

## PF16) 학교 내 휘발성 유기화합물(VOCs) 중 BTX에 대한 농도 및 건강위해성 평가

### Health Risk Assessment Based on Concentration of BTX among Volatile Organic Compounds in School

손부순 · 이종대 · 박종진

순천향대학교 환경보건학과

#### 1. 서 론

우리나라는 밀집된 도시공간을 보다 효율적으로 사용하기 위하여 최근 고층 건물과 지하생활공간이 증가되면서 다양한 실내공간에서 실내공기질(Indoor Air Quality, IAQ)의 중요성이 부각되고 있다. 그 대상은 주택, 학교, 사무실, 공공건물, 병원, 지하시설, 교통수단 등의 다양한 실내공간의 공기질이다. 1980년대에 조사된 보고에 의하면 현대인은 하루 24시간 중 80% 이상을 실내에서 생활을 하고 있다고 한다. 이에 따른 실내공간에서의 공기 오염은 중요한 관심사가 되고 있다.

휘발성 유기 화합물(VOCs)은 건축자재, 가구, 접착제, 카펫, 흡연 및 연료의 연소등 다양한 오염원 으로부터 방출되는 것으로 보고되고 있다. 또한 휘발성 유기 화합물(VOCs)은 빌딩증후군(Sick Building Syndrome)의 원인물질로도 추정되고 있는데 점막 자극, 두통, 구역질 및 현기증과 같은 증상을 일으키는 것으로 알려지고 있다(양원호, 2003).

건물의 실내 공기오염은 성인보다는 어린이 및 노약자를 비롯하여 성장기의 청소년과 기관지가 약한 사람에게 보다 많은 영향을 미친다. 또한 성장기의 특성상 많이 활동하는 어린이 및 청소년들이 하루 중 5시간에서 많게는 10시간 이상을 한정된 공간에서 공동생활을 한다(신은상·김진우, 2002). 그러나 초, 중, 고등학교 시설에는 아직까지 VOCs와 납 등 각종 중금속에 대한 관리지침이 마련되고 있지 않는 등 학교 환경 보건시설에 관련된 연구와 현황 파악 및 관리 방안이 미흡한 상태이다(김윤신, 2004). 따라서, 가장 면역력이 약하다고 생각되는 초·중등학교 교실에 대한 실내공기 중 Benzene, Toluene, Xylene의 실태를 알아보고 실내공기 오염도에 따른 건강 위해성평가의 필요성이 강하게 대두되어 본 연구를 수행하게 되었다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 충남지역의 천안시, 아산시, 당진군내 초등학교 9개 학교와 2개 중학교에서 학교별로 2~4 개 교실을 무작위로 선정하여 여름(2003년 6월 22일~7월 19일)과 겨울(11월 21일~12월 30일)에 각각 건축한지 3년 이상된 교실(이하 구교실이라 칭함) 20개, 건축한지 3년 이내의 교실(이하 신교실이라 칭함) 20개를 선정하여 48시간동안 시료를 포집하여 조사 하였다.

#### 3. 결 과

표 1은 모든 학교 실내와 실외 농도를 나타낸 것으로 실내 농도가 실외 농도 보다 높게 나타났다.

Table 1. VOCs concentration of Indoor and Out door in Class ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

VOCs	Mean $\pm$ S.D.(Median)	
	Indoor(n=74)	Outdoor(n=74)
Benzene	8.17 $\pm$ 5.68(7.29)	7.49 $\pm$ 1.37(7.00)
Toluene	223.8 $\pm$ 450.2(36.95)	208.2 $\pm$ 499.3(15.10)
Xylene	23.2 $\pm$ 31.6(8.78)	13.27 $\pm$ 24.04(12.18)

표 2는 실험실과 구교실로 나누어서 실내 농도를 비교한 것으로 벤젠을 제외한 톨루엔과 자일렌에서의 농도가 실험실에서 높게 보여진다.

Table 2. VOCs concentration of New class and Old class( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

VOCs	Mean $\pm$ S.D.(Median)		
	New class(n=115)	Old class(n=108)	Total(n=223)
Benzene	7.60 $\pm$ 1.74(6.74)	7.99 $\pm$ 4.52(7.59)	7.80 $\pm$ 3.46(7.25)
Toluene	359.2 $\pm$ 684.6(41.60)	120.3 $\pm$ 281.9(16.50)	236.0 $\pm$ 530.1(27.20)
Xylene	29.33 $\pm$ 35.97(12.56)	10.98 $\pm$ 14.31(6.86)	19.99 $\pm$ 28.64(8.55)

표 3에서 Benzene에 의한 발암위해도를 남성과 여성으로 구분하여 제시하였다. 단일 평가치 분석결과에서 남성과 여성 모두 변수들의 평균값을 이용한 중심경향노출인 CTE하에서는 US EPA에서 제시하는 허용기준치인  $10^{-6}$ 을 초과하지 않는 결과 값을 보이고 있다.

Table 3. Cancer risk for carcinogenic indoor air pollutants in school

Site	Sex	Pollutant	Fixed point
			CTE
Before 4year	Male	Benzene	1.14E-07
	Female		1.43E-07
After 4year	Male	Benzene	1.20E-07
	Female		1.50E-07

표 4에서 비발암위해도지수를 남성과 여성으로 구분하여 제시하였다. 신·구교실에서 단일평가치 분석결과 신·구교실 모두 변수들의 평균값을 이용한 CTE상태에서는 비발암 오염물질에 의한 인체 유해영향의 유무를 판단하는 기준인 "1"을 초과하지 않고 있다.

Table 4. Hazard index for non-carcinogenic indoor air pollutants in school

Site	Sex	Pollutant	Fixed point
			CTE
Before 4year	Male	Toluene	4.70E-03
		xylene	1.60E-02
	Female	Toluene	5.20E-03
		xylene	1.70E-02
After 4year	Male	Toluene	1.65E-03
		xylene	6.00E-03
	Female	Toluene	1.70E-03
		xylene	6.40E-03

### 참 고 문 헌

- 양원호, 손부순, 박종안, 장봉기, 박완모, 김윤신, 어수미, 윤중섭, 류인철 (2003) 하계 실내 및 실외 환경의 공기 중 휘발성 유기화합물 농도 및 개인 노출, 한국환경과학회지, 12(9), 967-976.
- 신은상, 김진우 (2002) 수원지역 초중등학교 교실의 실내공기 오염도에 관한 연구, 대한위생학회지 17(1), 20-27.
- 김윤신 (1993) 실내공기오염에 관한 소고, 한국 대기보전학회지, 9(1), 33-43.