

부산 지역 사무실 실내 공기질 조사

정기호[†] · 천태영*

부산대학교 화학과, *부산대학교 환경대학원 환경과학과

Study of Indoor Air Quality from the Several Offices in Busan Area

Gi Ho Jeong[†] and Tae-Young Chon*

Department of Chemistry, Pusan National University, Gumjeong-gu Jangjeon-dong San-30, Busan 609-735, Korea

*Department of Environmental Sciences, Graduate School of Environment, Pusan National University,
Gumjeong-gu Jangjeon-dong San-30, Busan 609-735, Korea

The indoor air quality was investigated from the six offices in Busan Metropolitan City. The indoor concentrations of PM₁₀, CO₂, CO and HCHO were determined and outdoor levels of CO and PM₁₀ were compared with those of indoor levels. Three offices were located in the industrial area and the others were in the commercial area. The concentration ranges (means and standards deviations) of PM₁₀, CO₂, CO and HCHO were 140.7-67.4 (109.0 ± 27.0) µg/m³, 592.0 - 1,060.0 (776.4 ± 169.1) ppm, 1.4 - 3.1 (2.0 ± 0.8) ppm, and 8.3 - 21.1 (16.2 ± 5.1) µg/m³, respectively. The pollutant concentrations were about 1.5 times higher in the industrial area than those of in the commercial area.

Key words : Indoor air quality, Acetaldehyde, Carbon monoxide, Carbon dioxide, Particulate matter

1. 서 론

일상생활의 대부분을 주택, 사무실, 지하 공간 등에서 보내고 있는 현대인은 실내 공간 환경의 영향을 많이 받게 되어 있다. 실내 공기질과 관련된 화학적 인자는 입자상 물질과 가스상 물질로 나눌 수 있으며, 입자상 물질은 먼지, 중금속, 석면 등이고 가스상 물질은 휘발성 유기화합물, 포름알데히드, 아황산가스, 질소산화물, 일산화탄소, 라듐 등이 있다. 생물학적 인자로는 곰팡이, 세균, 내독소, 꽃가루 등이 있다.

사무실 내 각종 오염물질의 발생원으로는 사람의 활동에 의한 피부 및 의복에서의 발진과 연소기구 및 사무기기를 포함한 각종 기구에서 발생하고 각종 건축 자재에서 발생하는 유해 가스 등이 있다^{1,2)}.

우리나라에서 오염된 실내 공기를 관리하기 시작한 것은 1981년 산업안전보건법에 의해 오염 작업장에 대한 관리기준이 마련되고 1986년 유해인자에 대한 허용기준이 제정되면서부터이다. 그리고 2003년 7월 12일

산업안전보건법에 관한 시행규칙을 신설하면서 실내 공기질 관리를 위한 구체적인 관리 기준들이 마련되었다. 국내에서 대기 관리는 실외의 일반대기와 실내대기로 구분하여 관리하고 있다. 실외의 대기에 대하여는 환경부의 대기환경보전법에서 관리하고 있으나, 실내 공기질은 관리법의 목적 및 관리대상 등이 다른 이유로 여러 부처에서 분산하여 관리하고 있다.

노동부는 사무실에서 작업하는 근로자의 사무실 공기 오염에 따른 다양한 건강 장애를 예방하기 위하여 산업안전보건법의 '산업보건기준에 관한 규칙'에 「사무실 오염으로 인한 건강 장애의 예방」을 신설하였고 호흡성 분진(PM₁₀), 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO), 포름알데히드(HCHO) 등 4개 항목에 관한 실내 공기질 기준을 제시하고 있다³⁾. 이와 같이 실내 공기질을 관리하고 개선 할 수 있는 근거를 마련하고 있으나, 관련 규정 등이 의무가 아니라 권고의 개념으로 국한되어 있는 문제점이 있다.

본 연구의 목적은 부산광역시의 공단지역과 상업지

[†]To whom correspondence should be addressed.

역에 위치한 사무실의 실내 공기 오염물질의 농도 수준을 파악하여 쾌적한 실내 근무 환경을 조성하는 데 필요한 기초 자료를 제공함으로써 근무 환경에 대한 관심을 높이기 위한 것이며 다음과 같은 내용을 파악하고자 한다.

첫째, 근로자들의 실내 환경에 대한 인식도.

둘째, 사무실 내의 PM₁₀, CO₂, CO, HCHO 농도 수준과 온도와 습도 등 물리적 특성.

셋째, 공단지역과 상업지역 사무실의 실내 공기 오염물질의 농도 차이.

2. 재료 및 방법

2.1. 실내 공기질에 대한 인식도 조사

사무실 근로자 대상의 설문조사는 근로자들이 실내 공기질에 대한 인식도를 평가하였다. 평가 항목은 일반 사항으로서 성별, 연령, 근무시간, 흡연 여부가 포함되고, 공기질에 대한 인식도로서 공기의 신선도, 온도와 습도 조건, 냄새 및 건강 만족도 등이 포함되어 있다. 설문조사는 측정기간에 1회씩 실시하였다.

설문지는 NIOSH (National Institute for Occupational Health and Safety)에서 사무실 근로자의 건강 예방을 위해 개발한 설문지 중 필요항목을 선정하여 작성하였다⁴⁾.

2.2. 사무실 실내 공기 오염물질 측정

2.2.1. 측정 기간 및 측정 장소

사무실의 실내 공기 오염물질을 측정하기 위하여 2005년 3월 11일부터 4월 14일까지 부산지역 내에 위치한 사무실 중 공단지역에 위치한 사무실 3곳과 상업지역에 위치한 사무실 3곳을 선정하였다. 공단지역은 부산광역시 사상구 사상공단에 위치한 사무실 3곳을 선정하였으며 상업지역은 부산광역시 연제구 연산로터리 근처에 위치한 사무실 2곳과 부산진구 부전동에 위치한 1곳을 선정하였다. Table 1은 측정 대상 사무실의 일반적인 특성을 나타낸 것이다.

측정시간은 사무실 근로자들의 주 근무시간대인 오전 9시부터 오후 5시까지 각 오염물질별 특성에 맞게 사무실 실내 공기 오염물질을 측정하였다.

사무실이 위치한 지역의 대기 환경을 알기 위하여 부산광역시 보건 환경 연구원에서 운영하는 대기오염도 자료⁵⁾ 중 사무실이 위치한 곳에서 가까운 지점(감전

Table 1. General descriptions of the office investigated

Location	Measurement point	Area, m ²	Ventilation system	Number of employee	
Industrial Area	A	1 st Floor	165	Natural	25
	B	1 st Floor	132	Natural	16
	C	1 st Floor	116	Natural	23
Commercial Area	D	3 rd Floor	198	Central	19
	E	2 nd Floor	231	Central	30
	F	4 th Floor	148	Natural	25

동, 연산동, 전포동)의 자료를 검색하였으며 사무실 측정 시간인 오전 9시부터 오후 5시까지의 매 시간 측정치를 검색하였다.

2.2.2 측정 항목 및 방법

사무실 실내 공기 오염 물질의 측정 항목은 산업 보건기준에 관한 규칙에 의한 근로자의 건강 장애를 예방하기 위하여 설정한 PM₁₀, CO, CO₂, HCHO 등 4개 항목과 일반적인 온도와 상대 습도를 측정하였다.

온도와 습도는 직독식 Digital Temp/Humidity Meter (TSI8720, U.S.A.), 이산화탄소는 직독식 CO₂ Gas Detector (TSI8732, U.S.A.), CO는 직독식 복합형 가스 측정기 (Gostec GOMMH-3C)로서 측정하였다. 사무실의 실내 공기 오염물질의 측정은 사무실 공간의 규모를 고려하여 2개의 대표점을 선정하여 근로자가 의자에 앉아서 작업을 할 경우에 호흡하는 위치인 바닥 위 130 cm에서 실시하였다. 사무실의 물리적 특성을 알기 위한 온도와 상대습도 그리고 CO와 CO₂는 10:00-11:00, 13:00-14:00, 16:00-17:00에 각각 1회씩 3회 직독식 장비를 사용하여 측정하였다.

PM₁₀은 0.5 μm의 공극을 가진 PVC 여과지(SKC)를 37 mm 3단 카세트 홀더에 담은 후 호흡성 분진 채취용 기구인 PM₁₀ Sampler (SKC, USA)를 장착하여 2.0 lpm의 유량으로 개인 시료 채취기 (Gilian Inc.)를 이용하여 시료를 채취하였다. HCHO는 알데히드에 특이적으로 반응하는 2,4-DNPH (2,4-Dinitrophenylhydrazin)가 코팅된 실리카 흡착 튜브(SKC Cat. No. 226-119)를 이용하여 0.5 lpm의 유량으로 8시간 동안 시료를 채취하였다.

채취된 PM₁₀ PVC 여과지는 시료채취 전과 동일한 건조기에 비슷한 시간 동안 방치한 후 화학전평 (Satorius, MCI)으로 무게를 측정하였다. 공시료 값으로 보정한 시료 채취 전·후의 무게를 공기 채취량으로 나누어 공기 중의 PM₁₀ 농도를 산출하였다.

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1) \times 1000}{V}$$

- W₁ : 시료 채취 전 필터 무게(mg)
- W₂ : 시료 채취 후 필터 무게(mg)
- B₁ : 시료 채취 전 공시료 평균 무게
- B₂ : 시료 채취 후 공시료 평균 무게
- V : 공기 시료 채취 총량(l)

HCHO 농도는 공기 중의 HCHO를 2,4-DNPH (2,4-Dinitrophenylhydrazine)가 코팅된 실리카로 채취하여 hydrazone 유도체를 형성 시킨 후 acetonitrile로 탈착시켜 HPLC-UV를 이용하여 분석하였다⁶⁾.

시료 전처리는 흡착 튜브의 앞 층과 뒤 층을 각각 다른 바이알에 넣은 후 각 바이알에 acetonitrile 1 ml를 넣고 30분간 가끔 흔들면서 방치한다. 검량선 작성은 알데히드 표준 용액(2,4-DNPH-formaldehyde, Supelco, Lat No LB 21465)을 이용하여 0.1-22 mg/sample 정도가 포함된 적절한 범위에서 5개 표준 용액을 이용하여 검량선을 작성하였으며 3개 농도 수준에서 각 3개씩의 흡착 시료와 3개의 공시료를 이용하여 탈착효율(DE, Desorption Efficiency)을 아래식과 같이 구하였다.

$$\text{탈착효율(DE)} = \frac{\text{검출량}}{\text{주입량}}$$

분석기기는 HPLC-UV(Waters, Alliance)를 이용하였고 기기 분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

분석 물질의 농도는 아래 식에 따라서 계산하였다.

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V * DE}$$

- C: HCHO의 농도(mg/m³)
- W_f : 시료 앞 층의 양(μg)
- W_b : 시료 뒤 층의 양(μg)
- B_f : 공시료 앞 층의 양(μg)
- B_b : 공시료 뒤 층의 양(μg)

Table 2. The analytical conditions of the HPLC system

Parameter	Analytical conditions
Sample loop volume	20 μl
Eluent	45:55(Acetonitrile : Waters)
Flow rate	0.9 ml/min
Separator column	Xterra C ₁₈ RP 5 μm 4.6*100 mm
Detector wavelength	360 nm

V : 채취 공기량(l)

DE : 탈착 효율

3. 결과 및 고찰

3.1. 사무실 근로자의 실내 공기질 인식도 조사

사무실 내 공기 중 오염물질의 농도 측정과 병행하여 사무실 근로자들의 사무실 환경에 대한 설문조사를 실시하였다. 근로자 중 107명(공단지역 45명, 상업지역 62명)이 설문조사에 응답하였으며, 응답자들의 일반적인 특성은 Table 3과 같다.

설문 응답자의 남녀 구성비는 남자 57명(53.3%), 여자 50명(46.7%)이었으며, 연령대는 30-40세가 54명(50.5%)로 가장 많았으며, 30세 이하 28명(26.2%), 그리고 41-50세가 18명(16.8%)이며 50세 이상이 7명(6.5%)이었다. 흡연자는 35명(32.7%)으로서 비흡연자(63.7%)의 절반 정도로 나타났다. 본인의 건강 상태에 대해서는 92명(86.0%)이 보통 이상이라고 응답하였다.

Table 4는 사무실 공기의 신선도, 온도와 습도 조건, 냄새, 만족도 그리고 건강의 자각 증상에 대하여 근로자들이 느끼는 정도를 평가한 결과이다. 사무실 근로자들이 느끼는 실내 공기는 상태는 '나쁘다'가 69명(64.5%), '매우 나쁘다'가 17명(15.9%)으로 86명(80.4%)이 부정적 답변을 하였다.

지역간 요인에서 공단지역의 근로자들(91.1%)이 상업지역의 근로자들(74.2%)보다 사무실 실내 공기질에 대해서 더 부정적인 경향을 나타내었지만, 성, 흡연 유무, 근무시간, 나이에 따라서 별다른 차이를 보이지 않았다. 향후 사무실의 실내 공기질 평가에 대해서는 95

Table 3. Demographic results by employees

Parameter	Category	Number	Proportion, %
Area	Industrial	45	42.1
	Commercial	62	57.9
Gender	Male	57	53.3
	Female	50	46.7
Age	<30	28	26.2
	31-40	54	50.5
	41-50	18	16.8
	50<	7	6.5
Working Time	>8hr	7	6.5
	>10hr	83	77.6
	10hr<	17	15.9
Smoking Status	Smoker	35	32.7
	Nonsmoker	72	67.3

Table 4. The employee's perception about the indoor environment

Questionnaire	Frequency(%)				
	Strong agree	Agree	Neither	Disagree	Strong disagree
The health situation is good.	11(10.3)	42(39.3)	39(36.4)	13(12.1)	2(1.9)
Indoor air is fresh.	1(0.9)	4(3.7)	15(14.0)	71(66.4)	16(15.0)
Experienced Subjective symptoms	5(4.7)	63(58.9)	31(29.0)	7(6.5)	1(0.9)
Temperature is comfortable.	3(2.8)	25(23.4)	68(63.6)	11(10.3)	0(0)
Humidity is low.	9(8.4)	62(57.9)	32(29.9)	4(3.7)	0(0)
Air smells pleasant.	3(2.8)	6(5.6)	33(30.8)	51(47.7)	14(13.1)
Satisfied with the environment.	2(1.9)	14(13.1)	42(39.3)	44(41.1)	5(4.7)
A legal assessment is necessary.	57(53.3)	38(35.5)	8(7.5)	4(3.7)	0(0)

명(88.8%)이 법적으로 정기적인 평가가 필요하다고 답변하였다.

3.2. 사무실 실내 공기질 측정 결과

Table 5는 부산지역 내 공단지역(A, B, C)과 상업지역(D, E, F)의 사무실에서 측정한 자료들이다.

사무실의 평균 온도는 $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 로 나타났으며 습도는 $32.9 \pm 3.9\%$ 로 나타났다. ASHRAE에서 권고하고 있는 기준은⁷⁾ 상대 습도 30-60%, 겨울철 실내온도 $20.0-23.5^\circ\text{C}$ 와 여름철 실내온도 $23.0-26.0^\circ\text{C}$ 와 비교하여 보면 온도는 모두 적정 온도를 유지하고 있었으나 사무실 C, D(23.5°C)와 사무실 A(23.4°C)의 온도가 적정 온도의 상한 온도로 유지되고 있었다. 이 결과는 사무실 근로자들의 80.4%가 실내 공기 상태가 나쁘다는 부정적인 답변과는 다른 결과이다. 사무실 근로자들의 부정적인 답변은 공기의 신선도, 냄새 등 온도 이외의 인자에 기인된 것으로 보인다.

사무실의 습도는 30.1-39.1%의 범위에 나타났다. 이는 ASHRAE에서 권고하는 기준에는 적합하지만 최소 기준인 30%에 근접하여 실내가 건조하다는 것을 알 수 있고 이는 앞의 설문조사에서 사무실 근로자의

66.3%가 ‘실내 공기의 습도가 낮다’고 답변한 것과 일치되고 있다.

한 사무실의 2개 지점에서 서로 다른 시간대에 3회 측정하여 평균한 CO_2 의 평균 농도는 776 ± 169 ppm이었으며 공단지역 사무실 A가 $1,060 \pm 170$ ppm으로 가장 높게 나타났으며 상업지역 사무실 F에서 592 ± 37 ppm으로 가장 낮게 나타났다. CO_2 는 사무실 근로자의 건강에 큰 영향을 주는 물질은 아니지만, 실내 공기 오염 정도를 파악 할 수 있는 지표 물질이며 주 발생원은 사람의 호흡정도에 비례하여 나타난다. 우리나라 산업안전보건법의 기준농도는 1,000 ppm으로 설정하고 있다³⁾. 공단지역에 위치하고 있는 사무실 A의 경우 CO_2 농도가 1,060 ppm으로 조사한 곳 중 유일하게 기준치를 초과하였으며 측정한 다른 인자들을 살펴봐도 외부 CO 농도를 제외하고 가장 문제점이 많은 사무실 환경임을 알 수 있다.

사무실 포름알데히드(HCHO) 농도는 한 사무실의 2개 지점에서 8시간 동안 측정하여 HPLC로 분석한 평균 농도를 나타낸 것이다. 전체 사무실의 HCHO 평균 농도는 $16.2 \pm 5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 사무실 C에서 $21.1 \pm 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높고 사무실 F가 $8.28 \pm 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로

Table 5. Physical factors and concentrations of pollutants in the offices from the industrial area (A, B, C) and the commercial area (D, E, F) of the Busan Metropolitan City

	A	B	C	D	E	F
Temp. $^\circ\text{C}$	23.4	20.8	23.5	23.5	22.2	21.6
Humidity, %	32.2	38.9	38.1	31.5	37.0	30.1
CO_2 , ppm	1,060.0	734.5	866.7	729.7	675.5	592.0
HCHO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19.8	16.2	21.1	12.3	19.3	8.3
CO, Indoor ppm	3.0	1.4	3.1	1.7	1.5	1.4
CO, Outdoor ppm	0.5	0.3	0.7	0.6	0.6	0.4
PM_{10} Indoor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	140.7	115.5	136.5	92.4	101.8	67.4
PM_{10} Outdoor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	88.3	82.3	93.6	61.0	72.9	48.3

가장 낮게 나타났다. 모든 사무실에서 우리나라 산업안전보건법의 사무실 근로자의 HCHO 노출 기준 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 실내 공기질관리법의 유지기준⁸⁾ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 낮게 나타났다. HCHO는 실내 공기 오염의 주요 원인물질로서 단열재로서 흔히 사용되는 우레탄 수지, 실내가구 외부코팅물질, 가스난로의 연소과정, 접착제로부터의 휘발, 흡연 등에 의해 주로 발생된다.

실내 CO 농도는 한 사무실의 2개 지점에서 서로 다른 시간대에 3회 측정된 평균 농도이며, 외부 농도는 사무실 측정 시간(09:00-17:00)과 같은 시간대에 대기질 자동측정망을 이용하여 구한 평균 농도이다.

전체 사무실의 평균 CO 농도는 2.0 ± 0.8 ppm으로 나타났으며 공단지역 사무실 C의 CO 평균 농도가 3.1 ± 0.7 ppm으로 가장 높았으며 사무실 F가 1.4 ± 0.2 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 우리나라 산업안전보건법과 실내 공기질 관리법에서 8시간 가중 평균치로 10 ppm의 허용 기준을 마련하고 있지만 5 ppm을 넘으면 CO가 적절히 배기되지 못하고 있는 상태로 간주되고 있다. 조사 대상 모든 사무실에서 적정 CO 농도인 5 ppm을 초과하지는 않았지만 사무실 A와 사무실 C의 경우 실내 흡연이 이루어지고 있는 것이 다른 사무실보다 CO 농도가 높게 나타나는 원인으로 보인다. 나머지 4곳의 사무실의 CO 평균 농도는 1.38-1.73 ppm으로 나타나 적정 CO 농도 기준치에 적합 하였지만 대기 중 CO 평균 농도보다 3-6배 정도 높게 나타났다. 이는 실내 주요 CO 발생원인 난방기의 사용과 흡연, 그리고 대기 중의 자동차 배기가스의 실내유입에 따른 배기 환기량이 부족하다는 것을 알 수 있다.

호흡성 분진(PM_{10}) 농도는 실내 평균 농도와 대기질 자동 측정망을 이용하여 사무실 측정 시간(09:00-17:00)과 같은 시간대에 측정된 외부 대기 중의 PM_{10} 의 평균 농도를 나타낸 것이다.

실내 PM_{10} 평균 농도는 109 ± 27.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며 사무실 A에서 140.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높게 나타났으며 사무실 F에서 67.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮게 나타났다. 우리나라의 산업안전보건법은 8시간 가중 평균치로 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 사무실 공기 노출기준으로 제시하고 있다. 사무실 내 PM_{10} 농도는 67.4-141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위로 분포되어 있으며 모두 위의 기준보다 낮게 나타났다. 대기 중 PM_{10} 의 전체 평균 농도는 73.6 ± 20.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었고 48.3-93.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 분포를 나타내고 있다. 실내 PM_{10} 평균 농도는 대기 중 PM_{10} 평균 농도보다 1.4-1.7배 높게 나타났는데 이는 사무실 근로

Table 6. Average values of physical factors and concentrations of pollutants in the offices from the industrial area and the commercial area of the Busan Metropolitan City

Item	Industrial Area	Commercial Area
Temp. °C	22.6 ± 1.5	22.4 ± 1.0
Humidity, %	36.4 ± 3.7	32.9 ± 3.6
CO ₂ , ppm	887.1 ± 163.7	665.7 ± 69.4
HCHO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19.0 ± 2.5	13.3 ± 5.6
CO Indoor, ppm	2.5 ± 0.9	1.5 ± 0.2
CO Outdoor, ppm	0.5 ± 0.2	0.5 ± 0.1
PM ₁₀ Indoor, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	130.0 ± 13.5	87.2 ± 17.8
PM ₁₀ Outdoor, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	86.4 ± 6.2	60.7 ± 12.3

자 업무 활동에 의해 발생하는 미세 먼지들이 적절하게 환기되지 못하고 있는 데 기인되는 것으로 보인다.

상업지역에 위치한 사무실 F의 경우 모든 실내 측정 항목들의 농도가 가장 낮은 수준을 나타내고 있다. 이것은 측정위치가 4층으로서 가장 높은 것도 일부 영향이 있었지만 주변 대기 중 CO 및 PM_{10} 농도가 가장 낮은 것이 더 크게 영향을 미친 것으로 사료된다.

Table 6은 공단 지역과 상업지역의 사무실에서 구한 측정값들의 평균값들을 나타낸 것이다.

두 지역 사무실간의 온도($p=0.919$)와 습도($p=0.308$)는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 실내 공기질 기준 평가에 사용되는 4개 항목에 대하여 공단지역에서 측정된 값들이 전체적으로 상업지역에서 구한 것들보다 높게 나타났다. CO₂, HCHO, 실내 CO 및 외부 CO 농도는 공단지역에서의 평균값이 뚜렷하게 높게 나타났으나 각각 $p=0.097$, 0.18, 0.16 및 0.90으로서 통계적으로 유의한 차이는 아닌 것으로 나타났다. CO 농도는 실내 농도가 외부 농도보다 상업지역에서 3배 정도 그리고 공단지역에서 5배 정도 높게 나타났다. 두 지역의 외부 CO 농도에는 차이가 관찰되지 않았지만 실내 농도는 공단지역에서 보다 높게 나타났다. 이는 공단지역 사무실 근로자들의 실내 공기질에 대한 부정적인 답변율(91.1%)이 상업지역 근로자들의 부정적인 답변율(74.2%)보다 높은 것과도 동일한 경향을 보이는 것이다. 이는 공단지역 사무실 근로자들이 환기에 대한 관심이 보다 낮거나 외부 환경이 환기시기에 부적합하다는 판단을 하는 데 기인된 것으로 보인다.

공단지역 사무실의 실내 PM_{10} 농도는 130.0 ± 13.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며 상업지역에서는 87.2 ± 17.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

m³으로 나타났다. 외부 대기 중 PM₁₀ 농도는 공단지역 87.4±0.15 µg/m³, 상업지역 60.7±15.4 µg/m³으로 공단지역의 PM₁₀ 농도가 높게 나타났다. 공단지역 사무실의 실내 PM₁₀ 평균 농도가 상업지역 사무실보다 1.5배 높게 나타났고, 대기 중 PM₁₀ 평균 농도도 1.4배 높게 나타나 실내와 대기 중 PM₁₀ 농도가 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 실내 PM₁₀ 농도는 대기 중 PM₁₀ 농도의 영향을 가장 크게 받고 있음을 알 수 있다. 두 지역 사무실간 PM₁₀ 실내 농도(p=0.027)와 대기 중 농도(p=0.032)는 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 부산 시내 일부 공단지역과 상업지역의 사무실 6개를 선정하여 사무실 근로자의 실내 공기질에 대한 인식도를 조사하였고, 노동부 산업안전보건법의 「사무실 오염으로 인한 장애의 예방」의 사무실 공기 기준 물질인 호흡성 분진(PM₁₀), CO, CO₂, HCHO의 농도를 측정하고 일반적인 조건을 알기 위해 온도와 습도를 측정하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 사무실 근로자의 실내 공기질 인식도 조사에서 전체 근로자 107명 중 86명(80.4%)이 사무실의 실내 공기질에 대하여 부정적인 답변을 하였으며, 49명(45.8%)이 사무실의 전체적인 환경에 대해 만족하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 부정적으로 답변한 근로자의 경향은 성, 흡연 유무, 근무시간, 나이에 따라서 별 차이를 보이지 않았지만, 공단지역의 근로자들이 상업지역의 근로자보다 더 부정적이었다. 향후 사무실 실내 공기질의 법적 평가 필요성에 대해서는 95명(88.8%)이 필요하다고 응답하였다.

둘째, 조사대상 사무실의 실내 공기질 평가 결과는 평균 온도 22.5°C, 습도는 32.9%로 ASHRAE의 권고 기준에는 적합하였지만, 근로자들은 실내 공기질에 대해 부정적인 인식을 하고 있었으며 실내 공기가 건조하다고 느끼고 있는 것으로 나타났다. CO₂ 평균 농도는 776 ppm으로 나타났으며, 사무실 A에서 1,060 ppm으로 노동부의 산업안전보건법과 ASHRAE의 권고

기준 1,000 ppm을 초과하였다. HCHO 평균 농도는 16.2 µg/m³으로 노동부 산업안전보건법의 실내 HCHO 노출기준 150 µg/m³ 보다 낮게 나타났다.

CO의 실내 평균 농도 2.00 ppm으로 노동부 산업안전보건법의 CO 노출기준 10 ppm에 미달하였으나, 흡연하는 사무실의 CO 농도가 높은 경향을 보였으며, 대기 중 CO의 평균 농도는 0.50 ppm으로 나타났다. PM₁₀ 실내 평균 농도는 109 µg/m³이고, 대기 중 PM₁₀ 평균 농도 73.58 µg/m³으로 나타났다.

셋째 공단지역에 위치한 사무실과 상업지역에 위치한 사무실의 온도와 습도는 지역별로 유의한 차이를 나타내지 않았으며, CO₂와 HCHO 평균 농도는 공단지역 사무실에서 높게 나타났지만 통계적으로 유의하지 않았다. 대기 중 CO의 평균 농도는 비슷하게 나타났으나 실내 CO 평균 농도는 공단지역 사무실에서 보다 높게 나타났다. PM₁₀ 농도는 실내와 대기 모두 공단지역에서 높게 나타났다.

참고문헌

1. 노영만, 이철민, 김석원, 김치년, 김현구, 조기홍, 최호춘, 강성호, 김정민, *한국산업위생학회지*, 2004, 14(3), 270-282.
2. 이철민, 김윤신, 노영만, 김종철, 전형진, 이소람, *한국산업위생학회지*, 2004, 14(3), 251-263.
3. 산업안전 보건법 산업보건에 관한 규칙(2003. 7. 12.), 제4장 제49조 별표 4.
4. NIOSHTIC-2 Database(www2a.cdc.gov/nioshtic-2): M. Gerin and J. Siemiatycki, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1991, 6(6), 495-501.
5. 부산광역시 보건환경연구원 홈페이지(<http://www.bihe.re.kr/>) 자료.
6. 한국산업안전공단, 작업환경측정·분석방법지침(KOSHA CODE A-1-2004), p. 355-366, 분석방법 No. A-1-067. 알데히드류I, II.
7. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, INC.) Standard 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy Atlanta.
8. '다중이용시설 등의 실내 공기질관리법'(일부개정 2003.5.31 법률 제7562호) 동 시행규칙 '다중이용시설 등의 실내 공기질관리법 시행규칙'(일부개정 2006.3.13 환경부령 제201호) 제3조 별표 2.