

BB4) Passive sampler를 활용한 필리핀 메트로마닐라 지역의 대기오염 모니터링 체계 구축을 위한 기초 조사 A Fundamental Survey Using the Passive Sampler for the Establishment of Air Pollution Monitoring System in Metro-Manila, Philippine

김선균 · 김선태 · 이종현¹⁾

대전대학교 환경공학과, ¹⁾(사)시민환경연구소

1. 서 론

20세기 기술의 발달과 산업화에 따라 세계 각 국에서는 인간이 제어하기 힘든 거대 규모의 도시가 계속하여 형성되고 있다. 전 세계 대도시들 중 대기오염도가 심한 도시의 하나에 속하는 필리핀의 Metro-Manila는 1975년 11월 마닐라를 중심으로 총 13개 소도시와 4개의 자치지구가 통합되어 구성되었으며, 면적은 서울(605.5km²)과 비슷한 636.0km²이다. 인구 밀도는 약 15,617명/km²로 서울(17,046명/km²)보다는 다소 낮고, 전체 인구수는 서울과 유사한 약 1천만 명 정도이다. Metro-Manila의 차량수는 승용, 트럭, 버스, 트레일러, 오토바이 등을 모두 합하여 서울의 약 1/2 정도에 해당하는 130만대 정도로 조사되고 있다. 아시아 개발 은행(Asian Development Bank, ADB)의 발표에 의하면, Metro-Manila 지역의 대기중 부유분진 농도는 규제치보다 200~400%까지 높게 측정된 것으로 보고되고 있다(Asim Khan, 1997). 이처럼 대기오염이 심각한 Metro-Manila에 설치 되어있는 대기오염물질 자동측정망은 도시 전체에 총 8개 지점으로 매우 부족한 상황이며, 이마저도 경제적·기술적인 이유로 인하여 제대로 운영되지 못하고 있는 것이 현실이다. 따라서, 체계적인 대기오염물질에 대한 모니터링과 측정 자료의 데이터베이스 구축이 어려운 실정이며, 측정자료를 기반으로 이루어지는 정책의 수립 및 수행에도 어려움이 많은 상황이다.

이에 본 연구진은 골드만재단의 지원으로 경제적·기술적인 측면에서 적용이 용이한 passive sampler를 활용하여, Metro-Manila에서 독자적으로 진행될 수 있는 대기오염물질의 모니터링 체계를 구축하고자 하였다. 이번 연구에서는 Metro-Manila 전역에 대하여 시범적인 수준의 광범위한 NO₂, SO₂ 모니터링을 진행하였으며, 그 결과를 정리하고자 한다.

2. 연구 방법

먼저 본 연구는 필리핀 현지에 대한 정보가 부족한 연구진의 원활한 연구수행을 위하여 (사)시민환경 연구소와 필리핀 현지의 NGO인 COCAP(Concerned Citizens Against Pollution)과 필리핀 정부 환경국의 도움으로 진행되었다. 본 연구진은 COCAP측에게 passive sampler를 활용한 모니터링에 있어 필요한 전반적인 기술을 교육하였으며, 현지 사정에 밝은 COCAP측에서는 이러한 교육을 토대로 측정지점의 선정, 모니터링의 계획 및 진행 등을 독자적으로 실시하였다. 측정지점 수는 Metro-Manila 전역에 위치한 13개 소도시를 대상으로 총 455개의 NO₂ 측정 지점을 선정하였으며, 이 중 30개 지점에서는 측정결과와 재현성을 평가하기 위하여 복수의 시료를 채취하였다. 1개월 평균 농도를 측정하는 SO₂의 경우에는 총 50개 지점을 선정하였다. 측정은 2002년도 1월 18일~1월 19일 사이에 NO₂ 농도의 측정이 이루어졌고, 채취된 시료는 국내로 가져와 본 연구진에 의해서 분석되었다. SO₂의 경우에는 2002년 1월 23일~2월 22일 사이에 측정이 이루어졌다.

본 연구에 사용된 passive sampler법은 전원 및 기타장비, 기술 등이 필요치 않아 시·공간적 제약이 적어 광범위한 지역에 대한 동시 측정의 목적으로 활용될 수 있다(UNEP/WHO, 1994). 그림 1과 그림 2는 본 연구에 사용된 tube형의 NO₂ passive sampler와 badge형의 SO₂ passive sampler의 모습을 각각 나타낸 것이며, 이러한 passive sampler는 이미 다양한 QA/QC 절차를 통해서 개발되어 그 정확성과 신뢰성이 인정받고 있다(인치경, 2002).

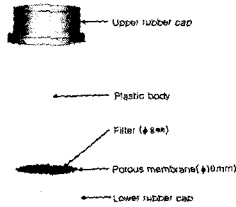


Fig. 1. Tube type of NO₂ passive sampler

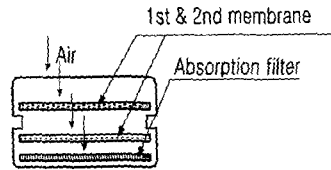


Fig. 2. Badge type of SO₂ passive sampler

3. 결과 및 고찰

Metro-Manila 지역의 NO₂ 농도 측정결과의 재현성 판단을 위하여 현장에 동일한 방법으로 설치한 30개 지점에 대한 triplicate 실험 결과는 % RSD가 약 9.6%로 나타났으며, 이는 필리핀 현지인들에 의해서 진행된 초보적인 모니터링 과정에서 발생 가능한 오차를 감안하면 비교적 높은 재현성을 보인 것이라 판단된다.

그림 3은 455개 측정지점에서 측정된 NO₂ 농도 결과를 나타낸 것으로, 도로변과 공업지역의 평균농도가 주거지역이나 녹지지역에 비하여 약간 높게 나타났다. 또한, 도로변과 주거지의 경우에는 측정 결과간의 편차가 매우 심한 것을 알 수 있다. 그림 4는 NO₂ 농도의 측정 결과를 농도의 빈도 분포로 나타낸 것이다. 전체 측정 자료의 96%가 일 평균 40 ppb 이하에 위치하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 국내 NO₂ 농도의 1일 기준치가 80 ppb인 것에 비하면 높은 수치는 아닌 것으로 판단된다. 이러한 결과는 NO₂의 농도가 교통량에 따라 크게 차이가 나는 것으로부터 원인을 추측할 수 있으며, Metro-Manila 지역의 차량수가 서울의 1/2 정도에서 오는 결과라 판단된다.

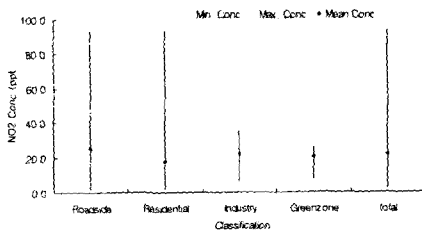


Fig. 3. The characteristics of NO₂ concentration in Metro-Manila

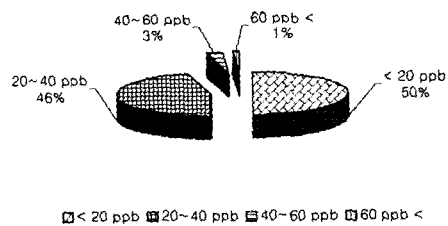


Fig. 4. The frequency distribution of NO₂ Concentration

Metro-Manila 지역의 대기오염도는 감각적으로는 매우 심각한 상태이다. 하지만, 교통량에 비례하는 NO₂ 농도만의 측정으로는 그 정도를 표현하기 어려울 것으로 판단된다. 따라서, 다수의 디젤차량으로부터 배출되는 TSP나 VOCs 등과 같이 원인물질로 추측되는 부분에 대하여도 체계적이고 지속적인 모니터링이 병행된다면 Metro-Manila 지역의 대기오염원인을 판단하고, 그에 따른 정책의 수립에 도움이 될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 인치경, (2002) 「대기질 평가를 위한 passive sampler의 개발 및 현장적용」, 대전대학교 대학원 박사학위논문
- UNEP/WHO (1994) 「Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement for Air Quality」, GMES/AIR Methodology Reviews Vol. 4.
- Asim Khan (1997) 「Urban Air Pollution in Megacities of the World」, The green times spring