

## 우리나라의 공기중 유기용제 측정실태 및 성분분석에 관한 연구

원정일 · 신창섭  
충북대학교 안전공학과

### A study on Analysis of Component and the States of Measurement of Airborne Organic Solvents in Korea

Jung-II Won · Chang-Sub Shin

*Department of Safety Engineering, Chungbuk National University*

#### Abstract

This study was performed to investigate components of organic solvents and present status of environmental measurements with official records of working environmental measurements of 4,181 workplaces in 3,280 workshops used airborne organic solvents.

The results are as follows :

1. The mean working hour of 4,181 workplace producing airborne organic solvents in 3,280 workshops was  $437 \pm 28.7$ min, but the mean sampling time for measurement of airborne organic solvents was identified to be  $254 \pm 28.8$ min. In 73.0% of 4,181 samples the sampling frequencys were Full-period, single sample measurement.
2. The total 54 components of organic solvents were measured in total airborne samples of 4,181 workplace in 3,280 workshops in both of first and second half-year. These were divided into 38 components, Group 1 substances (5 components), Group 2 substances (31 components) and Group 3 substances (2 componets), regulated by the Industrial Safety and Health Law, and other 16 components without legal duty of working environment measurement. The most common component in each half-year was Toluene (84.8%, 88.2%), which was followed by Xylene (46.4%, 51.7%), Methyl ethyl ketone (31.1%, 34.4%), n-Hexane (22.7%, 27.8%) and Benzene (20.4%, 21.5%) in frequency. Of legal duty free components, Ethyl benzen, Trimethyl benzen and Pentane were frequently detected.

In conclusion, these results show that the present legal classification system of organic solvents needs to revise. Also these results suggest that it must be necessary to analyze the component of airborne organic solvents mixture and to evaluate their effects on workers' health for the effective management of working environment in workshops treating with organic solvents.

## I. 서론

유기용제란 탄소를 함유하고 있는 유기화합물로서 피용해물질의 성질은 변화시키지 않고 다른 물질을 용해시킬 수 있는 물질을 말하며 사용목적에 따라 단일용제가 사용되나 대부분은 2종 이상의 혼합용제형태로 도장, 인쇄, 접착, 표면처리, 화학반응, 세정작업 등 제조업뿐만 아니라 건설, 운수, 서비스업에 이르기까지 광범위하게 사용되며 휘발성이 매우 크고, 유지류를 녹이고 스며드는 성질이 있어 이를 취급하는 근로자의 호흡기를 통해 흡입되거나 피부로 흡수되어 건강장해를 일으키기 쉽다.<sup>1)</sup>

유기용제에 의한 건강장해를 예방하기 위해서는 유기용제의 사용실태 파악과 정확한 작업환경 측정 및 평가를 통한 작업환경관리가 산업위생학적 견지에서 매우 중요하다고 생각할 수 있다.<sup>2)</sup>

산업안전보건법에서는 유기용제 취급 근로자의 건강보호를 위해 정기적으로 작업환경측정을 해야 할 12개의 유기용제 업무 및 54종의 유기용제 종류를 정하고 있으며, 이러한 법적규정에 의해 대부분의 사업장은 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, 산업사회에 많이 사용되고 있는 유기용제가 측정대상에서 제외되고 있을 뿐만 아니라 유기용제 취급공정에서 사용하고 있는 물질의 성분조사 및 사용실태를 파악한 자료가 매우 부족하여 활용이 미흡한 실정이다. 이러한 관점에서 사업장의 작업환경측정결과 자료는 사업장의 작업환경관리를 위해 중요하며 자료분석을 통한 연구결과는 정책수립에 매우 중요한 방향을 제시해 줄 수 있다.

우리나라 사업장에서의 유기용제에 대한 사용 및 노출실태는 백남원<sup>2)</sup> 등이 페인트 제조업체에서 무작위로 수집한 희석제의 용도별 구성성분에 대한 보고, 최호준<sup>4)</sup> 등이 그라비아 인쇄공정 노영만<sup>5)</sup> 등이 도장 및 접착공정에서 사용되는 혼합용제의 성분분석에 관한 보고 등이 있을 뿐 전체적인 유기용제 사용공정에 대해 분석한 문헌은 드물고 연

구대상 및 내용도 극히 제한되어 있다.

이런 점을 감안하여 본 연구는 유기용제를 사용하고 있는 사업장을 대상으로 업종별, 공정별 작업환경측정실태를 조사하고 공기중에 검출된 유기용제 성분 등을 비교분석 함으로써 향후 유기용제 취급사업장의 작업환경관리에 필요한 제도개선의 기초자료를 제시하며 작업공정별 발생될 수 있는 유기용제에 대한 사전정보를 제공하는데 목적을 두었다.

## II. 조사대상 및 방법

### 1. 조사대상

전국에 소재하고 있는 작업환경측정기관 75개소에서 '98년도에 실시한 유기용제 취급 사업장의 작업환경측정결과과서를 대상으로 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 횟수 누락, 측정결과 흔적이나 불검출로 기록된 결과서 등을 제외한 3,280개 사업장, 4,181개 작업공정 및 11,561개 측정건수를 대상으로 유기용제에 대한 정밀 측정된 결과를 선정, 분석하였다. (표1)

Table 1. Number of companies and workplaces studied

Subject	Period of measurements	Number
Companies	-	3,280
Workplace	-	4,181
Number of cases measurement	first half year	5,076
	second half year	6,485
	Total	11,561

### 2. 조사방법

#### 1) 조사항목

작업환경측정기관에서 보내온 공기중 유기용제

측정결과서를 미리 작성된 조사표를 이용하여 조사자가 직접 조사하였다.

조사내용은 대상사업장의 업종, 작업공정, 작업형태, 작업환경측정 조건(측정시간, 측정횟수), 유기용제 성분명 등을 포함한 환경평가결과를 조사하였다. 조사내용을 SAS통계 프로그램을 사용하여 통계학적으로 다음 여러 사항에 관해 분석하였다.

- ① 조사대상 사업장의 업종별, 규모별, 작업공정별 일반적 특성
- ② 공기중 유기용제의 작업환경측정 조건
- ③ 혼합유기용제의 검출성분 및 빈도

**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 표 2와 같이 분류하였다.

Table 2. 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, Synthetic, 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

**3) 공기중 유기용제의 측정조건**

작업환경측정기관별 공기중 유기용제의 측정조건이 다른 점을 감안하여 유기용제 측정시간 및 측정횟수를 조사하였으며, 활성탄관을 이용하여 개인시료 포집한 시료를 가스크로마토그래피(이하 G.C라함)로 정성, 정량 분석한 자료를 이용하였다.

**Ⅲ. 조사성적**

**1. 조사대상의 일반적 특성**

조사대상 사업장을 업종별, 규모별로 구분하여 표3에 표시하였다. 업종별 분포를 보면 금속제품 제조업이 862개소(26.2%)로 가장 많았고, 자동차 정비 및 선박수리업 485개소(14.8%), 전자 및 전기 제품 제조업 454개소(13.8%), 화학물 및 화학제품 제조업 293개소(9.1%)순 이었으며 규모별 분포는 50인 미만의 영세소규모 사업체가 61.4%로 높은 비율을 차지하고 있었다.

작업공정별 작업형태를 알아본 결과(표4) 1일 8시간이상 연속 작업을 하는 공정이 전체의 74.6%(3,119개소)로 그림삽입 업무(100.0%), 인쇄공정(90.5%), 집작공정(90.1%) 순으로 연속작업의 비율이 매우 높았으며, 작업이 있을 때만 수행하는 간헐작업은 분무도장 작업이 37.1%(454개소)로 가장 높았는데 이는 소형차량 정비공장의 도장작업이 포함 되었기 때문으로 사료되며, 1일 작업시간동안 연속 및 간헐작업이 혼합되어 있는 기타의 작업형태는 세정작업(23.1%), 이물질 제거 등 수동세척작업인 불식작업(21.9%), 건조작업(20.8%) 순으로 높게 나타났다.

**2. 공기중 유기용제의 작업환경측정 조건**

조사대상의 작업환경측정 조건은 표5와 같다. 유기용제 취급작업장의 전체 작업시간은 평균 505 ± 8.4(480~720분)이었으며 유기용제 사용에 의한 발생시간은 평균 437 ± 28.7(100~720분)이며 이중 유기용제에 대한 실측정 시간은 평균 254 ± 28.8(40~382분)으로 유기용제 발생시간중 일부 시간만 작업환경측정이 이루어지는 것으로 나타났으며 시

Table 3. Number of companies by the type and size of industry

Type of industry	Total	Workers					
		<50	50~99	100~299	300~499	500~999	1000<
Textiles	165 (5.0)	83	42	27	5	4	4
Tanning & Dressing of Luggage, Handbags, saddlery & Harness & Footwear	163 (5.0)	86	46	28	-	2	1
Wood & furniture	178 (5.4)	133	24	15	3	1	2
Publishing & Printing	258 (7.8)	204	28	16	5	4	1
Chemicals & chemical	293 (9.1)	193	53	31	7	3	6
Rubber & Plastic uppers	230 (7.0)	141	49	26	4	6	4
Fabricated metal products	862(26.2)	452	175	150	30	31	24
Electricity & electron	454(13.8)	206	87	86	23	22	30
Maintenance & Repair of motor vehicles & ships	485(14.8)	432	34	15	2	1	1
Others	192 (6.1)	85	44	48	12	2	1
Total	3,280 (100.0)	2,015 (61.4)	582 (17.7)	442 (13.5)	91 (2.8)	76 (2.3)	74 (2.3)

Others : Refined petroleum products, Recycling, service activities, Food products & Beverage, pulp & paper products etc.

( ) : %

Table 4. Number of workers and type of work by workplace

Workplace	N	Type of work*			
		Continuous	Intermittents	Others	Total
Spray painting	1,223 (29.3)	708(57.9)	454(37.1)	61(5.0)	1,223(100.0)
Brushing painting	288 (6.9)	244(84.7)	23(8.0)	21(7.3)	288(100.0)
Printing	569 (13.6)	515(90.5)	17(3.0)	37(6.5)	569(100.0)
Adhesion	700 (16.7)	631(90.1)	27(3.9)	42(6.0)	700(100.0)
Mixing	395 (9.5)	333(84.3)	30(7.6)	32(8.1)	395(100.0)
Auto washing	355 (8.5)	233(65.6)	40(11.3)	82(23.1)	355(100.0)
Manual washing	383 (9.2)	252(65.8)	47(12.3)	84(21.9)	383(100.0)
Drying	53 (1.3)	27(50.9)	15(28.3)	11(20.8)	53(100.0)
Wool processing	136 (3.3)	113(83.1)	9(6.6)	14(10.3)	136(100.0)
Testing & research	71 (1.7)	56(78.9)	5(7.0)	10(14.1)	71(100.0)
Painting insertion	3 (0.1)	3(100.0)	-	-	3(100.0)
Filling	5 (0.1)	4(80.0)	-	1(20.0)	5(100.0)
Total	4,181(100.0)	3,119(74.6)	667(16.0)	395(9.4)	4,181(100.0)

N : Number of workplace examined

\* : Continuous : Continuous work in 8hr

Intermittents : Irregular and / or intermittent work

Others : Intermittents and continuous work

( ) : %

료채취 시간에 따른 측정횟수는 1회 측정이 전체의 73.0%(3,054개)로 작업시간을 등간격으로 나누어 6시간이상 연속 분리하여 시료를 채취하지 않고 장시간 1회만을 측정하여 하루 근로자의 노출 농도를 평가하고 있었다.

### 3. 혼합유기용제의 검출성분 및 빈도

검출된 유기용제의 성분을 법규에서 정하고 있는

제1종, 제2종, 제3종 유기용제로 분류하고 어느 쪽에도 해당되지 않는 법정 대상외의 물질로 나누어 검출 빈도를 표6에 표시하였다. 표6에 나타낸 것과 같이 상반기 5,076개, 하반기 6,485개 측정시료에서 검출된 유기용제 성분은 1,2-디클로로에탄 등 54종으로 제1종 유기용제 5종, 제2종 유기용제 31종, 제3종 유기용제 2종, 법적으로 측정의무가 없는 대상외의 물질인 기타 16종(벤젠은 특정화학물질로 분

Table 5. Measurement conditions of organic solvents in air by the type of workplace

Workplace	N	Measurement conditions						
		Time			Sampling frequency			
		Total work	Organic Solvent work	Sampling				
		AM±SD (Range)	AM±SD (Range)	AM±SD (Range)	1	2	3	4 <
Spray painting	1,223	558±14.7 (480~720)	444±20.1 (260~720)	228±51.8 (60~310)	1,003	210	10	-
Brushing painting	288	491±9.4 (480~600)	452±30.6 (200~600)	270±38.4 (80~320)	170	113	3	2
Printing	569	535±10.1 (480~720)	463±27.3 (120~720)	308±16.7 (80~382)	520	36	10	3
Adhesion	700	528±8.1 (480~720)	459±21.6 (200~480)	256±18.0 (100~360)	268	420	11	1
Mixing	395	487±7.2 (480~600)	483±29.4 (240~540)	282±26.3 (160~360)	270	123	2	-
Auto washing	355	491±9.4 (480~600)	380±70.1 (100~480)	190±56.3 (30~320)	310	40	3	2
Manual washing	383	489±10.6 (480~540)	389±54.2 (160~540)	223±42.0 (60~360)	323	58	1	1
Drying	53	507±8.4 (480~600)	388±50.4 (160~600)	236±38.2 (40~320)	23	28	2	-
Wool processing	136	508±6.7 (480~660)	428±15.1 (180~600)	240±26.3 (100~360)	98	37	1	-
Testing & research	71	493±7.4 (480~600)	414±20.5 (100~480)	248±22.6 (70~310)	62	9	-	-
Painting insertion	3	480±0 (480~ )	460±0 (480~ )	300±2.4 (290~310)	3	-	-	-
Filling	5	492±8.3 (480~540)	460±5.1 (320~540)	266±6.3 (100~320)	4	1	-	-
Total	4,181 (100.0)	505±8.4 (480~720)	437±28.7 (100~720)	254±28.8 (40~382)	3,054 (73.0)	1,075 (25.7)	43 (1.0)	9 (0.2)

N : Number of workplace examined

AM±SD : Arithmetic mean ± Standard deviation

Table 6. 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(A2)	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(A2)	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	

continuing

Provide by law of classification	Detection component		Detection frequency			
	Organic solvent component name	TLV** (ppm)	F(N=5076)		S(N=6485)	
			N	%	N	%
	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
Others	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
	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 cheamical substance  
 \*\* : Ministry of Labour, 1998.

류)이 검출되었으며 검출빈도가 가장 높은 비율을 보인 것은 상, 하반기 비슷한 양상으로 톨루엔(84.8%, 88.2%), 크실렌(46.4%, 51.7%), 메틸에틸케톤(31.1%, 34.4%), 노말-헥산(22.7%, 27.8%), 메틸이소부틸케톤(19.9%, 24.2%), 벤젠(20.4%, 21.5%) 순으로 대부분 제2종 유기용제의 검출빈도가 높게 나

타났다.

또한 비교적 검출율은 낮으나 노출기준이 낮고, 생식기능에 장애를 유발하는 물질로 알려진 셀로솔브계용제(셀로솔브아세테이트, 메틸셀로솔브, 부틸셀로솔브, 셀로솔브)도 검출되었으며 측정의무가 없는 대상의 물질로는 에틸벤젠(13.4%, 16.0%), 펜탄

(6.3%, 7.2%), 트리메틸벤젠(5.3%, 6.5%) 순으로 검출율을 보였다.

#### IV. 고 찰

급속한 경제성장에 따른 산업구조의 고도화 및 다양화로 인하여 유기용제는 많은 사업장에서 널리 사용되는 물질의 하나로서 종류도 매우 다양해져 400여종 이상이 되며<sup>6)</sup> 사용량도 매년 10%이상 증가하고 있어 근로자에게 직접 또는 간접적으로 폭로되어 건강에 나쁜 영향을 초래하고 있다.

특히 사업장에서 사용되는 유기용제는 상온, 상압하에서 휘발성이 있는 액체로 다른 성분을 녹이는 성질이 있으며, 사용목적에 따라 여러 가지 유기용제의 복합물 혹은 다른 화학물질과 혼합하여 사용되기 때문에 사업장내에 여러 성분의 유기용제가 복합적으로 존재하여 인체건강에 미치는 영향을 달리하고 대부분의 경우는 상가적으로 작용할 가능성이 있게 된다.<sup>7), 8)</sup>

유기용제의 노출정도를 정확히 평가하기 위해서는 작업환경에서 유기용제의 공기중 농도를 측정하는 것이 매우 바람직한 방법일 뿐 아니라 근본적인 관리대책 수립에도 필수 불가결한 요건이라 할 수 있다.<sup>9)</sup>

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 170%를 차지하고 있으며, 유기용제에 의한 직업병 유소전자(D1)의 발생 현황은 '94년 5건, '95년 11건, '96년 57건, '97년 30건, '98년 5건이 발생되었다.<sup>10)</sup>

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 작업장환경관리와 근로자건강관리에 활용할

다는 것은 현실적으로 간단한 것은 아니다.

최근 근로자의 알권리 보장을 위해 도입된 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet: MSDS) 제도에 의해 유기용제의 성분과 함유량 표시 등을 명기하고 있으나 유기용제의 구성 성분과 조성비는 제품 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 유기용제의 정성 및 정량분석을 한 후 적절한 개선대책의 제시가 필요하다고 생각된다.

#### 1. 공기중 유기용제의 측정조건 및 작업환경상태

유기용제 취급공정을 갖고 있는 179개 사업장 799개 작업공정의 공기중 혼합유기용제 측정조건에 대해 원정일<sup>7)</sup> 등의 보고에 의하면 모든 유해인자에 대한 작업환경측정 시간은 평균  $158 \pm 80$ 분이며, 이중 유기용제 실측정시간은 평균  $72 \pm 37$ 분이었으며 박동욱<sup>11)</sup>이 보고한 측정기관의 시료채취 및 분석실태에 의하면 조사대상 21개 측정기관중 법에서 정하고 있는 측정방법인 6시간이상 측정과 측정시간을 구분하여 측정하는 기관은 1개소도 없었다.

본 연구에서 조사대상 사업장의 전체 작업시간은 평균  $505 \pm 8.4$ 분이었으며 유기용제 사용에 의한 발생시간은 평균  $437 \pm 28.7$ 분이며 이중 유기용제 실측정시간은 평균  $254 \pm 28.8$ 분으로 측정시간은 원정일<sup>7)</sup> 등이 보고한 평균  $72 \pm 37$ 분보다 매우 증가되었으나 아직도 유기용제에 근로자가 지속적으로 노출되는데 반하여 비교적 제한된 시간에만 유기용제 측정이 이루어지는 것으로 나타났으며 시료채취시간에 따른 측정횟수는 1회 측정이 전체의 73.0%로 대부분 장시간 1회만을 측정하였다. 이러한 원인이 발생하는 이유는 낮은 작업환경측정수가, 측정인원의 부족, 많은 측정대상 사업장, 측정자의 자질 등 매우 복합적인 요인<sup>11), 12), 13)</sup>에 의해 발생하는 현상으로 파악할 수 있으며 시료채취 시



간에 따른 측정간격 설정은 노출농도의 참값 추정  
에 있어 신뢰구간의 폭이 가장 좋은 것으로 알려  
진 8시간 연속복리측정(full period consecutive  
samples measurement)이 가장 좋으며 특히 경제  
성, 실용성 등을 고려하여 점심시간 전, 후를 나누  
어 최소한 2회 이상 측정하는 것을 추천하고 있  
다.<sup>14), 15)</sup>

또한 Ness<sup>16)</sup>과 이나루<sup>17)</sup>의 보고에 의하면 유기  
용제 측정에 있어 작업장 온도 및 습도, 측정시간  
및 회수, 공기포집유량, 유기용제 증기농도, 유기용  
제 혼합성분 및 성분비, 활성탄의 흡착용량 등이  
포집효율에 영향을 미치므로 정확한 작업환경측정  
을 위해서는 유기용제 증기농도와 함께 공기포집  
유량과 총포집유량을 고려하여 측정을 실시하여야  
한다.

## 2. 혼합유기용제의 검출성분 및 빈도

유기용제 취급공정을 가진 253개 사업장 1,659  
개 단위 작업장소의 측정결과 공기중 유기용제 성  
분분석에 대한 尹藤<sup>18)</sup> 등의 보고에 의하면 공기  
중에서 실제 검출된 유기용제는 37개 성분이었으  
며 이들 검출성분 중 검출률이 높은 것은 톨루엔  
(70.2%), 크실렌(35.1%), 에틸벤젠(30.1%), 석유계  
용제(17.8%), 1,1,1-트리클로로에탄(16.1%)순 이었  
으며, 원정일<sup>7)</sup> 등은 유기용제 취급공정을 보유한  
179개 사업장 799개 작업공정의 공기중 혼합유기  
용제에 대한 성분 분석결과 검출된 유기용제는 30  
개 성분이었으며 이들 검출성분중 검출률이 높은  
것은 톨루엔(95.4%), 크실렌(47.1%), 메틸에틸케톤  
(36.5%), 노말헥산(35.3%), 벤젠(28.0%) 순의 검출  
률을 보고하였다.

본 연구의 조사대상으로 한 유기용제 취급공정  
에서는 54개 성분이 보고되었으며 검출된 각 성분  
중에 검출률이 높았던 것은 상·하반기 비슷한 양  
상으로 톨루엔(84.8%, 88.2%), 크실렌(46.4%,  
51.7%), 메틸에틸케톤(31.1%, 34.4%), 노말헥산  
(22.7%, 27.8%), 메틸이소부틸케톤(19.9%, 24.2%),  
벤젠(20.4, 21.5%) 순으로 전자의 검출률 순위와는  
다소 차이를 보였다. 이는 사업장에서 사용되는 유  
기용제는 사용목적에 따라 유기용제 성분과 배합  
비율이 다르며 유기용제 증기농도는 그 액체 성분

의 분압, 환경농도, 물 농도에 따라 용제의 성분농  
도와 공기중의 농도가 일치하지 않고 증발과정에서  
각 성분의 농도비가 변할 수 있다는 보고<sup>19), 20)</sup>  
및 작업공정별 사업장 환기상태에 따라 다르기<sup>7), 21)</sup>  
때문으로 사료된다.

또한 원정일<sup>7)</sup> 등과 尹藤<sup>18)</sup>등, 井上<sup>22)</sup>등의 유기용  
제 성분분석에 관해 보고한 것과 같이 노출기준이  
낮고, 생식기능에 장애를 유발하는 물질로 알려진  
셀로솔브계용제(셀로솔브아세테이트, 메틸셀로솔  
브, 부틸셀로솔브, 셀로솔브)가 검출되었으며 법적  
으로 측정의무가 없는 대상의 물질로는 에틸벤젠  
(13.4%, 16.0%), 펜탄(6.3%, 7.2%), 트리메틸벤젠  
(5.3%, 6.5%)이 비교적 높은 검출률을 보였다.

유기용제의 위험성은 각 용제의 독성과 휘발성,  
제품중의 함유율 및 사용빈도에 따라 정해지며 일  
본 노동안전위생법의 유기용제 분류체계를 보면  
제1종 유기용제는 노출기준이 비교적 낮고 증기압  
이 높아 폐쇄된 공간에서 작업하는 경우 근로자에  
게 유기용제 중독 우려가 있는 물질이며 제3종 유  
기용제는 대량 유출에 따른 유해성을 고려한 것으  
로 구분하고 있으며<sup>23)</sup> 우리나라 산업안전보건법의  
유기용제 분류체계도 같은 개념을 두고 제1종(7  
종), 제2종(40종), 제3종(7종)으로 구분하여 총 54  
종의 유기용제에 대해 작업환경측정 등 작업환경  
관리 대상물질로 정하고 있다.

본 연구에서 검출된 54종의 유기용제를 구분하  
면 제1종(5종), 제2종(31종), 제3종(2종), 기타(16종)  
으로 제1종 유기용제중 1,2-디클로로에틸렌,  
1,1,2,2-테트라클로로에탄은 검출되지 않았으며 검  
출된 5종 중에서도 트리클로로에틸렌을 제외하고  
는 대부분 사용용도가 특수하고 사용빈도도 극히  
낮아 검출빈도가 매우 낮았으며, 제2종 유기용제에  
서는 메틸시클로헥산, 메틸시클로헥산올, 시클로  
헥산올, 크레졸 등 9종이 검출되지 않았으며 제3종  
유기용제는 미네랄스퍼릿등 2종이 검출되었으나  
검출율이 매우 낮고, 동 물질은 일반적으로 석유나  
석탄 등의 증류를 통해 얻어진 탄화수소 혼합물로  
서 조성, 끓는점, 밀도 등에 따라 여러 가지 종류  
로 분류되어 각기 다른 명칭을 갖고 있으며 방향  
족탄화수소(벤젠, 톨루엔, 크실렌 등), 염화탄화수  
소(테트라클로로카본, 트리클로로에틸렌, 1,1,1-트

리콜로로에탄 등)등 여러가지 용제가 다양하게 함유되어 있는 혼합용제로 법에서 정하고 있는 명칭에 따라 작업환경측정을 하기에는 기술적, 보유분석장비의 제한으로 대단히 어려움이 따르기 때문에 일본에서도 측정의무를 부과하지 않고 있다.<sup>24)</sup>

법적으로 측정의무가 없는 대상외물질로 비교적 검출율이 높은 에틸벤젠은 대부분의 신나에 크실렌과 거의 동량으로 함유되어 있으며 노출기준(100ppm)과 휘발성, 제품중의 함유율, 사용빈도 등이 크실렌과 거의 동일함에도 크실렌은 법에서 규정하고 있고 에틸벤젠은 규정되어 있지 않다.

에틸벤젠은 크실렌과 분리하기 어렵기 때문에 신나용 크실렌에는 에틸벤젠을 불순물로 함유한 것이 사용되고 있어 크실렌만을 법적 관리대상물질로 정하는 것은 매우 불합리하고 작업환경관리에 있어 과오를 일으킬 위험이 있다.<sup>25)</sup>

또한 트리메틸벤젠은 선박, 자동차제조 및 수리업체의 도장 작업시 사용되는 도료 및 신나에 구성비가 20~80%로 매우 높고<sup>5), 24)</sup> 유해성이 크고(TLV : 25ppm)작업환경중에 높은 농도로 검출되고 있기 때문에 측정시 반드시 고려해야 한다고 보고<sup>25)</sup> 하고 있다.

유기용제의 정성분석에는 통상 가스크로마토그래피분석법이 이용되며 작업환경측정 방법에도 제시되어 있어 측정기관에 보편적으로 보급되어 있는 실정이다. 이와 같이 혼합 유기용제에 노출되는 작업공정의 성분분석에 있어 셀로솔브 등의 고비점 유기용제를 함유할 경우 분석에 오차가 있을 때에는 그 작업공정의 환경을 잘못 평가할 수 있기 때문에 정성분석에 대해서 신중하게 처리해야 한다. 또한 다복적으로 사용되고 있는 유기용제의 실태를 파악하여 법적규정을 명확히 할 필요가 있다고 생각한다.

본 연구의 대상이 작업환경측정기관 75개소에서 실시한 '98년도 유기용제 취급사업장의 작업환경측정결과서를 활용하여 사업장의 제반 특성인 구조적, 환경적 요인을 연구자가 직접 조사하지 못했기 때문에 이 연구의 일반화에는 한계가 있다.

그러나 본 연구에 의해 다양한 업종에서 사용되는 유기용제 성분을 간접적으로 파악할 수 있었고 유기용제 측정에 대한 실태를 대략 파악할 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.

## V. 결 론

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. 조사대상 사업장의 유기용제 사용에 의한 발생 시간은 평균  $437 \pm 28.7$ 이었으며, 이중 유기용제 실측정시간은  $254 \pm 28.8$ 분이었고 시료채취 시간에 따른 측정횟수는 전작업시간 단일시료채취가 전체의 73.0% 이었다.
2. 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(84.8%, 88.2%), 크실렌(46.4%, 51.7%), 메틸에틸케톤(31.1%, 34.4%), 노말헥산(22.7%, 27.8%), 벤젠(20.4%, 21.5%) 순이었고, 측정의무가 없는 에틸벤젠, 트리메틸벤젠, 펜탄이 비교적 높은 검출율을 보였다.

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.

## 참 고 문 헌

1. 이세훈 : 유기용제 중독, 산업보건학, 수문사, 273, 1991.
2. 백남일, 윤충식, 정희명 : 우리나라에서 사용되

- 는 일부 신나의 구성성분에 관한 연구, 한국산업위생학회지 8, 105-114, 1998.
3. 노동부 : 산업안전보건법, 1988.
  4. 최호준, 김강운, 안선희 : 일부그라비아 인쇄업 근로자의 혼합유기용제 노출농도, 한국산업위생학회지 1, 66-80, 1997.
  5. 노영만, 이세훈, 이광목, 정치경 : 유기용제의 성분분석과 건강영향에 관한 연구, 대한산업의학지, 5, 88-103, 1993.
  6. Euro riview Research in Health & Safety at work : oragnic solvent, 1996.
  7. 원정일, 이광목 : 공기중 혼합유기용제 측정실태와 성분분석, 한국의산업의학 2, 88~104, 1994.
  8. 변정식, 김정윤, 조영채, 김동현 : 신발제조업체의 접착제 사용에 따른 직·간접흡로 근로자들의 복합유기용제 폭로량과 자각증상 비교, 한국산업위생학회지 1, 46-58, 1995.
  9. 이종태, 문덕환, 이현 : GC를 이용한 산업장공기중 혼합유기용제 농도의 동시정량 분석에 의한 환경감시, 대한산업의학지 2, 375-389, 1995.
  10. 노동부 : '98 노동백서, 1998.
  11. 박동욱 : 작업환경측정기관의 자료채취 및 분석실태, 1996.
  12. 김정만 : 작업환경측정방법 개선방향, 제26회 산업안전보건대회 기술세미나, 25-45, 1993.
  13. 이경남 : 작업환경 측정제도의 발전방향, p. 3-23, 제26회 산업안전보건대회 기술세미나, 1993.
  14. Leidel A.N., Busch K.A. & Lynch, J.R : Occupational Expoure Sampling Strategy Manual, NIOSH, 19, 47, 1977.
  15. 백남원, 윤충식, 박동욱 : 작업환경측정 및 평가, 신광출판사, 81-83, 1997.
  16. Ness, S.A : Air Monitoring for Toxic Exposures, 58-91, Nex York, Van Nostrand Reinhold, 1991.
  17. 이나루, 백남원 : 활성탄관법을 이용한 공기중 이황화탄소 농도 측정 방법에 관한 연구, 한국산업위생학회지 3, 22-36, 1993.
  18. 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.
  19. 左右田札典 : 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.
  20. 김정철, 김광중, 이광목 : 방향족 유기용제 폭로 근로자들의 요중 N-Acetyl- $\beta$ -Glucosaminidase Activity와 마요산 농도, 한국산업위생학회지 3, 166-176, 1993.
  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, 1998.
  22. 井上 俊, 池田 正之, 鯉方 正名 : わか國における工業用有機溶濟使用の實態に關する調査研究, 産業醫學 26, 518-538, 1984.
  23. 김광중, 최재욱, 김현욱, 이은영 : 우리나라의 유해물질 분류체계 및 관리방안, 한국산업위생학회지 1, 125-155, 1996.
  24. 신용철, 이광용 : 조선업의 도장작업시 취급하는 도료중 유해물질 성분에 관한 연구, 한국산업위생학회지 1, 156-172, 1999.
  25. 정호근 : 도장부서 근로자의 유기용제와 반복작업에 의한 건강영향 및 작업환경평가, 아주대의대 23-24, 1997.