https://doi.org/10.15682/jkiha.2017.23.2.19

Analysis of Indoor Air Quality in vulnerable facilities according to building characteristics

민감시설의 건물 특성에 따른 실내공기질 분석

Cho, Kyunghwa* 조경화 | Kwon, Soonjung** 권순정 | Sung, Minki***성민기 | Kim, Sunsook**** 김선숙

Abstract

Purpose: With the increasing of public-use facilities, there has been a growing concern over Indoor Air Quality(IAQ) of public-use facilities. Because the facilities are easy to be exposed to indoor air pollutants, they needs to be periodically managed the IAQ. **Methods:** In this study, indoor air pollutant concentrations of 24 vulnerable facilities were measured and compared. The measurements were conducted for pollutants which are defined in 'IAQ Control In Public-Use Facilities, etc. Act'. We took two measurements, the first was carried out in summer and the second was proceeded in winter. We analyzed the values according to the type of facilities and pollutants. **Results:** There was a difference in pollutant concentrations by the season and in occurrence characteristics by the measurement spot. Therefore, we need to manage pollutant concentrations by characteristics of occurrence. **Implications:** Based on the comparative analysis of pollutant concentrations, we suggested cause and improvement strategies for IAQ management of Vulnerable facilities.

Keywords Public-use facilities, Vulnerable facilities, Indoor Air Quality(IAQ), Pollutant concentrations
주 제 어 다중이용시설, 민감시설, 실내공기질, 오염물질농도

1. Introduction

최근 건물 분야의 에너지 효율화에 대한 요구가 급증함에 따라 건물 냉난방 부하 저감을 위한 고단열, 고기밀화가 필수적인 요소로 인식되고 있다. 이는 건물 에너지 절감의 측면에서는 매우 바람직하나, 실내 오염원 관리 및 환기가 적절히 동반되지 않을 경우에는 실내공기질이 악화되게 되어 쾌적성이 저하되고 재실자의 건강도 위협받게 된다(Kim, 2012: page191). 실내공기 오염물질 발생원은 실내 환경, 인간의 활동, 외부공기의 유입 등 매우 다양하며, 이로 인하여 발생되는 실내오염물질의 종류 및 그 농도는 개별 시설의 특성에 따라 다양한 양상을 보이고 있다. 일반적으로 난방기구와 같은 생활용품에서 이산화질소와 일산화탄소가 주로 발생하고, 건축자재에서는 폼알데하이드 및 휘발성유기화합물이 다량 방출된다(The Ministry of Environment, 2012: page6). 또한 실외오염물질의 유입에 의해서도 실내공기질은 오염될 수 있으며, 오염된 실내공기질은 쉽게 정화되지 않아 저농도라 하더라도 장시간 노출되게 되면 위해성이 증가하게 된다. 특히 건강취약계층이 주로 이용하는 시설의 실내공기질이 적정수준으로 관리되지 않을 때, 재실자에게 미치는 영향은 매우 치명적일 수 있다. 국내에서는 2004년 5월부터 "다중이용시설 등의 실내공기질 관리법"에 따라 재실자가 거주 또는 이용하는 공간의 오염 물질에 대한 규제를 실시하고 있으며, 일정 규모 이상의 다중이용시설에 대해 정기적으로 실내공기질을 측정하여 보고하도록 하고 있다. 또한 어린이, 환자, 노약자 등 환경유해인자의 노출에 취약한 계층이 이용하는 시설은 민감시설로 지정하여 타 시설군보다 높은 기준을 적용하고 있다. 그러나 2011년도 전국 다중이용시설 1만 3,113개소 중 20.5%인 2,694개소 대상으로 실시한 '실내공기질 관리실태 점검결과'에 따르면, 어린이집이 전체 시설 1,208개소 중 12.1%인 146

* Graduate Student, Department of Architecture, Ajou University (Primary author: jokw88@ajou.ac.kr)
** President, Professor, Ph.D, Department of Architecture, Ajou University (sjkwon@ajou.ac.kr)
*** Assistant Professor, Ph.D, Department of Architectural Engineering, Sejong University (mksung@sejong.ac.kr)
**** Associate Professor, Ph.D, Department of Architecture, Ajou University (Corresponding author: kss@ajou.ac.kr)

개소에서 법규기준을 초과하였고, 그 다음으로 의료기관 671개소 중 14개소(2.1%)가 법규기준을 초과하였다. 주로 발생한 오염물질은 총부유세균과 폼알데하이드였으며, 전체 법규기준 초과시설 174개소 가운데 156개소에서 총부유세균이 법규기준을 초과하였고, 폼알데하이드가 15개소로 그 뒤를 이었다.

실내공기오염물질의 발생원은 매우 다양하므로 우선적으로 건물 특성에 따른 오염물질의 농도분포를 파악하고, 주요 오염물질에 대해서는 추가적인 분석을 실시하여 건물 별 실내공기질 개선방안을 모색하는 것이 필요하다. 본 연구는 의료기관, 노인복지시설, 산후조리원의 건물별 실내공기질 현황 및 특성을 분석하여 민감시설에서 주로 발생하는 오염물질의 원인을 파악하고, 이를 토대로 실내공기 중 농도를 허용 수준 이하로 낮추기 위한 해결 방안을 제시하고자 한다.

2. Methods of Research

2.1 Facilities Measured

본 연구를 위해 2015년 8월부터 2016년 1월까지 의료기관 11개소, 노인복지시설 12개소, 산후조리원 1개소를 측정 대상으로 선정하였다. 건물별로 2~4개의 지점을 선정하여 실내공기질 조사를 수행하였으며, 측정항목은「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법」관리대상의 오염물질(미세먼지, 총부유세균, 이산화탄소, 일산화탄소, 폼알데하이드, 휘발성유기화합물, 이산화질소, 오존, 라돈)로 하였다.

2.2 Methods of Measurement

실내공기질 측정은 이용자가 가장 많은 대표 시간대나 오염물질의 발생이 가장 높다고 사료 되는 시간대인 오전 8시에서 오후 7시 사이에 수행하였고, 측정지점은 실내공기질 관리법을 참고하여 오염도를 대표할 수 있는 지점을 각 시설의 유형에 따라 선정하였다. 의료기관은 이용자가 많은 로비, 접수대 등으로 선정하였고, 노인복지시설은 프로그램실과 휴게실 등의 주요 활동공간으로 선정하였다. 산후조리원은 산모와 신생아가 있는 층의 로비에서 실내공기질 측정을 수행하였으며, 모든 측정지점의 측정방법은 환경부 실내공기질 공정시험방법에 준하여 실시하였다.

미세먼지(PM10)는 2~7mL/min 유량으로 6시간 채취하여 채취 전 후 여과지 중량차이를 이용하여 측정하였고, 총 부유세균(TAB)은 충돌법을 이용하여 총 포집량 200~1000L/min의 유량을 측정하였다. 이산화탄소(CO2)와 일산화탄소(CO)는 비분산적외선분석법이 적용된 CO2/CO 분석기를 이용하여 1시간동안 측정기를 안정화 시킨 후 각각의 농도를 측정하였고, 폼알데하이드(HCHO)는 2,4-DNPH 유도체화 방법을 사용하여 300~1000mL/min의 유량을 30분간 2회 측정한 후 HPLC를 이용하여 농도를 분석하였다. 휘발성유기화합물(VOC)은 고체흡착관과 기체크로마토그래프-MS/FID를 이용하여 50~200mL/min 유량으로 30분간 2회 측정하였고, 이산화질소(NO_2)는 화학발광법으로 측정하였다. 오존(O3)은 자외선광도법을 이용하여 측정하였고, 라돈(Rn)은 연속모니터측정법을 활용하여 48시간 연속측정을 하였다.

3. Result and Analysis

3.1 Measurement Result and Review

실내공기질은 동일지점에서 총 2회 측정하였다. 1차 측정은 2015년 8월부터 10월까지 하절기에 수행하였고, 2차 측정은 2015년 12월부터 2016년 1월까지 동절기에 수행하였다. 1차 측정에서는 모든 지점이 법규기준 이하의 농도로 검출되었으나, 2차 측정에서는 의료기관과 노인복지시설의 일부지점이 법규기준을 초과하였다(Table 2).

[Table 1] Type of Facilities Measured

Sort	Number of Facilities	Number of measurement spot	Floor area(㎡)	Year of construction	Story	Building Usage	Ventilation system	Measurement spot
Medical facilities	11	33	4,485.45 ~3,798,700	1987~2012	4~12F	Single-use	Mechanical ventilation	Lobby & Reception Desk Front of the examination room Front of the patient room
Welfare facilities for senior citizens	12	24	441.60 ~7,892.23	1998~2013	3~6F	Single-use	Natural or Mechanical ventilation	Lobby & Reception Desk Program room Rest area
Maternity care center	1	2	745.20	2010	11F	Mixed-use	Mechanical ventilation	Lobby
Total	24	59	-	-	-	-	-	-

[Table 2] The result of measurement

Pollutant	Facility	Season	Mean	S.D	Range	Standard	Exceed(%)	Exceed spot
PM10 (μg/㎥)	Medical	Summer	51	11	39~88	100	0	
		Winter	57	13	40~95		0	
	Senior	Summer	54	11	42~88		0	
		Winter	55	12	41~87		0	
	Maternity	Summer	44	1	43~44		0	
		Winter	44	12	33~56		0	
TAB (CFU/㎥)	Medical	Summer	255	148	52~726	800	0	
		Winter	147	118	52~612		0	
	Senior	Summer	263	143	57~731		0	
		Winter	185	121	79~566		0	
	Maternity	Summer	371	43	328~414		0	
		Winter	326	50	276~376		0	
CO2 (ppm)	Medical	Summer	552	62	426~697	1000	0	
		Winter	683	144	479~1123		3	Lobby & Reception Desk
	Senior	Summer	565	91	409~753		0	
		Winter	730	177	481~1216		8.3	Rest area
	Maternity	Summer	655	19	636~674		0	
		Winter	640	40	600~680		0	
CO (ppm)	Medical	Summer	0.6	0.3	0.1~1.2	10	0	
		Winter	0.9	0.3	0.5~2.0		0	
	Senior	Summer	0.8	0.5	0.1~2.3		0	
		Winter	0.9	0.3	0.5~1.5		0	
	Maternity	Summer	0.2	0.1	0.1~0.3		0	
		Winter	1.0	0.1	0.9~1.0		0	
HCHO (μg/㎥)	Medical	Summer	25	20	7~81	100	0	
		Winter	13	5	7~27		0	
	Senior	Summer	17	12	3~48		0	
		Winter	14	4	8~23		0	
	Maternity	Summer	51	7	43~58		0	
		Winter	12	1	11~13		0	
VOC (μg/㎥)	Medical	Summer	164	96	35~369	400	0	
		Winter	238	265	44~1667		12.6	Front of the patient room
	Senior	Summer	112	68	15~273		0	
		Winter	192	141	45~565		12.5	Program room, Rest area
	Maternity	Summer	251	61	190~312		0	
		Winter	103	20	84~123		0	
NO2 (ppm)	Medical	Summer	0.015	0.006	0.005~0.034	0.05	0	
		Winter	0.015	0.005	0.008~0.030		0	
	Senior	Summer	0.012	0.004	0.006~0.022		0	
		Winter	0.014	0.002	0.011~0.019		0	
	Maternity	Summer	0.019	0.001	0.018~0.020		0	
		Winter	0.013	0.001	0.012~0.013		0	
O3 (ppm)	Medical	Summer	0.011	0.005	0.005~0.021	0.06	0	
		Winter	0.010	0.002	0.005~0.015		0	
	Senior	Summer	0.012	0.006	0.004~0.030		0	
		Winter	0.009	0.002	0.006~0.013		0	
	Maternity	Summer	0.006	0.001	0.005~0.007		0	
		Winter	0.012	0.001	0.011~0.012		0	
Rn (Bq/㎥)	Medical	Summer	23	12	7~52	148	0	
		Winter	23	9	11~41		0	
	Senior	Summer	21	9	4~41		0	
		Winter	22	9	11~41		0	
	Maternity	Summer	15	4	11~19		0	
		Winter	35	6	29~41		0	

의료기관은 11개 시설에서 총 33개 지점의 실내공기질을 측정하였다. 여름철은 측정된 모든 지점에서 법규기준을 만족하였으나, 겨울철은 9%에 해당하는 3개 지점에서 CO2 와 VOC 농도가 법규기준을 초과하였다. TAB 와 HCHO 농도는 법규기준을 초과하지는 않았으나 여름철 측정값의 대부분이 기준치에 근접하게 나타났다. 조사된 의료기관은 대규모 대학 및 종합병원으로 단일 용도의 건물이며, 모두 기계 환기방식을 적용하고 있다. 저층부는 외래진료부, 고층부는 병동으로 사용하고 있으며, 각 실은 개별 냉·난방기를 사용하여 재실자에 의해 실내 온도조절이 가능하다. 의료기관의 실내공기질 측정결과 CO2 농도가 접수대 근처에서 법규기준을 1.12배 초과하는 1,123.2ppm으로 검출되었고, VOC 농도는 검사실 앞과 병실 앞에서 각각 1,667.4μg/㎥와 414.8μg/㎥으로 검출되었다. 접수대 근처에는 다른 공간에 비해 상대적으로 많은 수의 인원이 체류하게 되어 CO2 농도가 높게 나타난 것으로 판단되며, 검사실과 병실 앞의 경우는 재실자의 활동이나 의료기기 및 장비에 의해 방출된 오염물질이 실내 공기 중에 부유함에도 불구하고, 겨울철 재실자 쾌적을 위한 실온 유지 및 에너지 절감 등의 이유로 환기가 원활히 이루어지지 않아 오염물질농도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

노인복지시설은 12개 시설에서 총 24개 지점의 실내공기질을 측정하였다. 여름철 측정 결과 모든 지점에서 법규기준을 만족하였으나, 겨울철 측정결과에서 전체 측정지점 중 12.5%인 3개의 지점에서 CO2 와 VOC 농도가 법규기준을 초과하였다. PM10 과 TAB 농도는 법규기준을 초과하지는 않았으나, 일부 지점에서 여름철과 겨울철 모두 법규기준에 근접한 수치로 검출되어 해당 물질들은 특히 농도 관리가 필요한 것으로 사료된다. 조사된 노인복지시설은 소규모 요양병원 및 요양원으로 주로 저층 건물이며, 대부분이 기계 환기보다는 창문을 통한 자연 환기방식을 적용하고 있다. 실내공기질 측정결과 휴게실에서 겨울철 CO2 농도와 VOC 농도가 법규기준을 초과하였고, 각각 1,216ppm과 565ppm으로 검출되었다. 이는 건강상 취약하거나 거동이 불편한 노인이 쉽게 콜드드래프트를 느껴 환기를 꺼려할 가능성이 높아 겨울철 CO2 와 VOC 농도가 높게 검출된 것으로 판단된다.

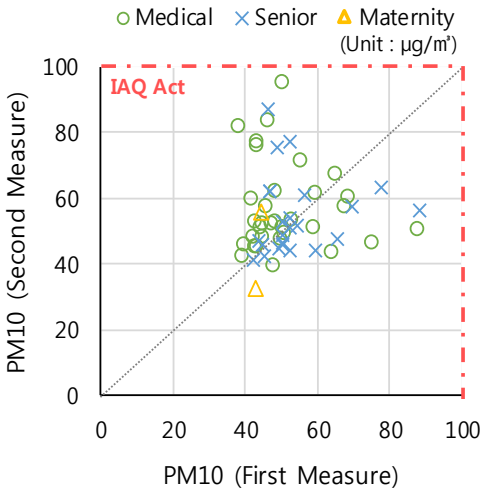
산후조리원은 1개 시설에서 총 2개 지점의 실내공기질 측정을 수행하였다. 법규기준 대비 실내오염물질의 농도분포 분석결과 대부분의 물질이 낮은 농도수치로 검출되었고, 이는 최근 신축 건물의 규제강화에 의한 친환경 자재 사용으로 오염물질 방출 정도가 적게 나타난 결과로 사료된다.

3.2 Analysis of Pollutant Concentration

의료기관, 노인복지시설, 산후조리원의 조사된 지점에서 검출된 오염물질에 대해 법규기준 대비 농도 분포특성을 비교·분석하였다. 시설별로 나타난 오염물질의 농도를 평균, 표준편차, 최소값, 최대값으로 산출하였으며(Table2), 계절에 따른 오염물질의 분포특성을 비교하기 위해 x축과 y축에 각각 1,2차에서 검출된 값을 사용하여 그래프로 나타내었다(Figure1~9).

1) PM10

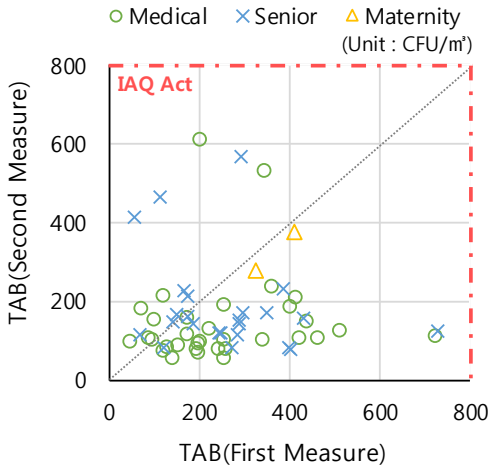
PM10 은 실외 대기 중의 미세먼지가 실내로 유입되거나, 흡연, 난방, 취사와 관련된 연소 작용과 생활용품 등에 의해 실내 자체 내에서 발생된다. PM10 은 각종 호흡기 계통의 질환을 일으킬 수 있어, 민감시설에서 특히 더 높은 기준을 적용하여 허용농도를 규제하고 있다. 조사된 지점의 PM10 농도분포는 1, 2차 측정결과에 따라 3개 유형으로 분류할 수 있다. 첫 번째는 여름철 농도가 더 높게 나타나는 경우로 의료기기가 사용되는 검사실 앞에서 이러한 분포가 나타났다. 두 번째는 겨울철 농도가 더 높게 나타나는 경우로 병동, 프로그램실 등 재실자가 많은 지점으로 확인되었다. 세 번째는 1,2차 결과가 유사하여 계절에 따른 차이가 없는 경우로, 로비와 같이 외기도입이 수월한 곳에서 이와 같은 분포를 보였다. PM10 농도는 측정지점의 실내 환경조건에 따라 다양한 농도분포를 보였고, 오염원 발생원이 비슷하더라도 환기방식에 따라 오염물질 농도분포에 차이가 나타났다. 노인 요양원과 같이 창문을 통한 환기로 실내 환기효율이 낮은 건물에서 더 높은 농도를 보였으며, 이는 실외 오염물질 유입과 청소 시 미세먼지 재비산 등의 이유로 농도가 높게 검출된 것으로 판단된다. 따라서, 해당 지점들은 실내 오염원 관리를 위해 청소 관리를 더욱 철저히 하고, 실외 공기환경을 고려한 환기계획 수립하여 실내공기질을 적정수준으로 유지해야 할 것으로 사료된다.



[Figure 1] Distribution of PM10

2) TAB

TAB 는 실내공기 중에 부유하고 있는 세균으로, 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하는 미생물성 오염물질이다. TAB 는 일반 가정에서 사용되는 각종 살포제, 공기정화기, 냉장고, 가습기 등의 사용에 의해 발생하게 되며(Jang, 2006: page3), 재실자의 생활습관과도 관련이 있다. 검출된 TAB 농도는 대부분의 지점에서 여름철이 겨울철에 비해 더 높은 농도수치를 보였다. 이는 TAB 가 온도와 습도가 높은 곳에서 번식을 하는 특성이 있어, 저온 건조한 겨울에 비해 고온다습한 여름철에 더 많이 검출된 것으로 판단된다. 대규모 의료기관의 경우 공조시스템을 통해 환기를 실시하지만, 소규모 요양원의 경우 환기가 쉽지 않고 시설 내부에서 음식 조리가 이루어지고 있어 총 부유세균의 관리에 열악한 조건을 가지고 있다. 공기 중 떠다니는 세균은 습기가 많고, 20~35℃범위에서 빠르게 번식하며, 특히 저항력이 약한 노약자나 환자에게는 매우 치명적인 영향을 줄 수 있다.

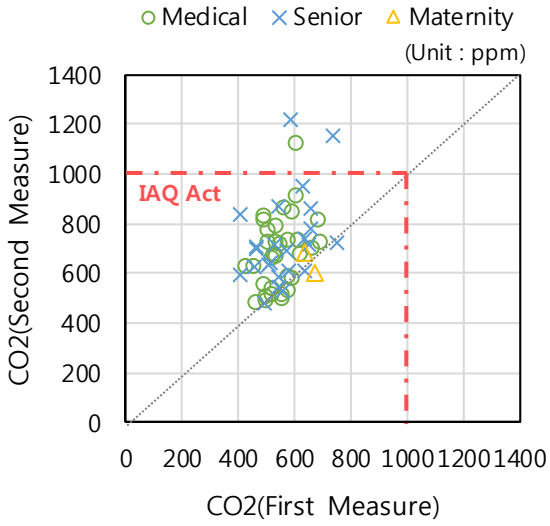


[Figure 2] Distribution of TAB

그러므로 TAB 가 높게 검출된 지점은 농도관리를 위해 적정 온·습도 유지를 위한 환기계획을 수립하고, 건물 공조기, 냉난방기, 가습기 등을 정기적으로 필터교체 및 내부청소를 실시하여 실내 부유세균 농도를 저감하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

3) CO2

CO2 는 사람의 호흡에 의해 주로 배출되고, 연료의 연소 시 발생되는 물질로, 실내공간의 환기상태 및 실내공기오염의 중요한 지표로 활용되고 있다(Lee, 2013: page127).

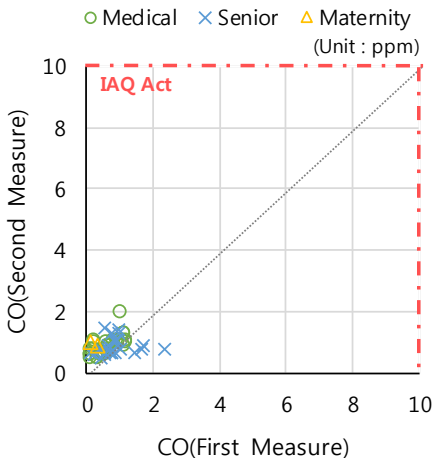


[Figure 3] Distribution of CO2

조사된 지점의 CO2 농도는 여름철의 경우 비교적 안정된 농도변화를 보이며 409~753ppm사이에 분포되어 있으나, 겨울철의 경우 479~1,216ppm으로 여름철에 비해 상대적으로 높은 농도수치를 나타냈다. 겨울철 의료기관의 접수대 부근에서 법규기준 농도를 초과하였고, 노인복지시설의 휴게실에서 법규기준농도를 초과하였다. 이는 사람들의 활동과 호흡량이 많은 곳임에도 온도에 민감한 재실자가 겨울철 콜드드래프트를 느껴 외기도입에 의한 환기를 충분히 하지 않아 나타난 결과로 사료된다. CO2 농도의 증가는 각 건물의 환기방법의 차이, 재실자 및 난방가동시간 등 다양한 생활적 요인에 의한 영향으로 판단된다. 또한 겨울철 측정 농도의 대부분이 기준치에 근접하게 나타나 기준치를 초과할 가능성이 높은 물질로 판단되며, 겨울철 CO2 농도 관리에 유의하여야 할 것으로 사료된다.

4) CO

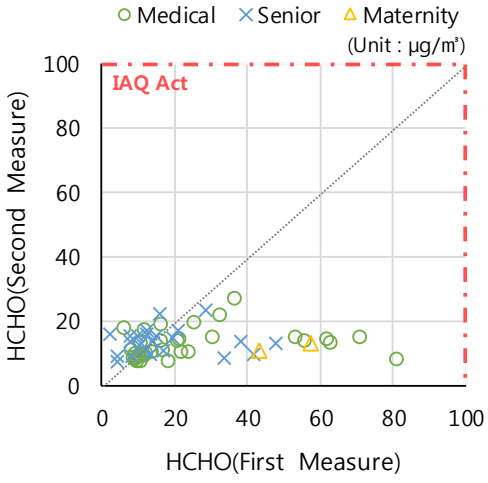
CO 는 난방 및 취사로 인한 연료 연소 시 발생하는 물질로, 취사를 할 때 PM10, NO2 등과 같은 다양한 오염물질과 발생하며 건강에 유해한 영향을 줄 수 있다. 모든 지점에서 CO 농도가 법규기준 대비 20%이하로 검출되어 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.



[Figure 4] Distribution of CO

5) HCHO

HCHO 는 방부·보존제, 소독·살균제에 폭 넓게 사용되며, 실내에서 주로 건축자재, 페인트, 접착제, 실내가구 등에서 많이 방출된다(Lee, 2005:page15). 조사된 모든 지점에서 법규기준을 초과하지는 않았으나, 일부 지점에서 계절에 따른 농도차이가 확연히 나타났다. 겨울철 HCHO 는 7~27μg/㎥상에 분포되어 있어 여름철에 비하여 변화폭이 적고 상대적으로 적은 농도를 보였으나, 여름철에는 3~81μg/㎥사이에 농도 변화를 보이며 매우 불규칙하게 나타났다. HCHO 가 방부 보존제 및 소독약품의 사용이 많은 의료시설에서 특히 농도가 높게 나타났으며, 온도상승과 함께 재료 내부의 물질 이동이 촉진되어 방출량이 증대된 것으로 판단된다. 이은택(2005)의 연구에서도 HCHO 는 온·습도 의존도에 따른 방출특성으로 준공시점과 관계없이 하절기 실내농도가 동절기에 비해 상승하는 현상이 나타나는 것으로 조사된 바 있다. HCHO 는 다른 VOC 물질보다 긴 시간 발생을 계속하고 독성이 강하여(Yoo, 2010: page250), 실내 농도 수치에 따라 재실자에게 두통, 현기증 등의 각종 질병을 유발할 수 있어 더욱 철저한 관리가 필요하다.

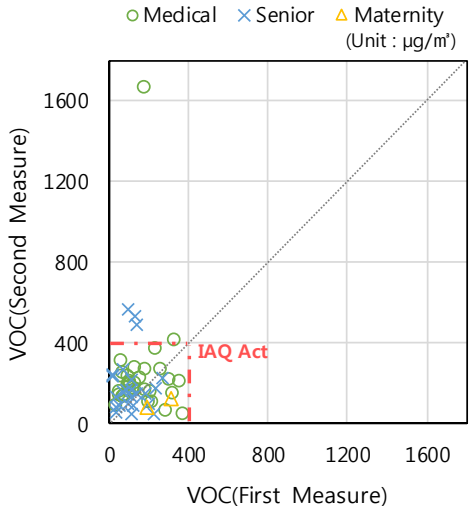


[Figure 5] Distribution of HCHO

따라서 HCHO 농도가 높게 검출된 지점은 오염물질을 적게 방출하는 건축자재, 생활용품 등을 사용하고, 국소 환기 등의 특별 관리를 실시하여 실내공기질을 적정한 수준으로 유지해야할 것으로 판단된다.

6) VOC

실내에서 발생되는 VOC 의 주요 발생원은 건축 재료, 건물의 유지관리용품(청소용, 각종 세척제 등), 방향제, 연소과정의 물질 등이 있다. VOC 방출은 자재의 종류 및 자재 내에 포함되어 있는 VOC 의 총량 등 자재 내적특성의 영향뿐 만 아니라 자재가 노출되어 있는 환경 조건의 영향도 받게 된다. 또한 재실자의 활동에 의해서도 방출되며, 화장품, 향수 등의 사용도 실내 VOC 발생원으로 작용하고 있다.



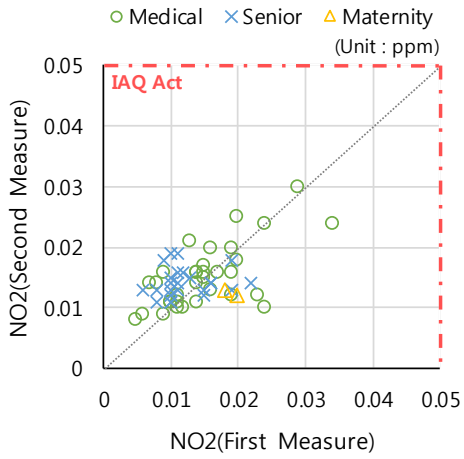
[Figure 6] Distribution of VOC

VOC 물질은 상호작용에 의하여 제 3의 위해성이 나타날 수 있는 특성을 지니게 되어 각각의 물질에 의한 특성이 파악된다 하여도 이에 따른 복합적인 영향 등을 파악하기가 곤란한 점이 있다(Korea Air Cleaning Association, 2001 : page10-11).

조사된 지점에서 VOC 농도 분포는 10~400%까지 매우 다양하게 나타났으며, 이는 측정 지점별 실내 환경조건에 따른 영향으로 판단된다. 겨울철 대학병원의 진료실은 법규기준 대비 무려 4배가 넘는 농도로 검출되었고, 요양원의 프로그램실과 휴게실 농도도 법규기준을 초과하였다. 이는 각종 약품 및 세척제 등의 사용으로 실내 오염물질농도가 증대되었음에도 겨울철 적절한 환기가 동반되지 않아 나타난 결과로 판단된다. 법규기준을 초과한 지점이외에도 대부분의 지점이 기준치에 근접한 농도로 나타나 기준치를 초과할 가능성이 높은 물질로 사료되며, 정기적인 모니터링을 통해, VOC 농도를 줄이기 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다.

7) NO2

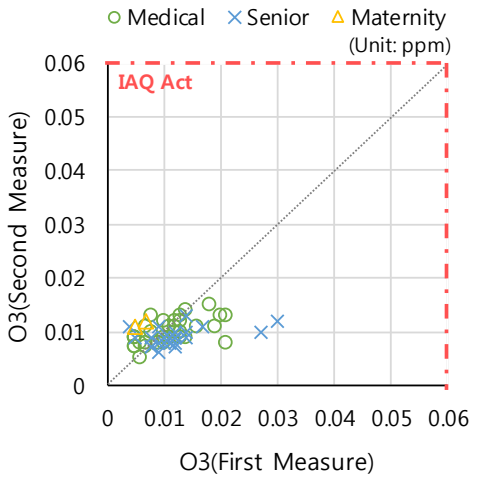
실내에서 NO2 는 취사용 시설이나 난방, 흡연 등에서 발생하며 외부(차량 매연 등)에 의해 실내로 유입되는 양도 상당량 존재한다. 최대농도가 0.034ppm으로 검출되었으나 측정된 모든 지점이 법규 기준에 적합한 농도로 검출되었고, 실내에서 취사 등 연소 활동이 이루어지지는 않기 때문에 전반적으로 문제가 없다고 판단되었다.



[Figure 7] Distribution of NO2

8) O3

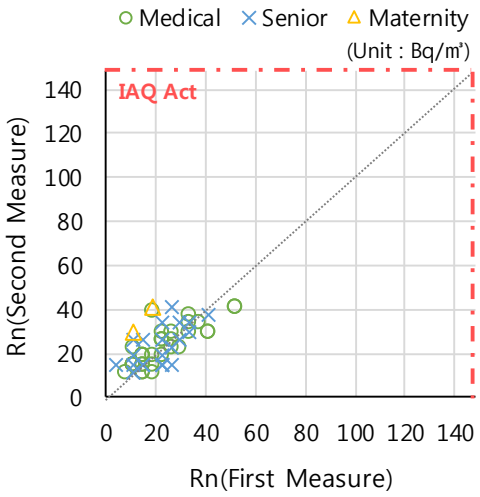
실내의 O3 은 주로 사무실 등에서 사용하는 복사기, 레이저프린터 등 높은 전압의 전기를 사용하는 사무용 기구에서 많이 발생되며, 환기의 부족 시 재실자는 고농도의 오존에 폭로되게 된다(Korea Air Cleaning Association, 2001 : page18). 실내에 O3 의 농도가 높아지면 폭로시간에 따라 인체에 매우 해로운 영향을 주기 때문에, 환자, 노약자 등은 더욱 주의해야 할 필요가 있다. 조사된 모든 지점에서 O3 농도는 계절과 무관하게 법규기준 대비 50%이하의 낮은 수치로 검출되어 실내공기중의 O3 농도는 양호한 수준으로 판단되었다.



[Figure 8] Distribution of O3

9) Radon

실내 Rn 발생의 주요 원인은 건물 지반이나 주변 토양, 상수도 및 건물 자재, 조리 또는 난방 목적으로 사용되는 천연가스 등이 있다. 측정된 모든 지점에서 Rn 농도는 법규기준 대비 35% 이하의 낮은 농도 분포로 나타났고, 계절에 따른 편차가 크게 나타나지는 않았다. 대부분의 시설에서 여름철보다는 겨울철 농도가 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 겨울철 실내온도 유지를 위해 난방 가동에 의한 영향으로 판단된다.



[Figure 9] Distribution of Rn

4. Conclusion

본 연구는 민감시설의 실내공기질 현황 및 특성을 파악하고자 의료기관, 노인복지시설, 산후조리원의 실내공기질을 여름철과 겨울철에 동일지점에서 반복 측정하였고, 이를 토대로 민감 시설의 건물 특성에 따른 실내오염물질 농도분포를 분석하였다. 고온 다습한 환경에서 다량 발생하는 TAB 와 온도 상승에 따라 농도가 증가하는 HCHO 는 조사된 대부분의 건물에서 여름철에 농도가 높게 나타났고, 재실자의 활동 및 연료 연소 등에 의해 발생하는 CO_2 및 VOC 농도는 상대적으로 환기가 부족한 겨울철에 높게 나타났다. 또한 최근 신축 건물에서 오염물질농도가 더 높게 나타났으며, 이는 건물의 고기밀화로 실내에 오염물질이 오랜 시간 머무르게 되면서 나타난 현상으로 판단된다. 의료기관과 노인요양시설에서 발생하는 주요 오염물질의 종류는 계절별로 유사하게 나타났으나, 물질별 발생특성과 농도수치는 건물 규모 및 환기방식 등에 따라 차이를 보였다. 대규모 의료기관은 공조시스템을 통해 환기를 실시하여, 실내 환기는 수월하나 건물 내 각종 장비 및 약품 등의 사용으로 오염물질 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 소규모 노인시설은 창문을 통해 환기가 이루어지면서, 실내먼지가 재비산하거나 실외 오염물질 유입 등에 의해 오염물질 농도가 높게 검출된 것으로 사료된다.

실내공기오염물질 발생은 계절별, 물질별, 시설별로 그 원인이 매우 다양하고, 오염물질별 상호작용을 통해 농도가 증가할 수 있어 적절한 환기와 공기정화, 습도 조절 등이 필요하다. 본 연구결과를 바탕으로 적정 수준의 실내공기질 유지 방안을 요약하면 다음과 같다.

(1) 계절에 따른 적정 온습도를 유지하여 실내 미생물 번식을 억제하고, 주기적인 실내 환기를 실시하여 실내에 정체되어있던 오염된 공기는 실외로 배출한다.

(2) 생활 활동 및 자재에서 발생되는 오염물질은 발생원 주위를 국소 환기하여 일부 공간에서 발생하는 오염물질이 실내 전체 공간으로 확산되는 것을 방지한다.

(3) 지은 지 오래된 건물이거나 토양과 인접한 바닥이나 벽 등에 생긴 틈새는 보강하여 실내로 유입되는 라돈을 차단하여 실내공기질을 유지한다.

실내오염물질의 발생원인과 제어방법은 오염물질 특성에 따라 다르므로 각 건물에 맞는 오염물질 관리방안을 선택적으로 활용할 필요가 있다. 향후 일반시설 및 주차장용도의 다중이용시설에 대해서도 시설별, 물질별, 계절별 특성에 따른 분석을 실시할 예정이며, 본 논문의 결과를 향후 다중이용시설의 실내공기질 관련 정책을 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

References

Jang Sung-Ki, Effects of Indoor Air Pollutants on Human Health, Air Cleaning Technology Vol. 19, No. 1, 2006, pp. 1~9

Kim Sun-Sook, Comparative Analysis of Domestic and Foreign Indoor Quality Certification Systems, Journal of KIAEBS Vol. 6, No. 3, 2012, pp. 191~196

Korea Air Cleaning Association, The Literature of Indoor VOCs Characterization and Control Methodology, 2001

Lee Eun-Taek, An analysis of Formaldehyde occurrence and emission rates., Air Cleaning Technology Vol. 18, No. 4, 2005, pp. 14~25

Lee Se-Haeng, A Study on Characteristics of Indoor Air Pollutants Using Regression Analysis in Public Facilities, J. of the Korean Society for Environmental Analysis Vol. 16, No. 2, 2013, pp. 123~131

The Ministry of Environment, A Study on Indoor Air Pollution Characterization and Management, 2002

The Ministry of Environment, 2010-24 ES 02130, 2010

The Ministry of Environment, Indoor Air Quality Guideline, 2010

Yoo Bok-Hee, The Effect of Temperature and Humidity on Formaldehyde Emission from Building Materials, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 26, No. 7, 2010, pp. 249~256

접수 : 2017년 04월 10일
1차 심사완료 : 2017년 05월 11일
게재확정일자 : 2017년 05월 11일
3인 익명 심사 필