

1A5) 대규모 산업지역 환경대기 중 PAHs 농도 분포

Atmospheric Concentrations of PAHs in Large Industrial Areas

서영교 · 박영화 · 한진석¹⁾ · 이민도¹⁾ · 서석준¹⁾ · 백성옥
영남대학교 대학원 환경공학과, ¹⁾국립환경과학원

1. 서 론

최근의 대기환경의 이슈는 미세먼지와 위해성유해대기오염물질(hazardous air pollutants, 이하 HAPs)이다. HAPs란 국내의 대기환경보전법에서 '사람의 건강·재산이나 동·식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 줄 우려가 있는 대기오염물질'로 정의하고 있는 특정대기유해물질로 나타내고 있다(대기환경보전법). HAPs에 해당하는 물질그룹은 중금속, PAHs(polycyclic aromatic hydrocarbons), PCB(poly-chlorinated biphenyl), 다이옥신, 일부VOC 등이 있다.

과거에도 HAPs의 위해도나 관리대상으로서의 중요성은 존재하였다. 그러나 HAPs가 최근에 이슈화되고 있는데 그 이유는 과거에 정확히 측정할 수 없었던 HAPs를 현재에는 측정기술의 발달로 인해 과거에 비하여 손쉽게 그 농도를 파악할 수 있게 되었기 때문이다. 미세먼지의 경우도 먼지 내부에 함유하고 있는 HAPs의 측정이 가능해짐으로 인해 위해성이 높게 평가되고 있다. 국가가 좁은 우리나라의 경우 산업지역 배출원으로부터 발생한 HAPs는 인접한 배후지역인 주거지역에 고스란히 전달된다. 따라서 본 연구에서는 산업지역 HAPs의 관리를 위한 현황파악 차원에서 구체적으로 산업지역 환경대기 중 PAHs의 농도분포를 측정하였다.

2. 연구 방법

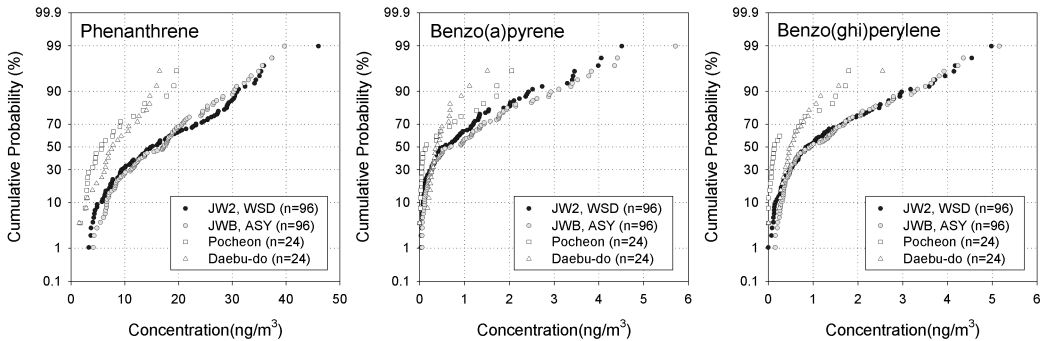
본 연구는 시화공단과 주거, 반월공단과 주거, 배경지역을 포함한 5개 지점을 선정하여, 2005년 8월과 10월, 2006년 1월과 4월에 12일씩을 연속 측정하였다. 본 연구에서는 benzo(a)pyrene을 포함하는 36개의 PAHs를 측정대상물질로 선정하였다. 시료채취는 고용량 PUF 샘플러(High-vol PUF sampler, Tisch Environmental Inc, USA)를 이용하여 약 550 L/min의 유량으로 24시간 연속 채취하여 약 800m³의 시료를 채취하였다. 입자상 PAHs 시료채취용 8"×10" 석영섬유필터(QMA, Whatman, England)는 유기성 불순물을 제거하기 위하여 400℃에서 5시간 열처리하여 휘발분을 제거하였다. 증기상 PAHs 시료채취용 PUF(길이 3"×직경 3")는 acetone 70% + methanol 30%를 혼합한 용액을 soxhlet 장치에서 시간당 4회 이상의 순환율로 24시간 불순물을 제거한 후 진공건조기에서 건조시켰다.

채취된 시료는 대리표준물질을 주입한 후 hexane과 acetone을 부피비로 9:1로 섞은 용액을 필터시료는 150mL, PUF시료는 350mL를 넣고 soxhlet장치를 이용하여 시간당 6회의 순환율로 12~16시간 동안 추출하였다. 시료농축은 자동농축장치(RapidVap, Labconco, USA)를 사용하여 3~4mL 정도 농축하였다. 농축된 시료는 무수황산나트륨 카트리지(Sodium sulfate cartridge, Whatman, USA)를 통과시켜 수분을 제거하였다. 최종적으로 고순도 질소건조장치에서 여름칠 시료는 0.5mL, 나머지 계질 시료는 1.0mL까지 농축하였다. 최종농축된 시료에 내부표준물질을 주입하여 GC/MS(GC6890, MSD5973, HP, USA)로 분석하였다.

측정 정도관리 결과는 다음과 같다. 샘플러간 시료채취성능(n=5)은 TSP 농도측면에서 상대표준편차가 10% 이내로 양호하게 나타났다. 회수율(n=6)은 물질별로 차이가 있으나 60~90% 수준이었다. 표준물질의 재현성(n=11)은 상대표준편차가 10% 이내로 양호하였다. 표준물질의 선형성은 benzo(a)pyrene 기준 0.1, 0.2, 0.5, 1.0ng을 주입하여 상관계수가 0.999이상이었다. 검출한계는 시료 2μl주입, 공기유량 800m³ 일 때 대부분의 대상물질이 대기 중 농도로 0.1ng/m³ 이하로 나타났다.

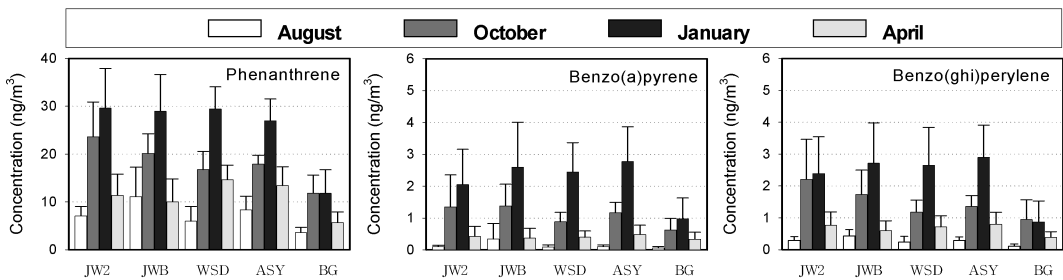
3. 결과 및 고찰

본 연구의 PAHs 측정결과 중에서 주요 대상물질에 대하여 누적분포그래프로 그림 1에 나타내었다. JW2지점과 WSD지점은 공단지점에 해당하며, JWB지점과 ASY지점은 주거지점에 해당한다. Pocheon과 Daebu-do는 대조지점이다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 대부분의 PAHs가 주거지역과 공단지역에서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 시화·반월지역 대기 중 PAHs는 측정지점 인근의 국지적인 오염원의 영향을 받지 않아 지역별 차이는 없으며 이 지역 전체가 동일 영향권에 속해 있는 것으로 사료된다. 이러한 현상은 PAHs가 특정 산업공정에서 배출되는 경우는 거의 없으며, 주로 화석연료의 연소 혹은 자동차 배기가스로부터 발생하는 특성이 있기 때문이다. 그러나 시화·반월지역의 농도수준이 대조지점에 비하여 2~3배 높게 나타나는 점을 고려할 때 무시할 농도수준은 아니라고 사료된다.



JW2: Jeong-wang 2 dong, JWB: Jeong-wang bondong, WSD: Won-see dong, ASY: An-san yeok
 Fig. 1. Cumulative distribution of total PAHs(vapor + particle) concentrations on each site.

측정지점별 PAHs 계절변동을 그림 2에 나타내었다. 전 측정지점에서 여름철이 PAHs농도가 낮게 측정되었으며, 봄, 가을, 겨울 순으로 높게 나타났다. 특히 여름에 비해 나머지 계절의 PAHs농도가 높은 것은 난방연료 사용량의 증가로 보아진다. 가을철의 고농도 현상은 TSP농도가 높게 나타난 것과 연관 지을 수 있으며 측정지역 외부로부터의 유입도 배제할 수 없다. Benzo(a)pyrene과 benzo(ghi)perylene의 경우 대부분 입자상에 존재하는 PAHs로서 주거지역이 공단지역보다 조금 높게 나타났는데 이는 주거지역 부근에 도로교통량의 영향을 받은 것으로 사료된다.



JW2: Jeong-wang 2 dong, JWB: Jeong-wang bondong, WSD: Won-see dong, ASY: An-san yeok, BG: Background
 Fig. 2. Seasonal mean concentrations of total PAHs(vapor + particle) on each site.

사 사

본 연구는 국립환경과학원 「시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구」의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

대기환경보전법 제2조 8항, 대기환경보전법 시행규칙 제4조 별표2.