

PS19(MA22) Daily Life Cycle에서의 VOCs 노출정도 분석연구 A Study on Exposure to Volatile Organic Compounds through Daily Life Cycle

조정범 · 이병규
울산대학교 토목환경공학부

I. 서론

오늘날 우리는 문명이 발달하고 고도로 산업화된 사회의 구성원으로써 살아나가고 있다. 그러나 우리의 삶을 영위하는 과정에서 생긴 각종 환경오염에 노출되고 있어서 이로 인하여 우리의 삶의 질이 저하되기도 한다. 여러 가지 오염물질이 대기중에 가득한 가운데서 순간순간 숨을 쉬며 살아가는 우리 인간은 호흡기나 피부를 통하여 각종 대기오염물질에 직·간접적으로 노출되고 있는 실정이다. 이중 특히, 벤젠이나 톨루엔과 같은 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds : VOCs)은 실내 생활이나 작업, 야외활동, 또 여러 삶의 과정에서도 노출되고 있는 듯 하다. 그래서 이러한 VOCs가 일상생활 과정에서 인간에 위해를 미치는 정도를 알기 위해 환경위해성평가(Environmental health risk assessment) 혹은 위해성평가를 통해 발암위해도와 비발암위해도 등을 평가하는 여러 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 그러나 지금까지는 일상생활에서 VOCs가 인체에 미치는 위해도 평가를 실내공기오염이나 석유화학단지 등과 같은 특정장소에서의 인체위해도 평가가 주를 이루고 있는 것 같다.

그러나 인공적인 배출원이 없는 자연상태에서도 인체에 위해를 주는 VOCs도 상당히 배출되고 있다. 이렇게 복잡한 상황에 노출되고 있음에도 불구하고, 인간의 일상활동 시간을 구분하여 각 시간대별로 어떤 물질이 얼마만큼 인체에 위해를 주는지에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 Daily Life Cycle(DLC)에서 시간별로 노출되는 VOCs로 인한 인체 위해도를 살펴보고자 한다.

II. 연구방법

본 연구를 수행하기 위해 우리의 DLC을 인간의 활동 형태별로 7가지(근무시간, 수면시간, 식사시간, 출퇴근시간, 독서, TV시청, Shopping시간)로 나누어 합이 24시간이 되도록 적절히 시간을 분배하였다(표 1. 참조). VOCs에 대한 시료 포집은 실험자의 호흡기 영역(Breathing zone)에서 Personal Air Sampling Pump와 Tedlar Bags으로 VOCs가 포함된 공기를 포집하였다. 포집된 VOCs 시료는 저온농축 장치를 통과시키고 가스분석기(GC-MSD)를 이용하여 휘발성 유기화합물에 대한 정성 및 정량분석을 수행하였다. 여기서 확인된 VOCs에 대하여 기존에 알려진 위해도 인자를 적용하여 시간별, 활동형태별로 인체 위해도를 평가하고자 한다.

III. 결과 및 고찰

본 연구에서 확인된 휘발성 유기화합물을 화학적 구조에 따른 계열별로 분류해보면 Furan계, Aromatic계, Aliphatic Alkene계, Aliphatic Alkane계, Chlorine계, 그리고 Oxidized Form등으로 분류될 수 있다. DLC에서 가장 높은 농도에 노출되는 VOCs의 계열은 Aliphatic Alkene계로서 전체 VOCs 노출농도의 46%를 차지하였고, Oxidized Form (28%), Aliphatic Alkene계 (15%), Aliphatic Alkane계 (8%)의 순으로 높은 노출농도를 나타내었다(그림 1. 참조).

본 연구에서 DLC을 통해 노출되고 있는 VOCs는 총 49종(분석한계 이상에서 검출된 것)으로 확인되었다. 이중 가장 높은 농도로 노출될 가능성이 큰 화합물은 ethyl benzene이었고, 다음으로 dl-limonene (109.0ppb), Acetonitrile(96.3ppb), Acetone(86.6ppb) 등에도 높은 농도로 노출되고 있었다. 이 외에도 인체 유해성 대기 오염물(Hazardous Air Pollutants : HAPs) 또는 발암성 물질인 Benzene, 1,2-dichloromethane 등에도 상당한 농도로 노출되는 것으로 확인되었다.

본 연구에서는 Acetonitrile, Hexane, Acetone 등의 VOCs에는 DCL을 통해 거의 공통적으로 고농도로 노출되고 있음을 확인하였다. 또한 DLC에서 공통적으로 발암성물질인 Benzene이나 Chloroform, Dichloromethane등에도 상당한 농도로 노출됨을 알 수 있었다. 특히, 백화점이나 할인매장 등에서의 Shopping시간 동안에는 Chlorine계 화합물에 높은 농도로 노출되고 있는데, 이는 진열된 옷이나 가구, 또 각종 잡화 등에서 이런 물질들이 많이 배출되고 있을 것이라 판단된다. 또 지하의 식당에서의 식사 시간동안에도 상당량의 Alcohol과 Chlorine계 화합물에 노출되고 있음을 볼 수 있다. 단위시간 동안에 가장 많은 농도로 VOCs에 노출되는 경우는 신문 및 독서의 경우로써 시간평균 3438.3ppb의 농도를 나타내었는데, 이는 종이에 코팅된 잉크에서 배출되는 VOCs의 영향인 것으로 판단된다. DCL중 수면시간 동안에 가장 많은 양의 VOCs에 노출되고 다음으로 Shopping, 근무시간, 독서시간 동안에 많은 VOCs에 노출되는 것으로 판단된다.

Table 1. A Breakdown of an Average Daily Life Cycle.

Daily Life	Hour	Sampling Site	Total exposure(AU)
Sleeping	8	APT/House	5236.0
Reading	1	APT/House	3438.3
Cooking & Meal	2	APT/House/Restaurant	1076.6
Work hour	8	School/Office/Factory	3743.2
going/leaving office	2	Bus/Cars	213.6
TV audition	2	APT/House	3943.0
Shopping	1	Department/grocery store	506.1
Totals	24		18156.8

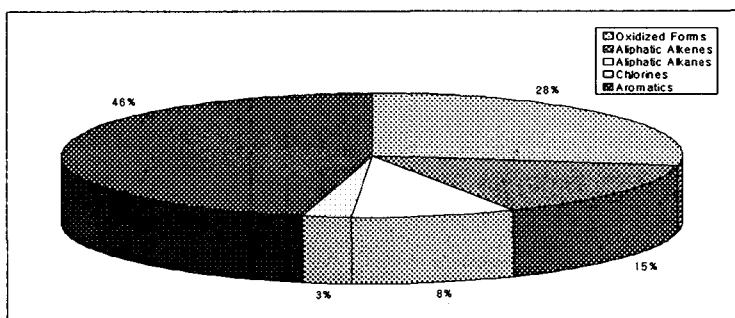


Fig. 1. Concentrations exposed to VOCs through a Daily Life Cycle.

참 고 문 헌

1. 한국대기보전학회 측정분석분과위원회 (1998) 대기환경과 휘발성유기화합물질, P.189~219
2. 백성욱, 김윤신 (1998) 도시지역 실내환경 유형별 공기질 특성 평가, 한국대기보전학회지, Vol. 14, No.4, P.343~360
3. 신혜수, 김윤신, 허귀석 (1993) 실내의 공기중 휘발성 유기화합물질(VOCs)의 농도조사에 관한 연구, 한국대기보전학회지, Vol. 9, No. 4, P.310~319