



안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(III)

어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선 방안

김호현 남인식 최길용 이정훈 양선희 정유진

Korea Institute of Child Care and Education

Korea
Institute of Child Care and Education

경제·인문사회연구회 협동연구 총서 17-48-04

연구보고 2017-34-04

안전한 영유아 보육 교육 환경 조성 방안(Ⅲ) 어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선 방안

김호현 남인식 최길용 이정훈 양선희 정유진

주관연구기관: 육아정책연구소

협력연구기관: 한양대학교 산학협력단, 한국실내환경학회

경제·인문사회연구회 협동연구 총서

“안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ)”

1. 협동연구 총서 시리즈

협동연구 총서 일련번호	연구보고서명	연구기관
17-48-01	안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ): 유치원과 어린이집의 건강·위생 관리 실태 및 증진 방안	육아정책연구소
17-48-02	안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ): 유치원과 어린이집의 건강·위생 관리 실태 분석	육아정책연구소
17-48-03	안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ): 영유아 건강관리 가이드북 개발: 유치원·어린 이집용	한양대학교 산학협력단
17-48-04	안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ): 어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선 방안	한국실내 환경학회

2. 참여연구진

연구기관	연구책임자	참여연구진
주관 연구 기관	육아정책연구소 최은영 연구위원 (총괄책임자)	김아름 부연구위원 이민경 연구원
		육아정책연구소 최은영 연구위원
협력 연구 기관	한양대학교 산학협력단 김남수 교수(한양대학교)	신손문 교수(단국대학교) 길홍량 교수(충남대학교) 엄애선 교수(한양대학교) 남인식 교수(동국대학교)
		한국실내 환경학회 김호현 교수(평택대학교)
		최길용 교수(부산대학교) 이정훈 연구원(평택대학교) 양선희 연구원(평택대학교) 정유진 연구원(평택대학교)

머 리 말

최근 실내 공기오염으로 인해 환경성질환이 유발될 수 있다는 주장이 제기되면서 건강관리의 중요성이 부각되고 있다. 특히 민감계층인 영유아, 어린이 등은 동일한 오염수준에 노출되어도 성인에 비해 더 건강에 해로울 수 있기 때문에 우선적으로 보호되어야 한다. 또한, 세계보건기구(WHO), 선진국 등을 중심으로 생활환경에서 어린이에 대한 환경유해인자의 노출과 이로 인한 인체 위해성을 평가하는 노력을 기울여오고 있다.

정부 부처별로 법과 제도를 운영하고 있으나 개별 관리로는 효과적인 실내공기질 관리에 한계가 있으며, 대부분의 연구는 일부 환경에 국한되어 있는 실정이다. 본 정책보고서에서는 국내에서 실행되고 있는 실내공기질 관리 제도와 국외의 실내공기질 관리 사례를 분석하고, 현재 어린이집 및 유치원과 관련된 친환경 건축자재 및 친환경 건축물 인증제도, 공기청정제품 및 환기설비를 분석하여 현행 제도의 문제점을 파악하고 정책적으로 제안하여, 현재 시행되고 있는 체크리스트를 보완하는 것이 목적이다.

주요 연구내용은 국내외 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사 결과 및 관리 방안을 검토하고, 관리제도, 가이드라인, 우수사례를 분석하기 위해 국내외 문헌을 조사하며, 어린이집 및 유치원의 실내공기오염 노출 실태와 현황을 분석하는 것이다. 어린이집 및 유치원의 실내공기오염 노출 자료들을 비교하여 관리방안의 방향을 제시하고, 마지막으로 친환경 건축자재 및 건축물 인증제도 등의 제도적 개선이나 공기청정제품, 자연 및 기계환기 방법 등 환기설비(제어), (초)미세먼지 경보 시 어린이집 및 유치원 시설 및 재실자 액션 플랜 등의 실내공기질 관리를 위한 개선 방안을 마련하여 제시하는 것이다.

끝으로 본 정책보고서의 내용은 기존 연구자들의 자료를 모아 경향성 등을 분석하여 현재 관점에서 제안한 연구진의 의견이며, 기존 연구자들의 노고에 경의를 표한다.

2017년 12월
한국실내환경학회
회장 배귀남

차 례

요약	1
I. 서론	9
1. 연구의 필요성 및 목적	9
2. 연구 내용	13
3. 연구 방법	14
II. 연구의 배경	16
1. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리 관련 문헌분석	16
2. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사 결과 비교·평가	38
III. 실내공기질 관리 현황	55
1. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리 현황	55
2. 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 현황	62
3. 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어) 관리 현황	76
IV. 실내공기질 방향 설정 및 정책 제언	97
1. 실내공기질 관리 방향 및 문제점을 바탕으로 정책 방안 제언	97
2. 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 바탕 정책 방안 제언	101
3. 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어)를 바탕으로 정책 방안 제언	105
4. (초)미세먼지 경보 시 등 어린이집 및 유치원 시설 및 재실자 액션 플랜	108
V. 시설별 특성 분석에 따른 실내공기질 개선을 위한 체크리스트(안)	118
1. 어린이집, 유치원 시설 특성 분석	118
2. 본 연구에서 제안하는 체크리스트(안)	124
VI. 연구의 함의 및 제언	125
참고문헌	128
Abstract	137

부록	139
부록 1. 부표	141
부록 2. 미세먼지 대응 각종 보고서식	176

표 차례

〈표 II-1- 1〉 Chemical, physical and comfort parameters, microbiological agents and allergens evaluated	23
〈표 II-1- 2〉 환경보건법에 따른 어린이활동공간 환경안전 관리	28
〈표 II-1- 3〉 환경보건법에 의해 규정된 어린이활동공간 법령 및 규정 비교	28
〈표 II-1- 4〉 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019)	29
〈표 II-1- 5〉 2그룹 현장평가 대상자 분류	31
〈표 II-1- 6〉 1그룹 현장평가 대상자 분류	31
〈표 II-1- 7〉 실내 이산화탄소 농도에 대한 기준값	35
〈표 II-1- 8〉 실내 휘발성유기화합물 농도에 관한 기준값	35
〈표 II-1- 9〉 ‘Indoor Air Certification Scheme’의 평가기준	36
〈표 II-1-10〉 핀란드 Classification of Indoor Climate 2000의 계절별 실내공기질 평가항목 및 기준	37
〈표 II-1-11〉 핀란드 Classification of Indoor Climate 2000의 오염물질별 실내공기질 평가항목 및 기준	38
〈표 II-2- 1〉 PM10 농도분포	40
〈표 II-2- 2〉 PM10의 건축 연수에 따른 농도 분포 (어린이집)	41
〈표 II-2- 3〉 PM10의 건축 연수에 따른 농도 분포 (유치원)	41
〈표 II-2- 4〉 PM10의 환기 횟수에 따른 농도 분포 (어린이집)	42
〈표 II-2- 5〉 PM10의 환기 횟수에 따른 농도 분포 (유치원)	42
〈표 II-2- 6〉 측정대상 어린이집 시설현황	43
〈표 II-2- 7〉 A어린이집 미세먼지 측정 결과(여름 및 겨울)	43
〈표 II-2- 8〉 A어린이집 부유세균 및 진균 농도(여름 및 겨울)	44
〈표 II-2- 9〉 B 어린이집 미세먼지 측정 결과(여름 및 겨울)	45
〈표 II-2-10〉 B어린이집 부유세균 및 진균 농도(여름 및 겨울)	46
〈표 II-2-11〉 C 어린이집 미세먼지 측정 결과(여름 및 겨울)	47
〈표 II-2-12〉 C 어린이집 부유세균 및 진균 농도(여름 및 겨울)	49
〈표 II-2-13〉 어린이집 실내공기환경 항목(권고기) 측정값	51
〈표 III-1- 1〉 어린이집 위해성 평가결과	58

〈표 III-1- 2〉 유치원 위해성 평가결과	59
〈표 III-1- 3〉 어린이집별 오염물질 초과 현황	59
〈표 III-1- 4〉 어린이집 실내공기환경 항목(권고기) 측정 값	60
〈표 III-1- 5〉 환경안전관리기준 위반 현황 (개소)	61
〈표 III-2- 1〉 국내 친환경 건축자재 운영에 따른 용어의 정의와 약칭	62
〈표 III-2- 2〉 친환경 건축자재 인증등급	63
〈표 III-2- 3〉 국내 친환경건축물 인증제도 연혁	67
〈표 III-2- 4〉 국내 친환경건축물 연도별 건축물 현황	67
〈표 III-2- 5〉 국내 친환경건축물 인증제도	68
〈표 III-2- 6〉 친환경건축물 인증제도 내용 평가항목	69
〈표 III-2- 7〉 LEED 시스템 개요	71
〈표 III-2- 8〉 LEED-NC 2009(VER 3.0)의 등급	71
〈표 III-2- 9〉 BREEAM 시스템의 등급별 점수	72
〈표 III-2-10〉 BREEAM 2011 주요 평가항목	72
〈표 III-2-11〉 CASBEE의 평가부문 및 평가항목	73
〈표 III-2-12〉 평가분야별 구성내용	74
〈표 III-2-13〉 용도별 평가 항목의 분석 개수 및 배점	75
〈표 III-3- 1〉 공기청정기의 원리에 따른 분류 및 장단점	81
〈표 III-3- 2〉 공기정화기술 분류 및 원리	83
〈표 III-3- 3〉 공기청정기 가동에 따른 오염물질 처리 효율 결과	88
〈표 III-3- 4〉 부처별 환기설비 설치 및 관리기준	91
〈표 III-3- 5〉 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량	92
〈표 IV-1- 1〉 환경안전진단 관리대상 적용 시기	97
〈표 IV-4- 1〉 대응단계별 요건	109
〈표 IV-4- 2〉 용어정의	109
〈표 IV-4- 3〉 기관별 단체별 조치사항 요약	110
〈표 IV-4- 4〉 (초)미세먼지 단계별 대응요령	116
〈표 V-1- 1〉 어린이집의 실내공기질 관리 매뉴얼 체크리스트	119
〈표 V-1- 2〉 어린이집 및 아동복지시설의 실내공기질 체크리스트	120

그림 차례

[그림 II-1 -1] Child Care Facility Environmental Public Health Information Manual 표지	16
[그림 II-1- 2] Health and Safety Guidelines for Child Care Facilities 표지	16
[그림 II-1- 3] An Ounce of Prevention! Integrated Pest Management (IPM) For Schools and Child Care Facilities 표지	17
[그림 II-1- 4] Minnesota Department of Health(MDH) 홈페이지	18
[그림 II-1- 5] Project TENDR(Targeting Environmental Neuro-Developmental Risk) 표지	18
[그림 II-1- 6] NEXUS, The Near Road Exposure and Effects of Urban Air Pollutions Study(2013) 홈페이지	19
[그림 II-1- 7] School siting guidelines 표지	20
[그림 II-1- 8] The Smart School Siting Tool User Guide (2015, Dec) 표지	20
[그림 II-1- 9] Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe Final Report 표지	21
[그림 II-1-10] SINPHONIE의 연구 설정 구조	23
[그림 II-1-11] Type of geographical area	24
[그림 II-1-12] Geographical location	24
[그림 II-1-13] Potential sources of outdoor air pollution near school building	25
[그림 II-1-14] Year of construction	25
[그림 II-1-15] Type of external walls	25
[그림 II-1-16] Type of foundation/ground floor	26
[그림 II-1-17] 독일 연방환경청의 어린이-환경 조사 보고서 표지	27
[그림 II-1-18] 환경부에서 주최하는 어린이활동공간 환경안전진단사업 안내문	30
[그림 II-1-19] 미국 EPA: Action Kit	33
[그림 II-1-20] 미국 EPA: IAQ Coordinator Functions	33
[그림 II-1-21] IAQ 효율적 관리를 위한 프레임워크	34
[그림 II-2- 1] C 어린이집 미세먼지 실시간 측정 결과(여름 및 겨울)	48

[그림 II-2- 2] 실내공기질 관리 기본 계획 - 미세먼지 (2015~2019)	49
[그림 II-2- 3] 실내공기질 관리 기본 계획 - 이산화탄소 (2015~2019)	50
[그림 II-2- 4] 실내공기질 관리 기본 계획 - 총부유세균 (2015~2019)	50
[그림 II-2- 5] 미세먼지(PM10) 농도분포	53
[그림 II-2- 6] 폼알데하이드(HCHO) 농도분포	53
[그림 II-2- 7] 총부유세균(TBC) 농도분포	54
[그림 III-1- 1] 국외 자료 검토를 통한 최신 경향(1)	55
[그림 III-1- 2] 국외 자료 검토를 통한 최신 경향(2)	56
[그림 III-1- 3] 발암위해도 기여율	57
[그림 III-1- 4] 비발암위해도 기여율	57
[그림 III-2- 1] 인증 절차	64
[그림 III-2- 2] 친환경 건축자재 인증마크	65
[그림 III-2- 3] 친환경 건축자재 인증마크	65
[그림 III-2- 4] 친환경 건축자재 시험의 분석 방법	66
[그림 III-2- 5] 친환경건축물 인증제도의 개정경과	68
[그림 III-2- 6] 친환경건축물 인증제도 기존 및 개정 배점에 따른 개정된 평가 항목	70
[그림 III-2- 7] 생애주기 단계별 LEED 평가 시스템의 활용	71
[그림 III-2- 8] 용도별 친환경 제도 분석 항목 개수 비율(%)	75
[그림 III-3- 1] 공기정화기술 원리	77
[그림 III-3- 2] HEPA 필터의 구조	79
[그림 III-3- 3] 날씨에 따른 어린이집 PM10, PM2.5 실외 농도 비교	84
[그림 III-3- 4] 날씨에 따른 어린이집 TBC, SDAC 실외농도 비교	85
[그림 III-3- 5] 공기청정기 미가동/가동에 따른 실시간 미세먼지 농도	86
[그림 III-3- 6] 공기청정기 미가동/가동에 따른 복도 미세먼지 저감율	86
[그림 III-3- 7] 공기청정기 미가동/가동에 따른 실시간 미세먼지 농도	87
[그림 III-3- 8] 공기청정기 미가동/가동에 따른 복도 미세먼지 저감율	87
[그림 III-3- 9] 공기청정기 설치 후 실내 미세먼지 개선 효과(1차년도)	89
[그림 III-3-10] 미세먼지 평균값 변화(공기청정기+제균기)	90
[그림 III-3-11] 부유세균 평균값 변화(공기청정기+제균기)	90
[그림 III-3-12] 대향 및 수직 방향 창(예)	94

[그림 IV-1- 1] 어린이활동공간 환경안전관리기준(환경보건법 시행령 별표2)	98
[그림 IV-1- 2] 어린이집 및 유치원 실내공기질(IAQ) SWOT 분석 및 관리방 안 방향 설정	99
[그림 IV-1- 3] 어린이집, 유치원 적용 제도적 개선 위한 내용 및 개선 방안 제안	100
[그림 IV-2- 1] 어린이집, 유치원 적용 제도적 개선 위한 내용 및 개선 방안 제안	104
[그림 IV-3- 1] 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어) 관리 방안(안) 제시	107
[그림 IV-4- 1] (초)미세먼지 주의보(경보) 발령시 대응단계	109
[그림 IV-4- 2] 미세먼지 주의보(경보) 발령 전 사전 준비사항	111
[그림 IV-4- 3] 미세먼지 주의보 발령시 운영체계	112
[그림 IV-4- 4] 미세먼지 경보 발령 시 운영체계	113
[그림 IV-4- 5] 미세먼지 주의보, 경보 발령 해제 요건	113
[그림 IV-4- 6] 보고체계	114
[그림 IV-4- 7] 고농도 미세먼지 대응요령(7대)	116
[그림 V-1- 1] 어린이집 및 유치원 실내공기질 관리 체크리스트 카테고리	123

부표 차례

〈부표 1- 1〉 실내공기오염의 주요 오염물질과 발생원	141
〈부표 1- 2〉 어린이활동공간별 주요 국외 법령·제도	141
〈부표 1- 3〉 어린이활동 가능공간의 시설별 적용법규	144
〈부표 1- 4〉 유럽기준(DIN EN 13779: 2007-09)에 따른 실내공기질 분류·	144
〈부표 1- 5〉 어린이활동공간 관련 연구과제 대상별, 노출경로별 분류	145
〈부표 1- 6〉 연구과제 조사 물질에 대한 노출 경로 및 평가매질별 분류·	147
〈부표 1- 7〉 어린이집 실내공기환경 항목(유지기) 측정 값	150
〈부표 1- 8〉 각 시설의 동등한 측정 농도 중 CO ₂ 및 TAB 농도 값	151
〈부표 1- 9〉 각 시설의 초기 측정 농도 중 CO ₂ 및 TAB 농도 값	151
〈부표 1-10〉 2016년 점검 현황	151
〈부표 1-11〉 2010~2016년간 점검 현황	152
〈부표 1-12〉 2009~2016년간 환경안전진단 추진 현황	152
〈부표 1-13〉 시험방법	152
〈부표 1-14〉 실내환경의 용도별 분석 평가 항목	153
〈부표 1-15〉 기타 국외 공기청정기 인증 현황	156
〈부표 1-16〉 국내외 공기청정기 관련 규격	156
〈부표 1-17〉 자연 및 기계 환기의 환경인자 관리방안	157
〈부표 1-18〉 CO ₂ 와 TBC 농도에 따른 환기시간	158
〈부표 1-19〉 시설별 특성에 따른 실내공기질 체크리스트	159
〈부표 1-20〉 어린이집 및 아동시설 공기질 관리 체크리스트	160
〈부표 1-21〉 2011년도 다중이용시설 실내공기질 진단 및 개선의 체크리스트	165
〈부표 1-22〉 어린이집·유치원의 체크리스트	166
〈부표 1-23〉 어린이집 및 유치원의 상황별 일일 체크리스트 6가지(안)	168
〈부표 1-24〉 연구에서 제안하는 체크리스트	169

요 약

1. 서론

가. 연구의 필요성과 목적

- 최근 실내 공기오염으로 인해 환경성 질환이 발병될 수 있다는 주장이 제기되면서 건강에 대한 중요성이 부각되고 있음. 그 중 민감계층인 영유아, 어린이 등은 동일한 오염수준에 노출되었을 경우 더 큰 피해를 받을 수 있기 때문에 효율적인 관리가 필요함.
- 국내에서 실행되고 있는 실내공기질 관리 제도와 국외의 실내공기질 관리 선행사례를 분석하고 현재 어린이집 및 유치원에서 사용되는 친환경 건축자재, 건축물 제도와 공기청정제품을 분석하여 실행되고 있는 제도의 문제점을 파악하고 정책적으로 제안하며, 이러한 분석을 통해 얻어진 결과와 현재 시행되고 있는 체크리스트를 바탕으로 보완한 체크리스트를 제시하는 것이 목적임.

나. 연구내용

- 국내외 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사 결과 및 관리 방안을 검토함. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사를 위한 연구와 관리제도, 가이드라인, 우수사례 분석을 위해 국내외 문헌 조사를 실시함.
- 어린이집 및 유치원의 실내공기질 노출 실태와 현황을 분석함. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 노출 조사 결과들을 비교하고 평가하여 관리 방안에 대한 방향을 설정함.
- 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 등의 제도적 개선이나 공기청정제품, 자연 및 기계환기 방법 등 환기설비(제어), (초)미세먼지 경보 시 어린이집 및 유치원시설 및 재실자 액션 플랜 등의 실내공기질 관리를 위한 개선 방안을 마련, 제시함.

다. 연구 방법

□ 문헌연구

- 어린이집 및 유치원 실내공기질 개선을 위해 국내외 실내공기질 현황과 노출 결과, 환경유해인자 관계 법규, 부처별 실내공기질 관리제도, 가이드라인 등을 분석 및 검토하고 보완된 개선 방안을 위한 추가 우수 관리 사례를 조사함.

□ 현황분석

- 어린이활동공간 관련 '02~'17년 동안의 22개의 과제연구를 분류, 오염물질의 농도, 시간, 공간, 계절에 따른 결과들을 비교 분석하고, 이는 실내공기질 오염물질 농도에 대한 특성이 평가된 보고서를 바탕으로 진행함.
- 친환경 건축자재(판, 패널 및 보드, 목재류, 바닥재, 벽지 등)와 건축물에 대한 인증 등급 및 시험 방법을 참고문헌을 바탕으로 서술함(한국공기청정협회, 2014).
- 공기청정제품과 자연 및 기계환기 방법으로 오염물질을 저감하기 위한 적절한 대안을 찾기 위해 공기청정제품의 성능을 확인하고 기계환기와 자연환기를 첨가한 정책을 제안함.

□ 가이드라인 제안

- 현황분석을 통한 실내공기질 관리 및 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도와 공기청정제품, 자연 및 기계환기 방법에 대한 현재의 문제점을 파악하고 앞으로 필요한 내용에 대해서 정책적인 제안을 함.
- 미세먼지 발생 시 어린이집 및 유치원의 어린이 등 건강취약계층 보호를 위한 대응 방식을 제시함.
- 어린이집 및 유치원 시설의 실내공기질 개선을 위해 보육시설의 실내공기질 관리 매뉴얼을 바탕으로 실내공기질 관리 시 필요한 사항과 조치되고 있지 않은 사항이 있다면 시정해야 할 사항을 바탕으로 2가지의 체크리스트를 제시함.
- 이전 실내공기질 개선방안에 대한 연구나 보고서를 통해 개선방안 제작 시 실제 어린이집과 유치원에서 사용하기에 부적합한 가이드라인이나 포

함되지 않은 가이드라인을 분석하고 이를 중심으로 새로운 가이드라인을 제안함.

2. 연구의 배경

가. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리 관련 문헌조사

- 국외 실내공기질 관리에 대해 미국은 United States Environmental Protection Agency(EPA), 독일은 SINPHOINE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe) 등 각 국가 특성에 맞는 관리 제도를 시행하고 있음.
- 국내 관련 시설(교육시설 등) 관리기준 및 제도 조사의 경우 환경부에서 주로 주관하고 있으며, 환경보건법이 2009년부터 적용/시행되고 있음. 주요 사항 중 적용대상의 경우 「영유아보육법」, 「유아교육법」에 다른 어린이집의 어린이집 및 유치원의 교실이 그 적용대상으로 설정되어 있음.
- 환경안심인증제도란 어린이집, 유치원이 환경관련법의 안전기준을 준수하고 있는 경우 환경적으로 안전하다고 인정해 주는 제도로써 환경부와 한국환경산업기술원이 인증 수행기관으로 진행되고 있음.

나. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사 결과 비교·평가

- 실내공기질 관리정책(김신도·김윤신, 2002)부터 휴대용 XRF를 이용한 서울시 학교 내 어린이용품 중 일부 유해물질 함량 조사(김규상·박현경·최길용·임완령·신규진, 2017)까지 총 22가지의 연구 과제를 중심으로 어린이집 및 유치원의 실내공기질 현황을 분석함.

3. 실내공기질 현황

가. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리 현황

- 국외의 경우 미국은 최근 어린이 신경발달 위해(risk) 관련 살충제류, 브롬화 난연제류, 연소부산물, 납, 수은 및 PCBs를 대표적인 물질의 모니터링을 언

급하였고, 유럽의 경우 SINPHONIE(School Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe)(2010~2012)에서 건물의 특성, 실내오염물질, 건물의 지리적 특성과 외기 오염원으로 인한 실내공기오염과 건강(보건)과의 관련성이 있음을 광범위하게 언급하였음.

- 국내에서는 '08년부터 2년여에 걸쳐 실시한 어린이활동공간 유해물질노출 및 위해성 조사사업(환경부, '08~'09)에서 어린이집 및 유치원 내의 어린이 건강을 위해 해충구제 시 사용하는 폼알데하이드, 유기인계 살충제 및 일부 중금속 물질에 대한 관리 강화가 필요할 것으로 밝혀짐.

나. 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 현황

- 친환경 건축물 인증제도는 건축물의 자재생산, 설계, 건설, 유지관리 폐기 등 전 과정을 대상으로 에너지 자원의 절약, 오염물질의 배출감소, 쾌적한 거주 환경 조성 등 환경에 영향을 미치는 요소 등을 평가하여 건축물의 환경성능을 인증하고 친환경 건축물의 건설을 유도하기 한 목적으로 만들어진 자발적인 제도임(한국공기청정협회, 2014).
- 국외의 친환경 건축물 인증제도의 경우(미국): LEED는 미국의 자발적인 비영리 민간 협의체인 미국 그린 빌딩 협의회(USGBC: U.S Green Building Council) 주도로 1993년에 건설사업과 관련된 단체 중심으로 개발됨(박진철, 2012).

다. 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어) 관리 현황

- 어린이집, 유치원 시설에 공기청정제품의 적용은 상당히 효과적이라 할 수 있으며, 실내 오염물질 배출 특성과 기류 등 본 적용대상 시설의 특성을 반영하여 설치 위치 선정, 오염물질 부하량, 활동도를 고려한 공기청정제품 용량(크기) 산정 등을 통해 보다 효율적인 관리 방안 마련이 필요할 것임.
- 국내의 기계환기 관련 연구는 외기전담시스템(Dedicated Outdoor Air System, DOAS)을 기반으로 증발냉각을 결합하는 형태의 시스템 구성과 배 열회수 기술(열교환기)을 통해 미사용 열에너지를 재사용하는 제품 개발 및 설계가 주류를 이루고 있으며, 최근에는 제습기의 사용으로 공조시스템 성능 개선 관련 연구도 진행 중임.
- 기계환기가 필요하지만 시설설비 도입이 어려운 경우 채광과 환기를 고려하

여 거실(교실) 바닥면적 5% 이상에 해당하는 개폐가 가능한 창문 2개 이상(대향 및 수직방향 창)을 설치하고 1일 2회 이상의 자연환기가 필요함을 제안함.

4. 실내공기질 관리 방향 설정 및 정책 제언

가. 실내공기질 관리 방향 및 문제점을 바탕으로 정책 방안 제언

□ 2008년부터 2년여에 걸쳐 실시한 어린이활동공간 유해물질노출 및 위해성 조사사업(환경부, '08~'09)에서 어린이집 및 유치원의 유해물질에 대한 위해성 평가결과, 어린이 건강을 위해 해충구제를 목적으로 실내에서 사용하는 폼알데하이드, 유기인계 살충제 및 일부 중금속 물질에 대한 관리 강화가 필요할 것으로 밝혀짐.

□ 방향 설정

- 어린이집 및 유치원 환경유해인자 안전관리 강화 검토
- 어린이집 및 유치원의 Risk 해결방안 검토
- 어린이집 및 유치원 기존 제도의 강화 검토 및 IAQ 장기관리 제언

나. 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 바탕 정책 방안 제언

□ 정책 제언

- 어린이집 및 유치원의 건축물 인증제도의 정책 확대를 바탕으로 실내 활동 공간에 친환경 어린이시설 인증제도 도입을 검토함.
- 친환경건축물 인증평가 항목 중 어린이집 및 유치원의 시설 인증 지표 확대 및 내용 중 항목 추가를 검토함.
- 어린이집 및 유치원 시설의 인증내용 중 위해(risk) 저감을 위한 평가 내용을 보완함.

다. 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어)를 바탕으로 정책 방안 제언

□ 정책 제언

- 어린이집 및 유치원 환기설비(제어) 적용 가능 기술 검토
- 어린이집 및 유치원의 환기설비(제어) 적용방안 검토
- 어린이집 및 유치원 환기설비(제어) 적용에 따른 운영·유지·관리 방안 제안

라. (초)미세먼지 경보 시 등 어린이집 및 유치원 시설 및 재실자 액션 플랜

- 이 매뉴얼은 「대기환경보전법」 제7조의2(대기오염도 예측·발표) 및 제8조(대기오염에 대한 경보)를 근거로 「고농도 미세먼지」 발생 시 어린이 등 건강 취약계층 보호를 위한 대응지침서를 본 정책보고서의 어린이집 및 유치원 이용 대상 건강 취약계층인 영·유아 및 어린이용 용도로서 편집하여 제시함.
- 미세먼지 예보등급이 ‘나쁨’ 이상인 경우와 고농도 미세먼지(‘나쁨 이상’)가 발생하거나, 실제로 해당 광역자치단체에서 주의보·경보가 발령되어 국가·광역자치단체가 관리해야 하는 경우에 적용하게 됨.

5. 시설별 특성 분석에 따른 실내공기질 개선 위한 체크리스트(안)

가. 어린이집, 유치원 시설 특성 분석

- 어린이집 관련 자료 중 실내공기질 개선을 위한 “보육시설·아동복지시설의 실내공기질 관리 매뉴얼(환경부, 2009)”의 자료에서는 크게 6가지(주변환경, 실내공기, 오염원 관리, 환기 계획, 유지 관리 및 교육, 결로 및 곰팡이 방지, 공기청정기 관리)로 나누어 실내오염물질의 종류의 발생원과 인체 영향을 정리함.
- ‘보육시설의 실내공기질 설계 및 유지관리 지침서(환경부, 2008)’에 따르면, 실내공기질 설계를 6가지(주변 환경 관리 가이드, 실내 공기오염원 관리 가이드, 환기계획 및 환기설비 가이드, 지하공간 및 결로 방지 가이드, 유지관리 및 교육 가이드, 실내공기질 설계 및 유지관리 가이드 종합 체크 리스트) 가이드로 환경부의 관리방안을 마련함.

나. 본 연구에서 제안하는 체크리스트(안)

- 상기 관련 문헌자료 분석을 근거로 본 연구의 대상 시설인 어린이집 및 유치원의 환경과 실태를 고려하여 체크리스트(안)를 제시하고자 함. 또한 기존 체크리스트를 바탕으로 시설에서 자체적으로 매일 검사할 수 있는 데일리 체크리스트를 제시함.

5. 연구의 함의 및 제언

- 법규제물질 즉, 다중이용시설 실내공기질 관리(환경부) 기준 또는 교사 안에서의 공기질(교육부)에 대한 유지·관리기준으로 인한 환경유해인자의 관리를 실시하여 양호한 편이나, 일부 물질의 모니터링이 필요한 것으로 분석됨.
- 「환경보건법」 중 환경안전관리기준 및 환경안심인증제도 등 타법의 규제, 타 부처의 인증사업 등의 인지 및 공유의 부재, 어린이집 및 유치원 환경에 대한 부처별 관리 즉, 행정안전부(놀이터), 교육부(유치원), 보건복지부(어린이집·소독제), 국무총리산하(육아정책 등)의 사전 예방적 추진에 한계점이 있음.
- 어린이집 및 유치원의 환경유해인자 안전관리 강화를 위해서 관리방안의 마련 및 정책 결정이 필요하며 다환방향족탄화수소류(PAHs), 이산화질소(NO₂), 초미세먼지(PM_{2.5}), 블랙카본(BC), 진균류, 집먼지진드기, 총휘발성유기화합물류(VOCs)의 기준항목 검토와 추가적인 모니터링이 요구됨.
- 어린이집 및 유치원의 Risk 해결방안 검토를 위해 최신 자료 등 근거중심의 접근법이 요구되며 어린이집 및 유치원의 위치 및 거리별(교통오염원 중심) 등 유해물질의 Mapping 및 ADHD 등 신경발달장애, 주의(집중)력 결핍 저감 평가 등이 필요함.
- 어린이집 및 유치원 기존 제도의 강화·검토 및 IAQ 관리 로드맵 제안을 위해 관련 법 규제, 부처별 통합(일원화) 또는 관리항목 강화, 법규제 및 미규제 모니터링 항목의 확정을 통한 모니터링 중·장기 계획 포함 제안 및 섭취(먼지 노출) 매체 추가 등 다각적인 방안이 고려되어야 함.

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

가. 연구의 중요성

1) 실내공기질 관리의 중요성

가) 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리의 중요성

영·유아 및 어린이들은 하루일과의 90% 이상을 실내에서 생활하고 있어 실내 환경에 의해서 영·유아의 건강상태가 달라질 수 있다고 말할 수 있다. 게다가 에너지 낭비를 줄이기 위해 실내공간 밀폐화가 진행되고, 복합 화학물질로 구성된 건축 자재의 사용이 증가함에 따라 각종 실내환경 문제가 제기되고 있다(부표 1-1 참고).

현재 환경부에서 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」에 의해 다중이용 시설(17개 시설군) 및 신축공동주택의 실내공기질을 관리하고 있지만(이종현·김찬국·박진호·박관수·이태우·김수현·설휘수·양지연, 2012), 환경부·교육과학기술부·고용노동부·보건복지부 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) 어린이의 건강에 대한 중요성

어린이의 건강에 대한 중요성은 노출, 섭취, 흡입 3가지로 분류해서 파악할 수 있다. 노출 부분에서 보면, 일상생활 중 세제, 화장품, 장난감, 어린이용품과 방향제 등의 무수한 화학물질에 노출되어 살고 있다. 또한 섭취의 부분에서 보면, 최근 20년 동안 인체의 생식발달 이상 징후가 증가하고 있다. 이러한 이상 징후는 급속한 산업화 및 도시화로 개인 식생활 및 생활환경의 변화 등에 의하여 체내에 축적된 환경호르몬의 영향으로 여겨지고 있다. 마지막으로 흡입 부분에서 보면 기후변화로 인하여 혹서와 한파와 같은 극한적 날씨의 변화, 홍수, 가뭄 등의 발생 빈도가 증가하고 있다. 이러한 기후변화로 인하여 말라리아, 뎅기열, 콜레라 등의 열대성 질병이 증가하고 있을 뿐만 아니라 알레르겐을 증가시켜 알레르기질환 및 천식 등이 증가하고 있다.

가) 어린이의 화학물질에 따른 건강의 역학적 관계

우리나라의 고도성장으로 인한 산업발달과 함께 생산·유통되는 화학 물질의 양과 종류는 증가하고 있다. 따라서 인체에 악영향을 야기할 수 있는 유해화학물질 노출의 가능성 또한 높아지고 있다(Parsons & McIntosh, 2010). 특히 일반인들의 유해화학물질 노출로 인한 위해성은 생활환경 중에서 직접 및 간접적이며 여러 가지의 물질이나 제품을 사용하는 과정에서 크게 위험성이 증가할 수 있다(Montagne et al., 2014). 이러한 위해성을 감소시키기 위해 최근 화학물질의 관리 정책은 생산 및 제조단계에서의 관리로부터 소비단계의 관리로 변하는 추세에 있다(박건호·박진호·김지선·김아윤·신지혜·박정현, 2009). 대표적으로 유럽연합(EU)의 신화학물질 관리제도 REACH(Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemistry)와 미국의 화학물질의 평가 및 운영프로그램 ChAMP(CheMical Assessment & Management Program)를 예로 들 수 있다(박건호·박진호·김지선·김아윤·신지혜·박정현, 2009). 최근 유해물질을 포함한 환경오염에 민감한 어린이의 노출과 위해성에 대한 관심이 매우 증가하고 있다(박건호 외, 2009). 어린이는 외부 스트레스에 대한 저항능력이나 면역기능이 성인에 비해 떨어지고, 신체 조직이 빠르게 발달하는 단계에 있으며, 이 시기의 유해물질 노출은 전 생애 및 후대에 걸쳐 심각한 피해와 후유증이 나타날 우려가 있

다(Kang, Achilleos, Lawrence, Wolfson, & Koutrakis, 2014). 여기에서 본 연구와 관련성이 높은 아이의 질환 중에서 아토피성 피부질환 및 천식과 같은 환경성질환의 발생이 어린이에게 악영향을 줄 수가 있으며, 이에 따라 생활환경 중 환경유해인자의 관리가 필히 요구된다(서성철·강인순·임수길·정지태·유영, 2015).

국외의 영향과 우리나라의 영향을 비교해 보면, 유엔(UN) 및 국제연합아동기금(UNICEF), 세계보건기구(WHO) 등 선진국을 중심으로 어린이에 대한 환경유해인자의 노출을 저감하고자 어린이의 주변 환경에 대한 노출과 위해성을 평가하기 위한 노력들이 진행되어 오고 있다(이정재·김석근·최석용, 2005). 여기에서 많은 규제와 법적 제한을 두고 있으나 아직은 많이 부족하고, 무엇보다 상당수의 연구는 일부 환경에만 국한되고 있으며 특히 아동의 주변 환경 중 식수, 공기, 토양 내 환경유해인자에 의한 노출에 많은 관심을 기울여 왔다(박건호 외, 2009).

따라서 표준화된 지침을 개발하고 일관된 방식으로 평가를 수행하여 어린이용품에서의 유해물질 위해성을 정확하게 판단하는 것이 중요하다고 할 수 있다(박건호 외, 2009). 이에 아래의 내용을 중심으로 어린이와 유해화학물질과의 관계를 다음과 같이 정리를 하고자 한다.

나) 환경호르몬의 개요와 인체적 영향

환경호르몬의 정확한 명칭은 외인성 내분비 교란 화학물질로, 체내에서 정상적으로 만들어지는 물질이 아니고 산업활동을 통하여 생성·분비되는 화학물질을 일컫는다. 또한 공산품인 일회용제품의 사용이나 폐기과정에서 유출되거나 각종 화학물질, 농약 등의 노출로 인하여 체내에 흡수된 환경호르몬은 극히 적은 양으로도 생체에 치명적인 영향을 미친다(Goldman, Laws, Balchak, Cooper, & Kavlock, 2000; Schug, Janesick, Blumberg, & Heindel, 2011). 폴리에틸렌(polyethylene, PE), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET), 폴리스티렌(polystyrene, PS) 등 합성수지제는 음료용기를 비롯한 다양한 식품포장재로 사용되고 있다. 2010년 식품 용기 및 포장 수입신고 현황을 보면, 기구 및 용기·포장의 수입신고 건수에서도 수입용기·포장 중 합성수지제가 37.7%로 가장 많은 부분을 차지하고 있는 것으로 조사 되었으며, 이러한 합성수지제의 가공원료가 화학물질이라는 이유로 식품섭취과정에서의 환경호르몬 노출에 대한 우려가 지속적으로 제기되고 있다(김미라·김효정, 2009; 석금수, 2000; 우종민·염태경·황진희·오우용·장동덕·이효민, 2007). 그러나 식품의약품안전처의 기준·규격 관리와 안전성 규명에도 불구하고

고 일반 국민들의 불안감 증대와 함께 환경호르몬의 안정성 문제가 사회문제로 대두되고 있다. 그러나 이전의 연구에서 식품용기의 건강 유해성이 논의된 반면, 현재까지 특정 물질 및 식품용기에 대한 노출사례가 보고된 바는 없다. 유기염소계 화합물(PCB, PVC 등), 다이옥신, 유기염소계 농약(DDT, BHC 등), 산화방지제(BHA), 비이온계 계면활성제(알킬페놀산), 플라스틱과 플라스틱 첨가제(비스페놀A, 스티렌류, 프탈산에스틸류), 살균제(OPP), 피임약(필) 등이 인체 내에서 '가짜 호르몬'으로 작용하여 생식기관의 이상, 정자 감소, 불임증가, 행동의 변화, 암 발생 등을 초래한 것으로 알려져 있다. 또한 뇌신경계와 면역계의 이상(아토피질환, 암)을 일으키는 원인 중 하나로 지목되고 있다(Jacobson & Jacobson, 1996; Lundgren & McMakin, 2013; Safe, 1995). 또한 이전 연구를 통해 화학물질 노출로 인한 척추동물의 생식이상이 여러 차례 확인되고 있다.

3) 신축 어린이집 및 유치원 설치 기준

가) 어린이집

「영유아보육법 시행규칙」 별표 1 어린이집의 설치기준(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 따른 지역에 설치된 어린이집이여야 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.

나) 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).

나. 연구의 목적

본 연구는 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리의 국내외 현황 분석 및 제도 분석, 선행 연구의 내용을 바탕으로 현 실내공기질 관리의 문제점을 파악하여 보완된 관리 방법을 제안하고자 한다. 본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 국내에서 실행되고 있는 실내공기질 관리 제도와 국외에서 실행되는 실내공기질 관리 선행사례를 분석하고 현재 어린이집 및 유치원에서 사용되는 친환경 건축자재, 건축물 제도와 공기청정제품을 분석하여 실행되고 있는 제도의 문제점을 파악하고 정책적으로 제안하는 것을 목표로 한다.

둘째, 분석을 통해 얻어진 결과와 현재 시행되고 있는 체크리스트를 바탕으로 보완한 체크리스트를 제시한다.

2. 연구 내용

본 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 국내·외 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사 결과 및 관리 방안을 검토한다. 어린이집 및 유치원에 대한 실내공기질 조사를 위한 연구와 관리제도, 가이드라인, 우수사례 분석을 위해 국내·외 문헌 조사를 실시한다.

둘째, 어린이집 및 유치원의 실내공기질 노출 실태와 현황을 분석한다. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 노출 조사 결과들을 비교하고 평가하여 관리 방안에 대한 방향을 설정한다.

셋째, 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 등의 제도적 개선이나 공기청정제품, 자연 및 기계환기 방법 등 환기설비(제어), (초)미세먼지 경보 시 어린이집 및 유치원시설 및 재실자 액션 플랜 등의 실내공기질 관리를 위한 개선방안의 마련을 제시한다.

3. 연구 방법

가. 문헌 조사

어린이집 및 유치원의 실내공기질 개선을 위해 국내·외 실내공기질 현황과 노출 결과, 환경유해인자 관계 법규, 부처별 실내공기질 관리제도, 가이드라인 등을 분석 및 검토하고 보완된 개선 방안을 위한 추가 우수 관리 사례를 조사하였다.

나. 현황 분석

1) 어린이집·유치원 실내공기질 현황 분석

어린이활동공간 관련 '02~'17년 동안의 22개의 과제연구를 분류하고, 오염물질의 농도, 시간, 공간, 계절에 따른 결과들을 비교 분석하고, 실내공기질 오염물질 농도에 대해 특성 평가된 보고서를 바탕으로 진행하였다.

2) 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도

친환경 건축자재(판, 패널 및 보드, 목재류, 바닥재, 벽지 등)와 건축물에 대한 인증 등급 및 시험 방법을 “친환경 건축자재 운영규정(한국공기청정협회, 2014)”을 바탕으로 설명하고, 조동우 외(2009)의 “친환경 건축물 인증 심사기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구” 등 2개의 참고문헌을 바탕으로 서술하였다.

3) 공기청정제품, 자연 및 기계환기 방법

공기청정제품과 자연 및 기계환기 방법으로 오염물질을 저감하기 위한 적절한 대안을 찾기 위해 “공기청정기 성능 기준 마련 및 적정관리 방안 연구(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006)” 외 3개의 참고 문헌을 분석하여 공기청정제품의 성능을 확인하고 “어린이집·경로당의 실내공기질 향상 방안(최유진, 2015)” 외 8개의 논문을 바탕으로 기계환기와 자연환기를 첨가한 정책을 제안하였다.

다. 가이드라인 제안

현황분석을 통한 실내공기질 관리 및 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증 제도와 공기청정제품, 자연 및 기계환기 방법에 대한 현재의 문제점을 파악하고 앞으로 필요한 내용에 대해서 정책적인 제안을 하였다.

미세먼지 발생 시 어린이집 및 유치원의 어린이 등 건강취약계층 보호를 위한 대응방식을 제시하기 위해 “고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원(교육부, 2017)”을 바탕으로 대응단계 및 기관별 조치사항을 제시하였다.

어린이집 및 유치원의 실내공기질 개선을 위해 “보육시설의 실내공기질 관리 매뉴얼(인천광역시 보건환경연구원, 2012)” 외 6개의 논문을 참고하여 실내공기질 관리 시 필요한 사항과 조치되고 있지 않은 사항이 있다면 시정해야 할 사항을 바탕으로 2가지의 체크리스트를 제시하였다.

이전 실내공기질 개선방안에 대한 연구나 보고서를 통해 개선방안 제작 시 실제 어린이집과 유치원에서 사용하기에 부적합한 가이드라인이나 포함되지 않는 가이드라인을 분석하고 이를 중심으로 새로운 가이드라인을 제안하였다. 또한 시설별 실내공기질 체크리스트 자료를 분석하여 실내공기질을 효율적으로 관리하기 위한 방안을 추가하여 새로운 체크리스트를 제작하고, 어린이집과 유치원 시설에서 매일 실내공기에 대한 내용을 숙지하고 점검할 수 있는 데일리 체크리스트를 제작하였다.

II. 연구의 배경

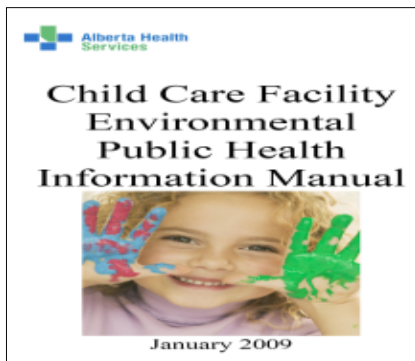
1. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리 관련 문헌분석

가. 국내·외 관련 시설(교육시설 등) 관리 기준 및 제도 조사

1) 국외

가) AHS (Alberta Health Services)

미국 캘리포니아 Alberta Health Services(AHS)에서 발간한 “Child Care Facility Environmental Public Health Information Manual(AHS, 2009)”은 어린이집 내에서 아이들에게 건강하고 안전한 환경을 만들어 주기 위해 제작되었으며, “환경 보건”은 신체 건강에 큰 영향을 미치는 실내·외 환경과 음식, 물, 공기를 포함하고 있다. 또한 “Health and Safety Guidelines for Child Care Facilities(AHS, 2014)”는 어린이집 안전 기준 및 보육 프로그램 운영 지원을 위해 만들어졌다(김호현·최인석·성민기·조훈식·손성희, 2015).



자료: Alberta Health Services(AHS). (2009. 1.).
Child Care Facility Environmental
Public Health Information Manual.

[그림 II-1-1] Child Care Facility
Environmental Public Health
Information Manual 표지

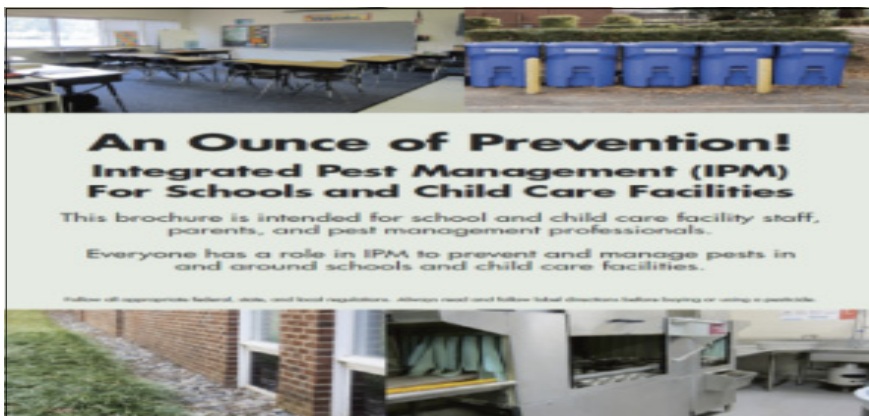


자료: Alberta Health Services(AHS). (2014. 4.).
Health and Safety Guidelines for
Child Care Facilities.

[그림 II-1-2] Health and Safety
Guidelines for Child Care Facilities
표지

나) IPM (Integrated Pest Management)

Integrated Pest Management(IPM)은 학교와 어린이활동공간 내 해충에 대한 침략을 방지하고 모니터링에 초점을 맞춘, 해충에 대한 사전 예방적 접근 방법이다. IPM은 정확한 식별 및 대상 해충에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 필요한 조치를 취하고 해충 문제를 예방하거나 재발을 최소화할 수 있도록 학교 경영 전략을 구현하는 데 도움이 된다. 신중하고 효과적인 해충 관리는 학교와 어린이활동공간의 안전성에 필수적인 부분이다.



자료: NCSU, Texas A&M, & Syngenta(2016). An Ounce of Prevention! Integrated Pest Management(IPM) for Schools and Child Care Facilities.

[그림 II-1-3] An Ounce of Prevention! Integrated Pest Management (IPM) For Schools and Child Care Facilities 표지

다) MDH (Minnesota Department of Health)

Minnesota Department of Health(이하 'MDH')는 어린이 노출에 대한 우려로 각광 받는 주요 화학물질을 살충제류, 휘발성유기화합물류, 다환방향족탄화수소류, 중금속, 비스페놀 A(이하 'BPA')로 보고하였다(Minnesota Department of Health 홈페이지).

또한 2015년 12월 21일, EU에서 완구류 내 TCEP, TCPP 및 TDCP 등 3종의 난연제와 BPA의 사용을 제한하는 내용의 완구지침 개정(안)이 발표되었다. 2013년 유럽위원회는 완구안전지침 부속서2 부록 C*에 3종의 난연제와 BPA 사용농도를 제한하는 내용의 지침개정(안) 초안을 발표한 바 있으며, 현재 개정(안)은 통과되었다.



자료: Minnesota Department of Health 홈페이지. <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/children/chemicals.html>에서 2017. 10. 30. 인출.

[그림 II-1-4] Minnesota Department of Health(MDH) 홈페이지

라) Project TENDR



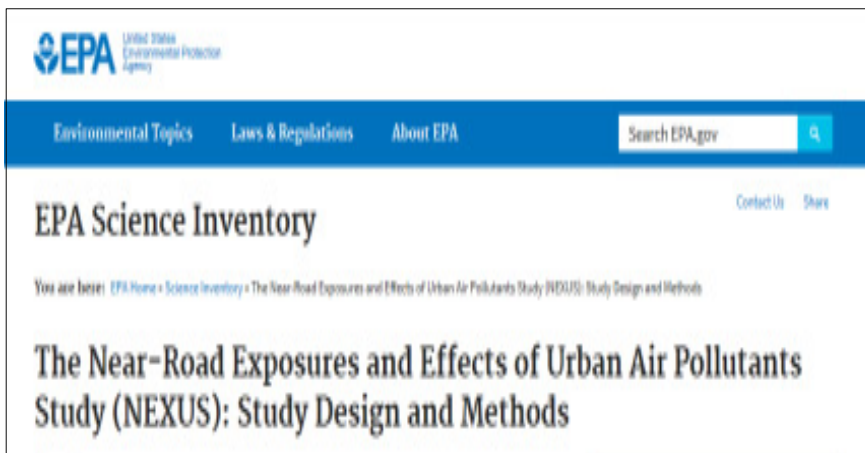
자료: Project Tendr 홈페이지. <http://xoscargarcia.com/index.php/portfolio/project-tendr>에서 2017. 10. 30. 인출.

[그림 II-1-5] Project TENDR(Targeting Environmental Neuro-Developmental Risk) 표지

신경발달 장애 및 위해성에 대한 미국의 최근 연구 동향은 Project TENDR를 통해 유해물질노출로 인한 환경으로부터 기인하는 ADHD 등과 같은 어린이 신경발달 위해성에 대한 연구가 활발하며, 주요 대상 독성 유해물질로써 살충제류, 브롬화난연제류, 연소부산물, 납(Lead)(이하'납'), 수은(Mercury)(이하'수은') 및 PCBs와 같은 대표적인 물질의 모니터링을 언급하고 있다(Bennett, Bellinger, & Bimbaum, 2016). 또한, 이러한 평가 물질에 대한 증거 기반의 새로운 접근법(New Approach to Evaluating Evidence)이 요구된다(Boas, Feldt-Rasmussen, & Main, 2012; Ejaredar, Nyanza, Ten Eycke, & Dewey, 2015; Mathieu-Denoncourt, Wallace, de Solla, & Langlois, 2015; Miodovnik, Edwards, Bellinger, & Hausler, 2014; U.S. Consumer Product Safety Commission, 2014).

마) EPA

NEXUS(The Near Road Exposure and Effects of Urban Air Pollutions Study)



자료: United States Environmental Protection Agency(EPA) 홈페이지. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=254202에서 2017. 10. 30. 인출.

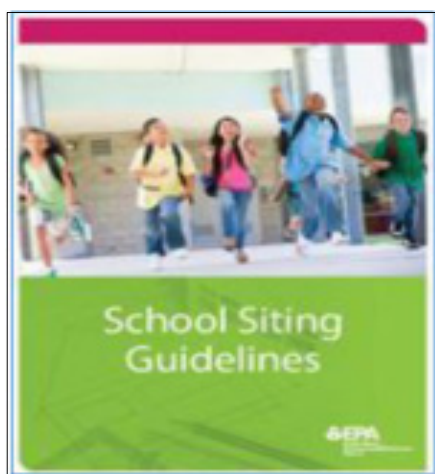
[그림 II-1-6] NEXUS, The Near Road Exposure and Effects of Urban Air Pollutions Study(2013) 홈페이지

교통관련 오염원 노출에 대하여 최근(2010~2015) 미국에서는 학교 주변 도로 교통 오염원으로 인한 실내·외 대기오염(traffic related air pollution)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전통적으로 문제시되어온 천식, 비염, 결막염뿐만

아니라, 어린이 주의(집중)력 결핍이 블랙카본, PM10, PM2.5, 이산화질소, 오존(O3) 등의 노출에 기인함을 제시하고 있다(Vette et al., 2013).

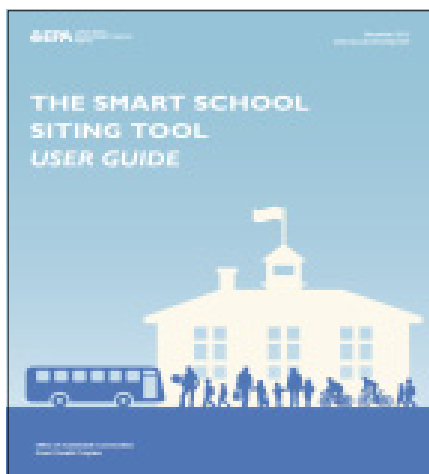
학교 위치에 따른 노출에 대하여 최근 미국에서는 “School Siting Guideline(EPA, 2011)”, “The Smart School Siting Tool: User Guide(EPA, 2015)”를 통해 고속도로, 간선도로 및 교통 혼잡 주변 학교 등에 대한 평가 유해물질, 매체(대기, 식수, 소음 등) 및 방법론(Map and Mapping)을 제시하고 있다. 주요 평가 대상 물질은 납, 수은 등 중금속, 살충제, 석면(asbestos), 휘발성유기화합물류(VOCs), 곰팡이(mold), 라돈 등이며, 대기오염(air pollution)의 집중평가와 위해성평가(Risk Assessment) 방법론의 적용을 언급하고 있다(EPA, 2011; EPA, 2015).

미국 EPA는 “The Smart School Siting Tool: User Guide(EPA, 2015)”를 제작하여 게시하였다. “The Smart School Siting Tool: User Guide(EPA, 2015)”에서 나타내는 가이드는 건강한 학교 환경을 달성하기 위해 초기 학교 부지 선정에서부터 예상 오염 물질 여부 및 대책을 고려하여 학교를 설립할 수 있도록 이해를 돕고 있다(EPA, 2015).



자료: United States Environmental Protection Agency(EPA)(2011). School Siting Guidelines.

[그림 II-1-7] School siting guidelines 표지



자료: United States Environmental Protection Agency(EPA)(2015). The Smart School Siting Tool: User Guide.

[그림 II-1-8] The Smart School Siting Tool User Guide (2015, Dec) 표지

바) SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)

2010년부터 2년간 독일, 영국 등 유럽의 23개국에서 SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe) 사업을 진행하였다. SINPHONIE는 유럽연합의 초등학교들을 대상으로 실외 및 실내환경을 측정 및 분석하여 각 물질에 따른 건강영향평가를 진행하고, 그에 따른 학교 및 어린이활동공간에 대한 실내환경 가이드라인을 제시하였다.



자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report.

[그림 11-1-9] Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe Final Report 표지

시찰을 통한 학교 건물의 특징과, 교실 내 실내공기오염원과 노출 현황, 건물 특징과 공기 오염원으로 나누어 분석결과를 설명하고 있다.

4.2 워크 스루 검사를 기반으로 한 학교 건물의 특징에서는 학교 지역, 건축 구조 특징, 환기상태, 과거 발생되었거나 눈에 보이는 문제점, 실내공기 오염원, 교실 특징, 교실 내 눈에 보이는 문제점, 온열감과 환기, 자연환기, 소비재 사용과 관련된 실내공기질 오염원 등에 대해 다루고 있다.

4. 결과	33
4.1 연구 인구	33
4.2 워크 스루 검사를 기반으로 한 학교 건물의 특성	33
4.2.1 학교 지역	33
4.2.2 건축구조 특성	35
4.2.3 환기상태	37
4.2.4 과거 발생되었거나 눈에 보이는 문제점	37
4.2.5 실내공기 오염원	37
4.2.6 교실 특징	38
4.2.7 교실 내 눈에 보이는 문제점	41
4.2.8 온열감과 환기	41
4.2.9 자연환기	42
4.2.10 소비재 사용과 관련된 실내공기질 오염원	42

자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014).
Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. 목차를 번역.

4.3 교실 내 실내공기오염원과 노출 현황에서는 화학적·물리적·쾌적함 요소, 미생물학적 요인, 알려지 요인에 대해 다루고 있다.

4.3 교실 내 실내공기오염원과 노출 현황	46
4.3.1 화학적, 물리적 및 쾌적성 매개 변수	46
4.3.2 쾌적성 매개 변수	51
4.3.3 미생물학적 오염물질	57
4.3.4 알려지	59

자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014).
Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. 목차를 번역.

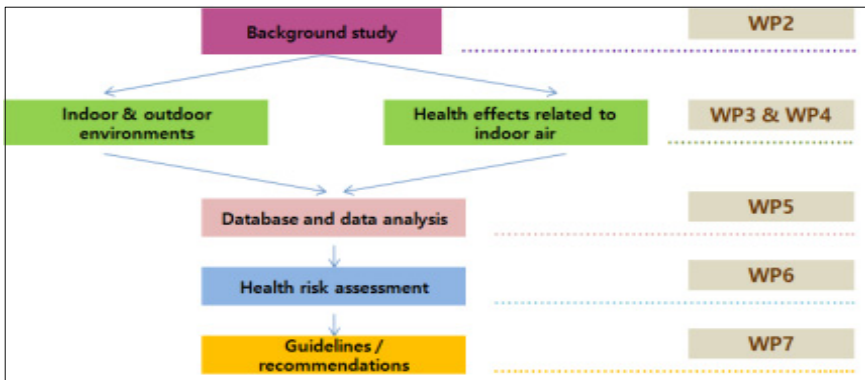
4.4 건물 특징과 공기 오염원의 경우에는 교실과 마주하는 도로 현황, 교실의 층수, 교실 내 인구 밀도, 교실 내 사용한 페인트, 기계적 환기, 진공청소기를 사용한 청소, 표백제를 사용한 대걸레 청소, 교실 내 곰팡이로 인한 악취, 자극성 냄새가 있는 제품 사용, 교실 내 습기의 흔적, 먼지에 대해 설명하고 있다.

4.4 건물 특징과 공기 오염원	60
4.4.1 교실과 마주하는 도로 현황	60
4.4.2 교실의 층수	61
4.4.3 교실 내 인구 밀도	61
4.4.4 교실 내 사용한 페인트	62
4.4.5 기계적 환기	62
4.4.6 진공청소기를 사용한 청소	63
4.4.7 표백제를 사용한 대걸레 청소	63
4.4.8 교실 내 곰팡이로 인한 악취	63
4.4.9 자극성 냄새가 있는 제품 사용	64
4.4.10 교실 내 습기의 흔적	64
4.4.11 먼지	64

자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014).
Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. 목차를 번역.

SINPHONIE 사업의 기술 목표를 충족시키기 위해 2년간 유럽연합 내의 지리적 범위와 학교 환경 내의 다양한 환경과 보건에 관한 데이터를 분석하고, 건강 위해성을 평가하고 최종적으로 유럽 내 학교환경에 대한 정교한 가이드라인을 설립하는 등 다원적인 연구를 진행하였다.

SINPHONIE 연구의 목표는 8개(WPs)의 작업 단계를 거쳐 수행되고 WP1부터 WP7까지 작업 단계는 아래 그림과 같다.



자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. p. 7.

[그림 II-1-10] SINPHONIE의 연구 설정 구조

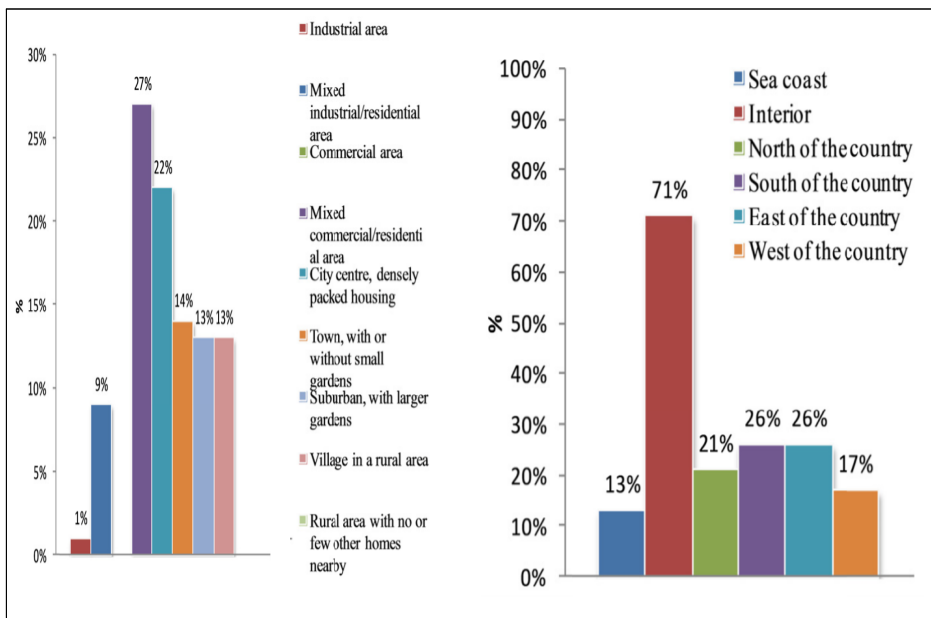
<표 II-1-1> Chemical, physical and comfort parameters, microbiological agents and allergens evaluated

화학적 매개변수	물리적, 쾌적성 매개변수	미생물학적 오염물질 및 알러지
포름알데히드, 벤젠 트리클로로에틸렌 테트라클로로에틸렌 d- 리모넨, α- 피넨 나프탈렌 NO2 PM2.5, PM10 오존 벤조 (a) 피렌 일산화탄소, 라돈	온도 상대 습도 CO2 환기율	내(內)독소 곰팡이 및 박테리아 DNA 푸른곰팡이/누룩곰팡이속/부실균류; 아스페르질루스 베르시콜로르; 검은 무늬 병; 점 무늬 낙엽병; 트리초더마 비리데; 스트렙토 마이 시즈; 마코박테륨 알레르기 고양이, 개, 말 알레르기 그리고 집 먼지 진드기(Der p1. Der f1)

자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. p. 12를 번역.

이 연구는 학교 운동장과 건물, 선별된 교실에서 EU와 WHO에서 중요하게 인지하고 있는 실내공기질 오염원 요소를 측정하기 위하여 실내·외 공기채취를 실시하였다. 이때 화학적 인자와 물리학적 쾌적함을 나타내는 요소, 미생물학적인 요인과 알러지 유발 요인 등을 구분하여 오염원을 측정하였다.

전체 학교 중의 13%는 해안가에 위치해 있으며, 71%는 빌딩 중심지에 위치해 있는 것으로 나타났다. 또한 모두 교통영향을 적게 받는 지역으로 전체 학교 중의 13%가 농촌지역에 위치해 있으며, 더 큰 정원이 있는 교외지역의 학교도 13%정도를 차지하고 있었다.

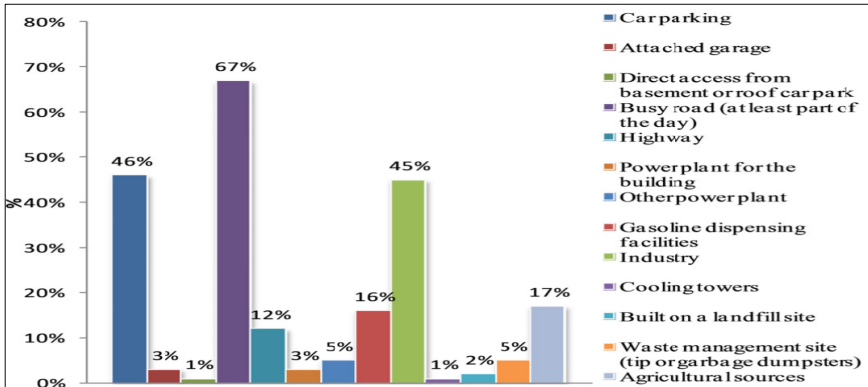


자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. p. 34.

[그림 11-1-11] Type of geographical area

[그림 11-1-12] Geographical location

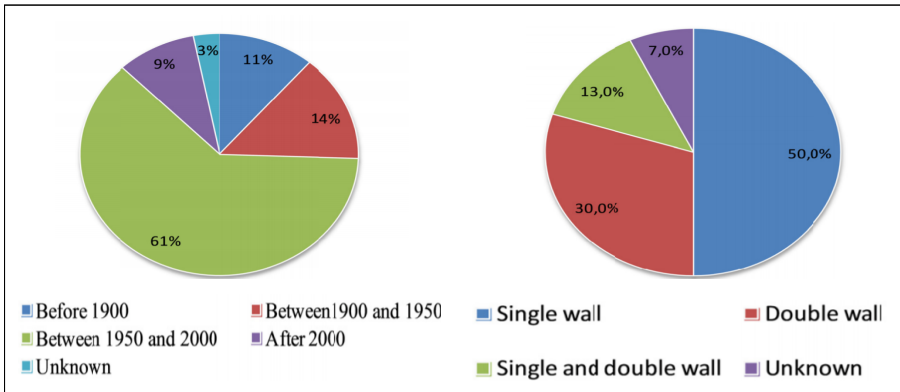
실외 공기 오염에 대한 잠재적인 요소를 분석해보았을 때, 학교 주변에 변화한 도로가 있을 경우가 가장 영향이 컸고(67%), 산업단지에 대한 영향도 45%로 높게 나타났다.



자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. p. 34.

[그림 II-1-13] Potential sources of outdoor air pollution near school building

절반 이상의 학교가 1950년에서 2000년 사이에 지어졌으며, 오직 9%만이 2000년 이후에 건축된 것으로 나타났다. 50%의 학교 건물이 단일벽으로 구성되어 있고, 30%의 학교가 이중벽으로 건설되었다. 절연을 고려했을 때, 61%의 학교가 절연처리를 하지 않았고 42%의 지붕이 절연처리가 되어있지 않았다.



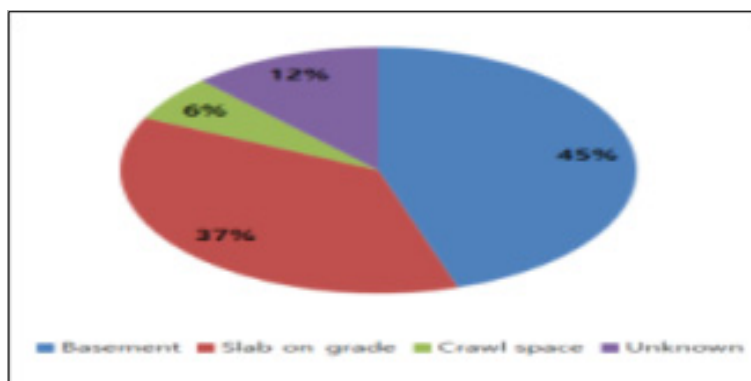
자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. p. 35.

[그림 II-1-14] Year of construction

[그림 II-1-15] Type of external walls

학교의 기초 지반에 관련하여 45%의 학교가 지하기반, 37%의 학교가 지면기반으로 이루어져 있었다.

약 73%의 학교가 라돈 노출이 가능한 지대에 위치해 있었고, 23%의 학교는 이러한 정보에 대한 조사가 이루어지지 않았다. 최근 연구에 따르면 오직 4%의 학교만이 라돈위험지역으로 조사되었다.



자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. p. 36.

[그림 II-1-16] Type of foundation/ground floor

이처럼 EU에서는 SINPHONIE의 사업을 통해 학교의 전반적인 오염원 및 매개변수를 파악하고, 그에 따른 건강영향을 조사하여 학교 및 어린이활동공간에 대한 관리방안을 제시하고 있다. 우리나라에는 아직 복합적인 연구가 이루어지지 않고 있으므로 위와 같은 연구를 통해 우리나라에 적합한 어린이활동공간 실내환경 가이드라인을 제시할 필요가 있다.

사) GerES (German Environmental Survey)

독일 환경조사(German Environmental Survey, GerES)는 1980년대 중반부터 독일연방환경청이 주관하는 대표적인 국민 환경오염물질 노출조사이다.

독일연방환경청 하에 KiGGS의 한 사업인 2차 독일환경조사 사업(German Environmental Survey, GerES II, 1990-92)에 어린이를 포함시키도록 하여 어린이의 연속적인 노출경향을 파악하도록 하고 있다. 제4차 환경조사는 2003년 5월부터 2006년 5월까지 수행되었는데 독일의 3~14살 어린이 1,790명을 대상으로 혈

액과 뇨를 분석하였고 가정에서 마시는 물과 먼지를 채취하여 조사하였으며 가정에서 어린이의 환경오염물질 노출경로를 추적하였다. 아래의 그림의 “독일 연방환경청의 어린이-환경 조사 보고서 표지”에서 독일 연방환경청의 어린이-환경 조사 보고서 표지이다. 혈중 납, 카드뮴, PCBs, HCB, HCH을 분석하였고 뇨 중 비소, 카드뮴, 수은, 니켈, 니코틴, 코티닌, 유기인계농약 대사체, pentachlorophenol(PCP) 등 chlorophenol, PAHs, pyrethroids를 분석한 사례가 있다.



자료: Umweltbundesamt. (2000). Kinder-Umwelt-Survey(KUS).

[그림 II-1-17] 독일 연방환경청의 어린이-환경 조사 보고서 표지

아) 어린이활동공간별 주요 국외 법령·제도

국외 어린이활동공간에 대한 법령 및 제도를 알아보기 위해 국가 및 기관별 주요 법령을 조사하여 그 내용을 정리하였다(부표 1-2 참고).

2) 국내

가) 어린이활동공간 환경유해인자에 대한 관계법규

현재 환경보건법에서는 어린이활동공간 내 환경안전관리 항목을 다루고 있다. 어린이활동공간 위해성관리를 위해 어린이활동공간 범위와 환경안전관리기준, 활동공간 노출평가, 환경유해인자 사용제한, 개선명령에 관한 사항을 규정하고 있다.

〈표 II-1-2〉 환경보건법에 따른 어린이활동공간 환경안전 관리

구분	환경보건법			관련 기준 등
	법	시행령	시행규칙	
어린이 활동 공간 위해성 관리	어린이 활동공간 환경안전 관리기준	제23조 1항	(제15조 삭제)	환경안전관리기준
	어린이 활동공간 노출평가 환경유해인자 사용제한	제23조 1항,4항	제16조	
	개선명령	제23조 5항	제11조 (개선 명령)	-어린이놀이시설, 보육실: 시도지사 -유치원, 초등학교, 특수학교 교실: 교육감

자료: 김호현·최인석·성민기·조훈식·손성희(2015). 어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단. p. 3.

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 적용대상이다. 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(부표 1-3 참고).

〈표 II-1-3〉 환경보건법에 의해 규정된 어린이활동공간 법령 및 규정 비교

법령	안전관리		위생 관리 ¹⁾	실내공기질 (환기)	대상시설
	물리적	유해원소			
어린이놀이시설안전관리법	●	●	●	×	놀이터

법령	안전관리		위생 관리 ¹⁾	실내공기질 (환기)	대상시설
	물리적	유해원소			
영유아보육법 ²⁾	●	●	●	●	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 ³⁾	●	●	●	×	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.

환경부에서 2014년 실내공기질 기본계획을 발표하여 부처별 실내공기질 관리 대상, 근거법, 관리자 의무사항, 관리기준, 관리방법을 비교하는 표를 작성하였다.

〈표 II-1-4〉 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019)

구 분	환경부	교육부	고용노동부	보건복지부
관리 대상	-다중이용시설 -신축공동주택 -대중교통차량	-학교	-사무실	-공중이용시설 (공연장, 실내체육시설 등)
근거법	-실내공기질관리법 -공기질측정 및 관리	-학교보건법	-산업안전보건법	-공중위생관리법
관리자 의무 사항	-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
관리 기준	-10개 항목 (PM10, CO2, 폼알데하이드, 총부유세균, CO, NO2, VOCs, 라돈, 석면, 오존)	-12개 항목 (진드기 등 추가)	-9개 항목 (라돈 제외)	-4개 항목 (PM10, CO2, HCHO, CO)
관리 방법	-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.

나) 환경안심인증제도

환경안심인증제도는 어린이집, 유치원이 환경관련법의 안전기준을 준수하고 있는 경우 환경적으로 안전하다고 인정해 주는 제도로서 환경부와 한국환경산업기술원이 인증 수행기관으로 참여하고 있다. 최근 어린이활동공간에 대한 환경문제가 지속적으로 제기되고 있으나 일부 시설 소유 및 관리자의 진단참여와 시설개선이 적극적으로 이뤄지지 못한 바, 어린이활동공간의 환경안전 규정 준수 여부에 대한 인증을 실시하여 어린이의 건강보호 및 쾌적한 환경조성을 도모하고자 인증사업이 추진되었다.



자료: 환경부 어린이활동공간 환경안전진단사업 안내문. http://www.eco-playground.kr/safe/data_view.asp?page=1&search_colume=&search_text=&idx=16에서 2017. 10. 30. 인출.

[그림 II-1-18] 환경부에서 주최하는 어린이활동공간 환경안전진단사업 안내문

환경안심인증사업의 대상 시설은 「영유아보육법」, 「유아교육법」에 따라 운영 중인 모든 어린이집 및 유치원으로, 환경안심인증제도 홈페이지나 콜센터 등을 통해 신청을 접수한 후 서류 및 현장평가를 실시하게 된다. 먼저 인증시설 기본현황을 조사함으로써 시설에 대한 관리법에 대해 최근 3년간 행정처분을 받은 사실이 있는지 관할 지자체 및 교육청에 조회 후 환경보건법 적용시기에 따라 '16.1.1일 법 적용시설은 1그룹, '18.1.1일 법 적용시설과 현재 법 적용시설은 2그룹으로 분류되고, 1그룹의 평가절차는 시설별로 현장평가와 서류평가가 필요한 항목을 분류하게 된다(환경부, 2015).

〈표 II-1-5〉 2그룹 현장평가 대상자 분류

적용년도	구 분	유치원	430㎡이상 어린이집	430㎡미만 어린이집
'18.1.1일 부터 법 적용시설	환경안전 관리기준	서류평가 필요시 현장평가	-	서류평가 필요시 현장평가
	실내공기질	서류평가 필요시 현장평가	-	현장평가
	건축물석면	서류평가 필요시 현장평가	-	현장평가
현재 법 적용시설	환경안전 관리기준	서류평가 필요시 현장평가	서류평가 필요시 현장평가	서류평가 필요시 현장평가
	실내공기질	서류평가 필요시 현장평가	서류평가 필요시 현장평가	현장평가
	건축물석면	서류평가 필요시 현장평가	서류평가 필요시 현장평가	현장평가

자료: 환경부(2015). 어린이활동공간 환경안심 인증사업 수행지침(안). p. 7.

〈표 II-1-6〉 1그룹 현장평가 대상자 분류

	유치원	430㎡이상 어린이집	430㎡미만 어린이집
환경안전관리기준	현장평가	현장평가	현장평가
실내공기질	서류평가 필요시 현장평가	서류평가 필요시 현장평가	현장평가
건축물 석면	서류평가 필요시 현장평가	서류평가 필요시 현장평가	현장평가

자료: 환경부(2015). 어린이활동공간 환경안심 인증사업 수행지침(안). p. 6.

서류평가의 경우에는 실내공기질 및 건축물 석면조사 결과를 토대로 인증기준 적합 여부를 확인하고, 최근 2년 이내 실내공기질 법에 따른 지도점검을 실시한 적이 있는 시설에 대해서는 지도점검 결과를 서류평가에 반영하여 진행한다(환경부, 2015). 현장평가의 경우에는 현장평가가 필요한 시설 현황을 환경안전 진단사업 수행자에게 즉시 통보하여 현장평가 결과를 인증수행기관에 즉시 통보해야 하고, 2그룹의 평가절차는 1그룹과 마찬가지로 시설별로 현장평가와 서류평가가 필요한 항목을 분류한다(환경부, 2015).

서류 및 현장평가를 마친 후 평가결과에 대해 환경부, 국립환경과학원, 한국보육진흥원 등 공무원, 연구기관, 유사 인증 경험자 등 총 5명으로 구성된 심사위원이 서류평가와 현장평가의 적정성 여부를 심사하여 인증시설로 확정짓는다(환경부, 2015). 인증시설에 대해서는 아이사랑보육포털, 유치원알리미 등 관련

홈페이지에 인증현황을 등재 요청하고 보도자료 배포 등 언론 공개가 진행된다(환경부, 2015). 환경안심 인증 항목으로는 환경안전관리기준 및 실내공기질, 석면, 행정처분 등 4개 분야 11개 항목으로 이루어져있다(환경부, 2015).

환경안심인증 사업은 사후 모니터링을 통해 추가적인 관리를 실시하고 있다. 인증을 받은 모든 시설들을 대상으로 3년에 1회 이상 실시하되, 인증일로부터 6개월 이후부터 실시한다. 모니터링 내용은 환경안전관리기준에 대해 인증 이후 신축, 증축, 수선을 한 경우에 한하여 인증기준 적합여부를 점검하고, 실내공기질 기준에 대해서는 인증기준 전 항목에 대해 실내공기질 공정시험기준에 따라 점검을 실시한다(환경부, 2015). 기타 행정처분 사항 등은 환경보건법 등 관련법에 따른 행정처분 사항을 관련 지자체 및 교육청에 확인하여 모니터링을 한다(환경부, 2015). 모니터링 결과 인증 기준을 위반한 경우, 사후 모니터링을 실시한 이후라도 행정처분 사항이 발견될 경우, 시설 소유자 및 소재지 변경 등 활동공간에 대한 변경사항이 발생시, 인증서를 악용하거나 사회적으로 물의를 일으킨 시설의 경우에는 즉시 인증을 취소할 수 있다(환경부, 2015).

나. 국외 관련 미취학 어린이 대상 시설 관리제도, 가이드라인, 우수 관리 사례 등 분석·검토

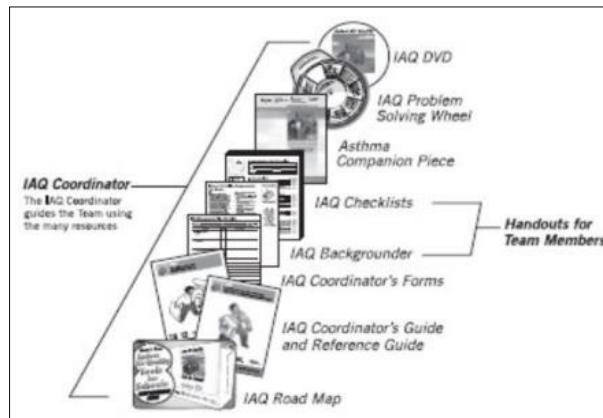
국외의 경우 미취학 어린이를 대상으로 실내공기질 및 실내환경에 대한 관리제도 및 가이드라인을 설정하고 있으며, 연구 결과 인증 제도를 통한 권장 수준으로 파악된다. 국외의 경우 강제성을 띠는 경우는 없었지만 국내 보다는 다양한 실내오염인자 및 실내환경을 저해하는 인자를 다양하게 설정하고 있는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 미국, 독일, 홍콩, 핀란드 사례를 분석/검토하였다. 관련 사항은 이하 서술내용과 같다.

1) 미국

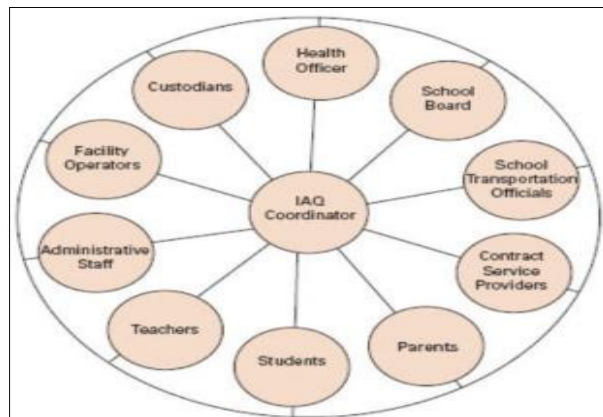
미국의 경우 학교 실내공기질/학교위생 유지관리 프로그램을 활용하고 있으며, EPA에서 학교 실내공기질의 중요성을 인식하여 “Indoor Air Quality Tools for School(EPA, 2009)”을 만들어 효율적인 관리를 위한 기본 매뉴얼/로드맵을 제시하고 있다. 학교 실내공기질 관리를 위한 오염물질, 오염원, 위험성, 저감

방법 등의 배경지식 및 정보, 조직, 조직리더의 업무, 체크리스트를 포함하고 있는 것이 특징이다. 따라서 실내에서 발생할 수 있는 오염물질의 파악, 관리주체, 관리방안, 로드맵을 제시하므로 효율적인 관리제도가 할 수 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 II-1-19] 미국 EPA: Action Kit

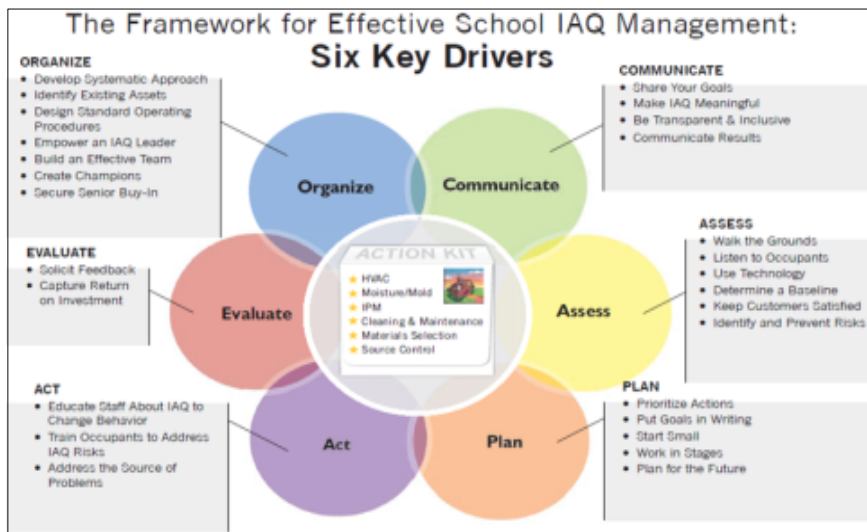


자료: United States Environmental Protection Agency(EPA) 홈페이지. IAQ Coordinator's functions graphic. <https://www.epa.gov/iaq-schools/coordinators-guide-indoor-air-quality>에서 2017. 10. 30. 인출.

[그림 II-1-20] 미국 EPA: IAQ Coordinator Functions

그리고 아래 [그림 II-1-21]과 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 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 II-1-21] IAQ 효율적 관리를 위한 프레임워크

2) 독일

독일의 경우 “Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings(Umweltbundesamt, 2008)”로 가이드라인을 설정하고 있으며, 제시된 기준은 실내공기 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(부표 1-4 참고). 오늘날 이산화탄소 농도는 학교건물 뿐만 아니라 실내공기질의 척도가 되었고 이에 따라 교실에서 효과적으로 이산화탄소 문제를 개선하는 방법도 가이드라인에 제시하고 있다. 또한 휘발성유기화합물, 폼알데하이드, 미세먼지, 온열환경, 음향적 사항 등 총 6가지 사항에 대한 가이드라인을 제시하고 있다.

〈표 II-1-7〉 실내 이산화탄소 농도에 대한 기준값

CO2 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 II-1-8〉 실내 휘발성유기화합물 농도에 관한 기준값

화합물	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

화합물	기준값 2($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	기준값 1($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	설정년도
Mercury (as metallic vapour)	0.35	0.035	1999
Tris(2-chloroethyl) phosphate	0.05	0.005	2002
Bicyclic terpenes (lead substance α -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.

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 II-1-9〉 'Indoor Air Certification Scheme'의 평가기준

평가항목	단위	8-hour average		항목 분류
		Excellent	Good	
온도	℃	20 to < 25.5	<25.5	온열환경
습도	%	40 to < 70	<70	
기류속도	m/s	<0.2	<0.3	
이산화탄소(CO ₂)	ppmv	<800	<1,000	오염물질 농도
일산화탄소(CO)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<2000	<10,000	
	ppmv	<1.7	<8.7	

평가항목	단위	8-hour average		항목 분류
		Excellent	Good	
부유분진(PM10)	µg/m3	<20	<180	
이산화질소(CO2)	µg/m3	<40	<150	
	ppbv	<21	<80	
오존(O3)	µg/m3	<50	<120	
	ppbv	<25	<61	
폼알데하이드(HCHO)	µg/m3	<30	<100	
	ppbv	<24	<81	
총휘발성유기화합물(TVOC)	µg/m3	<200	<600	
	ppbv	<87	<261	
라돈(Rn)	Bq/m3	<150	<200	
부유세균	cfu/m3	<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.

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

〈표 II-1-10〉 핀란드 Classification of Indoor Climate 2000의 계절별 실내공기질 평가항목 및 기준

평가항목		단위	Indoor Climate Category Max Values		
			S1	S2	S3
실온	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.

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

〈표 II-1-11〉 핀란드 Classification of Indoor Climate 2000의
오염물질별 실내공기질 평가항목 및 기준

평가항목 (오염물질)	단위	Indoor Climate Category Max Values		
		S1	S2	S3
라돈 (Rn)	Bq/m ³	100	100	200
이산화탄소 (CO ₂)	ppm	700	900	1200
	mg/m ³	1300	1650	2200
암모니아 및 아민 (NH ₃)	μg/m ³	30	30	40
폼알데하이드 (H ₂ CO)	μg/m ³	30	50	100
총휘발성유기화합물(TVOC)	μg/m ³	200	300	600
일산화탄소 (CO)	mg/m ³	2	3	8
오존 (O ₃)	μg/m ³	20	50	80
냄새강도		3	4	5.5
미생물		No Maximum Value		
비흡연자를 위한 담배연기		인지할 수 없어야 함		
부유분진 (PM ₁₀)	μg/m ³	2	40	50

자료: 환경부·한국실내환경학회(2013. 7). 민감계층이용시설의 쾌적한 실내환경 종합진단을 위한 지수개발 연구, p. 29.

2. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 조사 결과 비교·평가

가. 대상시설 및 교육시설 실내공기질 오염물질 농도 특성 평가

1) 어린이활동공간 관련 '02~'17년 동안의 과제연구 대상별, 매체별 분류(연구과제 DB)

실내공기질 관리정책(환경부, 2002)부터 휴대용 XRF를 이용한 서울시 학교 내 어린이용품 중 일부 유해물질 함량 조사(김규상·박현경·최길용·임완령·신규진, 2017)까지 총 22가지의 연구 과제를 중심으로 어린이집 및 유치원의 실내공기질 현황을 분석하여 정리하였다(부표 1-5 참고).

2) 국내 어린이활동공간 관련 환경유해인자 노출평가

연구과제 리스트에서 다루어진 유해물질과 노출경로(흡입, 섭취, 피부접촉)와 그에 따른 평가매질(공기, 먼지, 제품표면)을 정리하였다. 평가된 물질은 미세먼지(PM10, PM2.5), 블랙카본(BC), 중금속(Metals), 알데하이드류(Aldehydes), 휘발성유기화합물류(VOCs), 다환방향족탄화수소류(PAHs), 라돈(Rn), 알레르겐(Allergens), 프탈레이트류(Phthalates), 브롬화난연제류(PBDEs), 살충제류(Pesticides), 총부유세균(TBC) 및 기타(SO₂, NO₂)물질이 평가되었다.

물질의 환경거동 특성을 감안하여 다매체노출이 가능한 물질의 경우(중금속 등) 공기, 먼지 및 제품표면을 함께 조사 및 분석한 것으로 현황을 정리하였다(부표 1-6 참고).

3) 대상시설 및 교육시설 실내공기질 오염물질 농도 특성 평가

시설에 대한 실내공기질 오염물질 농도 특성 평가를 위해 '02~'17년 동안의 어린이활동공간 관련 과제연구들의 대상별·매체별 분류(연구과제 DB)표에서 언급된 과제들 중 주요한 내용을 추려서 기술하고자 한다.

가) 어린이집 및 유치원의 PM10 농도 분포

어린이 위해성평가 관리를 위한 어린이시설 내 유해물질 오염 실태조사 사업(환경부, 2008)에 따르면 국내의 경우 미세먼지, 미세먼지 중의 중금속, 휘발성유기화합물, 알데하이드류, 방염제류, 프탈레이트류, 농약류, 석면, 라돈, 낙하 및 부유세균에 대한 실태조사를 실시한 바 있다.

문헌에서 유치원과 어린이집에 대한 미세먼지(PM₁₀)의 농도 분포는 69.57 μ g/m³(유치원), 46.68 μ g/m³(어린이집)로 실내환경기준인 100 μ g/m³를 넘지 않는 것으로 나타났다. 유치원은 실내환경기준에 대해 초과율이 22%가 나왔고, 어린이집은 약 11%의 초과율로 유치원이 어린이집보다 상대적으로 높은 초과율로 조사되었다. 이는 유치원의 경우 활동량이 다른 시설군보다 상대적으로 많기 때문인 것으로 판단된다.

〈표 II-2-1〉 PM10 농도분포

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분		실내		실외		초과 율 (%)	검출 율 (%)	기준 치
		N	Mean \pm S.D (min~Max)	N	Mean \pm S.D (min~Max)			
PM10	실내놀이터	42	60.28 \pm 53.43 (9.17~245.83)	4	36.87 \pm 29.53 (16.67~80.42)	17.4	100	100 ¹⁾
	놀이방	40	50.67 \pm 56.64 (2.35~250.00)	4	46.49 \pm 54.82 (13.73~128.33)	18.2	100	
	어린이집	41	46.68 \pm 64.29 (1.32~287.5)	5	37.04 \pm 21.39 (15.40~64.53)	10.86	100	
	유치원	44	69.57 \pm 97.78 (1.96~325.00)	6	77.69 \pm 108.23 (17.95~295.83)	22	100	
	유아학원	7	57.39 \pm 63.66 (8.75~190.35)	2	43.75 \pm 49.49 (8.75~78.75)	11.11	100	

주: 교육인적자원부의 교사내 공기의 질에 대한 유지·관리기준(제3조 제1항 제3의 2 관련)
 자료: 환경부·연세대학교 환경공해연구소(2008. 6). 어린이 위해성 평가·관리를 위한 어린이 사
 설 유해물질 오염 실태 조사 사업: 보육시설 및 실내놀이터를 중심으로, p. 86.

건축 연수에 따른 어린이집과 미세먼지 농도의 경우 1~10년 55.1 \pm 74.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 11~20년 41.9 \pm 40.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 21~40년 17.88 \pm 9.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사된 바 있다. 어린이집의 경우 주로 1~10년 건축된 건물이 가장 많이 조사되었고 평균적으로 40~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도 특성이 있음을 알 수 있었다. 초과율의 높은 경향은 N수 증가에 따른 최대농도가 높아지는 것을 알 수 있으며, 이는 어린이집의 경우도 다른 영향 인자가 있겠지만 상대적으로 높은 농도 특성을 가지고 있다는 것을 의미한다.

유치원의 경우는 1~10년 90.4 \pm 109.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 11~20년 26.4 \pm 24.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 21~40년 67.6 \pm 108.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사된 바 있다. 유치원의 경우도 측정 대상군이 1~10년 건축된 건물이 가장 많이 조사되었고 중간값의 경우 90.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 상당히 높은 농도 특성을 보였으며, 21~40년 건축된 건물에서도 N수는 많지 않지만 중간값이 67.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 N수 증가에 따른 기준치 초과율은 상당히 늘어날 것으로 판단된다.

따라서 미세먼지 농도 특성 결과, 어린이집과 유치원의 경우 신축보다 건축 연수 1~10년, 21~40년경과 건축물이 상대적으로 높은 농도 특성을 보였으며, 실내공기질로 판단해보면 어린이집보다 상대적으로 유치원의 미세먼지 농도가 높은 것을 확인할 수 있었다.

<표 II-2-2> PM10의 건축 연수에 따른 농도 분포 (어린이집)

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분		실내		실외		초과율 (%)	기준치
		N	Mean \pm S.D (min~Max)	N	Mean \pm S.D (min~Max)		
PM10	신축	1	1.32	-	-	-	100
	1~10년	27	55.12 \pm 74.77 (6.25~287.50)	3	38.31 \pm 22.79 (23.19~64.53)	16.67	
	11~20년	8	41.86 \pm 40.18 (5.49~91.67)	1	54.90	-	
	21~40년	5	17.88 \pm 9.84 (7.08~33.20)	1	15.40	-	

자료: 환경부·연세대학교 환경공해연구소(2008. 6). 어린이 위해성 평가·관리를 위한 어린이 시설 유해물질 오염 실태 조사 사업: 보육시설 및 실내놀이터를 중심으로, p. 94.

<표 II-2-3> PM10의 건축 연수에 따른 농도 분포 (유치원)

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분		실내		실외		초과율 (%)	기준치
		N	Mean \pm S.D (min~Max)	N	Mean \pm S.D (min~Max)		
PM10	신축	4	13.15 \pm 8.76 (4.58~21.57)	-	-	-	100
	1~10년	26	90.41 \pm 109.60 (3.65~325.00)	6	77.69 \pm 108.24 (17.95~295.83)	28.13	
	11~20년	7	26.41 \pm 24.35 (10.42~78.17)	-	-	-	
	21~40년	4	67.56 \pm 107.97 (1.96~287.50)	-	-	50	

자료: 환경부·연세대학교 환경공해연구소(2008. 6). 어린이 위해성 평가·관리를 위한 어린이 시설 유해물질 오염 실태 조사 사업: 보육시설 및 실내놀이터를 중심으로, p. 95.

환기횟수의 경우 실외공기질에 따른 영향을 직접적으로 받을 수 있으며, 이는 아래 표와 같이 환기 횟수가 증가함에 따라 실내공기질의 향상이 비례하지는 않은 것을 확인할 수 있었다. 환기의 경우는 자연환기를 조사했으며 보육교사와의 문답을 통해 결론을 도출하였다. 어린이집의 실내 환기 횟수 3, 4, 5회 이상의 경우 각각 $24.0\pm 10.8\mu\text{g}/\text{m}^3$, $48.1\pm 71.2\mu\text{g}/\text{m}^3$, $49.3\pm 67.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 환기 횟수가 4회 또는 5회 이상의 경우 큰 차이가 없었으며, 이는 5회 이상 대상군이 상대적으로 많음에 따른 변동에 의한 결과라 판단되므로 향후 대상군(N수)의 조정 및 연구계획부터 유사한 조건으로 조사가 필요할 것으로 사료된다.

유치원의 환기횟수 2, 4, 5회 이상의 경우 각각 $10.0 \pm 11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $89.2 \pm 157.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $78.3 \pm 96.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 환기횟수 증가에 따른 기준치 초과율이 증가하는 경향으로 유치원의 경우도 어린이집과 유사한 특성으로 나타났다. 아울러 미세먼지 농도의 변동이 상당히 큼에 따라 시설군별 대상 수, 실내외 환경을 고려한 계획 및 실태조사가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 환기횟수에 따른 실내 오염물질(미세먼지) 저감 특성은 실태조사를 통해서도 확인이 어려운 것을 알 수 있다.

〈표 II-2-4〉 PM10의 환기 횟수에 따른 농도 분포 (어린이집)

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분		실내		실외		초과율 (%)	기준치
		N	Mean \pm S.D (min~Max)	N	Mean \pm S.D (min~Max)		
PM10	1회	-	-	-	-	-	100
	2회	-	-	-	-	-	
	3회	4	24.04 \pm 10.74 (12.92~37.75)	-	-	-	
	4회	5	48.11 \pm 71.20 (7.08~175.00)	-	-	20	
	5회 이상	32	49.29 \pm 67.79 (1.32~287.5)	5	37.04 \pm 21.40 (15.40~64.53)	10.81	

자료: 환경부·연세대학교 환경공해연구소(2008. 6). 어린이 위해성 평가·관리를 위한 어린이 시설 유해물질 오염 실태 조사 사업: 보육시설 및 실내놀이터를 중심으로, p. 97.

〈표 II-2-5〉 PM10의 환기 횟수에 따른 농도 분포 (유치원)

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분		실내		실외		초과율 (%)	기준치
		N	Mean \pm S.D (min~Max)	N	Mean \pm S.D (min~Max)		
PM10	1회	1	4.58	-	-	-	100
	2회	2	9.98 \pm 11.34 (1.96~18.00)	-	-	-	
	3회	1	5.42	-	-	-	
	4회	4	89.17 \pm 157.27 (4.58~325.00)	1	18.30	20	
	5회 이상	34	78.29 \pm 96.80 (3.65~312.50)	5	89.57 \pm 116.55 (17.95~295.83)	25.64	

자료: 환경부·연세대학교 환경공해연구소(2008. 6). 어린이 위해성 평가·관리를 위한 어린이 시설 유해물질 오염 실태 조사 사업: 보육시설 및 실내놀이터를 중심으로, p. 98.

나) 어린이집 실내공기 중 미세먼지, TBC, Fungi 측정 실태조사

어린이집의 미세먼지(PM10, PM 2.5), TBC, Fungi를 3개의 어린이집에서 측정한 실태조사 결과를 제시하였다. “A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가(고려대학교, 2013a)”의 내용이다.

<표 II-2-6> 측정대상 어린이집 시설현황

	A어린이집	B어린이집	C어린이집
소재지	서울 성북구 안암동	서울 성북구 하월곡동	서울 성북구 상월곡동
설립일	1981년	1987년	1998년
크기	664m ²	864m ²	365.3m ²
학급 및 원아 수	6학급(총 116명)	5학급(총 79명)	5학급(총 79명)

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가, p. 4.

(1) A 어린이집 PM10, PM2.5 실태조사 결과(여름철 및 겨울철)

A어린이집의 여름철과 겨울철 미세먼지 농도 결과를 아래 <표 II-2-7>와 같다. 먼저 PM2.5의 경우 여름철의 평균 농도는 32.9, 겨울철 평균농도 72.3으로 여름철보다 겨울철이 약 120% 증가하는 경향으로 조사되었으며, PM10의 경우 여름철 평균 농도 61.4에서 겨울철 평균농도 113.0으로 약 84% 정도 증가하였다. 따라서, 겨울철 농도의 증가는 난방 유지를 위한 환기 부족 및 밀폐된 실내 공간에서의 어린이들이 학습, 체육활동, 레크레이션 등 다양한 활동에 기인하는 것으로 판단된다.

<표 II-2-7> A어린이집 미세먼지 측정 결과(여름 및 겨울)

A 어린이집	Oper. time	PM2.5			PM10		
		Mean±S.D.	Median	N	Mean±S.D.	Median	N
(여름)	0	30.5 ± 2.4	30.4	60	55.3 ± 9.8	52.6	60
	1	32.7 ± 1.1	32.7	60	68.5 ± 18.8	67.4	60
	2	32.3 ± 1.7	32.1	60	52.3 ± 10.1	50.4	60
	3	31.1 ± 3.7	31.7	60	58.0 ± 21.1	56.0	60
	4	40.2 ± 2.8	39.6	42	78.0 ± 8.6	78.7	42
	Total	32.9 ± 4.0	32.5	282	61.4 ± 17.2	59.3	282
(겨울)	0	83.5 ± 8.6	83.1	60	125.8 ± 8.9	125.6	60
	1	88.4 ± 5.3	89.4	60	119.6 ± 9.9	121.6	60
	2	84.2 ± 3.6	81.8	60	132.8 ± 9.8	132.9	60

A 어린이집	Oper. time	PM2.5			PM10		
		Mean±S.D.	Median	N	Mean±S.D.	Median	N
	3	66.0 ± 5.0	68.4	60	117.1 ± 15.4	115.8	60
	4	42.5 ± 11.0	41.6	60	70.7 ± 16.2	65.6	60
	5	68.0 ± 3.5	75.5	44	111.8 ± 15.7	115.6	44
	Total	72.3 ± 15.0	78.6	344	113.0 ± 24.2	120.4	344

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가, p. 16.

A어린이집의 미세먼지 결과와 일과시간을 비교해보면 측정 시작 후 120분 뒤 점심시간부터 가파르게 미세먼지 농도가 증가하는 것으로 나타났고, 오침이 이루어지는 150분부터 210분까지 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.

(2) A 어린이집 부유세균 및 진균 실태조사 결과(여름철 및 겨울철)

A어린이집의 총부유세균(Total Bacteria Count, TBC)과 부유진균(Airborne Fungi)에 대한 여름철과 겨울철 농도를 측정하여 아래 <표 II-2-8>에 제시하였다. 측정 결과 총부유세균은 여름철 평균농도 306CFU/m³보다 겨울철 평균농도 700.4CFU/m³가 약 128% 더 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

이는 겨울철 실내의 난방 및 습도 유지 등에 따른 것으로 판단되며, 겨울철 총부유세균 중 측정 3시간 지점에서 「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법」 유지 기준 농도인 800CFU/m³이하를 초과하는 것으로 나타났는데, 이는 단순 1일 측정의 한계로써 겨울철 A어린이집에 대한 장시간 현장 측정이 필요할 것으로 판단된다. 부유진균의 경우 여름철 227.5 CFU/m³으로 나타났고, 겨울철 평균농도는 34.6 CFU/m³으로 나타났다. 겨울철이 여름철에 비하여 약 85% 낮은 특성을 보였다.

<표 II-2-8> A어린이집 부유세균 및 진균 농도(여름 및 겨울)

A어린이집	Type	Oper. hr	Concentration	Type	Oper. hr	Concentration
(여름)	TBC (CFU/m ³)	0	329.7	Airborne Fungi (CFU/m ³)	0	263.7
		1	286.4		1	184.6
		3	220.4		3	258.1

A어린이집	Type	Oper. hr	Concentration	Type	Oper. hr	Concentration
		5	390		5	203.5
		Average	306.6		Average	227.5
(겨울)	TBC (CFU/m ³)	0	458.2	Airborne Fungi (CFU/m ³)	0	34.8
		1	306		1	34.9
		3	1469.2		3	31.7
		5	568.2		5	37
		Average	700.4		Average	34.6

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가, p. 18.

(3) B 어린이집 PM10, PM2.5 실태조사 결과(여름철 및 겨울철)

초미세먼지(PM2.5)의 경우 여름철 평균농도가 18.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 중앙값은 15.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다. 겨울철의 초미세먼지(PM2.5)의 평균농도는 23.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고, 중앙값은 23.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다. 겨울철 PM2.5의 농도가 여름철 PM2.5보다 약 25%더 높게 조사되었다. 미세먼지(PM10)의 경우 여름철 평균농도는 55.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고, 겨울철 평균 농도는 94.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었다. B어린이집의 실내 미세먼지 농도는 겨울철이 여름철 보다 약 70%정도 더 높게 조사되었는데, 이 결과는 겨울철 난방효율을 위하여 창문을 비닐이나 단열재로 밀폐하기 때문으로 추정된다. 그러므로 겨울철 어린이집의 미세먼지 저감을 위한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

〈표 II-2-9〉 B 어린이집 미세먼지 측정 결과(여름 및 겨울)

B 어린이집	Oper. time	PM2.5			PM10		
		Mean±S.D.	Median	N	Mean±S.D.	Median	N
(여름)	0	30.5 ± 3.3	29.9	60	72.6 ± 23.0	68.2	60
	1	24.5 ± 1.8	24.7	60	71.2 ± 13.3	69.4	60
	2	15.6 ± 1.6	15.0	60	45.2 ± 10.2	43.4	60
	3	14.5 ± 0.7	14.6	60	46.7 ± 14.8	44.0	60
	4	12.3 ± 0.7	12.3	60	39.6 ± 11.7	40.7	60
	5	13.1 ± 1.4	12.7	29	59.3 ± 13.5	57.9	29
	Total	18.9 ± 7.1	15.1	329	55.4 ± 20.1	51.7	329
(겨울)	0	27.3 ± 2.4	26.8	60	112.8 ± 28.9	99.2	60
	1	22.3 ± 1.5	22.6	60	101.1 ± 13.9	98.2	60
	2	20.4 ± 0.8	20.4	60	105.3 ± 23.7	105.5	60
	3	22.2 ± 1.6	22.1	60	81.1 ± 28.5	79.1	60
	4	25.4 ± 1.0	25.5	60	73.8 ± 11.8	71.8	60

B 어린 이집	Oper. time	PM2.5			PM10		
		Mean±S.D.	Median	N	Mean±S.D.	Median	N
	5	25.0 ± 0.7	25.0	14	86.2 ± 12.0	82.2	14
	Total	23.6 ± 2.9	23.6	314	94.4 ± 26.5	92.6	314

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가, p. 19.

여름철과 겨울철 모두 측정 90분 후(11:30경)에 점심시간이 시작되면서 미세먼지 농도가 급격하게 상승하는 것을 알 수 있었고, 측정 180분 후(13:00경)에 취침시간이 시작되면서 미세먼지 농도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. B어린이집도 A어린이집과 같이 겨울철 농도가 여름철 농도 보다 높게 조사되었다. B어린이집의 미세먼지의 연속측정 결과 특이점은 초미세먼지(PM2.5)의 농도변화가 다른 시설에 비하여 크지 않다는 점인데 이는 다른 시설에 비하여 PM2.5의 발생원 유입이 적기 때문으로 판단된다.

B어린이집의 총부유세균(TBC)와 부유진균의 여름철 농도와 겨울철 농도를 아래 <표 II-2-10>에 나타내었다. 총부유세균의 경우 여름철 일평균 농도가 703.7CFU/m³으로 겨울철 537 CFU/m³보다 약 31% 높게 조사되었다. 여름철 총부유세균은 측정 1시간 후와 측정 5시간 후의 농도에서 실내공기질 유지기준인 800 CFU/m³을 초과하였고, 겨울철의 경우 측정시작 시간에 초과하는 것으로 조사되었다. 이는 미세먼지(PM10)의 농도와 비슷한 경향을 나타내는 것으로 미세먼지가 총부유세균 농도에 영향을 주는 것으로 예상된다. 겨울철에도 총부유세균이 높게 나타나는 이유는 실내의 온도를 18~22℃로 부유세균이 증식하기에 알맞은 온도가 유지되기 때문으로 추정된다. 부유진균의 경우 여름철 평균 농도는 90.4 CFU/m³로 나타났고, 겨울철 평균 농도는 55.9 CFU/m³로 여름철이 겨울철보다 약 62%높게 조사되었다. 겨울철 습도가 낮게 유지되기 때문에 부유진균의 농도가 여름철 농도보다 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

<표 II-2-10> B어린이집 부유세균 및 진균 농도(여름 및 겨울)

B 어린이집	Type	Oper. hr	Concentration	Type	Oper. hr	Concentration
(여름)	TBC (CFU/m ³)	0	625.8	Airborne Fungi (CFU/m ³)	0	70.1
		1	844.4		1	101.4
		3	493.9		3	106.7
		5	850.6		5	83.3
		Average	703.7		Average	90.4

B 어린이집	Type	Oper. hr	Concentration	Type	Oper. hr	Concentration		
(겨울)	TBC (CFU/m ³)	0	837.4	Airborne Fungi (CFU/m ³)	0	25.6		
		1	188.1		1	46.6		
		3	756.3		3	39.7		
		5	366.2		5	47.7		
		Average			537	Average		55.9

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가, p. 21.

(4) C 어린이집 PM10, PM2.5 실태조사 결과(여름철 및 겨울철)

C어린이집의 미세먼지 농도변화를 아래 <표 II-2-11>에 정리하였다. PM2.5의 경우 여름철 평균 농도는 32.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 겨울철 평균 농도는 109.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 겨울철이 여름철 보다 약 233% 증가되었다. PM10의 경우 여름철 일평균이 70.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었고, 겨울철 일평균은 149.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다. C어린이집의 겨울철 미세먼지 농도는 다른 어린이집 농도보다 높은 것으로 조사되었는데, 이는 C어린이집 구조가 폐쇄적인 가정집이기 때문으로 추정되며, 추후 본 시설에 대한 실내공기질 관리가 필요할 것으로 판단된다.

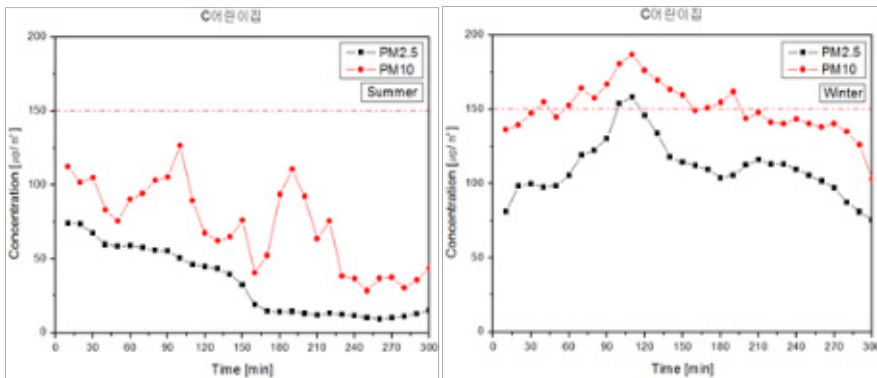
<표 II-2-11> C 어린이집 미세먼지 측정 결과(여름 및 겨울)

C 어린이집	Oper. time	PM2.5			PM10		
		Mean \pm S.D.	Median	N	Mean \pm S.D.	Median	N
(여름)	0	65.3 \pm 7.1	61.3	60	94.6 \pm 14.4	97.3	60
	1	51.6 \pm 5.2	52.8	60	97.6 \pm 19.8	99.6	60
	2	27.0 \pm 12.1	23.7	60	64.8 \pm 22.9	63.5	60
	3	12.6 \pm 1.2	12.3	60	69.3 \pm 29.6	65.3	60
	4	11.4 \pm 2.1	10.7	60	35.3 \pm 7.5	34.3	60
	5	17.0 \pm 0.5	17.0	14	40.4 \pm 6.9	37.2	14
	Total	32.8 \pm 22.3	17.8	314	70.9 \pm 30.4	70.2	314
(겨울)	0	96.7 \pm 8.2	98.5	60	145.8 \pm 11.2	145.9	60
	1	138.2 \pm 16.0	141.3	60	172.0 \pm 13.2	173.8	60
	2	115.2 \pm 10.0	112.9	60	157.9 \pm 9.5	157.1	60
	3	111.6 \pm 3.9	112.0	60	146.3 \pm 10.4	143.8	60
	4	91.3 \pm 11.2	91.5	60	130.4 \pm 16.1	134.1	60
	5	70.9 \pm 2.0	70.8	9	110.1 \pm 7.8	111.5	9
	Total	109.4 \pm 20.4	109.2	309	149.3 \pm 19.5	148.7	309

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가, p. 22.

아래 [그림 II-2-1]은 C어린이집의 미세먼지 연속 측정 결과를 10분 평균으로

정리하여 나타낸 그래프이다. 여름철 미세먼지 결과에서는 측정 105분에 점심시간이 시작되면서 미세먼지(PM10)가 증가하는 것으로 조사되었고, 이후 오후수업이 시작되는 측정 180분 후부터 미세먼지의 농도가 급격하게 상승하는 것으로 조사되었다. 겨울철 C어린이집의 미세먼지(PM10) 농도는 측정 30분 후부터 측정 200분까지 '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법'의 실내공기질 유지기준인 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였으며, 최대 농도는 $187\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 실내공기 중 미세먼지 오염이 높은 것으로 조사되었다. 그러므로 어린이집의 특성상 겨울철 환기량이 감소되는 민감계층시설에 대하여 공기청정기 사용, 기계환기시설 도입 등의 관리가 필요하다.



자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가. p. 23.

[그림 II-2-1] C 어린이집 미세먼지 실시간 측정 결과(여름 및 겨울)

아래 <표 II-2-12>와 C어린이집의 총부유세균과 부유진균에 대하여 측정된 결과값을 정리하였다. 총부유세균(TBC)의 여름철 평균농도는 $1469.7\text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 겨울철 평균농도 $454\text{ CFU}/\text{m}^3$ 보다 약 69% 감소하였다. 특히, 여름철 온도가 가장 많이 상승하고, 어린이의 활동이 많은 측정 3시간 후 결과값은 $2853.2\text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 농도로 조사되었다. C어린이집의 여름철 총부유세균 농도는 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법의 실내공기질 유지기준 $800\text{ CFU}/\text{m}^3$ 보다 최고 약 3.5배 높게 나타났는데 이는 측정 당일 습도가 71RH%로 높게 나타나 습도가 영향을 주는 것으로 판단된다. 부유진균의 경우 여름철 평균 농도가 $325.4\text{ CFU}/\text{m}^3$ 였고, 겨울철 평균농도가 $33.2\text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 부유진균의 경우 부유세균과 같이 여름철 측정 3시간 후의 진균 농도가 $395.2\text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 가장

높았다. 겨울철의 경우 온도 및 습도가 진균이 서식하기 좋지 않은 환경이 유지되어 농도가 여름철보다 낮게 나타난 것으로 추정된다.

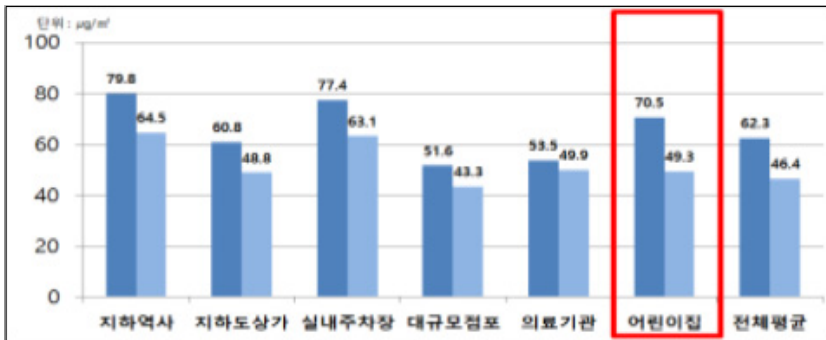
〈표 II-2-12〉 C 어린이집 부유세균 및 진균 농도(여름 및 겨울)

C 어린이집	Type	Oper. hr	Concentration	Type	Oper. hr	Concentration
(여름)	TBC (CFU/m ³)	0	791.2	Airborne Fungi (CFU/m ³)	0	244.7
		1	1210.6		1	280.8
		3	2853.2		3	395.2
		5	1023.8		5	380.7
		Average	1469.7		Average	325.4
(겨울)	TBC (CFU/m ³)	0	607	Airborne Fungi (CFU/m ³)	0	44.7
		1	300.6		1	28.2
		3	554.3		3	34.9
		5	354.1		5	24.9
		Average	454		Average	33.2

자료: 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가. p. 24.

다) 어린이집 및 유치원 실내공기질 관리제도(부처별)

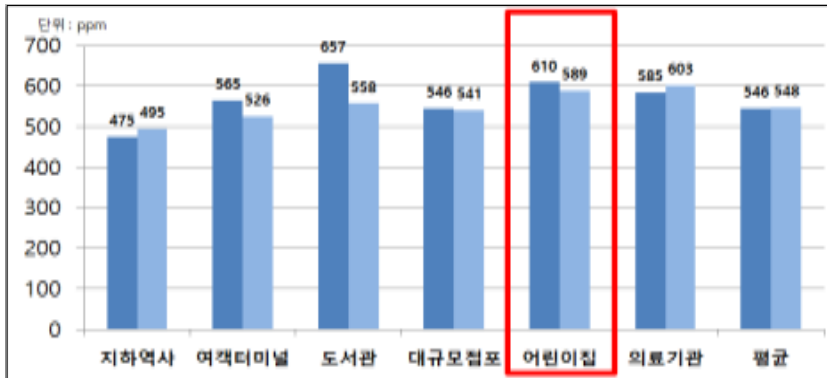
어린이집 유치원 실내공기질 조사 결과 비교·평가에 따른 실내공기질의 관리제도(부처별)(환경부, 2014)을 살펴보면 실내공기질 오염현황(다중이용시설)은 최근 3년간(11~13년) 실내공기질기준(총 10개: 유지기준 5개, 권고기준 5개) 초과율은 평균 7.0%로 나타났다. 또한 오염물질별 현황 중 미세먼지는 연평균 오염도가 기준치(150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 어린이집·의료기관 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 실내주차장 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이내이며, 어린이집에서 2008년에 70.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2013년에 49.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 감소하였다.



자료: 환경부(2014). 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019), p. 9.

[그림 II-2-2] 실내공기질 관리 기본 계획 - 미세먼지 (2015~2019)

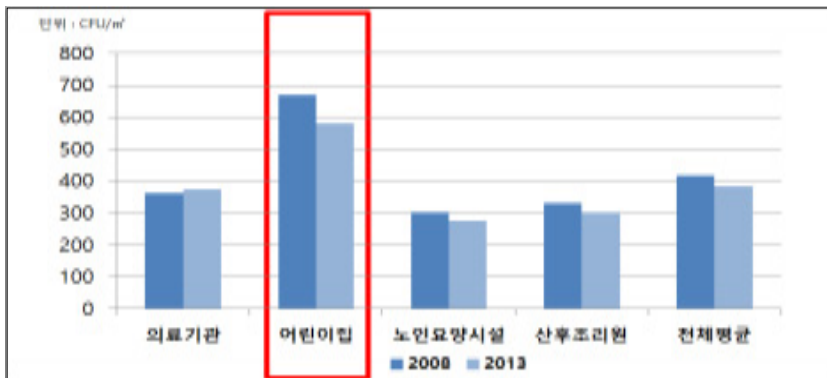
오염물질별 현황 중 이산화탄소의 연평균 오염도는 기준치(1,000ppm) 이내이며, 어린이집에서 2008년에 610ppm에서 2013년에 589ppm으로 감소하였다.



자료: 환경부(2014). 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019), p. 10.

[그림 II-2-3] 실내공기질 관리 기본 계획 - 이산화탄소 (2015~2019)

오염물질별 현황 중 총부유세균의 연평균 오염도는 기준치(800CFU/m³) 이내이며, 어린이집에서 2008년에 669CFU/m³에서 2013년에 581CFU/m³으로 감소하였다.



자료: 환경부(2014). 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019), p. 10.

[그림 II-2-4] 실내공기질 관리 기본 계획 - 총부유세균 (2015~2019)

라) 환경 개선방향 연구

“어린이집 실내환경 실태조사 연구(1)(김건우·전현도·박진철, 2009. 10.)”에서는 서울시의 구립어린이집과 사립어린이집 20개소를 대상으로 측정을 2009년 4월 3일부터 5월 29일까지 약 2달간 실시하였다. 그 결과 공기질 관리법에 따라 실내공기질의 유지, 권고 기준을 제시하여 관리하고 있지만 실제 어린이집의 실내환경을 측정하기 위해 이산화질소(NO2) 측정결과 구립어린이집 5개소, 사립어린이집 4개소에서 기준치(0.05ppm)를 초과함을 보여 주고 있다. 기타 항목의 측정값들도 표로 정리하였다(부표 1-7 참고).

〈표 II-2-13〉 어린이집 실내공기환경 항목(권고기) 측정값

기준치	400	0.06	0.05	0.01	4
항목	TVOC	O3	NO2	석면	라돈
개소	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)	(개/CC)	(CFU/m)
구립A	496.3	0.012	0.052	0.00006	0.5
구립B	542.5	0.011	0.053	0.0059	0.4
구립C	797.8	0.0078	0.055	0.0074	0.3
구립D	760.1	0.025	0.047	0.005	0.4
구립E	591.9	0.0013	0.54	0.0067	0.1
구립F	563.7	0.008	0.044	0.009	0.1
구립G	623.3	0.0009	0.049	0.0087	0.2
구립H	791.1	0.0053	0.053	0.0042	0.3
구립I	689.1	0.0057	0.043	0.0046	0.2
구립J	119.4	0.035	0.025	0.008	0.2
사립A	781.2	0.016	0.041	0.0058	0.3
사립B	802.4	0.002	0.054	0.0042	0.5
사립C	489.4	0.0007	0.045	0.0086	0.3
사립D	728.5	0.0011	0.05	0.0044	0.4
사립E	721.2	0.0016	0.057	0.0078	0.3
사립F	273.9	0.025	0.05	0.0023	0.1
사립G	840.3	0.043	0.057	0.0078	0.3
사립H	252.2	0.001	0.06	0.0074	0.4
사립I	355.9	0.001	0.06	0.0016	0.2
사립J	268	0.012	0.015	0.0047	0.5

자료: 김건우·전현도·박진철(2009). 어린이집 실내환경 실태조사 연구 (1). 대한건축학회 2009년도 학술발표대회 논문집, 29(1), p. 708.

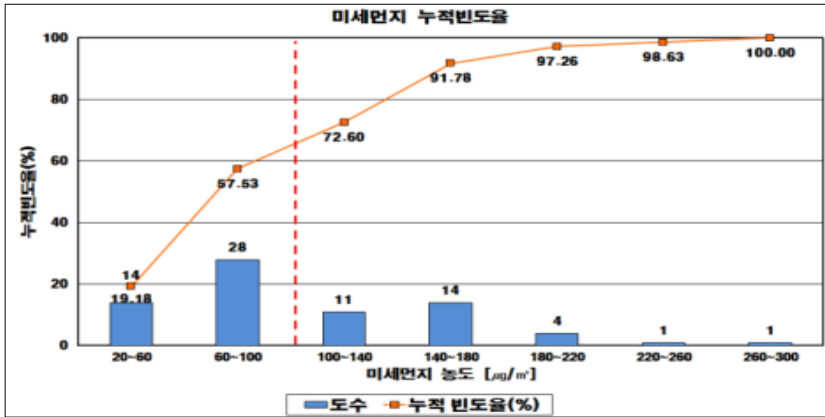
마) 오염물질의 특성과 환기

어린이집 실내공기 중 주요 오염물질의 특성 및 환기에 관한 연구(김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현, 2014)의 연구 자료를 바탕으로 볼 때 환기에 의하여 오염물질의 농도가 확연히 저감되는 것을 확인할 수 있었으며 환기시간에 따라 농도 감소폭이 다름을 알 수 있었다. 오염물질의 농도변화는 계절보다 시설의 영향이 큰 것을 알 수 있었다. 온·습도 및 TAB, CO₂의 농도를 측정을 위해 연면적 430m² 이상의 어린이집 중 5개소를 선정하여 춘·추계, 하계, 동계(각각 5월, 8월, 12월)에 각 항목을 측정하여 계절에 대한 영향을 파악하였다(부표 1-8, 부표 1-9 참고).

그 결과 환기 시간에 따른 이산화탄소, 총 부유세균의 농도는 감소하였고, 오염물질의 농도 변화는 계절보다는 시설에 따라 차이를 보였으며(김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현, 2014), 환기조건에 따른 변화도 주요하게 나타났다.

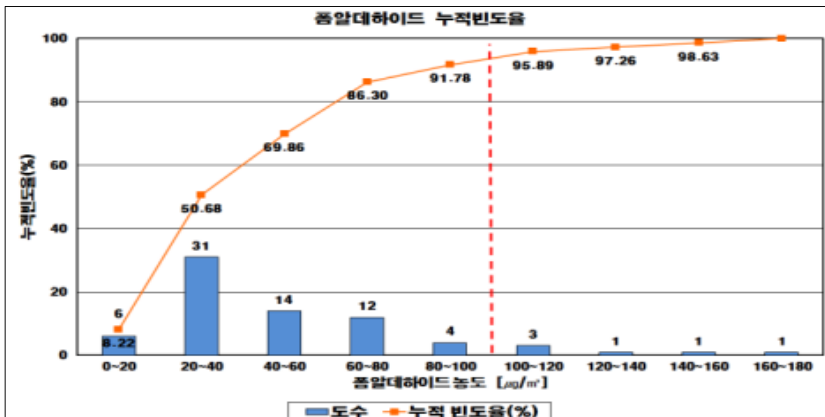
바) 어린이집 및 유치원 실내공기질 실태조사

“우리나라 보육시설의 실내공기질 실태조사 연구(이호영·성남철·홍용석·윤동원·손종열, 2010)”에서 보육시설 내 실내공기질을 파악하기 위하여 수도권 내 총 73개 보육시설(서울지역 27개소, 인천지역 21개소, 경기지역 25개소)을 대상으로 측정·조사하였다. 측정 및 설문조사는 2009년 7월부터 2009년 10월까지 약 3개월 동안 실시하였으며, 측정 시간은 주로 아이들이 수업을 받거나 활동하는 주간 시간대로 설정하였으며 측정 결과는 다음과 같다. 조사 대상시설 중 47%의 시설에서 기계 환기 장치 및 공기청정기가 설치되어 있었고, 곰팡이 유무는 21% 및 결로는 16% 등의 순으로 응답을 하였다. 주요한 오염의 특성의 미세먼지 농도 분포를 살펴 본 결과, 31개 시설(전체의 42%)가 법정 유지 기준인 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였으며, 총휘발성유기화합물(TVOC) 농도 분포로 살펴봤을 때 14개 시설(전체의 19%)가 권고 기준인 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다. 그 외에 폼알데하이드 농도 분포에서 보면 6개 시설(전체의 8%)가 유지 기준인 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과한 것으로 나타나고 있었다. 총부유세균 농도 분포 특성으로 시설 중 37개소(전체의 51%)가 유지 기준인 800cfu/ m^3 을 초과하여 나타났다.



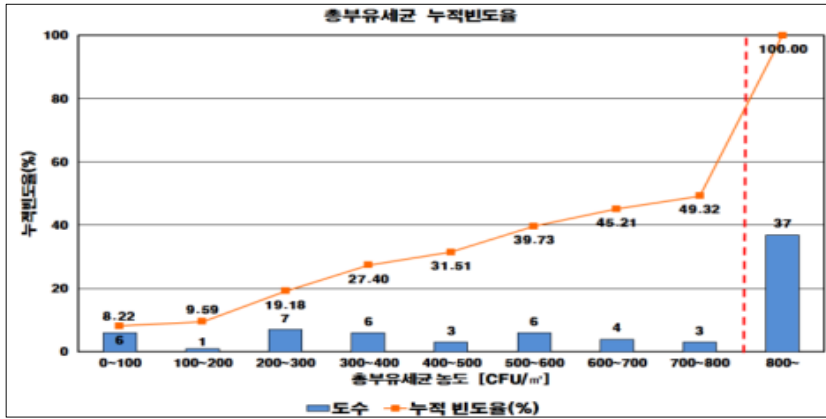
자료: 이호영·성남철·홍용석·윤동원·손종열(2010). 우리나라 보육시설의 실내공기질 실태 조사 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, p. 81.

[그림 II-2-5] 미세먼지(PM10) 농도분포



자료: 이호영·성남철·홍용석·윤동원·손종열(2010). 우리나라 보육시설의 실내공기질 실태 조사 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, p. 81.

[그림 II-2-6] 폼알데하이드(HCHO) 농도분포



자료: 이호영·성남철·홍용석·윤동원·손종열(2010). 우리나라 보육시설의 실내공기질 실태 조사 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, p. 81.

[그림 11-2-7] 총부유세균(TBC) 농도분포

Ⅲ. 실내공기질 관리 현황

1. 어린이집 및 유치원의 실내공기질 관리 현황

가. 국외

미국은 최근 어린이 신경발달 위해(risk) 관련 살충제류, 브롬화난연제류, 연소부산물, 납, 수은 및 PCBs와 같은 대표적인 물질들의 모니터링을 언급하고 있다(김호현 외, 2016). 또한, 이러한 평가 물질에 대한 증거 기반의 새로운 접근법(New Approach to Evaluating Evidence)을 요구하고 있다.

어린이와 관련된 대상 시설의 경우 도로에 인접해서 있는 경우가 매우 빈번하므로 교통오염원으로 인한 주의집중력 저하, 천식 및 비염 등 전통적으로 문제제시되는 환경성질환에 관심이 두드러지며, 관련한 공통유해물질로써 살충제류, 블랙카본, PM2.5, NO2는 반복해서 강조하고 있으므로 반영이 요구된다. 그 외 어린이 민감물질로는 VOCs, 곰팡이류(Mold), 라돈 등을 언급하고 있다(김호현 외, 2016).

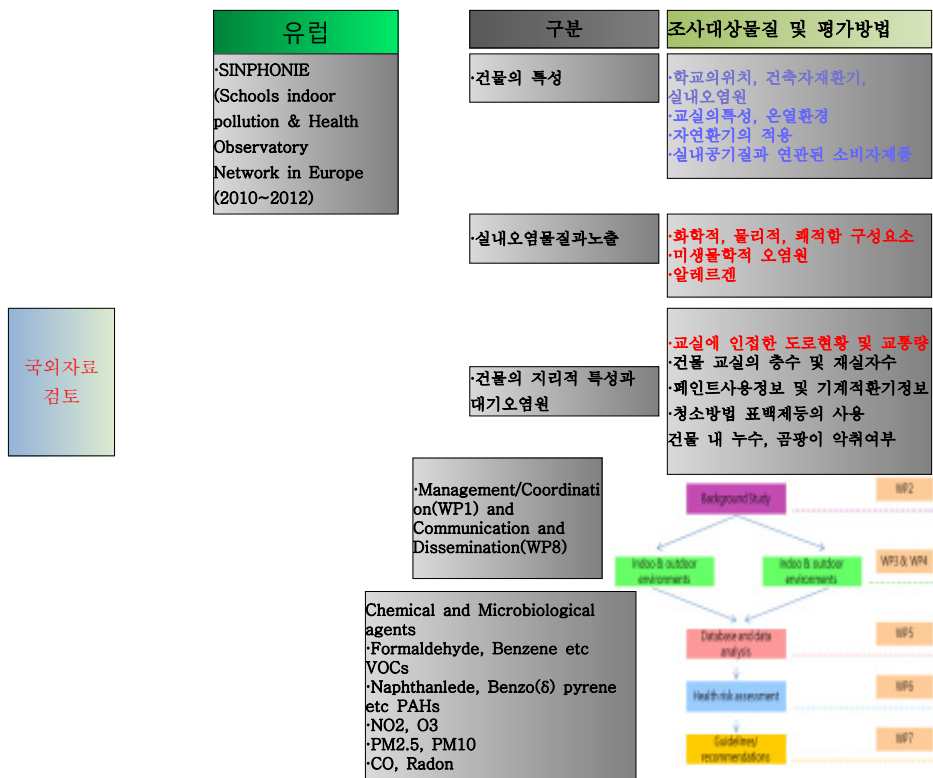


자료: 김호현·최인석·고일원·송석호·위영철·조진범·현철중(2016). 어린이활동공간의 효율적인 환경유해인자 관리를 위한 기획연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단. p. 28.

[그림 III-1-1] 국외 자료 검토를 통한 최신 경향(1)

유럽은 SINPHONIE(School Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe)(2010~2012) 보고서에서 건물의 특성, 실내오염물질, 건물의 지리적 특성과 외기 오염원으로 인한 실내공기오염과 건강(보건)과의 관련성이 있음을 광범위하게 언급하고 있다. 특히, 교실에 인접한 도로 현황에 대한 부분도 있는데, 이는 본 연구 대상 시설인 어린이집 및 유치원의 경우도 도로 인접 시설이 빈번하므로 이에 대한 조사가 요구된다(SINPHONIE, 2014).

또한, 실내·외 오염물질에 대한 기초조사, 오염물질과 건강(질환, 증상)과의 관련성, 건강 위해성 평가를 통한 가이드라인 등의 방법론의 체계를 강조하고 있으며, 이는 어린이집 및 유치원에도 해당된다.



자료: SINPHONIE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe)(2014). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report. 목차, p. 7, 12를 번역·재구성.

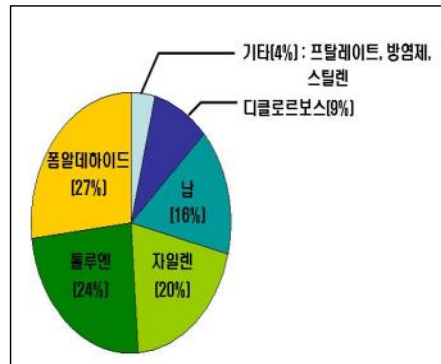
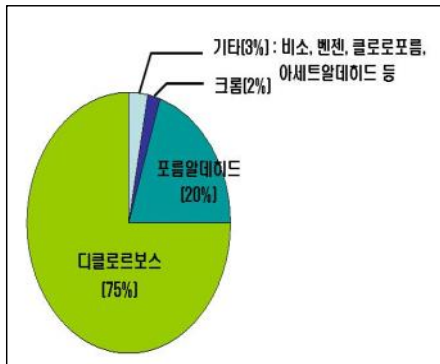
[그림 III-1-2] 국외 자료 검토를 통한 최신 경향(2)

나. 국내

1) 다경로(흡입, 섭취, 피부접촉 등) 노출 위해 대표 사례

2008년부터 2년여에 걸쳐 실시한 어린이활동공간 유해물질노출 및 위해성 조사사업(환경부, '08~'09) 중 어린이집 및 유치원 유해물질에 대한 위해성 평가결과, 어린이 건강을 위해 실내 해충 구제에 쓰이는 유기인계 살충제, 폼알데하이드와 일부 중금속 물질에 대한 관리 강화가 필요할 것으로 밝혀졌다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.).

- ※ 대상시설 : 놀이방(40개소), 어린이집(42개소), 유치원(44개소), 실내놀이터(42개소)
- ※ 대상물질 : 휘발성물질(8종), 알데하이드류(3종), 중금속류(5종), 방염제류(4종), 가스제류(3종), 농약류(2종)



자료: 환경부 보도자료(2010. 1. 12). 어린이 시설 소독제·바닥청소·환기 개선 필요; 환경부, 보육 시설·유치원·실내놀이터 위해성 평가결과 발표. http://www.me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?jsessionid=VQzmYatVBMDoWadLyNtC3Qeg67Y0d75tT2y1pujc2INmkq1g48qM9Zl7FyjQXHz.meweb1vhost_servlet_engine1?fileId=12961&fileSeq=1에서 2017. 10. 30. 인출

[그림 III-1-3] 발암위해도 기여율 [그림 III-1-4] 비발암위해도 기여율

어린이의 행동특성을 고려하여 각 유해물질에 대해 노출량을 산정하고, 어린이 건강에 대한 영향력을 파악하기 위해 어린이 민감성 보정계수(ADAF)를 적용한 위해도를 산출·분석한 결과, 발암위해도의 경우 디클로로보스와 폼알데하이드가 장기 노출 시 건강에 위해를 줄 정도의 결과가 나왔다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.). 비발암위해도의 경우 개별물질별 위험지수 및 물질 전체(25종) 통합 위

험지수가 1.0을 넘는 시설은 각각 1개소, 24개소로 나타났고, 폼알데이드> 톨루엔>자일렌>납>디클로로보스 순의 기여도를 나타내었다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.).¹⁾

노출경로로 조사한 결과 발암물질과 비발암물질 모두 흡입에 의한 노출이 높게 나타났으며 이를 통해 먼지의 농도가 높았음을 알 수 있었다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.). 중금속, 살충제, 가소제, 방염제 등은 바닥, 제품 및 가구 표면의 먼지에 함유되거나 공기를 통해 흡입되어 어린이의 손과 피부 등을 통해 유입되고, 먼지 농도가 높을수록 위해성도 높다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.). 어린이집의 경우 놀이방, 육아활동, 학습이 이루어지고 활동시간이 길고 노출형태가 다양하여 위해성이 다른 시설에 비해 비교적 높게 나타났고 유치원의 경우 아동의 활동시간이 짧고 학습활동을 주로 시행하므로 위해성이 상대적으로 낮게 나타났다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.).

가) 활동공간별 위해성 평가 결과

(1) 어린이집

어린이집에서는 발암위해도 평가 결과 조사대상 시설의 대부분이 1×10^4 을 초과하였고, 비발암위해도의 경우 개별물질별 비발암 위험지수가 1.0을 넘는 시설은 1개소였고, 통합 위험지수를 넘는 시설은 7개소였다(임영욱·이재영·김호현, 2010). 어린이집의 위해도가 높게 나타나는 이유는 3세~4세 어린이가 주로 이용하고, 학습과 육아활동이 함께 이루어져 활동시간이 평균적으로 길고, 육아 및 학습관련 기구에서 검출되는 폼알데하이드 때문이다.

〈표 III-1-1〉 어린이집 위해성 평가결과

발암물질		비발암물질	
대책필요(1×10^4)	지속관리(1×10^5)	대책필요(1.0이상)	지속관리(0.1이상)
포름알데히드(38/42) 디클로로보스(20/42)	벤젠(36/42) 아세트알데히드(2/42) 크롬(39/42)	-	디클로로보스(40/42) 폼알데하이드(32/42) 톨루엔(30/42) 자일렌(19/42) 스틸렌(1/42)

자료: 환경부 보도자료(2010. 1. 12.). 어린이 시설 소독제·바닥청소·환기 개선 필요: 환경부, 보육 시설·유치원·실내놀이터 위해성 평가결과 발표. http://www.me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?sessionId=VQzmYatVBMDoWadLyNtC3Qeg67Y0d75tT2y1pujc2INmkqq1g48qM9ZJ7FyjQXHz.meweb1vhost_servlet_engine1?fileId=12961&fileSeq=1에서 2017. 10. 30. 인출.

1) 폼알데하이드와 톨루엔 등 휘발성유기화합물은 페인트, 접착제, 전자제품, 놀이기구, 도서, 가구 등에서 발생함. 여름철, 신축시설, 복합건물에서 높게 검출됨.

(2) 유치원

유치원의 발암위해도 평가에서는 총 조사대상 44개 시설 중 13개의 시설에서 총 초과 발암위해도가 1×10^{-4} 을 초과하고 40개 시설이 1×10^{-5} 을 초과하였다. 비발암위해도 평가에서는 개별 비발암지수가 1.0 이상인 시설은 없었고 0.1을 초과하는 사례는 디클로로보스 4개 시설, 폼알데하이드 4개 시설, 톨루엔 12개 시설, 자일렌 11개 시설, 납 40개 시설이 있었다(환경부 보도자료, 2010. 1. 12.). 어린이집보다 평균 연령이 높으면서 시설 내 활동 시간이 비교적 짧고 학습활동을 주로 시행하므로 위해도가 상대적으로 어린이집보다는 낮은 것으로 추정한다.

<표 III-1-2> 유치원 위해성 평가결과

발암물질		비발암물질	
대책필요(1×10^{-4})	지속관리(1×10^{-5})	대책필요(1.0이상)	지속관리(0.1이상)
포름알데히드(5/44) 디클로로보스(11/44)	벤젠(5/44) 크롬(9/44)	-	디클로로보스(4/44) 폼알데하이드(4/44) 톨루엔(12/44) 자일렌(11/44) 납(40/44)

자료: 환경부 보도자료(2010. 1. 12.). 어린이 시설 소독제·바닥청소·환기 개선 필요: 환경부, 보육 시설·유치원·실내놀이터 위해성 평가결과 발표. http://www.me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?sessionId=VQzmYatVBMDoWadLyNtC3Qeg67Y0d75tT2y1pujc2INmkqq1g48qM9ZJ7FyjQXHz.meweb1vhost_servlet_engine1?fileId=12961&fileSeq=1에서 2017. 10. 30. 인출.

2) 실내공기질 관리기준물질 초과 대표 사례

서울시 어린이집 실내공기질 관리 컨설팅 용역 보고서(마포구청·케이워드, 2013)에서 184개 어린이집 대상으로 초과사례를 분석했을 때 미세먼지 5곳(2.7%), 폼알데하이드 2곳(1.1%), 총부유세균 3곳(1.6%), 일산화탄소 1곳(0.5%), 이산화탄소 54곳(23.9%)으로 나타났다.

<표 III-1-3> 어린이집별 오염물질 초과 현황

구분	온도	습도	미세 먼지	폼알데 하이드	총부유 세균	일산화 탄소	이산화 탄소
어린이집수	184	184	184	184	184	184	184
적합 어린이집수	114	142	179	182	181	183	130

구분	온도	습도	미세 먼지	폼알데 하이드	총부유 세균	일산화 탄소	이산화 탄소
초과 어린이집수	70	42	5	2	3	1	54
초과율(%)	38.0	22.8	2.7	1.1	1.6	0.5	29.3

자료: 마포구청·케이웨더(2013. 4). 어린이집 실내공기질 관리 컨설팅 용역 보고서(마포구청), p. 25.

“어린이집 실내환경 실태조사 연구(1)(김건우·전현도·박진철, 2009. 10.)”에서 는 어린이집 20곳(구립 및 사립)을 대상으로 조사하였으며, 초과사례는 총휘발 성유기화합물류 15곳(75%), 이산화질소 9곳(45%)이 발견되었다.

〈표 III-1-4〉 어린이집 실내공기환경 항목(권고기) 측정 값

기준치	400	0.06	0.05	0.01	4
항목	TVOC	O3	NO2	석면	라돈
개소	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)	(개/CC)	(CFU/m)
구립A	496.3	0.012	0.052	0.00006	0.5
구립B	542.5	0.011	0.053	0.0059	0.4
구립C	797.8	0.0078	0.055	0.0074	0.3
구립D	760.1	0.025	0.047	0.005	0.4
구립E	591.9	0.0013	0.54	0.0067	0.1
구립F	563.7	0.008	0.044	0.009	0.1
구립G	623.3	0.0009	0.049	0.0087	0.2
구립H	791.1	0.0053	0.053	0.0042	0.3
구립I	689.1	0.0057	0.043	0.0046	0.2
구립J	119.4	0.035	0.025	0.008	0.2
사립A	781.2	0.016	0.041	0.0058	0.3
사립B	802.4	0.002	0.054	0.0042	0.5
사립C	489.4	0.0007	0.045	0.0086	0.3
사립D	728.5	0.0011	0.05	0.0044	0.4
사립E	721.2	0.0016	0.057	0.0078	0.3
사립F	273.9	0.025	0.05	0.0023	0.1
사립G	840.3	0.043	0.057	0.0078	0.3
사립H	252.2	0.001	0.06	0.0074	0.4
사립I	355.9	0.001	0.06	0.0016	0.2
사립J	268	0.012	0.015	0.0047	0.5

자료: 김건우·전현도·박진철(2009). 어린이집 실내환경 실태조사 연구 (1). 대한건축학회 2009 년도 학술발표대회 논문집, 29(1), p. 708.

“우리나라 보육시설의 실내공기질 실태조사 연구(이호영·성남철·홍용석·윤동

원·손중열, 2010)“에서는 대상시설을 수도권 내 73개 보육시설(서울 27개소, 인천 21개소, 경기 25개소)로 설정하여 조사했으며, 초과사례는 미세먼지 31곳(42%), 총휘발성유기화합물류 14곳(19%), 폼알데하이드 6곳(8%), 총부유세균 37곳(51%)이 발견되었다.

3) 대상시설 내 제품 중금속 초과 대표사례

전국 어린이활동공간 환경안전진단사업에서 18,217개의 시설을 점검한 결과, 2,431개의 시설이 「환경보건법」상 환경안전관리기준을 위반한 사례가 있다고 나타났다(환경부 보도자료, 2017. 3. 10.). 이 사업은 어린이놀이시설, 초등학교 교실, 유치원 교실, 어린이집 보육실, 도서관(16.12 기준 전국 10.5만개 시설)²⁾ 등을 대상시설로 설정하여 시설물, 목재, 바닥모래 등 토양, 도료나 마감재료, 합성고무재질 바닥재의 표면재료 등에 대한 안전기준을 조사하였을 때 환경안전관리기준을 위반한 시설은 2,431곳이었다(환경부 보도자료, 2017. 3. 10.). 이들을 유형별로 살펴보면, 도료나 마감재가 중금속기준을 초과한 사례가 대부분(2,414곳)³⁾이었으며, 그 밖에 실내공기질기준 초과, 금지된 목재용 방부제 사용, 토양 내 기생충란 검출, 합성고무 바닥재기준 초과 등의 사례가 발견되었다(환경부 보도자료, 2017. 3. 10.)(부표 1-9, 부표 1-10, 부표 1-11 참고).

〈표 III-1-5〉 환경안전관리기준 위반 현황 (개소)

합계	중금속 기준 초과	실내공기질 기준 초과	금지된 목재 방부제 사용	바닥재기준 초과
2,431	2,414	8	7	2

자료: 환경부 보도자료(2017. 3. 10.). 2016년 어린이활동공간 환경안전관리기준 점검, 2,431곳 기준 위반 확인. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=770250&menu>에서 2017. 10. 30. 인출.

그러므로 어린이들이 환경적으로 안전한 공간에서 활동할 수 있도록 지자체, 교육청, 관련단체 등과 협력하여 환경안전 점검과 진단, 교육 및 홍보를 실시하고, 우수시설에는 환경안심인증을 부여하는 등 다양한 대책을 추진할 필요가 있다.

2) 2008년 3월 ‘어린이활동공간 환경안전관리기준’이 도입되면서, 법 시행(09.3.22) 이전에 설치된 시설들은 규모, 공·사립 여부에 따라 2016년(5.7만개), 2018년(2.4만개)부터 단계적으로 환경안전관리기준 적용

3) 납 질량분율 0.06% 이하, 납·수은·카드뮴·6가 크롬의 질량분율 합이 0.1% 이하

2. 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 현황

가. 친환경 건축자재 내용 소개 및 분석

한국공기청정협회(2014)에 따르면 건축물에 사용되는 일반자재(패널 및 보드, 판, 목재류, 벽지, 바닥지 등)와 접착제, 실란트, 페인트, 퍼티 등으로 구분하여, 국내 건축자재 생산업체의 제품과 수입하는 건축자재를 대상으로 하고 국내 친환경 건축자재 운영에 따른 용어의 정의와 약칭을 다음과 같이 정리하고 있다.

〈표 III-2-1〉 국내 친환경 건축자재 운영에 따른 용어의 정의와 약칭

용어	정의와 약칭
환기회수 (Air Change Rate)	단위시간당 방출시험 챔버에 공급되는 공기의 체적(환기량)을 방출시험 챔버 용적으로 나눈 값
환기량(Air Flow Rate)	단위시간당 방출시험 챔버에 공급되는 공기의 체적
기류속도(Air Velocity)	시험편의 표면을 흐르는 공기의 속도
회수율(Recovery)	단위시간 중에 방출시험 챔버에 공급된 기지의 대상 VOCs와 알데하이드류의 총량을 동일한 단위시간 중에 방출시험 챔버에서 방출된 공기 중의 대상 VOCs와 알데하이드류의 총량으로 나눈 값(%)
방출강도 (Emission Factor, EF)	시험 개시 시점부터 규정된 시간동안 방출된 단위시간당 VOCs와 알데하이드류의 질량. 이 규격에선 면적당 방출강도(EFa)로 적용한다. 이외에 단위당 방출강도(EFu), 길이당 방출강도(EFL), 질량당 방출강도(EFm), 부피당 방출강도(EFv)으로도 나타낸다.

자료: 한국공기청정협회(2014). 친환경 건축자재 운영규정, pp. 1-2를 재구성.

이외에 단위면적당 환기량(Area Specific Air Flow Rate), 건축자재(Building Materials), 방출시험 챔버(Emission Test Chamber), 방출시험 챔버 농도(Emission Test Chamber Concentration), 배경농도, 트래블 바탕농도, 시료부하율(Product Loading Factor), 시료(Sample), 시험편(Test Specimen) 등을 정리하고 있다(한국공기청정협회, 2014).

시험 및 인증기준의 경우 친환경 건축자재 인증 등급은 건축자재에서 나오는 알데하이드류, VOCs에 대한 시험결과에 의해 결정된다. 건축자재에 포함된 카드뮴, 납, 6가 크롬 및 수은에 대해 추가 시험을 하고 싶을 시 신청자가 요구할 수 있다. 결과적으로 중금속은 신청제품에 함유된 카드뮴, 납, 6가 크롬 및

수은의 합은 0.1%(질량분율) 이하여야 한다(한국공기청정협회, 2014).

〈표 III-2-2〉 친환경 건축자재 인증등급

단위 (mg/m². h)

구분		일반자재, 페인트, 퍼티	접착제	실란트
최우수 ★★★★★	TVOC	0.10 미만	0.10 미만	0.25 미만
	SVOC	0.03 미만	0.03 미만	0.075 미만
	HCHO	0.010미만	0.010 미만	0.010 미만
	CH ₂ CHO	0.010 미만	0.010 미만	0.010 미만
우수 ★★★★	TVOC	0.10 이상~0.20 미만	0.10 이상~0.30 미만	0.25 이상~0.76 미만
	SVOC	0.06 미만	0.09 미만	0.22 미만
	HCHO	0.010 이상~ 0.030 미만	0.010 이상~ 0.030 미만	0.010 이상~ 0.030 미만
	CH ₂ CHO	0.010 이상~ 0.030 미만	0.010 이상~ 0.030 미만	0.010 이상~ 0.030 미만
양호 ★★★	TVOC	0.20 이상~ 0.040 미만	0.30 이상~ 0.60 미만	0.76 이상~ 2.5 미만
	SVOC	0.12 미만	0.18 미만	0.76 미만
	HCHO	0.030 이상~ 0.050 미만	0.030 이상~ 0.050 미만	0.030 이상~ 0.050 미만
	CH ₂ CHO	0.030 이상~ 0.050 미만	0.030 이상~ 0.050 미만	0.030 이상~ 0.050 미만

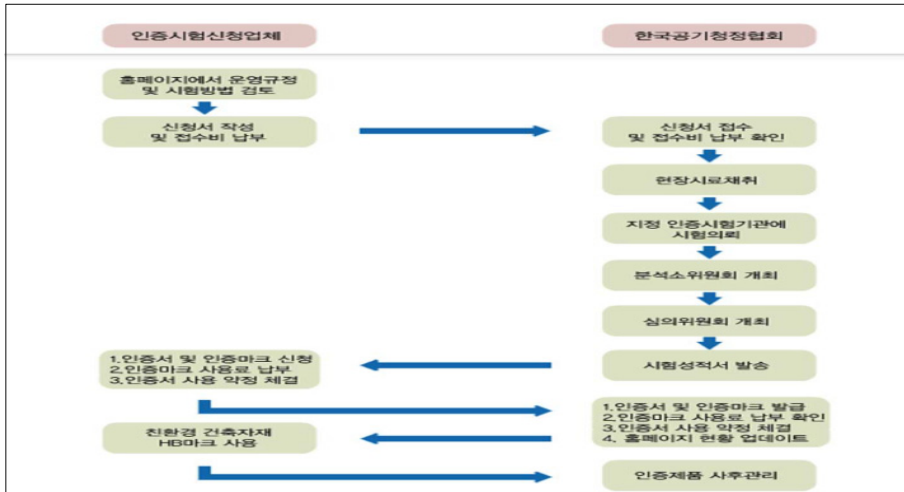
주: 1) 5VOC : 신축 공동 주택의 실내공기질 물질[벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌
2) 5VOC에서 Toluene 은 0.080 mg/m².h 미만이어야 함.

자료: 한국공기청정협회(2014). 친환경 건축자재 운영규정, p. 12.

시험 처리 기간은 시험시료 수거일로부터 45일 이내이며, 법정 공휴일은 삽입하지 아니한다(부표 1-13 참고).

인증시험방법 중 알데하이드류와 VOCs의 시험 방법은 친환경 건축자재 시험방법 단체표준규격(SPS-KACA008-138)을 카드뮴, 수은 및 6가 크롬의 시험 방법은 환경부 고시 제2009-202호 어린이활동공간의 환경유해인자 시험방법에 따른다(한국공기청정협회, 2014).

본 연구의 인증절차에 따른 자료는 한국공기청정협회 시험 및 인증절차에 관한 세부사항으로 인증요건을 기술한 문서와 신청자의 권리와 의무가 기재된 문서를 인증신청자에게 제공하여야 하며 그 절차는 [그림 III-2-1]을 따른다.



자료: 한국공기청정협회(2014). 친환경 건축자재 운영규정, p. 16.

[그림 III-2-1] 인증 절차

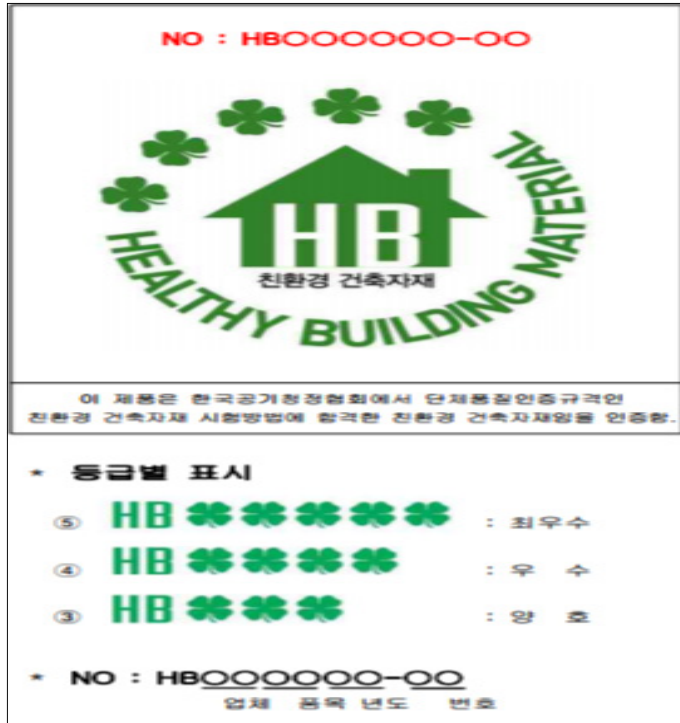
인증업체는 인증마크를 인증제품에 표시할 뿐만 아니라 서류, 홍보물에도 사용할 수 있다. 인증마크의 사용, 서류 및 홍보자료 등에 인증업체임을 표시하거나 이를 홍보하고자 할 경우에는 표시사항 및 표시방법에 따른다(한국공기청정협회, 2014)(그림 III-2-2 참조).

제품의 특성에 관련된 주요사항은 제품명, 모델 및 규격, 제조업체명, 제조년월일 및 보증기간, 주소, 전화번호, 사용설명 및 주의사항에 관한 내용을 엄격히 준수한다.

본 연구의 인증에 따른 약정기간은 한국공기청정협회의 기준에 따르면, 인증업체에 의거하여 인증마크 사용에 관한 약정을 체결을 하고, 약정기간은 3년으로 한다.

환경 건축자재 SPS-KACA008-138(한국공기청정협회, 2016)에 따르면 공기채취 분석 시 채취관으로 VOCs의 포집에는 Tenex-TA 흡착관을, 알데히드류의 포집에는 DNPH Cartridge를 사용한다. 깨끗한 공기를 혼합해서 24시간 이상 경과 후 방출시험 챔버 내의 온도와 상대습도가 정상상태인 것을 확인한 후, 채취관을 접촉해서 배경농도를 측정하고 동시에 블랭크농도도 측정한다(한국공기청정협회, 2016). 사전에 방출시험 챔버 내의 농도를 예측하기 어려운 경우, 오차대응을 위해 포집 관을 2개 직렬로 한다(한국공기청정협회, 2016). 포집관의 오차의

유무는 (1)식에 의해 판단하며, 구한 값이 95%이상의 경우는, VOCs와 알데히드류는 실질적으로 전방에 포집 관만이 붙은 것으로, 오차가 크지 않은 것으로 판단할 수 있다(한국공기청정협회, 2016)(그림 III-2-2 참조).



자료: 한국공기청정협회(2014). 친환경 건축자재 운영규정, p. 17.

[그림 III-2-2] 친환경 건축자재 인증마크

$$\frac{C_1}{C_1 + C_2} \times 100 \geq 95 (\%) \dots (1)$$

C_1 : 앞 포집관의 분석농도

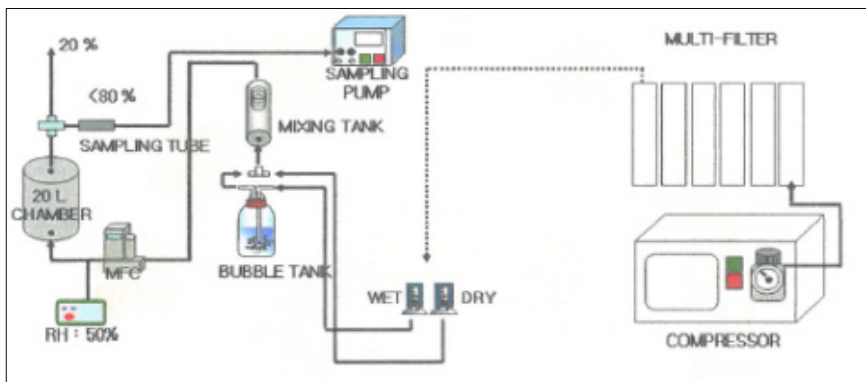
C_2 : 뒤 포집관의 분석농도

[그림 III-2-3] 친환경 건축자재 인증마크

VOCs의 분석은 Tenex-TA 흡착관을 가열탈착위치에 넣고, 가열에 의해 VOCs를 탈리한다. VOCs의 종류를 확인할 때, 질량분석계(MS)를 scan mode로 조작하고, 질량 spectrum으로 판별한다(한국공기청정협회, 2016). 그것이 규격에서 같은 Retention Time 간격이라도 질량 spectrum에 의해 대응해서 판정하며, 정량방법은 질량분석계부착 Gas Chromatograph에 의해 Total Ion Chromatograph(TIC)를 측정하는 방법이 있다(한국공기청정협회, 2016).

알데히드류의 분석은 DNPH Cartridge 내의 카르복실 화합물 DNPH수용체는 아세토니트르를 사용하여 용해하고 탈리시키고 탈리용액은 고속액체 크로마토그래프(HPLC)를 써서 정량한다(ISO/DIS 16000-3)(한국공기청정협회, 2016).

친환경 건축자재 2014년 KCC 석고보드(방화) 제품을 분석한 결과로서, 한국공기청정협회(2016)의 자료 중 시험기관은 한국건설생활환경시험연구원이 오염물질 방출 시험(TVOC, VOCs and Toluene, HCHO, CH₃CHO)을 방출시험 챔버 내의 공기농도, 통과한 공기의 적산유량 및 시험편의 표면적을 구하여 건축재료의 단위면적당 오염물질의 방출량을 결정하는 방법을 적용하였다.



자료: KCC 선진아이엔씨 인테리어필름 HB 인증서. http://sunjininc.co.kr/bbs/board.php?bo_table=data1에서 2017. 10. 30. 인출.

[그림 III-2-4] 친환경 건축자재 시험의 분석 방법

나. 친환경 건축물 인증제도 내용 소개 및 분석

“국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구(박진철, 2012)”에 따르면, 친

환경 건축물 인증제도는 건축물의 전체적인 과정에 대해 에너지를 절약하고, 자원 절약, 오염물질의 배출감소 등 환경에 영향을 미치는 요소를 파악하여 이에 대한 내용을 바탕으로 환경성을 인증하고 친환경 건축물 건설을 장려하는 목적으로 만들어진 제도이다. 친환경 건축물 인증제도는 국토부, 환경부 주관으로 공동주택을 대상으로 2002년에 도입되었으며, 2003년 1월부터는 주거 복합 업무용 건축물로 확대하여 운영되었고 2005년에는 공동주택 인증제도의 기안에 공공건축물이 인증대상에 포함되었다(박진철, 2012). 이에 인증제도의 연혁(표 III-2-3) 및 연도별 건축물 현황(표 III-2-4)을 아래와 같이 정리하였다.

〈표 III-2-3〉 국내 친환경건축물 인증제도 연혁

구분	내용
1999년	친환경적 건축물 시범인증운영 -국토해양부: 주거환경우수주택 시범인증 -환경부: 그린빌딩 시범인증
2000년	[5월]인증제도의 통합작업:[친환경건축물 인증제도]
2002년	[1월][친환경건축물 인증제도] 친환경건축물 인증 기준시행(공동주택부분) [1월]3개의 인증기관 선정 및 인증시행 -한국토지주택공사, 한국에너지기술연구원, (주)크레비즈인증원
2003년	-업무용, 주거복합 친환경건축물 인증기준 시행
2005년	[3월]학교시설 인증 기준 시행
2006년	[5월]건축법 제65조(친환경건축물의 인증)신설 [8월]친환경건축물 인증기관으로 한국교육환경연구원 추가 지정 [9월]판매시설, 숙박시설 인증기준 시행
2008년	[4월]서울특별시 기후변화 기금의 설치 및 운용에 관한 조례 시행 규칙 [5월]친환경건축물의 인증에 관한 규칙, 친환경건축물 인증기준 신설
2010년	[5월]친환경건축물 인증제도 개정 고시(2010. 7. 1. 시행)

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 30.

〈표 III-2-4〉 국내 친환경건축물 연도별 건축물 현황

구분	등급	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	합계
계	소계	3	3	15	33	163	300	414	570	630	500	2,631
	최우수	-	2	3	8	10	13	20	27	47	51	181
	우수	3	1	12	25	153	287	394	543	557	270	2,245
	우량	-	-	-	-	-	-	-	-	12	74	86
	일반	-	-	-	-	-	-	-	-	14	105	119

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 30.

“국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구(박진철, 2012)”에 따르면, 친환경건축물 인증제도는 「건축법」 제65조에 의거하여 지속 가능한 개발의 실현과 자원절약형, 자연친화적인 건축을 유도하기 위하여 실시되었고, 2008년 국토해양부령 제15호 「친환경건축물의 인증에 관한 규칙」과 국토해양부 고시 「친환경건축물 인증기준」에 근거하고 있다(박진철, 2012). 이에 인증제도의 개정경과를 통해 진행되는 건축물을 최근 2010년 전까지 다음과 같이 정리하였다.

친환경 인증 대상개 용도 건축물					
공동주택	주거복합건축물	업무용건축물	학교시설	숙박시설	판매시설
2002년 신설					
2003년 신설					
2005년 개정		2005년		2006년 신설	
2008년 5월 개정(규칙, 고시)					
2010년 5월 공시(7월부터 모든 신축 건물로 확대)					

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 31.

[그림 III-2-5] 친환경건축물 인증제도의 개정경과

국내 친환경건축물 인증제도 정리는 다음과 같다.

<표 III-2-5> 국내 친환경건축물 인증제도

구분	친환경 건축물 인증제도
개요	건물 부분에서의 온실가스 감축을 위해 실시하는 인증제도
관련 근거	건축법 제65조
주관 부서	국토해양부, 환경부
인증 및 평가 기관, 검토 기관	한국에너지 기술연구원, 토지주택연구원, 한국교육 환경연구원, (주)크레비즈큐엠외 7개 신규기관 추가
인증 대상	공동주택, 업무용, 복합건축(주거), 학교, 숙박, 판매시설, 그 밖의 건축물, 복합건축물
평가 항목	토지이용, 교통, 에너지, 재료및자원, 수자원, 환경오염, 유지관리, 생태환경, 실내환경
제도 성격	10,000㎡의 공공기관 발주 건축물의 경우 의무, 그외 자발적
인센티브	지방세감면, 환경개선부담금 경감, 건축기준완화, 서울시 인증비용 지원, 서울시 용적률 완화

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 33, p. 31.

친환경건축물 인증제도는 「건축법」에 근거하여 제정되어 운영되고 있으며, 인증 및 평가기관을 2012년 7월까지 4개 기관을 두고 있었고 2012년 7월 이후에는 한국그린빌딩협회의회(KGBC) 등 지정인증기관 7개 기관을 추가하였다(박진철, 2012). 특히, 인증기관의 추가지정 배경에는 인증대상 건물의 확대와 수요의 증가에 따른 인증기관의 원활한 인증절차 수행을 위함과 동시에 무엇보다도 녹색건축물의 확산화를 위하여 지정인증기관을 추가하고 있다(박진철, 2012). 그리고 이에 따른 친환경건축물 인증제도의 평가항목은 다음과 같다.

〈표 III-2-6〉 친환경건축물 인증제도 내용 평가항목

구분	공동주택	주거복합		업무용	학교	판매시설	숙박시설					
		주거	비주거									
인증 등급	최우수 : 74점 이상 우수 : 66점 이상	최우수 : 80점 이상 우수 : 70점 이상										
시행일	2010년 7월 1일											
운영 기관	환경부, 국토해양부											
인증 기관	한국에너지기술연구원, UH공사, 크레비즈인증원, (사)한국교육환경연구원											
부 문	부 문	4개 부문: 토지이용 및 교통, 생태환경, 실내환경, 에너지자원 및 환경부하										
	세 부 부 문	9개 부문: 에너지, 재료 및 자원, 토지이용, 교통, 생태환경, 실내환경, 수자원, 환경오염, 유지관리										
항목수	44	평가 항목 31	41 (34)	평가 항목 31 (25)	40	평가 항목 28	43	평가 항목 34	36	평가 항목 30	45	평가 항목 33
		가산 항목 13		가산 항목 10 (9)		가산 항목 12		가산 항목 9		가산 항목 6		가산 항목 12
배점	136	평가 항목 100	100 (115)	평가 항목 100 (89)	136	평가 항목 100	124	평가 항목 100	119	평가 항목 100	133	평가 항목 100
		가산 항목 36		가산 항목 28 (26)		가산 항목 36		가산 항목 24		가산 항목 19		가산 항목 33

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 31.

“국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구(박진철, 2012)”에 따르면, 친환경 건축물 인증제도는 전체 배점의 합으로 평가하고, 주택성능등급 표시 제도는 개별 등급으로 평가하는 방식이다. 현재 이 두 제도가 통합되어 주택성능 등급 표시제도를 고려하게 되었다.

대항목	기준		개정	
	항목수	배점	항목수	배점
1. 토지이용	4	22	5	12
2. 교통	4	8	3	4
3. 에너지	2	15	2	15
4. 재료 및 자재	6+2	16+9	7+2	17+9
5. 수자원	4	12	4	15
6. 환경오염	1	3	2	6
7. 밀착친화	3	7	15	28
8. 생태환경	4	18	4	18
9. 주택환경	8	27	18	28
합계	40+2	156	50+2	156

9. 주택환경	9.1.1 실내공기오염물질 저감율 제재의 책임(항목수)	4	6	동점
	9.1.2 연기설계의 정도	3	-	석재
	9.1.3 자연채광 확보	-	3	산책
	9.1.3 단열층내의 공기질도 확보	-	3	주택
	9.2.1 외 상면 차동문도 초침철차 배제	2	2	석재
	9.3.1 출입문 주변 바닥층기밀 차단성능 수준	4	-	석재
	9.3.1 경관충격을 차단성능	-	2	동점
	9.3.2 중립충격을 차단성능	-	2	동점
	9.3.3 새롭고 강계수를 차음성능	3	2	동점
	9.3.3 단차 내 음향경	3	-	석재
	9.3.4 교통신용에 대한 상층의 소음도	-	2	동점
	9.3.5 최상실 근방소음	-	2	주택
	9.4.1 새롭고 일차 확보율	4	4	동점
9.5.1 여차, 장애인 배리어 타당성	2	-	석재	

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, pp. 34-35.

[그림 III-2-6] 친환경건축물 인증제도 기존 및 개정 배점에 따른 개정된 평가 항목

“저에너지 친환경 공동주택 기술개발 연구보고서(국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2008)” 자료에 따르면, 미국의 친환경 건축물 인증제도의 경우, LEED는 미국의 자발적인 비영리 민간 협의체인 미국 그린 빌딩 협의회(USGBC: U.S Green Building Council)의 주도로 1993년에 건설사업과 관련된 단체 중심으로 개발되었다(국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2008). 시스템의 개요는 다음 <표 III-2-7> 과 같이 정리하고자 한다.

GBCI(GBCI: Green Building Certification Institute)는 예비 심사에서 각 항목의 취득 가능(Anticipated) 및 실패(Denied) 여부를 결정하고, 부족하거나 의심 사항 등의 항목(Pending)은 보충할 수 있도록 최종심사 단계를 통해 제공한다(박진철, 2012). 프로그램은 6개 대항목과 34개의 세부항목으로 구성되어 있고

각 항목마다 중요성을 고려한 점수가 배정되는데 총 배점의 합계는 110점이다 (이은님, 2013). 이는 평가시스템과 생애주기별 활용 가능한 LEED 평가시스템을 확인할 수 있다.

〈표 III-2-7〉 LEED 시스템 개요

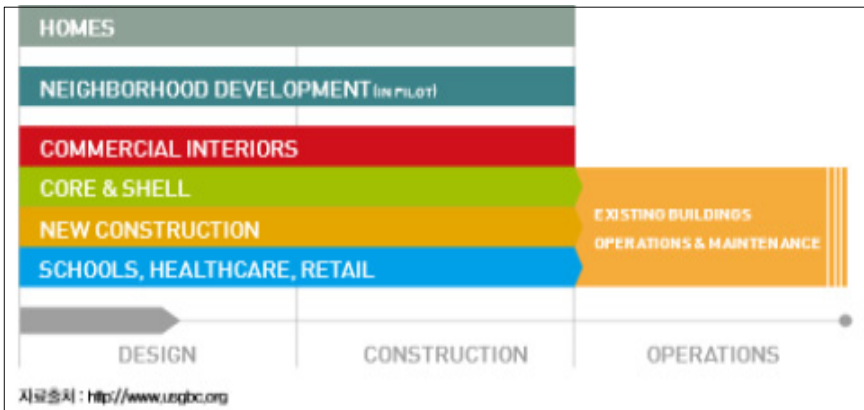
LEED-NC(New Construction & Major Renovations)	신축/대규모 계보수
LEED-EB (Existing Building: Operations & Maintenance)	기존 빌딩: 운영과 관리
LEED-CI(Commercial Interiors)	상업용 인테리어
LEED-CS(Core & Shell)	코어와 건축물외피
LEED-H(Homes)	저층 주거
LEED-ND(Neighborhood Development)	근린지구 개발

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 37.

〈표 III-2-8〉 LEED-NC 2009(VER 3.0)의 등급

등급	점수
Platinum	80~110점
Gold	60~79점
Silver	50~59점
Certified	40~49점

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 37.



자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 37.

[그림 III-2-7] 생애주기 단계별 LEED 평가 시스템의 활용

“저에너지 친환경 공동주택 기술개발 연구보고서(국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2008)” 자료에 따르면 영국의 친환경 건축물 인증제도의 경우, BREEAM(Building Research Establishment Environment Assessment Method)은 건축물의 친환경성능을 인증하는 프로그램으로도 많은 곳에서 사용되고 있다(국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2008). 평가항목으로는 건강 및 웰빙, 에너지, 운영관리, 생태, 오염, 자재, 수자원, 토지, 교통으로 구분하고, 총점은 152점(65개 세부항목)이며 점수에 따라 5개의 등급으로 나누어진다(박진철, 2012).

〈표 III-2-9〉 BREEAM 시스템의 등급별 점수

등급	점수
Outstanding	85점 이상
Excellent	70~84점
Very Good	55~69점
Good	45~54점
Pass	30~44점

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 38.

〈표 III-2-10〉 BREEAM 2011 주요 평가항목

사무소/주거건축물/공장	평가내용
운영관리	건물 공사의 계획 비용 등에 따른 항목
건강과 쾌적성	빛, 온도, 공기, 보안 등에 관한 항목
에너지 이용	에너지 효율적인 시스템과 건물형태 등에 관한 항목
교통	대중교통 정보와 편의시설 근접성 등에 관한 항목
수자원	수자원 소비와 절약에 따른 항목
재료	자재에 대한 책임과 디자인의 견고성 등에 관한 항목
폐기물(Waste)	건축 폐기물과 재활용 골재 등에 따른 항목
대지의 이용	대지의 가치와 영향을 최소화하기 위한 항목
생태	환경오염 배출 저감에 따른 항목
오염	혁신적인 디자인과 기술 제안에 따른 항목

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 38.

마지막으로 “저에너지 친환경 공동주택 기술개발 연구보고서(국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2008)” 자료에 따르면 일본의 친환경 건축물 인증제도의 경우, CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency)는 환경부하가 적은 건축물 및 우수한 성능 및 환경품질을 가진 건축

물을 실현하는 것이 목적인 건축물 종합 환경성능평가를 위해 개발되었다(국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2008). 건축물의 환경영향평가를 위해 건축물의 거주자 생활 요구조건의 향상을 평가하는 건축물 내 환경적인 품질 및 성능과 가상의 공간에서 외부 공공의 공간으로 부정적 환경영향을 주는 건축물의 환경 부하라는 두 가지 요소를 다루고 있다(박진철, 2012).

〈표 III-2-11〉 CASBEE의 평가부문 및 평가항목

평가부문	세부부분	평가항목
Q 건축물의 환경물질·성능	Q-1 실내환경	1. 음환경
		2. 온열환경
		3. 광 환경
		4. 공기질
	Q-2 서비스성능	1. 기능성
		2. 내용성·신뢰성
		3. 대응성·갱신성
	Q-3 실외환경	1. 생물환경의 보전과 창출
		2. 경관의 배려
3. 지역성·Amenity의 배려		
LR 건축물의 환경부하 저감 성능	LR-1 에너지	1. 건축물의 열 부하 억제
		2. 자연에너지 이용
		3. 설비시스템의 고 효율화
		4. 효율적 운용
	LR-2 자원-재료	1. 수자원 보호
		2. 저 환경부하 재료의 사용
	LR-3 부지 외 환경	1. 대기·지하수·토양오염방지
		2. 소음·악취방지
		3. 풍해·일조장해의 억제
		4. 광해의 억제
		5. 온열환경의 악화개선
		6. 지역 인프라 부하 억제

자료: 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, p. 39.

“친환경 건축물 인증심사 기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구(조동우·김수암·양관섭·채창우·황은경·윤용상·유기형·김선숙·장대희·김동희·김성희, 2009)”에 따르면, 실내환경의 인증심사 항목 분석은 다음과 같이 정리 한다(부표 1-12 참고).

〈표 III-2-12〉 평가분야별 구성내용

전문분야	세부분야	평가 내용
토지이용 및 교통	토지이용	토지가 갖고 있는 생태학적인 기능을 최대한 고려하거나 복구하는 측면에서 외부환경과의 관련성을 고려한다.
	교통	건물로의 이동은 그에 상응하는 에너지의 소비를 유발하므로 교통유발과 관련된 항목들을 평가하여 교통부하를 줄일 수 있는 대안을 검토한다.
에너지· 자원 및 환경부하 (관리)	에너지	건축물 운영을 위해 소비되는 에너지가 환경에 미치는 영향은 매우 크다. 에너지 소비에 대한 건축적 방안 및 시스템 측면에서의 대책을 평가한다.
	재료 및 자원	건축재료는 건설과정에서 발생하는 영향의 상당부분을 차지하며, 생산과정에서 많은 에너지를 소비한다. 따라서 천연재료, 또는 천연재료를 가공한 제품의 사용을 가급적 억제하고, 재생 재료의 활용을 적극적으로 유도한다.
	수자원	수자원의 절약 및 효율적인 물 순환을 도모한다.
	환경오염	건물의 건설과정과 운영과정에서 발생하는 환경오염(오존층파괴, 지구온난화방지, 산성비 등)을 줄임으로써 지구환경부하의 저감을 목적으로 한다.
	유지 관리	적절한 유지관리체계를 통해 환경적 영향의 최소화와 이익의 최대화를 달성할 수 있는 건축적 방법을 검토한다.
생태환경	생태 환경	대지는 생물종의 다양성에 직접적인 영향을 미친다. 개발과정에서 대지내의 생태계에 미치는 영향을 최소화하는 것을 목표로 하며, 이상적으로는 서식하는 생물종을 다양하게 구성하는 것을 고려한다.
실내환경	실내환경	건강과 복지측면에서 건물 내 재실자와 이웃에게 미치는 위해성을 최소화하기 위한 실질적인 조치를 검토한다. 실내환경에는 온열환경, 음환경, 빛환경, 공기환경이 포함된다.

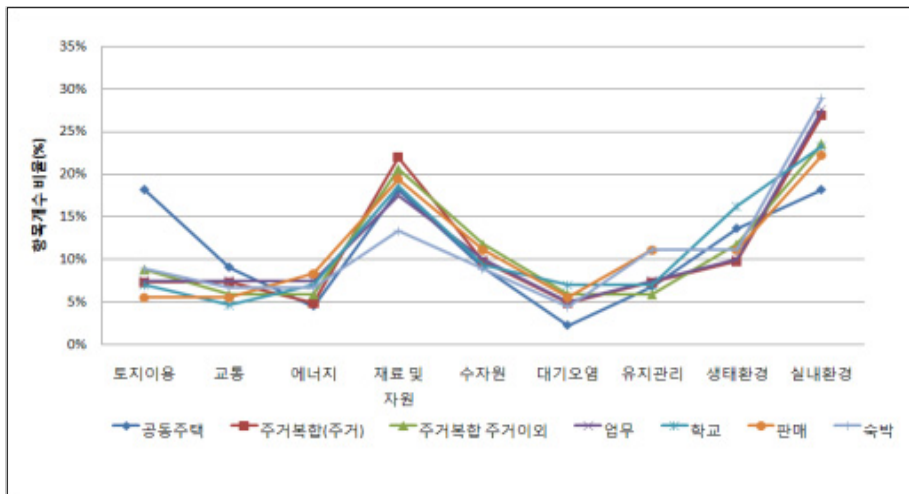
자료: 조동우·김수암·양관섭·채창우·황은경·윤용상·유기형·김선숙·장대희·김동희·김성희(2009). 친환경 건축물 인증 심사기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구. 국토해양부·한국건설기술연구원, p. 11.

모든 용도에서 재료 자원과 실내환경에 대한 평가 항목 수 및 배점이 높으며, 교통과 대기오염의 배점 및 항목 비율은 상대적으로 낮았다. 또한 주거복합(주거)건물은 재료와 자원에 대한 배점비율은 21.1%로 높았으며, 학교시설은 생태환경에 대한 중요도가 높게 나타났다.

〈표 III-2-13〉 용도별 평가 항목의 분석 개수 및 배점

부분	공동주택	주거복합				업무용		학교		판매시설		숙박시설	
		주거부분		주거이외		개수	점수	개수	점수	개수	점수	개수	점수
		개수	점수	개수	점수								
토지이용 및 교통	토지이용	8	22	3	7	3	7	3	7	2	5	4	8
	교통	4	8	3	5	2	3	3	5	2	3	3	5
에너지, 자원 및 환경부하 (관리)	에너지	2	15	2	14	2	17	3	23	3	17	3	24
	재료 및 자원	8	23	9	27	7	21	7	21	8	22	7	20
	수자원	4	13	4	14	4	14	4	14	4	14	4	14
	대기오염	1	3	2	6	2	6	2	6	3	8	2	6
	유지관리	1	3	2	6	2	6	2	6	3	8	2	6
생태환경	생태환경	6	18	4	19	4	19	4	19	7	21	4	10
실내환경	실내환경	8	27	11	27	8	22	11	31	10	24	8	27
합계		44	136	41	128	34	115	40	136	43	124	36	119

자료: 조동우·김수암·양관섭·채창우·황은경·윤용상·유기형·김선숙·장대회·김동희·김성희(2009). 친환경 건축물 인증 심사기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구. 국토해양부·한국건설기술연구원, p. 13.



자료: 조동우·김수암·양관섭·채창우·황은경·윤용상·유기형·김선숙·장대회·김동희·김성희(2009). 친환경 건축물 인증 심사기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구. 국토해양부·한국건설기술연구원, p. 13.

〔그림 III-2-8〕 용도별 친환경 제도 분석 항목 개수 비율(%)

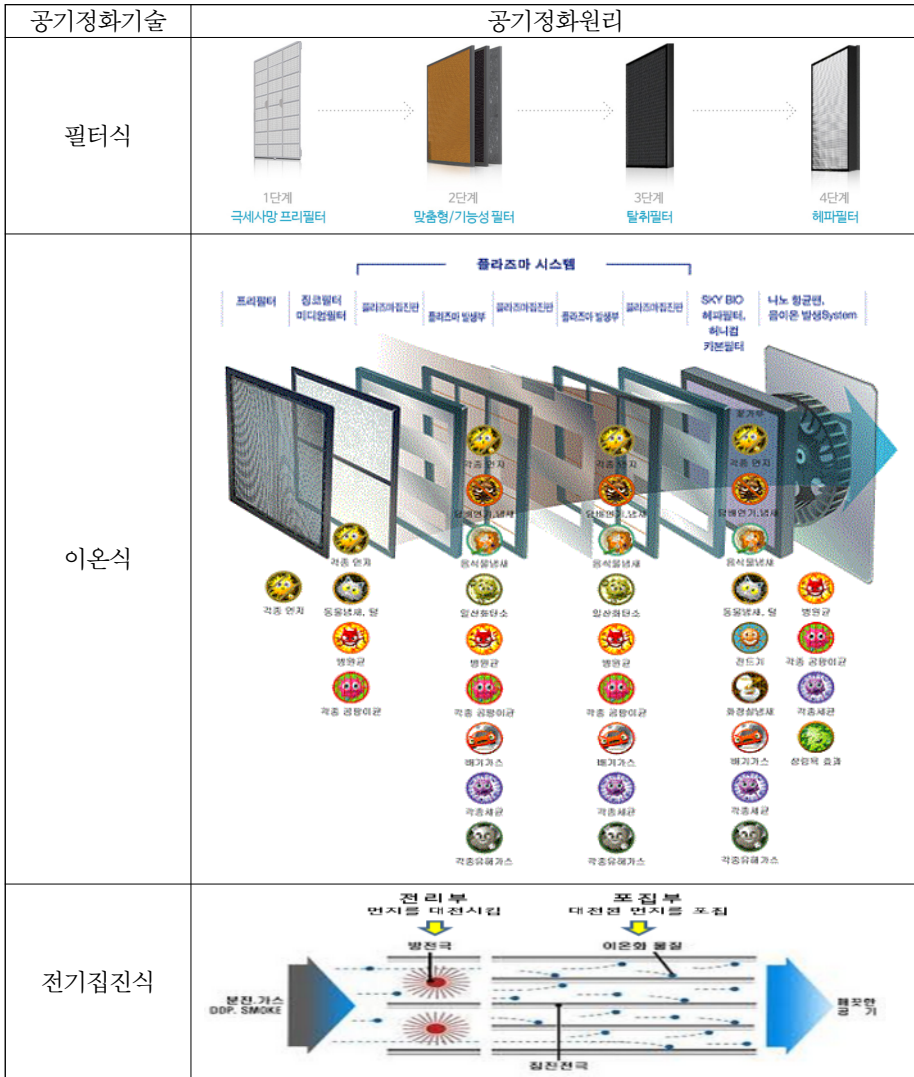
3. 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어) 관리 현황

공기청정제품은 공기에 포함되어있는 오염물질을 필터, 이온, 전기집진, 흡착 등의 방법을 적용하여 신선하고 깨끗한 공기로 정화시켜주는 장치이며, 입자상 오염물질 및 일부 가스상 오염물질에 대한 적용이 가능하다. 따라서 실내활동량이 많은 장소 및 민감계층군이 대부분의 시간을 거주하는 실내 또는 다양한 실내장소에 활용이 가능하다. 현재 가정, 사무실, 흡연실 등 다양한 장소에서 활용되고 있다. 공기청정제품의 활용도의 경우 자연 및 기계환기방법 등에 따른 제어가 어려운 환경 즉, 깨끗한 외기 도입이 어려운 황사, 스모그, 오염물질 배출과다 지역의 건물 등에 적용 시 그 활용도가 뛰어나다.

현재 입자상 오염물질 뿐만 아니라 흡착 및 이온 등을 이용하여 가스상 오염물질의 저감이 가능한 제품도 시판되고 있는 상황이며, 그간 사례 연구 등을 통해 공기청정제품을 통한 실내공기오염 저감이 체감할 수 있는 기술수준에 도달했다고 할 수 있다. 따라서 본 연구 대상 시설인 어린이집, 유치원 시설에 공기청정제품의 적용은 상당히 효과적이라 할 수 있으며, 실내 오염물질 배출 특성과 기류 등 본 적용대상 시설의 특성을 반영하여 설치 위치 선정, 오염물질 부하량, 활동도를 고려한 공기청정제품 용량(크기) 산정 등을 통해 보다 효율적인 관리 방안 마련이 필요할 것이다.

또한 현재 실내 공기청정기에 대한 다양한 연구와 실험을 통한 관리방안이 이루어져 있으며, 주기능인 집진성능을 향상시키기 위한 고성능 필터의 개발 및 이들의 효율적인 관리방안뿐만 아니라 항균, 살균 및 유해물질 제거 등과 같은 다양한 연구로 인한 어린이집 및 유치원 등과 같은 공공시설의 활용에 소비되고 있다. 그 외에도 각종 항균성능이나 VOC 제거성능 및 유해가스 등에 대하여 현재까지 공인된 시험방법이나 규격이 없이 개발업체의 자체적인 시험으로 이루어지고 있으며, 한층 신뢰성을 가지면서 공인된 평가기법 개발에 대한 연구 및 관리방안이 마련되어야 한다.

아울러 '자연환기+공기청정기', '기계환기+공기청정기' 등 다른 환기시설과 복합적으로 사용할 시 오염물질 저감에 대한 추가적인 연구 및 실태 평가를 통해 향후 본 연구 대상 시설인 어린이집, 유치원의 쾌적하고 안전한 수준의 실내공기질을 제공할 수 있는 제도적 방안이 마련이 필요하다고 판단된다.



- 자료: 1) 코웨이 공기연구소 filter 테크놀로지 홈페이지. <https://www.cowayairlab.co.kr/airlab/?btn=PC-gnb-airlab>에서 2017. 10. 30. 인출.
- 2) 설용진·김현중(2004). 광촉매 복합 공정을 이용한 실내 공기 청정기 개발에 관한 연구. 환경부·연세대학교·한국환경기술진흥원, p. 32.
- 3) 특허청 보도자료(2014. 1. 28.). 인체의 적(敵), 초미세 먼지 잡는다! http://www.kipo.go.kr/kpo/user.tdf?seq=13213&c=1003&a=user.news.press1.BoardApp&board_id=press&catmenu=m03_01_02에서 2017. 10. 30. 인출.

[그림 III-3-1] 공기정화기술 원리

가. 공기청정제품 내용 소개 및 분석

공기청정제품 분석을 위해 나도백(2015)의 연구를 살펴보았다. 2000년대 초반부터 깨끗한 공기가 건강의 유지 조건으로 떠오르면서 이에 따라 공기청정기의 수요가 점차 증가하고 있다(나도백, 2015). 이는 실내에서 환기를 하고자 할 때 외기 미세먼지 및 스모그 등이 유입되어 문제가 될 수 있고 환기를 하지 않을 경우 실내에서 발생하는 오염물질을 저감(제어)하기 위한 적절한 대안으로 작용하고 있다(나도백, 2015).

세계보건기구(WHO) 자료에 따르면 2014년 기준, 전 세계에서 실내 공기오염으로 인한 조기사망이 200만 명에 이르는 것으로 보고되고 있다. 그 중 대부분은 개발도상국에서 발생하였고 절반 이상은 5세 미만 어린이들의 폐렴에 의한 사망이라고 밝혀지고 있다(나도백, 2015). 따라서 이러한 실내공기질의 오염물질 저감 및 쾌적성을 유지하기 위한 하나의 수단으로 공기청정기의 사용이 증가하고 있으며, 세계적으로 볼 때 공기청정기 보급률(2014년 기준)은 유럽(42%)을 제외한 미국이 27%, 일본과 한국이 17%, 중국 1% 미만으로 아직도 공기청정기 시장은 시작단계이지만 중국의 심각한 스모그는 향후 시장 성장에 가장 큰 요인으로 등장할 전망이다(나도백, 2015).

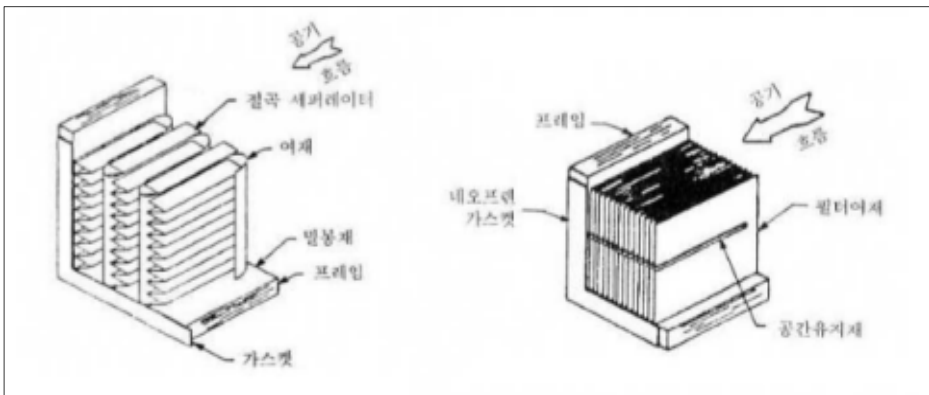
현재 고성능 미립자 제거(HEPA: High Efficiency Particular Air) 필터가 시장의 대부분을 차지하고 있으며, 지속적인 입자 및 가스상 오염물질 제거가 가능한 접합 필터와 활성탄 필터가 접목된 필터 수요도 점차 확대되고 있는 실정이다. 미국의 경우 HEPA필터가 적용된 공기청정기가 향후에도 시장을 주도할 것으로 전망되지만 활성탄 여과기, 이온 발생기 등의 수요도 점차 높아질 것으로 전망하고 있다. 이러한 경향을 반영하듯이 HEPA 필터와 활성탄 여과기가 조합된 제품이 미국 내에서 큰 호응을 얻고 있는 가운데 향후 5년 동안 연 9% 성장을 보일 것으로 전망하고 있다.

국내의 경우 공기청정기의 시장 규모는 2005~2010년 기준 6년간 12.2%의 높은 성장률을 기록하였으며, 향후 계속적으로 증가하고 있다(차성일·서경호, 2016).

또 다른 연구인 “공기청정기 성능 기준 마련 및 적정관리 방안 연구(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006)”를 살펴보면, 공기청정기는 실내공간(어린이집 및 유치원)에서 공기의 오염정도에 따른 오염발생량, 건물의 밀폐도, 환기와 공기조화 체계뿐만 아니라 실외의 대기오염 농도와 오염원의 위치 그리고 기상학적 인자와 지형학적인 인자 등에 의하여 영향을 받는다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006).

공기청정기는 오염물질 제거방식에 따라 크게 기계식과 전기식 및 복합식으로 구분한다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006). 기계식은 다시 건식의 필터식과 습식으로 구분할 수 있고, 필터식은 집진 필터와 활성탄 필터를 사용하여 집진과 탈취를 하는 공기청정기이며, 습식은 물을 분무하여 먼지와 유해물질을 제거하는 공기청정기를 말한다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006). 전기식은 코로나 등의 고전압을 이용 분진을 하전시켜 집진판에 집진시키고 유해물질을 제거하는 전기집진식 공기청정기를 말하고, 기계식과 전기식의 기능을 복합한 것을 복합식 공기청정기라고 한다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006).

실내용 공기청정기에 가장 적합하다고 판단되는 집진 방식은 여과식 집진 방식이라 할 수 있다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006). 이것은 실내환경의 청정화를 목적으로 함에 따라, 담배연기, 먼지, 세균 등과 같은 저농도의 미세입자 포집이 주목적이다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006). 여과식 집진법, 특히 HEPA 필터가 저농도의 서브미크론(Sub-micron)입자를 상당히 높은 포집효율(99.97% 이상)로 포집할 수 있다(김용진·한방우·홍원석·김학준, 2006).



자료: 김용진·한방우·홍원석·김학준(2006. 3). 공기청정기 성능 기준 마련 및 적정관리 방안 연구. 환경부·국립환경과학원·한국기계연구원, p. 32.

[그림 III-3-2] HEPA 필터의 구조

“공기청정기 국내외 인증규격 동향 및 지역 내 인증분야(김종원·이병현, 2016)” 연구에 따르면 공기청정기는 공기에 포함되어 있는 오염물질을 정화하여 신선한 공기로 바꾸는 장치로, 정화방식에 따라 기계식과 전기식, 복합식으로 크게 구분이 가능하다. 기계식 공기청정기는 다시 건식과 습식으로 구분할 수

있으며, 전기식은 전기집진식과 음이온식 등으로 구분할 수 있다.

공기청정기의 주요 성능과 동향은 대략 6가지로 나뉘며, 다음과 같다.

1) 적용면적(분진청정화능력)

공기청정기의 주 기능은 실내공기 중 입자상 물질을 제거하여 실내공기를 깨끗하게 유지하는 것으로 청정능력은 실내에 설치하였을 때 1시간당 1회 자연환기조건으로 10분간 가동시켜 실내 먼지입자(입자사이즈 0.3 μ m 기준) 농도를 초기농도의 50%로 낮출 수 있는 실내면적으로 정의하고 있으며, 실내 천정높이가 2.4m인 때 면적으로 적용면적을 산출한다(김종원·이병현, 2016).

2) 탈취성능

각종 생활냄새(음식냄새 등) 및 건축자재나(벽지, 페인트, 합판 등 건물의 내장재), 가구에서 발생하는 유해한 휘발성유기화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds) 중 특별히 인체에 유해한 물질은 법률로 규정하여 그 배출량을 규제하고 있다(김종원·이병현, 2016). 초기농도 10ppm으로 주입하고 공기청정기를 30분간 가동한 후 제거효율로 평가한다(김종원·이병현, 2016).

3) 오존발생량

집진, 탈취, 살균 등 고전압을 사용하는 경우 오존이 발생하는데 공기청정기의 경우 0.05ppm 이하로 규제하고 있으며, 공기청정기의 정격풍량(최대풍속)으로 24시간 동안 가동하여 오존농도를 측정하여 평가한다(김종원·이병현, 2016).

4) 소음

소음의 경우 주로 풍량과 밀접한 관계가 있으며, 풍량은 청정능력과 관계가 있다. 소음은 공기청정기의 전, 후, 좌, 우, 윗면으로부터 각 1m 떨어진 거리에서 소음을 측정하고 평균치를 구한 결과로 평가한다(김종원·이병현, 2016).

5) 소비전력량

소비전력량은 24시간 가동하는 전자기기의 경우 구매에 있어서 중요한 사항이며, 공기청정기의 경우 대부분 취침, 터보, 황사, 꽃가루 등 다양한 기능을 포함

하는 경우가 많으므로 각 기능(모드)에 따른 소비전력이 달라지므로 각 제품에 대하여 분진(먼지)제거 능력 시험 시 적용된 모드에서 사용되는 소비전력을 측정한다(김종원·이병현, 2016).

6) 특수성능(항균 및 살균)

최근 메르스 및 신종플루 등 공기를 통한 바이러스성 호흡기 질병들이 유행하면서 항균이나 살균에 대한 관심도가 높아졌고 이오나이저 기술 등 다양한 기술들이 적용되고 있지만 실제 사용자가 체감하지 못하는 사례가 빈번하다(김종원·이병현, 2016). 따라서 현재에는 그 성능이나 기준, 규격 등을 통해 평가할 수 있는 방안의 활성화가 필요한 실정이다(김종원·이병현, 2016).

〈표 III-3-1〉 공기청정기의 원리에 따른 분류 및 장단점

공기청정기 분류		원 리	장점	단점	
기계식	건식(필터식)	집진 필터식	□전처리 및 해파필터 이용, 입자의 관성 및 확산원리로 분진 제거	높은 집진효율	압력손실 높음 필터관리 필요
		흡착 필터식	□활성탄 이용 악취 및 유해가스 흡착	높은 기공율 유기화합물 흡착	가스 탈착가능 필터관리 필요
	습식	□물의 흡착효과 이용 분진 및 유해 가스 제거	가습효과 반영구적 사용	세균번식 주기적 관리필요	
전기식	전기집진식	□코로나 하전 및 정전기력 이용 집진 판에 분진부착 제거	낮은 압력손실 반영구적 사용	주기적 청소필요 오존발생	
	음이온식	□음이온 하전분진의 벽/바닥 부착 및 유해물질 포획 분해	가격 저렴	제거효율 낮음 오존발생	
	플라즈마식	□OH 라디칼 이용 및 유해가스 분해	오염물질 분해	오존발생	
	UV광촉매식	□OH 라디칼 및 활성산소의 산화/환원 작용 유해가스 분해	오염물질 분해	분해효율 낮음	
복합식		□필터식 + 전기집진식	높은 집진효율 필터수명 연장	복잡한 구조 필터관리 필요	

자료: 김종원·이병현(2016). 공기청정기 국내외 인증규격 동향 및 지역 내 인증분야. 건축환경설비(한국건축친환경설비학회지), 10(1), p. 14.

이러한 장점과 실내공기질의 관심이 높아지면서 실내공기질의 향상과 쾌적한 환경을 제공하기 위해 공기청정기가 판매 및 보급되었으며, 초기(과거)에는 높아진 관심에 따른 소비자의 기대 요건을 충족시키지는 못하였다. 아울러 검증되지 않은 제품 판매로 인하여 소비시장이 축소되었던 바 있다. 2000년대 후반부터 공기청정기의 필요성이 높아졌으며, 이는 미세먼지에 대한 인체위해성 관련 연구 결과를 비롯하여 2013년경 중국발 미세먼지의 국내 유입에 따른 불안이 가중되었기 때문이다. 이에 따라 소비자들의 공기청정기에 대한 필요성이 증가하고 있는 실정이다. 현재 공기청정기에 대한 구매도 국내·외적으로 증가 추세에 있으며, 공기청정관련 산업의 기기의 성능향상 및 표준화 노력에 의해 기술력도 점차 향상되고 있다(부표 1-15, 부표 1-16 참고).

“공기청정기의 인증 및 국내외시장동향(차성일·서경호, 2016)”에서 관련 인증 현황을 보면 국내의 공기청정기 인증은 필수인증과 선택인증으로 구분할 수 있으며, 공기청정기의 시판을 위해 반드시 필요한 필수인증은 전기 관련 인증과 분진제거율 등 공기청정 성능 관련 인증이 있다. 필수인증의 경우 전기용품안전인증(KC 마크)과 에너지소비효율등급 표시제도가 있으며, 이는 안전기준 및 에너지절약형 제품을 생산하고 판매하기 위한 제도이다. 선택인증의 경우 한국표준협회에서 인증하는 KS인증으로 공기청정기의 표준화 생산 및 성능에 대한 제품인증이며, 환경마크제도는 제품의 환경성을 개선한 제품으로 구매자들과 생산자들에게 자발적으로 환경 친화적 소비와 생산을 유도하기 위한 인증이다. 마지막으로 실내 공기청정기 단체표준인증(CA마크)은 한국공기청정협회에서 시행하고 인증을 부여하는 제도로써 정격풍량, 청정화 능력, 미세먼지제거 능력, 오존 발생량, 소음도 등을 만족하는 제품으로 인증하고 있다.

국외의 경우 미국(CADR-AHAM: 미국가전제품제조사 협회)에서 운영하고 있으며, 먼지제거능력(Dust), 담배연기(Tobacco Smoke), 화분(Pollen)에 대하여 Clean Air Delivery Rate(청정공기공급율)를 시행하는 법정입의인증제도이다. 일본은 JIS 마크(일본산업규격)를 시행하고 있으며 성능과 관련하여 시동, 온도상승, 절연, 스위치, 소비전력, 풍량, 소음, 분진포집율, 분진유지용량, 가스제거율, 가스제거용량 등 공기청정기의 전기안전 및 성능에 대한 전반적인 사항을 규격화하여 시행하고 있다. 유럽의 경우 PRR(Particulate Removal Rate)은 영국의 규격 시험기관 Bsria에서 공기청정기의 능력을 표시하고 관리하는 규격으로 시간당 담배연기 제거 능력으로 성능을 평가하는 유럽 공인 규격이다. 중국의 CQC

인증(중국자율인증)은 제품의 품질, 안정, 성능, 전자파 등을 인증하고 있다. 공기정화기술은 아래 표와 같이 일반적으로 크게 세 가지 주요기술로 나눌 수 있다.

〈표 III-3-2〉 공기정화기술 분류 및 원리

공기정화기술	공기정화원리
필터식	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 가장 많이 사용되는 방법으로 플로워 및 팬을 이용하여 공기를 흡입(유입)하고 필터로 정화한 후, 정화한 공기를 다시 배출하는 방식이다. · HEPA라는 세세한 부직포의 필터를 이용하여 미립자를 집진 및 여과하고, 냄새나 휘발성물질의 경우에는 활성탄/다공성물질 등을 이용하여 흡착하는 방법을 사용하는 것이 일반적이다. · 최근에는 전기방전 효과인 플라즈마를 이용한 기술인 전기 집진 방식을 병행하는 제품도 있으며, 활성탄/다공성물질 대신 이산화탄 광촉매를 사용하거나, HEPA(High Efficiency Particulate Air)급보다 공극이 더 작은 울파필터(Ultra Low Penetration Air, ULPA)를 채용하는 모델도 있다.
이온식	<ul style="list-style-type: none"> · 이온식 방법은 일정한 간격을 두고 설치된 전극에 고전압을 흘려보내 이온을 공중에 방전시키고 공기 중의 미립자에 부착시켜 플러스극의 집진판에 끌어당기고 입자를 제거하는 방법이다. · 소비전력이 적고 조용하다는 장점이 있지만 기본적으로 팬이 없으므로 정화되기까지 상당한 시간이 걸리고, 적용 면적이 넓을수록 제거 효과가 떨어지는 단점이 있다.
전기집진식	<ul style="list-style-type: none"> · 이온식과 같이 전기적 방전 원리를 통하여 집진력이 강력한 집진판으로 오염된 공기를 정화하는 방법으로, 일반적으로 무필터 정화기나 음이온 정화기라고 한다. 이온식과 달리 팬이 사용되므로 고농도의 미세먼지 제거 효율이 높으며, 필터가 없기 때문에 유지비용이 비교적 저렴하다. 일반적으로 HEPA급 필터보다 성능이 좋지 않다. 그리고 주기적인 청소가 필요하다.

자료: 위키백과 공기청정기 <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0>에서 발췌·재구성함(인출일: 2017. 10. 30.).

실내공기 오염원은 입자상과 가스상 오염물질로 크게 분류할 수 있다. 미세먼지, 초미세먼지, 황사 등의 먼지로 인식하는 물질과 꽃가루, 공기 중 박테리아, 곰팡이 포자, 바이러스를 나타내는 바이오에어로졸 등의 입자상 오염물질이 있으며, 이산화탄소(CO₂), VOCs, 폼알데하이드(HCHO), 이산화질소(NO₂), 아황산가스(SO₂), 일산화탄소(CO) 등의 유해가스와 사람에게 불쾌감을 일으키는 냄새 물질을 포함하는 가스상 오염물질이 있다.

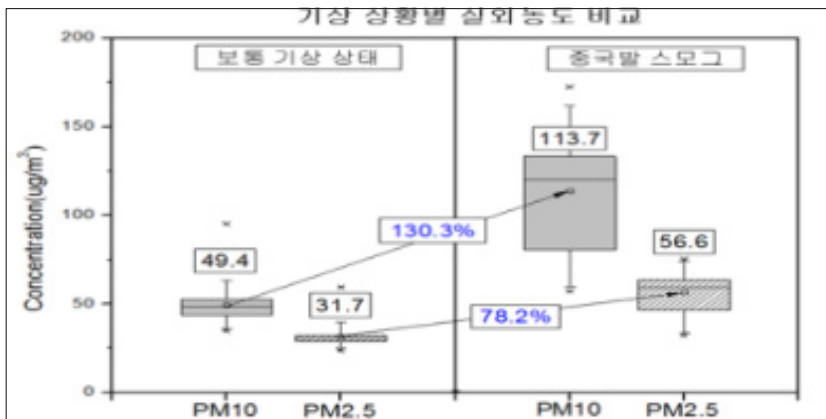
이에 대한 대응 기술인 입자상 오염물질을 제거 및 저감하기 위한 필터를 활용한 여과기술과 정전기력을 이용하는 집진기술이 대표적이며, 가스상 오염물질

의 경우 다공성물질 및 활성탄을 활용한 흡착, 희석환기/탈취 및 유해가스 제거 기술 등이 있다.

“A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능평가(고려대학교, 2013b)“의 대상 시설에서 적용 가능한 기술로는 공기청정제품을 활용한 기술의 도입이 가능할 것으로 판단되며, 공기청정제품의 경우 별도의 주변 장치 설치 없이 오염물질이 발생이 집중되는 장소에 간단히 설치할 수 있으므로 장소가 협소한 시설에도 도입이 가능한 장점이 있다. 아울러 Fisk와 Rosenfeld(1997)는 건물의 고성능 필터(HEPA: High Efficiency Particulate Air) 적용 시 약 20배의 경제적 이익을 얻을 수 있다고 보고했다.

또한 본 연구진이 수행한 실태조사 및 평가 결과(고려대학교, 2013b)의 경우 Fisk와 Rosenfeld(1997)와 정량적인 성능 평가에서의 차이는 있지만 유사한 경향으로 평가되었다.

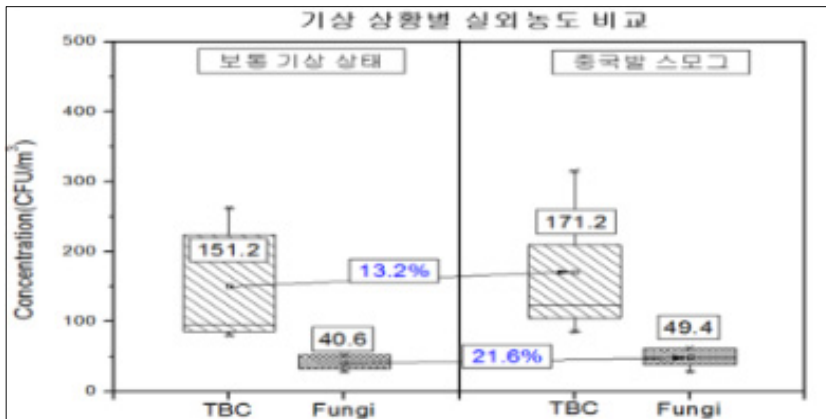
먼저 날씨에 따른 PM10 농도 비교에서 스모그가 발생한 날이 맑은 날에 비해 약 130.3% 정도 실외 미세먼지가 증가하는 것으로 조사된 바 있다(고려대학교, 2013b). PM2.5의 경우 스모그가 발생한 날과 맑은 날과의 비교에서는 약 78.2% 증가한 수치가 확인되었으며, 중국발 스모그 및 황사 시 공기청정기 및 필터링 등의 오염물질 저감 장치의 사용이 필요할 것으로 판단된다(고려대학교, 2013b).



자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능 평가. 최종발표자료, p. 66.

[그림 III-3-3] 날씨에 따른 어린이집 PM10, PM2.5 실외 농도 비교

날씨에 따른 어린이집 TBC(총부유세균: Total bacterial counts), SDAC(진균 : Sabouraud dextrose agar count) 실외 농도 비교의 경우 총 부유세균의 날씨별 비교에서는 스모그가 발생한 두 부유세균 농도가 13.2% 증가하고 있었으며, 부유진균의 경우에도 약 21.6% 증가하는 경향이 있었으므로 미세먼지 증가 및 다른 외부 영향에 의해 총 부유세균 및 진균류가 증가하는 것을 확인할 수 있었다(고려대학교, 2013b).

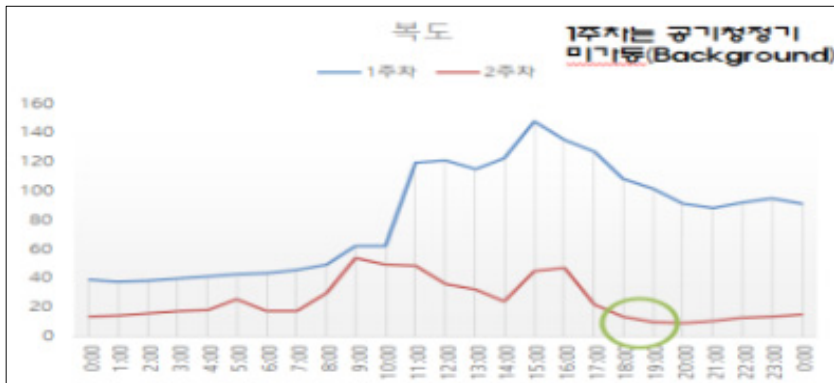


자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능 평가, 최종발표자료, p. 67.

[그림 III-3-4] 날씨에 따른 어린이집 TBC, SDAC 실외농도 비교

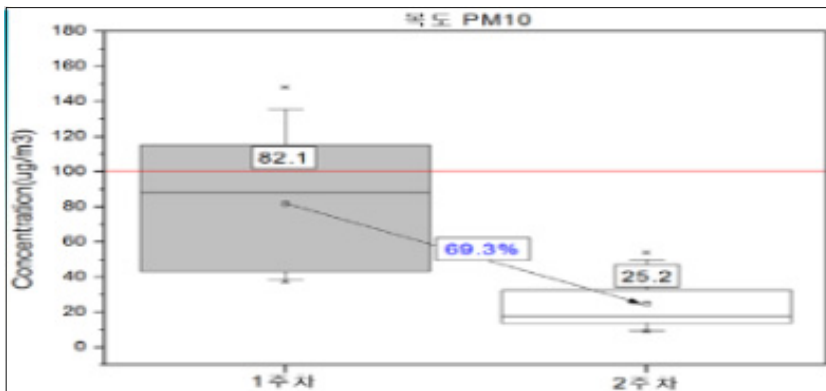
A어린이집 공기청정기 가동에 따른 PM10 농도 저감 특성을 보면 복도의 경우, 외부로부터 오염물질이 유입되는 시간인 교사 및 어린이가 등교하는 오전 7~9시 사이에 PM10 농도가 상승하였고, 아이들이 하교하는 오후 16시부터 PM10 농도가 감소하는 것으로 나타났다(고려대학교, 2013b).

PM10 농도의 주간 비교는 공기청정기 가동 전 1주차는 82.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 공기청정기 가동 후 2주차에는 25.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 처리효율은 69.3%로 조사되었다. 복도에 서의 공기청정기 가동 결과, 공기청정기 운영에 따른 공기질 개선이 실질적으로 이루어지는 것을 알 수 있었다(고려대학교, 2013b).



자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능 평가, 최종발표자료, p. 32.

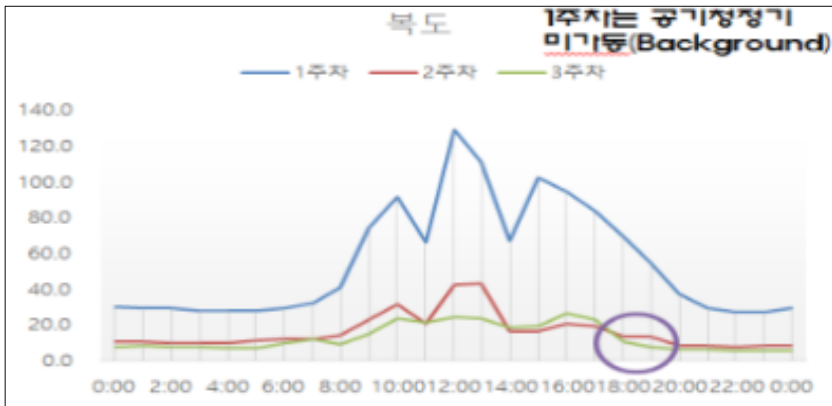
[그림 III-3-5] 공기청정기 미가동/가동에 따른 실시간 미세먼지 농도



자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능 평가, 최종발표자료, p. 32.

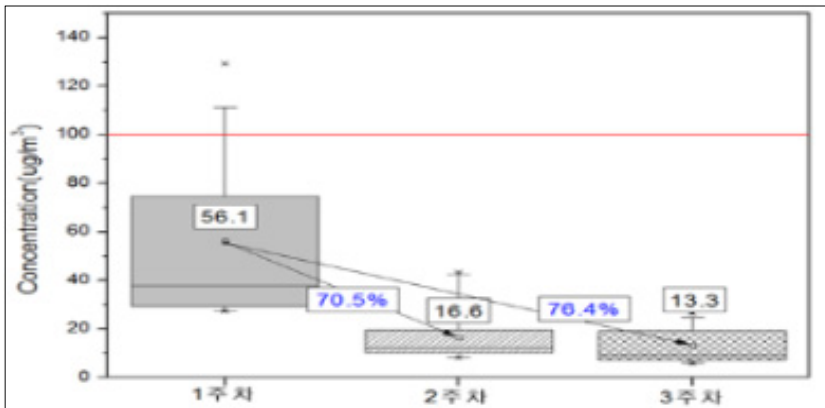
[그림 III-3-6] 공기청정기 미가동/가동에 따른 복도 미세먼지 저감율

B어린이집의 공기청정기 가동에 따른 PM10 농도 저감 특성을 보면 복도의 경우 1주차(공기청정기 미가동)에는 평균농도 $56.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2주차 $16.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3주차 $13.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되었으며, 2주차 및 3주차의 PM10 처리 효율은 각각 70.5%, 76.4%로 조사되었다(고려대학교, 2013b). 따라서 공기청정기를 이용한 교실의 PM10 제거는 지속적인 가동이 오염물질 저감에 효과적임을 확인할 수 있었다(고려대학교, 2013b).



자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능 평가, 최종발표자료, p. 51.

[그림 III-3-7] 공기청정기 미가동/가동에 따른 실시간 미세먼지 농도



자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능 평가, 최종발표자료, p. 51.

[그림 III-3-8] 공기청정기 미가동/가동에 따른 복도 미세먼지 저감율

A 및 B 어린이집의 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(고려대학교, 2013b). 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(고려대학교, 2013b). 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.

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 저감효율이 낮았지만 상당량의 제거효율을 보였다(고려대학교, 2013b). 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 제거효과가 있을 것으로 판단된다(고려대학교, 2013b).

추가적으로 현재 가정용으로 시판되는 공기청정기가 대부분이므로 본 연구 대상 시설에 현재 시판중인 제품을 적용할 수밖에 없으며, 교실 크기 및 어린이 집과 유치원의 규모를 고려하여 향후 대응량 크기의 공기청정기 개발 및 도입이 필요할 것으로 사료된다.

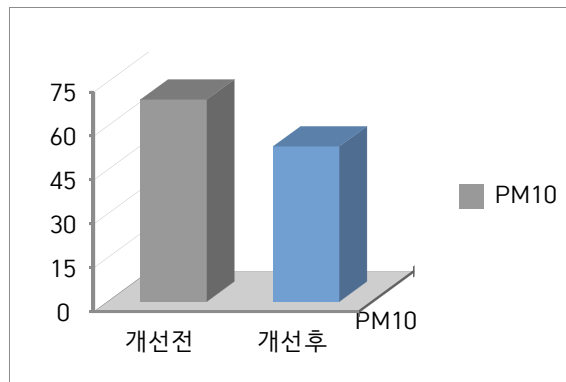
〈표 III-3-3〉 공기청정기 가동에 따른 오염물질 처리 효율 결과

시설군		여름				겨울		
		A어린이집		B어린이집		A어린이집	B어린이집	
		2주차	3주차	2주차	3주차	2주차	2주차	3주차
교실	PM10	72.9	77.4	75.3	80.9	60.0	71.5	60.6
	PM2.5	90.0	90.4	87.9	93.3	64.5	81.3	55.4
	TBC	-	8.5	26.8	25.9	32.8	26.1	36.0
	Fungi	3.0	7.1	44.3	21.4	34.1	27.8	42.3
복도	PM10	52.9	65.8	67.3	78.3	28.8	74.9	75.5
	PM2.5	91.8	93.0	74.6	84.3	34.5	77.8	72.5
	TBC	-	-	45.4	57.5	50.6	50.4	52.1
	Fungi	1.4	33.1	35.7	55.7	61.0	5.5	32.6

자료: 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능평가, 최종발표자료, p. 69.

공기청정제품을 활용한 관리방안의 경우 자연환기나 기계환기보다 재실자의 온열 쾌적성을 저해하는 외기 도입에 따른 온도 변화가 거의 없어 본 연구대상 시설인 어린이집과 유치원에 도입이 용이한 장점이 있다. 또한 공기청정기 도입에 따른 필터 교환주기는 제조사별로 상대적인 차이는 있지만 보통 1회/년으로 제시하고 있으며, 본 대상시설군의 경우는 특성을 고려하여 4회/년으로 하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 아울러 필터 교환 주기에 대해서는 현재 적용 대상 시설인 어린이집과 유치원에 대한 실험 및 실태조사 등의 충분한 데이터가 부족한 실정이고 다른 다중이용시설 및 취약계층 시설보다 실내환경의 특성이 상당히 다르므로 향후 많은 연구를 통해 보다 신뢰성 높은 기초조사 자료가 필요할 것이다.

환경부에 1~3차년도 시범사업(환경부, 2011a) 결과를 보면 1차년도의 경우 어린이집 내 공기청정기를 설치한 사례와 8개 시설의 공기청정기 설치에 따른 실내 미세먼지(PM10)의 제거 효율의 평균값을 제시하였다. 실내 용적에 알맞은 공기청정기를 사용할 시 실내 미세먼지 농도는 평균적으로 약 9% 저감되며, 최대값은 약 20~30% 정도 줄어드는 것으로 나타났다.

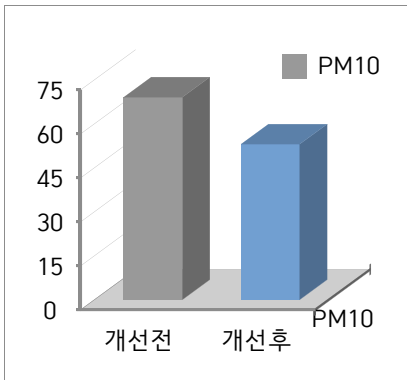


자료: 환경부(2011). 다중이용시설 실내공기질 개선 사례집, p. 39.

[그림 III-3-9] 공기청정기 설치 후 실내 미세먼지 개선 효과(1차년도)

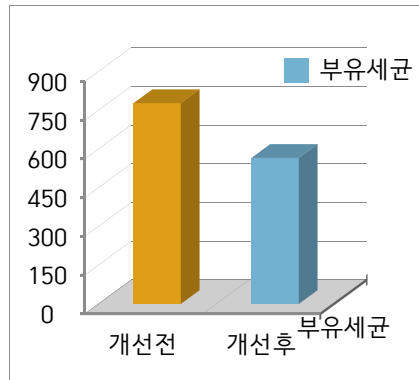
2차년도의 경우 시범사업 적용 시 황사와 같은 외기 조건의 악영향으로 환기가 어려운 환경이라 미세먼지와 미생물의 오염을 개선하기 위하여 실내에 공기청정기 또는 공기청정기 및 공기제균기를 설치하여 실내공기질 개선 사례를 나타내었다. 그 결과 공기청정기와 공기제균기를 이용하여 미세먼지 뿐만 아니라

미생물도 경감시켰다. 2차년도도의 경우 공기청정기와 공기제균기 설치에 따른 실내 오염물질 농도변화는 14개 시설의 개선 전후의 평균값으로 나타내었으며, 먼지 미세먼지는 개선 전 $69\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 $53\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 약 23% 저감되었다(환경부, 2009). 부유진균의 경우 개선 전 $777\text{CFU}/\text{m}^3$, 개선 후 $565\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 약 27% 저감되는 특성을 확인할 수 있었으며, 이와 같이 공기청정기와 제균기를 사용하면 미세먼지, 부유진균, 부유세균 등 입자형태의 오염물질의 저감/개선이 가능함을 확인할 수 있었다.



자료: 환경부(2011). 다중이용시설 실내공기 질 개선 사례집, p. 41.

[그림 III-3-10] 미세먼지 평균값 변화(공기청정기+제균기)



자료: 환경부(2011). 다중이용시설 실내공기 질 개선 사례집, p. 41

[그림 III-3-11] 부유세균 평균값 변화(공기청정기+제균기)

3차년도도의 경우 시범사업은 시설 여건을 고려하여 창문 개폐를 통한 자연환기와 환기계획 변경 또는 기계환기설비의 설치가 어려운 시설들을 중심으로 공기청정기 가동에 따른 오염물질 저감 특성을 확인하고자 하였다. 개선에 사용된 모든 제품은 한국공기청정협회의 CA마크제도 인증 제품을 사용하였으며, 공기청정기의 위치로는 이송률(Clean Air Delivery Rate, CADR)을 고려하여 청정기의 성능을 효과적으로 활용할 수 있는 실내 중앙부위를 선정하였다. 공기청정기를 설치한 시설은 총 12곳이었으며, 공기청정기 설치 이후 개선 효과가 나타난 항목은 총부유세균(112%), 미세먼지(65%)였다. 이에 따라 공기청정기가 미세먼지를 제거하는 데 있어서 기여를 한다는 것을 확인할 수 있었으며, 향균 필터를 사용할 시에는 효과적으로 부유세균을 감소시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

나. 자연환기 및 기계환기방법 등 환기설비(제어) 내용 소개 및 분석

유치원, 놀이방, 가정 및 어린이집(소규모)의 환기설비(제어) 관리방안을 다음과 같이 정리하였다(부표 1-17 참고).

1) 기계환기 방법

국내의 기계환기 관련 연구는 외기전담시스템(Dedicated Outdoor Air System, DOAS)을 기반으로 증발냉각을 결합하는 형태의 시스템 구성과 배열회수 기술(열교환기)을 통해 미사용 열에너지를 재사용하는 제품 개발 및 설계가 주류를 이루고 있으며, 최근에는 제습기의 사용으로 공조시스템 성능 개선 관련 연구(정재원·임한솔, 2017)도 진행 중이다.

국외의 경우 기계환기 관련 연구는 히트펌프, 회전식 열교환기 등이 결합된 공조시스템 개발 연구와 외부 환경에 따른 냉난방 및 환기시스템 최적화 연구로 구분할 수 있다. 기계환기에서 냉매를 사용하지 않는 열교환기, 증발냉각 방식의 기술과 환기시스템과의 결합 형태로 충분한 환기량 확보와 동시에 에너지 소비량 절감이 가능한 공조시스템에 대한 연구, 외부 환경에 따른 운영 최적화 및 건축물 적용을 위한 유닛 패키지와, 소형화 연구 등이 진행 중이다.

공기정화 및 환기설비 적용은 실내공기질 유지를 위해 필수적인 요소로 실내에서 발생하는 오염원을 제어하고 실외 오염물질의 실내유입을 차단할 수 있다. 따라서 이러한 사항은 권고 또는 강제 관리기준을 시행하고 있다.

“국내의 환기설비 유지관리현황 소개(권용일, 2012)”의 논문에서 언급한 바와 같이 환경부에서는 시설종류별(어린이집, 노인요양시설, 병원 등 취약집단이 있는 시설)로 규정을 별도로 정하고, 어린이집, 도서관, PC방 등 시설종류별 실내공기질 유지관리매뉴얼을 제공하였으며 현재까지도 실내공기질의 2차 오염을 막기 위한 노력을 하고 있는 실정이다. 본 연구대상 시설인 어린이집과 유치원의 경우 430m² 이상의 면적일 경우 관련 법령의 적용을 받는다.

〈표 III-3-4〉 부처별 환기설비 설치 및 관리기준

부처명	법령명
고용노동부	산업안전보건법 산업안전보건기준
보건복지부	공중위생관리법 시행규칙/ 공중이용시설의 실내공기위생관리기준

부처명	법령명
환경부	다중이용시설의 실내공기질 관리기준
국토교통부	건축물의 설비기준 등에 관한 규칙

자료: 권용일(2012). 국내외 환기설비 유지관리현황 소개. 대한설비공학회, 41(11), p. 55.

공기정화설비의 경우 실내공간의 오염물질을 없애거나 줄이는 설비로써 환기설비 안에 설치되거나 환기설비와 따로 설치되는 것을 나타내며, 환기설비란 오염된 실내공기를 바깥으로 내보내고 신선한 바깥공기를 실내로 끌어 들여 실내공간의 공기질을 쾌적한 상태로 유지시키는 설비를 칭한다(다중이용시설등의 실내공기질관리법 제2조, 환경부). 따라서 쾌적한 실내공기질을 유지·관리하기 위해서 환기(기계식)설비를 설치하는데 이는 각 시설의 필요 환기량 산정을 통한 적용이 필요하다. 이러한 기준은 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제11조 제4항 및 별표 1의 6'을 근거로 하며, 필요 환기량(국공립 보육시설 연면적 430m² 이상 기준)은 다음 표와 같다. 국내 법령 기준으로는 어린이집과 유치원의 경우 최소 필요 환기량은 36 (m³/인·h) 이상이 필요한 것으로 판단된다.

〈표 III-3-5〉 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량

다중이용시설 구분	필요 환기량(m ³ /인·h)	비고
지하시설	지하역사	25 이상
	지하도상가	36 이상
문화 및 집회시설	29 이상	
판매시설	29 이상	
운수시설	29 이상	
의료시설	36 이상	
교육연구시설	36 이상	본 연구대상시설군
노유자시설	36 이상	
업무시설	29 이상	
자동차 관련 시설	27 이상	
장례식장	36 이상	
그 밖의 시설	25 이상	

비고 :

- 가. 필요 환기량은 예상 이용인원이 가장 높은 시간대를 기준으로 산정한다.
- 나. 의료시설 중 수술실 등 특수 용도로 사용되는 실의 경우에는 소관 중앙행정기관의 장이 달리 정할 수 있다.
- 다. 자동차 관련 시설 중 실내주차장(기계식 주차장을 제외한다)은 단위면적당 환기량(m³/m²·h)으로 산정한다.

자료: 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제11조제4항 및 별표 1의6

“실내공기질을 고려한 유치원 보육실의 적정 환기량 검토(정창현·이윤규·김태연·이승복, 2006)” 논문에서는 환기횟수를 각각 3.1~11.9 ACH로 1인당 환기량을 21.3~82.7 CMH/인·h로 상기 법령에서 제시한 필요 환기량보다 더 많은 환기횟수를 제안하였으며, 어린이집과 유치원의 경우 ‘다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량’보다 방법별로 약 2배 이상의 필요 환기량을 제시하였다(정창현 외, 2006). 이는 성인의 흡입량 및 어린이의 영아기(1~3세) 및 유소년기(4~7세)의 흡입량은 400 ml/min·kg로 성인의 흡입량인 1,500 ml/min·kg 보다 단위체중당 호흡량이 상당히 크므로 같은 오염물질 농도에 노출되었을 때 성인보다 어린이의 위해도가 크기 때문이다(정창현 외, 2006).

따라서 현재 실태조사 결과 등을 반영하여 일반 시간(오염물질 평균농도 기준)의 경우 최소 필요 환기량 36 (m³/인·h) 이상을 유지하고 등·하원 시간 및 활동도도 높은 시간대에는 최소 필요 환기량 보다 20% 증가한 약 43 (m³/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.

제어 기술(Control technology) 분야의 경우 필터링 방법/전기제어 시스템(전기집진장치), 향균이온 생성, UV 살균, 광촉매, 온·습도 조절 방법으로 제어하고 있는 것으로 언급하고 있다.

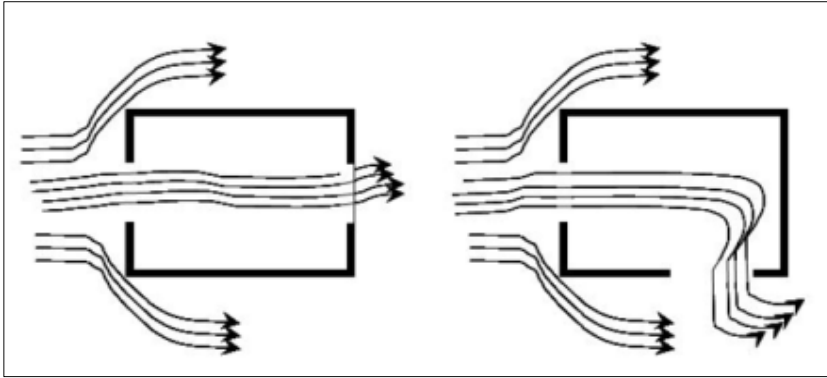
대표 제품으로는 HEPA 필터가 장착(적용)된 공기청정기, 중형 필터가 장착된 공조 장치 또는 HVAC(기계환기장치), HVAC와 전기 집진기, 향균 필터, 자외선 살균 장치, 오존 멸균기, 향균성 이온 발생 장치 등을 보고하였다.

종합하면 “국내 실내공기질 관리정책의 변천 및 제어기술의 현황(배귀남·지준호, 2013)”의 연구 대상인 어린이집과 유치원의 경우 HEPA 필터와 향균 필터가 장착(적용)된 공기청정기, HVAC(기계환기장치)의 적용이 가장 적합할 것으로 판단되며, UV 살균의 경우 유해성분 방출의 우려가 있음에 따라 향후 연구를 통해 순차적으로 적용이 필요할 것으로 사료된다. 온·습도 조절 방법에 따른 사항은 유지관리 방법 중 환기횟수 및 실외 환경 영향 등에 따른 변동이 있을 수 있으므로 전문적인 체크리스트 등을 활용하는 방안이 강구된다.

2) 자연환기 방법

어린이집과 유치원의 경우 서술하였듯이 “보육시설의 실내공기질 설계 및 유

지관리 지침서(환경부, 2008)” 조사 결과, 현재 어린이집과 유치원의 대부분이 주택가 근처에 밀집해 있고, 일부 상업지역과 도로변 가까이에 위치해 있는 실정이다(환경부, 2008). 현재 공기청정기를 사용하고 있는 어린이집과 유치원은 미비한 실정이며, 기계식 환기가 아닌 창문으로 자연환기를 시키는 곳이 많았다. 자연환기의 경우도 1일 2회 정도이므로 이에 대한 관리 방안이 필요하며, 이마저도 겨울철에는 자연환기 횟수가 상대적으로 줄어드는 경향이 있었다(환경부, 2008). 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 필요함을 제안한다.



자료: 환경부(2008). 보육시설의 실내공기질 설계 및 유지관리 지침서, p. 59. .

[그림 III-3-12] 대향 및 수직 방향 창(예)

“어린이집 실내공기 중 주요 오염물질의 특성 및 환기에 관한 연구(김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현, 2014)”에서는 연면적 430m² 이상의 어린이집 중에서 5개소를 대상으로 창문개방을 통한 환기 효과 및 이에 대한 상관관계를 보고하였다. 이 연구에서는 모든 창 열기, 측정등가농도(Ceq), 모든 창 닫기(10분 동안), 측정초기농도(Ci), 모든 창 열기, 측정 농도.(1분마다) 순으로 측정·평가 하였다(김상철 외, 2014). 환기효과 및 영향인자의 경우 재실자의 수, 교실면적, 창문면적에 따른 자연환기 효과가 유의하게 나타났다(김상철 외, 2014). 특히 창문면적에 따른 환기효과가 가장 크게 나타났다. 자연환기 시간은 CO₂와 TBC 기준으로 약 4~21분이 최적의 환기시간으로 보고되었다(부표 1-18 참고).

또한 실내공기 오염물질의 평형농도 및 초기농도는 환경 인자와 상관관계가 거의 없었고, 시설별로 편차가 커서 오염물질이 환경인자보다는 구조 등 내부인자에 따라 다르게 형성되는 것으로 나타났다(김상철 외, 2014). 따라서 어린이집과 유치원의 경우 내부 구조 및 내부 오염물질 발생원의 제어가 중요한 요소라고 판단된다.

국내 자연환기에 대한 연구는 건축물 설계방안에 대한 연구 및 자연환기와 이중외피, 차양, 열교환기 등 다른 냉난방 공조 유닛과 결합을 통해 효율성을 높일 수 있는 방안을 찾는 연구가 주를 이루고 있다.

국외의 경우 전열교환기와 결합한 자연환기 개발 및 에너지 소비량을 고려한 구동 전략, 최적화가 주를 이루며, 실내 오염공기를 희석하는 기존방식보다 100% 외기 도입 또는 냉난방과 환기를 분리하여 개별적으로 환기시키는 외기전담시스템(Dedicated Outdoor Air System, DOAS)에 대한 연구가 주류를 이룬다.

국내 환기기준은 국토해양부의 '건축물의 설비 기준 등에 관한 규칙'에 필요 환기량을 시간당 0.5회 이상으로 규정하고 있으며, 이는 2013년 이후 건설되고 있는 모든 신축공동주택에는 시간당 0.5회 이상의 환기량을 공급할 수 있는 기계식 개별 환기장치가 주로 설치되고 있다. 또한 '녹색건축 인증제'의 평가 항목에서도 환기와 관련하여 자연통풍 확보 여부와 단위세대의 환기 성능 확보 여부를 평가하고 있는 상황이다.

국외의 경우 미국은 'The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers(ASHRAE)', '국제에너지위원회(International Energy Agency, IEA)', 일본은 '후생노동성 건축기준법', 유럽의 경우 'CEN/TC 156 WG(유럽기준/환기분과위원회)'에서 환기 기준을 제시하고 있다.

ASHRAE에서는 3층 이상의 공공건물 및 상업용 건물들에 대한 필요 환기량을 제시하고 있으며(ASHRAE Standard 62.1), 3층 이하의 주거용 건물에 대한 환기량 기준은 별도로 제시하고 최소한 시간당 0.35회($27 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{인}$)의 환기량을 확보할 것을 권장하고 있다(ASHRAE Standard 62.2).

국제에너지위원회(International Energy Agency, IEA) 산하 조직인 국제공기정화 및 환기협회(Air Infiltration and Ventilation Centre, AIVC)에서는 담배연기, 분진, 습도, 체취 등의 실내 오염원별로 최소 필요 환기량을 기준으로 제시하고 있다.

일본의 경우 건축기준법에서 실내 폼알데하이드(HCHO)의 농도를 기준치 이하로 유지하기 위해 최소 필요 환기량을 시간당 0.5회로 확보할 수 있는 환기설

비를 설치하도록 의무화하였다.

유럽의 경우는 2004년 CEN/TC 156 WG(유럽기준/환기분과위원회)-(EN 15251)에서 실내공기질과 환기량 기준을 설정하기 위한 건물의 종류를 필요한 환기수준을 근거로 3개의 등급으로 분류하였다. 환기량 설정을 위한 주요 고려 사항은 실내 재실인원, 바닥면적, 재실자에 대한 환기량과 건물의 단위면적당 환기량을 통해 결정할 수 있도록 하였다(정재원·임한솔, 2017). 이는 각 건물의 특성을 고려하여 산정하는 방법으로 표준화되지 않은 시설에도 적용이 가능하며, 본 연구대상 시설의 환기량 관련 제안 시 필요한 요소라고 판단된다.

미국의 환기 관련 기준의 경우, ASHRAE 기준을 준용하고 있으며, 본 연구와 관련 있는 주요 사항은 'ASHRAE Standard 62.1(2013)'에 일부 제시되어 있다.

IV.실내공기질 방향 설정 및 정책 제언

1. 실내공기질 관리 방향 및 문제점을 바탕으로 정책 방안 제언

가. 어린이집 및 유치원 실내공기질(AQ) 관리

법규제물질 노출에 대해서 다중이용시설 실내공기질 관리기준 또는 교사 내 공기질에 대한 유지 및 관리기준으로 인하여 환경유해인자의 관리를 실시하여 양호한 편이나, 선행 연구결과에 따르면 일부 물질에 대한 모니터링이 필요하다. 휘발성 유기화합물류는 조사 때 초과사례로 빈번하게 나타나고, 이산화질소는 국외에서 중요하게 다루는 물질이며 국내 조사 시 초과사례로 언급된 적이 있으므로 이러한 오염원에 따른 추가 모니터링이 필요하다. 참고로 다중이용시설 실내공기질 관리기준의 경우 '17년 12월 31일까지, 이산화질소, 라돈, 총휘발성유기화합물류, 석면, 오존에 대해 제시되어 있었지만, '18년 1월 1일부터, 이산화질소, 라돈, 총휘발성유기화합물류, 미세먼지, 곰팡이로 위해성 및 종합 노출을 감안하여 오존을 배제하고 미세먼지와 곰팡이를 기준에 추가될 예정이다.

법 미규제물질 노출 같은 경우 환경부 과제를 통해 일부 항목(먼지류 중 블랙카본, 프탈레이트, 브롬화난연제류, 살충제류, 다환방향족탄화수소류 등)이 조사되었다.

환경안전진단 시 관리대상인 어린이활동공간은 어린이 놀이시설 등을 포함한 총 12만 9천 개소로서 2009년 3월 22일보다 이전에 설치된 시설의 경우 2016년 1월 1일부터 적용되며, 430m² 미만 사립 어린이집과 유치원은 2018년 1월 1일부터 적용되기 때문에 최근의 노출 현황 자료의 부재로 평가에 어려움이 있다.

〈표 IV-1-1〉 환경안전진단 관리대상 적용 시기

(개소)

적용시기	합계	어린이 놀이시설	어린이 놀이시설 외						
			소 계	어린이집	유치원	초등학교	특수학교	도서관	
합계	129,634	64,968	64,666	43,015	9,044	6,190	168	6,249	
적용	'09.3.22 부터	48,295	32,621	15,674	14,032	1,372	220	17	33
	'16.1.1 부터	57,273	32,347	24,926	5,647	6,942	5,970	151	6,216

적용시기	합계	어린이 놀이시설	어린이 놀이시설 외						
			소 계	어린이집	유치원	초등학교	특수학교	도서관	
	소계	105,568	64,968	40,600	19,679	8,314	6,190	168	6,249
유예	'18.1.1 부터 적용	24,066	-	24,066	23,336	730	-	-	-

자료: 환경부 보도자료(2017. 3. 10.). 2016년 어린이활동공간 환경안전관리기준 점검, 2,431곳 기준 위반 확인. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=770250&menu>에서 2017. 10. 30. 인출.

나. 어린이집 및 유치원 관리의 문제점

법의 규제, 타 부처의 인증사업 등의 인지 및 공유 부재와 「환경보건법」 중 환경안전관리기준 및 환경안심인증 제도 등 일선 어린이집 및 유치원의 정보 부재가 어린이집 및 유치원의 관리를 어렵게 만들고 있다.

어린이활동공간 환경안전관리기준은 어린이활동공간에 대한 환경유해인자의 노출을 환경부장관이 평가하여 정한 기준으로, 목재, 도료나 마감재료, 시설물, 바닥 모래 등 토양, 합성고무재질 및 바닥재의 표면재료에 대한 기준을 정하고 있다(환경보건법 시행령 별표2).

- 시설물의 부식화 및 노후화 여부
- 도료나 마감재의 중금속 : 납, 카드뮴, 수은, 6가 크롬의 합이 0.1%이하, 납 0.06%이하
- 실내 활동공간 : 총휘발성유기화합물(TVOC) 400 μ g/m³이하, 폼알데하이드 100 μ g/m³이하
- 목재의 방부제 사용 여부
- 토양의 오염물질 기준 : 중금속(카드뮴 4mg/kg, 비소 25mg/kg, 수은 4mg/kg, 납 200mg/kg, 6가 크롬 5mg/kg), 기생충(란) 불검출
- 합성고무바닥재에 대한 중금속 및 폼알데하이드 기준
 - 납, 카드뮴, 수은, 6가 크롬의 합이 0.1%이하
 - 폼알데하이드 방산량 75mg/kg이하
- * 어린이활동공간 환경안심인증 : 석면건축물이 아닌 시설 중 「환경보건법」 상의 환경안전관리기준, 「실내공기질관리법」 상의 실내공기질 기준을 만족하고, 최근 3년 내 「환경보건법」, 「실내공기질관리법」 또는 「석면안전관리법」에 따른 벌칙, 과태료를 받은 사실이 없는 어린이집, 유치원에 대해 인증한다. 2015년 435개소, 2016년 456개소에 인증서를 부여하였다.

자료: 환경부 보도자료(2016. 1. 22.). 어린이 활동공간 환경안전 진단결과 15.8% 기준 미달. <http://me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=600110&menuId=286>에서 2017. 10. 30. 인출

[그림 IV-1-1] 어린이활동공간 환경안전관리기준(환경보건법 시행령 별표2)

다. 어린이집 및 유치원 환경에 대한 부처별 관리 사전 예방적 추진 한계

행정안전부(놀이터), 교육부(유치원), 보건복지부(어린이집·소독제), 국무총리산하(육아정책 등) 등 관련부처별 협의 부재와 부처간 이해관계, 법적조치, 소통부족 등 복합적인 행정문제에 인하여 현장에서의 이중 어려움이 존재한다.

1) SWOT 분석

어린이집 및 유치원 실내공기질(IAQ) SWOT 분석 및 관리방안 방향설정		강점	약점
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 관심도에 따른 관리물질 중심 모니터링 지속적 시행 ▶ 문재인 정부 100대 국정과제에 아동의 안전하고 건강한 성장 지원(여가부), 미세먼지 저감(환경부) 등 어린이집 및 유치원에 대한 사회적 관심도 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 범미규제 유해물질의 노출 모니터링 자료 부재 ▶ 관리 및 개선방안의 해당 부처 협조 및 상생 ▶ 개선방안 등 실천을 위한 예산 마련 등
기회	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 어린이집 및 유치원 관리대상 물질의 확대 검토 ▶ 어린이집 및 유치원 관리대상 매체의 확대 검토 ▶ 최근의 미규제 유해물질노출 모니터링 진단 	환경유해인자 검토	
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 국외 최근 동향 조사 결과 및 국내 선행 조사 결과 반영: 프탈레이트류, 살충제류 ▶ 연소부산물: 다환방향족탄화수소류(PAHs), 이산화질소(NO2), 초미세먼지(PM2.5), 블랙카본(BC) ▶ 기타: 진균류(Mold), 집먼지진드기(House dust mite), 휘발성유기화합물류(VOCs) 	
위협	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 지나친 규제에 인한 현장에서의 관리 한계 해소 ▶ 대상공간의 법적 제한 조치의 접근성 	Risk 해결방안 검토	
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 어린이 노출 특성 반영한 국외 최근 동향 조사 결과 반영: 어린이집 및 유치원의 도로 인접 거리에 따른 평가 등 지리적 위치 평가(정책반영 도구 마련 등) ▶ 방법론: 근거중심의 접근법 및 유해물질의 Mapping, 위해성평가(Risk Assessment) ▶ 증상(질환): 신경·발달장애, ADHD 등 주의(집중)력 결핍 등 어린시기 증상 평가 ▶ 섭취(먼지 노출) 매체 추가 평가 등 	

자료: 김호현 외(2016). 어린이활동공간의 효율적인 환경유해인자 관리를 위한 기획 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단, p. 60을 바탕으로 재구성.

[그림 IV-1-2] 어린이집 및 유치원 실내공기질(IAQ) SWOT 분석 및 관리방안 방향 설정

2) 관리방안 방향설정

정 책 방 향(안)

근거 중심의 어린이집 및 유치원 IAQ 관리정책 확대
및 효율적 정책 관리체계 수립

**목표 : 어린이집, 유치원, IAQ, 유해인자,
세부 관리 방안 방향 설정**

추진 방향(안)

국내외 자료 검토 통한 진단, 분석 및 제안

<p>I. 어린이집 및 유치원 환경유해인자 안전관리 강화 검토</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶국의 최근 동향 조사 결과 및 국내 선행 조사 결과 반영 ▶연소부산물 : 다환방향족탄화수소류(PAHs) 이산화질소(NO2), 초미세먼지(PM2.5), 블랙카본(BC) ▶기타 : 진균류, 집먼지진드기, 총휘발성유기화합물류
<p>II. 어린이집 및 유치원의 Risk 해결방안 검토</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶최신 자료 등 근거중심의 접근법 ▶유해물질의 Mapping - 어린이집 및 유치원의 위치 및 거리별(교통오염원 중심) ▶ADHD 등 신경·발달장애, 주의(집중)력 결핍 저감 방법론 등
<p>III. 어린이집 및 유치원 기존 제도의 강화 검토 및 IAQ 장기관리 제안</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶관련 법규제 부처별 통합(일원화) 또는 관리항목 강화 ▶법규제 및 미규제 모니터링 항목 확정 통한 모니터링 중·장기 계획 포함 제안 ▶섭취(먼지 노출) 매체 추가 등 ▶IoT 상시측정 환경 센서 설치 및 유지

자료: 김호현 외(2016). 어린이활동공간의 효율적인 환경유해인자 관리를 위한 기획 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단, p. 61을 바탕으로 재구성.

[그림 IV-1-3] 어린이집, 유치원 적용 제도적 개선 위한 내용 및 개선 방안 제안

2. 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 바탕 정책 방안 제언

가. 어린이집 및 유치원의 건축물 인증제도의 정책적 확대를 통한 실내 활동 공간 친환경 어린이시설 인증제도 도입 검토

실내공기질 관리를 위한 친환경 건축자재 인증제도는 실내 화학물질(VOCs 및 폼알데하이드)의 사후 관리를 통한 건축구조물(신축, 2014년 12월 05일 개정 후)을 최우수(80점 이상/100점 만점), 우수(70점 이상/100점 만점), 우량(60점 이상/100점 만점), 일반(50점 이상/100점 만점)으로 구분하되, 등급별 점수기준에 따른 관리(에너지 자원 및 환경부하/관리, 실내환경 등)가 필요하며, 이 중에서 실내환경의 6종(온열환경, 실내공기환경, 빛환경, 소음, 진동, 건축설계)과 주요 방출 공간(벽지, 합판마루, 접착제(합판마루, 목공용, 도배풀, 창호 실란트, 타일용), 페인트 등)이 주로 이루어지고 있다.

“어린이집 실내환경에 대한 녹색건축인증기준(이지숙, 2014)” 자료에 따르면, 우리나라 실내공간의 열 환경과 빛 환경에 대한 평가항목이 전혀 없다는 것은 문제이며, 실내공기오염물질인 유해화학물질 저방출 자재의 적용 정도를 평가하고 자연환기성능의 확보가 이루어져야 한다. 참고로 “국내 건물인증제도의 특징 및 동향 고찰(장향안·전상현·김연아·유동철, 2015)” 중 학교시설 자료에 따르면, 최우수는 거의 없는 것으로 나왔고, 2011년 우수 실적은 110건에서 2014년 10건으로 감소하였으며, 2013년 3월 통계자료에 의하면 친환경 건축물 인증을 받은 유아교육기관은 본 인증 2곳과 예비인증 6곳에 불과하였다(이중현, 2014). 이는 유아교육기관의 건축물에 초·중·고·대학 등의 학교시설과 시설 설비 등 동일한 잣대(지표)를 적용하고 있어서 대부분 낮은 등급을 받았기 때문이다(이중현, 2014).

또한 저방출 자재의 사용, 철도 혹은 도로에서 발생하는 교통소음으로부터 정온한 환경을 확보하기 위하여 평가하는 교통소음(철도, 도로)에 대한 실내소음도 부문 등 현실적인 반영 지표에 대한 검토가 요구된다. 현재 학교시설에 적용하고 있는 친환경건축물 인증 기준은 7개 분야에 39개 항목이며 각 평가항목은 모든 종류의 학교시설에 공통적으로 적용하고 있어 유치원과 초·중·고등학교, 대학 및 기타 교육 시설의 특성을 전혀 반영하고 있지 못하고 있는 실정이다(이중현, 2014).

따라서 유연성 부족 등의 문제가 있고, 특히 실내공기질과 관련한 내용이 부족하므로 효율적인 국제인증제도의 도입에 따른 어린이집 및 유치원의 유연성있고 현실적인 친환경건축물 인증제도를 마련하거나, 기존 친환경건축물제도의 별도 마련을 통해 인증제도의 개별 평가가 요구된다.

나. 친환경건축물 인증평가 항목 중 어린이집 및 유치원의 시설 인증 내용 중 항목 확대 검토

“친환경 건축자재의 인증제도 현황 및 개선방안에 관한 연구(전현도·박진철·손종렬, 2009)”에 따르면, KS마크(KS M ISO 16017-1, VOC(mg/m^3), KS M ISO 16200-1, VOC, KS M ISO 16000-4, HCHO 등) 및 HB마크(최우수(TVOC 일반자재: 0.01미만, 페인트: 0.01미만, 접착제: 0.25미만, HCHO 일반자재: 0.015미만, 페인트: 0.015미만, 접착제: 0.03미만)를 우수, 양호, 일반 I, 일반II 등으로 구성하고 있다.

“실내건축자재의 휘발성유기화합물 방출 특성에 관한 연구(김상식·류기정, 2008)”에 따르면, HB마크제도는 한국공기청정협회에서 실시하는 기준이며 최우수(TVOC 일반자재: 0.1미만, 페인트: 0.1미만, 접착제: 0.25미만, 5VOC 일반자재: 0.03미만, 페인트: 0.03미만, 접착제: 0.075미만), 우수, 양호, 일반 I, 일반II 등으로 구성하고 있다.

결과적으로 위의 2개의 연구 결과, 비슷한 시기의 다른 결과지표로 사용을 제도적으로 일관성 있게 마련하며, 실내공기질의 인증평가에 다양한 오염물질의 제도적 방안을 마련할 필요가 있다. “실내 공기환경 개선을 위한 인증제도 및 시험방법(윤동원, 2004)” 중 핀란드 인증제도의 건축실내 마감 재료의 분류체계의 건설정보에 따르면, 라돈(Bq/m^3), 이산화탄소(CO_2 , ppm), 암모니아, 아민(NH_3 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 일산화탄소(CO , $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 오존(O_3 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 냄새, 분진(PM_{10} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 등을 고려해야 한다고 제안하고 있다.

또한, “친환경건축물인증제도 세부시행지침(환경부·건설교통부, 2005)” 자료에 따르면, 친환경건축물 인증기준에서 도시중심 및 지역중심과 단지중심간 거리, 외부 보행자의 전용도로 네트워크와의 연계여부 측정, 단지주변 하천, 산림 등으로의 접근성 등을 고려하도록 하고 있으므로 인증 평가 항목 중 어린이집 및 유치원의 위치 정보의 추가 검토가 필요하다.

다. 어린이집 및 유치원 시설의 인증내용 중 위해 저감을 위한 평가 내용 보완

1) 교육시설군의 세부 분리 및 확대 검토

건축법시행령 제61조 및 제24조의 규정을 따르면 어린이집의 건물면적은 높이터 면적을 제외하고 보육실을 포함한 시설면적이 영유아 1명당 4.29제곱미터 이상으로 되도록 규정하고 있다.

“2015년 전국보육실태조사: 어린이집조사 보고(보건복지부·육아정책연구소, 2015)”에 자료에 따르면, 어린이집 건물 형태 중 단독건물에서 1층이 93.4%로 가장 높았고, 2층 25.4%, 3층 11.2%로 나타났으며 지하를 사용하는 어린이집도 4.1%로 나타났다.

“영유아 대상 시설의 실내공기질 특성 비교 및 개선방안에 대한 연구(서병원·이주화·박지훈·강선희, 2013)”의 자료에 따르면, TVOCs, CO₂, 총 부유세균 등은 계절적 요인과 상관없이 초등학교에 비해 어린이집이 높으며, 환기주기 보다는 1인당 활동 면적이 초등학교(3.2 m²)에 비해 어린이집(1.7 m²)이 작기 때문임을 확인할 수 있었다(서병원·이주화·박지훈·강선희, 2013). 따라서 면적의 분리(실내놀이공간, 보육실, 공부방, 영어교실 등)를 지정하여 평가하는 것과 연면적 확대(430m³) 등을 통한 평가의 확대·개선이 요구된다.

2) 환경인증제품 보유 및 환경부 환경안전관리기준 항목(중금속) 추가

“휴대용 XRF를 이용한 서울시 학교 내 어린이용품 중 일부 유해물질 함량 조사(김규상·박현경·최길용·임완령·신규진, 2017)”에서 어린이집과 유치원 내 어린이용품 824개(조립 블럭류: 196개, 모형장난감: 222개, 소꿉놀이 완구류: 175개, 가방류: 99개, 실내용 놀이기구 52개, 바닥매트 80개)를 대상으로 용품 내 환경유해물질을 휴대용 XRF를 이용하여 중금속을 측정된 결과, PVC 제품의 검출률은 바닥매트가 가장 높았고, 가방류, 실내용 놀이기구에서도 높은 검출률을 보였다.

개 선 방 향(안)

어린이집, 유치원의 실내공기질 관리를 위한 친환경건축 관련제도의 지속가능한 유지, 관리를 위한 향후 추진 모색

목표 : 어린이집 및 유치원의 건축물 인증제도 보완을 통한 인증평가의 공정성 및 건전한 실내공기질(IAQ)의 확보

추진 방향(안)

국내외 자료 검토 통한 진단, 분석 및 제안

<p>I. 어린이집 및 유치원의 건축물 인증제도의 정책적 확대를 통한 실내 활동 공간 친환경 어린이시설 인증제도 도입 검토</p>	<p>▶ 기존 친환경건축물 인증제도의 보완 : 별도의 자체 어린이집 및 유치원 인증제도 마련 또는 기존 친환경 건축물 인증제도 내 영·유아 어린이시설 친환경 인증제도 마련 *현, 친환경 건축물 인증제도 관리 중 2. 에너지 및 환경오염과 7. 실내환경 항목의 재배치 분류 필요</p>
<p>II. 친환경건축물 인증평가 항목 중 어린이집 및 유치원의 시설 인증 지표 확대 및 내용 중 항목 추가 검토</p>	<p>▶ 인증지표 및 평가오염물질의 확대 : 실내오염물질 중 미세먼지(기존 운동장 먼지 발생 방지 有) 각종 입자상오염물질 및 가스상 오염물질 등의 항목이 누락되어 있으므로 이에 대한 적용 평가 검토 ▶ 인증 평가 지표 항목 중 어린이집 및 유치원의 위치 정보 추가 검토 : 도로변, 주변 도로 8차선 이상, 주변 녹지 여부, 상습정체구역 내 위치 등</p>
<p>III. 어린이집 및 유치원 시설의 인증내용 대상시설의 환경 또는 시설 특성이 상대적으로 차이가 중 위해 저감을 위한 평가 내용 보완</p>	<p>▶ 교육시설군의 세부 분리 및 확대 검토 : 어린이집과 유치원의 경우 국·공립 및 연면적 430m² 기준으로 ▶ 환경인증제품 보유 평가 지표 마련 및 환경부 환경안전관리기준 항목(중금속 등) 추가:</p>

[그림 IV-2-1] 어린이집, 유치원 적용 제도적 개선 위한 내용 및 개선 방안 제안

3. 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어)를 바탕으로 정책 방안 제언

어린이집과 유치원 적용 제도 개선을 위한 내용 및 정책 방안의 경우 상기술한 공기청정제품과 자연 및 기계환기방법을 사용한 기존 연구 결과들을 기반으로 관리방안을 제안하고자 한다.

현재 이온발생 및 정전기 방식, 플라즈마, 광촉매 방식은 그 효과가 미비하거나 다수의 객관적인 검증이 이루어지지 않은 상황이며, 어린이집 및 유치원 시설의 실내 오염물질과 반응하여 2차오염물질 생성 및 유해성분 방출의 우려가 있을 수 있으므로 향후 적용 연구를 통한 순차적 도입·적용이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 필터 성능 관련 사항의 경우, 입자상 오염물질 제거가 가능하고 성능이 확인된 고성능 미립자 제거(HEPA : High Efficiency Particular Air) 필터 또는 ULPA(Ultra Low Penetration Air) 필터와 흡착을 통한 가스상 오염물질의 제거가 가능한 활성탄 여과기가 적용된 필터 조합이 어린이집과 유치원 시설의 공기청정제품으로 가장 적합할 것으로 판단된다. ULPA(Ultra Low Penetration Air) 필터의 경우, HEPA(High Efficiency Particular Air) 필터보다 유지·관리(필터가격 및 차압에 의한 전기료 등의 경제성 측면에서)의 어려움이 있지만 본 연구대상 특성상 향후에는 실내오염 부하량을 고려한 적용도 검토되어야 할 것이다. 또한 공기청정기 도입에 따른 필터 교환주기는 제조사별로 상대적인 차이는 있고 보통 1회/년으로 제시하고 있지만 본 대상시설군의 경우는 특성을 고려하여 4회/년으로 지정하는 것이 필요하다고 판단된다.

아울러 필터 성능의 유지·관리의 경우 본 대상시설 및 공간별 교환 및 청소 주기는 향후 장기적인 모니터링 연구를 통해 가이드라인을 설정하는 것이 바람직하다.

실제 공기청정기 가동을 통한 어린이집 적용 평가에서도 알 수 있듯이 미세먼지(PM10) 및 초미세먼지(PM2.5)의 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 조사되어 에어로졸형태의 오염물질 제어를 위해 온·습도의 조절을 동시에 관리할 경우 상당량의 실내오염물질 저감이 가능할 것으로 예상된다.

공기청정기 운영방법은 추후 보다 많은 연구가 필요하며, 본 연구결과 분석

에서는 등·하원 시간과, 교실 내 활동도가 높은 수업 시간에 공기청정기 모드의 최대화(터보)가 필요함을 알 수 있다.

인증관련 사항의 경우 한국공기청정협회의 '실내공기청정기, SPS-KACA 002-132:2016' 산업표준화법의 표준을 준용하는 것이 필요하다. 성능 규격은 전술하였듯이 풍량, 소음, 미세먼지 제거(집진)능력, 유해가스탈취, 오존발생농도 등을 반드시 만족하는 제품의 도입이 필요하며, 추후 적용되는 신규 성능규격의 경우 어린이집과 유치원 시설의 공기청정제품에 우선적인 고려가 요구된다.

기계환기와 관련한 사항은 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제11조 제4항 및 별표 1의 6을 근거로 하며, 필요 환기량(국공립 보육시설 연면적 430m² 이상 기준)은 다음 표와 같다. 국내 법령 기준으로는 어린이집과 유치원의 경우 최소 필요 환기량은 36 (m³/인·h) 이상이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 현재 실태조사 결과 등을 반영하여 일반 시간(오염물질 평균농도 기준)의 경우 최소 필요 환기량 36 (m³/인·h) 이상을 유지하고, 등·하원 시간 및 활동량이 많은 시간대에는 최소 필요 환기량보다 20% 증가한 약 43 (m³/인·h) 이상을 제안하고자 한다. 이러한 조건은 본 연구 대상인 어린이집과 유치원의 실내·외 환경에 따라 달라질 수 있으며, 계절별 상황에 따른 적정 실내온도를 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 실정이다. 이마저도 겨울철에는 자연환기 횟수가 상대적으로 줄어드는 경향이 있다.

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 CO₂와 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.

개선 방향(안)

어린이집, 유치원의 실내공기질 관리를 위한 공기청정제품 등의
지속가능한 유지, 관리를 위한 향후 추진 모색

**목표 : 어린이집 및 유치원의 공기청정제품, 환기방법 모색을 통한
건강한 실내공기질(IAQ)의 확보**

추진 방향(안)

국내외 측정자료 검토, 적용 결과를 통한 진단, 분석 및 제언

<p>I. 어린이집 및 유치원 환기설비(제어) 적용 가능 기술 검토</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 공기청정제품 유해물질 저감별 효과 분석 및 홍보 :미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 총부유세균(TBC)의 저감 효과 일반적 검증, 기타 가스상 물질 효과 다소 낮은 결과 일반적 이나 연구결과차이 있음 ▶ 공기청정제품 효과 최대화 방안 : 필터성능, 최대 및 최소 가 동시간, 자연 및 기계환기 병행 가능성 검토 ▶ 추가 관련 제품 검토 : 전열교환기 등 기타 제품 검증 추가
<p>II. 어린이집 및 유치원의 환기설비(제어) 적용방안 검토</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 공기청정제품 규격 구체화 : 본 대상 적용 시 필터 교환(세척) 시기 산정, 적용 용량(송풍량), 설치 위치 최적화, 최적 필터 성능 (H13등급 이상) ▶ 자연환기 내용 구체화 및 강화 : 거실(교실) 바닥면적 5% 이 상에 해당하는 개폐가 가능한 창문 2개 이상(대향 및 수직방향 창)을 설치(1일 2회 이상의 자연환기)및 자연환기시간 홍보(최소 4 분~최대 21분) 자동개폐창 도입 여부 ▶ 기계환기 최적화 내용 검토: 일반 시간(오염물질 평균농도 기 준)의 경우 최소 필요 환기량 36 (m³/인·h) 이상을 유지 및 등· 하원 시간 및 활동도도 높은 시간대에는 최소 필요 환기량 보다 20% 증가한 약 43 (m³/인·h) 이상
<p>III. 어린이집 및 유치원 환기설비(제어) 적용에 따른 운영·유지·관리 방안 제언</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 본 대상시설의 환기설비 적용 후 실태평가 기반 운영·유지·관 리 지침 개발 제언 ▶ 민감군시설 활용 인증제도 도입 검토 : 환기설비, 관련 제품 인증제도 추가

[그림 IV-3-1] 공기청정제품, 자연 및 기계환기방법 등 환기설비(제어)
관리방안(안) 제시

4. (초)미세먼지 경보 시 등 어린이집 및 유치원 시설 및 재실자 액션 플랜

(초)미세먼지 경보 시 어린이와 영유아 보호를 위하여 「대기환경보전법」 제7조의2(대기오염도 예측·발표) 및 제8조(대기오염에 대한 경보)를 근거로한 어린이 등 건강취약계층 보호를 위한 대응지침서를 본 정책보고서의 어린이집 및 유치원 이용 대상 건강 취약계층인 영·유아 및 어린이 용도로서 편집하여 제시하였다.

참고로 범정부적 대응(고농도 미세먼지 예보, 경보 발령·해제), 업무수행 체계, 부처·기관별 임무와 역할, 협조관계 등을 규정하고 있으며, 관련 부처·기관 등은 이 매뉴얼에서 규정한 기능과 역할에 따라 「고농도 미세먼지」가 발생한 경우 어린이와 학생 등 건강취약계층의 보호를 위한 대응절차와 제반 조치사항을 포함한 실무매뉴얼을 작성하여야 한다.

가. 목적

이 매뉴얼은 미세먼지 농도가 높거나 높을 것이라고 추정되는 경우, 영유아나 어린이 등 취약계층을 보호하기 위해 정부와 기관이 단계별로 대응해야 하는 방향을 제안하여 효율적인 대응을 이끌어내고 영유아와 어린이의 건강을 보호하기 위해 제시되었다.

나. 적용범위

1) 적용상황

미세먼지 예보등급이 '나쁨' 이상인 경우와 고농도 미세먼지('나쁨 이상')가 발생한 경우나, 실제로 해당 광역자치단체에서 주의보·경보가 발령되어 국가·광역자치단체가 관리해야 하는 경우에 적용하게 된다. 아래 표에서는 대응단계를 구분하는 요건을 설명하고 있다.

〈표 IV-4-1〉 대응단계별 요건

구분	요건
고농도 미세먼지 예보등급 “나쁨” 이상 당일 농도 “나쁨” 이상	익일 예보 24시간 평균농도 PM10 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 또는 PM2.5 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 당일 미세먼지 농도가 실시간으로 “나쁨” 단계 이상
예비주의보	PM10 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 또는 PM2.5 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 1시간 지속
주의보	PM10 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 또는 PM2.5 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속
경보	PM10 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 또는 PM2.5 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속

자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 2

다. 용어정의

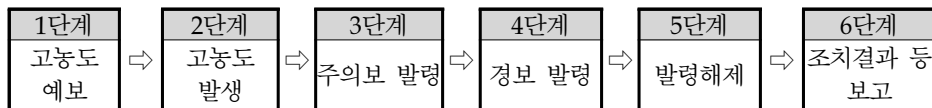
〈표 IV-4-2〉 용어정의

용어	정의
미세먼지	○ 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상 물질로, 크기에 따라 PM10(10 μm 이하)과 PM2.5(2.5 μm 이하)로 구분
고농도 미세먼지	○ 미세먼지 예보 시 “나쁨” 이상인 경우 ※ PM10 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상, PM2.5 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상
미세먼지 대응	○ 미세먼지를 사전에 대비하고 효과적으로 대응·환류하기 위해 정부·광역자치단체 등이 기획·집행·통제·보고하는 제반활동
미세먼지 예보	○ 환경부(국립환경과학원)가 지역별로 미세먼지의 농도를 예측하여 시민에게 알리는 것
미세먼지 경보	○ 미세먼지 농도가 환경기준을 초과하여 시민의 건강·재산이나 동식물의 생육에 심각한 위해를 끼칠 우려가 있을 때 해당 시·도지사가 대기오염경보를 발령하여 시민에게 알리는 것
경보 발령해제	○ 미세먼지 농도가 경보해제기준에 해당하는 등 대기오염경보 발령사유가 없어진 경우 시·도지사가 즉시 경보를 해제 ○ 주의보의 경우 발령을 해제하고 경보의 경우 주의보로 전환

자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 4

라. (초)미세먼지 단계별 조치 사항

1) 대응단계



자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 15.

[그림 IV-4-1] (초)미세먼지 주의보(경보) 발령시 대응단계

2) 기관별·단계별 조치사항 요약

〈표 IV-4-3〉 기관별 단계별 조치사항 요약

구분	고농도 예보	고농도 발생	주의보 발령	경보 발령	발령해제	조치결과 등 보고
유치원	예보 확인 행동요령 공지, 대응방안 검토	발령상황 수시확인, 실외수업 자제 등 대응조치 실시	발령상황 수시확인, 실외수업 금지 등 대응조치 실시	발령상황 수시확인, 실외수업 금지 등 대응조치 실시	해제상황 수시확인, 실내외 환기· 청소 등 실시	조치결과 보고 (7일 이내, 교육청)
어린이집	예보 확인, 행동요령 공지,	발령상황 수시확인, 실외수업(활 동) 자제 등 대응조치 실시	발령상황 수시확인, 실외수업 단축 또는 금지 등 대응조치 실시	발령상황 수시확인, 실외수업 금지, 질환자 파악 등 대응조치 실시	해제상황 수시확인, 실내외 환기· 청소 등 실시	조치결과 보고 (7일 이내, 광역자치 단체)

자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 15를 재구성.

마. 대응단계별 조치사항

1) [1단계] 고농도 미세먼지 예보

가) 상황

익일 해당지역의 PM10 24시간 평균농도가 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상, PM2.5 24시간 평균 농도가 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상으로 예상되는 미세먼지 예보가 “나쁨” 이상일 경우(17시 기준)

나) 조치목록

고농도 미세먼지 예보 생성·전파 및 모니터링 강화, 유관기관 협조체계 및 대비상황 점검·확인을 진행한다.

다) 조치사항

유관기관인 교육부, 보건복지부, 광역자치단체는 고농도의 미세먼지 예보 확

인이 되면 대응체계를 점검하여 일선기관에 전파하여야 하며, 시·도 교육청과 기초자치단체 또한 일선기관 미세먼지 담당자에게 예보상황을 전파하여야 한다. 일선기관인 어린이집의 경우에는 보호자 비상연락망과 안내문 등을 통해 상황과 행동에 대한 내용을 공지하고, 익일 예정된 실외수업에 대한 점검(수업 대체, 마스크 착용 등)을 하며, 미세먼지 담당자는 미세먼지 예보 상황 및 농도변화를 수시로 확인하여야 한다.

※ 에어코리아(airkorea.or.kr), 우리동네대기질 앱 등 활용

< 사전 준비사항 >

- 고농도 미세먼지 발생시 대처방안에 대한 숙지
- 보호자 비상연락망 구축
- 보호자대상 대기오염 피해예방, 대응조치 행동요령을 지도 홍보
- 고농도 미세먼지 상황 대비 실외수업 대체를 위한 사전계획 마련
 - ※ 대체수업 전환 기준 및 대체안(실내체육, 단축수업, 휴원, 일정연기 등) 마련
- 호흡기질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 영·유아에 대한 관리대책 마련
 - ※ 민감군 현황 파악, 위생점검 및 건강체크, 응급조치 요령 등 숙지
- 황사마스크, 상비약(안약, 아토피연고 등) 등 비치 및 점검

자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 17.

[그림 IV-4-2] 미세먼지 주의보(경보) 발령 전 사전 준비사항

2) [2단계] 고농도 미세먼지 발생

가) 상황

익일 해당지역의 PM10 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상, 해당지역의 PM2.5 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 1시간이상 지속되는 고농도 미세먼지(“나쁨” 이상) 상황이 발생한 경우

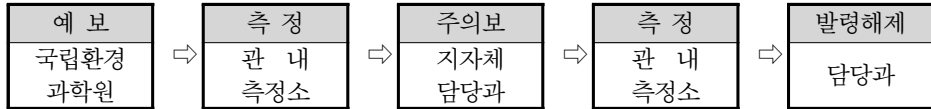
나) 조치사항

일선기관인 어린이집에서는 시설담당자가 미세먼지 농도를 수시로 확인하며, 기관 내 상황을 전파해야 하며, 보호자 비상연락망, 안내문 등을 통한 상황과 행동에 대한 내용을 공지해야한다. 또한 영·유아를 대상으로 외출자제, 외출 시 마스크쓰기, 깨끗이 씻기 등의 행동요령 교육 및 실천해야 하며, 호흡기 질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 영·유아 관리대책을 이행해야 하며, 물걸레질 청소 등의 실내공기질 관리를 실시해야 한다.

3) [3단계] 미세먼지 주의보 발령

가) 상황

광역자치단체에서 미세먼지 주의보 발령 요건(기상조건 등을 고려하여 해당 지역의 대기자동측정소 PM10 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속될 때, PM2.5 시간당 평균농도가 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속될 때)에 따라 미세먼지 주의보가 발령되어 어린이·학생 등 건강취약계층에 위해가 발생한 경우



자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 24.

[그림 IV-4-3] 미세먼지 주의보 발령시 운영체계

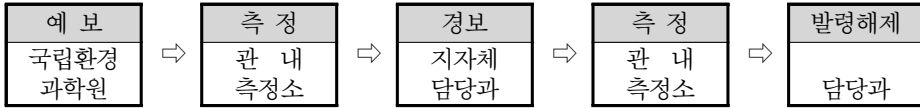
나) 조치사항

미세먼지 주의보가 발령될 경우 일선기관인 어린이집의 담당자는 주의보 발령상황을 수시로 확인하며, 기관 내 전파하고 관계기관의 협조요청 사항을 성실히 수행해야 한다. 학부모 비상연락망을 통한 상황 공유 및 대응요령을 알리고, 실외수업 단축 또는 금지, 실내공기질 관리, 등·하원 시간 조정 등을 실시하고 호흡기 질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 학생을 위한 관리대책을 이행해야 하고, 또한 식당 등에서의 2차 오염 방지, 기구류 및 기계 세척 등 위생관리 및 손씻기, 과일과 채소 등은 흐르는 물에 세척을 충분히 하여 위생관리를 하도록 한다.

4) [4단계] 미세먼지 경보 발령

가) 상황

광역자치단체에서 미세먼지 경보 발령 요건(기상조건 등을 고려하여 해당 지역의 대기자동측정소 PM10 시간당 평균농도가 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 지속될 때, PM2.5 시간당 평균농도가 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속될 때)에 따라 미세먼지 경보가 발령되어 어린이·학생 등 건강취약계층에 위해가 발생한 경우



자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 28.

[그림 IV-4-4] 미세먼지 경보 발령 시 운영체계

나) 조치사항

일선기관인 어린이집에서는 시설담당자가 경보 발령상황을 수시로 확인하고, 기관 내 전파하며, 관계기관의 협조요청 사항을 성실히 수행하여야 한다. 또한 선행 단계의 조치사항과 마찬가지로 학부모 비상연락망을 통한 상황 공유 및 대응요령 알람이 이루어져야 하고, 영·유아를 대상으로 행동요령 교육 및 실천, 실외수업 단축 또는 금지, 등·하원 시간 조정 등을 실시하고 실내공기질 관리, 호흡기 질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 영·유아 관리대책을 이행하고, 식당 등에서의 2차 오염 방지, 기구류 및 기계 세척 등 위생관리 및 손씻기를 실시하고, 과일과 채소 등은 흐르는 물에 세척을 충분히 하여 위생관리를 하도록 한다. 특히 질환자 파악 및 특별관리 조치를 취해야 한다.

5) [5단계] 미세먼지 경보(주의보, 경보) 발령 해제

가) 상황

광역자치단체 대기자동측정소의 미세먼지 시간당 평균농도가 미세먼지 경보(주의보, 경보) 해제기준에 해당하는 경우

< 발령 해제 요건 >	
○ 주의보	
▪ (미세먼지 PM10) 기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM10 시간당 평균농도가 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때	
▪ (미세먼지 PM2.5) 기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM2.5 시간당 평균농도가 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때	
○ 경보	
▪ (미세먼지 PM10) 기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM10 시간당 평균농도가 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때	
▪ (미세먼지 PM2.5) 기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM2.5 시간당 평균농도가 $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때	

자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 33.

[그림 IV-4-5] 미세먼지 주의보, 경보 발령 해제 요건

나) 조치사항

(1) 주의보 해제 발령 시

일선기관인 어린이집에서는 기관별 실내·외 청소를 실시하고, 미세먼지 농도가 낮은 시간에 도로변 외의 창문을 통한 환기를 실시하고 환자 발생여부를 파악하여 감기·안질 등 환자는 휴식 또는 조기 귀가 조치를 이행하여야 한다.

(2) 경보 해제 발령 시

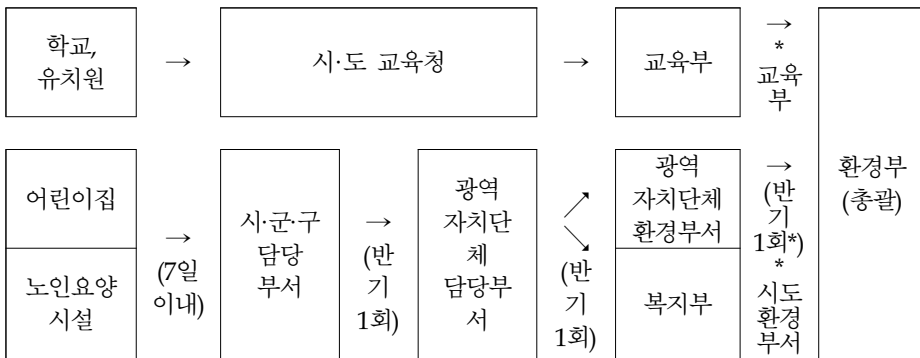
일선기관인 어린이집에서는 조치결과를 관계기관에 발령 7일 이내로 보고하여야 한다.

7) [6단계] 조치결과 등 보고

어린이집, 유치원 등 관계기관은 미세먼지 경보발령에 따라 실시한 조치결과를 작성 및 보고하여야 한다.

가) 보고체계

교육부(학교안전총괄과), 보건복지부(보육기반과, 요양보험운영과)는 일선기관의 미세먼지 담당자 현황을 환경부에 취합·보고(3, 9월)하고, 교육부(학교안전총괄과), 광역자치단체(환경부서)는 미세먼지 경보 발령에 따른 일선기관의 조치결과를 환경부에 취합·보고(3, 9월)해야 하며, 학교, 어린이집, 노인요양시설 등 기관의 미세먼지 담당자는 경보 발령에 따른 조치결과를 관할기관에 보고(발령 7일 이내)하여야 한다.



자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼. 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 11을 재구성.

[그림 IV-4-6] 보고체계

나) 보고내용 (보고서식 참조)

유치원, 어린이집 등 일선기관의 미세먼지 담당자 현황(소속, 이름, 연락처 등) 보고(서식1), 경보발령 현황 및 조치결과 등, 해당 광역자치단체의 경보발령 및 전파 현황, 조치내용 등 종합보고(서식2), ※ 자동차 운행 및 사업장 조업감축 등 대기오염저감 실적 포함, 실외수업 대체, 등·하교 시간 조정, 휴업, 행동요령 교육 등 건강취약계층 보호를 위한 조치실적 종합 보고(서식3)를 실시해야 한다.

바. (초)미세먼지 일반 대응요령

< 고농도 미세먼지 대응요령(7대) >

1. 외출은 가급적 자제하기
 - 실외활동(스포츠, 야영 등) 최소화
2. 외출 시 보건용 마스크(식약처 인증) 착용하기



※ 폐기능 질환자는 의사와 충분히 상의 후 마스크 사용권고

3. 외출 시 대기오염이 심한 곳은 피하고, 활동량 줄이기
 - 미세먼지 농도가 높은 도로변, 공사장 등에서 지체시간 줄이기
 - 호흡량 증가로 미세먼지 흡입이 우려되는 격렬한 외부활동 줄이기
 - ※ 참고 : 한 연구결과(Science Daily, 2016)에 따르면, 대기오염물질 흡입을 최소화하기 위해 보행시 2~6 km/hr, 자전거 운행시 12~20 km/hr(성인기준) 속도 유지
4. 외출 후 깨끗이 씻기
 - 샤워하고, 특히 필수적으로 손·발·눈·코를 흐르는 물에 씻고 양치질하기
5. 물과 비타민C가 풍부한 과일·야채 섭취하기
 - 노폐물 배출 효과가 있는 물, 항산화 효과가 있는 과일·야채 등 충분히 섭취하기

<p>6. 환기, 물청소 등 실내공기질 관리하기</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실내·외 공기오염도를 고려하여 적절한 환기 실시 ○ 실내 물걸레질 등 물청소 실시, 공기청정기 가동(공기청정기 필터 주기적 점검·교체) <div style="background-color: #fff9c4; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">< 환기요령 ></p> <ul style="list-style-type: none"> • 실내오염도가 높을 때는 자연환기 또는 기계환기 실시(단, '나쁨' 이상시 자연환기 자제) • 대기가 정체되어 있는 시간대를 피해 오전 10시부터 오후 9시 사이에 하루 3번 30분 이상 환기 • 자연환기 시에는 대기오염도가 높은 도로변 외의 다른 창문을 통한 환기 실시 • 조리시 주방후드 가동과 자연환기를 동시에 실시하고, 조리 후에도 30분 이상 환기 <p style="text-align: center;">※ 주택 실내공기질 관리를 위한 매뉴얼(환경부·국립환경과학원, 2012), 주거환경 중 주방에서 발생하는 실내 오염물질 관리방안 연구(국립환경과학원, 2013)</p> </div> <p>7. 대기오염 유발행위 자제하기</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 자가용 운전 대신 대중교통 이용, 폐기물 태우는 행위 등 자제하기

자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 37.

[그림 IV-4-7] 고농도 미세먼지 대응요령(7대)

사. (초)미세먼지 단계별 대응요령

1) 영·유아·어린이(어린이집 및 유치원)

<표 IV-4-4> (초)미세먼지 단계별 대응요령

단계	대 응 요 령
평시 사전준비 상황	<ul style="list-style-type: none"> • 고농도 미세먼지 발생 시 대처방안에 대한 숙지 <ul style="list-style-type: none"> • 보호자 비상연락망 구축 • 보호자 대상 대기오염 피해예방, 대응조치, 행동요령을 지도 • 고농도 미세먼지 상황 대비 실외수업 대체를 위한 사전계획 마련 - 수업전환 기준 및 대체안(실내체육, 단축수업, 휴원, 일정연기 등) 마련 • 호흡기질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 영·유아 관리대책 마련 - 민감군 현황 파악, 위생점검 및 건강체크, 응급조치 요령 등 숙지 <ul style="list-style-type: none"> • 황사마스크, 상비약(안약, 아토피연고 등) 비치 및 점검 • 실내 미세먼지 유지기준(PM10 100μg/m³) 준수

단계	대 응 요 령
고농도 예보 익일예보 “나쁨”이상	<ul style="list-style-type: none"> ● 보호자 비상연락망, 안내문 등을 통한 상황 및 행동 방법을 공지 ● 익일 예정된 실외수업에 대한 점검(수업대체 여부 검토 등) <ul style="list-style-type: none"> ● 미세먼지 예보 상황 및 농도변화 수시 확인 ※ 에어코리아(airkorea.or.kr), 우리동네대기질 모바일 앱 활용
고농도 발생 PM10 81이상 또는 PM2.5 51이상 1시간 지속	<ul style="list-style-type: none"> ● 시설 담당자는 미세먼지 농도를 수시로 확인, 기관 내 상황 전파 <ul style="list-style-type: none"> ※ 에어코리아(airkorea.or.kr), 우리동네대기질 모바일 앱 활용 ● 영·유아 대상 행동요령* 교육 및 실천 <ul style="list-style-type: none"> * 외출자제, 외출시 마스크쓰기, 깨끗이 씻기 등 ● 실외수업 자제(실내수업 대체), 바깥공기 유입 차단(창문닫기) ● 호흡기 질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 영·유아 관리대책 이행 ● 실내공기질 관리(빗자루질 청소 대신 물걸레질 청소, 공기청정기 가동 등)
주의보 PM10 150이상 또는 PM2.5 90이상 2시간 지속	<ul style="list-style-type: none"> ● 실외수업 단축 또는 금지, 등·하원 시간 조정 등 실시 (외출시 마스크 및 보안경 등 착용) ● 식당 등에서의 기계, 기구류 세척 등 위생관리, 2차 오염 방지, 손씻기 및 과일, 채소 등은 흐르는 물에 충분히 세척하여 위생관리
경보 PM10 300이상 또는 PM2.5 180이상 2시간 지속	<ul style="list-style-type: none"> ● 질환자 파악 및 특별관리(진료 등)

주: 각 단계별 대응요령은 이전 단계의 대응요령을 포함
 자료: 교육부(2017. 4). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원, p. 39.

V. 시설별 특성 분석에 따른 실내공기질 개선을 위한 체크리스트(안)

1. 어린이집, 유치원 시설 특성 분석

어린이집, 유치원의 시설에 따른 특성 분석과 실내공기질 개선을 위한 자료를 다음과 같이 대상물질에 따른 주요 인자를 중심으로 국내외 논문 중심으로 관련 자료를 정리하였다(부표 1-19 참고).

어린이집의 실내공기질 개선을 위한 인천광역시 보건환경연구원(2012)의 자료에 따르면, 실내공기질 관리매뉴얼을 크게 6가지(주변환경, 실내공기, 오염원 관리, 환기 계획, 결로 및 곰팡이 방지, 유지관리 및 교육, 공기청정기 관리)로 나누어 실내오염물질의 종류의 발생원과 인체 영향을 정리하였으며, 실내공기질 개선 방법을 통한 유지관리 체크리스트를 다음과 같이 정리 하였다(표 V-1-1).

어린이집·아동복지시설의 자료 중 실내공기질 개선을 위한 “어린이집(보육시설)·아동복지시설 실내공기질 관리 매뉴얼(환경부, 2011b)”에 따르면, 실내공기질 관리 체크리스트 중 시설종사자가 실내공기질 관련 유지관리 현황을 일일 체크 리스트를 통해 주변 환경에 따른 점검 및 시간별 설문형식으로 체크하고, 체크한 결과에 따라 장소를 선별하여 우선적으로 개선되어야 할 부분을 쉽게 확인할 수 있도록 체크리스트를 제작하였다(부표 1-20 참고).

어린이집 관련 자료 중 실내공기질 개선을 위한 “보육시설의 실내공기질 설계 및 유지관리 지침서(환경부, 2008)”에 따르면, 실내공기질 유지관리 및 설계 매뉴얼에 따른 실내공기질 설계를 5가지(주변 환경 관리 가이드, 실내공기 오염원 관리 가이드, 환기계획 및 환기설비 가이드, 지하공간 및 결로 방지 가이드, 유지관리 및 교육 가이드) 가이드로 환경부의 관리방안을 마련했으며, 어린이집 및 유치원 내의 실내공기에 가장 큰 영향을 주는 것 중 하나는 시설 주변의 환경이다. 이에 따라 아래의 어린이집 및 유치원이 위치한 주변 환경에 따라 내부로 유입되는 오염물질은 주변 환경에 영향을 많이 받게 된다.

<표 V-1-1> 어린이집의 실내공기질 관리 매뉴얼 체크리스트

주변환경	시설주변 대기 오염 현황을 알고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	주변에 오염물질 배출 시설이 가까이에 없다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
실내공기 오염원 관리	사용된 건축자재의 오염물질 방출량을 알고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	교육용품의 공기오염물질 방출 정보를 알고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
환기 계획	개폐 가능 창이 있으며 그 면적이 바닥의 5% 이상이다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	조리실에 배기팬이 작동하며 렌지후드가 설치되어 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
곰팡이 및 결로 방지	화장실에 배기 팬이 작동하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	창문가나 벽 등에 곰팡이가 없고 냄새가 나지 않는다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
유지관리 및 교육	창이나 벽 등에 결로가 발생하는지 주기적으로 점검한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	공용부와 개별공간을 1일 1회 이상 진공 청소한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	1년에 1회 이상 살균 소독하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	환기팬, 에어컨 필터를 1년에 1회 이상 점검하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	1일 2회 이상 창을 통하여 환기를 실시하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	1년에 1회 이상 실내공기질을 측정하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	신축 또는 리모델링 시에 실내공기질을 측정한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
공기청정기 관리	공용부와 개별공간에 온도 및 습도 측정기가 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	종사자들에게 실내공기질에 대한 교육을 실시하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
공기청정기 관리	공기청정기가 적절한 장소에 설치 되어 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	필터를 주기적으로 청소 및 교체하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오

자료: 환경부(2011b). 어린이집(보육시설)·아동복지시설 실내공기질 관리 매뉴얼, pp.24-28을 재구성.

〈표 V-1-2〉 어린이집 및 아동복지시설의 실내공기질 체크리스트

1. 주변 환경 관리 가이드	
1. 주변 환경	
주변 공기의 오염원	
1.1	<p>관련 정보자료 및 사이트를 활용하여 보육시설 주변 대기의 오염 현황을 파악한다.</p> <p>참고사이트: 대기오염실시간공개 (http://www.airkorea.or.kr/) 환경부(http://www.me.go.kr/) 기상청(http://www.kma.go.kr/index.html)</p>
1.2	<p>1.3에서의 관련 자료를 검토하여 보육시설 내로 유입되는 대기의 조건을 조사하고 대기오염 기준을 초과할 경우, 기계 환기 설비를 설치하여 보육시설로 유입되는 대기 중의 오염물질을 제거한다.</p>
주변 대기 오염 현황 파악	
1.3	<p>보육시설 주변에 다음과 같은 오염물질 배출 시설이 가까이 있는지 확인 한다.</p> <p>상업시설: 세탁소, 음식점, 주유소 제조시설: 전기전자공장, 목공장, 제지공장, 페인트공장 농업시설: (농약 살포) 비닐하우스, 농장, 논밭, 과수원 교통시설: 고속도로, 주차장, 정체 도로</p>
1.4	<p>1.3 에서 해당하는 시설이 보육시설 주변에 있으면 조경, 바람막이를 이용하거나 창, 문 등 개부구 등의 위치를 변경하여 외부 오염물질이 보육시설 내로 직접 들어오는 것을 피한다.</p>
2. 실내공기 오염원 관리 가이드	
2. 실내공기오염원 관리	
건축자재	
2.1	<p>보육시설 내부 마감에 사용하는 각종 건축자재 중에 환경부에서 고시하고 있는 오염물질 다량 방출 자재가 포함되어 있는지 확인하고, 환경부에서 공시한 건축자재를 사용하지 않는다.</p> <p>참고사이트: 환경부 (http://www.me.go.kr/) 국립환경과학원(http://www.nier.go.kr/) 환경부에서는 매년 오염물질 다량 방출 건축자재를 공고하고 있다.</p> <p>앞에 해당하지 않는 건축자재의 경우 환경마크나 HB마크 인증을 받은 건축자재를 사용하도록 하며, 가급적 등급이 높은 건축자재를 사용한다.</p> <p>환경마크 : 관련자료 친환경상품진흥원(http://ecolabel.koeco.or.kr/main.asp) HB마크 : 관련자료 한국공기청정협회(http://www.kaca.or.kr/mark/hb.asp)</p>
가구류 및 교육용품	
2.2	<p>교육에 사용되는 책상, 의자, 책장 등 가구는 환경마크 인증을 받은 제품을 사용하도록 한다.</p> <p>환경마크 : 관련자료 친환경상품진흥원(http://ecolabel.koeco.or.kr/main.asp)</p> <p>앞에 해당하지 않는 제품 중 목재의 경우, KS규격의 포름알데히드 방출량 시험성적표가 있는 제품을 사용한다.</p> <p>KS규격 : 관련자료 기술표준원(http://www.kats.go.kr/)</p> <p>영유아의 교육에 사용되는 용품의 경우, 환경마크를 인증 받은 제품을 사용한다. 환경마크가 없는 용품의 경우, 용품의 구성 성분과 안전성을 알 수 있는 MSDS(물질안전보건자료)가 있는 용품을 선정하도록 한다.</p> <p>MSDS : 관련자료 한국산업안전보건공단(http://www.kosha.or.kr/)</p>

3. 환기계획 및 환기설비 가이드

3. 환기계획 및 환기설비 가이드	
보육실과 놀이방 등의 영유아 및 보육시설종사자 거주실	
3.1	영유아 및 보육시설종사자들이 거주하는 개별 실은 바닥면적의 5% 이상에 해당하는 면적의 개폐가 가능한 창을 설치하여야 한다. 건축법규에서는 채광 및 거주실의 가장 기본적 환기계획 요건으로 바닥면적의 일정 비율 이상 창을 확보하도록 하고 있다.
	개폐가 가능한 창은 외부에 면한 곳에 설치하며, 자연통풍을 위하여 가급적 2개소 이상으로 나누어 창을 설치한다.
	앞에서 제시한 창의 설치가 불가능할 경우, 환기설비를 도입하여 외부의 공기가 거주 공간에 직접 공급될 수 있도록 한다.
조리실	
3.2	조리실에서 발생하는 오염물질을 배출하기 위하여 배기팬을 설치하며, 렌지후드는 연소기구에서 높이가 1m 이하가 되도록 한다.
	영유아보육법에 따라 조리실에는 기계적 환기설비를 설치하도록 되어 있으며, 특히 연소기구 상단에 설치된 렌지후드는 연소기구에서의 이격거리가 1m를 넘지 않도록 하여 오염물질 배출이 원활히 이루어질 수 있도록 한다.
화장실	
3.3	화장실에는 가급적 오염물질의 배출을 위한 배기팬을 설치하여 운영한다.
	화장실에 개폐가 가능한 창이 설치되어 있는 경우, 화장실의 오염물질이 시설 내로 확산될 수 있으므로, 배기팬을 설치하는 것이 오염물질 배출에 보다 효율적이다.

4. 지하공간 및 결로 방지 가이드

4. 지하공간 및 결로 방지 가이드	
지하공간	
4.1	지하공간의 경우, 습기 문제와 채광 및 환기의 어려움이 있으므로 가급적 영유아의 활동 공간으로 사용하지 않는다.
	앞에 해당하지 않는다면, 가능한 개폐가 가능한 창을 설치하도록 하며, 창의 설치가 불가능한 경우 배기팬을 설치하여 실내의 습기가 밖으로 나갈 수 있도록 한다.
	창이나 환기설비가 불가능 하다면 실내의 습기를 제거할 수 있는 제습기를 설치하여 운전한다.
결로	
4.2	시설 내의 보육실, 교실, 놀이방 등에 결로가 발생하는 부위는 없도록 한다.
	결로는 실내의 습도가 높고 온도가 차가운 창, 벽, 바닥, 천정 등에서 발생할 확률이 높다. 따라서 이러한 부위를 상시 점검하여 결로가 발생하지 않도록 한다.
	주기적으로 결로가 발생하는 부위가 있다면 건축관련 전문가에게 자문하여 실내의 습기를 낮추거나 차가운 창이나 벽, 천정 등의 단열을 보강하도록 한다.
	일단 결로가 발생하고 미생물이 번식하였다면 오염된 자재를 시설 외로 철거한 후에, 결로 방지 대책을 실행한다.

5. 유지관리 및 교육 가이드

5. 유지관리 및 교육 가이드	
유지관리	
5.1	정기적으로 시설 내에 청소를 실시하고, 1년에 1회 이상 시설 내를 살균 소독하도록 한다.
5.2	환기설비, 팬, 에어컨과 공기청정기에 설치되어 있는 필터를 연 1회 이상 점검하고 필요에 따라 교체한다.
5.3	영유아의 등원 전과 오전 수업 후에 충분히 환기하도록 하여 실내에 누적된 실내공기 오염물질을 실외로 배출하도록 한다. 건축자재, 가구, 교육용품 등에서 발생한 포름알데히드와 휘발성유기화합물은 영유아의 하원 후에도 지속적으로 발생하므로 오전 등원 시간 전이 실내 농도가 가장 높다. 따라서 등원 전에 시설을 충분히 환기하여 오염물질을 실외로 배출시킨다. 또한 영유아의 활동에 따라 발생된 오염물질의 배출을 위하여 오전 수업 후에 충분한 환기를 실시한다.
5.4	국공립(430[m ²], 인원수 기준 100인 이상), 민간(430[m ²], 인원수 기준 100인 이상) 시설의 경우, 보육시설은 유지기준은 연 1회, 권고기준은 2년에 1회 이상 측정을 실시한다.
	환경부 “다중이용시설등의 실내공기질 관리법”에서는 상기 규모의 시설에 관해서는 환경부에 등록된 실내공기질 분야 측정대행업체를 통하여 실내공기질을 측정 하여야 한다. 참고사이트: 환경부 (http://www.me.go.kr/)
	5.4에 해당하지 않은 시설은 시설의 준공, 대보수, 리모델링 등을 실시하였을 때 5.3에서 제시된 유지기준을 측정하도록 한다.
교육	
5.5	시설 내 보육실과 교실 등에 실내 온도와 습도를 알 수 있는 온도습도계를 설치하여 보육종사자들의 관심을 가질 수 있도록 한다.
5.6	시설종사자들이 본 가이드를 숙지할 수 있도록 연 1회 이상의 실내공기질 교육을 실시한다.
	5.3과 5.4 항에 따라 시설 내 실내공기질이 진단되면 결과를 바탕으로 개선 방향을 검토하여 종사자들의 자발적 참여를 유도한다.

자료: 환경부 (2008). 보육시설의 실내공기질 설계 및 유지관리 지침서. pp.61-62, .64, pp.67-68을 재구성

유치원 및 가정, 어린이집(소규모)의 자료 중 실내공기질 개선을 위한 “2011년도 다중이용시설 실내공기질 컨설팅(환경부·한국환경공단, 2011)”의 자료에 따르면, 실내공기질 관리에 따른 현황을 설문형식에서 크게는 오염물질 발생원 관리 및 환기와 유지 관리로 나누어져 있다. 오염물질의 발생원의 관리는 ‘실내에서 흡연이 이루어지는지 확인 여부’, ‘최근 1년 내 리모델링, 목재가구, 장판을 설치 여부를 확인’, ‘육안으로 관찰되는 곰팡이 혹은 벽의 결로가 있는지 여부’, ‘실내에서 불쾌한 냄새 발생 유무’, ‘개별공간과 공용부지 등에 외부와 면한 개

폐가능한 창이 없으며, 그 면적이 바다면적의 5% 미만'이다. 유지 관리에서는 '실내공간을 1일 1회 이상 진공청소기를 이용하여 청소하고 있습니까?', '환기 팬, 에어컨, 공기청정기의 필터를 1년에 1회 이상 점검합니까?', '침구류는 수시로 세탁하고 소독한다', '시설의 실내공기질을 정기적으로 측정한다', '시설 종사자들에게 실내공기질에 대한 교육을 실시하고 있다', '시설 내에 실내온도와 습도를 측정하는 장비가 비치되어 있다' 등(환경부, 2012. 2.)으로 점검을 하고 그 결과에 따라 우선적으로 개선해야 할 부분을 쉽게 확인하기 위해 체크리스트를 작성하였다(부표 1-21 참고).

'보육시설 실내공기질 진단 및 개선 시범사업'의 결과로 어린이집과 유치원의 실내공기질 개선 및 유지관리를 위한 지침서를 본 대상시설에 대한 적극적 관리의 일환으로 실제 현장에 적용할 수 있고 유지관리에 용이하도록 하기 위해 제시하였다. 유지관리에 필요한 기본 요건 등을 제시하였으며, 어린이집과 유치원 시설군을 대상으로 주변 환경, 실내 공기오염원 관리 및 저감, 외부 오염물질의 실내 유입 차단 및 실내 오염원 배출 등이 고려되었다.

체크리스트에서 제시하고자하는 가이드 개요 및 카테고리는 다음과 같다.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 복지시설 등 주변 환경 체크를 통한 외부 유입 오염물질 관리 • 시설 내 실내 공기오염원 관리 가이드 • 시설의 환기계획 및 환기설비 가이드 • 곰팡이 및 결로 방지 가이드 • 시설 종사자의 실내공기질 관련 교육 가이드 • 공기청정기 관리 가이드 |
|--|

자료: 환경부(2009). 보육시설·아동복지시설의 실내공기질 관리 매뉴얼, p. 2.

[그림 V-1-1] 어린이집 및 유치원 실내공기질 관리 체크리스트 카테고리

어린이집 주변 환경 체크를 통한 외부 유입 오염물질 관리는 2개의 문항으로 확인하고 있으며, 보육교사 등 관계자들의 주변 대기(외기)오염 현황을 파악하고 있는지에 관한 내용이다. 또한 질의 항목별 대응방안인 환경부·기상청의 실시간 대기오염 공개사이트 등을 통한 어린이집 주변 대기의 오염 정도를 조사할 것을 권고하고, 바람영향과 대기오염물질 기준 초과 여부 확인에 따른 대응방향과 교외 지역의 경우 농약이나 살충제 살포에 따른 주변 영향의 확인 등을 권고하고 있다.

실내공기 오염원 관리의 경우 오염물질 방출 건축자재, 가구류 및 교육용품 등에 대한 방출량 정보/환경마크/HB인증/MSDS 관련 사항에 대한 인지여부를 확인하고 있다. 환기의 경우 보육실과 놀이방/조리실/화장실/지하공간/결로 분야로 구분하여 환기여부, 레인지후드 및 환풍기 사용여부, 결로 방지를 위한 수시점검 여부를 확인하고 있다. 유지관리의 경우 보육실과 놀이방 청소, 환기팬 및 공기청정기 등 필터류, 환기시 고려사항 등을 체크리스트에 포함하고 있다 (〈부표 1-22〉 참고).

2. 본 연구에서 제안하는 체크리스트(안)

상기 관련 문헌자료 분석을 근거로 본 연구의 대상 시설인 어린이집 및 유치원 환경과 실태를 고려하여 체크리스트(안)를 제시하였다.

“어린이집(보육시설)·아동복지시설 실내공기질 관리 매뉴얼(환경부, 2011b)“과 “보육시설 실내공기질 관리 매뉴얼(인천광역시 보건환경연구원, 2012)“의 자료를 바탕으로 실내공기질 개선 방법을 통한 유지관리 체크리스트를 6가지(주변 환경, 실내오염원 관리, 환기 계획, 결로 및 곰팡이 방지, 유지관리 및 교육, 공기청정기 관리)로 구분하여 정리하였다. 특히 환경부(2011b)의 “2011년도 다중이용시설 실내공기질 진단 및 개선의 체크리스트“ 중 시급하거나 필요하다고 정리한 항목을 체크리스트에 추가 하였고, 유치원 및 가정, 어린이집(소규모)의 자료 중 실내공기질 개선을 위한 “2011년도 다중이용시설 실내공기질 컨설팅 사업(환경부·한국환경공단, 2011)“자료에서는 오염물질 발생원 관리 및 환기 부분과 유지 관리 부분의 내용을 제안하는 체크리스트에 추가하였다.

또한 기존 체크리스트를 바탕으로 시설에서 자체적으로 매일 검사할 수 있는 데일리 체크리스트를 제시하였다(부표 1-21, 부표 1-22 참고).

VI. 연구의 함의 및 제언

현재까지 파악된 어린이집 및 유치원 관리의 문제점은 「환경보건법」 중 환경안전관리기준 및 환경안심인증 제도 등 타법의 규제, 타 부처의 인증사업 등의 인지 및 공유가 부재한 것으로 판단된다. 또한, 어린이집 및 유치원 환경에 대한 부처별 관리 즉, 행정안전부(놀이터), 교육부(유치원), 보건복지부(어린이집·소독제), 국무총리산하(육아정책 등)의 사전 예방적 추진의 한계점을 들 수 있다.

결과적으로 첫째, 어린이집 및 유치원 내 환경유해인자 안전관리의 강화된 검토를 위해서 국외 최근 동향 조사 결과 및 국내 선행 조사 결과를 반영한 관리방안의 마련 및 정책 결정이 필요하며, 다환방향족탄화수소류(PAHs), 이산화질소(NO₂), 초미세먼지(PM_{2.5}), 블랙카본(BC), 진균류, 집먼지진드기, 총휘발성 유기화합물류(VOCs)의 기준항목의 추가 검토와 추가적인 모니터링이 요구된다.

둘째, 어린이집 및 유치원의 Risk 해결방안 검토를 위해 최신 자료 등 근거중심의 접근법이 요구되며 어린이집 및 유치원의 위치 및 거리별(교통오염원 중심) 등 유해물질의 Mapping 및 ADHD 등 신경 발달장애, 주의(집중)력 결핍 저감 평가 등이 필요하다.

셋째, 어린이집 및 유치원 기존 제도의 강화 검토 및 IAQ 관리 로드맵 제안을 위해 관련 법규제 부처별 통합(일원화) 또는 관리항목 강화, 법규제 및 미규제 모니터링 항목의 확정을 통한 모니터링의 중·장기 계획 제안 및 섭취(먼지 노출) 매체 추가 등 다각적인 방안이 고려되어야 한다.

더불어, 어린이집 및 유치원 실내공기질 관리를 위한 개선방안을 모색하기 위해 다음과 같은 보완 및 정책적 검토가 요구된다.

어린이집과 유치원의 실내공기질 관리를 위한 친환경 건축자재, 친환경 건축물 인증제도 개선을 위해 첫째로, 기존 친환경건축물 인증제도의 보완이 요구된다. 별도의 자체적인 어린이집 및 유치원 인증제도 검토 또는 기존 친환경 건축물 인증제도 내 영·유아 어린이시설 친환경 인증제도의 마련이 필요하다. 특히, 현재 학교시설에 적용하고 있는 친환경건축물 인증 기준은 7개 분야에 39개 항목이며 각 평가항목은 모든 종류의 학교시설에 공통적으로 적용하고 있어 유치원과 초·중·고등학교, 대학 및 기타 교육 시설의 특성을 전혀 반영하고 있지 못하는 실정이다(이종현, 2014). 현재 친환경 건축물 인증제도 관리 중 실내공기

질과 관련한 항목은 '2. 에너지 및 환경오염'과 '7. 실내환경'이며 이 항목의 재배치 및 분류가 필요하다. 세부적으로는 유치원은 운동장 개념이 없는데 평가항목으로 존재하므로 이에 대한 지표항목 범주의 재배치와 평가항목의 재구성이 요구된다.

둘째로, 인증지표 및 평가오염물질의 확대가 필요하다. 실내오염물질 중 미세먼지(기존 운동장 먼지 발생 방지 있음)와 각종 입자상오염물질 및 가스상 오염물질 등의 항목이 누락되어 있으므로 이에 대한 적용 및 평가 검토가 요구되며, 인증 평가 지표 항목 중 어린이집 및 유치원의 위치 정보, 즉, 도로변, 주변 도로 8차선 이상, 주변 녹지 여부, 상습정체구역 내 위치, 주변 교통오염원 등의 노출 정도에 대한 감안이 필요하다.

셋째로, 교육시설군의 세부 분리 및 확대 검토를 통해 어린이집과 유치원의 경우 국·공립 및 연면적 430m² 기준으로 대상시설의 환경 또는 시설 특성이 상대적으로 차이가 있으므로 교육시설군에서 세부시설로 분리하여 평가하거나, 환경부 환경안전관리기준 항목(중금속 등)을 추가하여 장기노출에 따른 어린이 위해성 평가지표 마련이 필요하다. 특히 430m² 미만 시설에 대해서는 향후 추가적인 제도 또한 필요하다.

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 공기청정제품의 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 (m³/인·h) 이상을 유지하고, 등·하원 시간 및 활동량이 많은 시간대에는 최소 필요 환기량 보다 20% 증가한 약 43 (m³/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 ($\text{m}^3/\text{인}\cdot\text{h}$) 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.

더불어, 최근 (초)미세먼지의 빈번한 출현으로 인하여 일선 어린이집 및 유치원에서 실내공기질 관리에 대한 어려움을 호소하고 있는 바, (초)미세먼지 경보 시 재실자 액션플랜에 대한 부분도 「대기환경보전법」 제7조의2(대기오염도 예측·발표) 및 제8조(대기오염에 대한 경보)를 근거로 한 어린이 등 건강취약계층 보호를 위한 대응지침서를 본 정책보고서의 어린이집 및 유치원 이용 대상 건강 취약계층인 영·유아 및 어린이 용도로서 편집하여 제시하였다.

참 고 문 헌

- 고려대학교(2013a). A사 에어컨용 공기청정기를 이용한 현장 성능평가.
- 고려대학교(2013b). A사 공기청정기를 이용한 어린이집 집중현장 적용 활용 성능평가.
- 교육부(2017. 4.). 고농도 미세먼지 대응실무매뉴얼: 시·도교육청, 학교, 유치원.
- 국토해양부·한국건설교통기술평가원(2008). 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 연구보고서(제2차년도 중간).
- 권용일(2012). 국내외 환기설비 유지관리현황 소개. 대한설비공학회, 41(11), 54-62.
- 김건우·전현도·박진철(2009). 어린이집 실내환경 실태조사 연구 (1). 대한건축학회 2009년도 학술발표대회 논문집, 29(1), 705-708.
- 김규상·박현경·최길용·임완령·신규진(2017). 휴대용 XRF를 이용한 서울시 학교 내 어린이용품 중 일부 유해물질 함량 조사. 한국환경보건학회지, 43(3), 176-184.
- 김미라·김효정(2009). 중·고등학생의 환경호르몬에 대한 인식도, 정보획득 행동, 지식, 노출저감화 행동 및 교육요구도에 관한 연구. 한국가정과교육학회지, 21(3), 123-142.
- 김상식·류기정(2008. 7.). 실내건축자재의 휘발성유기화합물 방출 특성에 관한 연구: 건축자재 평가방법의 제안을 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 24(7).
- 김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현(2014). 어린이집 실내공기 중 주요 오염물질의 특성 및 환기에 관한 연구. 한국대기환경학회지, 30(3), 245-250.
- 김신도·김윤신(2002). 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구. 환경부·서울시립대학교 도시과학연구원.
- 김용진·한방우·홍원석·김학준(2006. 3.). 공기청정기 성능 기준 마련 및 적정관리 방안 연구. 환경부·국립환경과학원·한국기계연구원.
- 김종원·이병현(2016). 공기청정기 국내외 인증규격 동향 및 지역 내 인증분야.

- 건축환경설비(한국건축친환경설비학회지), 10(1), 12-18.
- 김호현·최인석·고일원·송석호·위영철·조진범·현철중(2016). 어린이활동공간의 효율적인 환경유해인자 관리를 위한 기획연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단.
- 김호현·최인석·성민기·조훈식·손성희(2015). 어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단.
- 나도백(2015). 공기청정기-보급률 낮은 중국 시장이 세계시장을 선도. 한국과학기술정보연구원.
- 마포구청·케이웨더(2013. 4). 어린이집 실내공기질 관리 컨설팅 용역 보고서(마포구청).
- 박건호·박진호·김지선·김아윤·신지혜·박정현(2009). 어린이용품의 유해물질 관리를 위한 위해성 평가 지침 마련. 국립환경과학원.
- 박진철(2004). 신축공동주택에서의 포름알데히드 및 휘발성 유기화합물 측정연구. 중앙대학교 대학원 석사학위논문.
- 박진철(2012). 국내·외 친환경건축물 인증제도 비교분석 연구. 부동산포커스, 51, 29-42.
- 배귀남·지준호(2013). 국내 실내공기질 관리정책의 변천 및 제어기술의 현황. 한국대기환경학회지, 29(4), 378-389.
- 보건복지부(2014). 2014 보육사업 안내.
- 보건복지부·육아정책연구소(2015). 2015년 전국보육실태조사: 어린이집조사 보고.
- 서병원·이주화·박지훈·강선홍(2013). 영유아 대상 시설의 실내공기질 특성 비교 및 개선방안에 대한 연구. 상하수도학회지, 27(5), 591-601.
- 서성철·강인순·임수길·정지태·유영(2015). 사회취약계층 가정의 실내 유해 인자 농도와 아토피피부염. Allergy Asthma & Respiratory Disease, 3(3), 206-212.
- 석금수(2000). 내분비계 장애물질(환경호르몬)에 대한 정부의 대책 및 환경기술 분야의 과제. 환경기술정보 2호.
- 설용건·김현중(2004). 광촉매 복합 공정을 이용한 실내 공기 청정기 개발에 관한 연구. 환경부·연세대학교·한국환경기술진흥원.

- 손종렬·김진만·오현주·남인식·양진호·이도희·이병양(2014). 어린이집 실내공기 중 미세먼지와 부유 미생물의 평가 분석. 실내환경 및 냄새 학회지. 13(1), 40-48.
- 우종민·염태경·황진희·오우용·장동덕·이효민(2007). 식품 중 유해물질에 대한 성공적인 리스크 커뮤니케이션. Safe Food, 2(2), 11-18.
- 윤동원(2004). 실내 공기환경 개선을 위한 인증제도 및 시험방법: 실내공기질 관리를 위한 친환경 건축자재 인증제도. 설비저널, 33(1), 35-55.
- 이은남(2013). 국내 친환경 공동주택의 에너지 절감 요소 적용 경향에 관한 연구: 시범주택 사례를 중심으로. 홍익대학교 대학원 석사학위논문.
- 이정재·김석근·최석용(2005). 부산지역의 신축학교 실내공기질 현장측정. 대한건축학회 논문집: 계획계, 21(6), 175-182.
- 이종현·김찬국·박진호·박관수·이태우·김수현·설휘수·양지연(2012. 11.). 생활공감 유해물질의 매체통합 위해성평가(II): 폼알데하이드. 환경부·국립환경과학원·네오엔비즈 환경안전연구소.
- 이종현(2014). 유아교육기관 친환경건축물 인증 지표 적용의 타당성 검토 연구. 숙명여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이지숙(2014. 4.). 어린이집 실내환경에 대한 녹색건축인증기준. 2014년 한국가정관리학회 춘계학술대회, 233.
- 이호영·성남철·홍용석·윤동원·손종열(2010). 우리나라 보육시설의 실내공기질 실태조사 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, 77-82.
- 인천광역시 보건환경연구원(2012. 1.). 보육시설의 실내공기질 관리 매뉴얼.
- 임영욱·이재영·김호현(2010. 11.). 어린이 실내활동공간 실태조사 및 관리대책 용역. 한국환경공단·연세대학교 환경공해연구소.
- 장향인·전상현·김연아·유동철(2015). 국내 건물인증제도의 특징 및 동향 고찰. 건축환경설비(한국건축친환경설비학회지), 9(2), 63-75.
- 전현도·박진철·손종렬(2009. 3.). 친환경 건축자재의 인증제도 현황 및 개선방안에 관한 연구. 한국건축친환경설비학회 춘계학술발표대회, 185-188.
- 정성민(2016). 민감계층시설의 실내공기질 조사에 관한 연구: 수도권 민감계층시설을 중심으로. 건국대학교 대학원 석사학위논문.

- 정재원·임한솔(2017). 건물 환기시스템의 국내외 연구 동향, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 263-266.
- 정창현·이윤규·김대연·이승복(2006). 실내공기질을 고려한 유치원 보육실의 적정 환기량 검토. 대한설비학회 하계학술발표대회 논문집, 283-288.
- 조동우·김수암·양관섭·채창우·황은경·윤용상·유기형·김선숙·장대회·김동희·김성희 (2009. 6). 친환경 건축물 인증 심사기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구. 국토해양부·한국건설기술연구원.
- 조진일·김홍원·최형주·손종렬(2015). 초등학교교실의 환경 실태 분석 및 개선 방안 연구. 한국교육개발원.
- 차성일·서경호(2016). 공기청정기의 인증 및 국내외시장동향. 건축환경설비, 10(1), 19-24.
- 최유진(2015. 5. 11.). 어린이집·경로당의 실내공기질 향상 방안. 서울연구원 정책 리포트, 193, 1-20.
- 한국공기청정협회(2014). 친환경 건축자재 운영규정.
- 한국공기청정협회(2016). 친환경 건축자재 SPS-KACA008-138.
- 환경부(2002). 실내공기질 관리정책.
- 환경부(2004~2008). 실내공기질 관리대책 연구.
- 환경부(2008). 보육시설의 실내공기질 설계 및 유지관리 지침서.
- 환경부(2009). 보육시설·아동복지시설의 실내공기질 관리 매뉴얼.
- 환경부(2011a). 다중이용시설 실내공기질 개선 사례집.
- 환경부(2011b). 어린이집(보육시설)·아동복지시설 실내공기질 관리 매뉴얼.
- 환경부(2011. 12.). 도서관·독서실의 실내공기질 관리매뉴얼.
- 환경부(2012. 2.). 산후조리원 실내공기질 관리 매뉴얼.
- 환경부(2012. 2.). 노인요양시설 실내공기질 관리 매뉴얼.
- 환경부(2014). 실내공기질 관리 기본계획(2015~2019). http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10276&sseq=6517
- 환경부(2015). 어린이활동공간 환경안심 인증사업 수행지침(안).

- 환경부·건설교통부(2005). 친환경건축물인증제도 세부시행지침.
- 환경부·연세대학교 환경공해연구소(2008. 6.). 어린이 위해성 평가·관리를 위한 어린이 시설 유해물질 오염 실태 조사 사업: 보육시설 및 실내놀이터를 중심으로.
- 환경부·한국실내환경학회(2013. 7.). 민감계층이용시설의 쾌적한 실내환경 종합진단을 위한 지수개발 연구.
- 환경부·한국환경공단(2011). 2011년도 다중이용시설 실내공기질 컨설팅 사업(노인요양시설·보육시설·산후조리원).
- Alberta Health Services(AHS). (2009. 1.). Child Care Facility Environmental Public Health Information Manual.
- Alberta Health Services(AHS). (2014. 4.). Health and Safety Guidelines for Child Care Facilities.
- Bennett, D., Bellinger, D. C., & Bimbaum, L. S. (2016). Project TENDR: Targeting environmental neuro-developmental risks the TENDR consensus statement. *Environmental Health Perspectives*, 124(7), 118-122.
- Boas, M., Feldt-Rasmussen, U., & Main, K. M. (2012). Thyroid effects of endocrine disrupting chemicals. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 355(2), 240-248.
- Ejaredar, M., Nyanza, E. C., Ten Eycke, K., & Dewey, D. (2015). Phthalate exposure and childrens neurodevelopment: A systematic review. *Environmental Research*, 142, 51-60.
- Fisk, W. J., & Rosenfeld, A. H. (1997). Estimates of improved productivity and health from better indoor environments. *Indoor Air*, 7(3), 158-172.
- Goldman, J. M., Laws, S. C., Balchak, S. K., Cooper, R. L., & Kavlock, R. J. (2000). Endocrine-disrupting chemicals: Prepubertal exposures and effects on sexual maturation and thyroid activity in the female rat. A focus on the EDSTAC recommendations. *Critical Reviews in Toxicology*, 30(2), 135-196.
- Jacobson, J. L. & Jacobson, S. W. (1996). Intellectual impairment in children

- exposed to polychlorinated biphenyls in utero. *New England Journal of Medicine*, 335(11), 783-789.
- Kang, C. M., Achilleos, S., Lawrence, J., Wolfson, J. M., & Koutrakis, P. (2014). Interlab comparison of elemental analysis for low ambient urban PM_{2.5} levels. *Environmental Science & Technology*, 48(20), 12150-12156.
- Lundgren, R. E. & McMakin, A. H. (2013). *Risk communication: A handbook for communicating environmental, safety, and health risks*. John Wiley & Sons.
- Mathieu-Denoncourt, J., Wallace, S. J., de Solla, S. R., & Langlois, V. S. (2015). Plasticizer endocrine disruption: Highlighting developmental and reproductive effects in mammals and non-mammalian aquatic species. *General and Comparative Endocrinology*, 219, 74-88.
- Miodovnik, A., Edwards, A., Bellinger, D. C., & Hauser, R. (2014). Developmental neurotoxicity of ortho-phthalate diesters: Review of human and experimental evidence. *Neurotoxicology*, 41, 112-122.
- Montagne, D., Hoek, G., Nieuwenhuijsen, M., Lanki, T., Pennanen, A., Portella, M, ... & Cirach, M. (2014). The association of LUR modeled PM 2.5 elemental composition with personal exposure. *Science of the Total Environment*, 493, 298-306.
- NCSU, Texas A&M, & Syngenta. (2016). *An Ounce of Prevention! Integrated Pest Management(IPM) for Schools and Child Care Facilities*.
- Parsons, P. J. & McIntosh, K. G. (2010). Human exposure to lead and new evidence of adverse health effects: Implications for analytical measurements. *Powder Diffraction*, 25(2), 175-181.
- Safe, S. H. (1995). Environmental and dietary estrogens and human health: Is there a problem? *Environmental Health Perspectives*, 103(4), 346-351.
- Schug, T. T., Janesick, A., Blumberg, B., & Heindel, J. J. (2011). Endocrine disrupting chemicals and disease susceptibility. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 127(3-5), 204-215.

SINPHOINE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe). (2010~2012). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report.

SINPHOINE(Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe). (2014.). Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe Final Report.

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. (2003). A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Place.

Umweltbundesamt. (2000). Kinder-Umwelt-Survey(KUS).

Umweltbundesamt. (2008). Guidelines for Indoor Air Hygiene in School Buildings.

United States Environmental Protection Agency(EPA). (2009. 1.). Indoor Air Quality Tools for Schools Coordinator's Guide: A Guide to Implementing an IAQ Program.

United States Environmental Protection Agency(EPA). (2011. 10.). School Siting Guidelines.

United States Environmental Protection Agency(EPA). (2015. 12.). The Smart School Siting Tool: User Guide.

U.S. Consumer Product Safety Commission. (2014). Report to the U.S. Consumer Product Safety Commission by the Chronic Hazard Advisory Panel on Phthalates and Phthalate Alternatives.

Vette, A., Burke, J., Norris, G., Landis, M., Batterman, S., Breen, M., ... & Hammond, D. (2013). The near-road exposures and effects of urban air pollutants study(NEXUS): Study design and methods. *Science of the Total Environment*, 448, 38-47.

<웹사이트>

위키백과 공기청정기 <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B3%B5%EA%B8%B0%EC%B2%AD%EC%A0%95%EA%B8%B0>에서 발췌·재구성함(인출일: 2

017. 10. 30.).

코웨이 공기연구소 Filter 테크놀로지. <https://www.cowayairlab.co.kr/airlab/?btn=PC-gnb-airlab>에서 2017. 10. 30. 인출.

환경부 어린이활동공간 환경안전진단사업 안내문. http://www.eco-playground.kr/safe/data_view.asp?page=1&search_colume=&search_text=&idx=16에서 2017. 10. 30. 인출.

Environmental Protection Agency(EPA) 홈페이지. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=254202에서 2017. 10. 30. 인출.

KCC 선진아이엔씨 인테리어필름 HB 인증서. http://sunjininc.co.kr/bbs/board.php?bo_table=data1에서 2017. 10. 30. 인출.

Minnesota Department of Health 홈페이지. <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/children/chemicals.html>에서 2017. 10. 30. 인출.

Project Tendr 홈페이지. <http://xoscargarcia.com/index.php/portfolio/project-tendr>에서 2017. 10. 30. 인출.

United States Environmental Protection Agency(EPA) 홈페이지. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=254202에서 2017. 10. 30. 인출.

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.

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.

<보도자료>

특허청 보도자료(2014. 1. 28.). 인체의 적(敵), 초미세 먼지 잡는다! http://www.kipo.go.kr/kpo/user.tdf?seq=13213&c=1003&a=user.news.press1.BoardApp&board_id=press&catmenu=m03_01_02에서 2017. 10. 30. 인출.

환경부 보도자료(2010. 1. 12.). 어린이 시설 소독제·바닥청소·환기 개선 필요; 환

경부, 보육시설·유치원·실내놀이터 위해성 평가결과 발표. http://www.me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?sessionId=VQzmYatVBMDoWadLyNtC3Qeg67Y0d75fT2y1pujc2INmkqq1g48qM9ZJ7FyjQXHz.meweb1vhost_servlet_engine1?fileId=12961&fileSeq=1에서 2017. 10. 30. 인출.

환경부 보도자료(2016. 1. 22.). 어린이 활동공간 환경안전 진단결과 15.8% 기준 미달. <http://me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=600110&menuId=286>에서 2017.10.30. 인출.

환경부 보도자료(2017. 3. 10.). 2016년 어린이활동공간 환경안전관리기준 점검, 2,431곳 기준 위반 확인. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=770250&menuI>에서 2017. 10. 30. 인출.

Abstract

Plans to Further Safe Childcare Education Environments(III): Indoor Air Quality Management and Improvement Plan in Kindergarten and Child Care Center

Hohyun Kim, Kilyong Choi, Insick Nam, Jeonghun Lee,

Seonhee Yang, Yoojin Jung,

This study analyzed the system, guideline, and best practices of domestic and foreign children 's and kindergartens' indoor air quality management to reduce the damage of indoor air pollutants to infants and children. The purpose of this study is to suggest policies for indoor air quality management based on the analyzed data.

We analyzed 22 research activities related to children 's activity space from 2002 to 2017, and compared the results according to concentration, time, space, and season of pollutants. We also analyzed the indoor air pollutant management system implemented by the Ministry of Environment and the Ministry of Education. In addition, the problems of indoor air quality management were analyzed by analyzing the certification level and test methods for environmentally friendly building materials (boards, panels and boards, timber, flooring, wallpaper, etc.), performance of air cleaning products and mechanical ventilation and natural ventilation .

As a result of the analysis, it is considered that the environmental hazard factors are controlled by the standards of the substance (ie, the indoor air quality management in the indoor environment of the multi use facility or the air quality (Ministry of Education) in the teacher) Is analyzed. In the case of regulated substances, some items (black carbon, phthalate, brominated flame retardants, pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, etc.) have been investigated through the Ministry of Environment's project. However, It is

necessary to search the management plan and policy direction through monitoring the exposure.

As a result of the risk assessment for hazardous substances in nursery and kindergarten in the Ministry of Environment ('08 ~ '09) for the hazardous substance exposure and risk investigation project conducted in the children's activity space for two years from 2008, the organophosphorus insecticide , Formaldehyde and some heavy metals are at a level of concern for children 's health. Therefore, we review the enhancement of safety management of nursery and kindergarten environment harmful factors, the solution of RISK, the strengthening of existing system, and propose long term management of IAQ.

In addition, by analyzing certification levels and test methods for environmentally friendly building materials (boards, panels, boards, timber, flooring, wallpaper, etc.) and buildings, Also, we propose the expansion of the facilities certification index of nursery and kindergarten among certification evaluation items, the supplementary review of the items in the content, and the supplementary evaluation contents for reduction of the risk.

Based on the ventilation equipment (control) method such as air cleaner products, natural and mechanical ventilation methods, we propose to examine the operation, maintenance and management plan for the application technology, application and application of daycare and kindergarten ventilation equipment (control).

부록

부록 1. 부표

부록 2. 미세먼지 대응 각종 보고서식

부록 1. 부표

〈부표 1-1〉 실내공기오염의 주요 오염물질과 발생원

구분	주요 오염물질	발생원
실외	SO ₂ , SPM/RSP	연료의 연소, 용광로
	O ₃	광화학반응
	화분(꽃가루)	나무, 풀, 잡초, 식물
	Pb, Mn	자동차
	Pb, Cd	공업배출
	VOCs, PAH	석유화학제품, 불완전연소의 연료에서의 증발작용
실내 · 실외	NO _x , CO	연소의 연소
	CO ₂	연료의 연소, 대사작용
	SPM&RSP	담배연기
	VOCs	생물학활동, 연소, 증발
	Pb, Cd	휘발작용, 연료의 연소, 도료, 대사 작용, 살충제, 방향제
	포자	균류
	라돈	나무, 건축재료, 물
실내	포름알데히드	절연재료, 가구, 담배연기
	석면	난연성 물질, 절연재료
	NH ₃	대사작용
	PAH, As	담배연기
	VOCs	접착제, 용제, 요리, 화장품
	먼지	방향제, 도료, 수은 함유제품에서 방출
	알레르기	애완용 동물의 털, 진드기
미생물	진염병	

자료: 박진철(2004). 신축공동주택에서의 포름알데히드 및 휘발성 유기화합물 측정연구. 중앙대학교 대학원 석사학위논문.

〈부표 1-2〉 어린이활동공간별 주요 국외 법령·제도

국가	기관	법령·제도	주요 내용
미국	Wisconsin Department of Children & Families	Wisconsin's Licensed Child Care Programs	<ul style="list-style-type: none"> · Wisconsin law에 의거하여 제정 · 주에서 발행하는 license 발급대상시설만이 어린이집 운영 가능, Training & Consulting services를 통해 안전과 건강 등에 대한 교육 자료 판매 및 제공 · state licensed child care 종류를 시설 내 어린이 수에 따라 구분
	Mississippi State	Regulations governing	<ul style="list-style-type: none"> · Mississippi Child Care Licensing Law(1972)에 의거 · license 발급대상시설만이 어린이집 설립·운영 가능

국가	기관	법령·제도	주요 내용
	Department Of Health	licensure of Child Care Facilities	· License의 종류(Restricted License, Probational License, Regular License, Temporary License), 수수료 및 어린이집 어린이 활동프로그램 제시
	The Georgia Environmental Protection Division	Guidance for Georgia Day Care Providers	· AQI(Air Quality Index): 전화와 이메일로 확인 가능 · 점수: 오존과 PM2.5의 정도에 따라 결정 · 0점은 가장 깨끗한 상태, 500점을 가장 오염된 상태로 점수화하여 100점 초과 시 시설에 경고문을 발송하고, 아동들의 활동 제한 권고 · 어린이집에서 아이들의 외부활동을 조절
		Indoor Air Quality Guidelines for Pennsylvania Schools	· 학교나 어린이집의 실내 공기는 오염된 외부 공기나 농약, 라돈, 전자기구나 가구 등으로 인해 문제가 발생 할 수 있음 · 오염을 방지하기 위해 오염원 제거를 강조
	Pennsylvania Department of Health	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE) Standard 55-1992	· 냉난방 시스템을 적절히 동작하여 실내 온도(20~25.5℃)와 상대 습도(30~60%) 유지 권고 · 이산화탄소를 지속 측정하여 자주 환기 하도록 권고 · 그밖에 Ventilation, Exposure control, Source Management, Local Exhaust, Air cleaning, Education을 통한 이산화탄소, 일산화탄소, 수은, 미생물, VOCs, 농약류, 라돈, 납에 대한 정보 제공
	Government of U.S.	Consumer Product Safety Improvement Act of 2008	· 어린이가 삼킬 수 있는 장난감 중 납 및 카드뮴의 중금속은 복합산에 의한 전함량법을 표준시험법(ASTM E 1613-04 & E 1645-01)으로 제시 · 완구 중 가소체는 시편을 헥산과 같은 유기 용매로 약 69℃ 온도에서 6시간 동안 추출하여 안전 기준을 제시
아일랜드	Office of the Minister for Children and Youth Affairs, Dublin, Ireland	Child Care (Pre-School Services) Regulations 2006	· 어린이 건강에 대한 문제를 중심으로 시설에 대한 정보, 실내 환기, 조명, 쓰레기 처리, 식음료 등을 포함 · 가스·전기용품은 안전요구사항을 따르고, 화학물질은 라벨링한 용기에 보관하고 제조사의 지시에 따라 사용 · 어린이 시설 내 교사의 비율은 아동이 종일 있는 어린이집과 part-time으로 있는 어린이집, 유치원으로 구분하여 어린이 연령을 고려하여 교사의 비율을 제시 · 전체적으로 어린이 시설에 대한 평가를 중심으로 규정을 제시
호주	The State of Queensland, Australia	Child Care Regulation 2003	· Child Care Act 2002에 의거하여 제정 · 어린이의 활동장소에 따라 Centre based service와 Home based service로 구분 1) Centre based service: 어린이 어린이집을 중심으로 시설 프로그램, 어린이 연령별 care, 운영자의 요건, 건강 및 안전사항, 건물 및 편의시설 등 제시

국가	기관	법령·제도	주요 내용
일본	International Symposium on Children's Environmental Health		2) Home based service: 집에서의 활동, 건강 및 안전 사항, 주거 내 편의시설 등 제시
		Tokyo Metropolitan Government Guidelines for Children on Chemical Substances	<ul style="list-style-type: none"> · 페인트: lead-free 제품 사용하고 페인트가 떨어지지 않도록 표면을 보호, repainting 시에는 페인트 조각이 벗겨져 흩날리지 않도록 적절한 조치를 취할 것 · 실내공기질: 화학물질 사용을 최소화하고 특히 화학처리된 목재나 페인트를 사용하여 개·보수를 한 경우에는 자주 환기할 것 · 살충제 분사: 어린이와의 접촉을 최소화 · 식품: 깨끗한 물로 야채를 씻는 등 식품을 미리 조리하는 과정을 적절히 수행, 플라스틱 용기는 표면에 긁힌 흠이 있거나 용기에 끓는 물을 넣었을 때 화학물질이 새어나올 수 있으므로 적절히 사용
		Global Plan of Action for Children's Health and the Environment (2010-2015)	<ul style="list-style-type: none"> · 환경 data 분석을 통해 질병과의 연관성 지속적 확인 · 아이들의 환경과 건강에 대한 국제적인 교류가 필요 · 지속적인 정책 보완을 통해 아이들이 환경으로 인한 위험을 사전에 예방하는 것이 중요 · 건강문제 해결을 위해 의료 서비스 향상도 매우 중요 · 마지막으로 지속적인 교육을 통해 환경문제로 발생하는 아이들의 질병에 대한 중요성을 인지
EU	The European Toy Directive 2009/48/EC	<ul style="list-style-type: none"> · 유해물질의 허용일일섭취량을 산출, 완구를 통해 추가되는 유해물질 섭취량이 이를 초과하지 않도록 안전 기준을 제시 · 완구의 종류 및 사용 형태를 다양하게 구분하여 상세하고 차별화된 안전 기준을 제안 · 안전기준을 위한 시험법은 경구 노출 기준과 마찬가지로 염산을 이용한 용출법으로 시험하도록 규정 	
	Consumer rights for child safety products	<ul style="list-style-type: none"> · 어린이 놀이기구는 많은 위험성이 있으므로 놀이기구에서 떨어지면 크게 다칠 수 있으므로 충격 흡수 표면을 설치, wood chip, 고무 조각 등에서 적어도 30cm 떨어진 곳에서 사용 · 놀이시설을 이용하기 전에 어린이 목 주위를 확인하여 가방이나 옷을 줄라매는 끈 등을 제거하여 다치지 않도록 할 것 	
	Child care and child use products report	<ul style="list-style-type: none"> · 대표적인 어린이 용품 20개 물질에 대해 제품별 특징, 유해성, 안전요건 및 기준 제시 	

- 자료: 1) 김호현·최인석·성민기·조훈식·손성희(2015). 어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선 연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단, pp.41-43.
 2) 임영욱·이재영·김호현(2010. 11.). 어린이 실내활동공간 실태조사 및 관리대책 용. 한국환경공단·연세대학교 환경공해연구소, pp.225-227.
 3) 박진철(2004). 신축공동주택에서의 포름알데히드 및 휘발성 유기화합물 측정연구. 중앙대학교 대학원 석사학위논문.

〈부표 1-3〉 어린이활동 가능공간의 시설별 적용법규

구분	적용법규	관련 규정	비고
어린이집	환경보건법	- 보육실에 한하여 제23조에 따라 환경안전관리기준 준수, 신규·중축·수선시 확인검사 의무	·영유아보육법 (복지부) ·어린이 놀이시설 안전관리법 (행안부) ·건축법 (국토부)
	다중이용시설 등의 실내공기질관리법	- 430㎡이상 어린이집에 한하여 실내공기질 기준 준수 의무	
	석면안전관리법	- 연면적이 430㎡이상인 건축물소유자는 건축법 제22조제2항에 따른 사용승인서를 받은 날부터 1년 이내 석면조사를 실시하고 그 결과를 기록·보존할 의무	
유치원	환경보건법	- 교실에 한하여 제23조에 따라 환경안전관리기준 준수, 신규·중축·수선시 확인검사 의무	·유아교육법 (교육부) ·학교보건법 (교육부) ·어린이 놀이시설 안전관리법 (행안부) ·건축법 (국토부)
	석면안전관리법	- 건축물소유자는 건축법 제22조제2항에 따른 사용승인서를 받은 날부터 1년 이내 석면조사를 실시하고 그 결과를 기록·보존할 의무	
아동 복지시설	-	-	·아동복지법 (복지부)

자료: 김호현·최인석·고일원·송석호·위영철·조진범·현철중(2016). 어린이활동공간의 효율적인
환경유해인자 관리를 위한 기획연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단, p.4.
「석면안전관리법」 제21조제1항.

〈부표 1-4〉 유럽기준(DIN EN 13779: 2007-09)에 따른 실내공기질 분류

구분	분류	외기에 대한 CO2 농도 증가	실내공기의 CO2 절대농도	환기횟수/외기유입량 [ℓ/s/person] ([m³/h/person])
1	고급	≤ 400	≤ 800	> 15 (> 54)
2	중급	400 - 600	800 - 1000	10 - 15 (36 - 54)

연구과제명 (결과물: 논문)	대상 년도	주관기관	연구대상				노출경로					
			유치원	놀이방	어린이집	가정 어린이집 (소규모)	흡입	경구	피부	공기시료	먼지시료	손표면시료
어린이 실내 활동 공간 실태조사 및 관리대책 용역	2010.11	한국 환경공단	●		●	●						
어린이집 아토피질환 관리 사업	2011 .01.01	서울의료원			●	●			●	●		
서울시 아토피피부염 아동의 프탈레이트 노출에 관한 연구	2012. 01.01	서울의료원	●		●		●		●			
어린이집 · 유치원 환경 집중관리 사업 실내오염물질 측정	2012. 01.01	원진재단부설 (녹색병원, 노동환경 건강연구소)	●		●					●		
종로구 어린이집 환경진단 및 관리방안	2012. 7~11	종로구 보건소 (사)여성 환경연대			●					●		●
어린이활동공간 환경안전관리 강화 연구 사업	2012~ 2014											
서울시 아토피안심학교 만들기	2013.01 .01	서울의료원			●					●		
어린이집 실내공기질 관리 컨설팅 용역 보고서	2013.4	마포구청			●					●		
어린이활동공간 환경안전 관리 강화 연구 2	2013.12	국립환경 과학원										
서울시 실내공기질 인증시설 관리를 위한 센서 모니터링 개발연구	2014	환경부(서울 녹색환경 지원센터)			●					●		
어린이집 및 유치원 실내공기질 조사 결과 비교·평가에 따른 실내공기질의 관리제도(부처별)	2014	환경부										
서울시 학교 내 환경성질환 유발요인에 관한 연구	2014	서울의료원	●		●				●			

연구과제명 (결과물: 논문)	대상 년도	주관기관	연구대상				노출경로					
			유 치 원	놀 이 방	어 린 이 집	가 정 어 린 이 집 (소 규 모)	흡 입	경 구	피 부	공 기 시 료	먼 지 시 료	손 표 면 시 료
어린이집 실내공기 중 미세먼지와 부유 미생물의 평가 분석	2014	한국실내 환경학회지										
어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선 연구	2015.12	국립환경 과학원										
휴대용 XRF를 이용한 서울시 학교 내 어린이용품 중 일부 유해물질 함량 조사	2017	한국환경 보건학회지										

〈부표 1-6〉 연구과제 조사 물질에 대한 노출 경로 및 평가매질별 분류

조사물질		흡입	경구	피부	공기 시료	먼지 시료	손 표면시료	
위 해 성 평 가	미세먼지	PM2.5	●		●			
		PM10	●		●			
	BC	BC	●		●			
		Pb	●	●	●	●	●	●
	중금속	Cr	●	●	●	●	●	●
		Ni	●	●	●	●	●	●
		Cd	●	●	●	●	●	●
		Hg	●	●	●	●	●	●
		As	●	●	●	●	●	●
		Zn	●	●	●	●	●	●
		Ba	●			●		
		Cu	●	●	●	●	●	●
		Mn	●		●	●		●
		Sb						
		Se						
		6가 크롬			●			
	Aldehyd es	Formaldehyde	●			●		
		Acetaldehyde	●			●		
		Acrolein	●			●		
		Acetone	●			●		
Acrolein+Acetone		●			●			

조사물질		흡입	경구	피부	공기 시료	먼지 시료	손 표면시료	
	VOCs	Butyraldehyde	●		●			
		Propionaldehyde	●		●			
		Benzaldehyde	●			●		
	VOCs	Benzene	●		●	●		
		Toluene	●		●	●		
		Ethylbenzene	●		●	●		
		Xylene	●			●		
		Styrene	●			●		
		Chloroform	●			●		
		Methylchloroform	●			●		
		Trichloroethylene	●			●		
		Tetrachloroethylene	●			●		
		m,p-Xylene	●		●	●		
		o-Xylene	●		●	●		
		Chlorobenzene	●			●		
		Dechloroethane	●			●		
		CarbonTetrachloride	●			●		
		TVOC	●		●	●		●
	PAHs	PAHs	●		●	●		●
		Naphthalene	●			●		
		Acenaphthylene	●			●		
		Acenaphthene	●			●		
		Fluorene	●			●		
		Phenanthrene	●			●		
		Anthracene	●			●		
		Fluoranthene	●			●		
		Pyrene	●			●		
		Benzo[c]phenanthrene	●			●		
Benzo[a]anthracene		●			●			
Benzo[b]fluoranthene		●			●			
Benzo[j+k]fluorant hene		●			●			
Benzo[e]pyrene		●			●			
Benzo[a]pyrene		●			●			
IN.Deno[1,2,3-cd]p yrene	●			●				
Dibenzo[a,h]anthracene	●			●				
Benzo[g,h,i]perylene	●			●				
Dibenzo[a,h]pyrene	●			●				
Dibenzo[a,i]pyrene	●			●				

조사물질		흡입	경구	피부	공기 시료	먼지 시료	손 표면시료	
	라돈	Chrysene	●			●		
		Benzo[b]fluoranthene	●			●		
		7,12-Dimethylbenz(a)-anthracene	●			●		
		3-Methylcholanthrene	●			●		
		Benzo[j]fluoranthene	●			●		
	Benzo[k]fluoranthene	●			●			
	라돈	●			●			
	알레르겐	Der f 1	●			●		
		Can f 1	●			●		
		Bla g 1	●			●		
		Asp f 1	●			●		
	프탈레이트류	BBzP	●	●	●	●	●	●
		DnBP	●	●	●	●	●	●
		DEHP	●	●	●	●	●	●
		BBP						
		DBP						
		DEP	●	●	●	●	●	●
	브롬화난연제류 (PBDEs)	PBDE	●	●	●	●	●	●
		Tri-Deca	●	●	●	●	●	●
		Tri-Hepta	●	●	●	●	●	●
BDE-209		●	●	●	●	●	●	
BDE-28		●	●	●	●	●	●	
BDE-47		●	●	●	●	●	●	
BDE-100		●	●	●	●	●	●	
BDE-99		●	●	●	●	●	●	
BDE-154		●	●	●	●	●	●	
BDE-153		●	●	●	●	●	●	
BDE-183	●	●	●	●	●	●		
기타	SO2	●			●			
	NO2	●			●			
	CO	●			●			
	O3	●			●			
	풍향	●			●			
	풍속	●			●			
	소음	●			●			
	온도	●			●			
	습도	●			●			
	CO2	●			●			

조사물질		흡입	경구	피부	공기 시료	먼지 시료	손 표면시료
총부유세균 살충제류	총부유세균	●			●		
	Dichlorvos	●	●	●	●	●	●
	Chlorpyrifos	●	●	●	●	●	●
	Diazinon	●	●	●	●	●	●
	Malathion	●	●	●	●	●	●
	Parathion	●	●	●	●	●	●
	Pyrethroids	●	●	●	●	●	●

자료: 김호현·최인석·고일원·송석호·위영철·조진범·현철중(2016). 어린이활동공간의 효율적인 환경유해인자 관리를 위한 기획연구. 국립환경과학원·평택대학교 산학협력단.

<부표 1-7> 어린이집 실내공기환경 항목(유지기) 측정 값

기준치	100	100	1000	10	800
항목	PM10	HCHO	CO2	COP	TBC
개소	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)	(ppm)	(CFU/ m^3)
구립A	27.8	35.8	851	0.35	88
구립B	25.9	20.5	518	0.25	29
구립C	41.7	23.2	568	0.62	238
구립D	26.3	26.6	560	0.64	32
구립E	44.4	17.7	682	0.4	28
구립F	55.6	42.4	780	0.72	34
구립G	41.7	22	507	0.4	70
구립H	40.7	23.6	763	0.25	289
구립I	76.2	26.5	1348	0.02	134
구립J	67.8	20.5	1548	0.04	119
사립A	18.5	49.2	934	0.63	179
사립B	37.5	80.2	844	0.39	150
사립C	64.2	20.8	786	0.34	210
사립D	80.6	43.3	936	0.75	139
사립E	47.2	76.7	801	0.37	121
사립F	36.3	69.2	870	0.22	100
사립G	112.4	83.5	848	0.54	236
사립H	46.4	45.4	902	1.09	153
사립I	75	25.9	1001	0.45	54
사립J	52	42.3	1504	0.35	290

자료: 김건우·전현도·박진철(2009). 어린이집 실내환경 실태조사 연구 (1). 대한건축학회 2009년도 학술발표대회 논문집, 29(1), p. 707.

〈부표 1-8〉 각 시설의 동등한 측정 농도 중 CO2 및 TAB 농도 값

Facilities	Spring/Fall				Summer				Winter			
	Temp. (°C)	Humidity (%)	CO2 (ppm)	TAB (CFU/m ³)	Temp. (°C)	Humidity (%)	CO2 (ppm)	TAB (CFU/m ³)	Temp. (°C)	Humidity (%)	CO2 (ppm)	TAB (CFU/m ³)
A	25.5	40	702	*422	27.1	49	720	*842	19.8	23	845	752
B	23.7	42	815	*1039	30.3	56	507	687	20.9	34	*1480	*1531
C	24.2	51	481	*818	29.1	61	544	225	20.1	28	562	218
D	23.5	43	394	221	29.7	62	465	460	19	33	575	622
E	27.1	32	70	682	29.8	63	502	*1755	20.1	38	656	*1985
Avg	24.8	41.6	620	836	29.2	58.2	547.6	793.8	19.9	31.2	823.6	1011.6

자료: 김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현(2014). 어린이집 실내공기 중 주요 오염물질의 특성 및 환기에 관한 연구. 한국대기환경학회지, 30(3), 245-250.

〈부표 1-9〉 각 시설의 초기 측정 농도 중 CO2 및 TAB 농도 값

Facilities	Spring/Fall				Summer				Winter			
	Temp. (°C)	Humidity (%)	CO2 (ppm)	TAB (CFU/m ³)	Temp. (°C)	Humidity (%)	CO2 (ppm)	TAB (CFU/m ³)	Temp. (°C)	Humidity (%)	CO2 (ppm)	TAB (CFU/m ³)
A	25.5	40	1076	1,987	27.1	49	1,079	2,403	19.8	23	1,080	643
B	23.7	42	1157	1,866	30.3	56	1,039	2,862	20.9	34	1,907	1,581
C	24.2	51	816	1,988	29.1	61	960	951	20.1	28	1,142	923
D	23.5	43	668	1,415	29.7	62	712	1,084	19	33	882	967
E	27.1	32	885	1,537	29.8	63	935	2,009	20.1	38	922	1,363
Avg	24.8	41.6	920.4	1,736	29.2	58.2	945.0	1,868	19.9	31.2	1,186	1,054

주: TAB : Total Airborne Bacteria 총 부유세균 기준치 800(*: over legal limit)
 자료: 김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현(2014). 어린이집 실내공기 중 주요 오염물질의 특성 및 환기에 관한 연구. 한국대기환경학회지, 30(3), 245-250.

〈부표 1-10〉 2016년 점검 현황

구분	점검시설	기준초과 시설 수			
		계	도료, 마감재의 중금속 함유량 및 실내공기질	목재 방부제사용	기타 (바닥재 기준)
어린이집	5,608	348	347	-	1
유치원	1,618	703	700	2	1

주: 동일 시설이 2개 이상 항목에서 중복 초과시 1개 시설로 간주(다만, 초등학교 교실과

도서관, 병설유치원은 분리)

자료: 환경부 보도자료(2017. 3. 10.). 2016년 어린이활동공간 환경안전관리기준 점검, 2,431곳 기준 위반 확인. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=770250&menu>에서 2017.10.30. 인출.

〈부표 1-11〉 2010~2016년간 점검 현황

연도	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
점검 시설(개소)	2,392	1,866	9,210	4,420	10,201	15,874	18,217
기준초과 시설	-	-	-	7 (0.1%)	206 (2%)	792 (5%)	2431 (13.3%)

자료: 환경부 보도자료(2017. 3. 10.). 2016년 어린이활동공간 환경안전관리기준 점검, 2,431곳 기준 위반 확인. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=770250&menu>에서 2017.10.30. 인출.

〈부표 1-12〉 2009~2016년간 환경안전진단 추진 현황

연도	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
진단시설	340	405	500	1,000	2,034	11,047	15,040	14,053
초과시설 (%)	287 (84.4%)	205 (50.6%)	296 (59.2%)	322 (32.2%)	894 (19.3%)	1,821 (16.5%)	2,372 (15.8%)	2,459 (17.5%)

주: 환경안전진단은 규제 유예기간 중 진단을 통해 문제시설을 미리 개선토록 지원하는 차원에서 2009년부터 추진 중

자료: 환경부 보도자료(2017. 3. 10.). 2016년 어린이활동공간 환경안전관리기준 점검, 2,431곳 기준 위반 확인. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=770250&menu>에서 2017.10.30. 인출.

〈부표 1-13〉 시험방법

구분	내용	
일반자재 (벽지, 바닥, 목재, 패널)	측정시점	시험시작 7일 째
	측정개수	3개
	결과비교	3개의 평균값
페인트, 퍼티, 접착제, 실란트	측정시점	시험시작 7일 째
	측정개수	3개
	결과비교	3개의 평균값

자료: 한국공기청정협회(2014). 친환경 건축자재 운영규정.

〈부표 1-14〉 실내환경의 용도별 분석 평가 항목

공통주해 평가항목	주거복합(주거)		주거복합(주거이외)		업무용		학교용		판매용		숙박용		비고
	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	
9.1.1 각종 유해 물질 저함유 자 재의 사 용	6	9.1.1 회발성 유기화합물 질 저방출 자 재의 사 용	6	9.1.1 회발성 유기화합 물질 저방출 자 재의 사 용	6	9.1.1 회발성 유기화합 물질 저방출 자 재의 사 용	6	9.1.1 각종 유해물질 저함유 자 재의 사 용	6	9.1.1 각종 유해물질 저함유 자 재의 사 용	6	9.1.1 각종 유해물질 저함유 자 재의 사 용	◎
9.1.2 환기 설계의 경도	3	9.1.2 자연환기 설계의 경도	3	9.1.4 자연환기 설계 도입 실내공기 환경 조성	3	9.1.5 자연환기 설계 도입 실내공기 환경 조성	3	9.1.3 자연환기 설계 도입 실내공기 환경 조성	3	9.1.3 자연환기 설계 도입 실내공기 환경 조성	3	9.1.3 자연환기 설계 도입 실내공기 환경 조성	◎
										9.1.4 CO2모니 터링 시스템 구축 및 환기량 평가	6		○

공동주택		주거복합(주거)		주거복합(주거이외)		업무용		학교용		판매용		숙박용		비고
평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	
9.1.3	2	공기정화작업 실시	2	9.1.3	2	공기정화작업 실시	2	9.1.2	2	실내오염물질의 농도를 감소시키기 위한 작업 수행 여부	2			●
	1	건축자재로부터 배출되는 유해물질 억제	1	9.1.5	1	건축자재로부터 배출되는 유해물질 억제	1	9.1.4	1	건축자재로부터 배출되는 유해물질 억제	1	9.1.4	1	●
	3	9.1.2	3	9.1.2	3	거주자가 흡연에 노출되는 것을 방지	3							●

공동주택		주거복합(주거)		주거복합(주거이외)		업무용		학교용		판매용		숙박용		비고	
평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점	평가항목	배점		
				9.1.3	3	9.1.2	3	9.1.2	3	9.1.2	3	외기 급배기구 의 설계	외기 급배기구 의 설계	3	●
9.2.1	2	9.2.1	2	9.2.1	2	9.2.1	2	9.2.1	2	9.2.1	2	9.2.1	2	2	◎
각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부		각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부		각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부		각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부		각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부		각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부		각 실별 자동 온도 조절 장치 채택 여부			

자료: 조동우·김수임·양관섭·채창우·황은경·윤용상·유기형·김진숙·장대희·김동희·김성희(2009). 친환경 건축물 인증 심사기준 개선 및 인증제도 활성화 방안 연구. 국토해양부·한국건설기술연구원.

〈부표 1-15〉 기타 국외 공기청정기 인증 현황

번호	인증제도명	국가
1	Hong Kong Safety Mark	홍콩
2	PSE(Product Safety Electrical Appliance & Materials)	일본
3	ISI mark(Indian Standard Institute : 인도표준국 BIS의 전신)	인도
4	SASO(Saudi Arabia Standards Organization) Certificate of Conformity(COC)	사우디아 라비아
5	TCVN(National Standards)	베트남
6	NRTL-UL(Nationally Recognized Testing Laboratories-Underwriters Laboratories)	미국
7	SIRIM(Standards and Industrial Research Institute of Malaysia)	말레이시아
8	CU인증 (Customs Union)	러시아

자료: 차성일·서경호(2016). 공기청정기의 인증 및 국내외시장동향. 건축환경설비, 10(1), 19-24.

〈부표 1-16〉 국내외 공기청정기 관련 규격

번호	규격
1	KS C 9314 공기청정기
2	JIS C 9615 (공기청정기)
3	JEM 1467 (가정용 공기청정기)
4	ANSI/ASHRAE STANDARD 52.1
5	ANSI/ASHRAE STANDARD 52.2
6	AHAM AC-1-2000 가정용 공기청정기 성능측정방법
7	UL867 (Standard for Electrostatic Air Cleaners)
8	KS C IEC 60335-2-65 (공기청정기의 개별 요구사항)
9	GB/T 18801 공기청정기 (중국국가표준)
10	SPS-KACA002-132 실내공기청정기 단체표준

자료: 차성일·서경호(2016). 공기청정기의 인증 및 국내외시장동향. 건축환경설비, 10(1), 19-24.

〈부표 1-18〉 CO2와 TBC 농도에 따른 환기시간

시설 시간 (분)	A						B						C						D						E						
	S/F		S		W		S/F		S		W		S/F		S		W		S/F		S		W		S/F		S		W		
	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	CO2	TAB	
Initial	1076	1987	1079	2403	1080	643	1157	1866	1039	2862	1907	1581	816	1988	960	951	1142	923	668	1415	712	1084	882	967	885	1537	935	2009	922	1363	
1	1042		920	2241	1026	544	1142		941		1881	1521	749		886		928	655	623		534	511	749	858	867		871		854	1264	
2	978		841	1531	1035	524	1128		814	1252	1728	1422	652	1090	742	685	729	318	576	502	460	297	683	651	872		806	1540	721	869	
3	921	1927	752	1328	1006	524	1149	1725	759		1717	1372	571		690		642	189	508	472	297	657	286	829	2698	759		677	504		
4	906		717	1389	976	604	1138		630	810	1723	1272	532	918	643	327	591	169	472	321	460	-	647	266	806		663	642	648	425	
5	872				927	505	1126		581		1683	1262	503		581		555		449				571	247	811		641				
6	860	1896			908	544	1154	1846	544	400	1657	1302	486	868	544	194				426	291					833	2097	642	1326		
7	854				859	465	1126		520		1575	1233	484							406						801		589			
8	839				839	485	1048		490	263	1484	1332	477	878												798		564	500		
9	826	1664							1011	1543																802	1782	521			
10	817								978																	782		499	520		
11	812								952																	739					
12	793	1553							943	1785																724	1751				
13	782								934																	718					
14	736								936																	710					
15	683	1473							921	1664																703	886				
16									902																						
17									913																						
18									890	1210																					
19									886																						
20									843																						
21									812	-																					
평균			15		4		8		8		9		8		6		5		7		4		5		5		15		10		4

자료: 김상철·강병창·이상욱·김기두·서원호·김종현(2014). 어린이집 실내공기 중 주요 오염물질의 특성 및 환기에 관한 연구. 한국대기환경학회지, 30(3), 245-250.

〈부표 1-19〉 시설별 특성에 따른 실내공기질 체크리스트

연구과제명 (결과물: 논문)	대상 년도	주관기관	시설대상				관리대상							
			유치원	놀이방	가정 및 어린이집	가정	다중이용시설	환기계획	실내 공기 오염원	공기 청정 기 관리	유지 관리 및 교육	곰팡이 및 결로 방지	친환경 건축 자재 사용	기 타
보육시설의 실내공기질 관리 매뉴얼	2014.03	인천 광역시 보건환경 연구원	●	●	●			●		●	●	●	●	●
영화관, 학원, PC방 실내공기질 관리 매뉴얼	2012.08	서울시		●	●		●	●	●	●	●	●	●	
어린이집 지도점검 매뉴얼	2012.06	보건 복지부			●			●						
2011년도 다중이용시설 실내공기질 컨설팅 사업	2011.12	환경부	●		●			●		●	●	●	●	
보육시설· 아동복지시설 실내공기질 관리 매뉴얼	2011.04	환경부	●	●	●			●	●	●	●	●		
보육시설의 실내공기질 유지관리 매뉴얼	2008.11	환경부	●	●	●			●	●			●	●	
보육시설· 아동복지시설의 실내공기질	2009.12	환경부	●	●	●			●	●	●	●	●		

〈부표 1-20〉 어린이집 및 아동시설 공기질 관리 체크리스트

-일일 체크 리스트-

· 주변점검

주변에 공사장이 있다. <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> YES	붉은 색 항목이 있을 때	환기가능 : 실내내에 온습도를 적정히 유지하는 범위내에서 활발하게 환기를 하세요.
실내외 실총 및 제초작업을 하는곳이 있다. <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> YES	붉은 색 항목이 1개 이상일 때	환기불가능 : 환기보다는 실내를 쾌적하게 유지해 주세요

· 시간별로 체크해주세요!

아이들의 재실 전	- 실내에 쌓여있는 먼지를 제거한다. - 자연환기가 가능한 날이면 환기를 실시한다.	<input type="checkbox"/>
아이들의 재실 중	- 공기청정기를 작동시킨다. - 식사 후, 신체활동이 클 때, 재실인원이 많을 때 자연환기를 실시한다.	<input type="checkbox"/>
아이들의 재실 후	- 청소를 실시한다.	<input type="checkbox"/>

· 장소별로 체크해주세요!

조리실 화장실	- 환기팬이 제대로 작동하고 있는지 확인한다.	<input type="checkbox"/>
------------	---------------------------	--------------------------

1. 다음은 개선이 매우 시급한 항목으로, 체크가 된 항목에 대하여 각각의 대처방안을 확인한 후, 그에 따라 실내공기질에 대한 유지관리를 개선합니다.

환기 계획	대처방안
□ 개별공간과 공용부 등에 외부와 면한 개폐 가능한 창이 있으며 그 면적이 바닥 면적의 5% 이하이다.	<ul style="list-style-type: none"> • 거주공간에는 채광 및 환기를 위한 개폐가능한 창이 있어야 하며, 자연 통풍을 위해 2개소 이상에 개폐 가능한 창을 설치하도록 한다. • 개폐가능한 창의 설치가 불가능한 경우, 외부공기를 도입할 수 있는 환기설비를 설치한다.

환기 계획	대처방안
□조리실에 배기 팬이 작동하고 있으며, 연 소 기 구 에 서 1m 이하 높이에 렌지후드가 설치되어 있지 않다.	<ul style="list-style-type: none"> • 조리실에서 발생하는 오염물질을 배출하기 위해 배기 팬을 설치하며, 렌지후드는 연소 기구에서 높이가 1m 이하에 설치한다. • 배기 팬 또는 렌지후드 작동 시에는 조리실에 있는 창을 닫도록 한다.
□화장실에 배기 팬이 작동하고 있지 않다.	<ul style="list-style-type: none"> • 화장실의 악취와 오염물질의 배출을 위해 별도의 배기 팬을 설치한다. • 배기 팬 작동 시, 화장실에 있는 창이나 문을 닫아야 오염물질이 원활히 배출된다.
□실내의 창문이나 벽 등에 곰팡이가 없고 냄새가 난다.	<ul style="list-style-type: none"> • 곰팡이 제거제 등을 사용하여 곰팡이 제거 후 환기를 하고 오염이 심각한 경우 전문 업체에 의뢰한다. • 온도 관리를 철저히 하며, 환기를 주기적으로 실시한다. • 가구 등을 벽에서 띄우고, 밀면에 받침을 넣어 공기 순환이 원활하도록 한다.
□시설의 창이나 벽 등에 결로가 발생하는지 주기적으로 점검하지 않는다.	<ul style="list-style-type: none"> • 시설 내 개별공간과 고공부 등에 결로 발생 여부를 주기적으로 점검 한다. • 주기적으로 결로가 발생하고, 곰팡이 등의 오염이 확인 되면 위에 언급된 대처방안을 수립한다.

2. 다음은 개선이 시급한 항목으로, 체크가 된 항목에 대하여 각각의 대처방안을 확인한 후, 그에 따라 실내공기질에 대한 유지관리를 개선합니다.

실내 공기 오염원 관리	대처방안
□시설 내에 사용된 건축자재의 오염물질 방출량을 모른다.	<ul style="list-style-type: none"> • 시설의 신축이나 인테리어 변경 시, 사용하는 건축자재가 환경부에 고시하고 있는 “오염물질 방출건축자재”에 포함되는 경우 사용을 삼간다. • 실내 사용 건축자재로 환경마크나 HB마크 등 인증자재를 사용하도록 한다.
□시설 내에서 가구와 교육용품의 실내공기 오염물질 방출 정보를 모른다.	<ul style="list-style-type: none"> • 실내에서 사용하는 가구류와 교육용품은 환경마크를 인증 받은 제품을 사용하도록 한다. • 환경마크가 없는 경우, 가급적 KS규격의 폼알데하이드 방출량 시험 성적표 또는 MSDS(물질안전 보건자료)가 있는 용품을 선정한다.

유지관리 및 교육	대처방안
<p><input type="checkbox"/>공용부와 개별 공간 등을 1일 1회 이상 진공청소기를 활용하여 청소하고 있으며, 1년에 1회 이상 살균 소독하지 않는다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •카펫 사용 시 진공청소기로 청소하고, 그 외 비닐장판 또는 마룻바닥은 진공청소기 사용과 걸레질을 하여 바닥의 미세먼지를 제거한다. •진공청소기는 고성능 필터를 사용하여 미세먼지가 재방출되지 않게 한다. •1년에 1회 이상 전문 업체에 의뢰, 시설 내부를 살균 소독한다.
<p><input type="checkbox"/>환기팬, 에어컨 및 공기청정기의 필터를 1년에 1회 이상 점검하지 않는다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •에어컨은 1년에 1회 이상 점검, 부착된 미세먼지를 제거한다. •공기청정기는 사용설명서 또는 서비스를 통하여 정기적으로 필터를 점검하고 교환한다. •환기설비에 장착된 필터를 정기적으로 점검·교환한다.
<p><input type="checkbox"/>1일 2회 이상 개폐 가능한 창을 통하여 환기를 실시하지 않는다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •황사, 농약, 살충제 등의 주변 오염물질이 없는 경우, 1일 2회 이상 실내가 충분히 환기되도록 한다. •아이들의 재실전과 중간에 시설 내부를 충분히 환기하여 누적된 오염물질을 실외로 배출한다.
공기청정 관리	대처 방안
<p><input type="checkbox"/>공기 청정기가 적절한 장소에 설치되어 있지 않다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •공기청정기를 시간대별로 재실자가 많은 장소로 이동하여 사용하거나 가전제품 주변에서 사용 시 미세먼지 제거에 효과적이다. •봄철의 경우 공기청정기를 바닥에 놓고 사용하는 것이 효과적이다.

3. 다음은 개선이 필요한 항목으로, 체크가 된 항목에 대하여 각각의 대처방안을 확인한 후, 그에 따라 실내공기질에 대한 유지관리를 개선합니다.

환기 계획	대처방안
□시설주변 대기 오염 현황을 모른다	<ul style="list-style-type: none"> • 인터넷에서 주변 대기오염 정도를 조사한다. • 주변에 농약, 살충제 등 살포여부를 확인, 실내로 유입되지 않도록 한다.
□주변에 오염물질 배출 시설이 가까이 있다. * 상업시설 : 세탁소, 음식점, 주유소 * 제조시설 : 전기전자공장, 목공장, 제지공장, 페인트공장 * 농업시설 : (농약살포) 비닐하우스, 농장, 논밭, 과수원 * 교통시설 : 고속도로, 주차장, 정체도로 * 기 타 : 공사현장, 제초작업	<ul style="list-style-type: none"> • 시설의 대지에 조경, 바람막이 등을 설치하여 주변 오염물질이 실내로 직접 유입되지 않게 한다. • 주변 풍경을 고려하여 개구부를 오염물질의 유입을 줄일 수 있는 곳에 설치하거나 개폐한다. • 주변의 오염이 심하면 가급적 환기를 삼간다. • 주변의 오염물질의 지속적인 유입 시, 환기설비에 필터를 설치하여 오염물질의 유입을 줄인다.
환기 계획	대처방안
□1년에 1회 이상 보육시설의 실내공기질을 측정하지 않는다.	<ul style="list-style-type: none"> • 실내공기질 관리법에 따라 보육시설 관리자는 실내공기질을 측정 하여야 한다. • 보육시설의 신축 또는 리모델링 시, 환경부의 실내공기질 관리법에서 제시한 유지기준 오염물질을 측정한다. ※ 아동복지시설은 관련기준이 없으나, 시설의 실내공기질을 위하여 측정하는 것을 권고한다.
□신축 또는 리모델링 시에 복지시설의 실내공기질을 측정하지 않는다.	<ul style="list-style-type: none"> • 주기적으로 자치단체나 보건소 등을 이용, 간이측정기로 시설 내 실내공기 오염물질을 측정, 오염정도를 평가한다.
□개별공간과 공용부 등에 실내 온도와 습도를 측정할 수 있는 설치가 없다.	<ul style="list-style-type: none"> • 주기적으로 자치단체나 보건소 등을 이용, 간이측정기로 시설 내 실내공기 오염물질을 측정, 오염정도를 평가한다.
□시설 종사자들에게 실내공기질에 대한 교육을 실시하지 않고 있다.	<ul style="list-style-type: none"> • 주기적으로 실내공기질에 대한 교육이 이루어질 수 있도록 하며, “복지시설 등의 설계 및 유지관리 매뉴얼”은 시설종사자들의 실내공기질 교육에 유용하게 활용될 수 있다.
공기청정 관리	대처 방안
□필터를 주기적으로 청소 및 교체하지 않았다.	<ul style="list-style-type: none"> • 실세척 가능한 필터의 경우 정기적으로 물로 세척하여 사용하며, 교환이 필요한 필터의 경우 장기적으로 교체하여야 한다. • 공기청정기 방식에 맞는 청소 및 관리를 해야 한다.

자료: 환경부(2011b). 어린이집(보육시설)·아동복지시설 실내공기질 관리 매뉴얼.

〈부표 1-21〉 2011년도 다중이용시설 실내공기질 진단 및 개선의 체크리스트

-오염물질 발생원 관리 및 환기-		
오염물질 발생원	대처 방안	
1. 실내에서 흡연이 이루어집니까?	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’ 라고 응답하였다면, 실내에서의 흡연이 이루어지지 못하도록 조치가 필요하다. 흡연은 실내공기질 악화의 가장 큰 원인이 되며 이로 인한 건강영향은 흡연을 하는 본인뿐만 아니라 모두에게 미친다. • 불가피한 경우, 흡연이 실내공기에 영향을 미치지 않는 외부에서 이루어질 수 있도록 한다.
2. 최근 1년 이내 리모델링, 목재가구, 장판을 설치하였거나 계획 중입니까?	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’ 라고 응답하였다면, 해당자재와 용품이 환경마크 인증 제품인지 확인한다. 혹은 제품의 시험성적표나 MSDS(물질안전보건자료)를 확보하여 유해화학성분의 발생 위험성이 어느 정도인지 확인하고 제품이 요구하는 적절한 건강 예방 조치가 이루어질 수 있도록 한다. • 리모델링을 이미 하였다면, 가능한 시간을 활용하여 환기가 이루어 질 수 있도록 한다.
3. 육안으로 관찰 되는 곰팡이 혹은 벽의 결로가 있습니까?	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’ 라고 응답하였다면, 일차적으로 곰팡이 제거제나 전문업체 의뢰를 통하여 곰팡이를 제거한다. 근본적으로는 적정온도, 습도 관리와 환기가 필요하다. • 건축물에 문제가 발견된다면, 이에 대한 즉각적인 개선이 이루어져야 한다. 건축주 혹은 운영자와의 상담을 통하여 문제를 개선하도록 한다.
4. 실내에서 불쾌한 냄새가 발생한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’ 라고 응답하였다면, 냄새의 원인은 매우 다양하므로 근본적인 원인을 찾아야 한다. 실내에서 냄새와 기침이 지속된다면, 곰팡이나 가스류, 미세먼지 등이 원인일 가능성이 높다. <ul style="list-style-type: none"> • 페인트와 같은 화학성분의 냄새가 지속되고 눈의 따끔거림, 어지러움 등이 동반된다면, 휘발성 유기화합물(VOCs), 폼알데하이드 성분이 원인일 것이다. • 냄새의 근본적인 원인을 찾아 해당오염물질의 제거방안을 적용하는 것이 중요하며, 만일 실내에서 냄새가 지속적으로 발생한다면, 공조시스템을 정비하거나 자연환기를 증가시키도록 한다.
5. 개별공간과 공용부지 등에 외부와 면한 개폐가능한 창이 없으며, 그 면적이 바닥 면적의 5% 미만이다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’라고 응답하였다면, 자연환기를 위한 창이나 환기설비의 도입이 필요하다. 자연환기 시 공기의 흐름을 위하여 수직면에 두 개 이상의 창을 설치하는 것이 바람직하다. • 화장실의 경우, 별도의 배기 팬을 설치하여야 하며, 조리실에는 조리시 발생하는 오염물질을 배출하기 위하여 연소기구에서 1m 이하의 높이에 랜지 후드가 설치되어야 한다.

-유지관리-		
유지관리	대처 방안	
1. 실내공간을 1일 1회 이상 진공청소기를 이용하여 청소하고 있습니까?	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 바닥면의 진공청소기를 이용한 청소가 1일 1회 이상 실시되어야 하며, 특히 카펫의 설치되어 있는 경우 반드시 청소가 이루어져야 한다. • 바닥의 미세먼지가 재비산하지 않도록 관리한다. • 전체실내 공간에 1년 1회 이상의 살균 소독이 이루어질 수 있도록 관리한다.
2. 환기 팬, 에어컨, 공기청정기의 필터를 1년에 1회 이상 점검합니까?	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’라고 응답하였다면, 각 제품에서 요구하는 조건에 맞추어 점검이 이루어 져야한다. • 일반적인 경우, 에어컨과 환기설비의 필터는 1년에 1회 이상 점검되어야 하며, 공기청정기의 경우 제조업체 혹은 전문업체를 통한 정기적인 필터의 점검과 교환이 이루어져야 한다.
3. 침구류는 수시로 세탁하고 소독한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 모든 침구류는 최소한 주 1회 이상 세탁하고 소독하도록 한다. • 1일 중 많은 시간을 침구류와 함께 생활하는 노인요양 시설의 이용자들에게 있어 청결한 침구류의 사용과 교환은 필수적이다.
4. 시설의 실내공기질을 정기적으로 측정한다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 실내공기오염에 대한 현황과 그 개선대책을 수립하기 위하여 정기적인 측정이 요구된다. 또한, 이 측정결과에 대하여 시설근무자와 이용자가 알 수 있도록 하여 주시한다.
5. 시설 종사자들에게 실내공기질에 대한 교육을 실시하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면 주기적으로 실내공기질에 대한 교육이 이루어질 수 있도록 하며, 교육 시 본 매뉴얼을 적극적으로 활용한다.
6. 시설 내에 실내 온도와 습도를 측정하는 장비가 비치되어 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 실내의 적정환경이 유지될 수 있도록 현재의 온도와 습도를 알 수 있도록 눈에 띄기 쉬운 곳에 온·습도계를 설치한다.
		계절별 적정 온·습도
		<ul style="list-style-type: none"> • 겨울-온도:18~21℃ -습도: 40% • 여름-온도:24~27℃ -습도: 60% • 봄, 가을-온도:19~23℃ -습도: 50%

자료: 환경부·한국환경공단(2011. 12.). 2011년도 다중이용시설 실내공기질 컨설팅 사업(노인요양시설·보육시설·산후조리원).

〈부표 1-22〉 어린이집·유치원의 체크리스트

주요 분류	체크리스트 주요 점검사항	체크사항	
1. 주변환경 인지사항	·어린이집·유치원 주변 대기오염 현황을 인지하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
	·어린이집·유치원 주변에 오염물질 배출시설이 인접해 있지 않다. 상업시설 : 주유소, 세탁소 등 제조시설 : 가구제조 공장, 페인트 관련 공장, 전기전자 공장 등 농업시설 : 비닐하우스 특화지역, 농장, 과수원 등 농약 살포에 영향을 받을 수 있는 시설 교통시설 : 도로(자동차) 인접, 주차장(실내외), 기차역, 중장비 관련 시설	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
2. 실내공기 오염원 관리	·어린이집·유치원 내 실내건축자재의 오염물질 방출량 정도를 알고 있다(공공, 유관기관 자료 등).	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
	·어린이집·유치원 내 가구, 교구, 학습도구, 활동도구 등에의 오염물질 방출량 정보를 알고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
	·상기 내용을 알고 있다면 건축자재가 환경부, 한국환경산업기술원, 한국공기청정협회 등의 친환경 건축자재 인증 여부에 대한 확인이 가능하다. (KS, GR마크 및 규격, 방출량 시험성적표 또는 MSDS: 물질안전보건자료 확인 가능하다)	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
3. 환기	어 린 이 집 · 유 치 원	·어린이집·유치원 내 외부와 면한 개폐 가능한 창이 독립적으로 있으며, 그 면적이 바닥면적의 5% 이상 이다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		·어린이집·유치원 내 외부와 면한 개폐가능한 창이 2개 이상이다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		(환기-상기 아니오로 답한 경우 체크하세요) ·내-외부와 면한 개폐가 불가능할 경우 외부공기 도입을 위한 별도의 환기(기계식) 환기 장치가 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	조 리 실	· 조리실에 배기팬 사용 및 소기구에서 1m 이하 높이에 렌인지후드 설치되어 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		· 조리실 배기팬(환풍기)을 통한 연기(오염물질 등) 등이 어린이집·유치원 시설로 재유입되지 않음을 확인할 수 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	화 장 실	· 화장실에 배기팬(환풍기)이 일과 시간에 작동하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
4. 지하공간 및 결로 부분	·어린이집·유치원 시설 원아의 활동공간으로 지하는 사용하지 않는다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
	·어린이집·유치원 시설 내 창/벽/난방에 따른 부분적 곰팡이 발생 등을 주기적으로 점검하고 해당사항이 발생시 신속히 조치하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	

주요 분류	체크리스트 주요 점검사항		체크사항
5. 유지관리	보육실 및 놀이방	·어린이집·유치원 시설 중 보육실 및 놀이방, 복도 등은 1일 1회 이상 먼지제거/물걸레 청소 등을 진행하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		·보육실 및 놀이방 등 창틀 및 협소 공간의 먼지 제거가 잘 이루어지고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	환기팬류	·환기팬 및 에어컨 공기 필터, 기계식 환기장치의 팬 등을 2회/년 주기적으로 청소/관리/점검 하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		·공기청정기 필터 등을 2회/년 주기적으로 청소/교체/점검 하고 있으며, 기기관리자의 점검 사항에 대한 의견을 반영하고 있다(어린이집·유치원 원아의 활동도에 따라 필터 교환 주기가 짧은 특성이 있음)	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	환기	·1일 2회 이상 개폐 가능한 창을 통해 환기를 하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		·환기 시 일기예보(황사/미세먼지 보도) 등을 고려하여 환기를 실시하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	오염물질 측정	·국공립(시설면적 430[m ²], 인원기준 100인 이상) 시설과 민간(시설면적 860[m ²], 인원기준 200인 이상) 시설의 경우, 1년에 1회 이상 보육시설 내 실내공기질을 측정하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
		·제외시설인 경우 신축 또는 리모델링에 따른 실내공기질 측정을 하고 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
온·습도	·어린이집·유치원 시설 내 각 보육실과 놀이방 등에 실내 온도 및 습도 측정기가 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
CO2	·어린이집·유치원 자체 이산화탄소 측정기가 있다.	<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오	
6. 보육시설 종사자 교육	·어린이집·유치원 선생님들에게 실내공기질에 대한 교육을 실시하고 있다.		<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	·어린이집·유치원 선생님들에게 실내공기질 관련(기존 환경부, 교육부 등) 홍보/관리매뉴얼/대응요령 등 자료를 배포하거나 원내 비치하고 있다.		<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오
	·실내공기질 관련 홍보 자료(정부/공공기관) 등을 주기적으로 확인하고 업데이트 버전을 적극 활용하고 있다.		<input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오

자료: 환경부(2008). 보육시설의 실내공기질 설계 유지관리 지침서.

〈부표 1-23〉 어린이집 및 유치원의 상황별 일일 체크리스트 6가지(안)

1. 날씨 상황	당일 아침 (초)미세먼지 경보, 주의보시--> 환기자제	
	평상시->주변 100m내 교통정체시	환기자제
	평상시->주변 교통량 보통	환기 실시(5분 이상~20분정도)
2. 주변 상황	주변에 공사가 이루어지고 있다. -> □아니오 □예 환기를 자제한다.	
	아이를 재실 전(오전), 재실중(오후) 주변에 교통정체가 심하다. -> □아니오 □예 환기를 자제한다.	
3. 위생 상황	어린이 주요 활동공간 바닥, 창틀에 먼지가 있다. -> □아니오 □예 물걸레(물티슈 등) 청소를 한다.	
	지난 주말에 본 시설에 살충 또는 방역을 실시하였다. -> □아니오 □예 환기 실시, 바닥, 책걸상, 용품 등 물걸레(물티슈 등) 청소하여 2차 노출을 예방한다.	
4. 조리 상황	조리시에 환기팬과 자연환기가 충분히 되도록 열려져 있다. -> □예 □아니오 환기팬 작동, 창문을 충분히 개방한다.	
	조리후에도 환기팬과 자연환기가 충분히 되도록 열려져 있다. -> □예 □아니오 환기팬 작동, 창문 충분히 개방한다. * 조리 마감 후 30분 이상 유지한다.	
5. 실내 상황	실내의 주요활동공간 벽 등에 갈라짐과 누수가 있다. -> □아니오 □예 가급적 빠른 시공 처리로 2차 오염 예방한다.	
6. 제품 상황	공기청정기 프리필터에 먼지가 쌓여있는지 확인하였다. -> □예 □아니오 프리필터를 확인 후 흐르는 물에 씻어 말린 후 사용한다.	
	공기정화식물의 상태를 확인하였다. -> □예 □아니오 잎의 상태를 확인하고, 표면 흙에 수분이 있는지 확인한 후 적정양의 물을 공급한다.	

〈부표 1-24〉 연구에서 제안하는 체크리스트

구분	범주	대처 방안
<p>1. 주변 환경</p>	<p>1.1 어린이집 및 유치원 주변에 다음과 같은 오염 물질 배출 시설이 가까이 있는가?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>상업시설 : 세탁소, 음식점, 주유소 제조시설 : 전기전자공장, 목공장, 제지공장, 페인트공장 농업시설 : (농약 살포) 비닐하우스, 농장, 논밭, 과수원 교통시설 : 고속도로, 주차장, 정체 도로</p> </div>	<p>□예</p> <p>□아니오</p> <ul style="list-style-type: none"> • ‘예’ 라고 응답하였다면, 조경, 바람막이를 이용하거나 창, 문 등의 개구부 등의 위치를 변경하여 외부 오염물질이 어린이집 및 유치원 내로 직접 들어오는 것을 피한다. • 주변 풍경을 고려하여 개구부를 오염물질의 유입을 줄일 수 있는 곳에 설치하거나 개폐한다. • 주변의 오염이 심하면 가급적 환기를 삼간다. • 주변의 오염물질의 지속적인 유입 시, 환기설비에 필터를 설치하여 오염물질의 유입을 줄인다.
	<p>1.2 어린이집 및 유치원 주변에 대기오염 현황을 정기적으로 파악하고 있다.</p>	<p>□예</p> <p>□아니오</p> <ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 관련 정보자료 및 사이트를 활용하여 어린이집 및 유치원 주변 대기의 오염 현황을 파악한 후 어린이집 및 유치원 내로 유입되는 대기의 조건을 조사하고 대기오염 기준을 초과할 경우, 기계 환기 설비를 설치하여 어린이집 및 유치원으로 유입되는 대기 중의 오염물질을 제거한다. • 관련 정보자료 및 사이트를 활용하여 어린이집 및 유치원 주변 대기의 오염 현황을 파악한다. • 참고사이트 : 대기오염실시간공개(http://www.airkorea.or.kr/) 환경부(http://www.me.go.kr/) 기상청(http://www.kma.go.kr/index.html)

<p>2. 실내 오염 원 관리</p>	<p>2.1 최근 1년 이내 이내 리모델링, 목재가구, 장판을 설치하였거나 계획 중입니까?</p> <p>2.2 시설 내에 사용된 건축자재의 오염물질 방출량을 알고 있다.</p> <p>2.3 시설 내에서 가구와 교 육용품의 실내공기오염물질 방출 정보를 알고 있다.</p> <p>2.4 실내공기질에 대한 정밀 실험시 아래 기준에 적합한 결과가 나오는가?</p>	<p>□예 □아니오</p> <p>□예 □아니오</p> <p>□예 □아니오</p> <p>□예 □아니오</p>	<p>• ‘예’ 라고 응답하였다면, 해당자재와 용품이 환경마크 인증 제품인지 확인한다. 혹은 제품의 시험성적표나 MSDS(물질안전보건자료)를 확보하여 유해 화학성분의 발생 위험성이 어느 정도인지 확인하고 제품이 요구하는 적절한 건강 예방 조치가 이루어질 수 있도록 한다.</p> <p>• 리모델링을 이미 하였다면, 가능한 시간을 활용하여 환기가 이루어 질 수 있도록 한다.</p> <p>• ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 시설을 신축하거나 내부 인테리어를 변경할 때에 실내에 사용하는 건축자재가 환경부에서 공시하고 있는 “오염물질 다 량 방출자 재”에 포함되어 있는지 확인하고, 환경부 공시 건축자재를 사용하지 않는다.</p> <p>• 실내 사용 건축자재로는 환경마크나 HB마크 인증을 받은 자재를 사용하도록 한다.</p>	<p>• ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 실내에서 사용하는 책상, 의자, 책장 등의 가구류와 교육용품은 환경마크를 인증 받은 제품을 사용하도록 한다.</p> <p>• 환경마크가 없는 경우, 가급적 KS규격의 포름알데히드 방출량 시험성적표 또는 MSDS(물질안전보건자료)가 있는 용품을 선정 한다.</p>
			<p>• ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 아래와 같이 오염 물질 농도를 저감시킨다</p> <ul style="list-style-type: none"> • PM₁₀ : 영유아의 활동, 연소기구, 청소, 외기로부터 유입으로 인해 발생하는 미세먼지(PM₁₀)는 환기, 공기청정기를 이용하거나 외기로부터의 유입 분진 제거, 청소 등의 방식으로 농도를 저감시킬 수 있다. • TAB : 외부로부터의 유입, 영유아의 활동, 에어컨, 카펫, 화장실, 조리실로부터 발생하는 TAB는 환기, 실내 습도 조절, 공기청정기, 청소로 농도를 저감시킬 수 있다. • CO₂ : 영유아의 활동, 개방형 연소기구, 조리기구로부터 발생하는 이산화탄 	

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>평가항목</th> <th>인증기준(안)</th> <th>법규기준 [참고]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</td> <td>민감</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>일반</td> <td>120</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">TAB (CFU/ m^3)</td> <td>민감</td> <td>640</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td>일반</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO₂ (ppm)</td> <td>800</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</td> <td>민감</td> <td>320</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>일반</td> <td>400</td> <td>500</td> </tr> </tbody> </table>	평가항목	인증기준(안)	법규기준 [참고]	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	민감	80	100	일반	120	150	TAB (CFU/ m^3)	민감	640	800	일반			CO ₂ (ppm)	800	1000	HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80	100	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	민감	320	400	일반	400	500		<p>소(CO₂)는 환기를 통해 농도를 줄일 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • HCHO : 건축자재, 페인트, 가구, 교육용품 등에서 발생되는 포름알데히드(HCHO)는 친환경 자재나 페인트 등을 선택하거나 환기를 통해 농도를 낮출 수 있다. • TVOC : 건축자재, 페인트, 가구, 교육용품, 연소기구, 외기로부터의 유입 등으로 부터 발생하는 총휘발성유기화합물(TVOC)는 환기 또는 친환경 자재, 페인트 사용으로 농도를 낮출 수 있다.
평가항목	인증기준(안)	법규기준 [참고]																															
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	민감	80	100																														
	일반	120	150																														
TAB (CFU/ m^3)	민감	640	800																														
	일반																																
CO ₂ (ppm)	800	1000																															
HCHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80	100																															
TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	민감	320	400																														
	일반	400	500																														
<p>3. 환기 계획</p>	<p>3.1 개별공간과 공용부지 등에 외부와 면한 개폐가능한 창이 없으며, 그 면적이 바닥면적의 5% 미만이다.</p>	<p>□예 □아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’라고 응답하였다면, 자연환기를 위한 창이나 환기설비의 도입이 필요하다. 자연환기 시 공기의 흐름을 위하여 수직면에 두 개 이상의 창을 설치하는 것이 바람직하다. • 화장실의 경우, 별도의 배기 팬을 설치하여야 하며, 조리실에는 조리시 발생하는 오염물질을 배출하기 위하여 연소기구에서 1m 이하의 높이에 렌지 후드가 설치되어야 한다. 																														
	<p>3.2. 실내에서 불쾌한 냄새가 발생한다.</p>	<p>□예 □아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘예’라고 응답하였다면, 냄새의 원인은 매우 다양하므로 근본적인 원인을 찾아야 한다. 실내에서 냄새와 기침이 지속된다면, 곰팡이나 가스류, 미세먼지 등이 원인일 가능성이 높다. • 페인트와 같은 화학성분의 냄새가 지속되고 눈의 따끔거림, 어지러움 등이 반된다면, 휘발성 유기화합물(VOCs), 폼알데하이드 성분이 원인일 것이다. • 냄새의 근본적인 원인을 찾아 해당오염물질의 제거방안을 적용하는 것이 중요하며, 만일 실내에서 냄새가 지속적으로 발생한다면, 공조시스템을 정비하거나 자연환기를 증가시키도록 한다. 																														

	<p>3.3 화장실에 배기 팬이 일과 시간에 작동하고 있다.</p>	<p>□예 □아니오</p>	<p>• '아니오' 라고 응답하였다면, 화장실의 악취와 오염물질의 배출을 위해 배기 팬을 정기적으로 작동시킨다. • 배기 팬 작동 시, 화장실에 있는 창이나 문을 닫아야 오염물질이 원활히 배출된다.</p>
<p>4. 곰팡이 및 방결로 지</p>	<p>4.1 실내의 창문이나 벽 등에 곰팡이가 있고 냄새가 난다.</p>	<p>□예 □아니오</p>	<p>• '예' 라고 응답하였다면, 곰팡이 제거제 등을 사용하여 곰팡이 제거 후 환기를 하고 오염이 심각한 경우 전문 업체에 의뢰한다. • 온도 관리를 철저히 하며, 환기를 주기적으로 실시한다. • 가구 등을 벽에서 띄우고, 밑면에 받침을 넣어 공기 순환이 원활하도록 한다.</p>
	<p>4.2 시설의 창이나 벽 등에 결로가 발생하는지 주기적으로 점검하지 않는다.</p>	<p>□예 □아니오</p>	<p>• 시설 내 개별공간과 고공부 등에 결로 발생 여부를 주기적으로 점검 한다. • 주기적으로 결로가 발생하고, 곰팡이 등의 오염이 확인되면 위에 언급된 대처 방안을 수립한다.</p>
<p>5. 유지 및 관리 및 교육</p>	<p>5.1 실내공간을 1일 1회 이상 진공청소기를 이용하여 청소하고 있습니까?</p>	<p>□예 □아니오</p>	<p>• '아니오' 라고 응답하였다면, 바닥면의 진공청소기를 이용한 청소가 1일 1회 이상 실시되어야 하며, 특히 카펫의 설치되어 있는 경우 반드시 청소가 이루어져야 한다. • 바닥의 미세먼지가 재비산하지 않도록 관리한다. • 전체실내 공간에 1년 1회 이상의 살균 소독이 이루어질 수 있도록 관리한다.</p>
	<p>5.2 환기 팬, 에어컨, 공기 청정기의 필터를 1년에 1회 이상 점검합니까?</p>	<p>□예 □아니오</p>	<p>• '아니오'라고 응답하였다면, 각 제품에서 요구하는 조건에 맞추어 점검이 이루어져야 한다. • 일반적인 경우, 에어컨과 환기설비의 필터는 1년에 1회 이상 점검되어야 하며, 공기청정기의 경우 제조업체 혹은 전문업체를 통한 정기적인 필터의 점검과 교환이 이루어져야 한다.</p>

	<p>5.3 칩구류는 수시로 세탁하고 소독한다.</p>	<p><input type="checkbox"/>예 <input type="checkbox"/>아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 모든 칩구류는 최소한 주 1회 이상 세탁하고 소독하도록 한다. • 1일 중 많은 시간을 칩구류와 함께 생활하는 노인요양 시설의 이용자들에게 있어 청결한 칩구류의 사용과 교환은 필수적이다.
<p>5.4 시설의 실내공기질을 정기적으로 측정한다.</p>	<p><input type="checkbox"/>예 <input type="checkbox"/>아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 실내공기오염에 대한 현황과 그 개선대책을 수립하기 위하여 정기적인 측정이 요구된다. 또한, 이 측정결과에 대하여 시설근무자와 이용자가 알 수 있도록 하여 주시한다. 	
<p>5.5 시설 내 수리 및 보수 공사에 대한 공지 수행을 한다.</p>	<p><input type="checkbox"/>예 <input type="checkbox"/>아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 가정통신문 등을 통해서 교원, 학부모에게 공지한다. 	
<p>5.6 시설 종사자들에게 실내공기질에 대한 교육을 실시하고 있다.</p>	<p><input type="checkbox"/>예 <input type="checkbox"/>아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면 주기적으로 실내공기질에 대한 교육이 이루어질 수 있도록 하며, 교육 시 본 매뉴얼을 적극적으로 활용한다. 	
<p>5.7 어린이집과 유치원 선생님들에게 실내공기질 관련(기존 환경부, 교육부 등) 홍보/관리 매뉴얼/대응요령 등 자료를 배포하거나 원내 비치하고 있다.</p>	<p><input type="checkbox"/>예 <input type="checkbox"/>아니오</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 환경부, 교육부 등에서 제공하는 홍보, 관리 매뉴얼, 대응요령 등의 자료를 다룬 받아서 시설 내 비치한다. 	

	<p>5.8 실내공기질 관련 홍보 자료(정부/공공기관) 등을 주기적으로 확인하고 업데이트 버전을 적극 활용하고 있다.</p>	<p><input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오</p>	<p>‘아니오’ 라고 응답하였다면, 최신버전의 홍보자료를 확인하여 정기적으로 이행하고 실행한다.</p>
	<p>5.9 시설 내에 실내 온도와 습도를 측정하는 장비가 비치되어 있다.</p>	<p><input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오</p>	<p>계절별 적정은:습도 • 겨울-온도:18~21℃ -습도:40% • 여름-온도:24~27℃ -습도:60% • 봄. 가을-온도:19~23℃ -습도:50%</p> <p>• ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 실내의 적정환경이 유지될 수 있도록 현재의 온도와 습도를 알 수 있도록 눈에 띄기 쉬운 곳에 온. 습도계를 설치한다.</p>
	<p>5.10 시설 내 소독을 정기적으로 실시하고, 소독 후 잔여 소독 물질을 청소한다.</p>	<p><input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오</p>	<p>• ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 소독을 교사 내 ‘감염병의 예방 및 관리에 관한 법률’ 제 54조 제 1항에 따라 소독을 실시하고, 소독 후 잔여 소독물질을 물티슈, 물걸레로 청소하여 불필요한 유해물질 노출을 예방한다.</p>
	<p>5.11 공기 정화 식물을 관리 방법에 따라 관리하고 있다.</p>	<p><input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오</p>	<p>• ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 공기 정화 식물은 1~2년 사이 분갈이를 실시하고, 주로 4~5월 경에 하는 것이 좋다. • 식물의 종류, 화분크기, 배양토의 종류, 계절, 환경(광, 온도, 습도) 등에 따라 물주기가 매우 다양하기 때문에 관련사이트에서 정보를 얻어 알맞은 물주기를 실시한다. • 관련사이트 : 농촌진흥청(www.rda.go.kr) 농사로 농업기술포털(www.nongsaro.go.kr)</p>

6. 공기 청정제 품 관리	6.1 공기청정기가 적절 한 장소에 설치되어 있다.	□예 □아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 미세먼지를 효과적으로 제거하기 위해 공기청정기를 시간대별로 재실자가 많은 장소로 이동하여 사용한다. • 봄철의 경우 공기청정기를 바닥에 놓고 사용하는 것이 효과적이다.
	6.2 필터를 주기적으로 청소 및 교체한다.	□예 □아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 실세적 가능한 필터의 경우 정기적으로 물로 세척하여 사용하며, 교환이 필요한 필터의 경우 정기적으로 교체하여야 한다. • 공기청정기 방식에 맞는 청소 및 관리를 해야 한다.
	6.3 공기정화기가 설치되어 있다.	□예 □아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 공기속 유해물질(이산화질소, 톨루엔, 아세트알데히드, 자일렌, 벤젠, 포름알데히드, 스티렌)을 제거하여 공기질을 향상시키기 위해 공기정화기 설치가 권유되어 진다.
	6.4 공기 정화 식물을 사용한다.	□예 □아니오	<ul style="list-style-type: none"> • ‘아니오’ 라고 응답하였다면, 시설 내 환경에 맞는 식물을 찾아보고 배치하여 공기 정화를 효율적으로 실시한다. • 시설 유지비 내에서 시설 부피의 3% 이상 면적을 공기 정화 식물로 채웠을 때 공기 정화가 효과적으로 진행될 수 있다.

자료: 1) 환경부(2009). 보육시설·아동복지시설의 실내공기질 관리 매뉴얼.
 2) 환경부(2011. 12.). 도서관·독서실의 실내공기질 관리매뉴얼.
 3) 환경부(2012. 2.). 산후조리원 실내공기질 관리 매뉴얼.
 4) 환경부(2012. 2.). 노인요양시설 실내공기질 관리 매뉴얼.
 5) 환경부·한국실내환경학회(2013. 7.). 민감계층이용시설의 쾌적한 실내환경 종합진단을 위한 지수개발 연구.

부록 2. 미세먼지 대응 각종 보고서식

[서식 1]

20○○년도 상/하반기 어린이집(보육시설) 등 미세먼지 담당자 지정 현황

지정 현황 : 총 ○○개 기관 ○○명

연번	광역 자치단체	구분	기관현황(개)	지정기관(개)	담당인원(명)	비고(지정비율)
1		어린이집				
2		유치원				

* 지정비율은 미세먼지 담당자 지정기관을 해당 광역자치단체 각 기관현황으로 나눈 값(%)

세부 내역

연번	광역 자치단체	구분	학교명	담당자	직위	전화 번호	팩스 번호	비고 (앱설치)
1		어린이 집	○○어린이집	△△△	원장			
2		유치원	○○○유치원	○○○	부원장			
		(이 하			생 략)			

* 당해 내용은 작성자의 편의제고를 위해 엑셀 등으로 작성·제출가능

[서식 2] (광역자치단체 총괄부서)

20○○년도 ○반기 고농도 미세먼지 경보발령에 따른 조치현황

경보발령 현황 : 총 ○회

< 경보발령 개요 >

연 번	광역 자치 단체	발령 일	오염 물질	권역	발령 농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	해제 농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	최고 농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	발령 시간	해 제 시 간	비고
	<예	시>								
		1.5 ~1.6	PM- 10	서북 권	200	50	280	09	00	※기타 특이사 항

* 당해 내용은 작성자의 편의제고를 위해 엑셀 등으로 작성·제출가능

정보상황 전파

- 총 개 기관에 정보 발령상황 전파
- (부연설명)

< 정보발령 상황전파 및 조치내역 >

구분	기관	방법	조치 내역
영·유아시설	00어린이집 등 00개	모바일 앱	실외수업 단축·금지 요청
소계	000 (개)	-	

* 특히 학교, 영·유아시설 등 건강취약계층 관련시설의 경우 실외수업 금지, 고농도 미세먼지 대응교육 실시 등 조치내역을 상세히 기재

조치 결과

- 총 개 기관에서 □□□□, △△△ 등의 조치 실시

< 정보발령에 따른 조치결과 >

구분	기관	조치 결과
영·유아시설	어린이집 등	현장학습 일정 조정 : 00초등학교 등 00개교 실외수업(체육활동)을 실내로 조정 : 00개교

[서식 3] (어린이집, 유치원 등 일선

고농도 미세먼지 정보 발령에 따른 조치결과

- 기관명 : 000 유치원
- 제출일 : '00.0.0 09:00
- 정보발령 개요
 - (발령일시) '00.0.0 09:00
 - (경보농도) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - (해제일시) '00.0.0 09:00
- 기관별 조치사항
 -
 -
- 기관별 조치결과
 -
 -
- 기타(관계기관 협조 필요사항)

경제·인문사회연구회 협동연구 총서 17-48-04
연구보고 2017-34-04

안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ)
어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선 방안

발행일 2017년 12월
발행인 백선희
발행처 육아정책연구소
주 소 서울시 서초구 남부순환로 2558 외교센터 3층, 4층
전화: 02) 398-7700
팩스: 02) 398-7798
<http://www.kicce.re.kr>
인쇄처 경성문화사 02) 2090-1179

보고서 내용의 무단 복제를 금함.

SBN 979-11-87952-55-8 94330

Korea Institute of Child Care and Education

Korea
Institute of
ChildCare and Education



9 791187 952558 94330
ISBN 979-11-87952-55-8
ISBN 979-11-87952-51-0 (세트)