

PA1) PAS를 이용한 대기 중 다환방향족탄화수소 모니터링 Monitoring of Atmospheric PAHs Using a Passive Air Sampler

최성득^{1),2)} · 백송이¹⁾ · 장윤석¹⁾ · Frank Wania²⁾

¹⁾포항공과대학교 환경공학부, ²⁾Department of Physical and Environmental Sciences, University of Toronto at Scarborough

1. 서 론

최근 대기 중 잔류성 유기오염물질 (persistent organic pollutants: POPs)의 모니터링을 위해 passive air sampler (PAS)의 사용이 증가하고 있다 (최성득과 장윤석, 2005). 이미 일반 대기오염물질이나 VOCs 채취에 PAS가 사용된 예가 있으나, 대기 중 POPs 모니터링에 적합한 PAS가 개발되어 널리 사용된 것은 비교적 최근의 일이다.

PAS는 물리적인 확산현상에 의해 POPs 뿐만 아닌 반-휘발성 기체를 채취하는 간단한 장치이다. Fick's first law에 의해 대기 중 POPs가 청정한 수착제 (sorbent)로 전달되며, 수착제 용량을 초과하지 않는 범위에서는 채취되는 POPs의 양 (pg PAS^{-1})은 대기 중 농도와 시료채취 시간에 비례한다. 따라서 PAS에 채취된 POPs의 양은 대기 중 농도수준을 직접적으로 반영하므로, POPs의 공간분포 확인에 적합하다. 그리고 각 물질별 채취율 (uptake rate)을 산정할 경우, high volume sampler에 의해 산출된 대기 중 농도 (pg m^{-3})와 직접적인 비교를 할 수 있다.

포항시 주거지역 인근에는 대규모 철강공단이 조성되어 있으므로, 코크스 공장을 비롯한 다양한 공장에서 불완전 연소에 의한 다환방향족탄화수소 (PAHs)가 상당량으로 배출될 가능성이 있다. 그러므로 철강공단에서 배출된 PAHs를 비롯한 다양한 오염물질들이 주거지역에 미치는 영향에 대한 관심이 높다. 그러나 기존에 high volume sampler를 사용한 소수 지점에서의 간헐적인 모니터링을 통해서, 철강공단의 영향을 평가하기는 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 기초연구로서 포항시 6개 지점에 PAS를 설치하여 PAHs 모니터링을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

대기 중 POPs 모니터링에 주로 사용되고 있는 PAS로는 크게 폴리우레탄 폼 (polyurethane foam: PUF), semi-permeable membrane devices (SPMD), XAD resin 세 가지 종류가 있는데, 본 연구에서는 단기간 (2-6 주 정도) 동안 PAS를 설치하여 철강공단의 영향을 확인하기 위하여 SPMD를 사용하였다. 본 연구에 사용된 SPMD는 독일의 Passamtec에서 개발한 것으로서, 스테인리스 재질의 exposure box 내부에 SPMD가 장착되며, 폴리에틸렌 막에 들어있는 트리올레인 (triolein)이 POPs를 흡수한다.

SPMD는 포항시 6개 지점에 5주간 (2005년 8월-9월) 설치한 다음 회수하였다. 설치 지점은 포항철강공단과 주거지역의 위치를 고려하여 선정하였다. SPMD는 회수직후 냉장보관하였으며, 기기분석을 위해 트리올레인을 꺼내어 Accelerated Solvent Extraction (ASE) cell에 sodium sulfate와 혼합하여 넣은 후, 혼합용매 (acetone: dichloromethane=50:50)로 오븐온도 100°C 및 2000 psi에서 추출하였다. 1차 농축된 시료는 실리카 컬럼에 넣고 혼합용매 (dichloromethane: hexane=10:90)로 용출하였다. 이후, 추가로 농축 과정을 거쳐 1mL 정도를 GC vial에 넣은 후 후드 안에서 자연건조시켰으며, 최종적으로 GC/MS (PolarisQ, Thermoquest)에 1 μ L를 주입하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

5주간의 비교적 짧은 모니터링 기간과 소량의 흡수제 (트리올레인)에도 불구하고, GC/MS로 분석할 수 있는 충분한 농도의 반휘발성 물질들을 검출할 수 있었다 (그림 2). 본 연구의 분석항목인 16 종의

PAHs 중에서 비교적 분자량이 작은 나프탈렌 (128)부터 Chrysene (228)까지 10개 물질들이 주로 검출되었고, 분자량이 큰 Benzo(a)pyrene과 Dibenzo(a,h)anthracene 등은 대부분의 시료에서 검출되지 않았다. 이는 SPMD를 비롯한 대부분의 PAS들은 기체상 POPs 채취를 목적으로 개발되었기 때문에 입자상 PAHs들은 시료채취 과정에서 제외되었기 때문으로 해석할 수 있다.

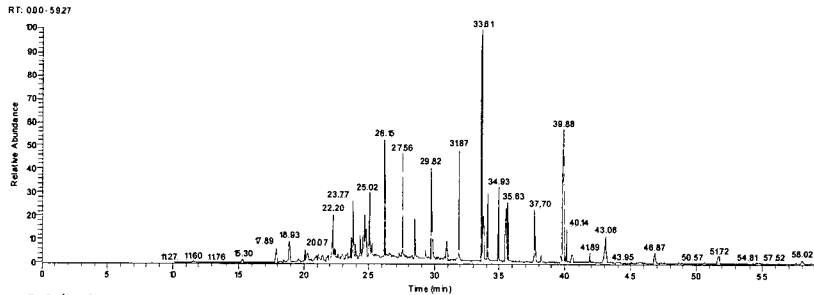


Fig. 1. GC/MS chromatogram of SPMD sample collected near the Pohang steel complex.

포항시 6개 지점에서 검출된 16 PAHs 양은 다음과 같다 (그림 2). 철강공단 중심부에 위치한 지점에서 가장 많은 양의 PAHs가 검출되었고 ($1123 \text{ ng SPMD}^{-1}$), 형산강 주변의 주거지역에서 중간 정도의 검출량을 보이고 있으며 ($220\text{--}346 \text{ ng SPMD}^{-1}$), 상대적으로 멀리 떨어진 북쪽지역과 포항공단 지점에서 가장 작은 값을 나타내고 있다 ($77, 94 \text{ ng SPMD}^{-1}$). 이러한 PAHs 분포는 철강공단의 위치와 주풍향에 의해 결정되는 것으로 판단된다. 시료채취 기간이 난방기간이 아니었으므로 (8월-9월) 난방에 의한 영향을 무시할 수 있으며, 포항공단 지점을 제외하고는 모든 지점이 교통량이 많은 도로에 인접해 있으므로 자동차 배기가스에 의한 (농도분포) 영향도 어느 정도 배제할 수 있다.

본 연구에서는 PAHs의 대기 중 농도가 아닌 SPMD에 흡수된 양 (ng SPMD^{-1})의 분포를 살펴보았다. 그러므로 후속 연구를 통해, 대기 중 농도 (ng m^{-3})로 환산하여 기존 연구결과와 타 지역과의 비교를 통해 PAS를 이용한 모니터링 연구의 신뢰성을 확보하고자 한다.

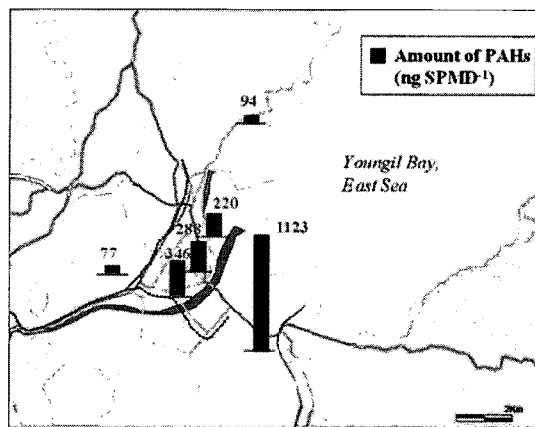


Fig. 2. Location of sampling sites with measured data (sum of 16 PAHs).

참고 문헌

최성득, 장윤석 (2005) Passive Air Sampler를 이용한 잔류성 유기오염물질의 대기 모니터링. 한국대기 환경학회지 21(5), 481-494.