

서울시 소규모 보육시설의 실내공기질 특성

생활환경팀

류인철 · 조현석 · 최인석 · 박영만 · 오광록 · 최금숙 · 전재식 · 김주형 · 김민영

Characteristics of Indoor Air Quality in Small Kindergarten Facilities in Seoul

Indoor air & Noise Team

**In-cheol Ryu, Hyun-seok Cho, In-suk Choi, Yang-man Park,
Kong-rok Oh, Kum-sook Choi, Jae-sik Jeon,
Joo-hyung Kim and Min-young Kim**

Abstract

Recently, SHS (Sick House Syndrome) has increasingly been used in Korea. Be the growing times that kindergarten children are poor at the body, and resistance is weak, and is flourishing too. Therefore, this study was conducted to evaluate and recognize the distribution characteristics of indoor air pollutants such as the PM₁₀, carbon dioxide(CO₂), formaldehyde(HCHO), TBC(total bacteria count), carbon monoxide(CO), nitrogen dioxide(NO₂), radon, total volatile organic compound(TVOC) and ozone(O₃) in 19 small kindergarten facilities located in Seoul. The results revealed that the average concentrations were as follows: PM₁₀ 72.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, CO₂ 1,126.1 ppm, CO 1.5 ppm, NO₂ 0.035 ppm, O₃ 0.007 ppm, Rn 0.8 pCi/L, TVOC 321.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, HCHO 38.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, TBC 460.5 CFU/m³. The average concentration of CO₂ was 1,126.1 ppm, which exceeded the Seoul City standard of 900 ppm. However, no other concentrations exceed any standards. The standard excess rate was examined with CO₂ 52.6%, PM₁₀ 26.3%, TBC 18.8%, TVOC 10.5%, HCHO 6.7% and NO₂ 5.3% in small kindergarten facilities. These findings indicate that special management regarding the excess items is necessary.

Key words : indoor air pollution, kindergarten facilities, PM₁₀, TVOC, HCHO, TBC

서론

현대 사회는 인구의 증가와 함께 각종 산업이

급격하게 발달되어 왔지만, 부수적으로 많은 환경 오염의 문제점이 제시되고 있으며, 특히 일상생활 중 대부분의 시간을 여러 형태의 실내공간에서 생

활하기 때문에 우리에게 실내 환경은 더욱 중요한 의미를 지니고 있다. 산업화 시대를 지나 정보화 시대에 이르러 인간의 생활방식 및 주거환경 등에도 많은 변화를 가져오게 되었다. 특히 현대사회로 접어들면서 정신적으로 풍요롭고 육체적으로 건강한 삶의 방식으로 자연친화적 생활을 추구하는 웰빙(well-being) 문화가 등장하였고, 또한 최근에는 국민들의 환경인식도가 높아져 대기오염, 수질오염 못지않게 새로운 환경문제로서 실내공기오염(indoor air pollution)에 대한 높은 관심을 나타내고 있다(1). 실내공기오염의 중요성이 인식되기 시작한 배경은 거주자들이 실내에 머무는 동안 일시적 또는 만성적인 건강유해증상들이 등장하면서 부터이다.

그 이유는 현대인들의 생활 중 실내공간체류시간이 차지하는 시간 비중이 무려 80~90%를 실내에서 보냄으로써 실내공기오염물질에 노출되기 때문이며(2), 그 영향은 실내 거주자들의 생명을 위협할 정도는 아닐지라도 장기적으로 볼 때 건강에 나쁜 영향을 미치고 있음에 틀림없다(3). 실내공기오염에 의한 건강영향의 가능성은 수용체별로 다양한 양상을 갖게 되는데 그 중 노인, 영·유아, 어린이, 환자, 임산부 등과 같이 환경보건학적으로 약자인 민감집단에게 더 많은 피해가 갈 수 밖에 없다(4). 특히 어린이들은 신체와 정신의 성장발육이 왕성한 시기에 있으며, 몸과 마음이 계속 발육상태에 있어 일반 성인들에 비해 약한 면역체계를 가져 천식, 비염 등 호흡기계 질환에 시달리고 있다. 어린이가 성인에 비해 환경오염물질에 더 취약하다는 것은 다음과 같다. 첫째, 성장과 발달에 빠른 변화를 겪으며, 미성숙한 몸과 조직, 약한 면역체제로 환경위험에 더욱 민감하다. 둘째, 체중에 비해 많은 공기, 물, 음식을 섭취한다. 셋째, 영·유아의 흡인량은 성인흡인량보다 크며 활동적인 놀이 등으로 인한 흡인량이 있어 상대적인 불균형이 일어나며 공기 중의 오염물질이 더 많이 흡입할 수 있는 가능성이 높다.

이러한 어린이들이 생활하고 있는 보육시설에 대한 실내공기질 법적 규제는 환경부의 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법에 따라 보육시설 중 연면적 860m² 이상인 민간 보육시설과 연면적 430m²

이상인 국·공립 보육시설만 법 적용대상이 되고 있으며, 법적용시설은 1년마다 정기적으로 실내공기질 검사를 자체적으로 실시하여 실내공기질을 모니터링하고 있다. 하지만 소규모 보육시설은 열악한 재정과 실내공기질에 대한 인식부족 등으로 인하여 실내공기질 실태파악이 되고 있지 않다. 서울시 전체 보육시설 중 법적 미적용 시설인 소규모 보육시설이 94.8%를 차지하고 있다. 따라서, 본 연구의 목적은 보육시설 중 법 적용대상에서 제외된 소규모 보육시설을 대상으로 실내 장소별, 단위 면적별 및 보육시설 위치에 따른 실내공기오염물질의 분포 특성을 파악하고 평가하여 향후 어린이들의 실내 환경 및 건강보호를 위한 제도와 서울시 소규모 보육시설 개선에 대한 정책방안 마련에 있어 유용한 자료가 되고자 연구하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상시설 및 측정 오염물질

본 연구는 2009년 2월부터 3월까지 서울지역에 위치한 소규모 보육시설 중 25개 자치구에서 일정 비율로 19개 보육시설을 연구대상 시설로 선정하였으며, 연구대상물질은 PM₁₀, CO₂, HCHO, TBC(total bacteria colony), CO, NO₂, Rn, TVOC, O₃을 대상으로 실내공기 중의 오염물질 농도분포를 조사하였다. 대상시설 중 실내공기질 관리법의 적용규모와 미적용 규모로 구분하여 비교검토 하였으며, 보육시설내의 보육실, 자료실, 사무실, 화장실 등 장소별로 일부 오염물질의 농도분포 특성을 조사 연구하였다. 또한 TVOC, HCHO 및 TBC는 I/O ratio 산출을 통하여 실내 공기 중 오염물질 발생원의 추정을 위하여 실외공기 중의 오염물질 조사를 병행하였다.

2. 시료채취 및 분석방법

시료채취 및 분석방법은 환경부의 “실내공기질 공정시험방법” 상의 주 시험방법을 이용하여 실시하였다(5). 측정 지점은 PM₁₀, CO₂, CO, NO₂, O₃, Rn 등 6개 항목은 실내 보육실 2곳에서 조사

하였으며, TVOC 및 HCHO는 보육실 2곳, 교재실 및 실외 1곳에서 조사를 수행하였고, 부유세균은 보육실 2곳, 교재실, 사무실 및 화장실 1곳에서 조사를 각각 수행하였다. 항목별 시료채취 및 분석에서 PM₁₀는 소용량공기포집법인 Mini volume air sampler(PAS201, Airmetrics, USA)를 이용하여 질량농도를 산출하였으며, 총부유세균(TBC)는 충돌법을 이용한 Biocontaminate sampling pump(MAQSII, USA)에 TSA 배지(trypitic soy agar)를 장착하여 측정하였으며 배양 후 집락을 계산하여 정량적으로 평가하였다. Formaldehyde는 개인공기포집기(SIBATA Σ100, Japan)를 이용하여 주 시험방법인 2,4-DNPH 유도체화 방법으로 측정 후 HPLC(Surveyor, Finnigan, USA)를 이용하여 분석하였으며, TVOC은 고체흡착법으로 Tenax튜브를 이용하여 개인공기포집기

(SIBATA Σ30, Japan)를 사용하여 포집하였고 분석은 ATD(DANI STD1000, Italy) 열탈착기와 GC/MS(GC-2010, MS-QP2010, Shimadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다. 실내공기 중의 라돈 측정은 섬광 셀(Scintillation cell)방식의 라돈측정기(RAD-7, USA)를 사용하였다. CO₂의 경우는 비분산적외선분석법(ECOTECH, EC9820, Austria)을 이용하여 조사를 실시하였다. CO의 측정은 비분산적외선법이 적용된 CO analyzer(ECOTECH, EC9830, Austria)를 이용하여 측정하였으며, NO₂의 측정은 화학발광법을 이용한 NOx analyzer(ECOTECH, EC9841, Austria)를 이용하여 측정하였다. O₃의 측정은 Ozone analyzer(ECOTECH, EC9810, Austria)를 이용하여 실시하였다. 본 연구에서 사용된 분석방법과 분석기기는 표 1에 요약하여 나타내었다.

Table 1. Sampling methods and equipments

Pollutants	Method	Sampling method	Equipment
HCHO	HPLC (2,4-DNPH-C ₁₈ Cartridge)	Sampling rate 1 L/min Sampling time 30 min, 2 times	Sampling : MP-Σ30H, Sibata, Japan Analysis : Surveyor, Finnigan, USA
PM ₁₀	Mini volume Air Sampling Method	Sampling rate 5 L/min Sampling time 8 hr	Sampling : Minivolume Air Sampler Airmetrics, USA
CO CO ₂	NDIR ¹⁾	Sampling time 1 hr	Sampling : EC9830, ECOTECH, Austria EC9820, ECOTECH, Austria
NO ₂	Chemical Luminescence	Sampling time 1 hr	Sampling : EC9841, ECOTECH, Austria
O ₃	Ultraviolet Photometer	Sampling time 1 hr	Sampling : EC9810, ECOTECH, Austria
TVOC	GC/MS Thermal desorption	Sampling rate 100 mL/min Sampling time 30 min, 2 times	Sampling : SIBATA-MPΣ30, Japan Tenax tube(Perkin Elmer) Desorption : STD 1000(DANI, Italy) Analysis : GC-2010, Shimadzu, Japan MS-QP2010, Shimadzu, Japan
Radon	Continuous Radon Monitors	Sampling time 8 hr	Analysis : RAD-7(USA)
TBC ²⁾	Impaction	Sampling rate 500 mL/min, Sampling time 5 min, 2 times	Oxoid air sampler, MAQSII, USA

¹⁾ NDIR(Non Dispersive Infrared method).

²⁾ TBC(Total Bacteria Colony).

결과 및 고찰

1. 소규모 보육시설 내 장소별 실내공기오염물질의 농도특성

표 2에 환경부의 “다중이용시설등의 실내공기질 관리법”상의 오염물질 조사결과를 제시하였다. 보육시설내의 장소별 실내공기오염물질 조사결과 학습실의 PM₁₀ 평균농도는 72.7 µg/m³으로 조사되었으며, CO₂ 1,126.1 ppm, CO 1.5 ppm, NO₂ 0.035 ppm, O₃ 0.007 ppm, Rn 0.8 pCi/L, TVOC는 교재실 260.8 µg/m³, 학습실 321.7 µg/m³, 실외 124.8 µg/m³, HCHO는 교재실 40.5 µg/m³, 학습실 38.8 µg/m³, 실외 7.0 µg/m³, 총부유세균은 교재실 156.2 CFU/m³, 사무실 174.2 CFU/m³, 학습실 460.5 CFU/m³, 화장실 433.3 CFU/m³으로 각각 조사되었다. 소규모 보육시설의 항목별 실내공기질 농도특성에서 CO₂의 경우, 서울시 “다중이용시설등의 실내공기질 관리법”에서 제시하는 기준치인 900 ppm을 초과하였다. 이는 보육시설의 어린이들이 교실에 거주하는 동안 호흡에 의해 CO₂의 농도가 증가된 이유로 판단되며 측정기간이 초겨울이었기 때문에 부족한 환기로 인한 영향 또한 있었을 것으로 사료된다. CO₂를 제외한다면 다른 오염물질들은 평균농도를 기준으로 유지기준

및 권고기준을 초과하지 않았다. 특히, 측정항목 중 CO, Rn 및 O₃의 경우에는 최대값을 포함한 모든 측정범위에서 기준치를 초과하는 경우가 없는 것으로 조사되었으며, 이는 보육시설 실내환경에서 이들 물질의 발생원에 의한 실내공기오염은 다른 물질들에 비하여 상대적으로 적은 것으로 볼 수 있다. 보육시설내 장소별 실내공기질 항목별 농도특성을 고찰해 볼 때, 총부유세균은 학습실 (460.5 CFU/m³) > 화장실 (433.3 CFU/m³) > 사무실 (174.2 CFU/m³) > 교재실 (156.2 CFU/m³)의 순으로 각각 조사되었다. 학습실이 가장 높은 농도를 나타냈으며 이는 주로 생활하는 학습실이 적은 면적에 비해 많은 내실자수와 어린이들로부터 콧물, 재채기 및 교실에서 사용하는 카펫, 가슴기, 이불 등으로부터 발생한 것으로 사료된다. 실내에는 곰팡이류, 각종 미생물이 서식하고 있으며 이러한 미생물은 각종 병원균을 포함하고 있어 저항력이 약한 어린이에게 많은 영향을 미치게 된다.

총휘발성유기화합물(TVOC)은 학습실(321.7 µg/m³) > 교재실(260.8 µg/m³) > 실외(124.8 µg/m³)의 순으로 각각 나타났다. 학습실은 각종 교재도구, 교육용 기자재, 내부건축자재, 장난감 및 가구 등이 많이 있어 TVOC에 많은 영향을 준 것으로 사료된다. 또한 폼알데하이드(HCHO)는 교재실

Table 2. Concentration of target compounds according to floor space

Pollutant	Under size				Over size				p-Value
	N	Mean	S.D	Excess(%)	N	Mean	S.D	Excess(%)	
PM ₁₀ (µg/m ³)	19	72.7	59.0	26.3	94	60.6	28.3	10.6	>0.05
CO ₂ (ppm)	19	1126.1	629.6	52.6	201	568.3	165.2	5.5	<0.05
CO(ppm)	19	1.5	1.5	-	201	0.7	0.7	-	<0.05
NO ₂ (ppm)	19	0.04	0.01	5.3	24	0.03	0.01	8.3	>0.05
O ₃ (ppm)	19	0.007	0.003	-	24	0.006	0.005	-	>0.05
Rn(pCi/L)	16	0.82	0.51	-	24	0.28	0.24	-	<0.05
TVOC(µg/m ³)	19	321.7	292.1	10.5	24	220.9	86.7	8.3	>0.05
HCHO(µg/m ³)	15	38.8	29.0	6.7	201	19.8	14.9	-	<0.05
TBC(CFU/m ³)	16	460.5	287.6	18.8	201	552.8	336.4	21.9	>0.05

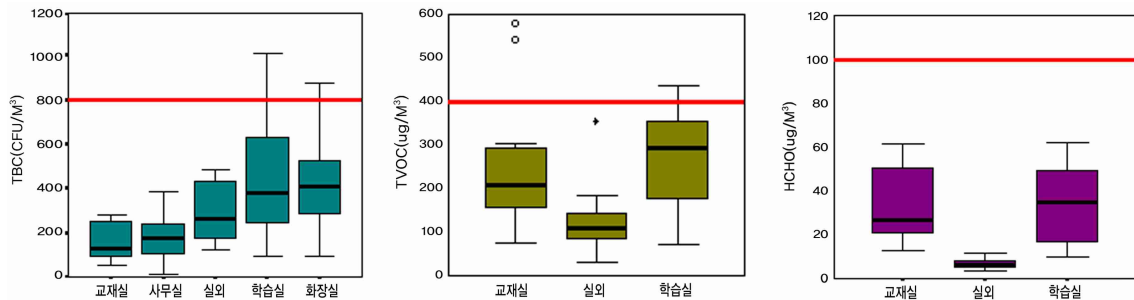


Fig. 1. Box plots containing maxima, minima, median of TBC, TVOC and HCHO at the sampling sites.

($40.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > 학습실 ($38.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > 실외 ($7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)의 순으로 각각 검출되었다. 교재실이 상대적으로 높은 것은 교재실에 책과 같은 교육용 교재자료를 보관하고 있어 HCHO의 방출이 많기 때문으로 판단된다.

그림 1에 HCHO, TVOC, TBC 항목을 측정 장소별 오염물질의 농도를 막대그래프와 box plot으로 나타낸 것으로 TBC 및 TVOC는 학습실에서 HCHO는 교재실에서 상대적으로 더 높은 농도로 검출되었고, 학습실에서 HCHO, TVOC 및 TBC의 실내·외 농도비(I/O ratio)가 각각 1를 초과하여 실외공기의 영향보다는 실내의 발생원에 영향을 받는 것으로 검토되었다. 어린이가 보육시설 내에서 가장 많은 시간을 보내는 학습실이 전체적으로 다른 장소에 비해 상대적으로 높게 검출되었다.

2. 면적에 따른 실내공기질 특성

다중이용시설 등의 실내공기질관리법에 해당하는 연면적 860 m^2 이상인 민간 보육시설과 연면적 430 m^2 이상인 국·공립 보육시설과 그 미만인 미적용 보육시설의 연면적 차이에 따른 각 물질의 실내공기 오염도비교 및 분석결과를 파악하여 표 2에 나타내었다. 실내공기질관리법에 적용되는 시설(over size)은 서울시에 위치한 보육시설 중 2008년 서울시보건환경연구원에서 지도·점검한 법적용 보육시설 측정자료를 이용하여 소규모 보육시설 비교농도로 이용하였다. 연면적차이에 따른 실내공기질 특성에서 총부유세균과 이산화질소 항목만 법적용시설에서 높은 농도를 나타내었고, 나머지 항목은 미적용 대상시설에서 높은 농도로

검출되었다. 미세먼지는 적용대상시설에서는 $60.6 \pm 28.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 미적용 대상시설에서는 $72.7 \pm 59.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었으며, 미적용 대상시설에서의 미세먼지 농도가 적용대상시설에 비해 더 높은 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. CO_2 , CO , TVOC, HCHO는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

표 2에 학습실에서 측정한 항목별 기준 초과율 비교에서 볼 때, 측정항목 중 미적용시설에서 서울시 실내공기질 기준 초과율은 CO_2 52.6%, PM_{10} 26.3%, TBC 18.8%, TVOC 10.5%, HCHO 6.7%, NO_2 5.3%로 미적용 보육시설의 기준 초과율이 법적용시설보다 전반적으로 높아 소규모(미적용) 보육시설에서 가스상 물질 및 입자상 물질의 관리가 필요한 것으로 조사되었다.

이산화탄소는 서울시 실내공기질 기준 값을 초과하므로 춥지 않을 정도로 창을 항상 5~20 cm 정도 열어 놓는 것이 좋다. 또한 미세먼지는 서울시 기준치에 근접하고 있으므로 소규모 보육시설은 많은 어린이들이 이용하는 시설로 정기적인 청소 외에도 미세먼지 저감을 위하여 청소를 할 때에는 일간, 주간, 월간, 연간 계획을 세워 바닥이나 벽 청소뿐만 아니라 책상 및 캐비닛 뒤쪽, 각종 선반위 등을 정기적으로 청소하여야 한다. 물청소를 한 후에는 반드시 마른 걸레로 닦아야 하고 출입구에는 먼지제거용 바닥매트를 설치하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

부유세균은 기준 초과율이 18.8%로 보육시설에서 사용하는 침구류 및 매트리스는 세균방지를 위하여 삶아 빨거나 $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 의 물에서 세탁한 후

햇볕에서 건조시키고 이용하며, 관리가 소홀한 에어컨, 가습기, 카펫트는 곰팡이나 진드기가 서식하기 쉬우므로 내부를 자주 청소해야 한다. 대부분의 보육시설에서 화장실이 보육실내에 있으므로 부유세균이 실내공간으로 확산될 가능성이 있으므로 화장실에 국소 팬을 설치하여 환기를 충분히 실시하고 수시로 청소하여야 한다.

소규모 보육시설은 대부분 열악한 재정으로 인한 공기청정기 미설치, 환기가 미비한 건물구조, 전문 청소 인력부족 등으로 규모가 큰 전문 보육시설보다 실내공기질 상태가 열악한 것으로 사료 된다.

3. 시설위치에 따른 실내공기질 특성

보육시설의 위치에 따라 주거지역과 도로변지역으로 구분하여 분석한 결과를 표 3에 나타내었다. 주거지역에서 PM₁₀, Rn, TVOC, TBC 및 HCHO의 항목이 높게 나타났고 통계적으로 유의성은 없었다. 도로변지역은 CO₂, CO, O₃, 습도 및 실내온도가 높게 나타내었다. 이는 도로변지역에 위치한 보육시설에서는 자동차 배출가스의 영향으로 대부분 창문을 닫고 교육을 진행하고 있었으며 이

로 인하여 온·습도 및 CO₂ 등 일부 가스상 물질이 환기부족으로 인하여 높은 농도 값을 나타낸 것으로 사료된다.

결론

본 연구를 통하여 얻은 결과를 요약해보면, 첫째, 환경부의 “다중이용시설등의 실내공기질관리법”의 대상물질의 조사결과 미적용 소규모 보육시설 실내공기 중의 CO₂의 평균농도가 1,126.1 ppm으로 서울시 기준치인 900 ppm을 초과하고 있었다. 그러나 다른 항목은 평균기준치를 초과하지 않고 있었다. 측정항목 중 서울시 기준 초과율을 볼 때 CO₂ 52.6%, PM₁₀ 26.3%, TBC 18.8%, TVOC 10.5%, HCHO 6.7%, NO₂ 5.3%의 초과율을 보여 초과항목에 대한 특별한 관리가 필요하다. 둘째, 미적용 보육시설에서 법적용시설 보다 부유세균과 이산화질소를 제외한 다른 항목에서 더 높은 농도가 검출되었고 CO₂, CO, TVOC, HCHO는 통계적으로 유의한 차이를

Table 3. Concentration of target compounds according to location

Pollutant	Residential Area			Roadway Area			p-Value
	N	Mean	S.D	N	Mean	S.D	
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	88.7	64.5	6	38.1	21.9	>0.05
CO ₂ (ppm)	13	1,017.5	240.4	6	1,361.4	1091.3	>0.05
CO(ppm)	13	1.07	0.26	6	2.43	2.55	<0.05
NO ₂ (ppm)	13	0.037	0.010	6	0.032	0.009	>0.05
O ₃ (ppm)	13	0.006	0.002	6	0.010	0.005	<0.05
Rn(pCi/L)	11	0.95	0.56	5	0.53	0.14	>0.05
TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	358.9	340.9	6	241.3	130.0	>0.05
HCHO($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11	42.5	31.1	5	28.9	22.9	>0.05
TBC(CFU/ m^3)	11	522.8	327.3	5	323.5	91.6	>0.05
Temp.(°C)	13	18.1	1.8	6	19.4	3.4	>0.05
Hum.(%)	13	42.6	11.9	6	36.8	8.1	>0.05

나타내었다. 미적용 소규모 보육시설의 가스상 물질 및 미세먼지 관리가 필요한 것으로 평가되었다. 셋째, 장소별로 볼 때 부유세균과 TVOC는 학습실에서, HCHO는 교재실에서 상대적으로 높은 농도가 검출되었다.

소규모 보육시설은 대부분 항목에서 전체적으로 초과율이 높아 시급히 제도권으로 포함시켜 관리해야 할 것으로 판단한다.

이상과 같은 연구결과, 보육시설에서 대부분 시간을 보내는 교육실의 오염물질의 농도가 다른 시설에 비하여 높아 면역력이 약한 어린이는 전염성 질환, 알레르기 질환, 호흡기 질환 등을 유발하므로 소규모 보육시설에서 사용하는 공기정화기, 가습기 등 철저한 위생관리, 온습도 및 적절한 환기를 잘 유지 관리하여 실내공기질 개선을 해야 할 것으로 평가되었다.

참고문헌

1. 전형진, 김윤신, 노영만, 이철민, 김기연, 박화미, 김종철 : 민감시설의 실내공기질 특성 및 건강영향에 관한 연구. 환경공동학술대회 논문집, p323~326, 2007.
2. Maroni M, Seifert B and Lindvall T : Indoor air quality-a comprehensive reference book. Amsterdam, Elsevier, 1992.
3. Lee SC and M.Chang LY : Indoor air and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. Chemosphere, p109~113, 2000.
4. 김윤신, 노영만, 이철민, 김기연, 김종철, 전형진, 최동민, 김민희, 박윤주 : 일부 유치원 교실 내 실내공기오염물질의 기준초과비 조사에 관한 연구. 한국실내환경학회지, 4(1): 14~22, 2007.
5. 환경부 : 실내공기질공정시험방법. 환경부고시 제2004-80호, 2004.
6. 고현정 : 유아교육시설 내 실내공기질 특성 및 위해성평가에 대한 연구. 서울시립대석사학위논문, 2008.
7. 한국환경·사회정책연구소 : 아토피 없는 천사의 집 만들기 어린이집 실내공기질 개선대책. 2008.
8. Roman Meininghaus, Amin Kouniali, Corinne Mandin and Andre Cicolella : Risk assessment of sensory irritants in indoor air-a case study in a French school. ENVIRONMENT INTERNATIONAL, 28:553~557, 2003.