

PA15) 서울 도심 및 배경지역에서 PAHs의 시·공간적 분포와 건식 침적 특성

Temporal and Spacial Variation of PAHs and Their Dry Deposition in Seoul

이지이 · 김용표 · 이승목¹⁾

이화여자대학교 환경학과, ¹⁾서울대학교 보건대학원

1. 서 론

최근 들어서 환경유해물질이 인체에 미치는 영향에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 환경 중에 존재하는 발암성 물질에 대한 연구가 활발히 진행되면서 이들 물질이 인체에 미치는 위해성이 밝혀지고 있다. 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)는 환경에 존재하는 중요한 발암물질이자 돌연변이 유도체이다. PAHs는 화석연료의 불완전 연소 등에 의해 발생되고, 대표적인 오염원으로는 석탄 연소, 자동차, 가정 난방 등이 있다. 대기 중의 PAHs 농도는 지역별, 계절별로 큰 차이를 나타내며, 일반적으로 차량 통행이 많은 대도시나 공단지역이 높고 계절적으로는 연료사용이 많은 겨울철에 높은 농도를 보인다. 국내에서는 PAHs와 같은 비규제 대기오염물질에 관한 연구가 활발하지 않으며, PAHs의 입경분포와 침적량 변동과 그에 영향을 미치는 요인의 규명에 대한 연구는 더욱 미비한 실정이다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 PAHs의 대기중 입자상 건식침적량과 입경별 농도분포를 서울의 도심 및 배경지역에서 측정함으로써 이들 물질들의 도심지역에서의 대기중의 출현 및 거동 양상과 시공간적 농도 분포에 대한 특성을 평가하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에서의 시료채취 장소 및 기간은 이화여자대학교 신촌 캠퍼스와 서울대학교 관악 캠퍼스에서 2002년 11월부터 월 1회씩, 5차례 측정하여 총 10번을 측정하였다. 고용량시료채취기(high volume sampler)를 이용하여 대기 중 기체상 및 입자상 PAHs의 농도를 측정하였으며, 또한 입경별 농도분포의 측정을 위하여 다단식 총돌채취기(MOUDI)를 사용하여 18 μm 이하 미세 입경별 농도분포를, CPRI(Coarse Particle Rotary Impactor)를 사용하여서는 14.4 μm 이상의 거대 입경별 농도분포를 각각 측정하였다. 입자상 PAHs의 건식 침적량은 투명한 아크릴로 만들어졌고 크기는 직경 40.2 cm의 원판에 12개의 필터 홀더를 가지고 있는 건식 침적판을 이용하여 측정하였다.

시료 추출은 ASE(Accelerated Solvent Extraction) 장치(DIONEX ASE-200)를 이용하여 추출하였고, GC/MSD를 이용하여 정성,정량 분석하였다. 정확도 평가는 미국 NIST(National Institute of Standard & Technology)의 표준물질인 SRM 1649a(urban dust/organics)를 사용하였고, 실험 전 과정의 회수율을 고려하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기체상/입자상 분포 특성

대기 중 PAHs의 상분포 특성을 살펴보기 위해서 2002년 11월부터 2003년 4월까지 월별로 신촌과 관악지역에서 각각 5회씩 측정하였다. 신촌지역에서의 입자상과 가스상을 합친 총 PAHs의 농도는 32.01 - 136.05 ng/m^3 의 범위였고, 관악지역에서는 24.73-46.42 ng/m^3 이었다. 신촌지역이 관악지역에 비해 PAHs 총 농도가 1.2-4.5배 높게 나타났다. PAHs 성분별 평균 가스상과 입자상 농도 분포를 Figure 3-1에 나타냈는데 두 지역에서의 PAH 성분별 상분포는 유사하게 나타났다.

3.2 PAHs의 입경별 분포 특성

대기 중 PAHs의 미세입자 및 조대입자 영역의 농도 분포는 신촌지역의 경우 미세입자영역에 51-90%

의 PAHs가 분포하고 있었고, 관악지역에서는 70-89% 범위로 분포하고 있었다. 즉, 두 지역 모두 대기 중 입자상 PAHs는 미세입자 영역에 주로 분포하였다. 이는 도심지역에서 2차적으로 생성되는 입자상 물질(주로 미세 입자)에 PAHs와 같은 반휘발성 유기물질(SOCs, Semivolatile Organic Chemicals)이 주로 분포한다는 연구 결과에 의해서 설명될 수 있다(Pankow et al., 1997). PAHs 성분들을 저분자량과 중간분자량 그리고 고분자량으로 나누어 입경별 PAHs 농도 분포 특징을 살펴 본 결과, 저분자량과 중간분자량의 PAH 성분들에서는 신촌과 관악지역 모두 입경 0.56-1 μm 에서 피크를 보이고 있는 반면 고분자량 PAH 성분들은 신촌지역의 경우에는 0.32-0.56 μm 에서 피크를 보이는데 비해, 관악지역은 0.56-1 μm 에서 피크가 나타났다. PAHs 성분들은 분자량이 증가할수록 증기압이 낮아지므로 대기 중에서 주로 입자상으로 존재하고, 상분배 평형에 이르는 시간이 오래 걸린다. 따라서 PAHs가 주로 배출되는 도심지역에서의 고분자량 PAHs는 여전히 미세입자영역에 남아있게 되고 저분자량의 경우에는 상분배 평형이 되기까지의 시간이 짧기 때문에 상대적으로 도심지역에서도 고분자량의 PAHs 보다는 입경이 큰 조대 입자영역에 존재하게 된다. 따라서 신촌지역에서 이러한 특징을 보이는 것은 저분자량 PAHs가 휘발과 응축과정을 통해 더 큰 입자로 이동했기 때문이라고 여겨진다. 또한 관악지역은 고분자량의 PAHs가 배출원과 근접한 도심지역에서 배출되어 관악지역으로 이동하면서 상분포 평형이 이루어졌거나 도심에서 발생한 미세먼지가 비도심지역으로 이동하면서 서로 응축결합하여 조대입자로 성장했기 때문인 것으로 판단된다. 요컨대 신촌지역은 PAHs의 배출원이 인접한 도심지역의 특징을, 관악지역은 도심지역의 배경농도 지역의 특징을 보였다.

3. 3 입자상 PAHs의 건식 침적 특성

측정한 입자상 PAHs 화합물의 건식침적량은 신촌지역의 경우 9.35 - 29.30 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 이고, 관악지역은 7.85 - 17.36 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 의 값을 보였으며, 표준 편차가 크게 나타났고, 신촌지역에서의 입자상 PAHs 화합물의 건식 침적량이 관악지역보다 대체적으로 높게 나타났고, 최고 3배까지 높은 값을 보였다. 신촌지역은 입자상 PAHs 화합물의 건식 침적량이 2월에 가장 높았고, 이는 2월에 건식 침적속도에 큰 영향을 미치는 풍속이 측정 기간 중 가장 높았기 때문이라고 여겨진다. 관악지역에서는 입자상 PAHs 화합물의 농도가 가장 높았던 1월에 건식 침적량이 가장 높았다.

신촌 및 관악지역 모두 Phenanthrene의 건식 침적량이 가장 높았고, 다음으로는 중간분자량의 Pyrene와 Fluoranthene이 높았으며, 이는 기존 연구와 동일한 결과이다 (이지이, 2001; 배수야, 2002).

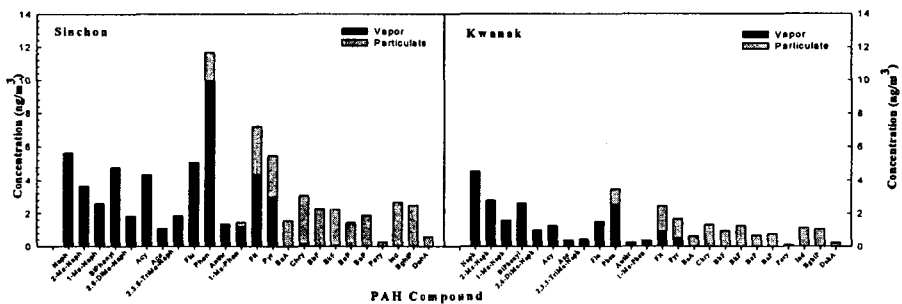


Fig. 1. 신촌과 관악지역에서의 PAHs 성분별 기체상과 입자상 농도분포

참 고 문 헌

이지이. 2001. 입자상 다환방향족 탄화수소(PAHs)의 입경분포와 건식 침적에 관한 연구. 석사학위 논문, 이화여자대학교 환경학과, 한국.

Pankow, J. F., Liang, C., Odum, J. R., Seinfeld, J. H. 1997. Gas/Particle Partitioning of Semivolatile Organic Compounds To Model Inorganic, Organic, and Ambient Smog Aerosols. Environ. Sci. Technol., 31, 3086-3092.