| SRI-기본-2021-01 |

수원시 학교 주변 대기오염원 관리 방안

How to Reduce Air Pollution Effects on the School Surroundings in Suwon

강은하

SRI 수원시정연구원
SUWON RESEARCH INSTITUTE

연구진

연구책임자 강은하 (수원시정연구원 연구위원)

참여연구원 오미현 (수원시정연구원 위촉연구원)

ⓒ 2021 수원시정연구원

발 행 인 김선희
발 행 처 수원시정연구원
경기도 수원시 권선구 수인로 126
(우편번호) 16429
전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000
http://www.suwon.re.kr
인 쇄 2021년 9월 30일
발 행 2021년 9월 30일
ISBN 979-11-6819-013-9 (93300)

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.
강은하. 2021.「수원시 학교 주변 대기오염원 관리 방안」. 수원시정연구원.

비매품

주요 내용 및 정책제안

■ 주요 내용

- 본 연구는 수원시 관내 학교 주변의 대기오염 영향을 줄이기 위한 목적으로 수행되었으며, 수원시 초등, 중등, 고등학교를 대상으로 통행량이 많은 도로, 건설 공사장, 대기오염물질 배출시설과 같은 수원시 3대 대기오염물질 배출원과의 근접도를 분석하였음. 3대 배출원 유형에 대한 샘플 대상지에 대한 현장 고찰을 통해 대기오염피해 예방을 위한 정책방향을 제안하였음
- 수원시 폭 30m 이상 대로에서 200m 반경 내 위치하고 있는 학교는 수원시 전체 학교 중 53%인 105개소임. 105개소 학교를 대상으로 학교 스쿨존(반경 300m 이내) 내 자동차전용도로 및 고속도로, 건설 공사현장, 대기오염물질배출사업장이 위치하는 학교를 대기오염영향권 학교로 선정하였음. 3대 유형 대기오염영향권 학교 대상 현장 고찰을 통해 관리현황의 문제점을 고찰하고 다음과 같은 관리 개선 방안을 제안하였음

■ 정책제안

❶ 물리적 오염원 차단 방안

- ○ 학교 주변 도로 미세먼지 안심대기선 설치
- ○ 통학로 자녀안심그린숲 조성

❷ 모니터링·관리 강화

- ○ 교실 내 공기청정기 유지관리 강화
- ○ 대기오염배출사업장의 대기오염방지시설 지도점검 관리 강화
- ○ 안심통학로 지정 운영(공사장 주변일 경우 임시통학로 안전관리)
- ○ 통학로 주변 대기오염관리 민간감시단 운영

❸ 법·제도 개선

- ○ 비산먼지 관리 관련 조례 개정
- ○ 노후 건설기계 사용 제한 및 친환경 건설기계 사용 의무화

국문요약

■ 서 론

○ 연구의 배경

- 도심 미세먼지 농도는 환경부 기준 및 WHO 기준을 크게 상회하고 있고, 어린이의 두뇌성장발달 및 건강에 악영향을 끼침. 이에 따라 최근 학교 주변 미세먼지 관리 강화를 위해 대기환경보전법이 개정되었으며 2021년 1월부터 시행되었음
- 수원시의 미세먼지 주요 배출원은 도로, 건설장비, 건설현장으로 주민 생활 공간에 근접하고 있어 집중 관리가 필요함

○ 연구의 목적

- 학교와 같이 정기적으로 건강취약계층이 일정 시간 이상 생활하는 공간인 취약계층이용시설 주변의 대기오염(주로 미세먼지) 피해 저감 방안 마련을 위한 목적으로 본 연구에서는 학교 주변 도로, 공사장, 대기오염배출시설 등 대기오염원의 분포 현황을 조사하고, 대상지를 선택하여 주변 여건 조사를 바탕으로 한 피해 저감 대책을 제안하였음

■ 수원시 학교 주변 현황 분석

○ 수원시 학교 주변 대기오염물질 배출원 영향권 분석

- 수원시 대기오염물질배출 기여도 1위인 도로이동오염원으로부터 학교주변에의 영향을 알아보기 위하여 6차선 이상 도로(30m이상 도로)에서 200m 내 위치한 학교를 분석한 결과 6차선이상 도로에서 200m 반경 내 위치하고 있는 학교는 105개소로 수원시 전체 학교 중 53%로 나타났음
- 이 학교들을 대상으로 6차선 도로 외 대기오염물질배출업소나 공사현장과 같은 대기오염물질배출원이 중복으로 영향을 미치는 학교를 알아보기 위하여 학교 300m 반경 내(스쿨존) 대기오염물질배출원의 위치하는지 여부를 분석하였음
- 주요 대기오염물질배출원은 자동차 전용도로와 고속도로, 대기오염물질배출업소, 공사장이었으며, 그 밖의 대기오염물질 배출원인 화물차고지, 버스차고지, 물류창고는 도로변 학교 반경 300m 내 위치하지 않았음

○ 대상지 선정 및 현장고찰 결과

■ 자동차전용도로 및 고속도로 인접 학교군, 대기오염물질배출업소 인접 학교군, 공사장 인접 학교군으로 3가지 유형에 대하여 각각 현장방문을 실시하였음

○ 자동차전용도로 및 고속도로 인접 학교군은 도로로부터 학교주변까지의 미세먼지 영향을 알아보기 위한 측정지점 및 측정항목을 제안하였음

- 이는 후속연구나 협력연구로 도로에서 학교 주변까지의 미세먼지 확산 효과에 대한 실험 시 활용 가능할 것임
- (후속연구 제안)향후 실험을 통해 학교 주변 고속도로나 자동차전용도로에는설치된 소음방지터널이나 가림막이 미세먼지와 같은 대기오염물질의 확산 차단 가능성에 대해 확인할 수 있으며, 그 결과를 활용하면 대응방안을 제안할 수 있을 것임

○ 배출사업장 및 공사장 인접학교군은 통학로 및 학교 주변 관리 현황 고찰

- 학교 주변 공사장 대부분이 비산먼지 신고대상 사업장 규모였으며 비산먼지 관리(날림먼지 방지막 설치, 펜스 설치 등)는 적절히 되고 있었음
- 학교 주변 공사장에서 노후 건설기계 사용으로 인한 매연이 발생되고 있었는데, 친환경 건설기계 사용이 의무조항이 아닌 권고사항으로 노후 건설기계 사용에 대한 규제 근거 마련이 필요함
- 공사장 주변 통학로를 안전하게 확보하기 위한 관리 근거가 없으며 학교 주변 버스정류장 및 통학로가 공사현장에 노출되어 안전관리가 필요함

■ 수원시 학교 주변 대기오염 관리 방안

■ 본 연구에서 도출된 학교 주변 대기오염원 영향권 관리방안은 '①물리적인 오염원 차단 방안, ②모니터링·관리강화 방안, ③관련 법·제도 개선방안' 으로 다음과 같음

관련 정책 제안	
물리적 오염원 차단	도로 미세먼지 안심대기선 설치
	자녀안심그린숲 조성
모니터링·관리강화	교실 내 공기청정기 유지관리 강화
	배출사업장 대기오염 방지시설 지도점검 관리 강화
	안심 통학로 지정 운영(공사장 주변일 경우 임시 통학로 안전관리)
	민간감시단 운영
법·제도 개선	비산먼지 관리 관련 조례 개정
	노후 건설기계 사용 제한(친환경 건설기계 사용 의무화)

주제어: 대기오염원, 학교 주변 대기오염 관리방안, 도로기원 대기오염, 대기오염물질배출사업장, 공사현장 관리

차 례

제1장 서론 ····· 1

제1절 연구의 배경 및 목적 ····· 3
제2절 연구 방법 ····· 4

제2장 이론적 고찰 및 사례 ····· 5

제1절 선행연구 고찰 ····· 7
1. 학교 주변 대기질 및 건강영향 ····· 7
2. 미세먼지 저감 방안 연구 ····· 17
제2절 학교 대기환경 관리 사례 ····· 22
1. 국외 학교 대기환경 관리 사례 ····· 22
2. 국내 학교 대기환경 관리 사례 ····· 30
제3절 취약계층 이용시설 주변 대기오염 관리 관련 주요 법·제도 고찰 ····· 39
1. 관련 법 고찰 ····· 39
2. 관련 조례 고찰 ····· 43
제4절 최신 기술 동향 및 사례 고찰 ····· 47
1. 도로변 광촉매 기술 ····· 47
2. 공기정화섬유제 ····· 48
3. 여과 및 집진 ····· 49
4. 살수 및 미스트 분무 ····· 51
5. 녹화기술 ····· 53
제5절 시사점 ····· 57

제3장 수원시 현황 고찰 ····· 59

제1절 수원시 대기오염도 및 대기오염물질 배출 기여도 현황 ····· 61
1. 수원시 대기오염도 현황 ····· 61
2. 수원시 대기오염물질 배출 기여도 ····· 63
제2절 수원시 미세먼지 관리 관련 계획 고찰 ····· 66
1. 수원시 미세먼지 관리 종합계획 ····· 66

2. 2021년 대기오염 저감 및 관리 주요 사업 ····· 70
3. 수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례 개정 ····· 71

제4장 학교 주변 대기오염 영향권 분석 및 관리방안 ····· 73

제1절 분석방법 및 오염원 분포 현황 ····· 75
1. 학교의 대기오염원 영향권 유형 구분 ····· 75
2. 분석 대상 자료 현황 ····· 75
3. 수원시 오염원 현황 ····· 76
제2절 영향권 분석 및 현장 조사 ····· 80
1. 대기오염배출원과 학교 근접성 분석 배경 ····· 80
2. 현장조사 대상지 선정 ····· 80
3. 현장조사 결과 고찰 ····· 89
제3절 학교 주변 대기오염원 관리방안 ····· 95
1. 도로변 학교 관리방안 ····· 95
2. 학교 주변 대기배출시설 관리방안 ····· 96
3. 학교 주변 공사장 관리방안 ····· 96

제5장 결론 ····· 101

제1절 연구 요약 ····· 103
제2절 정책 제언 ····· 106
제3절 연구의 한계 및 후속 연구 방안 ····· 108

참고문헌 ····· 109

Abstract ····· 111

표 차 례

〈표 2-1〉 학교와 주변 오염원과의 거리에 따른 영향 연구 요약 ····· 8
〈표 2-2〉 학교의 대기질 개선을 위한 권장 사항 ····· 8
〈표 2-3〉 스쿨존 환경노출 실태 파악을 위한 조사지점 및 기간 ····· 13
〈표 2-4〉 공간 유형 및 구성요소와 디자인 적용 기법 유형 매트릭스 ····· 19
〈표 2-5〉 미세먼지 저감 디자인 가이드라인 ····· 19
〈표 2-6〉 학교 미세먼지 저감을 위한 관리방안 제안 ····· 21
〈표 2-7〉 학교 부지 선정 방안 ····· 27
〈표 2-8〉 인천시 자녀안심 그린숲 조성 ····· 34
〈표 2-9〉 미세먼지 등 대기환경 관리 관련 제·개정 법안 주요 내용 ····· 39
〈표 2-10〉 비산(날림)먼지 발생시설 신고 및 미세먼지 발생 억제시설 설치 등 기준 · 41
〈표 2-11〉 디자인 적용 기법 유형화 ····· 53
〈표 3-1〉 수원시 대기오염도 현황 ····· 62
〈표 3-2〉 PM2.5 배출원별 배출비율 ····· 63
〈표 4-1〉 수원시 대기오염배출시설 현황 ····· 76
〈표 4-2〉 4~5종 세부 업종별 현황 ····· 77
〈표 4-3〉 30m 이상 도로에서 200m 범위 내에 위치한 학교 ····· 80
〈표 4-4〉 도로변에 위치한 학교 주변 오염원이 위치한 학교 수 ····· 81
〈표 4-5〉 결과 정리 ····· 82
〈표 4-6〉 대기오염원 유형별 분류 ····· 86
〈표 4-7〉 공사장 인접 학교 ····· 88
〈표 4-8〉 측정 지점 ····· 89
〈표 4-9〉 측정 장비 ····· 89
〈표 4-10〉 측정 세부 시간 계획 ····· 90
〈표 5-1〉 분석 근거 ····· 104
〈표 5-2〉 대기오염원 주변 학교 관리방안 ····· 106

그 림 차 례

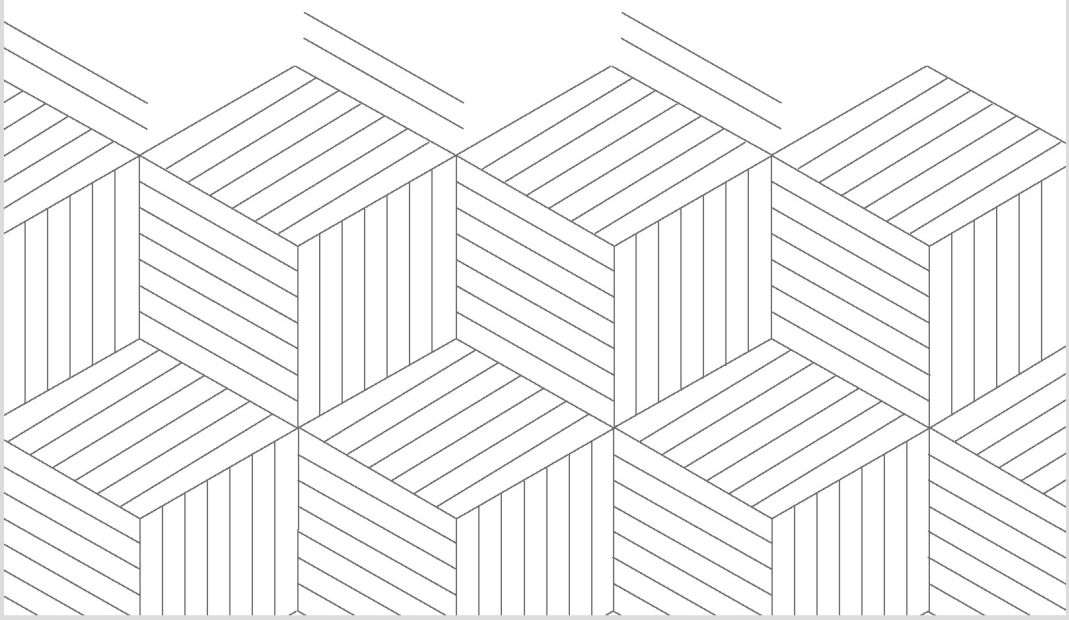
〈그림 2-1〉 Map of Barcelona and the schools by tertiles of annual Black Carbon (BC) concentration average ····· 9
〈그림 2-2〉 Decay of concentrations from major highways into city streets for WO and DT ····· 10
〈그림 2-3〉 대상지 내 미세먼지 현황 ····· 10
〈그림 2-4〉 연구대상 학교의 대기오염 농도 ····· 11
〈그림 2-5〉 학교별 알레르기질환 진단 경험자 ····· 12
〈그림 2-6〉 연구대상 초등학교의 미세먼지 농도 ····· 13
〈그림 2-7〉 초등학교 평균 휘발성유기화합물 농도 ····· 14
〈그림 2-8〉 학교 별 Black carbon 농도 비교 ····· 15
〈그림 2-9〉 미국의 교통사고 예방을 위한 안전한 통학로 지도 샘플 ····· 15
〈그림 2-10〉 학교별 유해환경 환경 노출을 고려한 그린로드 맵 예시 ····· 16
〈그림 2-11〉 기존 환경모니터링 시스템과의 접목을 통한 스쿨존 환경모니터링 개념도 17
〈그림 2-12〉 도시 미세먼지의 변화 요인 및 주요 내용 ····· 17
〈그림 2-13〉 미세먼지 저감 도시 모델 프레임워크 ····· 18
〈그림 2-14〉 가이드라인 예시 ····· 20
〈그림 2-15〉 영국 맑은 길 찾기 앱 ····· 23
〈그림 2-16〉 학생들이 만든 대기오염지도(좌) 및 녹색방지막(우) ····· 26
〈그림 2-17〉 EPA School siting guideline에서 환경적 요인 고려 방안 ····· 27
〈그림 2-18〉 초등학교 운동장에 설치된 미세먼지 알리미 ····· 30
〈그림 2-19〉 통학로 녹화 사례 ····· 32
〈그림 2-20〉 김해시 시원한 통학로 조성 사업 ····· 33
〈그림 2-21〉 의왕 덕성초등학교 ····· 34
〈그림 2-22〉 경기 초록담 조성 예시 ····· 35
〈그림 2-23〉 공기정화 원리 ····· 35
〈그림 2-24〉 벽화형 공기정화재를 사용한 통학로 벽화 조성 ····· 36
〈그림 2-25〉 통학로에 설치된 청정안심공기 공급 장치 ····· 36
〈그림 2-26〉 청정안심공기 공급 장치 원리 ····· 37

〈그림 2-27〉 스쿨존 보행안심 특화거리 ····· 38
〈그림 2-28〉 이천 사동초등학교 주변 공사장 공사차량 통행가능 및 진입불가 표시 ···· 38
〈그림 2-29〉 미세먼지 저감 광촉매 원리(좌)와 광촉매 도로포장 모습(우) ····· 47
〈그림 2-30〉 멕시코 병원 외관 완공 모습 및 모듈 조립 설계도 ····· 48
〈그림 2-31〉 공기정화섬유제의 공기정화원리 ····· 48
〈그림 2-32〉 필터큐브 ····· 49
〈그림 2-33〉 버스정류장 개념도 ····· 50
〈그림 2-34〉 적용사례 ····· 50
〈그림 2-35〉 기술개념도 ····· 51
〈그림 2-36〉 차량 부착형 유전영동 집진 시스템 개념도 ····· 51
〈그림 2-37〉 클린로드 시스템 기법 활용을 통한 미세먼지 저감 ····· 52
〈그림 2-38〉 서울주택도시공사 항동지구 분무형 시설물 ····· 52
〈그림 2-39〉 서울주택도시공사 마곡광장 분무형 장치 ····· 53
〈그림 2-40〉 스마트 모스월 ····· 54
〈그림 2-41〉 스마트 모스월 유닛 구성도 ····· 54
〈그림 2-42〉 독일 공기정화 벤치 ····· 55
〈그림 2-43〉 이끼모듈 패널 ····· 55
〈그림 2-44〉 멕시코시티 Via Verde project ····· 56
〈그림 3-1〉 수원시 연도별 대기오염도 추이 ····· 62
〈그림 3-2〉 VOC, NOx 배출원별 배출비율 ····· 63
〈그림 3-3〉 2016년 배출원 중분류 기준에 따른 PM10, PM2.5 배출비율 ····· 65
〈그림 3-4〉 비전 및 추진전략(안) ····· 66
〈그림 3-5〉 수원시 초등학교 앞에 설치된 미세먼지 신호등 ····· 71
〈그림 4-1〉 수원시 초충고 분포 현황 ····· 76
〈그림 4-2〉 수원시 대기오염물질 배출시설 분포 현황 ····· 78
〈그림 4-3〉 수원시 차고지, 30m 이상 도로 등 분포 현황 ····· 78
〈그림 4-4〉 수원시 개발사업 현황 ····· 79
〈그림 4-5〉 30m이상 도로에서 200m 버퍼 내 위치하는 학교 ····· 81
〈그림 4-6〉 도로변 학교 주변 대기오염원 ····· 82
〈그림 4-7〉 근접성 분석 결과 ····· 85
〈그림 4-8〉 도로 인접 학교 ····· 87

〈그림 4-9〉 대기배출사업장 인접 학교 ····· 88
〈그림 4-10〉 site 1 ····· 90
〈그림 4-11〉 site 2 ····· 91
〈그림 4-12〉 site 3 ····· 91
〈그림 4-13〉 대기오염물질배출사업장 인접 학교 ····· 92
〈그림 4-14〉 학교 주변 자동차정비업소 ····· 92
〈그림 4-15〉 학교 주변 중소규모 공사장 비산먼지 관리 ····· 93
〈그림 4-16〉 공사장 인접 학교 ····· 93
〈그림 4-17〉 공사장 주변 임시 통학로와 임시 버스정류장 ····· 94
〈그림 4-18〉 통학로 비산먼지 관리(방진덮개 설치) ····· 94
〈그림 4-19〉 노후 건설기계 관리 ····· 94
〈그림 4-20〉 관악구 미세먼지 안심대기선 ····· 95
〈그림 4-21〉 인천 중구 자녀안심 그린숲 조성 ····· 96
〈그림 4-22〉 건축물 축조공사 비산먼지 관리사례 ····· 98
〈그림 4-23〉 수원시 비도로오염원 NOx, PM2.5, VOCs 배출 비율 ····· 99

제1장
서론

제1절 연구의 배경 및 목적
제2절 연구 방법



제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

도심 미세먼지 농도는 환경부 기준 및 WHO 기준을 크게 상회하고 있고, 어린이의 두뇌 성장 발달 및 건강에 악영향을 끼친다. 이에 따라 최근 학교 주변 미세먼지 관리 강화를 위해 대기환경보전법이 개정되었으며 2021년 1월부터 시행되었다. 병원, 학교 등 50m 이내 시행되는 공사 및 도장 작업 등에 의한 날림(비산)먼지는 규모와 관계없이 시군구 조례로 비산먼지 및 날림먼지 발생사업장 신고대상으로 포함시킬 수 있도록 하는 등, 학교나 병원과 같은 취약계층 이용시설 주변에 대한 미세먼지 관리를 강화할 수 있도록 개정하였다.

수원시의 미세먼지 주요 배출원은 도로, 건설장비, 건설 현장으로 주민 생활 공간에 근접하고 있고, 6차선 이상 대로(도로이동오염원은 수원시 미세먼지 발생원 1위에 해당)에서 100m 이내 근접한 학교는 전체 학교 중 28%(초등학교 21%, 중고등학교 39%)에 해당되어 관리가 필요하다(강은하, 2019).

취약계층 이용시설 (주로 학교와 같이 정기적으로 취약계층이 일정 시간 이상 생활하는 공간이며 공공적 성격을 띠고 있어 정책 추진이 가능한 곳) 주변의 대기오염(주로 미세먼지) 피해 저감 방안을 마련하기 위한 목적으로, 본 연구에서는 도로오염원 영향권이나 공사장, 또는 대기오염배출시설 등이 인접해 있을 수 있는 시설을 조사하고, 샘플을 선택하여 주변 여건 조사를 바탕으로 한 피해 저감 대책을 제안하고자 한다.

제2절 연구 방법

■ 연구 범위

○ 수원시 관내 초·중·고등학교 등 취약계층 이용시설 대상 대기오염 (도로오염원, 공사현장 등) 영향권 분석

○ 샘플 대상지에 대한 현장 조사

○ 피해 저감 대책 제안

■ 연구 방법

○ 문헌 조사 및 고찰

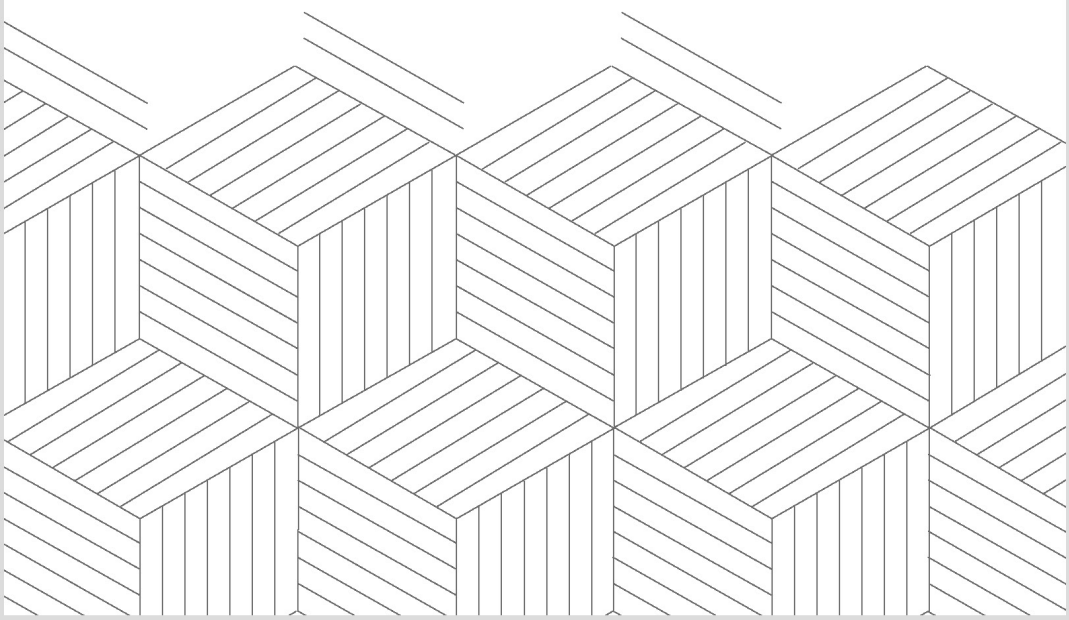
- 수원시 관내 초·중·고등학교 대상 대로변 인접, 공사 현장 인접 유무 등 자료 조사
- 관련 법제도
- 도입 가능한 최신 기술 동향 고찰

○ 현장 조사

- 샘플 대상학교 주변 지역에 대한 현장 조사를 통해 실태 파악

제2장
이론적 고찰 및 사례

제1절 선행연구 고찰
제2절 학교 대기환경 관리 사례
제3절 취약계층 이용시설 주변 대기오염 관리 관련 주요 법·제도 고찰
제4절 최신 기술 동향 및 사례 고찰
제5절 시사점



제2장 이론적 고찰 및 사례

제1절 선행연구 고찰

1. 학교 주변 대기질 및 건강영향

학교와 주변 오염원과의 거리에 따른 영향 연구는 다음 표 2-1로 요약할 수 있다. 도로와 공업단지 인접 학교에서의 대기오염물질 농도가 정온 지역이나 주거지역 인접 학교보다 더 높게 나타났다. 교통 밀집 지역, 공단 인접 지역 등으로 구분하여 측정한 민재홍(2021)과 국립환경과학원(2011) 연구에서는 유형 구분을 위해 학교 반경 300m 이내 대상 오염시설을 조사하였다. 교통 밀집 지역의 경우 자동차전용도로가 학교 주 출입구와 접해 있는 곳, 공단 인접 지역의 경우 공장단지 경계에 학교가 접해 있는 곳 등을 유형으로 선택하였다. 따라서 도로 및 공단 오염원의 직접적인 영향을 받는 학교를 해당 유형 대상지로 선택하였기에 대상지별 차이가 분명하게 나타날 수 있었을 것이다.

Apte et al. (2017)은 오염원으로부터 직선거리가 얼마나 떨어지는가에 따라 오염물질의 확산 정도를 모니터링한 것으로, 동일한 오염원이라 할지라도 상대적인 거리에 따라 영향 정도가 기하급수적으로(exponentially) 감소한다는 것을 시사하였다.

〈표 2-1〉 학교와 주변 오염원과의 거리에 따른 영향 연구 요약

개요	주요 내용	연구 방법	출처
고속도로에서의 근접 도에 따른 미세먼지 농도 확산	고속도로에서부터 200m 이내 BC 급격히 확산 1km 이내 NO 급격히 확산	스트리트 뷰 자동차 사용 대기오염물질 농도 센서 모니터링 및 매핑	Apte et al. (2017)
신도시 도로 인접 미세먼지 농도 측정	PM10과 PM2.5 농도가 대로 및 교차로 인근에서 그렇지 않은 도로변보다 10% 이상 더 높게 관찰	도로의 물리적 형태에 따라 세분화하여 대상지를 선정한 후 대상지 인근의 대로 중심으로 미세먼지 농도 측정	토지주택연구원 (2018)
교통 밀집 지역 및 정온 지역 등 스쿨존에서의 대기오염물질 농도 측정	교통 밀집 지역 학교의 PM10, NO2 농도가 높았음	4개 스쿨존에서 PM10, PM2.5 측정. 스쿨존 구성은 반경 300m 이내 오염원 유무로 선택하여 정온 지역, 소규모 공장 밀집 지역, 교통 밀집 지역, 공단 지역 4개로 구분.	민재홍(2012)
교통 밀집, 환경오염 우려 있는 학교 등 스쿨존 구분에 따른 미세먼지, VOCs, BC 측정	환경오염 우려 시설 복합, 자동차 전용도로 인접의 PM2.5 농도가 높았음 VOCs와 BC는 환경오염 우려 시설 복합, 공업단지, 공단 연결도로 인근의 농도가 높았음	7개 학교 3개 측정지점(출입구, 통학로, 오염원 인접)에서 PM2.5, VOCs, BC 측정. 스쿨존 유형은 학교 건물 중심에서 반경 300m 이내 오염원 유무 조사	국립환경과학원(2011)

선행연구의 세부 내용은 다음과 같다.

1) 도시환경에서 통학로 대기질

미세먼지는 호흡기 및 심혈관 건강뿐만 아니라 어린이 두뇌 발달에 악영향을 주며, 상대적으로 높은 호흡량과 잦은 신체활동으로 어린이의 미세먼지 노출량은 어른보다 더 높다.

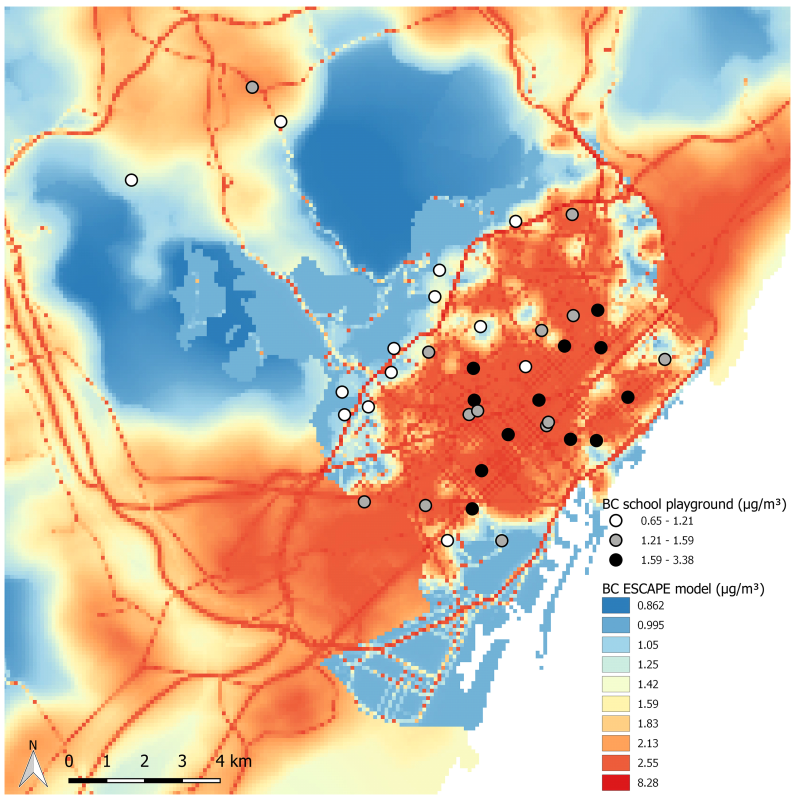
스페인 바르셀로나 도로변을 주 미세먼지 오염원으로 보고 학교와 도로변 인접도 모델링 결과와 학교 내 미세먼지 측정 결과를 비교한 결과, 도로 밀집도가 높은 지역 학교 미세먼지 농도가 높았다.

〈표 2-2〉 학교의 대기질 개선을 위한 권장 사항

정책	대상물질	적용 기관
학교 주변 승용차 이용 자제	자동차기원 미세먼지	학교 관리인, 교사, 학생, 학부모
친환경세제 사용 학교 및 주변 청소	VOCs, 초미세먼지, 흙먼지	학교 관리인
학교 주변 자동차 통행량 저감 및 녹지 조성	자동차기원 미세먼지	학교 관리인, 도시계획 및 교통 계획가

자료: Rivas et al. (2018). How to protect school children from the neurodevelopmental harms or air pollution by interventions in the school environment in the urban context, Environment International Volume 121, Part 1, December 2018, Pages 199-206

〈그림 2-1〉 Map of Barcelona and the schools by tertiles of annual Black Carbon (BC) concentration average



자료: Rivas et al. (2018). How to protect school children from the neurodevelopmental harms or air pollution by interventions in the school environment in the urban context, Environment International Volume 121, Part 1, December 2018, Pages 199-206

2) 도로변 대기오염

Apte et al.,(2017)의 연구에서는 주요 배출원(고속도로)에서 1km 이내에서 BC(Black Carbon; 자동차 직접 배출 미세먼지)와 NO(자동차 1차 배출 미세먼지 및 대기오염물질) 농도가 급격하게 변했다. 특히 BC는 200m 내에서 급격히 확산되었다. 거리에 따른 농도 감소가 분명히 드러난 이유는 1, 2차 복합 원인 산물인 PM10이나 PM2.5를 사용하지 않고 자동차에서 직접 배출되는 성분인 BC를 측정하였기 때문이다.

BC를 미세먼지 지시자(indicator)로, NOx는 가스상 대기오염물질 지시자로 가정한다면, 수원시 관내 배출원과 학교까지의 거리에 적용하여 확산 영향권 분석을 할 수 있을 것으로 예상된다. 특히 하단의 그림 2의 왼쪽 그래프의 경험식은 거리에 따른 가스상 및 입자상 대기오염물질의 확산 정도를 계산하는 데 사용될 수 있을 것이다.

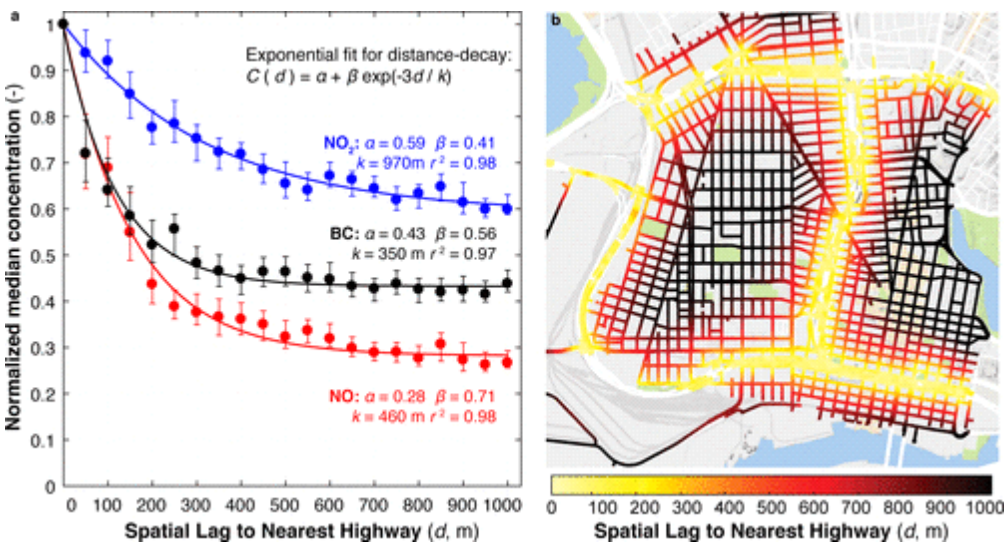
$C(d) = \alpha + \beta \exp(-3d/k)$

for NO: α = 0.28, β = 0.71, k = 460m, r^2 = 0.98

for BC: α = 0.43, β = 0.56, k = 350m, r^2 = 0.97

단 d=고속도로에서부터 대상지까지의 거리 (단위: 미터)

〈그림 2-2〉 Decay of concentrations from major highways into city streets for WO and DT



자료: Apte et al. (2017), High-Resolution Air Pollution Mapping with Google Street View Cars: Exploiting Big Data

토지주택연구원(2018)의 연구에서는 한 신도시를 대상으로 미세먼지(PM10, PM2.5) 농도를 측정하였다. 그 결과 도로에 인접할수록 미세먼지 농도가 높게 나타났으며 특히 대로 및 교차로 인근에서 높게 나타났다.

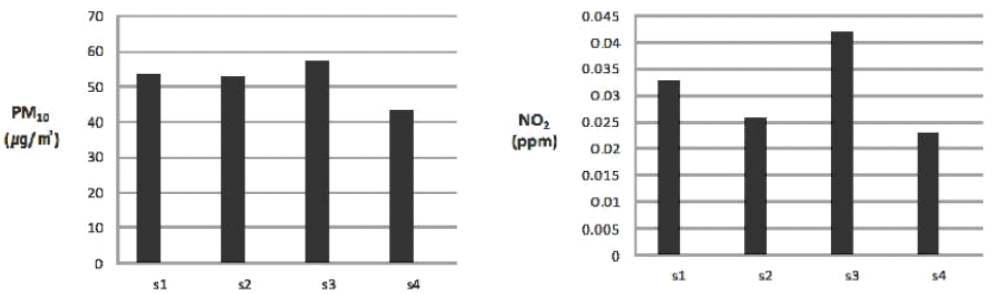
〈그림 2-3〉 대상지 내 미세먼지 현황

자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

3) 학교 주변 대기오염이 건강에 미치는 영향

민재홍(2012)은 건강민감계층인 어린이와 학생의 주요 활동공간인 스쿨존에서의 학생들이 받는 영향력과 대기오염의 농도와의 상관성에 대해 유추하였다. 연구대상 4곳의 초등학교를 선정하여 대기오염도를 측정한 결과는 다음과 같다. 교통밀집지역에 있는 학교에서 PM10, NO2 농도가 높게 나타났다.

〈그림 2-4〉 연구대상 학교의 대기오염 농도

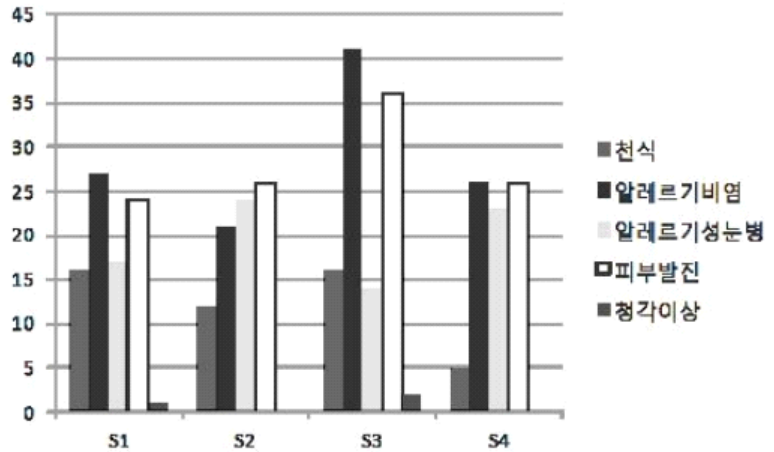


S1: 정온지역
S2: 소규모 공장 밀집지역
S3: 교통밀집지역
S4: 공단지역 인근
자료: 민재홍. (2012). 스쿨존 주변의 소음 및 대기오염이 주의집중력 및 알레르기질환에 미치는 영향, 연세대학교 보건대학원

5개 항목의 알레르기질환 조사에서의 설문조사 결과 정온한 지역에 위치한 S1 학교에 비하여 교통 밀집 지역인 S3 학교에서 알레르기비염과 피부발진의 진단 여부에서 1.5배 이상의 두드러진 응답자 수를 보였다(민재홍, 2012). 알레르기성 눈병 진단 여부의 경우에는 정온지역에 위치한 S1 학교에 비하여 소규모공장 밀집 지역인 S2 학교와 공단지역 인근 S4 학교에서 1.4배가량 높은 빈도를 나타내었다(민재홍, 2012). 이는 학교 주변의 차량 통행량, 공장 입지와 알레르기질환은 어느 정도의 발병 연관성이 있다는 것을 나타내고 있다(민재홍, 2012).

하지만 S1 정온 지역 학교에서 오히려 천식 환자가 공단이나 공장 밀집 지역보다 높게 나타났으며, 피부발진의 경우 교통 밀집 지역인 S3 학교를 제외하고는 모두 유사한 경향을 보였기 때문에 미세먼지나 대기오염물질이 알레르기질환의 직접적인 원인이 되었다는 결론에 도달하기에는 미흡한 것으로 사료 된다. 하지만, 연구 결과에서 보이는 바와 같이 교통 밀집 지역의 알레르기비염과 피부발진이 다른 3곳보다 특히 높다는 것은 시사하는 바가 있다.

〈그림 2-5〉 학교별 알레르기질환 진단 경험자



자료: 민재홍. (2012). 스쿨존 주변의 소음 및 대기오염이 주의집중력 및 알레르기질환에 미치는 영향, 연세대학교 보건대학원

4) 스쿨존 환경오염 실태조사 및 관리방안 연구

국립환경과학원(2011)의 연구에서는 스쿨존에서 대기오염물질과 소음 등 환경 노출 요인을 파악하고 어린이의 건강 보호를 위한 환경기준의 신규 설정 또는 재설정의 필요성 등을 검토하기 위한 자료를 수집하였다.

연구대상 7개 초등학교의 미세먼지 농도를 측정[1]한 결과 학교 앞 버스전용차로가 운행되는 학교의 주 통학로에서 PM2.5가 상대적으로 높게 측정되었으며, 주 출입구에서 측정한 PM2.5의 농도는 학교 근처에 환경오염 우려 시설이 복합적으로 위치하는 학교에서 가장 높게 나타났다.

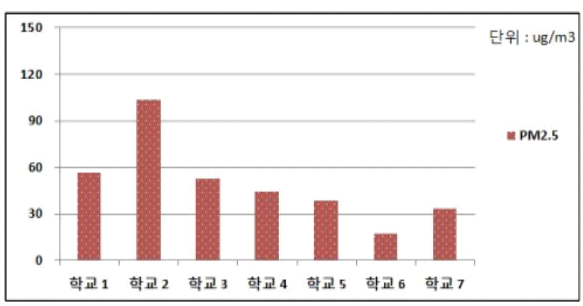
1) 2011년 6월 8일~2011년 10월 04일 까지 7개 학교 스쿨존 20지점에서 각 지점별로 12시간(07:30~19:30)에 걸쳐 조사(12시간 평균농도)

〈표 2-3〉 스쿨존 환경노출 실태 파악을 위한 조사지점 및 기간

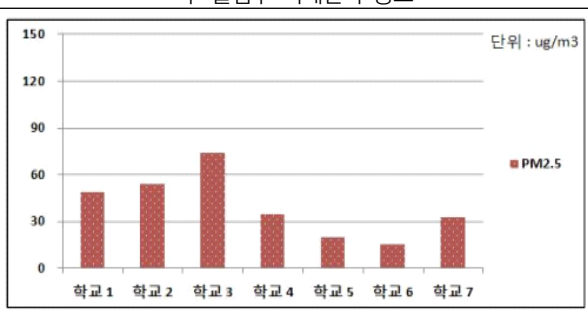
스쿨존 구분	조사 지점	조사일자
환경오염 우려시설이 없는 학교	주 출입구	2011년 6월 14일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 6월 15일(7:30~19:30)
환경오염 우려시설이 복합적인 학교	주 출입구	2011년 10월 4일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 10월 5일(7:30~19:30
	기타(오염시설 인근)	2011년 10월 6일(7:30~19:30)
학교 앞 버스 전용차로 운영 학교	주 출입구	2011년 6월 8일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 6월 10일(7:30~19:30)
	기타(버스 전용차로 인근)	2011년 6월 9일(7:30~19:30)
교통밀집 지역 (자동차 전용도로) 인근 학교	주 출입구	2011년 6월 21일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 7월 6일(7:30~19:30)
	기타(교통 정체지역)	2011년 7월 5일(7:30~19:30)
교통밀집 지역(고속도로) 인근 학교	주 출입구	2011년 9월 5일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 9월 7일(7:30~19:30)
	기타(고속도로 인근)	2011년 9월 6일(7:30~19:30)
공업단지 인근 학교	주 출입구	2011년 9월 21일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 9월 22일(7:30~19:30)
	기타(공업단지 인근)	2011년 9월 20일(7:30~19:30)
공업단지 내 주거지역 구분 학교	주 출입구	2011년 9월 27일(7:30~19:30)
	주 통학로	2011년 9월 29일(7:30~19:30)
	기타(도로 인근)	2011년 9월 28일(7:30~19:30)

자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

〈그림 2-6〉 연구대상 초등학교의 미세먼지 농도



주 출입구 미세먼지 농도



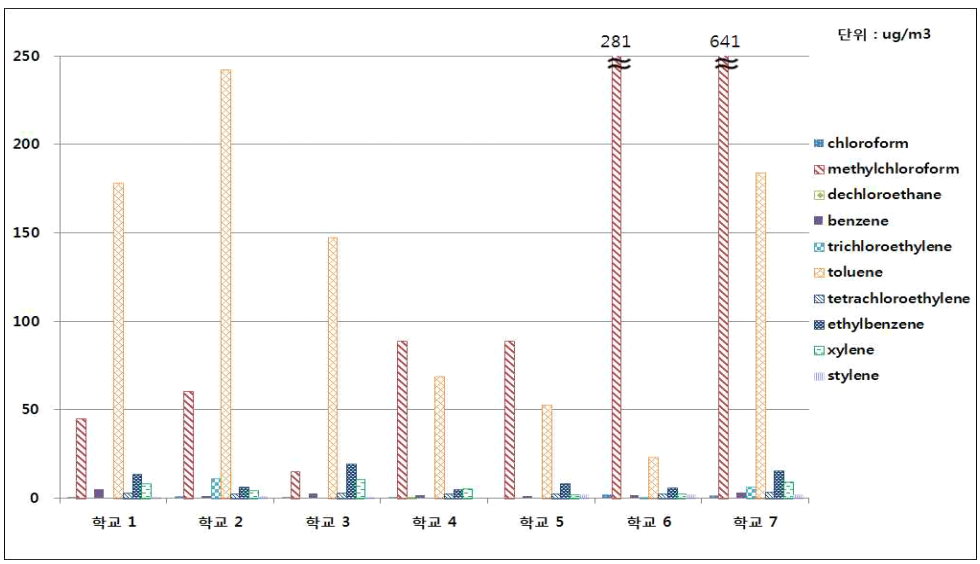
주 통학로 미세먼지 농도

- 학교1 : 환경오염 우려 시설이 없음
- 학교2 : 환경오염 우려 시설이 복합적임
- 학교3 : 학교 앞 버스전용차로 운영
- 학교4 : 교통 밀집 지역(자동차 전용도로) 인근
- 학교5 : 교통 밀집 지역(고속도로) 인근
- 학교6 : 공업단지 인근
- 학교7 : 공업단지 내 주거지역 구분

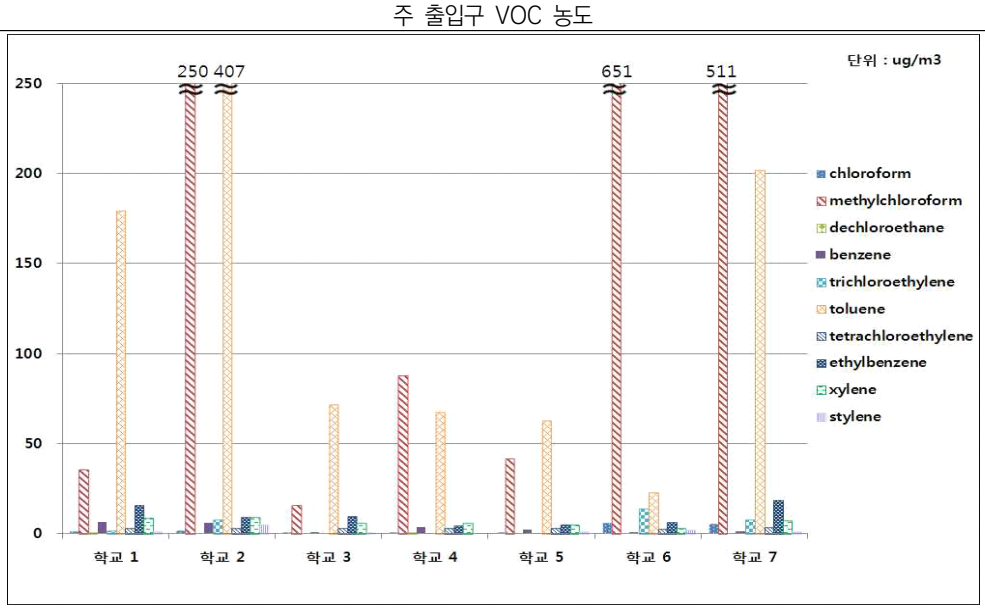
자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

조사 대상 초등학교 7곳에서의 3개 측정지점에서 오전과 오후로 구분하여 대기 중에 있는 총 10종의 휘발성유기화합물류를 측정한 결과 휘발성유기화합물(VOC) 농도는 환경오염 우려 시설이 복합적인 학교와 공업단지 인근 학교, 공업단지 내 주거지역 구분 학교에서 상대적으로 높게 나타났다.

〈그림 2-7〉 초등학교 평균 휘발성유기화합물 농도



주 출입구 VOC 농도



통학로 VOC농도

자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

Black carbon(블랙카본)의 경우 오전 7시 30분부터 오후 7시 30분까지 12시간 동안 측정하였다. 각 학교별 Black carbon 농도의 평균값을 비교하였을 때, 공업단지 내 주거지역 구분 학교의 공단 연결도로 인근 지점에서 가장 높게 측정되었다(국립환경과학원, 2011).

〈그림 2-8〉 학교 별 Black carbon 농도 비교

자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

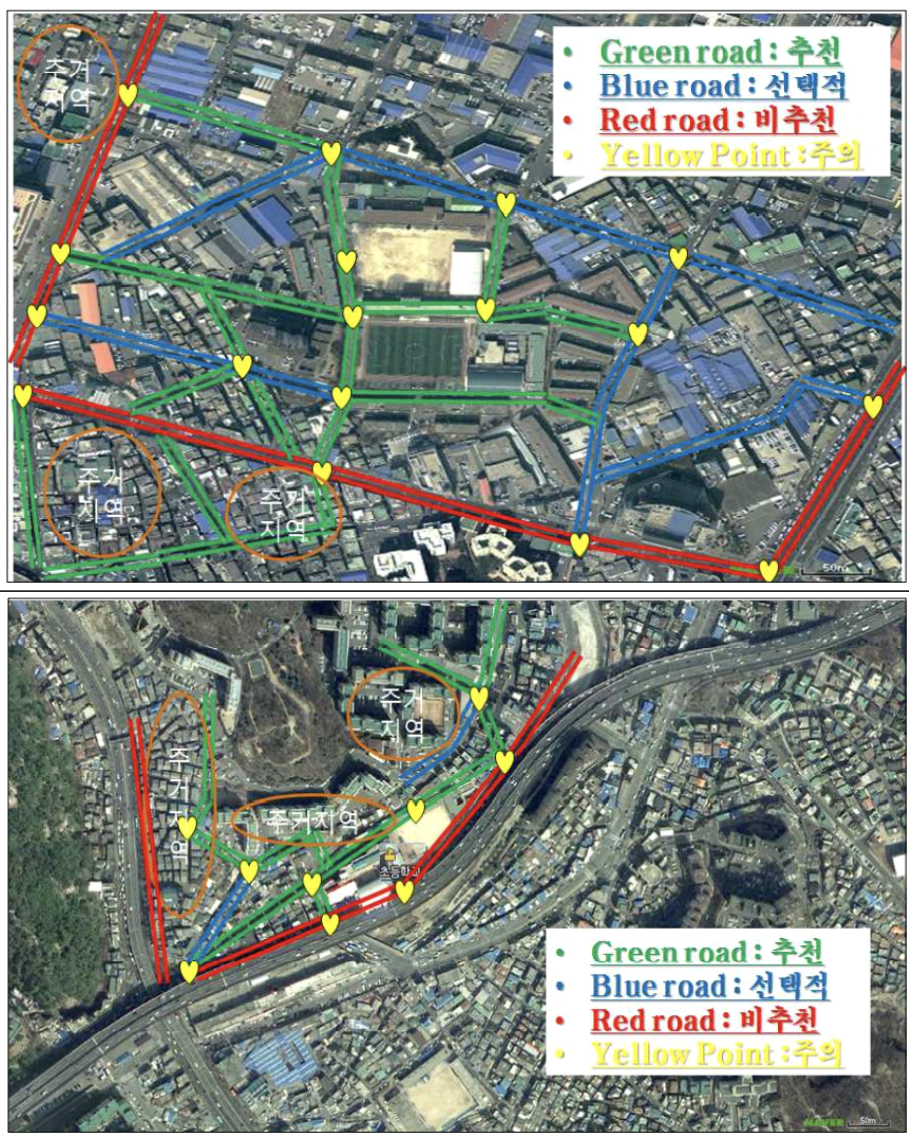
스쿨존 관리방안으로 학교별 그린로드(Green Road) 맵(Map) 제작과 게시 및 홍보를 제안하였다. 미국에서도 학교 앞 300m이내의 범위뿐만 아니라 집에서부터 학교까지의 '안전한 통학로 지도'를 만들어 확대·운영하는 사례를 들었다(국립환경과학원, 2011).

〈그림 2-9〉 미국의 교통사고 예방을 위한 안전한 통학로 지도 샘플

자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

학교 주변 출근 시간 등을 고려한 차량 오염원과 주유소, 상업 활동, 공장 등으로 인한 근거리 오염원 등을 고려하여 등교 및 하교 시의 학생들의 환경적으로 안전한 통학로 맵 구축이 필요하다고 하였으며 학교 관계자 및 학부모를 중심으로 한 위원회를 구성, 기존 주요 통학로를 파악하고 환경 및 안전을 고려한 통학로의 제안 및 전문가 검토가 필요함을 제안하였다(국립환경과학원, 2011).

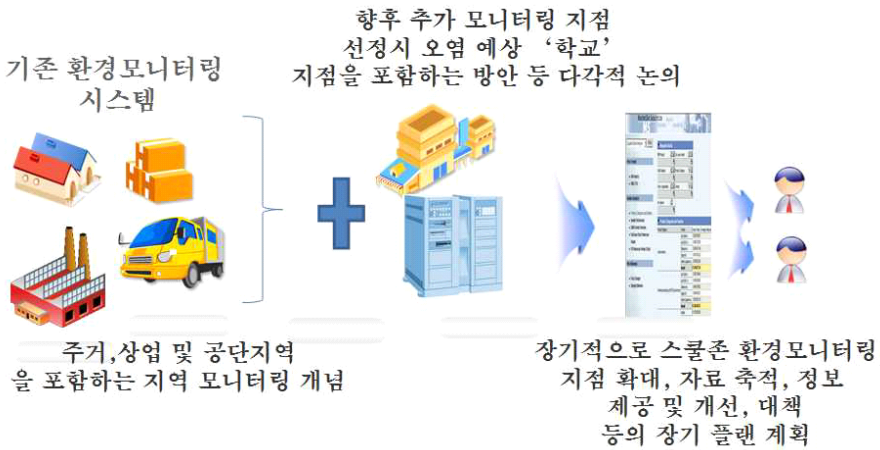
〈그림 2-10〉 학교별 유해환경 환경 노출을 고려한 그린로드 맵 예시



자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

또한 장기적으로 스쿨존 환경오염 모니터링 망 구축이 필요하다고 제안하였다.

〈그림 2-11〉 기존 환경모니터링 시스템과의 접목을 통한 스쿨존 환경모니터링 개념도



자료: 국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구

2. 미세먼지 저감 방안 연구

1) 미세먼지 저감 도시 조성기법 연구

도시 내 미세먼지는 다양한 상황과 특성에 따라 활동 범위, 영향 등이 매우 상이하며, 도시 내에서 미세먼지 배출농도 또한 동일한 공간에서도 도시공간구조, 디자인, 기후, 바람, 온도, 도시의 기능 등 다양한 특성에 따라 변화한다(토지주택연구원, 2018).

〈그림 2-12〉 도시 미세먼지의 변화 요인 및 주요 내용

- 입지적 요소 : 도시유형(공간구조), 기능, 도로
- 디자인적 요소 : 도로협곡, 터널, 녹지, 바닥재료
- 식물적 요소 : 식물형태, 낙엽기 및 잎 면적 등

- 날씨 패턴, 바람
- 안정성(공기의 수직운동)
- 난류, 침적, 지형
- 굴뚝 높이와 가스 온도

- 건축물 형태, 밀도 등 공간적 요소
- 도시 공간유형에서 비롯되는
  도시 열섬화 → 온도변화 → 대기변화
- 도시 바람길(신선한 공기 통로)을 통한 유입
- 차량 통행량, 도로구조 및 형태

자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

토지주택연구원(2018)의 연구에서는 미세먼지 저감 도시 모델 프레임워크 중 저감 측면의 생태적 방안에 중점을 두어 미세먼지 저감 디자인 가이드라인을 작성하였다. 생태적 적용기법을 자생형과 시스템 설치형, 시설물 설치형으로 총 3가지로 유형화하였다, 적용 가능한 공간 유형은 자동차 도로와 보행자도로, 블록으로 도시 내 공간을 단면적으로 해석하여 유형화하였다.

〈그림 2-13〉 미세먼지 저감 도시 모델 프레임워크

자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

〈표 2-4〉 공간 유형 및 구성요소와 디자인 적용 기법 유형 매트릭스

공간유형 분류			자생형				시스템설치형		시설물 설치형	
대분류	중분류	소분류	지붕	벽면	기둥	바닥	벽면	기둥	지붕	바닥
차도	도로관련 시설	안전지대				○				○
		노상정차대				○				
		중앙분리대		○			○			
	기타시설	지하도로/터널					○			
		고가도로			○			○		
		중앙차로 버스정류장	○	○			○		○	
보도	보행관련 시설	소광장				○				○
		교통섬				○				○
		보행육교		○	○		○	○		
		지하보도					○			
	기타시설	버스정류장	○	○			○		○	
		방음벽		○			○			
		보차분리펜스		○			○			
		노점/배전함	○	○			○			
블록	건축물시설	건축물	○	○	○		○	○	○	
	기타시설	지하주차장	○	○			○			
		지상주차장		○		○	○			○
		아파트출입구	○	○	○		○	○		
		광장			○	○	○			
		보행로				○	○			
		펜스		○			○			

자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

이상에서 도출된 디자인 적용을 위한 공간 영역과 적용 기법의 유형화를 종합하여 도출한 매트릭스는 다음 표와 같으며 이를 기반으로 13개의 디자인 가이드라인을 제안하였다.

〈표 2-5〉 미세먼지 저감 디자인 가이드라인

저감 기법 유형	가이드라인
자생형 (Natural Growth)	[N-1] 전면형 지붕 자생녹화
	[N-2] 전면형 벽면 자생녹화
	[N-3] 전면형 기둥 자생녹화
	[N-4] 전면형 바닥 자생녹화
	[N-5] 블록형 벽면 자생녹화
	[N-6] 블록형 바닥 자생녹화
	[N-7] 다층식 바닥 자생녹화
시스템 설치형 (System Installation)	[S-1] 부착형 패널 시스템 녹화
	[S-2] 일체형 패널 시스템 녹화
	[S-3] 와이어 시스템 녹화
	[S-4] 선반 시스템 녹화
	[S-5] 개폐식 선반 시스템 녹화
시설물 설치형 (Furniture Installation)	[F-1] 이동식 시설물 설치

자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

〈그림 2-14〉 가이드라인 예시

기 법 명	연계기법
[N-1] 전면형 지붕 자생녹화	[N-2], [N-5], [S-1], [S-2], [S-3], [S-5]

상세 설명

- 토양과 식생의 무게를 버틸 수 있는 구조물의 지붕에 식생 배치
- 식생과 토양의 무게를 버틸 수 있는 구조에 적용
- 공간유형에 다라 필요시 배수설비 설치

적용 효과

- 흡착흡수 활동을 통해 타 지역으로의 미세먼지 저감 및 확산저지 효과
- 도시대기 대상 미세먼지 저감 효과
- 건물의 냉난방 및 에너지 절감 효과

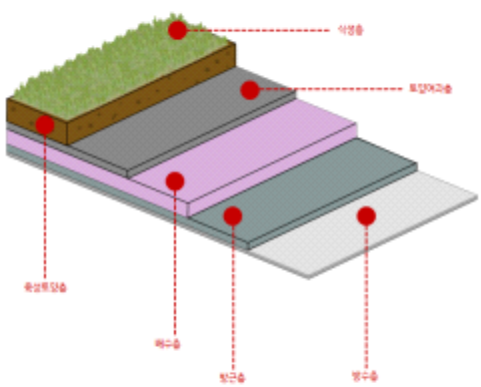
적용 가능 범위 및 대상	도로 ○	보행로 ◉	블록 ◉

- 버스정류장, 노점, 배전함 등 구조물 지붕
- 건축물 옥상 및 지붕

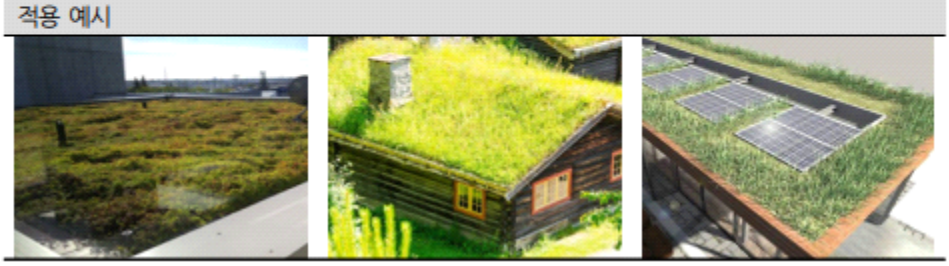
적용권장 식생

- 세덤류(기린초 등), 아이비, 하수형(알제리아 아이비, 콘페르타 향나무)

적용 기법



적용 예시



자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

2) 국내 학교 미세먼지 관리방안 연구

서울특별시교육청(2018)의 연구에서 학교 미세먼지 저감방안을 다음과 같이 제안하였다.

〈표 2-6〉 학교 미세먼지 저감을 위한 관리방안 제안

1단계 현 수준 관리	≫	2단계 강화된 학교 교실 내 기준	≫	3단계 WHO AQG 수준
• 외기에 따른 교실내 미세먼지 농도 현황 파악 • 저감 방안의 예산 및 정책에 따른 우선 순위 선정		• 우선 순위에 따른 제안된 저감 방안 적용 • 저감 방안 적용에 따른 효과 분석		• 환기설비 및 학교 영향평가, 입지선정 고려된 신축학교 • 교육 및 실내 적용 방안 등 종합적인 저감 방안 적용

전략	저감 방안
학교 주변 환경영향 평가	도로 주변 및 공사장, 오염물질 배출 시설에서 약 800m 내의 학교는 환경 평가를 실시하여 평가 결과에 따른 저감 방안을 고려하도록 한다.
학교 건물 구성	신규 및 기존에 설립된 학교일 경우에도 내부적으로 교직원의 차량 주차장 등은 되도록 교실과 먼 거리에 위치하도록 한다.
도로 영향	도로 주변의 학교는 차량으로 인한 영향을 최소화하기 위해 방음벽, 식물 가림막 등을 통해 학교 내 유입을 방지하도록 한다.
스쿨존	스쿨존의 경우, 교통안전뿐만 아니라 환경적 요인을 고려하여, 등하교 시간의 차량통행 제한, 학생 출입구와 차량 출입구의 분리, 공회전 금지 등의 대책을 마련하도록 한다.
환기 및 대응방안	우리나라의 경우, 황사 등 대기 중 미세먼지의 농도가 높을 경우에는 되도록 환기는 하지 않으며, 이산화탄소 측정기를 통해 환기의 필요가 있을 때는 앞·뒤 창문을 열어 1분 내의 최단기간 동안 환기를 하도록 한다. 또한, 미세먼지 나쁨 이상일 경우에는 야외활동을 자제하도록 한다.

자료: 서울특별시교육청. (2018). 학교 미세먼지 관리목표 및 저감방안 마련을 위한 연구

제2절 학교 대기환경 관리 사례

1. 국외 학교 대기환경 관리 사례

1) 영국의 학교 대기환경 관리[2)3)]

영국은 2017년부터 공기오염도가 높은 대도시에 위치한 학교의 대기질을 개선하기 위한 계획을 발표하였다. 특히, 대기오염 문제가 가장 심각한 런던을 중심으로 한 대기질 개선 조치가 활발하게 진행되고 있다.

지역적 차원에서도 지역의 학교와 협업하면서 학교 근처의 교통량을 줄이기 위한 노력을 진행하고 있으며, 대중교통 혹은 자전거를 이용하거나 도보를 통한 등하교를 장려하고 이를 위한 안전한 통학 경로를 확보하려는 노력을 지속하고 있다(강호원, 2018).

■ 학교 대기질 감시 프로그램(School air quality audit programme)

대기오염이 심한 지역에 위치한 400개의 초등학교 중 50교를 선정하여 학교 대기질 개선을 위해 투자하고 이후 대기질 개선 모니터링 결과를 런던시 홈페이지에 게재하고 있다.

또한 학교 내 공기청정기나 공기청정장치 필터 비용도 지원대상에 포함되어 있다.

GIS로 대상학교 주변의 대기오염 정도를 확인하며 실사를 통해 오염물질을 추적하고 이를 각각의 학교별 상황에 알맞은 대기질 개선 정책을 수립하는데 이용하고 있다. 이를 통해 학교 주변에서 공회전을 하지 못하도록 하거나 높은 오염물질을 배출하는 차들이 통행하지 못하도록 하는 정책 등을 시행하고 있다.

선정된 50교에 대기오염 정도를 보여주는 장치를 설치하여 학생들에게 대기오염의 심각성을 직접 보여주고 있다. 또한 50교의 교직원을 모아 정기적으로 협의회를 열고 이를 통해 정책에 대한 의견을 교류한다.

■ 건강한 런던의 거리(Healthy Streets for London)

런던 교통국과 협력하여 추진되는 정책으로 걷기, 자전거 타기, 대중교통 이용하기를 통해 대기질을 개선하고 교통혼잡을 줄이며 나아가 런던이 더욱 건강하고 환경친화적인 도시로 변화하기 위한 정책이다.

■ STARS(Sustainable Travel: Active, responsible, safe)

런던 교통국과 학교가 협력하여 추진되는 정책으로 '건강한 런던의 거리'정책 중 하나로 학생들이 걷기, 자전거 타기, 스쿠터 타기 등을 통한 등하교 장려 정책이다. 자동차로 등·하교하는 학생의 비율을 6%이상 감축한 학교에 금, 은, 동 표창장을 수여하고, 해당 학교에 지

2) 강호원, (2018), 영국의 환경오염에 따른 학교 환경 관리 현황, 메일진 해외교육동향 324호 기획기사
3) 전라북도교육청, (2019). 2019년 전라북도교육청 국외연수 결과보고

원금을 추가로 교부한다.

학교 대기질 감사 프로그램과 결합되어 큰 시너지 효과를 나타낸 정책으로 평가되고 있다.

■ 런던 대기질 지도(London air quailty map)

버스정류장이나 역에 설치된 대기질 모니터링 장치를 통해 수집된 지역의 대기질 상황을 홈페이지를 통해 공개한다. 여기서 수집된 정보를 미리 등록되어 있는 학교 직원들에게 실시간으로 전송한다.

■ 맑은 길 찾기(Clean Air Route Finder)

경로를 입력하면 대기오염 정도가 낮은 길로 걸을 수 있도록 안내하는 앱으로 학부모들와 학생들이 이 앱을 사용하여 등·하교시 활용할 수 있도록 교육하고 있다.

〈그림 2-15〉 영국 맑은 길 찾기 앱

자료: Clean Air Route Finder(https://www.london.gov.uk)

■ 자동차 없는 날(Car Free day)

일 년에 4회, 하루 동안 런던 시내 주요 도로를 차량들이 다닐 수 없게 통제한다(자전거는 통행 가능). 차량 통행이 통제되는 거리에서 여러 가지 행사를 개최한다.

■ 학교 주변 대기오염물질 배출 관리

감시카메라를 활용하여 지역 주민 외 등하교 시간대 학교 주변 차량 통행을 금지하고, 공사장 기계에서 발생하는 대기오염물질을 규제하며, 도로의 대기오염물질이 학교 안으로 들어오지 못하도록 하는 녹색 방지막을 설치하고 있다.

대기오염물질을 많이 배출하는 차를 런던 시내(Zone1)에 통행을 금지시키고 시내 진입시 벌금을 부과하는 정책을 시행하고 있다. 런던 시내(Zone 1~2, 런던 중심부를 중심으로 하여 런던 시내를 1~9까지 나누며, 런던 중심부는 Zone1)에 진입하는 차에 교통혼잡세(Conjestion tax)를 부과한다.

등하교시 걷기, 자전거 타기, 스쿠터 이용을 활성화하기 위한 학부모 교육을 실시하고 있으며 학교와 협업하여 '반공회전의 날'(Anti-idling day) 행사 등을 운영하고 있다.

■ 학교 내 미세먼지 등 대기오염물질 발생 차단을 위한 정책

학교 내 오래된 보일러를 교체하고, 교내 건축물을 에너지 효율적인 건물로 건축한다.

원예교육을 통해 대기질을 개선하기 위한 식물을 식재하고 이를 이용하여 환경교육을 실시한다.

■ 대기질 펀드 구축(Mayor's Air Quality Fund)

런던 시내 대기질 개선 정책 추진을 위해 '대기질 펀드(Mayor's Air Quaility Fund)'를 구축하여 예산을 확보하고 있다.

2) 캠든 자치구

■ 건강한 학교의 거리(Healthy School Streets)

등·하교 시간에 차량 통행을 통제하고(현재 3교만 실시하고 있음), 학부모들이 학생들을 학교까지 차로 데려다 줄 수 없도록 하고 있다.

St. joseph's Catholic primary school의 경우 학교 주변의 차량을 전면적으로 통제하고, Acland Burghley secondary school, Gospel Oak primary school은 단속카메라를 이용하여 단속하고 있다. 또한 움직이는 볼라드를 이용하여 차량을 통제하는데, 자동설비가 아니라 차량통행 통제 시간이 되면 수동으로 밖으로 빼서 설치하는 방식이다(통제 시간이 아닐 때는 접혀있음).

학생들이 걷기, 자전거 타기, 스쿠터 타기로 등·하교하도록 장려하고, 전체 학교를 대상으로 차량 통행을 통제하는 정책을 실시하려고 시도 중에 있다(1교당 협의 과정이 거의 1년 정도 소요됨).

■ Play Streets

한 달에 한 번 몇 시간 가량 차량을 통제한 거리에서 어린이들이 안전하게 뛰어놀 수 있도록 하고 현재 8개 도로를 막고 시행하고 있다. car free day와 비슷한 행사라고 할 수 있다.

■ cargo bike

캠든 자치구에서 시행하는 초창기 프로젝트로 배달 관련 업체들에게 1달간 무료로 이용할 수 있도록 홍보하고, 그 이후로 구매할 수 있게 구청에서 지원해주는 사업이다. 현재 6월에 지원받았고 3년 동안 지원해주는 사업으로 6개월 이후로 지원업체와 컨설팅을 할 예정이다.

3) 프라이어 웨스턴 초등학교

■ 학교 대기질 개선 프로젝트로 수행된 사업

노후된 학교 보일러를 교체하고, 학교 건물을 에너지 효율적으로 건축하였으며, 학교 밖의 오염물질을 걸러내기 위한 녹색방지막을 설치하였다. 건물 지붕에는 식물(Mother's tongue, 산세베리아와 비슷한 식물)을 식재하여 단열과 공기정화효과를 동시에 얻고자 하였다. 또한 학교 근처 자동차 통행량이 많은 시장 부근 도로를 11:30~16:00까지 차량 통행을 차단하고 있다. 그 밖으로 학교 정문을 대로변에서 공원 쪽으로 옮기는 등 학교 밖에서 오염물질이 유입되는 것을 차단하고자 하는 노력을 하고 있다.

■ 녹색방지막 설치

주변 도로와 공사현장에서 배출되는 미세먼지 등을 걸러내기 위해 학교 건물 옥상에 있는 놀이터를 둘러싼 녹색방지막을 설치하였다. 철재 울타리를 덩굴식물이 휘감은 형태로, 오염물질 흡착에 효과가 있다고 알려진 아이비계열의 덩굴 식물로 이루어져 있으며 울타리 밑부분에 관수를 설치하여 생육을 관리한다. 식물 뿐 아니라 벌과 나비도 모여들고 있어 학생들의 환경교육, 원예교육에 활용된다. 이슬링턴 자치구와 학교 인근 공사 발주업체의 예산 지원으로 설치되었다.

■ 실생활과 밀착된 환경교육 실시

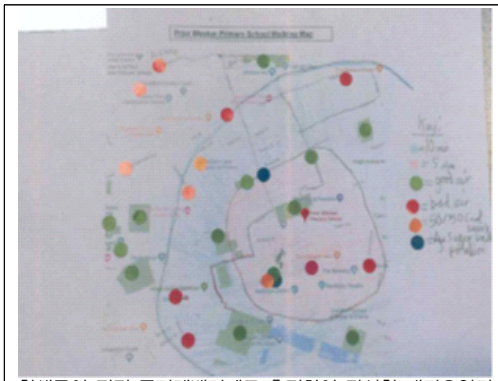
학생들이 직접 학교 주변과 등굣길의 대기오염도를 측정하여 대기오염 지도를 작성하고 이를 통해 등·하교 시 대기오염도가 낮은 길을 선택하도록 하였다. 대기오염 지도를 만든 후 이를 지역 주민들과 공유하는 프로그램도 운영하고 있다.

■ STARS 프로그램 참여

STARS 프로그램에 참여하기 위해서는 TFL(Transport for London, 런던 교통국)-STARS 홈페이지에 등록하고 추후 학생들의 등·하교 방식의 변화 결과를 제출해야 한다.

학생들이 걷기, 자전거 타기, 스쿠터 타기 등의 대기오염물질을 배출하지 않는 방식으로 등·하교하도록 학생과 학부모를 대상으로 교육·홍보한다. 자전거를 못 타는 학생들을 위해 학생 상호간에 자전거 타기를 배울 수 있도록 한다.

〈그림 2-16〉 학생들이 만든 대기오염지도(좌) 및 녹색방지막(우)



학생들이 직접 공기레벨기계로 측정하여 작성한 대기오염지도(walking map); 학교입구에 부착하여 지역주민과 공유

4) 미국 학교 환경관리

(1) 미국 스쿨존 관리

미국에서는 '차량 통행이 어린이 보행안전 보다 결코 중요하지 않다'라는 원칙하에 대부분의 주에서 학교 주변 500미터를 스쿨존으로 지정하여 운영하고 있으며 학생들의 통학로와 어린이 횡단보도가 스쿨존에서는 반드시 확보되어야 한다. 스쿨존을 통과하는 모든 차량은 약 30㎞의 제한된 속도로 주행하여야 한다. 몇몇 주에서는 등하교 시간에 맞춰 스쿨존을 운영하며 스쿨존을 통과하는 운전자는 규정 속도 준수와 지정 차선에 주·정차하는 것도 엄격하게 금지된다(국립환경과학원, 2011). 이를 위반할 경우에는 범칙금이 일반 도로에서 보다 2배가 부과되는 더블존을 적용하여 벌금을 부과한다. 안전통학로를 이용하도록 유도하기 위해서 집에서부터 학교까지의 안전한 통학로를 설정하여 '안전한 통학로 지도'를 만들어 운영하고 있다.

(2) 미국 도로 근처의 오염 노출을 줄이기 위한 학교부지 선정

많은 교통량으로 인한 대기오염을 줄이기 위해 EPA 및 캘리포니아주를 포함한 여러 주에서는 신설 학교에 대한 부지 선정 가이드를 마련하였다.

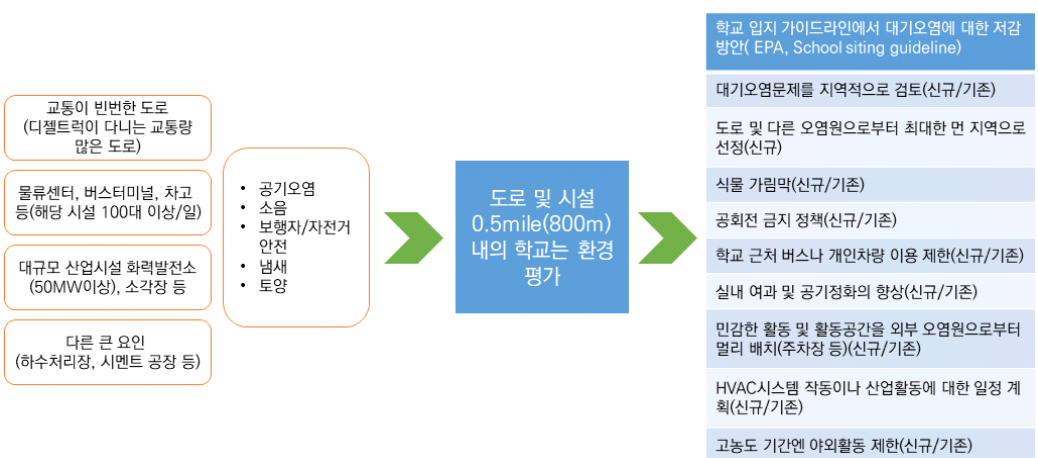
〈표 2-7〉 학교 부지 선정 방안

기관	지침	주요 내용
U.S. EPA	School Siting Guidelines (2011)	지역 사회와의 근접성 (지역 사회 편의 시설 및 인프라 포함), 주요 교통 시설과의 거리, 통학로 대기오염물질에 대한 노출, 도보 또는 자전거를 통한 접근성 등 새 학교의 위치를 평가할 때 여러 요소를 고려할 것을 권장
California Air Resources Board	Air Quality and Land Use Handbook (2005)	새로운 학교가 주요 도로에서 500 피트 이내에 위치하지 않을 것을 권장(≫ 50,000 대/일).
California Department of Education	School Site Selection and Approval Guide (2000)	폭발물이 운반되는 주요 도로에서는 2,500 피트, 가솔린, 디젤, 프로판, 염소, 산소, 살충제 또는 기타 가연성 또는 유독 가스가 운반되는 도로에서는 최소 1,500 피트 떨어진 학교를 권장
South Coast Air Quality Management District	Air Quality Issues in School Site Selection: Guidance Document (2005, updated 2007)	학교와 주요 도로 사이에 500 피트 이상, 최대 1,000 피트의 완충 구역을 권장
Los Angeles Unified School District	Distance Criteria for School Siting (2008)	새로운 학교는 고속도로 또는 주요 도로(≫ 100,000 대/일)에서 500 피트 이내에 건설되지 않을 것을 권장

자료: US EPA(2015), Best Practices for Reducing Near-Road Pollution Exposure at Schools

미국 EPA에서는 학교의 환경적 요인을 해결하기 위해 'School Siting Guidelines'를 만들었으며 환경적 요인 고려 방안은 다음 그림과 같다.

〈그림 2-17〉 EPA School siting guideline에서 환경적 요인 고려 방안



자료: 서울특별시교육청(2018). 학교 미세먼지 관리목표 및 저감방안 마련을 위한 연구

최근 우리나라도 학교 용지를 선정할 때부터 주변의 유해 요인을 평가한 후 상대적으로 쾌적한 지역을 선정하고, 학교를 설립하기 위하여 「교육환경 보호에 관한 법률」 제6조에 따라 교육환경평가를 실시해야한다.

(3) 미국 LA 통합교육구(Los Angeles Unified School District, LAUSD)의 대응 방안[4)]

캘리포니아에는 대기질관리국(Air Quality Management District, AQMD / http://www.aqmd.gov/home)이 지역마다 있어 지역 대기의 질을 지속적으로 감시하고 주민에게 관련 정보를 제공하며 대기질 향상을 위한 여러 정책을 내놓고 있다. LA는 South Coast Air Quality Management District(SCAQMD) 소속으로 SCAQMD는 실시간으로 관할 지역의 대기 질 상태를 파악하고 웹사이트와 이메일 및 전화 알람 등을 통해 주민에게 대기 질 정보를 제공하고 있다(김현준, 2018). AirAlerts.org라는 사이트에 가입하면 대기 질 정보를 실시간으로 받을 수 있으며, 특히 건강에 해를 끼칠 만큼 대기 질이 위험 상태가 되면, 이 정보는 학부모, 학교 행정가, 방과후 활동 코치에게 전달된다(김현준, 2018). 예를 들어 지역 대기질 수준이 '건강하지 않은 수준(Unhealthy)'이 되면, 지역 청소년 축구리그 경기시간을 60분으로 제한하며, '매우 건강하지 않은 수준(Very Unhealthy)'이 되면 경기를 취소한다(김현준, 2018). 또한 대기 질이 좋지 않은 경우(스모그가 심한 날 등), 학교에서 실외활동을 자제하거나 스모그 수준이 약한 오전시간으로 야외활동 시간을 옮기는 것을 권장된다. SCAQMD는 고속도로 근처에 각종 미세먼지 및 대기오염 정도가 심각하다는 연구결과를 바탕으로 고속도로에 인접한 경우는 학교를 설립하지 못하도록 하는 규제를 마련했다(김현준, 2018). 불가피하게 고속도로 인근에 학교를 설립해야 하는 경우에는 강력한 공기 질 관리 대책을 마련해야 한다.

LA 통합교육구에서 전반적인 대기오염을 개선하기 위한 행동으로 다음과 같은 방법이 제안되고 있다.

- 학교 버스를 이용하지 않고 걸어서 통학하기
- 전기 학교 버스 구입하여 이용하기
- 고성능의 교실 공기필터 사용하기
- 고효율의 에너지 시스템 구축하기
- 환경 관련 수업 강화하기

5) 캐나다 안전한 통학로 프로그램(ASRTS, Active & Safe Routes to School)[5)]

캐나다는 '활동적이고 안전한 통학로' 프로그램을 운영하고 있으며, 이는 대기오염과 기후변화에 대응하면서 건강과 교통안전의 문제들을 해결하고자 활동적이면서 효율적인 교통수

4) 김현준. (2018). 미국의 환경오염에 따른 학교 환경 관리 현황, 메일진 해외교육동향 324호 기획기사(2018.03.28.)
5) 성현곤, 오준석.(2011). 다함께 만드는 보행 및 자전거 중심의 안전한 통학로 조성사업 개발연구. 한국교통연구원

단의 이용을 촉진한다.

통학 시 활동적이고 지속가능하며 안전한 교통수단을 이용하는 학생 수를 늘리기 위하여 '캐나다의 활동적이고 안전한 통학로 조합(Canadian Active & Safe Routes to School Partnership)'을 운영하고 있다(성현곤 외, 2011). 이 조합은 많은 학생들이 걸어서 통학하고, 지역사회의 주민과 의사결정자들이 교통과 안전 문제들을 함께 해결하며, 걷거나 자전거로 다닐 수 있는 장소가 더 많고, 자전거 기술교육이 제공되는 사회를 만들고자 한다(성현곤 외, 2011).

안전한 통학로 프로그램은 학생들이 보행 및 자전거와 같은 활동적인 통학 수단 이용을 장려하는 것을 주요 내용으로 하며, 다음과 같은 활동들을 포함한다.

■ 걸어서 학교 가는 날(International Walk to School Day)

매년 10월 첫째 수요일은 세계적으로 걸어서 학교를 가는 날로 정하여 전 세계 학생들의 참여를 권장하고, 학생들이 걸어서 통학하는 것을 경험하도록 한다.

■ 걷는 학교버스(Walking School Buses)

하나의 그룹이 정해진 경로로 다 함께 걸으면서 그 경로의 다른 사람들을 모아 함께 걷는 프로그램이다. 이 프로그램은 매일, 한 달에 한 주, 또는 특정한 날에 운영될 수 있다. 같은 동네에 살며 자원봉사하는 부모들이 학생들과 같이 통학로를 걷는 것에서 시작하여 책임도 나누고, 사회적 네트워크도 구축될 수 있는 기회가 된다. 캐나다 워털루의 Westvale 공립학교에서는 고학년 학생을 버스 운전자로 참여시켜 걷는 학교 버스 프로그램을 운영하고 있다(성현곤 외, 2011). 많은 학생들이 함께 걸으면서 안전하고 재미있게 통학할 수 있어 도보 통학 학생 수를 늘리는데 기여 할 수 있다. 도보 대신 자전거를 이용하는 자전거 학교 버스(Cycling School Buses)도 운영한다.

■ 도시정글 답사(Blazing Trails through the Urban Jungle & Classroom Mapping)

도시 정글 답사는 보통 4~6학년 학생들을 대상으로 교실에서 지도 작성 프로젝트를 실시한다. 학생들이 자기들의 지역사회를 안전하게 느끼고 돌아다닐 수 있도록 아이들이 거리 이름, 상징물, 대중교통 정류장, 안전한 장소 등을 어려서부터 배우도록 한다. 학교에서는 학생들에게 각자 자신의 통학 경로와 상징물들을 지도에 그리고 이를 설명하게 한다. 이러한 학급 활동을 통해 더 많은 학생들이 안전한 통학로 프로그램에 참여하도록 동기를 부여한다.

■ 한 블록 걷기(Walk a Block)

자동차를 이용하여 통학하는 학생들에게 신체활동의 기회를 제공하기 위하여 학교에서 한 블록 전에 하차하여 걷게 하는 프로그램이다(성현곤 외, 2011).

■ 공회전 금지 스쿨존(Idle Free School Zone)

학교 주변에서는 학생들을 내리고 태우기 위해서 공회전하는 차량들로 인해 학교 주변의 대기오염도는 높아지고 학생들의 건강에도 악영향을 끼칠 수 있다. 따라서 스쿨존에서는 공회전보다는 아예 엔진을 꺼서 연료 및 대기오염을 줄이자는 운동이다(성현곤 외, 2011).

2. 국내 학교 대기환경 관리 사례

1) 미세먼지 간이 측정기 활용 사례

(1) 서울시 '숨서울 프로젝트'

서울시는 2021년까지 서울 전역에 미세먼지 간이측정기를 설치하여 촘촘한 미세먼지 감시망을 구축할 계획이다. 학교와 같은 미세먼지 취약계층이 많이 이용하는 생활지역과 공사장·인쇄소와 같은 대기오염물질 배출원 주변에 집중적으로 간이측정기를 설치하여 미세먼지 배출원 관리를 강화하도록 한다. 그 결과를 시민들에게 공개하고, 미세먼지 노출 최소화를 위한 앱 개발 등에 활용하여 시민들의 불안감을 줄이도록 하기 위함이다.

우선적으로 초등학교의 신청을 받아 간이측정기와 미세먼지 신호등을 설치한다. 교내 운동장에 학생들이 호흡하는 높이를 기준으로 간이측정기를 설치해 측정값을 현실화하여 고농도 미세먼지 발생 시 실외수업 자제 등의 조치를 신속하게 내릴 수 있다.

〈그림 2-18〉 초등학교 운동장에 설치된 미세먼지 알리미

자료: https://news.seoul.go.kr/welfare/archives/512801

2) 학교 통학로 녹화사업

(1) 서울시

서울시는 통학로 가로 유형과 보도 폭에 따라 다양하게 녹화사업을 진행하고 있다. 에코스쿨(학교숲) 조성과 연계하여 녹화 효과를 극대화하고 학교와 나무돌보미 협약 체결 등을 통해 녹화지역 유지관리를 해나가는 계획을 하고 있다.

- ○ 최소 유효 보도폭 1.5m 확보 가능한 담장이나 콘크리트 옹벽에 벽면녹화
  - 지형과 지물을 고려하여 등반형, 하수형, 등반보조형 등 적용 녹화
- ○ 유효 보도폭 2.0m 이상인 곳의 가로수 아래 다양한 형태의 띠녹지 조성
  - 연중 미세먼지 저감효과가 있는 늘 푸른 키 작은 나무(상록 관목) 심기
  - 학생 정서 함양을 고려하여 꽃과 열매가 있는 나무와 초화 섞어 심기 병행
  - 가로수와 가로수 사이에 중간 키 나무(아교목)를 심어 다층형태로 녹화
- ○ 학교 통학로 녹화와 에코스쿨(학교숲) 조성을 연계 추진하여 녹화 효과 극대화
- ○ 학교 담장 개방, 학교 부지를 이용하여 통학로 확충 녹화
- ○ 학교와 '나의 나무'로 입양하는 나무돌보미 협약을 체결하여 학생들이 심고 돌보는 자원봉사 활동으로 유지관리 추진
  - 나무돌보미 활동 지원(표지판, 자원봉사 활동시간 인정, 관리물품, 수목해설)

보도를 넓히고 녹화하여 교통사고 예방 및 쾌적한 통학로를 제공한 사례는 다음 사진과 같다.

〈그림 2-19〉 통학로 녹화 사례

중구 서울충무초등학교

관악구 문영여자중·고등학교

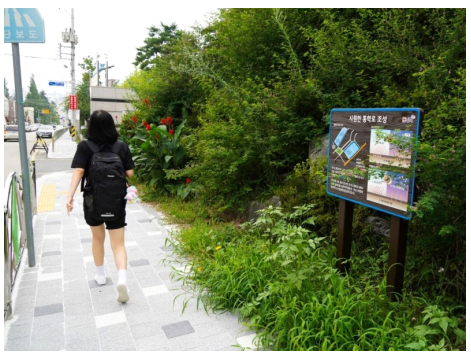
자료: 서울특별시. (2019). 미세먼지로부터 안전한 2020년 학교 통학로 녹화사업 추진계획

(2) 김해시 시원한 통학로 조성

김해시는 폭염 취약계층인 학생들의 등·하교 시 폭염 피해를 예방하고, 미세먼지를 줄여 공기질을 개선하기 위한 통학로를 조성하였다.

사업 대상지는 고등학교 3개소와 초등학교 1개소가 밀집되어 있는 곳의 통학로와 버스 정류장이다. 학생들의 통학 시 체감더위를 완화시키기 위해 버스정류장 승차대 상부에 녹화를 실시하고, 통학로 1,183m를 태양열 반사효과가 높은 차열블록으로 포장하였다. 또한 통학로 중 435m에는 미세먼지 저감식물을 식재하여 공기를 정화시킬 수 있도록 하였다.

〈그림 2-20〉 김해시 시원한 통학로 조성 사업



차열블록이 설치된 통학로(김해시)

버스정류장 상부 녹화

자료: 김해시 공식 블로그(https://m.blog.naver.com/gimhae4you/222056710162)

(3) 미세먼지 차단숲 조성(의왕시, 창원시)

의왕시의 덕성초등학교는 의왕컨테이너기지와 물류 전용 기차역인 오봉역을 이용하는 트럭이 많이 지나다니는 덕영대로에 인접해 있어 유해물질 노출 위험도가 높은 곳이었다. 학교 통학로에 미세먼지를 차단하는 숲을 조성하는 사회공헌 사업을 통해 초등학교의 울타리를 따라 총 100m의 통학로에 미세먼지 저감 효과가 큰 사철나무와 철쭉 등 총 1,500주를 심어 숲을 조성하여 학교 앞을 지나는 차량 배기가스와 유해물질을 숲이 차단할 수 있도록 하였다.

창원시의 남양초등학교에는 울타리를 따라 총 200미터 거리의 통학로에 미세먼지 저감 효과가 큰 사철나무 1,400주와 느티나무 15주를 심었다. 남양초등학교의 경우엔 반경 2킬로미터 이내에는 대규모 창원 국가산업단지가 인접해 있고, 자재 차량을 실은 대형 차량 통행량이 많아 다른 학교보다 미세먼지 노출 위험도가 높은 곳이다.

〈그림 2-21〉 의왕 덕성초등학교

(4) 자녀안심 그린숲 조성

관개부처 합동, 한국판 뉴딜 종합계획(2020.07.14.)에서 '국토 · 해양 · 도시의 생태계 회복' 세부 사업 중 '자녀안심 그린숲' 조성 등이 계획되어 있어 국비지원 가능함에 따라 서울시, 천안시, 인천시 등 각 지자체에서는 자녀안심 그린숲 조성 사업을 추진하고 있다.

쾌적한 녹지공간을 통해 안전한 통학로 조성 및 미세먼지 저감과 도시열섬현상 완화효과가 있을 것으로 기대하고 있다.

〈표 2-8〉 인천시 자녀안심 그린숲 조성

지료: 연합뉴스

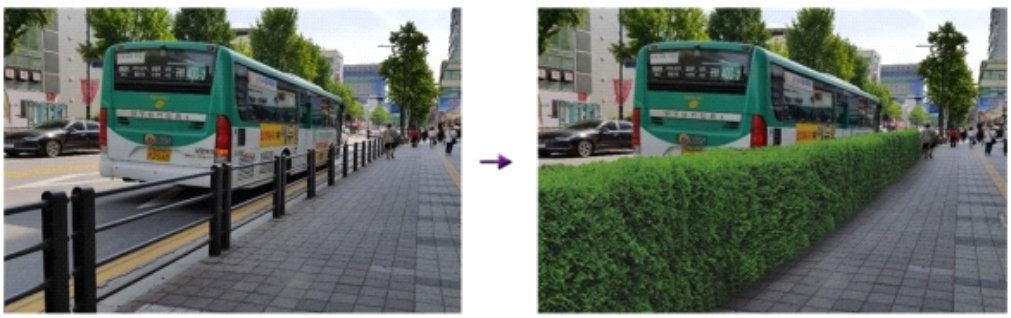
자료: 인천in.com

(5) 경기도 초록담

경기도는 도로변을 중심으로 2020년부터 '경기 초록담 조성사업'을 추진 중이다. 특정 계절에 잎이 없는 쥐똥나무와 같은 낙엽관목은 피하고, 주로 회양목이나 서양측백 등 상록성 관목을 심어 사시사철 미세먼지 저감 효과를 볼 수 있도록 추진할 계획이다. 수원, 성남, 용인, 고양, 남양주, 김포, 안양 총 7개 시군을 사업 대상지로 선정해 총 20억 원의 사업비를

들여 주택단지, 학교와 학원가, 상가, 구도심 대로변 등을 중심으로 총 10km 규모의 초록담을 만든다.

〈그림 2-22〉 경기 초록담 조성 예시



자료: http://www.ggetv.co.kr/news/articleView.html?idxno=225810

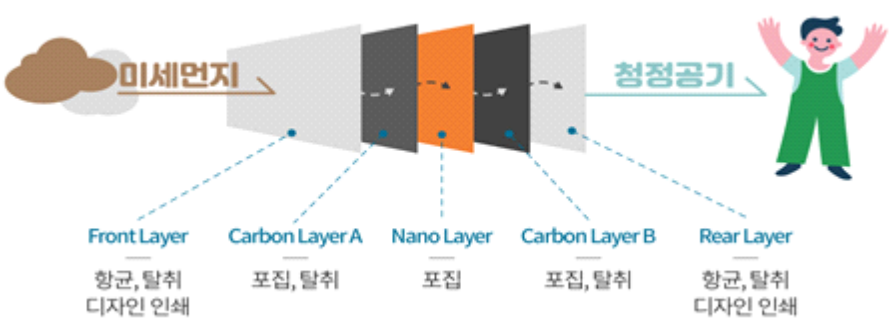
3) 미세먼지 저감 신소재 및 공기청정장치 사용

(1) 부천시 미세먼지 클린존 통학로 조성

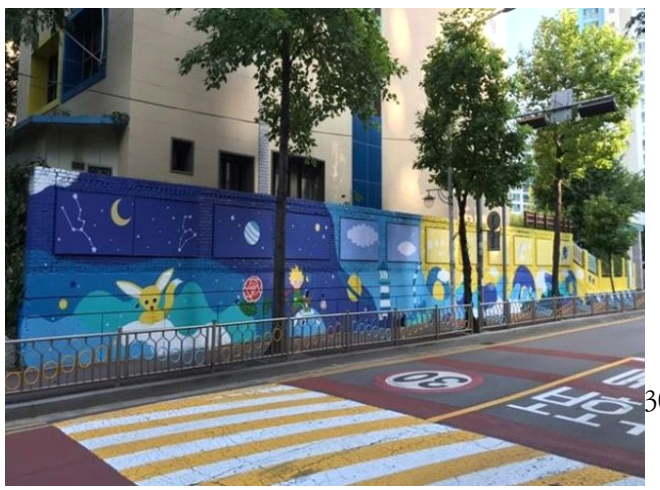
부천시는 관내 초등학교 2곳을 각각 미세먼지 클린존으로 지정하여 부천시 관내 업체와 함께 통학로에 벽화형 공기정화 섬유재를 사용해 벽화를 그렸다. 벽화 조성 사업은 미세먼지, 유해가스 와 세균 저감 효과가 있는 섬유재를 사용하여 공기 정화 기능뿐 아니라 거리 미관 개선 효과도 거둘 수 있을 것으로 기대하고 있다.

부천시는 시민의견을 수렴하여 식재가 가능한 넓은 부지에는 나무와 식물을 활용해 자연친화적인 미세먼지 클린존을 구성하고 협소한 부지에는 벽화형 공기정화 섬유재를 활용해 벽화를 조성하였다.

〈그림 2-23〉 공기정화 원리



〈그림 2-24〉 벽화형 공기정화재를 사용한 통학로 벽화 조성



30

자료: http://www.newspeak.kr/news/articleView.html?idxno=238409

(2) 부천시 통학로 청정안심공기 공급장치

부천시 미세먼지 테마형 특화단지 조성사업을 진행 중에 있으며 그 중 도로변 통학로에 청정·안심공기 제공 서비스를 장착 중이다. 통학로 주변에 설치된 미세먼지 측정기데이터와 우리동네 미세먼지 측정기 데이터를 분석해서 미세먼지 농도에 따라 공기정화기의 송풍량이 조절된다. 자동조절되는 송풍은 22개의 정화필터를 거쳐 통학로 주변 공기를 깨끗하게 만든다고 한다. 내부 필터는 물세척으로 재활용이 가능하여 친환경적이고 경제적이다.

〈그림 2-25〉 통학로에 설치된 청정안심공기 공급 장치

자료: 부천 미세먼지 담당관 페이스북

〈그림 2-26〉 청정안심공기 공급 장치 원리

자료: 부천 미세먼지 담당관 페이스북

4) 공사장 주변 학교 안전 관리

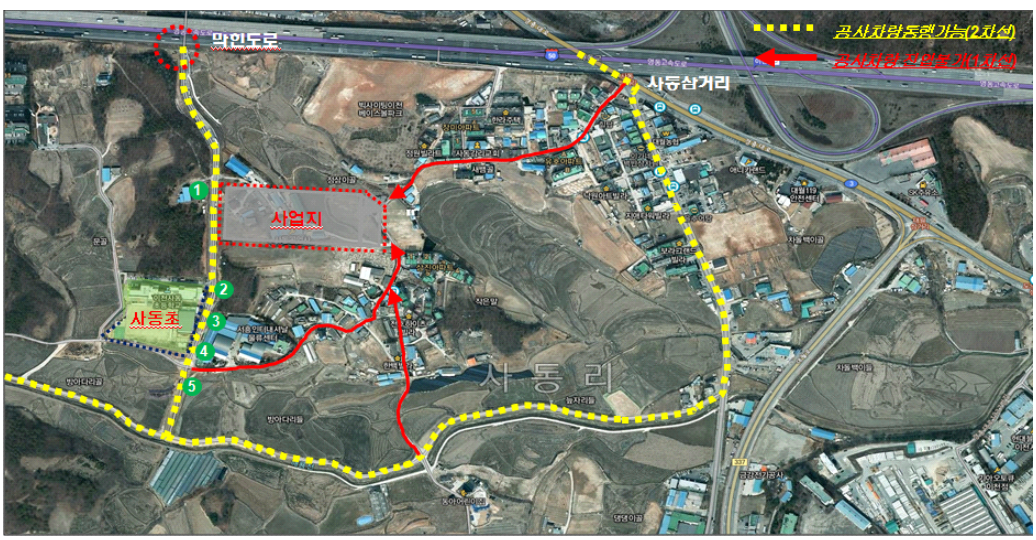
초등학교 주변 건축공사로 인해 통학로 안전 확보를 위해 강동구청은 한산초등학교 정문 주변 이면도로에 학생들의 등교시간인 오전 8시 30분부터 9시까지 '시간제 차량통행제한'을 시행하고 있으며, 약 350m 구간을 자동차의 서행을 유도하기 위한 색채이미지와 디자인패턴이 적용된 보행친화형 포장기법을 도입하여 '스쿨존 보행안심 특화거리'로 조성하였다.

〈그림 2-27〉 스쿨존 보행안심 특화거리

자료: 안전신문(http://www.safetynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=116549)

2016년 경기도 이천의 한 초등학교에서는 200여 미터 떨어진 곳에 450세대 규모의 아파트 건축 공사가 시작되면서 트럭 등 공사차량이 학교 앞 도로를 이용하게 되어 안전대책을 수립하였다. 학교 앞에 안전요원을 배치하고 학교 앞 100미터 구간에서는 공사차량을 시속 20km이하로 운행하기로 했다.

〈그림 2-28〉 이천 사동초등학교 주변 공사장 공사차량 통행가능 및 진입불가 표시



자료: 국민권익위원회(2016), 보도자료, 아파트 공사장 앞 초등학교 통학로 안전대책 마련

제3절 취약계층 이용시설 주변 대기오염 관리 관련 주요 법·제도 고찰

1. 관련 법 고찰

미세먼지 관리에 관한 법은 다음 표에 정리하였으며, 본 보고서에서는 미세먼지로부터 취약계층을 보호하는 내용 특히 학교 관련 내용이 있는 법들을 주로 살펴보았다.

〈표 2-9〉 미세먼지 등 대기환경 관리 관련 제·개정 법안 주요 내용

제·개정 법안	주요 내용
미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법	· 미세먼지 관리 종합, 시행계획 수립 · 미세먼지특별대책위원회 운영 · 국가미세먼지정보센터의 설치 · 실태조사의 실시 · 미세먼지 관련 국제협력 · 고농도 미세먼지 비상저감조치 · 미세먼지 집중관리구역의 지정 · 취약계층의 보호 · 미세먼지 간이측정기 성능인증
대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법	· 대기관리권역의 지정 · 권역별 대기환경관리 위원회 운영 및 권역별 대기환경관리 기본, 시행계획 수립 · 사업장 오염물질 총량관리 실시(지역 배출허용총량 할당) · 경유 자동차 운행 제한, 교체 지원 강화 · 건설기계, 선박 등 비도로오염원 관리 강화 · 생활권 소규모 배출원 관리 강화(친환경보일러 판매 및 유통 의무화 등)
재난 및 안전관리 기본법	· 사회재난 범위에 '미세먼지' 포함(미세먼지 문제 해결을 위한 예비비 등 국가 예산 투입 가능)
학교보건법	· 초·중·고등학교 교실에 공기정화설비 및 미세먼지 측정기 설치 의무화 (국가 및 지자체 예산 지원 가능) · 교실 공기질 측정 강화(연간 1회 이상 → 반기별 1회 이상)
실내공기질 관리법	· 법 적용 대상 확대(가정·협동어린이집과 실내 어린이놀이시설 추가) · 다중이용시설에 대한 공기질 기준 강화 · 대중교통(시외버스, 철도차량 등) 공기질 측정 의무화 · 지하역사 실내공기질 측정기 설치 의무화
대기환경보전법	· 자동차 판매사의 저공해자동차(전기·수소차 등) 보급 목표제 실시 · 정부·지자체·공공기관의 저공해자동차 의무 구매·임차제 전국 확대 · 자동차 배출가스 관련 부품 관리 강화 · 노후 건설기계 저공해조치(배출가스 저감장치 부착, 저공해 엔진 개조 또는 교체 등) 명령과 예산 지원 근거 마련 · 사업장 TMS 측정 결과 실시간 공개
교육환경 보호에 관한 법률	· 교육환경보호기본계획 수립 · 교육환경평가 실시 · 교육환경보호구역의 설정, 교육환경보호구역에서 금지행위 등

자료 : 수원시. (2020). 수원시 미세먼지 관리 종합계획 수립 연구 용역

1) 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 제제23조 1항에 따르면 ① 정부는 어린이 · 노인 등 미세먼지로부터 취약한 계층(이하 “취약계층”이라 한다)의 건강을 보호하기 위하여 일정 농도 이상 시 야외 단체활동 제한, 취약계층 활동공간 종사자에 대한 교육 등 취약계층 보호 대책을 마련하여야 한다. 다만, 종합계획에 이 법에 따른 취약계층 보호대책이 반영된 경우에는 이 법에 따른 보호대책을 수립한 것으로 본다.

또한 동법 제22조에 따라 미세먼지 집중관리구역을 지정할 수 있으며 자세한 내용은 다음과 같다.

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」

제22조(미세먼지 집중관리구역의 지정 등) ① 시 · 도지사, 시장 · 군수 · 구청장은 미세먼지 오염이 심각하다고 인정되는 지역 중 어린이 · 노인 등이 이용하는 시설이 집중된 지역을 미세먼지 집중관리구역(이하 “집중관리구역”이라 한다)으로 지정할 수 있다.

② 시 · 도지사, 시장 · 군수 · 구청장은 집중관리구역에서 환경부령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 사항을 우선적으로 지원할 수 있다.

1. 「대기환경보전법」 제3조에 따른 대기오염도의 상시 측정
2. 살수차 · 진공청소차의 집중 운영
3. 어린이 등 통학차량의 친환경차 전환
4. 학교 등에 공기 정화시설 설치
5. 수목 식재 및 공원 조성
6. 그 밖에 환경부령으로 정하는 사항

③ 집중관리구역의 지정 · 해제 요건, 절차, 지원방법 등에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

2) 대기환경보전법

최근 대기환경보전법이 개정되었다. 일정규모 이상의 건설공사장에 대해서는 ‘비산먼지 발생시설’ 신고 및 비산먼지 발생억제 시설 설치 등 필요한 조치를 의무화하고 있다. 건설공사장의 규모가 연면적 1,000㎡ 이상 건축물 축조, 토목공사 등 일정 규모 이상의 비산먼지 발생 공사현장은 의무 신고 대상이며, 소규모 공사장이어도 민감·취약계층 보호를 위해 주거지역, 유치원, 학교, 병원 등으로부터 50m 이내 공사장은 해당 지자체 조례로 신고대상 사업에 포함 시킬 수 있다. 또한 비산먼지를 많이 배출시키는 야적, 수송, 이송 등 10개 공정은 공정별로 방진망 설치, 물뿌림 시설 등 비산먼지 발생을 억제하는 시설을 의무적으로 설치하도록 하고 있다.

대기환경보전법 시행규칙 개정(2021.01시행)

□ 민감·취약계층이용시설 주변 소규모공사 관리 근거 도입(규칙 별표13 비고 제1호)
- ◦ 병원, 학교 등 민감·취약계층이용시설에서 50미터 이내에서 시행되는 신고대상사업 최소 규모 미만인 공사는 해당 지자체 조례로 신고대상사업 범위에 포함할 수 있음

□ 도장작업 시 조치기준 강화(규칙 별표14 제11호 나목, 다목 개정)
- ◦ 건축물축조공사 분사방식으로 야외 도장작업 시 방진막을 설치하되, 병원, 학교 등 취약계층 생활 시설 인접지역(50미터 이내)에서 작업 시 원칙적으로 롤러방식으로 해야함
- ◦ 도장작업 시 롤러방식을 원칙으로 하고, 환경부장관이 정하는 비산먼지 발생이 적은 방식으로 할 경우 롤러방식으로 하지 않을 수 있음

〈표 2-10〉 비산(날림)먼지 발생시설 신고 및 미세먼지 발생 억제시설 설치 등 기준

구분		내용
신고대상 기준	연면적	○(1,000㎡) 건축물축조공사, 토목공사, 농지조성공사, 지반조성공사 중 토공사·정지공사 ○(3,000㎡) 지반조성공사 중 건축물 해체공사 ○(5,000㎡) 조경공사
	입지 (조례로 규정)	○주거지역, 공공도서관, 어린이집, 유치원, 학교, 요양병원, 종합병원, 공동주택으로부터 50미터 이내 공사장
억제시설 설치 등 조치 기준		○비산(날림)먼지를 많이 배출시키는 10개 공정(야적, 싣기 및 내리기, 수송, 이송, 채광·채취, 야외 도장 등)의 공정별 조치 의무

자료: 대기환경보전법 시행규칙 별표13, 14 내용 요약

그러나 건설공사현장은 휀스 등이 설치되어 외부와 격리되어 있고 안전 등의 이유로 관계자 외에는 출입이 통제되며 공정 및 시간대별로 미세먼지 발생 상황이 달라 미세먼지 발생 여부와 조치 이행사항에 대한 관리·감독이 어려운 경우가 많다.

3) 학교보건법

학교보건법에서는 교실 공기질 측정 주기를 개정 전에는 연간 1회 이상이었으나 반기별 1회 이상으로 개정하였으며, 초·중·고등학교 교실에 공기정화설비 및 미세먼지 측정기 설치를 의무화 하도록 개정하였다.

교실 공기질 측정 강화(연간 1회 이상 → 반기별 1회 이상)

제4조의2(공기질의 유지관리 특례) ① 학교의 장은 제4조제2항에 따른 공기 질의 위생점검을 상 · 하반기에 각각 1회 이상 실시하여야 한다.[본조신설 2019. 4. 2.]

초·중·고등학교 교실에 공기정화설비 및 미세먼지 측정기 설치 의무화

제4조의3(공기정화설비 등 설치) 학교(「고등교육법」 제2조에 따른 학교는 제외한다)의 장은 교사 안에서의 공기 질 관리를 위하여 교육부령으로 정하는 바에 따라 각 교실에 공기를 정화하는 설비 및 미세먼지를 측정하는 기기를 설치하여야 한다.[본조신설 2019. 4. 2.]

4) 교육환경 보호에 관한 법률

「교육환경 보호에 관한 법률」에 따르면 학교의 환경을 보다 근본적으로 확보하기 위하여 학교 용지를 선정할 때부터 주변의 유해 요인을 평가한 후 상대적으로 쾌적한 지역을 선정하고, 학교를 설립하기 위하여 교육환경평가를 실시해야한다. 법 제6조에 따라 평가서 제출자는 학교를 설립하려는 자, 개발사업 시행자, 학교 또는 교육환경보호구역이 정비구역으로 지정·고시되어 정비사업을 하려는 자, 교육환경보호구역에서 21층 이상 10만㎡ 이상 규모의 건축을 하려는 자 등이다.

교육환경 보호에 관한 법률[[시행 2020. 9. 25.] [법률 제17075호, 2020. 3. 24., 일부개정]

제6조(교육환경평가서의 승인 등) ① 다음 각 호의 자는 교육환경에 미치는 영향에 관한 평가서(이하 "교육환경평가서"라 한다)를 대통령령으로 정하는 바에 따라 관할 교육감에게 제출하고 그 승인을 받아야 한다.

1. 학교를 설립하려는 자
2. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제24조에 따른 도시·군관리계획의 입안자
3. 「학교용지 확보 등에 관한 특례법」 제3조제1항에 따른 개발사업시행자
4. 학교(「고등교육법」 제2조 각 호에 따른 학교는 제외한다) 또는 제8조제1항에 따라 설정·고시된 교육환경보호구역이 「도시 및 주거환경정비법」 제2조제1호에 따른 정비구역으로 지정·고시되어 해당 구역에서 정비사업을 시행하려는 자
5. 제8조제1항에 따라 설정·고시된 교육환경보호구역에서 「건축법」 제11조제1항 단서에 따른 규모의 건축을 하려는 자

② 제1항에 따른 학교의 교육환경 평가 대상은 학교용지 예정지 또는 정비사업 예정지 등의 위치, 크기·외형, 지형·토양환경, 대기환경, 주변 유해환경, 공공시설을 포함한다.

③ 교육감은 교육환경평가서를 승인하기 위하여는 시·도위원회의 심의를 거쳐야 하며, 이를 위하여 제13조에 따른 교육환경 보호를 위한 전문기관 또는 대통령령으로 지정하는 기관의 검토의견을 함께 제공하여야 한다.

④ 제3항에도 불구하고 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 지역위원회의 심의를 거쳐 교육환경평가서를 승인할 수 있다. 이 경우 제13조에 따른 교육환경 보호를 위한 전문기관 또는 대통령령으로 지정하는 기관의 검토의견을 생략할 수 있다.

1. 「유아교육법」 제2조제2호에 따른 유치원만을 설립하거나 그 위치를 변경하기 위한 용지를 선정하는 경우
2. 「초·중등교육법」 제60조의3에 따른 대안학교만을 설립하거나 그 위치를 변경하기 위한 용지를 선정하는 경우
3. 「고등교육법」 제2조제1호부터 제4호까지에 따른 학교(이에 준하는 학교를 포함하며, 대학원은 제외한다)로서 대통령령으로 정하는 바에 따라 해당 학교의 일부를 주된 위치에서 변경하여 산업단지 안에서 운영하기 위한 용지를 선정하는 경우

⑤ 교육감은 교육환경평가서를 검토한 결과 교육환경 보호를 위하여 필요한 사항을 제7조제1항에 따른 사업시행자에게 권고하여야 한다. 이 경우 사업시행자는 특별한 사유가 없으면 그 권고에 따라야 하며, 그 조치결과를 교육감에게 통보하여야 한다.

⑥ 제1항에 따른 교육감의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 교육장에게 위임할 수 있다.

⑦ 교육부장관은 다른 법령에 따라 공개가 제한되는 경우를 제외하고는 대통령령으로 정하는 바에 따라 교육환경평가서를 공개할 수 있다.

⑧ 교육환경평가서의 작성 항목·절차·기준과 각 항목별 작성방법 등 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

2. 관련 조례 고찰

1) 서울특별시, 경기도 자동차 공회전 제한에 관한 조례

자동차 공회전 시에는 배출가스 온도(약 200~300℃)가 낮아 자동차에 부착되어 있는 정화장치(삼원촉매장치)효율이 10%이하로 감소하여 주행 시와 비교하면 일산화탄소(CO)는 6.5배, 탄화수소(HC)는 2.5배 더 많이 배출된다. 이에 따라 경기도는 연료 낭비와 대기오염 사전 예방을 위하여 도지사는 터미널, 차고지, 교육환경보호구역 등을 공회전 제한지역으로 지정할 수 있다. 반면 서울시는 공회전 제한장소를 전역으로 하고 있다.

서울특별시 자동차공회전 제한에 관한 조례[시행 2020. 10. 5.] [서울특별시조례 제7729호, 2020. 10. 5., 일부개정]

제3조(제한장소 등) ① 공회전을 제한하는 장소(이하 "제한장소"라 한다)는 서울특별시 관할구역 전역으로 한다.

② 서울특별시장(이하 "시장"이라 한다)과 자치구청장(이하 "구청장"이라 한다)은 터미널, 차고지, 주차장, 학교환경위생 정화구역 등 특별히 공회전을 제한할 필요가 있는 지역을 중점 공회전 제한장소로 지정할 수 있다.

③ 시장과 구청장은 중점 공회전 제한장소를 시민이 쉽게 알아볼 수 있도록 별도(別圖)의 자동차 공회전 제한표지판 중 하나 이상을 설치하여야 한다. 〈개정 2014. 1. 9.〉

④ 중점 공회전 제한장소에 설치된 자동차 공회전제한 지시표지판에는 "자동차 중점 공회전 제한장소에서 공회전시 경고없이 단속될 수 있습니다"라는 보조표지판을 붙일 수 있다.〈신설 2014. 1. 9.〉

[전문개정 2012. 9. 28.]

경기도 자동차공회전 제한에 관한 조례[시행 2017. 8. 7.] [경기도조례 제5675호, 2017. 8. 7., 일부개정]

제3조(공회전 제한지역의 지정) ① 도지사는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역을 공회전 제한지역(이하 “제한지역”이라 한다)으로 지정할 수 있다.

1. 터미널, 2. 다음 각 목의 차고지, 3 야외영화상영관(자동차극장), 4. 노상 · 노외주차장, 대규모 점포, 관광숙박업, 의료기관, 체육시설업, 「교육환경 보호에 관한 법률」제8조 제1항에 따른 교육환경보호구역(학교경계로부터 200m 범위 안)[전문개정 2019. 10. 31.]

제4조(공회전의 제한) 제3조제1항에 따라 제한지역으로 지정된 지역에 자동차를 주차 또는 정차하고자 하는 운전자는 5분 이상 공회전을 하여서는 아니 된다.〈개정 2012. 11. 6.〉

2) 서울특별시, 경기도 생활악취저감 조례

최근 고기구이 시 발생하는 미세먼지 및 악취로 인한 민원 증가로 인하여 저감장치 설치지원 사업 등을 실시하는 지자체들이 있다. 서울시와 경기도에서는 생물성연소와 관련하여 조례를 제정하였다. 이 조례에 따라 생물성연소(고기구이 음식점)에서 배출되는 대기오염을 방지하기 위한 대책을 수립할 수 있고 그에 따른 재정적 지원을 할 수 있다.

전남 담양군은 「담양군 악취, 소음, 먼지 줄이기 실천조례」를 제정하여 음식점 영업신고 후 1개월 이내에 대기오염물질 저감시설을 설치하도록 규정하였다.

서울특별시 생활악취 저감 및 관리에 관한 조례[시행 2016. 1. 7.]

제4조(악취지도의 작성) ① 시장은 생활악취를 관리하기 위하여 필요한 경우에 일정지역의 악취 발생현황 등을 표시한 악취지도를 작성할 수 있다.

② 악취지도를 작성한 경우에는 인터넷 홈페이지 등을 통해 시민에게 공개하여야 한다.

제5조(지원대상사업) ① 시장은 생활악취 발생의 원인이 된다고 인정되는 시설 등에 대한 생활악취 방지를 위해 다음 각 호의 사업비를 지원할 수 있다.

1. 악취검사 및 기술진단, 2. 악취방지시설 설치 및 개선, 3. 정화조의 배수조에 공기공급장치 등 악취저감시설 설치, 4. 그 밖에 시장이 악취발생 저감을 위하여 필요하다고 인정하는 사업

② 제1항에 따른 보조금의 구체적인 지원대상, 지원기준, 집행방법 등은 시장이 따로 정한다.

경기도 생활악취방지 지원 조례[시행 2016. 6. 7.]

제3조(지원계획 수립 등) 경기도지사(이하 "도지사"라 한다)는 생활악취 및 대기오염 발생의 원인이 된다고 인정되는 시설 등에 대하여 악취검사, 기술진단실시 및 악취방지시설의 설치 등 생활악취와 대기오염 방지를 위한 지원계획을 수립·시행할 수 있다.

제4조(실태조사 등) ① 도지사는 지원계획을 수립하기 위하여 필요한 경우 생활악취 배출 실태를 조사할 수 있다.

② 도지사는 제1항에 따른 실태조사를 실시하는 경우 해당 시장·군수에게 협조를 요청할 수 있으며, 시장·군수는 협조하도록 노력하여야 한다.

제5조(보조금 지원 등) ① 도지사는 생활악취 저감 및 방지를 위하여 다음 각 호에 해당하는 사업에 보조금을 지원할 수 있다.

1. 생물성 연소 등으로 인해 생활악취가 발생하는 음식점
2. 악취배출시설 외의 시설 중 생활악취가 발생하는 축산시설 [신설 2016. 06. 07.]
3.「악취방지법 시행규칙」제3조에 따른 악취배출시설 외의 시설 중 도지사가 필요하다고 인정하는 사업

② 보조금 지원에 대해서는「경기도 지방보조금 관리 조례」에 따른다.

저감장치 설치에 대한 경제성 분석결과 100㎡ 미만 음식점에 대하여는 경제성이 없지만 100㎡ 이상 음식점에 대해서는 경제성이 있는 것으로 분석되고 있다(환경부, 2016).

고기구이 음식점에서 배출되는 미세먼지를 관리하는 가장 확실한 방법은 고기구이 음식점을 배출시설로 규정하여 저감장치 설치를 의무화하는 것이지만 고기구이 음식점의 경우 대부분의 영세하고, 음식점이 주로 임대 형태로 운영되기 때문에 저감장치를 설치하여 운영하는데 한계가 있다(환경부, 2016).

3) 경기도교육청 학교신축 설계공모 지침[6)]

경기도교육청은 학교신축 설계공모 지침에 '학교숲 분야'를 새로 만들어 학교신축 때 설계자가 학교숲을 계획해 설계 공모에 참여하도록 했다. 공립 초, 중, 고, 특수 신설학교를 대상으로 2020년 10월 1일 기준 학교신축 기획단계에 있는 신설학교 설계분부터 적용하고 있다.

학교숲 설계공모 기준은 ▲녹색건축 인증심사 기준 '육생비오톱(육상 생물종들이 서식할 수 있도록 조성한 인공 생태숲)' 연계 활용, ▲충분한 녹지 공간 확보와 수목 식재, ▲접근성

6) 자료 : 건축사뉴스(http://www.a-news.kr)

이 좋은 장소를 활용한 숲 조성 등이다.

4) 서울특별시 서대문구 어린이 통학로 교통안전을 위한 조례[7)]

서대문구가 최근 관내 아동들의 의견을 반영해 '서울특별시 서대문구 어린이 통학로 교통안전을 위한 조례'를 일부 개정하였다.

주요 개정 내용은 제8조 2항을 신설해 등하교 시 각종 위험들로부터 어린이와 학생들을 보호하는 '교통안전지도사'를 모집 운용할 수 있는 근거를 마련했으며, 제9조 2항 신설로 어린이와 학생들의 통행이 잦은 시간대에 통학로 내 차량 통제를 구청장이 관할 경찰서장에게 요청할 수 있도록 하였다. 또한 제10조 2항 4호를 개정하여 어린이 보호구역 내 공사 시행 시 통학로 안전관리계획 또는 공사시방서에 '통학시간 내 공사 시행에 관한 사항'을 포함하도록 하였다.

제8조(어린이 등·하교 교통지도) ① 구청장은 초등학교 등의 장에게 어린이의 등·하교 시 교통안전을 위하여 교사, 학부모 또는 교통봉사 단체 등으로 등·하굣길 교통지도반을 운영하도록 권고할 수 있다. (개정 2020.12.30.)
② 구청장은 교통안전사고에 취약한 어린이들의 등·하교 시 발생할 수 있는 각종 위험들로부터 어린이들을 보호하는 역할을 수행하는 교통안전지도사를 모집·운용할 수 있다. (신설 2020.12.30.)
제9조(어린이 보호구역 내의 차량통제) ① 구청장은 「어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙」제9조에 따라 어린이 보호구역에서 구간별·시간대별 차량 통제가 조속히 정착될 수 있도록 관할 경찰서장과 적극적으로 협의하고, 행정적·재정적 지원을 할 수 있다. (개정 2020.12.30.)
② 구청장은 필요한 경우 어린이 보호구역 내에 차량통제를 관할 경찰서장에게 요청할 수 있다. (신설 2020.12.30.)
제10조(어린이 보호구역 내의 공사현장 관리) ① 구청장은 어린이 보호구역 내의 공사현장에 대하여 필요시 어린이 교통안전을 위한 통학로 안전관리계획을 수립하도록 공사시행자에게 요구할 수 있으며, 공사시방서 등에 명기하여 반영할 수 있다.
② 제1항에 따른 통학로 안전관리계획 또는 공사시방서 작성 시 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.
1. 공사 시행 시 교통안전 등에 관한 사항
2. 공사장 출입구 위치 등의 적정성 및 신호수 배치 등에 관한 사항
3. 공사안내표지·교통안내표지 설치 등에 관한 사항
4. 해당 학교장과의 사전협의 시행에 관한 사항 및 통학시간 내 공사시행에 관한 사항 (개정 2020.12.30.)
5. 어린이 보호구역 내의 교통안전시설 설치·관리에 관한 사항
6. 어린이 보호구역 내의 도로부속시설물의 설치·관리에 관한 사항
7. 공사 중 상존하는 위해요소에 관한 사항
8. 공사 전·중·후 어린이 통학로 보행환경 및 교통사고 예방에 관한 사항
9. 그 밖에 구청장이 필요하다고 인정하는 사항

5) 서울특별시 서초구 주민의 안전한 생활환경 지원을 위한 공사장 관리 조례

서울 서초구는 안전 사각지대인 공사장 주변 통학로를 학생들이 안전하게 보행할 수 있도록 법적 근거를 마련하여 시행(2019.12.26.)하고 있다.

7) 자료; 신아일보 http://www.shinailbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=1357489

기존에는 10층 이상 또는 연면적 3만㎡ 이상 건축 공사 등의 대규모 공사장에 대해서만 안전관리계획을 수립해야하고 소규모 공사장은 예외로 적용되었다. 이에 따라 소규모 공사장 주변의 통행로는 안전 사각지대에 놓여있는 실정이었다. 그러나 소규모 공사장까지 안전관리계획 수립 대상에 포함하여 그 범위와 규모를 확대했다.

해당 건축 관계자는 철거 또는 착공 전에 △학교 주변 공사장의 통행로 확보 △통학시간 공사장 출입구에 안전요원 배치 △낙하물 방지시설과 보행로와 차도 분리 시설 등 통행 안전시설 설치 등의 내용이 담긴 '공사장 주변 안전관리계획'을 수립하여 의무적으로 제출해야 한다. 또한 석면(발암물질)을 제거하는 작업 시에는 인근 학교 학사일정을 고려하여 조정하도록 하였다.

「서울특별시 서초구 주민의 안전한 생활환경 지원을 위한 공사장 관리 조례」[시행 2019.12.26.]

제1조(목적) 이 조례는「건축기본법」제4조, 제5조, 제7조와 **「건설기술 진흥법」제62조** 및 같은 법 시행령 제98조제1항제6호나목에 따라 안전관리계획을 수립하여야 하는 건설공사를 정하는 등 공사장 주변으로부터 어린이, 학생 등 보행자를 보호하고 공사장에서 발생되는 공사장 환경 위해 요소를 관리 및 개선하여 서초구 주민의 안전한 생활환경이 확보되도록 지원함을 목적으로 한다.

제8조(공사장 환경 및 공공도로 관리) ① 시공자는 공사장 내 설치한 가설울타리 및 가림막의 상태를 수시로 확인하여 파손 또는 찢어짐, 기울어짐 등이 발생하여 주변의 거주자, 보행자 등에게 피해를 줄 가능성이 있는 경우에는 조속히 보수·보강하는 등 공사장 환경관리를 위해 적극적으로 노력한다.

② 구청장은 재건축 등 대규모 석면제거작업 시행 시 주변 초·중·고등학교(석면 비산의 영향을 많이 받는 영·유아, 청소년을 보육 또는 교육하는 기관을 포함할 수 있다)에 영향을 끼칠 우려가 있다고 인정되는 경우에는 시공자에게 학사일정을 사전에 확인하여 공사 일정을 조정하도록 요청할 수 있다.

③ 시공자는 토사 등이 공사장 출·입구 및 주변 도로에 유출되어 통행자의 불편사항이 발생되지 않도록 공사장 주변 도로의 환경관리를 위해 적극적으로 노력한다.

④ 구청장은 보행자 및 차량이 안전하게 통행할 수 있도록 건축관계자에게 공사 완료 시까지 공공도로(보도 및 차도) 및 도로시설물을 적정하게 관리하도록 요청할 수 있다.

⑤ 그 밖에 어린이 보호구역 내의 공사현장 관리는 「서울특별시 서초구 어린이 통학로 교통안전을 위한 조례」제12조를 준용한다.

「건설기술진흥법」[시행 2021. 1. 21.] [2020. 10. 20., 일부개정]

제62조의2(소규모 건설공사의 안전관리) ① 건설사업자와 주택건설등록업자는 제62조제1항에 따른 안전관리계획의 수립 대상이 아닌 건설공사 중 건설사고가 발생할 위험이 있는 공종이 포함된 경우 그 건설공사를 착공하기 전에 시공 절차 및 주의사항 등 안전관리에 대한 계획(이하 "소규모안전관리계획"이라 한다)을 수립하고, 이를 발주자(발주자가 발주청이 아닌 경우에는 인 · 허가기관의 장을 말한다. 이하 이 조에서 같다)에게 제출하여 승인을 받아야 한다. 소규모안전관리계획을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

② 제1항에 따라 소규모안전관리계획을 제출받은 발주자는 소규모 안전관리계획의 내용을 검토하여 그 결과를 건설사업자와 주택건설등록업자에게 통보하여야 한다.

③ 소규모안전관리계획을 수립하여야 하는 건설공사의 범위, 소규모안전관리계획의 수립 기준, 제출 · 승인의 방법 및 절차에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.[본조신설 2020. 6. 9.]

제4절 최신 기술 동향 및 사례 고찰

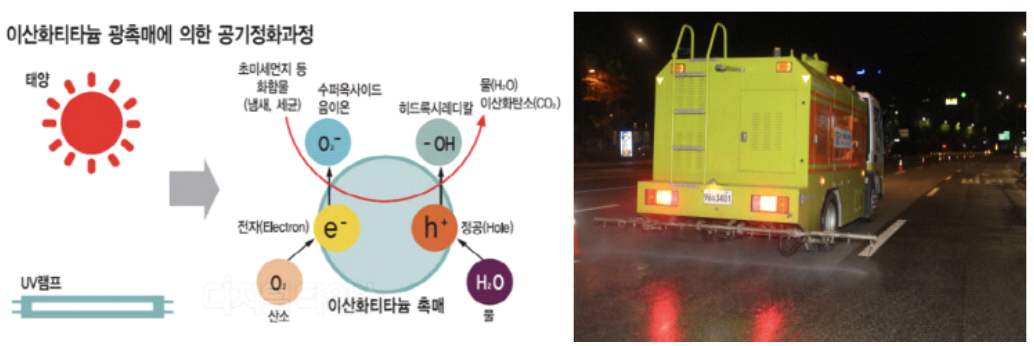
1. 도로변 광촉매 기술[8)9)]

광촉매 기술을 도로구조물에 도입할 경우 자동차에서 배출되는 유해가스를 직접적으로 흡착 제거하여 대기오염방지에 효과적이다. 특히 도로구조물의 경우 면적이 매우 넓어 광촉매 효율을 극대화할 수 있다(한국건설기술연구원, 2015)

최근 미세먼지 저감을 위해 유동인구가 많은 횡단보고, 보행자 보도블럭, 지하철 입구나 아파트 벽면, 터널 등에 미세먼지 발생을 저감시킬 수 있는 광촉매 활용방안이 강구되고 있다(토지주택연구원, 2018). 빛에 의해 화학반응을 촉진시키는 광촉매 물질(이산화티타늄, TiO_2)을 시설물이나 도로 등에 코팅함으로써 미세먼지 생성원인 물질을 제거할 수 있다. 광촉매 반응으로 생성된 활성화 산소(OH^- 또는 O_2^-radical)가 2차 미세먼지 생성 주요물질인 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx) 등을 분해하여 공기를 정화한다.

한국건설기술연구원 "대기오염 저감을 위한 광촉매 콘크리트 제조 및 실용화 기술 개발" 연구에 따르면 광촉매 5%가 혼입된 광촉매 콘크리트(1,000㎡)의 질소산화물(NOx)제거 성능 평가 결과 8시간 기준 3.688g의 질소산화물(NOx)이 제거되는 것으로 나타났다. 이는 휘발유 차량 34.4대, 경유차량 1.67대에 해당하는 질소산화물(NOx) 제거효율과 동일하다.

〈그림 2-29〉 미세먼지 저감 광촉매 원리(좌)와 광촉매 도로포장 모습(우)



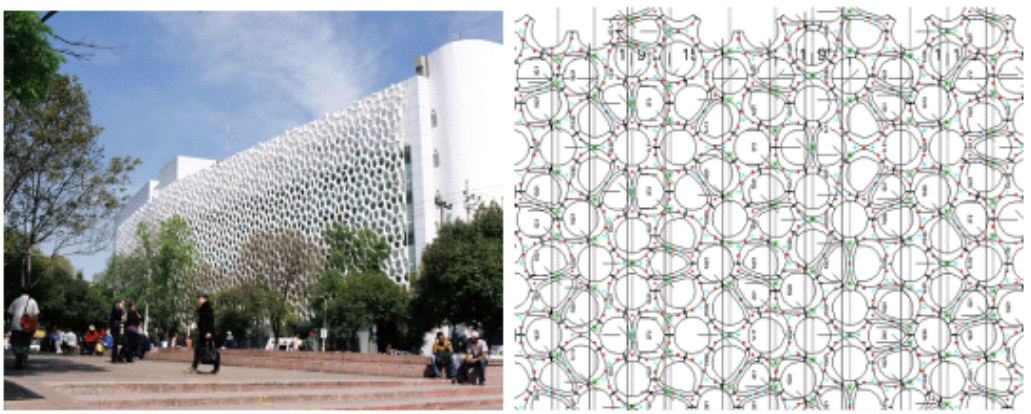
자료: 토지주택연구원(2018), 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

멕시코시티의 마뉴엘 게아 곤잘레스 병원은 주변 공기의 화학물질을 흡수해서 분해할 수 있는 시스템을 갖추고 있는 구조물로 35,000㎡ 크기로 이산화티타늄이 칠해진 타일로 만들어졌다. 이 타일은 자외선을 이용해 오염물질을 이산화탄소나 물처럼 독소가 적은 화학물질

8) 한국건설기술연구원. (2015). 대기오염 저감을 위한 광촉매 콘크리트 제조 및 실용화 기술 개발
9) 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

로 중화시킨다. 오염물질을 중화시킬 수 있는 양은 멕시코 시티의 1,000대 차량이 하루에 배출한 스모그 양이다(토지주택연구원, 2018).

〈그림 2-30〉 멕시코 병원 외관 완공 모습 및 모듈 조립 설계도

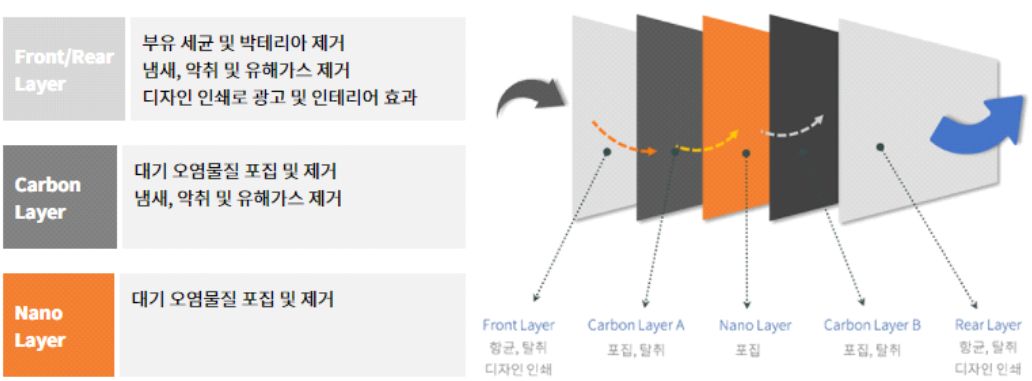


자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

2. 공기정화섬유제

공기정화섬유제는 나노기술, 탄소섬유 등을 활용하여 공기 중의 다양한 유해성분을 제거한다. 이를 활용하여 부천시에서는 관내 공기정화섬유제 업체와 함께 관내 초등학교 2곳 통학로에 벽화형 공기정화 섬유재를 사용해 벽화를 그렸다. 벽화 조성 사업은 미세먼지와 유해가스 및 세균 저감 효과가 있는 섬유재를 사용해 공기 정화 기능뿐 아니라 거리 미관 개선 효과도 거둘 수 있을 것으로 기대하고 있다.(그림2-23, 24 참고)

〈그림 2-31〉 공기정화섬유제의 공기정화원리



자료: http://treeus.net/bbs/content.php?co_id=co

3. 여과 및 집진

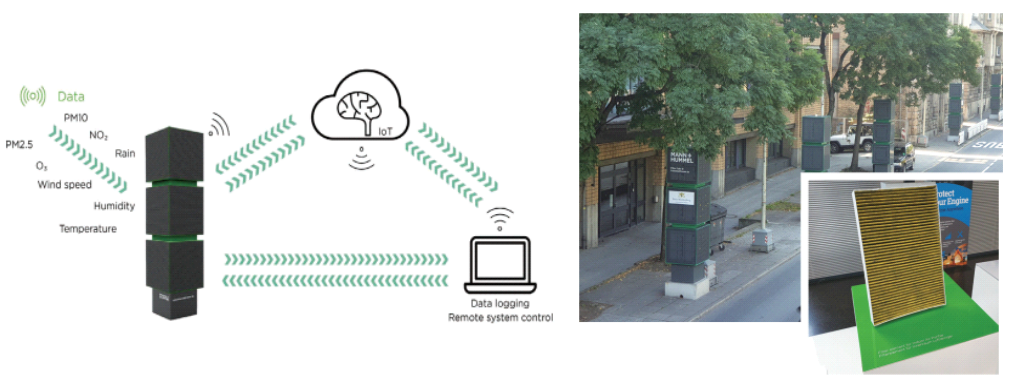
필터형 저감방법은 여과지 또는 정전기를 통해 미세먼지를 걸러내어 신선한 공기를 내보내는 방식이다. 특히, 여과지 방식은 필터 형태를 자유롭게 제조할 수 있기 때문에 필터 장치의 규모에 따라 미세먼지 처리용량을 조절할 수 있으며, 필터를 주기적으로 교체하여 지속적인 관리가 가능하다.

(1) 독일 슈투트가르트 Mann+Hummel사 Filter Cube

독일 Mann+Hummel사에서 개발한 Filter Cube는 공기 중의 질소산화물을 80% 이상, 미세먼지와 초미세먼지는 최대 62~87% 이상 여과할 수 있는 것으로 알려져 있다.

이 장치에는 사물인터넷(IoT) 기술이 적용되어 공기오염도 정보를 실시간으로 모니터링하고 미세먼지 농도가 높아지면 원격제어를 통해 장비를 가동하여 주변의 공기를 쾌적하게 유지한다.

〈그림 2-32〉 필터큐브

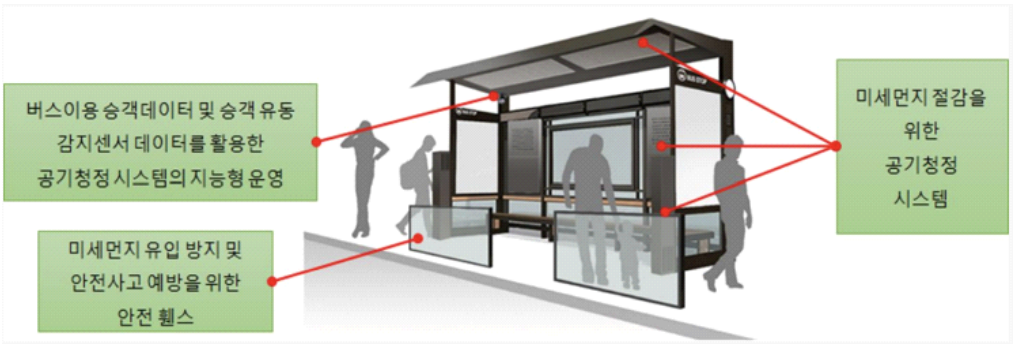


자료: 서울주택도시공사. (2020). 미세먼지 없는 건강한 우리동네 핸드북

(2) 버스정류장 공간 분리형 미세먼지 저감 시스템

먼지센서, 집진 필터, 차단형 펜스를 통합 적용한 버스정류장 먼지 제어시스템으로 외기 대비 PM10 50% 이상 저감이 가능하다.

〈그림 2-33〉 버스정류장 개념도



자료: 환경부·한국환경산업기술원(2019), 미세먼지 R&D 추진방향-추진경과 및 향후 추진 사업-

부천시 상동 등에 공기청정 버스정류장을 시범운영을 시작으로 점차 확대하고 있다. 공기청정 버스정류장 안의 미세먼지 농도를 바깥쪽보다 최대 50% 낮게 유지하는 것을 목표로 하고 있다. 공기청정 버스정류장은 인체감지기기(센서)로 사람이 버스정류장 내부로 들어오는 것이 확인되면 벽면에 설치된 공기청정장치(모듈) 5대가 작동해 미세먼지 농도를 줄인다(환경부·한국환경산업기술원, 2019).

〈그림 2-34〉 적용사례

강남대로 에코쉘터

부천시 상동 공기청정 버스정류장

(3) 나노섬유 및 마찰대전 현상 적용 자연환기용 창문형 필터

빛 투과율 80%, 포집효율 MERV-12(PM2.5대응 필터 규격) 만족하는 압전 나노섬유필터 개발되었다. 주택, 다중이용시설 등에 미세먼지 차단의 방충망으로 활용가능하다.

〈그림 2-35〉 기술개념도

자료: 환경부·한국환경산업기술원. (2019). 미세먼지 R&D 추진방향-추진경과 및 향후 추진 사업-

(4) 도심 도로의 미세먼지 저감을 위한 차량 부착형 유전영동 집진 시스템 개발

전기장을 가하여 극성 입자를 유도하는 유전영동기술을 적용한 집진 기술로 차량에 부착하여 미세먼지(PM10)를 99%이상 처리하는 기술이다.

〈그림 2-36〉 차량 부착형 유전영동 집진 시스템 개념도

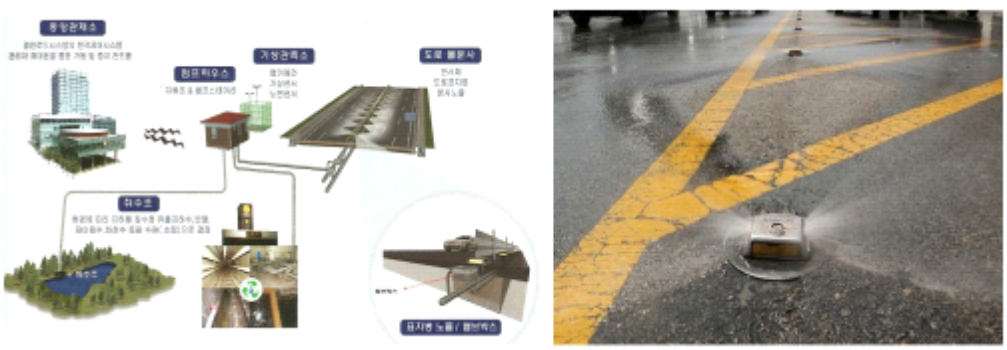
자료: 환경부·한국환경산업기술원. (2019). 미세먼지 R&D 추진방향-추진경과 및 향후 추진 사업-

4. 살수 및 미스트 분무

먼지 제거를 위한 살수방법에는 스프링클러와 물뿌리개를 사용하여 광범위로 살수하는 방법과 스프링클러를 이용하여 국소적으로 분무하는 방법이 있다. 물뿌리개는 노즐구경, 토출압력이 클수록 살수반경이 크고, 일반적으로 토사 퇴적장, 해체 공사장 등 건설 현장에서의 광범위한 살수에 적합하다(토지주택연구원, 2018). 대표적으로 클린로드 시스템은 미세먼지 다량 배출지역에 지속적으로 물을 분사하여 미세먼지 입자를 응축시켜 제거한다. 배수관과

살수 노즐과 같은 물 분사 설비를 도로 중앙분리대에 설치하고, 농도계측 및 노면 센서를 활용하여 미세먼지 농도가 높은 경우 자동으로 물을 분사한다. 건설현장과 산업단지 등 미세먼지 배출농도가 높은(연평균 미세먼지 농도 50㎍/㎥ 이상) 지역에 적용하면 효과적인 것으로 나타났다(토지주택연구원, 2018).

〈그림 2-37〉 클린로드 시스템 기법 활용을 통한 미세먼지 저감



토지주택연구원. (2018), 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

분무형은 미세먼지 제거와 오존 생성을 억제하는 효과가 있으며, 증발 및 냉각 효과로 인해 열섬현상 해결에도 효과적이다.

〈그림 2-38〉 서울주택도시공사 항동지구 분무형 시설물

자료: 서울주택도시공사. (2020). 미세먼지 없는 건강한 우리동네 핸드북

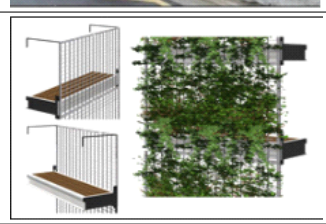
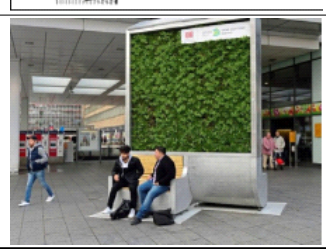
〈그림 2-39〉 서울주택도시공사 마곡광장 분무형 장치

자료: 서울주택도시공사. (2020), 미세먼지 없는 건강한 우리동네 핸드북

5. 녹화기술

미세먼지 저감 관련 녹화기술 적용기법은 크게 다음표와 같다.

〈표 2-11〉 디자인 적용 기법 유형화

기법	내용	예시
자생적 적용기법	식생이 특별한 구조물이나 장치 없이 자생적으로 건축물 혹은 시설물에 안착할 수 있도록 적용하는 기법	
시스템 적용기법	건축물이나 시설물에 식생의 자생적 안착이 원천적으로 불가능한 경우 이를 보조하기 위해 제작한 구조물 혹은 장치를 건축물이나 시설물에 설치함으로써 구조물 혹은 장치를 통한 식생의 자생적 안착이 가능하도록 만드는 기법	
시설물 적용기법	식생의 안착 가능여부에 무관하게 식생을 활용하여 정류장, 분전함, 벤치, 설비 등 완제품 형태의 시설물로 제작하여 도시 공간 내에 기존 시설물을 대체하거나 추가적으로 배치하는 기법	

자료: 토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구

■ 스마트 모스월(Moss Wall)

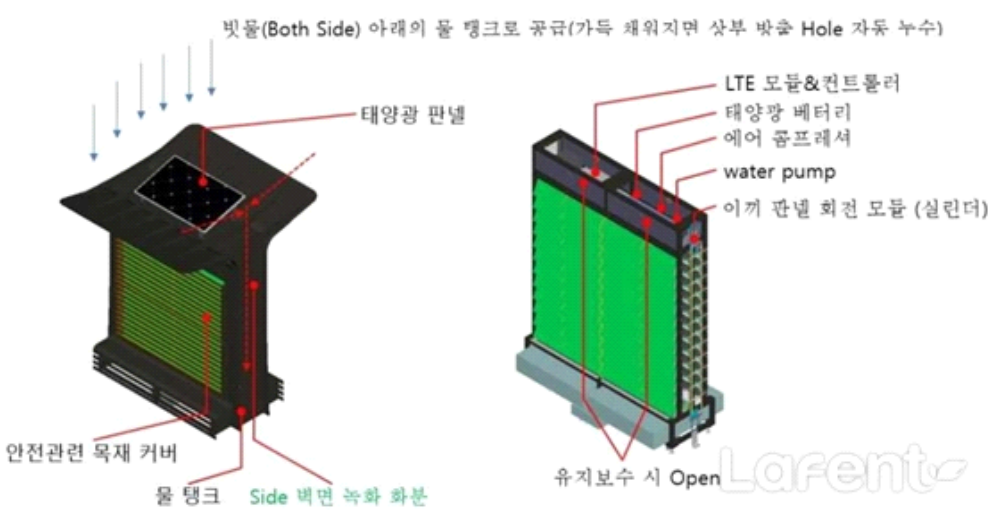
스마트 모스월은 높이 4m, 너비 3m 규모의 벽 양면을 이끼로 감싼 형태로, 이끼를 이용해 공기 중 오염물질을 분해하고 미세먼지를 흡수할 수 있다. 이끼는 주변 환경을 냉각하며 공기 중 질소산화물·오존, 입자상 물질을 정화하는 효과가 있는 것으로 알려진 식물이다.

SH공사는 이끼의 특성을 활용하여 도시 미세먼지 저감 솔루션 'SH 스마트 이끼타워'를 개발하고, 특허를 출원하여 마곡나루역 인근에 2020년 6월부터 시범 설치하여 운영하였다. 이는 연간 약 12㎏의 미세먼지와 약 240톤의 이산화탄소(CO_2)를 저감할 것으로 기대하고 있다.

〈그림 2-40〉 스마트 모스월

자료: https://www.lafent.com/inews/news_view.html?news_id=128081&mcd=H01

〈그림 2-41〉 스마트 모스월 유닛 구성도



자료: https://www.lafent.com/inews/news_view.html?news_id=128081&mcd=H01

■ 독일 공기정화 벤치

독일의 환경기술기업은 2017년 9월 공기를 정화시키는 벤치를 개발하였다. 'City Tree'라는 이 공기정화 벤치 뒤에는 이끼가 설치된 초록색 패널의 벽이 세워져 있다. 이 이끼는 미세먼지와 이산화질소, 오존을 정화하며, 벤치 2개당 하루 약 250g의 미세먼지와 연간 240톤의 이산화탄소를 흡수한다고 한다.

〈그림 2-42〉 독일 공기정화 벤치

자료: 한화솔루션/케미칼 공식블로그; https://www.chemidream.com/2468

■ 벨기에 미세먼지 저감 이끼모듈 패널

벨기에 라이덴 지역에는 미세먼지 저감 수준을 실시간으로 확인하고 식물 상태를 관리할 수 있도록 이끼모듈 패널에 IoT 기술을 적용하여 운영하고 있다.

〈그림 2-43〉 이끼모듈 패널

자료: 서울주택도시공사. (2020). 미세먼지 없는 건강한 우리동네 핸드북

■ 멕시코시티

멕시코시티의 'Via Verde project'는 고속도로 기둥에 녹화패널을 설치하여 약 5,000kg의 미세먼지와 약 27,000톤의 유해가스 정화 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

〈그림 2-44〉 멕시코시티 Via Verde project

자료: 서울주택도시공사. (2020). 미세먼지 없는 건강한 우리동네 핸드북

제5절 시사점

국외 사례 검토 결과 공통적으로 친환경적인 통학방법을 권장하고 있으며 우리나라와 마찬가지로 학교 주변에서는 자동차 공회전을 금지하는 방식으로 오염원 관리를 하고 있었다.

영국은 학교 맞춤형 대기질 개선 정책을 수립하고 있다(각각의 학교 주변 환경과 상황에 맞은 정책을 수립하고자 함). 일상생활과 밀착된 환경교육 실시. 학부모, 지역주민과의 협력 또한 두드러진다(지도 제작 및 공유, 친환경적인 통학방법 권장). 또한 학교와 지차체, 기업이 협업하여 대기질 개선에 노력하고 있다(차량통행금지, 녹색방지막 지차체와 인근 공사장 건축 발주회사가 지원 등). 학교 안팎으로 학생들이 오염물질에 노출되는 것을 원천 차단하기 위한 정책을 수립한다. 녹색방지막 설치와 학교정문을 대로변에서 공원 쪽으로 옮김, 맑은길 찾기 앱을 통해 대기오염도가 낮은 길 선택 가능도록 권고하는 등의 사업을 진행하고 있다.

캐나다는 활동적이고 안전한 통학로 조합을 통해 지역사회의 주민과 의사결정자들이 교통과 안전 문제들을 함께 해결하고 있었다.

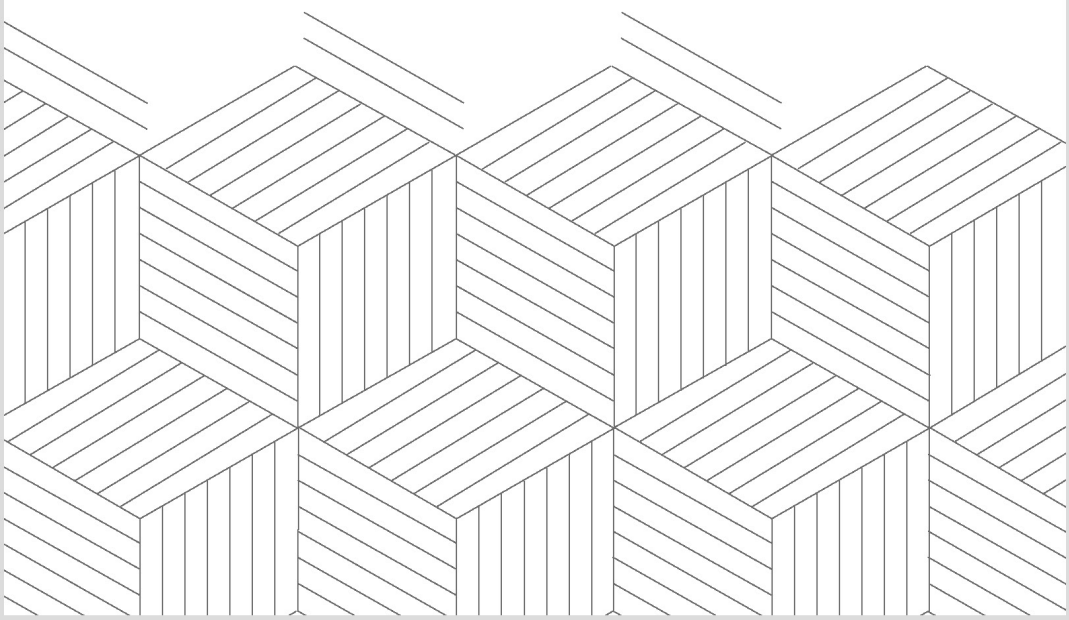
교통에 의해 영향을 받는 학교에 대한 환경적 관리를 하고 있는 나라는 미국이었으며, 신규 학교 입지 선정(학교 부지 선정 가이드라인 마련 등)부터 안전한 통학로 지도 제작 등의 방법을 제시하고 있다.

우리나라는 학교 운동장 등에 미세먼지 간이측정기 설치, 통학로 녹화 사업, 시범적으로 통학로나 교실 내에 공기정화기 설치 등을 시행하고 있다. 또한 최근 학교의 환경을 보다 근본적으로 확보하기 위하여 학교 용지를 선정할 때부터 주변의 유해 요인을 평가한 후 상대적으로 쾌적한 지역에 학교 용지를 선정하고, 학교를 설립하기 위하여 교육환경평가를 실시해야하는 법률이 제정되었다.

통학로와 도로에 미세먼지를 제거하기 위한 다양한 기술에 대해서 검토한 결과는 다음과 같다. 미세먼지 제거 기술 사례는 기술의 개발을 위한 테스트베드로서의 사업의 유의성은 있으나, 공기 확산의 속도를 생각할 때 통학우회로를 제공하거나 오염원을 근본적으로 차단하는 방식보다는 효과가 낮다. 또한 대기오염물질의 노출을 줄이기 위해 또다른 에너지를 사용하는 기술을 적용하는 것은 도시 전체 차원에서의 대기오염물질 배출을 줄이고 탄소중립을 위한 사회로 가는 데 적합하지 않다고 볼수 있다. 따라서 미세먼지 제거 기술을 도입하는 사례보다는 영국, 캐나다, 미국의 경우처럼 자연친화적인 통학로의 선정, 도로와 같은 대기오염물질배출원과 학교와의 충분한 이격거리 유지와 같은 비에너지 소모적 방법을 사용하는 것이 바람직할 것이다.

제3장
수원시 현황 고찰

제1절 수원시 대기오염도 및 대기오염물질 배출 기여도 현황
제2절 수원시 미세먼지 관리 관련 계획 고찰



제3장 수원시 현황 고찰

제1절 수원시 대기오염도 및 대기오염물질 배출 기여도 현황

1. 수원시 대기오염도 현황

대기환경기준으로 관리되고 있는 대기오염물질의 수원시 오염도 현황은 다음 표 3-1과 같다. 오염물질별 특성은 다음과 같다.

일산화탄소는 연료 속의 탄소성분이 불완전하게 연소할 때 발생하며 주로 내연기관을 사용하는 수송부문에서 배출된다. 일화탄소 농도는 낮은 수준을 그대로 유지하고 있으며, 환경기준(25ppm/hr, 9ppm/8hr)에 비해서도 매우 낮은 수준이다.

이산화황은 연료에 함유된 황성분이 연소과정에서 산소와 결합하여 발생한다. 이산화황은 도시가스의 사용 및 저황유 연료 공급 확대, 저공해 자동차 보급 등 각종 대기오염 저감정책 추진으로 아황산가스는 매우 낮은 수준을 나타내고 있다.

이산화질소는 고온 연소 시 또는 대기 중 일산화질소의 산화반응에 의해서 생성되며, 휘발성 유기화합물(VOCs)과 반응하여 오존을 생성하는 전구물질이다. 주요 배출원은 고온 연소 공정이 있는 자동차 내연기관, 발전소, 보일러 등임. 환경기준보다 낮은 수준으로 유지되고 있으며 최근 감소추세를 보이고 있다.

오존 환경기준은 0.06ppm/8hr, 0.1ppm/1hr 로 만족하는 수준이지만 2010년 이후 지속적인 증가 추세에 있다. 오존의 지속적인 증가는 광화학반응 생성물의 증가를 나타내며, 2차 생성 기여도가 30~50%를 차지하는 PM2.5의 일정부분도 유사하게 과거 비해 증가했을 수 있음을 간접적으로 나타낸다.

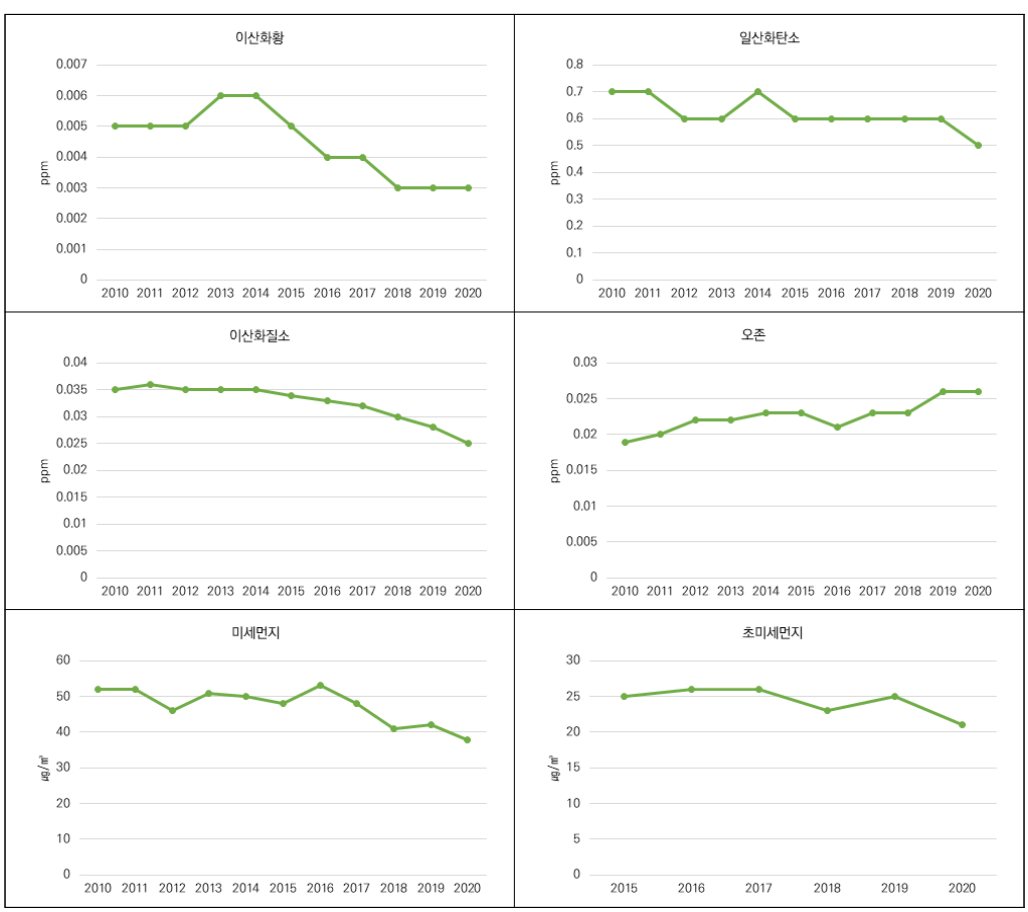
오존과 PM2.5 중 이차생성 유기 입자(SOA: Secondary Organic Aerosol)의 전구물질은 NOx와 VOCs로 동일하기에 전구물질의 관리, 특히 연도별 농도 추이가 없는 VOCs에 대한 관리가 필요하다.

PM10은 2010년부터 증감을 반복하다가 2016년 이후부터 감소하고 있다. PM2.5는 2015년부터 자료가 존재하고 있어 그 추이를 파악하기 어려우나 2019년보다 2020년에 감소하였다.

〈표 3-1〉 수원시 대기오염도 현황

연도	이산화황 [SO_2](ppm)	일산화탄소 [CO](ppm)	이산화질소 [NO_2](ppm)	오존[O3] (ppm)	미세먼지 [PM10]㎍/㎥	초미세먼지 [PM2.5]㎍/㎥
2010년	0.005	0.7	0.035	0.019	52	
2011년	0.005	0.7	0.036	0.020	52	
2012년	0.005	0.6	0.035	0.022	46	
2013년	0.006	0.6	0.035	0.022	51	
2014년	0.006	0.7	0.035	0.023	50	
2015년	0.005	0.6	0.034	0.023	48	25
2016년	0.004	0.6	0.033	0.021	53	26
2017년	0.004	0.6	0.032	0.023	48	26
2018년	0.003	0.6	0.030	0.023	41	23
2019년	0.003	0.6	0.028	0.026	42	25
2020년	0.003	0.5	0.025	0.026	38	21
환경기준	0.02	9	0.03	0.06	50	25

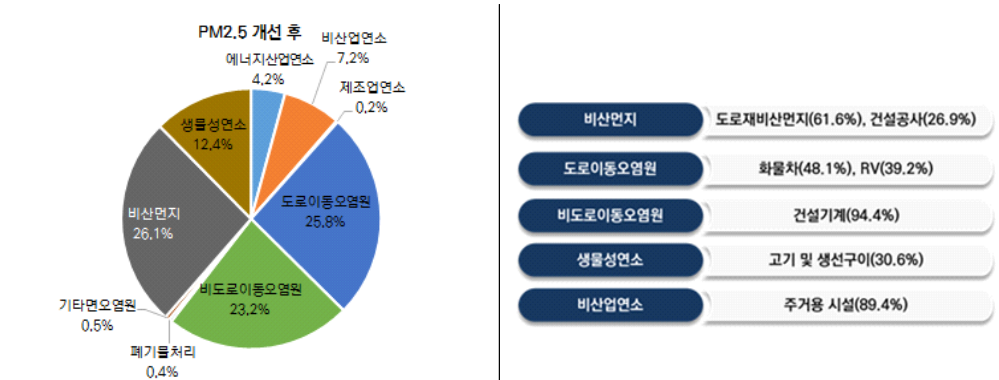
〈그림 3-1〉 수원시 연도별 대기오염도 추이



2. 수원시 대기오염물질 배출 기여도

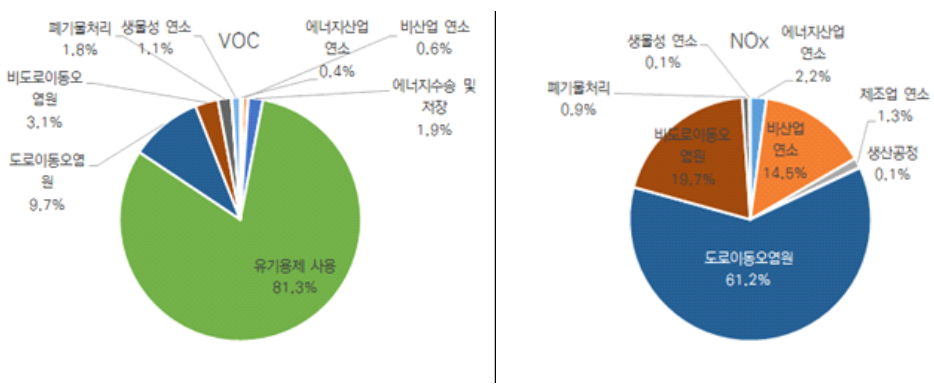
수원시 미세먼지의 1차배출원 기여도는 비산먼지(26.1%), 도로이동오염원(25.8%), 비도로이동오염원(23.2%) 등의 순으로 조사되었다 (수원시, 2020). 비산먼지 부분에서는 도로재비산먼지에서 61.6%로 가장 높은 배출비율을 보였으며, 도로이동오염원에서는 화물차가 주요 배출원으로, 비도로이동오염원에서는 건설기계가 주요 배출원이었다. 따라서 취약계층 이용시설에의 영향을 고려할 때, 이들 주요 오염원에 대한 우선 고려가 필요할 것이다.

〈표 3-2〉 PM2.5 배출원별 배출비율



※미세먼지 배출량 재산정
자료: 수원시. 2020. 수원시 미세먼지 관리 종합계획 수립 연구

〈그림 3-2〉 VOC, NOx 배출원별 배출비율

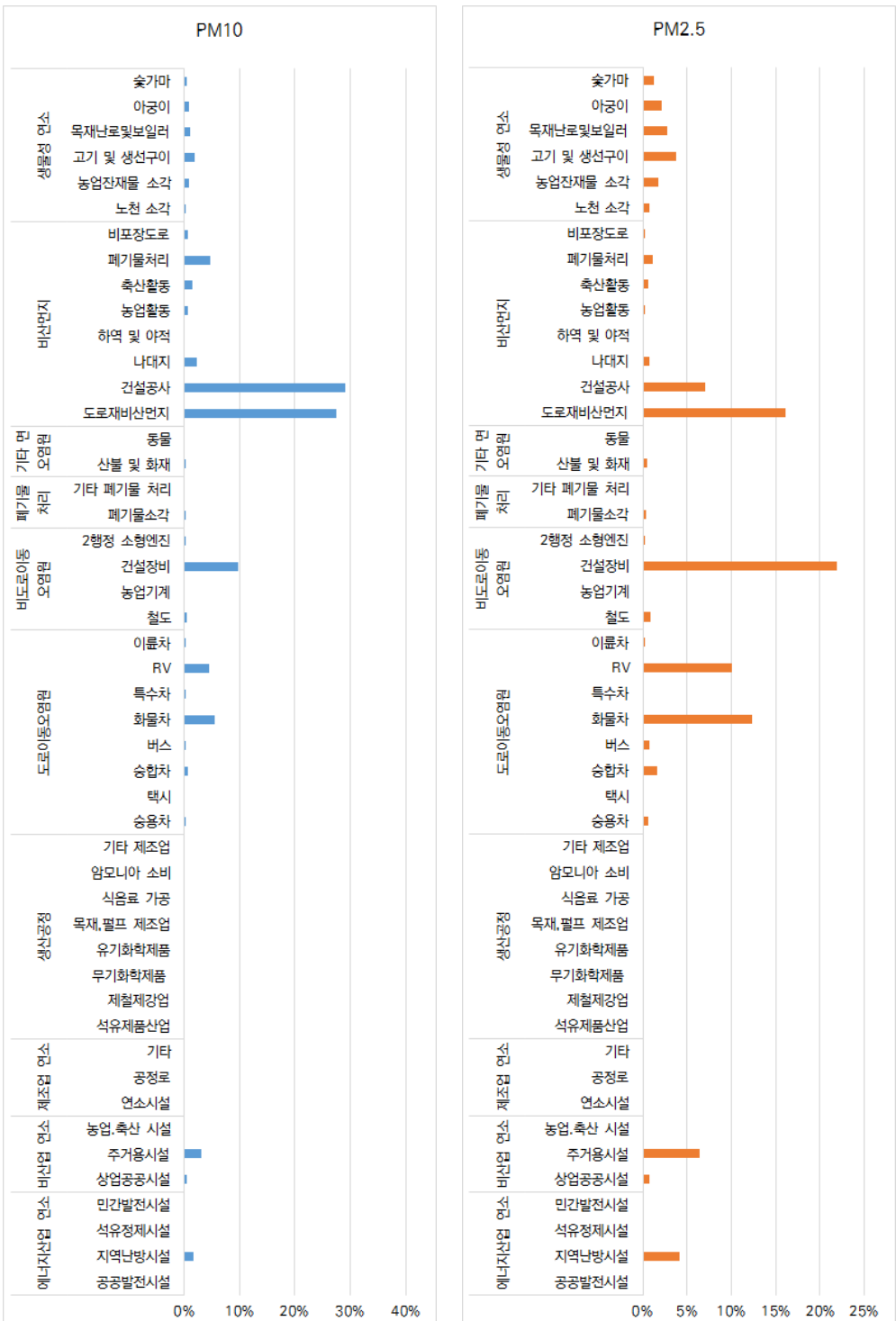


배출원 분류체계 중 중분류 체계에 따라 상세 분석을 실시한 결과 PM2.5 기준으로 가장 높은 배출 비중을 차지하고 있는 배출원은 비도로이동오염원 중 건설장비(21.9%) 부문이며, 뒤를 이어 비산먼지 중 도로재비산먼지(16.1%), 도로이동오염원 중 화물차(12.4%), RV(10.1%), 비산먼지 중 건설공사(7.70%), 생물성연소 중 고기 및 생선구이(3.8%) 순으로

배출비율이 높은 것으로 분석된다.

PM10의 경우 가장 높은 배출 비중을 차지하고 있는 배출원은 비산먼지 중 건설공사(29.1%) 부문이며, 뒤를 이어 비산먼지 중 도로재비산먼지(27.5%), 비도로이동오염원 중 건설장비(29.8%), 도로이동오염원 중 화물차(5.6%), 비산먼지 중 폐기물처리(4.7%), 도로이동오염원 중 RV(4.5%) 순으로 배출비율이 높은 것으로 분석된다.

〈그림 3-3〉 2016년 배출원 중분류 기준에 따른 PM10, PM2.5 배출비율

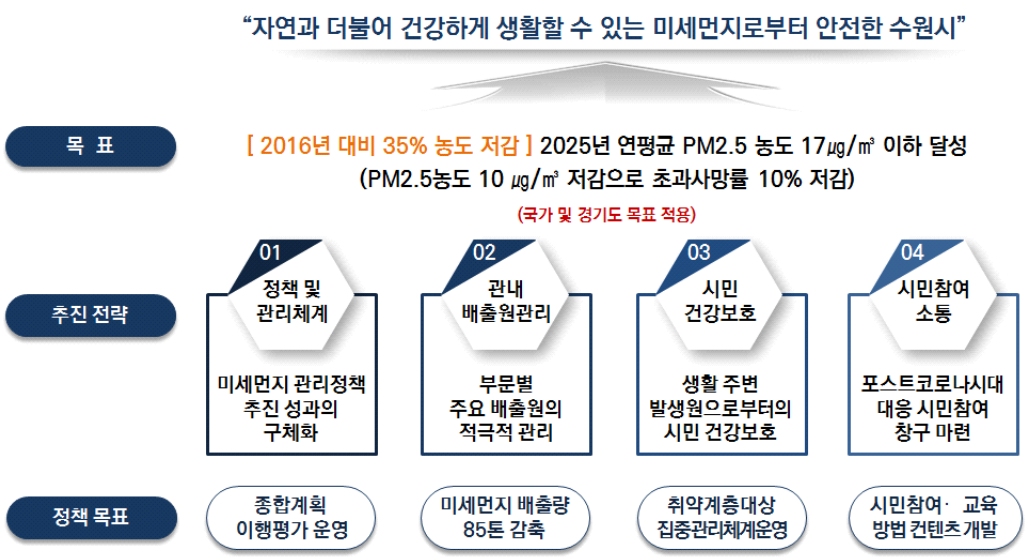


제2절 수원시 미세먼지 관리 관련 계획 고찰

1. 수원시 미세먼지 관리 종합계획

수원시는 누락 배출원 발굴 및 배출량 보완 등을 통하여 수원형 배출목록을 작성하고, 모델링을 통한 내·외부 영향 분석 등 인과관계를 파악하여 실효성 있는 수원시 맞춤형 미세먼지 저감 및 관리 정책 방향을 제시했다. 자연과 더불어 건강하게 생활할 수 있는 미세먼지로부터 안전한 수원시라는 비전아래 4개의 추진전략과 38개의 추진과제를 도출하였다.

〈그림 3-4〉 비전 및 추진전략(안)



자료: 수원시, (2020). 수원시 미세먼지관리 종합계획 수립연구

(1) 정책 및 관리체계

세부 분야	추진 과제	사업 내용
1-1. 정보 수집 및 분석	1.1.1 수원시 미세먼지 인벤토리 구축	• 수원시 미세먼지 인벤토리의 지속적인 개선 및 보완 • 관내 공사 현황과 건설기계 운영현황 조사 및 분석체계 구축 • 관내 교통정보 수집 및 분석 고도화 • 정기적 대기배출시설 운영정보 조사체계 구축
	1.1.2 대기질 측정 고도화	• 미세먼지 성분 분석 • 도로변 측정소 고도화 및 결과공개
1-2. 정책위원회 운영 및 이행평가	1.2.1 수원시 미세먼지 대책협의회 구성 운영	• 미세먼지 대책협의회 구성 운영
	1.2.2 미세먼지 종합계획 이행평가 체계 구축 운영	• 이행계획 수립 • 종합계획 이행평가 실시
1-3. 도시간 네트워크 구축	1.3.1 도시간 맑은 공기 협조체계 구축 운영	• 인접도시 미세먼지 대응협의회 운영 • 동아시아 맑은 공기 도시협의체 활동 • 자매도시와 미세먼지 관리 정책 공유 및 지원 • 기후위기대응 · 에너지전환, 지속가능발전 등을 위한 지방정부협의회 활동

(2) 관내 배출원 관리

세부 분야		추진 과제		사업 내용
2-1. 수송	도로	2.1.1 수소차 인프라 확대		• 수소생태계 조성 기본계획 수립 • 수소충전소 구축 • 수소자동차 보급 • 수소택시 보급 • 수소에너지확대를 위한 수소공급대책 수립
		2.1.2 친환경자동차 전환		• 전기자동차 민간보급 지속, 충전인프라 구축 • 관용차량 친환경화 지속추진 • 대중교통수단 친환경화 추진 • 전기 소형 배달 차량(1톤트럭) 보급 • 배달용 친환경 이륜차 보급
		2.1.3 경유차 저공해화		• 단계적 노후경유차 제로화 추진 • 노후경유차 운행제한
		승용차 통행량 감축	2.1.4 대중교통 활성화	• 대중교통체계 개선 지속 추진(버스, 광역철도, 환승센터 등)
			2.1.5 도심 승용차 집중 완화	• 녹색교통진흥지구 지정 및 운영 • 대중교통전용지구 사업 • 자전거(비동력이동수단) 이용 활성화 정책 추진
			2.1.6 수원시 자동차 탄소포인트제 확대추진	• 자동차 탄소포인트제 지속 확대 추진

세부 분야		추진 과제	사업 내용
2-1. 수송	도로	2.1.7 도로터널 대기오염배출 관리	• 수원시 관내 터널화 도로(터널, 지하차도 등) 대기오염 방지대책 수립 • 터널화도로(터널, 지하차도 등) 방지시설 시범사업
		2.1.8 운행차 배출가스 및 공회전 단속 강화	• 운행차 배출가스 단속 및 공회전 단속 강화 • 자동차 공회전 제한지역의 단계적 확대 운영
	비도로	2.1.9 노후 건설기계 관리 강화	• 건설기계 저공해화 지원사업 지속추진 • 노후 건설기계 사용제한 사업 확대
2-2. 산업 부문		2.2.1 중소형 대기배출시설 사업장 지원 및 관리 강화	• 소규모 대기오염물질 배출사업장 노후 대기오염방지시설 설치 및 컨설팅 지원 • 대기배출시설 운영 관리체계 구축(IoT 기반 모니터링) • 소규모 사업장 자가측정 데이터 공개 • 민관협동 배출원 모니터링 및 지도점검 강화
2-3. 에너지 부문		2.3.1 자원회수시설 소각량 감축 운영	• 폐기물감량 추진계획, 자원재활용 활성화 계획 등의 지속적인 추진
		2.3.2 신재생에너지 보급 확대	• 신재생에너지 보급 지원 사업 지속 추진 • 유휴공간 신재생에너지 생산시설 설치 장려
		2.3.3 제로에너지건물 보급 및 기존 건축물 에너지 고효율화	• 제로에너지건축물 의무화 지속 • 기존 건축물 에너지 고효율화를 위한 진단 및 설비 지원 • 건물 녹화 및 자투리땅 녹화를 통한 건물온도 1℃ 낮추기
		2.3.4 지역난방 연료 전환 및 고효율화	• 지역난방공사 연료전환 및 시설 리모델링 행정적 지원
2-4. 생활 부문		2.4.1 도로재비산먼지 관리강화	• 스마트도로 청소 • 미세먼지 집중관리구역 청소 강화 • 도로 청소 장비 선진화를 통한 이면도로 청소 강화 • 인근 대형공사장 인접도로 및 공사차량의 이동경로 도로청소 의무화
		2.4.2 건설현장 비산먼지 관리 강화	• 건설현장 비산먼지 농도 공개 지속 추진 • 소규모 공사장 비산먼지 관리 • 나대지 비산먼지 저감사업 추진
		2.4.3 생물성 연소 불법소각 방지	• 미세먼지 불법배출 예방 민간감시원 운영 및 농업부산물 처리시스템 운영
		2.4.4 친환경 버너 및 보일러 보급	• 사업장 저녹스 버너 보급 지속 • 가정 친환경보일러 교체 지원 지속
		2.4.5 건축물 날림먼지 방지 강화	• 건축물 도장 공사 시 페인트 잔여물 날림먼지 방지 강화
		2.4.6 음식점 및 급식소 배출저감	• 음식점 및 급식소의 대기배출 저감장치 설치 지원 및 관리 시범사업
		2.4.7 세탁시설의 체계적 관리	• 친환경 인증 기준 도입대비 사전 대응 • 친환경 인증 기준 도입 홍보 (친환경용제 사용 홍보)

(3) 시민건강보호

세부 분야	추진 과제	사업 내용
3-1. 구역별 집중관리	3.1.1 미세먼지 집중관리구역 지정 및 관리	• 집중관리구역 선정 • 집중관리구역 지원사업 추진 • 오염원 영향권 취약계층이용시설 장기관리
	3.1.2 학교 등 대기오염 취약계층이용시설 주변 미세먼지 관리강화	• 도로변 인접 학교 미세먼지 관리 강화 • 학교 등 대기오염취약계층 이용시설 주변 건설공사 현장 관리강화 • 미세먼지 안심숲 조성
	3.1.3 도로변 미세먼지 노출저감 사업	• 버스승강장 미세먼지 프리존 시범사업 추진 • 횡단보도 미세먼지 안심대기선 설치
3-2. 민감·취약계층 보호	3.2.1 미세먼지 민감 및 취약계층 피해예방 지원 사업	• 미세먼지 취약계층이용시설, 저소득층 및 장애인가정 마스크 보급, 공기청정기 지원 및 관리 • 찾아가는 미세먼지 케어 서비스 사업 • 실외근무자 미세먼지 대응매뉴얼 준수 점검
3-3. 실내공기질 관리	3.3.1 미세먼지 쉼터 확대 운영	• 공공시설 미세먼지 쉼터 추가 지정 • 미세먼지 쉼터 지정요건 마련
	3.3.2 다중이용시설 실내공기질 관리강화	• IoT 실내공기질 상시측정 및 자동관제 시범사업 추진
3-4. 도심대기질 개선	3.4.1 도시숲 및 녹지 조성	• 미세먼지 저감 도시숲 조성 지속 추진 • 도로변 미세먼지 저감 위한 가로수·띠녹지 조성
	3.4.2 노출피해저감을 위한 도시설계 기준 마련 운영	• 취약계층 이용시설 조성 시 대로변 이격거리 기준 운영 • 미세먼지 노출 최소화를 위한 공간 확보 방침 마련
	3.4.3 도시 바람길 조성 및 운영	• 바람길 조성 및 활성화 계획 수립 • 토지개발계획 수립 시 바람길 영향검토
	3.4.4 미세먼지 계절관리제 및 고농도 비상저감조치 시행	• 계절관리제 및 고농도 비상저감조치 시행

(4) 시민참여·소통

세부 분야	추진 과제	사업 내용
4-1. 홍보 및 교육 체계 구축	4.1.1 미세먼지 온라인 홍보강화	• SNS, 유튜브를 통한 수원시 미세먼지 정책 홍보 • 기존의 민원창구를 활용한 온라인 미세먼지 소통 공간제공
	4.1.2 미세먼지 대응 시민 교육 강화	• 미세먼지 전문가 특강 및 세미나 개최 지속 • 미세먼지 주제 환경교육 프로그램 운영 확대 • 미세먼지 관리사 양성 등 사회환경교육가 육성

2. 2021년 대기오염 저감 및 관리 주요 사업[10)]

■ 미세먼지 저감 및 피해예방 사업 종합관리를 위한 체계 구축
  ○ 「수원시 미세먼지 관리 종합계획」이행평가 강화
  - 세부사업 추진상황 점검(분기별), 미세먼지 대책 협의회 활용 이행평가(반기별)
  ○ 미세먼지 대책 협의회 운영(총33명, 3개 소위원회)
  - 「수원시 미세먼지 관리 종합계획」 정책 평가 자문
  - 공무원, 시의원, 시민조직, 산업계, 학교 등 각계 지역사회 대표, 미세먼지 전문가로 구성

■ 미세먼지 집중관리구역 IoT 기반 스마트 관리
  ○ 미세먼지측정기(30개소) 및 신호등(20개소) 설치로 모니터링시스템 구축
  ○ IoT 활용 자연환기창호 설치(취약계층 이용시설 49개소)

■ 미세먼지 대응 시민역량 강화
  ○ 초미세먼지관리사 방문컨설팅(어린이집 등 260회)
  ○ 찾아가는 미세먼지 학교 운영(50회)

■ 그린모빌리티 1,130대 보급(전기승용 500대, 전기이륜 100대, 전기화물 100대, 전기버스 100대, 전기택시 20대, 수소승용 300대, 수소택시 5대, 전기굴착기 5대)

■ 노후운행경유차 배출가스 저공해화 사업 9,190대(조기폐차지원 6,000대, 매연저감장치 부착지원 3,000대, 건설기계 엔진교체 및 매연저감장치 지원 70대, LPG화물차 구입지원 120대)

■ 중소사업장 저녹스버너 교체 지원사업 12대, 가정용 보일러 지원사업 5,000대

■ 미세먼지 신호등 설치
  ○ 미세먼지와 대기오염물질 관련 정보를 알려주는 미세먼지 신호등을 20개소에 설치(19년 4개, 21년 20개)
  ○ 미세먼지 신호등은 설치장소에서 가까운 국가대기측정망의 대기오염물질 정보를 수집하여 LED전광판에 농도와 대기환경 상태를 표출
  ○ 태양광발전으로 생산한 전력으로 작동하며 미세먼지·초미세먼지·오존·일산화탄소·이산화질소·이산화황 등 6개 대기오염물질의 정보와 시간·온도 등 생활정보제공
  ○ 원격관리시스템으로 실시간으로 미세먼지 신호등을 점검·관리

10) 수원시 2021년도 주요 업무계획

〈그림 3-5〉 수원시 초등학교 앞에 설치된 미세먼지 신호등

■ 도시숲, 학교숲, 그린커튼 조성

○ 미세먼지를 저감하고 도시열섬현상 저감 효과

○ 도시숲은 도시공원과 공공녹지 등에 큰 나무를 심고, 녹지를 조성하는 것으로 2020년에는 199개소(46만㎡)의 도시숲 조성이 완료

- 큰나무 심기 사업 추진으로 도시공원에는 1만3496주의 나무가 식재
- 수원시의 70%의 학교에는 학교숲이 조성(202개 초·중·고·특수학교 중 143곳에 총 12만3265㎡ 면적)

○ 공공 청사 및 학교와 다중이용시설 건물 창가에 녹색 식물을 설치하는 그린커튼 사업도 진행 중임

3. 수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례 개정

수원시는 최근 수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례[시행 2021.07.01.]를 개정하였다. 이 조례에는 △수원시 미세먼지 저감 및 관리 △미세먼지 간이측정기 설치·운영 △특별관리 공사장 먼지저감 조치 △학교 주변 공사장 관리 강화 △미세먼지 저감 및 관리를 위한 사업비 지원 △미세먼지 집중관리구역 지정 및 우선지원 △취약계층 등의 보호를 위한 전문인력 양성 △미세먼지 계절관리제 기간 동안 집중관리 조치 △고농도 미세먼지 발생 시 야외행사 운영중지에 관한 사항 등을 규정하고 있다.

이 조례의 공포·시행으로 미세먼지 집중관리구역을 지정해 미세먼지를 저감하고 시민의 건강을 보호하는 데 기여할 수 있게 됐다. 또한 통학시간에 공사 차량 운행 제한을 권고할

수 있는 근거가 마련되어 미세먼지에 취약한 영유아와 어린이 등에 대한 피해를 사전에 예방할 수 있게 되었다.

제7조(특별관리공사장 먼지저감 조치) ① 시장은 특별관리공사장에 대하여 먼지발생 저감을 위해 「비산먼지 저감대책 추진에 관한 업무처리규정」제6조에 따라 엄격한 기준을 적용한다.
② 제1항에도 불구하고 주민의 건강에 상당한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정하는 경우에는 사업자에게 비산먼지 저감을 위한 다음 각 호의 조치를 권고할 수 있다.
1. 공사장 주변 도로 청소
2. 친환경 건설기계 사용
3. 그 밖에 먼지 저감을 위하여 필요하다고 인정하는 조치

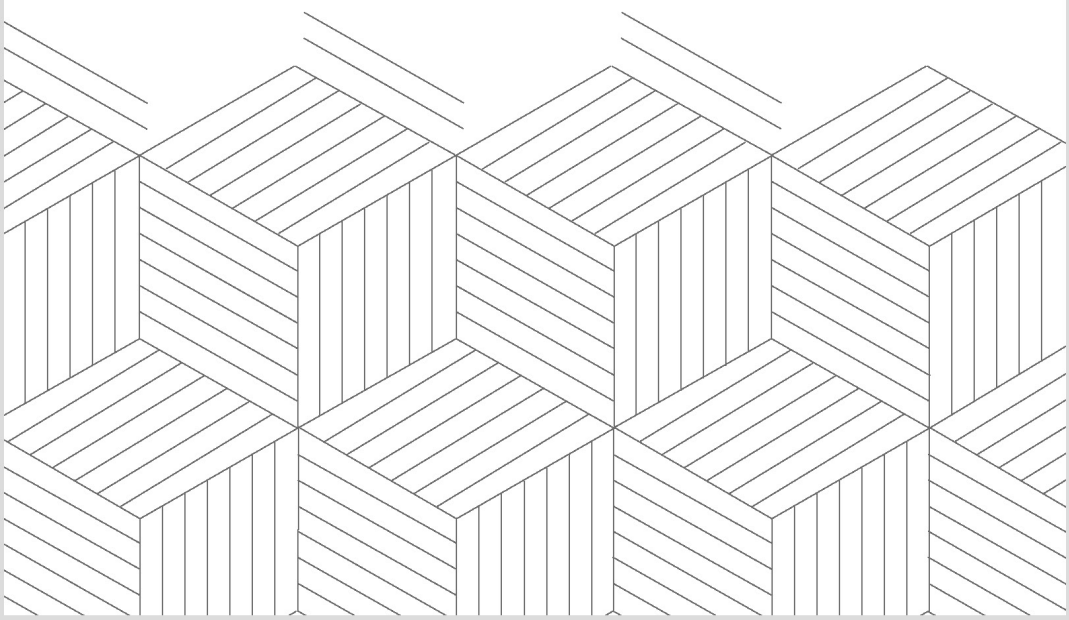
제8조(학교 주변 공사장 관리 강화) 시장은 「대기환경보전법 시행규칙」별표 13의 비고 제1호다목 및 라목에 해당하는 구역에서 시행하는 공사장에 대하여 취약계층의 피해예방을 위해 다음 각 호의 조치사항을 사업자에게 권고할 수 있다.
1. 통학시간 공사 차량 운행 제한 · 2. 공사장 주변 도로 청소
3. 방진막 설치 등 비산먼지 저감을 위한 조치

제10조(미세먼지 집중관리구역의 지정 등) ① 시장은 특별법 제22조제1항에 따라 미세먼지 집중관리구역(이하 "집중관리구역"이라 한다)을 지정 할 수 있다.
② 시장은 특별법 제22조제2항과 시장이 규칙으로 정하는 사항 등 집중 관리구역에 필요한 사항을 우선 지원할 수 있다.
③ 집중관리구역의 지정·해제요건·절차 등은 특별법 제22조제3항에서 정하는 바에 따른다.

제11조(취약계층 등의 보호) ① 시장은 특별법 제23조에 따라 취약계층의 건강을 보호하기 위한 대책을 마련하여야 한다.
② 시장은 취약계층 및 「국민기초생활 보장법」에 따른 수급권자, 어린이집·유치원·초등학교·경로당 등 취약계층이 이용하는 시설에 마스크 보급, 미세먼지 회피시설 설치, 시설 청소 등을 예산의 범위에서 지원할 수 있다.
③ 시장은 제4조제2항제9호에 따른 취약계층에 대한 교육을 목적으로 하는 사업이나 활동에 소요되는 경비를 지원할 수 있다.

제4장
학교 주변 대기오염 영향권 분석 및 관리방안

제1절 분석방법 및 오염원 분포 현황
제2절 영향권 분석 및 현장 조사
제3절 학교 주변 대기오염원 관리방안



제4장 학교 주변 대기오염 영향권 분석 및 관리방안

제1절 분석방법 및 오염원 분포 현황

1. 학교의 대기오염원 영향권 유형 구분

본 연구에서는 분석 대상지인 초,중,고등학교 (관내 총 199개소)에서 1차적으로 30m 이상 도로에서 반경 200m 내 위치한 학교를 선정한다. 이 학교들을 대상으로 반경 300m 이내(국립환경과학원(2011), 민재홍(2012), 「어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙」 제3조제6항에 따라 어린이보호구역을 300m 이내로 지정하는 것을 참고)에 대기오염배출사업장(1~5종), 고속도로와 자동차전용도로 인접, 건설공사현장 등의 분포 현황을 분석한 후, 대기오염물질배출사업장이 많이 분포한 학교, 고속도로나 자동차전용도로가 인접한 학교, 건설현장이 인접한 학교 등의 유형으로 분류하였다.

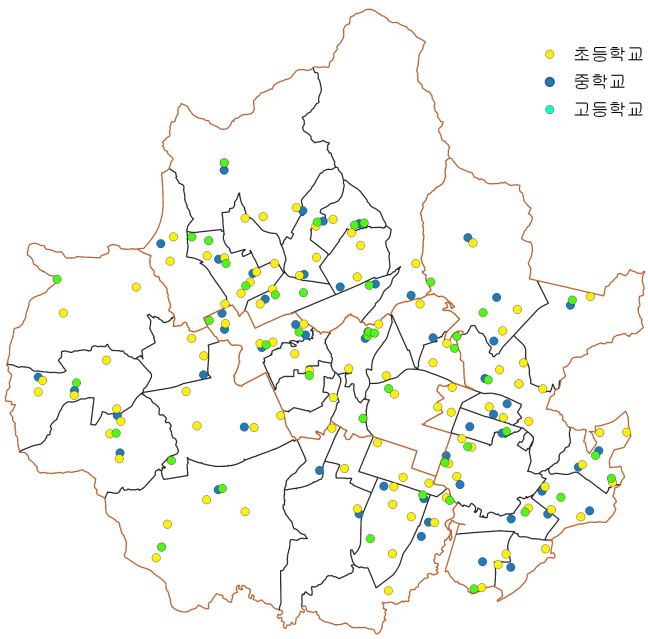
유형별로 대표지를 선정하여 현장조사를 실시하고 관리방안을 제시하고자 한다.

2. 분석 대상 자료 현황

1) 수원시 초중고 현황

수원시에는 초등학교 99개소, 중학교 56개소, 고등학교 44개소로 총 199개소가 있다.

〈그림 4-1〉 수원시 초중고 분포 현황



3. 수원시 오염원 현황

수원시 대기오염배출시설은 총 256개로 대부분 4~5종으로 소규모 사업장이다. 시설 종류로 자동차 정비, 교육 및 연구시설, 제조업, 보일러, 폐기물 소각 등이다. 대기오염물질 배출시설 분포 현황은 다음 그림과 같다.(수원산업단지 대기배출사업장 포함). 1~3종은 경기도에서 관리하고 있으며 산업단지 내 배출사업장은 광역환경관리사업소에서 관리하고 있다.

〈표 4-1〉 수원시 대기오염배출시설 현황

구분	계	1종	2종	3종	4종	5종
계	256	5	2	2	81	166

1종: 연간 오염물질발생량의 합계가 80ton 이상인 사업장
2종: 연간 오염물질발생량의 합계가 20ton 이상 80ton 미만인 사업장
3종: 연간 오염물질발생량의 합계가 10ton 이상 20ton 미만인 사업장
4종: 연간 오염물질발생량의 합계가 2ton 이상 10ton 미만인 사업장
5종: 연간 오염물질발생량의 합계가 2ton 미만인 사업장
자료: 경기도청 홈페이지 경기도 환경오염물질 배출업소 현황(2020.01.01)

4~5종 사업장 중 가장 많은 업종은 개인 및 소비용품 수리업, 수원시 전체 4~5종 사업장의 약 50를 차지하고 있다. 개인 및 소비용품 수리업은 대부분 자동차를 수리하는 사업장으

로 주요 배출시설은 분리(샌딩)시설과 도장시설이다.

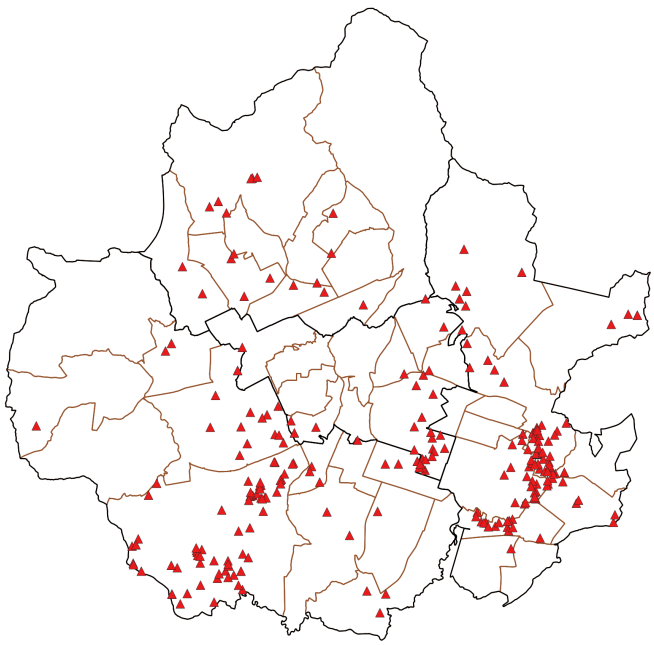
소규모 사업장은 대기오염물질 발생량이 1~3종에 비하면 많은 양은 아니지만 시민의 생활공간과 인접한 사업장이 많아 다양한 환경민원을 유발한다. 또한 전문적 대응능력이 미흡하고 정보 및 기술전달체계 미비 등으로 자체적 환경문제 해결이 쉽지 않다. 영세한 사업장일 경우 대기오염물질 저감시설의 운영이 제대로 이루어지지 않을 수 있다. 따라서 소규모 사업장의 관리 및 지원이 필요하다.

〈표 4-2〉 4~5종 세부 업종별 현황

업종		합계	비율(%)
합계		231	100
비 제조업	소계	182	78.8
	개인 및 소비용품 수리업	116	50.2
	교육 서비스업	12	5.2
	기타 개인 서비스업	8	3.5
	소매업	8	3.5
	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	7	3.0
	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	6	2.6
	숙박업	5	2.2
	부동산업	2	0.9
	스포츠 및 오락관련 서비스업	4	1.7
	협회 및 단체	4	1.7
	보건업	3	1.3
	육상 운송 및 파이프라인 운송업	2	0.9
	창고 및 운송관련 서비스업	2	0.9
	방송업	1	0.4
	사업시설 관리 및 조경 서비스업	1	0.4
	임대업	1	0.4
제조업	소계	49	21.2
	금속 가공제품 제조업	15	6.5
	화학물질 및 화학제품 제조업	5	2.2
	고무 및 플라스틱제품 제조업	5	2.2
	기타 제품 제조업	5	2.2
	기타 기계 및 장비 제조업	2	0.9
	섬유제품 제조업	3	1.3
	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	2	0.9
	비금속 광물제품 제조업	2	0.9
	의료용 물질 및 의약품 제조업	2	0.9
	기타 금속 가공제품 제조업	1	0.4
	식료품 제조업	0	0.0
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	1	0.4
	자동차 및 트레일러 제조업	0	0.0
	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	1	0.4
	전기장비 제조업	1	0.4
(업종 미상)		5	2.2

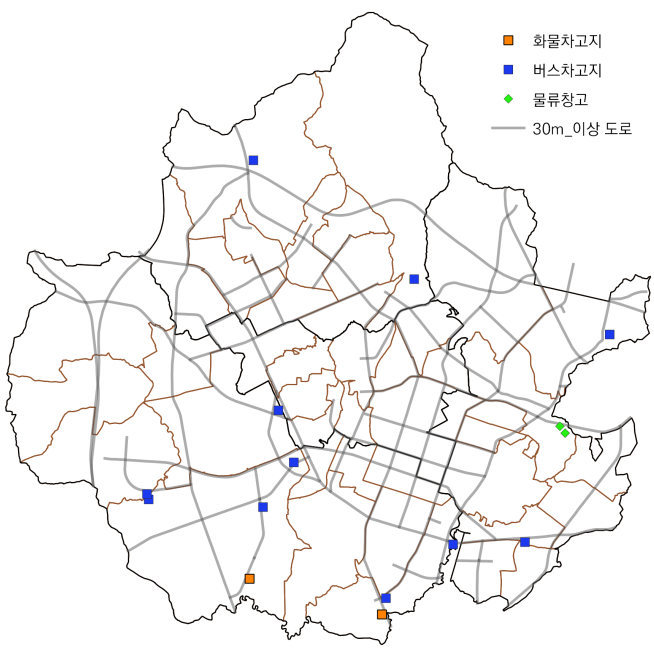
*수원산업단지 내 대기배출사업장 제외함(산업단지 내 배출사업장은 광역환경관리사업소에서 관리)

〈그림 4-2〉 수원시 대기오염물질 배출시설 분포 현황



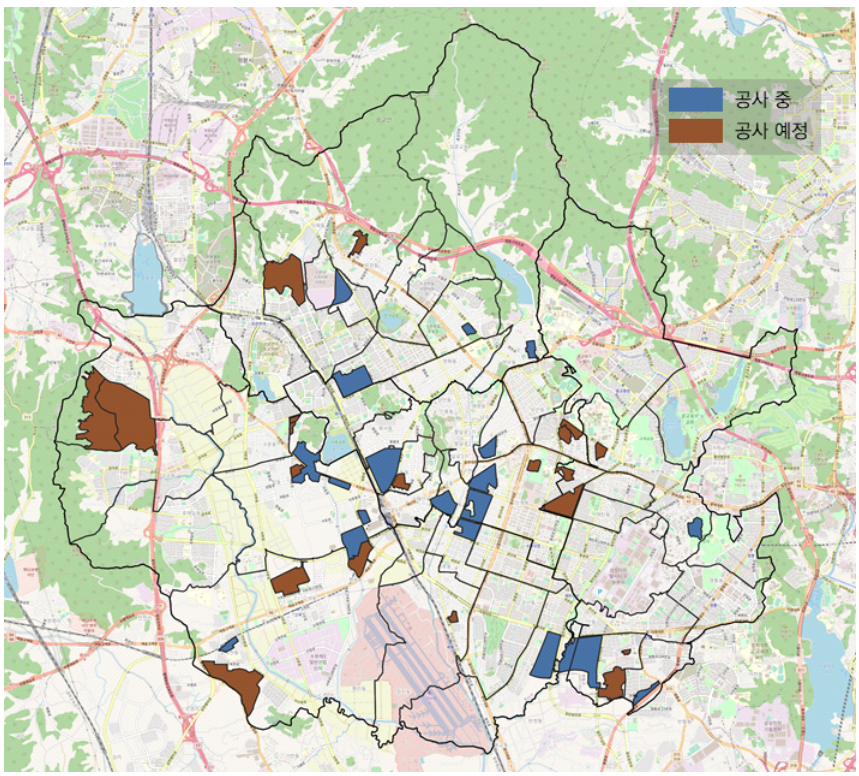
수원시에는 버스차고지는 총 11개소, 화물차고지 2개소가 위치하고 있으며, 물류창고는 2개소가 있다.

〈그림 4-3〉 수원시 차고지, 30m 이상 도로 등 분포 현황



수원시에서 현재 공사 계획 중이거나 진행 중인 공사 현황(300세대 내외 개발사업)은 다음 지도와 같다.

〈그림 4-4〉 수원시 개발사업 현황



제2절 영향권 분석 및 현장 조사

1. 대기오염배출원과 학교 근접성 분석 배경

국지적으로 매우 높은 수준의 농도를 보이는 미기후(micro-climate)[11] 지역은 주로 교통량이 많은 도로나 산업시설 주변에 나타난다(조경두, 2018). Apte et al.,(2017)의 연구에서는 주요 배출원(고속도로)에서 1km 이내에서 BC(Black Carbon; 자동차 직접 배출 미세먼지)와 NO(자동차 1차 배출 미세먼지 및 대기오염물질) 농도가 급격하게 변했다. 특히 BC는 200m 내에서 급격히 확산되었다. 거리에 따른 농도 저감이 분명히 드러난 이유는 1, 2차 복합 원인 산물인 PM10이나 PM2.5가 아닌 Black Carbon을 사용했기 때문이다. BC는 미세먼지 indicator, Nox는 가스상 대기오염물질 indicator로 가정하여본 연구에서 수원시 관내 배출원과 학교까지의 거리 자료에 적용하여 확산 영향권 분석을 하고자 하였다.

2. 현장조사 대상지 선정

1) 30m 이상 도로변에 위치한 학교 선정

일차적으로 30m 이상 대로변에서 200m 범위 내에 있는 초중고를 선별하였다. 도로변에 위치한 학교를 대상으로 대기오염물질배출업소, 차고지, 공사장 등의 오염원이 많은 학교를 선정하고자 하였다. 30m 이상 도로에서 200m 범위 내에 위치한 학교는 53%로 조사되었다.

〈표 4-3〉 30m 이상 도로에서 200m 범위 내에 위치한 학교

구분	합계	초등학교	중학교	고등학교
도로변에 위치한 시설 수	105(53%)	52	27	26
전체 시설 수	199(100%)	99	56	44

11) 지표면으로부터 지상 1.5m 정도 높이까지 기층(접지층)의 기후를 말한다.

〈그림 4-5〉 30m이상 도로에서 200m 버퍼 내 위치하는 학교

2) 30m 이상 도로변(200m이내)에 위치한 학교 주변 대기오염물질배출시설 분포

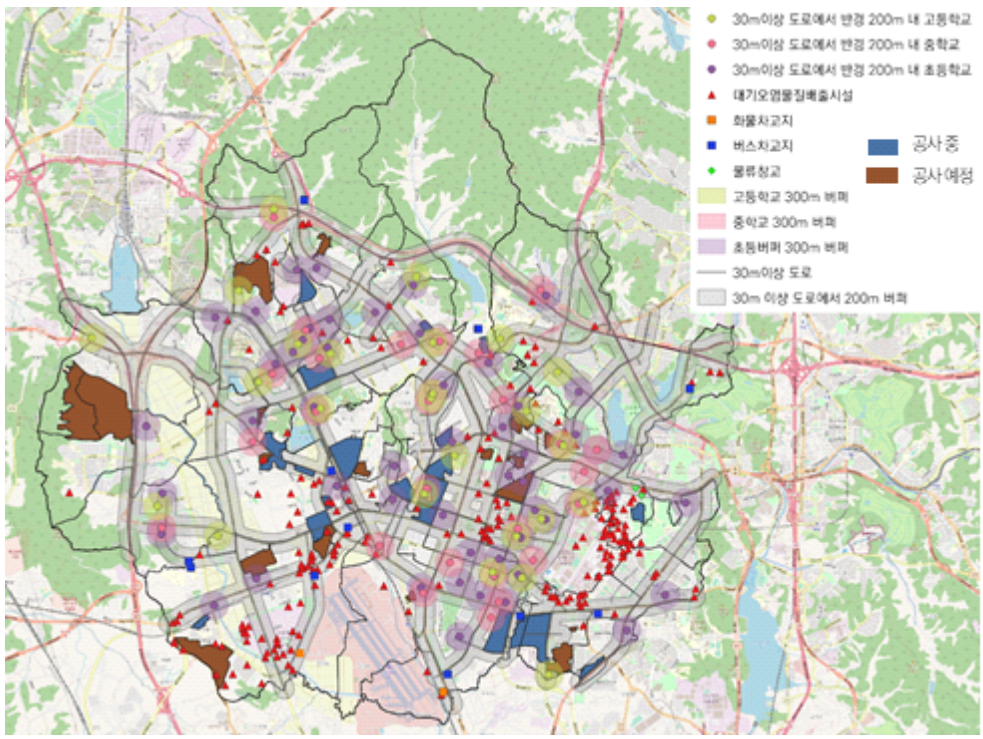
30m 이상 도로에서 200m 범위 내에 위치한 학교 105개소 주변 반경 300m[12] 내에 위치한 오염원(대기배출업소, 차고치, 공사장 등)이 얼마나 분포하고 있는지 분석하였다. 도로변에 위치한 학교 주변 300m 범위 내에는 화물차고지, 버스차고지, 물류창고는 위치하지 않았으며, 대기오염물질배출시설 24 개소가 범위 내에 위치하고 있었다.

〈표 4-4〉 도로변에 위치한 학교 주변 오염원이 위치한 학교 수

구분	합계	초등학교	중학교	고등학교
30m 이상 도로에서 200m 범위 내에 위치한 학교 수	105(100%)	52	27	26
도로변에 위치한 학교 반경 300m 내 대기오염물질배출시설 수	24 (중복시설 제외)	17	6	8
학교 반경 300m 내 대기오염물질배출시설 위치한 학교	19(18%)	9	6	4
학교 반경 300m 내 공사장 위치한 학교(공사 중)	22(21%)	11	6	5

12) 「어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙」 제3조제6항에 따라 시장 등은 조사 결과 어린이 보호구역으로 지정·관리할 필요가 있다고 인정되는 경우 관할 시·도경찰청장 또는 경찰서장과 협의해 해당 보호구역 지정대상 시설의 주 출입문을 중심으로 반경 300미터 이내의 도로 중 일정구간을 보호구역으로 지정한다. 따라서 학교 주변 반경 300m로 분석하였다.

〈그림 4-6〉 도로변 학교 주변 대기오염원



〈표 4-5〉 결과 정리

학교	30m 이상 도로	대기배출시설 수(개소)	공사장	
A1	매송고색로	1	공사 예정	고색지구(248,950㎡, 실시계획인가(2020.12) 2010.6~2023.10.)
A2	덕영대로		공사 중	곡선지구(291,910㎡, 공사 중)
A3	권광로			
A4	곡선로			
A5	영동고속도로			
A6	수인로		공사 예정	권선1구역(16,525㎡,조합설립인가) 권선2구역(16,525㎡, 조합설립인가)
A7	효원로		공사 중	113-6구역(126,336㎡, 2006~2022) 115-8구역(223085㎡, 이주 및 착공(19.12.30), 2006~2022.07
A8	덕영대로, 경수대로			
A9	호매실로			
A10	이목로		공사 중	111-1구역(138401㎡, 이주 및 철거2021.02)
A11	봉영로(자동차전용도로)			
A12	만석로, 대평로	1		
A13	동수원로		공사 예정	영통1구역(51702㎡, 조합설립인가(21.02), 영통2구역(222843㎡, 조합설립인가(17.10), 2015~)
A14	효원로			
A15	권광로		공사 예정	영통1구역(51702㎡, 조합설립인가(21.02), 영통2구역(222843㎡, 조합설립인가(17.10), 2015~)

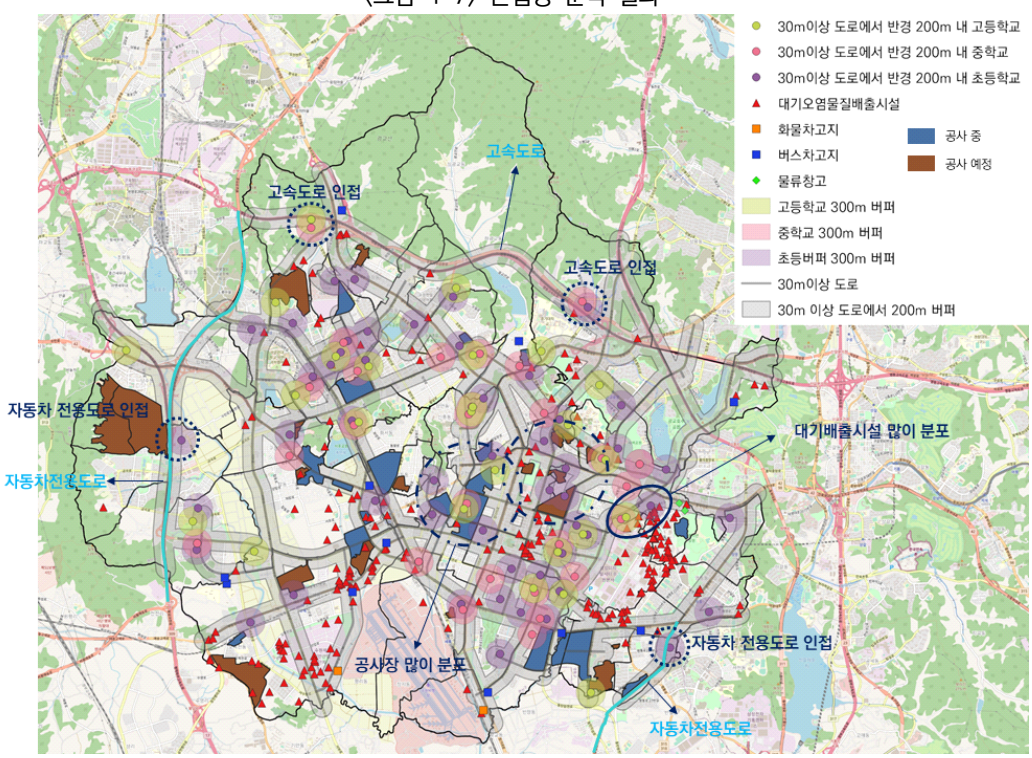
학교	30m 이상 도로	대기배출시설 수(개소)	공사장	
A16	광교호수로			
A17	인계로			
A18	권선로			
A19	대평로, 정자천로		공사 중	대유평지구(262340㎡
A20	덕영대로, 수인로	1	공사 중	역세권2특별지구(30055㎡ 고등주거(362872㎡, 개발변경2021.02)
A21	권광로			
A22	효원로		공사 중	115-6구역(139295㎡, 2009~2022.08
A23	광교중앙로	3		
A24	송원로			
A25	송원로			
A26	봉담과천로(자동차 전용도로)		공사 예정	당수1지구(970734㎡, 실시계획2021.02) 2016.08.~2023.12.
A27	만석로			
A28	중부대로		공사 예정	영통1구역(51702㎡, 조합설립인가(21.02)
A29	덕영대로			
A30	덕영대로			
A31	도청로			
A32	창룡대로			
A33	덕영대로			
A34	경수대로, 수성로		공사 예정	111-3구역(28863㎡, 조합설립인가)
			공사 중	111-4구역(35739㎡, 이주 및 착공(21.02), 2006~2022.05)
A35	매송고색로		공사 중	113-12구역(44795㎡, 이주 및 착공2019.12) 2009~2022
A36	창룡대로	1	공사 중	111-5구역(53075㎡, 이주 및 철거(21.02), 2012~2023)
A37	동탄원천로	7		
A38	덕영대로	1		
A39	만석로			
A40	덕영대로, 정자천로			
A41	월드컵로			
A42	중부대로		공사 중	115-10구역(82809㎡, 이주 및 철거(21.04.)2010~) 115-9구역((171786㎡, 이주 및 철거(18.02.28), 2006~2023.07)
A43	덕영대로		공사 예정	이목지구(473721㎡)
A44	경수대로		공사 중	111-1구역(138401㎡, 이주 및 철거2021.02)
			공사 예정	장안지구(75962㎡,지구지정)
A45	권광로	1	공사 예정	팔달1구역(58773㎡, 미정), 우만1구역(82433㎡, 미정)
A46	호매실로			
A47	중부대로			
A48	인계로			
A49	광교로, 월드컵로, 권광로		공사 예정	팔달1구역(58773㎡, 미정), 우만1구역(82433㎡, 미정)
A50	효원로, 동수원로			
A51	동수원로, 권선로			
A52	정자천로	1		
B1	동수원로		공사 중	곡선지구(291910㎡,
B2	경수대로			

학교	30m 이상 도로	대기배출시설 수(개소)	공사장	
B3	영동고속도로	1		
B4	수인로		공사 중	서호지구(294095㎡
B5	덕영대로, 경수대로			
B6	동수원로			
B7	호매실로, 권선로			
B8	만석로, 대평로			
B9	월드컵로			
B10	중부대로			
B11	효원로, 동수원로	1		
B12	수원천로			
B13	동탄원천로			
B14	대평로, 정자천로		공사 중	대유평지구(262340㎡
B15	수원천로			
B16	세화로, 덕영대로, 수원천로	1		
B17	수성로		공사 예정	111-3구역(28863㎡, 조합설립인가)
B18	월드컵로, 수성로			
B19	동탄원천로	1		
B20	수원천로		공사 중	115-6구역(139295㎡, 2009~2022.08) 115-8구역(223085㎡,이주 및 착공(19.12.30) 2006~2022.07) 115-9구역(171786㎡, 이주 및 철거(18.02.28), 2006~2023.07)
B21	덕영대로			
B22	월드컵로	1	공사 예정	영통3구역(48248㎡, 미정)
B23	서부로			
B24	정자천로			
B25	월드컵로			
B26	창룡대로, 월드컵로	1	공사 중	111-5구역(53075㎡, 이주 및 철거(21.02), 2012~2023)
B27	덕영대로, 동수원로		공사 중	곡선지구(291910㎡, 공사 중)
C1	수인로, 수원문산고속도로			
C2	도청로			
C3	동수원로			
C4	만석로	1		
C5	영동고속도로			
C6	영동고속도로			
C7	동탄지성로			
C8	동탄원천로	3		
C9	인계로			
C10	수원천로			
C11	창룡대로, 수원천로			
C12	수원천로		공사 중	115-6구역(139295㎡, 2009~2022.08) 115-8구역(223085㎡,이주 및 착공(19.12.30) 2006~2022.07) 115-9구역(171786㎡, 이주 및 철거(18.02.28), 2006~2023.07)
C13	중부대로		공사 중	115-10구역(82809㎡, 이주 및 철거(21.04.)2010~), 115-9구역((171786㎡, 이주 및 철거(18.02.28), 2006~2023.07)

학교	30m 이상 도로	대기배출시설 수(개소)	공사장	
C14	수성로		공사 예정	111-3구역(28863㎡, 조합설립인가),
			공사 중	111-4구역(35739㎡, 이주 및 착공(21.02), 2006~2022.05))
C15	창룡대로		공사 중	111-5구역(53075㎡, 이주 및 철거(21.02), 2012~2023)
C16	동수원로, 월드컵로, 광교중앙로	3	공사 예정	영통3구역(48248㎡, 미정)
C17	덕영대로			
C18	서부로		공사 예정	이목지구(473721㎡ 미정)
C19	월드컵로	1	공사 예정	팔달1구역(58773㎡, 미정), 우만1구역(82433㎡, 미정)
C20	정자천로,일월로			
C21	대평로		공사 중	대유평지구(262340㎡)
C22	송원로			
C23	권선로			
C24	호매실로			
C25	동탄원천로, 권선로			
C26	효원로, 동수원로			

*A: 초등학교, B: 중학교, C: 고등학교

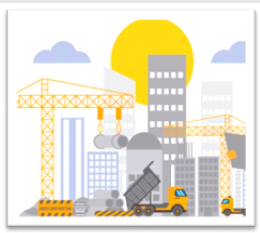
〈그림 4-7〉 근접성 분석 결과



3) 유형별 분류

고속도로나 자동차전용도로 등 통행량이 많은 도로에 인접한 학교, 대기배출시설이 많이 분포한 지역에 인접한 학교, 공사장이 주변에 인접한 학교 등의 유형으로 분류하였다.

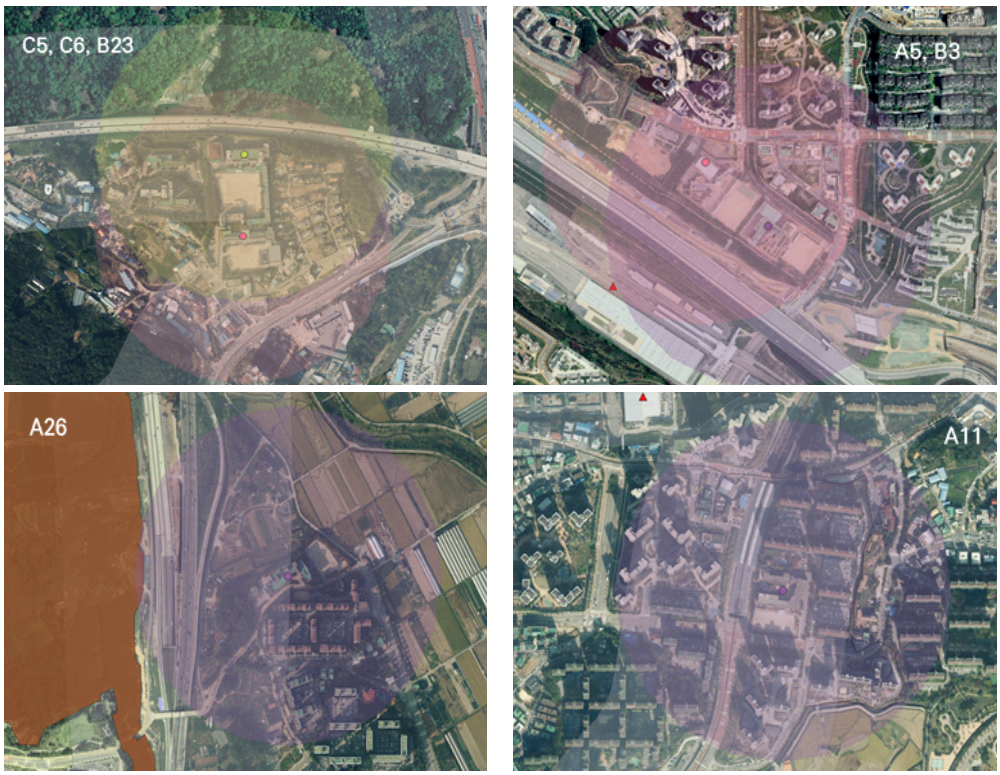
〈표 4-6〉 대기오염원 유형별 분류

유형	도로인접	대기배출시설 인접	공사장 인접
			
학교	고속도로, 자동차 전용도로 인접 학교 A5, A11, A26, B3, C5, C6	대기배출시설(백화점, 병원, 대학 등 제외) 인접 학교 A1, A23, A36, A37, B3, B16, B19, B22, B26, C8, C16	공사장 인접 학교 A2, A7, A10, A19, A20, A22, A34, A35, A36, A42, A44, B1, B4, B14, B20, B26, B27, C12, C13, C14, C15, C21 공사 예정지 인접 학교 A1, A6, A13, A15, A26, A28, A43, A45, A49, B17, B22, C16, C18, C19

(1) 고속도로, 자동차 전용도로 인접

도로오염원의 영향을 보기위해 고속도로나 자동차 전용도로 인접 학교를 조사하고자 하였다. 고속도로와 자동차전용도로 주변에 위치한 학교 4지점을 선정하였는데 선정된 학교 주변에 위치한 수원시 자동차 전용도로나 고속도로에는 방음터널이 설치된 곳도 있었다. 방음터널은 미세먼지를 차단할 수 있으나 진출입구는 오히려 배출원으로도 볼 수 있음(Lee et al., 2017. 터널의 미세먼지 영향)에 따라 도로인접 학교 조사지역으로 선정하였다. 4지점 중 한 곳(A26)은 건설현장과 가까워 비산먼지의 영향과 혼동될 수 있어 제외하였다.

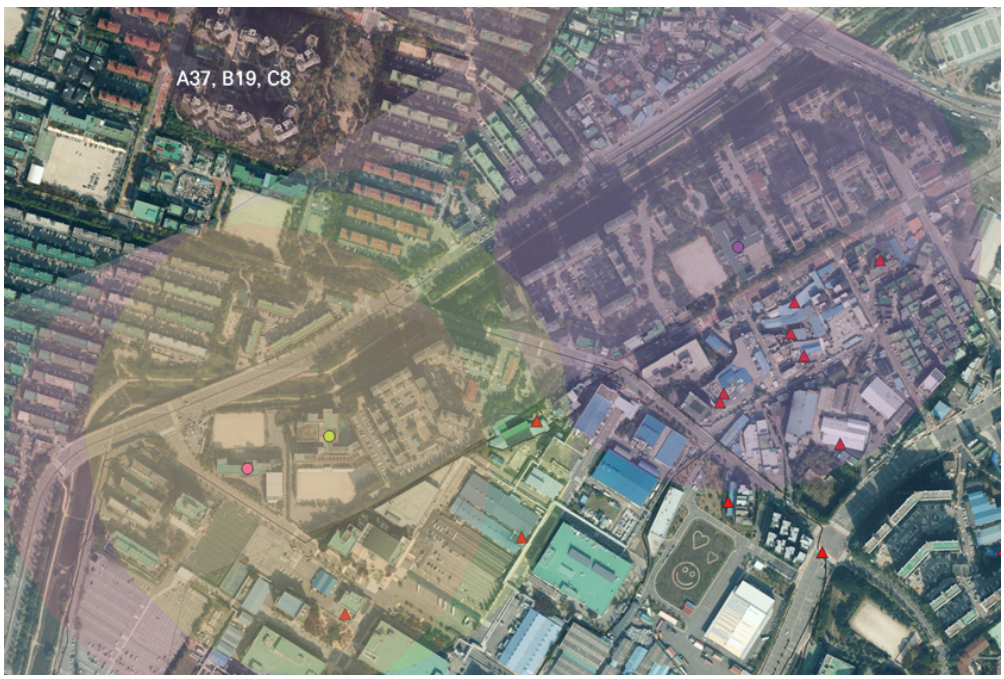
〈그림 4-8〉 도로 인접 학교



(2) 대기오염배출사업장 인접

학교 주변 300m 내에 대기오염배출시설이 가장 많이 인접한 곳은 다음과 같이 1지점이 있었으며 조사지역으로 선정하였다. 대부분 자동차 정비업소가 분포되어 있는 지역이다.

〈그림 4-9〉 대기배출사업장 인접 학교



(3) 공사장 인접

학교 주변 300m 내에 공사장이 가깝고 많이 인접한 학교를 선정하였으며 아래와 같이 2지역을 선정하였으며 한 곳은 공사예정지이므로 현장 조사에서 제외하였다.

〈표 4-7〉 공사장 인접 학교

공사 중

공사 예정

3. 현장조사 결과 고찰

1) 고속도로 및 자동자 전용도로 인접 학교

고속도로 및 자동차 전용도로 인접 학교들에 대한 현장조사를 통해 대기오염도 측정이 필요한 대상지 3곳을 선정하였다. 영동고속도로 인접한 학교와 봉영로 주변에 인접한 학교 세 곳이며, 호매실 지역은 학교 주변에 건설현장이 많아 도로이동오염원 단독 오염원의 영향을 보기가 어려울 것으로 예상되어 조사에서 제외하였다. 도로에서 기인하는 미세먼지, NOx와 같은 대기오염물질이 학교 통학로 및 교문앞까지 얼마나 확산되어 영향을 줄 수 있는지 측정을 통해 알 수 있을 것이기에 후속연구나 협력연구를 통해 추진할 수 있는 측정방법과 측정지점을 제안하였다.

(1) 미세먼지 측정 방법 개요

학교주변과 인접한 도로 상에서 발생하는 미세먼지의 확산으로 인하여 학교에 미치는 영향을 분석하기 위한 측정지점과 방법은 다음과 같이 제안하였다.

〈표 4-8〉 측정 지점

구분	측정 장소
site 1	A5 학교(수원시 영통구 대학로 91)
site 2	A11 학교(수원시 영통구봉영로1432-19)
site 3	C5 학교(경기도 수원시 장안구 장안로426-1)

〈표 4-9〉 측정 장비

Measuring items	TSP, PM10, PM2.5, PM1.0
Ranges	0 ~ 100,000 ㎍/㎥
Detection limit	0.01 ㎍/㎥
Measuring method	Laser spectrometer/ gravimetric
Laser	780nm, 90mW, 10,000h
Pump	Linear pump
Flow rate	0.5LPM
Flow control	Automatic, MFC type
Measuring size	0.3 ~ 25 ㎛
Reproducibility	Less than ±5%
Filter	47mm (or 25mm)
Measuring time	Seconds, minutes, hours select

〈표 4-10〉 측정 세부 시간 계획

시간 계획		세부 내용	비고
1일차	10:00~11:00	○ 미세먼지 측정장비(3~4지점) 및 기상장비(1지점) 설치	
	11:00~12:00	○ 미세먼지 측정장비 안정화(initializing)	
	12:00~00:00	○ 미세먼지 측정(모니터링)	24시간 연속 측정
2일차	00:00~12:00	○ 미세먼지 측정(모니터링)	
	12:00~13:00	○ 미세먼지 측정장비 철거	

※ 현장여건에 따라 세부 시간계획은 변경될 수 있음

(2) 측정 지점

■ Site1

첫 번째 지점(A5)에서 미세먼지 측정기 설치지역은 학교 옥상, 학교 옆 하천주변, 학교 맞은편도서관, 북부순환로 옆(기상관측 장비) 등 아래와 같이 4지점으로 선정하였다.

〈그림 4-10〉 site 1

■ Site2

두 번째 지점(A11)에서 미세먼지 측정기 설치지역은 학교 옥상, 학교 옆 공원, 학교 앞 도로, 봉영로 터널 위(기상관측 장비) 등 다음 그림과 같이 4지점을 선정하였다.

〈그림 4-11〉 site 2

■ Site3

세 번째 지점(C5)에서 미세먼지 측정기 설치지역은 학교 옆 도로, 이목사거리(기상관측장비), 학교 진입로, 학교 옥상 등 아래와 같이 4지점으로 선정하였다.

〈그림 4-12〉 site 3

(3) 측정결과 활용방안

대기오염도 측정 결과는 비록 24시간의 짧은 측정이지만, 동시에 오염원, 오염원 인접 지점을 측정하기 때문에 그 영향을 파악하는 것이 가능할 것이다. 측정 결과를 통해 주요 통학로에의 영향을 파악하면 우회 통학로의 제시와 같은 대응방안 제시가 가능할 것이다.

2) 대기오염배출사업장 주변 학교

A37 학교 주변에는 7개소의 대기배출사업장이 있었으나 현장조사 결과 한곳은 공사 중이었다. 4개소는 자동차 정비업소이며, 2곳은 섬유제품제조업으로 대부분 자동차정비업소이다. 또한 현장조사 결과 중소규모의 건설현장이 있었으며 학교에서 모두 50m 이상 거리에 위치하고 있었으나 공사면적이 1000㎡ 이상으로 비산먼지발생사업장 신고대상으로 관리대상의 건설현장이었다.

〈그림 4-13〉 대기오염물질배출사업장 인접 학교

〈그림 4-14〉 학교 주변 자동차정비업소

〈그림 4-15〉 학교 주변 중소규모 공사장 비산먼지 관리

3) 공사장 주변 학교

- B20, C12 학교는 사방이 공사장으로 둘러싸여 있다. 정문 맞은편에는 중소규모의 공사장도 있었으며 공사면적이 1000㎡ 이상으로 비산먼지발생사업장 신고대상으로 관리대상의 사업장이다.

〈그림 4-16〉 공사장 인접 학교

공사장 주변 임시 통학로와 임시 버스정류장의 안전성이 미비하여 세심한 관리가 더 필요해보였다.

〈그림 4-17〉 공사장 주변 임시 통학로와 임시 버스정류장

해당 학교 통학로 인접 공사장은 방진 덮개 설치 등 비산먼지 관리가 잘 되고 있었다.

〈그림 4-18〉 통학로 비산먼지 관리(방진덮개 설치)

특히 학교 주변 건설현장에서 노후 건설기계 사용제한 등 친환경건설기계를 사용하도록 해야한다. 수원시 비도로이동오염원 중에서 건설장비에서 PM2.5가 96%이상(2016년 기준)이 배출되고 있다.

〈그림 4-19〉 노후 건설기계 관리

제3절 학교 주변 대기오염원 관리방안

1. 도로변 학교 관리방안

■ 도로 미세먼지 안심대기선

타 지자체 사례를 참고하여 학교 주변 신호 대기 중인 보행자의 도로변 먼지 흡입 최소화를 위하여 통행로에 적정 대기 위치를 표시하여 횡단보도 미세먼지 안심대기선 설치를 제안한다.

〈그림 4-20〉 관악구 미세먼지 안심대기선

■ 공기청정기 관리

최근 학교마다 공기정화장치가 설치되어 있다. 도로변 학교에 설치된 공기청정기 필터 교체, 청소 등 제대로 가동되고 있는지 주기적으로 관리점검이 필요하다.

■ 자녀안심 그린숲 조성

관개부처 합동, 한국판 뉴딜 종합계획(2020.07.14.)에서 '국토 · 해양 · 도시의 생태계 회복' 세부 사업 중 '자녀안심 그린숲' 조성 등이 계획되어 있어 국비지원 가능함에 따라 학교 주변 환경여건에 맞게 자녀안심 그린숲 조성 사업 추진하면 좋을 것이다. 가로녹지 정비 및 숲 조성을 통해 어린이 안전 확보와 더불어 쾌적한 가로환경을 제공하는 사업으로 미세먼지 차단 및 제거가 기대된다.

인천시는 최근 자전거도로·차도와 인도를 분리, 안전한 등하굣길을 조성하고 다양한 수목을 식재했다. 이렇게 차도와 인도의 분리, 수목 식재는 별도의 에너지를 사용하지 않는 물리적 차단으로 장려할 수 있다.

〈그림 4-21〉 인천 중구 자녀안심 그린숲 조성

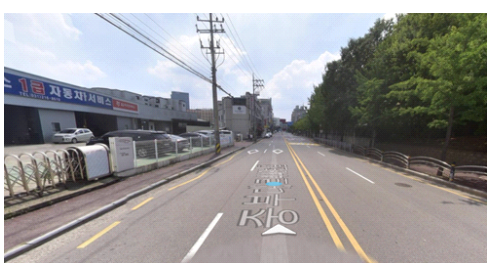
2. 학교 주변 대기배출시설 관리방안

■ 학교 근처 배출사업장 방지시설 지도점검 관리강화

배출업소 인근 주민, 공무원, 다중이용시설 (예: 학교, 유치원 등) 관리자와 협동 모니터링 등을 통해 불법 자동차 정비업소 및 공회전 위반차량, 집진장치 설치 유무 등 집중 단속을 실시하도록 한다.

■ 배출사업장 주변 안심통학로 지정 및 운영

가로수가 있는 곳, 보행도로 폭이 넓은 곳, 사업장과 맞닿지 않은 루트 중심으로 안심통학로 설정하고 이용하도록 유도한다.



3. 학교 주변 공사장 관리방안

■ 비산먼지 관련 조례 개정

수원시는 최근 수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례를 개정하여 2021년 7월1일부터 시행하고 있다. 조례에는 학교 주변 공사장 관리강화 내용이 포함되어있으며 통학시간 공사차량 운행 제한, 공사장 주변 도로청소, 방진막 설치 등의 조시사항을 사업자에게 권고할 수

있다. 그러나 권고만으로는 강제적인 기능이 없어 실효성 향상을 위한 방안이 필요하다.

수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례[시행 2021.07.01.]
제8조(학교 주변 공사장 관리 강화) 시장은 「대기환경보전법 시행규칙」별표 13의 비고 제1호다목 및 라목에 해당하는 구역에서 시행하는 공사장에 대하여 취약계층의 피해예방을 위해 다음 각 호의 조치사항을 사업자에게 권고할 수 있다.
1. 통학시간 공사 차량 운행 제한
2. 공사장 주변 도로 청소
3. 방진막 설치 등 비산먼지 저감을 위한 조치

일정규모 이상의 건설공사장에 대해서는 '비산먼지 발생시설' 신고 및 비산먼지 발생억제 시설 설치 등 필요한 조치를 의무화하고 있다. 건설공사장의 규모가 연면적 1,000㎡ 이상 건축물 축조, 토목공사 등 일정 규모 이상의 비산먼지 발생 공사장은 의무 신고 대상이다. 대기환경보전법 시행규칙이 개정되면서 2021년 1월부터는 소규모 사업장이라 하더라도 민감·취약계층 보호를 위해 주거지역, 병원, 학교 등으로부터 50m 이내 공사장은 해당 지자체 조례로 신고대상 사업에 포함 시킬 수 있다. 또한 비산먼지를 다량 배출시키는 수송, 야적, 채광 등 10개 공정은 공정별로 방진망 설치, 물뿌림 시설 등 비산먼지 발생을 억제하는 시설을 의무적으로 설치토록 하고 있다.

현재 아파트 외벽 도장(페인트칠) 공사, 연면적 1,000㎡ 이상인 건축 리모델링 등 대규모 수선공사의 경우 롤러방식 (날림먼지 발생 최소화) 원칙으로 하도록 신고 대상 사업이다. 하지만 대기환경보전법 개정에 따라 「수원시 생활소음과 비산먼지 저감 실천에 관한 조례」에 날림먼지 관리 조항("병원·학교 등 취약계층 생활 시설로부터 50m 이내에서 도장 작업을 할 때는 규모에 관계없이 날림먼지 신고대상 사업에 포함시키도록")이 추가로 필요하다.

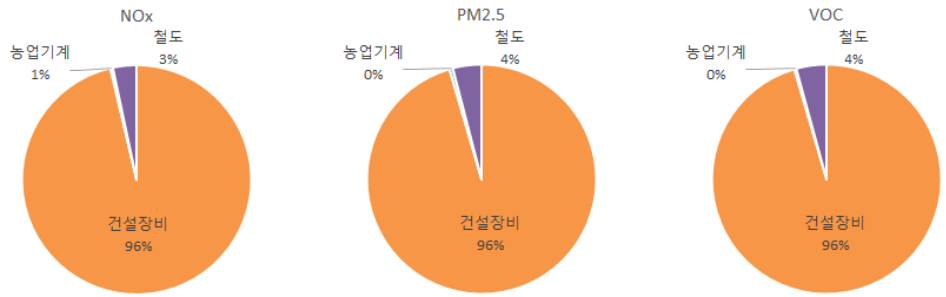
〈그림 4-22〉 건축물 축조공사 비산먼지 관리사례

자료 환경부(2017). 비산먼지 관리 매뉴얼

■ 노후 건설기계 사용 제한

학교 주변 대상으로 노후 건설기계 사용제한 강화가 필요하다. 수원시 비도로이동오염원 중에서 건설장비에서 NOx, PM2.5, VOCs 가 96%이상(2016년 기준)이 배출되고 있다. 2020년부터 수도권은 100억이상 관급공사의 경우 노후건설기계 사용제한이 시행되고 있기는 하나 민간공사와 소규모 공사장은 해당이 되지 않는다. 서울시는 2021년 9월부터 민간공사장의 경우 환경영향평가 심의기준에 따라 환경영향평가 대상(건축물 10만㎡ 이상, 개발면적 9~30만㎡)에 대해 친환경 건설기계 100% 사용 의무화를 계획하고 있다.

〈그림 4-23〉 수원시 비도로오염원 NOx, PM2.5, VOCs 배출 비율



수원시는 노후 건설기계 엔진교체와 조기폐차, 저감장치 부착 지원 사업 등을 지속적으로 추진하고 있다. 또한 수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례를 개정하여 2021년 7월1일부터 시행하고 있으며 친환경 건설기계 사용을 권고할 수 있는 내용이 포함되어 있다. 타 지자체 사례와 같이 수원시도 친환경 건설기계 사용 권고보다는 특히 학교 주변에는 의무화를 고려해야 한다.

수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례
제7조(특별관리공사장 먼지저감 조치) ① 시장은 특별관리공사장에 대하여 먼지발생 저감을 위해 「비산먼지 저감대책 추진에 관한 업무처리규정」제6조에 따라 엄격한 기준을 적용한다.
② 제1항에도 불구하고 주민의 건강에 상당한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정하는 경우에는 사업자에게 비산먼지 저감을 위한 다음 각 호의 조치를 권고할 수 있다.
1. 공사장 주변 도로 청소
2. 친환경 건설기계 사용
3. 그 밖에 먼지 저감을 위하여 필요하다고 인정하는 조치

■ 통학로 안전관리

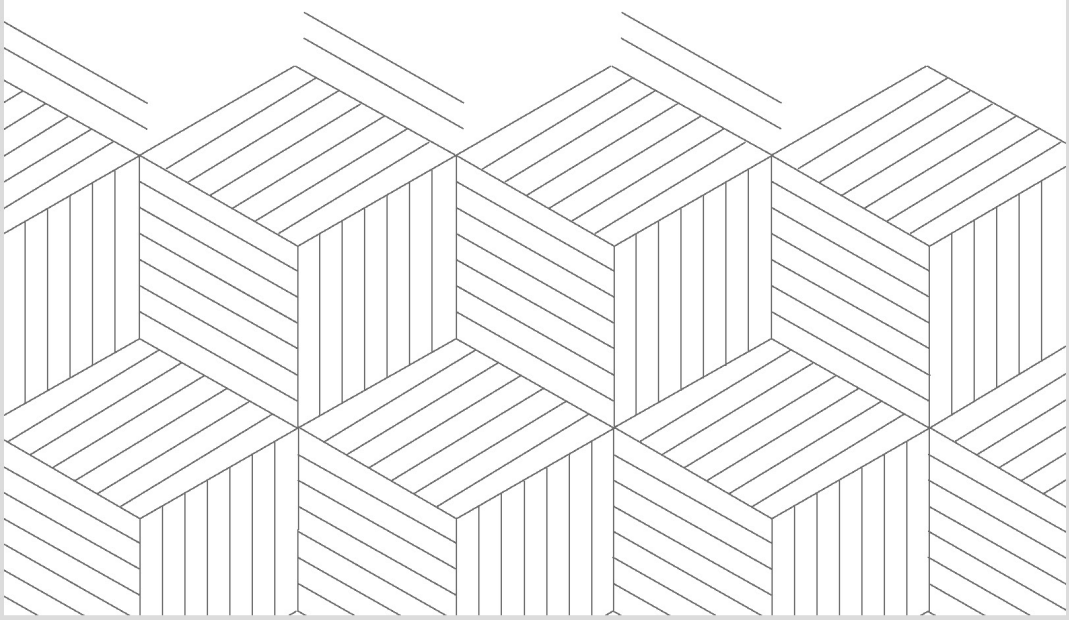
통학로 주변 안전사고 예방과 함께 미세먼지 관리 대책이 동시에 진행될 것이 필요하다. 낙하물 방지시설과 보행로와 차도 분리 시설 등 통행 안전시설 설치, 학교 주변 공사장의 통행로 확보, 통학시간 공사장 출입구에 안전요원 배치 등이 필요하다.

■ 민간감시단 운영

학교 앞 민간감시단을 모집·운영하여 공사장이 인접한 통학로의 임시보행로 확보와 보행안전도우미 등 기준에 맞게 배치여부, 방진막 설치 등의 조치사항 이행여부를 모니터링 할 수 있도록 한다.

제5장
결론

제1절 연구 요약
제2절 정책 제언
제3절 연구의 한계 및 후속 연구 방안



제5장 결론

제1절 연구 요약

최근 학교 주변 미세먼지 관리 강화를 위해 대기환경보전법이 개정·시행되었다. 병원, 학교 등 50m 이내 시행되는 공사 및 도장 작업 등에 의한 날림(비산)먼지는 규모와 관계없이 시군구 조례로 비산먼지 및 날림먼지 발생사업장 신고대상으로 포함시킬 수 있도록 하는 등, 학교나 병원과 같은 취약계층 이용시설 주변에 대한 미세먼지 관리를 강화하도록 함에 따라 수원시 학교 주변의 대기오염원 분포 현황을 분석하고 관리방안을 제안하고자 하였다.

문헌고찰결과 도시 주요 대기오염물질 배출원으로부터 200~300m 를 벗어나면 대기오염물질은 대부분 확산되고 희석되었다. 이는 오염원으로부터의 영향권 범위 설정 근거로 사용할 수 있었다. 최근 개정된 법에 따르면 대기환경보전법 시행규칙에서 학교, 병원 등 50미터 이내에서 시행되는 공사는 규모와 관계없이 시·군·구 조례로 신고대상 사업에 포함시킬 수 있도록 하였다. 대기오염물질 오염원으로부터 학교 환경을 보호하기 위해 학교 설립시 이격거리 준수, 오염물질 차단 시설 설치, 통학로 우회 방안 마련 등의 대응방안을 제안하는 연구결과도 검토하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같으며 분석 근거는 아래 표에 기술하였다. 먼저 수원시 학교 주변 대기오염물질 배출원의 영향권(영향권 범위 내 배출원)을 분석했다. 수원시 대기오염물질 배출 기여도 1위인 도로이동오염원으로부터 학교주변에의 영향을 알아보기 위하여 30m 이상 도로(6차선 이상 도로)에서 200m 내 위치한 학교를 분석한 결과 30m 이상 도로에서 200m 반경 내 위치하고 있는 학교는 105개소로 수원시 전체 학교 중 53%로 나타났다.

〈표 5-1〉 분석 근거

구분	분석 범위		출처	본 연구 적용
대기오염물질 확산 범위	200m	BC(Black Carbon; 자동차 직접 배출 미세먼지)는 200m 내에서 급격히 확산됨	Apte et al., 2017	도로에서 학교가 위치한 거리
어린이보호구역 지정 범위	300m	보호구역 지정대상시설의 주(主) 출입문을 중심으로 반경 300미터 이내의 도로 중 일정구간을 보호구역으로 지정한다	「어린이·노인 및 장애인 보호구역의 지정 및 관리에 관한 규칙」 제3조 제6항	학교에서 위치한 대기오염물질배출원의 거리
비산먼지 발생 사업장 신고 범위	50m	·병원, 학교 등 50m이내에서 시행되는 공사는 규모와 관계없이 시·군·구 조례로 신고대상 사업에 포함시킬 수 있도록 함 ·학교 등 취약계층 생활 시설 인접 지역(50m이내)에서 작업 시 원칙적으로 롤러방식으로 도장하도록 관리기준 강화	「대기환경보전법 시행규칙」 별표13, 14	

이 학교들을 대상으로 대기오염물질배출원까지 인접하여 중복영향을 주는 곳을 가려내기 위하여 도로에서 200m 반경 내 위치한 학교에서 300m 반경 내 위치한 대기오염물질배출원을 분석하였다. 주요 대기오염물질배출원은 자동차 전용도로와 고속도로, 대기오염물질배출업소, 공사장이었다. 그밖의 대기오염물질 배출원인 화물차고지, 버스차고지, 물류창고는 도로변에 위치한 학교 반경 300m 내 위치하지 않아서 결과에 포함시키지 않았다.

3개 유형 영향권으로 구분하여 7개 지점(고속도로 및 자동차전용도로 인접 학교 4지점, 대기오염물질배출사업장 주변 1지점, 공사장 주변 2지점)을 선정하였고 현장조사를 실시하였다. 먼저 고속도로, 자동차 전용도로 인접 학교 4 지점 한 지점은 주변에 공사장이 많아 도로의 영향을 보기가 어려워 현장 조사에서 제외하고, 최종 영동고속도로 주변 학교 2지점, 봉영로(자동차 전용도로) 인접 학교 1지점 이렇게 3지점의 학교를 선정하였다. 그리고 공사장 주변 학교는 공사 진행 중인 지역과 공사예정 중인 지역을 선정하였는데 공사 예정 중인 지역은 현장 조사에서 제외하였다. 따라서 최종 현장조사 지점은 5지점(도로변 3지점, 대기오염물질배출사업장 주변 1지점, 공사장 주변 1지점)으로 실시하였다.

자동차전용도로 및 고속도로 인접 학교군, 대기오염물질배출업소 인접 학교군, 공사장 인접 학교군으로 3가지 유형에 대하여 각각 현장조사를 실시하고, 개선방안 및 후속 연구의 방향을 제시하였다. 자동차전용도로 및 고속도로 인접 학교군에 대해서 현장조사를 통해 도로로부터 학교주변까지의 미세먼지 영향을 측정하기 위한 위치를 선정하였다. 이는 후속연구나 협력연구로 도로로부터 학교주변까지의 미세먼지 확산 효과에 대한 측정시 활용될 수 있을 것이다. 고속도로나 자동차전용도로의 경우 학교까지의 소음을 방지하기 위하여 터널이나 가

림막이 설치되어 있으므로, 미세먼지나 대기오염물질 확산까지 차단하는 지에 대한 영향을 파악하여 대응방안을 제안할 수 있을 것이다.

배출사업장 및 공사장 인접학교군의 현장조사를 통해 통학로 및 학교 주변 관리 현황을 알아보았다. 학교 주변 공사장 대부분이 비산먼지 신고대상 사업장 규모였으며, 비산먼지 관리(날림먼지 방지막 설치, 펜스 설치 등)는 잘 되고 있었다. 하지만 공사장에서 친환경 건설기계(덤프트럭, 콘크리트펌프트럭, 콘크리트믹서트럭, 롤러, 믹서 등) 사용은 의무조항이 아니어서 여전히 공해를 유발하는 건설기계를 학교 통학로 주변에서 사용하고 있었다. 또한 공사장 주변 통학로를 안전하게 확보하기 위한 관리근거가 없으며 학교 주변 버스정류장 및 통학로가 공사현장에 노출되어 있는 곳도 있어서 안전관리가 필요한 것으로 조사되었다.

현장조사 결과 도출된 학교 관리방안은 '①물리적인 오염원 차단방안(자녀안심그린숲, 안심대기선), ②모니터링·관리강화 방안(민간감시단 운영, 안심통학로 지정·운영 등), ③관련 법·제도 개선방안' 3가지로 도출되었다.

제2절 정책 제언

사례와 선행연구 및 현장조사와 미세먼지 측정 결과를 바탕으로 학교 관리 방안을 다음과 같이 도출하였다.

〈표 5-2〉 대기오염원 주변 학교 관리방안

관련 정책 제안		도로변 인접 학교	대기오염물질배출 사업장 인접 학교	공사장 인접 학교
물리적 차단	도로 미세먼지 안심대기선 설치	○		
	자녀안심그린숲 조성	○	○	
모니터링·관리강화	공기청정기 유지관리 강화	○		○
	배출사업장 대기오염 방지시설 지도점검 관리 강화		○	
	안심 통학로 지정 운영 (공사장 주변일 경우 임시 통학로 안전관리)	○	○	○
	민간감시단 운영	○	○	○
법·제도 개선방안	비산먼지 관리 관련 조례 개정			○
	노후 건설기계 사용 제한(친환경 건설기계 사용 의무화)			○

■ 물리적 오염원 차단 방안

○ 도로 미세먼지 안심대기선 설치 및 자녀안심그린숲

통학로와 학교 주변 버스 정류장이나 횡단보도를 대상으로 신호대기나 버스 대기 중 대기오염물질로부터의 노출을 줄이기 위한 방법으로 안심대기선 (차도와 인도 경계로부터 1.5미터 이격)을 표시하여 의식적으로 차도록 가까이에 다가가지 않도록 하는 방법이다. 이는 또한 안전사고로부터 예방하는 안심대기선으로도 활용될 수 있을 것이다.

또한 자녀안심그린숲은 도로 주변 통학로에 대해 수목을 식재하여 물리적 거리를 두게 하거나, 공기 순환을 원활하게 하고 수목으로부터 대기오염물질을 흡수하여 제거하는 방법이다. 단, 협소한 통학로에 수목을 식재하여 오히려 공기가 갇히게 되는 부작용이 없도록 공간 설계를 해야 할 것이다.

■ 모니터링 · 관리 강화

○ 안심통학로(배출원 우회) 지정 및 운영

도로변, 공사장이나 배출사업장으로부터 우회할 수 있는 우회 통학로를 선정하여 운영하는 것이 필요하다. 특히 초등학교 경우, 대기오염 영향권뿐만 아니라 안전사고 예방을 위해 필요하다. 자녀안심그린숲 사업이나 안심대기선 설치 등과 병행하면 좋을 것이다.

○ 민간감시단 운영

학교 주변 민간감시단 운영을 통해 관리 점검을 강화해야 한다. 민간감시단은 학부모·지역주민·학교 등이 연합하여 등하교 시간 등 필요하다고 생각되는 시간에 모니터링을 실시한다.

대기오염물질배출사업장 밀집 지역(준공업지역)의 경우에는 학교, 다세대주택과 배출사업장(예:자동차 정비공장)이 밀접해 있는 곳이 있어 특히 관리가 필요하다.

공사장 주변 학교에서는 등·하교 시간 모니터링을 통해 공사장 통학시간 공사차량 운행제한 여부와 임시통학로의 안전관리 등 비산먼지 발생사업장 준수사항 이행여부를 점검하도록 한다.

도로변에 위치한 학교에서는 교실 내 공기청정기 필터 교체 여부와 청소 등 관리 점검과 안심통학로 지정 운영, 공회전 단속 등을 모니터링 한다.

■ 법 제도 개선 방안

○ 비산먼지 관리 관련 조례 개정

일정 규모 이상의 건설 공사장에 대해서는 '비산먼지 발생시설' 신고 및 비산먼지 발생억제시설 설치 등 필요한 조치를 의무화하고 있다. 건설공사장의 규모가 연면적 1,000㎡ 이상 건축물 축조, 토목공사 등 일정 규모 이상의 비산먼지 발생 공사장은 의무 신고 대상이다.

신고 대상 규모 이하의 소규모 공사장의 경우 관리 사각지대였으나 취약계층이용시설 주변에 공사장은 규모에 상관없이 신고대상이 되도록 대기환경보전법 시행규칙이 개정(소규모 사업장이라 하더라도 민감·취약계층 보호를 위해 주거지역, 병원, 학교 등으로부터 50미터 이내 공사장은 해당 지자체 조례로 신고대상 사업에 포함 시킬 수 있음)됨에 따라 수원시에 적용 가능한 조례 검토가 필요하다. 최근에 개정된 「수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례」에는 통학시간 공사차량 운행 제한, 공사장 주변 도로청소, 방진막 설치 등의 조시사항이 의무사항이 아닌 권고사항이므로 추후 검토를 통해 조례 개정이 필요하다.

○ 노후 건설기계 사용 제한 (친환경 건설기계 사용 의무화)

학교 주변에서 공사 진행 시 친환경 건설기계 사용 강화 방안이 필요하다. 수원시 미세먼지 저감 및 관리에 관한 조례 제7조에는 친환경 건설기계를 사용하도록 권고하고는 있으나 의무사항은 아니다.

레미콘 차량 및 건설기계의 친환경화 (조기폐차, 엔진교체, 저공해화 장치 부착 등) 사업의 경우, 학교 주변 공사업체에 친환경화 의무화나 우선 지원 등을 하지 않기 때문에 도심 재개발사업의 경우 건설기계 친환경화를 의무화하거나 친환경 건설기계 사업 업체에 인센티브를 주는 등의 검토가 필요할 것이다. 도심 재개발사업은 기존 주거지와 같은 기존 생활권 내 이루어지는 공사이므로 특히 친환경 건설기계 사용이 필요하다.

제3절 연구의 한계 및 후속 연구 방안

본 연구는 통계자료 분석과 샘플 대상지에 대한 현장 조사를 통해 주요 시사점을 도출하였다. 향 후에 본 연구 결과를 바탕으로 실질적인 정책 추진을 위해서는 학교 주변 배출사업장 이해관계자, 학부모, 학생, 교직원을 대상으로 하는 설문조사나 간담회 등을 통해 적용 가능한 방안을 도출하는 것이 필요할 것이다. 특히 사업장 관리 영역은 환경오염물질배출원 관리 부서 소관이며, 학교 내부는 교육청 소관, 학교 주변 도로는 도로관리 부서 소관이나 실질적 피해나 영향을 받는 대상은 지역 주민, 학생, 학부모로 관리 주체나 이해관계가 복잡하게 얽혀 있기에, 다양한 이해관계자가 모이는 논의의 장을 여는 것이 중요할 것이다.

본 연구에서 제안하는 학교 주변 도로이동오염원 영향 파악을 위한 대기오염도 측정방안을 참고하여 후속 연구에서 고속도로 및 자동차전용도로 주변 학교에 대한 미세먼지 및 대기오염도 측정을 하게 되면, 그 결과를 정책에 유용하게 반영할 수 있을 것이다. 특히 고속도로 소음방지 차단막이 있는 대상지의 경우, 소음방지 차단막이 학교 주변 대기오염도를 낮추는데 효과가 있는지에 대한 검토가 가능할 것이다.

| 참고문헌 |

〈국문 자료〉

강호원. (2018). 영국의 환경오염에 따른 학교 환경 관리 현황, 메일진 해외교육동향 324호 기획기사.
국립환경과학원. (2011). 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구.
국민권익위원회. (2016). 보도자료, 아파트 공사장 앞 초등학교 통학로 안전대책 마련.
김현준. (2018). 미국의 환경오염에 따른 학교 환경 관리 현황, 메일진 해외교육동향 324호 기획기사.
민재홍. (2012). 스쿨존 주변의 소음 및 대기오염이 주의집중력 및 알레르기질환에 미치는 영향, 연세대학교 보건대학원.
서울주택도시공사. (2020). 미세먼지 없는 건강한 우리동네 핸드북.
서울특별시. (2019). 미세먼지로부터 안전한 2020년 학교 통학로 녹화사업 추진계획.
서울특별시교육청. (2018). 학교 미세먼지 관리목표 및 저감방안 마련을 위한 연구.
성현곤, 오준석. (2011). 다함께 만드는 보행 및 자전거 중심의 안전한 통학로 조성사업 개발연구. 한국교통연구원.
수원시. (2020). 수원시 미세먼지 관리 종합계획 수립 연구.
최지선. (2018), 프랑스의 환경오염에 따른 학교 환경 관리 현황, 메일진 해외교육동향 324호 기획기사.
토지주택연구원. (2018). 미세먼지 저감 도시 조성기법 및 사례 연구.
한국건설기술연구원. (2015). 대기오염 저감을 위한 광촉매 콘크리트 제조 및 실용화 기술 개발.
환경부·한국환경산업기술원. (2019). 미세먼지 R&D 추진방향-추진경과 및 향후 추진 사업-.
건축사뉴스; http://www.a-news.kr
경기도청 홈페이지; https://www.gg.go.kr/
경기eTV뉴스; http://www.ggetv.co.kr/news/articleView.html?idxno=225810
김해시 공식 블로그; https://m.blog.naver.com/gimhae4you/222056710162
뉴스피크 기사; http://www.newspeak.kr/news/articleView.html?idxno=238409
라펜트 기사; https://www.lafent.com/inews/news_view.html?news_id=128081&mcd=H01
서울시청 홈페이지; https://news.seoul.go.kr/welfare/archives/512801
신아일보 기사; http://www.shinailbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=1357489
연합뉴스; https://www.yna.co.kr/
트리어스 홈페이지; http://treeus.net/bbs/content.php?co_id=co
한화솔루션/케미칼 공식블로그; https://www.chemidream.com/2468

〈영문 자료〉

Ioar Rivas, Xavier Querol, John Wright, Jordi Sunyer. (2018). How to protect school children from the neurodevelopmental harms or air pollution by interventions in the school environment in the urban context, Environment International Volume 121, Part 1, December 2018, Pages 199-206.

Joshua S. Apte, Kyle P. Messier, Shahzad Gani, Michael Brauer, Thomas W. Kirchstetter, Melissa M. Lunden, Julian D. Marshall, Christopher J. Portier, Roel C.H. Vermeulen, and Steven P. Hamburg. (2017). High-Resolution Air Pollution Mapping with Google Street View Cars: Exploiting Big Data, Environmental Science & Technology 2017 51 (12), 6999-7008.

US EPA. (2015). Best Practices for Reducing Near-Road Pollution Exposure at Schools.

Clean Air Route Finder; https://www.london.gov.uk

Abstract

How to Reduce Air Pollution Effects on the School Surroundings in Suwon

This study aims to reduce the air pollution effect on the surroundings of the schools in Suwon. We analyzed the proximity of Suwon City's three major air pollutant emission sources, such as roads with heavy traffic, construction sites, and air pollutant discharge facilities, targeting elementary, middle, and high schools in Suwon. A policy direction for preventing air pollution damage was suggested through on-site examination of sample sites for three major emission source types.

Among the all schools in Suwon, 105 schools were located within a radius of 200m from a road with a width of 30m or more, which was 53% of all schools in Suwon. For 105 schools, We searched the schools within an air pollution sources impact area, where automobile-only roads and highways, construction sites, and air pollutant emission sites were located within the school zone (within a radius of 300m). We performed the on-site reviews of the three different air pollution-affected school types, and suggested the management methods to reduce the air pollution affect on the school surroundings. Since the school commuting route and surrounding areas are especially under the management authority of the local government, the following management strategies are presented for the school commuting route and surrounding areas. First, we propose a method of blocking physical pollution sources, such as creating a green area around the school or proposing a separation of commute from the high traffic volume road and air pollution emitting facilities. Second is to strengthen the monitoring such as school classroom air quality management, management of air pollutant emission prevention facilities at the air pollution emitting business sites and

citizens' voluntary watchers around schools. Third is to revise ordinances, such as managing scattering dust at construction sites and restricting the use of old construction equipment.

Keyword : Air Pollution, Air Pollution Emission Facility, Roadside Air Pollution, Construction Site, School Commute

| 저자 약력 |

강은하
이학박사
수원시정연구원 도시공간연구실 연구위원(현)
E-mail : ehkang09@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서
「수원시 미세먼지 관리 종합계획 수립 연구」(2020, 수원시)
「수원시 폐기물 업종 온실가스 배출권거래제 대응 방안 연구」(2020, 수원시정연구원)
「수원시 유해화학물질 관리를 위한 기초 조사」(2020, 수원시정연구원)

오미현
공학석사
수원시정연구원 도시공간연구실 연구원(현)
E-mail : omh@suwon.re.kr