

서울시 미세먼지 오염수준과 개선 추진전략

- 서울시 미세먼지 오염원별 현황과 특성
- 미세먼지 오염 개선을 위한 특화전략
- 서울의 지역별 미세먼지 오염현황

서울시 미세먼지 오염원별 현황과 특성

미세먼지 오염원별 배출량(2002년 추정치)

- 서울시 미세먼지 배출량을 산정한 결과, 총 배출량은 47,030톤/년이며, 비산먼지가 37,787톤/년으로 전체 배출량의 82%를 차지하고 있음. 특히 도로·교통부문에 해당하는 연료연소·타이어 마모·도로 재비산이 80.8% 수준을 차지하는 것으로 추정됨.

<표 1> 서울시 배출원별 미세먼지 배출량 (2002년 추정치)

구분	배출원	배출량 (톤/년)
연료연소	난방	614
	산업	276
	발전	151
	폐기물처리	2,600
	도로 이동	5,028
	비도로 이동	575
	소계	9,243
비산먼지	도로 재비산	29,078
	타이어 마모	3,916
	건설활동	5,653
	농업활동	21
	먼지다량배출업소	1,102
	나대지	20
	소계	37,787
총합		47,030

주 : 먼지는 규정된 일정한 배출구가 아닌 개방형 배출원에 의해 발생되고 비산(飛散)하며, 특히 도로변의 미세먼지는 연료연소와 차량운행 과정에서 발생하는 것으로 다음과 같이 구분됨.

- 1) 점오염원 : 고정 오염원으로 연료 사용량에 따라 1종~5종 배출업소로 구분하나, 비교적 규모가 큰 1종~3종 업체 및 발전소, 대형 공장, 대형 소각시설, 그리고 중앙난방시설 등이 해당됨.
- 2) 면오염원 : 점오염원에서 제외된 소형 고정 배출원과 주거, 상업, 산업 등의 연료연소 배출임.
- 3) 이동오염원 : 자동차와 철도차량·건설장비·농기계 등의 비도로 오염원 등이 해당됨.
- 4) 비산먼지 : 먼지의 분쇄 및 파쇄, 기류의 난류에 의한 먼지입자들의 부유현상을 총칭하는 비산먼지의 발생원은 먼지다량 배출업소, 도로에서의 차량운행, 건설·농업활동, 나대지, 황사현상에 의한 외부 유입 등임.

미세먼지 오염원별 분포현황

- 고정오염원인 대기배출업소는 2003년 총 1,094개로써, 그 가운데 연료소비가 큰 1종~3종 업소는 전체의 3.1%인 34개소(1종~3종 대기배출업소는 주로 동북·서남권에 편중 분포)이며, 4종~5종 업소는 96.9%인 1,060개로 대부분 아파트 등 난방시설 및 소규모 사업장임.
- 이동오염원은 대부분 자동차(2003년 현재 서울시 자동차 등록대수는 284만대이며, 꾸준한 증가추세에 있음)로서, 특히 경유자동차가 전체 차량의 26%를 차지하고, 이 가운데 시내버스·청소차 등 대형 경유자동차에 의한 미세먼지 오염영향이 가장 큼(향후 경유승용차 도입으로 먼지 오염도 영향이 증대될 것으로 예상됨).

이동오염원의 미세먼지 오염특성

- 자동차 배출가스 및 연료의 연소과정에서 배출되는 미세먼지에는 탄소화합물과 황산염, 질산염 등이 포함되어 있는 것으로 보고되고 있음.
- 서울시 미세먼지 성분 중 탄소화합물은 주로 자동차 배출가스로부터 발생되며, 황산염·질산염 등의 입자상 물질들은 배출된 아황산가스와 이산화질소 등이 물리·화학적으로 변화하여 2차적으로 발생하는 것으로 추정됨.
- 특히 전체 차량의 5%에 불과한 시내버스·트럭 등 대형 경유자동차에 의한 미세먼지 발생량이 자동차 미세먼지 발생총량의 약 67.5%를 차지하여, 대책마련이 시급함.
- 서울시 도로변에 설치되어 있는 자동차 배출가스 측정소의 측정자료를 활용하여 도로변 미세먼지와 황산화물·질소산화물 농도간 상관성을 분석해 보면, 높은 상관관계를 보여 미세먼지의 물리·화학적 반응 가능성이 있음.

서울의 지역별 미세먼지 오염 현황

미세먼지 오염도의 환경기준 초과 현황

- 미세먼지 장기환경기준인 $70\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{년}$ 을 초과한 횟수는 2003년에 8개소로 2002년의 21개소에 비해 대폭 감소하고 있음.
- 그러나 단기환경기준인 $150\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{일}$ 을 초과한 지점은 2003년에 27개 지점으로 초과횟수의 대소에 관계없이 모든 측정소에서 초과하였으며, 특히 강북구·광진구·구로구 등에서 초과횟수가 30회 이상으로 나타났음.

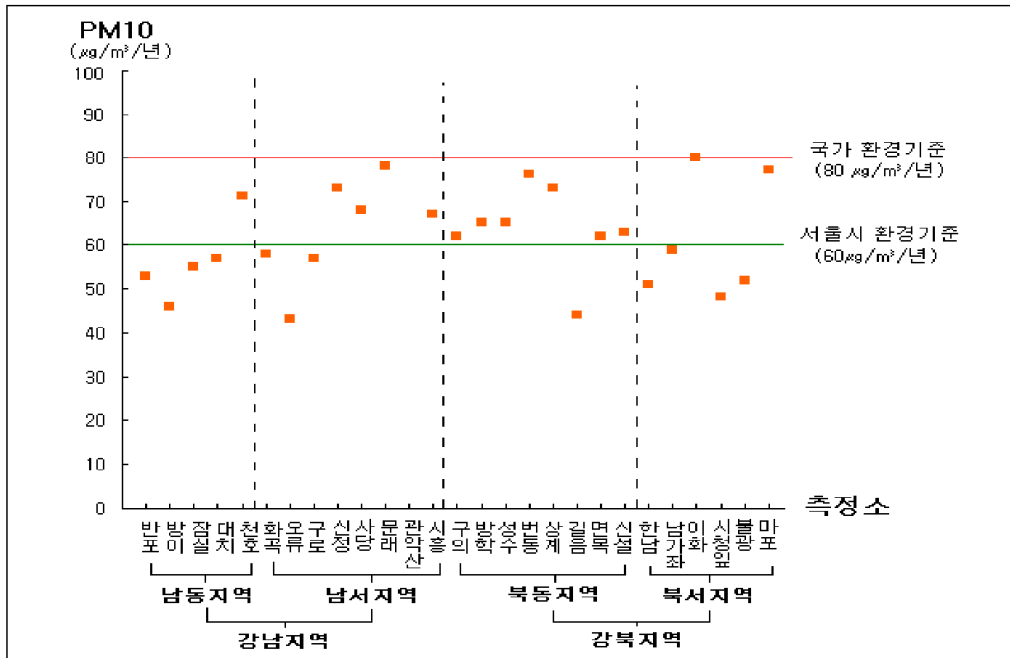
<표 2> 국내·외 미세먼지 대기환경기준

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

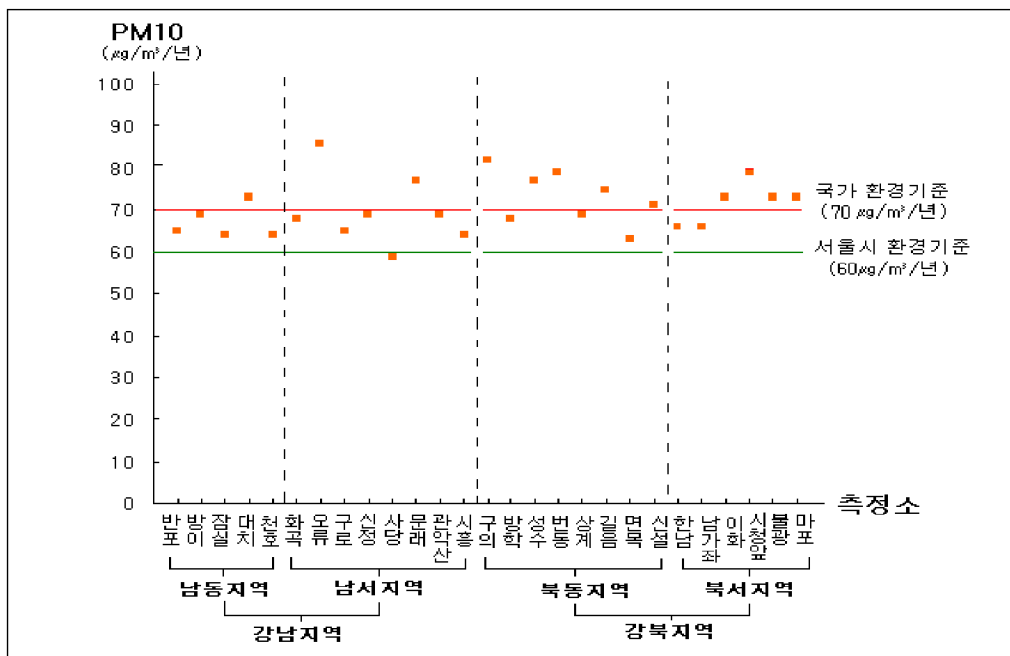
구분	연평균	일평균	1시간 평균
한국	70	150	-
서울	60	120	-
인천	60	120	-
대전	50	100	-
미국	50	150	-
일본	-	100	200

미세먼지 오염농도의 공간분포 변화

- 미세먼지 오염도는 계절에 따라 변이도가 높게 나타나는 특징을 보이며, 대체적으로 건조한 동절기에는 높고, 강우량이 많은 하절기에는 낮은 농도 추세를 유지하고 있음.
- 연도별 미세먼지의 오염수준은 점차 감소하다가 1999년을 기점으로 점차 증가추세이며, 고농도의 황사 발생 및 가을황사의 영향으로 2002년에 미세먼지 농도가 급격히 높아졌음.
- 서울시 27개 대기오염자동측정망 수치를 이용하여 강남·강북, 그리고 남동·남서·북동·북서권역별 미세먼지 오염농도의 분포를 살펴보면, 미세먼지 오염농도가 낮은 지역이 많았던 1998년에 비해 2002년에는 서울 전지역에 걸쳐 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준 내외의 미세먼지 오염농도를 나타내고 있어, 국지적인 미세먼지 오염관리에 한계가 있음을 시사하고 있음 ([그림 1] , [그림 2] 참조).



[그림 1] 서울시 미세먼지 오염도 현황(1998년)



[그림 2] 서울시 미세먼지 오염도 현황(2003년)

미세먼지 오염 개선을 위한 특화전략

서울시 먼지저감 종합대책의 효과성 제고

- 서울시는 과거 인력을 활용한 청소방법을 주로 사용하였으나, 현재 기계화 청소와 같은 효율적인 청소방법을 확대·적용하고 있으며, 또한 재비산 방지를 위한 도로설계 등에도 관심을 두고 있음.
- 현재 서울시에서 추진하고 있거나 시행예정인 먼지저감대책은 <표 3>과 같으나, 미세먼지 저감대책별 우선 순위 선정과 추진대책의 효과를 한층 제고하기 위한 전략적 계획은 다소 미흡한 수준임.
- 향후 자동차 배출 미세먼지, 타이어 마모먼지, 그리고 공사장·비포장 도로·나대지 등에서 발생하는 비산먼지는 도로에 쌓여서 바람이나 자동차 통행에 의해 재차 비산하기 때문에 “걷고 싶은 건강도시” 조성을 위해서는 도로 물·진공청소, 도로포장, 나대지 녹화 및 식재 등의 저감 대안을 우선적으로 선정·추진하여야 할 것임.

<표 3> 서울시 먼지저감 종합대책의 주요내용

대 책	주 요 내 용
도로 기계화 청소 확대 실시	<ul style="list-style-type: none"> · 진공흡입청소차 가동율 90%이상 향상 도모 · 진공흡입청소차의 효율적 운영을 위한 브러쉬의 적정사용과 적정 운행속도 준수 (예: 적정운행 속도: 중형-4km/시간, 대형- 6km/시간)
가로수 및 도로변 수림대 관리방법 개선	<ul style="list-style-type: none"> · 도심지역에서 변두리지역까지 가로수 보호판의 확대 설치 · 수림대 조성시 흙을 경계석 상단 5cm 이하로 복토하여 토사유출 방지 도모
지하철역 배수를 이용한 도로 물청소	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 지하철 역사 및 시공구간에서 발생하는 지하수의 다목적 활용방안 모색
비포장 도로 관리강화	<ul style="list-style-type: none"> · 비포장도로 포장율 향상 · 나대지와 하천 및 제방둑에 표지판 설치를 통한 차량통행 제한 유도
공사장 먼지발생 방지	<ul style="list-style-type: none"> · 월 1회 이상 (갈수기 월2회) 지도점검 실시 · 먼지억제시설 설치운영 및 흙먼지발생 여부 확인 · 굴착공사장에 대한 굴착 후 토사방치 여부 점검
시민홍보의 지속적 추진	<ul style="list-style-type: none"> · 포스터, 책자 등 발간·배포 · 대기오염 및 공익광고 전광판을 이용한 지속적 홍보 · TV, 라디오 및 종합유선방송 대담 추진 · 반상회보, 지역신문게재 및 주민설명회 개최 · 동사무소의 자체방송망 및 아파트관리사무소 적극 활용

도로변 미세먼지 저감 특화전략의 추진

- 서울시 미세먼지의 발생원은 자동차, 발전시설, 산업체, 공사장, 대형건물과 아파트 연소보일러 등 매우 다양하나, 발생총량의 80% 수준이 연료연소·타이어 마모·도로 재비산 등 도로·교통부문에 의해 유발되고 있어, 이와 관련된 미세먼지 저감방안 수립이 당면과제로 대두되고 있음.
- 도로·교통부문에서의 미세먼지 발생을 사전 억제하고, 도로변 오염피해 영향을 저감하기 위한 방법으로는 첫째, 보다 엄격한 자동차 배출가스 허용기준 적용, 매연여과장치의 부착 등과 같은 배출원 관리, 둘째, 자동차 주행거리 감소와 같은 교통수요관리, 셋째, 연료기준의 강화에 의한 배출량 저감 등을 들 수 있으나, 미세먼지의 약 80% 수준이 자동차 운행과정에서 직접·간접적으로 파생되고 있으므로, 서울시 미세먼지 저감대책은 도로변 먼지 청소 방법의 개선에 우선 순위를 두어야 할 것임.

<표 4> 영국 런던의 도로변 미세먼지 저감전략

대 책	주 요 내 용
자료체계의 구축	· 자동차 운행과정과 연료연소에서 배출되는 미세먼지의 배출, 도로변 확산패턴, 그리고 여타 오염물질과의 반응을 통한 2차 오염물질 형성 등에 관한 제반정보의 구축 · 도로변 미세먼지 발생특성을 감안한 저감전략 수립의 기초자료로서 제공
장기 종합계획의 추진	· 도로교통부문에서 배출되는 미세먼지 배출량을 현재와 비교하여 50% 수준의 총량 저감 목표를 2010년에 달성하기 위한 장기종합계획의 마련 · 동 계획의 주된 내용은 운행자동차에 의한 단계별 배출저감 이행촉구와 신규자동차에 대한 보다 엄격한 EC 배출기준 적용이나, 고농도의 미세먼지 오염수준이 예고되는 경우에는 교통수요억제와 분산을 위한 각종 규제·유도정책 병행 추진
교통계획과 연계	· 미세먼지 과다 배출 경유자동차와 같은 특정 자동차를 대상으로 매연여과장치 기술 개발 및 부착유도 등의 기술개발 · 자동차 주행거리(VKT) 감소 및 통행수요 억제와 같은 교통계획을 통해 간접적인 미세먼지 저감전략 추진
시민의 참여유도	· 미세먼지에 의한 인체건강 피해유발 사례와 같은 역학조사 · 조사결과의 공개 및 공론화를 통해 도로변 미세먼지 오염농도를 저감하기 위한 시정책과 시민간 원만한 협력관계의 구축

도로청결 시스템(Roadways Cleaning System)의 체계적 도입·운영

- 도로변 미세먼지 저감 특화전략 추진의 일환으로 도입할 수 있는 도로청결(道路清潔) 시스템은 도로에서 발생하는 먼지의 저감, 그리고 발생 후 노변 적치(積置)시 자동차 통행에 의한 재비산 등을 억제함으로써, 걷고싶은 건강도시 구성에 기여할 것임.

- 도로청결 시스템은 자동차 타이어 마모에서 발생하는 미세먼지와 자동차 운행으로 인한 재비산 먼지를 저감하기 위한 효과적인 도로살수 및 진공흡입 청소, 도로변 살수전(撒水栓)을 이용한 물리적 청소 등을 총칭함.
- 도로청결 시스템을 효과적으로 활용할 경우, 2002년 도로·교통부문의 미세먼지 발생량(타이어 마모 및 차량운행으로 인한 재비산 먼지) 32,993톤의 약 22.3%, 2003년에는 최대 25.3% 정도 저감효과를 기대할 수 있는 것으로 추정되어, 향후 도로변 환경개선의 주된 기능을 담당할 수 있을 것임.
- 도로청결 시스템이 운행자동차 배출허용기준 강화, 매연여과장치 부착, 교통수요관리, 그리고 연료품질 개선 등과 연계되면, 서울시 미세먼지 오염 개선효과는 더욱 높아질 것임.

미세먼지 예·경보 체계의 구축 및 운용

- 일반적으로 미세먼지 노출에 의한 시민건강 영향은 황사 유입시 형성되는 $350\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 농도를 제외하더라도, $150\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 350\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도의 노출 수준에서도 피해 가능성은 있는 것으로 보고되고 있음(<표 5> 참조).

<표 5> 미세먼지(PM10) 오염수준에 따른 예방조치

구 분	환경기준	예방조치
건강위해 (위험)	500	· 위험수준 : $500\mu\text{m}/\text{m}^3$ · 예방조치 : 모든 실외활동억제 및 실내 체류 또는 육체활동 최소화
	400	· 경고수준 : $420\mu\text{m}/\text{m}^3$ · 예방조치 : 실외활동 삼가며, 심장·폐질환 가능성이 있는 사람은 실내체류 권고
건강위해 (아주나쁨)	300	· 건강 위해수준 : $350\mu\text{m}/\text{m}^3$
	200	· 예방조치 : 활발한 실외활동 자제 및 심장·폐·호흡기질환자의 실내체류 권고
건강위해 (나쁨)	100	· 환경기준 초과 : $150\mu\text{m}/\text{m}^3$
		· 예방조치 : 심장·폐질환, 그리고 호흡기계통 환자의 실외활동 자제
적당	50	· 인체건강상 영향무시
양호	0	· 인체건강상 영향무시

- 현재 외국에서 시행중인 미세먼지 예보제 운영사례로서는 미국 환경청 홈페이지를 통한 당일 및 익일의 미세먼지 대기질 지수(AQI) 공개, 영국의 CERC 대기예측시스템을 활용한 당일 및 향후 4일간의 등급별 미세먼지 예측 등이 대표적이며, 이는 먼지오염 농도에 따른 규제조치 시행보다는 환경정보 공개에 의한 피해 예방에 주된 목적을 두고 있음.

- 노르웨이 오슬로(Oslo)는 미세먼지의 오염농도가 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24시간 기준) 수준을 초과하거나 이산화질소 농도가 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1시간 기준)을 초과할 것으로 예측되면 미세먼지 및 이산화질소 경보체계를 통해 보다 엄격한 제한조치가 취해지며, 특히 미세먼지의 경우 자동차 통행수요 17% 저감효과에 버금가는 60km 자동차 통행속도 제한조치가 주요 간선도로를 대상으로 적용되고, 이산화질소 항목의 경우에 삼원촉매장치 미부착 자동차의 통행을 제한하는 조치를 시행하고 있음.
- 서울시 미세먼지 예·경보 체계는 황사에 의한 먼지오염 관리뿐만 아니라, 평일에도 나타날 수 있는 국지적 고농도 먼지오염에 효과적으로 대응할 수 있도록 하여, 먼지오염 사후 관리의 혼란을 최소화하고 시민건강 피해예방의 효과를 가져올 수 있음.

김운수 | 서울시정개발연구원 연구위원
02-2149-1155
woonkim@sdi.re.kr