

서울 동부지역내 작업장 공기질에 관한 조사 연구 A Study of Workplace Air Quality in the Eastern Seoul

임창훈 · 황인조¹⁾ · 김동술¹⁾ · 김윤신²⁾

한양대학병원 산업보건센터

¹⁾경희대학교 환경학과 및 환경연구소

²⁾한양대학교 계양의학교실

(1999년 1월 7일 접수, 1999년 4월 14일 채택)

Chang Hoon Lim, In Jo Hwang¹⁾, Dong Sool Kim¹⁾ and Yoon Shin Kim²⁾

Occupational Health Center, Hanyang University Hospital

¹⁾*Department of Environmental Science and Institute of
Environmental Studies Kyung Hee University*

²⁾*Department of Medical Information & Management, College of
Medicine Hanyang University*

(Received 7 January 1999; accepted 14 April 1999)

Abstract

This study was performed to investigate what was the most serious occupational factors in small scale industries. Twenty-three occupationally hazardous substances were measured at the five workplaces in the Eastern Seoul during 1995~1996. Total of 2,020 samples were analyzed by either GC/FID for organic vapors or AAS for heavy metals. From the results of this study noise was the most serious factor at the selected workplaces. Noise level in the metal processing, the printing, and the auto repairing industries exceeded the 8 hr PEL by 19.7%, 13.6%, and 11.6%, respectively. Mean concentrations of toluene in the shoe making and the printing industries exceeded the assessment criterion by 6.0% and 3.8%, respectively. Further study of risk assessment of occupational exposure may be required to protect workers from hazardous working conditions.

Key words : occupational factors, organic vapors, heavy metals, workplaces, occupational exposure, hazardous working conditions

1. 서 론

산업이 발달하고 다양화되면서 작업장에서 발생하는 각종 직업병은 국민의 주요 관심대상이 되고 있으며, 작업장에서 발생하고 있는 각종 유해 오염

물질로 많은 근로자들이 고통을 받고 있다. 실제, 노동부의 자료(1997)에 의하면, 1995~1996년도에 발생한 직업병 중 제조업에서는 각종 직업병이 빈번히 발생되고 있다.

작업장의 환경유해 인자는 물리적 인자, 화학적 인자, 생물학적 인자로 구분할 수 있다. 이중 현재

작업환경측정에 이용되고 있는 측정인자는 물리적 인자와 화학적 인자이다. 물리적 측정인자는 분진과 소음, 화학적 측정인자는 중금속, 특정화학물질 및 유기용제가 주요 대상항목이 되고 있다(박기학 등, 1995).

소음은 전국 작업환경측정기관에서 1991년부터 1993년까지 측정결과를 종합하여 분석한 결과 1991년에 32.9%, 1992년에 31.4%, 1993년에 23.3%의 노출기준 초과율을 보였다. 또한 특수직업실시결과 소음성 난청 유소전율은 매년 증가한 바 있어(대한산업보건협회, 1992), 소음작업장에 대한 작업환경관리에 문제가 있었다. 작업장에서의 소음은 근로자에게 불쾌감, 내분비계 장애, 조직손상, 고혈압, 불면 등을 일으키고 나아가서 산업재해를 유발시키고 생산성을 저하시키며(윤명조 등, 1987), 장시간 폭로로 인하여 직업성 난청을 초래한다. 소음에 의한 청력손실은 소음의 음압수준(강도), 주파수, 소음 폭로기간, 소음의 발생형태(연속음, 단속음, 충격음 등), 개체의 인적특성 등과 밀접한 관계가 있으며(김광중과 차철환, 1991), 소음의 강도가 높고 고주파수 영역에서 청력상태의 가능성이 높게 나타난다. 일반적으로 소음의 크기가 75 dB 이하에서는 하루 8시간 폭로로 거의 유효효과가 없다고 알려져 있다. 그러나 85 dB에서 하루 8시간 5년간 계속 폭로시 1% 정도의 경미한 청력손실이 생기며 10년간 폭로시 3%, 15년간 폭로시는 5% 정도 발생하며, 90 dB에서 폭로시 각각 4%, 10%, 14%, 그리고 95 dB에서 폭로시 각각 7%, 17%, 24%의 청력손실이 발생한다고 한다(WHO, 1986).

용접은 2개 이상의 고체금속을 하나로 접합시키는 금속가공법으로 이에 필요한 열원과 용접작업 중에 발생하는 분진, 유해가스, 고열 등의 위험성과 분진, 유해가스, 고열 등의 유해성은 오래 전부터 안전보건상 문제가 되어왔다(대한산업보건협회, 1993). 용접·용단 작업시 발생하는 용접혼연(fume)은 산화철(Fe_2O_3)이 주종을 이루고 있으며 용접·용단시 용접봉과 피용접 금속재질 및 용접물질에 피막된 도료의 성분 등에 따라 용접혼연속에 많은 유해한 금속성분들이 포함될 수 있다. 또한, 이러한 용접혼연 및 유해가스를 작업근로자가 다량 흡입함으로써 철폐증(siderosis), 섬유폐증(fibrosis), 폐기종(emphysema), 기관지염(bronchitis) 등의 만성 폐질환을 유

발시킬 수 있으며 피용접물질에 피막된 도료의 성분 등에 따라 납, 카드뮴, 크롬, 망간 등의 중금속에 의한 중독을 일으킬 수 있다(국립노동과학연구소, 1984).

작업장에서 유기용제(organic solvent)를 취급하는 업종으로는 염료, 합성세제, 유기안료, 의약품, 농약, 향료, 조미료, 사진약품, 폭약, 방충제, 방부제, 잉크 등 광범위한 화학공업제품 제조를 비롯하여 집착제의 제조, 금속코팅, 착색, 세척, 고무 및 가죽가공 등으로 매우 널리 사용되고 있다. 최근 들어 유해대기 오염물질로서 방향족 및 염소계 탄화수소의 독성이 밝혀짐에 따라, 이들 용제들은 독성이 약하지만 극성이 큰 알콜류나 케톤류 등으로 대체되고 있다(Harper *et al.*, 1993). 유기용제에 의한 일반적인 증상은 눈, 피부 및 호흡기 점막의 자극증상과 함께 중추신경계 억제증상으로 어지럼증, 두통, 구역질, 도취감, 혼돈에 이어 폭로농도가 점차 증가함에 따라 점진적인 의식의 상실, 마비, 경련, 사망에까지 이르게 된다(Keith and Walker, 1993). 한편, 작업장에서는 납을 비롯한 많은 종류의 중금속이 공정 중에 이용되고 있으며 여러 형태로 체내에 흡수되어 각종 중독을 일으킨다(김광중, 1990).

본 연구는 쾌적한 작업환경을 유지하고 개선하기 위한 기초자료를 확보하기 위해, 다양한 작업장에서 각종 공기오염물질의 오염도를 실측하였으며 업종별로 오염물질의 농도분포에 관해 집중적으로 분석하였다.

2. 연구방법 및 내용

2.1 작업환경 유해인자의 허용기준

작업환경측정의 목적은 근로자가 근무하는 작업장내에서 발생하는 유해인자의 폭로정도를 측정·평가하고 시설과 설비의 개선책 등 적절한 제어방안을 제시하여 쾌적한 작업환경과 근로자의 건강을 보호하는 것이다(산업안전보건법 41조). 이에 따라, 노동부에서는 1981년 산업안전보건법에 작업환경 측정제도를 설정하여 매년 2회씩 작업환경을 측정하도록 하였고, 1991년부터는 시료분석에 대한 정도관리를 실시하는 등 측정제도를 보완하고 강화시키고 있다(노동부, 1994). 현재 작업환경측정기관은 노동부 서울청 12개, 부산청에 18개, 대구청에 15개,

인천청 21개, 광주청에 7개, 대전청에 7개 등 전국에 모두 약 80개 정도의 기관이 업무를 수행하고 있다(노동부, 1997).

작업장 허용기준이란 근로자가 유해요인에 노출될 때 그 수준에서는 근로자의 대부분에게 건강상 악영향을 미치지 않는 농도를 의미하며, 1일 작업시간동안의 시간가중평균농도(time weighted average, TWA), 단시간 노출허용농도(short term exposure limit, STEL) 또는 최고허용농도(ceiling, C) 등으로 표시한다. TWA는 1일 8시간 작업을 기준으로 유해요인의 측정농도에 지속시간을 곱하고 8시간으로 나눈 농도를 의미한다. 반면, STEL은 근로자가 1회에 15분간 유해요인에 노출될 때의 허용농도로 이 농도 이하에서는 1회 노출간격이 1시간 이상인 경우 1일 작업시간동안 4회까지 노출이 허용될 수 있

는 농도를 말한다. 최고허용농도는 근로자가 1일 작업시간동안 잠시라도 노출되어서는 안되는 농도를 말하며, 허용농도 앞에 'C'를 붙여 표시한다.

표 1은 노동부, NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), OSHA (Occupational Safety and Health Administration) 등 국내의 기관에서 제시하는 허용기준을 나타낸 것이다. 우리나라에서는 미국 ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)의 1984~1985년도의 허용기준을 대부분 채택하고 있다.

2. 2 연구대상범위

본 연구는 서울동부지방노동사무서 관할 내 동부 지역사업장 중 한양대학병원 산업보건센터에서 작업환경측정을 실시한 성동구, 강동구, 송파구, 광진

Table 1. PELs (Permissible Exposure Limits) for toxic air pollutants in the workplace. (Unit ppm)

	Notification of the Ministry of Labor	NIOSH	OSHA	Restriction of Industrial Safety Health Measure
Acetone	750	250	750 (STEL : 1000)	Organic Solvent II
Benzene	10 ^d	0.1 ^d	1 ^d	Specified Chemical Material II
Dichloromethane	50 ^d	Lowest Feacible Carcinogen	500	Organic Solvent II
Ethylacetate	400	400	400	Organic Solvent II
Ethylbenzene	100	100 (STEL · 125)	100	
n-Hexane	50	50	500	Organic Solvent II
Isopropyl Alcohol	400	400	400	Organic Solvent II
Methyl Ethyl Ketone	200	200	200	Organic Solvent II
Methyl Isobutyl Ketone	50	50 (STEL : 75)	50 (STEL : 75)	Organic Solvent II
Methanol	200	200	200	Organic Solvent II
Perchloroethylene	50	C200	100	Organic Solvent II
Tnchloroethylene	50	25 ^{de} , C2ppm/h	100, C200	Organic Solvent I
1, 1, 1-Trichloroethane	350	C350	350	Organic Solvent II
Toluene	100	100 (STEL 150)	200	Organic Solvent II
m-Xylene	100	100 ^e (STEL · 125)	100	
o-Xylene	100	100	100	Organic Solvent II
p-Xylene	100	100	100	
Lead (Pb)	0.05 ^d	< 0.1 ^e	0.05 ^d	
Manganese	1 ^e			

e · Group I pesticide
d Suspect carcinogen
^e mg/m³(umt)

Table 2. Measuring procedure and number of sample for the study period during 1995 to 1996.

Type of Industry	Shoe Making	Printing	Auto Repairing	Metal Processing	Electrics/ Electronics	Total
First Half of 1995	160	124	40	101	40	465
Second Half of 1995	97	142	58	49	19	365
First Half of 1996	138	267	135	113	40	693
Second Half of 1996	105	230	90	50	22	497
Total	500 (24.8%)	763 (37.8%)	323 (16.0%)	313 (15.5%)	121 (6.0%)	2,020 (100%)

구의 사업장을 대상으로 하였다. 이를 위해 1995년 상·하반기와 1996년 상·하반기 중 작업환경을 실측하였다. 사업장의 구성은 주로 인쇄, 제화, 자동차 정비, 금속, 플라스틱 성형, 목재 가공 등으로 다양하지만, 이 중에서 도금, 반도체, 시계 제작, 제약 등 업체의 수가 적은 업종은 통제분석의 한계로 제외하였으며, 10개 이상의 동종업체로 구성된 5개 업종만을 연구대상으로 하였다. 연구대상 업종의 사업장의 수는 표 2와 같다. 측정당해연도의 작업장의 수는 상반기가 하반기보다 많았으며 인쇄업종이 주종 사업장이었고 제화, 자동차 정비업종 등의 순서로 분포하고 있었다. 반기별·업종별 사업장 수는 기존 사업장의 휴·폐업과 매년 상반기에 정해지는 국고지원 신규 사업장의 수에 따라 차이가 있었으며, 기업체 의뢰에 의한 측정이 발생할 때마다 반기별 측정전수에 차이가 있었다.

2.3 측정 및 분석방법

측정기관에서 실시하는 작업환경측정 및 평가는 노동부에서 제시하는 '작업환경측정에 관한 업무편람'을 따랐으며, 미국의 국립산업안전보건연구소(NIOSH)에서 제시하는 측정 및 분석방법을 채택하였다. 구체적으로 시료의 포집은 근로자의 '호흡위치'에서 실시하는 '개인용 시료포집방법(personal air sampling)'을 적용하였다. 우리나라 노동부(1994)에 의하면 호흡위치란 "호흡기를 중심으로 반경 30cm인 반구"라 하였고, 미국 노동성 OSHA(1984)에 의하면 어깨 전방으로 직경 6~9 inch인 반구를 의미한다.

2.3.1 분진의 포집

작업장내 분진에 대해 노동부는 총먼지와 호흡성분진 등 2가지로 분류하고 있다. 본 연구에서는 모

두 층분진 포집방법을 이용하였다. 분진의 포집은 중량분석법을 사용하였다. 여지는 glass fiber filter를 사용하였으며, cassette holder는 two piece cassette에 고정시킨 후 개인용 시료포집 펌프(Gilian & SKC, USA)에 연결하여 용접작업 중인 근로자의 호흡기 위치에서 2.0 L/min으로 240~360분간 포집하였다. 한편, 혼연(fume)의 시료포집은 직경 37 mm, 0.8 µm pore size의 cellulose ester membrane 여과지(SK, USA)를 three piece cassette를 사용하여 독립적으로 포집하였다.

2.3.2 금속 및 유기용제의 분석

유기용제는 활성탄관(100 mg or 50 mg, SKC, USA)에 펌프(Gilian & SKC, USA)를 연결하여 0.15 L/min의 유량으로 근로자의 호흡기 영역에 부착하여 포집하였다. 포집된 유기용제 시료는 활성탄관의 양끝을 완전히 밀봉한 후 냉동보관하고 CS₂ 1 ml를 이용하여 탈착한 후 FID(불꽃이온화 검출기)가 장착된 GC(Hewlett packard, 5890 II, USA)를 사용하여 정량분석하였다. 한편, 중금속의 분석을 위하여 hot plate를 이용한 회화법으로 여지를 전처리하였으며, AAS(Perkin Elmer 3300)로 분석하였다.

2.3.3 소음의 측정

소음의 측정은 지시소음계(CEL383)를 A특성으로 고정하고, 지시침의 동작을 느린 상태로 하여 소음계의 지시치가 변동하지 않는 경우에는 당해 지시치를 측정치로 하고 지시치가 규칙적으로 변동하는 경우에는 당해 지시치의 최대값을 측정치로 하였다. 반면, 지시치가 불규칙하게 변동하는 경우에는 약 10초 간격으로 6회 반복측정하여 매회 최대치를 평균하여 얻은 값을 당해 작업장의 소음수준으로 하였다. 측정횟수는 1일 작업시간동안 1시간 간격으로 6회 이상 측정된 후, 이를 시간가중 평균하여 8

Table 3. Number of samples and summary of exceeding PELs for each sampling period.

	First Half of 1995			Second Half of 1995			First Half of 1996			Second Half of 1996		
	No of Samples	Exceeding Standard	Over Standard %	No. of Samples	Exceeding Standard	Over Standard %	No. of Samples	Exceeding Standard	Over Standard %	No. of Samples	Exceeding Standard	Over Standard %
Physical Factor	Dust	40	2	5.0	34	-	-	91	-	-	45	-
	Oil Mist	-	-	-	-	-	-	5	-	-	6	-
	Fume	22	-	-	16	1	6.3	70	5	7.1	32	1
	Noise	288	45	15.6	216	26	12.0	383	48	12.5	262	29
Metals	Lead	12	-	-	6	-	-	21	-	-	17	1
	Manganese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
Organic Solvent	Toluene	208	7	3.4	190	5	2.6	364	11	3.0	258	17
	o-Xylene	48	-	-	55	-	-	47	-	-	8	-
	m-Xylene	74	-	-	86	-	-	74	-	-	21	-
	p-Xylene	50	-	-	55	-	-	36	-	-	5	-
	n-Hexane	111	-	-	94	-	-	138	2	1.5	84	-
	Trichloroethylene	7	2	28.6	12	1	8.3	9	1	11.1	2	-
	Isopropyl Alcohol	25	-	-	68	-	-	126	-	-	94	-
	Methyl Ethyl Ketone	-	-	-	-	-	-	51	2	3.9	40	-
	Methyl Isobutyl Ketone	76	3	4.0	55	-	-	60	2	3.3	17	-
	Ethylbenzene	53	-	-	66	-	-	44	-	-	20	-
	Perchloroethylene	3	-	-	3	-	-	8	1	12.5	3	-
Acetone	76	-	-	46	-	-	57	-	-	36	-	
Ethylacetate	99	-	-	53	-	-	98	-	-	53	-	
1, 1, 1-Trichloroethane	47	-	-	72	-	-	53	-	-	24	-	
Dichloromethane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-
Methylalcohol	57	2	3.5	84	5	6.0	26	-	-	-	-	
Specified Chemical Material	44	-	-	48	-	-	27	-	-	8	-	

시간 작업시의 평균수준으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기간별 작업환경실태분석

우리나라에서 작업환경의 측정은 1년에 2회(측정간격 3개월 이상)를 실시한다. 본 연구에서는 1995~1996년 2년 동안 측정된 자료를 상·하반기로 나누어 정리하였다. 표 3은 연구기간동안의 측정항목별 측정 의뢰건수 및 허용기준 초과율을 나타낸 것이다. 도표에서 측정항목의 측정 의뢰건수가 많다는 의미는 해당 유해인자를 방출하는 업종수가 상대적으로 많음을 뜻한다. 예를 들어, 소음과 분진 경우 총 측정건수의 25%를 차지하여 높은 백분율을 보이고 있는데 이는 이들 항목이 동연구지역에 위치한 사업장의 주요 유해인자임을 간접적으로 암시한다. 한편, 도표에서 연구대상지역의 허용기준 초과율은 소음과 톨루엔 항목에서 집중적으로 또한 지속적으로 높게 나타났다. 이는 해당업소의 영세성과 위태성에 대한 인식부족 등으로 각종 저감대책이 효율적으로 반영되지 않았기 때문으로, 유해 작업환경 개선을 위해 국고지원 등의 근본적인 대책이 요구되고 있다. 한편, 트리클로로에틸렌은 상·하반기에 걸쳐 측정 의뢰건수는 2~12건으로 적었으나 높은 기준초과율을 보였다. 이 유기용제를 사용하는 업종의 경우, 환기시설의 개선과 보호구 착용 등의 대책이 요구되고 있다.

표 4는 연구대상 기간동안 상·하반기의 측정항목별 측정 의뢰건수, 최저·최대·평균농도 및 표준편차 등을 나타낸 것이다. 유해인자 중 소음에 대한 측정 의뢰건수가 216~382건으로 가장 측정빈도가 많았으며 그 다음은 톨루엔이었다. 망간은 1996년도 하반기부터 용접흄에서 분석되어 총 10건이 측정되었으며, 메틸에틸케톤도 1996년도에 각각 51건과 40건의 측정건수를 보였다.

벤젠은 장기간 노출시 백혈병과 상관성이 있음이 역학적으로 보고된 바 있으며(Vigliani, 1976) 국제암연구센터(International Agency for Research Center; IARC)의 발암등급 분류체계에서 발암물질로 분류하고 있다(IARC Working Group, 1980). 벤젠은 화학공업 제품의 원료로 광범위하게 사용되고 있어 사용량도 매년 증가하고 있는 추세지만(Rom, 1992;

Sullivan and Krieger, 1992; WHO, 1986), 본 연구에서는 측정 건수가 감소하는 경향을 보이고 있었다. 벤젠은 미국의 산업위생전문가협회(ACGIH, 1991)에서 공기 중 허용농도를 1ppm에서 0.1ppm으로 낮추도록 제시하고 있어 이 기준을 적용할 경우 현재 발생농도도 심각한 문제를 나타낼 수 있다. 그러나, 우리나라(노동부, 1994)는 최근까지 10ppm을 그대로 적용하고 있다. 근로자의 건강보호 측면에서 허용농도 개정의 검토와 더불어 노출량과 반응간의 관련성 검토가 요망되고 있다. 톨루엔은 벤젠에 비하여 독성이 적고 만성중독 발생사례가 작아(Clayton, 1981) 최근 널리 이용되고 있어 작업환경을 오염시키는 주요 인자 중 하나가 되었다(이세훈, 1986; Baelum *et al.*, 1985; 김정만, 1983).

주요 측정항목의 농도별 발생빈도는 그림 1~3에 도식하였다. 그림에서 대부분 오염인자는 허용기준보다 낮은 수준에서 분포하고 있었다. 그림 1은 측정기간동안의 톨루엔의 농도별 발생빈도를 확률분포로 나타낸 것이다. 농도의 분포는 저준위에서 큰 확률분포를 보이고 있으며, 120ppm 이상의 고준위까지 발생빈도가 나타나고 있다. 우리나라 노동부의 허용기준인 100ppm을 초과하는 백분율은 1995년 상·하반기에 각각 3.4%와 2.7%이었으며, 1996년 상·하반기에는 각각 3.0%와 6.6%이었다. 한편, 매 반기별 전체 측정건수의 85.8~90.1%가 50ppm미만의 농도를 보였다. ACGIH는 중추신경계 영향에 근거하여 톨루엔에 대한 허용농도로서 50ppm(시간가중평균 허용농도: TLV-TWA)을 권고하였다(ACGIH, 1991). 아직까지 우리나라에서는 100ppm으로 기준으로 설정하고 있다.

그림 2는 측정기간동안의 소음도의 발생빈도 확률분포를 나타낸 것이다. 각 측정기간별로 85~95dB 사이에서 최대 분포를 보이고 있다. 전체 사례에서 허용기준 90dB를 초과한 경우는 평균 12.9%이었다. 이는 31~58%에 이르고 있는 연구 결과(김광종과 차철환, 1991; 조영채 등, 1988)와 비교하면 매우 낮은 수준이었다. 그러나, 우리나라 보건관리 기준인 85dB를 초과한 경우는 평균 69.4%에 달하였다. 따라서, 연구대상지역에서의 작업장 소음도는 비록 8시간 허용기준을 초과하지는 않았으나 지속적인 관리가 필요한 85~90dB에 집중되어 있음을 알 수 있다.

Table 4. Statistical results for 19 principal pollutants for each sampling period.

Polluting Species	First Half of 1995					Second Half of 1995				
	No of Samples	Min.	Max.	Arithmetic Mean	Standard Deviation	No of Samples	Min.	Max.	Arithmetic Mean	Standard Deviation
Acetone (ppm)	76	0.1	9.4	1.5	2.0	46	0.1	36.5	3.6	8.6
Benzene (ppm)	44	0.1	2.6	0.5	0.5	48	0.0	2.0	0.4	0.5
Ethyl Acetate (ppm)	99	0.2	60.0	4.4	8.3	53	0.1	21.3	3.2	4.7
Ethyl Benzene (ppm)	53	0.1	4.5	0.5	0.9	66	0.0	23.3	0.8	2.9
Isopropyl Alcohol (ppm)	25	0.2	49.4	6.9	12.2	68	0.1	64.4	13.2	15.3
Methyl Isobutyl Ketone (ppm)	76	0.1	69.9	5.9	14.3	55	0.0	42.1	3.1	8.0
m-Xylene (ppm)	74	0.1	22.6	1.4	3.8	86	0.0	22.1	0.9	2.6
Methanol (ppm)	57	0.0	495.9	27.9	74.6	84	0.8	359.6	30.8	70.7
n-Hexane (ppm)	111	0.0	30.6	5.5	7.0	94	0.0	36.5	7.4	8.6
o-Xylene (ppm)	48	0.1	10.8	1.0	2.3	55	0.0	10.1	0.5	1.4
Perchloroethylene (ppm)	3	4.6	78.2	30.6	41.3	3	0.1	0.4	0.2	0.2
p-Xylene (ppm)	50	0.0	10.0	0.9	2.0	55	0.0	10.4	0.6	1.5
Trichloroethylene (ppm)	7	0.2	118.0	28.5	48.8	12	0.2	67.9	6.7	19.3
Toluene (ppm)	208	0.0	142.6	21.8	26.4	190	0.0	181.1	23.6	29.6
1,1,1-Trichloroethane (ppm)	47	0.1	20.1	1.8	3.6	72	0.0	28.3	2.5	4.7
Dust (mg/m ³)	40	0.0	8.1	2.5	1.6	34	0.1	5.2	1.8	1.2
Fume (mg/m ³)	22	1.0	4.8	2.3	1.1	16	1.1	8.6	2.4	1.9
Lead (μg/m ³)	12	0.3	8.5	2.5	2.2	6	0.2	2.0	0.1	0.7
Noise (dB)	288	67.7	104.0	85.4	5.7	216	63.1	97.3	86.1	4.4

Polluting Species	First Half of 1996					Second Half of 1996				
	No of Samples	Min.	Max.	Arithmetic Mean	Standard Deviation	No. of Samples	Min.	Max.	Arithmetic Mean	Standard Deviation
Acetone (ppm)	57	0.4	44.8	4.5	7.2	36	77.8	0.7	78.6	8.4
Benzene (ppm)	27	0.1	9.8	1.5	2.6	8	2.4	0.4	2.8	1.2
Dichloromethane (ppm)						15	8.1	0.2	8.3	2.4
Ethyl Acetate (ppm)	98	0.4	38.1	5.7	6.9	53	36.1	0.7	36.8	8.7
Ethyl Benzene (ppm)	44	0.0	7.4	1.2	1.8	20	5.6	0.4	6.0	1.1
Isopropyl Alcohol (ppm)	126	0.7	105.8	21.4	24.4	94	107.3	0.9	108.2	23.4
Methyl Ethyl Ketone (ppm)	51	0.4	490.6	24.9	92.9	40	104.0	0.6	104.5	9.8
Methyl Isobutyl Ketone (ppm)	60	0.0	104.2	4.6	15.7	17	15.9	0.3	16.2	2.2
m-Xylene (ppm)	74	0.0	6.9	1.2	1.6	21	25.2	0.4	25.6	2.6
Methanol (ppm)	26	1.1	113.4	25.4	29.4					
n-Hexane (ppm)	138	0.1	70.0	7.6	10.9	84	32.5	0.4	32.8	7.8
o-Xylene (ppm)	47	0.0	3.3	0.8	0.8	8	3.9	0.3	4.2	1.2
Perchloroethylene (ppm)	8	0.7	59.8	16.3	22.6	3	8.6	1.3	9.9	5.0
p-Xylene (ppm)	36	0.0	3.0	0.8	0.8	5	42.9	0.4	43.3	11.5
Trichloroethylene (ppm)	9	0.5	56.9	13.6	18.8	2	0.5	0.9	1.4	1.1
Toluene (ppm)	364	0.0	235.2	21.0	32.1	258	349.8	0.2	350.0	25.1
1,1,1-Trichloroethane (ppm)	53	0.1	14.9	2.1	3.0	24	14.4	0.6	15.0	2.5
Dust (mg/m ³)	91	0.1	4.5	1.7	1.1	45	4.5	0.3	4.7	1.8
Fume (mg/m ³)	70	0.3	7.7	2.1	1.6	32	6.1	0.1	6.2	2.1
Lead (μg/m ³)	21	0.2	13.8	3.7	3.5	17	51.1	0.1	51.2	5.7
Manganese (μg/m ³)						10	0.2	0.1	0.2	52.3
Oil Mist (mg/m ³)	5	0.6	1.5	0.9	0.4	6	2.2	0.1	2.3	1.3
Noise (dB)	382	75.4	97.5	87.0	3.3	262	23.7	74.0	97.7	86.7

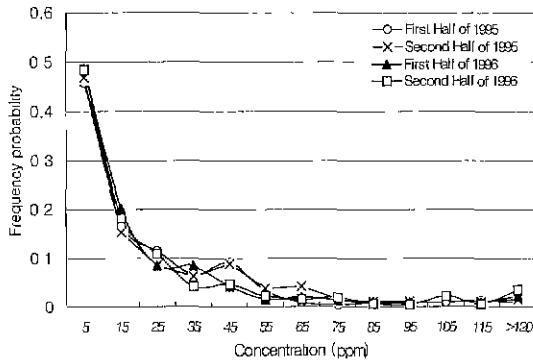


Fig. 1. Toluene concentration frequency probability for 1995~1996.

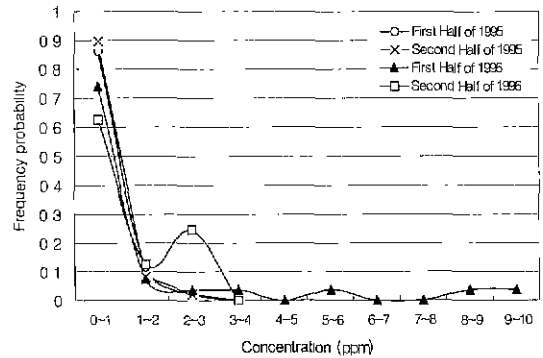


Fig. 3. Benzene concentration frequency probability for 1995~1996.

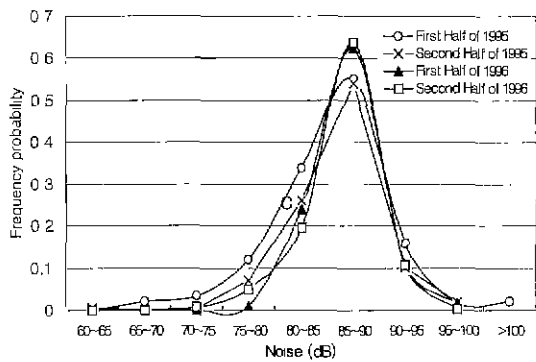


Fig. 2. Noise level frequency probability for 1995~1996.

그림 3은 측정기간동안의 벤젠의 농도별 확률분포를 나타낸 것이다. 각 측정기간별로 1ppm 미만인 경우는 1995년 상·하반기에 각각 86.4%와 89.6%이었으며, 1996년 상·하반기에는 각각 74.1%와 62.5%였다. 하지만, 측정 의뢰건수 측면에서는 1995년도 상·하반기에 각각 44건과 48건이었으나 1996년도에는 상·하반기 각각 27건과 8건으로 급격히 감소하여, 벤젠을 사용하는 사업장 자체가 급속히 감소함을 알 수 있었다. 이는 벤젠에 대한 위해도의 인식확산과 벤젠제조 또는 벤젠함유 제품의 제조규제가 대폭 강화되었기 때문으로 사료된다.

3. 2 업종별 작업환경실태 분석

표 5는 연구기간동안 측정대상 업종 중 제화, 인

쇄, 자동차 정비, 금속제품제조, 전기전자업종을 대상으로 업종별 측정 의뢰건수와 허용기준의 초과율을 나타낸 것이다. 메 반기별 전 업종에 걸쳐 소음 항목에 대한 측정건수가 가장 많았으며, 8시간 허용기준인 90 dB을 초과하는 건수는 2.0~19.7%이었다. 특히, 금속가공 업종은 소음에 대한 측정의뢰 건수가 56.5%를 차지하고 있었으며 19.7%가 허용기준을 초과하였다. 금속제품제조업과 전기전자업종은 물리적 인자인 소음, 분진, 금속훈연이 측정건수의 대부분을 차지하고 있었다. 특히, 전기전자업종은 소음보다 납에 대한 측정의뢰가 많아 주요 오염물질임을 암시한다.

제화업종은 톨루엔이외에 노르말렉산, 에틸아세테이트, 메틸이소부틸케톤, 메틸에틸케톤 등의 유기용제의 측정빈도가 높았으며, 그 중에서 톨루엔, 노말렉산, 트리클로로에틸렌, 메틸이소부틸케톤, 메틸에틸케톤 등이 노출기준을 초과하였다. 특히, 메틸이소부틸케톤은 인쇄업종(특히 실크인쇄업종)에서 약 10%의 초과율을 보였다. 인쇄업종에서는 유기용제 중 톨루엔, 이소프로필 알콜, 1, 1, 1-트리클로로에탄이 전체 측정 의뢰건수의 64%를 차지하고 있었다. 한편, 자동차정비업종은 퍼클로로에틸렌을 제외한 각종 유기용제가 검출되었으나 허용기준을 초과한 항목은 없었다. 이는 자동차정비시 도장작업이 주로 열처리 부스 내부에서 이루어지며, 부스내의 배기가 양호하게 유지되고 있음을 나타낸다.

한편, 발암성 물질인 벤젠은 제화업종에서 직접 사용하지는 않으나 본드 등의 불순물에서 발생한

Table 5. Number of samples and summary of exceeding PELs for the 5 categorized workplace group.

	Shoe Making Industry			Printing Industry			Auto Repairing Industry			Metal Processing Industry			Electronics/Electronics Industry		
	No of Exceeding Samples	Over Standard %	No. of Exceeding Standard	No of Exceeding Samples	Over Standard %	No. of Exceeding Standard	No of Exceeding Samples	Over Standard %	No. of Exceeding Standard	No of Exceeding Samples	Over Standard %	No. of Exceeding Standard	No of Exceeding Samples	Over Standard %	
Physical Factor	Dust	-	-	66	-	-	13	-	-	83	2	2.4	9	-	
	Oil Mist	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	1	-	
	Fume	-	-	-	-	-	78	1	1.3	58	6	10.3	4	-	
	Noise	148	3	2.0	560	76	13.5	154	18	11.7	249	49	19.7	37	5.4
Metal	Lead	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	53	1	1.9
	Manganese	-	-	-	-	-	7	-	-	2	-	-	1	-	
Organic Solvent	Toluene	350	21	6.0	503	19	3.8	139	-	10	-	-	18	-	
	o-Xylene	36	-	-	53	-	-	59	-	3	-	-	7	-	
	m-Xylene	71	-	-	76	-	-	93	-	6	-	-	9	-	
	p-Xylene	34	-	-	51	-	-	52	-	2	-	-	7	-	
	n-Hexane	322	2	0.6	51	-	-	45	-	6	-	-	3	-	
	Trichloroethylene	15	3	20.0	12	-	-	1	-	2	1	50.0	-	-	
	Isopropyl Alcohol	15	-	-	294	-	-	2	-	1	-	-	1	-	
	Methyl Ethyl Ketone	72	2	2.8	13	-	-	4	-	1	-	-	1	-	
	Methyl Isobutyl Ketone	107	1	0.9	44	4	9.1	56	-	1	-	-	-	-	
	Ethylbenzene	49	-	-	47	-	-	73	-	6	-	-	8	-	
	Perchloroethylene	7	-	-	8	2	25.0	-	-	1	-	-	1	-	
	Acetone	109	-	-	53	-	-	48	-	2	-	-	3	-	
	Ethylacetate	246	-	-	35	-	-	21	-	-	-	-	1	-	
1,1,1-Trichloroethane	45	-	-	129	-	-	9	-	3	-	-	10	-		
Dichloromethane	8	-	-	6	-	-	1	-	-	-	-	-	-		
Methylalcohol	97	7	7.2	43	-	-	25	-	-	-	-	2	-		
Specified Chemical Material	Benzene	83	-	-	29	-	-	12	-	2	-	-	1	-	

Table 6. Statistical results for the measured pollutants for the 5 categorized workplace group.

	Shoe Making Industry			Printing Industry			Auto Repairing Industry			Metal Processing Industry			Electronics Industry		
	No. of Samples	Mean	S.D	No. of Samples	Mean	S.D	No. of Samples	Mean	S.D	No. of Samples	Mean	S.D	No. of Samples	Mean	S.D
Acetone (ppm)	109	4.0	8.9	53	5.5	13.4	48	1.9	1.6	2	1.0	0.9	3	4.0	4.0
Benzene (ppm)	83	0.7	1.1	29	1.0	2.0	12	0.4	0.3	2	0.1	0.0			
Dichloromethane (ppm)	8	2.9	3.0	6	1.8	1.4									
Dust (mg/m ³)	39	2.1	1.3	66	1.6	1.0	13	1.8	1.4	83	2.1		9	1.4	1.1
Ethyl Acetate (ppm)	246	5.6	7.8	35	6.7	9.1	21	0.8	0.9						
Ethyl Benzene (ppm)	49	0.3	0.5	47	2.0	3.8	73	0.4	0.4	6	0.7		8	0.7	0.4
Forme (mg/m ³)							78	1.8	1.2	58	2.8	0.9	4	1.9	0.3
Isopropyl Alcohol (ppm)	15	4.5	12.5	294	20.0	22.1	2	2.8	2.8				53	3.8	7.5
Lead (µg/m ³)							2	2.2	0.7						
Methyl Ethyl Ketone (ppm)	72	22.3	79.3	13	4.1	7.2	4	0.6	0.1						
Methyl Isobutyl															
Ketone (ppm)	107	2.9	8.8	44	13.3	22.1	56	0.7	0.7						
m-Xylene (ppm)	71	0.3	0.4	76	2.9	5.3	93	0.6	0.8	6	1.3	2.5	9	1.0	0.7
Methanol (ppm)	97	43.0	83.9	43	13.9	23.9	25	2.6	2.0				2	2.4	0.3
Manganese (µg/m ³)							7	13.7	21.6	2	91.5	112.4			
n-Hexane (ppm)	322	8.6	9.6	51	3.4	6.8	45	1.2	3.4	6	1.6	2.0	3	2.0	3.3
Noise (dB)	148	84.2	4.9	560	87.1	3.3	154	86.1	4.6	249	86.5	5.4	37	84.2	4.6
o-Xylene (ppm)	36	0.2	0.2	53	1.7	2.5	59	0.3	0.4	3	1.2	1.8	7	0.5	0.4
Oil Mist (mg/m ³)							10	1.1	0.7						
Perchloroethylene (ppm)	7	7.0	11.6	8	21.9	31.4									
p-Xylene (ppm)	34	0.2	0.2	51	2.6	6.4	52	0.3	0.3	2	1.3	1.7	7	0.5	0.4
Trichloroethylene (ppm)	15	19.9	34.5	12	0.6	0.4				2	49.3	40.3			
Toluene (ppm)	350	35.1	33.9	503	20.5	33.7	139	3.1	3.6	10	4.8	9.6	18	2.3	3.4
1,1,1-Trichloroethane (ppm)	45	2.9	4.1	129	1.3	2.0	9	2.9	5.0	3	0.4	0.2	10	10.0	8.6

것으로 사료되며 인쇄작업에서도 미량 발생하였다.

표 6은 업종별 측정농도에 대한 시료의 수, 산술 평균, 표준편차 등을 나타낸 것이다. 제화와 전기전자업종을 제외한 업종들에서 소음의 평균값이 지속적인 관리가 요구되는 85 dB을 초과하였으며, 유기용제와 비교하여 농도편차는 상대적으로 작았다. 이와 같은 결과는 전 사업장에서 작업과정 중 발생하는 소음이 지속적으로 고소음 상태로 유지되고 있음을 반증하며 여타 오염물질보다도 시급하고 강력한 규제 및 대책수립이 요구된다고 할 수 있다.

그림 4~6은 업종별로 주요 유해인자의 발생빈도 확률분포를 도식한 것이다. 그림 4는 업종별로 톨루엔의 농도분포도를 나타낸 것이다. 자동차 정비, 금속제품가공, 전기전자업종의 톨루엔 농도는 모두 30 ppm 이하의 농도를 보였으며, 제화업종에서는 6.0%, 인쇄업종에서는 3.8%가 허용기준인 100 ppm을 초과하여 발생하고 있었다. 작업장의 시간가중평균허용농도(TLV-TWA) 측면에서 톨루엔에 대한 ACGIH(1991)의 새로운 권고농도인 50 ppm을 초과하는 사업장은 제화업종이 21.1%, 인쇄업종이 9.0%로 비교적 높게 분포하였다. 제화업종에서의 톨루엔의 농도는 변정식 등(1995)이 신발제조업체를 대상으로 측정 한 농도 89.9±56.2 ppm 보다는 다소 낮았다. 제화업종의 경우 생산공정 중 톨루엔의 배출공정으로는 각 구성 재료의 접착을 위한 본드에 톨루엔 성분이 일부 함유되어 있어 접착공정과 접착공정시 사용되는 솔(brush)의 본드성분을 제거하기 위한 세척공정 등이 주요한 원인으로 지목될 수 있으며 실제로 검출된 톨루엔의 대부분이 이러한 공정에서 배출된 것으로 사료된다. 인쇄업종의 경우 불랑켓 세척공정에서 세척제로 톨루엔 원액을 사용하는 것으로 조사되어 이 공정에서 휘발된 톨루엔의 흡입폭로가 이루어지는 것으로 예상된다. 아울러 세척시 사용된 용기 및 청소도구 등의 작업장내 방치가 주요한 원인으로 조사되었다. 그림 5는 업종별 소음도에 대한 확률분포를 도식한 것이다. 금속제품가공업종과 인쇄업종의 경우 분포도는 오른쪽 고소음 영역으로 치우쳐 있어 소음문제가 심각함을 알 수 있다. 전 업종에 걸쳐 소음의 최대 분포확률은 85~90 dB 영역에서 38~65%를 보이고 있다. 또한, 8시간 허용기준인 90 dB를 초과하는 경우는 제화 1.7%, 인쇄 13.6%, 자동차정비 11.6%, 금속제품가공

19.7%, 전기전자 5.4%이었다. 주로 금속제품가공 사업장에서 고수준의 소음이 검출되었는데 이는 생산공정 중 press, grinding 공정이 주요원인으로 조사되었다. 그림 6은 업종별 벤젠의 농도에 대한 확률분포를 나타낸 것이다. 벤젠의 총 측정 의뢰건수 중 제화업종이 차지하는 비율은 65.4%이었으며, 그 다음이 인쇄업종이었다. 인쇄업종에서는 물러 세척제로 예전에는 벤젠을 사용하다가 최근에는 톨루엔이나 기타 세척제로 교체되고 있다. 자동차정비에서는 도장작업이 벤젠의 주 발생작업이지만 측정의뢰율은 전 사업장의 9.5%로 비교적 적었다. 이것은 도료보다는 희석제에 주로 함유된 것으로 사료된다. 노대식(1975)에 의하면 한국에서 제조 판매되어 희석제로 쓰이는 신나의 용제성분을 분석한 결과 벤젠의 성분 함유량이 12.6%로 보고한 바 있다. 그림 6에서 벤젠농도의 확률분포는 81.8% 이상의 사업장이 1 ppm 미만을 보였으며, 우리나라 허용기준이 10 ppm을 초과하는 경우는 없었다. 하지만, 외국의 강화된 허용기준을 참조할 때(표 2), 결코 안심할 수 없는 수준의 농도분포를 보인다. 특히 제화, 인쇄 및 자동차 정비업종의 18.1%, 17.2%, 8.3%가 각각 1 ppm을 초과하고 있었다.

이상의 결과를 토대로 각종 사업장에서 근로자의 작업시 유해물질 폭로수준은 우려할 수준에 다다를 수 있음을 확인하였고 고농도로 장기노출시간 독성과 신장 독성이 관찰되는 톨루엔의 경우 제화업종 및 인쇄업종에서 최대 21.1%의 사업장에서 국제권고기준을 초과하고 있는 것으로 나타난 점은 톨루엔 취급 사업장에 대한 보다 적극적이고 시급한 대책이 요구된다고 할 수 있다. 톨루엔의 인체 노출경로는 호흡에 의한 흡입이 주요 경로로 알려져 있어 공정상의 톨루엔 흡입폭로를 예방하기 위하여 휘발되는 톨루엔을 근로자의 흡입위치에 도달하지 않게 하는 방법으로 grid형 혹은 slot형과 같은 국소 배기시스템의 도입이 시급할 것으로 사료된다. 본 연구에서 국소 배기시스템의 유·무에 따른 작업장내 톨루엔 농도의 비교를 실시하지 못하여 정확한 결론을 도출키는 부족하나 적절한 배기시스템의 도입은 작업장의 실내공기질 향상이 가능한 것으로 보고되고 있어 근로자의 흡입폭로를 최소화하는 적절한 방법으로 사료된다. 인쇄업종 작업에서의 톨루엔 농도 저감대책으로 제안할 수 있

는 것은 세척제로써 석유를 사용하여 휘발되는 물질의 감소를 도모하고 청소용기 및 도구의 밀폐를 철저히 하여 휘발되는 톨루엔의 양을 감소시키는 방안이 제시될 수 있다. 그러나 석유로 세척하는 과정이 톨루엔으로 세척하는 것보다는 시간과 노력이 많이 소요되어 현장의 근로자들이 석유사용을 기피하는 경향이 있어 근로자들에게 톨루엔의 인체 위해성에 대한 지속적인 교육과 홍보가 절실하다. 아울러 덜 유해한 세척제의 개발 및 보급이 시급히 요망된다 할 수 있다. 본 연구결과, 소음의 경우도 전 업종에서 지속적인 관리가 요망되는 85dB를 초과하거나 육박하는 결과를 나타내어 직업성 난청의 가능성을 제기하고 있어 각 업종별 소음발생 공정에서의 소음저감대책 수립 및 운용이 시급하다 할 수 있다. 특히 인쇄업종의 경우 인쇄기의 운전소음과 접지기의 운전소음이 주요 원인으로 지목되는데 이는 운전속도의 저감과 소음 발생부에 cab을 장착하는 방법 등이 제시 될 수 있다. Cab을 장착할 경우 소음발생이 약 5dB 정도 감소하는 것으로 조사되어 가장 확실한 소음저감대책이 될 수 있다. 또한 각 사업장에서 유해물질의 부적절한 취급, 보관 등으로 인한 2차적 폭로 가능성이 제기되어 이를 방지하기 위해서는 사업주와 근로자가 작업공정을 정확히 이해할 필요가 있으며 이를 기초로 업종별로 방출되는 주요 유해물질을 파악하고 목록을 작성하여 주요 유해물질의 인체 위해성, 안전성 등에 대하여 지속적인 교육과 점검이 필요하다. 아울러 폭로를 최소화 할 수 있는 적절한 취급방법을 모든 근로자에게

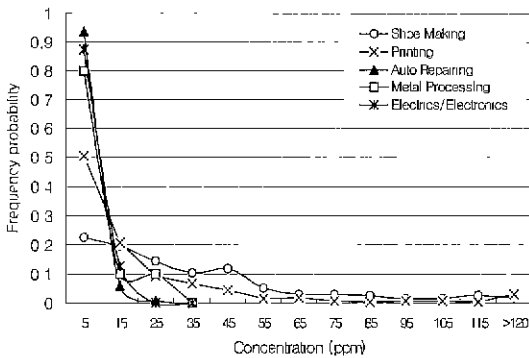


Fig. 4. Toluene concentration frequency probability for the 5 categorized workplace group.

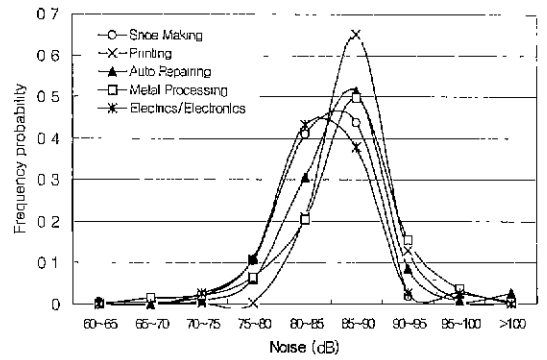


Fig. 5. Noise level frequency probability for the 5 categorized workplace group.

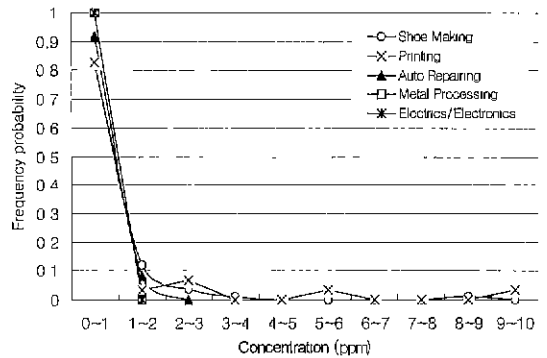


Fig. 6. Benzene concentration frequency probability for the 5 categorized workplace group.

로자에게 주지시키는 노력이 필요할 것으로 사료된다

4. 결 론

1995년부터 2년간 서울의 동부지역에 위치한 제화·인쇄·자동차 정비·금속제품가공·전기전자업종 등 5개 업종의 작업장을 대상으로 23종의 작업장 환경유해인자를 측정조사하였다. 본 연구는 측정자료를 바탕으로 측정기간별 및 업종별로 방출되는 유해인자를 단순통계분석하였으며 농도에 따른 확률분포를 조사하였다. 또한, 각종 허용기준과 비교하여 국내 작업환경의 현황과 개선책을 강구하고자 하였다.

본 연구의 측정자료가 전국의 사업장에서 방출되는 모든 유해물질들을 모두 분석하지는 못하였으나 주요 발생물질들을 연구대상에 포함시켰다. 하지만, 기후조건(온도, 습도, 풍향, 풍속 등)과 국소 배기시설의 유·무 등을 분석결과에 구체적으로 적용하지는 못하였다. 본 연구의 결과, 업종과 측정기관과 상관없이 측정 의뢰전수와 허용기준 초과율이 가장 높은 환경유해인자는 소음이였다. 특히 금속제품가공·인쇄·자동차정비 업종의 경우 8시간 허용기준을 초과하는 경우는 각각 19.7%, 13.6%, 11.6% 이였다. 한편, 발암성 물질인 벤젠의 직접 사용도는 낮아지고 있으나, 최근까지 공정상 불순물로 혼합되어 0.1~9.8 ppm의 농도범위를 보이고 있었다. 국내 허용기준치가 높아 기준을 초과하는 사례는 없었으나, 제화, 인쇄 및 자동차 정비업종의 경우 각각 18.1%, 17.2%, 8.3%가 1 ppm을 초과하고 있어, 기준의 강화와 대체물질의 개발이 시급한 것으로 사료되었다. 톨루엔의 경우, 제화업종에서는 6.0%, 인쇄업종에서는 3.8%가 허용기준인 100 ppm을 초과하여 발생하고 있었으며, 각국의 허용기준이 하향추세에 있는 만큼 이에 대한 위해도 평가연구가 요구되었다.

참 고 문 헌

국립과학연구소(1984) 용접·용단작업장의 유해환경 실태조사.
 김광중(1990) 납 취급장의 작업환경, 납 취급근로자의 건강장해, 근로복지공사 중앙병원 부설 직업병 연구소, 직연보, 13-90-2, 42-48
 김광중, 차철환(1991) 산업장 소음의 강도 및 주파수 특성에 관한 조사연구. 한국산업위생학회지, 1(2), 181-191
 김정만(1983) 유기용제 작업장의 환경관리, 한국의 산업의학, 22(3), 12-18.
 노대식(1975) 한국에서 제조 판매되는 신나의 작업환경기준 설정에 관한 연구. 高醫誌, 12(1).
 노동부(1994) 작업환경 측정 실시 규정, 노동부 고시 제 94-46호.
 노동부(1997) 95~96년 산업재해분석.
 대한산업보건협회(1992) 작업환경측정 종합연보.
 박기학, 신은상, 서종원(1995) 산업위생관리학, 동화기술
 변정식, 김정윤, 조영체, 김동현(1995) 신발제조업체의 점

착제 사용에 따른 직접·간접폭로 근로자들의 복합유기용제 폭로량과 자작증상 비교, 한국산업위생학회지, 5(2), 48-58.
 윤명조, 김광중, 김영환, 나규환, 이정환. 정문식(1987) 산업위생관리. 신평출판사.
 윤명조, 이경남, 백도명, 이은영, 김광중, 안규동, 이성호, 이송권(1993) 작업환경측정 대상 및 측정횟수조정제도 개발에 관한 연구보고, 한국산업안전공단, 1-15.
 이세훈(1986) 톨루엔의 독성과 생물학적 모니터링, 한국의 산업의학, 25(4), 115pp.
 조영체, 이동배, 심운택(1988) 산업장 근로자들의 청력 변동, 대한산업의학회지, 49, 9-19.
 ACGIH(1991) Threshold Limit values for chemical substances in the work environment adopted by ACGIH, with intended changes for 1991-1992.
 Baelum, J., I. Andersen, G.R. Lundqvist, L. Molhave, O.F. Pedersen, M. Vaeth, and D.P. Wyon(1985) Response of solvent exposed printers and unexposed controls to six hour toluene exposure, Scand J. Work Environ. & Health, 11, 271-280.
 Clayton, G.D. and F.E. Cylayton(1981) *Patty's industrial hygiene and toxicology*. 3rd, New York, John Wiley & Sons, 3283-3291
 Harper, M., M.L. Kimberland, R.J. Orr and L.V. Guild(1993) An evaluation of solvents for sampling ketones in workplace. Appl. Occup. Environ. Hyg., 8(4), 293-304.
 Keith, L.H. and M.M. Walker(1993) *EPA's Clean Air Act-Air Toxics Database*, Vol. I to Vol IV., Lewis Pub., London.
 IARC Working Group(1980) An evaluation of chemicals and industrial processes associated with cancer in humans based on humans and animal data. Cancer Research, 40, 1-20.
 Rom, W.N.(1992) *Environmental and Occupational Medicine*, Boston Little Brown and Company, 481-482.
 Sullivan, J.B. and G.R. Krieger(1992) Hazardous materials toxicology, Clinical principles of environmental health, USA. Williams and Wilkins.
 U.S. OSHA(1984) *Industrial Hygiene Technical Manual*. OSHA Instruction CPL 2-2, 20A.
 Vighanu, E.C.(1976) Leukemia associated with benzene exposure, in *Occupational Carcinogenesis*, Ann. NY Acad. Sci., 271, 143-151.
 WHO(1986) *Early Detection of Occupational Disease*, WHO.