

PS7(SM) 대구지역 환경대기 중 PM10에 함유된 입자상 PAH 농도의 지역적 및 계절적 변동

Regional and Seasonal Variations of the Particulate PAH Concentrations associated with PM10 in Taegu

최진수·백성욱

영남대학교 환경공학과

1. 서론

현재까지 보고된 자료에 의하면 약 500여종의 PAH 화합물이 존재한다고 알려져 있다(Tomatis, 1990). 국제암연구센터(IARC) 및 미국 EPA에서 보고된 자료에 따르면, 이러한 PAH 중 Benzo(a)pyrene과 Dibenzo(a,h)anthracene 등 발암성 혹은 돌연변이원성을 가진 화합물들이 일부 포함되어 있다(IARC, 1983; U.S. EPA, 1995). 대부분의 PAH는 입자상 형태로 존재하지만 그 분자량과 주변 기온에 따라 부분적으로는 증기상 형태로도 존재한다고 알려져 있으며(Lioy and Daisey, 1986). 주변 대기환경 어디에나 널리 분포되어 있을 가능성이 높아 많은 연구와 관심의 대상이 되어 왔다. 환경대기 중 PAH의 출현경로는 매우 다양하지만 주로 화석연료의 불완전 연소과정에서 배출된다는 점을 감안하면 최근 도시지역에서 급증하고 있는 차량과 동절기의 난방연료 사용량 증가에 따른 PAH의 발생량은 상당할 것으로 예상된다.

국내에서의 PAH에 관한 연구는 몇몇 연구가들에 의해 도시 대기 중 PAH에 대한 측정결과가 발표되고 있으나, 아직 PAH에 대한 정량적인 자료는 절대 부족한 실정이며, 기존 보고자료도 분석방법상의 문제점으로 인해 농도자료의 호환성 측면에서 문제점이 지적되기도 하였다(백성욱 등, 1995).

도시대기 중의 PAH에 대한 환경보건학적 중요성에 대한 과학적인 평가와 향후의 관리대책의 마련을 위해서는 주요 발생원 파악, 대기 중 물리 및 화학적인 거동특성 평가, 지역적 및 계절적인 농도변동 파악과 영향인자 규명 등이 중요한 과제로 인식되고 있다. 따라서 본 연구에서는 법적 및 행정적인 규제와 관리영역에 포함되어 있지 않은 비규제성 유해대기오염물질 중의 하나이며, 호흡가능성 미세먼지에 함유된 입자상 형태의 PAH를 대상으로 도시대기 중 이들 물질의 농도분포와 계절적 및 지역적 농도변동을 파악하고자 하였다.

2. 시료채취 및 분석

대구의 주거지역 지점과 상업지역, 공업지역 및 전원지역인 경산지점에서 1993년 12월부터 1994년 11월까지 표준 하이볼륨샘플러(Sierra-Andersen, Model 2000)에 PM10 Inlet(Graseby Andersen/General Metal Works G1200)를 장착하여 1.13 m³/min의 흡입유량으로 PM10 시료를 채취하였다. 각 지점별로 Whatman QM-A Quartz Fiber Filter (8"×10")에 채취된 PM10 시료들은 중량농도로 분진농도를 환산한 후 -10 °C 이하의 냉장고에 보관되었다가 일정량으로 등분되어 입자상 PAH 분석에 이용되었다. 분진 중에 함유된 PAH시료는 Soxhlet장치에서 DCM 용매로 추출한 뒤, 농축단계와 Silica mini column(Waters Sep-Pak Plus)을 이용한 Clean-up 과정을 실시하였다. 최종 PAH 시료의 분석은 UV 및 Fluorescence 검출기가 장착된 역상 HPLC 시스템을 이용하였으며, Hypersil Green PAH column(Shandon, 4.6mm×10cm)에 CH₂Cl₂과 물의 혼합용매를 이용한 Gradient elution을 적용하였다. 본 연구에는 총 21개 분석대상 PAH중 벤젠고리 3개인 Phenanthrene부터 벤젠고리 7개인 Coronene까지 비교적 분자량이 높은 16가지의 PAH에 대한 정량자료를 최종 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

대구 및 경산지역의 각 지점에서 채취된 PM10시료 중에 함유된 입자상 PAH의 분석된 자료를 이용하여 난방연료의 사용측면에서 동절기(10~3월)와 하절기(4~9월)로 구별하여 계절별 평균농도를 Fig. 1에 비교하여 도시하였다. PAH는 화석연료의 불완전 연소과정에서 다량 발생하므로 측정된 지역별 농도수준의 전반적인 경향은 공업지역, 상업지역 순으로 나타나고 있으며, 주거지역과 교외지역에 위치한 지점에서는 비

슷한 농도분포를 보이고 있다. 또한 PAH농도의 계절적 변동은 4개 지점 모두에서 하절기보다 연료사용량이 많은 동절기가 높은 전형적인 농도분포 유형을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

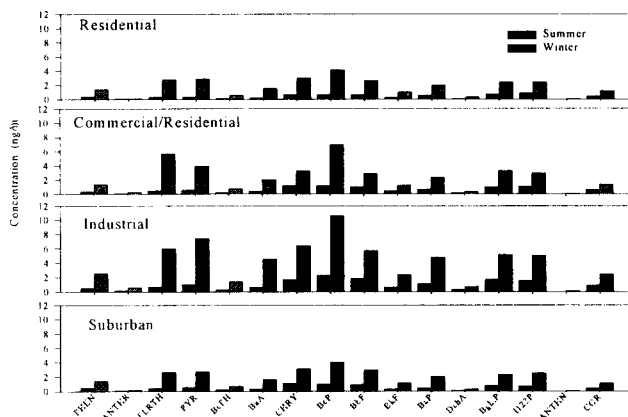


Fig. 1. Average concentrations of particulate PAH in Taegu during summer and winter period.

대기 중 PAH의 주된 발생원이 화석연료의 불완전 연소과정임을 비추어볼 때 겨울철 PAH농도의 증가는 난방 등 화석연료의 사용량과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 전반적으로 볼 때 벤젠고리가 4개 이상인 BaA를 포함한 그보다 고분자인 PAH는 겨울철이 여름철보다 2~8배까지의 높은 농도를 나타내는 것으로 조사되었다. 특히, 강한 발암성의 BaP은 연료의 사용량이 많은 동절기가 하절기에 비하여 약 3.5~4.6배 가량 높게 나타났다.

상업지역과 공업지역의 경우 역시 겨울철이 여름철에 비해 농도가 월등히 높은 현상을 나타내고 있으며 대체로 겨울과 여름철의 농도차이가 주거지역보다는 크게 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 주거지역의 경우 비교적 연소관련 배출원이 교통관련 이외에 주로 취사나 난방 등과 연계되어 있으며, 이미 취사·난방의 목적으로 청정연료가 보급되기 시작한 이 지역에서 겨울철의 PAH 발생량이 다른 지역보다는 상대적으로 적다는 것으로 해석된다. 또한 대구 근교의 경산지역에서 측정된 PAH농도의 계절편차는 전반적으로 도시지역의 계절편차보다는 더 큰 것으로 나타나, 이 지역에서는 겨울철의 화석연료 연소와 관련된 분진 발생이 도시지역과는 상당히 다른 패턴을 보일 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

백성욱, 김기남, 최진수 (1995) HPLC와 형광검지기를 이용한 대기분진중 다환방향족탄화수소의 농도측정 대한환경공학회지, Vol. 17, 85~99

IARC (1983) IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Volume 32, Polynuclear Aromatic Compounds, Part 1, Chemical, Environmental and Experimental Data, International Agency for Research on Cancer, Lyon, 477p.

Lioy, P.J., J.M, Daisey (1986) Toxic air pollution, Lewis Pub. Inc., 47~62

U.S. EPA (1995) Locating and estimating air emissions from sources of polycyclic organic matter. External review draft report, Research Triangle Park, North Carolina, Radian No. 298-130-43

Tomatis, L. Ed. (1990) Air pollution and human cancer, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 9~34