

목차

01 연구개요	2
1_연구배경 및 목적	2
2_연구내용 및 체계	6
02 도로재비산먼지 발생과 관리 현황	10
1_도로재비산먼지 발생 현황 및 특성	10
2_도로청소 관리 매뉴얼	32
3_서울시 도로청소 현황	44
03 해외 도시의 도로재비산먼지 관리 사례	50
1_도로재비산먼지 관리 실태	50
2_도로청소장비 인증제 도입	64
04 도로청소의 미세먼지 저감효과 분석 선행연구	70
1_도로청소효과 분석방법	70
2_국내 조사연구 사례	75
3_해외 조사연구 사례	83
05 분진흡입청소차의 미세먼지 저감효과 분석	90
1_미세먼지 저감효과 실험 및 결과	90
2_그 외 실험 및 결과	99

06 도로재비산먼지 저감을 위한 정책방안	104
1_도로재비산먼지 관리 방안	104
2_법제도의 개선 방향	109
참고문헌	115
Abstract	118



표

[표 2-1] 서울시 도로별 재비산먼지 측정결과	11
[표 2-2] 서울시 강서구 도로별 도로재비산먼지 측정	12
[표 2-3] 서울시 강서구 봄철(3~5월) 도로재비산먼지 농도	15
[표 2-4] 서울시 강서구 여름철(6~8월) 도로재비산먼지 농도	17
[표 2-5] 서울시 강서구 가을철(9~11월) 도로재비산먼지 농도	19
[표 2-6] 서울시 강서구 겨울철(12월) 도로재비산먼지 농도	21
[표 2-7] 서울시 강서구 계절별 도로재비산먼지 농도	22
[표 2-8] 보건환경연구원의 이동식 도로재비산먼지 측정차량 조사 결과	24
[표 2-9] 한국환경공단과 보건환경연구원의 도로별 평균 재비산먼지 농도 비교	25
[표 2-10] 2017년도 서울시 강서구 계절별 공사현황	26
[표 2-11] 도로 퇴적물 축적 실험 기간 및 장소	28
[표 2-12] 도로 퇴적물 축적속도	29
[표 2-13] 서울시 silt loading 값 측정	31
[표 2-14] 건식 및 습식청소 구분	33
[표 2-15] 청소차 종류별, 입도별 노면퇴적물 제거효율	34
[표 2-16] 청소차의 종류별 청소효율 분석	35
[표 2-17] 국내 도로청소차량 구분 및 특징	36
[표 2-18] 일일 교통량에 따른 도로청소구간 등급 설정	38
[표 2-19] 토지이용형태에 따른 도로청소방법	39
[표 2-20] 황사예보 시 도로청소	41

[표 2-21] (초)미세먼지 주의보 예비단계 및 발령단계 시 도로청소	42
[표 2-22] (초)미세먼지 위기관리 및 경보 발령단계 시 도로청소	43
[표 2-23] 도로청소차량 구분	43
[표 2-24] 서울시 도로현황	44
[표 2-25] 서울시 도로청소장비 현황(2017년)	46
[표 2-26] 서울시 도로청소 운영실적(2017년)	46
[표 2-27] 서울시 도로청소 작업체계	47
[표 2-28] 서울시 도로청소 작업기준	47
[표 3-1] 유럽 주요 도시의 도로등급 기준	55
[표 3-2] 브뤼셀(Brussels)시의 도로유형에 따른 청소 횟수	55
[표 3-3] 북유럽 도로먼지배출 저감을 위한 대책	63
[표 3-4] 기계식 도로청소 결과	66
[표 3-5] 공기재생식 도로청소 결과	66
[표 3-6] EUnited와 VDI 테스트 절차의 비교	67
[표 4-1] 도로청소의 비점오염 저감효과 평가방법	70
[표 4-2] 국내 대기오염 측면의 도로청소효과 연구 사례	75
[표 4-3] 도로청소 전·후 노면축적량 모니터링 기간 및 방법	77
[표 4-4] 청소 전·후 TS(총도로먼지) 노면축적량 비교	77
[표 4-5] 청소에 의한 도로 퇴적물 제거율	78
[표 4-6] 서울시 도로 대상 도로청소 실험	78
[표 4-7] 양천구(Test Road 1) 도로청소 전·후 도로구간별 평균 silt loading 측정 결과	79
[표 4-8] 양천구(Test Road 2) 도로청소 전·후 도로구간별 평균 silt loading(sL) 측정 결과	80
[표 4-9] 도로청소 전·후 도로구간별 sL(silt loading) 변화 및 저감효과	81
[표 4-10] 국내 대기오염 측면의 도로청소효과 연구 사례	81
[표 4-11] 청소차 수거퇴적물 모니터링 방법	82

[표 4-12] 도로청소차 수거 2차 분진의 체분석 결과	83
[표 4-13] 진공흡입식 청소차의 여름과 겨울의 청소효율 비교	86
[표 4-14] 진공흡입식 청소차와 일반살수차의 도로 비점오염물질 저감효율	86
[표 5-1] 도로청소수거물 입경분포 검사(2017년 예비조사 1차)	92
[표 5-2] 도로청소수거물 입경분포 검사(2017년 예비조사 2차)	93
[표 5-3] 관악구 도로청소수거물 수거 실험 개요	94
[표 5-4] 관악구 도로청소수거물 분석 결과	96
[표 5-5] 2018년 9월 8일 관악구 남부순환로 교통 및 대기 중 미세먼지 농도 조사 결과	97
[표 6-1] 가용장비와 인력의 효율적 활용을 위한 도로등급(안)	105
[표 6-2] 도로등급별 우선순위 설정 기준(안)	105



그림

[그림 1-1] 서울시 PM10, PM2.5 배출원별 배출비중(2015년)	3
[그림 1-2] 네덜란드(A)와 EU15+지역(B)의 자동차 연소성 PM10 연간 배출량과 자동차 비연소성(마모) 연간 배출량의 변화	4
[그림 1-3] 일반적 도로비산먼지의 관리 방식 분류	5
[그림 1-4] 연구의 체계	7
[그림 2-1] 서울시 강서구 현황	13
[그림 2-2] 강서구 용도지역 현황과 도로재비산먼지 측정 17개 도로	13
[그림 2-3] 봄철(3월~5월) 강서구 도로별 재비산먼지 농도	14
[그림 2-4] 2017년도 봄철(3월~5월) 강서구 공사 현황(건수)	16
[그림 2-5] 여름철(6월~8월) 강서구 도로별 재비산먼지 농도	16
[그림 2-6] 2017년도 여름철(6월~8월) 강서구 공사 현황(건수)	17
[그림 2-7] 가을철(9월~11월) 강서구 도로별 재비산먼지 농도	18
[그림 2-8] 2017년도 가을철(9월~11월) 강서구 공사 현황(건수)	19
[그림 2-9] 겨울철(12월) 강서구 도로별 재비산먼지 농도	20
[그림 2-10] 2017년도 겨울철(12월) 강서구 공사 현황(건수)	21
[그림 2-11] 서울시 강서구 계절별 재비산먼지 농도 측정	23
[그림 2-12] 도로 퇴적물 이동 및 추적	27
[그림 2-13] 도로청소 실험 대상(경기도 용인시 기흥구)	28
[그림 2-14] 진공청소차의 종류	34
[그림 2-15] 국내 도로청소방식의 예시	37
[그림 2-16] 도로청소차량 편대 운영방법(편도 3차로 이상 도로)	40

[그림 2-17] 도로분진흡입청소차량의 구조	45
[그림 3-1] 고압살수도로청소 후 PM10 도로먼지 배출량 저감효과	51
[그림 3-2] 스톡홀름시 정책도입과 PM10 초과일수 및 농도의 변화	56
[그림 3-3] 도시 도로구조와 청소구간	57
[그림 3-4] 미국 도시의 도로청소구역 등급 예시	58
[그림 3-5] 미국 주요 도시의 도로청소 프로그램	58
[그림 4-1] 미국 EPA AP-42 방법의 진공청소기 이용 도로먼지의 포집 예시	71
[그림 4-2] SCAMPER 전면과 후면의 모습	72
[그림 4-3] TRAKER 기술	73
[그림 4-4] TRAKER II의 기능 다이어그램	73
[그림 4-5] 국내 이동식 도로재비산먼지 측정차량의 이미지	74
[그림 4-6] 이동먼지측정시스템과 재배식 방법의 도로청소 전·후의 silt loading의 변화 비교	76
[그림 4-7] 노면청소차와 분진흡입청소차의 수거퇴적물 시료 채취	82
[그림 4-8] 슈투트가르트시의 도로청소 효과평가 예시	85
[그림 5-1] 분진흡입청소차의 1차 토사(침강실)와 2차 분진(분진실) 수거 및 입도분석 과정	91
[그림 5-2] 분진흡입청소차에서 수거한 1차 토사와 2차 분진	91
[그림 5-3] 관악구 실험 대상 도로	95
[그림 5-4] 관악구 도로청소수거물 분석 결과 정리	96
[그림 5-5] 2018년 9월 8일 관악구 남부순환로의 도로재비산먼지 PM10 농도 청소 전·후 비교	98
[그림 5-6] 미국 EPA AP-42 방식에 따른 미사부하량 조사 실험 현장(관악구 남부순환로)	100
[그림 6-1] 배수 및 표면 처리된 도로측구 예시	113
[그림 6-2] 오목형 화단 설치 예시	114