

# 도시지역 출퇴근시 차량 내에서의 MTBE, CO 및 VOCs에 대한 노출평가

조완근, 박건호\*, 송기범, 남찬우, 백규원, 문경조  
경북대학교 환경공학과

## 1 서론.

과거 Anti-Knocking을 줄이기 위해 테트라에틸납을 첨가한 휘발유를 사용함으로써 대기중 납오염이 주요한 환경문제로 대두되었고 이로 인해 국내에서는 유연 휘발유대신 무연 휘발유를 1993년부터 사용하게 되었다. 그결과 gasoline의 첨가제인 테트라에틸납 대신 옥탄가를 높이기 위해 방향족 화합물을 추가적으로 첨가하게 되었고 특히 CO의 방출을 줄이기 위해 MTBE가 첨가된 oxygenated fuel을 사용하게 되었다. 방향족 화합물 및 MTBE의 첨가와 연료의 불완전 연소로 배기가스내의 고농도 CO로 인해 외국 연구에서는 MTBE, CO 및 VOCs의 차량내부 농도가 일반대기보다 훨씬 높게 나타났으나 이에 대한 국내 연구는 한정되어 있다. 따라서 본 연구는 일반 대기보다는 도시지역 출퇴근시 차량내에서 야기될 수 있는 MTBE, CO, VOCs에 대한 노출정도를 버스와 승용차 별로 비교 평가하기 위해 실시하였다.

## 2 연구 고안 및 방법.

### 2.1 연구 고안.

본 연구는 낮은 실외 온도로 차량의 연료소모가 많아지는 기간을 포함하도록 1997년 2월 17일에서 1997년 3월 8일까지 20일 동안 승용차 4대와 버스를 이용하여 실시하였다. 본 연구에서는 직장인의 출퇴근 시간대를 대표하도록 아침 7:00 - 9:00사이와 저녁 5:30 - 8:00동안에 실시하였고 대구시의 가장 큰 도로이며 출퇴근시 가장 많이 이용되고 대구시 중심가를 통과하면서 상습적인 교통체증이 야기되는 7호광장에서 수성구 고산에 이르는 11.5Km의 직선도로를 선정하였다. 본 연구에 이용된 차량으로 승용차는 새차(소나타 II(95년식), 뉴프린스(96년식)) 2대와 현차(엘란트라(91), 프라이드(91)) 2대를 이용하였고 버스의 경우 시내좌석 305호를 이용하였으나 임의적으로 통제할 수 없었기 때문에 무작위로 선정하였다. 이때 선정된 차량은 노선을 따라 출퇴근 시간대에 1회 편도주행하였고 각 시간대 별로 2대의 승용차를 활용하여 1회 주행시 승용차 한

대와 버스 한 대가 동시 출발하여 유사한 시간대에 도착하도록 하였다. 또한 사용연료의 차이로 인한 문제를 최소화 하기 위해 승용차의 경우 한회사(LG정유) 제품만을 사용하였으나 버스는 다양한 회사의 차량이 사용됨으로 인해 제어치 못했다. 본 연구에서는 MTBE와 VOCs 분석을 위해 승용차 전위 승객좌석의 호흡영역과 버스 중간지점 좌석의 호흡영역에서 시료채취하였다.

## 2.2. 시료 채취.

MTBE와 VOCs에 대한 시료채취 방법으로는 개인 시료채취기를 이용하여 1/4인치 stainless steel tube 흡착 트랩을 통해 공기를 흡인하는 건식 흡착법을 이용하였다. 이때 사용된 흡착제의 전처리로 Soxhlet 세척법을 이용하였고 세척한 흡착제는 트랩에 충전하여 270°C에서 48시간 conditioning한 후 사용하였다.

## 2.3. 시료 분석.

MTBE와 VOCs 분석을 위해 채취한 시료는 US. EPA의 방법을 응용하여 Tekmer-6000 TDS와 Varian GC를 이용하여 분석하였고, CO의 분석은 GASTEC CMCD-10P 분석기를 이용하여 시료 채취도중 분석된 3분주기 결과를 평균하였다.

## 3 결과 및 고찰.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 버스와 승용차간의 Target Compounds 농도 비교 결과 MTBE의 경우 승용차( $75.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ )가 버스( $15.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 약 5배 높았고, CO농도는 승용차(5.0ppm)가 버스(3.7ppm)보다 약 1.4배, 합계된 6개 방향족 VOCs는 승용차( $400.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ )가 버스( $183.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 약 2.2배 정도 높게 나타났다. 승용차내부 VOCs 농도는 Benzene  $59.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ (S,V 47.4), Toluene  $187.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ (S,V 148.1), Ethylbenzene  $21.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (S,V 18.4), m,p-Xylene  $76.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (S,V 73.5), o-Xylene  $55.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ (S,V 40.7)로 나타났고 일간 변화율이 큰것으로 나타났다.

- 승용차별 농도 비교로는, CO의 경우 4개 차량에서 유사하게 검출되었으나 MTBE와 VOCs는 3개 차량(소나타 II, 뉴프린스, 엘란트라)에서 비슷하였고 1개차량(프라이드)에서 약 3배 높게 나타났다. 이의 원인은 malfunction에 의한 것으로 추정된다.

- Spearman 검정결과 MTBE와 CO의 상관성은 승용차의 경우 상관계수 0.44( $p < 0.0065$ )로 유의성이 있는 것으로 나타났으나 버스는 상관계수 0.3( $p < 0.07$ )으로 유의성이 작은 것으로 평가되었다. 아침저녁 출퇴근 시간에 따른 상관성은 상관계수 0.79( $p < 0.0001$ )로 유의성이 있는 것으로 판단되었고, MTBE와 benzene을 비롯한 5개 VOCs 물질과의 상관성은 모든 비교물질에 대해  $p < 0.0001$ 로 유의성이 있는 것으로 판단되었다.

- 본 연구의 결과에 의하면 대구 도심지역 출퇴근시 차량 내부에서 노출되는 VOCs농도는 수백 ppb에서 수십 ppb정도로 대체적으로 낮은 수치를 나타내었다. 이 결과를 외국 연구결과와 비교해 보면 승용차 내부 합계된 6개 VOCs물질 농도는 보스톤( $84.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ )과 뉴욕, 뉴저지( $171.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ )보다 높게 나타났고, CO는 보스톤(13.4ppm), LA(10.9-15.3ppm), Washington. DC(9-14ppm), California(9.8ppm)보다 낮게 나타났으며, MTBE의 경우 뉴저지( $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 출퇴근자보다 높은 농도에 노출되는 것으로 평가되었다.