

2018년도
최종보고서

과제고유번호 18-08-02-01-15

시화산업단지 대기유해물질 배출현황조사

장 현 섭



환경부지정
시흥녹색환경지원센터
Siheung Green Environment Center

제 출 문

시흥녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “시화산업단지 대기유해물질
배출현황조사”에 관한 최종보고서를 제출합니다.

연구기관명 : 성균관대학교 산학협력단

연구책임자 : 장 현 섭

연구 원 : 방 선 애, 성 해 창, 황 정 재

시화산업단지 대기유해물질
배출현황조사

장 현 섭

시흥녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

- 본 연구는 반월·시화에 위치한 대기배출사업장을 대상으로 특정 대기 유해물질과 악취의 배출현황과 주변지역에 미치는 영향을 조사하여 지역주민들의 대기 및 악취관련 민원의 주요 원인을 파악하고 지역주민의 체감오염도를 완화하기 위해 사업장 관리에 적용할 구체적인 대처방안을 마련하는 것이다.

II. 연구의 필요성 및 목적

- 반월시화 공업단지는 수도권에 인구와 산업시설이 밀집을 분산하기 위하여 조성된 단지로 2015년 기준 약 19,000개소의 산업시설이 입주해 있다.
- 이들 산업시설의 업종별 분포를 살펴보면 조립금속 13858개소, 석유화학 1382개소, 섬유·의복 534개소, 목재 종이 인쇄 251개소, 폐기물 처리시설 7개소로 구성되어 전체의 약 전체 산업시설의 85%를 차지한다(산업자원부고시 제 2015-283호).
- 반월시화 산업단지는 다양한 업종이 모여 형성된 대규모 산업단지로 각종 생산활동과정에서 발생하는 유해대기 오염물질과 악취원인물질이 산업단지에 인접한 주거 지역으로 유입되어 민원이 빈번하게 발생하고 있다.
- 또한 산단지역과 주거지역의 농도를 분석한 결과 벤젠을 제외한 대부분의 VOC는 산단지역이 주거지역보다 2~5배 정도 높아서 이는 산단지역의 산업활동에서 기인했다는 것을 확인할 수 있다.
- 유해대기오염물질에 상시로 노출될 가능성이 있는 공단 근로자와 주거지역 주민의 건강 위해성을 고려하지 않을 수 없다.
- 본 연구의 목적은 반월시화 공단 내에서 주로 나타나는 냄새의 특성과 유해대기 오염물질의 배출량에 대한 조사를 통해 위해성 여부와 저감방안을 도출할 필요가 있으며 이를 토대로 종합적인 관리대책을 마련하는데 기초자료로 활용하기 위함이다.

III. 연구의 내용 및 범위

1) 반월·시화 산업단지의 환경관련계획 및 기존자료 분석

- 위치, 행정구역 별 면적, 배출업소수, 업종별 악취유발물질 및 배출량, 인근영향 지역의 인구 및 주거 현황 등 기본현황을 조사
- 반월·시화 산업단지 주변지역의 최근 3년간 대기 및 악취민원의 발생현황을 분석 (민원의 유형, 시설, 물질, 악취특성, 계절, 시간대, 기상 기후 등).

2) 배출시설 관련 정보수집

- 과거에 진행된 대기 및 악취 실태조사 결과와 연구자료 등을 수집하여 분야별로 분류한 후 대기 및 악취관련 정책과 계획 수립에 필요한 데이터 추출
- 인허가 서류 (신고필증) 수집 및 검토

3) 반월·시화 산업단지 대기 유해물질 배출현황 조사

- 정성/정량적 분석이 가능한 대기 유해물질 파악 (HAPs 및 악취 포함)

4) 유해대기오염물질 배출원 및 배출량 파악

- 시화·반월 산업단지 지역의 TRI 자료를 바탕으로 물질별 주요 배출원 및 배출량 파악

5) 사업장에 맞는 저감방안 도출

- 대기배출시설에 대한 배출시설 및 공정 파악

IV. 연구결과

- 반월·시화 산업단지 내에 위치한 23개 업종을 대상으로 사업장 배출구에서 유해 대기오염물질과 악취를 조사하였다.
- 조사 대상물질은 안산시, 공단관리사업소와 협의하여 HAPs와 악취물질을 포함하여 19종을 선정하였으며 사전 문헌조사를 통해 업종별로 발생되지 않는 물질은 제외하거나 주로 발생하는 물질은 추가하여 분석하였다.
- 업종별로 주요 배출시설 조사목록을 구성하였으며, 업체별 인허가 서류 등을 통해 주요 배출공정과 원료물질, 예상 배출량 등을 조사 정리하였다.
- 조사 대상 물질에 대한 정도관리를 진행하였으며 일부 물질은 대기공정시험기준에 규정되어 있지 않아 해외 분석방법 등 관련 자료를 바탕으로 분석절차서 (SOP)를 작성하였다.
- 대기유해물질의 경우, 대부분의 업체에서 배출허용기준을 만족하는 수준으로 측

정되었으며 악취관리도 양호한 것으로 조사되었다.

- 업종별로 대기유해물질과 악취배출현황의 차이는 크지 않은 것으로 조사되었다.

V. 연구결과의 활용계획

- 반월·시화 산업단지 관내 오염물 발생지역의 현황 및 악취 관리방안 마련하는데 활용하고자 하며 공단지역 등의 유해대기 물질 배출 실태조사에 기초자료로 활용할 수 있다.
- 또한 주요 대기 및 악취 배출원에 대한 악취관리 방안 모색하고 시화·반월 산업단지 대기 및 악취 배출업체의 업종별 또는 분야별 배출 DB 확보할 수 있다.
- 최종적으로는 오염물질 및 배출 특성에 따른 업종별 또는 분야별 대기 및 악취 관리 방안 제시하는데 활용한다.

<본문목차>

제 1 장 서론	1
1. 연구의 필요성	1
1.1 악취관련 민원의 증가	1
2. 연구개발 목표 및 내용	5
2.1 연구개발의 최종 목표	5
2.2 연차별 연구개발목표 및 내용	5
제 2 장 반월·시화 사업단지 일반 현황	7
1. 일반 현황	7
1.1 지역현황 및 환경여건	7
1.1.1 자연적 사회적 현황 및 특성	7
1.1.2 지역환경여건 변화추이	8
1.1.3 주변지역 및 국가적, 국제적 환경여건 변화 전망	8
2. 환경적 현황	9
2.1 산단 주변 악취특성	9
3. 산업단지 관련 계획	10
3.1 환경관련계획 및 시책 검토	10
3.2 시화 MTV 대기개선 로드맵	11
3.2.1 로드맵 시행에 따른 악취개선효과 평가 및 개선방안 제시	11
3.2.2 기업실정에 맞는 저감대책 추진을 통한 악취개선효과 제고	12
제 3 장 연구수행내용 및 방법	14
1. 조사 대상물질 및 업체 선정	14
1.1 조사 대상 물질 선정	14
1.2 조사 대상 업체 선정	16
2. 조사 및 분석방법	19
2.1 시료채취 방법	19
2.1.1. VOCs (휘발성유기화합물) 시료채취	19

2.1.2 중금속 시료채취	21
2.1.3 무기물 시료채취	22
2.2 분석 방법	24
2.2.1. VOCs 분석방법	24
2.2.2 중금속 분석방법	27
2.2.3 무기물 분석방법	28
2.3 산업단지 주변의 악취 조사	30
2.3.1 대상지점의 선정	30
2.3.2 현장후각측정을 위한 격자 구성	33
2.3.3 격자별 현장 조사	33

제 4 장 연구 결과 **35**

1. 업종별 유해 물질 배출 특성 조사결과	35
1.1 업종별 주요 유해물질에 관한 문헌조사	35
1.2 업체별 일반 현황 조사 결과	39
2. 유해 대기물질의 특성 조사결과	98
2.1 중금속 류	98
2.1.1 카드뮴	98
2.1.2 납 및 그 화합물	100
2.1.3 크롬 및 그 화합물	102
2.1.4 니켈 및 그 화합물	104
2.2 무기성 물질	105
2.2.1 시안화수소	106
2.2.2 염소 및 염화수소	107
2.2.3 불소화합물	107
2.3 휘발성 물질	109
2.3.1 염화비닐	109
2.3.2 페놀 및 그 화합물	110
2.3.3 벤젠	111
2.3.4 디클로로메탄	113

2.3.5 포름알데히드	113
2.4 산업단지 내 악취현황 조사 결과	116
2.4.1 산업단지 내 악취 분포 조사 결과	116
2.4.2 조사 대상 업체의 악취 조사 결과	117
제 5 장 연구결과의 활용계획	121
1. 기대효과	122
2. 활용계획	122
제 6 장 참 고 문 헌	124
제 7 장 부 록	127
주의문	148

<표목차>

<표 1.1> 주거지역과 산단지역의 주요 유해대기오염물질 농도	1
<표 1.2> 연도별 악취 민원발생 현황	3
<표 1.3> ‘14년 악취배출시설별 악취 민원발생 현황(민원건수 상위 10개 업종순) 4	
<표 3.1> 특정유해대기물질(대기환경보전법 시행규칙 별표 2)	14
<표 3.2> 조사 대상 물질	15
<표 3.3> 조사 대상 업종 현황	16
<표 3.4> 조사 대상 업체 선정 현황	17
<표 3.5> VOCs분석을 위한 열탈착장치 및 저온 농축장치의 기기분석 조건	25
<표 3.6> VOCs분석을 위한 GC/MS의 기기분석 조건	25
<표 4.1> 조사 대상 업종별 배출물질 사전 조사 결과	35
<표 4.2> 조사 대상 업체 현황	39
<표 4.3> 대기중금속측정망 측정항목과 주기(환경부, 2011a).	98
<표 4.4> 카드뮴의 위해가중농도 순위(발암 44개 물질)	99
<표 4.5> 카드뮴의 독성관련 정보	99
<표 4.6> 카드뮴의 발암물질 독성정보 및 건강영향	99
<표 4.7> 납의 위해가중농도 순위(비발암 68개 물질)	101
<표 4.8> 크롬 및 그 화합물의 배출허용기준(입자상 물질)	102
<표 4.9> 크롬 및 그 화합물의 독성정보	103
<표 4.10> 염소 및 염화수소의 배출허용기준(가스상 물질)	106
<표 4.11> 불소화물의 배출허용기준(가스상 물질)	108
<표 4.12> 염화비닐의 배출허용기준 (가스상 물질)	109
<표 4.13> 페놀 및 그 화합물의 위해가중농도 순위(비발암 68개 물질)	110
<표 4.14> 벤젠의 배출허용기준 (가스상 물질)	111
<표 4.15> 벤젠의 위해가중농도 순위(발암 44개 물질)	112
<표 4.16> VOC 발암물질 독성정보 및 건강영향	112
<표 4.17> 포름알데하이드의 배출허용기준 (가스상 물질)	114
<표 4.18> 포름알데하이드의 위해가중농도 순위(발암 44개 물질)	114
<표 4.19> 국가산단 조사연구의 카보닐화합물관련 독성정보	114

<표 4.20> 카보닐화합물 발암물질 독성정보 및 건강영향	114
<표 7.1> 식료품 제조업 측정결과	127
<표 7.2> 섬유제품 제조업 측정결과	128
<표 7.3> 가죽, 가방 및 신발 제조업 측정결과	129
<표 7.4> 일반 제재업 등 측정결과	130
<표 7.5> 펄프, 종이 및 종이제품 제조업 측정결과	131
<표 7.6> 제판 및 조판업 측정결과	132
<표 7.7> 윤활유 및 그리스 제조업 측정결과	133
<표 7.8> 계면활성제 제조업 측정결과	134
<표 7.9> 완제 의약품 제조업 측정결과	135
<표 7.10> 산업용 비경화 고무제품 제조업 측정결과	136
<표 7.11> 포장용 유리용기 제조업 측정결과	137
<표 7.12> 1차 금속 제조업 측정결과	138
<표 7.13> 도금업 측정결과	139
<표 7.14> 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 측정결과	140
<표 7.15> 광학렌즈 및 광학요소 제조업 측정결과	141
<표 7.16> 전기장비 제조업 측정결과	142
<표 7.17> 탭, 밸브 및 유사장치 제조업 측정결과	143
<표 7.18> 그 외 기타 자동차부품 제조업 측정결과	144
<표 7.19> 가구 제조업 측정결과	145
<표 7.20> 폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업 측정결과	146
<표 7.21> 자동차 종합 수리업 측정결과	147

<그림목차>

<그림 1.1> 안산 스마트허브 내 악취 분포도 특성	2
<그림 2.1> 관련 지자체인 안산시의 지정학적 위치	7
<그림 2.2> 안산지역 3차원 지형도 및 토지이용도	8
<그림 2.3> 산단 지역내에 위치한 개방형 배출업체	9
<그림 2.4> 반월·시화 주변 도시공간 계획 구조 및 시화 MTV조감도	10
<그림 3.1> 대기 중 VOCs 시료채취절차	19
<그림 3.2> 대기 중 페놀 및 그 화합물 시료채취절차	20
<그림 3.3> 대기 중 알데하이드류 시료채취절차	20
<그림 3.4> 대기 중 중금속 시료채취절차	21
<그림 3.5> 대기 중 불소화물 시료채취절차	22
<그림 3.6> 대기 중 시안화수소 시료채취절차	22
<그림 3.7> 대기 중 염소 및 염화수소 시료채취절차	23
<그림 3.8> 대기 중 VOCs 분석절차	24
<그림 3.9> 대기 중 페놀 및 그 화합물 분석절차	26
<그림 3.10> 대기 중 알데하이드류 분석절차	26
<그림 3.11> 대기 중 중금속 분석절차	27
<그림 3.12> 대기 중 불소화물 분석절차	28
<그림 3.13> 대기 중 시안화수소 분석절차	29
<그림 3.14> 대기 중 염소 및 염화수소 분석절차	29
<그림 3.15> 산단 내의 악취 현장 측정 지점	30
<그림 3.16> 산단 내 악취평가를 위한 현장 측정지점(A Round)	31
<그림 3.17> 산단 내 악취평가를 위한 현장 측정지점(B Round)	31
<그림 3.18> 산단 내 악취평가를 위한 현장 측정지점(C Round)	32
<그림 3.19> 산단 내 악취평가를 위한 현장 측정지점(D Round)	32
<그림 4.1> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 카드뮴 측정결과 ..	100
<그림 4.2> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 납 측정결과	101
<그림 4.3> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 크롬 측정결과	103
<그림 4.4> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 니켈 측정결과	104

<그림 4.5> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 시안화수소 측정결과	105
<그림 4.6> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 염화수소 측정결과	107
<그림 4.7> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 불소화합물 측정결과	108
<그림 4.8> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 염화비닐 측정결과	109
<그림 4.9> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 페놀화합물 측정결과	110
<그림 4.10> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 벤젠 측정결과	112
<그림 4.11> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 디클로로메탄 측정결과	113
<그림 4.12> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 포름알데히드 측정결과	115
<그림 4.14> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 복합악취 측정결과	117
<그림 4.15> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 아세트알데하이드 측정결과	118
<그림 4.16> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 프로피온알데하이드 측정결과	118
<그림 4.17> 반월시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 n-발레르알데하이드 측정결과	119

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성

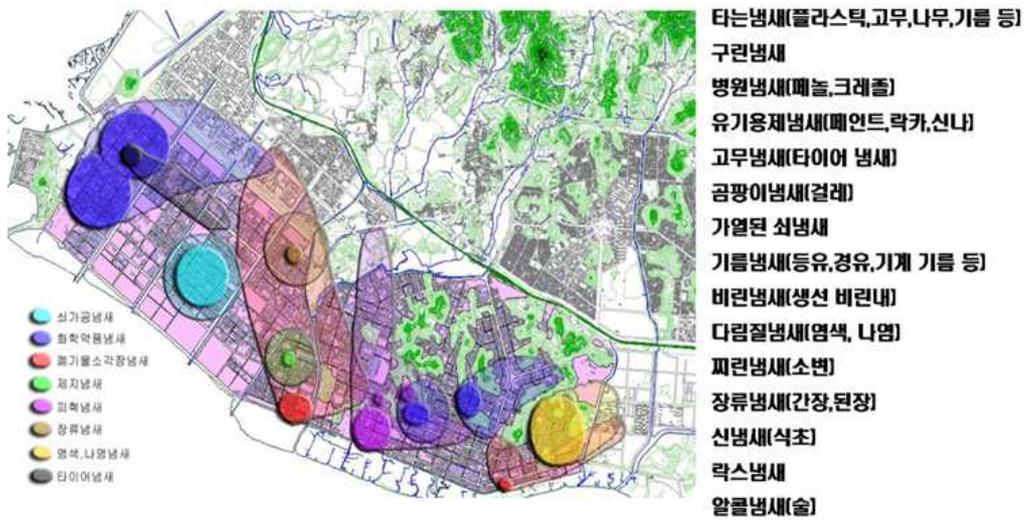
- 시화산업단지는 수도권에 인구와 산업시설의 밀집을 분산하기 위하여 조성된 단지로 2016년 기준 약 11,000개소의 산업시설이 입주해 있다.
- 이들 산업시설의 업종별 분포를 살펴보면 조립금속 6,766개소, 메카트로닉스 1,767개소, 석유화학 827개소, 섬유 의복 178개소, 폐기물 처리시설 5개소로 구성되어 전체의 산업시설의 85%를 차지한다.(산업단지 관리기본계획, 2017.12.)
- 시화산업단지는 다양한 업종이 모여 형성된 대규모 산업단지로 각종 생산 활동 과정에서 발생하는 유해대기 오염물질과 악취원인물질이 산업단지에 인접한 주거 지역으로 유입되어 민원이 빈번하게 발생하고 있다.
- 「시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구」에 따르면 반월시화의 산업단지 지역과 주거지역의 환경대기 중 VOCs 물질을 측정된 결과 VOCs 물질별 검출빈도와 평균농도로 볼 때, 벤젠과 톨루엔은 전체시료에서 100%, 에틸벤젠, 자일렌, TCE 등은 80% 이상의 시료에서 검출되었으며, 평균 농도는 톨루엔, TCE 등이 높게 나타난 것으로 연구되었다.
- 또한 산업단지 지역과 주거지역의 농도를 분석한 결과 벤젠을 제외한 대부분의 VOCs 물질은 산업단지 지역이 주거지역보다 2~5배 정도 높아서 이는 산업단지 지역의 산업 활동에서 기인했다는 것을 확인할 수 있다.
- 유해대기오염물질에 상시로 노출될 가능성이 있는 산업단지 근로자와 주거지역 주민의 건강 위해성을 고려하지 않을 수 없다.

<표 1.1> 주요 VOCs 의 주거·산업단지 지역 농도비교 (단위 : ppb)

구분	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	m,p-자일렌	o-자일렌	트리클로로에틸렌
주거지역	0.66	7.59	0.83	1.48	0.5	0.87
산단지역	0.81	16.15	1.82	3.5	1.03	4.67

- 그러나 시화 산업단지에 다양한 업종 산업시설에서 발생하는 특정대기유해물질의 대해 조사된 자료가 없어 현황 파악이 어렵고 서로 다른 업종과 시설에 대한 효과적인 배출시설 관리 방안을 도출하여 이를 이용한 종합적인 대기질관리 방안을 마련하지 못하고 있다.

- 시화산업단지에 위치한 시흥스마트허브는 조립금속, 석유화학, 섬유 의복, 폐기물 처리시설과 하수처리시설 등의 주요 악취배출 사업장으로 구분할 수 있다.
- 악취를 배출하는 배출시설은 석유화학, 폐기물처리시설, 조립기계의 도정공정 등으로 구분할 수 있으며, 주로 화학제품제조업에서 다량의 악취가 배출되는 것으로 조사된 바 있다.
- 시화산업단지 내에서 주로 나타나는 냄새의 특성은 타는냄새, 구린냄새, 병원냄새, 고무냄새, 약품냄새와 구릿한 냄새가 주를 이루고 있으며, 그 외로는 종이 썩는 냄새, 간장 및 비릿한 냄새 등의 복합적인 냄새가 많이 나는 것으로 조사된 바 있다.

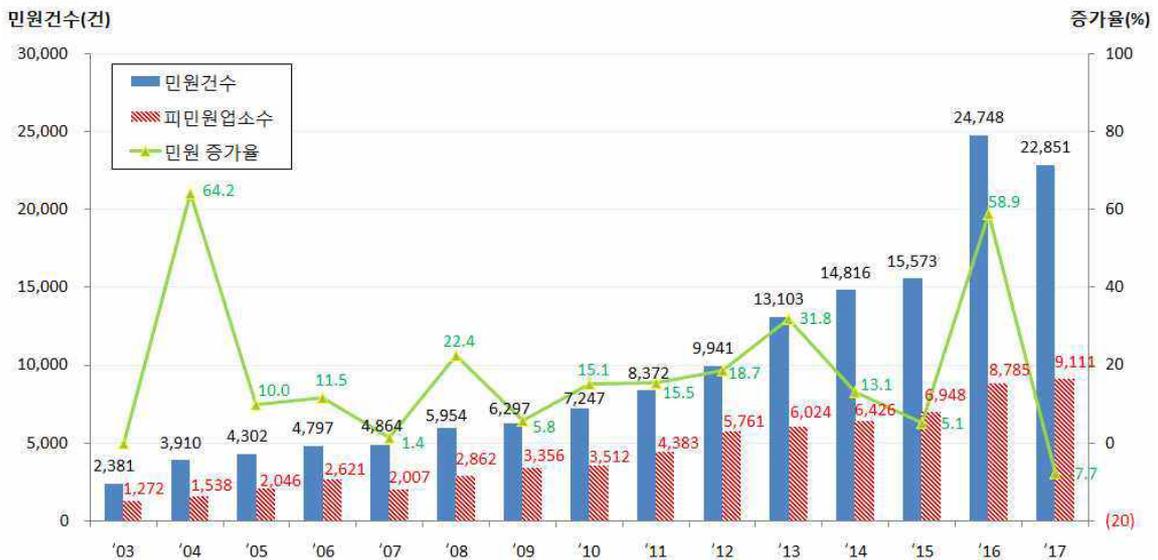


<그림 1.1> 시화 반월 산업단지의 냄새지도

- 2016년 1월 1일부터 적용된 악취관리지역 내 규제대상 사업장의 민원발생 건수는 2016년에 1,841건이었으며, 전체 민원발생건수의 7.4% 수준으로 악취방지법 시행 초기에는 연도별로 큰 차이가 없었으나, '10년부터 민원이 증가하는 추세에 있다.('10년 459건 → '16년 1,841건)
- '14년도 업종별 악취 민원은 45개 악취배출시설 중 축산시설이 가장 많은 민원(2,838건)을 차지하며, 전체민원(10,753건)의 26.4% 수준으로 모두 신고 대상시설 이외 시설이거나 규제 규모미만 악취배출시설로 나타났다<표 3>.
- 합성고무 및 플라스틱물질 제조시설, 석유정제품 제조시설, 조립금속제품·기계·기기·장비·운송장비·가구 및 그 밖의 제품 등의 표면처리시설, 고무 및 고무제품 제조시설 등이 민원 발생이 많은 배출시설로 조사되었다.

<표 2> 연도별 악취 민원발생 현황

구분	총괄		규제대상 사업장				비규제대상 사업장				원인 불명	
			악취관리 지역 내		악취관리지역 밖		악취관리 지역 내		악취관리 지역 밖			
	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	
연도	'16	24,748	8,785	1,841	284	14,060	4,510	28	24	6,013	3,967	2,806
	'15	15,573	6,948	1,354	254	7,808	3,809	37	23	4,417	2,862	1,957
	'14	14,816	6,426	2,454	420	7,102	3,420	1	1	3,514	2,585	1,745
	'13	13,103	6,024	1,821	290	5,948	3,119	5	5	3,478	2,610	1,851
	'12	9,941	5,761	692	447	4,637	2,809	5	5	3,732	2,500	875
	'11	8,372	4,383	1,376	208	3,273	2,012	28	23	2,735	2,140	960
	'10	7,247	3,512	459	192	2,706	1,363	116	113	2,977	1,844	989
	'09	6,297	3,356	433	192	2,391	1,180	4	4	2,687	1,980	782
	'08	5,954	2,862	393	128	2,278	1,219	19	14	2,241	1,501	1,023
	'07	4,864	2,007	518	124	1,508	875	-	-	1,741	1,008	1,097
	'06	4,797	2,621	359	70	1,426	721	-	-	2,080	1,830	932
	'05	4,302	2,046	1,562	600	470	400	-	-	1,209	1,046	1,061
	'04	3,910	1,538	1,411	672	-	-	-	-	502	453	1,490
	'03	2,381	1,272	681	422	387	396	-	-	466	454	848



<그림 1.3> 전국 악취 민원 발생추이(환경부 환경통계포털, 2017)

<표 3> '14년 악취배출시설별 악취 민원발생 현황(민원건수 상위 10개 업종순)

구분	총계		규제대상 악취배출 사업장								규모미만 악취배출 사업장					
			계		신고대상시설				신고대상 외시설		계		악취관리 지역내		악취관리 지역밖	
	악취관리 지역내				악취관리 지역밖		악취관리 지역밖									
	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수	민원 건수	피민원 업소수
계	10,753	4,785	9,556	3,827	2,454	420	169	12	6,933	3,395	1,197	945	1	1	1,196	944
축산시설	2,838	1,941	2,249	1,441	0	0	0	0	2,249	1,441	589	500	0	0	589	500
합성고무 및 플라스틱물질 제조시설	1,102	204	1,051	166	7	6	0	0	1,044	160	51	38	0	0	51	18
석유정제품 제조시설	977	30	971	24	892	4	0	0	79	20	6	6	0	0	6	0
조립금속제품· 기계·기타·장 비·운송장비·가 구및그 밖의 제품 등의 표면처리시설	724	466	626	385	133	125	0	0	493	260	98	81	1	1	97	79
고무 및 고무제품 제조시설	657	88	654	85	525	16	0	0	129	69	3	3	0	0	3	3
금속의 용융·제련시 설	587	154	571	138	361	40	0	0	210	98	16	16	0	0	16	16
폐기물 보관·처리시 설	548	222	523	198	52	44	47	5	424	149	25	24	0	0	25	24
섬유 염색 및 가공시설	289	204	266	195	4	3	0	0	262	192	23	9	0	0	23	9
사료 제조시설	213	93	207	88	15	5	46	1	146	82	6	5	0	0	6	5
아스팔트제품 제조시설	209	55	207	53	124	18	0	0	83	35	2	2	0	0	2	2
그 외 시설*	2,609	1,328	2,231	1,054	341	159	76	6	1,814	889	378	261	0	0	378	288

· 시화산업단지 내에서 주로 나타나는 냄새의 특성과 유해대기오염물질의 배출량에 대한 조사를 통해 위해성 여부와 저감방안을 도출할 필요가 있으며 이를 토대로 종합적인 관리대책을 마련하는데 기초자료로 활용할 필요가 있다.

2 연구개발 목표 및 내용

2.1 연구개발의 최종 목표

- 시화 산업단지 내 주요 산업시설에서 배출되는 유해대기오염물질 종류 파악
- 시화 산업단지 내 주요 산업시설에서 배출되는 유해대기오염물질 배출량 산정

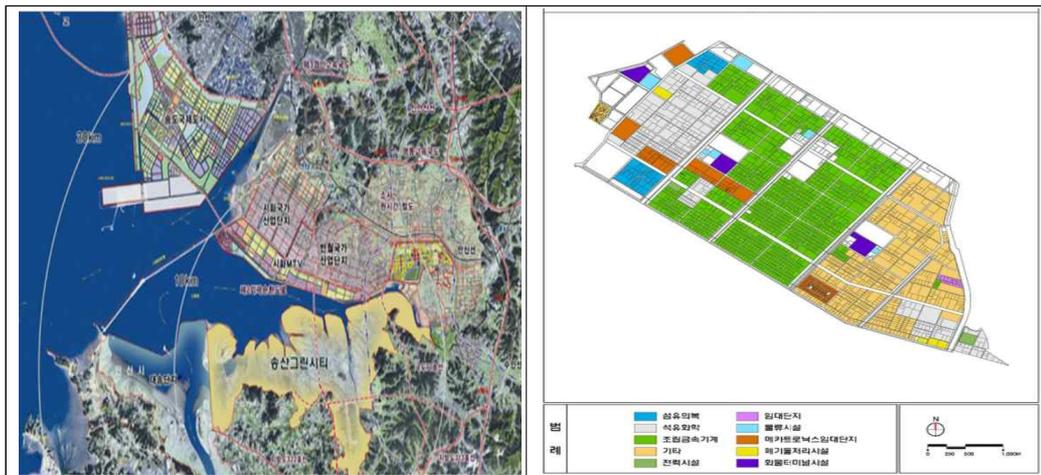
2.2 연차별 연구개발목표 및 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용	연구비
1차년도 (2018. 05. ~ 2018. 12.)	<ul style="list-style-type: none"> - 시화 산업단지 내 주요 산업시설에서 배출되는 유해대기오염물질 종류 파악 - 시화 산업단지 내 주요 산업시설에서 배출되는 유해대기오염물질 배출량 산정 	<ul style="list-style-type: none"> - 조사대상사업장의 대상 배출시설을 선정하고 유해 대기오염물질 중 중금속 6종, 무기물질 4종, VOCs 4종, 복합악취와 지정악취 VOC 4종 조사 - 유해대기오염물질과 악취물질 19 종에 대해 정량 분석 - 업종별 사업장 유해대기오염물질의 배출량 산정 - 업종별 사업장 복합악취 배출량 산정 - 업종별 유해대기오염물질에 대한 DB 구축 - 사업장별 배출현황 분석 및 저감방안 제시 	45,000

제 2 장 시화산업단지 일반 현황

1. 일반 현황

- 시화산업단지는 1980년대 수도권 정비를 위해 서울 및 수도권에 분산되어 있던 중소 규모 오염물질 발생 업종의 생산시설을 이전 수용하는 목적으로 조성된 산업단지이다.
- 시화산업단지는 인접지역에 대단위의 주거지역을 있어 다양한 오염물질 배출원과 주거지역이 매우 가까이 접하고 있다. 이런 이유로 대기오염과 악취 민원이 빈발하는 지역이기도 하다.
- 최근 산업단지 주변의 대규모 택지개발로 지속적인 인구 증가가 예상되며 이로 인하여 대기오염과 악취로 인한 민원 발생가능성을 현재보다 높을 것을 예상된다.
- 여수나 울산 등의 대기업 중심의 산업단지는 각 사업장별로 환경관리를 담당하는 부서가 있어 환경 전문 인력을 배치하여 체계적으로 환경관리를 하고 있으나, 시화반월산업단지는 중소기업 중심으로 형성되어 있어 환경관리 전담부서를 별도로 설치하고 있지 않은 사업장이 대부분이다.



<그림 2> 시화산업단지 위치와 업종별 분포도

- 또한 환경 관리 인력이 운용하고 있다할지라도 다른 업무와 병행하여 환경관리 업무를 하는 경우가 많아 전문성이 결여되고, 근무환경이 열악하여 이직률이 높아 체계인 방지시설 운영 및 유지관리가 쉽지 않은 것이 현실이다.
- 업종별 배출시설의 특성을 고려하지 않은 일률적인 관리방법의 제시로는 이와 같은 상황에서 효율적인 대기오염 배출원관리와 오염물질배출량 저감이 어렵다.

- 이러한 문제점들을 해결하며 보다 향상된 대기 환경을 유지하기 위해서는 주요 환경오염물질 배출시설 조사대상 업종(23개 업종)의 유해대기오염물질과 악취 배출 특성을 파악하고 산정된 오염물질 배출량 자료를 활용하면 보다 향상된 효율적인 저감방안을 모색 가능하며, 시화반월산업단지 만의 특화된 맞춤형 대기 관리 방안 도출로 주민과 산업체가 공존 가능한 친환경 산업도시로 지속 발전이 가능하다.

2. 환경적 현황

- 시흥스마트허브는 조립금속, 석유화학, 섬유 의복, 폐기물처리시설과 하수처리장 등의 주요 악취배출사업장으로 구분할 수 있다.
- 악취를 배출하는 관리대상 업종으로는 석유화학, 폐기물처리시설, 조립기계의 도장공정 등으로 구분할 수 있으며, 주로 화학제품제조업에서 다량의 악취가 배출되는 것으로 조사된 바 있다.
- 공단 내에서 주로 나타나는 냄새의 특성은 타는냄새, 구린냄새, 병원냄새, 고무냄새, 약품냄새와 구릿한 냄새가 주를 이루고 있으며, 그 외로는 종이 썩는 냄새, 간장 및 비릿한 냄새 등의 복합적인 냄새가 많이 나는 것으로 조사된 바 있다.
- 시화산업단지 내에서 주로 나타나는 냄새의 특성과 대기유해물질의 배출량에 대한 조사를 통해 위해성 여부와 저감방안을 도출할 필요가 있으며 이를 토대로 종합적인 관리대책을 마련하는데 기초자료로 활용할 수 있다.
- 악취의 원인 및 특성으로는 사업체별, 생산공정별로 다양한 특성이 나타나고 있으며, 주로 피혁공장에서는 공정 특성상 육지방 및 원피 등의 원료를 사용하므로 원료의 부패 등의 원인으로 사업장에서 부득이하게 악취가 발생하고 있다.
- 특히 대부분의 피혁공장은 중소기업이나 영세업체 수준으로 공장내 대규모 악취방지시설을 설치할 수 있는 부지가 협소할 뿐만 아니라, 초기투자비가 고가이므로 업체에서 경제적 부담 등을 이유로 악취방지시설 설치 및 운영을 꺼리는 경우가 주로 발생하고 있으며, 일부 사업장에서는 개방형으로 보관하여 악취가 주변지역으로 확산되어 영향을 주는 경우가 일부 존재하고 있다.



<그림 3> 산단 지역내에 위치한 개방형 배출업체

3. 산업단지 관련 계획

- 시화지구의 경우 대규모 배출시설의 시설개선 등의 영향으로 2002년대비 2008년의 악취배출량은 상당량 감소된 것으로 나타나고 있다.
- 그러나 장기적으로 시화 MTV가 준공된 이후 다수의 산업체가 입주함에 따라 절대적인 악취배출량이 증가할 것으로 예상할 수 있다.
- 따라서 시화지구 지속가능발전 협의회에서는 정부·사업자(시화 MTV 사업 및 송산그린시티 개발추진)와 환경악화를 우려한 개발을 반대하는 시민사회단체와의 갈등을 해소하고 조정하기 위하여 시화지구 대기개선 로드맵을 수립하고 있다.
- 기본적인 로드맵은 악취제거 및 악취저감을 주 목적으로 하고 있으며, 이를 위하여 악취현황 모니터링 기능이 내재된 중소규모 사업장의 시설개선 사업 및 배출시설 현황조사, 대기·악취 현황 모니터링 기능 중심의 사업추진을 기초적인 로드맵으로 구성하여 신재생 에너지 센터 건립, 대기개선기금 지원, 악취공공시설 개선 및 완충녹지의 보완, 주민모니터링 등의 여러 활용가능한 악취제어에 사업비를 집행하여 효과적인 악취저감 및 개선효과를 기대하고 있다.
- 신재생 에너지 센터는 중소규모 악취배출업체 방지시설 운영개선 및 신재생 에너지 생산이 복합된 개선대책으로써, 산업단지에 위치한 사업장의 방지시설 개선 대신 운영방식 개선을 통한 사업장의 경제적 부담을 경감하고 환경개선을 기대하고 있다.
- 신재생 에너지 센터 운영은 저온의 열풍을 이용하여 폐활성탄에 흡착된 오염물질의 탈착을 유도하여 활성탄을 재생하는 것에 초점을 맞추어 재생된 활성탄을

시세보다 저가에 사업장에 공급할 수 있으며, 또한 활성탄의 물리적 기능 손실 없이 재생이 가능하여 반복 흡탈착 성능 검증 및 먼지발생을 저감하는 효과를 기대하고 있다.

- 신재생 에너지 센터가 준공되면 악취를 발생하는 영세 사업장에서 비용 및 관리 문제로 악취저감장치를 운영하는데 가지고 있던 비용적 부담을 덜수 있으며, 따라서 보다 능동적인 활성탄 교환주기의 관리 및 교환으로 악취방지시설 효율적 운영등을 통한 실질적인 악취발생량을 감소시킬 것으로 기대하고 있다.



<그림 4> 시화 주변 도시공간 계획 구조 및 시화 MTV조감도

- 또한, 염색단지 개선대책 대상의 방지시설 후단에 실시간 악취측정장비를 설치하여 상시 모니터링을 통하여 활성탄 교체주기를 파악함으로 보다 능동적인 악취방지시설을 운영할 것으로 예상할 수 있다.
- 주기적으로 시화 반원 산단내 악취배출시설의 신고사업장을 전수조사하고 그 결과를 DB로 구성하여 행정기관 지도 및 대기개선대책의 자료로 활용함으로써 중장기적으로 악취발생량의 변화 및 악취를 유발하는 시설의 위치의 변화를 파악하고 비교 조사할 수 있으며, 주민이 직접 참여함으로써 악취에 대한 이해와 관심을 유도하는 간접적인 효과도 기대하는 로드맵을 구성하고 있다.
- 현재 수립된 MTV 로드맵의 주요 목적은 악취에 의한 영향을 최소화 하기위한 직간접적인 활동계획이며, 이 계획 중에는 대기개선기금을 업체에 지원함으로써 악취방지시설을 개선하고 보다 직접적인 발생원에서 악취발생량을 최소화하는 것이 가장 기본적인 활동이라고 볼 수 있다.

- 그러나, 안산시의 경우 구역별, 업체별, 생산품별 각기 다른 특성을 가지고 있는 약취배출시설을 보유하고 있으며, 따라서 일관된 기술을 적용하는 것은 사실적으로 불가능하다.
- 따라서, 약취 배출시설을 보유한 기업의 실정에 맞추어진 최적의 저감대책을 수립하는 것은 투자비용대비 큰 효과를 기대할 수 있다.

제 3 장 연구수행내용 및 방법

1. 조사 대상물질 및 업체 선정

- 본 조사연구에서는 주요 대기오염물질 배출 사업장을 선정하고 유해 대기오염물질의 배출현황을 분석하는 것으로, 조사 결과를 바탕으로 원인이 되는 업체를 규명하여 향후 체계적인 대기오염원관리를 위한 근거자료를 제시하고자 한다.

1.1 조사 대상 물질 선정

- 본 연구에서의 조사 대상물질은 시흥시와 협의하여 특정유해대기물질 중 주요 물질로 선정하였다.
- 특정유해대기물질은 <표 3.1>에 제시하였으며 조사 대상 물질은 <표 3.21>에 나타내었다.
- 조사 대상 물질은 특정유해대기물질 중 공정시험기준이 없거나 배출허용기준이 없는 물질은 제외하였다.

<표 3.1> 특정유해대기물질(대기환경보전법 시행규칙 별표 2)

1. 카드뮴 및 그 화합물	13. 염화비닐	25. 1,3-부타디엔
2. 시안화수소	14. 다이옥신	26. 다환 방향족 탄화수소류
3. 납 및 그 화합물	15. 페놀 및 그 화합물	27. 에틸렌옥사이드
4. 폴리염화비페닐	16. 베릴륨 및 그 화합물	28. 디클로로메탄
5. 크롬 및 그 화합물	17. 벤젠	29. 스티렌
6. 비소 및 그 화합물	18. 사염화탄소	30. 테트라클로로에틸렌
7. 수은 및 그 화합물	19. 이황화메틸	31. 1,2-디클로로에탄
8. 프로필렌 옥사이드	20. 아닐린	32. 에틸벤젠
9. 염소 및 염화수소	21. 클로로포름	33. 트리클로로에틸렌
10. 불소화물	22. 포름알데히드	34. 아크릴로니트릴
11. 석면	23. 아세트알데히드	35. 히드라진
12. 니켈 및 그 화합물	24. 벤지딘	

<표 3.2> 조사 대상 물질

구분	시험항목	비고	구분	시험항목	비고
1	카드뮴 및 그 화합물		10	염화비닐	
2	시안화수소		11	페놀 및 그 화합물	
3	납 및 그 화합물		12	벤젠	
4	크롬 및 그 화합물		13	포름알데하이드	
5	비소 및 그 화합물		14	디클로로메탄	
6	수은 및 그 화합물		15	복합악취	
7	염소 및 염화수소		16	아세트알데하이드	
8	불소화합물		17	톨루엔	
9	니켈 및 그 화합물		18	자일렌	
			19	메틸에틸케톤	

1.2 조사 대상 업체 선정

본 조사연구에서는 21개 업종을 대상으로 업종별 1~5개 업체씩 총 16개 업체를 조사대상업체로 선정하였으며 <표 3.3>, <표 3.4>에 제시하였다.

<표 3.3> 조사 대상 업종 현황

번호	업종대분류	업종	조사대상 업체 수
A	25	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	1
B	26	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	1
C	28	전기장비 제조업	1
D	30	자동차 및 트레일러 제조업	2
E	31	기타 운송장비 제조업	1
F	34	산업용 기계 및 장비 수리업	1
G	38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	2
H	95	개인 및 소비용품 수리업	3

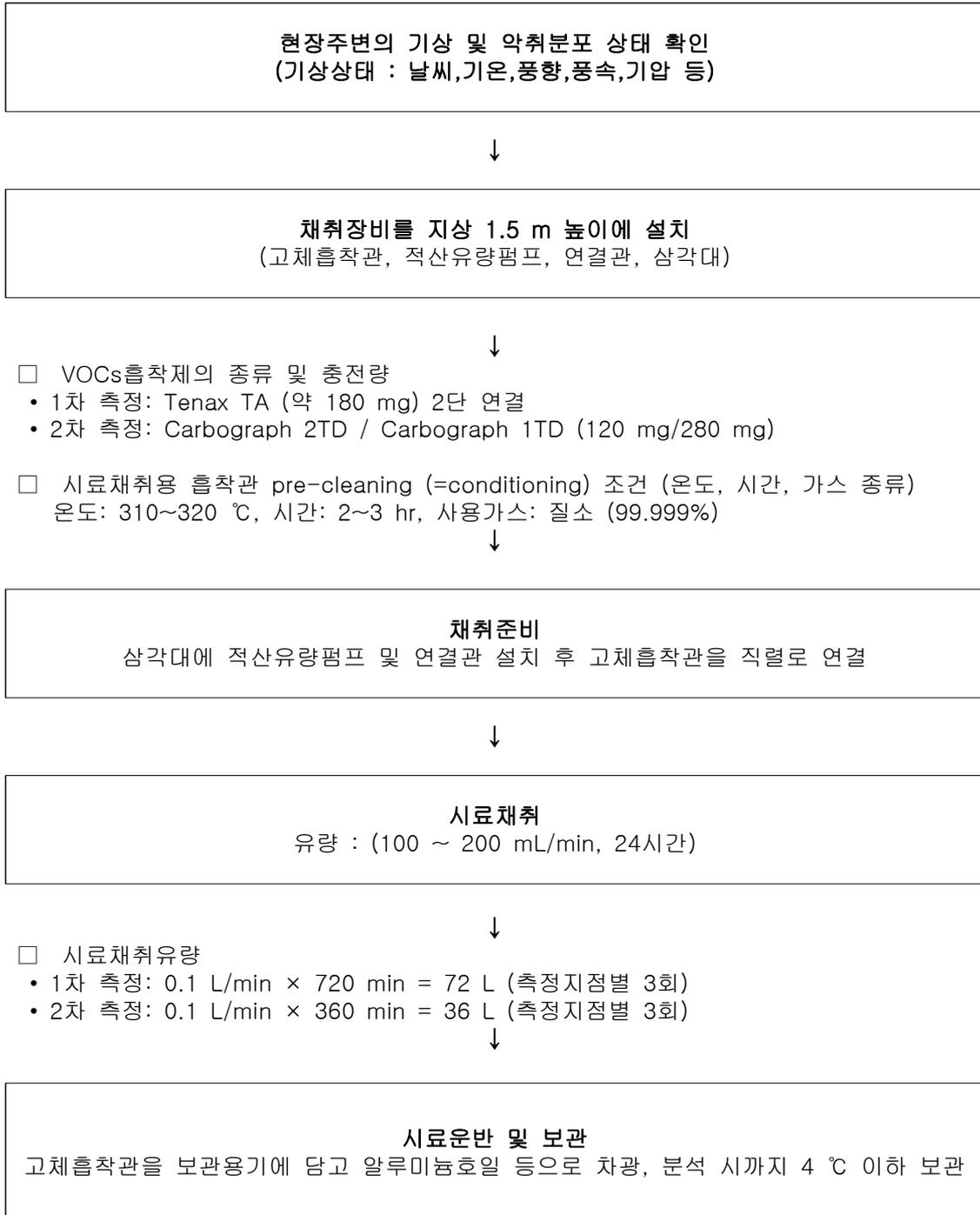
<표 3.4> 조사 대상 사업장 선정 현황

연번	사업장명	업종대분류	업종	대기 (종)
1	K&K바헬연마	25	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	5
2	민오전자(주)	26	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	4
3	(주)삼흥전기	28	전기장비 제조업	5
4	(주)서진오토모티브	30	자동차 및 트레일러 제조업	3
5	(주)하텔시스	30	자동차 및 트레일러 제조업	5
6	한국중전기(주)	31	기타 운송장비 제조업	5
7	(주)두성특장차	34	산업용 기계 및 장비 수리업	3
8	(주)고려제지	38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	1
9	케이지이티에스(주)	38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	1
10	(주)오토월드	95	개인 및 소비용품 수리업	4
11	(주)현대시화모터스	95	개인 및 소비용품 수리업	5
12	한국지엠시화정비(주)	95	개인 및 소비용품 수리업	4

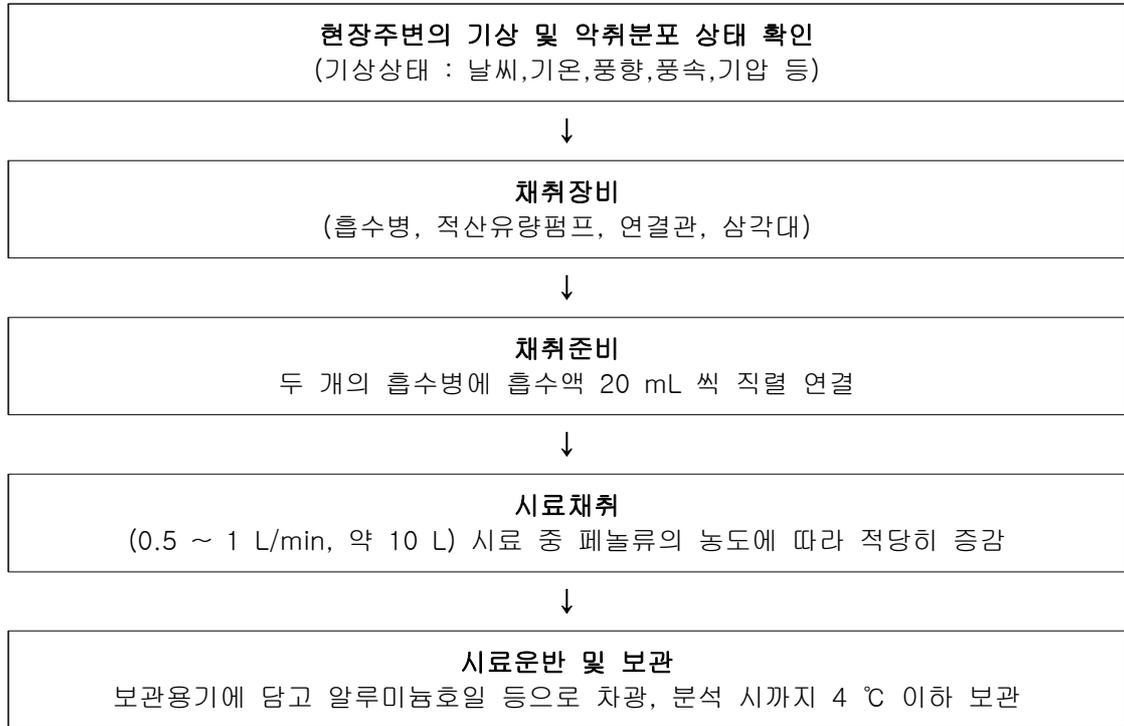
2. 조사 및 분석방법

2.1 시료채취 방법

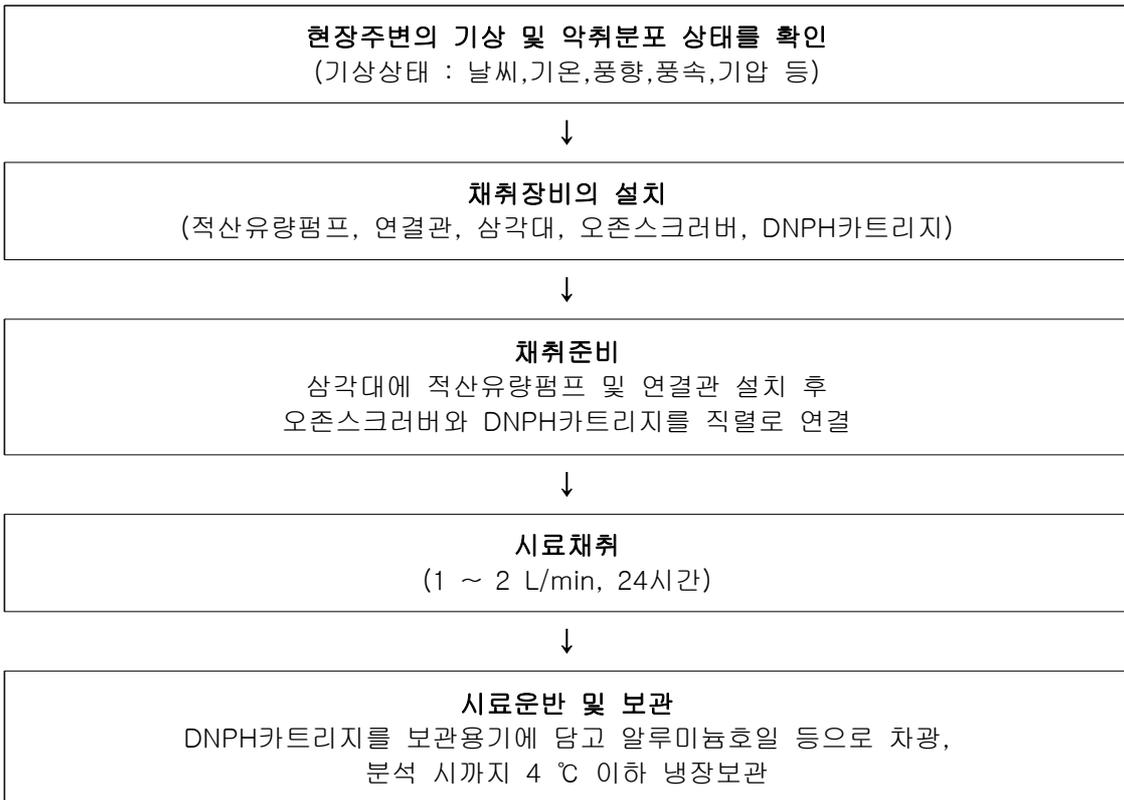
2.1.1. VOCs (휘발성유기화합물) 시료채취



<그림 3.1> 대기 중 VOCs 시료채취절차



<그림 3.2> 대기 중 페놀 및 그 화합물 시료채취절차



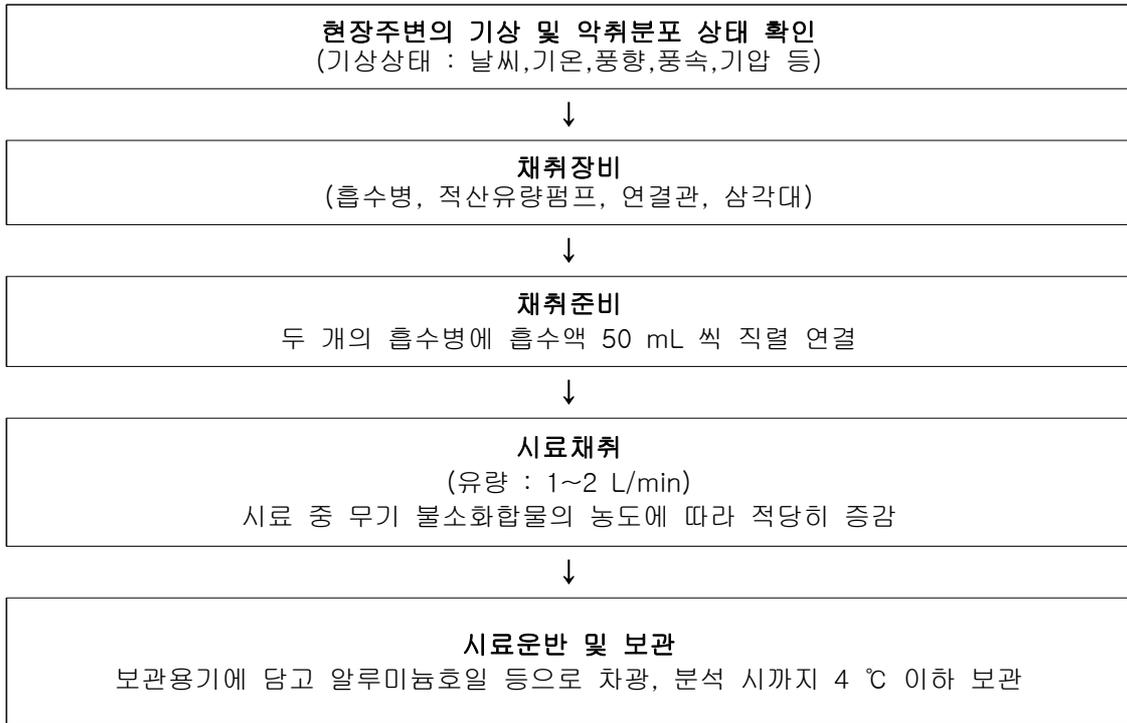
<그림 3.3> 대기 중 알데하이드류 시료채취절차

2.1.2 중금속 시료채취

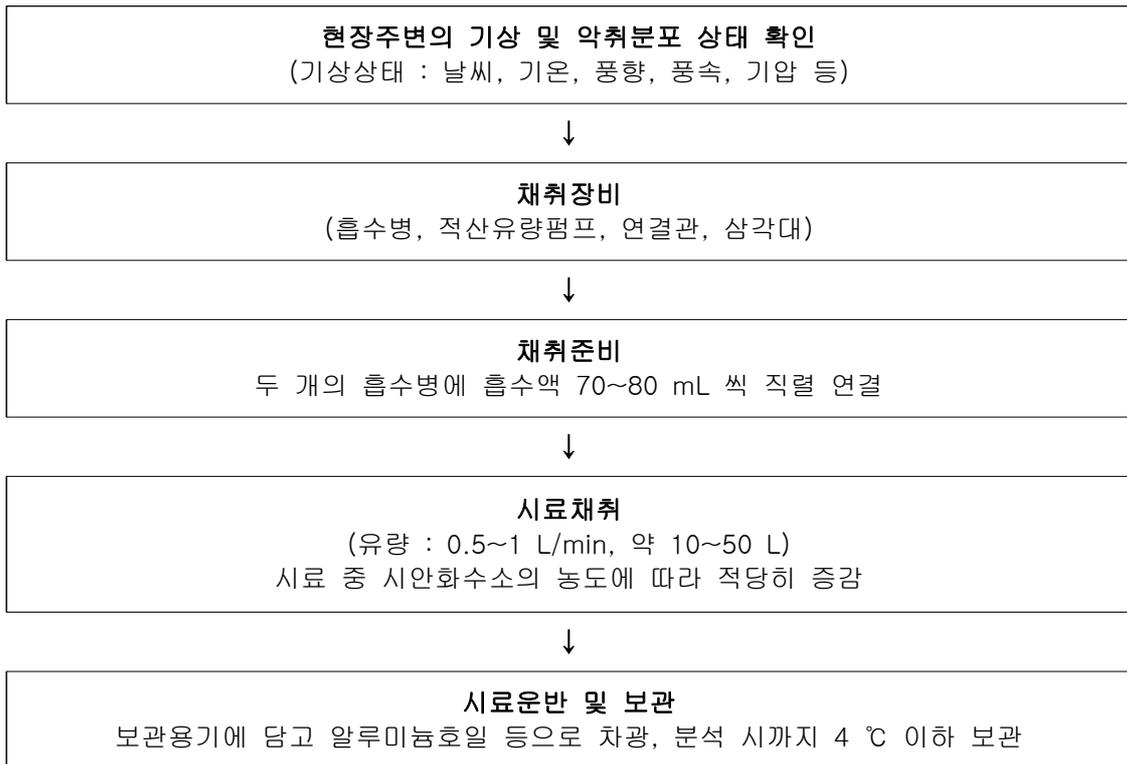


<그림 3.4> 대기 중 중금속 시료채취절차

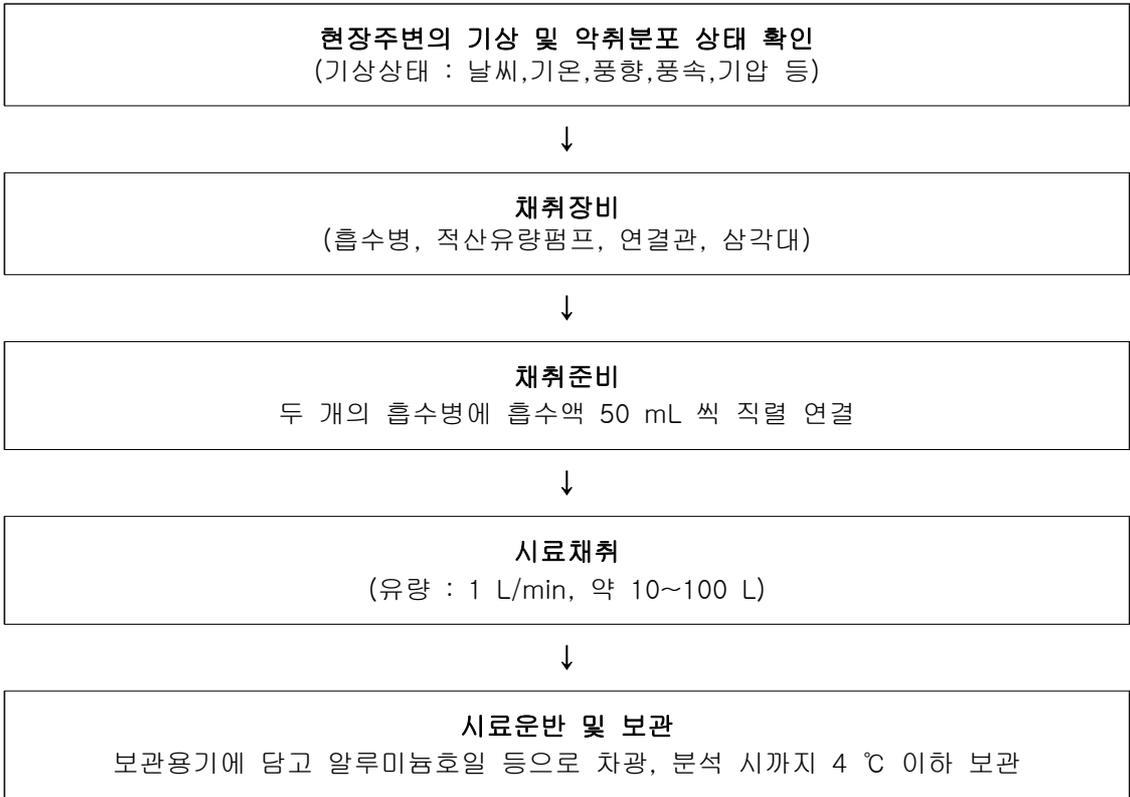
2.1.3 무기물 시료채취



<그림 3.5> 대기 중 불소화물 시료채취절차



<그림 3.6> 대기 중 시안화수소 시료채취절차

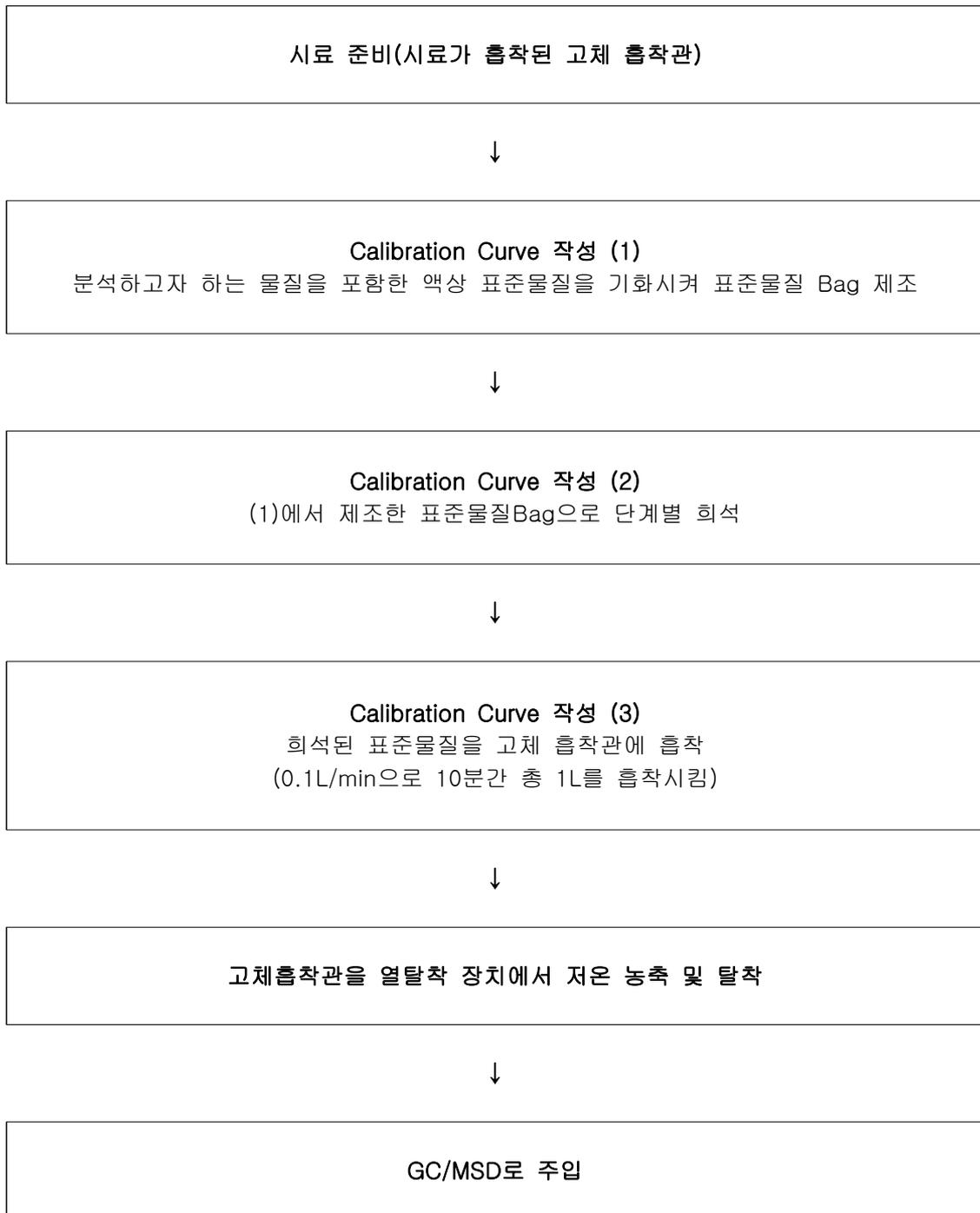


<그림 3.7> 대기 중 염소 및 염화수소 시료채취절차

2.2 분석 방법

2.2.1. VOCs 분석방법

본 과업에서 채취한 시료의 VOCs 분석을 위한 방법은 <그림 3.8>에 요약하여 제시하였다.



<그림 3.8> 대기 중 VOCs 분석절차

- 환경대기 중 휘발성 유기화합물질(VOCs)분석은 대기오염공정시험방법 ES 01652.1에 따라 분석을 진행하였다.
- 이번 project에서 환경대기 중 휘발성유기화합물(VOCs)분석에는 고체 흡착관 / 열탈착 장치-가스크로마토그래피/질량분석법(MSD)을 사용하였다.

<표 3.5> VOCs분석을 위한 열탈착장치 및 저온 농축장치의 기기분석 조건

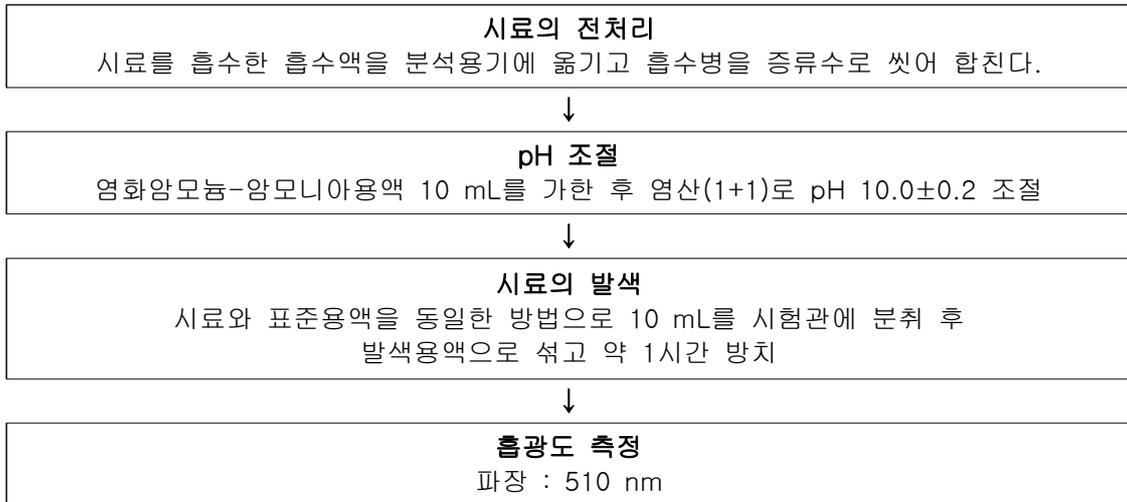
열탈착장치 (TDS2 parameters)		저온 농축장치(CIS parameters)	
구 분	조 건	구 분	조 건
Sample mode	standard	Split mode	Split
Flow mode	splittless	Cryo cooling	ON
Initial temp	30 °C	Initial temp	-50 °C
Initial time	0.5 min	Initial time	0.5 min
purge time	0.5 min	Split time	1.0 min
Standby temp	50 °C	purge time	0.5 min
Transfer temp	250 °C	Equilib. time	1.0 min
Valve temp	20 °C	1st rate	10.0 °C/s
1st Rate	60°C/min	1st Final temp	300 °C
1st Final temp	280 °C	1st Final time	5.0 min
1st Final time	10 min	2nd Rate	0.0 °C/s
2nd rate	0 °C/min	2nd Final temp	300 °C
2nd Final temp	300 °C	2nd Final time	3.0 min
2nd Final time	10.0 min		

<표 3.6> VOCs분석을 위한 GC/MS의 기기분석 조건

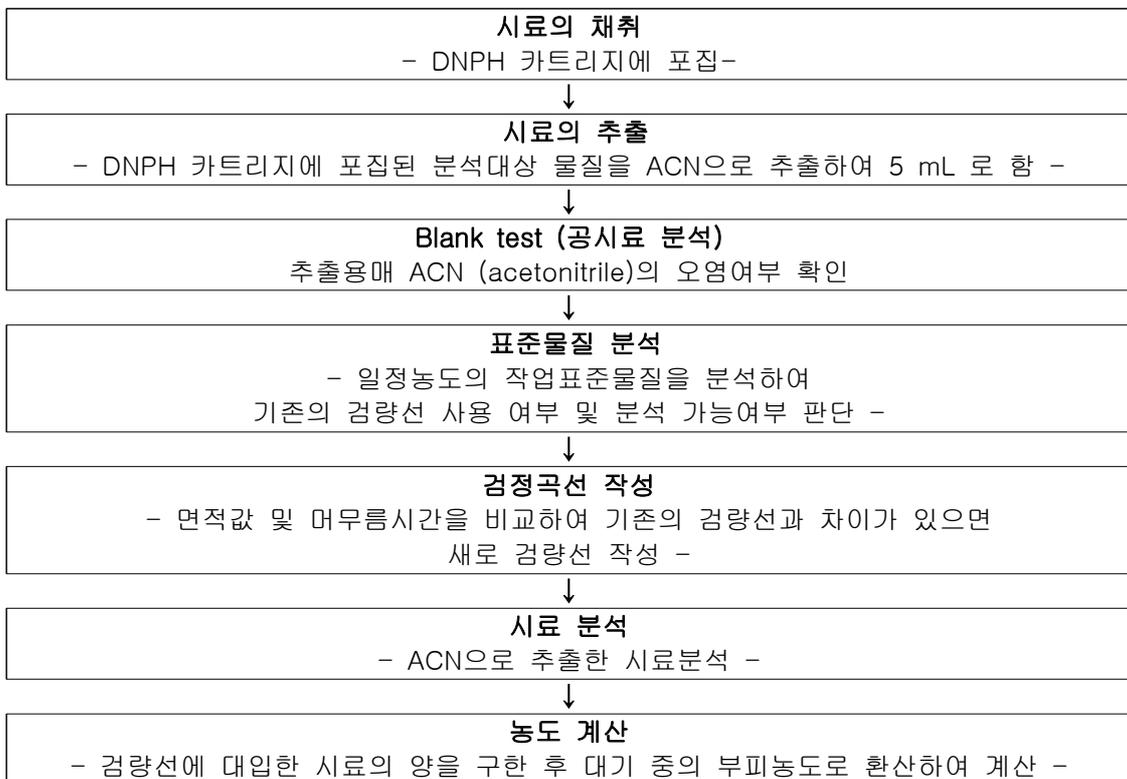
GC/MS	
Column	DB-1MS, (60m × 0.25 mm × 0.25µm)
Column flow	0.9 ml/min
Split ratio	50 : 1
Oven Temp.	40 °C→5 °C/min→55 °C→5 °C/min→100 °C →20 °C/min→ 280 °C (5 min) (5min) (5min) (4min)
Ion sourc Temp.	230 °C
Transfer line Temp	280 °C
Scan parameters	30~550 amu
Mode	Scan mode, SIM mode

- 환경대기 중 페놀 및 그 화합물은 대기오염공정시험기준 ES 01503.1에서 제시된 방법 중 주 시험방법으로 4-아미노안티피린법을 적용하였으며, 정량범위

(1~20V/Vppm)가 가장 낮아 환경질 측정에 적합하여 선택하였다.



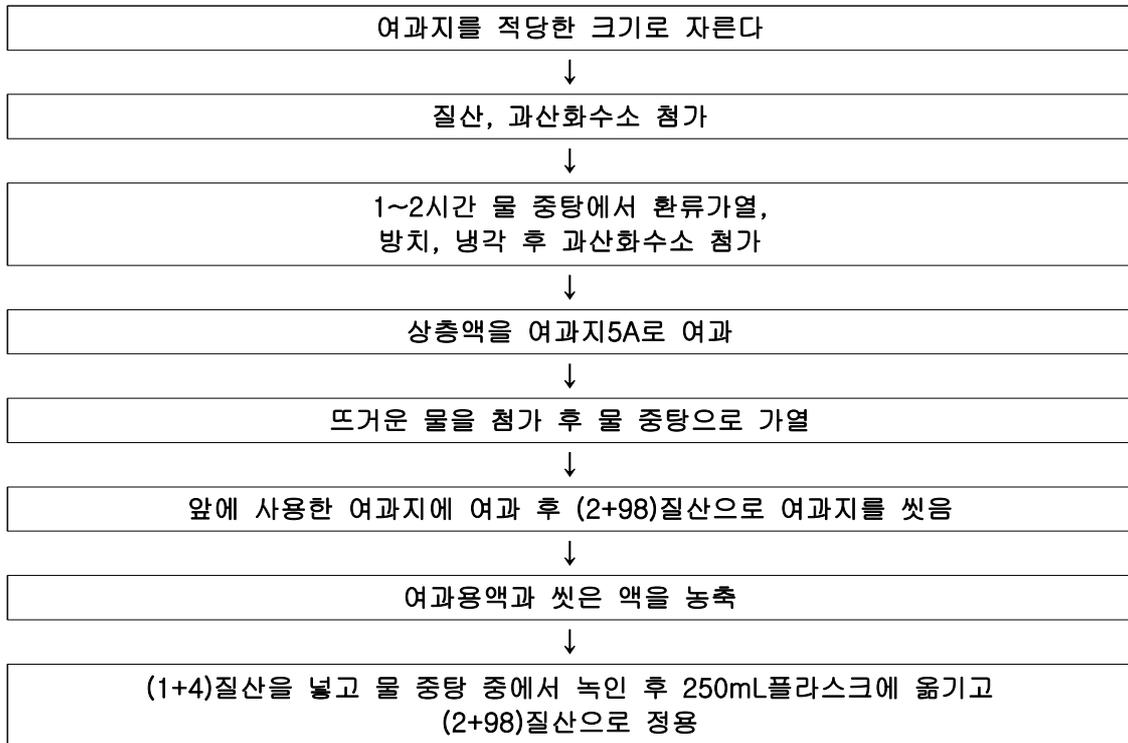
<그림 3.9> 대기 중 페놀 및 그 화합물 분석절차



<그림 3.10> 대기 중 알데하이드류 분석절차

2.2.2 중금속 분석방법

- 분석대상 중금속은 납 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 크롬 및 그 화합물이다.



<그림 3.11> 대기 중 중금속 분석절차

· 대기오염공정시험기준 상의 방법에 준하여 분석하였다.

- 먼지: 대기오염공정시험기준 ES01354.1 “환경대기 중 먼지 측정법”

2.1 고용량 공기포집법(High Volume Air Sampler Method)

- 대기오염공정시험방법 ES01452.2/01453.2/014572/01458.2 원자흡수분광광도법에

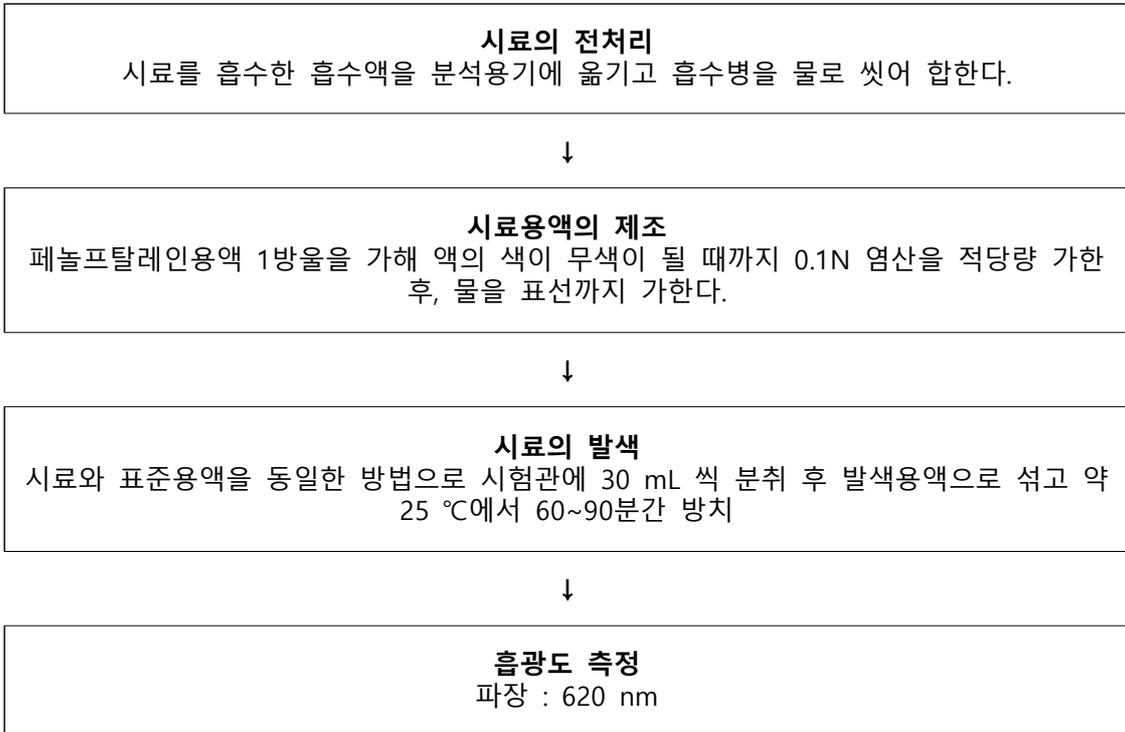
비해 검출한계가 낮다.

· 대기오염공정시험방법 ES01454.2은 다른 전처리법보다 비휘발성 물질인 비소가 대기 중으로 방출될 우려가 없으므로 질산-과산화수소법 전처리방법을 선택하였다.

· 수소화물발생 원자흡수분광광도법에 비해 재현성이 좋으며, 아연분말(비소를 포함함)첨가를 하지 않으므로 아연분말 사용에 따른 비소의 오염 우려가 없다.

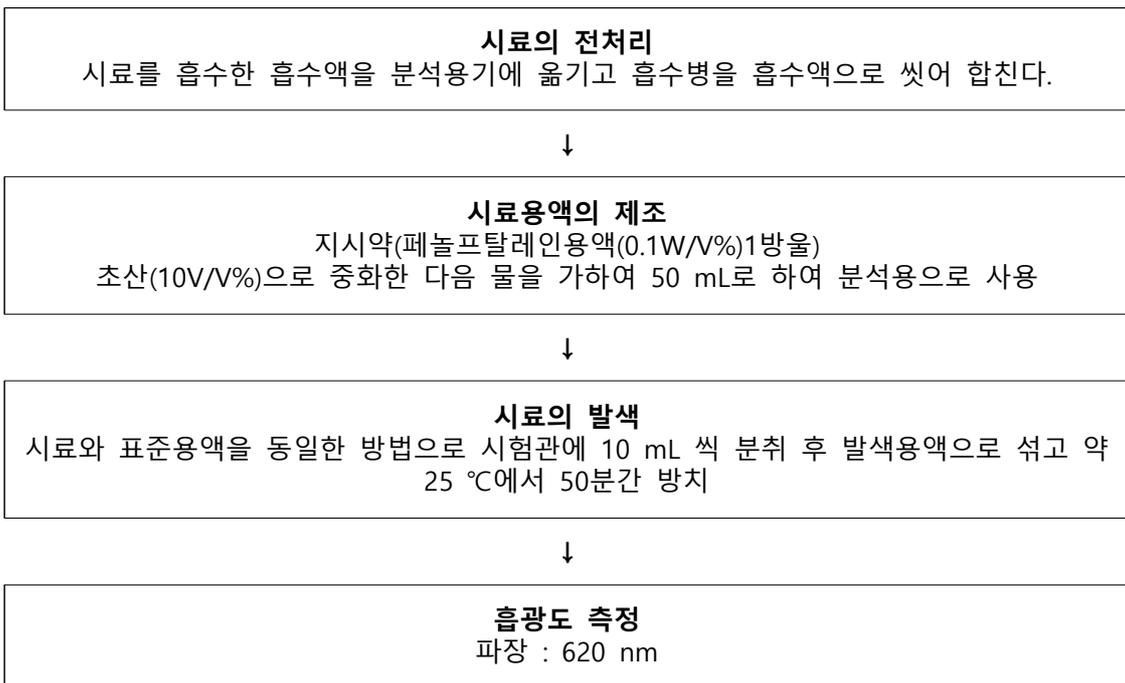
2.2.3 무기물 분석방법

· 환경대기 중 불소화물은 대기오염공정시험기준 ES 01311.1에서 제시된 방법 중 주 시험방법으로 란탄-알리자리니콤플렉손법 적용하였으며, 정량범위 (0.9~1,200 ppm)가 가장 낮아 환경질 측정에 적합하여 선택하였다



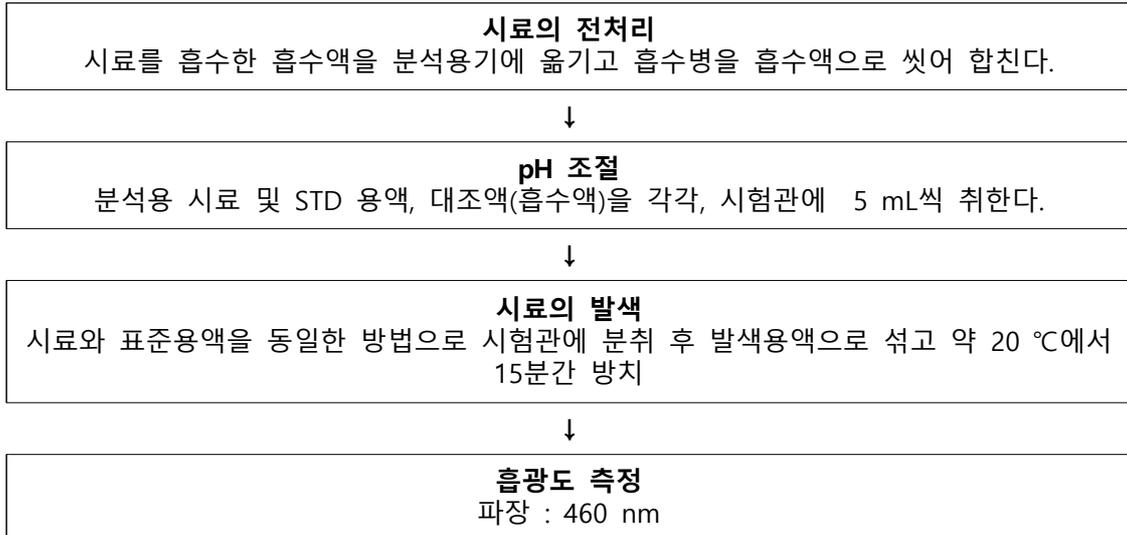
<그림 3.12> 대기 중 불소화물 분석절차

- 환경대기 중 시안화수소는 대기오염공정시험기준 ES 01306.1에서 제시된 방법 중 주 시험방법으로 피라딘 피라졸론법 적용하였으며, 정량범위 (0.5~100V/Vppm)가 가장 낮아 환경질 측정에 적합하여 선택하였다



<그림 3.13> 대기 중 시안화수소 분석절차

- 환경대기 중 염소 및 염화수소는 대기오염공정시험기준 ES 01305.1에서 제시된 방법 중 주 시험방법으로 티오시안산제이수은흡광광도법 적용하였으며, 정량범위(2~20V/Vppm)가 가장 낮아 환경질 측정에 적합하여 선택하였다.



<그림 3.14> 대기 중 염소 및 염화수소 분석절차

제 4 장 연구결과

1. 유해 물질 배출 특성 조사결과

1.1 업종별 주요 유해물질에 관한 문헌조사

- 조사 대상 업종에 대한 주요 배출물질을 문헌 조사를 통해 파악하였으며, 그 결과를 표 4.1에 요약하여 제시하였다.

<표 4.1 > 조사 대상 업종별 배출물질 사전 조사 결과

표준산업 분류코드	업종	배출물질	출처
10	식품제조업	- 음식료품제조업: 염소및염화수소, 스티렌, 1,2-디클로로에탄, 불소화합물, 포름알데히드, 아세트산비닐, 니트로벤젠, 에피클로로히드린 - 3개 업소 평균 희석배수 4990 (기준초과), max 1442, min 100 - H ₂ S, ME-SH(?), DMS, DMDS, TOLU, XYLE, STYR	환경부(2009) 이용기 등(2003)
11	음료제조업	- 음식료품제조업: 염소및염화수소, 스티렌, 1,2-디클로로에탄, 불소화합물, 포름알데히드, 아세트산비닐, 니트로벤젠, 에피클로로히드린	환경부(2009)
13	섬유제품제조업(의복제외)	- 디클로로메탄, 사염화탄소, 석면, 스티렌, 염소및염화수소, 클로로포름, 테트라클로로에틸렌, nn-디메틸포름아미드, 디(2-에틸헥실)프탈레이트,아크릴아미드 - n,n-디메틸포름아미드, 클로로포름, 사염화탄소, 테트라클로로에틸렌, 스티렌, 염소및염화수소, 포름알데히드, 아크릴아미드, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 석면, 디클로로메탄, 4,4'-디이소시아산디페닐메탄, 납및그화합물, 아크릴로니트릴, 크롬및그화합물 - 8개 업소 평균 희석배수 409, max 1442, min 14 - 벤젠, 톨루엔, mp자일렌, 스타일렌	환경부(2008) 환경부(2009) 김선태 등(2004)
14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	-	-
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	- 가죽제조: 악취) 황화수소, 암모니아, 톨루엔, 메틸에틸케톤, 벤젠, 아세톤, 자이렌, 메틸메르캅탄, 저급지방산류 - n,n디메틸포름아미드, 2-에톡시에탄올, 포름알데히드, 크롬및그화합물, 4,4'-디이소시아산디페닐메탄, 아세트산비닐, 트리클로로에틸렌, 황산디메틸 - 4개 업소 희석배수 평균 633 (기준초과), max 2080, min 100 - H ₂ S, 메틸머캅탄, DMS, DMDS, TOLU, XYLE, STYR	환경부(2008) 환경부(2009) 이용기 등(2003)

<표 4.1 계속> 조사 대상 업종별 배출물질 사전 조사 결과

표준산업분류코드	업종	배출물질	출처
16	목재 및 나무제품 제조업(가구제외)	디클로로메탄, 스티렌, 염소및염화수소, 페놀, 포름알데히드	환경부(2008)
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	- 스티렌, 에틸벤젠, 염소및염화수소, 염화비닐, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 페놀, 포름알데히드, n,n-디메틸포름아미드, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산비닐, 에피클로로히드린 - 2개 업소 희석배수 평균 633 (기준초과), max 965, min 300 - 벤젠, 톨루엔, mp자일렌, 스타일렌	환경부(2008) 김선태 (2004)
18	인쇄 및 기록매체 복제업	염소및염화수소, 크롬및그화합물, 2-에톡시에탄올, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산비닐	환경부(2008)
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	- 휘발성유기화합물이 전체 90.5%차지. 톨루엔(15.9%), n,n-디메틸포름아미드(8.9%), 디클로로케탄(8.7%), 메틸에틸케톤, 프로필렌, 에틸렌, 자일렌, n-헥산, 벤젠, 알루미늄및그화합물, 아연및그화합물, 구리및그화합물, 망간및그화합물, 납및그화합물, 크롬및그화합물, 니켈및그화합물	- 환경부(2011)
20	화학물질 및 기타화학제품 제조업(의약품 제외)	-기타화학제품제조업: 납및그화합물, 니켈및그화합물, 디클로로메탄, 스티렌, 아크릴로니트릴, 에틸벤젠, 염소및염화수소, 크롬및그화합물, 페놀, 포름알데히드, n,n-디메틸포름아미드, 2,4-다이소시아산톨루엔, 2-메톡시에탄올, 2-에톡시에탄올, 4,4'-다이소시아산디페닐메탄, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산2-에톡시에틸, 아세트산비닐, 에피클로로히드린, 코발트및그화합물 - H ₂ S, ME-SH(?), DMS, DMDS, TOLU, XYLE, STYR - 벤젠, 톨루엔, mp자일렌, 스타일렌	환경부(2008) 이용기 등(2003) 김선태 등(2004)
21	의료용 물질 및 의약품 제조업		
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	- 고무제조시설: 암모니아, 황화합물4(암모니아, 황화수소, 메틸머captan, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드), VOCs7종(TMA, 스타일렌, 톨루엔, 자일렌, MEK, MIBK, butylacetate,isobutylalcohol), 알데하이드류5종(acetaldehyde, propionaldehyde, butyraldehyde, i-valeraldehyde, n-valeraldehyde)	한국환경공단 (2010)

<표 4.1 계속> 조사 대상 업종별 배출물질 사전 조사 결과

표준산업 분류코드	업종	배출물질	출처
24	1차 금속 제조업	<ul style="list-style-type: none"> - 절단가공및표면처리강재생산업: 니켈및그화합물, 에틸벤젠, 염소및염화수소, 크롬및그화합물, 아세트산2-에톡시에틸 - 염소및염화수소, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, 디클로로메탄, 납및그화합물, 불소화합물, 벤젠, 아세트산2-에톡시에틸, 크롬및그화합물, 에틸벤젠, 니켈및그화합물, 시안화수소, 페놀, 코발트및그화합물, 비소및그화합물, 카드뮴및그화합물, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 수은및그화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 히드라진, n,n-디메틸포름아미드 - 5개 업소 희석배수 평균 197, max 448, min 67 	<p>환경부(2008) 환경부(2009)</p>
25	금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)-도금업	<ul style="list-style-type: none"> - 용융아연도금업: 약취) 암모니아,황화수소,메틸머캡탄,다이메틸설파이드,다이메틸다이설파이드,트리메틸아민,아세트알데하이드,i-발레르알데하이드,휘발성유기화합물7종 - 납및그화합물, 니켈및그화합물, 디클로로메탄, 불소화합물, 스티렌, 에틸벤젠, 염소및염화수소, 크롬및그화합물, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, n,n-디메틸포름아미드, 2-에톡시에탄올, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 아세트산2-에톡시에틸, 코발트및그화합물 - 트리클로로에틸렌, 염소및염화수소, 디클로로메탄, 2-에톡시에탄올, 아세트산2-에톡시에틸, 테트라클로로에틸렌, 에틸벤젠, 페놀, 크롬및그화합물, 불소화합물, n,n-디메틸포름아미드, 벤젠, 포름알데히드, 염화비닐, 스티렌, 니켈및그화합물, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 코발트및그화합물, 납및그화합물, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 비소및그화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 카드뮴및그화합물, 톨루엔2,4-디이소시아네이트 	<p>환경부(2008) 환경부(2008) 환경부(2009)</p>
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업-인쇄회 로기판	<p>트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 염소및염화수소, 불소화합물, 포름알데히드, n,n-디메틸포름아미드, 벤젠, 스티렌, 니켈및화합물, 페놀, 납및그화합물, 클로로포름, 2-메톡시에탄올, 크롬및그화합물, 비소및그화합물, 시안화수소, 1,3-부타디엔, 수은및그화합물, 카드뮴및그화합물, 아크릴로니트릴, 코발트및그화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 산화에틸렌, 아닐린, 에피클로로히드린</p>	<p>환경부(2009)</p>

<표 4.1 계속> 조사 대상 업종별 배출물질 사전 조사 결과

표준산업분류코드	업종	배출물질	출처
29	기타 기계 및 장비 제조업	니켈및그화합물, 디클로로메탄, 불소화합물, 스티렌, 에틸벤젠, 크롬및그화합물, 트리클로로에틸렌	환경부(2008)
30	자동차 및 트레일러 제조업	- 납및그화합물, 니켈및그화합물, 디클로로메탄, 벤젠, 석면, 스티렌, 아닐린, 에틸벤젠, 염소및염화수소, 크롬및그화합물, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, n,n-디메틸포름아미드, 2,4-디이소시아나톨루엔, 4,4'-디이소시아나디페닐메탄, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산2-에톡시에틸 - 에틸벤젠, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 아세트산2-에톡시에틸, 스티렌, 포름알데히드, 염소및염화수소, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 4,4'-디이소시아나디페닐메탄, 크롬및그화합물, n,n-디메틸포름아미드, 석면, 아크릴로니트릴, 페놀, 납및그화합물, 니켈및그화합물, 톨루엔, 2,4-디이소시아네이트, 벤젠, 2-에톡시에탄올, 2-에톡시에틸아세테이트, 아닐린, 염화비닐	환경부(2008) 환경부(2009)
31	기타 운송장비 제조업	니켈및그화합물, 스티렌, 에틸벤젠, 염소및염화수소, 크롬및그화합물, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 아세트산2-에톡시에틸	환경부(2008)
32	가구제조업	디클로로메탄, 스티렌, 트리클로로에틸렌, 아세트산2-에톡시에틸, 아세트산비닐	환경부(2008)
33	기타제품제조업		
35	전기, 가스 증기 및 공기조절 공급업	- 전기가스 및 증기업 (발전업, 가스제조및배관공급업, 증기및온수공급업): 염소및염화수소	환경부(2008)
37	하수, 폐수 및 분뇨처리업	- 약취: 암모니아, 트리메틸아민, 황화수소, 메틸머캅탄, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드, 아세트알데히드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, l-발레르알데하이드, 스타이렌	한국환경공단 (2010)
38	폐기물, 수집운반, 처리 및 원료재생업	- 하수처리, 폐기물처리및청소관련서비스업(지정외 폐기물처리업, 지정폐기물처리업, 공공장소청소 및유사서비스업): 1,3-부타디엔, 납및그화합물, 디클로로메탄, 벤젠, 석면, 스티렌, 아크릴로니트릴, 에틸벤젠, 염소및염화수소, n,n-디메틸포름아미드, 2-에톡시에탄올, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산비닐 - H ₂ S, ME-SH(?), DMS, DMDS, TOLU, XYLE, STYR - 벤젠, 톨루엔, mp자일렌, 스타일렌 (산업폐기물 소각과 관련하여 높은 농도의 벤젠)	환경부(2008) 이용기 등(2003) 김선태 등(2004)

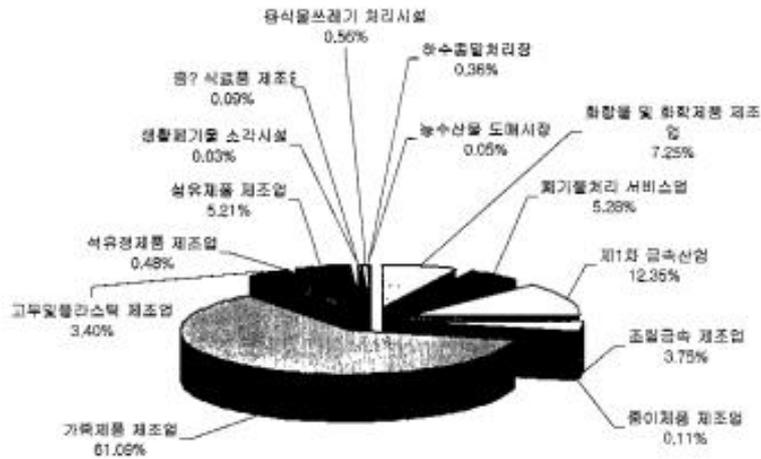
1.2 기존 연구사례 조사

1.2.1 반월, 시화공단 대기오염물질의 안산지역 확산 연구

- 반월, 시화공단의 악취배출업체를 대상으로 악취배출원 조사를 실시하였으며 총 315개 대상 업체 중 조사에 응한 253개를 대상으로 배출원자료를 D/B화 하였고 이 자료를 기초로 업체별 악취배출량을 산정하였다.
- 악취배출량 산정은 반월, 시화공단 내 악취배출업체 중 업종별로 대표적인 40개 업체를 선정하여 간접관능법에 의해 업종별 복합취기물질발생량의 원단위를 산정한 배출계수를 업종별로 적용하여 산정하였으며, 산정결과 가죽제품제조업이 전체배출량의 약 61%로 가장 높았으며 그 다음으로 제1차 금속산업 약 12%, 화합물 및 화학제품 제조업 약 7%, 폐기물처리업 약 5%로 나타났다.
- 반월, 시화공단 내의 악취 강도 2 ~ 3 도의 90% 이상이 가죽제품제조업에서 배출된 악취오염물질로 나타났으며 1차 금속산업에서 배출되는 악취물질 역시 그 영향권이 상당히 넓게 분포하고 있음을 확인할 수 있었다.
- 복합취기물질 발생량 원단위와 배출계수를 이용하여 반월, 시화공단의 253개 악취배출업체에서 배출되는 복합취기물질의 발생량을 산정하여 <표 4. >에 나타내었다.

<표 4. > 반월, 시화공단 복합취기물질 발생량 산정

업종구분	원단위 (OU · sec ⁻¹ · m ⁻²)	업체수		배출량 (OU · sec ⁻¹)
		반월	시화	
화합물 및 화학제품 제조업	1.309	75	73	2,188,200.39
폐기물처리 서비스업	11.742	2	6	1,592,322.06
제1차 금속산업	88.779	3	6	3,727,830.22
조립금속 제조업	1.571	13	12	1,132,163.05
종이제품 제조업	0.135	4	2	33,312.89
가죽제품 제조업	98.492	17	2	18,433,762.69
고무 및 플라스틱 제조업	1.266	8	11	1,025,043.28
석유정제품 제조업	3.006	2	7	144,163.53
섬유제품 제조업	0.080	2	2	1,570,879.32
음·식료품 제조업	0.138		1	27,442.87
하수종말처리장	균등조	30.37	1	107,424.39
	침사지	17.25		
계				30,177,030.87



<그림 3.14> 업종별 악취물질 배출량 분포

1.2.2 시화반월지역 유해대기오염물질 관리방안 마련

- 벤젠, 톨루엔 등을 포함하여 22종의 HAPs을 선정하고, 대상 HAPs의 배출량 및 기여도를 고려하여 총 40개 사업장을 대상으로 현장조사를 실시하였다.
- VOCs의 경우 모든 조사대상업체에서 독성이 강하지 않은 toluene, ethyl acetate, isopropyl alcohol이 높은 농도로 검출되었다. 반면에 독성이 상대적으로 강한 benzene, trichloroethylene, dichloromethane, formaldehyde 등은 특정사업장에서만 고농도로 검출되었다. FL1 업체와 같이 선정사유물질이 formaldehyde로서 카보닐화합물인 경우 다른 종류의 카보닐화합물도 높은 농도로 검출되었다. 연돌가스 중에서도 dichloromethane, benzene, toluene 등이 일반 VOCs 배출 업체만큼 고농도로 나타났다.
- PAHs의 주요 배출원인 폐기물소각장과 열병합발전소에서 12개 PAHs 농도가 모든 업체에서 검출한계 이하로 나타났다.
- 폐기물소각장, 열병합발전소의 연돌에서 측정된 중금속의 농도는 2005년에서 2007년에 걸쳐서 시화반월지역의 환경대기에서 측정된 농도의 10 ~ 1,000배 정도 높게 나타났다. 그리고 중금속 사용 업체의 중금속 농도의 경우에도 시화반월지역의 환경대기에서 측정된 농도의 100 ~ 100,000배 정도 높게 나타났다.
- P1사업장의 경우 생활쓰레기 처리업체로 As와 Fe의 농도가 다른 소각처리업체보다 높게 나타났다. P2업체는 열병합발전소로 벅커-C유를 사용하며 V, Se, Ni의 농도가 높게 나타났다. P3 ~ P6업체는 지정폐기물 소각시설로 업체 간에 대

체로 비슷한 수준으로 나타났다. P6업체 Ni이 높게 나타났는데, 이는 지정폐기물 소각시설에서 처리되는 물질이 수시로 변하는 것과 업체 소각시설에 필요시 보조연료의 공급이 있으므로 충분히 발생할 수 있는 수준으로 사료된다.

- 종합적으로 조사한 사업장의 업종별 중금속의 배출 특성을 크게 제품생산공정, 도금공정, 연소공정의 3가지 공정으로 요약할 수 있다. 제품생산공정에서는 원료 혹은 첨가제에 포함되어 있는 중금속인 Pb, Cr, Mn, Cd이 높은 농도로 나타났다. 도금공정에서는 주로 Cr과 Ni이 고농도로 나타났다. 연소공정의 경우 Cr, Ni이 높게 나타났다. 그러나 연소공정은 제품생산공정과 도금공정에 비해 절대적인 농도는 낮게 나타났다. 배출량 모니터링의 관리차원에서 조사목록에 Pb, Cr, Mn, Ni은 사용량에 구애받지 않고 농도를 측정하여 배출량을 산정하도록 하는 것이 바람직하다.

1.2.3 2008년도 시화반월공단 대기(악취)배출업체 전수조사

- 각 업체별 현장조사를 통하여 일반적인 악취현황과 전자코를 이용한 악취도를 조사하였으며, 악취강도 2도 이상의 취기가 감지되는 사업장을 대상으로 휘발성 유기화합물, 암모니아 및 알데하이드류를 조사하였다.
- 각 업체별 현장조사를 통하여 일반적인 악취현황과 전자코를 이용한 악취도를 조사하였으며, 악취강도 2도 이상의 취기가 감지되는 사업장을 대상으로 휘발성 유기화합물, 암모니아 및 알데하이드류를 조사하였다.

<표 4.2> 시화/반월공단 대기(악취)배출업체 전수조사 개요

구분	대상 업체	면오염원		점오염원 (배출시설)	냄새원인물질	미 조사업체	최종 조사업체
		작업장	공정				
2004년	1,816	2,349	-	2,349	700(VOCs)	292	1,602
2005년	1,955	4,610	10,291	3,849	534(VOCs)	232	1,723
2007년	1,900	3,987	7,589	3,348	170(VOCs), 450(NH ₃), 100(SO _x)	340	1,560
2008년	2,500	3,032	6,620	3,357	190(VOCs), 185(NH ₃), 271(Aldehydes)	850	1,650
2014년	2,192	2,749	5,954	3,394	-	569	1,623

- 시화반월공단 대기(악취)배출업체 2,300개소를 조사대상으로 하였으나, 일시가동 중시, 배출시설폐쇄, 업체파악불명, 폐업, 업체이전 및 조사거부 등으로 조사하지 못한 850개를 제외한 1,650개 업체에 대해서 조사를 완료하였다. 이 조사 업체가 많은 이유는 최근 국내외 경제여건 악화에 따라 영세한 업체들의 작업물량이 감소하거나 부도업체가 늘어났기 때문인 것으로 나타났다. 조사된 1,650개의 대기배출업체 중 작업장은 3,032지점, 공정은 6,620지점을 조사하였으며, 점오염원으로 구분되는 대기 및 악취배출시설에 대해서는 3,357지점을 조사하였다.



<그림 3.14> 전수조사 현장조사 절차

- 2014년도 조사에서는 2008년도 조사와 비교하여 주간만 작업하는 업체와 24시간 가동하는 업체의 비율은 줄어들고 야간까지 작업하는 업체의 비율은 증가하였다. 주간 작업만 실시하는 업체는 72.3%에서 67.3%으로 24시간 가동하는 업

체는 20.4%에서 15.0%으로 줄어든 반면, 9시부터 야간까지 작업을 하는 업체 수는 7.3%에서 17.7%로 증가하였다.

<표 4.2> 업종별 세부공정의 주요 냄새특성 현황

중분류	한국표준산업분류		주요 냄새종류 및 비율(%)
	산업분류명		
10	식료품 제조업		장류냄새(37%)
11	음료 제조업		장류냄새(50%), 구린냄새(16.7%)
13	성유제품 제조업; 의복 제외		다림질냄새(68%)
14	의복, 의복액세서리 및 모피 제조업		다림질냄새(21.1%), 신냄새(21.1%)
15	가죽, 가방 및 신발 제조업		유기용제냄새(22.1%), 구린냄새(11.6%)
16	목재 및 나무제품 제조업; 가구제외		유기용제냄새(32.3%)
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업		유기용제냄새(21.6%), 구린냄새(12.7%)
18	인쇄 및 기록매체 복제업		유기용제냄새(56.4%)
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업		기름냄새(48.3%), 유기용제냄새(27.6%)
20	화학물질 및 화학제품 제조업		유기용제냄새(22.3%), 약품냄새(10.5%)
21	의료용 물질 및 의약품 제조업		약품냄새(37.5%)
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업		타는냄새(플라스틱)(34.1%) 유기용제(20.8%)
23	비금속광물제품 제조업		기름냄새(18.8%), 타는냄새(고무)(15.6%)
24	제1차 금속 제조업		가열된쇠냄새(35.2%), 기름냄새(13.2%)
25	금속가공제품 제조업		약품냄새(17.6%), 유기용제(16.3%) 가열된쇠냄새(12%)
26	전자부품, 영상, 음향, 통신장비 제조업		유기용제냄새(12.3%), 약품냄새(10.6%)
27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업		유기용제냄새(19.4%)
28	전기장비 제조업		가열된쇠냄새(17.8%), 유기용제(16.6%)
29	기타 기계 및 장비 제조업		가열된쇠냄새(30.3%), 유기용제(24.5%) 기름냄새(13.5%)
30	자동차 및 트레일러 제조업		가열된쇠냄새(33.2%), 유기용제(24.9%)
31	기타 운송장비 제조업		유기용제냄새(50%), 타는냄새(37.6%)
32	가구 제조업		유기용제냄새(23.5%), 타는냄새(14.7%)
33	기타 제품 제조업		유기용제냄새(40%), 기름냄새(20%)
38	폐기물 수집운반, 처리 및 원료 재생업		구린냄새(20.8%), 장류냄새(14.6%)
95	수리업		유기용제냄새(80.5%)

· 면오염원(작업장)의 악취가 심한 3도 이상이라고 조사된 작업장이 전체의 8.5%

인 234개 작업으로 조사되었으며, 시화산단의 경우 3도가 93개 작업장, 4도가 13개로 조사되었으며, 반월산단은 3도가 103개 4도가 25개로 조사되었다. 2014년도의 3도 이상의 작업장은 2008년도 결과와 유사한 것으로 조사되었으나 시화산단의 경우 그 수가 140개에서 106개로 줄어든 반면에 반월산단의 경우 124개에서 128개로 소폭 증가함을 보였다.

- 전체 업종별 점오염원(방지시설)의 악취강도 현황은 무취가 1,184지점, 1도가 1,342지점, 2도가 6708지점, 3도가 176지점, 4도가 10지점으로 조사되었으며, 악취강도 5도에 해당하는 점오염원(방지시설)은 조사되지 않았다. 강한 취기를 나타내는 악취강도 3도 이상의 점오염원(방지시설)이 186지점이고, 보통취기를 나타내면서 최소인식농도인 악취강도 2도 이상의 점오염원(방지시설)은 857지점에 해당함으로써, 관리 상태에 따라서 이들 점오염원(방지시설)에 의한 악취유발 가능성이 높은 것으로 판단된다. 특히 주거지역과 가까이에 위치한 업체들이 다수 분포한 것으로 나타나 이들 점오염원(방지시설)에 대한 관리강화가 필요할 것으로 판단되었다.

1.3 업체별 일반 현황 조사 결과

- 본 과업의 조사 대상 업체를 방문하여 운영현황을 조사하였으며, 그 결과를 아래에 요약하여 제시하였다.

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		K&K바렐연마	
주소		경기도 시흥시 경기과기대로 89	
업종		그 외 기타 금속가공업(25929)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		탈지시설 + 알카리처리시설 + 산처리시설	
방지시설		흡수에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	50	기온(℃)	5.2
설계유량(Sm ³ /min)	145	기압(mmHg)	769
실측유량(Sm ³ /min)	9367.1 hr	습도(%)	34
배출구 관경(m)	0.7	풍향	동북동
배출구 유속(m/s)	6.9	풍속(m/s)	2.9
산소량(%)	21.0	수분량(%)	0.68
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)삼흥전기	
주소		경기도 시흥시 정왕동 2179-1	
업종		변압기 제조업(28112)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		건조시설	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	60	기온(℃)	11.6
설계유량(Sm ³ /min)	12	기압(mmHg)	764
실측유량(Sm ³ /min)	290.6 hr	습도(%)	67
배출구 관경(m)	0.18	풍향	동남동
배출구 유속(m/s)	3.94	풍속(m/s)	0.6
산소량(%)	20.8	수분량(%)	3.0
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)하델시스	
주소		경기도 시흥시 희망공원로 116	
업종		차체 및 특장차 제조업(30201)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		도장시설(습식) + 건조시설	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)		기온(℃)	2.8
설계유량(Sm ³ /min)	140	기압(mmHg)	773
실측유량(Sm ³ /min)	139.3	습도(%)	22
배출구 관경(m)	0.4	풍향	남남동
배출구 유속(m/s)	18.97	풍속(m/s)	2.0
산소량(%)	21.0	수분량(%)	0.35
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		한국중전기(주)	
주소		경기도 시흥시 경제로 277	
업종		전동기 및 발전기 제조업(31101)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		도장시설 + 코팅시설(비배출시설)	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)		기온(℃)	15.5
설계유량(Sm ³ /min)	315	기압(mmHg)	768
실측유량(Sm ³ /min)	94.8	습도(%)	43
배출구 관경(m)	0.75	풍향	서
배출구 유속(m/s)	3.75	풍속(m/s)	1.7
산소량(%)	20.9	수분량(%)	0.6
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		민오전자(주)	
주소		경기도 시흥시 정왕동 1245-6	
업종		인쇄회로기판제조업(32192)	
대기 (종)		4 종	
배출시설		탈지시설 + 산처리시설 +도금시설 외	
방지시설		흡수에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	100	기온(℃)	12.0
설계유량(Sm ³ /min)	1,000	기압(mmHg)	766
실측유량(Sm ³ /min)	125.8	습도(%)	66
배출구 관경(m)	1.3	풍향	서북서
배출구 유속(m/s)	1.68	풍속(m/s)	4.2
산소량(%)	21.0	수분량(%)	0.87
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)두성특장차(금강테크)	
주소		경기도 시흥시 정왕동 2100-2	
업종		트레일러세미트레일러제조업 외 3종 (34202, 28122, 34201, 35201)	
대기 (종)		3 종	
배출시설		도장시설 + 건조시설	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	20	기온(℃)	11.3
설 계유량(Sm ³ /min)	1200	기압(mmHg)	766
실 측유량(Sm ³ /min)	837.2	습도(%)	54
배출구 관경(m)	1.3	풍향	북북서
배출구 유속(m/s)	11.71	풍속(m/s)	2.3
산소량(%)	21.0	수분량(%)	1.13
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)서진오토모티브	
주소		경기도 시흥시 공단1대로 313	
업종		자동차 엔진용 부품 제조업 외 2 (30310, 30331, 31201)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		탈지시설 + 건조시설	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	70	기온(℃)	6.8
설계유량(Sm ³ /min)	90	기압(mmHg)	768
실측유량(Sm ³ /min)	49.7	습도(%)	48
배출구 관경(m)	0.3	풍향	북북서
배출구 유속(m/s)	12.64	풍속(m/s)	2.1
산소량(%)	21.0	수분량(%)	0.65
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)고려제지	
주소		경기도 시흥시 시화공단 2마 401	
업종		섬유 및 종이재생재료 가공처리업(37201), 크라프트 제조업(21015)	
대기 (종)		1 종	
배출시설		소각시설	
방지시설		1차 선택적비촉매환원장치(SNCR) 2차 중력집진시설 3차 반건식반응시설(SDR) : 분말활성탄, 분말소석회 주입시설 4차 여과집진시설 5차 흡수에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	100	기온(℃)	12.6
설계유량(Sm ³ /min)	1차 3873 2차 1645 3차 1622 4차 1486 5차 1436	기압(mmHg)	769
실측유량(Sm ³ /min)	931.9	습도(%)	94
배출구 관경(m)	2.5	풍향	북북동
배출구 유속(m/s)	4.31	풍속(m/s)	1.0
산소량(%)	9.9	수분량(%)	11.17
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		케이지이티에스(주)	
주소		경기도 시흥시 소망공원로 5	
업종		지정폐기물수집운반업(38120)외 6개 업종	
대기 (종)		1 종	
배출시설		소각시설(소각보일러)	
방지시설		1차 무촉매환원시설(SNCR) + 2차 여과집진시설 *전단에 활성탄 및 반응소석회 분무함.	
공장 조업 가동률(%)	100	기온(℃)	10.8
설계유량(Sm ³ /min)	1차 4,800 2차 2,200	기압(mmHg)	769
실측유량(Sm ³ /min)	1353.9	습도(%)	55
배출구 관경(m)	1.998	풍향	남
배출구 유속(m/s)	11.96	풍속(m/s)	0.9
산소량(%)	15.8	수분량(%)	9.2
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)오토월드	
주소		경기도 시흥시 군자천로 281	
업종		자동차 종합수리업(95211)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		도장시설 + 건조시설	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)		기온(℃)	4.6
설계유량(Sm ³ /min)	300	기압(mmHg)	770
실측유량(Sm ³ /min)	13083.2 hr	습도(%)	45
배출구 관경(m)	0.8 × 0.6	풍향	북
배출구 유속(m/s)	7.8	풍속(m/s)	0.5
산소량(%)	20.9	수분량(%)	0.6
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		한국지엠시화정비(주)	
주소		경기도 시흥시 시화공단 2가 203-1호	
업종		자동차종합수리업(95211)	
대기 (종)		5 종	
배출시설		도장시설 + 건조시설	
방지시설		흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)		기온(℃)	-7.4
설계유량(Sm ³ /min)	420	기압(mmHg)	776
실측유량(Sm ³ /min)	11279.1 hr	습도(%)	37
배출구 관경(m)	0.6 × 0.5	풍향	북
배출구 유속(m/s)	10.61	풍속(m/s)	5.1
산소량(%)	21.0	수분량(%)	0.33
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

<표 4.2> 조사 대상 업체 현황

업체명		(주)현대시화모터스	
주소		경기도 시흥시 군자천로 271	
업종		자동차종합수리업(95211)	
대기 (종)		4 종	
배출시설		도장시설, 건조시설	
방지시설		1차 여과시설 2차 흡착에 의한 시설	
공장 조업 가동율(%)	80	기온(℃)	7.6
설계유량(Sm ³ /min)	350	기압(mmHg)	768
실측유량(Sm ³ /min)	156.4	습도(%)	28
배출구 관경(m)	0.7 × 0.7	풍향	북북동
배출구 유속(m/s)	5.59	풍속(m/s)	3.8
산소량(%)	21.0	수분량(%)	0.49
측정사진			
			
배출시설 및 방지시설			
			
배출구 측정			

2. 대기유해물질의 업종별 조사결과

2.1 금속 가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)

- 기계장비 및 가구를 제외한 각종 금속 가공제품을 제조하는 산업활동으로서 구조용 금속제품, 탱크 및 유사 저장용기, 증기발생기 및 중앙난방용 보일러, 금속 압단제품, 날붙이, 수공구 및 일반 철물, 금속파스너 및 철선제품, 가정용 금속 제품 및 기타 금속 가공제품을 제조하는 산업활동이 금속 가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)에 속한다.
- 금속 가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)에서는 크롬화합물이 0.0065 mg/Sm³, 염화수소가 0.19 ppm, 불소화합물이 0.057 ppm, 니켈 및 그 화합물이 0.023 mg/Sm³, 포름알데하이드가 0.08 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.09 ppm, 톨루엔 0.1 ppm, 복합악취가 208 배로 나타났다.

<그림 4.2> 금속 가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)의 조사결과

순번	항목	단위	K&K바렐연마	배출허용 기준	농도/기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하	-
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하	-
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하	-
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0065	0.5 이하	0.013
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하	-
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하	-
7		염화수소	ppm	0.19	3 이하	0.063
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.057	3 이하	0.019
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.023	2 이하	0.012
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하	-
11		페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	5 이하	-
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하	-
13		포름알데히드	ppm	0.080	10 이하	0.008
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하	-
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	208	500 배 이하	0.416
16		아세트알데하이드	ppm	0.09	-	-
17		톨루엔	ppm	0.1	-	-
18		자일렌	ppm	0.0	-	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	-	-

2.2 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업

- 전자부품, 컴퓨터 및 주변기기, 방송장비, 유선전신 또는 전화용 기기, 무선 통신 기기, 방송수신기 및 관련 기기, 영상·음성기록 및 재생기, 음성증폭기 등을 제조하는 산업활동이 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업에 속한다.
- 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업에서는 염화수소가 0.64 ppm, 불소화합물이 0.24 ppm, 포름알데하이드가 0.006 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.04 ppm, 복합악취가 144 배로 나타났다.

<그림 4.2> 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업의 조사결과

순번	항목	단위	민오전자(주)	배출허용 기준	농도/기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하	-
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하	-
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하	-
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0012	0.5 이하	0.0024
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	0.00018	2 이하	0
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하	-
7		염화수소	ppm	0.64	6 이하	0.107
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.240	3 이하	0.08
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	2 이하	-
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하	-
11		페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	5 이하	-
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하	-
13		포름알데히드	ppm	0.006	10 이하	0
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하	-
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	144	500 배 이하	0.288
16		아세트알데하이드	ppm	0.04	-	-
17		톨루엔	ppm	0.0	-	-
18		자일렌	ppm	0.0	-	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	-	-

2.3 전기장비 제조업

- 전기경보 및 신호장치, 전기용 탄소제품 및 절연제품, 교통통제용 전기장치 등 기타 전기장비를 제조하는 산업활동을 말한다. 전자석, 내연기관 및 운송장비용 전기장치(자동차용 제외), 전기용접기, 초음파 세척기 등을 제조하는 산업활동이 전기장비 제조업에 속한다.
- 전기장비 제조업에서는 염화수소가 0.46 ppm, 불소화합물이 0.041 ppm, 니켈 및 그 화합물이 0.004 mg/Sm³, 포름알데하이드가 0.008 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.13 ppm, 톨루엔이 0.5 ppm, 자일렌이 0.1 ppm, 메틸에틸케톤이 0.1 ppm, 복합약취가 100 배로 나타났다.

<그림 4.2> 전기장비 제조업의 조사결과

순번	항목	단위	(주)삼흥전기	배출허용 기준	농도/기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하	-
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하	-
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하	-
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0013	0.5 이하	0.0026
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하	-
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하	-
7		염화수소	ppm	0.46	6 이하	0.077
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.041	3 이하	0.014
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.004	2 이하	0.002
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하	-
11		페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	5 이하	-
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하	-
13		포름알데히드	ppm	0.008	10 이하	0
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하	-
15	약 취 오 염 물 질	복합약취	배	100	500 배 이하	0.2
16		아세트알데하이드	ppm	0.13	-	-
17		톨루엔	ppm	0.5	-	-
18		자일렌	ppm	0.1	-	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.1	-	-

2.4 자동차 및 트레일러 제조업

- 화물자동차, 세미트레일러 견인용의 도로주행식 트랙터 등 화물운송용으로 제작된 완성차를 제조하거나 엔진을 갖춘 각종 화물운송 자동차용 샤프를 제조하는 산업활동이 자동차 및 트레일러 제조업에 속한다.
- 자동차 및 트레일러 제조업에서는 시안화수소가 0.1575 ppm, 염화수소가 0.98 ppm, 불소화합물이 0.0945 ppm, 니켈 및 그 화합물이 0.002 mg/Sm³ 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.015 ppm, 톨루엔이 1.05 ppm, 자일렌이 9.3 ppm, 복합악취가 100 배로 나타났다.

<그림 4.2> 자동차 및 트레일러 제조업의 조사결과

순번	항목	단위	(주)서진오 토모티브	(주)하멜시 스	배출허용 기준	농도/기 준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.5 이하	-
2		시안화수소	ppm	0.230	0.085	5 이하	0.046 0.017
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	1 이하	-
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	불검출	0.0008	0.5 이하	0.0016
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	2 이하	-
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	불검출	2 이하	-
7		염화수소	ppm	1.96	불검출	3 이하 6 이하	0.653
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.189	불검출	3 이하	0.063
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	0.004	2 이하	0.002
10		염화비닐	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
11		페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	불검출	5 이하	-
12		벤젠	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
13		포름알데히드	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
14		디클로로메탄	ppm	불검출	불검출	50 이하	-
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	100	100	500 배 이하	0.2 0.2
16		아세트알데하이드	ppm	0.01	0.02	-	-
17		톨루엔	ppm	0.1	2.0	-	-
18		자일렌	ppm	17.8	0.8	-	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	0.0	-	-

2.5 기타 운송장비 제조업

- 항공기, 선박, 철도차량 및 자동차 등의 운송장비를 제조하는 산업활동이 기타 운송장비 제조업에 속한다.
- 기타 운송장비 제조업에서는 크롬화합물이 0.0031 mg/Sm³, 염화수소가 0.14 ppm, 불소화합물이 0.017 ppm, 포름알데하이드가 0.048 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.17 ppm, 톨루엔이 0.2 ppm, 자일렌이 1.4 ppm, 복합악취가 208 배로 나타났다.

<그림 4.2> 기타 운송장비 제조업의 조사결과

순번	항목	단위	한국중전기(주)	배출허용 기준	농도/기준
1	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하	-
2	시안화수소	ppm	불검출	5 이하	-
3	납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하	-
4	크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0031	0.5 이하	0.0026
5	수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하	-
6	비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하	-
7	염화수소	ppm	0.14	6 이하	0.077
8	불소화합물(F로서)	ppm	0.017	3 이하	0.014
9	니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	2 이하	0.002
10	염화비닐	ppm	불검출	10 이하	-
11	페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	5 이하	-
12	벤젠	ppm	불검출	10 이하	-
13	포름알데히드	ppm	0.048	10 이하	0
14	디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하	-
15	복합악취	배	208	500 배 이하	0.2
16	아세트알데하이드	ppm	0.17	-	-
17	톨루엔	ppm	0.2	-	-
18	자일렌	ppm	1.4	-	-
19	메틸에틸케톤	ppm	0.0	-	-

2.6 산업용 기계 및 장비 수리업

- 산업용 기계장비 및 용품을 직접 제조하지 않는 사업체가 특정 산업용 기계장비 및 용품을 전문적으로 수리·유지하는 산업활동이 산업용 기계 및 장비 수리업에 속한다.
- 산업용 기계 및 장비 수리업에서는 염화수소가 0.32 ppm, 불소화합물이 0.017 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.03 ppm, 톨루엔이 2.8 ppm, 자일렌이 12.1 ppm, 복합악취가 448 배로 나타났다.

<그림 4.2> 산업용 기계 및 장비 수리업의 조사결과

순번	항목	단위	(주)두성특장차	배출허용 기준	농도/기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하	-
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하	-
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하	-
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하	-
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하	-
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하	-
7		염화수소	ppm	0.32	6 이하	0.053
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.017	3 이하	0.006
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	2 이하	-
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하	-
11		페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	5 이하	-
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하	-
13		포름알데히드	ppm	불검출	10 이하	-
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하	-
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	448	500 배 이하	0.896
16		아세트알데하이드	ppm	0.03	-	-
17		톨루엔	ppm	2.8	-	-
18		자일렌	ppm	12.1	-	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	-	-

2.7 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업

- 가정 및 사업장에서 발생하는 폐기물을 수집·운반, 처리 및 처분하는 산업활동과 폐기물, 스크랩, 기타 폐품 등을 처리하여 재생용의 금속 또는 비금속 원료물질로 전환하는 산업활동이 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업에 속한다.
- 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업에서는 크롬화합물이 0.0281 mg/Sm³, 염화수소가 0.865 ppm, 불소화합물이 0.4505 ppm, 니켈 및 그 화합물이 0.0375 mg/Sm³, 포름알데하이드가 0.0105 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.225 ppm, 자일렌이 0.05 ppm, 복합악취가 296 배로 나타났다.

<그림 4.2> 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업의 조사결과

순번	항목	단위	(주)고려제지	케이지이티에스(주)	배출허용기준	농도/기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.02(12) 이하	-
2		시안화수소	ppm	불검출	불검출	5 이하	-
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.2(12) 이하	-
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0408	0.0153	0.3(12) 이하	0.136 0.051
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	0.00046	0.00053	0.08(12) 이하	0.0058 0.0066
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	불검출	0.25(12) 이하	-
7		염화수소	ppm	0.96	0.77	15(12) 이하	0.064 0.051
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.019	0.882	2(12) 이하	0.0095
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.070	0.005	2 이하	0.035
10		염화비닐	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
11		페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	불검출	5 이하	-
12		벤젠	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
13		포름알데히드	ppm	불검출	0.021	10 이하	-
14		디클로로메탄	ppm	불검출	불검출	50 이하	-
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	144	448	500 배 이하	0.288 0.896
16		아세트알데하이드	ppm	0.02	0.43	-	-
17		톨루엔	ppm	0.0	0.0	-	-
18		자일렌	ppm	0.0	0.1	-	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	0.0	-	-

2.8 개인 및 소비용품 수리업

- 승용차, 트럭 및 트레일러 등의 자동차를 전기 및 기계적인 방법으로 차량 전 부분을 종합적으로 수리하는 산업활동이 개인 및 소비용품 수리업에 속한다.
- 개인 및 소비용품 수리업에서는 크롬화합물이 0.0086 mg/Sm³, 염화수소가 0.51 ppm, 불소화합물이 0.1185 ppm, 니켈 및 그 화합물이 0.001 mg/Sm³, 포름알데하이드가 0.1095 ppm 으로 나타났다.
- 그리고 아세트알데하이드가 0.06 ppm, 톨루엔이 0.55 ppm, 자일렌이 1.6 ppm, 복합악취가 200 배로 나타났다.

<그림 4.2> 개인 및 소비용품 수리업의 조사결과

순번	항목	단위	(주)오토월드	(주)현대시화모터스	배출 허용 기준	농도/기준
1	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.5 이하	-
2	시안화수소	ppm	불검출	불검출	5 이하	-
3	납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	1 이하	-
4	크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0099	0.0072	0.5 이하	0.0198 0.0144
5	수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	2 이하	-
6	비소화합물(As로서)	ppm	불검출	불검출	2 이하	-
7	염화수소	ppm	0.19	0.83	6 이하	-
8	불소화합물(F로서)	ppm	0.049	0.188	3 이하	0.26
9	니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.014	0.006	2 이하	0.007
10	염화비닐	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
11	페놀화합물(C6H5OH)	ppm	불검출	불검출	5 이하	-
12	벤젠	ppm	불검출	불검출	10 이하	-
13	포름알데히드	ppm	0.209	0.010	10 이하	-
14	디클로로메탄	ppm	불검출	불검출	50 이하	-
15	복합악취	배	300	100	500 배 이하	0.6 0.2
16	아세트알데하이드	ppm	0.03	0.09	-	-
17	톨루엔	ppm	0.8	0.3	-	-
18	자일렌	ppm	1.0	2.2	-	-
19	메틸에틸케톤	ppm	0.0	0.0	-	-

3. 대기유해물질의 오염물질별 조사결과

3.1 중금속 류

3.1.1 카드뮴화합물(Cd로서)

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- 환경 대기 중 모니터링 결과(2004~2008년, 총 5년간 수도권 3개지점)
: 카드뮴 검출빈도 89%, 농도 1.57 ng/m³.
- TRI 자료 중 카드뮴(kg/yr): 대기배출량 765, 배출총량 774
* TRI(화학물질배출량조사)
- SEMS 자료 중 카드뮴의 배출량(ton/yr) : 7.077

나. 배출기준 및 측정주기

- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 및 악취방지법, 폐기물관리법에서 ‘배출허용기준’을 설정하였다.
- 굴뚝 배출 허용 기준 설정 및 규제는 산업시설의 굴뚝에만 적용하고 있으며 일반공정 배출관리에는 적용하지 않고 있다.
- 미국의 Urban HAPs 33종에 포함되어 있으며 AQMD에서 고정오염원으로부터 배출되는 관리대상물질에 속해 있다.
- 대기 중금속 측정망: 대도시와 산업단지를 중심으로 설치, 매월 둘째주에 5회(일), 입자상 물질 채취하여 중금속 농도 분석. 카드뮴은 정기적으로 측정하는 물질이다.
- 대기 중금속측정망 자료들은 대기환경월보, 연보 등을 통해 보고하고 있으며 특정대기유해물질에는 1978년에 지정되었다.

<표 4.3> 대기중금속측정망 측정항목과 주기(환경부, 2011a).

구분	물질명	측정주기
평상시	납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni), 비소(As), 베릴륨(Be)	월 5회
황사시기	알루미늄(Al), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)	비 정기적

다. 발암성, 위해성 및 특성

- 위해성 평가는 어린이나 노인들과 같은 민감계층의 위해성평가지 연령, 성별 등 고려하여 보다 세분화 해야 한다. 위해성 평가 결과 2007년 국립환경과학원의 ‘시화, 반월지역 유해대기오염물질 조사연구’에서 보고된 위해성평가결과 보다 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 정도 높은 위해도를 보이는 결과가 나타났다.
- 산단에서 발생하는 발암물질 44개 중 위해가중농도 순위는 8위에 해당하였으며 국가 산단 조사 연구의 중금속 관련 독성 정보에서도 우선관리 대상 물질에 속하였다.

<표 4.4> 카드뮴의 위해가중농도 순위(발암 44개 물질)

구분	물질명	전체산단	시화반월	여수광양	울산	구미	대산
발암	Cd	9	8	13	5	10	17

<표 4.5> 카드뮴의 독성관련 정보

한국 환경부		US EPA	발암등급		UR($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹		RfC(mg/m^3)	
우선 순위	특정 대기	HAPs	EPA	IARC	독성값	출처	독성값	출처
○	○	○	B1	1	1.80E-03	IRIS	1.00E-05	D-ATSDR

<표 4.6> 카드뮴의 발암물질 독성정보 및 건강영향

발암등급			건강영향		
EPA	IARC	ACGIH	Tumor type	Test Species	Route
B1	1	A2	폐, 기관, 기관지 암 사망.	사람/백인남성	호흡, 작업장 노출

- 시화 산업단지 내에 위치한 조사대상 사업장의 대기배출시설 배출구에서의 카드뮴화합물을 조사하였다. 그 결과 모든 업종에서 검출 되지 않았다.

3.1.2 납화합물(Pb로서)

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- 환경 대기 중 모니터링 결과(2004~2008년, 총 5년간 수도권 3개 지점)
: 납 검출빈도 93%, 농도 39.91 ng/m³.
- 미국의 Urban HAPs 33종에 포함되어 있다.
- TRI 자료 중 납(kg/yr): 대기배출량 36,087, 배출총량 37,568
- SEMS 자료 중 납의 배출량(ton/yr) : 7.089

나. 배출기준, 측정주기

- 대기중금속측정망 모니터링. 대기환경월보, 연보 등의 자료로 보고하고 있다.
- AQMD에서 고정오염원으로부터 배출되어 관리중인 HAPs로 대기 중금속 측정망으로 매월 둘째주에 5회(일), 입자상 물질을 채취하여 중금속 농도 분석하며 정기적으로 측정하는 물질이다.

다. 발암성, 위해성 및 특성

- 시화 산업단지에서 발생하는 비발암물질 68개 중 위해가중농도 순위는 3위에 해당하였으며 국가 산업 조사 연구의 중금속 관련 독성 정보에서도 우선관리 대상 물질에 속하였다.
- 납의 위해가중농도는 <표 4.7>에 제시하였다.

<표 4.7> 납의 위해가중농도 순위(비발암 68개 물질)

구분	물질명	전체산업	시화반월	여수광양	울산	구미	대산
중금속	Pb	3	3	8	3	5	5

- 시화 산업단지 내에 위치한 조사대상 사업장의 대기배출시설 배출구에서의 납화합물을 조사하였다. 그 결과 모든 업종에서 검출 되지 않았다.

3.1.3 크롬화합물(Cr로서)

- 크롬은 지각을 구성하는 기본적인 구성 물질이며 일반적으로 대기 중 크롬의 존재 형태는 산화상태에 따라서 Cr³⁺과 Cr⁶⁺으로 구분할 수 있다. Cr³⁺은 자연적으로 발생하고 자연계에 널리 분포하며 독성이 낮은 반면에 Cr⁶⁺은 크롬 plating, 크롬 anodizing process 및 chromate 처리하는 냉각탑 등 대부분이 인위적으로 배출되는 것으로 알려져 있으며 호흡기 계통의 암을 유발하는 등 Cr³⁺과는 달리 매우 독성이 강한 물질로 알려져 있다.

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- 환경 대기 중 모니터링 결과(2004~2008년, 총 5년간 수도권 3개 지점)
: 크롬 농도 4.82 ng/m³.
- 미국의 Urban HAPs 33종에 포함되어 있다.
- TRI 자료 중 크롬(kg/yr): 대기배출량 7,297, 배출총량 9,136
- SEMS 자료 중 크롬의 배출량(ton/yr) : 2.657

나. 배출기준, 측정주기

- 유해대기측정망 모니터링 대상물질이며 대기환경월보, 연보 등으로 보고하고 있다.
- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등에 배출허용기준 설정되어 있다.
- AQMD에서 고정오염원으로부터 배출되어 관리중인 HAPs에 포함된 물질이다.

<표 4.8> 크롬화합물의 배출허용기준(입자상 물질).

오염물질	배출시설	배출허용기준
크롬화합물(Cr로서 mg/Sm ³)	(1)폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설	0.3(12)이하
	(2) 고형연료 사용시설	0.3(12)이하
	(3)시멘트제조시설 중 소성시설	0.3(12)이하
	(4) 그 밖의 배출시설	0.5 이하

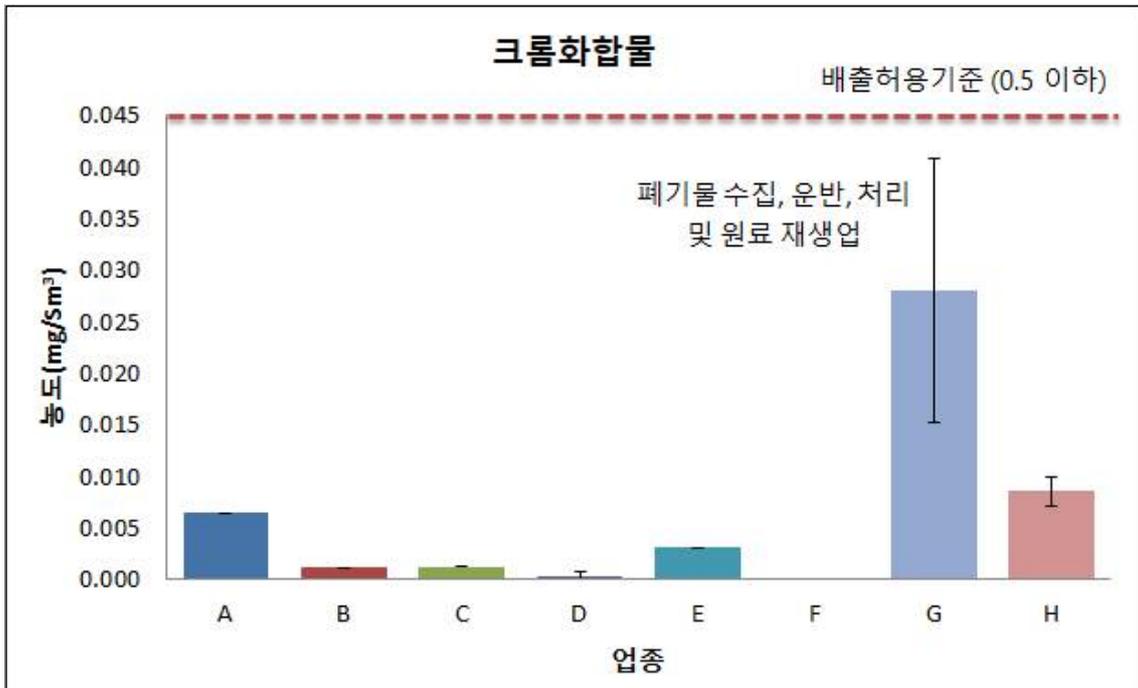
다. 발암성, 위해성 및 특성

- 남캘리포니아 대기관리부(AQMD)의 유해대기오염물질 배출 수준 평가(MATES) 1차 연구 결과, 해당 지역 인구에 가장 큰 위해성 영향을 미칠 가능성이 있는 물질로 벤젠, 6가 크롬을 지목하였다.

<표 4.9> 크롬 및 그 화합물의 독성정보

한국 환경부		US EPA	발암등급		UR($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹		RfC(mg/m^3)	
우선순위	특정대기	HAPs	EPA	IARC	독성값	출처	독성값	출처
X	O	X	-	3	-	-	-	-

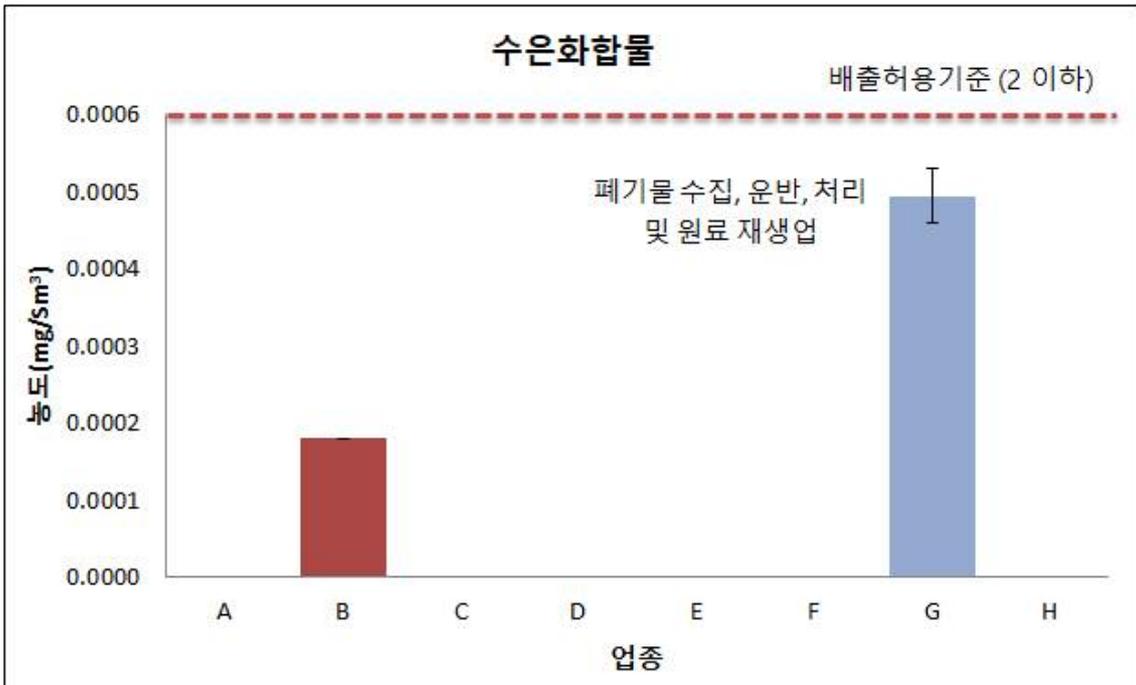
- 산업단지외 그 배후 도시 측정 결과에 바탕을 둔 위해성 평가 결과에서 도시 대기 지정 독성물질에 포함되었다.
- <그림 4.0>에는 크롬화합물에 대한 측정 결과를 제시하였으며 모든 업체에서 배출허용기준 이하로 나타났다.
- 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업에서 가장 높게 나타났지만, 모든 업종에서 배출허용기준 이하로 나타났다.



<그림 4.3> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 크롬 측정결과

3.1.4 수은화합물(Hg로서)

- <그림 4.0>에는 수은화합물에 대한 측정 결과를 제시하였으며 모든 업체에서 배출허용기준 이하로 나타났다.
- 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업에서 가장 높게 나타났지만, 대부분의 업종에서 검출되지 않았다.



<그림 4.3> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 수은화합물 측정결과

3.1.5 비소화합물(As로서)

- 시화 산업단지 내에 위치한 조사대상 사업장의 대기배출시설 배출구에서의 비소화합물을 조사하였다. 그 결과 모든 업종에서 검출 되지 않았다.

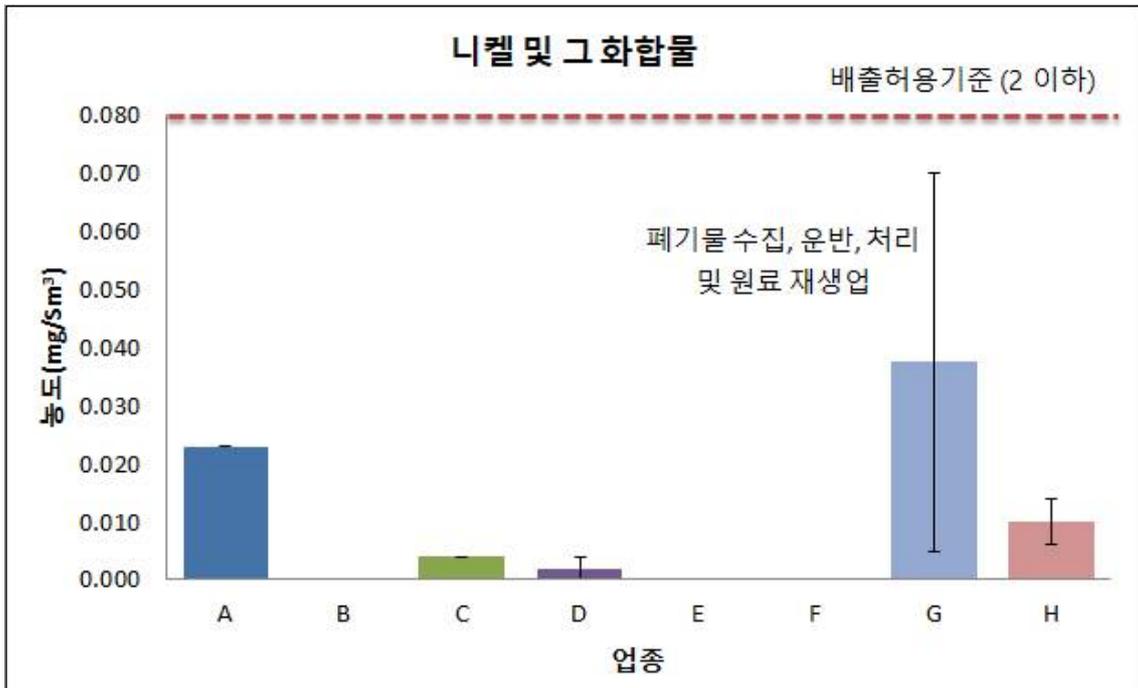
3.1.6 니켈 및 그 화합물

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- 환경 대기 중 모니터링 결과(2004~2008년, 총 5년간 수도권 3개지점)
: 니켈 검출빈도 91%, 농도 9.51 ng/m³.
- 미국의 Urban HAPs 33종에 포함.
- TRI 자료 중 니켈(kg/yr): 대기배출량 12,690, 배출총량 21,499
- SEMS 자료 중 니켈의 배출량(ton/yr) : 8.003

나. 배출기준, 측정주기

- AQMD에서 고정오염원으로부터 배출되어 관리중인 HAPs에 포함되어 있다.
- 유해대기측정망 모니터링 대상물질이며 대기환경월보, 연보 등으로 보고하고 있다.
- 대기 중금속측정망 자료들은 대기환경월보, 연보 등을 통해 보고되고 있다.
- <그림 4.0>에는 니켈 및 그 화합물에 대한 측정 결과를 제시하였으며 모든 업체에서 배출허용기준 이하로 나타났다.
- 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업에서 가장 높게 나타났지만, 업종별로 큰 차이는 없었다.



<그림 4.4> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 니켈 및 그화합물 측정결과

3.2 무기성 물질

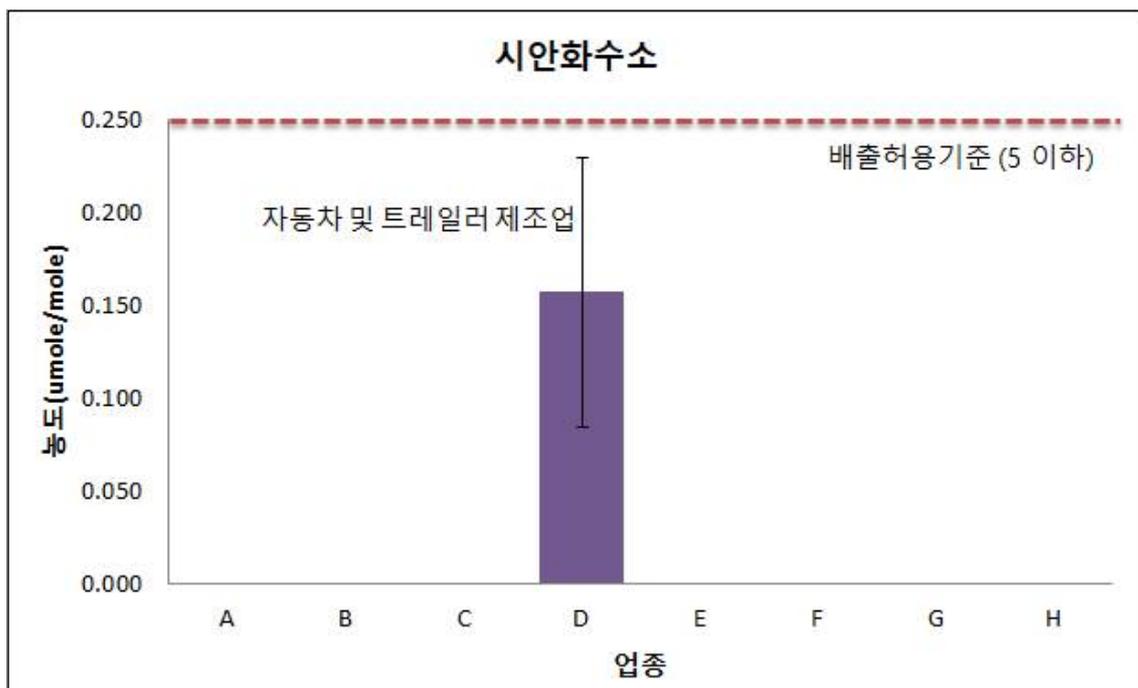
3.2.1 시안화수소

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- TRI 자료 중 시안화수소 (kg/yr): 대기배출량 16,191, 배출총량 16,195
- SEMS 자료 중 시안화수소의 배출량(ton/yr) : 21.641

나. 배출기준, 측정주기

- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 및 악취방지법, 폐기물관리법에서 배출허용기준이 설정되어 있다.
- 배출 부과금 대상 물질에 해당한다.
- 시안화수소에 대한 측정 결과를 아래 그림에 제시하였으며 대부분의 업종에서 검출되지 않았다.
- 자동차 및 트레일러제조업에서 평균 0.158 ppm으로 검출되었다.



<그림 4.5> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 시안화수소 측정결과

3.2.2 염화수소

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- TRI 자료 중 염소(kg/yr): 대기배출량 55,284, 배출총량 56,377
- SEMS 자료 중 염소의 배출량(ton/yr) : 2071.109
- SEMS 자료 중 염화수소의 배출량(ton/yr) : 546.071

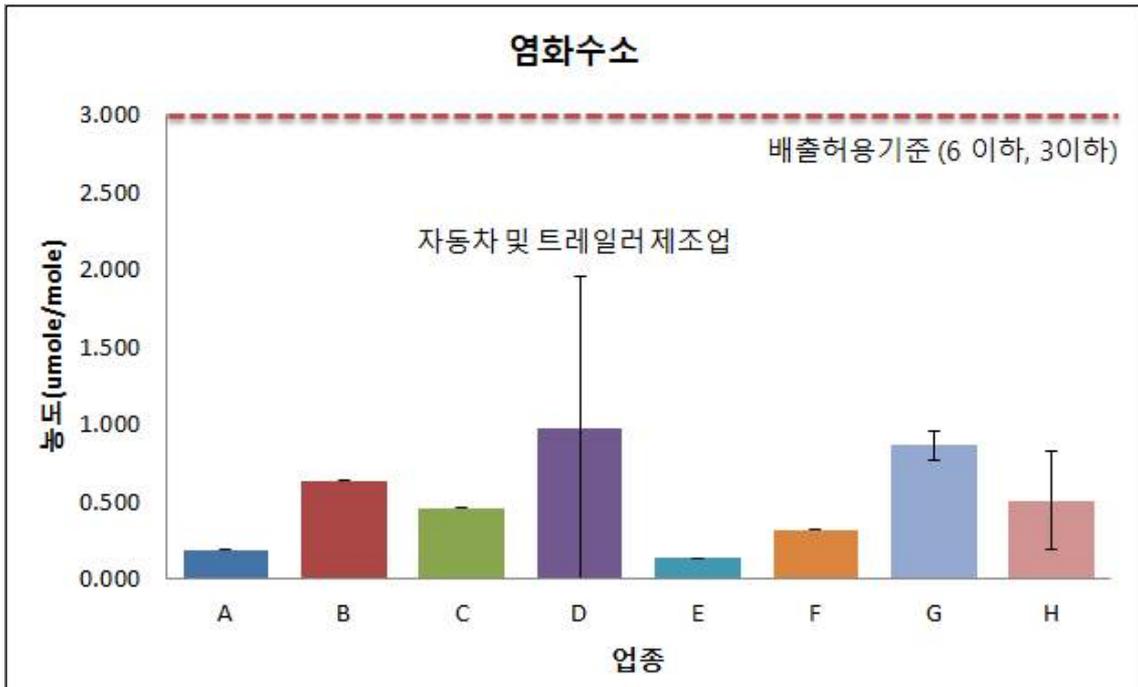
나. 배출기준, 측정주기

- 유해대기측정망 모니터링 대상물질이며 대기환경월보, 연보 등으로 보고하고 있다.
- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등에 배출허용기준 설정되어 있다.

<표 4.10> 염화수소의 배출허용기준(가스상 물질).

오염물질	배출시설	배출허용기준
염화수소 (ppm)	(1)기초무기화합물 제조시설 중 염산제조시설(염산, 염화수소 회수시설을 포함한다) 및 저장시설	6이하
	(2)기초무기화합물 제조시설 중 폐염산정제시설(염산, 염화수소 회수시설을 포함한다) 및 저장시설	15이하
	(3)제1차 금속제조시설 · 조립금속제품 · 기계 · 기기 · 운송장비 · 가구 제조시설의 표면처리시설 중 탈지시설, 산 · 알칼리 처리시설	3이하
	(4)폐수 · 폐기물 · 폐가스 소각처리시설(소각보일러를 포함한다) 가) 소각용량이 시간당 2톤(의료폐기물 처리시설은 시간당 200kg)이상인 시설 나) 소각용량 시간당 2톤 미만인 시설	15(12)이하 20(12)이하
	(5) 유리 · 유리제품 제조시설 중 용융 · 용해(熔融 · 鎔解)시설	2(13) 이하
	(6)시멘트 · 석회 · 플라스터 및 그 제품제조시설, 기타 비금속광물제품 제조시설 중 소성시설(예열시설을 포함한다), 용융 · 용해시설, 건조시설	12(13)이하
	(7)반도체 및 기타 전자부품 제조시설 중 증착(蒸着)시설, 식각(蝕刻)시설 및 표면처리시설	5 이하
	(8)고형연료제품 사용시설 가) 고형연료제품 사용량이 시간당 2톤 이상인 시설 나) 고형연료제품 사용량이 시간당 200킬로그램 이상 2톤 미만인 시설	15(12)이하 20(12)이하
	(9)화장로시설	20(12)이하
	(10)그 밖의 배출시설	6이하

- <그림 4.0>에는 영화수소에 대한 측정 결과를 제시하였으며 모든 업체에서 배출 허용기준 이하로 나타났다.
- 자동차 및 트레일러제조업에서 가장 높게 나타났지만, 업종별로 큰 차이는 없었다.



<그림 4.6> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 영화수소 측정결과

2.2.3 불소화합물

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- TRI 자료 중 불소화합물(kg/yr): 대기배출량 69,821, 배출총량 69,910
- SEMS 자료 중 불소화합물의 배출량(ton/yr) : 59.751

나. 배출기준, 측정주기

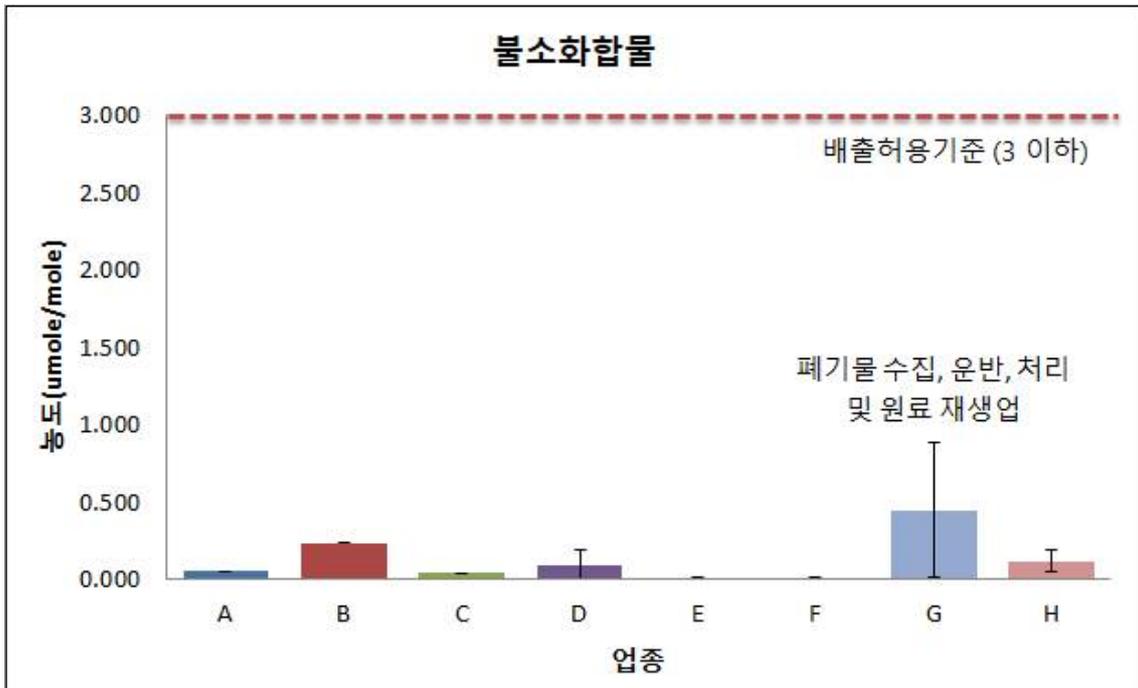
- 유해대기측정망 모니터링 대상물질이며 대기환경월보, 연보 등으로 보고하고 있다.
- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등

에 배출허용기준 설정되어 있다.

<표 4.11> 불소화합물의 배출허용기준(가스상 물질).

오염물질	배출시설	배출허용기준
불소화합물 (F로서ppm)	(1)도자기·요업제품 제조시설의 소성시설(예열시설을 포함한다), 용융·용해시설	5(13) 이하
	(2)기초무기화합물 제조시설과 화합비료 및 질소화합물 제조시설의 습식인산제조시설, 복합비료제조시설, 과인산암모늄제조시설, 인광석·형석의 용융·용해시설 및 소성시설, 불소화합물 제조시설	3 이하
	(3)폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설(소각보일러를 포함한다) (가)소각용량 시간당 200 kg 이상인 시설 (나)소각용량 시간당 200 kg 미만인 시설	2(12) 이하 3(12) 이하
	(4) 시멘트제조시설 중 소성시설	2(13) 이하
	(5)반도체 및 기타 전자부품 제조시설 중 표면처리시설(증착시설, 식각시설을 포함한다) 가) 2014년 12월 31일 이전 설치시설 나) 2015년 1월 1일 이후 설치시설	5 이하 3 이하
	(6)제1차 금속제조시설, 조립금속제품 제조시설의 표면처리시설 중 탈지시설, 산·알칼리시설, 화성처리시설, 건조시설, 불산처리시설, 무기산 저장시설	3 이하
	(7)폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설(소각보일러를 포함한다) 중 생활폐기물 고형연료제품 또는 폐플라스틱 고형연료제품 전용시설 (가)고형연료제품 사용량이 2톤 이상인 시설 (나)고형연료제품 사용량이 시간당 200kg 이상 2톤 미만인 시설	2(12) 이하 3(12) 이하
	(8) 그 밖의 배출시설	3 이하

- 불소화합물에 대한 측정된 결과 모든 업종에서 배출허용기준 3ppm 이하로 나타났다.
- 대부분의 업종에서 배출하고 있지만, 다른 무기성 물질들과 같이 관리가 잘되고 있는 것으로 조사되었다.



<그림 4.7> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 불소화합물 측정결과

3.3 휘발성 물질

3.3.1 염화비닐

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- 미국의 Urban HAPs 33종에 포함.
- TRI 자료 중 염화비닐(kg/yr): 대기배출량 231,462, 배출총량 231,462
- SEMS 자료 중 염화비닐의 배출량(ton/yr) : 32.698

<표 4.12> 염화비닐의 배출허용기준 (가스상 물질).

오염물질	배출시설	기준
염화비닐 (ppm)	이염화에틸렌·염화비닐 및 PVC 제조시설 중 중합반응시설	
	가) 1996년 6월 30일 이전 설치시설	
	(1) 현탁중합반응시설	50 이하
	(2) 과상중합반응시설	80 이하
	(3) 유화중합반응시설	150 이하
	(4) 공중합반응시설	180 이하
	(5) 그 밖의 배출시설	10 이하
	나) 1996년 7월 1일 이후 설치시설	
	(1) 현탁중합반응시설	10 이하
	(2) 과상중합반응시설	30 이하
(3) 유화중합반응시설	100 이하	
(4) 공중합반응시설	180 이하	
(5) 그 밖의 배출시설	10 이하	

- 배출구에서 염화비닐을 측정한 결과 모든 업종에서 검출되지 않았다.

3.3.2 페놀화합물

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- TRI 자료 중 페놀(kg/yr): 대기배출량 43,755, 배출총량 43,856
- SEMS 자료 중 페놀화합물의 배출량(ton/yr) : 25.53

나. 배출기준, 측정주기

- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등에 배출허용기준 설정되어 있다.

<표 4.00> 페놀화합물의 배출허용기준 (가스상 물질).

오염물질	배출시설	기준
페놀화합물(C ₆ H ₅ OH) (ppm)	모든 배출시설	5 이하

<표 4.13> 페놀화합물의 위해가중농도 순위(비발암 68개 물질)

구분	물질명	전체산단	시화반월	여수광양	울산	구미	대산
VOC	페놀	40	-	33	41	29	29

- 배출구에서 페놀화합물을 측정한 결과 모든 업종에서 검출되지 않았다.

3.3.3 벤젠

- 벤젠은 자동차 배기가스의 영향이 커, 아침과 저녁 무렵의 출퇴근 시간대에 농도가 상승하고, 오후시간대에 농도가 떨어지는 전형적인 낙타등 모양의 변동양상을 나타냄.

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- 환경 대기 중 모니터링 결과(2004~2008년, 총 5년간 수도권 3개지점)
: 벤젠 검출빈도 100%, 전체 43종의 물질 중 7번째로 높은 농도 1.14ppb.
- TRI 자료 중 벤젠(kg/yr): 대기배출량 490,362, 배출총량 490,459
- SEMS 자료 중 벤젠화합물의 배출량(ton/yr) : 57.525

나. 배출기준, 측정주기

- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등에 배출허용기준 설정되어 있다.
- 미국의 Urban HAPs 33종에 포함되어 있으며 AQMD에서 고정오염원, 이동오염원에 의한 HAPs으로 지정되어 있다.

<표 4.14> 벤젠의 배출허용기준 (가스상 물질).

오염물질	배출시설	기준
벤젠 (ppm)	모든 배출시설(내부부상 지붕형 또는 외부부상 지붕형 저장시설을 제외한다)	10 이하

다. 발암성, 위해성 및 특성

- 위해성 평가 결과: 어린이나 노인들과 같은 민감계층의 위해성평가지 연령, 성별 등 고려하여 보다 세분화 해야 한다. 그 결과 2007년 국립환경과학원의 '시화, 반월지역 유해대기오염물질 조사연구'에서 보고된 위해성평가결과보다 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 정도 높은 위해도를 보였다.
- 미국환경청 국가대기독성물질평가(NATA)의 2006년 공개한 발암 위해성은 벤젠

이 가장 유해한 발암물질로 보고되었다.

- 남캘리포니아 대기관리부(AQMD)의 유해대기오염물질 배출 수준 평가 (MATES) 1차 연구에서 해당 지역 인구에 가장 큰 영향을 미칠 가능성 있는 물질로 이동 오염원으로 부터의 벤젠을 지목. 벤젠은 경유차량에서의 배출 비율이 높다.

<표 4.15> 벤젠의 위해가중농도 순위(발암 44개 물질)

구분	물질명	전체산단	시화반월	여수광양	울산	구미	대산
VOC	벤젠	3	5	3	3	4	2

<표 4.16> VOC 발암물질 독성정보 및 건강영향

물질명	CAS No.	분자량	발암등급			건강영향		
			EPA	IARC	ACGIH	Tumor type	Test Species	Route
벤젠	71-43-2	78.11	A	1	A1	백혈병	사람	호흡

- 배출구에서 벤젠을 측정하고 결과 모든 업종에서 검출되지 않았다.

3.3.4 포름알데히드

가. 측정자료 - 빈도, 농도

- TRI 자료 중 포름알데히드(kg/yr): 대기배출량 236,994, 배출총량 237,055
- SEMS 자료 중 포름알데히드의 배출량(ton/yr) : 38.026

나. 배출기준, 측정주기

- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등에 배출허용기준 설정되어 있으며 미국의 Urban HAPs 33종에 포함된 물질이다.

<표 4.17> 포름알데히드의 배출허용기준 (가스상 물질).

오염물질	배출시설	기준
포름알데히드(ppm)	모든 배출시설	10 이하

다. 발암성, 위해성 및 특성

<표 4.18> 포름알데히드의 위해가중농도 순위(발암 44개 물질)

구분	물질명	전체산단	시화반월	여수광양	울산	구미	대산
카보닐	포름알데히드	1	1	1	2	1	1

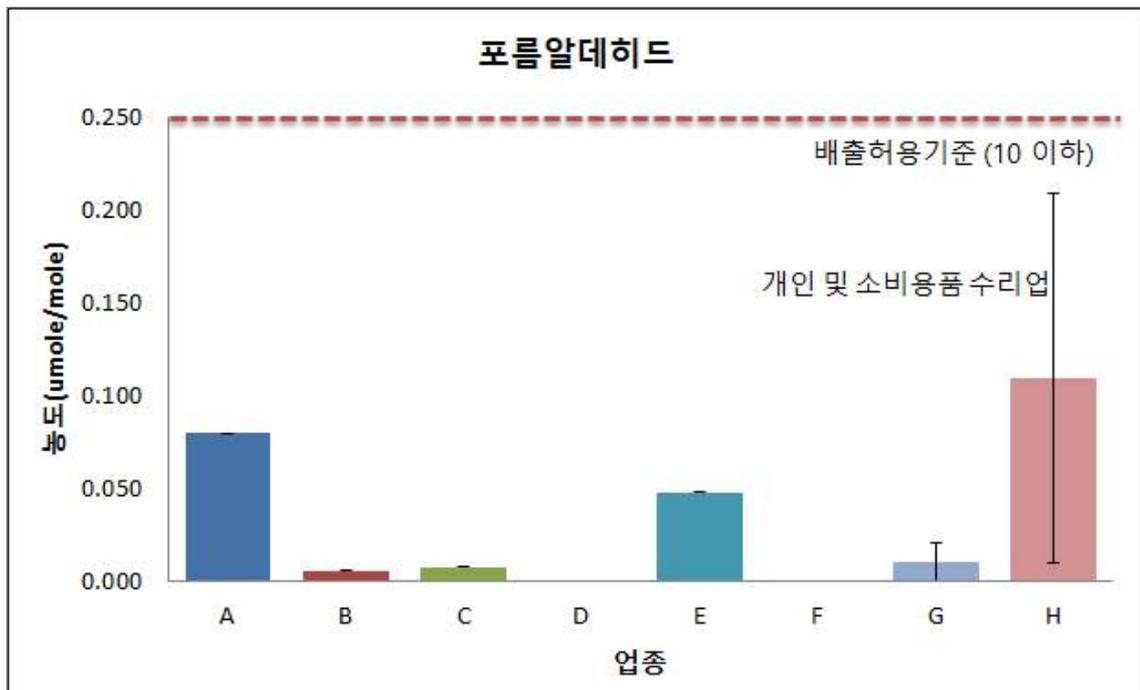
<표 4.19> 국가산단 조사연구의 카보닐화합물관련 독성정보

한국 환경부		US EPA	발암등급		UR($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹		RfC(mg/m^3)	
우선 순위	특정 대기	HAPs	EPA	IARC	독성값	출처	독성값	출처
○	○	○	B1	1	1.30E-05	IRIS	9.80E-03	ATSDR

<표 4.20> 카보닐화합물 발암물질 독성정보 및 건강영향

물질명	CAS No.	분자량	발암등급			건강영향		
			EPA	IARC	ACGIH	Tumor type	Test Species	Route
포름알데히드	50-00-0	30.03	B1	1	A2	편평상피 세포 암	Rat/F344, 수컷	흡입

- 포름알데히드의 조사 결과 모든 업종에서 배출허용기준 이하로 조사되었다.
- 개인 및 소비용품 수리업에서 평균 0.110 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 업종 별로 큰 차이는 없었다.



<그림 4.12> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 포름알데히드 측정결과

2.3.5. 디클로로메탄

- 특정대기유해물질 2005년 지정.
- 53 HAPs의 대기배출량 및 배출총량(kg/yr): 대기배출량 1,438,469, 배출총량 1,438,515

- 대기환경보전법 시행 규칙 별표8, 대기보전특별지역관리를 위한 환경부고시 등에 배출허용기준 설정되어 있다.

<표 4.00> 디클로로메탄의 배출허용기준 (가스상 물질).

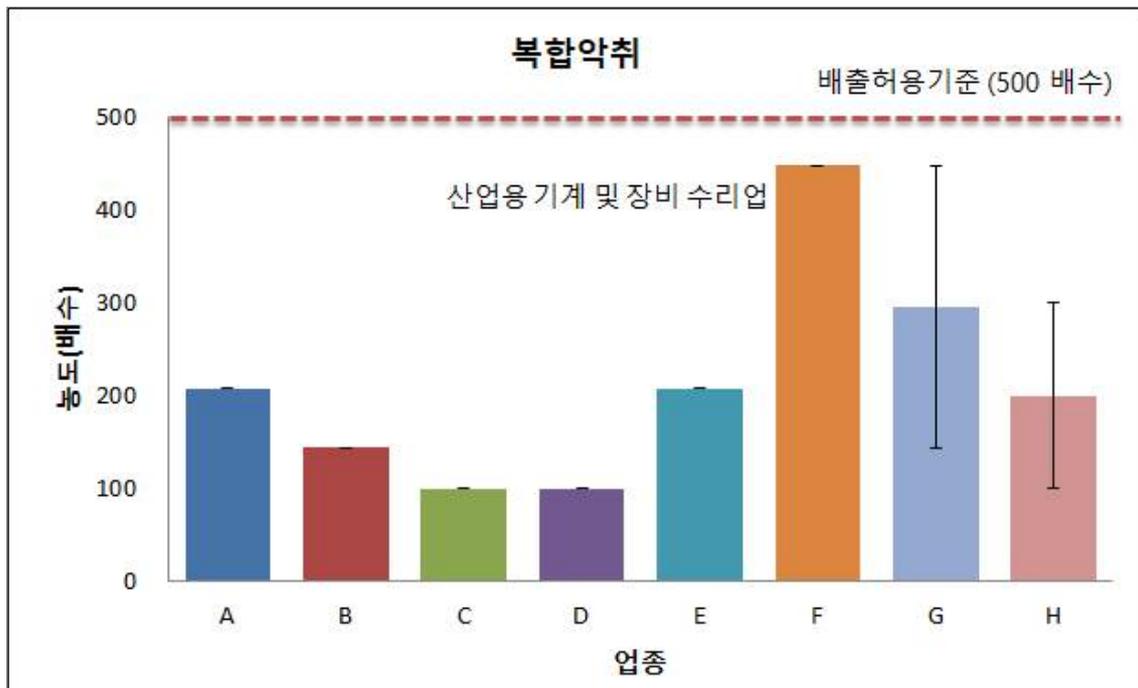
오염물질	배출시설	기준
디클로로메탄(ppm)	모든 배출시설	50 이하

- 배출구에서 디클로로메탄을 측정한 결과 모든 업종에서 검출되지 않았다.

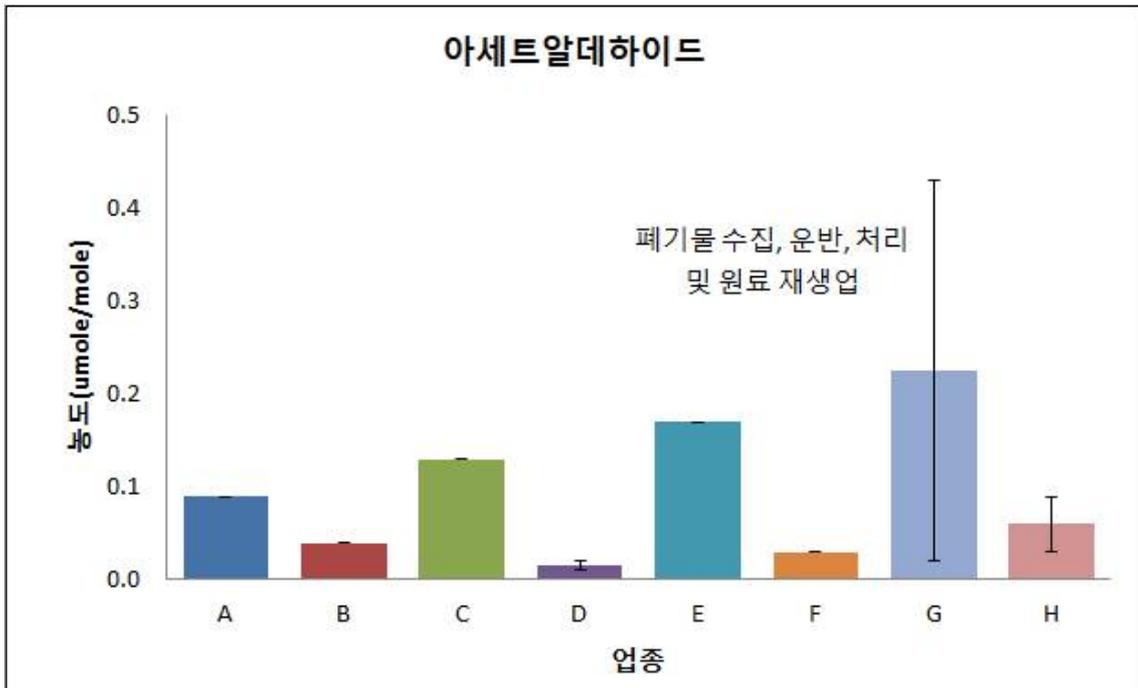
4. 악취물질의 물질별 조사결과

4.1 악취물질의 물질별 조사결과

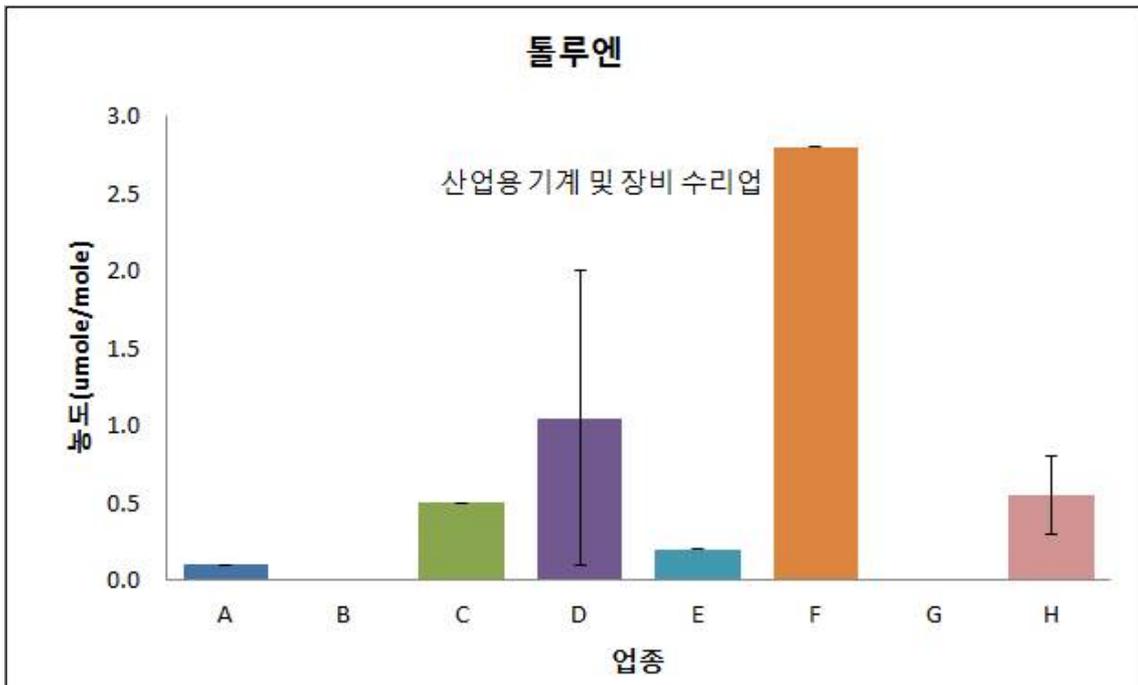
- 업종별 배출구에서의 복합악취 조사 결과는 <그림 4.00>에 제시하였으며, 모든 업종에서 엄격한 기준인 500배를 만족하였다.
- 산업용 기계 및 장비 수리업에서 배출시설인 도장건조시설에서 평균 448배로 가장 높게 나타났다.
- 대부분의 업체에서 악취관리를 양호하게 하고 있음을 알 수 있으며, 100배 이하인 업체도 있는 것으로 조사되었다.
- 악취물질 중 가장 높은 빈도로 검출된 항목은 자일렌, 톨루엔, 아세트알데하이드로서 배출구에서의 배출허용기준은 규정되어 있지 않지만 대부분의 업종에서 배출하고 있는 것으로 조사 되었다(그림 4.15, 4.16, 4.17).



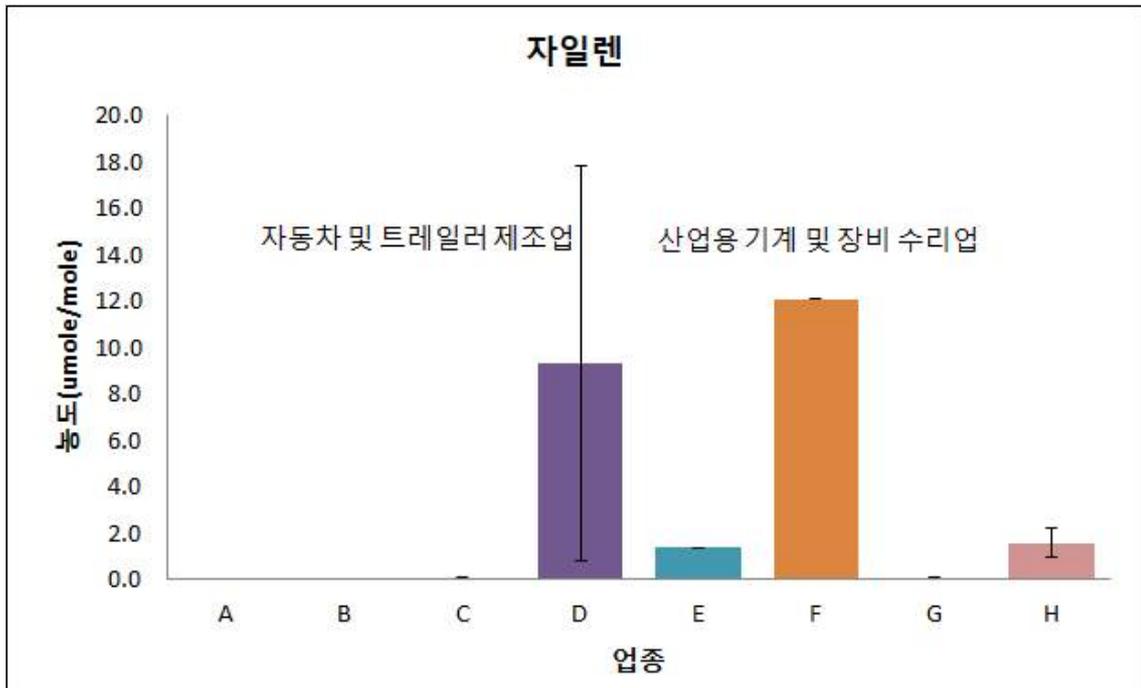
<그림 4.14> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 복합악취 측정결과



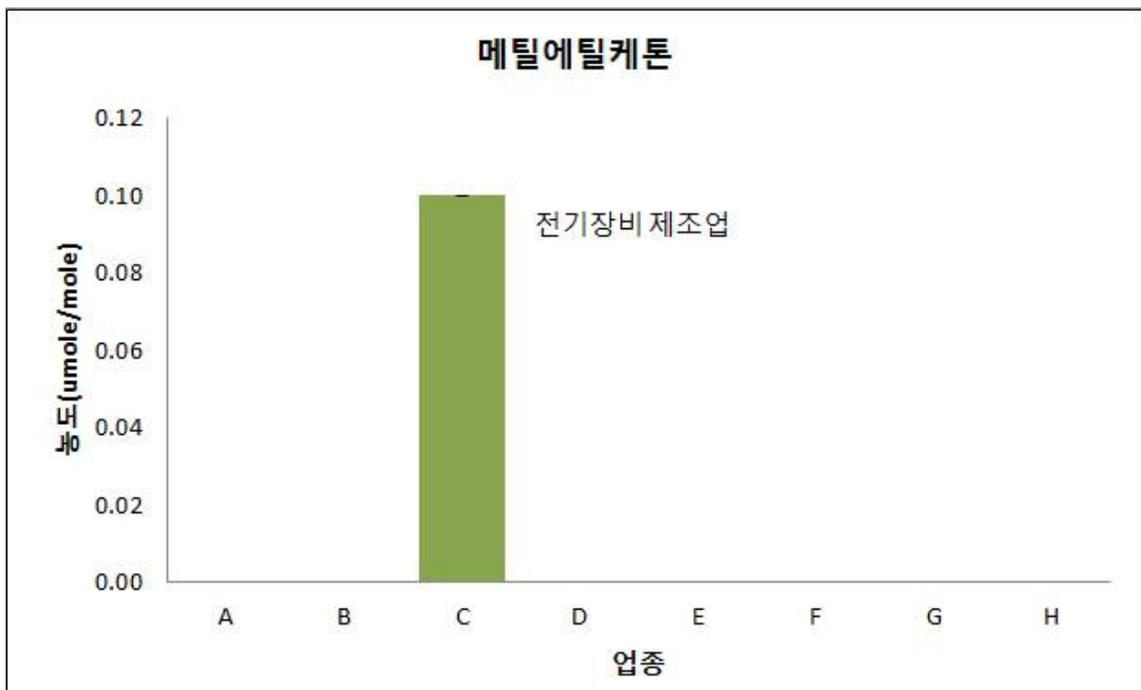
<그림 4.15> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 아세트알데하이드 측정결과



<그림 4.15> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 톨루엔 측정결과



<그림 4.15> 시화 산단내 조사대상 업종별 배출구에서의 자일렌 측정결과



제 5 장 연구결과의 활용계획

제 5 장 연구결과의 활용계획

1. 기대효과

- 일반적으로 악취를 유발하는 물질은 수십만 종에 이르며, 극히 낮은 농도수준에서도 불쾌감을 유발하므로 악취 물질을 배출하는 곳은 제한적이거나, 기상적 외부요인에 의해 광범위한 지역으로 확산되어 악취 민원을 야기시키는 요인이 되고 있다.
- 시화산업단지의 경우 다양한 업종이 입주하여 가동되고 있기 때문에, 악취발생 사업장 및 지역에서 발생하는 악취의 경우 다양한 성분에 의한 복합적인 영향이 크다고 판단되며, 주요 악취발생원별로 주변에 미치는 악취영향 특성 또한 다양할 것으로 사료되어 이에 대한 대책을 수립할 수 있을 것으로 기대된다.
- 악취 물질의 농도나 악취 세기가 악취에 대한 수인한도 이상인지 아니면 이하인지를 판별하는 방법으로 실측에 많은 비용과 시간이 요구될 뿐 아니라 현존하는 배출원이나 악취원에 대해서 한정된 시간과 공간적 범위에서만 그 영향을 파악하게 되는데 실제로 배출된 오염물이나 악취물질은 시간에 따라 수시로 변화되는 기상상황에 놓이게 되며, 기상상황이나 배출원의 작업상태에 따라 대기 중에 배출되는 양상도 달라질 수 있다. 결국 부지 경계선 밖의 몇 지점의 농도 측정만으로 오염물질이나 악취물질의 공간적 분산형태를 충분히 파악한다는 것은 어려움이 있다.
- 따라서 다양한 환경적 조건에서 실시된 악취확산 모델 결과를 참고하여 반월·시화 산업단지에서 발생하는 악취물질의 오염원별 영양권역을 추정함으로써 도시개발 과정에서 악취관리지역과 인근의 주거지역에서 악취로 인한 민원과 상관관계를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.
- 시화산업단지 악취 발생 현황분석 및 종합 관리계획을 수립하기 위한 기초자료로서 활용할 수 있는 수치해석 결과 DB 제시가 기대된다.
- 시화산업단지의 주요 권역별 악취배출원에서의 집중적이고 효율적인 악취 저감 대책을 수립하고, 실행할 경우에 대한 악취확산 현황 재평가가 기대된다.

2. 활용계획

- 본 연구조사 사업을 통하여 다음과 같은 자료가 확보될 것으로 기대된다.
 - 시화산업단지 관내 악취발생지역의 현황 및 악취 관리방안 마련
 - 기초 환경시설, 공단지역 등의 악취배출 실태조사에 기초자료로 활용
 - 주요 악취 배출원에 대한 악취관리 방안 모색
 - 시화산업단지 악취 배출업체의 업종별 또는 분야별 배출 DB 확보
 - 주요 악취 배출 업종 또는 분야별 악취배출 특성 및 실태조사 자료 확보
 - 오염물질 및 배출 특성에 따른 업종별 또는 분야별 악취관리 방안 제시

- 이상의 자료를 토대로 반월·시화 산업단지 환경 대기 및 악취 관리정책 수립에 필요한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.
 - 악취근절을 위한 주민공감형 목표설정과 비전 제시
 - “악취와의 전쟁” 성과 평가 및 주변환경 변화에 따른 분야별 세부 추진정책 수립
 - 악취근절을 통한 친환경적, 미래지향적인 도시조성 방안 제시
 - 지역별 악취 저감 세부 추진계획 수립
 - 업종별·사업장별 악취 저감 대책 추진
 - 악취 개선 보조금 등 악취 배출원 지원 정책 추진
 - 악취배출시설 악취 개선 추진 로드맵 구축
 - 악취배출시설의 특성에 따른 악취 모니터링 시스템 방안의 제시

제 6 장 참 고 문 헌

제 6 장 참 고 문 헌

EPA (2013), Recommended Procedures for Development of Emissions Factors and Use of the WebFIRE Database

European Environment Agency (2013), EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>).

Iowa DNR Ambient Air Monitoring Group(2006), Results of the Iowa DNR Animal Feeding Operations Odor Study

Japan Ministry of the Environment, Odor Index Regulation and Triangular Odor Bag Method

John H. Loughrin (2006), Comparison of Solid-Phase Microextraction and Stir Bar Sorptive Extraction for the Quantification of Malodors in Wastewater, Agricultural and food chemistry, 54, 3237-3241

Koo, Y.-S., Kim, Y.-K., Song, S.-H., Kim, S.-T. (2003), A study of odor modeling method. Journal of Korean Society of Odor Research and Engineering 2(1), 38-45.

Koo, Y.-S., Youn, H.-Y. (2011), The validation of odor modeling in industrial complex area by sensory measurements. Journal of Korean Society of Odor Research and Engineering 10(3), 155-163

LI-COR Bioscience (2013), Eddy Covariance Method

Mass balance integrated horizontal flux method for quantifying NH₃(g) loss, http://landresources.montana.edu/ureavolatilization/documents/IHFMethodology_001.ppt x.

North Carolina Department of Environment and Natural Resources (2009), Guidelines for evaluating the air quality impacts of toxic pollutants in North Carolina

Scire, J. S., Strimaitis, D. G., Yamartino, R. J. (2000), A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (version5), Earth Tech, Inc.

Turner,D,B.. (1970), Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. U.S. EPA Office of Air Programs Publication No. AP-26. Research Triangle Park, NC.

UK (2013), H1 Annex F – Air Emissions Consultation, Environment Agency

Venkatram, A. (2002), Accounting for averaging time in air pollution modeling. Atmospheric Environment 36, pp. 2165-2170.

Y. Xing, H. Guo, J. Feddes, Z. Yu, S. Shewchuck, B. Predicala. (2007), SENSITIVITIES OF FOUR AIR DISPERSION MODELS TO CLIMATIC PARAMETERS FOR SWINE ODOR DISPERSION. Vol. 50(3): 1007-1017, ASABE.

국립환경과학원(2012), 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 관리 전략 수립 연구 최종보고서

국립환경과학원(2008), 환경대기 중 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링(V)

국립환경과학원(2009), 고정오염원에서의 유해대기오염물질 배출원조사(VI)

국립환경과학원(2012), 대산지역 유해대기오염물질(HAPs) 조사연구 최종보고서

보도자료 (2015), 서울시, '악취·소음·빛공해' 3대 생활불편 집중 개선

보도자료 (2016), 농식품부, 축산업 선진화를 위한 정책구상 발표

보도자료 (2016), 가축분뇨 악취민원 저감을 위한 단속계획

서광교(2009), 대구지역의 유해성 대기오염물질 농도 분포 특성

일본 환경성 (2006), 악취방지법

한상운 (2007), 영국의 통합환경관리제도에 관한 연구, 환경정책연구, 제6권 3호

환경부 (2015), 하수도법

환경부 (2015), 악취방지법

제 7 장 부 록

<표 7.1> 금속가공제품 제조업(기계 및 가구 제외) 측정결과

순번	항목	단위	K&K바렐연마	배출허용 기준
1	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하
2	시안화수소	ppm	불검출	5 이하
3	납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하
4	크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0065	0.5 이하
5	수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하
6	비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하
7	염화수소	ppm	0.19	3 이하
8	불소화합물(F로서)	ppm	0.057	3 이하
9	니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.023	2 이하
10	염화비닐	ppm	불검출	10 이하
11	페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	5 이하
12	벤젠	ppm	불검출	10 이하
13	포름알데히드	ppm	0.080	10 이하
14	디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하
15	복합약취	배	208	500 배 이하
16	아세트알데하이드	ppm	0.09	-
17	톨루엔	ppm	0.1	-
18	자일렌	ppm	0.0	-
19	메틸에틸케톤	ppm	0.0	-

<표 7.2> 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 측정결과

순번	항목	단위	민오전자(주)	배출허용 기준
1	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하
2	시안화수소	ppm	불검출	5 이하
3	납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하
4	크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0012	0.5 이하
5	수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	0.00018	2 이하
6	비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하
7	염화수소	ppm	0.64	6 이하
8	불소화합물(F로서)	ppm	0.240	3 이하
9	니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	2 이하
10	염화비닐	ppm	불검출	10 이하
11	페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	5 이하
12	벤젠	ppm	불검출	10 이하
13	포름알데히드	ppm	0.006	10 이하
14	디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하
15	복합악취	배	144	500 배 이하
16	아세트알데하이드	ppm	0.04	-
17	톨루엔	ppm	0.0	-
18	자일렌	ppm	0.0	-
19	메틸에틸케톤	ppm	0.0	-

<표 7.3> 전기장비 제조업 측정결과

순번	항목	단위	(주)삼흥전기	배출허용 기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0013	0.5 이하
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하
7		염화수소	ppm	0.46	6 이하
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.041	3 이하
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.004	2 이하
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하
11		페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	5 이하
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하
13		포름알데히드	ppm	0.008	10 이하
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	100	500 배 이하
16		아세트알데하이드	ppm	0.13	-
17		톨루엔	ppm	0.5	-
18		자일렌	ppm	0.1	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.1	-

<표 7.4> 자동차 및 트레일러 제조업 측정결과

순번	항목	단위	(주)서진오 토모티브	(주)하멜시스	배출허용 기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.5 이하
2		시안화수소	ppm	0.230	0.085	5 이하
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	1 이하
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	불검출	0.0008	0.5 이하
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	2 이하
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	불검출	2 이하
7		염화수소	ppm	1.96	불검출	3 이하 6 이하
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.189	불검출	3 이하
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	0.004	2 이하
10		염화비닐	ppm	불검출	불검출	10 이하
11		페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	불검출	5 이하
12		벤젠	ppm	불검출	불검출	10 이하
13		포름알데히드	ppm	불검출	불검출	10 이하
14		디클로로메탄	ppm	불검출	불검출	50 이하
15	악 취 오 염 물 질	복합악취	배	100	100	500 배 이하
16		아세트알데하이드	ppm	0.01	0.02	-
17		톨루엔	ppm	0.1	2.0	-
18		자일렌	ppm	17.8	0.8	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	0.0	-

<표 7.5> 기타 운송장비 제조업 측정결과

순번	항목	단위	한국중전기(주)	배출허용 기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0031	0.5 이하
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하
7		염화수소	ppm	0.14	6 이하
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.017	3 이하
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	2 이하
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하
11		페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	5 이하
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하
13		포름알데히드	ppm	0.048	10 이하
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하
15	약 취 오 염 물 질	복합악취	배	208	500 배 이하
16		아세트알데하이드	ppm	0.17	-
17		톨루엔	ppm	0.2	-
18		자일렌	ppm	1.4	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	-

<표 7.6> 산업용 기계 및 장비 수리업 측정결과

순번	항목	단위	(주)두성특장차	배출허용 기준	
1	대 기 오 염 물 질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하
2		시안화수소	ppm	불검출	5 이하
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	1 이하
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	불검출	0.5 이하
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	2 이하
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	2 이하
7		염화수소	ppm	0.32	6 이하
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.017	3 이하
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	불검출	2 이하
10		염화비닐	ppm	불검출	10 이하
11		페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	5 이하
12		벤젠	ppm	불검출	10 이하
13		포름알데히드	ppm	불검출	10 이하
14		디클로로메탄	ppm	불검출	50 이하
15	약 취 오 염 물 질	복합약취	배	448	500 배 이하
16		아세트알데하이드	ppm	0.03	-
17		톨루엔	ppm	2.8	-
18		자일렌	ppm	12.1	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	-

<표 7.7> 폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업 측정결과

순번	항목	단위	(주)고려제지	케이지이티 에스(주)	배출허용 기준
1	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.02(12) 이하
2	시안화수소	ppm	불검출	불검출	5 이하
3	납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	0.2(12) 이하
4	크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0408	0.0153	0.3(12) 이하
5	수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	0.00046	0.00053	0.08(12) 이하
6	비소화합물(As로서)	ppm	불검출	불검출	0.25(12) 이하
7	염화수소	ppm	0.96	0.77	15(12) 이하
8	불소화합물(F로서)	ppm	0.019	0.882	2(12) 이하
9	니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.070	0.005	2 이하
10	염화비닐	ppm	불검출	불검출	10 이하
11	페놀화합물(C ₆ H ₅ OH)	ppm	불검출	불검출	5 이하
12	벤젠	ppm	불검출	불검출	10 이하
13	포름알데히드	ppm	불검출	0.021	10 이하
14	디클로로메탄	ppm	불검출	불검출	50 이하
15	복합악취	배	144	448	500 배 이하
16	아세트알데하이드	ppm	0.02	0.43	-
17	톨루엔	ppm	0.0	0.0	-
18	자일렌	ppm	0.0	0.1	-
19	메틸에틸케톤	ppm	0.0	0.0	-

<표 7.8> 개인 및 소비용품 수리업 측정결과

순번	항목	단위	(주)오토월드	(주)현대시화모터스	한국지엠시화정비(주)	배출허용기준	
1	대기오염물질	카드뮴화합물(Cd로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	분석중	0.5 이하
2		시안화수소	ppm	불검출	불검출	분석중	5 이하
3		납화합물(Pb로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	분석중	1 이하
4		크롬화합물(Cr로서)	mg/Sm ³	0.0099	0.0072	분석중	0.5 이하
5		수은화합물(Hg로서)	mg/Sm ³	불검출	불검출	분석중	2 이하
6		비소화합물(As로서)	ppm	불검출	불검출	분석중	2 이하
7		염화수소	ppm	0.19	0.83	분석중	6 이하
8		불소화합물(F로서)	ppm	0.049	0.188	분석중	3 이하
9		니켈 및 그 화합물	mg/Sm ³	0.014	0.006	분석중	2 이하
10		염화비닐	ppm	불검출	불검출	분석중	10 이하
11		페놀화합물((C ₆ H ₅ OH))	ppm	불검출	불검출	분석중	5 이하
12		벤젠	ppm	불검출	불검출	분석중	10 이하
13		포름알데히드	ppm	0.209	0.010	분석중	10 이하
14		디클로로메탄	ppm	불검출	불검출	분석중	50 이하
15	악취오염물질	복합악취	배	300	100	분석중	500 배 이하
16		아세트알데하이드	ppm	0.03	0.09	분석중	-
17		톨루엔	ppm	0.8	0.3	분석중	-
18		자일렌	ppm	1.0	2.2	분석중	-
19		메틸에틸케톤	ppm	0.0	0.0	분석중	-

주 의 문

최종연구보고서 (18-08-02-01-15)
(시화산업단지 대기유해물질 배출현황조사)

발행인 : 센터장 한 신 호
발행일 : 2018년 12월 일
발행처 : 시흥녹색환경지원센터
주 소 : 경기도 시흥시 산기대학로 237 한국산업기술대학교
시흥비즈니스센터 602호
전 화 : 031-8041-0937~7
팩 스 : 031-8041-0939
e-mail : shgec@shgec.or.kr

※ 주 의

1. 이 보고서는 시흥녹색환경지원센터에서 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.

시흥녹색환경지원센터