

PA44) 도시 지역 PM₁₀의 PAHs 측정분석 및 주요 PAHs의 성분비 조사

PAHs Identification in PM₁₀ Measured at Urban Area and Concentration Ratios of Major PAHs

홍상범¹ · 강창희¹ · 이승목¹ · 김영성² · 김용표³ · 정창훈⁴ · 한진석⁵ · 홍유덕⁵

제주대학교 기초과학연구소/화학과, ¹서울대보건대학원 환경보건학과,

²한국외국어대학교 환경학과, ³이화여자대학교 환경공학과,

⁴경인여자전문대학 환경보건학과, ⁵국립환경과학원 대기환경과

1. 서 론

대기 환경에 존재하는 다환방향족탄화수소(PAHs)는 연소과정에서 불완전 연소에 의해 발생하는 대표적인 유기화합물로 가스상과 입자상으로 존재한다. 벤젠고리가 5개 이상인 PAHs들은 거의 모두 미세먼지에 흡착된 상태로 존재하며 비교적 안정한 것으로 알려지고 있지만 대개 발암성을 띠고 있어서 보건학적으로 매우 중요하다. 현재 International Agency for Research on Cancer(IARC)는 Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenzo[ah]anthracene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene 등이 동물실험결과 발암 잠재성을 나타내는 것으로 보고하고 있다. 대부분의 PAHs를 포함하는 미세먼지의 입경크기는 3 μ m 이하로 사용 연료와 연소방식의 차이에 따라 PAHs 구성비가 다른 것으로 조사되고 있다. 결국 다양한 연소 오염원에서 배출되는 입자상 PAHs는 화학질량 수치 모델이나 요인 분석에서 배출원 확인과 정량적인 기여도 평가를 위해 활용될 수 있다. 본 연구에서는 수도권외 미세먼지에 존재하는 PAHs 성분들을 분석하여 시간적 분포특성을 밝히고 주요 오염원에서 방출된 미세먼지에 존재하는 PAHs 성분들의 성분비를 조사하여 연소 오염원의 상대적인 기여도를 정성적으로 이해하고자 하였다.

2. 연구 방법

미세먼지(PM₁₀) 시료는 서울시 도심지역(서울시 종로구 연건동 소재, 서울대학교 보건 대학원 옥상, 지상 17m)에 10 μ m Cyclone이 결합된 high volume air sampler(Kimoto, model 121 series)를 설치하여 채취하였다. 분진시료는 석영섬유 필터(Whatman Quartz Microfibre Filter, QM-A, 20.3 \times 25.4cm)를 이용하여 포집하였고 시료의 포집유량은 700l/min으로 설정하였다. 시료는 2006년 8월 20일부터 2007년 2월까지 대부분 3일 간격(11월 3일부터 11월 16일까지는 1일 간격), 2007년 3월부터 8월까지 매월 5개씩 총 86개의 시료를 채취하였고 이를 대상으로 총 26종의 PAHs 성분을 분석하였다. 미세먼지 필터는 4등분한 후, 이 가운데 한 개를 사용하였는데 필터를 적당한 크기로 자른 후 이를 시험관(75mL)에 넣고, 회수율 측정용 내부표준물질 4종(Naphthalene-d8, Acenaphthylene-d10, Chrysene-d12, Perylene-d12, 혼합용액-5ppm) 50 μ L를 첨가하였다. 추출용매로 hexane과 benzene/isopropanol(2:1, v/v)을 가하고 초음파분쇄기(Branson 5210)로 추출하였다(Rogge et al., 1991). 처리한 추출액은 전부 합한 후 주사기필터(Whatman PVDF, ID 25mm, Pore size 0.45 μ m)로 여과하고, 이 용액을 40 $^{\circ}$ C에서 풍건식 농축기(Zy-mark, Turbovap 500)를 사용하여 1mL로 농축하였다. 여기에 GC/MS 분석용 내부표준물질로 20ppm 농도의 phenanthrene-D10, 25 μ L를 가한 후 GC/MS/SIM방법에 의하여 정량하였다.

3. 결과 및 고찰

PAHs 성분들의 GC/MS/SIM에서의 MDL은 0.25~7.56ppb의 범위를 나타내는 것으로 조사되었다. 100ppb 농도의 PAHs 표준용액의 % RSD는 3.74~8.53% 범위로 모든 성분들이 10% 미만의 정밀도를 나타냈고 신뢰한계(95% 신뢰수준) 역시 10% 보다 작은 것으로 나타났다. PAHs 성분들의 회수율은 54~126%의 범위를 나타냈는데 Naphthalene 성분이 54%로 가장 낮은 회수율을 보였고 Benz(a)Anthracene이 126%의 회수율을 나타내었다. NIST SRM 1649a(Urban Dust)를 이용하여 분석 결과의 정확도

를 객관적으로 평가한 결과 anthracene(140%), DahA(155%), BbF(146%) 등이 비교적 큰 오차를 나타내었고, 이를 제외한 나머지 성분들은 80~119%의 회수율을 보여 정확도가 높은 것으로 확인되었다. 서울 도심 지역의 PM₁₀ PAHs 농도는 1.28~81.22ng m⁻³의 범위를 나타내었고, 평균농도는 19.98±18.49ng m⁻³으로 조사되었다. 분석된 총 PAHs 농도의 월별, 계절별, 난방/비 난방 시기의 농도변화 특성을 조사한 결과, 12월~1월, 겨울철, 난방기에 뚜렷하게 농도가 증가하는 것으로 나타났다(그림 1). 서울 도심 지역의 BaP/BghiP 성분비는 0.4~2.5(1.1±0.4), BaA/Chry 성분비는 0.7~1.9(1.2±0.3), BbF/BkF 성분비는 1.1~5.5(1.4±0.5)의 범위로 나타났다. IP/BghiP, IP/(IP+BghiP) 성분비는 각각 0.9~1.6(1.2±0.2), 0.5~0.6(0.5±0.0), Mphen/Phen의 성분비는 0.3~3.4(0.8±0.5)로 조사되었다. 이러한 주요 PAHs의 성분비 조사 결과는 정성적이지만 연소 오염원의 상대적인 기여도를 규명하는 중요한 자료로 활용이 가능하다. 이를 위해서는 국외에 비해 자료가 부족한 국내 주요 연소 오염원에 대한 배출 특성에 관한 연구결과가 반드시 필요한 것으로 조사되었다.

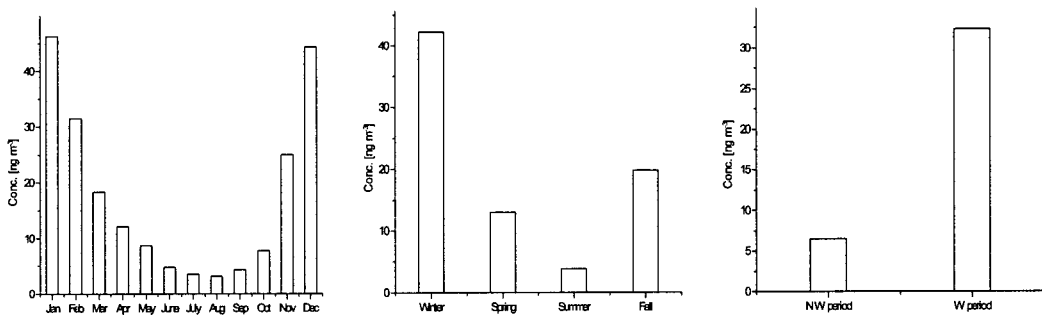


Fig. 1. 미세입자의 총 PAHs 월별, 계절별, 난방/비난방시기의 농도 변화 경향.

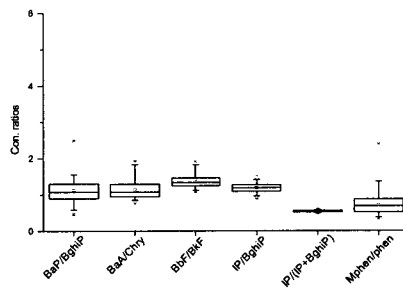


Fig. 2. 미세입자의 주요 PAHs 성분비.

사 사

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-355-C00057).

참 고 문 헌

Rogge, W.L., L.M. Hildemann, M.A. Mazurek, G.R. Cass, and B.T. Simoneit (1991) Sources of fine organic aerosol, 1, Charbroilers and meat cooking operations, *Environ. Sci. Technol*, 25, 1112-1125.