

옥 곤, 문효방*, 지성희, 김성태¹
부경대학교 지구환경과학부, 동래고등학교¹

1. 서론

산업화와 도시화 등에 의한 인구의 대도시 집중 현상은 자동차 등을 비롯한 화석연료와 경제 활동에 필요한 에너지 소비의 증대로 대기오염의 심각성은 더욱 커지고 있다. 현재까지 도시대기의 오염형태는 고진적인 대기오염 물질로 간주되고 있는 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx) 등에 의한 것으로 이들 물질의 대기 중 농도 수준은 감소하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 도시 대기 중 오존(O₃)과 휘발성유기화합물질(VOCs)등을 비롯한 독성 미량 물질들의 농도 수준은 증가하고 있으며 대기질은 더욱 악화되고 있는 것으로 지적되고 있다. 특히, 이들 물질 중 최근 내분비 교란물질(Endocrine Disruptors) 즉 환경호르몬성 물질로 간주되고 있는 Benzo(a)pyrene을 비롯한 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 이하 PAHs)는 인체 내에서 발암성, 돌연변이원성의 특성을 가지는 것으로 보고되고 있어, PAHs를 비롯한 이와 유사한 환경적 거동과 특성을 가지는 잔류성 유기오염물질(Persistent Organic Pollutants, POPs)에 대한 환경·보건학적 관심이 증대되고 있다. 따라서, 본 연구는 도심 지역의 주배출원인 이동 배출원의 영향이 예상되는 부산시 동래 지역에서 PAHs의 대기 환경 중 농도 수준과 거동 특성에 관해 조사하였다.

2. 실험방법

2.1 측정지점 및 시료채취 방법

본 연구의 조사 기간은 1999년 5월 10~13일과 5월 19~22일까지이며, 조사지역은 부산 지역 중 자동차 등의 이동배출원의 영향이 예상되는 부산 동래고등학교 건물 옥상에서 실시하였다. 대기 중 가스상과 입자상으로 존재하는 PAHs를 동시 포집하기 위하여 PUF-type의 High Volume Air Sampler(DHV-1000GC type, Global Change Inc.)를 사용하였다. 입자상 물질인 부유 분진은 GFFs(Glass Fiber Filters, Gelman Sciences)에 가스상 물질은 PUF(Polyurethane foam)를 사용하여 24시간 연속 측정하였으며, 측정 유량은 1,200~1,500m³이었다. 부유분진의 농도는 여과지의 전후 무게 차로 산정하였다.

2.2 추출 및 분석 방법

채취된 GFFs는 잘게 잘라 환류 추출(Reflux extraction)하였으며, PUF도 채취 후 속실텐 추출(Soxhlet extraction)하였다. 각 추출물은 활성화된 실리카겔(중성, 70~230mesh, Art. 7734, Merck社)로 정제 후 HRGC/HRMS-SIM(Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다. 시료 정제 및 분석방법은 이전의 문헌에 기술한 방법을 사용하였다.^{1,2}

3. 결과 및 고찰

3.1 총부유분진(TSP) 농도 및 다환방향족탄화수소(PAHs)의 농도 수준

관측한 동래 지역의 대기 중 총부유분진의 농도를 Table 1에 나타내었다. 관측된 시료에 대한 부유분진의 평균 농도는 106.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서, 국내 대기환경 TSP 24시간 기준치인 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에는 크게 미치지 못하며, 연간 기준치인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에도 하회하는 것으로 조사되어, 비교적 총부유분진에 의한 대기의 오염도는 그리 높

지 않은 것으로 조사되었다.

Table 1. Concentration levels of total suspended particulate.

Date \ TSP Conc.	Range	Median	Mean
1999/5/10~13	64.84~124.59	115.58	101.67
1999/5/19~22	80.36~137.69	111.01	114.99
Total average	64.84~137.69	115.29	106.34

본 연구에서 조사된 16종(EPA method 610) PAHs의 총농도 수준을 살펴보면, 가스상 물질로 존재하는 농도 수준은 2.92~9.85ng/m³을, 입자상 물질은 0.98~5.06ng/m³을 나타내어, 16종 PAHs 전체 농도에 대해 가스상 물질이 입자상 물질보다 높은 농도 수준을 나타내었으며, 이는 일반적인 대기 중 PAHs의 상분배에 의한 농도 수준 분포와 일치하는 것으로 사료된다.

3.2 다환방향족탄화수소(PAHs)의 Profile

관측된 16종 PAHs의 Profile을 Fig. 1에 나타내었다. 가스상과 입자상으로 나누어 살펴보면, 가스상은 저분자량에서 고분자량 물질로 갈수록 농도가 낮아지는 반면, 입자상에 대해서는 저분자량에서 고분자량 물질로 갈수록 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 PAHs의 물리·화학적 특성인 비점과 융점의 차이에 의해 대기 중 PAHs의 존재비가 다르게 나타나는 것으로 판단된다. 또한 벤젠환이 4개 이상인 물질들은 대부분 입자상으로 존재하고 있어 고비점 PAHs의 대기 중 거동 양상은 입자상 물질이라는 일반적인 지견과 일치하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 관측된 지점과 동일한 건물 옥상에서 채취한 퇴적물 중 16종 PAHs의 Profile을 Fig. 2에 나타내었다. 옥상에 존재하고 있는 퇴적물은 대기 중 존재하는 부유 분진과 강하 분진 등이 습식·건식에 의해 지표로 침강하여 생성된 것으로, 이는 일반적으로 토양과 유사하게 그 지역 오염도와 특성을 나타내는 중요한 지표로서 간주되어 질 수 있다.^{2,3} Fig. 2에서 보여지는 것처럼, 대기 중 잔류하는 PAHs와 동일 지점 옥상에서 채취된 지점에서 관측된 PAHs의 Profile은 비교적 유사한 것으로 조사되어, 이 지점에서의 동일 배출원에 의한 대기 중 잔류하는 POPs의 침착 특성에 기여한 농도 Profile을 보여주고 있다.

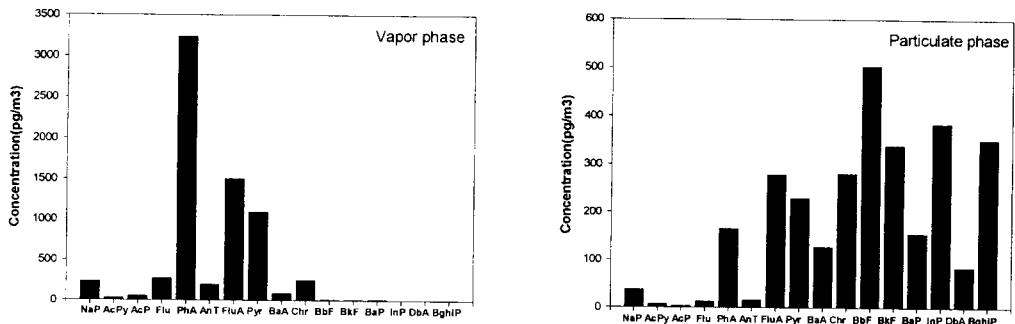


Fig. 1. Average profile of 16 PAHs concentration for vapor and particulate phase.

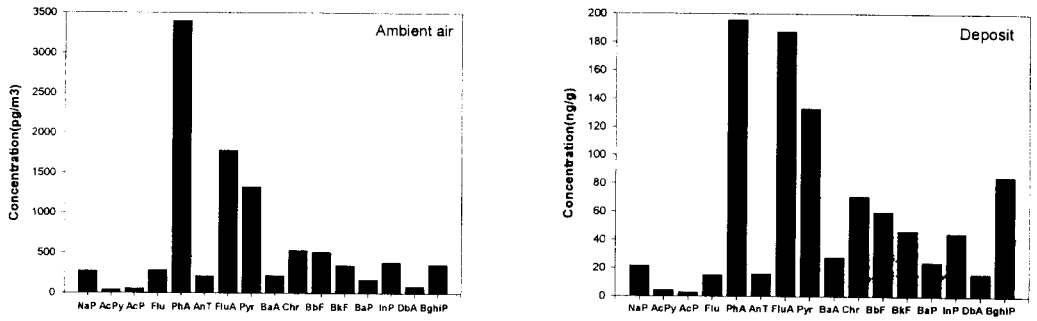


Fig. 2. 16 PAHs profile for ambient air and deposit sample collected at the same point.

3.3 대기 중 PAHs의 상분배

본 연구에서 관측된 동태 지역 대기 중 PAHs의 상분배를 Fig. 3에 나타내었다. 입자상과 가스상의 전체 농도 중 차지하는 점유율을 살펴보면, 저분자량에서 고분자량으로 갈수록 가스상에서 입자상으로의 점유율이 높아지는 경향을 나타내었으며, 벤젠환이 4개 이상인 물질은 대부분이 대기 중에서 입자상으로 존재하는 것으로 조사되었다.

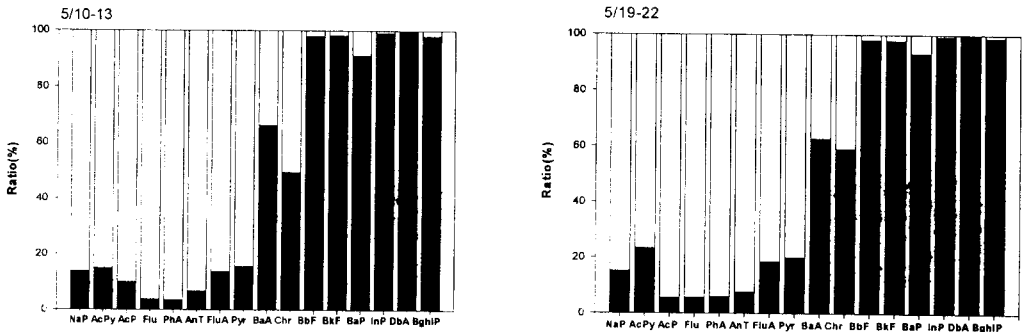


Fig. 3. Average distribution of vapor(□)/particulate(■) phase for 16 PAHs in ambient air.

참고문헌

1. 옥 곤, 문효방, 지성희, 한영호, 1998, 대기 부유분진 중 다환방향족탄화수소(PAHs)의 농도 수준 및 특성, *한국환경분석학회지*, 1(3), 265~274
2. 옥 곤, 지성희, 문효방, 양한섭, 1998, 토양 중 다환방향족탄화수소(PAHs)의 분포 특성, *한국환경분석학회지*, 1(3), 257~263
3. 옥 곤, 문효방, 지성희, 1998, 대기 침착 제거에 의한 옥상 퇴적물 중의 다환방향족탄화수소(PAHs)의 양상, *한국환경분석학회 추계 학술대회 요지집*, 198~201
4. Min-Yen Wey, Chia-Yung Chao, Jyh-Cherng Chen, and Lih-Jyh Yu, 1998, The relationship between the quantity of heavy metal and PAHs in fly ash, *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, 48, 750~756