

주유소와 인접한 12개 주택에서의 실내/실외 공기와 호기 내의 휘발성 유기화합물 (Volatile Organic Compounds)에 대한 노출 평가

문경조*, 송기범, 백규원, 서호준, 유창호, 김성환, 조완근
경북대학교 환경공학과

1. 서론

자동차의 수요 증가에 따라 휘발유의 수요 역시 증가함으로 인해 도시에 많은 주유소가 생기면서 주택들이 주유소와 인접한 위치에 놓이게 되었다. 주유소에서 취급하는 휘발유나 경유, 등유 등에는 수많은 물질들이 함유되어 있으며 특히 발암성과 두통, 백혈병, 등의 질병을 일으키는 휘발성 유기 화합물질(Volatile Organic Compounds, VOCs) 또한 다량 포함되어 있다. 차량에 기름을 주유하면서 VOCs의 휘발과 그 물질들의 확산 때문에 이웃한 주택의 실내, 실외 공기가 이러한 물질들로 오염될 것이다. 따라서 본 연구에서는 6곳의 주유소를 선택하여 각 주유소 주변의 가정집을 각각 2곳씩 선정하여 실내/실외 공기와 가정에서 가장 오랜 시간 생활하는 가족 구성원의 호기 내의 6개 VOCs(Benzene, Toluene, E-benzene, M-xylene, P-xylene, O-xylene) 농도를 평가하였다. 실내 공기 노출 평가에서는 실내에 많은 오염원, 즉 난방 기구, 흡연 등과 같은 것을 참고하고 호기 내의 노출 또한 실험 대상자의 활동에 따라 정도가 다르므로 실험기간동안 오후 시료 채취시 설문 조사를 실시하였다. 그리고 주유소와 인접한 가정은 대로변과도 인접한 관계로 각 주유소와 100미터 정도 떨어진 버스 정류장의 승객들이 rush hour시간대에 노출되는 VOCs 농도에 대한 평가를 실시하였다. 조사 대상이 된 주택가보다 비교적 깨끗한 환경인 학교내에서의 외부 공기를 채취하여 control site로 하였고, 분석의 정확성을 알아보기 위해 control site 샘플과 동일한 시료를 채취하였다.

2. 연구 고안 및 방법

2.1 연구 고안

본 연구의 시료 채취는 여섯 군데의 주유소와 각 주유소 당 두 주택을 선정하여 1997년 11월 21일에서 1998년 2월 7일까지 12곳의 주택에서 실시하였다.

본 연구에서는 주유소와 인접한 가정에서 받는 VOCs의 농도를 조사하기 위해서 밤시간 (오후 7시-오전 9시), 낮시간 (오전 9시-오후 7시)동안의 실내, 실외 공기 농도를 채취하였다. 각 가정에서 가장 오랜 시간 생활하는 주부를 대상으로 시료 채취하는 날의 오전, 오후 각각 두 번에 걸친 호기내 VOCs 농도의 조사를 위한 샘플링을 실시하였다. 여섯 개의 주유소는 대구 시내의 중심에 위치한 남산동의 두 곳과 주택가인 서구 평리동, 대구 근교에 해당하는 파동, 대학교와 주택가와 상가로 이루어진 북구의 두 곳에 위치하고 있다. 시료 채취 대상이 된 주택은 여섯 개의 주유소 당 두 주택을 선별하여 총 12주택이 되었고 주유소를 기준으로 20-25미터 이내를 A zone, 100-150미터 이내를 B zone으로 정하였다. 각 주유소 인접 주택 2곳에서 동시에 시료 채취를 5일씩 하여 총 시료채취일은 30일이 되었다. 주택에서의 시료는 거실과 마당에서 실내, 실외 농도를 각각 채취하였고 호기 조사에 참여한 주부는 35-55세의 연령층이고 비흡연자로 이루어졌다. Control site와 Duplicate 실험은 차량의 통행이 거의 없고 VOCs의 오염이 비교적 낮은 학교내 외부 공기로 행하였다. 출퇴근시 버스 정류장에서 승객들이 노출받을 수 있는 VOCs농도와 선택된 가정의 VOCs 농도가 도로변에 의한 영향인지를 조사하기 위해 선별된 각 6곳의 주유소와 약 100미터 떨어진 버스 정류장에서 시료채취하였다. 또한 이 6곳의 주택에서 나타나는 VOCs농도가 주유소에 의한 영향인지를 조사하기 위해 주유소 차량내 조수석과 주유원의 호흡 영역에서의 시료 채취를 실시하였다.

2.2 시료 채취

6개의 VOCs에 대한 시료채취방법은 개인 시료채취기를 이용하여 1/4 inch stainless steel tube 흡착 트랩을 통해 공기를 흡인하는 건식 흡착법을 이용하였다. 이때 사용된 흡착제의 전처리로 soxhlet 세척법을 이용하였고 세척한 흡착제는 Trap에 충전하여 270℃에서 48시간 conditioning한 후 사용하였다.

2.3 시료 분석

8개의 VOCs 분석을 위해 채취한 시료는 US. EPA의 방법을 응용하여 Tekmar-6000 TDS와 Varian GC를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

• 여섯 군데의 A zone의 outdoor에서의 6개 VOCs농도 평균은 $20.4 \mu/m^3$, B zone 전체의 outdoor 의 6개 VOCs의 농도는 $16.6 \mu/m^3$ 로서 A zone의 outdoor 농도가 B zone보다 약 1.2배 가량 높다. A zone과 B zone에서의 indoor의 6개의 VOCs에 대한 농도는 각각 $36.2 \mu/m^3$ 와 $34.9 \mu/m^3$ 으로 거의 차이가 나지 않는다.

• 여섯 군데의 주유소 인접 가정에 대해 각각 살펴보면

• 시내 중심가인 남산동에 위치한 N 주유소: A zone의 outdoor에서 VOCs농도는 $30.7/m^3$, indoor에서 VOCs 농도는 $41.6 \mu/m^3$ 이며 B zone

의 outdoor에서 VOCs 농도는 $18.9\mu/m^3$, indoor.에서는 $28.8\mu/m^3$ 이었다.

A zone의 outdoor가 B zone보다 약 1.6배 많은 양이 나타났고 indoor의 경우는 B zone이 A zone보다 1.5배 가량 높게 나타났다. 이것은 B zone의 흡연자수가 2명으로 A zone보다 1명 더 많기 때문일 것으로 예측된다.

- 서구의 주택가에 위치한 K주유소: A zone의 outdoor에서 VOCs농도는 $24.6\mu/m^3$, indoor에서 $25\mu/m^3$ 이며 B zone의 outdoor에서 VOCs 농도는 $16.4\mu/m^3$, indoor에서는 $21.8\mu/m^3$ 이다. A zone의 outdoor가 B zone보다 약 1.5배 많은 양이 나타났고 indoor의 경우는 A zone이 B zone보다 1.14배 가량 높게 나타났다. 이것은 B zone의 흡연자 수가 1명으로 해 흡연자가 없는 A zone과 거의 차이가 나지 않는 것으로 추측된다.
- 시내쪽에 가까이 위치한 남산동의 C주유소: A zone의 outdoor에서 VOCs 농도는 $15.3\mu/m^3$, indoor에서는 $40.1\mu/m^3$ 이며 B zone의 outdoor 농도는 $18.1\mu/m^3$, indoor에서는 $24.4\mu/m^3$ 으로 나타났다. 따라서 outdoor의 VOCs농도는 B 지역이 A 지역 보다 약 1.1배 높게 나타났고 indoor의 경우 A 지역이 B 지역의 1.6배 높은 농도를 보였다.
- 대구의 교외인 파동에 위치한 T 주유소 : outdoor 농도는 A 지역에서 $13.4\mu/m^3$, B 지역에서 $10\mu/m^3$ 으로 나타났고 indoor 농도는 A 지역에서 $39.8\mu/m^3$, B 지역에서는 $56.1\mu/m^3$ 으로 나타났다. A 지역이 outdoor에서의 농도가 B 지역보다 약 1.3배 높게 나타났지만 indoor에서는 B 지역이 A 지역보다 약1.4 배 높게 나타났다. 이는 B 지역의 가정의 연자가 2명으로 A zone의 흡연자 수보다 1명이 더 많은 이유때문일 것이다. 12 곳의 주택에서 이 두 주택의 outdoor의 농도가 가장 낮았다.
- 대학교와 주택가에 위치한 북구의 S 주유소: outdoor의 농도는 A지역이 $21.5\mu/m^3$, B 지역은 $12.3\mu/m^3$ 으로 나타났고 indoor의 농도는 A 지역이 $37.9\mu/m^3$, B 지역은 $47.1\mu/m^3$ 으로 나타났다. outdoor에서는 A 지역이 B 지역보다 약 1.7배 높은 농도를 보였으나 indoor에서는 B지역이 A 지역보다 약 1.2배 높게 나타났다.
- 주택과 상가와 인접한 P 주유소: outdoor의 농도는 A 지역이 $16.8\mu/m^3$, B지역은 $23.6\mu/m^3$ 으로 나타났고, indoor에서는 A 지역은 $32.7\mu/m^3$. B 지역은 $31.2\mu/m^3$ 으로 나타났다. outdoor에서는 B 지역이 A 지역보다 약 1.6배 높은 농도로 나타났고 indoor에서는 A zone과 B zone과의 농도 차이가 거의 없다.
- Breath 내의 VOCs 농도를 살펴보면 A 지역의 주부들의 호기내 농도는 $35.5\mu/m^3$, B지역의 주부들의 호기내 농도는 $25.2\mu/m^3$ 로서 A 지역의 주부들을 대상으로 한 조사에서 약 1.4배가량 높은 농도가 검출되었다.