

\* † \*

## Study on the Coke Oven Emissions in Cokes Using and Manufacturing Workplaces

Jong-chun Lee · Kyu-Dong Ahn<sup>†</sup> · Kwang-Sung Cho · Byung-Kook Lee

*Institute of Industrial Medicine, Soonchunhyang University*

This study was performed to evaluate the coke oven emissions (COE) and polynuclear aromatic hydrocarbon levels in coke manu- facturing industry, secondary lead smelting industry and glass bottle manufacturing industry.

1. There were no significant difference between the means of personal samples and area samples by the types of industry( $p > 0.05$ ).

The levels of airborne total particulates of the secondary lead smelting industry was the highest( $2.30 \text{ mg/m}^3$ ), and those of the coke manu- facturing industry and glass bottle manu- facturing industry were  $1.95 \text{ mg/m}^3$  and  $1.37 \text{ mg/m}^3$ .

The concentration of COE was the highest in the glass bottle manufacturing industry( $0.79 \text{ mg/m}^3$ ), and in order of  $0.19 \text{ mg/m}^3$  in the coke manufacturing industry and  $0.06 \text{ mg/m}^3$  in the secondary lead smelting industry.

COE/total particulates(%) was highest in the glass bottle manufacturing industry(58.1%) and in order of 10.3% in the coke manufacturing industry and 3.1% in secondary lead smelting industry. There were significant differences in the total particle concentration and COE by the types of industry( $p < 0.05$ ).

2. The levels of airborne total particulates was the highest at the smelting process of secondary lead smelting industry( $2.30 \pm 0.72 \text{ mg/m}^3$ ), and the lowest at the smelting process of glass bottle manufacturing industry ( $0.99 \pm 1.22 \text{ mg/m}^3$ )

Concentration of COE was the highest at the casting process of glass bottle manufacturing industry ( $1.09 \pm 1.15 \text{ mg/m}^3$ ), the lowest at the smelting process of secondary lead smelting industry ( $0.06 \pm 0.03 \text{ mg/m}^3$ ).

The COE/total particulates(%) was the highest at the casting process of glass bottle manufacturing industry( $65.9 \pm 20.5 \%$ ), and the lowest at the smelting process of secondary lead smelting industry( $3.1 \pm 2.7\%$ ).

3. There were positive correlations between level of The airborne total particulates and concentration of COE in coke manufacturing industry and glass bottle manufacturing industry ( $p < 0.05$ ), but negative correlation in secondary lead smelting industry.

4. The numbers of case and rates that over the Threshold Limit Values(TLVs) were 24 (77.4%)cases in glass bottle manufacture, 14(23.7%) cases in the coke manufacturing industry and no one case in secondary lead smelting industry. Total numbers of case and rates that over TLVs were 38( 35.5%) cases.

5. The limit of detection(LOD) for PAH was  $10 \text{ } \mu\text{g/ml}$  in standard sample. All PAH levels of the cokes manufacturing industry and the secondary lead smelting industry and the glass bottle manufacturing industry were trace or not to detect.

Key Words : COE, PAH, Total particulates

1.	가	COE
(Coke Oven Emission; COE)	William (1971)	1953
	1961	1999
		93
cyclohexane	Davies (1986) 12	
1000		COE
		PAH
7.5-8kcal/g	0.2mg/m <sup>3</sup>	, TLV
		COE
(OSHA, 1998).		
COE	COE PAH	
benzo(a)anthracene, benzo(b)fluoranthene, dibenzo (a,h)anthracene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd) pyrene	, 1990	1.
(Poly -nuclear Aromatic Hydrocarbon; PAH) benzene, toluene, xylene	(1993)	1
(Volatile Organic Compound)	PAH	15
(Harvath, 1984).		44
1775		3
Percival Pott	93 ( , 1996)	5
(soot)		12
PAH가		3
PAH		10
		21
		가
	1999 8	93
PAH		( , )
가	1999)	
		2.
		1) 코크스오븐 배출물질(COE)
가		(1) : (Gilian
		air sampler.U.S.A) (PTFE)
(		(diameter; 37mm, pore size; 2um)
, 1993; , 1997).	COE	3 piece cassette , 2
COE	가	±0.1 /min 6 ,
(Björseth, 1977).		(soap bubble method)
COE		(2) :
가		
(Baum, 1978; Fawell & Hunt, 1988).		(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)
		NIOSH 5023

벤젠을 이용하였다.

채취한 필터를 알미늄 호일로 밀봉한 테스트 튜브( $\phi$ :15mm, L:150mm)에 넣고 추출물질인 벤젠 2ml을 가하여 배수오차를 최대한 줄였으며 초음파수조(Bransonic, S210R-MTH, USA)에 20분간 담가 둔 후 입자물질을 제거하기 위하여 공경 0.5 $\mu$ m의 여과지로 걸러내어 그 1ml를 전자천평(Sartorius, RC210P, Germany)으로 미리 칭량한 적절한 크기(3.5 $\times$ 3.5cm; 40-45mg)의 알미늄 호일 용기에 옮겨, 40 $^{\circ}$ C의 진공오븐(압력; 7 inHg)에서 용제를 2시간 동안 휘발하였다. weighing cup을 향한, 항습된 데시케이터에서 30분 냉각 방치한 다음, 용제가 휘발된 weighing cup을 전자천평으로 칭량하였으며 이 조작을 매 2시간 간격으로 4-5번 반복하여 시료의 함량이 된 것을 확인한 후 COE 농도를 계산하였고 공시료도 위와 같은 방법으로 하여 20개로 보정하였다.

## 2) 다핵방향족탄화수소(PAH)

(1) 측정방법 : 개인 시료 채취기를 이용하여 테플론(PTFE)여과지에 충전물질인 XAD-2 흡착 튜브(100/50mg, ORBD-43, SUPELCO, USA)를 부착하는 방법(NIOSH, 1984)과 유리섬유여과지(37mm, Hi-Fil, Korea)와 은막여과지(37mm, Costar)에 XAD-2 흡착튜브를 부착하는 방법을 이용하였다.

(2) 분석방법 : 미국산업안전보건연구원 공정 시험법인 NIOSH 5015 방법에 준하였으며 각개의 PAH 물질의 확인은 다핵방향족탄화수소 표준품(PAH mixture

Table 2. The means and standard deviations of total particulates and coke oven emissions in personal samples and area samples

Industry type	personal/area	No	TP $\pm$ SD	COE $\pm$ SD
coke manufacturing	personal	15	2.35 $\pm$ 1.33	0.19 $\pm$ 0.10
	area	44	1.82 $\pm$ 0.84	0.19 $\pm$ 0.17
secondary lead smelting	personal	5	2.39 $\pm$ 0.55	0.07 $\pm$ 0.02
	area	12	2.26 $\pm$ 0.83	0.06 $\pm$ 0.03
glass bottle manufacturing	personal	10	1.09 $\pm$ 0.69	0.59 $\pm$ 0.62
	area	21	1.50 $\pm$ 1.64	0.89 $\pm$ 1.11
Total	personal	30	1.94 $\pm$ 1.19	0.30 $\pm$ 0.41
	area	77	1.80 $\pm$ 1.12	0.36 $\pm$ 0.67

unit ; mg/m<sup>3</sup>, TP ; Total particulate, SD ; Standard deviation

610-M, Supelco, U.S.A)을 사용하였고, 분석기기는 GCMS QP 5050A (Shimadzu, GC-17A, Japan)이며 추출은 methylene chloride (Fluka, Switzerland)로 초음파수조에서 20분동안 추출하였다.

분석기기에 대한 조건은 머무름 시간을 되도록 길게 하여 다핵방향족탄화수소의 물질이 겹치지 않게 모두 나올 수 있도록 하였으며 모든 조건은 표 1과 같다.

포집방법을 업종별로 분류하면 다음과 같다.

\* 코크스제조업

: 테플론(PTFE)여과지

\* 2차 연제련업

: 유리섬유여과지+은막여과지  
+XAD-2 흡착튜브

: 테플론(PTFE)여과지+XAD-2흡착  
튜브

\* 병유리제조업

: 유리섬유여과지+은막여과지+  
XAD-2흡착튜브

: 테플론(PTFE)여과지+XAD-2  
흡착튜브

## 3. 자료의 처리

자료의 분석은 Statal Analysis System (SAS) version 6.03을 이용하여 업종별 COE농도 및 총 입자상 물질의 평균치에 대한 Analysis of Variance(ANOVA) test를 실시하였으며, 측정변수들의 업종별 허용 기준 초과율에 관하여는  $X^2$ -test, 그리고 총 입자상 물질에 대한 COE 농도의 상관성과 회귀방정식을 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

본 연구결과는 정규분포 여부를 조사한 결과 총 입자상 물질과 COE농도 값이 정규분포를 하여 모두 산술평균으로 적용하였다.

업종별 개인시료와 지역시료간의 총 입자상 물질과 COE농도의 산술평균에 대한 차이검정을 T-test 로 확인한 결과 표 2와 같이 코크스제조업, 2차 연제련업 그리고 병유리제조업 모두 유의한 차이는 없었으며( $p>0.05$ ), 개인시료와 지역시료를 구분하지 않고 통계처리를 하였다.

표 3은 업종별 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 작업장 내의 총 입자상 물질에 대한 농도는 2차 연제련업이 2.30 $\pm$ 0.74mg/m<sup>3</sup>으로 가장 높았으며, 다음으로 코크스 제조업은 1.95 $\pm$ 1.00mg/m<sup>3</sup>, 병유리제조업

Table 1. Analysis conditions of gas chromatograph mass spectrometer for polynuclear aromatic hydrocarbon

Variable	Condition
Detector	Flame ionization detector
Injection volume	2 $\mu$ l
Column	CBPQ-M25-025 (Simadzu) 25m $\times$ 0.2mm $\phi$ ; 0.25 $\mu$ m
Split ratio	16
Carrier gas(flow rate)	He (20.2 ml/min)
Injector temp.	200 $^{\circ}$ C
Detector temp.	230 $^{\circ}$ C
Temp. program	110 $^{\circ}$ C : 5 min hold 4 $^{\circ}$ C/ min 250 $^{\circ}$ C : 60 min hold

이  $1.37 \pm 1.40 \text{ mg/m}^3$ 로 가장 낮게 나타나 업종간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

COE의 농도는 병유리제조업이  $0.79 \pm 0.98 \text{ mg/m}^3$ 로 가장 높았으며, 다음으로 코크스제조업은  $0.19 \pm 0.16 \text{ mg/m}^3$ , 2차 연제련업이  $0.06 \pm 0.03 \text{ mg/m}^3$ 로 가장 낮게 나타나 유의한 차이를 보였다( $p < 0.01$ ). COE의 함유량(%)경우에는 병유리제조업이  $58.1 \pm 22.1\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 코크스제조업이  $10.3 \pm 6.2\%$ , 2차 연제련업이  $3.1 \pm 2.8\%$ 로 가장 낮게 나타났다. 또한 총 입자상물질과 COE에 대한 업종간의 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ).

Table 3. The means and standard deviations of total particulates and coke oven emissions by the types of industry

Industry type	No	TP $\pm$ SD	COE $\pm$ SD	COE $\pm$ SD(%)
coke manufacturing	59	$1.95 \pm 1.00$	$0.19 \pm 0.16$	$10.3 \pm 6.2$
secondary lead smelting	17	$2.30 \pm 0.74$	$0.06 \pm 0.03$	$3.1 \pm 2.8$
glass bottle manufacturing	31	$1.37 \pm 1.40$	$0.79 \pm 0.98$	$58.1 \pm 22.1$
Total	107	$1.84 \pm 1.14$	$0.34 \pm 0.61$	$23.0 \pm 26.0$
p value		0.012	0.001	0.001

unit( $\text{mg/m}^3$ ), TP ; Total particulate, SD ; Standard deviation

Fannick 등(1972)은 제철공장의 코크스 오븐에서 320명의 작업자를 대상으로 COE농도를 조사한 결과 평균  $2.08 \text{ mg/m}^3$ 으로 나타났으며 모두 노출 기준을 초과 함으로서 코크스 제조공장에서 발생 되는 COE의 농도가 높아 본 연구 대상 사업장 들과는 다른 환경임을 알 수 있다.

Evelyn 등(1993)은 노르웨이의 알미넵 제련소에 있는 coke oven공정에서 근무 하는 작업자를 대상으로 하여 콜타르 핏치 휘발성물질(Coal Tar Pitch Volatile)을 측정하였다.

이 연구결과에서 콜타르 핏치 휘발성 물질 농도는  $0.031\text{--}1.4 \text{ mg/m}^3$ 이며, 총 PAH는  $0.012\text{--}1.04 \text{ mg/m}^3$ 으로 나타났다. 또한 총 PAH와 상관계수가 가장 높은 pyrene( $r=0.94$ )은 PAH의 지표로써 이용 되며  $3.5 \mu\text{g/m}^3\text{--}130 \mu\text{g/m}^3$ 으로 나타났다.

Jackson 등(1974)은 Coke Oven Battery에서 benzene 보다 극성이 작고 독성도 작은 cyclohexane을 추출물질로 이용하여 콜타르 핏치 휘발성물질을 측정 한 결과 공정별로  $0.06\text{--}1.00 \text{ mg/m}^3$  범위를

나타냈으며 총 PAH 중 Benzo(a)pyrene의 경우  $0.150 \mu\text{g/m}^3\text{--}6.72 \mu\text{g/m}^3$ 으로 나타났다.

이들 연구에서의 COE농도는 본 연구의 결과(코크스제조업:  $0.19 \text{ mg/m}^3$ ; 2차제련업:  $0.06 \text{ mg/m}^3$ )와 비교하여 매우 높은 수준임을 나타내고 있으며 공장의 형태, 공장의 노후정도, 코크스 생산량, 작업 방법, 측정 및 분석기술의 차이 등 여러 변수에 따라 달라질 수 있음을 보여주었다.

Chen 등(1996)은 태국의 제철공장 내에 코크스 오븐에서 근무하는 89명의

19.6%로 본 연구의 결과(10.3%)보다 거의 2배정도 높은 수준으로 나타났다.

이는 코크스오븐과 근접한 곳에 위치한 투입구와 배출구의 관리작업으로서 COE의 유출정도와 작업량이 많을수록 COE의 폭로량이 높아질 수 있음을 보여주었다.

우리나라에서 실시된 COE와 PAH에 관한 연구를 보면, 윤충식과 백남원(1993)은 우리나라의 모 제철소 공장에 있는 코크스오븐에서 COE를 측정한 결과, 은막여과지+XAD튜브로 샘플링을 하였을 때는 평균  $31.14 \text{ mg/m}^3$ 이며 PTFE 여과지+XAD튜브를 때는  $32.01 \text{ mg/m}^3$ 로서 본 연구결과인 코크스 제조업의  $0.19 \text{ mg/m}^3$ 보다 150배 이상 높게 나왔으며 총 PAH의 경우도  $0.370 \text{ mg/m}^3$ (은막여과지+XAD튜브)와  $0.862 \text{ mg/m}^3$ (PTFE+ XAD튜브)으로 본 연구결과와 비교하여 높은 수준임을 나타내었다.

Table 4는 공정별로 총 입자상 물질과 COE, 그리고 COE의 함유량(%)에 대한 산술평균과 표준편차를 나타내었다.

총 입자상 물질은 2차제련업의 용해공정이  $2.30 \pm 0.72 \text{ mg/m}^3$ 으로 가장 높았으며, 병유리제조업의 용해공정이  $0.99 \pm 1.22 \text{ mg/m}^3$ 으로 가장 낮게 나타났다. COE 농도는 병유리제조업의 성형공정이  $1.09 \pm 1.15 \text{ mg/m}^3$ 으로 가장 높았으며 2차 연제련업의 용해공정이  $0.06 \pm 0.03 \text{ mg/m}^3$ 으로 가장 낮게 나타났다. COE의 함유량(%)인 경우에는 병유리제조업의 성형공정이  $65.9 \pm 20.5\%$ 로 가장 높았으며 2차 연제련업의 용해공정이  $3.1 \pm 2.7\%$ 로 가장 낮게 나타났다.

Figure 1은 업종별 총 입자상 물질과

Table 4. The means and standard deviations of total particulates and coke oven emissions for process by the types of industry

Industry type	Process	N	TP $\pm$ SD	COE $\pm$ SD	COE $\pm$ SD(%)
1	Molding	32	$1.71 \pm 0.92$	$0.17 \pm 0.10$	$11.2 \pm 6.0$
	Coking	27	$2.23 \pm 1.03$	$0.20 \pm 0.21$	$9.2 \pm 6.6$
2	Smelting	17	$2.30 \pm 0.72$	$0.06 \pm 0.03$	$3.1 \pm 2.7$
3	Smelting	12	$0.99 \pm 1.22$	$0.30 \pm 0.26$	$39.8 \pm 21.3$
	Casting	19	$1.57 \pm 1.45$	$1.09 \pm 1.15$	$65.9 \pm 20.5$

unit( $\text{mg/m}^3$ ), TP ; Total particulate, SD ; Standard deviation, 1 ; coke manufacturing, 2 ; secondary lead smelting, 3 ; glass bottle manufacturing

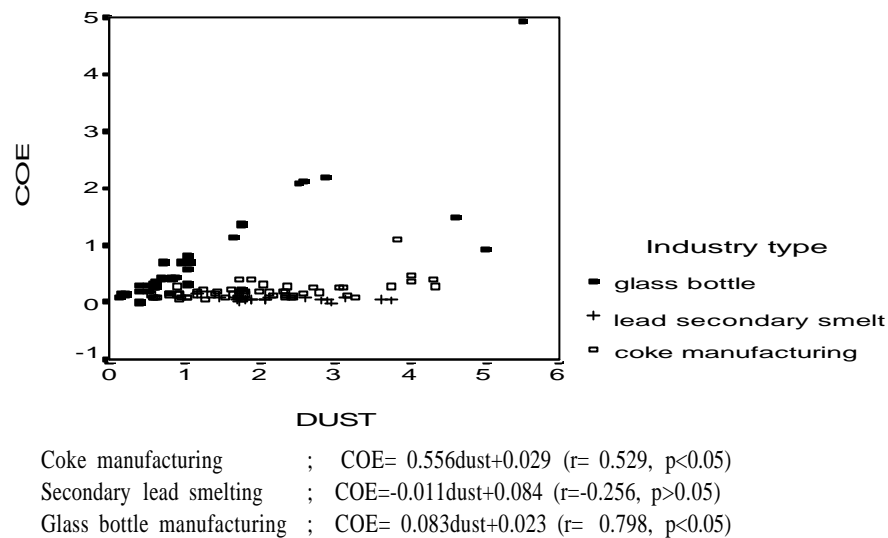


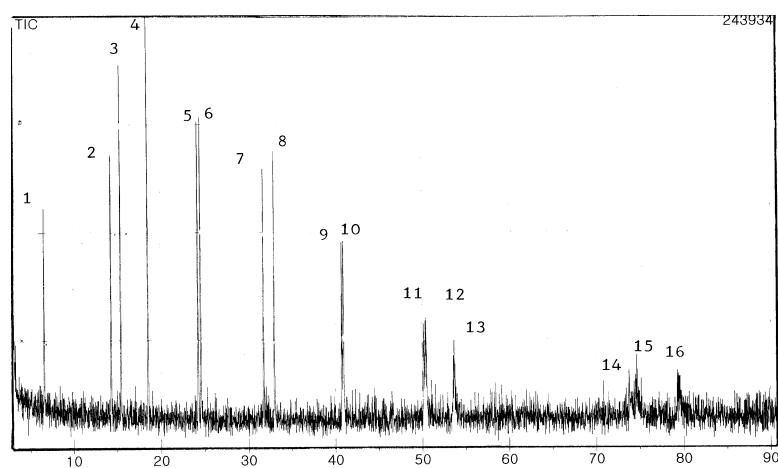
Figure 1. Relationship between total particulates and concentration of coke oven emissions

COE	38	35.5%	(Coke Oven Emission)
PAH	1965	ACGIH	
( $p < 0.05$ ), 2	“benzene-soluble components”		
Table 5	COE 가	PAH 16	TLV 0.2mg/m <sup>3</sup>
	(%)	PAH	PAH
	가	Figure 2	PAH
, X <sup>2</sup> -test	PAH 가 10μg/m <sup>2</sup>		ACGIH 1992
59	14	PAH	가
0.2mg/m <sup>3</sup>	3, 4, 5		
23.7%	2		TLV 0.2mg/m <sup>3</sup>
17	가		(ACGIH, 1993), US. National
	31		Toxicology Program(NTP)
24	가		15 PAH
		(Polynuclear aromatic	TLV 0.005 mg/m <sup>3</sup>
		hydrocarbon)	A1
( $p < 0.05$ ).	107	organic hydrocarbon)	(ACGIH, 1997).

Table 5. The excess frequency and rate of threshold limit value for coke oven emissions by the types of industry

Industry type	No	excess frequency	excess rate(%)	Chi-square	p-value
a	59	14	23.7		
b	17	0	0	44.849	0.000
c	31	24	77.4		
Total	107	38	35.5		

a ; coke manufacturing  
 b ; secondary lead smelting  
 c ; glass bottle manufacturing



- |                            |                          |                    |                            |                 |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------|
| 1. Naphthalene             | 2. Acenaphthylene        | 3. Acenaphthene    | 4. Fluoranthene            | 5. Phenanthrene |
| 6. Anthracene              | 7. Fluoranthene          | 8. Pyrene          | 9. Benzo(a)anthracene      | 10. Crycene     |
| 11. Benzo(b)Fluoranthene   | 12. Benzo(k)Fluoranthene | 13. Benzo(a)pyrene | 14. Indeno(1,2,3-cd)pyrene |                 |
| 15. Dibenzo(a,h)anthracene | 16. Benzo(ghi)pyrene     |                    |                            |                 |

Figure 2. Gas chromatographic chromatogram of polynuclear aromatic hydrocarbon standard mixture

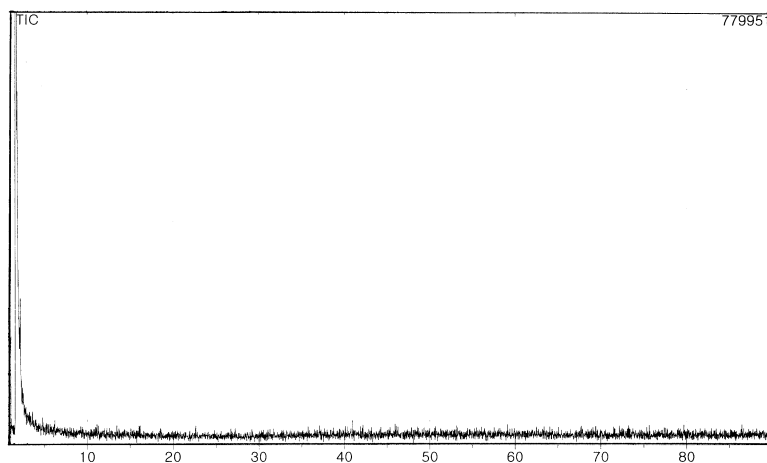


Figure 3. Gas chromatographic chromatogram of polynuclear aromatic hydrocarbon in coke manufacturing

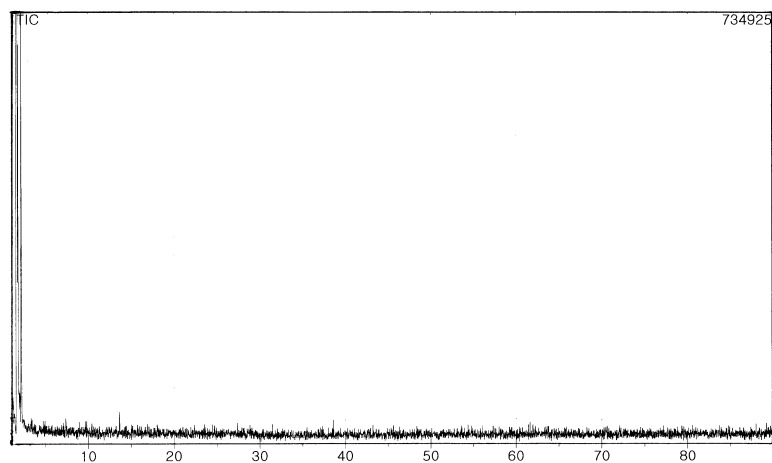


Figure 4. Gas chromatographic chromatogram of polynuclear aromatic hydrocarbon in secondary lead smelting

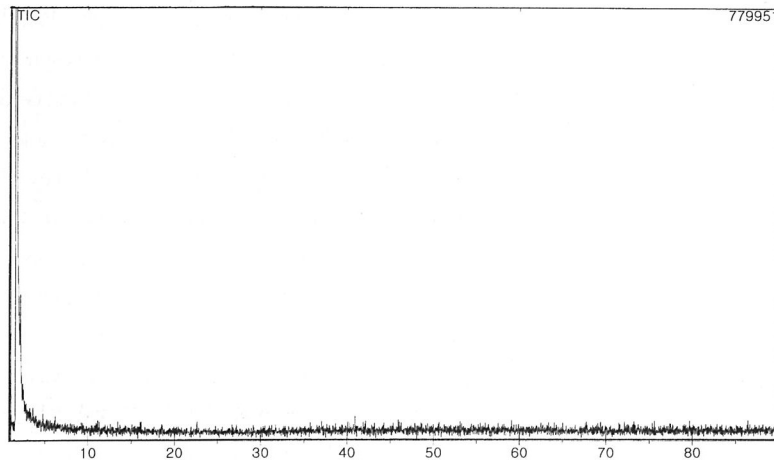


Figure 5. Gas chromatographic chromatogram of polynuclear aromatic hydrocarbon in glass bottle manufacturing industry

본 연구의 병유리제조업에 대한 오일미스트의 발생원인을 보면, 병유리의 표면을 고르게 하고 탈형이 잘 되도록 성형틀에 3가지의 혼합된 비수용성 오일을 바르는데, 이때 성형틀 표면의 온도(약 1000℃내외)가 매우 높기 때문에 많은 양의 오일미스트(oil mist)가 발생된다. 용해로는 밀폐식으로 되어있어 COE의 외부 유출은 거의 불가능하며 코크스의 사용량도 매우 적다. 하지만 본 연구의 결과에서 COE의 평균농도가 0.79mg/m<sup>3</sup>로서 코크스를 제조하는 공장보다 4배 가량 높았으며 노출기준 초과율도 80.7%로 업종 중에서 가장 높았다. 따라서 "benzene-soluble components"에 대한 성분을 확인 하고자 PAH를 분석하였으나 몇몇 물질에 대하여 흔적으로 나타나거나, 확인 되지 않았다. 이러한 결과를 볼 때 높은 COE의 수준은 측정 및 분석방법의 오류에 의한 과대수치가 나온 것으로 추정되며, 측정된 결과는 COE가 아니라는 것임을 알 수 있었다. NIOSH 방법에 따른 측정 및 분석방법을 좀더 새로이 연구하여 고온 에서 발생하는 비수용성 오일미스트에 함유된 PAH의 정확한 측정 및 분석연구가 요구된다.

#### IV. 요약 및 결론

우리나라에서 무연탄을 원료로 하는 코크스제조업과 코크스를 사용하는 2차

연제련업 및 병유리제조업을 대상으로 하여 코크스오븐 배출물질의 발생상태와 다핵방향족탄화수소의 발생 여부를 확인하고자 본 연구를 시도하였다.

1. 개인시료와 지역시료의 코크스오븐 배출물질(COE)의 농도는 코크스제조업, 2차 연제련업, 병유리제조업 모두 유의한 차이가 없었으며( $p>0.05$ ), COE의 농도는 병유리제조업이  $0.79\pm0.98\text{mg/m}^3$ 로 가장 높았으며, 다음으로 코크스제조업은  $0.19\pm0.16\text{mg/m}^3$ , 2차 연제련업이  $0.06\pm0.03\text{mg/m}^3$ 으로 가장 낮게 나타났다.

2. 공정별로 COE농도에 대한 산술평균과 표준 편차에서, 병유리제조업의 성형공정이  $1.09\pm1.15\text{mg/m}^3$ 으로 가장 높았으며 2차 연제련업의 용해공정이  $0.06\pm0.03\text{mg/m}^3$ 으로 가장 낮게 나타났다.

3. 업종별 총분진과 COE에 대한 상관성을 보면 코크스제조업과 병유리제조업에서는 유의한 정상관을 나타내었으나( $p<0.05$ ), 2차연제련업은 상관성이 없었다.

4. 업종별로 분류하여 COE에 대한 허용농도 초과건수와 초과율(%)을 나타낸 결과 코크스 제조업은 23.7%로 나타났으며 2차 연제련업은 초과건수가 한 건도 나타나지 않았다. 병유리제조업은 77.4%이었고, 업종간의 초과율 차이에 대한 통계적인 유의성이 있었다( $p<0.05$ ). 전체적으로 107건 중에서 38건이 초과되어 35.5%의 초과율을 보였다.

본 연구에서 코크스를 사용하는 2차

연제련업의 COE에 대한 낮은 측정결과(0.06mg/m<sup>3</sup>)와 2차 연제련업 그리고 병유리제조업에서 PAH가 흔적 또는 확인되지 않음으로서 산업안전보건법의 시행규칙 제93조에 의한 작업환경측정 대상 사업장에서 코크스를 사용하는 작업장이 제외된 근거를 일부분 확인하였으며, 무연탄을 원료를 하는 코크스제조업에서 PAH가 검출되지 않았다. 따라서 코크스제조업에서 원료로 사용되는 유연탄과 무연탄의 구별문제가 작업환경측정에 참고가 되어야 하며, 향후 코크스를 사용하는 업종에 대한 조사를 다양화하여 좀더 객관적인 자료를 얻기 위한 연구가 필요하다.

#### REFERENCES

- 노동부. 산업안전보건법 시행규칙93조. 노동부; 1996.
- 백남원, 박동욱, 윤충식, 조숙자, 김신범, 임호섭. 우리나라에서 사용하는 광물유의 유해특성과 관리대책에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1997; 7(2): 172-180
- 윤충식, 백남원. 코크스제조공정에서 탄화시간과 시료채취방법에 따른 다핵방향족탄화수소발생에 관한 연구. 1993; 3(1): 37-53
- ACGIH. Notice of intended change- Oil mist. Mineral Appl Occup Environ Hyg 1993;

- 3(1): 37-53
- ACGIH. Notice of intended change- Oil mist. Mineral Appl Occup Environ Hyg 1993; 8(5): 494-501
- ACGIH. TLVS and BEIS; threshold limit values for chemical Substances and physical agent and biological exposure indices. Cincinnati, OH, ACGIH; 1997.
- Baum EJ, Occupational and surveillance of polycyclic aromatic hydrocarbons in polycyclic aromatic hydrocarbons and cancer. Academic Press Inc; 1978. p.45-70
- Björseth A. Analysis of the polycyclic aromatic hydrocarbons contents of airborn particulate pollutants in a Söderberg paste plant. J Am Ind Hyg Assoc 1977; 38: 226
- Chen Mei-Lien, I-Fang Mao, Ming-Tsang Wu, Jion-Rong Chen, Chi-Kung Ho, Thomas J. Smith, David Wypij, David C. Christiani. Assessment of Coke Oven Emissions Exposure among Coking Workers. J Am Ind Hyg Assoc 1999; 60:105-110
- Davies GM, Hodgkinson A, Divetta P. Measurement and analysis of occupational exposures to coke oven emissions. Am Occup Hyg 1986; 30(1): 51-62
- Evelyn Tjoe Ny, Dick Heederik, Hans Kromhout, Frans Jongeneelen. The relationship between polycyclic aromatic hydrocarbons in air and in urine of workers in a Söderberg Potroom. J Am Ind Hyg Assoc 1993; 54(6): 277-284
- Fannick NLT, Gonshor and Shockley J. Exposure to coal tar pitch volatiles at coke ovens. J Am Ind Hyg Assoc 1972; 33: 461-468
- Fawell JK, Hunt S. Environmental toxicology - Organic pollutants. New York, John Wiley & Sons; 1988. p.241-269
- Harvath PV, Quantitative analysis of multiple PAH'S in the coal conversion atmosphere. J Am Ind Hyg Assoc 1984; 45: 260-268
- Jackson James O, Warner Peter O and Mooney Thomas F, JR. Profiles of Benzo(a)pyrene and Coal Tar Pitch Volatiles at and in the Immediate Vicinity of a Coke Oven Battery. Am Ind Hyg Assoc J 1974; May: 276-281
- NIOSH. Method No 5015, Polynuclear aromatic hydrocarbons. NIOSH Manual of Analytical Methods; 1984
- NIOSH. Method No 5023, Coal tar pitch volatiles. NIOSH Manual of Analytical Methods; 1984
- OSHA. Standard limiting air contaminants (Coke Oven Emissions) In-Plant Air Monitoring & Analysis; 1998
- William Lloyd J. Long-term mortality study of steelworkers. J Occupational Medicine 1971; 13(2): 53-68