

## 유기 용매류의 특성과 분석에 관하여

박성우 · 최영남 · 유재훈 · 김남이 · 김동환  
 국립과학수사연구소 화학분석과

### 1. 서 론

섬유, 페인트, 합성수지 제조산업 등 산업현장에서 많이 이용되고 있는 유기 용매류는 근로자들의 반복적 흡입으로 인하여 급성 및 만성중독을 유발시킬 수 있으며, 또한 생활 주변에서 흔히 접할 수 있는 신나, 페인트, 접착제 및 본드류 등의 인위적 흡입으로 인하여 환각 및 중독을 나타낼 수 있으며, 실화 등의 사회적 문제를 야기시킬 수 있는 원인을 제공하므로 법과학적으로 중요한 의의를 갖는다.

본드류의 흡입은 Glue sniffing으로 1960년 미국에서 시작되어 청소년층에 폭발적으로 유행하여 한 때 100여명이 사망하는 경우도 있었으나 1972년 톨루엔을 규제한 후 감소하였고<sup>2</sup>, 국내에서는 1979년 영월에서 교생이 본드 흡입으로 사망한 사건이 최초로 발생하였다. 1981년에 대통령령 제10275호 독물 및 극물에 관한 법률 시행령으로 톨루엔, 메탄올 및 에틸아세테이트의 흡입을 금지시키고 있으나, 최근 10대 비행 청소년들이 본드류를 인위적으로 흡입한 후 환각상태에서 범행을 일으키며, 심한 경우 질식 사망에까지 이르므로 생체시료 중에서 톨루엔, 메탄올 및 벤젠 등의 분석 및 법과학적 측면을 고찰해 보고자 한다.

당 연구소에 분석 의뢰된 유기용매류의 흡입사건은 89년도에 951건, 90년도에 1,105건, 91년도에 1,567건으로 급속한 증가 추세를 보이며 지역별로는 Fig. 1에서와 같이 서울, 경기 및 인천에서 발생한 사건이 전체 사건의 약 83%를 차지하는 등 대도시 편중성을 보이나, 전국적으로 분포되는 양상을 보이며 계절별로는 봄과 가을에 가장 많이 발생하였으며, 연령별로는 16~20세가 전체 사건의 약 47.1%, 13~15세가 41.1%를 차지하

는 등 10대 청소년들이 그 주류를 이루고 있으며 점차 13세 이하까지 낮아지는 추세를 보이고 있다<sup>3,4</sup>.

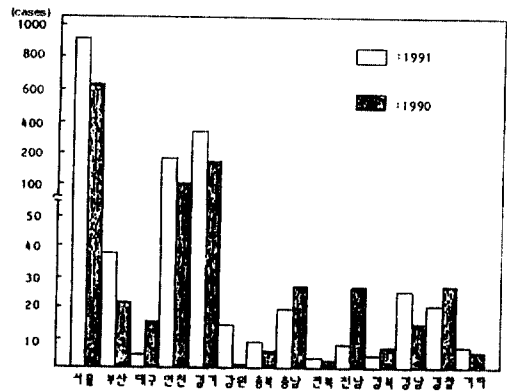


Fig. 1. The regional distribution of organic solvents identification

국내에서 시판되고 있는 본드류 10여 종을 구입, 그 성분을 분석한 결과 2-chlorobutadiene, phenol 및 polyvinyl acetate 등의 resin에 toluene, acetone, cyclohexane, xylene, methanol 등의 용매가 사용되고 있으나, 특히 가격이 비교적 저렴한 toluene의 함량이 높은 제품들이 대부분이며<sup>2</sup>, toluene, methanol 및 ethyl acetate는 대통령령 제 13257호(91. 1. 28) 유해화학물질 관리법 시행령 제 11조로 이들의 인위적 흡입을 금지시키고 있다.

본드는 대마초 및 히로뽕과는 달리 구입이 용이하고 가격이 저렴하다는 점에서 쉽게 청소년을 파고 들고 있으며, 최근 한국형사정책연구원이 전국 소년원에 수

Table 1. Solvent properties

Name	BP	MP	Flash point	Vapor pressure	Vapor density	Density	LEL	UEL	TLV
Acetaldehyde	20.2C	-123.5C	-40F(OC)	740 mm @20C	—	0.783 @18C	—	—	100 ppm
Acetone	56.48C	-94.6C	0F(CC)	400 mm @39.5C	2.00	0.7972 @15C	2.6%	12.8%	750 ppm
2-Aminoethanol	170.5C	—	200F(OC)	5 mm @60C	2.11	1.0180 @20/4C	—	—	3 ppm
Amyl acetate	148C@737	-78.5C	77F(CC)	—	4.5	0.879 @20/20C	1.1%	7.5%	125 ppm
Benzene	80.09C	5.5C	12F(CC)	100 mm @28.1C	2.77	0.8794 @20C	1.4%	8.0%	10 ppm
Bromolorm	149.5C	7C	None	—	—	2.890 @20/4C	—	—	0.5 ppm (skin)
2-Butanone	79.57C	—	22F(TCC)	—	2.42	0.80815 @20/20C	1.8%	11.5%	200 ppm
Butyl acetates	129C	—	72F	15 mm @25C	4.00	0.88 @20/20C	1.4%	7.5%	150 ppm
n-Butyl alcohol	117.5C	—	95-100F	5.5 mm @20C	2.55	0.80978 @20/4C	1.4%	11.2%	50 ppm (skin)
Carbon disulfide	46.5C	-110.8C	-22F(CC)	400 mm @28C	2.64	1.281 @20/20C	1.3%	50%	10 ppm (skin)
Carbon tetrachloride	76.8C	-22.6C	None	100 mm @23C	—	1.587 @20C	—	—	5 ppm
Chlorobenzene	131.7C	-45C	85F(CC)	10 mm @22.2C	3.88	1.113 @15.5/15.5C	1.3% @150C	7.1% @150C	75 ppm
Chloroform	61.26C	-63.5C	None	100 mm @10.4C	4.12	1.49845 @15C	—	—	10 ppm
Cresol (all isomers)	191-203C	10.9-35.5C	178F	1 mm @38-53C	3.72	1.030-1.038 @25/25C	—	—	5 ppm (skin)
Crotonaldehyde	104C	—	55F	—	2.41	0.853 @20/20C	2.1%	15.5%	2 ppm
Cumene	152C	-96C	111F	10 mm @38.3C	4.1	0.864 @20/4C	0.9%	6.5%	50 ppm (skin)
Cyclohexane	80.7C	6.5C	1.4F	100 mm @60.8C	2.9	0.7791 @20/4C	1.3%	8.4%	300 ppm
Cyclohexanol	161.5C	24C	154F(CC)	1 mm @21C	3.45	0.9449 @25/4C	—	—	50 ppm
Cyclohexanone	115.6C	-45C	111F(147TCC)	10 mm @38.7C	3.4	0.9478 @20/4C	1.1% @100C	—	25 ppm
Cyclohexylamine	134.5C	-17.7C	89.8F	—	3.42	0.865 @25/25C	—	—	10 ppm (skin)
1,2-Dichlorobenzene	180-183C	-17.5C	151F	—	5.05	1.307 @20/20C	2.2%	8.2%	50 ppm
1,4-Dichlorobenzene	173.4C	53C	150F(CC)	10 mm @54.8C	5.08	1.4581 @20.5/4C	—	—	75 ppm
Diethylamine	55.5C	-38.9C	-0.4F	400 mm @38C	2.53	0.7108 @20/20C	1.8%	10.1%	10 ppm
DEP diethyl-o-phthalate	302C	-40.5C	325F(OC)	—	7.86	1.110	—	—	5 mg/m <sup>3</sup>
Dimethyl phthalate	283.7C	—	295F(CC)	1 mm @100.3C	6.89	1.189 @25/25C	—	—	5 mg/m <sup>3</sup>
Dimethyl sulfate	188C	—	182F(OC)	—	4.35	1.3322 @20/4C	—	—	0.1 ppm (skin)
Ethanol	78.32C	-31.8C	24F	—	4.35	1.3322 @20/4C	—	—	1000 ppm
Ethyl acetate	77.15C	-83.6C	55.6F	40 mm @19C	1.59	0.7893 @20/4C	3.3%	19%	@60C
Ethyl butyl ketone	148C	-36.7C	115F(OC)	100 mm @27C	3.04	0.8946 @25C	2.2%	11%	400 ppm
Ethylene glycol	197.5C	—	232F(CC)	0.05 mm @20C	3.93	0.8198 @20/20C	—	—	50 ppm
Ethylene glycol n-butyl ether	168.4-170.2C	—	160F(COC)	300 mm @140C	2.14	1.113 @25/25C	3.2%	—	50 ppm (skin)
Ethylene glycol monoethyl ether	135.1C	—	202F(CC)	3.8 mm @20C	3.10	0.9380 @15/15C	1.8%	14%	5 ppm (skin)
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	156.4C	—	117F(COC)	1.2 mm @20C	4.72	0.9748 @20/20C	—	—	5 ppm (skin)
Ethyl glycol monomethyl ether	124 @757mm	—	115F	—	—	0.9663 @20/4C	—	—	5 ppm (skin)
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	143C	—	111F(CC)	—	4.07	1.005 @20/20C	1.7%	8.2%	5 ppm (skin)
Ethyl ether	34.6C	-116.2C	-49F	442 mm @20C	2.58	0.7135 @20/4C	1.85%	36%	400 ppm
Formaldehyde	-3F	—	122F-185F	—	—	1	7%	73%	1 ppm
Formamide	210C	2.5C	310F(COC)	29.7 mm @129.4C	—	1.134 @20/40C	—	—	20 ppm
Furfural	161.7C @764mm	—	140F(OC)	—	3.31	1.1292 @25/4C	2.1%	19.3%	2 ppm
Furfural alcohol	171C @750mm	-31C	167F(OC)	1 mm @31.8C	3.37	1.129 @20/4C	1.8%	16.3%	10 ppm
Heptane	98.52C	—	25F(CC)	40 mm @22.3C	3.45	0.87 @20/4C	1.05%	6.7%	400 ppm
N-Hexane	69C	—	-9.4F	100 mm @15.8C	2.97	0.8603 @20/4C	1.2%	7.5%	50 ppm
Hexone	118	—	62.6F	16 mm @20C	3.45	0.803	1.4%	7.5%	100 ppm
Isomyl acetate	142C	—	77F	—	4.49	0.878	1%	212F	7.5%
Isopropyl acetate	88C	-73C	39.2F	40 mm @17.0C	3.52	0.847 @20/20C	1.7%	7.8%	250 ppm
Isopropyl alcohol	82.5C	-88.5--89.5C	53F(CC)	—	2.07	0.7854 @20/4C	2.5%	12%	400 ppm
Isopropyl ether	68.5C	-60C	-18F(CC)	150 mm @25C	3.52	0.719 @25C	1.4%	7.9%	250 ppm
Methanol	64.8C	-97.8C	54F(CC)	100 mm @21.2C	1.11	0.7915 @20/4C	6%	38.5%	200 ppm
Nitroethane	114.0C	-90C	106F	15.6 mm @20C	2.58	1.052 @20/20C	4.0%	—	100 ppm
Nitromethane	101C	—	95F(CC)	27.8 mm @20C	2.11	1.1322 @25/4C	7.3%	—	100 ppm
1-Nitropropane	132C	—	93F(TCC)	7.5 mm @20C	3.06	1.003 @20/20C	2.2%	—	25 ppm
2-Nitropropane	120C	—	82F(TCC)	10 mm @15.8C	3.06	0.992 @20/20C	2.6%	—	10 ppm
N-Pentane	36.1C	-129.7C	-40F(CC)	—	—	0.6452 @0/4C	1.4%	8%	600 ppm
Propylene glycol mono-methyl ether	120C	-96.7C	100F	—	—	0.919 @25/25C	—	—	100 ppm (skin)
Pyridine	115.3C	—	68F(CC)	10 mm @13.2C	2.73	0.982	1.8%	12.4%	5 ppm
Stoddard solvent	220-300C	—	100-110F	—	—	1.0	1.1%	6%	100 ppm
Styrene	146C	-31C	88F	—	3.6	0.9074 @20/4C	1.1%	6.1%	50 ppm
Tetrahydrofuran	65.4C	—	1.4(TCC)	114 mm @15C	2.5	0.888 @20/4C	1.8%	11.8%	200 ppm
Toluene	110.4C	-95-94.5C	40F(CC)	36.7 mm @30C	3.14	—	—	—	100 ppm
1,1,1-Trichloroethane	74.1C	—	None	100 mm @20.0C	—	1.3378 @20/4C	—	—	350 ppm (skin)
Trichloroethylene	86.7C	-73C	89.6F	100 mm @32C	4.53	1.4649 @20/4C	12.5% @ >30C	90%	50 ppm
Turpentine	154-170C	—	95F(CC)	—	4.84	0.854-0.868 @25/25C	0.8%	—	100 ppm
Vinyl acetate	73C	-92.8C	18F	100 mm @21.5C	3.0	0.9335 @20C	2.6%	13.4%	10 ppm
VM&P Naphtha	80-130C	< -73C	<0F	—	2.50	0.730-0.750 @15.6/15.6C	1.1%	5.9%	300 ppm
Xylene	138.5C	-47.9C	77F(CC)	6.72 mm @21C	3.68	0.864 @20/4C	1.1%	7.0%	100 ppm

BP, boiling point; C, Centigrade; CC, closed cup; COC, Cleveland open cup; F, Fahrenheit; LEL, lower explosive limit; mm, mm Hg; MP, melting point; OC, open cup; ppm, parts per million; TLV, threshold limit value; TCC, Tagliabue closed cup; skin, potential exposure contribution due to cutaneous absorption; UEL, upper explosive limit.  
 Constructed from refs. 2, 81, and 102.

용된 소년원생 중 393명을 대상으로 마약복용 및 흡입에 대해 조사한 결과 전체 응답자의 절반 정도인 56.2%가 본드류 흡입한 경험이 있고, 그 평균연령은 14~

15세로 나타났다는 보고가 있어, 이는 본드류의 흡입이 대마 및 마약 복용의 전 단계임을 시사하는 바라 하겠다.

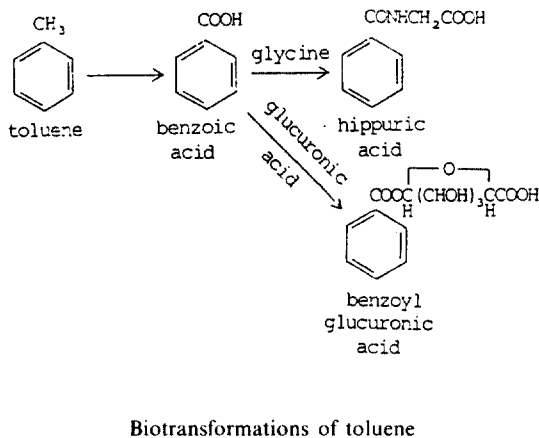
2. 유해성 및 체내 대사 과정

2.1. 유기용매류의 성질 및 TLV<sup>1,5</sup>

유기용매류는 물리적 및 화학적 성질에 따라 그 유해도가 다르며 보통의 경우는 액체이나 그 성질에 따라 증기로 사용되는 경우도 있으며, 이들에 대한 물리적 성질 및 American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH)에서 제정한 Threshold Limit Value(TLV)를 Table 1에 나타내었다.

2.2. Toluene

도료, 염료 및 신나 등 공업용제로 매우 다양하게 사용되며, 특히 신경계통에 유독성을 나타내는 물질로 흡입시 흥분성과 환각성을 일으키며, 고농도 폭로시 중추신경계의 억제작용이 나타나며 중독에 기인된 반복적 흡입으로 의식장애, 감정불안, 일시적 기억상실 등의 증상과 함께 대뇌의 기질적 변화를 보이는 일이 있으며<sup>1,5</sup>. toluene은 benzoic acid로 대사되어 glycine과 결합하여 hippuric acid로 되거나, glucuronic acid와 결합하여 benzoyl glucuronate로 되어 뇨로 배설된다<sup>6</sup>.



Toluene에 대한 ethanol의 영향을 보면 ethanol이 toluene의 대사를 저지하며, 반대로 phenobarbital은 toluene의 대사를 촉진시키는 것으로 알려져 있다<sup>5</sup>.

혈중 톨루엔의 농도와 그 신체 및 신경정신적 증상

의 관계를 조사하기 위해 thinner 흡입 후 입원자료중 인 51명(남:34명, 여:17명)의 혈액에서의 톨루엔의 농도와 그들의 신체적 증상을 조사한 결과 그 농도는 0.3~22.8 $\mu\text{g/g}$ 이었으며, 입원시 정신증상이 발견되는 12명의 증상들을 Table 2에, 톨루엔 농도에 관련된 신체증상 및 정신증상의 유무를 Fig. 2에 나타내었다. 일반적으로 저농도에서 환각증상이 나타나며 농도가 높은 경우에는 시각이 흐려지며, 말이 정확치 못하는 등의 증상이 나타나는 것으로 보고되고 있다<sup>7</sup>.

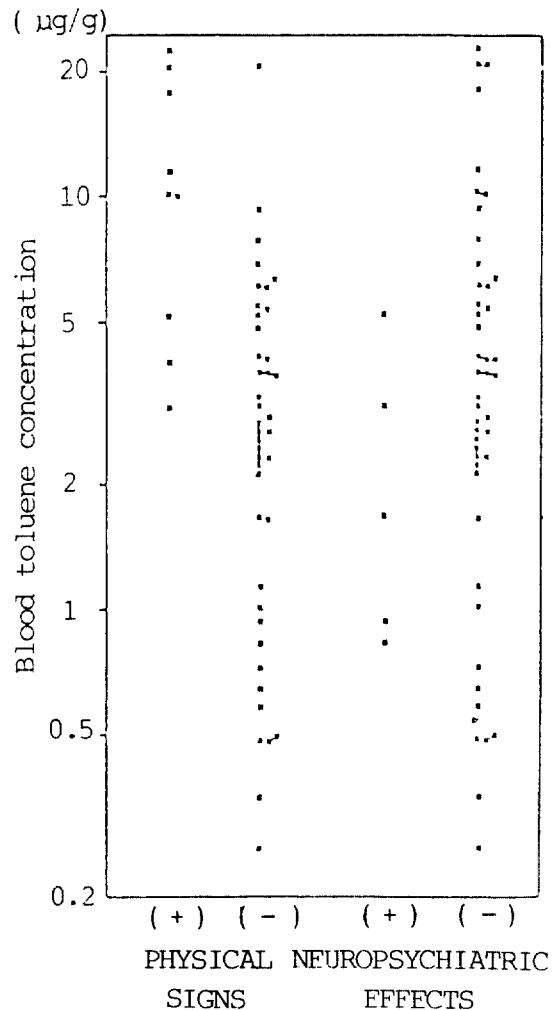


Fig. 2. Blood toluene concentration in subjects with and without physical signs or neuropsychiatric effects

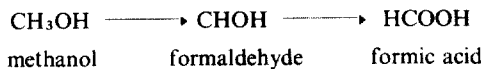
Table 2. Blood toluene concentration and physical signs and neuropsychiatric effects at the collection of blood

Toluene in blood ( $\mu\text{g/g}$ )	Age	Sex	Signs and symptoms
22.8	21	M <sup>a</sup>	Twilight state
20.5	21	M <sup>a</sup>	Slurred speech
17.8	22	M	Twilight state
11.6	24	M	Staggering, Slurred speech
10.1	27	M	Twilight state
9.9	19	M	Tremors
5.2	16	M	Staggering, Hallucinations, Delusions
4.1	19	F	Slurred speech
3.1	15	F	Tremors, Hallucinations, Delusions
1.7	16	M	Hallucinations
0.9	17	F	Hallucinations
0.8	25	M	Hallucinations, Delusions

M : Male, F : Female, <sup>a</sup> : Same person on different admissions at an interval of six months

2. 3. Methanol

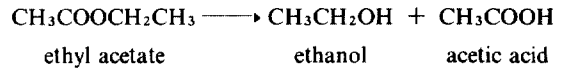
산업용 용매, 페인트나 니스의 박리제, 염료, 광택제, 플라스틱, 필름 등의 제조시 화학적 중간체로 널리 쓰인다. Methanol은 10m/ 정도 복용시 실명하며, 100~200m/ 복용시 매우 치명적이며, 흡입시에는 시신경에 매우 치명적이다. 초기 마취성(narcotic effect)은 ethanol 보다는 가벼우나<sup>1,5</sup>, 음용 후 6~30시간 후에 특이한 독성 증상을 보이는데, 이는 대사시간이 늦어 체내 조직 중에 오래 잔류되어 독성작용이 지속된다. Methanol은 간의 alcohol dehydrogenase에 의해 산화되어, 이보다 독성이 6배나 강한 formic acid로 된다. 음용한 methanol의 약 10~20%는 페로, 약 3%는 신장에서 미변화된 상태로 소비되고, 60% 이상은 산화되며, 뇨에서 formaldehyde는 검출되지 않으나, formic acid는 4~10일 후까지도 2~5%가 검출됨을 보이고 있다<sup>8</sup>.



2. 4. Ethyl acetate

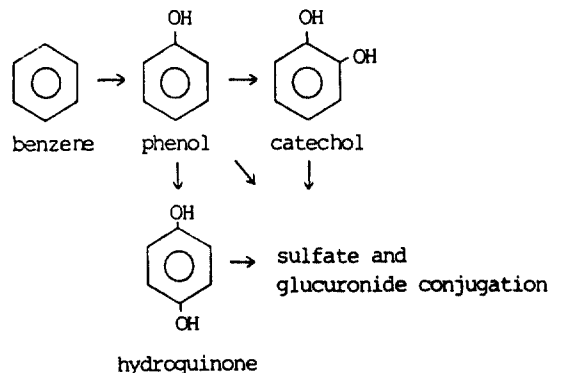
도료, 인쇄잉크, 접착제, 의약품 등의 용제로 널리 쓰이며, 이는 접막에 자극작용과 동시에 마취작용이 있고 400ppm 폭로시 눈, 귀, 목 등에 자극증상이 나타난

다. 체내에 흡수되어 ethanol과 acetic acid로 대사된다<sup>1,5</sup>.



2. 5. Benzene

페인트, 수지, 고무, 잉크, 염료 등 공업제품의 용제로 널리 쓰이며, 백혈병, 빈혈, 골수종의 원인이 되며, 지질(lipid)에 대한 용해성이 높아서 흡수가 빠르며, 급



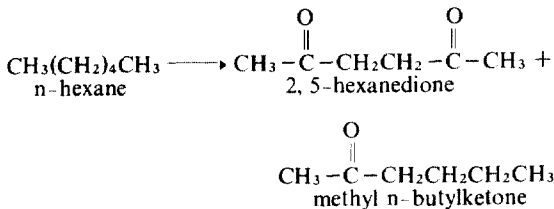
Biotransformations of benzene

성 중독시 중추신경계의 억제작용으로 인하여 마취작용이 나타나며, benzene에 노출시 두통, 현기증, 구토증상을 보이며, 고농도 노출시 무의식, 경련, 호흡곤란 등을 일으키며, 사람의 경우 20,000ppm에서 5~10분간 노출시에는 매우 치명적이다. 주요 대사는 phenol로 산화된 후 sulfate 또는 glucuronide와 conjugate하여 뇨로 배설된다<sup>1,5</sup>.

2. 6. n-Hexane

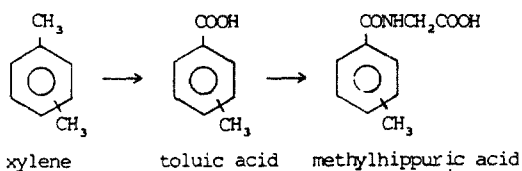
포화지방족 탄화수소에 있어서 독성이 극히 높은 물질이며, 보통 접착제의 용매로 많이 쓰이고 있다. 흡입할 경우 졸림, 가벼운 의식장애, 사지의 혼몽 등이 나타나고, 고농도 폭로시 어지러움, 무감각 증상을 보이며, 피부 노출에 의하여 피부 자극도 나타난다.

이는 먼저 hydroxylated compound로 대사된 후 keto form인 2, 5-hexanedione, methyl n-butylketone으로 대사되는데, 이들 대사체들은 신경독성물질로 알려져 있다<sup>1,5</sup>.



2. 7. Xylene

여기에는 o-, m-, p-의 3가지 이성질체가 있으며, 페인트, 락카, 가솔린, 농약 등에 널리 사용되며 톨루엔과 유사한 독성을 지닌다. 이들의 대사는 methyl group이 산화하여 o-, m-, p-toluic acid로 되어 음용량의 약 72%가 18시간 이내에 toluic acid로 된 후 glycine과 conjugate하여 o-, m-, p-methyl hippuric acid로 최



Biotransformation of xylene

종 대사되어 뇨로 배설된다. 이는 hippuric acid와는 달리 methyl hippuric acid가 정상인의 뇨에서는 생성될 수 없는 물질이므로, 이 대사체의 양으로 xylene의 노출지표로 사용할 수 있다<sup>1,5,9</sup>.

2. 8. iso-Propanol

산업용, 화학 실험실 등에서 널리 쓰이는 용매로 메탄올보다는 독성이 낮으나, 중추신경계 억제작용은 에탄올의 2배이며, 이는 alcohol dehydrogenase에 의해 alcohol보다 중추신경 억제작용이 더 큰 acetone으로 서서히 대사되며 소량의 acetone과 iso-propanol은 호흡과 뇨로 배설되며, acetone은 acetate, formate, carbon dioxide 등으로 대사된다<sup>10</sup>.

3. 유기 용매류 분석

접착제류에 많이 사용되고 있는 유기 용매류의 분석

Table 3. Gas chromatography condition

Column	: 5% carbowax 20 M on 60/80 carboxpack B 2m x 1/8" stainless steel column
Column temp.	: 80°C (3min) 10°C/min 180°C (5min)
Injector temp.	: 180°C
Detector temp.	: 240°C
Detector	: FID
Carrier gas flow	: 20ml / min (He gas)
H <sub>2</sub> gas flow	: 30ml / min
Air gas flow	: 300ml / min

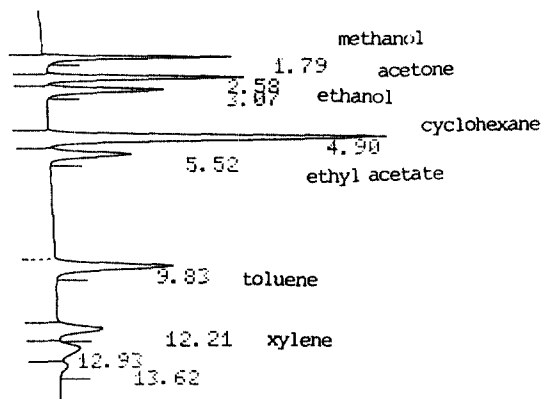


Fig. 3. Chromatogram of solvents

은 diffusion법, extraction법, distillation법 등이 있으나 여기서는 head space 방법에 의하여 gas chromatography(GC)에 의해 실시하였으며 그 조건과 chromatogram은 Table 3 및 Fig. 3과 같다.

4. 생체 시료 중에서의 분석

실험에 임하기 전까지 혈액은 방부제 및 항응고제를 첨가한 후 저온(약 0~4°C)에 보관한다. 혈액 및 장기 조직에 대한 용매류 분석법이 여러 가지 소개되어 있으나 그 중 몇 가지만을 소개하면 다음과 같다.

4. 1. 혈액 또는 각 장기조직 0.5g과 내부표준물질(o-xylene)을 증류수 1ml에 NaCl 2.0g을 넣은 vial에 담아 밀폐시킨 후 55°C에서 20분간 가온 후 그 증기상을 GC에 주입시켜 분석한다. 이때 GC 조건은 PEG-1000, 2m × 3mm i.d. column으로 flame ionization detector로 분석한다. 그 예로 thinner 1ml를 실험용 쥐(300g)에 경구 투여시킨 후 각 시간별 toluene의 농도 분포 및 chromatogram은 Table 4 및 Fig. 4와 같다<sup>11</sup>.

Table 4. Toluene concentration in the blood and organs of rats(μg/l)

Time(hr)	Blood	Brain	Lung	Liver	Kidney	Muscle
1	19.8	9.7	11.6	16.9	11.4	8.2
2	43.8	50.7	39.8	41.2	27.7	16.7
6	34.0	48.9	49.3	52.8	41.6	33.4
12	17.3	30.4	24.4	34.5	27.9	27.4
18	17.7	20.8	22.6	20.2	18.2	13.3
24	7.1	7.5	7.8	5.7	12.6	7.0
48	0.7	0.8	0.6	0.8	0.9	0.7

4. 2. 밀폐 가능한 vial에 1N-NaCl 25ml, 20%-올리브유 5ml, methanol 50μl와 내부표준물질(ethylbenzene)을 가한 후 각 장기조직 1g을 가하여 35°C 수욕상에서 진탕시킨 후 그 증기상을 GC에 주입하여 분석한다.

4. 3. 혈액의 경우 vial에 0.06M-ZnSO<sub>4</sub> 용액 1ml과

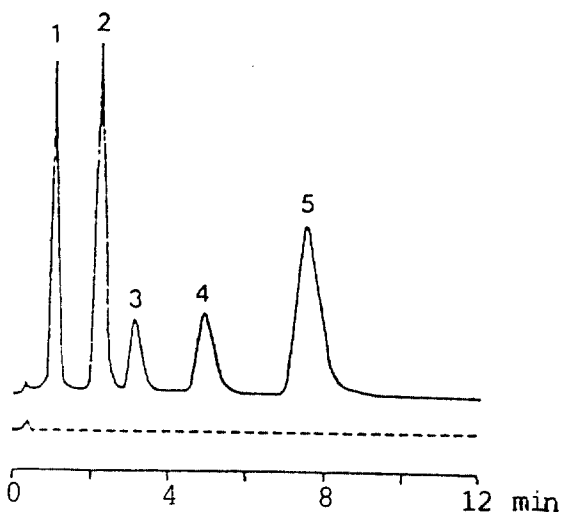


Fig. 4. Gas chromatogram of the blood sample mixed with the three thinner components and the IS 1; Ethyl acetate, 2; Toluene, 3; Isobutanol, 4; o-Xylene (IS), 5; 2-Ethoxyethanol ..... ; non-treated blood

0. 28M-Ba(OH)<sub>2</sub> 용액 0.22ml를 가한 후 혈액 1ml와 내부표준물질을 첨가한 후 밀폐하여 35°C에서 90분간 진탕시키고 그 증기상을 GC에 주입하여 분석한다<sup>12</sup>.

4. 4. Acidium citrium dextrose solution(4.8g citric acid, 13.2g sodium citrate, 14.7g dextrose /l) 2ml를 밀

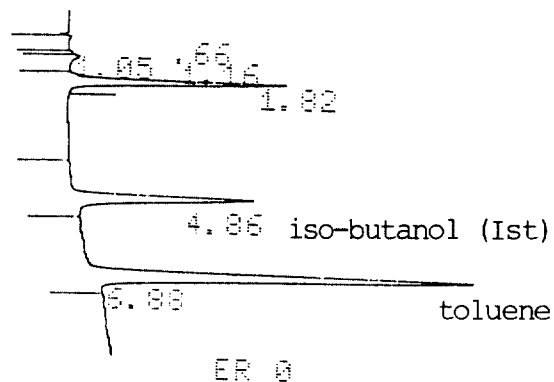


Fig. 5. Chromatogram of a human blood sample from a toluene sniffer

column; carbowax 20M, 2m × 1/8" SS, col. Temp.; hold 3min at 110°C, then to 180°C at 10°C/min and hold

폐한 vial에 취하여 내부표준물질(iso-butanol)과 혈액 1ml를 가하여 밀폐하고 55°C 수욕상에서 20분간 진탕시킨 후 그 증기상을 GC에 주입하여 분석한다. 당 연구소에서는 이 방법을 이용하여 분석하며 chromatogram은 Fig. 5와 같다.

5. 장기조직별 분포

각 장기조직 중에서 유기 용매류의 분포는, 유기 용매류에 노출 또는 경구투여 등의 여러 조건에서 치사된 경우 각 장기조직에서의 농도분포를 보면 다음과 같다.

5. 1. Toluene의 경우<sup>13</sup>

Toluene Concentration in Fatal Cases(mg/l or mg/kg)

	Blood	Brain	Lung	Liver	Kidney	Urine
Average	13	19	3.6	30	21	4
(Range)	(10-20)	(10-44)	(3-4)	(13-47)	(11-39)	(3-5)

Toluene은 그 흡입량의 약 20%는 호기로, 약 0.1% 정도는 뇨로 미변화된 상태로 배출되며 그 나머지 약 80% 정도가 benzoic acid로 산화된 후 체내 glycine과 결합하여 hippuric acid 상태로 뇨와 함께 배출된다.

Toluene의 증독상태로 입원 가료 중이거나 체포된 사람 7명 중 혈중 toluene의 농도는 0.3~0.7mg/l이었고 뇨중 톨루엔의 농도는 0~5.0mg/l로 나타난 외국의 보고가 있으며<sup>14</sup>, 당 연구소의 경우 보통 사망사건으로 혈액이 의뢰된 경우, 91년부터 92년 9월까지 톨루엔 흡입 사망 22건 중 혈중 농도는 0.7~41mg/l의 분포를 나타내었으며, 톨루엔 흡입으로 추정되어 분석 의뢰된 뇨 30여종에서의 농도는 0~1.5mg/l의 분포를 나타내었다.

또한 톨루엔 흡입 후 혈중 톨루엔 농도 감소 비율을 알아보기 위하여 1,500ppm, 10,000ppm의 toluene을 30분 동안 흡입시킨 쥐와 24시간 절식 후 toluene을 400mg/kg을 위에 직접 투여한 쥐에서 혈중 toluene 농도 감소 비율은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 흡입시는 약 30분 후에 최고 농도에 도달하며, 50% 이상이 감소하나 경구 투여시에는 10시간 이후까지도 그 농도가 거의 지속됨을 볼 수 있다<sup>15</sup>.

또 사후 toluene 농도의 변화 비율을 보기 위하여, 실험용 쥐에 toluene:ethyl acetate:iso-butanol = 8:1:1인 용액 1ml를 경구투여하고 1시간 후에 치사시킨 후 각 장기별 농도를 분석한 결과 Fig. 7에서 보듯이 치사 후 48시간까지 넓적다리 근육을 제외한 간, 뇌, 혈액, 신장, 폐 등의 조직에서 증가현상을 보였고 특히 간에서

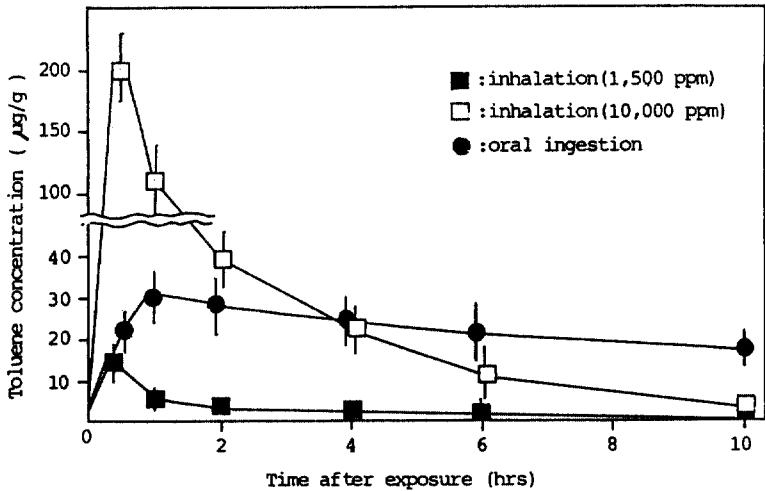


Fig. 6. Time course changes of blood toluene concentration in rats after inhalation of 1,500ppm or 10,000ppm toluene vapor for 0.5hour or oral ingestion of 400mg/kg. Vertical bars indicate ± s.e.m. n = 5

가장 높은 증가 비율을 보였으며, toluene, ethyl acetate, iso-butanol 및 ethanol(ethyl acetate의 대사체)은 사후 48시간까지 위내용물에서도 검출되었다<sup>16</sup>.

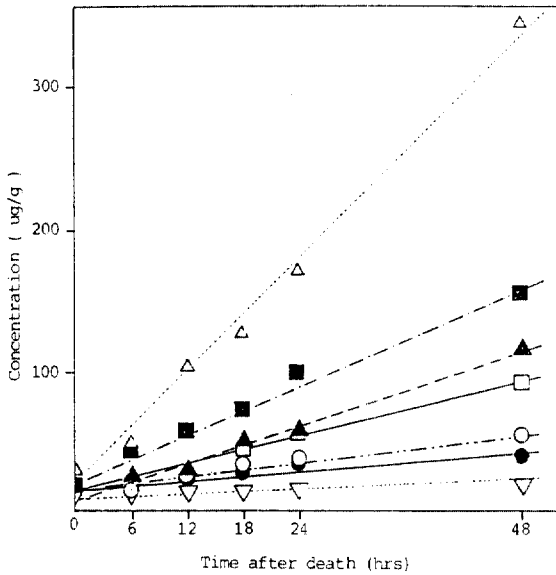


Fig. 7. Postmortem changes in toluene concentration in rats tissues (µg/g, n = 5)

- ; brain, ○—○ ; blood,
- ; lung, □—□ ; kidney,
- △—△ ; liver, ▲—▲ ; abdominal muscle,
- ▽—▽ ; thigh

5. 2. iso-Propanol의 경우<sup>17</sup>

Isopropanol and acetone concentrations in a fatal case (g/l or g/kg)

	Blood	Brain	Urine	Gastric contents
Isopropanol	3.3	1.8	2.0	34
Acetone	1.2	0.6	0.7	1.0

5. 3. Benzene의 경우<sup>18</sup>

Benzene Concentration in Fatal Cases(mg/l or mg/kg)

Route	Blood	Brain	Liver	Kidney	Urine	Gastric contents
Inhalation	0.9			5.5		
Inhalation	3.8	13.8	2.6			
Inhalation	20	39	16	19	0.6	
Oral	38	253	105	21	20	9g
Oral		14		18		

6. 뇨 중에서 대사체류의 분석

6. 1. Gas chromatography에 의한 분석

Toluene 및 xylene의 대사체인 hippuric acid와 methyl hippuric acid를 GC로 분석하기 위해서는, 우선 이들의 극성기들을 masking해야 하는데, 그 방법으로 alkylation<sup>19</sup>과 silylation<sup>20</sup> 등의 esterification 방법이 많이 사용되어지며 당 연구소에서는 주로 silylation 방법을 많이 이용하고 있다.

Alkylation 방법은 극성기의 소수를 alkyl group으로 친핵치환시키는 반응으로 주로 사용되는 시약은 diazomethane, 3-alkyl-p-tolytriazene 등이 쓰이고<sup>21</sup> 있으며, urine 0.5ml에 0.1ml의 10N-HCl을 가하여 산성으로 한 다음 내부표준물질(tridecanoic acid 25mg/l in ethyl acetate)를 가하여 5분 동안 진탕시킨 후 3ml의 ethyl acetate로 추출한 다음 methylating solution (3-methyl-1-p-tolytriazene in ethyl acetate, 36g/l) 2ml를 가해 반응시킨 후 50°C 이하에서 ethyl acetate를 휘발시킨 후 냉각시킨 다음 0.2ml의 chloroform에 용해시킨다. 여기에 3N-HCl을 1ml 가하여 과량의 미반응 methylating agent를 제거한 다음 그 유기층 2µl를 GC에 주입하여 분석한다.

또 diazomethane을 사용하는 경우<sup>22,23</sup> urine 0.5ml에 내부표준물질(heptadecanoic acid in methanol)을 가한 다음 6N-HCl 몇 방울을 가하여 산성으로 한 후 ethyl acetate로 추출하여 그 유기층에 0.5g의 anhydrous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 가하여 잔존하는 수분을 제거시킨 후 70°C 수욕상에서 solvent를 evaporation시킨 후 diazomethane-ether-ethanol 용액을 가하여 실온에서 반응시킨 후 solvent를 evaporation시킨 다음 잔존하는 미반응 methylating agent를 0.1~0.2ml의 methanol로 제거한 다음 GC로 분석한다.

이때 분석조건은 SE 30 또는 Ultra 2(cross-linked 5% phenyl methyl silicone gum phase)를 사용하며, 이때의 chromatogram과 Mass spectra는 Fig. 8, Fig. 9와 같다.

Silylation 방법은 silicon에 친핵 공격으로 인해 진행되는 반응으로 이때 사용되는 시약은 BSA(N,O-Bis(trimethylsilyl)-acetamide), TMSI(N-trimethyl-silylimidazole), BSTFA(N,O-Bis(trimethylsilyl)-trifluoroacetamide), HMDS(hexamethyldisilazane), TMCS



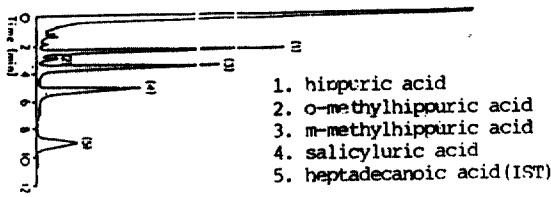


Fig. 8. Chromatogram of metabolites of toluene and xylene

(trimethyl-chlorosilane) 등이 주로 쓰이며, 위 방법과 같이 노를 ethyl acetate로 추출한 다음 45°C oil bath에서 dry nitrogen으로 solvent를 evaporation시킨 다음 TMS - HT(HMDS:TMCS:pyridine=2:1:10) 또는 BSTFA 등 silylation 시약을 50 $\mu$ l 주입한 후 75°C에서 10분간 반응시킨 다음 그 상층액 1~2 $\mu$ l를 GC에 주입시킨다<sup>24</sup>. 이때 GC 조건과 chromatogram은 Table 5와 Fig. 10과 같다.

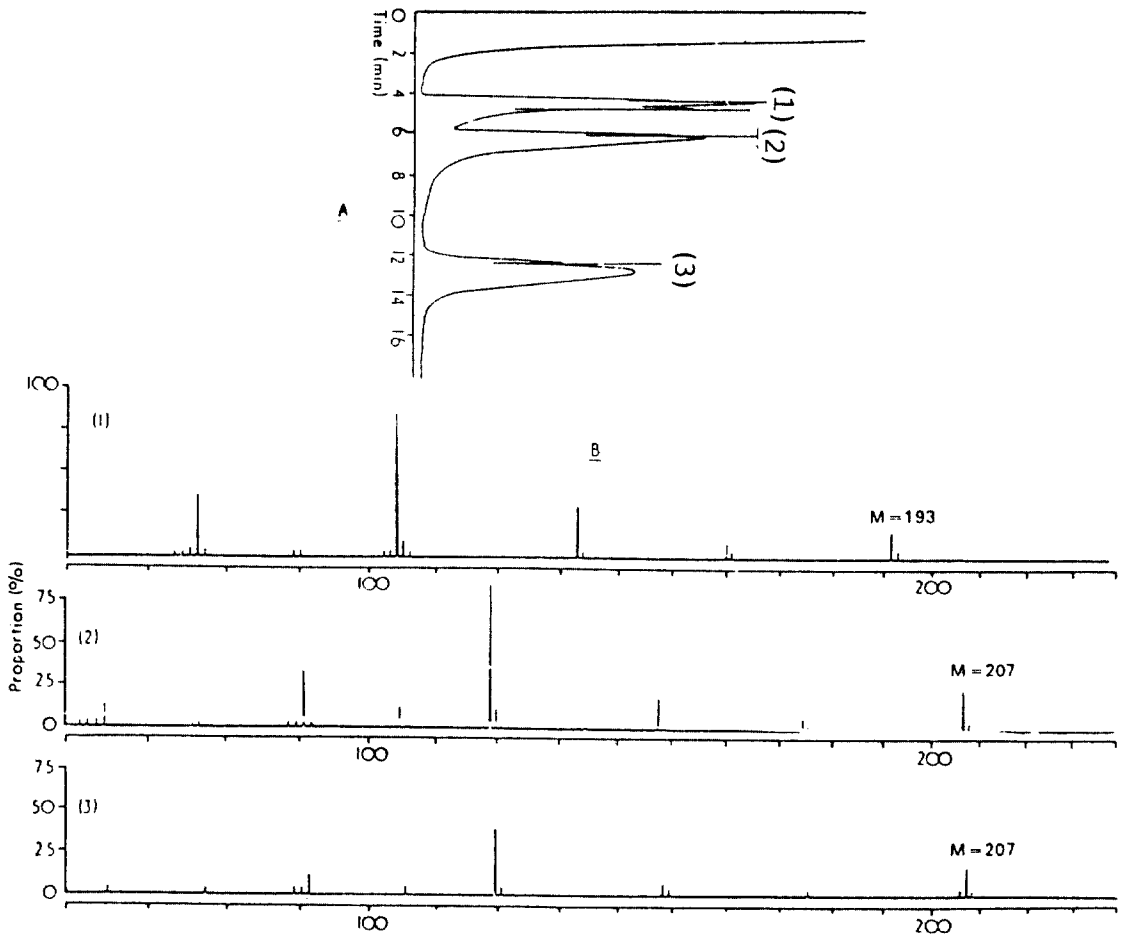


Fig. 9. Gas chromatographic elution pattern (A) and mass spectra pattern (B) of methylesterified urine extract from a volunteer exposed to toluene and m-xylene vapours (1) in A and B = hippuric acid, (2) in A and B = m-methylhippuric acid, (3) = heptadecanoic acid (IST)

Chromatogram of TMS ester of benzoic acid, hippuric acid and lauric acid

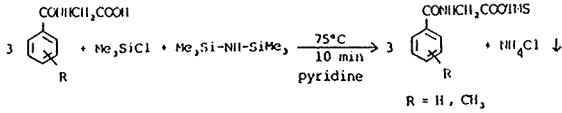


Table 5. Gas chromatography condition

Column	: HP-1 (cross-linked methyl silicone gum phase) 5m × 530 micro column
Detector	: FID
Column temp.	: 70°C (10min) $\xrightarrow{12^\circ\text{C}/\text{min}}$ 150°C (5min)
Injection temp.	: 240°C
Detector temp.	: 240°C
Carrier gas flow	: 20ml / min (He gas)
H <sub>2</sub> gas flow	: 30ml / min
Air gas flow	: 300ml / min

노 중에서 hippuric acid와 methyl hippuric acid의 GC를 이용한 분리는 매우 양호하였으며, toluene의 경우 매일 200ppm의 농도에 노출된 사람의 경우 hippuric acid의 농도는 4.12~8.65g/l(평균 5.97) 정도로

검출되며, xylene의 경우, 보통 흔히 쓰이는 xylene은 m-isomer가 75~85% 정도를 이루며 m-xylene의 농도는 100과 200ppm에서 8시간 노출된 경우 m-methyl hippuric acid의 농도는 각각 평균 1.9g/l와 4.6g/l로 나타났다. 그러나 toluene의 대사체인 hippuric acid는 toluene 흡입 뿐만 아니라 styrene 흡입시에 생성되는 물질이며, 더우기 방부제로 benzoate를 첨가한 음식의 섭취에 의해서도 benzoic acid의 전신인 quinic acid가 함유되어 있으므로 이들의 섭취에 의해서도 생성될 수 있다. 그러므로 정상인의 뇨에서 hippuric acid의 농도가 35~1400mg/l 정도가 함유되어 있다는 보고<sup>6</sup>들이 있으므로 hippuric acid의 농도로 toluene 흡입 여부를 판별하기에는 제한점이 있는 것으로 알려져 있다.

Benzene의 대사체인 phenol의 분석을 보면 뇨 중에 있는 phenol은 glucuronate와 결합을 한 conjugated phenol로 존재한다. 이런 결합을 끊어주기 위해서 phosphoric acid 존재하에 뇨를 가열하여 가수분해시킨다<sup>25</sup>. 이를 polyethylene glycol column에 통과시켜 유리된 phenol을 분리시킨 후 chromosorb w coated with 10% polyethylene glycol 6000 column에서 분석하거나 또는 가수분해시킨 후 냉각시킨 다음 10N-NaOH로

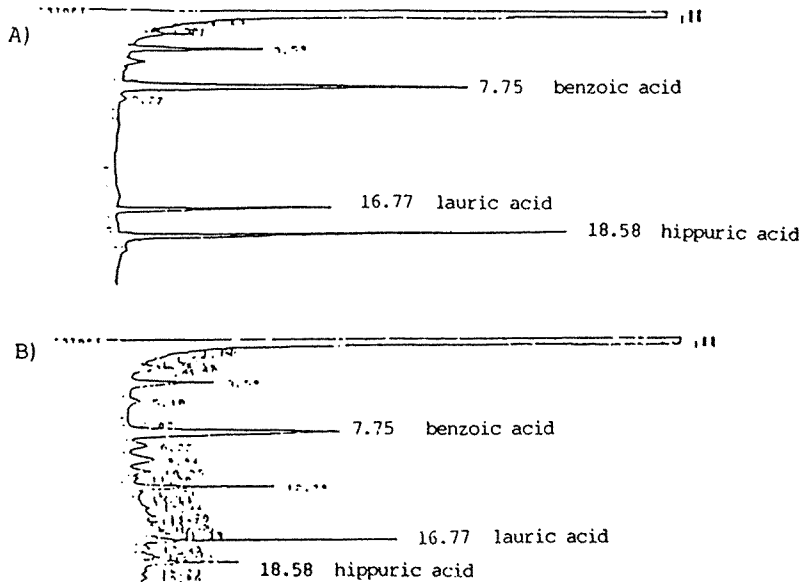


Fig. 10. Chromatogram of TMS ester of benzoic acid hippuric acid and lauric acid.  
A) : standard, B) : rat urine.

중화시키고 ethyl acetate로 추출한 다음 메탄올로 methylation시킨 후, SP-2100, 3% on Supelcoport 100/120(Supelco)의 column을 사용하여 GC로 분석하기도 한다. 그 예로 benzene에 노출되는 공장 근로자들의 아침 저녁에 채취한 뇨에서의 phenol의 농도는 다음과 같다.

Worker	Phenol concentration (mg/l)
A (morning)	18
(afternoon)	17
B (morning)	21
(afternoon)	21

Benzene을 흡입한지 48시간 내에 51~87%가 phenol로 대사 배출되고 6%는 catechol로, 약 2%는 hydroquinone으로 배출되며<sup>26,27</sup>, 만성적으로 0.5~4.0ppm의 benzene에 노출되는 경우 phenol의 농도는 30mg/l를 초과하지 않으며<sup>28</sup>, 25ppm에 노출되는 경우는 평균 200mg/l의 phenol이 검출된다는 보고가 있다<sup>29</sup>. 그런데 정상인의 뇨에서도 phenol이 검출되는데, 이는 의약품, 양념, 조미료 등의 복용에 기인되는 것으로 알려져 있으며 의약품을 전혀 복용하지 않은 사람의 뇨에서 phenol이 평균 5mg/l(20명, 40개 sample)가 검출되었고, 이외에도 colorimetric measurement를 기초로 한 방법으로 phenol을 측정된 문헌들이 있으나 이들 경우는 과량의 phenol 농도를 보이는데, 이는 benzene의 대사체가 아닌 p-cresol 등의 간섭 영향인 것으로 알려져 있다<sup>25</sup>.

Methanol의 대사체인 formic acid의 경우는 혈액이나 뇨 0.5ml에 c-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.3ml를 첨가한 후 밀폐하여 완전히 교반시킨 후 실온에서 0.08ml의 methanol-acetonitrile(7:1) 혼합용액을 가한 후 45°C 수욕상에서 20분간 반응시킨 다음 그 증기상을 GC에 주입시켜 분석한다<sup>30</sup>. 이때 GC는 porapak Q 2m × 3mm glass column 및 HP-FFAP(cross-linked FFAP)에서 분석하며 그 chromatogram은 Fig. 11과 같다.

Methanol 흡입 사망의 경우 formic acid의 각 장기별 농도는 Table 6과 같다.

또 9명의 methanol 중독 환자들 중 formic acid의 농

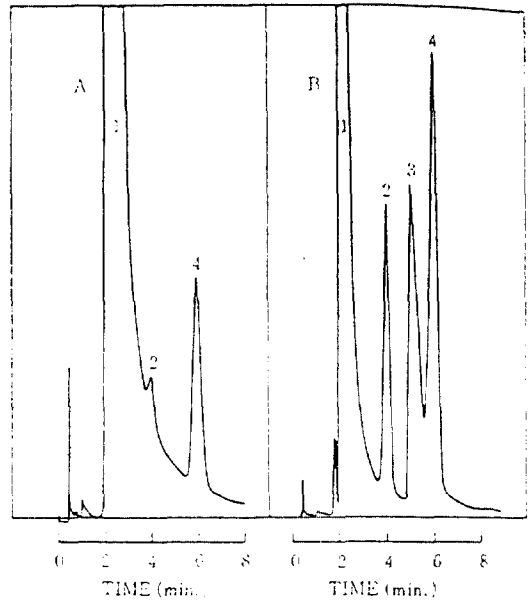


Fig. 11. Typical chromatograms obtained from human blood

- A ; Blank blood,
- B ; Blank spiked with formic acid, ethanol and acetonitrile (IS).
- 1 ; methanol, 2 ; methyl formate, 3 ; ethanol, 4 ; IS

Table 6. Postmortem distribution of formic acid

Specimen	Case 1	Case 2
Blood, mg/mL <sup>a</sup>	0.32	0.23
Urine, mg/mL	2.27	0.47
Brain, mg/g	0.11	1.17
Liver, mg/g	0.54	0.51
Kidney, mg/g	0.13	1.19
Gastric contents (total), mg	108	23.2

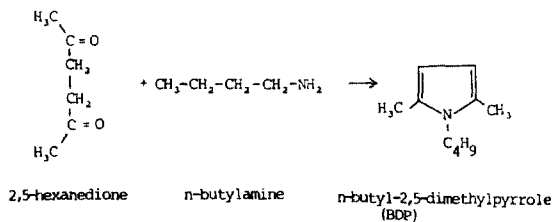
<sup>a</sup>Heart blood.

도를 측정된 결과 혈중 methanol의 농도가 0~1.2g/l (평균 0.6g/l)였으며 이때 혈중 formic acid의 농도는 8~134mg/l(평균 56mg/l)로 나타났다<sup>31</sup>.

n-Hexane의 경우 대사체인 2,5-hexanedione의 분석 경우<sup>32</sup>는 뇨 5ml을 teflon screw cap glass tube에 넣고,

0.2ml의 n-butylamine을 가하여 교반시킨 다음 60°C에서 30분간 가온한다. 그 후 이를 실온으로 냉각시킨 후 1ml의 isopropyl ether와 각각 50mg의 NaCl과 sodium dodecyl sulfate을 가하여 교반기로 약 15분간 교반시킨 다음 isopropyl ether 층을 50mg의 anhydrous sodium sulfate가 든 용기에 담아 수분을 제거시킨 후 GC에 주입한다.

이때 분석조건과 그 chromatogram은 Table 7과 Fig. 12에 나타내었다.



Derivatization of 2,5-hexanedione

Table 7. Gas chromatography condition

Column	: DB-5 methyl phenyl silicone, 25m × 0.32mm column
Detector	: FID
Column temp.	: 100°C (1min) $\xrightarrow{10^\circ\text{C}/\text{min}}$ 250°C (10min)
Injection temp.	: 200°C
Detector temp.	: 250°C
Carrier gas flow	: 2ml / min (He gas)

6. 2. Ion chromatograph에 의한 분석

뇨 1ml에 1N-HCl로 산성으로 하여 acid form으로 유리시킨 후 탈이온수로 세척한 on Guard-Ag Cartridge를 통과시켜 염화이온을 제거시킨 후 IC에 주입하여 분리하며 이때 IC 조건과 chromatogram은 Table 8 및 Fig. 13과 같다.

Toluene 증기 발생 장치를 이용하여 압축공기를 계속 흘려 보내면서 폭로실의 농도를 1%가 되도록 유지시켜 Spragun-Dawly(상, 190~210g)를 10분씩 24시간 간격으로 5회 흡입시킨 후 중독군과 정상군의 뇨를 5

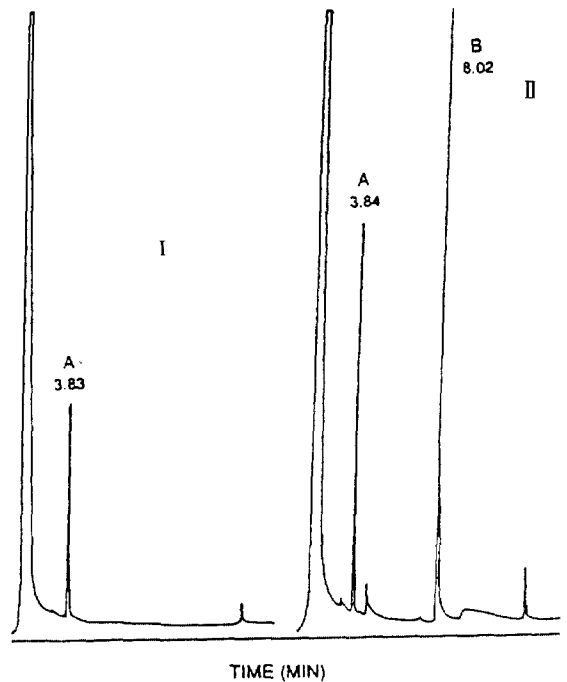


Fig. 12. Representative gas chromatograms after derivatization step. I : Blank urine. II : 50 μg of 2,5-HD spiked in 5 ml urine. A : excess n-butylamine. B : derivative BDP.

일간 채취한 결과 정상뇨에서 hippuric acid ; 112~664 μg/ml, benzoic acid ; 250~600 μg/ml이고 중독뇨에서는 hippuric acid ; 63~1262 μg/ml로써 정상뇨와 중독뇨의 차이가 뚜렷하지 않으나 중독뇨에서 benzoic acid는 722~4066 μg/ml로써 정상뇨와 현저한 차이가 있었다<sup>33</sup>.

Table 8. Ion chromatography condition

Detector	: Conductivity
Separator column	: HPIC-AS <sub>4</sub>
Eluent	: 1.5mM-NaHCO <sub>3</sub>
Eluent flow rate (ml / min)	: 1
Suppressor	: AMMS
Regenerant	: 12.5mM-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Regenerant flow rate (ml / min)	: 3
Injection volume (μ l )	: 50

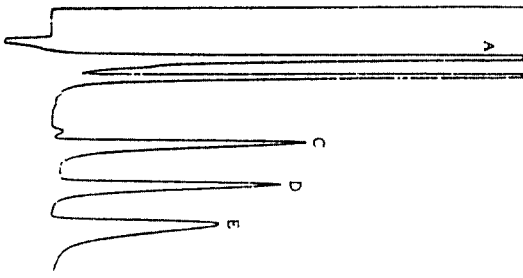


Fig. 13. Ion chromatogram of pretreatment of urine by OnGuard-Ag cartridge

A and B; unknown, C; hippuric acid,  
D; o-chlorobenzoic acid (INSTD),  
E; benzoic acid

**6. 3. High Performance Liquid Chromatography에 의한 분석**

Hippuric acid와 benzoic acid의 분석 경우, 혈액 또는 뇨에 내부표준물질로 acetonitrile을 가한 다음 교반시킨 후 원심분리한 다음 그 상층액을 0.2 $\mu$ m Nalgene membrane filter로 particulates를 제거시킨 후 HPLC에 주입하여 분리하는데, 이때 HPLC 조건은 UV detector

를 사용하여 Yanapak ODS-A column으로 235nm에서 mobile phase는 acetonitrile:water:acetic acid=35:63:2(v)로 그 유속은 1.0ml/min로 30°C에서 분리<sup>34</sup>하였으며 그 chromatogram은 Fig. 14와 같다.

Hippuric acid 및 methyl hippuric acid의 경우는 뇨에 내부표준물질로 o-methylbenzoylalanine을 넣은 후 산성으로 조절한 다음 methyl-t-butyl ether로 추출하여 질소 가스로 용매를 evaporation시킨 후 이를 mobile phase에 용해시켜 HPLC로 분리하는데, 이때 분석조건은 Supelcosil LC-18, 5 $\mu$ m, 150×4.6mm column으로 Waters model 450 variable wavelength detector로 분석하며 이때 mobile phase는 potassium phosphate buffer (12.0mM, pH 2.0):methanol:tetrahydrofuran = 91:4.5:4.5이다<sup>35</sup>. 150ppm의 toluene과 150 ppm의 xylene을 5시간 동안 흡입시킨 후에 채취한 뇨에서의 분석은 Fig. 15와 같다.

**6. 4. Ultraviolet Spectrophotometry에 의한 방법**

Urine 0.5ml를 100ml의 volumetric flask에 넣어 증류수를 가해 20ml가 되게 한 후 6N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1ml를 가하여 산성으로 한 후 20% isopropyl alcohol in diethyl ether 20ml로 두 번 추출한다. 이때 alcohol층은 물과

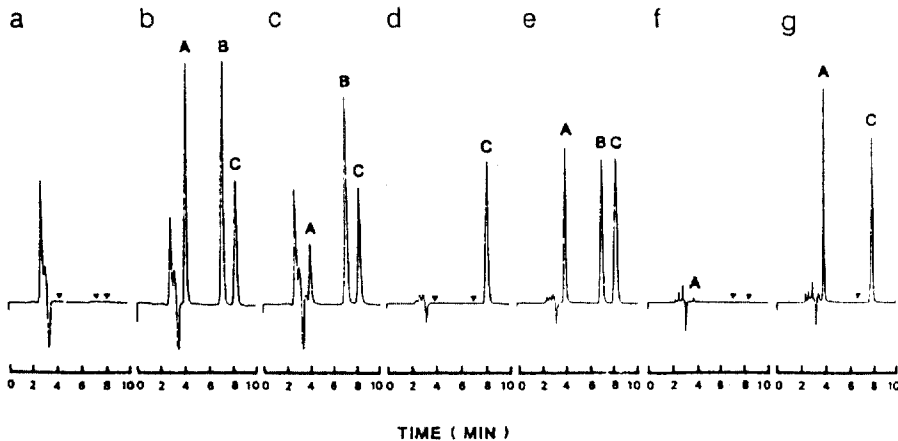


Fig. 14. Representative chromatograms from (a) blank plasma, (b) 100 $\mu$ l of plasma spiked with 200 $\mu$ g of hippuric acid (A) and benzoic acid (B) and 25 $\mu$ g of internal standard (C), (c) plasma obtained from a volunteer after administration of 0.08g/kg sodium benzoate, (d) blank urine with internal standard, (e) 200 $\mu$ l of the same urine as in (d) spiked with 100 $\mu$ g of hippuric acid and 250 $\mu$ g of internal standard, (f) ten times diluted urine obtained from a volunteer before taking sodium benzoate and (g) ten times diluted urine obtained from a volunteer after administration of 0.08g/kg sodium benzoate. ▼ indicates the anticipated peak appearance.

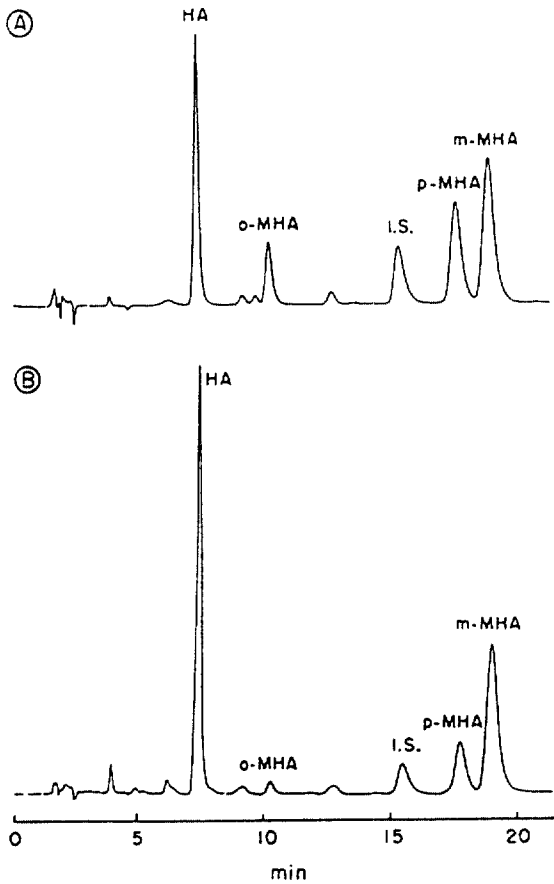


Fig. 15. Representative HPLC chromatograms of rabbit urine: (A) hippuric acid and methylhippuric acids standards added to control urine (for concentrations see text); (B) rabbit exposed to a mixture of toluene (150 ppm) and xylene (155 ppm) by inhalation (5h). Urine collected 2h post-exposure. Analytical conditions as under materials and methods. (HA: Hippuric acid; *o*-, *m*-, *p*-MHA: *o*-, *m*-, *p*-methylhippuric acid; IS: internal standard).

혼합되어지고 ether 층만 취하여 이를 230nm에서 hippuric acid의 absorbance 값을 측정하여 그 농도를 구한다.

#### 6. 5. 뇨에서 검출될 수 있는 유기산들의 분석

건강한 사람의 뇨에서 140여종의 유기산들이 GC에 의해 검출되었으며, 여기에 여러 가지 유기 용매류의

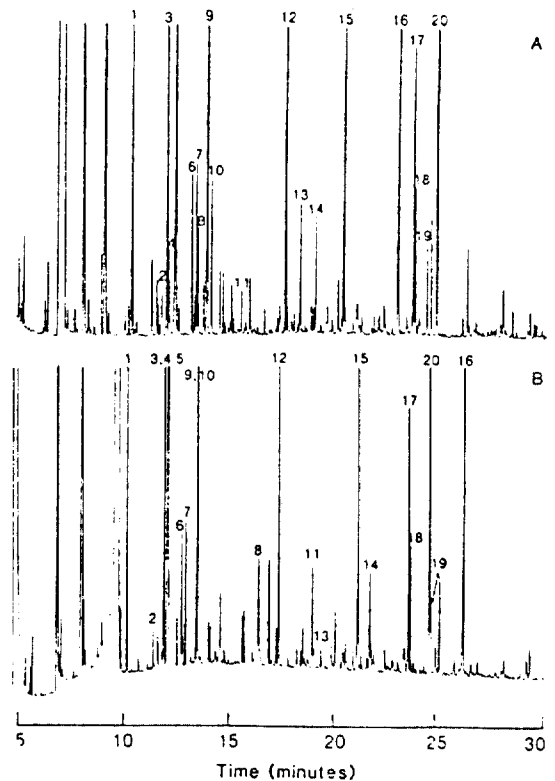


Fig. 16. DB-1 (A) and DB-1701 (B) urinary organic acid profiles of a patient with propionic acidemia. Compounds identified are: 1 = lactic acid, 2 = 2-hydroxybutyric acid, 3 = 3-hydroxypropionic acid, 4 = pyruvic acid (oxime), 5 = 3-hydroxybutyric acid, 6 = 2-hydroxyvaleric acid, 7 = 2-ketoisovaleric acid (oxime), 8 = urea, 9 = 2-hydroxyisocaproic acid, 10 = 2-hydroxy-3-methylvaleric acid, 11 = propionylglycine (I), 12 = capric acid, 13 = adipic acid, 14 = tiglylglycine (I), 15 = *p*-hydroxyphenylacetic acid, 16 = hippuric acid (I), 17 = methylcitric acid (2*R*, 3*S*), 18 = methylcitric acid (2*S*, 3*S*), 19 = *p*-hydroxyphenyllactic acid, 20 = pentadecanoic acid.

흡입 등, 또는 기타 질병의 유무에 의하여 종류가 더해 지거나 그 농도가 달라지기도 한다. 현재까지 이런 유기산들은 diazomethane을 이용하여 methylation시킨 후 TLC로 분리<sup>36</sup>하거나, Ion-exchange column을 이용하여 분리한 후 GC로 분석<sup>37</sup>하거나, ethylacetate, ether 등으로 추출한 다음 BSA<sup>38</sup> 또는 BSTFA 등으로

Table 9. Mean concentrations of oxocarboxylic acids and hydroxycarboxylic acids in the urine of 15 normal individuals and 15 diabetic patients with ketoacidosis

Compound	Mean concentration $\pm$ S.D. ( $\mu$ mole per 24 h)	
	Normal individuals	Diabetics with ketoacidosis
<b>Valine metabolites :</b>		
2-Oxoisovaleric acid	13 $\pm$ 9	35 $\pm$ 29
2-Hydroxyisovaleric acid	7 $\pm$ 7	252 $\pm$ 593
3-Hydroxyisobutyric acid	122 $\pm$ 58	691 $\pm$ 687
<b>Leucine metabolites :</b>		
2-Oxoisocaproic acid	3 $\pm$ 2	16 $\pm$ 10
3-Hydroxyisovaleric acid	48 $\pm$ 20	101 $\pm$ 62
<b>Isoleucine metabolites :</b>		
2-Oxo-3-methylvaleric acid	22 $\pm$ 13	48 $\pm$ 24
3-Hydroxy-2-methylbutyric acid	13 $\pm$ 7	40 $\pm$ 30
3-Hydroxy-2-ethylpropionic acid	64 $\pm$ 32	258 $\pm$ 167
<b>Ketone bodies :</b>		
3-Oxobutyric acid	156 $\pm$ 128	6800 $\pm$ 5900
3-Hydroxybutyric acid	15 $\pm$ 19	2800 $\pm$ 2300

silylation시킨<sup>39</sup> 후 GC로 분석하였는데, 이때 사용되는 column으로는 DB-1(fused silica capillary column, Durabond-1), DB-1701(Durabond-1701), fused-silica capillary column coated with OV 1701 등으로 분석하였으며 그 분석은 Table 9와 chromatogram은 Fig. 16과 같다.

## 7. 분석 사례

### 7. 1. 본드류 흡입 사망 사건

서울 ○○경찰서에서 92년 1월 의뢰한 사건으로, 30세 가량의 남자가 산 중턱 약수터 부근에서 본드통을 코에 대고 흡입하던 상태로 우의를 머리까지 덮어 쓴 채 사망한 사건으로 혈액 중 톨루엔의 농도는 40.5ppm으로 검출되었다.

### 7. 2. 방수액 흡입 사망 사고

서울 ○○경찰서에서 92년 9월 의뢰한 사건으로, 19세 남자가 아파트 신축 공사장 정화조 내에서 방수공사를 하다가 질식사 사망한 사건으로 혈액 중 알코올은 검

출되지 않았으며, 혈중 톨루엔의 농도는 24.2ppm이 검출되었다.

### 7. 3. 청소년들의 본드류 남용 사건

서울 ○○경찰서에서 91년 9월 의뢰한 사건으로, 상습적으로 본드류 흡입하던 10대 청소년 7명이 본드류 흡입하다 검거된 사건으로 이들의 혈액은 의뢰되지 않았으나, 증거물로 채취하여 의뢰한 뇨에서 톨루엔의 농도가 각각 0, 0.20, 0.23, 0.05, 0.34, 0.17, 0.23ppm으로 검출되었다.

## 8. 결 론

각종 유기 용매류와 대사체들의 분석 및 뇨 중에서의 유기산들의 분석은 법과학적으로 중요한 의미를 지니고 있으며 특히 톨루엔의 흡입 판별 여부는 체내에서 생성되는 물질이 아니므로 head space 방법을 이용한 GC 분석이 매우 양호하므로 흡입 판별법으로 선택이 가능하나, 이는 흡입 시간과 채취 시간까지의 경과 시간에 따라 매우 상이한 결과를 보이므로 사건 즉시

혈액 채취가 가장 중요시된다.

그러므로 사건 현장에서 즉시 검출할 수 있는 센서 및 휴대용 감정 kit 등의 필요성이 대두되고 있으며 많은 화학자들의 법과학적 분야에 많은 관심을 기울여 줄 것을 기대한다.

### 인용문헌

1. J. Doull, C. D. Klaassen and M. O. Amdur, "Toxicology", Macmillan, New York, 2nd (1980).
2. 박성우, 정영호 등 국과수연보, **19**, 263(1987).
3. 박성우, 최영남 등 국과수연보, **23**, 246(1991).
4. 박성우, 이광영 등 국과수연보, **22**, 185(1990).
5. A. W. Hayes, "Principles and Methods of Toxicology" Raven, New York, 2nd (1989).
6. L. D. Pagnotto and L. M. Lieberman, *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **28**, 129(1967).
7. 宮崎哲次, 屋敷幹雄, 近末文彦, 小嶋 亨, *Jpn. J. Legal Med.*, **44**, Supplement, April, 200(1990).
8. A. H. Keeney and S. M. Mellinkoff, *Ann. Int. Med.*, **34**, 331(1951).
9. M. Ogata, K. Tomokuni and Y. Takatsuka, *Brit. J. Ind. Med.*, **27**, 43(1970).
10. H. Kemal, *Biochem. Z.*, **187**, 461(1927).
11. 加藤 健一, 永田 武明, 木村 恒二郎, 工藤 恵子, 今村 徹, *Jpn. J. Legal Med.*, **43**, Supplement, May, 70(1989).
12. R. J. Withey, *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology*, **12**, 659(1974).
13. L. J. Luskus, H. J. Kilian, W. W. Lackey and J. D. Biggs, *J. For. Sci.*, **22**, 500(1977).
14. R. Bonnichsen, A. C. Maehly and M. Moeller, *J. For. Sci.*, **11**, 186(1966).
15. 霧生 孝弘 · 飴野 清 · 福家 千昭 · 飴野 節子 · 井尻 巖, *Jpn. J. Legal Med.*, **44**(1), 25(1990).
16. K. Kimura, T. Nagata, K. Kato, K. Kudo and T. Imamura, *Jpn. J. Legal Med.*, **45**(3), 222(1991).
17. R. H. Cravey. Personal communication, (1978).
18. C. L. Winek and W. D. Collom, *J. Occu. Med.*, **13**, 259(1977).
19. M. J. Levitt, *Anal. Chem.*, **45**, 618(1973).
20. P. B. Van Roosmalen, *Brit. J. Ind. Med.*, **35**, 56(1978).
21. J. R. Caperos and J. G. Fernandez, *Brit. J. Ind. Med.*, **34**, 229(1977).
22. S. Takahashi, *Jpn. J. Legal Med.*, **30**(6), 427(1976).
23. S. Kira, *Brit. J. Ind. Med.*, **34**, 305(1977).
24. 박성우, 김남이 등, 분석과학, **3**(3), 413(1990).
25. A. B. Van Haafte and S. T. Sie, *Ind. Hyg. J.*, pp 52(1965).
26. C. G. Hunter and D. Blair, *Ann. Occu. Hyg.*, **15**, 193(1972).
27. J. Teisinger, V. Fiserova-Bergerova and J. Kudrna, *Prac. Lek.*, **4**, 175(1952).
28. G. J. Roush and M. G. Ott, *Am. Ind. Hyg. Asso. J.*, **38**, 67(1977).
29. J. E. Walkley, L. D. Pagnotto and H. B. Elkins, *Am. Ind. Hyg. Asso. J.*, **22**, 362(1961).
30. T. L. Kuo, *Jpn. J. Legal Med.*, **36**(5), 669(1982).
31. A. Lund, *Acta Pharm. Tox.*, **4**, 205(1948).
32. K. Vohra and V. S. Gaind, *J. Anal. Tox.*, **16**, 176(1992).
33. 박성우, 김은호 등, 분석과학, **4**(2), 133(1991).
34. K. Y. Horai, K. Kushida and T. Ishizaki, *J. Chromatogr.*, **425**, 67(1988).
35. B. Tardif and J. Brodeur, *J. Anal. Tox.*, **13**, 313(1989).
36. H. M. Liebich and C. Först, *J. Chromatogr.*, **525**, 1(1990).
37. H. M. Liebich, A. Dotzauer and B. Tetschner, *J. Chromatogr.*, **468**, 157(1989).
38. M. Y. Tasi, *C. Oliphant and M. W. Tosephson*, **341**, 1(1985).
39. C. A. Kumps and Y. Mardens, *J. Chromatogr.*, **491**, 186(1989).



김 남 이

1984. 중앙대학교 화학과  
이학사
1987. 중앙대학교 화학과  
이학석사
1987. 한국과학기술원  
-1988. 고분자화학실 근무
- 1989- 국립과학수사연구소  
현재 화학분석과 근무