

대기오염도 실측에 의한 대기오염 자동측정망의 대표성 평가

전의찬

동신대학교 환경공학과

Evaluation of the Representativeness of Air Quality Monitoring Network in Seoul through Actual Measurement

Eui-Chan Jeon

Dept. of Environmental Engineering, Dongshin University

Abstract

Simultaneous monitoring in many locations is necessary to evaluate the air quality and analyze future trend of a city. For this purpose, it is essential to install air pollution monitoring network. The first automatic air pollution monitoring network was introduced Seoul in 1973. As of 1995, 20 monitoring stations are now in operation.

Concerning the management of the air pollution monitoring network, there was some argument among the relevant scholars, non-governmental organization(NGO) and the government organization. So far, there was no extensive evaluation and analysis about the network.

The purpose of this study was to evaluate the representativeness of air quality monitoring network through actual measurement of the concentration of the air pollutant. The concentration of NO_x was extensively measured widely in Seoul area three times using the TEA simple measuring technique. Even the judgement level for the area representativeness was lowered to 80%, Ssangmun-dong monitoring station tends to overestimate the pollutant concentration of the covered area. While, Sinlim-dong monitoring station tends to underestimate the pollutant concentration of the covered area.

keywords: air quality monitoring, simultaneous monitoring, representativeness

I. 연구의 목적

서울시의 대기오염은 여러가지 저감대책의 시행으로

최근 많이 개선되었으나, 1994년 8월 광화문 측정소의 오존농도가 환경기준을 3배나 초과하는 등 서울시의 가장 시급한 당면과제 중의 하나이다.

대기질의 평가와 특성 분석은 적절한 대기질 개선대책을 수립하기 위한 전제조건의 하나로서, 이를 위해서는 어느 지역의 여러 장소에서 동시에 대기질을 상시측정하여야 하는데, 이를 위해서 대기오염 자동측정망의 구성이 필수적이다.²⁾

1995년 현재, 서울시에는 20개소의 대기오염 자동측정소가 운영되고 있는데, 서울시의 대기오염 측정망은 최초 설치후 20년 이상이 경과되었으므로, 그동안 서울시의 토지이용상황에는 많은 변화가 있었다. 뿐만 아니라 학계 및 민간환경단체들로부터 측정소의 설치 위치, 주변 환경, 지역대표성의 확보 여부, 운영 및 관리 등과 관련하여 논란이 제기된 바도 있다. 측정망은 설치 위치가 부적합하거나, 대상지역을 적절히 대표하지 못할 경우 해당 지역의 대기오염도를 왜곡시킬 위험성이 있으므로 현재의 측정망에 대한 객관적인 평가가 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 서울시의 대기오염 측정망의 개선 및 보완을 위한 기초연구로서 가동중인 대기오염 자동측정망의 지역대표성을 실측에 의하여 평가하였다.

II. 연구 방법

1. 대표성 평가 방법

자동측정망의 지역대표성을 평가하기 위한 방법 중 가장 구체적인 것은 측정소 영향권의 오염도를 실측하여 측정소의 측정치와 비교하는 것이다. 본 연구에서는 서울 전역을 대상으로 대기오염도를 실측하고 측정소 측정치와 비교하였다.

대기오염물질에는 아황산가스, 일산화탄소, 분진, 옥시단트 등 여러 가지가 있으나, 최근 자동차에 의한 대기오염이 전체 대기오염의 70%~90%를 차지함에 따라 자동차의 주배출원인 이산화질소와 탄화수소가 가장 중요한 대기오염물질로 평가되고 있다.³⁾

자동측정장비나 습식실험에 의하여 서울 전지역을 대상으로 대기오염도를 측정하는 것은 비용면에서도 어려움이 있지만 동시에 수백개소의 지점에서 표본 채취가 이루어져야 하므로 현실적으로 불가능하다. 본 연구에서는 측정 및 분석이 비교적 용이하고 동시에 다수의 장소에서 측정가능한 간이측정법을 이용하였는데, 현재 까지 공정시험법에 명시된 방법과 높은 정합도를 갖고 있는 것으로 밝혀진 측정방법은 이산화질소 간이측정법이다.⁴⁾

따라서 본 연구에서는 이산화질소(NO_2)를 측정망의 대표성을 평가하기 위한 측정 대상 오염물질로 선정하였다. 이산화질소는 오존의 전구물질로서 특별한 관심이 요구되고 있을 뿐 아니라, 오염원의 수가 계속 증가 추세에 있으므로, 서울시의 효과적인 대기오염 개선대책 수립을 위해 시·공간적 특성이 시급히 연구되어야 할 오염물질이다.

측정소가 지역오염도를 대표한다는 것은 측정소의 측정값이 지역의 대기오염도 변화특성과 유사하다는 것을 의미하는데, 변화특성이 유사하다는 것은 오염도의 지역 평균값과 측정소 측정값이 비슷하고, 두 오염도 측정값의 시간적인 변화특성이 유사하다는 것을 말한다.⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 대기오염도 실측치의 지역 평균값과 측정소 설치지점의 실측값을 비교하여 측정소의 지역대표성을 평가하였다.

2. 간이측정법의 원리 및 정합도 분석

이산화질소(NO_2) 간이측정에는 이산화질소 plate법, 흡착물질인 triethanolamine(TEA)을 이용한 흡착여지법, 이산화질소에 의한 개인피폭량을 측정하는 튜브형 및 배지형(badge type) 포집기 등이 사용되고 있는데, 본 연구에서는 암마다식 간이측정기를 사용하였다. 암마다식 간이측정기는 이산화질소 측정용으로 가장 많이 사용되는 triethanolamine을 이용한 흡착여지법의 하나

로서, 다공질 소수성막(疏水性膜)을 사용하여 바람과 수분으로 인한 영향을 배제할 수 있도록 개선한 것이다. 이 방법은 triethanolamine($N(C_2H_4OH)_3$)을 여지에 묻혀 이산화질소를 여기제 포집하고 대기오염공정시험법상의 살츠만(Saltzman)법과 같은 원리로 이산화질소의 농도를 측정하게 된다.¹⁾

사용한 측정방법의 정확성을 평가하기 위하여 대기오염공정시험법상의 야콥스호흐하이저(Jacobs-Hochheiser)법과 비교실험을 하였으며,⁶⁾ 그 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 야콥스호흐하이저법의 측정값에 대한 간이측정기의 측정값 비가 0.76~1.26으로 두 결과가 상당히 일치하고 있음을 알 수 있다. 또, Figure 1은 한 지점에 3개씩 설치하여 378개 지점에서 실시한 실험에 대한 분석결과로서, 상관계수(r)가 0.883으로 간이측정기의 제작과 분석상의 재현성도 대체로 양호한 것으로 판단되었다.⁴⁾

Table 1. NO₂ Concentrations by Jacobs-Hochheiser Method and Simple Measurement

Jacobs법(ppb)	간이측정기 (ppb)		J-H법/간이 측정기
	측정값	평균	
13.40	9.2, 11.3, 11.1, 14.8,	11.37	1.18
	10.9, 11.3, 10.9		
47.20	48.60	48.60	0.97
49.90	48.20	48.20	1.04
26.91	25.4, 22.7, 22.5, 26.5, 22.2	23.86	1.13
11.78	8.16, 7.14, 9.99, 10.2, 11.2	9.34	1.26
26.60	30.6, 31.62, 31.62, 37.74, 42.84	34.88	0.76

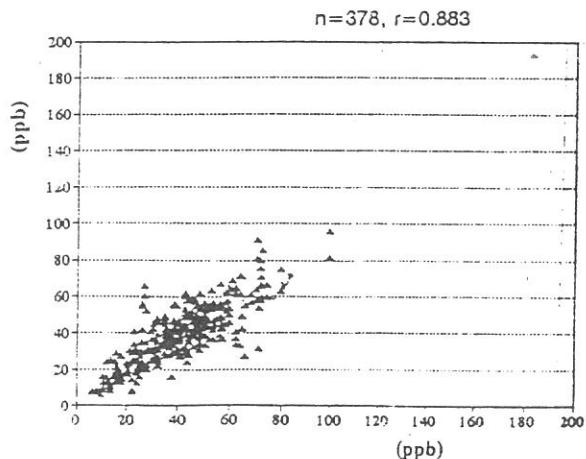


Figure 1. Accuracy Evaluation of Simple Measuring Device

III. 대기오염도 실측 결과 및 고찰

1. 실험지점 선정 및 측정기 설치

서울시 행정구역도(1:25,000)를 이용하여 전지역을 2km×2km 격자로 나누고, 각 격자의 중심과 현 자동측정망 위치에 이산화질소 간이측정기를 부착하여 일평균농도를 측정하였다. 실험실시전에 지도상에서 선정한 지점을 실제로 답사하여 실험이 불가능할 경우에는 선정된 지점 인근에 위치하고 토지이용이 유사한 다른 지점을 측정지점으로 선정하였다.

실험은 2km×2km 격자의 중심 172개 지점과 측정소 20개 지점 등 총 192개 지점에서 실시하였다. 그리고 2차 실험부터는 7개 지점이 추가되었다. 실험은 9월, 10월, 11월에 1회씩 총 3회 실시하였는데, 실험시작일 22:00~24:00에 간이측정기를 실험지점에 부착하고, 다음날 같은 시간에 수거하여 이산화질소의 일평균농도를 측정하였다.

1 측정기 불량, 설치방법의 부적합, 측정기의 외부 손상, 기타 여러 요인에 의한 실험오차를 제거하기 위하여 1개 지점에 3개의 측정기를 설치하였으며, 실험결과 3개의 실험값중 중간값의 20% 범위내에 포함되는 자료만을 유효값으로 하였다. 실험일의 대표적인 기상조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Meteorological Conditions at the Air Pollution Measured Day

횟수	일 시	날씨	기온 (°C)	주풍향	평균풍속 (m/s)	습도 (%)
1차	94. 9.12	맑음	19.4	남 풍	1.47	51.5
2차	94.10.17	맑은 후, 저녁 흐림	16.2	동 풍	1.23	72.0
3차	94.11. 8	구름이 조금 있음	11.9	남서풍	2.1	65.0

2. 이산화질소 오염도 분포 특성

본 연구에서는 대기오염 자동측정소의 지역대표성이 초점을 맞추기 위하여 매회 실험의 최고 농도를 100으로 보고 다른 지점의 이산화질소 실측농도를 환산하였다.

서울시 이산화질소 농도의 공간적 분포는 Figure 2~Figure 5에서 보는 바와 같다. 그림에서 녹색(황색)은 일반 측정지점의 오염도를 표시하고, 적색은 대기오염 측정소 위치의 오염도를 나타낸다. 그림의 원이 클수록 오염도가 높음을 나타낸다.

3. 측정소의 영향권역 대표성 분석

환경부 및 서울시에서 운영하고 있는 20개 측정소는 서울시 전체를 TM좌표에 의하여 가로, 세로 5km씩 일정한 간격으로 구분한 후 하천, 임야 등 비거주지역을 제외한 지역에 측정지점을 선정한 것이므로^{3), 5)} 본 실

험결과를 분석하는 데 있어서도 측정소를 중심으로 직경 5km의 원 내부를 영향권역으로 보았다.

측정소가 해당 영향권역의 대기오염도를 대표하고 있는지 평가하기 위하여 영향권역내 실측치들의 평균과 측정소 설치지점의 실측값을 비교하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다. 비율이 '1'이 넘을 때에는 측정소 설치지점의 농도가 영향권역의 오염도를 과대평가할 가능성이 있음을 의미하며, 비율이 '1'보다 작을 때에는 영향권역의 오염도를 과소평가할 가능성이 있음을 의미한다.⁹⁾

1차 실험 결과, 영향권내 평균값에 대한 측정소 값의 비가 쌍문동, 신림동, 대치동 측정소를 제외하고는 0.8배에서 1.2배 사이로 나타났으나, 도봉구 쌍문동의 경우에는 측정소 값이 5km 영향권내 평균값의 1.56배에 이르는 것으로 나타났고, 관악구 신림동은 0.68배, 강남구 대치동은 0.57배로 나타났다. 2차 실험 결과는 영향권내 평균값에 대한 측정소 값의 비가 대체로 0.8에서 1.2로 나타났는데, 도봉구 쌍문동의 경우는 1.60으로 나타났다. 3차 실험 결과는 영향권내 평균값이 0.8배에서 1.3배 사이로 나타났으나 구로구 오류동이 1.31배, 용산구 한남동이 1.35배로, 관악구 신림동은 0.66으로 나타났다.

1, 2, 3차 실험결과를 평균한 총평균은 전체적으로 0.9에서 1.1배 사이로 나타났다. 그러나 도봉구 쌍문동 측정소의 경우는 3차에서 1.17배를 나타냈지만 전체 실험을 평균해서 1.4배를 보이는 등 영향권내 대기오염도를 과대평가할 여지가 많았다. 그리고 관악구 신림동은 1, 2, 3차에서 모두 낮은 비를 보였는데, 실험 총평균이 지역평균의 0.73배를 나타내 대기오염도를 과소평가할 가능성이 있었다. 구로구 오류동은 측정값이 영향권내 평균값보다 높게 나타났으며, 구로구 구로동은 낮게 나타났다.

광화문 측정소의 주변에는 반경 2km를 기준할 때, 녹지지역(20%)과 주거지역(40%)이 분포하고 있으나, 측정소는 비교적 도로에 인접하고 있으므로(약 15m) 영

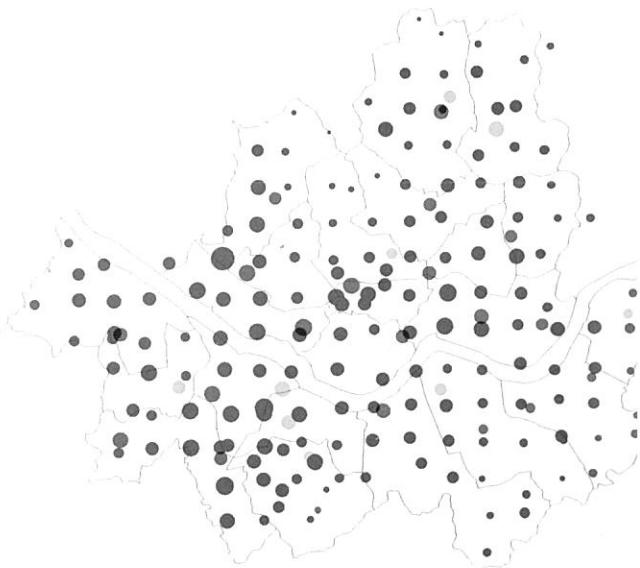
Table 3. Comparison between the Concentration at the Stations and the Average Conc. of the Covered Area

측정소명	구명	1차 실험		2차 실험		3차 실험		총평균	
		표준 편차	농도비						
광화문	중구	6.8	*	17.3	1.24	6.6	1.00	10.2	1.12
한남동	용산구	15.1	1.06	10.9	0.74	14.0	1.35	13.3	1.05
구의동	성동구	7.5	1.00	6.9	1.19	8.4	0.83	7.6	1.01
성수동	성동구	11.6	1.00	17.3	0.79	6.8	1.19	11.9	0.99
신설동	동대문구	8.1	1.00	16.7	0.85	13.0	1.22	12.6	1.02
면목동	중랑구	12.9	1.12	8.9	0.84	13.7	1.02	11.8	0.99
길음동	성북구	4.5	0.92	7.2	1.24	8.2	1.01	6.6	1.06
쌍문동	도봉구	10.2	1.56	17.4	1.60	7.7	1.17	11.8	1.40
불광동	은평구	15.5	1.15	9.8	1.17	19.1	0.98	14.8	1.10
남가좌동	서대문구	19.8	1.06	15.3	1.14	13.8	0.96	16.3	1.05
마포	마포구	7.7	*	9.3	0.99	12.0	1.18	9.7	1.09
화곡동	강서구	7.6	1.11	5.2	0.95	16.8	1.11	9.9	1.06
구로동	구로구	11.9	1.02	16.2	0.72	7.1	*	11.7	0.87
오류동	구로구	12.6	1.15	6.7	1.11	12.6	1.31	10.6	1.19
문래동	영등포구	16.5	1.14	16.0	0.99	6.8	*	13.1	1.07
신림동	관악구	16.5	0.68	11.7	0.85	10.5	0.66	12.9	0.73
반포동	서초구	6.8	1.01	8.9	1.18	6.4	*	7.4	1.10
대치동	강남구	9.8	0.57	7.9	1.08	10.5	1.12	9.4	0.92
잠실동	송파구	8.3	*	3.7	0.95	7.4	0.90	6.5	0.93
방이동	송파구	7.5	1.04	12.0	0.85	7.3	0.80	8.9	0.90

* : 측정소가 위치한 지점에 실험이 실시되지 않았음을 나타낸다.

향권의 평균값보다 측정소 지점의 오염도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 오류동 측정소의 경우에는 영향권 내에 높은 비율의 풍치지구(51%) 및 녹지지역(31%)이 분포하고 있으므로, 측정소 위치의 오염도가 영향권의 평균 오염도보다 높게 나타난 것으로 분석된다. 쌍문동 측정소의 경우에는 영향권은 대부분 주거지역이나 측정

소는 도로변에 위치하고 있으므로, 측정소가 영향권의 대기오염도를 과대평가하고 있는 것으로 판단된다. 신림동 측정소는 생활공간과 멀리 떨어진 곳에 위치하고 있으므로 영향권의 오염도보다 측정소 위치의 오염도가 낮게 나타났다.

Figure 2. NO₂ concentration(1st experiment)Figure 3. NO₂ concentration(2nd experiment)Figure 4. NO₂ concentration(3rd experiment)Figure 5. NO₂ concentration(average)

IV. 결 론

대기오염도 실측에 의하여 서울지역의 대기오염 자동측정소의 지역대표성을 평가한 결과, 광화문, 오류동, 쌍문동 측정소는 영향권의 오염도를 과대평가하는 것으로 평가되었으며, 구로동과 신림동은 영향권의 오염도를 과소평가하는 것으로 평가되었다.

자동측정소 설치장소 확보의 어려움과 자료의 연속성을 고려하더라도 쌍문동 측정소와 신림동 측정소는 현재의 측정위치에 대한 보완이나 개선이 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1. 김종구, 1994, 간이측정기를 이용한 대기중 이산화질소 분포특성 분석, 서울대학교 환경대학원.
- 2. 김태형, 1986, 대기오염측정망 배치기법에 관한 연구 — 울산·온산지역을 사례로, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 3. 윤명조, 1990, 대기오염측정망 및 환경기준의 역사적 배경, 한국대기보전학회, 「대기오염측정과 환경기준」
- 4. 전의찬, 김선태, 1994, TEA를 이용한 이산화질소 간이측정법의 평가와 이용, 한국대기보전학회 학술발표집, 145.
- 5. 홍성철, 1990, 대기오염 자동측정망 설치 및 운영관리, [대기측정망과 환경기준], 한국대기보전학회, 62.
- 6. 환경부, 공정시험방법, 동화기술.
- 7. 환경부, 1993, 환경연감.
- 8. Munn, R. E., 1981, The design of air quality monitoring networks, London; Macmillan Publisher Ltd..
- 9. Ott, W. R., 1990, A Physical explanation of the lognormality of pollutant concentration, J. of Air and Waste Management Assoc. 40 : 1378–1383.