

지방 일개도시 PC방에서의 실내공기중 TSP농도와 TSP내 중금속 농도

차 현 수 (가톨릭대학교 산업보건대학원)

목 차

- | | |
|-----------|------------|
| I. 서론 | V. 결론 및 제언 |
| II. 연구방법 | 참고문헌 |
| III. 연구결과 | 영문초록 |
| IV. 논의 | |

I. 서 론

총부유먼지(total suspended particles: 이하 TSP)는 공기중을 부유하는 입자상 물질로 대기 오염 물질중 하나이다. 부유하는 입자상 물질의 크기는 0.1~100 μm 이하로 대기중을 부유하다가 호흡시 인체의 호흡기계에 침입하여 각종 질병을 일으킬 수 있으며 (Mathai와 Stomefield, 1988) 중금속 물질, 유기성 물질이 흡착될 가능성이 높다(Whitby, 1972). 중금속 물질은 자동차와 같은 이동 오염원과 화학적 공정 등과 같은 고정 오염원에 의해 인위적으로 방출된다 (Hernandez 등, 1992). Zn, Pb, Cd은 미세 입자 (2.5 μm 미만의 입자)에, 그리고 Cr은 미세입자와 조대입자(2.5 μm 이상의 입자) 사이의 입자에 흡착하게 된다(김성천 등, 2000). 먼지와 결합한 중금속은 바람이 불면 멀리 이송되어 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 오염된 지역에 있는 모든 사람에게 호흡시 폭로된 후, 인체에 누적될 수 있는 공기중 오염물질이다.

실외 대기는 대기중 오염물질이 희석되거나 이송이 빠른 반면 실내공기는 공기중 오염물질이 실내에 응집하게 된다. 이미 군산시의 실외 대기 중 TSP 농도와

중금속에 관한 연구가 실시되었고 계속 연구 중이지만 아직 실내공기 중 TSP와 TSP 중 중금속에 관한 연구는 없다(김성천 등, 1999). 우리나라에서 실내공기 중 TSP와 TSP 중 중금속에 관한 연구가 몇 몇 수행되기는 하였지만 그 수가 많지 않고 주로 일반주택, 음식점, 복사 전문점, 커피숍의 실내공기를 대상으로 하였다. 아직까지 PC방의 실내공기를 대상으로 실내공기중 TSP와 TSP중 중금속 함량에 관한 연구는 없었다. 그러나 PC방을 이용하는 사람들 대부분이 미래의 주역인 미성년자들이라는 점에서 PC방 실내 공기질 관리가 필요하다.

PC방은 여러대의 PC와 인터넷, 게임, ward processor 등의 프로그램을 제공하고 시간당 이용료를 받는 곳을 말한다. 국내 PC방의 수는 1999년 10월 12245개에서 2001년 7월말 현재 23032개로 증가된 것으로 조사되었고 군산시에만 2001년 7월말 현재 146개가 있는 것으로 집계되었다(문화관광부, 2001). 최근 급속도로 늘고 있는 PC방의 수는 PC방이 성업 중이며 이용자들이 늘고 있음을 나타낸다. 대부분의 PC방은 좁은 공간에 많은 PC를 구비하고 있으며 소음과 밝은 빛을 피하여 밀폐되어 있어서 자연 환기가

잘 되지 않는다. 그래서 환기시설이 설치되어 있거나 이에 대한 규제대책은 현재 전무한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 PC방내의 실내공기 중 총 부유분진(Total suspended particulate matters: TSP)을 시간대별로 포집하여 그 농도와 TSP중의 Cd, Cr, 및 Pb, Zn, 등의 농도를 파악하여 PC방 이용자의 대부분인 청소년의 건강에 대한 관리대책에 도움이 되고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 포집지역 및 포집기간

본 연구는 2001.7.9일~7.23일에 걸쳐 1일 2회(오후 4시부터 9시까지 1회, 오후 9시부터 새벽 2시까지 1회) 각각 5시간씩 주거지역 6개소(경암동 1개소, 조촌동 1개소, 평화동 1개소, 서흥남동 1개소, 미룡동 1개소, 산북동 1개소), 공업지역 4개소(소룡동 4개소), 상업지역 5개소(오룡동 1개소, 나운동 4개소)에서 재료를 포집하였다.

2. PC방 실내 환경조사와 PC방 이용자들에 관한 이용실태 설문조사

측정조사하기 전 PC방 15곳에 대한 환경조사와 PC방 이용자 70명에 대한 이용실태 설문조사를 실시하였는데 PC방안의 오염원 추정과 PC방에서 실내공기를 인공 환기하는 정도, PC방 이용자들이 평소 오염된 공기를 호흡하는 기간을 파악하고자 하였다. PC방 환경조사 내용에는 PC방내의 실내 중심 온도, 상대 습도, PC대수, PC방 면적, 환기구 설치여부가 포함되어 있다. PC방 환경조사 방법은 조사자가 PC방 환경을 직접 조사한 후 조사표에 표기하였다. PC방 이용실태 설문조사 내용에는 본인의 나이, 성별, PC방 이용시간, 1주일간 PC방 이용시간, 흡연 정도, PC방 이용시 피로를 느끼는 부위 등에 관한 사항이 포함되었다. 설문조사는 이용자들로 하여금 설문지에 자기기입 하도록 시켜서 실시하였다.

III. 연구 방법

1) TSP 포집과 분석 방법

분진의 포집은 Personal air sampler(multi-flow, low flow module, Part No 800519, Staplex Co, America) 1대, Personal air sampler (Model PST-S, Staplex Co, America) 1대, Portable sampler(Sn 1831 Ver 4.2 SCH 40, air metrics minivol, LASCO 회사, America) 1대를 각각 사용하여 분진을 포집하였다. 37mm와 47mm의 유리섬유여지(GF/C: Glass microfibre filters)가 담긴 cassette를 시료 포집 펌프와 연결하여 유량 3~5 l/min 으로 각각 5시간씩(오후 4시부터 9시까지의 저녁시간대와 오후 9시부터 새벽 2시까지 밤시간대) 포집하였다. 사용된 유리섬유여지는 분진 포집 전 3일간 향은 향습 상태의 건조장치에 보관하였다가 전자저울로 사용 전 무게를 잰다. 사용된 전자저울은 0.01 mg의 무게까지 측정하였다. Glass microfibre filters는 2회 측정하여 평균값으로 보정하였다. TSP는 미국 NIOSH 의 공정시험법 0600을 이용하여 중량분석법으로 계산하였다.

2) TSP중 중금속 농도 분석방법

분진속의 중금속의 농도는 TSP 무게를 재고 난 시료를 이용하였다. 분진을 포집한 후의 유리섬유여지를 HNO₃, HClO₄, HF용액으로 녹여서 가열하는 전처리를 하였다(Greenberg, 1992).

중금속 분석을 위한 전처리 과정을 간략히 소개하면 아래와 같다.

Sampling filter(30개) 와 Blank filter(2개)를 각각 100 ml 테프론 비이커에 넣었다. 비이커에 HNO₃, HClO₄, HF를 각각 10ml, 5ml, 1ml씩 순서대로 가했다. Watch glass를 덮고 Hot plate (Magnetic stirrer automatic temp. Control corring회사, Jiscog회사 각각 1대, Stirrer 1대)에서 130도의 온도로 과염소산의 흰 연기가 발생할 때까지 가열했다. Watch glass를 제거하고 맑아진 액을 증발시켜 건조시켰다. 질산 1ml와 탈이온수 2~3ml를 가하여 기액을 행켰다. Hot plate상에서 잔존물이 용해되고 맑은 용액이 되면 방냉시켰다. 25ml volum

flask에 mass-up했다.

중금속 측정을 위하여 전처리된 분진중의 중금속, 즉 Zn, Cd, Cr, Pb을 원자흡광광도계(AAS: Atomic absorption spectrophotometer, 220)로 측정하였다.

증류수 1g에 Zn, Cd, Cr, Pb 표준원액을 가하여 표준 시료를 만들어 농도와 흡광도의 검량선을 작성하였다. 이것을 전처리된 시료의 중금속 농도 그래프와 비교한 결과를 표에 표시하였다. 실험결과는 각각 3회씩 반복 측정하여 얻은 평균값이다.

3) 분석 및 자료처리

TSP가 대수정규분포를 하므로 기하평균 (GM: Geometric Mean), 기하표준편차 (GSD: Geometric Standard Deviation)를 각각 사용하였다. 그리고 TSP중 중금속 농도 역시 기하평균, 기하표준편차, 기하범위를 사용하였다. 기하평균값은 산술평균값보다 약간 낮은 값을 갖는 것으로 알려져 있다(Paik 등, 1983).

15곳의 PC방 실내공기에서 얻은 TSP농도와 TSP중 중금속 함량자료를 전산입력 한 후 TSP농도와 TSP중 중금속 함량 농도의 평균, 표준편차, 범위는 단순 분석을 하였고 TSP농도 및 TSP중 중금속 함량 농도가 시간별, 지역별, PC방 환경요인과 상관성이 있는 지 SAS 6.12 프로그램으로 통계처리 하였다.

IV. 성 적

1. 조사 대상지점 및 조사 대상지점내 이용자의 일반적인 사항

분진 포집 조사 기간의 군산시 기상상태를 분석한 결과 평균 실외기온은 26℃, 일일 최고 기온은 27℃~31.8℃이고, 평균 상대습도 78.4%, 평균 풍속 2.9m/sec, 조사 기간 동안의 총 강수량과 강우일수는 16.3mm, 6일로 고온다습한 여름날씨를 보였다.

시간대별로 PC방에서 측정된 평균 실내 소음은 저녁이 69dB, 밤이 71dB이고 지역별로 PC방에서 측정된 평균 실내 소음은 주거지역에 위치한 PC방들에서의 소음이 상업지역 및 공업지역에 위치한 PC방들보다 낮았고 통계적으로 유의하였다(P=0.0179, F=5.73).

재료 포집장소인 PC방들의 실내기온은 23℃~27℃범위에 있었고 평균 실내기온은 24.6℃이었다. PC방들의 실내 상대습도는 35%~60% 범위에 있었고 평균 실내 상대습도는 50.3 %이었다. PC방들의 중심조도는 10~70Lux 범위에 있었고 평균 실내 중심조도는 24Lux였다. 그리고 PC방의 실내 소음정도는 55.6~77.2dB범위에 있었고 평균 실내소음은 70.28 dB 이었다.

PC방 이용자 70명을 대상으로 실시한 설문조사에서 PC방 이용자들의 연령대는 20대(20~29세):45명(64.3%), 10대(10~19세):19명(27.1%), 30대(30~39세):6명(8.6%)으로 나타나서 청소년들이 많이 이용하는 것으로 나타났다. PC방 이용자들의 성별은 남자:62명(88.6%), 여자:8명(11.4%)로 나타나서 남자들이 많이 이용하는 것으로 나타났다.

1일간 PC방만 평균 사용시간은 응답자의 절반이상이 2시간 이내를 사용한다고 응답하였다. 0~2시간:35명(51.5%), 4~6시간:13명(19%), 2~4시간:12명(17.6%), 6~8시간:4명(5.9%), 8시간 이상은 4명(5.9%)순으로 나타났다.

<Table 1> General characteristics of indoor environment by search time at 15 PC rooms

Characteristics	Indoor environment Mean±SD (n=15)		
	Evening	Night	Total
Size (m ²)	139.94±35.82		
Number of fan	5± 1.78		
Number of pc	38± 6.86		
Illumination (lux)	24±17.65		
Temperature (°C)	25.8±0.86	25.2±0.77	25.5±0.71
Humidity(%)	50±6.52	50.7±6.73	50.33±6.14
Noise(dB)	69.2±5.27	71.4±2.86	70.28±3.58

PC 방내에서 이용자들의 흡연유무는 흡연자가 32명(46.4%) 비흡연자가 37명(53.6%)로 나타나서 비흡연자가 약간 많았다.

2. TSP와 TSP중 중금속 농도값

1) TSP 농도값

(1) 시간대별, 지역별 PC방 실내공기에서의 TSP 평균농도값과 표준편차값은 <Table 3>과 같다.

시간대별로 본 TSP 평균농도는 저녁보다 밤이 더 높았으나 통계적 유의성은 없었다.

지역별로는 상업지역군, 주거지역군, 공업지역군 중 공업지역군의 TSP 평균농도가 가장 높았으나 유의하지 않았다.

2) TSP중 중금속 농도

시간대별, 지역별 pc방 실내공기에서의 TSP중 중금속

속 평균 농도값은 <Table 4>와 같다.

저녁에 평균 Zn농도가 가장 높았던 군은 상업 지역군이었고 밤에는 주거 지역군이 가장 높았다.

평균 Pb농도는 저녁에는 공업 지역군이 제일 높고 밤에는 상업 지역군이 높았으며 주거지역은 저녁과 밤 모두 제일 낮았다.

평균 Cd의 농도는 저녁보다 밤이 높았다. 저녁에는 공업 지역군과 상업 지역군이 동일하게 높았고 밤에는 상업 지역군이 가장 높았다.

평균 Cr농도는 주거 지역군이 제일 높았다. 저녁에는 상업 지역군이 제일 낮고 밤에는 공업 지역군이 제일 낮았다.

중금속 농도와 지역군간에는 통계적으로 유의하지 않았다.

TSP중 중금속 분포는 Zn> Cr> Pb> Cd순이었다.

3) TSP 및 TSP중 중금속 농도와 PC방 환경요인 간의 상관관계

<Table 2> General characteristics of PC room visitors at PC rooms

Characteristics	Level	PC room visitors n=70 (%)
Age (years)	10 ≤ <20	19(27.1)
	20 ≤ <30	45(64.3)
	30 ≤ <40	6(8.6)
Sex (number)	Male	62(88.6)
	Female	8(11.4)
PC room usage time per day (hours)	≤2	35(51.5)
	2 < ≤4	12(17.6)
	4 < ≤6	13(19)
	6 < ≤8	4(5.9)
	8 <	4(5.9)
Smoking (number)	Smoker	32(46.4)
	Non smoker	37(53.6)

<Table 3> Comparison of concentration of TSP according to the regional characteristics

(unit: μg/m³)

Group	Concentration of TSP GM (GSD)		
	Evening (n=15)	Night (n=15)	Total (n=30)
Total (n=15)	139.085 (2.462)	166.216 (2.609)	152.046 (2.076)
Residential area (n=6)	120.675 (1.883)	159.242 (2.543)	138.624 (1.542)
Industrial work area (n=4)	199.882 (1.818)	248.373 (1.840)	222.812 (1.705)
Commercial area (n=5)	123.389 (3.960)	126.901 (3.534)	125.133 (3.009)

<Table 4> Mean concentration of heavy metals at pc rooms by search area search time
(unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Group	Concentration of heavy metals GM (GSD)			
	Zn	Pb	Cr	Cd
Residential area(n=6)				
Evening	2.540 (3.348)	0.342 (1.575)	0.142 (1.813)	0.014 (3.963)
Night	3.874 (1.441)	0.304 (1.927)	0.162 (2.927)	0.027 (1.777)
Total	3.137 (1.997)	0.322 (1.651)	0.152 (1.636)	0.020 (1.946)
Industrial work area(n=4)				
Evening	1.986 (1.999)	0.581 (1.097)	0.065 (3.900)	0.029 (1.533)
Night	2.103 (3.981)	0.410 (1.422)	0.038 (8.514)	0.035 (1.761)
Total	2.043 (2.225)	0.488 (1.176)	0.050 (5.449)	0.032 (1.524)
Commercial area(n=5)				
Evening	5.849 (1.610)	0.407 (1.906)	0.032 (10.456)	0.029 (1.533)
Night	3.227 (1.946)	0.513 (1.285)	0.065 (5.917)	0.039 (1.761)
Total	4.345 (1.717)	0.457 (1.542)	0.045 (7.146)	0.034 (1.572)
All area(n=15)				
Evening	3.141 (2.591)	0.417 (1.637)	0.070 (4.921)	0.022 (2.604)
Night	3.097 (2.233)	0.392 (1.653)	0.081 (5.138)	0.033 (1.741)
Total	3.119 (2.002)	0.404 (1.540)	0.076 (4.343)	0.027 (1.766)
	0.150ppm (1.514)	0.018ppm (1.12)	0.041ppm (1.685)	0.001ppm (1.5)

TSP 및 TSP중 중금속 농도와 PC방 환경요인간의 상관관계는 <table 5>와 같다.

TSP농도는 Fan수, PC방 실내 넓이, 실내 중심조

도결과와는 각각 유의하지 않았다. 그리고 TSP중 중금속 농도도 Fan수, PC방 실내 넓이, 실내 중심조 결과와도 각각 유의하지 않았다.

<Table 5> Correlation coefficient of Heavy metals by Fan' Size & Illumination

Source	Correlation coefficient of heavy metals							
	Evening (n=15)				Night (n=15)			
	Zn r (P)	Pb r (P)	Cr r (P)	Cd r (P)	Zn r (P)	Pb r (P)	Cr r (P)	Cd r (P)
No. of fans	-0.053 (0.851)	-0.246 (0.377)	0.5017 (0.0567)	0.11826 (0.6747)	0.2636 (0.3424)	-0.6279 (0.0122)	0.19884 (0.4774)	-0.4524 (0.0904)
Size of pc room (m^2)	-0.09438 (0.7395)	-0.04529 (0.8727)	0.1114 (0.6927)	0.13629 (0.6282)	-0.13625 (0.6283)	-0.2979 (0.2807)	0.06918 (0.8065)	-0.5144 (0.0498)
Illumination (Lux)	0.2503 (0.3682)	-0.4547 (0.0886)	0.18815 (0.5019)	-0.09542 (0.7352)	0.00447 (0.9874)	-0.29718 (0.2821)	-0.1797 (0.5216)	-0.1368 (0.6268)
Source	Correlation coefficient of Heavy metals							
	Heavy metals (n=30)				TSP (n=30)			
	Zn r(P)	Pb r(P)	Cr r(P)	Cd r(P)	r(P)			
No. of fans	0.116(0.680)	-0.505(0.055)	0.383(0.159)	-0.121(0.668)	0.175(0.532)			
Size of pc room (m^2)	-0.143(0.611)	-0.199(0.477)	0.099(0.726)	-0.136(0.629)	.0.023(0.934)			
Illumination (Lux)	0.174(0.535)	-0.432(0.108)	0.002(0.995)	-0.147(0.601)	-0.187(0.504)			

Fan : The number of fan at pc rooms

Size : Size of pc rooms

Lighting : Lighting checked in the center of pc rooms

P : P Value

V. 고 찰

비오는 날은 실내습도의 상승과 실외 대기로 부터 유입되는 먼지의 감소로 실내 TSP가 줄어든다. 본 연구는 분진을 포집하는 13일의 기간중 6일간의 강우로 인하여 비교적 분진의 비산이 억제됨에 따라 TSP농도 결과가 낮았다. 장마철의 실내외 TSP 감소 현상은 매년 되풀이 되어왔다. 2000년도 군산시 소룡동 관측소에서 측정된 TSP농도에 의하면 황사현상이 있는 3, 4월은 $123\mu\text{g}/\text{m}^3$, $128\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높고 장마가 지는 7, 8월에는 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$, $71\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 낮았다(환경부 대기오염 측정자료, 2000). 그런데 본 연구가 장마 지는 7월에 실시되었음에도 불구하고 몇몇 PC방에서 심한 TSP 오염 문제가 발견되었다. 그래서 본 연구는 TSP로 인한 실내공기 오염 실태 조사를 통하여 문제점을 발견했다는 점에서 의의를 갖는다.

공기중의 분진, 입자상 물질등은 정규분포 보다 대수 정규분포를 한다고 알려져 있다(Moore, 1976). 본 연구에서도 TSP농도가 대수 정규분포를 하므로 기하평균, 기하표준편차, 범위를 사용하였다. 본 연구 대상장소였던 15곳의 실내공기중 TSP농도는 $26\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 874\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 공기 포집시간이 동일한 경우에서 차이가 크게 나타나는 이유는 PC방의 환기 상태, 청소 상태, PC방 이용자의 수, PC방 주변 대기중의 TSP 오염정도에 의한 영향으로 생각된다.

본 연구에서 조사된 TSP농도를 실내공기기준과 비교하려고 했으나 아직 실내환경기준이 정해지지 않았으므로 TSP 대기기준과 비교하였다. 우리나라 공중위생법의 대기환경기준은 년평균 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24시간 평균 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 본 연구는 24시간 TSP 평균기준치보다 높은 곳이 30곳중 7곳으로 심한 TSP 오염을 보여 TSP에 대한 관리가 필요하다고 판단된다.

본 연구에서 조사된 TSP농도를 다른 실내에서 실시된 연구결과와 비교해 보면 여름철 중학교 교실내 공부시간중에 오전 평균 $750\mu\text{g}/\text{m}^3$, 저녁 평균 $1110\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도였으며(이영길, 백남원, 1987), 본 연구의 PC방 저녁 TSP농도가 중학교 교실 저녁 TSP 농도의 0.125배였다. 이는 실내 거주자수, 실내 거주자의 거주시간, 환기구 설치정도 등의 차이에서 기인된다고 생각한다.

본 연구에서 조사 시간에 따른 TSP농도 차이를 다른 국내 연구결과와 비교해 보았다. 오전보다 오후가 1.3~2.2배 높았으며(이영길, 백남원, 1987) 본 연구에서 측정된 TSP농도는 저녁보다 밤이 1.03~1.32배 높아서 늦은 시간일수록 TSP가 높다는 비슷한 결과가 나왔다.

본 연구에서 Zn농도 결과를 다른 국내의 연구결과들과 비교해 보았다. 가정집이 0.0049ppm, 음식점이 0.0052ppm, 복사가게가 0.005ppm, 커피숍이 0.0052ppm의 농도였다(김영란, 1988) 본 연구에서는 0.1496ppm(SD:1.5143)으로 가정집의 30.5배, 음식점의 28.8배, 복사가게의 29.9배, 커피숍의 28.8배 높았다.

Zn농도는 우리나라 대기기준치나 실내기준치가 없으므로 다른 외국 연구 결과들이나 작업장내 기준치와 비교해 보면 미국의 경우 Zn의 평균농도는 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도이고 도심지역에서는 $0.1 \sim 1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 보였다(Davidson, 1977). 대기 중 Zn의 농도는 비교적 낮고 일정하나 기준 농도는 없다. 본 연구에서의 Zn농도는 미국 도심지역보다 1.82배~1.85배 높았다.

Zn의 주요 오염원은 석탄 및 기름오염의 사용, 철 및 비철관련 금속산업, 자동차 타이어 마모, 자동차 브레이크 라이닝, 윤활유 등이다(Hopke, 1985).

본 연구에서 Zn농도가 높은 이유는 Zn이 금속외장에 사용되는 물질이어서 PC방에 있는 PC 특히 마우스가 사용중 마모될 때 외장도금 조각이 떨어져 나가면서 Zn이 배출될 수 있다는 가능성이 제시되었다. 그 외에도 Zn은 군산시 국가산업단지내 철강산업에서 배출되는 오염물질인 Zn, Cd, Cu중 하나이고 타이어 가소제로 포함되어 있으므로 자동차 운행에 따른 마모로 발생되므로 실외에서 먼지와 함께 실내로 유입된 것으로 보인다. 따라서 Zn의 오염원과 유사오염원에 대한 대책을 세워야 할 것이다.

일반적으로 High Volume Sampler로 측정된 경우, 총 부유입자상물질(TSP)의 농도는 옥외와 비교해서 실내가 높다(손부순, 1995). 본 연구에서도 그 양상은 비슷하였다. 본 연구에서의 TSP농도를 실외와 비교하기 위하여 본 연구와 측정지점 및 조사기간이 동일한 실외 TSP농도를 PM10 농도를 이용하여 추정하였다. 군산시 소룡동 측정소에서 조사된 2001년 7

월 PM10 농도는 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며(환경부, 대기오염측정 자료) TSP농도가 PM10 농도보다 20%나 높았다는 결과들(Berico, 1997, 김성천, 1999)로부터 TSP는 $53.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도로 추정되며 본 연구의 소룡동 PC방(공업지역 4곳) 실내공기중 TSP가 저녁에는 3.7배 밤에는 4.6배 더 높았다. 이는 조사지역에서 해풍과 편서풍의 풍향 일치로 발생하는 강한 바람이 발생되어 실외 TSP가 실내로 유입되기는 쉬우나, 실내 환기구의 환기능력은 저하되어 실내공기의 배출은 어렵기 때문에 실외 대기오염물질의 실내 응집현상이 뚜렷이 나타난다. 따라서 강한 바람으로 인한 실외 대기오염물질의 실내 응집을 막기 위하여 주요 풍향에 맞춰서 강한 바람이 건물을 지나갈 수 있도록 창문을 만드는 공학적인 대책이 필요하다.

본 연구에서의 Cd, Pb 농도 결과를 다른 국내연구 결과들과 비교해 보았다. 배운진(1998) 연구에서는 교실분진, 특별실, 실외분진 중의 중금속 함량을 분석한 결과 Cd, Pb의 함량이 특별실>교실>실외의 순으로 나타났다. Fergusson(1986) 연구에서는 뉴질랜드 Christchurch의 주택 실내분진, 도로분진 및 실외토양을 대상으로 Cr, Pb, Zn의 함량을 분석한 결과, 주택 실내분진>도로분진>실외토양 순으로 나타났다.

본 연구에서의 Cd농도 결과를 다른 국내연구결과와 비교해 보았다. 가정집이 0.004ppm, 음식점이 0.005ppm, 복사가게가 0.006ppm, 커피숍이 0.006ppm의 농도였다(김영란, 1988). 본 연구에서는 0.0126ppm(SD:1.5)으로 타 실내공기중 Cd 농도의 최저 0.21배에서 최고 0.32배로 낮았다.

본 연구에서의 Pb농도 결과를 다른 국내연구결과들과 비교해 보았다. 가정집이 0.03ppm, 음식점이 0.07ppm, 복사가게가 0.05ppm, 커피숍이 0.05ppm의 농도였다(김영란, 1988). 본 연구에서는 0.01775ppm(SD:1.12)으로 타 실내공기중 Pb농도의 최저 0.25배에서 최고 0.59배로 낮았다.

본 연구의 TSP중 평균 Cd농도를 타 도시 대기에서의 연구결과와 비교하면 신촌 및 불광지역은 $7.1\text{ng}/\text{m}^3$ 및 $9.5\text{ng}/\text{m}^3$ 이며(신동천 등, 1994) 본 연구결과는 신촌보다 저녁은 3.1배, 밤은 4.6배 높았고 불광보다 저녁은 2.3배, 밤은 3.5배 높았다. 이는 실내공기와 실외 대기중 오염 정도의 차이와 서울시내 대기오염과

군산시내 대기오염 정도의 차이의 영향에서 기인된다고 생각한다.

본 연구의 TSP중 평균 Cr농도를 타 도시 대기에서의 연구결과와 비교하면 신촌 및 불광지역은 $4.2\text{ng}/\text{m}^3$ 및 $4.7\text{ng}/\text{m}^3$ 인데(신동천 등, 1994) 본 연구결과는 신촌보다 저녁은 16배, 밤은 19배 높았고 불광보다 저녁은 14배, 밤은 17배 높았다. 이는 Cr이 Zn과 함께 금속 외장도금에 사용되므로 PC외장도금이 벗겨지면서 공기중으로 나온 것으로 생각된다.

본 연구의 중금속 함량분포를 타 연구결과와 비교하여 보면 Pb>Cr>Cd 순이었으며(김현상, 1998) 본 연구에서는 Zn>Cr>Pb>Cd 순으로 Pb, Cr, Cd 함량순서가 동일하였다.

본 연구의 PC방 이용실태를 국내 연구결과들과 비교하면 이용자는 젊은 사람이 많았고 PC방을 이용하면서 느끼는 자각증상은 두통이 65%, 코의 자극, 호흡곤란, 기침이 60%, 50%, 40%였고 안통, 현기증, 답답함을 호소하였고(박용선, 2001) 전체 379명중에서 22.2%인 84명이 청소년이었는데 상업지역에서는 이용자의 9.5%인 27명이 청소년이었고 주거지역에서는 94명중 60.6%인 57명이 청소년이었으며(황규석, 2000) 본 연구에서도 젊은 층이 많았고 두통이 68.6%, 목의 통증이 62.9%였고 안통도 호소하여 비슷한 결과가 나왔다.

PC방 실내환경요인은 타 국내 연구결과가 없어서 타 PC방들과 비교하지 못했다. 대신 실내 환경기준과 비교해 보았다. 실내 중심 조도는 우리나라 공중 위생법상의 실내 환경기준이 100 Lux 이상 유지 및 일본 학교 환경기준인 200 Lux이상인데 본 연구에서는 평균 24 ± 17.65 Lux로 실내 환경기준에 크게 미치지 못하였다.

VI. 맺 음 말

본 연구는 PC방 TSP를 조사 분석하기 위해서 시행되었다. 일개 지방도시의 일부 PC방에서 발생하는 부유분진의 농도와 부유분진중에 포함된 중금속의 농도가 측정되었고, 부유분진농도 및 중금속 함량과 PC방 실내 상태 요인과의 통계적 상관을 각각 분석하였는데 그 결과는 다음과 같다.

1. PC방 실내환경은 다음과 같다. 중심조도가 평균 24 Lux이고 PC대수는 평균 37대이고 인공 환기구수는 평균 7대이고 PC방 실내면적은 평균 139.94 m²였다.
2. PC방 이용자들의 연령대는 20대(20~29세): 45명(64.3%), 10대(10~19세): 19명(27.1%), 30대(30~39세): 6명(8.6%)으로 나타났다. 1일동안 PC방 사용시간은 35명(51.5%)의 응답자가 2시간 이내를 사용한다고 응답하였다.
3. TSP 평균농도는 저녁 (139.085 (2.462) $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 보다 밤 (166.216 (2.609) $\mu\text{g}/\text{m}^3$)이 더 높았다.
4. TSP 평균농도는 공업지역 > 주거지역 > 상업지역 순이었다.
5. TSP중 중금속 함량의 분포는 Zn > Cd > Pb > Cr 순이었으며 Zn의 농도가 중금속들중 가장 높은 것으로 나타났으나 유의성은 없었다.
6. TSP 및 중금속들과 PC방 실내환경 요인과는 통계적으로 상관성이 없었다.

참 고 문 헌

- 김성천 (1999). 기후상태가 PM10 및 일부 금속원소 농도에 미치는 영향. 韓國環境衛生學會誌, 25(2): 39-47.
- 김성천, 강달선, 차영희 (2000). 대기 부유분진의 입경별 특성에 관한 연구. 한국환경위생학회지, 26(2): 108-115.
- 김성천, 강달선, 임성호 (2000). 호흡성 분진의 위해성 평가 및 오염원 추정. 군산대학교 토목환경공학부.
- 김영란 (1988). 실내공기중 중금속 오염에 관한 연구. 경희대학교 환경과학과 석사학위논문, 7-25.
- 김현상 (1998). 지하철내 부유분진(TSP)과 중금속 농도분포에 관한 연구. 건국대학교 산업대학원 환경공학과 석사학위 논문, 19-72.
- 박용선 (2001). PC방에서의 간접흡연에 따른 요충 코티닌의 농도. 가톨릭대학교 산업보건대학원. 80.
- 배운진 (1998). 서울시 강서구·양천구 중학교 실내외 분진의 중금속 오염에 관한 연구. 이화여자대학교 교육대학원 지구과학교육전공 석사학위 논문. 71-73.
- 손부순 (1995). 실내공기오염. 신평출판사, 46.
- 신동천, 정용, 김중만, 임영옥 (1994). 서울시 대기 부유 분진중 중금속에 대한 발암 위해성 평가. 한국 대기 보건학회지, 10(2): 105-115.
- 이영길, 백남원 (1987). 중학교 학생들의 분진폭로에 관한 조사연구. 韓國環境衛生學會誌, 13(22): 5-33.
- 황규석 (2000). 서울시내 pc방에서의 환경성 담배연기(ETS)농도에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 :17-18.
- Berico, M., Luciani, A., and Formignani, M. (1997). Atmospheric aerosol in urban area measurements of TSP and PM 10, standards and pulmonary deposition assesment standards. Atmospheric Environment, 31(21): 3609-3622.
- Davidson, C. I. (1977). The deposition of trace metal-containing particles in the Los Angeles area. Powder Technol, 18: 117-126.
- Fergusson, J. E., Forbes, E. A., Schroeder, R. J., and Ryan, D. E. (1986). The Elemental Composition and Sources of Home Dust and Street Dust. Sci. Total Environ, 50 : 217-221.
- Greenberg, Arnold, E. (1992). standard methods for the examination of waster and wastewater. d preliminary treatment of samples 3030E. nitric acid digestion. American public health association washington. DC.:18:3-5.
- Hernandez, E., Martin, F., Valero, F. (1992). Statistical forecast medels for daily air particulate iron lead concentration for Madrid Spain. Atmos Environ, 26:107-116.
- Hopke, P. K. (1985). Receptor Modeling in Environmental Chemistry, John Willy & Sons.
- Kiekens, L. (1995). Heary Metals in soils. Balcky Academic & Professional.
- Lyons, J. M., C., Venkataraman, H. H., Main, and S. K. Friederlander (1993). Size

distributions of trace metals in the atmosphere environment, Atmospheric Environment.

Mathai, C. V., Stomefield, D. H. (1988). PM10, Implementation of standards, 12-11.
 Moore, J. W., and Moore, E. A. (1976). Environmental Chemistry, Academic Press, Inc. 208-211.
 Whitby, K. T., Husar, R. B., and Lm, B. Y. H. (1972). The aerosol size distribution of L.A. smog, J. Col&Inter Sci, :39:203.

설문지 내용

설문지

1. 상호 : (),
 조사시간대(4pm~9pm, 9pm~2am)
2. 당신의 나이는 몇 살입니까? (세)
3. 당신의 성별은 무엇입니까? (남, 여)
4. 당신은 오늘 PC방에서 몇 시간 동안이나 있을 계획입니까? (시간 분)
5. 당신은 1주일에 집, PC방, 학교등에서 PC를 몇 시간이나 사용합니까? (시간 분)

6. 당신은 PC방에서만 1주일에 몇 시간이나 PC를 사용합니까? (시간 분)
7. 당신은 담배를 피우십니까? (예, 아니오)
 8번과 9번 문항은 담배를 피우는 사람만 대답하세요.
8. 담배를 피운다면 하루에 몇 개피나 피우십니까?
 (개피)
9. 담배를 피운다면 오늘 이 PC방에서는 하루에 몇 개피나 피울 생각입니까? (개피)
10. PC방에서 게임을 할 때 피로를 많이 느끼는 부분은 어디입니까? 여러 개를 선택해도 됩니다.
 (머리, 눈, 목, 허리, 어깨, 손가락, 손목)
11. PC 방에서 게임을 할 때 불안감을 느끼거나 쓰러진 적이 있습니까? (예, 아니오)
 12번과 13번 문항은 불안감을 느끼거나 쓰러진 적이 있는 사람만 답하세요.
12. 당신 가족중에 PC방 사용을 반대하는 사람이 있었습니까? ()
13. 평상시 텔레비전을 볼 때도 동일한 증상이 일어난 적이 있습니까? ()
14. PC방 환경을 개선하기 위해서 꼭 필요한 것을 무엇이라고 생각하십니까? ()

ABSTRACT

The Concentration of TSP and Heavy Metals in the Indoor Air of Local PC Rooms

Cha, Hyun Su

(Department of Occupational Health Nursing, Graduate School of
Occupational Health, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea)

This study was carried out to investigate and analyze TSP of the PC rooms. The concentration of the total suspended particulate and heavy metals contained in the total suspended particulate of the 15 PC rooms located in one local city were measured. The statistical correlation coefficients between the total suspended particulate and factors of the indoor condition (number of fan or size of pc room, illumination), between the heavy metals and factors of the indoor condition were studied.

The results are as follows:

1. The factors of the indoor condition of the 15 PC rooms are as follows. Average illumination was 24 luxes. Average number of computers installed were 37. Average number of the fans was 7. and the size of investigated PC rooms was 139.94 m².
2. The mean age of the subjects was 21.8 years old.
they (51.5%) used the 15 pc rooms for fewer than 2 hours per one day.
3. The mean concentration of total suspended particulate(TSP) is lower in the evening {139.085 (2.462) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ } than the night {166.216(2.609) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ }.

4. The mean concentration of total suspended particulate was industrial work area> residential area> commercial area.
5. The distribution of heavy metals were indicated as Zn> Cr> Pb> Cd in the indoor air at PC rooms. and the concentration rate of Zn was the highest among heavy metals. but this increase didn't show any relationship with many factors of indoor condition (number of fan or size of pc room, lighting)
6. The concentration of TSP & heavy metals didn't have any relationship between the factors of indoor environment (number of fans, size of pc room, lighting).

Key words : TSP concentration, Zinc concentration, Lead concentration, Chromium, concentration, Cadmium concentration, indoor air, pc room