

MA17) 새로운 건성 및 습성침적기를 이용한 산업공단지역에서의 PAHs 침적 특성연구

Atmospheric Depositions of PAHs at Industrial Complex with a Novel Dry and Wet Collector

이병규 · 이채복

울산대학교 토목환경공학부

1. 도입

PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)는 연료나 폐기물의 불완전 연소의 부산물로서 얻어지는데, 이런 PAHs 중의 많은 물질이 인체에 해로운 유해성 물질로 규제되고 있다. 특히, Benzo(a)pyrene은 발암성 물질로 잘 알려진 PAHs 화합물이다. PAHs의 이러한 독극성 또는 유해성으로 인하여 최근 이들 물질에 대한 대기중 거동과 침착특성에 대한 관심이 고조되고 있다. PAHs는 입자상 또는 가스상 형태로 지표면 또는 물위로 침착되고, 호흡이나 물 또는 음식물 등의 여러경로를 거쳐 우리 몸속으로 들어와 축적되며 여러 가지 악영향을 끼친다. 따라서 본 연구는 대단위 석유화학 및 각종 공장들이 밀집해 있는 울산산업공단지역에서 침착되는 PAHs의 특성을 연구하고자 하였다. 본 연구실에 개발 완료된 새로운 건성 및 습성침적기 (Novel Dry and Wet Deposition Collector)를 울산공단의 가운데 설치하여 건성 및 습성 형태로 침착되는 PAHs의 성분분석과 침착량을 연구하였다

2. 시료수집과 분석방법

기존의 건성 및 습성침적기가 가진 여러 문제점들을 극복한 새로운 형태의 침적기에 의해 대기중 침적시료를 포집하였다. 본 연구를 위해 사용된 건성 및 습성침적기는 강우센서에 의하여 자동으로 건성과 습성으로 구분되게 설계되어 있다. 건성침적을 위해서는 Surrogate Surface로 물과 메탄올 (10:1)의 혼합용액을 건조 Funnel에 채웠고, 증발에 의한 표면손실량은 일정하게 보충되었다. 습성침적기에는 건기 (Dry periods)동안에 PAHs 흡착 Cartridge의 Cracks을 막기 위하여, 진공펌프와 수조, 그리고 미니 히터 (Mini heater)에 의한 수분증발 등의 방법으로 습성 Funnel에 수분이 계속 공급되게 하였다. 침적 포집기에는 두 개의 포집기가 있고, 각 포집기에는 PAHs의 흡착을 위해 연결된 SPE Cartridge [10g silicon ENVI-18 (Octadecyl Carbon ≃ 17% C)]가 있다. SPE Cartridge를 건성 및 습성 침적포집기에 연결시키기 전에 활성화 (Conditioning) 하는데, 그 활성화과정은 60ml CH₂Cl₂, 60ml Methanol, 90ml 초순수 증류수를 순서대로 흘려주게 된다. 2주마다 포집된 시료 (PAH Cartridge)는 실험실로 가져와서 Methylenechloride로 탈착하고, 탈착된 용매에 녹지않은 입자상 물질을 거르기 위해서 0.45μm Membrane Filter로 여과시킨다. 이 용액을 고순도 질소가스로 농축시켜 분석전까지 냉장 보관한다. 분석은 HPLC (High Performance Liquid Chromatography: HPLC, Varian Co)로 수행하였고, Column은 LC-PAH (Chromspher 5 PAH, 4.6μm x 150mm)를 사용하였다. Column Oven은 35°C에서 고정하였고, Column을 흐르는 이동상은 Water : CH₃CN 의 비를 조절하여 사용하였다. 즉, 처음 시작시 5분까지 50:50의 비로 출발하여, 20분까지는 50:100으로 조절하고; 40분까지 0:100으로 조건으로 이동상의 양(극성)을 조절하였는데, 이동상의 흐름속도는 1.0ml/min으로 일정하게 흘려주었다. PAHs 검출을 위해 UV-Detector (254nm 파장)를 사용하였다.

3. 회수율 실험 (SPE Cartridge의 PAHs의 흡착, 탈착, 및 회수)

본 연구에서 제작된 SPE Cartridge의 PAHs에 대한 흡착, 탈착 및 회수율 시험을 실시하였다. PAHs 표준물질이 들어있는 16개의 Standards (Supelco Co, PAH Standards 4-8743U)를 가지고 저농도로 묽힌 용액(8~16ppb) 250ml를 만든다. SPE Cartridge를 사용전에 미리 활성화 (Conditioning)시킨 후 PAHs 표준물질 용액을 실제 침적 실험에서와 조건으로 하여 ENVI-18이 충전된 SPE Cartridge에 흡착시킨다. 흡착된 표준시료는 실제 실험에서와 동일한 용매 (CH₂Cl₂)로 추출하고 농축하여 HPLC로 PAHs

의 성분을 분석하여 흡착율 및 탈착율, 그리고 회수율을 구하게 된다.

4. 결과 및 고찰

성능이 향상된 건성 및 습성침적기를 이용하여 산업공단지역에서 측정된 PAHs의 침적성분이 확인되었고 그지역에서의 여름철 및 겨울철의 대기침적량을 파악하였다. 침적량 분석에 있어서, 겨울철에는 습성침적량보다 건성침적량이 3~4배 정도 많았다. 그러나 여름철에서 습성침적량이 건성침적량보다 약 2배 정도 많았다. 여름철과 겨울철에 건성 및 습성형태로 침적된 총량은 겨울철이 여름철보다 약 10~11배 정도 많았다. 즉, 여름철과 겨울철의 침적총량을 비교할 때, 겨울철 건성침적이 조사된 공단지역에서의 가장 우세한 침적양상이었다. 침적에서 확인된 PAHs의 성분을 분석해보면, 겨울철의 건성 및 습성침적에는 각각 8종 및 6종의 PAHs가 확인되었고, 여름철의 경우에는 각각 11종 및 15종이 확인되었다. 즉, 여름철에 확인된 PAHs의 종류가 겨울철에 확인된 PAHs 종류보다 많았음을 알수 있다. 또 겨울철에 건성침적에서는 Acenaphthalene, Fluorene, Naphthalene, 및 Dibenzo(a,h)anthracene이 주로 높은 농도로 검출되었고, 겨울철의 습성침적에는 Naphthalene 및 Indeno(1,2,3-cd)pyrene의 성분이 상대적으로 높은 농도로 검출되었다. 반면에 여름철의 건성침적 농도는 겨울철에 비하여 상대적으로 낮고, 습성침적에는 Pyrene 및 Benzo(a)pyrene 등도 상당한 농도로 검출되고 있었다.

참고문헌

- Golomb, D. S.; G. F. Fisher; E. F. Barry and P. Varanusupakul (1997b) Atmospheric Deposition of PAHs at Massusetts Bay Measured with a Novel Wet/Dry Collector, AWMA'S 90th Annual Meeting & Exhibition, Toronto, Canada. 97-RA121.03.
- Golomb, D. S.; D. Ryan; J. underhill; T. Wade and S. Zemba (1997a) Atmospheric Deposition of PAHs Toxics onto massachusetts Bay-II. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 31(9), 1361-1368.
- Lee, B. K. and Lee, C. B. (1999) A Design of the Novel Dry and Wet Deposition Collector, Korean Society for Atmospheric Environment, Spring Conference, May 14-15, Hankuk University of Foreign Studies.