

석유화학 공장 사무실 공기질과 근로자 자각 증상과의 연관성에 관한 연구

김기연¹⁾ · 김혜정²⁾ · 김현수²⁾ · 김치년²⁾ · 원종욱²⁾ · 노영만³⁾ · 노재훈²⁾*

¹⁾신시내티대학교 환경보건학과, ²⁾연세대학교 의과대학 산업보건연구소

³⁾한양대학교 환경 및 산업의학연구소

(2006년 6월 22일 접수; 2006년 7월 28일 채택)

Relationship Between the Air Quality in Petrochemical Plant and the Subjective Symptoms of Workers

Kiyoun Kim¹⁾ · Hyejung Kim²⁾ · Hyunsoo Kim²⁾ · Chinyon Kim²⁾ · Jonguk Won²⁾
Youngman Roh³⁾ · Jaehoon Roh²⁾*

¹⁾Center for Health Related Aerosol Studies, Department of Environmental Health, Univ. of Cincinnati

²⁾Institute for Occupational Health, College of medicine, Yonsei University

³⁾Institute of Environmental and Industrial Medicine(IEM), Hanyang University

(Received 22 June 2006; accepted 28 July 2006)

Abstract

This research was performed with the subject of 111 offices in a chemical plant of Korea. Airborne concentration level of carbon dioxide, carbon monoxide, formaldehyde and total suspended particulates in the office rooms were measured along with temperature and relative humidity. Simultaneously, general characteristics and subjective health symptoms of 500 office workers were investigated through a questionnaire consisting of the five point weighting method : 0 = not at all, 1 = a little bit, 2 = moderately, 3 = quite a bit and 4 = extremely. Results showed that the mean values for temperature and relative humidity in investigated office rooms were 22.2°C and 34.3%, respectively. The concentrations of formaldehyde, PM₁₀, carbon dioxide and carbon monoxide were 0.17 ppb, 28.8 µg/m³, 0.95 ppm and 424 ppm, respectively. 56.4% of all the workers investigated replied with a sense of fatigue or weariness (mean=2.23), drowsiness or languidness (mean=2.22), sneezing (mean=2.11) and ophthalmia or eye fatigue (mean=2.07). Female workers, non-smokers, non-drinkers, workers who do shift more than nine hours a day, and workers in poor health experienced more subjective symptoms than other workers (p<0.05). Subjective symptoms of office workers were significantly associated with the following items of office characteristics: the purchase date of office equipment, the change of office furniture, the use of paint, smoking in the office, ventilation condition, the use of an individual air-conditioner, the use of a fax machine, the degree of office repair, the proportion of workers per office, the degree of satisfaction in office environment, and the operation hours of the air-conditioner. Also, subjective symptoms were positively correlated with indoor environmental factors such as relative humidity, carbon dioxide level, level of PM₁₀, and formaldehyde (p<0.05). In conclusion, office characteristics and air quality in a chemical plant affected subjective health symptoms of office workers. Thus, in order to improve the health of workers, to enhance work efficiency, and to establish a better office environment, air quality control in office rooms by optimal ventilation, adequately occupied number of workers in one office, and maintenance of office equipment should be fulfilled thoroughly.

keywords : Air quality, Subjective health symptom, Formaldehyde, PM10, Carbon monoxide, Carbon dioxide

* Corresponding author. Tel : +82-2-2228-1867, E-mail : jhroh@yumc.yonsei.ac.kr

1. 서론

현대인은 하루 중 80% 이상을 가정, 차내, 일반 사무실 및 실내 작업장, 공공건물, 상점, 유흥업소 등의 실내에서 생활하고 있는 것으로 조사되어 일반 주택 뿐 아니라 공공건물에서의 실내공기오염에 의한 건강피해가 사회적 문제로 대두되고 있으며, 이로 인해 실내공기오염이 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 중요시 되고 있다(김윤신, 1993). 또한 실내공기질과 관련한 최근 연구 결과에 의하면 실내공기중 1ppb와 1ppm 사이의 농도를 가진 성분이 250여 가지 이상이며, 이는 실내공기를 구성하고 있는 요소가 그만큼 다양하고 복잡하게 구성되고 있음을 의미한다(LaDou, 1997). 선진국에서는 실내공기오염물질이 인체에 미치는 악영향 중 호흡기 질환의 발생 빈도가 가장 높은 것으로 보고하고 있다(Cook, 1971; Caceres 등, 1983; Wark 등, 1981). 이러한 질환들은 건물내 환기시설, 건축자재, 습도유지시설 및 온도조절시설과 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 실내공기질을 개선하고 실내공기오염으로 인하여 기인하는 증상 및 질환을 예방하기 위해서는 체계적인 역학조사와 환기관련기술 및 산업위생평가의 통합적인 연구가 동시에 이루어져야 한다(이경숙 등, 1986).

근로자는 노약자가 포함된 일반시민에 비해 실내공기 오염물질에 대해 신체적으로 병원 저항력이 크다는 측면도 있으나, 공중이용시설 또는 다중이용시설을 간헐적으로 이용하는 불특정 다수 인과는 달리 동일한 공간에 매일 하루 8시간 이상씩 근무하기 때문에 실내공기 오염물질에 노출되는 정도가 집약적일 수도 있다는 측면도 있다. 실내공기 오염물질에 장기간 노출되거나 그것이 과다하게 발생하는 예외적인 작업 또는 활동 등에

의해 초래될 수 있는 건강장해의 위험으로부터 근로자를 보호하고, 나아가 근로자의 삶의 질 향상을 위해 보다 쾌적한 사무환경의 조성이 시급한 실정이다(김영미, 2004). 이에 노동부에서는 2003년 7월 12일 개정된 산업보건기준에 관한 규칙에 “사무실오염으로 인한 건강장해의 예방”을 신설, 사무실 근로자의 건강을 보호하고 사무실 실내공기질을 관리하고 개선할 수 있는 근거를 마련하였다(노동부, 2003).

산업보건기준에 관한 규칙 제 46조에 의하면 “사무실오염물질”이라 함은 분진, 가스, 증기 등과 곰팡이, 세균, 바이러스 등 사무실 공기중에 부유하면서 노출시 근로자에게 건강장해를 유발할 수 있는 물질이라 정의하고 있다. 사무실 실내공기 오염물질에 대한 실태조사 및 사무실 근로자의 건강영향에 대한 평가 연구는 한국환경정책평가연구원 (2001)과 한국산업안전공단 (2004)에서 이미 시행한 바 있으나, 사무실에서 발생하는 대표적인 실내공기 오염물질들을 포괄적으로 평가하지 않아 실태조사의 정확성이 반영되지 못했다.

따라서 화학공장의 특성상 일반 사무실과는 다르게 공장내 사무실이 위치해 있어 작업 현장에서 발생하는 공기오염물질이 사무실내로 유입되어 사무실 근로자의 건강 위해성을 증가시킬 수 있다는 가정과 이러한 제조 사업장을 대상으로 한 국내 연구가 아직 수행되지 않았다는 측면에서 본 연구를 수행하였다. 또한 본 연구는 설문을 통해 얻어진 사무실 근로자의 일반 특성 및 근무 환경 특성과 현장에서 측정된 주요 실내공기 오염물질의 농도 및 및 자각증상과의 연관성을 파악하여 쾌적한 화학공장내 사무실 실내환경 조성을 위한 기초 자료로 활용하고자 하는데 목적을 두었다.

2. 대상 및 방법

2.1 연구대상

일부 화학공장내 111개 사무실을 대상으로 사무실 근로자 500명을 선정하여 2005년 1월 10일부터 3월 25일까지 근로자의 자각증상 경험에 대한 설문조사와 근무환경중 온열인자인 온도와 상대 습도, 가스상 물질인 이산화탄소, 일산화탄소, 포름알데히드와 입자상 물질인 호흡성 분진(PM₁₀)의 농도측정을 동시에 실시하였다. 사무실 특성은 조사표를 작성하여 현장 방문을 통해 조사하였으며, 온도와 습도, 이산화탄소, 일산화탄소, 호흡성 분진, 포름알데히드 등에 대하여 측정 시료 111개를 분석하였고, 설문 대상자 500명중 질문사항 미기재 등 응답이 불명확한 것을 제외시킨 후 417명의 설문조사 자료를 이용해 통계분석을 실시하였다.

2.2 연구방법

2.2.1 설문 조사

본 연구에 적용된 설문 양식은 미국 산업안전보건연구원에서 만든 실내공기질과 작업환경 증상조사 설문지(The Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey, IAQWESS)(NIOSH, 1997; 2003) 중 필요 항목을 선정하여 이 연구에 적합하게 변형하여 작성하였고, 설문조사는 조사 대상자의 일반사항, 사무실의 일반적 환경 그리고 자각증상을 자기기입식 설문조사방식으로 실시하였다.

1) 일반 사항

설문 대상자들의 일반적 사항은 성, 연령, 흡연 유무, 음주유무, 근무부서, 현건물 근무경력, 1일

근무시간, 근무인원, 건강상태에 대하여 조사하고 설문 문항은 총 9문항으로 설문지를 구성하였다.

2) 사무실 환경

설문 대상자들이 근무하고 있는 사무실 환경에 대한 인식도 조사에서는 사무실의 청결도, 위치, 사무실 수리, 공조기의 설치 유무, 공조기 가동 유무, 냉방기 설치유무, 사무실내 흡연유무, 사무실 환기 정도, 온도, 습도, 조명, 사무실 근무인원, 사무실 환경의 만족도에 대한 14문항으로 설문지를 구성하였다.

3) 자각증상

설문 대상자들의 자각증상에 대한 경험을 조사하기 위하여 사무실내의 공기질의 건강영향, 알레르기 질환의 유무, 자각증상 26개 증상, 이 증상의 경험으로서 사무실 환경과의 관련성, 치료유무의 설문문항으로 구성하였다. 설문문항은 5점 척도로 '경험이 없다'에 1점, '경험한 적이 있다'에 2점, '가끔 느끼는 편이다'에 3점, '자주 느끼는 편이다'에 4점, '항상 느낀다'에 5점을 주어 각 문항의 점수를 평균값으로 산출하여 증상경험 점수를 구하였다.

2.2.2 사무실 특성

본 연구대상의 사무실 특성을 조사하기 위하여 조사표를 작성하여 측정기관 및 측정자를 기재하고, 건물관련 기본 조사표에서 공장명, 세부장소명, 건물 형태, 건물 사용 년수를 조사하였고, 측정 장소 기본 조사표에서는 공조시스템 유무, 재실자 수(남/여), 사무실 크기, 측정장소 위치 층수, 사무실내 흡연 유무, 사무가구 최근 구입년도, 최근 구입 사무가구명, 개별 에어컨 사용 유무, 개별

에어컨 사용 형태, 개별 난방기구 사용 유무, 개별 난방기구 사용 형태, 공기 청정기 사용 유무, Fax 사용 유무, 복사기 사용 유무, 레이저 프린터 사용 유무, 창문 개폐 여부, 창문 유무, 기타 특이사항에 대하여 조사하였다.

2.2.3 사무실 실내공기 오염인자 측정

측정 대상 사무실별로 온도, 습도, 이산화탄소, 일산화탄소, 호흡성분진, 포름알데히드를 측정하였는데 온도, 습도, 이산화탄소, 일산화탄소의 측정은 8시간 동안 동일지점에서 직독식 측정기기(TSI Model 8762, IAQ-CALC Inc., U.S.A.)를 사용하여 측정하였고, 호흡성 분진은 오전 9시에서 오후 6시 사이의 8~9시간 동안 37mm pvc filter가 부착된 3단 cassette holder 및 10mm nylon cyclon (Mine Safety Appliance Co., USA)으로 1.7L/min, 8시간 동안 지역시료를 채취하여 채취 전과 후의 중량을 0.01mg까지 판독 가능한 자동 천칭기(Toledo KFX001729, Mettler Co., Germany)를 이용하여 분석하였다. 포름알데히드는 사무실별로 측정된 결과를 평균하여 해당 사무실의 실내공기오염도를 산출하였으며, 알데히드에 특이적으로 반응하는 2,4-Dinitrophenylhydrazine이 코팅된 실리카 흡착튜브(Cat No. 226-119, SKC, USA)를 이용하여 0.5L/min으로 8시간 동안 시료를 채취하여 아세트 니트릴을 사용하여 용매 탈착 한 후 고성능 액체 크로마토그래프/자외선 검출기(Reversed-phase high performance liquid chromatograph, Gilson 715 System, France)를 이용하여 분석하였다.

2.3 통계 분석

윈도우용 SPSS(version 10.0) 통계 package를 통해 근로자의 일반 특성, 사무실의 특성 및 환경,

근로자의 건강장해 및 자각증상을 파악하기 위하여 빈도분석(frequency Analysis)을 실시하였고, 사무실의 건축년도에 따른 실내공기 오염인자에 대한 평균과 표준편차의 기술통계량을 산출하였다. 사무실의 일반 특성에 따른 실내공기 오염도와 사무실 근로자들의 자각 증상 차이를 파악하기 위하여 t검정(Student's t-test)과 일원산 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 자각증상에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위하여 설문문항에 의한 자각증상 경험을 종속변수로, 사무실 특성, 오염물질농도, 일반특성, 사무실 환경을 독립변수로 하여 다중회귀분석(multiple stepwise regression analysis)을 실시하였다.

3. 결과

3.1 화학공장내 사무실 일반 특성에 따른 실내 공기 오염도

사무실의 일반 특성에 따른 실내공기 오염도를 파악하기 위하여 측정 오염물질 농도를 살펴보면 HCHO는 111개 사무실 평균이 0.17ppb였으며 PM₁₀은 28.84 μ g/m³이었고, CO는 0.95ppm, CO₂는 423.78ppm이었다. 사무실 온도는 평균 22.23 $^{\circ}$ C였고, 사무실의 평균 상대습도는 평균이 34.19%였다.

사무실 건축년도에 따라 농도 차이를 분석한 결과 PM₁₀과 CO, 온도에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 사후검정 결과를 통해, PM₁₀은 사무실 연도가 11년 이상인 곳에서 가장 높았으며(p<0.01), CO 농도는 3년 이하 사무실의 농도가 가장 높았다(p<0.001). 온도는 4-10년 사이의 사무

Table 1. Indoor environmental factors of office according to building year.

	≤ 3 years (n=5)		4-10 years (n=62)		≥ 11 years (n=44)		Total (n=111)		p-Value
	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	Mean	±SD	
HCHO (ppb)	0.16 ±0.06		0.17 ±0.10		0.18 ±0.12		0.17 ±0.11		0.903
PM ₁₀ (μg/m ³)	25.57 ±8.64 ^a		25.09 ±16.40 ^a		34.49 ±13.19 ^b		28.84 ±15.53		0.007
CO (ppm)	1.50 ±0.56 ^a		0.78 ±0.33 ^b		1.13 ±0.44 ^c		0.95 ±0.44		<0.001
CO ₂ (ppm)	518.00 ±129.45		416.45 ±90.78		423.41 ±89.60		423.78 ±93.55		0.064
Temperature (°C)	22.40 ±1.82 ^a		21.77 ±2.21 ^b		22.86 ±1.60 ^a		22.23 ±2.03		0.022
Relative humidity (%)	32.52 ±4.84		34.25 ±4.94		34.29 ±3.12		34.19 ±4.28		0.675

* a,b,c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different.

실이 21.77°C로 가장 낮았다(p<0.05). HCHO, CO₂, 상대습도는 사무실 연도에 따라 통계학적으로 유의한 차이가 없어 비슷한 수준임을 알 수 있었다 (Table 1).

창문이 없거나 창문이 있어도 열지 않는 사무실, 즉 자연환기를 하지 않은 41개 사무실 체적 대비 채질 근로자 수 비율에 따른 측정 오염물질 농도 비교 분석 결과 CO, CO₂, 상대습도에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. CO와 CO₂ 농도 모두 체적 대비 채질자 수 비율이 높은 0.07 이상 사무

실에서 통계적으로 가장 높았고(p<0.01), 습도는 체적대비 채질자 수 비율이 0.02 이하인 사무실에서 상대습도가 가장 높은 것으로 분석되었다 (p<0.05)(Table 2).

3.2 화학공장내 사무실 근로자의 자각 증상

3.2.1 근로자의 일반 특성에 따른 자각 증상

417명 근로자의 일반 특성에 따른 자각증상 차이를 분석한 결과, 남성(M=1.65)보다는 여성

Table 2. Indoor environmental factors of office according to ratio of number of workers and office volume(m³).

	≤ 0.02 (n=17)		0.03-0.06 (n=12)		≥ 0.07 (n=12)		Total (n=41)		p-Value
	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD			
HCHO (ppb)	0.16 ±0.12		0.19 ±0.17		0.22 ±0.12		0.17 ±0.11		0.575
PM ₁₀ (μg/m ³)	24.81 ±11.90		20.36 ±10.63		29.71 ±16.15		28.84 ±15.53		0.222
CO (ppm)	0.65 ±0.12 ^a		0.68 ±0.18 ^a		1.04 ±0.51 ^b		0.95 ±0.44		0.003
CO ₂ (ppm)	462.24 ±83.32 ^a		483.04 ±74.15 ^a		553.23 ±92.15 ^b		423.78 ±93.55		0.008
Temperature (°C)	22.61 ±2.39 ^a		22.83 ±1.85 ^b		23.14 ±1.34 ^a		22.23 ±2.03		0.022
Relative humidity (%)	36.15 ±4.72 ^b		31.98 ±4.89 ^a		33.20 ±2.14 ^{ab}		34.19 ±4.28		0.032

* a,b,c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different.

(M=2.08)의 자각증상 수준이 높았으며(p<0.001), 흡연 여부에 따라서는 흡연자(M=1.58)가 비흡연자(M=1.77)와 과거 흡연력이 있으나 현재는 비흡연자(M=1.77)인 경우에 비해 자각증상이 낮았다(p<0.05). 음주 여부에 따라서는 비음주자(M=1.89)의 자각증상이 높았으며 과거 음주를 하였으나 현재는 비음주자(M=2.00)의 자각증상이 가장 높았다(p<0.01). 근무시간에 따른 자각증상 차이 결과에서는 9시간 이상 근로자(M=1.88)의 자각증상이 높았고(p<0.01), 건강상태에 따라서는 건강이 좋지 않은 근로자(M=2.07)의 자각증상이

높았다(p<0.001)(Table 3).

3.2.2 사무실 일반 특성 및 환경 조건에 따른 근로자의 자각 증상

<Table 4>에서 제시하는 바와 같이 사무실 특성에 따른 근로자의 자각증상 차이는 FAX 사용 유무에서만 통계적 차이가 있었는데, 즉 FAX를 사용하는 사무실 근로자(M=1.75)의 자각증상이 높았다(p<0.01). 하지만 사무실 건축연도, 사무실 체적대비 채실자 수 비율, 복사기 사용 유무, 레이저 프린터 사용 유무, 창문 개폐 여부 측면에서는 통

Table 3. Subjective symptoms of workers according to general characteristics of subjects.

General characteristics		N	M ±SD	p-Value
Gender	Male	367	1.7 ±0.6	<0.001
	Female	48	2.1 ±0.5	
Age	20-30	104	1.8 ±0.6	0.153
	30-40	109	1.7 ±0.6	
	40-50	147	1.7 ±0.6	
	50-60	55	1.6 ±0.6	
Smoking	Yes	150	1.6 ±0.6 ^a	0.023
	No	164	1.8 ±0.6 ^b	
	No (smoking in the past)	101	1.8 ±0.6 ^b	
Drinking	Yes	348	1.7 n±0.6 ^a	0.006
	No	38	1.9 ±0.6 ^{ab}	
	No (drinking in the past)	29	2.0 ±0.7 ^b	
Career	≤ 2 years	157	1.7 ±0.6	0.108
	3-5 years	121	1.7 ±0.6	
	≥ 6 years	137	1.7 ±0.7	
No. of shift (per day)	< 8 hours	125	1.6 ±0.6 ^a	0.004
	8 hours	169	1.7 ±0.6 ^a	
	> 8 hours	121	1.9 ±0.7 ^b	
Health status	Good	254	1.6 ±0.6 ^a	<0.001
	Moderate	146	1.9 ±0.6 ^b	
	Bad	15	2.1 ±0.7 ^b	

* a,b,c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different.

Table 4. Subjective symptoms of workers according to general characteristics of office.

General characteristics of office		N	M ±SD	p-Value
Period since construction	≤ 3 years	14	1.8 ±0.7	0.644
	4-10 years	237	1.7 ±0.6	
	≥ 11 years	164	1.7 ±0.6	
Ratio of number of workers and office volume(m ³)	≤ 0.02	52	1.7 ±0.5	0.842
	0.03-0.06	40	1.7 ±0.8	
	≥ 0.07	39	1.8 ±0.7	
Fax machine use	Yes	303	1.8 ±0.6	0.005
	No	112	1.6 ±0.6	
Copy machine use	Yes	222	1.7 ±0.6	0.886
	No	193	1.7 ±0.6	
Laser printer use	Yes	403	1.7 ±0.6	0.116
	No	12	2.0 ±0.7	
Window	Open	284	1.7 ±0.6	0.271
	Closed	131	1.8 ±0.7	

계적 차이가 없었다($p>0.05$).

<Table 5>는 사무실 환경 조건에 따른 근로자의 자각 증상 차이를 보여주고 있다. 분석 결과 청결 상태, 사무실 수리 여부, 공조기 가동 정도, 사무실내 흡연 여부, 사무실 환기 정도, 온도 및 습도 조건, 및 환경 만족도에 따라 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 우선, 사무실의 청결상태가 나쁘다고 인식하는 사무실 근로자($M=2.23$)의 자각 증상이 가장 높았고($p<0.001$), 최근 6개월 이내 사무실 수리를 한 적이 있는 사무실 근로자($M=1.83$)의 자각증상이 높았다($p<0.01$). 공조기 가동이 잘 되고 있는 사무실 근로자($M=1.39$)의 자각 증상은 낮은 반면, 전혀 가동하고 있지 않은 사무실 근로자($M=1.92$)의 자각증상은 매우 높았다($p<0.001$). 하지만 별도로 냉방기와 공기청정기를 설치 운영하고 있는 사무실과 그렇지 않은 사무실에 재설하고 있는 근로자간의 자각 증상 차이는 통계적으로

없었다. 사무실내 흡연을 허용하고 있는 사무실 근로자($M=1.85$)의 자각증상이 매우 높았고($p<0.05$), 사무실 환기를 잘 하지 않는 사무실 근로자($M=1.85$)의 자각증상이 높았다($p<0.05$). 사무실 온도가 덥거나($M=1.95$) 춥다고 인지하는 사무실 근로자($M=2.06$)의 자각증상이 높았으며($p<0.001$), 습도가 습하거나($M=1.86$) 건조하다고 인지하는 사무실 근로자($M=1.87$)의 자각증상이 높았다($p<0.001$). 사무실 환경에 대한 만족도에 따라서는 사무실 환경에 불만족하는 근로자($M=2.18$)의 자각증상이 가장 높았다($p<0.01$).

3.3 자각 증상 영향 변수 선정 및 기여도

<Table 6>은 화학공장내 사무실 근로자들이 체감하는 자각 증상에 영향을 주는 오염물질 및 환경변수를 통계적 방법을 통해 선정하기 위해 자각 증상을 종속변수로 하는 다중회귀분석을 적용한

Table 5. Subjective symptoms of workers according to environmental characteristics of office.

Environmental characteristics of office		N	M ±SD	p-Value
Cleanliness of office	Good	236	1.6 ±0.6 ^a	0.000
	Moderate	138	1.8 ±0.6 ^b	
	Bad	41	2.2 ±0.7 ^c	
Remediation	Yes	118	1.8 ±0.7	0.006
	No	297	1.7 ±0.6	
Efficiency of HVAC system	Good	55	1.4 ±0.4 ^a	0.000
	Moderate	116	1.8 ±0.6 ^b	
	Bad	17	1.9 ±0.6 ^b	
Air conditioner	Yes	369	1.7 ±0.6	0.513
	No	46	1.7 ±0.6	
Air cleaner	Yes	2	1.5 ±0.1	0.579
	No	413	1.7 ±0.6	
Smoking in office	Yes	217	2.1 ±0.6	0.023
	No	198	1.7 ±0.6	
Ventilation by window opening	Frequent	154	1.5 ±0.6 ^a	0.000
	Moderate	145	1.7 ±0.6 ^a	
	Seldom	116	1.9 ±0.7 ^b	
Temperature condition	Hot	49	1.9 ±0.6 ^b	0.000
	Moderate	345	1.7 ±0.6 ^a	
	Cold	21	2.1 ±0.7 ^b	
RH condition	Wet	10	1.9 ±0.8 ^b	0.000
	Moderate	206	1.5 ±0.5 ^a	
	Dry	199	1.9 ±0.6 ^b	
Illumination	Light	158	1.7 ±0.6	0.116
	Moderate	240	1.7 ±0.6	
	Dark	17	2.0 ±0.6	
Satisfaction degree of office environment	high	181	1.5 ±0.6 ^a	0.000
	moderate	180	1.7 ±0.6 ^b	
	low	54	2.2 ±0.7 ^c	

* a,b,c means that averaged values within the row by the same letter are not significantly different

결과이다. 각각의 실내 오염물질 농도 및 열원 인자를 독립변수로 한 경우에는 상대습도($\beta=0.151$, $p<0.01$), CO₂농도($\beta=0.141$, $p<0.01$), PM₁₀농도(β

$=0.104$, $p<0.05$)가 높을수록 자각증상 호소도 높았고, HCHO농도($\beta=-0.117$, $p<0.05$)는 낮을수록 자각증상 호소가 높았으나, CO와 온도는 통계적으

Table 6. Contribution of each variables to subjective symptoms of workers by multiple linear regression analysis.

Environmental factors	Coefficient (β)	p-Value	General characteristics	Coefficient (β)	p-Value
- HCHO	-0.117	0.007	- Cleanliness of office	-0.362	p<0.001
- PM ₁₀	0.104	0.023	- Gender	-0.192	p<0.001
- CO	0.123	0.096	- Health status	-0.214	p<0.001
- CO ₂	0.141	0.006	- Air conditioner	0.110	0.011
- Temperature	0.132	0.108	- Shift	0.110	0.023
- Relative humidity	0.151	0.005	- Drinking	-0.111	0.037
			- Ratio of number of workers and office volume(m ³)	0.161	p<0.001
			- Ventilation by window opening	-0.116	0.029

로 유의하지 않았다(p>0.05). 한편 근로자의 일반 특성, 사무실 일반 특성 및 환경 조건을 독립변수로 한 경우에 있어 근로자의 자각증상에 통계학적으로 유의한 영향을 주는 변수로 사무실 청결상태, 성별, 건강상태, 사무실 체적대비 재실자 수 비율(p<0.001), 에어컨 유무, 근무시간, 음주여부, 사무실 환기(p<0.05)인 것으로 조사되었다.

4. 고찰

하루 8시간 이상을 사무실에서 지내야 하는 근로자의 경우 직접적으로 영향을 받는 사무실 공기질 악화에 따른 업무효율의 저하와 건강장해가 유발될 수 있으며, NIOSH(1987)의 건강유해성평가조사에서도 실내공기오염에 의해 나타나는 비특이적인 증상으로 두통, 눈의 충혈, 눈의 가려움, 피부자극, 상기도 자극 등의 증상들이 있다고 보고하였다. 선진국에서는 사무실 근로자의 실내공기 오염에 의한 증상 유병율이 약 30%이고

(WHO, 1983), 강대희(1996)의 보고에서도 일개 회사 종사자들의 SBS 유병율이 43%이었다. 증상 유병율은 연구자에 따라 19-80%로 보고되었으며(Nordström 등, 1995; Horvath, 1997; Ooi 등, 1988), 이는 작업의 생산성에도 영향을 미치는 것으로 조사되었다(Menzies 등, 1997). 일반 사무실과는 다르게 화학공장내 사무실은 현장의 오염물질이 유입되어 건강상의 영향이 클 것으로 예상되어 본 연구에서는 사무실 공기 중 화학적 인자의 측정과 근로자의 일반 특성, 근무 환경적 요인, 자각증상 설문 등을 통해 자각 증상경험에 영향을 주는 요인을 파악하여 근로자의 실내 환경관리 방안을 제안하고자 하였다.

사무실의 건축 연도에 따른 실내온도는 평균 22.23℃로 ASHRAE에서 권고하고 있는 겨울철 적정 실내온도(21~23℃)를 유지하고 있었다. 습도는 평균 34.19%이었고, 사무실 평균 재실자수는 6.95명이었다. 이는 김윤신 등(2003)의 서울경지지역 초·중·고등학교 교실의 실내공기오염에 관한 연구, 노영만 등(2004)의 사무실 내 실내공기질 특성 및

근무자의 자각증상에 관한 연구, 김영미(2004)의 실내 근무환경 요인과 근로자의 증상경험과의 관련성 연구의 성적보다는 다소 낮은 온도 수준이었다. 습도는 온도와 함께 사무실 쾌적성에 크게 영향을 주는 인자로서 ASHRAE에서 권고하고 있는 겨울철 실내습도 최적범위 20~30%의 범위를 벗어나지는 않지만 사람에게 가장 쾌적한 습도가 50% 정도인 점을 고려해 볼 때 이 연구대상 사무실의 경우 지속적인 실내 습도 유지가 필요할 것으로 사료된다.

사무실의 일반 특성에 따른 포름알데히드의 농도는 평균 0.17ppb이었으며 PM₁₀은 28.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, CO 는 0.95ppm 그리고 CO₂는 423.78ppm이었다. 이는 노동부 산업보건규칙 제49조 일산화탄소(10ppm), 이산화탄소(1,000ppm), 호흡성 분진(150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 관리기준에 적합하였으며 사무실 연도에 따른 PM₁₀과 CO, 온도는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. PM₁₀은 사무실 연도가 11년 이상인 경우 측정치가 높았으며($p < 0.01$), CO 농도는 3년 이하 사무실의 농도가 가장 높았고($p < 0.001$), 온도는 4-10년 사이의 사무실이 가장 낮았다($p < 0.05$). 전형적으로 실내에서 발생하는 오염물질인 포름알데히드는 평균이 0.17ppb로 노동부 사무환경기준(100ppb)보다 낮았다. 그러나 본 연구에서는 건축자재와 마감재, 건물의 유지관리용품, 소모성 재료(복사기의 토너), 연소과정의 물질, 재실자의 활동, 외부공기 등으로부터 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs) 등을 제외시켜 다양한 결과를 얻지 못했다는 제한점이 있었다. 체적대비 재실자 수에 따른 CO 농도와 상대습도는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. CO 농도는 체적대비 재실자수가 0.07명 이상에서 높았고($p < 0.01$), 상대습도는 0.02

명 이하인 사무실에서 36.15%로 가장 높았다($p < 0.05$).

연구대상자에 대한 자각증상의 결과 사무실내의 공기질이 자신의 건강에 영향을 준다고 응답한 근로자는 56.4%로 대부분의 응답자들이 사무실 공기질이 건강에 영향을 미친다고 인식하였다. 사무실 근무자의 일반 특성에 따른 자각증상 경험은 성별에서는 여자가 남자보다, 비흡연자와 과거 흡연력이 있으나 현재는 비흡연자, 비음주자, 9시간 이상 근로자에서 건강상태는 좋지 않다고 높게 응답하였다. 이는 노영만 등(2004)의 연구 결과에서 성별에 따른 자각증상 차이를 제외하고 비흡연자, 비음주자 등의 자각증상이 높은 것과 유사하였다. 이상의 결과에서 화학공장 근로자의 사무실 특성 및 환경은 근로자의 자각증상에 영향을 주며 화학공장 사무실 근로자의 자각 증상은 실내공기오염물질, 사무실의 근무 환경적 요인 등의 다양한 요인에 의해 나타남을 알 수 있다. 따라서 근로자의 건강과 효율적인 업무 능력을 위해서는 실내공기질의 관리와 근무인원수, 업무특성, 사무기기관리, 사무실의 유지관리 등 다양한 요인이 균형을 이루어 쾌적한 사무실 환경이 되도록 지속적인 예방관리가 필요하다. 본 연구의 제한점으로 근로자의 실내 환경에 대한 자각증상은 근로자 개인의 주관적 판단이 많으므로 임상증상과는 달리 사무실 오염물질의 농도가 낮아 자각증상을 느끼지 않을 수도 있다는 점과 근무시간의 경우 시간 차이가 1~2시간으로 연구결과에 영향을 줄 수 있다는 점, 그리고 단기간에 1개의 화학공장을 선택하여 한 계절(동절기)만을 대상으로 연구를 수행한 점을 들 수 있다.

5. 결론

본 연구는 석유 화학공장 내 사무실을 대상으로 근로자의 일반 특성, 사무실 특성 및 환경, 근로자의 자각증상을 파악하고 자각증상에 영향을 주는 변수를 알아보기 위하여 수행되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 사무실의 일반 특성에 따른 실내공기 오염도를 파악하기 위하여 측정 오염물질 농도를 살펴보면 HCHO는 111개 사무실 평균이 0.17ppb였으며 PM₁₀은 28.84 μ g/m³이었고, CO는 0.95ppm, CO₂는 423.78ppm이었다. 사무실 온도는 평균 22.23 $^{\circ}$ C였고, 사무실의 평균 상대습도는 평균이 34.19%였다.

2. 사무실 건축연도에 따라 농도 차이를 분석한 결과 PM₁₀과 CO, 온도에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며, 사무실 체적 대비 재실 근로자 수 비율에 따른 측정 오염물질 농도는 CO, CO₂, 상대습도에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.

3. 사무실 환경이 건강에 영향을 끼친다고 응답한 근로자가 56.4%로 대부분의 응답자들이 사무실 공기질이 건강에 영향을 미친다고 인식하였고, 여성, 비흡연자, 비음주자, 9시간 이상 근로자, 건강이 좋지 않은 근로자들의 자각증상 호소율이 높았다.

4. 근로자들의 자각 증상 차이는 사무실 내 흡연, 사무실 환기 정도(p<p.05), 개별 에어컨, FAX 사용, 사무실 수리 여부, 사무실의 근로자 비율, 환경 만족도(p<p.01), 습도, 공조기 가동 정도, 온도, 청결상태(p<0.001)에 따라 통계학적으로 유의하였다.

5. 상대습도, 이산화탄소, 호흡성분진, 포름알데

히드의 농도에 따라 자각증상 호소율이 높았고, 사무실 청결상태, 성별, 건강상태, 사무실 체적 대비 재실자 수 비율(p<0.001), 에어컨 유무, 근무시간, 음주여부, 사무실 환기(p<0.05)가 자각증상에 영향을 주는 변수였다.

참고문헌

- 김영미. 실내 근무환경 요인과 근로자의 증상경험과의 관련성. 연세대학교 대학원 석사학위 논문. 2004.
- 강대희. 사무실 근로자들에서의 sick building syndrome. 대한산업의학회지 1996;8:519-525.
- 김윤신, 이철민, 문정숙, 김상욱. 서울-경기지역 초·중·고등학교 교실의 실내공기오염에 관한 연구. 한국학교보건학회지 2003;6:81-90.
- 김윤신. 실내공기오염에 관한 보건학적 고찰. 대한보건협회지 1993;9:27-39.
- 노동부. 산업안전보건법. 2003.
- 노영만, 이철민, 김석원, 김치년, 김현욱, 조기홍, 최호춘, 강성호, 김정만. 사무실 내 실내공기질 특성 및 근무자의 자각증상에 관한 연구. 한국산업위생학회지 2004;14:270-279.
- 이경숙, 조영채, 이동배. 대전시 대형빌딩 사무실 근무자들의 실내공기에 대한 주관적 평가와 자각증상. 충남대학교 환경연구보고 1986;11: 85-98.
- 한국산업안전공단. 사무실오염으로 인한 건강장해 예방. 보건분야 기술자료 보건2004-5-295, 2004; p.129-162.
- 한국환경정책평가연구원. 실내공기오염에 대한 국민의식조사와 정책방안연구. 2001; p. 99-113.

- Caceres T, Soto H, Lissi E. Indoor house pollution: Applicable emission and indoor ambient concentration. *Atmos Environ* 1983;17:1009-1017.
- Cook E. The Flow of energy in an industrial society. *Sci Am* 1971;4:225-247.
- Horvath EP. Building-related illness and sick building syndrome, from specific to the vague. *Clev Clin J Med* 1997;64:303-309.
- LaDou J. *Occupational & Environmental Medicine*. 2nd ed, Appleton & Lange, Stanford, 1997; p. 724-732.
- Menzies D, Pasztor J, Nunes F, Leduc J, Chan CH. Effect of a new ventilation system on health and well-being of office workers. *Arch Environ Health* 1997;52:360-367.
- National Institute for Occupational Health and Safety(NIOSH). Guidance of indoor air quality investigations. Cincinnati, OH, NIOSH, 1987.
- National Institute for Occupational Health and Safety(NIOSH). NIOSH HHE Report 96-0012-2652: Brigham and Women's Hospital Boston, Massachusetts, NIOSH, 1997.
- National Institute for Occupational Health and Safety(NIOSH). NIOSH indoor environmental quality survey. available from <http://www.cdc.gov/niosh/iaqwww.txt>, 2003.
- Nordström K, Norbck D, Akseleson. Influence of indoor air quality and personal factors in the sick building syndrome(SBS) in Swedish geriatric hospitals. *Occup Environ Med* 1995;52:170-176.
- Ooi PL, Goh KT, Foo MH, Yap HM. Epidemiology of sick building syndrome and its associated risk factors in Singapore. *Occup Environ Med* 1988;55:188-193.
- Wark K, Warner CF. *Air Pollution - Its Origin and Control*, 2nd ed, Haper & Row Publ, New York 1981; p. 25.
- WHO. Regional Office for Europe(EURO reports and studies; no 78). WHO, Geneva, 1983.