



2008

교통·대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구

A Study on Approaches to Effectively Link Traffic and Air Pollution Monitoring Data

최 유 진 · 고 준 호

시 정 연
2008-PR-27

교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구

A Study on Approaches to Effectively Link Traffic and
Air Pollution Monitoring Data

2008



서울시정개발연구원
Seoul Development Institute

연구진

연구책임 최 유 진 • 도시기반연구본부 부연구위원
고 준 호 • 도시기반연구본부 부연구위원
연구원 이 세 희 • 도시기반연구본부 연구원
신 상 희 • 도시기반연구본부 연구원

자문위원 강 경 표 • 한국교통연구원
배 귀 남 • 한국과학기술연구원
이 영 인 • 서울대학교
정 권 • 서울시 보건환경연구원

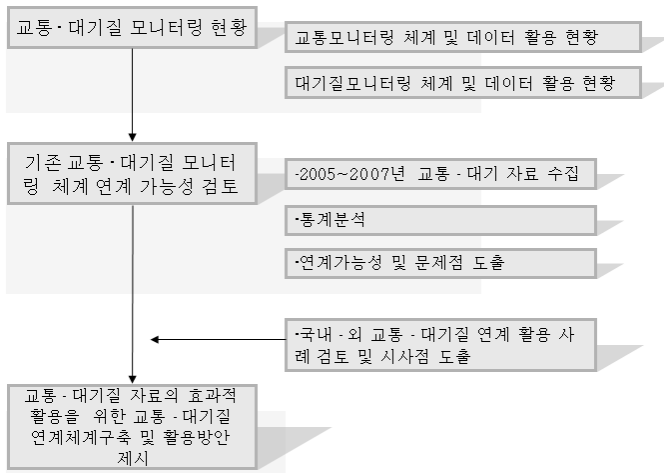
이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

- 교통관련 대기정책들의 효과는 대기오염 농도 뿐만 아니라 교통관련 인자들의 모니터링 및 이의 체계적인 분석을 통해서만 평가할 수 있음. 현재, 서울시에서는 대기오염도 및 교통흐름을 모니터링하기 위한 체계가 각기 개별적인 목적을 가지고 구축되어 활용되고 있으나, 두 모니터링시스템을 연계한 활용은 이루어지지 않고 있는 상황임.
- 이 연구에서는 서울시에서 각기 개별적으로 구축되어 수집되고 있는 대기 및 교통 모니터링자료들의 현황을 파악하고, 기존의 두 데이터 수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지를 대기오염물질과 교통량과의 상관 분석을 통해 검토하고자 함. 또한 국내외에서 교통·대기질 데이터를 연계하여 활용한 사례를 수집하여 시사점을 도출하고, 교통·대기질 데이터를 효과적으로 연계하여 활용하기 위한 교통·대기 모니터링 데이터 연계 방안을 제시하고자 함.

2. 연구의 체계



<그림 1> 연구 체계도

II. 주요 연구결과

1. 서울시 교통 및 대기질 모니터링 체계 현황

- 서울시에서 시행중인 교통 모니터링은 기관별로 독립적으로 구축되어 있고, 모두 독자적으로 자료수집, 자료가공, 정보제공 등의 기능을 수행함.
- 이 중 서울시내의 주요도로와 주요간선도로의 교통량, 속도, 점유율, 통행 시간 등의 데이터를 상시적으로 수집하는 서울 지방경찰청의 교통 모니터링 체계가 기존의 대기측정망 체계와 연계하기에 가장 효율적인 것으로 판단됨.
- 서울시에서 운영 중인 대기 모니터링 체계 중 상시적으로 기준성 대기오염물질을 모니터링하는 측정망은 도시대기측정망 27개소, 도로변측정망 7개소로 도시 지역의 평균 대기질 및 자동차 통행이 많은 도로변의 대기질을 감시하기 위해 운영됨.

2. 교통-대기질 데이터 상관분석

1) 분석방법

- 기존 교통-대기질 모니터링 시스템의 연계 가능성을 검토하기 위해, 34개 대기측정소와 118개 교통조사지점간의 이격거리를 계산하였음. 이 중 대기측정소를 기준으로 반경 1km내에 교통측정지점이 있는 측정소만을 선별함.
- 교통과 대기오염도와의 상관관계 분석을 위해 대기오염물질 중 이동오염원과 연관성이 있는 것으로 조사되고 있는 CO(일산화탄소), NO(일산화질소), NO₂(이산화질소), PM10(미세먼지)을 선정하고, 2005년~2007년의 시간별 자료를 사용하여 대기오염물질과 교통량과의 상관관계를 분석함.
- 또한, 혼잡상황 때 교통량은 감소하나 오염물질 배출량은 증가하는 경향을 반영하여, 차량속도가 20km/h 이하일 경우의 자료들을 제외한 상관관계 분석도 실시함.
- 24시간 모든 시간별 자료를 이용하거나, 기상 및 기타 오염원의 영향이 적은 오전 6시~9시 사이의 자료만을 이용하여 분석함.
- 별도로, 가장 상관성이 높게 나타난 지점에 대해, 외부로부터 유입된 오염물질이 강우에 의해 일부 제거될 수 있을 것으로 판단되는 강우 다음날의 자료만을 추출하여 위와 동일한 상관분석을 실시함.

2) 분석결과

- 기존의 교통과 대기 모니터링체계가 각각 교통흐름과 대기질 상태를 관측할 개별적 목적으로 구축되어 있어서, 각 모니터링망의 측정지점이 동일 장소에 위치하여 운영되고 있는 사례는 없었음. 두 측정지점사이의 이격거리가 340m정도가 가장 근접한 경우임. 따라서, 기존의 두 모니터링의 자료 연계 분석은 측정지점의 불일치에서 발생할 수 있는 한계성을 내포하고 있음.

- 기존의 두 측정체계에서 수집된 자료를 분석한 결과, 소수의 지점 사이에서 NO와 NO₂가 교통량과 어느 정도 양의 상관성을 보인 반면, CO와 PM10은 교통량과의 상관성을 관찰하기가 어려움.
- NO_x(질소산화물), CO, PM10이 차량배출과 관련이 있는 것으로 알려져 있음에도 불구하고 NO_x에 대해서만 소수지점이지만 상관성을 관찰할 수 있었던 이유는, 교통과 대기측정 지점사이의 공간에 NO_x의 주요 발생원이 관측시간대 주변지역의 자동차 운행이기 때문임. 반면, CO와 PM10의 경우 자동차외의 다양한 또는 주요한 다른 발생원이 두 측정지점 사이의 공간에 존재하여 나타나는 현상으로 추론됨.
- CO는 NO_x와 PM10보다 물에 잘 녹지 않기 때문에 강우에 의한 제거가 적으며 대기 중의 다른 오염물질과의 반응도 미비하여 대기 중에 오랜 기간 머물 수 있으므로 공간적으로도 바람에 의한 장거리 이동이 가능함. 그러므로 관측시점 이전에 발생되어 제거되지 않고 남아있던 CO가 이동되어 관측농도에 크게 영향을 미친 것으로 판단됨.
- PM10은 관측된 PM10의 농도에 영향을 미치는 주요배출원이 자동차운행에 따른 연료연소 배출뿐만 아니라 도로나 건설현장의 비산먼지일 수도 있음.
- NO₂ 기준성 대기오염물질의 경우, 4곳의 대기-교통 지점(서소문동(도시대기)-칠폐길(교통), 동대문(도로변대기)-장충체육관(교통), 동대문(도로변대기)-장충단길(교통), 동대문(도로변대기)-성동여상(교통))에서 오전 6시~9시 사이의 NO₂오염도와 교통량의 변화경향을 조사하여 교통량변화에 따른 NO₂ 증감을 관찰하고 정책효과 및 개발에 간접적인 참고자료로는 활용할 수 있음. 하지만 PM10과 CO는 기존의 대기-교통 모니터링체계로는 교통과의 관련성을 관찰하기는 어려울 것으로 사료됨.
- 또한, 기존의 교통측정지점에서는 차종별, 연료별 교통자료가 세분화되어 조사되지 않기 때문에 연료전환, 저공해사업 등 차종별, 연료별로 시행되

는 자동차 저공해 사업에 따른 대기오염물질 저감효과 등의 세부적인 관찰에는 상당한 한계가 있음.

- 교통량과 대기오염물질 간의 상관분석을 통해 기존의 교통량과 대기오염 수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지 검토한 결과를 종합하면, 두 데이터 수집체계가 당초 다른 목적을 가지고 설치되어 있어서 자동차관련 대기 개선 정책의 실행 효과를 기존의 대기-교통 측정소 자료만을 이용하여 관찰하고 효과적으로 활용하기에는 어려울 것으로 판단됨. 따라서 교통-대기질의 관계를 보다 효과적으로 관찰하기 위해서는 대기-교통 자료 연계를 목적으로 하는 계획적인 대기-교통 모니터링 체계를 구축할 필요가 있음.

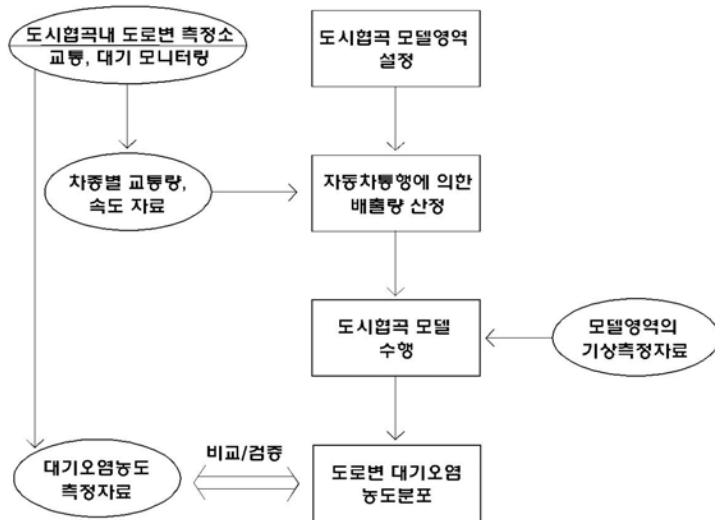
3. 교통-대기질 데이터 연계 활용 해외사례

1) 영국 런던

- 런던시는 2008년 2월 시행될 저배출지역(Low Emission Zone) 정책을 고려하면서, 대기와 교통이 같은 위치에서 모니터링될 필요성을 인지함.
- LEZ 정책의 도입에 앞서 2006년 기존의 도로변 대기모니터링 지점 중 혼잡한 도로와의 근접성 및 LEZ의 도입에 따른 주요 대기오염물질의 예측농도 변화 정도를 고려하여 대기오염도와 교통흐름까지 함께 모니터링할 수 있는 7개 지점(기존 도로변 대기측정소 6개 지점 + 신설 1개 지점)을 선정하여 강화된 모니터링망을 구성함.
- 7개 지점에 대해 모니터링한 대기 및 교통자료는 LEZ의 시행에 따른 교통과 지역 대기질과의 관계를 보다 효과적으로 규명하는 데에 중요한 기초자료로 사용될 예정임.

2) 스웨덴 스톡홀름

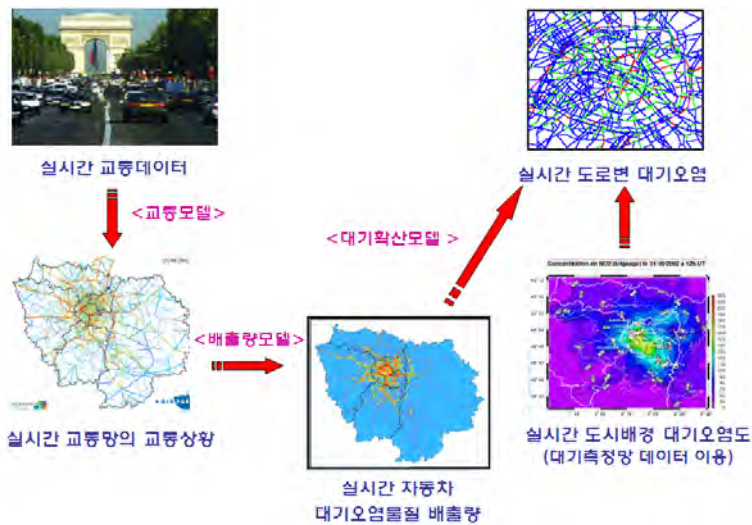
- 스웨덴 스톡홀름시는 일반 도시대기측정지점 외에 교통(교통량, 속도, 차종)과 대기를 함께 모니터링하고 데이터를 수집하는 2곳의 **Street-monitoring** 지점을 운영하고 있음.
- 스톡홀름시는 2006년 8월 혼잡통행료 징수제도를 도입하기 전 7개월 간의 시범기간을 거쳐, **Street-monitoring** 지점의 교통, 대기 모니터링 자료를 분석하여 환경적 영향평가를 실시함.
- 또한, **Street-monitoring** 지점의 교통-대기 모니터링 자료들은 도시협곡 모델의 정확성을 검증하기 위해 사용됨.



<그림 2> 도시협곡내 대기질 모델 적용 및 검증과정

3) EU의 HEAVEN 프로젝트

- HEAVEN(Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emission and Noise)은 EU(European Union)가 2000년~2002년에 실시한 프로젝트로, 로마, 파리, 베를린, 로테르담, 프라하, 레스터시가 시범도시로 참여함.
- 도시교통에서 야기되는 환경적 피해를 최소화하기 위한 해결책을 찾는 것에 목적을 두고, 교통모니터링 자료를 바탕으로 대기과 소음공해를 모형화하여 환경적 피해를 줄일 수 있는 실시간 교통수요관리 시스템을 만들 고자 함.



<그림 3> 파리 HEAVEN 프로젝트 사례

Ⅲ. 정책건의

1. 교통 및 대기 데이터의 효과적 연계 활용을 위한 단기적 방안

1) 이동측정차량 도입 확대를 통한 대기-교통 데이터 수집

- 서울시 보건환경연구원에서는 대기질 관측이나 대기오염 긴급상황 발생 시 신속한 대처를 위해 6대(2대는 교통량 측정까지 가능)의 이동측정차량을 확보하여 운영하고 있음. 그러나, 교통정책이 미치는 영향은 서울시 전역에 걸쳐 광범위하게 나타날 수 밖에 없으므로 현재 운영되고 있는 이동측정차량의 도입 확대가 필요함.
- 특히, 교통정보(차종별, 연료별, 교통량, 속도 등)까지 모니터링할 수 있는 장비를 이동차량에 추가 장착하여 해당 교통정책이 대기질개선에 직접적으로 미치는 영향을 파악할 필요가 있음.

2) 지구온난화현상을 고려한 온실가스 측정 추가

- 기존의 일반 대기 측정망체계에서는 전세계적 이슈인 온실가스에 대한 측정이 실시되지 않으므로, CO₂를 포함한 주요 온실가스를 측정하여 서울시의 대기 중 온실가스 농도의 상황을 파악할 필요가 있음.

2. 교통 및 대기 데이터의 효과적 연계 활용을 위한 중·장기적 방안

1) 교통-대기 모니터링 측정소 설립

- 런던이나 스톡홀름의 사례에서처럼 교통과 대기질을 함께 모니터링할 수 있는 도로변 측정소 도입 : 서울시에 위치한 기존의 도로변 대기측정소는 교통량의 모니터링이 어려운 교차지점에 있어 교통량 등 교통관련 정보들이 수집되지 않고 있으므로, 교통정보를 함께 모니터링할 수 있는 가로변으로 기존의 도로변 측정소를 이전하거나 가로변 측정소를 신설하는 것이 바람직함.

○ 측정소 설치 장소 선정 및 장비설치 공간확보를 위한 고려사항은 아래와 같음.

① 도로변 대기측정소 설치기준 강화 : 자동차배출 변화에 따른 대기질 변화와 자동차 배출성분의 위해성을 보다 효과적으로 관찰하기 위해서는 교통흐름정보가 필수적이므로 도로변 측정소의 가로변 설치가 우선적으로 추진되어야 함. 이에 따라, 교통량, 차종, 연료, 속도 등의 교통정보 측정이 필수항목으로 선정되도록 측정망 설치 기준의 수정이 필요함.

② 측정소 선정 : 관측 목적에 따라 측정소 설치 지점 선정

- 저배출지역이나 혼잡통행료 등의 교통수요관리정책 도입에 따른 효과 분석 : 정책이 적용되는 지역의 기존 교통측정지점 중 정책시행에 따른 영향을 예측하고(런던 LEZ 도입사례 참고) 통행량을 고려하여 우선순위를 정함. 해당 장소에 대기측정장비를 설치함.

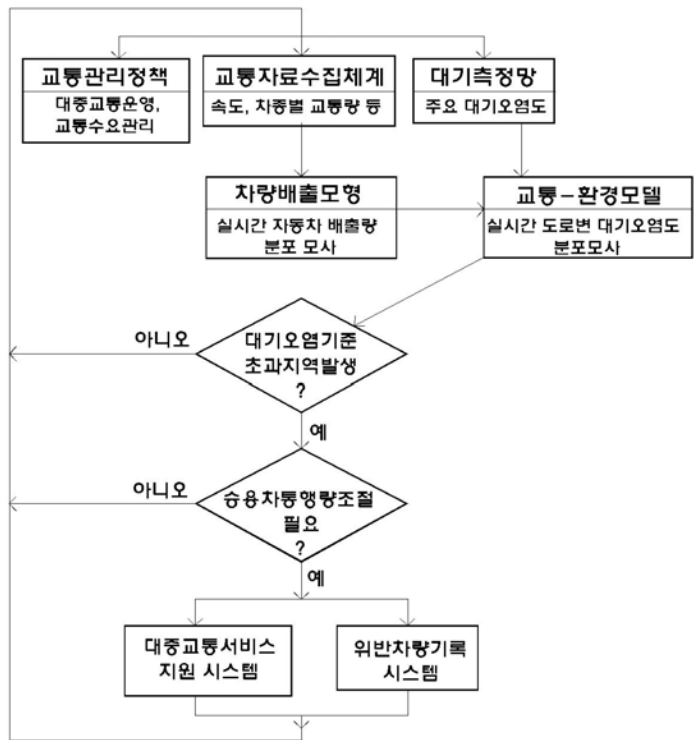
- 저공해사업에 따른 효과분석 : 기존 교통측정지점 중 저공해 사업 대상 차종의 통행량을 고려하여 우선순위를 정하고 해당 장소에 대기측정장비를 설치함. 예를 들면, 대형트럭이나 경유버스의 저공해사업 효과를 관찰하고자 할 경우 기존 교통측정지점 중 위 차종의 통행이 많은 장소를 우선적으로 고려함.

③ 측정소 설치관련 공간확보 문제 : 공간확보가 어려운 지점에서는 측정항목 중 중요항목만을 선별하여 측정장비를 최소화할 필요가 있음. 장기적으로는 국내의 사업체와 R&D 사업을 전개하여 측정장비의 소형화를 유도한다면 많은 지점에 측정망을 배치할 수 있음.

2) 교통-대기측정망을 연계하는 환경-교통 통합 모델 및 체제 구축

○ 현재 측정되고 있는 교통량 및 대기질 자료의 상관성 분석결과, 현재의 자료수집 체계로는 교통정책을 실시간으로 평가하고 이를 활용하여 세밀한 교통관리 정책을 실현하는 데는 한계가 존재할 것으로 판단됨. 따라서,

중장기적으로는 교통-대기 통합관리 체계를 실현할 수 있는 방안을 마련해야 함. 이를 위해서는 단순한 자료의 수집체계 뿐만 아니라 교통상황과 대기질이라는 두 변수를 연계시킬 수 있는 시스템 즉, 교통-대기 시뮬레이션 모델을 도입하여 대기질 수준에 따라 적절한 교통관리가 즉각적으로 실시될 수 있는 체계를 구성할 필요가 있음.



<그림 4> 통합 교통-대기 관리 체제를 이용한 교통-대기 관리 흐름도

목 차

제1장 연구의 개요	3
제1절 연구의 배경 및 목적	3
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 목적	4
제2절 연구의 범위 및 내용	4
제3절 연구수행 절차	5
 제2장 서울시 교통 및 대기질 모니터링 체계 현황	9
제1절 서울시 교통 모니터링 체계 및 데이터 활용현황	9
1. 공공부분	10
2. 민간부분	14
제2절 서울시 대기질 모니터링 체계 및 데이터 활용현황	15
1. 대기질 모니터링 체계	15
2. 서울시 대기질 데이터 활용현황	24
제3절 교통-대기질 데이터 연계	25
 제3장 교통-대기질 데이터 상관분석	29
제1절 조사지점 선정	29
제2절 조사방법	32
1. 대기오염물질	32
2. 분석방법	33

제3절 분석결과	35
1. 교통량과 대기오염물질의 시간대별 평균값을 적용한 상관성 분석	35
2. 전체 데이터 활용한 상관성 분석	40
3. 도로변대기측정망 vs. 도시대기측정망 상관성 분석	42
제4절 소결	45
제4장 교통-대기질 연계데이터 구축 및 활용방안	51
제1절 해외사례 및 시사점	51
1. 영국 런던	51
2. 스웨덴 스톡홀름	57
3. EU의 HEAVEN 프로젝트	64
제2절 교통-대기 데이터의 효과적 연계 활용을 위한 방안	66
1. 단기적 방안	66
2. 중·장기적 방안	68
제5장 결론	77
1. 주요 연구 결과	77
2. 정책건의	82
참고문헌	87
부 록	91
영문요약	101

표 목 차

<표 2-1> 기관별 교통데이터 수집 및 활용현황	9
<표 2-2> 대기오염 측정망 설치목적 및 측정항목	16
<표 2-3> 서울시 대기오염측정망 설치현황	17
<표 2-4> 서울시 도시대기측정망 일반현황	19
<표 2-5> 도로변 대기측정소	23
<표 3-1> 선별된 대기-교통 측정지점 그룹	31
<표 3-2> 2005년~2007년 평균 상관계수	41
<표 3-3> 2007년 비온 다음날의 상관계수(동대문, 성동여상)	42
<표 3-4> 대기-교통 측정지점 그룹의 2005년~2007년 오전 6시~9시 시간대의 상관계수	44
<표 4-1> 런던의 대기 측정망(2003년 기준)	51
<표 4-2> Key LEZ impacts monitoring sites	55
<표 4-3> LEZ impacts monitoring site에서의 교통데이터 수집체계	55
<표 4-4> 우리나라와 영국의 측정소 설치 시 고려사항 비교	69

그림목차

<그림 1-1> 연구수행 절차	5
<그림 2-1> 남산권 도로전광판 설치지점	10
<그림 2-2> 서울지방경찰청 교통량 데이터 수집지점	12
<그림 2-3> 서울지방경찰청 교통데이터 정보제공 웹 사이트	12
<그림 2-4> 서울시 도시대기측정망 위치도	19
<그림 2-5> 대기측정자료 수집 및 전송체계	21
<그림 2-6> 대기측정소 내의 분석장비	21
<그림 2-7> 서울시 도로변 대기측정망 위치도	22
<그림 2-8> 서울시 도로변 대기측정소	23
<그림 2-9> 서울시 대기환경 정보서비스	24
<그림 3-1> 대기 중 오염물질의 발생경로	29
<그림 3-2> 서울시 교통-대기질 측정지점 위치도	30
<그림 3-3> 혼합고도	34
<그림 3-4> 교통량 vs. NO (동대문, 성동여상)	37
<그림 3-5> 교통량 vs. NO ₂ (동대문, 성동여상)	37
<그림 3-6> 교통량 vs. CO (동대문, 성동여상)	38
<그림 3-7> 교통량 vs. PM10 (동대문, 성동여상)	38
<그림 3-8> 교통량 vs. 대기오염물질 산점도(동대문,성동여상)	39
<그림 3-9> 오전 6시~9시 시간대의 NO와 교통량과의 상관계수	43
<그림 4-1> 런던시의 대기 모니터링 측정소 위치	52
<그림 4-2> 런던의 LEZ 적용지역	53
<그림 4-3> LEZ 도입 전후의 농도차이	54
<그림 4-4> Marylebone Road 측정지점 (MY1)의 위치	56
<그림 4-5> 스톡홀름에 위치한 Street-monitoring 지점의 위치 및 측정항목	58

<그림 4-6>	Hornsgatan street-monitoring site의 측정포인트 위치	58
<그림 4-7>	혼잡통행료 시범기간(2006년)과 2005년 같은 시기의 주중(월~목) 시간별 평균 대기농도 및 교통량의 변화 비교(Hornsgatan street-monitoring site)	60
<그림 4-8>	혼잡통행료 시범기간(2006년)과 2005년 같은 시기의 주중(월~목) 시간별 평균 대기농도 및 교통량의 변화 비교(Sveavagen street-monitoring site)	61
<그림 4-9>	도시협곡에서의 대기 순환	62
<그림 4-10>	도시협곡내 대기질 모델 적용 및 검증과정	63
<그림 4-11>	파리 HEAVEN 프로젝트 사례	65
<그림 4-12>	파리시의 교통-대기오염배출 현황 정보 공개	65
<그림 4-13>	프랑스 airparif에서 게시하는 Yesterday's Bulletin	66
<그림 4-14>	도로상 대기질을 측정하고 있는 서울시 이동측정차량	67
<그림 4-15>	측정소 설치 절차도	70
<그림 4-16>	영국 도로변 대기오염측정소 설치 현황	71
<그림 4-17>	통합 교통-대기 관리 체제를 이용한 교통-대기 관리 흐름도	74

제1장 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

제2절 연구의 범위 및 내용

제3절 연구수행절차

제1장 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

서울의 대기환경은 OECD 국가의 주요도시와 비교하면 열악한 수준이다. 특히, 미세먼지와 이산화질소의 경우 세계주요도시보다 1.2배~3.5배 높은 수준으로 보고된바 있다. 대기오염으로 인한 사회적 비용은 연간 2조 6천억원으로 그 중 절반인 1조3천억원이 미세먼지로 인한 비용이다.

대도시 대기환경에 영향을 미치는 주요한 요인이 자동차라는 것은 계속적으로 지적되고 있는 사항이며, 서울의 경우에도 자동차가 대기질 악화의 주요 원인으로 분석되고 있다.

서울시 대기오염물질 중 자동차의 직접적인 배출로 인한 비중이 70%를 웃돌며, 이러한 오염물질의 배출비중은 좀처럼 감소하지 않는 추세이다. 특히 자동차 배출가스 가운데 미세먼지(PM10)와 질소산화물(NOx)의 비중이 크다.

2003년 서울시 대기오염물질 배출량 비율을 보면 질소산화물(NOx)의 경우 이동오염원이 82.6%(도로이동오염원+비도로이동오염원)로 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 이와 같은 서울시 대기오염의 영향패턴은 국내·외 대도시 대기오염 특성과 맥락을 같이하는 것으로서, 자동차 유발 대기오염물질 배출에 의한 영향이 절대적인 것으로 평가된다(국립환경과학원, 2005.11).

이와 관련하여, 중앙정부 및 서울시도 다양한 자동차 관련 대기환경개선정책(저공해 자동차 사업, 교통수요 관리 정책)들을 시행하고 있으나 여전히 개선의 여지가 많다.

일반적으로 일산화탄소, 이산화황, 총먼지 같은 1차 오염물질은 배출원의 배출량감소에 정비례하여 감소하므로 관리가 수월하다. 하지만 미세먼지, 오존, 이

산화질소와 같은 2차 대기오염물질들은 생성기작이 복잡하며 상대습도, 온도, 일사량 등 기상조건에 매우 민감하기 때문에 대기질 개선정책 수립 및 정책 이행에 따른 효과를 쉽게 평가하기가 어렵다.

교통관련 대기정책들의 효과는 장기적으로 대기오염 농도 뿐만 아니라 교통관련 인자들의 모니터링 및 이의 체계적인 분석을 통해서만 평가할 수 있다.

현재, 서울시에서는 대기오염도 및 교통흐름을 모니터링하기 위한 체계가 각기 개별적인 목적을 가지고 구축되어 활용되고 있으나, 두 모니터링시스템을 연계한 활용은 이루어지지 않고 있는 상황이다.

2. 연구의 목적

서울시에서 각기 개별적으로 구축되어 수집되고 있는 대기 및 교통 모니터링자료들의 현황을 파악하고, 두 데이터 수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지를 검토하고자 한다.

또한, 국내·외에서 교통-대기질 데이터를 연계하여 활용한 사례를 수집하여 시사점을 이끌어내고, 교통-대기질 데이터를 효과적으로 연계하여 활용하기 위한 교통-대기 모니터링 데이터 연계방안을 제시하고자 한다.

제2절 연구의 범위 및 내용

○ 공간적 범위

- 서울시 전역 (교통조사 및 대기측정 위치를 중심으로)

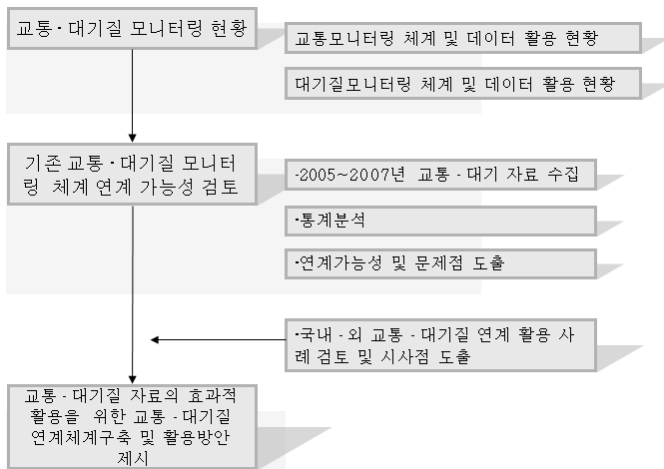
○ 시간적 범위

- 2005년~2007년 3년 간의 교통 및 대기측정 자료를 이용

○ 주요 연구내용

- 서울시 교통 모니터링 자료수집 및 활용현황
- 서울시 대기질 모니터링 자료수집 및 활용현황
- 기존 교통-대기 모니터링 자료의 통계분석을 통한 연계 활용가능성 검토 및 문제점 도출
- 해외 교통-대기질 연계활용 사례 검토 및 시사점 도출
- 서울시 교통-대기질 데이터 연계 활용방안

제3절 연구수행 절차



<그림 1-1> 연구수행 절차

제2장 서울시 교통 및 대기질 모니터링 체계 현황

제1절 서울시 교통 모니터링 체계 및
데이터 활용현황

제2절 서울시 대기질 모니터링 체계 및
데이터 활용현황

제3절 교통-대기질 연계 데이터

제2장 서울시 교통 및 대기질 모니터링 체계 현황

제1절 서울시 교통 모니터링 체계 및 데이터 활용현황¹⁾

서울시에서 시행중인 교통 모니터링은 기관별로 독립적으로 구축되어 있고, 독자적으로 자료수집, 자료가공, 정보제공 등의 기능을 수행한다.

서울시 공공 및 민간기관에서 수집·관리되고 있는 교통데이터는 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 기관별 교통데이터 수집 및 활용현황

	기관 명	수집교통데이터	교통데이터 활용
공공 기관	서울시도시 고속도로 교통관리센터	교통량, 통행속도, 통행시간	교통정보제공, 교통관리, 정책수립
	남산권 교통정보센터	교통량, 통행속도, 통행시간	교통정보제공, 교통관리, 정책수립
	서울지방경찰청 교통정보센터	교통량(교차로), 공사, 통행속도, 통행시간, 교통사고, 기타통계	교통·통계정보제공, 교통정책수립 및 교통관리활용
	BMS센터	대중교통데이터	대중교통정책 수립 및 대중교통관리활용
	서울교통 방송국(TBS)	통행속도, 통행시간	교통정보제공
	한국도로공사 교통정보센터	교통량, 통행속도, 통행시간	교통정보제공, 교통관리
	서울시 교통국 및 자치구	교통량, 통행속도, 교통시설물	교통관리, 정책수립
	시정개발연구원 교통DB센터팀	교통량, 재차인원	O/D구축 및 교통지표산출
	TOPIS	서울시 교통데이터	교통정책 및 모니터링
민간 기관	ROTIS	통행속도, 통행시간	정보제공서비스
	교통카드시스템 (T-Money)	이용객수, O/D통행, 버스·지하철 카드 데이터	상업적 이용, 통행행태분석
	(주)SK	통행속도, 통행시간	정보제공 및 상업적 이용

출처 : 서울시정개발연구원(2006), 「교통데이터 구축 및 관리·활용방안 연구」

1) 서울시정개발연구원(2006), 「교통데이터 구축 및 관리·활용방안 연구」에서 발췌 정리함.

1. 공공부분

1) 서울시고속도로 교통관리센터

서울시 도시고속도로 범위내의 교통량, 지점속도, 점유율, 차종에 대한 교통 데이터를 도로상에 설치된 영상검지기를 통하여 30초마다 실시간으로 수집하고, 500m 간격으로 속도 및 교통량 자료를 시계열적으로 수집한다.

교통데이터를 이용하여 상습정체 및 사고다발구간, 영상, 소통상황, 소요시간, 교통통계정보로 가공하여 도로전광표지판(VMS), 인터넷, 팩스 등으로 정보를 제공한다.

2) 남산권 교통정보센터

서울시 남산권내의 교통량, 속도데이터를 지점검지기와 구간검지기의 동시 활용으로 실시간 수집하며, 남산 1·2·3호 터널을 이용하는 운전자에게 인터넷, VMS 등 다양한 매체를 통해 교통정보를 제공한다.



<그림 2-1> 남산권 도로전광판 설치지점

3) 서울지방경찰청

4대문 중심의 도심지를 진·출입하는 지점, 한강교량의 통과교통 측정을 위한 교량지점, 서울시와 경기도 간의 시경계 지점, 기타 서울시내의 주요 가로와 터널 등의 간선지점으로 지점군을 4개로 분류하여 조사한다.

- 조사지점(총 118개소)

- 도심 : 23개소(서울시내 도심 4대문안 유출입 지점)
- 교량 : 18개소(한강의 남북 간 연결대교 지점)
- 간선 : 41개소(다른 지점군에 속하지 않는 간선도로 지점)
- 시계 : 36개소(경기도와 시경계 유출입 지점)

조사지점에 차량검지기(LOOP)를 매설, 교통량제어기를 설치하고 전용선을 연결한 통신망을 활용하여 온라인 조사 방법으로 데이터를 수집한다.

루프검지기는 도로에 매설된 루프코일이 차량의 존재 또는 통과할 때 나타나는 전기장 변화를 전기적으로 검출하여 교통량을 조사하는 장비로, 1차로에 두 개의 루프를 설치하여 교통량 뿐만 아니라 통과속도, 차량길이 등을 측정한다. 그 밖에 포화도, 통행시간, 교통사고, 공사, 점유시간, 교통시설물 등의 교통 데이터도 수집한다.

교통데이터는 도로별·지점별·방향별·시간대별로 조사하고, 운영시스템을 구축하여 데이터를 수집 및 분석한다.

수집된 교통데이터들은 수집목적 및 특성에 따라 교통정보제공에 활용되거나 저장·관리된다.

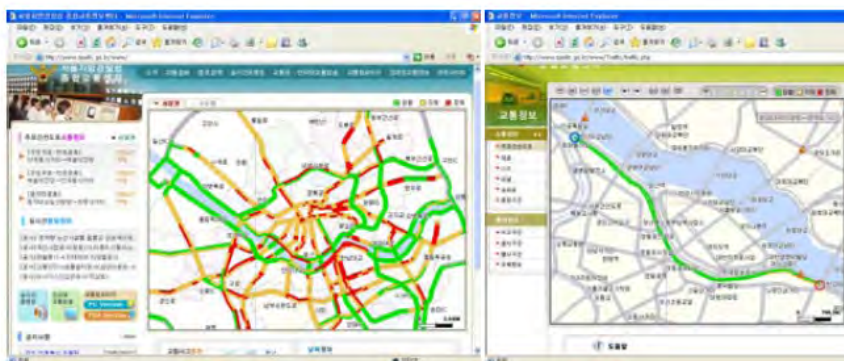
수집원별 교통정보 중에서 신호제어 검지기 교통정보와 GPS(위성항법장치) 통행정보는 1분 단위, 무인단속검지기는 5분 단위, 통신원 및 CCTV 영상데이터는 실시간 처리, 관련기관 교통정보는 5분단위로 처리된다.



<그림 2-2> 서울지방경찰청 교통량 데이터 수집지점

통행속도, 통행시간, 공사, 교통사고 등의 데이터는 인터넷과 모바일을 통하여 제공되고, 교통사고 및 교통시설물 데이터는 DB로 구축되어 인터넷을 통하여 제공되거나 연구목적으로 제공된다.

신호검지기를 통하여 수집된 교통데이터는 90%가 온라인화되어 있으며, 차량구분이 없이 수집되어 신호관리용으로만 활용된다.



<그림 2-3> 서울지방경찰청 교통데이터 정보제공 웹사이트

4) 서울교통방송국(TBS)

서울시 21개 주요 교통축을 261개 구역으로 구분하여 영상검지기 55대, 상황실과 연결된 CCTV 76대, 지역방송실 4개소, TRS(주파수공용통신)차량 400대, 통신원 3,000여명을 활용하여 교통량, 통행속도, 소통상황, 도로공사 등의 교통데이터 및 정보를 수집한다.

서울 시내 21개 주요 교통축의 실시간 교통상황정보(소통, 사고, 교통정보)를 교통방송이나 인터넷, ARS를 통하여 이용자에게 제공한다.

5) 한국도로공사 교통정보센터

고속도로의 교통량, 통행속도, 소요시간, 점유율 등의 교통데이터를 수집한다.

데이터의 신뢰성을 경제적으로 보완하기 위해 속도용 검지기(2개/차로)와 교통량 검지기(1개/차로)를 상호보완적으로 설치하였다.

원시자료는 루프검지기 데이터와 VDS(내구품질조사) 수집데이터로 구분되어 5분, 15분, 1시간, 일별, 월별 데이터로 구분하여 DB로 저장되고, 과거 교통데이터를 이용하여 월간 특정구간의 정체발생, 소요시간, 소통상황을 요일별·시간대별로 웹페이지를 통하여 제공한다.

6) 서울시 교통국 및 자치구

서울시 25개 자치단체 중 9개 자치단체는 관할구역 내 주요교차로의 교통현황 조사를 통하여, 교통영향평가사업 시행기관이나 업체에서 교통량(차종별, 방향별, 시간대별), 통행속도, 교차로 운영현황, 대중교통, 주차시설 등의 교통데이터를 수집한다.

교통관리자료 전산화 등 기초자료로 활용할 수 있고 지역 주민의 민원에 대한 신속하고 객관성 있는 자료를 제공하며, 주요교차로와 가로구간의 교통량, 속

도 및 교차로 기하구조 등에 대한 현황을 조사, 분석하여 교통문제 해결을 위한 신뢰성 있는 자료를 도출한다.

7) 서울시정개발연구원 교통DB팀

가구통행실태조사를 통한 O/D(Over Drive)의 구축과 연도별 교통지표의 산출을 위한 기초교통데이터를 수집한다.

서울시와 주요지점에서 O/D자료의 신뢰성 제고를 위한 보완조사를 통하여 차종별 교통량, 통행실태 데이터, 재차인원 데이터를 수집한다.

교통지표산출을 위한 서울시계 및 도심시계(종로구와 중구로 구성된 중심지)와 서울시 지역 내 필요에 따른 수요조사를 한다.

2. 민간부분

1) ROTIS

서울 수도권의 주요도로, 서울특별시 전체 및 서울시 연결도로(1,274.4km)에 대하여 도로를 기능과 유형별로 분리하여 총 24개 도로축으로 구분하여 수집한다.

속도정보수집시스템은 노변에 설치된 위치비콘(RF Beacon)과 도로를 통행하는 차량, 차량과 중앙센터 간 통신을 연계하는 소형무선기지국, 데이터 수집서버, 메인서버로 구성되어 있으며, 도로유형, 지역, 교량별, 시간대, 요일, 월별 통행속도 및 통행시간데이터를 수집한다.

통행속도 데이터를 가공하여 버스관제, 택시콜, 차량위치추적, 인터넷ARS, 핸드폰 등 다양한 매체를 통하여 교통정보서비스를 제공한다.

2) SK(주)

서울시와 경기도 일대를 수집범위로 GPS probe 기반의 통행속도 데이터를 수집하며, 버스, 택시, 택배차량, 레미콘 차량을 교통정보 수집원으로 사용한다.

제공되는 교통정보는 여행시간, 여행속도, 혼잡도, 경로검색 정보로, 차내 GPS단말기 핸드폰, 인터넷 등을 통하여 제공된다.

제2절 서울시 대기질 모니터링 체계 및 데이터 활용현황

1. 대기질 모니터링 체계

1) 개요

우리나라는 1980년대 대기환경 기준물질의 농도 변화를 모니터링하기 위한 목적으로 대기오염측정소를 설치하여 대기오염도 측정망을 구성하기 시작하였다. 2000년대 들어서는 기준물질 외에도 대기환경학적으로 중요한 대기오염물질을 측정하는 측정망을 추가하여 대기질 모니터링 측정망 체계를 발전시키고 있다.

우리나라의 대기질 측정망은 설치목적에 따라 대기환경기준물질을 측정하는 일반대기오염측정망과 대기환경기준물질 이외의 물질을 측정하는 특수대기오염 측정망으로 구분된다(<표 2-2> 참조).

대기질 측정망은 아래와 같은 하나 혹은 둘 이상의 복합적인 목적을 위해 운영되며, 목적에 따라 한 측정소에 다양한 측정망이 겸용 운영되기도 한다.

- 특정 지역의 최고농도 관측
- 인구밀도가 높은 지역의 지역대표농도 관측
- 주요 배출원의 주변 영향 관측
- 일반적인 배경 농도의 관측

- 지역 간의 오염물질 이동범위 분석
- 교외지역의 시정장애, 농작물 영향 등 복지관련 영향 관측

<표 2-2> 대기오염 측정망 설치목적 및 측정항목

		설치목적	측정항목
일반 대기 오염 측정망	도시대기 측정망	도시지역의 평균대기질 농도를 파악하여 환경기준 달성여부 판정	SO ₂ , CO, NO _x , PM10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도(자동측정-시간별 자료)
	교외대기 측정망	광범위한 지역의 배경농도 파악	SO ₂ , CO, NO _x , PM10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도 (자동측정-시간별 자료)
	국가배경 측정망	국가적인 배경농도를 파악하고 외국으로부터의 오염물질 유입, 외국으로의 오염물질 유출 상태 등 파악	SO ₂ , CO, NO _x , PM10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도 (자동측정-시간별 자료)
	도로변 대기 측정망	자동차 통행량과 유동인구가 많은 도로변 대기질 파악	SO ₂ , CO, NO _x , PM10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도 (자동측정-시간별 자료) *필요 시 Pb, PM2.5, HC, 교통량
특수 대기 오염 측정망	유해 대기물질 측정망	도시지역, 주요 산업단지 배경 농도지역에서 특정대기물질에 의한 오염 상태 파악	VOCS(Benzene, Toluene 등 13종) PAHS(Benzo(a)anthracene 등 7종)
	대기중금속 측정망	도시지역 또는 산업단지 인근지역에서 중금속에 의한 오염상태 파악	Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni *황사기간 중에는 Al, Ca, Mg 등 3개 항목 추가
	광화학 오염물질 측정망	도시지역의 오존오염 원인물질인 휘발성유기화합물질(VOCS)의 농도를 파악하여 오존오염현상을 규명하고 오존예보 등을 위한 기초 자료로 활용	NO _x , NO _y , PM10, PM2.5, O ₃ , CO, VOCS(ethane 등 56종), 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 자외선량, 강수량, 기압, 카르보닐화합물(일부 자동측정)
	산성 강하물질 측정망	대기로부터 오염물질의 건성침착량 및 강우·강설 등에 의한 오염물질의 습성침착량 파악	건성 : PM2.5, PM2.5 중 Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ (일부 자동측정) 습성 : pH, Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , 전기전도도, 강수(설)량(일부 자동측정)
	지구대기 측정망	지구온난화물질, 오존층파괴물질의 대기중 농도파악	CO ₂ , CFC(-11, -12, -113, -114), N ₂ O, CH ₄ (자동측정)
	시정정리 측정망	도시대기의 시정거리를 측정하여 체감오염도 파악	시정거리, PM2.5(자동측정)

출처 : 환경부(2005), 「대기오염측정망 기본계획(2006~2010)」; 환경부(2006), 「대기오염측정망 설치·운영지침」

2) 서울시 대기오염 측정망 현황

서울시에서는 총 36개의 측정소에 총 66개의 대기오염 측정망이 운영되고 있고, 1개 측정소에 최소 1개 이상의 측정망이 있다(<표 2-3> 참조).

<표 2-3> 서울시 대기오염측정망 설치현황

측정 소명	용도 지역	설치장소	합 계	지자체운영측정망(서울시)								국가운영측정망									
				소 계	도시 대기	도로 변	시정 장애	중금 속	산성강하 물	광화 학	교외 대기	소 계	도시 대기	국가배 경	교외 대기	광화 학	유해 대기	산성강하 물	지구 대기		
				66	59	26	7	1	6	10	8	1	5	1	0	0	1	2	1	0	
구로동	준공업	공장	4	4	●				●	●	●		0								
구의동	주거	관공서	3	3	●					●	●		0								
궁동	주거	기타(독서실)	1	1	●								0								
길음동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
남가좌동	주거	동사무소옥상	2	2	●					●			0								
당산동	준공업	동사무소옥상	1	1	●								0								
도곡동	주거	동사무소옥상	3	2	●						●		1					●			
대흥동	주거	기타	1	1	●								0								
동대문	도로	도로변	1	1		●							0								
면목동	주거	기타(편프장)	2	2	●						●		0								
반포동	주거	동사무소옥상	2	2	●					●			0								
방이동	녹지	기타(공원)	4	4	●				●	●	●		0								
방학동	주거	동사무소옥상	4	4	●				●	●	●		0								
변동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
북한산	녹지	기타(산)	2	2						●		●									
불광동	주거	관공서	3	0									3	●			●		●		
사당동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
상계동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
서울역	상업	기타(식당앞)	2	1		●							1					●			
성수동	준공업	동사무소옥상	2	2	●				●				0								
시흥동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
신림동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
신사동	상업	도로변	1	1		●							0								
신정동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
신촌	도로	도로변	1	1		●							0								
양재	주거	관공서	2	2					●	●			0								
영등포	도로	도로변	1	1		●							0								
용두동	주거	학교	1	1	●								0								
잠실동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
서소문동	상업	시청별관	1	1	●								0								
천호동	주거	동사무소옥상	1	1	●								0								
청계천	도로	도로변	1	1		●							0								
청량리	도로	도로변	1	1		●							0								
한남동	주거	관공서	2	2	●					●			0								
화곡동	주거	동사무소옥상	4	4	●				●	●	●		0								
효제동	상업	동사무소옥상	3	3	●		●				●		0								

출처 : 환경부(2005), 「대기오염측정망 기본계획(2006~2010년)」을 재구성함.

대부분 도시대기질을 측정하기 위해 운영되는 곳으로, 도시대기측정망 27개소, 도로변측정망 7개소, 시정장에측정망 1개소, 중금속측정망 6개소, 산성강하물측정망 10개소, 광화학측정망 8개소, 교외대기측정망 1개소, 유해대기측정망 2개소가 있다.

용도지역별로는 주거지역에 24개소, 상업지역에 4개소, 준공업지역에 3개소, 도로에 5개소, 녹지지역에 1개소가 설치되어 있다.

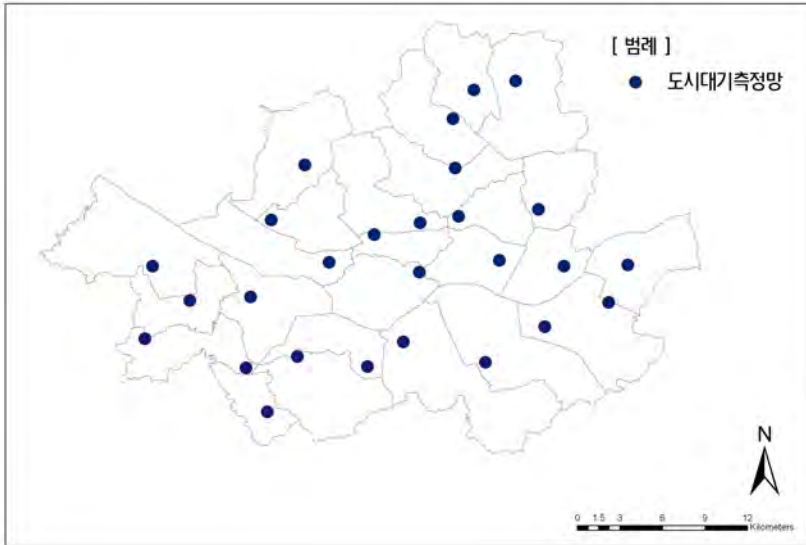
이 연구에서는 서울시내에서 상시적으로 기준성 대기오염물질의 농도를 자동 모니터링하는 도시대기측정망과 도로변 측정망을 중점적으로 활용하고자 한다.

(1) 서울시 도시대기측정망

환경부의 대기오염 측정망 설치·운영지침(2006)에 따르면, 도시대기측정망은 주요 배출원의 직접적인 영향을 받지 않으면서 그 지역의 평균대기질 농도를 파악할 수 있는 장소가 적합하나, 서울과 같은 대도시는 다양한 높이의 건물과 거미줄 같은 교통망 등으로 인해 주변 영향을 받지 않는 지점을 찾기가 쉽지 않은 실정이다(적절한 지점을 찾더라도 높은 땅값으로 인해 설치가 어려움).

서울의 경우 도시대기 자동측정망은 TM 좌표법에 따라 가로, 세로 약 5km 간격으로 서울시 전역에 걸쳐 27개 지점에 설치되어 있으며, 대부분 대도시의 주요 대기오염물질 배출원인 이동오염원(차량)이 직접적으로 측정에 영향을 미치지 않도록 주요 도로에서 어느 정도의 거리를 유지한 지점에 위치하고 있다.

일반적으로 동사무소와 관공서의 옥상에 설치되어 있으며, 지역별로는 주거지역에 21개소, 준공업지역 3개소, 녹지지역에 1개소, 상업지역에 2개소가 세워져 있다.



<그림 2-4> 서울시 도시대기측정망 위치도

<표 2-4> 서울시 도시대기측정망 일반현황

번호	측정소명	용도 구분	설치 장소	구 명	설치 일자	위치변경내역					관할 기관
						최초	1차	2차	3차	4차	
1	구로동	준공업	공장	구로구	80.3	구로정수장 (80)	수출산업공단 (92)	구로정수장 (96)			서울시
2	구의동	주거	관공서 정수사업소	광진구	80.3	구의수원지본관 (80)	구의수원지4공장 (94)				서울시
3	궁동	주거	독서실	구로구	82.3	교통안전진흥공 단(82)	궁동청소년독서실 (97)				서울시
4	길음동	주거	동사무소	성북구	88.7	정릉소방서 (78)	길음3동사무소 (88)				서울시
5	남기좌동	주거	동사무소	서대문구	88.1	등촌동(80)	남기좌1동사무소 (88)				서울시
6	당산동	준공업	동사무소	영등포구	03.2	양남동(73)	문래2동 (84)	당산1동사무소 (03)			서울시
7	대흥동	주거	마포 문화센터	마포구	90.12	청암동(79)	마포배수펌프장 (84)	염리동 (90)	대흥동 (03)		서울시
8	도곡동	주거	동사무소	강남구	78	대치동(78)	대치1동사무소 (87)	도곡2동사무소 (03)			서울시
9	면목동	주거	펌프장	종로구	84.12	면목2동(84)	면목빗물물펌프장 (01)				서울시

<표 계속> 서울시 도시대기측정망 일반현황

번호	측정소명	용도 구분	설치 장소	구 명	설치 일자	위치변경내역					관할 기관
						최초	1차	2차	3차	4차	
10	반포동	주거	동사무소	서초구	82.3	반포2동사무소 (82)					서울시
11	방이동	주거	공원	송파구	86.8	연대보건대학원 (84)	올림픽공원내 (86)				서울시
12	방학동	주거	동사무소	도봉구	97.9	쌍문3동	쌍문2동 (87)	방학1동사무소 (98)			서울시
13	반동	주거	동사무소	강북구	97.9	번1동사무소 (97)					서울시
14	불광동	주거	관공서	은평구	96.12	불광1동사무소 (79)	구 국환연(96)				환경부
15	사당동	주거	동사무소	동작구	97.9	사당4동사무소 (97)					서울시
16	상계동	주거	동사무소	노원구	97.9	상계2동사무소 (97)					서울시
17	성수동	준공업 /녹지	동사무소	성동구	82.3	성수2가(82)	뚝도정수장				서울시
18	시흥동	주거	동사무소	금천구	97.9	시흥5동사무소 (97)					서울시
19	신림동	주거	동사무소	관악구	01.12	서울대기상관측 소(73)	서울대학군단	신림5동사무소 (01)			서울시
20	신정동	주거	동사무소	양천구	97.9	신정4동사무소 (97)					서울시
21	용두동	주거	학교	동대문구	03.2	신설동(73)	송인여중 (84)	용두초등학교 (03)			서울시
22	잠실동	주거	동사무소	송파구	81.12	용산2가(73)	잠실동(86)	잠실본동사무소 (91)			서울시
23	서소문동	상업	시청별관	중구	81	중부소방서 (73)	중구합동 (81)	정동덕수궁 (86)	창덕여중 (01)	시청별관 (06)	서울시
24	천호동	주거	동사무소	강동구	97.9	천호1동사무소 (97)					서울시
25	한남동	주거	관공서	윤산구	84.5	한남동(78)					서울시
26	화곡동	주거	동사무소	강서구	92.2	서울시청별관 (80)	잠실동(82)	화곡3동사무소 (92)			서울시
27	효제동	상업	동사무소	종로구	03.3	이화동(97)	효제동(03)				서울시

출처 : 서울특별시(2006), 「수도권 대기환경 개선 기본계획 추진을 위한 서울특별시 시행계획」에서 재구성함.



출처 : <http://env.seoul.go.kr>

<그림 2-5> 대기측정자료 수집 및 전송체계



<그림 2-6> 대기측정소 내의 분석장비

(2) 서울시 도로변대기측정망

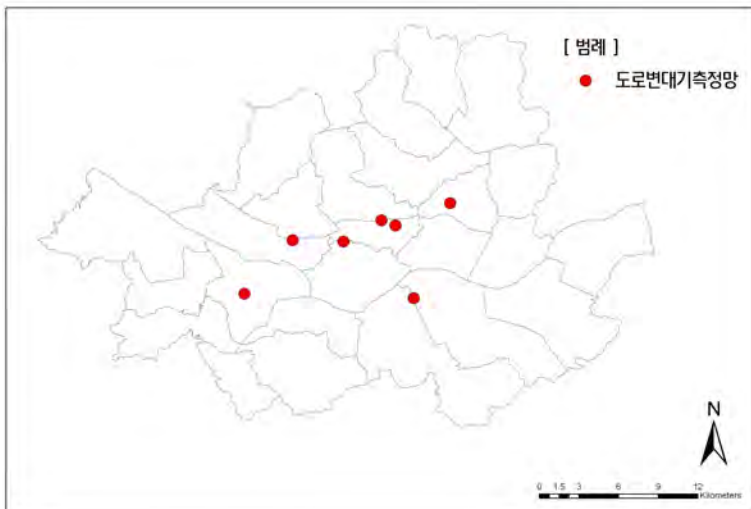
도로변 측정소는 자동차에서 배출되는 오염물질이 일반대기질에 미치는 영향을 파악하고, 교통공해 방지대책의 시행효과 분석을 목적으로 설치한다.

서울시에서는 교통량이 많은 시내 주요지점 7개소에 도로변측정망을 설치하여 운영하고 있다.

도로변 측정소가 자동차에 의한 배출량 즉 배출특성을 관찰하기 위해서는 자동차 통행량 산출이 용이하도록 교차로로부터 25m 떨어져 있어야 하나, 국내 도로변 측정소 대부분은 부지의 확보가 쉬운 교차로에 설치되어 있다. 이로인해 측정된 배출량은 교차로 전체의 교통운영 특성이 반영되므로 교통과 대기질 수준을 직접적으로 연계시키는데 교통 자료수집의 한계상 어려움이 많다.

이런 이유로, 도로변 측정소는 자동차의 배출 특성보다 도로 배출원에 인접한 도시대기의 특성 관찰에 더 이용된다.

측정항목은 기준성 대기오염물질과 기상관련 인자들로 국한되어 있다.



<그림 2-7> 서울시 도로변 대기측정망 위치도

<표 2-5> 도로변 대기측정소

측정소명	위 치	설치일자
동대문	중구 을지로 7가 135-5(동대문 운동장 지하철역 4거리 인도)	95.12
서울역	용산구 동작동 43(서울역전 식당앞)	96.12
청계천	중구 주교동 125-1(포인트타운 앞)	94.05
청량리	동대문구 청량리동 746(청량리로타리)	95.12
신촌	마포구 노고산동 31-6(신촌로타리 우리은행 앞)	94.05
영등포	영등포구 영등포동 4가66(영등포 로타리 대동은행 앞)	94.05
신사동	강남구 논현동 1(신사로타리)	95.12



<그림 2-8> 서울시 도로변 대기측정소

2. 서울시 대기질 데이터 활용현황

도시대기측정망의 측정자료는 시민의 관심과 환경의식 수준을 높이기 위해 실시간으로 서울특별시 대기환경정보서비스(<http://air.seoul.go.kr>)를 통해 공개되고 있다.

도시대기측정망의 측정자료는 시민건강보호 및 생활환경의 피해를 최소화하기 위해 대기오염물질(황산, 미세먼지, 오존) 예·경보에 활용되고 있으며, 대기질 개선대책 수립에 필요한 기초자료로도 활용되고 있다.



<그림 2-9> 서울시 대기환경정보 서비스

제3절 교통-대기질 데이터 연계

교통과 대기 데이터 수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지를 검토하기 위해 서울시에서 구축되어 운영되고 있는 교통과 대기질 모니터링 체계를 살펴본 결과, 아래와 같은 대기와 교통 모니터링 체계를 연계하여 검토하는 것이 가장 타당할 것으로 판단된다.

- 대기질 모니터링 : 서울시내에서 상시적으로 기준성 대기오염물질의 농도를 자동모니터링하는 도시대기측정망과 도로변 측정망 자료임.
- 교통 모니터링 자료 : 대기질과의 상관성이 있을 것으로 예상되는 교통량과 속도 데이터 수집이 가능하고, 도시대기측정망과 도로변대기측정망 자료들이 수집되는 지점과 연계가 가장 효율적으로 이뤄질 수 있는 모니터링 자료임. 이에 따라, 대기질 모니터링 자료와 연계 분석이 가장 효과적으로 이뤄질 수 있는 교통 모니터링 자료는 서울시내의 주요 도로와 주요 간선도로의 교통량, 속도, 점유율, 통행시간 등의 데이터가 상시적으로 수집이 가능한 서울지방경찰청의 교통 모니터링 자료임.

따라서, 다음 장에서는 이 두 가지 자료를 연계하여 그 관련성을 살펴보았다.

제3장 교통-대기질 데이터 상관분석

제1절 조사지점 선정

제2절 조사방법

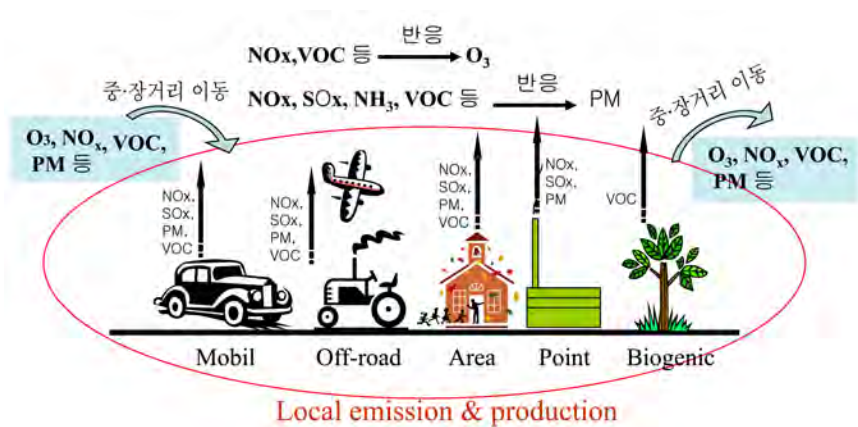
제3절 분석결과

제4절 소결

제3장 교통-대기질 데이터 상관분석

제1절 조사지점 선정

대기측정소에서 관측되는 오염물질의 농도는 측정소 주변의 오염물질 배출원에 의해 영향을 받을 뿐만 아니라 중·장거리에 위치한 배출원에서 배출된 오염물질의 바람에 의한 이동으로도 영향을 받을 수 있다. 또한, 다양한 화학물질들이 화학적, 물리적 반응을 거쳐 생성되어 해당 측정소에 영향을 미칠 수도 있다(<그림 3-1> 참조).



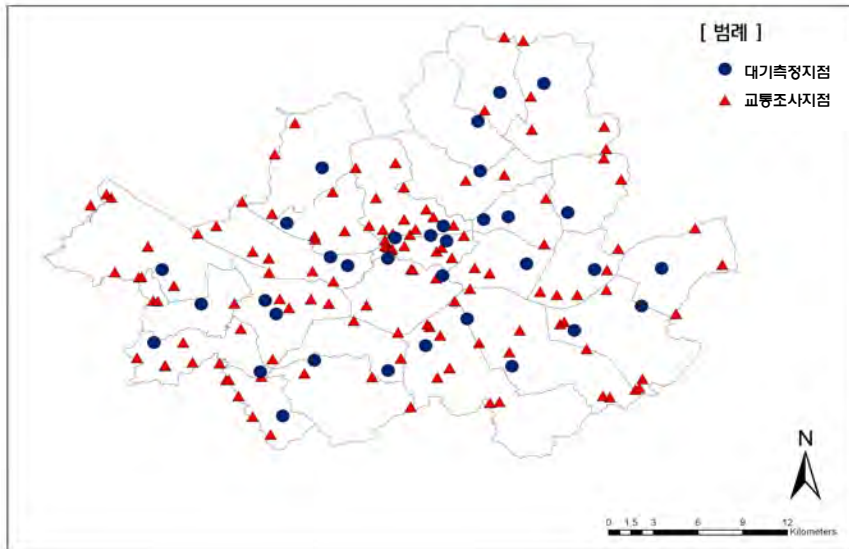
<그림 3-1> 대기 중 오염물질의 발생경로

그러므로, 대기 중에서 관찰되는 오염농도를 통해 특정 오염배출원의 기여정도를 정량적으로 파악하는 것은 쉽지 않다.

차량운행과 같은 이동오염원의 오염물질 배출변화가 대기질에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 차량운행이 유일한 직접적인 오염물질 배출원이며 다른 오염물질 배출원이 인접하지 않은 지점에서 대기와 교통관련 다양한 인자들의

관측을 동시에 실시하는 것이 가장 바람직하다.

하지만, 기존의 교통-대기질 모니터링 체계는 서로 다른 목적을 가지고 구축되어 서울시 전역에 공간적으로 분포되어 있으며 두 측정소가 동시에 같은 장소에서 운영되는 지점은 한곳도 없다.



<그림 3-2> 서울시 교통-대기질 측정지점 위치도

기존 교통-대기질 모니터링 시스템의 연계 가능성을 검토하기 위해, 34개 대기측정소와 118개 교통조사지점 간의 이격거리를 계산하였으며, 이 중 대기측정소를 기준으로 반경 1km 내에 교통조사가 이루어지고 있는 지점만을 선별하였다.

14개 대기측정지점과 이 영향권에 포함되는 것으로 가정(반경 1km 내)한 교통조사지점들을 <표 3-1>과 같이 그룹화하여 분석하였다.

<표 3-1> 선별된 대기-교통 측정지점 그룹

대기측정지점		교통조사지점	대기-교통조사지점 이격거리(km)
구분	측정소명	측정지점명	
도시대기 측정망	서소문동	시청역	0.34
		서소문(삼성건설앞)	0.56
		소파길(동보성앞)	0.75
		서울역	0.77
		칠패길(연세봉래빌딩앞)	0.77
		퇴계로입구	0.79
		을지로3가	0.81
		정동MBC앞	0.85
		소월길	0.90
	효제동	동대문(국민은행앞)	0.55
		혜화전화국	0.82
	당산동	여의2교(파천교)	0.79
	사당동	낙성대역	0.95
	도곡동	매봉터널	0.98
	잠실동	종합운동장(올림픽로)	0.79
		종합운동장(백제고분로)	0.87
	번동	창동전화국	0.86
	한남동	남산1호터널	0.39
	구의동	천호대교	0.67
	구로동	시흥I.C	0.35
도로변 대기 측정망	청계천	종로3가	0.91
	영등포	서울교남단	0.80
	서울역	소월길	0.58
		퇴계로입구	0.70
		서울역	0.78
		칠패길(연세봉래빌딩앞)	0.88
	동대문	장충체육관	0.51
		장충단길(신라호텔)	0.88
		성동여상	1.00

제2절 조사방법

1. 대기오염물질

교통과 대기오염도와의 상관관계를 분석하기 위해 대기오염물질 중 이동오염원과 연관된 것으로 조사되고 있는 CO, NO, NO₂, PM₁₀을 선정하였다.

CO는 연료와 바이오매스 연소 산화과정의 중간 생성물로, 대도시 지역에서는 차량운행과 같은 이동오염원에 의한 배출이 전체 CO 배출량의 상당 부분을 차지한다. 국립환경과학원에서 실시한 2003년 배출량 산정자료에 따르면, 서울시 CO 배출량의 73%가 도로이동오염원으로부터 배출된다고 보고하고 있다.

NO₂는 NO의 광화학적 산화에 의해 주로 생성되며, NO는 화석연료의 연소로 배출된다. 일반적으로 도시지역에서 NO의 농도가 이른 아침 러시아워 시간대(오전 6~9시)에 최고값을 갖고, 이후 산화에 의해 빠르게 희석되어 NO₂가 되는 것으로 알려져 있다(테드 고디쉬, 2005). 2003년 배출량 자료에 따르면, 서울시 NO_x(NO와 NO₂의 통칭) 배출량의 61% 정도가 이동오염원으로부터 배출된 것으로 산정되었다.

PM₁₀(공기역학적 직경이 10 μ m 이하인 먼지입자)은 가스상 물질에 비해 더욱 다양한 배출·생성 메커니즘으로부터 발생된다. 직접적으로 화석연료 및 바이오매스의 연소과정에서 배출되거나, 도로변, 나대지, 건설현장의 먼지가 재비산되어 발생되기도 하며, SO_x(황산화물), NO_x(질소산화물), VOC(휘발성유기물질) 등 가스상 물질들이 다양한 화학적 반응 및 물리적 과정을 거쳐 생성되기도 한다. 연소과정이나 가스상 물질들의 1차 변형에 의해 생성된 미세먼지(2차 생성 미세먼지)는 대부분이 PM_{2.5}(공기역학적 직경이 2.5 μ m 이하인 먼지입자)에 속하며, 도로변, 나대지, 건설현장의 재비산먼지는 입자 크기가 2.5 μ m보다 큰 조대입자에 속한다. 조대입자는 입경이 크고 1차 배출의 비중이 크기 때문에 국지적인 변화가 크며, PM_{2.5}는 입경이 작고 2차 생성의 비중이 커 반응에 필요한 시간 때문에 광역 규모의 공간적 변화 특성을 보인다(서울시, 2007). 또한,

PM2.5는 다양한 유해성분을 포함하여 조대입자보다 더욱 인체에 유해한 것으로 연구되고 있다.

2003년 PM10 배출량 자료에서는 직접배출원(2차 생성 미세먼지 제외) 중 비산먼지를 제외하면 서울시 PM10의 73% 정도가 이동오염원에서 배출되는 것으로 나타났다. 하지만, 2차적으로 발생하는 미세먼지와 비산먼지가 추가되면 이동오염원의 직접배출에 의한 기여율은 크게 달라질 수 있다. 참고로, 비산먼지 배출량이 연소·생산공정에 의한 배출량의 5~10배로 추정되고 있어(환경부, 비산먼지의 효율적 저감방안 마련을 위한 워크숍, 2007), 비산먼지가 포함되면 이동오염원 연소배출에 의한 PM10 배출 비중은 70% 정도가 아닌 20% 정도로 낮아질 수도 있다.

2. 분석방법

조사지점으로 선정된 대기·교통 지점들에 대한 상관분석을 2005년~2007년의 시간별 자료를 사용하여 실시하였다.

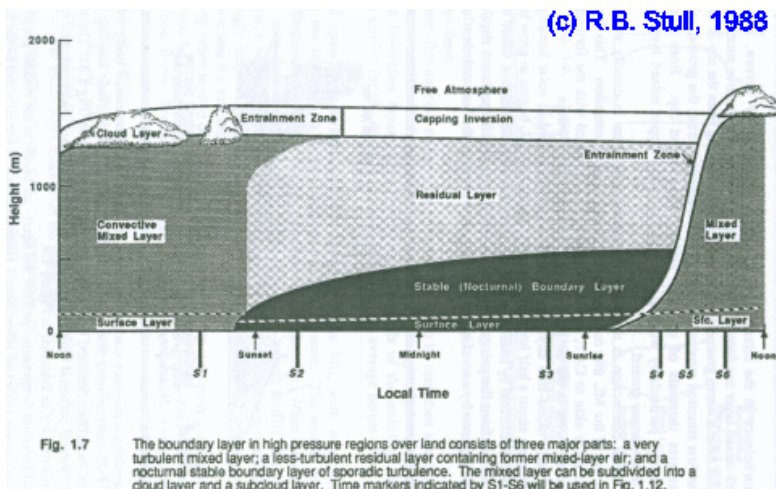
대기·교통 지점 그룹별로 조사대상 대기오염물질과 교통량과의 상관관계를 조사하였고(각 연도별 데이터와 3년 전체 데이터를 이용하여 분석), 교통량과 각각의 대기오염물질을 매 시간대별로 평균한 값을 적용하여 Time-series plot(24시간 그래프)을 작성하고 시간대별 변화를 비교·분석하였다.

또한, 교통정체때 검지기로 측정되는 교통량은 적은 반면, 일부 오염물질 배출은 저속 운행 시 증가함을 고려하여 차량속도가 20km/h 이하일 경우의 자료들을 제외하고 상관관계 분석도 실시하였다.

대기 중 관측되는 오염물질의 농도는 주변 배출원의 직접배출 뿐만 아니라 오염물질의 장거리 이동, 광화학반응 등에 의한 2차적 생성에도 영향을 받는다. 도시지역에서 하루 24시간 중 오전 6시~9시는 자동차가 주요한 대기오염물질 배출원으로 여타 오염원의 배출도 적고 광화학반응에 의한 2차생성도 미비하며, 혼

합고도^{주)}의 발달이 진행되기 시작하는 시간대로 장거리 이동오염물질의 영향도 상대적으로 적게 관찰된다. 따라서, 24시간 모든 시간별 자료를 이용한 분석 뿐만 아니라, 오전 6시~9시 사이의 자료만을 이용한 분석도 실시하였다(오전 6시~9시 자료에서도 차량속도가 20km/h 이하일 경우의 자료들을 제외하고 분석).

별도로, 가장 상관성이 높게 나타난 지점에 대해, 강우에 의한 오염물질 제거로 외부 영향이 적을 것으로 판단되는 강우 다음날의 자료만을 추출하여 위와 동일한 상관분석을 실시하였다.



출처 : R. B. Stull, An Introduction to Boundary Layer Meteorology, 1998

<그림 3-3> 혼합고도

주) 혼합고도(Mixing Height) : 활발한 혼합과 오염물질의 분산이 일어나는 지면위 공기의 수직높이로, 일변화와 계절변화를 하며 지형과 고기압계의 영향을 크게 받음. 태양이 지면을 데우고 지면이 그 위 공기를 데우면서 혼합고도가 증가하기 시작하며 이른 오후에 최대가 됨(수천 m). 오후가 되면서 지표에서부터 복사냉각이 일어나 지표면 근처의 온도가 높은 고도의 온도보다 낮게 되어 밤에는 지표 부근에 안정된 밤경계층을 형성하며 그 높이는 수십 m에서 수백 m에 이른다. 풍속은 일반적으로 밤에 약하고, 낮에 강한 것으로 알려져 있으나 지상 50m 이상의 고도에서는 낮보다 밤에 오히려 강하게 나타남. 이에 따라 밤동안 밤경계층 이상의 고도(잔류층 residual layer : 밤경계층과 낮동안의 최고 혼합고도층 사이)에서는 빠른 풍속의 영향으로 오염물질의 장거리 이동이 발생할 수 있으며, 일출과 함께 밤경계층이 서서히 파괴되면서 잔류층의 장거리이동 오염물질들이 혼합고도층(Mixed layer)으로 서서히 유입되어 해당 지역에서 배출된 오염물질과 혼합됨.

제3절 분석결과

선정된 29개 대기-교통 측정지점 그룹에 대한 각 대기오염물질과 교통량과의 상관관계를 분석한 결과, PM10과 교통량의 상관성은 대부분이 0.2 이하로 낮아 기존의 교통-대기 측정지점의 자료로는 교통상황의 변화에 따른 PM10의 변화를 관찰하기에는 적절하지 않을 것으로 분석되었다.

CO는 소수의 대기-교통 측정지점 사이의 상관계수가 0.3 정도였으나 일관성 있는 경향을 보이지는 않았다.

NO와 NO₂에 대해서는 일부 대기-교통 측정지점이 0.4~0.5 정도의 상관성을 보이기도 했으며, 0.3 이상의 상관성을 일관되게 보이는 대기-교통 지점들이 관찰되었다.

모든 대기-교통 측정소 지점의 교통량과 대기오염물질간의 상관관계를 분석한 결과, 전반적으로 오전 6시~9시 사이의 대기오염물질 NO와 교통량간의 상관관계가 가장 큰 것으로 분석되었다.

NO와 교통량과의 상관계수 값이 도시대기측정망은 평균 0.27, 도로변대기측정망은 평균 0.34로, 도로변에 대기오염측정망이 있는 경우가 교통량과 대기오염물질간의 상관관계가 큰 것으로 나타났다.

NO, NO₂와 교통량과의 상관계수가 0.3 이상으로(오전 6시~9시 경우) 일관되게 관찰된 서소문동~칠패길, 동대문~장충체육관, 동대문~장충단길, 동대문·성동여상 지점에 대해 보다 자세하게 결과를 분석하였다.

1. 교통량과 대기오염물질의 시간대별 평균값을 적용한 상관성 분석

1) 분석방법

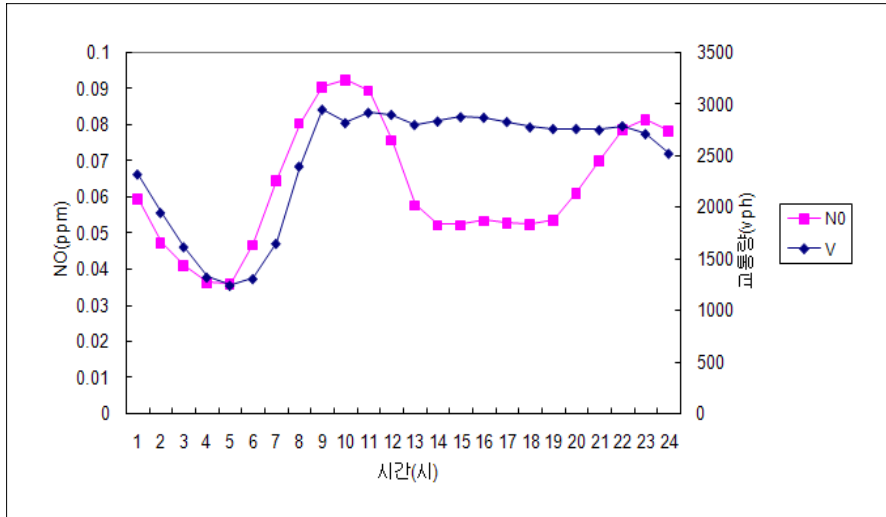
교통량과 각각의 대기오염물질을 매 시간대별로 평균한 값을 적용하여 Time-series plot(24시간 그래프)을 작성하고 시간대별 변화를 비교·분석하였다.

2) 분석결과

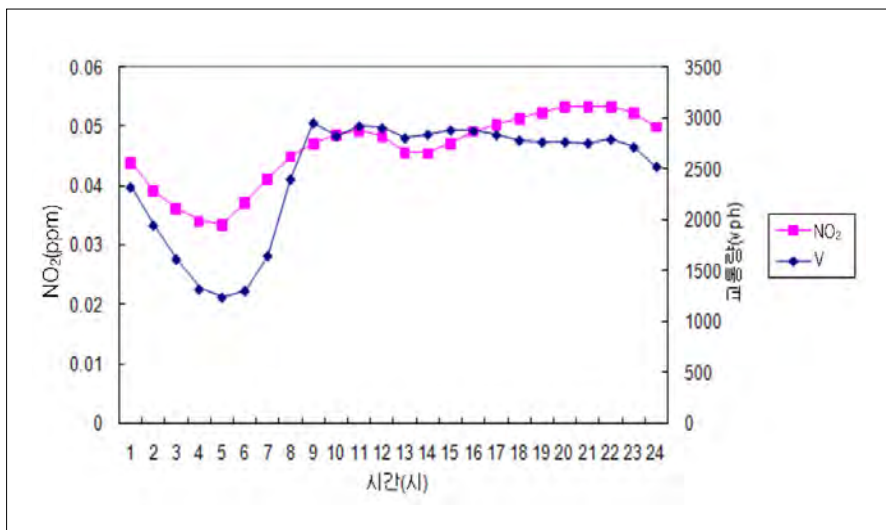
시간대별 교통량과 대기오염물질 간 상관성의 패턴이 비교적 잘 나타나는 동대문~성동여상 지점의 time-series plot(24시간 그래프, <그림 3-4>~<그림 3-7>)을 통해 검토하였다. 전체 시간대의 교통량과 오염물질과의 상관성을 그래프를 통해 살펴본 결과, 오전 1시에서 9시까지는 전반적으로 교통량 변화와 오염물질 배출량이 비슷한 패턴을 보이고 있는 것으로 나타났다. 특히 NO의 경우는 교통량의 변화에 매우 민감하게 반응하는 것으로 나타나고 있다. 그러나 PM10이나 CO는 교통량 변화패턴을 따르기는 하나 상대적으로 그 민감도가 낮은 것으로 보인다. 그러나, 오후시간대에는 교통량과 오염물질 배출량의 상관관계를 찾기가 힘든데, NO의 경우는 교통량이 일정 수준을 유지함에도 불구하고 오히려 그 농도가 낮아지는 것으로 나타나고 있다. 이러한 이유는 앞서 설명한 바와 같이 오염물질의 생성기작에 따른 특성에 기인한 것으로 볼 수 있으므로 오염물질 배출량과 교통량의 상관성 해석에 주의할 필요가 있다.

하루 중 측정된 오염물질 농도의 변화정도를 최소값에 대한 최대값의 비율로 살펴보면 NO 2.6, NO₂ 1.6, CO 2.0, PM10 1.2로, 교통량의 변화가 2.4임을 감안하면 교통량 변화에 따른 다양한 오염물질 배출량의 변화를 현재의 교통-대기질 모니터링 체계로 관측하는 데는 어려움이 따를 것으로 판단된다. 특히, PM10은 하루 중 변화가 교통량 변화의 절반에 그쳐 현재의 모니터링 체계로 교통정책의 효과를 측정하는데 한계가 존재할 것으로 예상된다.

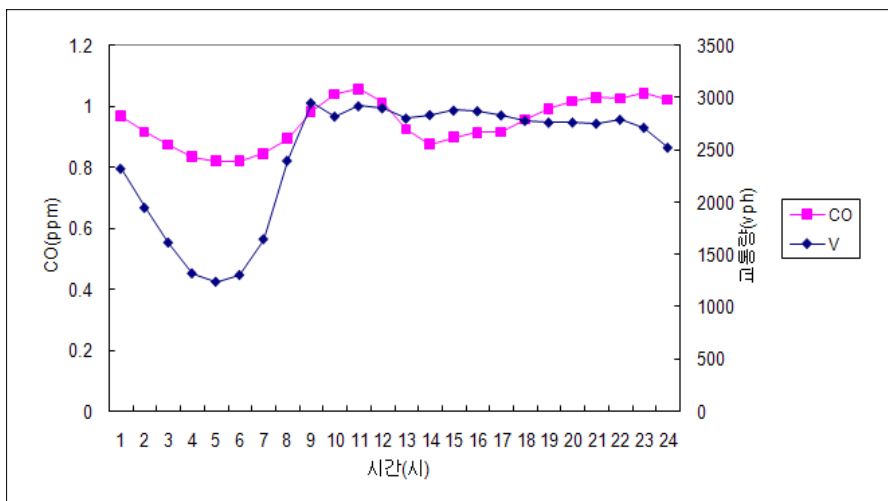
교통량과 각각의 대기오염물질을 매 시간대별로 평균한 값을 사용하여 <그림 3-8>과 같이 산점도를 그려 선형식의 R^2 값을 살펴본 결과, 최저 0.35(NO)에서 최대 0.84(PM10)까지로 교통량과 대기오염물질간의 상관성이 대체적으로 높은 것으로 나타났다. 하지만 이 분석은 시간대별로 평균한 값(관찰점 24개)을 가지고 분석하였기 때문에 자료내 변이 등 자료의 본래 특성을 반영하지 못하는 한계가 있다. 따라서, 단순히 도출된 R^2 값만을 갖고 상관성의 높고 낮음을 판단하는데는 주의가 필요하다. 이를 보완하기 위해 전체 자료를 이용한 분석이 필요하며 이는 다음에서 제시하였다.



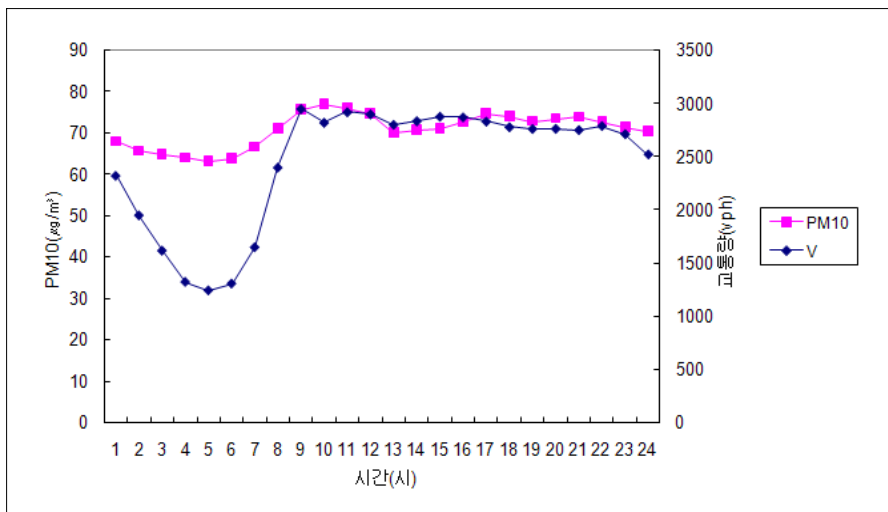
<그림 3-4> 교통량 vs. NO (동대문, 성동여상)



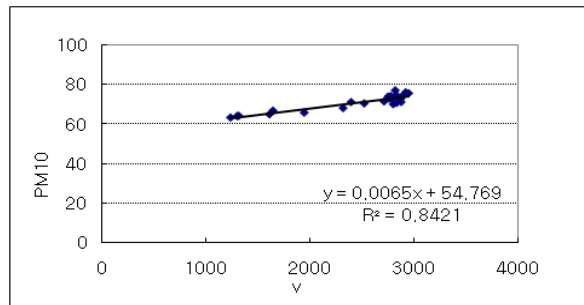
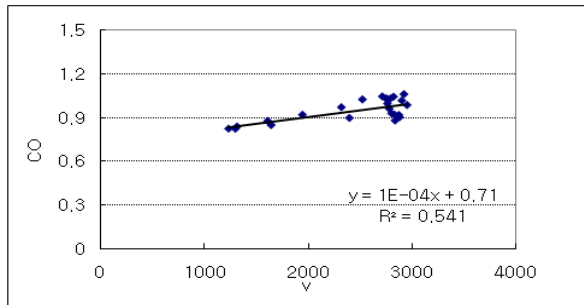
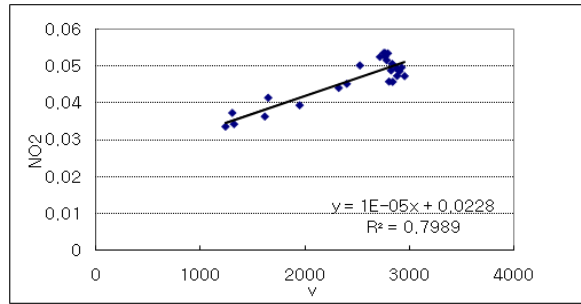
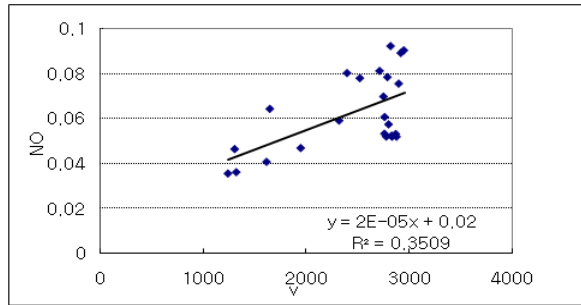
<그림 3-5> 교통량 vs. NO₂ (동대문, 성동여상)



<그림 3-6> 교통량 vs. CO (동대문, 성동여상)



<그림 3-7> 교통량 vs. PM10 (동대문, 성동여상)



<그림 3-8> 교통량 vs. 대기오염물질 산점도(동대문, 성동여상)

2. 전체 데이터 활용한 상관성 분석

1) 분석방법

대기-교통 그룹별로 조사대상 대기오염물질과 교통량과의 상관관계를 3년 전체 데이터를 이용하여 분석하였다.

24시간 모든 시간별 자료를 이용하거나, 오전 6시~9시 사이의 자료만을 이용하여 분석하였으며, 오전 6시~9시 자료에서도 차량속도가 20km/h 이하일 경우의 자료들은 제외하였다.

별도로, 교통량과 NO, NO₂의 상관성이 가장 높게 나타난 지점인 동대문(도로변)~성동여상을 대상으로, 관측되는 대기오염농도의 변화에 영향을 미치는 외부요인을 더욱 최소화하여 교통량과 대기오염도와의 상관성을 찾고자, 2007년 중 강우 다음날의 자료만을 추출하여 위와 동일한 상관분석을 실시하였다.

2) 분석결과

(1) 대기오염물질과 교통량과의 상관관계

전체 데이터를 이용한 교통량과 오염물질간의 상관관계를 분석한 결과, 대체적으로 상관계수 값이 NO₂가 가장 크고, NO가 그 다음으로 관찰되었다. 그밖에 오염물질들은 상관계수 값이 작아 상관성을 찾기가 어려웠다.

속도 20km/h 이하 데이터를 제외하고 분석한 결과, 교통량과 오염물질 간의 상관관계가 떨어져 제외되는 데이터가 많은 경우인 정체가 심한 지역은 정체 시 데이터를 제외하지 않았을 경우보다 상관성이 크게 커지는 것을 볼 수 있었다. 하지만 제외되는 데이터가 많지 않은 경우인 정체가 심하지 않은 지역은 교통량과 오염물질간의 상관성이 크게 커지지 않았다.

오전 6시~9시 시간대의 데이터를 분석한 결과, 대체적으로 NO, CO, PM10은 상관계수 값이 증가하는 반면, NO₂는 다소 감소하는 경향을 보였다. 하지만

오전 6시~9시의 표본수가 적기 때문에 NO₂의 상관계수가 다소 감소하긴 하지만 거의 차이가 없다고 판단된다. 따라서 전반적으로 전체시간대 중 오전 6시~9시 사이가 교통량과 오염물질간의 상관성이 크다는 것을 알 수 있었다.

<표 3-2> 2005년~2007년 평균 상관계수

No.22		전체		속도 20km/h 이하 제외		6시~9시 사이	
오염물질		r	표본수	r	표본수	r	표본수
1	NO	-0.09	14382	0.11	10503	0.36	1794
	NO ₂	0.04	14382	0.24	10503	0.34	1794
	CO	-0.16	14151	0.13	10395	0.31	1776
	PM10	-0.04	14401	0.05	10522	0.01	1797
2	NO	0.23	23877	0.24	23833	0.37	3988
	NO ₂	0.33	23881	0.34	23837	0.31	3922
	CO	0.15	23931	0.16	23837	0.17	4000
	PM10	0.09	23395	0.09	23351	0.10	3922
3	NO	0.22	21665	0.22	21623	0.38	3613
	NO ₂	0.33	21672	0.33	21630	0.31	3617
	CO	0.11	21701	0.11	21659	0.13	3621
	PM10	0.06	21180	0.06	21139	0.07	3546
4	NO	0.06	19664	0.26	14958	0.37	2647
	NO ₂	0.26	19668	0.38	14955	0.37	2647
	CO	-0.001	19673	0.18	14962	0.21	2642
	PM10	0.05	19461	0.12	14921	0.13	2640

주 : 측정지점(1=서소문동~칠패길, 2=동대문~장충체육관, 3=동대문~장충단길, 4=동대문~성동여상)

(2) 강우 다음날 대기오염물질과 교통량과의 상관관계

2007년 중 강우 다음날의 자료를 이용한 교통량과 오염물질간의 상관관계를 분석한 결과, 날씨를 고려하지 않은 데이터를 분석한 경우에 비해 전체적으로 상관계수 값이 커지는 것을 볼 수 있었다. 특히 NO₂의 상관계수 값이 0.59 정도까지 증가하였다.

속도 20km/h 이하의 데이터를 제외한 경우와 오전 6시~9시 시간대의 데이터를 가지고 분석한 결과, 날씨를 고려하지 않은 데이터를 분석한 경우에 비해 상관계수 값이 NO와 NO₂는 커지는 반면 CO와 PM10은 작아지는 것을 볼 수 있었다.

또한, 기상변수 중 강우를 고려한 경우에도 NO와 NO₂는 교통량과의 상관성을 보여주는 반면, CO와 PM10은 여전히 교통량과의 상관성을 기존의 교통-대기 측정망 체계에서 찾기 어려웠다.

<표 3-3> 2007년 비온 다음날의 상관계수 (동대문, 성동여상)

No10.	전체				속도 20km/h 이하 제외				6시~9시 사이			
	날씨 고려 ×		강우 다음날		날씨 고려 ×		강우 다음날		날씨 고려 ×		강우 다음날	
오염물질	<i>r</i>	표본수	<i>r</i>	표본수	<i>r</i>	표본수	<i>r</i>	표본수	<i>r</i>	표본수	<i>r</i>	표본수
NO	-0.03	4559	0.18	474	0.26	2863	0.32	288	0.33	530	0.34	54
NO ₂	0.30	4559	0.59	474	0.27	2863	0.47	288	0.30	530	0.51	54
CO	-0.06	4542	0.12	474	0.07	2850	0.06	288	0.08	521	-0.03	54
PM10	-0.02	4379	0.03	437	0.001	2829	-0.14	274	-0.05	522	-0.23	54

3. 도로변대기측정망 vs. 도시대기측정망 상관성 분석

1) 분석방법

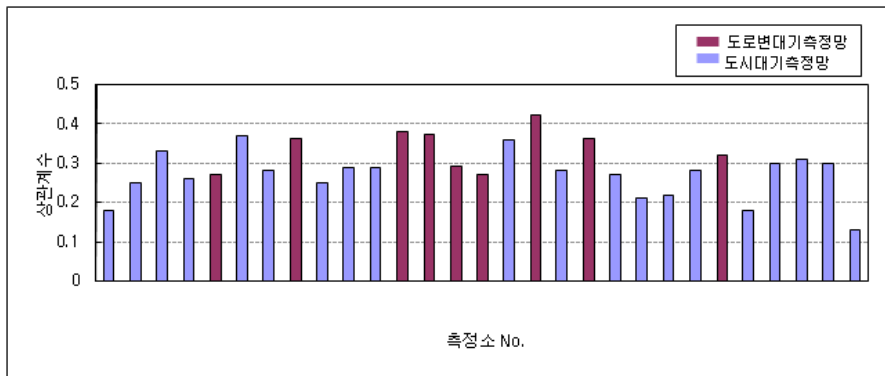
조사지점으로 선정된 대기-교통 지점 그룹에서 상관성이 가장 높게 나타난 대기오염물질 NO와 NO₂를 가지고, 2005년~2007년 오전 6시~9시 시간대의 상관계수를 도로변대기측정망과 도시대기측정망으로 분류하여 비교·분석하였다.

2) 분석결과

NO와 교통량과의 상관계수 값이 도시대기측정망은 평균 0.27, 도로변대기측정망은 평균 0.34로, 도로변에 대기오염측정망이 있는 경우에 교통량과 대기로

염물질간의 상관관계가 보다 높게 나타났다.

NO_2 와 교통량과의 상관계수 값이 도시대기측정망은 평균 0.25, 도로변대기측정망은 평균 0.28로 NO에 비해서는 크게 차이를 보이지 않았지만, 도로변 대기오염측정망이 있는 경우에 교통량과 대기오염물질 간의 상관관계가 큰 것으로 나타났다.



<그림 3-9> 오전 6시~9시 시간대의 NO와 교통량과의 상관계수

<표 3-4> 대기-교통 측정지점 그룹의 2005년~2007년 오전 6시~9시 시간대의 상관계수

대기측정지점		교통조사지점	NO vs.교통량 상관계수	NO ₂ vs.교통량 상관계수
구분	측정소명	측정지점명		
도시 대기 측정망	서소문동	시청역	0.29	0.30
		서소문(삼성건설폰)	0.33	0.29
		소파길(동보성앞)	0.25	0.26
		서울역	0.26	0.23
		칠패길(연세봉래빌딩앞)	0.36	0.34
		퇴계로입구	0.28	0.30
		을지로3가	0.29	0.30
		정동MBC앞	0.29	0.29
		소월길	0.28	0.29
	효제동	동대문(국민은행앞)	0.25	0.29
		혜화전화국	0.27	0.26
	당산동	여의2교(파천교)	0.30	0.24
	사당동	낙성대역	0.22	0.25
	도곡동	매봉터널	0.28	0.23
	잠실동	종합운동장(올림픽로)	0.30	0.24
		종합운동장(백제고분로)	0.31	0.25
	번동	창동전화국	0.13	0.11
	한남동	남산1호터널	0.18	0.20
	구의동	천호대교	0.21	0.19
	구로동	시흥I.C	0.18	0.16
	상관계수 평균값		0.27	0.25
도로변 대기 측정망	청계천	종로3가	0.27	0.37
	영등포	서울교남단	0.32	0.27
	서울역	소월길	0.36	0.22
		퇴계로입구	0.36	0.23
		서울역	0.27	0.22
		칠패길(연세봉래빌딩앞)	0.42	0.23
	동대문	장충체육관	0.37	0.31
		장충단길(신라호텔)	0.38	0.31
		성동여상	0.37	0.37
	상관계수 평균값		0.34	0.28

주 : NO, NO₂의 3년간 오전 6시~9시 표본수(최소 : 1468개, 최대 : 4084개)

제4절 소결

기존의 교통과 대기 모니터링체계가 각각 교통흐름과 대기질 상태를 관측할 개별적 목적으로 구축되어 있어서, 각 모니터망의 측정소가 동일 장소에 위치하여 운영되고 있는 사례는 없었으며, 두 측정소사이의 이격거리가 340m 정도가 가장 근접한 경우이다. 따라서, 기존의 두 모니터링 자료를 분석한 결과는 측정 지점의 불일치에서 발생할 수 있는 한계성을 내포함을 미리 밝히고자 한다.

이런 한계성을 염두에 두고 기존 측정망으로부터 수집된 자료를 분석한 결과, 소수의 관측지점에서 NO와 NO₂가 교통량과 양의 상관성을 어느 정도 보인 반면, CO와 PM10의 경우는 교통량과의 상관성을 관찰하기가 어려웠다.

NO_x, CO, PM10이 차량배출과 관련이 있는 것으로 알려져 있음에도 불구하고 NO_x에 대해서만 소수지점이지만 상대적으로 높은 상관성을 관찰할 수 있었던 이유는, 교통과 대기측정 지점사이의 공간에 NO_x의 주요 발생원이 관측시간대 주변지역의 자동차운행인 반면, CO와 PM10의 경우 자동차외의 다양한 또는 주요한 다른 발생원이 두 측정지점 사이의 공간에 존재하여 나타나는 현상으로 추론할 수 있다.

CO의 경우 NO_x와 PM10에 비해 물에 잘 녹지 않아 강우에 의한 제거가 적으며 대기 중의 다른 오염물질과의 반응도 미비하여 대기 중에 오랜 기간 머물 수 있으므로 공간적으로도 바람에 의한 장거리 이동이 가능하다. 그러므로 관측 시점 이전에 생겨 제거되지 않고 남아있던 CO가 이동되어 관측농도에 크게 영향을 미친 것으로 생각된다.

PM10의 경우 관측된 PM10의 농도에 영향을 미치는 주요배출원이 자동차 운행에 따른 연료연소 배출 뿐만 아니라 도로나 건설현장의 비산먼지일 수도 있다(자동차 운행에 의한 PM10 배출 비중은 비산먼지가 포함되었을 경우 20% 이하가 될 수도 있음을 앞서 언급함). 서울시 도시대기 측정지점에서 관측되는 PM10의 약 30~60% 정도가 PM2.5인 것으로 추정되며, 대부분이 PM2.5의 형태로 배출되는 자동차 연료연소가 전체 PM2.5에 기여하는 정도는 여러 모델기

법을 적용하여 연구되고 있으나 아직까지는 서울시 상황에 대한 일반적인 결론을 내리기는 어려운 실정이다.

Cao et al.(2006)은 홍콩의 도로변에서 1m 떨어진 지점에서 자동차 연료별 교통량과 PM_{2.5}, PM_{2.5}의 일부 주요성분들(EC, OC 등)과의 상관성을 조사한 바 있다. 이들의 결과에 따르면, 경유자동차는 PM_{2.5}, EC, OC와 교통량과의 상관계수 값이 0.79~0.94로 높게 관찰되었으며, 휘발유차는 0.50~0.63, LPG차는 0.15~0.40의 상관계수 값을 나타냈다.

그러므로, 향후에는 미세먼지와 교통과의 관련성은 PM₁₀보다는 PM_{2.5}를 이용하여 같은 공간에서의 연료별 교통자료와 분리하여 조사하는 것이 바람직하며, 이를 통해 다양한 연료별 교통정책에 따른 PM_{2.5} 저감 효과를 보다 면밀히 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

NO, NO₂와 교통량과의 상관계수 값이 일관되게 0.3 이상이 되는 지점을 선별한 결과, 서소문동(도시대기)-철패길(교통), 동대문(도로변대기)-장충체육관(교통), 동대문(도로변대기)-장충단길(교통), 동대문(도로변대기)-성동여상(교통)이 이에 해당되었다. 그 외의 지점들은 교통-대기 측정소 간의 이격거리 뿐만 아니라 주변 건물 및 도로의 배치 등이 오염물질의 확산에 영향을 미쳐 일관성 있는 교통과 대기오염과의 상관성이 관찰되지 않은 것으로 판단된다.

NO₂ 기준성 대기오염물질의 경우, 제시된 4곳의 대기-교통 지점에서 오전 6시~9시 사이의 NO₂오염도와 교통량의 변화경향을 조사하여 교통량변화에 따른 NO₂ 증감을 관찰하고 정책효과 및 개발에 간접적인 참고자료로는 활용할 수 있으나, PM₁₀과 CO에 대해서는 기존의 대기-교통 모니터링체계로는 교통과의 관련성을 관찰할 수 없을 것으로 생각된다.

또한, 기존의 교통측정지점에서는 차종별·연료별 교통자료가 세분화되어 조사되지 않으므로 연료전환, 저공해사업 등 차종별·연료별로 시행되는 자동차 저공해 사업에 따른 대기오염물질 저감효과 등의 세부적인 관찰에는 상당한 한계가 따를 것으로 보인다.

교통량과 대기오염물질간의 상관분석을 통해 기존의 교통량과 대기오염 수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지 검토한 결과를 종합하면, 두 데이터 체계가 당초 다른 목적을 가지고 있어서 자동차관련 대기개선 정책의 실행 효과를 기존의 대기-교통 측정소의 자료만을 이용하여 관찰하고 효과적으로 활용하기에는 어려울 것으로 판단된다. 따라서 교통-대기질의 관계를 보다 효과적으로 관찰하기 위해서는 대기-교통 자료 연계를 목적으로 하는 계획적인 대기-교통 모니터링 체계를 구축할 필요가 있다.

제4장 교통-대기질 연계데이터 구축 및 활용방안

제1절 해외사례 및 시사점

제2절 교통-대기 데이터의 효과적 연계
활용을 위한 방안

제4장 교통-대기질 연계데이터 구축 및 활용방안

제1절 해외사례 및 시사점

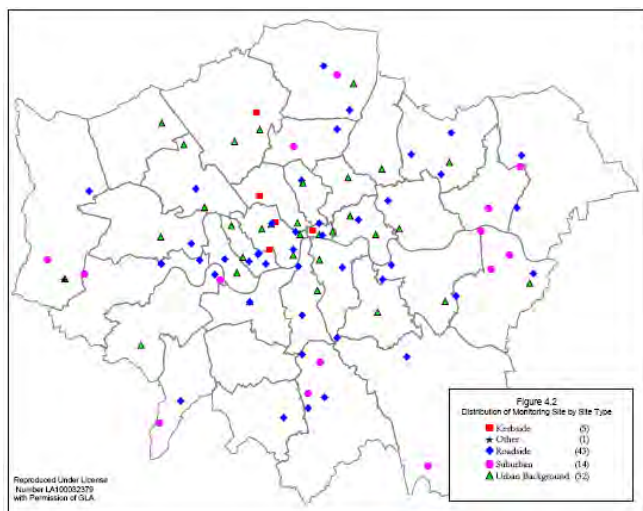
1. 영국 런던

영국 런던시는 대기질 관리를 모니터링하기 위해 다양한 목적별 모니터링 지점을 선정하여 대기 측정망을 운영하고 있다. <표 4-1>처럼 2003년 기준으로 48개의 도로변측정지점(kerbside/roadside)과 46개의 도시대기측정지점(urban background/suburban)이 운영되고 있다. 차량운행과 관련된 대기질을 모니터링 하는 도로변측정지점이 도시대기측정지점보다 많은 것이 특징이다.

NO, NO₂, NO_x, PM10, PM2.5, SO₂, O₃, CO, 기상 등이 측정지점의 목적에 따라 선별되어 모니터링되고 있다. 예를 들면, O₃과 같은 2차 반응 생성물은 차량에 의한 직접배출의 관찰이 주목적인 대부분의 도로변 측정소에서는 측정되지 않는 반면, 차량 배출에 의해 주로 발생하는 NO₂는 대부분의 도로변 측정소에서 모니터링된다.

<표 4-1> 런던의 대기 측정망(2003년 기준)

측정소 유형	측정소 개수	위치선정 기준	목 적
도로변 (kerbside)	5	혼잡도로의 끝에서 1m 이내에 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 최악의 시나리오 평가 • 차량배출제어기술의 영향 평가 • 교통수요관리정책 등의 영향 평가
도로변 (roadside)	43	혼잡도로의 끝에서 1~5m 이내에 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 최악의 시나리오 관련 인체 위해성 평가 • 차량배출제어기술의 영향 평가 • 교통수요관리정책 등의 영향 평가
도시대기 (urban background)	32	인근지역의 대기질을 대표할 수 있는 지점(주거지역 등)으로 설치지점의 주변에 오염배출원(주차장, 주유소, 주요도로 등)이 없는 곳에 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 도시대기질의 장기적 변화 경향 분석 • 도시계획, 교통계획 등에 이용
도시대기 (suburban)	14	도시외곽의 주거지역에 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 도시계획, 교통계획 등에 이용



출처 : Air Quality Consultants Ltd, *Review of air quality monitoring in London, 2003*

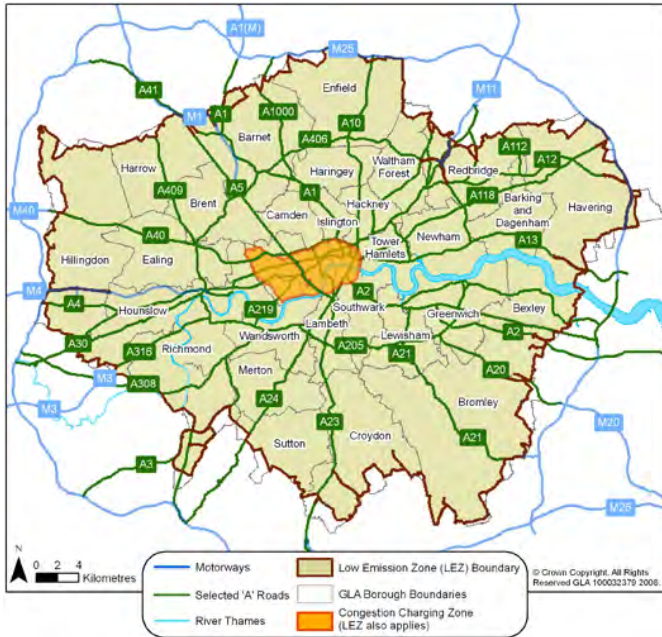
<그림 4-1> 런던시의 대기 모니터링 측정소 위치

도로변 측정소는 주요도로의 가로변이나 교차로 변에 설치되어 있으며, 교통량 등 교통정보의 모니터링은 필수 측정항목으로 지정되어 있지는 않다. 하지만, Marylebone 도로변 측정지점에서는 1998년 이래로 ATC(Automatic Traffic Counting)방식을 통해 교통자료들도 수집하고 있다. 이 자료들은 차량운행으로 인한 대기오염 배출량을 산정하여 런던시의 대기오염을 모형화하고 검증하기 위해 사용된다.

런던시는 2006년에 저배출지역(Low Emission Zone) 도입을 고려하면서, 대기와 교통이 같은 위치에서 모니터링될 필요성을 인지하고 이것이 가능한 일부 도로변 측정지점을 선정하여 모니터링을 강화하여 운영하기 시작했다.

1) 'Low Emission Zone' 환경적 영향을 모니터링하기 위해 강화된 모니터링체계

영국 런던시는 대기질 개선을 목표로 2008년 2월부터 저배출지역(LEZ)을 지정하여 버스나 대형디젤차량 등이 런던시내에 진입하는 것을 규제하고 있다.

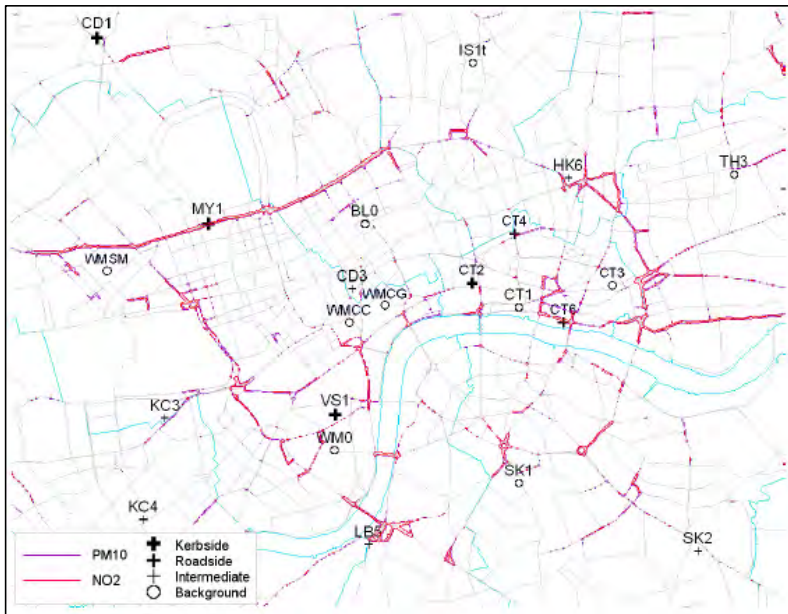


<그림 4-2> 런던의 LEZ 적용지역

LEZ 정책의 도입에 앞서 2006년, 기존의 도로변 대기모니터링 지점 중 혼잡한 도로와의 근접성 및 LEZ의 도입에 따른 주요 대기오염물질의 예측농도변화를 고려하여 대기오염도와 교통흐름까지 함께 모니터링할 수 있는 7개 지점(기존 도로변 대기측정소 6개 지점 + 신설 1개 지점)을 선정하여 모니터링망을 강화하였다.

<그림 4-3>은 측정지점 선정을 위해 주요 대기오염물질에 대해 LEZ 도입

전후의 농도차이를 모형화하여 예측한 결과의 예시이다. 그 결과에 따라 변화가 클 것으로 예측되는 도로변 지역 중 기존의 도로변측정소가 위치한 지역을 우선 검토하여 6개 지점이 선정되었고, 측정지점이 위치하지 않은 1개 지점이 신설되었다. 선정된 지점에 대해 <표 4-2>와 <표 4-3>과 같이 선별된 교통 및 대기관련 측정항목을 모니터링하기 위한 장비를 투입하였다.



출처 : Transport for London(TfL), LEZ Impacts Monitoring Baseline Report, 2008

주 : LEZ도입에 의해 대기오염농도 변화가 크게 발생할 것으로 예측되는 도로망지도(런던 도심지역에 대해). 보라색은 PM10 농도 변화가 큰 지역, 빨간색은 NO₂ 농도변화가 큰 지역.

<그림 4-3> LEZ 도입 전후의 농도차이

7개 지점에 대해 모니터링한 대기 및 교통자료는 LEZ 시행에 따른 교통과 지역 대기질과의 관계를 보다 효과적으로 규명하는데에 중요한 기초자료로 사용될 예정이다.

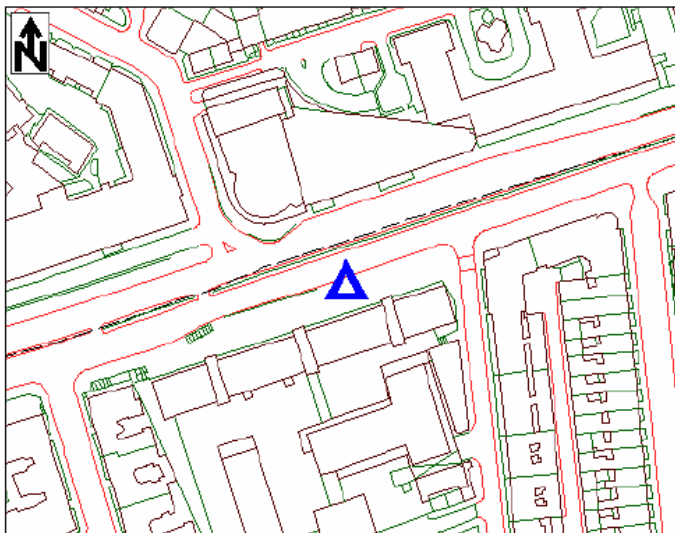
<표 4-2>는 측정지점별 기상인자를 포함한 대기관련 측정항목의 리스트를 보여주며, 모든 7개 지점에서는 다양한 방법(ATC, MCC, ANPR camera)들을 통해 교통관련 자료들도 모니터링되고 있다.

<표 4-2> Key LEZ impacts monitoring sites

측정소명 및 위치	측정항목
Marylebone Road, Westminster, Central London (MY1)	PM10, FDMS PM10, PM2.5, PNUM, BC, NO _x , O ₃ , Hydrocarbons, meteorology
Old Street, Hackney, Central London (HK6)	PM10, NO _x , O ₃ , PM2.5
A206 Cray, Bexley, East London (BX7)	FDMS PM10, FDMS PM2.5, NO _x , O ₃ , meteorology
Woolwich Flyover, Greenwich, South East London (GR8)	PM10, PM2.5, NO _x , O ₃
Westhorne Avenue (A2 / South Circular Interchange), Greenwich, South East London (GR9)	FDMS PM10, FDMS PM2.5, NO _x , O ₃ , meteorology
North Circular (Ikea), Brent, North West London (BT4)	PM10, PM2.5, NO _x , O ₃ , PNUM, BC, meteorology
Blackwall Tunnel Northern Approach, Tower Hamlets, East London (TH4)	FDMS PM10, FDMS PM2.5, PNUM, BC, NO _x , O ₃ , meteorology

<표 4-3> LEZ impacts monitoring site에서의 교통데이터 수집체계

수집방법	교통데이터 종류	비고
루프방식 ATC(Automatic Traffic Count)	속도, 교통량, 차종(차량길이 기준)	15분 간격 수집
수작업(Manually Classified Count)	차종별 교통량	6개월 간격 수집 ATC의 차종 정보와 비교검토
자동 차량번호 인식방식(Automatic Number Plate Recognition camera)	각 통행차량에 대한 차령, 사용연료, 무게, Euro배출기준에 따른 분류	



출처 : Transport for London(TfL), *LEZ Impacts Monitoring Baseline Report*, 2008

<그림 4-4> Marylebone Road 측정지점 (MY1)의 위치

2) 시사점

서울시에서도 대기질 관리를 위한 혼잡통행료 확대, 저배출지역 지정 등 다양한 교통정책의 도입을 고려하고 있는 상황이다. 따라서 영국 런던의 LEZ 시행효과 모니터링 체계를 벤치마킹하여 특정지역에서 대기-교통을 함께 모니터링한 것을 연계한다면, 정책도입에 따른 영향 분석을 모호하게 만드는 기상변화와 같은 외부인자들을 일정정도 배제시키고 차량배출에 따라 변화하는 대기질을 관찰할 수 있을 것으로 판단된다.

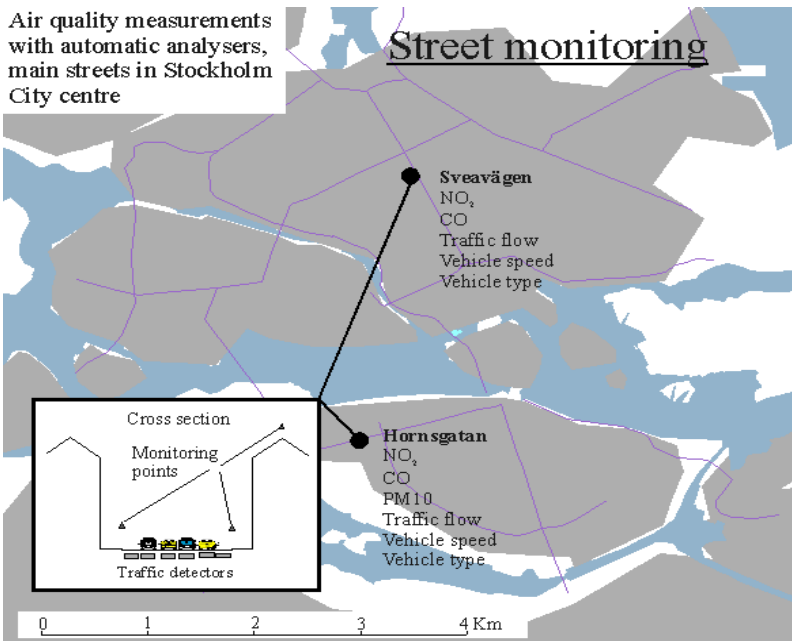
LEZ도입 시기가 2008년 2월이므로 지금은 LEZ 도입에 따른 영향 평가를 위한 자료를 모으는 단계이다. 향후, 진행상황을 주시하여 런던시가 어떠한 절차들을 적용하여 모니터링 자료들을 활용하고, LEZ 도입에 따른 대기환경의 변화를 분석하는지 살펴볼 필요가 있다.

2. 스웨덴 스톡홀름

스웨덴 스톡홀름시는 일반 도시대기측정지점 외에 교통(교통량, 속도, 차종)과 대기를 함께 모니터링하고 데이터를 수집하는 Street-monitoring 지점을 2곳 운영하고 있다.

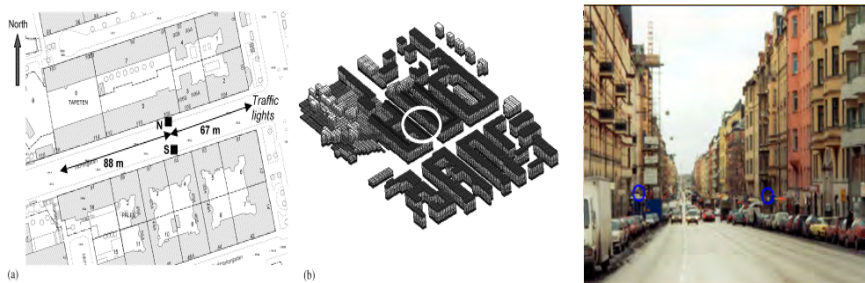
하루 평균교통량이 3만~4만대인 도로변에 위치해 있으며, 이 두 지점은 <그림 4-5>처럼 다른 방향 (동-서, 남-북)으로 배치된 도로변에 있으며, 각 지점의 도로 양쪽에서 대기오염도가 모니터링되며, 도로변에서 500m 정도 떨어진 지점에는 도시대기(배경) 농도를 측정하는 지점이 있다.

도로변 양쪽이 고층건물로 구성된 도시협곡의 경우 풍향에 따라 도로변 양쪽에서 관찰되는 대기오염도가 차이가 날 수 있다는 것을 감안하고, 인근 도시대기측정지점에서 관찰되는 대기오염도와 차이를 비교분석하기 위해 측정 지점이 각 Street-monitoring 지점에 대해 세 곳으로 구성되어 배치된 것으로 생각된다.



출처 : <http://www.slb.mf.stockholm.se/e/>

<그림 4-5> 스톡홀름에 위치한 Street-monitoring 지점의 위치 및 측정항목



<그림 4-6> Hornsgatan street-monitoring site의 측정포인트 위치

1) 활용사례 1 : ‘혼잡통행료’ 도입에 따른 환경적 영향 분석

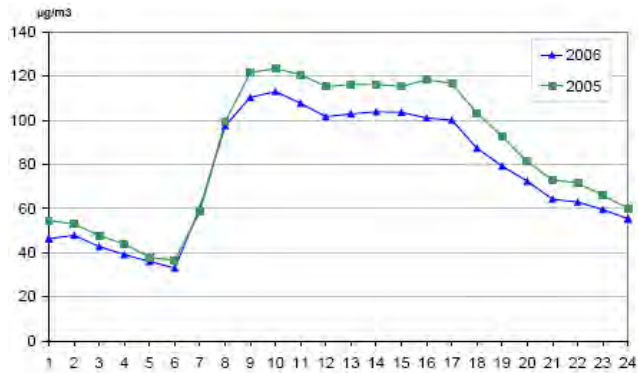
스톡홀름시는 2006년 8월 혼잡통행료 징수를 도입하기 전 7개월 간의 시범기간을 거치고, 위의 두 Street-monitoring 지점의 교통, 대기 모니터링 자료를 분석하여 시범기간에 대해 환경적 영향평가를 실시하였다. 즉 시범기간중 월~목요일의 시간별 평균 NO_x, PM₁₀ 농도와 교통량의 변화를 2005년 같은 기간의 해당자료와 비교 분석함으로써, 혼잡통행료 도입에 의한 교통량 감소와 이에 따른 배출량 저감이 실제로 대기오염도의 저감으로 나타나는지를 검토하였다.

<그림 4-7>과 <그림 4-8>의 NO_x와 PM₁₀의 농도는 각 Street-monitoring 지점의 양측 도로변측정포인트의 관측농도에서 도시대기(배경) 측정포인트의 관측농도를 차감한 농도값으로, 배경농도를 차감해 외부요인들에 의한 영향을 최소화하고, 측정지점에서 운행되는 차량에 의한 배출영향만을 살펴보고자 하였다.

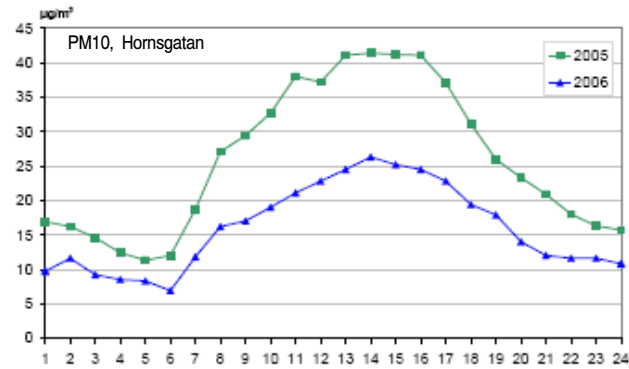
Hornsgatan 지점에서는 2005년 같은 기간에 비해 2006년 시범기간동안 교통량이 감소되었고, 이의 영향으로 대기오염물질의 농도도 비교적 낮게 관측되는 것으로 보인다. 하지만, 좀 더 잦은 눈과 강우 등의 기상조건도 낮은 관측 농도에 영향을 미쳤을 것으로 분석되었다.

Sveavagen 지점의 경우 자동차 통행량의 감소에도 불구하고 오전시간대의 NO_x농도가 높게 관측되는데 그 이유를 디젤버스 차량의 통행량 증가에서 찾고 있다(디젤연소가 휘발유연소보다 많은 NO_x를 배출).

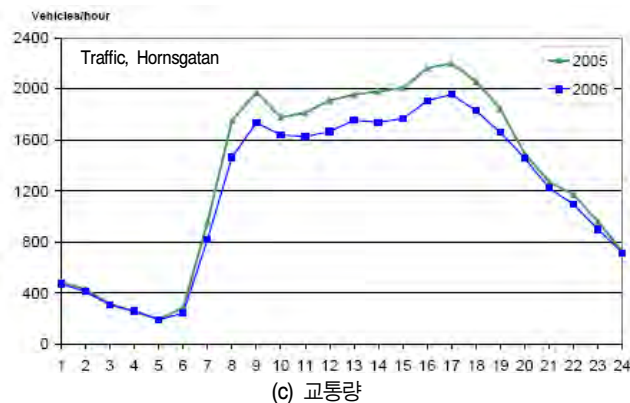
자동차 통행량 저감이 어느 정도 대기농도 저감에 영향을 주는지를 단기간의 모니터링 자료를 이용하여 정량적으로 분석하는 것에는 한계가 있음을 지적하고, 모델을 이용한 정량적 분석을 제안하였다.



(a) NOx 평균농도(도로변농도-도시대기농도)



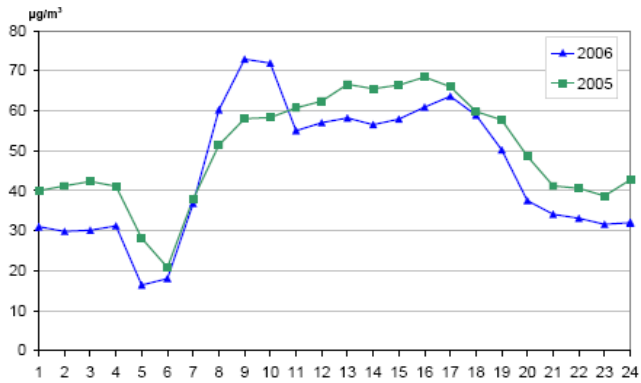
(b) PM10 평균농도(도로변농도-도시대기농도)



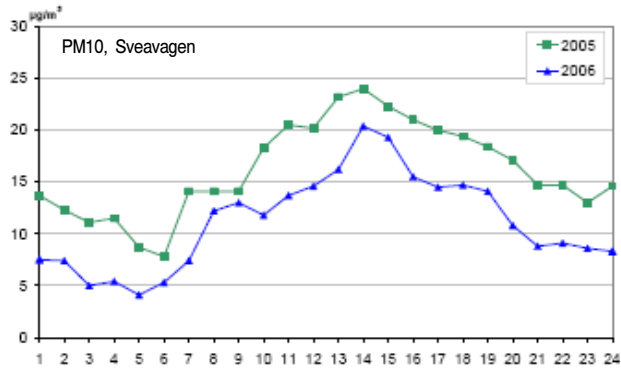
(c) 교통량

출처 : SLB-analysis, *The Stockholm Trial(Effects on air quality and health)*, 2006

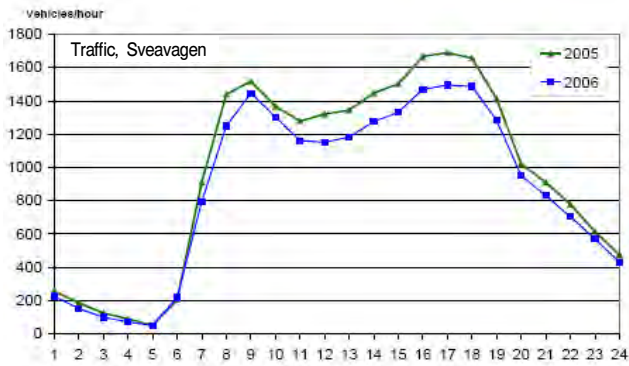
<그림 4-7> 혼잡통행료 시범기간 (2006년)과 2005년 같은 시기의 주중(월~목) 시간별 평균 대기농도 및 교통량의 변화 비교 (Hornsgatan street-monitoring site)



(a) NOx 평균농도(도로변농도-도시대기농도)



(b) PM10 평균농도(도로변농도-도시대기농도)



(c) 교통량

출처 : SLB-analysis. *The Stockholm Trial(Effects on air quality and health)*, 2006

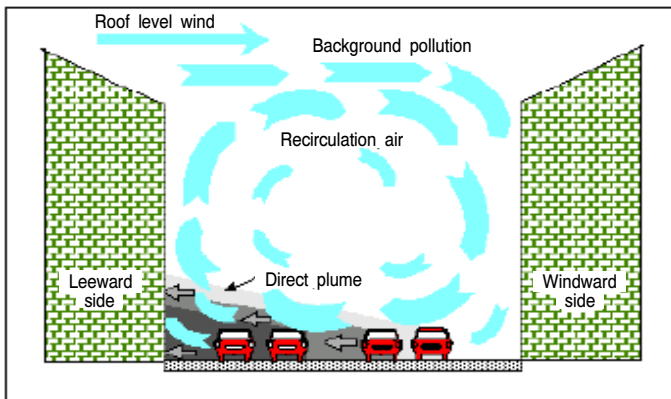
<그림 4-8> 혼잡통행료 시범기간 (2006년)과 2005년 같은 시기의 주중(월~목) 시간별 평균 대기농도 및 교통량의 변화 비교 (Sveavägen street-monitoring site)

2) 활용사례 2 : 도시협곡에서의 대기질 모델

대기질 관리차원에서 대기질 모델링의 응용은 필수적이다. 서울시의 지형적·지리적 조건이 복잡다양하기 때문에 특정 지점의 측정에만 의존하여 대기질을 관리하기에는 어려움이 있다. 따라서 측정소의 수를 늘리는 것보다 저비용으로 다양한 정책들의 효과를 사전에 검토하여 우선순위를 정하고 정책을 적용할 수 있다는 점에서 대기 모델링의 사용은 앞으로도 증가될 것으로 판단된다.

하지만, 대기 모델링에 요구되는 배출자료, 기상자료 등 다양한 자료들의 신뢰성과 모델 자체 알고리즘의 단순화 등에 따른 모델결과의 정확성이 문제 시되고 있는 것도 사실이다. 따라서, 모델결과의 검증과정은 한 모델을 정책결정에 이용하기 전에 반드시 거쳐야 하며, 모델의 적합성은 측정자료와의 비교를 통해 검증될 수 있다.

도시협곡 내에서는 고층건물 등의 영향으로 평탄한 지역 및 저층건물 밀집 지역에서 나타나는 일반적인 가우시안 확산과는 다른 농도확산이 나타난다. 그래서 일반적으로 도시전체를 모델링하는 중규모(meso-scale) 모델과는 다른 소규모(micro-scale) 모델을 사용해야만 어느 정도 현실적인 도시협곡 내의 대기오염물질 확산 및 축적현상을 관찰할 수 있으며, 이에 따른 대기오염관리 대책을 마련할 수 있다.

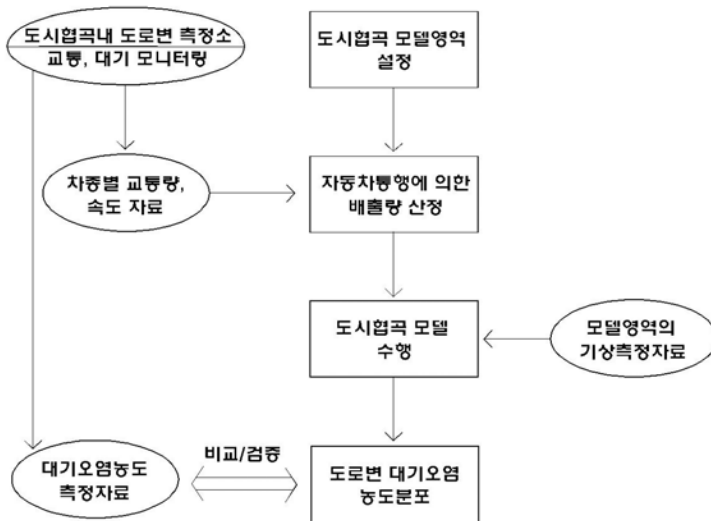


<그림 4-9> 도시협곡에서의 대기 순환

그러므로, 스톡홀름시의 Street-monitoring 지점에서의 자료들은 도시협곡의 대기질 모델을 검증하는 기초자료로 활용될 수 있다.

EEA(European Environment Agency)에서 시행한 SEC(Street Emission Ceiling)프로젝트에서는 다양한 형태와 조건의 도시협곡의 대기질을 관찰하고 관리하고자 여러 종류의 도시협곡 모델을 적용하여 비교하였다.

스톡홀름시 Hornsgatan 지점의 자료를 이용하여 이 측정지점 주변 도시협곡의 대기질을 다양한 모델을 사용하여 모사하고 검증하여 모델 간 결과를 비교하였다. <그림 4-10>은 도시협곡 내의 대기질 모델 및 검증과정을 간략하게 도식화하여 보여준다.



<그림 4-10> 도시협곡내 대기질 모델 적용 및 검증과정

3) 시사점

대도시의 고층건물 밀집지역은 많은 인구가 집중적으로 활동하는 공간이다. 이러한 고층건물 밀집지역은 평탄한 지역과는 다른 대기오염 연직분포 및 기상 변화를 보이며 다른 지역에 비해 대기오염물질 축적으로 인한 피해가 크게 나타날 수 있다. 서울시의 경우도 고층건물 밀집지역이 많이 있으므로 스톡홀름 Street-monitoring 체계를 참고하여 도로변 측정지점을 구축한다면, 고층빌딩 밀집지역의 대기질 관리를 위해 활용할 수 있을 것이다.

또한, 혼잡통행료 적용사례의 분석 과정을 런던의 LEZ 진행에 따른 향후 분석방법과 비교하고 이를 참고해 서울시에 적용할 수 있을 것으로 생각한다.

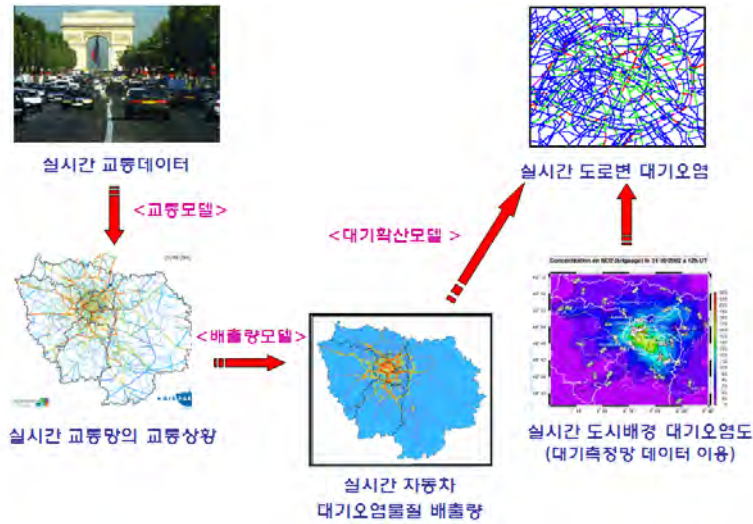
3. EU의 HEAVEN 프로젝트

HEAVEN(Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emission and Noise)은 EU(European Union)가 2000년~2002년에 실시한 프로젝트로, 도시교통으로부터 야기되는 환경적 피해를 최소화하기 위한 해결책을 찾는 것을 목적으로 진행되었다.

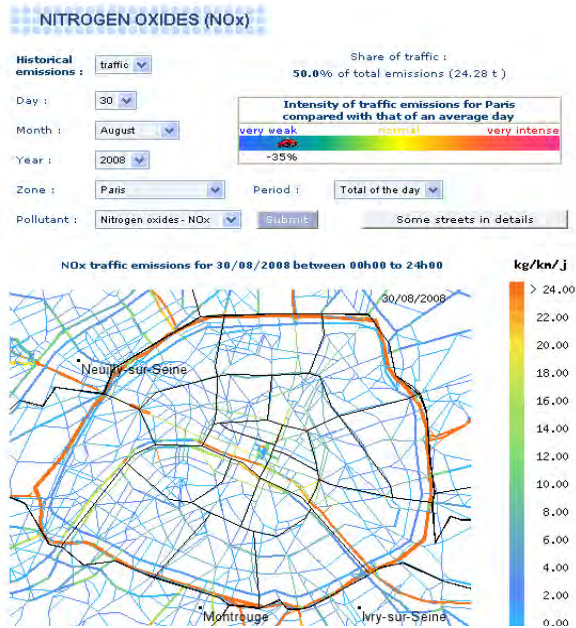
이 프로젝트에는 로마, 파리, 베를린, 로테르담, 프라하, 레스터시가 시범도시로 참여하였으며, 교통모니터링 자료를 바탕으로 대기와 소음공해를 모형화하여 환경적 피해를 줄일 수 있는 실시간 교통수요관리 시스템을 수립하고자 하였다.

<그림 4-11>은 파리의 사례로 HEAVEN 프로젝트를 통해 교통 및 이에 따른 도로변 대기오염물질 배출량 및 농도에 대한 정보를 거의 실시간으로 일반시민에게 제공하는 것을 계획하고 있다.

현재는 Airparif 웹사이트에서 파리시의 일별 교통변화에 따른 각종 대기오염물질의 배출정보를 지도화하고 날짜별로 검색하여 파악할 수 있는 정보를 제공하고 있다. 또한, 기상, 교통, 배출량, 대기오염도에 대한 전일 정보를 한 눈에 파악할 수 있는 Yesterday's Bulletin을 게시하고 있다(<그림 4-12>, <그림 4-13>).

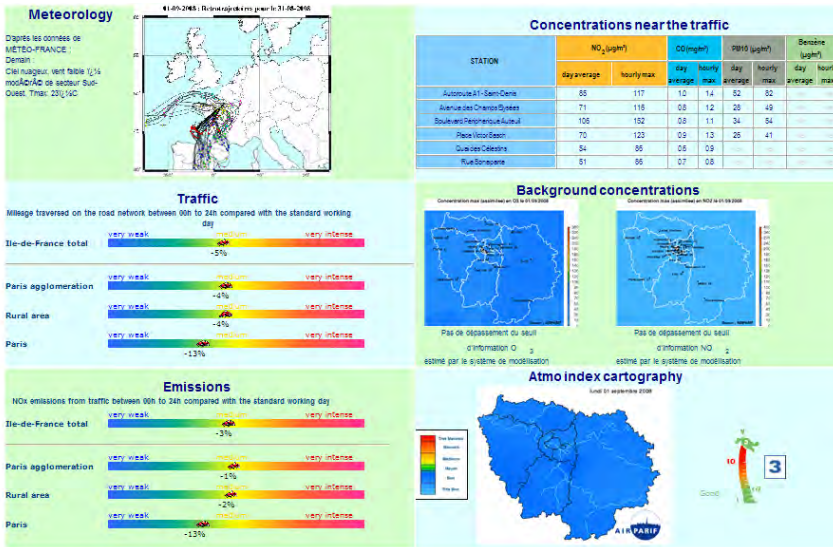


<그림 4-11> 파리 HEAVEN 프로젝트 사례



<http://www.airparif.asso.fr/>

<그림 4-12> 파리의 교통-대기오염배출 현황 정보 공개



<http://www.airparif.asso.fr/>

<그림 4-13> 프랑스 airparif에서 게시하는 Yesterday's Bulletin

제2절 교통-대기 데이터의 효과적 연계 활용을 위한 방안

1. 단기적 방안

1) 이동측정차량 도입

서울시 보건환경연구원에서는 고정측정소에서 멀리 떨어져 대기질의 모니터링에 소홀했던 지역의 대기질 관측이나 대기오염 긴급상황 발생 시 신속한 대처를 위해 6대(2대는 교통량 측정까지 가능)의 이동측정차량을 운영하고 있다. 그러나, 교통정책이 미치는 영향은 서울시 전역에 걸쳐 광범위하게 나타날 수 밖에 없으므로 현재 운영되고 있는 이동측정차량의 도입 확대가 필요하다.

특히, 교통정보(차종별·연료별)까지 모니터링할 수 있는 장비를 이동차량에 추가 장착하여 해당 교통정책이 대기질 개선에 직접적으로 미치는 영향을 파악

할 필요가 있다. 이러한 노력을 통해 얻어지는 자료는 교통상황만으로 평가해왔던 기존의 정책평가 방법이 갖고 있던 단점을 획기적으로 개선시켜 줄 수 있는 중요한 자료로 사용될 것이다. 그러나, 이동측정차량은 그 특성상 단기적인 평가에 한정되어 활용될 것이므로, 보다 장기적인 관점에서 또 다른 대안도 모색되어야 한다.



<그림 4-14> 도로상 대기질을 측정하고 있는 서울시 이동측정차량

2) 지구온난화현상을 고려한 온실가스 측정 추가

2004년 기준 서울시의 온실가스 총배출은 전국대비 5%로 1990년 이래 꾸준히 감소하는 추세이다. 서울시의 부문별 온실가스 배출은 가정, 상업, 공공 등 비산업부문이 43%를 차지하고 있으며 도로/비도로 이동오염원이 40%로 그 뒤를 잇고 있다. 주요 온실가스는 CO_2 , CH_4 (메탄), NO_2 로 86%정도가 CO_2 이며, CH_4 는 배출 감소추세, CO_2 는 약간 감소 또는 안정화 수준이고, NO_2 는 증가추세를 보인다(서울시, 2006 환경백서, 2007). 기존의 일반 대기 측정망체계에서는 전 세계적 이슈인 온실가스에 대한 측정이 실시되지 않으므로, CO_2 를 포함한 주

요 온실가스의 측정을 실시하여 서울시의 대기 중 온실가스 농도의 상황을 파악할 필요가 있다.

2. 중·장기적 방안

1) 교통-대기 모니터링 측정소 설립

런던이나 스톡홀름의 사례처럼 교통과 대기질을 함께 모니터링할 수 있는 도로변 측정소 도입 : 서울시에 있는 기존의 도로변 대기측정소는 교통량의 모니터링이 어려운 교차지점에 위치하여 교통량 등 교통관련 정보들이 수집되지 않고 있다. 따라서 교통정보를 함께 모니터링할 수 있는 가로변으로 기존의 도로변 측정소를 이전하거나 가로변 측정소를 신설할 필요가 있다.

측정소 설치 장소 선정 및 장비설치 공간 확보를 위한 고려사항

- ① 도로변 대기측정소 설치기준 강화 : 환경부의 대기환경측정망 설치·운영 지침(2006)에 따르면 교통량 등 교통관련 측정은 필수측정항목에 포함되어 있지 않다. 기존의 도로변 대기측정장소가 교통량이 많고 부지확보가 용이한 교차로에 설치되는 것이 우선적으로 고려되어 교통흐름의 관측이 선택항목으로 선정된 것으로 보인다. 하지만 앞으로는 자동차배출 변화에 따른 대기질 변화와 자동차 배출성분의 위해성을 보다 효과적으로 관찰하기 위해서는 교통상황정보가 필수적이므로 도로변 측정소의 가로변 설치가 우선적으로 진행되어야한다. 이에 따라, 교통량, 차종 등의 교통정보 측정이 필수항목으로 선정되도록 측정망 설치 기준의 수정이 필요하다. 또한, 교통정보는 차종별·연료별로 구분되어 모니터링이 되어야만 다양한 자동차관련 정책평가에 효과적으로 이용할 수 있다.

<표 4-4>는 우리나라와 영국의 도로변 측정소를 설치할 때 고려사항을 비교하여 보여준다.

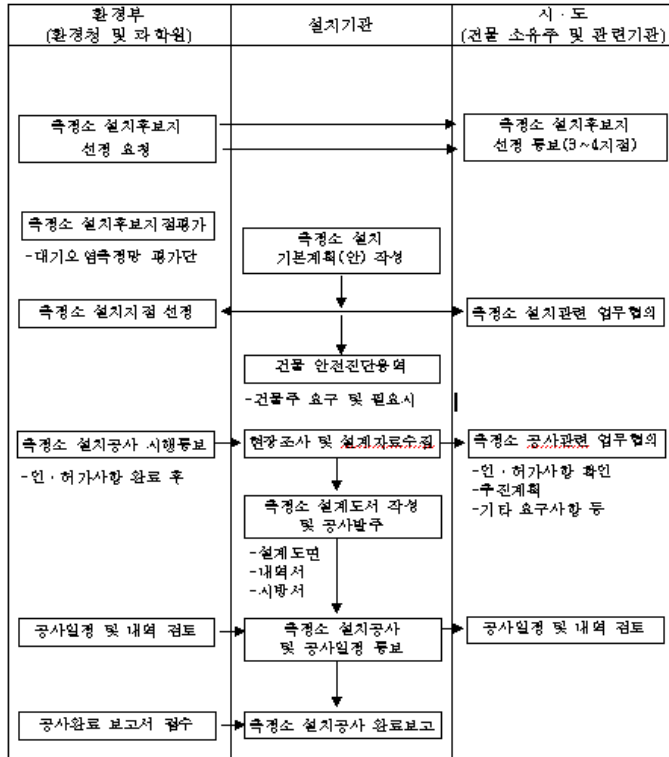
<표 4-4> 우리나라와 영국의 측정소 설치 시 고려사항 비교

	우리나라	영 국																					
설치 위치 선정 기준	<p>—교통량이 많은 도로변의 자동차 배출가스 오염물질을 측정하기에 적절한 지역 선정</p> <p>—대도시 주요도로</p> <ul style="list-style-type: none"> • 교통량이 많은 간선도로 • 지역을 대표하는 간선도로 • 주택밀집지역을 통과하는 도로 • 대형자동차의 통행량이 많은 지점 • 오염물질이 확산되기 어려운 지점 • 측정망설치시 상위군(1군→6군)을 우선순위로 하며, 기존 대기측 정망 설치지점을 고려하여 중복선정되지 않도록 함 <table border="1"> <thead> <tr> <th>군</th><th>차량통행량</th><th>주변건물상황</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1군</td><td>10만대 이상</td><td>고층밀집</td></tr> <tr> <td>2군</td><td>"</td><td>중저층 밀집</td></tr> <tr> <td>3군</td><td>5만대~10만대미만</td><td>중저층 산재</td></tr> <tr> <td>4군</td><td>"</td><td>고층 밀집</td></tr> <tr> <td>5군</td><td>5만대미만</td><td>중저층 밀집</td></tr> <tr> <td>6군</td><td>"</td><td>중저층 산재</td></tr> </tbody> </table> <p>주 : 고층은 10층 이상, 중저층은 5층 이상, 10층 미만, 저층은 5층 미만</p>	군	차량통행량	주변건물상황	1군	10만대 이상	고층밀집	2군	"	중저층 밀집	3군	5만대~10만대미만	중저층 산재	4군	"	고층 밀집	5군	5만대미만	중저층 밀집	6군	"	중저층 산재	<p>—이동 측정장비로 여러 도로변을 모니터링하여 측정소 설치 필요성이 있는 지점 선정</p> <p>—교통량이 많고 혼잡도로에 우선적으로 설치</p> <p>—도로변 보행자의 통행이 많고 위해정도가 클 것으로 예상되는 지점에 설치</p>
군	차량통행량	주변건물상황																					
1군	10만대 이상	고층밀집																					
2군	"	중저층 밀집																					
3군	5만대~10만대미만	중저층 산재																					
4군	"	고층 밀집																					
5군	5만대미만	중저층 밀집																					
6군	"	중저층 산재																					
시료 채취구 위치	<p>—도로에서 거리가 도로끝에서 10m이내를 원칙으로 하되 2대 이상 설치하는 경우에는 그러하지 아니함.</p> <p>—지상에서 높이는 1~10m를 원칙</p>	<p>—혼잡도로의 끝에서 1m 이내에 설치 (kerbside)</p> <p>—혼잡도로의 끝에서 1~5m 이내에 설치 (roadside)</p> <p>—지상에서 높이는 10m 이내로, 1.4~4m 사이가 이상적</p>																					
측정 항목	<p>—SO₂, CO, PM₁₀, 풍향, 풍속 온도는 필수항목</p> <p>—Pb, PM_{2.5}, HC, 교통량은 필요 시 측정</p>	<p>—CO, NO_x, SO₂, PM₁₀, Benzene, 1,3-butadiene, Lead, O₃, 기상(측정목적에 따라 측정되는 항목 수를 조정)</p>																					

출처 : 환경부(2006), 「대기오염측정망 설치·운영지침」

AEAT(2006), A guide for local authorities, purchasing air quality monitoring equipment.

<그림 4-15>는 현재 환경부의 대기환경측정망 설치·운영지침(2006)에서 제시하고 있는 측정소의 설치 절차를 보여준다.



출처 : 환경부(2006), 「대기오염측정망 설치·운영지침」.

<그림 4-15> 측정소 설치 절차도

② 측정소 선정 : 관측 목적에 따라 측정소 설치 지점 선정

- 저배출지역이나 혼잡통행료 등의 교통수요관리정책 도입에 따른 효과분석 : 정책이 적용되는 지역의 기존 교통측정지점 중 정책시행에 따른 영향 예측(런던 LEZ 도입사례 참고)과 통행량을 고려하여 우선순위를 정하고 대기측정장비를 설치함.

•저공해사업에 따른 효과분석 : 기존 교통측정지점 중 저공해 사업 대상 차종의 통행량을 고려하여 우선순위를 정하고 대기측정장비를 설치함. 예를 들면, 대형트럭이나 경유버스의 저공해사업 효과를 관찰하고자 할 경우 기존 교통측정지점 중 위 차종의 통행이 많은 장소를 우선적으로 고려함.

- ③ 측정소 설치관련 공간확보 문제 : 기존의 6가지 기준성 물질과 기상을 모니터링하는 대기측정소는 다양한 측정장비가 장착되어야 하므로 일정 공간확보와 관련된 문제가 발생할 수 있다. 그러므로, 공간확보가 어려운 지점에서는 중요측정 항목만을 선별하여 측정장비를 최소화할 필요가 있다. 장기적으로는 국내의 사업체와 R&D 사업을 전개하여 측정장비의 소형화를 유도한다면 많은 지점에 측정망을 배치할 수 있다.

<그림 4-16>은 PM10과 NO₂만을 모니터링하는 영국의 도로변 측정소로, 측정항목의 조정을 통해 측정장비를 소형화한 사례를 보여준다.



<그림 4-16> 영국 도로변 대기오염측정소 설치 현황(PM10, NO₂만 측정)

2) 교통-대기측정망을 연계하는 환경-교통 통합 모델 및 체제 구축

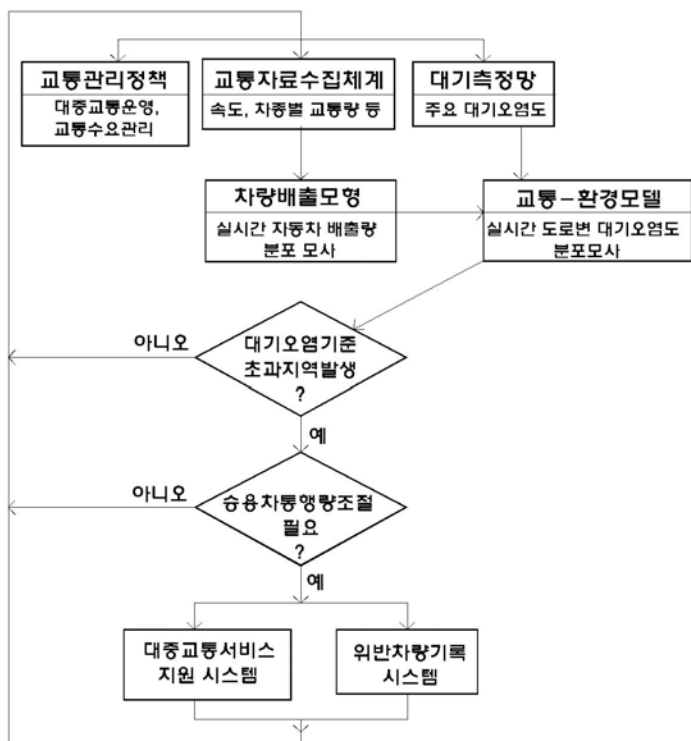
현재 측정되고 있는 교통량 및 대기질 자료의 상관성을 분석한 결과, 현재의 자료수집 체계로는 교통정책을 실시간으로 평가하고 이를 활용하여 세밀한 교통 관리 정책을 실현하는 데는 한계가 있을 것으로 판단된다. 따라서, 중장기적으로는 교통-대기 통합관리 체계를 실현할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 이를 위해서는 단순한 자료의 수집체계 뿐만 아니라 교통상황과 대기질이라는 두 변수를 연계시킬 수 있는 시스템 즉, 교통-대기 시뮬레이션 모델을 도입하여 대기질 수준에 따라 적절한 교통관리가 즉각적으로 실시될 수 있는 체계를 구성할 필요가 있다.

교통 모니터링의 경우 교통량·속도 등의 기본적 교통특성 변수 이외에도 대기질에 크게 영향을 미치는 것으로 알려진 차종 및 사용연료에 대한 정보도 모니터링이 되어야 보다 구체적인 차량운행에 따른 오염물질 배출의 영향을 판단할 수 있을 것이다. 특히, 현재 수도권 전역에 걸쳐 추진하고자 하는 노후경유 차량 운행제한 정책이나 유류를 중심으로 점차 확산되고 있는 오염물질 배출량에 따른 혼잡통행료 부과 정책의 효과를 측정하기 위해서는, 단순한 교통량 수집 차원을 넘어서 도로상에서 운행중인 차량의 차종 및 사용연료에 대한 자료수집도 필요할 것이다.

교통-대기 통합관리 체계의 구축은 교통관리 전략의 시행을 위한 주요 수단으로 사용될 수 있는데, <그림 4-17>은 특정 혼잡지역에 실시 가능한 실시간 교통관리전략의 한 예를 제시하고 있다. 이 흐름도는 특정혼잡지역에 교통혼잡이 심화되고 동시에 대기오염도가 악화될 것으로 예상될 경우 해당지역에 진입하는 교통량 수준을 통제하고 이를 보완하기 위해 대중교통 공급을 늘리는 전략을 표현하고 있다. 이는 결국 추구하고 있는 교통관리전략이 단순한 교통량 조절 차원이 아니라 대기질 개선을 위한 종합적인 교통관리전략임을 의미하며, 이를 위해서는 교통-대기통합관리 체계의 구축이 절대적으로 필요함을 지적하고 있다.

제시한 교통-대기 통합관리 체계의 구성요소를 개략적으로 설명하면 다음과 같다.

- **교통관리정책** : 승용차 이용억제를 위한 교통수요관리 정책 수단의 마련을 의미하며, 대응수준별 교통통제 및 대중교통 공급 확대 시나리오를 포함해야 한다.
- **교통자료 수집체계** : 교통량과 통행속도 자료를 기본으로 하고, 차종구분이 동시에 이루어질 수 있는 시스템 구축이 필요하다.
- **대기측정망** : 실시간 대기오염도를 측정할 수 있는 시스템을 말한다.
- **차량 배출모형** : 차량의 운행 특성에 따른 대기오염물질 배출량 산정 모형으로 향후 우리 실정(도로조건 및 차량운행 특성 등)에 맞는 모형의 개발이 필요하다.
- **교통-환경모델** : 차량 배출모형에 기초를 두고 실시간 도로변 대기오염도 분포를 정확하게 모사할 수 있는 대기확산 모형이 주를 이룬다.
- **대중교통 서비스 지원 시스템** : 승용차 통행량 조절 정책 시행에 따른 시민의 불편을 최소화하기 위해 대중교통 서비스의 공급확대를 도모하기 위한 시스템으로, 서울시 TOPIS의 시스템 활용이 가능하다.
- **위반차량 기록 시스템** : 통행량 조절 대상이 되는 차량에 대한 이행여부를 확인하는 시스템으로 ANPR(Automatic number plate recognition)과 같은 차량번호판 기록장치의 설치가 필요하다.



<그림 4-17> 통합 교통-대기 관리 체계를 이용한 교통-대기 관리 흐름도

제5장 결 론

제5장 결 론

대도시 대기환경에 영향을 미치는 주요 요인이 자동차라는 것은 계속적으로 지적되고 있는 사항이며, 서울의 경우에도 자동차가 대기질 악화의 주요원인으로 분석되고 있다. 이와 관련하여, 서울시에서도 다양한 자동차 관련 대기환경개선정책들을 시행하고 있으나 뚜렷한 개선효과를 보지 못하고 있는 실정이다.

교통관련 대기정책들의 효과는 장기적으로 대기오염 농도 뿐 아니라 교통관련 인자들의 모니터링 및 이의 체계적인 분석을 통해서만 평가할 수 있다. 현재, 서울시에서는 대기오염도 및 교통흐름을 모니터링하기 위한 체계가 각기 개별적인 목적을 가지고 구축되어 활용되고 있으나, 두 모니터링 시스템을 연계한 활용은 이루어지지 않고 있는 상황이다.

따라서 이 연구에서는 서울시에서 각기 개별적으로 구축되어 수집되고 있는 대기 및 교통 모니터링자료들의 현황을 파악하고, 두 데이터 수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지를 대기오염물질과 교통량과의 상관 분석을 통해 검토하였다. 또한 국내외에서 교통-대기질 데이터를 연계하여 활용한 사례를 수집하여 시사점을 도출하고, 교통-대기질 데이터를 효과적으로 연계하여 활용하기 위한 교통-대기 모니터링 데이터의 연계방안을 제시하였다.

이 연구에서의 주요 연구결과 및 정책건의는 다음과 같다.

1. 주요 연구 결과

1) 서울시 교통 및 대기질 모니터링 체계 현황

- 서울시에서 시행중인 교통 모니터링은 기관별로 독립적으로 구축되어 있고, 모두 독자적으로 자료수집, 자료합성 정보제공 등의 기능을 수행함.

- 이 중 서울시내의 주요도로와 주요간선도로의 교통량, 속도, 점유율, 통행 시간 등의 데이터를 상시적으로 수집하는 서울 지방경찰청의 교통 모니터링 체계가 기존의 대기측정망 지점과 연계하기에 가장 효율적인 것으로 판단됨.
- 서울시에서 운영 중인 대기 모니터링 체계 중 상시적으로 기준성 대기오염물질을 모니터링하는 측정망은 도시대기측정망 27개소, 도로변측정망 7개소로, 도시 지역의 평균 대기질 및 자동차 통행이 많은 도로변의 대기질을 감시하는 것이 주목적임.

2) 교통-대기질 데이터 상관분석

(1) 분석방법

- 기존 교통-대기질 모니터링 시스템의 연계 가능성을 타진하기 위해, 34개 대기측정소와 118개 교통조사지점 간의 이격거리를 계산하였으며, 이 중 대기측정소를 기준으로 반경 1km 내에 교통측정소가 있는 측정소만을 선별함.
- 교통과 대기오염도와의 상관관계 분석을 위해 대기오염물질 중 이동오염원과 연관성이 있는 것으로 조사되고 있는 CO, NO, NO₂, PM10을 선정함. 선정된 대기-교통 지점들에 대한 2005년~2007년의 시간별 자료를 사용하여 대기오염물질과 교통량의 상관관계 및 시간대별 평균 변화 경향을 분석함.
- 또한, 교통정체 시 검지기로 측정되는 교통량은 적은 반면, 일부 오염물질 배출은 저속 및 정지 가동 시 증가함을 고려하여 차량속도가 20km/h 이하일 경우의 자료들을 제외한 상관관계 분석도 실시함.
- 24시간 모든 시간별 자료를 이용하거나, 기상 및 기타 오염원의 영향이 적은 오전 6시~9시 사이의 자료만을 이용하여 분석함.

- 별도로, 가장 상관성이 높게 나타난 지점에 대해, 강우에 의한 제거로 외부로부터 유입된 오염물질의 영향이 적을 것으로 판단되는 비온 다음날의 자료만을 추출하여 위와 동일한 상관분석을 실시함.

(2) 분석결과

- 기존의 교통과 대기 모니터링체계가 교통흐름과 대기질 상태를 관측할 개별적 목적으로 각각 구축되어 있어서, 각 모니터망의 측정지점이 동일 장소에서 운영되고 있는 사례는 없었으며, 두 측정지점사이의 이격거리가 340m 정도가 가장 근접한 경우임. 따라서, 기존 두 모니터링의 자료 연계분석은 측정지점의 불일치 때문에 발생할 수 있는 한계성을 내포하고 있음.
- 기존의 두 측정체계에서 수집된 자료를 분석한 결과, 소수의 지점 사이에서 NO와 NO₂가 교통량과 어느 정도 양의 상관성을 보인 반면, CO와 PM10의 경우 교통량과의 상관성을 관찰하기가 어려움.
- NO_x, CO, PM10이 차량배출과 관련이 있는 것으로 알려져 있음에도 불구하고 NO_x에서만 소수지점이지만 상관성을 관찰할 수 있었던 이유는, 교통과 대기측정 지점사이의 공간에 NO_x의 주요 발생원이 관측시간대 주변지역의 자동차운행인 반면, CO와 PM10의 경우 자동차외의 다양한 또는 주요한 다른 발생원이 두 측정지점 사이의 공간에 존재하여 나타나는 현상으로 추론됨.
- CO의 경우 NO_x와 PM10보다 물에 잘 녹지 않아 강우에 의한 제거가 적으며 대기 중의 다른 오염물질과의 반응도 미비하여 대기 중에 오랜 기간 머물 수 있으므로 공간적으로도 바람에 의한 장거리 이동이 가능함. 그러므로 관측시점 이전에 발생되어 제거되지 않고 남아있던 CO가 이동되어 관측농도에 크게 영향을 미친 것으로 판단됨.
- PM10의 경우 관측된 PM10의 농도에 영향을 미치는 주요배출원이 자동

차운행에 따른 연료연소 배출 뿐만 아니라 도로나 건설현장의 비산먼지일 수도 있음(자동차 운행에 의한 PM10 배출 비중은 비산먼지가 포함되었을 경우 20% 이하가 될 수도 있음). 서울시 도시대기 측정지점에서 관측되는 PM10의 약 30~60% 정도가 PM2.5로 추정됨. 대부분이 PM2.5의 형태로 배출되는 자동차 연료연소가 전체 PM2.5에 기여하는 정도는 여러 모델기법을 적용하여 연구되고 있으나 아직까지는 서울시 상황에 대한 일반적인 결론을 내리기 어려운 실정임.

- NO₂ 기준성 대기오염물질의 경우, 4곳의 대기-교통 지점(서소문동(도시대기)-칠패길(교통), 동대문(도로변대기)-장충체육관(교통), 동대문(도로변대기)-장충단길(교통), 동대문(도로변대기)-성동여상(교통))에서 오전 6시~9시 사이의 NO₂오염도와 교통량의 변화경향을 조사하여 교통량변화에 따른 NO₂ 증감을 관찰하고 정책효과 및 개발에 간접적인 참고자료로는 활용할 수 있음. 그러나 PM10과 CO에 대해서는 기존의 대기-교통 모니터링체계로는 교통과의 관련성을 관찰하기는 어려울 것으로 생각됨.
- 또한, 기존의 교통측정지점에서는 차종별·연료별 교통자료가 세분화되어 조사되는 것은 아니므로 연료전환, 저공해사업 등 차종별·연료별로 시행되는 자동차 저공해 사업 시행에 따른 대기오염물질 저감효과 등의 세부적인 관찰에는 상당한 한계가 있음.
- 교통량과 대기오염물질 간의 상관분석을 통해 기존의 교통량과 대기오염수집체계를 연계하여 활용할 수 있는지 검토한 결과를 종합하면, 두 데이터 체계가 당초 다른 목적을 가지고 설치되어 있어서 자동차관련 대기개선 정책의 실행 효과를 기존의 대기-교통 측정소 자료만을 이용하여 관찰하고 효과적으로 활용하기에는 어려울 것으로 판단됨. 따라서 교통-대기질의 관계를 보다 효과적으로 관찰하기 위해서는 대기-교통 자료 연계를 목적으로 하는 계획적인 대기-교통 모니터링 체계를 구축할 필요가 있음.

3) 교통-대기질 데이터 연계 활용 해외사례

- 영국 런던시는 LEZ 정책의 도입(2008년 2월)에 앞서 2006년 기존의 도로변 대기모니터링 지점 중 혼잡한 도로와의 근접성 및 LEZ의 도입에 따른 주요 대기오염물질의 예측농도변화정도를 고려하여 대기오염도와 교통흐름까지 함께 모니터링할 수 있는 7개 지점(기존 도로변 대기측정소 6개 지점 + 신설 1개 지점)을 선정하여 모니터링망을 강화함. 7개 지점에 대해 모니터링한 대기 및 교통자료는 LEZ의 시행에 따른 교통과 지역 대기질과의 관계를 보다 효과적으로 규명하는데에 중요한 기초자료로 사용될 예정임.
- 스웨덴 스톡홀름시는 일반 도시대기측정지점 외에 교통(교통량, 속도, 차종)과 대기를 함께 모니터링하고 데이터를 수집하는 2곳의 Street-monitoring 지점을 운영하고 있음. 2006년 8월 혼잡통행료 징수를 도입하기 전 7개월간의 시범사업을 거치고, 위의 Street-monitoring 지점의 교통, 대기 모니터링 자료를 분석하여 시범기간에 대해 환경적 영향평가를 실시함. 또한, 대기-교통 측정자료들은 도시협곡 모델의 정확성을 검증하기 위해 사용됨.
- HEAVEN(Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emission and Noise)은 EU(European Union)가 2000년~2002년에 실시한 프로젝트로, 로마, 파리, 베를린, 로테르담, 프라하, 레스터시가 시범도시로 참여함. 도시교통으로부터 야기되는 환경적 피해를 최소화하기 위한 해결책을 찾는 것에 목적을 두고, 교통모니터링 자료를 바탕으로 대기과 소음공해를 모형화하여 환경적 피해를 줄일 수 있는 실시간 교통수요관리 시스템을 만들고자 함.

2. 정책건의

1) 교통 및 대기 데이터의 효과적 연계 활용을 위한 단기적 방안

(1) 이동측정차량 도입을 통한 대기-교통 데이터 수집

- 서울시 보건환경연구원에서는 대기질 관측이나 대기오염 긴급상황 발생 시 신속한 대처를 위해 6대(2대는 교통량 측정까지 가능)의 이동측정차량을 운영하고 있음. 그러나, 교통정책이 미치는 영향은 서울시 전역에 걸쳐 광범위하게 나타날 수 밖에 없으므로 현재 운영되고 있는 이동측정차량의 도입 확대가 필요함.
- 특히, 교통정보(차종별, 연료별, 교통량, 속도 등)까지 모니터링할 수 있는 장비를 이동차량에 추가 장착하여 해당 교통정책이 대기질개선에 직접적으로 미치는 영향을 파악할 필요가 있음.

(2) 지구온난화현상을 고려한 온실가스 측정 추가

- 기존의 일반 대기 측정망체계에서는 전 세계적 이슈로 관심이 집중되고 있는 온실가스에 대한 측정이 실시되지 않으므로, CO₂를 포함한 주요 온실가스의 측정을 실시하여 서울시의 대기 중 온실가스 농도의 상황을 파악하는 것이 바람직함.

2) 교통 및 대기 데이터의 효과적 연계 활용을 위한 중·장기적 방안

(1) 교통-대기 모니터링 측정소 설립

- 런던이나 스톡홀름의 사례에서처럼 교통과 대기질을 함께 모니터링 할 수 있는 도로변 측정소 도입 : 서울시에 위치한 기존의 도로변 대기측정소는 자동 교통량의 모니터링이 어려운 교차지점에 있어 교통량 등 교통관련 정보들이 수집되지 않고 있음. 따라서 교통정보를 함께 모니터링할 수 있

는 가로변으로 기존의 도로변 측정소를 이전하거나 가로변 측정소를 신설할 필요가 있음.

○ 측정소 설치 장소 선정 및 장비설치 공간확보를 위한 고려사항은 아래와 같음.

① 도로변 대기측정소 설치기준 강화 : 자동차배출 변화에 따른 대기질 변화와 자동차 배출성분의 위해성을 보다 효과적으로 관찰하기 위해서는 교통흐름정보가 필수적이므로 도로변 측정소의 가로변 설치가 우선적으로 진행되어야함. 이에 따라, 교통량, 차종, 연료, 속도 등의 교통정보 측정이 필수항목으로 선정되도록 측정망 설치 기준의 수정이 필요함.

② 측정소 선정 : 관측 목적에 따라 측정소 설치 지점 선정

- 저배출지역이나 혼잡통행료 등의 교통수요관리정책 도입에 따른 효과 분석 : 정책이 적용되는 지역의 기존 교통측정지점 중 정책시행에 따른 영향 예측(런던 LEZ 도입사례 참고)과 통행량을 고려하여 우선순위를 정하고 대기측정장비의 설치가 필요함.

- 저공해사업에 따른 효과분석 : 기존 교통측정지점 중 저공해 사업 대상 차종의 통행량을 고려하여 우선순위를 정하고 대기측정장비를 설치함. 예를 들면, 대형트럭이나 경유버스의 저공해사업 효과를 관찰하고자 할 경우 기존 교통측정지점 중 위 차종의 통행이 많은 장소를 우선적으로 고려하도록 함.

③ 측정소 설치관련 공간확보 문제 : 공간확보가 어려운 지점에서는 측정항목 중 중요항목만을 선별하여 측정장비를 최소화할 필요가 있음. 장기적으로는 국내의 사업체와 R&D 사업을 전개하여 측정장비의 소형화를 유도한다면 많은 지점에 측정망을 배치할 수 있음.

(2) 교통-대기측정망을 연계하는 환경-교통 통합 모델 및 체제 구축

- 현재 측정되고 있는 교통량 및 대기질 자료의 상관성 분석결과, 현재의 자료수집 체계로는 교통정책을 실시간으로 평가하고 이를 활용하여 세밀한 교통관리 정책을 실현하는 데는 한계가 존재할 것으로 판단됨. 따라서, 중장기적으로는 교통-대기 통합관리 체계를 실현할 수 있는 방안을 마련해야 함. 이를 위해서는 단순한 자료의 수집체계 뿐만 아니라 교통상황과 대기질이라는 두 변수를 연계시킬 수 있는 시스템 즉, 교통-대기 시뮬레이션 모델을 도입하여 대기질 수준에 따라 적절한 교통관리가 즉각적으로 실시될 수 있는 체계를 구성할 필요가 있음.

참 고 문 헌

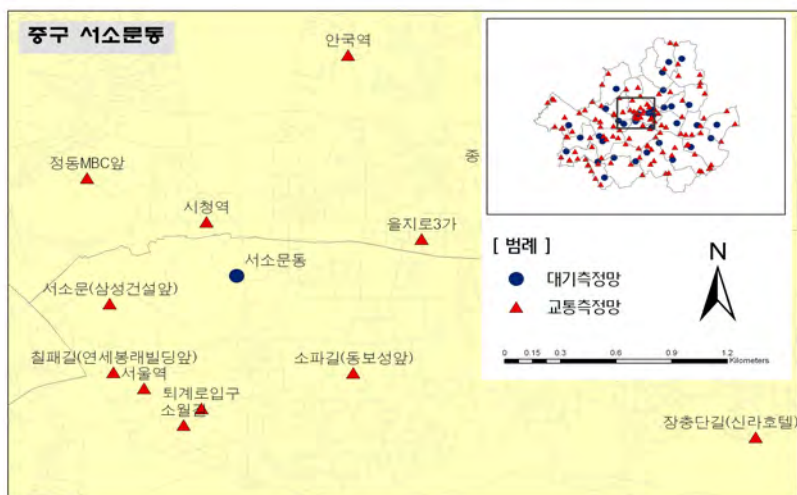
참고문헌

- 교통개발연구원, 「교통부문의 환경문제와 대응방안」, 1998.
- 대기환경연구회, 「대기환경개론」, 2003.
- 서울특별시, 「서울시 미세먼지 특성분석」, 2007.
- 서울특별시, 「수도권 대기환경 개선 기본계획 추진을 위한 서울특별시 시행계획」, 2006.
- 서울특별시, 「2006 환경백서 서울의 환경」, 2007.
- 서울시정개발연구원, 「교통데이터 구축 및 관리 활용방안 연구」, 2006.
- 이승복, 배귀남, 박수미, 정상근, “봄철 서울 도로변의 검댕 오염 특성”, 「한국대기환경학회지」, 2007, 23, 466-477.
- 태드 고디쉬(한화진 외 3인 옮김), 「대기환경론」, 2005.
- 환경관리공단, 「측정망 설치·운영실태 평가 및 기본계획 조정을 위한 연구 용역」, 2004.
- 환경부, 「대기오염측정망 기본계획(2006~2010)」, 2005.
- 환경부, 「대기오염측정망 설치·운영지침」, 2006.
- 환경부, 「비산먼지의 효율적 저감방안 마련을 위한 워크숍」, 인하대학교, 2007.
- AEAT, *A guide for local authorities, purchasing air quality monitoring equipment*, 2006.
- Air Quality Consultants Ltd, *Review of air quality monitoring in London*, 2003.

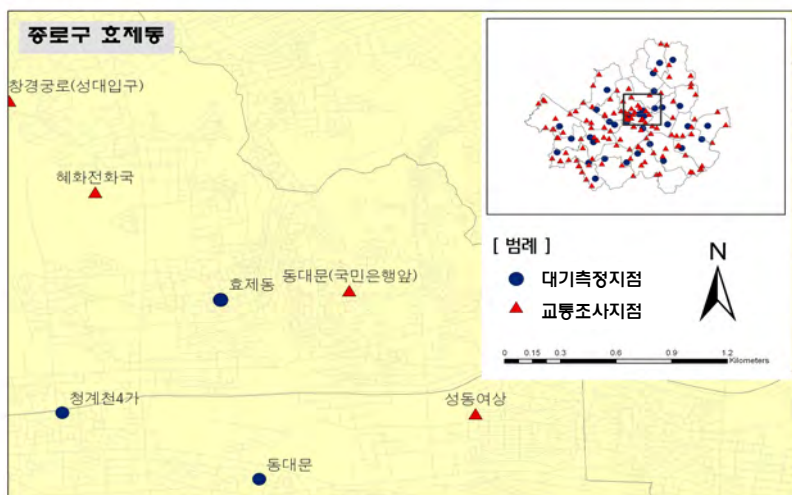
- Cao et al., *Chracterizatiom of roadside fine particukate carbon and its eight fractions in Hong Kong*. Aerosol and Air Quality Research 2006, 6, 106-122.
- Choi, Y. -J., Ehrman, S. H., Calabrese, R. V., Stehr, J. W., Dickerson, R. R. *A combined approach for the evaluation of a VOC emissions inventory*. Journal of Air & Waste Management Association 2006, 56,169-178.
- Costabile, F., Allegrini, I. *A new approach to link transport emissions and air quality :An intelligent transport system based on the control of traffic air pollution*, Environmental Modelling & Software 2008, 23, 258-267.
- DEFRA, *Part IV of the environment act 1998*, LAQM. TG(03),, 2006.
- Gidhagen L., Johansson C., Langner J., Olivares G. *Simulation of NOx and ultrafine particles in a street canyon in Stockholm, Sweden*, Atmospheric Environment 2004, 38, 2029-2044.
- R. B. Stull, *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*, 1998.
- SLB-analys, *The stockholm trial(Effects on air quality and health)*, 2006.
- Transport for London(TfL), *LEZ impacts monitoring baseline report*, 2008.
- <http://air-climate.eionet.europa.eu>
- <http://www.airparif.asso.fr/>
- <http://heaven.rec.org>
- <http://www.slb.mf.stockholm.se/e/>

부 록

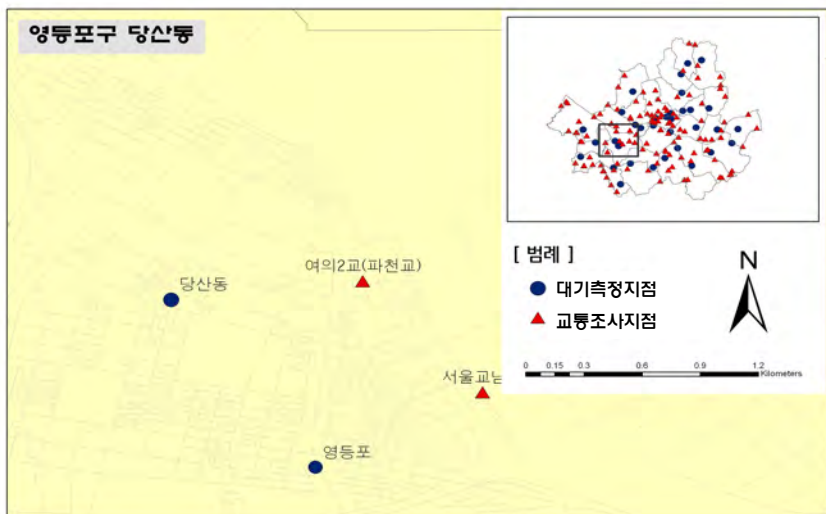
부 록 교통-대기 측정 지점 위치



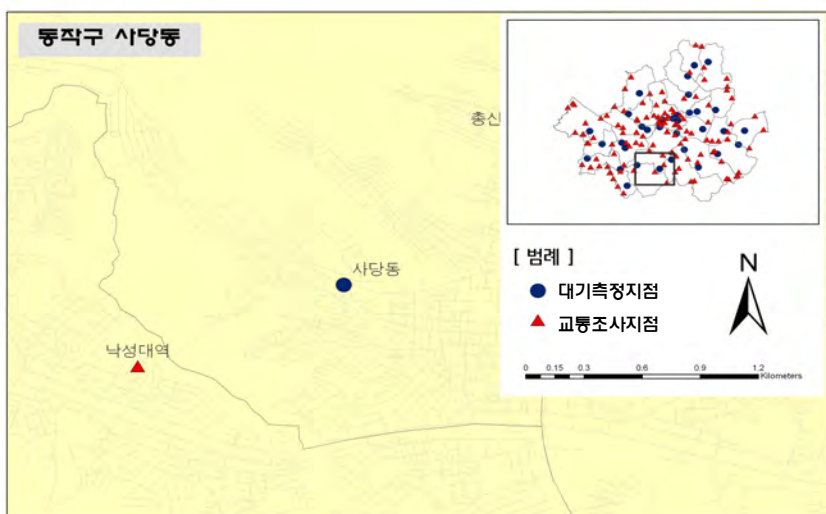
<그림 1> 서소문동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



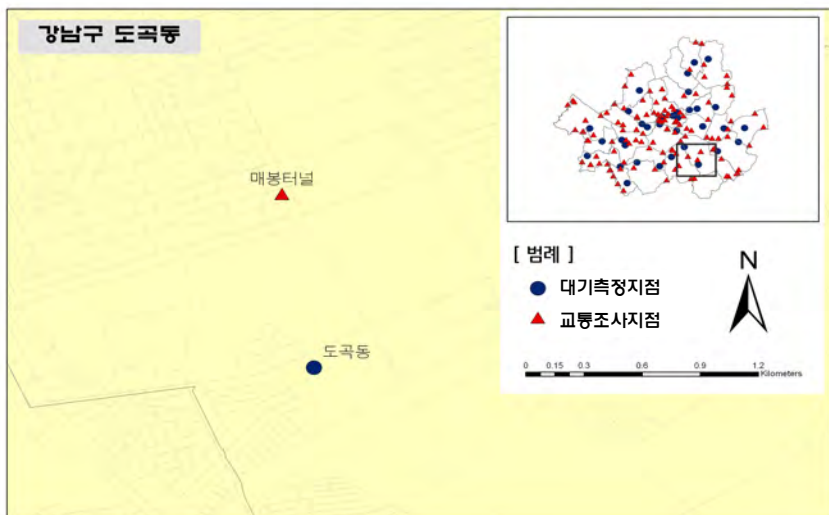
<그림 2> 효제동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



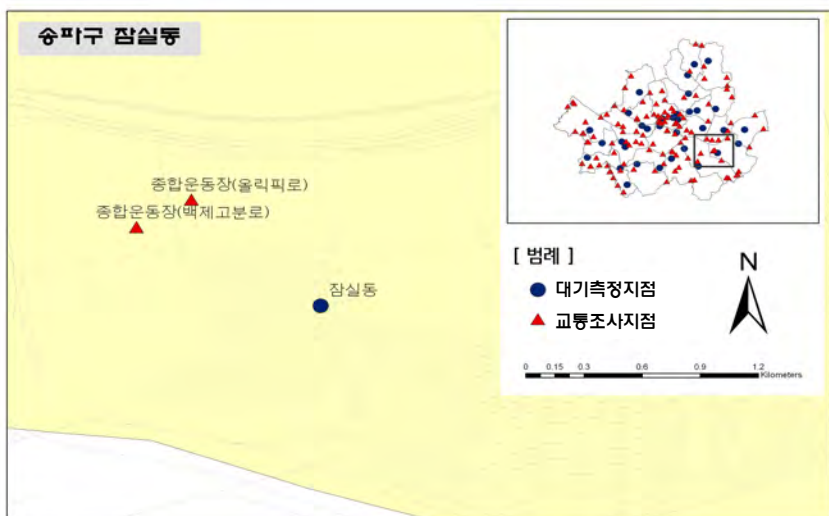
<그림 3> 당산동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



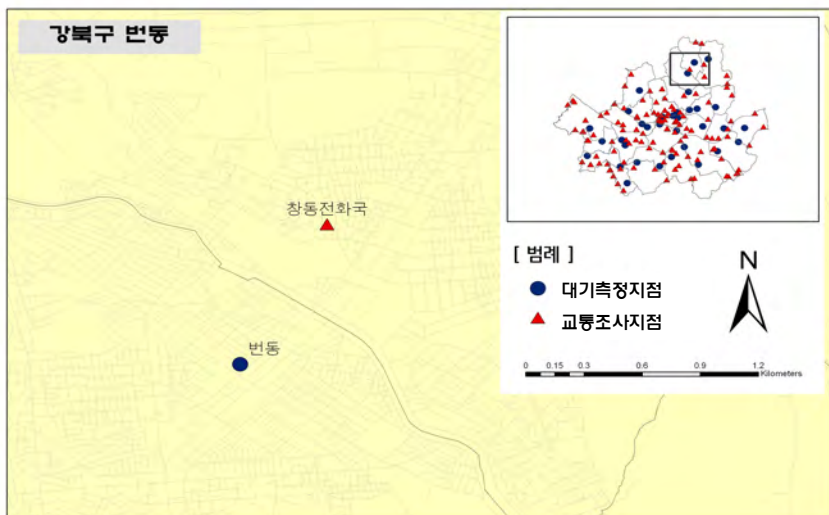
<그림 4> 사당동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



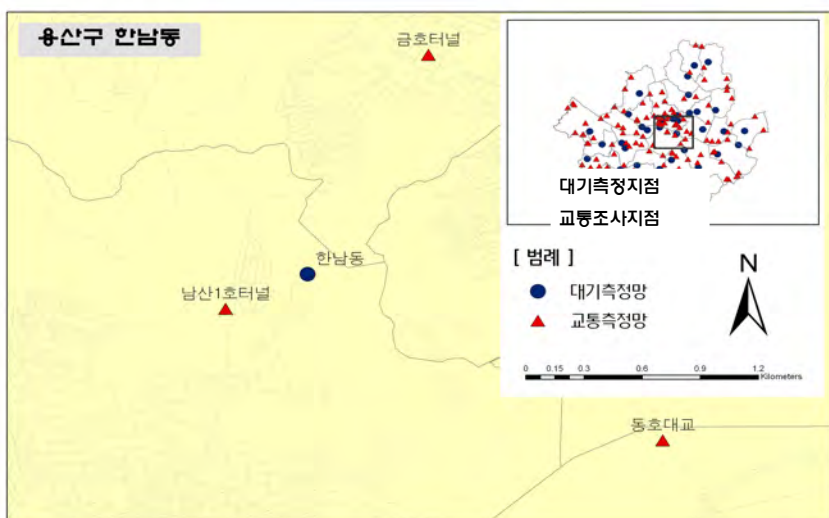
<그림 5> 도곡동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



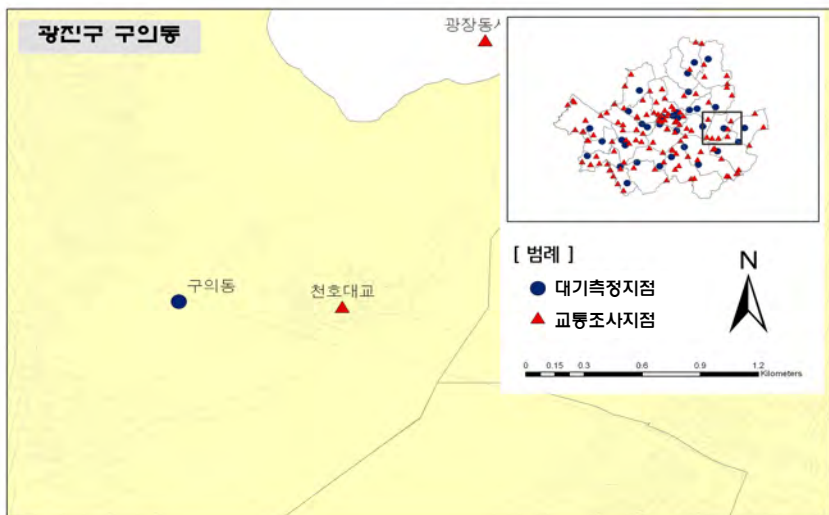
<그림 6> 잠실동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



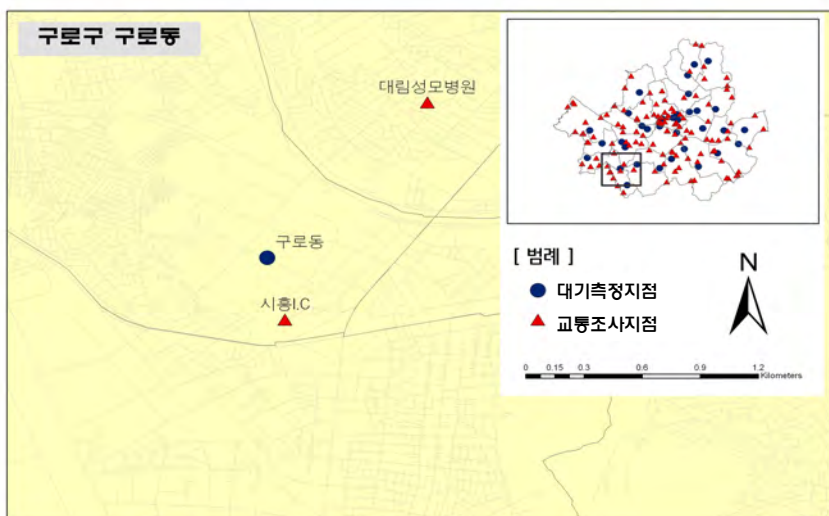
<그림 7> 번동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



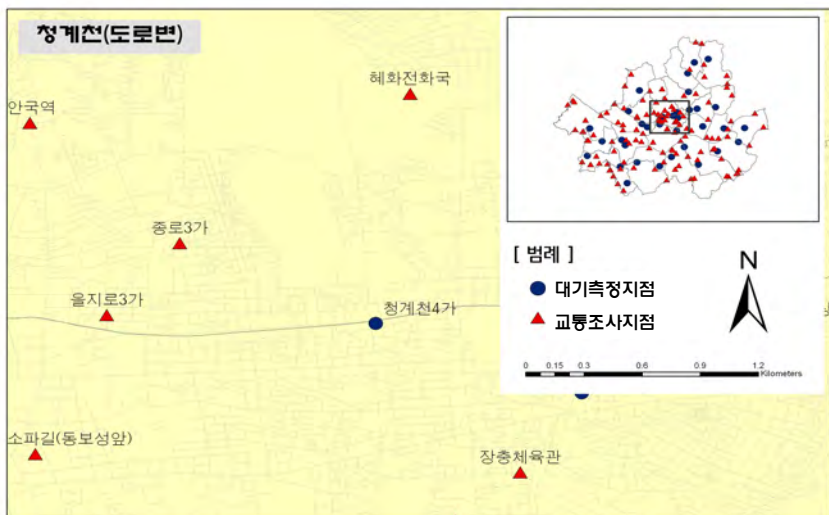
<그림 8> 한남동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



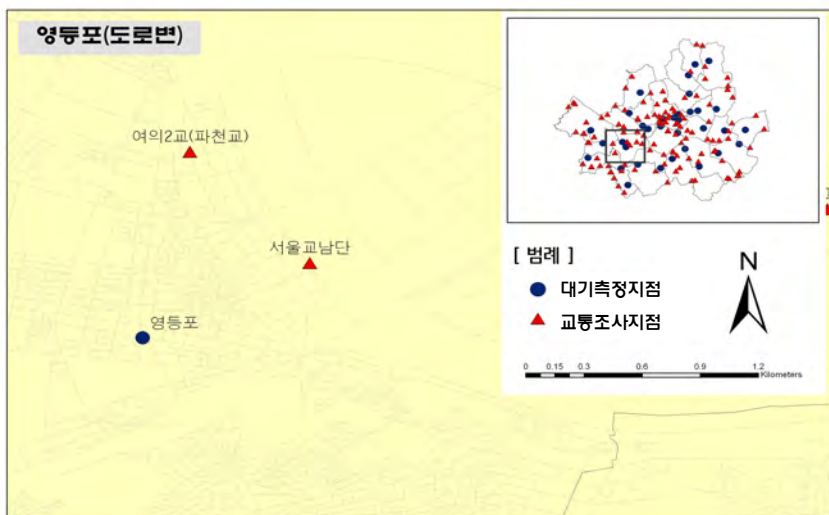
<그림 9> 구의동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



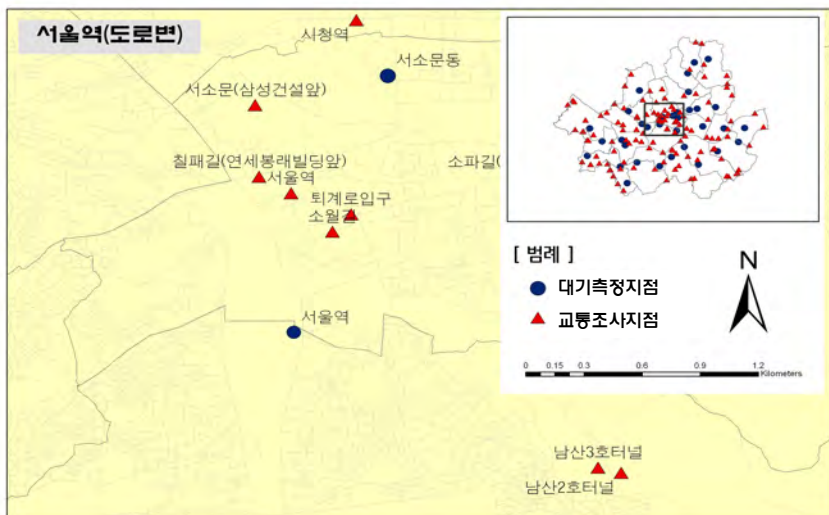
<그림 10> 구로동 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



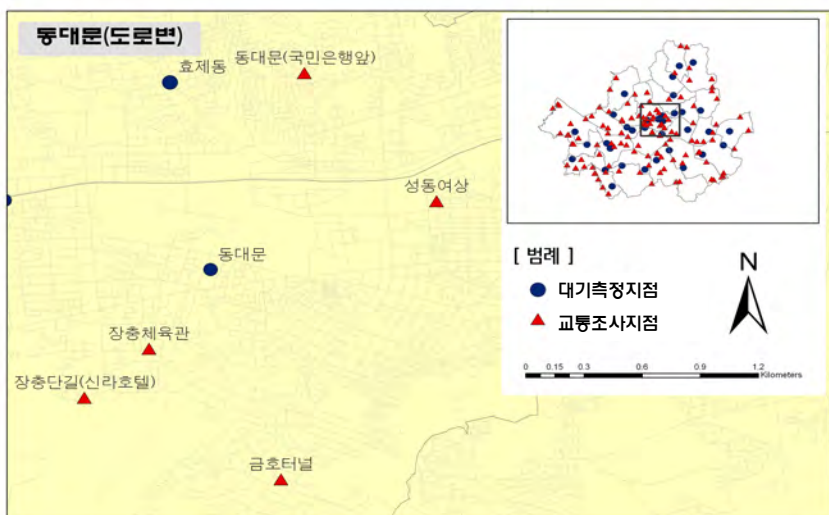
<그림 11> 청계천 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



<그림 12> 영등포 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



<그림 13> 서울역 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점



<그림 14> 동대문 대기측정소와 반경 1km내의 교통조사지점

영문요약(Abstract)

A Study on Approaches to Effectively Link Traffic and Air Pollution Monitoring Data

Yu-Jin Choi · Joon Ho Ko · Se Hee Lee · Sang Hee Shin

Road vehicles have long been identified as major contributors to the urban air pollution; this can be applied to Seoul. As a consequence, Seoul Metropolitan Government has introduced various schemes to reduce traffic-related air pollution, not giving noticeable improvement of air quality.

It is by no means simple and easy to evaluate the effectiveness of traffic-related policies aimed at air quality improvement due to complex and nonlinear nature of air pollutants. It can be done only from systematic analyses of traffic and air pollution monitoring data and information. Currently, both traffic and air pollution monitoring networks have been operated in Seoul with their own purposes. In this study, the existing traffic and air pollution monitoring networks were investigated if the both the monitoring systems could be linked in order to understand the relations between transport emissions and air pollutant concentrations in depth and to evaluate the effectiveness of traffic-related policies. Furthermore, effective and efficient approaches to linking traffic and air monitoring data have been sought. Main results and suggestions from this study are as follows.

1. Correlation analysis of traffic and air pollution data from existing traffic and air pollution monitoring networks

Initially, the traffic monitoring network was set up to check traffic flow, while air pollution monitoring network was set up to investigate air quality over the space people reside in. Hence, the monitoring sites of the both

systems are not co-located. The shortest distance between current traffic and air pollution monitoring sites is around 340m, implying a fundamental limitation in simply linking the existing traffic and air pollution monitoring network systems. With this limitation in mind, various correlation analyses between the hour-by-hour concentrations of PM10, CO and NOx (NO & NO₂) and traffic volumes, collected at the existing air and traffic monitoring sites for recent three years, have been carried out. The finding is that only NOx at a few sites show statistically meaningful correlations with traffic volume during the morning hours of 6 am to 9 am. Hence, we conclude that simple correlation analyses using data from current traffic and air pollution monitoring systems may not provide a direct answer to whether a potential traffic-related policy is effective in mitigating air pollution levels.

2. Approaches to linking traffic and air pollution monitoring data

Foreign cases to link traffic and air pollution monitoring data have been reviewed, revealing that in most cases long-term co-located traffic and air pollution monitoring sites have been operated to investigate the relation between traffic and air pollution. From the careful review of the cases, following suggestions are made.

1) Short-term approaches

Mobile monitoring stations, equipped with devices of both air pollution and traffic monitoring, should be prepared and deployed wherever and whenever needed. The traffic monitoring items must include not only traffic speed and volume but also the vehicles' body and fuel types. Traffic information collected by vehicle type and fuel type can be used for in-depth evaluations of traffic-related measures applied to specific vehicle type or fuel type. In addition, the greenhouse gases need to be monitored, considering the increasing interest in global warming.

2) Mid- and long-term approaches

Firstly, the long-term co-located traffic and air pollution monitoring should be introduced to identify the relation of vehicle emissions and air pollution in more details. The location and items to be monitored should be carefully investigated in advance. The monitoring location may be selected using various modeling tools so that the estimation of the possible impacts of traffic-related policies on the air quality over the area of interest can be performed.

Secondly, traffic management systems with air quality monitoring feedback should be developed in the future. To make it happen, a flexible framework allowing communications between transport emissions and traffic conditions needs to be developed by introducing a system providing high time/space resolution measurements of both air pollutant concentrations and traffic conditions on a real-time basis.

Table of Contents

Summary and Policy Recommendations

Chapter 1 Introduction

1. Background and Objectives
2. Scope of Study
3. Process of Study

Chapter 2 Current Status of Traffic and Air Pollution Monitoring Systems

1. Current Status of Traffic Monitoring System in Seoul
2. Current Status of Air Pollution Monitoring System in Seoul
3. Linking Traffic and Air Pollution Monitoring Data

Chapter 3 Correlation Analyses of Traffic and Air Pollution Monitoring Data

1. Selection of Monitoring Sites for Further Analyses
2. Analysis Method
3. Analysis Result
4. Concluding Remarks

Chapter 4 Approaches to Link Traffic and Air Pollution Monitoring Data

1. Foreign Cases to Link Traffic and Air Pollution Monitoring Data
2. Approaches to Effectively Link Traffic and Air Pollution Monitoring Data

Chapter 5 Conclusions

1. Summary
2. Policy Recommendations

References

Appendix

시정연 2008-PR-27

**교통-대기질 연계데이터 구축 및
관리 활용방안 연구**

발 행 인 정 문 건

발 행 일 2008년 9월 30일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울시 서초구 서초동 391번지

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1025

값 5,000원 ISBN 978-89-8052-617-8 93320

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.