

수도권 일부지역의 실내 스크린골프장의 공기질 평가

조호동¹ · 노재훈² · 김치년³ · 심상호⁴ · 원종욱^{2*}

¹연세대학교 보건대학원, ²연세대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업보건연구소,
³연세대학교 보건대학원 및 산업보건연구소, ⁴한양대학교 병원 산업의학과

A Study on the Air Quality of Indoor Screen Golf in Seoul

Ho-Dong Jo¹ · Jaehoon Roh² · Chi-Nyon Kim³ · Sang-Hyo Sim⁴ · Jong-Uk Won^{2*}

¹Graduate School of Pulic Health Yonsei University

²Institute for Occupational Health & Department of Preventive Medicine, Yonsei University College of Medicine

³Institute for Occupational Health & Graduate School of Public Health, Yonsei University

⁴Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

This study aimed to suggest the severity of indoor air pollutants in screen gold arenas which were not sufficiently investigated in Korea up to now and to help users to enjoy golf in more pleasant indoor environment.

The indoor environment survey was conducted with 21 screen gold arenas in Seoul from Oct. 28, 2008 to March 13, 2009. Indoor air quality was measured and analyzed in accordance with the Air Pollution Process Test Method specified bu NIOSH(2005).

The screen golf arenas are mostly in the underground floors in this study, 4 on the ground floors(19.0%) and 17 in the underground floors(81.0%).

In the air in screen golf arenas, the geometric mean of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene were 2.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 70.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 14.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 31.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively, which exceeded the exposure limites. Each arena exceeded the exposure limit for one pollutant each. However, styrene didn't exceed the limit as 8.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Furthermore, the geometric mean of formaldehyde was 63.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 7 arenas exceeded the limit. The geometric mean of volatile organic

compounds(VOCs) was 428.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 10 arenas exceeded the limit.

For the density distribution of pollutants by location, benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, styrene and formaldehyde showed higher density distribution in underground spaces, for which the statistically significant difference was not found. However, PM10 showed the statistically significant difference ($p < 0.05$).

In accordance with the analysis on the correlation between the density of pollutants in the screen golf arenas, Pearson correlation coefficient between ethylbenzene and styrene was 0.980, very significant correlation ($p < 0.01$). The correlation coefficients between the density of toluene, ethylbenzene, xylene and styrene and that of VOCs were 0.543, 0.434, 0.451 and 0.459, respectively, which demonstrated the statistically significant difference ($p < 0.05$).

Key Words : Indoor air pollutants, Screen Golf, VOCs, HCHO

접수일 : 2010년 2월 18일, 채택일 : 2010년 9월 24일

* 교신저자 : 원종욱(서울 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 의과대학 산업보건연구소,

Tel : 02-2228-1872, E-mail : juwon@yuhs.ac.kr)

I. 서론

21세기는 스포츠 레저 활동은 보다 활발하게 진행되어질 것으로 예상되며, 이는 국민소득수준의 향상, 건강유지 개념의 보편화 등으로 스포츠·레저 활동에 대한 관심이 고조됨과 동시에 정보통신 및 교통수단의 발달로 여가 시간이 증가하기 때문이다.

특히 실내 골프연습장은 가격이 저렴해 손쉽게 누구나 이용할 수 있고 날씨, 계절에 상관없이 이용할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 일반건물의 실내와 달리 사람들이 항상 운동을 하고 있으며, 특히 골프공이 스크린을 타격함으로써 일반 실내보다 더 많은 오염물질이 발생할 가능성이 있다. 그럼에도 불구하고 현재까지 실내 스크린골프장내 환경에 대한 선행 연구가 실시되지 않았으며, 이에 대한 연구는 매우 찾아보기 힘든 실정이다.

최근 국내·외적으로 관심이 고조되고 있는 지구환경의 오염문제는 인류가 시급히 해결해야할 가장 심각한 문제 중 하나로 인식되고 있다. 그러나 이러한 지구환경문제는 주로 대기, 수질, 토양 등 외부환경과 관련된 면만이 중점적으로 부각되고 있으며, 현대인의 주 활동 공간인 건물 내에서의 실내 환경 오염문제의 중요성에 대한 인식은 아직까지 매우 미흡한 실정이다.

실내공기질(Indoor air quality, IAQ)의 문제는 사람의 활동에 의해 필연적으로 발생하는 내부 오염원에서부터 공기의 청정도, 습도, 온도 등을 유지하기 위한 열(Heating), 공조시스템(Ventilation and air-conditioning system)에서 비롯되는 오염물질에 이르기 까지 그 발생원들은 다양하다. 특히 현대의 발달된 화학기술은 합성 건축자재나 가구, 개인용 화학제품, 살충제 그리고 세제 등의 사용을 촉진시켰고 여기에서 발생하는 화학물질이 실내 공기 오염의 주 원인중의 하나로 등장하였다(NIOSH, 2005).

건축물의 사용재료, 공법의 개량에 의해 점차로 기밀성이 높아지고 있다. 새로운 사회구조로 변동에 따라 이에 적응하기 위하여 각각 구분된 구조를 채용하고 있으며, 프라이버시의 존중으로 인하여 각 실간의 차음성능을 높이고 또한 냉·난방의 효과를 위해서 높은 기밀성이 요구되고 있다. 이에 따라 실내공기질이 점점 악화되고 있으며 재실자의 쾌적성과 건강에 악영향을 미치고 있어서 이에 관한 문제는 세계적으로 관심을 갖는 분야가 되었다(강태욱, 2002).

Rikkle 등(1999)의 연구에 의하면 실내에 설치된 내장재는 여러 가지 재료로 구성된 복합재료를 많이 사용하며, 건축자재로부터 휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds, VOCs), 포름알데히드(Formaldehyde), 이산화탄소(CO₂), 미생물 등의 유해화학물질들이 배출되며, 이러한 물질들은 실내

공기질을 악화시키는 것으로 보고하고 있다.

미국의 산업안전보건청(OSHA, 1994)에서는 빌딩관련질환(Building related illness)은 실내근무와 관련하여 의사의 임상적 진단에 의해 증상이 확인되고, 실내에 이러한 건강장해를 일으키는 원인 즉 오염물질이 존재하는 질환을 말한다.

Terr, AI(1996)은 실내공기 중에 존재하는 극히 낮은 농도의 화학물질 노출에 의해서도 화학물질 과민반응 증상이 나타나는 것을 화학물질과민증(Multiple chemical sensitivity)이라 하며, 이러한 증상반응은 화학적으로 서로 관련성이 없는 물질에 대해서도 동일한 증상을 나타내게 된다.

국내에서 실내공기질과 관련된 법은 중앙관리 방식의 공기정화설비를 갖춘 사무실을 적용대상으로 한 산업안전보건법(노동부, 2009), 기존 지하생활공간 공기질관리법을 17개 대상시설(지하역사, 의료기관, 찜질방 등)로 적용대상 시설을 확대한 환경부의 '다중이용시설 등의 실내 공기질관리법' 이 있다(환경부, 2008).

국외의 경우 실내 환경에 대한 규제 성격의 법이 있는 나라는 일본의 건축기준법, 빌딩위생관리법, 학교보건법 등에서 생활환경 기준치가 제정되어 있으며, 노동안전위생법, 사무소 위생규칙 등에서 노동환경 기준치가 제정되어 있다(후생노동성, 2001).

유럽 국가들의 경우 노르웨이, 덴마크를 비롯한 많은 나라에서는 WHO(World Health Organization)에서 1987년 제정한 유럽의 '실내공기환경 지침서(Air Quality Guideline for Europe)'에 근거하여 기준을 설정하고 있으며, 세계보건기구(WHO)는 이 기준을 실내공기환경과 건강 측면에서 자료를 제시하고 있다(장성기, 2004).

국내의 경우 실내 스크린 골프장의 수가 어느 정도 되는지 정확한 발표된 자료도 없고 추정하기도 매우 어렵지만, 국내 골프연습장 수는 서울 137개, 경기 186개를 포함해 934개 업소, 실내 골프연습장의 경우 서울 815개, 경기 396개를 포함해 1,802개 업소로 전국적으로 2,757개 업소가 있다(한국골프연습장 협회보, 2006). 이러한 골프의 대중화로 인한 급속적인 골프 연습장 과포화 현상이 나타나고 있다.

본 연구는 지금까지 국내에서 별로 조사가 이루어지지 않은 실내 스크린 골프장에 대한 실내공기오염물질의 심각성을 제시하고, 이용자들의 건강을 위해 보다 쾌적한 실내 환경에서 운동할 수 있도록 하는데 있다.

II. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

서울시에 위치한 일부 실내 스크린골프장을 임의로 선정하여, 연구목적과 취지에 대한 충분한 설명 후, 참여에 동의한 21개 업체를 대상으로 실내 환경 조사는 2008년 10월 28일부터 2009년 3월 13일까지 실시하였다.

2. 조사 방법

1) 시료채취 및 분석

실내공기질 측정 및 분석은 NIOSH(2005), 환경부(2008) ‘다중이용시설 등의 실내공기질관리법’에 규정하고 있는 공정시험기준에 준하여 수행하였으며, 측정위치는 실내 스크린 골프장 중앙부에서 벽으로부터 최소 1m 이상, 바닥 면으로부터 1.2~1.5m에서 VOCs, HCHO, PM₁₀, CO₂를 샘플링 하였다.

휘발성유기화합물(VOCs)은 고체흡착법으로 Tenax-TA(60/80 mesh, Supelco, USA)가 200 mg 이상 충전된 스테인리스 흡착관(1/4 inch × 9cm, Perkinelmer, UK)을 이용하여, 포집 펌프는 전·후 유량변동이 적은 Personal Air Sampler(Gilliam, USA)를 사용하여, 측정 전·후 유량은 Bubble Generator(Std)(Gilliam, USA)로 총 흡입유량을 산출하였으며, 포집시간은

0.2 l/min으로 30분간 실시하였다. 이때 거의 모든 측정 전·후의 유량변화가 5% 이내인 것으로 조사되었다.

측정이 끝난 시료에 대해서는 흡착튜브의 양끝을 Storage Cap으로 막고 4°C의 냉장고에 분석 전 까지 보관하였고, 측정 후 일주일내 분석하였다.

열 탈착에 의한 휘발성 유기화합물(VOCs)의 분석조건은 Table 1과 같다.

폼알데하이드(HCHO)는 시료채취와 분석은 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 공정시험기준인 method 2016에 따라 진행하였다.

시료채취는 실라카겔 2,4-dinitrophenylhydrazine(2,4-DNPH, Supelco S10, USA)를 이용하였다. 알데히드 측정시 오존과 반응하여 인위적인 불순물을 형성하는 등 방해물질로 존재하기 때문에 측정시 이러한 오존 영향을 제거하기 위해 2,4-DNPH cartridge 전단부에 KI가 채워져 있는 오존 스크루버(Waters, USA)를 설치하였다.

측정시 사용한 펌프는 측정 전·후의 유량변화가 비교적 적은 Personal Air Sampler(Gilliam, USA)를 이용하여 500 ml/min으로 30분간 총 15 l 를 포집하였으며, 측정 전·후의 유량변

Table 1. Operation conditions of GC/MSD with TD for VOCS analysis.

Thermal Desorption	Analysis Condition
Thermal desorber	Ultra TD/Unity, Markes, UK
Desorption temperature	280 °C
Split ratio	1:30
GC/MSD	Agilent 6890N/5973 inert
GC/MSD	CP Sil 5CB (60m × 2.5mm × 1 _μ m)
Column	50 °C (15min)-8 °C/min-200 °C (18min)-20 °C/min-250 °C (2.75min)
Column Temperature(°C)	Aux temperature : 280 °C
MSD	MS source : 230 °C
	MS Quad : 150 °C
	Mass rang : 35-280 m/z

Table 2. HPLC analysis condition for formaldehyde.

Parameter	Analysis Condition
Detector	UV/vis 360nm
Column	Nova-Pak [®] C18 60 Å 4 _μ m
Mobile phases	Acetonitrile/Water(60/40 v/v)
Injection Volumn	20 _μ l
Flow rate	1.0ml/min

Table 3. Operation conditions of CO₂ for analysis.

Model	YES-206LH
CARBON DIOXIDE SENSOR	Non Disperive Infrared / Range 0-10,000ppm Accuracy +1/-5% or 50ppm Resolution 1ppm
TEMPERA TVRESENSOR	Range 0 to 50 deg c, 32to 122deg F
HUMIDITYSENSOR	Range 0 to 100%RH Resolution 0.4%RH
Key pad	Tactile key pad
Alarm	Audible alarm
Display	Backlit alphanumeric LCD
Power	Rechargeable lead acid battery plug in wall adapter
Operating Hours	10 Hours
Dimensions	76mm × 165mm × 51mm
Weight	370grams

화는 거의 모든 측정에서 5% 이내였다. 측정이 끝난 시료는 내부가 알루미늄으로 코팅되어 있는 container에 개별 포장하여 용매추출 전까지 4°C 이하에서 냉장보관 하였다.

시료의 추출은 용매추출장치인 vacuum elution rack(Supelco, USA)에 2.4-DNPH cartridge를 고정시키고 지용성 필터(47mm, 0.45 μ m, PTFE)에 3회 이상 여과한 acetonitrile 5ml를 이용하여 매우 느린 속도(1ml/min)로 추출하였다. HCHO의 분석조건은 Table 2와 같다.

미세먼지(PM₁₀)의 시료포집은 Mini-volume Air Sampler (Model 4.1, Airmetrics Co., USA)를 사용하여 포집하였으며, 포집 유량은 5.5L/min으로 고정하여 시료 포집시간은 실내에서 검출한계를 고려하여 3시간 기본으로 하여 포집하였다. 채취 시간은 sampler가 과부하 등으로 정지하는 경우를 대비하여 sampler에 부착된 시간기록계의 수치를 기록하였다. 시료 포집에 사용된 여지는 미국 Corning Costa사의 직경 47mm, pore size 0.2 μ m의 Membra-Fill membrane filter를 사용하였다. 여지는 포집 전·후에 전자 데시케이터에 보관을 하였으며, 시료포집 전·후의 무게차를 포집유량으로 나누어 분진농도를 계산하였다(환경부, 2008).

Table 3과 같이 이산화탄소(CO₂) 농도는 Indoor Air Monitor(BABUCA)를 사용하여 실내 및 실외의 이산화탄소의 농도를 조사하였다. 조사기간은 다른 연구대상오염물질의 포집이 이루어지는 시간에 수행되었으며, 3회 측정을 통한 산술평균값을 사용하였다.

III. 결 과

1. 연구대상시설 일반적 특성조사

연구대상 업체의, 개업년도는 '2003년 3개소(14.3%)', '2007년 4개소(19.0%)'이며, '2008년은 14개소(66.7%)로 가장 많았다.

실내 스크린골프장의 위치는 '지상' 4개(19.0%), '지하' 17개(81.0%)로 대부분이 지하에 위치하고 있었으며, 규모별로는 '300m²이하' 9개(42.9%), '300~400m²' 8개(38.1%), '400m²이상' 4개(19.0%)로 조사되었다.

실내공기오염에서 가장 큰 영향을 줄 것으로 생각되는 유지·보수(구조 변경)는 '6개월 이내' 실시한 곳은 2개(9.5%), '6개월 이상 된 곳'은 19개소(90.5%)였다.

실내공조시스템 설치된 곳 16개(76.2%), 미설치는 5개(23.8%)로 조사되었다(Table 4).

2. 연구대상시설의 측정 및 평가

1) 휘발성유기화합물(VOCs)

실내공기오염에 가장 문제가 되는 것은 휘발성 유기화합물(VOCs)로서 조사대상 업체의 유해오염물질 농도분포 가이드라인은 노동부 '사무실 공기관리 지침' 과 환경부 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법'의 '신축공동주택'의 기준 적용시 벤젠은 기하평균(2.92 μ g/m³), 톨루엔(70.34 μ g/m³), 에틸벤젠(14.00 μ g/m³), 자일렌(31.43 μ g/m³)로 각각 1건씩 기준을 초과하였으며, 스티렌(8.09 μ g/m³)은 기준을 초과하지 않았다. 또한 폼알데하이드는 기하평균 63.11 μ g/m³이며 7개 업체가 기준치를 초과하였으며, 총휘발성유기화합물 기하평균 428.41 μ g/m³으로 10개 업체가 노출기준을 초과 발생되고 있었다(Table 5).

Table 4. General characteristics of indoor screen golf.

	Variable	Frequency	Percent(%)
Open (year)	2003	3	14.3
	2007	4	19.0
	2008	14	66.7
Location	Ground	4	19.0
	Underground	17	81.0
Size(m ²)	> 300	9	42.9
	300 ~ 400	8	38.1
	400 ≤	4	19.0
Remodeling	Yes	2	9.5
	No	19	90.5
Ventilation system	Yes	16	76.2
	No	5	23.8
Total		21	100.0

Table 5. Poisonous pollutant concentration distribution of indoor screen golf.

Organic solvent	Number of samples	Airborne concentration			Guideline	No. of samples over KIAEL [†]
		Range	GM*	GSD**		
Benzene	21	0.80 ~ 134.80	2.92	3.14	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾	1
Toluene	21	5.30 ~ 3156.40	70.33	3.82	1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾	1
Ethylbenzene	21	1.80 ~ 1118.60	14.00	4.33	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾	1
Xylene	21	5.30 ~ 2652.10	31.43	4.20	700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾	1
Styrene	21	1.50 ~ 276.30	8.09	4.40	700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁾	-
TVOCs	21	46.16 ~ 1468.59	428.41	2.62	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹⁾	10
Formaldehyde	21	15.95 ~ 399.51	63.11	2.57	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹⁾	7

Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*GM : Geometric mean, **GSD : Geometric standard deviation

¹⁾MOL : Ministry of Labour in Korea

²⁾MOE : Ministry of Environment

[†]: Korea Indoor Air Exposure Limit

Fig. 1은 실내 스크린골프장에 측정된 유해오염물질의 시간 가중 평균치를 대수누적분포로 나타낸 것이다(ACGIH, 1989). 일반적으로 작업환경 중 유해물질의 농도분포는 정규 분포보다 대수정규분포를 하는 것으로 알려져 있으며, 그림에서 보는 바와 같이 본 연구에서도 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 스티렌, 폼알데하이드의 농도 분포가 대수정규분포를 하고 있음을 알 수 있었다.

2) 미세먼지(PM₁₀) 및 이산화탄소(CO₂)

실내 스크린골프장내 미세먼지의 기하평균은 142.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 노동부 '사무실 공기관리 지침' 인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 적용하였을 때 노출 기준초과는 9개소(42.86%)였다.

이산화탄소는 기하평균농도는 795.35 ppm이었으며, 1000 ppm 이상인 업체는 2개소(9.52%)였다.

온도와 조도는 실내 스크린골프를 이용하는 모든 사람들에게 열적 편안감을 주는 주요한 요인으로 이번 조사 경우 업체의 특성이 약간 차이가 있기 때문에 전체 평균자료를 가지고 평가하기에는 무리가 있다고 판단된다. 하지만 미국 냉동공조공학회(ASHRAE)의 겨울철 실내공기질 최적온도는 21 ~ 23°C보다는, 19건이 낮은 것으로 조사되었다. 조도는 기하평균농도는 128.57 Lux로 전체적으로 기준 이하로 나타났다(Table 6).

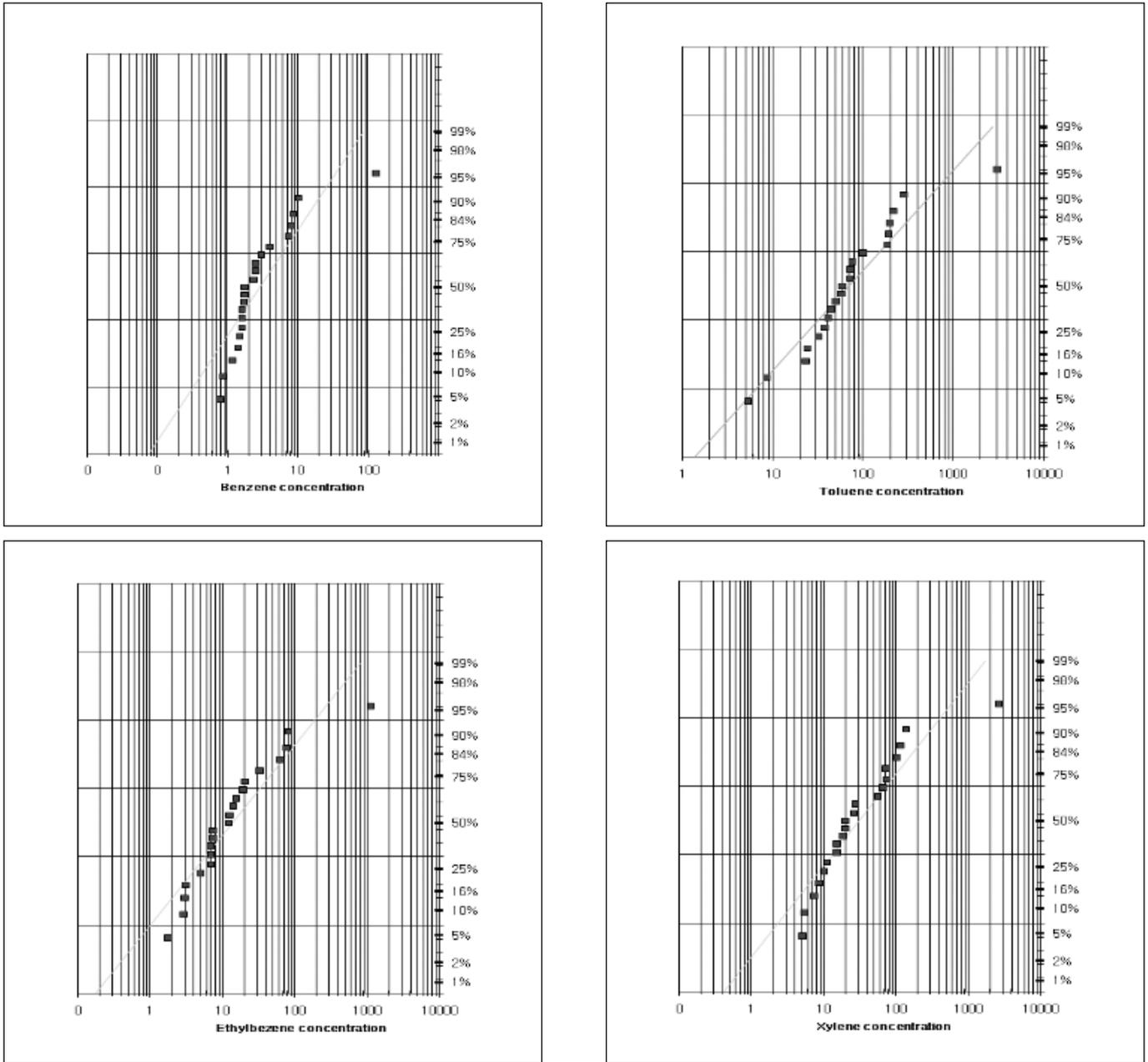


Figure. 1. Distribution of IAP(Indoor Air Pollutants) in IAE(Indoor Air Environment)

3. 각 변수별 유해물질 농도 분포

실내 스크린골프장의 공기 중 유해물질별 농도와 각 변수별 분석결과는 Table 7과 같다. 골프장의 위치별 오염물질의 농도를 분포를 보면, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 및 폼알데하이드는 지상과 지하는 현저하게 지하 공간에서 더 높은 것으로 조사되었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, PM₁₀은 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

스크린 골프장의 면적별에서는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자

일렌, 스티렌은 300m² 이하에서 다른 면적보다는 높은 농도 분포를 보였으나, 폼알데하이드, PM₁₀은 400m² 이상에서 다른 면적보다는 높은 농도를 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않으며, 구조 변경 유무는 연구대상 수많지 않아 분석결과 의무를 부여하기는 어렵다.

공조시스템 시스템 설치되어 ‘있는 곳’ 과 ‘미설치된 곳’ 을 비교 분석한 결과, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌은 ‘미설치된 곳’ 이 농도가 높았으나, 폼알데하이드는 공조시스템의 ‘설치된 곳’ 이 농도가 높았으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, PM₁₀은 공조시스템이 설치된 곳이

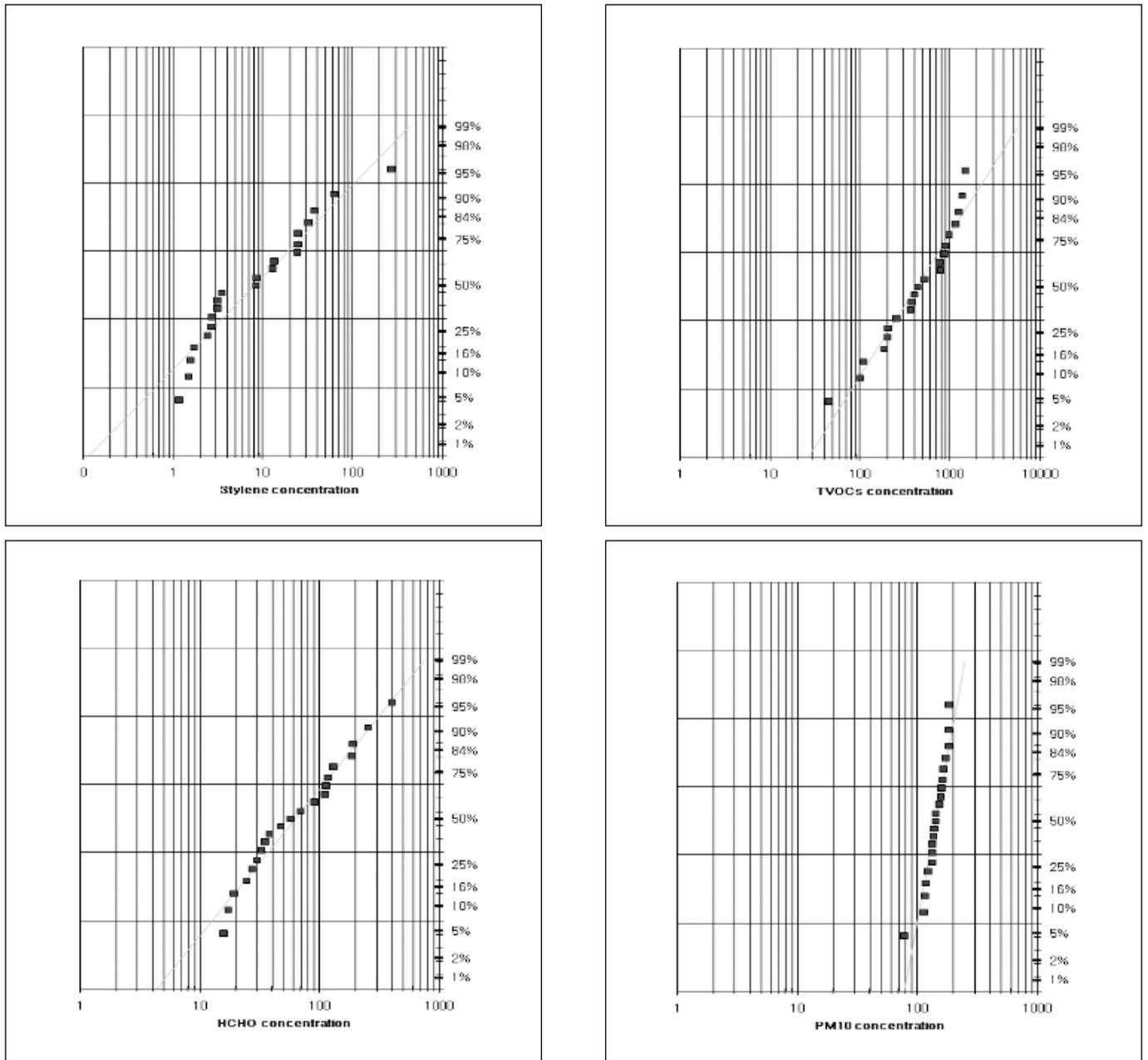


Figure. 2. Distribution of IAP(Indoor Air Pollutants) in IAE(Indoor Air Environment)

Table 6. Physical factor of indoor screen golf.

Variables	Number of samples	Airborne concentration			Guideline	No. of samples over KIAEL [†]
		Range	GM*	GSD**		
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21	79 ~ 186	142.91	1.23	150($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹⁾	9
CO ₂ (ppm)	21	584 ~ 1217	795.35	1.20	1,000 ²⁾	2
Temperature(°C)	21	16.2 ~ 21.7	18.51	1.09	21~23winter ³⁾	19
Lllumination(Lux)	21	116 ~ 217	128.57	1.16	150 ¹⁾	19

*GM : Geometric mean, **GSD : Geometric standard deviation

¹⁾MOL : Ministry of Labour in Korea

²⁾MOE : Ministry of Environment

³⁾ASHRAE : American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers † : Korea Indoor Air Exposure Limit

Table 7. Hazardous substance concentration distribution by each extraordinary good fortune.

Variables	N	Airborne concentration																			
		Benzene		Toluene		Ethylbenzene		Xylene		Styrene		Formaldehyde		PM ₁₀							
		GM	GSD	GM	GSD	GM	GSD	GM	GSD	GM	GSD	GM	GSD	GM	GSD						
Location																					
Ground	4	2.11	1.56	38.42	1.44	6.86	1.74	12.83	1.53	4.51	2.11	49.39	4.15	116.67	1.31						
Under ground	17	3.14	3.49	81.08	4.27	16.56	4.81	38.81	4.54	9.38	4.83	66.85	2.33	149.90	1.17						
		0.54		0.32		0.29		0.17		0.38		0.57		0.03*							
		<i>p-value</i>																			
>300	9	4.24	4.44	91.81	4.36	18.67	4.98	41.52	5.56	7.34	5.77	59.99	2.86	129.02	1.24						
300~400	8	2.41	2.29	69.91	3.28	12.82	4.01	31.48	3.24	9.94	3.78	68.41	2.07	164.04	1.15						
400 ≤	4	1.40	1.46	39.27	6.27	9.19	6.58	17.14	5.37	5.55	4.91	71.88	4.70	143.34	1.08						
		0.61		0.71		0.74		0.71		0.77		0.42		0.16							
		<i>p-value</i>																			
Yes	2	3.77	4.07	48.08	1.76	9.60	1.53	20.21	1.44	4.49	2.42	152.07	1.40	138.99	1.30						
NO	19	2.84	3.18	73.21	4.05	14.57	4.64	32.92	4.49	8.69	4.57	57.53	2.56	143.33	1.22						
		0.85		0.69		0.71		0.71		0.61		0.36		0.83							
		<i>p-value</i>																			
Yes	15	2.42	2.19	55.81	2.93	10.56	3.38	24.24	3.05	7.22	3.85	70.53	2.41	150.93	1.17						
NO	6	4.64	5.88	125.40	6.29	28.35	6.66	60.17	7.47	47.79	6.29	47.79	3.08	124.68	1.28						
		0.12		0.10		0.12		0.12		0.18		0.66		0.05*							
		<i>p-value</i>																			

*p<0.05

Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Table 8. Correlation analysis of pollutants concentration at screen golf.

	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	Xylene	Styrene	TVOC	Formaldehyde
Benzene	1.0						
Toluene	0.716**	1.0					
Ethylbenzene	0.665**	0.929**	1.0				
Xylene	0.684**	0.946**	0.980**	1.0			
Styrene	0.538*	0.849**	0.866**	0.900**	1.0		
TVOC	0.352	0.543*	0.434*	0.451*	0.459*	1.0	
Formaldehyde	-0.138	0.010	-0.212	-0.193	-0.120	0.187	1.0

*p<0.05, **p<0.01

높았으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

4. 오염물질 농도 간의 상관관계

Table 8은 실내스크린 골프장에서 측정된 휘발성 유기화합물(VOCs) 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 그리고 폼알데하이드 농도간의 상관관계를 본 것이다. 분석결과 에틸벤젠과 스티렌 간에는 Pearson 상관계수가 0.980로 매우 유의한 상관관계를 보였으며(p<0.01), 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 농도와 총휘발성유기화합물 농도 간의 상관관계수 값은 각각 0.543, 0.434, 0.451, 0.459로 통계적으로 유의한 차이를 보였으나(p<0.05), 벤젠은 유의한 차이를 보이지 않았다.

폼알데하이드는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 간에는 음(-)의 상관관계 보였으며, 통계적으로 유의성은 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 마감재의 경우 합성수지 등의 화학재료의 사용이 많아져 폼알데하이드와 같은 유해화학물질을 발생시키고, 페인트, 접착테이프로부터 휘발성유기화합물이 방출되고, 사무용 가구들로부터는 휘발성유기화합물 및 폼알데하이드 발생한다.

IV. 고찰

최근 ‘웰빙’을 추구하는 사회분위기 속에서 수면시간을 제외한 80%의 시간을 보내는 집안, 사무실, 학교, 병원, 지하철, 실내마켓, 체육시설 등 실내 환경에 대한 사람들의 관심이 커지고 있다. 특히 실내 공기오염이 실외보다 더 열악할 수 있다는 조사결과가 잇따라 발표되면서 과거 주로 수질오염, 쓰레기, 토양오염 등 실외 오염문제에 집중되었던 환경에 대한 우려가 ‘실내공기’로 확산되고 있다.

실내 환경 문제는 인간 활동에 의해 발생하는 각종 오염물질들이 실내로 방출되어 실내 환경을 오염시키는 현상 즉,

실내오염에 의한 문제라 할 수 있다(Woods, 1991). 이러한 실내 환경 문제의 대표적인 것은 실내공기오염 즉 실내공기질에 대한 문제라 할 수 있다.

최근 골프에 대한 관심이 증가하면서, 2007년을 기준으로 국내 골프연습장의 수는 서울 1240개, 경기 1026개, 부산 188개, 인천 179개를 포함해 전국적으로 4126개 업소가 운영되고 있으며, 현재 우리나라의 실내 골프연습장의 수는 상당히 많지만 소수의 연습장을 제외하고는 환경, 시설, 서비스에 있어서 J급 한실정이다. 대부분의 실내 골프연습장은 영세하며 환경, 시설, 서비스 등에서도 매우 열악한 상황이다(박종진, 2009).

본 연구대상은 실내 스크린골프장은 대부분 지하에 위치하고 있으며, 공조시스템이 없는 곳이 많으며, 실내공기오염은 건축물 내에 다양한 오염물과 휘발성 유기화합물(VOCs), 폼알데하이드 등 유해한 오염물질이 존재하며, 각 오염원에서의 유해오염물질 방산정도가 실내·외 환경조건, 적용 건축자재의 종류, 환기설비의 특성 및 유형 등에 따라 큰 차이를 보이며, 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있다(심상효, 2006).

본 연구결과 실내 스크린골프장의 위치는 ‘지상’ 4업체(19.0%), ‘지하’ 17업체(81.0%)로 주로 지하에 위치하고 있었으며, 오픈 연도는 ‘2008년’ 14업체(66.7%)로 가장 많은 것으로 나타났다. 규모별로는 ‘300㎡이하’ 9개(42.9%), ‘300~400㎡’ 8개(38.1%), ‘400㎡이상’ 4개(19.0%)로 조사되었다.

실내 스크린골프장에서 휘발성 유기화합물(VOCs)을 분석 결과, 노동부(2009)의 ‘사무실 공기관리 지침’과 환경부(2008)의 ‘다중이용시설 등의 실내공기질관리법’의 ‘신축공동주택’의 기준 적용시 벤젠은 기하평균(2.92 μg/m³), 톨루엔(70.34 μg/m³), 에틸벤젠(14.00 μg/m³), 자일렌(31.43 μg/m³)로 각각 1건씩 노출기준을 초과하였으나, 스티렌(8.09 μg/m³)은 기준을 초과하는 곳이 한군데도 없었다. 또한 폼알데하이드는 기하평균 63.11 μg/m³이며 7개 업체가 기준치를 초과하였으며, 총휘발성유기화합물(VOCs) 기하평균 428.41 μg/m³으로

10개 업체에서 노출기준을 초과하는 것으로 조사되었다.

외국의 실내공기환경 기준은 미국의 경우 OSHA (Occupational Safety and Health Administration)와 ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienist)에서는 주로 작업환경 조건에 대한 환경기준을 규정하고 있으며, EPA(Environmental Protection Agency)에서는 대기환경기준을 담당하고 있다.

유럽 국가들의 경우 노르웨이, 덴마크를 비롯한 많은 나라에서는 WHO(World Health Organization)에서 1987년 제정한 유럽의 '실내공기환경 지침서(Air Quality Guideline for Europe)'에 근거하여 기준을 설정하고 있으며, WHO는 이 기준을 실내공기환경과 건강 측면의 여러 연구결과의 축적된 증거자료를 참고로 하여 1997년 개정안을 제시하고 있다.

일본은 건축기준법, 빌딩위생관리법, 학교보건법 등에서 생활환경 기준치가 제정되어 있고 대기환경보전법에 외기환경을 규제하고 있으며, 노동안전위생법, 사무소 위생규칙 등에서 노동환경 기준치가 제정되어 있다.

이와 같이, 공기환경기준은 대상을 일반실내환경, 대기(외기) 그리고 작업환경으로 구분하여 설정되는 경향이 있는데, 그 이유는 각각의 환경적 특성에 따라 오염물질의 발생 특성과 재질자에 미치는 영향정도가 다르기 때문이다.

폼알데하이드는 일반주택 및 공공건물에 사용되는 단열재 등의 건축자재에서 많이 발생되고, 실내가구의 칠, 난방연료의 연소과정, 흡연, 생활용품, 접착제, 의약품 등에서도 배출된다. 실내에서 폼알데하이드의 농도는 주로 신축아파트와 의류상가 등에서 고농도로 조사되며, 온도와 습도가 높은 상황에서 오염정도가 심해지며, 인체의 영향으로 발암성을 가지고 있으며, 눈, 코, 목 등을 자극하고 장시간에 노출된 경우는 정서적 불안정, 기억력 상실, 정신집중의 곤란 등을 유발하고 동물실험에서는 폐수종, 비염의 증상이 있는 것으로 나타났다(Schenke et al., 1981).

우리나라는 노동부의 '사무실 공기관리 지침'에 의거, 관리기준이 $120\mu\text{g}/\text{m}^3$, 환경부의 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법'의거, 실내공기질 유지기준은 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, '신축공동주택의 실내공기질 권고기준'은 $210\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 규정하고 있다.

일본의 경우 2003년 7월에 건축기준법이 개정되어 공동주택에 24시간환기설비 설치를 의무화 하였으며 폼알데하이드 방산 건축자재는 실내 환기회수에 따라 등급별로 구분하여 사용면적을 제한하는 것으로 규제하고 있으며, 후생 노동성의 가이드라인은 폼알데하이드는 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이다.

또한 세계보건기구(WHO)는 가이드라인은 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이며 평균노출시간은 30분 이내로 규정하고 있으며(WHO, 1989), 미국은 주택 도시개발부(Department of housing and

urban development, HUD)에서 건축자재의 폼알데하이드를 규제하고 실내공간에서 농도저감을 위하여 건축자재, 기타, 생활용품 등을 구입할 때 가능하면 폼알데하이드 방출기준에 합격한 인증제품을 사용하도록 권장하고 있다(김재홍, 2009).

이산화탄소(CO_2) 경우 스크린 골프장과 같은 실내에서는 다른 오염물질의 축적정도를 파악할 수 있는 지표물질로 사용되기 때문에 실내에서 이산화탄소 농도를 측정하는 것은 매우 중요한 의미를 지닌다.

이번 조사결과를 보면, 조사 대상의 이산화탄소 농도 범위는 $584\sim 1217\text{ppm}$ 으로 1일 평균농도에 있어서는 전형적인 사무실내의 이산화탄소농도 수준을 보였다.

이산화탄소의 물리적 특성 및 실내 스크린 골프장의 특성을 고려할 때 실내 운동하는 사람들의 호흡에 의한 실내 공기 중의 이산화탄소의 증가가 주원인으로 여겨진다. 또한 겨울철 스크린골프장의 이산화탄소 농도가 여름철보다는 높은 것은 창문 등의 밀폐를 통한 환기량의 감소 또한 실내 이산화탄소 증가의 원인으로 여겨진다. 실내에 있어서 이산화탄소농도 기준을 제시하고 있는 국내 · 외 기관들의 기준치는 거의 모든 기관이 $1,000\text{ppm}$ 을 제시하고 있는데 그 근거가 되는 것이 미국 냉동공조공학회(ASHRAE) 기준이다(ASHRAE, 2001).

미국 냉동공조공학회(ASHRAE)에서 제시하고 있는 이산화탄소 기준은 이 기준이하로 유지하면 실내에 존재하는 유해한 오염물질의 농도가 사람에게 유해한 수준이상으로 존재하지 않는 상태에서 근로자 대부분이 만족할 수 있다고 믿는 기준이다. 이 기준은 실내 스크린골프장내에 근무하는 근로자당 적정한 실외공기를 공급하면 스크린 골프장 공기 중의 이산화탄소 농도를 항상 1000ppm 이하로 유지할 수 있다는 의미이다. 산업안전보건법의 '사무실오염으로 인한 건강장해예방 보건규칙편'에서 규정한 이산화탄소에 대한 관리기준은 8시간 가중평균으로서 1000ppm 을 제시하고 있다(노동부, 2009).

PM_{10} 의 경우 노동부의 '사무실 공기관리 지침'은 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 규정하고 있다. 본 연구의 경우 농도 범위는 $79\sim 186\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 노출기준 초과는 9건으로 조사되었으며, 이는 골프시 움직임 등에 의한 바닥에 퇴적되어 있는 먼지의 재비산될 수 있다.

이러한 실내 스크린골프장을 고려할 때 본 연구조사에서는 그 농도가 기준치에 비해 낮았으나 언제든지 기준치를 초과할 가능성이 매우 높을 것으로 사료 된다. 이에 미세먼지에 대한 관리가 적극적으로 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

이와 같이 스크린골프장에서 실내공기의 오염물질들은 호흡성 질환 및 두통, 안질, 기관지염, 알레르기성 질환 등을

유발시키면서 근무자들에게는 심각한 질병을 초래할 수 있다는 가능성이 확인되었다.

이에 국내에서는 건강한 실내 환경의 창출과 오염물질 방출이 적은 건축자재의 개발 및 생산을 유도하기 위하여 각종 건축자재(합판, 바닥재, 벽지, 판넬, 페인트, 접착제 등)로부터 방출되는 오염물질의 정도에 따라 인증등급을 부여하는 친환경 건축자재 품질 인증제의 시행으로 친환경 자재를 적용하기 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있다.

본 연구에서 가장 큰 현실적인 제한점으로 실내 스크린골프장 선정시 수도권에 위치한 골프장을 임의로 선정 하였으며, 연구대상 수가 많지 않아 전체를 대표하기가 어려운 점이 제한점에 있다. 최근 많이 개업 중인 실내 스크린골프장에서 휘발성유기화합물(VOCs), 폼알데하이드, PM10 발생량을 예측할 수 있는 모델 개발 등, 앞으로 보다 다양한 실내 스크린골프장의 오염물질을 과학적이고 정량적으로 평가할 수 있도록 지속적인 연구가 진행되어야 한다.

V. 결론

본 연구는 서울시에 위치한 일부 실내 스크린골프장 21개 업체를 대상으로 실내공기오염정도를 파악 2008년 10월부터 2009년 3월13일까지 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 실내 스크린골프장의 위치는 '지상' 4개(19.0%), '지하' 17개(81.0%)로 대부분이 지하에 위치하고 있었으며, 규모별로는 '300㎡이하' 9개(42.9%), '300 ~ 400㎡' 8개(38.1%), '400㎡이상' 4개(19.0%)로 조사되었다.

2. 실내스크린골프장내의 오염물질 중 벤젠농도는 기하평균(2.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 톨루엔(70.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 에틸벤젠(14.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 자일렌(31.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 각각 1건씩, 폼알데하이드 농도는 63.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 7건, 총휘발성유기화합물(VOCs) 농도는 428.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 10건이 노출기준을 초과 발생되었으나, 스티렌(8.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)은 1건도 초과하지 않았다.

3. 실내스크린골프장의 위치별 오염물질의 농도를 분포는 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 및 폼알데하이드는 지하 공간에 위치한 업체가 오염물질 농도가 더 높은 것으로 조사되었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, PM10은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

4. 실내스크린골프장에 노출된 오염물질 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 그리고 폼알데하이드 농도간의 상관관계 분석결과 에틸벤젠과 스티렌 간에는 Pearson 상관계수가 0.980로 매우 높은 유의한 상관관계를 보였으며 ($p < 0.01$), 또한 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌 농도와 총휘발성유기화합물(VOCs) 농도 간의 상관계수 값은 각각 0.543,

0.434, 0.451, 0.459로 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

REFERENCES

- 강태욱. 실내 쾌적성 향상을 위한 환기성능 분석과 룸 에어컨의 환기공조부하 특성에 관한 연구, 부산대학교 대학원 박사논문. 2002
- 김재홍, 건축자재의 오염물질 방출 특성에 따른 실내 공기질 농도예측 프로그램 개발, 동아대학교 대학원, 2009.
- 노동부. 산업안전보건법. 2009.
- 박종진, 골프연습장의 서비스 품질이 소비자 선택 속성에 미치는 영향, 박종진, 경희대학교 대학원 석사논문, 2009
- 심상효. 실내공기질 모델을 이용한 신축공동주택의 공기오염도 평가, 한양대학교 대학원 박사논문. 2006.
- 윤경준, 스크린골프연습장 소비자의 고객만족이 재구매의도에 미치는 영향, 경성대학교 대학원 석사논문, 2009.
- 장성기, 실내 공기질 정책 및 관측기술, 한국대기환경학회. 2004
- 후생노동성. 노동안전위생법. 2001.
- 환경부. 다중이용시설등에 관한 실내공기질관리법. 2008.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants, 7th Ed., ACGIH, 1989
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers ASHRAE). ASHRAE 62-2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, ASHRAE, INC, 2001.
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Pocket guide to chemical hazard. DHHS(NIOSH) Pub. No. 97-140, NIOSH, 2005.
- OSHA, Available from:URL: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb>, 1994.
- Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Indoor air quality-59 :15968-16039.
- Rikkle, B. J., Olav, B. and bjarme, M. Chamber testing of adsorption of Volatile organic compound (VOCs) on material surface, Indoor Air, Roger Atkinson, Janet Arey, (9) 2-9, 1999.
- Terr, AI. Multiple chemical syndrome; In indoor air pollution and Health. Bardana, E. J., and Montanaro, A. editors. Marcel Dekker Inc., New York, p267-280, 1996.
- WHO. Indoor Air Quality: Organic Pollutants, EURO Reports Studies 111. Copenhagen: World Health Organization, 1989.
- Woods, J.E. An engineering approach to controlling indoor air quality, Environment Health Perspectives, 15-21, 1991.