

실내공기질에 따른 재실자의 인식성 공기질 평가

우병렬 · 이현수 · 안호기 · 정순원¹⁾ · 황문영¹⁾ · 박충희¹⁾ · 유승도¹⁾ · 양원호*

대구가톨릭대학교 산업보건학과, ¹⁾국립환경과학원 환경건강연구부 환경보건연구과
(2010년 9월 18일 접수; 2010년 11월 22일 수정; 2010년 12월 8일 채택)

Perceived Air Quality Assessment of Occupants According to Indoor Air Quality

Byunglyul Woo, Hyunsu Lee, Hogi Ahn, Soon-Won Jung, Moon-Young Hwang¹⁾,
Choong-Hee Park¹⁾, Seung-Do Yu¹⁾, Wonho Yang*

Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Kyongbuk 712-702, Korea

¹⁾Environmental Health Division, Environmental Health Research Department,

National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea

(Manuscript received 18 September, 2010; revised 22 November, 2010; accepted 8 December, 2010)

Abstract

Perceived air quality (PAQ) is defined as evaluation of indoor air satisfaction and comfortable sensory by occupants. However, there are differences between criteria of indoor pollutants and lowest sensory thresholds. In this study, we compared indoor PAQ by questionnaire with measured benzene, toluene and nitrogen dioxide (NO₂) concentrations in home indoors. The NO₂ concentration was the highest in Seoul, while benzene and toluene were the highest in Asan. Average PAQ score in winter was higher than that in summer. Significant correlations between PAQs of home indoor air pollution and measured pollutant concentrations were not shown and correlation coefficients (r) ranged between -0.453 < r < 0.258. Several groups have been divided to analyze what may affect PAQ scores such as gender, city, home indoor smoking, passive smoking, and self-reported respiratory symptoms. Gender, city, and self-reported respiratory symptoms by indoor air quality were associated with high PAQ scores by using of logistic regression analysis. We are confirmed that no association between concentrations of home indoor pollutant and PAQ scores. Therefore we further need to develop new indicator indoor air pollutants, measurement, and evaluation by PAQ.

Key Words : Perceived air quality, Indoor air quality, Benzene, Toluene, Nitrogen dioxide

1. 서론

최근 산업화 및 도시화 등으로 인한 대기오염과 새로운 건축 자재 및 생활용품 사용, 에너지절약을 위한

건물 밀폐로 인하여 발생하는 유해물질로 인해 실내 공기질이 오염되고 있다(Lee 등, 2004). 또한 인간은 하루 중 대략 90% 이상을 실내에서 보내고 있으며, 오염된 실내공기질에 의한 영향을 받을 수 있어 실내환경은 재실자들의 건강에 있어 중요한 환경이다(양 등, 2009; Carslaw, 2007).

실내공기질 오염물질의 영향으로 인해 실내 재실자들은 새집증후군과 같은 건강영향 증상이 나타날 수 있

*Corresponding author : Wonho Yang, Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Kyongbuk 712-702, Korea
Phone: +82-11-9740-2408
E-mail: whyang@cu.ac.kr

으며 그 원인 물질로는 휘발성유기화합물(VOCs), 이산화질소(NO₂), 포름알데히드(HCHO), 미세먼지(PM10) 등이 보고되고 있다(Jones, 1999). 우리나라의 실내공기질 관리는 환경부, 고용 노동부, 보건복지가족부, 교육과학기술부 등에서 각 해당 법령에 의거 공중이용시설, 다중이용시설, 학교 및 사무실 등을 관리해 오고 있으며, 특히 환경부에서는 실내공기질을 체계적으로 관리하기 위하여 2004년 5월부터 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법을 시행하여 17개 시설군에서 관리오염물질 10가지 항목을 설정하여 관리토록 하고 있으며 신축공동주택에 대한 공기질 측정, 관리 또한 의무화 하고 있다(환경부, 2009). 그러나 이런 관리를 통하여 실내오염물질의 농도를 기준치 이하로 유지하고 있다하더라도 실내 재실자들은 실내공기에 대하여 만족을 하지 못하는 경우가 많으며 오염물질의 농도가 저농도 임에도 불구하고 두통, 자극, 가려움 등의 증상의 호소가 늘어나고 있다(Lercher 등, 1995; Danuser, 2001).

실내공기질에 대한 만족 또는 쾌적도에 대한 재실자들의 평가를 인식성 공기질(Perceived Air Quality, PAQ)이라 하며 이러한 평가는 주로 재실자들의 감각에 의존한다. 예를 들면 악취나 소음, 온열 조건에 따라 실내 재실자들의 평가는 달라 질 수 있기 때문이다(Hopper와 Martinac, 1998). 소음, 악취, 공기오염 등에 대한 불쾌감과 소음, 악취 및 공기오염 수준과의 비교는 지속적으로 연구되어 왔으며(Forsberg 등, 1997; Klaeboe 등, 2000; Cheong 등, 2006), 불쾌감과 비교 연구 또한 보고되고 있다(Miedema 등, 2000). 그러나 벤젠(benzene)과 같은 실내공기 오염물질의 노출기준과 최소감지농도와는 큰 차이가 있고 재실자들은 이러한 물질을 제대로 인식하지 못하는 것으로 보고되고 있다(EU Environment Institute, 1999).

본 연구의 대상물질인 NO₂는 고온연소의 부산물로 실내에서 가스렌지, 석유난로 난방기, 흡연 등과 같은 연소과정에서 발생된다(Spicer 등, 1989). NO₂의 노출은 주로 호흡을 통해 이루어지며, 주요 건강영향은 호흡기 자극제로 기침, 점액성 또는 거품성 객담 생산, 호흡곤란, 흉통, 폐부종의 증상과 증후, 청색증, 빈 호흡, 빈맥, 눈 자극 증상을 나타내고 고농도 노출 시 치명적인 폐 손상을 가져올 수 있다(Basu와 Samet, 1999).

한편 실내 재실자들 사이에 새집증후군과 같은 증상의 호소 사례가 증가하고 있으며 대부분의 경우 VOCs 노출 후의 건강에 미치는 영향이 새집증후군의 증상과 비슷하며 실내공기 중의 VOCs 농도가 외부공기의 농도에 비해 2~8배 가량 높다는 점 등에 의해 VOCs가 새집증후군 증상호소의 원인일 것이라 추정하고 있다(EPA, 2002). 이러한 측면에서 재실자 스스로 이러한 실내오염물질을 인식하고 제어하는 것은 보건학적 측면에서 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 일부 지역에서 NO₂, 벤젠 및 톨루엔(toluene)의 농도를 측정하고, 재실자들의 실내공기 인식도에 대한 조사를 실시하여 실내공기오염물질의 농도와 실내공기인식도인 인식성 공기질(PAQ) 간의 관계를 파악하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 대상 선정 및 설문지 작성

연구대상은 대도시 및 시골 지역의 비교를 위하여 대구, 아산, 서울, 순천 지역의 주택을 중심으로 지역별 100명 이상이 되도록 하였고 연령대를 고려하여 대상자를 선정하였다. 설문조사는 각 개인 및 가정의 특성을 알 수 있도록 기존 역학연구 설문지와 미국 NHEXAS 설문 내용을 참고하였으며(US EPA, 2010), 인식성 공기질에 대한 척도는 Oglesby 등(2000)의 연구를 인용하였다. 개인 및 가정 특성으로는 성별, 직업, 개인질환 유무, 지역, 흡연조건 등으로 설문되었으며, 인식성 공기질에 대한 점수(PAQ Score)는 각 개인의 가정에서 느끼는 두통, 눈의 건조감, 코막힘, 기침, 피부자극, 어지러움 등의 증상에 따른 점수를 1점(전혀 그렇지 않음)부터 5점(매우 심하다)까지 평가하도록 하였다.

2.2. 측정 및 분석방법

측정은 대구, 아산, 서울, 순천 지역의 선정된 가정에서 여름(9월 초)과 겨울(2월 초) 2회 이루어 졌으며, 월요일에서 금요일까지 5일 연속으로 수동식 시료채취기(passive sampler)를 이용하여 벤젠, 톨루엔 및 NO₂를 측정하였다. 휘발성유기화합물 중 벤젠과 톨루엔은 OVM 3500(SK C O., USA)로 측정하였으며 분석은 일반 유기용제 활성탄관법의 분석과 마찬가지로

로 각 샘플을 이황화탄소(CS₂)로 탈착하여 가스 크로마토그래피(GC)를 이용하여 분석하였다. 이용된 GC의 검출한계는 검출 가능한 표준용액을 이용하여 7회 분석 후 표준편차의 3배수로 하였다(Daisey 등, 1994).

NO₂는 Badge type의 수동식 시료채취기(Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Japan)을 사용하였다(Yanagisawa와 Nishimura, 1982). 수동식 시료채취기는 자연적인 기류를 이용하여 확산과 투과라는 물리적인 과정과 반응에 의한 화학적 반응을 이용하여 NO₂의 농도를 측정하는 장치로 작고(5×4×1 cm) 가벼운(15 g) 장점을 지니고 있다. 수동식 시료채취기 내부에 있는 셀룰로우스 필터에 TEA(Triethanolamine)용액이 흡수되어 NO₂를 포집하며, 농도계산에 이용된 물질전환계수는 0.10 cm/sec를 이용하였으며, 농도분석은 Photospectrometer(Shimadzu UV-1201, Japan)를 이용하여 정량분석을 하였다. NO₂ 농도분석은 Sulfanilic acid 5 g, Phosphoric acid(85%) 50 mL와 NEDA(N (1 Naphtyl) ethylene diamine dihydrochloride, 98%) 0.05 g을 이용하여 color reagent(azodye forming) 1 L를 제조하였다. Passive sampler는 NO₂가 존재하지 않는 챔버(chamber)에서 분해하여 셀룰로우스 여지를 시험관(16 × 100 mm)에 넣고, color reagent 10.0 mL를 시험관에 주입하였다. 실리카겔, 활성탄, Purafil filter(과망간산칼륨, 활성 알루미늄과 활성탄으로 합성된 물질)를 연속으로 연결하여 대기 중 공기를 챔버로 유입시켜 대기오염물질이 없는 상태에서 분석시료를 준비하였다. 준비된 분석시료의 흡광도를 545 nm 파장에서 측정하였으며, 평균 NO₂ 농도는 다음 식에

의해 계산하였다.

$$C = 6.762 \frac{M}{t} (ppb)$$

C: NO₂ 농도, 21°C, M: 총 포집된 NO₂ 양 (nmol), t: 총 포집 시간

2.3. 통계분석

수집된 설문과 측정데이터를 바탕으로 지역별 주택 실내의 물질 별 농도를 알아보고자 평균, 표준편차, 기하평균 및 기하표준편차를 계산하였으며, PAQ항목별 점수 분포를 계산하였다. 그리고 농도 값과 PAQ Score간의 상관성 분석을 실시하였으며, PAQ Score에 영향을 주었을 것으로 생각되는 인자별로 농도 비교 및 PAQ Score의 비교를 하였고 로지스틱 회귀분석(Logistic regression analysis)을 통하여 PAQ Score가 높게 나올 수 있는 요인에 대해 분석하였다(Rotko 등, 2002). 통계 분석에는 Excel Ver. 2007 과 SPSS Ver. 12.0을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 지역별 주택 실내 농도

지역 및 물질 별 주택 실내 농도를 Table 1에 나타내었다. NO₂는 서울이 25.78 ppb로 가장 높았으며 이는 서울의 인구 및 차량 등이 많은 특성으로 인해 NO₂의 발생원이 많은 것뿐만 아니라 실내연소도구 등의 사용이 많은 것에 따른 것으로 생각한다. 반면 벤젠과 톨루엔의 경우 아산에서 가장 높은 값을 보였으며, 이

Table 1. Measured concentration (ppb) of home indoor air pollutants according to city

	NO ₂		Benzene		Toluene	
	Mean± S.D	GM (GSD)	Mean± S.D	GM (GSD)	Mean± S.D	GM (GSD)
Daegu (N=225)	22.66± 8.45	21.19 (1.45)	0.85± 0.52	0.69 (1.95)	6.93± 4.25	5.76 (1.88)
Asan (N=191)	24.09± 9.02	22.11 (1.56)	0.94± 0.53	0.80 (1.82)	9.48± 13.72	6.12 (2.33)
Seoul (N=204)	25.78± 9.35	22.59 (1.97)	0.44± 0.60	0.50 (2.60)	6.51± 13.30	6.22 (1.92)
Soonchun (N=206)	17.56± 10.01	14.61 (2.07)	0.54± 0.40	0.44 (2.23)	3.72± 4.99	1.90 (4.46)

것은 아산지역이 제조업 등의 산업단지가 위치한 곳으로 실외 공기질 영향뿐만 아니라 실내 흡연에 따른 결과이기 때문이다. 분석된 주택실내 농도의 빈도는 대수정규분포를 나타내었으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Kolmogorov-Smirnov test: US EPA, 1994).

3.2. 인식성 공기질(PAQ) 점수

여름과 겨울에 분석된 PAQ 항목과 점수를 Table 2에 나타내었다. 실내공기 만족에 대한 각 항목들은 실내에서 느끼는 두통, 자극, 건조함 등의 증상 호소 정도를 5점 척도로 기입 하도록 하였으며, 여름철에 비해 겨울철에서의 증상 호소가 다소 높아지는 경향을 보였다. Cheong 등(2006)의 연구에 따르면 실내의 온도가 높은 상태에서는 SBS(Sick Building Syndrome)과 같은 증상들이 줄어들지만 실내공기에 대한 만족도가 떨어지며, 반대로 실내의 온도가 낮아지면 실내공기에 대한 만족은 증가하지만, 증상 호소는 증가하는 것으로 보고하고 있으며 본 연구도 이와 비슷한 양

상을 보였다. 따라서 실내 재실자가 실내공기에 대한 만족도를 평가하는데 있어서 온도 및 습도 조건이 영향을 주는 것으로 생각하며, 실내 온열조건과 오염물질과의 관계를 고려한 PAQ의 평가가 추가적으로 이루어져야 할 것이다(Fanger, 1996).

3.3. 상관성 분석

PAQ 점수와 가정 실내 오염물질의 농도와의 상관성 분석을 실시하였다. 성별, 지역별, 흡연유무, 간접흡연, 직업, 개인질환 유무 및 전체에 대한 상관성분석을 실시하였으나 통계적으로 유의한 상관성을 보이는 경우가 없었으며, Rotko 등(2002)의 PAQ연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 전체, R^2 값은 $-0.453 \sim 0.258$ 이었으며 대부분의 상관성 분석 결과가 Fig. 1와 같은 상관관계를 보였으며 유의한 관계가 없거나 유의한 관계가 있더라도 음의 상관관계였다. 따라서 실내 재실자는 주택 실내 오염 물질의 농도를 인지하여 실내 공기질에 대한 만족도의 평가를 하지 못하는 것으로 나타났으며, 이것은 본 연구의 대상 오염물질 외에 다

Table 2. Perceived air quality score according to symptoms related home indoor air quality in summer and winter

	Summer (N=419, %)					Winter (N=424, %)				
	Rarely	Seldom	Some-times	Often	Always	Rarely	Seldom	Some-times	Often	Always
Headache	46.1	28.6	21.2	2.4	0.2	40.1	30.4	24.5	3.1	0
Eye irritation	40.1	32	22	4.8	0	36.1	34	24.1	3.5	0.5
Bloodshot	38.2	31.1	24.5	4.3	0.7	35.1	31.4	26.4	5	0
Nasal congestion	39.9	30.8	20.8	5.7	1.4	34	28.5	31.6	3.5	0.9
Cough	45.8	30.1	19.1	2.6	0.5	37	34.4	24.3	2.6	0
Throat dryness or inflammation	50.6	27.7	16.9	3.1	0.2	41	33.3	20.5	3.5	0.2
Feel heavy or dyspnea	58	28.2	10.7	1.7	0.2	48.6	34.2	14.4	1.7	0
Skin dryness	36.5	28.9	24.1	7.9	0.5	28.1	26.7	34.7	8	0.9
Skin irritation	48.4	30.8	14.3	3.6	0	43.6	33.3	16.7	4.5	0.2
Feel sick	57.6	28.6	10.1	1.4	0.2	52.8	31.1	13.2	0.9	0.2
Sleepiness or tired easily	30.5	25.8	28.2	11.2	2.4	28.5	24.1	32.1	12.3	1.4
Decrease concentration or memory	32.7	30.1	25.3	8.4	1.9	34	29.5	25.7	9	0.2
Dizziness	41.1	28.2	21.2	7.2	0.7	41.5	31.8	19.6	4.7	0.7
Gloom	45.1	28.2	17.9	5.3	1.7	44.3	30	19.8	3.5	0.7
Nervous and strain	45.3	29.1	16.7	5.7	1.2	42.7	30.9	18.2	5.4	0.9
Stiff and myalgia in neck, back or shoulder	30.3	23.6	27	12.4	4.8	31.4	24.3	25	13.9	4.2

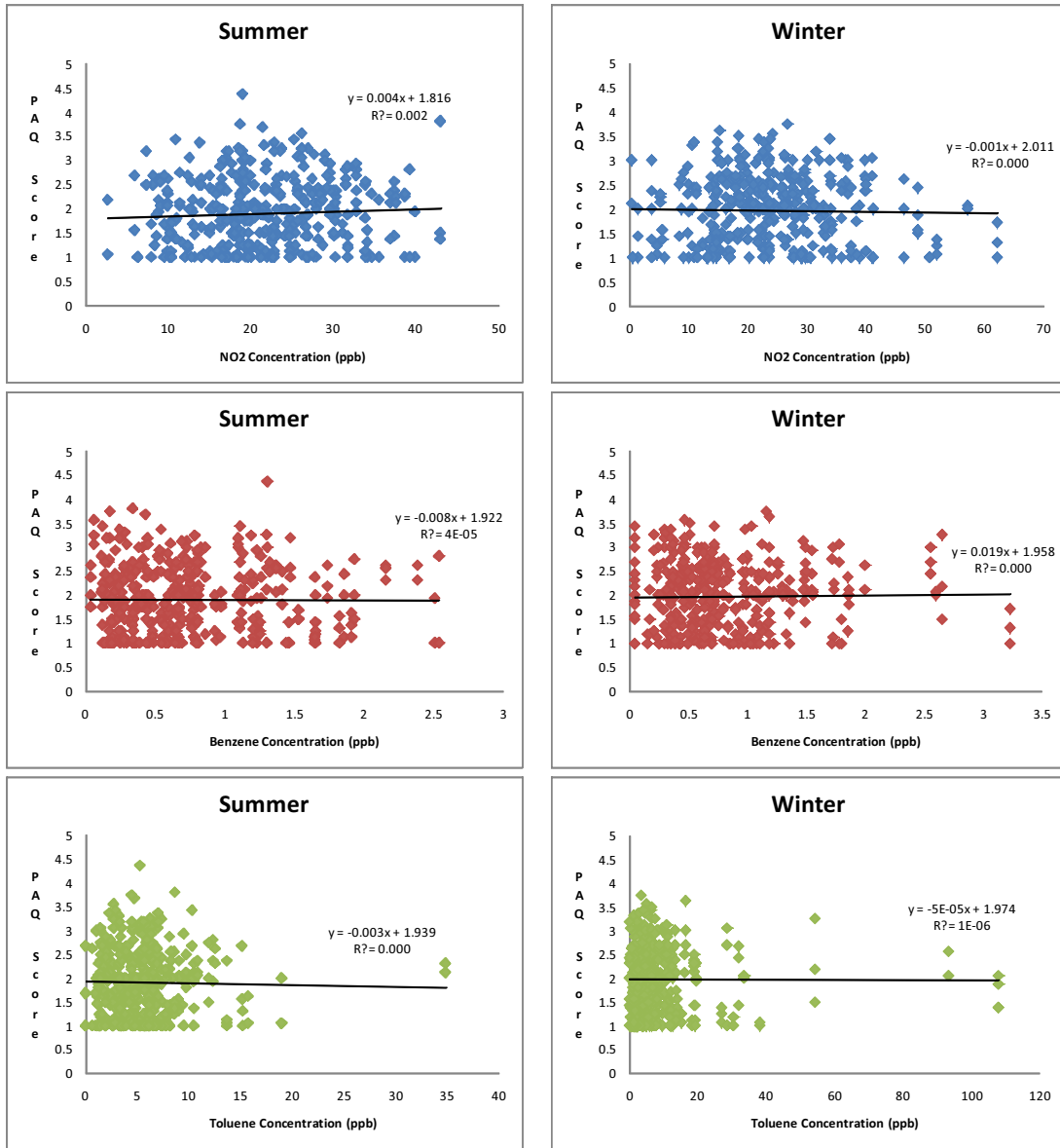


Fig. 1. Correlations between home indoor air pollutants concentrations and perceived air quality scores.

른 공기오염물질 또는 기타 요인에 의한 평가가 필요한 것으로 생각한다.

3.4. 각 인자 별 측정 농도 및 PAQ 점수의 차이

각 물질의 농도와 PAQ 점수의 평균을 PAQ 점수의 영향을 줄 것이라 고려되는 그룹(성별, 도시, 직업, 흡연상태, 실내흡연, 천식, 가슴의 짹짹 소리, 코막힘 및

재채기, 비염, 아토피, 눈병, 대기오염관심, 실내오염 관심)들로 나누어 Table 3에 나타내었다. 각 그룹 별 오염물질과 PAQ 점수의 t-test 및 ANOVA test 결과 오염물질에서는 지역과 천식 및 간접흡연의 경우를 제외하고는 차이가 없는 것으로 나타났으나 PAQ 점수는 직업과 흡연유무 및 천식의 경우를 제외한 대부분의 경우 차이가 있는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Home indoor air pollutants concentrations (ppb) and perceived air quality scores by affecting factors

		NO ₂ (Mean±SD)		Benzene (Mean±SD)		Toluene (Mean±SD)		PAQ Score (Mean±SD)	
Gender	Male (N=352)	21.86±10.13	0.137	0.74±0.53	0.159	6.89±10.69	0.495	1.81±0.67	0.000
	Female (N=474)	22.88±9.25		0.79±9.68		7.39±9.68		2.05±0.69	
City	Daegu (N=225)	22.66±8.45	0.000	0.85±0.52	0.000	6.93±4.25	0.000	2.23±0.69	0.000
	Asan (N=191)	24.09±9.02		0.94±0.53		9.48±13.72		2.01±0.64	
	Seoul (N=204)	25.78±9.35		0.44±0.60		6.51±13.30		1.93±0.69	
	Soonchun (N=206)	17.56±10.01		0.54±0.40		3.72±4.99		1.69±0.65	
Job	Worker (N=321)	22.42±9.60	0.954	0.78±0.54	0.515	6.73±8.90	0.647	2.00±0.71	0.091
	Housewife (N=130)	22.51±9.51		0.72±0.46		7.54±10.73		2.01±0.67	
	Student (N=358)	22.45±9.64		0.77±0.53		7.18±10.13		1.95±0.69	
Home indoor smoking	Yes (N=40)	19.93±8.88	0.095	0.88±0.56	0.617	6.12±5.51	0.443	1.96±0.620	0.535
	No (N=88)	22.84±9.34		0.83±0.54		7.07±7.45		1.88±0.68	
Second hand smoking	Yes (N=446)	21.75±9.49	0.027	0.78±0.54	0.812	7.04±10.63	0.571	2.01±0.69	0.006
	No (N=357)	23.26±9.69		0.77±0.53		7.44±9.67		1.89±0.68	
Athma	Yes (N=14)	18.52±6.84	0.049	0.90±0.62	0.426	9.09±13.40	0.597	2.17±0.79	0.313
	No (N=811)	22.54±9.66		0.77±0.53		7.15±10.07		1.94±0.69	
Pectoriloquy	Yes (N=64)	21.93±9.36	0.618	0.93±0.52	0.012	9.97±16.47	0.152	2.42±0.71	0.000
	No (N=760)	22.54±9.64		0.76±5.34		6.95±9.39		1.91±0.67	
Cough, Nasal congestion	Yes (N=316)	23.17±8.18	0.082	0.78±0.51	0.721	7.59±10.74	0.373	2.20±0.65	0.000
	No (N=509)	22.03±10.42		0.76±0.54		6.92±9.73		1.79±0.67	
Rhinitis	Yes (N=107)	23.29±9.88	0.336	0.72±0.49	0.328	9.11±16.11	0.135	2.15±0.69	0.001
	No (N=716)	22.31±9.6		0.77±0.54		6.72±8.24		1.92±0.69	
Atopy	Yes (N=97)	22.30±8.17	0.832	0.69±0.50	0.099	8.77±13.72	0.211	2.38±0.68	0.000
	No (N=726)	22.49±9.84		0.78±0.54		6.96±9.55		1.89±0.67	
Eye disease	Yes (N=207)	22.84±8.65	0.491	0.78±0.54	0.681	7.92±12.58	0.265	2.27±0.69	0.000
	No (N=615)	22.34±9.93		0.76±0.53		6.86±9.11		1.84±0.66	

성별의 경우 남성과 여성의 주택실내 오염물질 농도의 차는 없으나 PAQ 점수에는 여성의 경우가 유의하게 높은 것으로 나타나 남성보다 여성이 실내 공기 질에 대해 민감한 것으로 나타났다. 대구, 아산, 서울, 순천에서의 실내 오염물질의 농도는 유의한 차이를 보였으며 이것은 각 지역이 도시 또는 시골, 교통량, 인근 공장의 유무 등에 의한 것으로 판단하며, PAQ 점수도 이러한 지역적 특징과 더불어 오염물질의 농도차이에 영향을 받은 것으로 생각하였다. 직장인의 경우 오염물질 농도 간 유의한 차이는 없으나 PAQ 점수에 있어서 집에 오래 머무는 주부의 점수가 높았으나 유의한 차이는 없었다(Schneider 등, 1999). 흡연자와 비흡연자 간에는 오염물질의 농도와 PAQ 점수의 유의한 차이가 없으나 간접흡연이 있는 사람의 경우 실내공기질에 대한 인식이 좋지 않은 것으로 나타났다. 개인의 건강상태에 있어서 천식을 제외한 나머지

부분에서 질병이 있는 사람들이 없는 사람보다 실내공기에 대한 인식이 유의하게 좋지 않은 것으로 나타났다. 이러한 질병이 있는 사람들은 일반 사람들보다 민감한 것으로 생각하였다.

3.5. 로지스틱 회귀 분석

실내 재실자들의 PAQ 점수에 영향을 줄 수 있는 인자들을 파악 해보기 위하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 종속변수는 PAQ 점수를 3점을 기준으로 하여 3점 초과는 높음, 3점 이하는 낮음으로 하였으며 독립변수는 성별, 지역, 직업, 흡연상태, 간접흡연, 천식, 비염, 흉부 소리, 기침 및 코막힘, 아토피, 눈병으로 설정 하였다.

먼저 각 요인별로 로지스틱회귀분석을 실시하였다. 유의성을 보인 것은 도시에서 대구 및 서울, 흉부에서 소리가 있는 경우, 기침 및 코막힘, 아토피, 눈병이며

여성, 직업, 흡연상태 및 간접흡연, 천식, 비염의 경우에는 유의성을 나타내지 않았다. 평균비교결과와 유사하게 남성보다 여성, 시골보다 도시 및 개인질환이 없는 그룹보다 있는 그룹에서 PAQ 점수가 높게 나올 수 있다는 결과를 나타내었다.

다음으로 이러한 모든 요인들을 전체적으로 통합하여 로지스틱회귀분석을 실시하였다. 근로자의 경우와, 천식, 기침 및 코막힘, 아토피, 눈병이 있는 그룹의 PAQ 점수가 유의하게 높을 수 있는 것으로 나타났으며, 성별, 도시, 흡연 및 간접흡연과 비염이 있는 경우는 상관성이 없었다. 이와 유사하게 유럽의 연구에서도 도시, 여성, 호흡기 질환, 공기에 대한 민감성 및 도심 주거의 경우 PAQ 점수가 높아질 수 있는 인자로 보고된 바 있다(Rotko 등, 2002). 따라서 실내 재실자들은 실내공기질에 대해 오염물질의 농도로서 판단하는 것이 아니라 자신이 사는 지역의 특성이나 성별, 흡연 및 건강상태에 따라 실내공기질을 각각 다르게 느끼는 것으로 생각하였다. 그러므로 실내공기질의 평가에 있어 기존 실내 오염물질의 측정 및 분석뿐만 아니라

PAQ와 연관성이 있는 측정 방법의 개발이 필요할 것으로 생각되며, 실내 재실자가 인식할 수 있고 기존 물질들과 상관성이 있는 지표 물질의 개발이 필요할 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 실내 오염물질의 농도와 재실자가 느끼는 실내공기질 만족도의 관계를 알아보기 위하여 주택실내의 NO₂, 벤젠, 톨루엔의 측정과 PAQ 점수를 조사하였으며, 그룹별 오염물질의 농도와 PAQ 점수의 차이 및 그 상관성을 알아보았고, PAQ 점수에 영향을 줄 수 있는 요인을 찾아내고자 하였다. 측정된 주택실내의 오염물질의 농도는 지역 간의 유의한 차이는 있었으나 성별, 흡연상태, 직업 및 건강상태 등에 따른 유의한 차이는 없었다. 그러나 PAQ점수는 각 그룹별 유의한 차이를 보였으며, 성별, 지역, 직업, 흡연 유무, 개인의 질환 유무에 따라 실내공기질의 인식 정도가 달라지는 것을 알 수 있었다. 그러나 각 오염물질

Table 4. Determinants of PAQ : unadjusted and adjusted odds ratio and 95% confidence intervals of the highly annoyed (>3 versus ≤3 at PAQ scores)

	N	OR Unadjusted ^a	95% CI	OR Adjusted ^b	95% CI
Female	474	1.617	(0.907~2.884)	2.187*	(0.882~5.347)
City (Soonchun)					
Daegu	225	3.431**	(1.357~8.680)	1.715	(0.645~4.850)
Seoul	204	2.235*	(1.170~7.850)	1.319	(0.628~5.381)
Asan	191	2.235	(0.822~6.078)	1.753	(0.472~4.319)
Job (Housewife)					
Worker	321	2.131	(0.865~5.248)	3.658*	(1.219~10.893)
Student	358	1.158	(0.452~2.967)	1.442	(0.457~4.217)
Home indoor smoking	40	1.108	(0.263~4.673)	N.A.	N.A.
Second hand smoking	446	1.278	(0.726~2.251)	0.950	(0.487~1.866)
Asthma	15	3.571	(0.978~13.043)	2.330	(0.450~10.903)
Pectoriloquy	64	4.250**	(2.148~8.409)	2.924*	(1.262~7.128)
Cough, nasal congestion	317	3.408**	(1.923~6.040)	2.441*	(1.241~4.876)
Rhinitis	107	1.125	(0.517~2.448)	0.464	(0.174~1.094)
Atopy	97	4.978**	(2.745~9.028)	3.911**	(1.903~7.890)
Eye disease	207	3.279**	(1.892~5.683)	2.070*	(1.056~3.934)

^aUnadjusted=each variable at a time.

^bAdjusted=with the other determinants.

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

의 농도와 PAQ점수와는 상관관계를 발견 할 수 없었으며, PAQ점수에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 지역, 근로자, 천식, 재채기 및 코막힘, 아토피, 눈병인 것으로 나타났다. 따라서 실내 재실자들은 실내 오염 물질의 농도를 정확히 인식하지 못하고 있으며, 자신의 환경적인 조건이라든지 신체적인 조건에 많은 영향을 받는 것으로 판단하였다. 따라서 실내공기질을 재실자가 스스로 인식 할 수 있는 지표 물질의 개발과 이를 평가할 수 있는 새로운 측정 기법의 개발이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 양원호, 이기영, 박경화, 윤충식, 손부순, 전준민, 최옥희, 유승도, 한진석, 2009, 한국인의 평일 및 주말의 국소 환경 시간활동 양상, 한국실내환경학회, 6(4), 267-274.
- 환경부, 2009, 환경백서.
- Basu, R., Samet, J. M., 1999, A review of the epidemiological evidence on health effect of nitrogen dioxide exposure from gas stove, *Journal of Environmental Medicine*, 22, 173-187.
- Carshaw, N., 2007, A new detailed chemical model for indoor air pollution, *Atmospheric Environment*, 41, 1164-1179.
- Cheong, K. W. D., Yu, W. J., Tham, K. W., Sekhar, S. C., Kosonen, R., 2006, A study of perceived air quality and sick building syndrome in a field environment chamber by displacement ventilation system in the tropics, *Building and Environment*, 41, 1530-1539.
- Daisey, J. M., Hodgson, A. T., Fisk, W. J., Mendell, M. J., Brinke, J., 1994, Volatile organic compounds in twelve California office buildings: classes, concentrations and sources, *Atmospheric Environment*, 22, 3557-3562.
- Danuser, B., 2001, Candidate physiological measures of annoyance from airborne chemicals, *Chemical Senses*, 26(3), 333-337.
- EU Environment Institute, 1999, Sensory evaluation of indoor air quality.
- Fanger, P. O., 1996, The philosophy behind ventilation : past, present and future, *Proc. Indoor Air*, 4(3), 12.
- Forsberg, B., Stjernberg, N., Wall, S., 1997, People can detect poor air quality well below guideline concentrations: a prevalence study of annoyance reactions and air pollution from traffic, *Occupational and Environmental Medicine*, 54(1), 44-48.
- Hoppe, P., Martinac, I., 1998, Indoor climate and air quality, *International Journal of Biometeorology*, 42, 1-7.
- Jones, A. P., 1999, Indoor air quality and health, *Atmospheric Environment*, 33, 4535-4564.
- Klaeboe, R., Kolbenstvedt, M., Clench-Aas, J., Barton, A., 2000, Oslo traffic study - part 1: an integrated approach to assess the combined effects of noise and air pollution on annoyance, *Atmospheric Environment*, 34(27), 4727-4736.
- Lee, C. M., Kim, Y. S., Lee, T. H., Kim, J. C., Kim, J. H., 2004, Efficiency of removal for PM10 and NO₂ by air cleaner in residential indoor environment with Monte-Carlo simulation, *Korean Journal of Environmental Health*, 30(3), 221-229.
- Lercher, P., Schmitzberger, R., Kofler, W., 1995, Perceived traffic air pollution, associated behavior and health in alpine area, *Science of the Total Environment*, 169, 71-74.
- Miedema, H. M. E., Walpot, J. I., Vos, H., Steunenbergh, C. F., 2000, Exposure-annoyance relationships for odor from industrial sources, *Atmospheric Environment*, 34(18), 2927-2936.
- Oglesby, L., Künzil, N., Monn, C., Schindler, C., Ackermann-Liebrich, U., Leuenberger, P., the SAPALDIA TEAM., 2000, Validity of annoyance scores for estimation of long-term air pollution exposure in epidemiological studies, *American Journal of Epidemiology*, 152(1), 75-83.
- Rotko, T., Oglesby, L., Künzil, N., Carrer, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Jantunen, M., 2002, Determinants of perceived air pollution annoyance and association between annoyance scores and air pollution (PM2.5, NO₂) concentrations in the European EXPOLIS study, *Atmospheric Environment*,

- 36, 4593-4602.
- Schneider, T., Skow, P., Valborn, O., 1999, Challenges for indoor environment research in the new office, *Scan. J. Work Environ. Health*, 25, 574-579.
- Spicer, C. W., Coutant, R. W., Ward, G. F., Joseph, D., 1989, Rates and mechanism of NO₂ removal from indoor air by residential material, *Environmental International*, 15, 634-654.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2010, Human Exposure Measurements: National Human Exposure Assessment Survey.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2002, The inside story : A Guide to Indoor Air Quality.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1994, Guidelines for statistical analysis of occupational exposure data.
- Yanagisawa, Y., Nishimura, H., 1982, A badge-type personal sampler for measurement of personal exposures to NO₂ and NO in ambient air, *Environmental International*, 8, 235-242.