한국산업위생학회지 제1권 제2호
Korean Ind. Hyg. Assoc. J.
Vol. 1, No. 2, November, 1991

부산지역 4개 백화점의 공기오염도에 관한 조사연구

인제대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소

문덕환 · 이현우 · 이채언

—Abstract—

The Study on the Level of Air Pollution at Four Department Stores in Pusan Area

D.H. Moon, HW. Rhee, C.U. Lee

Dept. of Prev. Med., Coll. of Med., and Inst. of Ind. Med., Inje University

For the purpose of contributing to the promotion of health of the employees working at the same kind of department store or similar type of business and the people utilizing them and preparing the basic data for the establishment of mangagement measure by assessing the level of air pollusion at indoor and outodoor of four department store among the distribution service business in Pusan area, authors measured the concentration of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, formaldehyde and total suspanded particle according to the measuring height of variable at indoor and outodoor from Aug. 1990. to sep. an. d Jan, 1991 to Feb.: for each two months in summer and winter, and studied by dividing the variable factor into atmospheric factor (temperature, humidity and air velociy) The results are as follows;

1. The mean concentration of air pollutants at indoor to total subjects was nitrogen dioxide 31.1ppb, sulfur dioxide 51.7ppb, formaldehyde 162.1ppb and total suspanded particle 67.7 $\mu g/m^3$, and it was higher in winter than in summer ($P>0.05$)
2. The mean concentration of formaldehyde to total subjects was higher indoors than outdoors ($P<0.001$), in case of nitrogen dioxide there was no significant difference and sulfur dioxide and total suspanded particle were higher outdoors than indoors ($P<0.05$)
3. The concentration of nitrogen dioxide and sulfur dioxide proved to be a adverse correlation, reducing with height.
4. According to the result questioned about the exposure concentration of pollutant and the general symptom caused by the pollutant, nitorgen dioxide and symptom proved to be a positive correlation ($P<0.09$)

Key words: Pusan area, department store, level of air pollution.

*본 연구논문은 1990년도 인제연구장학재단 연구비 보조에 의한것임.

Ⅰ. 서 론

산업 경제의 반전과 도시의 집중화 현상은 인구, 주택, 차량, 공장 등의 증가[1](紫田德衛, 1981)(부산의 경우 1980년 이후 9년간 인구 18.1%, 가구수 29.6%, 차량 73.4%, 제조업 41.3% 증가)[2](Pusan matropoliton Govermment 1990)와 더불어 동력용 연료연소와 난방용·취사용 연료연소등 각종 연료의 소비를 확대·증가[3] (Cook E, 1991, Worke ; 1981)시켜, 상당량의 오염물질을 대기중으로 배출하는 결과를 초래하였다[4][5](Work E ; 1981, 노재식, 1988).

이러한 대기 오염물질들은 인간과 밀접한 관계에 있는 동·식물과 자산에 영향을 미쳐 경제적 손실을 가하여 왔을 뿐만 아니라, 인간의 인체에도 직접적인 위해를 가하고 있으며, 그 정도는 날로 증대되고 있는 실정이다[6](Genen E, 1979).

특히, 우리나라 도시의 경우 실내의 난방용 혹은 취사용으로 다량의 탄화수소계 화석연료(연탄, 기름, 가스)를 사용하고 있으며[7](김용완, 1986), 대부분 도시의 생활 90%이상이 가정을 비롯한 작업장, 사무실, 교통기관 등의 실내환경에서 영위하고 있으므로[8][9][10](Chapin FS : 1984, Szala A ; 1972, Dockey DW ; 1981) 실내공기에 관한 연구는 보건학적인 측면에서 중요한 관심사가 되고 있다[9][11][12](Szala A ; 1972, Moschandreas DJ ; 1978, Yocum JE ; 1982).

또한, 국가경제의 발전과 GNP 상승은 3차 산업의 증가를(국내 1990년 1년동안 3차 산업 취업자 65만 4천명 증가, 1980년-1988년 3차 산업 취업자 비율 43.5%-50.9%로 증가)[13][14][15](경제기획원 조사통계표 : 1989, 한국은행 경제통계연보 ; 1989)가져 오고 있으며, 3차 산업 중 백화점과 같은 유통 서비스 업종의 실내환경은 그 종사자의 수가 많고 이용하는 시민들의 수가 많으므로 보건학적·예방의학적 측면에서 더 큰 관심사가 될 것이다.

대기 오염물질은 입자상물질(분진, mist, fume)과 가스상물질(환산화합물(SO_x), 질산화합물(NO_x), 할로겐화합물, 산소산화물(O_x)유기화합물 등)이 있으며[16][17](김민영 ; 1986, 이성관 ; 1980), 실내 오염물질로 중요하게 다루는 물질은 아황산가스(SO_2), 이산화질소(NO_2), 일산화탄소(CO), 포름알데히드(HCHO), 흡연성분, 분진(TPS) 오존(O_3), 탄산가스(CO_2) 및 석면 등을 들 수 있다[18](Wadden RA, 1983).

이들 오염물질의 유해성은 기관지염, 천식성발작, 신경장애 만성적 증상으로는 각종 퇴행성 질환의 촉진과 알레르기 질환을 유발하며, 폐암 등의 악성 종양을 일으키기도 한다[19][20][21][22](Calrect S ; 1984, 김용완 ; 1986, 한국산업안전관리공단 ; 1990, 국립노동과학연구소 ; 1988).

또한, 각 농도는 기상조건에 의한 확산, O_3또는 다른 물리적 화학적 인자 등의 상관관계[5][16][23][24](노재식 ; 1988, 김민명 ; 1986, 野伊準志 ; 1989, 指宿堯嗣 ; 1987)(기온, 기습, 기류, $NO+O_3 \rightarrow NO_2+O_2$, $SO_2+O_3 \rightarrow SO_3+O_2 \rightarrow SO_3+H_2O \rightarrow H_2SO_4$ mist 등)에 따른 여러가지 변수의 복합적인 작용으로 다르게 나타나며[25][26](김의훈 ; 1985, Naiburger M ; 1967), 그 유해성이 달라지므로 변수를 분리하고 상관성을 갖는 메카니즘을 연구하는 것은 중요할 것이다[16][23][24][27](김민영 ; 1986, 野伊準志 ; 1989, 指宿堯嗣 ; 1987, 문국진 ; 1985).

따라서, 연자는 TSP를 포함하여, 주로 호흡기도 자극가스로 알려진 SO_2, NO_2[5][19][28][29](노재식 ; 1988, Calrect S : 1984, 이채언 : 1989, Porkins HC ; 1974)와 발암성 추정물질로서 규명하고 있는 HCHO를 백화점과 관련된 실내·외 환경에서 그 농도를 산정하였으며, 또한 각 오염물질에 작용하는 몇가지 변수들은 분리하고, 변수의 분리에 있어서 현재까지 연구가 미흡한 높이변화에 따른 농도와의 상관성[5][16](노재식 ; 1988, 김민영 ; 1986)[23][24](野伊準志 ; 1989, 指宿堯嗣 ; 1987)등을 함께 고려하였다.

그리고, 이들 변수에 작용할 수 있는 몇가지 변수요인을 선택하여 상관관계를 알아보고, 변수요인과 농도, 농도와 건강장해 관계를 연구하여 향후 이분야의 연구에 기초 자료로써 제시하고자 하였으며, 조사대상 백화점뿐만 아니라, 동종 또는 유사업종 등의 종사자의 건강장해를 예방함과, 이를 이용하는 시민들의 건강장해를 예방함

에 있어서 일조가 되고자 본 연구 조사를 시행하였다.

Ⅱ. 연구 방법

1) 조사시기 및 조사방법

부산지역 유통·서어비스업종 중 5층(17.75±1m) 이상의 4개 백화점 W, X, Y, Z를 연구대상으로 하여 1990년 8월부터 9월까지를 하계 측정기간으로 1991년 1월부터 2월까지를 동계 측정기관으로 하여 측정 조사하였다.

2) 조사 항목

현재 우리나라 환경 보전법상 대기오염의 지표로 사용되며 대기의 허용기준치가 설정되어 있는 NO_2, SO_2, TSP와 우리나라에서는 허용기준치가 설정되어 있지는 않으나 최근 활발히 연구가 진행되고 있는 HCHO를 조사항목으로 정하였다.

3) 조사 방법

NO_2의 측정은 1976년 뉴욕대학교 메디탈센터 환경연구소 Palmes 등이 개발한 Palmes method[30]에 의하였고, SO_2는 Rosaniline-formalin법(West and Gaeke Method)[5][31](노재식; 1988, NIOSH), HCHO는 Crmotropic acid[5][31](노재식; 1988, NIOSH)법으로 TSP는 중량노동법으로 측정조사 하였으며, 온도, 습도는 아스만 온습도계, 기류는 Dgital air velocity meter로 측정하였다.

측정조사에 있어서 각 변수는 실내·실외, 동계·하계, 높이변화에 따른 변화로 하였으며, 각 변수요인을 기상인지(온도, 습도, 기류)와 관련시켜 조사 하였다.

실내외의 구분은 건물 외벽을 기준으로 해서 내부를 실내로 외부벽으로 부터 반경 5m내외를 실외의 측정경계로 하였고, 높이에 따른 측정경계는 지하 1층(−3±0.5m)로부터 지상 9층(17.75±1m)(각 실내외, 동하계, 높이변화 비교에 있어서는 지하와 지상 6층이상 제외)으로 하였으며, 높이변환에 따른 각층별 농도산정에 있어서 각층 실내외의 측정점은 층 실내의 1.75±0.25m높이의 수평연장선과 수직연장선 교차점의 동일 지점으로 하였다.

4) 자료 분석

통계처리는 SPSS Pakage를 이용하여 행하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 전체 조사대상 실내의 동·하계 평균 오염물질 농도.

분산지역 4개 조사대상의 동·하계 오염물질의 평균농도를 보면 동계의 이산화질소가 동계 33.1ppb, 하계 26.5ppb이고, 아황산가스 농도는 동계 68.7ppb, 하계 34.7ppb, 포름알데히드는 동계 182.0ppb, 하계 142.1ppb, 부유분진 농도는 동계 59.9 $\mu g/m^3$, 하계 74.3 $\mu g/m^3$ 그리고 온도는 동계 14.8℃, 하계 19.1℃, 습도는 동계 77.1%, 하계 81.5%, 기류는 동계 0.29ft/min 하계 0.73ft/min으로 나타났다. 각 물질의 동·하계의 평균농도

Table 1. The mean concentration of air pollutants to total subjects by season.

Season	Item / Unit	NO_2** ppb	SO_2** ppb	HCHO** ppb	TSP** $\mu g/m^3$	T* ℃	H %	A** ft/min
Summer		26.5±10.8 (90)	34.7±11.8 (60)	142.1±32.8 (60)	74.3±26.6 (110)	19.1±3.0 (120)	81.5±6.0 (80)	0.73±0.17 (189)
Winter		33.10±14.9 (200)	68.7±31.5 (60)	182.0±38.8 (60)	59.9±28.8 (87)	14.8±4.4 (135)	77.1±8.8 (80)	0.29±0.12 (200)

*$p<0.05$ **$p<0.05$ ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

차의 비교에서 모든 물질은 공히 통계적으로 유의한 차이를 나타냈었으며(이산화질소 : Prob.=0.000 F-value=1.91 t-value=−3.75, 아황산가스 : Prob.=0.000 F-value=7.12 t-value=−7.84, 포름알데히드 : Prob.=0.000 F-value=1.40 t-value=6.09, 부유분진 : Prob.=0.000 F-value=1.17 t-value=3.70), 이산화질소, 아황산가스, 포름알데히드의 농도는 동계가 높게 나타났고, 부유분진과 기상인자(온도, 습도, 기류)는 하계가 높게 나타났다.

2. 전체 조사대상의 실내·외 평균 오염물질 농도

부산지역 4개 조사대상의 실내·외 오염물질의 평균농도는 이산화질소의 경우 실내 31.1ppb, 실외 29.1이며, 아황산가스는 실내 51.7ppb, 실외 57.6ppb, 포름알데히드는 실내 162.1ppb, 실외 132.8ppb. 부유분진은 실내 67.7 $\mu g/m^3$, 실외 83.8 $\mu g/m^3$. 그리고 온도는 실내 16.9℃, 실외 16.1℃. 습도는 실내 79.3%, 실외 73.7%. 기류는 실내 0.51ft/min, 실외 3.31ft/min로 나타났다.

각 물질의 실내·외 평균농도의 비교에서 이산화질소를 제외한 아호아산가스, 포름알데히드, 부유분지과 습도, 기류는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며(아황산가스 : Prob.=0.000 t-value=1.49 포름알데히드 : Prob.=0.000 t-value=9.15, 부유분진 : Prob.=0.000 t-value=−6.59), 아황산가스와 부유분진, 기류는 실외가 높게 나타났고, 포름알데히드와 습도는 실내가 높게 나타났다.

3. 조사대상(W, X, Y, Z)별 실내·실외 오염물질 농도

W, X, Y, Z의 실내·외 각 오염물질의 평균농도는 Table 3에 나타난 바와 같으며, W의 경우,

이산질소 농도는 실내 24.4ppb, 실외는 26.2ppb. 아황산가스 농도는 실내 40.6ppb, 실외는 47.4ppb. 포름알데히드 농도는 실내 162.1ppb, 실외는 131.4ppb. 부유분진 농도는 실내 63.6 $\mu g/m^3$, 실외는 79.3 $\mu g/m^3$이며, 기상인자 중 온도는 실내 17.6℃, 실외 14.1℃. 습도는 실내 79.2%, 실외 74.4%. 기류는 실내 0.51ft/min, 실외 3.32ft/min로 나타났다.

X의 경우,

이산화질소 농도는 실내 47.4ppb, 실외는 29.8ppb. 아황산가스 농도는 실내 69.4ppb. 실외는 68.4ppb. 포름알데히드 농도는 실내 152.8ppb, 실외는 130.5ppb. 부유분진 농도는 실내 89.1 $\mu g/m^3$, 실외는 87.2 $\mu g/m^3$이며, 기상인자 중 온도는 실내 17.7℃, 실외 15.9℃. 습도는 실내 82.0%, 실외 73.2%. 기류는 실내 0.49ft/min, 실외 3.36ft/min로 나타났다.

Y의 경우,

이산화질소 농도는 실내 27.2ppb, 실외는 27.5ppb. 아황산가스 농도는 실내 44.9ppb, 실외는 53.2ppb. 포름알데히드 농도는 실내 157.7ppb. 실외는 129.7ppb. 부유분진 농도는 실내 43.0 $\mu g/m^3$, 실외는 86.5 $\mu g/m^3$이며, 기상인자 중 온도는 실내 16.5℃, 실외 17.7℃, 습도는 실내 77.9%, 실외 75.6%. 기류는 실내 0.51ft/min, 실외

Table 2. The mean concentration of air pollutants to total subjects by site.

Site	Item / Unit	NO_2 ppb	SO_2** ppb	HCHO** ppb	TSP** μ/m^3	T* ℃	H %	A** ft/min
Indoor		31.1±14.1 (290)	51.7±29.2 (12)	162.1±41.0 (120)	67.7±28.5 (203)	16.9± 3.8 (270)	79.3± 7.8 (160)	0.51±0.26 (389)
Outdoor		29.1± 8.5 (185)	57.6±28.9 (120)	132.8±36.9 (120)	83.8±22.9 (177)	16.1±12.1 (270)	73.7±11.9 (160)	3.31±0.83 (703)

*$p<0.05$ **$p<0.001$ ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

3.27ft/min로 나타났다.

Z의 경우,

이산화질소 농도는 실내 27.9ppb, 실외는 32.1ppb. 아황산가스 농도는 실내 52.1 $\mu g/m^3$, 실외는 61.5 $\mu g/m^3$. 포름알데히드 농도는 실내 175.5 $\mu g/m^3$, 실외는 139.8ppb. 부유분진 농도는 실내 67.6ppb, 실외는 81,5ppb이며, 기상인자 중 온도는 실내 16.0℃, 실외는 16.9℃. 습도는 실내 78.0%, 실외 71.7%. 기류는 실내 05.2ft/min, 실외 3.30ft/min로 나타났다.

각 조사대상별 실내의 오염물질 평균농도는 이산화질소의 경우 X>Z>Y>W순으로 X>Z, X>Y, Z>W, Y>W은 통계적으로 유의한 차이를 나타냈고(X>Z : Prob.=0.000 F-value=1.98 t-value=−8.34, X>Y : Prob.=0.000 F-value=3.66 t-value=−9.77, Z>W : Prob.=0.036 F-value=1.93 t-value=−2.08, Y>W : Prob.=0.038 F-value=1.04 t-value=−2.08),

아황산가스의 경우 X>Z>Y>W순으로 X>Z, X>Y, X>W은 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며(X>Z : Prob.=0.025 F-value=2.46 t-value=−2.31, X>Y : Prob.=0.003 F-value=2.04 t-value=−3.17, X>W : Prob.=0.001 F-value=1.68 t-value=−3.60),

포름알데히드의 경우 Z>W>Y>X순으로 Z>W는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었고(Z>W : Prob.=0.032 F-value=1.36 t-value=−2.20),

부유분진의 경우 X>Z>W>Y의 순으로 X>Y, X>Z, X>W, W>Y, Z>Y는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(X>Y : Prob.=0.000 F-value=4.95 t-value=−9.98, X>Z : Prob.=0.000 F-value=1.02 t-value=−4.30, X>W : Prob.=0.000 F-value=1.44 t-value=−5.02, W>Y : Prob.=0.000 F-value=3.43 t-value=−5.11),

각 조사대상의 실내·외간의 오염물질 농도차는 이산화질소의 경우 Y를 제외한 모든 조사대상에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, W, Z는 실외의 농도가 높고, Y는 실내외의 차이가 유의하지 않았으며, P는 실내의 농도가 높게 나타났다.

아황산가스의 경우 Y, Z가 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 실외의 농도가 높고, W,

Table 3. The mean concentration of air pollutants by kind of department store and site.

Name	Item / Unit	NO_2 ppb	SO_2** ppb	HCHO** ppb	TSP** μ/m^3	T* ℃	H %	A** ft/min
W	Indoor	24.4± 8.9 (68)	40.6±26.8 (30)	162.1±43.7 (30)	63.6±22.7 (45)	17.6± 3.8 (70)	79.2 (40)	0.51±0.26 (100)
	Outdoor	26.2± 8.0 (40)	47.4±27.9 (30)	131.4±37.1 (30)	79.3±19.5 (42)	14.1±13.0 (70)	74.4±12.4 (40)	3.32±0.87 (180)
X	Indoor	47.4±16.1 (62)	69.4±34.7 (30)	152.8±36.9 (30)	89.1±27.2 (55)	17.7± 4.4 (70)	82.0± 6.9 (40)	0.49±0.27 (90)
	Outdoor	29.8± 6.6 (45)	68.4±31.8 (30)	130.5±40.1 (30)	87.2±27.3 (53)	15.9±12.9 (70)	73.2±12.4 (40)	3.36±8.2 (165)
Y	Indoor	27.2± 8.4 (83)	44.9±24.3 (30)	157.7±38.5 (30)	43.0±12.2 (40)	16.5± 3.7 (60)	77.9 9.4 (40)	0.51±0.26 (99)
	Oudoor	29.8± 6.6 (51)	68.4±31.8 (30)	130.5±40.1 (30)	87.2±27.3 (40)	15.9±12.9 (60)	73.2±12.4 (40)	3.27±0.75 (180)
Z	Indoor	27.9±11.4 (77)	52.1±22.1 (30)	175.5±43.1 (30)	67.6±26.9 (63)	16.0± 0.4 (70)	78.0± 7.9 (40)	0.52±0.27 (100)
	Outdoor	32.1± 9.9 (49)	61.5±25.3 (30)	139.8±37.0 (30)	81.5±24.6 (42)	16.9±11.6 970)	71.7±12.4 (40)	3.30±0.86 (180)

*p<0.5 **p<0.01 ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

X는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않으나, W는 실외가 높은 경향, X는 실내가 높은 경향을 나타내었다. 포름알데히드의 경우 W, X, Y, Z 공히 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, W, X, Y, Z가 공히 실내 농도가 높게 나타났다.

부유분진의 경우 W, Y, Z가 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, W, Y, Z공히 실외 농도가 높게 나타났다.

4. 전체 조사대상의 층별 높이변화에 따른 농도변화

Table 4는 전체 조사대상의 층별 높이변화에 따른 각 물질의 농도변화를 나타낸 것이며, 높이변화와 농도간의 통계처리결과 오염물질 이산화질소, 아황산가스의 실내·외 농도와 부유분진이 통계적으로 유의한 역의 상관관계를 나타내고 있으며(실내 이산화질소 : Prob.=0.003 $\rho=-0.4959$, 실외 이산화질소 : Prob.=0.000 $\rho=-0.6808$, 실내 아황산가스 : Prob.=0.000 $\rho=-0.4325$, 실외 아황산가스 : Prob.=0.001 $\rho=-0.3429$), 기상인자 온도, 습도, 기류는 높이 변화와의 관계에서 실외의 기류가 통계적으로 유의한 점이 상관관계를 나타내었고(실외 기류 : Prob.=0.000 $\rho=-0.4061$), 온도, 습도는 통계적으로 유의하지 않았다.

이산화질소, 아황산가스의 높이변화에 따른 평균농도차는 이산화질소의 실내 −5층이 22.5ppb, 실외 1−5층이 14.9ppb, 아황산가스의 실내 1−5층이 33.3ppb, 실외 1−5층이 23.8ppb를 나타내었으며, 기상인자 실외 기류는 5−1층이 1.16ft/min을 나타내었다.

5. 각 오염물질간의 상관관계

Table 5는 오염물질(이산화질소, 아황산가스,

Table 4. The mean concentration of air pollutants by floor and site.

Floor ⟨hight⟩	Item Unit	NO_2 ppb	SO_2** ppb	HCHO** ppb	TSP** μ/m^3	T* ℃	H %	A** ft/min
1 ⟨1.75±1m⟩	Indoor	40.3±13.7 (68)	66.2±30.1 (24)	159.6±38.8 (24)	67.4±26.4 (42)	16.9± 3.8 (54)	78.8± 6.9 (32)	0.51±0.27 (79)
	Outdoor	36.9± 9.8 (42)	68.3±31.1 (24)	139.5±36.0 (24)	84.3±27.1 (41)	16.1±12.3 (54)	72.6±13.2 (32)	2.74±0.72 (141)
2 ⟨6.75±1m⟩	Indoor	35.6±11.2 (56)	62.1±29.8 (24)	166.2±40.6 (24)	62.6±26.5 (39)	16.9± 3.8 (54)	80.2± 7.6 (32)	0.50±0.26 (80)
	Outdoor	33.1± 6.3 (33)	64.4±28.5 (24)	127.5±34.1 (24)	92.4±117.8 (34)	16.1±12.3 (54)	74.8±11.8 (32)	3.04±7.3 (141)
3 ⟨10.35±1m⟩	Indoor	29.9±12.7 (56)	52.3±28.6 (24)	161.6±41.6 (24)	60.3±21.0 (39)	16.9± 3.8 (54)	79.2± 7.4 (32)	0.49±0.25 (70)
	Outdoor	27.8± 3.9 (36)	59.0±29.1 (24)	131.6±36.6 (24)	90.3±19.2 (35)	15.9±12.3 (54)	74.6± 9.3 (32)	3.30±6.9 (141)
4 ⟨13.35±1m⟩	Indoor	27.7±13.8 (63)	45.2±26.3 (24)	166.4±43.6 (24)	68.1±26.7 (41)	17.1± 3.8 (54)	78.4± 9.6 (32)	0.53±0.27 (80)
	Outdoor	24.6± 4.1 (38)	52.0±26.6 (24)	135.1±38.1 (24)	79.7±24.3 (33)	16.2±12.3 (54)	74.4±11.3 (32)	3.58±0.73 (141)
5 ⟨17.75±1m⟩	Indoor	17.8± 4.6 (46)	32.9±18.9 (24)	156.3±43.0 (24)	79.3±36.5 (42)	16.9± 3.8 (54)	79.8± 7.8 (32)	0.51±0.27 (80)
	Outdoor	22.0± 5.7 (36)	44.5±24.4 (24)	131.0±40.7 (24)	72.1±19.5 (34)	16.0±12.3 (54)	72.1±13.7 (32)	3.90±0.75 (139)

*$p<0.5$ **$p<0.01$ ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

Table 5. The relationship of air pollutants.

Correlations:	NO_2OUT	SO_2OUT	HCHOOUT	TSPOUT	HOUT	AOUT	TOUT
NO_2OUT	1.0000						
SO_2OUT	.7807**	1.0000					
HCHOOUT	0.920	.2543	1.0000				
TSPOUT	−.0387	−.1498	.4900*	1.0000			
HOUT	−.3112	−.5357*	−.5610**	−.1106	1.0000		
AOUT	.0229	.1827	.0203	−.2726	.1635	1.0000	
TOUT	−.3322	−.5801**	−.6218**	−.1045	.4675*	−.5701**	1.0000
Correlations:	NO_2IN	SO_2IN	HCHOIN	TSPIN	HIN	AIN	TIN
NO_2IN	1.0000						
SO_2IN	.7962**	1.0000					
HCHOIN	−.2359	.0095	1.0000				
TSPIM	.1692	−.0493	.2804	1.0000			
HIN	−.2690	−.3833	−.3814	−.0461	1.0000		
AIN	−.4566*	−.5653**	−.4880*	−.2055	.6007**	1.0000	
TIN	.2804	.0208	−.5562**	.0741	−.1142	.0328	1.0000

*$p<0.05$ **$p<0.001$

NO_2IN : Concentration of Indoor NO_2 NO_2OUT : Concentration of Outdoor NO_2

SO_2IN : Concentration of Indoor SO_2 SO_2OUT : Concentration of Outdoor SO_2

HCHIOIN : Concentration of Indoor HCHO HCHOOUT : Concentration of Outdoor HCHO

TSPIN : Concentration of Indoor T.S.P. TSPOUT : Concentration of Outdoor T.S.P.

HIN : Percent of Indoor Humidity HOUT : Percent of Outdoor Humidity

AIN : Velocity of Indoor Air AOUT : Velocity of Outdoor Air

TIN : Degree of Indoor Temperature TOUT : Degree of Outdoor Temperature

포름알데히드, 부유분진), 기상인자(온도, 습도, 기류)의 상호간의 상관관계를 나타낸 것이다.

각 물질의 상관관계 산정은 측정 단위별(동일 위치, 동일 측정기간) 측정치를 평균, 최대, 최소 값으로 환산하여 평균, 최대, 최소의 순서에 따라 동일하게 일벽하여 산출하였다. 오염물질의 농도와 기상인자(온도, 습도, 기류)와의 상관관계를 살펴보면, 실내의 경우, 이산화질소의 농도는 기류와 통계적으로 유의한 역의 상관관계를 나타내며, 온도, 습도는 통계적으로 유의하지 않으나, 온도는 약 정상관의 경향, 습도는 약한 역상관의 경향을 나타내고 있다.

아황산가스의 농도는 기류와 통계적으로 유의한 역의 상관관계를 나타내며, 습도는 통계적으로 유의하지 않으나 역상관의 경향을 나타내고 있다.

포름알데히드 농도는 풍속, 온도와 통계적으로 유의한 역의 상관관계를 나타내며, 습도는 통계적으로 유의하지 않으나, 역상관의 경향을 나타내고 있다.

부유부진은 기류와 통계적으로 유의하지 않으나, 역상관의 경향을 나타내고 있다.

실외의 경우, 이산화질소의 농도는 습도, 온도와 통계적으로 유의하지 않으나, 역상관의 경향을 보이고,

아황산가스는 온도, 습도와 통계적으로 유의한 역의 상관관계를 나타내었으며,

포름아데히드는 온도, 습도와 통계적으로 유의한 역의 상관관계를 나타내고 있다.

부유분진은 온도, 습도, 기류와 통계적 유의성이 나타나지 않았다.

오염물질간의 상관관계 경향을 살펴보면, 실내의 경우, 이산화질소와 아황산 가스는 통계적으로 유의한 강한 정의 상관관계를 나타내고 있으며 포름아데히드나 부유부진은 다른 물질과 통계적으로 유의한 상관관계는 나타내지 않았다.

Table 6. The mean concentration of air pollutants in W department store by seson and site.

Site / Season	Item / Unit	NO_2 ppb	SO_2 ppb	HCHO ppb	TSP μ/m^3	T ℃	H %	A ft/min
Summer	Indoor	20.1**±6.4 (19)	23.4 ±4.9 (24)	138.2**±29.6 (15)	71.5 ±16.3 (20)	19.5**±3.2 (35)	80.3 ±5.5 (20)	0.73**0.17 (50)
	Outdoor	22.9**±5.0 (20)	24.9 ±4.3 (21)	113.4**±31.2 (15)	72.6 ±22.4 (20)	26.8**±2.5 (35)	81.0 ±6.9 (20)	2.74**±0.68 (90)
Winter	Indoor	26.1* ±8.3 (49)	53.3*±32.5 (15)	185.9**±43.1 (15)	57.2**±25.3 (20)	15.6**±3.3 (35)	78.1**±7.1 (20)	0.29**±0.12 (50)
	Outdoor	29.5* ±9.2 (20)	63.7*±30.9 (15)	149.4**14.3 (15)	85.4**±14.3 (22)	1.5**±2.9 (35)	69.9**±13.3 (20)	3.90**±0.62 (90)

*$p<0.01$ **$p<0.05$ ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

6. 각 조사대상(W, X, Y, Z)별 실내·외 및 동·하계의 오염물질 농도.

W의 오염물질 농도는 Table 6에 나타난 바와 같이, 이산화질소, 아황산가스, 포름알데히드, 부유분진의 농도는 하계-실내의 경우 이산화질소 20.1ppb, 아황산가스, 포름알데히드, 부유분진의 농도는 하계-실내의 경우 이산화질소 20.1ppb, 아황산가스 23.4ppb, 포름알데히드 138.2ppb, 부유분진 71.5$\mu g/m^3$, 온도 19.5℃, 습도 80.3%, 기류 0,73ft/min이며, 하계-실외의 경우는 이산화질소 22.9ppb, 아황산가스 24.9ppb, 포름알데히드 113.4ppb, 부유분진 72.6$\mu g/m^3$, 온도 26.8℃, 습도 81.0%, 기류 2.84ft/min을 시현하였다.

동계-실내의 경우 이산화질소 26.1ppb, 아황산가스 53.3ppb, 포름알데히드 185.9ppb, 부유분진 57.2$\mu g/m^3$, 온도 15.6℃, 습도 78.1%, 길규 0.29ft/min, 동계-실외의 경우는 이산화질소 29.5ppb, 아황산가스 36.7ppb, 포름알데히드 149.4ppb, 부유부진 85.4$\mu g/m^3$, 온도 1.5℃, 습도 69.6%, 기류 3.90ft/min을 시현하고 있다.

실내·실외의 오염물질 농도차는 하계의 경우 이산화질소, 포름알데히드, 동계의 경우 이산화질소, 포름알데히드, 부유분진이 각각 통계적으로 유의하게 나타났으며(하계 이산화질소 : Prob.=0.015 t-value=−2.72, 하계 포름알데히드 : Prob.=0.004 t-value=3.44, 동계 이산화질소 : Prob.=0.047 t-value=−2.13, 동계 포름알데히드 : Prob.=0.012 t-value=2.90, 동계 부유분진 : Prob.=0.000 t-value=−5.39), 하계의 경우 이산화질소, 아황산가스는 실외의 농도가 높고, 포름알데히드는 실내의 온도가 높게 나타났다.

동계의 경우 이산화질소, 아황산가스, 부유부진은 실외의 농도가 높으며, 포름알데히드는 실내가 높은 농도를 시현하였다.

X의 오염물질 농도는 Table 7에 나타난 바와 같이 하계-실내의 경우 이산화질소 40.1ppb, 아황산가스 42.3ppb, 포름알데히드 144.3ppb, 부유분진 85.8$\mu g/m^3$,

온도 20.6℃, 습도 83.6%, 기류 0.74$\mu g/m^3$이며, 하계-실외는 이산화질소 26.1ppb, 아황산가스 42.3ppb, 포름알데히드 109.3ppb, 부유분진 93.7$\mu g/m^3$, 온도 28.2℃, 습도 82.1%, 기류 2.85ft/min을 시현하였다.

동계-실내의 경우 이산화질소 50.9ppb, 아황산가스 96.4ppb, 포름알데히드 161.2ppb, 부유분진 93.3$\mu g/m^3$, 온도 14.7℃, 습도 80.4%, 기류 0.29ft/min이며, 동계-실외는 이산화질소 33.1ppb, 아황산가스 94.5ppb, 포름알데히드 151.6ppb, 부유분진 78.7$\mu g/m^3$, 온도 3.5℃, 습도 64.3%, 기

Table 7. The mean concentration of air pollutants in X department store by season and site.

Season	Item / Unit	NO_2 ppb	SO_2 ppb	HCHO ppb	TSP $\mu g/m^3$	T ℃	H %	A ft/min
Summer	Indoor	40.1* ±11.8	42.3±12.1	144.3**±31.6	85.8 ±30.1	20.6* ±3.6	83.6 ±6.1	0.74**±0.17
		(20)	(15)	(15)	(31)	(35)	(20)	(40)
	Outdoor	26.1* ±4.4	42.2±9.3	109.3**±38.4	93.7 ±28.4	28.2* ±2.8	82.1 ±5.2	2.85**±0.71
		(21)	(15)	(15)	(30)	(35)	(20)	(75)
Winter	Indoor	50.9**±16.7	96.4±27.8	161.2 ±41.0	93.3*±22.9	14.7**±2.9	80.4**±7.5	0.29**±0.12
		(42)	(15)	(15)	(24)	(35)	(20)	(50)
	Outdoor	33.1**±6.4	94.5±23.4	151.6 ±29.7	78.7*±23.6	3.5**±4.5	64.3**±11.0	3.79**±6.32
		(24)	(15)	(15)	(23)	(35)	(20)	(90)

*$p<0.01$ **$p<0.05$ ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

Table 8. The mean concentration of air pollutants in Y department store by season and site.

Site / Season	Item / Unit	NO_2 ppb	SO_2 ppb	HCHO ppb	TSP μ/m^3	T ℃	H %	A ft/min
Summer	Indoor	23.3±5.0	31.2 ±9.5	133.0**±28.9	45.0**±11.0	19.4**±2.5	81.5 ±6.7	0.73**±0.17
		(20)	(15)	(15)	(20)	(30)	(20)	(49)
	Outdoor	24.9±4.2	31.6 ±9.9	113.1**±25.8	85.5**±13.6	28.0**±2.6	81.1 ±7.1	2.84**±0.65
		(22)	(15)	(15)	(20)	(30)	(20)	(90)
Winter	Indoor	28.6±9.3	58.6**±26.9	182.4**±30.4	41.0**±12.5	13.6**±2.2	74.5*±10.5	0.30**±1.2
		(62)	(15)	(15)	(20)	(30)	(20)	(50)
	Outdoor	29.4±9.6	74.8**±20.1	146.2**±33.2	87.5**±20.7	7.3**±3.7	70.1*±10.2	3.71**±2.8

*$p<0.01$ **$p<0.05$ ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

류 3.79ft/min을 시현하였다.

실내와 실외의 오염물질 농도차는 하계의 경우 이산화질소, 포름알데히드 동계의 경우 이산화질소, 부유분진이 각각 통계적으로 유의하게 나타났으며(하계 이산화질소 : Prob.=0.000 t-value=6.24, 하계 포름알데히드 : Prob.=0.000 t-value=6.09, 동계 이산화질소 : Prob.=0.000 t-value=4.19), 하계의 이산화질소, 포름알데히드, 동계의 이산화질소는 공히 실내의 농도가 높게 나타났다.

Y의 요염물질 농도는 Table 8에 나타난 바와 같이, 하계-실내의 경우는 이산화질소 23.3ppb, 아황산가스 31.2ppb, 포름알데히드 133.0ppb, 부유분진 45 $\mu g/m^3$, 온도 19.4, 습도 81.5%, 기류 0.73ft/min이며, 하계 실외는 이산화질소 24.9ppb, 아황산가스 31.6ppb, 포름알데히드 113.

1ppb, 부유분진 85.5 $\mu g/m^3$, 온도 28,0℃, 습도 81.1%, 기류 2.84ft/min을 시현하였다.

동계-실내의 경우는 이산화질소 28.6ppb, 아황산가스 58.6ppb, 포름알데히드 182.4ppb, 부유분진 41.0 $\mu g/m^3$, 온도 13.6℃, 습도 74.5%, 기류 0.30ft/min이며, 동계-실외의 경우 이산화질소 29.4ppb, 아황산가스 74.8ppb, 포름알데히드 146,2ppb, 부유분진 87.5 $\mu g/m^3$, 온도 7.3℃, 습도 70.1%, 기류 3.71ft/min을 시현하였다.

실내와 실외의 오염물질 농도차는 하계의 경우 포름알데히드, 부유분진과 동계의 경우 아황산가스, 포름알데히드, 부유분진이 통계적으로 유의하게 나타났으며(하계 포름알데히드 : prob.=0.001 t-value=4.04, 하계의 부유분진 : Prob.=0.000 t-value=−12.34, 동계의 아황산가스 : Prob.=0.004 t-value=−3.46, 동계의 포름알데히드 : Prob.=0.000 t-value=4.81, 동계의 부유분진 : Prob.=0.000 t-value=−8.78), 하계의 경우 이산화질소, 부유분진은 실외의 농고가 높고, 포름알데히드는 실내의 농고가 높게 나타났고, 동계의 경우 아황산가스는 실외는 농도가 높았으며, 포름알데히드는 실내의 농도가 높게 나타났다.

Z의 오염물질 농도는 Table 9.에 나타난 바와 같이, 하계-실내의 경우 이산화질소 24.1ppb, 아황산가스 37.4ppb, 포름알데히드 152.6ppb, 부유분진 81.5 $\mu g/m^3$, 온도 16.9℃, 습도 80.7%, 기류 0.74ft/min이며, 하계-실외는 이산화질소 26.5ppb, 아황산가스 40.8ppb, 포름알데히드 123.8ppb, 부유분진 89.6 $\mu g/m^3$ 온도 27.9℃, 습도 78.8%, 기류 2.70ft/min을 시현하였다.

동계-실내의 경우는 이산화질소 30.3ppb, 아황산가스 66.7ppb, 포름알데히드 198.5ppb 부유분진 45.0 $\mu g/m^3$, 온도 15.1℃, 습도 75.4%, 기류 0.3ft/min이며 동계-실외는 이산화질소 37.3ppb, 아황산가스 82.2ppb, 포름알데히드 155.8ppb, 부유분진 74.1 $\mu g/m^3$, 온도 5.8℃, 습도 64.5%, 기류 39.1 $\mu g/m^3$을 시현하였다.

실내와 실외의 오염물질 농도차이는 하계의 경우 포름알데히드, 동계의 경우, 이산화질소, 아황산가스, 포름알데히드, 부유분진이 각각 통계적으로 유의하게 나타났으며(하계 포름알데히드 : Prob.=0.029 t-value=2.43, 동계 이산화질소 : Prob.=0.008 t-value=−2.87, 동계 아황산가스 : Prob.=0.001 t-value=−4.00, 동계 포름알데히드 : Prob.=0.000 t-value=5.15, 동계 부유분진 : Prob.=0.000 t-value=−5.72), 하계의 경우 이산화질소, 아황산가스, 부유분진은 실외의 농도가 높았으며, 포름알데히드는 실내가 높은 농도를 나타내었다.

7. 전체 조사 대상의 오염물질 농도와 오염물질로 인한 일반적 증상간의 관계

Table 9. The mean concentration of air pollutants in Z department store by season and site.

Site / Season	Item / Unit	NO_2 ppb	SO_2 ppb	HCHO ppb	TSP μ/m^3	T ℃	H %	A ft/min
Summer	Indoor	24.1 ±7.6 (30)	37.4 ±11.5 (15)	152.6* ±39.9 (15)	81.5 ±22.1 (20)	16.9**±2.5 (30)	80.7 ±5.6 (20)	0.74**±0.17 (50)
	Outdoor	26.5 ±6.1 (21)	40.8 ±11.8 (15)	123.8* ±37.7 (15)	89.6 ±31.8 (20)	27.9**±0.5 (30)	78.8 ±6.3 (20)	2.70**±0.69 (90)
Winter	Indoor	30.0**±12.7 (47)	66.7*±20.5 (15)	198.5**±33.5 (15)	45.0**±16.7 (20)	15.1**±3.7 (35)	75.4*±9.0 (20)	0.30**±12.8 (50)
	Outdoor	37.3**±9.7	82.2*±16.3	155.8**±29.5	74.1**±12.2	5.8**±3.7	64.5*±13.0	3.91**6.2

*p<0.01 **p<0.05 ( ) : No of sample.

NO_2 : Nitrogen dioxide TSP : Total suspended particle A : Air velocity

SO_2 : Sulfur dioxide T : Temperature

HCHO : Formaldehyde H.D : Humidity

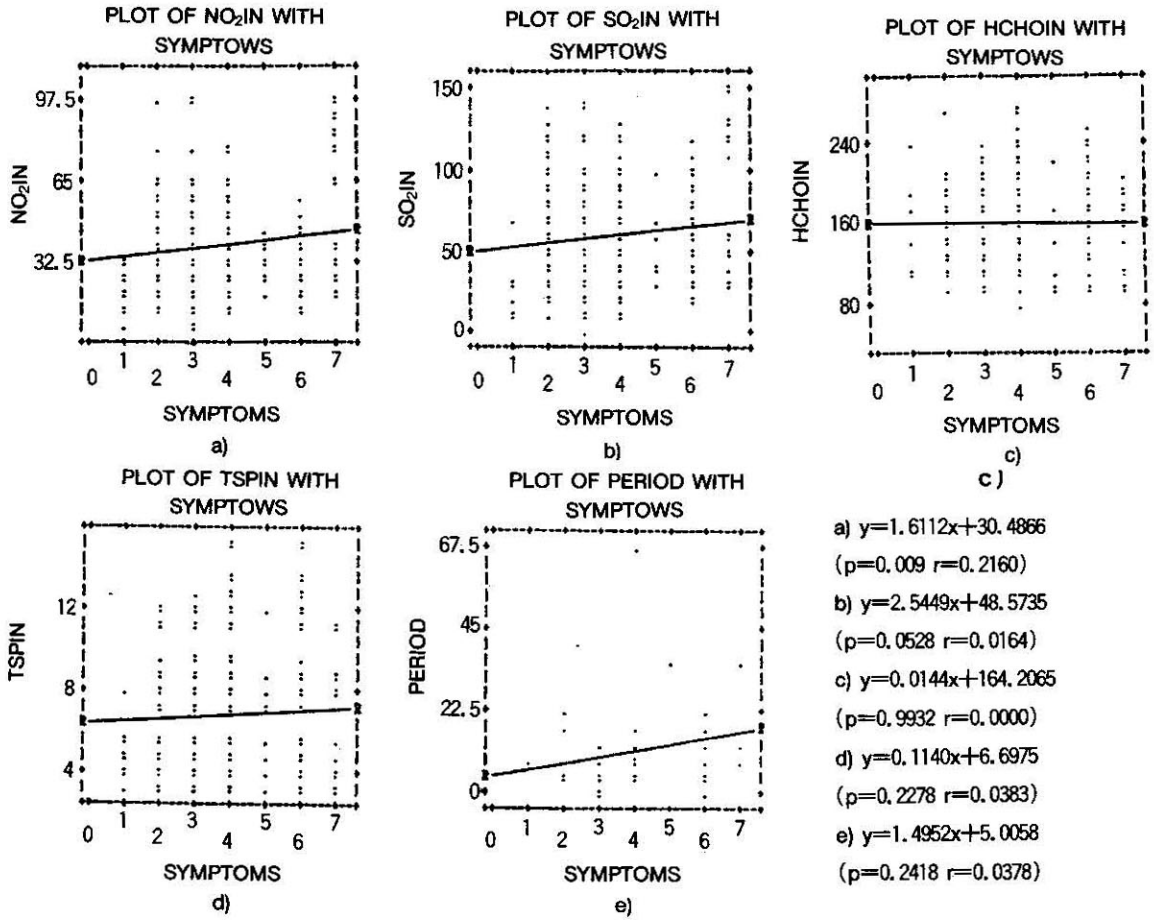

Fig. 1. The relationship of symptoms and air pollutants.

Fig. 1은 조사대상에 있어서 오염물질의 일반적 소인으로 알려진 몇가지 증상을 여성 종사자를 대상으로 설문조사하여 오염물질 농도와의 상관성을 나타낸것이다.

설문조사 형태는 조사대상에 근무하는 여성 종사자를 무작위 표본추출하여 설문지 조사항목 1—14를 조사하였으며, 설문지 조사항목 10—13에 (예/아니오)중 '예'의 응답자는 농도와 증상간의 상관관계 연구대상에서 제외시켰다(설문조사지 별첨).

농도와 증상간의 상관관계는 설문지 조사항목 2—9까지의(예/아니오)에서 예의 응답 횟수와 그 응답자의 응답자의 오염물질 폭로농도간의 관계이며, 전체 표본 조사 대상을 회귀분석한 결과이다.

이산화질소의 농도와 증상간의 관계는 통계적으로 유의한 정의 상관관계를 나타내고 있으며, 아황산가스, 포름알데히드, 부유분진, 그리고 설문지 조사항목 1에서 종사자의 근무기간과 증상간의 관계는 각각 정의 상관경향을 나타내었으나 통계적으로 유의하지 않았다.

Ⅳ. 고 찰

도시의 대기오염은 각종 연료의 연소과정에서 불완전 연소된 일산화탄소, 유황산화물, 질소산화물, 비산화·비연소탄화수소 등의 각종 오염물질과 연료중에 혼합되어 있는 화학물질에 따라 여러가지 유해물질이 발생되어 대기중을 배출되며, 이들은 실내환경에도 영향을 주는 것은 당연

한 일일 것이다.

오염 유해물질 중 NO_2는 인공 배출원에 의해서 전 세계적으로 연간 53×10^6톤이 배출되는 것으로 추정[29]하며, 발생원 배출에 기인하는 NO_x농도는 전체 NO_x중의 0.083%($[NO_2]=0.083[NO_x]$)이며, NO는 91.7%($[NO]=0.917[NO_x]$)로서 NO_2 전체의 농도는 $NO+O_3\rightarrow NO_2$, $+O_2$의 반응 메카니즘에서 $[NO][O_3]$의 농도에 의한 2차적 생성에 지배적인 영향을 받는 것으로도 알려져 있다[23](野伊準志; 1989).

NO_x는 연료와 공기 혼합비(air fuel fatio)에서 과연료 상태(rich fuel) 비교적 고온에서 많이 발생되며, 연료의 종류별로는 열가 10^9But당 석탄 8341b, 석유 6941b 천연가스 3901b이 발생된다고 한다[4][19](Work K; 1981, Calrect S; 1984).

NO_2의 인체에 대한 장해는 6.0ppb 이상의 농도로서 건강장해를 초래하고, 1ppb이하의 농도에서도 2-3세 소아들의 기관지염이 증가되다고 하며, 물에 대한 용해도가 낮고, 폐장에 대한 침습성이 높아 급성 상부호흡기도 자극 효과는 경미하나 갑자기 폐부종을 일으켜 사망을 초래하는 하부호흡기도 독성가스로 알려져 있다[4][29](Work K; 1981, Perkins HC; 1974).

또한, NO_2는 식물의 성장을 억제하고, 대기중의 수분과 반응하여 질산을 생성하기도 하여 금속면을 부식하고, 우수의 산성화에도 기여한다[4][32][33](Work K; 1981, 강인구; 1989, 이민희; 1989).

본 조사에서 각 대상(W, X, Y, Z)의 NO_2농도는 59.4-0.7ppb(평균 67ppb로서 김등[34](1981년)(1983년)의 112ppb-26ppb(평균 67ppb)보다 다소 낮은 경향을 나타내고 있으며, 정등의(1983-1984년도)(1986년도)서울시 성적 41.8ppb-15.5ppb와 유사한 경향을 나타내었다.

현재 실내환경 허용기준치는 정하여 있지 않으나, 대기 허용기준치 50ppb를 근접 또는 초과하는 수준이다.

SO_2는 배출원이 의해서 연간 약 100×10^6톤-146×10^6톤이 전 세계적으로 배출되며, 이 중 70%는 유황을 함유하는 석탄의 연소시에 16%는 석유의 연소시에 발생된다고 한다[29](Perkins HC, 1974).

SO_2는 불연성의 비폭발성 무색가스로서 공기중에 300-1,000ppb(0.3-1.00ppm)가 존재하면 맛을 느낄수 있고, 약 500ppb(0.5ppm)의 존재로 색깔이 인지되며, 3,000ppb(3.0ppm)이상의 농도에서는 코를 찌르는 듯한 자극적인 냄새를 지니고 있다.

인체에 대한 장해는 비교적 높은 농도에서 폐섬유증, 폐기종 등의 장애가 일어날 수 있으며, 낮은 농도 하에서도 공기중의 입상물질, 수분이 혼재하여 있는 경우 광화학반응 또는 촉매반응에 의해서 황산염($GuSO_4$, $CaSO_4$, $MgSO_4$ 등)과 황산 mis(H_2SO_3, H_2SO_4 mist)를 생성하여 그 장해성이 증가하며, 뇨의 산성화, 호흡곤란, 호흡유량 저하, 상부호흡기도 자극감, 후각 및 미각의 저하, 비염, 기관지염, 기침, 객담량의 증가 또는 감기나 폐염이 이환되어 있는 경우, 그 지속시간을 연장시킨다[4][5][32][34](Work K; 1981, 노재식; 1988, 강인구; 1989, Kim JC; 1983).

TSP가 100-130 $\mu g/m^3$이고 SO_2농도가 46ppb(0.046ppm)이상인 경우에는 소아 호흡기 질환의 발병율이 증가하며, TSP의 농도가 200 $\mu g/m^3$이고, 24시간 평균 SO_2의 농도가 95ppb(0.095ppm)이상에서는 산업장 근로자들이 질병으로 인한 결근율이 높아진다[35](官本昭正, 1971).

또한, SO_2는 우수의 산성화에 관여하여 토양과 자연수원을 산성화함으로써 농작물의 수확과 어족의 생존에 치명적인 결과를 초래하기도 한다[4][19][32][36](work K; 1981, Calrect S; 1984, 강인구; 1989, NAPCA; 1969).

본 조사에서 각 대상(W, X, Y, Z)의 SO_2농도는 실외의 경우 132.0ppb-8.3ppb평균 57.64ppb로서 김등[22](국립노동과학 연구소, 1988)(1986년도)의 543ppb-13ppb와 부일연감[37](부산일보사, 1981)(1989년도)(1990년)에 수록되어 있는 47ppb(0.047ppm) 전등(1983-1984년도)(1986)의 서울시 성적 77.5-17.1ppb을 상회하는 수준이며, 실내의 경우는 139.4ppb-2.6ppb 평균 51.7ppb수준을 나타내었다.

현재 실내환경 허용기준치는 정하여 있지 않으나 대기환경 허용기준치 50ppb를 초과하는 수준이다.

HCHO는 주로 석탄산계, 뇨소계, 메라민계 합성수지 원료공업, 우로트로핀 제조공업, 파라포름알데히드·헥사메틸렌 테드라민 등의 제조공업, 염료공업, 피혁공업, 섬유공업 등에 사용되고 있으며[5)22)](노재식; 1988, 국립노동과학연구소; 1988), 살균제, 방부제, 건축물의 단열재, 실내가구의 칠 섬유직물, 접착제, 악취제거제 등 공업용품에서 생활용품에 이르기까지 넓은 범위에 걸쳐서 사용되고 있고 그 사용량도 증가하고 있는 추세이다[38)39)40)](김윤신; 1983, 김윤신; 1989, 고관석; 1988).

현재 우리나라에서는 HCHO에 대한 대기 허용기준치가 설정되어 있지 않으나, 미국에서는 100ppb(0.1ppb)를 대기 허용기준치로 정하여 놓고 있다.

본 조사에서 각 대상(W, X, Y, Z)의 HCHO농도는 실외의 경우 평균농도가 133.73ppb로서 미국의 대기환경 허용기준치 100ppb를 상회하는 수준이었으며, 실내의 경우 평균농도가 162.85ppb로서 고[40)](고광석, 1988)가 지하상가에서 측정한 145ppb보다 약간 높은 수준을 나타내고 있고, 김[46)](김윤신, 1988)이 측정한 163.3ppb와는 유사한 수준을 보여주고 있다.

대기 중의 분진은 철강업, 시멘트 제조, 곡물가공 및 저장업 아스팔트 제조업, 펄프 및 제지업, 토사석 채취업 등의 산업장을 비롯하여, 공장, 주택 발전소, 교통기관에서 주로 발생되며, 이외에도 산불, 화산, 풍식작용 식물의 가루와 씨앗, 도로 등의 자연원에서도 발생된다[4)].

분진은 그 농도, 입자의 크기 및 구성성분, 성질에 따라서 진폐와 암종 발생등의 인체장애, 시정감소, 환경 온도 및 식물 성장의 속도 변화, 생활용구의 오탁, 그리고 눈비 구름 따위의 기상변동을 일으킨다[4)19)](Work K; 1981, Calrett S; 1984).

본 조사에서 각 대상(W, X, Y, Z)의 TSP농도는 실외의 경우 83.8 $\mu g/m^3$으로 대기 허용기준치 150 $\mu g/m^3$에 미달되는 수준이며, 임[47)](Lim GT, 1983)(1981년도)(1983)의 평균 381.16 $\mu g/m^3$과 정등[48)](정용, 1986)(1983-1984년도)91986) 서울시 성적 422.3-57.3 $\mu g/m^3$에 비하여 비교적 낮은 수준이다.

이상의 물질 NO_2, SO_2, HCHO, TSP의 농도를 변수별로 살펴보면, Table 1 : 에서 전체 조사대상 실내에 있어서의 동계-하계간의 농도는 NO_2, SO_2, HCHO, TSP가 공히 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, NO_2, SO_2, HCHO는 동계에 농도가 높았고, TSP는 하계가 높게 나타났다.

또 변수에 관여할 것으로 예측되는 기상인자 온도, 습도자 동-하계 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 하계가 높게 나타나는 것을 알수 있었다. 오염물질의 농도에 관여하는 변수요인은 오염발생량, 환기회석량, 확산속도, 온도, 습도, 풍향, 풍속, 지형, 지세[5)] 등 이외에도 수 많은 요인들이 작용할 것으로 사료되나, 본 조사연구에서는 기상인자 온도, 습도, 기류가 이들 변수와 농도간에 변수요인으로서 어떻게 작용하는지를 알아보고자 하였다.

전체 조사대상의 HCHO의 농도는 Table 5 : 에서 보는 바와 같이, 실내의 경우 온도와 HCHO의 농도는 아주 밀접한 관계가 있는 것으로 나타나 있으며, 실외의 경우에 있어서도 온도, 습도와 각각 강한 정도의 상관관계를 나타내고 있다. 온·습도가 HCHO농도에 직접적으로 또한 간접적으로 작용하는지의 여부는 추후 더욱더 연구되어져야 할 것이라고 사료되나, HCHO가 습도의 영향을 받는다는 것은 알려진 사실이며, 본 조사연구의 결과에 있어서도 포름알데히드 농도는 온·습도의 영향을 크게 받는 강한 정도의 역 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다.

또, 조사대상에 있어서의 SO_2, NO_2농도는 실내에 있어서 실내기류와 역상관의 관계를 나타내고 있으나, 실외에서는 상관관계가 나타나지 않으므로 이들의 상관관계는 추후 더욱더 검토 되어져야 할 것이라고 생각한다. 다음, 실내·외의 변수에 의한 농도변화를 살펴보면, 실내·외에 변수에 작용할 수 있는 변수 요인은 자연환기량, 환기시스템, 실내의 발생원의 유무, 앞서 설명한 오염물질에 관여하는 변수요인등 그 외에도 여러 요인이 작용할 것으로 사료되며, 실내의 농도에 크게 작용할 수 있는 변수요인으로는 실내의 발

생원의 유무, 환기시스템에 의한 환기량 등일 것이나 추후 더욱더 검토되어져야 할 것이다.

실내의 환기량은 자연환기량, 기계적 환기장치에 의한 환기량 등이 있으며, 기계적 환기장치에 의해 환기량을 극대화 시킬수 있으나, 동계의 난방효율, 하계의 냉방효율 등과의 상호관계에 있어서 환기량은 제한될 수 밖에 없을 것이다.

실내의 난방효율을 높이고, 실내의 환기량을 동시에 높이려면, 막대한 에너지 손실을 가져올 것이며, 에너지의 소비는 결국 각종 연료의 소비로 직결되어 또 하나의 대기오염을 가중시키는 원인이 되기도 할 것이다.

이와같은 결과로서, 실내의 오염물질 농도는 발생원이 실내에 있을때 환기량과 냉·난방효율과의 상관관계에 따른 제한에 의해 그로인한 인체피해는 더욱 커질 것으로 사료하는 바이다. Table 3에서 보여주는 바와같이 NO_2의 경우는 P의 실내가 실외에 비해 높게 나타났으며, 이는 실내에 각종 음식점, 식당, 다방 등에 의한 연료연소에 기인한 것으로 사료하나, 추후 더욱더 검토를 해야 할 것이다.

HCHO의 경우는 조사대상에 있어서 공히 실내가 높게 나타났으며, 실내의 의류, 인쇄물, 가죽제품, 각종가구 등 매장 판매물품과 실내 난방연료연소 등이 발생원일 것으로 사료되나, 추후 더욱더 검토되어져야 할 것이다.

또한, 연구조사의 Table 4 : 에서는 높이변화에 따른 오염물질 농도는 NO_2, SO_2의 경우 높이변화와 역의 상관관계를 나타내었다. 즉, 높이가 증가함에 따라 농도가 감소하고 있으며, 미가상학의 관점에서 연구되어진 노[5]의 연구와 일본鵜野[23]의 대기관측에서 NO_2, SO_2의 농도가 높이에 따라 감소하는 것으로 알려져 있으나, 본 연구조사의 대상(W, X, Y, Z)에 있어서는 17.75±1m에서 이산화질소 실내 22.5ppb 실외 14.9ppb 아황산가스 실내 33.3ppb, 실외 23.8ppb로 크게 감소하므로 관여하는 변수요인 등 추후 더욱 검토 되어져야 할 것으로 사료된다. 본 연구조사에 따르면 NO_2, SO_2의 농도는 지상에 근접할수록 높을 수 있고, 인체에 대한 유해성도 커질 가능성이 있으며, 오염발생원이 지상에 근접해 있을 경우 그로 인한 직접적인 피해는 더 높을 것으로 예측된다.

조사대상(W, X, Y, Z)의 공기오염도 측정결과는 앞서 전술한 바와 같이 NO_2, SO_2는 대기오염 허용기준치 0.05ppm을 근접 또는 초과하는 수준이었으며, HCHO는 미국의 대기오염 허용기준치 100ppb를 훨씬 상회하는 수준이다.

이들 오염물질의 농도와 일반적 중상간의 관계는 NO_2의 경우 정상관의 관계가 나타났으며, 이와 같은 결과는 조사대상내에 종사하는 종사자들이 NO_2 폭로에 의한 인체장해가 있다는 것을 의미하는 것이며, Wark k[4]., Rerkin H.C[29]등이 연구한 인체에 대한 장해관계를 간접적으로 증명한다고 하겠다.

SO_2의 경우는 유의수준에 못 미치는 정 상관의 경향을 나타내었으나, 인체 장해를 주고 있을 것으로 사료되며, TSP, HCHO도 정 상관의 경향을 나타내었다. 지금까지 연구되어진 백화점과 같은 대단위의 업종 등은 많은 종사자들 뿐만 아니라, 사람들이 운집하는 곳이므로 향후 더욱더 많은 연구가 지속되어져야 할 것으로 사료되며, 연구에 있어서도 사람을 대상으로 증상관계를 연구하여 반영할 수 있어 현재 실내공기 오염실태와 인체장해 관계를 동시에 파악할 수 있는 하나의 좋은 조사대상이라고 하겠다.

V. 결 론

부산지역의 유통·서어비스업종 중 4개 백화점 W, X, Y, Z의 실내·외 공기오염도를 파악하여 백화점과 동종 또는 유사업종 등의 종사원과 이용하는 시민들의 건강증진에 기여하고, 그 관리대책 수립의 기초자료를 마련하기 위하여 1990년 8월－9월, 1991년 1월－2월 각 동·하계 2개월간 아황산가스, 이산화질소, 포름알데히드, 부유분진의 농도를 변수 실내－실외 높이변화로 하여 측정조사하였으며, 변수인자를 기상인자(기온, 기습, 기류)로 나누어 연구하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

전체 조사대상의 실내공기 오염물질의 평균농도는 이산화질소 31.1ppb, 아황산가스 51.7ppb,

포름알데히드 162.1ppb, 부유분진 67.7 $\mu g/m^3$이었으며, 동계가 하계보다 높았다($p<0.05$).

전체 조사대상의 실내 포름알데히드의 평균농도는 실외보다 높았으며($p<0.001$), 이산화질소의 경우는 유의한 차이가 없고, 아황산가스와 부유분진의 경우는 실외가 더 높았다($p<0.05$).

이산화질소 및 아황산가스의 농도는 높이가 증가함에 따라 감소하는 역의 상관관계를 나타내었다.

조사대상의 오염물질 폭로농도와 오염물질로 인한 일반적 증상간의 설문조사결과 이산화질소와 증상간의 관계에서 정의 상관관계를 나타내었다($p<0.009$).

참 고 문 헌

1) 紫田德衛. 現代部市論. 東京:東京大學 出版會, 1981 : p3
2) Chapin FS. *Human activity patterns in the city. A wiley,Interscience Publ, N.Y. 1984.*
3) Cook E. *The flow of energy in an industrial society. Scientific American 1971 ; 225 : 135–144.*
4) Dockery DW, Spengler JD. *Personal exposure to respirable particulates and sulfate. J Air Poll Contr assoc. 1981 ; 31 : 153–159.*
5) Genen E, Likens et al. *Acid rain. Scientific American, 1979 ; 241.4.* 6) Key AD, Lawrence PH, Maryann W. *formaldehyde exposure in no noccupational environments. Arch Environ health 1981 ; 36 (6) : 277–284.*
7) Kim JC, Lim GT, Yun I, et al. *Study on the atmosphere NO_x pollution in pusan city. J Eny studies 1983 ; 1 : 99–108.*
8) Lim GT, Yun I, Sim JH, et al. *Survey of suspended paticulate and Leed in the ambient air. J Env Studies 1983 ; 1 : 67–74.*
9) Moschandreas DJ, Stark JHC, et al. *Indoor air pollution in the residential environment. Vol I and II. EVA report NC. EPA-60017-78-229 a & b, Washington D, C, 1978.*
10) Naiburger M. *Meteoralogical aspects of air pollution. Arch Enveiron Health. 1967 ; 14 : 41–45.*
11) NAPCA. *A quality criteria for paticulate matter. AP-62, Washinton D.C., HEW 1969.*
12) NIOSH. Manual of analytical methods. Vo. 1, 2, 3.
13) Palmes ED, Gunnison AF. *Personal sampler for nitrogend dioxied. Am Ind Hyg Assoc J 1976 ; 37:570–577.*
14) Perkins HC. *Air pollution. Mc Graw-Hill Inc. 1974.*
15) Pusan matropalitan Government. 제 29회 부산통계 연보, 1990.
16) Report of the FEderal pannel on formaldehyde. Environ health Pers 1982 ; 43 : 139-168.
17) Rolf A, Birgitta KH, Goran H, et al. *Exposure to formaldehyde. Archives of Environmental health 1982 ; 37(5) : 279–284.*
17) Calrect S et al. *Hand book of air pollution technology. A wiley–Interscience Publ 1984.*
18) Swenberg TA, Kerns WD, Mitchell RI, et al. *Induction of Squamous Cell Carcinomas of the rat nasal Cavity by Inhalation exposure to formaldehyde vapor. Cancer Res. 1980 : 40 : 3398–3401*
19) Szala A. *The use of time : Daily activities of urban Mouton and CD. The Hague, Netherlands, 1972.*
20) Wadden RA, Scheff PA. *Indoor air pollution. A wiley-Interscience Publ. 1983.*
21) William E, Halperin. *Nasal cancer in a worker exposed to Formaldehyde. JAMA 1983 ; 249 : 510–512.*
22) Work K, Warner CF. *Air pollution-Its origin and contral. 2nd ed. New York, Haper & Row, Publishers, 1981.*
23) Yocum JE. *Indoor-Outdoor air quality relationships : A criticale review. J Air Poll contr Assoc 1982 ; 32 : 500–520.*
23) 野伊準志, 植田洋匡, 苦松伸司. 夜簡の都市域にける NO_2の 高濃度 發現 メガニズム. J. Japan Soc. Air Pollut. 1989;24(2) p.130－143.
24) 指宿堯嗣. 大氣 環境に おける 不均一系 化學反應. J Japan Soc, Air pollut. 1987;22(1) 1－23.
24) 강인구, 나진균, 유봉도 등. 특정 기상 조건에서의 강수중 산도 및 오염도 변화 분석. 국립환경 연구원, 과학기술처. 1989.
25) 고광석. 서울시내 일부 지하상가에서의 공기중 포름알데히드 농도에 관한 조사연구. 서울대학교 보건대학원 환경보건학과 석사학위 논문. 1988.
26) 국립 노동 과학 연구소. 유해 위험물질 편람. 1988;48(8807).
27) 경제 기획원 조사통계국(National Bureau of statistics Planning Board Republic of Korea). 한국의 사회지표(Sosial indicaters in korea). 1989.
28) 경제 기획원 조사통계국(National Bureau of statistics planing Board Republic of Korea). 한

국의 통계 연감(Korea statistical Year book). 제 36호, 1989.
29) 김민영, 박상현, 박성배, 서울지역 광화학 오염물질 농도 현황 및 기상인자의 영향에 관한 연구. 서울 특별시 보건 환경 연구소보 1986;22 : 223－224.
30) 김용완, 배기택, 문덕환, 등. Palmes tube를 이용한 도시 주택의 옥내외 NO_2농도에 관한 조사 연구. 예방의학회지 제 19권 제 1호 1986.
31) 김용환, 이채언, 문덕환, 등. 부산의 대기 오염도 조사, 예방의학회지. 1986;19(2) : 252－262.
32) 김윤신, 김강향. 실내·외 포름알데히드 농도에 관한 조사 연구. 한국환경 위생학회지 1989; Vol 1. 15. No. 2.1－9.
33) 김윤신. 실내 공기에 관한 보건학적 고찰. 대한보건 협회지 1983;9(3) : 121－27.
34) 김윤신. 서울시 일부지역의 실내 공기오염 농도에 관한 조사 연구. 한양대학교 환경과학 총론. 1988;5 제 2권.
35) 官本昭正. 亞硫酸ガス, 臨床雜志內科 1971;27(5).
35) 김의훈, 김필수, 김채옥, 등. 공기중의 Radon 방사능 측정에 의한 서울 대기의 혼합높이 결정. Bulletin of Environmental Sciences 1985;vol 6.
36) 노재식, 김성환, 이영복, 등. 대기오염 방지기술 대기오염, 녹원 출판사. 1988.
37) 문국진. 대기오염 물질 분자와 에어로졸 형성과의 상호관계에 관한 연구. Bulletin of Environmental Science 1985 ; Vol 6.
38) 부산 일보사. 부일 연감, 부산 1989.
39) 이민희, 한의정, 신찬기 등. 산성비 및 대기오염도 분석. 국립환경연구원 과학기술처. 1989.
40) 이성관, 김병우, 김두희등, 예방의학과 공중보건(Preventive medicine and, Public health), 계축 문화사, 1980 : 50－76
41) 이채언, 문덕환, 김준연, 등. 부산지역 지하상가의 대기오염도에 관한 조사연구. 한국 대기보존 학회지. 1989;5 : 1. 22－32
42) 정용, 장재연, 권숙표. 오염물질 기준 지수(Pollutant standard Index)를 이용한 대기질의 평가－서울 특별시 대기 오염도 대하여－. 예방의학회지 1986 : 19(1) : 65－75.
43) 한국 산업 안전공단. 「화학물질 유해성 편람」하권, 유해 90－112－1.
44) 한국은행(The Bank of Korea) 경제 통계 연보(Economic statistical Year book). 1989.

설문조사지

*귀하께서 매일 마시고 계시는 공기는 얼마나 안전 할까요?
다음 질문에 답해 주시면 대단히 고맙겠습니다.

소 속 : 백화점, 층 부
성 별 : 나 이 :

1. 현재의 위치에서 근무 하신지 얼마나 되었습니까? ( )개월
2. 머리가 자주 아프다. (예/아니오)
3. 잔기침을 자주 한다. (예/아니오)
4. 가래가 많이 나온다. (예/아니오)
5. 눈이 따갑고 시력이 떨어진다. (예/아니오)
6. 날씨가 나빠지면 가슴이 답답하다. (예/아니오)
7. 감기에 잘 걸린다. (예/아니오)
8. 감기에 걸리면 대부분 심하게 앓는다. (예/아니오)
9. 숨을 쉴때 쌕쌕 거리는 소리가 난다. (예/아니오)
10. 최근 1년 이내에 기관지염 진단을 받은 적이 있다. (예/아니오)
11. 최근 1년 이내에 천식 진단을 받은 적이 있다. (예/아니오)
12. 현재 천식이나 기타 호흡기 질환으로 병원에 다닌다. (예/아니오)
13. 담배를 피운다. (예/아니오) 하루에 ( )개피
14. 술을 마신다. (예/아니오) 주( )회 ( )정도

바쁘신 중에도 불구하고 끝까지 성실하게 답변해 주신데 진심으로
감사드립니다. 내내 건강 하시길 기원합니다.