한국산업위생학회지 제11권 제3호(2001년 12월)
J Korean Soc Occup Environ Hyg 2001;11(3):219-228

제조업 산업장의 유기용제 노출에 관한 연구

문덕환 · 김정하* · 김필자‡ · 박명희 · 황용식 · 이채관 · 이창희

인제대학교 의과대학 산업의학과 및 산업의학연구소, 인제대학교 대학원 보건학과*

A study on exposure of organic solvents in manufacturing industry

Deog-Hwan Moon · Jeong-Ha Kim* · Pil-Ja Kim‡ · Myung-Hee Park · Yong-sik Hwang · Chae-Kwan Lee · Chang-Hee Lee

Department of Occupational & Environmental Medicine, College of Medicine and Institute of Industrial Medicine, Department of Public Health, Graduate school, Inje University*

Objective : For the purpose of preparing the fundamental data and health promotion and control program on organic solvents in air of manufacturing industry.

Methods : The author surveyed number of organic solvent components which was used in working site and also determined the organic solvents concentration in air of 927 manufacturing industries and 1,267 working process with gas chromatography(NIOSH manual) for five years from 1995 to 1999.

Results : Mean number of solvents components by type of industry, working process was number of 12.

There were exceeded to TLV of 1,2-dichloroethane in textile manufacturing industry N,N-dimethyl furan in tanning and dressing of leather ; luggage, handbags, saddlery, harness and footwear manufacturing industry and chemical and chemical product manufacturing industry by type of industry.

There were exceeded to TLV of 1,2-dichloroethane in handwriting and drawing process, cellosolve in adhesive spreading process, N,N-dimethly furan in production of solvent process and adhesion process by working process

Total exceeded rate to threshold limit values of organic solvents mixture were 12.9% for EI(Exposure index) and 10.0% for Em(Estimation of mixture) by type of industry, 11.3% for EI and 8.2% for Em by type of working process.

The highest exceed rate was 36.7% for EI in tanning and dressing of leather ; luggage handbags, saddlery, harness and footwear manufacturing industry and 29.0% for Em in textile manufacturing industry. The highest exceeded rate was 23.1% for EI and 12.5% for Em in adhesive spreading process by working process.

Mean values of total subjects by type of industry and type of working process were 0.7±1.8 for EI and 0.7±1.7 for Em respectively.

Conclusions : As above results, the author suggest that it makes the environmental control program on 1.2-dichloro-ethane, N,N-dimethyl furan, cellosolve by kind of organic solvent and on textile manufacturing industry, tanning and dressing of leather ; luggage, handbags, saddlery harness and footwear manufacturing industry by type of industry, and on handwriting, drawing process and adhesive spreading process and adhesion process by type of working process.

Key Words : Manufacturing industry, Organic solvents, TLV(EI, Em)

I. 서 론

산업이 발달함에 따라 혼합 유기용제는 매우 광범위하게 사용되고 있으며, 이와 더불어 건강에 대한 위험성이 오래 전부터 인식되어 왔다(板井公, 1989). 유기용제는 탄소를 함유한 유기화합물로서 피용해물질의 성질을 변화시키지 않고 다른 물질은 용해시킬 수 있는 특성 때문에 많은 산업장에서 이용되고 있다(이재선, 1994).

혼합 유기용제는 주로 접착제, 도료, 인

접수일 : 2001년 8월 31일, 채택일 : 2001년 12월 17일
‡ 교신저자 : 김필자(인제대학교 의과대학 산업의학과 및 산업의학연구소
Tel : 051-890-6745, Fax : 051-895-7040, E-mail : iimmdh@ijnc.inje.ac.kr)

쇄잉크, 수지 등의 제조 및 배합, 의약품의 추출, 금속제품의 탈지, 세정, 드라이 크리닝 등 여러 업종에서 널리 사용되고 있으므로 직업적으로 노출될 기회가 흔한 화학물질이며 대부분 휘발성이 높아 작업장 공기중에 비교적 고농도로 존재할 수 있으며 호흡에 의한 체내 흡입이 용이하여 근로자에게 노출 기회가 흔한 물질이며(이세훈, 1998; 문영환, 1987) 더욱이 혼합 유기용제는 산업장에서 뿐만 아니라 가정에서도 많이 사용되고 있어 거의 모든 장소에서 발견된다(김재춘, 2000; Saito J, Ikeda M, 1983).

일반적으로 유해물질에 대한 노출 평가 방법 중 노출 근로자들이 호소하는 증상 및 징후에 기초를 둔 임상의학적 접근 방식도 유용하게 사용되고 있지만, 보다 객관적인 것으로는 실제 작업환경에서의 유해물질을 측정하는 것과 노출된 근로자들로부터 채취한 생물학적인 시료에서 노출량을 측정하는 방법(생물학적 모니터링)이 있다.

그런데 대부분의 유기용제는 생물학적 반감기가 짧기 때문에 생물학적 모니터링에 의한 결과는 주로 급성 노출만을 반영하고 저농도 노출의 경우에는 그 효용성이 현저히 저하된다(조수헌 등, 1993; Lundberg I, Sollenberg J, 1986). 따라서 혼합 유기용제의 노출을 평가하는데 있어서도 작업환경에서 혼합 유기용제의 기중농도를 측정하는 것이 다른 어떠한 방법보다 상대적으로 큰 비중을 지닌다고 할 수 있다.

한편 산업장에서의 혼합 유기용제 노출은 실제에 있어서는 단일 물질에 의한 노출이라기 보다는 대부분 혼합 유기용제에 의한 노출이다(김재춘, 2000; 변정식 등, 1995; 조수원 등, 1994; Winchester RV, Medjar VM, 1986). 그리고 혼합 유기용제가 인체에 미치는 효과는 서로 가중되어 나타나기 때문에 혼합 유기용제에 대한 작업환경 측정에 대해서도 혼합물을 구성하는 각각의 물질이 빠짐없이 모두 측정되어야 한다는 전제가 있어야 할 것이다(김재춘, 2000). 그러나 각 사업장에서 노출이 예상되는 혼합 유기용제의 종류를 전부 측정한다는 것은 혼합 유기용제가 아주 소규모 사업장까지 다양하게 사용된다는 보편성과 작업환경 측정기관들의 분석 능력등을 고려한다면 현실적으로 대단히 어려운 일이다. 이에 덧붙여 실제 사용되고 있는 혼합 유기용제의 혼합성분이 사용자에게 정확하게 고지되어 있지 못한다면 혼합 유기용제에 의한 건강피해를 작업환경 측정치로써 평가하는데는 한계가 있을 수 있다고 생각된다(조수원 등, 1994). 즉 노동부의 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부, 1999)에 의하면 화학물질이 2종 이상 존재하는 경우 혼재하는 물질간에 유해성이 인체의 서로 다른 부위에 작용한다는 명확한 증거가 없는 한 유해작용은 가중되므로 허용농도는 화학물질 각각의 허용농도에 대한 화학물질 각각의 측정농도의 비를 더하여 수치가 1을 초과하지 않는 것으로 하고 있다. 따라서 혼합 유기용제를 사용하는 작업환경의 평가는 단일 유기용제에 대한 허용기준 초과여부를 판단하는 과정을 거쳐 혼재된 물질에 포함되어 있는 각각의 혼합 유기용제 성분을 파악하여 혼재된 혼합 유기용제를 종합적으로 평가하는 과정을 밟아야 한다.

또한 선진공업국에서는 혼합 유기용제에 의한 직업병이 전체 직업병의 많은 부분을 차지하고 있으나 우리나라에서는 혼합 유기용제에 의한 직업병이 거의 발견되지 않고 있으며 이는 근로자에게 영향을 미치는 여러 종류의 혼합 유기용제에 대하여 정성·정량 분석하여 혼합 유기용제로 평가되어야 함에도 불구하고 제조업 산업장에서 사용되는 혼합 유기용제에 대한 평가자료가 부족할 뿐만 아니라 산업장내 기중 혼합 유기용제의 농도에 대한 경시적인 변화 양상 등을 파악하여 보고한 기초자료들이 대단히 미흡한 실정이다(이재선등, 1994; 김재춘, 2000).

혼합 유기용제를 취급하는 부산지역 제조업 산업장의 5년간 작업환경측정 자료를 바탕으로 각 업종, 공정 및 산업장 규모별로 혼합 유기용제 사용실태를 평가하고 또한 노출지수와 혼합물질의 평가방법에 따라 근로자들의 노출정도를 파악함으로써 혼합 유기용제를 취급하는 근로자들의 직업병 예방을 위한 대책 마련은 물론 이들이 근무하는 작업환경 관리에 일조가 되게 할 뿐만 아니라 추후 이들 분야의 기초자료를 제공하고자 본 연구를 시도하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상 및 기간

산업안전보건법 제42조 및 시행규칙 제93조에 의거하여 작업환경측정 대상 사업장 중 부산지역에 소재하고 있는 11개 업종의 제조업 산업장을 대상으로 1995년 1

Table 1. Number of factories by type of industry

( ) : %

Type of industry	Number
Manufacture of textiles	62(6.7)
Tanning and dressing of leather ; Manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	90(9.7)
Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture ; Manufacture of articles of straw and plaiting materials	48(5.2)
Manufacture of pulp, paper and paper products	15(1.6)
Publishing, printing and reproduction of recorded media	35(3.8)
Manufacture of chemicals and chemical products	59(6.4)
Manufacture of rubber and plastics products	25(2.7)
Manufacture of machinery and equipment	90(9.7)
Manufacture of electrical machinery and apparatus N.E.C*	59(6.4)
Ship building and ship repairing	18(1.9)
Manufacture of N.E.C*	426(46.0)
Total	927(100)

* N.E.C : Not Especially Classified

월부터 1999년 12월까지 5년동안 매년 상·하반기로 구분하여 조사하였으며 조사대상 사업장의 업종별 분류는 한국산업표준분류 중 중분류에 의하였으며(표 1), 공정별 분류는 한국산업안전공단(2000)이 혼합 유기용제 취급공정을 분류한 것과 동일하게 하였으며(표 2), 근로자수에 따른 규모별 사업장수는 표 3과 같으며 각 연도별 사업장수는 표 4와 같다.

2. 공기 중 혼합 유기용제 농도의 측정방법

공기 중 혼합 유기용제의 개인별 시료 포집은 개인용 시료 채취기(personal air sampler)를 사용하여 홀더에 활성탄관(activated charcoal tube)를 장착하여 근로자의 호흡기에서 가장 가까운 위치에서 0.2 ℓ/min ~ 0.5 ℓ/min 정도의 유량으로 30분 ~ 1시간 단위로 6시간 이상 연속 시료를 채취하였다. 포집된 활성탄관의 양단을 플라스틱 마개로 봉한 후 실험실로 옮겨 활성탄관을 절단하고 활성탄을 초자용기에 옮겨 후드가 설치된 실험실에서 이황화탄소(CS_2) 0.5㎖를 넣어 30분간 방치하여 탈착시킨 다음 5㎕ 주사기를 사용하여 추출액 1 ㎕를 gaschromatoghaphy (HP 5890. USA)에 주입하여 정성 및 정량 분석 하였으며 (NIOSH, 1994) gaschromatoghaphy의 작동 조건은 표 5와 같다.

3. 자료분석

SPSS 7.5 for window를 이용하여 측정자료의 분포를 평가한 결과 측정농도의 분포가 대수정규분포를 하였으므로 대표치로서 기하평균치를 계산하여 제시하였고 대부분의 물질이 복합물질이므로 상가작용에 의한 노출지수(EI : Exposure Index, 이하 EI로 표기함)와 혼합물질에 대한 평가(이하 Em으로 표기함)는 노동부 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부, 2001)에 의해 산출하였다.

Table 2. Number of working process

( ) : %

Working process	Number
Production of solvent	26(2.1)
Production of solvent-containing preparation and chemical synthesis	83(6.5)
Printing	108(8.5)
Handwriting, drawing	32(2.5)
Surface coating	177(4.0)
Adhesive spreading	56(4.4)
Adhesion	130(10.3)
Degreasing, cleaning, wiping	88(6.9)
Painting	442(34.9)
Solvent-drying	1(0.1)
Testing, research	3(0.2)
Unidentified	121(9.6)
Total	1267(100)

Table 3. Number of factory by size of industry

( ) : %

No. of workers	Number
under 29	565(60.9)
30 - 49	231(25.0)
50 - 99	55(5.9)
100 - 299	45(4.9)
300 - 499	13(1.4)
500 - 999	12(1.3)
1000 above	6(0.6)
Total	927(100)

Table 4. Number of industry by year

( ) : %

Year	Number
1995	156(16.8)
1996	209(22.6)
1997	228(24.6)
1998	166(17.9)
1999	168(18.1)
Total	927(100)

III. 연구결과

1. 사용되는 혼합 유기용제의 수

업종별로 사용되는 혼합 유기용제의 수는 기타제조업에서 21개로 가장 많았고 다음으로는 가죽, 가방 마구류 및 신발제조업 14개, 달리 분류되지 않은 전기기계 및 전기, 변환장치 제조업 12개 등의 순이었다(표 6).

공정별로 사용되는 혼합 유기용제의 수는 도장 공정이 20개로 가장 많았고 다음으로는 세정 공정과 표면처리공정에서 각각 14개, 접착공정과 준비 및 화학합성 공정에서 각각 13개 등의 순이었다(표 7).

근로자수에 따른 사업장 규모별로 사용되는 혼합 유기용제의 수는 29인 이하 사업장에서 22개로 가장 많았고 다음으로는 50인 미만 19개, 100-299인에서 13개 등의 순이었다(표 8).

연도별로 사용되는 혼합 유기용제의 수는 평균 12개로 매년 비슷하였다(표 9).

Table 5. Operating condition of gas chromatography

Item	Condition
Detector	FID (Flame Ionization Detector)
Column	HP 1 (25×0.2×0.11)
Injector temperature	250 ℃
Column temperature	32 ℃(6.2min) - 90 ℃(30℃/min)- 90 ℃(4.5min)
Detector temperature	300 ℃
Carrier gas flow rate	0.5 ㎖/min (total flow 100 ㎖/min)
Hydrogen flow rate	35 ㎖/min
Air flow rate	350 ㎖/min
Aux flow rate	34 ㎖/min

Table 6. Mean number of solvent components by type of industry

Type of industry	Number
Manufacture of textiles	10
Tanning and dressing of leather ;Manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	14
Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture ; Manufacture of articles of straw and plaiting materials	9
Manufacture of pulp, paper and paper products	3
Publishing, printing and reproduction of recorded media	8
Manufacture of chemicals and chemical products	11
Manufacture of rubber and plastics products	7
Manufacture of machinery and Equipment	11
Manufacture of electrical machinery and apparatus N.E.C*	12
Ship building and Ship repairing	5
Manufacture of N.E.C*	21
Mean	12

*N.E.C ; Not Especially Classified

Table 7. Mean number of solvent components by working process

Working process	Number of solvent
Production of solvent	11
Production of solvent-containing preparation and chemical synthesis	13
Printing	10
Handwriting, drawing	9
Surface coating	14
Adhesive spreading	8
Adhesion	13
Degreasing, cleaning, wiping	14
Painting	20
Solvent-drying	3
Testing, research	3
Unidentified	12
Mean	12

Table 8. Mean number of solvent components by size of industry

Number of workers	Number of solvents
under 29	22
30 - 49	19
50 - 99	11
100 - 299	13
300 - 499	6
500 - 999	7
1000 above	4

Table 9. Mean number of solvent components by year

Year	Number
1995	10
1996	12
1997	14
1998	12
1999	14
Total	12

2. 공기중 혼합 유기용제의 평균농도

업종별로 각 혼합 유기용제의 5년간 공기 중 평균농도는 1,2-디클로로에탄의 경우 섬유제품제조업에서 15.7ppm으로 허용기준치(10ppm)를 초과하였고 또한 N,N-디메칠퓨란의 경우 가죽, 가방 마구류 및 신발제조업에서 51.7ppm, 화합물 및 화학제품제조업에서 11.6ppm으로 허용기준치(10ppm)를 초과하였으며 메틸셀로솔브의 경우 화합물 및 화학제품제조업에서 4.1ppm으로 허용기준치(5ppm)에 근접하였고 또한 셀로솔브의 경우 달리분류되지 않은 전기기계 및 전기, 변환장치 제조업에서 4.0ppm으로 허용기준치(5ppm)에 근접하였으나 그외 다른 혼합 유기용제에 있어서는 각각의 허용기준치를 초과하지 않았다(표 10).

작업공정별 각 혼합 유기용제의 5년간 공기 중 평균농도는 1,2-디클로로에탄의 경우 글씨를 쓰거나 그림을 그리는 공정에서 13.7ppm으로 허용기준치(10ppm)을 초과하였고 셀로솔브의 경우 접착을 위한 도포공정에서 6.6ppm으로 허용기준치(5ppm)을 초과하였으며 또한 N,N-디메칠퓨란의 경우 혼합 유기용제 제조공정에서 11.0ppm, 접착공정에서 13.9ppm으로 허용기준치(10ppm)을 초과하였으나 그외 다른 혼합 유기용제에 있어서는 각각의 허용기준치를 초과하지 않았다(표 11).

3. EI 및 Em 초과율

5년 동안의 업종별 EI 및 Em 초과율은 표 12와 같으며 EI 경우 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업에서 36.7%로 가장 높았고, 다음으로는 섬유제품제조업(33.9%), 선박건조 및 수리업(22.2%)등의 순이었으며, Em의 경우 섬유제품제조업에서 29.0%로 가장 높았고, 다음으로는 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업(28.9%), 선박건조 및 수리업(22.2%)등의 순이었다.

5년 동안의 공정별 EI 및 Em 초과율은 표 13과 같으며 EI의 경우 혼합 유기용제 제조공정에서 23.1%로 가장 높았고, 접착공정(20.0%), 접착을 위한 도포공정(16.1%) 및 표면처리 공정(14.1%)의 순이었으며, Em의 경우 접착공정에서 16.2%로 가장 높았고 접착을 위한 도포공정(12.5%), 유기용제 제조공정(11.5%) 및 표면처리공정(10.2%)등의 순이었다.

산업장 규모별 EI 및 Em 초과율은 표 14와 같으며 EI 및 Em 공히 규모가 커질수록 초과율이 증가하는 경향을 보였다.

Table10. Ambient concentration organic solvents in factory by type of industry.

(unit : ppm)

	MT[1]	TDL[2]	MW[3]	MP[4]	PR[5]	MC[6]	MR[7]	ME[8]	MEMA[9]	SB[10]	MN[11]	Total
	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD
1,2-Dichloroethane	15.7±3.9	3.4±5.1				2.7±2.2	4.9±1.5	1.5±2.3	2.3±3.0		2.5±3.5	2.5±3.5
Me-cellosolve	2.9±0.0	3.2±2.3	18.1±3.8		1.8±3.1	4.1±3.5		1.9±2.4	3.2±2.0		2.1±3.0	2.7±3.0
Cellosolve		3.8±1.1				3.0±2.0			4.0±0.0		2.4±2.1	2.8±2.0
N.N.-dimethylfuran	6.9±3.5	51.7±0.0	2.5±0.0			11.6±1.8	10.3±0.0		2.3±0.0	3.9±0.0	1.4±2.4	5.6±3.7

1 : Manufacture of textiles, 2 : Tanning and dressing of leather; Manufacture of luggage, handbags and footwear, 3 : Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture ; Manufacture of articles of straw and plaiting materials, 4 : Manufacture of pulp, paper and paper products, 5 : Publishing, printing and reproduction of recorded media, 6 : Manufacture of chemical and chemical products, 7 : Manufacture of rubber and plastics products, 8 : Manufacture of machinery and Equipment, 9 : Manufacture of electrical machinery and apparatus N.E.C, 10 : Ship building and Ship repairing, 11 : Manufacture of N.E.C (N.E.C : Not Especially Classified) GM±GSD : Geometric mean ± Geometric standard deviation, continued

Table 11. Ambient concentration of organic solvents in factory by working process

(unit : ppm)

	PS[1]	PSP[2]	PRINT[3]	HD[4]	SC[4]	AS[6]	AD[7]	DCW[8]	PAINT[9]	SD[10]	TS[11]	UI[13]	Total
	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD	GM±GSD
1,2-Dichloroethane	0.8±1.9	3.4±4.9	3.7±0.0	13.7±3.4	2.3±3.3	3.5±6.0	4.7±5.1	2.5±2.7	2.0±3.0			2.0±3.3	3.0±4.2
Cellosolve	2.1±.0.0	3.6±1.9			1.3±0.0	6.6±0.0	2.5±1.7	3.2±2.4	3.0±1.5			1.6±2.2	2.8±1.9
N.N.-dimethyl furan	11.0±1.4	6.6±1.9		1.4±5.2	5.8±4.2	6.4±1.2	14.0±6.4	1.7±2.5	5.5±4.4			5.4±6.8	5.6±3.7

1 : Production of solvents, 2 : Production of solvent-containing preparation, and chemical synthesis, 3 : Printing, 4 : Handwriting, drawing, 5 : Surface coating, 6 : Adhesive spreading, 7 : Adhesion, 8 : Degreasing, cleaning, wiping, 9 : Painting, 10 : Solvent-drying, 11 : Testing, search , 13 : Unidentified, GM±GSD : Geometric mean ± Geometric standard deviation, continued

Table 12. Exceeded rate to criteria of threshold limit values(EI, Em) for mixture by type of industry

( ) : %

Type of industry	EI	Em
Manufacture of textiles	21/ 62(33.9)	18/ 62(29.0)
Tanning and dressing of leather; Manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	33/ 90(36.7)	26/ 90(28.9)
Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture ; Manufacture of articles of straw and plaiting materials	5/ 48(10.4)	4/ 48(8.3)
Manufacture of pulp, paper and paper products	1/ 15(6.7)	1/ 15(6.7)
Publishing, printing and reproduction of recorded media	3/ 35(8.6)	3/ 35(8.6)
Manufacture of chemicals and chemical products	9/ 59(15.3)	4/ 59(6.8)
Manufacture of rubber and plastics products	2/ 25(8.0)	2/ 25(8.0)
Manufacture of machinery and equipment	8/ 90(8.9)	6/ 90(6.7)
Manufacture of electrical machinery and apparatus N.E.C*	7/ 59(11.9)	6/ 59(10.2)
Ship building and ship repairing	4/ 18(22.2)	4/ 18(22.2)
Manufacture of N.E.C*	27/426(6.3)	19/426(4.7)
Total	120/927(12.9)	93/927(10.0)

EI : Exposure index, Em : Estimation of mixture, *N.E.C ; Not Especially Classified

Table 13. Exceeded rate to threshold limit values(EI, Em) for mixture by working process

( ) : %

Working process	EI	Em
Production of solvent	6/ 26(23.1)	3/ 26(11.5)
Production of solvent-containing preparation and chemical synthesis	11/ 83(13.3)	8/ 83(9.6)
Printing	9/ 108(8.3)	6/ 108(5.6)
Handwriting, drawing	3/ 32(9.4)	2/ 32(6.3)
Surface coating	25/ 177(14.1)	18/ 177(10.2)
Adhesive spreading	9/ 56(16.1)	7/ 56(12.5)
Adhesion	26/ 130(20.0)	21/ 130(16.2)
Degreasing, cleaning, wiping	9/ 88(10.2)	7/ 88(8.0)
Painting	33/ 442(7.5)	22/ 442(5.0)
Solvent-drying	0/ 1(0.0)	0/ 1(0.0)
Testing, research	0/ 3(0.0)	0/ 3(0.0)
Unidentified	12/ 121(9.9)	10/ 121(8.3)
Total	143/1267(11.3)	104/1267(8.2)

EI : Exposure index, Em : Estimation of mixture

Table 14. Exceeded rate to threshold limit values(EI, Em) for mixture by size of industry

( ) : %

No. of workers	EI	Em
under 29	59/565(10.4)	44/565(7.8)
30 - 49	29/231(12.6)	21/231(9.1)
50 - 99	8/ 55(14.6)	7/ 55(12.7)
100 - 299	12/ 45(26.7)	11/ 45(24.4)
300 - 499	2/ 13(15.4)	1/ 13(7.7)
500 - 999	7/ 12(58.3)	5/ 12(41.7)
1000 above	4/ 6(66.7)	4/ 6(66.7)

EI : Exposure index, Em : Estimation of mixture

사업장수에 따른 연도별 EI와 Em의 초과율은 표 15과 같으며 공정수에 따른 연도별 EI와 Em의 초과율은 표 16과 같고 최근에 가까울수록 점차 낮아지는 경향을 보였다.

4. EI와 Em의 평균치

업종별 EI와 Em의 평균치로 섬유제품 제조업, 가죽, 가방 마구류 및 신발제조업, 목재 및 나무제품제조업에서 모두 1 이상이었다(표 17).

공정별 EI와 Em의 평균치는 접착을 위한 도포공정과 접착공정에서 1이상이었고 나머지 공정에서는 모두 평균치가 1미만이었다(표 18).

Table 15. Exceeded rate to threshold limit values(EI, Em) for mixture by year and number of industry

( ) : %

Year	EI	Em
1995	41/156(26.3)	30/156(19.2)
1996	36/209(17.2)	29/209(13.9)
1997	24/228(10.5)	19/228(8.3)
1998	11/166(6.6)	6/166(3.6)
1999	10/168(5.9)	8/168(4.7)

EI : Exposure index, Em : Estimation of mixture

Table 16. Exceeded rate to threshold limit values(EI, Em) for mixture by year and number of working process

( ) : %

Year	EI	Em
1995	49/208(23.6)	33/208(15.9)
1996	41/276(14.9)	29/276(10.5)
1997	30/229(13.1)	25/229(10.9)
1998	12/217(5.5)	8/217(3.7)
1999	11/239(4.6)	8/239(3.3)

EI : Exposure index, Em : Estimation of mixture

IV. 고 찰

혼합 유기용제는 일반적으로는 눈, 피부 및 호흡기 점막의 자극증상과 함께 중추신경계 억제 증상으로 어지러움증, 두통, 구역, 지남력 상실, 도취감, 혼돈에 이어 농도가 증가됨에 따라 점진적인 의식의 상실, 마비, 경련, 사망에까지 이르게 된다. 중추신경계 억제 증상은 혼합 유기용제가 갖는 중추신경계의 지방조직에 대한 친화성 때문이며 일반적으로 한꺼번에 다량을 흡입하면 마취 작용을 나타내지만 마취되지 않을 정도의 적은 양을 장기간 반복하여 흡입하면 만성중독을 일으킨다. 그 외 만성독성뇌병증(Chronic toxic encephalopathy)으로 불리는데 그 증상으로는 감각이상 같은 지각 장애가 있고 기억력 저하, 혼돈 등의 인지장애, 신경질, 불안, 우울, 무관심 등의 정서장애, 사지무력감,

Table 17. Mean level of EI and Em by type of industry

Type of industry	EI	Em
	M±SD	M±SD
Manufacture of textiles	1.1±1.9	1.1±1.8
Tanning and dressing of leather; Manufacture of luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	1.1±2.9	1.1±2.8
Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture ; Manufacture of articles of straw and plaiting materials	1.1±2.8	1.1±2.8
Manufacture of pulp, paper and paper products	0.3±0.4	0.3±0.4
Publishing, printing and reproduction of recorded media	0.4±0.4	0.4±0.4
Manufacture of chemicals and chemical products	0.7±0.9	0.7±0.8
Manufacture of rubber and plastics products	0.4±0.4	0.4±0.4
Manufacture of machinery and Equipment	0.6±1.5	0.5±0.8
Manufacture of electrical machinery and apparatus N.E.C*	0.6±0.8	0.6±0.8
Ship building and Ship repairing	0.5±0.6	0.3±0.4
Manufacture of N.E.C*	0.5±0.7	0.4±0.6
Total	0.7±1.8	0.7±1.7

EI : Exposure index, Em : Estimation of mixture
* : N.E.C : Not Especially Classified, M±SD : Mean±Standard deviation

Table 18. Mean level of EI and Em by working process

Working process	EI	Em
	M±SD	M±SD
Production of solvent	0.7±0.6	0.7±0.6
Production of solvent-containing preparation and chemical synthesis	0.7±0.7	0.7±1.2
Printing	0.7±1.2	0.5±1.5
Handwriting, drawing	0.5±0.8	0.5±0.8
Surface coating	0.6±0.9	0.6±0.9
Adhesive spreading	1.3±2.9	1.2±2.9
Adhesion	1.3±3.2	1.3±3.1
Degreasing, cleaning, wiping	0.8±1.7	0.7±1.0
Painting	0.5±1.1	0.5±1.1
Solvent-drying	0.1±0.0	0.1±0.0
Testing, research	0.0±0.0	0.0±0.0
Unidentified	0.6±0.8	0.6±0.8
Total	0.7±1.8	0.7±1.7

EI : Exposure index
Em : Estimation of mixture
M±SD : Mean±Standard deviation

작업수행능력저하, 협조운동저하, 피로, 떨림등과 같은 운동 장해를 들 수 있다(최호춘등, 1997; 조규상, 1991).

그러나 혼합 유기용제는 그들의 화학구조에 따라 만성독성의 측면에 있어 차이가 있음에도 불구하고 산업장에서 사용되는 혼합 유기용제의 구성성분은 항상 분명하지 않다(Asal NR et al., 1996; Broad well DK et al., 1995; Glass DC et al., 1994; Macaluso M et al., 1993; Sardas S et al., 1994; Winder C, Ng SK, 1995; Yasugi T et al., 1994). 따라서 혼합 유기용제 노출의 강도는 때때로 소비량(Borad well DK et al.,1995), 작업형태(Labreche EP et al., 1992) 혹은 심지어 총 탄화수소 노출(Asal NR et al., 1996)의 개념으로 표현된다(Ukai H et al., 1997).

혼합 유기용제 취급 산업장에서 기중으로 발생되는 혼합 유기용제는 다양한 품목 및 공정으로 그 종류가 수백종에 이르고 있으며 또한 생산 종류나 용도에 따라 복합적으로 발생되는 혼합 유기용제가 근로자에게 노출되는 농도나 양상이 차이가 있겠지만, 공정 및 작업부서에 따라 어떠한 물질이 얼마나 발생되는지 확인이 어려운 실정이고 그러므로 직업병의 진단 및 예방의 차원에서 근로자에게 노출되고 있는 혼합 유기용제의 공정과 성분 파악에 대한 연구가 실시되어야 할 것이다(이재선등, 1994; 김재춘, 2000).

한편 현재 우리나라의 경우 혼합 유기용제를 사용하는 사업장의 작업환경을 측정할 때 사업주 측에서 제공하는 혼합 유기용제 사용량에 대한 정보와 생산공정의 검토를 통한 추정에 의하여 혼합 유기용제의 측정항목을 결정하고 있는 것이 일반적이다. 즉 측정항목에 대한 정보를 제공하는 사업주들로서는 제조 기술상의 비밀보호를 위해 사용물질의 성분을 밝히기를 꺼려하는 경향이 있을 뿐 아니라 한편으로는 업주 자신이 단순 목적으로 사용되는 혼합 유기용제의 성분을 정확히 모르는 경우도 있을 수 있다. 또 같은 공정이라도 회사에 따라서는 주로 사용하는 혼합 유기용제의 성분이 다를 수 있고 같은 회사의 같은 공정이라도 시기에 따라서는 다른 성분의 혼합 유기용제를 사용할 수도 있기 때문에 측정항목이 적절히 선택되었는지의 여부도 회의적이며 더욱이 1회 측정치로써 작업환경에 대한 평가를 일률적으로 일반화 할 수는 없다고 생각된다. 그러므로 단순히 1회 측정 자료를 해당 혼합 유기용제 취급 부서 혹은 공정을 대표할 수 있는 자료라고 평가할 수 없기 때문에 다년간에 걸쳐 수회 측정한 자료를 바탕으로 실제 근로자들이 노출되는 정도를 파악함으로써 작업환경관리는 물론 근로자들의 직업병 예방에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 부산지역에 소재하고 있는 11개 업종의 제조업 산업장을 대상으로 1995년 1월부터 1999년 12월까지 5년 동안 매년 6개월에 1회 측정한 자료를 바탕으로 EI와 Em을 구하고 각 업종별 및 공정별로 혼합 유기용제 사용실태와 각각의 기중 혼합 유기용제 농도를 파악하였다. 업종별로 사용되는 혼합 유기용제 수는 평균 12개미만 이었고 기타제조업이 21개로 가장 많았으며 펄프, 종이 및 종이제품제조업이 3개로 가장 적었다. 공정별

로는 도장 공정에서 20개로 가장 많았고 건조 공정과 시험 또는 연구업무공정에서 공히 3개로 가장 적었다. 사업장 규모별로는 사업장 규모가 커질수록 사용되는 혼합 유기용제수는 감소하였고 연도별로는 차이가 없었다. 한편 Ukai 등(1997)이 1996년 일본 전지역의 중소규모 제조업 산업장을 대상으로 유기용제 사용실태를 조사한 결과 단위작업장소 당 사용되는 유기용제의 수가 10개 이상인 경우 7개 이하의 유기용제를 사용하고 있다고 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과인 공정별 평균 12개의 유기용제를 사용하는 것보다 적은 수의 유기용제를 사용하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 국가간 조사대상(공정별 백분율의 차이) 또는 공기중 유기용제의 시료채취방법(지역시료와 개인시료채취)의 차이 등에 기인한 것으로 생각되며 아울러 본 연구의 대상 제조업의 기술적인 문제에 의해 보다 많은 종류의 유기용제를 사용하고 있는 것으로 생각되지만 이에 대하여 추후 우리나라 전역의 제조업 산업장을 대상으로 더욱 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

업종별로 각 혼합 유기용제의 5년간 공기중 평균농도는 1,2 디클로로에탄의 경우 섬유제품 제조업에서, NN-디메칠퓨란의 경우 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업과 화합물 및 화학제품제조업에서 허용기준치로 초과하였고 작업공정별로는 1,2 디클로로에탄의 경우 글씨로 쓰거나 그림을 그리는 공정에서, 셀로솔브의 경우 접착을 위한 도포공정에서, NN-디메칠퓨란의 경우 혼합 유기용제 제조 공정과 접착공정에서 허용기준치로 초과하였으므로 이들 업종과 공정에 대해서 특히 이들 혼합 유기용제에 대하여 공정에 영향이 없는 한 독성이 낮은 다른 혼합 유기용제로의 대체 등 보다 적극적인 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다. 한편 김재춘(2000)이 1995년부터 1998년까지 4년 동안 김해지역의 유기용제를 취급하는 산업장 42개를 대상으로 업종별 공정별 기중 유기용제의 농도를 파악한 결과 고무 및 플라스틱 제조업의 도장 공정에서 스티렌과 셀로솔브, 출판 인쇄 및 기록 매체 복제업의 인쇄공정에서 셀로솔브, 재생가공 처리업의 건조공정에서 노말헥산, 셀로솔브, 테트라클로로메탄, 셀로솔브 및 톨루엔, 가죽 가방 마구류 및 신발제조업의 도장공정내의 셀로솔브, 세척공정에서 트리클로로에틸렌이 허용기준치로 초과하였다고 보고한 것과 본 연구결과와 차이를 보였으며 이 역시 조사대상의 차이에서 기인된 것으로 생각된다.

업종별 EI 및 Em의 허용기준 초과율은 4.7%부터 36.7%까지 모든 업종에서 EI 및 Em이 허용기준을 초과하는 산업장이 있는 것으로 파악되었고, 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업과 섬유제품 제조업에서 비교적 타 업종보다 높은 초과율을 보였으며 이는 이들 업종이 타 업종에 비하여 비교적 많은 종류의 혼합 유기용제를 사용할 뿐만 아니라 또한 비교적 영세한 사업장이 많아 작업환경이 타 업종에 비하여 보다 열악하기 때문으로 생각되나 보다 더 정확한 연유를 파악하기 위해서는 추후 더욱 더 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

공정별 EI 및 Em의 허용기준 최고 초과율은 23.1%였고 건조공정과 시험 또는 연구업무 공정에서는 허용기준을 초과하는 경우가 없었으나 혼합 유기용제 제조공정, 접착공정, 접착을 위한 도포공정 및 표면처리 공정 등이 타공정보다 비교적 높은 초과율을 보였으며 이는 이들 공정에서 많은 종류와 다량의 혼합 유기용제를 사용하기 때문인 것으로 생각된다.

산업장 규모별 EI 및 Em의 허용기준 초과율은 7.8%부터 66.7%까지 이었고 산업장 규모가 커질수록 사용된 혼합 유기용제 종류의 수가 감소함에도 불구하고 EI 및 Em 공히 규모가 커질수록 초과율이 증가하는 경향을 보인 것으로 보아 혼합 유기용제 사용량 또는 작업환경의 열악함 등이 원인일 것으로 추정되나 추후 연구 검토가 더욱 이루어져야 할 것으로 판단된다.

사업장 수에 따른 연도별 EI와 Em의 허용기준 초과율과 공정수에 따른 연도별 EI와 Em의 허용기준 초과율은 최근에 가까울수록 점차 낮아지는 경향을 보였으며 이는 점차적으로 작업환경이 개선되어져 가고 있음을 나타내어주는 징후로 판단된다.

본 연구가 부산지역 제조업 산업장의 혼합 유기용제 노출 실태를 연구하였기 때문에 우리나라 전체의 혼합 유기용제 노출 실태에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 판단된다.

한편 현재 우리나라에서는 노동부의 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부, 1999)의 혼합물에 대한 평가는 EI(노출지수)를 계산하여 1을 초과하지 않아야 된다고 하고 있으며 또한 노동부의 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부, 2001)에 의한 혼합물질에 대한 평가는 Em>1, Em>CL(Control limit:노출기준)일 경우 노출기준을 초과한다고 한정하고 있는바 동일한 측정에 대하여 2종류의 노출기준이 있으므로 이에 대한 법률적인 통일이 요구된다고 생각된다. 이에 본 연구자의 판단으로는 혼합물을 포함하는 물질의 시료포집시 및 분석시에 발생할 수 있는 오차의 개념을 포함시키고 있는 Em 이 혼합물질에 대한 평가로 보다 정확히 할 수 있을 것으로 생각되므로 노출기준을 Em으로 통일하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 더욱이 본 연구 이전에 이에 대한 연구 보고가 없으므로 추후 이에 대하여 보다 많은 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

혼합 유기용제를 취급하는 근로자들의 직업병 예방을 위한 대책 마련은 물론 이들이 근무하는 작업환경 관리에 일조가 되게 할 뿐만 아니라 추후 이들 분야의 기초자료를 제공하기 위하여 1996년부터 1999년까지 5년동안 부산지역에서 혼합 유기용제를 취급하는 일부 제조업 산업장(총 927개 산업장, 1,267개 공정)을 대상으로 혼합 유기용제 사용실태를 조사하였고, 또한 기체크로마토그래피법으로 기중 혼합 유기용제 농도를 정량하여 혼합 유

기용제의 혼합물질의 평가 방법에 따라 근로자의 노출정도를 파악하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 업종별 및 공정별로 사용되는 평균 혼합 유기용제의 수는 공히 12개 였다.

2. 공기중 혼합 유기용제의 평균농도에 있어 업종별로는 1,2-디클로로에탄의 경우 신발제조업과 화합물 및 화학제품제조업에서 각각 허용기준치를 초과하였다.

3. 공정별로는 1,2-디클로로에탄의 경우 글씨를 쓰거나 그림을 그리는 공정에서, 셀로솔브의 경우 접착을 위한 도포공정에서, N,N-디메칠퓨란의 경우 유기용제의 제조공정과 접착공정에서 각각 허용기준을 초과하였다.

4. 노출지수(EI)와 혼합물질의 평가방법(Em)에 따른 업종별 총 허용기준 초과율은 EI의 경우 12.9%이었고 Em의 경우 10.0%였으며, EI의 경우 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업에서 가장 높았고 Em의 경우 섬유제품제조업에서 가장 높았다.

노출지수(EI)와 혼합물질의 평가방법(Em)에 따른 공정별 총 허용기준 초과율은 EI의 경우 11.3%이었고 Em의 경우 8.2%였으며, EI의 경우 혼합 유기용제 제조공정에서 가장 높았고, Em의 경우 접착공정에서 가장 높았다.

5. 업종별, 공정별, EI 및 Em의 평균치는 각각 0.7±1.8, 0.7±1.7이었다.

이상의 결과로 혼합 유기용제의 종류에 따라서는 1,2-디클로로에탄, N,N-디메칠퓨란, 셀로솔브에 대하여, 업종별로는 섬유제품제조업과 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업에 대하여 공정별로는 글씨를 쓰거나 그림을 그리는 공정, 접착을 위한 도포공정 및 접착공정에 대하여 보다 적극적이고 체계적인 작업환경 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

김재춘. 김해지역 일부 제조업 산업장의 기중 유기용제 농도의 경시적 변화(1995 ~ 1998). 인제대학교 대학원. 보건학 박사 학위논문, 2000.

노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부고시 제97-65호), 1999.

노동부. 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부 고시 제2001-20호) 2001.

문영환. 유기용제 중독. 대한의학협회지. 1987;30(10):1072 ~ 1077

변정식, 김정원, 조영채, 김동현. 신발제조업체의 접착제 사용에 따른 직접, 간접 폭로 근로자들의 복합유기용제 폭로량과 자각 증상 비교. 한국산업위생학회지 1995;5(1):48 ~ 58

백남원, 이영환, 윤충식. 우리나라 산업장 근로자의 유기용제 폭로에 관한 연구. 한국산업위생학회지. 1998;8(1):88 ~ 94

이세훈. 유기용제에 의한 건강장해. 한국의 산업의학 1998;27(3):6 ~ 10

이재선, 이종태, 문덕환 등. 유기용제 취급 산업장의 작업공정에 따른 유기용제 폭로 실태에 관한 조사연구. 인제의학 1994;15(4):695 ~ 708

조규상. 산업보건학. 서울. 수문사. 1991 :273 ~ 284

조수원, 권호장, 하미나, 한상환, 임용현, 오성태. 유기용제 사용 사업장에서의 작업환경측정항목의 적합성에 관한 연구. 대한산업의학회지 1994;6(2):259 ~ 269

조수헌, 김선민, 권호장, 임용현. 만성 유기용제 폭로에 의한 전신 신경학적 이상소견의 현장진단 방법 개발에 관한 연구. 예방의학회지 1993;26(1):147 ~ 164

최호춘, 김강원, 안선희, 정규철. 일부그라비아 인쇄업 근로자의 유기용제 노출정도. 한국산업위생학회지 1997;7(1):71 ~ 85

한국산업안전공단. '99제조업체 작업환경 실태조사. 서울. 영진인쇄사. 2000. 41

板井公, 竹內幸子, 池谷由美子 等. トルエン、キシレン、エチルベ ンゼ ンの尿中代謝物 6種の 同時測定法ど グラビア 印刷作業者での 生物學的モニタリング 産業醫學 1989;31:9 ~ 16

Asal NR, Cleveland HL, Kaufman C, Nsa W, Nelson DI, Nelson RY, Lee ET, Kingsley B. hydrocarbon exposure and chronic renal disease. Int Arch Occup Environ Health 1996;68:229 ~ 235

Broad well DK, Darcey DJ, Hundnell HK, Otto DA, Boyes WK. Worker-site clinical and neurobehavioralassessment of solvent-exposedmicroelectronic workers. Am J Ind Med 1995;27:677 ~ 698

Lundberg I, Sollenberg J : Correlation of xylene exposure and methylhippuric acid excretion in urine among paint industry workers. Scand J Work Environ Health 1986;12:149 ~ 153

Glass DC, Spurgeon A, Calvert IA, Clark JL, Harrington JM. Retrospective assessment of solvent exposure in paint manufacturing. Occup Environ Med 1994;51:617 ~ 625

Ikeda M. Public health problems of organic solvents Toxicol Letl 1992 64/65:191 ~ 201

Labreche EP, Cherry NH, McDonald JC. Psychiatric disorders and occupational exposure to solvents. Br J Ind Med 1992;49:820 ~ 825

Macaluso M, Delzell E, Rosev, Perkins J. Use of organic solvents and potential worker exposure in the motor vchicle manufacturing industry. Am J Ind Med 1993;23:449 ~ 460

National Insitute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : NIOSH manual of analytical methods. 4th ed. DHHS (NIOSH) Publication No 94-113, NIOSH. cincinnat. ohio. 1994

Saito J, Ikeda M. Solvent constituents in paint glue and thinner for plastic miniature hobby. Tohoku J Exp Med 1983;155: 275 ~ 283

Sardas S, Karakaya AE, Furtun Y. Sister Chromatid exchanges in workers employe in car painting workshops. Int Arch Occup Environ Health 1994;66:33 ~ 35

Ukai H, Inui S, Takada S, Dendo J, Ogawa

J, Isobe K, Ashida T, Tamura M, Tabuki K, Ikeda M. Types of organic solvents used in mall to medium-scale industries in Japan ; a nation wide field survey. Int Arch Occup Environ Health 1997;70:385 ~ 392

Winchester RV, Medjar VM: Solvent effects on workers in the paint adhesive and printing industries. Ann Occup Hyg 1986;30(3);307 ~ 371

Winder C, Ng SK. The problem of variable ingredients and concentrations in solvent thinners. Am Ind Hyg Assoc J 1995;56:1226 ~ 1228

Yasugi T, Kawai T. Mizumura K, Kishi R, Harabuchi I, Yuasa J, Equchi T, Sugimoto R, seiji K, Ikeda M. Exposure monitoring and health effect studies or workers occupationally exposure to cyclohexanone vapor. Int Arch Occup Environ Health 1994;65:343 ~ 350