한국산업위생학회지 제 4 권 제 1 호
Korean Ind. Hyg. Assoc. J
Vol. 4, No. 1, May, 1994

Gas Chromatograph에 의한 Arylmethy Halides의 정량

대한산업보건협회 산업보건연구소

오도석 · 최호춘

— Abstract —

Determination of Arylmethyl Halides by Gas Chromatograph

Dos Suk Oh, Ho Chun Choi

Institute of Industrial Health, Korean Industrial Health Association

Arylmethyl halides(benzyl chloride, BZYC; benzal chloride, BZYA; benzotrichloride, BZTC) and related compounds(benzyl alcohol, BZYA; benzoyl chloride, BZOC) were determined by GC using capillary column. Detailed results are as follows.

1. Stability

In methanol benzotrichloride slowly transferred to benzoyl chloride by hydrolysis(ca. 7.5% for 5 days), but the others were stable. Therefore, benzotrichloride solution should be prepared just before analysis.

2. GC analysis

Tenax-GC was used to absorbent and desorption solvents were CCl_4 and MeOH. Arylmethyl halides were analyzed within 7.5min without interference with related compounds. The calibration curve(ca. 15-80 ppm in soln), repeatability(n=10) and the desorption efficiency were good. Limit of detection by NIOSH method was about 0.003 ppm for arylmethyl halide, respectively.

To analyze arylmethyl halides and related compounds in working places GC using capillary column is anticipated to be used effectively.

제 I 장 서 론

60년대 초부터 현재까지 중화학공업은 급속한 발전을 이룩하였으나 이로인해 파생된 산물중 가장 심각한것은 환경오염과 직업병이다. 특히 80년대 중반이후 모든 산업분야에서 각종 유해화학물질에 의한 환경오염과 직업병이 큰 사회문제로 대두되었으며 계속적으로 새로운 물질들의 사용이 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 법적을 규제된 유해물질중 사용빈도 및 량은 적지만 작업환경중 낮은 농도에서도 유해성이 크고 아직 우리나라의 산업위생분야에서 보고된 바 없는 물질로 arylmethyl halides의 일종인 benzotrichloride

(BZTC) 및 benzyl chloride(BZYC)를 대상물질로 선정 하였으며, 이 물질들의 분석에 영향을 줄 수 있는 관련물질인 benzyl alcohol(BZYC), benzoyl chloride(BZOC) 및 arylmethyl halide인 benzal chloride(BZAC)도 연구대상에 포함하여 검토하였다.

arylmethyl halides를 제조하는 여러가지 방법중 가장 중요한 방법은 광선조사하에서 할로겐화하는 free-radical halogenation 반응이다. 또한 이 물질들로부터 적절한 반응조건하에서 가수분해에 의해 benzyl alcohol, benzaldehyde, benzoyl chloride 및 benzoic acid를 제조할 수 있다. 이 물질들은 농약, 향료, 의약품 및 유기합성 등의 직접원료나 중간체를 제조하는데 사용된다.

arylmethyl halides 및 관련물질(benzoyl chloride)은 유해성 및 독성이 강해 이 물질들을 사용하는 작업장에서는 직·간접적으로 폭로되지 않도록 세심한 주의를 요한다. 이들 물질들의 침투경로, 손상부위, 발암성 및 독성(CINFO disc, 1989; CHEM Data/PRODUCT CHEMIQUES, 1989; European Patent Application, 1981; Chu 등, 1984)은 표 1에 보여진다. 산업안전보건법에 특정화학물질 제1류로 분류되어 있는 BZTC는 표 1에서 보여진 바와 같이 4가지 물질중 독성이 가장 강한 물질로 이 물질로 인한 직업병 발생 사례(Yosimura 등, 1986)를 조사하였다. benzotrichloride(BZTC)는 주로 benzoyl chloride(BZOC)을 제조하는 과정에서 생성된다. 일본에서는 1954~73년 사이에 BZOC를 제조하는 공장의 작업자(약 20명, 근속시간 6~17년)로부터 3례의 폐암과 1례의 악성임파종이 발생되었다. 또한 별도로 BZTC 및 benzoyl peroxide의 제조공장의 작업자(약 40명, 작업기간 5, 17년)에게서 2례의 폐암이 발생되었다고 보고하였다. 현재까지 폐암 6례가 직

Table 1. Health harzard data of benzyl chloride, benzal chloride, benzotrichloride and benzoyl chloride

compd / item	benzyl chloride	benzal chloride	benzotri chloride	benzoyl chloride
primary routes of entry	inhalation, ingestion, eye contact, skin contact	–	–	inhalation ingestion, skin contact, eye contact
target organs	respiratory system, eye skin	–	–	respiratory system lungs, eyes, skin, central nervous
investigation	tumorigen, mutagen, reproductive effector	tumorigen, mutagen	tumorigen, mutagen, primary irritant	tumorigen, mutagen
carcinogenicity	anticipated to be carci nogen:IARC-2B, MAK-B	IARC-2B MAK-2B	IARC-2B MAK-2B, NTP-2	not considered to be a carcinogen by NTP,IARC, OSHA
CFR classifi cation	corresive material(101) poison(102)	poison B	corresive material	corresive material
toxicity by inhalation, LD_{50}	rodent-rat 150ppm/2H	rodent-rat 61ppm/2H	rodent-rat 19ppm/2H	rodent-rat 1870ppm/2H

IARD:international agency for research on cancer
MAK :federal republic of germany maximum concentartion values in the workplace
NTP :national toxicology program

업병으로 인정되었다. BZOC의 제조공정에서 사람의 암발생 주원인은 BZTC와 BZOC의 흡인에 의한 것으로 추정되며, BZTC는 BZOC 제조의 주요한 중간체로 폭로의 기회가 많다. BZTC와 BZOC의 발암성을 비교하면 BZTC 흡인폭로의 편이 폐종양, 악성임파종(자혈증), 피부종양의 어느 것이든 발생율이 높다. 그래서 BZOC는 폭로 직후 세포내에 침입하기전에 물과 단백질 등의 조직성분에 의해 가수분해를 하여 불활성화 된다고 생각된다. 한편, BZTC는 물과의 반응이 느려 가수분해보다 BZOC를 경유하며 benzoic acid로 분해된다. 이런 것으로 부터 세포내로의 침입도와 세포내의 산성과 단백질등에 대한 화학적인 면은 BZTC가 크다고 추정되어, 발암성도 강할것으로 생각된다. 또한 변이원성시험에서도 BZOC에 비하여 BZTC가 강한 발암성이 있는 것으로 시사되었다.

일반적으로 공기중이나 수중에서 유기화학물질을 포집하는데는 고체 흡착제인 charcoal, silicagel, polyurethane 및 porous polmer등(Brown등, 1979; Dietrich등, 1978; NIOSH, 1977)이 사용되고 있다. 특히 공기중의 arylmethyl halides 및 관련물질들은 porous polymer의 일종인 Tenax-GC (2.6－diphenyl-p-phenylene oxide의 중합체) (Matsushita등, 1979; 多田 治등, 1980; Yoshimura등, 1986)를 이용하여 포집후 열이나 용매에 의해 탈착후 분석에 응용되었다. 이 물질들을 분석 하는데는 주로 FID 및 TCD 검출기와 packed column을 사용한 GC방법(Solomon등, 1973; Ramkirshnan등, 1975;作業環境測定 ガイドブック, 1980)을 사용하였다. 그러나 packed column을 사용하여 등온분석시 분석시간이 약 20분으로 길며, 분리능도 좋지않아 온도프로그래밍법을 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 packed colum대신 capillary column을 이용하여 분리능의 향상, 분석시간의 단축 및 감도를 증진 시킬 수 있도록 분석방법을 개선하여 작업장의 환경이나 작업자로부터 폭로된 량을 정확하게 측정하여 신뢰성 있는 결과를 얻는데 효과적으로 활용하고자 한다.

제Ⅱ장 실　험

1. 분석기기 및 측정조건

본 연구에는 가스크로마토그라프(GC)를 사용하였다. GC는 Varian사 제품으로 분석에 사용된 Column은 일반적으로 쓰이는 Methyl silicone을 Liquid phase로한 DB-1(막두께 0.25 μm, 길이×구경 30m×0.32mm I.D.)을 사용하였으며, 본 실험에서 사용된 GC의 표준분석조건은 다음과 같다.

Temperature	Column 100℃ isothermal
	Detector 200℃
	Injector 200℃
Flow Rate	N_2 Detector 28.5ml/min
	Column 1.5ml/min
	make-up 30ml/min
	Air 300ml/min
	He 60ml/min
Injection Volume	1 μl(split ratio 1/20)
Attennuation	1
Chart speed	0.25cm/min
Detector	FID

2. 시약 및 시액

본 실험에 사용된 arylmethyl halides는 benzyl chloride(Junsei Chemicals; Extra-pure), benzal chloride(WAKO Pure chemical Industry, LTD.; reagent), benzotrichloride(Aldrich Chem.-Co. Inc.; Gold lable)을, 관련물질로는 benzyl alcohol(Junsei Chem; Guranted Reagent)와 benzyl chloride (Junsei Chem; Extra-pure)을 특별한 처리없이 사용하였다. 한편, Stock solution은 5가지 시약을 각각 1ml씩 취하여 미리 약 50ml의 CCl_4(or MeOH)이 들어있는 100ml flask에 넣고 CCl_4(or MeOH)로 표선한후 4℃ 냉장고에 보관하면서 사용하였다. 표준액의 조제는 다섯개의 약 5ml vial에 CCl_4(or MeOH)를 각각 2ml를 가하고 즉시 마개를 덮고 각 vial에 u-syringe를 이용하여 stock solution을 각각 1.5, 3, 6, 9, 12ul를 취해 조제하였다. 편의상 낮은 농도로부터 ST1, ST2, ST3, ST4 및 ST5로 표기하였다. 이들 각 표준용액의 용액중 농도와 공기중 농도는 표 2와 같다.

Table 2. Standard concentration in solution(ug/ml) and air(ul/l) for benzyl alcohol(BZYA), benzoyl chloride(BZOC), benzyl chloride(BZYC), benzal chloride(BZAC) and benzotrichloride(BZTC).

ST.No.	Concentration;soln.(air)[a]				
	BZYA	BZOC	BZYC	BZAC	BZTC
ST.1	7.8(0.18)	9.1(0.16)	8.3(0.16)	9.5(0.14)	10.3(0.13)
ST.2	15.7(0.36)	18.2(0.32)	16.5(0.32)	18.9(0.29)	20.6(0.26)
ST.3	31.4(0.71)	36.3(0.63)	33.0(0.64)	37.8(0.57)	41.3(0.52)
ST.4	47.0(1.06)	54.5(0.95)	49.5(0.96)	56.7(0.86)	61.9(0.77)
ST.5	62.7(1.42)	72.6(1.26)	66.0(1.28)	75.6(1.15)	82.5(1.03)

a : The air volume sampled, 10 L was supposed.

제Ⅲ장 결과 및 고찰

1. 추출용매의 영향

본 연구에서 사용된 추출용매는 arylmethyl halides의 용해성을 참고하여 CCl_4, CS_2, $CHCl_3$, methanol(MeOH), dimethylformamide(DMF), dimethylsulfoxide(DMSO), benzne(C_6H_6) 및 toluene($C_6H_5CH_3$)를 검토하였다. 그결과 흡착제는 Tenax-GC를, 추출용매는 CCl_4와 MeOH를 선정하였다. 이들 선정된 용매인 CCl_4와 MeOH에 arylmethy halides를 용매한 표준액을 표준분석조건하에서 분석한 chromatogram은 그림 1에 보여진다.

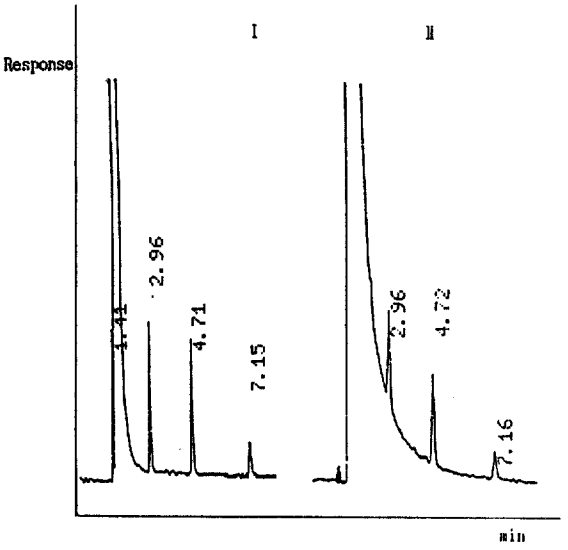

Fig. 1 Chromatograms of benzyl chloride(2.96min), benzal chloride(4.71min) and benzotrichloride(7.15min) at 100℃ with CCl_4(I) and methanol(II) by GC.

2. 저장방법에 따른 안정성

benzyl alcohol, benzoyl chloride, benzyl chloride, benzal chloride 및 benzotrichloride를 각 물질별로 1ml를 취하여 미리 methanol이 약 50ml씩 들어있는 다섯개의 100ml flask에 각각 넣은후 methanol로 표선 한후 4℃ 냉장고에 보관하면서 사용하였다. 사용된 100ml flask는 냉장고에 보관중 냉장고의 가시광선 영향을 검토하기 위하여 무색투명한 것과 갈색의 두 그룹으로 나누어 검토하였다. 저장기간별 각 물질의 분해정도 실험은 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30일의 경과일에 따라 분석을 실시하였다. 분석을 위한 용액의 조제는 분석당일 조제하였다. 이들 각 물질의 경과기간에 따른 안정성은 표 3 및 4(Matsushita등, 1979)에 보여진다. 표 3에서 보듯 methanol 용액중에서 30일동안 4℃ 냉장고에 보관하는 동안 benzyl alcohol, benzoyl chloride, benzyl chloride 및 benzal chloride는 거의 분해되지 않고 안정한 것으로 사료되나, benzotrichloride는 제조시부터 분해가 되기 시작하여 5일후에는 약 7.5%, 30일 후에는 약 20%가 분해되는 것으로 나타났다. 이것은 bnezotrichloride가 용매중의 미량의 수분에 의해 가수분해 되어 benzoyl chloride로 변환되는 것으로 생각되며, 냉장고 내의 빛에 의한 영향은 없는 것으로 사료된다. benzotrichloride가 benzoic acid로 전환되는 것도 배제 할 수 없으므로 이를 HPLC로 확인한 결과, 경과일에 따른 benzoic acid로는 분해되지 않은 것으로 생각된다.

Table 3. Stability of benzal alcohol(BZYA), Benzoyl chloride(BZOC), benzyl chloride(BZYC), benzal chloride(BZAC) and benzotrichloride(BZTC) in methanol solution.

Compd.	0	5	10	15	30 days
BZYA a	98.9	99.0	98.4	98.3	98.5
b	98.9	98.3	–	98.2	98.3
BZOC a	98.0	98.1	98.0	97.9	98.1
b	98.0	98.0	–	–	97.9
BZYC a	98.0	97.9	100.0	99.7	98.2
b	98.0	100.0	–	–	98.1
BZAC a	98.0	96.4	97.5	96.7	97.2
b	98.0	97.9	–	–	97.5
BZTC a	99.0	91.6	86.0	81.6	78.6
b	99.0	91.4	–	82.4	79.8

Table 4. Stability of benzyl chloride(BZYC), benzal chloride(BZAC) and benzotrichloride(BZTC) in CCl_4 solution. Taken from Hidetsuru.

	1	2	3	4weeks
BZYC a	99	97	97	96
b	101	97	97	96
c	100	97	96	96
BZAC a	101	99	98	98
b	102	99	98	98
c	101	99	98	98
BZTC a	100	99	98	98
b	101	99	97	97
c	101	99	97	97

a:room temp., b:4℃ c:−20℃

3. Column 온도의 영향

본 연구에 사용된 5가지 물질을 CCl_4에 용해한 표준액 ST3를 이용하여 전술한 표준분석조건에서 분석한 크로마토그램은 그림 2에 보여진다. 온도를 10℃씩 상승시 110℃에서 BZYA(2.64min)와 BZYC(2.57min)가 중첩되어 두 물질을 각각 정량하기 곤란 하였으며, 120℃에서는 BZYA와 BZYC가 머무른 시간이 2.33분으로 완전히 중첩되었다. 그러나 다른 세가지 물질은 120℃까지 baseline 분리를 보였으며, 140℃까지도 약간의 baseline drift를 보였으나 세가지 물질은 중첩되지 않아 정량가능 하였다. 150℃ 이상에서는 BZTC 이외는 서로 중첩되어 정량 곤란하였다. 따라서 작업환경중의 시료를 채취시 benzoyl chloride나 benzyl alcohol이 혼재되어 있을 경우는 Column의 온도를 100℃로 하여 각성분을 분리 정량하는

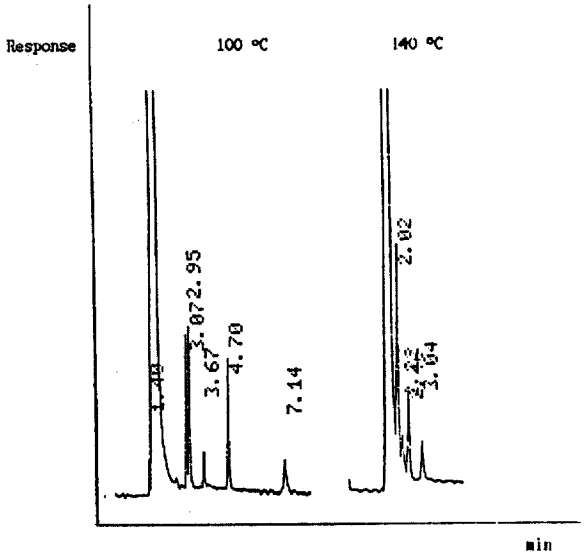

Fig. 2 Chromatograms of benzyl chloride(2.95min), benzyl alcohol(3.07min), benzoyl chloride(3.67min), benzal chloride(4.70min) and benzotrichloride(7.14min) at 100℃ with CCl_4 by GC.

것이 바람직하다. 한편 benzoyl chloride나 benzyl alcohol의 혼재 가능성이 거의 없는 상태의 작업환경중의 시료를 채취시는 BZYC, BZAC 및 BZTC 세물질을 혼합한 표준용액(ST3)를 사용하여 분석하며, Column의 온도를 110℃~120℃ 하는 것이 편리하다. 또한 140℃까지도 baseline의 drift는 있지만 정량가능하다. 특히 BZTC만은 분석대상으로 할때는 140℃에서 분석하여도 같이 검토된 4가지 물질에 전혀 방해없이 BZTC를 약 3분내에 분리정량 할 수 있다.

4. 검량선

arylmethyl halides 일정량을 CCl_4 용액에 녹여 저장용액을 제조후 일정량을 취해 CCl_4용매에 희석하여 조제한 표준용액의 각 arylmethyl halides의 농도범위는 benzyl chloride 16.5—66.0ppm(0.32~1.28ppm in air), benzal chloride는 18.9—75.6ppm(0.29~1.15ppm in air)및 benzotrichloride는 20.6—82.5ppm (0.26~1.03ppm in air)이다. 이 농도범위에서 GC의 표준분석 조건으로 검량선을 작성한 결과 각물질에 대해 주어진 농도범위에서 직선성이 양호하였다. 각 물질에 대해 주어진 농도범위에서의 상관계수(r)는 BZYC 0.9963, BAZC 0.9989 및 BZTC가 0.9918이었다. 이들에 대한 결과는 표 5에 보여진다.

5. 재현성

arylmethyl halides를 CCl_4용매에 녹여 조제한 표준용액(ST3:BZYC;33.0ppm, BZAC;37.8ppm, BZTC;41.3ppm)을 이용하여 GC의 표준분석조건하에서 10회 반복 분석한 결과 BZYC에 대한 표준편차는 8.6%, BZAC는 5.3% 및 BZTC는 8.5%를 보였다. 이표에 대한 결과는 표 6에 나타내었다.

6. 검출한도 및 정량한도

실제 실험에서 chromatographic 방법으로 물질을 분석시 background의 값을 수량화하는 것은 용이하지 않다. 따라서 본 실험에서는 Knoll방법(1985), OSHA 방법 및 NIOSH 방법에 대해 표준분석 조건으로 분석한 크로마토그램과 검량선 data로부터 검출한도와 정량한도를 계산하였다. 이 결과에 대한 비교는 표 7에 보여진다. 검량선 data를 사용한 NIOSH 방법으로 계산한 결과 BZYC, BZAC 및 BATC의 각 검출한도는 공기중 농도로 0.002—0.003ul/1로 지금까지 보고된 것보다 약 3—5배 좋은 편이나 실제 분석크로마토그램을 고려시 실용성이 없었고, OSHA방법도 LOD가 과대평가 된 것으로 사료된다. 한편 Knoll방법에 의해 계산된 LOD는 실제 분석크로마토그램과 비교시 세가지방법중 가장 타당한 것으로 생각된다. 그러나 Knoll 방법은 실제 크로마토그램의 높이(H), 반치폭($W_{h/2}$) 및 noise 높이(h_n)등의 측정과 계산이 복잡한 단점이 있다.

7. 탈착시험

흡착제는 Tenax-GC(60/80mesh, Alltech Associate, Inc)를 사용하여 실험을 실시하였다.

Table 5. Calibration data of benzyl chloride(BZYC), benzal chloride(BZAC) and benzotrichloride(BZTC) in CCl_4 solution by GC.

ST.No.	BZYC		BZAC		BZTC	
	ppm	area	ppm	area	ppm	area
ST.2	16.5	551	18.9	641		202
ST.3	33.0	985	37.8	1098	20.6	413
ST.4	49.5	1582	56.7	1597	41.3	620
ST.5	66.0	2228	75.6	2161	61.9	959
					82.5	
reg. eq.	34.1 X−70.5		26.8 X+109.5		12.0 X−70.9	
cor. coeff., r	0.9963		0.9989		0.9918	
slope(SE)	2.09		0.90		1.09	

area:mean of n=2

slope(SE) : standard error of slope

Table 6. Repeatability by using ST.3 in CCl_4 solution by GC.

Test No.	Area		
	benzyl chloride	benzal chloride	benzotrichloride
1	842	1049	340
2	821	1023	336
3	951	1035	405
4	917	1062	338
5	951	1141	410
6	864	1006	346
7	977	1100	401
8	897	1025	418
9	1059	1138	394
10	1085	1185	363
$\overline{X}$	937	1086	375
σ	81	58	32
r.s.d.(%)	8.6	5.3	8.5

Table 7. Comparison data among the calculation methods for limit of detection(LOD, ul/L) and limit of quantitation(LOQ, ul/L) of benzyl chloride(BZYC), benzal chloride(BZAC) and benzotrichloride(BZTC) in air[1] by GC analysis.

Compound	J.E.Knoll		NIOSH		OSHA	
	LOD	LOQ	LOD	LOQ	LOD	LOQ
BZYC	0.02	0.05	0.003	0.01	0.12	-
BZAC	0.02	0.06	0.002	0.005	0.12	-
BZTC	0.08	0.24	0.003	0.01	0.46	-

1 : The air volume sampled, 10L was supposed.

Table 8. Desorption efficiency of benzyl chloride(BZYC), benzal chloride(BZAC) and benzotichloride(BZTC) with CCl_4 and MeOH from Tenax-GC absorbent by GC.

Sample No.	CCl_4			MeOH		
	BZYC	BZAC	BZTC	BZYC	BZAC	BZTC
1	89.6	98.0	87.2	100.3	97.4	94.6
2	89.0	98.1	88.5	97.2	102.0	100.0
3	93.6	98.1	95.2	98.9	96.9	89.3
4	94.3	97.3	88.0	94.5	100.2	101.1
5	94.0	93.2	92.8	91.9	98.3	94. 9
6	98.6	97.7	96.5	90.4	92. 6	86.2
X	93.2	97.2	91.4	95.5	97.9	94.4
σ n-1	3.51	1.92	4.00	3.94	3.21	5.83
r.s.d(%)	3.8	2.0	4.4	4.2	3.3	6.2

arylmethyl halides를 CCl_4로 용해한 표준용액(ST3; BZYC, 33.0ppm;BZAC, 37.8ppm;BZTC, 41.3ppm)을 Tenax-GC 100mg이 들어있는 유리관에 microsyringe로 6ul를 취해 Tenax-GC가 들어있는 중간부위에 분산시킨후 sealing film으로 봉하고 plastic cap을 하여 4℃ 냉장고에 24시간 보관후 5ml vial에 Tenax-GC를 취한후 CCl_4(또는 MeOH)를 2ml를 넣고 cap을 닫고 ultrasonicator에서 15분간 추출후 여과한후 GC로 분석하였다. 시료는 동일한 조건하에서 6개를 조제하여 각시료를 2회 반복분석한 표 8과 같다. 그결과 탈착효율은 CCl_4용매를 사용시 BZYC가 93.2%, BZAC

는 97.1%, BZTC는 91.4%였고, MeOH를 사용시 BZYC가 95.5%, BZAC는 97.9%, BZTC는 94.4%였다. 탈착효율면에서는 MeOH이 CCl_4보다 좋고, 상대표준편차는 CCl_4가 MeOH보다 좋다. 그러나 MeOH의 경우는 온도를 100℃ 이상으로 할때 용매자체 Chromatogram이 arylmethyl halides에 더 큰 영향을 줄 것이 우려되므로 GC로 분석할 경우는 MeOH보다 CCl_4를 선택하여 분석을 하는 것이 좋다. 이러한 탈착효율을 실제 작업환경측정시 대상물질을 정량하는데 보정계수(Correction factor)로 사용될 수 있다.

Ⅳ. 결 론

작업환경중의 arylmethyl halides(benzyl chloride; BZYC, benzal chloride; BZAC 및 benzotrichloride; BZTC)와 관련물질(benzyl alcohol 및 benzoyl chloride)을 분석하기 위해 Capillary column을 이용한 GC를 사용하여 분석방법을 개선하였다. 이들에 대한 실험결과는 아래와 같다.

1. 흡착제로 charcoal과 Tenax-GC를, 탈착용매로 CCl_4, CS_2, $CHCl_3$, MeOH, DMF, DMSO, benzene 및 toluene을 검토한 결과 흡착제는 Tenax-GC가, 탈착용매는 CCl_4와 MeOH가 적합하였다.
2. 검토된 5가지 물질을 일정농도로 MeOH에 녹여 4℃ 냉장고에 보관하면서 안정성을 검토한 결과 BZTC는 최초 5일간 매일 평균 1.5%씩 분해되어 BZOC로 전환되었다. 이 분해성은 MeOH중에 함유된 수분에 의한 것으로 사료된다.
3. arylmethyl halides에 대한 검량선은 각각 BZYC 16.5~66.0ppm(0.32~1.28ppm in air), BZAC 18.9~75.6ppm(0.29~1.15ppm in air) 및 BZTC 20.6~82.5ppm(0.26~1.03ppm in air)에서 직선성아 잘 성립하였다.
4. 표준용액(ST3)으로 동일 분석조건으로 10회 반복 분석한 결과 각 물질의 상대 표준편차는 BZYC 8.6%, BZAC 5.3% 및 BZTC는 78.6%였다.
5. 표준분석조건으로 분석한 크로마토그램과 검량선 data로부터 계산된 검출한도는 Knoll 방법으로 계산시 공기중 농도로 BZYC 0.02ppm, BZAC 0.02ppm 및 BZTC 0.08ppm이었고, NIOSH 방법으로 계산시 BZYC 0.003ppm, BZAC 0.002ppm 및 BZTC는 0.003ppm이었다.
6. Tenax-GC 흡착제와 CCl_4 및 MeOH를 탈착용매로 사용시 탈착효율은 CCl_4에서 BZYC 93.2%, BZAC 97.1% 및 BZTC는 91.4%였고, MeOH를 사용시는 BZYC 95.5%, BZAC 97.9% 및 BZTC는 94.4%였다.

그러므로 본 연구에서 개선된 GC분석방법을 활용하여 작업환경중 arylmethyl halides 및 관련물질들의 농도를 더욱 정확하게 낮은 농도까지 측정하는데 효과적으로 활용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

多田 治, 中明賢二 著 環境有害物質の測定と評價, 下巻, 277, 1980

作業環境測定 ガイドブック, 2, 日本作業環境測定協會, 290, 1980

Brown, RH Purnell, CJ Chromatogr, J, *1979 178, 79.*

CHEM Data/PRODUCTS CHEMIQUES, A-2(91-3) *Canadian Center for Occupational Health and Safety, 1989*

Chu, I Shen, SY Villeneuve, DC Secours, VE Environ. J *Sci., Health, 1984 B19(2), 183-191*

CINFO disc, MSDS/FTSS, A-1(91-3), *Canadian Center for Occupational Health and Safety, 1989*

Dietrich, MW Chapmann, LM and Mieure, JP *Am.Ind.Assoc.J, 39, 5, 1978*

European Patent Application Publication No. 0045570 Al, *Use of organic halogen compounds to reduce or prevent fog in negative-working silver halides emulsions, 1981*

Hidetsuru Matsushita and Sei-ichiro Kanno, *Industrial health, 1979 17, 199.*

Hiroyuki Yosimura, Kazuo Takemoto, Kauzo Fukuda and Hidetsuru Matsushita, *SONGYO IGAKU 1986 Vol.28, No.5.*

NIOSH *Manual of Sampling Data Sheet, 1977 77-159.*

Knoll, J.E., *Chromatogr, J., Sci., 1985 Vol.23, Sep. 422-425.*

Ramkrishnan, R and Subramanian, N., *Chroamtogr, J., 1975 114, 247.*

Solomons, D.A., and Ratcliffe, J.S., *Chromatogr, J., 1973 76, 101.*