

3B3) 도로 터널을 이용한 자동차의 PAHs의 배출특성 분석

Characterization of PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) Emission from Motor Vehicles Utilizing a Road Tunnel

최은선, 강경희 · 동종인
서울시립대학교 환경공학부

1. 서 론

PAH는 잔류성 유기 오염물질로 건강에 대한 영향과 관련하여, 특히 발암성 때문에 그 중요성이 증가하고 있다. 자동차는 주거용 난방 시설과 연소시설을 포함하는 다양한 산업 시설과 함께 도시 대기 PAHs의 가장 중요한 발생원 중의 하나이다. 주로 자동차의 입자상 물질에 침적되어 배출되는데 매년 자동차 등록대수가 증가하고 있고 2005년부터는 디젤 승용차의 판매가 허용됨에 따라 도시 대기 PAHs의 농도는 더욱 증가될 것으로 예상된다.

지금까지 자동차에서 발생하는 PAHs에 관한 연구는 주로 실험실에서 차대 동력계를 이용한 엔진 실험을 통해 이루어졌는데 이는 일정한 조건에서 이상적인 결과를 얻을 수 있는 반면에 실제 대기로 발생되는 정도를 나타내기 어렵다. 이는 자동차의 종류, 연료의 종류, 주행모드 등 PAHs의 발생에 미치는 다양한 영향인자가 적용되지 않았기 때문이다.

이에 본 연구는 자동차 이외의 다른 발생원의 영향으로부터 독립적인 도로 터널을 대상으로 실제 적용 가능한 자동차에 의한 PAHs의 배출계수를 산정하고 발생특성을 연구하였다.

2. 연구 방법

2. 1 교통량 조사 및 시료채취

자동차에서 발생하는 PAHs의 배출계수 산출과 자동차의 종류 등이 PAHs 발생특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시료채취 기간 (2003년 8월~10월, 총 8일간) 동안 한 시간씩 터널 내 자동차 통과 차량대수를 조사하였다. 시료채취 장소는 서울 남산 3호 도심방향 터널로 터널 출구로부터 150m 안쪽, 터널 입구로부터 125m 안쪽, 터널 입구로부터 625m 떨어진 중간지점 3곳을 시료채취지점으로 하였다. 시료채취는 Anderson 사의 PUF(Polyurethane Foam) Sampler를 각 시료 당 약 3시간 정도 포집하여 총 유량이 30~40m³이 되도록 하였다.

2. 2 시료 전처리 및 분석

PUF과 여지의 시료를 각각 US EPA TO-13A에 의거하여 전처리 하였다. 분석은 먼저 고농도의 calibration 용액을 full scan mode로 분석하여 최적의 분리 조건을 구하고 target PAHs의 질량 스펙트럼을 통해 primary ion과 secondary ion을 얻어 SIM(Single Ion Monitoring) mode로 mass file을 작성하여 분석하였다. 분석에 사용된 GC-MS는 ThermoFinnigan 사의 GC 8000 Series와 Fison 사의 MD800을 사용하였고 Column은 30m×0.32mm, 1.0 μ m film thickness의 EC-5(crosslinked 5% phenylmethyl silicone, Alltech)를 사용하였다. Oven은 초기 70 $^{\circ}$ C에서 5분, 10 $^{\circ}$ C/min의 속도로 300 $^{\circ}$ C까지 승온시켜 최종 온도에서 10분간 유지하였으며 최종 10분간 더 유지하여 분석하였다. 시료 주입은 splitless로 하여 전량 분석하였다. 시료채취와 컬럼 여과의 회수율을 알아보기 위하여 surrogate standard로 D₁₂-Benzo(a)pyrene, D₁₀-Fluorene을 각각 사용하였고, 내부표준물질로 D₈-Naphthalene, D₁₀-Acenaphthene, D₁₀-Phenanthrene, D₁₂-Chrysene, D₁₂-Perylene (Supelco, 2000 μ g/mL methylene chloride solution) 5가지를 사용하였다. 각 물질의 Relative Response Factor를 구하고 calibration 하기 위해 PAHs 16종 혼합 표준 시약(Supelco, EPA 610 PAHs mixture)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

터널의 입구, 중간, 출구에서 PUF에 흡착된 기체상 PAHs의 배출 특성을 보면 세 시료채취 지점 모두에서 벤젠 고리 2~3개로 구성된 PAHs만 검출되었고 각 시료채취 지점의 여지에 포집된 입자상 PAHs의 배출 특성을 보면 대상 PAHs 16종이 다 검출되었다. 기체상PAHs는 Phenanthrene > Fluorene > Acenaphthylene 순으로 농도가 높게 나타났고 입자상 PAHs는 기체상에 비해 농도가 훨씬 작지만, 인체에 유해한 벤젠 고리 4개 이상의 PAHs가 골고루 배출되었다. PAHs 배출계수는 자동차 한대가 1km를 주행할 때 발생하는 PAHs의 양을 나타내는 것으로 Phenanthrene, Fluorene, Pyrene 순으로 배출계수가 높았다. 외국의 터널 연구를 통한 배출계수와 비교하여 보면 각 물질별 배출계수는 비슷한 경향성을 보이나, 그 값에 있어서는 본 연구에서 산정한 배출계수가 약간 더 큰 값을 보였다. 이는 터널을 통과한 교통량 조사에서도 볼 수 있듯이 우리나라의 디젤엔진 차량의 비율이 외국에 비해 높고 차량 배기가스 후처리장치의 장착상황이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 김태승, 신선경 (2001) 「환경 중의 다환방향족탄화수소류의 배출 및 분석 현황」, 한국분석과학회지, vol. 14, No. 4, pp.47A-74A
- 김종호, 이상철, 도연지, 김신도 (1995) 「교통환기력에 의한 터널내 환기량 추정에 관한 연구」, 한국 대기보전학회지, vol. 11, No. 3, pp.273-278
- Bruce A. Benner, Jr. and Glen E. Gordon (1989) 「Mobile sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: a roadway tunnel study」, Environmental Science and Technology, vol. 23, pp.1269-1278
- Gertler, A. W. et al. (2002) 「Emission from Diesel and Gasoline Engines Measured in Highway Tunnels」, Health Effects Institute, No. 107