

혼합 유기용제 취급작업장의 공정별 유기용제 구성성분 및 노출농도

원정일 · 김기환* · 신창섭*

충북과학대학 환경공업과, 충북대학교 안전공학과*

A Exposure Concentration and Composition of Organic Solvents by the type of workplace in Mixed Organic Solvents use Companies

Jung-Il Won · Ki-Hwan Kim* · Chang-Sub Shin*

Department of Environment Engineering, Chungbuk Science College

*Department of Safety Engineering, Chungbuk National University**

Abstract

This study was conducted to investigate the composition, detection rate, and exposure concentration of the airborne organic solvents from the working environmental measurements of total 4181 different type of workplace in 3280 workshops in which organic solvents are used.

The results are as follows :

1. For all workplaces except washing, the detection rate of toluene and benzene were 80% and 20%, respectively.
2. The number of detection of aromatic hydrocarbon and ketone were ranged 1.41-2.39 and 0.62-0.90 per a sample in all workplaces except that showed 1.01 in washing.
3. The mean of detection frequency was 3.3 ± 2.5 in all workplaces and there was no significant difference among that of each workplaces.
4. The airborne concentrations of methyl methacrylate, ethyl alcohol, methyl alcohol, and ethyl ether were 43.5 ± 47.0 ppm, 22.5 ± 51.0 , 19.8 ± 57.6 ppm, 19.8 ± 40.1 ppm, respectively. And those of cellosolve, methyl cellosolve acetate, and N,N-dimethyl formamide were 4.1 ± 4.5 ppm, 4.0 ± 18.5 ppm, and 5.6 ± 7.7 ppm, respectively and exceeded the occupational exposure limits enforced by Ministry of Labor in Korea

As the above results, it is suggested that the components of organic solvents should be identified to efficient management, of working environment and conducted the engineering control for the workplaces using the hazardous materials.

I. 서 론

유기용제는 상온, 상압에서 휘발성이 있는 액체

로 다른 성분을 녹이는 성질이 있으며, 사용목적에 따라 단일 물질보다는 대부분 2종이상의 혼합용제 형태로 사용되고 있다. 이들은 도장, 인쇄, 접착,

세정작업등 제조업뿐만 아니라 건설, 운수, 서비스업에 이르기까지 광범위하게 사용됨으로써 근로자에게 건강장애를 일으키기 쉬운 물질이다.¹⁾ 사업장에서 사용되는 용제의 77%가 혼합용제이고 특히 도료에서의 혼합유기용제 비율은 93%, 신나 85%, 잉크 73%, 접착제 67%이며 세정제에는 단일 용제가 많이 사용되는 것으로 보고되고 있다.²⁾ 유기용제 사용에 의한 건강장애를 예방하기 위해서는 유기용제의 사용실태 파악과 정확한 작업환경측정 및 평가를 통한 작업환경관리가 매우 중요하다. 따라서 산업안전보건법에서는 유기용제 취급근로자의 건강보호를 위해 정기적으로 작업환경측정을 해야 할 12개의 유기용제 업무 및 54종의 유기용제 종류를 정하고 있으며, 이러한 법적 규정에 의해 대부분의 사업장이 1년에 2회이상 정기적으로 지정측정기관에 위탁하여 측정을 하고 있다.³⁾

그러나, 작업환경측정 대상으로 정하고 있는 유기용제 업무 및 종류가 합리적, 과학적 논리하에 정해진 것이 아니라 단순히 일본의 제도를 여과없이 수용하여 측정방법 및 노출기준이 설정되어 있고, 산업현장에서 많이 사용하고 있는 유기용제가 측정대상에서 제외되고 있는 등 근로자의 건강보호에 취약한 부분이 있다. 또한 다양한 작업공정에서 사용하고 있는 유기용제에 대한 성분조사 및 사용실태를 파악한 자료가 매우 부족하여 작업환경관리에 활용이 미흡한 실정에 있다. 새로운 화학물질이나 여러 가지 혼합된 물질을 사용하는 경우에는 유해인자의 측정이 누락되는 경우가 빈번히 발생할 수 있으며, 특히 혼합 유기용제인 경우 대부분의 측정기관이 고가인 질량분석기(mass spectrophotometer)를 확보하고 있지 못하므로 자체적인 정성분석에는 한계가 있다. 따라서 대부분의 측정기관에서는 사업장의 사용물질에 대한 물질안전보건자료(MSDS)를 이용하거나 관련자료 및 주변 동료의 정보 또는 과거 선배들이 가르쳐준 내용의 답습, 실험자 자신의 판단 등에 의해 혼합유기용제의 정성분석을 하고 있어 일부 유기용제의 측정이 누락되는 등 작업환경관리에 많은 문제점을 갖고 있다.

일본의 경우 32개 업종에서 사용되는 1,179개 제품에 대한 유기용제 성분 분석²⁾ 및 유기용제 취급

사업장의 유기용제 측정 결과를 분석한 보고⁴⁾가 있으며, 미국은 자동차 회사에서 수십년간 실시한 작업환경 측정결과를 분석하여 사용되는 유기용제 성분을 간접적으로 조사한 보고⁵⁾가 있는 등 선진 외국에서는 혼합 유기용제의 측정 및 성분분석에 관한 연구가 많이 보고되고 있으나, 우리나라는 페인트 제조업체의 회석제 용도별 구성성분에 대한 보고⁶⁾, 그라비아 인쇄공정⁷⁾, 도장 및 접착공정에서 사용되는 혼합유기용제의 성분분석에 관한 보고⁸⁻¹⁰⁾ 등이 있을 뿐 전체적인 유기용제 사용공정에 대해 분석한 문헌은 드물고 연구대상 및 내용도 극히 제한되어 있다. 이러한 관점에서 작업환경측정 결과자료는 사업장의 작업환경관리에 중요하며 자료분석을 통한 연구결과는 정책수립에 올바른 방향을 제시하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구는 유기용제를 사용하고 있는 사업장을 대상으로 작업공정별 작업환경측정 실태를 조사하고 공기중에 검출된 유기용제의 성분 및 작업환경 평가기준에 의한 환경 평가 결과를 비교 분석함으로써 향후 유기용제 취급사업장의 작업환경관리에 필요한 제도개선의 기초자료를 제시하며, 작업공정별 발생할 수 있는 유기용제의 사전정보 제공에 그 목적을 두었다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

본 연구는 전국에 소재하고 있는 작업환경측정기관 75개소의 '98년도에 실시한 유기용제 취급 사업장의 작업환경측정결과서를 조사대상으로 하였다.

작업환경측정의 정확도와 연구자료의 신뢰성 확보를 위해 법적으로 정하고 있는 '98년도 작업환경측정의 정도관리에 종합 합격한 기관에서 실시한 5,940개 사업장의 측정결과서 중에서 작업조건, 작업상태 및 측정위치가 다르거나, 측정시간 및 헛수 누락, 측정결과 흔적이나 불검출로 기록된 결과서 등을 제외한 3,280개 사업장, 4,181개 작업공정 및 11,561개 측정건수(상반기: 5,076개, 하반기: 6,485개)를 대상으로 유기용제에 대한 정밀 측정된 결과를 선정, 분석하였다.

2. 조사방법

2.1. 조사항목

작업환경측정기관에서 보내온 공기중 유기용제 측정결과서를 미리 작성된 조사표를 이용하여 분석하였다.

조사내용은 대상사업장의 업종, 작업공정, 유기용제 성분명, 측정농도, 노출기준 초과여부 등을 포함한 환경평가결과를 조사하였다. 조사내용을 SAS통계 프로그램을 사용하여 다음 여러 사항에 관해 분석하였다.

- ① 작업공정별 공기 중 유기용제의 성분 및 검출빈도
- ② 유기용제의 화학조성별 검출건수
- ③ 혼합유기용제 측정시료 1개당 검출된 유기용제 성분수
- ④ 유기용제 성분별 노출 농도

2.2. 조사대상의 작업공정별 분류

10개 업종에서 신나, 도료, 잉크, 접착제, 세정제 등으로 사용하는 34개 유기용제 업무를 산업안전보건법 보건기준에 관한 규칙에서 정하고 있는 유기용제 업무를 기준으로 하여 유사한 작업공정을 묶어 Table 1과 같이 분류하였다.

Table 1. Classification of workplace.

Classification	Workplace
Spray painting	the first, the middle, under spray
Brushing painting	Brushing painting, Dipping, Coloring
Printing	Auto & manual printing, Auto & manual marking
Adhesing	Auto & manual adhesing, Applying, Spread, Combine, Coating, Raminating, Sizing
Mixing	Mixing, Synthesis, Reaction, Foaming
Auto washing	Ultrasonic washing
Manual washing	get dirty thing removal & manual washing, plate making
Drying	Drying
Wool processing	Machine & Rotary printing of cloth, Mold, Pressing
Testing & research	Examination
Painting insertion	Design painting, picture modification
Filling	Filling

2.3. 공기중 유기용제의 측정조건

작업환경측정기관별 공기중 유기용제의 측정방법이 다른 점을 감안하여 활성탄관을 사용하여 개인시료 포집한 시료를 가스 크로마토그래피(이하 G.C라함)로 정성, 정량 분석한 자료를 이용하였다.

III. 조사성적

1. 작업공정별 공기중 유기용제의 성분 및 검출빈도

10개 업종에서 도료, 신나, 경화제, 세정제, 잉크, 접착제 등 서로 다른 용도로 사용되고 있는 유기용제의 성분을 작업공정별로 분류하여 Table 2에 표시하였으며, 각 작업공정별 검출율이 높은 10종의 유기용제에 대한 검출빈도를 Fig. 1에 나타내었다.

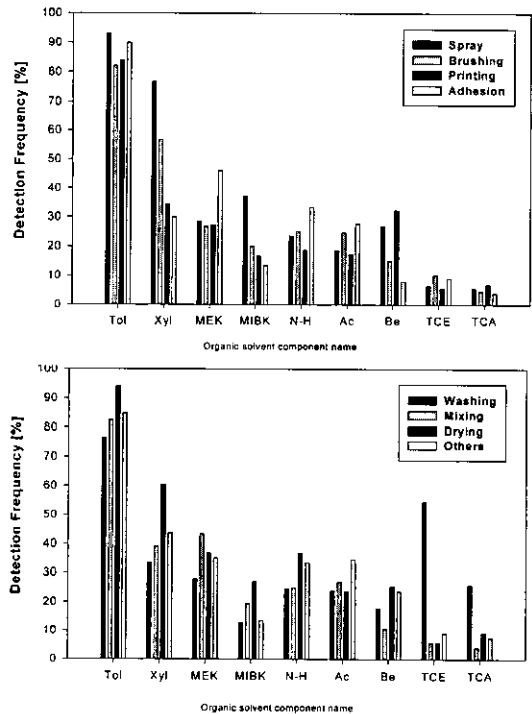


Fig. 1. Detection frequency by type of organic solvent and workplaces.

Others: workplace includes wool processing, testing and research, painting insertion, filling
 Tol: Toluene, Xyl: Xylene, MEK: Methyl ethyl ketone, MIBK: Methyl isobutyl ketone, N-H: N-hexan, Ac: Acetone, Be: Benzene, TCE: Trichloroethylene, TCA: 1,1,1-Trichloroethane

Table 2. Detection frequency of organic solvent and workplace.

Workplace	Spray	Brushing	Printing	Adhesion	Washing	Mixing	Drying	Others	Total
Total No of samples	3,463	949	1,932	1,865	1,364	1,123	119	746	11,561
Solvents	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)
Aromatics hydrocarbons	8,284	1,886	3,221	2,637	1,962	1,760	240	1,333	21,323
Benzene	946(27.3)	144(15.2)	624(32.3)	145(7.8)	243(17.8)	120(10.7)	30(25.2)	175(23.5)	2,427(21.0)
Ethyl benzene	920(26.6)	125(13.2)	167(8.6)	137(7.3)	149(10.9)	120(10.7)	22(18.5)	77(10.3)	1,717(14.9)
Trimethyl benzene	312(9.0)	115(12.1)	99(5.1)	40(2.1)	29(2.1)	59(5.3)	2(1.7)	38(5.1)	694(6.0)
Monochlorobenzene	11(0.3)	4(0.4)	2(0.1)	7(0.4)	11(0.8)	3(0.3)	-	2(0.3)	40(0.4)
Styrene	213(6.2)	181(19.1)	41(2.1)	72(3.9)	28(2.1)	92(8.2)	2(1.7)	82(11.0)	711(6.2)
Toluene	3,224(93.1)	780(82.2)	1,622(84.0)	1,676(89.9)	1,048(76.8)	927(82.6)	112(94.1)	633(84.9)	10,022(86.7)
Xylene	2,658(76.8)	537(56.6)	666(34.5)	560(30.0)	454(33.3)	439(39.1)	72(60.5)	326(43.7)	5,712(49.4)
Alcohols	927	250	808	752	601	597	27	225	4,187
n-Butyl alcohol	127(3.7)	21(2.2)	25(1.3)	35(1.9)	43(3.2)	21(1.9)	4(3.4)	10(1.3)	286(2.5)
Ethyl alcohol	63(1.8)	18(1.9)	46(2.4)	104(5.6)	60(4.4)	62(5.5)	6(5.0)	19(2.6)	378(3.3)
Isobutyl alcohol	92(2.7)	10(1.1)	53(2.7)	35(1.9)	18(1.3)	27(2.4)	-	18(2.5)	253(2.2)
Isopropyl alcohol	562(16.2)	168(17.7)	606(34.4)	385(20.6)	341(25.0)	321(28.6)	12(10.1)	109(14.6)	2,504(21.7)
Isoamyl alcohol	-	-	-	-	-	8(0.8)	-	-	8(0.1)
Methyl alcohol	83(2.4)	33(3.5)	78(4.0)	193(10.3)	139(10.2)	158(14.1)	5(4.2)	69(9.2)	758(6.6)
Esters	2,271	305	561	610	342	439	78	226	4,832
n-Butyl acetate	1,442(41.6)	138(14.5)	115(6.0)	153(8.2)	139(10.2)	139(12.4)	34(28.6)	43(5.8)	2,203(19.1)
Ethyl acetate	775(22.4)	165(17.6)	413(21.4)	369(19.8)	190(13.9)	273(24.3)	44(37.0)	158(21.2)	2,387(20.7)
Isobutyl acetate	28(0.8)	2(0.2)	10(0.5)	4(0.2)	5(0.4)	5(0.5)	-	7(0.9)	61(0.5)
Isopropyl acetate	18(0.5)	-	8(0.4)	19(1.0)	8(0.6)	4(0.4)	-	5(0.7)	62(0.5)
Methyl acetate	-	-	-	4(0.2)	-	2(0.2)	-	5(0.7)	11(0.1)
Vinyl acetate	2(0.1)	-	15(0.8)	23(1.2)	-	2(0.2)	-	8(1.1)	50(0.4)
Methyl methacrylate	-	-	-	7(0.4)	-	4(0.4)	-	-	11(0.1)
Ethyl acrylate	3(0.1)	-	-	16(0.9)	-	6(0.5)	-	-	25(0.2)
Butyl acrylate	3(0.1)	-	-	15(0.8)	-	4(0.4)	-	-	22(0.2)
Chlorinated hydrocarbons	593	213	322	533	1,380	294	35	221	3,591
1,2-Dichloroethane	19(0.5)	4(0.4)	6(0.3)	29(1.6)	20(1.5)	11(1.0)	8(6.7)	1(0.1)	98(0.9)
Dichloromethane	63(1.8)	23(2.2)	48(2.5)	201(10.8)	120(8.8)	133(11.8)	4(3.4)	43(5.8)	635(5.5)
Carbon tetrachloride	-	-	-	-	2(0.2)	-	1(0.8)	-	3(0.1)
Chloroform	4(0.1)	-	5(0.3)	5(0.3)	8(0.6)	6(0.5)	-	11(1.5)	39(0.3)
Perchloroethylene	99(2.9)	40(4.2)	27(1.4)	60(3.2)	133(9.8)	30(2.7)	4(3.4)	41(5.6)	434(3.8)
Trichloroethylene	220(6.4)	96(10.1)	106(5.5)	166(8.9)	746(54.7)	66(5.9)	7(5.9)	68(9.1)	1,475(12.8)
1,1,1-Trichloroethane	188(5.4)	45(4.7)	130(6.7)	72(3.9)	350(25.7)	48(4.3)	11(9.2)	57(7.6)	901(7.8)
Fluorotrichloromethan	-	5(0.5)	-	-	1(0.1)	-	-	-	6(0.1)
Glycol ethers	549	52	225	104	81	113	26	30	1,180
Butyl cellosolve	171(4.9)	16(1.7)	62(3.2)	18(1.0)	27(2.0)	31(2.8)	6(5.0)	12(1.6)	343(3.0)
Cellosolve	66(1.9)	7(0.6)	33(1.7)	10(0.5)	16(1.2)	26(2.3)	2(1.7)	3(0.4)	163(1.4)
Methyl cellosolve	34(1.0)	1(0.1)	38(2.0)	5(0.3)	2(0.2)	4(0.4)	-	2(0.3)	86(0.7)
Methyl cellosolve acetate	274(7.9)	24(2.3)	92(4.8)	69(3.7)	30(2.2)	52(4.6)	18(15.1)	13(1.7)	572(5.0)
Ethyl ether	4(0.1)	4(0.4)	-	2(0.1)	6(0.4)	-	-	-	16(0.2)
1,4-Dioxane	10(0.3)	2(0.2)	14(0.8)	4(0.2)	7(0.5)	6(0.5)	-	-	43(0.4)
Ketones	2,942	683	1,192	1,636	883	1,008	104	624	9,072
Acetone	649(18.7)	235(24.8)	338(17.5)	522(28.0)	325(23.8)	302(26.9)	28(23.5)	258(34.6)	2,657(23.0)

continuing

Workplace	Spray	Brushing	Printing	Adhesion	Washing	Mixing	Drying	Others	Total
Total No of samples	3,463	949	1,932	1,865	1,314	1,123	119	746	11,561
Solvents	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)
Methyl ethyl ketone	994(28.7)	257(27.1)	530(27.4)	856(45.9)	380(27.9)	487(43.4)	44(37.0)	262(35.1)	3,810(33.0)
Methyl buthyl ketone	11(0.3)	-	2(0.1)	6(0.3)	4(0.3)	-	-	3(0.4)	26(0.2)
Methyl isobutyl ketone	1,288(37.2)	191(20.1)	322(16.7)	252(13.5)	174(12.8)	219(19.5)	32(26.9)	101(13.5)	2,579(22.3)
Aliphatic hydrocarbons	1,086	309	554	771	434	377	48	301	3,880
Cyclohexane	58(1.7)	43(4.5)	18(0.9)	67(3.6)	39(2.9)	39(3.5)	-	13(1.7)	277(2.4)
Cyclohexanone	87(2.5)	14(1.5)	142(7.4)	47(2.5)	33(2.4)	43(3.8)	2(1.7)	24(3.2)	392(3.4)
N-Hexane	818(23.6)	240(25.3)	363(18.8)	625(33.5)	334(24.5)	279(24.8)	44(37.0)	251(33.7)	2,954(25.6)
N-Heptane	103(3.0)	2(0.2)	24(1.2)	20(1.0)	14(1.0)	11(1.0)	2(1.7)	10(1.3)	186(1.6)
N-Octane	20(0.6)	10(1.1)	7(0.4)	12(0.6)	14(1.0)	5(0.5)	-	3(0.4)	71(0.6)
Others	281	68	194	332	135	251	37	144	1,442
Carbon disulfide	-	2(0.2)	-	8(0.4)	-	3(0.3)	-	-	13(0.1)
N,N-Dimethylformamide	12(0.3)	12(1.3)	26(1.3)	110(5.9)	8(0.6)	99(8.8)	13(10.9)	17(2.3)	297(2.6)
Tetrahydrofuran	12(0.3)	7(0.6)	31(1.6)	23(1.2)	6(0.4)	4(0.4)	-	10(1.3)	93(0.8)
Petroleum naphtha	2(0.1)	6(0.6)	2(0.1)	3(0.2)	4(0.3)	-	-	8(1.1)	25(0.2)
Mineral spirits	5(0.1)	8(0.7)	2(0.1)	12(0.6)	4(0.3)	9(0.9)	-	-	40(0.4)
Pentane	194(5.6)	29(3.1)	103(5.3)	147(7.9)	91(6.7)	91(8.1)	24(20.2)	106(14.2)	785(6.8)
Acrylonitrile	1(0.1)	2(0.2)	3(0.2)	15(0.8)	5(0.3)	25(2.2)	-	-	51(0.4)
Epichlorohydrin	30(0.9)	-	10(0.5)	3(0.2)	5(0.3)	6(0.5)	-	3(0.4)	57(0.5)
Cumene	15(0.4)	-	3(0.2)	7(0.4)	5(0.3)	8(0.8)	-	-	38(0.3)

% : {Detection No. / No. of workplaces} × 100

Others : Workplace included of wool processing, testing & research, painting insertion, filling

이때, 검출빈도(Detection Frequency)는 각 작업 공정에서 측정된 유기용제의 검출건수를 나타낸다.

작업공정에 따른 유기용제 성분별 검출빈도를 보면 세정공정을 제외한 모든 공정에서 톨루엔의 검출율이 80%이상으로 가장 높았으며 크실렌은 분무도장공정(76.8%), 메틸에틸케톤은 접착공정(45.9%), 메틸이소부틸케톤은 분무도장공정(37.2%), 노말헥산은 건조공정(37.0%), 아세톤은 기타공정(43.6%), 벤젠은 인쇄공정(32.3%)에서 높은 검출율을 보였으며, 트리클로로에틸렌(54.7%), 1,1,1-트리클로로에탄(25.7%) 등 할로겐화탄화수소류는 세척 공정에서 높게 검출되고 있는 것을 알 수 있었다.

2. 유기용제의 화학조성별 검출건수

유기용제는 화학적 조성에 따라 지방족 탄화수소, 방향족 탄화수소, 할로겐화 탄화수소, 알콜류, 에스테르류, 알데히드류, 케톤류, 글리콜류, 에테르

류 등으로 분류할 수 있다. 여기서는 검출된 54종의 유기용제를 화학적 조성에 따라 분류하고 이들의 작업공정별 검출건수를 Fig. 2에 표시하였다. 이때 검출건수(Detection No.)는 화학조성별로 검출된 유기용제 총 수를 작업공정별로 측정된 시료 수로 나눈 것을 의미한다.

모든 작업공정에서 방향족 탄화수소류가 1개 측정시료당 1.41건에서 2.39건으로 검출빈도가 가장 높았으며 다음으로 분무도장공정은 케톤류 0.85건, 에스테르류 0.66건이며 붓도장공정은 케톤류 0.72건, 지방족탄화수소류 0.33건, 인쇄공정은 케톤류 0.62건, 알콜류 0.42건, 접착공정은 케톤류 0.88건, 지방족탄화수소류 0.41건, 세정공정은 염화탄화수소류 1.01건, 케톤류 0.65건, 혼합공정은 케톤류 0.9건, 알콜류 0.53건, 건조공정은 케톤류 0.87건, 에스테르류 0.66건, 기타작업은 케톤류 0.84건, 지방족 탄화수소류 0.4건 순으로 검출되었다.

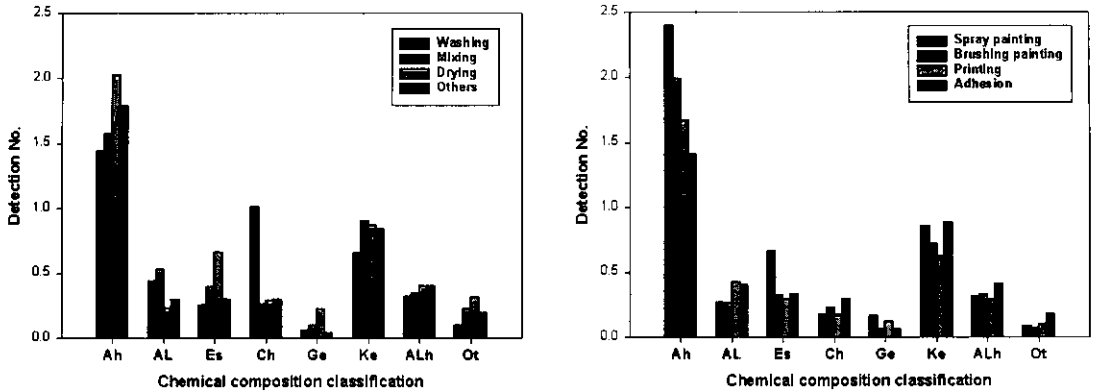


Fig 2. Detection number by type of the chemical composition classification of organic solvent

Ah : Aromatics hydrocarbons AL : Alcohols Es : Esters
 Ch : Chlorinated hydrocarbons Ge : Glycol ethers Ke : Ketones
 ALh : Aliphatic hydrocarbons Ot : Other

3. 혼합유기용제 측정시료 1건당 검출된 유기용제 성분수

작업공정별 혼합 유기용제 측정시료 1건당 검출된 유기용제 성분수의 분포를 Table 3에 표시하였다.

Table 3. Average number of organic solvents per one sample by the type of workplace

workplace	Measurement sample		
	N	a	AM±SD(Range)
Spray painting	1,918	7,493	4.0±3.5(2 ~18)
Brushing painting	507	1,581	3.1±3.0(2 ~11)
Printing	1,022	2,906	2.9±2.4(2 ~ 8)
Adhesion	1,194	3,423	2.9±2.5(2 ~10)
Mixing	729	2,091	2.9±3.1(2 ~11)
Auto washing	345	1,338	3.9±2.0(2 ~ 6)
Manual washing	452	1,539	3.4±1.8(2 ~ 7)
Drying	73	266	3.7±2.9(2 ~ 9)
Wool processing	225	614	2.7±3.1(2 ~11)
Testing & research	113	302	2.7±3.0(2 ~10)
Painting insertion	5	12	2.4±1.4(2 ~ 6)
Filling	9	32	3.6±1.0(3 ~ 6)
Total	6,592	21,597	3.3±2.5(2 ~18)

N : Number of workplace examined
 a : Number of organic solvents examined
 AM±SD : Arithmetic mean±standard deviation

전체 작업공정의 평균 유기용제 성분수는 3.3±2.5(2~18)종으로 분무도장 작업이 4.0±3.5(2~18)종으로 가장 많았으며 그림 삽입업무가 2.4±1.4종으로 가장 적었고, 나머지 공정은 2.7~3.9종으로 큰 차이를 보이지 않았다.

4. 유기용제 성분별 노출농도

도장, 접착, 인쇄, 세척 공정 등에서 발생하는 유기용제 측정 결과 각각의 성분별 노출농도에 대한 분포를 Table 4에 표시하였다.

화학적 조성별 산술평균으로 나타낸 노출농도가 높은 순서를 보면 방향족 탄화수소류에서는 톨루엔 10.8±25.0, 스틸렌 9.5±23.4, 알콜류는 에틸알콜 22.5±51.0, 메틸알콜 19.8±57.6, 에스테르류는 메틸메타아크릴레이트 43.5±47.0, 에틸아세테이트 6.7±16.9, 할로겐화 탄화수소는 1.1-트리클로로에탄 17.8±49.8, 디클로로메탄 13.1±30.6, 글리콜 에테르류는 에틸에테르 19.8±40.1, 2-에톡시에탄올(셀로솔브) 4.1±4.5, 케톤류는 아세톤 17.3±56.3, 메틸에틸케톤 13.1±29.6, 지방족 탄화수소류는 N-헵탄 7.3±21.0, N-옥탄 6.8±14.4, 기타류는 석유나프타 7.5±7.1, N,N-디메틸포름아미드 5.6±7.7 순이었으며, 노출기준과 대비하였을때는 셀로솔브, 메틸셀로솔브, N,N-디메틸포름아미드, 트리클로로에틸렌, 1,2-디클로로에틸렌, 벤젠, 스틸렌 등 노출

Table 4. Exposure concentration of organic solvent.

Chemical Composition of classification		Solvents	TLV*	N	A	Median	AM±SD	Range
Mixed organic solvents			1	11,561	698	0.1	0.3±0.5	0.001~16.0
Aromatic Hydrocarbon	Benzene		10(A ₂)	2,427	7	0.5	1.1±2.3	0.001~26.2
	Ethyl benzene		100	1,717	0	0.5	3.5±4.2	0.01~54.4
	Trimethyl benzene		25	694	0	0.2	0.6±1.5	0.01~13.8
	Monochlorobenzene		75	40	5	0.6	2.2±4.1	0.1~23.3
	Styrene		50	711	20	1.9	9.5±23.4	0.01~499.9
	Toluene		100	10,022	139	2.4	10.8±25.0	0.01~596.0
	Xylene		100	5,712	40	1.3	5.5±15.9	0.01~382.2
Alcohols	n-butyl alcohol		C50	286	3	0.7	3.3±9.3	0.01~119.9
	Ethyl alcohol		1000	378	0	2.4	22.5±51.0	0.01~528.6
	Isobutyl alcohol		50	253	1	0.5	1.5±4.4	0.04~83.2
	Isopropyl alcohol		400	2,504	1	1.8	8.5±27.8	0.01~1207.8
	Isoamyl alcohol		100	8	0	1.3	1.6±0.4	0.2~10.9
	Methyl alcohol		200	758	8	4.7	19.8±57.6	0.02~909.3
Esters	n-Butyl acetate		150	2,203	0	1.0	2.9±6.1	0.01~109.0
	Ethyl acetate		400	2,387	0	1.6	6.7±16.9	0.01~314.9
	Isobutyl acetate		150	61	0	0.5	1.2±2.2	0.1~15.9
	Isopropyl acetate		250	62	0	0.9	4.4±11.4	0.1~58.2
	Methyl acetate		200	11	0	5.3	6.7±4.2	1.5~20.7
	Vinyl acetate		10	50	0	0.6	0.8±0.6	0.04~2.6
	Methyl methacrylate		100	11	0	41.3	43.5±47.0	0.04~96.6
	Ethyl acrylate		5	25	0	0.3	0.7±0.9	0.01~4.7
Butyl acrylate		10	22	0	0.1	0.5±0.8	0.01~4.3	
Chlorinated hydrocarbons	1,2-Dichloroethane		10	98	3	1.9	2.9±3.7	0.01~21.8
	Dichloromethane		50(A ₂)	635	34	3.2	13.1±30.6	0.01~435.6
	Carbon tetrachloride		5	3	0	1.6	1.9±1.3	0.6~2.7
	Chloroform		10(A ₂)	39	2	0.5	3.2±4.4	0.001~13.2
	Perchloroethylene		50	434	9	1.8	5.9±12.2	0.01~82.8
	Trichloroethylene		50	1,475	59	2.9	10.7±26.8	0.01~500.5
	1,1,1-Trichloroethane		350	901	3	1.8	17.8±49.8	0.02~545.9
	Fluorotrichloromethan		C1000	1	0	20.3	20.3±0	20.3
Glycol ethers	Butyl cellosolve		25	343	1	0.5	1.3±2.6	0.01~37.1
	Cellosolve(2-Ethoxyethanol)		5	163	23	2.2	4.1±4.5	0.004~26.3
	Methyl cellosolve		5	86	2	0.8	4.0±18.5	0.1~140.0
	Methyl cellosolve acetate		5	572	26	0.5	1.5±3.2	0.01~42.9
	Ethyl ether		400	16	0	8.6	19.8±40.1	1.3~140.2
	1,4-Dioxane		25	43	0	0.5	1.0±1.3	0.1~9.0

Continuing

Chemical Composition of classification	Solvents	TLV*	N	A	Median	AM±SD	Range
ketones	Acetone	750	2,657	2	2.6	17.3±56.3	0.01~896.9
	Methyl ethyl ketone	200	3,810	12	2.0	13.1±29.6	0.01~462.4
	Methyl buthyl ketone	5	26	0	0.6	0.5±0.2	0.004~1.7
	Methyl isobutyl ketone	50	2,579	27	0.7	3.6±11.2	0.1~278.8
Aliphatic hydrocarbons	Cyclohexane	300	277	0	1.1	2.9±8.6	0.01~126.0
	Cyclohexanone	25	392	0	0.8	1.9±3.0	0.01~18.2
	N-Hexane	50	2,954	46	0.8	4.9±17.1	0.01~514.6
	N-Heptane	400	186	0	1.0	7.3±21.0	0.1~224.9
	N-Octane	300	71	0	1.1	6.8±14.4	0.1~72.1
Others	Carbon disulfide	10	13	0	1.8	2.0±2.4	0.06~6.4
	N,N-Dimethylformamide	10	297	51	2.9	5.6±7.7	0.004~50.6
	Tetrahydrofuran	200	93	0	0.9	3.6±6.3	0.1~31.2
	Petroleum naphtha	400	25	0	4.7	7.5±7.1	2.0~43.9
	Mineral spirits	300	40	0	0.4	1.7±3.3	0.04~13.8
	Pentane	600	785	0	0.4	2.6±6.6	0.01~73.0
	Acrylonitrile	2	51	2	0.2	0.6±0.8	0.01~4.4
	Epichlorohydrin	2	57	0	0.4	0.5±0.2	0.2~1.3
	Cumene	100	38	0	0.1	0.1±0	0.01~0.3

N : Number of organic solvent detected.

A : Number of exceeded TLV.

AM±SD : Arithmetic mean ± standard deviation.

TLV* : Threshold Limit Value, Ministry of Labour, 1998.

기준이 비교적 낮은 유기용제가 높은 노출농도를 보였다.

화학적 조성별 노출기준 초과건수를 보면 (Fig. 3) 방향족 및 할로겐화 탄화수소, 기타류 순으로 높았으며, 개별 유기용제의 노출기준 초과건수는 방향족 탄화수소류 211건 중 톨루엔(139건), 스틸렌(40건)으로 높았으며 다음순으로 할로겐화 탄화수소류 110건 중 트리클로로에틸렌(59건), 디클로로메탄(34건), 기타류에서는 53건 중 N,N-디메틸포름아미드(51건), 글리콜에테르류는 52건 중 메틸셀로솔브아세테이트(26건), 셀로솔브(23건) 순으로 높았다.

그러나 이러한 측정값들은 산술평균에 의해 요약된 값들로 많은 편차를 보였다.

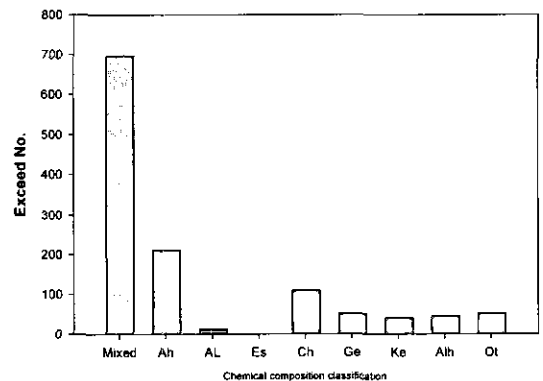


Fig. 3. Number exceeded the TLV type of the chemical composition.

Mixed : Mixed organic solvents,

Ah : Aromatics hydrocarbons, AL : Alcohols

Es : Esters, Ch : Chlorinated hydrocarbons,

Ge : Glycol ethers, Ke : Ketones

ALh : Aliphatic hydrocarbons, Ot : Other

IV. 고 찰

급속한 경제성장에 따른 산업구조의 고도화 및 다양화로 인하여 유기용제는 많은 사업장에서 널리 사용되고 있으며 종류도 매우 다양해져 400여종 이상이 되며¹¹⁾, 사용량도 매년 10%이상씩 증가하고 있어 근로자에게 직접 또는 간접적으로 폭로되어 건강에 나쁜 영향을 초래하고 있다. 유기용제의 노출정도를 정확히 평가하기 위해서는 작업환경에서 유기용제의 공기중 농도를 측정하는 것이 매우 바람직한 방법일뿐 아니라 근본적인 관리대책 수립에도 필수 불가결한 요건이라 할 수 있다¹⁴⁾.

특히 사업장에서 사용되는 유기용제는 상온, 상압하에서 휘발성이 있는 액체로 사용목적에 따라 여러 가지 유기용제의 복합물 혹은 다른 화학물질과 혼합하여 사용되기 때문에 사업장내에 여러 성분의 유기용제가 복합적으로 존재하여 근로자건강에 미치는 영향을 달리하며, 대부분의 경우는 상각적으로 작용하게 된다^{12,13)}.

1998년도 유기용제를 사용하는 전국 사업장의 작업환경측정 및 특수건강진단 실시결과를 보면 상·하반기에 측정된 18,735개소, 43,159개 공정 중에서 582개소, 837개 공정이 노출기준을 초과한 것으로 나타났으며 전체 특수건강진단 대상근로자 563,457명중 유기용제 폭로로 인한 수검자는 9만 6천여명으로 약 17%를 차지하고 있으며, 유기용제에 의한 직업병 유소견자(D₁)의 발생 현황은 '94년 5건, '95년 11건, '96년 57건, '97년 30건, '98년 5건이 발생되었다¹⁵⁾.

이와 같이 많은 근로자들이 유기용제에 노출되고 있으므로 사업장에서 사용되는 유기용제의 종류 및 사용실태를 정확히 파악하는 것이 산업위생학적 견지에서 중요한 것으로 생각한다. 그러나 실제로 혼합유기용제 사용 근로자들에게 노출되는 유기용제의 종류 전부를 정확하게 파악하여 그에 따른 작업환경관리와 근로자건강관리에 활용한다는 것은 현실적으로 쉬운일이 아니다.

최근 근로자의 알권리 보장을 위해 도입된 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet : MSDS) 제도에 의해 유기용제의 성분과 함유량 등을 명기하고 있으나 유기용제의 구성 성분과 조성비는 제

품 제조회사에서 제조기술상의 비밀보호를 위해 사용물질 성분의 공개를 꺼려하고 있어 실제로 사용되는 유기용제를 미리 인식하는데 어려움이 많으며 명기되지 않는 불순물 등 노출될 수 있는 물질들의 정확한 성분을 알기란 매우 어려운 실정이다.

따라서 혼합유기용제 취급사업장의 공기중에 존재하는 유기용제에 대하여 정성 및 정량분석을 한 후 적합한 개선대책의 제시가 필요하다고 생각된다.

1. 작업공정별 유기용제 성분 및 검출빈도

도장작업은 제품의 보호와 아름답게 보이기 위해서 도료를 유동상태로 제품 표면에 도포하여 얇은 층을 형성한 후 굳히는 작업으로 분무도장 공정에서 사용되는 유기용제에 대해 Whitehead¹⁶⁾과 Winchester¹⁷⁾은 톨루엔, 크실렌, 에틸벤젠, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤, 이소프로필알콜, 노말렉산, 헵탄, 나프타, 메틸셀로솔브 아세테이트 등 20 종류의 혼합용제가 사용되고 있다고 보고하고 있으며, 井上²¹⁾은 도장작업시 사용되는 도료용 용제에는 톨루엔(80%), 크실렌(66%), 메틸에틸케톤 및 메틸이소부틸케톤(각각 26%), 초산에틸(22%) 순이며 신나에는 톨루엔(56%), 초산에틸(38%), 크실렌(33%), 에틸벤젠(32%), 메틸알콜(31%), 셀로솔브아세테이트(21%) 순으로 검출률이 높다고 보고하고 있다.

또한 원정일¹²⁾의 보고에 의하면 분무도장시 톨루엔(94%), 크실렌(87%), 메틸이소부틸케톤(48%), 노말부틸 아세테이트(33%) 순의 검출률과 28종의 유기용제가 검출되었으며, 붓도장에서는 톨루엔(93%), 스타일렌(63%), 크실렌(58%), 메틸에틸케톤(33%) 등 19종이 검출되었다.

본 연구의 분무도장에서는 톨루엔(93.1%), 크실렌(76.8%), 메틸이소부틸케톤(37.2%), 메틸에틸케톤(28.7%) 순의 검출률과 48종의 유기용제가 검출되었으며, 붓도장에서는 톨루엔(82.2%), 크실렌(56.6%), 메틸에틸케톤(27.1%), 노말렉산(25.3%) 등 42종이 검출되었다.

인쇄업은 크게 그라비아인쇄, 오프셋인쇄, 활판인쇄, 윤전인쇄 및 스크린인쇄로 구분할 수 있으며

그라비아인쇄에서는 톨루엔이 주용제로 사용되며 읍셋, 활판 및 윤전인쇄에서는 압축롤러의 청소과정에서 벤졸이나 석유계용제가 사용되며, 스크린인쇄는 금속, 유리, 종이, 플라스틱 등 사용되는 재질에 따라 톨루엔, 크실렌, 노말프로필알콜, 이소프로필알콜, 부탄올, 에틸아세테이트, 시클로헥산은, 1,1,1-트리클로로에탄, 테레빈유, 글리콜에테르 및 방향족 탄화수소류 등이 혼합되어 사용된다^{18,19)}.

인쇄공정에서 사용되는 유기용제에 대해 송동빈²⁰⁾과 D.J. Hansen²¹⁾은 톨루엔, 크실렌, 벤젠, 메틸에틸케톤, 트리클로로에틸렌, 메틸렌클로라이드, 크레졸 등 10종류의 혼합 유기용제가 사용되고 있다고 보고하고 있으며, 井上²⁾은 잉크용 용제에서는 톨루엔(62%), 이소프로필알콜(35%), 메틸알콜(25%), 메틸에틸케톤(21%), 초산에틸(17%), 크실렌(13%) 순으로 검출률이 높다고 보고하고 있다.

또한 원정일¹²⁾과 최호춘²²⁾의 보고에 의하면 인쇄공정에서는 톨루엔(98%), 크실렌(43%), 벤젠(36%), 노말헥산(34%) 순의 검출률을 보였으며 26종이 검출되었다.

본 연구의 인쇄공정에서는 톨루엔(84.0%), 크실렌(34.5%), 벤젠(32.3%), 이소프로필알콜(31.4%) 순의 검출율과 45종의 유기용제가 검출되었다.

접착공정에 있어서 박대희²³⁾ 이종락²⁴⁾은 신발 및 제화업체의 접착작업시 사용되는 유기용제의 경우 검출물은 톨루엔(69%), 메틸에틸케톤(16%), 시클로헥산(8%), 초산에틸(6%) 순이며 9종류의 혼합 유기용제가 사용되고 있다고 보고 하고 있으며, 井上²⁾은 접착제용 용제에는 톨루엔(53%), 노말헥산(28%), 메틸에틸케톤(20%), 메틸알콜(12%), 아세톤(10%) 순의 검출률을 보고하였다.

원정일¹²⁾의 보고에 의하면 톨루엔(96%), 노말헥산(55%), 메틸에틸케톤(34%), 벤젠(30%) 순의 검출률을 보였으며 27종이 검출되었으며 김광중²⁵⁾은 접착제 제조에 사용되는 신나에 노말헥산(80%), 톨루엔(60%), 벤젠(20%) 순의 검출률을 보고하였다.

본 연구에서는 톨루엔(89.9%), 메틸에틸케톤(45.9%), 노말헥산(33.5%), 크실렌(30.0%) 순의 검출률을 보였으며 51종의 유기용제가 검출되었다.

세척공정에 있어서 井上²⁾은 세정제로 사용되는 용제에는 트리클로로에틸렌(21%), 1,1,1-트리클로

로에탄 및 메틸알콜(각각 14%), 테트라클로로에틸렌 및 1,4-디옥산(각각 12%), 아세톤 및 톨루엔(각각 8%) 순으로 1,1,1-트리클로로에탄의 안정제로 사용되는 1,4-디옥산의 검출빈도가 높다고 보고하고 있으며, 원정일¹²⁾의 보고에 의하면 톨루엔(98%), 노말헥산(60%), 메틸에틸케톤(34%), 벤젠(30%) 순의 검출률을 보였으며 22종이 검출되었다.

본 연구에서는 톨루엔(76.8%), 트리클로로에틸렌(54.7%), 크실렌(33.3%), 메틸에틸케톤(27.9%), 1,1,1-트리클로로에탄(25.7%) 순의 검출율을 보였으며 47종이 검출되었다. 또한 전자가 보고한 연구에서는 1,4-디옥산의 검출률이 12.0%로 높은 반면 본 연구에서는 0.5%로 매우 낮은 검출률을 보였다. 이는 대부분의 추정기관에서 세척제로 널리 사용하는 1,1,1-트리클로로에탄의 안정제로 사용빈도가 높은 1,4-디옥산의 혼합여부 불간과하여 동 물질에 대한 작업환경 측정을 하지 않았기 때문으로 사료된다.

그 외의 작업공정에서는 혼합 49종, 건조 29종, 기타 42종으로 원정일¹²⁾이 보고한 혼합 26종, 건조 19종, 기타 14종 보다 많은 유기용제가 검출되었다.

상기의 연구자들이 보고한 작업공정별 사용되는 유기용제 성분과 본 연구결과와 다소 차이를 보이는 것은 유기용제를 취급하는 회사마다 생산제품의 특성에 맞는 유기용제를 사용하기 때문에 서로 다른 결과가 나온 것으로 사료된다.

그러나 대부분의 연구결과와 같이 모든 작업공정에서 검출율이 높게 나타난 벤젠은 낮은 농도에서 장기간 폭로되면 혈소판 감소증, 재생불량성 빈혈, 골수확장증, 백혈구 감소증 등의 원인이 되며 백혈병 등 혈액암을 일으키는 것으로 보고^{26~28)}되고 있으며 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)²⁹⁾에서도 벤젠의 허용기준을 10ppm에서 0.5ppm으로 강화하였다. 또한 우리나라도 벤젠의 유해성으로 인해 고무풀에 벤젠 함량이 5%를 초과하지 못하도록 법으로 규정하고 특정화학물질 제2류로 분류하여 관리하고 있다.

본 연구결과 전 작업공정에서 벤젠의 검출빈도가 높게 나타난 것은 휘발성이 매우 크고 점도가 높은 관계 등 물리화학적 특성으로 인해 여러 가지 합성 유기용제나 인쇄잉크 등의 제조원료 및 희석제 등으로 사용되는 신나에 7~10%가 검출되

고 있다는 보고^{6,25)}로 보아 벤젠이 아직도 사용되고 있거나 상업용 용제의 불순물로 혼재하기 때문으로 생각된다³⁰⁾.

2. 유기용제의 화학조성별 검출건수

유기용제의 종류를 화학조성별로 분류하면 알콜류, 방향족탄화수소류, 아민류, 글리콜에테르류, 케톤류, 에스테르류 및 염화탄화수소류 등이 있으며 대부분 사업장에서는 단일성분의 유기용제나 또는 적정비율로 혼합하여 제조된 제품들을 사용하고 있다³¹⁾.

김광중²⁵⁾은 8개 업종에서 도장, 인쇄, 페이트배합, 접착작업시 사용되고 있는 신나 80개에 대한 구성 성분의 함유량을 분석한 결과 알콜류의 함유량이 평균 48.7%(23~98%)로 가장 높고, 방향족탄화수소류, 케톤류, 염화탄화수소류가 각각 약 20%, 글리콜에테르류가 18.5% 이었다고 보고하였으며 원정일¹²⁾의 보고에 의하면 모든 작업공정에서 방향족탄화수소류가 1개 측정시료당 1.5건에서 2.6건으로 검출빈도가 가장 높았으며 다음 순으로 분무도장, 붓도장, 접착, 혼합, 건조공정이 케톤류가 0.67건에서 1.05건, 인쇄, 세정, 기타 공정은 염화탄화수소류가 0.6건에서 0.83건 순으로 검출되었다.

본 연구에서도 원정일¹²⁾이 보고한 것과 같이 모든 작업공정에서 방향족탄화수소류가 1.41건~2.39건으로 검출빈도가 가장 높았으며 다음 순으로 분무도장, 붓도장, 인쇄, 혼합, 건조, 기타공정에서 케톤류가 0.62건~0.9건, 세정공정에서 염화탄화수소류가 1.01건 순으로 검출되어 전자의 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

3. 작업공정별 측정시료 1개당 유기용제 성분검출수

분무도장 작업의 1개 시료중 검출된 성분수는 4.0 ± 3.5 종으로 가장 높았으며, 자동세정 3.9 ± 2.0 종, 건조 3.7 ± 2.9 종, 포장 3.6 ± 1.0 종, 수동세척 3.4 ± 1.8 종, 붓도장 3.1 ± 3.0 종, 인쇄·접착 및 혼합·교반이 2.9 ± 3.1 종의 순이었고 전체 작업공정의 평균 검출수는 3.3 ± 2.5 종으로 작업공정별 큰 차이는 없었다.

그러나 井上²¹⁾과 김광중³²⁾의 보고에 의하면 도장 작업에 사용되는 신나의 평균검출성분수는 4.14종 및 3.2종 도료에는 평균 3.3종, 잉크 및 접착제 2.2종 이었으며 원정일¹²⁾은 분무도장 5.1종, 건조 4.7종, 붓도장 및 세척 4.5종, 접착 4.3종, 인쇄 4.1종, 배합 3.9종의 검출성분수를 보고하여 본 연구와 다소 차이를 보이고 있으나 이는 신나 등과 같은 휘발성 성분과 사용목적에 따른 비휘발성분(도료, 잉크, 접착제 등)을 혼합 사용하는 작업공정의 유기용제 성분수이기 때문으로 생각된다.

최호춘²²⁾은 혼합 유기용제의 성분분석시 가스크로마토그래피에 의한 머무름시간(retention time)에 의존하여 물질을 동정하여 분석하는 데는 같은 머무름 시간을 갖는 유기용제가 있기 때문에 착오를 낼 수 있으므로 혼합 유기용제의 발생 및 취급사업장의 작업환경 평가시 가스질량분석기(GC-MSD)로 물질을 확인, 정성분석한 후 정량분석을 하여 근로자들의 폭로농도를 평가하도록 제안하고 있으나 일부 대학 연구소를 제외한 산업위생기관에서는 실용화되지 못하고 있는 실정이다.

그러나 매우 복합적으로 유기용제가 발생하는 사업장에서 유기용제 성분의 확인 없이 임의로 대상 유기용제를 선정하여 분석하는데는 많은 문제가 발생할 수 있으므로 여러 종류의 혼합된 유기용제를 사용하는 경우 정성, 정량분석하여 혼합 유기용제를 평가해야 한다고 생각된다.

4. 유기용제 성분별 노출농도

각 유기용제별 노출기준과 대비한 노출농도를 보면 셀로솔브, 메틸셀로솔브, N,N-디메틸포름아미드, 트리클로로에틸렌, 1·2-디클로로에틸렌, 벤젠, 스틸렌 순으로 높은 노출 농도를 보였으며, 노출기준 초과건수가 높은 유기용제를 보면 톨루엔, 트리클로로에틸렌, N,N-디메틸포름아미드, N-헥산, 크실렌, 디클로로메탄, 메틸이소부틸케톤, 메틸셀로솔브 아세테이트, 셀로솔브, 스틸렌, 벤젠 순으로 도장, 접착, 인쇄공정 등에서 다양한 용도로 광범위하게 사용되며 노출기준이 비교적 낮은 유기용제가 높은 노출기준 초과건수를 보였다.

특히, N,N-디메틸포름아미드에 의한 전격성 간염 등 간 장해, 벤젠에 의한 골수 이형성 증후군

및 백혈병, 메틸 셀로솔브아세테이트 등 글리콜 에테르류에 의한 생식기능 장애 등 직업병 발생이 최근 증가하고 있어, 전세계적으로 이와 같은 유해성이 강한 물질의 노출기준이 점차 강화되고 있다. 따라서 동물질이 함유된 제품의 제조 및 사용에 있어 유해성이 낮은 물질의 대체를 통한 제조과정에서 부터의 근원적 관리³³⁾ 및 공학적 대책수립과 아울러 산업위생학적 견지에서 작업환경과 근로자 건강 관리의 효율성 증대를 위해 강력한 법적 대응이 필요하다고 사료된다.

본 연구의 대상이 작업환경측정기관 75개소에서 실시한 '98년도 유기용제 취급사업장의 작업환경 측정결과서를 활용하여 사업장의 제반 특성인 구조적, 환경적 요인을 연구자가 직접 조사하지 않았기 때문에 이 연구의 일반화에는 한계가 있다. 그러나 본 연구에 의해 다양한 업종에서 사용되는 유기용제 성분을 간접적으로 파악할 수 있었고 유기용제 측정에 대한 현 실태를 추정할 수 있으리라 생각되며 향후 다양한 업종에서 신나, 세정제, 도료, 잉크, 접착제의 용도로 사용되는 용제의 성분분석과 유기용제 사용실태 등에 대한 광범위한 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

VI. 결 론

유기용제를 취급하는 3,280개 사업장, 4,181개 작업공정의 작업환경측정결과에서 공기중 유기용제의 성분과 검출빈도 및 노출농도를 분석한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 작업공정에 따른 유기용제 성분별 검출빈도는 세공공정을 제외한 모든 공정에서 톨루엔의 검출율이 80%이상으로 높았으며 발암성 물질로 규정된 벤젠이 대부분의 공정에서 20%이상의 높은 검출율을 보였다.
2. 유기용제의 화학조성별 검출건수는 모든 작업공정에서 방향족 탄화수소류가 측정시료 1개당 1.41건에서 2.39건, 케톤류가 0.62건에서 0.9건의 검출빈도를 보였으며 세척공정에서는 염화탄화수소류가 1.01건으로 높은 검출빈도를 보였다.
3. 측정시료 1개당 유기용제 성분 검출수는 평균 $3.3 \pm 2.5(2 \sim 18)$ 종으로 작업공정별 성분 검출수

는 큰 차이를 볼 수 없었다.

4. 유기용제 성분별 노출농도와 평균치는 메틸 메타아크릴레이트 43.5 ± 47.0 ppm, 에틸알콜 22.5 ± 51.0 ppm, 메틸알콜 19.8 ± 57.6 ppm, 에틸에테르 19.8 ± 40.1 ppm 순이었으나, 노출기준과 비교하여 높은 농도의 노출을 보인 것은 셀로솔브 및 메틸셀로솔브가 각각 4.1 ± 4.5 ppm, 4.0 ± 18.5 ppm (TLV: 5ppm), N,N-디메틸포름아미드 5.6 ± 7.7 ppm (TLV: 10ppm)의 순으로 높은 농도를 나타냈다.

이상의 결과 유기용제 취급사업장의 효율적인 작업환경관리를 위해 혼합된 유기용제의 성분분석이 선행되어야 함과 아울러 근로자들의 인체에 미치는 영향이 큰 물질에 대한 물질의 대체 및 공학적 대책 수립이 이루어져야 한다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 이세훈: 유기용제 중독, 산업보건학, 수문사, 273, 1991.
2. 井上 俊, 池田 正之, 梶方 正名: わか國における工業用有機用濟使用の質態에 關する 調査研究, 産業醫學 26, 518-538, 1984.
3. 노동부: 산업안전보건법, 1998.
4. 伊藤岩美, 岡部 憲夫, 照井 哲, 横山 英世: 有機溶劑取扱職場の作業環境評價に 關する 研究, 第30回 日本労働衛生工學會紙, 12(5), 61-68, 1991.
5. Nelson, N.A., Robins, T.G., Garrison, R.P., Schuman, M. & White, R.F.: Historical characterization of exposure to mixed solvents for an epidemiologic study of automotive assembly plant workers, Appl. Occup. Environ. Hyg., 8, 693-702, 1993.
6. 백남원, 윤충식, 정희명: 우리나라에서 사용되는 일부 신나의 구성성분에 관한 연구, 한국산업위생학회지 8, 105-114, 1998.
7. 최호춘, 김강운, 안선희: 일부그라비아 인쇄업 근로자의 혼합유기용제 노출농도, 한국산업위생학회지 1, 66-80, 1997.
8. 노영만, 이세훈, 이광득, 정치경: 유기용제의 성

- 분분석과 건강영향에 관한 연구, 대한산업의학 회지, 5, 88-103, 1993.
9. 신용철, 이광용: 조선업의 도장작업시 취급하는 도료중 유해물질 성분에 관한 연구, 한국산업위생학회지 1, 156-172, 1999.
 10. 정호근: 도장부서 근로자의 유기용제와 반복작업에 의한 건강영향 및 작업환경평가, 아주대의대, 23-24, 1997.
 11. 左右田礼典: 混合有機溶劑蒸氣組成變化の 豫測について. 第61回 日本産業衛生學會, 1988.
 12. 원정일, 이광목: 공기중 혼합유기용제 측정상태와 성분분석, 한국의산업의학 2, 88-104, 1994
 13. 변정식, 김정윤, 조영채, 김동현: 신발제조업체의 접착제 사용에 따른 직·간접폭로 근로자들의 복합유기용제 폭로량과 자각증상 비교, 한국산업위생학회지 1, 46-58, 1995.
 14. 이종태, 문덕환, 이현: GC를 이용한 산업장공기중 혼합유기용제 농도의 동시정량 분석에 의한 환경감시, 대한산업의학회지 2, 375-389, 1995
 15. 노동부: '98 노동백서, 1998.
 16. Whitehead, L.W., Ball, G.L., Fine, L.J. & Langolf G.D.: Solvent vapor exposure in booth spray painting and spray glueing and associated operation, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 45(11), 767-772, 1984
 17. Winchester, R.: Solvent effects on workers in the paint adhesive and painting industries, Ann. Occup. Hyg. 30(2), 307-371, 1986
 18. Euro riview Research in Health & Safety at work: oragnic solvent, 1996
 19. 변상훈, 유인성, 송종렬: 일부 인쇄업근로자의 유기용제 및 소음노출에 관한 연구, 대한위생학회지 3, 66-71, 1998.
 20. 송동빈, 차철환, 김영환: 인쇄출판업 근로자 노의 돌연변이 유발성에 관한 조사연구, 고려대학교 의과대학 논문집 22, 143-152, 1985.
 21. Hanson, D.J. & Whitehead, L.W.: The influence of task and location on solvent exposures in a printing plant, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 49(5), 259-265, 1988.
 22. 최호춘: 작업환경 중 복합유기용제의 평가에 관한 연구, 10-20, 한국산업안전공단 산업보건연구원, 1992.
 23. 박대회, 문덕환, 이채연: 신발제조업체에서 사용되는 접착제에 관한 연구, 한국산업위생학회지 1, 200-213, 1991.
 24. 이종락: 일부피혁의류 및 제화사업장의 유기용제 사용실태와 국소환기풍속에 따른 유기용제 농도 비교, 가톨릭대 산업보건대학원 학위논문집 3, 1-24, 1995.
 25. 김광종, 김정철: 산업공정별 사용되는 신나중 Ethylene Glycol Ethers의 구성성분 및 노출평가, 한국산업위생학회지 1, 112-124, 1999
 26. Degowin, R.I.: Benzene exposure and alpaestic anemia followed by leukemia fifteen years latea, J. A. M. A. 185, 748-756, 1963.
 27. Brief, R.S., Lynch, J., Bernath, T. & Scala, R.A.: Benzene in the workplace, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 41, 616-620, 1980.
 28. Levin, H.S. & Schneider, N.: Flowrate associated variation in air sampling of low concentrations benzene in charcoal tubes, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 43, 423-430, 1982
 29. ACGIH: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, 1998.
 30. 김선민, 조수현, 김현, 임현술: 저농도 복합유기용제 폭로근로자의 주관적 자각증상에 관한 연구, 대한산업의학회지 5, 104-113, 1993.
 31. 정해동, 백남원: 복합유기용제에 노출된 호홉보 호구용 정화통의 파파에 관한 연구, 한국산업위생학회지 1, 55-66, 1996.
 32. 김광종, 박원, 김정철: 도장작업장 공기 중 복합유기용제 농도분석에 관한 연구, 한국산업위생학회지 1, 8-15, 1991.
 33. 김광종, 최재욱, 김현욱, 이은영: 우리나라의 유해물질 분류체계 및 관리방안, 한국산업위생학회지 1, 125-155, 1999.
 34. 노동부: 유해물질 허용농도(노동부 고시 제97-65호), 1998.