

# 흡연과 관련한 휘발성 유기화합물(VOCs)의 노출평가

조완근, 백규원\*, 송기범, 남찬우, 문경조,  
이진우, 서호준, 유창호, 김성환  
경북대학교 환경공학과

## 1 서론

현대의 발전된 생활과 관련하여 우리는 흔히 사용하는 제품 또는 행위, 예를 들면 자동차, 페인트, 스프레이, 세탁, 난방, 흡연 등과 같은 것으로부터 배출되는 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds)에 직접 또는 간접적인 노출로 인하여 건강상의 위해성이 날로 증가한다고 보고되어 왔고 이중 인간의 생활과 활동에 가장 밀접하고 특히 실내공기오염의 가장 빈번한 발생원인 흡연으로 인하여 VOCs에 노출되는 정도가 상당한 것으로 인식되고 있다. 미국의 통계에 의하면 1965년도에서 1987년까지 흡연자가 총 인구 중에 차지하는 비율은 40%에서 29%로 감소하였고 유럽의 대부분의 나라에서도 금연운동을 시작한 후 흡연율이 최소한 절반 가량 감소하였음을 보고하였다. 반면에 우리나라의 경우 15세 이상 흡연율은 1980년 38.4%(남자 69.4%, 여자 11%), 1985년 32.0%(남자 68.2%, 여자 6.8%), 1990년 36.4%(남자 68.2%, 여자 6.7%)로 세계최고 수준의 흡연율을 보여주고 있다. 따라서 본 연구는 흡연으로 야기될 수 있는 여러 가지의 VOCs 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠 그리고 자일렌에 대한 노출정도를 평가하기 위하여 실시하였다.

## 2 연구 고안 및 방법.

### 2.1 연구 고안.

본 연구는 크게 세 가지로 나누어 이행하였는데 우선 실험 A는 담배제품 5 종류(오마샤리프, 디스, 말보로, 켄트 그리고 마일드세븐)를 선정하여 흡연전과 흡연후의 호기시료 채취를 통하여 담배종류별로 VOCs에 노출되는 정도를 비교 평가 하였고 실험 B는 1 종류의 담배를 선정하여 20분, 30분 그리고 1시간 간격으로 반복흡연을 함으로써 체내에 축적될 수 있는 VOCs중 벤젠과 톨루엔의 노출농도를 각 흡연전과 흡연후로 비교평가 하였으며 마지막으로 실험 C는 한번의 흡연 후 시간경과에 따른 벤젠과 톨루엔의 농도변화를 compartment modeling으로 분석하였다. 본 연구에 참가한 흡연자와 비흡연자들은 특정 유기화합물과 관련된 직업이나 취미를 갖지 않은 자로써 현재 경북대학교에 재학중

인 학생 또는 일반 직장인들로 각각 13명, 11명을 선발하여 실험을 이행하였다. 그리고 본 실험에 이용된 흡연장소와 시료채취장소는 일반 사무실을 대표할 수 있는 학생복 두 곳에서 이루어졌다. 모든 흡연자가 흡연을 할 때 그날의 첫 담배로 흡연하도록 하였고 흡연실을 밀폐하였으며 동일한 양을 흡연하도록 하는 등 실험에 미칠 수 있는 여러 변수들을 일괄적으로 통제하였으나 제어하지 못한 인자들 즉 흡연시간, 수면시간 그리고 호흡정도 등은 sampling sheet에 기록되었다. 실험 B와 C에서는 시료채취 기간동안 흡연자가 거주하였던 시료채취 장소의 흡연자 호흡영역에서 공기시료 또한 채취하였다.

## 2.2 시료 채취.

VOCs에 대한 호기시료 채취방법으로는 개인 시료채취기와 1/4인치 stainless steel tube 흡착트랩 그리고 Teflon tube(10m)가 장착된 호기시료 채취기를 이용하였고 공기시료 채취방법으로는 개인 시료채취기를 이용하여 1/4인치 stainless steel tube 흡착트랩을 통해 공기를 흡인하는 건식 흡착법을 이용하였다. 이때 사용된 흡착제의 전처리로 Soxhlet 세척법을 이용하였고 세척된 흡착제는 트랩에 충전하여 270°C에서 48시간 동안 conditioning한 후 사용하였다.

## 2.3 시료 분석.

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

## 3 결과 및 고찰.

본 연구의 결과는 아래와 같다.

- 실험 A의 담배종류별 VOCs 농도비교 결과 국산제품인 디스( $123.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ )가 오마샤리프( $108.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 보다 약 1.2배 높았고 외산제품인 마일드세븐( $111.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 말보로( $159.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 그리고 켄트( $74.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ )으로 켄트가 마일드의 약 1.5배 그리고 말보로의 약 2.3배 낮은 농도를 보였고 SAS 분산분석 검정결과 유의수준 0.0001( $P < 0.05$ )으로 담배종류별로 아주 뚜렷한 농도의 차이가 있는 것으로 평가되었다. 이는 담배종류별로 따른 타르 및 다른 구성성분의 함량이 다르기 때문인 것으로 추정된다. 그리고 흡연을 하고 난 후 흡연자의 호기농도는  $198.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비흡연자의 호기농도인  $65.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 약 3배 높은 것으로 나타났다.

- 실험 B에서 반복적으로 흡연을 더해 갈수록 체내로 들이 마시는 양과 호흡량이 감소하는 등의 신체적인 부담이 증가하므로 각 반복흡연후의 농도변화는 낮은 유의수준( $P < 0.05$ )을 나타내었으나 각 반복흡연전의 농도변화는 비교적 높은 유의수준( $P > 0.05$ )으로 증가하였다. 그리고 반복흡연의 시간대(20분, 30분, 1시간)별로 각 반복흡연전의 벤젠과 톨루엔의 농도변화를 비교해 볼 때, 1시

간 간격의 반복흡연 보다는 20분 간격의 반복흡연으로 인한 벤젠과 톨루엔의 농도변화가 더 높은 유의수준( $P>0.05$ )과 농도차이로 증가하였는데 이는 흡연사이의 시간간격이 긴 것보다 짧을수록 흡연으로 인하여 체내로 유입되었던 다량의 벤젠과 톨루엔이 호흡을 통하여 체외로 발산되는 양이 적으며 이로 인해 더 많은 벤젠과 톨루엔이 체내에 체류함으로써 또다른 흡연으로 인하여 유입된 벤젠과 톨루엔과 함께 체내에 축적되고 비교적 깨끗한 실내공기에 영향을 덜 받기 때문인 것으로 추정된다.

- 실험 C에서는 흡연으로 인하여 벤젠과 톨루엔의 시간경과에 따른 호기농도의 변화를 modeling 분석하는 데에 있어서 One compartment model 보다는 Two compartment model로 분석하는 것이 더 높은 설명도를 나타냈으며 이러한 model 식은  $C_{Bre} = A_1 e^{b1t} + A_2 e^{b2t}$ 으로 표현할 수가 있다. 이 식에 근거하여 벤젠보다 톨루엔이 오랜 시간동안 체내에 존재하는 것으로 평가되었고 각 흡연자들이 동일한 제품의 담배와 같은 양을 흡연하더라도 흡연습관 등의 차이로 인해 시간이 지남에 따라서 나타나는 벤젠과 톨루엔의 농도변화는 다양한 것으로 나타났다.

- 본 연구의 결과에 의하면 흡연으로 인하여 노출되는 VOCs농도는 수백 ppb에서 수십ppb 정도로 비교적 낮은 수치를 나타내었지만 각 흡연자들에 따른 수면시간, 호흡량, 흡연시간, 하루 흡연량 그리고 계속된 흡연을 통하여 영향을 받을 수 있는 신체적 부담 등의 차이에 따라서 VOCs에 노출되는 정도가 각기 다른 것으로 평가되었고 이러한 변수들과 관련하여 좀더 발전된 연구가 필요할 것으로 사료된다.