

## 1A1) 대기 중 다환방향족 탄화수소의 배출 및 이동 특성

### Studies on Source and Transport Characteristics of PAHs

Ji Yi Lee · Yong Pyo Kim · Chang-Hee Kang<sup>1)</sup>

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University, <sup>1)</sup>Department of Chemistry, Cheju National University

#### 1. 서 론

다환방향족탄화수소 (PAHs, polycyclic aromatic hydrocarbons)는 탄소와 수소로 구성된 방향족고리가 두개 이상 융합한 화합물들을 총칭한다. 이들은 주로 석탄과 석유 등 화석연료의 불완전 연소에 의해 생성된다. 대기 중에 입자상으로 존재하는 PAH성분들은 동물 실험에서 암을 유발시키는 발암 가능 물질로 분류되었다(ATSDR, 1995). 이러한 인체 위해성 문제 때문에 PAHs는 2001년 스톡홀름 협약에서 중국과 우리나라를 포함 동북아시아 지역(Region IV)의 관리대상 잔류성 유해 물질(PTSs, persistent toxic substances)로 선정되었다(UNEP, 2002).

본 연구에서는 유해물질인 PAHs를 우리나라 대표적 도심지역인 서울과 배경농도지역인 고산 대기에서 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)를 측정, 분석하여 이들의 계절별 농도분포와 배출, 이동특성을 조사하였다.

#### 2. 측정 및 분석

##### 2.1 측정장소 및 기기

고산측정소는 제주도의 서쪽 끝 지점(북위 33°17', 동경 126°10')인 제주도 북제주군 환경면 고산리 수월봉에 위치하고 있다. 서울측정은 서울시 서대문구 대현동에 위치한 이화여대 아산공학관 옥상에 있는 3m 높이의 단 위에서 수행하였다. 대기 중의 입자상 PAHs 성분을 채취하기 위해 고유량 시료 채취기(고산: Greseby사 G/MB 2000H, 서울: Ticsh사 TE-1000)를 사용하였다. 시료 채취용 필터는 석영섬유필터(Whatman사)를 사용하였다.

##### 2.2 입자상 PAHs 분석

본 연구에서는 미국 환경보호청(EPA) Method 610의 16종의 PAH 성분과 BeP를 합하여 총 17종의 PAH 성분들을 분석하였다. 시료에 dichloromethane(DCM) (Fisher, HPLC grade)를 가하여 초음파추출한 후 막여과지(Whatman PVDF syringe filter, 0.45  $\mu$ m)로 여과하였다. 여과액을 풍건식 증발기(Zymark, Model Turbovap 500)를 사용하여 20°C를 유지한 상태에서 최종 1mL로 농축하였다. 자세한 분석방법은 Lee et al. (2006)에 제시되어있다. PAHs 분석을 위한 내부 표준물질로는 phenanthrene-D<sub>10</sub>을 이용하였고, GC/MSD(GC: HP 5890 series II, MSD: HP 5972 MSD)를 이용해 분석하였다. 분석과정의 PAHs 화합물들의 평균 회수율은 80~94%의 범위였고, 회수율은 실제 시료의 최종 분석 결과에 적용하였다. 모든시료에 대해 blank보정이 이루어졌고, 모든 시료의 결과는 검출한계 이상이었다. PAHs 분석의 정확성은 위해 미국 표준연구소(NIST)의 SRM-1649a(urban dust/organics)를 이용하여 평가하였다.

#### 3. 결 과

##### 3.1 고산 대기중 PAH 분포특성

고산 대기에서 2001년 11월부터 2004년 1월까지 측정한 결과를 그림 1(a)에 제시하였다. 고산지역의 입자상 PAHs의 평균농도는  $3.65 \pm 4.74 \text{ ng m}^{-3}$ 로, 동북아시아 지역 및 세계 여러 배경농도 지역보다 10

배 이상 높았다. 고산 대기에서의 입자상 PAHs는 11월부터 2월까지 농도가 높았고, 1월에 가장 높은 농도를 보였다. 이는 동북아시아 지역에서의 계절별 화석연료 사용량 변화와 관련이 있었다. 또한, 고농도의 PAHs와 관찰되었을 때, 대기 체류시간 지표로 사용하는 BeP/BaP비가 함께 높았다. 공기의 이동경로와 PAHs농도간의 관계를 분석한 결과, 중국으로부터 공기가 유입될 때, 고산 대기의 입자상 PAHs농도가 높아지는 경향을 보였다. 따라서, 고산 대기에서의 입자상 PAHs농도는 겨울에 증가하는 이유는 중국의 석탄 사용 증가에 따른 PAHs의 장거리 이동에 의한 영향으로 사료된다.

### 3.2 서울 대기중 PAH 분포특성

서울 대기에서의 입자상 PAHs농도는 2002년 8월부터 2003년 12월까지 측정하였다(그림 1(b)). 서울의 입자상 PAHs의 평균농도는  $26.6 \pm 28.4 \text{ ng m}^{-3}$ 로, 아시아 지역의 여러 도심지역보다 낮은 수준이었다. 서울 대기 중 입자상 PAHs농도도 고산과 동일하게 11월부터 2월까지 높은 농도를 보였고, 1월에 가장 높았다.

화학물질수지(Chemical Mass Balance, CMB) 수용모델을 적용하여 서울 대기에서의 PAHs농도에 대한 주요 배출원들의 정량적 기여도를 계산한 결과, 자동차 배출이 대기 PAHs농도에 가장 영향이 컸다(전체 PAHs농도의 31%를 설명). 또한, 배출원들의 기여도는 계절별 특성을 보였다. 고농도 PAHs가 관찰되는 가을과 겨울에는 생물체연소(biomass burning), 석탄 연소(coal residential), 코크스 오븐(coke oven)에서의 기여도가 컸고, 가을에는 총 PAHs농도의 63%를, 겨울에는 82%를 설명했다. 서울의 화석연료사용 소비형태 및 공기질의 이동형태를 바탕으로 서울에서 가을과 겨울에 석탄연소와 생물체연소의 큰 기여도는 서울외부지역으로부터 배출된 PAHs들의 장거리 이동영향으로 판단된다.

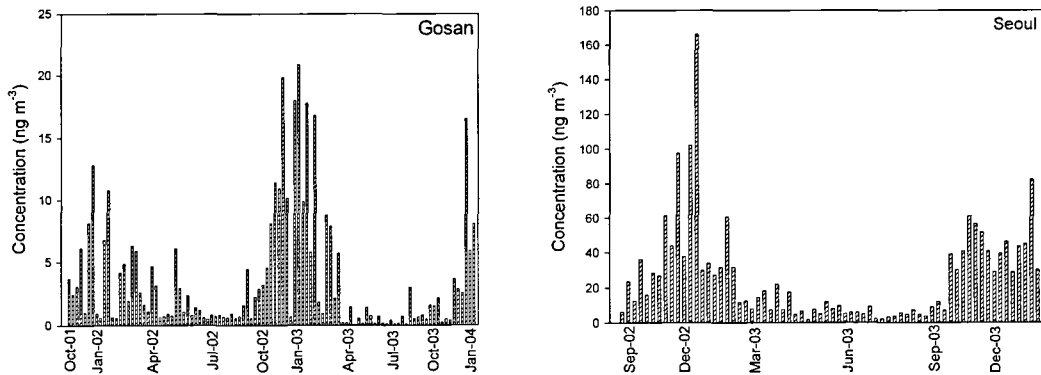


Fig. 1. Temporal variation of particulate PAHs in (a) Gosan and (b) Seoul.

## 4. 결론

본 연구에서는 배경농도지역인 고산뿐만 아니라 서울과 같은 PAHs의 배출이 큰 도심지역일지라도 외부로부터의 장거리 이동 영향을 받을 수 있다는 중요성을 제시하였다. 따라서, 서울에서 PAHs와 같은 유해물질들을 관리, 저감하기 위해서는 서울 자체의 배출규제도 중요하지만, 외부에서 유입되는 영향도 고려해야 한다.

#### 참 고 문 헌

- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (1995) *Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons*. Atlanta, GA, USA.
- Lee, J.Y., Y.P. Kim, C.H. Kang, Y.S. Ghim, and N. Kaneyasu (2006) Temporal trend and long range transport of particulate PAHs at Gosan in Northeast Asia between 2001 and 2004, in press at *J. Geophys. Res.*
- UNEP, United Nations Environment Programme (2002) Regionally based assessment of persistent toxic substances, Central and North East Asia regionally report, Global Environment Facility, URR (<http://www.chem.unep.ch/pts/regreports/C&NE%Asia%20full%20report.pdf>).