

작업환경측정 시료 채취기의 부착 위치에 따른 유기화합물의 농도 분포에 관한 연구

권영규¹ · 원정일² · 장형석³ · 심상효^{**}

¹부산가톨릭대학교, ²충북도립대학교, ³한양대학교병원 병리과, ^{**}한양대학교병원 직업환경의학과

A Study on the Distribution of VOC Concentrations by Attachment Position of Air Samplers for Working Environment Measurement

Yung-Gyu Kwon¹ · Jung Il Won² · Hyung Seok Jang³ · Sang-hyo Sim^{**}

¹Department of Dental Hygiene, Busan cacao University

²Chungbuk Provincial College

³Department of pathology Hanyang University Medical Center

^{**}Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study is to investigate differences in concentration according to the position at the left or right shoulder within a 30 cm of radius of workers' respirators and provide basic data for the establishment of an industrial health policy.

Methods: Personal samples were collected from a total of 65 workers from 27 manufacturing firms in South Gyeongsang-do Province from November 5, 2011 to December 30, 2012 after classifying the laborers into left- and right-side groups. The organic compound samples were collected and analyzed in accordance with the NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 1501.

Results: In terms of the concentration of organic compounds collected from both left and right shoulders at the position of workers' respirators, isobutyl acetate was the highest with 145 ppm at the left shoulder, followed by ethyl acetate (133.5 ppm) and toluene (38.13 ppm). At the right shoulder, on the contrary, ethyl acetate (149.3 ppm) was the highest, followed by toluene (46.26 ppm), xylene (29.63ppm) and isopropyl alcohol (28.06 ppm). Overall, the right shoulder was higher than the left shoulder in terms of concentrations.

Conclusions: For the measurement of the working environment, workers' personal samples should be collected at the place closest to the respirator. In terms of the reduction of error, the attachment of two sample media is expected to reduce errors in exposure assessment.

Key words: Attachment position, method of measuring working environment, mixed organic compounds, personal air sampler

I. 서 론

작업환경측정이란 근로자의 건강에 위해를 초래할 수 있는 물리적, 화학적, 생물학적, 인간공학적 유해 인자들을 인식하고, 측정·분석하여 평가하는 과정

이다(Paik et al., 1999). 그 대상은 산업장 내 근로자로 국한하였으나 점차 산업의 종류가 다양하게 변화하므로 사무직 종사자를 포함한 모든 직업인을 대상으로 하게 되었고, 최근에는 좀 더 범위를 넓혀 일반 대중까지도 포함하게 되었다(Kim, 2004).

*Corresponding author: Sanghyo Sim, Tel:02-2290-8998, E-mail:sshyo1104@naver.com
Hanyang University Seoual Hospital, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 133-792
Received: July 23, 2015, Revised: August 10, 2015, Accepted: August 12, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

건강한 삶의 추구는 이제 모든 직장인들의 최대 관심사가 되었으며, 산업안전보건법의 중요성은 점점 커지고 있다. 1980년대 초 산업안전보건법에 의해 작업환경측정제도의 법적 근거가 마련된 이후 현재까지 수차례의 법 개정과 제도개선의 노력이 있어 왔다 (Choi, 2007. 그러나 1987년 원진 레이온 근로자들의 이황화탄소 중독사건(Lee et al., 1996)을 비롯해, 1995년 LG전자부품(주) 2-브로모프로판(2-Bromopropane) 집단중독(Park et al., 1997), 그리고 2005년의 태국인 이주 여성 근로자들에게 노말 헥산(n-Hexane) 집단중독으로 인한 다발성말초신경장애가 나타났으며 (Kang, 2005), 최근 반도체 근로자의 백혈병 사망이 사회적인 이슈로 거론되는 등 작업환경과 관련된 많은 문제가 야기되고 있다.

특히 유기화합물의 노출은 취급 근로자에서 신경정신질환이 발생할 수 있음은 잘 알려져 있는데 (Triebig & Hallermann, 2001), 일반적으로 휘발성이 높아 공기 중에 증기상태로 존재한다. 유기화합물은 호흡기 또는 피부를 통해 체내로 흡수된 후 여러 가지 대사경로를 거치는 간, 신장, 중추신경계, 말초신경계 등에 장애를 일으킬 수 있다(Park et al., 2002).

각종 유기용제의 과노출에 의한 급성 질환 발생은 줄어들고 있으나 장기간 노출에 의한 만성질환의 위험에 대해서는 지속적으로 보고되고 있어 관리가 필요하다(Kwon et al., 2001). 급성 유기용제 중독은 고농도의 유기용제에 노출되어, 눈과 목 등의 점막 자극증상과 함께 중추신경 억제증상이 발생하는 경우, 심하면 급성독성 뇌병증이 발생하여 혼수상태, 의식상실, 경련, 사망까지 발생할 수 있음(Crouch & Gressel, 1999)을 경고하고 있다.

이와 같은 문제들의 예방을 위해 우리나라 산업안전보건법에서는 사업주로서 하여금 가장 먼저 작업환경측정을 실시하도록 의무화하고 있으며 그 정의는 작업환경의 실태를 파악하기 위하여 해당 근로자 또는 작업장에 대하여 사업주가 측정계획을 수립하여 시료의 채취 및 분석, 평가를 하는 것을 말한다, 라고 밝히고 있다(MoEL, 2013). 근로자의 유해인자 노출실태를 정확히 평가한 작업환경측정 결과는 근로자의 실제 유해인자 노출 수준을 정확하게 반영할 수 있어야 하는데 직업병 발생 사업장을 예로 하여 보면 작업환경측정결과와 근로자의 실제 노출수준과

는 많은 차이를 보이는 경우가 있다.

심지어 노출농도의 신뢰성에 관한 분석결과 기존 측정결과에 비해 측정결과가 수배 또는 수백배 정도 높은 경우가 있다. 작업환경측정에 대한 유해인자 누락, 노출농도의 현저한 차이 등의 문제는 일부 사업주의 인식부족, 측정기관의 전문성 또는 노력 부족이 신뢰성 있는 평가결과의 도출에 문제가 될 수 있다.

이러한 작업환경측정이 노사로부터 신뢰를 받기 위해서는 측정 제도의 합리성, 측정종사자의 전문성, 정부의 감독, 사업주 및 근로자의 인식 등 측정에 영향을 주는 모든 요인들이 조화를 이룰 때 비로소 신뢰는 확보 될 것이다. 따라서 작업환경측정이 본래의 목적대로 직업병 예방을 위해 활용되기 위해서는 작업환경관리의 주체인 사업주와 관련기관의 자발적인 노력이 더욱 필요하다(Park et al., 2007).

작업환경측정제도의 핵심 요소를 측정목적, 주제, 대상, 방법, 그리고 근로자의 참여권으로 구분하여 현재의 작업환경측정제도가 산업안전보건법 하에서 어떻게 변천되어 왔으며, 현재 어떠한 개념과 의미를 갖고 있는지를 다시 한 번 생각해보아야 하는 시점이다.

이에 본 연구는 작업환경측정시 작업장에서 발생하는 유해요인에 대한 노출수준을 얼마나 신뢰성 있게 측정 및 평가하는 것인지를 분석하기 위함이다.

작업환경측정은 근로자의 건강상 장애를 줄 수 있는 유해인자를 측정하는 것이다. 하지만 실제 작업환경측정은 근로자가 일하는 동안의 유해인자의 농도·강도를 측정하는 것이며, 이러한 측정결과는 유해인자에 대한 근로자나 작업자 그룹의 노출을 추정하거나, 잠재적인 노출의 문제점을 알아내는 자료로 이용된다(Hawkins et al., 1991).

작업환경측정의 시료채취방법은 근로자의 노출이 법적 기준인 개인의 노출량과 이에 따른 영향을 근거로 설정되었으므로 반드시 호흡위치에서 개인용 시료를 채취하도록 되어 있다. 하지만 개인시료 채취방법이 실제적 근로자의 노출량과 큰 차이를 보인다면 작업환경측정의 무용론이 제기될 것이며 작업환경 내의 공기질 관리 및 채취에 대한 연구는 그 중요성에도 불구하고, 국내에서는 그에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

특히 근로자의 작업형태, 즉, 오른손 또는 왼손의

사용에 따른 유해인자의 노출농도 비교 분석은 전무한 실정이다.

본 연구는 유기화합물을 취급하는 자동차부품, 전자부품, 산업기계류 제조 사업장에서 주 업무가 도장(spray), 세척 등 유기화합물을 취급하는 근로자의 호흡기 반경 30 cm 범위 내에서 좌측 및 우측 어깨의 위치에서 유기용제 측정결과 근로자의 인체특성(왼손, 오른손)상 농도차이를 파악하여, 향후 작업환경 측정 정책수립의 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2011년 11월 5일부터 2012년 12월 30일까지 경남지역에 위치한 자동차부품제조, 자동차정비, 산업기계제조 27개 업체, 65명의 근로자를 대상으로 paint, thinner를 이용한 도장(도색)공정, 스프레이(Spray)방식의 작업공정 및 작업방법을 선정하여 연구목적과 취지에 대해 충분히 설명 후 참여에 동의한 업체 및 근로자의 왼손사용과 오른손사용 근로자를 구분 하여 개인시료 포집기를 이용하여 정상작업 상태에서 유기화합물을 채취하였다.

2. 연구방법

본 연구의 유기화합물의 시료포집과 분석은 미국국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) Method No.1501에서 권장하는 공정시험법에 따라 실시하였다(NIOSH, 1994).공기중 유기화합물의 측정, 시료포집은 측정 전, 후 비교적 유량변동이 적은 개인공기시료채취기(Personal Air Sampler, Gillian, U.S.A)에 활성탄관(coconut shell Charcoal tube, 100 mg/50 mg, SKC, U.S.A)을 유연 고무 호스 2-piece용 채취기(SK, U.S.A)에 장착하여 작업자의 호흡기 영역인 반구 30 cm 범위 내 오른쪽 어깨 및 왼쪽 어깨에 클립으로 고정(Figure 1)하여 0.15-0.2 L/min의 채취유량으로 정상 작업 상태에서 약 30분씩 반복적으로 동시에 시료를 포집하여 총흡입 유량을 산출하였다.

채취유량은 비누거품법(Soap bubble method)을 이용하여 시료포집 전, 후의 유량을 각각 보정하였다. 이때 거의 모든 측정전, 후의 유량 변화가 5% 이내



Figure 1. Photograph of personal air sampling

인 것으로 조사되었다. 포집시간은 오전, 오후를 구분하여 부분적 단시간 연속시료채취법으로 시료를 채취하였고 보정을 위해 현장 공시료(Field blank)도 같은 방법으로 채취하였다.

시료포집 후 활성탄관의 양단을 제조사에서 제공한 플라스틱마개로 밀봉, 냉장 보관하여 분석실로 옮겨 냉동 보관 후 일주일 이내에 분석을 실시하였다. 분석방법은 시료인 활성탄을 절단하고 유리섬유 및 우레탄폼을 제거한 후 각각의 활성탄(앞층 100 mg,

Table 1. Systems and operating conditions for qualitative analysis of organic solvents by Gas chromatography

Items	Analytical Conditions
Systems	
Gas Chromatography	Hewlett Packard series 6890II
Detector	FID(Flame Ionization Detector 1/8" 2m 15% Elite-1 Crossbond 100% dimethyl polysiloxane)
Operating Conditions	
Injector Temperature	210℃
Detector Temperature	250℃
Column Temperature	40℃(5 min) - 100℃(4.0℃/min) - 140℃(40℃/min)
Flow rate	N2 1 ml/min(total flow 22 ml/min) H2 45 ml/min Air 450 ml/min
Injection volume	1 μl
Split ratio	50:1

뒹층 50 mg)을 유리용기에 옮기고 이황화탄소(CS₂)를 1 ml 가한 후에 40분 동안 가끔 흔들어주면서 흡착된 혼합 유기화합물을 탈착시켰다. 현장 공시료도 같은 방법으로 전 처리하였다.

탈착 후 이황화탄소(CS₂)의 상층액 1 μl를 마이크로 주사기로 불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 가스크로마토그래피(Gas Chromatograph)에 주입하여 분석하였으며, 분석기기의 조건은 Table 1과 같으며, 시료농도가 포함될 수 있는 적절한 범위의 표준물질을 제조하여 분석, 검량선을 작성하였다. 검량선을 작성 한 후 탈착 시료를 분석하였으며 탈착율은 87.0-104.0%이었다.

3. 자료처리

자료분석은 SPSS system version 18.0을 이용하였다. 유기화합물질 취급 근로자들의 상관관계는 피어슨 상관분석법(Pearson's correlation test)을 실시하였다. 모든 통계처리는 유의수준 α=0.05에서 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 일반적인 특성

본 연구 대상 27개 업체 65명 근로자의 일반적 특성은 Table 2와 같다. 작업공정을 보면 도장 공정 36명(55.4%), 세척 7명(10.8%), 기타 22명(33.8%)이었으며, 작업형태는 스프레이(spray) 36명(55.4%), 세척 7명(10.8%), 기타 22명(33.8%)이었으며, 주사용 신체 부위는 오른손잡이 57명(87.7%), 왼손잡이 8명(12.3%)으로 조사되었다.

Table 3은 65개의 측정시료 중 각 시료채취 위치에 따른 유기화합물의 검출된 수이며, 오른손 사용 근로자와 왼손 사용 근로자를 분류하여 측정한 결과 동일하게 검출이 되었으나, 초산이소부틸, 초산 부틸

Table 3. Sampling of air concentration distribution by location (Unit : Number)

Compounds	No. of subjects	Left	Right
Dichloromethane	65	11	11
Methyl ethyl ketone	65	17	17
Methyl isobutyl ketone	65	24	24
Styrene	65	3	3
Cyclohexane	65	7	7
Cyclohexanone	65	1	1
Isopropyl alcohol	65	19	19
Ethylbenzene	65	26	26
Acetone	65	23	23
Isobutyl acetate	65	3	4
Butyl acetate	65	23	22
Ethyl acetate	65	22	21
Xylene	65	25	25
Toluene	65	54	55
Heptane	65	2	2
Butyl alcohol	65	0	0
Isobutyl alcohol	65	6	6
Dichloroethylene	65	6	6
Trichloroethylene	65	4	4
Tetrachloroethylene	65	0	0
N-hexane	65	6	6
Methyl chloroform	65	0	0
Stoddard solvent	65	2	2

은 차이가 있는 것으로 조사되었다.

톨루엔은 오른쪽 55 point, 왼쪽 54 point로 가장 많았으며, 메틸이소부틸케톤, 에틸벤젠, 아세톤, 크실렌, 초산부틸, 초산에틸은 20 point 이상 검출되었으나, 스티렌, 시클로헥사논, 초산이소부틸, 헵탄, 트리클로로에틸렌, 스토다드솔벤트는 5 point 이하 검출되었다.

2. 시료채취 위치별 공기 중 농도분포

Table 4는 전체 65개의 시료중 동일 근로자의 호흡기 위치에서 활성탄관을 이용, 시료채취 위치를 좌, 우측 어깨에 동시에 채취한 유기화합물의 검출된 시료중 성분별로 짝지어진 시료수를 나타낸 것이다. 왼쪽의 경우 초산이소부틸의 최고 농도는 145 ppm

Table 2. Work type of subject workers

(N=65)

Item	Classification	No. of subjects(%)
Working methods	spray	36(55.4)
	Cleaning	7(10.8)
	others	22(33.8)
Sampling position	Right-handed	57(87.7)
	Left-handed	8(12.3)

Table 4. Distribution of organic compound concentration in the air by work position

Unit : ppm

Organic compounds	N	Left-handed			Right-handed		
		Min	Max	Mean± S.D	Min	Max	Mean± S.D
Dichloromethane	65	.00	22.23	.551±2.80	.00	25.41	.599±3.20
Methyl ethyl ketone	65	.00	6.75	.249±1.01	.00	7.58	.257±1.06
MIBK	65	.00	4.66	.181±.61	.00	4.92	.187±.65
Styrene	65	.00	0.02	.817±4.63	.00	27.26	.804±4.51
Cyclohexane	65	.00	2.19	.091±.38	.00	2.23	.094±.40
Isopropyl alcohol	65	.00	22.13	1.213±4.03	.00	28.06	1.337±4.72
Ethylbenzene	65	.00	16.75	.783±2.53	.00	15.05	.777±2.40
Acetone	65	.00	17.18	.791±2.64	.00	19.61	.818±2.84
Isobutyl acetate	65	.00	145.0	.014±.06	.00	.37	.858±2.71
Butyl acetate	65	.00	.33	3.080±18.19	.00	15.41	.020±.08
Ethyl acetate	65	.00	133.5	3.946±19.42	.00	149.3	4.036±20.59
Xylene	65	.00	33.40	1.190±4.56	.00	29.63	1.170±4.26
Toluene	65	.00	38.13	2.202±5.54	.00	46.26	2.336±6.37
Isobutyl alcohol	65	.00	26.48	.764±4.06	.00	23.29	.742±3.90
Dichloroethylene	65	.00	2.17	.093±.39	.00	2.17	.094±.39
Trichloroethylene	65	.00	1.92	.065±.29	.00	1.99	.067±.30
N-hexane	65	.00	6.27	.119±.79	.00	6.29	.121±.79

으로 가장 높았으며, 초산에틸 133.5 ppm, 톨루엔 38.13 ppm 순으로 나타났으며, 오른쪽은 초산에틸 149.3 ppm, 톨루엔 46.26 ppm, 크실렌 29.63 ppm, 이

소프로필알콜 28.06 ppm으로 검출되었으며, 전체적으로 오른쪽 농도가 왼쪽보다 높은 것으로 나타났다 (Figure 2). Figure 3과 4는 대수확물산포도를 그래프로 나타낸 것이다.

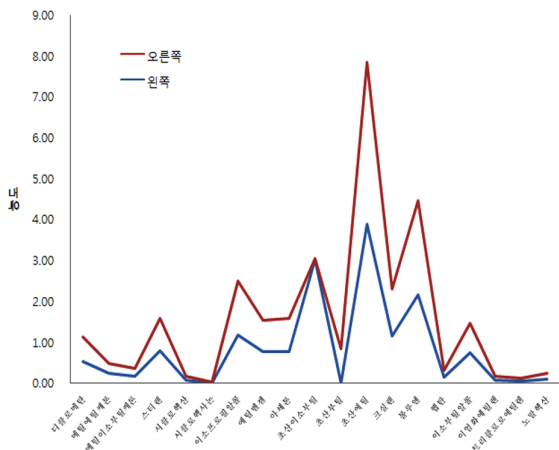


Figure 2. Comparison of organic compound concentrations by hand direction(Right or left)

3. 측정방법간의 공기중 농도 상관관계 분석

본 연구결과에서 왼쪽 어깨의 부착 시료와 오른쪽 어깨의 부착 시료에서 측정된 유기화합물의 농도 영역과 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

왼쪽시료의 디클로로메탄과 오른쪽 시료에서 검출된 이소프로필알콜, 초산부틸, 초산에틸은 음(-)의 관계를 보였으나, 아세톤은 양(+)의 관계를 보였고 통계적으로 유의하였다(p<0.001).

톨루엔은 오른쪽 시료에서 -0.07로 음(-)의 관계였으나, 메틸에틸케톤, 이소프로필알콜, 에틸벤젠, 아세톤, 초산부틸, 초산에틸, 크실렌은 양(+)의 관계를 보였으며, 이는 통계적으로 유의하였다(p<0.01).

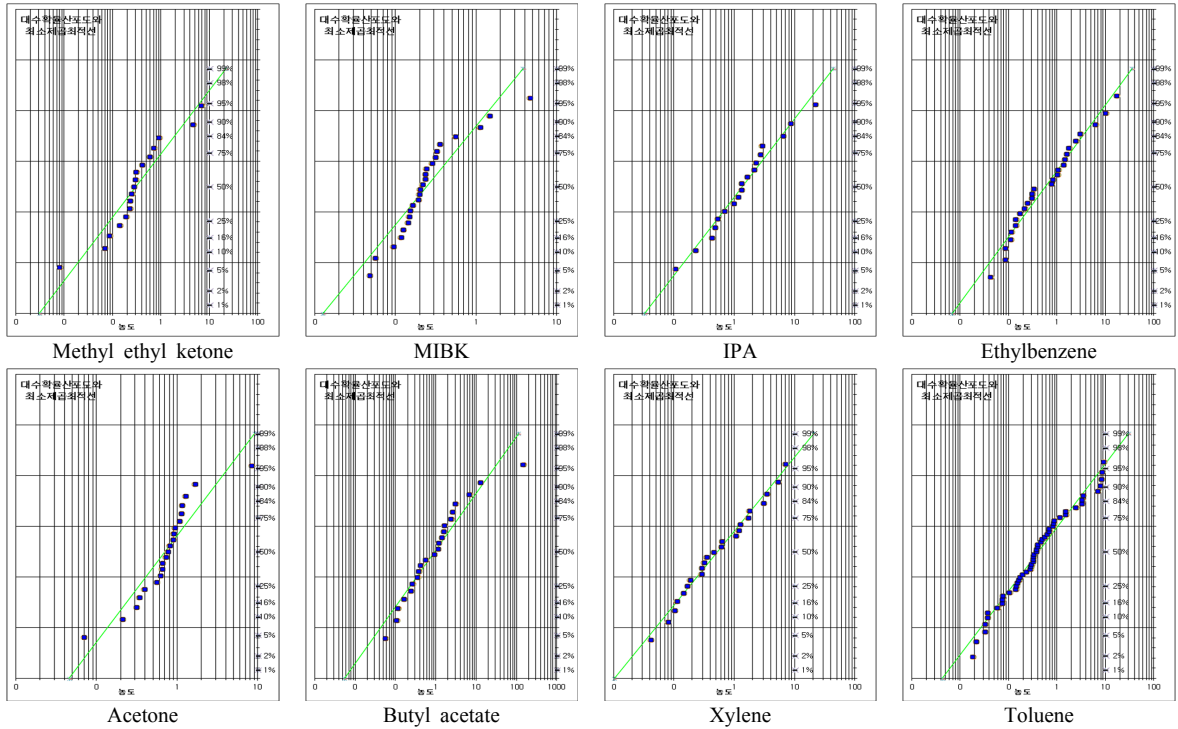


Figure 3. Cumulative distribution of left-handed VOCs concentration in airborne

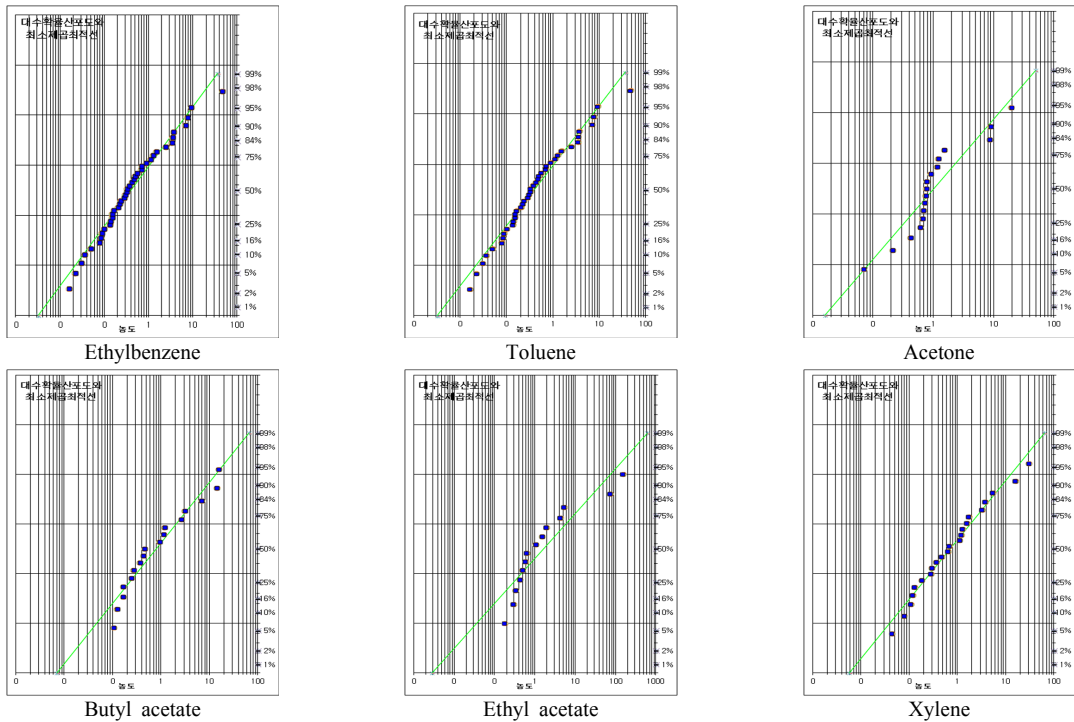


Figure 4. Cumulative distribution of right-handed VOCs concentration in airborne

Table 5. Correlation between the measurement of the concentration in the air

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Left, Dichloromethane	1																			
Left, Methyl ethyl ketone	.007	1																		
Left, MIBK	.171	-.055	1																	
Left, Isopropyl alcohol	-.059	.530**	-.049	1																
Left, Ethylbenzene	.069	.679**	.179	.163	1															
Left, Acetone	.345**	.915**	.018	.502**	.619**	1														
Left, Butyl acetate	-.036	-.031	.034	.113	-.068	-.017	1													
Left, Ethyl acetate	-.025	.983**	-.054	.560**	.651**	.911**	-.044	1												
Left, Xylene	.051	.781**	.075	.251*	.914**	.709**	-.057	.764**	1											
Left, Toluene	.013	.778**	.121	.552**	.469**	.726**	-.057	.800**	.460**	1										
Right, Dichloromethane	1.00**	.007	.174	-.056	.071	.348**	-.035	-.024	.052	.015	1									
Right, Methyl ethyl ketone	.011	.994**	-.052	.569**	.617**	.918**	-.024	.982**	.715**	.809**	.011	1								
Right, MIBK	.168	-.053	.998**	-.049	.173	.017	.035	-.054	.074	.120	.171	-.051	1							
Right, Isopropyl alcohol	-.056	.580**	-.048	.995**	.178	.553**	.093	.611**	.265*	.599**	-.053	.623**	-.048	1						
Right, Ethylbenzene	.079	.702**	.194	.200	.997**	.648**	-.071	.676**	.901**	.516**	.080	.648**	.188	.219	1					
Right, Acetone	.330**	.909**	.017	.536**	.563**	.995**	-.017	.910**	.649**	.755**	.333**	.923**	.016	.591**	.599**	1				
Right, Butyl acetate	-.007	-.043	.008	.083	-.072	-.036	.844**	-.051	-.062	-.074	-.009	-.037	.009	.066	-.075	-.036	1			
Right, Ethyl acetate	-.024	.974**	-.052	.590**	.594**	.909**	-.042	.995**	.703**	.825**	-.023	.984**	-.052	.646**	.626**	.918**	-.049	1		
Right, Xylene	.062	.828**	.086	.310*	.908**	.762**	-.060	.815**	.995**	.530**	.063	.771**	.085	.329**	.903**	.710**	-.065	.762**	1	
Right, Toluene	.013	.798**	.102	.584**	.437**	.750**	-.054	.821**	.440**	.994**	.015	.837**	.102	.635**	.489**	.786**	-.069	.853**	.516**	1

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

V. 고 찰

직업과 관련되어 노출되는 유해인자에 대한 노출 평가는 산업위생분야에서 매우 중요한 역할이며, 근로자 노출을 정확히 평가하고 관리함으로써 근로자 건강을 보호할 수 있다(Yim et al., 2001).

환경오염물질의 노출은 인간이 입, 코, 피부 등과의 접촉으로 정의 할 수 있으며, 노출평가는 유해물질 발생원에 대한 인간의 실제적, 잠재적 노출의 정도를 평가하는 것으로 위해성평가와 역학연구에서 필수적이다(Chang et al., 2002).

작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시 제2조에서 개인시료 채취기의 정의를 작업장에서 발생하는 가스, 증기, 분진, 흠, 미스트 등을 근로자의 호흡위치(호흡기를 중심으로 반경 30 cm인 반구)에서 채취(MoEL, 2014), 미국의 경우 어깨 전방으로 직경 6-9 inch이며, 그러나 영국의 경우는 호흡위치의 범위 내에서 7개 지점을 선택하여 유해물질의 농도를 측정하였는데 그 결과 코의 주변에서 측정할 값과 코로부터 멀리 떨어진 지점에서의 값 사이에는

유의한 차이가 있었고, 코로부터 거리가 멀수록 차이가 큰 것으로 나타났다, 따라서 위에서 제시한 호흡 위치의 정의는 불충분하며, 호흡 위치는 코로부터 매우 가까운 곳, 즉 뺨이어야 한다고 주장하였다(Paik et al., 1999).

측정·분석에 대한 기술적인 측면에서도 일본의 노동안전위생법에 근거한 지역시료채취 위주의 측정은 개인노출의 중요성이 대두되면서 1990년대 들어 점차 개인시료채취위주로 재편되었으며(Yun et al., 1993), 측정장비도 개인시료채취기로 전면 교체가 이루어졌다.

중요한 것은 과연 작업장의 작업환경측정 시료채취 시 측정자의 주관적 판단에 의한 시료채취가 얼마나 정확성을 가지는가 하는 것 이다.

측정결과에 의한 불신과 불만은 근로자, 사업주 뿐만 아니라 산업보건 전문가들 사이에서도 빈번히 발생하였고(Park et al., 2005), 개인시료 채취방법에 의한 오차를 줄이기 위한 노력도 중요하지만 현행 법 체계로는 한계가 있는 듯하다.

본 연구에서 다른 유기화합물의 경우에도 여러 공

정 중 특히 도장(Spray), 도색 공정에서의 유기용제 노출량이 좌·우측 유의한 차이를 나타냄으로서 현행 작업환경측정 제도에서 근로자의 노출량 정량화에 문제점이 있는 것으로 여겨진다.

유기용제에 노출되는 경우 이로 인한 건강영향은 주로 고농도 노출시 급성증상으로는 중추신경계 기능저하와 점막조직에 대한 자극 증상이 주로 나타나는데, 증상 자체가 가역적일 뿐 아니라 비교적 농도가 높으면 강한 냄새 때문에 피할 수 있고, 작업환경관리에 대한 인식이 고취되고(Ellenhorn & Barceloux, 1988)이다. 그러나 저 농도의 만성 노출에 따른 건강 영향에 대하여는 많은 논란들이 있다(Olson et al., 1985).

최근에는 유기용제 과노출에 의한 급성 질환 발생은 줄어들고 있으나 장기간 노출에 의한 만성질환의 위험에 대해서는 지속적으로 보고되고 있어 관리가 필요하다(Kwon et al., 2001).

본 연구는 실제 현장에서 작업하고 있는 근로자 중 주사용 신체부위인 오른손잡이와 왼손잡이의 혼합 유기화합물 노출 실태가 좌·우측 어느 정도 차이가 나는지를 파악하기 위한 목적으로 실시되었다.

특히 도장(Air spray)공정 근로자의 작업 형태를 감안해 보았을 때 오른손잡이는 우측 시료에서 왼손잡이는 왼쪽 시료에서 혼합 유기화합물의 농도가 높게 나타날 것이라 예상 하였으나 근로자의 동적 작업 요인으로 인해 반드시 그러하지는 않았다.

동일한 근로자에게 좌측과 우측에 같은 시료매체를 동시에 채취한 결과 왼쪽의 경우 초산이소부틸의 최고 농도가 145 ppm으로 가장 높았으며, 초산에틸 133.5 ppm, 톨루엔 38.13 ppm 순으로 나타났으며, 오른쪽은 초산에틸 149.3 ppm, 톨루엔 46.26 ppm, 크실렌 29.63 ppm, 이소프로필알콜 28.06 ppm으로 검출되었으며, 전체적으로 우측 시료에서 높은 농도값을 나타내었다.

주사용 신체부위인 오른손잡이 근로자는 우측 시료에서, 왼손잡이 근로자는 좌측 시료에서 높은 농도값을 나타낼 것이라 예상하였으나 좌측 시료의 초산이소부틸에서 오른손잡이의 평균농도는 3.43 ppm, 왼손잡이 0.22 ppm, 초산에틸 4.27 ppm, 1.13 ppm, 톨루엔 2.30 ppm, 1.20 ppm이었으나, 우측 시료의 경우 초산이소부틸에서 오른손잡이의 평균농도는 0.02 ppm, 왼손잡이 0.0 ppm, 초산에틸 4.46 ppm, 1.03

ppm, 톨루엔 2.44 ppm, 1.30 ppm으로 각각 검출되었으나 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 스토다드솔벤트의 경우 왼쪽과 오른쪽 모두 유의한 차이를 보이고 있었다($p < 0.01$).

작업공정별 측정 분석 결과 좌측 및 우측 시료의 평균 농도값 에서도 일부 유해인자의 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

그리고 모든 시료에서 불검출(0 ppm)을 제외한 좌, 우측 포집 시료 모두에서 동일한 혼합 유기화합물의 농도 값을 보인 대상 근로자는 단 한명도 없었으며 단지 단위 유기화합물 중 일부에서 동일한 농도치를 보인 시료가 있을 뿐이며 중요한 것은 개인별 좌측 시료와 우측 시료의 농도 값의 유의한 차이는 다음과 같다.

총 유기화합물의 분석 건수는 558건 이었으며 불검출 272건, 좌, 우측 시료 매체간 농도 차이가 없는 것이 5건 이었고 5% 미만이 180건, 10% 미만이 40건, 20% 미만이 42건 이었으며 50% 미만의 차이를 보이는 시료도 19건으로 조사되었다.

이는 현 작업환경측정 제도 하에서 단지 호흡기 반경 30 cm인 반구 내에서 측정하라는 규정 하에 묶여 측정자의 주관적 판단 하에 좌측어깨 또는 우측어깨에 1개만의 시료매체를 부착하여서는 정확하고 실제적인 노출 농도를 알 수 없음을 반증하고 있으며 실제적 노출량과의 오차 범위를 줄이기 위한 노력 및 연구가 지속되어야 함을 말해 주고 있다.

본 연구의 가장 큰 제한점은 전국 많은 유기화합물의 취급 사업장 및 근로자가 있음에도 불구하고 지역적인 한계로 일부 지역에 국한되었고 오른손 사용 근로자와 왼손 사용 근로자의 연구 수가 많지 않아 전체를 대표하기에 어려운 제한점이 있었다.

향후 더욱 많은 지역의 근로자를 대상으로 오른손 사용 시 및 왼손 사용 시 노출될 수 있는 좌, 우측 오염물질의 농도차이에 대한 과학적이고 정량적으로 평가할 수 있도록 지속적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

VI. 결 론

본 연구는 경남지역에 위치한 27개 사업장의 유기화합물 취급 근로자 65명을 대상으로 기존의 개인시료 채취 방법과 달리하여 작업 시 주 사용 신체 부위

인 오른손잡이 근로자와 왼손잡이 근로자의 호흡기 반경 30 cm를 고려하여 좌, 우 어깨에 시료 매체를 동시에 부착한 후 시료를 채취하여 유기화합물의 평가결과는 다음과 같다.

1. 작업공정별 분포는 도장 공정 36명(55.4%), 세척 7명(10.8%), 기타 22명(33.8%)이었으며, 작업형태는 스프레이(Spray) 36명(55.4%), 세척 7명(10.8%), 기타 22명(33.8%)이었으며, 주사용 신체부위는 오른손잡이 57명(87.7%), 왼손잡이 8명(12.3%)로 조사되었다.

2. 톨루엔은 오른쪽 55 point, 왼쪽 54 point로 가장 많았으며, 메틸이소부틸케톤, 에틸벤젠, 아세톤, 크실렌, 초산부틸, 초산에틸은 20 point 이상 검출되다.

3. 근로자의 호흡기 위치에서 시료 채취한 좌, 우측 어깨에 동시에 채취한 유기화합물의 검출된 농도는 왼쪽의 경우 초산이소부틸의 최고 농도는 145 ppm으로 가장 높았으며, 초산에틸 133.5 ppm, 톨루엔 38.13 ppm 순으로 나타났으며, 오른쪽은 초산에틸 149.3 ppm, 톨루엔 46.26 ppm, 크실렌 29.63 ppm, 이소프로필알콜 28.06 ppm으로 검출되었으며, 전체적으로 오른쪽 농도가 왼쪽보다 높은 것으로 나타났다.

4. 왼쪽시료의 디클로로메탄과 오른쪽 시료에서 검출된 이소프로필알콜, 초산부틸, 초산에틸은 음(-)의 관계를 보였으나, 아세톤은 양(+)의 관계를 보였고 통계적으로 유의하였다($p < 0.001$).

이상의 연구 결과에서 근로자의 작업형태를 고려한 측정 방법에 따른 노출농도를 비교해 보면 전체적으로 동일한 근로자의 좌측과 우측 시료 농도 값에서 유의한 차이를 나타냄으로써 향후 작업환경측정 시 시료채취 방법의 변화, 즉, 근로자의 개인시료 채취시 최대한 호흡기에 가장 가까운 곳을 시료채취 지점으로 하여야 함은 물론 가능하다면 호흡기 인근 어깨 또는 옷깃에 시료매체를 부착이 2개의 시료매체를 동시에 부착하여 평균값을 당해 근로자의 노출량으로 평가 하여야 최대한 실제적 노출량과의 오차를 줄일 수 있는 것으로 조사되었으며, 향후 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이며 사료된다.

References

Kim KJ. industrial hygiene, Shinkwang publishing

- company 2004.
- Kwon EH, Kim GS, Oh JR, Choi JK, Jeong YS, Kim EA, Lee YJ, Song SW, Jung HK. A comparison of health hazard effects by solvent-based painting materials. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2001;11(1): 17-25.
- Kang SK. An outbreak of n-Hexane neuropathy among workers in a LCD manufacturer, 9th International Symposium on Neurobehavioral Methods and Effects in Occupational and Environmental Health, 2005.
- Chang KS, Roh YM, Sang Back Koh. Comparison of Sampling Performance of Passive Monitor and Charcoal Tubes for Airborne Organic Solvents from the Painting Process in Ship Building Industry. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2002;12(3):211-220.
- Choi SJ. Assessment on work environment monitoring program in Korea. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2007; 18(4): 282-292.
- Crouch KG, Gressel MG. The control of press cleaning solvent vapors in a small lithographic printing establishment. *Appl Occup Environ Hyg* 1999;14: 329-338.
- Ellenhorn MJ, Barceloux DG. *Diagnosis and Treatment of human poisoning*. Medical Toxicology, New York, Elsevier 1988;959-961.
- Hawkins NC, SK Norwood, JC Rock. A strategy for occupational exposure assessment. *Am Ind Hyg Assoc* 1991, ISBN 0-932627-46-3.
- Lee E, Kim K. Carbon disulfide poisoning in Korea with social and historical background. *J Occup Health* 1996;38:155-161.
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Exposure limits for Chemical Substances and Physical Agents (MoEL Public Notice No. 2013-38). 2013.
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). *Industrial Health and Safety Act*. :2004.
- National institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), NIOSH Manual of Analytical Method. Method No. 1300, 1450, 1501, 4th ed., 1994.
- NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health). 2003. NIOSH Manual of Analytical Method No 1501, Fourth Edition. Cincinnati, Ohio. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>.
- Olson BA, Gamberale F, Iregren A. Coexposure to toluene and p-xylene in man, central nervous functions. *Brit J Ind Med* 1985;42:117.
- Park DM, Park JI, Shin YC, Cha JY, Jeong JY, Kim BW, Paik NW. A Study on Introduction of Accreditation

- Program for Industrial Hygiene Laboratories in Korea. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2005;15(3): 232-238.
- Park JK, Jung SJ, Park JS, Chung HK. Field comparison of two monitoring methods for airborne organic solvents in the paint spray process. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2002; 12(2): 126-134.
- Park JS, Kim YH, Park DW, Choi KS, Park SH, Moon YH. An outbreak of hematopoietic and reproductive disorders due to solvents containing 2-Bromopropane in an electronic factory, South Korea: Epidemiological Survey. *J Occup Health* 1997;39:138-143.
- Paik NW, Park DU, Yoon CS. Working environment measurement and assessment. Shinkwang publishing company 1999.
- Park SH, Shin HW, Kang SK. A Reliability Assessment for the Exposure Monitoring Results of some Workplaces. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2007;17(2): 176-179.
- Triebig G, Hallermann J. Survey of solvent related chronic encephalopathy as an occupational disease in European countries. *Occup Environ Med* 2001;58(9) 575-581.
- Yim HW, Roh YM, Lee WC. The construction of Job Exposure Matrix. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2001; 11(2): 161-168.
- Yun MJ, Lee EY, Paek DM, Ahn KD. Development of subjects monitoring periods and intervention for the work environment monitoring scheme Ministry of labor 1993, 3-14.