

최종보고서

대기관리
Air Management

**안산시 공단 주변의 주민 건강 위해성 및
대책에 관한 연구
(반월동 배출사업장 영향을 중심으로)**

2021. 10.

연구책임자: 최 길 용



환경부지정
안산녹색환경지원센터
Ansan Green Environment Center

제 출 문

안산녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “안산시 공단 주변의 주민 건강 위해성 및 대책에 관한 연구(반월동 배출사업장 영향을 중심으로)”에 관한 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 안양대학교 산학협력단

연구책임자 : 최길용 교수(환경에너지공학과)

연구 원 : 곽경민, 고대권, 이기원, 박은기

공동연구기관명 :



안양대학교
산학협력단

요 약 문

I. 연구개요

- 과 제 명 : 안산시 공단 주변의 주민 건강 위해성 및 대책에 관한 연구(반월동 배출사업장 영향을 중심으로)
- 총 사업기간 : 2021년 4월 1일부터 2021년 10월 28일까지
- 연구수행 소속기관 : 안양대학교 환경에너지공학과
- 반월동 주변 배출원 및 환경오염도 조사
- 주민 코호트 구축 및 분석
- 노출평가 및 생체지표 조사
- 주민설명회 개최 등을 통해 과거(2020년 12월 국립환경과학원 산단 과제 수행) 주요 결과를 기본으로 결과물의 통한 관리 및 보완의 특성을 고려하여 건강영향 조사를 기반으로 계획 설명 및 지역주민 의견 수립

II. 연구의 필요성 및 목적

- 최근 자료에 따르면, 대기오염원 배출의 정밀 조사에 따른 시행령 제6조(배출량 조사대상 화학물질)에 의하여 사업장으로 자발적인 화학물질 배출의 저감과 소규모 사업장 및 기업의 특성에 따른 다양한 반월동 주변 배출원의 자료는 향후 확인해볼 필요가 있으나 결과를 도출하는 자료를 기반으로 하면, 증가하는 것은 중요한 것으로 확인된 것으로 유도물질의 관리방안에 따른 화학물질 중심으로 다음과 같이 확인된 반월동 주변 배출원의 취급하는 사업장에 대하여 배출

되는 화학물질 외에 향후 현황조사를 진행할 필요가 있을 것으로 생각된다.

■ 본 연구에 적용할 과제로서 배출원과 건강에 직접적인 영향 인자를 분류 및 분석에 있어 사전검토를 위한 안산시 및 시흥시의 대기오염측정망을 기반으로 하는 역학조사에 따른 자료를 기반으로 하여 수행된 지역의 자료를 기반으로 하여 단면조사 연구설계로 수행한 자료를 적용하여 노출과 건강 영향 시간적 선후 관계가 불분명하다는 한계를 보완을 본 연구에 적용.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

가. 공단지역 유해대기오염물질 모니터링 및 평가

■ 반월동 주변 배출원 및 환경오염도 조사(과거자료를 활용 적용)

가) 역추적 산출법 : 배출원에서 배출된 오염물질은 CALPUFF 모델링을 통해 예측

나) 기상모델 입력자료 설정

나. 주민 건강영향조사

다. 공단지역 주민 환경오염 노출·영향평가

라. 지역사회 소통체계 구축

IV. 연구결과

1. 산단지역 대기오염물질 모니터링 및 평가 결과

■ 반월동의 화학물질배출량은 국가미세먼지정보센터의 조사자료(업장별로 조사), CAPSS 자료(배출원 분류별로 조사)를 바탕으로 주요 배출원 및 배출량을 파악.

2. 지역별 발암(우려·가능)물질 배출량

■ 2018년 지역별 발암(가능·우려)물질 배출량은 주요 배출지역은 울산광역시 기타 운송장비 제조업, 경상남도 기타 운송장비 제조업, 경기도의 금속 가공제품 제조업, 충청북도 고무 및 플라스틱제품 제조업, 전남(여수) 등 주요 산단에서 배출되는 것으로 나타났다.

3. 주민 건강영향조사 결과

■ 반월동 전체 대상자는 노출지역(반월동) 171,300명, 대조지역(정왕본동, 정왕동, 원곡본동, 원곡동, 초지동, 고잔동 등의 밀집 지역) 283,312명으로 총 454,612명이었다.

■ 반월동에서 연구의 결과에 따르면, 2008년을 시작 시점으로 하여 23개의 만성질환에 24개의 암 질환 cohort로 주상병 코드와 부상병 코드를 적용하여 코호트를 구축한 결과 뇌혈관 질환 및 기타 상기도 질환에서 유의함.

■ 반월동 중심으로 설문지의 특징에 따른 결과는 지역주민 총 28명 중에서 8명의 탈락자를 제외한 설문조사에 참여하여 분석하였다.

- CJ제일제당 안산공장, 유진기업 및 삼미산업에서 측정결과에 따르면, 각각 미세먼지(TSP)의 결과는 $65.70(\text{mg}/\text{m}^3)$, $46.70(\text{mg}/\text{m}^3)$, $53.75(\text{mg}/\text{m}^3)$ 로 확인되었다. 그리고 TVOCs에서는 각각의 결과는 1641.5(ppm), 911.4(ppm), 1051.9(ppm)로 확인되었다. SO₂(ppm)에서는 각각의 결과는 0.11(ppm), 0.10(ppm), 0.11(ppm)로 확인되었다. 끝으로 NO₂(ppm)에서는

각각의 결과는 0.14(ppm), 0.11(ppm), 0.14(ppm)로 확인되었다.

- 반월천 중심으로 최근 4년간(2018년 ~ 2021년)의 자료는 BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L)에서 통계적으로 유의함.

V. 연구결과의 활용계획

■ 개인 노출 및 건강영향 평가를 통해 안산시 / 반월동 지역주민의 유해물질 노출수준을 보다 정확히 파악할 수 있음.

■ 안산시 반월동 지역주민의 환경오염 노출수준 및 그에 의한 건강상태를 모니터링 기능을 지속하고 시간에 따른 변이 양상을 평가할 수 있으며 노출과 건강영향 간 연관성 규명을 통하여 환경보건 문제를 확인할 수 있음.

■ 환경보건법 제15조의 환경관련 건강피해의 역학조사 등에 대한 규정을 기반으로 국가산업단지 환경오염 노출 및 건강영향 조사 사업의 타당성 및 지속성 제시할 수 있음.

■ 국가산업단지 주변환경과 반월동의 사업장을 통해 지속적인 지역주민, 지자체와의 위해소통 기회를 제공할 수 있음.

목 차

1장. 연구의 개요	01
1. 연구개요	01
2장. 연구의 필요성 및 목적	02
1. 연구의 필요성 및 목적	02
3장. 연구의 내용 및 범위	13
1. 연구의 범위	13
2. 조직 및 인원, 명단(전문가)	33
4장. 연구 결과	35
1. 산단지역 대기오염물질 모니터링 및 평가 결과	35
2. 산단별 화학물질 배출량 특성	39
3. 주민 건강영향조사 결과	56
4. 반월동 주민 환경오염 노출·영향평가 결과	67
5. 반월동 주민 결과 소통, 고찰 및 결론	78
5장. 연구결과의 활용계획	82
1. 기대성과	82
2. 활용방안	82

표 목 차

표 1. 배출원 대분류별 대기오염물질 배출량(단위: 톤)(2017년)	06
표 2. 안산시 화학물질 배출·이동량 정보 (2012-2016)	06
표 3. 반월동 주변의 안산시 주요 노출 요인(국립환경과학원, 2016)	09
표 4. 반월동 주변의 안산시 지역별 주요 건강 요인(국립환경과학원, 2016)	10
표 5. 암등록자료의 상병코드에 따른 24개 암종 분류법	19
표 6. 질병 분류 코드에 따른 23개 만성질환 분류	20
표 7. 건강보험자료 기반 코호트 구축 프로토콜	22
표 8. 설문조사 문항	23
표 9. 환경유해물질 측정 항목 및 방법	26
표 10. Microbial media formulations	29
표 11. 부유미생물의 시료채취 및 분석방법	30
표 12. 경기도 및 반월동 인근 국가측정망 자료를 기반으로 연도별 화학물질 배출량·위탁처리량 (단위: kg/년)	35
표 13. 연도별 경기도 배출량 상위 화학물질 (단위: kg/년)	36
표 14. 2018년도 지역별 발암물질 배출량 (단위: 배출량(톤), 취급량(천톤))	39
표 15. 배출원 분류체계에 따른 경기도의 배출오염원의 전체 측정항목지역(상록구 단원구)의 자료 확인 (단위:kg)	39
표 16. 2017년 경기도 안산시 상록구 대기오염물질(제조업 연소 및 비산업연소 중심) 배출량(단위: kg/yr)	40
표 17. 2017년 경기도 안산시 상록구 대기오염물질(비산먼지, 유기용제 사용 등) 배출량(단위: kg/yr)	41
표 18. 최근 5년간 안산시(단원구 중심) 대기오염물질 배출량 (단위 : kg)	42
표 19. 2017년 안산시 단원구 오염원 및 대분류별 대기오염물질 배출량	43
표 20. 연도별 단원구 원시동 측정망 대기환경기준항목 자료 (단위: SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , CO(ppm), PM ₁₀ , PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$))	45
표 21. 상록구 반월동 주변지역 기상 및 대기질 모델 영역	46
표 22. 시화·반월산단 영향예측 대상지역 위치정보	47
표 23. 반월동 인근 적용지역의 기상모델 입력자료	48
표 24. 대상지역의 인근 예측지점 평균농도	48
표 25. 대상지역의 인근 역추적 모델을 이용한 대상지점별 배출농도 예측결과(단위: 벤젠(ton/m ² ·yr), 그 외(g/m ² ·S))	48
표 26. 반월동 노출지역, 대조지역에 따른 전체 대상자의 일반적 특성	56

표 목 차

표 27. 반월동의 호흡기 질환 발병 현황(Unit, No. (%))	57
표 28. 반월동의 기타 호흡기 질환 발생 현황(Unit, No. (%))	58
표 29. 반월동의 심뇌혈관 질환 발생 현황(Unit, No. (%))	58
표 30. 반월동의 피부질환 발생 현황(Unit, No. (%))	59
표 31. 반월동의 내분비 및 기타 질환 발생 현황(Unit, No. (%))	60
표 32. 반월동의 노출지역, 대조지역에 따른 만성질환 발생 위험비(dynamic cohort, 주상병 코드 및 부상병 코드 적용)	62
표 33. 반월동의 대조지역에 비해 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 이상의 암 발병 현황(Unit, No. (%))	63
표 34. 반월동의 대조지역에 비해 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 미만의 암 발병 현황(Unit, No. (%))	63
표 35. 반월동의 대조지역 기준 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 이상의 암 질환 발생 위험	65
표 36. 반월동의 대조지역 기준 노출지역 주민의 발생을 0.1% 미만의 암 발생 위험비	66
표 37. 가정 현황에 대한 설문조사의 빈도와 성별에 따른 상관관계 결과	67
표 38. 가정 현황에 대한 설문조사의 빈도와 성별에 따른 상관관계 결과(계속)	68
표 39. 조사에 참여한 52가구 가정환경의 평균, 표준편차 결과	69
표 40. 실내환경의 온도 변화에 따른 습도, 미세먼지, 총부유세균, 곰팡이 농도의 상관관계	69
표 41. 조사에 참여한 52가구 가정환경의 평균, 표준편차 결과	70
표 42. 중금속 분석을 위한 ICP-MS용 베릴륨, 코발트, 셀레늄, 은, 카드뮴 외에 납까지의 검출 결과(단위, $\mu\text{g}/\text{kg}$)	71
표 43. 중금속 분석을 위한 ICP-OES용 알루미늄, 철, 칼륨, 아연, 마그네슘, 바륨, 나트륨, 수은의 검출 결과(단위, $\mu\text{g}/\text{kg}$)	72
표 44. 설문지의 민원에 따른 인식도 조사의 미세먼지, VOCs, SO ₂ , NO ₂ 의 농도의 상관관계	74
표 45. 반월천 상세 모니터링의 하천수질 모니터링 검사 결과(2018년~2021년)	75
표 46. 반월천, 안산천, 화정천, 신길천 전체 상세 모니터링의 하천수질 모니터링 검사 결과(2018년 ~ 2021년)	76
표 47. 설문지의 성별에 따른 미세먼지, VOCs, SO ₂ , NO ₂ 의 농도의 상관관계	77

그림 목차

그림 1. 경기도 및 안산시의 인구학적 특성	03
그림 2. 안산시의 내국 및 외국인의 인구현황 자료	04
그림 3. 안산시의 사업체수와 사업별 상록구의 규모의 특성	02
그림 4. 안산시 연도별 화학물질 배출량 변화 추이 (2012-2016)	07
그림 5. 취약시설의 배출원 추적조사와 건강영향 종합평가 주요 결과 방향	08
그림 6. 본 연구의 목적 지리학적인 범위	10
그림 7. 본 연구의 목적 및 범위	11
그림 8. CALMET 모델링 모식도	14
그림 9. 역추적 산출을 위한 오염물질 배출원 및 예측지점	16
그림 10. 건강보험자료 공유서비스 웹사이트에서 신청(https://nhiss.nhis.or.kr)	19
그림 11. 미세먼지 포집 장소(경기도 안성시청 요청)	25
그림 12. VOCs 노출평가(Passive air sampler)	26
그림 13. 미세먼지(PM 10, 2.5) 기기(Model: DT-9881M) 및 사양 조건	27
그림 14. 현장 샘플링 장비(KAS-110), 배양기 및 현장 설치 사진	27
그림 15. 총부유세균 48시간 배양 후 결과	28
그림 16. 현장 미생물 포집 샘플러(Model : BUCK)	28
그림 17. 실내의 부유세균과 곰팡이 배양 사진	29
그림 18. 분석기기(Versa Max)	30
그림 19. 분석기기(ELX808)	31
그림 20. 전문가 자료를 통한 인포그래픽 기반 콘텐츠(1)	32
그림 21. 전문가 자료를 통한 인포그래픽 기반 콘텐츠(2)	32
그림 22. 연구 추진 체계	33
그림 23. 안산시 반월동의 세대별 배출량 정보(출처: 안산시청)	37
그림 24. 상록구 13동 중 하위 4번째 반월동 인구학적 특성 결과(출처: 안산시 통계)	37
그림 25. 대기배출량 중심으로 경기도 안산시의 전체 배출량 확인	38
그림 26. 수계배출량 중심으로 경기도 안산시의 전체 배출량 확인	38
그림 27. 토양배출량 중심으로 경기도 안산시의 전체 배출량 확인	38
그림 28. 대기오염 국가측정장소의 포집 정보 및 측정망 위치	44
그림 29. 상록구 반월동 기상모델 영역과 3차원 지형도	46
그림 30. 연평균 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO ₂ , d:PM ₁₀ , e:SO ₂)	50

그림 목차

그림 31. 연 봄철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO ₂ , d:PM ₁₀ , e:SO ₂)	51
그림 32. 여름철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO ₂ , d:PM ₁₀ , e:SO ₂)	52
그림 33. 가을철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO ₂ , d:PM ₁₀ , e:SO ₂)	53
그림 34. 겨울철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO ₂ , d:PM ₁₀ , e:SO ₂)	54
그림 35. 중금속 분석을 위한 ICP-MS용 검출 결과(단위, $\mu\text{g}/\text{kg}$)	73
그림 36. 중금속 분석을 위한 ICP-OES용 검출 결과(단위, $\mu\text{g}/\text{kg}$)	73
그림 37. 지역주민의 소통에 따른 결과지 발송(가안)	78

1장. 연구의 개요

1. 연구개요

- 과 제 명 : 안산시 공단 주변의 주민 건강 위해성 및 대책에 관한 연구(반월동 배출사업장 영향을 중심으로)
- 총 사업기간 : 2021년 4월 1일부터 2021년 10월 28일까지
- 연구개발비(당해연도)
- 센터지원금 : 47,500 천원
- 연구책임자 : 최 길 용
- 소속 : 안양대학교 환경에너지공학과
- 직책 : 부교수
- 참여연구원

성명	국적	소속기관명	직위	최종학위(학교명)	최종학위(전공명)
		소속부서명	직급	학위(취득년도)	학위
곽경민	한국	고려대학교 안산병원	임상교수	서울대학교	환경보건학
		직업환경의학과	교수	2020	보건학박사
고대권	한국	㈜에콤	대표이사	Oregon State U.	기계공학
		총괄	대표이사	1993	Ph.D.
이기원	한국	울산의과대학	연구원	한국방송통신대학교	환경보건
		소아청소년과	연구원	2018	학사
박은기	한국	고신대학교	교수	Univ. Sydney 호주	환경공학
		의과대학	교수	1999	환경공학

■ 연차별 연구개발목표 및 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용	추정연구비
1차연도 (2021.03.01. ~ 2021.10.28.)	환경보건 문제 도출 및 원인 규명. 환경보건 문제 개선을 위한 지역사회와의 소통 및 환경보건 조치방안 마련.	산단지역 유해대기오염물질 모니터링 및 평가. 주민 건강영향조사. 산단지역 주민 환경오염 노출, 영향평가. 지역사회 환경위해소통. 생명윤리위원회(IRB) 승인.	

1.1 산단지역 대기오염물질 모니터링 및 평가

- 반월동 주변 배출원 및 환경오염도 조사

- 02년 이후 산업단지 입지·시설 변경사항, 연도별 유해물질 배출량, 주변지역 행정구역, 인구 특성, 토지 이용현황 등
- 환경측정망 자료, 유해대기오염 조사 결과 취합 및 산단 입지시설, 배출량 변화에 따른 시계열분석

1.2. 주민 건강영향조사

■ 주민 코호트 구축 및 분석

- 건강보험 가입자의 자격, 사망, 진료, 검진 등의 DB로부터 질환별 후향적 코호트 DB 구축
- 질환 발생 위험과 환경노출요인(거주력, 노출수준 등) 관련성 분석
- 코호트 DB 분석에서 산단 환경오염과 관련성을 보이는 질환에 대한 심층조사 주요 가설 설정 및 조사내용 도출

1.3 산단지역 주민 환경오염 노출·영향평가

■ 노출평가 및 생체지표 조사

- 배출원(산단)에서의 이격거리별로 고노출, 중간노출, 대조지역으로 구분
- PM10 및 중금속, PAHs 환경노출 측정, 생체 내 노출수준 및 건강영향지표 조사

1.4 지역사회 위해소통

- 주민설명회 개최 등을 통해 과거(2020년 12월 국립환경과학원 산단 과제 수행) 1차 주요 결과를 기본으로 결과물의 통한 관리 및 보완의 특성을 고려하여 2차 전수조사 및 동일한 건강영향 조사를 기반으로 계획 설명 및 지역주민 의견 수립
- 사업 결과에 따른 환경개선 및 주민 건강보호를 위한 방안 제안

2장. 연구의 필요성 및 목적

1. 연구의 필요성 및 목적

1.1 연구의 필요성

- 최근 안산시 지역의 유입이 지속적으로 증가하는 것으로 확인되었으며, 외국인의 유입과 함께 지속적으로 증가하는 것으로 2005년에 18,228명에서 2017년 6월의 자료에 따르면 52,286명으로 약 8.8%가 증가하였던 것으로 확인되었으며, 이것 외에 내국인은 총인구 연평균 증가율의 0.5%와 내국인의 증가율 0.1%로서 다른 지역의 특성보다 지속적으로 증가하는 것으로 확인되었다.

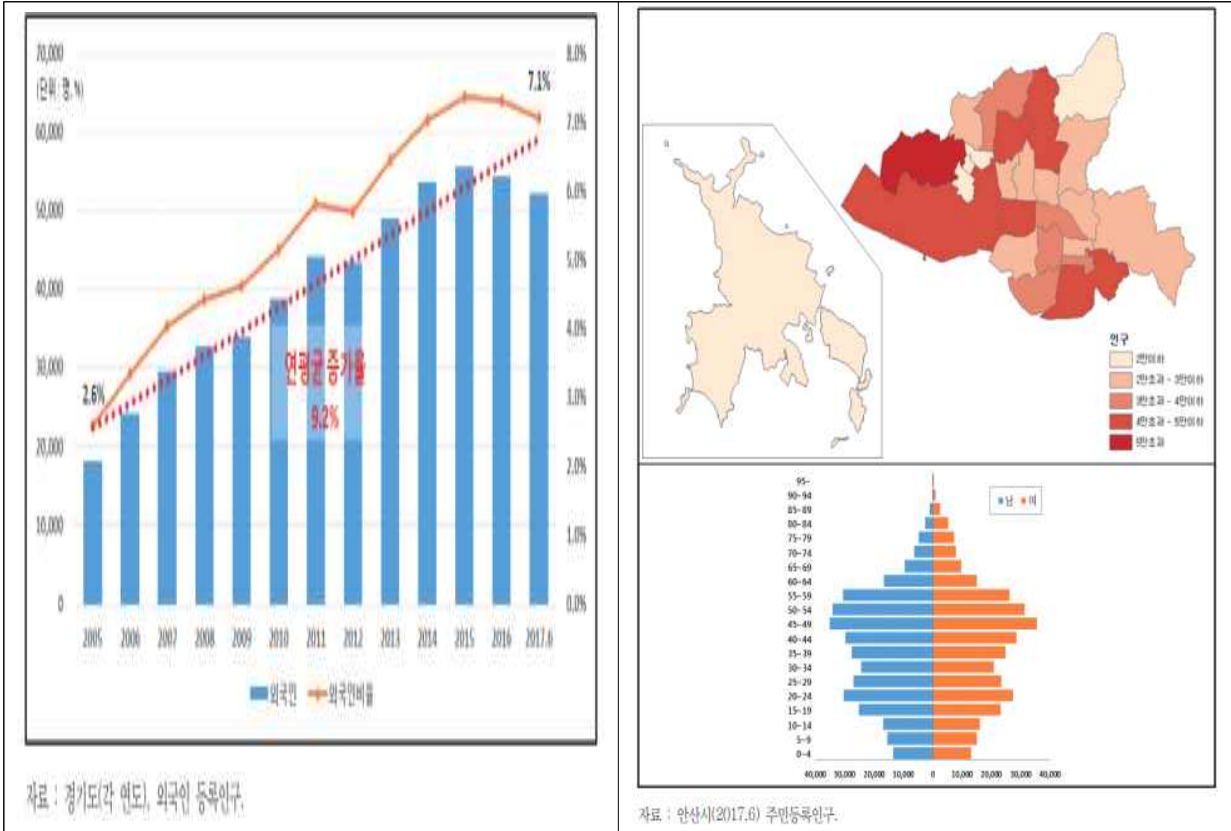


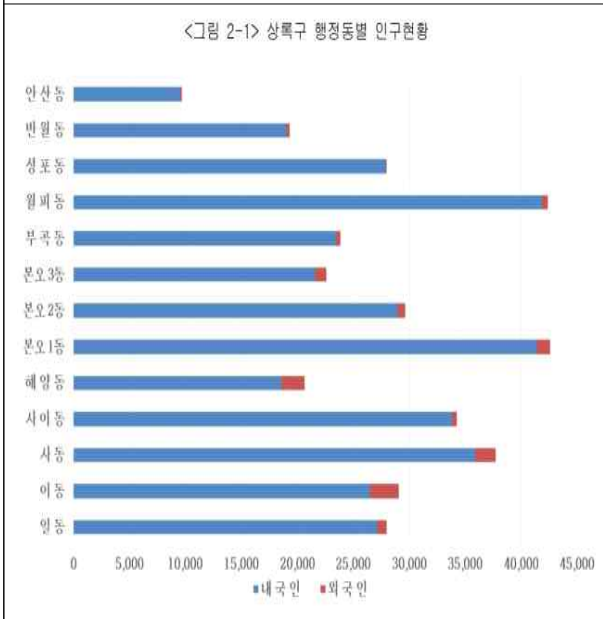
그림 1. 경기도 및 안산시의 인구학적 특성

- 인구 현황에 대한 최근 자료에 따르면, 안산시 상록구(2019년 1월 기준) 지역 내에서 행정동 중심으로 전체인구 비율은 본오1동에 자료는 42,576명(11.6%), 월피동 42,377명(11.5%), 사동 37,726명(10.2%) 순으로 집중되어 관리가 필요한 지역 특성을 확인되었으며, 무엇보다 안산시의 단원구(2019년 1월 기준) 지역 내 행정동 전체인구 비율은 초지동에서는 47,781명(13.68%), 호수동 46,880명(13.42%), 와동 43,095명(12.34%) 순으로 집중되는 관리의 중점에 확인한 결과를 기반으로 확인하였다. 향후 환경 노출지역 확산과 관리의 위험지역의 비교지역까지 광범위한 지역의 인구 현황은 다음과 같다.

(단위 : 명)

구 분	합 계(내국인+외국인)			내 국 인			외 국 인		
	계	남	여	계	남	여	계	남	여
상 복 구	367,601	187,648	179,953	355,519	181,354	174,165	12,082	6,294	5,788
일 동	27,972	14,208	13,764	27,119	13,791	13,328	853	417	436
이 동	29,046	15,472	13,574	26,492	14,077	12,415	2,554	1,395	1,159
사 동	37,726	19,561	18,165	35,908	18,650	17,258	1,818	911	907
사 이 동	34,240	17,360	16,880	33,798	17,158	16,640	442	202	240
해 양 동	20,627	10,755	9,872	18,587	9,578	9,009	2,040	1,177	863
본오1동	42,576	21,870	20,706	41,349	21,217	20,132	1,227	653	574
본오2동	29,625	14,703	14,922	28,951	14,364	14,587	674	339	335
본오3동	22,596	11,215	11,381	21,592	10,710	10,882	1,004	505	499
부 곡 동	23,834	12,201	11,633	23,446	12,053	11,393	388	148	240
월 피 동	42,377	21,605	20,772	41,854	21,371	20,483	523	234	289
성 포 동	27,870	13,827	14,143	27,886	13,795	14,091	84	32	52
반 월 동	19,322	9,829	9,493	19,026	9,647	9,379	296	182	114
안 산 동	9,690	5,042	4,648	9,511	4,943	4,568	179	99	80

자료) 안산시 통계자료(2019)



(단위 : 명)

구 분	합 계(내국인+외국인)			내 국 인			외 국 인		
	계	남	여	계	남	여	계	남	여
단 원 구	349,239	183,762	165,477	304,444	157,095	147,349	44,795	26,667	18,128
와 동	43,095	22,601	20,494	41,535	21,831	19,704	1,560	770	790
교 전 동	22,498	11,241	11,257	22,030	11,031	10,999	468	210	258
중 양 동	25,462	12,611	12,851	25,206	12,512	12,694	256	99	157
호 수 동	46,880	23,603	23,277	46,566	23,436	23,130	314	167	147
원 곡 동	27,319	15,547	11,772	7,074	4,089	2,985	20,245	11,458	8,787
백 운 동	23,122	12,006	11,116	18,434	9,382	9,052	4,688	2,624	2,064
신 길 동	26,088	14,117	11,971	23,769	12,720	11,049	2,319	1,397	922
초 지 동	47,781	26,645	21,136	42,115	21,546	20,569	5,666	5,099	567
선부1동	12,600	6,452	6,148	11,680	5,990	5,690	920	462	458
선부2동	26,791	14,462	12,329	20,077	10,914	9,163	6,714	3,548	3,166
선부3동	38,958	19,938	19,020	37,448	19,177	18,271	1,510	761	749
대 부 동	8,645	4,539	4,106	8,510	4,467	4,043	135	72	63

자료) 안산시 통계자료(2019)

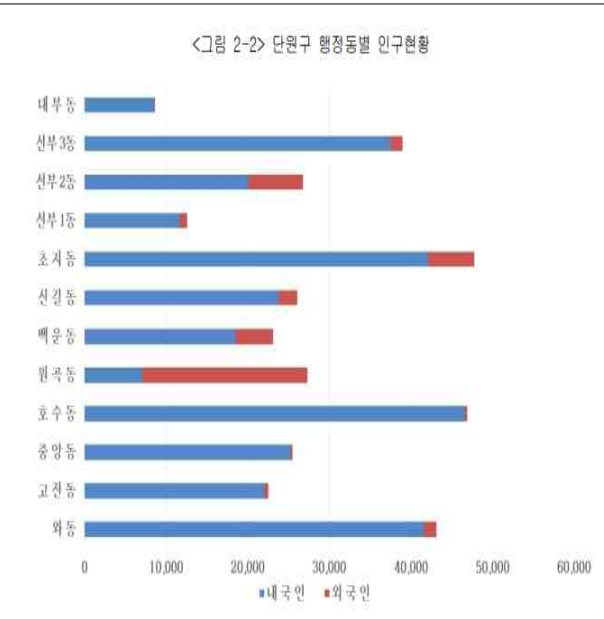


그림 2. 안산시의 내국 및 외국인의 인구현황 자료

- 그 외에 주요한 산업활동의 특성을 확인한 결과 다음과 같으며, 2017년 말 기준 안산시의 총 사업체는 53,403개이며, 전년도 대비 269개(0.51%) 증가하였던 것으로 지속적으로 업체의 소규모 사업장의 산업활동에 증가에 따른 관리가 필요할 것으로 생각된다. 이는 주변 아파트의 활성화를 통한 오래되고 낙후가 된 곳 발전을 위해서 노력이 필요할 것이며, 산업체의 현황 자료는 다음과 같으며, 향후 관리대상 기업의 대기오염원의 지역주민 직접적인 관리방안을 위한 노력이 필요할 것으로 생각된다.

구분	사업체수(개)		증감률(%)	구성비(%)
	2016.12	2017.12		
계	53,134	53,403	0.5	100
A 농업, 임업 및 어업	7	10	42.9	0 미만
B 광업	6	5	-16.7	0 미만
C 제조업	9,150	9,265	1.3	17.3
D 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	21	15	28.6	0 미만
E 수도, 하수·폐기물 처리, 원료재생업	135	146	8.1	0.3
F 건설업	1,828	1,838	0.5	3.4
G 도매 및 소매업	11,646	11,598	-0.4	21.7
H 운수 및 창고업	6,182	6,130	-0.8	11.5
I 숙박 및 음식점업	8,917	9,031	1.3	16.9
J 정보통신업	239	228	-4.6	0.4
K 금융 및 보험업	484	502	3.7	0.9
L 부동산업	2,032	1,887	-7.1	3.5
M 전문, 과학 및 기술서비스업	1,121	1,151	2.7	2.2
N 사업시설관리 및 사업지원 및 임대서비스업	796	986	23.9	1.8
O 공공행정, 국방 및 사회보장 행정	90	89	-1.1	0.2
P 교육 서비스업	2,069	2,075	0.3	3.9
Q 보건업 및 사회복지 서비스업	1,700	1,736	2.1	3.3
R 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	1,742	1,829	5.0	3.4
S 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	4,969	4,882	1.8	9.1

자료) 안산시 통계연보(2018)

구분	사업체수(개)		증감률(%)	구성비(%)	
	2016.12	2017.12			
계	19,886	19,854	-0.2	100	
상 륙 구	일 동	1,105	1,126	1.9	5.7
	이 동	2,618	2,590	-1.1	13.2
	사 동	1,700	1,676	-1.4	8.6
	사이동	1,545	1,537	-0.5	7.8
	해양동	906	871	-3.9	4.4
	본오1동	2,173	2,199	1.2	11.2
	본오2동	1,347	1,368	1.6	7.0
	본오3동	1,621	1,598	-1.4	8.2
	부곡동	1,218	1,295	6.3	6.6
	월피동	2,324	2,277	-2.0	11.6
	성포동	1,089	1,100	1.0	5.6
	반월동	1,269	1,252	-1.3	6.4
	안산동	971	965	-0.6	4.9

자료) 안산시 통계연보(2018)

안산시 산업별 사업체수

안산시 상륙구·동별 규모별 사업체수

구분	사업체수(개)		증감률(%)	구성비(%)	
	2016.12	2017.12			
계	33,248	33,549	0.9	100	
단 원 구	와동	1,961	1,914	-2.4	5.7
	고잔동	904	919	1.7	2.7
	중앙동	3,271	3,314	1.3	9.9
	호수동	5,403	5,467	1.2	16.3
	원곡동	6,297	4,036	-35.9	12.0
	신길동	377	2,316	514.3	6.9
	백운동	760	1,027	35.1	3.1
	초지동	9,585	9,825	2.5	29.3
	선부1동	601	537	-10.6	1.6
	선부2동	1,551	1,556	0.3	4.6
	선부3동	1,573	1,669	6.1	5.0
	대부동	965	969	0.4	2.9

자료) 안산시 통계연보(2018)

안산시 단원구·동별 규모별 사업체수

그림 3. 안산시의 사업체수와 사업별 상륙구의 규모의 특성

- 2014년 국가 대기오염물질 배출량 통계에 의하면 산업활동과 연관되어있는 에너지산업 연소, 제조업 연소, 생산공정의 반월동 주변 배출원에서 황화합물, 미세먼지 등 주요대기오염물질의 배출량이 상대적으로 높게 나타났다(국립환경과학원, 2016). 대규모의 산업활동이 이뤄지는 산업단지는 다양한 환경오염물질의 고정 오염원이며, 그 주변 지역은 환경유해인자 노출로 인한 직·간접적인 건강 장애가 초래될 수 있는 취약지역이다(표 1).

표 1. 배출원 대분류별 대기오염물질 배출량(단위: 톤)(2017년)

배출원 대분류	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3
에너지산업 연소	59,304	114,192	77,574	4,109	3,829	3,162	7,753	1,330
비산업 연소	62,716	86,803	20,714	1,572	1,374	935	2,830	1,429
제조업 연소	18,263	169,790	72,327	95,815	55,872	28,501	3,199	688
생산공정	27,750	53,618	106,730	12,096	6,759	5,186	188,324	42,977
에너지수송 및 저장	-	-	-	-	-	-	30,695	-
유기용제 사용	-	-	-	-	-	-	563,648	-
도로이동오염원	237,152	434,038	277	9,473	9,473	8,715	45,920	4,437
비도로이동오염원	176,455	309,309	35,710	16,198	16,194	15,002	59,407	120
폐기물처리	2,051	12,994	2,120	377	274	234	58,405	22
농업	-	-	-	-	-	-	-	244,335
기타 면오염원	8,656	214	-	679	431	388	901	12,945
비산먼지	-	-	-	422,420	109,932	17,690	-	-
생물성 연소	225,073	8,841	77	29,843	14,338	11,919	86,500	15
합계	817,420	1,189,800	315,530	592,582	218,476	91,731	1,047,585	308,298

■ 최근 자료에 따르면, 대기오염원 배출의 정밀 조사에 따른 시행령 제6조(배출량 조사대상 화학물질)에 의하여 사업장으로 자발적인 화학물질 배출의 저감과 소규모 사업장 및 기업의 특성에 따른 다양한 반월동 주변 배출원의 자료는 향후 확인해볼 필요가 있으나 결과를 도출하는 자료를 기반으로 하면, 증가하는 것은 중요한 것으로 확인된 것으로 유도물질의 관리방안에 따른 화학물질 중심으로 다음과 같이 확인된 **반월동 주변 배출원**의 취급하는 사업장에 대하여 배출되는 화학물질 외에 향후 현황조사를 진행할 필요가 있을 것으로 생각된다.

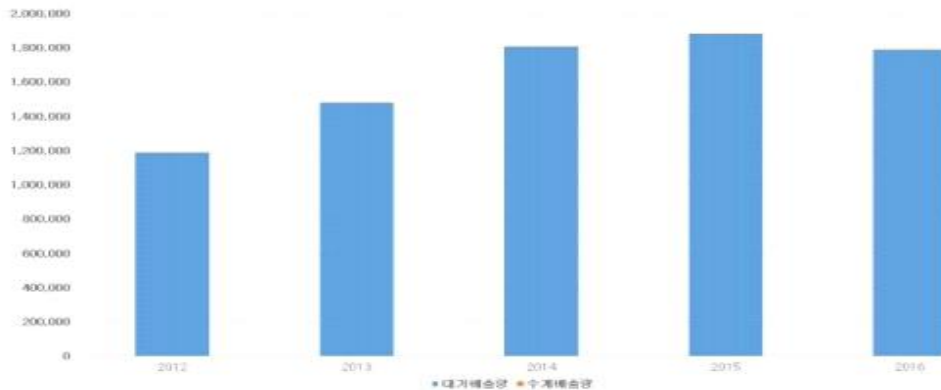
표 2. 안산시 화학물질 배출·이동량 정보 (2012-2016)

조사 연도	대기 배출량 (kg/년)	수계 배출량 (kg/년)	토양 배출량 (kg/년)	총 배출량 (kg/년)	자가 매립량 (kg/년)	폐수 이동량 (kg/년)	폐기물 이동량 (kg/년)	총 이동량 (kg/년)
2012	1,183,638	92	0	1,183,730	0	7,000,411	24,433,170	31,433,581
2013	1,476,874	57	0	1,476,931	0	9,508,501	24,777,804	34,286,305
2014	1,803,793	26	0	1,803,819	0	8,810,142	23,571,119	32,381,262
2015	1,877,178	24	0	1,877,202	0	8,049,950	24,211,736	32,261,686
2016	1,786,127	1,297	0	1,787,424	0	7,842,468	23,632,349	31,474,816

자료) 화학물질 배출·이동량 정보 시스템

■ 안산시에서는 배출량에 따른 대기의 오염원의 중요성에 따른 배출량에 비해 낮은 비율을 차지하는 것으로 낮은 농도에 따른 고위험환자의 관리가 필요할 것이며, 토양으로 대기의

영향을 미치는 일부 자료에 따라 배출되는 화학물질은 없는 것으로 안산시에서 확인된 자료로서 토양을 제외한 나머지 관리의 측면에서 확인해볼 필요가 있어 2012년부터 2016년까지 5년 동안의 안산시 배출량의 조사에 따른 자료를 검토한 결과 2015년까지 지속적인 증가에 확인된 자료가 중요한 관점으로 확인되었으며, 2016년도부터 배출량이 전년도에 대비하여 약 4.78 % 줄어든 것으로 확인되었으며, 규제와 관리가 강화된 이후 지속적으로 유지가 되면 반월동 주변 배출원의 근본적인 영향 인자의 관리원으로 생각해 볼 때 2016년 기준 총배출량 1,787,424kg/년 중 대기배출량이 1,786,127kg/년으로 전체 배출량의 99.9%로 절대적인 높은 비율의 특성을 확인되었고 이는 2016년부터 1차 금속제조업과 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업의 증가로 구리 및 화합물의 수계배출량이 전년 대비 급격히 증가하는 것으로 많은 시사점을 확인된 것으로 향후 주요한 관점으로 생각하게 되었다.



자료) 화학물질 배출·이동량 정보 시스템

그림 4. 안산시 연도별 화학물질 배출량 변화 추이 (2012-2016)

- 취약시설로 분류된 안산시의 주변에 배출조사에 따른 다양한 환경변화의 자료를 수집을 하고 있으며, 본 연구에서도 그 자료를 활용한 통계학적인 요인으로 해석하기 위해 과거 2017년도에 수행된 안산시 및 시흥시의 자료를 활용하였으며, 이는 국가측정망 자료를 위한 지역의 특성을 활용한 산단 지역주민 환경오염 노출 및 건강영향 감시사업 종합평가에 따르는 지표로 매년 우리나라 취약시설 및 분류체계에 따른 배출 오염물질이 매체를 거쳐 체내로 노출되기까지의 경로를 추적한 결과, 외적 노출과 내적 노출의 연결이 확인되는 주요 오염물질들이 산단별로 도출되었으며, 산업단지 인근에 거주하는 주민에서 호흡기 및 알레르기 질환의 증상이 전반적으로 높게 나타났고, 산단별로 일부 급성, 만성질환이 주요 건강문제로 확인되었다.

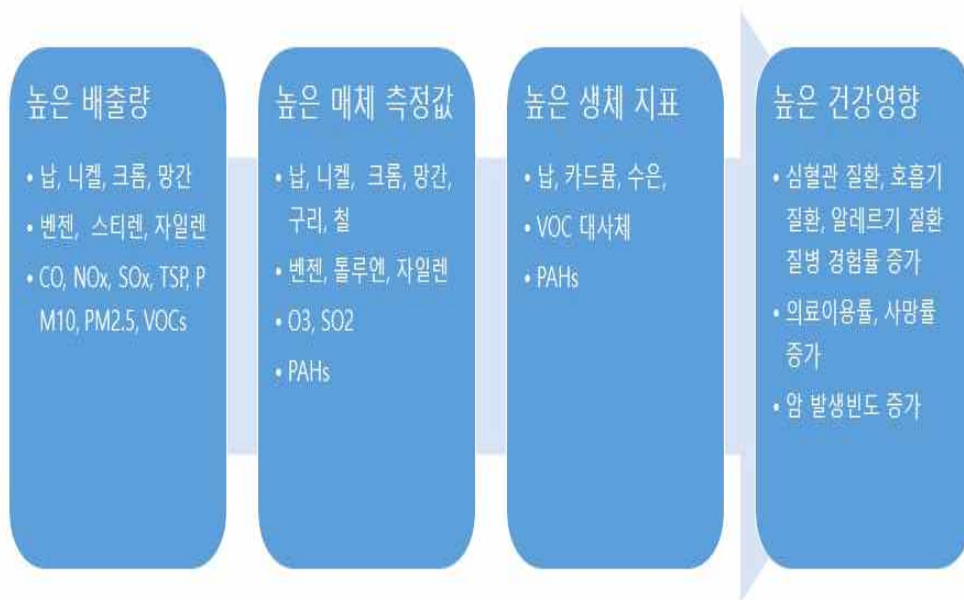


그림 5. 취약시설의 배출원 추적조사와 건강영향 종합평가 주요 결과 방향

- 본 연구에 적용할 과제로서 배출원과 건강에 직접적인 영향 인자를 분류 및 분석에 있어 사전검토를 위한 안산시 및 시흥시의 대기오염측정망을 기반으로 하는 역학조사에 따른 자료를 기반으로 하여 수행된 지역의 자료를 기반으로 하여 단면조사 연구설계로 수행한 자료를 적용하여 노출과 건강 영향 시간적 선후 관계가 불분명하다는 한계를 보완을 본 연구에 적용을 위한 방안도 고려하여 도출된 건강 영향의 차이는 다른 변수들의 영향을 배제할 수 없는 생태학적 분석 결과를 근거로 하기에 인과적 관련성을 추정할 수 없다는 한계가 있었다. 따라서, 공단지역의 환경보건 문제의 원인을 파악하고 수용체 중심의 환경오염 관리대책 마련하고자 노출과 질병 간 연관성을 보다 명확하게 규명하기 위한 연구설계의 필요성이 제안되었다.
- 결과적으로 본 연구에 적용할 안산시 및 시흥시 자료에 배출원 자료를 활용하여, 지역 주변으로서 수도권 인구분산과 중국에서 발생하는 대기오염의 원인을 찾기 어렵지만 1977년 그리고 1985년부터 조성되기 시작한 국가산업단에 적용 및 활용한 자료가 더욱더 많으며, 적용할 가치가 많이 있는 것으로 생각된다. 이는 인근 도시인 안산시, 시흥시에서 1989년부터 2013년까지 이루어진 일반 대기 기준물질 측정결과를 참고하였을 때, 미세먼지, 일산화탄소, 이산화황 등은 전체적으로 낮아지는 경향을 보이거나 오존과 일산화질소는 증가하거나 비슷한 양상을 보였다. 하지만 최근 변화수준만을 고려하였을 시, 이산화황 그리고 일산화탄소의 측정결과가 다른 인근 도시보다 더 높고, 미세먼지 경우 연간 대기 환경 기준을 초과하며, 서울, 인천 등 인근 대도시 및 울산 등의 다른 공단 도시보다도 높게 측정

되었다. 대기 중 휘발성유기화합물 농도 수준은 2008년도 이전에는 다른 지역에 비하여 상대적으로 높았으나, 2009년도 이후 감소 경향을 보이며 서울과 같은 대도시보다 더 낮은 수준을 보였다. 시흥시 유해대기물질 측정망의 다환방향족탄화수소 (Polycyclic aromatic hydrocarbons) 농도는 유해대기오염물질 측정이 시작된 이후 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 수준을 보였다. 안산지역은 전국적으로 대기 중 납 농도가 가장 높은 수준을 보이는 지역인 동시에, 다른 지역보다 카드뮴과 구리의 측정 정도 역시 상대적으로 높은 수준을 보여 실제 주민들도 비교적 높은 수준의 대기 중 중금속에 노출된다고 판단되며, 앞으로도 이에 대한 지속적인 노출 감시가 필요하다.

표 3. 반월동 주변의 안산시 주요 노출 요인(국립환경과학원, 2016)

구분	배출량	환경농도	생체농도	외적 -내적 노출
안산시	•VOCs(p-톨루이딘)	•SO ₂ , NO _x , PM10 •자일렌, 에틸벤젠, 벤젠	•납	•VOCs
	•PAHs(Naphthalene)		•Phthalate (U-MnBP, U-MBzP, U-MEOHP, U-MEHHP, U-MECP)	
	•중금속(As, Ni, Pb, Cd)		•PAHs(U-NAP, U-OHP)	
	•Phthalate(DB, BBR, DEHP)		•VOCs (U-STYRENE, U-ttMA, U-HA, U-pMHA)	
	•카보닐화합물(포름알데하이드)			

*노출 요인 선정 기준 - 배출량: 전국 평균 초과, 환경 농도: 참고치를 초과, 생체지표: 보정기하평균 대조 지역보다 유의하게 높은 항목, U-NAP : 2-naphthol, U-OHP : 1-hydroxypyrene, MHA : methylhippuric acid, MnBP : monobutylphthalate, MBzP : monobenzyl phthalate, MEOHP : mono-(2-ethyl-5-oxohexyl)phthalate, MEHHP : mono-(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phthalate, MECP : mono(2-ethyl-5-carboxypentyl) phthalate

■ 반월동 배출사업장 주변 지역은 다양한 환경 유해인자에 상시 노출되어 건강 영향에 대한 우려가 높은 취약지역으로, 국가는 환경보건법(제15조 2항)에 따라 환경 유해인자가 건강에 미치는 영향을 지속적으로 조사 및 평가를 통한 안산시 중심으로 확인한 결과 안산시 주민 설문으로 파악된 질병력을 활용하여 노출 지역과 대조지역에 대한 질병력 차이를 분석하였을 때, 축농증 질병력이 노출지역(2.5%)에서 대조지역(1.1%)보다 유의하게 높았다. 건강보험공단 자료의 수진 건수 비교에서 대조지역보다 노출지역에서 수진 건수가 유의하게 높은 주요 질환은 암, 백혈병, 갑상선기능저하증, 만성비인두염 등이었다. 전국 대비 사망률이 높은 사망원인으로는 당뇨병, 고혈압, 뇌혈관질환, 만성하기도질환 등이 있었다. 단면연구에서 파악된 이러한 건강문제들에 대한 지속적인 감시와 원인 규명을 위한 정밀 역학조사가 요구된다.

표 4. 반월동 주변의 안산시 지역별 주요 건강 요인(국립환경과학원, 2016)

구분	설문자료 - 증상, 질병력	암등록자료	사망자료	수진자료
----	----------------	-------	------	------

안산시	•급성질환(기관지염, 안질환, 피부질환)	•당뇨병	•암, 백혈병, 갑상선 기능 저하증, 만성 비인두염
	•만성질환(고혈압, 만성폐쇄성 폐질환, 당뇨, 뇌졸중, 심장질환)	•고혈압	
	•암(폐암, 위암, 대장암, 유방암, 자궁암)	•뇌혈관질환	
		•만성하기도 질환	

*건강 요인 선정 근거 - 설문자료: 대조지역에 비해 의미 있는 증가(보정 OR>1.2) 또는 성향점수 매칭후 통계적 유의, - 암등록자료, 수진자료: 통계적으로 유의한 SRR (대조지역 대비), - 사망자료: 통계적으로 유의한 표준화 사망비(산단지역)

■ 끝으로 본 연구의 사업을 위해 측정 대상 지역을 다음과 같은 곳으로 선정하여 안산시 공업단지 주변 지역(반월동)에서 지역주민 노출 우려가 높은 유해물질에 대한 배출원을 규명하고 배출량 저감 및 규제 등의 문제 개선을 위한 환경보건 조치방안 마련이 필요하며, **안산시 공업단지 주변 지역(반월동)**의 주요 환경·건강문제에 대해 원인규명이 가능한 심층 역학조사를 통한 통계적인 분석을 고려할 필요하다.

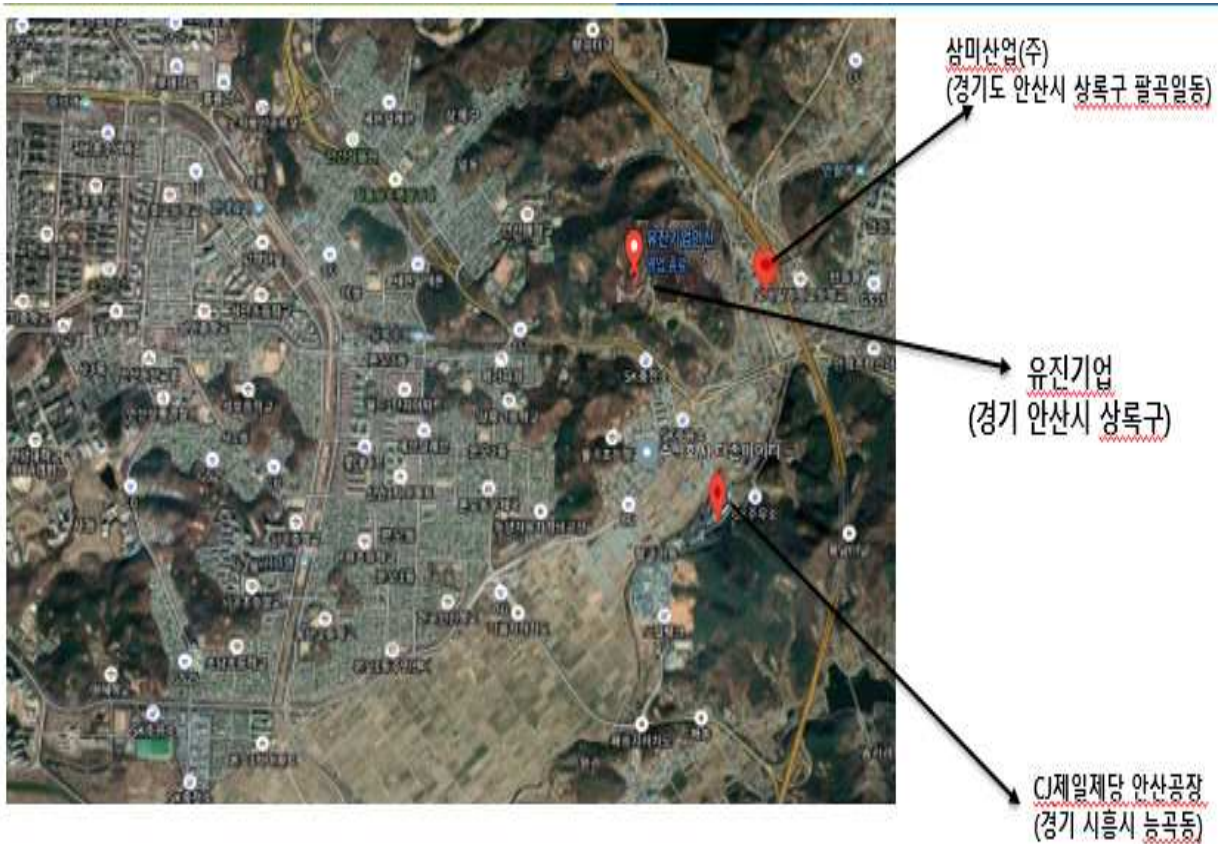


그림 6. 본 연구의 목적 지리학적인 범위

1.2 연구개발의 최종 목표

- 안산시 공업단지 주변 지역(반월동) 주민의 환경오염 노출과 건강영향 감시를 통해 환경보건 문제를 도출하고, 도출된 주요 환경·건강문제에 대해 원인을 파악하며, 과거에 연구한 한“시화·반월(경기)”사업 경험으로 산업단지 지역의 환경보건문제 개선을 위한 지역사회와의 소통 및 환경보건 조치방안을 마련한다.

이러한 최종목적을 달성하기 위한 세부 연구목표를 설정하면 다음과 같다.

- 1) 안산시 주변 지역(반월동) 유해대기오염물질 모니터링 및 평가
- 2) 안산시 주변 지역(반월동)에 대한 건강영향지표 조사
- 3) 안산시 주변 지역(반월동) 지역주민의 환경오염 노출·영향평가

- 그리고 위 목표로 얻어진 다양한 자료를 근거로 D/B 구축 및 위해의사소통을 통하여 최종목적을 달성할 수 있도록 한다. 이와 같은 연구의 최종목적과 세부 연구목표와의 관계를 도식화하여 제시하면 다음과 같다(그림 7).

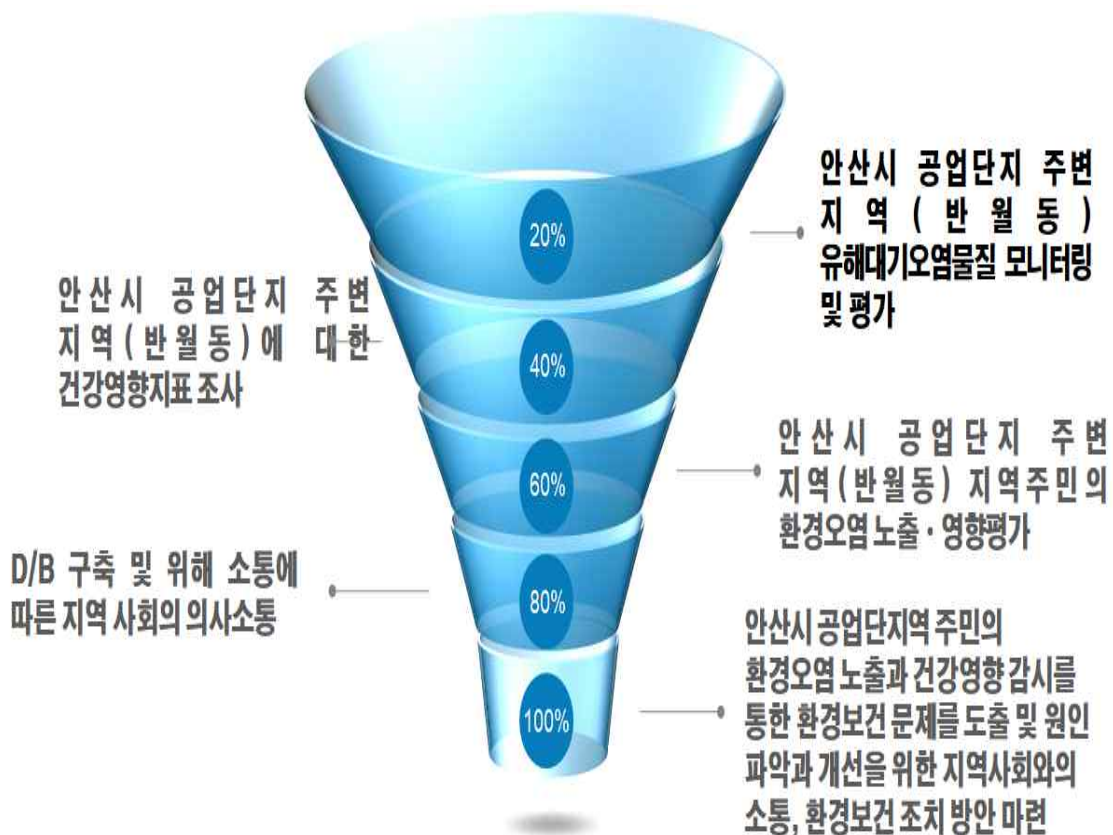


그림 7. 본 연구의 목적 및 범위

- 연구개발 목표의 성격(해당란 전부 ✓표시)

1) 과제분류

환경정책연구

환경현안조사연구

환경현안기술개발

산학연협력기술개발

2) 연구분야

하폐수처리 상수도 및 정수

수질관리 대기관리

폐기물관리 토양지하수 오염관리 및 처리

자연환경분야 기후변화 대응 분야 기타환경분야

3장. 연구의 내용 및 범위

1. 연구의 범위

1.1 추진전략 및 방법

1.1.1 추진전략

- 지자체 및 지역주민과 자문위원회 등을 통한 효율적인 사업 진행
- 연구용역 사업단과 발주기관의 정기적인 회의 개최를 통한 의견 교환 및 협의
- 본 사업에 관계되는 국립환경과학원, 공공기관(지방자치단체 포함)과 긴밀히 협조함

1.1.2 연구방법

가. 공단지역 유해대기오염물질 모니터링 및 평가

(1) 반월동 주변 배출원 및 환경오염도 조사(과거자료를 활용 적용)

- 안동시/반월동 공업단지 입지·시설 변경사항(주요 업체, 배출시설), 연도별 유해물질 배출량, 주변 지역 행정구역, 인구특성, 토지 이용현황 등을 조사
 - 주요 업체 배출원 정보는 국가대기오염물질 배출량 서비스(NAPES) 조사 결과 및 대기보전정책수립지원시스템(CAPSS) 자료와 화학물질 유통량(제조·사용량) 배출·이동량 자료 등을 활용하여 조사
 - 연도별 유해물질 배출량은 화학물질배출이동량정보(PRTR) 자료 활용
 - 주변지역 행정구역 및 인구 특성은 국가통계포털(KOSIS), 통계청(KOSTAT) 활용
 - 토지 이용현황은 국가통계포털(KOSIS), 도시계획정보서비스(UPIS) 자료 활용
 - 공업단지 현황은 한국산업단지공단(KICC) 자료 활용
 - 상기 수집하는 모든 자료는 향후 건강보험자료와 연계가 가능하도록 '02년 이후 산업단지 영향지역의 행정구역(읍면동) 코드를 변동사항을 포함하여 조사
- 선행결과자료를 활용하여 환경측정망 자료, 유해대기오염 측정결과 취합 및 산업단지 입지 시설, 배출량 변화에 따른 분석
 - 각 공업단지의 사업장별로 위와 같이 관련 사이트 자료를 활용하여 대기오염물질 연간 배출량을 조사하고 연도별 배출량에 따른 시계열분석을 시행.
 - ※ 배출량 자료 이외에 소규모 업체, 소각장 등 산업단지 현지 조사 포함

(2) 대기확산모델링

- 주요 유해대기오염물질의 과년도 배출량, 기상자료 등을 통한 대기확산모델링 수행(그림 8).
 - 안동시/반월동 공업단지의 중금속, VOCs, 프탈레이트류 등 주요 유해대기오염물질 중 논의를 거쳐 지역별로 가장 심각성이 큰 유해물질을 선정하여 과년도 배출량, 기상자료 등을 통한 대기확산모델링 수행

- 반월동 배출사업장 이격거리별 배출원 영향지역의 확산정도와 연도별 평균농도 산출
- 반월동 배출사업장 등과 같은 유해물질 배출원 오염기여도 산출

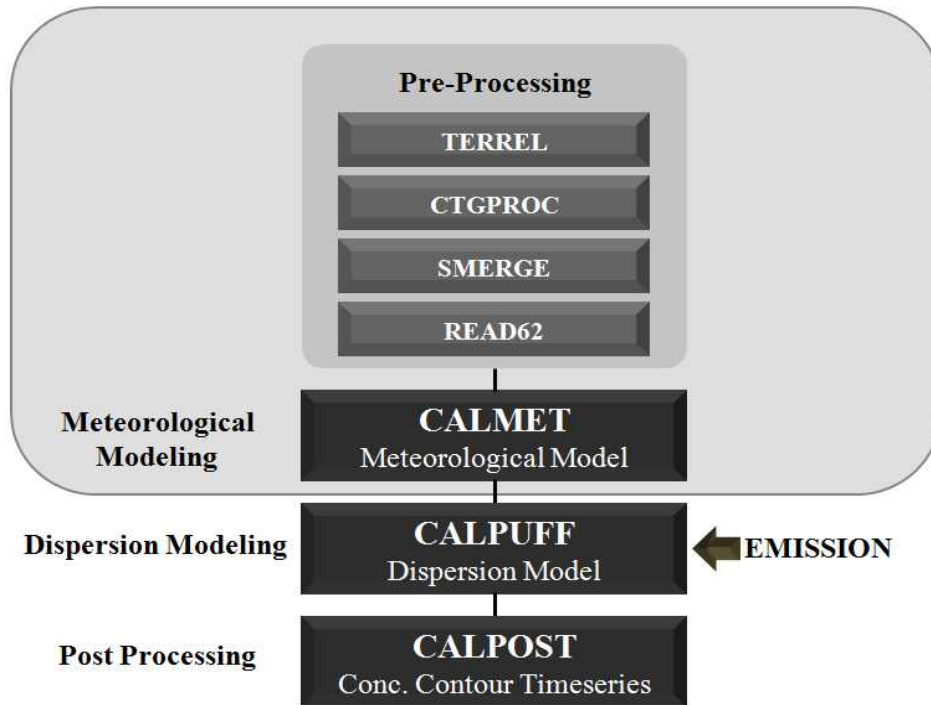


그림 8. CALMET 모델링 모식도

■ 대기확산모델링 방법

- CALPUFF 모델은 크게 3차원 바람장을 생성하는 기상입력 모델인 CALMET과 대기확산모델인 CALPUFF, 확산모델의 결과를 정리하는 CALPOST로 구성. 퍼프모델(Puff model)은 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기가 잘게 나누어진 각각의 연기덩어리(puff)로 배출된다고 가정하고, 이 배출된 퍼프가 공간적 해상도를 갖는 바람장을 따라서 이동 및 확산이 될 때 퍼프가 미치는 영향을 종합하여 농도를 계산하는 모델임. CALPUFF는 시간 및 공간에 따른 바람장의 변화를 퍼프의 이동에 고려할 수 있기 때문에 비정상상태(non-steady state)의 모델이며, 복잡지형에서 산곡풍이나, 해안가에서 해륙풍 순환과 같은 급격한 바람장 변화를 나타내는 지역에 유용한 모델임.
- 또한, CALPUFF 모델에서는 기존에 알려진 MESOPUFF에서 고려하지 못했던 해안가에서 Fumigation 현상 등을 고려할 수 있는 장점이 있어 우리나라와 같이 삼면이 바다로 되어있고 도시나 공단 등이 해안지역에 위치한 경우 해륙풍 순환의 영향을 받는 풍하측 농도 예측에 대하여 적합한 모델임.
- CALPUFF Dispersion Model은 오염물질의 침적, 점·선·면오염원에 의한 지표면의 영향, 산불의 영향, 시정거리의 평가, 그리고 장거리 수송 연구와 같은 대기질 모델링 연구의 광범위한 변화를 모사하기 위한 비정상상태 모델임.

- CALPUFF 모델은 배출원에서 배출된 물질의 puff를 이루 시키고 확산과 변형 기작을 통해 모사하게 되며, 수용체에서 퍼프의 농도계산은 다음 식을 기본으로 함.

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right] \dots\dots(1)$$

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{1/2}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right] \dots\dots(2)$$

여기에서,

C : ground-level concentration(g/m³)

g : the vertical term(m) of the Gaussian equation

Q : 오염물질 발생량(g/sec)

d_c : 수평방향으로의 이격거리(m)

σ_x, σ_y, σ_z : 확산계수(m)

h : 혼합층높이(m)

d_a : 풍하방향으로의 이격거리(m)

He: 굴뚝 유효높이(m)

가) 역추적 산출법

- 배출원에서 배출된 오염물질은 CALPUFF 모델링을 통해 예측지점의 기여농도로 표현되며, 각각의 배출원에서 예측지점에 미치는 배출원별 기여농도의 합이 예측지점의 총 기여농도로 산출됨(그림 3). 각각 배출원 배출량(Q), 예측지점 기여농도(C), 배출원에서 예측지점의 기여농도에 미치는 일련의 과정에 대한 함수 값(f_x)에 대한 과정은 다음의 식과 같음.

$$C = f_x \times Q$$

여기서, C : 기여농도 f_x : 기여율, Q : 배출농도

- f_x는 가우시안 Puff 식에 의해 실행되는 CALPUFF 모델링의 복잡한 계산 과정으로 예측지점의 기여농도를 이용하여 f_x를 구할 수 있으므로 배출원의 배출농도(Q)를 계산할 수 있음.
- 배출원(Source 1, 2, 3) 과 예측지점(Point A, B, C)의 측정농도 및 배출량 산정은 다음과 같이 산출할 수 있음. 또한, 3원 연립방정식 이용하여 간단하게 계산할 수 있으며 예측지점 농도산출 계산의 역행렬을 이용하면 배출원의 배출농도를 쉽게 계산할 수 있음.

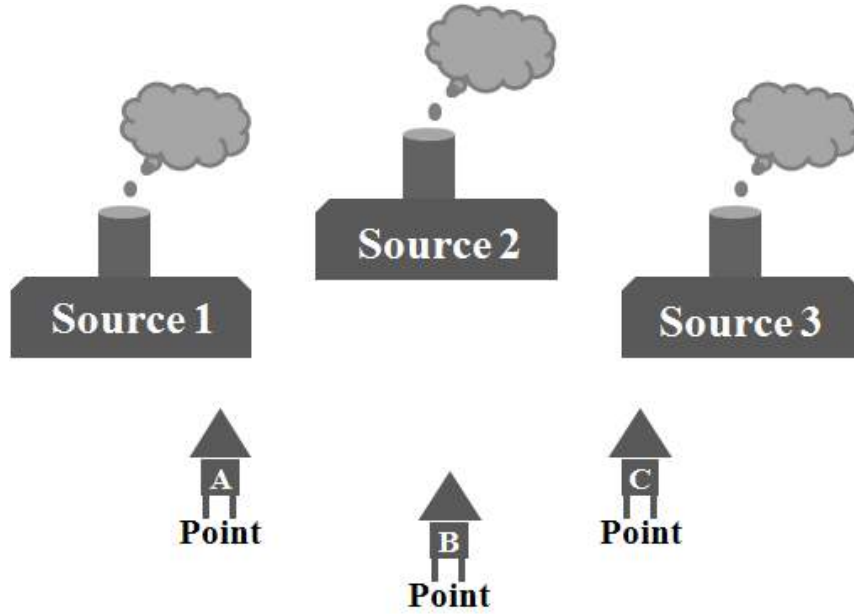


그림 9. 역추적 산출을 위한 오염물질 배출원 및 예측지점

$$(f_{1A} \times Q_1) + (f_{1B} \times Q_2) + (f_{1C} \times Q_3) = C_A$$

$$(f_{2A} \times Q_1) + (f_{2B} \times Q_2) + (f_{2C} \times Q_3) = C_B$$

$$(f_{3A} \times Q_1) + (f_{3B} \times Q_2) + (f_{3C} \times Q_3) = C_C$$

$$\begin{pmatrix} f_{1A} & f_{1B} & f_{1C} \\ f_{2A} & f_{2B} & f_{2C} \\ f_{3A} & f_{3B} & f_{3C} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_A \\ C_B \\ C_C \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{1A} & f_{1B} & f_{1C} \\ f_{2A} & f_{2B} & f_{2C} \\ f_{3A} & f_{3B} & f_{3C} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} C_A \\ C_B \\ C_C \end{pmatrix}$$

- 가우시안 PUFF 식의 과정으로 계산 기여율 f_x 는 각 배출원의 임의 배출농도를 이용하여 예측지점 농도산출을 통해 계산할 수 있으며, 계산된 기여율 및 Point 별 실측 농도를 이용하여 측정기간 중 대상지점의 실제 배출농도를 산출할 수 있음.

나) 기상모델 입력자료 설정

1) 안산시 사업장 입력자료 설정

- 기상모델인 CALMET의 입력자료인 지표기상 및 상층기상 입력자료를 활용함.
- 마찬가지로 방법으로 안산시/반월동 공업단지의 지표기상 및 상층기상 입력자료를 활용함. 지표기상 자료는 안산시 주변 안산기상대(43545) 자료를 이용하였으며, 상층기상은 대상지역과 가장 근접한 오산기상대(47122) 자료 이용함.

2) 예측지점 평균 농도 산정

- 안산시/ 반월동 공업단지의 CALPUFF Point Source 입력자료는 다음과 같음. 예측농도 산출지점은 안양시 공단 내 대기측정망 자료를 이용하였으며, 예측농도 산출을 위한 오염물질 농도는 대기측정망 자료 중 다양한 풍향 결과의 평균값을 이용함.

3) 공단별 주요 오염물질에 대한 확산 정도에 따른 오염기여도 추정

- 안산공업단지의 연간, 계절별, 물질별 대기환경기준 대비 기여율을 산출함.
- 반경 2 km 지점 당해 년도 연간 오염물질 평균 착지 농도 및 대기환경기준대비 기여율 산출

- 위의 자료는 2020년 12월 환경부 국립환경과학원의 자료를 기반으로 적용할 것으로 생각되어 참고자료를 기반으로 향후 배출원의 조사 필요성이 강조된다.

나. 주민 건강영향조사

(1) 건강 빅데이터 기반 코호트 구축 및 분석

■ 암 등록자료

- 국립암센터, 지역암등록본부, 암조기검진사업 및 개별 병원의 의무기록실 해상도(지역단위) : 시·도
- 세계보건기구에서는 세계적인 암 발생 양상의 파악 및 관리를 위한 국제적 협력이 필요함을 인식하고 1976년에 암등록에 관한 지침서를 발간하여 전 세계에 보급하였으며, 우리나라는 1980년 7월부터 세계보건기구의 후원 하에 정부의 성인병 관리사업의 하나로 공식적인 암등록사업을 시작하여 현재까지 계속하고 있음.
- 각 병원에서는 암등록조사서를 2부씩 작성하여 1부는 지역암등록본부에 송부하고, 1부는 병원의 의무기록실에서 보관하도록 하고 있음.

■ 사망자료

- 통계청 사회통계국 인구분석과 지역 동사무소
- 해상도(지역단위) : 시·군·구

- 사망자료는 상병자료와 달리 일생에 단 한번 발생하며, 객관적으로 확인될 수 있는 분명한 사건이기 때문에 사망 정보는 일반적으로 상병 정보보다 더욱 정확하며 신뢰할 수 있음.
- 사망신고 자료는 생정통계(출생, 사망, 결혼, 이혼)의 하나로 신고에 의해 수집되는 자료이다. 사망신고는 사망 발생 후 1개월 이내에 거주지의 관할 기관에 신고하게 되어 있으며, 이때 의사의 사망진단서를 첨부하여야 함.
- 사망신고서나 사망진단서에서는 사망의 종류와 사망의 원인을 기재하게 되어있으며, 사망원인은 직접사인, 중간선행사인, 선행사인으로 구분되어 있음.
- 우리나라에서는 공식적으로 통계청에서 1980년 이후의 사망원인통계연보를 작성하여 발간하고 있음.

■ 상병자료

- 건강보험공단, 건강보험심사평가원
- 해상도(지역단위) : 시·군
- 상병 자료는 여러 방면의 자료원으로부터 수집될 수 있음. 대표적인 상병자료는 대부분 국가에서 시행하고 있는 주요 전염성질환의 신고자료(법정전염병의 신고자료), 암과 같은 특정 질병의 등록자료, 국민건강 조사자료, 의료보험청구 자료, 특수집단의 상병 자료 및 병원 자료 등을 들 수 있다. 그러나 본 사업은 환경성질환에 한정하여 감시하므로 전염성질환은 제외하도록 함.
- 의료보험청구자료
 - 보건복지부 국민건강보험공단, 개별 병원의 의무기록실
 - 모든 의료보험 지정 요양기관에서는 해당 기관이 진료한 환자들에 대한 진료비 명세서를 작성하여 국민건강보험공단에 보험료를 청구하고 있으며, 이를 근거로 국민건강보험공단에서는 다빈도 청구 질환 50종류에 대하여 전 국민의 상병통계를 매년 연보로 발행하고 있음.
- 병원 자료
 - 대학병원 또는 종합병원
 - 대학병원 또는 종합병원에서는 1년 동안 진료한 실적을 정리하여 연보를 발간하고 있음.

■ 건강보험 가입자의 자격, 사망, 진료, 검진 등의 DB로부터 구축된 코호트 DB 분석 및 추적

- 회원가입 및 로그인 후, “데이터신청 - 맞춤형연구 DB - 신청하기 ”
- 신청서류 작성
- 자료 사용기간 및 예상비용 산출
- 연구자 설정



그림 10. 건강보험자료 공유서비스 웹사이트에서 신청(<https://nhiss.nhis.or.kr>)

- 건강보험공단자료를 기반으로 안산시 공업단지 노출 및 대조지역에 거주한 이력이 있는 주민을 노인 대상으로 공업단지 지역주민 빅데이터 코호트 DB를 구축함.
- 코호트는 공업단지 별로 관련 질환을 구분하여 진행하는데, 관련 질환 중 분석을 위한 세부 대상 질환은 과학원 및 타 산업단지 연구진과 협의 후 결정하여 구축하도록 함.
- 이번 연구에서는 안산시 공업단지는 반월동(암, 호흡기계질환, 피부질환, 뇌혈관 질환 등)은 다음과 같은 질환 코드를 바탕으로 분석함(표 5, 표 6).

표 5. 암등록자료의 상병코드에 따른 24개 암종 분류법

번호	24개 암종	번호	24개 암종
-	모든 암(C00-C96)	-	갑상선암을 제외한 모든 암(C00-C96; C73 제외)
1	입술, 구강 및 인두(C00-C14)	13	난소(C56)
2	식도(C15)	14	전립선(C61)
3	위(C16)	15	고환(C62)
4	대장(C18-C20)	16	신장(C64)
5	간(C22)	17	방광(C67)
6	담낭 및 기타 담도암(C23-C24)	18	뇌 및 중추신경계(C70-C72)
7	췌장(C25)	19	갑상선(C73)
8	후두(C32)	20	호지킨림프종(C81)
9	폐(C33-C34)	21	비호지킨림프종(C82-C86, C96)
10	유방(C50)	22	다발성골수종(C90)
11	자궁경부(C53)	23	백혈병(C91-C95)

표 6. 질병 분류 코드에 따른 23개 만성질환 분류

구분	질환 코드	질환명
1	E00-E07	갑상선 장애(Disorders of the thyroid gland)
2	E10-E14	당뇨병(Diabetes mellitus)
3	I60-I62	뇌출혈(Cerebral hemorrhage)
4	I63-I69	뇌혈관질환(Cerebrovascular disease, excluding hemorrhage)
5	J00-J06	급성 상기도 질환(Acute upper respiratory disease)
6	J32-J39	기타 상기도 질환(other upper respiratory disease)
7	J20-J22	폐렴을 제외한 급성 하기도 질환(Acute lower respiratory disease, excluding pneumonia)
8	J40-J47(45-46 제외)	만성 하기도 질환(Chronic lower respiratory disease)
9	J60-J65	진폐증(Pneumoconiosis)
10	J68-J70	화학물질 등에 의한 폐질환
11	J00-J99 (09-18 제외)	호흡기계질환(Respiratory disease)
12	I10-I15	고혈압성 질환(Hypertensive disease)
13	I20-I25	허혈성심질환(Ischemic heart disease)
14	H10	결막염
15	J30-31	비염
16	J45-46	천식
17	N18	만성신장병(Chronic kidney disease)
18	L20	아토피 피부염
19	L23-L25	알레르기 접촉피부염, 자극물접촉피부염, 상세불명의 접촉피부염
20	L28-L29	만성 단순태선 및 가려움발진, 가려움
21	L50	급성 두드러기, 알레르기성 두드러기, 만성 두드러기, 접촉 두드러기
22	L80-L81	백반증, 색소침착의 기타 장애
23	R05	만성기침, 기침

- 코호트 분석에서 도출되는 주요 산출물은 공업단지 주요질환의 발생률, 연도별 발생이며, 최종적으로는 거주지역을 조사지역과 대조지역으로 나눠 환경노출요인과의 관련성을 비교위험도(relative risk)로 산출하여 평가함.
- DB 구축·분석은 『국가공단지역 환경오염노출 및 주민건강영향 3단계 조사 시범 연구』(국립환경과학원, 2018)에서 개발된 표준 프로토콜을 활용함.

※ 세부 대상 질환과 정의는 과학원 및 타 공업단지 연구진과 협의 후 결정하고, 코호트 DB 구축·분석 절차(sas code 등) 공유하도록 함.

(2) 건강보험공단자료 코호트를 이용한 조사 방법

■ 연구 진행 개요

- 본 연구의 표본 수가 적은 주민 코호트로 확인 및 단시간에 만성질환에 대한 역학적인 접근이 어려운 점이 있어 건강영향을 건강보험공단 자료를 활용하여 산단 지역별 코호트의 결과로 하고, 그 프로토콜은 다음과 같음.
- 추출한 맞춤형 DB 전체에서 거주력과 사망일자로 사망에 대한 dynamic cohort를 구축하고, 코호트 입적일은 2010년 이후 연도별 실거주지 코드가 처음으로 노출지역과 대조지역에 해당하는 대상자로, 거주한 해의 1월 1일로 하고, 코호트 탈적일은 노출과 대조지역이 아닌 다른 지역으로 연도별 실거주지 코드가 바뀌는 해의 전년 12월 31일로 마지막 관찰연도를 추적함.
- 만성질환의 발생일자는 코호트 시작 이후 해당 만성질환의 상병코드로 발행된 명세서의 요양 개시일자 중 가장 빠른 일자로 함. 집계 대상 명세서는 한방 명세서를 제외한 의과, 치과, 약국 명세서로 함.
- 만성질환 발병유무에 대한 기준은 조사지역과 대조지역에서 지속적으로 거주한 기간의 합이 5년 이상인 대상자의 그다음 해의 1월 1일을 입적일로 하여 질환의 발생일은 주상병과 부상병(제1부상병)이 외래 2회 이상 또는 입원 1회 이상 발생하였을 때 최초 발생일로 함.
- 코호트에서 관찰을 종료하는 기준은 다음과 같음.
 - ① 노인중심의 대상자가 건강보험공단에서 자격을 상실한 경우(이사, 사망 등) : 상실한 전 연도의 12월 31일
 - ② 대상자가 입적일(index date) 이전의 기간 동안에 해당 만성질환이 발생한 경우 : 질환 발생일
 - ③ 관찰 기간이 종료된 경우 : 최근 자료 시점

■ 맞춤형 DB 추출

- 국민건강보험자료 공유서비스 웹페이지(<https://nhiss.nhis.or.kr>)를 통하여 맞춤형 DB 추출을 요청함. 국민건강보험공단 자료는 건강보험에 대한 진료명세서와 진료내역, 상병내역, 처방전 내역 등을 기존 청구일 중심에서 진료개시일 중심으로 자료구조를 조정된 DB를 활용함. 이는 자격 DB, 진료 DB 및 검진 DB 등으로 구성되어 있으며, 장기간의 전향적 코호트 연구 효과를 검증할 수 있는 대규모 DB임.
- 추출 대상 인원은 2002년부터 2019년까지(2002년 - 2006의 비 안정화 자료를 제외

한)의 연도별 실거주지 코드가 경기산업단지 조사지역과 대조지역에 해당한 적이 있는 모든 사람을 대상으로 함. 추출을 요청한 정보는 자격 DB(성별, 연령, 거주지, 소득 등), 사망 DB(사망일자), 명세서 DB(상병코드, 요양개시일자 등)임.

■ 후향적 코호트 구축

- 추출한 맞춤형 DB의 연도별 암 발생률, 연도별 조사망률을 암 등록자료, 통계청자료와 비교함. 암 등록자료의 상병코드에 따른 24개 암종 분류법을 적용하여 같은 기준 하에서 비교할 수 있도록 하였으며, 이후 후향적 코호트 구축 및 분석에도 이 분류법을 동일하게 적용함.
- 추출한 맞춤형 DB의 상병코드를 국제질병분류 ICD-10 질병 분류 코드에 따라 23개 만성질환으로 선별한 후 후향적 코호트를 구축하여 분석

표 7. 건강보험자료 기반 코호트 구축 프로토콜

맞춤형 DB	'07 ~'19년 공단지역 거주지 코드를 가진 모든 사람의 건강보험 청구자료(자격, 진료 DB)
코호트 형태	Dynamic cohort : 추적시작 시점(2008년) 이후 연도별 거주지역에 따른 열린 코호트로서 타지역으로 이주 후 다시 돌아오면 관찰 재개
코호트 DB 구축	기본 정보, 노출/대조지역 거주력, 공변수 데이터 프레임
	자격 DB, 사망 DB를 식별ID 기준으로 merge ※ 자격 DB(성별, 나이, 거주지, 소득), 사망 DB(ID, 사망원인, 사망일), 거주지 : 노출, 대조지역 지속적 5년 이상 거주 (induction+latent period), 나이 :코호트 입적시 나이 구분(<20세, 20-40세, 40-65세, ≥65세)
	2. 진료명세서(T20)상 질환발생시점(Target 질환의 최초 진단일)
	주상병, 부상병 코드 중 외래 2회 이상 또는 입원 1회 이상 발생하였을 때, 주요 만성질환 관련 2008-2020년간 진료 기록이 있는 사람 중 첫 번째 요양개시 일자를 최초 진단일로 간주 ※ 최초 진단일과 ① 거주력, 사망일을 통해 코호트 입적일, 관찰중지일 산출 ※ 요양기관은 종합(상급)병원, 병원 코드에 한정, Wash-out 기간 : 1년
	3. 최종 데이터 분석
	1, 2를 '식별코드' 기준으로 merge(시화·반월 산업단지) - 노출, 대조지역 모두 거주한 경우, 대조지역 코호트 중 노출지역에 거주한 경우, 지속적으로 거주한 기간이 5년 미만인 사람은 제외 - 만성질환 발생위험도의 모델링은 고노출, 중간노출, 저노출지역과 조사, 대조지역에 따른 기본(crude) 모형과 나이, 성별, 소득을 통제한(adjusted) 모형

(3) 심층조사를 위한 가설 설정 및 조사 설계

- 정밀역학조사를 위해 빅데이터 코호트 구축·분석에서 공업단지 환경오염과 관련성을 보이는 질환에 대한 주요 가설 설정, 후속 조사내용 도출
 안산시/ 반월동 공업단지 관심질환 또는 문제가 확인된 질환, 빅데이터 코호트 분석에서 환경노출과 유의미한 연관성이 확인된 주요 질환에 대한 정밀역학조사를 수행하기 위한 가설을 설정하고, 조사를 구체적으로 설계를 한다. 이때 대상 질환은 건강보험자료 연계가 어려운 특이질환이나 임상 전 증상 등을 포함한 건강영향으로 하며, 패널연구 또는 환자-대조군 연구 등 다양한 설계를 통한 연관성 평가를 수행함.

다. 공단지역 주민 환경오염 노출·영향평가

■ 경기 공단 노출지역 분류

기존 선행연구(1단계 및 2단계 포함; 표 10)를 바탕으로 공단지역 환경변화(인구특성 등), 지역민원, 대기모델링, 및 모니터링 결과로부터 기존 사업의 노출 및 대조지역에 대한 검토 및 조정

■ 동의서 확보 및 설문조사

- 조사의 목적과 내용을 설명한 후 조사참여 및 인체유래물연구의 동의를 구함. 조사 참여를 동의한 대상자에 대하여 개별 설문면접으로 설문조사를 진행함. 설문조사의 내용은 인구·사회·경제적 특성, 질병력, 거주력, 직업력, 식이습관 등이며, 설문지는 『국가산단지역 환경오염노출 및 주민건강영향 3단계 조사 시범 연구』(국립환경과학원, 2018)에서 개발된 설문지를 활용함.
- 설문조사는 사전에 충분히 교육된 설문조사 면접원에 의해 1:1 면접 설문의 방식으로 실시함.

표 8. 설문조사 문항

항 목	구성 문항
표지	안내, 이름, 성별, 주소, 전화번호
동의서	참여자, 설문자
인구학적 특성	학력, 결혼상태, 월 총소득, 직업
생활습관	흡연여부, 간접흡연, 음주여부
신체활동력	운동
질병 및 약물 복용력	만성질환, 암(악성종양), 급성질환, 가족질환력
식이습관	식생활 습관, 음식 섭취 빈도, 음용수, 최근 식이습관

환경노출력	거주환경, 실외환경, 직업노출, 거주지 해충 방제약 사용유무
시간활동양상	집안, 학교 또는 직장 거주 시간, 자가운전 및 대중교통 이용 시간
질환 증상	호흡기 질환, 알레르기성 질환

■ 시료 조사 방법

- 목적 : 지역주민의 건강영향에 대한 오염물질에 대한 인체노출수준 조사·감시하도록 함.
- 범위 : 설문 참여자(약 30명) 검진대상자의 약 220명(코로나로 인해 약 20명 이상 예정) 내에 규모의 혈·뇨 시료 채취 및 분석(전문분석기관)하도록 함(과거 자료와 연계 분석 가능함, 2020년 적용 대상자). 이는 건강보험공단의 자료 대처 함.
- 영향지표조사와 연계하여 혈액 및 요 중의 오염물질농도 분석
- 미세먼지에 대한 개인노출 평가가 추가 실시되는 것과 연계하여 인체영향지표로서 산화적스트레스 지표 중 하나인 요중 malondialdehyde(MDA)농도를 추가로 측정하고 함.
- 기대효과 : 설문항목, 지역별, 국내·외 참고치, 기여요인, 질환 등과 비교·평가하도록 함.
- 생체시료 채취 방법은 현재 국립환경과학원에서 수행하고 있는 ‘국민환경보건기초조사’에서의 채취방법에 준하여 실시
- 생체시료 채취요원은 생체시료 채취와 관련하여 국립환경과학원에서 제시하는 생체시료 보관 및 이송체계에 대해 충분히 교육된 간호사 자격증이 있는 간호사로 하며, 채취 시에는 반드시 하얀 가운과 일회용 장갑을 사용하도록 함.
- 생체시료 채취량은 장기보관용 시료까지 포함하여 혈액 5ml, 소변 60 ml 이상을 채취
- 혈액 채취용기는 6 ml K₂-EDTA vaccutainer, 소변 채취용기는 50 ml conical tube 2개를 사용하며 소변의 경우 채취 즉시 용기 겉면을 호일로 감싸 차광
- 생체시료 채취 후 표기방법: 반드시 유성펜으로 표기, 튜브의 상단에는 시료 번호 표시
- 생체시료 채취 시 주의사항
 - 요 시료 채취 시에는 채취 용기를 나누어주면서 처음 소변은 받지 않도록 설명
 - 혈액을 분주한 후에는 혈액이 두 층으로 분리되지 않도록 하여 신속하게 냉장
 - 요 시료 채취 후에는 잘 혼합한 뒤 뚜껑을 확실히 닫아 보관
- 생체시료 보관 및 운송
 - 생체시료 채취 직후에는 적절한 조치를 취한 후 바로 냉장(혈액) 또는 냉동(소변) 보관
 - 생체시료 분석을 위해 국립환경과학원 혹은 전문분석기관에 채취된 시료를 이송하기 전까지 즉시 냉장보관(4 °C 이하) 및 빛 차단

- 시료는 조사 기간 중 주기적으로 전문업체에서 수거·배송하여 과학원으로 이송
- 조사내용 : 중금속, VOCs 환경 노출 측정, 생체 내 노출 수준 및 건강영향지표 조사
 - ※ 과년도 기상·대기오염 자료를 바탕으로 가장 고농도 노출시기 조사 : VOCs(5일 이상), PM₁₀ (24시간/일 1회 이상)
 - ※ VOCs 중 HAPs 항목은 필수 포함하며 추가항목은 과학원과 협의
 - ※ 세부적인 조사 항목은 과학원과 수행기관 간 협의 및 타 산단지역과 동일한 방법으로 수행

■ 거주지 주변 대기 시료 채취방법

- 미세먼지 : 대기 중 미세먼지의 측정은 ES 01115 환경대기 시료채취방법을 따랐다. Cyclone sampler(U.R.G corp., U.S.A)를 이용하였고, 시료 채취 시 흡인유량은 16.7 L/min으로 각 지점 당 24시간동안 연속 측정하였다. 측정에 사용한 필터(Φ47 mm (PM2.5는 37 mm), Teflon filter, ADVANTEC, Japan)는 측정 전 20℃, 50% 조건의 데시케이터(5317-0180, Nalgene®, U.S.A)에 24시간 동안 보관하였다가 0.001 mg 이상의 감도를 갖는 분석용 천칭(AT261, Mettler toledo, Switzerland)으로 5회 반복하여 중량을 측정한 후 그 결과를 평균하였다. 또한 시료채취가 끝난 필터는 시료 채취 전과 동일한 과정을 거친 후 중량을 측정하였으며, 측정 전·후 필터의 중량 차이를 측정 유량으로 나누어 농도를 산출하였다. 미세먼지의 측정에 있어 중량법을 이용하여 농도를 산출할 경우 온도와 습도 등은 필터의 중량 측정에 오차를 발생시킬 수 있는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 이처럼 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위해 blank 필터를 사용하여 시료채취 전·후 측정용 필터와 동일한 방법으로 blank 필터의 중량 차이를 각각의 시료 채취용 필터에 적용하였다.

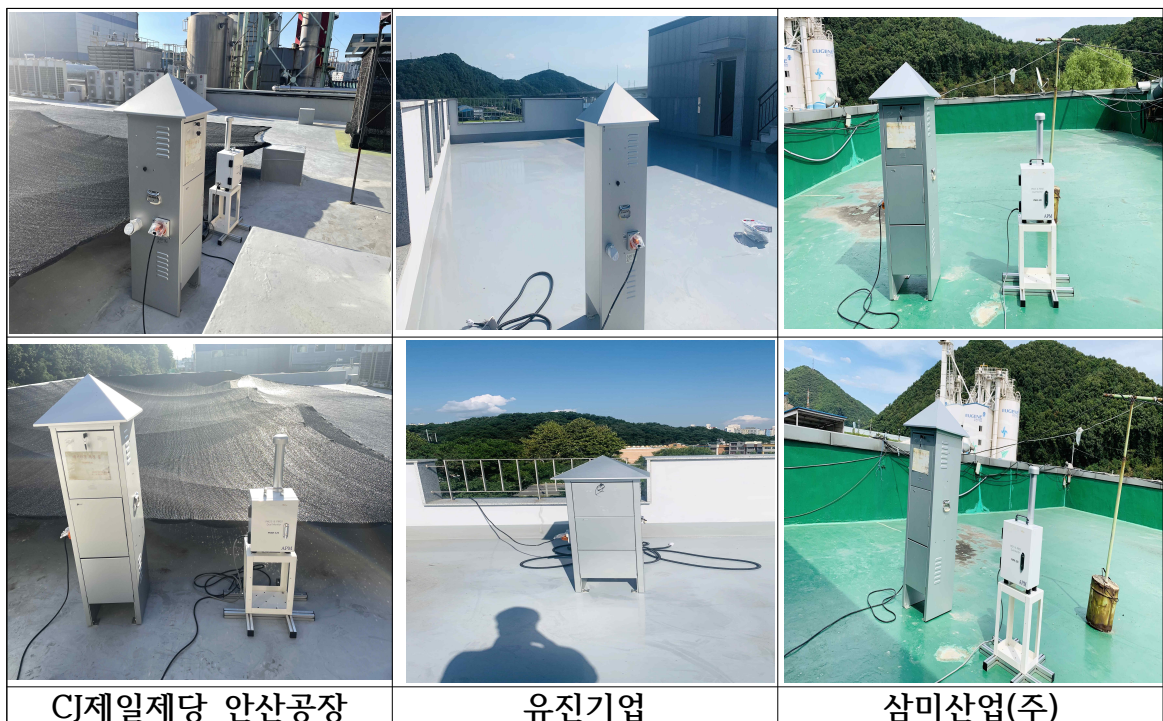


그림 11. 미세먼지 포집 장소(경기도 안성시청 요청)

- 수동확산포집기(Passive air sampler)를 이용하여 VOCs 개인 및 환경노출 수준을 평가하였다. 포집기는 대상자의 호흡기 위치에 부착하여 개인노출 평가하고, 참여 대상자의 거주지 주택 실내·외에 부착하여 환경노출을 평가하였으며, 연속으로 5일간 시료를 채취하였다. 냉장 상태로 운반된 VOCs passive sampler(SKC 575-001,SKC, USA)는 가스크로마토그래피 질량분석기(GC/MS-QP2020, Shimadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.



그림 12. VOCs 노출평가(Passive air sampler)

- 가정을 방문하여 실내 환경유해물질 측정함. 조사항목은 온습도, PM10, PM2.5, 총부유세균, 총부유곰팡이를 측정함.

표 9. 환경유해물질 측정 항목 및 방법

시료채취항목	측정방법
PM10 (미세먼지)	광산란식: DT-9881M
PM2.5 (초미세먼지)	광산란식: DT-9881M
총부유세균	충돌법/(48시간 배양)
총부유곰팡이	충돌법/(48시간 배양)

- PM10, PM2.5: PM10과 PM2.5는 직독식 측정기인 광산란식 DT-9881M를 이용함. 지점은 단위세대의 거실과 주로 사용하는 방을 대상으로 측정함. 측정지점은 중앙부 벽으로부터 최소 1m 이상 떨어진 위치에서 바닥면으로부터 1.2~1.5m 높이에서 실시하는 것을 원칙으로 함. PM 측정기기(DT-9881M)를 측정지점에 위치해 놓고 해당 측정기기의 사용방법에 따라 교정을 실시함. 10분씩 3회 측정 후, PM10, PM2.5의 평균 농도를 기록함.

측정 기기

사양



Sensor : 광산란식
 측정 사이즈 : PM10, PM2.5
 단시간 측정 데이터 경향 분석 가능

Model : DT-9881M

그림 13. 미세먼지(PM 10, 2.5) 기기(Model: DT-9881M) 및 사양 조건

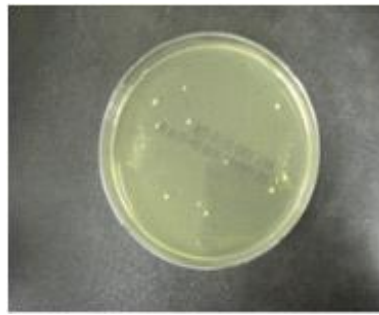
- 총부유세균: 총부유세균 포집용 배지를 샘플링 장치 장착 후 시료를 28.3 L/min으로 7 분동안 포집함. 측정지점은 지면 1.2 ~ 1.5m 높이에 샘플링 장치를 설치하여 시료를 포집함. 포집이 완료 후 시간을 기록지에 기록하고, 배지를 분석실로 옮겨 배양기 넣어 배양함. 48시간 배양한 배지에서 세균의 집락수를 개수하여 총부유세균 농도를 산출함.



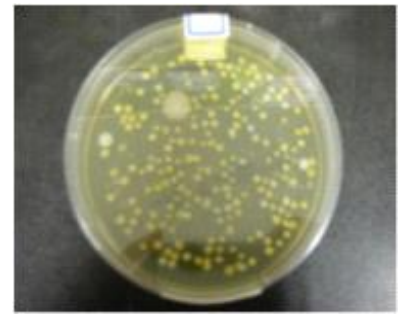
그림 14. 현장 샘플링 장비(KAS-110), 배양기 및 현장 설치 사진



측정 전 배지



관리기준 미만 약 40 CFU/m³



관리기준 초과 약 1500 CFU/m³

그림 15. 총부유세균 48시간 배양 후 결과

- 진균(곰팡이): 시료 채취 장치에 곰팡이 전용 배지를 장착하고 흡입펌프를 이용하여 총 공기채취량은 250L 이하로 채취함. 측정지점은 지면 1.2 ~ 1.5m 높이에 샘플링 장치를 설치하여 시료를 포집함. 시료 포집은 20분 이상 간격으로 3회 연속 측정함(환경부 고시 제2010-24호(2010.3.5.). 실내공기질 공정시험기준 적용). 시료를 채취한 배지는 25°C±1°C에서 48시간 동안 배양하였고 24시간 단위로 증식 상태 관찰 및 집락수를 개수하여 진균농도를 산출함. 부유세균과 곰팡이를 배양은 부유세균과 곰팡이를 배양하기 위해 각각 TSA(Trypticase Soy Agar, Hanil komed Ltd, Korea)와 SDAC(Sabouraud Dextrose Agar-Chloram, Hanil komedLtd, Korea)를 사용함.

측정 기기

사양



- 휴대하기 편한 경량 및 소형 사이즈
- 90mm Petri dish 사용
- 30~120LPM 사이에 프로그램에 의한 유속조절
- 1, 2, 5, 10분의 측정시간 설정가능

그림 16. 현장 미생물 포집 샘플러(Model : BUCK)

표 10. Microbial media formulations

	pH	pH 7.3±0.2at25℃
TSA	Composition	<ul style="list-style-type: none"> - EnzymaticDigestofCasein15.0g - EnzymaticSoybeanMeal5.0g - Sodium Chloride5.0g - Agar15.0g
	pH	pH 5.6±0.2at25℃
SDAC	Composition	<ul style="list-style-type: none"> - EnzymaticDigestofCasein5.0g - EnzymaticDigestofanimalTissue5.0g - Dextrose40.0g - Agar15.0g

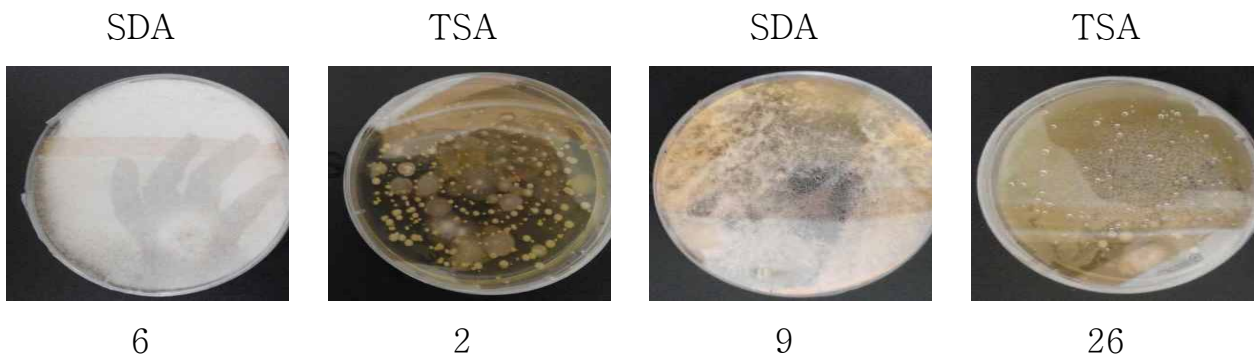


그림 17. 실내의 부유세균과 곰팡이 배양 사진

- 총부유세균 및 진균(곰팡이)의 시료채취에 따른 분석방법: 시채취된 미생물을 배양하기 위하여 실내공기를 포집한 배지를 35℃, 25℃에서 48시간 동안 배양기에서 배양함. 배양 종료 후 배지의 세균 집락 수를 측정하고, 채취한 실내공기량에 대하여 집락수를 나누어 단위 체적 당 집락수(CFU/m³)를 산출함. 사용한 배지는 각 지점마다 각각 3개를 측정 평균 집락 수를 구하여 측정 대상 실내공간의 총 부유세균, 곰팡이균 수로 구함.

표 11. 부유미생물의 시료채취 및 분석방법

	총부유세균	총부유곰팡이(진균)
Sampling Flow	101.2 L/min	101.2 L/min
Sampling Time	5 min	5 min
Media	TSA (Tryptic Soy Agar)	SDAC (Sabouraud dextrose agar+Chloramphenicol)
Incubator	35°C, 48 hr	25°C, 48 hr



그림 18. 분석기기(Versa Max)

- 엔도톡신: 엔도톡신은 집먼지진드기 포집과 동일한 방법으로 집먼지를 채취함. 포집된 먼지를 40 mesh의 체(sieve)로 거른 후 비닐봉지에 넣고 밀폐하여 -20 °C에서 보관함. 엔도톡신의 추출은 시료 0.05g을 플라스틱 튜브에 넣고 LAL water 5mL을 주입하고, 실온에서 약 2시간 동안 shaker로 흔들어줌. 그 후 4 °C, 2,500 RPM으로 원심 분리하고 상층액을 필터로 분취하여 엔도톡신 측정을 위한 시료로 사용함. 엔도톡신 정량분석에 사용되는 시약은 Limulus Amebocyte Lysate pyrogen 5000, 200 test 키트로 사용함. 이 키트는 반응물질인 LAL reagent와 reconstitution buffer와 함께 표준물질로 정제된 엔도톡신 표준품(Control Standard Endotoxin, C.E.S)으로 구성된 양만큼 주입하여 교반기를 이용하여 빠르게 15분 이상 교반하여 100 EU/ml 표준원액을 제조하는 장점이 있음. 제조된 표준원액을 10배씩 희석하여 표준용액을 제조함(100 EU/ml~0.1 EU/ml). 표준용액 및 시료와 반응 할 반응액은 pyrogen-5000 LAL

reagent에 pygen-5000 LAL recinstitition buffer 5.2 ml를 주입하여 제조함. 시료의 분석은 비탁법(Kinetic method)을 이용하여 분석함. 분석기기는 Kinetic microplate reader(Elx 808)를 이용하여 분석함.



그림 19. 분석기기(ELX808)

라. 지역사회 소통체계 구축

(1) 지자체 협의 및 주민설명회 개최, 조사 계획 설명 및 지역주민 의견 수렴

- 사업 전 주기에 걸쳐 위해소통과 주민참여를 높이기 위해 주민설명회 개최를 통한 주민참여 강화하고 사업성과 홍보 및 이해관계자의 의견 수렴함. 또한, 환경노출평가 결과를 개별적으로 통보하여 환경문제인지 및 관심을 제고

(2) 사업 결과에 따른 환경 개선 및 주민건강 보호를 위한 개선방안 제안

- 본 사업을 통해 얻은 특정 환경오염 노출과 건강 간의 관련성이 확인되었을 경우 그 결과를 지역사회에 홍보하고 도출된 특정 환경오염물질과 건강 수준에 대한 향후 환경노출 평가 및 정밀 노출평가에 대한 계획을 지역사회에 홍보하도록 함.
- 특정 환경위해요인과 건강요인 간의 관련성이 확인된 경우에는 확인된 환경오염물질 및 관련 질환에 대한 관리방안을 제안
- 사업을 통해 얻어진 환경오염도, 생체시료 분석결과, 설문조사 결과 등에 대한 종합적 D/B를 구축하고 구축된 D/B를 통해 광양만권 지역의 환경 및 주민에 대한 환경노출과 건강관련 실태 변화 및 관련성과 관리방안을 도출하였음. 또한 이러한 결과들은 전문가 및 지역사회 구성원간의 위해 의사소통을 위한 발표회를 갖도록 하였으며, 전문가 확보 및 타 기관과의 협조방안은 감시, 예방/관리 통합시스템을 통한 인포그래픽 콘텐츠 개발 과정은 다음과 같이 정리하고자 함.



그림 20. 전문가 자료를 통한 인포그래픽 기반 콘텐츠(1)

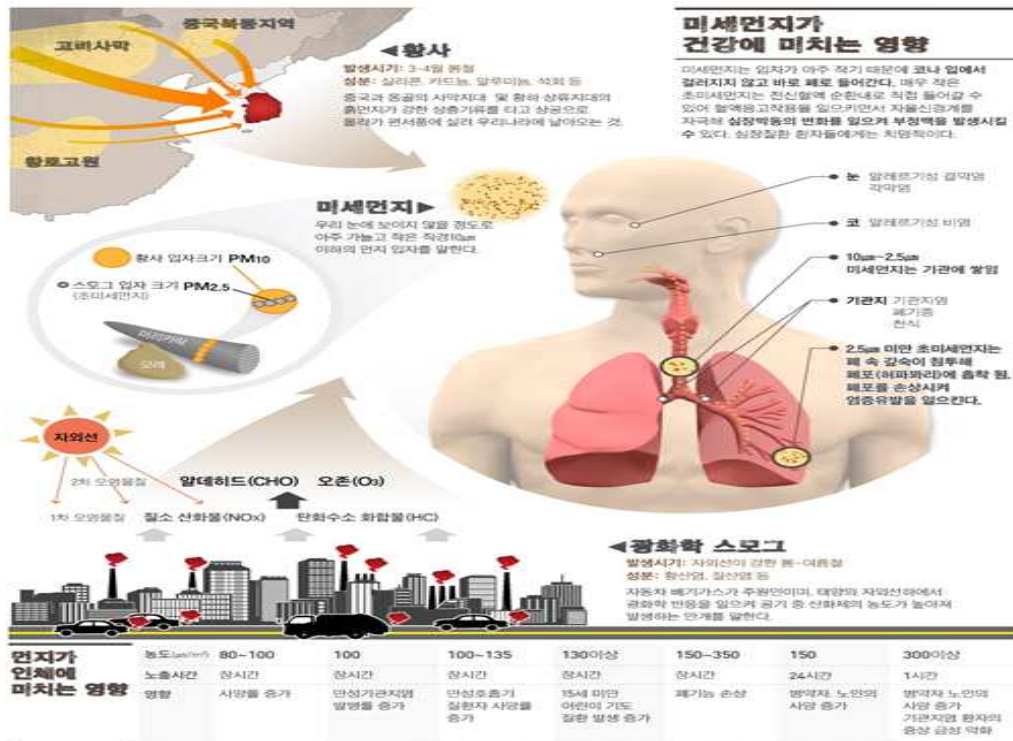


그림 21. 전문가 자료를 통한 인포그래픽 기반 콘텐츠(2)

마. 생명윤리위원회 심의

- 본 조사는 시작 전 충북대학교 생명윤리위원회(IRB)의 심의를 받고 승인을 받음.
- ※ 타 기관에 개인정보 등의 제공에 관한 조사대상자의 동의서 확보.

1.1.3 연구개발 추진체계

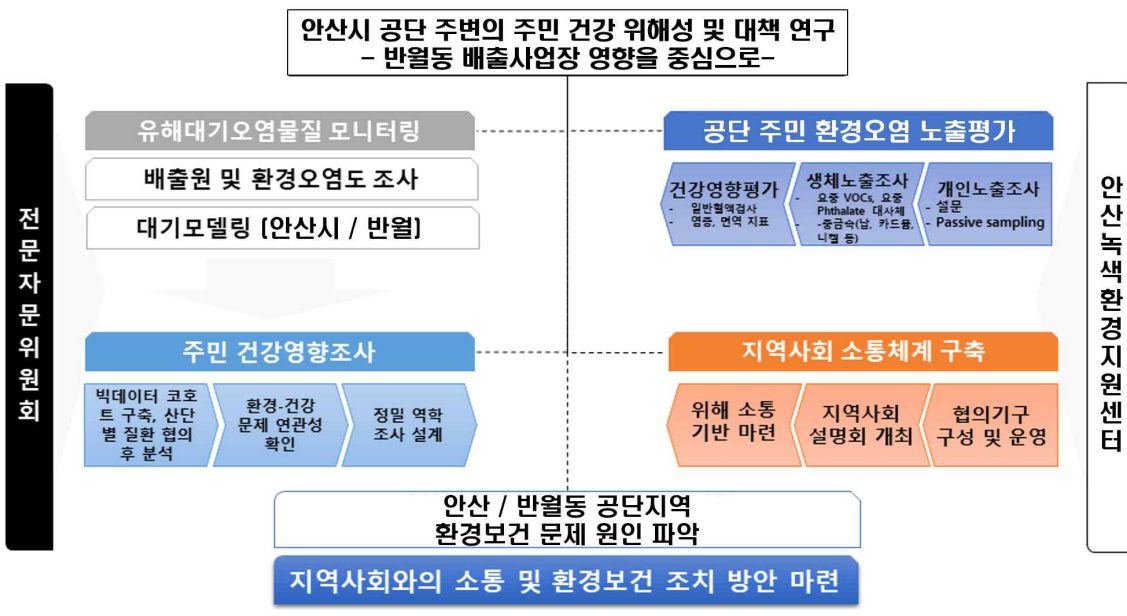
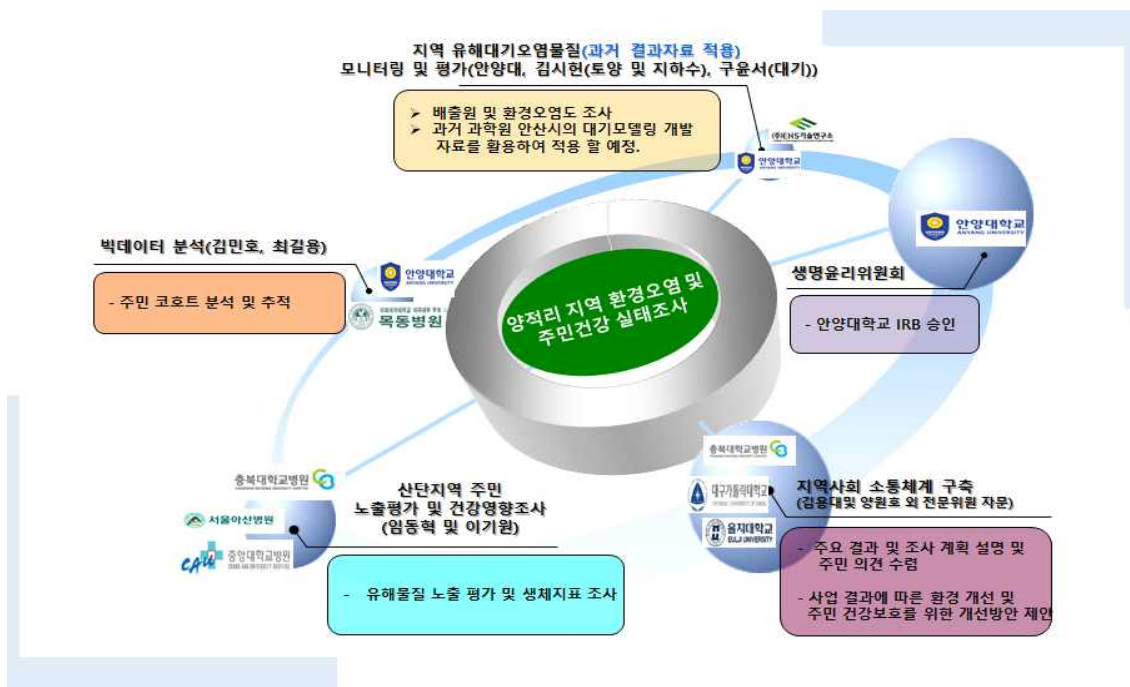


그림 22. 연구 추진 체계

2. 조직 및 인원, 명단(전문가)

■ 조직 및 인원



■ 전문가 명단

구 분	성 명	근무처	담당개발종목	비고(경력 및 실적)
학 계	김판기	용인대학교	보건학	27년
	김윤신	건국대학교	실내공기	35년
	임영욱	연세대학교	실내공기	30년
	이채관	인제대학교	독성평가	20년
	손종렬	고려대학교	보건학	30년
	김기연	서울과기대학교	실내공기	20년
	손부순	순천향대학교	보건학	25년
	이기영	서울대학교	보건학	25년
	이종대	순천향대학교	실내공기	20년
	구자윤	안양대학교	대기 모델	30년
	홍수중	울산의대	소아청소년과	30년
	이은	전남의대	소아청소년과	10년
	양현종	순천향대교	소아청소년과	25년
	이소연	울산의대	임상의사	25년
	김효빈	인제의대	소아청소년과	30년
	권지원	분당 서울대병원	소아청소년과	20년
	서주희	단국대학교	소아청소년과	22년
	김환철	인하대학교	작업환경의학과	20년
	신의진	연세의대	소아정신과	30년
	김 호	서울대학교	보건대학원	30년
	원성호	서울대학교	보건대학원	20년
	윤석준	고려대학교	예방의학	30년
	최재욱	고려대학교	예방의학	30년
최병선	중앙대학교	예방의학	30년	
박정덕	중앙대학교	예방의학	30년	
연 구 계	이소진	서울연구원	대기 모델	15년
	박덕신	철도기술연구원	화학물질	16년
	이정일	KTR	평가 및 분석	22년
	배귀남	KIST	미세먼지관리	25년
	이윤근	건설기술연구원	실내공기(건축)	22년
	심인근	국립환경과학원	실내공기	15년
	박지영	서울대 보건환경연구소	환경보건	15년
	산 업 계	변혜정	인하대학교	산업보건
이헌주		캠아이넷(주)	환경정책	20년
이선우		㈜티오이십일	화학물질	21년
양혁승		한국RMS(주)	보건관리	26년
염지훈		포스코	환경관리	20년
임성국		(사)대한산업보건협회	환경관리	10년

4장. 연구 결과

1. 산단지역 대기오염물질 모니터링 및 평가 결과

1.1 반월동 주변 배출원

- 반월동의 화학물질배출량은 국가미세먼지정보센터의 조사자료(업장별로 조사), CAPSS 자료(배출원 분류별로 조사)를 바탕으로 주요 배출원 및 배출량을 파악하여, 환경부 및 국립환경과학원의 최근 자료를 활용하여, 국가산업단지의 자료로서 환경오염원 중에서 화학물질 배출·이동량 자료를 수집하여 분석하였다.

1.1.1 연도별 화학물질 배출량·위탁처리량

- 배출량 추적조사는 최근 5년(2014~2018년)간 경기도 중심으로 확인하여, 연도별 배출량과 위탁처리량을 확인하였으며, 화학물질 중심으로 배출은 대부분은 대기로 배출되고 있으며 토양배출량은 없는 것으로 확인되었으며, 지역의 직접적인 영향을 조사되었으며, 증가와 감소를 반복하는 것으로 나타났다. 경기도의 경우 2018년 경우 전년 대비 소폭 감소하였으나 전년과 비슷하게 나타났다. 경기도 화학물질 위탁처리량은 증가하는 추세로 나타났다.

표 12. 경기도 및 반월동 인근 국가측정망 자료를 기반으로 연도별 화학물질 배출량·위탁처리량 (단위: kg/년)

구분	연도	사업장내 배출량			자가매립량 (kg/년)	위탁처리량		
		소계	대기	수계		소계	폐수처리업체	폐기물 처리업체
경기도	2018	15,228,608	15,125,927	102,681	0	270,021,490	48,620,428	221,401,062
	2017	15,365,635	15,247,173	118,462	264,480	209,277,908	35,611,670	173,666,238
	2016	13,090,559	13,017,559	73,000	114,360	163,230,606	24,425,132	138,805,474
	2015	11,547,269	11,516,861	30,408	0	151,913,565	21,541,199	130,372,366
	2014	11,734,104	11,665,211	68,894	0	120,744,011	21,125,570	99,618,441

자료 : 화학물질 배출·이동량 정보(PRTR), 화학물질 배출량 조사결과 세부통계(2014~2018)

구분		PM10	PM2.5	SOx	NOx	VOCs
전국	총 배출량	117,173	77,240	291,698	1,067,526	1,020,827
	사업장 배출시설 배출량	79,293 (67.7%)	43,806 (56.7%)	254,290 (87.2%)	342,900 (32.1%)	806,076 (79.0%)
경기도	총 배출량	8,074	6,846	8,859	178,981	190,940
	사업장 배출시설 배출량	1,388 (17.2%)	835 (12.2%)	6,218 (70.2%)	22,671 (12.7%)	155,872 (81.6%)
	에너지산업 연소	447	441	928	11,747	2,612
	제조업 연소	864	328	2,996	6,888	332
	생산공정	39	34	1,668	1,869	8,425
	유기용제 사용	0	0	0	0	133,275
폐기물처리	38	32	627	2,167	11,228	

- 바다 배출량 및 비산먼지 제외

- 사업장 배출시설 배출량은 에너지산업 연소, 제조업 연소, 생산공정, 유기용제 사용, 폐기물처리의 합임.

자료 : CAPSS(2018).

그림 16. 경기도 사업장 배출시설에 의한 대기오염물질 배출량 현황(2018년)

1.1.2 배출량 상위 화학물질

- 본 연구에 경기도 안산시 상록구 반월동 중심으로 확인하기 위해 최근 5년(2014~2018년)간 경기도지역 배출량 상위 화학물질은 최근 5년간 가장 많이 배출된(누적) 화학물질은 톨루엔(CAS No. 000108-88-3)으로 전체 배출량의 35.5 %를 차지했으며 아세트산 에틸(CAS No. 000141-78-6), 메틸 에틸 케톤(CAS No. 000078-93-3) 등의 순으로 가장 많이 배출되는 것으로 조사되었다.

표 13. 연도별 경기도 배출량 상위 화학물질 (단위: kg/년)

연도	순위	화학물질명 (CAS No.)	배출량	(%)	연도	순위	화학물질명	배출량	(%)
2014	총계		11,734,104		2017	총계		15,365,635	
	1	톨루엔(000108-88-3)	4,413,519	37.61		1	톨루엔(000108-88-3)	5,407,680	35.2
	2	아세트산 에틸(000141-78-6)	1,969,936	16.79		2	아세트산 에틸(000141-78-6)	3,312,341	21.6
	3	메틸 에틸 케톤(000078-93-3)	1,144,595	9.75		3	메틸 에틸 케톤(000078-93-3)	1,421,045	9.2
	4	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)(001330-20-7)	974,120	8.30		4	메틸 알코올(000067-56-1)	1,407,491	9.2
5	2-프로판올(000067-63-0)	667,915	5.69	5	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)(001330-20-7)	802,461	5.2		
2015	총계		11,547,269		2018	총계		15,228,608	
	1	톨루엔(000108-88-3)	4,457,077	38.6		1	톨루엔(000108-88-3)	4,707,492	30.9
	2	아세트산 에틸(000141-78-6)	1,956,747	16.9		2	아세트산 에틸(000141-78-6)	3,015,598	19.8
	3	메틸 에틸 케톤(000078-93-3)	1,195,035	10.3		3	메틸 알코올(000067-56-1)	1,994,985	13.1
	4	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)(001330-20-7)	972,282	8.4		4	메틸 에틸 케톤(000078-93-3)	1,296,506	8.5
5	2-프로판올(000067-63-0)	519,625	4.5	5	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)(001330-20-7)	963,696	6.3		
2016	총계		13,090,559		2014 ~ 2018	누계		66,966,174	
	1	톨루엔(000108-88-3)	4,756,879	36.3		1	톨루엔(000108-88-3)	23,742,647	35.5
	2	아세트산 에틸(000141-78-6)	2,659,415	20.3		2	아세트산 에틸(000141-78-6)	12,914,038	19.3
	3	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)(001330-20-7)	1,315,306	10.0		3	메틸 에틸 케톤(000078-93-3)	6,240,288	9.3
	4	메틸 에틸 케톤(000078-93-3)	1,183,108	9.0		4	자일렌(o-,m-,p- 이성질체 혼합물)(001330-20-7)	5,027,865	7.5
5	2-프로판올(000067-63-0)	449,465	3.4	5	메틸 알코올(000067-56-1)	3,402,475	5.1		

자료 : 화학물질 배출·이동량 정보(PRTR), 화학물질 배출량 조사결과 세부통계(2014~2018)

- 사업장 외에 가정에서 배출원 및 배출·이동량 정보에 따른 안산시 상록구 반월동의 특성을 확인하기 위한 다각도의 자료를 통한 국가미세먼지 정보센터 및 경기도발전 연구원의 자료에 따른 자료의 출처에 대한 정보를 확인한 결과를 다음과 같이 확인하였다.



조건: 수거일자, 구분: 전체, 기간: 2018년 10월 11일 ~ 2021년 10월 11일, 지역: 반월동 (상세지역선택)

No	지역정보			세대수	구분	수거건수	합계		세대별 배출량
	수거지역	상세지역	주소				필증120*	리터(ℓ)	
0001	반월동	대성연립1	건건동 648-2		C	보류	0	0	0
0002	반월동	대성연립2	건건동 648-2		C	보류	0	0	0
0003	반월동	대신타운1동	반월동 출정공길 28-1		C	보류	293	35,180	0
0004	반월동	대신타운2동	반월동 출정공길 28-9		C	보류	0	0	0
0005	반월동	동원연립	사사동 404-11		C	보류	0	0	0
0006	반월동	산호연립	건건동 694-14	12C	참가	663	78,380	607	
0007	반월동	산호연립2	건건동 694-14	12C	보류	0	0	0	
0008	반월동	서해아파트	건건동 665	68C	참가	6,995	833,400	1,291	
0009	반월동	솔솔벨라스	반월 새벽길 59-11		C	참가	538	64,580	0
0010	반월동	신란모빌	사사동 403-9		C	보류	0	0	0
0011	반월동	안산건강-반한세상아파트	건건동 987	1,08C	참가	17,157	2,058,840	1,092	
0012	반월동	업소	반월동		C	보류	0	0	0
0013	반월동	영무해다음아파트	건건동 606	39C	참가	977	117,240	301	
0014	반월동	원촌아파트	건건동 625-7	4C	참가	253	30,360	633	
0015	반월동	인왕포린스아파트	건건동 694-10	51C	참가	2,520	302,400	591	
0016	반월동	갈곡마을주공아파트	반월동	49C	참가	4,381	525,720	1,060	
0017	반월동	현대아파트	사사동 413	491	참가	4,597	551,640	1,124	
0018	반월동	현대힐드포리자	반월동 건건로 131		C	보류	267	32,040	0
0019	반월동	희명빌라	반월동 출정공길 10-5		C	보류	193	23,160	0
0020	반월동	황제아파트	사사동 239-1	101	참가	695	83,400	826	
0021	반월동	별하무스	건건동 536-16	2C	참가	91	10,920	390	
전체 합계			21		4,88C		38,610	4,753,200	7,885

그림 23. 안산시 반월동의 세대별 배출량 정보(출처: 안산시청)

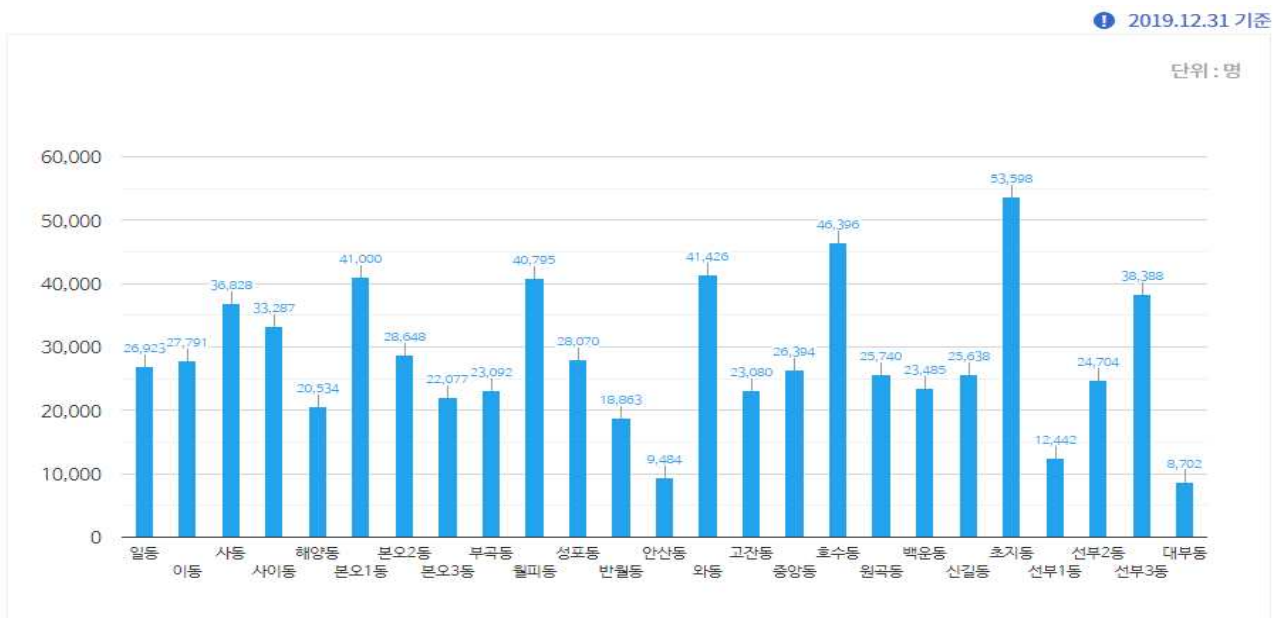


그림 24. 상록구 13동 중 하위 4번째 반월동 인구학적 특성 결과(출처: 안산시 통계)

1.1.3 2019년 중심으로 경기도 배출량(대기, 수질, 토양 등) 이동량 정보

- 환경부 화학물질안전원의 자료에 따르면, 검색 년(2019년)으로 검색지역을 경기도 안산시 을 중심으로 검색물질에 따른 전체 물질 검색 업종을 전체 업종을 통한 자료 수집을 하였다.

시도구군	배출 물질수	대기배출량 (kg/년)	배출량 (kg/년)	자기매립량 (kg/년)	이동량 (kg/년)
총계		0	0	0	0
경기도 안산시	99	1,800,779	1,801,337	0	30,206,281

CAS No.	화학물질명	배출 업체수	대기배출량 (kg/년)	수계배출량 (kg/년)	토양배출량 (kg/년)	배출량 (kg/년)	자기매립량 (kg/년)	배수이동량 (kg/년)	폐기물이동량 (kg/년)	이동량 (kg/년)
총계			1,800,779	558	0	1,801,337	0	7,856,901	22,349,380	30,206,281
000108-88-3	톨루엔	42	698,616	0	0	698,616	0	41,640	1,669,198	1,710,838
000141-78-6	이세트산 에틸	40	338,188	0	0	338,188	0	19,623	2,059,357	2,078,980
000078-93-3	메틸 에틸 케톤	25	182,557	0	0	182,557	0	12,977	442,505	455,482
000075-09-2	디클로로메탄	23	178,368	0	0	178,368	0	4,572	2,713,156	2,717,729
000067-63-0	2-프로판올	37	70,385	0	0	70,385	0	20,085	1,123,118	1,143,202
000067-56-1	메틸 알코올	36	51,613	0	0	51,613	0	47,034	1,930,882	1,977,916
001330-20-7	자일렌(o-m-p-이성질체 혼합물)	25	47,422	0	0	47,422	0	5,937	192,025	197,961
007647-01-0	염화 수소	60	38,497	0	0	38,497	0	112,578	2,185,104	2,297,682
000127-18-4	테트라클로로에틸렌	3	36,166	0	0	36,166	0	64,500	30,712	95,212
NA-(주10)	알루미늄 및 그 화합물	43	21,410	0	0	21,410	0	41,564	569,771	611,335

그림 25. 대기배출량 중심으로 경기도 안산시의 전체 배출량 확인

시도구군	배출 물질수	수계배출량 (kg/년)	배출량 (kg/년)	자기매립량 (kg/년)	이동량 (kg/년)
총계		558	1,801,337	0	30,206,281
경기도 안산시	99	558	1,801,337	0	30,206,281

그림 26. 수계배출량 중심으로 경기도 안산시의 전체 배출량 확인

시도구군	배출 물질수	토양배출량 (kg/년)	배출량 (kg/년)	자기매립량 (kg/년)	이동량 (kg/년)
총계		0	1,801,337	0	30,206,281
경기도 안산시	99	0	1,801,337	0	30,206,281

그림 27. 토양배출량 중심으로 경기도 안산시의 전체 배출량 확인

2. 산단별 화학물질 배출량 특성

2.1 2018년 지역별 발암(우려·가능)물질 배출량

- 2018년 지역별 발암(가능·우려)물질 배출량은 주요 배출지역은 울산광역시의 기타 운송장비 제조업, 경상남도 기타 운송장비 제조업, 경기도의 금속 가공제품 제조업, 충청북도 고무 및 플라스틱제품 제조업, 전남(여수) 등 주요 산단에서 배출되는 것으로 나타났다 (화학물질안전원, 2018).

표 14. 2018년도 지역별 발암물질 배출량 (단위: 배출량(톤), 취급량(천톤))

구분		합계	울산	경남	경기	충북	전남	기타
배출량	2018년	8,355	1,453	1,305	1,252	1,219	843	2,283
	2017년	9,110	1,578	1,521	1,283	1,277	786	2,664
취급량	2018년	48,660	15,050	1,828	348	169	17,855	13,410
	2017년	46,829	15,074	332	435	87	17,707	13,194

자료 : 화학물질안전원, 2018년도 화학물질 배출량 조사결과 보고서

1.2.2 국가미세먼지정보센터의 배출량 자료 중 최근 발암(우려·가능)물질 배출량

- 2017년 중심으로 최근 3년(2015~2017년)간 산업단지별 화학물질 배출량은 반월동의 기점으로 상록구를 주변 지역인 단원구를 비교평가를 위한 수준인 것으로 조사되었다.

표 15. 배출원 분류체계에 따른 경기도의 배출오염원의 전체 측정항목지역(상록구 단원구)의 자료 확인 (단위:kg)

연도	시군구	연료 대분류	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3
2017	상록구	구분없음	1,819,182.44	3,667,385.25	11,011.59	1,054,587.91	380,142.82	136,622.89	2,583,927.74	187,896.64
2017	단원구	구분없음	2,802,253.24	7,753,798.17	3,593,631.78	3,238,456.87	1,577,592.83	558,849.25	20,453,591.98	257,512.49
2016	상록구	구분없음	1,944,553	4,137,592	12,129	1,151,385	470,559	163,497	2,858,898	194,271
2016	단원구	구분없음	2,820,567	7,624,563	3,451,677	3,200,850	1,588,558	542,329	19,162,715	268,337
2015	상록구	구분없음	1,697,217	3,255,491	19,985	945,456	321,210	119,991	2,412,613	222,998
2015	단원구	구분없음	2,759,945	7,005,332	3,089,362	2,993,573	1,464,245	506,675	22,685,413	324,531

- 경기도에서 반월동 주변 위치한 대기오염을 추적관찰을 시점으로 하여 대기오염물질 배출량 총량은 2014년 감소와 증가(2017년)를 지속적으로 하여 세부의 배출원소의 분류로 확인하는 것이 중요할 것으로 생각되어 최근(2017년) 중심으로 상록구를 기반으로 배출원을 조사한 결과는 다음과 같다. 2017년 CAPSS 자료를 기반으로 누적배출량은 CO(41,072kg), NOx(76,894kg), SOx(4,817kg), TSP(805kg), PM₁₀(797kg), PM_{2.5}(748kg), VOC(5,658kg), NH₃(1,714kg), BC(270kg) 등으로 확인되었다. 2017년 배출원분류에 따른 대기오염물질 배출량은 제조업 중심으로 나타났다.

표 16. 2017년 경기도 안산시 상록구 대기오염물질(제조업 연소 및 비산업연소 중심) 배출량(단위: kg/yr)

배출원소분류	CO	NOx	SOx	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH3	BC
1,2,3종(보일러)	24,680	27,544	184	551	551	551	3,305	937	212
기타	3,550	7,049	26	76	76	76	475	135	29
광업	1	3	0	0	0	0	0	0	0
음,식품 제조업	53	160	1	0	0	0	8	2	0
음,식품 제조업	352	969	3	1	1	1	47	13	0
섬유제품제조업(봉제,의복 제외)	20	216	130	2	2	1	5	3	0
섬유제품제조업(봉제,의복 제외)	80	221	1	0	0	0	11	3	0
봉제의복 및 모피제품 제조업	79	217	1	0	0	0	11	3	0
가죽,가방 및 신발 제조업	30	83	0	0	0	0	4	1	0
목재 및 나무제품 제조업(가구 제외)	29	78	0	0	0	0	4	1	0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	77	213	1	0	0	0	10	3	0
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	33	99	0	0	0	0	5	1	0
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	72	200	1	0	0	0	10	3	0
코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업	2	7	0	0	0	0	0	0	0
화합물 및 화학제품 제조업	4	43	33	1	1	0	0	1	0
화합물 및 화학제품 제조업	326	3,611	2,984	44	40	22	84	52	0
화합물 및 화학제품 제조업	27	109	1	1	1	0	1	4	0
화합물 및 화학제품 제조업	22	89	2	1	1	0	2	4	0
화합물 및 화학제품 제조업	163	491	2	2	2	2	25	6	1
화합물 및 화학제품 제조업	121	334	1	0	0	0	16	5	0
고무 및 플라스틱 제품 제조업	3	8	0	0	0	0	0	0	0
고무 및 플라스틱 제품 제조업	62	186	1	1	1	1	10	2	0
고무 및 플라스틱 제품 제조업	335	923	2	1	1	1	45	13	0
비금속광물제품 제조업	84	231	1	0	0	0	11	3	0
제1차 금속산업	18	49	0	0	0	0	2	1	0
조립금속제품 제조업(기계 및 가구 제외)	55	219	1	2	2	1	3	9	0
조립금속제품 제조업(기계 및 가구 제외)	69	278	7	3	3	1	8	11	0
조립금속제품 제조업(기계 및 가구 제외)	3,794	11,432	49	36	36	36	593	128	14
조립금속제품 제조업(기계 및 가구 제외)	516	1,419	4	1	1	1	69	20	0
기타 기계 및 장비 제조업	626	1,722	5	1	1	1	84	24	1
컴퓨터 및 사무용기기 제조업	11	30	0	0	0	0	1	0	0
기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업	355	976	3	1	1	1	48	13	0
전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	484	1,332	4	1	1	1	65	18	0
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	176	483	1	0	0	0	24	7	0
자동차 및 트레일러 제조업	153	421	1	0	0	0	21	6	0
기타 운송장비 제조업	2	5	0	0	0	0	0	0	0
가구 및 기타제품 제조업	17	174	775	2	2	2	1	3	0
가구 및 기타제품 제조업	74	820	494	9	8	4	19	12	0
가구 및 기타제품 제조업	3	10	3	0	0	0	0	0	0
가구 및 기타제품 제조업	494	1,976	9	20	18	8	25	79	1
가구 및 기타제품 제조업	406	1,624	40	16	15	5	45	65	0
가구 및 기타제품 제조업	3,428	10,329	45	32	32	32	536	116	12
가구 및 기타제품 제조업	2	5	0	0	0	0	0	0	0
가구 및 기타제품 제조업	184	506	1	0	0	0	25	7	0
총 합	41,072	76,894	4,817	805	797	748	5,658	1,714	270

■ 반월동 주변 위치한 대기오염을 추적관찰을 시점으로 하여 대기오염물질 배출량 총량은 2014년 감소와 증가(2017년)를 지속적으로 하여 세부의 배출원소의 분류로 확인하는 것이 중요할 것으로 생각되어 최근(2017년) 중심으로 상록구를 기반으로 배출원을 조사한 결과는 다음과 같다. 2017년 CAPSS 자료를 기반으로 누적배출량은 CO(191,734kg),

NOx(504,048kg), SOx(4,186kg), TSP(953,243kg), PM10(287,265kg), PM2.5(51,937kg), VOC(42,381kg), NH3(99,439kg), BC(1,538kg) 등으로 확인되었다. 2017년 배출원 분류에 따른 대기오염물질 배출량은 비산먼지, 유기용제 사용, 도로이동오염원, 생산공정, 기타 면오염원 등으로 나타났다.

표 17. 2017년 경기도 안산시 상록구 대기오염물질(비산먼지, 유기용제 사용 등) 배출량(단위: kg/yr)

배출원소분류	소분류	CO	NOx	SOx	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	NH3	BC
상업 및 공공기관시설	기타	1	4	1	0	0	0	0	0	0
상업 및 공공기관시설	기타	3,459	13,836	66	98	90	57	173	553	6
상업 및 공공기관시설	기타	813	2,927	80	7	6	6	41	130	1
상업 및 공공기관시설	기타	1,356	6,577	30	21	21	21	357	77	8
상업 및 공공기관시설	기타	180	875	4	3	3	3	47	10	1
상업 및 공공기관시설	기타	10,597	61,265	166	50	50	50	2,980	844	19
상업 및 공공기관시설	가스히트펌프	82,168	61,194							
주거용시설	기타	5,798	1,050	1,855	108	83	43	7	0	1
주거용시설	기타	134	1,484	894	367	336	81	43	21	1
주거용시설	기타	412	1,647	8	117	107	68	21	66	7
주거용시설	기타	1,395	5,021	137	112	102	96	70	223	10
주거용시설	기타	298	1,446	7	47	47	47	78	17	18
주거용시설	기타	7	32	0	1	1	1	2	0	0
주거용시설	기타	59,594	344,530	931	2,793	2,793	2,793	16,761	4,749	1,073
농업.축산.수산업시설	기타	392	1,568	7	111	102	65	20	63	7
휘발유 공급	주유소(주유시 포함)							19,702		
산불 및 화재	일반화재	25,130	592		1,622	1,031	928	2,079		41
동물	인간								92,686	
도로재비산먼지	승용차				317,088	60,865	14,725			154
도로재비산먼지	택시				1,595	306	74			1
도로재비산먼지	승합차				17,044	3,272	792			8
도로재비산먼지	버스				25,777	4,948	1,197			13
도로재비산먼지	화물차				137,805	26,452	6,400			67
도로재비산먼지	특수차				1,008	193	47			0
도로재비산먼지	RV				165,323	31,734	7,678			80
건설공사	주거시설				146,547	100,547	10,055			
건설공사	비주거시설				49,933	34,253	3,425			
나대지	학교운동장				28,901	11,272	1,691			0
하역 및 야적	알갱이 성장				0	0	0			0
농업활동	경지정리				4,893	2,204	441			0
농업활동	수확				5,428	1,786	357			0
축산활동	젖소				495	165	105			5
축산활동	한육우				1,174	391	261			13
축산활동	닭				721	241	31			0
축산활동	돼지				606	202	33			0

비포장도로 비산먼지	승용차				19,585	1,651	165			2
비포장도로 비산먼지	택시				313	26	3			0
비포장도로 비산먼지	승합차				1,199	101	10			0
비포장도로 비산먼지	버스				3,718	313	31			0
비포장도로 비산먼지	화물차				7,117	600	60			1
비포장도로 비산먼지	특수차				22	2	0			0
비포장도로 비산먼지	RV				11,494	969	97			1
총 합		191,734	504,048	4,186	953,243	287,265	51,937	42,381	99,439	1,538

■ 반월 산업단지가 위치한 경기도 안산시 단원구의 대기오염물질 배출량 총량은 2014년 증가 이후 감소하다가 2017년 소폭 증가한 것으로 나타났다. 최근 5년(2014~2018년)간 누적배출량은 VOC(100,032,371 kg), NOx(35,12,266 kg), SOx(15,560,240 kg)등의 순으로 높은 것으로 조사되었다. 또한 2017년 배출원분류에 따른 대기오염물질 배출량은 점오염원 40.2 %, 면오염원 23.6 %, 선오염원 17.8 %인 것으로 나타났다.

표 18. 최근 5년간 안산시(단원구 중심) 대기오염물질 배출량 (단위 : kg)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3
2013	3,406,827	5,372,906	827,228	215,897	177,243	136,392	19,177,244	298,371
2014	2,762,781	7,425,666	4,598,342	3,621,466	2,152,290	980,062	18,553,407	295,107
2015	2,759,945	7,005,332	3,089,362	2,993,573	1,464,245	506,675	22,685,413	324,531
2016	2,820,567	7,624,563	3,451,677	3,200,850	1,588,558	542,329	19,162,715	268,337
2017	2,802,253	7,753,798	3,593,632	3,238,457	1,577,593	558,849	20,453,592	257,512
누적합계	14,552,373	35,182,266	15,560,240	13,270,243	6,959,929	2,724,308	100,032,371	1,443,859

자료 : 국가대기오염물질배출량서비스, 2017 대기오염물질 배출량 통계, 상록구 반월동 주변 자료 확인

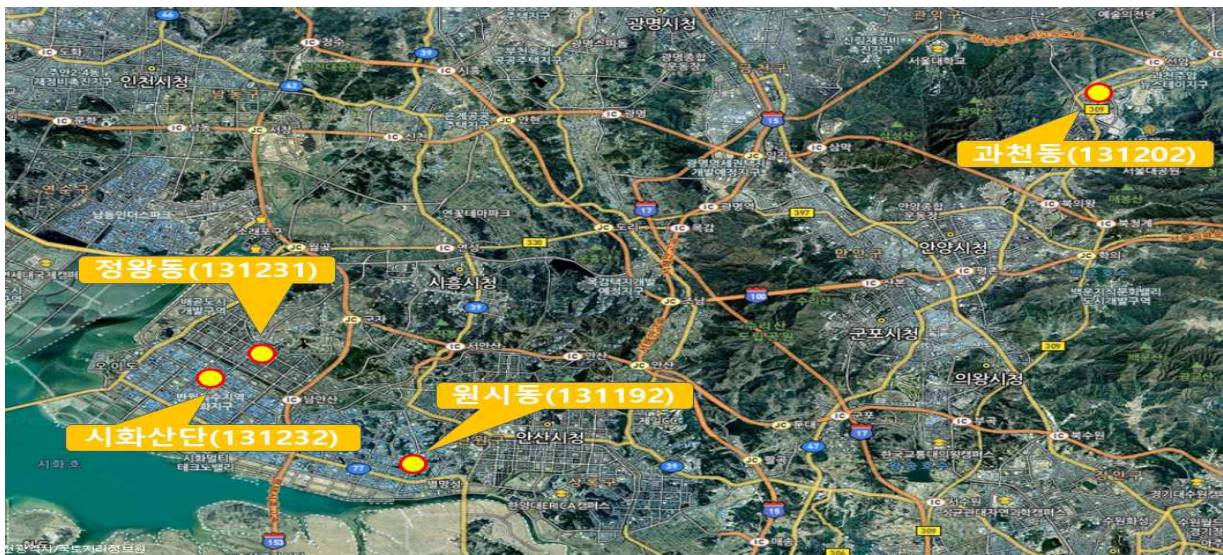
표 19. 2017년 안산시 단원구 오염원 및 대분류별 대기오염물질 배출량

배출원분류		CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH3	합계
점오염원	에너지산업 연소	191,046	1,154,378	406,000	27,614	26,951	21,942	24,698	3,719	1,856,348
	제조업 연소	316,254	2,459,896	3,032,552	1,740,119	1,012,654	360,187	41,931	9,321	8,972,914
	생산공정	3,050	39,366	82,157	6,158	4,000	3,597	7,863,179	86,964	8,088,472
	폐기물처리	124,858	592,556	43,447	14,992	10,854	9,621	3,877,427	516	4,674,270
	소계	635,208	4,246,196	3,564,157	1,788,882	1,054,459	395,347	11,807,234	100,520	23,592,004
선오염원	도로이동오염원	1,352,520	2,523,459	1,580	48,568	48,568	44,683	302,460	22,374	4,344,212
	비도로이동오염원	275,729	569,404	412	30,511	30,511	28,080	74,554	224	1,009,426
	비산먼지	-	-	-	1,321,036	414,437	66,842	-	-	1,802,315
	소계	1,628,249	3,092,863	1,992	1,400,115	493,516	139,605	377,015	22,598	7,155,953
면오염원	비산업 연소	201,195	402,800	27,398	4,354	3,943	3,031	15,942	5,410	664,073
	에너지수송/저장	-	-	-	-	-	-	30,684	-	30,684
	유기용제 사용	-	-	-	-	-	-	8,103,846	-	8,103,846
	농업	-	-	-	-	-	-	-	52,227	52,227
	생물성연소	296,411	10,970	85	42,447	23,985	19,346	115,464	15	508,722
	기타 면 오염원	41,190	970	-	2,659	1,690	1,521	3,407	76,741	128,178
	소계	538,796	414,739	27,483	49,460	29,617	23,898	8,269,343	134,394	9,487,730
합계	2,802,253	7,753,798	3,593,632	3,238,457	1,577,593	558,849	20,453,592	257,512	40,235,687	

※ 출처 : 국가대기오염물질배출량서비스, 2016 대기오염물질 배출량 서비스, 상록구 반월동 주변 자료 확인

2.2 대상지(반월동) 주변의 측정망 자료 결과

- 지난 10년(2010년 ~ 2019년)간 경기도 안산시 상록구 반월동 지역의 측정망 데이터는 SO2 농도는 국가미세먼지정보센터에서 자료제공이 가능한 정왕동을 적용하여, 경기도 평균, 전국 평균, 주요 도시 평균 모두 지난 10년간 연간 기준치인 0.02ppm으로 조사되었고, 위치한 측정망은 경기도 평균, 전국 평균은 주요도시 평균보다 높은 것으로 나타났으며 이 중 경기도 안산시 상록구 주변인 정왕동이 3번째로 높았고 이를 기반으로 적용 조사되었다.
- NO2 농도의 경우 지난 10년간 경기도 평균, 전국 평균, 주요 도시 평균은 대기환경기준 연간 평균치(0.03 ppm)을 낮았으나 정왕동은 초과하는 연도가 많았으며 세 지점이 비슷한 농도인 것으로 조사되었다.
- O3의 농도는 안산시 상록구를 기반으로 하는 전국 평균과 주요 도시 평균은 비슷한 것으로 나타났으며, 정왕동과 원시동은 전국 평균과 주요 도시 평균보다 낮은 것으로 조사되었다.
- CO의 농도는 전국 평균과 주요 도시 평균이 비슷한 것으로 나타났고 안산시 상록구의 주변 지역인 정왕동은 경기도 평균, 전국 평균, 주요 도시 평균보다 높고 원시동은 2013년까지 높다가 2014년 이후 비슷한 것으로 조사되었다.
- PM10의 경우 지난 10년간 전국 평균과 주요 도시만 대기환경기준 연간 평균치(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 2010년 제외하여 정왕동 및 원시동은 2018년을 제외하고 초과했다. PM2.5 농도는 정왕동 및 원시동, 경기도 평균, 전국 평균, 주요 도시 평균 모두 대기환경기준 연간 평균치(15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 초과하였으며 이 중에서 적용하는 원시동이 상록구 반월동에 적합하여, 위치한 측정소가 전국 평균, 주요 도시 평균보다 높은 것으로 조사되었다.



측정소명 (코드)	측정주소	비고
원시동(131192)	안산시 단원구 산단로 112 근로자복지관	오염원

그림 28. 대기오염 국가측정장소의 포집 정보 및 측정망 위치.

표 20. 연도별 단원구 원시동 측정망 대기환경기준항목 자료 (단위: SO₂, NO₂, O₃, CO(ppm), PM₁₀, PM_{2.5}(µg/m³))

항목	측정소	10년	11년	12년	13년	14년	15년	16년	17년	18년	19년	평균	환경기준
SO ₂	원시동 (상륙구 근접거리)	0.011	0.01	0.009	0.008	0.010	0.010	0.008	0.007	0.008	0.006	0.009	연간 평균치 0.02 ppm 이하 24시간 평균치 0.05 ppm 이하 1시간 평균치 0.15 ppm 이하
NO ₂	원시동 (상륙구 근접거리)	0.033	0.028	0.031	0.032	0.036	0.032	0.031	0.029	0.027	0.028	0.031	연간 평균치 0.03 ppm 이하 24시간 평균치 0.06 ppm 이하 1시간 평균치 0.10 ppm 이하
O ₃	원시동 (상륙구 근접거리)	0.026	0.026	0.028	0.027	0.027	0.029	0.029	0.030	0.028	0.030	0.028	8시간 평균치 0.06 ppm 1시간 평균치 0.1 ppm
CO	원시동 (상륙구 근접거리)	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	8시간 평균치 9 ppm 1시간 평균치 25 ppm
PM ₁₀	원시동 (상륙구 근접거리)	64	61	54	57	60	60	59	57	51	56	58	연간 평균치 50 µg/m ³ 이하 24시간 평균치 100 µg/m ³ 이하
PM _{2.5}	원시동 (상륙구 근접거리)	-	-	-	-	-	-	-	36	32	31	33	연간 평균치 15 µg/m ³ 이하 24시간 평균치 35 µg/m ³ 이하

※ 출처 : 대기환경연보(2019)

2.3 안산시 상록구 반월동 주변지역 모델 실행

2.3.1 모델 실행영역 설정

- CALPUFF Model 실행을 위한 기상모델과 대기오염확산 모델의 영역을 다음과 같이 설정하였다. 기상모델의 경우 등지화 격자 방법을 이용하여 최종 0.2 km 격자의 기상모델 결과를 CALMET의 입력자료로 변환하여, 대기오염확산 모델의 3차원 기상장을 생성하였다. 기상모델 영역과 3차원 지형도를 나타냈다. ASTER_GDEM 1초(30m) 해상도의 지형자료와 환경부 중분류(약 30m) 자료를 이용하여 현실적으로 실시하였다.

표 21. 상록구 반월동 주변지역 기상 및 대기질 모델 영역

구 분	격자크기 (km)	CALMET	
		격자개수	연직층수
상록구 반월동 적용지역	0.2	100×100	12

주) Lambert-Conformal, Map center : N37, E126



그림 29. 상록구 반월동 기상모델 영역과 3차원 지형도

- 대기확산모델 CALPUFF의 모델링 영역으로 상록구 반월동을 중심으로 10km 반경 내의 지역을 대상지역으로 설정하였으며, 반월동 주변 26개 지역을 선정하여 영향예측 대상지역으로 설정하였다.

표 22. 시화·반월산단 영향예측 대상지역 위치정보

지 점		UL	UR	LL	LR
Site A	E	295.2721	296.7916	295.0509	295.5958
	N	4,135.9492	4,136.1536	4,135.1768	4,134.5263
Site B	E	295.5958	296.3449	293.6639	295.5420
	N	4,134.5263	4,133.7071	4,133.9091	4,132.7595
Site C	E	299.1233	300.0578	295.8312	299.5145
	N	4,140.0718	4,139.6000	4,136.0666	4,138.1264
Site D	E	297.6716	298.1865	295.6265	296.3465
	N	4,136.6125	4,135.9595	4,134.4358	4,133.7832
Site E	E	299.5145	299.8725	297.7728	299.1200
	N	4,138.1264	4,136.2640	4,136.7281	4,135.3763
Site F	E	298.1865	299.0476	296.3465	297.2349
	N	4,135.9595	4,135.3136	4,133.7832	4,133.0424
Site G	E	296.3465	297.2349	295.5849	296.4998
	N	4,133.7832	4,133.0424	4,132.7093	4,132.0428
Site H	E	299.8725	301.1475	299.0476	300.1573
	N	4,136.2640	4,135.7503	4,135.3136	4,134.5148
Site I	E	299.0476	300.1573	297.2475	298.3482
	N	4,135.3136	4,134.5148	4,132.9808	4,132.1742
Site J	E	297.2475	298.3482	296.5077	297.7801
	N	4,132.9808	4,132.1742	4,132.0325	4,131.4850
Site K	E	301.1475	301.6023	300.1573	300.8990
	N	4,135.7503	4,134.9623	4,134.5148	4,133.9271
Site L	E	300.1573	300.8990	298.3482	299.2454
	N	4,134.5148	4,133.9271	4,132.1742	4,131.5004
Site M	E	298.3482	299.2454	297.7801	298.7890
	N	4,132.1742	4,131.5004	4,131.4850	4,130.9475
Site N	E	300.8990	300.6688	299.2454	300.4649
	N	4,133.9271	4,131.6458	4,131.5004	4,131.0496
Site O	E	299.2454	300.4649	298.8150	300.1830
	N	4,131.5004	4,131.0496	4,130.9540	4,130.4337
Site P	E	300.8990	302.6823	300.6688	302.0624
	N	4,133.9271	4,133.5108	4,131.6458	4,131.1372
Site Q	E	300.6688	302.0624	300.2280	301.4054
	N	4,131.6458	4,131.1372	4,130.3589	4,129.9442
Site R	E	302.6823	304.1288	302.0624	303.3431
	N	4,133.5108	4,133.2758	4,131.1372	4,130.6399
Site S	E	302.0624	303.3431	301.4054	302.1758
	N	4,131.1372	4,130.6399	4,129.9442	4,129.6570
Site T	E	304.1288	305.8465	303.3431	304.6136
	N	4,133.2758	4,132.4182	4,130.6399	4,130.5021
Site U	E	303.3431	304.6136	302.1758	304.1936
	N	4,130.6399	4,130.5021	4,129.6570	4,129.6305
Site V	E	305.8465	306.2105	304.1936	305.4528
	N	4,132.4182	4,132.2913	4,129.6305	4,129.9231
Site W	E	302.5649	306.0520	302.6442	307.0337
	N	4,129.0886	4,129.5867	4,126.9697	4,128.6500
Site X	E	306.2105	309.3458	305.4528	307.0350
	N	4,132.2913	4,131.9483	4,129.9231	4,129.1763
Site Y	E	299.5145	302.5079	299.5145	301.6023
	N	4,138.1264	4,137.2354	4,138.1264	4,134.9623
Site Z	E	303.8557	304.4105	300.8990	304.1211
	N	4,136.5089	4,134.3063	4,133.9271	4,133.6182

2.3.2 기상모델 입력자료 설정

- 기상모델인 CALMET의 입력자료인 지표기상 및 상층기상 입력자료를 통해 나타냈다.
- 지표기상 자료는 반월동 주변 안산기상대(43545) 자료를 이용하였으며, 상층기상은 대상지역과 가장 근접한 오산기상대(47122) 자료를 이용하였다.

표 23. 반월동 인근 적용지역의 기상모델 입력자료

구 분	No.	LL		비 고
		X(N)	Y(E)	
지표기상 (CD-144)	43545	37°29'	126°55'	안산기상대
상층기상 (Read62)	47122	37°10'	127°03'	오산기상대

2.3.3 예측지점 평균농도 산정

- CALPUFF Point Source 입력자료는 예측농도 산출지점은 안산시와 시흥시를 적용하여, 반월동 내 대기측정망 자료를 이용하였으며, 예측농도 산출을 위한 오염물질 농도는 대기측정망 자료 중 다양한 풍향결과로 나타난 9월 01 ~ 30일까지 평균값을 이용하였다.

표 24. 대상지역의 인근 예측지점 평균농도

Point	LL		2019.09.01. ~ 2019.09.30				비고
	X(N)	Y(E)	Benzene (ppb)	NO2 (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO2 (ppm)	
P	37°20'05.13	126°43'38.80	0.03	0.0239	41.27	0.0026	

2.3.4 모델 실행 결과

- 역추적 모델을 이용한 대상지역 배출농도 예측결과이며, 대기측정망 자료를 이용하여 역추적 모델 실행 결과 다음과 같이 대상지점별 배출농도를 산출하였다.

표 25. 대상지역의 인근 역추적 모델을 이용한 대상지점별 배출농도 예측결과(단위: 벤젠($\text{ton}/\text{m}^3\cdot\text{yr}$), 그 외($\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{S}$))

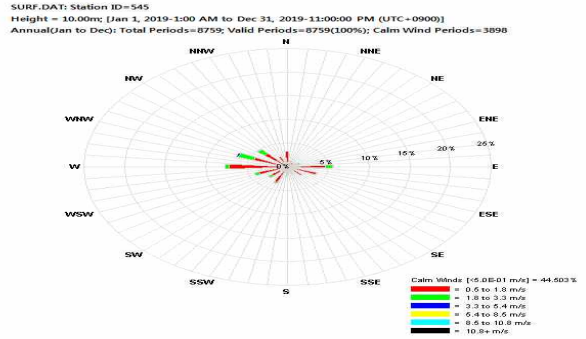
구분	예측 결과			
	Benzene	NO2	PM10	SO2
Site A	0.0000026	0.0000494	0.065585	0.0000050
Site B	0.0000018	0.0000343	0.045624	0.0000035
Site C	0.0000026	0.0000494	0.065585	0.0000050

Site D	0.0000074	0.0001381	0.183466	0.0000140
Site E	0.0000034	0.0000633	0.084115	0.0000064
Site F	0.0000294	0.0005510	0.732002	0.0000559
Site G	0.0000015	0.0000278	0.036971	0.0000028
Site H	0.0000050	0.0000933	0.123971	0.0000095
Site I	0.0000434	0.0008115	1.078027	0.0000823
Site J	0.0000017	0.0000317	0.042175	0.0000032
Site K	0.0000026	0.0000478	0.063491	0.0000048
Site L	0.0000079	0.0001485	0.197295	0.0000151
Site M	0.0000008	0.0000153	0.020289	0.0000015
Site N	0.0000000	0.0000000	0.000001	0.0000000
Site O	0.0000005	0.0000099	0.013185	0.0000010
Site P	0.0000005	0.0000099	0.013185	0.0000010
Site Q	0.0000009	0.0000174	0.023118	0.0000018
Site R	0.0000020	0.0000367	0.048739	0.0000037
Site S	0.0000006	0.0000115	0.015324	0.0000012
Site T	0.0000014	0.0000256	0.034029	0.0000026
Site U	0.0000005	0.0000089	0.011870	0.0000009
Site V	0.0000005	0.0000093	0.012385	0.0000009
Site W	0.0000013	0.0000250	0.033172	0.0000025
Site X	0.0000014	0.0000269	0.035768	0.0000027
Site Y	0.0000027	0.0000501	0.066597	0.0000051
Site Z	0.0000042	0.0000783	0.104032	0.0000079

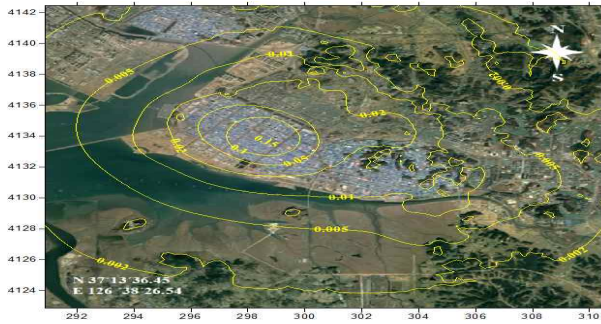
2.3.5 대상지역의 배출결과를 이용한 확산 결과

- 연간 바람장미도 및 오염물질 확산모델 결과에서 역추적 모델을 이용한 대상지역의 예측 배출량 자료를 토대로 2019년 대상지역 주변 바람장도 및 오염물질 확산 결과는 다음과 같다.
- 연간 주 풍향은 서풍이 약 8%, 서북서풍이 약 7%로 가장 높게 나타났고, 최대풍속은 서북서풍이 3.3 ~ 5.4 m/s로 가장 높게 나타났으며, 비교적 고른 분포로 나타났다. 또한, 연간 오염물질 확산 결과 바람의 영향에 따라 대상지역 중심으로 비교적 고른 확산분포가 나타났으며, 시흥시, 안산시 원곡동, 초지동 및 신길동이 주된 영향권으로 적용하였다.
- 연간 확산 결과 대상지역 기준 반경 2km 내 Benzene 농도는 0.02 ~ 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대기환경기준 연평균 기준인 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 최대 3%로 매우 낮게 나타났다. 이산화질소 농도는 대기환경기준 연평균 기준(0.03 ppm) 대비 3.2 ~ 45.7%(0.0010 ~ 0.0137ppm)으로 매우 높게 나타났으며, PM10은 연평균 기준(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 대비 4.0 %에서 최대 74.8 %인 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~ 37.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 매우 높게 나타났다. 또한, 아황산가스는 최소 0.4 %에서 최대 5.0 %인 0.0001 ~ 0.0010ppm으로 나타났다.

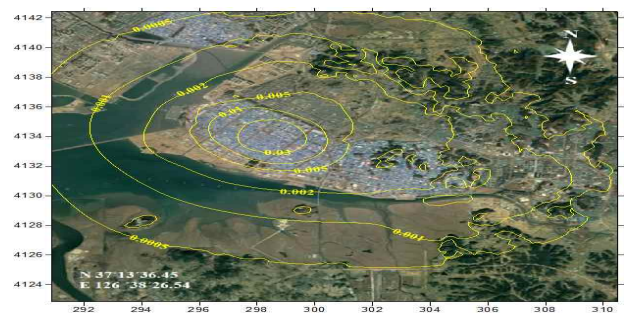
2019. Annual



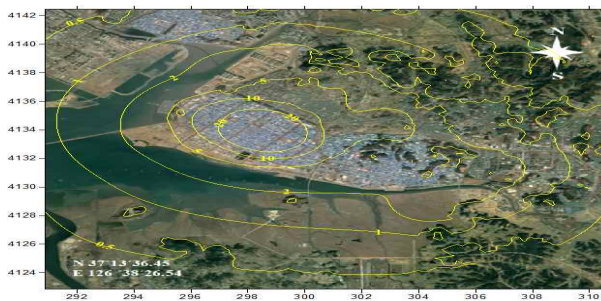
(a)



(b)



(c)



(c)

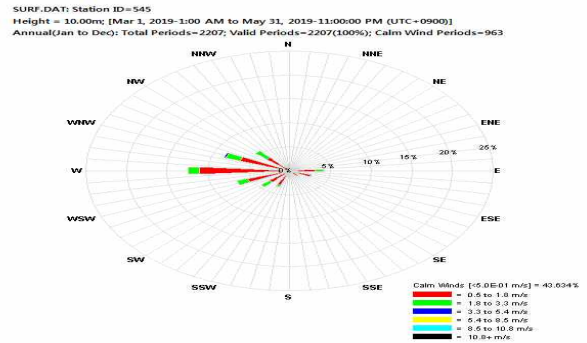


(d)

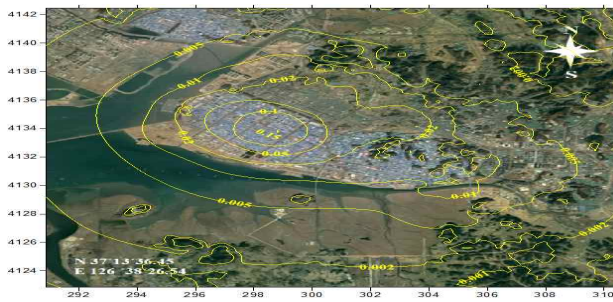
그림 30. 연평균 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO2, d:PM10, e:SO2)

- 봄철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과
- 역추적 모델을 이용한 대상지역의 예측 배출량 자료를 토대로 2019년 봄철 대상지역의 주변 바람 장미도 및 오염물질 확산모사 결과는 다음과 같다.
- 봄철 주 풍향은 서풍과 서북서풍이 각각 13 %와 8 %로 나타났으며, 최대풍속은 서북서풍이 3.3 ~ 5.4 m/s로 높게 나타났다. 서풍의 영향에 따라 대상지역의 기준 동쪽에 위치한 안산시 초지동 방향으로 오염물질 확산분포가 나타났다.
- 봄철 확산 결과 대상지역의 기준 반경 2km 내 Benzene 농도는 대기환경기준 연평균 기준인 5 μ g / m^3 대비 0.4 ~ 3%로 나타났다. 이산화질소 농도는 대기환경기준 연평균 기준(0.03 ppm) 대비 2.4%(0.0007ppm)에서 최대 46.2%(0.0139 ppm)로 나타났으며, PM10 확산 결과 또한 4.0%(2 μ g / m^3)에서 최대 75.6%(37.81 μ g/ m^3)로 높게 나타났다. 아황산가스 확산 결과 0.3 ~ 5.1%인 0.0001 ~ 0.0010ppm으로 나타났다.

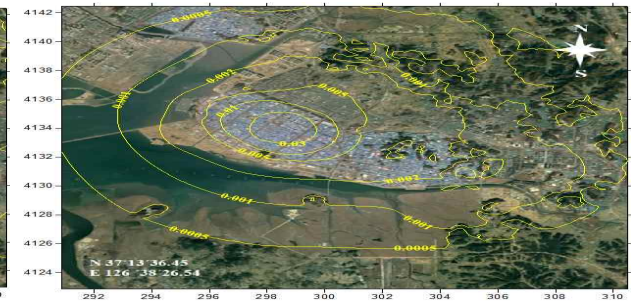
2019. Spring



(a)



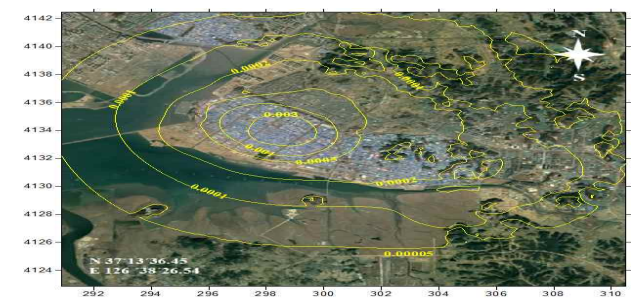
(b)



(c)



(d)

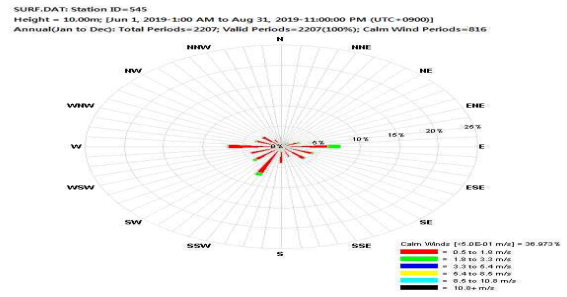


(e)

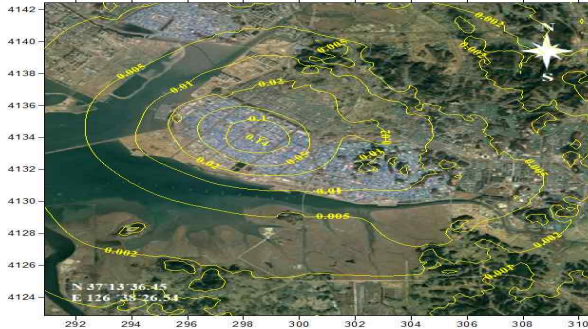
그림 31. 연 봄철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO2, d:PM10, e:SO2)

- 여름철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과
- 역추적 모델을 이용한 시화·반월산단 예측 배출량 자료를 토대로 2019년 여름철 대상지역 바람장미도 및 오염물질 확산 결과는 다음과 같다.
- 여름철 주 풍향은 동풍이 8%로 가장 높게 나타났고, 남남서풍과 서풍이 각각 7%로 높게 나타났으며, 최대풍속은 동풍이 1.8 ~ 3.3 m/s로 봄철비해 비교적 낮게 나타남에 따라 안산시 초지동, 원곡동 및 신길동으로 확산분포가 나타났다.
- 여름철 확산모사 결과 대상지역의 기준 반경 2 km내 Benzene 농도는 대기환경기준 연평균 기준인 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대비 0.1 ~ 2.8%인 $0.005 \sim 0.14\mu\text{g}/\text{m}^3$ 나타났다. 이산화질소 농도는 대기환경기준 연평균 기준(0.03 ppm) 대비 1.6%에서 최대 43.4%인 $0.0005 \sim 0.0130\text{ppm}$ 으로 나타났으며, PM10 확산모사 결과 3.0 %에서 최대 71.1 %로 $1.5 \sim 35.55\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도 분포로 나타났다. 아황산가스 확산 결과 0.2 ~ 4.8 %로 나타났으며, 안산시 초지동, 원곡동 및 신길동으로 나타났다.

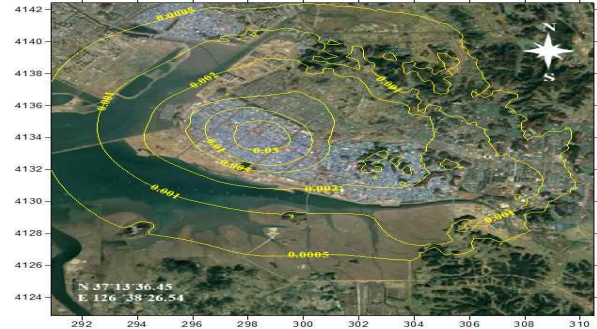
2019. Summer



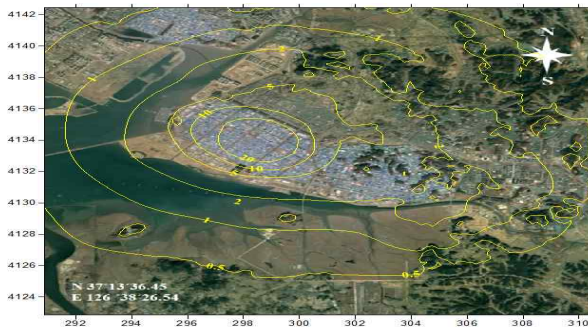
(a)



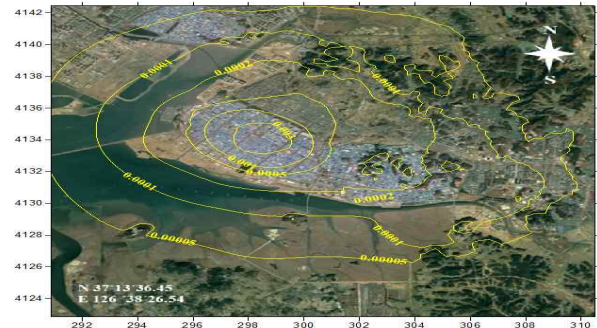
(b)



(c)



(d)

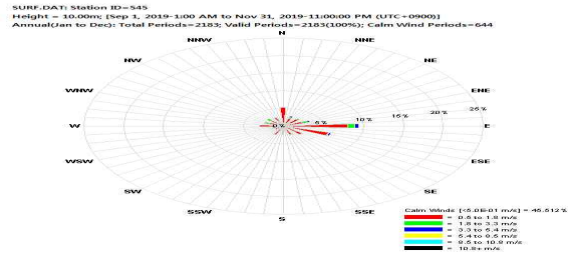


(e)

그림 32. 여름철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzene, c:NO2, d:PM10, e:SO2)

- 가을철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과
- 역추적 모델을 이용한 대상지역의 예측 배출량 자료를 토대로 2019년 가을철 대상지역의 주변 바람장미도 및 오염물질 결과는 다음과 같다.
- 가을철 주 풍향은 동풍이 약 9%로 가장 높게 나타났고, 북풍과 동남동풍이 각각 6%와 7%로 나타났으며, 최대풍속 또한 동풍이 3.3 ~ 5.4 m/s로 나타났다.
- 가을철 확산 결과 대상지역 기준 반경 2km 내 Benzene 농도는 대기환경기준 연평균 기준인 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대비 0.2 ~ 3%인 $0.01 \sim 0.15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 나타났다. 이산화질소 농도는 대기환경기준 연평균 기준 (0.03 ppm) 대비 2.8%에서 최대 48.5%인 $0.0008 \sim 0.0145\text{ppm}$ 으로 나타났으며, PM10 확산모사 결과 또한 4.0%에서 최대 79.3%인 $2 \sim 39.67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도분포가 나타났다. 아황산가스 확산모사 결과 대기환경기준 대비 0.2 ~ 5.3 %로 이산화질소 및 PM10 농도와 동일하게 농도를 나타냈다.

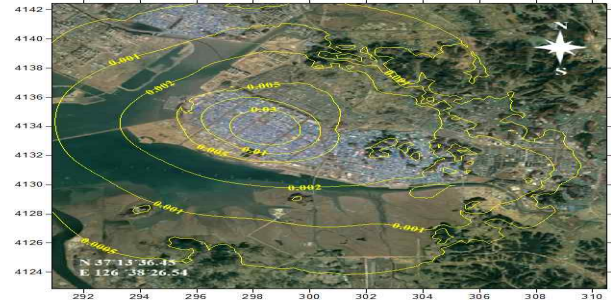
2019. Autumn



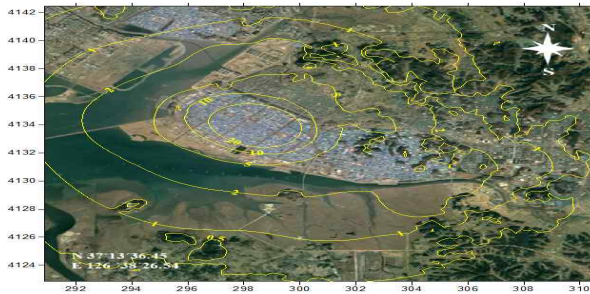
(a)



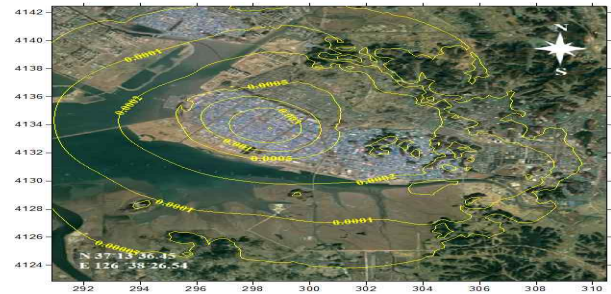
(b)



(c)



(d)

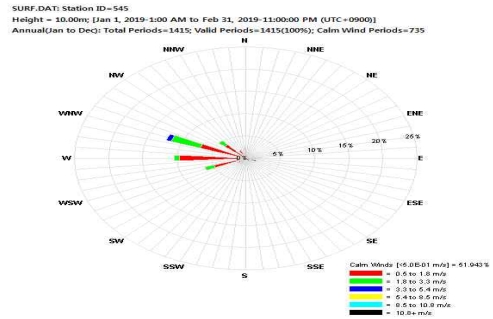


(e)

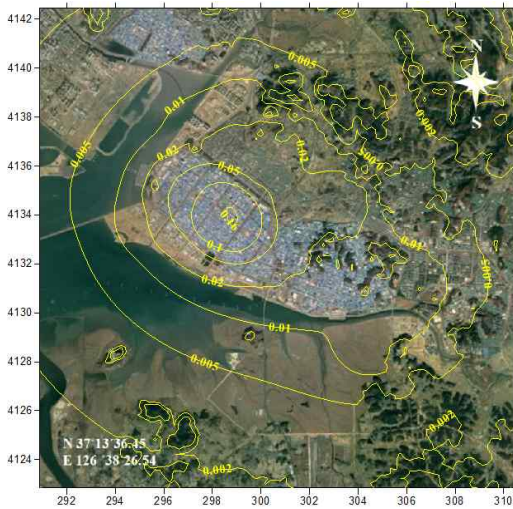
그림 33. 가을철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzen, c:NO2, d:PM10, e:SO2)

- 겨울철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과
- 역추적 모델을 이용한 대상지역의 예측 배출량 자료를 토대로 2019년 겨울철 대상지역의 주변 바람장미도 및 오염물질 확산 결과는 다음과 같다.
- 겨울철 주 풍향은 서북서풍과 서풍이 각각 12, 11%로 가장 높게 나타났으며, 서남서풍, 북서풍이 각각 7%와 5%로 나타났다. 최대풍속은 서북서풍이 3.3 ~ 5.4m/s 로 가장 높게 나타났으며, 북서 대륙풍에 의해 대상지역으로부터 동쪽에 위치한 초지동으로 오염물질 확산분포가 나타났다.
- 겨울철 확산모사 결과 대상지역의 기준 반경 2km 내 Benzene 농도는 0.01 ~ 0.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대기환경기준 연평균 기준인 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 대비 0.2 ~ 3.2%로 나타났다. 질소산화물 농도는 대기환경기준 연평균 기준(0.03 ppm) 대비 3.2%에서 최대 52.2%인 0.0010 ~ 0.0157ppm의 분포로 나타났으며, PM10 확산모사 결과 또한 6.0%에서 최대 85.5%로 높게 나타났다. 아황산가스 확산모사 결과 비교적 낮은 0.2 ~ 5.7%로 나타났으며, 겨울철 풍향에 따라 확산분포는 산단 기준 동쪽으로 형성되었다.

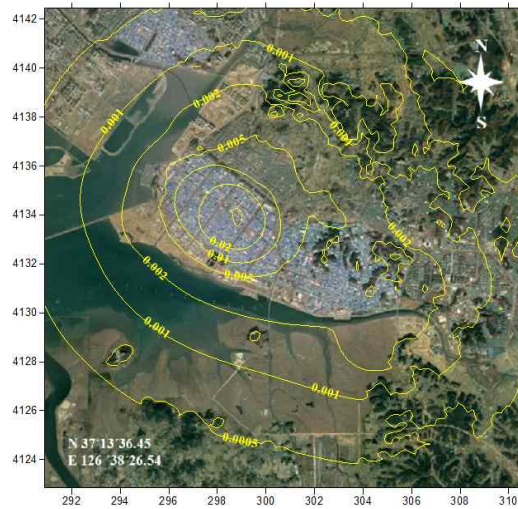
2019. Winter



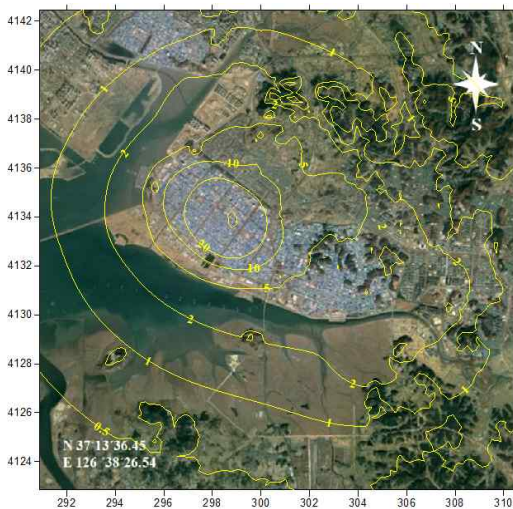
(a)



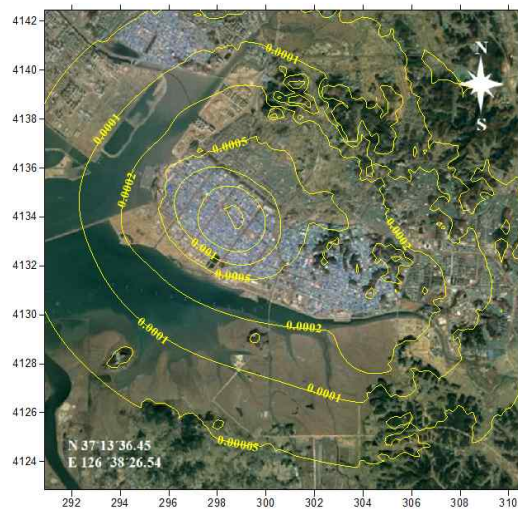
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 34. 겨울철 바람장미도 및 오염물질 확산모사 결과(a:바람장미도, b:Benzen, c:NO2, d:PM10, e:SO2)

2.3.6 대기확산 모델을 적용지역(반월동 적용 지점, 상록구) 소 결론

- CALPUFF 확산모델을 이용한 대상지역의 오염물질 확산분포 결과는 다음과 같다.
- 대상지역 주변 연간 바람장미도 분석 결과 연간 주풍향은 고른 분포로 나타났으며, 서풍과 북서

풍이 각각 8 및 7 m/s로 비교적 높게 나타남에 따라 대상지역을 중심으로 동쪽으로 오염물질 확산분포가 나타났다.

- 바람장의 영향으로 대상지역으로부터 배출된 오염물질은 주로 안산시 원곡동, 초지동 및 신길동이 주된 영향권으로 나타났으며, 오염물질 발생지점 및 발생 농도로 인해 타지역에 비해 오염물질 농도가 비교적 높게 나타났다.
- 대상지역의 기준 반경 2km 내 연간 및 계절별 대기환경기준대비 기여율 산출결과는 다음과 같다.
- 연간
 - Benzene : Min. 0.4 %, Max. 3.0 %
 - NO₂ : Min. 3.2 %, Max. 45.7 %
 - PM₁₀ : Min. 4.0 %, Max. 74.8 %
 - SO₂ : Min. 0.4 %, Max. 5.0 %
- 봄철
 - Benzene : Min. 0.4 %, Max. 3.0 %
 - NO₂ : Min. 2.4 %, Max. 46.2 %
 - PM₁₀ : Min. 4.0 %, Max. 75.6 %
 - SO₂ : Min. 0.3 %, Max. 5.1 %
- 여름철
 - Benzene : Min. 0.1 %, Max. 2.8 %
 - NO₂ : Min. 1.6 %, Max. 43.4 %
 - PM₁₀ : Min. 3.0 %, Max. 71.1 %
 - SO₂ : Min. 0.2 %, Max. 4.8 %
- 가을철
 - Benzene : Min. 0.2 %, Max. 3.0 %
 - NO₂ : Min. 2.8 %, Max. 48.5 %
 - PM₁₀ : Min. 4.0 %, Max. 79.3 %
 - SO₂ : Min. 0.2 %, Max. 5.3 %
- 겨울철
 - Benzene : Min. 0.2 %, Max. 3.2 %
 - NO₂ : Min. 3.2 %, Max. 52.2 %
 - PM₁₀ : Min. 6.0 %, Max. 85.5 %
 - SO₂ : Min. 0.2 %, Max. 5.7 %

3. 주민 건강영향조사 결과

3.1 반월동 건강보험자료 코호트 분석 결과

3.1.1 반월동 만성질환 코호트 대상자의 일반적 특성

- 반월동 전체 대상자는 노출지역(반월동) 171,300명, 대조지역(정왕본동, 정왕동, 원곡본동, 원곡동, 초지동, 고잔동 등의 밀집 지역) 283,312명으로 총 454,612명이었다. 성별 분포는 노출지역에서 남자 91,614명(53.48%), 여자 79,686명(46.52%)이었고, 대조지역에서 남자 143,066명(50.50%), 여자 140,246명(49.50%)으로 조사되었다. 노출지역의 연령에 따른 분포의 경우에서, 20-40세에서 57,715명(33.69%), 40-65세에서 55,573명(32.44%), 20세 이하에서는 49,378명(28.83%)와 65세 이상에서 8,634명(5.04%)의 순서로 확인되었으며, 대조지역의 연령에 따른 분포의 경우에서, 40-65세 100,788명(35.57%), 20세 이하에서는 85,218명(30.08%), 20-40세에서 76,049명(26.84%), 65세 21,257명(7.50%)의 순서로 확인되었다. 그리고 소득분위는 각 노출지역 모두 3분위가 가장 많은 분포를 차지하였으며, 노출 및 대조지역별 각 35.01%, 31.88%였다. 평균 관찰기간은 노출지역 8.49±3.83년, 대조지역 9.03±3.62년이었다. 총 관찰인년은 노출지역 1,385,318.91인년, 대조지역 2,439,335.40 인년 이었다(Table 23).

표 26. 반월동 노출지역, 대조지역에 따른 전체 대상자의 일반적 특성

구분	노출지역	대조지역	p-value*	
전체(명)	171,300	283,312		
성별	남자	91,614(53.48)	0.0001	
	여자	79,686(46.52)		140,246(49.50)
연령(세)		33.05±18.11	-	
	<20	49,378(28.83)		85,218(30.08)
	20-40	57,715(33.69)		76,049(26.84)
	40-65	55,573(32.44)		100,788(35.57)
	≥65	8,634(5.04)		21,257(7.50)
소득분위**	1분위	28,074(16.49)	0.0001	
	2분위	38,375(22.55)		59,445(21.22)
	3분위	59,589(35.01)		89,320(31.88)
	4분위	44,175(25.95)		80,742(28.82)
평균 관찰기간(년)	8.49±3.83	9.03±3.62	-	
총 관찰인년(년)	1,385,318.91	2,439,335.40	-	

*Chi-square test

**소득분위: 건강보험료 20분위를 4분위로 구분함

3.1.2 반월동 만성질환별 코호트 대상자의 발병 현황

- 반월동 만성질환의 발병 현황은 Table 3-44 ~ Table 3-48과 같다. 발생률은 총 관찰 인년에서 새롭게 질병이 발생한 수의 비율로 평균 발생률(Incidence density)을 의미한다. 호흡기 질환 중 급성 상기도 질환의 발병은 노출지역 15,189명(57.05%), 대조지역 23,961명(52.83%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 기타 상기도 질환의 발병은 노출지역 74,950명(74.58%), 대조지역 128,434명(74.71%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.4510$). 기타 급성 하기도감염의 발병은 노출지역 25,429명(47.03%), 대조지역 36,108명(43.17%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 천식의 발병은 노출지역 129,659명(93.87%), 대조지역 200,437명(90.57%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$), (Table 24).

표 27. 반월동의 호흡기 질환 발병 현황(Unit, No. (%))

구분		노출지역	대조지역	p-value*
급성 상기도 질환(J00-J06)				
	대상자수(명)	26,625	45,353	
발생유무	유	15,189(57.05)	23,961(52.83)	<0.0001
	무	11,436(42.95)	21,392(47.17)	
기타 상기도 질환(J32-J39)				
	대상자수(명)	100,501	171,918	
발생유무	유	74,950(74.58)	128,434(74.71)	N.S.
	무	25,551(25.42)	43,484(25.29)	
기타 급성 하기도감염(J20-J22)				
	대상자수(명)	54,071	83,644	
발생유무	유	25,429(47.03)	36,108(43.17)	<0.0001
	무	28,642(52.97)	47,536(56.83)	
천식(J45-J46)				
	대상자수(명)	138,125	221,294	
발생유무	유	129,659(93.87)	200,437(90.57)	<0.0001
	무	8,466(6.13)	20,857(9.43)	

*Chi-square test

N.S. : Not Significant

- 기타 호흡기 질환 중 비염의 발병은 노출지역 30,158명(50.31%), 대조지역 50,602명(51.60%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 호흡기계 질환의 발병은 노출지역 5,442명(34.60%), 대조지역 7,292명(30.31%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 기침의 발병은 노출지역 163,864명(97.70%), 대조지역 265,035명(96.00%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$), (Table 25).

표 28. 반월동의 기타 호흡기 질환 발생 현황(Unit, No. (%))

구분		노출지역	대조지역	p-value*
비염(J30-J31)				
	대상자수(명)	59,946	98,060	
발생유무	유	30,158(50.31)	50,602(51.60)	<0.0001
	무	29,788(49.69)	47,458(48.40)	
호흡기계 질환(J00-J99)				
	대상자수(명)	15,730	24,062	
발생유무	유	5,442(34.60)	7,292(30.31)	<0.0001
	무	10,288(65.40)	16,770(69.69)	
기침(R05)				
	대상자수(명)	16,7726	276,088	
발생유무	유	163,864(97.70)	265,035(96.00)	<0.0001
	무	3,862(2.30)	11,053(4.00)	

*Chi-square test

- 심뇌혈관 질환 중 뇌혈관 질환의 발병은 노출지역 163,306명(97.15%), 대조지역 267,329명(96.57%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01). 고혈압성 질환의 발병은 노출지역 138,221명(90.23%), 대조지역 217,268명(88.29%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01). 허혈성 심장질환의 발병은 노출지역 164,138명(98.02%), 대조지역 265,589명(96.85%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01), (Table 26).

표 29. 반월동의 심뇌혈관 질환 발생 현황(Unit, No. (%))

구분		저노출지역	중간노출지역	p-value*
뇌혈관 질환(I63-I69)				
	대상자수(명)	168,102	276,822	
발생유무	유	163,306(97.15)	267,329(96.57)	<0.0001
	무	4,796(2.85)	9,493(3.43)	
고혈압성 질환(I10-I15)				
	대상자수(명)	153,179	246,079	
발생유무	유	138,221(90.23)	217,268(88.29)	<0.0001
	무	14,958(9.77)	28,811(11.71)	
허혈성 심장질환(I20-I25)				
	대상자수(명)	167,458	274,218	
발생유무	유	164,138(98.02)	265,589(96.85)	<0.0001
	무	3,320(1.98)	8,629(3.15)	

*Chi-square test

- 피부질환 중 아토피성 피부염의 발병은 노출지역 148,009명(97.22%), 대조지역 241,972명(96.52%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 접촉피부염의 발병은 노출지역 83,348명(74.62%), 대조지역 128,593명(71.32%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 만성 단순태선 및 가려움의 발병은 노출지역 145,387명(92.70%), 대조지역 239,417명(91.48%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 두드러기의 발병은 노출지역 124,388명(88.29%), 대조지역 185,717명(82.74%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$), (Table 27).

표 30. 반월동의 피부질환 발생 현황(Unit, No. (%))

구분		저노출지역	중간노출지역	p-value*
아토피성 피부염(L20)				
	대상자수(명)	152,240	250,696	
발생 유무	유	148,009(97.22)	241,972(96.52)	<0.0001
	무	4,231(2.78)	8,724(3.48)	
접촉피부염(L23-L25)				
	대상자수(명)	111,695	180,313	
발생 유무	유	83,348(74.62)	128,593(71.32)	<0.0001
	무	28,347(25.38)	51,720(28.68)	
만성 단순태선/가려움(L28-L29)				
	대상자수(명)	156,837	261,720	
발생 유무	유	145,387(92.70)	239,417(91.48)	<0.0001
	무	11,450(7.30)	22,303(8.52)	
두드러기(L50)				
	대상자수(명)	140,892	224,452	
발생 유무	유	124,388(88.29)	185,717(82.74)	<0.0001
	무	16,504(11.71)	38,735(17.26)	

*Chi-square test

- 내분비 및 기타 질환 중 갑상선 장애의 발병은 노출지역 154,697명(94.80%), 대조지역 253,107명(93.71%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 당뇨병의 발병은 노출지역 153,952명(94.48%), 대조지역 248,199명(93.38%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 결막염의 발병은 노출지역 90,360명(77.81%), 대조지역 130,794명(74.63%)으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$), (Table 28).

표 31. 반월동의 내분비 및 기타 질환 발생 현황(Unit, No. (%))

구분		저노출지역	중간노출지역	p-value*
갑상선 장애(E00-E07)				
	대상자수(명)	163,190	270,087	
발생유무	유	154,697(94.80)	253,107(93.71)	<0.0001
	무	8,493(5.20)	16,980(6.29)	
당뇨병(E10-E14)				
	대상자수(명)	162,954	265,793	
발생유무	유	153,952(94.48)	248,199(93.38)	<0.0001
	무	9,002(5.52)	17,594(6.62)	
결막염(H10)				
	대상자수(명)	116,123	175,263	
발생유무	유	90,360(77.81)	130,794(74.63)	<0.0001
	무	25,763(22.19)	44,469(25.37)	

*Chi-square test

3.1.3 반월동의 노출지역과 대조지역 대비 조사지역의 만성질환 발생 위험

- 반월동에서 연구의 결과에 따르면, 2008년을 시작 시점으로 하여 23개의 만성질환에 24개의 암 질환에 대해 5년간의 추적 등의 wash-out을 구축한 자료를 적용하여 코호트를 dynamic cohort로 주상병 코드와 부상병 코드를 적용하여 코호트를 구축하였고, 노출지역 대비 대조지역과 각각에서의 만성질환과 암 질환 발생 위험비(hazard ratio)를 산출하여 다음과 같은 결과를 정리하고자 한다. 위험비의 산출을 2가지로 표로 분석하였는데, 여기서 보정(공변수)을 통해 유무에 따른 모델인 Crude Model과 연령, 성별, 소득을 보정한 모델인 Adjust Model을 적용하여 결과를 각각 도출을 통해 결과를 만들었다. 구축한 코호트를 dynamic cohort로 주상병 코드와 부상병 코드를 적용하여 코호트를 구축하였고, 각각의 노출지역, 대조지역의 만성질환 발생 위험비(hazard ratio)를 산출하였다. 반월동의 노출지역에 따른 만성질환별 발생 위험비를 crude model과 Adjust Model(a(성별, 연령, 수입 보정)으로 산출하였다. 뇌출혈, 만성하기도질환, 진폐증, 화학물질에 의한 폐질환, 만성 신장병, 백반증 등의 질환 전체 발생률 1% 미만은 없는 것으로 확인되었으며, 뇌혈관 질환은 Adjust model에서 노출지역에 비해 대조지역에서의 발생위험이 통계적으로 유의하게 높았다(HR : 1.065; 95% CI, 1.029-1.103). 기타 상기도 질환은 노출지역에 비해 대조지역에서의 발생위험이 통계적으로 유의하게 높았다(Crude model(HR : 1.097, 95% CI : 1.080-1.114), Adjust model(HR, 1.091; 95% CI, 1.074-1.108)). 끝으로 비염은 노출지역에 비해 중간노출지역에서의 발생위험이 통

계적으로 유의하게 낮았으며(Crude model(HR, 1.155; 95% CI, 1.138-1.172), Adjust model(HR, 1.163; 95% CI, 1.147-1.181)). 최종적으로 이상의 내용을 교란변수를 보정한 Adjust model 결과에 따라 요약하면, 노출지역에 비해 대조지역에서만 발생위험이 증가한 질환은 뇌혈관 질환, 기타 상기도 질환, 비염으로 확인되었으며, 보정하지 않은 Crude Model 결과에서는 기타 상기도 질환, 비염으로 확인되었다. 그리고 Crude Model과 Adjust Model의 동시에 일관되게 나타나 결과에서는 기타 상기도 질환, 비염이 확인되는 것이다.

표 32. 반월동의 노출지역, 대조지역에 따른 만성질환 발생 위험비(dynamic cohort, 주상병 코드 및 부상병 코드 적용)

구분	Crude Model			Adjust Model ^a		
	HR	95% CI	p-value*	HR	95% CI	p-value*
갑상선 장애(E00-E07)	0.879	0.857-0.903	N.S.	0.928	0.904-0.952	N.S.
당뇨병 (E10-E14)	0.885	0.863-0.908	N.S.	0.959	0.935-0.984	N.S.
뇌혈관 질환 (I63-I69)	0.885	0.855-0.916	N.S.	1.065	1.029-1.103	<.001
급성 상기도 질환 (J01-J06)	0.971	0.949-0.993	N.S.	0.975	0.953-0.998	N.S.
기타 상기도 질환 (J32-J39)	1.097	1.080-1.114	<.001	1.091	1.074-1.108	<.001
폐렴을 제외한 급성 하기도 질환 (J20-J22)	0.969	0.955-0.984	N.S.	0.973	0.959-0.987	N.S.
호흡기계 질환 (J01-J99, J09-J18 제외)	0.987	0.963-1.011	N.S.	0.986	0.962-1.011	N.S.
고혈압성 질환 (I10-I15)	0.880	0.863-0.898	N.S.	0.936	0.918-0.955	N.S.
허혈 심장 질환 (I20-I25)	0.667	0.641-0.695	N.S.	0.754	0.725-0.785	N.S.
결막염 (H10)	0.903	0.889-0.917	N.S.	0.924	0.909-0.938	N.S.
비염 (J30-J31)	1.155	1.138-1.172	<.001	1.163	1.147-1.181	<.001
천식 (J45-J46)	0.682	0.665-0.699	N.S.	0.714	0.696-0.732	N.S.
아토피성 피부염 (L20)	0.844	0.814-0.876	N.S.	0.868	0.836-0.900	N.S.
알레르기 접촉 피부염 (L23-L25)	0.931	0.917-0.944	N.S.	0.952	0.938-0.966	N.S.
만성 단순태선/가려움 (L28-L29)	0.909	0.889-0.930	N.S.	0.947	0.926-0.969	N.S.
두드러기 (L50)	0.697	0.684-0.709	N.S.	0.712	0.699-0.726	N.S.
기침 (R05)	0.609	0.587-0.631	N.S.	0.630	0.608-0.654	N.S.

HR:hazard ratio($\exp(\beta)$). CI:confidence interval.

*Chi-square test

a연령을 보정. b연령, 소득, 직종을 보정.

N.S. : Not Significant

3.1.4 반월동 암 종류별 코호트 대상자의 발병 현황

- 반월동의 암 발생은 반대로 대조지역과 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 이상의 암 발병 현황을 보면 모든암으로 확인되었으며, 모든암에서는 노출지역에 비해 대조지역의 암 발생이 높은 경향을 확인되었으나 통계적으로 유의하게 나타났다. 반월동의 노출지역과 대조지역 주민들의 발생을 0.1% 미만의 암 발병율은 입술, 구강 및 인두암, 식도암, 위암, 대장암, 간암, 담낭 및 기타 담도암, 췌장암, 후두암, 폐암, 유방암, 자궁경부암, 자궁체부암, 난소암, 전립선암, 고환암, 신장암, 방광암, 뇌 및 중추신경계암, 갑상선암, 호치킨 림프종암, 비호치킨림프종암, 다발성골수종암, 백혈병암 등에서 확인 되었으며, 통계적으로 유의한 것은 입술, 구강 및 인두암, 식도암, 위암, 대장암, 간암, 담낭 및 기타 담도암, 폐암, 유방암, 난소암, 전립선암, 갑상선암에서는 노출지역에 비해 대조지역에서 높은 경향으로 확인되었다.

표 33. 반월동의 대조지역에 비해 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 이상의 암 발병 현황(Unit, No. (%))

구분		노출지역	대조지역	p-value*
모든 암		121,291	221,003	
대상자수(명)	무	118,782(97.93)	214,938(97.26)	0.0001
발병유무	유	2,509(2.07)	6,065(2.74)	

*Chi-square test

표 34. 반월동의 대조지역에 비해 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 미만의 암 발병 현황(Unit, No. (%))

구분		노출지역	대조지역	p-value*
입술, 구강 및 인두암		124,997	228,471	
대상자수(명)	무	124,954(99.97)	228,345(99.94)	0.0069
발병유무	유	43(0.03)	126(0.06)	
식도암		125,146	228,795	
대상자수(명)	무	125,126(99.98)	228,722(99.97)	0.0052
발병유무	유	20(0.02)	73(0.03)	
위암		124,736	227,755	
대상자수(명)	무	124,462(99.78)	226,948(99.65)	0.0001
발병유무	유	274(0.22)	807(0.35)	
대장암		124,740	227,707	
대상자수(명)	무	124,447(99.77)	226,969(99.68)	0.0001
발병유무	유	293(0.23)	738(0.32)	
간암		124,690	228,115	
대상자수(명)	무	124,431(99.79)	227,554(99.75)	0.0242
발병유무	유	259(0.21)	561(0.25)	
담낭 및 기타 담도암		125,125	228,752	

대상자수(명)	무	125,048(99.94)	228,568(99.92)	0.0478
발병유무	유	77(0.06)	184(0.08)	
체장암		125,093	228,682	
대상자수(명)	무	124,989(99.92)	228,467(99.91)	N.S.
발병유무	유	104(0.08)	215(0.09)	
후두암		125,135	228,767	
대상자수(명)	무	125,116(99.98)	228,733(99.99)	N.S.
발병유무	유	19(0.02)	34(0.01)	
폐암		124,902	228,253	
대상자수(명)	무	124,623(99.78)	227,567(99.70)	0.0001
발병유무	유	279(0.22)	686(0.30)	
유방암		58,831	112,935	
대상자수(명)	무	58,509(99.45)	112,217(99.36)	0.0250
발병유무	유	322(0.55)	718(0.64)	
자궁경부암		59,124	113,452	
대상자수(명)	무	59,063(99.90)	113,326(99.89)	N.S.
발병유무	유	61(0.10)	126(0.11)	
자궁체부암		59,205	113,634	
대상자수(명)	무	59,137(99.89)	113,502(99.88)	N.S.
발병유무	유	68(0.11)	132(0.12)	
난소암		59,086	113,443	
대상자수(명)	무	59,007(99.87)	113,240(99.82)	0.0273
발병유무	유	79(0.13)	203(0.18)	
전립선암		65,636	114,700	
대상자수(명)	무	65,476(99.76)	114,305(99.66)	0.0002
발병유무	유	160(0.24)	395(0.34)	
고환암		65,894	115,075	
대상자수(명)	무	65,885(99.99)	115,062(99.99)	N.S.
발병유무	유	9(0.01)	13(0.01)	
신장암		125,099	228,709	
대상자수(명)	무	125,028(99.94)	228,540(99.93)	N.S.
발병유무	유	71(0.06)	169(0.07)	
방광암		125,081	228,690	
대상자수(명)	무	125,001(99.94)	228,539(99.93)	N.S.
발병유무	유	80(0.06)	151(0.07)	
뇌 및 중추신경계암		125,094	228,670	
대상자수(명)	무	125,035(99.95)	228,552(99.95)	N.S.

발병유무	유	59(0.05)	118(0.05)	
갑상선암		124,528	227,590	
대상자수(명)	무	124,180(99.72)	226,616(99.57)	0.0001
발병유무	유	348(0.28)	974(0.43)	
호치킨림프종암		125,158	228,829	
대상자수(명)	무	125,155(100.00)	228,818(100.00)	N.S.
발병유무	유	3(0.00)	11(0.00)	
비호치킨림프종암		125,076	228,668	
대상자수(명)	무	124,999(99.94)	228,511(99.93)	N.S.
발병유무	유	77(0.06)	157(0.07)	
다발성골수종암		125,159	228,825	
대상자수(명)	무	125,140(99.98)	228,775(99.98)	N.S.
발병유무	유	19(0.02)	50(0.02)	
백혈병암		125,099	228,747	
대상자수(명)	무	125,063(99.97)	228,657(99.96)	N.S.
발병유무	유	36(0.03)	90(0.04)	

*Chi-square test

3.1.5 반월동의 대조지역 대비 조사지역의 암 질환 발생 위험비

- 반월동에서 연구의 결과에 따르면, 2008년을 시작 시점으로 하여 23개의 만성질환과 24개의 암 질환에 대해 5년간의 추적 등의 wash-out을 구축한 자료를 적용하여 코호트를 dynamic cohort로 주상병 코드와 부상병 코드를 적용하여 코호트를 구축하였고, 노출지역 대비 대조지역 각각에서의 암 질환 발생 위험비(hazard ratio)를 산출하여 다음과 같은 결과를 정리하고자 한다. 위험비의 산출을 2가지로 표로 분석하였는데, 여기서 보정(공변수)을 통해 유무에 따른 모델인 Crude Model과 연령, 성별, 소득을 보정한 모델인 Adjust Model을 적용하여 결과를 각각 도출을 통해 결과를 만들었다. Crude Model을 확인한 결과 후두암(HR, 1.061; 95% CI, 0.605-1.860), 자궁체부암(HR, 1.033; 95% CI, 0.771-1.384), 고환암(HR, 1.252; 95% CI, 0.535-2.930), 방광암(HR, 1.015; 95% CI, 0.774-1.330)에서는 각각에서는 발생 위험비가 높은 경향으로 확인되었으나 통계적으로 유의하지 않았다.

표 35. 반월동의 대조지역 기준 노출지역 주민들의 발생을 0.1% 이상의 암 질환 발생 위험

	Crude Model			Adjust Model ^a		
	HR	95% CI	p-value	HR	95% CI	p-value
모든 암	0.787	0.751-0.824	N.S.	0.875	0.835-0.917	N.S.

HR:hazard ratio($\exp(\beta)$). CI:confidence interval.

^a연령을 보정. ^b연령, 소득, 직종을 보정.

N.S. : Not Significant

- 그리고 끝으로 암 질환 발생 위험비(hazard ratio)를 산출결과 중에 연령, 성별, 소득을

보정한 모델인 Adjust Model을 적용한 결과에서는 췌장암(HR, 1.089; 95% CI, 0.860-1.378), 후두암(HR, 1.257; 95% CI, 0.714-2.211), 담낭 및 기타 담도암(HR, 1.006; 95% CI, 0.769-1.315), 자궁경부암(HR, 1.036; 95% CI, 0.762-1.410), 자궁체부암(HR, 1.076; 95% CI, 0.802-1.445), 고환암(HR, 1.205; 95% CI, 0.513-2.829), 방광암(HR, 1.222; 95% CI, 0.928-1.608), 뇌 및 중추신경계암(HR, 1.028; 95% CI, 0.747-1.415), 비호치킨림프종암(HR, 1.028; 95% CI, 0.780-1.356)에서는 각각에서는 발생 위험비가 높은 경향으로 확인되었으나 통계적으로 유의하지 않았다.

표 36. 반월동의 대조지역 기준 노출지역 주민의 발생율 0.1% 미만의 암 발생 위험비

	Crude Model			Adjust Model ^a		
	HR	95% CI	p-value	HR	95% CI	p-value
입술, 구강 및 인두암	0.654	0.462-0.924	N.S.	0.732	0.516-1.036	N.S.
식도암	0.523	0.319-0.857	N.S.	0.602	0.366-0.991	N.S.
위암	0.645	0.563-0.740	N.S.	0.730	0.636-0.839	N.S.
대장암	0.756	0.661-0.866	N.S.	0.881	0.769-1.010	N.S.
담낭 및 기타 담도암	0.797	0.611-1.040	N.S.	1.006	0.769-1.315	N.S.
간암	0.879	0.758-1.018	N.S.	0.981	0.845-1.139	N.S.
췌장암	0.924	0.731-1.167	N.S.	1.089	0.860-1.378	N.S.
후두암	1.061	0.605-1.860	N.S.	1.257	0.714-2.211	N.S.
폐암	0.776	0.675-0.892	N.S.	0.938	0.815-1.080	N.S.
유방암	0.892	0.782-1.017	N.S.	0.929	0.814-1.061	N.S.
자궁경부암	0.962	0.708-1.306	N.S.	1.036	0.762-1.410	N.S.
자궁체부암	1.033	0.771-1.384	N.S.	1.076	0.802-1.445	N.S.
난소암	0.776	0.598-1.006	N.S.	0.789	0.607-1.025	N.S.
전립선암	0.751	0.625-0.902	N.S.	0.934	0.775-1.125	N.S.
고환암	1.252	0.535-2.930	N.S.	1.205	0.513-2.829	N.S.
신장암	0.806	0.611-1.064	N.S.	0.876	0.663-1.158	N.S.
방광암	1.015	0.774-1.330	N.S.	1.222	0.928-1.608	N.S.
뇌 및 중추신경계암	0.954	0.698-1.304	N.S.	1.028	0.747-1.415	N.S.
갑상선암	0.683	0.604-0.772	N.S.	0.703	0.622-0.796	N.S.
호치킨림프종암	0.527	0.147-1.888	N.S.	0.383	0.084-1.739	N.S.
비호치킨림프종암	0.937	0.713-1.231	N.S.	1.028	0.780-1.356	N.S.
다발성골수종암	0.726	0.428-1.232	N.S.	0.852	0.500-1.450	N.S.
백혈병암	0.764	0.519-1.125	N.S.	0.804	0.543-1.190	N.S.

HR:hazard ratio($\exp(\beta)$). CI:confidence interval.

^a연령을 보정. ^b연령, 소득, 직종을 보정.

N.S. : Not Significant

4. 반월동 주민 환경오염 노출·영향평가 결과

4.1 노출평가

4.1.1 설문지 결과

■ 반월동 중심으로 설문지의 특징에 따른 결과

- 지역주민 총 35명 중에서 15명의 탈락자를 제외한 설문조사에 참여하였다. 노출 구분 별로 살펴보면, 반월동 지역에서 20명으로 그 외에 지역인 8명을 제외한 결과를 중심으로 환경 및 개인의 특성 등의 자료를 통한 노출에 다양한 설문 중심으로 1차 진행을 완료 후 대기 및 수질의 상태의 지역주민 건강에 미치는 영향에 대하여 인과관계를 조사하는 것으로서, 주민 여러분의 요구와 지역사회 구성원들의 노력으로 이루어졌습니다. 남자(15명), 여자(5명)로 분포하고 있으며, 나이 평균 41.1세로 확인되었다.

표 37. 가정 현황에 대한 설문조사의 빈도와 성별에 따른 상관관계 결과

문항		Mean (95% CL Mean)	P-value*
성별 VS 평균 집안(실내)에 있는 시간	15(남자)	3.46(2.54-5.46)	0.0069
	5(여자)	1.34(0.80-3.86)	
성별 VS 알레르기 비염	15(남자)	0.51(0.37-0.83)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 거주지역 주변의 환경에 만족	15(남자)	0.68(0.50-1.07)	N.D
	5(여자)	0.71(0.42-2.03)	
성별 VS 대기오염	15(남자)	0.83(0.61-1.31)	N.D
	5(여자)	0.84(0.50-2.40)	
성별 VS 악취	15(남자)	0.92(0.67-1.44)	0.0523
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	
성별 VS 수질오염	15(남자)	0.77(0.57-1.22)	0.0039
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 토양오염	15(남자)	0.83(0.61-1.32)	0.007
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 소음 및 진동	15(남자)	0.83(0.61-1.32)	N.D
	5(여자)	0.84(0.50-2.40)	
성별 VS 폐기물	15(남자)	0.99(0.73-1.56)	N.D
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	
성별 VS 반월동의 공단 주변 지역(인지)	15(남자)	0.52(0.38-0.81)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 환경오염이 귀하의 건강영향	15(남자)	0.95(0.69-1.53)	0.0524
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	

표 38. 가정 현황에 대한 설문조사의 빈도와 성별에 따른 상관관계 결과(계속)

문항		Mean (95% CL Mean)	P-value*
성별 VS 살고 있는 건축년도	15(남자)	12.0(8.36-21.0)	N.D
	5(여자)	5.4(3.21-15.4)	
성별 VS 사는지 몇 년	15(남자)	16.19(11.14-29.56)	N.D
	5(여자)	3.97(2.38-11.42)	
성별 VS 집(주택) 종류	15(남자)	0.70(0.52-1.11)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 평소 환기방법	15(남자)	8.66(6.34-13.65)	N.D
	5(여자)	4.21(2.39-15.7)	
성별 VS 무더울 때(여름)	15(남자)	8.77(6.42-13.82)	N.D
	5(여자)	10.63(6.02-39.65)	
성별 VS 추울 때(겨울)	15(남자)	2.42(1.78-3.82)	N.D
	5(여자)	1.11(0.63-4.13)	
성별 VS 페인트 칠 (니스 칠 등)	15(남자)	0.35(0.26-0.55)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 카펫 설치(또는 제거)	15(남자)	0.45(0.27-1.29)	N.D
	5(여자)	0.21(0.16-0.31)	
성별 VS 장판, 천장, 벽지 등 교체	15(남자)	0.46(0.34-0.72)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 새 가구 교체	15(남자)	0.52(0.38-0.81)	N.D
	5(여자)	0.71(0.42-2.03)	
성별 VS 집에서 가장 가까운 도로	15(남자)	0.59(0.43-0.94)	0.0524
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	
성별 VS 흡연자	15(남자)	0.52(0.38-0.81)	N.D
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	
성별 VS 카펫트 유무	15(남자)	0.4(0.3-0.7)	N.D
	5(여자)	0.5(0.3-1.6)	
성별 VS 공기청정기 사용	15(남자)	0.52(0.38-0.81)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 방향제 사용	15(남자)	0.35(0.26-0.55)	N.D
	5(여자)	0.45(0.27-1.29)	
성별 VS 모기향 사용	15(남자)	0.35(0.26-0.55)	N.D
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	
성별 VS 몸에 땀이 날 정도의 운동	15(남자)	0.35(0.26-0.55)	N.D
	5(여자)	0.55(0.33-1.57)	
성별 VS 가벼운 운동을 정기적(분)	15(남자)	21.48(15.01-37.69)	0.0172
	5(여자)	5.77(3.01-36.28)	

*T-test 검정, N.S.; not significant

■ 반월동 중심으로 실내환경의 특징에 따른 결과

- 설문 중심으로 지역주민 총 35명과 주변 산업단지에 거주민 17명으로 나누어 비교 평가하였으며, 거리는 반경 5Km 내외인 점으로 경계지역을 나누지 않았다. 이는 반월동에서 근무하며, 출퇴근 후 타지역 이동이 30%이며, 시화반월 근로자를 제외하면서 전체 의견을 수렴하여 가정의 환경을 확인한 결과이다. 측정 시점은 여름을 제외한 7월부터 12월에 진행하였으며, 1일 전에 청소 및 환기의 조건으로 평상시의 생활환경의 조건으로 진행을 당부하여 특이점을 고려할 필요가 없었다. 온도에서는 평균 52가구(23.8℃)에서 확인되었으며, 습도에서는 평균 52가구(35.6%), PM10에서는 평균 52가구(21.0), PM2.5에서는 평균 52가구(8.94), endotoxin에서는 평균 52가구(7296.2), bacteria에서는 평균 52가구(98.0), fungi에서는 평균 52가구(75.1)에서 결과를 확인하였다. 전체 대상자의 설문을 유도하였으나 개인의 동의가 없어 이중에서 20가구 만 설문지 협조로 진행하게 되었다.

표 39. 조사에 참여한 52가구 가정환경의 평균, 표준편차 결과

변수	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
온도(℃)	52	23.78182	1.860142	16.9	27.2
습도(%)	52	35.59091	10.25471	16.2	58.1
PM10(µg/m³)	52	21.01364	9.103988	8.2	52.1
PM2.5(µg/m³)	52	8.943182	4.241895	2.6	19.4
내독소(endotoxin, ng/mL)	52	7296.18	15739.67	291.8	88622
총부유세균(µg/m³)	52	98.04545	63.72939	19.4	352.2
곰팡이(CFU/m³)	52	75.11136	85.17323	4.8	444.4

표 40. 실내환경의 온도 변화에 따른 습도, 미세먼지, 총부유세균, 곰팡이 농도의 상관관계

문항(온도 vs 각 항목)	Average	Mean (95% CL Mean)	P-value*
습도(%)	high	35.46(7.71-14.32)	N.D
	low	35.72(8.25-15.32)	
PM10(µg/m³)	high	21.16(7.53-13.99)	N.D
	low	20.86(6.61-12.28)	
PM2.5(µg/m³)	high	9.20(4.10-7.62)	0.0066
	low	8.68(2.21-4.11)	
내독소(endotoxin, ng/mL)	high	8608.6(15056.4-27967.2)	0.0108
	low	5983.8(8451.2-15698.1)	
총부유세균(µg/m³)	high	102.1(63.2-117.4)	0.0013
	low	94.0(30.1-56.0)	
곰팡이(CFU/m³)	high	73.3(77.3-143.7)	N.D
	low	76.9(53.0-98.4)	

*T-test 검정, N.S.: not significant

4.1.2 대기측정 결과

■ 대기오염 측정 및 분석을 위한 결과

- 조사대상 지역(반월동) 중심으로 각각 CJ제일제당 안산공장, 유진기업, 삼미산업(주)에서 측정을 위해서 6일간 측정을 하였으며, 이에 대한 정보는 다음과 같다.

표 41. 조사에 참여한 52가구 가정환경의 평균, 표준편차 결과

	온도(°C)	27.4
	습도(%)	42.8
	TSP 흡입유량(m³)	1470
	TSP 유량참값(m³)	1441.6
	CJ제일제당 안산공장	
	미세먼지(TSP)(mg/m³)	65.70
	TVOCs(ppm)	1641.5
	SO2(ppm)	0.11
	NO2(ppm)	0.14
평균값	유진기업	
	미세먼지(TSP)(mg/m³)	46.70
	TVOCs(ppm)	911.4
	SO2(ppm)	0.10
	NO2(ppm)	0.11
	삼미산업(주)	
	미세먼지(TSP)(mg/m³)	53.75
	TVOCs(ppm)	1051.9
	SO2(ppm)	0.11
	NO2(ppm)	0.14

- CJ제일제당 안산공장, 유진기업 및 삼미산업에서 측정결과에 따르면, 각각 미세먼지(TSP)의 결과는 65.70(mg/m³), 46.70(mg/m³), 53.75(mg/m³)로 확인되었다. 그리고 TVOCs에서는 각각의 결과는 1641.5(ppm), 911.4(ppm), 1051.9(ppm)로 확인되었다. SO2(ppm)에서는 각각의 결과는 0.11(ppm), 0.10(ppm), 0.11(ppm)로 확인되었다. 끝으로 NO2(ppm)에서는 각각의 결과는 0.14(ppm), 0.11(ppm), 0.14(ppm)로 확인되었다. 성별에 따른 농도의 노출 결과와의 상관관계는 없었다.

표 42. 중금속 분석을 위한 ICP-MS용 베릴륨, 코발트, 셀레늄, 은, 카드뮴 외에 납까지의 검출 결과(단위, µg/kg)

분석장비	ICP-MS																	
	분석물질	Be	Co	Se	Ag	Cd	In	Sb	W	Ni	As	Sn	Ca	Ti	Cr	Mn	Cu	Zr
Sample-1	N.D	298.1	406.0	38.8	283.8	N.D	402.8	170.7	1207.3	777.8	3450.0	15953.0	14952.8	5003.4	13703.0	30137.1	6681.1	8711.5
Sample-2	N.D	216.9	455.0	32.8	205.5	N.D	323.3	189.5	1829.7	792.6	1803.0	21033.8	21355.2	3333.7	15366.7	15609.8	N.D	8927.4
Sample-3	N.D	405.6	1106.6	90.7	470.4	N.D	451.4	277.6	2268.0	1513.8	3836.9	27854.3	28637.2	3664.3	24631.3	22773.9	853.7	16879.0
Sample-4	N.D	417.3	1036.7	60.1	526.9	N.D	721.6	535.9	2666.2	1837.3	6919.5	34444.3	34643.5	9931.0	32638.4	46701.1	4389.2	15880.3
Sample-5	N.D	336.6	892.8	28.8	210.1	N.D	282.6	73.9	2293.5	633.4	2816.3	21600.3	23463.6	4062.2	18115.1	12911.0	480.4	7709.1
Sample-6	N.D	329.2	940.3	26.0	264.6	N.D	357.5	68.0	3470.2	703.8	3648.5	21808.3	21564.6	8046.7	20204.9	27063.7	2273.0	13296.7
Sample-7	N.D	334.4	805.5	34.3	217.0	N.D	368.0	49.5	1765.2	483.7	3073.9	21957.2	22060.2	3746.0	17775.8	17939.7	1539.5	8155.9
Sample-8	N.D	255.1	812.4	30.2	252.9	N.D	519.3	83.9	1821.3	554.0	5091.4	21890.4	21999.2	6150.7	18822.0	29608.4	3882.6	44739.0
Sample-9	N.D	251.9	411.0	28.9	215.3	N.D	547.5	105.2	1027.4	1150.0	3728.7	24578.3	24248.8	2907.9	15477.4	20330.9	6091.7	3587.8
Sample-10	N.D	351.6	441.0	23.8	155.6	N.D	239.2	85.7	2219.1	1424.1	1179.1	25588.7	25268.2	3711.5	16969.7	10348.0	N.D	4597.9
Sample-11	N.D	226.6	181.8	8.0	96.3	N.D	339.5	49.8	822.7	293.4	2731.1	21668.2	21722.9	1757.6	12487.9	16002.4	2461.1	2306.2
Sample-12	N.D	378.1	250.7	20.2	111.2	N.D	254.7	39.7	3517.8	852.8	1421.6	25440.3	24900.9	6555.7	14413.1	12682.8	1649.8	3473.6
Sample-13	N.D	250.8	264.6	16.0	161.2	N.D	505.7	51.8	1480.3	1057.5	4176.6	26210.9	25530.5	4913.8	15500.8	34604.7	3613.3	3146.7
Sample-14	N.D	339.1	199.2	8.7	55.8	N.D	137.9	26.9	4024.0	303.2	606.2	20790.3	20080.2	5641.9	12145.3	4788.2	N.D	2899.5
Sample-15	N.D	191.3	281.3	10.7	110.3	N.D	488.6	154.1	710.3	268.8	2413.9	24713.9	24550.5	3519.2	12976.9	30123.8	1762.1	2457.0
Sample-16	N.D	133.3	134.8	7.8	63.5	N.D	183.3	22.8	466.4	21.3	1861.4	20206.8	20535.5	1156.0	11423.1	11568.8	675.6	1887.8
Sample-17	N.D	196.7	198.5	20.1	206.8	N.D	295.5	352.5	925.1	414.1	3648.9	18191.9	18038.7	5189.4	9274.2	28404.3	2106.2	3334.8
Sample-18	N.D	203.7	323.3	21.4	211.9	N.D	285.4	134.1	1049.7	828.6	2875.3	18747.9	19009.7	4350.7	11635.5	21227.8	7984.7	7439.9
Sample-19	N.D	175.0	158.5	27.0	112.3	N.D	245.0	59.9	711.7	871.8	2718.8	24660.7	24593.0	3578.7	13185.6	19227.9	490.8	3826.0
Sample-20	N.D	92.5	302.5	12.4	168.3	N.D	182.9	270.7	851.3	97.0	1535.0	5748.2	6021.9	1723.4	5665.3	8355.3	23.1	2589.6

표 43. 중금속 분석을 위한 ICP-OES용 알루미늄, 철, 칼륨, 아연, 마그네슘, 바륨, 나트륨, 수은의 검출 결과(단위, µg/kg)

분석장비	ICP-OES							mercury analyzer
	Al	Fe	K	Zn	Mg	Ba	Na	
분석물질								Hg
Sample-1	N.D	834143.5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	9.3
Sample-2	N.D	722102.0	N.D	N.D	55047.7	N.D	N.D	39.8
Sample-3	N.D	1201134.9	N.D	N.D	51161.8	N.D	N.D	20.2
Sample-4	N.D	1661160.8	N.D	N.D	183421.9	N.D	N.D	4.3
Sample-5	N.D	783938.1	N.D	N.D	103032.9	N.D	N.D	20.2
Sample-6	N.D	998830.7	N.D	N.D	117948.1	N.D	N.D	10.9
Sample-7	N.D	957317.8	N.D	N.D	67967.0	N.D	N.D	14.0
Sample-8	N.D	1070969.1	N.D	N.D	111859.1	N.D	N.D	9.2
Sample-9	N.D	1028472.6	N.D	N.D	138468.2	N.D	N.D	10.3
Sample-10	N.D	840591.2	N.D	N.D	218512.6	N.D	N.D	1.6
Sample-11	N.D	900749.6	N.D	N.D	179651.6	N.D	N.D	19.4
Sample-12	N.D	896857.7	N.D	N.D	93403.8	N.D	N.D	3.6
Sample-13	N.D	1210858.1	N.D	N.D	157449.6	N.D	N.D	4.1
Sample-14	N.D	719156.7	N.D	N.D	86751.8	N.D	N.D	9.6
Sample-15	N.D	808789.3	N.D	N.D	245571.1	N.D	N.D	3.3
Sample-16	N.D	606548.3	N.D	N.D	55187.0	N.D	N.D	4.0
Sample-17	N.D	742840.7	N.D	N.D	103707.7	N.D	N.D	6.2
Sample-18	N.D	721204.7	N.D	N.D	150227.8	N.D	N.D	2.1
Sample-19	N.D	858917.5	N.D	N.D	82087.1	N.D	N.D	5.2
Sample-20	N.D	309094.3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	7.5

- CJ제일제당 안산공장(1-8), 유진기업(9-14) 및 삼미산업(15-20) 측정결과에 따른 세부 중금속을 분석한 결과 각 면, 각각 미세먼지의 결과의 특성은 여지 속 중금속 무게 (ng) = 분석농도 (ng/ml) X 20ml (희석배수) X 4 (여지 1/4 분석)이며, Be, In은 미량으로 인한 불검출처리가 된 것으로 확인 되었다. 그리고 Al, K, Zn, Ba, Na은 Blank 여지에서 대부분 시료와 비슷하게 검출됨으로 N.D 처리함. Mg의 경우 Blank 여지에서 높은 수준으로 검출되고 있는 것으로 확인되었다. 끝으로 중금속 분석을 위한 ICP-MS용($\mu\text{g}/\text{kg}$) 각각 평균값 결과는 Co(269.2), Se(480.1), Ag(27.3), Cd(205.0), Sb(356.6), W(140.1), Ni(1756.4), As(743.9), Sn(2976.8), Ca(22154.4), Ti(22158.9), Cr(4447.2), Mn(15620.6), Cu(21020.5), Zr(2762.2), Pb(8292.3)로 확인되었다. 중금속 분석을 위한 ICP-OES용($\mu\text{g}/\text{kg}$)에서 평균값이 Fe(893683.9), Mg(122303.1), Hg(10.2)로 확인되었다.

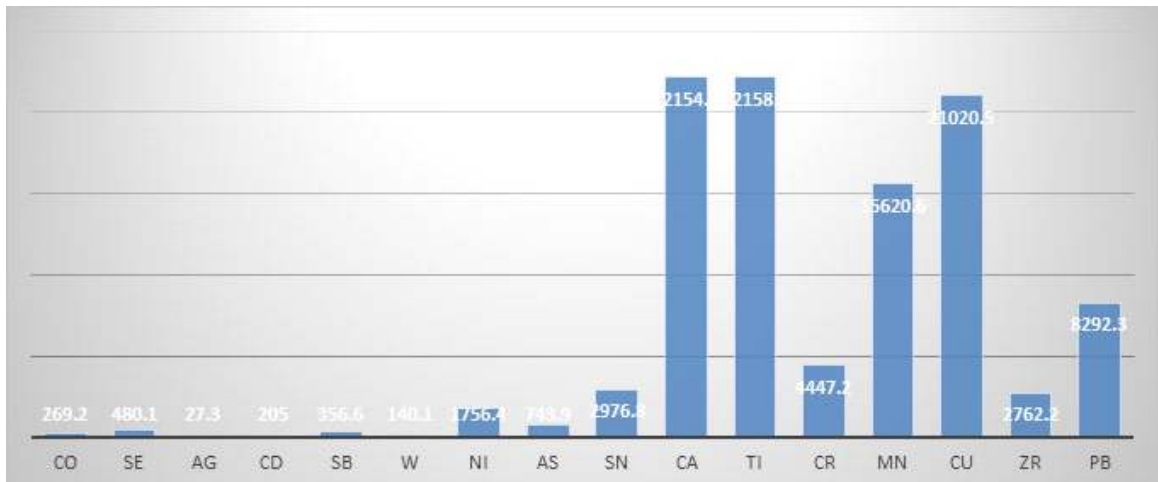


그림 35. 중금속 분석을 위한 ICP-MS용 검출 결과(단위, $\mu\text{g}/\text{kg}$)



그림 36. 중금속 분석을 위한 ICP-OES용 검출 결과(단위, $\mu\text{g}/\text{kg}$)

■ 대기오염 측정결과와 설문지의 상관관계 확인

- 설문지의 문항에서 반월동의공단 주변 지역으로 인한 분야별 환경오염 및 피해 사항에 대한 심각성을 묻는 질문에서 예와 아니오에 따른 대기오염 농도의 결과를 확인하였다.

표 38. 설문지의 민원에 따른 인식도 조사의 미세먼지, VOCs, SO₂, NO₂의 농도의 상관관계

문항		Mean (95% CL Mean)	P-value*
대기오염이 심각 VS 미세먼지 (TSP)(mg/m ³)	10(예)	12.72(8.75-23.22)	N.D
	10(아니오)	19.08(13.12-34.83)	
대기오염이 심각 VS TVOCs(ppm)	10(예)	847.5(582.9-1547.1)	N.D
	10(아니오)	530.1(364.6-967.7)	
대기오염이 심각 VS SO ₂ (ppm)	10(예)	-	N.D
	10(아니오)	0.0173(0.0119-0.0316)	
대기오염이 심각 VS NO ₂ (ppm)	10(예)	0.058(0.040-0.107)	N.D
	10(아니오)	0.085(0.059-0.156)	

*T-test 검정, N.S.: not significant

4.1.3 수질측정 결과

■ 수질오염 측정 및 분석을 위한 결과

- 반월천 중심으로 최근 4년간(2018년 ~ 2021년)의 자료를 기반으로 온도(°C), 수소이온 농도(pH), DO(mg/L), 전기전도도($\mu\text{s}/\text{cm}$), BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L), T-N(mg/L), T-P(mg/L), Chl-a(mg/L), TOC(mg/L)의 결과를 확인 하였다. 이는 안산시청의 측정 결과로서 평균의 농도를 중심으로 분석한 결과값을 상관관계의 통계적으로 해석하였으며, BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L)의 반월저수지 아래, 삼미산업 근처, 반월천 수질 자동측정소 앞에서 평균 한 값에서 평균(Mean, 95% CL Mean)의 각각 0.45, 0.98, 3.20으로 나왔으며, 이는 0.0045, 0.0522, 0.0026로 T-test 검정의 결과로 유의미 하게 나왔다. 그리고 Chl-a(mg/L)에서도 반월천 수질자동측정소 앞의 평균(18.05)에서도 동일하게 통계적으로 상관관계가 있는 것으로 확인 되었다(P=0.0012).

표 45. 반월천 상세 모니터링의 하천수질 모니터링 검사 결과(2018년 ~ 2021년)

항목	위치	지점	평균 값	Mean	P-value*
				(95% CL Mean)	
온도(°C)	상	반월저수지 아래	14.17	8.89 (6.51-14.02)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
수소이온 농도(pH)	상	반월저수지 아래	7.30	0.35 (0.26-0.55)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
DO(mg/L)	상	반월저수지 아래	9.51	1.93 (1.41-3.04)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	상	반월저수지 아래	906.60	425.2 (311.3-670.6)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
BOD(mg/L)	상	반월저수지 아래	2.30	0.45 (0.33-0.71)	0.0045
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
COD(mg/L)	상	반월저수지 아래	6.50	0.98 (0.72-1.54)	0.0522
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
SS(mg/L)	상	반월저수지 아래	10.91	3.20 (2.35-5.05)	0.0026
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
T-N(mg/L)	상	반월저수지 아래	4.54	1.15 (0.84-1.82)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
T-P(mg/L)	상	반월저수지 아래	0.11	0.04 (0.03-0.06)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
Chl-a (mg/L)	하	반월천 수질자동측정소 앞	36.16	18.05 (13.21-28.46)	0.0012
TOC(mg/L)	하	반월천 수질자동측정소 앞	3.43	1.32 (0.97-2.09)	N.D

*T-test 검정, N.S.; not significant

- 그리고 끝으로 반월천, 안산천, 화정천, 신길천을 전체 묶음의 평균으로 확인 한 결과에서도 반월천과 동일하게 BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L), Chl-a(mg/L)가 각각의 평균(Mean, 95% CL Mean)에서 1.30(0.78-3.74), 1.01(0.61-2.91), 13.07(7.83-37.56), 88.7(53.2-255.0)로 나왔으며, 그 외에 전기전도도($\mu\text{s}/\text{cm}$)와 T-P(mg/L)에서도 통계적으로 각각의 평균에서 130.0(77.9-373.4), 0.10(0.06-0.29) 유의하게 나왔다. 그러나 대기와 같은 설문지 중심으로 하천의 평균과의 상관관계는 유의미 하지 않았다.

표 46. 반월천, 안산천, 화정천, 신길천 전체 상세 모니터링의 하천수질 모니터링 검사 결과(2018년 ~ 2021년)

항목	위치	지점	평균 값	Mean	P-value*
				(95% CL Mean)	
온도(°C)	상	반월저수지 아래	15.67	10.22 (6.12-29.36)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
수소이온 농도(pH)	상	반월저수지 아래	7.36	0.25 (0.15-0.72)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
DO(mg/L)	상	반월저수지 아래	7.91	1.50 (0.90-4.31)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
전기전도도 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	상	반월저수지 아래	938.72	130.0 (77.9-373.4)	0.0341
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
BOD(mg/L)	상	반월저수지 아래	5.35	1.30 (0.78-3.74)	0.0023
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
COD(mg/L)	상	반월저수지 아래	9.12	1.01 (0.61-2.91)	0.0275
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
SS(mg/L)	상	반월저수지 아래	16.50	13.07 (7.83-37.56)	0.0001
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
T-N(mg/L)	상	반월저수지 아래	5.16	2.10 (1.26-6.02)	N.D
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
T-P(mg/L)	상	반월저수지 아래	0.34	0.10 (0.06-0.29)	0.0101
	중	삼미산업 근처			
	하	반월천 수질자동측정소 앞			
Chl-a (mg/L)	하	반월천 수질자동측정소 앞	32.64	88.7 (53.2-255.0)	0.0001
TOC(mg/L)	하	반월천 수질자동측정소 앞	4.83	0.76 (0.46-2.20)	N.D

*T-test 검정, N.S.: not significant

표 47. 설문지의 성별에 따른 미세먼지, VOCs, SO₂, NO₂의 농도의 상관관계

문항		Mean (95% CL Mean)	P-value*
온도(°C)	14(예)	9.02(6.54-14.52)	N.D
	6(아니오)	10.29(6.42-25.24)	
수소이온 농도(pH)	14(예)	0.33(0.24-0.53)	N.D
	6(아니오)	0.36(0.22-0.87)	
DO(mg/L)	14(예)	1.87(1.36-3.02)	N.D
	6(아니오)	1.90(1.18-4.66)	
전기전도도(μ S/cm)	14(예)	304.70(220.90-490.90)	N.D
	6(아니오)	511.60(319.30-1254.70)	
BOD(mg/L)	14(예)	1.01(0.73-1.63)	N.D
	6(아니오)	0.41(0.26-1.02)	
COD(mg/L)	14(예)	1.16(0.84-1.86)	N.D
	6(아니오)	0.93(0.58-2.29)	
SS(mg/L)	14(예)	10.02(7.26-16.14)	N.D
	6(아니오)	3.91(2.44-9.59)	
T-N(mg/L)	14(예)	1.45(1.05-2.34)	N.D
	6(아니오)	1.37(0.86-3.36)	
T-P(mg/L)	14(예)	0.07(0.05-0.11)	N.D
	6(아니오)	0.05(0.03-0.12)	
Chl-a(mg/L)	14(예)	67.91(49.23-109.40)	N.D
	6(아니오)	24.47(15.27-60.01)	
TOC(mg/L)	14(예)	1.16(0.84-1.87)	N.D
	6(아니오)	1.49(0.93-3.66)	

*T-test 검정, N.S.: not significant

5. 반월동 주민 결과 소통, 고찰 및 결론

5.1 지역주민 소통

5.1.1 설문지 결과

■ 반월동 중심으로 설문지 대상자에게 결과지 통보 및 건강에 영향인식도 변화

- 지역주민 총 28명 중에 협조에 따른 결과와 지역의 역학조사에 따른 결과물의 환경에 대한 인식의 변화를 위한 다각도의 노력을 마련하기 위해 향후 협의체 및 환경부의 과제를 통한 지역의 모니터링을 다각도의 노력을 수행하는 결과로서, 알릴 수 있는 홍보물의 영향으로 2차 3차 컨설팅과 향후 보안을 할 수 있는 기회를 마련하고자 한다.

▶ 측정대상 : 민단비 A16-072-M

▶ 측정지점 : 집구류 (매트리스, 담요, 이불 등), 집안 실내공기

▶ 측정항목 : 온도, 습도, 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5}), 집먼저 진드기 (Der f1), 집먼저 중 엔도톡신, 중부유세균(세균, 곰팡이)

▶ 측정결과 :

측정항목	기준 및 권고치	측정치
온도 (°C)	17 - 28	26.1
습도 (%)	40 - 60	47
미세먼지 (㎍/㎥)	PM ₁₀	150
	PM _{2.5}	[65]
중부유세균(cfu/m ³)	부유 세균	800 억/㎥
	부유 곰팡이	[500 억/㎥]
집먼저 진드기 (ng/g)	Der f1	[2,000 억/㎥]
엔도톡신 (EU/g)	기준없음	3255

※ 기준 및 권고치는 다중이용시설등의 실내공기질 관리법상의 기준이며, []표시는 권고치임.

집먼저 진드기란?

- 집먼저 진드기는 가마귀에 속하는 것으로 크기는 0.1~0.3 mm 정도로 사람의 눈으로는 구별하기 어렵습니다.
- 사람의 비듬, 각질 등을 먹어로 온도와 습도에 민감하게 반응하여 햇빛을 싫어하고 침대 매트리스, 천 소파, 카펫, 의류, 천으로 된 가구에 살고 있습니다.
- 일반 가정에서 천 소파(403마리/g), 카펫(317마리/g), 담요(298마리/g), 이불(2마리/g) 정도 서식하는 것으로 알려져 있습니다.
- 대표적인 증상은 알레르기 증상으로 아토피, 알레르기 천식, 알레르기 비염, 결막염, 두통입니다.

내독소(Endotoxin)란?

- 균체 독소라고도 합니다.
- 균이 생존하고 있는 동안은 균체 독소는 세포막을 통해서 확산하지 않으나 균이 사멸 - 파괴되면 독소는 균체 허로 유출됩니다.
- 알레르기 반응에 있어도 생체에 주사하여도 독소를 중화시킬 항체를 만들지 않습니다.
- 균체의 독소보다 독성이 약하며 균 종류에 따른 특이성은 있으나 세균이 기지는 병발성과 같은 관련성을 가지고 있습니다.

온도/습도

우려집 실내 온도는 26.1 °C이며, 기준 범위를 만족하고 있습니다.
우려집 실내 습도는 47 %이며, 기준 범위를 만족하고 있습니다.

온도 및 습도가 적정 범위를 벗어나면, 불쾌감이 생길 수 있습니다. 특히 습도가 낮거나 60% 이하가 되면 곰팡이나 진드기가 발생하기 쉬우므로 항상 일정한 습도를 유지해 주어야 합니다.

- 실내온도는 17-28 °C를 유지하여 미생물 서식에 적당하지 않도록 합니다
- 상대습도는 40-60 %가 생활하기 적당하며, 권장시 습은 수건이나 가습기를 이용하여 건조하지 않도록 하는 것이 좋습니다.
- 집안청소를 하는 경우엔 실내 습도를 일정부분 유지시켜 주고 오습된 실내 공기를 정확히는 표기를 볼 수 있습니다.

미세먼지

집 실내 미세먼지 PM₁₀ 농도는 16.1 μg/m³으로 기준치 이하입니다.
집 실내 미세먼지 PM_{2.5} 농도는 1.4 μg/m³으로 기준치 이하입니다.

- 미세먼지는 호흡기계 및 심혈관 질환을 일으키며 크기가 작을수록 (PM_{2.5}<PM₁₀) 인체에 위해가 큽니다.
- 일기예보를 꼼꼼히 챙겨 강한 황사나 바람이 예상되는 날에는 장문을 닫아놓는 것이 좋습니다.
- 창세기 사용 시 창문을 열어놓고 사용하고, 창세기 틀 고를 때 미세먼지가 발생하지 않는지 확인합니다.
- 수시로 집안을 물걸레로 닦아주면 먼지가 발생하는 것을 줄일 수 있습니다.
- 물을 자주 마시는 개인적 관악계 수분을 공급함으로써 먼지로 인한 점막의 손상을 막을 수 있습니다.

과거 결과 통보 및 컨설팅 예시(활용)

그림 37. 지역주민의 소통에 따른 결과지 발송(가안)

5.2 고찰 및 결론

4.1.1 고찰

- 본 연구는 2021년에 안산시의 협조를 통한 안양대학교와 과거자료를 적용 및 대상자의 선정을 협조한 고려대학교 안산병원을 통한 연구진의 코로나 19로 어려움을 통한 52가구를 대상으로 환경측정 및 실내환경요인에 따른 설문조사를 하였고, 38가구 중 20가구를 대상으로 설문지를 실시하여, 실내 환경유해물질 농도를 측정하였다. 가정 내의 온·습도 및 주택의 특성 및 종류, 건축년도 등과 같은 환경영향인자와 천식과의 관련성을 평가하였다.
- 전체 중 환경성 질환의 중증도의 1차적 해석은 2010년 GINA 가이드라인(Global

Strategy For Asthma Management and Prevention uptodate 19.3 overview of asthma management)에 따라 천식의 조절 단계로 구분함(1단계 간헐적인 증상은 천식 증상이 주1회 이하로 나타나며 증상이 악화의 짧은 편 또는 야간 천식 증상 유발은 월 2회 이하 등으로 경증 지속성에 따른 증상 발생이 의사의 소견으로 확인하게 되었으며, 이를 대상으로 협조가 어려운 상황에 최대한 20명을 분류하여 진행한 것으로 매우 의미가 있는 것이고, 아울러 천식 및 환경성 질환의 중요한 변수로 확인하는 차원에 다양한 분석을 위한 노력에 앞서 결과적으로 과거에 이러한 분석의 틀이 이루어지지 않았으며, 이러한 자료를 중심으로 무엇보다 가정을 방문하여 실내 환경유해물질 중 온습도, 극 초미세먼지, 초미세먼지, 미세먼지, 곰팡이 및 세균의 특성을 고려하여 측정 모니터링의 결과가 거의 없는 것으로 알려져 있다.

- CALPUFF 확산모델을 이용한 대상지역의 오염물질 확산분포를 확인은 대상 지역의 특성에 따른 공단 및 반월동을 중심으로 주변 연간 바람장미도 분석 결과 연간 주풍향은 고른 분포로 나타났던 자료에 따르면, 서풍과 북서풍이 각각 8 및 7m/s로 비교적 높게 나타난 것이 특징을 확인하였고 이에 전체적으로 겨울의 측정결과를 적용하는 관점에서는 동쪽으로 오염물질 확산분포가 나타났다.
- 이는 위의 노출이자의 자료를 기반으로 확인 한 바람장의 영향으로 대상지역으로부터 배출된 오염물질은 주로 안산시 원곡동, 초지동 및 신길동이 주된 영향권의 자료를 분석을 1차 하여, 반월동의 직접영향을 주는 인자의 비교 자료를 기반으로 오염물질 발생지점 및 발생 농도로 인해 타지역 비해 오염물질 농도가 비교적 높은 것으로 확인되었다. 향후 장기적인 자료를 취합에 있어 중요한 자료의 지표가 될 것으로 생각된다.
- 대상지역을 중심으로 반월동 주변의 산업단지가 위치한 자료를 종합적으로 검토한 결과로서는 대기오염물질 배출량 총량은 최근 5년(2014~2018년)간 누적배출량은 VOC(100,032,371kg), NOx(35,12,266kg), SOx(15,560,240kg) 등의 순으로 높은 것으로 조사되어 향후 대기오염물질 배출량은 점오염원 40.2%, 면오염원 23.6%, 선오염원 17.8%인 것을 고려하여 대기의 중요한 인자 중심으로 중금속 및 화학물질의 측정 결과를 지속적인 관찰이 이루어져야 할 것으로 생각되며, 이는 최근 자료를 통한 결과 중에서 2017년 CAPSS 자료를 기반으로 누적배출량은 CO(191,734kg), NOx(504,048kg), SOx(4,186kg), TSP(953,243kg), PM10(287,265kg), PM2.5(51,937kg), VOC(42,381kg), NH3(99,439kg), BC(1,538kg) 등에서도 동일한 경향성을 확인되어 졌던 것은 배출원 분류에 따른 대기오염물질 배출량은 비산먼지, 유기용제 사용, 도로이동오염원, 생산공정, 기타 면오염원의 중요성을 인지해야 할 것으로 생각된다.
- 최근 민원 중심으로 확인한 결과 소통을 위해 자료를 10년(2010년 ~ 2019년)간 경기도 안산시 상록구 반월동 지역의 측정망 데이터는 SO2 농도는 국가미세먼지정보센터에서 자료제공이 가능한 정왕동을 적용하여, 경기도 평균, 전국 평균, 주요 도시 평균 모두 지난 10년간 연간 기준치인 0.02ppm으로 조사되어 향후 이 지점의 중요한 변수의 중요한 미세먼지의 관리가 이루어져야 할 것으로 생각된다.
- 환경성의 질환 중심으로 확인된 23개의 만성질환과 24개의 암 질환에 대해 5년간의 추적 등의 wash-out을 구축한 자료를 적용하여 코호트를 dynamic cohort로 주상병 코드

와 부상병 코드를 적용하여 코호트를 구축한 결과 암 질환 발생 위험비(hazard ratio)를 산출결과 중에 연령, 성별, 소득을 보정한 모델인 Adjust Model을 적용한 결과에서는 췌장암(HR, 1.089; 95% CI, 0.860-1.378), 후두암(HR, 1.257; 95% CI, 0.714-2.211), 담낭 및 기타 담도암(HR, 1.006; 95% CI, 0.769-1.315), 자궁경부암(HR, 1.036; 95% CI, 0.762-1.410), 자궁체부암(HR, 1.076; 95% CI, 0.802-1.445), 고환암(HR, 1.205; 95% CI, 0.513-2.829), 방광암(HR, 1.222; 95% CI, 0.928-1.608), 뇌 및 중추신경계 암(HR, 1.028; 95% CI, 0.747-1.415), 비호치킨림프종암(HR, 1.028; 95% CI, 0.780-1.356)에서는 각각에서는 발생 위험비가 높은 경향으로 확인되었으나 통계적으로 유의하지 않았지만 향후 이런 환경의 노출에 따른 환경성 질환을 확인할 필요가 있으며, 무엇보다 Crude Model과 Adjust Model의 동시에 일관되게 나타나 결과에서는 기타 상기도 질환, 비염이 확인된 결과를 기반으로 이러한 질환의 노출 인자의 다양한 환경을 검토해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

- 이후 수질 및 지하수의 다양한 자료를 검토하기 위한 반월천, 안산천, 화정천, 신길천을 전체 묶음의 평균으로 확인한 결과에서도 반월천과 동일하게 BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L), Chl-a(mg/L)가 각각의 평균(Mean, 95% CL Mean)에서 1.30(0.78-3.74), 1.01(0.61-2.91), 13.07(7.83-37.56), 88.7(53.2-255.0)로 나왔으며, 그 외에 전기전도도($\mu\text{s}/\text{cm}$)와 T-P(mg/L)에서도 통계적으로 각각의 평균에서 130.0(77.9-373.4), 0.10(0.06-0.29) 유의하게 나왔다. 향후 다양한 정밀 조사를 통한 장기적인 모니터링이 필요하며, 발월동에 주변의 역학을 위한 지역거점의 수질 모니터링이 중요하게 다루어져야 할 것으로 생각된다.
- 결과적으로 증상 어느 한 가지 오염원에 영향을 받는다고보다는 다양한 오염변수의 종합적인 변화보다 다양한 환경의 노출 인자와 직접적인 개인의 특성을 고려하는 장기적인 모니터링으로 향후 지속적인 관리와 함께 자료를 검토할 필요가 있을 것으로 생각되며, 코로나19로 인해 협조를 다소 했지만, 설문지의 대면과 다양한 어려움으로 측정의 결과에 최선으로 적용하여 정책에 반영하여 연관될 수 있다는 점에서 모델링을 통한 상호 연관성 및 예측 가능성을 분석하는 것이 필요하다고 생각된다.

4.1.2 결론

- 반월동 중심으로 대기 및 수질을 기반으로 하여 설문지와 상관관계
 - 지역주민의 결과 및 대기의 직접적인 측정의 결과를 확인 결과는 CJ제일제당 안산공장, 유진기업 및 삼미산업에서 측정에서는 통계적으로 의미 있는 것은 확인하지 못하였으며, 기준치 이하의 결과를 확인하여, 설문지의(환경 중 대기의 심리적인 영향) 결과 중에서 미세먼지(TSP)와 TVOCs, SO₂ 및 NO₂에서 의미가 없었다. 이는 한시즌이 아닌 4개의 시즌별 추이를 확인해 볼 필요가 있으며, 향후 대상지역을 비교지역간의 평가지표도 확인하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 다만 수질과 건강의 영향 인자에서는 유의미한 결과로서 좋은 방향을 제시할 수가 있었다. 이는 최근 대기는 미세먼지 수질 중 악취에서 주민들의 민원을 위한 방향에 있어 정밀 조사를 할 필요가 있는 것

으로 확인된 것으로 반월천 중심으로 최근 4년간(2018년 ~ 2021년)의 결과를 보면, BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L)의 반월저수지 아래, 삼미산업 근처, 반월천 수질자동 측정소 앞에서 주민의 심리적인 영향과 성별에 따른 영향 인자를 확인한 결과이다. 이는 반월천, 안산천, 화정천, 신길천을 전체 묶음의 평균으로 확인한 결과에서도 반월천과 동일하게 BOD(mg/L), COD(mg/L), SS(mg/L), Chl-a(mg/L) 의미가 있는 것으로 확인되었으며, 한편으로 전기전도도($\mu\text{s}/\text{cm}$)와 T-P(mg/L)에서도 의미가 있는 것으로 향후 지역의 천의 관리가 주요한 변수로 확인되었다.

- 끝으로 건강에 영향이 미치는 것으로 보면, 반월동의 노출지역에 따른 만성질환 발생 위험비를 확인한 결과 뇌혈관질환, 기타 상기도 질환 및 비염에서 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이는 호흡기 질환에 영향을 주는 것으로 환경에 주요한 지표로 생각해 보면, 대기의 정밀조사 및 다른 지역간의 영향을 확인해 봐야 할 것이다. 반월동의 암에서는 영향을 미치는 것은 없으나, 후두암, 자궁체부암, 고환암 및 방광암 중심으로 위험요인으로 분류될 것으로 생각된다.

5장. 연구결과의 활용계획

1. 기대성과

- 개인 노출 및 건강영향 평가를 통해 안산시 / 반월동 지역주민의 유해물질 노출수준을 보다 정확히 파악할 수 있음.
- 안산시 반월동 지역주민의 환경오염 노출수준 및 그에 의한 건강상태를 모니터링 기능을 지속하고 시간에 따른 변이 양상을 평가할 수 있으며 노출과 건강영향 간 연관성 규명을 통하여 환경보건 문제를 확인할 수 있음.
- 안산시 반월동 주변 지역주민의 노출실태와 건강영향을 지속적으로 평가하고 주민들에게 통보함으로써 궁극적으로 환경오염에 대한 인식을 제고할 기회를 제공함
- 지역사회 주민들에게 자신들의 환경에 대한 알 권리를 제공하며 정부 또는 공단과의 분쟁의 소지를 없애주고 궁극적으로 삶의 질을 향상시킬 수 있음.
- 반월동 주변의 사업장으로 인한 민원의 환경오염과 관련된 건강영향을 규명하는데 기초자료로 활용할 수 있음.

2. 활용방안

- 환경보건법 제15조의 환경관련 건강피해의 역학조사 등에 대한 규정을 기반으로 국가 산업단지 환경오염 노출 및 건강영향 조사 사업의 타당성 및 지속성 제시할 수 있음.
- 국가산업단지 주변환경과 반월동의 사업장을 통해 지속적인 지역주민, 지자체와의 위해 소통 기회를 제공할 수 있음.
- 반월동 주변 지역주민의 노출실태와 건강영향을 지속적으로 평가함으로써 궁극적으로 환경오염에 대한 인식을 재고할 기회를 제공할 수 있음.
- 지역사회 주민들에게 자신들의 환경에 대한 알 권리를 제공하고 정부 또는 공단과의 분쟁의 소지를 줄여 궁극적으로 삶의 질을 향상시킬 수 있음.
- 환경오염과 건강과의 관련성에 대한 객관적인 정보를 제공함으로써 주민들의 막연한 불안감을 해소할 수 있음.
- 본 연구사업의 결과를 토대로 안산시 반월동의 환경오염과 관련된 정책 수립에 중요한 기초자료로 활용할 수 있고, 이를 토대로 환경오염에 직·간접적으로 노출될 수 있는 지역주민에 대한 환경보건 관리대책에 활용할 수 있음
- 본 연구에서 적용한 연구방법론은 공업단지가 아닌 다른 환경매체에 의한 건강영향평가 연구에 적용할 수 있음.
- 지속적인 DB 구축을 통한 연계 추적조사 및 코호트 구축을 통해 향후 다양한 환경역학 연구에서 활용이 가능함.

부 록

■ 연구추진계획

연구 내용	연구 담당	추진일정(개월)												연구비 (천원)	비고		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1				
입찰공고 및 계약체결	안양대			■													
자문위원 구성 및 착수보고	안양대																
세부계획수립 및 IRB 심의	안양대			■	■												
지역소통 협의체 구성	안양대			■	■												
지역사회 설명회	안양대			■	■												
유해대기오염물질 모니터링 (배출원 조사)	강원대			■	■												
유해대기오염물질 대기모델링(선행자료 적용)	강원대			■	■												
주민 건강영향조사 (빅데이터 코호트 구축, 분석)	안양대			■	■	■	■	■	■	■	■						
주민 환경오염 노출·영향평가	안양대 및 고려대, 충북대			■	■	■	■	■	■	■	■						
중간보고회	안양대						■										
최종보고회	안양대											■					
최종 보고서 작성 및 제출	안양대											■					
사업진도(%)			10%		50%			70%				100%					
연구비(천원)			10,000		20,000			10,000				10,000				50,000	

주 의

1. 이 보고서는 안산녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 안산녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.