

❖ 논 문 제 목 : 디젤기관차 엔진에서 배출되는 대기오염물질의 특성 및 배출량 추정(Characterization of Air Pollutants Exhausted from Diesel Locomotive Engines and Estimation of Emission Rates)

❖ 학위취득자 : 박덕신

❖ 학위취득대학 : 경희대학교

❖ 학위취득년도 : 2003. 8

❖ 지도교수 : 김동술

❖ 학위명칭 : 이학박사

❖ 전공분야 : 대기오염 제어

본 연구는 디젤기관차를 실험대상으로 하여, 전기동력계를 이용한 부하시험에서 엔진의 출력을 변화시켜 배출되는 대기오염물질의 배출특성을 파악하였다. 그리고 최근 관심이 고조되고 있는 비도로용 엔진 중 철도디젤차량에 의한 배출량을 USEPA의 배출계수와 KoRail 모드의 배출계수에 의한 방법으로 각각 추정하였다.

디젤기관차에서 배출되는 대기오염물질은 디젤기관차의 출력을 0, 2, 4, 6 및 8노치로 증가시키면서 스택 샘플러, 캐니스터 캔과 GC-MS를 이용해 가스상 물질의 배출특성을 파악하였고, SMPS와 PM 샘플러를 이용해 입자상 물질의 배출특성을 분석하였다. 측정결과 가스상 물질의 경우 일반적인 디젤엔진에서의 배출특성과 다소 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 이것은 보다 많은 연구가 수행되어야 하겠지만 본 연구를 통해서 밝혀진 바로는 여러 가지 환경조건 중 터보 과급기와 같은 디젤기관차의 엔진특성이 측정결과에 영향을 미친

것으로 사료된다.

입자배출특성을 파악하기 위해 SMPS를 이용하여 엔진출력의 변화에 따른 배출입자의 개수 중앙입경값, 기하평균입경, 총 개수농도 및 총 부피농도 등을 구하였다. 회석터널에서의 회석비는 측정 전·후의 NO_x 농도로 구했다. 회석비 3.32, 13.34에서의 입자배출특성을 측정한 바, 중앙입경값은 모든 회석비에서 유사한 경향을 보였고, 21.6~93.5 nm의 범위 내에 존재하였다. 입자개수농도는 회석비 3.32, 13.34에서 각각 $4.53 \times 10^5 \sim 5.60 \times 10^6$ particles/cm³, $7.96 \times 10^5 \sim 3.75 \times 10^6$ particles/cm³의 범위로 측정되어 회석비가 낮을 경우 입자 개수농도가 높게 나타남을 알 수 있었다. 각 회석비에서 입자의 크기분포는 비슷한 형태를 하고 있으며, 축적모드와 핵모드를 갖는 쌍극 분포를 나타내었다. 엔진출력이 증가하면서 엔진출력 2.3~11.2%에서는 개수 중앙입경값이 핵모드 범위에 있었지만, 엔진출력 33.0~100%에서는 개수 중앙입경값이 축적모드로 이동하면서 농도분포 경향이 변화하였다.

35가지 VOCs 항목에 대해 디젤기관차 엔진 부하별로 회석터널에서 캐니스터 캔으로 포집하여 GC-MS로 분석하였다. 일반적으로 자동차 오염원에서 가장 높은 농도를 나타내는 것은 toluene이지만 본 연구에서는 benzene, toluene, xylene 순으로 나타났으며, 본 연구의 BTEX율 (6.7 : 4.0 : 1.0 : 1.6)은 일반적인 자동차 (가솔린기관) 오염원 (3 : 4 : 1 : 4)과는 다소 차이를 보였다. 이러한 결과만을 놓고 봤을 때 디젤기관의 연료와 가솔린기관의 연료의 혼합비에 의한 현상으로 이해할 수 있

으며, 또한 VOCs 물질 중 디젤기관인 기관차의 주요 배출물질은 benzene임을 알 수 있었다.

본 연구에서는 도로용 엔진의 배출량 추정에 일반적으로 사용되는 USEPA의 배출계수를 이용해서 배출량을 추정하고, 국내 철도차량에 적용할 수 있는 새로운 추정방법인 KoRail 모드를 개발하였다. USEPA 모드는 미국 지형에 맞게 노치별 가중치를 주었으며, 노치별 시간 가중 평균값을 사용하였다. 이에 반해 KoRail 모드는 한국 지형에 맞게 노치별 가중치를 주었으며, USEPA 모드와는 달리 노치별 거리가 중 평균 값을 사용하였다. KoRail 장거리 모드의 경우 USEPA 노치별 가중평균 값과는 다소 다른 경향을 보였다.

USEPA 모드를 이용하여 배출량을 추정한 결과 2001년 한 해 동안 한국에서 철도차량에 의해 배출되는 PM은 698.5 ton, NOx는 28,117 ton, CO는 1,237.5 ton 그리고 CO는 2,832.3 ton으로 추정되었다. KoRail 모드를 이용하여 배출량을 추정한 결과, PM은 258.3 ton, NOx는 10,959.5 ton 그리고, CO는 4,622.1 ton이었다.

배출량 추정결과 PM의 경우 추정방법에 따라 배출량에 큰 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 이것은 GM의 디젤기관차 측정결과와 본 연구에서 선정한 테스트 엔진에서의 측정 결과를 비교했을 때 엔진부하조건별 대기오염물질의 배출특성에 많은 차이가 있기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 그러므로 향후 철도 디젤차량에서의 대기오염물질 배출량을 추정할 경우 보다 세심한 주의가 요구된다.

도로용 엔진과는 달리 비도로용 엔진에 대해서는 관련 연구가 부족하고, 오염물질 배출자료도 엔진 제작사가 제공하는 일부 자료에 의존하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 철도 디젤차량 중 디젤기관차를 대상으로 입자상, 가스상 오염물질을 측정하여 디젤엔진의 일반적인 대기오염물질의 현황을 파악하고자 하였다. 또한, 측정된 오염물질의 배출량을 기초로 현재 USEPA의 추정방식에만 의존하고 있는 배출량 산정방법을 국내 철도 디젤차량에 적용할 수 있는 새로운 추정방법을 제안하였다.