

Passive Sampler를 이용한 대도시의 대기질 평가

전의찬 · 김신도 · 최금찬**

동신대학교, 서울시립대학교*, 동아대학교**

Air Quality Evaluation with Passive Samplers for Large Cities

Eui-Chan Jeon · Shin-Do Kim* · Kum-Chan Choi**

Dongshin University, University of Seoul*, Donga University**

Abstract

Filter badge type sampler has not been widely used to evaluate air quality over large cities in Korea while it can be successfully used for multi-point sampling and analysis. We evaluated the passive sampler as a new tool to monitor air quality over large cities. We latticed Metropolitan Seoul into 2×2 Km to give 136 points. NO_2 concentrations were measured at all the points in the Spring and Summer of 1997.

According to the passive sampler data, natural green zones generally recorded lower NO_2 concentrations than major streets and traffic congestion areas. Passive samplers with abundant 136 points gave more detailed picture of NO_2 distribution while auto-monitoring network did not clearly provide the characteristics of local land use. Also, passive samplers gave 15% higher values than auto-monitoring network. The correlation between the two values appears very high judging from the regression slope of 0.92 and correlation coefficient of 0.91.

This study clearly demonstrates the effectiveness of the passive sampler as a tool to monitor air quality over large cities.

Key words : passive sampler, air quality evaluation

I. 서 론

어느 지역의 대기질 현황을 파악하고, 장래 추세를 분석하기 위해서는 여러 지역에서 동시에 그리고 연속적으로 대기질을 측정하여야 한다¹⁾.

이를 위해서 환경부에서는 '97년 말 현재 전국적으로 117개소의 측정망을 운영하고 있는데²⁾³⁾, 이 중 환경부에서 101개소, 서울시를 비롯한 지방자치단체에서 16개소를 운영하고 있다.

지역에 따라서, 또 측정 일시에 따라서 오염도의 변화가 매우 큰 대기오염에 대한 효과적인 관리정책을 수립하기 위해서는 대기오염도의 시·공간적인 분포 특성에 대한 분석이 선행되어야 한다. 대기오염 특성을 밝히기 위해 대기오염도를 실측하는 데 있어서 서울과 같은 대도시의 경우에는 자동측정장비를 이용하거나, 습식 실험에 의존하는 것은 인원, 장비 및 비용 등의 측면에서 현실적으로 불가능하다.

따라서, 본 연구에서는 측정 및 분석이 비교적 용이하며, 공정시험법과의 정합도도 매우 높은 것으로 밝혀진 패시브샘플러(passive sampler)를 이용하여⁴⁾⁵⁾ 대기질을 평가하고, 토지이용에 따른 대기오염도의 분포 특성을 분석하며, 패시브샘플러 측정방법의 정합도를 분석하고자 하였다.

II. 연구 및 실험 방법

1. 연구 방법

측정대상 물질로는 오존의 전구물질중 하나인 이산화질소(NO_2)를 선정하였으며, 패시브샘플러는 흡수여지의 면적이 넓어서 오차를 줄일 수 있는 필터배지형 패시브샘플러를 이용하였다. 연구 대상지역은 97년 12월 현재, 면적 605.58㎢, 인구 10,389천명으로 우리 나라의 최대 도시인 서울특별시를 대상으로 하였으며, 서울특별시 전역을 2

$\times 2 \text{ km}$ 간격의 격자로 구분하여 총 136개 지점에 패시브샘플러를 설치하였다. 봄철의 경우에는 2월 24일~2월 28일, 여름철에는 8월 6일~8월 7일에 걸쳐 이산화질소(NO_2) 평균 농도를 측정하였다.

Figure 1은 측정점의 위치를, Figure 2는 서울특별시의 자연녹지 분포를 나타내고 있다. 측정점의 위치는, 대기에 폭로가 용이하고 난류의 영향을 받지 않는 곳으로서 환경오염공정시험법(대기편)의 측정지점 선정기준을 고려하여 선정하였다.

패시브샘플러의 측정 결과를 평가하기 위하여, 패시브샘플러 측정 시간대와 같은 시간대의 20개소의 자동측정망 측정값의 평균값과 패시브샘플러를 이용하여 실측한 136개 지점의 농도분포를 크리깅법(Kriging Method)을 이용하여 Figure 5~Figure 8에 나타내었으며, Figure 1과 2 및 Figure 5~8의 XY축은 각각 TM좌표 값을 의미한다.

패시브샘플러 측정 결과에 대한 정합도를 분석하기 위하여, 자동측정망 설치 장소에 패시브샘플러를 각각 4개씩 설치하여 이산화질소(NO_2) 농도를 측정하고, 자동측정망의 측정값에 대한 정합도를 평가하였다.

2. 실험 방법

가. 패시브샘플러 및 패시브샘플러의 설치방법

패시브샘플러는 지역오염의 상세한 상황을 파악하기 위한 대기오염 방지계획을 수립, 자동측정망의 모니터링 네트워크를 보완 뿐 아니라 자체로도 자동측정망의 설치가 어려운 지역에서 자동측정기의 대용으로 사용할 수 있다. 또한 전원의 공급이 없는 산림, 산악, 녹지지역에서의 대기질 측정이 가능하고, 대기오염의 인체영향을 직접적으로 모니터링하려는 관점에서 유용한 도구로 사용된다.⁶⁾⁷⁾⁸⁾

본 연구에 사용한 패시브샘플러는 트리에탄올아민법의 건식법에 의한 것으로 일본 Toyo Roshi

Kaiha사에 제작한 필터배지형으로, Figure 3에 나타낸 바와 같이 배지케이스(badge badge case), 흡수여지(absorbent sheet), 확산조절판(diffusion)으로 구성되어 있다.

배지케이스는 폴리프로필렌 재질로서 한 쪽면 ($38\text{mm} \times 26\text{mm}$)이 대기에 폭로되도록 고안되어 있으며, 흡수여지는 이산화질소(NO_2)를 흡수하기 위하여 흡수액 트리에탄올아민(TEA)을 적신 셀룰로오스 섬유여지를 사용하였고, 확산조절판은 불소를 포함하는 소수성 섬유필터(Toyo Roshi PFI)를 사용한 것이다.⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾

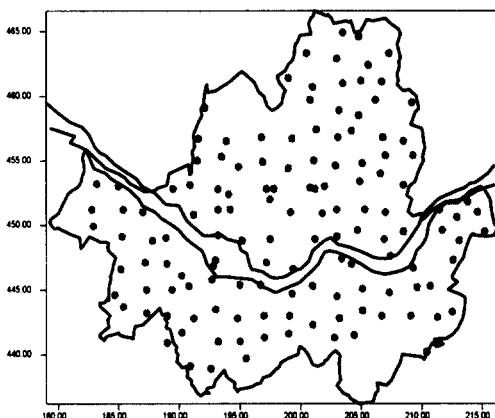


Figure 1. Passive Sampling Sites in Seoul



Figure 2. Natural Green Zones in Seoul

실험의 오차를 최소화하기 위하여, 2시간 이내에 136개 전 지점에 패시브샘플러를 설치하였으며, 회수시에도 동일한 방법으로 회수하여, 136개의 시료가 가능한 한 동일한 시간동안 폭로되도록 하였다.

나. NO_2 농도의 측정방법

46시간 대기에 폭로시킨 패시브샘플러는 실험실에서 즉시 흡수여지를 분리하여 시험관 내로 옮기고, 발색시약(폭로일 $\times 10\text{ml}$)을 시험관에 주입하여 충분히 혼들 다음 $25^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 에서 40분간 방치하고, 545nm파장에서 UV를 사용하여 흡광도를 측정(I)하였다. 동일한 방법으로 바탕시험을 행한 후 측정한 흡광도(I_0)를 식 1에 대입하여 농도를 구하였다.¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

$$\text{NO}_2(\text{ppb}) = 55(I - I_0)^{12)} \quad (1)$$

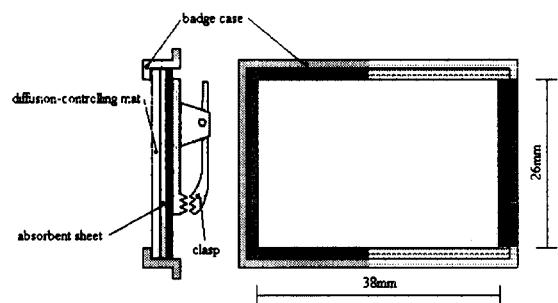


Figure 3. Structure of a Filter Badge Type Passive Sampler for Measurement of NO_2

III. 결과 및 고찰.

1. 패시브샘플러의 정합도 분석

패시브샘플러에 의한 측정 결과의 정합도를 분석하기 위하여, 자동측정망 측정값과 패시브샘플러

에 의한 측정값의 상관관계를 분석하였다. 정합도 분석의 대표성을 높이기 위하여 서울의 20개소와 부산과 광주에 설치된 각각 7개소와 4개소의 자동 측정망중 17개 측정소를 선정하여 자동측정망의 측정기기 시료가스 인입부에 패시브샘플러를 각각 4개씩 총 68개를 부착하여 72시간동안 폭로시켰다. 그리고 부착한 68개의 패시브샘플러 중 바람에 의해 땅에 떨어져 측정이 불가능한 1개의 패시브샘플러를 제외한 67개의 패시브샘플러에 의한 이산화질소(NO_2)의 농도와, 동일한 시간대의 자동 측정망 측정 결과의 일일 평균값과 비교하였다. 분석 결과, 대부분의 지점에서 패시브샘플러에 의한 이산화질소(NO_2) 농도가 자동측정망에서 측정한 값보다 평균 15% 정도 과대평가되는 것으로 나타났다. 패시브샘플러와 자동측정망 측정 결과에 대한 상관계수와 회귀식을 산정한 결과는 Figure 4과 같다. 분석 결과, 회귀식의 기울기는 0.92, 상관계수는 0.91로서 두 값 사이의 상관관계는 매우 높은 것으로 분석되었다. 따라서, 대도시와 같은 넓은 지역의 대기질을 평가하는 도구로서 패시브샘플러를 유용하게 사용할 수 있을 것으로 평가되었다.

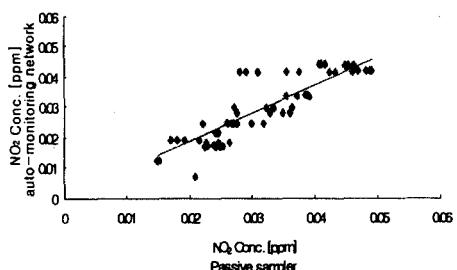
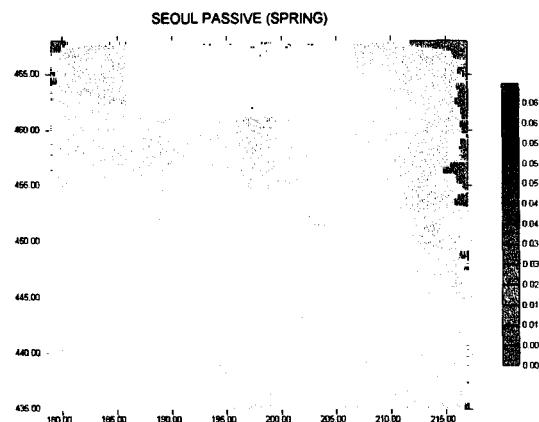


Figure 4. Correlation diagram between passive sampler data and monitoring network data

2. 패시브샘플러에 의한 대기질 평가

폐시브샘플러에 의한 측정 결과는 Figure 5 및 Figure 7과 같으며, 같은 기간 대기오염 자동측정망의 측정결과는 Figure 6 및 Figure 8과 같다. 폐시브샘플러에 의한 측정 결과를 살펴 보면, 북한산, 수락산, 아차산 등의 산악지대는 대체로 낮은 농도분포를 나타내고 있으며, 주요 도로 및 교통 혼잡지역은 그 지역의 특수성을 반영하여 높은 농도를 나타내고 있다.

Figure 5~Figure 8에서 보는 바와 같이, 대기오염 자동측정망 측정결과는 녹지분포도 및 도로망과 잘 일치하고 있으며, 136개 지점에서 측정한 폐시브샘플러 측정 결과는 지역별 농도 분포를 잘 나타내고 있다. 본 연구의 측정지점 수는 상세한 지역 대기오염 정보를 파악하기에 충분하지는 못 하지만, 현재 서울특별시의 대기오염 측정망이 20여 개소에 불과한 점을 고려할 때 폐시브샘플러는 대도시 대기질 평가 도구로서 유익한 것으로 판단된다.



**Figure 5. Distribution of NO₂ Concentration
(Passive Sampler; Spring)**

IV. 결론 및 제언

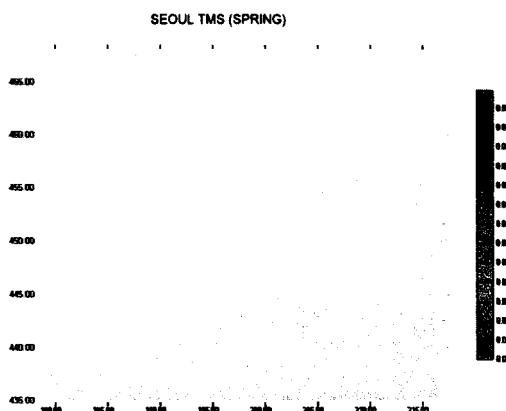


Figure 6. Distribution of NO_2 Concentration (Auto-monitoring Network; Spring)

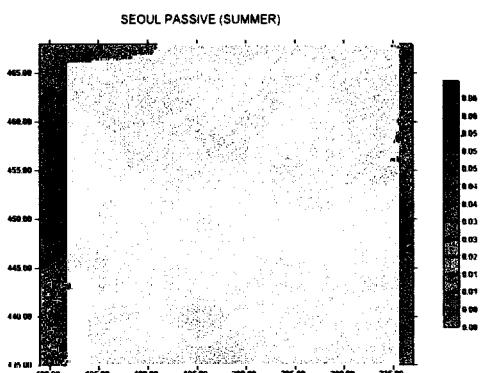


Figure 7. Distribution of NO_2 Concentration (Passive Sampler; Summer)

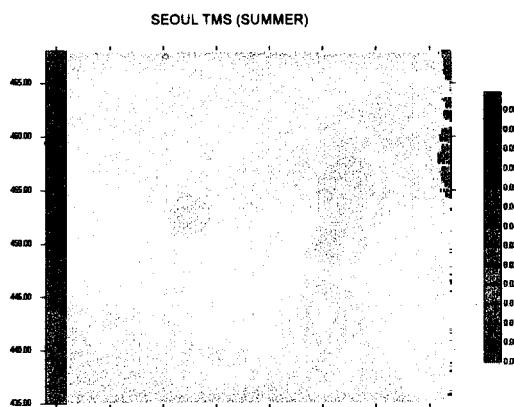


Figure 8. Distribution of NO_2 Concentration (Auto-monitoring Network; Summer)

어느 지역의 대기질을 보다 정확하게 측정하고 평가하기 위해서는 동일한 시간에 다수의 지점에서 시료를 채취·분석하여야 한다.

패시브샘플러는 매우 광범위한 지역을 대상으로 대기질 분석이 가능할 뿐만 아니라, 시료의 채취 및 분석이 비교적 용이하고 비용도 저렴하다. 또, 산악지역, 녹지지역 등 전원이 없는 곳에서도 측정이 가능하다는 장점을 갖고 있지만, 국내에서는 아직까지 광역의 대기질 평가에 널리 활용되지 못하고 있다.

본 연구에서 대도시의 대기질을 평가하기 위한 새로운 도구로서, 패시브샘플러의 활용 가능성을 평가하기 위하여, 패시브샘플러를 이용하여 서울시의 이산화질소(NO_2)의 공간적 분포 특성을 분석하였다. 패시브샘플러를 이용한 측정 결과는 대기오염 자동측정망의 측정결과와 비교하여 녹지분포 및 도로망 등 토지이용에 따른 지역의 특수성을 잘 반영하는 것으로 나타났다. 또, 정합도 분석 결과도 양호한 것으로 평가되어 환경영향평가 시 새로운 대기질 평가방법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 전의찬, 1994, 대기질 측정방법의 효율화 방안에 관한 연구, 서울시정개발원, 3
2. 환경부, 1998, 환경백서, 278
3. 환경부, 1998, 대기오염측정종합자료집, 13-34
4. 김종구, 1994, 간이측정기를 이용한 대기중 이산화질소 분포 특성, 서울대학교 석사학위 논문, 2-7
5. 김선태, 1993, 누구나 할 수 있는 대기오염 측정, 배달환경출판부, 3-12

6. 松本幸雄, 1987, NO₂濃度の空間分布構造の安定性, 日本大氣汚染學會誌, vol. 22, No.2, 127-139
7. 笹野泰弘, 1984, 自動車排ガスた含まれるエアロゾルの擴散に關するレーザーレーダー觀測, 日本國立公害研究所研究報告, No. 49, 95-104
8. 松本光弘, トリエタノリアミン円筒ろ紙法による大氣中二酸化硫黃および二酸化窒素の簡易同時測定法, 日本大氣汚染學會, vol.23, No. 2, 85-91
9. 宮崎正信, 1990, 固定發生源の簡易測定法の概要, 日本環境技術, vol.19, No.4, 214-217
10. 溝口次夫, 1980, 大氣汚染の簡易測定法, 日本國立公害研究所調査報告, 第15號, 33-40
11. Khan, T.R. and Meranger, J.C, 1986, Recent Advances in SO₂, NOx and O₃ Personal Monitoring, Environmental International, vol. 9, 195-206
12. Yukio Yanglsawa and Hajime Nishimura, 1982, A Badge-type Personal Sampler for Measurement of Personal Exposure to NO₂ and NO in Ambient Air, Environment International, Vol. 8, 233-242
13. Yukio Yanglsawa and Hajime Nishimura, 1980, 生活環境中濃度測定用 NO₂ パーソナル・サンプラー, 大氣汚染學會誌 制15卷 8號, 4-11
14. Saltzman, B.E, 1954, Colorimetric microdetermination of nitrogen dioxide in the atmosphere, Anal. Chant., 26(12), 1949-1955
15. Fontjin, A., Sabadell, A.J., Ronco, P., 1970, Homogeneous hemiluminescent measurement of nitric oxides with ozone, ibid., 42(6), 575-579
16. Willy, M.A., McCammon. G.S. Jr, 1977, A Solid sorbent personal sampling method for the simultaneous collection of nitrogen dioxide and nitric oxide in air, Aut. Ind. Hyg. Ass. J., 38(4), 358-363
17. Levaggi, D. A., Shi., W., Faldstein, M., QA new method for measuring average 24 hour nitrogen dioxide concentration in the atmosphere, J-A-P. G.A., 23(1), 30-31