

# 어린이활동공간 실내공기질 관리 방안

○ **최인석** | 한국건설생활환경시험연구원 정밀화학분석센터  
책임기술원  
E-Mail : sea3186@kcl.re.kr

## 1. 서론

영·유아 및 어린이들은 하루일과의 90% 이상을 실내에서 생활하고 있어 실내환경에 의해서 영·유아의 건강상태가 달라질 수 있다고 말할 수 있다. 게다가 에너지 낭비를 줄이기 위해 실내공간 밀폐화가 진행되고, 복합 화학물질로 구성된 건축자재의 사용이 증가함에 따라 각종 실내환경 문제가 제기되고 있다.

현재 환경부에서 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에 의해 다중이용시설(17개 시설군) 및 신축공동주택의 실내공기질을 관리하고 있지만 환경부교육과학기술부고용노동부보건복지부 등 각 부처마다 실내공기질 관리를 위한 대상과 항목이 달라 효율적인 진행을 하고 있지 못하고, 영·유아 및 어린이 등 민감 계층이 이용하는 다중이용시설에 대한 관리에 부족함이 있으며, 실내공기오염의 건강영향평가를 위한 자료는 부족하다.

최근에는 실내 공기오염으로 인해 환경성질환이 발병할 수 있다는 주장이 제기되면서 건강에 대한 중요성이 부각되고 있다. 그 중 민감계층인 영유아, 어린이 등은 동일한 오염수준에 노출되었을 경우 더 큰 피해를 받을 수 있을 때문에 효율적인 관리가 필요하다. 생활수준이 향상됨에 따라 인간은 편리하고 간단해지려는 욕구를 가지게 되고 이 욕구를

위해 다양하고 새로운 성분의 화학물질 생산이 증가하고 있다. 이런 유해화학물질의 증가가 민감계층의 건강 피해로 이어질 가능성이 큰 것으로 예상하지만 국내에서 이러한 화학물질로 인한 민감계층의 피해를 살펴볼 수 있는 자료나 연구가 아직은 부족한 현실이다(환경부·한국실내환경학회, 2013).

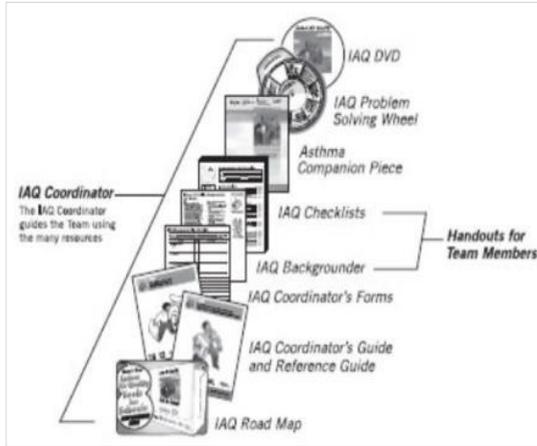
따라서 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관련 법규의 현황, 실내공기질(IAQ)의 문제점, 또한 실내공기질 개선을 위한 관리방안 및 정책 제시가 요구된다.

## 2. 본론

저자는 현재 국내 실정에 맞는 실내공기질 프로그램이 필요하다고 생각되며 이에 국외 사례 및 시험을 통하여 실내공기질 관리 프로그램을 제안하고자 한다.

### 2.1 미국

미국의 경우 학교 실내공기질/학교위생 유지관리 프로그램을 활용하고 있으며, EPA에서 학교 실내공기질의 중요성을 인식하여 “Indoor Air Quality Tools for School(EPA, 2009)”을 만들어 효율적인 관리를 위한 기본 매뉴얼/로드맵을 제시하고 있다.



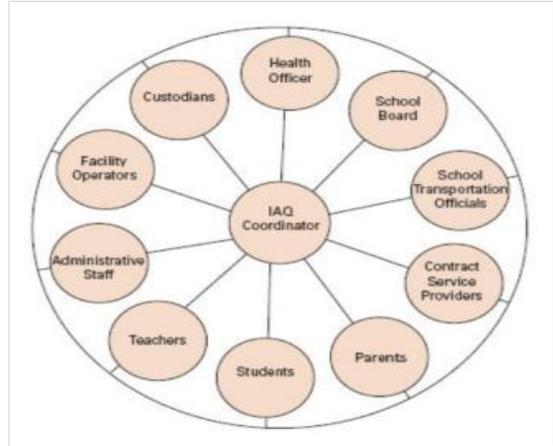
자료 : United States Environmental Protection Agency(EPA) 홈페이지 IAQ Tools for Schools Action Kit <https://www.epa.gov/iaq-schools/coordinators-guide-indoor-air-quality>에서 2017. 10. 30. 인출.

그림 1. 미국 EPA: Action Kit

학교 실내공기질 관리를 위한 오염물질, 오염원, 위험성, 저감 방법 등의 배경지식 및 정보, 조직, 조직 리더의 업무, 체크리스트를 포함하고 있는 것이 특징이다. 따라서 실내에서 발생할 수 있는 오염물질의 파악, 관리주체, 관리방안, 로드맵을 제시하므로 효율적인 관리제도가 할 수 있다.

그리고, 그림 2와 같이 실내공기질의 효율적인 관리를 위한 프레임 워크에서 알 수 있듯이 6가지 추진 방법을 기술하고 있다. 추진 방법으로는 Organize, Communication, Evaluation, Assess, Plan, Act로 구성되어 있으며, 이러한 6가지 해법은 양질의 HVAC (Heating ventilation and air conditioning) 설비, 습기와 곰팡이 제어, 병충해 관리, 효율적인 청소 및 관리, 자재선택, 적극적 오염원 제어로 구분하고 있으므로 실내공기 오염을 제어하는 데 있어 다각도로 관리하고 있는 것을 알 수 있다.

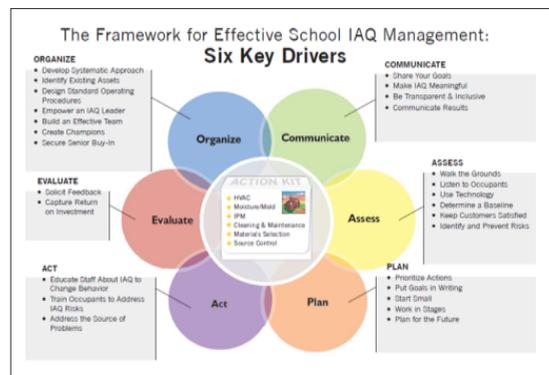
학교를 신축하거나 리모델링 및 수리를 할 경우 실내공기질과 관련된 상세한 가이드라인과 관련정보를 'IAQ Design Tools for Schools'에서 제공하고



자료 : United States Environmental Protection Agency(EPA) 홈페이지 IAQ Coordinator's functions graphic. <https://www.epa.gov/iaq-schools/coordinators-guide-indoor-air-quality>에서 2017. 10. 30. 인출.

그림 2. 미국 EPA : IAQ Coordinator Functions

있다. 이는 기초설계단계, 오염물질과 오염원의 제어, HVAC 시스템, 습기제거, 건설과정, 확인 및 검사, 기존 학교의 리모델링 및 수리, 운영과 관리, 이동형 학교 등의 부분으로 나누어 상세히 설명하고 있다.



자료 : United States Environmental Protection Agency(EPA). (2014. 12.). The Indoor Air Quality Tools for Schools Approach: Providing a Framework for Success, p. 2.

그림 3. IAQ 효율적 관리를 위한 프레임워크

## 2.2 독일

독일의 경우 “Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings(Umweltbundesamt, 2008)“로 가이드라인을 설정하고 있으며, 제시된 기준은 실내 공기 오염 및 위생적 측면에서 고려할 사항과 해법을 제시하고 있다. 주요 오염물질 중 공기질의 척도를 이산화탄소로 하고 있는 특성이 있으며, 이는 150년 전 Pettenkofer가 실내환경에서 나쁜 공기의 척도를 이산화탄소 농도로 인식한 것을 바탕으로 하고 있다. 오늘날 이산화탄소 농도는 학교건물 뿐만 아니라 실내공기질의 척도가 되었고 이에 따라 교실에서 효과적으로 이산화탄소 문제를 개선하는 방법도 가이드라인에 제시하고 있다. 또한 휘발성 유기화합물, 폼알데하이드, 미세먼지, 온열환경, 음향적 사항 등 총 6가지 사항에 대한 가이드라인을

제시하고 있다.

표 1. 실내 이산화탄소 농도에 대한 기준값

CO <sub>2</sub> 농도(ppm)	위생등급	대책
<1000	문제없음	필요 없음
1000-2000	한계	환기장치 조절
>2000	받아들일 수 없음	환기장치 점검

자료 : Umweltbundesamt. (2008). Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings, p. 36을 번역.

휘발성유기화합물은 총 11가지 물질에 대해서 기준을 정하고 있다. 기준값 1은 매우 안전하여 건강에 영향을 미치지 않는 정도를 나타내고, 기준값 2는 독성의 한계치를 나타내어 초과하는 경우에 대해서는 매우 위험한 정도를 나타낸다.

표 2. 실내 휘발성유기화합물 농도에 관한 기준값

화 합 물	기준값 2( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	기준값 1( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	설정년도
Toluene	3	0.3	1996
Dichloromethane	2 (24 h)	0.2	1997
Carbon monoxide	60 (1/2 h)	6 (1/2 h)	1997
	15 (8 h)	1.5 (8 h)	-
Pentachlorophenol	1	0.1	1997
Nitrogen dioxide	0.35 (1/2 h)	-	1998
	0.06 (1 week)	-	-
Styrol	0.3	0.03	1998
Mercury (as metallic vapour)	0.35	0.035	1999
Tris(2-chloroethyl) phosphate	0.05	0.005	2002
Bicyclic terpenes(lead substance $\alpha$ -pinen)	2	0.2	2003
Naphthalene	0.02	0.002	2004
Non-aromatic hydrocarbon mixtures (C9-C14)	2	0.2	2005

자료 : Umweltbundesamt. (2008). Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings, p. 47을 번역.

### 2.3 홍콩

홍콩의 'Indoor Air Certification Scheme'은 최우수 등급(Excellent Class)과 우수등급(Good Class)의 2개 등급으로 구분하여 인증하며, 인증의 유효기간은 12개월이다. 공공기관, 정부 등에서 화학, 환경, 건축 등의 전문가들을 시험관으로 하여 일차적으로 실내공기질 관리 상태를 평가하고 문제점 파악 및 개선 후 실내공기질을 측정하여 그 결과값에 따라 증명서를 발급한다.

실내공기질 관리 상태를 평가하는 Walkthrough Inspection에서는 악취, 환기, 환기장비, 곰팡이, 건축자재, 온도, 유해물질, 온열 쾌적성 등의 관리 및 유지 상태에 대해서 평가한다. 실내공기질 평가항목은 크게 온열환경, 오염물질로 나누어진다. 온열환경 요소로는 온도, 상대습도, 기류속도 등이고, 오염물질로는 이산화탄소, 일산화탄소, 이산화질소, 오존, 폼알데하이드, 총휘발성유기화합물, 라돈 등의 가스상 물질 외에 부유분진, 부유세균 등 입자상 물질의 농도도 측정하여 평가한다.

**표 3. 'Indoor Air Certification Scheme'의 평가기준**

평가항목	단 위	8-hour average		항목 분류
		Excellent	Good	
온 도	℃	20 to < 25.5	<25.5	온열환경
습 도	%	40 to < 70	<70	
기류속도	m/s	<0.2	<0.3	
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	ppmv	<800	<1,000	오염물질 농도
일산화탄소(CO)	μg/m <sup>3</sup>	<2000	<10,000	
	ppmv	<1.7	<8.7	
부유분진(PM10)	μg/m <sup>3</sup>	<20	<180	
이산화질소(NO <sub>2</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	<40	<150	
	ppbv	<21	<80	
오존(O <sub>3</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	<50	<120	
	ppbv	<25	<61	
폼알데하이드(HCHO)	μg/m <sup>3</sup>	<30	<100	
	ppbv	<24	<81	
총휘발성유기화합물(TVOC)	μg/m <sup>3</sup>	<200	<600	
	ppbv	<87	<261	
라 돈(Rn)	Bq/m <sup>3</sup>	<150	<200	
부유세균	cfu/m <sup>3</sup>	<500	<1,000	

자료 : The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. (2003). A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Place, p. 14를 번역.

## 2.4 핀란드

핀란드의 ‘Classification of Indoor Climate 2000’은 온열환경 및 실내공기 중 오염물질 농도 수준을 평가하여 S1(Individual Indoor Climate), S2(Good Indoor Climate), S3(Satisfactory Indoor Climate)의 3개 등급으로 구분한다. 온열환경 요소로 온도 및 기류속도를 계절별로 구분하여 평가하며, 라돈, 일산

화탄소, 이산화탄소, 암모니아 및 아민, 오존, 폼알데하이드, 총휘발성유기화합물, 냄새 강도, 미생물, 담배연기, 부유분진 등의 오염물질 농도를 평가한다(환경부·한국실내환경학회, 2013).

핀란드의 ‘Classification of Indoor Climate 2000’은 FiSIAQ에서 실내공기질의 수준에 따라 등급을 구분하는 평가방법이기는 하나 별도로 인증을 부여하는 형식으로 운영되고 있지는 않다.

표 4. 핀란드 Classification of Indoor Climate 2000의 계절별 실내공기질 평가항목 및 기준

평가항목		단 위	Indoor Climate Category Max Values		
			S1	S2	S3
실 온	겨울	℃	21-22	20-22	20-23
	여름	℃	23-24	23-26	22-27
기류속도	겨울 (20℃)	m/s	0.13	0.16	0.19
	겨울 (21℃)	m/s	0.14	0.17	0.20
	여름 (24℃)	m/s	0.20	0.25	0.30

자료 : 환경부·한국실내환경학회(2013. 7.). 민감계층이용시설의 쾌적한 실내환경 종합진단을 위한 지수개발 연구, p. 28.

표 5. 핀란드 Classification of Indoor Climate 2000의 오염물질별 실내공기질 평가항목 및 기준

평가항목	단 위	Indoor Climate Category Max Values		
		S1	S2	S3
라돈 (Rn)	Bq/m <sup>3</sup>	100	100	200
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )	ppm	700	900	1200
	mg/m <sup>3</sup>	1300	1650	2200
암모니아 및 아민 (NH <sub>3</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	30	30	40
폼알데하이드 (H <sub>2</sub> CO)	μg/m <sup>3</sup>	30	50	100
총휘발성유기화합물(TVOC)	μg/m <sup>3</sup>	200	300	600
일산화탄소 (CO)	mg/m <sup>3</sup>	2	3	8
오존 (O <sub>3</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	20	50	80
냄새강도		3	4	5.5
미생물		No Maximum Value		
비흡연자를 위한 담배연기		인지할 수 없어야 함		
부유분진 (PM10)	μg/m <sup>3</sup>	2	40	50

자료 : 환경부·한국실내환경학회(2013. 7.). 민감계층이용시설의 쾌적한 실내환경 종합진단을 위한 지수개발 연구, p 28

### 3. 국 내

#### 3.1 어린이집

「영유아보육법 시행규칙」 별표 1 어린이집의 설치 기준(제9조 관련)을 참고하면 어린이집은 보육수요, 보건, 위생, 교통편의 등을 충분히 고려하여 쾌적한 환경을 갖춘 부지를 선정하여야 하며, 위험시설로부터 50m 이상 떨어진 곳에 위치하여야 한다(「영유아보육법 시행규칙」 제9조제1항 및 별표 1). 이 경우 위험시설이란 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조의2 제1항에서 언급된 각 호의 시설을 말한다(보건복지부, 2014).

어린이집은 「건축법 시행령」 별표 1을 참고하여 위치를 정하고 설치하여야 한다. 영유아의 수가 20명 이하인 경우 직장어린이집, 부모협동어린이집 및 국공립어린이집은 가정어린이집을 설치할 수 있는 장소에도 설치가 가능하다(「영유아보육법 시행규칙」 제9조제1항 및 별표 1). 단 이는 제40조 제1항에 따

른 지역에 설치된 어린이집이어야 하고 같은 조 제2항에 따라 특별자치도지사·시장·군수·구청장이 지방보육정책위원회의 심의를 거쳐야 한다(「영유아보육법 시행규칙」 제9조제1항 및 별표 1).

「건축법 시행령」 제2조에 따라 어린이집 벽이나 천장의 마감 재료는 불연재료, 준불연재료 혹은 난연재료를 사용하여야 한다. 「환경보건법 시행령」 제16조에 따라 보육실은 환경안전관리기준을 지키며 설치하여야 한다.

#### 3.2 유치원

「유아교육법 시행규칙」 별표2 유아교육위탁기관 지정 기준(제5조제1항 관련)을 참고하면, 유치원의 입지는 유아교육수요, 보건, 위생, 안전, 환경, 급수, 교통 등을 고려하여 쾌적한 환경을 갖춘 곳에 위치하여야 한다(「유아교육법 시행규칙」 제5조제1항 및 별표 2).

표 6. 환경보건법에 의해 규정된 어린이활동공간 법령 및 규정 비교

법 령	안전관리		위생관리 <sup>1)</sup>	실내공기질(환기)	대상시설
	물리적	유해원소			
어린이놀이시설안전관리법	●	●	●	×	놀이터
영유아보육법 <sup>2)</sup>	●	●	●	●	놀이터
유아교육법	×	×	×	●	보육실
학교보건법	×	●	×	●	유치원, 초등학교 교실
품질경영 및 공산품 안전관리법	●	●	●	×	놀이터
다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 시행령	×	×	×	●	어린이집
전염병 예방법	×	×	●	×	어린이집, 유치원, 초등학교 교실
주택법 <sup>3)</sup>	●	●	●	×	놀이터
어린이집 평가인증 지침	●	×	●	●	어린이집
어린이 놀이터 관리지침	●	●	●	×	놀이터

주 : 1) 위생관리는 전염병 예방법을 제외하고 주로 이물질 제거 등의 청소 사항을 규정

2) 어린이 놀이터는 품질경영 및 공산품 안전관리법을 적용하여 관리

3) 어린이놀이터의 안전관리 진단사항의 세부내용은 시·도지사가 정하여 고시

자료 : 김호현·최인석·성민기·조훈식·손성희(2015). 어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단. p. 27.

표 7. 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019)

구분	환경부	교육부	고용노동부	보건복지부
관리대상	- 다중이용시설 - 신축공동주택 - 대중교통차량	- 학교	- 사무실	- 공중이용시설(공연장, 실내체육시설 등)
근거법	- 실내공기질관리법	- 학교보건법	- 산업안전보건법	- 공중위생관리법
관리자 의무사항	- 공기질측정 및 관리 - 관리기준 준수 의무 - 관계자 교육 - 기타 오염물질방출 건축자재 사용금지	- 공기질측정 및 측정결과 관리 - 관리기준 준수	- 공기질측정 및 측정결과 관리 - 관리기준 준수 - 오염물질방출 건축자재 사용금지	- 관리기준 준수
관리기준	- 10개 항목(PM10, CO <sub>2</sub> , 폼알데하이드, 총부유세균, CO, NO <sub>2</sub> , VOCs, 라돈, 석면, 오존)	- 12개 항목(진드기 등 추가)	- 9개 항목(라돈 제외)	- 4개 항목(PM10, CO <sub>2</sub> , HCHO, CO)
관리방법	- 지자체 점검 - 위반시 과태료, 개선명령 등	- 학교장 자체 점검 - 위반시 시설보완 등 필요 조치	- 지도 및 권고 - 위반시 제재없음	- 지자체 점검 - 위반시 개선명령

자료 : 환경부(2014). 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019). p. 8.

국내 어린이활동공간의 분류 및 어린이 건강에 영향을 미치는 활동공간의 현황을 조사하기 위하여 환경보건법, 학교보건법, 어린이놀이시설 안전관리법, 영유아보육법 등 현행법 중심으로 법적 관리대상 활동공간의 범위 등의 현황을 파악하였다.

국내 관련 시설(교육시설 등) 관리기준 및 제도 조사의 경우 환경부에서 주로 주관하고 있으며, 환경보건법이 2009년부터 적용/시행되고 있다. 주요 사항 중 적용대상의 경우 「영유아보육법」, 「유아교육법」에 따른 어린이집 및 유치원의 교실이 그 적용대상으로 설정되어 있다. 그리고 「초중등교육법」, 「어린이놀이시설안전관리법」에 따른 초등학교 보육실/특수학교 어린이 사용 교실, 어린이 시설 등이 주요 적용 대상이다. 주로 어린이활동공간에 따른 안전기준이 주요 내용이며, 평가 기준 대상의 경우 중금속 5종(납, 카드뮴, 수은, 6가 크롬, 비소·함유량)과 포름알데하이드, 톨루엔, 총휘발성유기화합물의 방출량이 유해물질 대상으로 시행되고 있다. 환경부에서 2014년 실내공기질 기본계획을 발표하여 부처별 실내공기질 관리 대상, 근거법, 관리자 의무사항, 관리기준, 관리

방법을 비교하는 표를 작성하였다.

### 3.3 어린이집 및 유치원 실내공기질 비교 시험

먼저 다중이용시설 실내공기질 공정시험기준으로 수도권 및 충청지역 어린이집 대상으로 PM10, PM2.5 측정하였다. 시험방법으로는 다중이용시설 실내공기질 공정시험기준법과 광산란식(24시간)으로 실내외 동시 측정하였으며, 공기청정기 가동 안 했을때, 공기청정기 1~2대 가동했을때, 방충망을 설치하였을때를 비교 평가하였다. 그 결과 A어린이집의 미세먼지 결과와 일과시간을 비교해보면 측정 시작 후 120분 뒤 오전 9시부터 가파르게 미세먼지 농도가 증가하는 것으로 나타났고, 점심시간 이후 오침이 이루어지는 150분부터 미세먼지 농도가 낮아졌다. A어린이집은 겨울철 어린이들의 활동이 많은 점심시간과 오후 시간대에 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법의 유지기준인 150에 가까운 농도가 나타났다. 따라서 겨울철 실내공기질 개선을 위하여 환기횟수 증가, 공기청정기 사용, 환풍기 가동 등의 조치가 필요하다.



그림 4. 어린이집 실내외 미세먼지 측정사진

표 8. 어린이집 실내외 측정 결과

서울지역	실외 농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		실내 농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		충청지역	실외농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		실내 농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5		PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
어린이집A	56.5	40.2	46.4	31.3	어린이집A	102.8	93.1	68.7	59.3
어린이집B	101.3	57.6	30.8	4.1	어린이집B	64.6	37.8	48.3	31.7
어린이집C	50.9	18.1	25.3	15.9	어린이집C	48.7	37.8	17.2	13.2
어린이집D	46.2	29.1	26.7	14.1	어린이집D	70.1	57.2	37.0	23.6
어린이집E	80.5	51.5	40.6	28.2	어린이집E	147.1	107.2	64.6	44.9
어린이집F	26.2	17.7	20.9	9.1	어린이집F	112.8	82.3	40.3	28.8

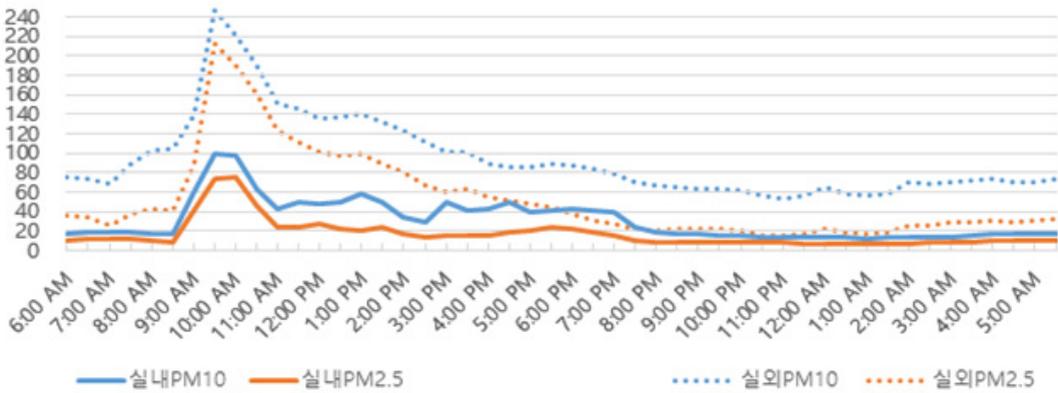
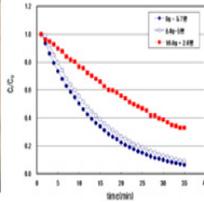


그림 5. 실내외 미세먼지 농도비교



분진 부위에 따른 공기청정기 성능 저하 : 공기청정기 용량 감소

TBC 뉴스룸 (2018.2.20)



그림 6. 공기청정기 비교 시험사진

A 및 E어린이집의 PM10, PM2.5, TBC, Fungi 처리 효율을 종합적으로 보면 처리 효율의 경우 PM2.5의 효율이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 겨울철 측정의 경우 스모그 등에 의한 처리효율이 여름철에 비해 상대적으로 낮게 조사되었다. 공기청정기 미가동에 따른 실시간 오염물질 농도의 경우 원아들이 등교하는 8시부터 미세먼지가 증가하였고 10시 30분경에는 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하여 장시간 지속되는 경향을 확인할 수 있었다. 그리고 다른 연구에서도 알 수 있듯이 하교 시간인 오후 3시 이후에는 오염물질의 농도가 가장 높게 조사되어 이에 따른 적절한 대응 기술이 반드시 필요할 것으로 사료된다.

### 3.3.1 공기청정기

연구 결과를 종합해보면 공기청정기 가동에 따른 입자상 오염물질인 PM10 및 PM2.5의 경우 제거 효율이 각각 약 29~81%, 35~93%로 상당히 좋은 결과를 확인할 수 있었으며, 입자상 오염물질 중 에어로졸형태인 TBC 및 Fungi의 경우 각각 약 8.5~57.5%, 1.4~61.0%로 상대적으로 PM10 및 PM2.5 보다 저감 효율이 낮았지만 상당량의 제거효율을 보였다.

따라서 PM10 및 PM2.5의 경우 HEPA급 필터를 사용함에 따라 제거효율이 뛰어난 것으로 사료되며, TBC 및 Fungi는 온도와 습도에 의한 영향이 큰 특성으로 인해 제거효율의 변동이 있으므로 추가적으로 온습도에 대한 부분도 관리된다면 상당한 제거효과

가 있을 것으로 판단된다. 추가적으로 현재 가정용으로 시판되는 공기청정기가 대부분이므로 본 연구 대상 시설에 현재 시판중인 제품을 적용할 수밖에 없으며, 교실 크기 및 어린이집과 유치원의 규모를 고려하여 향후 대용량 크기의 공기청정기 개발 및 도입이 필요할 것으로 사료된다. 한국소비자원에서는 아파트 면적과 거실 면적에 따른 공기청정기 적정 용량에 대한 가이드라인을 사용공간의 130% 정도를 적정용량(표준사용면적)으로 제안하고 있다.

어린이집 같이 재실인원이 많은 공간은 150%까지 사용(2대를 사용하는 것이 효과적임)하여야 하며, 공기청정기 흡입구에 방해되는 것이 없어야 공기의 흐름이 원활하여 효과적이며, 필터는 주기적으로 관리해 주어야 할 것이다.

### 3.3.2 미세먼지 차단망

미세먼지 차단망의 경우, 미세먼지 차단 효과 20~80%로 제품별로 다양(특히, 설치방식에 따른 차이가 큼)하게 나타났으며, 양면테이프 등으로 창문에 붙이는 형태의 필터는 거의 효과가 없는 것으로 나타났다.

프레임과 같이 설치하여 밀폐 되도록 설치하였을 경우 효과를 볼 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 일조량과 통풍률이 떨어지므로 실외 농도가 높을 경우에만 사용하도록 하고, 반드시 환기와 병행하여야 하며, 환기하지 않고 사용시에는 실내 오염물질이



그림 7. 미세먼지 방충망 설치사진

실외로 배출되지 않기 때문에 오히려 실내 오염물질 농도가 증가하는것을 알 수 있었다.

정이다. 이마 저도 겨울철에는 자연환기 횟수가 상대적으로 줄어드는 경향이 있다.

### 3.3.3 기계식 환기장치

기계환기와 관련한 사항은 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제11조 제4항 및 별표 1의 6을 근거로 하며, 필요 환기량(국공립 보육시설 연면적 430m<sup>2</sup> 이상 기준)은 다음 표와 같다. 국내 법령 기준으로는 어린이집과 유치원의 경우 최소 필요 환기량은 36 (m<sup>3</sup>/인·h) 이상이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 현재 실태조사 결과 등을 반영하여 일반 시간(오염물질 평균농도 기준)의 경우 최소 필요 환기량 36 (m<sup>3</sup>/인·h) 이상을 유지하고, 등·하원 시간 및 활동량이 많은 시간대에는 최소 필요 환기량보다 20% 증가한 약 43 (m<sup>3</sup>/인·h) 이상을 제안하고자 한다. 이러한 조건은 본 연구 대상인 어린이집과 유치원의 실내·외 환경에 따라 달라질 수 있으며, 계절별 상황에 따른 적정 실내 온도를 고려할 필요가 있다.

또한 ‘ASHRAE Standard 62.1(2013)’ 등과 같이 실내 재실인원 및 흡입량, 외기도입 공기의 도달거리 등을 고려하여 실질적인 어린이집 및 유치원 시설과 재실자 특성이 고려된 적정환기량의 설정에 관한 연구가 필요하다. 자연환기의 경우 본 연구조사 결과 대부분의 어린이집과 유치원 시설들이 1일 2회 정도였으며, 이에 대한 관리 방안이 필요한 실

다중이용시설을 신축하는 경우에 기계환기설비를 설치하여야 하는 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량은 별표 1의6과 같으며, 설치하여야 하는 기계환기설비의 구조 및 설치는 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.<개정 2008. 7. 10., 2009. 12. 31., 2010. 11. 5.>

1. 다중이용시설의 기계환기설비 용량기준은 시설이용 인원 당 환기량을 원칙으로 산정할 것
2. 기계환기설비는 다중이용시설로 공급되는 공기의 분포를 최대한 균등하게 하여 실내 기류의 편차가 최소화될 수 있도록 할 것
3. 공기공급체계·공기배출체계 또는 공기흡입구·배기구 등에 설치되는 송풍기는 외부의 기류로 인하여 송풍능력이 떨어지는 구조가 아닐 것
4. 바깥공기를 공급하는 공기공급체계 또는 공기흡입구는 입자형·가스형 오염물질의 제거·여과장치 등 외부로부터 오염물질이 유입되는 것을 최대한 차단할 수 있는 설비를 갖추어야 하며, 제거·여과장치 등의 청소 및 교환 등 유지관리가 쉬운 구조일 것
5. 공기배출체계 및 배기구는 배출되는 공기가 공기공급체계 및 공기흡입구로 직접 들어가지 아니하는 위치에 설치할 것
6. 기계환기설비를 구성하는 설비·기기·장치 및 제품 등의 효율과 성능 등을 판정하는데 있어 이 규칙에서 정하지 아니한 사항에 대하여는 해당항목에 대한 한국산업표준에 적합할 것

따라서, 기계환기가 필요하지만 시설설비 도입이 어려운 경우 채광과 환기를 고려하여 거실(교실) 바닥면적 5% 이상에 해당하는 개폐가 가능한 창문 2개 이상(대향 및 수직방향 창)을 설치하고 1일 2회 이상의 자연환기가 요구된다. 자연환기 시간의 경우 CO<sub>2</sub>와 TBC 기준으로 약 최소 4~21분의 최적 환기시간이 필요할 것으로 사료되며, 본 연구대상 시설인 어린이집과 유치원의 입지조건(오염물질 배출원과의 거리), 계절별 특성, 실내 리모델링 등 현재 주변환경 및 실내환경 등을 고려해야 한다.

또한, 바깥공기를 공급하는 공기 공급체계 또는 공기 흡입구는 도로 등 오염물질이 많이 발생하는 장소를 피하도록 권장한다.

#### 4. 결론

어린이집과 유치원의 실내공기질 관리를 위한 공기청정제품, 자연 및 기계환기의 적정 운영을 위한 관리방안을 제안하고자 한다.

첫째로, 공기청정제품의 제어기술 도입 및 필터 적용 최적화 방안 즉, 고성능 미립자 제거(HEPA)와 활성탄 여과기(기술)가 접목된 필터 적용, 실내목표 성능 미달성 시 초고성능 필터 ULPA(Ultra Low Penetration Air)를 순차적으로 적용 및 기존 일반적으로 제시하는 1회/년에서 민감군 시설인 점을 감안하여 공

기청정제품의 유지·관리 시 4회/년으로 제안한다.

둘째로, 공기청정제품의 운영 개선 방안으로써 등·하원 시간과 교실 내 활동량이 많은 수업 시간에 공기청정기 모드의 최대화(터보모드), 기계환기시설 가동 시설의 경우 등·하원 시간, 수업시간에 공기청정기 가동 및 자연환기시설 가동 시설의 경우 24시간 공기청정기 가동을 권장한다.

셋째로, 환기와 관련하여 기계환기 관련 운영 개선 방안으로써 일반 시간(오염물질 평균농도 기준)의 경우 최소 필요 환기량 36(m<sup>3</sup>/인·h) 이상을 유지하고, 등·하원 시간 및 활동량이 많은 시간대에는 최소 필요 환기량 보다 20% 증가한 약 43(m<sup>3</sup>/인·h) 이상을 제안하며, 자연환기 관련 운영 개선 방안으로써 거실(교실) 바닥면적 5% 이상에 해당하는 개폐가 가능한 창문 2개 이상(대향 및 수직방향 창)을 설치(1일 2회 이상의 자연환기), 1회 환기시 약 4~21분의 최적 환기시간이 고려되어야 한다. 최소 필요 환기량을 36(m<sup>3</sup>/인·h) 이상 유지시키는 것이 에너지 효율적으로 부담이 될 경우 DCV(demand control)을 적용시켜 실시간으로 환기 수요를 산정하여 과도한 외기 도입량을 줄이고 매순간 변화하는 실제 환기 수요(demand)에 맞추어 정확한 양의 외기를 제 때에 공급하도록 환기시스템을 제어하는 것을 권장한다.

#### - 참고문헌 -

1. 어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선 방안, 김호현 남인식 최길용 이정훈 양선희 정유진(2017).
2. 어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단. 김호현·최인석·성민기·조훈식·손성희(2015).
3. 민감계층이용시설의 쾌적한 실내환경 종합진단을 위한 지수개발 연구, 환경부·한국실내환경학회(2013).

작업항목	작업사항	주기
점검 및 청소	평상시 환기설비 운전예 지장이 없을 정도의 점검 및 청소	3개월 (프리필터의 청소)
세부점검 및 필터교환	필터의 성능저하를 방지하기 위한 세부 점검 및 필터 교환	6개월 (미디움 필터 이상) 1-2년(헤파필터)
환기 덕트 점검	누기 점검 및 덕트내부 청소	1년
보수 및 수리	세부점검을 통해 정상적인 보수를 할 수 없을 정도의 경우	수시