

1B2) 도로 터널에서 검댕 농도 특성

Characteristics of Black Carbon Concentration in a Roadway Tunnel

이승복 · 박수미 · 진현철 · 변두섭 · 이준현 · 배귀남

한국과학기술연구원 환경기술연구단

1. 서 론

자동차에서 배출되는 오염물질의 특성을 연구하는 방법에는 동력계를 이용하여 배기관에서 직접 측정하는 방법, 실제 주행하는 자동차에서 배출된 오염물질이 지배적인 터널 내부의 공기질을 측정하는 방법, 그리고 자동차에서 배출된 오염물질이 확산, 이동 및 희석되는 실제 현상을 도로변에서 측정하는 방법 등이 있다. 이 중에서 터널 측정은 풍속, 풍향, 혼합도 등과 같은 기상 조건에 의한 영향이 상대적으로 적으면서 도로에서 실제 주행 조건 및 교통량에 따른 오염물질 배출 특성을 조사할 수 있다. 본 연구에서는 자동차에서 배출되는 오염물질의 배출 특성과 터널을 통과하는 보행자에게 노출되는 오염 수준을 파악하고자 서울시 터널 내부에서 검댕(black carbon, BC) 농도를 실시간으로 모니터링 하였고, PM_{2.5}와 PM₁₀을 샘플링하여 질량농도를 측정하였다.

2. 측정 방법

서울시 성북구의 평창동에서 정릉동(국민대학교) 방향의 북악터널 입구로부터 약 200m 들어간 터널 내부의 가장자리 통행로에 측정장비를 설치하여, 2007년 2월 12일(월)~15일(목) 4일간 BC 농도와 PM_{2.5} 및 PM₁₀ 농도를 측정하였다. BC 농도는 7개의 파장(370, 470, 520, 590, 660, 880, 950nm) 빛들이 석영 필터에 채워진 입자에 의해 감쇄되는 정도를 각 파장별 질량농도로 변환하는 휴대용 aethalometer(model AE42-7-ER-MC, Magee Scientific)를 이용하여 측정하였다. 본 연구에서는 표준 파장인 880nm의 측정값을 이용하였다. Aethalometer의 샘플링 튜브 앞에 1 μ m 이상의 입자를 제거하는 PM₁ 사이클론을 장착하여 지면에서 약 1.5m 높이에 설치하였으며, 2.0L/min의 흡입유량으로 5분 평균 BC 농도를 24시간 연속하여 측정하였다. PM_{2.5}와 PM₁₀은 미니볼륨샘플러를 이용하여 2~13시간 동안 총 11회 채취한 후 질량농도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

2월 13일(화)과 14일(수)의 1시간 평균 BC 농도의 일변화를 총 교통량의 일변화와 함께 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 보듯이 2월 13일의 새벽 6시와 밤 23시 및 다음날 0시에 관찰되었던 고농도 BC 피크를 제외하면 교통량의 일변화와 BC 농도의 일변화의 경향이 잘 일치하였다. 즉, BC 농도가 새벽시간대에는 낮고 약 7시 이후인 출근 시간대부터 늦은 퇴근 시간대인 21시경까지 높다가 그 이후에 감소하는 특징을 보였는데, 이것은 자동차에 의한 영향이 지배적이기 때문인 것으로 생각한다. 이와 같은 터널에서 BC 농도의 일변화 경향은 도로변에서 특성과 유사하였다(이승복 등, 2007).

차량 종류와 BC 농도의 상관관계를 살펴보기 위하여 북악터널 관리사무소로부터 2월 13일의 CCTV 영상 자료를 입수하여 차종별 교통량을 계수하여 그림 2에 나타내었다. 새벽 6시부터 저녁 22시까지의 휘발유차>경유차>LPG차 순으로 통행량이 많았고, 새벽 2시부터 4시까지는 LPG차인 택시의 교통량이 가장 많았다. 공사차량을 포함한 대형 트럭의 통행량이 가장 많았던 새벽 6시에 BC 농도가 47 μ g/m³의 최대값을 나타내었는데, 이것은 배출이 많은 대형 트럭의 영향일 가능성이 크다. 따라서 차종별 교통량과 BC 농도의 상관관계를 살펴볼 때 이 최대값을 제외하였다. BC 농도와 가장 양호한 상관성을 나타낸 것은 그림 3에 나타낸 것과 같은 휘발유차이며, 그 다음이 버스>SUV>소형트럭 순서이었고, 택시와 대형트럭은 가장 낮았다. 대형 트럭의 경우 배출 자체는 많아도 교통량 자체가 너무 적어서 경향성을 나

타내지 못하는 것으로 생각된다.

Park et al.(2002)은 1999년 겨울철에 교통량이 많은 서울시 도로에서 약 200 m 떨어진 중학교 옥상에서 aethalometer로 약 2주간 BC 농도를 측정하였다. 본 연구에서 측정한 전체 기간의 평균 BC 농도인 $16.6 \pm 5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 는 Park et al.(2002)이 측정한 평균 BC 농도인 $7.0 \pm 5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 2.4배 수준이었다.

BC와 함께 터널에서 측정한 $\text{PM}_{2.5}$ 와 PM_{10} 의 질량농도 평균은 각각 $84 \pm 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $99 \pm 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

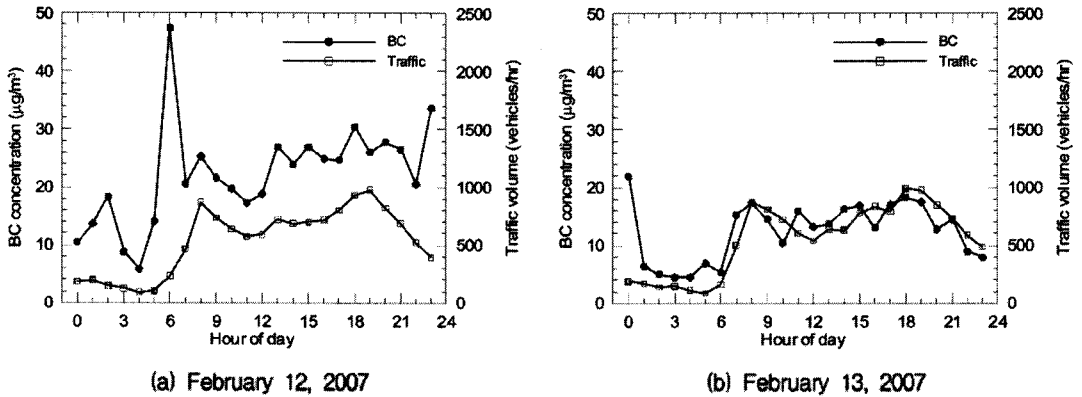


Fig. 1. Diurnal variation of BC concentration measured in a Bukak Tunnel.

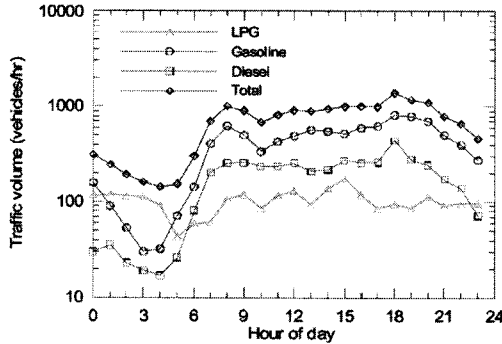


Fig. 2. Diurnal variation of traffic by types.

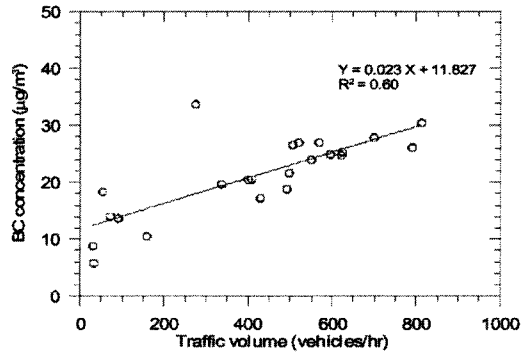


Fig. 3. Relationship between traffic and BC.

사 사

본 연구는 환경부 Eco-STAR project(무·저공해자동차사업단)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

이승복, 배귀남, 박수미, 정상근 (2007) 봄철 서울 도로변의 검댕 오염 특성, 한국대기환경학회지, 23(4), 466-477.
 Park, S.S., Y.J. Kim, and K. Fung (2002) $\text{PM}_{2.5}$ carbon measurements in two urban areas: Seoul and Kwangju, Korea, Atmospheric Environment, 36, 1287-1297.