

PB10) 도심지역 대기 중 입자상 PAHs의 입경특성에 대한 연구

The Characteristic of Ambient Particle-bound PAHs in Urban Area

송상환 · 한진석 · 이영미 · 박충희 · 유승도

국립환경과학원 환경건강위해성연구부 환경역학과

1. 서 론

대기 중 PAHs는 주로 화석연료의 불완전 연소에 의해 발생되며 특히 도심지역에서의 PAHs 주요 배출원으로 경유차량의 배출먼지로 보고되고 있다(Marchand et al., 2004). 도심지역 대기 중 PAHs 농도는 비교적 낮은 수준이나 섭취 등 다른 노출경로와 달리 대부분의 대기 중 PAHs는 submicron 이하의 호흡성 먼지에 부착되어 있는 것으로 알려져 있어(Nicolaou et al., 1984) 폐포 확산을 통한 직접노출로 건강위해를 일으킬 수 있다. 최근 자동차 배출과 관련된 극미세먼지(ultrafine particle, UFP)에 대한 규제가 국내외적으로 대두되고 있으며 이러한 규제방향은 입자상 PAHs와 같은 교통관련 오염물질의 입경특성과 같이 고려되어야 할 것이다. 본 연구에서는 도심지역 도로변에서 봄철 기간 대기 중 입경별 미세먼지와 입자상 PAHs를 실시간 연속 측정하여 PAHs 농도 경향과 상관성이 큰 먼지입경을 파악하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구를 위해 인천 도심지역 도로변에 위치한 한 초등학교 옥상에서 2009년 4월~5월 약 2개월간 입경별 미세먼지와 입자상 PAHs를 실시간 연속 측정하였다. 대기 중 미세먼지에 포함된 PAHs (particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons)농도는 Photoelectric Aerosol Sensor(PAS 2000, EcoChem)를 이용하여 2 L/min 유량으로 3분 간격으로 연속측정 하였다. 실시간 측정되는 PAHs는 대부분 공기역학적 직경이 약 1~2 μm 미만의 입자에 흡착된 벤젠고리 4개 이상의 PAH로 보고 있다. 대기 중 submicron 이하 미세먼지의 입경별 수농도는 SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer Spectrometer, GRIMM)를 이용하여 흡입 유량(sample air) 0.3 L/min, 희석 유량(sheath air) 3 L/min 조건에서, 11.1~1,083.3 nm 범위를 44 channel별로 약 7분 간격으로 연속 측정하였다. 또한 응축핵 계수기(Water-base Condensation Particle Counter, WCPC)를 이용하여 유입유량은 0.6 L/min, 측정 유량은 0.12 L/min 조건에서, 15분 간격으로 대기 중 6 nm 이상 3 μm 이하의 미세먼지 수농도를 연속 측정하였다. 미세먼지 질량농도 연속 측정을 위해 광산란법을 이용한 Spectrometer(Environmental Portable Dust Monitor model 107, GRIMM)를 이용하여 PM₁₀, PM_{2.5} 및 PM₁을 1.2 L/min 유량으로 5분 간격으로 연속 측정하였다. 측정지역의 SO₂, NO₂, O₃과 같은 가스상 대기오염도 농도는 인근 자동 측정망 자료를 이용하였고 기온, 상대습도, 강수량, 일조시간, 기압 등과 같은 기상자료는 각 기상청에서 공개한 일일자료를 이용하였다. 실시간 PAHs 농도와 입경별 미세먼지와 상관성은 Pearson 상관계수로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

본 조사기간 중 측정된 각 대기오염물질의 농도는 표 1과 같다. 측정지점은 인근 산업단지와 도심 교통오염원으로 인해 비교적 높은 농도를 보였는데 PM₁₀의 경우 평균 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전체 68일 중 7일이 일평균 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다. 입자상 PAHs 일평균 농도변화는 동일기간 같이 측정된 대기오염물질 중 UFP(입경 0.01~0.1 μm) 수 농도와 NO₂ 등 자동차 배출물질과 높은 상관성을 보였다($p < 0.001$).

실시간 연속 측정된 particle-bound PAHs의 시간별 평균농도를 극미세먼지 평균 수 농도와 함께 그림 1에 나타내었다. 대부분 40 ng/m^3 이하로 측정되었으며 아침(07:00-09:00)과 저녁(19:00-20:00) 교통량이

많은 출퇴근 시간에 높게 검출되었다. PAHs 농도의 시간별 변화 양상은 UFP 수농도와 유사하였다.

Table 1. Ambient pollutants levels and their correlation coefficients with particle-bound PAHs.

	PM-PAHs (ng/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM ₂₅ (μg/m ³)	PM ₁ (μg/m ³)	UFP (1,000/cm ³)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	O ₃ (ppm)
mean ¹⁾	18.6	74.3	58.2	51.1	42.3	0.04	0.01	0.7	0.03
SD	7.7	36.3	27.5	25.1	21.7	0.02	0.00	0.3	0.01
r ²⁾	1.0	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5	0.6	-0.4
p-value	-	0.002	0.001	0.001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.001

¹⁾Average concentration of 68 days measurements, ²⁾Pearson correlation coefficient

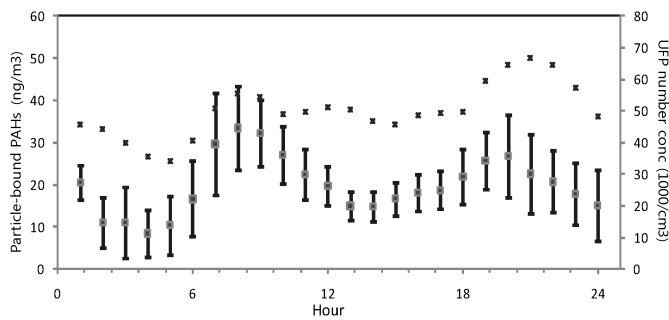


Fig. 1. Hourly time trend of particle-bound PAHs(95% C.I. bar) and ultrafine-size particle(square dot) concentrations during weekday.

전체 조사기간(68일) 동안 측정된 입자상 PAHs와 SMPS로 측정된 44 channel 입경 입자 수농도와의 상관계수를 입경별로 그림 2에 나타내었다. 397과 454 nm 두 입경을 제외한 전체 입경별 미세먼지 수와 입자상 PAHs는 유의한 상관성을 보였다. Nuclei mode의 10 nm 입경에서부터 상관계수가 증가하기 시작하여 101 nm 입경에서 가장 큰 상관성($r=0.56$, 95% C.I. 0.52~0.59)을 보였다.

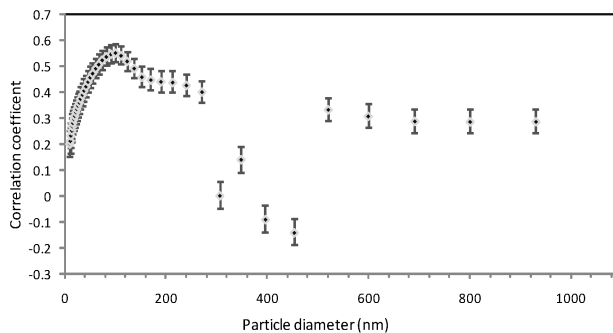


Fig. 1. Pearson correlation coefficients between particle-bound PAHs and particle number concentration of 44 size(0.01 ~ 1 μm) channels.

디젤 배기가스 입자 수농도는 대부분 50 nm 부근의 입경분포를 가지는 것으로 알려져 있으며 (Kittelson, 1998) 이러한 배기가스 입자가 응축·성장과 PAHs 화합물의 흡착이 연관성 있는 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- Kittelson, D.B. (1998) Engines and nanoparticles: a review, *J. Aerosol Sci.*, 29, 575-588.
- Marchand, M. et al. (2004) Polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in the atmospheres of two Frech alpine valleys: Sources and temporal patterns, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 4, 1167-1181.
- Nicolaou, K., P. Masclat, and G. Mouvier (1984) Sources and chemical reactivity of polynuclear aromatic hydrocarbons in the atmosphere, *The Science of the Total Environment*, 32, 103-132.