

## 우리나라 산업장 근로자의 유기용제 폭로에 관한 연구

서울대학교 보건대학원 산업보건학교실

백남원 · 이영환 · 윤충식

— Abstract —

### A Study on Worker Exposure to Organic Solvents in Korea

Nam Won Paik, Young Hwan Lee, Chung Sik Yoon

*Industrial Health Program, School of Public Health, Seoul National University,  
Seoul, Korea*

Korea has been rapidly industrialized during the past 35 years. During this period, Korea has emphasized only production and workers health has been ignored. Workers are most frequently exposed to organic vapors, such as thinners. This study was performed to evaluate worker exposures to organic solvents by size and type of industry. Results are summarized below.

Workers were exposed to mixtures of toluene, xylenes, trichloroethylene, n-hexane, acetone, methanol, n-butanol, n-butyl acetate, and MIBK. Considering additive effects of the compounds, exposure indices (EIs) were calculated. It was found that worker exposures to organic solvents were highest in small industries and lowest in large industries. During a day shift, the highest exposure was indicated 3 - 5 p.m. in the afternoon. Workers in small industries had potential exposures exceeding permissible exposure limits for organic solvents. Local exhaust systems were inappropriate and respiratory protective devices were not supplied to the workers in small industries.

Neither program for safe use and storage of toxic materials nor program for respirators was found in any of the plants investigated.

Based on the results of the study, workers of small scale industries should be considered first in industrial health.

**Key Words :** Organic solvent, Toluene, Xylene, n-Hexane, Worker exposure

\* 본 연구는 1995년도 한국과학재단 핵심전문연구과제 (과제번호 KOSEF 951-0707-060-2) 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## I. 서 론

유기용제는 산업장에서 가장 많이 쓰이는 물질이며 특히 페인트 및 기타 용제로 흔히 사용된다. 작업환경측정기술협회에서 1995년도 상반기에 측정된 자료를 보면 근로자의 노출농도가 허용기준을 초과한 건수는 trichloroethylene과 toluene에서 각각 7.34 %와 3.99 %였다 (작업환경측정기술협회, 1995). 김 등의 보고에 의하면 일부 페인트작업에 있어서 공기중 방향족탄화수소의 농도가 허용기준을 초과한 율은 29.5 %였으며 (김광종 등, 1991), 최 등의 보고에 의하면 일부 도료제조업에서 복합유기용제농도가 허용기준을 초과한 율은 23 %였다 (최호춘 등, 1993).

여러 종류의 유기용제가 혼합되어 있을때 그 독성은 상가작용 (additive effect) 또는 상승작용 (synergistic effect)을 한다고 알려져 있다 (ACGIH, 1997). 선진 공업국에서는 유기용제에 의한 직업병이 전체 직업병의 대부분을 차지하고 있으나 우리나라에서는 유기용제에 의한 직업병이 거의 발견되지 않고 있으며 (노동부, 1996) 이는 산업보건분야의 기초자료가 부족하고 또한 전문가의 능력이 부족하기 때문이라 생각한다. 최근 노동부의 '산업안전보건법'에서는 '근로자의 알 권리 (right to know)'의 일환으로 기업주에 하여금 근로자가 사용하는 물질에 대한 물질안전보건자료 (Material Safety Data Sheet, MSDS)를 비치하도록 규정하고 있다. MSDS에는 유기용제의 구성성분이 정확히 기록되어 있어야 한다 (노동부, 1996).

이 연구의 목적은

1. 우리나라 근로자들의 유기용제 노출실태를 사업장 규모별, 업종별 및 공정별로 평가하고
2. 유해물질의 보관과 취급실태를 파악하고
3. 공학적 환경관리시설을 평가하고
4. 근로자의 보호구 착용실태를 평가하여

우리나라 근로자의 유기용제 노출을 예방하기 위한 기초자료를 제공하는 데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 대상 사업장

유기용제를 취급하는 사업장으로서 대기업, 중소기업 및 소규모 영세사업장 등을 대상으로 하였으며, 여기서 대기업이란 국내의 5대 대기업체에 속하는 기업체로서 조사대상 단위사업장의 종업원수는 1000명 이상이었다. 소규모 영세사업장이란 종업원수 10명 미만으로서 대기업의 용역을 받아 대기업체 안에서 일하는 협력업체를 말하며, 대기업과 소규모 영세사업장 사이에 속하는 규모의 기업체를 중소기업으로 분류하였다.

이 연구에서는 유기용제를 취급하는 사업장으로서 대기업에 속하는 전기기기제품 제조업 3개 공장, 대기업의 협력업체인 소규모 영세사업장 2개 공장, 그리고 중소기업에 속하는 10개 공장 등 총 15개 공장을 대상으로 하였다. 대상사업장에서는 산업보건학적으로 의의가 큰 유기용제인 알칸계 탄화수소 (n-Hexane 포함), 방향족 탄화수소 (Toluene, xylene 포함), 그리고 할로젠화 화합물 (Trichloroethylene 포함) 등을 사용하였으며 대상 업종은 다음과 같다.

- 전기기기제품 (Elevator, 주차설비, 자판기 등) 제조업
- 전자제품 (PCB기판) 제조업
- 자동차 부품 제조업 및 자동차 애프터 서비스 (A/S) 사업장
- 출판물 인쇄업
- 음향기기 (Speaker) 제조업
- 탈지작업 (degreasing)

조사항목으로는 유해물질의 공기중 농도, 유해물질 보관과 취급실태, 공학적 환경관리시설 현황 및 근로자의 보호구 착용실태 등이었다.

### 2. 공기중 유기용제 농도의 측정방법

미국 국립산업안전보건연구원 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서 추천하는 공정시험법을 적용하였다.

개인용 시료채취기를 사용하여 활성탄 (activated carbon)에 0.05-0.20 lpm 정도의 유량으로 공기중 유기용제를 흡착시킨 후 이황화탄소 (CS<sub>2</sub>)로 탈착 (desorption)하여 Gas Chromatography (GC)를 사용하여 분석하였다 (NIOSH, 1994).

물질별로 본 NIOSH 공정시험법 번호는 "표 1"과 같다.

**Table 1.** NIOSH method number by materials sampled and analyzed

Material Sampled / Analyzed	NIOSH Method No.
Acetone	1300
n-Butanol	1401
n-Butyl Acetate	1450
n-Hexane	1500
Methanol	2000
MIBK (Methyl iso-Butyl Ketone or 2-Butanone)	2500
Toluene	1500
Trichloroethylene	1022
Xylene	1501

### 3. 측정시간

시간가중평균치를 측정하기 위하여 6시간 이상 시료를 채취하였고, 또한 시간별 농도변화를 보기 위하여 1-2시간별로 측정하였다.

### 4. 자료의 통계학적 분석

측정자료의 분포를 평가한 결과 측정농도의 분포가 대수정규분포였으므로 대표치로서 기하평균치를 계산하고 농도범위를 제시하였고 대부분의 물질이 복합물질이므로 상가작용에 의한 노출지수 (EI, Exposure Index)를 다음과 같이 산출하였다 (ACGIH, 1997).

노출지수 (EI) =

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

여기서 C<sub>n</sub> : 물질 n의 공기중 농도

T<sub>n</sub> : 물질 n의 TLV

위의 노출지수가 "1"을 초과하면 복합유기용제 농도가 허용농도를 초과한 것으로 평가하였다.

시료채취 방법에 따른 결과의 차이를 평가하기 위하여 개인시료와 장소시료에 의한 분석결과를 t-test로 처리하여 평가하였다 (이동우, 1985).

## III. 결과 및 고찰

### 1. 시료채취방법별 비교

총 244개의 시료를 채취하였고 그 중 170개는 근로자의 호흡위치에서 측정된 개인시료였고 나머지 74개는 작업장에서 채취한 장소시료 (또는 지역 시료)였다. 장소시료는 개인시료에 대한 보조용으로 채취하였다. 근로자의 노출을 평가하는데는 개인시료가 적절하므로 평가에 있어서는 개인시료에 의한 결과를 적용하였다. 측정자료를 요약하면 "표 2" 및 "그림 1"과 같다 (노동부, 1998; ACGIH, 1997). 근로자들이 취급하는 유기용제를 보면 toluene과 xylene이 가장 흔히 사용되었고, 그 외에 trichloroethylene, n-hexane, n-butanol, n-butylacetate, MIBK 및 methanol 등이 사용되었다. 이러한 유기용제에 대한 미국 ACGIH-TLVs는 "표 3"과 같다. 시료채취방법이 유기용제 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 개인시료와 장소시료에 의한 결과를 t-test로 검정한 결과 유의한 차이는 없었다 (p < 0.01).

### 2. 규모별로 본 노출수준

근로자의 호흡위치에서 측정된 자료를 이용하여 사업장 규모별로 보면 대기업에서 평균 노출지수가 0.006-0.12로서 가장 낮았고 영세규모 사업장인 협력업체에서는 평균 노출지수가 0.35-0.41로서 가장 높았다. 한편 중소기업 사업장은 평균 노출지수가 0.01-0.24로서 대기업과 영세기업의 중간이었다. 모든 사업장에서 평균 노출지수가 "1"미만이므로 허용농도를 초과하지는 않았다.

Elevator를 제조하는 공장의 도장작업을 사업장 규모별로 보면 대기업 근로자의 노출지수는 0.001 - 0.011 (평균 0.006)이었으나 영세기업 근로자의 노출지수는 0.26-0.42 (평균 0.35)로서 약 60배의 차이가 있었다. Silk screen 공정에서도 대기업 근로자와 영세협력업체 근로자의 노출지수는 각각

0.004-0.027 (평균 0.015)와 0.25-1.15 (평균 0.41)로서 약 30배의 차이를 보였다.

사업장 규모에 따라 이렇게 큰 차이가 있는 데는 다음과 같은 원인이 있었다.

첫째, 대기업에서는 가장 열악한 공정에 대하여 직접 작업하지 않고 소규모 협력업체를 고용하는 경

향이 있다. 이러한 공정에는 환기시설이 없거나 매우 부족하다. 이 작업공정은 대기업의 소유이므로 대기업에서 환경을 개선하지 않는 한 환경개선은 있을 수 없고 협력업체가 개선할 수는 없다. 그러나 대기업에서는 이러한 공정을 이미 협력업체에게 맡겼으므로 더 이상 환경개선에 관하여 관심이 없다.

**Table 2.** Summary of worker exposure to organic vapors by type and size of industry

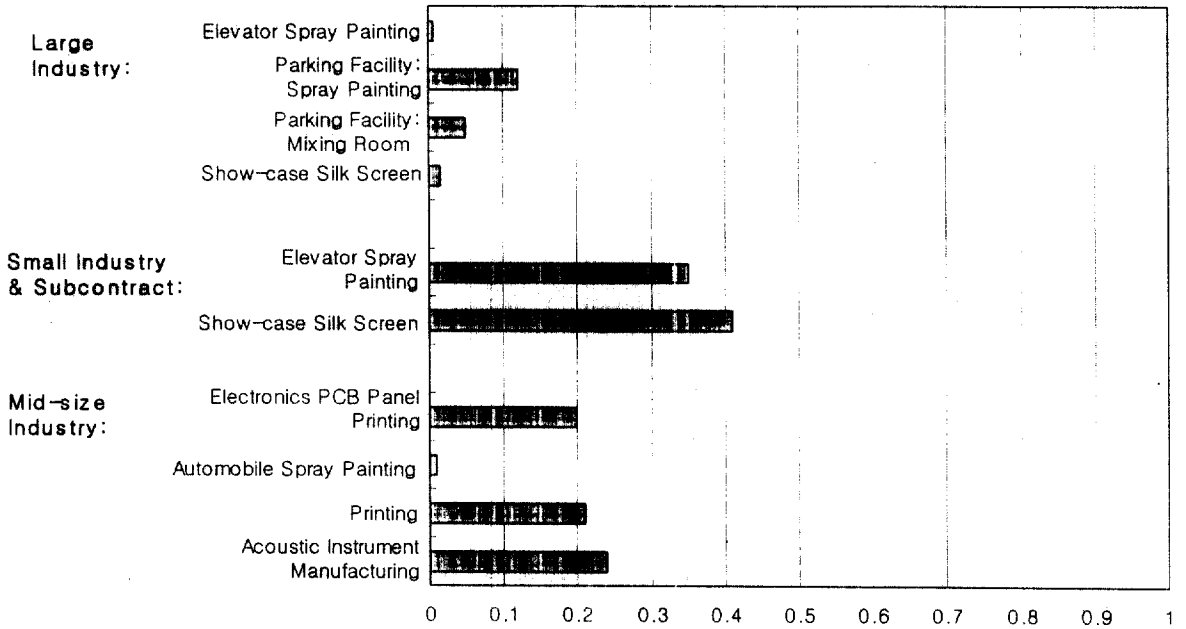
Size of Industry	Type of Industry and Process	Organic Vapors Found	Type of Sampling and Number	Exposure Index (EI)			
				GM*	GSD**	Range	
Large	Elevator Manufacturing : Spray Painting	Toluene,	Personal	8	0.006	1.25	0.001-0.011
		Xylene	Area	9	0.005	1.50	0.001-0.012
	Parking Facility: Spray " " : Mixing Room	Toluene,	Personal	2	0.12	1.10	0.10-0.13
		Xylene	Area	6	0.47	1.34	0.15-0.68
			Area	6	0.05	1.20	0.001-0.06
	Show - Case Maker : Silk Screen	Toluene,	Personal	9	0.015	1.63	0.004-0.027
Xylene, Acetone, Methanol		Area	4	0.005	1.60	0.001-0.009	
Mid-sized	Electronic Parts, PCB Panel Manufacturing: Printing, Degreasing	Trichloro- ethylene,	Personal	33	0.20	1.75	0.06-0.73
		Toluene	Area	14	0.25	1.48	0.13-0.50
	Automobile Parts Producing & A/S: Painting	n-Hexane,	Personal	29	0.01	4.00	0.004-0.13
		Toluene	Area	27	0.02	2.00	0.01-0.08
	Publishing: Printing	n-Hexane, Toluene, Trichloro- ethylene	Personal	61	0.21	1.81	0.01-1.13
Small & Sub-contract	Acoustic Instrument Manufacturing: Bonding	n-Hexane,	Personal	19	0.24	1.38	0.06-0.70
		Toluene	Area	4	0.09	1.22	0.05-0.12
	Elevator Manufacturing : Painting	Toluene, Xylene	Personal	3	0.35	1.20	0.26-0.42
Show-Case Manufacturing : Silk Screen	Toluene, Xylene, n-Butanol, n-Butyl- acetate, n-Hexane, MIBK	Personal	6	0.41	2.59	0.25-1.15	
		Area	4	0.19	1.84	0.12-0.51	

GM\* : Geometric Mean

GSD\*\* : Geometric Standard Deviation

둘째, 소규모 협력업체는 대기업에 대하여 약자의 입장에 있으므로 환경개선을 요구할 수 없다. 셋째, 소규모 협력업체의 근로자수는 대부분 10명 미만이며 협력업체의 소유주도 현장에서 근로자들과 함께 일한다. 대부분의 소유주는 근로자가 작업환경

이 열악하다는 사실을 알게 되는 것을 싫어한다. 그러므로 소유주는 환경이 열악하다는 사실을 은폐하기 위하여 호흡보호구를 착용하지 않으며 근로자에게 보호구를 제공하지도 않는다.



### Exposure Index

Fig. 1. Worker exposure to organic vapors by size and type of industry (Results of Personal Samples).

Table 3. Korean occupational health standards and ACGIH-TLVs by material

Material	Korean Standards, ppm		ACGIH-TLVs, ppm	
	8-Hour TWA	STEL	8-Hour TWA	STEL
Acetone	750	1000	500	750
n-Butanol - Skin	100	150	-	C50
n-Butyl acetate	150	200	150	200
n-Hexane	50	-	50	-
Methanol - Skin	200	250	200	250
MIBK (Methyl isobutyl ketone)	50	75	50	75
Toluene - Skin	100	150	50	-
Trichloroethylene	50	200	50	100
Xylene (o-, m-, p-isomers)	100	150	100	150

### 3. 작업시간별 변이

시간별로 측정된 자료에 의하면 공기중의 유기용제 농도는 작업시간에 따라 변화가 많았고 일반적으로 오후 3-5시 사이에 가장 높았다. 이것은 작업이 진전됨에 따라 사용된 유기용제 증기가 공기중으로 발생하여 누적되며 오후 3-5시 사이에 최고수준에 도달함을 의미한다. 협력업체의 silk screen 작업에서는 시간에 따라 노출지수가 허용기준 "1"을 초과하는 경우가 있었다. 여기에는 국소배기시설이 설치되어 있었으나 근로자가 사용하지 않았고, 근로자는 국소배기시설이 없는 비정상적인 장소에서 작업을 하고 있었다. 또한 개인보호구도 구비되어 있지 않았다. 근로자에 대한 보건교육이 필요하다.

### 4. 작업공정별로 본 노출수준

중소기업 사업장에서는 (1) 전자부품 PCB판 프린트와 탈지 공정, (2) 자동차 부품 제조와 애프터 서비스에서의 도장공정, (3) 인쇄업의 프린트 공정 및 (4) 음향기기 제조업의 본드 공정 등 4개 공정에 대하여 근로자의 노출수준을 비교한 결과 자동차 부품 제조 및 애프터 서비스에서의 도장 공정에서 다른 공정에 비하여 가장 낮은 노출수준을 보였다 ( $p < 0.01$ ).

그러나 PCB기판 제조업의 인쇄와 탈지공정, 인쇄업의 프린트공정 및 음향기기제조업의 본드공정 등 3개공정에서는 평균 노출지수가 0.20-0.24의 범위내에 속하였고 공정간에 유의한 차이를 볼 수 없었다 ( $p > 0.05$ ).

대기업내에서도 생산품의 종류에 따라 근로자의 유기용제 노출수준에는 차이가 있었다. 즉 근로자의 유기용제 노출지수가 가장 높은 곳은 주차설비의 도장작업으로서 노출지수 0.10-0.13 (평균 0.12)였고, 다음으로 자판기 silk screen 작업과 elevator 도장작업으로서 평균노출지수는 각각 0.015와 0.006이었다.

### 5. 유해물질 보관과 취급

모든 대상 사업장에서 유해물질 보관과 취급상태가 부적절하였다. 유해물질을 보관하는 cabinet는 거의 찾아볼 수 없었고 유해물질 통이 사업장 바닥에 여기저기 널려 있었고 페인트 뚜껑이 열린 채 방

치된 것도 많았다. 대기업과 중소기업에서 모두 불량하였다. 적절한 유해물질관리는 우리나라 사업장에서 시급히 실시되어야 할 과제이다.

### 6. 환기시설 현황

대기업에서 가장 양호하였고 다음으로 중소기업과 소규모사업장의 순이었다. 소규모 사업장의 환기시설은 매우 불량하였으며, 환기시설이 전혀 없는 곳도 발견되었으며 이러한 곳에서는 유기용제로 인한 급성중독이 나타날 가능성도 있었다. 또한 국소배기시설이 있으나 그 시설을 적절히 사용하지 않는 경우도 있었다. 이는 보건교육이 제대로 실시되지 않았기 때문이라고 생각한다.

### 7. 개인보호구 착용실태

대기업에서는 대부분 개인보호구를 제공하고 있으나 적절한 보호구 프로그램이 없으므로 보호구선정, 보관 및 청결 등에 문제가 많았다. 한편 중소기업과 소규모사업장에서는 경제적 여건으로 보호구를 제공하지 않는 곳이 많았다.

## IV. 결 론

본 연구는 우리나라 산업장 근로자들이 가장 많이 노출되는 물질인 유기용제를 대상으로 하였으며 산업장 규모별 공정별 및 작업시간대별로 근로자들의 유기용제 노출실태를 평가하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

규모별로 볼때 영세기업 근로자의 노출이 가장 심하였고 다음이 중소기업 근로자였고 마지막으로 대기업 근로자들의 유기용제 노출이 가장 낮았다. 그 이유는 사업장의 규모가 클수록 환기시설을 설치할 수 있는 경제적 여유가 있었고 또한 근로자를 보호하는 것이 기업의 이미지를 높인다고 인식하기 때문이었다. 영세기업 근로자들은 작업환경이 열악하여 허용농도를 초과하는 경우가 있었고 또한 호흡보호구도 제공되지 않고 있었다.

작업시간별로 근로자의 노출수준을 본 결과 오후 3-5시경에서 가장 높았다.

작업공정에 따라 근로자의 노출수준에 차이가 있었고 중소기업에서 보면 자동차부품제조업이나 자동차 서비스공장에서는 비교적 노출수준이 낮았고,

PCB기판 인쇄와 탈지, 출판물 인쇄 및 음향기기 제조업의 접착제 취급과정 등에서 높았다. 대기업내에서도 생산품의 종류에 따라 근로자의 유기용제 노출 수준에는 차이가 있었고 유기용제 노출지수가 가장 높은 곳은 주차설비의 도장작업이었고, 다음으로 자판기 silk screen 작업과 elevator 도장작업의 순서였다.

전반적으로 유해물질 보관과 취급실태가 매우 불량하였다.

## REFERENCES

김광중, 박 원, 김정철: 도장작업장 공기중 복합유기용제 농도 분석에 관한 조사연구. 한국산업위생학회지 1991; 1.8-15.

노동부\*: '95산업재해분석. 행정간행물등록번호 41000-68320-6-10. 노동부, 1996.

노동부\*: 산업안전보건법. 노동부, 1996.

노동부\*: 화학물질 및 물리적인자의 노출기준. 고시 제97-65호. 노동부, 1998.

이동우: 보건통계학방법. 신평출판사, 서울, 1985.

최호춘, 오도석, 오세민, 정규철: 도료 제조업 근로자들의 복합유기용제 폭로농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1993; 2, 177-187.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): 1997 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. ACGIH, Ohio, 1997.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): NIOSH Manual of Analytical Methods, 4th Edition, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113, NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1994.