

# 유기용제 취급 작업장의 공정별 공기중 혼합유기용제 구성성분 평가

원정일\*, 김기환, 신창섭

\*육천전문대학 환경공업과, 충북대학교 안전공학과

## 1. 서론

유기용제는 상온, 상압 하에서 휘발성이 있는 액체로서 다른 성분을 녹이는 성질이 있으며, 사용목적에 따라 단일 용제가 사용되거나 대부분은 2종이상의 혼합용제 형태로 도장, 인쇄, 접착, 세정작업등 제조업 뿐만 아니라 건설, 운수, 서비스업에 이르기까지 광범위하게 사용됨으로써 이를 사용하는 근로자에게 건강장애를 일으키기 쉽다.<sup>1)</sup> 사업장에서 사용되는 용제의 77%가 혼합용제이고 특히 도료에서의 혼합유기용제 사용비율은 93%, 신나 85%, 잉크 73%, 접착제 67%이며 세정제에는 단일 용제가 많이 사용되는 것으로 보고 되고있다.<sup>2)</sup> 유기용제 사용에 의한 건강장애를 예방하기 위해서는 유기용제의 사용실태 파악과 정확한 작업환경측정 및 평가를 통한 작업환경관리가 매우 중요하다고 생각 할 수 있다. 따라서 산업안전보건법 에서는 유기용제 취급근로자의 건강 보호를 위해 정기적으로 작업환경측정을 해야할 12개의 유기용제 업무 및 54종의 유기용제 종류를 정하고 있으며, 이러한 법적 규정에 의해 대부분의 사업장이 1년에 2회이상 정기적으로 지정측정기관에 위탁하여 측정을 하고 있다.<sup>3)</sup> 그러나, 작업환경측정 대상으로 정하고 있는 유기용제 업무 및 종류가 합리적, 과학적 논리하에 정해진 것이 아니라 단순히 일본의 제도를 여과없이 수용하고 있어 측정방법 및 노출기준이 설정되어 있고, 산업사회에서 많이 사용하고 있는 유기용제가 측정대상에서 제외되고 있어 근로자의 건강보호에 취약한 부분으로 작용하고 있다. 또한 다양한 작업공정에서 사용하고 있는 유기용제에 대한 성분조사 및 사용실태를 파악한 자료가 매우 부족하여 작업환경관리에 활용이 미흡한 실정에 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 등을 비교 분석함으로써 향후 유기용제 취급사업장의 작업환경관리에 필요한 제도개선의 기초자료를 제시하며, 작업공정별

발생될 수 있는 유기용제의 사전정보 제공에 그 목적을 두었다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상

전국에 소재 하고있는 작업환경 측정기관 75개소에서 '98년도에 실시한 5,940개 유기용제 취급사업장의 작업환경측정 결과서 중 분석조건에 맞지 않는 결과서를 제외한 3,280개 사업장, 4,181개 작업공정 및 11,561개 측정건수를 대상으로 자료를 분석하였다.

### 2. 방법

#### 1) 조사항목

작업공정의 공기중 유기용제 측정결과에 대하여 미리 작성된 조사표를 이용하여 조사자가 직접조사 하였으며 조사내용을 SAS 통계 프로그램을 사용하여 통계학적으로 다음에 관하여 분석하였다.

- ① 혼합유기용제의 검출성분 및 빈도
- ② 작업공정별 공기중 유기용제의 성분 및 검출빈도
- ③ 유기용제의 화학조성별 검출건수

#### 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 12개 공정으로 분류하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 혼합유기용제의 검출성분 및 빈도

검출된 유기용제의 성분을 법규에서 정하고 있는 제1종, 제2종, 제3종 유기용제로 분류하고 어느 쪽에도 해당되지 않는 법정 대상 외의 물질로 나누어 검출 빈도를 표1에 표시하였다. 검출된 유기용제 성분은 1,2-디클로로에탄 등 54종으로 제1종 유기용제 5종, 제2종 유기용제 31종, 제3종 유기용제 2종, 법적으로 측정의무가 없는 대상 외의 물질인 기타 16종이 검출되었다. 또한 법적 측정대상물질인 제1종 유기용제 중에서 1,2-디클로로에틸렌 등 2종은 검출되지 않았으며, 검출된 5종 중 에서도 트리클로로에틸렌을 제외하고는 대부분 사용용도가 특수하고 사용빈도도 극히 낮아 검출빈도가 매우 낮았

다. 제2종 유기용제는 메틸시클로헥사논, 크레졸 등 9종이 검출되지 않았으며 제3종은 미네랄스피릿등 2종만이 검출되었으나 검출율이 매우 낮고 일반적으로 석유나 석탄 등의 종류를 통해 얻어진 탄화수소 혼합물로서 조성, 끓는점, 밀도 등에 따라 여러 가지 종류로 분류되어 각기 다른 명칭을 갖고 있으며 방향족 탄화수소, 염화 탄화수소 등 여러 가지 용제가 다양하게 함유되어 있는 혼합용제로 법에서 정하고 있는 명칭에 따라 작업환경측정을 하기에는 기술적, 보유분석장비의 제한으로 대단히 어려움이 따르기 때문에 일본, 영국등 선진국에서도 측정의무를 부과하지 않고 있다.<sup>4)</sup>

검출빈도를 보면 가장높은 비율을 나타낸 것은 상, 하반기 비슷한 양상으로 톨루엔(88.2%), 크실렌(51.7%), 메틸에틸케톤(34.4%), 노말-헥산(27.8%), 메틸이소부틸케톤(24.2%), 벤젠(21.5%) 순으로 대부분 제2종 유기용제의 검출빈도가 높게 나타났다.

또한 비교적 검출율은 낮으나 노출기준이 낮고, 생식기능에 장애를 유발하는 물질로 알려진 셀로솔브계용제도 검출되었으며 측정의무가 없는 대상 외 물질로는 에틸벤젠(16.0%), 펜탄(7.2%), 트리메틸벤젠(6.5%) 순으로 검출율을 보였다.

## 2. 작업공정별 공기중 유기용제의 성분 및 검출빈도

10개 업종에서 도료, 신나, 경화제, 세정제, 잉크, 접착제 등 서로 다른 용도로 사용되고 있는 유기용제의 성분을 작업공정별로 분류하여 검출빈도를 분석한 결과 세정공정을 제외한 모든 공정에서 톨루엔의 검출율이 80%이상으로 가장 높았으며 다음 순으로 분무도장 공정은 크실렌(76.8%), 메틸이소부틸케톤(37.2%), 메틸에틸케톤(28.7%), 벤젠(27.3%)이며 붓도장 공정은 크실렌(56.6%), 메틸에틸케톤(27.1%), 노말헥산(25.3%), 아세톤(24.8%), 인쇄공정은 크실렌(34.5%), 벤젠(32.3%), 이소프로필알콜(31.4%), 메틸에틸케톤(27.4%), 접착공정은 메틸에틸케톤(45.9%), 노말헥산(33.5%), 크실렌(30.0%), 아세톤(28.0%), 세척공정은 트리클로로에틸렌(54.7%), 크실렌(33.3%), 메틸에틸케톤(27.9%), 1,1,1-트리클로로에탄(25.7%), 혼합공정은 메틸에틸케톤공정(43.4%), 크실렌(39.1%), 이소프로필알콜(28.6%), 아세톤(26.9%), 기타공정은 크실렌(43.7%), 메틸에틸케톤(35.1%), 아세톤(34.6%), 노말헥산(33.7%), 벤젠(23.5%) 순으로 검출되었다.

## 3. 유기용제의 화학조성별 검출건수

검출된 54종의 유기용제를 화학적 조성에 따라 분류하고 작업공정별 검출건수를 그림 1에 표시하였다.

모든 작업공정에서 방향족 탄화수소류가 1개 측정시료당 1.41건에서 2.39건으로 검출빈도가 가장 높았으며 다음순으로 분무도장공정은 케톤류 0.85건, 에스테르류 0.66건이

Table 1. Detection frequency by type of mixed organic solvent

Provide by law of classification	Detection component		Detection frequency			
	Organic solvent component name	TLV** (ppm)	F(N=5076)		S(N=6485)	
			N	%	N	%
Group 1	1,2-Dichloroethane	10	49	1.0	49	0.8
	Trichloroethylene	50	630	12.4	845	13.0
	Carbon disulfide	10	4	0.1	9	0.1
	Chloroform	10(A <sub>2</sub> )	14	0.3	25	0.4
	Carbon tetrachloride	5	-	-	3	0.1
Group 2	Butyl alcohols	C50	83	1.6	203	3.1
	Isoamyl alcohol	100	2	0.1	6	0.1
	Isobutyl alcohols	50	103	2.0	150	2.3
	Isopropyl alcohols	400	1,041	20.5	1,463	22.6
	Methyl alcohols	200	293	5.8	465	7.2
	Styrene	50	299	5.9	412	6.4
	Toluene	100	4,302	84.8	5,720	88.2
	Xylene	100	2,357	46.4	3,355	51.7
	Butyl acetate	150	889	17.5	1,314	20.3
	Isobutyl acetate	150	24	0.5	37	0.6
	Isopropyl acetate	250	30	0.5	42	0.6
	Methyl acetate	200	5	0.1	6	0.1
	Methyl cellosolve acetate	5	238	4.7	334	5.2
	Ethyl acetate	400	1,044	20.6	1,479	22.8
	Dichloromethane	50(A <sub>2</sub> )	289	5.7	346	5.3
	Perchloroethylene	50	177	3.5	257	4.0
	1,1,1-Trichloroethane	350	383	7.6	518	8.0
	Acetone	750	1,099	21.7	1,558	24.0
	Methyl Ethyl ketone	200	1,578	31.1	2,232	34.4
	Methyl isobutyl ketone	50	1,008	19.9	1,571	24.2
	Methyl butyl ketone	5	10	0.2	19	0.3
	Methyl cellosolve	5	45	0.9	41	0.6
	Butyl cellosolve	25	135	2.7	208	3.2
	2-Ethoxyethanol(cellosolve)	5	64	1.3	99	1.5
	Cyclohexanone	25	155	3.1	237	3.7
	n-Hexane	50	1,152	22.7	1,802	27.8
	N,N-Dimethylformamide	10	128	2.5	169	2.6
	1,4-Dioxane	25	13	0.3	28	0.4
	Tetrahydrofuran	200	43	0.9	50	0.8
	Ethyl ether	400	4	0.1	12	0.2
Monochlorobenzene	75	15	0.3	25	0.4	
Group 3	Petroleum naphtha	400	12	0.2	13	0.2
	Mineral spirits (Stoddard solvent)	300	18	0.4	22	0.3
	Benzene	10	1,036	20.4	1,391	21.5
	Ethyl benzene	100	681	13.4	1,036	16.0
	Cyclohexane	300	97	1.9	180	2.8
	Pentane	600	318	6.3	467	7.2

Provide by law of classification	Detection component Organic solvent component name	TLV** (ppm)	Detection frequency			
			F(N=5076)		S(N=6485)	
			N	%	N	%
Others	Methyl methacrylate	100	5	0.1	6	0.1
	Vinyl acetate	10	23	0.5	27	0.4
	N-Heptane	400	74	1.5	112	1.7
	N-Octane	300	28	0.6	43	0.7
	Acrylonitrile	2	22	0.4	29	0.5
	Epichlorohydrin	2	22	0.4	35	0.5
	Fluorotrichloromethan	C100	-	-	1	0.1
	Trimethyl benzene	25	270	5.3	424	6.5
	Cumene	100	16	0.3	22	0.3
	Ethyl acrylate	5	11	0.2	14	0.2
	Butyl acrylate	10	10	0.2	11	0.2
Ethyl alcohol	1000	159	3.1	219	3.4	

N : Number of organic solvent detected

% : (Detection No. / No of workplace) × 100

F : First half year

S : Second half year

\* : Benzene is classified with Group 2 of special chemical substance

\*\* : Ministry of Labour, 1998.

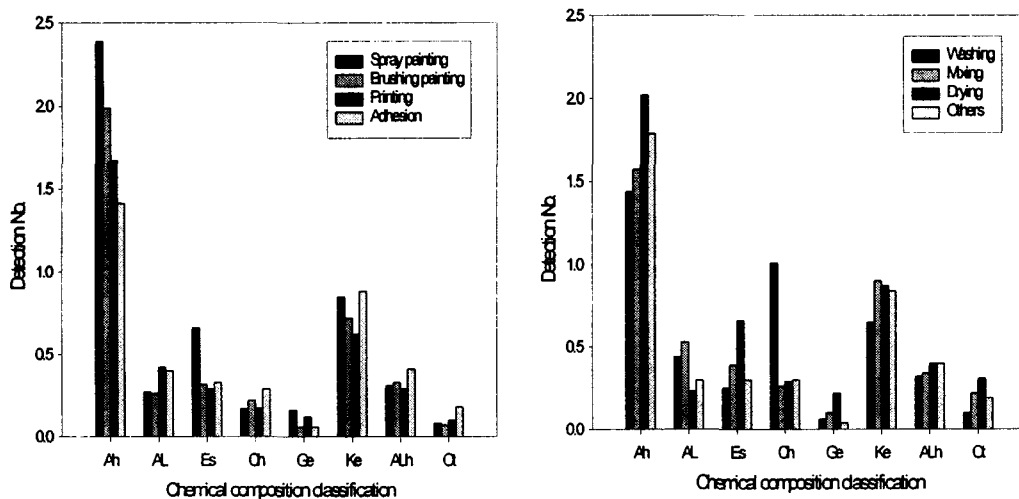


Fig 1. Detection number by type chemical composition classification organic solvent

※ Detection No. : (Total No. of detection follow chemical composition classification ÷ No. sampling) × 100

Ah : Aromatics hydrocarbons

AL : Alcohols

Es : Esters

Ch : Chlorinated hydrocarbons

Ge : Glycol ethers

Ke : Ketones

ALh : Aliphatic hydrocarbons

Ot : Other

며 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, 지방족탄화수소류 0.4건 순으로 검출되었다.

## VI. 결론

유기용제를 취급하는 3,280개 사업장, 4,181개 작업공정의 작업환경측정결과에서 공기중 유기용제 측정조건 및 검출된 유기용제 성분의 종류와 검출빈도 분석을 행한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 공기중에 검출된 유기용제 성분수는 총 54종류로 법규에 따른 분류는 제1종(5종), 제2종(31종), 제3종(2종), 법적측정의무 없는 물질(16종)이 검출되었으며 검출빈도가 가장 높은 비율을 보인 것은 상·하반기 모두 톨루엔, 크실렌, 메틸에틸케톤, 노말헥산, 벤젠 순이었고, 측정의무가 없는 에틸벤젠, 트리메틸벤젠, 펜탄이 비교적 높은 검출율을 보였다.
2. 작업공정에 따른 유기용제 성분별 검출빈도는 세정공정을 제외한 모든 공정에서 톨루엔의 검출율이 80%이상으로 높았으며 발암성 물질로 규정된 벤젠이 대부분의 공정에서 20%이상의 높은 검출율을 보였다.
3. 화학조성별 유기용제 검출수는 모든 작업공정에서 방향족 탄화수소가 1.41건에서 2.39건, 케톤류가 0.62건에서 0.9건 순이었다.

이상으로 미루어 보다 유기용제에 대한 법적 분류체계의 재검토가 반드시 필요하며 유기용제 취급사업장의 효율적인 작업환경관리를 위해 혼합된 유기용제의 성분분석이 선행되어야 함과 아울러 근로자들의 인체에 미치는 영향이 고려된 혼합물 폭로농도 평가가 반드시 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- (1) 조규상, 산업보건학, 수문사, pp. 273, 1991
- (2) 井上 俊, 池田 正之, 艇方 正名, “わか國における工業用有機用濟使用の實態에關する調査研究”, 産業醫學, Vol 26, pp. 518-538, 1984
- (3) 노동부, 산업안전보건법, 1998
- (4) 신용철, 이광용, “조선업의 도상작업시 취급하는 도료중 유해물질 성분에 관한 연구”, 한국산업위생학회지 Vol 9, No 1, pp. 156~172, (1999)