

차량 배출가스의 형태와 수집방법



이 건 우 | 한양대학교 공학기술연구소/교통물류공학과 연구교수

1. 서론

지구온난화 및 환경오염 문제가 전세계적으로 대두됨에 따라 교통 및 도로부문에서도 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 국내에서도 탄소중립형 도로와 같은 녹색기술 관련 정책들이 도로부문에서 제시되고 있다.

이러한 녹색기술 관련 도로운영정책 및 기술들을 실제정책에 반영하기 위해서는 도로부문에서 발생하는 차량 배출량에 대한 정확한 환경적 분석(Environmental impact analyses)이 이루어져야 한다. 승용차 한 대에서 발생하는 배기가스량은 산업 시설물 굴뚝에서 발생하는 양에 비해 상대적으로 매우 적지만, 도시부 내 도로를 이용하는 수십 수백만의 차량을 고려한다면, 승용차는 대기오염을 일으키는 주범이라고 할 수 있다.

이를 위해서는 도로부문에서 환경적으로 악영향을 끼치는 주된 요인인 차량운행에 따른 배출가스량 분석(vehicle emission analyses)이 필수적이라 할 수 있겠다. 하지만 국내에서는 외국에서 개발되어 환경적 정책평가에 활용되고 있는 정형화된 차량 배출가스 분석모형이 거의 개발되어 있지 않는 실정이다.

본 기사에서는 국내의 차량 배출가스 분석모형 개발을 위해, 외국에서 사용된 차량 배출량 분석방법과 차량 배출가스의 형태에 따른 배출량을 구분하는 내용을 간략하게 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 차량 배출가스의 형태

차는 내연기관의 연소로부터 발생하는 힘을 이용하여 움직이게 되는데, 이 때 발생하는 부산물(by-product)이 차량 배출가스(vehicle emissions)이다. 차량 배출가스는 발생형태에 따라 연소배출가스(exhaust emissions), 증발배출가스(evaporative emissions), 주유배출가스(refueling emissions)로 크게 3가지로 나눌 수 있다. 연소배출가스는 차량 내연기관에서 연소를 통해 배기구로 배출되는 형태를 말하고, 주유배출가스는 연료 주유시 휘발유가 증발할 때 발생하고, 증발배출가스는 기화기(carburetor) 또는 차량 연료 시스템을 통해 발생하는 형태이다. 증

발배출가스는 불완전 연소된 탄화수소(HC)와 휘발성유기화합물(VOC)이 주된 오염물질이고, 다음과 같은 형태로 나타난다.

- Diurnal: 낮시간 온도가 올라감에 따라 연료 증발이 가중되는 현상
- Running losses: 차량 주행 시 엔진의 열과 연소시스템으로 인해 연료가 증발하는 현상
- Hot soak: 주행 후 차량 주차 시, 엔진의 열이 내려갈 때까지 연료증발이 지속되는 현상

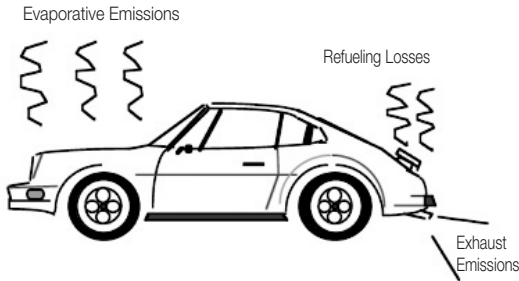


그림 1. 차량 배출가스 형태 (참고문헌: [4])

연소배출가스는 연소과정(combustion process)을 통해 휘발성유기화합물(VOC), 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NO_x) 등을 대기 중으로 방출하고, 연소발생가스는 다음의 형태로 구분한다.

- Cold start: 정지상태의 차량이 시동을 걸고 주행 시, 배기제어장치(emissions control equipment) 운영에 적합한 최적 온도에 이를 때까지, 첫 몇 분동안 높게 배출되는 형태
- Running exhaust emissions: 차량이 warm-up된 이후에 주행(running) 및 공회전(idling) 시에 차량 배기관을 통해 발생하는 형태

교통부문 환경분석을 위해, 가장 많이 사용되고 있는 방법은 차량 주행 시 발생하는 배출량을 고려하는 running exhaust emissions 분석 방법이다.

2.2 차량배출가스 수집방법

차량배출가스 수집은 크게 차대동력계(chassis dynamometer)를 이용하는 방법과 OBU(on-board units) 장치를 이용하는 방법으로 크게 2가지로 분류할 수 있다.

- 차대동력계(Chassis dynamometer): 실험실 내에 설치된 차대동력계 위에 시험차량을 고정시키고, 주어진 운행주기(driving cycle)에 맞춰 시험을 하는 방식. 이 때 발생하는 배출가스를 bag의 형태로 수집하는 방식(그림 2)

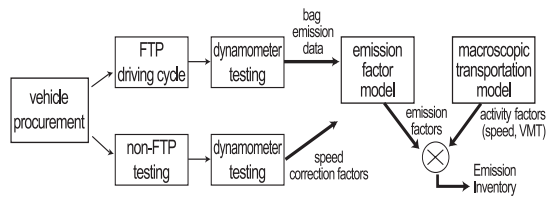


그림 2. 차대동력계와 배출량 수집의 예 (참고문헌: [1], [2])

- OBU 방식: 차량 내부에 GPS를 포함한 배출량 분석이 가능한 OBU를 설치하고, 배기관에 배출량을 수집할 수 있는 장치를 연결하여, 실제 도로주행 상에서 발생하는 배출량을 수집하는 방식(그림 3)

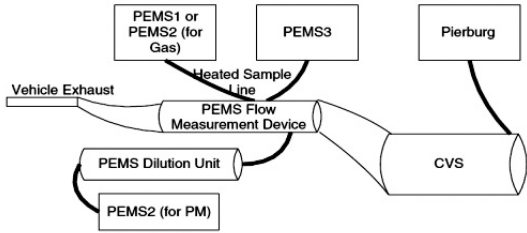


그림 3. OBU를 이용한 차량 배출량 수집의 예
(참고문헌: (3), (8))

2.3 운행주기 (Driving Cycle)

1970년대 미국은 도시부 내에서 발생할 수 있는 공회전, 가속, 감속, 주행 모드 등 다양한 운행조건 (operating conditions)을 나타내기 위해서, FTP 운행주기(Federal Test Procedure driving cycle)를 개발하였다. 미국 승용차를 위한 운행주기 중의 하나인 FTP-75의 경우, 최대속도는 약 90km/h이고, 시간은 약 30분 정도이며 거리는 약 18km 정도이다(그림 4 참조).

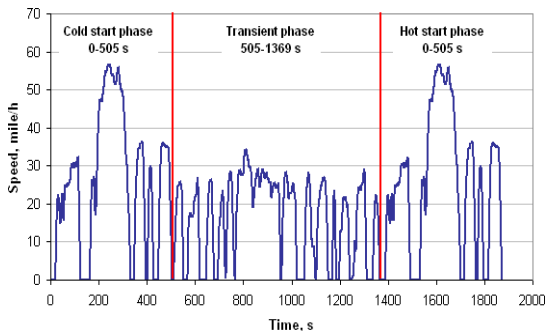


그림 4. 미국 FTP-75의 운행주기 (참고문헌: (5))

FTP-75의 운행주기는 저온시작구간(cold start phase), 전이구간(transient phase), 고온시작구간(hot start phase) 이렇게 3가지의 구간으로 나눌 수 있다. 마지막 단계인 고온시작구간은 엔진열이 가열된 상황 하에 다시 출발하는 것을 반영하기 위해 만들어진 주기이므로, 두번째 전이구간을 마친 후 약 10분 후에 다시 시동을 켜고 운행을 한다. 각 구간에 발생하는 배출량은 개별 bag(예: 3개의 bag)에 수집이 되고, 운행구간별로 배출량을 분석할 수 있다.

하지만, FTP-75의 경우 가속도의 변화가 크고, 고속주행의 운전자의 행태를 반영하지 못하는 단점이 있다. 이 부분을 보완하기 위해서, 고속주행상황을 고려한 US06 SFTP(US06 Supplemental Federal Test Procedure)를 추가적으로 운영하고 있다. SFTP US06의 경우, 최대속도는 약 130km/h이고 평균주행속도는 약 78km/h, 시간은 약 10분 정도이고 거리는 약 138km이다(그림 5 참조).

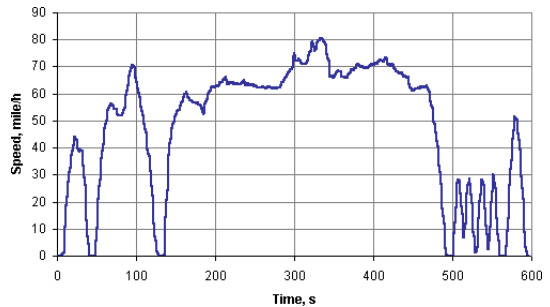


그림 5. 미국 SFTP US06의 운행주기 (참고문헌: (6))

또한, FTP-75의 경우 에어컨 사용 시 발생하는 차량 배출량 발생변화에 대한 부분이 고려되지 않았다. 이 부분을 보완하기 위해서, SC03 SFTP(SC03 Supplemental Federal Test Procedure)을 추가적으로 운영한다(그림 6 참조). SC03 SFTP의 경우, 최대속도는 약 88km/h이고 평균주행속도는 약 35km/h, 시간은 약 10분 정도이고 거리는 약 6km이다(그림 6 참조).

차대동력계 방식은 같은 조건 하에 운행주기에 따

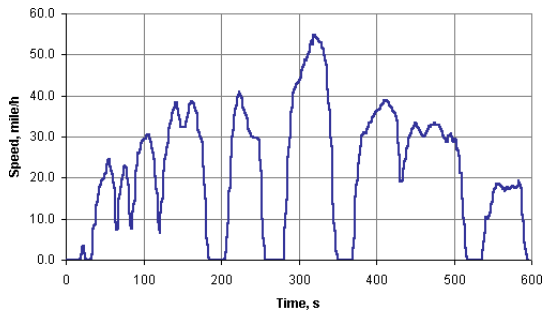


그림 6. 미국 SFTP SC03의 운행주기 (참고문헌: (7))

른 차량 배출가스량 분석이 가능하다는 장점이 있으나, 운행주기가 실제 도로상황을 현실적으로 반영하지 못하는 부분이 존재하고, 다양한 도로조건 하에서의 분석이 어려운 점이 있다. 또한 차대동력계 장비를 갖추지 못한 기관에서는 차량 배출량 분석에 있어 어려움이 존재한다.

이의 단점을 극복하기 위해, 상대적으로 쉽게 차량에 직접 설치가 가능한 OBU방식 분석이 활발히 이루어지고 있다. OBU방식은 실제 도로 상에서 운행에 따른 배기가스 배출량 분석이 가능하고, GPS 장비와 함께 사용하여 위치정보와 차량 배출량의 일초단위 수집이 가능하다는 장점이 있다. 이는 차량 배출가스 모형 구축 시 평균속도와 이동거리, 그리고 배출계수를 고려하는 거시적 수준의 모형(macroscopic or macroscale emissions models) 뿐만 아니라, 차량 가속도에 따른 배출량 분석이 가능한 미시적 수준의 모형(microscopic or microscale emissions models) 구축에도 활용될 수 있는 장점이 있다. 현재 외국에서는 OBU를 활용하여 다양한 차종에 대하여 거시적 혹은 미시적 수준의 배출가스분석 모형구축 사례들이 늘어나고 있는 추세이다.

3. 결론

본 기사에서는 차량 배출가스의 형태와 배출량 수집 방법에 대하여 간략하게 소개하였다. 정형화된 국내형 차량 배출가스 모형의 구축 시에 본문에 기술한 배출가스 형태의 구분과 수집방법을 바탕으로 좀 더 정형화된 국내형 차량 배출가스모형 개발을 할 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

1. <http://www.cambustion.com/engineering-services/test-facilities>
2. Barth, M., F. An, J. Norbeck, and M. Ross (1996). "Modal emissions modeling: a physical approach." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1520, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 81-88.
3. <http://www.rmc.com.tr/en/>
4. Kalandiyur, N. S. (2007) Estimating vehicle emissions in transportation planning incorporating the effect of network characteristics on Driving Patterns, Ph.D. Dissertation, University of California, Irvine.
5. <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>
6. http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp_us06.php
7. http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp_sc03.php
8. Liu, et al. (2010), "Using Portable Emission Measurement Systems for Transportation Emissions Studies: Comparison with Laboratory Methods", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, no. 2158, pp. 54-60.