

## PA36) 철도 디젤차량에서 배출되는 휘발성 유기화합물의 특성 Characterization of Volatile Organic Compounds Exhausted from Railroad Diesel Rolling Stocks

박덕신 · 배상호 · 정우성 · 이덕희 · 김동술<sup>1)</sup>

한국철도기술연구원 철도환경연구그룹,

<sup>1)</sup>경희대학교 환경·응용화학대학 및 환경연구센터

### 1. 서 론

이동오염원에 의한 VOCs의 배출기여도를 산정 평가한 국내외의 자료에 따르면, 전체 VOCs 배출량 중 이동배출원에 의한 기여도는 미국이 26 %, 유럽이 38 %, 한국이 45 % 정도를 점할 정도로 비중이 큰 배출원으로서 주목을 받고 있다. 뿐만 아니라 배출성분 중에는 포름알데히드, 벤젠, 크실렌, 톨루엔, 1,3-butadiene 등과 같이 인체에 매우 유해한 성분이 상당수 포함되어 있기 때문에, 이들은 주관리 대상 배출원으로 간주되고 있다.

그 동안 디젤엔진에서 배출되는 VOCs에 대해서는 Otto 엔진에 비해 상대적으로 관심을 끌지 못했다. 그러나 디젤엔진에서 배출되는 VOCs에 광화학 스모그 형성에 관여하는 반응성 화합물과 유독성 벤젠이 함유되어 있다는 연구결과가 발표되면서 (Cartner *et al.*, 1995) 최근 관심이 점차 높아지고 있다. 국내에서 도로용 엔진과는 달리 비도로용 엔진 특히, 철도차량에 대해서는 관련 연구가 전무한 실정이고, 오염물질 배출자료도 엔진 제작사가 제공하는 일부 자료에 의존하므로, 본 연구에서는 철도 디젤차량을 대상으로 엔진부하시험을 할 때 배출되는 VOCs에 대한 특성자료를 제공하고자 한다.

### 2. 실험장치 및 방법

철도 디젤차량에서의 VOCs 배출특성을 파악하기 위해서 배출구에 별도의 보조굴뚝을 설치하고, VOCs를 채취하였다. 채취에는 스테인레스스틸 캐니스터를 이용하였으며, 캐니스터는 유해가스의 채취에 가장 안정한 용기로 알려져 있으며, USEPA의 TO-14에서도 사용이 추천되고 있다. 그림 1에 본 실험에서 사용된 VOCs 채집장치와 조절기가 연결된 캐니스터와 VOCs의 분석과정을 나타내었다. VOCs는 전처리 장치 (Entech 7100)가 연결된 GC (HP6980N)/MSD (HP5973)를 사용하여 분석하였다.

검량선은 TO-14 표준가스를 GC/MSD로 정성분석한 후에 각 1, 5, 10, 100 ppb로 희석하여 작성하였고, 상관계수는 대부분 0.998 이상으로 나타났다. 측정항목은 TO-14 표준가스에 포함되어 있는 40 종류의 물질 (EPA TO-14) 중에서 35 종류의 물질을 대상으로 하였다.

### 3. 실험 결과

철도 디젤차량의 배출가스 중 35가지 항목에 대한 VOCs 분석결과, benzene, chlorobenzene, tetrachloroethylene 등과 같은 저분자 물질은 엔진출력이 증가함에 따라 농도가 증가하는 양상을 보였지만, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, styrene, o-xylene, 1,3,5-trimethylbenzene, 1,2,4-trimethylbenzene 등과 같은 고분자 물질은 2노치보다 공회전에서 농도가 높게 나타났다. 각 물질별로 평균 농도를 살펴보면 benzene이 252 ppb로 가장 높은 농도를 나타냈으며, 다음으로는 toluene이 151.4 ppb로 조사되었다. 그 외의 성분들은 1,2,4-trimethylbenzene이 46.4 ppb, ethylbenzene이 37.6 ppb, o-xylene이 31.2 ppb, m,p-xylene이 30.4 ppb 순으로 조사되었다. 그림 2에 엔진부하율 증가에 따른 BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, xylene)와 기타 VOCs의 비율을 나타내었다. 일반적으로 자동차 오염원에서 가장 높은 농도를 나타내는 것은 toluene이지만 본 연구에서는 benzene, toluene, xylene 순으로 나타났다.

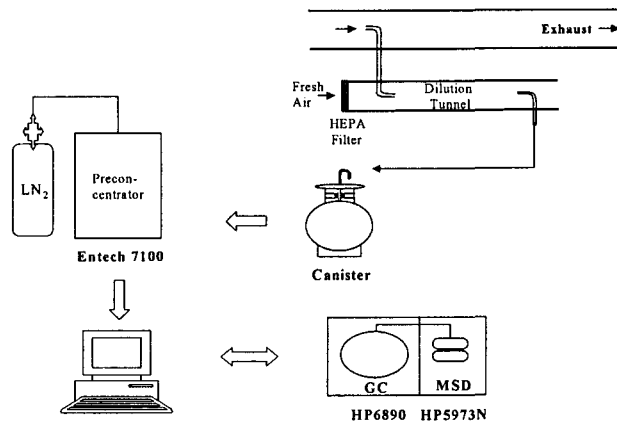


Fig. 1. The sampling system and analytical processes of VOCs for this study.

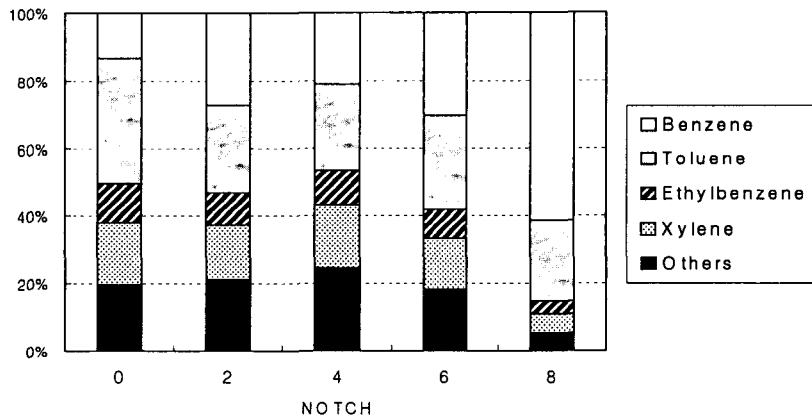


Fig. 2. Emission ratio of major VOCs for each notch.

### 참고 문헌

Cartner, W.P.L., J.A. Pierce, D. Luo, and I.L. Malkina (1995) Environmental chamber study of maximum incremental reactivities of volatile organic compounds, Atmospheric Environment 29, 2499-2511.