

수동측정기에 의한 대기오염 자동측정망의 지역대표성 조사 및 보완방안에 대한 기초연구

Evaluation and Complement of the Representativeness of Air Quality Monitoring Stations Using Passive Air Samplers

우 정 현 · 김 선 태¹⁾ · 김 정 욱

서울대학교 환경계획학과

¹⁾대전대학교 환경공학과

(1997년 4월 7일 접수, 1997년 12월 29일 채택)

Jung-Hun Woo, Sun-Tae Kim¹⁾, Jung-Wk Kim

Department of Environmental Planning, Seoul National University

¹⁾*Department of Environmental Engineering, Taejon University*

(Received 7 April 1997; accepted 12 December 1997)

Abstract

Some arguments have been about over the representativeness of government-run air quality monitoring stations among scholars and non-governmental organizations (NGOs). However, it is not a simple problem to move monitoring stations because of continuity of data and high cost. So it is necessary to complement the monitoring data if it do not represent the ambient air quality properly. The purpose of this study was to evaluate the representativeness of some monitoring stations using passive NO₂ samplers and to find a complementary method from linear regression. Two stations were chosen for the evaluation: Shinlim Station was one of the most controversial stations in Seoul and Banpo Station had the best reputation. Air qualities were surveyed at seven points around each monitoring station with consideration of land use and distance. The ratios of the average NO₂ levels of the areas to those at the monitoring stations were 1.59 for Shinlim Station and 1.03 for Banpo Station. The differences between the average NO₂ levels and those at the monitoring stations were 10.75 ppb for Shinlim Station and 0.34 ppb for Banpo Station. The correlation coefficients between the two levels were 0.7668 for Shinlim and 0.7662 for Banpo. The average coefficients of determination (R²) were 0.61 for Shinlim and 0.61 for Banpo. The Shinlim Station could not represent the air quality of Shinlim-Dong good because it is located in a green area at an outskirts of Shinlim-Dong. But the Banpo Station located in a central residential area of Banpo-Dong showed a fair representativeness. However, air quality turned out to be different with land use such as residential area, green area or road: the air quality data from a monitoring station located at a certain land use should not be interpreted as representing the air quality at any sites around the station. Equations to predict the average NO₂ levels of each area from the data from the monitoring stations were presented based on linear regression.

Key words : air quality monitoring station, NO₂, passive samplers, representativeness

1. 서 론

지역의 대기오염현황을 파악하고 관리대책을 마련하기 위해서는 신뢰할 수 있는 근거자료가 필요하다. 우리나라 대기오염실측자료는 대부분 국가나 지방자치단체에서 운영하는 자동측정망의 자료에 의존한다. 그러나 기존의 대기오염 자동측정망은 측정기기 운영상의 문제점이나 배치상의 문제점들이 자주 지적되어 왔고(환경과 공해 연구회, 1990; 서울시정개발연구원, 1994), 고가이기 때문에 제한된 숫자만이 설치되어 왔다. 또한 서울시에 설치되어 있는 대기오염 자동측정망의 배치목적이 명확하지 않은데 대체로 측정망의 오염도가 전체적인 현황 파악에 쓰이고 있다. 그리고 각 지역에 설치된 측정소의 오염도는 그 지역의 오염도를 대표하는 것으로 자주 인식되고 있다(환경과 공해 연구회, 1990).

측정망의 운영은 세가지 차원에서 검토되어야 한다고 보여진다. 첫째는 가장 하위의 개념으로서 단위 측정소들이 대기오염 공정시험방법에 규정된 측정소 설치규정을 만족하고 있는가 이고 둘째로는 개별 측정소들이 그 주변지역을 대표하는가 이고 셋째는 가장 상위의 개념으로서 측정망이 전체 대기관리라는 목적에 맞는 자료를 생성하는가 일 것이다. 여기서 대표성이란 측정소가 지역의 시·공간적인 농도특성을 얼마나 충실히 반영하느냐에 대한 척도라고 정의할 수 있다. 서울시의 측정망 배치는 그 원칙 및 목적이 천명된 바는 없으나 배치 및 운영현황으로 보아 개개 측정소는 주변지역현황을, 전체 측정망은 서울시 전체의 대기오염현황을 평가하기 위한 것으로 여겨진다(서울시정개발연구원, 1994). 그러나 시료채취방법의 적합성에 대한 환경과 공해연구회의 조사에 따르면 서울시의 단위 측정소들은 규정에 적합치 않은 곳이 많아 단위 측정소들이 주변지역을 대표하기 어려운 경우가 많다고 발표된 바 있다(환경과 공해 연구회, 1990; 윤선일, 1991).

측정망의 문제점에 대한 가장 근원적인 대책은 측정망 전체의 장기적인 운영목적을 확립하고 이에 따라 최적의 위치와 개수의 개별 측정소를 배치하며, 이때 각 측정소가 시료채취 규정에 부합하도록 설치하여 주변지역을 보다 충실히 대표할 수 있도록

록 하는 것이다(Noll and Mitsutomi, 1983; Miller and Noll, 1976). 그러나 이러한 대책은 대단히 많은 경비와 시간이 소요되고, 한정적인 규모의 측정망을 어떠한 특정목적에만 맞도록 배치한다는 것은 한정된 자원의 효율적 배분에 어긋나며, 측정소의 위치 변동으로 인한 과거자료와의 연계성 문제가 생길 수 있으므로 측정망의 전면적 재배치는 현실적으로 대단히 어려운 문제이다.

이러한 이유들 때문에 측정망의 전면적 재배치를 지양하면서 문제점들을 보완할 수 있는 방법들이 요구되는 데 이를 위해서는 시·공간적 규모(scale)를 고려한 다양한 오염물질의 측정, 배출량 조사에 근거한 대기모델링 및 검증 작업 등이 필요하다. 하지만 이러한 작업에는 많은 시간, 인력 및 비용이 소요되기 때문에 본 연구는 종합적인 연구이전의 기초연구로서 제한된 지역을 연구대상으로 선정하여 측정망의 지역 대표성 검토 및 대표성 확보방안의 개발을 위한 기초적인 방법론을 제시하고자 하였다. 이를 위해 이산화질소를 대상물질로, 신림동·반포동을 대상지역으로 선정하여 자동측정소 위치와 그 주변지역에 대해 이산화질소 농도를 실측하였다. 이산화질소를 대상물질로 정한 이유는 현재 도시지역에서 가장 문제가 되고 있는 광화학 스모그의 원인물질인 점, 배출원이 주로 이동, 수송부이기 때문에 주로 주거지역에 설치되어 있는 서울시의 측정망이 잘 대변하지 못할 것이라는 점, 난방의 영향을 비교적 적게 받기 때문에 대상기간에 시작될지도 모르는 난방으로 인한 자료의 변이를 줄일 수 있다는 점, 비교적 신뢰할 수 있는 단기 수동 측정방법이 개발되어 있다는 점들 때문에 선정하였다. 실측된 값들에 대해서는 도표비교방법 및 통계적 분석방법을 적용하여 단위 측정소의 지역대표성에 대하여 검토하고 그 자료가 주변지역을 대표할 수 있도록 보완하는 방법을 제시하였다.

2. 대상지역 및 연구방법

2.1 대상지역의 개요 및 측정지점의 선정

본 연구에서는 서울의 측정망 배치, 운영상에 자주 문제가 제기되어 왔던 측정지점으로 신림동측정소를, 문제가 상대적으로 적을 것으로 평가되고 있는 지점으로 반포측정소를 대상측정소로 선정하였

다(환경과 공해 연구회, 1990).

각각의 측정소가 대표하는 반경 2.5 km 정도의 동심원에 포함되는 공간에 표 1, 그림 1, 그림 2와 같이 토지이용 형태별로 4~7지점(1차 4지점, 2차 7지점)의 측정지점을 선정하였으며 기준측정기로서 자동측정소 위치에 1개 지점을 추가하여 지역별로 총 5개(1차 측정), 8개(2차 측정)의 실측장소를 두었다. 신림동 측정소의 경우, 자동측정소의 위치가 동의 최외곽에 있기 때문에 일반인들에게 신림동을 대표하는 지점으로 인식되어 있는 신림사거리 지점은 위의 범위를 벗어나 있다. 시간적으로는 93년 11월 11일~14일, 11월 18일~23일까지 2차에 걸쳐 총 10일동안 일평균 시료를 채취하였다.

대상 기간을 위와 같이 정한 이유는 봄의 잦은 강우와 외부(중국 등)로부터의 오염물질유입, 여름의 강한 일사와 장마, 겨울의 강설, 난방 등으로 인한 교란등을 피하기 위해서였고, 대상 측정지점은 그 지역의 토지이용을 가능한 한 고려할 수 있도록 정하였다. 측정장소 수를 늘리면 격자단위의 세분된 측정지점을 얻을 수 있겠지만 금번 연구의 한계상 격자형의 측정지점 선정은 후속 연구에서 수행하도록 하였다. 표 1의 측정높이는 해발고도이며 측정지

점들의 특성을 설명하는 보조자료이다.

2.2 수동측정기에 의한 NO₂ 측정·분석방법

NO₂ 수동측정기는 트리에탄올아민(triethanolamine; 이하 TEA)을 이용한 흡착여지법(천만영 등, 1992), NO₂ plate법, 개인의 NO₂피폭량을 측정하는 tube type과 badge type 등이 있다(김종구, 1993). 본 연구에서는 흡착여지법의 일종으로 구조가 간단하여 휴대하기가 편할 뿐 아니라 바람의 영향이 거의 없고, 환경 대기 중에서 사용할 수 있는 아마야식 NO₂ 수동측정기를 이용하기로 한다. 아마야식 수동 측정법의 정확성을 평가하기 위하여 대기오염 공정 시험법상의 Jacobs-Hochheiser법(환경부, 1993; 박승조, 1989)과 비교실험을 수행한 결과 수동측정기의 결과가 Jacobs법과 상당히 일치하였다고 보고되었다(김선태, 1993; 김선태, 전의찬, 1994). Jacobs-Hochheiser법을 이용할 경우는 공기를 흡입할 펌프가 필요하고 유량의 정확한 측정과 전원의 준비가 필요하며 부피가 크기 때문에 설치장소에 제약을 받으며, 겨울철에는 흡수액의 동결에 대한 준비가 필요하는 등 분석상의 어려운 점을 감안하면 수동 측정기의 결과는 충분히 그 의미가 있다고 볼 수

Table 1. Characteristics of sampling points.

	Site No.	Land Use	Sampling Point	Distance from Road (m)	No. of Lanes	Elevation (m)	Distance from Station Site (km)
Shinlim Area	S-0	Forest	Seoul Nat'l Univ.(SNU)	2500	2	160	0
	S-1	Residential	BongChun 7 Dong	250	4	45	2
	S-2	Traffic	Shinlim Cross	2	4+6	10	3.6
	S-3	Traffic	BongChun Cross	2	6+4	10	2.6
	S-4	Forest	Shinlim 2 Dong	175	4	95	2
	S-5	Forest	SNU Ho-Am Residential Area	150	2	85	1.1
	S-6	Residential	Shinlim 2 Dong	200	4	60	2.5
	S-7	Fore.+Traf.	SNU Front Gate	2	4	60	1.1
Banpo Area	B-0	Residential	Banpo 2 Dong	100	6	10	0
	B-1	Traf.+Resi.	Front of National Library	2	6	40	0.9
	B-2	Traffic	Express Bus Terminal Cross	2	6+6	10	1.1
	B-3	Residential	Samho Apt.	125	4	10	1.3
	B-4	Forest	Bangbae 1 Dong	50	2	70	1.9
	B-5	Residential	Banpo Bon Dong	80	8	10	0.8
	B-6	Resi.+ Traf.	Banpo 2 Dong	15	8	10	0.4
	B-7	Residential	Seocho 4 Dong	150	6	40	1.8

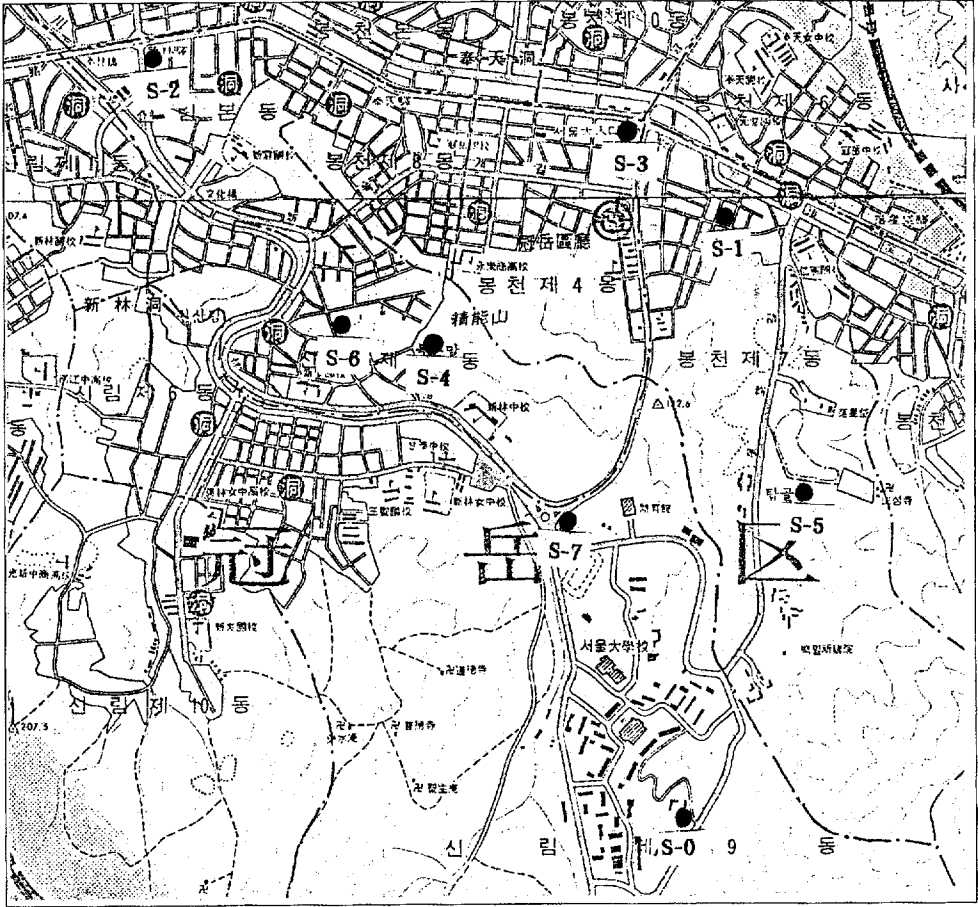


Fig. 1. Sampling point map at Shinlim area.

있다(김종구, 1993; 김종구, 김선태, 1993; 김선태, 전의찬, 1994; 서울시정개발연구원, 1994).

수동측정기는 길이 45 mm, 직경 10 mm의 원통형 플라스틱관에 20% TEA를 묻힌 8 mm 여지를 넣고 양쪽에 마개를 하여 제작한 것으로, 시료 채취시에는 아래 부분의 마개를 열어 일정시간 폭로한 뒤에 회수하여 Saltzman시약을 넣어 발색시킨 뒤 이를 비색계로 분석하게 된다. 포집원리는 습식법의 공기 시료의 강제 흡입과는 달리 자연 확산에 의한 것으로, 유량을 알 수 없기 때문에 측정기 중 일정수에 대해 대기오염 공정시험법의 Jacobs-Hochheiser법과 동시에 실험하여 농도와 비색정도에 대한 환산계수를 구하여 이용한다. 이 환산계수는 비색계와 간이측정기의 형태에 따라 일정한 값으로 다른 시

료에 대하여 그대로 적용할 수 있다(김선태, 전의찬 1993).

2.3 자동측정소의 대표성 평가 및 보완방법

위의 방법에 따라 측정결과가 구해지면 지역 대표성을 검증하기 위해 1) 도표비교방법을 적용하여 곡선상에서 각 지역의 기준측정지점과 각 측정지점간의 농도 비와 차가 어느정도 차이가 생기는지를 파악하고 2) 기준측정지점과 각 측정지점간의 상관 분석을 실시하여 기준측정지점과 각 측정지점간의 농도가 어느정도의 상관성을 가지고 있는지 통계적으로 분석한다. 이 두가지 결과에 따라 이지역의 자동측정소위치(기준측정지점)가 어느 정도의 대표성을 가지는지를 파악한다.

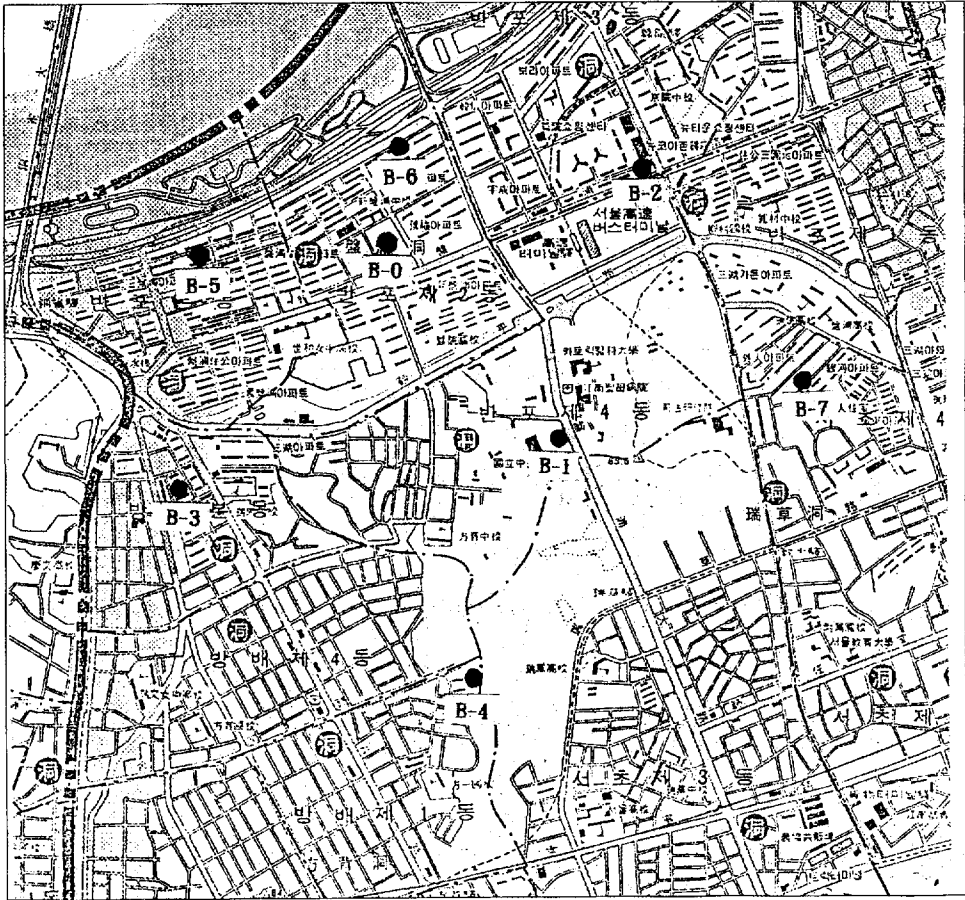


Fig. 2. Sampling point map at Banpo area.

이러한 분석을 거친 후 측정지점별로 기준측정지점과의 회귀모형을 도출하여 기준 측정소가 대표하기 어려운 지점들에 대한 보완 방안으로써 이용한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측정결과

측정기간 동안의 기상은 1차 측정(11/11~11/14)의 경우, 12일 밤부터 비가 내려 13일 자정정도까지 계속되었고 풍속은 약한 편이었다. 2차 측정(11/18~11/23)의 경우에는 기온이 급격히 하강하였으며 바람이 많이 부는 날씨였다. 20일 새벽부터 비가오기 시작해 21일까지 계속되었으며 23일에는 눈이

내렸다. 배출상황은 1차의 경우 비교적 차량통행이 많은 평일이 2일이었으며 토요일, 일요일의 2일을 측정하였고, 2차의 경우에는 평일 4일과 주말 2일을 측정하였다. 측정한 결과를 그림 3, 그림 4에 나타내었다.

그림 3에서 13일 S-0는 측정기가 손상되어 결국으로 처리하였다. 측정 결과를 보면 비가 내렸던 13일에는 대체적으로 농도가 감소하였으며, 일요일인 14일의 경우 신림동 지역은 평일인 11, 12일에 비해 농도가 많이 감소하였다. 20일과 21일에는 20일 저녁부터 내리기 시작한 비의 영향과 주말로 인한 교통량 감소의 영향으로 낮은 농도치를 보이고 있고 23일의 경우에도 강설의 영향으로 농도가 감소하였다. 이는 강우나 강설시에 NO₂가 습성침적을

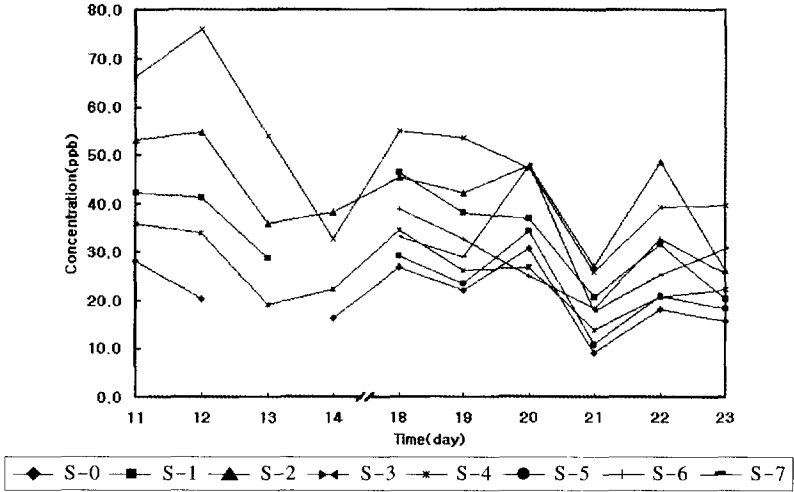


Fig. 3. NO₂ concentration for Shinlim area.

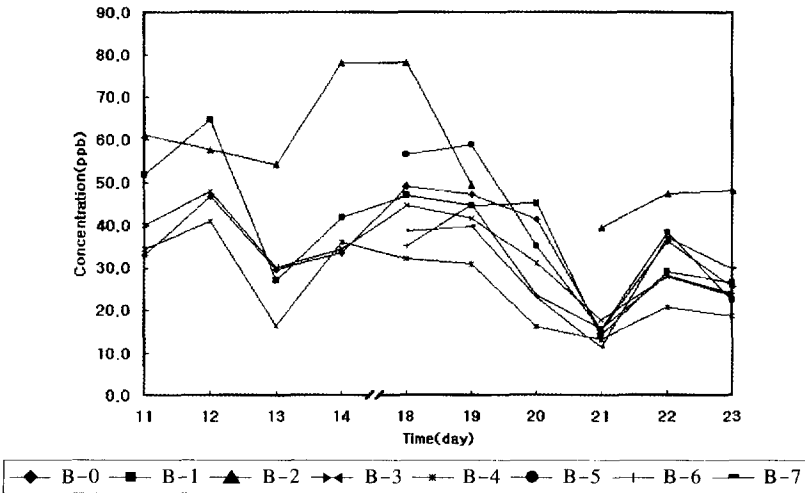


Fig. 4. NO₂ concentration for Banpo area.

하기 때문이라고 보여진다.

그림 4의 측정 결과를 보면 일요일인 14일의 경우 반포동의 오염도가 신림동에 비해 별로 감소하지 않았는데, 이는 고속버스 터미널의 교통부하증가와 주변상가 및 백화점으로 인한 차량부하의 증가로 오히려 교통량이 늘어났기 때문이라고 추정된다. 20일 저녁부터 내리기 시작한 비의 영향으로 20, 21일의 농도는 낮았으며 23일의 경우에는 강설의 영향으로 농도가 감소하였다.

위의 결과에서 신림지역과 반포지역의 농도 평균의 차이는 4.3 ppb 정도밖에 되지 않았으며 이러한 결과는 두 지역(신림과 반포) 자동측정소의 오염농도차이에 비해 지역내의 평균 오염도의 차이가 상대적으로 작다는 것을 의미한다. 신림사거리(S-2), 봉천사거리(S-3)의 오염도 수준은 뉴코아 백화점 앞 사거리(B-2)를 제외한 반포지역의 어느지점보다도 높은 수준의 오염도를 나타내었다.

3.2 지역대표성의 분석 및 평가

3.2.1 농도비와 차

각 측정지역별로 기준측정지점 (자동측정소와 같은 위치)이 지역의 대기오염도를 얼마나 잘 대표하고 있는지를 알아보기 위하여 측정된 자료를 기준 측정지점에 대한 농도비로써 그림 5, 그림 6에 나타내었다.

그림 5, 그림 6를 살펴보면 신림지역의 경우 각

측정지점의 오염도 비가 기준측정지점에 비해 높게 나타나며 반포지역에 비해 그 차이가 큰 것을 알 수 있다. 이는 신림동의 기준측정소가 지역의 오염도에 비해 낮은 농도를 나타내고 있는 것으로 신림지역을 잘 대표하지 못하는 것을 나타낸다고 할 수 있다. 그리고 각 폭선간의 차이도 반포지역에 비해 크게 나타나고 있어 각 지점의 오염도가 상이함을 나타내 주고 있다. 반면에 반포지역은 B-2를 제외

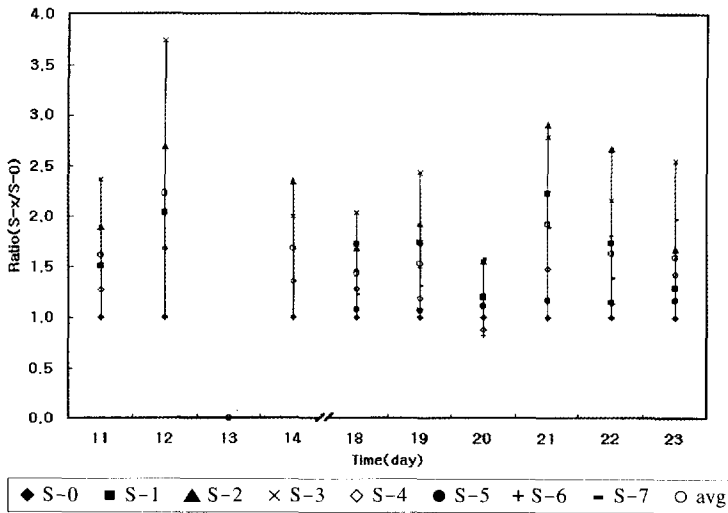


Fig. 5. Ratio of NO₂ level at each sampling point (S-x) over that at monitoring station (S-0).

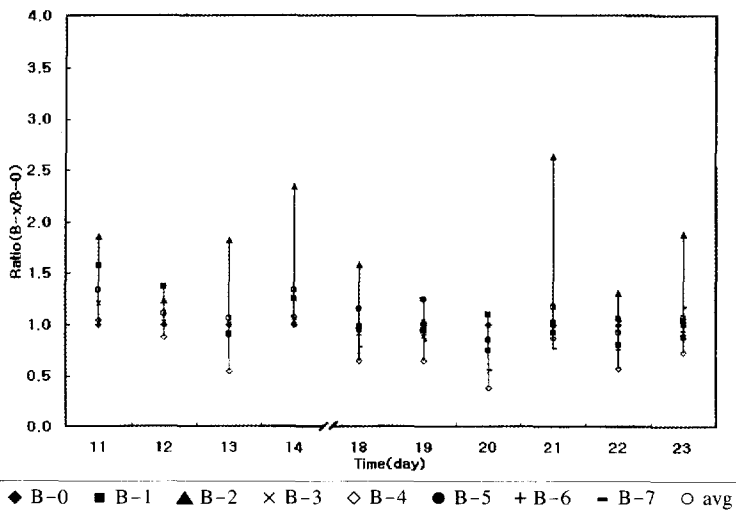


Fig. 6. Ratio of NO₂ level at each sampling point (B-x) over that at monitoring station (B-0).

한 모든 지점이 기준측정소에 근접한 값을 보여주고 있으며 측정지점간의 차이도 크지 않은 것으로 나타나고 있다. 실제로 이러한 농도비의 지역평균은 신림지역이 1.59, 반포지역이 1.03으로서 신림지역의 기준측정지점의 지역대표성이 더 낮은 것으로 판단되었다.

그러나 위의 비교방법의 단점은 기준측정지점(S-0, B-0)의 농도값이 클 경우 기준측정지점과 다른 측정지점들과 농도비가 실제적인 농도값의 차이보다 작게 나타날 가능성이 있다는 것이다. 이러한 오류를 방지하기 위하여 기준측정소와 각 측정지점의 농도차들을 평균한 결과 신림지역이 10.75 ppb, 반포지역이 0.34 ppb로 나타나 신림지역의 기준측정 위치의 지역대표성이 더 낮다는 위의 결과를 반증해 주고 있다.

이러한 결과를 나타내는 이유로는 신림동 측정소의 위치가 주요도로로부터 2500m 떨어진 서울대학교 학군단 건물 옥상(해발고도 160m)에 설치되어 있어 신림동의 상업, 주거, 도로변의 특성을 잘 나타내 주지 못한다고 볼 수 있으며 이에비해 반포동

측정소는 도로에서 100m 정도 떨어진 동사무소 옥상(고도 10m)에 설치되어 이지역의 대부분을 차지하는 주거 및 도로변의 특성을 잘 반영한다고 볼 수 있다.

3. 2. 2 측정지점간의 상관분석

기준측정지점과 각 측정지점간의 상관성과 지역내 각 측정지점간의 상관성을 파악하기 위해 상관분석을 실시하였으며 결과는 표 2, 표 3과 같다.

기준측정지점과 그외 다른 측정지점과의 상관계수 값이 높을수록 기준측정지점의 일별 농도값의 변화양상이 지역내 다른 측정지점들의 농도 변화양상과 잘 일치한다는 것을 나타낸다. 표 2, 표 3의 결과에서 나타난 바와 같이 신림지역 기준측정지점과 그외 다른 측정지점과의 상관계수 평균은 0.7668로서 반포지역의 0.7662와 거의 차이를 보이지 않고 있으며 전체 측정지점들의 상관계수의 평균은 신림지역이 0.6681, 반포지역이 0.8055로서 측정지점간의 상관도는 반포지역이 더 높다고 할 수 있다. 이는 대기오염도의 측면에서 신림동의 개별 측정지점들간에는 많은 이질성이 존재하는데 반해 기준측정

Table 2. Correlation matrix for Shinlim area.

	S-0	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	Avg.
S-0	1.0000								1.0000
S-1	0.8077	1.0000							0.8077
S-2	0.7140	0.8615	1.0000						0.7877
S-3	0.6235	0.7661	0.7350	1.0000					0.7082
S-4	0.7887	0.8901	0.7724	0.8224	1.0000				0.8184
S-5	0.9965	0.7982	0.7743	0.7993	0.8300	1.0000			0.8397
S-6	0.5498	0.8025	0.6624	0.8105	0.7997	0.5177	1.0000		0.6904
S-7	0.8876	0.4938	0.5104	0.5991	0.6403	0.9120	0.1881	1.0000	0.6045
Avg.	0.7668	0.8017	0.6909	0.7578	0.7567	0.7149	0.1881	1.0000	0.6681

Table 3. Correlation matrix for Banpo area.

	B-0	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	Avg.
B-0	1.0000								1.0000
B-1	0.8036	1.0000							0.8036
B-2	0.4984	0.5558	1.0000						0.5271
B-3	0.8729	0.9225	0.5968	1.0000					0.7974
B-4	0.6182	0.8353	0.6694	0.8660	1.0000				0.7472
B-5	0.9469	0.8516	0.6636	0.9747	0.9325	1.0000			0.8739
B-6	0.8336	0.7302	0.4661	0.8828	0.9265	0.9362	1.0000		0.7959
B-7	0.7897	0.6453	0.5698	0.7738	0.8554	0.8290	0.8610	1.0000	0.7606
Avg.	0.7662	0.7568	0.5931	0.8743	0.9048	0.8826	0.8610	1.0000	0.8055

지점과 다른지점들간에는 상대적으로 적은 이질성이 존재한다고 볼 수 있다. 토지이용형태별로 상관계수값을 평균하면 신림지역은 녹지 0.89, 주거 0.68, 도로변 0.67로서 녹지의 특성을 잘 반영하고 있으며, 반포지역은 녹지 0.62, 주거 0.87, 도로변 0.71로서 주거지역의 특성을 잘 반영한다고 볼 수 있다. 그러나 신림지역의 기준측정지점(S-0)를 포함한 모든 녹지지역의 측정지점들은 인근에 다른 토지이용이 공존하고 있어 순수한 녹지지역이라고는 보기 어려우며 S-0지점의 오염도 역시 서울대학교의 생활패턴과 밀접한 연관이 있다고 보여진다. 실제로 신림지역에서 S-0와 가장 상관성이 높았던 S-5, S-7은 서울대학교에 접해 있는 호암생활관(S-5, 녹지+주거)과 서울대학교 정문앞(S-7, 녹지+도로변)이었다.

3.3 측정지점간의 회귀분석모형

위의 측정 결과에서 알 수 있는 또 하나의 사실은 대부분의 측정지점이 기준측정소와 오염도의 차이는 있지만 비슷한 변화양상을 보인다는 것이다. 만약 기준측정소와 각 측정지점간의 상관관계를 파악하여 모형화할 수 있다면 기준측정소의 오염도를 가지고 지역내의 여러 지점에서의 오염도를 예측할 수 있을 것이다. 이를 위해 기준측정소와 각 측정지점간에 회귀분석을 실시하여 표 4에 나타내어 놓았다. 제시된 회귀분석모형은 일단 각 측정지점의 농도값을 독립변수로, 기준측정지점의 농도값을 종속변수로 선정하여 작성한 것이다. 종속변수와 독립변수를 이와 같이 결정 한 이유는 측정지점의 수가 7개이기 때문에 실험값과 모형값을 비교하기 위하여 14개의 곡선을 비교하는 번거로움을 덜기 위해서이다.

표 4에서 회귀분석모형의 결정계수값(R²)은 S-3, S-6 와 B-2, B-4를 제외하고는 모두 0.5 이상으로 나타났다. 신림지역의 경우 S-5, S-7의 결정계수값은 0.99, 0.79으로서 회귀모형이 서울대학교 호암생활관과 서울대학교 교문앞의 결과를 잘 예측할 수 있는 것으로 나타났으며 봉천사거리(S-3)나 신림 2동 주택가(S-6)의 결정계수값은 0.39, 0.30으로서 예측능력이 떨어지는 것으로 나타났다. 반포지역의 경우 B-5, B-3의 결정계수값은 0.90, 0.76으로서 회귀모형이 구 반포아파트와 방배동 삼호아파트의 결과를 잘 예측할 수 있는 것으로 나타났으며 뉴코아백화점 사거리(B-2)나 방배 1동(B-4)의 결정계수값은 0.25, 0.38로서 도로변이나 주거·녹지 혼합지역의 예측능력이 떨어지는 것으로 나타났다.

결정계수의 평균값은 신림지역 0.61, 반포지역 0.61로서 두 지역간의 예측력의 차이는 없는 것으로 판단되며, 회귀모형의 예측안정도를 나타내는 독립변수 계수의 평균값에서는 신림지역은 0.61인데 반해 반포지역은 0.77로 상대적으로 안정된 평가력을 가지고 있다고 할 수 있다. 결정계수의 평균이 동일하게 나타난다는 것은 상관분석시 일평균농도 변화패턴의 평균이 두 지역 모두 비슷하게 평가됨에 기인한다. 그러므로 단순한 회귀식으로도 지역의 일평균 NO₂농도 변화를 비교적 잘 나타낼 수 있다고 볼 수 있다.

작성된 회귀모형을 이용하여 개별 측정지점의 농도를 기준측정지점의 농도로 환산한 결과를 그림 7, 그림 8에 나타내었다.

그림 7, 그림 8의 결과를 보면 회귀모형에서 도출된 신림지역의 기준측정소(S-0), 반포지역의 기준측정소(B-0)의 농도가 14.6 ppb, 37.1 ppb이고 실제 측정된 농도가 20.9 ppb, 35.8 ppb로서 평균적으로

Table 4. Regression model for Shinlim and Banpo area.

Coeff./Site	a	b	R ²	Coeff./Site	a	b	R ²
S-1	0.59	1.06	0.65	B-1	0.58	12.87	0.65
S-2	0.47	0.69	0.51	B-2	0.42	11.21	0.25
S-3	0.27	7.97	0.39	B-3	0.98	2.64	0.76
S-4	0.73	1.63	0.62	B-4	0.67	18.50	0.38
S-5	0.94	-1.07	0.99	B-5	0.71	8.81	0.90
S-6	0.58	3.64	0.30	B-6	1.09	4.78	0.69
S-7	0.68	-0.40	0.79	B-7	0.95	7.37	0.62
Avg.	0.61		0.61	Avg.	0.77		0.61

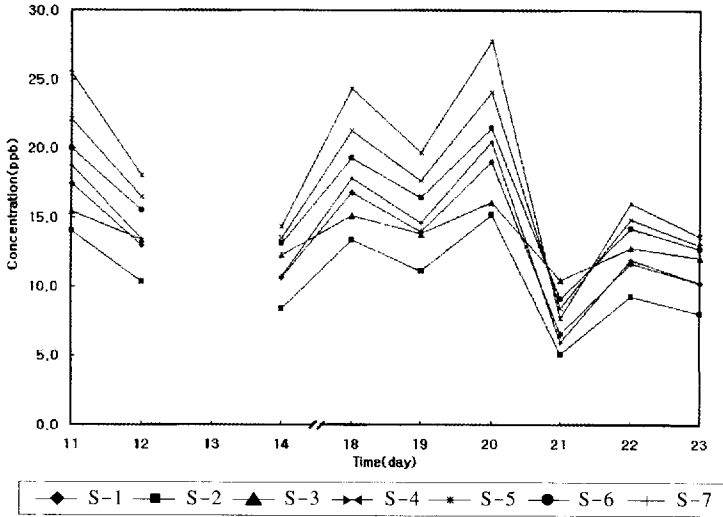


Fig. 7. Calculated conc. by regression model for Shinlim area.

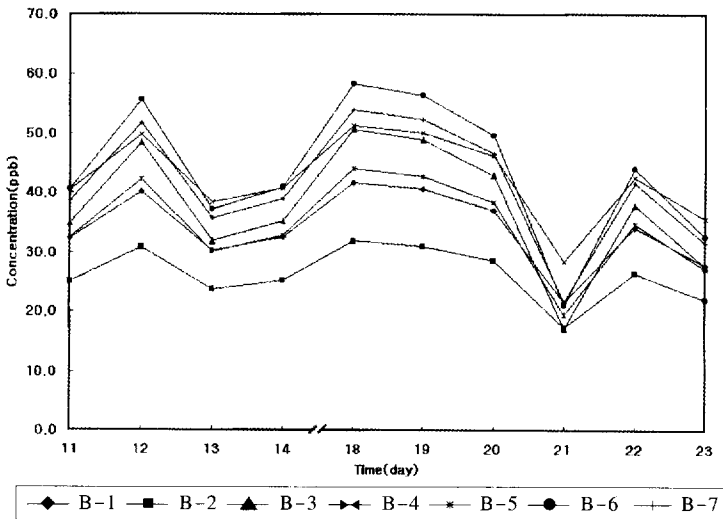


Fig. 8. Calculated conc. by regression model for Banpo area.

신림지역은 6.3 ppb, 반포지역은 1.3 ppb 정도의 차이로 예측할 수 있는 것으로 나타나 앞으로의 연구에서 본 연구에서 적용한 방법론을 확장, 적용하는 것이 가능하다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 지역대표성 측면에서 자동측정소

의 문제점을 이산화질소 수동측정기를 이용한 실측을 통해 검증하고 이러한 문제점을 보완할 수 있는 방안을 찾아보았으며 그 결과는 다음과 같았다.

- 1) 각 측정지역별로 기준측정지점(자동측정소와 같은 위치)이 지역의 대기오염도를 얼마나 잘 대표하고 있는지를 알아보기 위하여 측정된 자료에 대해 기준측정지점에 대한 농도비와 차를 산정한 결과 농도비의 평균은 신림지역

이 1.59, 반포지역이 1.03으로서 신림지역 기준 측정지점의 지역대표성이 더 낮은 것으로 판단되었다. 이 결과는 농도차를 이용한 비교에서도 동일하게 나타났다.

- 2) 기준측정지점과 각 측정지점간의 상관성과 지역내 각 측정지점간의 상관성을 파악하기 위해 상관분석을 실시한 결과 신림지역 기준측정지점과 그외 다른 측정지점과의 상관관계수 평균은 반포지역과 거의 동일하며, 측정지점간의 상관은 신림지역이 더 낮았다. 이는 신림동의 개별 측정지점들간에는 많은 이질성이 존재하는데 반해 기준측정지점과 다른지점들간에는 상대적으로 적은 이질성이 존재한다고 볼 수 있다. 토지이용형태별로 상관관계수값을 평균하면 신림지역은 녹지 0.89, 주거 0.68, 도로변 0.67로서 녹지의 특성을 잘 반영하고 있으며, 반포지역은 녹지 0.62, 주거 0.87, 도로변 0.71로서 주거의 특성을 잘 반영한다고 볼 수 있다.
- 3) 기준측정소와 각 측정지점간의 상관관계를 모형화하여 기준측정소의 오염도를 가지고 지역내의 여러 지점에서의 오염도를 예측하기 위해 기준측정소와 각 측정지점간에 회귀분석을 실시한 결과 신림지역의 S-3, S-6와 반포지역의 B-2, B-4를 제외하고는 모두 결정계수값이 0.5 이상으로 나타났다. 신림지역의 경우 회귀모형이 서울대학교 호암생활관(S-5)과 서울대학교 교문앞(S-7)의 결과를 잘 예측할 수 있는 것으로 나타났으며 봉천사거리(S-3)나 신림 2동 주택가(S-6)의 예측능력이 떨어지는 것으로 나타났다. 반포지역의 경우 구반포아파트(B-5)와 방배동 삼호아파트(B-3)의 결과를 잘 예측할 수 있는 것으로 있는 것으로 나타났으며 뉴코아백화점 사거리(B-2)나 방배 1동(B-4)의 예측능력이 떨어지는 것으로 나타났다.
- 4) 작성된 회귀모형 결정계수의 평균값은 신림지역 0.61, 반포지역 0.61로서 두 지역의 오염도 예측능력은 동일한 것으로 판단되며, 회귀모형의 예측안정도를 나타내는 독립변수 계수의 평균 값은 신림지역은 0.61인데 반해 반포지역은 0.77로 신림지역의 예측안정도가 상대적으로

로 낮다고 할 수 있다.

- 5) 작성된 회귀모형을 이용하여 개별 측정지점의 농도를 기준측정지점의 농도로 환산한 결과 회귀모형에서 도출된 S-0, B-0의 농도가 14.6 ppb, 37.1 ppb이고 실제측정된 농도가 20.9 ppb, 35.8 ppb로서 평균적으로 신림지역은 6.3 ppb, 반포지역은 1.3 ppb 정도의 차이로 예측할 수 있는 것으로 나타나 앞으로의 연구에서 본 연구에서 적용한 방법론을 확장, 적용하는 것이 가능하다고 판단된다.

이번에 조사된 결과는 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 이러한 한계점과 이를 보완할 수 있는 방안을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 대상지역을 2개소로 한정하였으므로 이를 확대시켜 나아가야 할 것이며 대상 오염물질도 이산화질소 뿐만 아니라 다른 오염물질도 함께 조사되어야 할 것이다.
- 2) 그리고 환경기준상에 이산화질소는 단기기준이 1시간 평균농도로 되어있으나 현실적인 제약으로 인하여 일평균농도를 산출하였으며 대상지역내의 측정지점의 수 역시 좀 더 늘려 일반적인 값으로 만들 여지가 남아있다.
- 3) 배출목록의 작성과 대기모델링기법을 이용하여 배출원-착지점의 인과관계를 규명하게 되면 좀 더 체계적인 연구결과가 도출될 수 있을 것이며 이 경우 실측조사는 모형을 검증·보정하는데 이용될 수 있을 것이다.
- 4) 대상기간에 대기오염 자동측정소 자료는 결측이 포함되어 측정방법간의 절대비교를 하지 않았다. 앞으로의 연구에서는 자동측정소 자료와 동원된 측정방법간의 상관성분석이 포함되어야 할 것이다.
- 5) 본 연구는 대기오염측정망의 대표성에 대한 검토와 보완, 방법론의 제시에 국한되며 시간, 비용 및 자료의 한계상 정성적인 판단이 포함되어 있다. 후속연구에서는 측정지점의 선정, 측정횟수 및 대상물질의 확장이 필요하며 이를 통해 모집단을 대표할 수 있는 객관적인 지점 선정, 자료의 시간 해상도 증가에 따른 좀더 세련된 통계방법론의 적용 등이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

김선태 역(1993) 누구나 할 수 있는 대기오염 측정, 배달 환경출판부.

김선태, 전의찬(1994) TEA를 이용한 이산화질소 간이측정법의 평가와 이용, 제19회 추계 대기보전학술대회 요지집, pp. 145-146.

김종구(1993) 간이측정기를 이용한 대기 중 이산화질소 분포 특성분석, 서울대학교 환경대학원 석사논문.

김종구, 김선태(1993) 간이측정기를 이용한 대기 중 이산화질소 농도의 측정 및 평가, 한국환경과학회 가을학술발표회 초록집.

박승조(1989) 대기오염물질 조사방법, 동화기술.

서울대학교 환경대학원(1986) 대기오염측정망 배치기법에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 논문집.

서울시정개발연구원(1994) 대기질 측정방법의 효율화 방안에 관한 연구, 서울시정개발연구원보고서.

윤선일(1991) 대기오염도의 토지이용별 변화특성에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 학위논문.

천만영, 강공연, 김희강(1992) NO₂ 간이포집기 정도에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(2), pp. 93-99.

환경과 공해 연구회(1990) 서울시 대기오염자동측정망의 현황 및 문제점에 관한 조사연구, 환경과 공해 연구회 보고서

환경부, 대기오염공정시험방법, 동화기술

Kenneth, E.N. and S. Mitsutomi(1983) Design methodology for optimum dosage air monitoring site selection, Atmospheric Environment, 17(12), 2583-2590.

Terry, L.M. and K.E. Noll(1976) Design and management of air monitoring surveys, Journal of the Environmental Engineering, 821-835.