

대구시 구간에 따른 차량내 MTBE, VOCs 노출평가

박건호, 송기범, 남찬우, 백규원, 문경조, 조완근
경북대학교 환경공학과 대기환경연구실

1. 서론.

오늘날 우리는 자동차에 의해 많은 편리를 제공받는다. 그러나 자동차로부터 발생하는 많은 오염물질로 인해 대기의 오염문제와 보건 위해성이 증가함으로써 최근 자동차 오염물질 배출에 관한 관심이 고조되고 있다. 특히, 유연 휘발유 사용시 첨가되던 테트라에틸납으로 인한 대기중 납 오염이 주요한 환경문제로 제기됨에 따라 국내를 비롯한 여러 선진 외국에서는 테트라에틸납이 첨가되지 않은 무연휘발유의 사용을 증가시키고 있다. 국내에서도 테트라에틸납의 대체물질로 Anti-Knocking을 줄이고 옥탄가를 높이기 위해 MTBE와 방향족 VOCs가 첨가된 무연휘발유를 1987년부터 사용하고 있다. 외국 연구에 의하면 MTBE와 방향족 VOCs의 첨가로 인해 차량내부의 농도는 일반대기보다 훨씬 높게 나타났고 이에 따른 위해성도 증가하는 것으로 평가되었다. 그러나 국내에서는 이들 물질에 대한 연구가 한정되어 있는 것으로 평가된다. 따라서 본연구는 대구 광역시의 출퇴근 노선에 따른 노출과 전원지역 통과시 노출을 비교하고, 환기방식에 따른 노출농도를 평가하기 위해 실시하였다.

2. 연구 고안 및 방법.

2.1 연구고안

본 연구는 Air-condition의 사용으로 연료의 소비가 많아지고 광화학 스모그의 발생으로 인한 대기오염이 심해지는 여름기간을 포함하도록 1997년 7월에서 1997년 9월까지 승용차 2대를 이용하여 실시하였다. 본 연구에서는 노선을 다양화시키기 위해 대구시 주요 출퇴근 2개 노선과 전원지역 1개 노선을 선정하였다. 출퇴근 노선의 경우 직장인의 출퇴근 시간대를 대표하도록 아침 7:00-9:00사이와 저녁 5:30-8:00동안, 대구시의 가장 큰 도로로서 출퇴근시 가장 많이 이용되고 대구시 중심가를 통과하면서 상습적으로 교통체증이 야기되는

수성구 고산에서 7호광장까지의 11.5Km 구간과 신천대로, 경부고속도로 진입로와 연결되고 타지방 출퇴근자들의 주요 출발지인 북부정류장을 통과하며 3공단, 염색공단 및 성서공단을 통과하는 복현오거리에서 성서 인터체인지까지의 14Km를 선정하였다. 전원지역 노선으로는 대구광역시 주변도로중 전원노선으로 가장 적합하다고 판단되는 팔공산 순환도로(20Km)를 선정하였고, 교통량이 폭증하는 휴일에는 시료채취치 않았다. 시료채취를 위해 이용된 차량으로 96년식 뉴프린스 1대와 91년식 엘란트라를 이용하여 각 노선별로 1회 왕복 주행하였으며, 동시 출발하여 유사한 시간대에 도착하도록 하였다. 또한 사용연료의 차이로 인한 문제를 최소화 하기 위해 한 회사(LG정유) 제품만을 이용하였다. 본 연구에서는 차량 배기가스에 직접적으로 영향을 받을 가능성이 있도록 vent를 개방하고 front door 창문을 완전 개방하는 High Ventilation 방식과 바깥공기의 유입을 부분적으로 차단하고 공기의 확산을 줄이기 위해 vent를 닫고 Air condition을 작동시키는 Low Ventilation방식을 선정하였고 1회 주행시 각 차량별로 환기방식이 일치하지 않도록 하였다.

2.2 시료 채취

MTBE와 VOCs 에 대한 시료채취 방법으로는 개인 시료채취기를 이용하여 1/4인치 stainless steel tube 흡착트랙을 통해 공기를 흡인하는 건식 흡착법을 이용하여 승용차 전위 승객좌석의 호흡영역에서 시료채취하였다. 이때 사용된 흡착제의 전처리로 Soxhlet 세척법을 이용하였고 세척한 흡착제는 트랩에 충전하여 285℃에서 72시간 conditioning한 후 사용하였다.

2.3 시료 분석

MTBE와 VOCs 분석을 위해 채취한 시료는 US. EPA TO-11 방법을 응용하여 Tekmer-6000 TDS와 Varian GC를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 전체 환기정도에 따른 농도 비교 결과 MTBE와 합계된 VOCs 모두에서 낮은 환기조건이 높은 환기조건보다 약 1.6배($150.7\mu\text{g}/\text{m}^3$, $96.9\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 1.5배($397.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, $265.35\mu\text{g}/\text{m}^3$) 높게 나타났다. 그러나 Benzene의 경우 낮은 환기조건에서 $113.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 반면 높은 환기조건에서 $37\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 환기조건에 따른 차이가 다른 물질보다 큰 것으로 나타났다.

- 차종에 따른 농도 비교 결과 elantra의 경우 MTBE $309\mu\text{g}/\text{m}^3$, Benzene

112.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Toluene 376.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Ethylbenzene 48.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, M,P-Xylene 86.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, O-Xylene 101.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났고 prince의 경우 MTBE 188.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Benzene 185.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Toluene 268.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Ethylbenzene 29.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, M,P-Xylene 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, O-Xylene 66.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타나 Benzene을 제외한 MTBE와 나머지 5개 VOCs에서 elantra가 prince보다 약 1.6배 높게 나타났으나 Benzene의 경우 prince가 약 1.7배 더 높게 나타났다. 차종별 환기차이에 따른 농도 비교 결과는 elantra의 경우 대체적으로 낮은 환기 조건이 높은 환기 조건보다 더 높게 나타났는데 MTBE의 경우 1.8배(198.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 110.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 합계된 6개 VOCs는 1.3배(413.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 312.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)정도 높았다. prince의 경우 역시 낮은 환기 조건이 높은 환기 조건보다 높게 나타났으며 각각의 대상물질별로는 MTBE의 경우 1.3배(106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 82.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 기타 6개 방향물질의 합에서는 약 1.8배(383 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 214.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 특히 Benzene의 경우는 4.3배로 차이가 심한 것으로 평가되었다.

- 구간별 대상물질 농도비교로는 전원지역을 기준으로하여 도시중심가 통과지역이 MTBE의 경우 3.7배(84.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 314.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 합계된 6개 VOCs물질의 경우 약 2.6배(283.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 728 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 높게 나타난 반면 도시 공단지 통과지역에서는 MTBE의 경우 약 3.3배(274.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 6개 VOCs물질의 경우 약 2.9배(814.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타나 지역간 대상 물질에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 평가되었다. 각 지역별 환기정도에 따른 농도 차이 비교 결과 대체적으로 낮은 환기조건이 높은 환기조건보다 높은 농도의 대상물질에 노출되는 것으로 평가되었다. 전원지역의 경우 MTBE 1.8배(54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 30.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 합계된 VOCs 3.1배(213.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 69.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 도시중심가 지역의 경우 MTBE 1.9배(205.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 108.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), VOCs 1.6배(451.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 276.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 나타났으며 도시공단지역의 경우 MTBE 1.2배(150.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 123.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), VOCs 1.3배(448.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 356 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났다.전원지역에서 환기정도에 따른 VOCs 농도차이가 큰 것으로 나타났고 도시공단지역에서 Toluene의 경우 높은 환기조건에서 낮은 환기조건보다 약 1.1배(217.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 197.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 높게 나타났다.

- spearman 검정결과 MTBE와 Benzene을 비롯한 5개 VOCs 물질과의 상관성은 모든 비교물질에 대해 $p < 0.0001$ 로 유의성이 있는 것으로 평가되었다.

- 본 연구의 결과를 다른 연구와 비교해 보면 도시 중심가를 통과하는 동일 구간에서 실시한 겨울(Jo., et al.) 농도보다 MTBE의 경우 4.2배(314.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 75.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 높게 나타났고, 합계된 6개 방향족 VOCs의 경우 약 2배(814.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 400.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 높은 것으로 평가되었다. 다른 외국 연구 결과와 비교해 보면 승용차 내부 합계된 6개 VOCs물질 농도는 여름동안에 실시한 파리(512 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 1.6배 높았고, 겨울동안에 실시한 뉴욕,뉴저지(171.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 보스톤(84.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 높게 나타났다.