

엘리베이터 실내공기질의 특성 기초조사

박정호 · 추연규^{1)*} · 서정민²⁾

경남과학기술대학교 환경공학과, ¹⁾경남과학기술대학교 전자공학과, ²⁾부산대학교 바이오환경에너지학과
(2012년 1월 14일 접수; 2012년 4월 24일 수정; 2012년 6월 5일 채택)

A Study on the Characteristics of Indoor Air Quality in Elevator

Jeong-Ho Park, Yeon-Gyu Choo^{1)*}, Jeong-Min Suh²⁾

Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju 660-758, Korea

¹⁾Department of Electronic Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju 660-758, Korea

²⁾Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

(Manuscript received 14 January, 2012; revised 24 April, 2012; accepted 5 June, 2012)

Abstract

The elevator is needed healthy and comfortable indoor air quality (IAQ) for using many people, but we found nothing about IAQ studies of an elevator. In general, air in the elevator car is sucked from the elevator's hoistway straight into the car using a fan. The air sucked into the hoistway may be filled with dust, mold and bacteria.

This study was performed to measure of characteristics of indoor air quality (PM10, falling bacteria, CO₂, Rn and HCHO) in elevator's hoistway, CAR and lobby of 8 sites (4 apartments and 4 commercial buildings) in Gyeongnam from May, 2010 to January, 2011. With regards to the differences of pollutant distribution among hoistway, CAR, and lobby, the concentration of Rn and HCHO were the highest in hoistway followed by CAR and lobby, and PM10, falling bacteria and CO₂ were the highest in CAR followed by hoistway and lobby. Mean concentrations of PM10 were 104.9 µg/m³ in CAR, 92.3 µg/m³ in hoistway and 68.2 µg/m³ in lobby, respectively.

Key Words : Elevator, Indoor Air Quality (IAQ), Hoistway, CAR, Lobby

1. 서론

최근 건축물의 고층화, 대형화에 따라 승강기가 급속히 보급되고 있으며, 우리나라 건축법에서는 6층 이상으로 연면적이 2,000 m² 이상인 건축물의 경우 승강기를 설치하도록 되어 있다(건축법, 2011). 통상 승

강기라 함은 수직이동 수단인 엘리베이터(이하 "E/L"), 에스컬레이터, 휠체어리프트 등을 말한다(승강기시설, 2009). 최근 국내 승강기 설치 누적대수는 1992년도 약 3.5만대에서 2009년도 약 40만대로 급속히 증가되고 있는 등 승강기는 현대인들의 일상생활에 아주 밀접한 수직 이동수단으로 자리매김하게 되었고 또한 자동차산업과 같이 기술집약적 글로벌 산업으로 등장하고 있다(한국승강기안전관리원, 2010).

하루 중 80% 이상을 밀폐된 실내공간에서 거주하는 도시인들에게 실내공기질(IAQ)은 인체 건강과 매

*Corresponding author : Yeon-Gyu Choo, Department of Electronic Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea
Phone: +82-55-751-3334
E-mail: ygchoo@gntech.ac.kr

우 밀접한 관련성이 있어 최근 국내외적으로 그 관심이 높아지고 있다(이와 김, 2004; Berglund 등, 1992). 이에 2005년 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법” 등 실내공기질 관련 법률이 확대 시행되게 되었고 다중이용시설, 학교교사 등을 비롯한 자동차, 주차장, 지하철, 선박 등 다양한 밀폐공간에서의 실내공기질 조사연구가 최근 많이 보고되고 있다(김 등, 2005; 노 등, 2006; 박, 2010; 박 등, 2006; 사 등, 2009; 조 등, 2008).

한편 승객용 E/L는 자동차와 마찬가지로 일상생활에 아주 밀접한 수직 이동수단으로 특히, 밀폐된 공간에서 다수의 이용자들이 사용하는 실내공간임으로 쾌적하고 건강한 실내환경의 유지 및 관리가 반드시 필요할 것이다. 통상 E/L 이용자들의 탑승 공간인 CAR에서는 E/L 수직이동통로인 승강로의 내부공기가 CAR 외부천정에 설치되어 있는 환기팬(이하 “fan”)을 통해 CAR 내부로 유입되는 환기방식이 대부분 적용되고 있다. 또한 승강로는 E/L 운행 안전상 밀폐된 공간으로 신선한 외부공기의 유입과 공기순환이 어려워 건축시공 당시부터 이후 지속적으로 발생된 먼지 등 실내공기오염물질이 쉽게 축적될 수 있으며, 더군다나 어둡고 습한 환경조건에서는 곰팡이의 발생이 용이한 환경조건을 가지고 있다(Kildeso 등, 2003). 따라서 승강로나 fan 등의 오염상태에 따라 E/L 이용자들에게 미치는 건강피해 영향은 크게 달라질 수 있으나, 현재 E/L 관련법에서는 정기적인 청소 등 환경위생관리에 대한 명확한 규정이 없고 또한 E/L 안전관리상 이용자들이 직접 청소관리 하는 것도 쉽지 않은 문제점이 있다.

한편 최근 E/L 수요증가 및 시장성의 확대로 성장 잠재력이 매우 큰 승강기산업은 향후 단순히 수직이동수단의 소극적인 기능을 벗어나서 쾌적하고 건강한 E/L 실내공간 조성 등 이용자들에게 만족도를 충족시킬 수 있는 새로운 제품의 기술개발과 시장화 노력이 필요하다(전, 2009). 이러한 쾌적하고 건강한 E/L 실내환경의 조성과 경쟁력 있는 E/L 제품개발을 위해서도 E/L 실내공기질의 특성 파악이 기본적으로 매우 중요 할수 있으나, 지금까지 E/L 실내공기질과 관련된 조사연구 보고는 국내외적으로 거의 전무한 실정이다.

본 연구에서는 E/L 실내공기질 특성의 기초연구 조사를 위하여 경남 소재 일반 아파트 4개소 및 상업건물 4개소 등 총 8개 지점의 E/L을 선정하였다. 각 지점에서는 승강로, CAR, 출입구 로비 등에서 동시에 PM10, CO₂, 낙하세균, Rn 및 HCHO 등 E/L에서 발생가능한 주요 실내공기질 항목의 농도 특성을 조사하였다. 본 기초연구는 새로운 실내환경 연구분야의 기반 조성과 더불어 향후 쾌적하고 건강한 E/L 실내환경 조성 및 관련 제품개발을 위한 기초자료로 제공되고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 연구대상

국내 승강기 설치대수는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 연간 약 2만대 이상이며, 누적설치 대수는 2009년 기준 약 40만대의 승강기가 운행중에 있으며, 이중 약 85%인 34만대가 쾌적하고 건강한 실내공간의 유지 및 관리가 반드시 필요한 승객용 E/L(passenger E/L)이다(한국승강기안전관리원, 2010).

본 연구에서는 E/L 실내공기질의 기초조사를 위하여 경남지역 소재 주거용 아파트 4개 지점(A1~A4 지점) 그리고 상업건물 4개 지점(C1~C4 지점) 등 총 8개 지점에서 운영중인 승객용 E/L를 측정대상으로 하였다. Table 1에는 각 지점별 건축년도, E/L 개요 및 시료채취시 승강로(hoistway), 승객탑승공간 (CAR), E/L 출입구 앞 로비(lobby)에서의 온도, 습도, fan의 토출유속 등 시료채취에 관한 내용을 나타냈다.

연구대상 지점은 건축년도 13~25년이 지난 건축물로서 층수는 4~20층으로 다양하고 아파트의 경우 주거지역 그리고 상업건물은 도심의 상업지역에 주로 위치하고 있었다. E/L 최대 탑승정원은 8~20명이고 CAR 외부천정에는 기계식 fan이 설치되어 있어 fan 가동시 승강로의 공기가 7.0~9.1 m/sec 유속으로 CAR 내로 단순 유입되는 일반적인 구조의 E/L이다. 또한 대부분의 E/L와 마찬가지로 CAR 실내환경을 위해 정기적으로 승강로 내부 청소 등 특별한 실내환경이 관리되고 있지는 않았다.

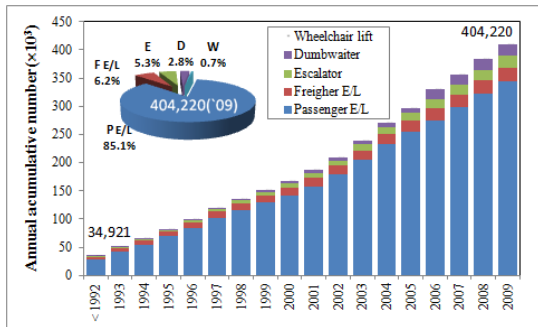


Fig. 1. The accumulative number of elevator.

2.2. 시료채취 및 분석방법

본 연구에서는 2010년 5월에서 2011년 1월 사이에 8개 지점(A1~C4)의 E/L을 대상으로 실제 E/L가 운행 (이용객들이 사용중)되어지고 fan이 가동되는 상태에서 Fig. 2에 나타난 바와 같이 각 지점에서 승강로, CAR, E/L 출입구 앞 로비에서 거의 동시에 시료를 채취하였다. 또한 계절적 실내공기질 변화 특성을 파악하기 위하여, C4 지점을 대상으로 총 4회에 걸쳐 모니터링을 하였다.

분석항목은 E/L에서 직간접적으로 발생될 수 있는 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 낙하세균(falling bacteria), 라돈(Rn), 포름알데히드(HCHO) 등 총 5개

항목을 실내공정시험법에 준하여 측정하였다(교육인적자원부, 2006; 환경부, 2004). 분석항목별 농도 측정방법의 개요를 살펴보면, 입자상 물질인 PM10의 경우 미니볼륨에어샘플러(Air metrics사, model PAS-201)를 사용하여 5 L/min 유량으로 4시간동안 시료를 채취하고 포집전후의 여지무게 차이를 칭량하여 농도를 측정하였다. 가스상 물질인 CO₂의 농도 측정은 비분산적외선분석법인 CO₂ 측정기(TSI사, model 8762)를 사용하여 연속적으로 농도를 측정하였다. 공기중에 부유하고 있는 곰팡이 등 바이오에어로졸의 측정은 다중이용시설 실내공기질 측정법에서는 총부유세균 측정법이 사용되고 있으나, 본 연구에서는 시료채취 특성상 페트리디쉬 한천평판배지를 이용하여 낙하세균을 채취하였다. 낙하세균은 표준한천배지를 이용하여 1시간동안 공기중에서 노출시킨 후 실험실에서 30~35 °C에서 48시간 배양하여 콜로니수를 측정하였으며, 측정값은 학교 교사내 낙하세균 측정법에 준하여 5분간 노출시간으로 환산하였다. Rn은 각 지점에서 1시간동안 연속모니터링법(Sun Nuclear사, model 1027)으로 측정하였다. HCHO 농도는 오존 스크리버를 전단부에 설치한 2,4-DNPH 카트리지(Supelco사, model S10)와 휴대용 펌프(SIBATA사, model MP-Σ100)를 이용하여 유속 1 L/min으로 30분 간격으로 2

Table 1. Summary of sampling site and conditions

Site	Building year	Elevator			Sampling condition								
		Scale (L×W×H, cm)	Capacity (person)	Floors (F)	Date ('10~'11)	Temp.(°C)			Humi.(%)			Fan flow (m/s)	
						H*	C*	L*	H*	C*	L*		
Apartment	A1	1998	160×130×240	13	1F~12F	25 May	19.8	19.8	19.9	47	46	45	9.1
	A2	1991	132×102×215	10	1F~10F	17 June	27.9	27.5	28.1	38	37	40	7.1
	A3	1991	140×100×220	8	1F~9F	7 July	28.7	28.1	29.1	48	45	44	7.0
	A4	1986	150×130×230	13	1F~20F	26 Aug	31.0	32.1	31.4	56	55	51	7.8
Commercial building	C1	1990	180×170×260	20	B4F~18F	26 May	22.4	25.0	23.7	40	36	39	8.9
	C2	1995	130×105×230	8	1F~5F	18 June	25.9	26.6	25.7	39	46	51	8.2
	C3	1998	150×120×220	10	1F~4F	8 July	27.8	27.8	27.0	51	50	48	8.6
						a) 27 Aug.	30.3	30.4	31.4	52	54	51	7.3
						b) 19 Oct.	22.7	24.8	22.8	35	34	33	7.0
c) 20 Oct.						22.6	23.1	21.7	33	32	32	7.0	
C4	1995	140×120×220	15	1F~6F	d) 10 Jan.	5.3	6.6	1.5	30	31	27	7.6	

H* : hoistway, C* : CAR, L* : lobby

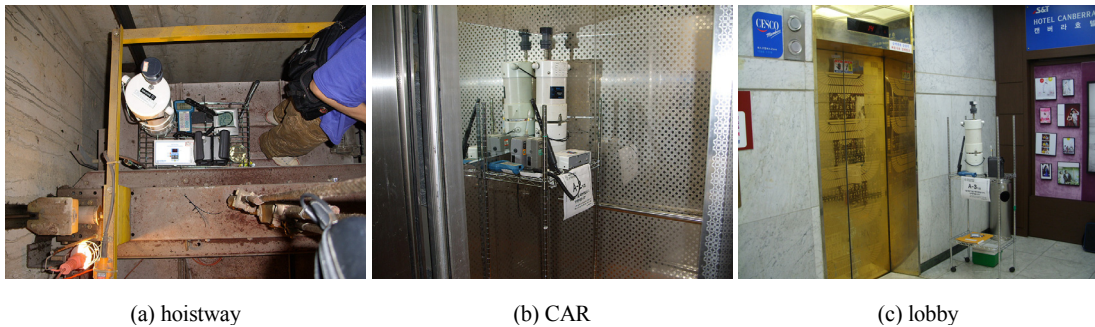


Fig. 2. Photographs of sampling site.

회색 시료를 포집하고 아세토니트릴로 추출한 후 HPLC(Perkin Elmer사, model 200C)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 승강로 및 환기팬(fan)

대부분 E/L에서는 fan을 통해 승강로의 공기가 CAR내로 직접 유입되는 구조로 승강로 및 fan의 오염 상태에 따라 E/L 이용자들의 건강보건에 직접적인 영향을 줄수 있을 것이다. 그러나 현재 승강기시설안전관리법 등 E/L 관련법에서는 승강로 및 fan에 대한 정기적인 청소 등 보건환경관리에 대한 별도의 규정이 없으며, 또한 이용자들이 직접 청소 관리하는 것 또한 E/L 운행 안전상 용이하지 않아 E/L 쾌적한 실내환경 관리에 큰 문제점이 될수 있을 것이다.

여기에서는 E/L에서의 실내공기 시료채취에 앞서 연구대상 지점별 CAR 외부 천정에 설치되어 있는 fan과 승강로의 내부 상태를 육안으로 직접 살펴보았다. 우선 승강로의 내부공기가 fan을 통해 CAR 내부로 토출되는 유속은 열선풍속계(TSI사, model 9535)로 측정된 결과 7.0~9.1 m/s 이었고, 모든 fan에는 여과필터 등 오염물질 제거장치가 없어 오염가능성이 있는 승강로 내부의 공기가 CAR 내부로 직접 유입되고 있었다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 전반적으로 CAR 외부 천정부변이나 fan은 기름때, 곰팡이, 거미줄 등 각종 먼지로 인해 불결한 상태가 많았다. 일반적으로 승강로는 운행 안전상 밀폐된 공간으로 외부 신선한 공기의 유입과 순환이 어려워 건축물 시공 당시부터 발생된 먼지로부터 이후 E/L 기계실의 마모먼지, 운할

유의 연소입자, 콘크리트 내벽에서 떨어져 나오는 부스러기 등의 축적이 쉽고 어둡고 다습한 환경에서는 곰팡이까지도 쉽게 번식할수 있을 것이다. 또한 승강로에서는 E/L 움직임에 따라 승강로에 압력변동이 발생하는 피스톤효과에 의해 승강로 바닥 등에 쌓여 있던 먼지가 재비산되어 승강로 안으로 확산되거나(김 등, 2010), E/L 이용자들의 편의를 위하여 지하주차장과 연결된 E/L의 경우 지하주차장의 자동차 배기가스가 승강로로 역류되어 오염되는 문제점이 발생될 수 있다(김과 박, 2008).

한편 fan에 묻어있는 먼지의 물리화학적 성분특성을 알아보기 위하여 SEM/EDX 분석법을 이용하여 개별입자 분석법을 실시하였다(박과 서, 2005). Fig. 4에는 C4 지점의 fan에서 채취된 먼지의 물리화학적 분석결과 나타난 것으로, (a)와 같이 Al, Si, K, Ca, Fe 성분을 함유한 거대 비구형 입자들로 토양, 콘크리트, 금속마모 등으로 인해 발생될수 있는 입자들이 상대적으로 많이 관찰되었다. 또한 (b)처럼 직경 약 2~5 μm 의 유기탄소 구형입자로 곰팡이 포자로 추정되는 입자들도 비교적 자주 관찰되었다(Heikkila 등, 1988).

승강로 내부는 어둡고 신선한 외부공기의 유입이 어려운 상태이므로 특히 장마철 등 다습한 환경에서는 곰팡이 등 미생물이 잘 자랄 수 있는 환경으로 조성되어지고 이것들이 CAR 내로 유입될 경우 E/L 이용자들은 평상시에 생물학적 인자에 노출되던 농도보다 높은 농도에 노출될 가능성이 높다. 따라서 단기간 고농도에 노출되거나 혹은 지나치게 높은 농도는 아니더라도 증가된 농도에 장기적으로 노출되었을 때는 호흡계질환 및 여러 가지 다른 건강장해가 생길 가능



Fig. 3. The polluted elevator fan.

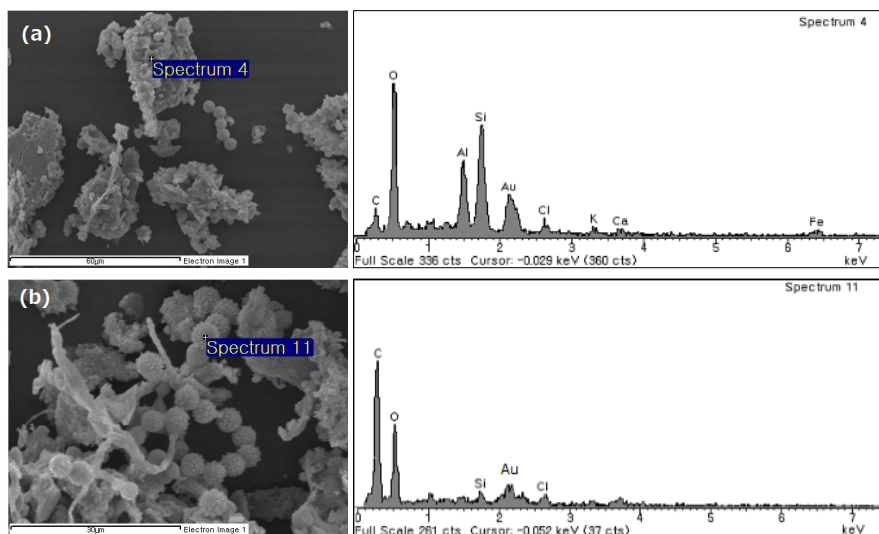


Fig. 4. SEM image and X-ray spectra of a dust in fan.

성이 있다(박, 2009; Gots 등, 2003). 결국 쾌적하고 건강한 E/L 실내환경 개선을 위해서는 승강로 및 fan에 대한 정기적인 청소 등 E/L 보건환경관리에 대한 개선방안의 마련이 필요할 것이다.

3.2. 오염물질별 농도특성

본 연구 대상지점인 8개 E/L에 대한 PM₁₀, 낙하세균, CO₂, Rn 및 HCHO의 농도 특성을 Table 2에 나타냈으며, Fig. 5에는 오염물질별 총 8개시설의 평균농도를 나타냈다.

전반적으로 아파트 및 상가 E/L의 지점별 농도차이는 크게 나타나지 않았으며, 전체 지점별 평균농도에서는 Rn, HCHO의 경우 승강로 > CAR > 로비 순으로 농도가 높았고 PM₁₀, 낙하세균 및 CO₂은 이용객들이 탑승하는 CAR가 상대적으로 높았고 그 다음으

로 승강로, 로비 순이었다.

한편 E/L 실내공기질의 계절적 농도 변화 특성을 알아보기 위하여 C4 지점을 대상으로 2010년 8월(여름)에 1회, 10월(가을)에 2회 그리고 2011년 1월(겨울)에 1회 등 총 4회에 걸쳐 시료를 채취하였으며, HCHO 및 낙하세균의 경우 지점별 최고 및 최저 농도 차이가 2배 이상 크게 나타난 반면 CO₂와 Rn는 큰 농도 차이가 없었다.

3.2.1. PM₁₀, 낙하세균

PM₁₀의 전체 평균농도는 승강로 92.3 µg/m³, CAR 104.9 µg/m³로 로비 68.2 µg/m³에 비해 각각 약 1.4배 이상 높게 나타났으며, 승강로나 CAR의 농도는 다중이용시설 유지기준 중 지하역사 등에서의 유지기준(150 µg/m³ 이하)보다는 낮았지만 청정한 상태를 유

지해야 할 의료기간 등의 유지기준($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)에 상당하는 농도로 나타났다.

시료채취 지점별로는 C2 지점을 제외한 대부분의 지점에서 CAR > 승강로 >> 로비의 농도 순으로 나타났으며, 오염된 승강로 공기의 유입과 더불어 E/L 출입구 개폐시 주변바닥 퇴적먼지의 재비산으로 인해 상대적으로 CAR의 농도가 높게 나타나는 결과로 판단된다. 지하주차장과 연결되어 있는 C1지점은 승강로 및 CAR내 농도가 1층 로비보다 2.2배 이상 높게 나타났으며, 또한 모든 지점에서 각각 농도가 상대적으로 가장 높았다. 이는 지하4층 주차장과 연결된 E/L 앞 입구지점의 농도가 $213.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 것으로 보아 지하주차장에서 배출된 높은 농도의 자동차 매연이 E/L 출입문의 개폐시 CAR내로 직접 유입되거나 일부 오염물질이 승강로 자체의 굴뚝효과로 인해 승강로나 CAR내로 확산된 결과로 판단된다(김과 박, 2008; 박, 2010). 계절적 농도 변화특성 조사에서는 Table 2에 나타낸 바와 같이 C4 지점의 8월 여름철(a) 농도가 10월 가을철(b, c)이나 1월 겨울철(d)에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 승강로나 CAR 농도가 로비보다 계절에 관계없이 1.2~1.5배 정도 일정하게 높은 것으로 보아 PM10의 경우 시간적 특성변화와 더불어

외부공기의 유입농도 특성에도 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

낙하세균의 평균농도는 PM10과 마찬가지로 대부분 지점에서 CAR(2.5 CFU) > 승강로 (2.0 CFU) > 로비 (1.8 CFU)의 순으로 학교 교사내 낙하세균 기준(10 CFU/실당 이하)을 만족하는 것으로 나타나, 양적인 조사측면에서는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한 계절적 농도변화 특성에서는 상대적으로 기온이 높고 습기가 높아 곰팡이류 등의 번식이 용이한 여름철이 가을철에 비해 2배 높게 나타났으나, 오히려 기온이 낮고 습기가 낮은 겨울철에도 가을철보다 높게 나타났다. 이는 PM10의 경우와 마찬가지로 계절적인 특성과 더불어 외부공기의 유입농도에도 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

한편 본 연구에서 낙하세균 측정을 통한 양적인 바이오에어로졸 농도조사에서는 기준이하의 양호한 농도수준으로 나타났으나, 통상 곰팡이류, 박테리아, 바이러스 등 생물학적 인자(biological agents)는 호흡계 질환 및 여러 가지 건강장애를 일으킬 수 있으며, 청소 등 위생관리가 어렵고 어두운 승강로 그리고 오랫동안 먼지가 쌓여있는 fan에서 습기가 생기면 잘 서식할 수 있게 된다. 따라서 향후 온도나 습도 등 보다 상세

Table 2. Concentrations of indoor air quality in hoistway(H), CAR(C) and lobby(L)

Site	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Falling bacteria (CFU)			CO ₂ (ppm)			Rn (pCi/L)			HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	H*	C*	L*	H*	C*	L*	H*	C*	L*	H*	C*	L*	H*	C*	L*
A1	113.4	130.4	58.6	1.8	2.1	2.3	381	363	373	0.3	0.1	0.1	9.0	10.3	3.3
A2	131.2	158.2	88.0	0.8	1.3	1.6	310	399	396	0.4	0.2	0.1	16.2	14.6	16.5
A3	67.9	81.8	65.6	3.2	3.8	2.6	330	409	334	1.5	1.0	0.3	12.3	18.1	11.7
A4	74.9	80.3	63.3	0.4	1.3	0.7	292	318	286	0.3	0.1	0.1	14.1	14.4	4.2
Ave.	96.8	112.7	68.9	1.6	2.1	1.8	328	372	347	0.6	0.4	0.2	12.9	14.3	8.9
(SD)	30.4	38.3	13.1	1.2	1.2	0.9	38	41	48	0.6	0.4	0.1	3.0	3.2	6.3
C1	190.5	199.9	85.7 (213.0)*	0.7	1.2	0.9 (1.4)*	437	419	398 (479)*	0.5	0.4	0.1 (0.1)*	39.6	27.9	16.3 (25.3)*
C2	-	109.6	88.7	5.3	3.3	-	378	379	337	0.3	0.1	0.1	19.9	14.5	9.4
C3	81.0	108.8	96.5	2.1	2.6	0.8	342	379	367	0.7	1.1	0.1	11.7	6.6	12.5
a)	86.4	94.9	61.7	2.8	4.4	3.9	379	467	313	0.6	0.3	0.1	27.1	20.3	16.5
b)	68.7	61.0	45.5	1.0	1.7	0.7	385	403	354	0.7	0.4	0.2	15.6	11.4	6.7
c)	64.0	67.9	45.5	1.2	2.5	1.8	399	411	346	0.5	0.4	0.2	14.5	14.1	6.1
d)	63.3	61.7	50.9	2.3	3.6	3.2	401	413	377	0.5	0.4	0.2	4.2	3.0	2.2
Ave.	92.3	100.5	67.8	2.2	2.7	1.9	389	410	356	0.5	0.4	0.1	18.9	13.9	10.0
(SD)	49.0	48.6	22.0	1.6	1.1	1.4	29	30	28	0.1	0.3	0.1	11.5	8.3	5.4

H* : hoistway, C* : CAR, L* : lobby, (*) : the entrance to the underground lot (at C1 site)

한 환경조건 변화에 따른 양적 농도 특성변화나 인체에 유해성을 줄수 있는 병원성 곰팡이류의 존재 여부 등 다양한 질적 평가도 동시에 진행될 필요가 있을 것으로 생각된다(최, 2007).

3.2.2. CO₂, Rn, HCHO

CO₂의 경우 전체 평균농도는 CAR 396.4 ppm, 승강로 366.7 ppm, 로비 352.8 ppm의 순으로 이용객들이 탑승하는 CAR가 상대적으로 높았으나 모든 지점에서 다중이용시설 유지기준(1,000 ppm 이하)보다 훨씬 낮은 농도를 표시하였다.

Rn는 토양, 암석, 건축자재 등에서 주로 방출되고 환기상태에 따라 실내농도에 큰 농도 차이를 보일수 있는데(라돈정보센터, 2011; 최 등, 2009), 전체 평균

농도는 승강로 0.6 pCi/L > CAR 0.4 pCi/L > 로비 0.1 pCi/L의 순으로 다중이용시설 권고기준(4.0 pCi/L 이하)보다는 낮았으나, 상대적으로 콘크리트벽으로 둘러 싸여 있고 신선한 외부공기 유입이 어려워 환기가 곤란한 승강로가 로비에 비해 6배나 높게 나타났다.

건축자재 등에서 발생될 수 있는 HCHO의 평균농도는 승강로 16.7 µg/m³, CAR 14.1 µg/m³로 로비 9.6 µg/m³에 비해 약 1.5배 이상 각각 높았으나, 다중이용시설 유지기준(100 µg/m³ 이하)보다는 훨씬 낮았다. C4 지점에서의 계절적 농도 특성은 8월 > 10월 > 1월의 순으로 기온이 높은 여름이 가장 높고 겨울이 낮게 나타나, 통상 실내온도와 HCHO 농도와의 양의 상관관계를 나타내고 있는 경향과 유사하게 나타났다(인, 2005).

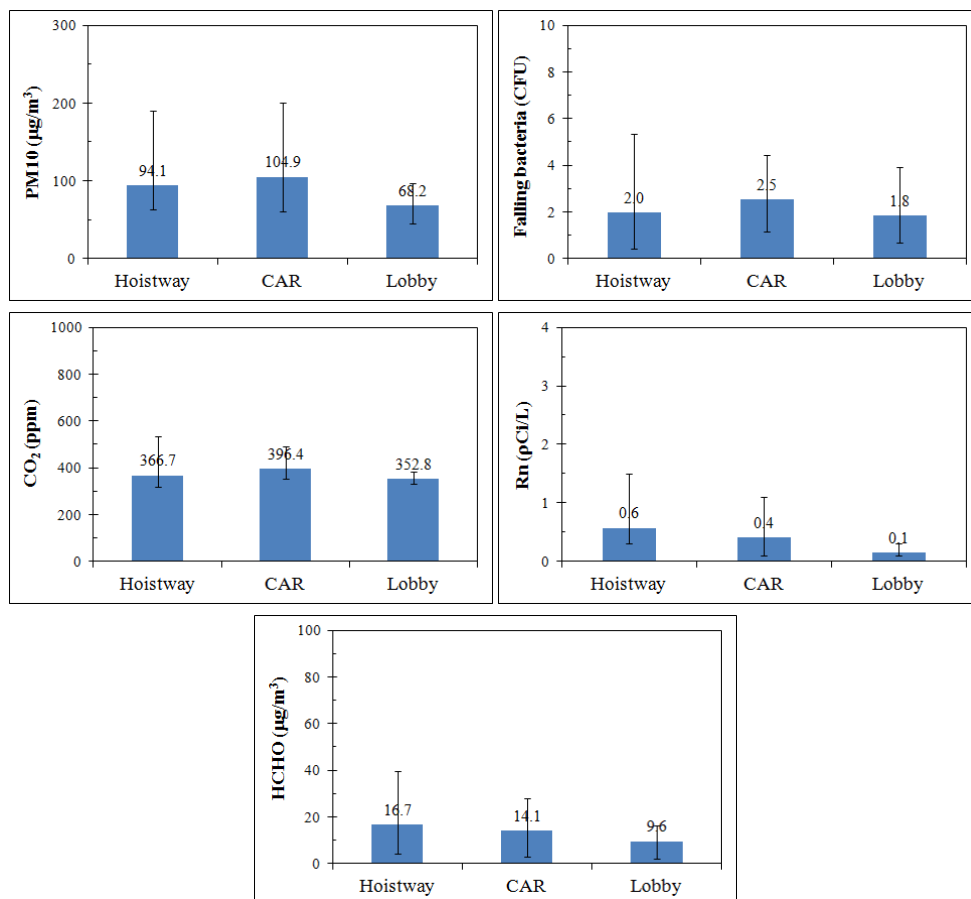


Fig. 5. Mean concentrations of indoor air quality at all sites.

4. 결론

최근 실내공기질 관리의 중요성 증대로 다양한 실내공간에서의 실내공기질 조사연구가 많이 보고되고 있으나, 도시인들이라면 하루에 한번 이상 이용하는 E/L 공간에 대한 실내공기질 연구조사는 찾아 볼 수 없다. 본 연구에서는 E/L 실내공기질 특성의 기초조사를 위하여 경남 소재 총 8개 지점의 E/L를 대상으로 각각 승강로, CAR, 출입구 로비 등에서 PM10, CO₂, 낙하세균, Rn 및 HCHO 등 E/L에서 발생가능한 주요 실내공기질 항목의 농도 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 정리하였다.

1) 승강로 및 fan의 상태는 각종 먼지 등으로 인해 오염된 상태가 많아 E/L 이용자들에게 건강상 피해영향을 줄 가능성이 있으므로 향후 정기적인 청소 등 E/L 환경위생 관련법의 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

2) 전체 평균농도는 PM10, 낙하세균, CO₂의 경우 CAR > 승강로 > 로비의 순으로 그리고 Rn, HCHO의 경우 승강로 > CAR > 로비의 순으로 높게 나타났다.

3) 대부분의 항목은 실내공기질 농도기준 이하의 양호한 농도 수준으로 나타났으나, PM10의 경우 승강로(평균 94.1 µg/m³)나 CAR(평균 104.9 µg/m³)에서는 실내유지기준(병원 등 기준 100 µg/m³ 이하)에 거의 도달하거나 초과하고 있었으며, 특히 지하주차장과 연결된 C1지점의 CAR내 농도가 199.9 µg/m³로 가장 높았다.

4) C4 지점에 대한 계절적 농도특성에서 PM10의 경우 상대적으로 여름철(8월)이 가을철(10월)과 겨울철(1월)보다 높은 경향을 보이고 있었으며, 이는 시간적 특성뿐만 아니라 외부공기(로비)의 농도 특성에도 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

지속적으로 건축물의 설계는 고층화뿐만 아니라 에너지절약을 위하여 더욱 고단열, 고기밀화가 이루어질 것으로 예상되고 이로 인하여 쾌적한 E/L 실내환경의 조성이 어렵게 될 수 있다. 향후에는 E/L 환경위생 관련법의 정비뿐만 아니라 기술적으로는 E/L 운행실태 파악과 시간적 변화 특성 등 구체적이고 지속적인 모니터링 실시, 실내공기 오염물질의 여과처리 기술장치 개발 또는 환기방법 개선 등의 검토가 필요할 것이다.

참고 문헌

- 건축법, 2011, 제64조 승강기.
 교육인적자원부, 2006, 학교교사내 환경위생 및 식품위생관리 메뉴얼.
 김일겸, 박우철, 2008, 공동주택의 지하주차장 연결통로 및 엘리베이터 홀의 환기에 관한 실험적 연구, 한국산학기술학회논문지, 9(6), 1523-1528.
 김윤신, 노영만, 홍승철, 이철민, 전형진, 김종철, 조정현, 2005, 다중이용시설에서의 실내공기질 조사, 한국실내환경학회지, 1(2), 144-155.
 김학중, 김범규, 박용환, 임채현, 2010, 엘리베이터 승강로 형식별 압력변동에 관한 실험 연구, 한국화재소방학회논문지, 24(3), 139-144.
 노영만, 김윤신, 이철민, 김기연, 전형진, 김종철, 2006, 일부 선박에서 실내환경 유해인자의 분포실태, 한국실내환경학회지, 3(4), 376-386.
 라돈정보센터, 2011, <http://www.radon.or.kr/>.
 박정호, 서정민, 2005, 대기 점오염원에서 배출되는 개별 입자상물질의 물리화학적 특성, 한국환경과학회지, 14(8), 761-770.
 박정호, 2010, 실내주차장의 실내공기질 농도특성 및 환기에 의한 저감효과, 한국산업위생학회지, 20(4), 241-247.
 박주형, 2009, 실내환경에서 생물학적 인자에 대한 노출평가, 한국환경보건학회지, 35(4), 239-248.
 박화미, 노영만, 이철민, 김윤신, 박동선, 장봉기, 원영재, 2006, 서울시 지하철 객차내에서의 이산화탄소 농도 조사, 한국실내환경학회지, 3(1), 8-15.
 사공준, 백성욱, 전만중, 2009, 새차 실내공기중포름알데히드, 휘발성유기화합물과 운전자의 인지기능, 한국실내환경학회지, 6(2), 111-122.
 승강기시설 안전관리법, 2009, 제2조(정의).
 이철민, 김윤신, 2004, 다중시설 내 실내공기오염물질의 연구동향 분석 및 건강위해성 평가에 관한 연구, 한국실내환경학회지, 1(1), 39-60.
 인준성, 2005, 일부지역 실내공기중 포름알데히드 농도 및 영향 요인, 석사학위논문, 카톨릭대학교.
 전해진, 2009, 승강기산업 및 안전증진방안에 관한 연구, 한국엘리베이터협회 연구보고서.
 조태진, 최한샘, 전용택, 이치원, 이종대, 조혜미, 손부순, 2008, 충남지역 학교의 실내공기질에 관한연구, 한국환경과학회지, 17(5), 501-507.
 최임조, 2007, 바이오에어로졸로서의 곰팡이 특성 및 측정평가, 공기청정기술, 20(1), 40-49.

- 최임조, 신승호, 조완근, 2009, 다중 이용 건물 또는 지하 실내 공간의 용도에 따른 라돈 오염도 비교와 지하 공간의 시간대별 라돈 농도 변화, 환경독성보건학회지, 24(3), 203-211.
- 한국승강기안전관리원, 2010, <http://www.kesi.or.kr/>.
- 환경부, 2004, 실내공기질 공정시험방법, 환경부 고시 제 2004-80 호.
- Berglund, B., Brunekreefz, B., Knoppel, H., Lindval, T., Maron, M., Mdhav, L., Skov, I., 1992, Effects of Indoor Air Pollution on Human Health, *Indoor Air*, 2, 2-25.
- Gots, R. E., Layton, N. J., Pirages, S. W., 2003, Indoor Health: Background Levels of Fungi, *AIHA Journal*, 64, 427-438.
- Heikkila, P., Kotimaa, M., Tuomi, T., Salmij, T., Louhelainen, K., 1988, Identification and counting of fungal spores by scanning electron microscope, *Ann Occup Hyg*, 32(2), 241-248.
- Kildeso, J., Wrtz, H., Nielsen, K. F., Kruse, P., Wilkins, K., Thrane, U., Gravesen, S., Nielsen, P. A., Schneider, T., 2003, Determination of fungal spore release from wet building materials, *Indoor Air*, 13, 148-155.