주거환경 내의 Total Volatile Organic Compounds (TVOC) 노출수준과 환경성질환과의 관련성

이동현[†] · 정진도^{*}

호서대학교 벤처전문대학원, *호서대학교 환경공학과

Relevance between Total Volatile Organic Compound (TVOC) Exposure Level and Environmental Diseases Within Residential Environments

Dong-Hyun Lee[†] and Jin-Do Chung^{*}

Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul, Korea

*Department of Environmental Engineering, Hoseo University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to compare and analyze the level of exposure to volatile organic compounds for different kinds of households in apartments or houses and analyze the relation between atopy-related symptoms and concentration of volatile organic compounds in order to improve indoor air quality and start to build a process to prevent environmental diseases.

Method: From July 2010 to November 2010, TVOC concentration levels were measured and analyzed in 402 general households and 236 weak households, totalling 638 households. Residents were asked to fill out a survey on environmental disease. All resources were analyzed using SPSS 12.0 program.

Result: In comparing the differences in concentration levels of volatile organic compounds for different types of households, including existing apartments and houses, the type of housing did not affect the concentration level of volatile organic compounds, but the relevance with skin trouble, diagnosed atopy, and atopy systems all had statistical similarities. Moreover, above-limit volatile organic compounds showed statistical relevance with amount of ventilation, time of construction, skin trouble, diagnosed atopy and atopy symptoms.

Conclusion: The study concludes that as the time of construction recedes further into the past and as the amount of ventilation is higher, the exposure level to volatile organic compounds was lower and the group that were suffering from atopy symptoms had higher exposure to volatile organic compounds.

Key words: Environmental disorder, Indoor air quality, Volatile organic compounds

I. 서 론

최근 우리나라 어린이들에게 천식아토피 등과 같은 환경성 질환이 증가하고 있으며, 이와 같은 알려진 질환의 원인으로는 실내공기 내의 각종 유해물질이라는 것이 알려지고 있다. 실내환경의 대표적인 문

제로 신축 또는 개축된 건물에 입주한 후 뚜렷한 병명 없이 눈이 따끔거리거나, 목과 코가 아프거나, 두통 등이 나타나는 새집증후군(Sick Building Syndrome) 관련 증상이다.^{1,2)} 이와 같이 실내공기를 오염시키는 대표적인 유해물질은 폼알데하이드(formaldehyde, HCHO), 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds,

[†]Corresponding author: Graduate School of Venture, Hoseo University, Seoul 137-070, Korea, Tel: +82-2-959-6191, Fax: +82-2-456-1153, E-mail: shinbiro074@naver.com

Received: 13 May 2011, Revised: 10 June 2011, Accepted: 21 June 2011

VOCs), 곰팡이, 집먼지 진드기, 이산화탄소, 미세먼지(PM₁₀) 등이 있다. 그 중에서도 인체에 발암성과 위해성이 있는 휘발성유기화합물에 대한 중요성이 부각되고 있다. 실내에서 방출되는 휘발성 유기화합물의 약 80%는 인체의 호흡기관을 자극하고 눈의 통증이나 자극을 유발하며 이 가운데 약 25%는 발암물질로 파악되고 있다.³⁾ 또한, 집 먼지 진드기, 담배연기, 애완동물, 미세먼지, 곰팡이 등의 노출수준이 천식발생과 강한 상관관계를 가지고 있으며, 아토피질환의 경우 이러한 요인들 외에 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs), 폼알데하이드(formaldehyde, HCHO)의 접촉과 흡입이 주요원인이라고 보고하고 있다.⁴⁾

실내공기오염과 관련된 선행연구들은 신축공동주택의 실내공기오염물질에 대한 실태조사,⁵⁾ 일부 지역 신축아파트의 휘발성 유기화합물 실태조사,⁶⁾ 신축공동주택 휘발성 유기화합물 건강위해성 평가,⁷⁾ 다중이용시설 및 사회복지시설을 대상으로 한 휘발성 유기화합물 노출에 의한 건강위해성 평가,⁸⁾ 실내 공기 질 모델을 이용한 신축공동주택에서의 오염물질 배출량 추정⁹⁾과 같은 다양한 연구결과들이 보고되고 있다. 그리고 실내공기 오염물질에 노출에 따른 기도 민감성에 기여하는 휘발성 유기화합물 평가,¹⁰⁾ 휘발성 유기화합물에 노출된 직업인에 있어서 기도증상에 관한 연구¹¹⁾와 같은 임상학적인 연구도 보고되고 있다. 또한, 실내공기 오염물질의 농도는 다양한 요인에 의하여 영향을 받으며 기존 건물에 대한 연구가 필요하다고 보고하였다.^{12,13)} 특히 실내공기의 오염과 같은 경우 특별한 발생양상을 규명하는 것은 쉽지 않으나 전반적으로 주택의 노후정도, 건축자재, 가구의 종류 등의 요인에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 일부의 연구에 의하면 소득수준, 부모의 직업 및 학력 등 사회경제적 요인과의 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다.¹⁴⁾

이와 같이 실내공기 오염물질과 환경성질환에 관한 다양한 형태의 선행연구가 보고되고 있는데 대부분이 신축공동주택 및 다중이용시설과 관련된 연구들만 이루어졌고 일반가정이나 기존 주택에 대한 연구들은 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존 주택이나 아파트를 대상으로 휘발성 유기화합물의 노출수준을 가구형태별로 비교분석하고, 설문조사에 의한 환기횟수, 아토피

관련증상에 대하여 휘발성 유기화합물 농도와의 관련성을 분석하여 실내환경 개선과 환경성 질환 예방 프로세스를 구축하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구기간 및 연구대상

본 연구는 2010년 7월부터 11월까지 5개월간 수도권에 위치한 일반가정 284가구, 다자녀가정 118가구, 저소득 가정 203가구, 한 부모 가정 18가구, 독거노인 가정 15가구, 총 638가구를 대상으로 휘발성 유기화합물의 농도를 측정하고 해당세대의 거주자에게 생활환경과 아토피 질환에 관한 설문조사를 실시하였다. 사회 경제적 수준에 따라 일반가정과 다자녀가정을 일반가구(402가구)로 분류하고 나머지 가정을 취약가구(236가구)로 분류하여 휘발성 유기화합물의 노출수준과 환경성질환과의 관련성을 분석하였다. 모든 연구대상에 대하여 본 조사의 연구목적과 취지에 대하여 충분히 설명을 실시하였고, 동의한 사람들을 대상으로 측정 및 설문조사를 실시하였다.

2. 설문조사 방법

설문지의 조사항목은 주거환경에 관한 설문, 생활패턴에 관한 설문, 가족 구성원에 관한 설문, 거주자의 건강 영향에 관한 설문 등 총 19문항으로 하였다. 피부증상이라 함은 설문지 조사항목의 자각증상 중 피부증상 관련(피부 건조, 피부 가려움, 피부 발진)에 해당하는 항목으로서 진단 여부와는 상관없이 대상자들이 호소하는 응답에 의존하여 조사하였고, 아토피질환 진단에 관한 항목은 아토피 관련 질환을 의학적으로 진단받은 대상자들의 응답을 조사하였다. 또한 대상자들의 아토피 자각증상에 관한 조사는 설문항목의 눈 건조함, 눈 따가움, 코 막힘, 콧물, 알레르기성 비염, 목 건조함, 목 따가움, 잦은 기침, 목 아픔, 어지러움, 잦은 두통, 가슴 답답함, 호흡곤란, 메스꺼움, 쉽게 피로 등 20개 항목에 해당하는 응답을 합한 결과로서 의학적인 진단과는 관계없이 연구대상자의 주관적인 응답에 의한 결과이다. 또한, 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상에 대한 답변은 최근 1년 안에 발생한 증상과 진단을 기입하도록 하였다.

3. 측정 및 분석방법

휘발성 유기화합물의 측정방법은 우리나라 환경부의 2009년에 고시한 실내공기질 공정시험기준에¹⁵⁾ 의하여 측정 및 분석하였으며, 실내공기질 측정 시 영향을 미치는 것으로 알려진 온도와 습도를 함께 측정하여 보정하였다. 측정대상은 단위세대의 거실을 대상으로 하고 측정지점은 중앙부 벽으로부터 최소 1 m 이상 떨어진 위치에서 바닥 면으로부터 1.2~1.5 m 높이에서 실시하는 것을 원칙으로 하였다. 또한, 측정은 통상의 생활 조건에서 실시하되 외기가 유입되지 않도록 창문을 닫은 상태에서 측정하였다. 분석은 흡착제(Tenax TA)가 충전된 흡착관에 시료를 열 탈착하고, 다시 저온농축관에서 재 농축한 후 기체크로마토그래프(Gas Chromatograph: FID)를 이용하여 n-헥산에서 n-헥사데칸까지의 범위에서 검출되는 휘발성 유기화합물을 대상으로 하여 톨루엔으로 환산하였다.

4. 분석의 정확도

본 연구는 측정 및 분석의 효율성을 고려하여 2개의 실내공기질 측정기관에서 각각 시료를 채취하고 분석하였다. 또한, 측정 및 분석에 대한 정도관리를 위하여 시료채취 펌프의 보정, 측정시료의 상호비교 시험을 실시하였다. 재현성 평가는 동일한 농도의 표준물질을 7회 반복실험을 통하여 이루어졌으며 상대 표준편차(RSD%)로 재현성을 평가하였고 RSD 값이 20% 이하였다. 기관별로 휘발성유기화합물의 검량선을 작성한 결과 결정계수(r^2)는 0.997 이상이었고 상호비교 시험을 실시한 농도범위의 상대표준편차(RSD)가 10% 미만이었다.

Table 1. Analysis conditions of GC/FID and TD

Instrument		Conditions
TD: KNR (Thermal Desorption condition)	Oven temp	320°C
	Desorb flow	30 ml/min, 10 min
	Trap high temp	320°C
	Trap low temp	-30°C
GC/FID: HP 6890 (Gas Chromatograph FID)	Column	DB1 (60 m, 0.32 mm, 1 µm)
	Carrier gas	Helium
	Column flow	1.0 ml/min
	Detector temp	FID 250°C

5. 통계분석방법

모든 자료에 대한 통계분석 방법은 아래와 같은 절차에 의하여 분석하였다.

첫째, 가구형태별(일반가정 402가구, 취약가정 236가구) 휘발성 유기화합물 농도를 t-test를 이용하여 비교하였다.

둘째, 가구형태별 설문조사에 의한 피부증상 여부, 아토피진단 여부, 아토피 자각증상과의 관련성은 비율검증인 χ^2 -test 실시하여 분석하였다.

셋째, 연구대상자 전체를 대상으로 휘발성 유기화합물 농도를 허용기준초과(>400 µg/m³)와 허용기준미만(<400 µg/m³)으로 구분하고, 건물완공시기 및 입주시기를 5년 이하, 6~10년, 11~15년, 16년 이상으로 구분하여 휘발성 유기화합물과 건물완공 및 입주시기와의 관련성은 비율검증인 χ^2 -test 실시하여 분석하였다.

넷째, 연구대상자 전체를 대상으로 휘발성 유기화합물 농도를 허용기준초과(>400 µg/m³)와 허용기준미만(<400 µg/m³)으로 구분하고, 집안 환기횟수를 주 2~3회, 일 1~2회, 일 3~4회, 일 5회 이상으로 구분하여 휘발성 유기화합물과 건물완공 및 입주시기와의 관련성은 비율검증인 χ^2 -test 실시하여 분석하였다.

다섯째, 연구대상자 전체를 대상으로 휘발성 유기화합물 농도를 허용기준초과(>400 µg/m³)와 허용기준미만(<400 µg/m³)으로 구분하고, 피부증상, 아토피진단, 아토피 자각증상 여부와의 관련성은 비율검증인 χ^2 -test를 실시하여 분석하였다.

여섯째 아토피 자각증상에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위해 가구형태와 건물 입주시기를 통제된 상태에서 아토피 자각증상을 종속변수로 하고 TVOC 농도값, 건물완공시기, 리모델링 여부, 집안 환기횟수, 1년 이내의 가구구입 여부를 독립변수로 하는 다중선형회귀분석을 실시하였다.

모든 자료 분석은 Statistical Package for the Social Science 12.0(SPSS, Chicago, USA) 한글 프로그램을 이용하여 분석하였으며, p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

III. 결 과

1. 가구별 휘발성 유기화합물의 측정결과

가구별 휘발성유기화합물 측정결과는 Table 2와 같

Table 2. Measurement result of the volatile organic compounds by house type

Classification	geometric mean $\pm$ S.D	
	General households (n=402)	Weak households (n=236)
Concentration of TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4.93 $\pm$ 1.32	4.60 $\pm$ 1.21
TVOC over criterion rate (%)	21.1%	12.3%

다. 가구별 휘발성 유기화합물의 허용기준 초과율은 일반가정에서 높게 나타났으나 두 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

2. 가구별 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상의 호소 여부

가구별 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상의 호소 여부를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 그 결과 일반가구에서 피부증상이 “있다”라는 응답이 37.6%로 취약가구에 비하여 높았고, 아토피 진단과 아토피 자각증상에서도 “있다”에 대한 답변이 일반가구에서 33.6%, 76.4%로 높게 나타났으며, 두 그룹 간에는 통계적으로 유의한 관련성이 있었다 ($p=0.000$).

3. 휘발성 유기화합물 허용기준 초과 및 미만여부와 건물완공, 입주시기 여부와의 관련성

연구대상의 휘발성 유기화합물 농도여부와 건물완공 및 입주시기 여부와의 관련성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 건물이 완공된 지 6~10년의 경우 휘발성 유기화합물 초과비율이 28.6%로 가장 높았으며, 5년 이하, 10~15년, 16년 이상 순으로 나타났으며, 이 결과는 건물완공시기 각 그룹 간에 있어서 통계적으로 유의한 관련성이 있었다($p=0.005$). 반면에 건물입주시기에서는 5년 이하, 16년 이상, 11~15년, 6~10년 순으로 나타났으나 건물입주시기 각 그룹 간에는 통계적으로 유의한 관련성이 없었다.

4. 연구대상의 휘발성 유기화합물 허용기준 초과 및 미만여부와 집안 환기횟수와의 관련성

연구대상의 휘발성 유기화합물 농도여부와 집안 환기 횟수 여부와의 관련성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 1주일에 2~3회 환기를 하는 가구들은 휘발성 유기화합물의 허용농도 초과율이 51.6%로 가장 높았고 반면에 하루에 5번 이상 환기를 하는 가구가 휘발성 유기화합물의 초과율이 가장 낮았으며 이 결과는 통계적으로 유의한 관련성이 있었다 ($p=0.000$).

Table 3. Sffering from skin trouble, diagnosed atopy and atopy symtoms for different house types*

				n (%)
Classification		General households	Weak households	p-value
Skin symptoms	No	251 (62.4)	207 (87.7)	0.000
	Yes	151 (37.6)	29 (12.3)	
Atopy diagnosis	No	267 (66.4)	226 (95.8)	0.000
	Yes	135 (33.6)	10 (4.2)	
Atopy subjective symptoms	No	95 (23.6)	123 (17.4)	0.000
	Yes	307 (76.4)	113 (16.0)	

* χ^2 -test.

Table 4. Relevance between over the limit or under the limit TVOC and time of construction and date of moving in* n (%)

Classification		Under 5 year	6~10 year	11~15 year	Over 16 year	p-value
Completion period	Under criterion	83 (77.6)	70 (71.4)	95 (84.8)	276 (86.0)	
	Over criterion	24 (22.4)	28 (28.6)	17 (15.2)	45 (14.0)	0.005
Moving period	Under criterion	289 (80.3)	109 (85.8)	55 (84.6)	71 (82.6)	0.511
	Over criterion	71 (19.7)	18 (14.2)	10 (15.4)	15 (17.4)	

* χ^2 -test.

Table 5. Relevance between over the limit TVOC concentration and and number of ventilation in the house*

					n (%)
Classification	2~3 time/week	1~2 time/day	3~4 time/day	Over 5 time/day	p-value
Under criterion	46 (48.4)	82 (64.1)	91 (90.1)	305 (97.1)	0.000
Over criterion	49 (51.6)	46 (35.9)	10 (9.9)	10 (2.9)	

* χ^2 -test.**Table 6.** Relevance between TVOC concentration and skin symptoms, atopy diagnosis, & atopy subjective symptoms of objects of study*

Classification		Under criterion	Over criterion	p-value
Skin symptoms	No	387(73.9)	71(62.3)	0.016
	Yes	137(26.1)	43(37.7)	
Atopy diagnosis	No	416(79.4)	77(67.5)	0.009
	Yes	108(20.6)	37(32.5)	
Atopy subjective symptoms	No	215(41.0)	29(25.4)	0.002
	Yes	309(59.0)	85(74.6)	

* χ^2 -test.**Table 7.** Analysis of danger level in factors of influencing atopy symptoms*[‡]

Classification		Atopic subjective symptom		OR (95%, CI) [†]
		No	Yes	
Remodeling	No	59(29.2)	143(70.8)	1.00
	Yes	159(36.5)	277(63.5)	1.36(0.93-1.98)
Completion period	Over 5 year	208(39.2)	323(60.8)	1.00
	Under 5 year	36(33.6)	71(66.4)	1.27(0.82-1.97)
Moving period	Over 5 year	120(43.2)	158(56.8)	1.00
	Under 5 year	124(34.4)	236(65.6)	1.42(0.85-2.35)
TVOC concentration	Under Criterion	182(34.7)	342(65.3)	1.00
	Over Criterion	36(31.6)	78(68.4)	1.02(0.65-1.61)
Ventiration time	Over 5 time	128(40.8)	186(59.2)	1.00
	Under 5 time	116(35.8)	208(64.2)	1.23(0.90-1.70)
Furniture purchase	No	151(40.5)	222(59.5)	1.00
	Yes	67(25.3)	198(74.7)	1.94(1.37-2.76)

*Multiple logistic regression analysis.

[†]OR: odds ratio, 95% CI: confidence intervals.[‡]Adjusted: age, house type, living type.

5. 연구대상의 휘발성 유기화합물 농도여부와 피부증상, 아토피진단, 아토피자각증상 여부와의 관련성

휘발성 유기화합물 농도여부와 피부증상, 아토피진단, 아토피자각증상 여부와의 관련성을 분석한 결과 Table 6과 같다. 피부증상의 경우 휘발성 유기화합물 농도가 초과되었던 집단에서 피부증상이 있는 대상자들은 37.3%, 또한 아토피 진단여부의 경우 휘

발성 유기화합물 농도가 초과되었던 집단에서 아토피증상이 있는 대상자들은 32.5%, 한편 아토피자각증상 여부의 경우 휘발성 유기화합물 농도가 초과되었던 집단에서 자각증상이 있는 대상자들은 74.6%로 각각 나타났으며 이 결과들은 통계적으로 유의한 관련성이 있었다(각각 $p=0.016$, $p=0.009$, $p=0.002$).

6. 아토피 자각증상에 영향을 주는 요인들의 위험도 분석

아토피 자각증상의 위험도를 분석하기 위하여 연령, 가구형태, 주거형태를 통제한 상태에서 아토피 자각증상을 종속변수로 하고 리모델링 여부, 건물 완공시기, 건물 입주시기, 휘발성 유기화합물 농도, 집안 환기횟수, 1년 이내의 가구구입 여부를 독립변수로 하는 다중 로지스틱회귀분석을 실시하였다. 그 결과 리모델링을 한 가정의 경우 그렇지 않은 가정보다 아토피 자각증상의 위험도가 1.36배(95% CI, 0.93-1.98) 높았고, 건물 완공시기와 건물입주시기는 5년 이하된 가정이 그렇지 않은 가정보다 1.27배(95% CI, 0.82-1.97), 1.42배(95% CI, 0.85-2.35)로 위험도가 나타났다. 또한, TVOC 농도와 환기 횟수, 가구 구입여부는 각각 1.02배(95% CI, 0.65-1.61), 1.23배(95% CI, 0.90-1.70), 1.94배(95% CI, 1.37-2.76)의 아토피 자각증상 위험도가 나타났다.

IV. 고 찰

최근 들어 휘발성 유기화합물(TVOC), 폼알데하이드(HCHO), 곰팡이, 집먼지 진드기, 이산화탄소, 미세먼지(PM₁₀) 등과 같은 실내공기를 오염시키는 물질로 인한 환경성질환의 발생이 사회적 문제로 대두되고 있다. 국민건강보험공단의 보도에 따르면 이와 같은 환경성 질환이 2002부터 증가 추세를 보이며 2007년에 이르러 5년간 50.7%(714만명)가 증가하였으며 특히 환경적 특성에 민감한 9세 이하 아동의 경우 전체 환자 중 알레르기 비염 21.1%, 아토피 피부염이 53.4%, 천식이 41.5%를 차지할 만큼 타 연령층에 비해 매우 높다고 보고한 바 있다.¹⁷⁾

신축공동주택, 다중이용시설 및 사회복지시설에서의 실내공기질 실태조사 및 건강위해성에 관한 단면 연구들에서는⁴⁻⁸⁾ 실내공기질 평가 시 계절적인 요인, 온도와 습도조건별 건축자재의 오염물질 방출특성과 실내공간에 미치는 영향, 실내공간면적 및 지역차이(서울 및 수도권과 지방)에 의한 영향, 층별 환기량이 고려된 평가의 중요성을 보고하고 있으며, 실내공기 오염물질의 농도는 발생원의 종류와 발생원의 강도에 의해 결정되고 건물의 용도, 환기성능, 건물의 경과연도, 계절적요인 등 다양한 요인에 의하여 농도의 분포가 다르게 나타난다^{6,12,13)}고 보고하면서 신

축건물을 제외한 기존건물에 대해서도 실내공기 오염물질과 환경성질환에 관한 연구가 필요하다고 언급한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 기존주택 및 기존아파트에 거주하는 638가구 즉, 일반가구 402가구, 취약가구 236가구를 대상으로 가구구성 형태별 휘발성 유기화합물의 농도를 비교하고 휘발성 유기화합물 허용기준 초과율을 도출하였다. 또한 휘발성 유기화합물 허용기준(400 µg/m³) 초과여부와 피부증상여부, 아토피 진단여부, 아토피 자각증상여부로 구분하여 관련성을 분석하였으며, 건물완공시기 및 입주 시기, 집안 환기횟수와 관련성도 분석하였다.

첫째, 기존 아파트나 주택에 거주하는 연구대상을 가구별 즉, 일반가구와 취약가구로 구분하여 휘발성 유기화합물의 농도를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 결과는 실내공기 오염물질 가운데 중요한 비중을 차지하는 휘발성 유기화합물의 경우 가구구성 특성이 휘발성 유기화합물 농도에 영향을 미치지 않는다는 것을 시사하고 있다. 그러나 일반가구에서 휘발성 유기화합물의 허용기준(400 µg/m³) 초과율이 21.1%로 나타났다는 것은 이 분야에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

둘째, 가구별 피부증상, 아토피진단, 아토피 자각증상여부의 관련성을 조사한 결과 모든 항목에서 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다. 이 결과가 의미하는 것은 설문조사에 의한 주관적인 증상여부는 하지만 일반가구가 취약가구에 비하여 환경성증상으로서 대표적으로 알려져 있는 피부증상, 아토피진단, 아토피 자각증상을 더욱 많이 호소하고 있다는 것을 의미한다. 선행연구에서는 휘발성 유기화합물(TVOC)이 증가되면 호흡기계에 유해한 영향을 미치는 등 건강문제와 관련이 있다고 보고하고 있으며¹⁰⁾ 아토피 질환은 선천적인 요인도 크게 관여하지만 실내오염으로 인한 후천적인 요인도 크게 작용³⁾하는 것으로 보고하고 있다.

셋째, 휘발성 유기화합물 농도를 허용기준(400 µg/m³) 초과여부로 구분하여 건물완공시기 및 입주시기, 집안 환기횟수와의 관련성을 분석한 결과 완공시기, 환기횟수와 통계적으로 관련이 있는 것으로 나타났다. 특히 건물완공 시기가 6~10년이 지난 건물에서 휘발성 유기화합물의 초과율이 가장 높은 28.6%로

나타났으며, 환기를 자주 할수록 휘발성 유기화합물 허용기준 초과비율이 낮았다. 이 결과는 실내공기 오염농도가 건물의 용도, 환기성능, 건물의 경과년도, 계절적요인, 환기를 통한 실외공기의 유입이 실내공기질의 중요한 요인으로 작용하고 있으며 다양한 요인에 의하여 농도의 분포가 다르게 나타난다^{6,12,13,18,19}는 보고와 일치한다.

넷째, 휘발성 유기화합물 농도를 허용기준($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과여부로 구분하여 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상 여부와의 관련성을 분석한 결과 휘발성 유기화합물 허용기준치를 초과한 그룹에서 이와 같은 증상 호소율이 높은 것으로 나타났다. 휘발성 유기화합물은 흡인에 의하여 호흡기로 흡수되거나 진피층을 통하여 확산되면서 피부로 흡수되어 아토피나 피부질환을 유발하는 것으로 보고되고 있다.^{10,19} 이 결과는 의학적 진단이 아닌 연구대상자의 주관적인 자각증상이기는 하지만 휘발성 유기화합물 농도수준과 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상은 관련이 있다는 것을 의미하여 휘발성 유기화합물 농도수준과 의학적 판단에 근거한 피부증상, 아토피 진단, 아토피 증상에 관한 추가적인 연구의 필요성을 시사하는 결과라 할 수 있다. 아울러 휘발성 유기화합물 농도에 따른 주관적 설문조사가 아닌 의학적 판단에 근거한 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상과의 관련성에 대한 추가연구가 필요하고 측정 시간에 있어서 단시간 측정이 아닌 장시간 측정에 의한 실내공기질 측정 결과에 대한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 기존 아파트나 주택을 대상으로 가구구성 형태에 따른 휘발성 유기화합물의 농도 차이를 비교한 결과 가구구성 형태 요인은 휘발성 유기화합물 농도에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났으나, 가구별 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상과의 관련성은 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, 휘발성 유기화합물 허용기준 초과여부에 따른 건물완공시기와 집안 환기횟수, 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상 여부와의 관련성에서도 휘발성 유기화합물 농도와 통계적으로 유의한 차이가 있는 것을 본 연

구에서 알 수 있었다.

실내공기 오염물질과 환경성질환과의 관련성에 관한 선행 연구의 형태는 주로 신축아파트나 건물을 대상으로 한 연구가 주로 보고되어져 왔으나 본 연구는 현재 주택에 거주하고 있는 주민을 대상으로 가구구성 형태에 따른 휘발성 유기화합물 농도를 비교하였고 휘발성 유기화합물의 농도를 가구별 건물 완공시기, 가구별 피부증상, 아토피 진단, 아토피 자각증상, 집안 환기횟수와 관련성을 보고하여 기존 아파트나 건물에 대해서도 휘발성 유기화합물과 같은 실내공기 오염물질에 의한 환경성질환 연구의 필요성을 제시하였다는데 본 연구의 의의가 있다.

감사의 글

본 연구는 한국환경공단 연구개발 사업의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Redlich CA, Sparer J, Cullen MR. Sick-building syndrome. *The Lancet*; 1997. p.1013-1016.
2. Takeda M, Saijo Y, Yuasa M, Kanazawa A, Araki A, Kishi R. Relationship between sick building syndrome and indoor environmental factors in newly built Japanese dwellings. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009; 82(5): 583-593.
3. Son JY, Youn DW. Characteristics and control of volatile organic compounds in indoor air environment. *J Air Condi Refri*. 1995; 24(1): 1995-2002.
4. Institute of Medicine. Clearing the air-asthma and indoor air exposures. National Academy of Sciences, Washington DC; 2000.
5. Kim KW, Park JC. A field survey of HCHO, VOCs and TVOC concentration levels in the newly unoccupied apartment units. *J Korea Soci Indoor Environ*. 2008; 5(2): 158-169.
6. Seo BR, Hur D, Jeon JM, Hwang UH. A survey of volatile organic compounds (VOCs) in newly built apartments at honam province. *J Korea Soci Indoor Environ*. 2006; 3(4): 329-345.
7. Lim WY, Yang JY, Kim HH, Lee YG, Kim YS, Jang SK, et al. Health risk assessment in terms of VOCs at newly-built apartment house. *J Korea Soci Indoor Environ*. 2006; 3(3): 211-223.
8. Kim HH, Yang JY, Park CS, Shin DC, Sohn JR, Lim YW. Health risk assessment of VOCs in the

- public facilities under Uncontrolled Korean-IAQ regulation. *J Korea Soci Indoor Environ.* 2007; 4(1): 42-52.
9. Sim SH, Kim YS, Yang WH. Estimation of source emission rate on volatile organic compounds and formaldehyde using indoor air quality modeling in new apartment. *J Korea Environ Sci.* 2006; 15(10): 929-933.
 10. Jang AS, Choi IS, Koh YI, Park CS. Volatile organic compounds contribute to airway hyperresponsiveness. *J Korea Inter Med.* 2007; 22: 8-12.
 11. Wieslander G, Norback D, Edling C. Airway symptoms among house painters in relation to exposure to volatile organic compounds (VOCs)-a longitudinal study. *J Occup Hyg Soc.* 1997; 41(2): 155-166.
 12. Rehwagen M, Schlink U, Herbarth O. Seasonal cycle of VOCs in apartments. *Indoor Air.* 2003; 13(2): 283-291.
 13. United States Environmental Protection Agency (EPA). Building Air Quality; A Guide for Building Owners and Facility Managers. 1991.
 14. Krieger JK, Takano, TK, Allen C, Song L, Weaver M, Chai S, Dickey, P. The Seattle-King county healthy homes project: Implementation of a comprehensive approach to improving indoor environmental quality for low-income children with asthma. *Environ Health Perspect.* 2002; 110(2): 311-322.
 15. Ministry of Environment Indoor. Air Quality Testing Methods. Notification, 2009-223.
 16. National Health Insurance. Major "Environmental Disorder" Patients treated 7.14 million people in 2007. Corporation. http://www.mw.go.kr/front/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&BOARD_ID=140&BOARD_FLAG=&CONT_SEQ=204312&SEARCHKEY=&SEARCHVALUE=&CREATE_DATE1=&CREATE_DATE2 [accessed 15 March 2011].
 17. Jung SW, Yang DS, Song MR, Son BS. A study of development of evaluation on source strength and deposition constant of VOCs. *J Korea Environ Sci.* 2007; 16(9): 1019-1026.
 18. Ott W, Switzer P, Robinson J. Particle concentration inside a tavern before and after prohibition of smoking: evaluating the performance of an indoor air quality model. *J Air Waste Manage Assoc.* 1996; 46: 1120-1134.
 19. Gordon SM, Callahan PJ, Nishioka MG, Brinkman MC, O'Rourke MK, Lebowitz MD. Residential environment measurement in the national human exposure Assessment (NHEXAS) pilot study in Arizona: preliminary results for pesticides and VOCs. *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 1999; 6: 456-470.