

연구결과보고서

2019년도 연구개발사업에 따라 연구중인 “안산시 미세먼지 발생원
파악 및 관리방안 마련”에 관한 연구의 최종보고서를 붙임과 같이
제출 합니다.

붙임 : 최종보고서 (10)부. 끝.

연구기관 : 세종대학교 산학협력단

연구책임자 : 전의찬



연구기관장 : 백성옥



안산녹색환경지원센터장 귀하

제 출 문

안산녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “안산시 미세먼지 발생원 파악 및 관리방안 마련”에 관한 최종보고서를 제출합니다.

연구기관명 : 세종대학교

연구책임자 : 전의찬 교수(세종대 환경에너지공간융합학과)

세부연구책임자 : 원호식 교수(한양대 화학분자공학과)

연 구 원 : 김민욱, 우지윤, 오세근, 흥윤정, 강성민, 조성호

노준영, 김성동, 김길훈, 이나영, 김정은, 김성태

미세먼지 발생원 파악 및
관리방안 마련(2차년도)

전 의 찬

안산녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

최근 여러 지자체에서 다양한 분야에서 발생하는 미세먼지에 대한 연구가 이루어지고 있으나, 국가산업단지 등 다양한 배출원이 위치해 있는 안산의 경우 정확한 원인 분석에 대한 연구가 이루어지지 않고 있음.

본 연구에서는 안산시 미세먼지 분야별(교통, 산업, 생활 등) 미세먼지 주요 배출원을 파악하고 발생되는 미세먼지 및 2차 생성물질을 분석하여 안산시에 적용 가능한 맞춤형 미세먼지 저감 대책 수립 및 실행방안 도출하고자 함.

II. 연구의 필요성 및 목적

○ 미세먼지 분야

안산시 미세먼지의 유입경로 및 발생 원인을 파악·분석하여 체계적인 관리방안을 마련하여 미세먼지를 근본적으로 저감하고자 함.

안산시 미세먼지 분야별(교통, 산업, 생활 등) 배출원을 파악 및 분석하여 안산시에 적용 가능한 맞춤형 미세먼지 저감 대책 수립 및 실행방안 도출하고자 함.

○ 유해대기오염물질 분야

안산스마트허브의 경우 대기 유해물질에 대한 조사 및 관리가 필요함에도 불구하고 정확한 분석이 이루어지지 않고 있어 이에 대한 분석이 필요함.

본 연구에서는 업종별 대기 유해물질에 대한 원인 분석을 통해 공단 내 배출원 별 효율적인 관리방안을 마련하고자 함.

III. 연구의 내용 및 범위

- 안산시 미세먼지 분야별(교통, 산업 등) 배출원 파악 및 분석
- 미세먼지 배출 사업장 주요 업종별 배출원 조사
 - 반월·시화산업단지 대기 유해물질 배출원 파악 및 분석
- 배출원별 발생 오염물질 현황파악
- 폐기물처리업, 페인트 제조업, 화학제품 제조업 등 주요 배출원의 대기유해물질 현황조사
- 반월공단 내 업종별 유해대기오염물질(수은, 비소) 측정
 - 유해대기오염물질 배출업종 별 현장방문 및 협조요청
 - 업종별 배출가스 시료 채취 및 분석
- 정량 분석이 가능한 대기 유해물질 조사
- 배출량 조사
- 배출원별 저감방안 도출
- 산업단지 미세먼지 대책 마련
- 미세먼지 1차배출원 저감 대책 수립
- 미세먼지 2차배출원(VOCs, NOx 등) 저감 방안 수립 등
 - 안산시에 적용 가능한 맞춤형 미세먼지 저감 대책 수립 및 실행방안 도출

IV. 연구결과

○ 미세먼지 분야

- 분야별 미세먼지(PM-2.5, PM-10) 및 미세먼지 생성물질 (NOx, SOx, VOCs) 실측(2차)
- 모델링에 의한 미세먼지 오염원규명
- 모델링에 의한 미세먼지 저감 효과 분석
- 산업단지 미세먼지 대책 마련
- 미세먼지 1, 2차 배출원 저감 대책 수립

- 안산시에 적용 가능한 맞춤형 미세먼지 저감 대책 수립 및 실행방안 도출

- 유해대기유해물질

- (2차년도) : · 사업장 및 배출원 유해대기 오염물질 (비소, 수은) 분석
- 업종별 유해대기오염물질 종류 및 배출량 정리
 - 유해대기오염물질 배출 및 관리방안 제언

V. 연구결과의 활용계획

- 안산시 미세먼지 정책수립을 통해 정부 정책 및 타 지자체에 선도적인 입지 구축이 가능하고, 안산시 대내외적인 홍보효과 및 이미지 제고 전략에 활용
- 국가산업단지(반월, 시화산업단지)과 화력발전 등 다양한 원인을 가지고 있는 안산의 경우 정확한 원인 분석에 대한 연구가 이루어지지 않고 있음. 따라서, 미세먼지 배출원 파악 및 분석을 통해 관리 가능
- 산업단지 내 주요 배출사업장에 대한 집중적이고 효율적인 관리방안 마련
- 주요 유해대기오염물질 배출업종 현황 및 특성 등 실태조사 자료 활용

VI. 향후 연구 수행 계획

- 미세먼지 분야

- 미세먼지(PM-2.5, PM-10) 및 전구물질(NOx, SOx, VOCs) 실측
 - 19개 업체(6개 업체 실측 완료)
- 현장측정 데이터를 이용하여 대기질 모델링 실시
- 미세먼지 저감 대책 수립
- 중간보고회 이후, 의견사항 최대한 이행하여 과제를 수행하고자 함.

- 유해대기유해물질 분야

- 업체 현장방문 및 배출물질 시료채취 지속 수행
 - 상반기 업체방문 완료 후 하반기 대상 업체(23개) 협조요청 진행
- 시료 내 수은(Hg), 비소(As) 함량 분석
- 표준물질 측정 후 미지시료 농도분석 수행
- 업체별 2개 시료 분석 후 결과비교
- 중간보고회 이후, 의견사항 최대한 이행하여 과제를 수행하고자 함.

목 차

요약문	i
목차	vi
표 목차	ix
그림 목차	xvii
제 1장 서 론	3
1. 연구의 필요성	3
1.1. 미세먼지 연구의 필요성	3
1.2. 유해대기오염물질 연구의 필요성	4
2. 안산시 현황	6
2.1. 안산시의 지리적 특성	6
2.2. 인구 및 가구	7
2.3. 산업 및 교통 현황	8
3. 안산시의 미세먼지 및 유해대기오염물질 현황	10
3.1. 안산시 미세먼지 및 미세먼지 생성물질 농도 현황	10
3.2. 안산시 유해대기오염물질 현황	12
제 2장 국내·외 미세먼지 사업정책 현황 및 기술 현황	19
1. 국내 미세먼지 사업정책	19
2. 국외 미세먼지 사업정책	25

제 3 장 미세먼지 현장조사 내용 및 결과	33
1. 연구대상 물질 및 사업장	33
1.1. 미세먼지(PM-10, PM-2.5)	33
1.2. 미세먼지 생성물질(NOx, SOx, VOCs)	34
1.3. 연구대상 사업장	35
2. 미세먼지와 미세먼지 생성물질 농도 분석방법	37
2.1. 미세먼지 농도 분석 방법	37
2.2. 미세먼지 생성물질 농도 분석방법	43
3. 미세먼지와 미세먼지 생성물질 농도 측정 장비	45
3.1. 미세먼지 측정 장비	45
3.2. 미세먼지 생성물질 농도 측정 장비	46
4. 2차년도 현장측정 결과	49
제 4 장 미세먼지 기여도 분석	125
1. 대기질 모델링	125
1.1 대기질 모델링 개요	125
1.2 대기질 모델링 격자체계 및 입력자료	127
2. 안산시 미세먼지 모델링 및 평가	130
2.1 미세먼지 모델링 결과 정합도 분석	130
2.2 미세먼지 모델링 결과 기여도 분석	133
2.3 타 지자체 기여도 분석	138
2.4 안산시 미세먼지 민감도 분석	140
제 5 장 안산시 맞춤형 미세먼지 저감대책 수립	145
1. 정부의 미세먼지 대책	145
1.1. 산업분야	145
1.2. 교통분야	148
1.3. 생활·가정분야	151

2. 경기도 및 안산시의 미세먼지 대책	153
2.1. 산업분야	153
2.2. 교통분야	157
2.3. 생활·가정분야	162
3. 안산시 맞춤형 미세먼지 대책 수립	164
3.1. 산업분야	164
3.2. 교통분야	169
3.3. 생활·가정분야	173
제 6 장 국내·외 유해대기오염물질 정책 및 기술 현황	181
1. 국내	181
2. 국외	182
제 7 장 유해대기오염물질 현장조사 내용 및 결과	187
1. 유해대기오염물질 수은(Hg), 비소(As) 현장조사	187
1.1. 연구대상 물질	187
1.2. 연구대상 사업장	188
2. 유해대기오염물질 분석방법	191
3. 유해대기오염물질 분석	191
4. 유해대기오염물질 분석결과	192
제 8 장 결 론	217
1. 미세먼지	217
2. 유해대기오염물질	219
참고문헌	221

표 목 차

표 1 시화반월공단 내 주요 업종별 현황	4
표 2 시화·반월공단기준 산단지역 및 주거지역의 유해대기오염물질 농도 비교	5
표 3 연도별·성별 인구추이	7
표 4 안산시 산업부문별 사업체 수와 종사자 수	8
표 5 안산시 미세먼지 측정소 현황	10
표 6 안산시 연평균 PM-10 농도현황	10
표 7 안산시 연평균 PM-2.5 농도현황	11
표 8 안산시 연평균 NO2 농도현황	11
표 9 안산시 SO2 연도별 평균값	12
표 10 업종별 유해대기오염물질 배출현황 조사결과	12
표 11 안산시 미세먼지 저감 지원 사업 현황	20
표 12 미국의 미세먼지 기준	26
표 13 미세먼지의 국내 대기환경 기준	33
표 14 전국 시도별 대기오염물질 배출량(2015년)	34
표 15 안산시 소재 제조업 종분류별 사업체수(2016년)	36
표 16 미세먼지 측정 개요	37
표 17 기기 점검 방법	39
표 18 VOCs 기기분석 조건	47
표 19 VOCs 최소검출한계	47
표 20 VOCs 농도 분석의 재현성 평가	48
표 21 A사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	49
표 22 A사업장의 미세먼지 생성물질 농도	50

표 23 A사업장의 VOCs 농도	51
표 24 B사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	52
표 25 B사업장의 VOCs 농도	53
표 26 C사업장 배기ガ스의 입자상 오염물질 농도	54
표 27 C사업장의 미세먼지 생성물질 농도	55
표 28 C사업장의 VOCs 농도	56
표 29 D사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	57
표 30 D사업장의 미세먼지 생성물질 농도	58
표 31 D사업장의 VOCs 농도	58
표 32 E사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	59
표 33 E사업장의 미세먼지 생성물질 농도	60
표 34 E사업장의 VOCs 농도	61
표 35 F사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	62
표 36 F사업장의 VOCs 농도	63
표 37 G사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	64
표 38 G사업장의 VOCs 농도	65
표 39 H사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	66
표 40 H사업장의 미세먼지 생성물질 농도	67
표 41 H사업장의 VOCs 농도	68
표 42 I사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	69
표 43 I사업장의 미세먼지 생성물질 농도	70
표 44 I사업장의 VOCs 농도	71
표 45 J사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	72
표 46 J사업장의 미세먼지 생성물질 농도	73
표 47 J사업장의 VOCs 농도	74

표 48 K사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	75
표 49 K사업장의 미세먼지 생성물질 농도	76
표 50 K사업장의 VOCs 농도	77
표 51 L사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	78
표 52 L사업장의 미세먼지 생성물질 농도	79
표 53 L사업장의 VOCs 농도	80
표 54 M사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	81
표 55 M사업장의 VOCs 농도	82
표 56 N사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	83
표 57 N사업장의 미세먼지 생성물질 농도	84
표 58 N사업장의 VOCs 농도	85
표 59 O사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	86
표 60 O사업장의 미세먼지 생성물질 농도	87
표 61 O사업장의 VOCs 농도	88
표 62 P사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	89
표 63 P사업장의 미세먼지 생성물질 농도	90
표 64 P사업장의 VOCs 농도	91
표 65 Q사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	92
표 66 Q사업장의 미세먼지 생성물질 농도	93
표 67 Q사업장의 VOCs 농도	94
표 68 R사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	95
표 69 R사업장의 미세먼지 생성물질 농도	96
표 70 R사업장의 VOCs 농도	97
표 71 S사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	98
표 72 S사업장의 미세먼지 생성물질 농도	99

표 73 S사업장의 VOCs 농도	100
표 74 T사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	101
표 75 T사업장의 미세먼지 생성물질 농도	102
표 76 T사업장의 VOCs 농도	103
표 77 U사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	104
표 78 U사업장의 미세먼지 생성물질 농도	105
표 79 U사업장의 VOCs 농도	106
표 80 V사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	107
표 81 V사업장의 미세먼지 생성물질 농도	108
표 82 V사업장의 VOCs 농도	109
표 83 W사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	110
표 84 W사업장의 미세먼지 생성물질 농도	111
표 85 W사업장의 VOCs 농도	112
표 86 X사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	113
표 87 X사업장의 미세먼지 생성물질 농도	114
표 88 X사업장의 VOCs 농도	115
표 89 Y사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도	116
표 90 Y사업장의 미세먼지 생성물질 농도	117
표 91 Y사업장의 VOCs 농도	118
표 92 A~Y 사업장의 업종별 입자상 오염물질 중량농도 평균값	119
표 93 2015년 안산시 대분류별 대기오염물질 배출량 (ton/yr)	128
표 94 미세먼지 모델링 결과 정합도 분석(2019년 1월/3월)	131
표 95 기여도 분석을 위한 지역 구분	133
표 96 기여도 분석을 위한 배출원 구분	133
표 97 안산시 미세먼지 민감도 조건	140

표 98 안산시 적용가능한 산업분야 미세먼지 저감정책 검토	147
표 99 안산시 적용가능한 교통분야 미세먼지 저감정책 검토	150
표 100 안산시 적용가능한 생활·가정분야 미세먼지 저감정책 검토	152
표 101 최적방지시설 기준 강화(안)	153
표 102 저녹스 버너 보급 대수	155
표 103 안산시 산업단지 미세먼지 대책(기준)	156
표 104 하이브리드차 보급목표	157
표 105 전기차 보급목표	157
표 106 수소연료전지자동차 보급목표	158
표 107 PM·NOx 동시저감장치 부착 목표	159
표 108 노후 휘발유 및 가스차 삼원촉매장치 교체 목표	160
표 109 일일평균 주행거리 목표	160
표 110 노후 건설기계 DPF 부착	161
표 111 노후 건설기계 조기폐차 목표	161
표 112 가정용 저녹스 보일러 교체 목표	162
표 113 직화구이 음식점 방지시설 설치 지원 목표	163
표 114 안산시 산업분야 미세먼지 저감 정책	167
표 115 안산시 교통분야 미세먼지 저감 정책	171
표 116 안산시 생활·가정분야 미세먼지 저감 정책	176
표 117 일본에서 규제되는 물질의 종류와 규제항목	183
표 118 중국의 유해대기물질 규제농도	183
표 119 대기오염물질의 배출허용기준(15조 관련)	187
표 120 연구수행 대상 업체 목록 및 업종분류	188
표 121 A-1업체 배출시설측정 및 분석결과	192
표 122 B-1업체 배출시설측정 및 분석결과	193

표 123 C-1업체 배출시설측정 및 분석결과	193
표 124 E-1업체 배출시설측정 및 분석결과	194
표 125 F-1업체 배출시설측정 및 분석결과	194
표 126 G-1업체 배출시설측정 및 분석결과	195
표 127 H-1업체 배출시설측정 및 분석결과	195
표 128 I-1업체 배출시설측정 및 분석결과	196
표 129 J-1업체 배출시설측정 및 분석결과	196
표 130 L-1업체 배출시설측정 및 분석결과	197
표 131 O-1업체 배출시설측정 및 분석결과	197
표 132 Q-1업체 배출시설측정 및 분석결과	198
표 133 U-1업체 배출시설측정 및 분석결과	198
표 134 A-2업체 배출시설측정 및 분석결과	199
표 135 F-2업체 배출시설측정 및 분석결과	199
표 136 G-2업체 배출시설측정 및 분석결과	200
표 137 H-2업체 배출시설측정 및 분석결과	200
표 138 I-2업체 배출시설측정 및 분석결과	201
표 139 J-2업체 배출시설측정 및 분석결과	201
표 140 L-2업체 배출시설측정 및 분석결과	202
표 141 M-2업체 배출시설측정 및 분석결과	202
표 142 N-2업체 배출시설측정 및 분석결과	203
표 143 P-2업체 배출시설측정 및 분석결과	203
표 144 Q-2업체 배출시설측정 및 분석결과	204
표 145 R-2업체 배출시설측정 및 분석결과	204
표 146 S-2업체 배출시설측정 및 분석결과	205
표 147 U-2업체 배출시설측정 및 분석결과	205

표 148 V-2업체 배출시설측정 및 분석결과	206
표 149 W-2업체 배출시설측정 및 분석결과	206
표 150 A-3업체 배출시설측정 및 분석결과	207
표 151 B-3업체 배출시설측정 및 분석결과	207
표 152 E-3업체 배출시설측정 및 분석결과	208
표 153 H-3업체 배출시설측정 및 분석결과	208
표 154 J-3업체 배출시설측정 및 분석결과	209
표 155 K-3업체 배출시설측정 및 분석결과	209
표 156 M-3업체 배출시설측정 및 분석결과	210
표 157 O-3업체 배출시설측정 및 분석결과	210
표 158 P-3업체 배출시설측정 및 분석결과	211
표 159 Q-3업체 배출시설측정 및 분석결과	211
표 160 S-3업체 배출시설측정 및 분석결과	212
표 161 W-3업체 배출시설측정 및 분석결과	212

그 림 목 차

그림 1 안산 반월단지 내 기업입주 및 악취 민원 발생 분포도	4
그림 2 안산시 위치도	6
그림 3 안산시 도로망 현황도	9
그림 4 안산시 미세먼지 특별대책상황반 구성	20
그림 5 미세먼지에 관한 종합대책(일본)	27
그림 6 미세먼지에 대한 주의보 발령 지침(일본)	28
그림 7 미세먼지 대책의 장단기 과제(일본)	29
그림 8 연구대상 사업장 현황	35
그림 9 여과지 제작 과정	38
그림 10 여과지 건조 과정	38
그림 11 여과지 무게 측정 과정	38
그림 12 피토우관에 의한 배출가스 유속측정	40 ¹
그림 13 Lung sampler를 이용한 간헐포집(EPA Method 18)	43
그림 14 간헐포집 방법의 실험모식도	44
그림 15 Cascade Impactor	45
그림 16 Stack sampler (ES 01301)	45
그림 17 Lung sampler (ACEN, KOREA)	46
그림 18 Gas analyzer (EUROTRON, GreenLine MK2)	46
그림 19 GC-MSD	48
그림 20 AA사업장 측정 모습	49
그림 21 AA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	50
그림 22 BA사업장 측정 모습	52
그림 23 BA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	53

그림 24 CA사업장 측정 모습	54
그림 25 CA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	55
그림 26 DA사업장 측정 모습	57
그림 27 DA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	58
그림 28 EA사업장 측정 모습	59
그림 29 EA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	60
그림 30 FA사업장 측정 모습	62
그림 31 FA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	63
그림 32 GA사업장 측정 모습	64
그림 33 GA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	65
그림 34 HA사업장 측정 모습	66
그림 35 HA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	67
그림 36 IA사업장 측정 모습	69
그림 37 IA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	70
그림 38 JA사업장 측정 모습	72
그림 39 JA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	73
그림 40 KA사업장 측정 모습	75
그림 41 KA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	76
그림 42 LA사업장 측정 모습	78
그림 43 LA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	79
그림 44 MA사업장 측정 모습	81
그림 45 MA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	82
그림 46 NA사업장 측정 모습	83
그림 47 NA사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	84
그림 48 OA사업장 측정 모습	86

그림 49 O사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	87
그림 50 P사업장 측정 모습	89
그림 51 P사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	90
그림 52 Q사업장 측정 모습	92
그림 53 Q사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	93
그림 54 R사업장 측정 모습	95
그림 55 R사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	96
그림 56 S사업장 측정 모습	98
그림 57 S사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	99
그림 58 T사업장 측정 모습	101
그림 59 T사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	102
그림 60 U사업장 측정 모습	104
그림 61 U사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	105
그림 62 V사업장 측정 모습	107
그림 63 V사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	108
그림 64 W사업장 측정 모습	110
그림 65 W사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	111
그림 66 X사업장 측정 모습	113
그림 67 X사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	114
그림 68 Y사업장 측정 모습	116
그림 69 Y사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율	117
그림 70 업종별 먼지 평균농도	121
그림 71 CAMx 광화학 모델 개요	126
그림 72 대기질 모델링 격자체계	127
그림 73 2015년 미세먼지 배출량 공간분포	129

그림 74 안산시 PM-10 모델링 예측농도와 측정값 비교	131
그림 75 안산시 PM-2.5 모델링 예측농도와 측정값 비교	132
그림 76 2019년 1월 안산시 PM-10 농도 기여도 분석결과	134
그림 77 2019년 1월 안산시 PM-2.5 농도 기여도 분석결과	135
그림 78 2019년 3월 안산시 PM-10 농도 기여도 분석결과	136
그림 79 2019년 3월 안산시 PM-2.5 농도 기여도 분석결과	137
그림 80 2019년 1월 안양시 PM-2.5 농도 기여도 분석 사례	138
그림 81 2019년 1월 용인시 PM-2.5 농도 기여도 분석 사례	139
그림 82 안산시 배출량 변화에 따른 미세먼지 농도 변화 1	141
그림 83 안산시 배출량 변화에 따른 미세먼지 농도 변화 2	141
그림 84 국내에서 개발 중인 유해화학물질 배출저감 시스템 LDAR21의 개요도	182
그림 85 ICP 장비 및 측정사진	192
그림 86 배출시설 관리실태 파악 및 자체 분석결과	213

제 1 장 서 론

1. 필요성
 2. 안산시의 배출원 현황
 3. 안산시의 미세먼지 및 유해대기오염물질 현황
-

제 1장 서 론

1. 필요성

안산시는 국가산업단지를 비롯한 다양한 배출원이 존재하는 것으로 파악되고 있다. 국가산업단지에 대한 악취와 대기 분석만 이루어지고 있으며, 미세먼지에 대한 정확한 원인 분석은 이루어지지 않고 있다. 안산시 미세먼지의 유입경로 및 발생 원인을 파악·분석하여 체계적인 관리방안을 마련하여 미세먼지를 근본적으로 저감하고자 한다.

유해대기오염물질에 대한 조사 및 관리가 필요함에도 불구하고 정확한 분석이 이루어지지 않고 있어 이에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 업종별 대기 유해물질에 대한 원인 분석을 통해 공단 내 배출원 별 효율적인 관리방안을 마련하고자 한다.

1.1. 미세먼지 연구의 필요성

미세먼지는 직경에 따라 PM-10과 PM-2.5 등으로 구분하며, PM-10은 1000분의 10 mm 보다 작은 먼지이며, PM-2.5는 1000분의 2.5 mm보다 작은 먼지로, 머리카락 직경(약 60 μm)의 1/20~1/30 크기보다 작은 입자이다.

이러한 미세먼지는 천식과 같은 호흡기계 질병을 악화시키고, 폐 기능의 저하를 초래하는 것으로 알려져 있다. 특히 PM-2.5는 입자가 미세하여 코 점막을 통해 걸러지지 않고 흡입 시 폐포까지 직접 침투하여 천식이나 폐질환의 유병률과 조기사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

안산시는 대규모 공단과 주거지역이 밀접하여 대기오염과 악취와 관련된 민원이 자주 발생하고 있어 이와 관련된 연구는 지속적으로 진행되고 있으나, 미세먼지에 대한 주요 배출원 및 배출원에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구를 통해 안산시에서 발생하는 미세먼지의 유입경로 및 발생 원인을 파악 및 분석하여 체계적인 관리방안을 마련하여 미세먼지를 저감할 필요가 있다. 또한 업종별 대기 유해물질에 대한 원인 분석을 통해 국가산업단지 내 배출원별 효율적인 관리방안이 필요하다.

1.2. 유해대기오염물질 연구의 필요성

경기도 내 조성된 반월·시화 공업단지는 2015년 기준, 약 19,000 개의 산업시설이 입주해 있으며, 업종별로 약 14,000 개소의 조립금속, 약 1,400 개소의 석유화학, 약 500 개의 섬유의복 등 아래 표와 같으며, 공단 전체 산업시설의 약 85 %를 차지하고 있다(표 1 참조).

표 1 시화반월공단 내 주요 업종별 현황

(단위: 개소)

구분	합계	조립금속	석유화학	섬유의복	목재·종이·인쇄	폐기물처리
반월시화	16,032	13,858	1,382	534	251	7

자료 : 산업자원부고시 제 2015-283호

화학제품 제조 및 금속가공 등 업종들의 경우 공정과정에서 다양한 화학물질들이 사용되는 특징을 가지고 있으며, 대량의 화학물질들이 악취와 대기환경에 심각한 영향을 주고 있다.

산업단지로부터 발생된 유해대기오염물질과 악취는 그림 1에서 보는 바와 같이 인근 주거지역으로 유입 및 확산되어 주민의 건강과 환경을 해치는 요인으로 민원이 자주 발생하고 있다. 2010년 악취관리지역 내 규제대상 사업장의 민원발생은 459 건이었으나, 2014년 기준 2,454 건으로 해마다 민원이 증가하는 추세이다.

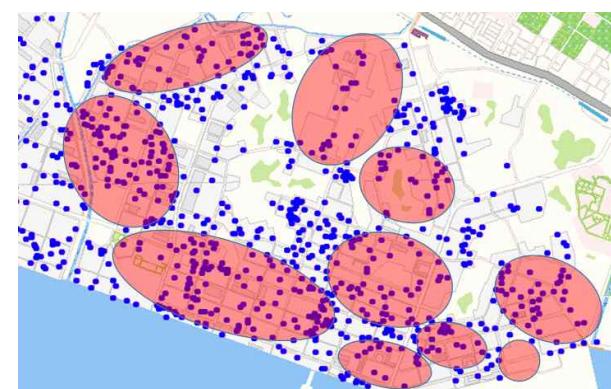


그림 1 안산 반월단지 내 기업입주 및 악취 민원 발생 분포도

선행연구로 진행된 “시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구”에 의하면, 반월·시화 공업단지를 기준으로 산업단지와 주거지역의 대기 중 VOCs 물질들을 물질별 검출빈도와 평균농도로 나타냈을 때, 벤젠과 톨루엔은 전체 시료에서 100 %로 검출되었으며, 에틸벤젠, 자일렌, TCE 등은 약 80 % 이상이 검출되었다. 산단지역은 유해대기오염물질 중 톨루엔과 TCE의 평균 농도가 제일 높게 나타났으며, 주거지역의 경우 톨루엔과 m,p-자일렌이 높게 나타나고 있다(표 2 참조).

표 2 시화·반월공단기준 산단지역 및 주거지역의 유해대기오염물질 농도 비교

(단위: ppb)

구분	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	m,p-자일렌	o-자일렌	TCE
산단지역	0.81	16.15	1.82	3.50	1.03	4.67
주거지역	0.66	7.59	0.83	1.48	0.50	0.87

자료 : 시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구 (2005)

선행연구 이후에도 입주업체의 증가와 다양한 업종유형 별 공정과정의 적용으로 보다 많은 특정대기유해물질의 발생이 우려되어 지속적으로 반월·시화 산업단지 내 시설에서 발생하는 특정대기유해물질의 대해 조사가 이루어지고 있다. 그러나 오염원과 발생원 등 현황파악이 어렵고 뚜렷한 관리방안을 마련하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전년도에 수행되었던 유해대기물질의 배출원 파악 및 조사연구를 보완하여 보다 체계적으로 악취 및 유해대기화학물질의 발생현황과 종합관리계획을 수립할 수 있도록 Database를 구축하고자 한다.

2. 현황

2.1. 안산시의 지리적 특성

안산시는 그림 2에서 보는 바와 같이 동쪽으로 군포시와 의왕시, 남쪽으로 화성시, 북쪽으로 시흥시에 접해 있으며, 서울의 인구 및 산업 분산시책의 일환으로 개발된 전원주택 도시이다. 서울의 30 km 반경 남서부에 위치하여 서해안과 접해 있으며, 지형은 내륙 쪽으로 비교적 완경사를 이루고 있다. 시흥시와 접한 북부에는 광덕산·마산, 남부에는 나봉산·칠보산 등 낮은 구릉선 산지가 연속적으로 이어진다. 반월천·안산천·화정천 등의 하천이 시내를 지나 그 주변 연안에는 비교적 넓은 충적지가 발달되었으며, 대부분이 논으로 이용되고 있다.



그림 2 안산시 위치도

자료 : 2020 안산도시기본계획 재수립 일부변경

2.2. 인구 및 가구

안산시의 2016년 말 기준 인구는 표 3에서 보는 바와 같이 약 744,356명으로 2002년에 비해 약 16.7 %가 증가하였다. 안산시 인구 증가의 원인은 시 승격과 전철 개통, 시외버스 노선 연장 등으로 서울과의 접근성이 좋아지고, 반월공단 및 주변지역의 개발에 의한 수도권 및 타 지역에서의 인구 유입 등 사회적 증가율이 높은 것에 따른 결과로 판단된다. 세대수는 2002년 223,529세대에서 2016년 말 280,524세대로 증가하였으며, 세대당 인구수는 3명에서 2.46명으로 감소하였다.

표 3 연도별·성별 인구추이

연별	인구수			세대	세대당 인구
	소계(명)	남(명)	여(명)		
2002	637,660	328,950	308,710	223,529	3
2003	671,687	347,861	323,826	236,313	3
2004	686,873	355,002	331,871	244,608	3
2005	697,239	359,764	337,475	253,174	3
2006	723,075	373,513	349,562	264,603	3
2007	734,713	379,312	355,401	269,534	3
2008	741,073	382,024	359,049	273,025	3
2009	739,493	380,939	358,554	273,075	3
2010	753,862	389,878	363,984	280,919	2.54
2011	759,902	392,463	367,439	281,655	2.54
2012	758,573	391,349	367,224	282,006	2.54
2013	762,915	393,949	368,966	283,650	2.52
2014	761,631	393,436	368,195	283,527	2.50
2015	753,604	389,156	364,448	281,865	2.48
2016	744,356	384,233	360,123	280,524	2.46

주 : 인구수에 외국인 포함, 세대수에 외국인세대 제외
자료 : 안산시 통계연보(2017)

2.3. 산업 및 교통 현황

안산시의 산업현황은 표 4에서 보는 바와 같이 모두 53,134개의 사업체가 있으며, 종사자는 319,024명으로 나타났다. 산업부문별로 보면, 사업체수는 도매 및 소매업이 11,646개(21.92 %), 종사자수는 제조업이 128,339명(40.23 %)으로 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

표 4 안산시 산업부문별 사업체 수와 종사자 수

산업 분류	사업체 수 (개)	사업체 비중(%)	종사자 수 (명)	종사자 비중(%)
계	53,134	100	319,024	100
농업, 임업 및 어업	7	0.01	62	0.02
광업	6	0.01	38	0.01
제조업	9,150	17.22	128,339	40.23
전기, 가스 증기 및 수도사업	21	0.04	758	0.24
하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원업	135	0.25	1,593	0.50
건설업	1,828	3.44	12,959	4.06
도매 및 소매업	11,646	21.92	36,839	11.55
운수업	6,182	11.63	12,957	4.06
숙박 및 음식점업	8,917	16.78	24,964	7.83
출판, 영상, 방송 통신 및 정보서비스업	239	0.45	1,638	0.51
금융 및 보험업	484	0.91	6,567	2.06
부동산업 및 임대업	2,032	3.82	6,260	1.96
전문, 과학 및 기술 서비스업	1,121	2.11	9,574	3.00
사업시설관리 및 사업지원 서비스업	796	1.50	14,920	4.68
공공행정, 국방 및 사회보장행정	90	0.17	6,309	1.98
교육 서비스업	2,069	3.89	18,862	5.91
보건업 및 사회복지 서비스업	1,700	3.20	20,274	6.36
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	1,742	3.28	4,897	1.53
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	4,969	9.35	11,214	3.52

자료 : 안산시 통계연보(2017)

안산시의 주요 도로는 그림 3에서 보는 바와 같이 서해안고속도로와 영동고속도로가 있으며, 두 고속도로가 만나는 지점에 안산분기점(안산JC)이 있다. 국도는 3개 노선(국도 제 39번, 42번, 39번)이 있으며, 영동고속도로와 39번 국도가 만나는 지점에 서안산IC가 있다. 서안산IC 및 안산JC를 통해 영동고속도로로 진입할 수 있다. 그러나 영동고속도로 하행선 진입 시에는 서안산IC와 안산JC보다는 반월 인근의 군포IC의 이용이 비교적 많으며, 서해안고속도로 하행선 진입 시, 매송IC를 이용하기도 한다. 국도 제 42호선의 일부인 수인산업도로가 안산 동부지역을 지나가며 안산시의 주요 도로(중앙로, 용신로, 해안로)와 직접 연결된다. 이 때문에, 다수의 고속버스 및 시외버스 노선이 수인산업도로를 이용하고 있다.



그림 3 안산시 도로망 현황도

자료 : 안산시 교통정보센터(<http://its.iansan.net/>)

3. 미세먼지 및 유해대기오염물질 현황

3.1. 안산시 미세먼지 및 미세먼지 생성물질 농도 현황

안산시는 표 5에서 보는 바와 같이 경기도 보건환경연구원 관리 하에 총 8곳의 측정소에서 대기환경오염물질을 측정하고 있다.

표 5 안산시 미세먼지 측정소 현황

고잔동	안산시 단원구 화랑로 110 (안산시청)
원시동	안산시 단원구 산단로 112 (민주노총 사무실)
본오동	안산시 상록구 각골길 97 (본오2동 주민센터)
원곡동	안산시 단원구 원선길 101(원곡2동 주민센터)
부곡동	안산시 상록구 성호길 346 (부곡동주민센터)
대부동	안산시 단원구 대부중앙로97-9(대부동 주민센터 옥상)
호수동	안산시 단원구 진흥4길 30 (양지중학교)
도로변 - 중앙대로(고잔동)	안산시 단원구 중앙대로 822 (안산P1펌프장)

자료 : 경기도 보건환경 연구원

표 6~표 9는 경기도 보건환경연구원에서 측정/관리한 안산시의 연도별 PM-10, NO₂, SO₂의 평균농도를 나타내고 있다. 2010년부터 2017년까지 총 8개년도의 값을 보여주고 있으며, 2016년도의 경우 경기도 보건환경연구원 DB 작업 관계로 누락되어있다.

표 6 안산시 연평균 PM-10 농도현황

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

측정소	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
경기도 평균	58	56	49	54	54	53	-	51
고잔동	55	54	43	47	49	49	-	45
원시동	63	63	53	56	55	60	-	54
본오동	53	52	44	50	52	50	-	44
원곡동	50	57	48	51	53	55	-	51
부곡동	55	58	51	58	53	56	-	56
대부동	50	50	44	48	46	49	-	46
호수동	55	51	44	52	55	56	-	40
중앙대로 (고잔동)	57	56	45	49	52	56	-	43

자료 : 경기도 보건환경연구원

표 7 안산시 연평균 PM-2.5 농도현황

측정소	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
경기도 평균	-	-	-	-	29	26	28	27
고잔동	-	-	-	-	-	-	-	38
원시동	-	-	-	-	34	32	33	30
본오동	-	-	-	-	-	-	-	38
원곡동	-	-	-	-	29	-	29	26
부곡동	-	-	-	-	31	23	26	29
대부동	-	-	-	-	28	24	27	23
호수동	-	-	-	-	-	-	-	21
중앙대로 (고잔동)	-	-	-	-	-	-	-	36

자료 : 경기도 보건환경연구원

표 8 안산시 연평균 NO2 농도현황

측정소	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
경기도 평균	0.03	0.03	0.028	0.029	0.029	0.029	-	0.027
고잔동	0.033	0.034	0.03	0.033	0.034	0.033	-	0.029
원시동	0.031	0.03	0.029	0.032	0.033	0.032	-	0.028
본오동	0.033	0.034	0.028	0.032	0.033	0.031	-	0.028
원곡동	0.033	0.034	0.032	0.033	0.035	0.033	-	0.03
부곡동	0.034	0.037	0.036	0.037	0.04	0.039	-	0.036
대부동	0.015	0.015	0.012	0.015	0.016	0.015	-	0.014
호수동	0.029	0.034	0.032	0.034	0.034	0.032	-	0.028
중앙대로 (고잔동)	0.042	0.046	0.04	0.041	0.041	0.041	-	0.035

자료 : 경기도 보건환경연구원

표 9 안산시 SO2 연도별 평균값

측정소	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
경기도 평균	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	-	0.005
고잔동	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.005	-	0.004
원시동	0.011	0.01	0.009	0.008	0.01	0.01	-	0.008
본오동	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	-	0.005
원곡동	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005	-	0.005
부곡동	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	-	0.005
대부동	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	-	0.005
호수동	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005	-	0.005
중앙대로 (고잔동)	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	-	0.004

자료 : 경기도 보건환경연구원

3.2. 안산시 유해대기오염물질 현황

화학물질배출량조사(TRI)자료를 근거로 대기 중으로 배출되는 주요 유해대기오염물질과, 업종을 조사하였으며, 본 과제에서 주요 분석물질로 선정한 수은(Hg)과 비소(As) 및 그 화합물을 배출하는 업종으로 고무제품 및 플라스틱 제조업(22), 1차 금속제조업(24), 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(26)이 확인되었다(표 10 참조).

표 10 업종별 유해대기오염물질 배출현황 조사결과

표준산업 분류코드	업종	배출물질
10	식료품 제조업	- 염소 및 염화수소, 스티렌, 1,2-디클로로에탄, 불소화합물, 포름알데히드, 아세트산비닐, 니트로벤젠, 에피클로로하이드린 - (악취물질) 황화수소, DMS, DMDS, 톨루엔, 자일렌 등
11	음료 제조업	- 염소 및 염화수소, 스티렌, 1,2-디클로로에탄, 불소화합물, 포름알데히드, 아세트산비닐, 니트로벤젠, 에피클로로하이드린

표 10 업종별 유해대기오염물질 배출현황 조사결과(계속)

표준산업 분류코드	업종	배출물질
13	섬유제품 제조업 (의복제외)	<ul style="list-style-type: none"> - 디클로로메탄, 사영화탄소, 석면, 스티렌, 염소 및 염화수소, 클로로포름, 테트라클로로에틸렌, nn-디메틸포름아이드, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아크릴아이드 - 4,4'-디이소시안산시페닐메탄, 납 및 그 화합물, 아크릴로니트릴, 크롬 및 그 화합물 - 벤젠, 톨루엔, mp자일렌 등
14	의복, 액세서리 및 모피제품 제조업	-
15	가죽, 가방 및 신발제조업	<ul style="list-style-type: none"> - (약취물질) 황화수소, 암모니아, 톨루엔, 메틸에틸케톤, 벤젠, 아세톤, 자이렌, 메틸메르캅탄, 저급지방산류 - n,n디메틸포름아이드, 2-에톡시에탄올, 포름알데하이드, 크롬 및 그 화합물, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 아세트산비닐, 트리클로로에틸렌, 황산디메틸
16	목재 및 나무제품 제조업	<ul style="list-style-type: none"> - 디클로로메탄, 스티렌, 염소 및 염화수소, 페놀, 포름알데하이드
17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	<ul style="list-style-type: none"> - 스티렌, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, 염화비닐, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 페놀, 포름알데하이드, n,n-디메틸포름아이드, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산비닐, 에피클로로히드린 - 벤젠, 톨루엔, mp자일렌, 스타일렌
18	인쇄 및 기록매체 복제업	<ul style="list-style-type: none"> - 염소 및 염화수소, 크롬 및 그화합물, 2-에톡시에탄올, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산비닐
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	<ul style="list-style-type: none"> - 휘발성 유기화합물이 전체 90.5%차지. 톨루엔(15.9%), n,n-디메틸포름아이드(8.9%), 디클로로케탄(8.7%), 메틸에틸케톤, 프로필렌, 에틸렌, 자일렌, n-헥산, 벤젠, 알루미늄 및 그 화합물, 아연 및 그 화합물, 구리 및 그 화합물, 망간 및 그 화합물, 납 및 그 화합물, 크롬 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물
20	화학물질 및 기타화학제품 제조업 (의약품제외)	<ul style="list-style-type: none"> - 납 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 디클로로메탄, 스티렌, 아크릴로니트릴, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, 크롬 및 그화합물, 페놀, 포름알데하이드, n,n-디메틸포름아이드, 2,4-다이소시안산톨루엔, 2-에톡시에탄올, 2-에톡시에탄올, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산2-에톡시에틸, 아세트산비닐, 에피클로로히드린, 코발트 및 그 화합물

표 10 업종별 유해대기오염물질 배출현황 조사결과(계속)

표준산업 분류코드	업종	배출물질
21	의료용 물질 및 의약품 제조업	-
22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	<ul style="list-style-type: none"> - 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 염소 및 염화수소, 불소화합물, 포름알데하이드, n,n-디메틸포름아이드, 벤젠, 스티렌, 니켈 및 그 화합물, 페놀, 납 및 그 화합물, 클로로포름, 2-메톡시에탄올, 크롬 및 그 화합물, 비소 및 그 화합물, 시안화수소, 1,3-부타디엔, 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 아크릴로니트릴, 코발트 및 그 화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 산화에틸렌, 아닐린, 에피클로로히드린
24	1차 금속 제조업	<ul style="list-style-type: none"> - 니켈 및 그 화합물, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, 크롬 및 그 화합물, 아세트산2-에톡시에틸 - 염소 및 염화수소, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 포름알데하이드, 디클로로메탄, 납 및 그 화합물, 불소화합물, 벤젠, 아세트산2-에톡시에틸, 크롬 및 그 화합물, 에틸벤젠, 니켈 및 그 화합물, 시안화수소, 페놀, 코발트 및 그 화합물, 비소 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 수은 및 그 화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 히드라진, n,n-디메틸포름아이드
25	금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)-도금업	<ul style="list-style-type: none"> - 암모니아, 황화수소, 메틸메captan, 디이메틸설파이드, 디이메틸다이설파이드, 트리메틸아민, 아세트알데하이드, i-발레르알데하이드, 휘발성유기화합물질 - 납 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 디클로로메탄, 불소화합물, 스티렌, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, 크롬 및 그 화합물, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 포름알데하이드, n,n-디메티ਊ름아이드, 2-에톡시에탄올, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 아세트산2-에톡시에틸, 코발트 및 그 화합물 - 트리클로로에틸렌, 염소 및 염화수소, 디클로로메탄, 2-에톡시에탄올, 아세트산2-에톡시에틸, 테트라클로로에틸렌, 에틸벤젠, 페놀, 크롬 및 그 화합물, 불소화합물, n,n-디메틸포름아이드, 벤젠, 포름알데하이드, 염화비닐, 스티렌, 니켈 및 그 화합물, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 코발트 및 그 화합물, 납 및 그 화합물, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 비소 및 그 화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 카드뮴 및 그 화합물, 톨루엔, 2,4-디이소시아네이트
26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 -인쇄회로기판	<ul style="list-style-type: none"> - 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 염소 및 염화수소, 불소화합물, 포름알데하이드, n,n-디메틸포름아이드, 벤젠, 스티렌, 니켈 및 그 화합물, 페놀, 납 및 그 화합물, 클로로포름, 2-에톡시에탄올, 크롬 및 그 화합물, 비소 및 그 화합물, 시안화수소, 1,3-부타디엔, 수은 및 그 화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 아크릴로니트릴, 코발트 및 그 화합물, 2-에톡시에틸아세테이트, 산화에틸렌, 아닐린, 에피클로로히드린

표 10 업종별 유해대기오염물질 배출현황 조사결과(계속)

표준산업 분류코드	업종	배출물질
29	기타 기계 및 장비 제조업	- 니켈 및 그 화합물, 디클로로메탄, 불소화합물, 스티렌, 에틸벤젠, 크롬 및 그 화합물, 트리클로로에틸렌
30	자동차 및 트레일러 제조업	- 납 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 디클로로메탄, 벤젠, 석연, 스티렌, 아닐린, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, 크롬 및 그 화합물, 트리클로로에틸렌, 포름알데히드, n,n-디메틸포름아미드, 2,4-디이소시안산톨루엔, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산2-에톡시에틸 - 에틸벤젠, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 아세트산 2-에톡시에틸, 스티렌, 포름알데히드, 염소 및 염화수소, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 4,4'-디이소시안산디페닐메탄, 크롬 및 그 화합물, n,n-디메틸포름아미드, 석연, 아크릴로니트릴, 페놀, 납 및 그 화합물, 니켈 및 그 화합물, 톨루엔 2,4-디이소시아네이트, 벤젠, 2-에톡시에탄올, 2-에톡시에틸아세테이트, 아닐린, 염화비닐
31	기타 운송장비 제조업	- 니켈 및 그 화합물, 스티렌, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, 크롬 및 그 화합물, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 아세트산2-에톡시에틸
32	가구제조업	- 디클로로메탄, 스티렌, 트리클로로에틸렌, 아세트산2-에톡시에틸, 아세트산비닐
33	기타제품 제조업	-
35	전기, 가스 증기 및 공기조절 공급업	- 염소 및 염화수소
37	하수, 폐수 및 분뇨처리업	- 앙모니아, 트리메틸아민, 황화수소, 메틸머캅坦, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드, 아세트알데히드, 프로피온알데히드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, l-발레르알데하이드, 스타이렌
38	폐기물, 수집운반, 처리 및 원료재생업	- 1,3-부타디엔, 납 및 그 화합물, 디클로로메탄, 벤젠, 석연, 스티렌, 아크릴로니트릴, 에틸벤젠, 염소 및 염화수소, n,n-디메틸포름아미드, 2-에톡시에탄올, 디(2-에틸헥실)프탈레이트, 아세트산비닐

제 2 장 국내·외 미세먼지 사업정책 현황 및 기술 현황

1.
 2. 국외
-

제 2 장 국내·외 미세먼지 사업정책 현황 및 기술 현황

1. 미세먼지 사업정책

가. 안산

고농도 미세먼지 발생과 장기간 대기 악화 시 신속한 대기 개선조치를 위한 '미세먼지 대책 상황반'을 구성하여 운영 중이다. 미세먼지 농도가 높아짐에 따라 오염원에 대한 관리 대책을 수립하여 미세먼지 농도 감소화 추진으로 환경기준 대기질 개선사업을 추진 중에 있다.

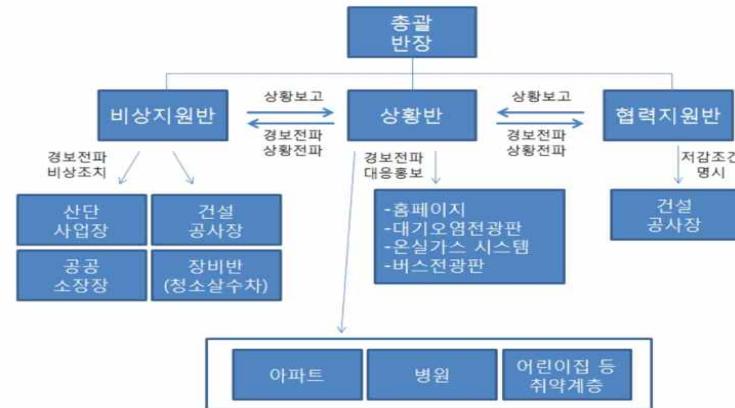


그림 4 안산시 미세먼지 특별대책상황반 구성

자료 : 브라보안산

① 미세먼지 특별대책상황반 구성·운영 : 2017. 5. 17 ~ 지속(그림 4 참조).

- 주요기능

- 미세먼지 경보발령·해제 신속 전파 대응
- 고농도 미세먼지 발생에 따른 피해예방 조치
- 미세먼지 저감 조치 강화
- 시민 홍보 및 현장지도 관리
- 운영시기 : 비상근무 : 고농도 또는 장기간 경보(주의보)발령 ~ 해제 시까지
- 미세먼지 "경보단계" 발령시
- 주의보가 48시간 이상 지속시

② 미세먼지 저감을 위한 지원 사업 현황

표 11 안산시 미세먼지 저감 지원 사업 현황

구 분	사 업 명	사업대상	사업내용
자동차 오염원	운행경유차 배출가스 저감사업	조기폐차 : 2005.12.31 이전 매연저감장치 : 2007.12.31. 이전	노후경유차 매연저감 보조금 지원 사업
	전기차 보급	공고일 이전 안산시 관내 시민 등	전기자동차 구매 보조금 지원 사업 (1,900만원 지원)
	천연가스버스 보급	관내 경유버스	경유버스에 대한 천연가스 버스 교체비 보조금 지원
사업장 오염원	저녹스버너 설치	중소기업, 비영리 단체, 업무·상업용건축물	저녹스버너 및 부대설비 설치보조금 지원
	배출시설 관리	대기배출시설 설치사업장	정기 및 수시 지도점검
	직화구이 음식점 방지시설 설치사업	연면적 300㎡ 이상 직화구이 음식점	방지시설 설치비 보조금 지원 (1,750만원)
	기타 오염원	가정용 저녹스보일러 보급	가정에 설치하는 저녹스 보일러에 대한 보조금 지원
측정망	측정망 관리	관내대기오염측정소 8개소 관리	미세먼지 농도, 예·경보 등 정보 제공

자료 : 브라보안산

③ 에너지정책 전환을 위한 지방정부협의회 운영(의장: 안산시장)

- 구 성 : 시도 및 시군구가 참여하는 광역협의체
- 추진사업 : 에너지계획 전환 필요성과 근거 마련을 위한 공동연구 추진
- 석탄화력발전소로 인한 환경 피해 연구, 다양한 친환경에너지정책 발굴 및 시행방안 마련
- 국가에너지계획 관련 법령 및 제도개선 활동
- 전국 순회 각종 심포지엄, 포럼 등 개최

안산시는 중소 영세사업장 내 노후시설에서 발생하는 미세먼지 유발물질 및 대기(악취)

오염물질 발생 저감사업을 통해 쾌적한 대기환경 조성하고자 한다. 비용 문제로 미세먼지, 악취(VOCs), 백연(유증기) 저감에 어려움을 겪는 중소 영세사업장을 대상으로 노후된 방지시설의 교체 및 개선에 모두 6억원을 지원하고 있다.

① 조기폐차 보조금 지원 정책

- 노후경유차에서 다량 배출되는 미세먼지 및 질소산화물 등 대기오염물질을 감소위함.
- 지난해에 이어 국도비 25억여원을 지원해 약 2천400여대의 노후경유차의 조기폐차를 권고할 계획

② 노후경유자동차 저공해사업

- 배출가스 저감장치 부착 및 조기폐차 보조금 지원
- 노후화된 경유자동차에서 발생하는 매연, 미세먼지 등 대기오염의 주범인 배출가스를 줄이기 위함.
- 38억 원의 예산을 투입해 약 2,000여대의 노후경유차를 대상으로 저공해사업을 추진할 계획

③ 봄철 미세먼지 발생사업장 특별 지도·점검

- 황사 등 봄철 건조기에 미세먼지 농도가 높아짐에 따라 미세먼지 저감을 위함.
- 점검대상은 대기배출시설 설치사업장, 비산먼지발생사업장, VOCs 배출사업장 등 미세먼지 다량 발생 가능성이 높은 224개 사업장을 우선 점검

④ 저감장치 필터 합동 클리닝 서비스

- 노후경유차로 인한 매연 및 미세먼지 발생을 억제해 우리시 대기환경이 개선 위함.
- 노후경유차에 부착하는 배출가스저감장치는 주기적(1종 기준, 16만Km 또는 10개월)으로 필터클리닝 등을 실시하지 않는 경우 자동차에서 나오는 배기ガ스가 원활하게 배출되지 않아 출력과 연비가 저하됨은 물론, 배기ガ스에 포함된 오염물질(매연, PM-10 등)의 처리효율이 현저하게 떨어지므로 이를 방지하기 위함.

⑤ 마스크 보급사업

- 어린이와 어르신들께 보급할 계획
- 경기도 미세먼지 예방 및 저감 지원조례에 의해 도비 30 %와 시비70 % 등 총 1억 5천 8백만 원의 사업가 책정

⑥ 자동차 공회전 제한 캠페인

- 공회전 저감 실천으로 CO(일산화탄소), HC(탄화수소), 매연, NOx(질소산화물) 등의 유해물질로 인한 미세먼지 등의 대기오염이 감소 위함.

나. 대구

① 건강악화 예방

- 건강악화 예방차원으로 초미세먼지 농도가 나쁨($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 이상으로 올라갈 시, 어린이집과 노인요양시설 등 건강취약계층 관련시설 2,530개소에 문자 알림으로 실외활동 자제와 바깥공기 유입차단, 물걸레 청소 등 실내공기질 관리하도록 홍보

② 노후경유자동차 저공해사업

- 어린이 건강보호를 위해 노후된 통학버스를 폐차하고 친환경 LPG 차량으로 구입시 1대당 500만원의 보조금지원사업을 추진

③ 취약계층 황사마스크 지급

- 2018년 3월부터 황사 등으로 고농도 미세먼지 발생 시 어린이, 노약자 등 취약계층의 건강보호를 위해 주의보 발생시 황사마스크를 지급

④ 저감장치 필터 활동 클리닝 서비스

- 도로에서 재비산되는 먼지농도를 실시간으로 측정해 오염도가 높을 경우 관할 구·군에 곧바로 알려 즉시 진공청소차 등으로 청소를 하도록 조치하는 '도로먼지 이동측정 시스템'을 도입

다. 부산

① 건강악화 예방

- 담장을 허물어 학교 숲을 조성해 자연체험 학습공간을 조성하고 올 연말까지 전체 어린이집 1,897개소에 공기청정기를 설치
- 내년에는 전체 628개 초·중·고등학교에 공기정화장치 설치를 완료해 운영예정

② 대중교통

- 버스와 도시철도 내부에 공기정화장치와 센스를 설치하는 에어클린 서비스도 강화
- 도시철도 1호선 객실 내 공기정화장치를 점진적으로 설치
- 시내버스 2,300대 내부에 미세먼지 차단 공기정화필터를 장착하고 차량 내·외부에 측정센서를 부착해 실시간을 시민들에게 미세먼지 정보를 제공

③ 공원

- 소공원에는 이끼 등 환경정화 식물을 이용해 종구와 수영구 2곳에 시범 설치
- 남포, 부전 등 6개 지하도 상가에 상시측정 시스템을 구축해 전광판으로 공개

라. 울산

① 미세먼지 저감 청소주간

- 사업장에 설치된 대기배출시설, 방지시설 및 부대시설 일제정비, 원료 저장시설, 사업장 통행도로를 일제 청소하고 차량통행이 집중되는 도로, 공단지역 내 도로 청소

② 저녹스버너 지원

- 질소산화물 저감으로 대기질 개선 및 중소사업장의 경제적 부담을 덜어주는 저녹스 버너를 지원(사업장별로 3대까지 지원이 가능함. 보일러 용량에 따라 대당 최저 400만4천원부터 최고 1천429만4천원까지 지원)

③ 흙 운동장 먼지 억제

- 초·중·고교 흙 운동장 먼지발생 억제사업 실시

④ 자동차 공회전 제한

- 자동차공회전 제한장소에서 자동차의 불필요한 공회전을 합리적으로 규제하여, 연료 낭비와 대기오염 물질의 배출 억제로 환경 개선에 기여하여 시민 건강 보호

마. 인천

① 어린이 통학차량의 LPG차 전환 지원

- 노후된 어린이 통학 경유차량의 LPG차 전환 지원을 통해 취약계층인 어린이의 건강을 보호하고, 미세먼지 저감에 기여하고자 경유차 통학차량을 폐차하고 LPG신차 구입 시 보조금을 지원하는 사업을 시행

② 비산먼지 정책

- 도로 비산먼지, 나대지 등에서 PM-2.5의 배출비율이 높은 인천은 도로 재비산먼지 제거를 위해 살수차와 도로물청소를 4개 단단에 투입
- 도로 비산먼지 제거장비 확충을 위하여 분진흡입차 보급, 도로 청소차량의 효율적인 운영실태를 모니터링 하기 위하여 도로청소차량 정보화 시스템을 운영
- 나대지(학교운동장)에서 발생하는 비산먼지 저감을 위하여 초·중·고 122교에 먼지 억제제 살포사업을 시행.

③ 노후건설기계 엔진교체 및 DPF 부착

- 인천의 대기질 개선을 위해 추진하고 있는 운행차 배출가스 저감사업의 추진을 위해 노후건설기계 엔진교체 및 DPF 부착 지원사업을 시행(교체: 450대, 부착: 500대)

2. 미세먼지 사업정책

가. 중국

중국 북동부 공업지역의 대기오염지수는 전년 대비 약 40 % 증가하였다. 베이징(PM-2.5 993 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, '13.1)의 미세먼지는 WHO 권고기준(25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 약 40배로 중국기상국의 발표에 따르면 중국 전역의 스모그 일수는 52년 만에 최다 일수를 기록하고 있다. 환경부는 신장 지역을 제외하고는 모든 성들이 일정 규모 이상의 외부유입으로 인한 오염이 나타났다고 밝혔다.

2015년도 전국 PM-2.5는 성(省)간 이동경로 분석에서 베이징 초미세먼지의 18 %, 텐진 초미세먼지의 20 %가 허베이성에서 유입된다고 밝혔다. 베이징의 초미세먼지는 자체발생이 66 %였지만 외부유입 비율은 허베이 외에 텐진, 산동이 각 4 %를 차지하고 있다. 텐진의 초미세먼지는 자체발생이 56 %였고 허베이 외에 산동에서 10 %가 유입 허베이성도 자체발생은 62 %에 그쳤고 38 %는 산동, 허난, 산시 등 외부에서 유입되고 있다.

중국은 미세먼지와의 전쟁에 돌입해 작년 '생태 환경보호 계획'을 발표하였다. 계획에 따르면 전국 주요도시 338곳의 초미세먼지 농도를 오는 2020년까지 현재보다 18 % 감소하겠다고 밝혔다. 2016년 대기오염방지법을 개정하면서 배출시설의 관리·감독을 한층 강화하였다.

대기오염문제에 체계적으로 대응하기 위한 예·경보 시스템 도입, 중대 대기오염 관측 시차량 2부제 시행, 산업시설 가동 중단 등을 포함한 중오염 긴급대응계획을 실행하는 것을 의무화하였다. 베이징 시는 800년 역사를 가진 탄광 세 곳을 모두 폐쇄하기로 결정하며 시 외곽에서 석탄을 이용한 난방과 취사를 사실상 금지하는 조치를 취하였다. 다양한 정책들의 수행성과는 매년 지자체별로 평가하며, 그 결과에 따라 국가 예산 지원을 차등화하는 등 정책수행 동기를 부여하고 있다.

나. 미국

미국의 미세먼지 관리는 연방법인 「청정대기법(CAA: Clean Air Act)」⁵⁾을 근거로 한, 미세먼지 '국가대기질기준(NAAQS: National Ambient Air Quality Standards)'을 중심으로 이루어지고 있다(표 12 참조).

국가대기질기준은 미세먼지를 포함, 모두 6개의 주요 대기오염물질인 일산화탄소(CO), 납(Pb), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃), 이산화황(SO₂)을 기준물질로 지정하여 제한 값을 제시하고 있는 방식이다.

표 12 미국의 미세먼지 기준

구 분	1987		1997		2006		2013	
	연평균 ¹⁾	24시간 평균	연평균	24시간 평균	연평균	24시간 평균	연평균	24시간 평균
PM-10	500이하	1500이하	500이하	1500이하	폐지	1500이하	-	150이하
PM-2.5			150이하	650이하	150이하	350이하	12(15)	350이하

: 1) 연평균 기준은 3년 평균 수치를 기준으로 하며, 24시 평균은 오염물질 총량의 98 %를 3년 평균 기초로 함.
자료: EPA 홈페이지

SOx, NOx, 오존 및 먼지에 대한 규제로서 중요한 내용들은 산성비 프로그램(ARP), 주(州)간 대기오염 규제, 주(州)간 오염물질 이동 규제, 2008년 오존 기준 개정, 광역연무(Regional Haze) 방지정책 등이 있다.

- 기존시설에 대한 탄소배출규제, 신규 시설에 대한 탄소배출규제
- 온실가스배출인가(GHG permission)
- 수은 및 유독성 대기오염물질 배출기준(Mercury and Air Toxics Standards, MATS)
- 주(州)간 대기오염 규제(Cross-State Air Pollution Rule)
- 오존기준(Revision of 2008 ozone standard)
- 시정 악화를 개선하기 위하여 각 주와 연방기관들이 협력하도록 하는 지역연무개선규칙(Regional Haze Rule)를 발표함.

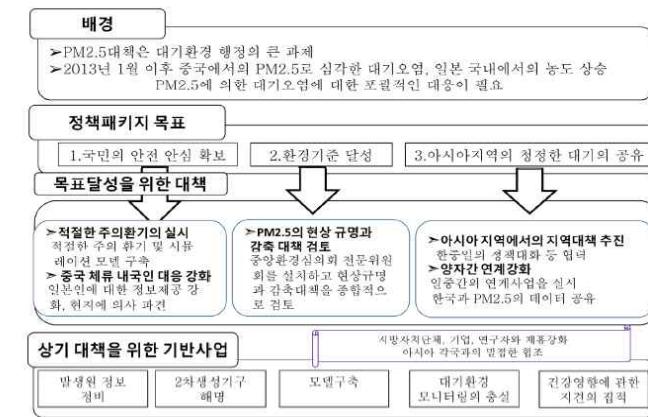
발전소에서 배출하는 SOx, NOx, PM-2.5 등은 주(州)간 대기오염 관련규정에 따라 각 오염원의 배출량 할당 및 거래를 통하여 오염물질 배출을 관리하고 있다.

다. 일본

일본정부는 미세먼지가 인체건강에 미치는 영향의 심각성을 인식하고 대기 중의 미세먼지와 건강영향과의 관련성을 밝히기 위해 1999년부터 「미소입자상 물질의 인체건강영향 조사」를 실시하고 있다. 축적된 미세먼지에 관한 정보를 토대로 2009년 9월에는 미세먼지(PM-2.5)에 대한 환경기준이 설정되었다.

2010년 3월에는 「대기환경 상시 감시 매뉴얼」을 개정하였고, 2011년 7월에는 「성분분석 가이드라인」을 마련하였으며 환경성 내에 미세먼지 전문가회의를 설치하는 등 미세먼지에 대한 상시 감시체제를 정비해 오고 있다. 2013년 1월, 중국 베이징의 미세먼지가 일본에도 큰 영향을 미치게 되자 일본 환경성은 같은 해 일일 평균치가 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과할 경우 국민들이 주의해야 할 행동지침을 마련하였고, 정부차원의 첫 미세먼지 대책이 발표되었다.

(2013년12월 환경성 공표)



출처: 環境省大気環境課(2014)

그림 5 미세먼지에 관한 종합대책(일본)

2013년 국민의 안전 및 안심 확보를 위한 대책으로 그림 6에서 보는 바와 같이 기준에 따라 주의보를 발령하기로 하였다.

➤ 2013년 2월 "주의보 발령 위한 잠정적인 방침"(잠정 지침)을 책정.

레벨	잠정 지침치 일평균 치($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	주의보 발령을 위한 잠정적인 지침		
		행동 기준	오전중 빠른 시간대의 판단 5시~7시	오후 활동에 대비한 판단 7시~12시
	일평균 치($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 넘을 경우	1시간 수치 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1시간 수치 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
II	70초과	부드러운 운동이나 아침이나 장시간의 지속한 운동을 가급 적 허용, (고감수성자 2는 진디션에 따라서 신중하게 행동하는 것이 필요하다.)	85초과	80초과
I	70이하 기준 35이하 기준	특히 행동을 제약할 필요는 없지만 고감수성자는 진디션의 변화에 주의	85이하	80이하

* 1. 환경기준은 환경기준법 제16조 제1항에 근거한 사람의 건강을 보호하고 유
지하는 것이 바람직한 기준
PM2.5에 관련된 환경기준은 일평균치 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 일평균치의
연간 95퍼센트일치로 평가
*2 고감수성자는 호흡기계나 순환기계 결환자, 소아, 고령자 등
장기적 저체온증에 의한 주의환경의 실시 정보
*3 35일 평균치는 일평균치 초과 여부를 판단하기 위한 값
를 환경부 HP에 일관적으로 게재하고 어느 자치단체에서 주의환경이 실시되었는지 확인

그림 6 미세먼지에 대한 주의보 발령 지침(일본)

일본정부는 미세먼지 환경기준 달성을 위한 대책으로 그림 7과 같이 단기적 과제와 장기적 과제로 구분하여 실시하고 있다. 단기적 과제로는 미세먼지의 1차 생성 미세먼지(매연, 디젤 미립자 등)와 2차 생성 미세먼지의 원인이 되는 미세먼지 생성물질(NOx, VOCs 등)의 배출규제 상황 점검을 하고 있다.

장기적 과제로는 고정발생원으로부터의 1차 생성 미세먼지에 대한 적절한 측정방법의 개발을 비롯하여 발생원 정보 및 데이터의 분석방법을 정교화함으로써 보다 효과적인 대책 마련을 위한 기반을 정비 중에 있다. 특히 2차 생성 미세먼지에 대한 과학적 메커니즘을 규명하고 미세먼지 생성물질인 휘발성유기화합물질(VOCs) 등의 배출억제 가능성에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

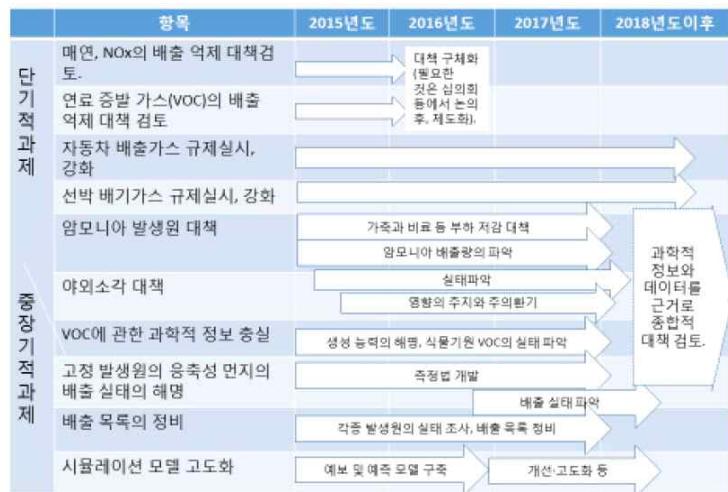


그림 7 미세먼지 대책의 장단기 과제(일본)

라. 스웨덴

스웨덴에서는 3대 도시(Stockholm, Gothenberg, Malmoe)에서 1996년부터 "환경우선지역(Environment Zone)"으로 불리는 규제를 실시하였다. 이 제도는 오염이 심한 도시의 중심부에 대형트럭이 진입하는 것을 규제하는 것이다. 차량이 15년을 초과한 오래된 트럭은 도시 중심부로의 진입이 금지되고, 8년 이하의 트럭은 규제가 면제된다. 9 ~ 15년인 트럭은 입자상물질을 80 % 이상, HC를 60 % 이상 저감시키고, NOx는 증가되지 않은 등 일정성을 만족시키는 배출가스 저감장치를 부착했을 시에는 진입이 허용된다. 또한, 후처리장치는 DPF와 산화촉매를 결합한 장치로써 경우 중·황 함유량이 10 ppm 이하인 초저유황 경유를 사용하도록 하고 있다.

마. 벨기에

벨기에의 브뤼셀에서는 Blue Coupon을 발행하여 미부착 차량에 대하여 도심운행을 제한하고 있다. 자동차 운행제한은 주 2일 목요일과 일요일에 훌쩍제로 시행하고 있으며, 적용시간은 8시 30분부터 12시 30분까지, 그리고 14시 30분부터 19시 30분 까지 시행된다. 또한 Eco-Diesel을 제외한 경유 자동차의 도심운행을 제한하는데 월요일부터 토요일까지

7시 30분부터 9시 30분, 17시 30분부터 19시 30분까지 하루에 2차례 차량이 혼잡한 출퇴근시간에 적용한다. 정부에서는 이러한 제도의 실시 후 약 15 %의 교통량 감축효과를 달성할 것으로 보고 있다.

바. 노르웨이

노르웨이의 오슬로(Oslo)시는 다른 도시와 비교하여 미세먼지에 의한 오염이 높은 수준이 아니지만, 미세먼지 저감대책 추진에 매우 적극적인 자세를 취하고 있다. 예를 들어 다음날에 대한 대기오염 농도를 예측하였을 때 미세먼지 농도가 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24시간 기준), 이산화질소의 농도가 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1시간 기준)을 초과할 것으로 예측되면 자동차의 통행제한과 같은 엄격한 조치를 취하고 있다. 또한 미세먼지 농도를 저감하기 위해 주요 간선도로를 대상으로 자동차 통행수요의 17 % 저감효과에 버금가는 자동차 통행속도(50 km/h) 제한하기도 한다.

사. EU

① 저공해 차량 사용 촉진을 위한 대책

- 영국의 런던에서는 3 ~ 4년 동안 정부가 지원금을 보조하여 2 ~ 3천여 대의 경유택시를 LPG 택시로 변경하였다. 그리고 독일의 베를린에서는 저유황유의 조기도입을 추진하고 전기자동차, 천연가스차와 같은 저공해 차량은 혼잡통행료를 면제시키면서 청정연료차의 이용을 활성화 하였다. 이탈리아 로마에서는 매주 수요일 15시 ~ 19시에 출수차량만 운행을 허용하고, 전기 및 메탄연료 사용 차량은 규제대상에서 제외함으로써, 저공해 차의 사용을 촉진시켰다.

② 선박 정박 시 전기 사용에 대한 대책

- 항구에 정박해 있는 선박은 정박 중 필요한 전기를 얻기 위해 엔진을 사용하는데, 이때 연료의 연소가 진행됨으로써 NOx, NH₃, VOCs 등 여러 대기오염물질이 발생한다. 이러한 대기오염물질 배출을 저감하기 위해서 항구에 배치되어 있는 전기를 사용할 것을 장려한다. 이 때 사용되는 전기는 가급적 재생에너지를 사용한다.

제 3 장 미세먼지 및 미세먼지 생성물질 현장조사 내용 및 결과

1. 물질 및 사업장
 2. 미세먼지와 미세먼지 생성물질 분석 방법
 3. 미세먼지와 미세먼지 생성물질 농도 측정 장비
 4. 미세먼지와 미세먼지 생성물질 분석 결과
-

제 3 장 미세먼지 현장조사 내용 및 결과

1. 물질 및 사업장

1.1. 미세먼지(PM-10, PM-2.5)

먼지는 입자의 크기에 따라 100 μm 이하인 총먼지(TSP, Total Suspended Particles)와 입자크기가 매우 작은 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분된다. 미세먼지는 다시 지름이 10 μm 보다 작은 미세먼지(PM-10)과 지름이 2.5 μm 보다 작은 미세먼지(PM-2.5)로 구분된다.

미세먼지의 국내 대기환경 기준은 표 13에서 보는 바와 같이 1983년 총먼지로 표기되었으나, 1993년에는 10 μm 이하의 미세먼지(PM-10)에 관한 기준이 추가되었으며, 2001년에 총먼지 기준을 폐지한 데 이어 2011년에 2.5 μm 이하의 미세먼지(PM-2.5)를 추가하였다. 2018년 5월 28일에는 PM-2.5의 연평균, 일평균 농도 기준이 강화되었다(표 13 참조).

표 13 미세먼지의 국내 대기환경 기준

항 목	구 분						
	1983	1991	1993	2001	2007	2011	2018
총먼지	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	-	-	-	-
미세먼지(PM-10)	-	-	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ () 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ()	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)
미세먼지(PM-2.5)	-	-	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연) 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (일)

자료 : 환경정책 기본법 시행령 제2조 별표

1.2. 미세먼지 생성물질(NOx, SOx, VOCs)

2015년 우리나라 시도별 NOx, SOx, VOCs의 배출량 현황은 아래와 같다(표 14 참조).

전국 및 해역에서 배출되는 질소산화물(NOx)는 2014년 기준 총 1,157,728 톤/년이고 황산화물(SOx)는 총 352,292 톤/년, 휘발성유기화합물질(VOCs)은 총 1,010,771 톤/년으로 조사되었다.

경기도에서 배출되는 질소산화물(NOx)의 배출량은 185,176 톤/년(전국배출량의 14.3 %)으로 가장 많이 배출되었다. 황산화물(SOx)의 배출량은 14,811 톤/년(전국배출량의 4.5 %)으로 총 17개 시도별 중 7번째로 많이 배출되었다. 또한 휘발성유기화합물질(VOCs)의 배출량은 188,801 톤/년(전국배출량의 18.7 %)으로 전국에서 가장 많이 배출되었다.

표 14 전국 시도별 대기오염물질 배출량(2015년)

(단위: 톤)

시도/오염물질	NOx	SOx	VOCs
서울특별시	63,197	5,509	62,916
부산광역시	43,755	10,659	42,207
대구광역시	26,193	4,185	31,216
인천광역시	49,460	12,854	54,211
광주광역시	10,552	399	15,629
대전광역시	13,897	957	16,057
울산광역시	47,506	47,979	98,781
세종특별자치시	6,201	176	6,176
경기도	185,176	14,811	188,801
강원도	78,689	16,379	22,488
충청북도	65,429	10,683	39,711
충청남도	135,487	77,465	69,545
전라북도	36,597	5,913	69,908
전라남도	104,037	64,649	85,226
경상북도	100,731	36,364	82,389
경상남도	94,311	31,434	101,232
제주도	14,296	1,703	9,319
바다	82,214	10,174	14,959
합계	1,157,728	352,292	1,010,771

자료 : 사업장대기오염물질관리시스템

1.3. 연구대상 사업장

1차년도에는 총 10개 사업장을 대상으로 미세먼지(PM-10, PM-2.5)의 중량농도와 분율분석을 측정하였고, 동시에 미세먼지 생성물질(NOx, SOx, VOCs)도 함께 측정하였다. 2차년도에는 1차년도에서 측정하지 않았던 업종을 대상으로 25개 사업장을 현장측정을 하였다. 사업장의 협조가 되지 않을 경우 1차년도에 측정했던 10개 사업장 중 미세먼지 배출농도가 높았던 사업장을 대상으로 1회씩 추가 측정하여 데이터의 신뢰성을 확보하였다. 추가적으로 R사업장부터 Y사업장까지 안산녹색환경지원센터의 도움으로 사업장의 협조를 받아 총 25개 사업장의 현장 측정을 완료하였다.

2019년 7월 4일부터 2020년 1월 14일까지 25개 사업장을 대상으로 미세먼지(PM-10, PM-2.5)의 중량농도와 분율분석을 하였고, 미세먼지 생성물질(NOx, SOx, VOCs)도 함께 측정하였다. 미세먼지를 측정한 25개 사업장 현황은 다음과 같다(그림 8 참조).

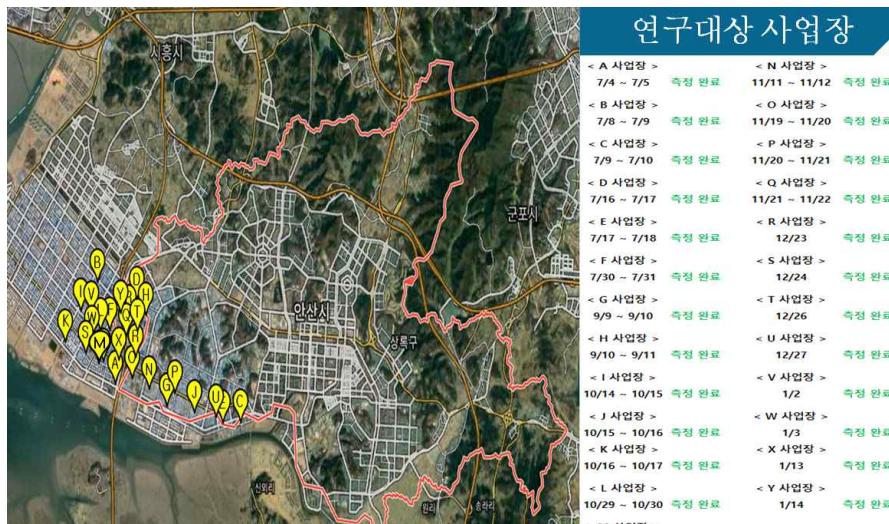


그림 8 연구대상 사업장 현황

표 15 안산시 소재 제조업 종분류별 사업체수(2016년)

산업 분류	사업체 수(개)	사업체 비중(%)
계	2,446	100
식료품	49	2.0
음료	1	0.0
가죽, 가방 및 신발 제조업	21	0.9
목재 및 나무제품 : 가구제외	14	0.6
펄프, 종이 및 종이제품	60	2.5
담배	0	0.0
섬유제품 : 의복제외	109	4.5
의복, 의복액세서리 및 모피제품	9	0.4
인쇄 및 기록매체 복제업	36	1.5
코크스, 연탄 및 석유정제품	4	0.2
화합물질 및 화학제품 : 의약품 제외	138	5.6
의료용 물질 및 의약품	34	1.4
고무 및 플라스틱제품	152	6.2
비금속광물제품	22	0.9
의료, 정밀, 광학기기 및 시계	65	2.7
전기장비	138	5.6
기타 기계 및 장비	358	14.6
제1차 금속산업	137	5.6
금속가공제품 : 기계 및 가구제외	421	17.2
전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신 장비	502	20.5
자동차 및 트레일러	129	5.3
기타 운송장비	6	0.2
가구	20	0.8
기타 제품	11	0.4
산업용 기계 및 장비 수리업	10	0.4

자료 : 안산시 통계연보(2017)

2.

미세먼지 생성물질 농도 분석방법

2.1. 미세먼지 농도 분석 방법

배출원 먼지 측정에 앞서 공정시험법과 장비의 매뉴얼의 숙지가 요구되며, [대기오염공정 시험기준]에 따라 작성된 표 16을 기본으로 측정 절차를 이행하여야 한다.

표 16 미세먼지 측정 개요

과정	기간	내용	소요기간	비고
측정 전	1일자	여과지 선정 및 제작	1~2시간	
	2일자	여과지 무게 측정	24~48시간	날씨 및 주변환경에 영향을 받음
	3일자			
측정	측정 횟수 및 현지상황에 따라 기간 소요(2~5일 정도 소요)	동정압 측정	30분 내외	
		수분량 측정	30분 내외	
		대기압 측정	1분 내외	
		노즐크기 결정	10분 내외	
		먼지측정	-	측정시간이 현지 상황에 따라 변경이 필요함
		장비 정리	30분~1시간	
분석	측정 양에 따라 기간소요	여과지 무게 측정	24~48시간	
		여과지 농도 분석	24~48시간	

자료 : 국가법령정보센터(2018)

• 여과지 선정

일반 중량농도 측정 및 이온, 중금속 분석 시, 태프론재질의 여과지 사용을 권장하며 탄소분석용도의 여과지일 경우 Quartz재질의 여과지만 사용해야함.

• 여과지 제작 및 보관

여과지는 태프론재질, Quartz재질 등이 있으며 사용장비에 따라 알맞은 제작 및 보관해야함. 본 과정 중에는 외부의 먼지유입을 최소화 되어야함(그림 9 참조).

태프론여과지는 110 °C에서 1~3시간 건조시켜 전처리를 한 후 멀균된 페트리디시에 담아 실온 데시케이터에 보관하여 냉각시켜야 함(그림 10 참조).

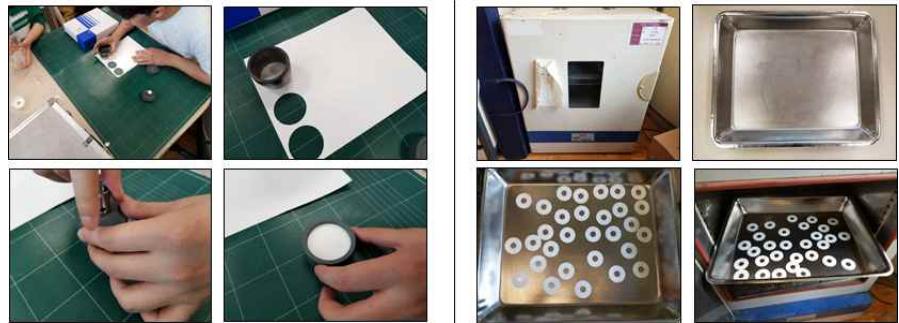


그림 9 여과지 제작 과정



그림 10 여과지 건조 과정

• 여과지 무게 측정

분석 저울은 여과지의 형태와 무게를 측정하는데 적절해야 하며 측정표준 소급성이 유지된 표준기에 의해 교정되어야 하며 0.01 mg까지 측정할 수 있는 저울을 사용해야 함.

분석 저울은 여과지의 형태와 무게를 측정하는데 적절해야 하며 측정표준 소급성이 유지된 표준기에 의해 교정되어야 하며 0.01 mg까지 측정할 수 있는 저울을 사용해야 함. 측정에 있어 질량을 측정할 수 있는 습도와 온도가 유지된 실험실에서 여과지를 취급하여 오차 발생을 최소화해야 함. 여과지의 무게는 핀셋을 이용하여 측정해야함. 외부노출 시간이 2분을 넘기지 않아야 하며 0.01 mg까지 측정해야함. 측정횟수는 3회 이상 실시해야 함(그림 11 참조).

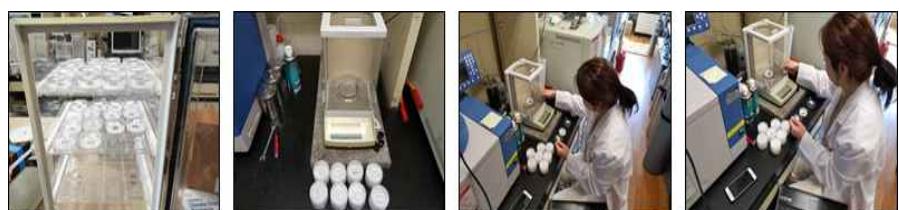


그림 11 여과지 무게 측정 과정

- 장비점검

측정장비는 수시로 점검하여야 하며, 이상 발생 시 교체 혹은 수리의 과정을 거친 후 재점검을 통하여 사용해야함(표 17 참조).

표 17 기기 점검 방법

장비	점검 방법
Stack Sampler	평프에 이상이 없는지 확인 마노미터의 액주가 충분히 있는지 확인 평프의 오일이 잘 교환되어 있는지 확인 유량계 작동이 원활한지 확인
리드선	전기연결이 잘 되는지 확인
여과지홀더	점검이 완료된 Stack Sampler에 연결하여 leak test 시행, leak 유무 판단. 파손의 유무 확인
노트북	작동여부 및 데이터 파일의 유무 확인
호수	새는 부분이 없는지 확인
임핀저	깨진 부분이 없는지 확인. leak test로 새는 부분이 없는지 확인
Gas analyzer	작동여부 확인. 센서 고장 여부 확인

- 배출가스의 유속측정

배출가스의 유속은 동압과 배출가스밀도를 이용하여 계산함. 장치 구성의 모습과 유속을 계산하기 위한 식 (1)은 아래와 같음.

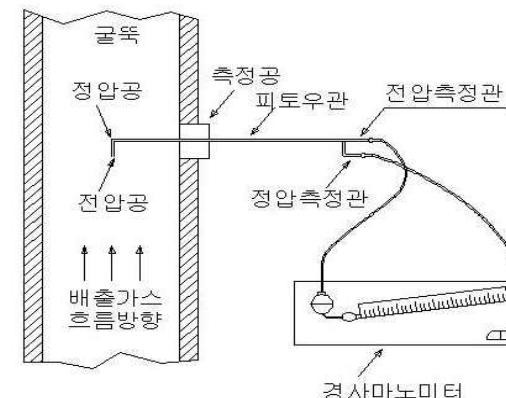


그림 12 피토우관에 의한 배출가스 유속측정

$$C = \frac{2\Delta P}{r}$$

여기서, V = 유속 (m/s)

C = 피토관 계수

ΔP = 피토관에 의한 동압 측정치 (mmH₂O)

ρ = 굴뚝 내의 배출가스 밀도 (kg/m³)

대기압(mmHg)은 기압계를 이용하여 측정함.

- 동압 측정

유체가 흐르는 방향을 바라보는 노즐을 마노미터의 '+' 부분에 연결, 반대방향의 노즐을 '-' 부분에 연결함. 마노미터의 변화가 없을 때 까지 측정한 후, 측정된 값을 측정 Sheet에 작성함.

- 정압 측정

유체가 흐르는 방향의 반대방향 노즐을 마노미터에 연결함. 측정소의 압력이 양압일 경우에는 마노미터의 '+' 부분에, 음압일 경우에는 '-' 부분에 마노미터의 변화가 없을 때 까지 측정한 후, 측정된 값을 측정 Sheet에 기록함.

- 전압 측정

측정값의 신뢰도를 파악하기 위해 전압을 측정함. 앞서 측정한 동압과 정압의 합을 구하여 전압의 속성(양수 혹은 음수)을 파악한 뒤 아래 절차를 진행함.

- 수분량 측정

수분량의 측정은 등속흡인을 맞추기 위함이며 건습구 온도차를 이용하여 측정함.

- 건구 및 습구온도 측정

장비의 건구 온도부분을 전용 프로브에 호수로 연결한 후 프로브를 측정구에 삽입함. 습구 온도부분은 펌프에 연결 한 후 펌프를 가동 시킴. 온도의 변화가 없을 때 까지 흡인 시킨 후 온도를 기록함.

- 수분량 계산

건습구를 이용한 수분량 계산은 아래 식 (2)를 따름.

$$= 216.7 \times \frac{6.1078 \times \exp\left(\frac{17.08085 \times t_f}{234.175 + t_f}\right) - 0.662 \times \frac{p}{1006.7} \times (t_{tr} - t_f)}{237.15 + t_r} \quad (2)$$

여기서, f = 배출가스 중 수증기의 무게(g/m^3)

tr = 습구온도($^\circ\text{C}$)

ttr = 건구온도($^\circ\text{C}$)

p = 측정점의 대기압(mbar)

- 노즐 크기 결정

노즐은 원하는 유량을 등속흡인할 수 있는 노즐을 선택하여야 하며, 노즐은 장비의 재질과 동일한 재질을 이용해야 함.

- PM홀더 노즐

측정 Sheet에 분당 흡인유량을 임의로 입력한 뒤 노즐크기를 바꿔가며 입력하여 등속흡인 부분의 백분율을 확인함. 일반적으로 1 m^3 의 유량을 필요로 하므로 (단, 먼지농도에 따라 변동이 가능함.) 시간과 펌프의 성능에 맞춰서 분당 흡인유량 및 노즐크기를 결정함.

- 임핀저 설치

임핀저는 석영재질을 이용해야하며, 총 4개의 임핀저를 설치해야 함. 펌프와 가까운 순서로 첫 번째와 두 번째는 200~300 g 의 실리카겔을 넣고 세 번째 임핀저는 공병 상태로 설치함. 네 번째 임핀저는 약 100 g의 물을 넣어야 함. 먼지측정 프로브와 연결 전, Leak Test를 통해 Leak 여부를 확인해야 함.

- 여과지 훌더 준비

여과지를 끼우는 방법은 장비에 따른 차이가 거의 없음. 여과지를 끼우는 과정 중에는 외부 먼지 유입을 최소화 하여 진행해야함. 여과지 훌더에 넣을 여과지는 핀셋으로 조심스럽게 꺼낸 뒤 훌더에 삽입함. 여과지를 끼운 훌더는 먼지가 들어가지 않게 조심하여 프로브와 연결한다. 여과지 훌더가 연결된 프로브를 측정구에 삽입한 뒤, 보루로 측정구 주변을 기밀상태로 유지시킴.

- 먼지 채취

먼지측정은 등속흡인 조건을 만족해야 하며, 등속흡인이란 펌프의 흡인속도가 측정구 유속의 95 % ~ 110 %인 것을 말함. 등속흡인을 위한 흡인량은 다음 식 (3)에 의하여 구함.

$$q_m = \frac{\pi}{4} d^2 v \left(1 - \frac{X_w}{100}\right) \frac{273 + \Theta_m}{273 + \Theta_s} \times \frac{P_a + P_s}{P_a + P_m - P_v} \times 60 \times 10^{-3} \quad (3)$$

여기서, q_m = 가스미터에 있어서의 등속 흡입유량 (L/min)

d = 흡입노즐의 내경 (mm)

v = 배출가스 유속 (m/s)

X_w = 배출가스 중의 수증기의 부피 백분율 (%)

Θ_m = 가스미터의 흡입가스 온도 ($^\circ\text{C}$)

Θ_s = 배출가스 온도 ($^\circ\text{C}$)

P_a = 대기압 (mmHg)

P_s = 측정점에서의 정압 (mmHg)

P_m = 가스미터의 흡입가스 게이지압 (mmHg)

- 먼지 채취 후

먼지를 채취한 후에는 여과지 제거와 세척을 실시함.

2.2. 미세먼지 생성물질 농도 분석방법

간헐포집에서 사용되는 방법은 EPA Method 18(US EPA, 2000)이다. 이 방법은 대기오염물질분석을 위한 가스시료 포집에 사용되고, 연소시설의 배기ガ스 중 온실가스를 분석하기 위한 기체시료 포집에도 사용된다(그림 13참조).

간헐포집은 Lung sampler(ACEN, KOREA) 내부에 Tedlar bag(SKC,US)을 연결하고, Lung sampler의 펌프가 작동해 Lung sampler 내부를 부압(負壓)으로 만들어 시료를 펌프를 거치지 않고 포집하는 방법이다. 가스시료 포집방법 중 구성 장비가 가장 간단하다. 배기ガ스 내 수분제거를 목적으로 Lung sampler 앞에 빈 임핀저와 실리카겔을 담은 흡수병을 설치하여 수분을 사전에 제거하였다(그림 14참조).

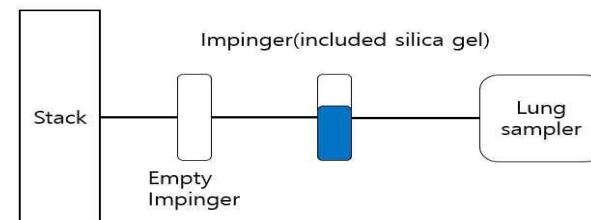


그림 14 간헐포집 방법의 실험모식도

Tedlar bag에 포집된 가스시료는 가스분석장비인 GreenLine MK2를 이용하여 분석하게 된다.

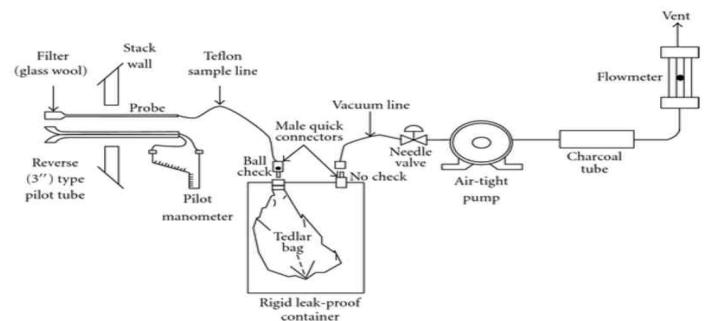


그림 13 Lung sampler를 이용한 간헐포집(EPA Method 18)

출처: US EPA, 2000

- ① 굴뚝시료채취용 관을 이용하여 채취되는 시료는 실리카겔을 통과시켜 수분을 제거하고 lung sampler의 시료유입구를 연결한다.
- ② 시료채취백(Tedlar bag 1 L)을 sampler에 넣고 시료 주입구에 연결한다.
- ③ 펌프를 작동하여 샘플러의 내부에 음압(–)을 걸어 준다.
- ④ 시료채취백에 시료가 약 80 %가 채워지면 펌프를 중지한다.
- ⑤ 시료채취백의 입구를 잠그고, 시료채취백과 시료 유입구를 분리시킨다.

3.

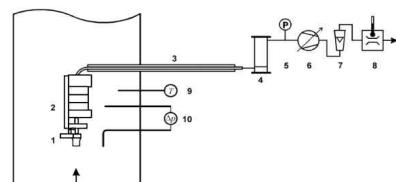
미세먼지 생성물질 농도 측정 장비

3.1. 미세먼지 측정 장비

중량농도법에 의한 미세먼지(PM-10, PM-2.5)의 측정 장비는 Cascade Impactor (PM-10, PM-2.5 Impactor, Johnas, Paul Gothe GmbH)으로, 이는 국제표준시험기준인 ISO 23210에 적용되는 방법이다. 측정에 쓰이는 시료채취 장치와 원리도는 그림 15 먼지 흡인 장치(Stack sampler, CAE)의 모식도와 사진은 그림 16 과 같다.



그림 15 Cascade Impactor



Components of the setup are given below:

1. Isokinetic nozzle
2. Two-stage impactor
3. Suction tube
4. Drying column
5. Manometer
6. Pitot tube
7. Flow meter
8. Gas volume measurement device with thermometer
9. Temperature measurement device
10. Pitot tube with differential pressure meter

그림 16 Stack sampler (ES 01301)



3.2. 미세먼지 생성물질 농도 측정 장비

미세먼지 생성물질 중 황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx)은 Lung sampler를 이용하여 Tedlar bag에 포집한다. Tedlar bag에 포집한 가스는 가스분석기(GreenLine MK2)를 이용하여 SOx과 NOx를 분석하게 된다.



그림 17 Lung sampler (ACEN, KOREA)



제품명	Portable Flue Gas Analyzer (Model : GreenLine MK2)
측정범위	<ul style="list-style-type: none">- O₂ : 0 ~ 30%, 0 ~ 100%- CO : 0 ~ 20,000ppm,- CO₂ : 0.00 ~ 100.00%- NO_x : 0 ~ 6,000ppm- SO₂ : 0 ~ 5,000ppm

그림 18 Gas analyzer (EUROTRON, GreenLine MK2)

미세먼지 생성물질 중 VOCs는 배출구 후단에서 대부분 ppb 수준으로 존재함으로 실험실에서 정밀분석이 필요하다. 따라서, 시료의 채취는 Lung sampler를 이용하여 Tedlar bag에 포집 뒤, 차광상태로 보관 및 이송하여 GC/MS(6890/5975, Agilent, USA)로 분석을 진행하였다. 연구실로 이송한 시료는 고체흡착관을 적산유량펌프(Sibata MP-300, Sibata, Japan)에 연결하여 1,000 ml를 흡착 후, 열탈착 장치(Unity, Markers Ltd, UK)에서 저온 농축 및 탈착과정을 거쳐 GC/MS로 분석하였으며 분석조건은 표 18에 정리하였다. 본 실험기기의 검출한계 및 정밀도는 표 19와 표 20에 각각 제시하였다.

표 18 VOCs 기기분석 조건

TD		GC/MS	
Trap low Temp	5 °C	Oven	Initial 50°C (5 min)
Trap High Temp	300 °C		Ramp 5°C/min
Trap Hold Temp	5 min		Final 230°C (4 min)
Split Flow	10 ml/min		Total Time 45 min
Tube Desorb Temp	330 °C	MS Range	45~350
Tube Desorb Time	10 min	MS Source Temp.	230°C
Carrier Pressure	20 psi	MS Quad Temp	150°C
Coldtrap	Tenax TA + Carbopak B (1:1)	Column	DB-1, 60m x 0.25mm, 1.0μm

표 19 VOCs 최소검출한계

반복 측정 횟수	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
1	1,534,822	1,879,231	1,946,303	4,685,330	2,016,893
2	1,432,612	1,667,468	1,354,632	5,566,972	1,956,843
3	1,354,682	1,533,416	1,679,321	4,965,325	1,238,953
4	1,269,782	1,158,861	1,139,532	4,268,644	1,358,256
5	1,350,972	1,689,621	1,016,854	5,285,313	1,358,922
6	1,458,213	1,432,115	1,196,976	4,698,732	1,697,232
7	1,333,805	1,179,772	1,365,499	4,985,311	1,895,314
Mean	1,390,698	1,505,783	1,385,588	4,922,232	1,646,059
SD	89,274	268,400	325,096	425,560	324,002
MDL (ng)	0.68	1.54	1.57	1.15	1.76
MDL (ppb)	0.43	0.82	0.73	0.53	0.82



그림 19 GC-MSD

표 20 VOCs 농도 분석의 재현성 평가

반복 측정 횟수	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
1	164,646,146	250,331,286	330010276	617,369,535	279,433,025
2	139,066,040	217,312,929	291,820,450	551,287,763	241,563,268
3	158,240,572	243,465,361	322,389,261	613,095,788	262,274,422
Mass (ng)	348.0	410.5	464	1002.4	464.0
Average	153,984,253	237,036,525	314,739,996	593,917,695	261,090,238
SD	13,310,622	17,422,698	20,211,362	36,980,394	18,962,630
RSE (%)	4.99	4.24	3.71	3.59	4.19

■ A사업장

A사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분율분석하였다(그림 20 참조).

등속흡인 조건에서 A사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 21 참조).

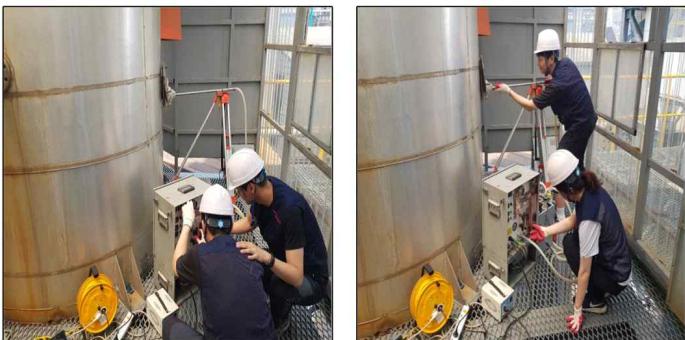


그림 20 A사업장 측정 모습

A사업장의 PM 평균 중량농도는 10.728 mg/m^3 , PM-10은 6.630 mg/m^3 , PM-2.5는 2.875 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 36 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 37 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 27 %로 입자분포율 비율이 비슷하게 나타났다(그림 21 참조).

표 21 A사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

A사업장	중량 농도(mg/m^3)						
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
PM	9.392	11.743	15.979	10.878	8.651	7.724	10.728
PM-10	6.283	8.405	6.701	7.316	5.789	5.285	6.630
PM-2.5	2.447	3.832	3.222	3.308	2.545	1.897	2.875

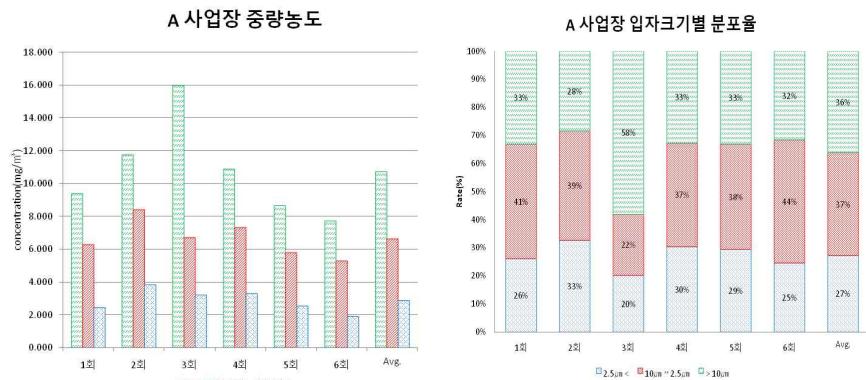


그림 21 A사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

A사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 7회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 60.36 ppm 이며, 표준편차는 5.74로 나타났다. A사업장에서 SOx는 검출되지 않았다(표 22 참조).

표 22 A사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	48.20	불검출
2회	63.51	
3회	65.13	
4회	63.66	
5회	62.69	
6회	59.50	
7회	59.83	
평균	60.36	—
표준편차(SD)	5.74	—

A사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Strene)의 농도는 다음과 같다(표 23 참조).

표 23 A사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.79	1.70	2.27	1.56	1.05

■ B사업장

B사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 3회 측정하여 분율분석하였다(그림 22 참조). 등속흡인 조건에서 B사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 24 참조). B사업장의 경우, 측정 중 기상악화로 3회만 측정하였다.



그림 22 B사업장 측정 모습

B사업장의 PM 평균 중량농도는 3.918 mg/m^3 , PM-10은 3.103 mg/m^3 , PM-2.5는 1.915 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 20 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 30 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 49 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 크기 입자의 비율이 가장 큰 것으로 나타났다(그림 23 참조).

표 24 B사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

B사업장	중량 농도(mg/m^3)			
	1회	2회	3회	평균
PM	2.609	5.224	3.920	3.918
PM-10	2.142	4.120	3.049	3.103
PM-2.5	1.363	2.533	1.851	1.915



그림 23 B사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

B사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 25 참조).

표 25 B사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	65.6	60.6	95.6	157	85.3

B사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx)은 사업장 사정으로 측정하지 못하였다.

■ C사업장

C사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 7회 측정하여 분율분석하였다(그림 24 참조). 등속흡인 조건에서 C사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 26 참조).



그림 24 C사업장 측정 모습

C사업장의 PM 평균 중량농도는 5.353 mg/m^3 , PM-10은 4.117 mg/m^3 , PM-2.5는 2.381 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 24 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 33 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 43 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 크기 입자의 비율이 가장 큰 것으로 나타났다(그림 25 참조).

표 26 C사업장 배기ガ스의 입자상 오염물질 농도

C사업장	중량 농도(mg/m^3)							
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	평균
PM	5.163	6.286	5.429	5.909	5.157	4.078	5.450	5.353
PM-10	3.465	4.986	4.419	4.638	3.924	2.823	4.563	4.117
PM-2.5	0.747	2.962	2.715	2.922	3.083	0.941	3.295	2.381

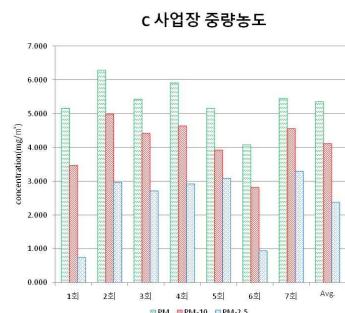


그림 25 C사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

C사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 7회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 19.62 ppm이며, 표준편차는 1.82로 나타났다. B사업장에서 SOx의 평균 농도는 1.51 ppm이며, 표준편차는 0.59로 나타났다(표 27 참조).

표 27 C사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	19.47	2.53
2회	20.09	1.86
3회	18.47	1.75
4회	18.00	1.18
5회	17.44	0.77
6회	21.60	1.31
7회	22.27	1.14
평균	19.62	1.51
표준편차(SD)	1.82	0.59

C사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 28 참조).

표 28 C사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	6.92	10.1	9.48	20.8	8.64

■ D사업장

D사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 1회 측정하여 분석분석하였다(그림 26 참조). 등속흡인 조건에서 D사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 29 참조). D사업장의 경우, 측정 중 기상악화로 1회만 측정하였다.



그림 26 D사업장 측정 모습

D사업장의 PM 평균 중량농도는 0.834 mg/m^3 , PM-10은 0.417 mg/m^3 , PM-2.5는 0.156 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 50 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 31 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 19 %로 $10 \mu\text{m}$ 이상 크기 입자의 비율이 가장 큰 것으로 나타났다(그림 27 참조).

표 29 D사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

D사업장	중량 농도(mg/m^3)	
	1회	평균
PM	0.834	0.834
PM-10	0.417	0.417
PM-2.5	0.156	0.156



그림 27 D사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

D사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 4회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 1.00 ppm 이며, 표준편차는 0.82로 나타났다. D사업장에서 SOx의 평균 농도는 1.25 ppm 이며, 표준편차는 0.96로 나타났다(표 30 참조).

표 30 D사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	2.00	1.00
2회	1.00	2.00
3회	0.00	0.00
4회	1.00	2.00
평균	1.00	1.25
표준편차(SD)	0.82	0.96

D사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 31 참조).

표 31 D사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	4.05	8.27	5.33	18.1	3.70

■ E사업장

E사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 7회 측정하여 분율분석하였다(그림 28 참조). 등속흡인 조건에서 E사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 32 참조).



그림 28 E사업장 측정 모습

E사업장의 PM 평균 중량농도는 11.542 mg/m^3 , PM-10은 10.876 mg/m^3 , PM-2.5는 7.568 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값은 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 38 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 36 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 25 %로 입자분포율 비율이 비슷하게 나타났다(그림 29 참조).

표 32 E사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

E사업장	중량 농도(mg/m^3)							
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	평균
PM	9.908	9.131	13.809	12.649	10.792	12.660	11.850	11.542
PM-10	9.240	8.627	13.509	12.162	9.978	11.862	10.750	10.876
PM-2.5	4.979	6.108	9.721	8.649	6.020	9.202	8.300	7.568

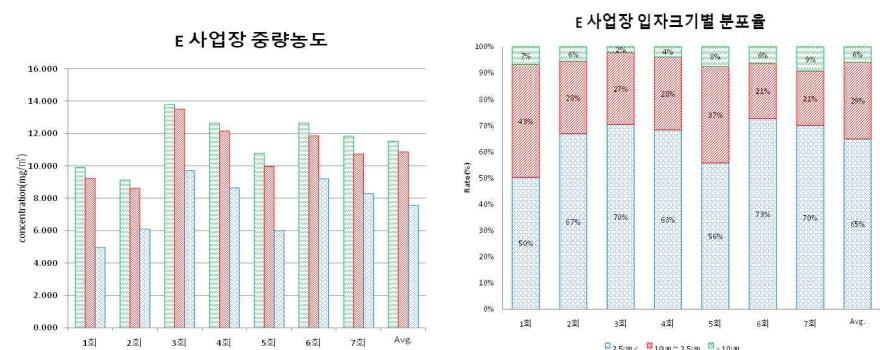


그림 29 E사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

E사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 7회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 35.17 ppm 이며, 표준편차는 16.52로 나타났다. E사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.04 ppm 이며, 표준편차는 0.04로 나타났다(표 33 참조).

표 33 E사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	15.73	0.05
2회	15.69	0.04
3회	38.96	0.00
4회	34.73	0.00
5회	33.47	0.08
6회	44.62	0.00
7회	62.98	0.10
평균	35.17	0.04
표준편차(SD)	16.52	0.04

E사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 34 참조).

표 34 E사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.70	6.23	4.43	5.78	3.09

■ F사업장

F사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 30 참조). 등속흡인 조건에서 F사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 35 참조).

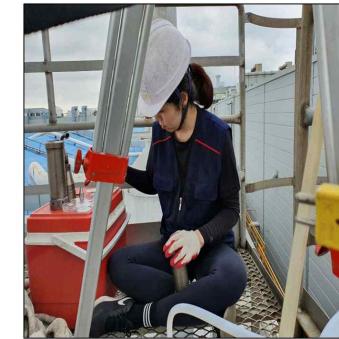


그림 30 F사업장 측정 모습

F사업장의 PM 평균 중량농도는 mg/m^3 , PM-10은 mg/m^3 , PM-2.5는 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 36 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 18 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 47 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 입자 크기의 비율이 가장 큰 것으로 나타났다(그림 31 참조).

표 35 F사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

F사업장	중량 농도(mg/m^3)			
	1회	2회	3회	평균
PM	2.647	2.807	2.536	2.663
PM-10	1.512	1.988	1.646	1.715
PM-2.5	1.000	1.462	1.268	1.243

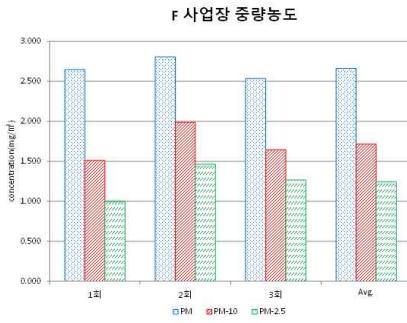


그림 31 F사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

F사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 36 참조).

표 36 F사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.70	6.23	4.43	5.78	3.09

F사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx)은 사업장 사정으로 측정하지 못하였다.

G사업장

G사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분율분석하였다(그림 32 참조). 등속흡인 조건에서 G사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 37 참조).



그림 32 G사업장 측정 모습

G사업장의 PM 평균 중량농도는 7.800 mg/m^3 , PM-10은 5.676 mg/m^3 , PM-2.5는 2.952 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 27 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 35 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 38 %로 입자분포율 비율이 비슷하게 나타났다(그림 33 참조).

표 37 G사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

G사업장	중량 농도(mg/m^3)						
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
PM	7.086	7.263	6.715	8.616	8.879	8.243	7.800
PM-10	4.592	5.084	4.994	6.874	6.493	6.020	5.676
PM-2.5	1.984	2.626	2.664	3.861	2.997	3.579	2.952

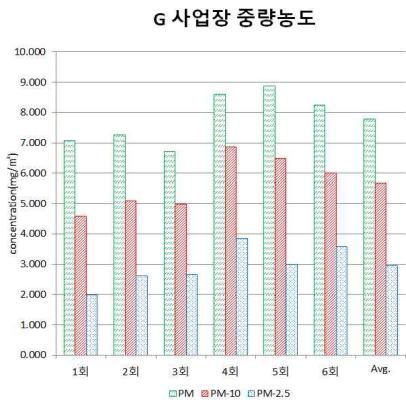


그림 33 G사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

G사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 38 참조).

표 38 G사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	8.17	6.44	6.32	2.14	1.64

G사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx)은 사업장 사정으로 측정하지 못하였다.

H사업장

H사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 34 참조). 등속흡인 조건에서 H사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 39 참조).



그림 34 H사업장 측정 모습

H사업장의 PM 평균 중량농도는 0.887 mg/m^3 , PM-10은 0.570 mg/m^3 , PM-2.5는 0.306 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 36 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 30 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 35 %로 입자분포율 비율이 비슷하게 나타났다(그림 35 참조).

표 39 H사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

H사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	0.819	0.863	0.855	1.017	0.879	0.887
PM-10	0.578	0.660	0.541	0.630	0.439	0.570
PM-2.5	0.241	0.457	0.299	0.339	0.195	0.306

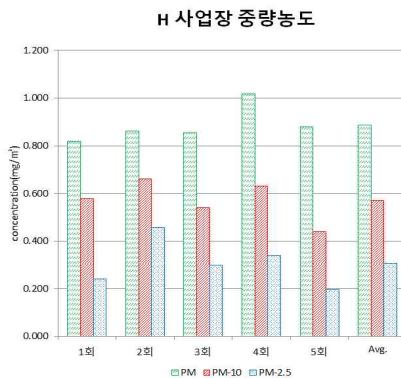


그림 35 H사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

H사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 6회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.07 ppm이며, 표준편차는 0.12 로 나타났다. H사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.21 ppm이며, 표준편차는 0.19 로 나타났다(표 40 참조).

표 40 H사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.00	0.00
2회	0.00	0.25
3회	0.00	0.42
4회	0.28	0.00
5회	0.17	0.17
6회	0.00	0.43
평균	0.07	0.21
표준편차(SD)	0.12	0.19

H사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 41 참조).

표 41 H사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	5.55	8.43	4.68	9.14	4.21

I사업장

I사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 7회 측정하여 분율분석하였다(그림 36 참조). 등속흡인 조건에서 I사업장의 입자상오염물질 종량농도, 입자크기별 종량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 42 참조).



그림 36 I사업장 측정 모습

I사업장의 PM 평균 종량농도는 0.376 mg/m^3 , PM-10은 0.491 mg/m^3 , PM-2.5는 0.825 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 22 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 29 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 48 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 37 참조).

표 42 I사업장 배기가스의 입자상오염물질 농도

I사업장	종량 농도(mg/m^3)							
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	평균
PM	1.620	1.749	1.533	1.562	1.852	2.070	1.458	1.692
PM-10	1.157	1.366	1.150	1.302	1.416	1.688	1.134	1.316
PM-2.5	0.752	0.820	0.767	0.721	0.817	1.253	0.648	0.825

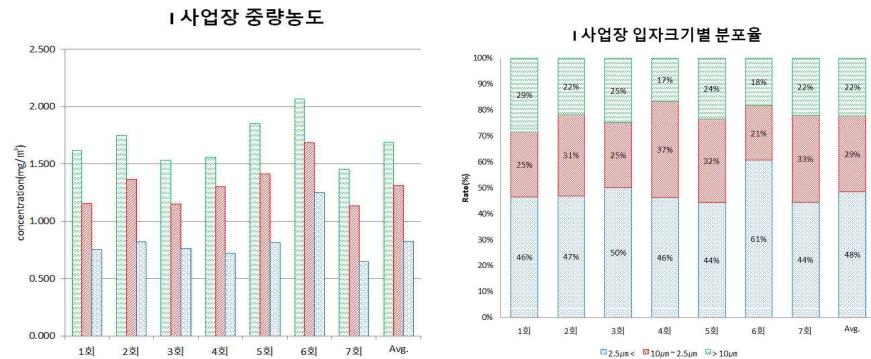


그림 37 I사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

I사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 4회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 1.03 ppm 이며, 표준편차는 0.75 로 나타났다. I사업장에서 SOx의 평균 농도는 1.28 ppm 이며, 표준편차는 0.34 로 나타났다(표 43 참조).

표 43 I사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.50	0.91
2회	1.93	1.09
3회	0.33	1.53
4회	1.34	1.60
평균	1.03	1.28
표준편차(SD)	0.75	0.34

I사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 44 참조).

표 44 I사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	4.65	9.91	6.17	6.54	3.24

J사업장

J사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 38 참조). 등속흡인 조건에서 J사업장의 입자상오염물질 종량농도, 입자크기별 종량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 45 참조).



그림 38 J사업장 측정 모습

J사업장의 PM 평균 종량농도는 14.774 mg/m^3 , PM-10은 12.026 mg/m^3 , PM-2.5는 8.441 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 19 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 24 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 57 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 39 참조).

표 45 J사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

J사업장	종량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	14.160	13.532	17.483	13.853	14.842	14.774
PM-10	12.045	10.665	14.066	10.768	12.585	12.026
PM-2.5	8.872	7.626	9.453	7.509	8.747	8.441

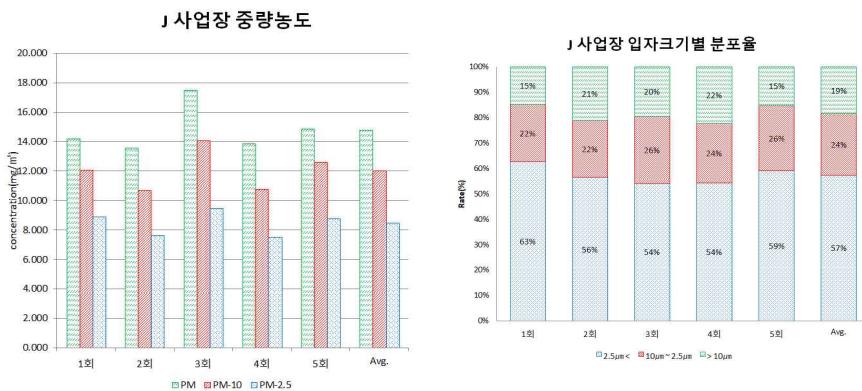


그림 39 J사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

J사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.30 ppm이며, 표준편차는 0.12 로 나타났다. J사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.10 ppm이며, 표준편차는 0.11 로 나타났다(표 46 참조).

표 46 J사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.47	0.06
2회	0.22	0.00
3회	0.21	0.19
4회	0.36	0.01
5회	0.22	0.23
평균	0.30	0.10
표준편차(SD)	0.12	0.11

J사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 47 참조).

표 47 J사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	4.05	6.12	6.01	5.94	4.17

K사업장

K사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 40 참조). 등속흡인 조건에서 K사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 48 참조).



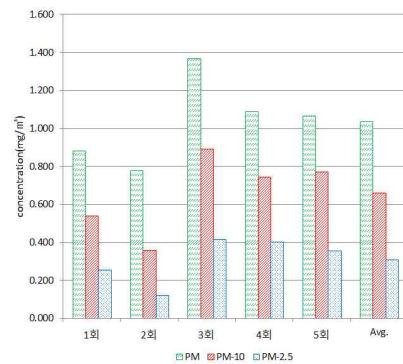
그림 40 K사업장 측정 모습

K사업장의 PM 평균 중량농도는 1.036 mg/m^3 , PM-10은 0.661 mg/m^3 , PM-2.5는 0.310 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 37 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 34 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 29 %로 입자분포율 비율이 비슷하게 나타났다(그림 41 참조).

표 48 K사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

K사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	0.882	0.778	1.367	1.088	1.066	1.036
PM-10	0.540	0.359	0.892	0.745	0.770	0.661
PM-2.5	0.256	0.120	0.416	0.401	0.355	0.310

K 사업장 중량농도



K 사업장 입자크기별 분포율

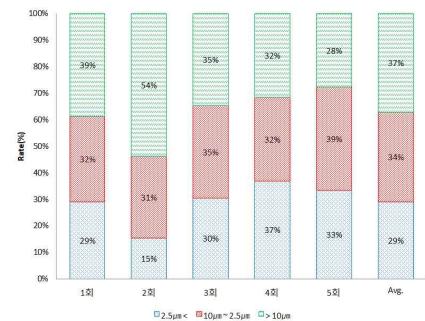


그림 41 K사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

K사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.07 ppm이며, 표준편차는 0.08 로 나타났다. K사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.25 ppm이며, 표준편차는 0.17 로 나타났다(표 49 참조).

표 49 K사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.18	0.36
2회	0.00	0.00
3회	0.11	0.28
4회	0.00	0.44
5회	0.04	0.17
평균	0.07	0.25
표준편차(SD)	0.08	0.17

K사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 50 참조).

표 50 K사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	6.15	10.11	5.61	8.14	5.14

L사업장

L사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 42 참조). 등속흡인 조건에서 L사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 51 참조).



그림 42 L사업장 측정 모습

L사업장의 PM 평균 중량농도는 4.912 mg/m^3 , PM-10은 3.706 mg/m^3 , PM-2.5는 2.480 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 25 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 25 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 50 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 43 참조).

표 51 L사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

L사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	3.877	6.502	4.510	4.829	4.842	4.912
PM-10	2.962	5.215	3.639	3.387	3.329	3.706
PM-2.5	1.985	3.674	2.012	2.452	2.278	2.480

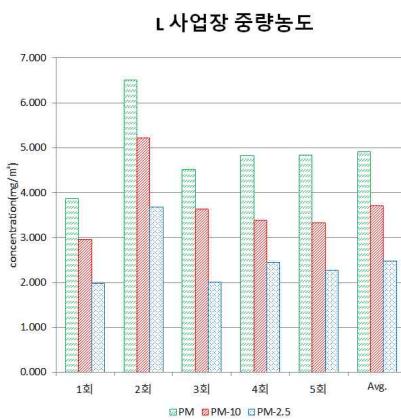


그림 43 L사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

L사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 4회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.15 ppm이며, 표준편자는 0.16으로 나타났다. L사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.25 ppm이며, 표준편자는 0.17로 나타났다(표 52 참조).

표 52 L사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.36	0.00
2회	0.00	0.35
3회	0.17	0.3
4회	0.06	0.34
평균	0.15	0.25
표준편차(SD)	0.16	0.17

L사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 53 참조).

표 53 L사업장의 VOCs 농도

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.70	6.23	4.43	5.78	3.09

(단위 : ppb)

M사업장

M사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 44 참조). 등속흡인 조건에서 M사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 54 참조).



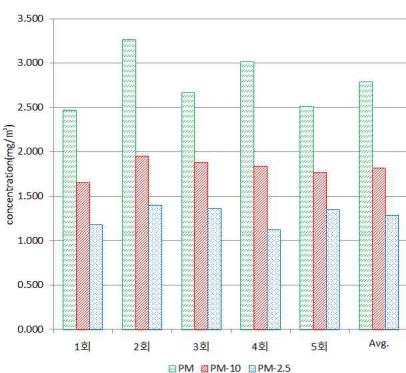
그림 44 M사업장 측정 모습

M사업장의 PM 평균 중량농도는 2.785 mg/m^3 , PM-10은 1.818 mg/m^3 , PM-2.5는 1.282 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 34 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 19 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 47 %로 $10 \mu\text{m}$ 이상과 $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 입자 비율이 비슷하게 나타났다(그림 45 참조).

표 54 M사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

M사업장	총량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	2.471	3.259	2.667	3.017	2.512	2.785
PM-10	1.655	1.949	1.879	1.836	1.770	1.818
PM-2.5	1.176	1.401	1.365	1.123	1.346	1.282

M 사업장 중량농도



M 사업장 입자크기별 분포율

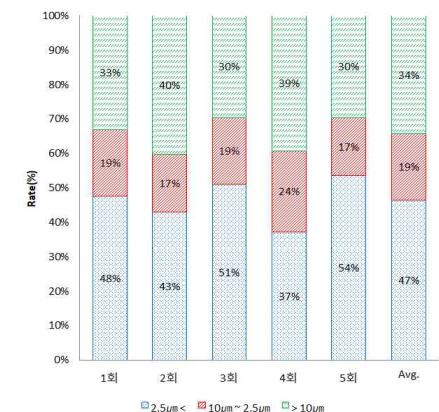


그림 45 M사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

M사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 55 참조).

표 55 M사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	4.09	5.94	4.19	5.28	2.67

M사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx)은 사업장 사정으로 측정하지 못하였다.

N사업장

N사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 6회 측정하여 분율분석하였다(그림 46 참조). 등속흡인 조건에서 N사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 56 참조).



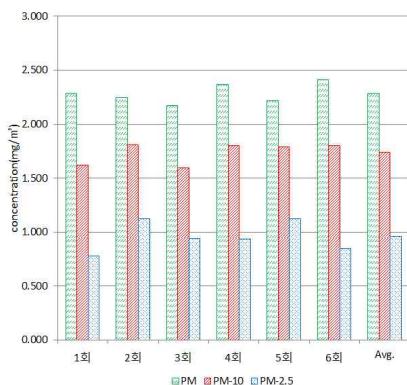
그림 46 N사업장 측정 모습

N사업장의 PM 평균 중량농도는 2.284 mg/m^3 , PM-10은 1.738 mg/m^3 , PM-2.5는 0.959 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 24 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 34 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 42 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 47 참조).

표 56 N사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

N사업장	총량 농도(mg/m^3)						
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
PM	2.285	2.248	2.174	2.367	2.220	2.410	2.284
PM-10	1.623	1.812	1.598	1.801	1.791	1.803	1.738
PM-2.5	0.780	1.127	0.940	0.933	1.123	0.850	0.959

N 사업장 중량농도



N 사업장 입자크기별 분포율

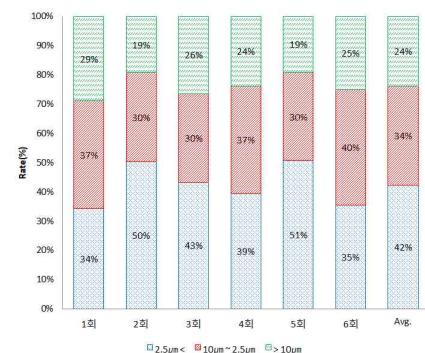


그림 47 N사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

N사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.14 ppm 이며, 표준편차는 0.15 로 나타났다. N사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.36 ppm 이며, 표준편차는 0.24 로 나타났다(표 57 참조).

표 57 N사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.02	0.13
2회	0.17	0.16
3회	0.13	0.28
4회	0.00	0.66
5회	0.38	0.56
평균	0.14	0.36
표준편차(SD)	0.15	0.24

N사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 58 참조).

표 58 N사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.95	7.14	5.21	5.84	4.01

O사업장

O사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 7회 측정하여 분율분석하였다(그림 48 참조). 등속흡인 조건에서 O사업장의 입자상오염물질 종량농도, 입자크기별 종량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 59 참조).



그림 48 O사업장 측정 모습

O사업장의 PM 평균 종량농도는 4.093 mg/m^3 , PM-10은 3.258 mg/m^3 , PM-2.5는 2.209 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 21 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 25 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 54 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 49 참조).

표 59 O사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

O사업장	종량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	3.936	2.909	4.276	4.120	5.224	4.093
PM-10	3.256	2.142	3.532	3.151	4.210	3.258
PM-2.5	2.310	1.463	2.468	1.951	2.852	2.209

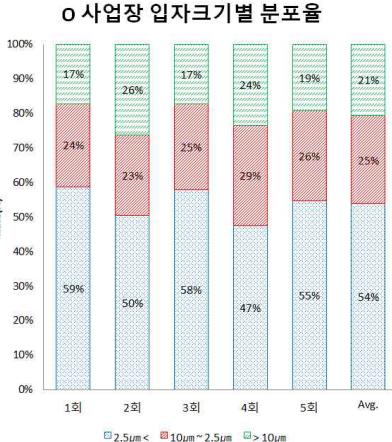


그림 49 O 사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

O 사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.09 ppm이며, 표준편차는 0.09로 나타났다. O 사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.33 ppm이며, 표준편차는 0.19로 나타났다(표 60 참조).

표 60 O 사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.09	0.00
2회	0.00	0.44
3회	0.06	0.39
4회	0.06	0.35
5회	0.24	0.49
평균	0.09	0.33
표준편차(SD)	0.09	0.19

O 사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 61 참조).

표 61 O 사업장의 VOCs 농도

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	66.0	59.3	87.9	167	61.4

(단위 : ppb)

P사업장

P사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 50 참조). 등속흡인 조건에서 P사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 62 참조).



그림 50 P사업장 측정 모습

P사업장의 PM 평균 중량농도는 4.171 mg/m^3 , PM-10은 3.485 mg/m^3 , PM-2.5는 2.700 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 17 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 19 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 63 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 51 참조).

표 62 P사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

P사업장	총량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	6.049	3.683	3.060	4.176	3.888	4.171
PM-10	5.383	3.181	2.264	3.422	3.176	3.485
PM-2.5	4.273	2.679	1.408	2.784	2.355	2.700

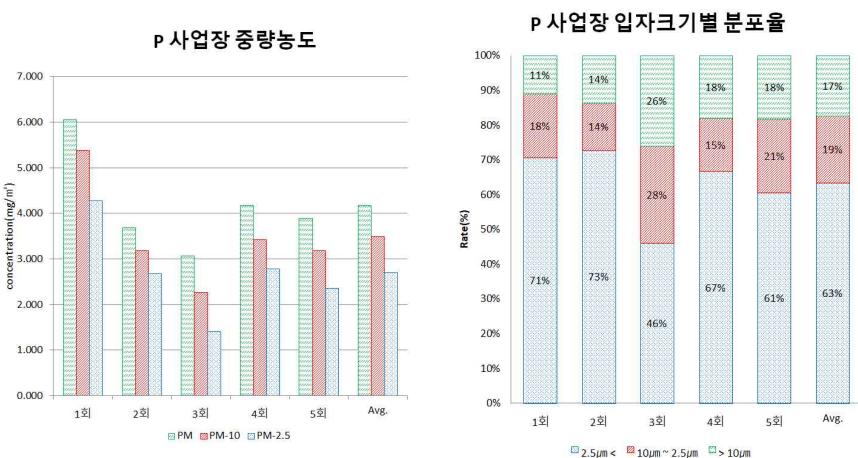


그림 51 P사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

P사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 43.35 ppm 이며, 표준편차는 11.84 로 나타났다. P사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.78 ppm 이며, 표준편차는 0.86 으로 나타났다(표 63 참조).

표 63 P사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	28.16	0.00
2회	41.90	1.78
3회	36.70	1.62
4회	55.61	0.00
5회	54.90	0.52
평균	43.45	0.78
표준편차(SD)	11.84	0.86

P사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Strene)의 농도는 다음과 같다(표 64 참조).

표 64 P사업장의 VOCs 농도

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	7.18	5.84	5.48	7.55	6.39

(단위 : ppb)

Q사업장

Q사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 52 참조). 등속흡인 조건에서 Q사업장의 입자상오염물질 종량농도, 입자크기별 종량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 65 참조).



그림 52 Q사업장 측정 모습

Q사업장의 PM 평균 종량농도는 14.711 mg/m^3 , PM-10은 11.814 mg/m^3 , PM-2.5는 8.102 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 20 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 25 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 55 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 53 참조).

표 65 Q사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

Q사업장	종량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	13.412	17.235	15.105	13.535	14.268	14.711
PM-10	11.087	13.562	12.165	9.548	12.708	11.814
PM-2.5	7.761	8.769	8.130	7.246	8.601	8.102

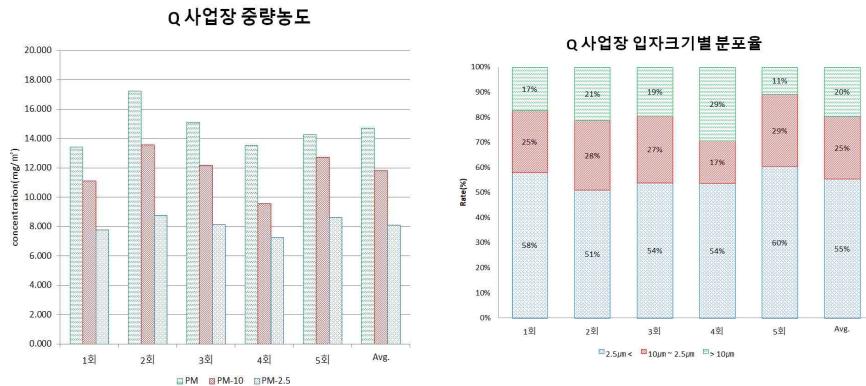


그림 53 Q사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

Q사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.31 ppm이며, 표준편차는 0.26로 나타났다. Q사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.13 ppm이며, 표준편차는 0.15로 나타났다(표 66 참조).

표 66 Q사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.05	0.24
2회	0.47	0.33
3회	0.66	0.05
4회	0.06	0.00
5회	0.31	0.03
평균	0.31	0.13
표준편차(SD)	0.26	0.15

Q사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 67 참조).

표 67 Q사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.90	5.98	4.37	5.71	3.01

R사업장

R사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 54 참조). 등속흡인 조건에서 R사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 68 참조).



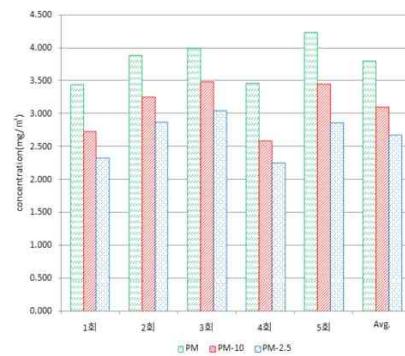
그림 54 R사업장 측정 모습

R사업장의 PM 평균 중량농도는 3.802 mg/m^3 , PM-10은 3.099 mg/m^3 , PM-2.5는 2.670 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 19 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 11 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 70 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 55 참조).

표 68 R사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

R사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	3.440	3.880	3.998	3.462	4.228	3.802
PM-10	2.729	3.250	3.478	2.590	3.447	3.099
PM-2.5	2.323	2.875	3.042	2.245	2.864	2.670

R사업장 중량농도



R사업장 입자크기별 분포율

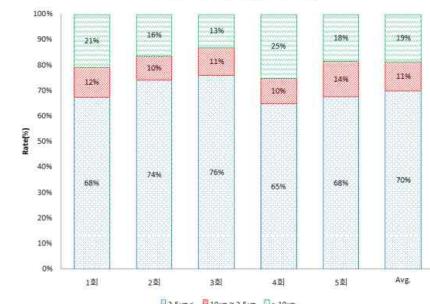


그림 55 R사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

R사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 4회 실시하였다. R사업장에서 NOx, SOx는 검출되지 않았다(표 69 참조).

표 69 R사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	불검출	불검출
2회		
3회		
4회		
평균	—	—
표준편차(SD)	—	—

R사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 70 참조).

표 70 R사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	7.14	10.20	13.70	24.80	9.27

S사업장

S사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 56 참조). 등속흡인 조건에서 S사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 71 참조).



그림 56 S사업장 측정 모습

S사업장의 PM 평균 중량농도는 3.667 mg/m^3 , PM-10은 2.959 mg/m^3 , PM-2.5는 2.531 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 19 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 12 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 69 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 입자의 분포율이 높게 나타났다(그림 57 참조).

표 71 S사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

S사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	3.651	3.445	3.954	3.264	3.101	3.483
PM-10	3.070	2.649	3.450	2.699	2.554	2.884
PM-2.5	2.554	2.067	2.598	1.881	2.188	2.258

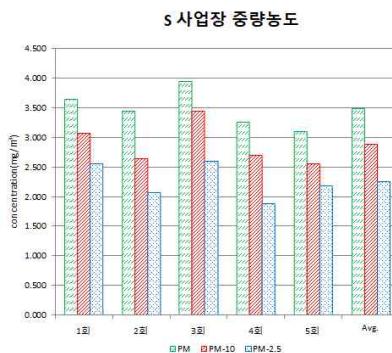


그림 57 S사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

S사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 4회 실시하였다. S사업장에서 NOx, SOx는 검출되지 않았다(표 72 참조).

표 72 S사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	불검출	불검출
2회		
3회		
4회		
평균	—	—
표준편차(SD)	—	—

S사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 73 참조).

표 73 S사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	7.02	9.83	15.01	25.10	9.35

T사업장

T사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 58 참조). 등속흡인 조건에서 T사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 74 참조).



그림 58 T사업장 측정 모습

T사업장의 PM 평균 중량농도는 3.284 mg/m^3 , PM-10은 2.751 mg/m^3 , PM-2.5는 1.896 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 16 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 26 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 58 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 59 참조).

표 74 T사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

T사업장	총량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	3.441	2.849	4.301	3.989	4.144	3.745
PM-10	2.943	2.302	3.641	3.541	3.576	3.201
PM-2.5	1.997	1.683	2.811	2.274	2.841	2.321

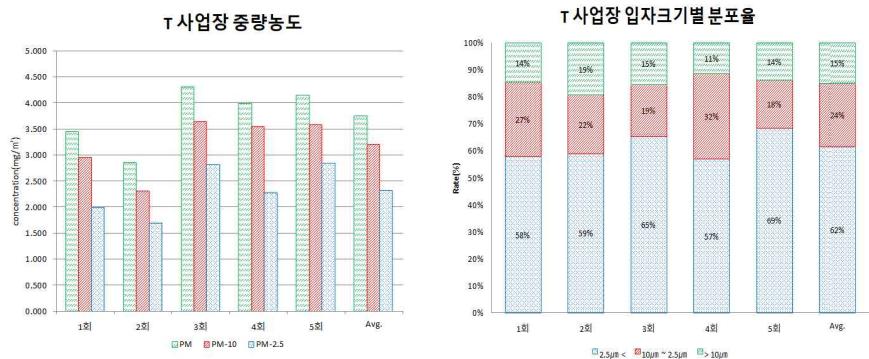


그림 59 T사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

T사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 33.19 ppm 이며, 표준편차는 1.23로 나타났다. T사업장에서 SOx는 검출되지 않았다(표 75 참조).

표 75 T사업장의 미세먼지 생성물질 농도

회수	NOx (ppm)	SOx (ppm)	불검출
1회	31.51	-	
2회	33.72	-	
3회	34.79	-	
4회	33.34	-	
5회	32.57	-	
평균	33.19	-	
표준편차(SD)	1.23	-	

T사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 76 참조).

표 76 T사업장의 VOCs 농도

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	7.29	10.20	12.90	18.60	8.23

(단위 : ppb)

U사업장

U사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 60 참조). 등속흡인 조건에서 U사업장의 입자상오염물질 종량농도, 입자크기별 종량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 77 참조).



그림 60 U사업장 측정 모습

U사업장의 PM 평균 종량농도는 3.269 mg/m^3 , PM-10은 2.778 mg/m^3 , PM-2.5는 1.864 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 15 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 28 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 57 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 61 참조).

표 77 U사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

U사업장	종량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	3.473	3.077	3.260	3.437	3.099	3.269
PM-10	2.979	2.654	2.778	2.824	2.656	2.778
PM-2.5	2.224	1.731	1.688	1.912	1.763	1.864

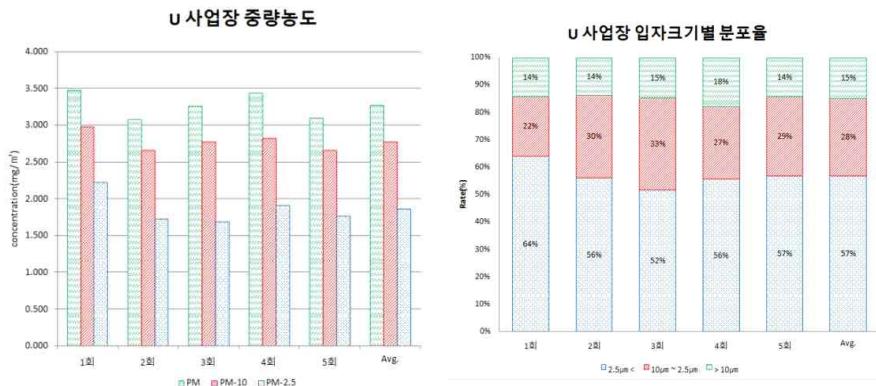


그림 61 U사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

U사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 33.73 ppm이며, 표준편차는 0.32로 나타났다. U사업장에서 SOx는 검출되지 않았다(표 78 참조).

표 78 U사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	33.94	불검출
2회	33.18	
3회	33.95	
4회	33.76	
5회	33.81	
평균	33.73	-
표준편차(SD)	0.32	-

U사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 79 참조).

표 79 U사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	6.73	10.42	12.94	19.25	7.76

V사업장

V사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 62 참조). 등속흡인 조건에서 V사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 80 참조).



그림 62 V사업장 측정 모습

V사업장의 PM 평균 중량농도는 2.293 mg/m^3 , PM-10은 1.314 mg/m^3 , PM-2.5는 0.775 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 43 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 23 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 34 %로 입자의 분포율이 비슷하게 나타났다(그림 63 참조).

표 80 V사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

V사업장	총량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	2.242	2.022	2.881	2.406	2.451	2.400
PM-10	1.321	1.310	1.829	1.494	1.394	1.470
PM-2.5	0.763	0.777	1.016	0.701	0.831	0.818

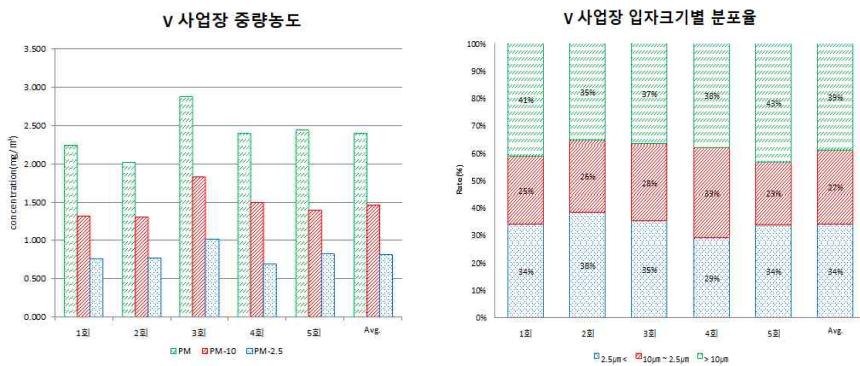


그림 63 V사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

V사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. V사업장에서 NOx, SOx는 검출되지 않았다(표 81 참조).

표 81 V사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	불검출	불검출
2회		
3회		
4회		
5회		
평균	—	—
표준편차(SD)	—	—

V사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 82 참조).

표 82 V사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	9.39	10.10	13.20	21.30	8.84

W사업장

W사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 64 참조). 등속흡인 조건에서 W사업장의 입자상오염물질 종량농도, 입자크기별 종량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 83 참조).



그림 64 W사업장 측정 모습

W사업장의 PM 평균 종량농도는 2.162 mg/m^3 , PM-10은 1.342 mg/m^3 , PM-2.5는 0.783 mg/m^3 으로 분석되었다. 종량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 38 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 26 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 36 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 분포율이 비슷하게 나타났다(그림 65 참조).

표 83 W사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

W사업장	종량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	2.191	2.267	2.048	2.223	2.079	2.162
PM-10	1.345	1.282	1.197	1.536	1.351	1.342
PM-2.5	0.836	0.814	0.777	0.900	0.588	0.783



그림 65 W사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

W사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. W사업장에서 NOx, SOx는 검출되지 않았다(표 84 참조).

표 84 W사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회		
2회		
3회	불검출	불검출
4회		
5회		
평균	—	—
표준편차(SD)	—	—

W사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 85 참조).

표 85 W사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	9.98	9.25	13.25	20.92	8.14

X사업장

X사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 66 참조). 등속흡인 조건에서 X사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 86 참조).



그림 66 X사업장 측정 모습

X사업장의 PM 평균 중량농도는 2.358 mg/m^3 , PM-10은 1.781 mg/m^3 , PM-2.5는 1.439 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 24 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 15 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 61 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하의 입자 비율이 높게 나타났다(그림 67 참조).

표 86 X사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

X사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	2.656	2.155	2.308	2.484	2.186	2.358
PM-10	2.086	1.803	1.618	1.861	1.539	1.781
PM-2.5	1.840	1.463	1.221	1.516	1.157	1.439



그림 67 X사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

X사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.17 ppm이며, 표준편차는 0.07 로 나타났다. X사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.38 ppm이며, 표준편차는 0.19 로 나타났다(표 87 참조).

표 87 X사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.05	0.42
2회	0.18	0.50
3회	0.20	0.10
4회	0.16	0.59
5회	0.24	0.26
평균	0.17	0.38
표준편차(SD)	0.07	0.19

X사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 88 참조).

표 88 X사업장의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	3.83	7.74	5.00	5.73	3.81

Y사업장

Y사업장의 미세먼지(PM-10, PM-2.5)는 총 5회 측정하여 분율분석하였다(그림 68 참조). 등속흡인 조건에서 Y사업장의 입자상오염물질 중량농도, 입자크기별 중량농도, 입자 크기별 분포율은 다음과 같다(표 89 참조).



그림 68 Y사업장 측정 모습

Y사업장의 PM 평균 중량농도는 2.249 mg/m^3 , PM-10은 1.752 mg/m^3 , PM-2.5는 1.437 mg/m^3 으로 분석되었다. 중량농도의 분석 값을 토대로 산정된 입자 크기별 분포율을 살펴보면, $10 \mu\text{m}$ 이상이 22 %, $10 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 사이의 분포율은 14 % 그리고 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율은 64 %로 $2.5 \mu\text{m}$ 이하인 입자의 비율이 높게 나타났다(그림 69 참조).

표 89 Y사업장 배기ガ스의 입자상오염물질 농도

Y사업장	중량 농도(mg/m^3)					
	1회	2회	3회	4회	5회	평균
PM	2.387	2.037	2.444	2.217	2.160	2.249
PM-10	1.802	1.737	1.951	1.626	1.642	1.752
PM-2.5	1.435	1.431	1.601	1.351	1.366	1.437

Y사업장에 배출되는 VOCs(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, mp-Xylene, Styrene)의 농도는 다음과 같다(표 91 참조).

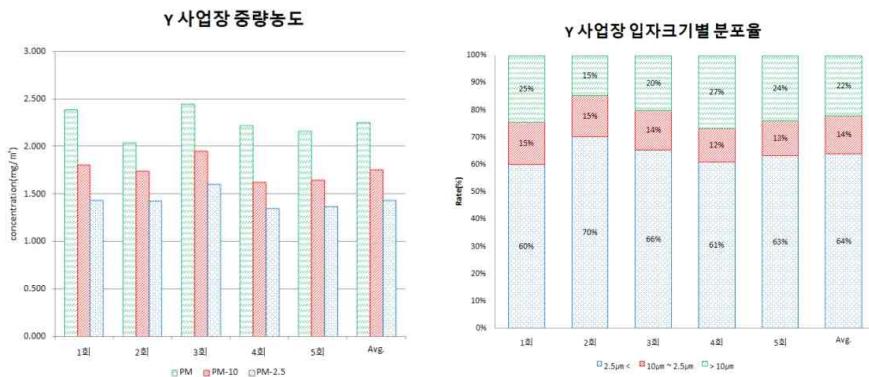


그림 69 Y사업장 먼지농도와 입자크기별 분포율

Y사업장에 배출되는 미세먼지 생성물질(NOx, SOx) 측정은 총 5회 실시하였다. NOx의 평균 농도는 0.17 ppm이며, 표준편차는 0.11로 나타났다. Y사업장에서 SOx의 평균 농도는 0.31 ppm이며, 표준편차는 0.18로 나타났다(표 90 참조).

표 90 Y사업장의 미세먼지 생성물질 농도

횟수	NOx (ppm)	SOx (ppm)
1회	0.10	0.34
2회	0.12	0.07
3회	0.23	0.46
4회	0.34	0.18
5회	0.09	0.48
평균	0.17	0.31
표준편차(SD)	0.11	0.18

표 91 Y사업장의 VOCs 농도

항목	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	mp-Xylene	Styrene
분석결과	4.12	7.83	5.32	5.48	3.99

■ 2차년도 실측 정리

2차년도에는 총 25개 사업장에 대해 미세먼지 및 미세먼지 생성물질 농도를 측정하였으며, 업종별 먼지 평균농도는 다음과 같다(표 92 참조).

표 92 A~Y 사업장의 업종별 입자상 오염물질 중량농도 평균값

업종	사업장명	배출허용기준 (mg/m ³)	중량농도 평균값(mg/m ³)
폐기물, 수집운반, 처리 및 원료 재생업	A	39	PM 10.728
			PM-10 6.630
			PM-2.5 2.875
	C	26	PM 5.353
			PM-10 4.117
			PM-2.5 2.381
	E	26	PM 11.542
			PM-10 10.876
			PM-2.5 7.568
	T	26	PM 3.745
			PM-10 3.201
			PM-2.5 2.321
	U	26	PM 3.269
			PM-10 2.778
			PM-2.5 1.864
기타 화학제품 제조업	D	50	PM 0.834
			PM-10 0.417
			PM-2.5 0.156
	H	50	PM 0.887
			PM-10 0.570
			PM-2.5 0.306
	I	50	PM 1.692
			PM-10 1.316
			PM-2.5 1.825
의료, 정밀, 광학기기 제조업	K	50	PM 1.036
			PM-10 0.661
			PM-2.5 0.310
	N	50	PM 2.284
			PM-10 1.738
기타 식품첨가물 제조업	X	50	PM 2.358
			PM-10 1.781
			PM-2.5 1.439
	Y	50	PM 2.249
			PM-10 1.752
			PM-2.5 1.437
	B	50	PM 3.918
			PM-10 3.103
			PM-2.5 1.915
	O	50	PM 4.093
			PM-10 3.258
			PM-2.5 2.209

전자부품 제조업	F	50	PM 2.663
			PM-10 1.715
			PM-2.5 1.243
고무 및 플라스틱제품 제조업	M	50	PM 2.785
			PM-10 1.818
			PM-2.5 1.282
의료용 물질 및 의약품 제조업	J	50	PM 14.774
			PM-10 12.026
			PM-2.5 8.441
비금속 광물 제품 제조업	Q	50	PM 14.711
			PM-10 11.814
			PM-2.5 8.102
기타 목재가구 제조업	R	50	PM 3.802
			PM-10 3.099
			PM-2.5 2.670
식료품 제조업	S	50	PM 3.483
			PM-10 2.884
			PM-2.5 2.258
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	V	30	PM 2.400
			PM-10 1.470
			PM-2.5 0.818
기타 목재가구 제조업	W	30	PM 2.162
			PM-10 1.342
			PM-2.5 0.783
식료품 제조업	G	50	PM 7.800
			PM-10 5.676
			PM-2.5 2.952
기타 식품첨가물 제조업	L	50	PM 4.912
			PM-10 3.706
			PM-2.5 2.480
기타 식품첨가물 제조업	P	26	PM 4.171
			PM-10 3.485
			PM-2.5 2.700

그림 70에는 2차년도에 측정한 25개 업종별 먼지 평균농도를 나타내었다. PM-10 농도는 고무 및 플라스틱제품 제조업이 가장 높은 경향을 보이며, 목재가구 제조업, 폐기물 처리업, 식료품 제조업이 그 뒤를 잇고 있다. PM-2.5 농도는 고무 및 플라스틱제품 제조업이 가장 높은 경향을 보이며, 폐기물 처리업, 목재가구 제조업, 종이제품 제조업이 그 뒤를 잇고 있는 것으로 나타났다. 하지만 이는 업종별로 구분지어도 그 샘플 수가 적어 대표성을 띠지 못하며, 동일업종이라 하더라도 공정설비 및 연료 및 원료의 차이 등의 이유로 업종별 특성을 보기가 힘들다는 한계가 있다.

미세먼지 관리의 중요성에 대해서는 여러 정책에서 꾸준히 언급되고 있지만, 일경별 농도나 분율 등 세부적인 정보에 대한 연구는 미비한 상태이다. 이에 따라 산업부문의 보다 효율적인 미세먼지 관리를 위해서는 업종별 배출현황의 데이터베이스 자료 확보를 위한 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

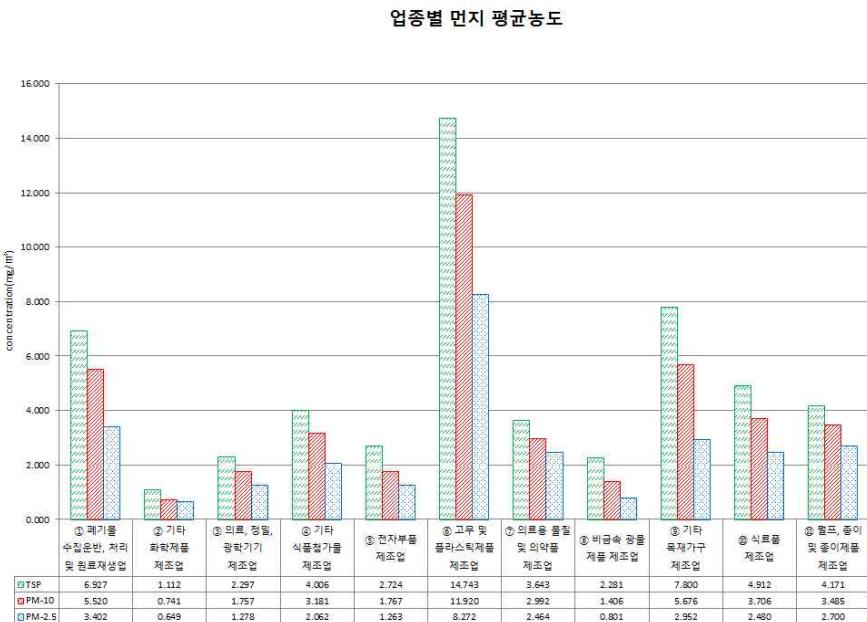


그림 70 업종별 먼지 평균농도

제 4 장 미세먼지 기여도 분석

1. 모델링
 2. 안산시 미세먼지 모델링 및 평가
-

제 4 장 미세먼지 기여도 분석

1. 모델링

1.1 대기질 모델링 개요

CAMx(Comprehensive Air Quality Model with Extensions)는 CMAQ(Community Multiscale Air Quality)과 함께 미세먼지 2차 생성 등을 고려한 대기질 모사에 주로 이용되는 오일리리안 광화학 모델로 가스상, 입자상 대기오염물질을 통합하여 평가 할 수 있다(그림 71 참조).

CMAQ과 CAMx는 모두 최신의 과학적 성과를 반영한 모형으로 미세먼지를 포함한 대기 오염물질 농도를 모사하기 위한 기본적인 알고리즘은 유사하나 CAMx에서는 모델링 과정 및 결과를 분석하기 위한 다양한 분석 기능을 제공하고 있다. 특히, CAMx 모델에서 이용 할 수 있는 기능 중 PSAT(Particulate Source Apportionment Technology)을 이용하면 대상 지점에 대한 특정 배출원 카테고리 및 특정 지역 내 배출원으로부터의 기여도를 한번의 모델링 수행으로 분석할 수 있다. 본 연구에서는 암모니아 배출원에 의한 미세먼지 2차 생성 기여를 효율적으로 평가하기 위하여 CAMx v6.5 모델을 이용하였다. 대기질 모델링 수행을 위한 기상 입력자료 작성은 WRF(Weather Research forecast) v3.6.1을 이용하였고 인위적 배출량은 SMOKE(Sparse Matrix Operator Kerner Emissions) v2.7, 자연 배출량은 MEGAN(Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature) v2.04을 이용하였다.

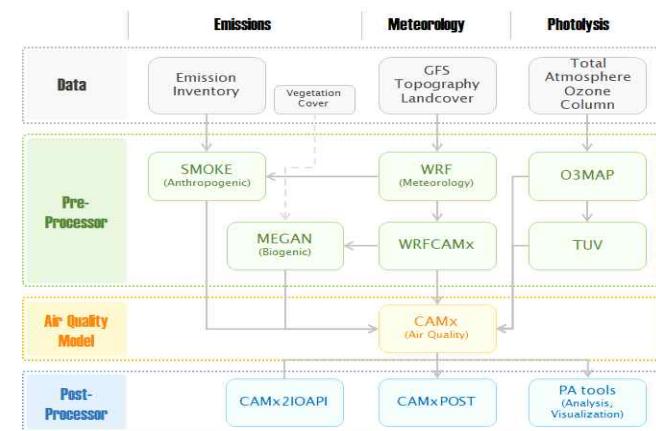


그림 71 CAMx 광화학 모델 개요

1.2 대기질 모델링 격자체계 및 입력자료

대기질 모델링을 위한 격자체계는 장거리 수송 영향을 고려할 수 있도록 동아시아, 한반도 영역으로 둉지화(Nesting) 기법을 적용하였으며 그림 72와 같이 국립환경과학원의 수치예보 영역과 동일하게 설정하였다. 동아시아 모델링 영역은 27 km 격자로 동-서 방향 174개, 남-북 방향 128개 격자이고, 한반도 모델링 영역은 9 km 격자로 동-서 방향 67개, 남-북 방향 82개 격자, 수도권 모델링 영역은 3 km 격자로 동-서 방향 65개, 남-북 방향 65개 격자, 한반도 모델링 영역은 9 km 격자로 동-서 방향 29개, 남-북 방향 29개 격자, 수직총은 15개 층으로 구성하였다.

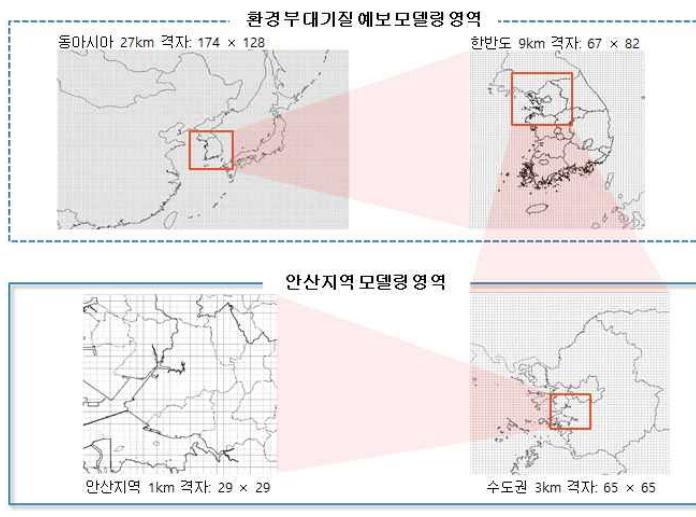


그림 72 대기질 모델링 격자체계

기상자료는 NCEP FNL(National Centers for Environmental Prediction Final) 자료를 이용하였다. NCEP FNL analysis data는 미국의 NCEP에서 전 지구를 1도 간격으로 모델링을 수행하여, 6시간 간격의 시간해상도로 생성하는 전구 기상모델 자료이다. FNL자료는 지표기상관측자료와 지형고도 등의 자료로 1차 계산된 자료를 다시 재분석하여 모델링 결과의 신뢰도를 높인 자료이다.

아시아 배출량 자료는 중국 MEIC(Multi-resolution Emission Inventory) 배출량, 중국을 제외한 아시아 지역은 REAS(Regional Emission inventory in ASia) 배출량 자료를 이용하였다. MEIC 배출량(<http://www.meicmodel.org>)은 중국 Tsinghua university에서 개발되었

으며 2008년 및 2010년을 기준으로 산정된 중국지역 배출량이 작성되어 공개되고 있다. REAS 배출량(<http://web.nies.go.jp/REAS>)은 일본 국립환경연구소에서 공개하고 있는 아시아 배출량으로 2000년부터 2008년까지 아시아 전역에 대하여 0.25도 해상도의 배출량을 제공하고 있다. 아시아 모델입력 배출량 작성시에 중국 지역은 2010년 MEIC 자료를 이용하였고 중국 이외 아시아 지역은 2008년 REAS 자료를 이용하였다.

국내 지역에 대한 배출량 자료는 국립환경과학원에서 제공하고 있고 국가대기오염물질 배출량 웹페이지(<http://airemiss.nier.go.kr>)를 통해 관련 통계를 공개하고 있다. 국내 배출량은 2015년 배출원별 격자별 배출량 자료를 적용하였고 국내 대분류별 배출량은 표 93 같다.

표 93 2015년 안산시 대분류별 대기오염물질 배출량 (ton/yr)

배출원 대분류	CO	NOx	SOx	PM-10	PM-2.5	VOC	NH ₃
에너지산업 연소	164	1,109	433	14	11	22	5
비산업 연소	371	845	48	8	6	34	11
제조업 연소	338	2,307	2,505	857	310	45	11
생산공정	4	79	78	4	3	10,690	85
에너지수송 및 저장	0	0	0	0	0	56	0
유기용제 사용	0	0	0	0	0	9,744	0
도로이동오염원	2,533	4,410	2	103	95	588	113
비도로이동오염원	470	967	0	51	47	128	0
폐기물처리	83	526	43	17	15	3,630	1
농업	0	0	0	0	0	0	147
기타 면오염원	72	2	0	3	3	6	174
비산먼지	0	0	0	696	110	0	0
생물성 연소	422	15	0	34	28	155	0
안산시 총량	4,457	10,261	3,109	1,785	627	25,098	548
경기도 총량	129,420	185,176	14,811	33,148	10,836	188,801	47,301
전국 총량	792,776	1,157,728	352,292	233,177	98,806	1,010,771	297,167

출처: <http://airemiss.nier.go.kr>

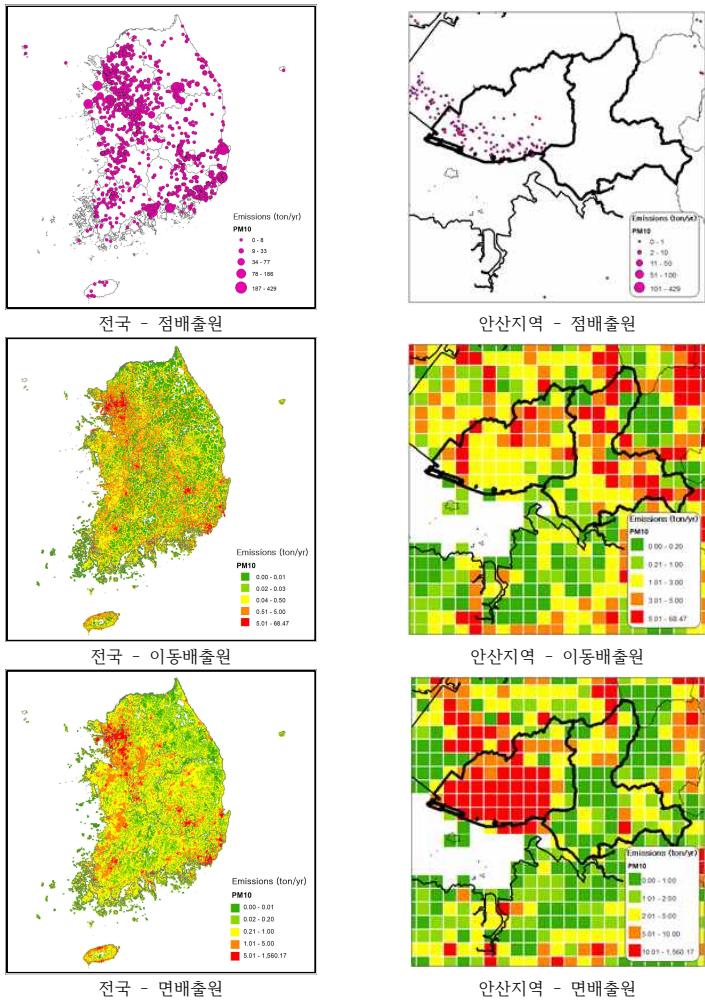


그림 73 2015년 미세먼지 배출량 공간분포

2. 미세먼지 모델링 및 평가

2.1 미세먼지 모델링 결과 정합도 분석

본 연구에서는 미세먼지 모델링 결과의 평가하기 위하여 여러 통계방법 중에서 IOA, MBIAS, RMSE를 이용하여 측정값과 비교하여 분석하였다. IOA, MBIAS, RMSE 등 모델링 정합도 분석에 이용된 통계인자의 자세한 내용은 다음과 같다.

IOA(Index of Agreement)는 모델 결과와 측정값의 일치도를 보기 위한 항목이며 1에 가까울수록 측정값과 모델값의 일치도가 높은 것을 나타낸다. MBIAS (Mean Bias)는 모델값과 측정값의 차이를 전 기간에 대하여 평균하여 구하는 값으로 +값이면 측정값에 비해 모델값이 과대평가, -값이면 과소평가 된 것으로 파악할 수 있다. RMSE (Root Mean Square Error)는 모델값과 측정값의 평균 제곱근 오차를 보기 위한 항목이다.

$$\text{IOA} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\text{Model} - \text{Obs})^2}{(\text{Model} - \text{Obs}) - (\text{Obs} - \overline{\text{Obs}})^2}$$

$$\text{MBIAS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Model} - \text{Obs})$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Model} - \text{Obs})^2}$$

위에 제시한 통계인자를 이용하여 CAMx 모델의 미세먼지 일평균 농도 예측결과를 측정값과 비교하고 정합도를 분석하였다. 정합도 분석을 위한 모델링 기간은 2019년 1월, 3월이다.

표 94의 통계분석 결과에서, PM-10의 IOA는 0.83, PM-2.5의 IOA는 0.94로 모델링 예측농도와 측정 농도의 일별 경향은 유사한 수준인 것으로 판단된다. 모델링 예측농도와 측정 농도의 편차를 보기 위한 MBIAS, RMSE는 PM-10보다 PM-2.5에서 더 낮게 나타났고 PM-10에 비해 모델값과 측정값 평균이 유사한 수준이었다.

그림 74, 그림 75에 안산시 PM-10, PM-2.5 모델링 예측농도와 측정농도의 일평균 농도를 시계열 그래프로 비교하였다. 전체적으로 모델링 예측농도가 측정값을 잘 모사하고 있으며 PM-10에 비해 PM-2.5의 농도 수준이 측정 농도와 더 유사하게 나타났다.

표 94 미세먼지 모델링 결과 정합도 분석(2019년 1월/3월)

오염물질	측정농도 평균($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	예측농도 평균($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	IOA	MBIAS	RMSE
PM-10	70.794	52.083	0.832	-18.711	29.205
PM-2.5	40.899	42.817	0.942	1.918	13.709

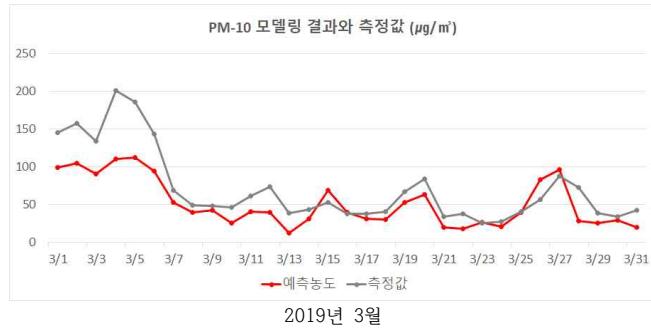
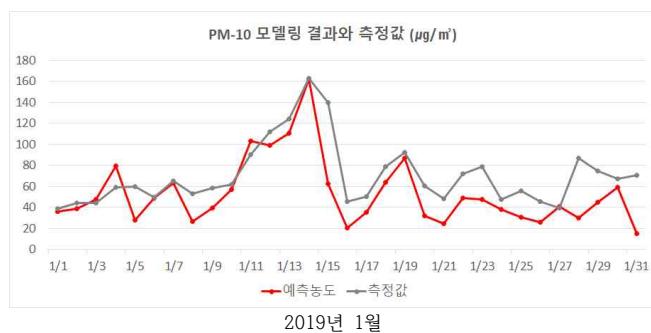
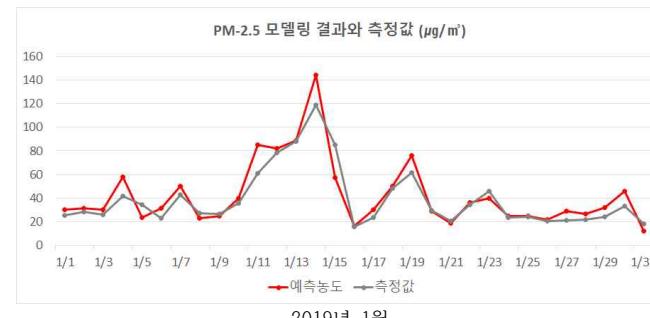


그림 74 안산시 PM-10 모델링 예측농도와 측정값 비교

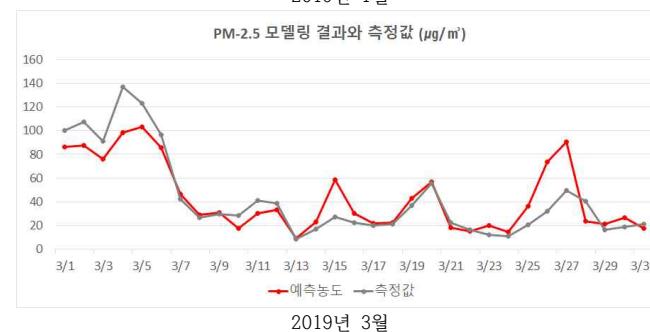


그림 75 안산시 PM-2.5 모델링 예측농도와 측정값 비교

2.2 미세먼지 모델링 결과 기여도 분석

CAMx 대기질 모델을 이용하여 안산시 미세먼지 농도에 대한 지역별 배출원별 영향을 평가하였다. 모델링 기간은 2019년 1월, 2019년 3월을 대상으로 하였고 기여도 분석을 위해 CAMx 모델의 PSAT 옵션을 적용하였다. 안산시 미세먼지 농도 영향을 분석하기 위한 대상 지역 및 배출원은 표 95, 표 96과 같이 구분하였다.

표 95 기여도 분석을 위한 지역 구분

번호	지역 구분
1	안산시
2	충남
3	국내 기타 (수도권, 충남 제외)
4	기타 (국외 및 해양)

표 96 기여도 분석을 위한 배출원 구분

번호	배출원 구분
1	에너지산업연소
2	비산업연소
3	산업 (생산공정, 제조업연소, 폐기물처리)
4	경유 사용 차량 (도로이동)
5	건설장비 (비도로이동)
6	기타 (에너지수송및저장, 유기용제사용, 농업, 기타면오염원, 비산먼지, 생물성연소, 기타 도로/비도로이동)

2019년 1월을 대상으로 안산 지역 PM-10 농도에 대한 지역 및 배출원별 영향을 분석하였다. 지역별 기여도는 안산시 6.6~34.3%, 수도권 8.8~36.5%, 국내기타지역 0.0~10.4% 였다. 전국 배출원별 기여도는 에너지산업 0.2~3.0%, 비산업연소 0.5~2.6%, 산업 3.1~19.3%, 경유차량 1.3~8.8%, 건설장비 0.3~1.8%, 기타 9.6~42.5% 였다. 안산시 배출원별 기여도는 에너지산업 0.0~0.2%, 비산업연소 0.2~0.8%, 산업 2.1~15.4%, 경유차량 0.4~3.1%, 건설장비 0.0~0.2%, 기타(국내) 3.8~17.7% 였다.

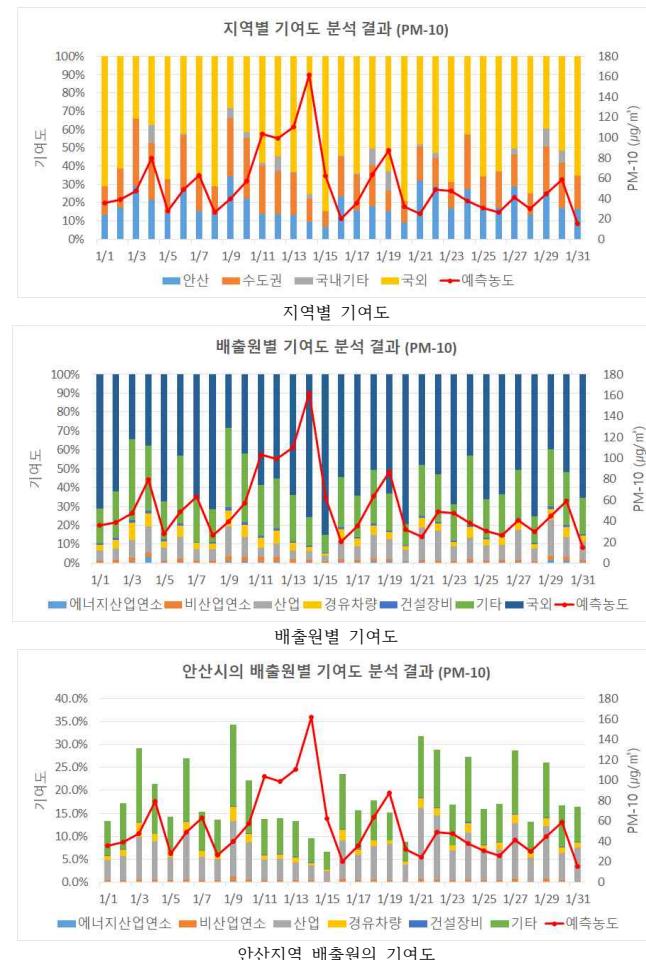


그림 76 2019년 1월 안산시 PM-10 농도 기여도 분석결과

2019년 1월을 대상으로 안산 지역 PM-2.5 농도에 대한 지역 및 배출원별 영향을 분석하였다. 지역별 기여도는 안산시 4.0~23.3%, 수도권 7.2~31.2%, 국내기타지역 0.0~12.2% 였다. 전국 배출원별 기여도는 에너지산업 0.2~4.1%, 비산업연소 0.6~3.7%, 산업 2.1~15.3%, 경유차량 1.3~13.2%, 건설장비 0.3~2.8%, 기타 6.3~24.1% 였다. 안산시 배출원별 기여도는 에너지산업 0.0~0.3%, 비산업연소 0.2~1.2%, 산업 1.0%~9.4%, 경유차량 0.4~4.7%, 건설장비 0.0~0.3%, 기타(국내) 2.3~8.9% 였다.

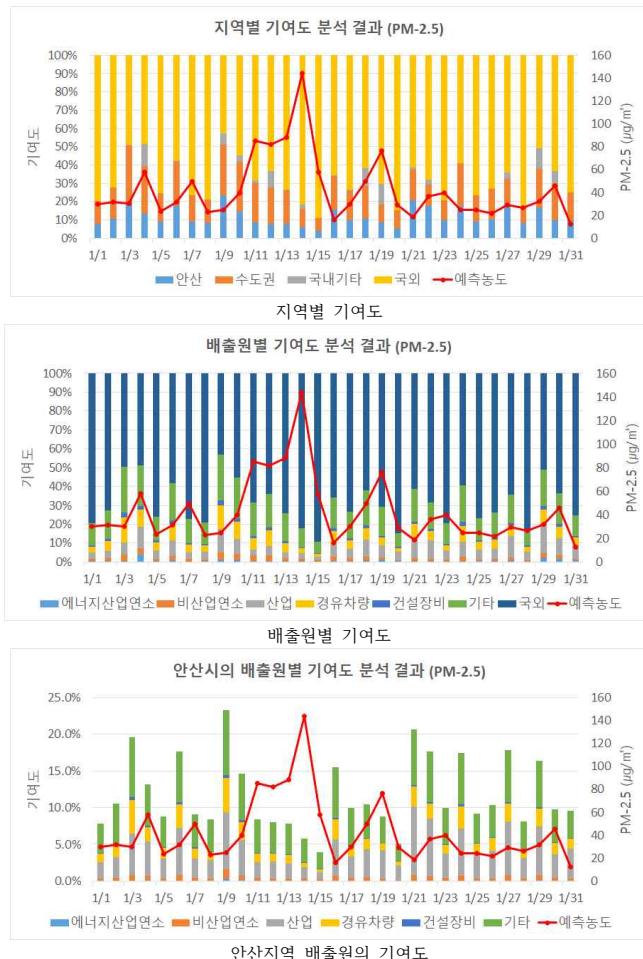


그림 77 2019년 1월 안산시 PM-2.5 농도 기여도 분석결과

2019년 3월을 대상으로 안산 지역 PM-10 농도에 대한 지역 및 배출원별 영향을 분석하였다. 지역별 기여도는 안산시 6.0~37.8%, 수도권 4.5~38.2%, 국내기타지역 0.0~24.2% 였다. 전국 배출원별 기여도는 에너지산업 0.1~4.3%, 비산업연소 0.1~2.1%, 산업 6.4~33.2%, 경유차량 0.8~10.7%, 건설장비 0.6~3.4%, 기타 7.8~45.8% 였다. 안산시 배출원별 기여도는 에너지산업 0.0~0.2%, 비산업연소 0.1~0.3%, 산업 3.2%~21.0%, 경유차량 0.2~3.0%, 건설장비 0.1~0.7%, 기타(국내) 2.4~18.8% 였다.

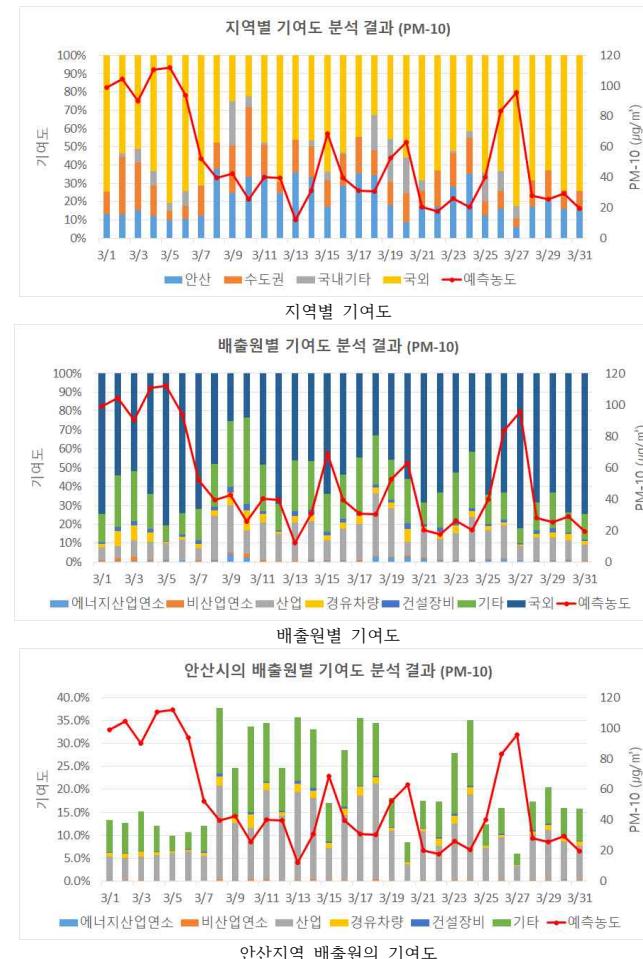


그림 78 2019년 3월 안산시 PM-10 농도 기여도 분석결과

2019년 3월을 대상으로 안산 지역 PM-2.5 농도에 대한 지역 및 배출원별 영향을 분석하였다. 지역별 기여도는 안산시 3.7~24.6%, 수도권 4.0~37.8%, 국내기타지역 0.0~28.9%였다. 전국 배출원별 기여도는 에너지산업 0.1~5.9%, 비산업연소 0.2~2.9%, 산업 4.0%~26.9%, 경유차량 0.9~15.2%, 건설장비 0.6~4.8%, 기타 6.2~31.8%였다. 안산시 배출원별 기여도는 에너지산업 0.0~0.2%, 비산업연소 0.1~0.4%, 산업 1.7%~12.7%, 경유차량 0.2~4.2%, 건설장비 0.1~0.9%, 기타(국내) 1.7~10.1%였다.

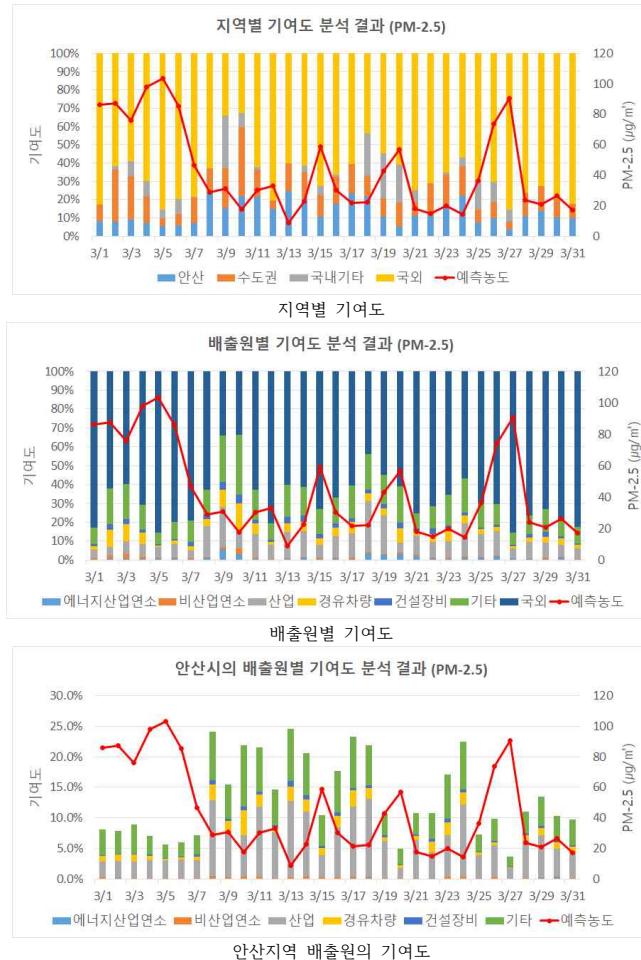


그림 79 2019년 3월 안산시 PM-2.5 농도 기여도 분석결과

2.3 타 지자체 기여도 분석

안산시 미세먼지 기여도 분석결과와 비교하기 위하여 안양시, 용인시 등 타 지자체의 미세먼지 기여도 분석 결과를 제시하였다. 안양시, 용인시의 지역 및 배출원 구분은 안산시와 동일하지는 않으나 대체로 유사하기 때문에 지자체간 배출원 기여도 특성 비교에는 충분할 것으로 판단된다. 안양시 및 용인시의 기여도 분석 기간은 2019년 1월이다.

2019년 1월에 안양 지역 PM-2.5 농도의 지역별 기여도는 안양시 5.5~24.0%, 수도권 9.2~32.6%, 국내기타지역 0.0~5.8%였다. 안양시 배출원별 기여도는 산업 0.0%~0.1%, 도로이동 1.2%~6.2%, 비산먼지 1.1%~9.0%, 기타 2.8%~8.9%였다.

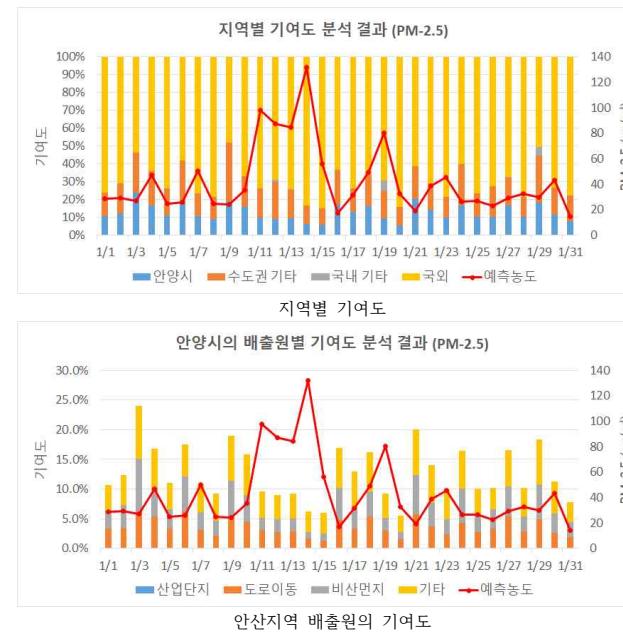


그림 80 2019년 1월 안양시 PM-2.5 농도 기여도 분석 사례

2019년 1월에 용인시 PM-2.5 농도의 지역별 기여도는 용인시 6.6~25.0%, 수도권 8.9~28.1%, 국내기타지역 0.0~9.0%였다. 용인시 배출원별 기여도는 산업 0.0%~0.1%, 도로이동 1.1%~6.1%, 비산먼지 1.1%~8.4%, 기타 3.8%~11.0%였다.

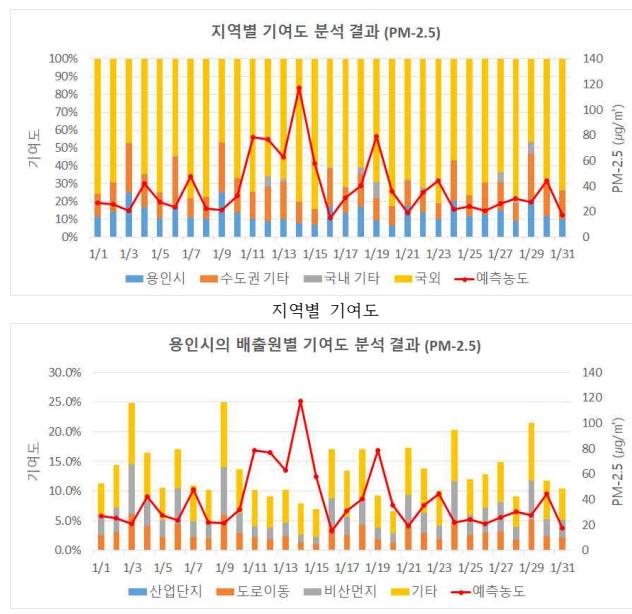


그림 81 2019년 1월 용인시 PM-2.5 농도 기여도 분석 사례

안산시와 안양시, 용인시의 지역별 기여도 분석 결과에서, 안산시 PM-2.5 농도에 대한 안산시의 기여도는 4.0~23.3%, 안양시 PM-2.5 농도에 대한 안양시의 기여도는 5.5~24.0%, 용인시 PM-2.5 농도에 대한 용인시의 기여도는 6.6~25.0%로 지자체의 자체 기여도는 큰 차이는 없었다. 반면, 배출원별 기여도 분석 결과에서, 안산시 산업 배출원의 기여도는 1.0~9.4%였으나 안양 및 용인시의 경우에는 산업 부문의 기여가 거의 없어 산업 배출원이 다수 위치하고 있는 안산시의 특성이 나타나고 있다.

2.4 안산시 미세먼지 민감도 분석

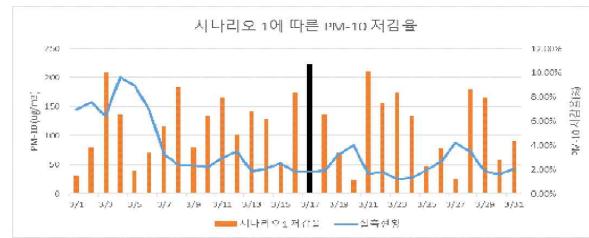
안산시의 주요 배출원을 대상으로 배출량 변화에 따른 안산시 미세먼지 농도 변화를 분석하였다. 안산시 미세먼지 농도 변화는 표 97과 같이 안산시 산업 부문 배출량을 30% 삭감하는 경우와 경유차량 및 건설장비 부문 배출량을 30% 삭감하는 경우로 구분하여 대기질 모델링을 수행하고 배출량 변화가 없는 모델링 결과와 비교하는 방법을 이용하여 분석하였다.

표 97 안산시 미세먼지 민감도 분석 조건

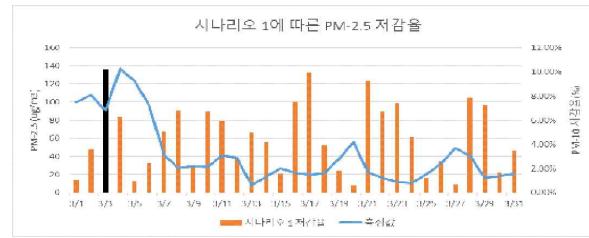
번호	실험 조건
시나리오 1	안산시의 산업 부문 배출량 30% 삭감 모델링 수행
시나리오 2	안산시의 경유차량, 건설장비 부문 배출량 30% 삭감 모델링 수행

안산시 산업 부문 배출량을 30% 삭감한 경우의 안산시 미세먼지 저감농도와 저감률을 산출하고 그림 82에 제시하였다. 안산시 산업 부문 배출량 30% 삭감에 따라 안산시 PM-10 농도는 월 평균 4.78%, 월 최대 10.71% 감소될 것으로 예측되었다. 안산시 PM-2.5 농도는 월 평균 3.79%, 월 최대 10.16% 감소될 것으로 예측되었다.

안산시 경유차량, 건설장비 부문 배출량을 30% 삭감한 경우의 안산시 미세먼지 저감농도와 저감률을 산출하고 그림 83에 제시하였다. 안산시 경유차량, 건설장비 부문 배출량 30% 삭감에 따라 안산시 PM-10 농도는 월 평균 2.42%, 월 최대 8.87% 감소될 것으로 예측되었다. 안산시 PM-2.5 농도는 월 평균 2.63%, 월 최대 9.79% 감소될 것으로 예측되었다.

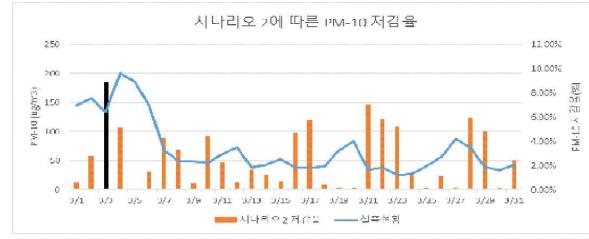


안산시 미세먼지 농도 변화

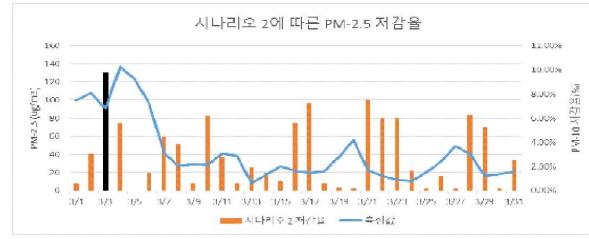


안산시 미세먼지 농도 감소율

그림 82 안산시 배출량 변화에 따른 미세먼지 농도 변화 1



안산시 미세먼지 농도 변화



안산시 미세먼지 농도 감소율

그림 83 안산시 배출량 변화에 따른 미세먼지 농도 변화 2

제 5 장 안산시 맞춤형 미세먼지 저감대책 수립

1. 미세먼지 대책.....
 2. 경기도 및 안산시의 미세먼지 대책.....
 3. 안산시 맞춤형 미세먼지 대책 수립.....
-

제 5 장 안산시 맞춤형 미세먼지 저감대책 수립

1. 미세먼지 대책

1.1. 사업분야

국가기후환경회의 국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19), 국가기후환경회의 중장기 일 반과제 목록 현황(19.09.19), 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)을 중심으로 정부의 미세먼지 대책을 확인하였다(표 98 참조).

■ 사업장 배출 관리

- 기존에 51개소를 대상으로 하였던 '업종 특성을 고려한 사업장별 감축계획'을 100개 소로 늘리는 협약을 체결하였다.
- 업종 특성을 고려한 강화된 배출허용기준을 마련 및 시행하여, 강화된 배출허용 기준에 따라 대형사업장(1종)들의 추가 감축을 유도하고 이행 및 평가하는 계획을 하였고 시범운영 중이다('19.12.~'20.3.).
또한, 계절에 따른 미세먼지 고농도 시에는 보다 엄격한 특별배출허용기준을 적용하되 부과금 감면, 세제 혜택, 투·융자 확대 등 인센티브를 부여하고 있다.
- 법적 규제기준이 아닌 자발적 감축 기준으로 특별배출허용기준을 마련하고, 이를 준수 시에 인센티브를 제공하는 협약을 체결할 예정이다. 또한, 대형사업장(100여개소)부터 실시간 TMS 측정정보를 공개하여 오염도 감축을 위한 자율경쟁을 통해 추가적 감축의 유도를 시범 운영 중이다('19.12.~'20.2.).
- 사업장 내 플레이스택, 브리더 빌트 등 유사 대기오염배출시설에 대한 사각지대의 파악을 통해 누락 배출원들을 관리 중이다. 또한, 사업장에서 발생하는 비산먼지의 추가감축을 위해, 고농도계절시 연면적기준 상위 1,000개 사업장과 공사장에서 사용하는 Tier1 또는 Tier1+2 건설기계의 사용을 제한하고 있다.

■ 대기관리권역 확대

- 수도권 인근 중부·남부·동남 대기관리권역으로 추가 지정하고 미세먼지를 측정 및 기준을 마련하여, 수도권 내 미세먼지 발생 사업장들의 총량관리제를 실시할 예정이다('20.4.~)

■ 허가·측정체계 개편

- 사업자·측정대행업 간 계약의 공정성을 확보하기 위해 측정대행 계약관리기관을 신설하여 불법행위의 처벌을 강화하였다.

■ 민관합동 미세먼지 점검단(약 1,000여명) 구성·운영

- 드론, 이동측정차량, 분광학측정장비 등 첨단장비를 활용하는 민관합동 미세먼지 점검단(1,000명)을 운영하고, 지도·단속 공무원과 합동으로 전국 5.7만개 사업장 및 3.6만개 공사장을 상시 감시 및 단속할 계획이다. 이를 위해, 기존에 있던 첨단장비의 수를 이동측정차량은 4대에서 14대, 드론은 7대에서 28대로 늘릴 예정이고, 분광장비 1식, 비행선 2대를 신규 확충할 계획을 실시하였다.

■ 설비지원

- 영세사업장의 경우 배출허용기준에 부하는 시설을 갖추기에 부담되므로, 이를 완화하기 위해 시설개선비 지원하여 부담을 덜 수 있도록 지원을 하고 있다. 또한, 중소사업장의 미세먼지 저감을 위한 환경개선비용 처리 응자 및 컨설팅비용을 지원하는 신규제도(가제: 미세먼지 전문가 코디제)를 도입하였다.

■ 정보공개

- 44개 국가산단별 10km 이내 측정망자료를 산단과의 이격거리 등의 정보와 함께 실시간 공개하고 있다. 또한, 측정망자료를 기반으로 국가산단 인근 고농도 빈발 지점을 분석 및 농도 측정·공개를 병행 추진 중이다.

■ 관리권한 조정

- 중앙정부는 지자체간 사업장과 합의하여 관리권한 및 관리범위를 합리적으로 조정하였고, 미세먼지 저감 관련 환경산업을 대대적으로 육성할 계획이다.

표 98 안산시 적용가능한 산업분야 미세먼지 저감정책 검토

구분	국가기후환경회의_국민정책제안 단기핵심과제(안) (19.08.19)	국가기후환경회의_중장기 일반과제 목록 현황 (19.09.19)	미세먼지 고농도 시기대응 특별대책 (19.11.01)	미세먼지 관리 종합계획 (19.11.01)
산업	▶ 고농도계절시 보다 엄격한 특별 배출허용 기준 적용되며, 부과금 감면, 세제 혜택, 투·융자 확대 등 인센티브 부여	▶ 중앙정부와 지자체간 사업장 관리권한 (범위) 합리적 조정	▶ 민관합동 미세먼지 점검단(약 1,000여명) 구성·운영(11월~) ※ 지도·단속 공무원과 합동으로 전국 5.7만개 사업장 및 3.6만개 공사장 점검 수행 - (첨단 감시) 드론, 분광계, 이동측정차량, 비행선 등 첨단장비 동원 ※ 연말까지 차량 14대(현4대), 드론 28대(현7대), 분광학 장비 11대(신규), 비행선 2대(신규) 확충	▶ (대기관리권역 확대) 수도권 외 중부·남부·동남권역을 대기관리권역으로 추가 지정, 권역 내 사업장 총량관리제* 실시(20.4~)
	▶ 1종 사업장 중심 업종 특성 고려한 감축 계획 추진	▶ 유사 대기오염배출시설플레이스북, 브리더 밸브 등에 대한 관리 사각지대 해소	▶ 업종 특성을 고려한 사업장별 감축계획 수립·평가 ※既체결('19.1) 협약 이행평가를 토대로 확대(51개소 → 약 100개소) 협약 체결(11월)	▶ (사업장 배출 관리) 강화된 배출허용기준* 시행 ('20.1~), 고농도 시기 대형사업장(1종) 추가 감축 유도 및 이행 평가('19.12~'20.3월 시범운영)
	▶ 고농도계절시 일정규모 이상 관급공사에서 Tier1 또는 Tier1+2 건설기계 사용 제한	▶ 중소사업장 미세먼지 저감을 위한 맞춤형 지원제 시행(기정 : 미세먼지 전문가 코디제)	▶ 자발적 감축 기준으로서 특별 배출허용기준* 마련 * 법적 규제기준이 아닌 준수시 인센티브를 제공하는 기준으로, 확대협약 체결시 반영	▶ (허가·측정체계 개편) 사업자·측정대행업간 계약 공정성 확보를 위한 측정대행 계약관리기관을 신설하고, 불법행위 처벌 강화* 및 TMS 실시간 공개
	▶ 건설공사장 비산먼지 신고사업장 중 연면적기준 상위 1,000개 사업장의 업체와 자발적 협약 체결	▶ 미세먼지 저감 관련 환경산업의 대대적 육성	▶ (영세사업장 지원) 시설개선·컨설팅 집중 지원, 영세사업장 부담 완화	▶ (상시 감시·단속) 드론, 이동측정차량, 분광학 측정장비 등 첨단장비 활용, 민관합동 미세먼지 점검단(1,000명) 운영
			▶ (정보 공개) 배출량 정보 공개 등으로 오염도 감축 자율경쟁 유도 - (배출량) 대형사업장(100여개소) 실시간 TMS 측정정보 시범공개('19.12~'20.2월) ▶ 국가산단 주변 미세먼지 농도를 산단장과 연계 공개(12월~) * 44개 국가산단별 10km 이내 측정망자료를 산단과의 이격거리 등과 함께 실시간 제공 ※ 국가산단 인근 고농도 빈발 지점 분석 및 농도 측정·공개 병행 추진	▶ (설비지원) 소규모 사업장의 노후 방지시설 교체·설치 지원사업* 및 환경개선 비용 저리 융자 지원 실시

1.2. 교통분야

국가기후환경회의_국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19), 국가기후환경회의 중장기 일반과제 목록 현황(19.09.19), 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)을 검토하였다(표 99 참조).

■ 노후경유차 퇴출 가속화

- 정부는 등록대수 대비 미세먼지 배출의 높은 비중과 인체 위험성을 고려하여 조기폐차 확대 등으로 노후경유차를 빠른 시일 내에 퇴출시킬 것을 목표로 하고 있다. 2024년까지 노후경유차의 80% 이상 퇴출을 목표로 하며 보조금 개선 등으로 조기폐차에 대한 지원을 지속하며, 미세먼지 취약계층 대상 맞춤형 전환사업도 확대할 예정이다.
- 취득세 조정 및 노후차 보유세 경감을 축소 등의 개편안을 통하여 노후경유차 시장의 재진입을 억제 및 조기 퇴출시킬 예정이며, 비상저감조치시에는 배출가스 등급제를 기반으로 운행을 제한하고, 공공기관 내 노후경유차를 2022년까지 완전 퇴출시킬 예정이다.

■ 운행차 관리

- 자동차 경사소에 대한 관리를 강화하고, 차량에 대한 정밀검사를 확대 및 검사 인력 전문성을 강화하는 방법 등으로 경유차에 대한 경사 및 관리를 강화할 계획이다. 또한, 수송용 에너지의 상대가격 조정, 제작차 배출가스 인증기준 강화 등을 통해 수요자의 경유차 선호 경향을 완화시키고, 생산자의 책임을 강화하는 방안을 적극 시행 예정에 있다.
- 저공해차에 대한 보급 목표를 상향할 예정이며, 각종 업무협약 체결 및 지원사업 확대 등을 통해 전략적인 지원을 확대할 계획에 있다. 또한, 충전소 민간시장을 활성화하고, 안전한 수소 저장·생산 기술을 개발함에 따라 기존보다 한층 편리하고 안전한 충전 환경을 조성할 예정이다.

■ 대중교통 활성화

- 저비용·고효율 대중교통 수단인 간선급행버스체계(BRT)를 적극 확대하고, 권역별 버스·도로·철도 등과 연계한 광역 및 복합환승센터 등을 지속적으로 구축함에 따라 대중교통을 선진화하고 편의를 증진시킬 예정이다.
- 주요 간선도로 실시간 상황 모니터링 등을 위한 지능형교통시스템을 구축·운영하고, 대중교통 소외지역 분석을 바탕으로 전국적인 카셰어링 서비스를 도입하는 등 친환경적인 교통수요에 대한 관리를 강화할 예정이다.

■ 건설·농기계 관리

- 대기관리권역 내에서 공사 규모에 따라 노후건설기계에 대한 사용을 제한하고, 노후 건설기계의 엔진 교체, DPF 부착, 노후 경유 농업기계 관리체계 구축 등을 통해 건설·농업기계에 대한 자공해 조치를 확대할 계획이다.
- 실제 작업현장에서의 건설기계 배출가스 모니터링 제도 도입 및 해당 기계 배출기준을 강화하는 등의 조치를 통해 적극적인 저감 정책을 시행할 예정이다.

■ 공공기관 차량 2부제

- 수도권 및 6개 특·광역시 소재 국가·공공기관에 차량 2부제를 실시할 예정에 있으며, 고농도 수준에 따른 비상저감조치 시행에 따라 관용·공용차량에 대한 운행을 전면 제한하는 등의 정책을 시행 예정에 있다.

- 149 -

표 99 안산시 적용가능한 교통분야 미세먼지 저감정책 검토

구분	국가기후환경회의_국민정책제안 단기핵심과제(안) (19.08.19)	국가기후환경회의_중장기 일반과제 목록 현황 (19.09.19)	미세먼지 고농도 시기대응 특별대책 (19.11.01)	미세먼지 관리 종합계획 (19.11.01)
교통	▶ 고농도계절시 5등급 차량 및 4+5등급 차량 운행 제한 또는 차량 2부제 시행	▶ 버스·화물차·이륜차의 친환경차 지원	<ul style="list-style-type: none"> ▶ (5등급차 운행제한) 배출가스 5등급 차량의 수도권 내 운행제한을 일정 계도기간을 거쳐 시행(법개정 필요 사항) <ul style="list-style-type: none"> * 전제 247만대 중 저공해 조치 완료 (24만대) 및 생계형 차량(109만대) 제외 약 114만대 * 11월까지 미세먼지법 개정 및 12월까지 지자체 조례 제·개정 추진 	▶ (노후경유차 퇴출 가속화) 조기폐차 지원 및 보조금 체계 개선, 노후경유차 취득세 인상 및 보유세 경감률 축소('20년~)
		▶ 교통수요관리를 강화하여 자가용 이용을 억제	▶ (운행차 관리) 배출가스 검사 부정행위 처분 강화, 정밀검사 지역 확대	
		▶ 배출가스 등급표지(라벨링) 도입 및 기준 강화	▶ (신규 경유차 억제) 수송용 에너지 상대가격 점진적 조정방안 검토, 대기관리권역 내어린이통학·택배 용도의 신규 경유차 사용 제한('23.4월~)	
			▶ (선박 저속운항) 부산항 등 5개 항만 인근을 저속운항해역으로 지정하여 선박의 감속 운행(컨테이너선 12노트, 일반선 10노트 이하) 유도	▶ (저공해차 보급 확대) 저공해차 보급목표제 시행 ('20년~), 차종별 저공해차 보급전략 추진 및 충전소 확충
				▶ (대중교통 활성화) 광역(M-Bus)-간선급행버스(BRT) 확대, 보행·자전거 마일리지 연계 광역알뜰교통카드 확대
				▶ (건설·농기계 관리) 건설·농업기계 배출기준 강화('20, EU 수준), 저공해조치 지원사업 지원

1.3. 생활·가정분야

국가기후환경회의_국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19), 국가기후환경회의 중장기 일반 과제 목록 현황(19.09.19), 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)을 중심으로 생활·가정분야 미세먼지 저감 정책을 검토하였다(표 100 참조).

■ 불법소각 방지

- “미세먼지 관리 종합계획”을 따르면, 영농폐기물 집중수거기간 운영 및 불법소각 기동단속반 확대, 수거·분리배출 인프라 확충을 해야한다고 명시되어 있다. “미세먼지 고농도 시기대응 특별대책”에서는 아름다운 농촌 만들기 캠페인을 통해 고농도기간 중 영농잔재물을 집중수거 할 계획이다. 환경부(폐비닐), 장기방치 잔재물(농식품부), 영농부산물(지자체)를 담당할 계획이다. “국가기후환경회의_국민정책제안 단기핵심과제”에서는 영농부산물 수거가 어려운 대상 을 우선으로 신청 받아 민간수거사업자가 현장 파쇄 혹은 수거 후 소각시설에서 소각하는 지원사업 확대 실시할 계획을 가지고 있다. 또한, 영농폐기물 수거지원금 상향조정을 통한 수거를 유도한 계획이다.

■ 취약계층 건강보호 강화

- “미세먼지 관리 종합계획”을 따르면, 영유아·노인·장애인 이용시설 대상 공기정화설비 지원 및 민간·취약계층 대상 마스크 지원할 계획이다. “미세먼지 고농도 시기대응 특별대책”에서는 어린이집 대상 대용매뉴얼 교육 및 이행여부 현장 점검과 옥외근로자 대상 마스크 지금 및 건강보호 가이드 교육 및 숙지여부 점검 실시, 농어업인 행동요령 매뉴얼 배포 및 교육 실시할 계획이다.

■ 실내공기질 관리 강화

- “미세먼지 관리 종합계획”을 따르면 환기설비 의무설치 시설 범위를 확대하여, 전체 지하역 사 노후환경설비 교체 및 공기청정기 설치할 계획이다.

■ 도시발생원 미세먼지 저감

- “미세먼지 관리 종합계획”을 따르면 난방시설 미세먼지 발생 저감계획과 도로 및 건설공사장 비산먼지 저감, 생활 속 휘발성유기화합물(VOCs) 관리 강화를 하고자 한다. “미세먼지 고농도 시기대응 특별대책”에서는 전국 시·군·구별 1개 이상 미세먼지 집중관리 도로 지정하여 도로 물청소 횟수 확대할 계획이다.

- 151 -

표 100 안산시 적용가능한 생활·가정분야 미세먼지 저감정책 검토

구분	국가기후환경회의_국민정책제안 단기핵심과제(안) (19.08.19)	국가기후환경회의_중장기 일반과제 목록 현황 (19.09.19)	미세먼지 고농도 시기대응 특별대책 (19.11.01)	미세먼지 관리 종합계획 (19.11.01)
생활·가정	▶ 국민행동요령 마련 확대	▶ 목재난로, 직화구이 등 생활 주변 연소시설 관리방안 마련	▶ (집중관리 도로) 전국 시·군·구별 1개 이상 미세먼지 집중관리 도로 지정 도로 물청소 횟수 확대 (기준 1일 1회 → 1일 2~4회) 등 실시	▶ (불법소각 방지) 영농폐기물 집중수거기간 운영 및 불법소각 기동단속반 확대, 수거·분리배출 인프라 확충
	▶ 영농부산물 수거 어려운 대상 우선으로 신청 받아 민간수거사업자가 현장 파쇄 혹은 수거 후 소각시설에서 소각하는 지원사업 확대 실시		▶ (농촌) 아름다운 농촌 만들기 캠페인을 통해 고농도기간 중 영농잔재물을 집중수거 (2회) : 11~12월 / 2~3월 폐비닐(환경부), 장기방치 잔재물(농식품부), 영농부산물(지자체)	▶ 암모니아 저감) 축사 환경규제 강화 및 자율적 관리 유도, 화학비료 사용저감 및 뇌비부속도 관리, 암모니아(약취) 저감시설 설치 확대
	▶ 영농폐기물 수거지원금 상향조정 통한 수거 유도		▶ (민간·취약계층 이용시설 관리) 어린이집 대상 대용매뉴얼 교육 및 이행여부 현장 점검(11월)	▶ (도시발생원 저감) 난방시설 미세먼지 발생 저감 도로 및 건설공사장 비산먼지 저감, 생활 속 휘발성유기화합물(VOCs) 관리 강화
			▶ (민간·취약계층 지원) 옥외근로자 대상 마스크 지금 및 건강보호 가이드 교육 및 숙지여부 점검 실시, 농어업인 행동요령 매뉴얼 배포 및 교육 실시	▶ (취약계층 건강보호 강화) 영유아·노인·장애인 이용시설 대상 공기정화설비 지원 및 민간·취약계층 대상 마스크 지원
				▶ (실내공기질 관리 강화) 환기설비 의무설치 시설 범위 확대, 전체 지하역사 노후환경설비 교체 및 공기청정기 설치
				▶ (국민 참여) 참여·숙의 통한 중장기 정책제안 도출, 생활 속 저감 실천방안 확산, 민간 주도 캠페인 기획·운영

2. 및 안산시의 미세먼지 대책

2.1. 산업분야

안산시는 2016년 기준, 1,712개의 대기배출시설이 있다. 세부적으로 살펴보면, 1종 사업장은 35개소, 2종 65개소, 3종 114개소, 4종 626개소, 5종 872개소로 나타났다. 안산시 대기배출시설 4,5종의 비율은 약 87.5 %으로 영세사업장이 대형사업장보다 많은 것으로 나타났다. 대기배출시설은 배출량이 많은 것부터 적은 순서로 1종부터 5종으로 구분하는데 영세사업장 시설인 4,5종 배출시설 개소가 대부분을 차지하고 있다.

1,2,3종 대형시설 배출량은 매월 전산시스템으로 집계하고 있는 반면에 4,5종 배출시설은 반기 1회 자가측정하고 기록을 자체보관하여 국립환경과학원이 4년 간격으로 집계하고 있다. 따라서 4,5종 대기배출시설에 대한 효과적인 미세먼지 대책이 필요한 시점이다.

현재, 산업단지 대상 미세먼지 대책은 “대기오염물질 총량관리제 강화”와 “총량관리제 비대상 사업장의 관리”로 크게 두가지로 구분하고 있다.

대기오염물질 총량관리제 강화 내용을 살펴보면 대상사업장 확대, 배출허용총량 점진적 감축, 무상할당에서 유상할당으로 전환 대책이 있다.

■ 대상사업장 확대

- 1~2종 사업장 중 연간 대기오염물질 4톤을 초과하여 배출하는 3종 사업장과 신규 대기관리권역 편입 지역에 포함되는 시설을 포함하여 총량관리제 대상 사업장을 211 개에서 269개로 확대하기로 함.

■ 배출허용총량 점진적 감축

- 기술발전 추세를 감안, 최적방지시설(BACT, Best Available Control Technology) 기준을 단계적으로 강화하여 배출허용총량을 감축.
- 3차('18~'22) 할당시 현재 BACT 기준보다 50% 정도 강화된 기준을 적용.

표 101 최적방지시설 기준 강화(안)

(단위 : ppm)

구분	발전		보일러		소각, 고형		공정연소	
	'13~'17	'18~'22	'13~'17	'18~'22	'13~'17	'18~'22	'13~'17	'18~'22
SOx	20~100	10~60	20~130	20~70	5~10	5	10~150	10~50
NOx	10~80	5~50	40~130	20~70	25~50	10~20	60~200	60~80

■ 무상할당에서 유상할당으로 전환

- 해당 배출시설에 적용할 수 있는 최상의 저감시설을 설치하여 배출되는 농도까지는 무상으로 할당하되, 그 이상 배출하는 농도에는 유상 할당.
- 문제점으로 사업장 총량관리 대상에 ‘먼지’ 신규포함, 측정 및 관리의 어려움이 있음.
- 제도 도입초기에 과다할당, 운영 미흡 등 제도의 실효성 부족으로 배출권거래실적이 총 배출량의 5.1 %에 불과했음.
- 특별법상 총량관리 대상물질에 포함되었으나, 사업장에서의 먼지 배출량 등 기존자료 부족 등으로 먼지 총량제시행 유보함(‘2차수도권대기환경관리기본계획변경계획(2017)’).

총량관리제 비대상 사업장의 관리 내용을 살펴보면 “배출허용기준 강화 및 신규 배출시설 기준 신설”, “소형 소각시설 관리 강화, 사업장 친환경연료 사용”, “저녹스 버너 보급사업 확대”, “VOCs시설관리기준 강화, 사업장 먼지 관리 기반 구축”, “배출부과금 제도 개선”, “중소기업 대기오염 방지시설 설치지원” 대책이 있다.

■ 배출허용기준 강화 및 신규배출시설 기준 신설

- 배출허용기준 단계적 강화('15) 및 신규배출시설에 대한 배출허용기준 신설을 통해 해당 사업장이 배출되는 오염물질을 허용기준 이내로 관리하도록 유도함.
- 2010년 기준으로 신규배출시설은 30~60 %, 기존배출시설은 20~25%(질소산화물, 먼지, 황산화물) 수준으로 강화됨. VOCs 다량배출사업장(연간 10톤 이상)은 50 % 강화기준 적용.

■ 소형 소각시설 관리 강화

- 200 kg/hr 이하 소형소각시설을 중·대형 소각시설의 배출허용 기준과 동일한 기준을 적용하여 소형소각시설의 폐쇄 및 대형소각시설로 전환유도.
- 대형소각시설의 방지효율: PM-10 90 %, PM-2.5 45 %, SOx 80 %, NOx 70%, VOCs 95%
- 경기도는 14년 기준, 162개의 소형소각시설이 있고, 200 kg/hr 이하 소각시설 114 개는 모두 폐쇄함.

■ 사업장 친환경연료 사용

- 저황유 사용 확대: 황 함유량 0.3 % 이하 중유 공급·사용지역을 안성, 포천 등 6개 시군을 추가하여 관리.
- 고체연료 사용제한 지역 지정: 경기도 18개 지역을 제한지역으로 지정하여 유연탄을 청정연료로 전환 유도.

■ 저녹스 버너 보급사업 확대

- 중소 사업장에서 사용하고 있는 노후버너를 저녹스 버너로 교체하고 보조금지원

표 102 저녹스 버너 보급 대수

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	계
보급대수(대)	220	773	978	1,306	1,583	556	556	556	556	556	7,635

■ VOCs 시설관리기준 강화

- 사업장에서 배출되는 VOCs의 배출 억제·저감 유도가 가능한 시설관리 기준 시행 예정(삭감율 30 %)

■ 사업장 먼지 관리 기반 구축

- 신뢰성 있는 배출량 자료 산정을 위해 굴뚝자동측정기기(TMS) 부착대상을 단계적으로 확대
- 1종 먼지 80 톤/년 이상 TMS 설치('16년), 1~3종먼지 10 톤/년 이상 배출가스 유량계 부착('16~'18)

■ 배출부과금 제도 개선

- 자발적 저감 노력유인을 위해 질소산화물도 배출부과금 부과 대상에 포함(총량대상사업장제외)

■ 중소기업 대기오염 방지시설 설치 지원

- 중소기업대상, 대기오염방지시설 설치비 및 시설 개선자금을 응자를 통해지원
- 경기도는 2017~2019년 노후 방지시설 교체 600개소, 약취방지시설 180개소, 백연 저감시설 120개소 지원 예정

표 103 안산시 산업단지 미세먼지 대책(기존)

대기오염물질 총량관리제 강화	
• 대상사업장 확대	<ul style="list-style-type: none"> - 관리권역으로 편입되는 지역 내 배출시설 포함, 배출량 4톤 이상 1~3종 사업장
• 배출허용총량 점진적 감축 : 최적방지시설(BACT) 기준 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 무상할당에서 유상할당으로 전환 예정
총량관리제 비대상 사업장의 관리	
• 배출허용기준 강화 및 신규배출시설 기준 신설	<ul style="list-style-type: none"> - 배출허용기준 단계적 강화 및 신규배출시설 대한 배출허용기준 신설 통해 해당 사업장이 배출되는 오염물질을 허용기준 이내로 관리하도록 유도
• 소형 소각시설 관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 소형 소각시설을 중·대형 소각시설의 배출허용기준과 동일하게 적용하여 소형 소각시설의 폐쇄 및 대형 소각시설로 전환 유도
• 사업장 친환경연료 사용	<ul style="list-style-type: none"> - 저황유 사용 확대 - 고체연료 사용 제한지역 지정 : 유연탄을 청정연료로 전환 유도
• 저녹스 버너 보급사업 확대	
• VOCs 시설관리 기준 강화	
• 사업장 먼지 관리 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> - TMS 부착 대상 단계적 확대
• 배출부과금 제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 자발적 저감 노력 유인 위해 질소산화물도 배출부과금 부과 대상에 포함
• 중소기업 대기오염 방지시설 설치 지원	

2.2. 교통분야

현재, 교통분야 대상 미세먼지 대책은 “친환경자동차 보급 확대”와 “제작자 배출허용 기준 및 사후관리 강화”, “운행차 배출가스 관리 강화”, “교통수요 관리 강화”, “비도로이 동오염원 관리”로 크게 다섯가지로 구분하고 있다.

■ 친환경자동차 보급 확대

- 1차 시행계획에서 추진된 승용차 하이브리드 보급 사업을 확대
- CNG버스를 환경성이 높은 CNG하이브리드 버스로 교체

표 104 하이브리드차 보급목표

(단위 : 대)												
차 종	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	
계	819,088	20	60,440	91,960	95,990	100,015	113,685	87,973	79,585	82,885	106,535	
승용	815,238	0	60,000	91,500	95,500	99,500	113,300	87,588	79,200	82,500	106,150	
버스	3,850	20	440	460	490	515	385	385	385	385	385	

표 106 수소연료전지자동차 보급목표

(단위: 대)												
차 종	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	
계	5,580	0	12	22	22	48	38	1,339	1,339	1,339	1,421	
승용	5,170	0	12	22	22	48	38	1,257	1,257	1,257	1,257	
버스	410	-	-	-	-	-	-	82	82	82	164	

- 그 밖에, 친환경자동차 보급확대 대책에는 “무배출차 판매 확대”, “저공해차 의무구매율 상향 및 대상기관 확대”, “친환경차 인센티브 확대”, 저탄소차협력금제도 도입 등이 있음.

■ 제작자 배출허용기준 및 사후관리 강화

- (휘발유·가스차) ULEV('09년)에서 '25년까지 SULEV* 수준으로 제작자 배출허용 기준 강화, 제작사별 평균배출량 측정항목에 현행 탄화수소에 질소산화물(NOx)를 추가 및 단계적으로 기준 강화, 직접분사(GDI)엔진의 입자상 물질 기준 강화('12년 0.006g/km→'14년 0.004g/km), 증발가스(VOCs) 기준 강화(0.3g/test, '16년)

- (경유차) '15년부터 EURO-6 적용, 미세입자개수 규제를 도입, 질소산화물(NOx)과 입자상물질(PM) 기준을 EURO-5보다 50% 강화, 위해성이 보다 큰 PM-10(PM-2.5) 등 미세먼지 관리에 초점

표 105 전기차 보급목표

(단위: 대)												
차 종	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	
계	187,855	110	2,588	7,034	10,150	13,663	12,767	30,627	33,447	40,497	36,972	
승용	187,240	80	2,572	7,015	10,070	13,578	12,690	30,550	33,370	40,420	36,895	
버스	615	30	16	19	80	85	77	77	77	77	77	

- (이륜차) 현행 EURO-3('08)를 EURO-4('16), EURO-5('20)로 단계적 강화

- 그 밖에, 제작자 배출허용기준 및 사후관리 강화 대책에는 “자동차 배출가스 인증 강화”, “배출가스 결함확인검사 강화”, “경유차 탈질장치 성능유지 관리 강화”, “제작자 공회전제한장치 부착” 등이 있음.

- 수소연료전지자동차의 인프라 구축을 확대하기 위하여 초기에는 거점도시 위주로 수소를 트럭으로 수송하여 충전하며, 점차적으로 CNG 충전소에 CNG의 주성분인 메탄을 수소로 전환하는 시설을 구축하여 수소연료 전지자동차 보급을 확대

■ 운행차 배출가스 관리 강화

- (노후차 DPF 부착 확대)** 2006년 이전 제작되어 오염물질을 과다 배출하는 특정 경유차(EURO-3)를 대상으로 배출구에서 입자상물질 또는 질소산화물을 일정 수준 이상 제거할 수 있는 배출가스 저감장치를 부착하도록 의무화, 디젤입자를 제거할 수 있는 매연여과장치(Diesel Particulate Filter,DPF)를 부착하여 미세먼지와 일부 휘발성 유기 화합물을 저감
- (노후차 엔진개조 및 조기폐차)** 특정 경유차를 대상으로 오염물질을 과다 배출하는 차량에 대해 엔진개조를 지속적으로 추진, 특정경유차를 대상으로 잔존 가치, 대기오염물질 저감효과 및 배출가스 저감장치 부착 등의 어려움 등을 고려하여 조기폐차 유도
- (PM·NOx 동시저감장치 부착)** PM · NOx 동시저감 대책은 1차 기본계획에 포함되어 있었으나 기술적으로 해결하여야 하는 문제들로 인하여 시행이 유보, 최근 대형버스와 화물차를 대상으로 PM · NOx 동시저감장치 (DPF+SCR)를 부착하는 시범사업 추진, 연차별로 저감장치 부착을 확대 시행

표 107 PM·NOx 동시저감장치 부착 목표

(단위: 대)											
구분	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
동시저감 장치부착	66,000	60	6,840	7,300	8,200	10,600	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600

- (삼원촉매장치 교체)** 배출가스 보증기간이 경과한 노후 휘발유 · 가스차에 삼원촉매장치 교체 시행
- 2013년부터 시범사업으로 추진해 오고 있는 교체사업을 확대

표 108 노후 휘발유 및 가스차 삼원촉매장치 교체 목표

(단위: 대)											
구분	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
삼원촉매 장치교체	341,960	800	35,592	36,996	44,196	53,396	34,196	34,196	34,196	34,196	34,196

- 그 밖에, 운행차 배출가스 관리 강화 대책에는 “운행차 검사기준 신설 및 강화”, “수질검사 원격측정 시행”, “운행차 검사시 OBD 검사도입”, “공해차량 운행제한지역 운영” 등이 있음.

■ 교통수요 관리 강화

- (일일평균 주행거리 30 % 감축)** 교통수요관리를 통해 일일평균 주행거리를 2010년 대비 30% 감축 목표를 가지고 있음
- 자가용 일일평균 주행거리를 2024년 29.0 km로 단축(2010년 41.4 km의 30 % 감소)

표 109 일일평균 주행거리 목표

구 분	2010년	2024년(목표치)
수도권	35.5km/일	27.0km/일
경기도	41.4km/일	29.0km/일
서울시	36.3km/일	25.4km/일
인천시	37.9km/일	26.5km/일

- 일일평균 주행거리 30 % 감축을 위해 시행되는 정책은 “근로자 공동 동근버스 운영”, “카셰어링 제도 확대”, “교통유발부담금 현실화 및 혼잡통행지역 확대”, “기업체 교통수요관리 활성화”, “공공 자전거 프로그램 활성화”, “청정버스정류장 설치”, “교통, 환경 적합성 평가시스템 도입 추진”, “경기도 굿모닝 버스 도입” 등이 있음.

■ 비도로이동오염원 관리

- (농업기계 배출허용기준 강화 및 적용 대상 확대)** 건설기계와 동일하게 현재 배출허용기준 Tier-3를 ‘15년부터 Tier-4로 적용하여 PM-10 및 NOx 90% 저감

- 적용대상은 트랙터, 콤바인 이외에 약 180종의 농업기계에 대해 보급대수, 운행빈도 등을 고려하여 순차적으로 확대
- **(노후 건설기계 DPF 부착)** 정부발주 공사장에 단계적으로 저공해화가 완료된 건설기계를 사용하도록 하고 향후 민간발주 공사까지 확대

표 110 노후 건설기계 DPF 부착

(단위: 대)											
구분	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
DPF 부착	5,630	0	302	341	361	401	845	845	845	845	845

- **(노후 건설기계 엔진교체)** 노후 건설기계의 구형 엔진을 Tier-3 배출허용기준을 만족하는 엔진으로 교체, 정부발주 공사장에 단계적으로 저공해화가 완료된 건설기계를 사용하도록 하고 향후 민간발주 공사까지 확대
- **(노후 건설기계 흔소엔진 개조)** 노후 건설기계 엔진을 LPG-경유 흔소엔진으로 개조하여 오염물질 배출 저감, 정부발주 공사장에 단계적으로 저공해화가 완료된 건설기계를 사용하도록 하고 향후 민간발주 공사까지 확대
- **(노후 건설기계 조기폐차)** 2006년 이전 제작된 노후 건설기계의 조기폐차 추진

표 111 노후 건설기계 조기폐차 목표

(단위 : 대)											
구분	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
조기폐차	5,630	0	302	341	361	401	845	845	845	845	845

- 그 밖에, 비도로이동오염원 관리 대책에는 “건설기계 사용지 등록제 시행”, “선박 배출가스 저감사업”, “선박 육전시설 이용”, “선박용 엔진 배출허용기준 강화”, “비도로 엔진 등 관리 강화” 등이 있음.

2.3. 생활·가정분야

현재, 생활·가정분야 대상 미세먼지 대책은 “생활 주변 VOCs, NOx 배출원 관리 강화” 와 “생활 주변 PM-10, PM-2.5 관리 강화”로 크게 두가지로 구분하고 있다.

■ 생활 주변 VOCs, NOx 배출원 관리 강화

- **(도심 VOCs 배출원 관리 강화)** VOCs 배출업종 규제 대상에 인쇄업을 추가하여 인쇄 공정 중 배출되는 VOCs 관리 기준 마련 시행
- 국소포집방법의 세부 기준, VOCs 처리설비의 성능기준 및 비산배출 허용기준 등 설정

- **(가정용 저녹스 보일러 교체 지원 및 판매·공급 의무)** NOx 배출농도가 높은 기존 가정용 보일러를 저녹스 보일러로 교체
- 보조금 지원 대상 저녹스 보일러의 NOx 기준을 ‘15년 이후 30 ppm, ’18년 이후 20 ppm으로 단계적 강화

표 112 가정용 저녹스 보일러 교체 목표

(단위 : 대)											
구 분	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
저녹스 보일러 교체	252,660	0	42,110	44,220	52,110	72,110	42,110	-	-	-	-
저녹스 보일러 신규	1,200,000	-	-	-	-	-	-	300,000	300,000	300,000	300,000

- 그 밖에, 생활 주변 VOCs, NOx 배출원 관리 강화 대책에는 “주유소 유증기 회수설비 설치”, “생활소비재 VOCs 함유기준 마련”, “도로 VOCs 함량 제한 및 수성도로 이용 확대”, “민수용 무연탄 청정연료 전환” 등이 있음.

■ 생활 주변 PM-10, PM-2.5 관리 강화

- (숯가마시설 대기배출시설 추가 및 관리기준 적용) 용적 30㎥ 이상의 탄화시설, 육장업의 숯가마, 짬질방 등을 대기배출 시설에 추가하여 관리('15년)
- 배출원별·업종별 관리기준 설정('16년)
- (직화구이 음식점 방지시설 설치) 직화구이 음식점에서 배출되는 미세먼지 저감을 위하여 방지시설을 설치 운영함으로서 오염물질 배출을 저감
- 면적 300㎡ 이상의 음식점에 PM2.5 제거효율이 높은 방지시설 설치비 지원 사업을 우선 추진('16년)
- 2016년부터 시범 사업을 추진, 사업 결과에 따라 확대 시행

표 113 직화구이 음식점 방지시설 설치 지원 목표

(단위 : 대)

구 분	계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
방지시설	720	-	-	60	60	80	80	100	100	120	120

- (생활폐기물 소각 관리) 농촌지역 쓰레기 수거체계 및 재활용품 분리수거 체계를 구축하여 무단소각의 원인을 제거하고, 교육과 홍보 프로그램을 통해 제도 정착
- 농촌지역에서 종량제 규격봉투를 사용하지 않고 마을단위로 쓰레기를 공동 수거하고, 수거량에 따라 처리비용을 부담도록 하는 '마을단위 종량제'를 추진
- 쓰레기 수거함과 재활용품 수거함을 함께 설치하여 재활용품이 쓰레기로 버려지는 현상을 방지
- 쓰레기 수거함은 지역여건을 고려하여 롤온박스 또는 압축차량용 자동상차 용기 등 설치

- (농업잔재물 소각 관리) 농업잔재물을 분쇄기로 잘게 부순 다음 퇴비화하거나 페릿 형태로 가공한 후 연료로 사용하도록 하여 소각에 따른 대기오염 저감
- 그 밖에, 생활 주변 VOCs, NOx 배출원 관리 강화 대책에는 "먼지 제거장비 보급 확대", "저마모 타이어 보급 활성화", "비산먼지 발생사업장 관리 강화", "나대지 녹색 사업", "주차장 바닥 친환경 포장 유도" 등이 있음.

3. 맞춤형 미세먼지 대책 수립

3.1. 산업분야

2020년 안산시 미세먼지 저감 정책(19.11.25.)을 중심으로 안산시에서 기준에 시행하고 있는 미세먼지 저감 대책을 확인하였다. 또한, 국가기후환경회의 국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19.), 국가기후환경회의 중장기 일반과제 목록 현황(19.09.19.), 미세먼지 고농도 시기 대응 특별대책(19.11.01.), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01.)을 중심으로 정부의 미세먼지 저감 대책을 확인하여, 안산시의 산업분야에 적합한 미세먼지 저감을 위한 강화대책 및 특별 강화대책을 제안하였다(표 114 참조).

■ 저녹스버너 보급사업

- 안산시는 저녹스버너의 보급을 위해 19대 사업장에 사업장 용량별로 정액 지원을 할 계획이다. 강화대책과 특별강화대책으로는 19대 사업장 용량별로 정액 지원금을 확대하는 대책을 제안하였다.

■ 소규모 사업장 미세먼지 방지시설 설치 지원

- 소규모 사업장의 경우 사업장 내의 미세먼지 방지시설을 설치하거나 교체할 경우 경제적인 부담을 갖게된다. 안산시는 영세한 소규모 사업장의 비용적 부담을 덜어 주기 위해 대기 오염방지시설의 교체비용을 90% 지원해주고 있다. 관련 강화대책 및 특별강화대책에서는 대기오염방지시설 교체비용을 100% 지원해주는 대책을 제안하였다.

■ 염색단지 백연 저감 사업

- 안산시는 염색단지에서 발생하는 백연을 저감하기 위해 염색단지 내 80개소의 사업장에 백연을 저감하는 대책을 계획하고 있다. 이 사업은 2023년까지 연차 별로 시행될 예정이다. 강화대책으로는 사업장 100개소에서 발생하는 백연을 저감하고, 특별강화대책으로는 안산시 내 등록되어있는 총 114개소 전체에서 발생하는 백연을 저감하는 대책을 제안하였다.

■ 사업장 사전 환경컨설팅 추진

- '산업단지 관리지침'에 따르면 안산시는 시화반월산업단지 내에 특정업종 혹은 특정오염물질배출업종의 입주를 제한하고 있다. 이러한 제한을 위해 안산시는 사업장이 산업단지에 입주하기 전에 해당 사업장을 대상으로 사전 컨설팅을 주 1회씩 실시하는 대책을 계획하였다. 사전 컨설팅이 주 1회 실시하는 것이 적당하다고 판단하여, 강화대책과 특별 강화대책으로는 기본대책과 동일하게 컨설팅을 주 1회 실시하도록 하였다.

■ 환경기술인 교육 추진

- 안산시는 시화반월산업단지 내의 미세먼지 저감을 위해, 사업장 내 환경기술인의 교육을 실시하는 계획을 수립하였다. 관련 강화대책으로는 기본대책과 동일하게 환경기술인의 교육을 실시하는 대책을 제안하였고, 특별강화대책으로는 사업장내 환경기술인이 교육 행사에 의무적으로 참여하는 대책을 제안하였다.

■ 청정공정 확산사업

- 안산시는 사업장에서 발생하는 미세먼지의 저감을 위해 청정공정을 확산하는 사업을 추진 중이다. 이를 위해 중소기업 30개사의 공정을 개선하는 대책을 수립하였다. 관련 강화대책으로는 공정을 개선하는 사업장을 60개소로 늘리고, 특별강화대책으로는 100개소로 늘리는 대책을 제안하였다.

■ 환경배출사업장 점검 및 상황유지

- 안산시는 환경오염물질을 배출하는 사업장을 2인이 24시간 대상으로 시료채취 및 야간 점검을 통해 상황유지를 하는 대책을 수립하였고, 이는 고농도 시에도 적당하므로, 강화 대책과 특별강화대책도 동일하게 제안하였다.

■ 산단 민간환경감시단 운영

- 안산시는 미세먼지 저감을 위해, 산단 내에 07:00부터 22:00까지 2교대로 근무하는 민간 환경감시단을 운영할 계획이다. 관련 강화대책은 민간환경감시단을 16명으로 늘리고, 특별 강화대책으로는 민간환경감시단을 24명으로 늘리고 이들이 사업장을 불시 점검하는 대책을 제안하였다.

■ 사업장 배출량 관리

- 정부는 미세먼지의 저감을 위해, 배출 추가감축의 유도 및 이행평가를 11월~12월, 2월~3월 연 총 1회 실시하는 대책을 제안하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별강화대책으로는 배출 추가감축의 유도 및 이행을 분기별로 하고 강화된 배출허용기준 시행하며, 고농도 시기에 대형사업장(1종) 미세먼지 배출 추가 감축을 의무화하는 대책을 제안하였다.

■ 허가·측정체계 개편

- 정부는 사업장과 측정대행업체 간 계약의 공정성을 확보하기 위해, 측정대행 계약관리기관을 신설하고 불법 행위의 처벌을 강화하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화 대책으로 제안하였고, 특별강화대책으로는 측정대행업체가 사업장의 미세먼지를 측정 시 민관합동미세먼지 점검단이 동행하고 상시 감시 및 단속을 강화하는 대책을 제안하였다.

■ 자발적 감축 기준으로서 특별배출허용 기준 마련

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지의 저감을 위해, 미세먼지 배출의 법적 규제기준이 아닌 특별배출허용기준을 준수할 시 인센티브를 제공하고 수상하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

■ 국가산단 주변 미세먼지 농도를 산단 정보와 연계 공개

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위해, 1종, 2종 사업장 100개소의 TMS 측정정보를 공개하여 사업장들의 자율 경쟁을 유도하고 대기오염도를 감축하는 대책을 계획하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별강화대책으로는 1종, 2종, 3종 사업장 200개소의 TMS 측정정보를 공개하여 사업장들의 자율 경쟁을 유도하고 대기오염도를 감축하는 대책을 제안하였다.

■ 국가산단 주변 미세먼지 농도를 산단 정보와 연계 공개

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지의 저감을 위해, 산단 10 km 이내의 미세먼지 농도 측정망자료를 산단과의 이격거리 등과 함께 실시간 제공하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별강화대책으로 산단 20 km 이내 측정망자료를 산단과의 이격거리 등과 함께 실시간 제공하는 대책을 제안하였다.

■ 업종 특성을 고려한 사업장별 미세먼지 배출 감축계획 수립·평가

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지의 저감을 위해, 100개의 사업장과 업종 특성을 고려한 미세먼지 배출 감축계획을 수립 및 평가하는 협약 체결을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제시하였고, 특별강화대책으로는 해당 사업장을 150개소로 늘리는 대책을 제안하였다.

■ 특별배출허용기준

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위해, 고농도계절 시 보다 엄격한 특별배출허용기준을 적용하되, 부과금 감면, 세제 혜택, 특·융자 확대 등의 인센티브를 부여하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

■ 건설기계 사용 제한

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지의 저감을 위해, 고농도계절 시 일정규모 이상의 관급공사에서 Tier1 또는 Tier1+2 건설기계 사용을 제한하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

■ 사각지대 해소

- 정부는 산업분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위해, 유사 대기오염배출시설(플레이스택, 브리더 밸브 등)에 대한 관리를 통해 미세먼지가 발생하는 사각지대를 해소하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

표 114 안산시 산업분야 미세먼지 저감 정책

구분	산업분야 미세먼지 저감정책	고농도 시 조치사항		
		기본대책	강화대책	특별강화대책
안산시 미세먼지 저감 정책 (기준*)	▶ 저녹스버너 보급사업	- 19대 사업장 용량별 정액 지원	- 19대 사업장 용량별 정액 지원금 확대	- 19대 사업장 용량별 정액 지원금 확대
	▶ 소규모 사업장 미세먼지 방지시설 설치 지원	- 대기방지시설 교체 90% 지원	- 대기방지시설 교체 100% 지원	- 대기방지시설 교체 100% 지원
	▶ 염색단지 백연 저감 사업	- 80개소 → 2023년까지 연차 별 시행	- 100개소 → 2023년까지 연차 별 시행	- 114개소 → 2023년까지 연차 별 시행
	▶ 사업장 사전 환경컨설팅 추진	- 주1회 입주제한 사전 컨설팅 추진	- 주1회 입주제한 사전 컨설팅 추진	- 주1회 입주제한 사전 컨설팅 추진
	▶ 환경기술인 교육 추진	- 시화반월산단 내 환경기술인 교육 행사	- 시화반월산단 내 환경기술인 교육 행사	- 사업장 내 환경기술인 교육 행사 의무 참여
	▶ 청정공정 확산사업	- 중소기업 30개사 → 공정개선	- 중소기업 60개사 → 공정개선	- 중소기업 100개사 → 공정개선
	▶ 환경배출사업장 점검 및 상황유지	- 2인/일 24시간 상황유지 시료채취 및 야간 등 점검 강화	- 2인/일 24시간 상황유지 시료채취 및 야간 등 점검 강화	- 2인/일 24시간 상황유지 시료채취 및 야간 등 점검 강화
	▶ 산단 민간환경감시단 운영	- 8명 → 07:00~22:00까지 2교대	- 16명 → 07:00~22:00까지 2교대로 사업장 감시	- 24명 → 07:00~22:00까지 2교대로 사업장 감시 및 불시 점검
	▶ 미세먼지 차단숲 조성사업	- 성곡동 일원 산단 경계지역	- 성곡동, 목내동 일원 산단 경계지역	- 성곡동, 목내동 일원 산단 경계지역
안산시 미세먼지 저감 정책 (추가1**)	▶ 사업장 배출량 관리	적용하지 않음	- 배출 추가감축 유도 및 이행 평가(2회 : 11~12월 / 2~3월)	- 배출 추가감축 유도 및 이행 (분기별)평가 - 강화된 배출허용기준 시행, 고농도 시기 대형사업장(1종) 추가 감축 의무화
	▶ 허가·측정체계 개편		- 사업장·측정대행업체간 계약 공정성 확보를 위한 측정대행 계약관리기관을 신설하고, 불법 행위 처벌 강화	- 측정대행업체 측정 시, 민관 합동 미세먼지 점검단 동행 상시 감시·단속 강화

- 167 -

안산시 미세먼지 저감 정책 (추가2***)	▶ 자발적 감축 기준으로서 특별배출허용 기준 마련	적용하지 않음.	- 법적 규제기준이 아닌 특별배출허용기준 준수 시 인센티브 제공 및 수상	- 법적 규제기준이 아닌 특별배출허용기준 준수 시 인센티브 제공 및 수상
	▶ 국가산단 주변 미세먼지 농도를 산단 정보와 연계 공개		- 1종, 2종 사업장 100개소 실시간 TMS 측정정보 공개 등으로 오염도 감축 자율 경쟁 유도.	- 1종, 2종, 3종 사업장 200개소 실시간 TMS 측정정보 공개 등으로 오염도 감축 자율경쟁 유도.
	▶ 업종 특성을 고려한 사업장별 미세먼지 배출 감축계획 수립·평가		- 산단 10 km 이내 측정망자료를 산단과의 이격거리 등과 함께 실시간 제공	- 산단 20 km 이내 측정망자료를 산단과의 이격거리 등과 함께 실시간 제공
안산시 미세먼지 저감 정책 (추가3****)	▶ 특별배출허용기준		- 협약 이행평가를 토대로 약 100개소 협약 체결	- 협약 이행평가를 토대로 약 150개소 협약 체결
	▶ 건설기계 사용 제한		- 고농도계절시 보다 엄격한 특별배출허용 기준을 적용하되, 부과금 감면, 세제 혜택, 투·융자 확대 등 인센티브 부여	- 고농도계절시 보다 엄격한 특별배출허용 기준을 적용하되, 부과금 감면, 세제 혜택, 투·융자 확대 등 인센티브 부여
	▶ 사각지대 해소		- 고농도계절시 일정규모 이상 관급공사에서 Tier1 또는 Tier1+2 건설기계 사용 제한	- 고농도계절시 일정규모 이상 관급공사에서 Tier1 또는 Tier1+2 건설기계 사용 제한
			- 유사 대기오염배출시설(플레이어스택, 브리더 밸브 등)에 대한 관리 사각지대 해소	- 유사 대기오염배출시설(플레이어스택, 브리더 밸브 등)에 대한 관리 사각지대 해소

*) 2020년 안산시 미세먼지 저감 정책

**) 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)

***) 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01)

****) 국가기후환경회의 단기핵심과제 및 중장기 일반과제 목록현황(19.09.19)

3.2. 교통분야

2020년 안산시 미세먼지 저감 정책(19.11.25.)을 중심으로 안산시에서 기준에 시행하고 있는 미세먼지 저감 대책을 확인하였다. 또한, 국가기후환경회의 국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19.), 국가기후환경회의 중장기 일반과제 목록 현황(19.09.19.), 미세먼지 고농도 시기 대응 특별대책(19.11.01.), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01.)을 중심으로 정부의 미세먼지 저감 대책을 확인하여, 교통분야의 미세먼지 저감을 위한 강화대책 및 특별강화대책을 제안하였다(표 115 참조).

■ 노후경유차 관리

- 안산시는 노후경유차에서 발생하는 배출가스를 저감하여 시민의 건강을 보호하고 쾌적한 대기환경을 조성하기 위해, 기본대책으로서 총 3,538대의 노후경유차의 조기폐차하고 저감장치를 부착하며, 건설기계의 엔진을 교체할 계획이다. 관련 강화대책과 특별강화대책으로는 노후경유차 배출가스 저감사업의 예산을 확대하는 대책을 제안하였다.
- 안산시는 노후경유차에서 발생하는 배출가스를 저감하기 위해, 단속카메라 9대(6개 지점) 운영하여 5등급 노후경유차량의 운행을 제한하는 기본대책을 계획하였다. 관련 강화대책으로서 단속카메라 12대(9개 지점) 확충하고, 특별강화대책으로서 단속카메라 15대(12개 지점) 확충하는 대책을 제안하였다.

■ 운행차량 구매 지원

- 안산시는 교통분야에서 발생하는 미세먼지의 저감을 위해, 55대의 어린이통학차량의 LPG 전환을 위해 각 416만원을 지원하는 대책을 계획하였다. 관련 안산시의 강화대책으로는 지원금을 확대하는 대책을 제안하였고, 특별강화대책으로는 관내 모든 어린이통학차량을 LPG 차량으로 전환하는 대책을 제안하였다.
- 안산시는 80대의 CNG버스의 구입비를 1대 당 1,200만원 지원하는 대책을 계획하였다. 관련 강화대책 및 특별강화대책으로는 관내 노선버스의 CNG버스 구입비를 확대하는 대책을 제안하였다.
- 안산시는 총 200대의 전기자동차의 구매를 1대 당 1,400만원 지원하는 대책을 계획하였다. 관련 강화대책으로는 총 300대에 대해 보조금을 지원하고, 특별강화대책으로는 총 400대에 대해 보조금을 지원하는 대책을 제안하였다.
- 안산시는 총 30대의 전기이륜차의 구매를 1대 당 2,800만원 지원하는 대책을 계획하였다. 관련 강화대책으로는 총 60대에 대해 보조금을 지원하고, 특별강화대책으로는 총 90대에 대해 보조금을 지원하는 대책을 제안하였다.

- 안산시는 총 30대의 수소연료전지차의 구매에 1대 당 3,250만원 지원하고, 2022년 12월 수소충전소를 준공하는 대책을 계획하였다. 관련 강화대책으로는 총 45대에 대해 보조금을 지원하고, 특별강화대책으로는 총 60대에 대해 보조금을 지원하고 2024년까지 수소충전소를 2곳 준공하는 대책을 제안하였다.

■ 도로 관리

- 안산시는 기본대책으로서 도로에 살수차를 확대 운영하여 교통분야에서 발생하는 미세먼지를 저감할 계획이다. 관련 안산시의 강화대책 및 특별강화대책은 기본대책과 동일한 대책을 제안하였다.

■ 운행차 관리

- 정부는 교통분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위하여, 운행차의 배출가스 검사 및 부정행위 처분을 강화하고, 정밀검사 지역을 확대 할 계획이다. 또한, 수송용 에너지를 상대가격을 조정하고, 어린이 통학·택배용도의 신규 경유차의 사용을 제한, 자공해차 보급목표제 시행 및 전기차 충전소 확충을 기본대책으로 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였다. 특별강화대책으로는 강화대책을 시행하면서 경유차인 어린이 통학차량 사용을 제한하는 대책을 제안하였다.

■ 대중교통 활성화

- 정부는 교통분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위하여, 버스·지하철의 BRT 체계를 선진화하고 대중교통 환승시스템 및 요금체계 개편을 대책으로 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별강화대책으로는 강화대책을 시행하면서 관내 공공자전거를 기준 2566대에서 3000대로 확충하는 대책을 제안하였다.

■ 건설·농기계 관리

- 정부는 교통분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위하여, 건설·농업기계의 배출기준을 강화하였고, 100억 이상 관급 공사장의 노후건설기계의 사용을 제한하는 시행하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별대책으로는 건설·농업기계의 배출허용기준을 강화하고 사용제한 건설기계를 단계적으로 확대하는 대책을 제안하였다.

■ 차량 2부제

- 정부는 교통분야에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위하여, 수도권 및 6개 광역시 소재의 국가·공공기관 차량의 2부제 실시를 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제시하였고, 특별강화대책으로는 강화대책을 시행하면서, 민간차량 2부제 실시를 대책으로 제안하였다.

표 115 안산시 교통분야 미세먼지 저감 정책

구분	교통분야 미세먼지 저감정책	고농도 시 조치사항		
		기본대책	강화대책	특별강화대책
안산시 미세먼지 저감 정책 (기존*)	▶ 노후경유차 관리	- 노후경유차 배출가스 저감 사업 (조기폐차, 건설기계엔진교체, 저감장치 부착 등 총 3,538대 지원)	- 노후경유차 배출가스 저감 사업 예산 확대	- 노후경유차 배출가스 저감 사업 예산 확대
		- 5등급 노후경유차량 운행제한 (단속카메라 9대(6개 지점) 운영, 비상저감조치 등 운행제한 추진)	- 단속카메라 12대(9개 지점) 확충	- 단속카메라 15대(12개 지점) 확충
	▶ 운행차량 구매 지원	- 어린이 통학차량 LPG 전환 지원 (55대 → 약 416만원/대)	- 어린이 통학차량 LPG 전환 지원 확대	- 관내 모든 어린이통학차량 LPG 차량으로 전환 지원
		- 천연가스차량 구입비 보조지원 (CNG버스 80대 → 1,200만원/대)	- 관내 노선버스 CNG 버스 구입비 확대	- 관내 노선버스 CNG 버스 구입비 확대
		- 전기자동차 구매 지원 (200대 → 승용차 1,400만원/대)	- 전기자동차 구매 지원 (관현 예산 추가 증액) (총 300대에 대해 보조금 지원)	- 전기자동차 구매 지원 (관현 예산 추가 증액) (총 400대에 대해 보조금 지원)
		- 전기이륜차 구매 지원 (30대 → 2,300만원/대)	- 전기이륜차 구매 지원 (총 60대에 대해 보조금 지원)	- 전기이륜차 구매 지원 (총 90대에 대해 보조금 지원)
		- 수소연료전지차 구매 지원 (30대 → 3,250만원/대) 수소충전소 2022.12. 준공 예정	- 수소연료전지차 구매지원 (총 45대에 대해 보조금 지원) 2022년까지 관내 수소충전소 1곳 확충	- 수소연료전지차 구매지원 (총 60대에 대해 보조금 지원) 2024년까지 관내 수소충전소 2곳 확충
	▶ 도로 관리	- 도로 살수차 확대 운영 (임대 및 공사장 자율협약 운영)	- 도로 살수차 확대 운영 (임대 및 공사장 자율협약 운영)	- 도로 살수차 확대 운영 (임대 및 공사장 자율협약 운영)

- 171 -

안산시 미세먼지 저감 정책 (추가1**)	▶ 운행차 관리	적용하지 않음.	- 배출가스 검사 부정행위 처분 강화, 정밀검사 지역 확대 - 수송용 에너지 상대가격 조정, 어린이 통학·택배 용도의 신규 경유차 사용 제한 - 저공해차 보급목표제 시행, 충전소 확충	- 배출가스 검사 부정행위 처분 강화, 정밀검사 지역 확대 - 수송용 에너지 상대가격 조정, 어린이 통학·택배 용도의 신규 경유차 사용 제한 - 저공해차 보급목표제 시행, 충전소 확충 - 어린이 통학차량 경유차 사용 제한
	▶ 대중교통 활성화		- 버스·지하철·BRT 체계 선진화 대중교통 환승시스템 및 요금체계 개편 - 건설·농업기계 배출기준 강화	- 버스·지하철·BRT 체계 선진화 대중교통 환승시스템 및 요금체계 개편 - 관내 공공자전거 확충 기존 2566대 → 3000대 - 건설·농업기계 배출기준 강화
	▶ 건설·농기계 관리		- 100억 이상 관급 공사장 노후건설기계 사용제한 시행	- 사용제한 건설기계 단계적 확대
안산시 미세먼지 저감 정책 (추가2***)	▶ 차량 2부제		- 수도권 및 6개 특·광역시 소재 국가·공공기관 차량 2부제 실시 - 민간차량 2부제 실시	- 수도권 및 6개 특·광역시 소재 국가·공공기관 차량 2부제 실시 - 민간차량 2부제 실시

*) 2020년 안산시 미세먼지 저감 정책

**) 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)

***) 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01)

3.3. 생활·가정분야

2020년 안산시 미세먼지 저감 정책(19.11.25.)을 중심으로 안산시에서 기존에 시행하고 있는 미세먼지 저감 대책을 확인하였다. 또한, 국가기후환경회의 국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19.), 국가기후환경회의 중장기 일반과제 목록 현황(19.09.19.), 미세먼지 고농도 시기 대응 특별대책(19.11.01.), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01.)을 중심으로 정부의 미세먼지 저감 대책을 확인하여, 생활·가정분야의 미세먼지 저감을 위한 강화대책 및 특별강화대책을 제안하였다(표 116 참조).

■ 미세먼지 예방 홍보 및 교육

- 안산시는 미세먼지 취약계층의 건강을 보호하기 위해, 취약계층 교육 및 시설방문 교육을 기본대책으로 계획하였다. 관련 강화대책 및 특별강화대책으로는 기본대책과 같은 미세먼지 취약계층 교육 및 방문교육을 확대하는 대책을 제안하였다.

■ 가정용 저녹스 보일러 보급

- 안산시는 가정용 저녹스 보일러 1,500대를 1대 당 20만원 지원하는 기본대책을 계획하였다. 관련 강화대책은 지원대수를 2,000대로 늘리고, 특별강화대책은 2,500대를 지원하는 대책을 제안하고자 한다..

■ 다중이용시설 실내공기질 점검 관리

- 안산시는 다중이용시설 333개소의 실내공기질의 점검하는 기본대책을 계획하였다. 관련 강화대책으로 점검하는 다중이용시설을 400개소로 늘리고, 특별강화대책으로는 안산시 소재 다중이용시설을 전수점검하는 대책을 제안하였다.

■ 취약계층 건강보호 강화

- 안산시는 미세먼지 취약계층의 건강을 보호하기 위해, 344개소의 취약계층 시설에 456 대의 공기청정기를 보급하는 기본대책을 계획하였다. 관련 강화대책으로는 500개소의 취약계층 시설에 600대의 공기청정기를 보급하고, 특별강화대책으로는 550개소의 취약계층 시설에 800대의 공기청정기를 보급하는 대책을 제안하였다.
- 안산시는 취약계층을 위한 기본대책으로서, 총 33,000매의 마스크를 1인당 6개씩 보급하는 시범사업을 계획하였다. 이에 대한 강화대책으로서 40,000매의 마스크를 1인당 6개씩 보급하고, 50,000매의 마스크를 1인당 6개씩 보급하는 사업을 특별강화대책으로 제안하였다.
- 정부는 안산시는 미세먼지 취약계층의 건강을 보호하기 위하여, 어린이집을 대상으로 미세먼지 고농도 시 대응매뉴얼 교육 및 이행 여부를 현장 점검하는 대책을 제시하였고, 이 대책을 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

- 정부는 미세먼지 취약계층의 건강을 보호하기 위하여, 옥외근로자를 대상으로 마스크 지급 및 건강보호 가이드 교육 및 숙지여부 점검 실시하고 농어업인 행동요령 매뉴얼 배포 및 교육을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제시하였고, 특별강화대책은 강화대책 시행 및 분기별 가이드 교육 및 숙지 여부 점검을 하는 대책을 제안하였다.

■ 미세먼지 창문필터 설치(시범사업)

- 안산시는 미세먼지 저감 기본대책으로서, 경로당 6개소에 미세먼지 창문필터를 설치하는 시범사업을 계획하였다. 관련 강화대책으로서 경로당과 유치원 10개소에 미세먼지 창문필터를 설치하고, 특별강화대책으로서 경로당, 유치원 및 공공시설 20개소에 미세먼지 창문필터를 설치하는 대책을 제시하였다.

■ IoT 다중이용시설 실내공기질 상시 측정

- 안산시는 기본대책으로서 다중이용시설의 실내공기질을 위하여, 공공시설 9개소 내에 45개 지점에 실내공기질을 상시 측정할 계획이다. 관련 강화대책으로서 공공시설 20개소 90개 지점의 실내공기질을 상시 측정하고, 공공시설 30개소 150개 지점의 실내공기질을 상시 측정하는 특별강화대책을 제안하였다.

■ 불법소각 방지

- 정부는 불법소각에 의한 미세먼지를 저감하기 위하여, 영농폐기물 집중수거기간을 운영하고 불법소각 기동단속반 확대, 수거·분리배출 인프라를 확충하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 기동단속반 상시운영과 드론을 이용한 상시 단속을 실시하는 특별강화대책으로 제안하였다.
- 정부는 아름다운 농촌 만들기 캠페인을 통해 11~12월 및 2~3월에 영농부산물 집중수거하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별강화대책으로는 영농잔재물이 발생되는 해당 월에 집중수거하는 대책을 제안하였다.
- 정부는 불법소각에 의한 미세먼지를 저감하기 위하여, 영농부산물 수거가 어려운 대상을 우선으로 신청 받아 민간수거사업자가 현장 파쇄 혹은 수거 후 소각시설에서 소각하는 지원사업의 확대를 실시하는 대책을 제안하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였다. 특별강화대책으로는 강화대책을 시행하면서, 강화대책을 기반으로 지원사업이 효과적으로 진행되는지 상시 관리감독을 시행하는 대책을 제안하였다.
- 정부는 불법소각에 의한 미세먼지를 저감하기 위하여, 영농폐기물 수거지원금 상향조정을 통해 수거를 유도하는 대책을 제시하였고, 이 대책을 안산시 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

■ 암모니아 저감

- 정부는 축사 환경규제 강화 및 자율적 관리유도, 화학비료 사용저감 및 퇴비부속도 관리, 암모니아(약취) 저감시설 설치 확대를 통하여 생활·가정분야의 미세먼지 저감 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책으로 제안하였고, 특별대책으로는 강화대책과 이에 대한 관리 및 감독을 강화하는 대책을 제안하였다.

■ 도시발생원 저감

- 정부는 도시에서 발생하는 미세먼지를 저감하기 위하여, 난방시설의 미세먼지 발생을 저감하고 도로 및 건설공사장의 비산먼지 저감, 생활 속 휘발성유기화합물(VOCs)의 관리를 강화하는 대책을 제시하였다. 이 대책을 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

■ 실내공기질 관리 강화

- 정부에서는 실내공기질의 관리를 강화하기 위해, 환기설비의 의무설치, 시설 범위 확대, 전체 공공시설 노후환경설비 교체 및 공기청정기 설치를 제시하였고, 이를 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다.

- 175 -

표 116 안산시 생활·가정분야 미세먼지 저감 정책

구분	생활·가정분야 미세먼지 저감정책	고농도 시 조치사항		
		기본대책	강화대책	특별강화대책
안산시 미세먼지 저감 정책 (기존*)	▶ 미세먼지 예방 홍보 및 교육	- 취약계층 교육, 방문교육 확대	- 취약계층 교육, 방문교육 확대	- 취약계층 교육, 방문교육 확대
	▶ 가정용 저녹스 보일러 보급	- 1,500대 사업 → 20만원 / 대 지원	- 2,000대 사업 → 20만원 / 대 지원	- 2,500대 사업 → 20만원 / 대 지원
	▶ 다중이용시설 실내공기질 점검 관리	- 333개소	- 400개소	- 안산시 소재 다중이용시설 전수점검
	▶ 취약계층 시설 실내공기 검사 실시	- 320개소 매년 순차적 실시	- 500개소 매년 순차적 실시	- 600개소 매년 순차적 실시
	▶ 취약계층 시설 공기청정기 보급	- 456대(344개소) → 설치 유지관리	- 600대(500개소) → 설치 유지관리	- 800대(550개소) → 설치 유지관리
	▶ 취약계층 마스크 보급	- 33,000매 → 취약계층 6매 / 인 등	- 40,000매 → 취약계층 6매 / 인 등	- 50,000매 → 취약계층 6매 / 인 등
	▶ 미세먼지 창문필터 설치(시범사업)	- 6개소 → 경로당(시범사업)	- 10개소 → 경로당, 유치원(시범사업)	- 20개소 → 경로당, 유치원, 공공시설(시범사업)
	▶ IoT 다중이용시설 실내공기질 상시 측정	- 공공시설 9개소 45개 지점	- 공공시설 20개소 90개 지점	- 공공시설 30개소 150개 지점
안산시 미세먼지 저감 정책 (추가1**)	▶ 불법소각 방지	적용하지 않음.	- 영농폐기물 집중수거기간 운영 및 불법소각 기동단속반 확대, 수거·분리배출 인프라 확충	- 미세먼지 고농도시기, 기동단속반 상시운영, 드론을 이용한 단속 실시
	▶ 암모니아 저감		- 축사 환경규제 강화 및 자율적 관리유도, 화학비료 사용저감 및 퇴비부속도 관리, 암모니아(약취) 저감시설 설치 확대	- 축사 환경규제 강화 및 자율적 관리유도, 화학비료 사용저감 및 퇴비부속도 관리, 암모니아(약취) 저감시설 설치 확대 및 관리 감독 강화
	▶ 도시발생원 저감		- 난방시설 미세먼지 발생 저감도로 및 건설공사장 비산먼지 저감, 생활 속 휘발성유기화합물(VOCs) 관리 강화	- 난방시설 미세먼지 발생 저감도로 및 건설공사장 비산먼지 저감, 생활 속 휘발성유기화합물(VOCs) 관리 강화
	▶ 실내공기질 관리 강화		- 환기설비 의무설치 시설 범위 확대, 전체 공공시설 노후환경설비 교체 및 공기청정기 설치	- 환기설비 의무설치 시설 범위 확대, 전체 공공시설 노후환경설비 교체 및 공기청정기 설치

안산시 미세먼지 저감 정책 (추가2***)	▶ 불법소각 방지	적용하지 않음.	- 아름다운 농촌 만들기 캠페인을 통해 고농도기간 중 영농잔재물 집중수거 (2회 : 11~12월 / 2~3월)	- 영농잔재물 발생되는 해당 月에 집중수거
	▶ 취약계층 건강보호 강화		- 어린이집 대상 대응매뉴얼 교육 및 이행 여부 현장 점검	- 어린이집 대상 대응매뉴얼 교육 및 이행 여부 현장 점검
			- 육외근로자 대상 마스크 지급 및 건강보호 가이드 교육 및 숙지여부 점검 실시. 농어업인 행동요령 매뉴얼 배포 및 교육 실시	- 육외근로자 대상 마스크 지급 및 건강보호 가이드 교육 및 숙지여부 점검 실시. 농어업인 행동요령 매뉴얼 배포 및 교육 실시 - 분기별 가이드 교육 및 숙지 여부 점검
안산시 미세먼지 저감 정책 (추가3****)	▶ 불법소각 방지		- 영농부산물 수거 어려운 대상 우선으로 신청 받아 민간수거사업자가 현장 파쇄 혹은 수거 후 소각시설에서 소각하는 지원사업 확대 실시	- 영농부산물 수거 어려운 대상 우선으로 신청 받아 민간수거사업자가 현장 파쇄 혹은 수거 후 소각시설에서 소각하는 지원사업 확대 실시 - 강화대책을 기반으로 지원사업이 효과적 으로 진행되는지 상시 관리감독
			- 영농폐기물 수거지원금 상향조정 통한 수거 유도	- 영농폐기물 수거지원금 상향조정 통한 수거 유도

*) 2020년 안산시 미세먼지 저감 정책

**) 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)

***) 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01)

****) 국가기후환경회의 단기핵심과제 및 중장기 일반과제 목록현황(19.09.19)

제 6 장 국내·외 유해대기오염물질 사업정책 현황 및 관련기술 현황

1.
 2. 국외
-

제 6 장 국내 · 외 유해대기오염물질 정책 및 기술 현황

1.

대기오염물질로 인한 악취 및 환경성질환 등이 사회 이슈화됨에 따라 정부에서는 대기정책 목적에 부합되는 대기오염물질군의 분류체계 개선을 통해 국민건강 보호정책을 강화시키려고 노력하고 있다. 현행 대기관리체계는 환경정책기본법의 대기환경규제물질(7종), 대기환경보전법의 대기오염물질(61종), 기후생태계변화유발물질(7종), 특정대기유해물질(35종) 및 휘발성 유기화합물질(37종), 악취방지법의 지정악취물질(22종) 등이 관리되고 있다. 대기환경보전법에서 특정대기유해물질(HAPs)과 VOCs 물질에 대해 일반오염물질보다 상대적으로 엄격히 관리하고 있으며, 유해대기오염물질 배출량 관련 DB 구축도 화학물질배출량조사(TRI), 대기배출원조사(SODAM) 등 경로를 통하여 자료조사 및 구축이 이루어지고 있지만, 선진국의 체계적인 유해물질 관리와 비교하면 걸음마 단계이다. 이에 따라 대기 중으로 배출되는 유해대기오염물질을 효과적으로 제어하기 위하여 이러한 물질들의 DB 구축뿐만 아니라 유해대기오염물질의 생성 및 반응 메커니즘을 규명하고, 이들의 유해성을 평가하여, 산업시설의 방지시설에 따른 배출량 산정 및 목록화를 통해 유해대기오염물질의 효과적인 저감 기술과 관리방안에 대한 종합적인 연구가 시급히 요구되고 있다.

TRI 제도와 유해대기오염물질 배출저감기술의 시설투자로 굴뚝, 소각로 등의 점오염원의 배출량을 관리하며, non-seal type의 밸브나 펌프 등 누출방지장치를 사용하거나 LDAR(배출탐지) 시스템을 활용하여 주기적인 모니터링과 누출장치에 대한 보수 활동으로 비산배출원을 관리하는 기술이 적용되고 있으나, 기술선진국에 비해 관련 기술에 대한 연구가 미흡 하지만, 환경부의 지원으로 국내 T사에서 지속적으로 비산배출원에 대한 관리시스템을 개발과 개선을 진행하고 있다. 이외에도 광투과 방식을 이용한 대기오염 측정기기 개발과, 탄소나노튜브를 이용한 대기오염물질 검출용 고감도 나노센서 개발의 원천기술 및 나노복합체를 이용한 가스센서의 개발(경북대학교), 파장가변용 다이오드 레이저 시스템을 이용한 비접촉식 광계측 기법의 개발(한국생산기술연구원) 등 차세대 대기오염 측정기 개발에 필요한 핵심요소기술의 연구 등이 진행되고 있다.

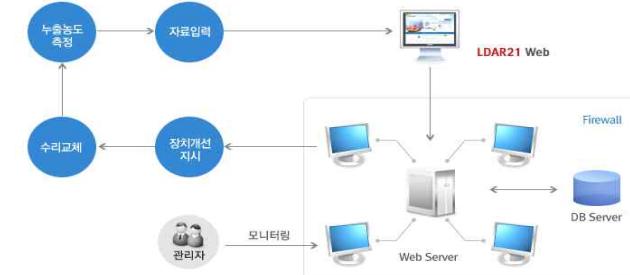


그림 84 국내에서 개발 중인 유해화학물질 배출저감 시스템 LDAR21의 개요도

2. 국외

유해대기오염물질 및 기타 악취물질에 대한 방지와 규제를 위한 정책과 관련기술 확보를 위해 다수의 국가가 노력하고 있다.

일본의 경우 총 면적의 55.8 %를 지방정부에 의해 인구 및 지리적 조건에 따라 규제지역을 설정하고, 유해대기오염물질 및 악취발생에 대한 산업 활동이 규제 된다. 대기오염물질로 툴루엔, 자일렌 등 대표적인 VOCs 화학종을 포함한 22개 물질을 규제대상물질로 지정하여 관리하고 있으며, 이러한 물질을 포함하여 배출하는 가스는 배출 허용농도 이외에도 해당 사업장 부지경계선(boundary line)을 중심으로 부지경계선 지표, 연돌 또는 기타 가스 배출구, 부지경계선 밖의 폐수(waste water) 등 3가지 형태의 규제기준이 적용받고 있다. 그러나 생활환경을 보전하는 것이 충분하지 않다고 인정되는 구역에서는 사업장 부지경계선 지표에서의 규제기준은 대기의 악취지수의 허용한도로 규제하며, 배출구 규제기준은 악취배출강도 또는 배출가스의 악취지수의 허용한도로 규제한다.

중국은 80년대 개혁과 개방 이후 현재까지 20년 간 악취오염 규제에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 중국 정부의 환경보호국 (National Environment Protection Bureau)은 국가 차원의 악취오염조사 및 생산 활동에 의한 악취 영향을 분석하는데 많은 관심을 기울여 왔다. 5종의 주요 악취오염물질(암모니아, 황화수소, 메틸 메르캅탄, 이황화메틸, 트리메틸아민)을 환경기준과 배출기준으로 나누어 규제하였다. 이 법에 의하여 아스팔트, 고무, 플라스틱물질의 소각이 금지되었으며, 소각과 관련된 승인 및 강화된 절차와 기준이 마련되었다.

표 117 일본에서 규제되는 물질의 종류와 규제항목

규제물질	부지경계 기준	배출구 기준	폐수 기준
암모니아	○	○	
메틸메르캅탄	○		○
황화수소	○	○	○
황화메틸	○		○
이황화메틸	○		○
트리메틸아민	○	○	
아세트알데하이드	○		
알데하이드류	○		
이소부탄올	○	○	
에틸아세테이트	○	○	
메틸이소부틸케톤	○	○	
톨루엔	○		
스티렌	○		
자이렌	○	○	
산류	○		

표 118 중국의 유해대기물질 규제농도

규제물질	1급	2급		3급	
		개정 후	현행	개정 후	현행
암모니아	1.0	1.5	2.0	4.0	5.0
트리메틸아민	0.05	0.08	0.15	0.45	0.80
황화수소	0.03	0.06	0.10	0.32	0.60
메틸메르캅탄	0.004	0.007	0.01	0.020	0.035
메틸에테르	0.03	0.07	0.15	0.55	1.10
이황화메틸	0.03	0.06	0.13	0.42	0.71
황화메틸	2.0	3.0	5.0	8.0	10
스티렌	3.0	5.0	7.0	14	19

유럽에서 대기오염물질의 규제를 공식적으로 시도한 나라는 스위스, 독일, 네덜란드, 영국 등이다. 이들 국가들은 샘플링과 연간 대기오염물질로 인한 악취에 기초하여 관리하고 있으며, 네덜란드에서는 분산모델링과 악취농도기준을 결합한 역치를 이용하여 특성을 규명하고 있고, 독일, 덴마크, 프랑스의 경우 후각측정기에 기초한 정량적 방법의 이용이 점점 증가하고 있다.

미국 환경보호청(U.S. EPA)은 대기오염물질로 인한 악취는 지역적인 문제로 중앙정부 차원의 오염매체가 아니라고 주장하며, 지역적인 문제와 규제에 깊숙이 관여하지 않고 있다. 이에 따라 주정부 및 지방정부에 따라 지역적으로 다양한 형태의 규제가 이루어지고 있다.

대기환경규제물질의 측정진단 기술로, 배출시설에 광범위하게 설치된 IR 이미지를 통해 비산배출을 효과적으로 방지하기 위한 지능형 배출탐지(LDAR, leak detection and repair) 기술과 특정 파장의 적외선을 흡수하는 배출가스의 특성을 이용하여 가스구름의 이미지화나 영상화를 통해 가스혼합물의 정성/정량 측정과 동시에 배출감지를 수행하는 광튜과 방식의 적외선(IR, Infra-red)기술, 이외에도 레이저 이미징(Laser imaging)기술과 금속나노입자와 탄소나노튜브를 결합하여 다양한 종류의 화학물질을 탐지할 수 있는 높은 감도의 가스센서 개발 기술이 진행되고 있다.

제 7 장 유해대기오염물질 현장조사 내용

1. 현장조사
 2. 유해대기오염물질 분석방법
 3. 유해대기오염물질 분석장비
 4. 유해대기오염물질 분석결과
-

제 7 장 유해대기오염물질 현장조사 내용 및 결과

1. 수은(Hg), 비소(As) 현장조사

1.1. 연구대상 물질

조사된 안산시 주요 배출물질을 바탕으로 특정유해대기물질을 주요 조사대상 물질로 선정하였으며, 경기도에서 진행 중인 유해대기 오염물질 관리방안 사업에 근거하여 2017년도 안산녹색환경지원센터 연구 과제를 통해 일부 특정대기유해물질의 조사가 진행되었다. DB구축을 위해 추가적으로 조사가 필요한 수은(Hg)과 비소(As)를 연구대상물질로 선정하여 진행하였으며, 개정된 수은과 비소의 배출허용기준은 다음과 같으며, 배출시설의 종류에 따라 허용기준이 다른 점을 참고하여 각 업종별 배출량을 산정하고자 한다.

표 119 대기오염물질의 배출허용기준(15조 관련)

특정대기유해물질	단위	주요 배출시설	배출허용기준
수은 및 그 화합물 (Hg 로서)	mg/Sm ³	1) 폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설(소각보일러를 포함) 및 고형 연료제품 사용시설	0.03(12) 이하
		2) 발전시설(고체연료 사용시설)	0.03(6) 이하
		3) 1차 금속 제조시설 중 소결로	0.03(15) 이하
		4) 시멘트·석회·플라스터 및 그 제품 제조시설 중 시멘트 소성시설	0.05(13) 이하
		5) 그 밖의 배출시설	1 이하
비소 및 그 화합물 (As 로서)	ppm	1) 폐수·폐기물·폐가스 소각처리시설 (소각보일러를 포함한다) 및 고형 연료제품 사용시설	0.15(12) 이하
		2) 시멘트제조시설 중 소성시설	0.15(13) 이하
		3) 그 밖의 배출시설	1 이하

1.2. 연구대상 사업장

1.1절의 내용과 마찬가지로 2017년 진행된 연구과제 당시 시화·반월단지 종 화학제품 제조, 악취배출사업장, 폐기물 소각장 등 대기오염물질 발생이 가능한 업종을 분류하여, 업체들이 밀집한 공단 내부와 경계지역, 민원이 많이 발생하는 인근 주거지역을 등을 참고하여 유해대기 오염물질을 배출하는 23개 업종에 대하여 각각 3개소씩 총 69개 업체가 선정되었다. 측정업체 협조 등 행정사항과 관련하여 안산시, 공단관리사업소, 안산녹색환경지원센터 등 기관과 협조하여 진행하였으며, 모든 선정업체를 대상으로 2회의 협조공문 발송 및 전화로 3회 이상 측정협조를 요청하였다. 당시 선정된 업체들 중 폐업처리가 되거나 측정 거부 등을 사유로 1차 년도 연구과제 기간 동안 선정된 1차 23개 대상 업체 중 13개 업체, 2차 년도 상반기 2차 23개 대상 업체 중 16개 업체, 하반기 3차 23개 대상 업체 중 12업체로 총 41개 업체에 대한 측정이 완료되었다. 2017년 당시 선정된 대상 업체에 대한 재측정을 목적으로 하는 과제의 특성으로 신규 대상 업체 선정 시 전체 유해대기 오염물질의 재측정이 필요하기 때문에 필요 시 향후 독립 연구과제로 실시되어 보완이 필요할 것으로 판단된다. 해당 과제에서는 측정 허가 업체들을 대상으로 배출시설에 대한 현장측정이 진행되었다. 각 업체명은 정보보호를 위하여 알파벳 순서로 표기되었다.

표 120 연구수행 대상 업체 목록 및 업종분류

번호	사업장명	업종분류	업종	비고
1	A-1 업체	10	식료품 제조업	○
2	B-1 업체	13	섬유제품 제조업	○
3	C-1 업체	15	가죽, 가방 및 신발제조업	○
4	D-1 업체	16	일반 제제업	폐업
5	E-1 업체	17	펄프, 종이제품 제조업	○
6	F-1 업체	18	제판 및 조판업	○
7	G-1 업체	19	윤활유 및 그리스 제조업	○
8	H-1 업체	20	계면활성제 제조업	○
9	I-1 업체	21	완제 의약품 제조업	○
10	J-1 업체	22	산업용 비경화고무제품 제조업	○
11	K-1 업체	23	포장용 유리용기 제조업	측정거부

번호	사업장명	업종분류	업종	비고
12	L-1 업체	24	1차 금속 제조업	○
13	M-1 업체	25	도금업	측정거부
14	N-1 업체	25	도금업	측정거부
15	O-1 업체	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	○
16	P-1 업체	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	측정거부
17	Q-1 업체	27	광학렌즈 및 광학요소 제조업	○
18	R-1 업체	28	전기장비 제조업	측정거부
19	S-1 업체	29	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	측정거부
20	T-1 업체	30	그 외 기타 자동차부품 제조업	측정거부
21	U-1 업체	32	가구 제조업	○
22	V-1 업체	38	폐기물을 수집운반, 처리 및 원료재생업	폐업
23	W-1 업체	95	자동차 종합 수리업	폐업
24	A-2 업체	10	식료품 제조업	○
25	B-2 업체	13	섬유제품 제조업	측정거부
26	C-2 업체	15	가죽, 가방 및 신발제조업	측정거부
27	D-2 업체	16	일반 제재업	측정거부
28	E-2 업체	17	펄프, 종이제품 제조업	폐업
29	F-2 업체	18	제판 및 조판업	○
30	G-2 업체	19	윤활유 및 그리스 제조업	○
31	H-2 업체	20	계면활성제 제조업	○
32	I-2 업체	20	계면활성제 제조업	○
33	J-2 업체	21	완제 의약품 제조업	○
34	K-2 업체	22	산업용 비경화고무제품 제조업	측정거부
35	L-2 업체	23	포장용 유리용기 제조업	○
36	M-2 업체	24	1차 금속 제조업	○
37	N-2 업체	25	도금업	○
38	O-2 업체	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	폐업
39	P-2 업체	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	○
40	Q-2 업체	27	광학렌즈 및 광학요소 제조업	○

번호	사업장명	업종분류	업종	비고
41	R-2 업체	28	전기장비 제조업	○
42	S-2 업체	29	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	○
43	T-2 업체	30	그 외 기타 자동차부품 제조업	폐업
44	U-2 업체	32	가구 제조업	○
45	V-2 업체	38	폐기물을 수집운반, 처리 및 원료재생업	○
46	W-2 업체	95	자동차 종합 수리업	○
47	A-3 업체	10	식료품 제조업	○
48	B-3 업체	13	섬유제품 제조업	○
49	C-3 업체	15	가죽, 가방 및 신발제조업	측정거부
50	D-3 업체	17	펄프, 종이제품 제조업	폐업
51	E-3 업체	17	펄프, 종이제품 제조업	○
52	F-3 업체	18	제판 및 조판업	측정거부
53	G-3 업체	19	윤활유 및 그리스 제조업	측정거부
54	H-3 업체	20	계면활성제 제조업	○
55	I-3 업체	21	완제 의약품 제조업	측정거부
56	J-3 업체	22	산업용 비경화고무제품 제조업	○
57	K-3 업체	22	산업용 비경화고무제품 제조업	○
58	L-3 업체	23	포장용 유리용기 제조업	측정거부
59	M-3 업체	24	1차 금속 제조업	○
60	N-3 업체	24	1차 금속 제조업	측정거부
61	O-3 업체	25	도금업	○
62	P-3 업체	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	○
63	Q-3 업체	27	광학렌즈 및 광학요소 제조업	○
64	R-3 업체	28	전기장비 제조업	측정거부
65	S-3 업체	29	탭, 밸브 및 유사장치 제조업	○
66	T-3 업체	30	그 외 기타 자동차부품 제조업	측정거부
67	U-3 업체	32	가구 제조업	측정거부
68	V-3 업체	38	폐기물을 수집운반, 처리 및 원료재생업	측정거부
69	W-3 업체	95	자동차 종합 수리업	○

2.

분석방법

유해대기오염물질 중 해당 연구과제의 주요 분석물질인 수은과 비소 및 그 화합물에 대한 분석방법으로 비휘발성 물질인 비소의 대기 중 방출우려가 없으므로 질산-과산화수소 전처리방법과, 배출 가스 중 수은, 비소화합물 분석법 중 유도결합 플라스마 분광법을 사용한 대기오염정시험기준(ES 01102, ES01401.3 등)을 적용하여 시료의 전처리를 진행 후 분석을 진행하였다.



그림 85 ICP 장비 및 측정사진

시료 포집 및 전처리과정

- ① 포집 전 흡착필터, 여과지 전처리
 - 입자포집여지를 사용, 종금속 분석용이므로 청량 생략
- ② High pressure pump + filter holder로 배출시설 시료 흡착
- ③ 분석 전까지 냉암소 보관
- ④ 여과지를 적당한 크기로 자른다.
- ⑤ 5.5% HNO₃ / 16.7 % HCl 혼합산 용액 10.0 mL를 가한다.
 - 혼합산용액 10.0 mL를 분석용 바탕용액으로 사용
- ⑥ 테플론 주사기 필터 (0.45 μm)를 사용하여 부피플라스크 (25 mL)에 여과
- ⑦ 물을 사용하여 최종 부피가 25 mL가 되도록 부피플라스크에서 끓힌 후 분석.
- ⑧ 전 처리한 시료용액을 27.1MHz (또는 40.68MHz)의 초고주파 (rf) 장에 의해 생성된 아르곤 플라스마 중에 분무하여 도입하고 파장 193.696 nm에서 발광세기를 측정하여 비소를 정량

3. 유해대기오염물질 분석

전처리 과정을 거친 시료의 분석은 PerkinElmer사의 AVIOTTM200 ICP기기를 통한 자체 분석과 표준 시험공정 결과 비교를 위해 무배출형 환경설비지원센터를 통해 수은과 비소 종금속의 정량 및 농도 분석이 수행될 예정이다. 분석 장비의 정량한계는 비소 : 0.004, 수은은 0.0003 이다.

4. 유해대기오염물질 분석결과

본 연구과제의 배출시설 측정 대상 업체를 방문하여 배출 및 방지시설에 대한 정보 등 운영현황과 분석결과를 아래 요약하였다.

표 121 A-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명		A-1 업체		
주소		안산시 단원구 시화로		
입증대분류		10		
업종		식료품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준
		mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준
기타 사항		ppm	N.D	1 이하
	배출시설사진	특이사항 없음 측정사진		

표 122 B-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	B-1 업체		
주소	안산시 단원구 별망로		
업종대분류	13		
업종	섬유제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	본사 배출시설 측정(공장과 본사가 별도 위치)		
배출시설사진	측정사진		
			

표 124 E-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	E-1 업체		
주소	안산시 단원구 신원		
업종대분류	17		
업종	펄프, 종이 및 종이제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	자체 배출검사를 통한 지속적인 관리중		
배출시설사진	측정사진		
			

표 123 C-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	C-1 업체		
주소	안산시 단원구 별망로		
업종대분류	15		
업종	가죽, 가방 및 신발제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 125 F-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	F-1 업체		
주소	안산시 단원구 강촌		
업종대분류	18		
업종	제판 및 조판업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	자체 배출검사를 통한 지속적인 관리중		
배출시설사진	측정사진		
			

표 126 G-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	G-1 업체		
주소	안산시 단원구 원시로		
업종대분류	19		
업종	윤활유 및 그리스 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 128 I-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	I-1 업체		
주소	안산시 단원구 별망로		
업종대분류	21		
업종	원제 의약품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	불검출	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	불검출	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 127 H-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	H-1 업체		
주소	안산시 단원구 해안로		
업종대분류	20		
업종	계면활성제 제조업 등		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 129 J-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	J-1 업체		
주소	안산시 단원구 첨단로		
업종대분류	22		
업종	산업용 비경화고무제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 130 L-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	L-1 업체		
주소	안산시 단원구 신원로		
업종대분류	24		
업종	1차 금속 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	0.03 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	0.15 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 132 Q-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	Q-1 업체		
주소	안산시 단원구 범락길		
업종대분류	27		
업종	광학렌즈 및 광학요소 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 131 O-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	O-1 업체		
주소	안산시 단원구 강촌로		
업종대분류	26		
업종	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 133 U-1업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	U 업체		
주소	안산시 단원구 번영2로		
업종대분류	32		
업종	가구 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
	mg/Sm ³	N.D	1 이하
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
	ppm	N.D	1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 134 A-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	A-2 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	10		
업종	식료품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 136 G-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	G-2 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	19		
업종	윤활유 및 그리스 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 135 F-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	F-2 업체		
주소	안산시 단원구 목내동		
업종대분류	18		
업종	제판 및 조판업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 137 H-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	H-2 업체		
주소	안산시 단원구 신길동		
업종대분류	20		
업종	계면활성제 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 138 I-2업체 배출시설측정 및 분석결과

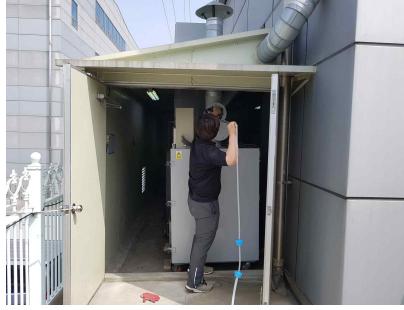
업체명			I-2 업체		
주소			안산시 단원구 신길동		
업종대분류			20		
업종			계면 활성제 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		mg/Sm ³	N.D	1 이하	
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		ppm	N.D	1 이하	
기타 사항			특이사항 없음		
배출시설사진			측정사진		
					

표 140 L-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명			L-2 업체		
주소			안산시 단원구 성곡동		
업종대분류			23		
업종			포장용 유리용기 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		mg/Sm ³	N.D	1 이하	
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		ppm	N.D	1 이하	
기타 사항			특이사항 없음		
배출시설사진			측정사진		
					

표 139 J-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명			J-2 업체		
주소			안산시 단원구 목내동		
업종대분류			21		
업종			완제 의약품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		mg/Sm ³	N.D	1 이하	
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		ppm	N.D	1 이하	
기타 사항			특이사항 없음		
배출시설사진			측정사진		
					

표 141 M-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명			M-2 업체		
주소			안산시 단원구 성곡동		
업종대분류			24		
업종			1차 금속 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		mg/Sm ³	N.D	1 이하	
	비소 및 그 화합물	단위	분석농도	배출허용기준	
		ppm	N.D	1 이하	
기타 사항			특이사항 없음		
배출시설사진			측정사진		
					

표 142 N-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	N-2 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	25		
업종	도금업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 144 Q-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	Q-2 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	27		
업종	광학렌즈 및 광학요소 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 143 P-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	P-2 업체		
주소	안산시 단원구 신길동		
업종대분류	26		
업종	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 145 R-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	R-2 업체		
주소	안산시 단원구 원시동		
업종대분류	28		
업종	전기장비 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 146 S-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	S-2 업체		
주소	안산시 단원구 목내동		
업종대분류	29		
업종	탭, 밸브 및 유사장치 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 148 V-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	V-2 업체		
주소	안산시 단원구 원시동		
업종대분류	38		
업종	폐기물 수집운반, 처리 및 원료재생업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 147 U-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	U-2 업체		
주소	안산시 단원구 신길동		
업종대분류	32		
업종	가구제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 149 W-2업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	W-2 업체		
주소	안산시 단원구 팔곡2동		
업종대분류	95		
업종	자동차 종합 수리업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 150 A-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	A-3 업체		
주소	안산시 단원구 신길동		
업종대분류	10		
업종	식료품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 152 E-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	E-3 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	17		
업종	펄프, 종이제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 151 B-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	B-3 업체		
주소	안산시 단원구 초지동		
업종대분류	13		
업종	섬유제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 153 H-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	H-3 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	20		
업종	계면활성제 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 154 J-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	J-3 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	22		
업종	산업용 비경화고무제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 156 M-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	M-3 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	24		
업종	1차 금속 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 155 K-3업체 배출시설측정 및 분석결과

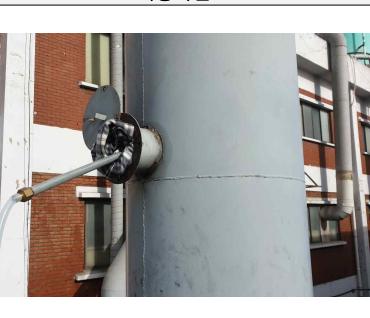
업체명	K-3 업체		
주소	안산시 단원구 목내동		
업종대분류	22		
업종	산업용 비경화고무제품 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 157 O-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	O-3 업체		
주소	안산시 단원구 목내동		
업종대분류	25		
업종	도금업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 158 P-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	P-3 업체		
주소	안산시 단원구 원시동		
업종대분류	26		
업종	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 160 S-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	S-3 업체		
주소	안산시 단원구 성곡동		
업종대분류	29		
업종	탭, 밸브 및 유사장치 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 159 Q-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	Q-3 업체		
주소	안산시 단원구 원시동		
업종대분류	27		
업종	광학렌즈 및 광학요소 제조업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

표 161 W-3업체 배출시설측정 및 분석결과

업체명	W-3 업체		
주소	안산시 단원구 원시동		
업종대분류	95		
업종	자동차 종합 수리업		
분석결과	수은 및 그 화합물	단위	분석농도
		mg/Sm ³	N.D
			1 이하
분석결과	비소 및 그 화합물	단위	분석농도
		ppm	N.D
			1 이하
기타 사항	특이사항 없음		
배출시설사진	측정사진		
			

배출시설 대부분은 선행 연구사업 당시 측정되었던 배출시설과 일치하였지만 다수 업체들의 경우 배출시설의 위치를 변경하거나 기존 시설을 폐기 후 새 배출시설을 가동하여 운영하는 것을 확인하였다. 각 업종별 업체의 배출시설에서 발생되는 가스를 포집하여 수은 및 비소 중금속의 포함 여부를 분석한 결과, 모두 불검출로 나타났다. 표준 기압에서 수은의 끓는점은 357°C 비소는 613°C 로, 일반 배출시설에서 배출되는 가스의 온도조건에서 기화되기 어려우며, 공정과정상 원료 및 첨가제로 수은 및 비소화합물을 사용하지 않는 업종이 대부분이기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

현재 경기도와 안산시에서 유해대기오염물질 및 미세먼지 등 배출가스에 대한 전수조사 및 배출량조사 이외에도 업체 자체의 자발적 관리를 위해 일부 업체에서는 외부 위탁이나 자체 전문 인력을 통해 배출시설에서 나오는 가스의 자가 검사 및 측정을 하는 등 오염물질 배출저감 및 배출량 파악을 위한 관리를 실시하고 있었다.



그림 86 배출시설 관리실태 파악 및 자체 분석결과

제 8 장 결론

-
1.
 2. 유해대기오염물질.....
-

제 8 장 결 론

1.

25개 업체에 대해 미세먼지 및 미세먼지 생성물질의 측정을 진행하였다. 업종별로 구분해 입경별 평균농도를 살펴본 결과, PM-10 농도는 고무 및 플라스틱제품 제조업이 가장 높은 경향을 보이며, 목재가구 제조업, 폐기물 처리업 순으로 나타났고, PM-2.5 농도는 고무 및 플라스틱제품 제조업이 가장 높은 경향을 보이며, 폐기물 처리업, 목재가구 제조업 순인 것으로 나타났다.

미세먼지는 공정설비, 운전조건, 연료 및 원료의 차이 등에 따라 그 농도와 특성이 다르게 된다. 미세먼지 관리의 중요성에 대해서는 여러 정책에서 언급되고 있지만, 각각 개별 사업장의 입경별 농도나 분율 등 특성에 대해서는 연구가 미비한 상태이다. 이에 따라 반월·시화산업단지가 위치해있는 안산시의 경우, 추가 연구를 통해 사업장의 지속적인 미세먼지 측정 및 모니터링이 필요하며, 그 결과를 DB화하여 안산시 맞춤형 미세먼지 관리방안 수립의 기초자료로 활용할 토대를 마련하는 방안이 필요하다고 사료된다.

CAMx-PSAT 대기질 모델을 이용하여 안산시 미세먼지 농도에 대한 지역별 배출원별 영향을 분석하였다. 모델링 기간은 2019년 1월, 2019년 3월을 대상으로 하였고 기여도 분석을 위한 지역은 안산시/수도권/국내/국외로 구분하고 배출원은 에너지산업연소/비산업연소/산업/경유차량/건설장비/기타 배출원으로 구분하였다.

2019년 1월 안산시 PM-10 농도에 대한 지역 및 배출원별 기여도 분석 결과, 안산지역 배출량의 기여는 6.6~34.3% 였고, 안산시 에너지산업 배출원의 PM-10 농도 기여는 0.0~0.2%, 비산업연소 0.2~0.8%, 산업 2.1%~15.4%, 경유차량 0.4~3.1%, 건설장비 0.0~0.2%, 기타 3.8~17.7% 였다.

2019년 1월 안산시 PM-2.5 농도에 대한 지역 및 배출원별 기여도 분석 결과, 안산지역 배출량의 기여는 4.0~23.3% 였고, 안산시 에너지산업 배출원의 PM-2.5 농도 기여는 0.0~0.3%, 비산업연소 0.2~1.2%, 산업 1.0%~9.4%, 경유차량 0.4~4.7%, 건설장비 0.0~0.3%, 기타 2.3~8.9% 였다.

2019년 3월 안산시 PM-10 농도에 대한 지역 및 배출원별 기여도 분석 결과, 안산지역 배출량의 기여는 6.0~37.8% 였고, 안산시 에너지산업 배출원의 PM-10 농도 기여는 0.0~0.2%, 비산업연소 0.1~0.3%, 산업 3.2%~21.0%, 경유차량 0.2~3.0%, 건설장비 0.1~0.7%, 기타 2.4~18.8% 였다.

2019년 3월 안산시 PM-2.5 농도에 대한 지역 및 배출원별 기여도 분석 결과, 안산지역 배출량의 기여는 6.6~34.3% 였고, 안산시 에너지산업 배출원의 PM-10 농도 기여는 0.0~0.2%, 비산업연소 0.1~0.4%, 산업 1.7%~12.7%, 경유차량 0.2~4.2%, 건설장비 0.1~0.9%, 기타 1.7~10.1% 였다.

안산시와 안양시, 용인시의 지역 및 배출원 기여도를 비교한 결과, 지역별 기여도 분석 결과에서 자체 자체 배출원의 기여도는 큰 차이가 없었다. 배출원별 기여도 분석 결과에서 안산시 산업 배출원의 기여도는 1.0~9.4%이고, 안양 및 용인시 산업 배출원의 기여는 거의 없어 산업 배출원이 다수 위치하고 있는 안산시의 특성이 나타났다.

배출량 변화에 따른 안산시 미세먼지 농도 변화를 분석한 결과, 안산시 산업 부문 배출량 30% 삭감에 따라 안산시 PM-10 농도는 월 평균 4.78%, 월 최대 10.71% 감소되고, PM-2.5 농도는 월 평균 3.79%, 월 최대 10.16% 감소될 것으로 예측되었다. 또한, 안산시 경유차량, 건설장비 부문 배출량 30% 삭감하는 경우 안산시 PM-10 농도는 월 평균 2.42%, 월 최대 8.87% 감소되고 PM-2.5 농도는 월 평균 2.63%, 월 최대 9.79% 감소될 것으로 예측되었다.

안산시 미세먼지 저감 대책을 제안하기 위하여 먼저 정부의 미세먼지 대책을 먼저 확인하였다. 그 이후에 기존에 시행 중이거나 예정인 경기도 및 안산시의 미세먼지 대책을 파악하였고, 이 대책들을 기반으로 안산시 산업, 교통, 생활·가정분야의 강화대책과 특별 강화대책을 제안하였다. 또한, 정부의 미세먼지 대책 중 안산시에서 시행 가능하지만 시행 중이지 않은 대책들을 선별하여 안산시의 강화대책 및 특별강화대책으로 제안하였다. 정부의 미세먼지 대책은 국가기후환경회의 국민정책제안 단기핵심과제(19.08.19), 국가기후환경회의 종장기 일반과제 목록 현황(19.09.19), 미세먼지 고농도 시기대응 특별대책(19.11.01), 미세먼지 관리 종합계획(19.11.01)을 중심으로 대책을 참고하였고, 안산시의 미세먼지 대책은 2020년 안산시 미세먼지 저감 정책(19.11.25.)을 참고하여 제안하였다.

2.

23개 유해대기오염물질 배출업종별 2~3개 업체를 선정하여 총 69개의 업체를 선정하여, 배출물질 분석을 위한 협조요청이 완료된 41개 업체를 대상으로 배출시설에서 발생하는 배출물질을 포집하여 수은과 비소의 분석을 수행한 결과 두 중금속이 검출된 업체는 없었으며, 기존 선행 연구조사에서 수행된 69개 업체의 유해대기오염물질의 분석결과와 두 물질 분석결과를 보완하여 안산시 내 유해화학물질 배출현황을 파악하고자 하였으나 재방문에 대한 협조가 원활하게 진행되지 않고 일부 업체가 폐업하는 등 과제 수행에 한계가 있었다. 또한 선행연구 당시 배출시설과 현재 배출시설의 위치나 가동 시설이 다른 경우도 있기 때문에 이러한 환경요인도 반영이 되어야 할 것으로 판단된다. 조사된 결과는 안산시의 유해대기 오염물질 배출현황의 기초 자료로 활용될 수 있으며, 향후 건기, 우기 등 기후 조건과 절기에 따른 온도 조건 등 배출물질이 발생할 수 있는 다양한 조건에서의 넓은 범위의 구체적인 데이터베이스 확보를 위한 추가적인 조사연구가 필요할 것으로 판단된다.

배출시설 및 업체의 현장방문 과정에서 본 연구과제 이외에도 경기도와 환경청 등 관련 기관에서 배출물질 현황파악을 위한 별도의 조사가 수행되고 있었으며, 많은 기관의 배출물질검사를 위한 짙은 업체 방문에 부담을 느끼고 있었다. 이러한 사유로 업체의 현장 방문 및 시료채취 협조요청을 거절한 업체가 다수 있었으며, 폐업하거나 공장 부지를 다른 지역으로 옮기는 업체도 확인되었다. 이를 개선하고자 전문기관에 위탁하거나 자체적으로 전문가를 활용하여 배출가스의 분석을 실시하고, 배출물질과 배출량을 산정하여 조사기관에 보고하거나 내부 자료로 활용함으로써 배출물질 저감 및 관리에 노력하고 있음을 확인하였다.

기업과 관련 기관의 배출물질 분석 자료의 공유와 체계적인 협조관계를 통해 종합된 빅데이터 확보를 바탕으로 반월산업단지와 시화산업단지 등 주요 권역별 지속적인 유해대기 오염물질 현황파악과 모니터링을 통해 배출시설의 집중적이고 효율적인 관리방안 마련 등 종합 관리계획 수립이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 국가산업단지 관리기본계획 개정고시(2015), 산업자원부고시 제 2015-283
2. 환경부(2008), 시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구
3. 2020 안산도시기본계획 재수립 일부변경
4. 안산시(2017), 안산시 통계연보
5. 국가법령정보센터(2018), 대기오염공정시험기준
6. US EPA(2000), EPA Method 18
7. 한국교통안전공단(2016), 안산시 1일 평균주행거리
8. 환경부(2011), 환경기술 기술동향보고서
9. 국립환경과학원(2012), 도시지역 유해대기오염물질(HAPs) 관리 전략수립연구 최종보고서
10. 국립환경과학원(2008), 환경대기 중 유해대기오염물질(HAPs) 모니터링
11. 국립환경과학원(2009), 고정오염원에서의 유해대기오염물질(HAPs) 배출원 조사
12. 경기도(2014), 경기도 유해화학물질 관리계획
13. 경기도보건환경연구원(2013), 2013년 대기오염 평가보고서
14. 안산시 교통정보센터, <http://its.iansan.net>
15. 경기도 보건환경연구원, <http://air.gg.go.kr/airgg/>
16. 브라보 안산, <http://bravoansan.net/index.php>
17. EPA, <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>
18. 사업장대기오염물질시스템, <http://airemiss.nier.go.kr>
19. 환경정책 기본법, 2018, 법률 제 2조
20. 사업장대기오염물질관리시스템

21. 국가법령정보센터(2018)
22. NCAR(2008), ARW Version 3 Modeling System User's Guide
23. The University of North Carolina at Chapel Hill(2010), SMOKE v2.7 User's Manual
24. ENVIRON(2017), User's Guide Comprehensive Air Quality Model with Extensions v6.4
25. Kurokawa, J., et al(2013), Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000–2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2
26. User's Guide COMPREHENSIVE AIR QUALITY MODEL WITH EXTENSIONS Version 6. 50, 2018, ENVIRON
27. ARW Version 3 Modeling System User's Guide, 2015, Mesoscale & Microscale Meteorology Division-National Center for Atmospheric Research SMOKE v2.7 User's Manual, 2010,
28. The institute for the Environment – The University of North Carolina at Chapel Hill <http://airemiss.nier.go.kr/>

주 의 문

최종보고서 (19-07-02-40-41)

안산시 미세먼지 발생원 파악 및 관리방안 마련

발행인 : 센터장 김 문 일

발행일 : 2020년 1월

발행처 : 안산녹색환경지원센터

주 소 : 경기 안산시 상록구 한양대학로 55, 2공학관 513호

전 화 : 031-400-4236, 436-8141~5

팩 스 : 031-400-4237

e-mail : agec@agec.or.kr

※ 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.