

## 버스기사와 택시기사를 대상으로 한 휘발성 유기화합물의 노출평가

조완근, 유창호, 이진우

경북대학교 환경공학과 대기환경연구실

### 1. 서론

일상생활에서 우리가 VOCs에 접할 수 있는 장소는 여러 곳에서 찾을 수 있으나, 그 중 자동차에서 발생하는 VOCs 물질이 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 미국의 경우 전체 VOCs 물질 배출 중 29%를 자동차가 차지하고 있는 것으로 연구 결과가 나왔으며, 최근 연구결과도 VOCs에 대한 개인의 노출이 차량과 밀접한 관련이 있다는 사실을 제시하고 있다. 특히 영업용 차량을 운전하는 운전자들은 차량 운행에 따른 노출이 주기적이고 장기간의 특성을 띄고 있으므로, 운전자들을 대상으로 한 VOCs 노출 위해성 평가의 필요성이 강하게 대두되고 있는 실정이다. 선진 각국에서는 직업과 관련하여 VOCs 노출 정도를 평가하는 연구가 광범위하게 수행되고 있으나, 국내에서는 아직 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있다. 이러한 현실을 비추어 볼 때, 국내에서 영업용 차량 운전자들의 VOCs 노출에 관한 연구는 VOCs에 관련된 여러 분야에서의 실측자료를 확보한다는 측면뿐만 아니라 필요성과 시의성에서 적절하다고 볼 수 있다.

본 연구는 자동차 배기가스에서 발생하는 VOCs 물질 중 benzene, toluene, ethyl-benzene, p-xylene, m-xylene, o-xylene 등 6가지 물질을 target compound로 설정하였는데, 이는 이들 방향족 화합물이 차량 내부에 고농도로 존재할 뿐만 아니라 독성도 높기 때문이다. 위의 연구결과로 차량 운행 중 VOCs가 운전자에게 미치는 영향이 어느 정도인지를 파악하고 직업과 관련된 VOCs 노출 규제치에 대한 선행자료로서 또한 이를 실험 결과치로 나타낼 필요성이 있다. 대구시내에서 운행 중인 버스와 택시기사들의 VOCs 노출 정도를 평가하고 분석할 목적으로 본 연구를 수행한다.

### 2. 연구방법

우선 대구 지역 내 버스기사와 택시기사 각각 10명으로 피실험자를 구성한다. 피실험자 1명 당 breath trap 2개와 air trap 1개를 sampling하여 분석하였다. breath는 작업 전 breath와 작업 후 breath로 구성되며, air는 작업 중 차량내 공기의 질을 보여준다. personal sampler를 포함한 air trap은 피실험자의 background level을 보여주므로 직접 착용하거나 가까운 거리 내에 있어야 한다.

실험에 참가한 모든 사람들은 breath sampling후 운행 중 또는 휴식 중의 여러 가지 상태에 대한 survey를 실시한다. 주요 내용은 성별, 연령, 운행 시간, 운행 중 환기 상태, 본인 흡연 여부 및 량, 가족 중 흡연자 유무, 그리고 VOCs에 노출될 정

도의 작업을 하였는가 등의 질문내용으로 구성된다.

시료의 채취는 VOCs 흡착제(Tenax-TA)를 충전한 0.25 inch stainless steel tube를 사용하여 personal air sampler(BUCK I.H. pump)를 이용한 건식흡착법을 사용하여 채취했다. Sampling은 air sample과 breath sample로 구분되는데, air sample은 운전자의 호흡 영역에 근접하게 놓여져야 한다. personal air sampler는 시료채취시 time programming이 되어 있어야 하며, 실험 전후에 이를 확인하도록 한다. 시료채취를 위한 공기시료의 유량과 부피는 미국 EPA의 분석방법과 흡착제의 분기점과 분석감도를 고려하여 적절히 유량과 부피를 조절하도록 한다.

방향족 VOCs 분석을 위해 채취한 시료는 EPA METHOD TO-1을 응용하여 모세관 Column(Supelco Co, 50m×0.53mm)과 FID(Flame Ionization Detector)가 장착된 GC(Gas Chromatography, Varian 3400CX)와 TDS(Thermal Desorbing System, Tekmar 6000)를 이용하여 분석하였다. 분석대상 물질의 정성분석은 peak와 보유시간을 이용하였고, 정량분석은 외부표준법을 이용한 농도와 peak 면적과의 검정선을 사용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 실험의 자료를 분석한 결과 버스기사의 경우에는 benzene의 작업 전후 농도차가 68.83% 정도 증가했으며, toluene, ethylbenzene, p,m-xylene 및 o-xylene은 각각 46.05%, -3.74%, -16.19%, -12.99% 정도의 전후 차이를 보였다. 여기에서 예상과 달리 ethylbenzene 및 xylene의 농도가 작업 후가 작업 전보다 적었는데 이는 작업 전 sampling 장소의 공기질 상태가 좋지 못한 점과 피실험자들이 작업전 breath sampling시 담배를 피우고 난 수분 후에 breath에 응하여서 담배의 영향을 많이 받은 것으로 생각된다.

택시기사의 경우에는 benzene, toluene, ethylbenzene, p,m-xylene, o-xylene의 농도차가 각각 14.52%, 15.49%, -13.82%, -13.64%, -16.52%로 나타났는데, 여기서 benzene은 증가율이 버스의 경우보다 적었지만, 바탕농도는 버스기사의 경우보다 훨씬 더 높았다. (약 4~5배) toluene의 경우에는 bus의 경우보다 오히려 감소하는 것으로 나타났는데, toluene 물질 자체가 변동이 심할 뿐 만 아니라, 흡연 등으로 인한 체내 잔류가 위의 6가지 물질 중 가장 오래 잔류하는 것으로 알려졌다. 따라서 택시기사들이 업무 전에 흡연을 하고 체내에서 완전히 제거되지 않은 채 업무 전 breath sampling을 실시함으로써 업무 전 toluene의 농도가 업무 중 toluene에 노출되어 체내에 잔류하는 것 보다 훨씬 높게 나타나는 것으로 생각된다. 나머지 물질은 앞의 경우와 유사한 값들로 나타났다.

### 4. 결론

대구시내 운행중인 버스와 택시기사 각각 10명을 대상으로 하여 업무 전후의 농도차를 분석한 결과 benzene과 toluene의 경우에는 업무 전에 비교하여 업무 후

의 농도가 높게 나타나는 것으로 나타났다. 그러나 ethylbenzene 및 p,m,o-xylene의 경우에는 예상과 달리 감소하는 것으로 나타났는데, 좀 더 세밀한 조사와 분석이 선행되어야 정확한 결론을 내릴 수 있을 것이다.

#### 5. 참고문헌

J. Jayed, M. Gerin, S. Loranger, P. Sierra, D. Begin, G. Kennedy, "Occupational and environmental exposure of garage workers and taxi drivers to airborne manganese arising from the use of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl in unleaded gasoline," American Industrial Hygiene Association, January, pp 53-58, 1994.

Lance A. Wallace, Edo D. Pellizzarri, Ty D. Hartwell, Charles M. Sparacino, Linda S. Sheldon, Harvey Zelon, "Personal exposure indoor-outdoor relationships and breath levels of toxic air pollutants measured for 355 persons in New Jersey," Atmospheric Environment Vol 19, No. 10, pp 1651-1661, 1985.

Wan-keun Jo, Kun-ho Park, "Exposure to carbon monoxide methyl-tertiary butyl ether (mtbe), and benzene levels inside vehicles traveling on an urban area in Korea," Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Vol 8, No 2, pp 159-171, 1998.

Wan-keun Jo, Kun-ho Park, "Commuter exposure to volatile organic compounds under different driving conditions," Atmospheric Environment Vol 33, 1998.