

## 사무실 내 실내공기질 특성 및 근무자의 자각증상에 관한 연구

노영만 · 이철민 · 김석원<sup>1)</sup> · 김치년<sup>2)</sup> · 김현욱<sup>3)</sup> · 조기홍<sup>4)</sup> · 최호춘<sup>5)</sup> · 강성호<sup>6)</sup> · 김정만<sup>6)</sup>†

한양대학교 환경 및 산업의학연구소·작업환경측정기관협의회<sup>1)</sup>·연세대학교 산업보건연구소<sup>2)</sup>  
가톨릭대학교 예방의학교실<sup>3)</sup>·한국노동조합총연맹<sup>4)</sup> · 대한산업보건협회 산업보건환경연구원<sup>5)</sup>·동아대학교 예방의학교실<sup>6)</sup>

### A Study on the Characteristics of Indoor Air Quality in Office and Subjective Symptoms of Office Workers

Young-Man Roh · Cheol Min Lee · Seok Won Kim<sup>1)</sup> · Chi-Nyon Kim<sup>2)</sup> · Hyun-Wook Kim<sup>3)</sup> · Kee Hong Cho<sup>4)</sup>  
Ho Chun Choi<sup>5)</sup> · Sung Ho Kang<sup>6)</sup> · Jung Man Kim<sup>6)</sup>†

*Institute of Industrial and Environmental Medicine, Hanyang University · Korean Society of Industrial Hygiene Laboratories<sup>1)</sup>  
Institute for Occupational Health, Yonsei University<sup>2)</sup> · Department of Preventive Medicine, Catholic University<sup>3)</sup>  
Federation of Korean Trade Unions<sup>4)</sup> · Korean Industrial Health Association, Institute of Occupational Environmental Health<sup>5)</sup>  
Department of Preventive Medicine, Dong-A University<sup>6)</sup>*

This study was conducted to survey the current status of indoor air pollutants in 40 offices and the prevalence on subjective symptoms related with indoor air quality (IAQ) for 1,395 office workers from July to September, 2004 in Seoul, Busan, and Suncheon Cities and Gyeonggi District. The mean concentrations of carbon dioxide, volatile organic compounds, formaldehyde, bacteria and respirable dust in offices were  $574.8 \pm 230.1$  ppm,  $698.2 \pm 944.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $56.9 \pm 37.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $203.1 \pm 135.1 \text{CFU}/\text{m}^3$ ,  $60.9 \pm 47.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively. It was investigated the excess rate for standards or guidelines of indoor air quality on the Ministry of Labor or the Ministry of Environment in Korea were 2.5% in carbon dioxide, 20.2% in volatile organic compounds,

7.5% in formaldehyde, and 1.3% in respirable dust, respectively. The prevalence of 'headache', 'fatigue', and 'lazy' among the subjective symptoms related with IAQ showed very high percentage. With the above considerations in mind, it is suggested that the researches for indoor air quality in offices should be expanded and the health risk assessment be performed to offer scientific data for decision-making of policy for improvement and management of indoor air quality in office.

**Key Words:** IAQ, Formaldehyde, VOCs, Indoor Air Quality, Office

\* 이 연구는 2004년 작업환경측정기관협의회 연구지원으로 연구된 결과임

접수일: 2004년 9월 22일, 채택일: 2004년 11월 22일

† 교신저자: 김정만(부산시 서구 동대신동 3가1번지 동아대학교 예방의학교실)

Tel: 051-240-2915, E-mail: jmkim2@daunet.donga.ac.kr



## I. 서 론

최근 미국 거주자들의 실내에서 거주하는 시간을 조사한 결과 24시간 중 건물 및 자동차 등의 실내에서 거주하는 시간이 약 95%이며, 이에 반해 실외에서 보내는 시간은 약 5%에 불과한 것으로 보고 되었으며(Robinson and Nelson, 1995), 또한 환경부에서 전국 성인 838명을 대상으로 1일 활동 내역과 활동장소 및 실내에서의 거주시간을 조사한 결과 실내 거주시간은 약 20.3시간이며, 교통수단(자동차, 버스, 지하철 등) 실내에서의 소요시간은 약 3시간으로 조사되어 건물 및 교통수단 등의 실내에서 거주하는 시간이 약 23.3시간으로 한국인의 경우 하루 중 약 97%의 시간을 실내에서 보내고 있는 것으로 보고 되었다(환경부, 2001). 이와 같이 현대 산업사회인들은 일상생활의 대부분의 시간을 여러 형태의 실내공간에서 생활하게 됨으로써 쾌적한 실내환경에 대한 인식이 새롭게 부각되기에 이르렀다(Seifert, 1996; Wade, et al, 1975).

실내에서의 포름알데히드 발생원은 건축자재, 가구, 가정용품, 흡연 및 난방 기구의 사용 등이며, 특히, 합판 및 파티클 보드의 접착에는 요소-포름알데히드계 접착제가 사용되고 있으며, 벽지용 접착제의 방부제로도 이용되고 있다. 포름알데히드가 인체에 미치는 영향은 눈, 코, 목 등에 자극을 주며, 불쾌감, 재채기, 기침, 구토, 호흡곤란 등의 증상을 유발할 뿐만 아니라, 동물을 이용한 실험에서 암을 유발한다는 보고도 있다(이종영 등, 2003; 한국건설기술연구원, 2004). 또한 휘발성 유기화합물은 합판, 벽지 등의 건축내장재와 건축 시공 시에 사용되는 접착제, 커튼이나 카펫, 가구 등의 일상생활용품, 개방형의 난방기구, 살충제, 방향제, 흡연 등에서 주로 기인하는 것으로 알려져 있다(서울시립대학교, 2002; 한국공기청정협회, 2003).

이러한 이유로 환경부는 2003년 5월 개정·공포된 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」을 2004년 5월 30일부터 시행하였고, 다중이용시설에서는 포름알데히

드를 포함한 10가지의 실내공기오염물질을 신축공동주택에 대해서는 여섯 종류의 휘발성유기화합물을 규제하도록 되어 있다(환경부 2004).

사무실에서 각종 오염물질의 발생원으로는 인체에서 발생하는 것, 사람의 보행 등의 활동에 의한 피부 및 의복에서의 발진, 실내에서 연소기구, 사무기기를 포함한 각종기구에서 발생하는 각종 건축자재에서 발생하는 유해가스 등이 있다. 이러한 유해가스와 관련하여 일종의 증후군 현상을 띠는 빌딩관련 증후군에는 빌딩증후군(Sick Building Syndrome)과 복합화학물질과민증(Multiple Chemical Sensitivity) 등이 있다(한국실내공기산소연구회, 2004).

또한 노동부에서는 2003년 7월 12일 개정된 산업보건기준에 관한 규칙에 “사무실오염으로 인한 건강장해의 예방”을 신설하여 사무실 근무자의 건강을 보호하고 사무실의 실내공기질을 관리하고 개선할 수 있는 근거를 마련하고 있으나 관련규정등이 의무가 아니라 권고의 개념으로 규정되어 있어 사무실 실내공기에 대한 실효성이 이루지지 않고 있다.

사무실의 실내오염물질에 대한 실태조사 및 사무실 근무자의 건강영향에 대한 연구는 한국환경정책평가연구원(2001)과 한국산업안전공단(2004)에서 시행한 바 있으나 사무실에서 발생하는 대표적인 오염물질을 포괄하여 조사가 이루어 지지 않아 정확한 실태조사를 반영할 수 없는 문제점이 제시되었다.

이 연구는 사무실에서 발생하는 오염물질의 농도수준을 조사하고 사무실 근무자의 자각증상 등을 파악하여 사무실 실내공기 관련제도의 개정을 위한 근거자료를 제시하고 사무실근무자의 건강을 관리하는데 있어 지침자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상

서울, 경기, 부산, 순천에 위치한 신축

및 개축사무실 40개소를 대상으로 1년 이내, 1년과 3년 사이, 3년 이상 및 지하사무실로 구분하여 사무실내의 실내공기질을 조사하였으며, 사무실에 근무하고 있는 사무실 근무자 1,395명을 대상으로 빌딩증후군에 관한 인식 및 자각증상에 대한 설문조사를 2004년 7월부터 9월까지 실시하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 1) 실내공기오염물질의 실태조사

사무실 실내공기오염물질 즉 포름알데히드, 휘발성유기화합물, 이산화탄소, 호흡성분진, 세균의 농도를 조사하였고 이산화탄소와 호흡성분진은 외기의 영향을 알아보기 위해 실외의 농도를 조사하였다.

사무실 실내공기오염물질에 대한 측정 및 분석방법은 환경부의 실내공기질공정시험방법(환경부, 2004)을 준용하였으나 호흡성분진의 경우는 광산관방식인 직독식 장비(Sibata, Model GT331, Japan)로 호흡성분진의 농도를 측정하였다.

### 2) 빌딩증후군에 대한 인식 및 자각증상

사무실 근무자를 대상으로 실내공기오염 인식 및 증후군에 대한 자기기입식 설문지는 한국환경정책평가연구원(2001)에서 사용한 실내공기질 자각증상 설문조사 양식을 사무실근무자에 적절하게 수정하여 사용하였다.

설문지는 일반적 사항, 사무실환경, 건강장해, 관련법규사항등으로 구성되어 있는 자기기입식 설문조사이었고 자세한 내용은 부록 1에 첨부하였다.

## III. 결 과

### 1. 사무실의 일반적 특성 및 온열환경

표 1은 본 연구에서 조사된 사무실의 일반적 특성(건물의 연식 및 사무실 근무자수)과 온열환경(온도 및 습도)을 나타낸 것으로 사무실의 연식 및 지하사무실의



분포는 1년 이내 8개소, 1년에서 3년 사이 8개소, 3년 이상 15개소, 지하사무실 9개소로 구분할 수 있었다.

연구대상 사무실의 사무직 근무자의 수는 전체 23명으로 건물 연식이 1년 이내, 1년 이내에서 3년 사이, 3년 이상의 사무실에 일하는 사무직 근무자의 수는 각각 50명, 17명, 19명이었으며, 지하사무실의 경우는 11명으로 조사되었다.

사무실의 평균 실내온도 및 상대습도는 각각  $25.5 \pm 1.8^\circ\text{C}$ ,  $60.4 \pm 12.6\%$ 로 1년 이하의 사무실의 경우  $25.2 \pm 1.9^\circ\text{C}$ ,  $58.0 \pm 13.7\%$  1년에서 3년 사이의 사무실은  $25.0 \pm 2.3^\circ\text{C}$ ,  $60.3 \pm 16.1\%$ , 3년 이상의 사무실은  $25.8 \pm 1.6^\circ\text{C}$ ,  $63.2 \pm 12.0\%$ 였으며, 지하사무실의 경우는  $25.8 \pm 1.8^\circ\text{C}$ ,  $58.1 \pm 10.3\%$ 였다. 이들 사무실간의 평균 온도 및 상대습도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며(각,  $p=0.54$ ,  $p=0.67$ ), 지상과 지하 사무실의 평균 온도 및 상대습도 역시 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며(각,  $p=0.61$ ,  $p=0.12$ ).

## 2. 사무실의 실내공기 오염도

사무실 실내공기 중 이산화탄소의 농도를 측정된 결과 1년 이하, 1년에서 3년 사이 및 3년 이상 된 사무실에서 각각  $506.2 \pm 152.5$  ppm,  $480.7 \pm 231.4$  ppm,  $659.3 \pm 296.5$  ppm으로 조사되었으며, 건물의 연식에 따른 사무실 내 공기 중 이산화탄소의 농도 간에는 통계적으로 유의한 차이는 나타내지 않았으며( $p=0.20$ ). 또한 지상과 지하에 위치한 사무실 내 이산화탄소의 농도는 각각  $573.7 \pm 257.1$  ppm,  $574.8 \pm 230.1$  ppm으로 이 또한 통계적으로 유의

한 차이를 나타내지 않았다( $p=0.93$ ).

휘발성유기화합물은 건물연식이 1년 이하 및 1년에서 3년 사이 된 사무실에서 각각  $762.2 \pm 1121.5$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $248.1 \pm 125$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으며( $p=0.56$ ), 환공 후 3년 이상 된 사무실에서는 조사가 이루어지지 않았다. 지상과 지하에 위치한 사무실 내 공기 중 휘발성유기화합물의 농도는 각각  $648.0 \pm 997.3$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $360.1$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 이 역시 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.79$ ).

사무실 내 포름알데히드에 대한 오염 정도는 건물연식이 1년 이하, 1년에서 3년 사이 및 3년 이상 된 사무실에서 각각  $52.6 \pm 32.8$ ,  $67.3 \pm 65.2$ ,  $50.6 \pm 28.1$ 로 조사되었으며, 이산화탄소와 같이 건물의 연식에 따른 실내공기중의 농도는 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.74$ ). 지상과 지하에 위치한 사무실 실내공기 중 농도는 각각  $55.4 \pm 40.7$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $62.0 \pm 21.9$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p=0.58$ ).

미생물에 의한 사무실 공기의 오염 정도는 건물의 연식 즉, 1년 이하, 1년과 3년 사이 및 3년 이상의 사무실에서 각각  $218.3 \pm 183.0$  CFU/ $\text{m}^3$ ,  $96.5 \pm 58.7$  CFU/ $\text{m}^3$ ,  $72.0 \pm 76.4$  CFU/ $\text{m}^3$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 조사되었으며( $p=0.49$ ), 지상과 지하에 위치한 사무실의 공기 중 미생물의 농도는 각각  $151.3 \pm 144.5$  CFU/ $\text{m}^3$ ,  $272.3 \pm 319.0$  CFU/ $\text{m}^3$ 으로 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.29$ ).

호흡성분진의 농도는 1년 이하, 1년과 3년 사이 및 3년 이상에 대해 각각  $65.2 \pm 48.3$ ,  $48.5 \pm 34.5$ ,  $65.0 \pm 50.8$ 로 건물의 연식에 따른 사무실 내 공기 중 호흡성분진의 농도에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.88$ ). 지상과 지하에 위치한 사무실 내 공기 중 호흡성분진의 농도는 각각  $60.8 \pm 45.6$ ,  $61.5 \pm 57.1$ 로 이 또한 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.97$ ).

그림 1은 이산화탄소와 호흡성분진의 사무실 실내외 공기중 농도간의 상관관계

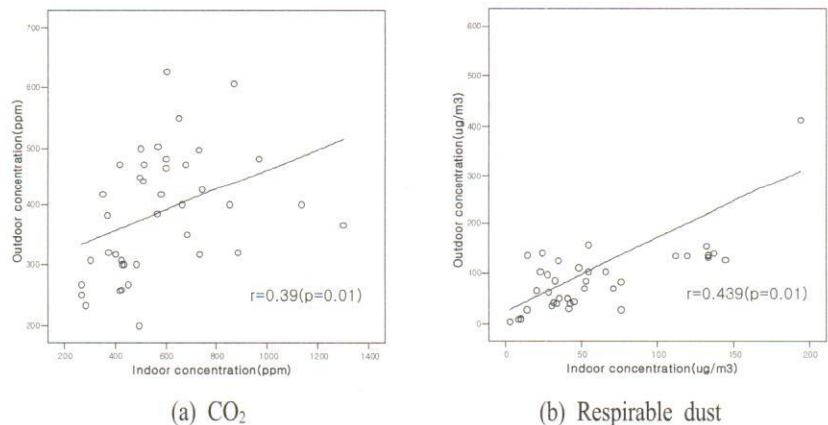


Fig 1. Correlation relationship between indoor and outdoor concentrations.

Table 1. General characteristics in surveyed offices.

Items	Above the ground				Basement	Total
	< 1 year*	1-3 years	> 3 years	Subtotal		
Number of office	8	8	15	31	9	40
Number of worker(Mean $\pm$ SD)	49.5 $\pm$ 101.5	16.5 $\pm$ 7.9	18.9 $\pm$ 9.7	26.2 $\pm$ 51.6	10.7 $\pm$ 6.3	22.7 $\pm$ 45.8
Temperature( $^\circ\text{C}$ )	25.2 $\pm$ 1.9	25.0 $\pm$ 2.3	25.8 $\pm$ 1.6	25.5 $\pm$ 1.8	25.8 $\pm$ 1.8	25.5 $\pm$ 1.8
Humidity(%)	58.0 $\pm$ 13.7	60.3 $\pm$ 16.1	63.2 $\pm$ 12.0	61.6 $\pm$ 13.3	58.1 $\pm$ 10.3	60.4 $\pm$ 12.6

\* A period since constructed or remodelled



Table 2. The airborne level of indoor air pollutants in surveyed offices.

Variables	Above the ground				Basement (N=18)	Total (N=80)
	< 1 year <sup>*</sup> (N=16) <sup>**</sup>	1-3 years (N=16)	> 3 years (N=30)	Subtotal (N=62)		
CO <sub>2</sub> (ppm)inside	506.2±152.5	480.7±231.4	659.3±296.5	573.7±257.1	578.9±100.2	574.8±230.1
CO <sub>2</sub> (ppm)outside	404.9±107.3	323.5±81.9	387.9±117.5	375.6±108.3	427.7±82.4	387.4±104.4
VOC(ug/m <sup>3</sup> )	762.2±1121. (N=7)	248.1±1.25 (N=2)	-	648.0±997.3	360.1 (N=1)	698.2±944.7 (N=10)
HCHO(ug/m <sup>3</sup> )	52.6±32.8	67.3±65.2	50.6±28.1	55.4±40.8	62.0±21.9	56.9±37.2
Bacteria(CFU/m <sup>3</sup> )	218.3±183.0 (N=4)	96.5±58.7 (N=2)	72.0±76.4 (N=2)	151.3±144.5	272.3±90.4 (N=6)	203.1±135.1 (N=14)
Resp. dust inside(ug/m <sup>3</sup> )	65.2±48.3	48.5±34.5	65.0±50.8	60.8±45.6	61.5±57.1	60.9±47.6
Resp. dust outside(ug/m <sup>3</sup> )	93.1±51.37	69.8±47.7	80.4±50.0	81.0±48.8	224.6±319.0	113.3±162.4

\* : A period since constructed or remodelled

\*\* : Number of samples collected

를 나타낸 것으로 가스상 물질인 이산화탄소의 경우 양의 상관관계를 나타냈으며 ( $r=0.39$ ,  $p=0.01$ ), 입자상 물질인 호흡성분진 역시 양의 상관관계를 나타냈다 ( $r=0.43$ ,  $p=0.01$ ).

표 3은 환경부와 노동부에서 정하는 각 오염물질별 권고기준 및 유지기준의 초과 확률(초과건수)을 나타낸 것이며, 그림 1은 빌딩관련 질환 발현의 대표적 오염물질로 알려져 있는 포름알데히드 및 휘발성유기화합물의 유지기준의 초과 빈도를 그림으로 도식한 것이다.

이산화탄소의 경우 전체 80개의 시료 중 2건(2.5%)이 유지기준(1,000 ppm)을 초과한 것으로 조사되었으며, 휘발성유기화합물의 경우는 전체 20개의 시료 중 4건(20%)이 유지기준(500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과한 것

으로 조사되었다. 특히 이 4건 모두 건물연식이 1년 이하인 사무실에서 조사되었다. 포름알데히드의 경우는 전체 80개의 시료 중 6건(7.5%)이 유지기준(120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과한 것으로 조사되었으며, 휘발성유기화합물에 비해 건물연식이 1년 이하, 1년과 3년 사이, 3년 이상의 건물에서 유지기준을 초과하고 있는 것으로 조사되었다. 호흡성분진의 경우는 전체 80개의 시료 중 1건(1.3%), 즉 지하시설물에 위치한 사무실에서 유지기준(150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하는 것으로 조사되었다.

### 3. 사무실 근무자들의 자각 증상

사무실 내 공기 중 오염물질의 농도 조사와 병행하여 실시한 사무실 근무자들의

자각 증상 설문조사 결과 설문조사에 응한 피조사자는 전체 1,395명(남자 870명, 여자 525명)으로 연령분포  $35.5 \pm 8.5$ 세(남자  $37.9 \pm 8.2$ 세, 여자  $31.7 \pm 7.6$ 세)로 30대가 가장 많은 것으로 조사되었다.

피조사자들의 사무실 근무 중 자각 증상의 발현 여부에 관한 설문조사 결과는 표 4와 같다. ‘메스꺼움(Nauseation)’, ‘콧물(Snivel)’, ‘코막힘, 비염(Nasal catarrh)’, ‘숨가쁨(Gasp)’, ‘가슴 답답함(Feel choke)’, ‘안구건조 및 가려움, 안구열상(Eye pricking)’, ‘안구 염증, 눈의 피로(Ophthalmia)’, ‘목의 염증(Neck dropsy)’, ‘오한(Rigor)’, ‘발열(Pyrexia)’, ‘관절, 근육 통증(Arthritis)’, ‘기억력 장애(Defects of memory)’, ‘현기증 및 어지러움증(Vertigo)’, ‘우울(Melancholy)’, ‘긴장, 예민

Table 3. Percentage of number exceeding recommended level proposed in MOL or MOE

unit : %

Variables	< 1 year <sup>*</sup>	1-3 years	> 3 years	Basement	Total
CO <sub>2</sub> inside	-	-	6.7(2/30)	-	2.5(2/80)
CO <sub>2</sub> outside	-	-	-	-	-
VOC	28.6(4/14) <sup>**</sup>	-	-	-	20(4/20)
HCHO	6.3(1/16)	18.8(3/16)	6.7(2/30)	-	7.5(6/80)
Bacteria	-	-	-	-	-
Resp. dust inside	-	-	-	5.6(1/18)	1.3(1/80)
Resp. dust outside	-	-	-	-	-

\* : A period since constructed or remodelled

\*\* : %(Number exceeding Recommended Level in MOL or MOE/Number of collected samples)

Table 6. Relationship between environmental items in office and subjective symptoms of health in office workers.

Items	Status	Mean	S.D.	p-Value
Clean status	Very good	40.9	21.1	0.01
	Good	47.8	21.6	
	Normal	51.4	21.3	
	Poor	60.2	23.5	
	Bad	70.6	27.5	
Location of office	Above ground	1217.0	52.0	0.01
	Basement	138.0	61.1	
Exchange of furniture or painting (half a year)	Yes	54.9	1.2	0.03
	No	52.0	0.8	
Repair in office (half a year)	Yes	54.7	22.7	0.09
	No	52.3	23.5	
Ventilation system	Installed	53.6	22.7	0.01
	Nothing	54.2	23.6	
	Unknown	19.2	23.1	
Heater & air-conditioner	Installed	53.1	23.3	0.07
	Nothing	48.6	22.5	
Frequency of ventilation	Very good	47.0	22.3	0.01
	Good	48.9	22.2	
	Normal	53.2	23.8	
	Poor	56.9	22.2	
	Bad	60.6	22.8	
Temperature	Very high	59.2	26.0	0.01
	High	57.1	23.3	
	Normal	48.4	21.6	
	Low	63.6	25.9	
	Very low	64.4	27.8	
Relative humidity	Very high	64.9	24.3	0.01
	High	57.5	21.9	
	Normal	46.5	24.5	
	Low	55.3	22.1	
	Very low	70.9	23.6	
Illumination	Very high	59.5	21.4	0.01
	High	47.2	21.8	
	Normal	53.5	22.6	
	Low	59.6	25.8	
	Very low	78.0	22.9	
Number of worker	Very many	63.6	25.1	0.01
	Many	55.7	22.2	
	Normal	50.6	23.0	
	Few	48.3	19.7	
	Very few	43.1	23.7	

을 나타냈다.

실내공기중의 이산화탄소의 주요염원은 각종 난방시설 및 인간의 호흡활동에 따른 생성물로서 저농도의 이산화탄소에서 인체에 미치는 영향이 비교적 적은 편

이다(신동천, 1990). 이와 같은 실내 이산화탄소의 농도는 실내체적, 실내인원, 난방여부 및 환기장치 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려지고 있다(Richard A.W. & Peter A.S., 1983). 본 연구결과에서 이산화

탄소의 사무실 실내외 공기비는 약 1.5로 실내공기중 이산화탄소 농도에 영향을 주는 주 발생원은 실외에 비해 실내에 존재하는 것으로 여겨지며, 또한 실내외 이산화탄소농도간의 상관관계가 양의 상관성



을 나타내 실내공기중의 이산화탄소의 농도가 실외공기중의 이산화탄소농도간에 관련성이 있는 것으로 사료된다. 이는 빌딩증후군의 원인물질로 알려진 이산화탄소의 사무실내 저감을 위한 방안으로 창문의 개방 및 신선한 실외공기의 유입 등을 고려할 수 있다. 또한 호흡성분진은 폐포에 도달하여 폐질환 등 호흡기 계통에 여러 가지 질병을 유발할 수 있는 먼지로 최근 물질의 연소과정에서 생성된 호흡성 먼지가 여러 가지 유해물질을 포함하고 있어 이에 대한 대책이 시급하기 때문에 총부유먼지 보다 미세먼지의 중요성이 강조되고 있다(환경부, 2004). 본 연구결과에서 호흡성분진의 사무실 실내외 공기비는 약 0.5로 조사되었으며, 실내외 공기중의 호흡성분진간에 양의 상관관계를 나타내 사무실 외부의 공기 중의 호흡성분진이 실내공기중의 호흡성분진에 영향을 미치고 있는 것으로 여겨진다.

본 연구의 대상오염물질인 이산화탄소, 휘발성유기화합물, 포름알데히드, 미생물 및 호흡성분진의 사무실의 위치 즉, 지상과 지하의 위치에 따른 대상오염물질의 평균농도의 차이는 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았으나 지하에 위치한 사무실의 실내공기중의 대상오염물질의 평균농도가 지상에 위치한 사무실에 비해 높은 것으로 조사되었다. 이는 지하에 위치한 사무실의 경우 지상에 위치한 사무실에 비해 환기가 부적절하여 기인한 것으로 여겨지며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않은 것은 자료의 빈약에서 나타난 결과로 사료된다. 또한 건물연식에 따른 대상오염물질의 농도차이 역시 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 건물연식에 따른 대상오염물질의 농도비교에서 유해공기오염물질로 알려진 휘발성유기화합물의 경우 건설 이후 1년 이내의 사무실에 비해 1년에서 3년 사이의 사무실에서의 농도가 0.3배로 감소한 것으로 조사되어 휘발성유기화합물의 경우 건물의 연식이 늘어남에 따라 실내공기중의 농도는 감소하고 있는 것으로 조사되었으며, 이에 반해 포름알데히드의 경우 건물의 연식에 관계없이 꾸준히

일정한 농도를 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 사무실내의 포름알데히드양이 지속적인 농도로 유지되고 있는 이유는 가구 또는 벽지에 함유된 포름알데히드의 반감기가 3년인 것에 기인한다고 볼 수 있다. 또한 이들 유해공기오염물질인 휘발성유기화합물과 포름알데히드의 유지기준 초과율은 각각 20%, 7.5%로 이산화탄소 및 호흡성분진의 유지기준 초과율(각 2.5%, 1.3%)에 비해 높은 것으로 조사되어 사무실 실내공기질 관리에 있어 이들 유해공기오염물질에 대한 관리가 우선적으로 수행되어야 할 것으로 요구된다.

사무실 근무자의 자각 증상과 일반적 사항 및 사무실 환경에 관한 설문문항별 관련성 조사결과와의 관련성 연구결과 일반적 사항은 연령, 흡연유무, 음주유무, 근무부서 등이 자각 증상 호소율에 관련이 있는 것으로 조사되었다. 연령의 경우 저연령층이 고연령층에 비해 높은 호소율을 보였으나 이는 연령이 낮을수록 사무실 공기오염에 민감하다기 보다는 사회적, 문화적 차이에서 온 영향으로 사료된다. 또한 근무부서의 경우 사무실에서 장기간 근무하는 부서인 전산직과 일반사무직이 영업직, 관리직에 비해 증상 호소가 높은 것으로 조사되어 사무실에 장기간 근무하는 사무직 근무자가 자각 증상의 발현 빈도가 높음을 알 수 있었다.

건강상 자각 증상과 관련된 사무실 환경으로는 사무실의 청결상태, 사무실의 위치(지상, 지하), 사무실내 가구의 교체 및 페인트 칠을 다시 한 경우, 공조기의 설치 유무 및 가동 횟수, 사무실의 부적절한 온도, 습도 및 조도 등에 영향이 있는 것으로 조사되었다. 이는 사무실 근무자의 쾌적한 근무환경 조성에 있어 필수적 사항으로 쾌적한 온열환경의 조성을 위한 공조시설의 적절한 가동 및 적정 환기 등이 필수적 사항임을 간접적으로 시사하는 결과라 할 수 있다. 또한 사무실 가구의 교체 및 페인트 칠을 다시 수행하는데 있어 적절한 관리와 대책이 요구되어짐을 나타내는 결과라 할 수 있다.

국내 실내공기오염에 관한 연구는 이철

민 등(2004)에 의해 일부소수의 연구진에 의해 일부 실내환경을 대상으로 국한되어 수행되어져 왔으며, 특히 실내공기질 관련 연구의 대표적 대상시설로는 지상시설로 주택과 사무실, 지하시설로는 지하철역사 및 지하상가로 이들 시설에 대한 연구가 꾸준히 진행되어져오고 있음을 지적한 바 있다. 또한 이들 시설물에 대한 실태조사 대상오염물질로는 호흡성분진, 이산화탄소, 일산화탄소 및 이산화질소 등 기준오염물질에 대한 연구가 많았으며, 휘발성유기화합물, 포름알데히드 및 중금속 등의 유해공기오염물질에 관한 실태조사 연구는 극히 적은 연구가 수행되어져오고 있음을 지적하였다. 이에 본 연구에서는 서울, 경기, 부산, 순천에 위치한 40개소의 사무실을 대상으로 2003년 7월 12일 개정된 「산업보건기준에 관한 규칙」 및 2004년 5월 30일부터 시행되고 있는 「다중이용시설등의 실내공기질관리법」에서 정하고 있는 유지기준오염물질 및 권고기준 오염물질 중 포름알데히드, 휘발성유기화합물, 이산화탄소, 호흡성분진의 사무실 내 공기질 실태조사를 수행하였는데 의의가 있으며 향후 사무실 실내공기 관련 제도 개정에 있어 근거자료로서의 활용 가치가 높은 것으로 사료된다. 또한 이들 사무실에 근무 중에 있는 근무자들의 자각증상과 사무실내 환경조건과의 관련성을 조사 제시함으로써 향후 사무실 근무자의 건강관리를 하는데 있어 지침자료 확보에 본 연구의 수행이 큰 의미를 지닌다고 할 수 있다.

## V. 결 론

서울, 경기, 부산, 순천에 위치한 40개소의 사무실을 대상으로 실내공기 실태 파악과, 사무실 근무자 1,395명을 대상으로 건강자각증상과 관련된 일반적 사항 및 사무실 환경요소와 관련된 설문조사를 2004년 7월부터 9월까지 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 사무실 내 공기 중 오염물질의 평균 농도는 이산화탄소는  $574.8 \pm 230.1$ ppm,



Table 7. A summary of indoor air quality on offices in other studies

Author(year)	Sampling location (period)	Sampling pollutant	Summary (Concentration)*
Shin.D.C. et al (1990)	5 sites in Seoul (1989. 2 / 1989. 7)	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , TSP	Non-smoke(Summer, Winter) CO-1.4±0.4, 3.1±1.7 CO <sub>2</sub> -646±148, 741±185, NO <sub>x</sub> -0.136±0.008, 0.023±0.010 TSP-86±25, 137±41 smoke(Summer, Winter) CO-2.0±0.9, 4.5±2.5 CO <sub>2</sub> -806±186, 680±175, NO <sub>x</sub> -0.018±0.006, 0.033±0.017 SO <sub>2</sub> -0.046±0.022, 0.049±0.025 TSP-139±104, 225±92
Shin.H.S. et al (1993)	4 sites in Seoul (1993. 3 ~ 4)	Benzene Toluene Ethylbenzene o-Xylene m-p-Xylene	Benzene-76.9±63.7, Toluene-434.8±467.4, Ethylbenzene-54±64, o-Xylene-18.5±15.2, m-p-Xylene-46.9±33.2
Back.S.O. & Kim.Y.M. (1996)	24 sites in Daegu (1994 .8 / 1994. 12 ~ 1995 .1).	CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m-p-Xylene, Stylene, o-Xylene, 1,3,5-TMB, 1,2,4-TMB, Naphthlene	CO-2±1.6, CO <sub>2</sub> -1008±983, NO <sub>2</sub> -0.022±0.013, Benzene-11.1±13.1 Toluene-65.8±79.8, Ethylbenzene-7.7±9.3, m-p-Xylene-23.1±25.6 Stylene-5.5±5.2, o-Xylene-14.6±17.9 1,3,5-TMB-8.1±19.1 1,2,4-TMB-18.3±39.2 Naphthlene-6.9±7.2
Hwang.S.M. et al. (1999)	18 sites in Daegu & Daejeon (1999. 8 ~ 9)	PM10	Daegu(Smoke, Non-smoke) PM10-55.10, 7.66 Daejeon(Smoke, Non-smoke) PM10-59.80, 96.80
Nam.B.H. et al. (2002)	2 sites in Seoul (2000. 4 ~ 10)	PM10, B, Mg, Al, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Ba, Ce, Pb	PM10-57.5, B-0.540, Mg-0.009, Al-1.097, Ti-0.005, V-0.001, Cr-0.140, Fe-0.487, Ni-0.035, Cu-0.001, Zn-0.830, As-0.001, Se-0.001, Cd-0.001, Ba-0.447, Ce-0.002, Pb-0.027
Bang.S.J. et al. (2002)	4 sites in Seoul & Gyeonggi (2001. 6 ~ 9)	Legionella.spp Bacteria Fungi Coliform	Legionella.spp-5, Bacteria-230, Fungi-54, Coliform-112
Kim.Y.S. et al. (2002)	5 sites in Seoul (1996. 3 ~ 1997.3)	Rn	Underground Rn-53.2±28.7 Above ground Rn-32.2±7.1
Park.J.G. & Yoon.J.W. (2003)	Sites in Gyeonggi	TSP, CO, CO <sub>2</sub> ,	General office TSP-50, CO-1.31, CO <sub>2</sub> -806.25 Public office TSP-35, CO-1.35, CO <sub>2</sub> -929.55
Wu P.C. et al. (2003)	5 offices in Taiwan (1990-1999)	HCHO	General office 174-1190.5 ug/m <sup>3</sup>

\*: unit; particles(ug/m<sup>3</sup>), VOC(ug/m<sup>3</sup>), gases(ppm), microorganism(CFU/m<sup>3</sup>), Rn(Bq/m<sup>3</sup>)

휘발성유기화합물은  $698.2 \pm 944.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 포름알데히드는  $56.9 \pm 37.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 미생물의 경우  $203.1 \pm 135.1 \text{ CFU}/\text{m}^3$ , 호흡성분진은  $60.9 \pm 47.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다.

2. 환경부와 노동부에서 정하는 각 오염물질별 유지기준 및 권고기준의 초과건수는 이산화탄소의 경우 전체 80개의 시료 중 2건(2.5%), 휘발성유기화합물의 경우는 전체 20개의 시료 중 4건(20.0%), 포름알데히드의 경우는 전체 80개의 시료 중 6건(7.5%)이, 호흡성분진의 경우는 전체 80개의 시료 중 1건(1.3%)인 것으로 조사되었다.

3. 사무실 근무자들에서 발현되는 자각증상으로 '두통', '피로감', '권태', '졸림', '나른함'이 가장 높은 빈도를 나타냈으며, 자각증상 발현의 영향인자로 '사무실 청결 정도', '사무실의 위치(지상, 지하)', '6개월 이내의 사무가구 교체 및 페인트 칠', '공조시설의 유무', '환기의 횟수', '온도', '상대습도', '조도' 및 '사무실 근무자 수' 등이 영향을 주고 있는 것으로 조사되었다.

이 연구는 사무실 실내공기 관련제도의 개정 및 사무실 근무자들의 건강을 관리하기 위한 지침자료 마련에 있어 근거자료를 제시하기 위한 일환으로 수행된 기초조사연구로 본 연구결과를 바탕으로 향후 보다 체계적이며, 장기적이고 광역적인 사무실 실내공기질 실태조사 연구 및 사무실 근무자 자각 증상 연구가 요구되어진다. 또한 나아가 이들 연구자료들을 바탕으로 한 사무실 근무자를 대상으로 한 건강위해성평가연구 등의 수행이 요구되어져야 한다.

## REFERENCES

- 김윤신, 이철민, 김현탁, Takao Iida. Alpha Track Detector를 이용한 실내 라돈농도조사에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 2002;28(5), 71-76
- 남보현, 황인조, 김동술. 분산주성분 분석을 이용한 실내환경 중 PM-10 오염의 패턴분류, 한국대기환경학회지, 2002;18(1), 25-37
- 박정균, 윤재웅. 다중 공중이용시설의 실내환경 관리 수준과 영향요인의 분석, 환경관리학회지, 2003;9(1), 49-56
- 방선재, 이철민, 김윤신, 선우영, 중앙집중식 냉방시설의 냉각탑수중 레지오넬라균과 실내외 미생물 분포에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 2002;28(1), 39-48
- 백성욱, 김영민. 도시지역에서의 실내외 주변공기 중 휘발성 유기화합물의 농도측정에 관한 연구, 대한환경공학회지, 1996;18(2), 181-197
- 서울시립대학교 도시과학연구원. *실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구* 환경부, 2002. (20-22쪽.)
- 신동천, 이효민, 김종만, 정용. 일부지역의 실내공기오염도와 건강에 미치는 영향에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 1990;6(1), 73-84.
- 신혜수, 김윤신, 허귀석. 실내외 공기중 휘발성 유기화합물질(VOCs)의 농도조사에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 1993;9(4), 310-319.
- 이종영, 김종철, 박명규, 이근영, 김성현, 김신도, 박병대, 김현중. 제3회 한국합판MDF·파티클보드 심포지엄 임업연구원·한국합판보드협회, 2004. (189-197쪽.)
- 이철민, 김윤신. 다중시설 내 실내공기오염물질의 연구동향 분석 및 건강위해성평가에 관한 연구, 한국실내환경학회지, 2004;1(1), 39-60.
- 한국공기청정협회. *오염물질 방출 건축자재 선정관련 연구*, 환경부, 2003. (10-26쪽.)
- 한국건설기술연구원, *실내공기질 공정시험방법 도출 연구*, 국립환경연구원, 2003. (23-28쪽), (66-70쪽)
- 한국산업안전공단, 사무실오염으로 인한 건강장해 예방, 한국산업안전공단, 보건분야 기술자료 보건2004-5-295, 129-162
- 한국실내공기산업소연구회, 실내공기과 건강, 신광문화사, 2004, 38-39
- 한국환경정책평가연구원. 실내공기오염에 대한 국민의식조사와 정책방안 연구, 한국환경정책평가연구원, 2001. (99-113쪽)
- 환경부. *노출평가지침서* 2001. (170-211쪽)
- 환경부. *다중이용시설등에 대한 실내공기질 관리법*, 2004
- 환경부. *실내공기질공정시험방법*, 환경부 고시 제 2004-80호(2004.6), 2004
- 황승만, 신주희, 정진욱, 박상곤, 백성욱, 흡연 및 비흡연 사무실의 실내공기질 비교 평가. 한국대기환경추계학술대회, 관동대학교 양양캠퍼스. 1999.
- Richard A.W. & Peter A.S. Indoor air pollution, A Wiley-Interscience Publication. 1983.
- Robinson, J., Nelson W.C. National Human Activity Pattern Survey Data Base. United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. 1995.
- Wade, W.A., W.A. Cote and J.E. Yocom(1975), A Study of indoor air quality, Journal of the Air pollution Control Association, 25(9), 933-939.
- Wu P.C., Li Y.Y., Lee C.C., Chiang C.M., Su H.J. Risk Assessment of Formaldehyde in Typical Office Buildings in Taiwan. Indoor Air 2003;13:359-363

김윤신, 이철민, 김현탁, Takao Iida. Alpha Track Detector를 이용한 실내 라돈농



부 록 1.

## 사무실 실내공기질 관련 건강영향 설문조사

안녕하십니까? 본 설문조사는 사무실의 실내공기오염물질로 인한 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 평소 귀하께서 사무실 환경에 대하여 느낀 바를 알아보고자 실시하는 설문조사입니다. 다소 번거롭고 바쁘시더라도 설문에 응답하여 주시면 감사하겠습니다. 작성하신 설문지는 익명이 보장되고 답변 내용은 본 조사 목적이외에는 사용하지 않을 것입니다. 협조해 주셔서 감사합니다.

### ■ 일반적 사항

1. 성별 ☐ 남자 ☐ 여자
2. 연령 만( )세
3. 흡연 유무 ☐ 흡연( 개피/일) ☐ 비흡연 ☐ 비흡연(과거 흡연력이 있음)
4. 음주 유무 ☐ 음주( 주 회 ) ☐ 비음주 ☐ 비음주(과거 음주경력이 있음)
5. 근무부서 ☐ 일반사무직 ☐ 전산직 ☐ 영업직 ☐ 관리직
6. 현 건물(사무실)에서의 근무경력:
7. 1일 사무실에서 근무하는 시간:
8. 사무실(같은 공간)에 몇 명이 근무하고 있습니까?
9. 귀하의 건강상태는?  
☐ 매우 건강하다 ☐ 건강한 편이다 ☐ 보통이다 ☐ 좋지 않다 ☐ 매우 나쁘다

### ■ 사무실 환경

1. 귀하는 사무실 환경이 청결하다고 생각하십니까?  
☐ 매우 청결하다 ☐ 청결한 편이다 ☐ 보통이다 ☐ 좋지 않다 ☐ 매우 나쁘다
2. 사무실 위치는? ☐ 지상 ☐ 지하
3. 최근 6개월 이내에 사무실 가구를 교체하거나 페인트칠을 한 적이 있습니까?  
☐ 있다 ☐ 없다
4. 최근 6개월 이내 사무실 수리를 한 적이 있습니까?  
☐ 있다 ☐ 없다
5. 사무실에 공조기가 설치되어 있습니까?  
☐ 있다 ☐ 없다 ☐ 잘 모르겠다
6. 공조기가 설치되어 있는 경우 공조기가 잘 가동되고 있다고 생각 하십니까?  
☐ 매우 그렇다 ☐ 보통이다 ☐ 전혀 가동하고 있지 않다 ☐ 잘 모르겠다
7. 사무실 안에 냉방기가 설치되어 있습니까?  
☐ 예 ☐ 아니오
8. 사무실 안에서 흡연을 하는 사람이 있습니까?  
☐ 있다 ☐ 없다 ☐ 별도의 흡연 장소가 설치되어 있다
9. 사무실 환기(창문을 통한 환기)는 자주 하십니까?  
☐ 매우 자주한다 ☐ 자주하는 편이다 ☐ 보통이다 ☐ 어쩌다 한다 ☐ 전혀 안한다
10. 온도조건은 근무하기에 적합하십니까?  
☐ 매우 덥다 ☐ 더운 편이다 ☐ 적합하다 ☐ 추운 편이다 ☐ 매우 춥다
11. 습도조건은 근무하기에 적합하십니까?  
☐ 매우 습하다 ☐ 조금 습하다 ☐ 적당하다 ☐ 조금 건조한 편이다  
☐ 매우 건조하다



12. 조명은 일하기에 적당하십니까?

☐ 너무 밝다 ☐ 밝은 편이다 ☐ 보통이다 ☐ 어두운 편이다 ☐ 너무 어둡다

13. 사무실에 너무 많은 사람이 근무한다고 생각하십니까?

☐ 매우 그렇다 ☐ 약간 그렇다 ☐ 보통이다 ☐ 그렇지 않은 편이다

☐ 전혀 그렇지 않다

14. 사무실 환경에 대해 전반적으로 만족하십니까?

☐ 매우 그렇다 ☐ 약간 그렇다 ☐ 보통이다 ☐ 그렇지 않은 편이다

☐ 전혀 그렇지 않다

## ■ 건강장해

1. 귀하는 사무실 내의 공기 질이 자신의 건강에 영향을 끼친다고 생각하십니까?

☐ 매우 그렇다 ☐ 약간 그렇다 ☐ 보통이다 ☐ 그렇지 않은 편이다

☐ 전혀 그렇지 않다

2. 귀하는 평소 알레르기 질환을 앓고 있습니까?

☐ 예 ☐ 아니오

3. 귀하는 사무실 근무 중에 다음과 같은 증상을 느끼신 적이 있으십니까?

증상	항상 느낀다	자주 느끼는 편이다	가끔 느끼는 편이다	경험한 적은 있다	경험이 없다
두통					
메스꺼움					
콧물					
코막힘, 비염					
채채기					
기침					
숨가쁨					
가슴답답함					
안구건조 및 가려움, 안구열상					
안구 염증, 눈의 피로					
목의 염증					
목의 건조함					
피로감, 권태					
졸림, 나른함					
오한					
발열					
관절, 근육통증					
기억력 장애					
현기증 및 어지러움증					
우울					
긴장, 예민해짐					
집중력 장애					
피부 건조 및 가려움증					
손 또는 손목 통증					
어깨 또는 목 통증					
월경불순					



4. 위의 증상을 경험 하신 경우 해당 증상이 사무실 환경과 얼마나 관련이 있다고 생각하십니까?

- ☐ 매우 관련이 있다 ☐ 약간 관련이 있다 ☐ 보통이다 ☐ 별로 관련이 없다  
☐ 전혀 관련이 없다

5. 위의 증상과 관련하여 치료를 받으신 적이 있습니까?

- ☐ 예 ( ☐ 병원 ☐ 약국 ) ☐ 아니오

#### ■ 관련법규 사항

1. 사무실 근로자의 건강보호를 위하여 2003년 7월 신설된 산업보건기준에 관한 규칙중 “사무실 오염으로 인한 건강장해의 예방편”에 대하여 알고 계십니까?

- ☐ 알고 있다 ☐ 모르겠다

2. 귀하가 근무하는 사무실 환경에 대하여 작업환경측정을 실시한 적이 있습니까?

- ☐ 예 ☐ 아니오 ☐ 모르겠다

3. 사무실 오염으로 인한 건강장해의 예방과 관련하여 교육을 받은 적이 있습니까?

- ☐ 예 ☐ 아니오 ☐ 모르겠다

4. 만약 교육을 받았다면 교육기관은?

- ☐ 노동부 ☐ 환경부 ☐ 한국산업안전공단 ☐ 작업환경측정기관 ☐ 사업장 자체교육

5. 귀하가 근무하는 사무실 환경이 얼마나 좋은지 혹은 나쁜지에 대하여 얼마나 알고 있습니까?

- ☐ 매우 잘 알고 있다 ☐ 잘 알고 있는 편이다 ☐ 보통이다 ☐ 잘 알지 못한다 ☐ 전혀 알지 못한다

6. 사무실에서 근무하는 근로자의 건강보호를 위해서 사무실 환경에 대한 작업환경측정을 정기적으로 실시해야 된다고 생각하십니까?

- ☐ 예 ☐ 아니오

7. 사무실 환경에 대한 작업환경측정을 법으로 규정하여 관리하는 것이 얼마나 필요하다고 생각하십니까?

- ☐ 매우 필요하다 ☐ 필요한 편이다 ☐ 별로 필요하지 않다 ☐ 전혀 필요하지 않다

※ 설문에 응답해 주셔서 감사드립니다.