

## PD1) 공단지역 일부 지역 주민들의 VOCs 노출농도 Volatile Organic Compounds Levels of Residents in Industrial Area

손부순 · 이치원 · 양원호<sup>1)</sup> · 조태진 · 유승도<sup>2)</sup> · 김대선<sup>2)</sup>

순천향대학교 환경보건학과, <sup>1)</sup>대구가톨릭대학교 산업보건학과,

<sup>2)</sup>국립환경과학원 환경역학과

### 1. 서 론

우리나라는 경제개발 5개년 정책시행 이후 단기간 내에 고도 경제성장을 추진함으로써 국민소득이 증가하였으나, 환경오염이 급속히 진행되면서 쾌적한 삶의 질에 대한 국민적 요구 증대로 환경문제에 대한 관심이 증가하였다. 최근 환경관련 연구도 기존의 매체 중심에서 국민건강보호에 중점을 둔 사전예방적인 연구로 진행되고 있는 실정이다.

휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds: VOCs)은 상온·상압에서 대기중에 가스형태로 배출되는 탄화수소류의 물질로 도시지역이나 산업지역의 대기중에서 발견되는 중요한 오존 생성의 전구물질로서 광화학스모그의 원인물질일 뿐만 아니라 오존층 파괴, 지구온난화 가중, 대기 중 악취물질 등 많은 환경문제를 야기하고 있다. VOCs는 그 특성상 인체에 노출될 경우 폐에서 직접 흡수되어 혈액을 통하여 우리 몸에 퍼져 독성을 나타내며, benzene이나 vinyl chloride, carbon tetrachloride와 같이 발암물질을 포함하고 있다. 이미 선진국에서는 PAHs, VOCs와 같은 미량 대기오염물질에 대해 ATEOS 프로젝트와 같은 장시간의 대규모 연구를 통해 환경 중 농도분포를 규명하여 인체 유해영향 예측의 기초자료를 모으고 있으며, TEAM 연구 및 THEES 연구 등을 통해 인체노출평가 및 위해성평가를 종합적으로 평가하고 있다(Tsa, 2007; Meininghaus et al., 2003).

그러나, 우리나라에서 노출평가 연구의 경우 지금까지 하나의 국소환경(Microenvironments)을 대상으로 평가한것이 대부분이었으며, 생체모니터링의 경우 시료의 채취 및 운반, 보관이 까다로울 뿐만 아니라 물질의 특성상 분석이 쉽지 않아 그 자료가 매우 부족한 실정이다.

### 2. 연구대상 및 방법

#### 2.1 연구대상

본 연구는 전남에 위치한 G, Y, H 공단지역 주민을 대상으로 2007년 5월부터 2007년 10월까지 공단지역 반경 5km 이내에 거주하는 노출그룹 주민(82명)과 공단지역 반경 10km 이외에 거주하는 대조그룹 주민(28명)을 대상으로 공기 중 VOCs의 국소환경(주택실내·실외), 개인노출농도 및 생체시료(혈액) 중 함량을 파악하기 위하여 실시하였다.

#### 2.2 연구방법

공기 중 VOCs 측정에 사용된 측정기는 badge type의 수동식 시료채취기(passive sampler)로 참여자의 개인노출과 국소환경인 주택실내와 주택실외에서 실시하였다. 주택실내는 거실에서, 주택실외는 창문 또는 문밖의 공기를 포집하였다. 개인노출의 경우는 참여자들의 옷깃이나 가슴높이 등 호흡기 위치에 가까운 곳에서 측정하였다. 측정에 사용된 VOCs용 수동식 시료채취기는 3M사의 OVM #3500(3M, USA)이었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 Benzene

G, Y, H 지역 전체 노출군과 대조군의 공기 중 benzene의 주택실내, 실외 및 개인노출 농도는 표 1과

같다. 노출군 benzene의 주택실내, 실외, 개인노출의 기하평균 농도는 각각 1.31, 1.29, 1.32 ppb이었으며, 대조군은 0.99, 0.87, 0.57ppb로 조사되었다. 참여자 중 화학물질 취급자 및 세탁소 근무자의 개인노출 농도는 26.4ppb 및 27.5ppb를 나타내었고, 전체적 평균 농도에 영향을 고려하여 표에서 제외하였다. 실내, 실외 및 개인노출 농도는 노출군에 비해 대조군이 낮은 농도분포를 보였으며, 노출군과 대조군간의 농도는 통계적으로 유의하게 나타났다( $p < 0.01$ ).

본 연구 대상지역의 경우 국가산업단지가 위치해 있으며, 이로 인한 교통량 증가 및 지형적 특성으로 인해 향후 benzene에 노출될 가능성을 보이고 있으나, 국내 타 지역의 연구 결과에 비해 낮은 수준이며 이에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단한다.

Table 1. Residential indoor, outdoor and personal exposure levels of benzene. (unit : ppb)

	Case area(n=82)					Control area(n=28)					t
	ND% <sup>a</sup>	M ± SD <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	Range	I/O <sup>d</sup>	ND % <sup>a</sup>	M ± SD <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	Range	I/O <sup>d</sup>	
Indoor	13.4	1.95 ± 1.62	1.31	0.10 - 6.20	1.13	10.7	1.23 ± 0.79	0.99	0.20 - 3.50	1.36	.005**
Outdoor	13.4	1.83 ± 1.37	1.29	0.05 - 6.16		7.1	1.13 ± 0.95	0.87	0.22 - 4.22		.006**
Personal	6.1	2.09 ± 2.04	1.32	0.02 - 10.61		35.7	0.94 ± 1.07	0.57	0.08 - 3.75		.002**

\*\*  $p < 0.01$

<sup>a</sup> Percentage of samples in which compound was not detected

<sup>b</sup> Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation

<sup>c</sup> Geometric mean

<sup>d</sup> Indoor/Outdoor ratio

노출군과 대조군의 지역별 공기 중 benzene 농도는 표 2에 나타내었다. 실내의 경우 G 지역은 노출군, 대조군의 기하평균 농도가 각각 1.27, 1.50ppb로 조사되었으며, 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다( $p < 0.05$ ). H 지역은 노출군 1.82ppb, 대조군 0.82ppb이었고, 대조군에 비해 노출군의 농도가 2배 이상 높았으며, 지역 간 전체 농도의 평균의 차이를 검정한 결과 Y, H 지역과 G 지역 간 통계적으로 유의한 상관관계를 나타냈다( $p < 0.05$ ).

Table 2. Levels of benzene in each area. (unit : ppb)

	Case area(n=82)				Control area(n=28)				p-value		
	ND% <sup>a</sup>	M ± SD <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	Range	ND% <sup>a</sup>	M ± SD <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	Range	t	F	
Indoor	G Area	20.0	2.54 ± 2.23	1.27	0.10 - 6.20	22.2	1.55 ± 0.44	1.50	1.10 - 2.30	.049*	b
	Y Area	3.4	1.51 ± 1.43	1.07	0.40 - 5.60	10.0	1.23 ± 1.08	0.87	0.20 - 3.50	.598	.034* a
	H Area	17.4	1.84 ± 0.27	1.82	1.50 - 2.70	-	0.97 ± 0.63	0.82	0.30 - 2.00	.003*	a
Outdoor	G Area	16.7	2.14 ± 1.90	1.06	0.05 - 6.16	22.2	1.41 ± 0.36	1.38	0.98 - 2.14	.083	a
	Y Area	3.4	1.50 ± 1.15	1.20	0.58 - 4.30	-	1.25 ± 1.45	0.77	0.22 - 4.22	.591	.201 a
	H Area	21.7	1.94 ± 0.38	1.91	1.61 - 3.12	-	0.79 ± 0.38	0.70	0.24 - 1.52	.000**	a
Personal	G Area	16.7	2.43 ± 2.42	1.32	0.22 - 9.26		N.A. <sup>d</sup>				b
	Y Area	-	1.33 ± 1.27	0.87	0.02 - 4.46	-	1.19 ± 1.33	0.65	0.08 - 3.75	.766	.044* a
	H Area	-	2.67 ± 2.16	2.27	1.45 - 10.61	11.1	0.63 ± 0.55	0.49	0.21 - 1.76	.014*	a,b

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

<sup>a</sup> Percentage of samples in which compound was not detected

<sup>b</sup> Arithmetic mean ± Arithmetic standard deviation

<sup>c</sup> Geometric mean

<sup>d</sup> Not Applicable

a, b was Duncan post hoc analysis group of One - Way ANOVA

### 3.2 Toluene

G, Y, H의 전체 노출군과 대조군에서 측정된 toluene의 개인노출 기하평균 농도는 각각 5.70ppb, 6.31ppb, 실외 노출군 4.27ppb, 대조군 5.06ppb로 노출군에 비해 대조군이 높게 나타났으며, 실내 농도는 노출군 4.78ppb, 대조군 4.69ppb로 비슷한 농도로 조사되었다. 이는 전준민 등(2003)이 보고한 2000-2001년 여수산단 실외 대기 중 toluene의 평균 농도인 3.01 ppb 보다 높은 수준이었으며, 대구 및 서울 도심지역의 도로변의 평균 농도인 18.4, 38.96 ppb 보다는 낮은 수준이었다. 또한 WHO(1990)의 대기환경 1주일 평균(63ppb) 및 30분 평균(243 ppb)의 참고치를 만족하고 있었다. 그러나 toluene, xylene에 만성적으로 노출되게 되면 신경계, 간과 신장에 영향을 줄 수 있다고 보고하고 있어(ATSDR, 2003; US EPA, 2004), 본 연구 대상 지역의 경우 VOCs 배출사업장이 밀집되어 오염을 가중 시켰을 영향을 배제할 수 없을 것으로 판단한다. I/O는 대조군 1.25에 비해 노출군이 1.51로 높아 노출군의 실내 농도가 실외보다 큰 것으로 나타났다(표 3).

Table 3. Residential indoor, outdoor and personal exposure levels of toluene. (unit : ppb)

	Case Area (n=82)					Control Area (n=28)					t
	ND% <sup>a</sup>	M ± SD <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	Range	I/O <sup>d</sup>	ND% <sup>a</sup>	M ± SD <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	Range	I/O <sup>d</sup>	
Indoor	23.2	6.82 ± 6.56	4.78	0.76 - 38.76	1.51	21.4	5.75 ± 3.89	4.69	0.92 - 18.28	1.25	.361
Outdoor	26.8	6.40 ± 7.27	4.27	0.66 - 42.26		14.3	6.24 ± 4.52	5.06	1.24 - 22.69		.921
Personal	17.1	8.80 ± 11.12	5.70	1.11 - 67.47		46.4	11.59 ± 17.57	6.31	1.36 - 70.65		.436

<sup>a</sup> Percentage of samples in which compound was not detected

<sup>b</sup> Arithmetic mean±Arithmetic standard deviation

<sup>c</sup> Geometric mean

<sup>d</sup> Indoor/Outdoor ratio

### 참 고 문 헌

- Harrison, R.M. et al. (1999) Analysis of incidence of childhood cancer in the West Midlands of United Kingdom in relation to proximity to main roads and petrol stations, *Occup Environ Med*, 56, 774-750.
- Karakitsios, S.P. et al. (2007) Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations; Estimation of the associated health risk, *Atmos Environ*, 41(9), 1889-1902.
- Steffen, C. et al. (2004) Acute childhood leukaemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons; a case-control study, *Occup Environ Med*, 61, 773-778.