

## 서울시내 PC방에서의 환경성담배연기(ETS) 농도에 관한 연구

황규석·백남원·하권철\*†

서울대학교 보건대학원 환경보건학과, \*창원대학교 보건·생화학과

### A Study on the Concentrations of Environmental Tobacco Smoke in PC Game Rooms in Seoul

Gyu Seok Hwang · Nam Won Paik · Kwon Chul Ha\*†

School of Public Health, Seoul National University

\*Department of Health Science & Biochemistry, Changwon National University

(Received May 27, 2003; Accepted August 7, 2003)

#### ABSTRACT

ETS concentrations in the PC game rooms and factors affecting ETS concentrations were measured. Nicotine, 3-EP, respirable dust and UVPM were used as tracers for ETS. ETS concentrations are 2~3 times higher than those of other results. The concentration of ETS at the commercial district was higher than that of the residential district. The correlations between these tracers and SD/ACH, a factor affecting to ETS concentration, were calculated. The correlation between 3-ethenylpyridine among tracers and SD/ACH was highest. The correlation between respirable dust and SD/ACH was lowest. It was difficult to recommend respirable dust as a tracer of ETS.

**Keywords:** Environmental Tobacco Smoke(ETS), Nicotine, 3-Ethenylpyridine, Respirable dust, UVPM, Smoking Density(SD), Air Change per Hour(ACH), PC game rooms

#### I. 서 론

미국 EPA(Environmental Protection Agency)는 환경성담배연기(Environmental Tobacco Smoke, ETS)를 담배, 파이프 담배 또는 시가의 끝 부분이 탈 때 방출되어지는 연기와 흡연자의 폐에서 배출되는 연기의 혼합물이라고 정의하고 있으며, ETS를 Group A(Known human) Carcinogen으로 분류하고 있다.<sup>1)</sup> 또한 미국 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)에서도 ETS를 석면이나 벤젠과 같은 발암성 물질로 지정하였다.<sup>2)</sup>

담배 연기는 4천가지 이상의 물질로 구성되어 있고 이 중 상당수의 물질은 발암성이거나 독성 및 자극성 물질이므로,<sup>3)</sup> ETS를 각 물질별로 관리한다는 것은 매우 어려운 일이다. 이러한 이유로 ETS를 전체적으로 측정 평가하기 위한 지표물질이 개발되어 왔다.

기존의 지표로는 니코틴, 호흡성먼지, CO, NO<sub>x</sub>, N-Nitrosamines, Aromatic hydrocarbons, 흡연빈도 등이 있으며 National Academy Science와 U. S. Surgeon General에서 니코틴과 호흡성먼지를 ETS의 노출과 가장 관련성이 높은 지표물질로 제안하고 있다.<sup>4)</sup> 최근에는 ETS에 더욱 특이적인 지표로써 UVPM(Ultraviolet absorption Particulate Mass), FPM(Fluorescing Particulate Matter), 3-EP(3-Ethenylpyridine), Solanesol등이 활용되고 있다.<sup>4,6)</sup>

지금까지 우리나라에서 ETS 농도에 관한 연구가 몇몇 수행되었지만 그 수뿐만 아니라 대상과 ETS 지표로 사용된 물질이 한정되어 있다. 이들 연구는 주로 일반주택, 대중음식점 그리고 사무실을 대상으로 니코틴, 호흡성먼지, CO<sub>2</sub> 등을 지표로 이용하여 연구를 하였다.<sup>7,8)</sup> 이에 ETS의 농도가 높고 청소년이나 여성 등의 비흡연자가 그 노출대상자인 장소에 대하여, ETS에 더욱 특이적인 지표를 사용한 연구가 필요하다.

PC방은 초고속 인터넷망과 고급 사양의 컴퓨터를 비롯한 첨단 정보 기기를 갖추고, 전용회선을 이용한 네트워크게임과 CD게임, PC통신, 정보 검색, 문서 작성,

\*Corresponding author : Department of Health Science & Biochemistry, Changwon National University  
Tel: 82-55-279-7663, Fax: 82-55-279-7660  
E-mail : kcha@changwon.ac.kr

사이버 증권 거래 등의 서비스를 제공하고 있는 곳이다. 국내 PC방의 수는 1999년 10월 기준, 12,245개가 있는 것으로 조사되었고 서울시에는 2000년 1월 1일 현재 3,641개가 있는 것으로 서울시 문화관광부에 집계되었다.<sup>9,10)</sup> 대부분의 PC방에서는 흡연이 가능하며 실제로 ETS가 다량 발생하고 있다. 환기시설이나 공기정화장치가 설치되어 있는 PC방은 극히 적으며, 또한 설치되어 있더라도 그 효과는 의심스러운 상태이다. 지금까지 ETS의 연구 대상이었던 시설들보다 PC방은 이용자의 점유시간이나 이용빈도가 높고 ETS 또한 고농도로 발생할 것으로 예상된다. 특히 이용자의 상당수가 법적으로 흡연으로부터 보호받는 청소년이라는 점에서 사회적으로 심각한 문제가 될 수 있어 ETS 관리의 필요성이 대두되고 있다.

이에 본 연구에서는 서울시내 일부 PC방을 대상으로 ETS 지표물질을 활용하여 그 수준을 평가하고, 지표물질과 ETS 분포에 영향을 주는 시간당공기교환횟수(Air change per hour, ACH) 및 흡연밀도(Smoking Density, SD)와의 상관관계를 파악하여 ETS 관리 기준 설정과 관리 방안에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 대상

연구대상 PC방은 흡연을 허용하고 있는 서울시내에 있는 업소 중 종로구의 상업지역에서 7개 PC방과 동대문구 및 성북구의 주거지역에서 8개의 PC방 등 총 15개 업소를 임의로 선정하였다.

시료의 채취 및 분석은 2000년 3월부터 5월에 걸쳐 실시하였다. 시료의 채취는 법적으로 청소년의 PC방 이용이 가능하며 학교 수업이 끝나는 시간인 오후 3시부터 오후 10시 사이에 약 5시간 정도 채취하였다. 대상 지표는 증기상 물질의 지표로서 니코틴과 3-EP를 입상 물질의 지표로서 호흡성먼지와 UVPM을 대상으로 하였다. PC방의 규모에 따라 2~6개의 시료를 지표별로 각각 채취하여 평가하였다.

### 2. 방법

#### (1) 공기 중 시료의 채취 및 분석

공기중 니코틴의 채취는 미국 NIOSH의 공정시험법 2551에<sup>11)</sup> 따라 XAD-4 흡착관(80/40 mg)을 개인시료채취기(Gilian, USA)에 연결하여 1 l/min의 유량으로 5시간 정도 지역시료로 채취하였다. 개인시료채취기는 측정전후에 유량보정계(Gilian, USA)를 이용하여 유량을 보정하였다. 채취된 시료는 빛에 노출되지 않게 냉장

**Table 1.** GC Conditions of nicotine and 3-EP analysis

Variable	Conditions
GC	Hewlett Packard 5890A, U.S.A
Detector	Nitrogen-Phosphorus Specific Detector
Injector	Capillary Split Mode
Column	25 m × 0.32 mm ID 0.25 μm Film Thickness HP 5, Hewlett Packard, U.S.A
Carrier Gas	He
Flow Rate	1.5 ml/min
Split Ratio	4.01:1
Injector Volume	1 μl
Injector Temp.	200°C
Detector Temp.	300°C
Temp. Program	160°C Iso-Thermal Mode

보관하였다. 니코틴의 분석은 NIOSH 공정시험법 2551에 따라 질소·인 검출기가 장착된 가스스크로마토그래피를 이용하였다. 흡착관의 전후층을 구별하여 각각 바이얼에 넣고 각 바이얼에 1 ml의 탈착액을 넣었다. 탈착효율은 3단계 농도수준에서 각각 3개씩 XAD-4 흡착관에 주입시킨 후 하루동안 어두운 곳에 보관한 뒤 현상시료와 같이 처리하여 분석, 계산하여 시료에 적용하였다. 니코틴의 탈착용매로는 Triethylamine을 포함한 Ethyl Acetate를 탈착용매로 이용하였으며 내부표준 물질로서 Quinoline을 이용하였다. 3-EP의 경우는 Bertoni 등의 연구에 따라 니코틴과 동시에 동일 흡착관에 채취하여 분석하였다.<sup>6)</sup> 니코틴과 3-EP의 분석조건은 Table 1과 같다.

호흡성먼지의 채취는 미국 NIOSH의 공정시험법 0600에<sup>12)</sup> 따라 데시케이터에 하루이상 컨디셔닝 시킨 0.45 μm 공극의 PTFE(Polytetrafluorethylene) 여과지를 2단 카세트에 넣어 조립한 뒤 10 mm-Nylon Cyclone에 장착하여 1.7 l/min의 유량으로 5시간 정도 지역시료로 채취하였다. 개인시료채취기는 측정전후에 유량보정계(Gilian, USA)를 이용하여 유량을 보정하였다. 시료채취를 한 카세트를 데시케이터에 넣고 하루 이상 컨디셔닝 시키고 여과지의 무게를 재고 채취 후의 여과지 무게에서 채취전의 무게를 빼서 이를 통과시킨 공기의 양으로 나누어 농도를 계산하였으며 1회 측정시 3개 이상의 공시료를 이용하여 보정하였다. UVPM의 채취는 호흡성먼지의 무게를 재고 난 시료를 이용하여 분석하였다.<sup>5)</sup> PTFE 여과지를 10 ml 시험관에 넣은 다음, 메탄올 4 ml를 넣어 추출하고 20분이 지난 다음, 석영셀에 넣어 325 nm의 파장에서 자외선 분광광도계(UV-Spectrophotometer)를 이용하여 분석하였다. 이때

분석의 표준물질은 2,2',4,4'-Tetrahydroxybenzophenone 을 사용하여 농도와 흡광도의 검량선을 작성하였다.<sup>5,12)</sup>

(2) 시간당공기교환횟수(Air change per hour, ACH)의 측정

ACH는 이산화탄소 농도 감소법을 이용하여 측정하였다. 압축 이산화탄소 가스를 이용하여 실내의 이산화탄소 농도를 1700 ppm 정도로 올린 다음에 이것이 떨어지는 경과시간을 측정하여 식 (1)과 같이 ACH를 구하였다. CO<sub>2</sub> 1700 ppm 농도는 인체에 질식작용을 일으키지 않을 농도이며 ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)에서 정한 TLV (Threshold Limit Values) 5000 ppm의 절반에도 미치지 않는 농도이다.<sup>13,14)</sup> 사람의 호흡으로 인한 영향을 최소화하기 위하여 가장 손님의 출입이 없는 오전에 공기교환 횟수를 측정하였다. 이산화탄소의 농도는 미국 TSI사의 Q-Check CO<sub>2</sub> Meter(Model 8730/8731)를 사용하였다.

$$ACH = \frac{\ln(C_{initial} - C_{out}) - \ln(C_{end} - C_{out})}{Hour} \quad (1)$$

$C_{initial}$  = concentration at start of test

$C_{out}$  = outdoor concentration, 330 ppm

$C_{end}$  = concentration at end of test

(3) 흡연밀도(Smoking density, SD)의 측정 및 계산  
흡연밀도는 식 (2)와 같이 채취 시간당 흡연된 담배 수를 실내의 면적으로 나누어 계산하였다.<sup>15)</sup> 흡연된 담배의 수는 시료의 채취시간동안 PC방에서 피워진 담배 궤초를 모아서 계수하였다.

$$\text{흡연밀도(SD)} = \frac{\text{흡연된 담배 수(cig)}}{\text{면적(m}^2\text{)} \times \text{시간(hr)}} \quad (2)$$

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 서울시내 PC방에서의 ETS 농도

##### 1) PC방 내에서의 ETS의 농도분포

PC방에서 측정된 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지 그리고 UVPM의 분포를 알아보기 위하여 대수정규확률지에 각각의 변수들을 대입하여 그래프를 그려보았다. 상업지역과 주거지역에 있는 5개 PC방에서 측정된 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지, UVPM 모두 대수정규분포를 하고 있었다(Fig. 1).

##### 2) 서울시내 PC방에서의 ETS 농도

서울시내 PC방에서의 ETS 농도는 Table 2와 같다. 니코틴의 농도는 1.85~38.91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였고, 3-EP의 농도는 LOD(Limit of Detection) 미만에서 최고 10.53

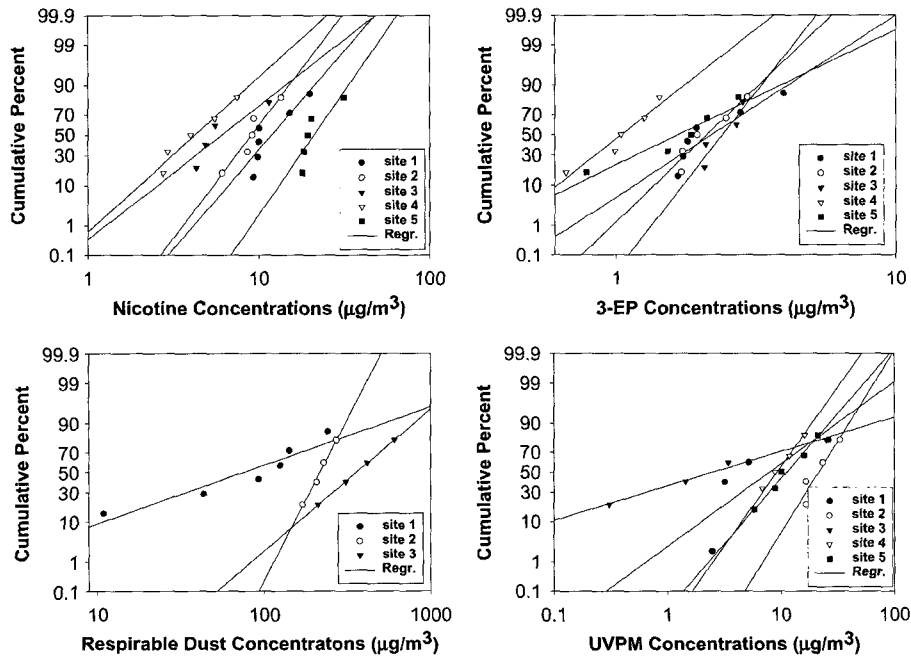


Fig. 1. Distribution of tracers concentrations in PC game rooms.

**Table 2.** ETS concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in PC game rooms in Seoul

		Nicotine	3-EP	Respirable Dust	UVPM
Commercial district	GM	11.52	2.99	168.94	19.12
	GSD	1.52	4.75	1.62	1.69
	Range	2.17-38.91	<LOD* -10.53	<LOD** -436.73	5.73 -197.63
Residential district	GM	6.45	2.32	194.82	6.81
	GSD	1.49	4.02	1.82	1.57
	Range	1.85-25.99	<LOD* -3.71	70.06 -590.85	<LOD*** -26.56

\*LOD of 3-EP = 0.142  $\mu\text{g}$

\*\*LOD of Respirable Dust = 5.044  $\mu\text{g}$

\*\*\*LOD of UVPM = 0.094  $\mu\text{g}$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 분포하고 있었다. 호흡성먼지의 농도도 LOD 미만에서 최고 590.85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 분포하고 있었으며, UVPM의 농도는 LOD 미만에서 최고 197.63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 분포를 보였다.

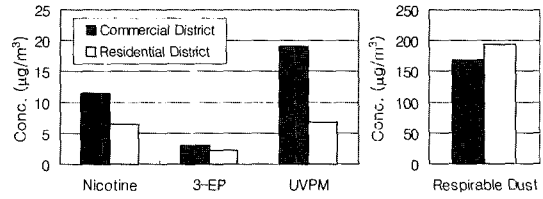
상업지역 PC방에서의 지표물질인 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지, UVPM의 기하평균 값은 각각 11.52, 2.99, 168.4, 19.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도분포를 보였다. 주거지역 PC방에서의 지표물질인 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지, UVPM의 기하평균 값은 각각 6.45, 2.32, 194.82, 6.81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도분포를 보였다(Table 2).

3) 상업지역과 주거지역 PC방의 ETS 농도의 차이

상업지역과 주거지역 PC방에서의 ETS 농도의 차이를 보기 위하여 두 지역에서의 지표물질 농도분포에 대한 t-검정을 실시한 결과 두 지역 PC방간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(각각의 p값: 0.20, 0.34, 0.62, 0.39). 기하평균에 있어서는 상업지역과 주거지역 PC방에서의 니코틴 농도는 11.52, 6.45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3-EP는 2.99, 2.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , UVPM의 경우는 19.12, 6.81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 상업지역에서 더 높게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 다른 지표물질들과는 달리 호흡성먼지의 농도는 168.94, 194.82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 주거지역에서 더 높은 농도 분포를 보였다(Fig. 2).

4) 서울시내 PC방에서의 흡연밀도와 환기

상업지역과 주거지역의 각각 7개씩 총 14개 조사대상 PC방중에서 각각 6개 업소에서 흡연밀도를 조사하였다. 양 지역에서의 흡연밀도의 경우 상업지역에서의 평균 흡연밀도는 0.24( $\text{cig}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ )였고, 주거지역에서는 0.11( $\text{cig}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ )였으며, 상업지역이 주거지역에 비하여 유의하게 높은 결과를 보였다( $p < 0.05$ ). 이는 상업, 주거 지역의 흡연율이 각각 55%, 44%로 상업지역에서의 흡



**Fig. 2.** ETS concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in PC game rooms at the commercial and residential districts.

연율이 더 높기 때문인 것으로 보인다.

상업지역 6개 PC방과 주거지역 3개 PC방에 대하여 ACH를 측정하여 양 지역의 환기정도를 비교한 결과 상업지역(1.17회/hr)에 비해 주거지역(3.14회/hr)에서 더 높게 나타났다.

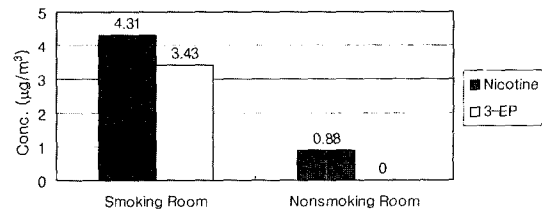
5) 금연실에서의 ETS 농도

대부분의 PC방이 흡연실, 금연실 구분이 없는 상태로 운영되고 있는데 연구 진행 중에 금연실이 있는 PC방을 발견하여 금연실의 효과를 평가하고자 금연실과 흡연실에서의 니코틴과 3-EP의 농도를 측정하였다.

흡연실과 금연실이 벽과 출입문으로 완전히 구분된 형태는 아니었고 공간을 벽으로 나누어 놓았으나 문이 없어서 공기의 흐름은 자유롭다. 흡연실의 면적은 50.4  $\text{m}^2$ 였고, 금연실은 19.8  $\text{m}^2$ 였다. 흡연실과 금연실을 연결하는 통로면적은 약 2  $\text{m}^2$ 였다. 흡연실과 금연실에서 각 3개의 증기상 지표를 채취하였다. 니코틴의 농도에서 금연실과 흡연실에서 각각 0.88, 4.31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 보여 흡연실에서 약 5배정도 높은 농도를 보였다. 3-EP는 금연실에서는 검출되지 않았고 흡연실에서의 농도는 3.43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였다(Fig. 3).

2. ETS 지표의 적정성

이 연구에서는 ETS를 측정하기 위한 지표로써 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지 그리고 UVPM을 사용하였다. ETS 농도에 영향을 미치는 요소로써 환기와 흡연밀도가 있다. ETS 농도는 환기와는 반비례 관계이고 흡연



**Fig. 3.** ETS concentrations of smoking and nonsmoking rooms.

밀도와는 비례관계를 보일 것이다. 따라서 그 관계를 확인하기 위해서 흡연밀도와 시간당 공기교환 횟수를 측정하였다.

1) ETS 지표와 환경요인과의 관계

ETS의 농도와 SD/ACH는 양의 상관성을 갖는다. 즉 SD가 높을수록 ETS의 농도는 높아질 것이고 ACH가 작을수록 ETS의 농도는 높아질 것이다. 이번 연구에서는 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지, UVPM과 SD/ACH와의 상관계수는 각각 0.566, 0.725, 0.012, 0.703이었다. 즉 SD/ACH와 가장 높은 상관성을 보인 지표는 3-EP였으며, 다음은 UVPM, 니코틴, 호흡성먼지 순이었다.

Fig. 4는 니코틴을 제외한 3-EP, 호흡성먼지, UVPM의 농도분포 자료에서 극한값으로 보이는 값을 제거한 것이다. 3-EP, 호흡성먼지, UVPM과 SD/ACH의 상관계수는 각각 0.784, 0.603, 0.349로 나타나 극한값을 제거한 상관성 분석에서도 3-EP의 상관성이 제일 높았으나 UVPM의 상관성은 크게 떨어졌으며 호흡성먼지의 상관성은 높아졌다.

2) ETS 지표물질간 상관성

Table 3은 각 ETS 지표물질간 상관성을 나타낸다.

Table 3. Correlations of each ETS tracers

	Nicotine	3-EP	Respirable dust	UVPM
Nicotine	1	-	-	-
3-EP	0.804	1	-	-
Respirable dust	0.022	0.247	1	-
UVPM	0.617	0.854	0.477	1

니코틴을 기준으로 보았을 때 3-EP, 호흡성먼지, UVPM에 대한 상관계수는 0.804, 0.022, 0.617이었다. 또한 3-EP를 기준으로 보았을 때 호흡성먼지와 UVPM에 대한 상관계수는 0.247, 0.854였다. 니코틴을 기준으로 볼 때 3-EP 역시 ETS의 적절한 지표로 보여진다. 3-EP를 기준으로 보면 니코틴뿐만 아니라 UVPM도 ETS의 적절한 지표로 보여진다. 하지만 호흡성먼지는 다른 어느 지표와도 낮은 상관성을 보여 ETS의 지표로서 적절치 못함을 알 수 있다.

3. 고찰

본 연구에서는 ETS의 지표물질로 니코틴, 3-EP, 호흡

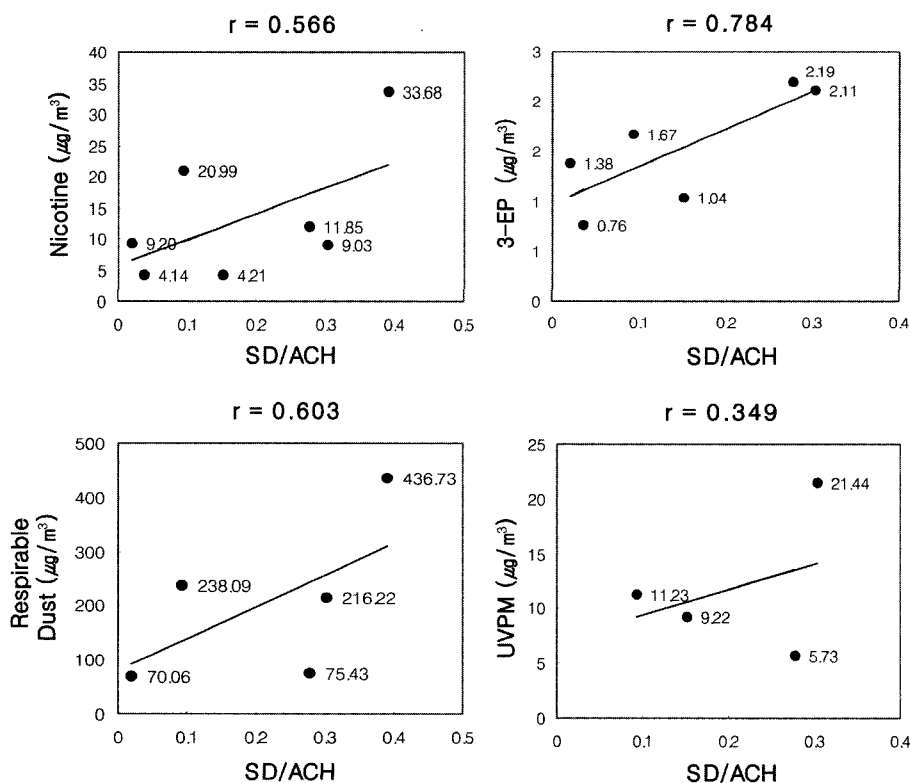


Fig. 4. Correlations of tracer concentrations and SD/ACH without outlier.

성먼지, UVPM을 사용하였다. 니코틴은 ETS의 지표로 가장 널리 사용되는 물질이며 3-EP는 니코틴의 연소물질로써 니코틴보다 안정성이 더 좋다는 연구결과가 있다.<sup>6)</sup> 호흡성먼지는 ETS에 대한 연구의 초기부터 지표로써 계속 사용된 물질이지만 ETS에 대한 특이성이 떨어진다.<sup>16)</sup> UVPM은 자외선을 흡수하는 입자상 물질로써 주로 담배의 연소과정에서 생성된다.

ETS에 대한 규제기준이 없기 때문에 이번 연구결과를 국내외 다른 연구결과와 비교하여 보았다. ETS에 대한 국내 연구로 음식점, 사무실, 가정을 대상으로 니코틴과 호흡성먼지 등을 측정한 연구가 있는데 그 결과는 니코틴의 평균 농도는  $2.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 가장 농도가 높았던 음식점에서의 농도는  $4.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 호흡성먼지의 평균 농도는  $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 역시 농도가 가장 높았던 음식점에서의 호흡성먼지의 농도는  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.<sup>7,8)</sup> 이번 연구결과는 이에 비교하여 니코틴은 약 3배 높은 수준이며 호흡성먼지도 약 1.5배 높은 수준이다.

3-EP와 UVPM을 측정한 국내 자료는 찾을 수 없었고 따라서 국외 연구결과와 비교하여 보았다. Holcomb는 1980년 이후 출판된 ETS 연구자료를 고찰하였다.<sup>17)</sup> 음식점, 사무실, 가정을 대상으로 측정한 결과 니코틴은  $3.3\sim 5.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 호흡성먼지는  $61\sim 175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , UVPM의 농도는  $24\sim 47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도분포를 보여, 본 연구결과가 니코틴은 1.5~2.5배, 호흡성먼지는 1~3배 높은 수준이었다. 그러나 UVPM은 더 낮은 농도분포를 보였다. 이는 연소되는 담배의 종류나 주변 환경등에 의한 결과로 생각되며 이에 대한 추가 연구가 필요하다. 3-EP를 측정한 다른 연구 결과에 의하면, 거실에서의  $2.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 작업장에서는  $0.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 보고하여<sup>18)</sup> 본 연구결과( $2.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )가 높은 농도분포를 보였다.

상업지역과 주거지역 PC방에서의 각 지표간의 농도 차이에 대한 통계적 검정 결과 모든 지표에 있어서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 기하평균값에 있어서 호흡성먼지를 제외한 니코틴, 3-EP, UVPM의 농도는 상업지역에서 더 높은 농도수준을 보였다. 호흡성먼지의 경우 발생원이 담배 연소 외에도 외부유입이나 인적 요소, 시설물 및 건축물의 마모 등에 의해 발생할 수 있기 때문에 ETS에 대한 특이성이 떨어지기 때문으로 생각된다.

ETS의 지표로 사용된 니코틴, 3-EP, 호흡성먼지, UVPM에 대한 적정성을 평가하기 위하여 ETS의 분포에 영향을 미치는 환경요소인 SD와 ACH를 측정하여 이들 지표와의 상관성을 평가하였다. 즉 흡연밀도는 ETS의 농도를 증가시키는 요인이며 공기교환 횟수는

농도를 감소시키는 요인이므로 ETS와 SD/ACH는 양의 상관성을 갖는다. 그 결과 가장 좋은 상관성을 보인 것은 3-EP였으며 그 다음으로 UVPM, 니코틴의 순서였다. 즉 3-EP가 ETS에 가장 특이적이었으나 이들 세 지표의 상관성 차이는 크지 않으므로 모두 ETS의 지표로써 유용한 것으로 생각된다. 하지만 호흡성먼지는 ETS의 지표로써 부적절한 것으로 생각된다. 지표물질의 농도분포 자료에서 극한값으로 보이는 값을 제거했을 하여 분석한 결과 3-EP가 역시 가장 높은 상관성을 보였지만 UVPM의 상관성은 크게 떨어진 것으로 나타났다. 이는 자료수가 부족하기 때문으로 생각된다.

상업지역 PC방의 평균 시간당 공기교환 횟수는 1.17(회/hr)였고 주거지역 PC방의 평균 시간당 공기교환 횟수는 3.14(회/hr)였다. 이는 산업공정이나 상업용 빌딩에서 필요한 일반적인 공기교환 횟수에 크게 못 미치는 수준이다. 산업장이나 일반 실내환경에 필요한 환기 횟수의 범위는 교실의 경우 11~15회, 사무실의 경우 6~20회, 창고의 경우 4~6회로 제시되고 있다.<sup>19)</sup>

우리 나라는 아직 흡연을 공해유발 행위나 타인의 건강을 해치는 행위로 받아들이지 않고 있다. 하지만 아제는 이러한 흡연 행위로 인해 발생하는 ETS가 발암물질임을 인식하여 흡연으로부터 안전할 수 있는 권리를 인정하고 보장해야 한다. 따라서 이에 따른 법적, 제도적 장치가 마련되어야 한다.

#### IV. 요약 및 결론

서울시내 PC방에서의 ETS의 농도와 이에 영향을 미치는 환경요인 그리고 이용자의 특성을 파악하기 위해서 2000년 3월부터 5월에 서울특별시 종로구와 동대문구 그리고 성북구에 있는 PC방 15개를 선정하여 연구를 하였다. 그 결론은 다음과 같다.

1. 상업 및 주거지역의 5개 PC방에서 측정한 자료를 이용하여 분포를 확인한 결과 PC방 내에서의 ETS 농도는 대수정규분포를 하고 있었다.
2. 서울시내 PC방의 ETS 농도는 니코틴의 기하평균값이  $8.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 였고 3-EP의 기하평균 값은  $2.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 였다. 이는 국내외 다른 연구결과보다 2~3배 높은 수준이다. 그리고 상업지역 PC방에서의 농도가 주거지역에 비하여 더 높은 농도 수준을 보였다.
3. ETS 분포에 영향을 미치는 환경요인인 SD/ACH와 가장 좋은 상관성을 보인 ETS의 지표물질은 3-EP였다.
4. 지표들간의 상관성에서는 니코틴을 기준으로 보면 니코틴은 3-EP와 좋은 상관성을 보였다. 3-EP를 기준

으로 니코틴과 UVPM 모두 높은 상관성을 보였다. 호흡성먼지는 어느 것보다도 높은 상관성을 보여주지 못해서 ETS의 지표로 사용하기에는 적절치 못한 것으로 보인다.

ETS에 대한 농도 기준 제정, 환기량 강화 등을 통한 관리 필요성이 대두되고 있는 가운데, 본 연구에서 제시한 니코틴, 3-EP, UVPM 등의 지표물질을 활용하여 실내환경에서 ETS에 대한 평가를 효과적으로 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

이 논문은 박명윤특기장학회의 일부 지원으로 연구되었음.

### 참고문헌

1. Environmental Protection Agency(EPA) : Respiratory health effects of passive smoking: lung cancer and other disorders. EPA publication EPA/600/6-90/006F, 1992.
2. The National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH) : Current intelligence bulletin 54: Environmental tobacco smoke in the workplace - lung cancer and other health effects. NIOSH Publication No. 91-108, 1991.
3. Repace, J. L. and Lowery, A. H. : Indoor Air Pollution, tobacco smoke, and public health. *Science* **208**, 464, 1980.
4. Tang, H., Richards, G., Benner, C. L., Touminen, J. P., Lee, M. L., Lewis, E. A., Hansen, L. D. and Eatough, D. J. : Solanesol: A tracer for environmental tobacco smoke particles. *Environmental Science and Technology*, **24**, 848-852, 1990.
5. 이문수 : Environmental Tobacco Smoke의 이화학적 특성. *한국연초학회지*, **17**, 79-97, 1995.
6. Piade, J. J., D'andres, S. and Sanders, E. B. : Sorption phenomena of nicotine and ethenylpyridine vapors on different materials in a test chamber. *Environmental Science and Technology*, **33**, 2046-2052, 1999.
7. 윤영훈 : 도시지역 실내의 공기중 환경흡연(ETS)에 관한 연구. 1995.
8. 김윤신, 윤영훈, 백성욱, Perry, R. : 실내공간에서의 환경담배연기(ETS)에 관한 조사 연구. *환경과 산업의학*, **5**(1), 1-10, 1996.
9. 소비자보호원 생활경제국 소비문화팀 : 청소년의 PC방 이용실태 조사. 2000.
10. 서울특별시 문화관광과 : 멀티게임장(PC방) 등록 현황. 2000.
11. National Institute for Occupational Safety Health (NIOSH) : Manual of analytical methods. 4th ed. U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. NIOSH, 1998.
12. Rando, R. J., Menon, P. K., Poovey, H. G. and Lehrer, S. B. : Assessment of multiple markers of environmental tobacco smoke(ETS) in controlled, steady-state atmospheres in a dynamic test chamber. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **53**, 699-704, 1992.
13. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH) : Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. 2003.
14. Jankovic, J. T., Ihle, R. and Vick, D. O. : Occupant generated carbon dioxide as a measure of dilution ventilation efficiency. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **57**, 756-759, 1996.
15. Turner, S., Cyr, L. and Cross, A. J. : The measurement of environmental tobacco smoke in 585 office environments. *Environment International*, **18**, 19-28, 1992.
16. Eatough, D. J., Benner, C. L., Bayona, J. M., Richards, G., Lamb, J., Lee, M. L., Lawis, E. A. and Hansen, L. D. : Chemical composition of environmental tobacco smoke, 1. gas phase acids and bases. *Environmental Science and Technology*, **23**, 679-687, 1989.
17. Holcomb, L. C. : Indoor air quality and environmental tobacco smoke, concentration and exposure. *Environment International*, **19**, 9-40, 1993.
18. Scherer, G., Reppert, T., Daube, H., Kossien, I., Riedel, K., Tricker, A. R. and Adlkofer, F. : Contribution of tobacco smoke to environmental benzene exposure in germany. *Environment International*, **21**, 779-789, 1995.
19. 김태형, 김현옥, 박동욱, 백남원 : 산업환기. 신광출판사, 288-290, 1999.