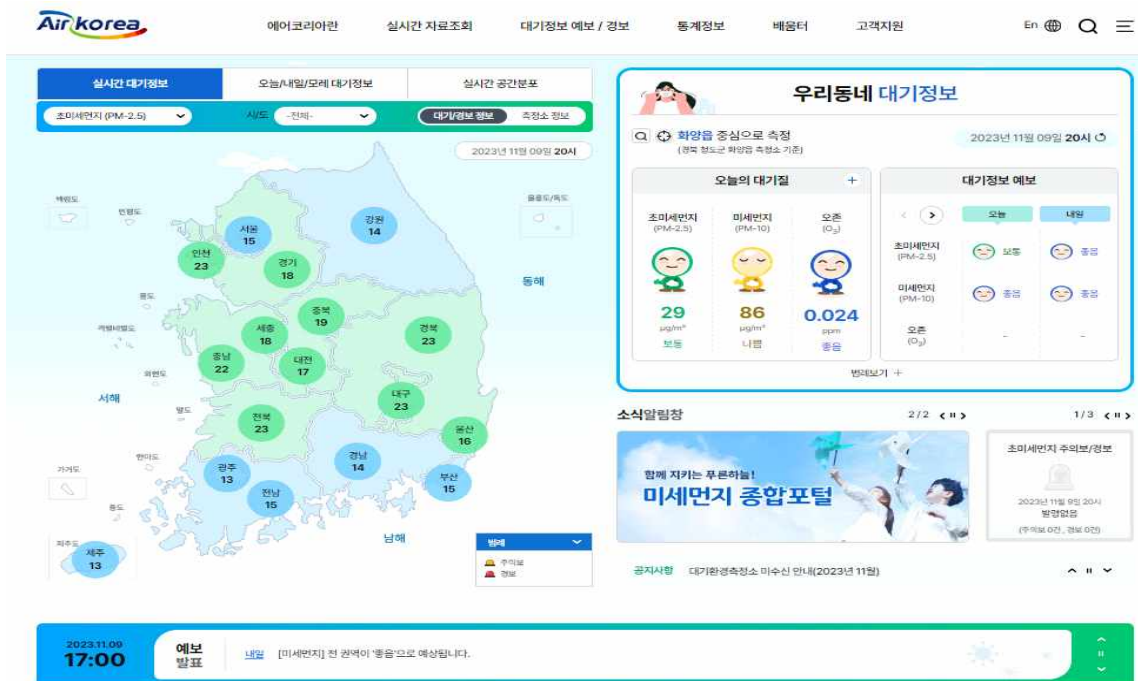
<그림 1.2> 연구의 개요

## II. 연구내용 및 범위

### 1. 대기오염 및 배출량 조사

#### 가. 대구광역시 대기오염도 조사

대기오염은 대기환경기준으로 대기질 개선을 유도하고 있으며 대기오염물질 측정은 입자상물질 중 미세먼지(PM<sub>10</sub>)와 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)이다. 측정되는 가스상물질의 경우 오존(O<sub>3</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 아황산가스(SO<sub>2</sub>)가 있다. 환경부에서 운영하는 에어코리아(www.airkorea.or.kr) 대기질측정소의 농도를 수집하였으며, 수집 시기는 초미세먼지 측정이 시작된 2015년부터 2022년까지 이었다. 각각 서구에 위치한 2곳(내당동, 이현동)의 위치한 대기질 측정소를 선정하였고, 달성군의 경우 3개(다사읍, 유가읍, 화원읍)의 측정소의 농도를 수집하여 분석했다.



<그림 2.1> 환경부 에어코리아(AirKorea)



## 나. 대구광역시 화학물질 배출량 조사

사업장의 제조 또는 사용과정에서 환경으로 배출되는 화학물질의 양을 사업자가 스스로 파악하고 배출저감을 유도하기 위해 화학물질관리법을 근거로 관리되고 있다. 사업장의 규모에 따라 5종류로 구분하고, 규모에 따라 3종 사업장까지 1년에 1번씩 환경부 화학물질안전원에 보고하도록 되어 있다. 대구광역시의 주요 산단의 배출 및 이동량정보를 화학물질 배출·이동량정보 시스템(www.icis.me.go.kr)에서 조회하여 상위 배출물질에 대한 데이터를 정리하여 악취를 유발하는 대기오염물질과 비교하였다.



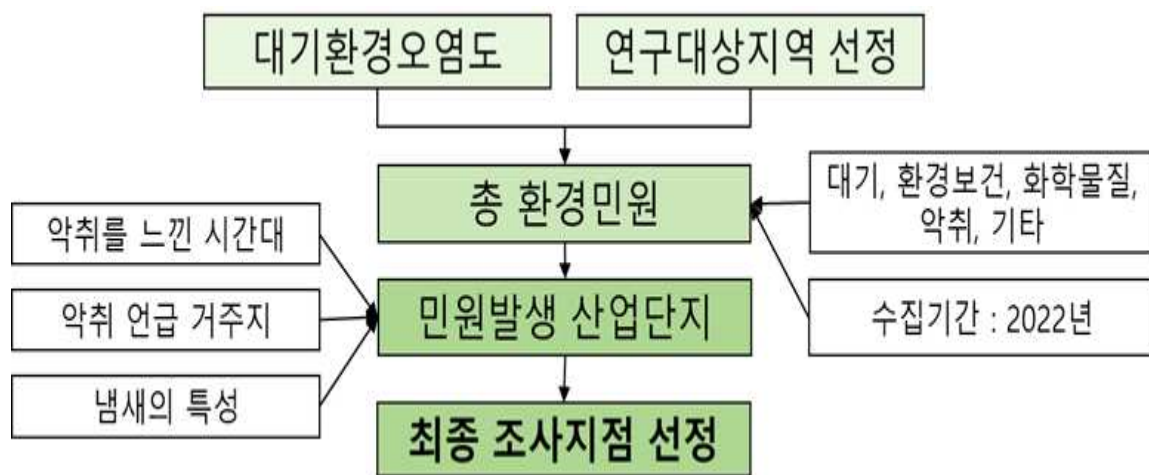
<그림 2.2> 환경부 화학물질 배출·이동량 정보 시스템

## 2. 대상지역의 선정

대기오염 및 배출량 조사를 통해 대구광역시에서 현재까지 악취 및 대기오염물질과 관련되어 연구된 자료의 현황을 확인하여 연구 대상 지역을 선정하였다. 대구시에서 연구되었던 악취 또는 대기오염으로 인한 연구 보고서를 정책연구관리시스템(www.prism.go.kr), 국립환경과학원 등의 연구보고서 및 연구논문을 검색하여 정리하고 빈도수가 낮은 지역을 선정하였다.

### 3. 환경민원 특성 조사

선정된 연구대상 지역의 정부기관인 지자체에 접수된 주요 민원사항을 종합하여 제공 받았다. 자료의 선정은 공정의 변경, 지역 산업의 변화를 고려하여 가장 최근인 2022년 데이터를 요청하였다. 전체적인 민원을 파악한 다음 주요 발생 산업단지가 언급된 데이터를 추출하고, 추출된 산업단지별 민원사항에서 주요 발생시간이나, 악취발생을 인한 불편함, 냄새의 특성, 언급된 주요 거주지역 등을 파악하여 악취를 유발하는 대기유해물질을 배출하는 사업장의 행태를 파악하였다.



<그림 2.3> 환경민원 자료 이용 흐름도

### 4. 시료채취전략 수립

#### 가. 예비조사

대기오염물질을 측정하기 전 농도의 경향 및 최적의 시료채취 장소를 선정하기 위해 예비조사와 본조사로 나누어 실시하였다. 본 조사 하루 전 실시간 이동형 직독기(센서 측정기기)를 이용해 공공기관의 실내와 실외에 설치하여 실외에서 실내로 어느 정도 유입이 되는지 평가하고, 직독기를 통해 해당 지역의 농도수준을 실시간으로 파악하였다. 악취는 순간적으로 발생하는 감각공해로 연속적인 측정이 필요하다고 판단되어 연속측정 장치를 설치하여 분석하였다. 직독기는 환경부 지원으로 한국환경산업기술원의 기술개발 연구의 성과물인 고성능 센서 기반 측정기기로 대기질 측정소 대비 정확성을 평가하는 결정계수( $R^2$ )가 95.7%( $R^2=0.957$ )로 우수한 기기를 사용하였다. 최종적으로 선정된 위치에 설치하여 24시간 동안 1분 단위로 연속측정하여 데이터를 수집하는 것을 목적으로 하였다.

나. 본 조사

본 조사의 경우 악취 공정시험기준(환경부, 2022)을 준수하여 실시하였고, 각 4개의 지점을 2명의 연구원이 위치하여 30분간 1회 측정 후 분석결과를 평균하여 값을 도출하였다. 대기오염물질을 측정한 시간대는 악취로 인한 민원이 가장 많았던 시간 총 5개(14:00-16:00, 18:00-20:00, 22:00-24:00, 06:00-08:00, 10:00-12:00)로 분류하였다.

〈표 2.1〉 대기오염물질 시료채취 시간 및 분석방법

항 목	시 료 채 취	분 석	원 리	측 정 시간대
휘발성 유기화합물 (TVOC)	TenaxTA, Carbotrap300 등 (흡착튜브)	TD-GC/MS	고체흡착열탈착	1. 14:00-16:00 2. 18:00-20:00 3. 22:00-24:00
폼알데하이드 (HCHO)	DNPH 카트리지	HPLC	2,4-DNPH 유도체화	4. 06:00-08:00 5. 10:00-12:00

1) 휘발성유기화합물(VOCs)

휘발성유기화합물은 고체 흡착관(Tenax-TA tube)에 흡인 펌프 100 mL/min으로 30분 동안 흡인하여 1회 채취한다. 고체흡착법은 흡착제를 충전한 흡착튜브를 이용하여 흡착제의 표면에 포집하고자 하는 물질을 흡착시키고 열 탈착시켜 분석하는 방법이다. 대상 물질은 N-hexane ~ hexadecane까지며, 흡착튜브는 주로 외경이 1/4inch (6 mm)인 스테인리스나 유리 재질에 고체흡착제가 200 mg 이상 충전 되어있다. TVOCs 측정에 사용되는 흡착제의 세기는 흡착제의 단위 표면적(specific surface area)에 따라 약한 흡착제(<50 m<sup>2</sup>/g), 중간 흡착제(100~500 m<sup>2</sup>/g), 강한 흡착제(>1,000 m<sup>2</sup>/g)로 구분한다. 흡착튜브를 이용하여 TVOCs 물질을 측정하고자 하는 경우에는 무엇보다도 측정 대상 물질에 대한 적절한 흡착제의 선택이 중요하다. 고체흡착법은 Canister에 비해 대상물질의 범위가 비교적 광범위하고 경제적이며 비극성 물질과 극성물질 모두 사용할 수 있다.



<그림 2.4> Tenax-TA tube 및 TVOC 펌프



<그림 2.5> 기체크로마토그래피 및 질량분석기

〈표 2.2〉 기체크로마토그래피 및 질량분석기 분석 조건

TD 100 (Shimadzu , Japan)		GC/MS (Shimadzu GC-2010, Japan)	
Purge temp. and time	40 °C , 0.5 min	GC column	SPB10-1(0.25 mm, 60 m, 1.0 μm)
Desorb time and flow	15min, 50 mL/min	Initial temp.	40 °C (6min)
Desorb temp.	250 °C	Oven ramp rate 1	4 °C/min (40~180 °C)
Cold trap holding time	15 min	Oven ramp rate 2	20 °C/min (180~250 °C)
Cold trap high temp.	300 °C	Final temp.	250°C (10 min)
Cold trap low temp.	-10 °C	Column flow	1.5 mL/.min
Cold trap packi mg	Tenax-TA	Ms Source temp.	200 °C
Split	10	Detector type	EI(Quadrupole)
Valve temp.	200 °C	Mass range	35~300 amu
Transfer lime temp.	200 °C	Electron energy	70 eV

## 2) 알데하이드류

고속액체크로마토그래피(HPLC)를 이용한 2,4-DNPH 유도체화 분석법은 알데하이드를 포함하고 있는 시료가스의 일정량을 채취하여 2,4-DNPH 시약으로 유도체화 시킨 후 고성능액체크로마토그래피(HPLC)에 도입하여 자외선 흡광검출기의 흡수파장 360 nm에서 검출되는 크로마토그램의 높이나 면적 등으로 알데하이드 농도를 구하는 방법이다. 이 방법은 대기 중에 존재하는 카르보닐화합물과 2,4-DNPH와 반응에 의해 생성되는 DNPH 유도체를 분석하는 방법으로 시료의 포집 시 알데하이드뿐만 아니라 케톤(ketone)과도 반응하여 안정한 유도체를 형성하는 특징이 있다. 본 연구에서는 2,4-DNPH (2,4-Dinitrophenylhydrazine) 카트리지에 DNPH와 반응하는 오존을 제거하기 위한 오존 스크러버를 연결하여 흡인펌프 0.5 L/min으로 30분간 흡인하여 총 15 L로 연속 1회 측정한다. 시료가 채취된 DNPH 카트리지를 아세토니트릴 용매 5 ml를 이용하여 추출하여 추출한 용액 일부를 HPLC에 주입하며, 360 nm UV 검출기를 이용하여 정량한다.



<그림 2.6> 2,4-DNPH 카트리지 및 알데하이드 펌프



<그림 2.7> 고성능 액체크로마토그래피

<표 2.3> 고성능 액체크로마토그래피 분석 조건

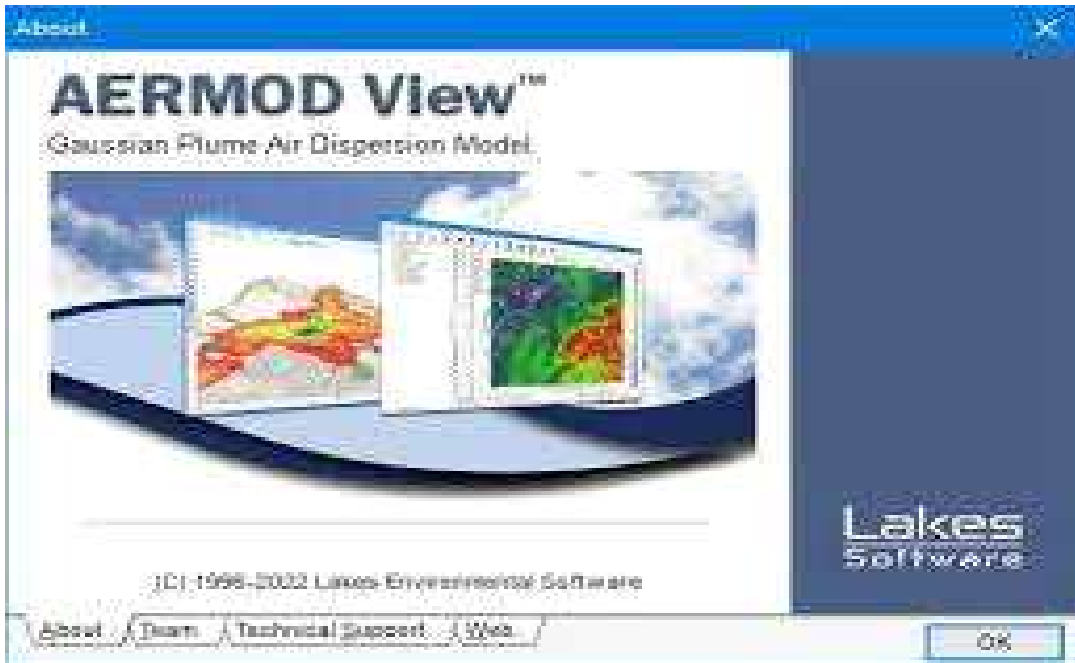
HPLC system	Shimadzu LC-10vp
Injector	Shimadzu SIL-10ADvp
Analytical column	Mightysil RP-18 GPL 250 mm × ID 4.6 mm, T 5 μm)
Detector	UV-VIS detector, Shimadzu
Mobile phase	water(A)/acetonitrile(B) = 40/60
Detection	Absorbance at 360 nm
Flow rate	1.2 mL/min
Injection volume	15 μL

다. 정도관리 (QA/QC)

폼알데하이드(HCHO)와 TVOCs의 일정한 품질을 유지할 수 있는 환경부 공정시험기준에 부합하여 시료채취 및 보관, 운송, 분석까지의 정도관리 규정을 준수하여 실시할 예정이다. 시료 분석의 경우 정도관리 인증을 받은 측정 및 분석기관과 협의하여 분석을 의뢰하여 신뢰성이 높은 대기 농도값을 이용하여 환경민원과 대기오염물질간의 상관성을 확인하고 저감 대책을 제안하고자 한다.

라. 대기확산 모델링

악취관리 대상 사업장의 경우 해당되는 화학물질의 배출량 및 기상조건 등의 데이터를 종합하여 악취확산에 대한 대기모델링을 실시하여 영향범위를 대책을 세우도록 되어 있으며, 본 연구에서도 동일하게 진행하였다. 프로그램은 50 km 범위 미만의 국소지역을 평가하는 것이 특화된 미국 환경보호청(U.S. EPA)에서 개발된 AERMOD view version 9.7를 사용하여 모델링을 실시하였다(EPA, 2017).



<그림 2.8> 모델링 프로그램



### Ⅲ. 연구결과

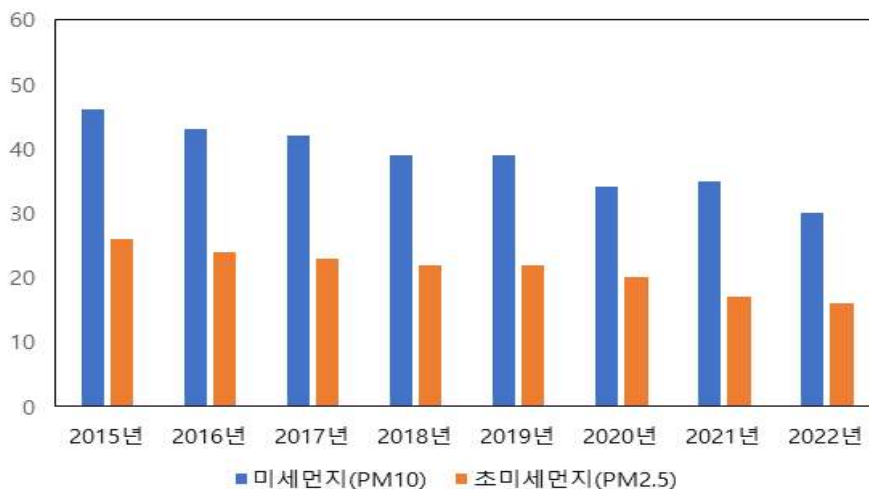
#### 1. 대기오염도

##### 가. 대구광역시 대기오염도

대구광역시 대기질 측정소의 농도를 종합하여 대기오염물질 측정 현황을 조사하였다. 입자상물질인 미세먼지(PM<sub>10</sub>)와 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 농도는 초미세먼지가 대기질 측정소가 설치된 시기인 2015년부터 2022년까지 전체 평균 농도가 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 감소하는 경향을 나타내었다. PM<sub>10</sub> 연간기준치는 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 낮은 수준으로 관리되고 있었으나, PM<sub>2.5</sub>는 2015년 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2022년 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연간기준치인 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 조금 높은 수준이었다.

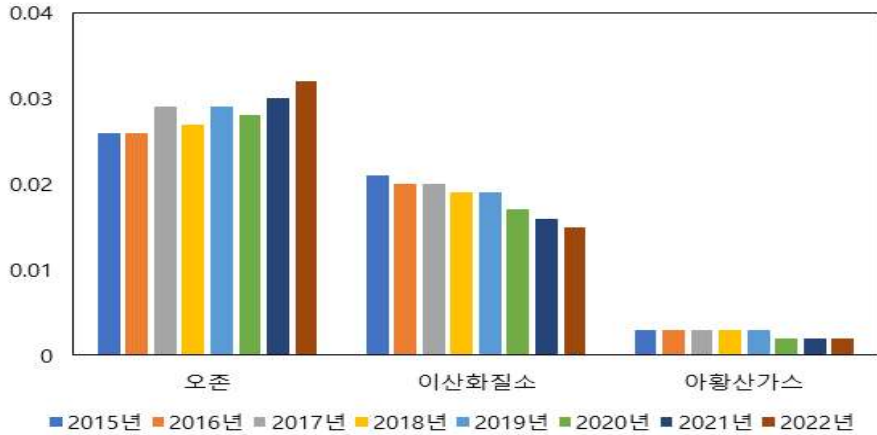
오존(O<sub>3</sub>)의 경우 2015년부터 0.026 ppm을 기준으로 지속적으로 상승하는 경향을 보이고 있으며, 2022년 0.032 ppm으로 나타났다. 8시간 평균기준치인 0.06 ppm보다 낮은 수준이지만 지속적으로 상승되는 양상이 있어 지속적인 모니터링할 필요가 있는 것으로 나타났다. 이산화질소(NO<sub>2</sub>)는 연간기준치 0.03 ppm보다 다소 낮은 0.02 ppm 수준에서 지속적으로 감소하는 경향이였다. 이산화황(SO<sub>2</sub>)은 지속적으로 평이한 수준인 0.002-0.003 ppm으로 연간 평균치인 0.02 ppm보다 현저히 낮은 수준이었다.

대구광역시의 입자상물질(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 및 NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> 농도는 2015년부터 지속적으로 감소하는 경향으로 나타났다(그림 3.1). 그러나 PM<sub>2.5</sub>의 경우 연간기준치보다 높아 지속적인 관리가 필요할 것으로 보이고, O<sub>3</sub>은 연간기준치보다 낮았지만 연도별로 지속적으로 증가하는 경향으로 나타나 감소대책이 필요한 것으로 나타났다(그림 3.2).



<그림 3.1> 대구광역시 연도별 미세먼지 농도 비교



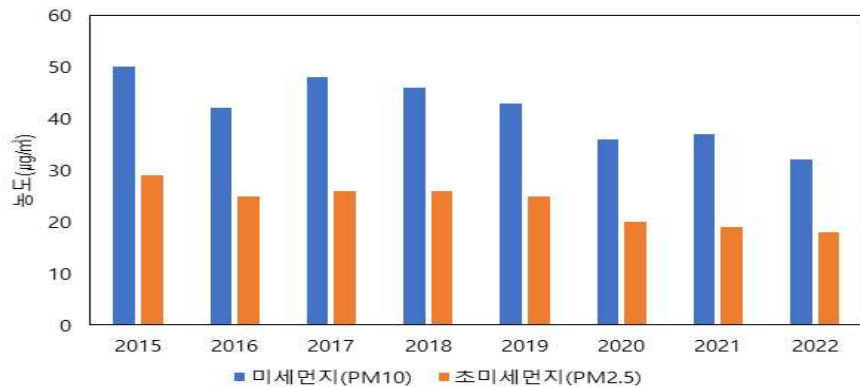


〈그림 3.2〉 대구광역시 연도별 가스상 물질 농도 비교

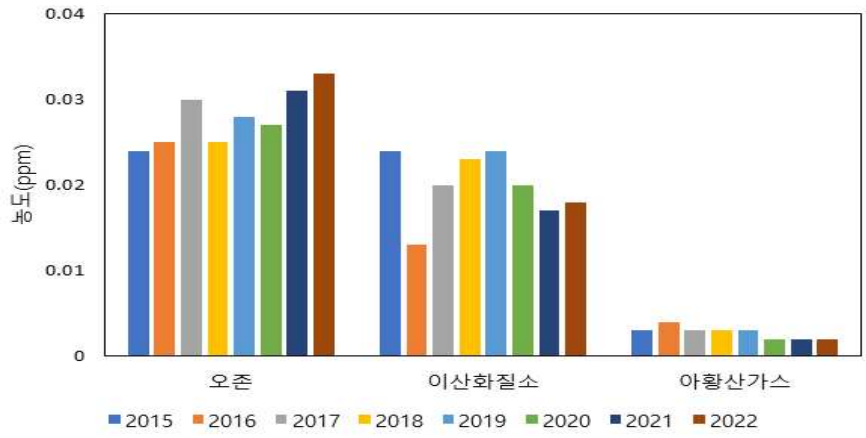
#### 나. 서구 대기오염도

서구의 2015-2022년 PM<sub>10</sub> 농도 수준은 대구광역시 전체 평균보다 약 3.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  높았으며, 2021년을 제외하고 지속적으로 감소되고 있다(그림 3.3). 서구 PM<sub>2.5</sub>의 농도는 18-29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연간기준치보다 높은 수준으로 대구광역시 전체의 농도와 유사하였다. O<sub>3</sub>의 경우 2021년 0.031 ppm으로 가장 높았으나 기준치인 0.06 ppm보다 낮았고, NO<sub>2</sub>는 2016년-2019년까지 증가하다가 다시 감소하였고, 2019년은 0.024 ppm로 가장 높았다. SO<sub>2</sub>는 2015년-2022년까지 0.001-0.003 ppm으로 연간 평균치 0.02 ppm보다 낮은 농도로 관리되고 있으며 지속적으로 감소하는 경향을 보였다.

서구의 PM<sub>10</sub>와 PM<sub>2.5</sub> 농도는 대구광역시와 유사하게 지속적으로 감소하는 경향을 보였으나 PM<sub>2.5</sub>는 연간기준치인 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  보다 높은 수준으로 나타났고, O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub>는 기준치보다 낮은 농도로 나타났으나 각각 최근 2-3년간 지속적으로 증가하고 있어 감소대책이 필요한 것으로 나타났다(그림 3.4).



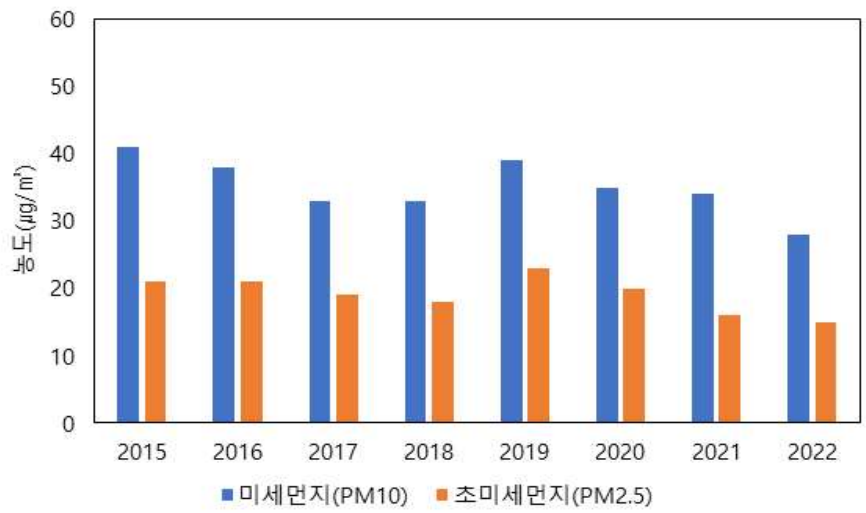
〈그림 3.3〉 대구광역시 서구 연도별 미세먼지 농도 비교



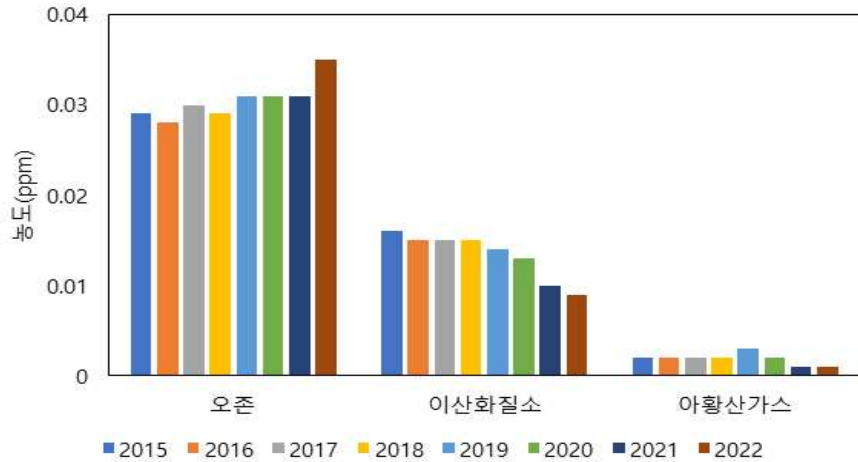
〈그림 3.4〉 대구광역시 서구 연도별 가스상 물질 농도 비교

다. 달성군 대기오염도

달성군의 경우 다른 지역보다 PM<sub>10</sub>의 농도가 약 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  낮았으며, PM<sub>2.5</sub> 농도는 15-23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연간기준치보다 높거나 같은 수준으로 나타났으며 대구광역시 서구와 유사한 경향을 보였다(그림 3.5). O<sub>3</sub>은 대구광역시, 서구와 비교하였을 때 2022년 0.035 ppm으로 가장 높았고, NO<sub>2</sub>는 2019년을 제외하고는 일반적으로 감소하는 경향을 보였다. SO<sub>2</sub>는 2015년-2022년까지 0.001-0.003 ppm로 다른 지역들과 동일하게 연간 평균치 0.02 ppm보다 낮은 농도로 관리되고 있었으며 감소하는 경향을 보였다. 달성군의 2015년-2022년의 평균 O<sub>3</sub> 농도의 경우 0.031 ppm으로 다른 지역보다 0.003 ppm 높았고, 지속적으로 증가되고 있어 O<sub>3</sub>의 연간 평균을 낮출 수 있는 장기적인 대책이 필요하다.



〈그림 3.5〉 대구광역시 달성군 연도별 미세먼지 농도 비교

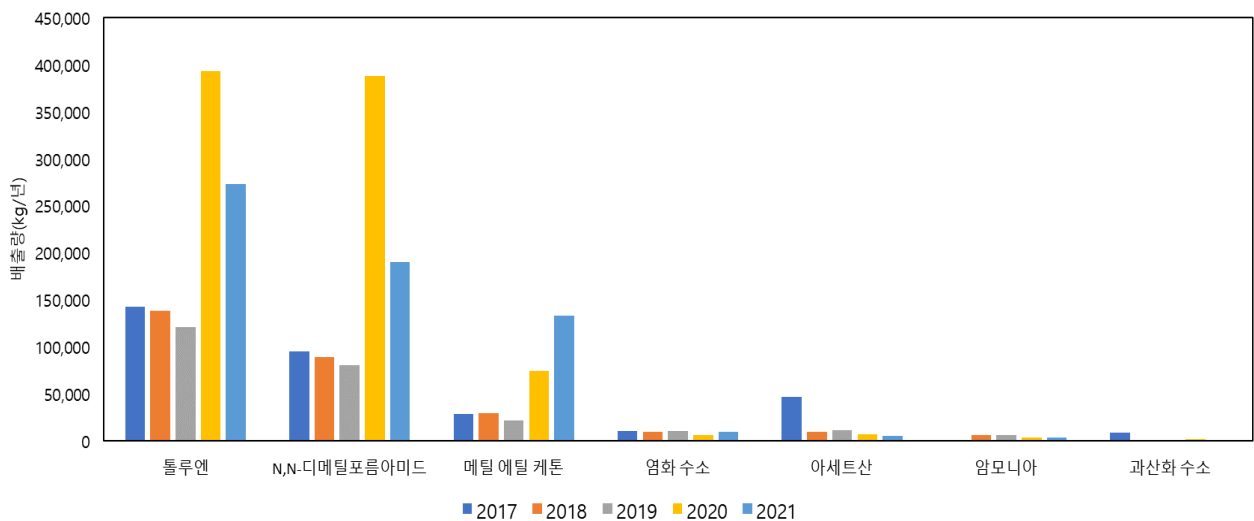


〈그림 3.6〉 대구광역시 달성군 연도별 가스상 물질 농도 비교

## 2. 지역별 사업장 배출량 조사 결과

### 가. 서구 화학물질 배출량

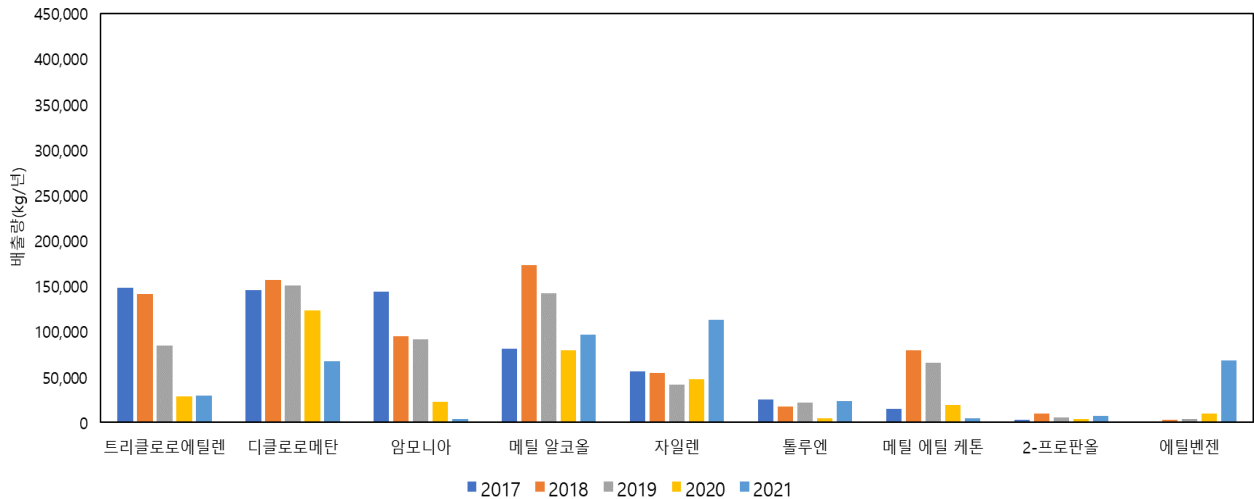
염색산업단지가 있는 서구는 톨루엔, N,N-디메틸포름아미드(DMF), 메틸에틸케톤 등의 휘발성유기화합물이 다량 발생하는 지역이고, 그 중 아세트산의 경우 2017년에 47,349 kg/year에서 2021년 5,866 kg/year로 가장 크게 감소하였고, 과산화수소 > 염화수소 순으로 감소하였다. 그러나 톨루엔의 배출량은 2017년 143,249 kg/year에서 273,665 kg/year로 가장 크게 증가하였고, 메틸에틸케톤 > N,N-디메틸포름아미드 순으로 배출량이 증가하는 경향을 나타내었다(그림 3.7).



〈그림 3.7〉 서구 연간 화학물질 배출량 비교

나. 달성군 화학물질 배출량

달성군에서는 2017년 암모니아의 배출량이 145,200 kg/year에서 2022년은 3,549 kg/year로 가장 큰 폭으로 감소하였고, 트리클로로에틸렌 > 디클로로메탄 > 메틸에틸케톤 > 톨루엔 순으로 감소하였다. 그러나 에틸벤젠의 배출량의 경우 2017년 1,281 kg/year에서 2021년 68,055 kg/year로 가장 크게 증가하였고, 자일렌 > 메틸 알코올 순으로 증가하는 경향을 보였다(그림 3.8).



<그림 3.8> 달성군 연간 화학물질 배출량 비교

3. 대기유해물질 조사지역 선정

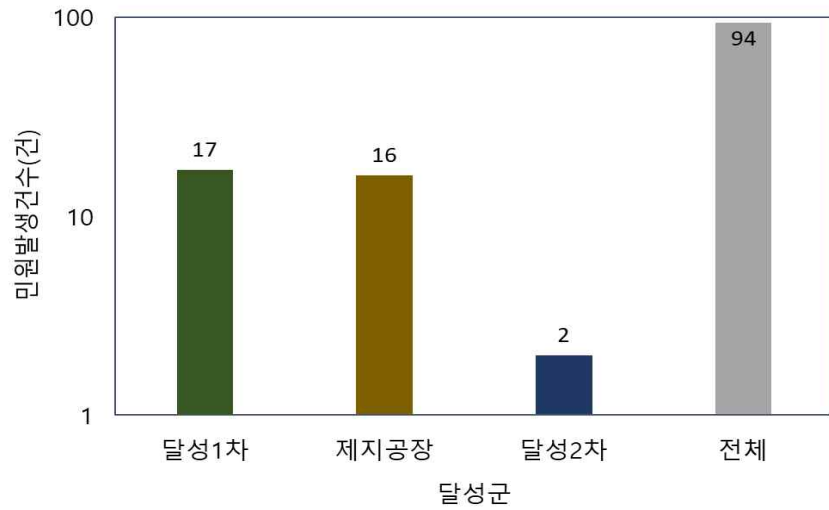
대기유해물질 조사지역 선정은 대구광역시 지역을 대상으로 연구되었던 악취 또는 대기오염으로 인한 연구 보고서를 종합하여 정책연구관리시스템(www.prism.go.kr)에서 4건, 국립환경과학원 연구보고서 1건, 대구광역시의회에서 진행했던 1건을 종합하여 달서구, 서구의 산업단지 및 염색단지, 북구의 소각로를 제외한 후 민원이 많고, 악취에 대한 선행연구가 진행되지 않았던 달성군을 최종 조사지역으로 선정하였다.

〈표 3.1〉 조사지역 선정

연구 및 용역명	수행기관/발주처	연구대상지역	보고년월	출처
일반 산단 주변지역 환경보건평가	대구가톨릭대학교 /국립환경과학원	서구	2011. 11	국립환경 과학원
대기오염의심 산업단지의 대기환경개선을 위한 연구	한국환경정책 평가연구원/환경부	성서지방산업 단지	2007	
염색산단 지역 자율환경 개선을 위한 악취배출업소 악취 배출량 및 실태조사 용역	대구녹색환경지원 센터/대구광역시	염색산업단지	2016	
성서산업단지 재생계획 수립 용역	(주)도화엔지니어링 /대구광역시	성서산업단지	2017	정책연구관 리시스템
염색산단 등 7개 도심산단 공해(악취 등) 해결방안 연구용역	서울시립대학교/ 대구광역시	7개(서대구, 성서, 달성1,2차, 염색, 제3공업, 검단) 산업단지	2018	
소각로 배출물질이 인근지역에 미치는 영향	대구가톨릭대학교 /대구광역시의회	다사읍, 현풍읍	2021. 11	대구광역시 의회

#### 4. 환경민원

대구광역시 달성군의 2022년 민원데이터를 제공받아 대기오염물질에 대한 악취 민원 사례를 추출하여 분석한 결과 전체 94건으로 달성1차산업단지와 테크노폴리스산업단지와 주변에 위치한 제지공장에 대한 민원이 각각 17건, 16건으로 조사되었고, 제지공장에 대한 민원이 17% 수준으로 나타났다. 달성2차산업단지의 환경민원은 2건으로 분석되었다(그림 3.9). 주요 단어별 빈도를 분석하여 달성군의 악취 민원에 대한 경향을 확인하였다(표 3.2). 악취와 냄새의 단어가 23건, 46건으로 악취와 관련된 사항은 총 69건이었으며, 주요 시간대의 경우 새벽 5건, 오후 2건, 저녁 이후에 4건이었다. 새벽과 저녁 이후의 밤 시간대에 민원이 자주 발생하였다. 표 3.3은 월별로 정리한 민원 신고 건수이다. 여름과 가을에 민원접수가 가장 많았으며, 9월에 18건, 6월은 13건, 1월과 11월은 각 12건 순으로 많았다. 제지공장의 경우 4월부터 11월까지 민원이 발생되었고, 달성1차산업단지의 경우 주기적으로 민원이 발생되었다. 주요 내용은 저녁시간과 밤에 악취민원이 많았고, 새벽과 비가 오는 날에 악취가 심한 것으로 분석되었다.



〈그림 3.9〉 대구광역시 달성군 2022년도 민원 분석 결과

〈표 3.2〉 주요 단어별 빈도분석 결과

새벽	오후	저녁이후	악취	냄새	합계
5	2	4	23	46	80

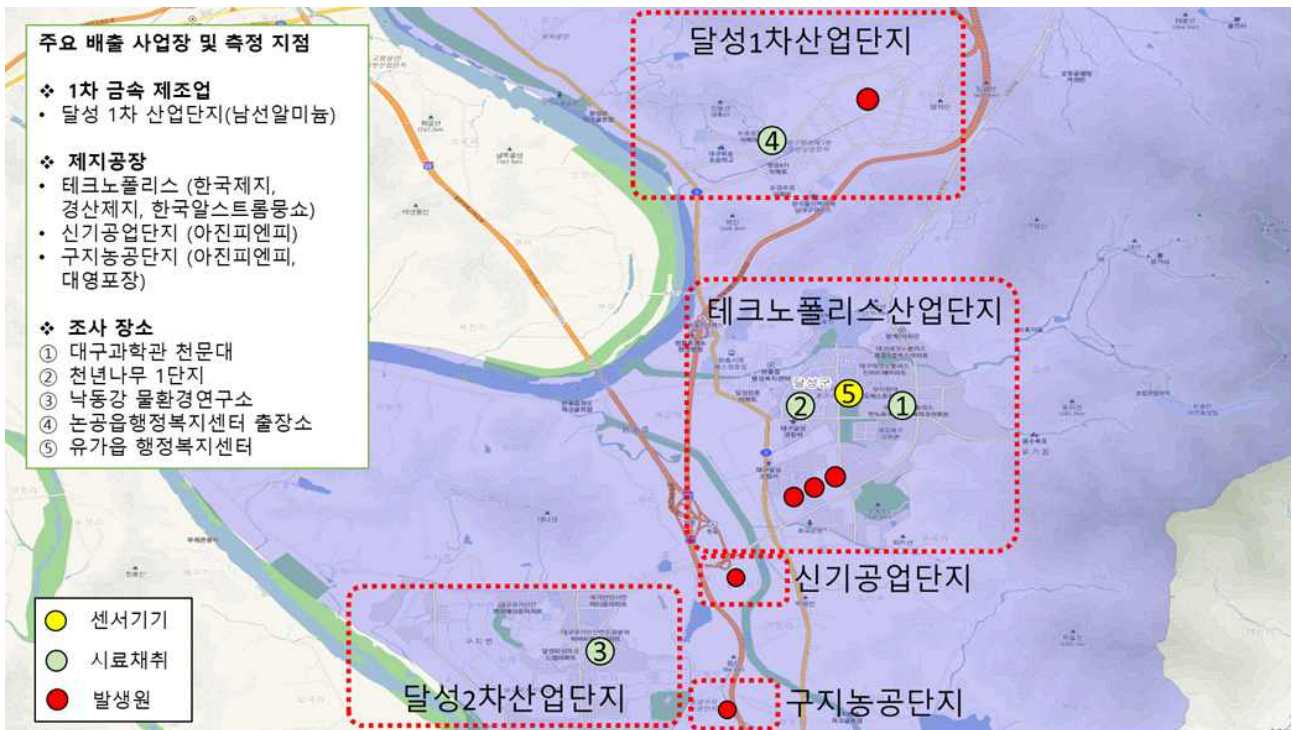
〈표 3.3〉 대구광역시 달성군 2022년도 월별 민원 건수

월	계절	달성1차	제지공장	달성2차	합계
1	겨울	5	0	0	12
2		0	0	0	4
3		1	0	0	6
4	봄	3	2	0	8
5		0	1	1	4
6		0	4	1	13
7	여름	1	3	0	8
8		0	1	0	5
9	가을	4	3	0	18
10		2	1	0	3
11		1	1	0	12
12	겨울	0	0	0	1
전체		17	16	2	94

## 5. 시료채취 및 분석

예비조사 및 대기오염물질의 발생원, 환경민원 데이터에서 분석한 결과를 반영하여 환경오염물질의 오염정도를 파악하기 위한 채취장소를 선정하였다. 추가적으로 주변 모든 산업단지를 고려하였으며, 달성군의 산업단지 주변의 지역주민이 실제 거주하는 지역을 중심으로 예비조사를 실시하여 정확한 위치를 선정하였다.

장소는 민원이 발생한 지점과 함께 고려하여 4개의 지점을 선정하였으며, 직독기의 경우 예비조사를 실시한 장소를 그대로 적용하여 시료를 채취한 시간 동안 1분 단위로 연속 24시간 측정했다. 표 3.4은 부지경계선에서 공업지역 20배 이하의 희석배수를 적용할 때의 기준을 적용하여 22개의 물질의 엄격한 배출허용기준의 범위를 제시하였다.



<그림 3.10> 대구광역시 달성군 시료채취장소 선정

〈표 3.4〉 악취 오염물질 및 기준농도와 배출지역 비교

해당 법령: 악취방지법 시행규칙 [별표 3]

구 분	엄격한 배출허용기준의 범위 (ppm)*	배출 지역	구 분	엄격한 배출허용기준의 범위(ppm)*	배출 지역
암모니아	1-2	달성군/서구	i-발레르알데히드	0.003-0.006	
메틸메르캅탄	0.002-0.004		톨루엔	10-30	달성군/서구
황화수소	0.02-0.06		자일렌	1-2	달성군
다이메틸설파이드	0.01-0.05		메틸에틸케톤	13-35	달성군/서구
다이메틸다이설파이드	0.009-0.03		메틸아이소뷰틸케톤	1-3	
트라이메틸아민	0.005-0.02		뷰틸아세테이트	1-4	
아세트알데히드	0.05-0.1		프로피온산	0.03-0.07	
스타이렌	0.4-0.8		n-뷰틸산	0.001-0.002	
프로피온알데하이드	0.05-0.1		n-발레르산	0.0009-0.002	
뷰틸알데히드	0.029-0.1		i-발레르산	0.001-0.004	
n-발레르알데히드	0.009-0.02		i-뷰틸알코올	0.9-4.0	

\*부지경계선에서 공업지역 20배 이하의 희석배수 적용할 때 기준

## 6. 예비조사

민원데이터와 화학물질 배출량을 종합하여 악취유발 대기오염물질을 선정하였다. 그리고 실제 거주지역의 유해물질의 농도 경향을 파악하고 시료채취 위치를 선정하기 위해 지역 순회를 실시하였다. 실시간으로 측정이 가능한 직독기를 선택하였으며, 사전에 협의된 공공기관(유가읍행정복지센터) 실내인 건물 내 복도와 실외에 해당하는 옥외에 설치하여 1분 단위로 연속 측정하였다.

악취를 유발하는 대기오염물질을 배출하는 발생원을 확인하기 위해 달성군 주요 산업단지의 위치한 사업장을 순회하였다. 실제 굴뚝을 통해 배출되는 사업장을 확인하였으며, 민원이 발생한 지역인 거주지역과의 거리는 약 반경 1 km 이내에 위치하는 것으로 확인하였다.



실내



유가읍 행정복지센터 3층 복도

실외



유가읍 행정복지센터 옥상정원

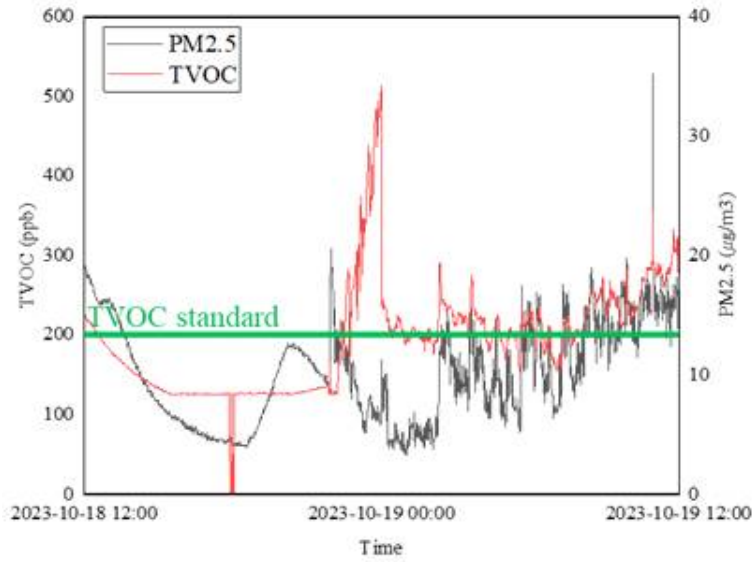
<그림 3.11> 실시간 센서 모니터링장비 설치 사진



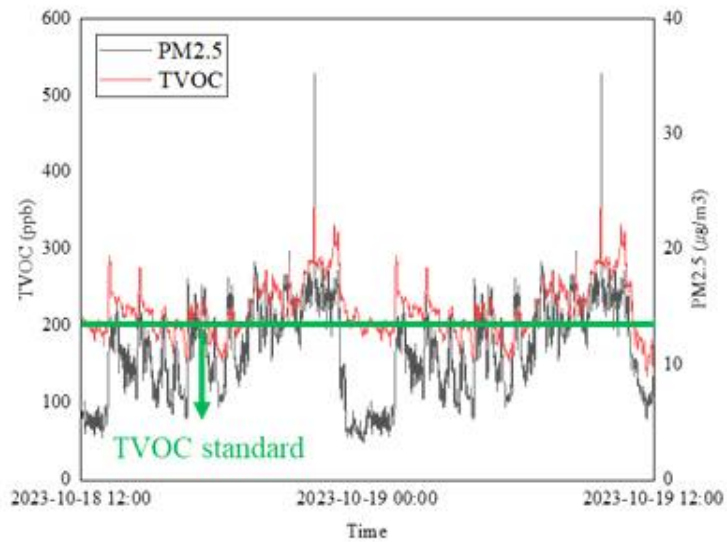
<그림 3.12> 악취유발 대기오염물질 발생원 조사

유가읍 행정복지센터에서 실시간 직독기를 실내와 실외에 설치하여 모니터링 하였다. 총휘발성유기화합물(TVOCs) 기준 200 ppb의 경우 실내공기질 관리법 시행규칙 권고기준의 불특정다수인 일반대중이 사용하는 다중이용시설 가군의 기준인 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 이용하여 비교하였다. TVOCs 질량농도 기준 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 센서 검증에 쓰이는 이소부티렌( $\text{MW}=56.106 \text{ g/mol}$ )의 분자량과 대기표준상태( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm)를 이용해 ppb(십억분율)로 보정하여 비교하였다(PNNL, 2020). 직독식 계측기기의 경우 측정농도에 대한 신뢰성이 낮아 경향성을 판단하기 위해 설치 하였으며, 측정결과 실내에서 발생하는  $\text{PM}_{2.5}$ 와 TVOCs의 10월 19일 자정에 큰 농도변화가 있었고, 실내공기질 기준인 200 ppb을 초과하는 빈도가 많은 것으로 나타났다. 실외 농도의 경우  $\text{PM}_{2.5}$  농도는 양호했으나 실내에

서 발생하는 TVOCs의 농도는 실내공기질 기준인 200 ppb 보다 높은 것으로 나타났다. 실외의 TVOCs의 초과 빈도가 더 높은 것으로 분석했을 때, 실외에서 실내로 유입될 가능성이 높으며 실외에 발생원이 있다고 생각할 수 있다.



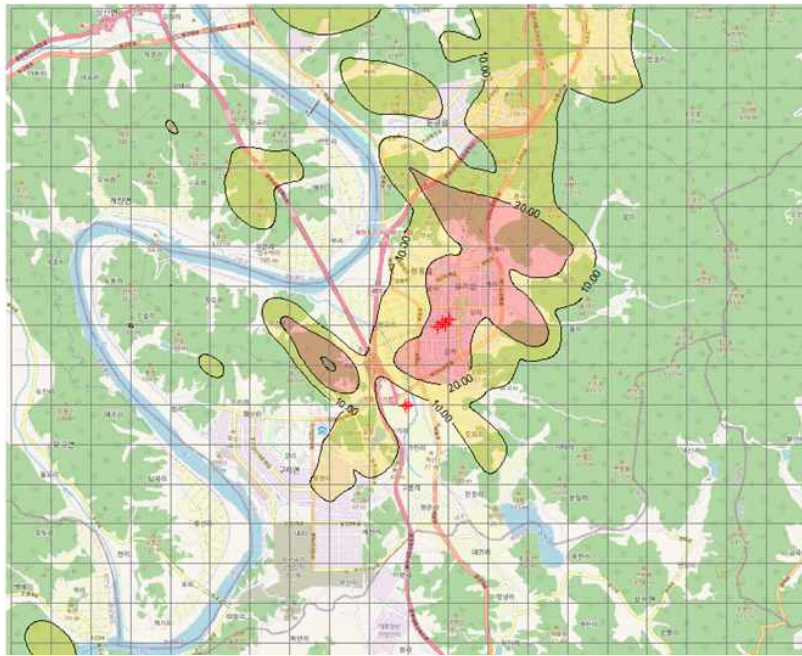
<그림 3.13> 실내 실시간 센서 측정 결과



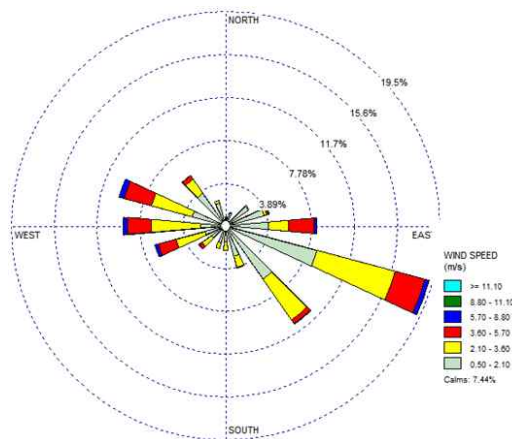
<그림 3.14> 실외 실시간 센서 측정 결과

## 7. 대기확산 모델링

달성군 테크노폴리스 단지 주변의 산업단지의 배출원의 배출량을 이용하여 모델링을 실시했다. 24시간이 지난 후 결과를 분석한 결과 테크노폴리스 단지 주변으로 확산되는 것으로 나타났다(그림3.15). 바람장미를 확인한 결과 남동풍이 가장 많이 발생했으며, 그리고 북서풍과 남서풍이 발생하였다. 실제 악취물질이 확산되어 거주지역에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 악취 배출물질 사업장에 대한 기초조사를 통해 악취 모델링을 상세하게 실시해야 한다.



<그림 3.15> 달성군 악취 확산 모델링



<그림 3.16> 달성군 바람 장미도



## 8. 악취를 포함한 대기오염물질 농도 수준

### 가. 시료채취 결과

달성군 내에 민원 및 예비조사를 통해 4개의 시료 채취 지점을 선정하였다. 민원이 발생된 주요 시간대에 측정하기 위해 접근성이 용이한 곳으로 선정하였으며, 측정지점 주변에서 시료채취를 시간대에 맞춰 실시하였다.



<그림 3.17> 주요 시간대 대기오염물질 시료채취

## 나. 분석 결과

악취를 유발하는 대기오염물질을 9종 분석한 결과 테크노폴리스 산단의 영향권인 LH천년나무 1단지과 대구과학관 주변 측정결과는 밤 22시부터 24시 사이에 TVOCs의 농도가 122.02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고, 톨루엔(5.84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 벤젠(3.89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 메틸에틸 케톤(2.06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > 스티렌(0.19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 순으로 나타났다. 낙동강 물 환경연구소는 달성2차일반산업단지 인근에 위치하며 18시부터 20시에 TVOCs 농도가 108.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았으며, 톨루엔 농도가 6.30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고, 자일렌, 폼알데하이드, 아세트알데하이드는 검출한계 미만으로 나타났다. 논공읍사무소 인근의 달성1차일반산업단지에는 자동차 부품 제조업이 많이 입주해 있다. TVOCs 농도는 22시부터 24시에 481.39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고, 자일렌이 105.78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높았으며, 테크노폴리스 산단은 제지공장의 배출원이 있었으며 배출량 모델과 가장 정확하게 일치했다. 그러나 국내 악취기준은 배출허용기준만 설정되어 있고, 악취를 유발하는 주변 거주지역에 대한 노출기준 또는 관리기준이 설정되어 있지 않다. 특히 벤젠(benzene)의 경우 대기환경기준 연간평균치 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 관리가 되어야 한다. 테크노폴리스 산업단지 주변에 위치한 대구과학관 천문대에 경우 오전 주업무 시간대(10:00-12:00)와 오후 주업무 시간대(14:00-16:00)에 5.29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  및 5.08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준치를 약간 초과했다. LH천년나무 1단지는 오전 주업무 시간대(10:00-12:00)에 초과했다. 낙동강 물환경 연구소 주변에서 측정했을 때 출근시간대(06:00-08:00), 오전 주업무 시간대(10:00-12:00)를 제외한 나머지 시간대가 초과했다. 논공읍사무소 공단 출장소 주변에서 측정했을 때 저녁 시간부터 아침 출근시간대 까지(18:00-08:00) 초과 했다. 벤젠의 농도는 6.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 7.58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 5.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 22시부터 자정까지의 농도가 가장 높았고, 총휘발성유기화합물의 농도 또한 481.39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다른 시간대보다 크게 증가하여 주변 산업단지 내의 발생원 관리 및 실태조사가 필요한 것으로 판단되며, 벤젠을 배출하는 발생원의 추적조사가 필요한 것으로 판단한다.

〈표 3.5〉 대구 테크노폴리스 LH천년나무 1단지 주변 악취 및 대기오염물질 농도

측정시간	총휘발성 유기화합물 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	톨루엔 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	에틸벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	자일렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	스티렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	폼알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	아세트알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	메틸에틸 케톤 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
14:00-16:00	60.28	3.27	3.35	N.D.	N.D.	0.25	0.1	N.D.	N.D.
18:00-20:00	30.25	4.5	4.32	N.D.	N.D.	0.18	1.7	24.9	N.D.
22:00-24:00	122.02	3.89	5.84	N.D.	N.D.	0.19	N.D.	N.D.	2.06
06:00-08:00	120.01	3.71	3.75	N.D.	N.D.	0.20	N.D.	N.D.	N.D.
10:00-12:00	40.58	5.25	8.18	N.D.	N.D.	0.20	N.D.	N.D.	N.D.

〈표 3.6〉 대구과학관 천문대 주변 악취 및 대기오염물질 농도

측정시간	총휘발성 유기화합물 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	톨루엔 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	에틸벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	자일렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	스티렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	폼알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	아세트알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	메틸에틸 케톤 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
14:00-16:00	70.90	5.08	3.30	N.D.	N.D.	0.19	6.3	38.0	N.D.
18:00-20:00	31.67	4.79	2.04	N.D.	N.D.	0.18	4.2	36.9	5.95
22:00-24:00	57.21	3.38	0.69	N.D.	N.D.	0.26	N.D.	N.D.	N.D.
06:00-08:00	17.14	4.41	2.76	N.D.	N.D.	0.16	N.D.	N.D.	N.D.
10:00-12:00	79.79	5.29	7.35	N.D.	N.D.	0.24	N.D.	N.D.	N.D.

〈표 3.7〉 낙동강 물 환경연구소 주변 악취 및 대기오염물질 농도

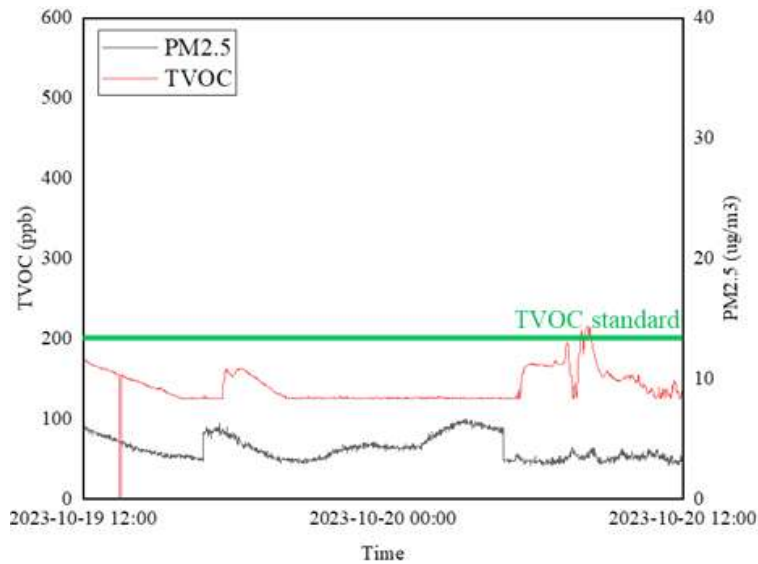
측정시간	총휘발성 유기화합물 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	톨루엔 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	에틸벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	자일렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	스티렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	폼알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	아세트알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	메틸에틸 케톤 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
14:00-16:00	38.64	5.42	4.93	N.D.	N.D.	0.16	1.1	N.D.	N.D.
18:00-20:00	108.01	5.57	6.30	0.27	N.D.	0.41	N.D.	N.D.	1.37
22:00-24:00	77.77	5.21	6.28	N.D.	N.D.	0.30	N.D.	N.D.	8.53
06:00-08:00	17.49	3.96	2.26	N.D.	N.D.	0.09	0.1	30.8	N.D.
10:00-12:00	41.87	4.69	4.53	1.03	N.D.	0.17	0.8	29.0	N.D.

〈표 3.8〉 논공읍사무소 공단출장소 주변 악취 및 대기오염물질 농도

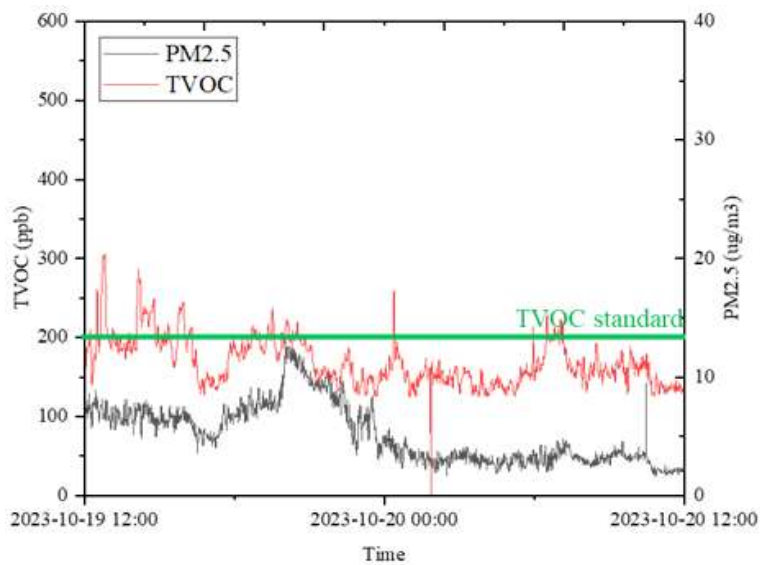
측정시간	총휘발성 유기화합물 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	톨루엔 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	에틸벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	자일렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	스티렌 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	폼알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	아세트알데 하이드 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	메틸에틸 케톤 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
14:00-16:00	53.00	4.69	7.84	N.D.	N.D.	0.20	N.D.	N.D.	N.D.
18:00-20:00	125.41	6.10	11.02	6.05	8.23	0.29	N.D.	N.D.	5.95
22:00-24:00	481.39	7.58	36.64	64.41	105.78	0.47	N.D.	N.D.	N.D.
06:00-08:00	36.50	5.12	3.81	N.D.	N.D.	0.15	0.5	N.D.	N.D.
10:00-12:00	21.14	4.06	3.41	N.D.	N.D.	0.12	1.0	26.6	N.D.

다. 실시간 측정 결과

유가읍 행정복지센터에서 예비조사와 동일하게 진행한 실시간 직독기 측정결과는 실내에서 발생하는 PM<sub>2.5</sub>와 TVOCs의 농도에서의 발생되지 않는 것으로 판단되며, 실외에서는 밤이 낮 시간대와 비교했을 때 농도가 더 높았다. 실외에서 환산된 TVOCs의 기준 200 ppb 보다 더 높아 실내로 유입될 경우 재실자가 실내 농도보다 높은 농도에 노출 될 수 있다고 판단된다.



<그림 3.18> 실내 실시간 측정 농도



<그림 3.19> 실외 실시간 측정 농도



## IV. 결론

환경민원 사항과 화학물질의 배출량과 비교하여 악취를 발생시키는 대기유해물질을 선정하고 예비조사 및 산업단지 순회를 통해 시료 채취 장소 및 측정 시간대를 선정 후 측정 및 분석을 진행하였다. 결과적으로 산업단지에서 발생하는 악취를 포함한 대기유해물질이 거주지역까지 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다. 이것은 단순한 영향이 아니라 지역주민에게 건강영향을 줄 수 있음을 의미한다.

대기오염도는 환경부에 운영하는 플랫폼(Air Korea)를 통해 확인한 결과 입자상물질인 PM<sub>10</sub>와 PM<sub>2.5</sub>의 농도는 감소하는 추세이었으나 서구의 농도가 대구광역시 전체보다 약간 높았으며, 달성군은 대구 전체보다 비교적 낮은 농도로 나타났다. 그러나 오존(O<sub>3</sub>) 및 이산화질소(NO<sub>2</sub>)의 농도가 타지역에 비해 높았다.

배출량 분석의 경우 달성군과 서구의 배출 화학물질이 각각 다르며, 서구의 경우 각 물질의 배출량이 달성군보다 낮은 것으로 분석되었으며, TVOCs 중에 가장 많은 부분을 차지하는 톨루엔의 배출량이 가장 많았고 연간 배출량은 273,665 kg/year 이었다. 악취 대상 22종 물질과 배출량 데이터를 분석한 결과 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 암모니아가 있었고, 선정한 물질은 총휘발성유기화합물(TVOCs)의 성분을 분석해 자일렌과 톨루엔 등을 정량하였다. 악취 대표 물질인 아세트알데히드와 폼알데하이드를 추가로 실시하였다.

환경민원 데이터의 경우 달성1·2차일반산업단지에서 민원이 발생했고, 제지공장을 특정해서 민원을 요청한 건은 총 94건 중 16건으로 15% 이상의 민원이 접수되었다. 주 민원사항은 소각장에서 발생하는 악취에 대한 피해를 호소 하였으며, 비가 오거나 밤에 악취가 심하고 이른 아침에도 악취가 발생했다고 민원을 제기하였다. 주요 악취관련 단어들에 대한 빈도를 분석한 결과 저녁과 새벽, 아침에 악취 및 냄새가 난다는 것으로 총 80건 집계되었다. 주로 민원은 여름과 가을에 많이 발생되었고, 제지공장의 경우 겨울철 외에 모든 계절에서 민원이 접수되었고, 달성1차 산업단지의 경우 지속적으로 민원이 접수되었다.

민원내용과 배출량을 중점적으로 하고 정확한 측정을 위해 예비조사를 실시하였다. 그리고 4곳의 측정지점을 선정하여 측정한 결과 오후 18시 이후에 제지공장 주변에 있는 거주지역에서 악취 유발물질이 발생했으며, 밤에는 TVOCs이 발생되고 아침에는 알데하이드류(폼알데하이드, 아세트알데하이드)가 분석되었다.

자동차 부품 제조업이 있는 달성1차일반산업단지 인근 논공읍의 경우 22시부터 24시 까지의 TVOC의 농도가 매우 높았으며, 비가오는 시간이어서 민원사항과 동일하게 습도가 높거나 비가올 때는 동일하게 나타났다. 그리고 달성1차일반산업단지에 입주한

기업 중 톨루엔 자일렌, 스틸렌 등을 사용하는 사업주가 많아 일치하는 것으로 나타났다. 모델링 결과 테크노폴리스단지의 노출이 가장 높게 나타났으며 발생원에 대한 관리가 요구되며, 모델링 시 필요한 굴뚝의 높이나 사용량 등이 보고되지 않아 악취모델링의 변수의 불확실성이 포함되어 악취모델링을 통해 개선방안을 제시 할 수 있는 추가 연구가 필요하다. 또한, 달성군에서 운영하는 악취 자동시료 채취기의 운영은 민원이 많은 밤에 진행되고 있었고, 실시간 모니터링이 될 수 있으며 서구와 북구와 유사한 방식으로 연구하여 배출원 간의 관계를 파악하는 것이 중요하다.

## V. 연구결과 활용에 대한 건의

연구결과 달성군의 배출량 자료와 시료채취한 대기오염물질의 연관성이 있는 것으로 판단된다. 그러나 단기간 측정하여 원인을 규명하는 것에 대한 근거가 부족한 실정이다. 그러므로 지속적인 모니터링과 더불어 악취를 유발하는 대기오염물질에 대한 다양한 접근이 필요하다. 본 연구에서 진행된 측정결과 중 화학물질 배출량 자료와 악취를 유발하는 악취 측정 대상 물질 22종에 일부 속하는 것으로 나타나 배출원을 가지고 있는 사업장과의 협의가 필요하다. 악취 발생 사업장은 배출되는 정보를 공개하여 악취를 유발하는 대기오염물질이 정확히 확산하는 지역을 파악하고 환경 대책을 세워야 한다. 측정결과에서 검출된 벤젠의 발생원을 찾는 것이 중요하며, 대기오염 배출량 분석결과 벤젠을 취급하는 사업장은 없었다. 주요 공정에서 혼합 또는 소량 사용되는 것으로 유추되며, 추적조사 및 측정조사의 횟수를 늘려 관리할 필요가 있다. 벤젠은 혈액암을 야기하는 대표적 대기오염물질이다.

대구광역시에서 선제적으로 악취 대상물질에 대한 모델링을 실시하여 피해주민에 대한 대책을 세울 수 있는 소통 창구가 필요하며, 악취 발생 사업장에 대한 악취모델링을 실시하도록 지자체에서 적극 행정을 도모할 필요가 있다. 모델링을 위한 환경영향평가서나 사후관리에 대한 정보를 찾아볼 수 없으며, 소규모 사업장 또는 화학물질 배출량이 적은 경우에도 소량의 악취 및 대기유해물질은 미량일지라도 장기간 노출 시 만성적인 건강영향에 기여할 수 있기 때문에 전체 사업장에 대한 환경관리 대책 및 모델링, 개선 및 실천 계획서 제출 등으로 관리할 수 있도록 지역에 맞게 조례 등에 편성하여 강화해야 한다.

악취를 해결하기 위해서는 배출원의 관리가 중요하다. 그래서 악취발생 사업장을 지정하고 자체적으로 확산정도를 평가하고 대책을 세워 지자체에 보고하도록 해야 한다. 현재 대구광역시 달성군의 경우 산업단지와 거주지역이 가깝게 형성이 되어있어 주민의 불편함이 민원으로 될 수 있다고 판단되기 때문이다. 민원 고충을 해결하기 위해 자동시료 채취망을 운영하는 것은 바람직하나 설치하여 운영한다는 기사 외에 정보공개와 운영시간이나 관리방안에 대한 내용을 지자체와 유관 기관 인터넷 플랫폼 모두에서 전혀 찾아볼 수 없고 지역 담당자는 1명씩 관리하고 있다. 지역주민들이 정보가 공개되지 않아 민원발생은 지속되고, 시료 채취망 설치 운영의 실효성이 있는지 다시 한번 판단해야 한다. 투명한 정보공개가 주민들과의 마찰을 최소화 할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있다.

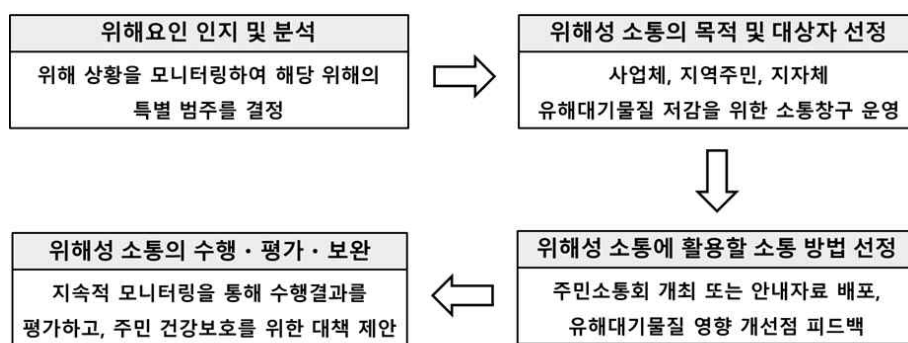
일본의 경우 악취를 해결하기 위해서는 확산모델링을 실시하여 영향권을 판단하고, 지역주민들의 의견을 모아 해결방안을 도출하도록 환경성에서 규제하고 있다. 화학물

질에 대한 모니터링을 실시하여 감시할 수 있고, 환경 정책 쪽으로 활용하는 것을 고려하여야 한다.

주변 지역의 대기오염물질을 파악하여 최적의 측정 및 분석방법을 설정하고, 확산모델링을 이용한 농도 예측, 바이오모니터링 및 지역사회 설문조사를 통해 역추적하여 사업장에 대한 기여율을 평가할 수 있으며, 향후 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

지자체는 악취를 발생시키는 사업장에 대해서 기초조사 및 자료수집을 진행하여 악취모델링을 할 수 있는 데이터를 생성해야하고, 악취 유발 사업장을 지정하여 자발적으로 배출량을 줄이도록 관리해야 한다. 자발적 개선대책을 수립하는 사업장의 환경대책 이행 보고서 등을 일정 기간 동안 받고 환경점검을 면제하도록 하는 방향도 하나의 방법이 될 수 있다. 이러한 방법들을 고려하고 전문위원들의 의견을 수렴하여 제도적으로 시범사업을 진행 및 개선하여 대구광역시 전역에 시행될 수 있도록 해야 한다.

악취 및 환경오염 지역에 대한 지역주민과의 소통 창구를 만들어 협의점을 찾아 지역내에서 해결할 수 있도록 하는 위해성소통이 필요하다. 위해요인을 인지하고 전문가의 분석을 통해 기초자료를 마련해야 한다. 그 다음 지역의 사업체, 지역주민, 지자체가 지역 거버넌스를 형성하여 악취 및 환경오염 물질에 대한 저감을 논의해야 한다. 위해도 소통(risk communication)의 경우 주민 소통회 및 안내자료를 배포하며, 환경전문가가 분석한 내용과 지자체 및 사업체의 주요 협의사항, 법적인 규제현황 및 대책 등을 상세하게 논의하고 저감대책을 수행하고 이를 지자체에서 올바르게 갈 수 있도록 관리 감독해야 한다. 최종적으로 이행실태를 평가하고 보완할 수 있는 지역 거버넌스 운영이 하나의 해결방안이 될 수 있다.



모니터링 연구결과 공유  
연구결과에 따른 대책 협의  
지속적인 소통을 통해 지역사회 환경보건문제 해결 방안 도출

<그림 4.1> 위해도 소통의 흐름도

## 참고문헌

- 국립환경과학원(2013). “대구 염색산단 주변지역 주민건강영향조사”, “환경오염물질의 인체노출평가”. 국립환경과학원.
- 경기연구원(2018). “경기북부지역 생활악취 관리방안”. 정책연구 2018-1. 경기연구원
- 서용수, 이영은.(2012), “심설(沈俠)묘 출토유물에서 발견되는 VOCs 및 냄새물질의 특성 평가”. J. Korean Soci. Conserv. Sci. Cultural Property, 28(1), 63-73
- 안상영, 최성우., (2005), “산업단지에서 배출되는 악취원인물질의 규명”, J. Environ. Sci., 14(1), 81-89.
- 양우영, 이태호, 외 1명., (2021), “악취성 VOCs 제거를 위한 전해 산화제 OCl의 생산 최적화”. Clean Technol., Vol. 27, No. 2, pp. 152-15
- 정지선, 김덕철, 외 3명, (2016), “악취기여도평가를 이용한 악취원인물질 연구 - 오창 과학산업단지를 중심으로”, J. Environ. Sci., 25(9), 1329-1339.
- 최여진, 전의찬, 외 1명., 2007, “공단지역의 대기배출시설을 대상으로 한 악취성분의 처리효율에 관한 연구 - 반월공단을 중심으로”, J. KOSAE Vol. 23, pp. 110-124
- 법제처. “국가법령정보센터”. <http://www.law.go.kr/>.
- 한국환경정책·평가연구원(2013). “악취영향을 고려한 악취관리 가이드라인 마련”. 한국환경정책·평가연구원
- Bundy, D.S.(1992) “Odor issues with wastes. In: National livestock poultry and aquaculture waste management, American Society of Agricultural Engineers Publication”, St. Joseph, Michigan, 288-292.
- Herr, C., Zur Nieden, et al., (2003). “Ranking and frequency of somatic symptoms in residents near composting sites with odor annoyance”, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 206, 61-64.
- Kabir, E., Kim, et al(2010). “An on-line analysis of 7 odorous volatile organic compounds in the ambient air surrounding a large industrial complex”. Atmospheric Environment, 44, 3492-3502.
- Pacific Northwest National Lab, PNNL (2020). “Specifying Calibration of Environmental Sensors” Richland, WA (United States). DOI: <https://doi.org/10.2172/1819952>.

## 별첨(악취 관련 사례분석)

### 중국 Ningbo 친환경 생활폐기물 처리시설

- 일 2천여톤을 처리하는 규모의 2017년 완공된 생활폐기물 처리 시설임
- 주변 공원, 농구장, 운동시설 등을 추가 개설하여 주민들에게 무료 개방함으로써
- 폐기물처리시설에 대한 혐오시설의 이미지를 줄임

#### CHINA NINGBO ECO INDUSTRIAL PARK-WTE PLANT

- 2억5천만달러를 투자하여 2017년 완공된 생활폐기물처리시설
- 750톤/일 X 3기 (2,250톤/일 규모)
- 증기터빈 50MW, 발전기 60MW
- 히타치조선의 기반 SUS 특허기술인 왕복이동 화격자 시스템은 중국의 지방 폐기물의 특성(저열량, 고수분)에 적합
- (디자인) AIA 디자이너 - 플랜트 정면을 벌집 유리 커튼으로 설계하여 폐기물 처리공정을 꿀벌의 벌꿀제조를 연상케 디자인
- 도시 전역의 쓰레기통에서 쓰레기를 수거하여 소각장으로 운반하고 폐기물을 연소하여 스팀과 전기를 생산하는 과정을 꽃에서 꿀을 모아오는 꿀벌과 벌집에서 꿀을 만드는 과정으로 묘사
- (편의시설) 중국 최초의 폐기물에너지 박물관 - 소각의 발달 과정, 재활용제품, 환경보호 정책 등
- 공원, 농구장, 운동시설, 오락시설 등 주민 무료 개방
- SUS는 2014년부터 4년간 20개 공장 35,000톤/일 소각시설 설립



### 일본 무사시노 클린센터

- 연간 약 2만명이 방문하는 생활폐기물소각장으로 2016년부터 운영 중
- 고미피트바라는 쓰레기를 보며 식사를 하는 이색 장소를 제공

#### JAPAN MUSASHINO CLEAN CENTER

##### 일본 무사시노 클린센터

- 2013년 착공, 2016년 완공 생활폐기물소각장
- 폐기물 100톤/일 처리
- (디자인) 2017 Good Design Award에서 굿 디자인상 수상
- (건축) 연간 약 2만명 방문
- (편의시설)
  - 쓰레기를 보면서 식사하는 '고미피트바' (기간 이벤트)
  - 시설 주변 이벤트 커뮤니티 공간
  - 태양광패널과 음식물쓰레기를 이용한 옥상 텃밭



## 오스트리아 슈피텔라우 소각장

- 대표적인 소각장 우수사례로 알려짐
- 시설 외관을 재활용품으로 제작하였고 연간 50-60만명이 찾아오는 관광명소

### AUSTRIA SPITTELAU INCINERATION PLANT

오스트리아 슈피텔라우 소각장

- 1971년에 수도 빈에 2km 반경의 병원 난방과 에어컨 전력공급을 위해 설치되었으나 1987년 대형화재가 발생하여 기능을 상실하고, 주민들은 도시 한가운데 있는 쓰레기소각장 이전을 요구
- 1991년 빈 시장은 다이옥신과 악취가 전혀 발생하지 않는 최첨단 기술을 도입하고, 감시 관광관 설치, 모든 에너지 시민에게 공급하고, 건축 설계를 작가에게 맡겨 예술작품으로 만들 것을 약속하여 설득
- 연간 25만톤 처리, 60MW의 증기 및 6MW의 전기 생산
- (디자인) 1987년 대형화재 발생 후 리모델링을 거세게 반대하여 유명 건축예술가인 훈데르트박서의 설계를 통해 혐오시설인 소각시설을 기술, 환경, 예술이 조화를 이루는 건축물이 되어 랜드마크가 됨
- 시설 외관의 디자인은 모두 재활용품으로 제작
- 연간 50~60만명의 관광객이 방문
- (편의시설) 비엔나시 아파트 37%(6만여 세대)에 지역난방 공급

[통신One]도시 한복판 쓰레기 소각장이 관광명소



머니투데이

## 덴마크 아마게르 바케 발전소

- 열병합 발전소로 건물의 지붕을 따라 사계절 스키나 스노보드를 즐길 수 있는 녹색 인공 슬로프가 설치되어 있고, 개방하여 운영 중
- 이외의 여러 편의 관광시설을 제공하여 관광명소가 됨

### DENMARK AMAGER BAKKE INCINERATION PLANT

- 40년이 지난 한계수명의 열병합발전소를 대체할 차세대 발전소 건설과정에서 코펜하겐에서 보이는 발전소 건물이 흉물스러운 공업시설로 낙인찍힐 것을 우려해 건축 공모전을 개최
- 6억 7천만달러를 소요하여 설치, 2017년 가동 개시
- 일 1200톤 처리, 157~247MW 난방열 63MW의 전기 생산
- (디자인) 비야케 잉겔스 그룹에서 디자인하였으며, 발전소 여러 동을 높이 순으로 이어 붙이고 그 위에 스키 슬로프를 얹는 파격적인 설계를 공모전에 선보였음
- (편의시설)
  - 사계절 즐길수 있도록 특수 마감재를 사용한 스키 슬로프,
  - 85m 높이의 암벽등반장, 3,000m<sup>2</sup>의 등산로,
  - 굴뚝 전망대 카페 등, 엘리베이터나 등산로는 무료로 개방
- 소각장에서 탄소를 1톤 저장할 때 마다 도넛 모양 수증기를 굴뚝에서 배출하는 이벤트 계획



The New York Times



## 국내 동부권광역자원화 시설

- 이천의 소각시설로 1일 2천명이 이용할 수 있는 이천 스포츠센터를 건립
- 수영장, 헬스장 등 편의 놀이시설을 제공하여 운영 중

### 동부권광역자원화시설(이천)

- 이천시는 1995년부터 자치 소각시설 건립을 추진했으나, 지역주민 반발로 진전이 되지 못하다가 2003년 경기도와 5개시군이 광역자원회수시설 건립에 합의
- 931억원을 투자해 2008년 9월 일 300톤 규모 준공
- 이천, 광주, 하남, 여주, 양평 5개 시군 광역 처리
- 5개 시군 광역시설로 설계하여 건립비용 2000억원 절감
- 소각폐열은 시간당 8,200kw로 타 시설에 비해 약 2.5배 높음
- (디자인) 이천의 특산물인 이천쌀의 이미지를 형상화
- (편의시설) 이천시 최초 복합체육시설 '이천 스포츠센터'
  - 1일 2천명 이용
  - 수영장, 사우나, 헬스장, 에어로빅, 놀이터, 게이트볼장,
  - 인라인스케이트장, 축구장, 테니스장, 배드민턴장, 축구장,
  - 카페테리아, 식물원



<https://www.dongbuntech.co.kr/performance>

## 국내 아산 환경과학공원

- 아산의 쓰레기 소각장으로 수영장, 과학관 등을 포함하여 공원을 조성
- 전망대를 세워 아산의 곡교천과 주변 지역을 한눈에 볼수 있음

### 아산 환경과학공원

- 아산시는 1995년부터 쓰레기 소각장 부지 선정에 총력을 기울였으나 지역 주민 반대로 6차례 입지선정 무산/취소 반복
- 2005년 최첨단 소각시설 설치 계획, 주변에 대규모 타워와 생태식물원, 주민휴식공원, 체육시설 등 신개념 복합타운 건설을 계획하여 발표하자 6개 지역이 신청을 하여 입지선정위원회에서 결정
- 소각장 명칭을 공모하여 최종 '아산환경과학공원' 으로 변경
- 2005년 ~ 2011년(6년간) 1169억원 투자, 건립
- (편의시설) 장영실과학관, 청소년 환경체험 테마학습장, 생태곤충원, 건강문화센터
- 아산환경과학공원은 쓰레기소각장을 과학과 생태가 공존하는 문화복합공간으로 그린인프라의 사례로 조명



아산시 관계자는 "소각장 주변에 체험학습이 가능한 환경과학공원을 조성해 일일 평균 1000여명 이상이 찾는 명소가 성장했다"며 "주민 반대로 한때 소각장 건립이 지연됐지만, 지금은 주민들이 다양한 지원사업을 받기 위해 소각장 증설을 요구할 정도로 자리를 잡았다"고 말했다.

경향신문 중앙일보

충청투데이



## 국내 하남 유니온파크, 유니온 타워

- 세계 최초 하수 및 폐기물처리 복합시설을 지하화
- 주민편의시설인 탁구장, 배드민턴장, 농구장 등을 설치 운영 중이며 전망대와 공원을 운영

### 하남 유니온파크 · 유니온타워

- 2011년 ~ 2015년까지 3,031억원 투자 건립
- 세계 최초 하수 및 폐기물처리시설 복합시설 지하화
- (하수처리시설) 하수처리장 32,000톤/일
- (소각시설) 48톤/일
- (음식물자원화시설) 80톤/일
- (재활용품선별시설) 50톤/일
- (생활폐기물압축시설) 60톤/일
- (적환장) 4,500m<sup>3</sup>
- (공원화시설) 산책로, 물놀이 시설, 잔디광장, 생태연못, 하남유니온타워 105m
- (주민편의시설) 탁구장, 배드민턴장, 테니스장, 농구장, 풋살장, 족구장, 게이트볼장



출처 : 하남시청

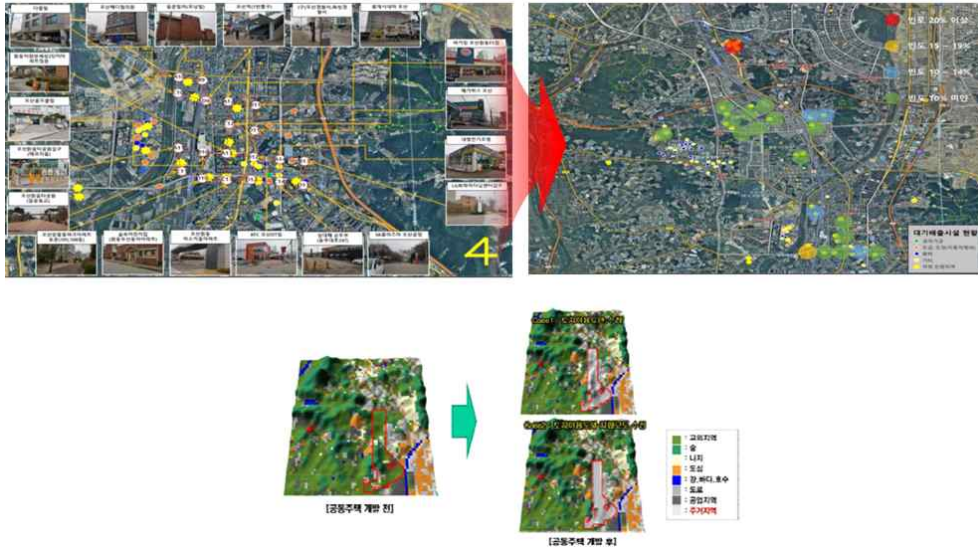
## 국내 유해대기물질 및 악취사례 연구(경기연구원)

- 주요 해결 방안으로 악취 발생원의 확산방지가 핵심이며, 국소배기장치를 설치하고, 폐기물 처리기간을 단축하는 것이 핵심
- 기타 자동개폐시설, 미생물 탈취 등을 제안



### 국내 오산시 악취 개선방안 연구

- 지속적인 모니터링 및 악취발생구역을 조사하여 악취지도를 작성
- 발생원 및 거주지역 주변에서 악취모니터링을 실시하여 악취빈도를 시각화
- 바람길을 분석하여 악취의 확산 및 관리방안 제안



### 국내 시흥 악취개선 방안의 대한 연구

- 경기도 시흥 반월공단의 대기배출시설을 대상으로 악취성분의 처리 효율을 연구
- 흡수 및 흡착방식의 대기오염저감시설 처리물질 및 효율이 높았음

Table 6. Continued.

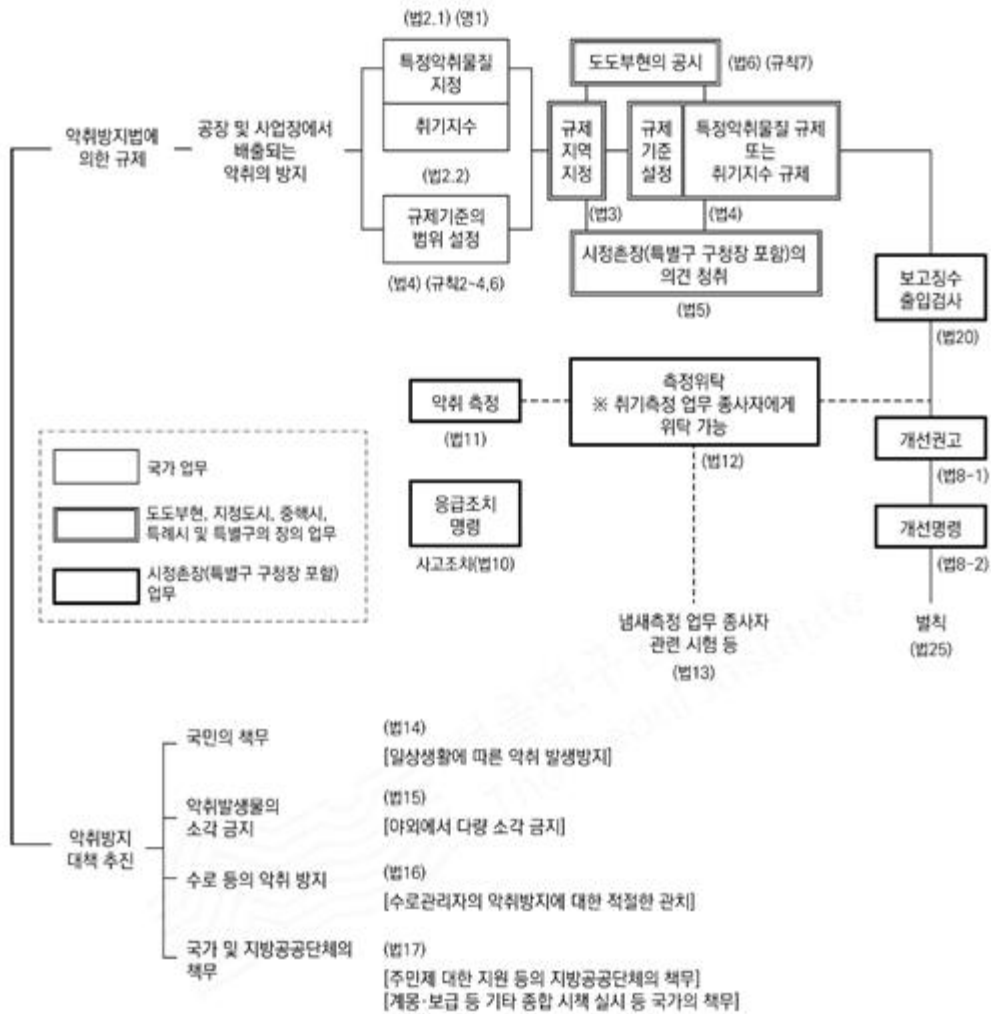
	All	L	M	P	T	X		
C. Total and individual VOC	MPX	-117 ± 397 -1490 ~ 89.5 (17)	-22.3 ± 58.7 -93.4 ~ 44.2 (5)	42.2 ± 49.5 -11.6 ~ 85.7 (4)	14.5 ± 65.3 -31.6 ~ 60.7 (2)	-356 ± 493 -705 ~ -7.81 (2)	-342 ± 764 -1490 ~ 89.5 (4)	
	STY	-8.66 ± 98.9 -238 ~ 99.9 (16)	28.4 ± 79.0 -90.7 ~ 99.9 (5)	46.7 ± 58.9 -36.7 ~ 93.8 (4)	-137 ± 1.85 -138 ~ -135 (2)	-140 ± 138 -238 ~ -42.6 (2)	28.8 ± 28.5 1.92 ~ 58.7 (3)	
	OX	-2220 ± 5800 -21000 ~ 95.7 (15)	-6230 ± 9340 -21000 ~ 69.2 (5)	-9.00 ± 166 -201 ~ 95.8 (3)	42.9 ± 1.46 41.9 ~ 44.0 (2)	-462 ± 643 -917 ~ -7.80 (2)	-446 ± 800 -1370 ~ 18.2 (3)	
	BB	-29.3 ± 107 -124 ~ 86.2 (3)	-124 -124 (1)	18.0 ± 96.5 -50.3 ~ 86.2 (2)	-	-	-	
	1,3,5-TMB	-345 ± 845 -2430 ~ 98.3 (9)	39.4 ± 30.3 17.9 ~ 60.8 (2)	87.0 ± 9.89 80.1 ~ 98.3 (3)	-	-519 ± 561 -915 ~ -123 (2)	-1200 ± 1730 -2430 ~ 21.6 (2)	
	1,2,4-TMB	-695 ± 1380 -3770 ~ 96.4 (13)	-890 ± 1570 -3610 ~ 39.2 (5)	42.7 ± 64.2 -46.5 ~ 96.4 (4)	-3770 -3770 (1)	-508 ± 715 -1010 ~ -2.83 (2)	27.5 27.5 (1)	
	p-IPT	-2250 ± 5430 -14500 ~ 98.9 (7)	-4790 ± 8400 -14500 ~ 96.2 (3)	79.1 ± 32.7 41.3 ~ 98.9 (3)	-1610 -1610 (1)	-	-	
	n-BB	-95.3 ± 309 -552 ~ 96.8 (4)	-552 -552 (1)	56.9 ± 64.1 -17.1 ~ 96.8 (3)	-	-	-	
	D. N compounds	NH <sub>3</sub>	-370 ± 869 -3050 ~ 68.1 (13)	41.5 ± 29.4 -7.27 ~ 68.1 (5)	-245 ± 324 -658 ~ 62.6 (4)	-969 -969 (1)	-1530 ± 2150 -3050 ~ -12.2 (2)	-5.35 -5.35 (1)
		TMA	-35.5 ± 143 -255 ~ 97.0 (7)	-126 ± 178 -255 ~ 76.9 (3)	-60.7 -60.7 (1)	-	-	94.6 ± 3.45 92.1 ~ 97.0 (2)

B. A simple comparison of absolute frequency between positive and negative control efficiency values

	All	L	M	P	T	X
Reduction	5	12	12	6	5	9
Increase	27	19	15	16	19	17
No change	-	1	5	10	8	6
Total	32	32	32	32	32	32

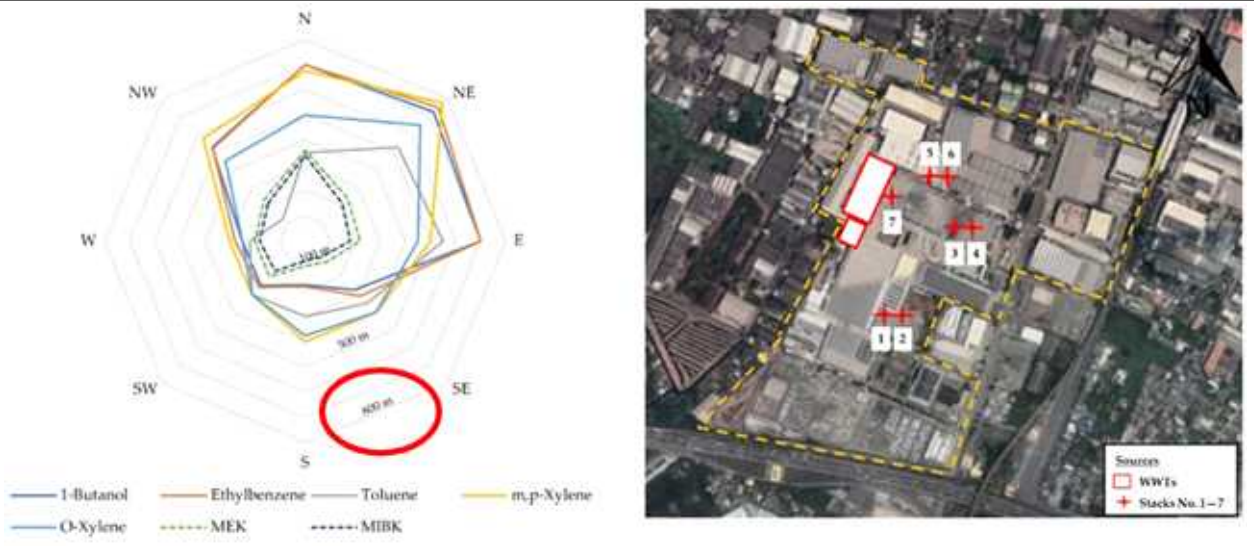
## 일본 환경정책 연구사례

- 일본 환경성의 악취방지법의 경우 국내와 유사함
- 지자체장이 악취유발물질을 일으키는 지역을 규제지역으로 구분
- 규제지역 주변의 읍, 면 단위의 장의 의견 수렴
- 사업장에서 발생한 악취로 인한 사고시 응급조치, 사고조치를 해야함



## 태국 연구사례

- 자동차 제조업의 도장공정에서 발생하는 악취 유발 휘발성유기화합물을 감소시키기 위해 시뮬레이션 한 결과 악취는 800 m 까지 영향을 미칠 수 있으며, 굴뚝의 높이를 5 m 까지 올릴 경우 24.9 % 영향범위가 감소할 수 있음
- 폐수처리장의 폭기조를 폐쇄형으로 변경할 경우 27.6 % 까지 감소할 수 있다는 결과를 나타냄



## 주 의

1. 이 보고서는 대구광역시의회 정책연구용역의 연구결과 보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용할 경우에는 반드시 대구광역시의회 정책연구용역으로 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 기밀유지가 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.
4. 이 보고서의 내용이 반드시 대구광역시의회의 공식견해를 나타내는 것은 아닙니다.