

도시가로의 형태요소와 대기질과의 관계 연구*

주정현¹⁾ · 오규식¹⁾ · 정연우²⁾

¹⁾ 한양대학교 도시공학과 · ²⁾ 한국토지공사 국토도시연구원

Analyzing the Relationship between the Spatial Configuration of Urban Streets and Air Quality*

Chu, Junghyun¹⁾ · Oh, Kyushik¹⁾ and Jeong, Yeun-Woo²⁾

¹⁾ Department of Urban Planning, Hanyang University,

²⁾ Land and Urban Institute, Korea Land Corporation.

ABSTRACT

The traffic volume of Seoul is extremely high in comparison to other major cities in Korea, and the result has been harmful physical and mental exposure to pollution by Seoulites on a regular basis. The street air pollution is more important than the others, because the air pollution generated by street traffic directly impacts the health of nearby pedestrians. This problem requires urgent attention and resolution.

Among the factors creating the air pollution originating from the street, is the configuration of streets, which have emerged as the most significant because it is related to air and pollutant dispersion. Therefore, this study was conducted under the assumption that street form affects the air quality.

Study sites were classified by street characteristics, and air quality was analyzed in each class. Then the OSPM (Operational Street Pollution Model) was employed to simulate the relationship between street configuration and air quality of streets within the old city center and new city center in Seoul. After that this study analyzed the correlation between air pollution and the spatial configuration of urban streets (ex. street width, building height, building density, etc.) to determine their contributions to air pollution. The outcome of this study is as follows : First, the result that was derived from the

* 본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

Corresponding author : Oh, Kyushik, Department of Urban Planning, Hanyang University,
Tel : +82-2-2298-5410, E-mail : ksoh@hanyang.ac.kr

Received : 10 March, 2009. Accepted : 9 April, 2009.

correlation analysis between street configuration and air quality showed that the air pollution of the street is influenced by the average height of buildings, width of the roads as well as traffic volume. On the roadside, the concentration level of NO₂ is mainly affected by the average height of buildings and the deviation of building height along the street and CO is affected by street width. The outcome of this study can be used as a basis for more sound urban design policies, and the promotion of desirable street environments for pedestrians.

Key Words : *Teet configuration, Air quality, OSPM, Correlation analysis, ANOVA.*

I. 서 론

수도권은 국토의 12%에 불과한 면적에 인구나 자동차의 47%가 집중되어 있어 이미 환경 용량을 초과한 상황이며, 특히 국내 다른 대도시 지역에 비해 서울의 대기오염은 심각한 수준으로 이에 대한 특별한 관리가 요구되고 있다. 실제로, 미세먼지로 인한 수도권 지역의 조기 사망자수는 연간 1만여 명에 이르며, 이로 인한 사회적 비용은 연간 10조원으로 추산된다는 연구결과가 발표되기도 하였다(환경부, 2006).

서울시는 한국의 다른 대도시들에 비해 교통량이 많아 자동차로 인한 대기오염이 매우 심각한 실정이다. 특히 자동차에 의한 오염물질은 도시 도로변 및 인구 밀집지역에 집중적으로 배출되기 때문에 국민의 체감오염지수와 건강에 대한 피해가 다른 배출오염원보다 훨씬 크다는 특징이 있다. 2006년 9월 서울시가 시민의식 조사를 실시한 결과, 서울시민의 69.3%가 최우선으로 개선해야 할 환경문제로 대기문제를 뽑았다(주간한국, 2007.3.7). 서울 시민들은 서울의 대기환경이 심각하다고 인식하고 있으며, 우선적으로 시행되어야 할 대기정책으로써 50% 이상이 자동차 배출가스저감대책을 선택하였다(김운수, 2004).

자동차의 영향을 직접적으로 받는 가로의 대기오염은 보행자의 건강과 직결되기 때문에 우선적으로 고려되어야 할 문제이다. 도시의 가로는 불특정 다수의 사람들이 사용하는 공적인 공간으로 가로의 대기질은 도시민의 삶의 질을 결정하

는 중요한 요소라고 할 수 있다. 특히 가로의 대기질에 영향을 주는 요인들 중 가로의 형태는 대기오염물질의 확산과 관련 되어있기 때문에 중요하다. 따라서 가로폭, 건물높이, 건물의 높이편차, 밀집도 등의 가로형태요소를 고려한 대기질 개선을 위한 연구가 필요하다.

대기환경에 대한 관심이 증가됨에 따라 최근 도시형태와 대기질에 관한 다양한 연구가 이뤄지고 있다. 이들 연구는 크게 가로형태에 따른 바람 특성의 파악, 도시 또는 가로형태에 따른 대기질 평가, 도시형태와 에너지사용간의 관련성 분석 등으로 나눌 수 있다.

Kastner-Klein(2004)은 가로의 구조가 가로협곡 내 바람과 난류에 미치는 영향에 대해 살펴봄으로써 지역적인 대기 질에 관해 논의하였는데, 가로의 구조뿐만 아니라 건물 상층부의 형태도 가로협곡내 바람의 흐름에 영향을 줄을 밝혔다. 한편 Borrego et al.(2006)과 Tang(2007), 오규식 외(2005) 등은 도시 또는 가로형태에 따른 대기질 평가를 수행하였다. Borrego et al.(2006)은 도시계획과 토지이용을 고려하여 확산/선형/압축 형태의 가상의 도시를 고안하였는데, 연구결과 복합용도의 압축도시가 대기환경에 있어 가장 긍정적인 가로로 분석되었다. Tang(2007)의 연구에서는 서로 다른 토지이용과 도시구조를 가진 네 가지 도시형태에 대해 소음과 대기질을 평가한 결과, 가로의 협곡이 심한 곳에서 CO의 농도가 높게 나타났음이 밝혀졌다. 또한 오규식 외(2005)는 서울시를 대상으로 도시형태 구성요소와 대기

오염간의 상관관계를 통해 각 구성요소가 대기오염에 미치는 영향을 분석하였다. Steemers(2003)는 건물의 에너지 소비경향과 도시형태간의 관계를 평가하였는바, 도시밀도와 에너지 이용은 밀접한 관련을 가지므로 압축도시 또는 지속적으로 이용 가능한 환경의 이용범위 안에서 계획이 이뤄져야 함을 주장했다.

이상의 선행연구 검토를 통해 도시가로의 구조와 형태가 대기질에 영향을 미칠 것임을 예상할 수 있다. 하지만 선행연구들은 주로 거시적 관점에서 대기질과 도시를 바라보았으며, 미시적 관점에서 가로형태와 대기질과의 관련성에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 서울시를 대상으로 가로형태에 따른 대기질을 분석하여 가로형태를 구성하는 요소와 대기질과의 관계를 파악하고자 한다. 이 같은 연구결과는 대기질 유지에 바람직한 가로형태를 제안함으로써 미래 우리나라 도시의 질을 향상시키는데 기여할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

본 연구는 크게 1)도시가로의 유형화, 각 유형별 대기질 추정, 가로형태요소들과 대기질과의 관련성 분석 단계로 구분할 수 있다.

먼저 도시가로를 형성하는 물리적 요인들이 만들어내는 조합을 통해 도시가로를 유형화하고 각 유형별 대표가로를 선정하였다. 다음으로 공간자료, 기상자료, 교통자료를 바탕으로 대기확산모형을 이용하여 각 유형별 대기질을 분석하였다. 본 연구에서는 도시가로변에서 가장 많이 배출되고 있는 일산화탄소(CO)와 이산화질소(NO₂)를 분석대상으로 하였다. 대기확산모형은 OSPM (Operational Street Pollution Model)을 이용하였으며, 결과해석 및 도면화는 ESRI의 ArcGIS 9.2 프로그램을 이용하였다. 마지막으로 상관분석 및 분산분석을 통해 대기질과 가로형태요소와의 관련성을 분석하였다.

1. 도시가로의 유형화

가로공간 형성에 영향을 주는 구조적 영역을 2가지로 구분하면 건축영역과 이동공간인 도로로 나눌 수 있다. 먼저 건축영역에서 가로의 형태를 결정짓는 구성요소는 가로를 구성하는 건물들의 평균높이와 이웃하는 건물높이와의 높이편차, 건물사이 공간이 어느 정도 존재하는지를 보여주는 건물의 밀집정도이며, 도로영역에서는 가로폭이 가로형태를 결정짓는 구성요소가 된다. 이 네 가지의 구성요소들의 조합으로 각기 다른 가로의 형태를 이루게 된다. 예를 들어 그림 1의 두 가로는 가로폭이 30m로 동일하지만 가로를 구성하는 건물들의 평균높이와 밀집도, 높이편차의 차이로 인해 서로 다른 가로형태를 가진다.

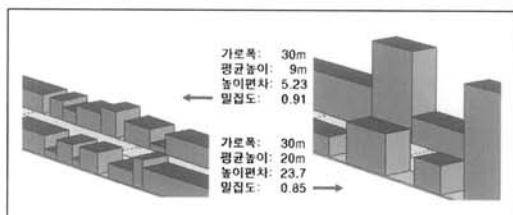


그림 1. 가로형태의 예.

1) 가로폭

도시계획시설의결정·구조및설치기준에 관한 규칙에서는 도로를 사용 및 형태, 규모, 기능에 따라 구분하고 있다. 본 연구에서는 가로형태와 대기질과의 관계를 다루기 때문에 도로를 규모에 의해 구분하였다. 도로를 규모에 의해 분류하면 광로, 대로, 중로, 소로로 구분할 수 있다. 이 중 소로는 주거단위 내부에 해당하는 도로가 많기 때문에 본 연구에서는 이를 제외한 광로, 대로, 중로의 세 가지 유형에 대해 살펴보고자 한다(표 1).

표 1. 유형화 기준(가로폭).

구분	노폭
광로	40m 이상
대로	25m 이상~40m 미만
중로	12m 이상~25m 미만

2) 가로변 건물의 평균높이

건물의 높이 또한 가로의 형태를 규정하는 중요요소 가운데 하나이다. 가로변에는 다양한 층수의 건물이 존재하기 때문에 특정건물의 높이를 통해 유형화하는 것은 의미가 없다. 이에 가로변 건물들의 평균높이를 저·중·고층으로 분류하였다. 건물의 높이를 저·중·고층으로 분류하기 위해서는 기준이 필요하나 현재 이와 관련된 특별한 기준은 없다. 이에 본 연구에서는 '서울시 아파트지구개발 기본계획수립에 관한 조례'를 기준으로 평균높이를 유형화하였다(표 2). 조례에 의하면 7층 이하는 저층, 8~12층은 중층, 13층 이상은 고층으로 분류하고 있다.

표 2. 유형화 기준(가로변 건물의 평균높이).

구 분	높 이
저층(7층 이하)	21m 이하
중층(8층~12층)	21m초과~36m 이하
고층(13층 이상)	36m 초과

3) 가로변 건물의 높이편차

가로의 평균높이가 같을지라도 높이편차에 따라 가로는 비슷한 높이의 건물들이 늘어선 형태가 될 수도 있고, 들쭉날쭉한 건물들이 늘어선 형태가 될 수도 있다. 따라서 이러한 점을 고려하기 위해 높이의 표준편차를 이용하여 가로를 유형화한다. 사례연구 대상지내 가로변 건물들의 높이편차를 분석한 결과 그 값이 0~30의 범위내로 나타났으며, 이에 본 연구에서는 편차값을 10 이하, 10~20 이하, 20초과의 3단계로 유형화 하였다¹⁾.

1) 높이편차가 10이하 함은 한 가로변에 위치한 건물들의 높이값에 대한 표준편차가 10이라는 의미로서, 예를 들어, 10개의 건물이 한 가로변에 들어서 있고, 이중 최고높이 건물이 10층(30m), 최저높이의 건물이 1층(3m), 평균 층수가 5층(15m)인 경우를 일례로 볼 수 있음.

표 3. 유형화 기준(가로변 건물의 높이편차).

구 분	표준편차
높이 차가 작음	10 이하
높이 차가 중간	10초과~20 이하
높이 차가 큼	20 초과

4) 가로변 건물의 밀집도

가로변의 건물들은 합벽을 이뤄 붙어있기도 하고 서로 떨어져 있기도 하다. 건물 사이사이로 소로나 보행로가 존재하는 가로는 가로협곡에서 바람통로의 역할을 하게 되고, 이는 가로변 대기질에 영향을 미치게 된다. 따라서 해당 가로변에 위치한 건물들의 전면 길이의 합이 해당 가로의 전체길이에서 차지하는 비율(밀집도)을 통해 그 가로의 건물들이 몰려있는지 분산되어있는지 판단할 수 있다. 가로변에 50% 이상 건물이 존재하지 않는 가로는 가로협곡이라 보기 힘들다. 따라서 밀집도가 0.5 이상인 가로를 대상으로 유형화한다.

표 4. 유형화 기준(가로변 건물의 밀집도).

구 분	밀 집 도
밀집의 정도가 적당함	0.5 이상~0.8 미만
밀집의 정도가 높음	0.8 이상~1.0 미만

2. 대기질 추정

대기확산모델을 대기오염물질의 확산을 계산하는 이론적 방법에 의해 분류하면 상자모델, 가우스모델(플룸모델, 퍼프모델), 라그랑지모델, 오일러모델 등으로 구분 할 수 있다.

상자모델(Box model)은 오염물질의 질량보존에 기본을 둔 모델로서 대상지역을 커다란 상자로 간주하여 그 안에서 배출된 오염물질이 모두 잘 혼합되는 것으로 가정한다. 이 모델은 기본원리가 단순하여 배출원과 지형이 고른 지역에 적합하나, 오차의 단점이 있다. 가우스모델(Gaussian model)

표 5. OSPM 모델 입력자료.

가로환경	· 건물높이, 가로폭
교통자료	· 시간대별 교통량
기상자료	· 지붕높이에서의 시간별 풍속, 풍향 · 기온, 복사열
배출가스	· 방출량(교통량과 자동차 대기오염배출 계수로부터 추정)
기초농도	· 추정된 대기오염물질의 배경농도 · OSPM의 Sub-model을 사용하여 계산

은 오염농도가 연기중심축으로부터의 거리에 따라 정규분포를 이룬다는 통계적 가정을 기초로 오염물질의 확산을 계산한다. 비교적 정확하고 사용이 간편하여 현재 도시규모의 대기질 관리정책과 환경영향평가 등에서 널리 사용 중이다(대기환경연구회, 2001).

본 연구에서는 대기오염 모델 중 OSPM을 이용하여 가로변의 대기질을 추정하였다. 이는 가로에서의 교통으로부터 발생하는 오염을 시물레이션 하는 모델로서, 교통에 의해 방출되는 배기가스의 직접적인 영향을 측정하는 플룸모델(Plume model)과 오염물질이 재순환 되는 부분을 다루는 상자모델(Box model)을 결합하여 오염물질의 농도를 계산한다. 모델의 입력자료는 크게 가로환경에 관련된 자료와 기상자료, 대기오염물질 배경농도, 교통자료 등이다(표 5).

III. 대상지 선정 및 대기질 추정

1. 대상지 선정 및 자료구축

서울시 대기오염농도의 공간적 분포를 분석한 기존의 연구에서 중구와 강남구가 서울의 다른 지역에 비해 대기오염의 정도가 높은 것으로 분석되었으며, 이 지역에서 대기오염과 도시형태요소와의 관련성 분석 결과 이산화질소(NO₂)와 일산화탄소(CO)의 농도는 교통량과 건축물에 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 대기오염이 심각한 서울시 중구·종로구

와 강남구 일대를 대상으로 분석을 실시하였다. 특히 대상지는 각각 서울의 구도심과 신도심을 대표하는 지역으로 두 곳 모두 상업·업무시설이 밀집해 있고, 공업지구가 없어 가로의 오염만을 살펴보기 좋은 지역이다.

가로형태에 따른 대기질 분석을 위해 기상, 가로형태, 교통관련 자료를 구축하였다. 기상자료 및 배경농도, 교통량은 2008년 11월 자료를 사용했으며, 가로형태 관련 공간자료는 구득가능한 가장 최근 시점인 2007년 자료를 사용하였다. 우선 OSPM 모델을 실행하기 위해 중구와 강남구에 위치한 자동기상관측시스템(AWS)에서 측정된 기상자료를 사용하였다. 이는 시간대별 자료로 각 시간대의 풍향, 풍속 및 온도, 복사량을 포함한다. 대기오염물질 배경농도는 도시를 대표할 수 있는 일반적인 오염물질의 기초농도로 대상지가 속한 중구와 강남구에 위치한 대기오염 자동측정망에서 측정된 자료를 사용하였다. 한편 가로의 형태를 규정짓는 가로폭과 가로주변 건물의 높이, 건물의 전면폭 등 공간자료는 서울시 수치지형도와 건축물대장을 이용하여 구축하였으며, 건물의 높이는 층수 당 3m로 적용하였다. 교통량은 서울지방경찰청 종합교통정보센터에서 제공하는 데이터를 사용하였고, 측정치가 없는 지점은 샘플조사(15~30분)를 통해 시간대별 교통량을 산정하여 적용하였다.

녹지가 많이 분포한 종로구의 일부지역과 소로를 제외한 대상지 내 가로는 총 188개이며, 이

표 6. 대상지내 가로 유형별 분포비율.

평균 높이	높이 편차	밀집도	광로		대로		중로	
			비율 (개수)	유형	비율 (개수)	유형	비율 (개수)	유형
저층	10 이하	0.5-0.8	5.32% (10)	1-1	10.64% (20)	2-1	10.11% (19)	3-1
		0.8-1.0	4.79% (9)	1-2	11.70% (22)	2-2	12.23% (23)	3-2
	10~20	0.5-0.8	3.19% (6)	1-3	4.79% (9)	2-3	4.26% (8)	3-3
		0.8-1.0	3.72% (7)	1-4	3.19% (6)	2-4	1.06% (2)	3-4
	20 초과	0.5-0.8	-	1-5	-	2-5	-	3-5
		0.8-1.0	-	1-6	0.53% (1)	2-6	-	3-6
중층	10 이하	0.5-0.8	-	1-7	-	2-7	-	3-7
		0.8-1.0	-	1-8	-	2-8	-	3-8
	10~20	0.5-0.8	2.13% (4)	1-9	1.60% (3)	2-9	1.06% (2)	3-9
		0.8-1.0	1.06% (2)	1-10	1.60% (3)	2-10	-	3-10
	20 초과	0.5-0.8	2.13% (4)	1-11	1.60% (3)	2-11	-	3-11
		0.8-1.0	2.66% (5)	1-12	-	2-12	-	3-12
고층	10 이하	0.5-0.8	-	1-13	-	2-13	-	3-13
		0.8-1.0	-	1-14	-	2-14	-	3-14
	10~20	0.5-0.8	-	1-15	0.53% (1)	2-15	-	3-15
		0.8-1.0	0.53% (1)	1-16	-	2-16	0.53% (1)	3-16
	20 초과	0.5-0.8	2.13% (4)	1-17	-	2-17	0.53% (1)	3-17
		0.8-1.0	2.13% (4)	1-18	0.53% (1)	2-18	-	3-18

를 앞서의 네 가지 구성요소에 의해 유형화하면 총 54개 유형으로 분류할 수 있다(표 6). 분류결과 대상지내 가로의 형태는 일반적으로 대로 또는 중로 변에 높이 차이가 많이 나지 않는 저층의 건물들로 이루어져 있는 특성을 보인다. 본 연구에서는 대상지내 총 188개의 가로 중 각 유형별로 하나 이상의 대표가로를 선정하였고, 이

에 따라 총 51개 가로에 대해 분석을 수행하였다(그림 2).

2. 가로유형별 대기질 추정

1) 실제조건

OSPM을 이용하여 대상가로의 대기질을 추정하였다. 이산화질소(NO₂)의 경우 강남구의 배경

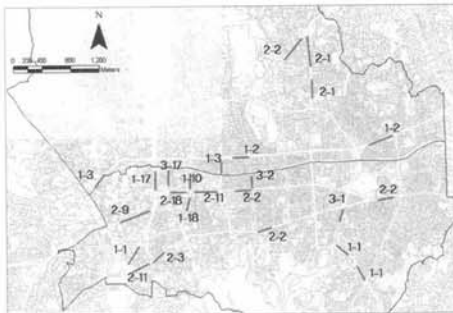


그림 2. 분석대상 가로(좌 : 중구·종로구, 우 : 강남구).

표 7. 분석대상 가로의 대기질 분석결과

(단위 : ppb(NO₂), ppm(CO))

유형	실제조건		시나리오		유형	실제조건		시나리오	
	NO ₂	CO	NO ₂	CO		NO ₂	CO	NO ₂	CO
1-1	131.95	1.57	109.26	1.59	2-2	99.72	1.36	99.72	1.36
	98.12	1.18	98.12	1.18		114.12	1.69	114.12	1.69
	108.45	1.59	108.45	1.59		109.84	1.6	109.84	1.6
	106.03	1.49	106.03	1.49		107.05	1.52	107.05	1.52
1-2	108.15	1.535	108.15	1.535	2-3	130.37	1.683	108.28	1.687
	105.89	1.55	105.89	1.55		111.42	1.65	111.42	1.65
1-3	107.64	1.52	107.64	1.52	2-4	133.87	1.28	108.74	1.23
	100.91	1.39	100.91	1.39		124.82	1.26	99.4	1.3
1-4	132.43	1.8	112.2	1.825	2-6	129.9	1.69	106.63	1.7
	132.24	1.77	107.83	1.76	2-9	114.5	1.71	114.5	1.71
1-9	132.24	1.68	109.66	1.57	2-10	130.3	1.3	108.26	1.31
	132.53	1.75	109.45	1.7	2-11	106.2	1.41	106.2	1.41
	129.15	1.49	107.34	1.52		113.34	1.63	113.34	1.63
	1-10	115.03	1.46	115.03	1.46	2-15	126.17	1.14	102.62
1-11	135.98	1.8	113.75	1.73	2-18	104.75	1.32	104.75	1.32
1-12	134.03	1.81	113.43	1.775	3-1	127.12	1.52	102.88	1.56
1-16	132.55	1.77	112.61	1.78		103.72	1.64	103.72	1.64
1-17	134.05	1.79	114.8	1.855	3-2	127.57	1.58	103.36	1.6
	135.84	1.71	117.12	1.76		91.5	1.08	91.5	1.08
	135.75	1.76	116.27	1.69	3-3	128.15	1.5	104.5	1.51
	115.26	1.74	115.26	1.74		130.85	1.3	107.34	1.325
1-18	131.62	1.79	112.75	1.74	3-4	129.55	1.67	106.26	1.61
	118.64	1.49	118.64	1.49	3-9	124.29	1.2	97.87	1.21
2-1	127.46	1.41	102.13	1.4	3-16	131.83	1.64	111.27	1.62
	101.95	1.42	101.95	1.42	3-17	97.49	1.16	97.49	1.16
	100.3	1.32	100.3	1.32					

농도(0.107ppm)가 중구·종로구의 배경농도(0.079ppm)보다 높아 중구·종로구의 가로에 비해 강남구내 가로의 대기오염 정도가 심한 것으로 분석되었다. 한편 일산화탄소(CO)는 두 지역의 배경농도--중구·종로구 0.95ppm, 강남구 0.92ppm--가 비슷하여 지역별로 큰 차이는 나지 않았다(표 7 참조).

추정된 이산화질소(NO₂) 농도의 상·하위 10%에 해당하는 가로를 중심으로 살펴보면 다음과

같다. 3-2, 3-17, 1-1, 2-2, 2-1 유형의 가로는 다른 가로에 비해 교통량이 적어 농도가 낮게 나타났다. 이들 가로는 주로 대로와 중로 규모로 가로의 교통량이 광로와 비교해 적기 때문이라 판단된다. 농도가 높게 추정된 가로는 유형 1-12, 1-17, 1-11로 모두 강남구 테헤란로에 위치하고 있다. 이들 가로는 광로 규모로 교통량이 많고 건물들의 평균높이가 높은 특성을 보인다. 한편 일산화탄소(CO)는 대체로 교통량이 적고 가로폭이 좁

표 8. 대기오염농도 상·하위 10% 가로.

실 제 조 건	NO ₂ 농도				CO 농도			
	상위10%		하위10%		상위10%		하위10%	
	유형	위치	유형	위치	유형	위치	유형	위치
	1-12	강남구	3-2	중구	1-18	강남구	3-2	중구
	1-17	강남구	3-17	중구	1-17	강남구	2-15	강남구
	1-17	강남구	1-1	중구	1-4	강남구	3-17	중구
	1-17	강남구	2-2	종로구	1-11	강남구	1-1	중구
	1-11	강남구	2-1	종로구	1-12	강남구	3-9	강남구
시 나 리 오	NO ₂ 농도				CO 농도			
	상위10%		하위10%		상위10%		하위10%	
	유형	위치	유형	위치	유형	위치	유형	위치
	1-10	중구	3-2	중구	1-17	강남구	3-2	중구
	1-17	중구	3-17	중구	1-12	강남구	3-17	중구
	1-17	강남구	3-9	강남구	1-16	강남구	2-15	강남구
	1-17	강남구	1-1	중구	1-4	강남구	1-1	중구
1-18	중구	2-4	강남구	1-17	강남구	3-9	강남구	

은 가로에서 낮은 농도를 보였으며, 3-2, 2-15, 3-17, 3-9 유형의 가로가 여기에 해당한다. 농도가 높게 추정된 가로는 유형 1-18, 1-17, 1-4, 1-11, 1-12로 이산화질소(NO₂)와 마찬가지로 모두 강남구에 위치하고 있는 광로 규모의 교통량이 많은 가로로 건물들의 평균높이가 높은 특성을 보인다(표 8 참조).

2) 시나리오

앞서의 실제조건 하에서의 대기질 분석에서는 두 지역의 오염물질 배경농도와 기상자료가 서로 다르기 때문에 유형별로 어떠한 가로가 대기질에 긍정적 영향을 미치는지 정확히 파악하기 힘들다. 이에 기상상태와 배경농도를 통제하는 시나리오 분석을 통해 가로변 대기질에 영향을 미치는 요소중 가로형태요소만의 영향을 살펴보고자 한다. 이를 위해 중구·종로구의 배경농도와 기상자료를 두 지역에 모두 적용하였다(표 7 참조).

추정된 이산화질소(NO₂) 농도의 상·하위 10%

에 해당하는 가로를 중심으로 살펴보면 다음과 같다. 3-2, 3-17, 3-9, 2-4 유형의 가로는 다른 가로들에 비해 교통량이 적고 폭이 좁아 농도가 낮게 나타났다. 농도가 높게 추정된 가로는 유형 1-10, 1-17, 1-18로서 모두 광로 규모의 교통량이 많다는 특징을 보인다. 또한 이들 가로는 가로변 건물의 평균높이가 높은 편으로 나타났다. 한편 일산화탄소(CO)는 대체로 교통량이 적고 가로폭이 좁은 가로에서 낮은 농도를 보이며, 3-2, 3-17, 2-15, 3-9 유형이 여기에 해당된다. 농도가 높게 추정된 가로는 유형 1-17, 1-12, 1-16, 1-4로 모두 강남구에 위치한 광로이며, 교통량이 많고 건물의 평균높이가 높게 나타났다(표 8 참조).

IV. 가로형태요소와 대기질과의 관련성

1. 상관분석

대기오염농도와 이에 영향을 끼치는 가로형태요소와의 관계를 파악하기 위해 상관분석을 실시하였다(표 9).

표 9. 가로형태요소와 가로변 대기질과의 상관관계.

가로형태 요소	실제조건		시나리오	
	NO ₂	CO	NO ₂	CO
교통량	0.296(*)	0.821(**)	0.772(**)	0.813(**)
가로폭	0.227	0.414(**)	0.475(**)	0.398(**)
평균높이	0.366(**)	0.200	0.461(**)	0.189
높이편차	0.303(*)	0.253	0.489(**)	0.243
밀집도	-0.017	0.096	0.141	0.105

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)
 * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

우선 실제조건 하에서 가로형태요소와 가로변 대기질과의 상관관계를 분석한 결과, 이산화질소(NO₂)는 평균높이 및 높이편차와 양(+)의 상관관계를 보이고, 일산화탄소(CO)는 가로폭과 양(+)의 상관관계를 보인다. 한편 시나리오 분석에 따라 추정된 대기질과 가로형태요소와의 상관관계를 분석한 결과, 이산화질소(NO₂)와 일산화탄소(CO) 모두 교통량과 가로폭에 양(+)의 상관관계를 보였다(표 8). 특히 이산화질소(NO₂)는 평균높이와 높이편차에도 양(+)의 상관관계를 보인다. 이를 통해 도시가로변 대기질이 오염물질 배출량뿐만 아니라 가로형태에 따른 오염물질의 확산에 의해서도 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

2. 분산분석

가로 유형별로 추정된 대기오염농도의 차이가 유의미한지 파악하기 위해 분산분석을 실시하였다. 본 연구에서는 시나리오 조건 하에서 추정된 이산화질소(NO₂) 농도를 가로폭, 평균높이, 높이편차 등 상관관계가 큰 요소별로 유형화 기준에 따라 구분하여 분석을 실시하였다(표 10)2).

2) 가로폭에 의해 구분한 NO₂의 평균 대기오염농도는 광로 106.45ppb, 대로 105.72ppb, 중로 102.79ppb이며, 평균높이에 의해 구분한 NO₂의 평균 대기오염농도는 저층 106.45ppb, 중층 111.44ppb, 고층 115.35ppb이며, 높이편차에 의해 구분한 NO₂의 평균 대기오염농도는 높이편차가 10이하인 경우 105.98ppb, 10초과 20이하인 경우 109.19ppb, 20초

우선 가로변 건물의 평균높이가 저층인 가로를 대상으로 이를 가로폭에 의해 광로, 대로, 중로로 구분하여 실시한 분석결과, 유의확률이 0.301로 각 집단(광로, 대로, 중로) 간의 차이가 있다고 볼 수 없었다. 다음으로 광로변에 위치한 건물을 평균높이에 의해 저층, 중층, 고층으로 구분하여 분석한 결과, 유의확률이 0으로 각 집단 간의 차이가 유의하게 나타났다. 또한 광로변에 위치한 건물을 높이편차에 의해 구분하여 분석한 결과도 유의확률이 0으로 각 집단 간의 차이가 유의하게 나타났다. 사후 집단간 비교를 위한 Scheffe, Bonferroni 등 두 가지 방법에 의한 검증결과, 가로폭의 경우는 가로폭 내 집단간의 비교에서 유의적인 차이를 나타내는 집단이 존재하지 않았다. 한편 평균높이의 경우 저층과 중층, 저층과 고층 간의 차이가 유의적인 것으로 나타났으며, 높이편차의 경우 10 이하와 20 초과, 10~20 이하와 20 초과의 차이가 유의적이라고 분석되었다.

이상의 상관분석 및 분산분석 결과를 통해 가로변에서의 대기질, 특히 이산화질소(NO₂)의 경우 가로변 건물의 평균높이가 높을수록, 건물간 높이편차가 클수록 대기오염농도가 높게 나타남을 확인 할 수 있었다.

표 10. 분산분석 결과.

가로형태 요소	구분	제곱합	df	평균 제곱	F	유의 확률
가로폭	집단-간	59.024	2	29.512	1.259	.301
	집단-내	585.956	25	23.438		
	합계	644.980	27			
평균 높이	집단-간	334.148	2	167.074	14.704	.000
	집단-내	227.244	20	11.362		
	합계	561.392	22			
높이 편차	집단-간	318.606	2	159.303	13.123	.000
	집단-내	242.786	20	12.139		
	합계	561.392	22			

과인 경우는 115.25ppb 임.

V. 결 론

주변 건물들의 배치와 규모에 의해 형성되는 가로의 형태는 대기의 확산에 영향을 주고, 이는 다시 가로에서 발생한 오염물질의 확산에 영향을 끼친다. 오염물질의 확산이 원활히 이루어지지 않는 가로는 이를 이용하는 도시민들의 건강을 위협하게 된다. 이에 본 연구에서는 1)가로폭, 평균높이, 높이편차, 밀집도를 통해 가로형태를 유형화하고, 2)OSPM 모형을 이용하여 이산화질소(NO_2)와 일산화탄소(CO)에 대해 대상가로의 대기질을 추정했으며, 3)상관분석과 분산분석을 통해 대기질과 가로형태요소와의 관련성을 분석하였다.

분석결과 도시가로변 대기질이 오염물질 배출량뿐만 아니라 가로형태요소들의 배치와 규모에 의해 영향을 받고 있음이 드러났다. 구체적으로 이산화질소(NO_2) 농도는 주로 가로변 건물의 평균높이와 높이편차에 의해 영향을 받으며, 일산화탄소(CO) 농도는 가로폭에 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 추정된 이산화질소(NO_2) 농도의 상·하위 10%에 해당하는 가로를 분석한 결과 강남구와 중구·종로구의 대기질 차이가 뚜렷이 나타났다. 즉, 폭이 넓은 도로변에 높이차이가 큰 고층건물로 구성된 강남구 보다는 비슷한 높이의 저층 건물로 구성된 중구·종로구의 가로변 대기질이 더 양호한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 대기질 추정을 위한 자료수집 시점의 불일치, 가로수 유무, 식재형식 등 다양한 가로형태요소의 미고려 등 한계를 지니고 있으나, 선행연구에서 다루지 못한 미시적 차원에서 가로형태요소와 대기질간의 관계를 분석하였다는데 의의가 있다. 대기오염이 점점 심화되고 있는 상황에서 현재의 배출량 규제 정책은 국소차원의 대기오염을 개선하는데 한계를 지니고 있다. 가로변의 대기질을 적정수준으로 관리하기 위해서는 가로형태요소에 따른 가로별 특성을 파악하여 적절한 대책을 모색하는 것이 보

다 효율적이다. 즉, 건축물 증축 또는 재개발시 평균높이를 낮추고 건물간 높이편차를 작게 하는 등 가로형태에 대한 고려를 통해 해당 가로의 오염도를 저감시킴으로써 가로를 이용하는 도시민들에게 쾌적한 환경을 제공하도록 해야 할 것이다.

인 용 문 헌

- 김운수. 2004. 서울시 미세먼지 배출량 조사·분석 및 관리방안 연구. 서울시정개발연구원.
 대기환경연구회. 2001. 대기환경개론. 도서출판 동화기술.
 오규식·구자훈·조창제. 2005. 도시형태 구성 요소가 지역별 대기오염에 미치는 영향. 국토계획 40(3). 159-170
 서울지방경찰청. 2007. 서울시 교통량 조사자료.
 환경부. 2006. 대기환경연보.
 환경부. 2006. 환경백서.
 Borrego, C., H. Martins, O. Tchepel, L. Salmim, A. Monteiro and A. I. Miranda. 2006. How urban structure can affect city sustainability from an air quality perspective. *Environmental Modeling & Software*, 21 : 461-467.
 Kastner-Klein, P., R. Berkowicz and R. Britter. 2004. The influence of street architecture on flow and dispersion in street canyons. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87 : 121-131.
 Steemers, K. 2003. Energy and the city : density, building and transport. *Energy and buildings*, 35 : 3-14.
 Tang, U. W., and Z. S Wang. 2007. Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution : Result from a modelling system. *Environmental Modeling & Software*, 1-15.