기본연구보고서 2020-8

미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 기준 연구

Public Building Design Criteria for Groups Sensitive to Fine Dusts
– Focusing on Day Care Centers, Kindergartens and Elementary Schools –

박석환 Park, Seokhwan
엄운진 Um, Woonjin
김준래 Kim, Junlae

기본연구보고서 2020-8

미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 기준 연구

Public Building Design Criteria for Fine Dust Sensitive Group

지은이 박석환, 엄운진, 김준래
펴낸곳 건축도시공간연구소
출판등록 제2015-41호 (등록일 '08. 02. 18.)
인쇄 2020년 10월 31일, 발행: 2020년 10월 31일
주소 세종특별자치시 절재로 194, 701호
전화 044-417-9600
팩스 044-417-9608

http://www.auri.re.kr
가격: 26,000원, ISBN:979-11-5659-289-1

이 연구보고서의 내용은 건축도시공간연구소의
자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.

연구자

연구책임	박석환 연구원
연구진	엄운진 부연구위원 김준래 연구원
외부연구진	송두삼 성균관대학교 건설환경공학부 교수
연구보조원	지현정 권소형 원경연 양현정 박승환

연구심의위원	유광흠 선임연구위원 서수정 선임연구위원 임유경 연구위원 황은경 한국건설기술연구원 연구위원 김유진 국토교통부 녹색건축과 과장
연구자문위원	이윤규 한국건설기술연구원 연구위원 윤현기 한국교육개발원 책임연구원 송근호 K-Weather 전무이사 이승민 한국정책평가연구원 부연구위원 성선용 국토연구원 책임연구원 이병희 한국토지주택연구원 책임연구원 조준영 한양대학교 박사 오진국 플로건축사사무소 소장 김상언 애스앤건축사사무소 소장

연구요약

Summary

제1장 서론

국내외 급변하는 기후환경 영향으로 미세먼지에 대한 면밀한 관리와 적극적인 대응방안을 모색해야하는 상황을 맞이하였으며 일상에서 체감 가능한 실효성 있는 대응방안이 요구되고 있는 여건이다. 「미세먼지 특별법」에 따른 미세먼지관리종합계획 상 민감·취약계층 건강보호 기반 강화를 주요 과제로 설정하고 있으나 단편적인 성과에 그치고 있다. 이런 상황에서 공간 복지측면에서 미세먼지 민감군이 사용하는 공공건축물에 우선적인 조치가 필요하나 공공건축물 시설계획 기준에 미세먼지 여건을 감안한 구체적인 지침과 가이드라인은 부재한 상황이다.

본 연구에서는 영유아, 어린이 및 초등학생의 활동 특성 및 시설별 여건을 반영하여 맞춤형으로 시설 계획 기준을 마련하고자한다. 연구의 주요목적은 다음과 같다. 현재 부처별로 이원화되어 시행하고 있는 각 시설별 기준과 미세먼지 관련 대응정책을 범정부 차원에서 통합화한 시설계획 기준으로 마련하고자 한다. 또한, 건축계획, 설비, 환경, 시설운영관리 등 다양한 분야의 협업을 통합적인 시설계획 기준을 마련하는데 연구의 목적이 있다. 연구의 내용적 범위는 어린이집, 유치원, 초등학교에서 발생하는 대표적인 활동인 교육·놀이활동 공간을 위한 계획 기준을 제시하는 것이며 건축물 실내공기질 관리, 미세먼지 저감 기술, 도시미시기후 관리 등 관련 분야 기술연구를 반영한 계획 기준을 마련하고자 한다.

제2장 미세먼지 관련 제도 현황 분석 및 문제점 도출

미세먼지 환경 기준이 선진국 수준(연평균 15㎍/㎥, 일평균 35㎍/㎥)으로 강화됨에 따라 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에서 기계환기설비를 의무 설치해야하는 시설 대상을 건축연면적 1,000㎡이상인 노인요양시설, 소규모 영화관 및 30세대 이상 신축 공동주택까지 확대하였으며 30세대 미만 공동주택 및 단독주택은 환기설비 설치를 권장하는 것으로 관련법을 개정하였다.

미세먼지 관리 종합계획 및 실내공기질 관리 기본계획 등에서 뿐만아니라 전국의 지차체 차원에서도 민감·취약계층의 건강보호를 위한 다양한 정책과제를 발굴하여 운영중이다. 이에 따라 전국 모든 유치원과 각급 학교에 공기정화설비를 설치하고 영유아·노인·장애인 등 민감 계층 생활·이용시설 대상으로 공기정화설비 지원을 확대하고 있다. 하지만 실내공기질을 실시간으로 측정하여 모니터링 할 수 있는 센서를 설치하여 관리하는 지자체도도 있는 반면 공기정화장치 운영비용을 보조해주는데 그치는 지자체도 있어 지역별로 지원 내용과 수준의 차이가 발생하고 있다.

어린이집·학교시설 미세먼지 대응 매뉴얼에서 실외수업 자재, 단축 또는 금지에 따른 기준 및 대체안을 사전에 계획하여 마련하도록 규정하고 있으나 실내체육관이나 강당 등 제한된 공간을 전교생이 함께 불편함 없이 사용하기는 현재 여건상에서 어렵다. 실내활동을 수용하기 위한 적정 공간 마련 등 유관기관이나 주관기관차원에서 근본적인 한계를 극복할 수 있는 체계적인 대안마련이 필요한 상황이다.

민감군과 관리자 설문조사 결과, 미세먼지에 대한 정부 정책이 대응에 중점을 두고 있다는 의견이 상대적으로 높았으며, 정책 평가에 있어서도 부족하다는 의견이 높게 나타났다. 고농도 미세먼지에 대한 대응 정책도 중요하지만 예방을 위한 정책으로의 패러다임 전환이 요구된다. 따라서, 이러한 관점에서 보면, 민감군이 주로 이용하는 시설에 대한 신축 또는 리모델링 가이드라인 및 시설 계획 기준 등은 미세먼지 저감을 위한 예방 차원의 접근 방법이라 할 수 있다.

제3장 미세먼지 민감군 시설 건축물 현황 분석 및 시사점 도출

관련 법제도와 정책 및 지원 사업으로 인해 공기청정기는 대부분의 시설에 거의 보급을 완료하였으나 공기청정기의 관리 상태와 실제 실내공기질 수치값은 시설별로 차이가 컸다. 단순히 공기청정기를 보급하는 단계에서 넘어서 보다 근본적인 조치와 선제적인 대응 및 체계적인 개선방안을 모색해야한다. 이런측면에서 미세먼지 민감군을 위한 시설 계획 기준의 마련이 더욱 절실하다.

최근에 조성한 신축건물이 아니고서야 시설 내 모든공간의 실내공기질을 전반적으로 쾌적하게 유지하기는 어렵다. 시설의 규모도 제 각각 다르고 세부 실별 점유 시간과 이용 방식도 다르다. 또한 보육 및 교육 과정 여건이 달라 시설별로 실내공기질을 유지관리하는 정도의 차이도 크게 발생한다. 이런 상황에서 우선적으로 관리가 필요한 공간을 구분하여 선택적으로 정비하는 전략이 요구된다. 그리고 신축 시설인 경우에는 효과적이며 성능좋은 중앙제어형 공기정화장치 등을 일괄 적용할 수 있으나 90%이상의 시설이 기존건물에서 개보수 등을 통하여 실내환경을 개선해야하는 상황이다. 또한 이를 위한 예산도 한정되어 있는 관계로 자연환기방식, 공기청정기활용 방식, 단독형 방식, 중앙제어형 방식을 결합하거나 점진적이고 단계별로 적용할 수 있는 방안을 고려해야 한다. 이밖에도 관련법과 규정에 따라 일정 환기량을 충족해야하는 동시에 미세먼지, 포름알데이드, 이산화탄소, 일산화탄소 수치 등을 일정기준 이하로 실내공기질을 유지해야 하므로 공기정화장치와 환기장치 또는 환기방법을 복합으로 고려해야한다.

현장조사 및 설문조사를 통해 확인한 결과 어린이집, 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터 순으로 고려할 필요가 있었으며 초등학교의 경우는 교실, 식당, 방과후 교실, 특별교실 순으로 우선관리를 요하는 공간이 다소 차이가 있다.

연구 초반에 고농도 미세먼지 발생에 따라 실외 활동이 금지되고 실내활동으로 전환해야하는 횟수가 늘어남에 따라 실내 놀이공간 및 실내 체육공간의 필요 면적이 커지고 공간에 설치해야하는 공기조화설비도 강화되어야한다고 강조하였는데 실제 현장조사 및 면담을 통해 확인한 결과 고농도 미세먼지가 발생하는 날을 대비한 실외 활동 대체공간의 마련이 시급함을 알 수 있었다.

사전조사 및 현장조사를 통해 분석한 결과 대부분 시설의 실내공기질이 대기중 미세먼지 수치와 연관성이 크며 실내공기질 관리를 안하는 시설일수록 외기의 농도에 받는 영

향이 더욱 큰 것을 알수가 있었다. 따라서 대기중 부유미세먼지를 적극적으로 저감하거나 흡착하는 시설을 활용하여 건축물 대지 내 외부공간에 적용을 고려할 필요가 있다.

어린이집, 유치원, 초등학교에 공기청정기 설치 시 적정 성능 구현을 위한 필터 규격이나 등급을 비롯하여 공기조화설비의 환기용량, 폐열 회수 성능 조건 등 실제로 적용하기 위해서는 구체적인 성능기준과 정보가 필요하다. 또한 주출입구에 외부오염원 유입을 방지하기 위한 전실의 적정규격을 비롯하여 창호의 기밀성능 및 에너지 효율 성능 기준에 대한 검토가 필요하다.

위의 내용을 바탕으로 시설별 현 계획 기준과 사례 기술을 종합적으로 분석한 내용은 아래와 같다.

[표] 항목별 계획 기준 및 사례 기술 분석표

구분	계획기준의 수립방향	사례 기술 적용방향
입지 기준	적정 입지 조건에 대한 가이드 필요	대기 순환이 어려운 부지나 지형은 배제하거나 대기 순환이 원활한 바람길과 인접한 구역에 입지하도록 권장하는 기준을 고려 외부에서 미세먼지 유입을 줄이며 옥외 놀이공간이나 통학로 환경 개선 측면에서 광촉매 도료, 미세먼지 저감 가로등 설치 등 고려
면적 기준	정원에 따른 최소면적기준만 존재함 교육 및 놀이 활동 여건 및 실내 공기질을 감안한 면적 보정 필요	-
조닝 기준	각 실의 기능과 활동 특성, 오염원 발생정도를 감안한 조닝 방향 설정 필요 사용빈도 및 점유율을 감안하여 우선적으로 관리가 필요한 공간을 집중관리할 필요	출입문과 현관에서 에어 커튼이나 에어샤워 장비를 통해 외부 유입 최소화 실내정원 공간을 도입하여 완충공간마련 주방후드-환기장비 연동시스템 등 활용하여 요리 시 발생하는 오염원 최소화
건축물 성능 기준	환기량 및 실내 공기질 수치 모두를 충족시키기 위한 환기설비와 공기정화설비의 복합 설치 고려 설비기준이외에도 자재 성능. 환기구 배치 등 계획적 기준 보완 필요	IoT기반의 환기설비 및 공기청정기 설치 (HEPA 등급도 구체적인 검토 필요) 미세먼지 집진망이나 집진 식물을 활용하여 벽면녹화등 활용
운영·관리 기준	선생님들의 부담을 줄이면서 효율적으로 운영 관리할 수 있는 방안 모색필요	IoT기반 측정기, 실내공기질 모니터링 시스템 구축, 자동 운영 모드

출처: 연구자 작성

제4장 미세먼지 민감군 시설 계획 기준 마련

시설 계획 기준 마련 시 기본방향은 다음과 같다. 중장기적 측면에서 미세먼지 대응(회피)과 더불어 저감(예방)을 위한 시설 계획 방향 설정이 필요하고 건축물의 생애주기(기획, 설계, 시공, 운영) 전 단계에 걸친 시설 기준을 마련하여야 한다. 마지막으로는 미세먼지 민감군을 위한 관련 시설의 신축 계획 기준 및 의 개보수 기준을 포괄하여야 한다.

시설 계획 기준은 입지 및 외부공간 기준, 면적 기준, 조닝 기준, 건축물 성능 기준, 시설 운영관리 기준으로 구성되며 각 기준의 세부 항목과 내용은 사례조사와 각 시설의 계획 기준 현황분석을 토대로 1차 항목을 도출하였으며 항목별 필요성과 중요도를 설문조사를 통해 선별하였으며 정책, 도시 및 지역부문, 건축부문, 시설별 부문 전문가 7인을 TF로 구성하여 마련한 계획 기준의 구체적인 값을 가지고 건축계획 및 도시 계획 설비, 친환경 분야별 전문가39인에게 추가 설문을 실시하여 성능 기준 지표의 적정 수준을 검증하였다. 또한 계획 시뮬레이션과 환경설비 네크워크 시뮬레이션을 통해 계획 기준의 활용성 정도와 효과성을 예측해보았다.

시설 계획 기준 효과 예측을 위한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다. 개별 조건을 적용한 결과 시뮬레이션 대상 시설의 보육실별 실내공기질의 개선효과가 정량적으로 확인되었다. 이조건을 병합하였을 때 실내공기질 개선의 효과가 더욱 크다는 것도 확인할 수 있었다.

기존 상태에서 보육실의 창을 기밀성능이 우수한 창으로 교체하면 문제가 되었던 보육실 3의 실내 PM2.5 농도는 기준치 이하로 떨어지지만 1층 보육실 1은 여전히 기준치를 약간 상회하는 결과를 보였다. 1층 보육실 1의 실내 미세먼지 농도가 창을 교체하여도 높게 나타나는 것은 1층 보육실1은 1층 주출입문에 인접하여 이곳을 통해 다량의 외부공기 및 그에 동반한 미세먼지가 유입되기 때문인 것으로 나타났다. 1층 주출입을 통한 외기 유입 및 그에 동반된 외부 미세먼지 실내 유입을 방지하기 위한 대책방안으로 에어커튼 설치보다는 방풍실 설치안이 더욱 효과적인 결과를 보였다. 설비적, 성능적 기준의 적용으로도 실내공기질의 개선효과는 있으나 더욱 명확한 개선안을 마련하기 위해서는 건축계획적 대안과 결합이 필요하다.

원생들이 보육실에서 활동을 하면 실내 미세먼지 농도는 최대 5.5배 정도 상승하며 환기시스템만으로는 77% 감소하는 것으로 드러났다, 공기청정기 세부 스펙별 저감효과는 차이가 있는데 적정치는 17평형에 중효율필터을 적용하면 57% 감소, 환기시스템과 공

기청정기(17평 중필터)를 복합설치 운영하였을 때 81%의 제거효과를 보였다. 이밖에도 조리실 조리에가 실내 미세먼지 농도에 미치는 영향이 큼에 따라 조리실의 경우 설비적 조치가 반드시 수반되는 공간임을 확인할 수 있었다.

위와 같이 시설 계획 기준을 입지 및 외부공간, 조닝, 건축물 성능기준, 면적, 시설운영관리 부문으로 구분하여 대응 및 저감 항목으로 세분화하여 제안하였다.

이어서 마련한 기준을 토대로 설계안 적용 시뮬레이션을 시행하여 실효성을 살펴보았다. 신축 사업에서는 14개 항목중에 10개 항목을 적용할 수 있었으며 기존 건물의 개보수 사업에서도 세부적용 항목은 다르나 10개 기준을 적용할 수 있었다. 이를 통해 신축 사업과 개보수 사업에서 모두 활용가능성을 예측해볼 수 있었다.

제5장 결론

미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부 기준은 다음과 같다.

[표] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준

구분		항목	내용	세부 기준
입지 및 외부공간 기준	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	외부 오염원 유입을 최소화하여 내부 환경의 쾌적성을 유지하기 위해 간선도로로부터 이격	교통량이 많은 대로변에서 최소50m
	저감	복층구조 식재 설치	건물과 인접한 외부 미세먼지를 저감· 흡착시키기 위해 옥외 공기정화 장치 설치와 식재를 복층구조로 설치	주출입구변에 인접하여 설치
		옥외 공기정화 시설 설치		
면적 기준	저감	어린이, 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적기준 상향 조정	실내 활동공간 여유 확보 및 공기조화 설비 성능 효율 상향을 위한 면적당 점유 인원 조정을 고려	시설면적 기준은 기존 면적 기준에서 2~4%를 상향조정함이 적정함
조닝 기준	대응	출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획	외부에서 출입시 몸이나 옷에 붙은 미세먼지가 내부로 유입을 최소화 할 수 있는 완충공간 확보	시설전체면적에 1% 내외, 10㎡ 이상 규모로 설치
		미세먼지 청정구역 설치	고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외 활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간 예시) 6개 class 당 1개 청정구역 확보	어린이집 및 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 청정구역 확보 어린이집 최소 15㎡ 이상,

구분		항목	내용	세부 기준
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	미세먼지 발생량이 많은 조리실, 급식실, 특별활동실, 체육관 등은 발생량이 적은 타 공간과 구분	조리실이나 급식실에서 발생하는 미세먼지량이 많으므로 교차오염이나 확산을 최소화 할 수 있도록 보육실 및 교실과 구분하여 우선 조닝하도록 유도
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	창호, 출입문은 열관류율과 기밀성이 높은 자재를 적용하여 외부 미세먼지 유입을 차단 열관류율 2등급, 기밀성 2등급이상 제품의 사용 필요	보육실, 교실은 에너지 효율등급을 1등급에 준하여 계획
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	실내공기질 종합관리를 위해 환기설비와 공기정화기를 별도로 설치하거나 복합기능을 가진 설비 설치필요 시설별로 시간당 환기설비의 적정 용량기준에 따른 급배기 방식(매립형, 독립형 등) 기준 제시	공기정화기는 HEPA급 필터 적용 (H13등급 이상 권장, 0.3㎛ 99.95% 제거) 공기정화기는 필터효율을 95%이상 유지를 권장
	저감	계획적 고려사항	실외 급배기구 위치는 외부 오염 공기가 정체되어 있거나 실내에서 배출된 오염공기가 재유입되지 않도록 구분 설치	내부 공간에 급배기구를 실별로 반드시 구분해서 설치해야하는 곳은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 고려
		공기정화식물을 활용한 벽면녹화	실내 온습도 조절 및 부유 미세먼지 흡착을 위한 공기정화 식물 벽면녹화	
시설 운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화 시설 자동가동 시스템	운영관리자의 편의 및 일정수준의 실내공기질 관리를 위한 자동 시스템	-
		설비 성능 모니터링 기능 개선	소모품 교체 및 청소 주기를 확인할 수 있는 모니터링 기능 도입	-
	저감	실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안	미세먼지 발생이 적은 청소 방법 및 도구 사용 권장(물걸레 청소, 로봇청소기 등) 에어커든 등을 통해 청소, 조리, 활동 시 재확산 방지	-

출처: 연구자 작성

본 연구의 성과는 다음과 같다. 미세먼지 민감군의 활동 특성과 시설 특성에 대한 분석과 진단을 바탕으로 사용 빈도가 높고 우선관리를 요하는 공간을 도출하였으며 집중 관리를 요하는 청정구역(보육실, 교실, 실내놀이공간)은 다른공간과 교차오염이 되거나 확산되지 않도록 구분하여 조닝을 하고 인원당 면적기준을 상향하여 민감군들이 저밀의 환경에서 이전보다 쾌적한 여건에서 교육활동 및 신체활동을 할 수 있는 여건을 마련하였다. 그리고 창호 기밀성 강화 기준을 비롯하여 환기설비와 공기정화설비의 세부 적정 규격을 환경설비 시뮬레이션을 통해서 제안하였다. 어린이집의 보육실 여건에 맞는

환기설비와 공기정화설비 조건을 비롯하여 유사한 여건의 어린이집에서 참고할 수 있는 건축적 대안까지도 시뮬레이션을 통해서 보여주였다.

연구에서 제안한 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 기준은 기존에 없었던 범부처적 차원의 시설 계획 기준이다. 환경부「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」관련 사항을 비롯하여「실내공기질 관리법」의 내용을 포괄한 기준이면서 동시에 교육부의「학교보건법」에 따른 고려사항과 보건복지부의「영유아보육법」및 국토교통부의「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에 관련된 사항을 종합적으로 검토하여 미세먼지 민감군을 위한 최적화된 계획기준을 도출하였다. 이는 범부처 차원에서 범용적으로 활용할 수 있는 계획기준이 될 수 있다.

또한, 전문가 위주의 일방향적인 계획 기준이라기 보다 민감군과 시설 운영자·관리자의 요구정도와 우선순위를 토대로 전문가 설문을 통해 세부 기준을 구체적으로 제시한 것이 본연구의 차별적인 성과로 볼 수 있으며 건축 계획 시뮬레이션과 함께 건축 환경 시뮬레이션을 토대로 사용가능성과 실효성을 예측한 내용은 연구결과물을 활용하는 수요자들에게 신뢰감을 줄 수 있는 근거가 될 것으로 기대해본다.

주제어

미세먼지, 공공건축, 시설 계획 기준, 실내공기질, 계획 시뮬레이션, 네트워크 시뮬레이션

차 례 CONTENTS

제1장 서론 1

1. 연구의 배경 및 목적 1
   1) 연구배경 및 필요성 1
   2) 연구목적 10
2. 연구범위 및 방법 11
   1) 연구 대상 및 범위 11
   2) 연구방법 15
   3) 연구수행과정 18
3. 선행연구 검토 19
   1) 관련 선행연구 검토 19
   2) 본 연구의 차별성 22

제2장 미세먼지 관련 제도 현황 분석 및 문제점 도출 25

1. 미세먼지 관련 정책 기본 방향 및 법제도 현황 분석 25
   1) 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024) 25
   2) 실내공기질 관리 기본계획(2020~2024) 31
   3) 미세먼지 관련 법제도 개정 현황 분석 34
2. 국내 미세먼지 관련 대응 매뉴얼 시행 현황 및 한계 분석 38
   1) 통합 고농도 미세먼지 대응매뉴얼 분석 38
   2) 어린이집 고농도 미세먼지 대응매뉴얼 분석 43
   3) 학교시설 고농도 미세먼지 대응매뉴얼 분석 47
   4) 미세먼지 대응 매뉴얼 이행 현황분석 50
3. 미세먼지 저감 지원 프로그램 현황 및 한계 분석 53
   1) 서울특별시 지원 사업 53
   2) 세종특별자치시 지원 사업 55
   3) 기타 지자체 지원 사업 58
   4) 주요성과 요약 및 분석 63
4. 미세먼지 정책 관련 인지도 및 만족도 분석 65
   1) 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도 현황 분석 65
   2) 미세먼지 관련 정책 만족도 및 평가 65
5. 소결 68

차 례 CONTENTS

제3장 미세먼지 민감군 시설 건축물 현황 분석 및 시사점 도출 — 71

1. 미세먼지 민감군 관련 시설의 계획 기준 및 설비 기준 분석 — 71
   1) 어린이집 계획 기준 및 설비 기준 — 71
   2) 학교시설 계획 기준 및 설비 기준 — 73
   3) 미국학교 공기정화설비 가이드라인 분석 — 77
   4) 시설별 계획 기준 항목 비교 분석 및 종합 분석 — 80
2. 미세먼지 민감군 관련 시설 현장조사 및 개선 요구사항 분석 — 84
   1) 실내공기질 현황 및 공기질 관리 현황 분석 — 84
   2) 실내공기질 데이터를 활용한 사전조사 및 현장조사 분석 — 89
   3) 미세먼지 설문을 통한 청정구역 요구도(우선 적용 순위) 분석 — 105
   4) 현장조사 및 개선 요구 사항 종합 분석 — 107
3. 미세먼지 저감 및 회피 관련 사례 기술 분석 — 109
   1) 미세먼지 저감을 위한 사례 분석 — 109
   2) 미세먼지 회피를 위한 사례 분석 — 115
4. 소결 — 126

제4장 미세먼지 민감군 시설 계획 기준 마련 — 129

1. 시설 계획 기준의 기본방향 — 129
   1) 개요 및 기본방향 — 129
   2) 계획 기준 도출 방법 — 131
2. 시설 계획 기준 마련 — 133
   1) 시설 계획 기준 구분 및 세부 항목 설정 — 133
   2) 시설 계획 기준 필요성 및 항목별 중요도 분석 — 133
   3) [1단계] 시설 계획 기준 및 세부 내용 초안 — 134
   4) [2단계] 시설 계획 기준 및 세부 내용 구체화 — 138
3. 시설 계획 기준 효과 예측을 위한 시뮬레이션 — 143
   1) 시뮬레이션 개요 — 143
   2) 시뮬레이션 대상 — 143
   3) 시뮬레이션 방법 — 143
   4) 네트워크 시뮬레이션 — 156
4. 소결 — 169

차 례 CONTENTS

제5장 결론 173

1. 연구 결과 요약 173
2. 결론 및 향후 연구 과제 175
   1) 범부처 통합 시설 계획 기준 마련 175
   2) 미세먼지에 대한 중장기적이며 근본적인 대응방안으로 시설 계획 기준 마련 176
   3) 미세먼지 민감군 시설 특성에 맞는 구체적인 설비 성능 조건과 정보를 제공 176
   4) 본 연구의 한계 및 향후 연구 과제 176

참고문헌 177

SUMMARY 187

부록. 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설계획 기준 설문조사 내용 195

1. 설문조사 개요 195
2. 민감군 및 시설운영관리자 그룹 설문조사 주요결과 198
   1) 미세먼지 인지와 정책 참여 198
   2) 시설계획 기준의 필요성 및 중요도 203
   3) 시설계획 기준의 세부사항 205
   4) 시설의 운영·관리 방안 220
3. 전문가 그룹 설문조사 주요결과 요약 224
   1) 미세먼지 시설계획 기준의 필요성 224
   2) 시설계획 기준의 세부 사항 225

표차례 LIST OF TABLES

[표 1-1] 다중이용시설별 실내공기질 유지 기준 6
[표 1-2] 전국 시도별 민감군 이용시설 현황 11
[표 1-3] 설문조사 대상 그룹별 설문항목 13
[표 1-4] 장별 구성과 설문조사 내용 16
[표 1-5] 주요 선행연구 분석 및 선행연구와 차별성 22
[표 2-1] 미세먼지 관리 종합계획 분야별 추진과제 26
[표 2-2] 생애주기별 수요자 맞춤형 교육 과제 30
[표 2-3] 제4차 실내공기질 관리 기본계획 중 2024년 관리목표 32
[표 2-4] 제4차 실내공기질 관리 기본계획 중점과제 관계부처 34
[표 2-5] 미세먼지 관련 주요 법령 34
[표 2-6] 영유아·학생·어르신 등 취약계층 보호를 위한 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 구성 체계 39
[표 2-7] 기관별·단계별 조치사항 요약 42
[표 2-8] 어린이집 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 주요 개정 내용 44
[표 2-9] 어린이집 단계별 대응요령 45
[표 2-10] 학교시설 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 주요 개정 내용 47
[표 2-11] 각급학교 단계별 대응요령 49
[표 2-12] 고농도 미세먼지 계층별 대응요령 이행 여부 비교 52
[표 2-13] 2017년 서울특별시 지원 공기청정기 설치 대수 54
[표 2-14] 서울특별시 공기청정기 지원 계획 변경사항 54
[표 2-15] 세종특별자치시 미세먼지대책위원회 추진실적 및 향후 계획 57
[표 2-16] 경기도 어린이집 공기청정기 지원사업 59
[표 2-17] 경상남도 어린이집·경로당 공기청정기 구입비 지원 사업 59
[표 2-18] 경상남도 실내공기질 무료진단(측정·컨설팅) 사업 60
[표 2-19] 충청남도 다중이용시설 실내공기질 개선사업 61
[표 2-20] 수원시 초미세먼지 민감군 건강보호 계획 63
[표 2-21] 지자체별 공기청정기 설치 지원 프로그램 종합 64
[표 2-22] 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도 비교 65
[표 2-23] 정부의 미세먼지 감축 노력 66
[표 2-24] 미세먼지 관련 정책 만족도 비교 66
[표 2-25] 정부의 미세먼지 감축 노력 67
[표 3-1] 학교공간별 MERV 등급 제안 78
[표 3-2] 공기정화설비 유형별 권고사항 79
[표 2-3] 각 시설별 계획 기준 현황 비교 분석 81

표차례 LIST OF TABLES

[표 3-4] 어린이집 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황 85
[표 3-5] 유치원 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황 85
[표 3-6] 초등학교 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황 86
[표 3-7] 일상생활 속 실내공기질 관리 조치 87
[표 3-8] 일상생활 속 조치의 기준 88
[표 3-9] Airkorea 공개 대상 측정망 현황 (2018년 12월 말 기준) 90
[표 3-10] 연평균 실내 공기질 수치 90
[표 3-11] 측정시설별 연간 실내 공기질 지수 91
[표 3-12] 월평균 및 계절별 실내 공기질 지수 91
[표 3-13] 현장조사 체크리스트 내용 구성 93
[표 3-14] 현장조사 시설별 개요 94
[표 3-15] 조사 시설별 공기질 현황 (어린이집, 유치원) 96
[표 3-16] 조사 시설별 공기질 현황 (초등학교) 96
[표 3-17] 실외 공기질 측정 자료 (어린이집, 유치원) 98
[표 3-18] 실별 공기질 측정 결과 비교 (어린이집, 유치원) 98
[표 3-19] 실외 공기질 측정 자료 (초등학교) 99
[표 3-20] 실별 공기질 측정 결과 (초등학교) 99
[표 3-21] 실별 공기질 순위 (초등학교) 100
[표 3-22] 단위 실별 머무르는 시간 (어린이집, 유치원) 101
[표 3-23] 단위 실별 머무르는 시간 (초등학교) 102
[표 3-24] 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 시행에 따른 애로사항 분류 103
[표 3-25] 시설별 공기청정기 및 환기 설비 유지·관리 담당자 및 관리 주기 103
[표 3-26] 미세먼지 프리존 시설 현황 117
[표 3-27] 미세먼지 실내놀이터 시설 현황 120
[표 3-28] 항목별 계획 기준 및 사례 기술 분석표 128
[표 4-1] 전문가 TF구성 132
[표 4-2] 미세먼지 민감군을 위한 시설 계획 기준 항목별 중요도 133
[표 4-3] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준(안) 141
[표 4-4] 국토연구원 공동직장 어린이집 설계(안) 145
[표 4-5] 국토연구원 공동직장 어린이집의 미세먼지 시설계획 기준 적용 147
[표 4-6] 국토연구원 공동직장 어린이집 시뮬레이션 적용(안) 148
[표 4-7] 종로구 국공립 부암어린이집 150
[표 4-8] 종로구 국공립 부암어린이집의 미세먼지 시설계획 기준 적용 152

표차례 LIST OF TABLES

[표 4-9] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안) 152
[표 4-10] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안) 153
[표 4-11] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안) 154
[표 4-12] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안) 155
[표 4-13] 온도 및 누기면적 시뮬레이션 조건 156
[표 4-14] 각 보육실의 요구풍량 및 환기시스템 필터 효율 시뮬레이션 조건 157
[표 4-15] 공기청정기 평형 산출과 공기청정기 스펙 시뮬레이션 조건 158
[표 4-16] 미세먼지 시뮬레이션 조건 158
[표 4-17] 케이스별 해석 조건_1,2 159
[표 4-18] 케이스별 해석 조건_3 160
[표 4-19] 케이스별 해석 조건_4 161
[표 4-20] 케이스별 해석 조건_5 161
[표 4-21] 케이스 3-2 분석결과_1 164
[표 4-22] 케이스 3-3 분석결과 166
[표 4-23] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준 170
[표 5-1] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준 173

[부록 표 1] 어린이집 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황 206
[부록 표 2] 어린이집 환풍기 등 환기시설 관리 현황 206
[부록 표 3] 유치원 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황 209
[부록 표 4] 유치원 환풍기 등 환기시설 관리 현황 210
[부록 표 5] 초등학교 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황 213
[부록 표 6] 초등학교 환풍기 등 환기시설 관리 현황 213

그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 1-1] 공공건축물 용도별 한동당 평균 연면적(2018년) 5
[그림 1-2] 공공건축물 그린리모델링 주요 내용 10
[그림 1-3] 전국의 미세먼지 민감군 이용시설 분포 현황 12
[그림 1-4] 전국 건축물 및 공공건축물 동수 14
[그림 1-5] 연구의 위상 15
[그림 1-6] 연구수행과정 18
[그림 2-1] 화순군 미세먼지 차단 숲 27
[그림 2-2] 포항 생활밀착형 숲 27
[그림 2-3] 공기정화장치 설치 29
[그림 2-4] 살수·분진흡입청소 차량 상시 운행 29
[그림 2-5] 대전도시철도 역사 내 공기정화장치 30
[그림 2-6] 서울 지하철 5호선 미세먼지 측정기 30
[그림 2-7] 고농도 미세먼지 대응 업무 수행체계 41
[그림 2-8] 고농도 미세먼지 대응 단계 41
[그림 2-9] 고농도 미세먼지 대응 단계 44
[그림 2-10] 고농도 미세먼지 대응 단계 48
[그림 2-11] 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼에 따른 대응요령 이행률 51
[그림 2-12] 어린이집 공기청정기 60
[그림 2-13] 충남 학교에 설치된 스탠드형 공기청정기 60
[그림 2-14] 어린이집 보육실 공기청정기 61
[그림 2-15] 공기정화장치 가동상황 점검 61
[그림 2-16] 공기청정기가 설치된 어린이집 모습 62
[그림 2-17] 공기청정기가 설치된 어린이집 모습 62
[그림 2-18] 경로당에 공기청정기를 설치하는 모습 62
[그림 2-19] 초미세먼지관리사 방문 교육 62
[그림 2-20] 정부의 미세먼지 정책 방향 평가 67
[그림 3-1] 어린이집 정원 책정 및 면적산정 기준 72
[그림 3-2] 학교시설 세부공간별 적정 필터 설치 예시 79
[그림 3-3] 일상생활 속 실내공기질 관리 조치 방안 87
[그림 3-4] 일상생활 속 조치 방안의 기준 88
[그림 3-5] 시설별 실내 미세먼지 수치 92
[그림 3-6] 어린이집 B 전경 95
[그림 3-7] 어린이집 C 전경 95
[그림 3-8] 유치원 D 전경 95
[그림 3-9] 초등학교 G 전경 95

그림차례 LIST OF FIGURES

[그림 3-10] 어린이집 C 공용공간 공기청정기 설치 104
[그림 3-11] 유치원 D 강당 공기청정기 설치 104
[그림 3-12] 초등학교 G 특별교실 스탠드공기청정기 104
[그림 3-13] 초등학교 H 특별교실 104
[그림 3-14] 어린이집 원아 자녀를 둔 학부모의 청정구역 우선 적용 공간 순위 105
[그림 3-15] 어린이집 교사의 청정구역 우선 적용 공간 순위 105
[그림 3-16] 초등학생 자녀를 둔 학부모의 청정구역 우선 적용 공간 순위 106
[그림 3-17] 초등학교 교사의 청정구역 우선 적용 공간 순위 107
[그림 3-18] 독일의 바람길 조성 및 활용 법적 근거 110
[그림 3-19] 저층부 벽면녹화 및 상층부 광촉매 도료 시공 아파트 예시도 112
[그림 3-20] 독일의 공기정화 벤치 113
[그림 3-21] 국내 미세먼지 저감용 공기정화 벤치 사례 114
[그림 3-22] 미세먼지 집진 필터망 설치 예 115
[그림 3-23] 청담역 미세먼지 프리존 '뜰' 118
[그림 3-24] 청담역 미세먼지 프리존 '강아래 우숨마당' 118
[그림 3-25] 미세먼지 프리존 셸터 118
[그림 3-26] 미미위 클린 놀이터 120
[그림 3-27] 미미위 클린 놀이터 120
[그림 3-28] 메이커놀이터 놀이활동 121
[그림 3-29] 숨쉬는놀이터 조합놀이대 121
[그림 3-30] 현대건설 미세먼지 관리 내부 패키지 122
[그림 3-31] 현대건설 미세먼지 청정단지 시스템 123
[그림 3-32] 현대건설 H-클린 현관 123
[그림 3-33] 대림산업이 개발한 공기청정환기시스템 작동 방식 124
[그림 3-34] 필터 교환방법 예시 125
[그림 4-1] 도로변에서 이격거리 예시 134
[그림 4-2] 국토연구원 공동직장어린이집 부지현황 144
[그림 4-3] 종로구 국공립 부암어린이집 부지현황 149
[그림 4-4] 부암 어린이집 공기 유동 경로 (겨울철) 162
[그림 4-5] 기본 케이스, Case 1 분석 결과 (전층 보육실) 163
[그림 4-6] 학생 활동 시 환기시스템 가동에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량 163
[그림 4-7] 학생 활동 시 공기청정기 필터 효율에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량 165
[그림 4-8] 학생 활동 시 공기청정기 용량 증가(17평형에서 24평형)에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량 166
[그림 4-9] 학생 활동 시 환기시스템 및 공기청정기 동시 가동에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량 167
[부록 그림 1] 미세먼지 위험성 인지도 198

그림차례 LIST OF FIGURES

[부록 그림 2] 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도 198
[부록 그림 3] 평소 미세먼지 관심도 199
[부록 그림 4] 현재 국내 미세먼지 심각성 평가 199
[부록 그림 5] 향후 국내 미세먼지 심각성 변화 예상 200
[부록 그림 6] 미세먼지 발생의 주된 원인(종합순위 기준) 200
[부록 그림 7] 정부의 미세먼지 감축 노력 평가 201
[부록 그림 8] 정부의 미세먼지 정책 만족도 201
[부록 그림 9] 정부의 미세먼지 정책 방향 평가 202
[부록 그림 10] 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 참여도 202
[부록 그림 11] 미세먼지 민감군 이용 공공건축물 대상 시설계획 기준 필요성 203
[부록 그림 12] 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 이용자 특성(종합순위 기준) 204
[부록 그림 13] 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 물리적 특성(종합순위 기준) 204
[부록 그림 14] 시설계획 기준 우선 적용해야 하는 공공건축물 205
[부록 그림 15] 어린이집 보유 공간 현황 205
[부록 그림 16] 어린이집에서 사용 인원이 가장 많은 장소와 적은 장소 207
[부록 그림 17] 어린이집에서 사용 시간이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소 207
[부록 그림 18] 어린이집 주요 공간별 미세먼지 안전성 208
[부록 그림 19] 어린이집 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성 208
[부록 그림 20] 유치원 보유 공간 현황 209
[부록 그림 21] 유치원에서 사용 인원이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소 210
[부록 그림 22] 유치원에서 사용 시간이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소 211
[부록 그림 23] 유치원 주요 공간별 미세먼지 안전성 211
[부록 그림 24] 유치원 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성 212
[부록 그림 25] 초등학교 보유 공간 현황 212
[부록 그림 26] 초등학교에서 사용 인원이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소 214
[부록 그림 27] 초등학교에서 사용 시간이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소 215
[부록 그림 28] 초등학교 주요 공간별 미세먼지 안전성 215
[부록 그림 29] 초등학교 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성 216
[부록 그림 30] 어린이집에서 미세먼지에 가장 안전한 장소 216
[부록 그림 31] 유치원에서 미세먼지에 가장 안전한 장소 217
[부록 그림 32] 초등학교에서 미세먼지에 가장 안전한 장소 217
[부록 그림 33] 어린이집에서 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간(종합순위 기준) 218
[부록 그림 34] 유치원에서 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간(종합순위 기준) 218
[부록 그림 35] 초등학교에서 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간(종합순위 기준) 219
[부록 그림 36] 시설계획 기준 조기 정착을 위한 가장 효과적인 방법 219

그림차례 LIST OF FIGURES

[부록 그림 37] 시설기준 정착을 위한 가장 효과적인 방법 220
[부록 그림 38] 미세먼지 저감에 가장 효과적인 방법 220
[부록 그림 39] 근무 시설 미세먼지 안전을 위한 운영관리 환경 적정성 221
[부록 그림 40] 일상생활 속 미세먼지 관리 위한 조치 221
[부록 그림 41] 일상생활 속 실내공기질 관리 위한 조치 222
[부록 그림 42] 일상생활 속 조치의 기준 222
[부록 그림 43] 미세먼지 안전 건축물 운영·관리 실효성 제고 위한 방안(종합순위 기준) 222
[부록 그림 44] 효과적인 민감군 시설 미세먼지 전담 운영·관리 체계 223
[부록 그림 45] 시설 전담 운영·관리 체계에 적합한 운영 방식 223
[부록 그림 46] 시설계획 기준의 필요성 224
[부록 그림 47] 시설계획 기준 설정에 있어 고려해야 할 이용자 및 물리적 특성 224
[부록 그림 48] 시설계획 기준 우선 적용 공공건축물 225
[부록 그림 49] 간선도로로 부터의 최소 이격거리 기준 225
[부록 그림 50] 복층구조의 식재 필요성 225
[부록 그림 51] 옥외 공기정화시설 필요성 226
[부록 그림 52] 공기정화식물의 벽면녹화 필요성 226
[부록 그림 53] 오염공기 완충공간 계획 필요성 226
[부록 그림 54] 적정 면적 산정 기준 227
[부록 그림 55] 완충공간에 대한 연면적 대비 적정 면적 비율 227
[부록 그림 56] 청정구역의 필요성 227
[부록 그림 57] 어린이집 청정구역 우선 적용 공간 228
[부록 그림 58] 유치원 청정구역 우선 적용 공간 228
[부록 그림 59] 초등학교 청정구역 우선 적용 공간 228
[부록 그림 60] 청정공간 적정 면적 기준의 산정방식 229
[부록 그림 61] 어린이집 영역 구분 우선 순위 229
[부록 그림 62] 유치원 영역 구분 우선 순위 230
[부록 그림 63] 초등학교 영역 구분 우선 순위 230
[부록 그림 64] 자재 성능 기준의 필요성 230
[부록 그림 65] 공동주택에 준하는 기준 적용 필요성 231
[부록 그림 66] 환기설비 및 공기정화기 성능 기준의 필요성 231
[부록 그림 67] 환기설비 및 공기정화기의 복합 또는 병행 설치 의견 231
[부록 그림 68] 환기 및 공기정화시설의 자동가동시스템 도입 필요성 232
[부록 그림 69] 설비성능 모니터링 시스템의 도입 필요성 232
[부록 그림 70] 시설계획 기준의 정착을 위한 효과적인 방안 232

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법
3. 선행연구검토

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구배경 및 필요성

□ 국내외 급변하는 기후환경 영향으로 미세먼지에 대한 면밀한 관리와 적극적인 대응방안을 모색할 필요

- 일상에서 체감 가능한 실효성 있는 대응방안이 요구되고 있는 여건임

미세먼지 발생을 유발하는 발전소, 공장, 노후차 등 오염원에 대한 관리와 규제를 강화하면서 근본적인 측면에서 미세먼지 발생량을 감축시키려는 시도가 지속 되고 있으나 거주지역과 일상속에서 느낄 수 있는 현실적인 체감 정도는 미미하다.

환경부는 미세먼지로부터 건강피해를 줄이고 환경 보호조치를 강화하기 위해 「환경정책기본법」 시행령에 '미세먼지 환경기준'관련 내용을 2018년 3월27일 개정하였다.

미세먼지(PM 2.5) 환경기준을 기존에 EU와 중국의 기준 중간에서 미국과 일본 등 선진국과 같은 수진으로 강화하였다. 기존 연평균 25㎍/㎥에서 15㎍/㎥로, 기존 일평균 50㎍/㎥에서 35㎍/㎥로 강화하였으며 미세먼지 예보기준도 주의보' 기준(2시간)은 현행 90㎍/㎥에서 75㎍/㎥로, '경보' 기준(2시간)은 현행 180㎍/㎥에서 150㎍/㎥로 강화하였다.

미세먼지 환경기준 선진국 수준으로 강화

정부가 미세먼지 환경기준을 미국·일본 등 선진국 수준으로 강화한다. 환경부는 미세먼지(PM2.5) 환경기준을 일평균 35㎍/㎥·연평균 15㎍/㎥로 강화하는 「환경정책기본법 시행령」이 27일부터 시행된다고 20일 밝혔다. 환경부는 지난해 3월부터 대기환경학회 연구용역, 공청회, 입법예고 등을 거쳐 미국, 일본과 동일하게 일평균 기준을 현행 50㎍/㎥에서 35㎍/㎥로, 연평균 기준을 현행 25㎍/㎥에서 15㎍/㎥로 강화했다. 미세먼지 예보도 강화된 환경기준에 맞춰 발령된다. 2017년 측정치를 기준으로 할 경우 '나쁨' 일수는 12일에서 57일로 45일이 늘어나고, '매우나쁨' 일수도 2일 정도 발령될 것으로 예상된다. 환경부는 미세먼지 환경기준 및 예보기준 강화와 별도로 주의보·경보 기준도 강화를 추진하고 있다. '주의보' 기준(2시간)은 현행 90㎍/㎥에서 75㎍/㎥로, '경보' 기준(2시간)은 현행 180㎍/㎥에서 150㎍/㎥로 강화하기 위해 '대기환경보전법 시행규칙' 개정작업을 진행하고 있다. 개정안은 4월 2일까지 입법예고를 하고, 규제심사 등을 거쳐 7월 1일부터 시행할 예정이다. 주의보·경보기준이 강화되면 2017년 측정치의 경우 미세먼지 '주의보' 발령일수는 전국적으로 7일에서 19일로 늘어나고, '경보' 발령일수는 0.1일에서 0.2일로 늘어나게 된다.

구 분	한국		주요 선진국		기 타		
	현행	개정	미국	일본	WHO	EU	중국
연평균	25	15	15	15	10	25	35
일평균	50	35	35	35	25	(없음)	75

박은평기자 (2018-3-20), 뉴시스
출처 : http://www.etoday.co.kr/news/view/1605243(검색일:2020.05.18.)

하지만 강화된 미세먼지 환경기준이 미세먼지 등 대기오염으로 인한 생활속 불편을 얼마만큼 줄여줄 수 있는 지는 구체적이며 중장기적으로 살펴볼 필요가 있다. '미세먼지 환경기준' 및 「대기환경보전법」제7조의2(대기오염도 예측·발표) 및 제8조(대기오염에 대한 경보)를 근거로 환경부, 보건복지부, 교육부 등에서 계층별 미세먼지 대응 매뉴얼을 마련하여 보급하고 시행 중에 있다. 하지만 미세먼지 대응 매뉴얼은 수동적인 측면에서 대기중 미세먼지 농도 등 기후 여건에 따라 어떻게 시설을 운영하거나 생활해야하는지에 대한 내용에 집중하고 있다.

집과 학교, 직장, 마트, 병원, 학원 등 일상에서 고농도 미세먼지를 즉각적으로 회피하거나 대응하기 위해서는 능동적이고 적극적인 측면에서 대응방안의 모색이 요구되고 있다.

'미세먼지 달력' 들고 대책 촉구하는 시민

4일 오전 서울 종로구 세종문화회관 계단 앞에서 열린 미세먼지 나부터 시민행동선언 및 국회와 정부 대책마련 촉구 기자회견에서 한 참석자가 '미세먼지 달력' 을 들고 있다.
조성봉기자 (2018-04-04 11:00), 뉴시스
출처 : https://newsis.com/view/?id=NISI20180404_0013959816, 검색일(2020.5.18.)

□ 미세먼지 관련법이 제·개정되고 있으나 취약계층의 보호에 대한 구체적인 대안마련이 미흡함

- 미세먼지 특별법에 따른 미세먼지관리종합계획 상 민감·취약계층 건강보호 기반 강화를 주요 과제로 설정하고 있으나 단편적인 성과에 한함

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」을 19년도 3월에 제정하여 정부에서는 미세먼지 농도 개선 목표 및 기본방향을 비롯하여 미세먼지 등의 배출 저감목표와 이를 달성하기 위한 분야별, 단계별 대책과 미세먼지 취약계층 보호에 관한 사항, 종합계획 시행에 필요한 재원의 규모와 재원조달방안 등을 포함한 미세먼지관리종합계획을 5개년마다 수립하도록 규정하였다. 2019년 11월에 관계부처 합동으로 마련한 미세먼지 관리 종합계획에는 크게 미세먼지 현황과 종전 정책에 대한 평가를 비롯하여 분야별 추진과제와 소요예산과 이행체계를 마련하였다.

종합계획 수립 전 민감계층의 보호에 대한 미세먼지 대책 주요과제로는 첫 번째, 선진국 수준으로 미세먼지 환경기준을 강화, 고농도시 비상저감조치 시행[1], 학교·어린이집·유치원 등 공기정화장치 설치 지원이 있었으나 고농도 미세먼지 발생시에도 야외수업을 하거나 미세먼지를 포함한 이산화탄소, VOC 등 실내공기전반에 대한 관리가 미흡하다는 지적이 있었으며 어린이·학생 등 취약계층의 건강 영향 최소화를 위해 강도 높은 현장 보호조치 요구는 계속되었다(관계부처 합동 2019, p.19). 이로 인해 2019년 11월에 수립한 미세먼지 관리 종합계획에서는 이전 보다 민감계층 및 취약계층의 보호를 위한 체계적인 지원과 정책을 제안하고 있으나 해당 정책의 성과는 어떠할지 추적해볼 필요가 있다.

- 미세먼지 집중관리구역의 지정 및 지원에서 취약계층의 보호에 대한 구체적인 방안은 미흡함

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」시행규칙 제13조에 따라 시·도지사 등은 「환경정책기본법 시행령」제2조에 다른 환경기준을 초과하는 지역(PM 2.5 기준, 연간 평균치 15㎍/㎥ 초과, 24시간 평균치 35㎍/㎥ 초과하는 지역)의 경우 미세먼지 집중관리지역으로 지정할 수 있으며 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」시행규칙 제14조에 따라 집중관리구역에 대한 지원을 받을 수 있다.

이렇게 미세먼지에 대한 집중관리가 필요한 취약지역에는 「미세먼지 저감 및 관리에 관

1) 석탄발전 상한제약, 5등급 차량 운행제한 등을 통한 비상저감조치를 의미함

한 특별법」제22조제2항에 따라 대기오염도의 상시 측정과 살수차 · 진공청소차의 집중 운영, 어린이 등 통학차량의 친환경차 전환, 학교 등에 공기 정화시설 설치, 수목 식재 및 공원 조성에 대한 사항을 지원 받을 수 있게끔 하였으나 이러한 내용이 이외에도 보다 구체적인 지원방안이 후속적으로 마련될 필요가 있다.

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 제22조(미세먼지 집중관리구역의 지정 등)

① 시 · 도지사, 시장 · 군수 · 구청장은 미세먼지 오염이 심각하다고 인정되는 지역 중 어린이 · 노인 등이 이용하는 시설이 집중된 지역을 미세먼지 집중관리구역(이하 "집중관리구역"이라 한다)으로 지정할 수 있다.
② 시 · 도지사, 시장 · 군수 · 구청장은 집중관리구역에서 환경부령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 사항을 우선적으로 지원할 수 있다.
1. 「대기환경보전법」 제3조에 따른 대기오염도의 상시 측정
2. 살수차 · 진공청소차의 집중 운영
3. 어린이 등 통학차량의 친환경차 전환
4. 학교 등에 공기 정화시설 설치
5. 수목 식재 및 공원 조성
6. 그 밖에 환경부령으로 정하는 사항
③ 집중관리구역의 지정 · 해제 요건, 절차, 지원방법 등에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.
출처 : 법제처

극성 미세먼지 빈자, 약자는 더 힘들다

…… 서울 시내가 안개 낀 것처럼 희뿌옇다. 'KF(Korea Filter)94' 마스크를 꼈지만 밖에 나온 지 얼마 안 돼 목이 칼칼하다. 식품의약품안전처가 입자 크기 0.4㎛(마이크로미터)의 미세먼지와 바이러스까지 막아준다고 인증했건만 기분 탓일까. 기자가 신촌 명물거리(서울 서대문구 명물길)를 찾은 3월 5일 오후 3시경 미세먼지(직경 10㎛ 이하)와 초미세먼지(직경 2.5㎛ 이하) 농도는 각각 196㎍/㎥, 142㎍/㎥를 기록했다. 한국환경공단과 기상청의 대기정보를 이용한 한 애플리케이션은 "최악 절대 나가지 마세요!"라고 경고했다.

이날까지 수도권에 닷새 연속으로 미세먼지 비상저감조치가 발령됐다. 하지만 신촌 명물거리 일대에는 출입문을 열어놓고 영업하는 가게가 흔히 보였다. 직원들은 마스크도 착용하지 않은 상태. "불편한지 잘 모르겠다. 손님 편의상 문 열어두고 영업한다"고 말한 신발가게 점원은 대수롭지 않다는 반응을 내비쳤다. 반면 근처 화장품 가게 직원은 장사 탓에 어쩔 수 없다며 한탄했다. "아무래도 마스크를 끼면 손님들에게 설명하기 힘드니까요."

고용노동부는 1월 6일 '옥외작업자를 위한 미세먼지 대응 건강보호 가이드'를 발표했다. 바깥에서 오랫동안 일하는 근로자를 미세먼지로부터 보호하기 위한 조치다. 여기에는 건설·조선노동자, 환경미화원 등은 물론 외부 공기에 노출된 실내 근로자도 포함된다. 가이드는 미세먼지 주의보(초미세먼지 75㎍/㎥ 혹은 미세먼지 150㎍/㎥ 이상)나 경보(초미세먼지 150㎍/㎥ 혹은 미세먼지 300㎍/㎥ 이상) 발령 시 사업주의 마스크·휴식 여건 제공을 의무화했다. 특히 근로자 중 심폐질환자·고령자·임산부 등 민감군을 사전에 파악해 관리하는 게 주요 골자다.

'미세먼지 최악' 이틀간 노인복지센터에서는… "미세먼지 마스크? 나는 오늘 못 받았는데."

초미세먼지 경보 발령이 난 3월 5일 서울 양천어르신종합복지관 앞에서 만난 이모(73·여) 씨는 마스크를 착용하지 않고 있었다. 서울시는 2017년 7월부터 미세먼지 저감조치 실행 시 노인복지시설 이용자들에게 미세먼지 마스크를 무료로 지급하도록 했다. 하지만 이씨는 마스크를 받지 못했다. 복지관에서 마스크를 오전에만 배부하는데 오후 1시30분에 복지관에 도착했기 때문이다.

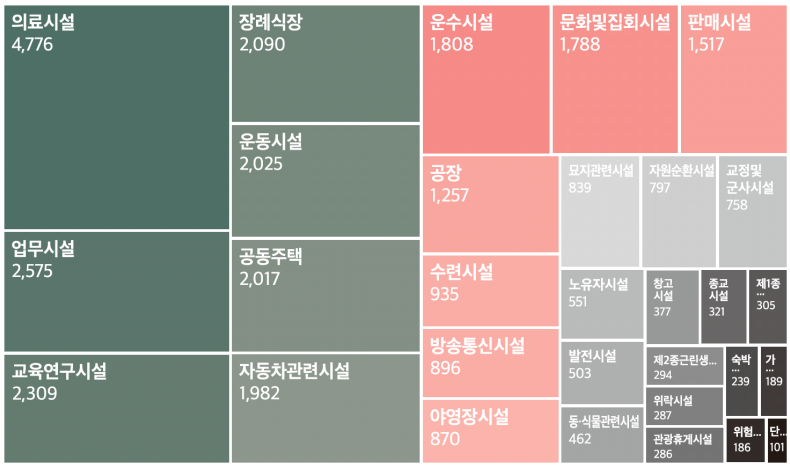
양천어르신종합복지관 관계자는 "누가 받았는지 일일이 파악하기 어려워 중복으로 마스크를 받아가는 것을 막기 위해 오전에만 배부한다"고 했다. 이씨는 "미세먼지 마스크를 못 받아서 아쉽다"며 "한 번 쓰고 버리는 거라 비용이 많이 드는데 오후에도 받아갈 수 있었으면 좋겠다"라고 말했다.

이씨만의 일이 아니었다. 서대문구 천연동에 위치한 시립서대문노인종합복지관에서도 마스크를 받을 수 없었다. 3월 6일 서울 서대문구 천연동의 미세먼지는 m³당 167㎍(마이크로그램·1㎍은 100만분의 1g) 수준으로 매우 나쁨에 속했다. 오후 1시 30분 시립서대문노인종합복지관을 방문하니 출입문 옆에 긴 테이블과 검은색 의자 하나가 놓여 있었다. 테이블 위에는 미세먼지 마스크 배부 시간이 적힌 공지만 붙어 있었다. 안내사항에는 '마스크 배부시간 오전 10시부터 오후 12시'라고 적혀 있었다. 시립서대문노인종합복지관 관계자는 "미세먼지 마스크 배부시간이 지나 책상을 치웠다"며 "배부시간이 지나면 마스크를 받을 수 없다"고 말했다.
서울시 관계자는 "미세먼지 마스크 비용을 재난기금 예산 중 일부로 충당하고 있어 예산이 부족하다 보니 수량 조절이 필요하다"며 "복지관마다 배부되는 마스크 수량이 달라 배분하는 방법이 차이가 있을 수 있다"고 해명했다.

김우정 기자, 정보라 기자 (2019-03-21 10:00:01), 신동아
출처 : https://shindonga.donga.com/3/all/13/1674894/1, 검색일(2020.5.18.)

- 「실내공기질 관리법」에 따른 일정규모 이상 시설의 공기질 유지 기준만으로는 민감군 특성에 맞는 양호한 실내환경을 확보하기 어려움

「실내공기질 관리법」은 다중이용시설, 신축되는 공동주택 및 대중교통차량의 실내공기질을 알맞게 유지하고 관리함으로써 그 시설을 이용하는 국민의 건강을 보호하고 환경상의 위해를 예방하는 것을 목적으로 한다. 「실내공기질 관리법」의 대상시설은 지하철, 철도역사, 터미널 등 대중교통시설과 도서관, 박물관, 의료시설, 산후조리원, 노인요양시설, 어린이집, 실내어린이 놀이터[2] 등을 포함하고 있으나 적용 건축물의 규모가 어린이집과 실내 어린이놀이시설은 430㎡ 이상, 산후조리원은 500㎡ 이상, 노인요양시설은 1,000㎡ 이상, 터미널과 의료시설은 2,000㎡ 이상, 도서관은 3,000㎡이상일 경우만 실내공기질을 일정 수준 이상으로 유지해야하는 의무적용 대상에 해당한다.



[그림 1-1] 공공건축물 용도별 한동당 평균 연면적(2018년)
출처 : 국가공공건축지원센터(2019, p.9)

2) 2020년 3월 31일. 개정된 「실내공기질 관리법」에서는 실내공기질 적용대상 중에 실내 어린이 놀이시설을 추가로 지정하였다.

하지만 미세먼지 민감군이 이용하는 대부분의 어린이집, 실내 어린이 놀이시설, 노인요양시설, 도서관 등 다중이용시설들은 규모가 작아 의무 적용 대상에서 제외된다. 정부 주요 정책사업인 생활SOC복합화 사업의 규모도 「실내공기질 관리법」 상 의무 적용 대상에 해당하지 않는 소규모 사업이 주를 이룬다. 이런 상황에서 미세먼지 민감군이 체감할 수 있을 정도의 양호한 실내환경을 확보하기에는 한계가 있다. 하지만 무턱대고 법적 기준을 강화하는 것 또한 시설 소유자 등에게 과도한 규제로 작동할 가능성이 크므로 신중한 접근이 필요한 상황이다.

유치원, 초중고 학교시설의 경우는 「학교보건법」(2019.12.10. 일부개정)에 따라 공기질 유지·관리에 대한 특례사항과 공기정화설비 설치 등을 규정하고 있다. 다만, 「실내공기질관리법」에서 처럼 미세먼지 농도 및 수치를 제시하는 것이 아니라 1인당 적정환기량(시간당 21.6㎥ 이상)으로 제시하고 있다. 또한 실내공기질 유지를 위해서 기계환기설비 및 실내공기정화시설(덕트)의 설치나 교체(청소관리 포함)하는 방법을 마련하여 활용하고 있다. 하지만 중장기적인 측면에서 공간 계획이나 설계적 요소를 고려한 방법까지는 마련하고 있지 못한 여건이다.

[표 1-1] 다중이용시설별 실내공기질 유지 기준

다중이용시설 \ 오염물질 항목	미세먼지 (PM-10) (㎍/㎥)	미세먼지 (PM-2.5) (㎍/㎥)	이산화탄소 (ppm)	폼알데하이드 (㎍/㎥)	총부유세균 (CFU/㎥)	일산화탄소 (ppm)
가. 지하역사, 지하도상가, 철도역사의 대합실, 여객자동차터미널의 대합실, 항만시설 중 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 도서관 · 박물관 및 미술관, 대규모 점포, 장례식장, 영화상영관, 학원, 전시시설, 인터넷컴퓨터게임시설제공업의 영업시설, 목욕장업의 영업시설	100 이하	50 이하	1,000 이하	100 이하	-	10 이하
나. 의료기관, 산후조리원, 노인요양시설, 어린이집, 실내 어린이 놀이시설	75이하	35이하		80이하	800이하	
다. 실내주차장	200이하	-		1000이하	-	25이하
라. 실내 체육시설, 실내 공연장, 업무시설, 둘 이상의 용도에 사용되는 건축물	200이하	-	-	-	-	-

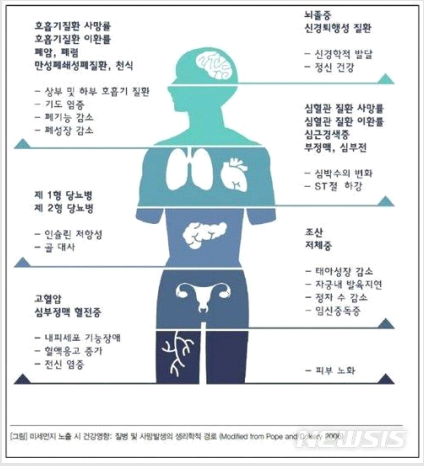
출처 : 「실내공기질 관리법」 시행규칙 [별표2] 실내공기질 유지기준

□ 공공건축물 시설계획 기준에 미세먼지 여건을 감안한 구체적인 지침과 가이드라인 부재함

- 공간 복지측면에서 미세먼지 민감군이 사용하는 공공건축물에 우선적인 조치가 필요

어린이, 학생, 노약자 들은 면역체계가 일반 성인에 비해 취약하여 미세먼지 등 오염원에 지속적으로 오랜 기간 노출될 경우 피부나 호흡기 같은 신체조직에 미치는 악영향이 상대적으로 크다. 최근 미세먼지가 기준치를 초과하는 날이 많은 시기에 어린이, 노약자 같은 미세먼지 민감군의 경우, 외부활동을 자제해야하고 실내에서 오랜 시간을 보내야하는 상황으로 다른 대상보다 미세먼지 민감군을 대상으로 하는 공공시설에 우선 고려하여 체계적인 조치를 취할 경우 개선효과가 클 것으로 예상된다.

미세먼지 노출시 건강에 미치는 영향



미세먼지 노출시 건강에 미치는영향

출처 : https://news.joins.com/article/22472941(검색일 2020.2.13.)

미세먼지 민감군 계층의 특성

출처 : https://m.post.naver.com/my.nhn?memberNo=11691867

(영·유아 및 어린이) 면역체계가 완벽히 발달하지 못하고, 피부, 호흡기와 같은 신체 조직이 대기오염(SO2, 03, CO, PM10, PM2.5 등)에 민감하게 반응
단위 체중당 호흡량이 성인보다 높으므로 상대적으로 더 많은 공기오염물질을 들이킬 수 있음
출처 : 어린이집용 고농도 미세먼지 대응매뉴얼, 보건복지부 (18.7)

- 미세먼지 민감군의 활동 특성을 감안한 공공건축물 내 실내활동 공간 부재

어린이집 표준보육과정 고시(보건복지부고시 제2013-8호)와 제3차 어린이집 평가인증 안내 자료에 따르면 보육계획 시 고려사항으로 연령별로 짧게는 주3회, 30분에서 매일 1시간 이상의 실외활동을 권장하고 있으며 초·중·고등학교 체육시간의 경우 일주일에 2~3시간이나 미세먼지가 나쁜날은 운동장이 아닌 강당이나 실내체육관에서 체육활동을 할 수 있으나 이마저도 학생 수 대비 공간이 협소하여 교실 체육으로 대체되는 경우

가 다수이다.

미세먼지가 한달 내 내 기준치를 초과하는 최악의 경우 신체발달을 위한 보육계획 시행이나 학생들의 체육활동이 불가능하며 이에 따라 다른 시설보다 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 내 실내활동공간(ex.미세먼지 프리존)의 확대보급이 필요하다.

[그림] 공기청정 시멘트를 사용한 2015년 밀라노 엑스포 이탈리아관
출처 : www.nemesistudio.it (검색일: 2020.05.25.)

[그림] 건축물 환기설비기준만 개별적으로 의무화 적용
출처 : KBS뉴스(2019.01.24)

□ 미세먼지 민감군 시설관련 통합적인 시설계획 기준을 마련할 필요

- 시설 운영관계자를 비롯하여 건축계획, 설비, 환경 측면에서 다양한 분야의 전문가와 협업을 통한 통합적인 시설 계획기준을 마련할 필요

현재 미세먼지와 관련되어 용도별, 규모별 공공이용시설의 설비 기준만 존재할 뿐 시설의 운영 측면, 건축계획 측면, 관련 환경 측면에서 통합적인 기준이 부재한 상황이다. 각 분야별로 독립적인 기준만으로는 시설의 이용자 측면에서 미세먼지의 제어·관리·저감 등의 종합적인 효과를 가져오기 한계가 예상되며 따라서 미세먼지 민감군 시설만이라도 우선적으로 시설운영자, 건축계획, 설비, 환경 측면에서 통합적인 시설 계획기준을 마련할 필요가 있다.

민관 합동' 미세먼지 특별 대책위원회' 출범

정부와 민간이 공동을 미세먼지 대책을 추진하게 될 '미세먼지특별대책위원회'가 오늘 출범했습니다. 미세먼지특별대책위원회는 오늘부터 발효되는 미세먼지특별법에 따라 설치된 민관 합동기구로 정부에서 이낙연 국무총리를 비롯한 관계부처 장관 등 18명과 민간 위원으로 위촉된 18명으로 구성됐습니다. 오늘 회의에서는 미세먼지 감축 대책의 실효성을 높이기 위해서는 연차별 미세먼지 평균 농도치와 감축량을 설정하고 국내 배출원에 대한 집중 관리와 한중 간의 협력이 강화돼야 한다는데 의견을 모았습니다. 이낙연 국무총리는·· 중국발 미세먼지가 많다는 것은 이미 입증됐다며 미세먼지 해결을 위한 협력을 요구하는 것은 중국을 위해서도 필요하며 중국의 책임 있는 협력을 요청했습니다.
YTN (2019-02-15 14:20), YTN
출처 : https://www.ytn.co.kr/_ln/0103_201902151326318699, 검색일(2020.5.18.)

- 오래된 어린이집, 보건소를 개보수하는 공공건축물 그린 리모델링 사업에 서도 이용자 특성을 고려한 세부 계획 기준이 부재

2020년 7월14일에 코로나 19로 인한 극심한 경기침체 극복과 구조적 대전환을 위해 국토교통부에서 '한국판 뉴딜 종합계획'안에 그린리모델링 지원사업을 주요 정책과제로 발표하였다. 노후하고 거주환경이 열악한 어린이집, 보건소, 의료시설 등 취약계층이 이용하는 공공건축물을 현황평가 및 설계컨설팅을 통해 최적의 성능개선방안을 제공하고자 한다. 그린리모델링 내용에는 고성능창호 교체, 폐열회수형 환기장치 설치 내·외벽단열재 교체 등을 필수 공사항목으로 하고 있으며 스마트에어샤워, 실내공기질 개선을 위한 공사 등을 추가 지원 가능 항목으로 설정하였다. 2020년 8월에 마련한 '그린리모델링 설계가이드' 에는 에너지 성능 개선을 위한 설계가이드 내용을 중심으로 지침을 제시하고 있으나 시설 주요 이용자 및 시설 특성에 맞는 세부 계획 기준까지는 고려하지 못하고 있다. 어린이 및 노약자의 활동과 세부 공간별 거주환경 특성에 대한 이해를 바탕으로 에너지 성능향상, 효율개선 및 미세먼지 등 오염원으로부터 실내 환경을 개선할 수 있는 시설 계획 기준에 대한 고려가 필요한 상황이다.

[그림 1-2] 공공건축물 그린리모델링 주요 내용
출처 : 국토교통부 보도자료 (2020.1.22.)

2) 연구목적

본 연구에서는 영유아, 어린이 및 초등학생 등의 활동 특성 및 시설별 여건을 반영하여 맞춤형으로 미세먼지 민감군의 교육·놀이 활동을 위한 시설 계획 기준을 마련하고자한다. 연구의 주요목적은 다음과 같다.

- ☐ 현재 부처별로 이원화되어 시행하고 있는 각 시설별 기준과 미세먼지 관련 대응 정책을 범정부 차원에서 통합화한 시설계획 기준으로 마련

- ☐ 건축계획, 설비, 환경, 시설 운영관리 등 다양한 분야의 협업을 통합적인 시설계획 기준을 마련

2. 연구범위 및 방법

1) 연구 대상 및 범위

□ 연구의 대상

- 미세먼지 민감군이 많이 이용하는 시설로 연구 대상을 설정

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 제23조(취약계층의 보호)에 따라 정부는 어린이·노인등 미세먼지로부터 취약한 계층의 건강을 보호하기 위하여 일정 농도 이상 시 야외단체활동 제한, 취약계층 활동공간 종사자에 대한 교육 등 취약계층의 보호대책을 마련하도록 규정하고 있다. 또한 동법 시행령 제14조(취약계층의 범위)에 따라 어린이·영유아·노인·임산부·호흡기질환자·심장질환자 등 미세먼지 노출에 민감한 계층을 규정하고 있다.

김동영 외(2019)의 연구에서는 민감군이 이용하는 시설의 현황을 살펴보았으며 전국의 시도별 민감계층의 이용시설 현황은 다음과 같다. [표1-2]에서처럼 민감군이 가장 많이 이용하는 시설은 학원, 어린이집, 학교, 유치원 순으로 나타났다. 공공시설 위주로 다시 고려해보았을 때 민감군이 가장 많이 이용하는 대표시설 군이 어린이집, 유치원, 학교임을 알 수가 있으며 이 시설은 미세먼지 6대 민감군 '영유아-어린이-고령자-임산부-호흡기질환-심혈관질환자'중 '영유아, 어린이, 학생'이주로 이용하는 시설이며 해당시설을 우선하여 연구대상으로 설정하였다.

어린이집, 유치원의 경우는 민간시설도 다수 존재하지만 공간복지측면에서 우선적으로 공공건축물로 한정하여 살펴보고자 한다.

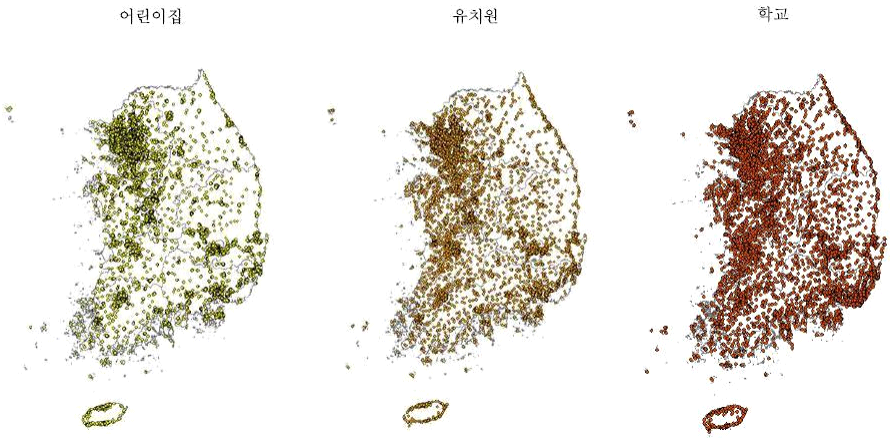
[표 1-2] 전국 시도별 민감군 이용시설 현황

(단위: 개소)

구분	합계	어린이집	유치원	학교	학원	노인 복지시설	산후 조리원	병원
전국	140,812	37,358	8,146	11,854	77,342	3,261	548	2,303
서울	23,523	6,164	867	1,302	14,490	194	143	363
부산	5,864	-	-	621	4,929	90	27	197
대구	6,700	1,453	372	446	4,158	101	26	144
인천	6,242	2,166	416	520	2,744	247	30	119
광주	2,127	1,240	300	312	79	8	188	
대전	5,962	1,504	269	300	3,725	81	14	69
울산	4,119	877	194	241	2,716	31	8	52

구분	합계	어린이집	유치원	학교	학원	노인 복지시설	산후 조리원	병원
세종	887	287	46	87	448	9	6	4
경기	38,083	11,205	2,015	2,390	20,861	1,027	163	422
강원	7,547	1,135	364	654	5,130	183	16	65
충북	2,226	1,176	320	481	176	11	62	
충남	4,085	1,847	498	726	747	185	16	66
전북	4,205	1,472	519	768	1,146	164	16	120
전남	5,777	1,229	517	865	2,823	202	11	130
경북	7,643	2,038	670	967	3,590	257	16	105
경남	13,430	3,039	665	979	8,355	179	29	184
제주	2,392	526	114	195	1,480	56	8	13

출처 : 김동영(2019, p.54)



[그림 1-3] 전국의 미세먼지 민감군 이용시설 분포 현황
출처 : 김동영(2019, p.57)

- 미세먼지 민감군이 시설과 관련하여 시설 이용자, 운영자, 관련분야 전문가를 대상으로 연구를 진행

본 연구에서는 실효성 있는 성과 도출을 위해 시설의 이용자, 운영자, 관련분야 전문가의 정책적 Needs를 균형감 있게 다루고자 한다. 시설 계획 기준연구이나 계획이나 설계 분야 전문가 집단을 대상으로 한 연구로 한정하지 않고 어린이집, 유치원, 초등학교 시설의 이용자(보호자)를 비롯하여 시설 운영·관리자, 전문가 집단의 수요 및 의견을 토대로 실효성 있는 연구를 추진하고자 한다. 연구의 진행에 있어서도 이용자, 시설 운영·관리자, 전문가 그룹별로 설문조사와 TF회의 등 결합하여 수행하고자 한다.

설문조사의 조사대상은 민감군, 시설 운영·관리자, 전문가 3개 그룹으로 구성하였으나, 민감군이 미성년자에 해당하여 설문은 해당 자녀를 둔 학부모를 대상으로 하였으며, 시설 운영·관리자의 경우 민감군 이용시설인 어린이집, 유치원, 초등학교의 교사를 대상으

로 진행한다. 전문가의 경우 건축계획 및 시공분야 전문가를 중심으로 하였으며 구조화된 설문지를 활용하여 온라인 조사를 실시한다.

[표 1-3] 설문조사 대상 그룹별 설문항목

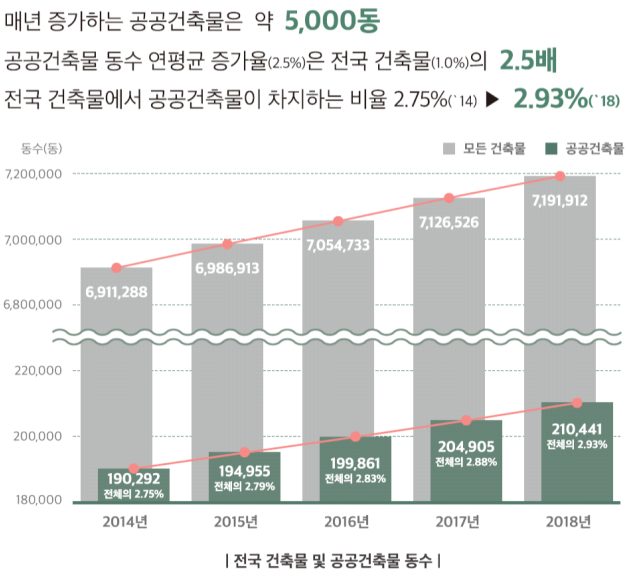
<table>
<tr><th></th><th>민감군
(448명)</th><th>시설 운영관리자
(350명)</th><th>전문가
(39명)</th></tr>
<tr><td>미세먼지 인지와 정책 참여</td><td colspan="2">미세먼지 위험성 인지율, 제도 및 정책 인지도, 평소 관심도, 심각성 정도 및 예상, 정부 감축 노력, 정책 만족도, 대응 매뉴얼 참여도</td><td></td></tr>
<tr><td>시설계획 기준의 필요성 및 중요도</td><td colspan="2">시설계획 기준의 필요성,
시설계획 기준 설정시 이용자 특성과 물리적 특성,
시설계획 기준 우선적용 공공건축물</td><td rowspan="2">시설계획 기준의 필요성·
이용자 특성 및 물리적 특성,
시설계획 기준 우선 적용 공공건축물,
간선도로 최소거리, 복층구조 식재,
옥외공기정화시설의 필요성,
벽면녹화 필요성, 오염공기 완충공간
필요·적정 면적·산정방식·비율,
청정구역 필요·우선적용·최소면적기준,
내부 영역구분 계획, 창호 등
자재성능기준, 환기설비 등 성능기준,
급배기구 위치 고려사항, 환기 및
공기정화시설 등</td></tr>
<tr><td>시설계획 기준의 세부사항</td><td>가장 안전한 장소,
청정구역 우선 적용 공간,
미세먼지 저감에 가장 효과적인 방법</td><td>실내공기질 현황 및 관리현황,
기계장비 환경 적정성,
가장 안전한 장소,
청정구역 우선 적용 공간</td></tr>
<tr><td>시설의 운영관리 방안</td><td>운영관리 실효성 제고 방안,
미세먼지 운영방식,
전담 운영관리 체계 적합성</td><td>운영관리 환경, 평소 미세먼지 및 실내공기질 관리 조치,
운영관리 실효성 제고 방안,
미세먼지 운영방식,
전담 운영관리 체계 적합성,
기관의 애로사항</td><td></td></tr>
</table>

출처 : 연구자 작성

- 기존에 조성하여 운영 중인 시설을 비롯하여 신축시설을 모두 포함하여 연구 대상을 설정

공공건축물 관련 통계에 따라 매년 신규로 설치하는 공공건축물 동수의 연평균 증가율은 2.5%로 전국의 건축물 증가율 1.0%에 비하면 높으나 전체 공공건축물 수에 비하면 차지하는 비율이 낮다. 그 중에서 과거에는 많이 조성되지 않았던 실내 어린이놀이시설 같은 경우를 제외하고는 대부분이 기 조성하여 운영중인 시설이 다수를 차지하고 있는 것으로 파악할 수 있다. 따라서 기존에 조성하여 운영하고 있는 시설의 보완(개보수)관련 기준을 비롯하여 신축시설의 계획 기준을 포괄적으로 고려할 필요가 있다. 이를 통해

건축물의 생애주기 차원에서 필요한 구체적인 계획 기준을 연구하고자 한다.



[그림 1-4] 전국 건축물 및 공공건축물 동수
출처 : 국가공공건축지원센터(2019, p.6)

□ 연구의 내용적 범위

- 조성 시 운영 관리 방안을 고려한 계획 기준을 제시하여 실효성 있는 정책 연구를 추진

미세먼지 회피 및 대응을 위해서는 시설에 대한 계획 기준도 필요하지만 누가 어떻게 운영 관리할지에 대한 부분도 함께 중요하게 고려하여야 한다. 따라서 운영주체, 관리의 효율성을 고려한 계획기준도 함께 고려하고자 한다.

- 건축물 실내공기질 관리, 미세먼지 저감 기술, 도시미시기후 관리 등 관련 분야 기술연구를 반영한 계획 기준 마련

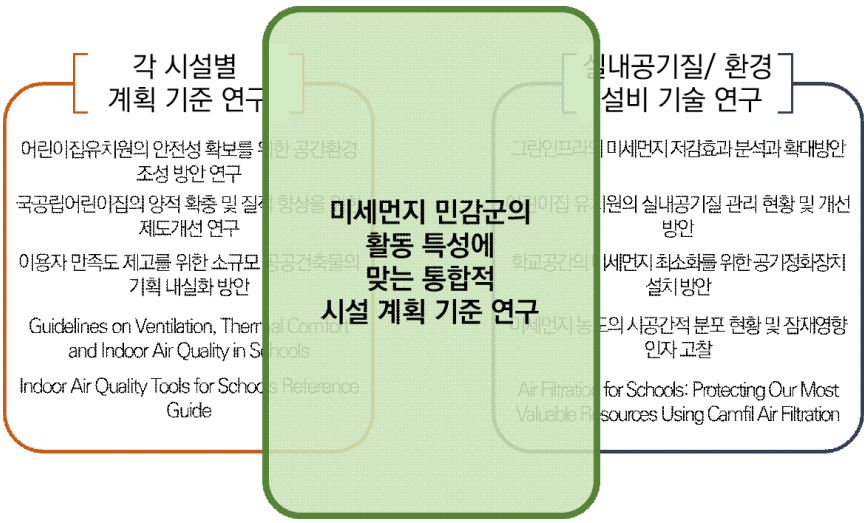
본 연구에서 설비 기술, 미세먼지 저감 장치나 도시기후 관리 기술 부분의 연구를 직접 다루지는 않지만. 미세먼지 민감군들이 공공건축물을 이용할 때 관련 기술이 적극 반영된 시설에서 활동할 수 있도록 관련분야 연구의 성과를 적극 반영 또는 활용하고자 한다. 이 밖에도 설비 관련 국내외 기술수준과 생산여건에 맞는 내용을 검토하여 현실성을 감안한 계획 기준을 제안하고자 한다.

- 어린이집, 유치원, 초등학교에서 발생하는 대표적인 활동인 교육·놀이활동 공간을 위한 계획 기준을 제시

영유아, 어린이 및 초등학생 등의 활동 특성을 반영하기 위해 대표적인 활동을 보육활동을 포함한 교육활동과 놀이활동으로 정하였으며 이 활동이 이루어지는 공간에 대한 계획 기준을 마련하고자 한다. 따라서 주요 공간인 보육실, 교실 이외도 공용공간이나 화장실, 유희실, 교사실, 급식실, 강당, 복도, 교구실 등 각 시설에 세부공간을 포괄하여 계획 기준의 검토 대상으로 한다.

- 연구의 위상

본 연구는 각 시설과 관련된 계획 기준 연구의 성과 및 실내공기질을 비롯한 환경·설비 기술 관련 연구의 성과를 함께 고려하여 미세먼지 민감군의 활동 특성에 맞는 통합적인 시설 계획 기준 연구를 수행하고자 한다.



[그림 1-5] 연구의 위상
출처 : 연구자 작성

2) 연구방법

본 연구의 주요 연구방법은 다음과 같다.

□ 문헌연구

- 관련 이론 및 선행연구 고찰

관련 이론과 선행연구 고찰을 통해 본 연구 만의 차별성을 도출하고 연구의 대상과 방법을 디자인하고자 한다.

- 국내·외 미세먼지 관련 법제도. 매뉴얼 및 지침 사례 분석

관련법 제도, 매뉴얼 및 지침 사례 분석을 통해 문제점 및 한계를 분석하고 보다 근본적인 차원에서 계획 기준을 제시하여 이러한 한계점을 개선할 수 있도록 한다,

- 미세먼지 대응관련 국내외 건축물 사례 조사 및 분석

국내외 기술 사례 조사 및 분석을 통해 국내외 기술 및 설비 생산 여건을 감안하여 계획 기준을 제시할 수 있도록 한다.

□ 현장조사 및 관계자 면담조사 실시

- 미세먼지 민감군 이용시설 현장조사 및 관계자 면담을 통한 문제점 도출

□ 미세먼지 민감군, 시설 관계자, 전문가 대상 설문조사 시행

- 미세먼지에 대한 인지정도와 정책에 대한 만족도를 분석
- 미세먼지 대응관련 시설의 필요성 및 계획 기준관련 수요 예측
- 시설 계획 기준 마련 시 세부 기준의 적정성 검토

설문조사 시행의 결과는 별도의 장 또는 절로 구성하지 않고, 연구의 전체 흐름을 고려하여 분산 배치하고자 한다. 2장에서는 민감군과 시설 운영관리자의 응답을 토대로 미세먼지 정책의 한계를 확인하고, 3장에서는 민감군 시설의 요구사항을 확인하고자 한다. 또한 4장의 시설계획 기준에 대한 전문가 의견을 통해서는 시설계획 기준의 필요성과 세부 기준에 대한 근거로 활용하고자 한다.

[표 1-4] 장별 구성과 설문조사 내용

구성		설문조사 내용	비고
2장	제도 현황 분석 및 문제점	미세먼지 대응 매뉴얼 이행	(민감군 및 시설 운영관리자) 미세먼지 대응 매뉴얼의 한계 분석 그룹간 차이 검토
		미세먼지 제도 및 정책 인지도	(민감군 및 시설 운영관리자) 미세먼지 제도 및 정책의 문제점 실증
		정책 만족도 및 평가	
3장	민감군 시설 현황	청정구역 요구도(우선순위) 분석	(민감군 및 시설 운영관리자) 민감군 시설별 청정구역 필요성 검토 및 요구사항 반영 근거 마련
4장	시설계획 기준 마련	시설계획 기준의 필요성 및 중요도 (기준 및 세부 내용)	(민감군 및 시설 운영관리자) 시설계획 기준 도출에 대한 전문가 의견 반영

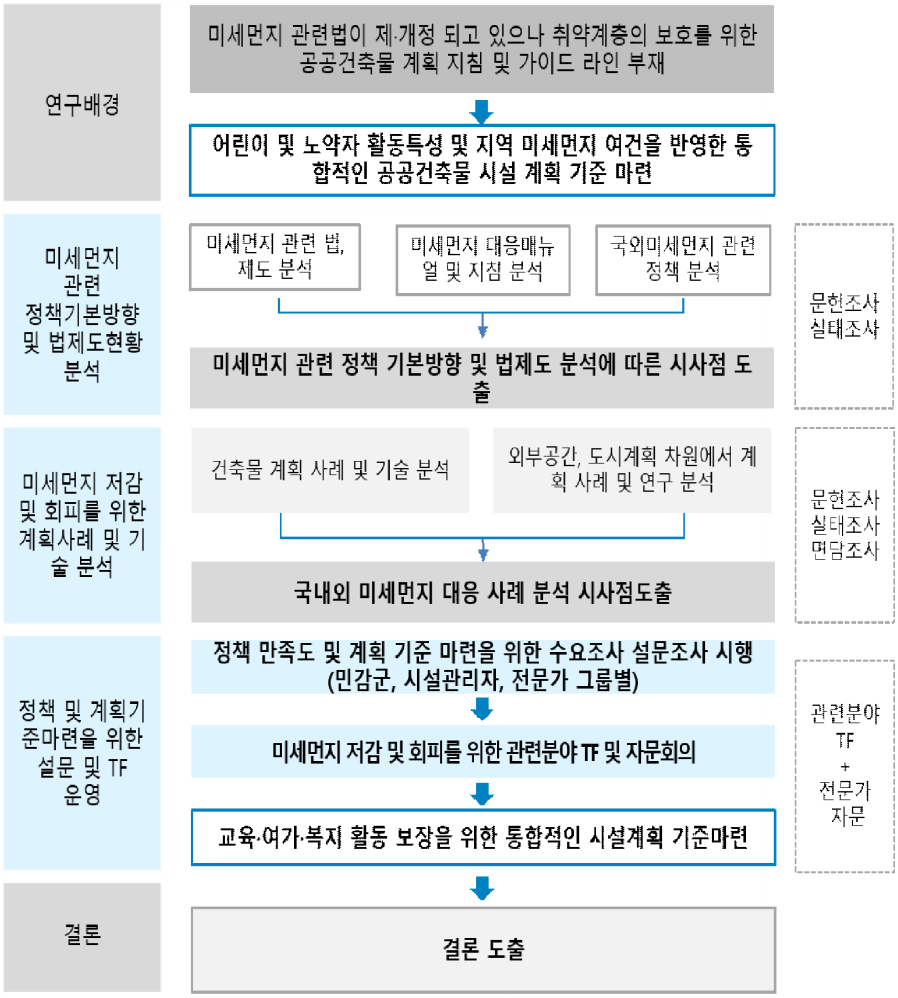
출처 : 연구자 작성

□ 미세먼지 민감군 관련 시설 계획 기준 마련을 위한 전문가 TF 및 자문회의 실시

- 건설기술연구원 + 토지주택연구원 + 한국교육개발원 등 관련 기관 전문가 업무협의회 구성·운영을 통해 협력적 연구 결과물 도출
- 연구 결과물 구체화 및 검증을 위한 관련분야 전문가 자문회의 실시
- 시설 계획 기준의 효과 예측을 위한 네트워크 시뮬레이션 실시

3) 연구수행과정

본 연구의 세부적인 연구수행과정 및 주요내용은 다음과 같다.



[그림 1-6] 연구수행과정
출처: 연구자 작성

3. 선행연구 검토

1) 관련 선행연구 검토

본 연구는 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 기준을 제시하는 연구로서 선행연구는 크게 시설 계획 기준 관련 연구, 미세먼지 저감 및 관리관련 연구, 정부부처의 통합기준관련 연구 3가지로 구분하여 검토하였다.

먼저, 미세먼지 취약계층을 위한 시설계획 기준관련 연구들은 대다수가 실내공기질에 초점이 맞추어져 있었으며, 사례를 중심으로 문제점을 도출하여 제도 개선 방안을 제시한 연구들이 수행되었다.

미세먼지 민감군인 어린이들이 주로 이용하는 어린이집의 확충 및 개선방안을 제안한 연구로서 김상호(2013)의 「국공립어린이집의 양적 확충 및 질적 향상을 위한 제도개선 연구」를 들 수 있다. 이 연구에서는 국공립어린이집의 양적 부족 문제와 질적 개선의 시급함을 개선하기 위하여 국내외 관련 법규정과 사업추진 현황을 분석하였으며, 건축설비에 대한 심층 분석도 병행하였다.

김상호 외(2015)의 「어린이집·유치원의 안전성 확보를 위한 공간환경 조성 방안」 연구에서는 국내·외 어린이집과 유치원의 안전관련 법제도를 검토하여 안전사고 발생현황 및 원인을 분석하였다. 안전사고 관련 현장조사를 실시하여 어린이집유치원의 공간환경에 대한 문제점을 도출하였으며, 안전사고 예방을 위한 가이드라인을 제시하였다.

앞서 살펴본 선행연구가 민감군 시설에 대한 공간단위의 확대나 안전성 향상에 초점이 맞춰져 있다면, 김호현 외(2017)의 「어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선방안」 연구는 미세먼지를 포함한 민감군 시설의 포괄적인 실내공기질 개선에 집중하였다. 민감군 시설의 실내공기질 관리 현황을 3가지(관리 현황, 친환경 인증제도, 환기설비 관리) 분야로 살펴보았으며, 이를 통해 실내공기질 관리를 위한 방향을 설정하였다.

박성철(2018)의 「학교공간의 미세먼지 최소화를 위한 공기정화장치 설치 방안」 연구는 미세먼지 민감군이 주로 이용하는 학교공간을 대상으로 다양한 공기정화장치의 개발 및 학교현장 도입에 기여하고자 시행되었다. 국외 학교 사례를 중심으로 공기정화장치 가이드안을 분석하고, 3가지 유형별(독립형·냉난방형·중앙집중형) 장·단점 분석을 통해 적용방안을 검토하였다. 이에 신설 학교에는 중앙집중형 공기정화장치를 적용하고, 특히 심각한 미세먼지 환경에 대응하기 위하여 기존 학교시설에는 독립형 공기정화장치의

보급에 있어서 이동형 공기청정기와 환기청정기의 혼합 설치를 통해 학교 맞춤형 설치 방안을 제시하였다. 이외에도 미사용 공기정화장치 비율을 고려하여 교육부의 안전사고예방 3개년 기본계획에 따른 원스톱 점검을 활용하는 한편, 실내체육공간에 공기정화장치 확충 시 지역별 미세먼지 발생 수준에 따른 차별화된 계획을 제안하였다.

다음으로, 미세먼지 저감 및 관리관련 연구들은 연구자별로 관점은 상이하였으나 미세먼지의 영향을 최소화하기 위한 관리 전략, 추진 체계, 시범사업 방안 등을 제안하고 있다. 특히, 미세먼지 관리를 위해서 지역 단위의 맞춤형 실행 수단을 중요하게 다루고 있는 것으로 나타났다. 김운수 외(2011)의 「서울시 고농도 미세먼지 오염현상의 원인분석 및 지역별 맞춤형 관리대책」 연구는 시민의 쾌적한 생활환경을 위하여 미세먼지 저감을 통해 대기질을 개선하고, 글로벌 도시로 진입하기 위한 지역 맞춤형 미세먼지 관리전략 마련을 목적으로 수행되었다. 서울시 지역별 미세먼지 배출요인 및 고농도 미세먼지 오염 현상 분석을 통하여 지역별 배출 특성을 도출하였고, 선진도시의 미세먼지 배출원 분류체계 및 관리대책의 원용 가능성을 분석하여 연구결과를 기반으로 지역별 맞춤형 미세먼지 관리전략 수립을 지원하고자 하였다.

채수미 외(2018)의 「미세먼지 대비 민감계층 찾아가는 케어서비스 구축」 연구는 미세먼지 민감계층을 대상으로 하는 미세먼지 대비 찾아가는 케어서비스 컨텐츠를 개발하고, 시범사업을 통해 지속가능한 방안 모색을 목적으로 수행되었다. 케어서비스 컨텐츠 개발을 통해 건강신념모형을 기반으로 한 교육용 슬라이드. 교육지도안, 배지를 교육 프로그램으로 구성하였으며, 도시와 농촌을 대상으로 시범사업을 진행하여 효과를 검증하였다. 이에 케어서비스는 민감군인 노인과 아동을 대상으로 하고, 보건 부문을 중심으로 타 분야와 민간 자원의 연계 고려, 전담 부서 및 인력 확충의 필요성을 제안하였다.

강현미 외(2019)의 「거주자 행태를 고려한 생활밀착형 미세먼지 대응방안 연구」 는 월경성 미세먼지를 포함하여 대기질 악화가 우려되는 행정중심복합도시를 대상으로 거주자 생활행태에 기반하여 실질적 미세먼지 해결방안 모색에 새로운 접근 방식을 제안하고자 하였다. 이를 위해 미세먼지 대응동향을 검토하고 설문조사를 통해 행복도시 거주자의 행태와 미세먼지 영향을 살펴보았으며, 제도적 개선방안으로 건축물과 가로, 시설물의 배치 및 형태 등을 규제·유도하는 지구단위계획 지침(가이드라인)을 제시하였다.

김동영 외(2019)의 「미세먼지 집중관리구역 지정제도 세부 시행방안 마련 연구」 는 미

세먼지 관리 제도 중 하나인 집중관리구역 지정을 위한 실제 절차와 방법 마련을 위해 수행되었다. 『미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행령』에서 미세먼지 집중관리구역의 지정 요건, 지원 사항, 지정 절차 등이 개략적으로는 정해져있으나 세부 사항이 부재하여 국내·외 정책 동향 검토하고, 집중관리구역의 지정, 해제, 관리 방법 등을 통해 집중관리구역 지정을 위한 가이드라인을 마련하였다.

마지막으로 본 연구에서 제안하고자 하는 미세먼지 민감군을 위한 시설 계획 기준이 실효성을 갖기 위해서는 '미세먼지 관리 종합계획(2020~2024)' 과 같이 관계부처가 합동으로 추진할 때 현실화 가능성이 높아질 수 있다. 따라서, 국가차원의 통합적 계획의 필요성과 함께 다부처사업의 문제점을 토대로 개선 방안을 제안한 연구들을 살펴보았다.

이종현 외(2012)의 「행정기관의 효율적인 협업시스템 도입 필요성에 관한 연구」는 민간기업과 선진국의 선행사례를 토대로 중앙부처, 지자체, 공공기관의 협업시스템 도입을 강조하였으며, 공무원을 대상으로 한 설문조사를 근거로 협업지원 정보시스템 도입 필요성을 주장하였다. 정책적 시사점으로 정책추진에 있어 최종보고서 형태의 결론만 남고 진행과정이 체계적으로 공유·기록되지 못하고 소멸되는 문제를 개선하기 위해서는 공유와 진행과정에 대한 시스템적 관리 및 필요한 정보의 실시간 제공할 수 있는 新(신) 행정업무 지원환경을 강조하였다.

김은정 외(2016)의 「부처간 협업조정 기능 강화 및 전략적 예산배분을 위한 다부처사업 운영체계 설계」는 부처간 산발적·경쟁적 사업추진으로 인한 비효율성을 개선하고자 기획된 R&D 분야의 다부처 사업을 대상으로 실효성 향상 및 효과성 제고를 위한 점검 차원에서 시작되었다. 다부처사업의 수행과정에서 나타나는 문제점을 분석하고자 해외 추진사례 및 국내 추진현황을 분석·진단하였으며, 협업·조정 및 전략적 예산배분 등 최적의 운영체계 마련을 위한 개선방안과 적용 가능한 가이드라인 제안을 목적으로 하였다. 이에 연구결과로 다부처사업의 관리방안으로 프로그램 관점의 접근과 운영주체의 공동 참여 관리모델을 수립하는 등 다양한 참여와 책임관리 가능한 거버너스 형태의 운영이 필요하며, 부처별로 상이한 관리규정 개정을 통한 예산편성의 통일화와 부처간 갈등을 사전에 조정할 수 있어야 함을 강조하였다.

2) 본 연구의 차별성

시설계획 관련 선행연구들은 민감군이 주로 이용하는 유치원, 어린이집, 학교를 대상으로 안전 주제로 시설계획 기준의 필요성과 대안으로서 제도화를 위한 방향 설정에 집중하였다. 하지만 미세먼지와 관련된 주제는 설비와 장비 중심으로 실내공기질 개선 측면에서 대안연구는 다수 존재하나 시설 계획 기준 측면에서는 부재한 상황이며 본 연구에서는 설비 기술 기준 중심이 아닌 계획적 측면에서 시설 기준에 집중하여 연구하고자한다.

미세먼지 저감 및 관리 관련 선행연구들은 상대적으로 지역 단위의 미세먼지 발생원을 제어하고 이에 대한저감 방안과 대응 전략 도출에 집중하였다. 따라서 행정구역 전역을 대상으로 하거나 건축물이외에 다양한 요인을 다루고 있어 본 연구에서와 같이 건축물 단위의 시설 계획 기준 내용이 제외되어 있다는 측면에서 연구 대상과 범위에 있어 차별성을 갖는다.

정부부처의 통합기준관련 선행연구들은 다부처사업의 R&D 분야에 특화되어 있으며 이런 측면에서 미세먼지를 주제로 한 대응매뉴얼과 종합관리계획은 존재하나 미세먼지 민감군 이용 시설에 대한 계획 기준은 다루지 않았다는 게 기존 연구와의 차이로 볼 수 있다. 또한 행정기관의 협업을 통한 개선방안 도출에 있어 설문조사를 활용한 방법이 다수를 차지하고 있다. 본 연구에서는 다부처간 관계자(전문가)의 협업·조정을 비롯하여 보다 긴밀한 논의를 통해서 결과를 도출하고자 한다. 따라서 연구 결과도출 방법에서도 차이를 가진다.

[표 1-5] 주요 선행연구 분석 및 선행연구와 차별성

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구	미세먼지 민감군 시설의 시설 계획기준 관련 연구	김상호(2013) 안심하고 양육할 수 있는 여건 조성을 위한 믿고 맡길 수 있는 어린이집 확대 지원	법제도 현황분석, 해외 선진 사례조사, 운영실태조사 및 면담	국공립어린이집 양적 확충방안(부지확보, 매입전환·기부채납 등, 설치지원 특별법) 및 질적 확충방안(기능개선 예산 15% 확대, 최소 시설기준 현실화, 적정 건설단가 정보제공, 국공립어린이집 디자인가이드라인 지침 공표 등) 제시
		김상호 외(2015) 안전한 어린이집·유치원 공간환경 조성을 위한 계획 초기단계의 가이드 마련을 목적	문헌연구, 현황분석, 가이드라인 제안	국내외 어린이집과 유치원의 안전관련 기준 검토 어린이집과 유치원의 안전사고 발생현황 및 원인 분석 어린이집과 유치원의 안전사고 예방을 위한 가이드라인 제시
		김호현 외2(2017) 국내외 실내공기질 관리제도 분석, 현행 제	문헌연구, 현황분석, 가이드라인 제	국내에서 실행되고 있는 실내공기질 관리 제도와 국외의 실내공기질 관리 사례를 분석, 현재 어린이집 및 유치원과 관련된 친환경 건축자

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
		도의 문제점을 파악하고 정책적으로 제안하여, 현재 시행되고 있는 체크리스트를 보완	안	재 및 친환경 건축물 인증제도, 공기청정제품 및 환기설비를 분석하여 현행 제도의 문제점을 파악하고 정책적으로 제안하여, 현재 시행되고 있는 체크리스트를 보완
		박성철 외(2018) 미세먼지 관련 법령과 해외 가이드라인을 토대로 공기정화장치 유형별 학교 시설에 적용방안을 독립형, 냉난방형, 중앙집중형으로 제시	법제도 현황 분석, 해외 선진 사례조사, 적용 방안 제안	중앙집중형 공기정확장치의 성능은 매우 우수하기 때문에 신설학교부터 적용하여 중·장기적으로는 기존학교까지 확대하는 방안을 수립할 필요 운영 점검을 통하여 학교현장에서 적정하게 사용될 수 있도록 컨설팅 체계를 갖추는 것이 필요 실내체육공간은 실질적인 수요를 파악하는 것이 우선이며, 전국적으로 미세먼지 발생 수준에 차이가 현저하기 때문에 차별화된 확충 계획이 필요
	미세먼지관리 및 저감 정책 연구	김운수 외(2011) 서울 지역별 미세먼지 배출요인 및 고농도 미세먼지 오염현상 분석을 통한 지역별 배출특성 도출 및 관리전략	문헌연구, 기초자료조사, 해외선진 사례조사, 통계분석	지역별 미세먼지 오염현상 진단 지역별 고농도 미세먼지 오염의 원인분석, 지역별 미세먼지 배출량 DB구축, 해외 도시의 미세먼지 배출원 분류체계 및 관리 대책, 서울시 지역별 맞춤형 미세먼지 관리 전략
		채수미 외(2018) 민감계층을 대상으로 케어서비스 컨텐츠를 개발하고, 시범사업을 실시하여 지속가능한 사업방안을 모색	국내외 기술현황 및 보건사업 검토, 사례조사 및 인터뷰, 시범사업 운영	교육 프로그램으로 교육용 슬라이드, 교육지도안, 평가표, 배지로 구성 교육용 슬라이드는 쉽게 이용할 수 있도록 최소한의 정보를 포함하고, 교육지도안은 노인과 아동을 별도로 개발 평가표는 교육 전·후 조사표로 구성하고, 교육대상자에게 배부해 가정에 부착할 수 있도록 제안
		강현미 외(2019) 생활밀착형 미세먼지 대응을 위하여 유동인구 빅데이터 분석, 거주자 설문조사, 민감계층 심층인터뷰를 진행하여 통합적인 환경친화적 마스터플랜 수립 제안	선행연구 고찰, 국내외 기술 및 사업사례 분석, 생활권별 공간구조 분석, 설문조사	지구단위계획수립지침상 구체적이고 명확한 환경친화적 마스터플랜 수립을 유도 시행지침에서 용도지역과 지구, 교통, 환경관리, 건축물에 연계될 수 있도록 수립 미세먼지 노출을 최소화하도록 기존에 환경부문으로 구분되어 별도로 제시되었던 지구단위계획 시행지침을 용지별 시행지침으로 통합하여 제안
		김동영 외(2019) 미세먼지 집중관리구역 지정을 위한 개념 정립을 시작으로 설정방법, 우선순위, 유형별 특성 등을 종합적으로 검토하고 대상시설 지원방안과 배출원 관리방안을 제안	국내외 유사 사례조사, gis 공간분석	집중관리지역 유형을 5가지로 구분하여 맞춤형 통합 대책을 제안 대상시설 지원방안으로는 노출 피해 최소화 대책을 중심으로 지정 지역과 미지정 지역의 차별성을 부각하고 민감군 시설을 우선 관리지원 대상시설로 검토 배출원 관리방안으로 구역 특성, 맞춤형 대응, 상시 및 고농도 대책의 차별적 접근 필요성을 피력
	부처별 통합 계획 기준 마련 연구	이종현 외(2012) 선행사례 연구와 공무원을 대상으로 한 설문조사를 근거로 협업시스템 도입 필요성에 대한 실증적 연구를 수행	문헌연구, 연구모델 검증, 상관관계 분석, 회귀분석 가설검증	정부부처 및 지자체, 공공기관의 시스템을 연계하여 필요한 정보를 실시간 제공 할 수 있는 新 행정업무 지원환경 구축이 필요 이를 활용하여 언제 어디서나 통합된 소통환경 지원으로 정부업무의 수행환경이 보다 기민한 정책 대응력과 신속한 정책 전달력을 확보
		김은정 외(2016) 다부처사업에 대해 국내외 추진현황을 분석한 결과를 바탕으로 다부처사업의 개선방향을 도출	문헌연구, 해외선진사례조사, 가이드라인 마련	미국, 영국, 독일, 일본의 다부처사업 추진사례를 분석하여 시사점을 도출하여 국내 다부처사업의 문제점과 이에 대한 개선방향을 도출하는데 필요한 이론적 기반 마련 다부처사업이 원래 의도했던 정책적 목표를 달성하기 위해서는 사업

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
			의 기획, 예산배분·조정, 집행, 평가에 해당하는 전 단계에 걸쳐 부족한 사항을 보완하고 개선이 가능한 환류시스템으로의 전환 요구
본 연구	미세먼지 설문조사와 전문가TF를 통한 시설 맞춤형으로 공공건축물의 시설계획 기준 연구	선행연구, 설문조사, 전문가TF, 범부처 정책제도 제안	영유아 및 어린이 등의 활동 특성 및 시설별 여건을 반영하여 맞춤형으로 미세먼지 민감군의 교육·여가 활동을 위한 시설 계획 기준을 마련

제2장 미세먼지 관련 제도 현황 분석 및 문제점 도출

1. 미세먼지 관련 정책 기본 방향 및 법제도 현황 분석
2. 국내 미세먼지 관련 대응 매뉴얼 시행 현황 및 한계 분석
3. 미세먼지 저감 지원 프로그램 현황 및 한계 분석
4. 미세먼지 정책 관련 인지도 및 만족도 분석
5. 소결

1. 미세먼지 관련 정책 기본 방향 및 법제도 현황 분석

1) 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024)

① 미세먼지 관리 종합계획 개요

미세먼지는 호흡기에 침착 또는 체내에 흡수되어 건강에 영향을 미친다. 특히 만성호흡기질환 등 기저질환자와 어린이·노인의 경우 보다 치명적인 영향을 끼친다. 또한, 미세먼지는 경제적으로도 직·간접 피해비용을 유발시킨다. OECD는 초미세먼지 등 대기오염으로 인한 우리나라의 2060년 GDP 감소 등 경제적 피해비용을 OECD 국가 중 1위로 분석하였다. 뿐만 아니라 다양한 연구에서 건강영향, 생산 활동 제약 등으로 연간 1조에서 4조 가량의 피해가 발생하는 것으로 추정하였다.

이에 따라 '17년 5월 문재인 정부는 '22년까지 11.6만 톤('14년 배출량 기준 35.8%) 감축을 목표로 미세먼지 해결을 최우선 과제로 설정하고 관계부처 합동으로 두 차례 대책을 수립하였다. 결과적으로 연평균 농도는 소폭 개선되었다. 하지만 국민의 체감도는 미흡하여 전방위적 대응 계획에 상응하는 실행력 확보가 필요하다. 부문별로 적극 과제를 발굴하되, 우선순위를 고려할 필요가 있다.

또한 정부는 향후 5년간의 미세먼지 저감 및 관리 정책방향과 추진과제를 제시하는 미세먼지 관리 종합계획을 수립하였다. 이를 통해 별도 행정 계획이었던 기존 대책에 비해 보다 강력한 국가·행정기관 구속력을 확보하였다. 이는 기본적으로 전국을 대상으로 하나, 계획에 포함된 주요 사업은 지역별 오염수준, 배출량 및 배출원 구성 등을 고려하여 추진될 예정이다.

[표 2-1] 미세먼지 관리 종합계획 분야별 추진과제

분야		분야별 추진과제
국내 배출량 감축	산업 부문	• 미세먼지 다량배출지역을 대기관리권역으로 엄격 관리 • 사업장 오염물질 배출기준 강화 및 관리체계 재정비 • 사업장 배출관리 실태 감시·단속 강화 • 사업장 환경관리 강화를 위한 지원 확대
	도로 수송 부문	• 노후 경유차 퇴출 가속화 • 경유차 검사·관리 강화 • 신규 경유차 수요 억제 • 저공해차 보급 확대 • 대중교통 편의 증진 및 교통수요 관리 강화
	비도로 수송 부문	• 선박 배출 미세먼지 저감 • 항만 미세먼지 감축 • 건설·농업기계 관리 강화 • 공항 미세먼지 저감 추진
	발전부문	• 석탄화력 미세먼지 저감 추진 • 친환경 에너지 전환 및 사각지대 관리 강화
	농업 및 생활부문	• 농업·농촌분야 미세먼지 저감 • **도심 미세먼지 저감** – 도심 속 미세먼지 발생원 저감 – 소규모 배출원 관리 등 사각지대 관리 – 도심 내 Eco-인프라 확충 및 '생활권 숲 조성·관리
국민건강 보호		– 고농도 초미세먼지 재난 대응체계 구축 – 미세먼지 고농도 시기 계절관리제 시행 – 민감·취약계층 건강보호 기반 강화 – 민감·취약계층 건강보호 현장 이행점검 강화 – 실내공기질 관리 강화
국제 공동대응		– 대기오염물질 오염배출원에 대한 과학적 원인규명 노력 지속 – 한·중 양자협력 및 공동대응 역량 강화 – 동북아시아 및 국제사회와의 공조 노력 강화
정책기반 강화		– 미세먼지 측정·예보 고도화 – 미세먼지 배출량 정보 통계 개선 및 원인규명 강화 – 미세먼지 대응력 제고를 위한 R&D 강화 – 미세먼지 저감 신기술·제품 초기 판로 제공 및 인증체계 마련
소통·홍보		– **취약·특정계층 대상 교육 확대** – 정보가 부족한 일반국민 대상, 대국민 홍보접점 확대 – 참여의지가 높은 일반국민 대상, 다양한 참여·체험 프로그램 시행

출처 : 관계부처합동(2019, pp.34-89)

② 주요내용

□ 국내 배출량 감축/농업 및 생활부문

- 도시 미세먼지 저감

공공건축물을 대상으로 한 내용에는 옥상 소생태계, 그린인테리어 조성하여 건축물 에너지효율 증대 및 도시 열섬효과를 저감시키는 계획을 포함하고 있다.

국립산림과학원에 따르면, 도시 숲은 일반 도심과 비교하면 평균적으로 미세먼지 농도가 25.6%, 초미세먼지는 40.9% 낮다. 1ha의 숲은 대기 중 미세먼지 등 오염물질을 연간 168kg 줄이는데 효과가 있다. 도시 숲이 있는 지역은 한 여름 평균 기온을 3~7℃ 낮추고, 습도는 9~23% 올려 도심 열섬현상을 완화한다(김동언 2020, 4월 2일 기사). 대전 서구청은 2019년에 환경부의 도시 소생태계 조성사업의 일환으로 '서구청 옥상 소생태계 조성사업'을 추진했으며, 총 4억 원의 예산이 투입되었다. 1,710㎡ 규모에 조성된 옥상 생태 공간에는 생태연못, 어린이 텃밭 교실, 데크 쉼터 등이 조성되었다. 사방이 트인 대신 지붕으로 햇볕과 비를 가릴 수 있으며, 벤치 등이 마련된 '퍼걸러'를 조성해 자연학습 공간 겸 휴식 공간으로 활용할 수 있게 했다. 또한 빗물 재이용 공간을 도입하고, 곳곳에 먹이식물을 심어 나비와 새가 모여들 수 있는 진정한 생태 공간을 마련했다. 도시 소생태계 조성사업으로 도심의 생태 복원과 생태 축 연결에 큰 활력을 불어넣을 것으로 전망하고 있다(박기봉 2019, 11월 21일 기사).

[그림 2-1] 화순군 미세먼지 차단 숲
출처 : 김동언(2020, 4월 2일 기사)

[그림 2-2] 포항 생활밀착형 숲
출처 : 양승복(2019, 11월 5일 기사)

또한, 도시 바람길 숲, 미세먼지 차단 숲, 생활밀착형 숲 조성 등 생활권 숲을 확충시켜 미세먼지 저감 및 조기 분산을 시키고자 한다.

대구시는 2020년 1455억 원을 들여 시민 생활권 주변에 도시 숲과 공원을 조성하는 등

친환경 녹색공간을 확대했다. 두류공원 일대에 대구 대표 숲과 힐링 숲 등 8만㎡를 조성하고 도시 외관의 신선한 공기를 도심으로 끌어오기 위해 바람길 숲을 함께 만들었다. 북구 노원동 3공단과 달성군 국가산업단지 주변에는 대기오염물질 저감을 위한 미세먼지 차단 숲을 조성했다(김병진 2020, 2월 14일 기사).

□ 국민건강 보호

- 민감·취약계층 건강보호 기반 강화

상시 국민 건강 보호를 위한 인프라 확대, 실내 공기질 관리 개선 및 홍보·교육을 실시하고 철저한 이행점검으로 국민의 안심을 도모하고자 한다. 이러한 측면에서 전국 모든 유치원과 각급 학교에 공기정화설비를 설치하고 영유아·노인·장애인 등 민감 계층 생활·이용시설 대상 설비 지원을 확대하고 있다.

경산교육지원청은 공기정화장치 시범사업 이후로, 건강이 취약한 유치원생 및 초등학생 교실 전체에 공기청정기 임대료 총 1억 6천만 원의 예산을 투입하여, 총 596대를 설치하였다(강을호 2019, 5월 1일 기사). 세종시교육청 또한 고농도 미세먼지 종합대책의 하나로 학교 일반·특별 교실과 관리실에 공기정화장치 설치를 마쳤다(조성민, 2019, 11월 22일 기사).

또한 어린이집·학교 인근 도시대기 측정망 확충 및 이동측정 차량 운영으로 미세먼지 측정 인프라를 확대하고 있다.

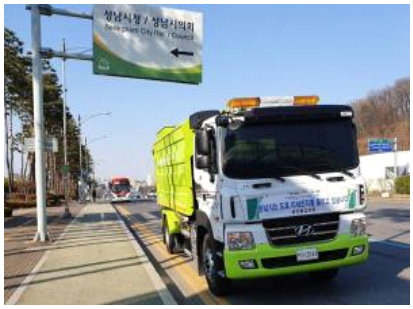
경북도 보건환경연구원이 도내 23개 모든 시군에 도시대기측정망을 확대 운영한다. 이에 따라 그동안의 대기오염 측정소 미설치 지역에 대한 정확한 대기오염 자료 제공 미흡, 노인 및 어린이 등 건강취약 계층 미세먼지 노출 우려, 이들 지역에 대한 행정 서비스 소외 등의 문제점이 해소될 것으로 기대하고 있다(류상현 2020, 3월 18일 기사).

이밖에도 어린이·노인 등 취약계층 이용시설 밀집지역을 집중관리구역으로 지정하여 도로청소차 운행 확대, 통학차량 LPG차 교체 등 각종 지원을 최우선으로 시행할 계획이다.

오산시는 취약계층 집중 거주지역의 미세먼지 저감을 위해 원동·오산동 일원을 '미세먼지 집중관리구역'으로 선정했다. 미세먼지 저감 사업으로 집중관리구역 도로를 대상으로 진공흡입청소, 도로 살수를 집중 운영하고 친환경보일러 교체 및 어린이 통합차량 친환경차 전환을 우선 지원한다. 또한, 미세먼지 마스크 자판기, 미세먼지 쉘터 설치도 추

진할 계획이며 소규모 사업장을 대상으로 노후 대기오염물질 방지시설 개선비용을 지원하고 전담 단속원이 미세먼지 발생 공장 및 공사장을 상시 순찰해 대기오염물질 배출이 줄어들도록 유도해 나갈 계획이다(신창균 2020, 5월 12일 기사). 마지막으로 저소득층 및 취약계층 대상 미세먼지 마스크도 지원할 예정이다. 이에 충주시는 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행령에 따라 취약계층 보호를 위해 미세먼지 마스크를 지원했다(조재광 2019, 12월 23일 기사).

[그림 2-3] 공기정화장치 설치
출처 : 강을호(2019, 5월 1일 기사)



[그림 2-4] 살수·분진흡입청소 차량 상시 운행
출처 : 이강철(2020, 5월 11일 기사)

- 실내공기질 관리 강화

연면적 1,000㎡ 이상인 노인요양시설, 소규모 영화관 및 30세대 이상 신축 공동주택까지 대상 범위를 확대하고, 30세대 미만 공동주택 및 단독주택은 설치를 권장하는 것으로 환기설비 의무설치 시설범위를 확대한다. 또한, 공동주택 40%에서 60%로, 다중이용시설 기준 없음에서 60%로 실내 유입 미세먼지 차단율을 향상시키고 정화설비의 성능기준 및 필터규격을 표준화 시켰다.

지하역사의 노후 환기설비 교체 및 공기청정기를 설치하고, 초미세먼지 측정결과를 실시간 공개 등으로 대중교통의 이용환경 개선을 추진한다. 또한, 학원, 대규모 점포 등 다중이용시설 중 실내공기질 관리가 우수한 시설에 인증을 부여하고 다양한 인센티브를 제공하여 시설 소유자가 자율적으로 실내공기질을 관리하도록 유도할 계획이다.

서울시는 2020년 1월에 어린이집과 도서관 등 다중이용시설 399개소를 실내공기질 관리 우수시설로 선정했다. 실내공기질 관리 우수시설 인증시설에는 서울시가 인증마크를 부착해주고 서울시 실내환경관리시스템 홈페이지에 인증시설을 게재해 시설을 홍보해준다. 또한 인증기간(2년) 보건환경연구원 오염도검사 면제, 연1회 법정 실내공기질

자가측정을 지원받을 수 있다(여인규 2020, 2월 2일 기사).

이밖에도 대중교통차량 내 초미세먼지 권고기준을 일반다중시설 수준으로 신설하고 현행 실내공기질 조정협의체를 격상하고 부처별·지자체별 실내공기질 관련 반기별 1회 이상 추진상황 점검을 실시 할 예정이다.

[그림 2-5] 대전도시철도 역사 내 공기정화장치

출처 : 조명휘(2020, 4월 29일 기사)

[그림 2-6] 서울 지하철 5호선 미세먼지 측정기

출처 : 김수현(2020, 2월 4일 기사)

□ 소통·홍보

- 취약·특정계층 대상 교육 확대(다가가는 소통)

학교 미세먼지 교육역량 강화 및 인식을 제고하기 위해 학교 교원 직무연수 및 교육청 환경·보건 교육 담당자 직무연수 시 미세먼지 교육을 추진할 예정이다. 또한 17개 시·도 교육청과 협력, 미세먼지 주제를 중심으로 교사연수 프로그램을 개발·보급하여 교사의 전문성을 향상시키고 환경교육 모범학교 지정을 확대하고 우수사례를 전파·확산시킬 예정이며 생애주기별 수요자 맞춤형 교육을 통해 미세먼지 예방 및 대응을 강화하고자 한다.

[표 2-2] 생애주기별 수요자 맞춤형 교육 과제

구분	주요 과제
유아	누리과정 연계 유아환경교육관 운영 활성화
초·중등	푸름이 이동환경교실 운영 및 자유학기제 연계 창의적 환경체험 프로그램 및 환경동아리 운영 내실화
대학·일반	대학 교양교재 개발 및 강좌 개설, 국가·지자체·교육단체·기관간 네트워크 구축 및 종교·사회단체 협력으로 시민참여 및 실천 확산

출처: 관계부처합동(2019, p.86)

대구지방환경청과 대구 지역의 대형맘카페인 대구맘2003은 미세먼지 계절관리제 등

정책홍보와 생활 속 미세먼지 줄이기 동참 협조를 위한 업무협약을 체결했다. 맘카페의 홍보 자원을 활용해 대구지방환경청에서 추진 중인 미세먼지 정책 홍보에 대한 협업체계를 구축했다(박종률 2019, 12월 26일 기사). 카페 내에 환경만화, OX퀴즈, 미세먼지 강의, 행동요령 송 등을 통하여 유아, 학생 등 미세먼지 대응·홍보자료를 제공하고 관련 정보 공유 등을 수행하였다.

- 정보가 부족한 일반국민 대상, 대국민 홍보접점 확대(One-Stop 소통)

생활 속 미세먼지 대처요령, 주요 대책 등 다양한 홍보 콘텐츠를 제작하여 국민 실생활 속 친숙한 매체인 온라인 포털·방송, 방송·언론 광고, KTX·엘리베이터 내 모니터 표출 등을 이용하여 홍보할 예정이다.

③ 시사점

미세먼지에 대한 종합적인 대책으로서 추진되고 있는 미세먼지 관리 종합계획에서는 배출량 감소, 국민건강과 관련한 계절별, 실내공기질에 대한 관리, 국제협력, 그리고 미세먼지에 대한 소통의 4개 분야로 추진되고 있다. 본 연구와 연계하여서는 추진과제 중 '실내공기질 관리 강화'가 연계성을 가진다.

실내공기질 강화를 위하여, 환기설비 의무설치 범위를 연면적 1,000㎡ 이상인 노인요양시설, 소규모 영화관 및 30세대 이상 신축 공동주택까지 확대하였으며 실내유입미세먼지 차단율을 공동주택은 40%에서 60%로, 다중이용시설은 없었던 기준을 60% 설정하였으며 정화설비의 성능기준 및 필터규격을 표준화 시켰다.

2) 실내공기질 관리 기본계획(2020~2024)

① 실내공기질 관리 기본계획 개요

2004년부터 수립되어 온 계획으로 2020년 현재 제4차 실내공기질 관리 기본계획이 수립되어 운영되고 있다.

- 법정 중기계획 및 실내공기질 관리에 관한 국기 기본계획

「실내공기질 관리법」에 따라 수립되는 법정계획으로, 관계 중앙행정기관의 장과 협의·수립한다. 5개년('20~'24) 동안의 실내공기질 관리 비전 및 정책목표를 제시하는 중기계획이다. 「실내공기질 관리법」은 물론 각 개별법에 의한 대상시설까지 고려하여 기본

방향 제시한다. 기본계획에 따라 관계 중앙행정기관은 소관업무별로, 시·도는 해당지역별로 세부 시행계획 수립·시행한다. 또한, 실내공기질 관리의 목표, 추진방향, 관리여건 및 현황, 부문별 세부대책 등을 포괄하는 종합계획이다.

- 국민건강 보호를 위한 구체적 실천계획

「환경보건종합계획」과 연계하여 실내공기질 관리 정책방향 및 세부 추진계획 등을 제시한다. 또한, 국민이 실생활에서 체감할 수 있는 구체적인 세부 실행방안을 제시하는 실천계획이다.

② 추진체계 및 관리목표

□ 추진체계

'2024년 실내공기질 관리기준 준수율 100%달성'이라는 목표를 위하여 3개 추진전략을 제시하였다. 첫째, 공간별 맞춤형 실내공기질 관리는 시설별 이용패턴, 오염원 종류 및 노출특성 등을 고려하여 각 공간의 특성을 반영한 실내공기질 관리체계로 전환하는 것을 제안하였다. 둘째, 건강민감계층 및 사회적·경제적 취약계층 보호는 어린이, 학생, 어르신 등 건강민감계층과 함께 사회적·경제적 취약계층의 환경권 보장을 위한 중앙과 지방정부의 책무를 이행하는 것을 명시하였다. 셋째, 국민생활 밀착형 정책 발굴·시행이다.

4개의 핵심분야-'다중이용시설 공기질 관리수준 향상', '쾌적한 대중교통 이용환경 조성', '공동주택 거주환경 개선', '관리기반강화'와 15개 중점과제가 제안되었다.

□ 관리목표

다중이용시설, 대중교통차량, 공동주택, 관리기반 강화 등과 관련하여서 구체적인 각 지표별 목표치를 제시하고 있다. 제4차 실내공기질 관리 기본계획에서는 2018년 대비 24년도 목표연도에 대한 구체적인 수치를 제시하였다.

[표 2-3] 제4차 실내공기질 관리 기본계획 중 2024년 관리목표

구분		'18년도	'24년도
[다중이용시설]	PM10 평균농도	42.6㎍/㎥	35.0㎍/㎥
	· 미세먼지 유지기준 준수율	99.7% (PM10)	100% (PM2.5·PM10)
	· 지자체 지도·점검율	4.9%	15%
[대중교통차량]	· PM2.5 평균농도	-	35.0㎍/㎥
	· 대중교통차량 측정망 설치율	-	10%

구분		'18년도	'24년도
[공동주택]	· 폼알데하이드 평균농도	34.8㎍/㎥	30.0㎍/㎥
	· 라돈 평균농도	-	-100Bq/㎥
[관리기반 강화]	· 실내공기 안심시설 인증	22개소	200개소
	· 실내환경관리센터 운영	-	10개소
	· 공기질 진단· 개선 컨설팅 대상시설	100개소	300개소

출처: 관계부처 합동(2020, p.16)

③ 부문별 중점 추진과제

부문별 중점 추진과제 중 본 연구와 주요한 관련 있는 핵심분야 1'다중이용시설 공기질 관리수준 향상'의 추진과제를 살펴보았다.

□ 어린이집, 학교 등 민감계층 이용시설 관리

어린이, 학생 등 민감계층 이용시설에 대한 공기정화설비 설치 확대 및 사후관리 강화와 관련하여서는 대규모 시설 내 공기정화 설비를 확대 설치가 추진된다. 또한, 어린이집, 노인요양시설, 학교 등을 대상으로 공기정화설비 필터 관리 등에 대한 점검을 지자체와 교육청이 실시하도록 한다. 또한, 민감계층 이용시설 대상 실내공기질 진단·개선 컨설팅을 확대와 관련하여서는 현장 방문 및 컨설팅을 진행하고 민감시설 군별 '공기질 관리 가이드라인'을 개발하여 보급하는 것을 제안하고 있다.

□ 환기설비 이용 실효성 제고

다중이용시설의 환기설비 설치·관리 의무를 강화와 관련하여서 「건축법」상의 환기설비 의무설치 대상 시설을 확대하여 「실내공기질 관리법」과 정합성을 확보한다. 또한, 쾌적한 실내공기질 확보 및 건강한 생활환경 조성을 위해 환기설비 성능기준을 신설하고 강화하는 것을 추진한다.

□ 자율적 실내공기질 관리체계 구축

(가칭)실내공기질 안심시설 인증제도를 도입하고 활성화를 지원한다. 이를 위한 법적 근거로 「실내공기질 관리법」개정을 추진한다.

□ 실내공기질 관리기준 합리화

시군구별 관리기준 재조정 및 측정의무 차등화를 위하여 인체 위해성, 저감 가능성 등을 고려한 관리기준 재조정 방안을 도출하고 시설군별 특성을 고려한 실내오염물질 관리 우선순위를 설정하고 불필요한 측정비용 부담을 완화방안을 마련한다.

[표 2-4] 제4차 실내공기질 관리 기본계획 중점과제 관계부처

핵심분야	중점과제	관계부처
다중이용시설 공기질 관리수준 향상	어린이집, 학교 등 민간계층 이용시설 관리	교육부,복지부,환경부
	환기설비 이용 실효성 제고	국토부
	자율적 실내공기질 관리체계 구축	환경부
	실내공기질 관리기준 합리화	환경부
쾌적한 대중교통 이용환경 조성	지하역사 공기질 개선사업 추진	환경부, 국토부
	대중교통 공기질 관리 사각지대 해소	환경부, 국토부
	IoT 기반 공기질 모니터링 확대	환경부, 국토부
	차량 제작단계 관리 강화	환경부, 국토부
공동주택 거주환경 개선	라돈 관리 강화	환경부,국토부,원안위
	신축공동주택 공기질 측정·관리 내실화	환경부, 국토부
	일반가정 주거환경 개선 지원 확대	환경부, 국토부
관리기반 강화	실내환경관리센터 중점 육성	환경부
	조사·연구 및 기술개발 활성화	환경부,국토부,과기정통부
	실내공기질 지도·점검 내실화	환경부
	교육·홍보 및 민-관 소통 강화	환경부

출처: 관계부처 합동(2020, p.36)

3) 미세먼지 관련 법제도 개정 현황 분석

① 개요

올해 2020년 3월, 「대기관리권역법」, 「실내공기질 관리법 시행령, 시행규칙」개정이 시행되면서, 미세먼지 8법이 시행에 들어갔다. 미세먼지 8법이란, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」, 「대기환경보전법」, 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」, 「실내공기질 관리법」, 「학교보건법」, 「재난 및 안전관리 기본법」, 「액화석유가스(LPG)의 안전관리 및 사업법」, 「항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법」이다.

[표 2-5] 미세먼지 관련 주요 법령

법령	시행시기	주요내용	소관부처
실내공기질 관리법	2020.4	법적용 다중이용시설 대상 확대, 실내공기질 실태조사 및 결과공표 의무화, 취약계층 이용시설에 강화된 실내기준 적용, 대중교통차량 공기질 측량 의무화 및 관리 강화, 유기기준 초과 시설·주택의 검사결과 공개, 지하역사 실내공기질 측정기기 부착 의무화	환경부
대기환경보전법	2020.4	대기오염물질 측정결과(TMS)실시간 공개, 자동	환경부

법령	시행시기	주요내용	소관부처
		차 배출가스 저감장치 성능저하 금지, 자동차 제작자 및 판매자의 저공해자동차 보급목표 설정	
대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법	2020.4	대기관리권역 확대(수도권->전국), 대기관리권역 내 사업장총량제 실시, TMS부착 의무화, 어린이통학버스 및 소형택배화물차 경유차량 사용금지	환경부
항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법	2020.1	항만지역등 대기질 개선 종합계획 수립, 황산화물 배출규제해역 및 저속운항해역 지정, 친환경 항만인프라(육상정원공급설비 등) 구축	해양수산부
학교보건법	2019.7	교실 내 공기정화설비 및 미세먼지측정기 설치 의무화 등	교육부
미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법	2019.3	국가미세먼지정보센터 설치 근거 강화, 연구 관리센터 지정근거 신설	환경부
재난 및 안전관리 기본법	2019.3	미세먼지를 사회재난에 포함	행정안전부
액화석유가스(LPG)의 안전관리 및 사업법	2019.3	LPG차량 사용제한 전면 완화	산업통상자원부

출처: 박명민(2020, 4월 3일 기사)

② 주요내용

본 연구와 관련하여서 주요한 법령은 「실내공기질 관리법」, 「학교보건법」이다. 최근에 개정된 법령을 중심으로 주요내용을 살펴보면 다음과 같다.

□ 실내공기질 관리법 (2020.4.3.시행)

- 법적용 다중이용시설 대상 확대(제3조)

법령에서는 기존에 어린이집 중 국공립어린이집, 법인어린이집, 직장어린이집 및 민간어린이집에서 '가정어린이집', '협동어린이집' 등이 추가되었고, 「어린이놀이시설 안전관리법」에 따른 '실내어린이 놀이시설'이 추가되었다.

- 지하역사 실내공기질 측정기기 부착 의무화(제4조의 7)

지하역사의 실내공기질 측정기기 부착을 의무화하고, 측정기기로 측정한 결과를 공개하도록 하며, 환경부령으로 정하는 기준에 따라 측정기기를 운영·관리하도록 하고, 이를 위반하는 경우 500만 원 이하의 과태료를 부과하도록 하였다.

- 취약계층 이용시설에 강화된 실내기준 적용(제5조제2항)

어린이, 노인, 임산부 등 오염물질에 노출될 경우 건강피해 우려가 큰 취약계층이 주로

이용하는 다중이용시설로서 대통령령으로 정하는 시설과 미세먼지 등 대통령령으로 정하는 오염물질에 대하여는 더욱 엄격한 공기질 유지기준을 정하도록 하였다. 오염물질은 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 폼알데하이드로 시행령에서 정의하였다.

- 실내공기질 실태조사 및 결과공표 의무화(제4조5 제1항)

기본계획과 시행계획을 수립 및 시행하는 과정에서 기존에 '필요하면 실내공기질 관리에 관한 실태조사를 실시할 수 있다"고 하였으나 "실내공기질 관리에 관한 실태조사를 실시하여야 한다"로 실태조사를 의무화하였다. 또한, 실태조사를 결과에 대해서도 "공표할 수 있다"를 "공표하여야 한다"로 의무화하였다.

- 유기기준 초과 시설·주택의 검사결과 공개(제13조 제7항)

환경부장관과 시 · 도지사 또는 시장 · 군수 · 구청장이 오염도검사 결과 실내공기질 유지기준을 초과한 시설에 관한 내용을 공개하도록 하였다.

□ 학교보건법 (2019.7 시행)

- 공기 질 점검 시 학교운영위원회 위원, 학부모 참관 요청(제4조의 제2항)

환경위생 점검을 위한 공기 질 점검 시 학교운영위원회 위원 또는 학부모가 참관을 요청하는 경우에는 이를 허용하여야 한다.

- 학교위생 및 식품위생 점검 결과 및 보완조치 공개(제4조의 6)

환경위생 및 식품위생 점검 결과 및 보완 조치를 학교의 인터넷 홈페이지 또는 교육부장관이 운영하는 공시 관련 홈페이지를 통하여 공개하도록 한다.

- 공기 질의 위생점검 실시(제4조의 2)

학교의 장은 공기 질의 위생점검을 상 · 하반기별 1회 이상 실시하여야 하고, 공기의 질을 측정하는 장비에 대하여 매년 1회 이상 정기적으로 점검을 실시하도록 한다.

- 공기정화 설비 및 미세먼지 측정 기기 설치(제4조의 3, 제18조)

학교(「고등교육법」 제2조에 따른 학교는 제외한다)의 장은 교사 안에서의 공기 질 관리를 위하여 교육부령으로 정하는 바에 따라 각 교실에 공기를 정화하는 설비 및 미세먼지를 측정하는 기기를 설치하도록 하고, 국가 및 지방자치단체는 경비의 전부 또는 일부를 보조하도록 한다.

③ 시사점

미세먼지와 관련한 법령은 다양하게 실행되고 있으나, 본 연구와 관련한 「실내공기질 관리법」, 「학교보건법」을 살펴보았다. 최근 동향으로는 실내공기질에 대한 대상이 확대되어 어린이집, 실내어린이 놀이시설이 대상으로 포함되었다. 오염물질인 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$), 폼알데하이드 취약계층 이용시설에 강화된 실내기준 적용되고 있다. 학교보건법 상에는 공기 질 관리를 위한 학부모 참여와 위생점검, 공기조화 설비 및 미세먼지 측정 설치가 의무화되어 있는 상황이다.

2. 국내 미세먼지 관련 대응 매뉴얼 시행 현황 및 한계 분석

1) 통합 고농도 미세먼지 대응매뉴얼 분석

① 개요

□ 추진배경

본 매뉴얼은 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 제18조(고농도 미세먼지 비상저감조치) 및 제23조(취약계층의 보호), 「대기환경보전법」 제7조의2(대기오염도 예측·발표) 및 제8조(대기오염에 대한경보)등을 근거로 「고농도 미세먼지」 발생 시 어린이 등 취약계층보호를 위한 대응지침서로서 범정부적 대응(고농도 미세먼지 예보, 경보 발령·해제), 업무수행 체계, 부처·기관별 임무와 역할, 협조관계 등을 규정하고 있다(환경부 2019, p.2).

□ 매뉴얼 적용 기본원칙

본 매뉴얼에서 관련된 모든 관계자는 규정하고 있는 절차와 내용에 따라 고농도 미세먼지 발생상황에 대응하도록 하고 있다. 또한 고농도 미세먼지 발생이 예상되거나 발생하는 경우 영유아, 학생, 어르신 등 취약계층에 미치는 영향을 고려하여 선제적인 대응을 취하도록 하고 있으나 융통성 있으며 탄력적인 활용을 허용하고 있다.

□ 개정 이력

‘15년12월에 첫 재정된 이후 ‘16년12월에는 적용대상과 대응 단계 및 단계별 대응조치를 강화하였으며 ‘17년5월에는 실외활동 자제요건과 이행체계 정비 등을 개정하였다. ‘18년4월에는 매뉴얼 명칭과 용어를 변경하였으며, 대응 단계 구분 기준을 강화하였으며 ‘18년7월에는 개정된 PM2.5 경보 기준을 개정 반영하였으며 가장 최근에 개정한 ‘19년2월에는 비상저감조치 대응요령 및 휴업과 수업시간 단축 등 권고기준을 보다 구체적으로 마련하였다. 과거보다 최근 들어서 개정 주기가 짧아지며 관련 수요 및 법기준이 자주 강화되거나 변경되고 있음을 예측할 수 있다.

□ 구성 체계

매뉴얼은 미세먼지 대응 기본방향과 단계별 조치사항, 일반 및 계층별 대응요령으로 구성되어있다. 대응 기본방향에서는 대응목표와 대응방침 및 대응 업무 수행체계에 대해 소개하고 있으며 고농도 미세먼지 단계별 조치사항에서는 대응단계를 규정하고 있으며 1단계에서부터 7단계별 조치사항을 마련하였다. 그리고 마지막으로 일반적인 미세먼지 대응요령과 영·유아(보육시설) 대응요령과 학생(초·중·고등학교) 대응요령, 어르신(노인요양시설) 대응요령을 제시하고 있다.

[표 2-6] 영유아·학생·어르신 등 취약계층 보호를 위한 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 구성 체계

구성체계	항목별 내용
개 요	• 목적 • 적용 범위 (적용대상 , 적용상황) • 법적 근거 • 용어 정의
고농도 미세먼지 대응 기본방향	• 대응목표 • 대응방침 • 고농도 미세먼지 대응업무 수행체계 – 종합체계도 – 주관기관 대응체계 – 기관별 임무 및 역할
고농도 미세먼지 단계별 조치사항	• 총괄 – 대응 단계 – 기관별·단계별 조치사항 요약 • 대응 단계별 조치사항 – [1단계] 사전 대비·대응 – [2단계] 고농도 미세먼지 예보 – [3단계] 고농도 미세먼지 발생('나쁨'이상) – [4단계] 주의보 또는 예비·비상저감조치 발령 – [5단계] 경보 발령 – [6단계] 경보(주의보, 경보) 발령 해제 – [7단계] 조치결과 등 보고
고농도 미세먼지 대응요령	• 고농도 미세먼지 대응요령 – 일반적인 대응요령 – 계층별 대응요령
부록	• 미세먼지의 원인 및 위해성 • 미세먼지 예·경보제 및 예비·비상저감조치 • 미세먼지 농도 및 예·경보상황 확인방법 • 관계기관 연락처 • 비상저감조치 보고서식 • 각종 보고서식 • 고농도 미세먼지 대응 실무매뉴얼 작성기관

출처 : 환경부(2019)

② 주요 내용

□ 능동적이며 선제적인 대응 매뉴얼 마련

앞서 기본원칙에서도 언급하였듯이 고농도 미세먼지가 발생한 당일에 비상저감 조치 시행이외에도 발생이 예상되는 날 이전에 선제적인 대응이 가능하도록 예비저감 조치 방안을 마련하였다. 이를 통해 대응 매뉴얼의 한계인 수동적인 대응체계를 보완하고자 하고 있다.

□ 각 부처 및 기관별 업무 수행체계

주관기관은 환경부 생활환경정책실이며 여기에서 전체적인 상황관리 및 대응을 담당하고 있으며 환경과학원(대기질 예보 및 분석), 한국환경공단(예·경보를 파악 및 대국민 전파)과 기상청(기상예보 및 분석)을 지원하여 대응체계를 구축하고 있다.

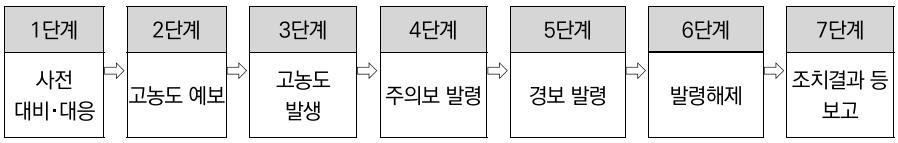
교육부와 복지부와 시도총괄부서가 각 시설별 유관기관이 되며 각 시설별로 담당자 지정을 하도록 요청하고 담당자가 예·경보 상시 확인을 하도록 한다. 또한 고농도 미세먼 예·경보 상황 관련 대책을 마련하여 시행해야하며 3월과 9월에 경보조치 결과 및 담당자 지정 현황 등을 정기보고를 해야한다. 또한 광역자치단체와 시도교육청 및 기초자치단체도 비상대책반 구성·운영 및 경보 조치결과를 보고하거나 교육청·각급학교 간 비상직통연락망을 구축하고 경보 발령·해제 상황을 전파하거나 대응하고 경보 단계별 조치사항에 대한 이행요청 및 조치결과를 보고하는 역할을 함께 수행한다.

각급학교 및 어린이집, 노인요양시설은 일선기관이 되어 실외수업(활동) 자체, 등·하교(원) 시간 조정, 임시휴업 등을 실시하고 조치결과를 유관기간에 보고하여야 한다. 또한 모든 학교시설은 평상시에도 「환경정책기본법」 시행령 제2조(환경기준)에 따라 일평균 실내 미세먼지 유지기준을 PM_{10} 100㎍/㎥, $PM_{2.5}$ 35㎍/㎥에 맞춰 준수하도록 규정하고 있으며 어린이집·노인요양시설의 경우는 시설규모별로 차이는 있으나 실내 미세먼지 유지기준을 PM_{10} 100㎍/㎥ 준수하고 권고기준($PM_{2.5}$ 70㎍/㎥ 6시간평균)을 언급하고 있다.

[그림 2-7] 고농도 미세먼지 대응 업무 수행체계
출처: 환경부(2019, p.7)

□ 대응 단계별 조치사항

1~7단계는 1단계 사전대비·대응단계에서부터 2단계 고농도 예보단계, 3단계 고농도 발생단계, 4단계 주의보 발령 단계, 5단계 경보 발령 단계, 6단계 발령 해제, 7단계 조치결과 등 보고 단계로 구분하였다.



[그림 2-8] 고농도 미세먼지 대응 단계
출처 : 환경부(2019, p.12)

각 단계별로 주관기관, 유관기관, 일선기관별 조치사항을 구분하여 규정하고 있다.

[표 2-7] 기관별·단계별 조치사항 요약

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구분</th><th>1단계</th><th>2단계</th><th>3단계</th><th>4단계</th><th>5단계</th><th>6단계</th><th>7단계</th></tr>
<tr><th>사전대비
·대응</th><th>고농도 예보</th><th>고농도 발생</th><th>주의보 발령</th><th>경보 발령</th><th>발령해제</th><th>조치결과 등 보고</th></tr>
<tr><td rowspan="4">주관기관</td><td>환경부</td><td>사전조치 사항 총괄</td><td>발생상황 파악, 대응상황 점검 등</td><td>발생상황(나쁨단계) 대처상황확인, 모니터링강화</td><td>모니터링 지속, 대처상황 확인</td><td>중앙대책상황반운영 모니터링 지속, 대처상황확인</td><td>발령해제 접수, 피해 파악 등 총괄</td><td>조치결과 종합보고, 개선방안 마련 등</td></tr>
<tr><td>국립환경과학원</td><td>-</td><td>예보생성·전파 모니터링 강화</td><td rowspan="3">모니터링 강화</td><td rowspan="3">모니터링 지속</td><td rowspan="2">중앙 상황반 운영 모니터링 지속</td><td rowspan="2">발령해제 접수</td><td>-</td></tr>
<tr><td>한국환경공단</td><td>-</td><td>예보 및 행동요령 전파</td><td>-</td></tr>
<tr><td>기상청</td><td>-</td><td>기상예보 생성·전파</td><td>모니터링 지속</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">유관기관</td><td>교육부/보건복지부</td><td>실무매뉴얼점검 및 정비 일선기관 교육 등</td><td>예보 확인</td><td>발생상황 확인 대응조치 확인</td><td colspan="2">발령상황 확인 조치사항 확인</td><td>-</td><td>담당자 지정 현황 조치결과 보고 (3·9월, 환경부)</td></tr>
<tr><td>광역자치단체 (시·도 총괄부서)</td><td rowspan="2">연락체계점검 사전대응계획 마련</td><td rowspan="2">예보 확인</td><td>발생상황 확인 대응조치 협조요청 모니터링 강화</td><td>주의보 발령 전파, 조치사항 전파·이행 이동상황 파악 등</td><td>경보 발령 전파, 재난문자방송(CBS) 송출 지역상황반 운영</td><td>발령해제 전파</td><td>시도 조치결과 보고</td></tr>
<tr><td>기초자치단체 (시·군·구)</td><td>대응조치 실시 요청 대처상황 확인</td><td colspan="2">발령상황 확인, 대처상황 확인, 조치사항 확인</td><td></td><td>조치결과 보고 (종료 후 7일 이내, 취합 및 시도 보고)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">일선기관</td><td>각급학교</td><td rowspan="2">매뉴얼 숙지 및 사전준비</td><td>예보 확인 행동요령 공지, 대응방안 검토</td><td colspan="3">발령상황 수시확인, 실외수업(활동) 자제 등 대응조치 실시</td><td>해제상황 수시확인, 실내외 환기·청소 등 실시</td><td>조치결과 보고 (종료 후 7일 이내, 취합 및 교육청 보고)</td></tr>
<tr><td>어린이집, 노인요양시설 등</td><td>예보 확인, 행동요령 공지,</td><td>발령상황 수시확인, 실외활동 자제 등 대응조치 실시</td><td>발령상황 수시확인, 실외활동 단축 또는 금지 등 대응조치 실시</td><td>발령상황 수시확인, 실외활동 금지, 질환자 파악 등 대응조치 실시</td><td>해제상황 수시확인, 실내외 환기·청소 등 실시</td><td>조치결과 보고 (종료 후 사군구 보고 (7일 이내, 시도 보고))</td></tr>
</table>

출처 : 환경부(2019, p12) 내용을 토대로 재구성

③ 시사점

□ 선제적 조치 측면에서 사전 대비·대응 사항을 마련

주관기관이나 유관기관 및 일선기관에서 평상시에도 대비하거나 대응해야할 조치사항을 마련하여 상시차원에서 대비할 수 있는 역량을 강화하였다. 시도교육청에서 할 수 있

는 사전 대응 업무는 취약계층 및 담당자를 대상으로 하여 대응조치 및 행동요령을 교육하고 일선학교별 경보상황 대비 실외수업 실내 대체를 위한 사전계획을 마련하도록 하고 있다. 또한 휴업, 등하교시간조정 등에 관한 지방자치단체 권고와 관련하여 해당 시·도와 절차 및 세부사항을 연초에 사전협의하도록 하고 있다. 각급학교에서는 학생을 대상으로 미세먼지 수치에 따라 외출 자체, 외출시 마스크쓰기, 깨끗이 씻기 등 행동요령 교육 및 실천을 유도하고 고농도 미세먼지 상황을 대비하여 실외수업을 대체할 수 있는 사전계획을 마련하도록하고 있다. 또한 고농도 미세먼지 발생 시 대처방안에 대한 숙지와 실내 미세먼지 유지기준(PM_{10} 100㎍/㎥, $PM_{2.5}$ 35㎍/㎥) 준수, 호흡기질환 등 미세먼지 민감군에 대한 관리대책 마련하도록 하고 있다.

각급학교의 사전대비·대응 매뉴얼

■ 학생 대상 행동요령 교육 및 실천
* 외출 자체, 외출시 마스크쓰기, 깨끗이 씻기 등
■ 고농도 미세먼지 상황 대비 실외수업 대체 사전계획 마련
※ 대체수업 전환 기준 및 대체안(실내체육, 수업시간 조정, 휴업, 일정연기 등) 마련
■ 현장학습·체험학습 등 야외 프로그램 예정시 대체 프로그램 마련
■ 고농도 미세먼지 발생시 대처방안에 대한 숙지
■ 학생 및 보호자대상 대기오염 피해예방, 대응조치 행동요령을 지도 홍보
- 학기초 미세먼지 조치·대응사항 관련 학부모 가정통신문 발송(예시서식 참조)
■ 학생 및 보호자 비상연락망 구축
■ 실내 미세먼지 유지기준(PM10 100㎍/㎥, PM2.5 35㎍/㎥) 준수
■ 호흡기질환 등 미세먼지 민감군에 대한 관리대책 마련
- 학년초 학교는 천식, 알레르기, 호흡기질환, 심혈관질환 학생 등 민감군 학생 현황 파악
- 보건교사와 담임교사는 응급조치 등을 숙지하고, 보건실에 상비약(인공눈물, 소양감 감소를 위한 냉찜질등의 위생용품, 보건용 마스크등) 구비하며 기저질환이 있다고 파악된 학생에게 의사의 처방된 비상약품(벤톨린, 안약,연고 등)을 소지할 수 있도록 교육
- 미세먼지가 '나쁨' 이상인 경우 '질병결석' 인정
※「학교생활기록 작성 및 관리지침」(교육부 훈령) 및 관련 공문, 「유아학비지원계획」(교육부 지침)에 근거
출처 : 환경부(2019), 영유아·학생·어르신 등 취약계층 보호를 위한 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼, p14

□ 중장기적인 시설 개선 측면에서 사전 대비·대응 사항 미흡

대응 매뉴얼이지만 가능한 범위 내에서 선제적인 조치나 계획을 마련하도록 유도한 것은 장점으로 볼 수 있다. 하지만 환경부 주관의 미세먼지 대응 매뉴얼로 학교시설이나 어린이집의 관점에서 중장기적이며 선제적인 대응 전략은 상대적으로 소극적인 것을 알 수 있다. 대응 매뉴얼의 성과를 극대화하기 위해서는 시설측면에서의 개선전략도 함께 연계될 필요가 있다.

2) 어린이집 고농도 미세먼지 대응매뉴얼 분석

□ 목적 및 주요 개정 취지

통합 매뉴얼을 기반으로 어린이집의 운영 여건에 맞춰서 일부내용을 추가하거나 개정하여 어린이집용 매뉴얼을 만들었다. 또한 「실내공기질 관리법」에서 어린이집에 대한 실내공기질 유지기준을 강화함에 따라 이를 반영하고 공기청정기 유지 및 관리, 휴원 및 수업시간 단축 등 권고기준 강화, 학부모 사전 안내 등 세부 조치사항 등을 추가하기 위해 개정하였다.

이전에 매뉴얼 상 어린이집의 실내 미세먼지 기준은 유지기준(PM10 100㎍/㎥ 이하)을 준수하고 권고기준(PM2.5 70㎍/㎥이하, 6시간평균)을 가능한 맞출 수 있도록 하였으나 새롭게 개정된 「실내공기질 관리법」 시행령 제2조에 따라 430㎡ 이상인 어린이집의 경우 실내 미세먼지 유지기준을 PM10 75㎍/㎥, PM2.5 35㎍/㎥이하고 규정함에 따라 본 매뉴얼에도 관련 기준을 반영하였다.

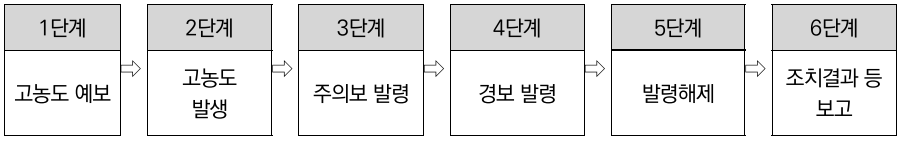
[표 2-8] 어린이집 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 주요 개정 내용

	현 행		개 정
실내공기질 관리	◆ 실내 미세먼지 기준 준수 - PM10 100㎍/㎥ 이하 준수(유지기준) - PM2.5 70㎍/㎥이하 준수 노력(권고기준) - 6시간 평균 측정 기준 - 공기청정기 가동 안내	〉	◆ 실내 미세먼지 기준 준수 - PM10 75㎍/㎥ 이하, PM2.5 35㎍/㎥이하 (유지기준) - 24시간 평균 측정 기준 ※「실내공기질 관리법」시행령 제2조에 따라 연면적 430㎡ 이상인 국공립, 법인, 직장, 민간 어린이집은 실내공기질 관리 적용 대상임
	◆ 실내 공기질 관리 - 공기청정기 효율적인 관리 안내 · 내부 필터 교체 주기 점검 · 외부 필터 청소 · 바람 흡입구 및 토출구 먼지 제거		◆ 실내 공기질 관리 - 기존과 동일

출처 : 보건복지부(2019)

□ 단계별 어린이집 대응요령

본 매뉴얼에서는 통합매뉴얼에서 제시한 7단계의 단계별 조치사항과 달리 사전대비·대응단계를 별도로 언급하지 않으며 6단계로 구분하여 조치사항을 구성하였다.



[그림 2-9] 고농도 미세먼지 대응 단계
출처 : 보건복지부(2019, p.14)

단계별 대응요령도 통합 매뉴얼에서는 평시(사전준비사항 포함), 고농도 예보(익일예보 '나쁨'예상), 고농도 발생(PM_{10} 81㎍/㎥이상 또는 $PM_{2.5}$ 36㎍/㎥이상 2시간 지속), 주의보(PM_{10} 150㎍/㎥이상 또는 $PM_{2.5}$ 75㎍/㎥이상 2시간 지속), 경보(PM_{10} 300㎍/㎥이상 또는 $PM_{2.5}$ 150㎍/㎥이상 2시간 지속) 5개로 구분하여 제시하고 있으나 어린이집용 단계별 대응요령에서는 평시, 고농도 예보, 고농도발생, 주의보, 비상저감조치, 경보로 구분하여 총 6단계로 구성하였으며 통합 매뉴얼에서 없었던 '비상저감조치($PM_{2.5}$ 주의보 수준 유사)' 단계를 추가하였다.

새롭게 추가된 '비상저감조치($PM_{2.5}$ 주의보 수준 유사)' 단계에는 필요시 임시 휴원 및 수업시간 단축 등 권고할 수 있도록 규정하였다. 다음날 '매우나쁨' 조건으로 비상저감조치가 발령될 경우이거나 비상저감조치 시행 중 초미세먼지 경보(150㎍/㎥이상, 2시간 지속)가 발령될 경우 임시휴원 및 수업시간 단축이 가능하며 휴원 등 권고시에도 어린이집은 정상 운영하고, 어린이집에서 가정 내 보육 여부를 학부모가 선택할 수 있도록 '비상저감조치 발령사항' 및 '등원 자제' 사전 안내 (미등원시에도 출석 인정)하도록 규정하였다.

[표 2-9] 어린이집 단계별 대응요령

단계	대 응 요 령
평시 사전준비사항 포함	• 평상시 환기는 하루 두 번(오전, 오후) 이상 30분씩 실시 • 공기청정기 관리 (내부 필터 교체 주기 점검, 외부 필터 청소, 바람 흡입구 및 토출구 먼지 제거 등) • 미세먼지 '나쁨' 이상일 경우 자연환기 자제(실내공기질 오염상황에 따라 필요한 경우 짧게 환기 후 물청소) • 환기시설은 수시로 청소 (1일 8시간 사용 시 일주일에 1회, 3~4시간 사용 시 2주일에 1회 이상 권장) • 월 1회 이상 천장, 벽면, 창틀 및 방충망 등에 먼지가 쌓이지 않도록 물걸레 청소 • 고농도 미세먼지 발생 시 대처방안에 대한 숙지 • 보호자 비상연락망 구축 • 보호자 대상 대기오염 피해예방, 대응조치, 행동요령을 지도 • 고농도 미세먼지 상황 대비 실외활동 대체를 위한 사전계획 마련 - 대체활동 전환 기준 및 대체안(실내체육, 실외활동단축, 일정연기 등) 마련 • 호흡기질환 등 관심이 필요한 영ㆍ유아 관리대책 마련 - 현황 파악, 위생 점검 및 건강체크, 응급조치 요령 등 숙지 • 보건용 마스크, 상비약 등 비치 및 비치여부 확인 • 실내공기질 유지기준(PM_{10} 75㎍/㎥, $PM_{2.5}$ 35㎍/㎥) 준수
고농도 예보 익일예보 "나쁨"이상	• 온라인 게시판, 안내문, 보호자 비상연락망 등을 통한 예보상황 및 행동요령 공지 • 익일 예정된 실외활동에 대한 점검 (실내활동으로 대체여부 검토 등) • 미세먼지 예보 상황 및 농도변화 수시 확인 ※ 에어코리아(airkorea.or.kr), '우리동네대기질' 모바일 앱 활용

단계	대 응 요 령
고농도 발생 PM10 81이상 또는 PM2.5 36이상 1시간 지속	• 미세먼지 담당자는 미세먼지 농도를 수시로 확인, 기관 내 상황 전파 • 영·유아 대상 행동요령* 교육 및 실천 * 외출자제, 외출시 마스크쓰기, 깨끗이 씻기 등 • 실외활동 자제(실내수업 대체), 바깥공기 유입 차단(창문닫기) • 호흡기 질환 등 관심이 필요한 영·유아 관리대책 이행 • 실내공기질 관리(예 : 공기청정기 가동, 물걸레질 청소 등)
주의보 PM10 150이상 또는 PM2.5 75이상 2시간 지속	• 실외활동 단축 또는 금지, 필요시 등·하원 시간 조정 등 검토 ※ 체육활동, 현장학습 등을 실내활동으로 대체 • 시설 내 기계, 기구류 세척, 식재료 등 식당 위생관리 강화
비상저감조치 PM2.5 주의보 수준 유사	• 필요시 임시 휴원 및 수업시간 단축 등 권고 * (요건) ① 내일 '매우나쁨' 조건으로 비상저감조치가 발령될 경우, ② 비상저감조치 시행 중 초미세먼지 경보(150㎍/㎥이상, 2시간)가 발령될 경우 ※ 다만, 휴원 등 권고시에도 어린이집은 정상 운영하고, 어린이집에서 가정내 보육 여부를 학부모가 선택할 수 있도록 '비상저감조치 발령사항' 및 '등원 자제' 사전 안내 (미등원시에도 출석 인정) • 차량 운행제한 협조 * 통학차량 중 5등급 차량 확인 및 운영 자제
경보 PM10 300이상 또는 PM2.5 150이상 2시간 지속	• 실외활동 금지 • 등·하원 시간 조정, 임시 휴원 조치 검토 ※ 비상저감조치 발령 시 대응 요령과 동일 • 질환자 파악 및 특별관리 • 시설 내 기계, 기구류 세척, 식재료 등 식당 위생관리 강화

출처 : 보건복지부(2019, pp.38~39)

□ 시사점

- 특징

어린이집 시설 및 운영여건에 맞춘 매뉴얼을 구체화하여 마련한 것은 현장에 보다 실제적으로 적용하기에 적합할 것으로 예상된다. 특히 비상저감조치 발령에 따른 어린이집 임시 휴원 및 수업시간 단축에 대한 요령을 규정함으로 어린이집 운영자 입장에서 위험하고 무리한 시설 운영의 부담을 경감시켜줄 수 있다고 판단된다.

- 한계사항 및 대안 마련 방향

실내공기질 유지기준을 강화하여 어린이집 규모와 관계없이 24시간 평균기준으로 PM_{10} 75㎍/㎥, $PM_{2.5}$ 35㎍/㎥ 을 일괄적으로 준수하도록 함에 따라 교사 및 원생들은 보다 양호한 환경에서 생활할 수 있게 되었으나 「실내공기질 관리법」에서는 430㎡이상인 어린이집에 대해서 유지기준을 적용하고 있다. 관련법보다 매뉴얼에서 강화된 기준을 적용하고 있어 430㎡ 이하의 소규모 어린이집의 운영자에게는 너무 높은 기준적용으

로 반대여론이 예상된다. 오래된 시설의 경우 공기청청기 이외에 환기설비가 갖추어져 있지 않은곳에서부터 실외 활동을 실내체육 등으로 대체하기 위한 여유공간이 충분치 않아 사전계획 마련에 어려움이 따를 수 있다. 이런 문제점들은 일선기관 차원에서 대응하기 보다는 유관기관이나 주관기관차원에서 근본적인 한계를 극복할 수 있는 체계적인 대안마련이 필요하다.

3) 학교시설 고농도 미세먼지 대응매뉴얼 분석

□ 목적 및 주요 개정 취지

어린이집 매뉴얼과 같은 목적으로 학교시설의 운영 여건에 맞춰서 일부내용을 추가하거나 개정하여 학교시설 매뉴얼을 만들었다. 구체적인 개정 내용으로 비상저감조치가 정식 도입됨에 따라 비상저감조치관련 주요 대응사항을 기술하였으며 질병결석, 공기정화장치 가동, 학부모안내 등 미세먼지 관련 세부 조치사항을 추가로 반영하였다.

어린이집 매뉴얼의 주요 개정 내용은 실내공기질 관련된 내용에 한정되었으나 이번 학교시설 매뉴얼의 개정 내용은 비상저감조치, 질병결석, 공기정화장치, 학부모 안내 관련 사항을 포함하고 있다.

[표 2-10] 학교시설 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 주요 개정 내용

현 행('18년 10월)			개 정('19년 2월)
비상저감조치	-	〉	각급학교 및 시·도교육청 주요 조치사항을 안내 (국·공립학교 차량2부제, 시·도지사 휴업·수업단축 권고 등)
질병결석	질병결석 관련 절차를 규정한 공문으로 별도 안내		질병결석 관련 절차를 매뉴얼에서 안내 (유치원과 그외 각급학교 세부사항 상이)
공기정화장치	「공기정화장치 사용 및 설치기준」 지침에서 별도 안내		공기정화장치 가동기준 및 환기요령을 상세하게 서술
학부모 안내	미세먼지 관련 휴업 등 조치사항 관련 학부모 안내 철저 권장		학기초 미세먼지 안내 권장 및 예시서식 탑재

출처 : 교육부(2019, p.4)

공기정화장치 가동 기준 및 환기요령은 다음과 같이 서술하고 있다. 시도별, 단위학교별 공기정화장치 관리계획에 따른 주기적 모니터링과 청소를 하도록 규정하고 있으며 공기정화장치 유형별 세부 사용기준을 숙지하고 외부공기 수준에 따라 가동하도록 규정하였다. 외기 미세먼지의 농도가 '나쁨' 수준 이상인 경우에는 창문을 닫고 교실 내 설치

되어 있는 공기정화장치를 가동하되, 환기기능이 없는 공기정화장치를 사용하는 경우에는 주기적으로 창문 또는 복도창을 개방하여 환기를 실시하도록 하였으며 공기정화장치의 효율을 유지하기 위해서는 필터 등 소모품류의 주기적인 교체 및 내·외부 청소 등을 실시하도록 명시하였다.

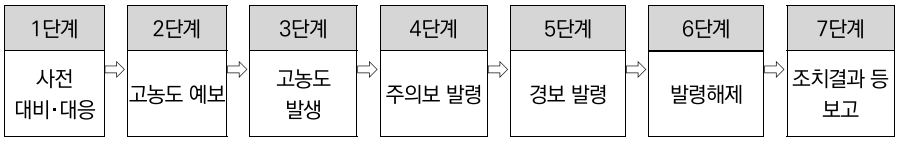
각급학교의 공기정화장치 주기적 점검 등 유지·관리 및 사용기준 숙지

- 시·도별, 단위학교별 공기정화장치 관리계획에 따른 주기적 모니터링·청소 등
- 공기정화장치 유형별 세부 사용기준 숙지 (외기 공기질 수준에 따라 가동)
  - 외기 미세먼지의 농도가 '나쁨' 수준 이상인 경우에는 창문을 닫고 교실 내 설치되어 있는 공기정화장치를 가동하되, 환기기능이 없는 공기정화장치를 사용하는 경우에는 주기적으로 창문 또는 복도창을 개방하여 환기실시 (단, '매우나쁨' 수준의 경우 환기기능이 없는 공기정화장치라도 제한적*으로 환기 실시)
    * 복도측 창문을 이용한 환기, 외기용 창문 개방 주기 및 시간 최소화 등
  - 공기정화장치의 효율을 유지하기 위해서는 필터 등 소모품류의 주기적인 교체 및 내·외부 청소 등을 실시
  - 외기 미세먼지 상황을 고려하지 않고 공기정화장치를 지속적으로 가동하는 것은 바람직하지 않은 바, 사용기준에 따라 가동 및 관리
  - 실내 미세먼지 발생 최소화를 위한 추가 권고(권장)사항
    * 학생 및 교직원의 경우 실내에서는 실내화 착용,
    * 교실 및 복도 등의 바닥청소는 매일 실시, 매주 1~2회 이상 진공청소기 및 물청소(가급적 미세먼지가 바닥에 가라앉아 있는 아침시간 이용) 실시

출처 :교육부(2019), 시도교육청, 각급학교 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼, p20

□ 단계별 어린이집 대응요령

본 매뉴얼에서는 통합매뉴얼에서 제시한 7단계의 단계별 조치사항의 체계를 그대로 반영하여 구성하였다.



[그림 2-10] 고농도 미세먼지 대응 단계
출처 : 교육부(2019, p.16)

단계별 대응요령의 경우 어린이집 매뉴얼 6단계로 구분한 것과 동일하게 각급학교의 단계별 대응요령에서도 6단계로 구분하였으나 어린이집 매뉴얼과의 차이는 '비상저감조치(PM2.5 주의보 수준 유사)' 단계가 주의보(PM10 150㎍/㎥이상 또는 PM2.5 75㎍/㎥ 이상 2시간 지속) 이후가 아닌 이전에 반영되어 있는 점이 차이가 있다. 비상저감조치가 발령하는 경우에 모든학교에서 등교일 전날, 시·도지사 권고 또는 시·도교육감 휴업명령 등을 참고하여 휴업 또는 등하교(원)시간 조정을 실시하도록 하고 있으며 노후차량 운행제한 협조를 비롯하여 국공립학교의 경우 공공기관 차량 2부제를 시행하도록하고 있다.

[표 2-11] 각급학교 단계별 대응요령

단계		대 응 요 령
평시 사전준비사항 포함		• 고농도 미세먼지 상황 대비 실외수업 대체를 위한 사전계획 마련 – 수업전환 기준 및 대체안(실내체육, 단축수업, 휴원, 일정연기 등) 마련 • 담당자는 고농도 미세먼지 발생시 대처방안에 대하여 숙지하고, 보호자 대상 대기오염 피해예방, 대응조치, 행동요령을 지도 • 보호자 비상연락망 구축 • 실내 미세먼지 유지기준(PM10 100㎍/㎥, PM2.5 35㎍/㎥) 준수 • 호흡기질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 관리대책 마련 – 민감군 현황 파악, 위생점검 및 건강체크, 응급조치 요령 등 숙지 천식 : 천식증상과 최대 호기유속 측정해서 천식수첩에 기록, 천식악화시 행동요령 숙지, 의사와 상의하여 보건용마스크 사용 호흡기질환자 : 의사와 상의하여 보건용마스크 사용 민감군 : 민감군은 선천적으로 기저질환을 갖고있거나, 어린아·노인 등 생물학적으로 미세먼지 노출에 쉽게 반응하는 사람 고위험군 : 주거지나 업무 특성상 외부활동이 불가피한 경우, 직업적으로 미세먼지에 노출될 수 밖에 없는 환경인 사람 • 보건용 마스크, 상비약(안약, 아토피연고, 인헤일러 등) 비치 및 점검
고농도 예보 익일예보 "나쁨"이상		• 익일 예정된 실외수업에 대한 점검 • 보호자 비상연락망, 안내문 등을 통한 예보상황 및 행동요령 공지 • 미세먼지 예보 상황 및 농도변화 수시 확인 ※ 에어코리아(airkorea.or.kr), 우리동네 대기정보 모바일 앱 활용
고농도 발생 PM10 81이상 또는 PM2.5 36이상 1시간 지속		• 담당자는 미세먼지 농도를 수시로 확인, 기관 내 상황 전파 • 학생 대상 행동요령* 교육 및 실천 ※ 외출시 마스크 쓰기, 도로변 이동 자제, 깨끗이 씻기 등 • 실외수업(활동) 자제(실내수업 대체), 바깥공기 유입 차단(창문닫기) • 호흡기 질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 원아 · 학생 관리대책 이행 • 실내공기질 관리(예 : 공기정화장치(설치된 경우에 한함) 가동, 물걸레질 청소 등)
비상저감조치 PM2.5 주의보 수준 유사	국·공립 학교	• 공공기관 차량 2부제 시행 ※ 학기초 차량 2부제 예외 차량 목록(통학버스, 학교장이 인정하는 통근차량 등) 작성 • 노후차량 운행제한 협조 ※ 학기초 통학차량 등 필수운행차량 가스배출등급 조회(5등급여부 확인)
	사립학교	• 노후차량 운행제한 협조 ※ 학기초 통학차량 등 필수운행차량 가스배출등급 조회(5등급여부 확인)
	모든학교	• 등교일 전날, 시·도지사 권고 또는 시·도교육감 휴업명령 등을 참고하여 휴업 또는 등하교(원)시간 조정을 실시
주의보 PM10 150이상 또는 PM2.5 75이상 2시간 지속		• 실외수업 시간 단축 또는 금지 ※ 체육활동, 현장학습, 운동회 등을 실내 수업으로 대체 • 각급학교 내 식당 기계·기구 세척, 음식물 위생관리 강화
경보 PM10 300이상 또는 PM2.5 150이상 2시간 지속		• 실외수업 시간 단축 또는 금지 • 수업시간 조정, 등·하교(원) 시간 조정 ※ 등하교시간 조정 또는 휴업 결정 시, 돌봄교실 및 휴업대체프로그램 운영여부도 함께 결정하고, 학생·학부모에게 사전 공지 • 미세먼지 관련 질환자 파악 및 특별관리(조기귀가, 진료) •각급학교 내 식당 기계·기구 세척, 음식물 위생관리 강화

출처 : 교육부(2019, pp.50~51)

□ 시사점

- 특징

학교시설의 공간 특성 및 공기정화장치 가동 및 관리, 환기요령을 상세하게 기술하여 일선학교에 교사를 비롯하여 시설관리자의 대응 능력을 향상시켜주는 효과가 예상된다. 어린이집 매뉴얼과 마찬가지로 학교시설 및 운영여건에 맞춘 매뉴얼을 구체화하여 마련한 것은 현장에 보다 실제적으로 적용하기에 적합할 것으로 예상된다.

- 한계사항 및 대안 마련 방향

유치원에서부터 초·중·고·특수학교까지 이용자 연령의 폭과 이용자 특성이 다양함에도 불구하고 동일한 실내공기질 기준을 일괄적용하는 것이 바람직한지는 재고가 필요하다. 평시에 사전 준비사항으로 호흡기질환 등 미세먼지 민감군 및 고위험군 에 대한 관리대책을 마련해야 한다라고 규정하고 있으면서 학교시설 매뉴얼에서 어린이 등 생물학적으로 미세먼지 노출에 쉽게 반응하는 사람에 대한 별도의 고려가 미흡하다. 다시 말해서 최소한 유치원과 초등학교는 중고등학교와 구분하여 실내공기질 유지기준을 강화하거나 별도의 추가 관리계획을 차별화할 필요가 있다. 또한, 특수학교의 학생들은 신체적으로 취약한 대상이 다수 존재할 수 있으므로 특수학교도 보다 면밀한 관리계획이 요구된다.

학교시설 매뉴얼에서도 실외수업 자재, 단축 또는 금지에 따른 기준 및 대체안을 사전에 계획하여 마련하도록 규정하고 있으나 실내체육관이나 강당 등 제한된 공간을 전교생이 함께 불편함 없이 사용하기는 현재 여건상에서 어렵다. 이러한 문제점은 어린이집 매뉴얼과 유사한 상황으로 판단되며 실내활동 수용을 위한 추가공간 마련 등 유관기관이나 주관기관차원에서 근본적인 한계를 극복할 수 있는 체계적인 대안마련이 필요하다.

4) 미세먼지 대응 매뉴얼 이행 현황분석

앞서 국내 미세먼지 관련 대응매뉴얼에 대한 개요와 기본원칙, 개정을 통한 후속조치 사항 등을 종합적으로 살펴보았다. 다만, 잘 만들어진 대응 매뉴얼이라도 실제 사용으로 이어지지 못한다면 실효성이 없기 때문에 미세먼지 대응 매뉴얼의 활용도를 살펴보고자 설문조사를 실시하였다. 구체적으로 민감군(학부모)과 시설 운영·관리자(교사)를 대상으로 대응 매뉴얼상의 대응요령에 대한 이행여부를 조사하였다.

먼저, 민감군(학부모)과 시설 운영·관리자(교사) 모두 대응요령에 대한 높은 이행률이 확

인되어 70% 이상이 준수하고 있는 것으로 나타났다. 3가지 대응요령 중에서는 민감군(학부모)과 시설 운영·관리자(교사) 모두에게서 '고농도 미세먼지 7가지 대응요령' 이행률이 가장 높은 것으로 나타났으며 '고농도 미세먼지 단계별 대응요령', '고농도 미세먼지 계층별 대응요령' 순으로 확인되었다. 그러나, 민감군 특성상 3가지 대응요령 중에서 '고농도 미세먼지 계층별 대응요령'이 가장 실효성이 있는 맞춤형 대응임에도 가장 낮은 이행률이 확인되었다. 또한, 모든 대응요령에서 민감군(학부모)보다 시설 운영·관리자(교사)의 이행률이 더 높은 것으로 나타났는데, 이는 고농도 미세먼지 저감 조치가 시행될 경우, 민감군이 일반 가정보다 민감군 시설에 있을 때 보다 안전한 대응이 가능할 수 있음을 시사한다.

[그림 2-11] 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼에 따른 대응요령 이행률
출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

매뉴얼 이행 현황을 민감군 그룹과 운영·관리자 그룹을 비교하여 분석한 결과, 민감군 시설에 따라 미세먼지 대응요령 이행이 상이할 수 있다는 결과가 나타났다. 초등학생 자녀를 둔 가정에서 미세먼지 대응요령 이행률이 가장 높았고, 민감군 시설 그룹중에는 어린이집에서의 대응요령 이행률이 가장 높게 나타났다.

[표 2-12] 고농도 미세먼지 계층별 대응요령 이행 여부 비교

(단위 : %)

		미동참 ← 계층별 대응요령 동참 여부 → 적극적 동참							이행률
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
민감군	종 합	0.0	1.3	4.9	24.1	39.3	23.9	6.5	69.6
	어린이집	0.0	0.5	6.0	25.7	32.8	29.5	5.5	67.8
	유치원	0.0	2.6	2.6	25.6	32.1	30.8	6.4	69.2
	초등학교	0.0	1.5	4.5	21.1	45.3	19.6	7.9	**72.8**
시설 운영 관리자	종 합	0.0	0.9	3.1	12.9	30.3	26.9	26.0	83.1
	어린이집	0.0	0.0	2.5	11.7	35.8	25.8	24.2	**85.8**
	유치원	0.0	1.9	3.8	15.1	21.7	30.2	27.4	79.2
	초등학교	0.0	0.8	3.2	12.1	32.3	25.0	26.6	83.9

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

현황을 분석해보면 맞춤형으로 계획된 계층별 대응요령의 활용도를 높일 수 있도록 개선이 필요하다. 보다 적극적인 동참을 유도할 수 있도록 민감군에 대한 미세먼지 교육을 강화하는 한편, 통신문 등을 통하여 학부모의 동참을 유도하는 방안이 필요하다. 다만, 계층별 대응요령 자체가 비상저감 조치에 대한 한시적인 대처와 회피에 국한되어 결과적으로는 민감군의 활동을 제한하는 것에 초점이 맞추어져 있다. 고농도 미세먼지 비상저감 조치 발령 일수가 점차 늘고 있는 추세를 고려할 때, 비상저감 조치 발령에 한정된 대응요령보다는 적극적으로 미세먼지를 예방하여 민감군의 활동 제한을 최소화할 수 있는 별도의 기준(가이드라인)이 더 효과적일 것으로 판단된다.

3. 미세먼지 저감 지원 프로그램 현황 및 한계 분석

"어린이집 40% 공기청정기 미설치…지역별 편차 커"

보건복지부가 국회 미세먼지대책특별위원회 소속 최도자 의원에게 제출한 자료를 보면, 2017년 12월 말 기준으로 전국 어린이집 17만 8,185개 보육실 가운데 공기정화장치가 설치된 곳은 60.4%(10만7,613개)로 집계됐다.
어린이집 보육실 공기정화장치 설치율을 지역별로 보면 광주가 25%로 가장 낮았고, 부산(35.7%), 대구(43%), 대전(44.2%) 등도 설치율이 40% 안팎에 그쳤다.
이에 비해 경기(77.7%), 서울(80.8%), 인천(87%) 등 수도권 지역은 설치율이 평균을 웃돌았고 세종시의 경우 설치율이 99.8%로 가장 높게 집계됐다.
노인요양시설의 경우 전국 5,258개 시설 중 공기정화장치가 설치된 곳은 23.3%(1,228개)에 그쳤다.
제주 노인요양시설의 설치율이 3.1%로 가장 낮았고, 설치율이 가장 높은 강원도 43.2%로 절반을 넘지 못했다.
학교도 공기정화장치를 설치하지 않은 곳이 대부분이었다. 지난 1월 교육부가 최 의원에게 제출한 자료를 보면, 학급당 공기정화장치 설치율은 유치원 64.8%, 초등학교 33.6%, 중학교 18.4%, 고등학교 18%였다.
지역별로는 경남이 8.9%로 설치율이 가장 낮은 반면, 세종의 경우 교실에 2개 이상의 공기정화장치를 두기도 해 설치율이 100.9%로 집계됐다.
정부는 지난해 9월 미세먼지 관리 종합대책을 발표하면서 학교, 어린이집, 아동복지시설, 경로당 등에 대해 공기청정기 설치를 지원하겠다고 밝혔다.
모은희기자 (2018-3-20), 뉴시스
출처 : http://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=3617571&ref=A(검색일:2020.05.25.)

미세먼지에 노출되면 위험한 민감군을 위한 다양한 지원사업이 있으며 가장 직접적이며 신속한 지원이 가능한 사업이 공기청정기 보급 사업이다. 하지만 지자체 재정여건이나 민원의 요구정도에 따라 지역별 편차가 크며 단순히 공기청정기의 보급률만 높인다고 어린이집, 유치원, 초등학교의 실내환경이 급격하게 개선된다고 볼 수도 없다. 따라서 현재까지 진행되었거나 진행 중인 지원사업을 살펴보고 향후 관련 지원 프로그램에서 보완방향 및 연구의 예상결과물이 되는 시설 계획 기준과 연계방안 등을 모색하고자 한다.

1) 서울특별시 지원 사업

□ 어린이집 공기청정기 지원계획(2018)

서울시는 2017년 어린이집 1개소당 최대 3개까지 공기청정기 설치 지원하여 전체 어린이집 중 5002개소(82.1%)에 총 1만 4270대를 설치 지원하였다. 이어 '2018년 어린이집 공기청정기 지원계획'을 통해 서울시 전체 어린이집 보육실 2만6345개에 공기청정기를 1대 씩 운영할 수 있도록 지원하였다(김경환 2018, 1월 24일 기사). 공기청정기를 구입해서 설치 지원하는 방식이 아니라 대여(렌탈)을 원칙으로 한 지원 방식을 도입하였다. 공기청정기는 보급 그 자체보다는 필터교체 등 관리가 핵심이므로 정기적이고 체계적인 실내공기질 관리가 가능하도록 대여 방식을 채택하였다. 공기청정기가 설치된 보육실은 월 1만4900원, 미설치된 보육실은 월 최대 2만4900원을 지원하여 실내공기질이 유지되도록 환경을 구축하였는데 이에 따른 총 사업비 규모는 84억800만원 이다.

[표 2-13] 2017년 서울특별시 지원 공기청정기 설치 대수

구분	계	국공립	민간	가정	법인·단체	사회복지법인	협동	직장(정부지원)
총 설치	14,720	2,997	4,822	5,984	214	62	57	134
기설치	6,796	2,204	1,937	2,316	155	38	33	113
미설치	7,474	793	2,885	3,668	59	24	24	21

출처: 서울특별시(2018, p.2)

2018년 5월 기준 서울 시내 어린이집 5645개소(6089개소 중 92.7%, 3월말 기준)에 공기청정기가 설치됐다. 서울시 지원을 받지 않고 자체적으로 공기청정기를 관리하고 있는 어린이집까지 합하면 서울시 어린이집 97.8%(5953개소)가 공기청정기를 설치·운영하고 있다. 25개 자치구별 보급률은 중구·성동구·성북구·양천구·서초구가 100%로 가장 많고, 나머지 자치구도 90%를 상회하는 수준이다(김보경 2018, 5월 13일 기사).

[표 2-14] 서울특별시 공기청정기 지원 계획 변경사항

구분	2018년	2017년
지원규모	어린이집 보육실 당 1대 ('18.11. 현재 26,345개 보육실)	어린이집당 최대 3대
지원기준	기설치·미설치 구분없이 월 최대 24,900원 지원 일원화	기설치시 월 최대 14.900원 미설치시 월 최대 24,900원 차등 지원
효과성	교육부·서울특별시교육청 및 서울특별시 기후대기과 관련 용역 결과 도출 이후 반영	-

출처: 서울특별시(2018, p.5)

□ 미세먼지 실시간 모니터링 관리 시스템 운영

서울 시내 거의 모든 어린이집에 공기청정기를 설치한 데 이어 실내 미세먼지 실시간 관리 시스템을 구축하여 시범운영 중에 있다. 서울시는 2018년 9월부터 3개 자치구 600여개 어린이집에 '실내 공기질 모니터링 관리센서' 1500여대를 시범설치해 미세먼지를 실시간 관리하고 있다. 실내 공기질 모니터링 관리센서는 영유아의 주요 생활공간인 보육실에 설치해 초미세먼지 등 6개 실내공기 저해요인을 실시간으로 측정, 5단계 중 4단계 '나쁨' 이상일 경우, 앱과 웹을 통해 해당 어린이집과 시·구 담당자에게 실시간 알림을 보낸다. 해당 알림을 통해 어린이집에서는 어린이집 실내공기질 저해요인의 특성에 맞춰 그에 맞는 개선활동을 바로 실시하게 된다. 예컨대 이산화탄소가 높을 경우 바로

환기를 시키고, 미세먼지나 초미세먼지 수치가 높을 경우 공기청정기를 세게 튼다던지, 물걸레로 청소를 하는 방식이다. 시는 이를 통해 하루에 많게는 6~8시간을 어린이집에서 생활하는 아이들이 보다 쾌적한 환경에서 생활하도록 하고, 이미 보급한 공기청정기 효능도 검증할 수 있다. 시범사업 자치구마다 희망어린이집 200개소 내외를 선정해 건물 형태와 시설 규모에 따라 개소당 2~3대씩, 500여대의 실내 공기질 관리센서를 설치하게 하였다. 서울시와 자치구는 모니터링을 통해 실제 어떤 활동을 했을 때 실내 공기질이 개선되는지 여부를 확인하고, 어린이집 실내공기질 관리를 위한 어린이집 행동요령을 현행화·배포해 이미 보급한 공기청정기와 더불어 종합적인 실내공기질 관리를 한다는 계획이다(김보경 2018, 5월 13일 기사).

□ 시사점 및 특징

단순히 공기청정기의 보급 및 설치에 한정하지 않고 실제로 실내공기질이 쾌적하게 유지관리 될 수 있는 측면을 우선 시하여 대여(렌탈)를 원칙으로 지원하는 방식으로 전환은 공기청정기 성능 유지 관리 측면에서도 효과적이며 사업의 투입 예산대비 좋은 성과를 기대할 수 있다고 판단된다. 또한 실시간 모니터링 센서 설치와 연동시켜 시설의 운영관리자의 부담을 줄여주며 업무의 편의성을 제고하는 측면이 있어 보다 체계적인 지원방식이라고 판단된다.

2) 세종특별자치시 지원 사업

□ 미세먼지 대책위원회 17개 과제 및 지원사업 체계

세종시는 시장 직속의 '미세먼지 대책 위원회'를 구성하여 각 분야별 과제를 확립하고 '19~20년에 걸쳐 업무를 지속적으로 추진하고 있다. 주요 과제는 어린이 활동공간, 민감계층 보호, 교통분야 크게 3개 부문으로 구분되며 부문별로 총 17개 과제를 마련하였다. 어린이 활동공간 관련된 과제 중에서는 어린이 활동공간 공기정화기 설치, 필터교체 지원과제와 미세먼지 간이측정기 보급, 어린이 활동공간 공기정화기 사용 의무화, 호흡기 질환자 등 안전한 별도공간 마련, 공공 실내 놀이터 사업추진을 과제가 대표적인 지원사업으로 구분할 수 있다. 민감계층보호와 관련된 과제 중에는 실내공기질 무료 측정 사업 도입, 어르신 시설 공기정화기 보급 및 미세먼지 교육 과제가 대표적인 지원이다.

□ 주요 내용

- 어린이 활동공간 공기정화기 설치 및 필터교체 지원사업

2017년부터 어린이집 118곳(시비), 2018년에는 어린이집 203곳(국비, 시비)과 경로당 471곳에 공기청정기 536대에 대해 설치를 지원하였다. 이를 통해 2019년 3월 기준, 관내 모든 어린이집과 경로당에 공기청정기 설치율 100%를 달성하였다. 또한 앞으로 신설되는 경로당에 대해서는 우선 월 4만 원 이내에서 렌탈비를 지원하고, 예산을 추가로 확보해 공기청정기 설치를 지원할 계획이다.

2019년 주요 추진 실적으로 공기청정기를 설치한 어린이집 135개소에 대해서는 관리실태 점검하였으며 어린이집 미세먼지 대응매뉴얼 이행상황을 합동점검(19년 3월22일, 5월3일)하였다. 이밖에도 관내 132개 학교시설의 경우 일반교실이외도 돌봄교실 등 특별실에 공기정화장치를 18억 원을 들여서 설치하였으며 교직원이용실(관리실)에도 공기정화장치를 12억 원을 들여서 설치하였다. 49개 초등학교 내 돌봄교실에는 2억원을 들여서 공기정화장치를 확대 설치하였다.

2020년 추진계획으로는 신설학교의 경우 강당에 공기정화장치를 설치하는 것과 미세먼지 고농도 시기에 어린이 등 특별점검을 실시하는 것을 담고 있다.

- 미세먼지 간이측정기 보급 사업

2019년 주요 추진실적으로 미세먼지 간이측정기를 5대 구입하여 미세먼지 감시단 활동 시 활용하였으며 민간계층 다중이용시설 등 실내공기질 지도·점검에 활용하였다. 2020년 추진계획으로는 도담동 스마트시티 리빙랩 사업 모니터링 후 간이측정기 설치 서비스를 추가 도입하는 방안을 검토하고 각급 학교에 간이측정기를 보급하는 것으로 정하였다.

- 실내공기질 무료측정사업 도입

2019년에 실적으로 일정규모(430㎡) 이상의 어린이집에 실내공기질을 의무 측정하였으며 학교시설의 경우 연 2회에 걸쳐 실내공기질을 측정하였다. 2020년에는 5월 이후에 세종시보건환경연구원을 통해 소규모 어린이집을 대상으로도 실내공기질 측정 및 컨설팅을 추진할 계획이다.

- 그 밖의 과제에 따른 사업

이 밖에도 어린이 활동공간 공기정화기 사용 의무화, 호흡기 질환자 등 안전한 별도공간을 마련하는 과제의 2019년 실적으로는 공기정화시설 가동 매뉴얼화가 있었으며 2020년

추진과제로 매뉴얼을 상시 점검하는 업무와 공기청정기(공기정화장치) 관리현황 점검하는 항목이 있다. 또한, 공공실내 놀이터 사업 추진과제로 2019년에는 놀이터 시범사업 대상지 공모하였으나 적합대상지 부재 등으로 미선정하였으며 2020년에는 공공인프라 내 놀이터 대상지를 발굴 추진하고자 한다.

[표 2-15] 세종특별자치시 미세먼지대책위원회 추진실적 및 향후 계획

미대위 과제		그동안 추적실적	향후 추진계획
어린이 활동 공간	어린이집, 유치원 원장 및 보육교사 미세먼지 교육 홍보	· 원장·보육교사 집합교육 시 미세먼지 교육 실시(2.11, 300명) ·전직원 우리동네 대기질 앱 가입 ·교직원 미세먼지 대응방안 연수(4.25, 250명)	· 교직원 미세먼지 업무 연수 지속 – 상하반기 학교별 미세먼지 업무담당자 3인 이상 및 대리 근무자 1인 이상 지정 및 보고 · 친환경교육 및 캠페인을 통한 미세먼지 감축 유도 및 대응 홍보(3분기~)
	어린이 활동공간 공기정화기설치, 필터교체 지원	· 어린이집 관리실태 점검 · 어린이집 미세먼지 대응매뉴얼 이행상황 합동점검 · 돌봄교실 등 특별실 공기정화장치 설치 · 교직원이용실(관리실) 공기정화장치 설치 · 초등돌봄교실 내 공기정화장치 설치 확대	· 미세먼지 고농도시기 어린이집 등 특별점검 실시 · 학교 내 설치된 공기정화장치 주기적 필터 교체(연2회 이상)
	미세먼지 간이측정기보급	· 미세먼지 간이측정기 구입(5대) – 미세먼지 감시단 활동 시 활용 – 민간계층 다중이용시설 등 실내공기질 지도·점검에 활용	· 실내공기질 관리대상 어린이집(403㎡ 이상)에 대한 실내공기질 점검 시 미세먼지 간이측정기 활요(하반기, 67개소) · 각급 학교에 간이측정기 보급
민감계층 보호	민감계층 활동공간 밀집지역 오염물질 배출 규제	·비산먼지 발생신고 건설공사장 미세먼지 담당자 교육(200명) ·미세먼지 불법배출 단속을 위한 감시단 운영(10.14~,16명)	· 고농도 비상저감조치 발령시 생활권 도로 살수차 운영 · 100억 이상 관급공사에 저공해화 건설기계 사용 의무화
	어르신 시설 공기정화기 보급 및 미세먼지 교육	· 숲경로당 공기청정기 보급(471개소 536대, '19.2) · 미세먼지 행동요령 홍보물 배포('19.4)	· 공기청정기 사용실태 점검 · 신규경로당 공기청정기 설치 렌탈비 지원(월40천원 이내) · 3개월당 1회(3년간) 필터교체 및 유지보수 관리

출처: 세종특별자치시(2020)

□ 시사점 및 특징

세종특별자치시는 2017년부터 어린이집 345개소, 학교 132개소에 공기정화시설을 설치했으며, 또한 돌봄교실, 교직원이용실 등에도 공기정화장치 설치비를 지원했다. 어린이집 미세먼지 대응매뉴얼 이행상황 점검 및 고농도 시기 특별 현장점검 실시하며, 모든 학교내 설치된 공기정화장치를 연 2회 이상 주기적으로 필터 교체하는 등 유지관리하고 있다. 실내공기질 의무측정대상 이외에 소규모 어린이집에 대한 실내공기질 점검 및 관

리방법 컨설팅을 제공하고 있다.

관할 구역 내 절반이상의 시설이 도시계획구역(신도시지역)에 속해 있어 대부분의 건축물이 신축 건물로 환기설비 등이 이미 설치되어 있는 상황으로 공기청정기 설치 지원에 따른 종합적인 실내공기질 개선 효과를 기대하기 좋은 여건이다. 또한 노후 건축물의 비율이 낮아 실태 점검에 따른 조치사항을 이행하기에도 용이하다. 세종시의 경우에도 단순히 공기청정기 설치를 지원하는 것을 넘어 필터교체 지원 및 실태점검 등을 실시하여 상시에도 어린이나 미세먼지 민감계층을 위한 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있도록 권장하고 있다. 또한, 간이 측정기 보급 및 실내공기질 측정 및 컨설팅을 통해 건축물 현황을 진단하고 문제점을 합리적으로 개선할 수 있도록 유도하는 것이 타지역과 차별화된 접근으로 파악된다.

3) 기타 지자체 지원 사업

① 경기도

□ 2020 경기도 보육사업 내 어린이집 공기청청기 지원사업

2018년 경기도는 도내 모든 어린이집과 노인시설, 장애인시설, 지역아동센터 등에 공기청정기 설치비를 지원하였다. 도는 2017년 9159개 어린이집 보육실 3만2381개에 공기청정기 설치비를 지원한 데 이어 2018년도에는 유희실에 공기청정기 설치비를 지원하였다. 또 2017년도에 제외됐던 어린이집에 대해서도 모두 공기청정기 설치비를 지원하였다. 도는 2018년도 본사업의 추진을 위해 160여억 원을 투입하였다. 이밖에도 2256개 유치원 9822개 모든 교실에 공기청정기 설치 사업도 경기도교육청과 협의해 추진하였으며 관련 예산으로 47여억 원을 투자하였다.

□ 취약층 다중이용시설 실내공기질 개선 진단 컨설팅 지원사업

경기도는 실내공기질 관리기준에 맞춰 경기도가 '취약층 다중이용시설 개선진단 컨설팅 지원사업'을 추진하고 있다. 현장에 전문가를 파견해 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 폼알데하이드 등을 측정하고 개선방안 컨설팅을 지원, 취약계층이 이용하는 시설의 실내 공기질을 개선하는 것을 목적으로 하고 있다. 이번 사업은 2020년까지 어린이집을 포함하여 산후조리원, 노인요양시설 등 도내 취약계층 다중이용시설 1,847개소를 대상으로 진행된다. 또한 '2020 경기도 보육사업'에서 어린이집 공기청정기 지원 계획을 추진하여 실내활동이 증가된 영유아의 건강한 실내보육 환경조성을 도모하고자 한다.

[표 2-16] 경기도 어린이집 공기청정기 지원사업

관련근거		영유아보육법 제36조(비용의 보조) 및 경기도 보육조례 제19조(비용의 보조)
사업개요	사업대상	어린이집
	사업량	11,305개소
	사업내용	보육실 및 유희실 공기청정기 지원
	지원기준	- 렌탈비: 1대당 월 11천원 - 유지관리비: 1대당 최대 연 130천원
	총사업비	6,152,255천원 (도비 30%, 시군비 70%)
사업추진 안내	지원신청 및 지원	시·군에서는 어린이집으로부터 공기청정기 지원을 연중 신청 받아 내역 확인 후 보조금 지급
	지원시점	시·군에서는 신청일 기준 익월 분부터 분기별 지급
	정산	사업완료 후 어린이집으로부터 증빙자료(고지서 등) 확인 및 반납
	지원중단	공기청정기 설치기준 위반 및 허위신청, 임의로 변경하여 용도 외 사용 시 보조금 지원중단 및 전액환수 조치

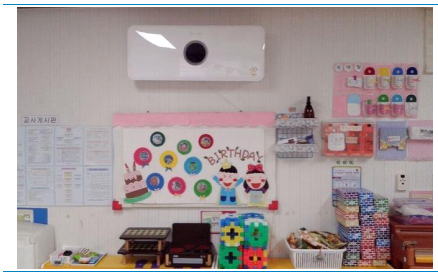
출처: 경기도 (2020, p.63)

② 경상남도

□ 경상남도 어린이집 경로당 공기청정기 구입비 지원사업

경상남도는 2018년부터 5년간 52억 원을 들여 어린이집(3,084곳)과 경로당(7,326곳) 1만410곳에 공기청정기 구입비를 지원하려는 계획을 발표하였다.

[표 2-17] 경상남도 어린이집·경로당 공기청정기 구입비 지원 사업

대상	10,410개소(개소당 1대 지원) * 구입비 500천원/대 어린이집 3,084개소, 경로당 7,326개소
총 사업비	52억원(10,410개소 x 500천원)
	

출처: 경상남도(2018, 3월 28일 보도자료) 및 강호석(2019, 1월 6일 기사)

□ 경상남도 실내공기질 무료진단(측정 컨설팅) 사업

2018년도 경상남도에서는 어린이집과 노인요양시설에 미세먼지 측정 등 실내 공기 질 무료 진단을 실시하였으며 대상은 미세먼지 관리 사각지대에 놓인 430㎡ 미만의 어린이집과 1000㎡ 미만 노인요양시설 등 2,818곳이다. 미세먼지와 이산화탄소 등 6개 항목의 실내 공기 질을 측정하고 컨설팅하며 공기정화 필터교체와 점검서비스를 제공하였다.

[표 2-18] 경상남도 실내공기질 무료진단(측정·컨설팅) 사업

구분	어린이집	노인요양시설	비고
총 시설수	3,084	240	
관리 대상	388	118	
관리 대상 미만	2,696	122	합계 2,818개소

○ 측정항목 : 미세먼지(PM-10), 이산화탄소, 일산화탄소, 폼알데하이드, 총부유세균, 총유기화합물
○ 사 업 량 : 2,818개소(어린이집 2,696개소, 노인요양시설 122개소)
○ 사 업 비 : 82백만원(2018년 818개소 x 100,000원/개소)

출처: 경상남도(2018, 3월 28일 보도자료)

③ 충청남도

[그림 2-12] 어린이집 공기청정기
출처: 박주영(2018, 3월 29일 기사)

[그림 2-13] 충남 학교에 설치된 스탠드형 공기청정기
출처: 정찬욱(2018, 9월 6일 기사)

충청남도는 미세먼지 취약층 보호를 위해 도내 전체 어린이집(1천491곳)에 공기청정기를 지원하고, 충남도교육청은 미세먼지로부터 학생 건강과 학습권을 보호하기 위한 도내 공·사립 모든 학교를 대상으로 한 공기청정기 보급을 하였다. 학교별 계약에 의해 설치를 진행하고, 성능개량과 주기적인 필터교체 등 유지관리의 편의성을 위해 임대형식으로 이뤄진다. 최저가 공개입찰을 통한 임대를 통해 예산절감 효과가 있었으며, 필터교체 등 사후 관리를 전문 업체에서 제공하였다. 또한 충청남도는 다중이용시설 실내공기질 개선 사업을 통해 기준치를 초과하는 시설에 대해서는 현장컨설팅을 통해 맞춤형 관리매뉴얼을 제공하고, 재측정 과정을 거쳐 실내 공기질 관리의 중요성을 인식시킨다는 목표를 통해 지원사업을 추진하였다.

[표 2-19] 충청남도 다중이용시설 실내공기질 개선사업

사업목표		다중이용시설에 대한 미세먼지 등 6개 항목을 무료로 측정, 지속적인 관리를 통해 마시는 공기 질을 높이는 것이 핵심		
사업개요	사업기간	2019. 1월 ~ 2019. 12월		
	사업대상	실내공기질관리법의 적용을 받지 않는 법정규모 미만 다중이용시설		
		계	어린이집(430㎡미만)	장애인 및 노인요양시설(1000㎡미만)
		430	230	200
	측정항목	환경성질환을 유발할 수 있으며, 실내공기질관리법상 유지·권고기준에 따라 관리되고 있는 물질들. - 미세먼지(PM10) - 폼알데하이드(HCHO) - 휘발성유기화합물(VOCs) - 총부유세균 - 이산화탄소(CO2) - 라돈(Rn)		

출처: 충청남도(2019, 1월 17일 보도자료)

④ 부산광역시

부산시는 건강취약계층인 영유아들의 안전관리를 위하여 어린이집에 공기청정기를 지원하는 「미세먼지 대응 보육환경 확보 대책」을 마련하였고, 이에 따라 2018년까지 시 전체 어린이집 1,904개소 보육실(8,734개실)에 설치를 지원하였다. 또한 부산시교육청은 공기정화장치가 설치되지 않은 59개 공립유치원과 11개 특수학교, 공기질 취약지역으로 분류된 26개 중고등학교 등 96개 학교 1310실을 대상으로 1310대의 공기정화기 설치를 추진하였다.

[그림 2-14] 어린이집 보육실 공기청정기
출처: 한상희(2018, 3월 6일 기사)

[그림 2-15] 공기정화장치 가동상황 점검
출처: 박세익 외(2019, 3월 6일 기사)

⑤ 대전광역시

2018년 대전광역시는 공기청정기 미설치 어린이집에 3,733대의 공기청정기 지원 사업을 시작했다. '어린이집 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼'을 신속히 전파하고 단계별 대응 매뉴얼 인지 및 이행상황, 공기청정기 사후관리(필터교체, 가동유무) 등 지도를 강화하

고 있다. 또한 대전시교육청은 미세먼지로부터 학생 건강을 보호하기 위해 유·초·중·고 476개교 등 모든 학교에 공기청정기 7,978대를 설치하며, 교육청 주관 일괄입찰로 투명하고 공정한 업체선정, 학교별 계약업무 부담을 완화했다.

[그림 2-16] 공기청정기가 설치된 어린이집 모습
출처: 이병기(2019, 3월 18일 기사)

[그림 2-17] 공기청정기가 설치된 어린이집 모습
출처: 박종명(2019, 3월 18일 기사)

⑥ 수원시

2018년 수원시는 '취약계층 이용시설 공기청정기 지원사업'으로 5월 31일까지 경로당 459개소, 장애인시설 41개소, 지역아동센터 54개소에 공기청정기 793대를 보급하였다. 또한 향후 5년간 공기청정기 유지·관리 등에 필요한 임차비 전액을 지원하고, 5년 후 각 시설에 공기청정기를 무상으로 넘겨줄 예정이다. 향후 실내 초미세먼지관리자 양성 및 실내공기질 관리컨설팅을 제공한다.

[그림 2-18] 경로당에 공기청정기를 설치하는 모습
출처: 강성기(2018, 5월 21일 기사)

[그림 2-19] 초미세먼지관리사 방문 교육
출처: 방재영(2019, 11월 1일 기사)

[표 2-20] 수원시 초미세먼지 민감군 건강보호 계획

사업개요	사업기간	2018년 ~ 2022년
	사업대상	영유아, 어르신 등 민감계층 시민
	사업내용	•「환경보건조례」 제정 • 미세먼지 관리 종합계획 수립으로 대응방안 마련 • 민감계층 및 현장근무자 대상 미세먼지마스크 보급 • 실내공기질관리사 양성 및 민감계층 이용시설 초미세먼지 관리 컨설팅 제공 • 시내버스 맞춤형 공기정화필터 도입
	세부 추진계획	○ 실내공기질관리사 양성 및 초미세먼지 관리 컨설팅 제공 • 사업기간 : 2019년 ~ 2022년 • 주요내용 - 초미세먼지 및 라돈 측정장비 확보 - 측정장비 사용법, 환기시스템 관리방법 등 교육, 실내공기질관리사 양성 - 어린이집 등 민감계층 이용시설에 주기적으로 방문하여 초미세먼지 측정 및 시설별 환기시스템 등 적정관리 컨설팅 제공 • 소요예산 : 185백만원 - 2019년 측정장비 구입 및 양성교육, 인건비 : 65백만원 - 2020년 ~ 2022년 양성교육, 인건비 : 40백만원/년

출처: 수원시 내부자료(2018, pp.99-100)

4) 주요성과 요약 및 분석

2017년부터 미세먼지 민감군 이용시설에 실내환경 관리의 중요성을 인지하고 전국단위에서 꾸준히 지원사업을 시행해왔다. 단순히 공기청정기를 설치·보급하는데 그치지 않고 '미세먼지 관리 종합계획' 및 '실내공기질 관리 기본계획'에서도 강조하였듯이 실내공기질을 진단하고 컨설팅을 통해 시설에 적합한 대안을 제시하고 유지관리와 운영 측면에서의 효율성과 성과도 간과하지 않고 있음을 알 수 있다. 하지만 여전히 지역별로 지원 내용은 차이가 있다. 실내공기질을 실시간으로 측정하여 모니터링 할 수 있는 센서를 설치하여 관리하는 지자체도 있으나 공기정화장치 운영비용만 보조해주는 데 그치는 지자체도 존재한다.

[표 2-21] 지자체별 공기청정기 설치 지원 프로그램 종합

	지원대상	설치규모	설치방식	예산규모	년도	실태점검 및 유지관리 방안
서울시	어린이집 6,093개소	26,345대	대여	84억 800만원	2018	- 실내공기질 모니터링 관리센서 운영 - 공기청정기 도입 관련 어린이집의 다양성 반영을 위한 지속적 소통 - 공기청정기 설치부터 관리·운영까지 철저하게 관리 - 어린이집 행동요령 정리·배포
경기도	유치원 2,222개소	9,800대	대여	47억원	2018	- '취약층 다중이용시설 개선진단 컨설팅 지원사업'을 추진 - 실내공기질 무료측정 및 개선 진단과 컨설팅 지원
	어린이집 11,814개소	62,000대	구입	82억원		
경상남도	어린이집 3,084개소	3,084대	구입	52억원	2018	- 미세먼지 측정 등 실내 공기 질 무료 진단 및 컨설팅 - 공기정화 필터교체와 점검서비스 제공
	경로당 7,326개소	7,326대				
	유치원 및 모든 교실	31,669대	구입	243억	2019	
충청남도	어린이집 1491개소	3436대	대여	17억 1800만원	2018	- 유지관리의 편의성을 위한 임대 형식 - 전문업체를 통한 필터교체 등 사후 관리 - 현장컨설팅을 통한 맞춤형 관리매뉴얼제공과 주기적인 재측정
	모든 교실 11,6733개소	16,733대	대여	66억 7천만원		
부산시	어린이집 1,904개소	8,734대	대여	42억 3,400만원	2018	- '학교 공기정화장치 효과 검증 정책 연구 용역'을 실시 - 공기정화장치를 효과적으로 운영할 수 있도록 운영비 지원
	초등학교 61개소	1,633대	대여	17억 5천만원		
	병설유치원 17개소					
대전시	미설치된 어린이집	3,733대	구입	15억 200만원	2018	- 어린이집 고농도 미세먼지 대응 단계별 대응매뉴얼 인지 및 이행상황 - 공기청정기 사후관리(필터교체, 가동유무) 등 지도 강화
	초등학교 13개소	433대	대여	6억 5천만원	2019	
	유초중고 476개소	7,978대	대여	28억원		
세종시	어린이집 345개소	536대	구입	32억원	2017	- 미세먼지 간이측정기 보급사업 - 실내공기질 무료측정사업 - 공기정화기 보급 및 미세먼지 교육 - 미세먼지 고농도시기 특별점검 실시 - 공기정화장치 주기적 필터 교체
	학교 132개소	예산범위 내에서 자체적으로 구매	대여			
수원시	경로당 459개소	793대	대여	9억 7천만원	2018	- 유지·관리 등에 필요한 임차비 전액을 지원하고, 5년 후 각 시설에 공기청정기를 무상 인수 - 실내공기질관리사 양성 및 초미세먼지 관리 컨설팅 제공
	장애인시설 41개소					
	지역아동센터 54개소					

출처: 연구자 재구성

4. 미세먼지 정책 관련 인지도 및 만족도 분석

1) 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도 현황 분석

미세먼지 관련 제도 및 정책에 대한 인지도는 민감군과 관리자 모두 80% 이상으로 나타나 높은 인지도를 보였으며, 상대적으로 관리자의 인지도가 민감군보다 높은 것으로 나타났다. 특히 '매우 잘 알고 있다'와 '어느 정도 알고 있다'는 응답이 민감군보다 관리자에서 높은 비율로 나타났다.

[표 2-22] 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도 비교

		인지율	매우 잘 알고 있다	어느 정도 알고 있다	들어본 적 있다	잘 모른다
민감군	종합	83.3	2.7	44.9	35.7	16.7
	어린이집	84.7	3.3	46.4	35.0	15.3
	유치원	80.8	2.6	42.3	35.9	19.2
	초등학교	84.2	2.3	44.5	37.4	15.8
시설 운영 관리자	종합	91.4	8.0	56.3	27.1	8.6
	어린이집	88.3	10.0	53.3	25.0	11.7
	유치원	91.5	7.5	53.8	30.2	8.5
	초등학교	94.4	6.5	61.3	26.6	5.6

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

민감군에서는 어린이집에 다니는 자녀를 둔 학부모에서, 관리자에서는 초등학교 교사에서 상대적으로 높은 인지율이 나타났다. 다만, 관리자의 경우 '매우 잘 알고 있다'는 응답은 어린이집 교사에서 가장 높은 것으로 확인되었다.

2) 미세먼지 관련 정책 만족도 및 평가

정부의 미세먼지 감축 노력에 대해서는 민감군과 관리자 모두 부족하다는 응답이 높게 나타났다. 민감군의 절반인 50.0%가, 관리자는 42.6%가 정부의 노력이 '부족하다'고 평가하였다. 특히, 민감군에서는 유치원에 다니는 자녀를 둔 학부모에서, 관리자의 경우 유치원 교사에서 감축 노력에 대한 부족 의견이 높은 것으로 확인되었다.

[표 2-23] 정부의 미세먼지 감축 노력

		7점 평균	부족	보통	충분
민감군	종 합	3.33	50.0	31.0	19.0
	어린이집	3.39	47.5	31.1	21.3
	유치원	3.14	60.3	17.9	21.8
	초등학교	3.33	50.9	31.3	17.7
시설 운영 관리자	종 합	3.50	42.6	33.1	24.3
	어린이집	3.52	43.3	33.3	23.3
	유치원	3.41	44.3	35.8	19.8
	초등학교	3.56	40.3	30.6	29.0

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

정부의 미세먼지 감축 노력에 대한 부정적 의견은 미세먼지 정책 만족도에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 미세먼지 관련 정책에 대한 만족도에서 전반적으로 불만족 비율이 높은 것으로 나타났으며, '불만족' 응답 비율은 민감군이 관리자보다 높은 것으로 나타났다. 민감군에서는 유치원에 다니는 자녀를 둔 학부모에서, 관리자에서도 동일하게 유치원 교사에서 가장 낮은 정책 만족도가 관찰되었다.

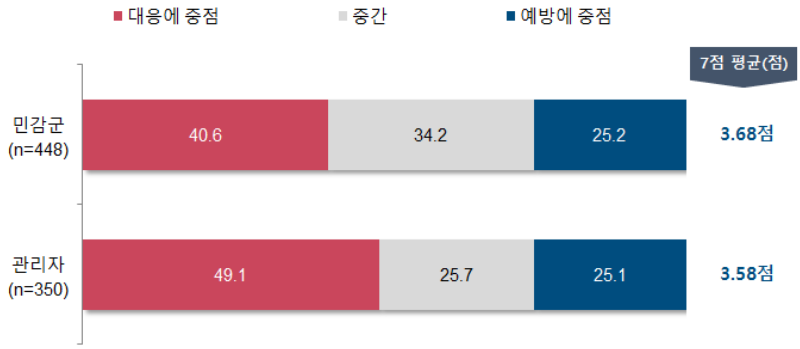
[표 2-24] 미세먼지 관련 정책 만족도 비교

		7점 평균	불만족	보통	만족
민감군	종 합	3.27	50.9	34.2	15.0
	어린이집	3.17	53.0	32.2	14.8
	유치원	3.15	57.7	28.2	14.1
	초등학교	3.34	49.8	34.7	15.5
시설 운영 관리자	종 합	3.35	48.6	32.0	19.4
	어린이집	3.28	48.3	35.8	15.8
	유치원	3.25	52.8	30.2	17.0
	초등학교	3.50	45.2	29.8	25.0

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

정부의 미세먼지 정책 방향에 대한 평가에서는 민감군의 40.6%, 관리자의 49.1%가 정부의 미세먼지 정책이 '대응에 중점'을 두고 있다고 평가하여, 민감군과 관리자 모두 대응에 중점을 두고 있다는 의견이 높게 나타났다. 특히, 이러한 의견은 민감군에서는 초

등학교에 다니는 자녀를 둔 학부모에서, 관리자도 동일하게 초등학교 교사에서 가장 높은 것으로 관찰되었다.



[그림 2-20] 정부의 미세먼지 정책 방향 평가

[표 2-25] 정부의 미세먼지 감축 노력

		7점 평균	대응에 중점	보통	예방에 중점
민감군	종 합	3.68	40.6	34.2	25.2
	어린이집	3.70	38.8	36.1	25.1
	유치원	3.85	41.0	26.9	32.1
	초등학교	3.62	42.3	34.0	23.8
시설 운영 관리자	종 합	3.58	49.1	25.7	25.1
	어린이집	3.43	48.3	31.7	20.0
	유치원	3.68	47.2	26.4	26.4
	초등학교	3.65	51.6	19.4	29.0

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

5. 소결

□ 미세먼지 환경 기준이 강화됨에 따라 관련 시설의 실내공기질 기준도 함께 강화되었음

미세먼지 환경 기준이 선진국 수준(연평균 15㎍/㎥, 일평균 35㎍/㎥)으로 강화됨에 따라 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에서 기계환기설비를 의무 설치해야하는 시설 대상을 건축연면적 1,000㎡이상인 노인요양시설, 소규모 영화관 및 30세대 이상 신축 공동주택까지 확대하였으며 30세대 미만 공동주택 및 단독주택은 환기설비 설치를 권장하는 것으로 관련법을 개정하였다.

□ 민감·취약계층의 건강보호 기반을 강화하였으나 지역적 편차 발생

미세먼지 관리 종합계획 및 실내공기질 관리 기본계획 등에서 뿐만아니라 전국의 지차체 차원에서도 민감·취약계층의 건강보호를 위한 다양한 정책과제를 발굴하여 운영중이다. 이에 일환으로 전국 모든 유치원과 각급 학교에 공기정화설비를 설치하고 영유아·노인·장애인 등 민감 계층 생활·이용시설 대상으로 공기정화설비 지원을 확대하고 있다. 하지만 실내공기질을 실시간으로 측정하여 모니터링 할 수 있는 센서를 설치하여 관리하는 지자체도도 있는 반면 공기정화장치 운영비용을 보조해주는데 그치는 지차체도 있어 지역별로 지원 내용과 수준의 차이가 발생하고 있다.

□ 고농도 미세먼지에 따른 실외활동 금지 및 실내 활동 전환에 필요한 공간 확보요구가 있음

어린이집·학교시설 미세먼지 대응 매뉴얼에서 실외수업 자재, 단축 또는 금지에 따른 기준 및 대체안을 사전에 계획하여 마련하도록 규정하고 있으나 실내체육관이나 강당 등 제한된 공간을 전교생이 함께 불편함 없이 사용하기는 현재 여건상에서 어렵다. 실내활동을 수용하기 위한 적정 공간 마련 등 유관기관이나 주관기관차원에서 근본적인 한계를 극복할 수 있는 체계적인 대안마련이 필요한 상황이다.

□ 일회성 (설치)지원 도 필요하나 지속적인 관리와 지침의 운영체계가 필요

단순히 공기청정기 설치를 지원하는 것을 넘어 필터교체 지원 및 실태점검 등을 실시하여 상시에도 어린이나 미세먼지 민감계층을 위한 쾌적한 실내환경을 유지할 수 있도록 체계적인 운영체계가 함께 병행하여야 한다. 간이 측정기 보급 및 실내공기질 측정 및 컨설팅을 통해 건축물 현황을 진단하고 문제점을 합리적으로 개선할 수 있도록 유도하

는 방안도 고려할 수 있다.

□ 계층별 대응요령에 대한 홍보 및 교육 강화 필요

미세먼지 대응 매뉴얼의 대응요령에서 상대적으로 계층별 이행요령의 가장 낮은 참여율이 민감군과 관리자 모두에게서 확인되었다. 그러나 민감군 특성에 맞춰진 계층별 대응요령이 가장 실효성있는 대응요령임을 감안할 때, 홍보와 교육을 통한 저변 확대가 우선적으로 필요할 것으로 보여진다.

□ 미세먼지에 대한 예방적 차원의 정책 추진 요구

민감군과 관리자 설문조사 결과, 미세먼지에 대한 정부 정책이 대응에 중점을 두고 있다는 의견이 상대적으로 높았으며, 정책 평가에 있어서도 부족하다는 의견이 높게 나타났다. 고농도 미세먼지에 대한 대응 정책도 중요하지만 예방을 위한 정책으로의 패러다임 전환이 요구된다. 따라서, 이러한 관점에서 보면, 민감군이 주로 이용하는 시설에 대한 신축 또는 리모델링 가이드라인 및 시설 계획 기준 등은 미세먼지 저감을 위한 예방 차원의 접근 방법이라 할 수 있다.

제3장 미세먼지 민감군 시설 건축물 현황 분석 및 시사점 도출

1. 미세먼지 민감군 관련 시설의 계획 기준 및 설비 기준 분석
2. 미세먼지 민감군 관련 시설 현장조사 및 개선 요구사항 분석
3. 미세먼지 저감 및 회피 관련 사례 기술 분석
4. 소결

1. 미세먼지 민감군 관련 시설의 계획 기준 및 설비 기준 분석

미세먼지 민감군 시설의 계획 기준을 마련하기에 앞서 현재 시설별 계획 기준 및 설비기준을 살펴보고자 한다. 관련기준의 주요 내용 및 한계사항을 분석하여 새롭게 제안하거나 개선해야할 계획 기준의 항목을 도출하고자한다. 각 시설별로 계획 기준을 살펴보고 입지 및 외부공간, 면적, 조닝, 건축물성능, 운영관리 항목으로 구분하여 시설별 특징을 비교하고자 한다. 비교 항목은 조준배 외(2009, p.131), 김상호(2013, p.77), 계보경 외(2011, pp.135-160) 등을 참고하여 설정하였다.

1) 어린이집 계획 기준 및 설비 기준

미세먼지 민감군을 위한 어린이 집을 조성하는데 있어서 검토하고 반영하여하는 법과 기준은 대략 다음과 같다. 어린이집의 설치, 보육교직원, 어린이집의 운영 등을 규정하고 있는「영유아보육법」, 기계환기설비를 설치하여야 하는 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량을 규정하고 있는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」, 다중이용시설의 이용자들의 건강을 보호하고 환경상의 위해를 예방하기 위한「실내공기질 관리법」 등이 있다.

□ 「영유아보육법」 시행규칙 [별표1] 어린이집의 설치기준

「영유아보육법」 제11조의2에서는 어린이집이나 어린이집 용지를 관련법에 근거해 확보될 수 있도록 규정하고 있으며 제12조는 국공립 어린이집 우선 설치지역을 도시 저소득주민 밀집 주거지역 및 농어촌지역 등 취약지역, 500세대 이상의 공동주택단지 지역, 산업단지 지역으로 규정하고 있다. 어린이집 설치기준은 같은 법 제15조, 시행규칙 제9조에 근거한 별표1에서 정하고 있으며, 어린이집의 입지조건, 규모, 구조 및 설비기준 등에 대한 설치기준을 제시하고 있으며 그 내용은 다음 표와 같다(박석환 외 2018, p.205).

영유아보육법 시행규칙 제9조 별표1_어린이집의 설치기준

구분	내용
어린이집의 입지조건	쾌적한 물리적 환경을 갖춘 부지선정 위험시설로부터 50m이상 이격 영유아 20명 이하의 어린이집(국공립어린이집 포함)은 가정어린이집 설치가능한 곳에 설치가능
어린이집 규모	정원은 총300명 초과 할 수 없으며, 국공립어린이집의 경우 상시 영유아11명 이상
구조 및 설비기준	어린이집 설치방식(한 건물에 설치, 여러개인 경우 한 울타리내에 모두 어린이집시설) 어린이집 필요 실 - 보육실을 포함한 시설면적은 영유아 1명당 4.29㎡ - 보육실, 조리실, 목욕실, 화장실, 교사실, 놀이터, 급배수시설, 비상재해대비시설, 폐쇄회로 텔레비전 등 - 놀이터는 보육 정원 50명 이상인 어린이집은 영유아 1명당 3.5제곱미터 이상의 규모로 옥외놀이터를 설치 - 옥내놀이터는 놀이터로 사용하는 공간 및 그 주변에 소음·분진·폭발·화재의 위험이 없어야 하며, 실내공간을 활용하는 경우 조명·채광·환기·온도·습도가 적정하여함

출처 : 영유아보육법 시행규칙 제9조

□ 어린이집 정원 책정 및 면적 산정 기준

어린이집 전용면적은 영유아 1인당 4.29㎡ 으로 규정하고 있으며 보육실만으로는 그의 절반 가량인 영유아 1인당 2.64㎡를 확보하도록 보건복지부 '2020년 보육사업안내' 자료에서 안내하고 있다. 또한 전용 면적, 보육실 면적, 놀이터 면적 산정 인원 중 가장적은 수를 정원으로 하여 과밀하지 않고 양호한 어린이집 환경을 확보할 수 있도록 유도하고 있다.

※ 보육실은 반별 최대정원을 고려하여 설치하도록 설치 전 상담 시 지도
※ 놀이터 면적은 보육시설 규모별로 별도 면적기준 제시(놀이터 설치기준 참조)

[그림 3-1] 어린이집 정원 책정 및 면적산정 기준
출처 : 보건복지부(2020, p.37)

□ 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에 따른 기계환기설비 기준

관련 규칙에 따라 기계환기설비를 설치해야하는 다중이용시설의 용도 및 규모는 아래의 내용과 같다. 어린이집의 경우는 연면적 430㎡ 이상 시설이 대상에 해당하며 환기설비 용량은 36CMH(㎥/인 · h)이상이다. 「실내공기질 관리법」에서 다루고 있는 실내공기질 유지기준을 준수해야하는 어린이집 규모와 같은 기준으로 대상을 설정하고 있으나 「실내공기질 관리법」에서 새로 추가된 실내 어린이놀이시설의 경우는 기계환기설비 설치 대상에서 아직 규정하고 있지 않다.

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 [별표1의6] 기계환기설비를 설치하여야 하는 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량

구분	내용
기계환기설비를 설치하여야 하는 다중이용시설	노유자시설 1) 연면적 430제곱미터 이상인 「영유아보육법」 제10조제1호부터 제4호까지 및 제7호에 따른 국공립어린이집, 사회복지법인어린이집, 법인 · 단체등어린이집, 직장어린이집 및 민간어린이집 2) 연면적 1천제곱미터 이상인 「노인복지법」 제34조제1항제1호에 따른 노인요양시설(국공립노인요양시설로 한정한다)
각 시설의 필요 환기량	교육연구시설 36CMH(㎥/인 · h)이상 노유자시설 36CMH/인 · h)이상

출처 : 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙

2) 학교시설 계획 기준 및 설비 기준

미세먼지 민감군을 위한 유치원, 초등학교를 조성하는데 있어서 검토하고 반영하여하는 법과 기준은 대략 다음과 같다. 유치원 · 초등학교 · 중학교 · 고등학교 · 공민학교 · 고등공민학교 · 고등기술학교와 이에 준하는 각종학교(대안학교는 제외한다)의 설립 · 운영에 있어서 필요한 시설 · 설비기준 및 운영에 관한 사항을 규정하고 있는 「고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정 」, 학교의 보건관리에 필요한 사항을 규정하여 학생과

교직원의 건강을 보호·증진하기 위한 「학교보건법」, 다중이용시설의 이용자들의 건강을 보호하고 환경상의 위해를 예방하기 위한 「실내공기질 관리법」 등이 있다.

□ 「고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정」에 따른 교사의 입지 기준

「학교보건법」 제4조 학교의 환경위생 및 식품위생 규정에 따라 학교시설[교사대지(校舍垈地) · 체육장, 교사 · 체육관 · 기숙사 및 급식시설, 교사대지 또는 체육장 안에 설치되는 강당 등을 말한다. 이하 같다]에서의 환기 · 채광 · 조명 · 온도 · 습도의 조절과 유해중금속 등 유해물질의 예방 및 관리, 상하수도 · 화장실의 설치 및 관리, 오염공기 · 석면 · 폐기물 · 소음 · 휘발성유기화합물 · 세균 · 먼지 등의 예방 및 처리 등 환경위생과 식기 · 식품 · 먹는 물의 관리 등 식품위생을 적절히 유지 · 관리하여야 한다고 원칙만 규정하고 있을뿐 상세한 입지 기준을 별도로 마련되어 있지 않다.

□ 「고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정」에 따른 교사의 면적 기준

「고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정」 제3조 3항에 따라 각급학교의 교사(교실, 도서실 등)는 교수·학습활동에 적합하여야 하고 그 내부환경은 「학교보건법」 제4조의 규정에 충족하도록 규정 하고 있다. 또한 제3조 2항에 따르면, 유치원의 교사는 교실, 화장실 및 교사실을 갖추어야 하고, 유치원에서 조리한 음식을 유아의 급식으로 제공하는 경우에는 조리실도 갖추어야 한다. 제3조 3항에서는 각급 학교 교사의 기준면적을 [별표1]에 따라 규정하고 있는데 유치원, 학교시설에 해당하는 내용은 다음 표와 같다.

고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정 [별표1] 교사의 기준면적

학교	학생수별 기준면적		
유치원	40명 이하	41명 이상	
	5N	80+3N ㎡	
	교사 중 교실 총면적 2.2N ㎡		
초등학교·공민학교 및 이에 준하는 각종학교	240명이하	241명이상 960명이하	961명이상
	7N	720+4N	1,680+3N

주: N은 각급학교의 전학년의 학생정원을 말한다.
출처 : 고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정

이 밖에도 특별시 · 광역시 · 특별자치시 · 도 및 특별자치도 (이하 "시 · 도"라 한다)의 교육감은 각급학교의 학교별 특성을 고려하여 교육상 지장이 없는 범위에서 시 · 도 조례로 정하는 바에 따라 3분의 1의 범위 안에서 완화하는 하거나 별도로 정할 수 있다. 한 광역자치단체의 학교시설 기준은 다음과 같이 규정하고 있다. 1실의 단위면적을 101㎡

〔순면적 65㎡ + 공유면적(순면적의 55%)〕를 적용하고, 화장실, 창고 및 서고는 89.3㎡(공유면적 포함), 숙직실은 27㎡(공유면적 포함)을 적용하도록 하고 있다. 또한 각 실별 사용용도 및 부속공간을 설명하고 있다.

OO 지자체 학교시설 기준

Ⅰ. 목적

이 기준은 OOOO교육청 산하 각급 학교(초,중,고)의 학교시설 기준으로 교육과정의 원활한 운영과 학생 및 교직원의 복지여건과 근무여건 개선을 위한 도달 목표치로 시설투자의 적절성 확보 및 학교별 시설투자의 형평성 유지를 목적으로 한다.

Ⅱ. 근거

- 고등학교이하각급학교설립운영규정 등
- 제7차교육과정 시설사업 시행지침
- 제7차 교육과정에 따른 학교시설 기준(시설과-946, 2004.3.17)
- 학교시설 기준 적절성 검토를 위한 현장 조사 결과 보고

Ⅲ. 용어의 정의

이 기준에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

- 1실의 단위면적은 101㎡(순면적 65㎡ + 공유면적(순면적의 55%))를 적용하고, 화장실, 창고 및 서고는 89.3㎡(공유면적 포함), 숙직실은 27㎡(공유면적 포함)을 적용한다.
- 일반교실이라 함은 각급 학교의 학급교실을 말한다. 단 고등학교의 일반교실은 교과전용교실의 용도로 사용한다.
- 특별교실이라 함은 특정 교과의 실험·실습을 위하여 설치된 과학실험실, 기술실습실, 가정·가사실습실, 미술실, 음악실, 사회교과특별실, 컴퓨터실, 어학실 등을 말한다
- 교과교실이라 함은 교과선택형 수준별 교과운영을 위해 설치된 교실을 말한다
- 다목적교실이라 함은 수준별(단계형, 심화·보충형, 교과선택형) 교과운영과 재량활동 및 특별활동을 지원하고 시청각실의 기능을 포함하는 시설을 말한다
- 교사연구·지원시설이라 함은 각급학교 교원들의 교과·교재 연구, 협의 및 교재개발 지원 등을 위한 교사연구실, 교무실, 협의회실, 교재제작실, 교직원휴게실, 교직원탈의실 등을 말한다
- 학생편의시설이라 함은 도서실 및 학생탈의실·샤워실, 고등학교의 학생 수납공간 등을 말한다
- 관리·행정시설이라 함은 교육과정과 직접 관련이 없는 시설로 학교의 유지·관리를 위하여 설치되는 교장실, 보건실, 행정실, 방송실, 상담실 등을 말한다
- 체육관이라 함은 다양한 형태의 수업, 특기·적성교육, 학교행사, 우천시 체육활동 및 예술활동 등에 다목적으로 활용하기 위한 시설을 말한다
- 급식시설이라 함은 학생 및 교직원의 식사를 제공하기 위하여 설치되는 주방과 식당을 말한다.
- 보건교육실이라 함은 보건교사가 보건교육을 실시하기 위한 시설로 다양한 교구 등이 비치된 시설을 말한다.
- 발간실이라 함은 학교에서 필요로 하는 다양한 자료를 인쇄, 보관 및 배부하는 시설을 말한다.
- 병설유치원이라 함은 유아의 교육을 위하여 초등학교 내에 병설로 설치된 시설로 교육, 유희 및 화장실공간 등을 포함한다.

Ⅳ. 적용 범위

이 기준의 적용 범위는 교육과정 운영, 학생 및 교원의 편의 제공, 교사의 연구 지원 등을 위하여 설치되는 학교시설로 각급 학교별 대상 시설은 시설기준표의 각 시설과 같다.

Ⅴ. 시설기준

교사의 각 시설별 면적기준은 별표1의「각급학교 시설기준표」와 같다.

Ⅵ. 시설투자의 적용

- 이 기준은 시설투자 여부의 결정 및 시설규모 산정을 위한 근거로 적용한다.
- 단, 학교별 상황, 교육재정 여건, 시급성, 향후 학생수 증감 등을 고려하여 현실에 맞게 적용하며
- 다목적실, 급식시설에 대하여는 시설투자 여부를 결정하는 근거는 아니며, 시설투자시 시설규모 결정의 근거로만 사용하고 이러한 시설의 설치 여부는 예산 확보 및 향후 활용가치 등을 고려하여 결정해야 한다.

Ⅵ. 행정사항

- 이 기준은 2013. 03. 01부터 시행한다.

□ 「학교보건법」 시행규칙 에 따른 환기·채광·조명·온습도의 조절기준과 환기설비의 구조 및 설치기준

체육장, 교사 · 체육관 · 기숙사 및 급식시설, 교사대지 또는 체육장 안에 설치되는 강당 등의 구체적인 실내환경에 대해서는 「학교보건법」 시행규칙에서 규정하고 있는데 환기·채광·조명·온습도의 조절기준과 환기설비의 구조 및 설치기준을 포함하고 있으며 그 내용은 다음 표와 같다.

환기·채광·조명·온습도의 조절기준과 환기설비의 구조 및 설치기준 (제3조제1항제1호관련)

1. 환기
 가. 환기의 조절기준
 환기용 창 등을 수시로 개방하거나 기계식 환기설비를 수시로 가동하여 1인당 환기량이 시간당 21.6세제곱미터 이상이 되도록 할 것
 나. 환기설비의 구조 및 설치기준(환기설비의 구조 및 설치기준을 두는 경우에 한한다)
 1) 환기설비는 교사 안에서의 공기의 질의 유지기준을 충족할 수 있도록 충분한 외부공기를 유입하고 내부공기를 배출할 수 있는 용량으로 설치할 것
 2) 교사의 환기설비에 대한 용량의 기준은 환기의 조절기준에 적합한 용량으로 할 것
 3) 교사 안으로 들어오는 공기의 분포를 균등하게 하여 실내공기의 순환이 골고루 이루어지도록 할 것
 4) 중앙관리방식의 환기설비를 계획할 경우 환기닥트는 공기를 오염시키지 아니하는 재료로 만들 것
2. 채광(자연조명)
 가. 직사광선을 포함하지 아니하는 천공광에 의한 옥외 수평조도와 실내조도와의 비가 평균 5퍼센트 이상으로 하되, 최소 2퍼센트 미만이 되지 아니하도록 할 것
 나. 최대조도와 최소조도의 비율이 10대 1을 넘지 아니하도록 할 것
 다. 교실 바깥의 반사물로부터 눈부심이 발생되지 아니하도록 할 것
3. 조도(인공조명)
 가. 교실의 조명도는 책상면을 기준으로 300럭스 이상이 되도록 할 것
 나. 최대조도와 최소조도의 비율이 3대 1을 넘지 아니하도록 할 것
 다. 인공조명에 의한 눈부심이 발생되지 아니하도록 할 것
4. 실내온도 및 습도
 가. 실내온도는 섭씨 18도 이상 28도 이하로 하되, 난방온도는 섭씨 18도 이상 20도 이하, 냉방온도는 섭씨 26도 이상 28도 이하로 할 것
 나. 비교습도는 30퍼센트 이상 80퍼센트 이하로 할 것

출처 : 환기·채광·조명·온습도의 조절기준과 환기설비의 구조 및 설치기준

□ 「학교보건법」에 따른 실내공기질 유지 관리, 공기정화설비 등 설치관련 기준

「학교보건법」 제4조의 2(공기 질의 유지관리 특례)에 따라 교사공간의 공기질 위생점검을 상·하반기에 각각 1회 이상 실시하여야하고 시행규칙 제5조(공기정화설비 등의 설치)에서 규정하고 있는 공기정화설비를 설치하고 미세먼지 측정기기를 사용하여야 한다.

학교보건법 시행규칙 제5조(공기정화설비 등의 설치)

법 제4조의3에 따라 학교(「고등교육법」 제2조에 따른 학교는 제외한다)의 장이 교사 안에서의 공기 질 관리를 위하여 각 교실에 설치해야 하는 공기를 정화하는 설비 및 미세먼지를 측정하는 기기는 다음 각 호와 같다.
1. 공기를 정화하는 설비: 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 설비
가. 「실내공기질 관리법」 제2조제5호에 따른 공기정화설비
나. 실내 공기 중의 분진을 추출하여 모으고 냄새를 탈취하는 기능이 있는 설비로서 내부에 먼지 제거부와 송풍기가 내장되어 있는 설비

다. 그 밖에 교육부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 교실의 공기를 정화하기에 적합하다고 인정하여 고시하는 설비
2. 미세먼지를 측정하는 기기: 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 기기
가. 제1호 각 목의 어느 하나에 해당하는 설비에 부착되어 있는 부속품 형태의 측정기기로서 미세먼지의 농도를 표시하는 기능이 탑재된 측정기기
나. 가목 외의 기기로서 미세먼지의 측정결과를 실시간으로 확인할 수 있는 간이 측정기기
다. 그 밖에 교육부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 교실의 미세먼지를 측정하기에 적합하다고 인정하여 고시하는 기기
[본조신설 2019. 7. 3.]
출처 : 학교보건법 시행규칙 제5조

3) 미국학교 공기정화설비 가이드라인 분석

□ 개요

최근 교육부에서 발표한『학교 고농도 미세먼지 대책』중 공기정화설비 설치 확대는 외부로부터 유입되는 미세먼지에 보다 직접적으로 대처할 수 있는 방안이라고 할 수 있다(교육부 2018, pp.1-17). 그러나 공기청정기는 단기적인 대처방안으로 매우 유용하지만, 중·장기적으로는 미세먼지가 걸러진 외부공기를 유입하는 방식에 대한 검토가 이루어져야 한다. 이에 국외 학교 공기정화설비 가이드라인을 분석하여 국내 학교시설에 적용 시 고려되어야 할 사항들을 도출해보고자 한다.

□ 주요 내용

- 공기정화설비 설치

미국 공조회사인 CAMFIL은 학교시설에 적합한 공기정화설비의 선정을 위한 기초자료로『Air Filtration for Schools』과 학교공간별 MERV 등급을 제안했다(Camfil 2016, pp.2-6).

필터 등급 MERV(Minimum Efficiency Reporting Value) 11과 MERV 13 이상의 성능은 현저하게 차이가 난다. MERV 13은 0.35㎛에서도 50% 이상의 제거효율을 보이는 반면, MERV 11은 약 20%의 제거효율을 보이고 있다. 또한 MERV 13 이상은 약 1.44㎛ 크기의 미세먼지부터는 동일한 성능을 보이며, MERV 15의 경우 모든 크기의 미세먼지를 100% 제거하는 것을 볼 수 있다.

국립 공기 여과 협회(National Air Filtration Association, 이하 NAFA)에서는『NAFA Guidelines for Schools』을 통하여 신설학교와 기존학교의 공기정화설비 디자인을 위한 기초자료로 활용하도록 하였다. NAFA는 MERV 8과 13 사이의 제품을 사용하도록

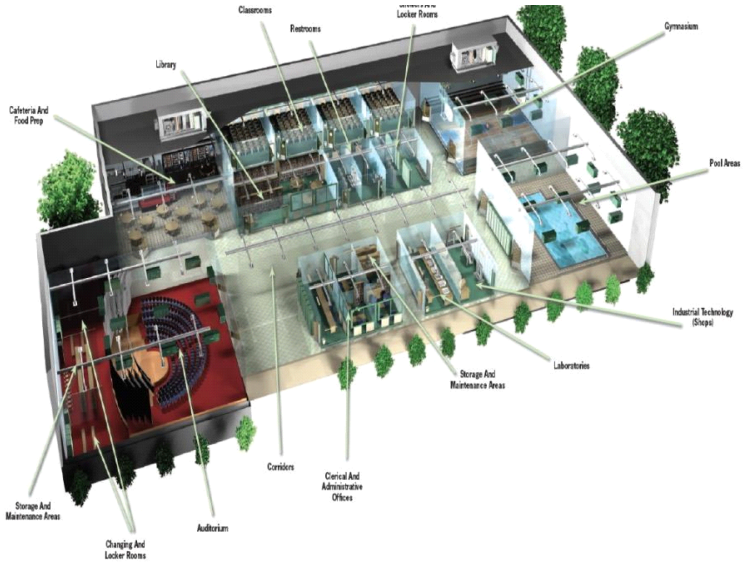
권장하고 있으며, 가능한 모든 공기정화장치에 MERV 13의 사용을 제안하고 있다. 그러나 무조건 여과성능이 뛰어난 것만이 좋은 것은 아니기 때문에 허용 가능한 수준의 압력 저하를 발생시키는 필터의 선정, 경험치 기반의 값 활용, 그리고 유지관리비 분석을 통한 선정을 제안하고 있다(박성철 2018, p.9; National Air Filtration Association 2012, pp.1-3).

[표 3-1] 학교공간별 MERV 등급 제안

구분	프리필터	중성능필터
교실, 강당, 도서관, 행정실 등	MERV 8	MERV 13
복도	MERV 8	
실습실	MERV 8	MERV 13
락커룸, 샤워실	MERV 8	
기술실	MERV 8	
컴퓨터실	MERV 8	MERV 11
창고	MERV 8	
화장실	MERV 8	

출처: Camfil(2016, p.9) 및 박성철(2018, p.9)

환경 보호국(Environmental Protection Agency, 이하 EPA)에서는 학교에서 설치하는 공기정화장치의 유형별 권고사항을 마련하였다. 유형은 크게 창문의 개폐를 활용하는 자연환기 방식, 각 실별로 독립적으로 설치된 장치를 이용하는 단독형 방식, 중앙의 기계실을 통하여 공기를 여과시키는 중앙 집중형 방식 3가지로 구분하였다. 공간 특성 상 폐쇄된 공간에서 작업을 하는 경우에는 단독형과 중앙집중형 방식을 적용하도록 하였으며 자연환기방식은 차량 통행이 집중되는 시간에 환기를 자제하도록 하고 있다. 단독형 방식은 공기흡입을 방해하는 장애물을 먼저 제거할 것을 제안하였으며 중앙집중형은 공기를 흡입하는 흡입구를 가능한 오염이 적은 위치로 설정하여 필터에 과부하 및 정화 성능을 제고 하는 방안을 제안하였다. 자연환기 방식을 적용하는 경우 공기청정기를 설치하되 최종적으로는 단독형, 중앙집중형과 같은 기계식으로 개선하고 단독형은 고성능 필터로 교체하되 중앙집중형으로 향상시킬 필요가 있음을 제시하였다. 또한 중앙집중형은 MERV 16 이상의 필터를 사용하도록 하였다(박성철 2018, p.10).



[그림 3-2] 학교시설 세부공간별 적정 필터 설치 예시
출처: Camfil(2016, p.9) 및 박성철(2018, p.9)

[표 3-2] 공기정화설비 유형별 권고사항

장치타입	전략				
	교직원 교육	밀실작업	흡입공기 개선	여과장치	시스템 개선
자연환기	✓		차량집중시간 자제	공기청정기	기계식으로 개선
단독형	✓	✓	장애물 제거	고성능 필터	중앙집중형
중앙집중형	✓	✓	흡입구 위치 변경	MERV 16 이상	N/A

출처: 박성철(2018, p.10)

- 학교시설 환기 매뉴얼

학교 시설의 환기를 위해 개발한 'Building Bulletin 101' 매뉴얼에서는 지정한 시간에 맞춰 작동하는 타이머를 설치하여 출퇴근 시간 등 미세먼지가 많이 발생하는 시간대에 창문을 폐쇄하거나 공기정화장치를 사용하는 등의 교통량에 따른 대응방안을 제시하고 있다. 또한 자연환기방식을 적용한 교실은 신선한 공기를 가능한 많이 실내에 머무르게 할 수 있도록 천장 높이를 최소 3m 이상으로 할 것을 제안하고 있다. 또한 공기정화설비의 흡입구의 위치는 먼지 발생량이 많은 운동장이나 도로변은 피하되 특히 창문에 직접 설치하는 방식의 공기정화장치는 바람의 방향을 고려하여 설치할 것을 제안하고 있다 (박성철 2018, p.10).

- 운영관리

미국 국립 공기 여과 협회(NAFA)에서는 학교에서 공기정화설비 설치 및 운영에 대한 전문성이 부족할 수 있으므로 환경보호국(EPA) 에서 제공하는 'Indoor Air Quality Tools for School'을 활용을 권장하고 있다.

Tool for School 프로세스는 프로세스를 진행할 조직 구성(Organize), 의사소통을 통한 인식 고취(Communicate), 자산 평가(Assess), 조치계획 수립(Plan), 조치(Act), 마지막으로 조치된 사항들에 대한 최종 평가(Evaluate) 등으로 이루어진다.

4) 시설별 계획 기준 항목 비교 석 및 종합 분석

① 시설별 계획 기준 항목 비교 분석

□ 어린이집

어린이집과 관련된 시설기준을 종합해보면 전체 시설의 규모로 430㎡이상 어린이집의 경우는 기계환기설비를 설치하도록 하고 있으며 환기량은 36CMH 이상으로 하고 있다. 하지만 성인기준에도 충분한 환기량인 36CMH를 어린이들이 주로 생활하는 공간에 일률적으로 적하는 것이 적절한지에 대한 고려가 필요하다. 또한 430㎡이하의 소규모 어린이집에도 최소한 실내놀이터를 포함한 보육실에 한해서 실내 공기질 유지를 할 수 있는 방안에 대한 모색이 필요하다.

□ 학교시설(유치원 및 초등학교)

「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 [별표1의6]에서 다중이용시설에 대한 기계환기설비에 대한 설치를 규정하고 있으나 학교시설의 경우 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」이 아닌 「학교보건법」 시행규칙에서 별도로 규정하고 있다. 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 에 따른 교육연구시설에 대한 기준은 연면적 3천제곱미터 이상인 「도서관법」 제2조제1호에 따른 도서관과 연면적 1천제곱미터 이상인 「학원의 설립 · 운영 및 과외교습에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 학원인 경우에 36CMH 이상의 환기량이 필요 정하고 있다. 「학교보건법」 시행규칙에서는 반드시 기계환기설비를 설치하도록 강제하고 있지 않으며 환기용 창 등을 수시로 개방하거나 기계식 환기설비를 수시로 가동하여 1인당 환기량이 시간당 21.6세제곱미터 이상이 되도록 규정하고 있다. 기계환기설비가 미설치된 학교에서는 고농도 미세먼지가 심한날에는 환기량을 충족하지 못하는

문제가 발생한다. 또한 고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정에서 유치원 및 초등학교의 경우는 미세먼지 민감군 그룹으로 실내환경 조건을 중학교나 고등학교 규정과 일률적으로 적용하기에는 무리가 있다. 어린이집이 1인당 36CMH 환기량을 확보하도록 규정하고 있는 것 과도 배치되는 측면이 있다. 유치원 및 초등학교의 경우는 우선적으로 기계환기설비에 대한 설치규정을 검토할 필요가 있다. 또한 각 학급당 학생 수 밀도에 따라 적정 환기량의 차이가 있으므로 21.6CMH를 일률적으로 적용하기 보다는 학급당 학생수에 따라 환기량 기준을 구분할 필요도 있다.

또한 어린이집과 달리 관련법상에서 공기질 위생점검 횟수와 설비 및 측정기기를 구체적으로 규정하고 있는 점은 주목할 만하다. 하지만 미국의 학교시설 가이드라인보다는 구체적인 설비 기준이나 필터 등급, 공기정화장치 유형, 환기 매뉴얼이 체계적이지 못한 아쉬움이 있다.

[표 2-3] 각 시설별 계획 기준 현황 비교 분석

구분	어린이집	유치원	초등학교	비고
입지 기준	위험시설로부터 50m이격	별도로 없음		
면적 기준	영유아1인당 4.29㎡ 전용면적, 보육실, 놀이터 면적 중 가장 적은수를 정원으로 함	40명 이하는 5N 41명이상은 80+3N ㎡, 교사 중 교실 총면적 2.2N㎡	240명 이하는 7N 241명~960명 이하 720+4N 961명 이상 1,680+3N	
조닝 기준	필요실만 규정하고 조닝 기준은 없음	각실의 기능과 부속공간에 대한 설명은 있으나 조닝 기준은 없음		
건축물 성능 기준	놀이공간은 소음,분진,화재등 위험이 없어야함 실내공간은 조명,채광, 온도,습도가 적정하여야함 430㎡ 이상은 기계환기설비 설치 필요(환기향은 1인당 36CMH로 규정) 430㎡이하는 없음	환기용창 또는 기계식 환기설비를 가동하여 1인당 환기량 21.6CMH규정 이외에도 적정 자연채광 비율, 조도, 실내 온습도 조건을 규정하고 있음		설비기준은 구체적으로 규정하고 있으나 계획기준은 상대적으로 비구체적임
운영 ·관리 기준	별도로 없음	공기정화설비와 미세먼지 측정기기를 규정하고 있으며 상하반기에 각각1회이상 공기질 위생점검을 하도록 규정하고 있음 *미국의 경우 시간대별 자동 운영 매뉴얼이나 공기정화설비 설치 및 운영에 필요한 조직, 인식고취, 자산평가, 조치계획, 조치, 평가관련 도구를 마련		

출처: 연구자 작성

② 종합 분석

□ 점진적·단계별 공기정화설비 설치 확대 필요

앞선 사례에서 살펴보았듯이 중앙집중형 공기정화설비의 성능은 우수하기 때문에 신축 시설부터 적용하여 중·장기적으로는 기존건물까지 확대하는 방안을 수립할 필요가 있다. 또한 예산이 많이 소요되므로 순차적으로 자연환기방식과 공기청정기를 활용하는 방식에서부터 단독형 방식, 중앙집중형 방식을 단계적으로 늘려가는 것이 필요하다. 그리고 중앙집중형 공기정화설비는 일정규모 이상의 건물에서 효율적인 장비이므로 소규모 건축물이 많은 어린이집보다는 학교시설에 보다 적합한 방식으로 고려할 수 있다. 미세먼지에 대한 민감도가 높은 유치원 및 초등학교의 경우는 중학교나 고등학교보다 우선적으로 기계환기설비에 대한 설치규정을 마련할 필요가 있다.

□ 시설 이용자 특성 및 시설 현황에 맞는 정합성 있는 환기기준 고려

어린이집은 연면적 430㎡이상인 시설의 경우 1인당 환기량이 36CMH이며 유치원 및 학교시설은 1인당 환기량이 21CMH을 확보하도록 하고 있는데 이는 체격과 호흡량 및 활동량에 반비례하여 설정된 환기량으로 판단되며 보다 정합성 있는 환기량 기준에 대한 고려가 요구 된다.

□ 학교안전 원스톱 점검 확대를 통한 공기정화설비 활용 컨설팅

관리비용 및 관리인원의 부족 등으로 인하여 미사용 되는 공기정화설비의 비율이 높기 때문에 운영 점검을 통하여 학교현장에서 적정하게 사용될 수 있도록 컨설팅 체계를 갖추는 것이 필요하다. 이에 따라 『학교안전사고예방 3개년 기본계획』에 따라 추진하고 있는 원스톱 점검의 활용을 고려해 볼 수 있다. 기존의 원스톱 점검 내용에 공기정화설비 사용 실태 점검에 대한 사항을 간단하게 추가함으로써 적정한 사용을 유도할 수 있을 것이다(박성철 2018, p.21).

□ 실내 공간별로 공기정화장치 우선 설치 고려

보육실과 교실은 거주시간이 다른 공간에 비해 높으므로 우선설치를 고려함이 바람직하다. 이밖에도 실내놀이공간이나 실내체육공간은 어린이와 학생들의 신체활동 보장을 위하여 필수적으로 요구되는 공간이므로 시설별로 신체활동 시간에 따른 실질적인 수요를 파악하고 이에 맞춰 적정 규모로 조성하는 것이 필요하다.

실내 공기질이 관리되는 적정 규모의 신체활동공간을 별도로 확보하지 않고 유휴공간

또는 좁은 공간에서 과밀하게 활동할 경우 그 활동으로 인한 실내에서 2차 미세먼지가 더 많이 발생할 수 있다. 따라서 실내 놀이공간의 규모나 인접 공간의 여건에 따라 설치해야하는 공기정화장치의 성능이 고성능일 필요가 있다.

2. 미세먼지 민감군 관련 시설 현장조사 및 개선 요구 사항 분석

미세먼지 민감군 관련 시설 현장조사 및 설문조사를 통해 세부공간별로 실내공기질을 어떻게 관리하고 있는지 여부를 비롯하여 관리담당자와 방법에 대한 조사를 통해 문제점을 살펴보고자 하였다. 또한 실내공기질 누적 데이터를 활용하여 계절별, 월별 특성을 살펴보고 현장조사를 통해 공간의 이용 특성과 시간대별 수치변화 등을 세부적으로 살펴보고자 하였다. 이를 토대로 계획 기준 마련 시 고려할 항목을 제시하고자 한다.

1) 실내공기질 현황 및 공기질 관리 현황 분석

2020년 8월 약 800명을 대상으로 시행한 설문조사의 결과를 토대로 살펴보았을 때 민감군 시설에서는 외부 미세먼지의 실내 유입을 방지하고, 쾌적한 실내 환경 조성을 위해서 다양한 관리 방안을 취하고 있는 것으로 나타났다. 전반적으로 공간 단위인 실별로 실내공기질을 측정하고 공기청정기를 설치하여 관리하고 있는 것으로 나타났다.

□ 민감군 시설별 실내공기질 측정 및 공기청청기 관리현황 분석

민감군 시설별로 살펴보면, 어린이집의 경우 보육실 및 교실, 실내놀이터, 교사실, 강당 등 민감군의 이용율과 빈도가 높은 공간에서 실내공기질을 측정하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 해당 공간의 쾌적한 실내 환경 조성을 위해 공기청정기를 설치하고, 상당수가 공기청정기의 관리를 외부에 위탁하고 있는 것으로 나타나 전문적이고 지속적인 관리를 선호하는 것으로 나타났다. 외부 위탁이 아닌 내부에서 자체 관리하는 경우에는 담당선생님이 지정된 경우가 많았으며, 전반적으로 일주일 1회 이상 청소·관리하는 것으로 확인되었다. 환풍기 등 환기시설이 설치된 공간으로는 식당 및 주방, 화장실 및 목욕실의 비율이 상대적으로 높았으며, 동일하게 공간 단위별로 담당선생님을 관리자로 지정하여 전반적으로 일주일 1회 이상 주기로 청소하는 것으로 나타났다.

[표 3-4] 어린이집 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	실내공기질 측정 여부		공기청정기 설치 여부		공기청정기 관리 주체		(내부 관리하는 경우) 공기청정기 관리 담당자				(내부 관리하는 경우) 공기청정기 청소 주기				
	측정	미측정	있음	없음	내부 자체 관리	외부 위탁 관리	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회
보육실 및 교실	80.0	20.0	100.0	0.0	40.0	60.0	6.3	85.4	2.1	6.3	20.8	37.5	25.0	8.3	8.3
실내놀이터	69.5	30.5	86.7	13.3	38.5	61.5	11.4	80.0	5.7	2.9	22.9	34.3	25.7	5.7	11.4
화장실 및 목욕실	29.2	70.8	11.7	88.3	50.0	50.0	28.6	57.1	0.0	14.3	42.9	42.9	14.3	0.0	0.0
교사실	51.9	48.1	59.3	40.7	45.3	54.7	17.2	72.4	6.9	3.4	13.8	41.4	20.7	10.3	13.8
실외놀이터	41.0	59.0	7.2	92.8	33.3	66.7	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0
식당 및 주방	48.7	51.3	41.0	59.0	54.2	45.8	11.5	76.9	7.7	3.8	23.1	34.6	23.1	11.5	7.7
강당	60.5	39.5	90.7	9.3	48.7	51.3	0.0	84.2	10.5	5.3	21.1	36.8	21.1	10.5	10.5
교재제작 자료실	36.2	63.8	20.0	80.0	42.9	57.1	33.3	55.6	11.1	0.0	22.2	55.6	22.2	0.0	0.0

출처 : 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

[표 3-5] 유치원 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	실내공기질 측정 여부		공기청정기 설치 여부		공기청정기 관리 주체		(내부 관리하는 경우) 공기청정기 관리 담당자				(내부 관리하는 경우) 공기청정기 청소 주기				
	측정	미측정	있음	없음	내부 자체 관리	외부 위탁 관리	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회
보육실 및 교실	85.8	14.2	99.1	0.9	42.9	57.1	20.0	71.1	2.2	6.6	17.8	42.2	17.8	8.9	13.3
실내놀이터	80.2	19.8	89.0	11.0	42.0	58.0	32.4	61.8	2.9	2.9	23.5	38.2	17.6	11.8	8.8
화장실 및 목욕실	43.4	56.6	26.4	73.6	50.0	50.0	28.6	57.1	14.3	0.0	42.9	21.4	21.4	7.1	7.1
교사실	58.1	41.9	79.0	21.0	45.8	54.2	26.3	57.9	10.5	5.3	21.1	28.9	31.6	7.9	10.5
실외놀이터	51.1	48.9	14.8	85.2	30.8	69.2	50.0	50.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	0.0	25.0
식당 및 주방	66.0	34.0	64.9	35.1	37.7	62.3	34.8	60.9	0.0	4.3	39.1	39.1	13.0	4.3	4.3
강당	76.9	23.1	85.7	14.3	41.0	59.0	34.4	53.1	9.4	3.1	31.3	31.3	28.1	3.1	6.3
교재제작 자료실	38.6	61.4	37.6	62.4	42.1	57.9	37.5	50.0	0.0	12.5	18.8	37.5	25.0	12.5	6.3

출처 : 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

유치원의 경우도 비슷한 양상을 보이는 것이 확인되었다. 보육실 및 교실, 실내놀이터, 강당, 식당 및 주방 등 이용율이 높은 공간에서 실내공기질을 측정하고 있었으며, 대체로 공기청정기를 설치하여 실내공기질을 관리하는 것으로 나타났다. 전문적이고 지속적인 관리를 위하여 외부 위탁 관리의 비율이 높았으며, 내부에서 자체적으로 관리하는 경우 담당선생님을 지정하여 일주일 1회 이상 청소·관리하는 것으로 나타났다. 환풍기

등 환기시설이 설치된 공간으로는 식당 및 주방, 화장실 및 목욕실이 높은 비율을 보여 어린이집과 동일하였고, 역시 공간 단위별로 담당선생님을 지정하고 있는 것으로 나타났다. 다만, 환풍기 등 환기시설의 청소주기는 어린이집과 달리 한 달 1~2회라고 응답한 경우가 다수로 나타나 상대적으로 청소주기가 긴 것으로 관찰되었다.

초등학교에서도 실내공기질 측정 및 공기청정기 설치·관리는 나타났으나 어린이집 및 유치원과는 운영·관리측면에서 차이를 보였다. 먼저, 일반교실, 교사실, 특별교실, 보건실 등 이용률이 높은 공간에서 실내공기질을 측정하고 있으며, 실내공기질을 측정하는 장소에 공기청정기를 설치하는 비율이 높은 것은 동일하게 나타났다.

[표 3-6] 초등학교 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	실내공기질 측정 여부		공기청정기 설치 여부		공기청정기 관리 주체		(내부 관리하는 경우) 공기청정기 관리 담당자				(내부 관리하는 경우) 공기청정기 청소 주기				
	측정	미측정	있음	없음	내부 자체 관리	외부 위탁 관리	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	일주일 1회 이상	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한적 없음
일반교실	78.2	21.8	94.4	5.6	23.1	76.9	40.7	55.6	0.0	3.7	0.0	29.6	18.5	29.6	22.2
특별교실	71.5	28.5	81.3	18.7	23.0	77.0	43.5	52.2	0.0	0.0	4.3	21.7	13.0	39.1	21.7
다목적 및 방과후 교실	66.1	33.9	76.9	23.1	22.6	77.4	42.9	52.4	0.0	4.8	4.8	19.0	14.3	42.9	19.0
도서실	71.0	29.0	85.5	14.5	27.4	72.6	41.4	58.6	0.0	0.0	6.8	20.7	17.2	34.5	20.7
교사실	72.6	27.4	79.8	20.2	26.3	73.7	42.3	46.2	0.0	11.5	7.7	26.9	11.5	34.6	19.2
보건실	71.3	28.7	87.7	12.3	24.3	75.7	38.5	53.8	7.7	0.0	3.8	30.8	11.5	38.5	15.4
식당 및 주방	67.5	32.5	59.3	40.7	21.9	78.1	37.5	50.0	6.3	6.3	0.0	37.5	12.5	37.5	12.5
화장실	36.3	63.7	14.5	85.5	33.3	66.7	66.7	33.3	0.0	0.0	16.7	16.7	33.3	16.7	16.7
실내놀이터	45.6	54.4	45.6	54.4	30.8	69.2	50.0	50.0	0.0	0.0	25.0	12.5	12.5	50.0	0.0
실외놀이터	40.2	59.8	11.1	88.9	23.1	76.9	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	33.3	0.0	33.3
강당	57.7	42.3	37.4	62.6	19.6	80.4	33.3	55.6	0.0	11.1	0.0	33.3	22.2	33.3	11.1
교재제작·자료실	42.7	57.3	31.6	68.4	32.4	67.6	33.3	58.3	0.0	8.3	8.3	25.0	16.7	33.3	16.7

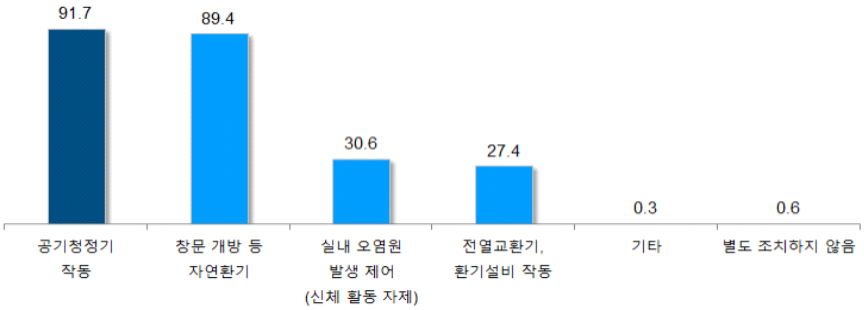
출처 : 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

특히, 어린이집과 유치원 대비 위탁관리의 비율이 높아 전문적이고 지속적인 관리를 선호하는 것으로 나타났으나 내부에서 자체관리를 시행하는 경우 청소·관리면에서 상대적으로 취약할 수 있음이 확인되었다. 어린이집과 유치원에서는 일주일 1회 이상 주기로 청소한다는 비율이 높았으나 초등학교의 경우 6개월 1~2회라는 응답이 많아 상대적으로 청소 주기가 긴 것으로 확인되었다. 환풍기 등 환기시설이 설치된 공간으로는 화장실과 식당 및 주방이 높은 비율을 보였으며, 관리담당자는 행정(시설)담당자인 경우가 압

도적으로 높은 비율을 보였으며, 환풍기 등 환기시설의 청소 주기도 6개월에 1~2회라고 응답한 경우가 다수로 나타났다.

□ 일과 중 실내공기질 관리 조치 방안 및 조치 기준

시설들은 일상생활의 실내공기질 관리를 위하여 주로 공기청정기 작동을 통해 관리하는 비율(91.7%)이 가장 높았으며, 창문 개방 등 자연환기(89.4%), 실내 오염원 발생 제어(30.6%), 전열교환기·환기설비 작동(27.4%)순으로 나타났다. 시설에 따른 순위 차이는 거의 없었으나 어린이집의 경우 공기청정기 작동을 통한 관리 비율(97.5%)이 상대적으로 높았으며, 창문 개방 등 자연환기(94.2%), 실내 오염원 발생 제어(32.5%)도 유치원과 초등학교 대비 높은 비율을 보여 실내공기질 관리에 있어 보다 세심한 관리가 이루어지는 것으로 나타났다.



[그림 3-3] 일상생활 속 실내공기질 관리 조치 방안
출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

[표 3-7] 일상생활 속 실내공기질 관리 조치

		공기청정기 작동	창문 개방 등 자연환기	실내 오염원 발생 제어	전열교환기· 환기설비 작동	기타	별도 조치하지 않음
시설 운영 관리자	종 합	91.7	89.4	30.6	27.4	0.3	0.6
	어린이집	97.5	94.2	32.5	31.7	0.0	0.0
	유치원	92.5	86.8	27.4	32.1	0.9	0.0
	초등학교	85.5	87.1	31.5	19.4	0.0	1.6

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

이러한 일상생활에서 미세먼지와 실내공기질 관리 조치의 기준으로는 실외 미세먼지의 농도라는 응답이 41.7%로 가장 높았으며, 실내 미세먼지의 농도(23.1%), 운영관리자의

판단(12.0%), 시설 책임자의 지치·지침(9.7%) 순으로 나타났다. 시설별로도 실외 미세먼지 농도와 실내 미세먼지 농도에 따른 관리가 주를 이루고 있었으나 유치원의 경우 상대적으로 운영관리자의 판단 비율(19.8%)이 높아 실내 미세먼지의 농도(18.9%)보다 높았으며, 어린이집의 경우 상대적으로 시설 책임자의 지시(지침)에 의한 기준도 높은 것으로 확인되었다.

[그림 3-4] 일상생활 속 조치 방안의 기준
출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

[표 3-8] 일상생활 속 조치의 기준

		실외 미세먼지의 농도 (측정기준)	실내 미세먼지의 농도 (측정기준)	운영·관리자의 판단	시설 책임자의 지시 (지침)	근무하는 시설의 별도 기준	보호자 (학부모)의 요청	기타
시설 운영 관리자	종 합	41.7	23.1	12.0	9.7	4.6	2.6	6.3
	어린이집	35.8	29.2	9.2	13.3	4.2	3.3	5.0
	유치원	38.7	18.9	19.8	7.5	7.5	0.9	6.6
	초등학교	50.0	21.0	8.1	8.1	2.4	3.2	7.3

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

□ 시사점 도출

어린이집, 유치원, 초등학교 모두 원생들이 주로 활동하는 보육실과 교실에 대한 실내공기질 관리에 중점을 두고 있다. 실내공기질 측정과 공기청정기 설치는 거의 다 되어 있다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 실외 미세먼지 농도는 여전히 일상활동에서 조치를 취하는 가장 높은 기준을 차지하고 있다. 공기청정기 관리도 외부에 위탁하는 비율이 다르며 유치원과 어린이집의 선생님이 공기청정기 관리 및 청소도 해야하는 부담이 초등학교 보다는 높은 것으로 나타났다. 반면 초등학교에서 공기청정기를 내부에서 관리하는 경우 청소 주기가 「학교보건법」에서 규정하고 있는 공기질 위생점검 기준과 유사하

게 6개월~1년으로 어린이집과 유치원에 비해 상대적으로 길어 시설물의 청결상태 및 실내 공기질 수치가 나쁠 것으로 예상된다.

2) 실내공기질 데이터를 활용한 사전조사 및 현장조사 분석

① 사전조사를 통한 실내 공기질 측정값 분석

□ 분석 대상 시설 설정

본격적인 현장조사에 앞서 공기질 관리전문기업(케이웨더 Kweather)에서 보유하고 있는 실내공기질 데이터를 활용하여 미세먼지 민감군이 이용하는 어린이집, 유치원, 초등학교 시설별 실내환경 특성을 살펴보고자 한다.

□ 분석 방법

대상 시설별 보육실 혹은 교실의 2019년 6월부터 2020년 5월까지 실내 공기질 측정값을 활용하여 일간, 월간, 연간, 계절별 미세먼지 값의 변화 양상과 시설별로 어떤 차이를 보이는지 비교·분석한다. 데이터는 실내 공간의 미세먼지(PM10, PM2.5), 이산화탄소(CO2), 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs), 소음, 온도, 습도를 1분 단위로 측정한 값으로, 이 중 미세먼지(PM10과 PM2.5)에 대한 측정값을 취사선택하여 분석하였다.

각 시설별 측정값이 존재하는 기간이 일부 차이가 있는 관계로 시설별 비교가 필요한 경우 모든 값이 있는 기간을 선정하였다. 또한 시설별 측정값을 비교하는 날에 외부 미세먼지 농도를 한국환경공단이 운영하는 전국 실시간 대기오염도 공개 홈페이지 '에어코리아(Air Korea, https://www.airkorea.or.kr/)'를 통해 확인하여 대기 중 미세먼지 농도가 실내 미세먼지 농도에 영향을 줄 것으로 예상하였다.

월평균 측정값은 시설별 월간 평균값을 구한 후, 시설 전체의 평균값을 구하는 방식으로 도출하였다. 이를 통해 13개월 동안의 실내 미세먼지 지수의 변화 양상을 파악하였고, 3개월 단위로 나누어 계절별 지수의 차이를 비교하였다. 2019년 하반기와 2020년 상반기의 평균값을 각각 계산하여 반기별 변화 추이를 비교하였다.

각 단계에서 시설별 일간, 월간, 연간 평균값을 구한 것을 종합하여 시설별 실내 미세먼지 지수에 차이가 나타나는지 알아보았다. 어린이집, 유치원, 초등학교는 이용자의 연령

이 서로 다르고 그에 따른 필요 공간의 면적이 상이하므로 이로 인한 미세먼지 지수의 차이가 나타날 것으로 예상하였다. 다만, 2020년 이후 어린이집 시설의 측정값은 미비한 경우가 많아 분석에 한계가 있고, 대체로 유치원과 초등학교의 비교를 위주로 한다.

[표 3-9] Airkorea 공개 대상 측정망 현황 (2018년 12월 말 기준)

측정망 종류	공개대상 항목	정의	측정소 수
도시대기 측정망	SO2, CO, O3, NO2, PM10, PM2.5	도심(거주)지역의 평균대기질 농도 측정	333개 (96개 시·군)
도로변대기 측정망		자동차 통행량과 유동인구가 많은 도로변 대기 농도 측정	40개 (17개 시)
국가배경농도 측정망		국가의 배경농도를 파악하고 외국으로의 오염물질 유입, 유출상태 등을 파악	3개 (3개 시)
교외대기 측정망		도시를 둘러싼 교외 지역의 배경농도 측정	22개 (22개 시·군)

출처 : 에어코리아, https://www.airkorea.or.kr/web/contents/contentView/?pMENU_NO=92&cntnts_no=2 (검색일:2020.07.16.), 재구성

② 분석 결과

□ 연평균 분석 결과

- 연평균 측정값은 PM10과 PM2.5모두 감소하였으나 일부 시설은 다소 증가하였음

연평균 실내 미세먼지 지수를 비교하기 위해 계산한 시설별 실내 미세먼지 지수는 다음과 같다. 표에서 도출한 값을 토대로 연도별 미세먼지 평균을 구하고, 그래프로 비교하면 다음과 같다. 그림과 같이 연평균 실내 공기질은 2019년에 비해 나아진 것으로 볼 수 있지만, 전체 시설의 미세먼지 수치가 개선된 것이 아니라 한 시설에서 값이 크게 낮아져 전체평균을 낮추는데 영향을 미친 것으로 판단된다. 이밖에도 2020년 상반기에는 코로나19의 발생으로 인해 월경성 미세먼지량과 국내 미세먼지 발생량이 줄어든 외부 요인도 영향을 미친 것으로 예상된다.

[표 3-10] 연평균 실내 공기질 수치

연도	기준	
	PM10	PM2.5
2019	15	12
2020	13	11

출처 : 케이웨더(Kweather) 내부자료

[표 3-11] 측정시설별 연간 실내 공기질 지수

측정시설	2019년		2020년	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
동작구 A 어린이집(1)	7	6	12	9
동작구 A 어린이집(2)	33	24	14	12
관악구 H 유치원	8	6	10	8
J초등학교 1학년 1반	17	14	20	18
J초등학교 4학년 1반	11	8	13	11

출처 : 케이웨더(Kweather) 내부자료

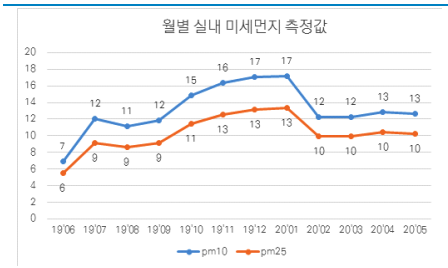
□ 월별, 계절별 분석 결과

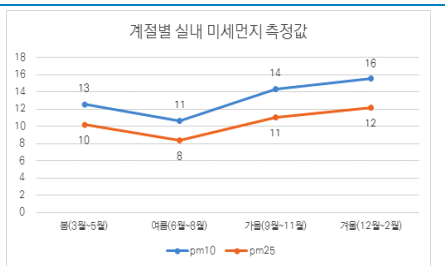
- 월별 측정값은 10월경 증가하고 2월경 다시 감소하는 양상을 보이며 계절별 실내 미세먼지 측정값은 여름에 최저, 겨울에 최고 수치를 보임

[표 3-12] 월평균 및 계절별 실내 공기질 지수

기준 / 시점 (년. 월)	PM 10	PM 2.5
2019. 06	7	6
2019. 07	12	9
2019. 08	11	9
2019. 09	12	9
2019. 10	15	11
2019. 11	16	13
2019. 12	17	13
2020. 01	17	13
2020. 02	12	10
2020. 03	12	10
2020. 04	13	10
2020. 05	13	10

기준 / 계절	PM 10	PM 2.5
여름	13	10
가을	11	8
겨울	14	11
봄	16	12





출처 : 케이웨더(Kweather) 내부자료

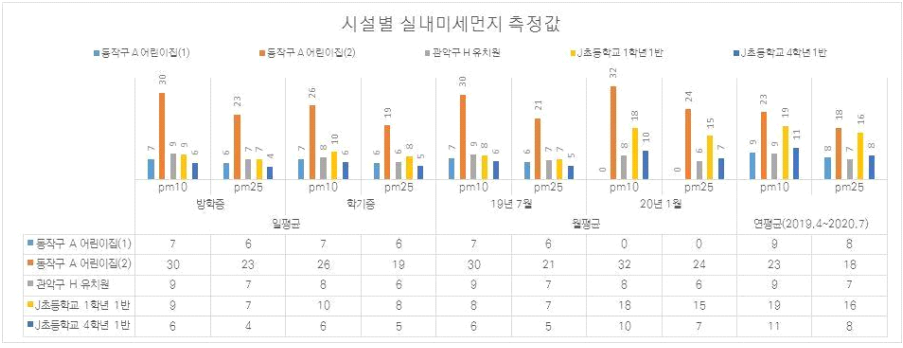
PM 2.5 기준으로 월별 실내 미세먼지의 변화 양상을 보면 19년 6월에서 9월은 11~12수치를 보이다가 10월부터 1월까지는 17까지 높아졌다가 다시 20년 2월부터는 12~13 수

치를 보였다. 계절별로 구분하여 살펴본 실내 미세먼지 값도 대체적으로 여름이 낮은 값을 보이고 겨울에 높은 값을 보였다. 이는 월별 대기중 미세먼지 농도와 계절별 미세먼지 농도와 유사한 추이를 보인다. 이를 통해 유추해보면 실내공기질을 아무리 잘 관리하더라도 대기중 미세먼지 수치 값에 영향을 받을 수 밖에 없음을 알 수가 있다.

□ 시설별 비교·분석

- 동작구 A 어린이집(2)이외에 시설별 측정값 사이에는 유사한 값을 나타내고 있음. 동작구 A 어린이집의 개별적인 여건에 따른 차이로 판단됨

시설별 분석한 내용을 총괄하여 정리하면 다음과 같다.



	방학중		학기중		19년 7월		20년 1월		연평균(2019.4~2020.7)	
	월평균				월평균					
	pm10	pm25	pm10	pm25	pm10	pm25	pm10	pm25	pm10	pm25
동작구 A 어린이집(1)	7	6	7	6	7	6	0	0	9	8
동작구 A 어린이집(2)	30	23	26	19	30	21	32	24	23	18
관악구 H 유치원	9	7	8	6	9	7	8	6	9	7
J초등학교 1학년 1반	9	7	10	8	8	7	18	15	19	16
J초등학교 4학년 1반	6	4	6	5	6	5	10	7	11	8

[그림 3-5] 시설별 실내 미세먼지 수치
출처 : 케이웨더(Kweather) 내부자료

동작구 A 어린이집(2)의 경우 PM10 기준 측정 평균값이 30 이상인 경우가 존재하고, PM2.5 기준 20이상의 수치를 보여 다른 시설에 비해 현저히 높은 수치를 나타낸다. 다음으로 높은 수치를 보인 시설은 J초등학교 1학년 1반으로 월평균과 연평균 값에서 모두 PM2.5 기준 10 이상의 수치를 보인다. 예상 가능한 원인은 어린이집과 1학년 시설의 사용자가 활동량이 많은 연령대라는 점이지만, 유치원의 경우 어린이집(1)과 비슷한 수치를 보이고 있어 추후 실내 미세먼지 지수에 영향을 주는 요인에 대해 세부적인 분석이 필요할 것으로 보인다.

③ 현장조사 통한 실내 공기질 측정값 분석

□ 연구의 대상

- 미세먼지 민감군이 많이 이용하는 시설 중 수도권, 세종특별자치시에 위치한 평균 규모의 시설을 선정함

조사 협조 여부 및 접근성 등을 감안하여 수도권, 세종특별자치시에 인접한 민감군 시설을 대상으로 현장조사를 진행하였다. 연구 대상의 선정 기준은 너무 과소하거나 과대하지 않고 평균 규모에 수렴하는 시설이면서 도면자료 구득 및 현장조사 협조가 가능한 시설로서, 어린이집의 경우 최소 정원이 100명 내외, 유치원의 경우 최소 정원 300명 내외, 초등학교의 경우 학급 수 25개 이상인 시설을 기준으로 하였다.

□ 연구의 방법

- 관계자 면담을 통해 미세먼지에 대한 인지여부와 대응 정책에 대한 만족도를 검토
- 대상 시설의 공기청정기, 환기설비 등 실내 공기질에 영향을 주는 설비의 관리 현황 파악
- 현장 방문을 통해 시설별, 실별, 시간대별 실내 미세먼지 지수를 측정 및 시설별 분석

최종 선정된 조사 대상 시설은 어린이집 3개소, 유치원 3개소, 초등학교 3개소로 총 9곳이다. 조사 기간은 7월과 8월 두 달간 진행되었고, 관계자 면담을 통해 대상 시설 기초 현황과 시설별 공기질 현황, 실별 사용 현황, 미세먼지 매뉴얼 이행 여부 및 시설관리 현황에 대해 파악하였다. 현장 방문 시 시설별 주요 실에 대해 등·하교 시, 수업 시로 구분하여 2회 실내 미세먼지 측정을 실시하였다. 현장조사 체크리스트 내용 구성은 아래와 같다.

[표 3-13] 현장조사 체크리스트 내용 구성

순서	내용	조사 방법
1.	기초 현황 조사 및 도면 검토	면담
2.	시설별 공기질 현황	
	ㅇ 주요 공간별 실내 공기질 측정 여부	면담
	ㅇ 주요 공간별 실내 공기 관리 시설(설비, 공기 청정기) 설치 여부	면담
	ㅇ 주요 공간별 실내 공기 현황(등·하교, 수업 시)	측정
3.	주요 공간별 사용 현황	
	ㅇ 단위면적 당 사용인원 및 사용인원 가장 많은/적은 곳	면담 및 도면 분석
	ㅇ 단위실 별 머무르는 시간 및 머무르는 시간이 가장 많은/적은 곳	면담 및 도면 분석
4.	매뉴얼 이행 및 시설 관리 현황	

순서	내용	조사 방법
	○ 매뉴얼 이행 경험 여부	면담
	○ 매뉴얼 이행 경험 단계 및 내용	면담
	○ 매뉴얼 이행 및 시설 운영 시 애로사항	면담
	○ 공기 청정기, 환기 설비 청소 및 유지관리 담당자 배치 여부, 관리 주기	면담

시설 규모, 주요 실, 대상 연령이 시설 그룹별 차이를 보이기 때문에 어린이집과 유치원 및 초등학교로 시설 그룹을 나누어 조사 내용을 다르게 설정한다. 즉, 실내 미세먼지를 측정할 주요 실을 시설 그룹별로 다르게 선정하여 이를 체크리스트에 반영하였다. 예를 들어 어린이집과 유치원의 주 학습 공간은 '보육실'인 반면 초등학교의 경우 교과과정에 맞춰 '일반 교실'과 '특별 교실'로 구분한다.

④ 시설별 개요

조사 대상으로 선정된 시설의 개요는 다음과 같다.

[표 3-14] 현장조사 시설별 개요

시설		어린이집A	어린이집B	어린이집C	유치원D	유치원E	유치원F	초등학교G	초등학교H	초등학교I
위치		세종시	세종시	충북 청주	경기 오산	경기 성남	서울 구로	경기 안산	경기 군포	경기 광명
시설 유형		민간	민간	민간	민간	민간	민간	공립(단설)	공립(단설)	공립(단설)
시설 면적(㎡)	연면적	-	1,520.00	1,717.00	1,328.35	553.88	768.00	9,947.64	6,978.66	8886.00
	건축 면적	341.37	630.00	380.47	472.62	276.94	200.00	2,677.55	1,499.03	1710.00
규모		지상 1층	지하 1층 ~지상 3층	지상 3층	지하 1층 ~지상 3층	지상 2층	지하1층 ~지상 2층	지하 1층 ~지상 5층	지하 1층 ~지상 5층	지상 5층
준공 시기		2018. 3	2017. 8	2015. 3	2012. 3	2011. 1	2000. 1	2001. 3	1993. 3	1989. 2
정원		73	269	104	380	80	195	학급 45개	학급 34개	학급 26개
현원	총 인원	46	262	92	376	86	139	1,247	960	510
	학생 수	46	257	80	335	80	130	1,160	890	447
	교원 수	-	5	12	41	6	9	87	70	63
방문 일자		2017. 15	2017. 22	2017. 23	2017. 21	2018. 20	2018. 21	2017. 28	2017. 31	2018. 21
측정 시간		오전 11시, 오후 2시								

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

측정은 아홉 곳 모두 수업 중인 11시에 방문하여 면담 및 1차 측정을 진행하였으며 하원 및 저학년 하교 시간인 오후 2시에 2차 측정을 진행하였다. 면담은 시설 운영에 대해 파악하고 있고 도면 등 자료 공유가 가능한 사람으로서 어린이집과 유치원은 원장, 초등학교는 행정실장 혹은 교무부장을 대상으로 하였다.

[그림 3-6] 어린이집 B 전경

[그림 3-7] 어린이집 C 전경

[그림 3-8] 유치원 D 전경

[그림 3-9] 초등학교 G 전경

출처: 연구자 직접 촬영

⑤ 조사 결과

□ 시설별 공기질 현황

- 관계자 면담을 통한 시설별 현황 조사
  - 어린이집, 유치원의 경우 주요 실에 실내 공기질 관리 설비는 설치·운영 중이지만 공기질을 측정·관리하지는 하지 않고 있음(설문조사 결과와 차이남)
  - 초등학교는 교육청 사업을 통해 공용 공간 일부를 제외한 모든 실에 천장형 에어컨 또는 스탠드형 공기 청정기를 설치하였고 업체를 통한 공기질 측정을 연간 2회 실시, 관리 비용을 지원받고 있음

설문조사를 통해 실내공기질 측정여부 및 공기청정기 설치여부를 확인한 것처럼 현장조에서도 동일하게 시설별, 주요 공간별로 실내 공기질 측정 여부와 실내 공기 관리 시설(공기청정기 또는 공기조화설비)을 설치하였는지를 면담을 통해 파악하였다. 조사한 시설별 공기질 현황을 시설 그룹별로 정리하면 표과 같다.

[표 3-15] 조사 시설별 공기질 현황 (어린이집, 유치원)

기준 / 주요실	어린이집A		어린이집B		어린이집C		유치원D		유치원E		유치원F	
	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부
보육실 및 교실	X	O	X	O	X	O	X	O	O	O	O	O
화장실	X	X	X	X	X	O (환기덕트)	X	X	X	X	X	X
실외 놀이터	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O
실내놀이터 (유희실 등)	X	O	X	O	X	O	X	O	강당 겸용	O	O (강당 겸용)	O (공기조화 설비)
식당 및 주방 (급식실)	X	O (환기덕트)	X	O	X	O (환기덕트)	X	O (환기덕트)	X	-	X	X
강당 (체육관)	X	X	X	O	X	O	X	O	O	O	O	O (공기조화 설비)
교재 제작 자료실	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
교사실 (행정실 등)	X	O (환기덕트)	X	O	X	O	X	O	O	X	O	O

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

어린이집, 유치원의 특성상 실내 공기질을 자체적으로 측정, 관리하고 있는 시설은 드문 것으로 나타났다. 다만 실내 공기질을 측정 하지는 않고 있는 네 곳 모두 사용자가 상주하는 주요 실인 보육실, 실내놀이터, 교사실, 식당에 공기 청정기 또는 환기 시설을 설치한 것으로 나타났다. 어린이집 A의 경우 강당이 계획되지 않은 것을 고려하면 모든 시설에서 강당에 공기청정기가 설치되어 운행 중이다. 따라서 조사 대상 시설 모두 기본적인 주요 실에 대해 공기청청기 등 공기 관리 설비를 설치, 운행 중인 것을 파악하였다.

[표 3-16] 조사 시설별 공기질 현황 (초등학교)

기준 / 주요실	시설					
	초등학교G		초등학교H		초등학교I	
	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부
일반교실(교과교실, 종합교실 등)	O	O	O	O	O	O
특별교실 (과학실, 음악실 등)	O	O	O	O	X	O
다목적 및 방과 후 교실	- (특별교실 겸용)	- (특별교실 겸용)	O	O	X	X
도서실	O	O	X	O	X	X
교사실 (교무실 등)	O	O	O	O	X	O

기준 / 주요실	시설					
	초등학교G		초등학교H		초등학교I	
	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부	측정 여부	설치 여부
보건실 (상담실 등)	O	O	O	O	X	X
식당 및 주방 (급식실)	O	X	O	O	X	X
화장실	X	X	X	X	X	X
실내놀이터	-	-	-	-	-	-
실외놀이터	X	X	X	X	-	-
강당 (체육관)	O	X (시청각실 사용)	-	- (다목적실 겸용)	-	-
교사 연구실	X	X	O	O	X	X
복도	X	X	X	X	X	X
1층 현관	X	X	X	X	X	X

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

초등학교의 경우 세 곳의 대상 시설 모두 천장형 에어컨이 설치되어 있는 것에 공기 청정 필터를 추가해 공기질 관리를 위해 활용하고 있었고, 천장형 에어컨을 설치 할 수 없는 실에 대해서는 스탠드형 공기청정기를 설치하여 공기질 관리를 시행하고 있었다. 초등학교는 공공시설로서 교육청의 지원 사업을 통해 실내 공기질 관련 설비 설치 및 관리에 대한 비용과 인력을 지원받고 있는 것으로 조사되었다.

세 학교 모두 사설 업체를 통해 실내 공기질 측정을 연간 2회(상, 하반기 각 1회) 시행하고 있었고, 측정 대상 실은 업체에 따라 차이를 보이는 것으로 파악된다. 또한 화장실, 복도, 현관 등 공용 공간 또는 상주 공간이 아닌 곳을 제외한 주요 실에 모두 공기 청정 시설을 설치, 운영 중인 것으로 나타난다. 초등학교 G, H, I 세 시설 모두 교육청 사업에 의해 체육관(강당) 신축이 예정되어 있으나, 현재는 시청각실이나 다목적실을 강당으로 겸용하고 있는 상황인 점을 반영하면 초등학교 F만 많은 사람이 모일 수 있는 대공간에 대해서 실내 공기질을 측정 및 관리하고 있는 것으로 나타난다.

- **어린이집, 유치원 주요 공간의 실내 미세먼지 측정값 비교**
  - 어린이집, 유치원 시설 그룹에서 대체로 수업 중일 때 등·하원 시보다 실내 미세먼지 측정값이 높은 경향을 보임
  - 측정일의 실외 공기질과 비교했을 때, 실내 공기질과 실외 공기질 사이의 연관성보다 실내 공기질 관리 측면에서 차이가 발생할 수 있음

에어코리아를 통해 파악한 각각의 어린이집과 유치원을 방문한 일자의 실외 미세먼지 수치는 다음과 같다. 전반적인 수치를 살펴보면, PM2.5 기준 일평균 수치가 5~21 정도로 '좋음'과 '보통' 단계를 유지했다. 다만 8월 20일의 경우에는 일평균 38로 '나쁨' 단계에 해당되었다. 어린이집, 유치원 시설의 측정값을 시간대별로 비교하면 아래 표와 같으며, 측정값 비교 기준은 PM2.5로 한다.

[표 3-17] 실외 공기질 측정 자료 (어린이집, 유치원)

※ 측정값 기준: PM2.5

기준 / 시간	어린이집A 한솔동 측정소 (2020.7.28)	어린이집B 아름동 측정소 (2020.7.22.)	어린이집C 오송읍 측정소 (2020.7.23.)	유치원D 금암로 측정소 (2020.7.21.)	유치원E 백현동 측정소 (2020.8.20.)	유치원F 구로구 측정소 (2020.8.21.)
10:00	10	13	31	20	-	]16
11:00	4	13	10	22	29	16
12:00	3	-	5	21	-	20
13:00	2	10	2	24	37	17
14:00	3	6	3	18	44	17
15:00	4	-	0	21	50	16
16:00	5	-	2	24	31	18
일평균	5	16	14	21	38	15

출처 : 에어코리아, https://www.airkorea.or.kr/web/realSearch?pMENU_NO=97 (검색일: 2020.8.31), 재구성

대체로 보육실, 실내 놀이터, 교사실 등 주요 실의 실내 미세먼지 측정값은 등·하원 시간보다 수업 시간이 높은 수치를 보였으며 어린이집 A와 유치원 F의 경우 일평균 미세먼지 측정값보다 최소 3배 이상 높은 수치를 보였다.

[표 3-18] 실별 공기질 측정 결과 비교 (어린이집, 유치원)

※ 측정값 기준: PM2.5

기준 / 주요실	등·하원 시						수업 시					
	어린이집 A	어린이집 B	어린이집 C	유치원 D	유치원 E	유치원 F	어린이집 A	어린이집 B	어린이집 C	유치원 D	유치원 E	유치원 F
보육실 및 교실	37	6	4	66	39	52	42	23	8	32	39	45
화장실	17	16	2	48	42	50	34	17	7	51	37	56
실내놀이터 (유희실 등)	44	6	2	-	-	28	48	12	5	-	-	29
식당 및 주방 (급식실)	45	20	4	1	42	42	40	19	7	40	27	55
강당 (체육관)	-	13	-	49	29	28	-	29	-	36	32	29
교재제작 자료실	46	-	3	13	37	36	41	-	5	12	27	33
교사실 (행정실 등)	39	4	4	40	37	51	40	16	6	38	27	47
실외 공기질 측정값	1	6	3	21	44	17	1	13	10	22	29	16
평균	38.00	10.83	3.17	36.17	37.67	41.00	40.83	19.33	6.33	34.83	31.50	42.00

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

어린이집 C가 시설 중 전반적인 측정값이 가장 낮은 시설이고, 반대로 가장 높은 측정값을 보이는 시설은 유치원 H이다. 다음에서 다룰 시설별 면적, 실별 이용 인원 비교 시 이

러한 차이를 보이는 원인을 파악할 수 있을 것으로 기대한다. 세 곳의 어린이집에서는 보육실을 포함한 모든 공간에서 수업 중일 때 등·하원 시보다 대체적으로 높은 수치를 보이는 것을 알 수 있다.

- 초등학교 주요 공간의 실내 미세먼지 측정값 비교
  - 세 곳의 시설 모두 등·하교 시보다 수업 시 측정값이 더 높아 유치원, 어린이집과 같은 경향을 보임
  - 실외 공기질 지수가 높은 값을 보인 31일 측정한 초등학교 F의 경우 실내 공기질이 실외 공기질 보다 현저히 높은 값을 보임

에어코리아를 통해 파악한 각 초등학교를 방문한 일자의 실외 미세먼지 지수는 아래 표와 같다.

[표 3-19] 실외 공기질 측정 자료 (초등학교)

기준 / 시간	초등학교G 호수동 측정소 (2020.7.28)		초등학교H 산본동 측정소 (2020.7.31)		초등학교I 철산동 측정소 (2020.8.21)	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
10:00	20	10	27	16	33	20
11:00 (수업 시)	**15**	**4**	**31**	**17**	**33**	**23**
12:00	11	3	28	20	32	25
13:00	8	2	29	23	33	25
14:00 (하교 시)	**6**	**3**	**38**	**29**	**32**	**22**
15:00	12	4	27	22	31	23
16:00	12	5	30	17	33	22
일평균	**14**	**5**	**25**	**16**	**32**	**22**

출처 : 에어코리아, https://www.airkorea.or.kr/web/realSearch?pMENU_NO=97 (검색일: 2020.8.31), 재구성

전반적인 측정 수치를 살펴보면, 8월 21일, 7월 31일, 7월 28일 순으로 수치가 높았으며, 차례대로 PM2.5 기준 '보통', '보통', '좋음' 단계를 유지했다.

초등학교 현장 측정값을 등·하교, 수업 시로 나누어 시간대별로 비교하면 다음과 같다.

[표 3-20] 실별 공기질 측정 결과 (초등학교)

기준 / 주요실	등·하교 시			수업 시		
	초등학교 G	초등학교 H	초등학교 I	초등학교 G	초등학교 H	초등학교 I
일반교실 (교과교실, 종합교실 등)	16	56	49	17	56	58
특별교실 (과학실, 음악실 등)	13	40	47	14	57	54
도서실	15	41	46	25	38	49
교사실 (교무실 등)	11	52	22	8	55	39
보건실 (상담실 등)	13	39	36	23	54	54
식당 및 주방 (급식실)	15	64	51	15	56	53
화장실	11	58	58	20	56	60

기준 / 주요실	등·하교 시 초등학교 G	등·하교 시 초등학교 H	등·하교 시 초등학교 I	수업 시 초등학교 G	수업 시 초등학교 H	수업 시 초등학교 I
강당 (시청각실, 다목적실)	12	39	-	13	36	-
교재제작 자료실 (교사 연구실)	10	42	55	16	51	56
복도	14	63	52	15	60	48
1층 현관	8	70	53	21	57	59
실외 공기질 측정값	**3**	**29**	**22**	**4**	**17**	**23**
평균	**12.55**	**51.27**	**46.90**	**17.00**	**52.36**	**53.00**

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

실외 공기질 측정 지수가 높았던 31일 측정한 초등학교 H는 모든 실에서 초등학교 G보다 높은 수치를 보였고, 실외 공기질 측정값과도 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 측정소 수치가 높은 날은 복도와 현관이 교실보다 높은 값을 보였으며 측정소 값이 낮은 날은 교실의 실내공기질 수치가 시간대별로 변화량이 적었다. 세 곳의 시설 모두 등·하교 시보다 수업 시 측정값이 더 높고, 유치원, 어린이집과 같은 경향을 보인다.

[표 3-21] 실별 공기질 순위 (초등학교)

※ 순위가 높을수록 측정값이 큼

순위	등·하교 시 초등학교 G	등·하교 시 초등학교 H	등·하교 시 초등학교 I	수업 시 초등학교 G	수업 시 초등학교 H	수업 시 초등학교 I
1	1층 현관	보건실	교사실 (교무실등)	교사실 (교무실등)	강당	복도
2	교재제작 자료실	강당	보건실	강당	도서실	교사실 (교무실등)
3	교사실 (교무실등)	특별교실	도서실	특별교실	교재제작 자료실	도서실
4	화장실	도서실	특별교실	식당 및 주방	보건실	식당 및 주방
5	강당	교재제작 자료실	일반교실	복도	교사실 (교무실등)	특별교실(54)
6	특별교실	교사실 (교무실등)	식당 및 주방	교재제작 자료실	일반교실	보건실(54)
7	보건실	일반교실	복도	일반교실	식당 및 주방	교재제작 자료실
8	복도	화장실	1층 현관	화장실	화장실	일반교실
9	도서실	복도	교재제작 자료실	1층 현관	특별교실	1층 현관
10	식당 및 주방	식당 및 주방	화장실	보건실	1층 현관	화장실
11	일반교실	1층 현관	-	도서실	복도	-

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

□ 주요 공간별 사용 현황

- 단위 실별 사용 시간 조사
  - 어린이집과 유치원에서 수업 시 실내 공기질 지수가 높아진 것은 실별 머무르

는 시간이 많은 것에 영향을 받은 것으로 추정됨

- 초등학교에서는 교·직원이 일과 시간 내 상주하는 공간의 이용 시간이 가장 많아 어린이집, 유치원과 차이를 보임

단위 실별 사용 시간은 하루 중 일과 시간을 기준으로 하였으며, 어린이집, 유치원의 경우 교사의 출·퇴근 시간이 상이하여 각각 다르고 초등학교는 등·하교 시간에 맞춰 오전 8시 40분부터 오후 4시 40분까지를 기준으로 한다. 어린이집, 유치원의 경우 교사가 출근 후 보육실에 계속해서 머무르는 경우가 많아 보육실에 머무르는 시간이 일과 시간과 동일하다.

어린이집과 유치원에서 실별 머무르는 시간이 가장 많은 곳은 보육실로 운영 특성상 등원부터 하원 시까지 실외 활동 및 활동 범위가 큰 특별 활동 등을 제외하고 모든 수업이 이루어지는 공간이기 때문이다. 어린이집 A를 제외하고 등원 시보다 수업 시 실내 공기질 지수가 높아진 것은 이러한 영향이 있는 것으로 분석할 수 있다.

[표 3-22] 단위 실별 머무르는 시간 (어린이집, 유치원)

기준	단위 실별 머무르는 시간					
	어린이집A	어린이집B	어린이집C	유치원D	유치원E	유치원F
보육실 및 교실	7시간	5~6시간	4~5시간	5시간	3시간50분	2시간30분
화장실	30분~1시간	20~30분	20분	20~30분	30분	20분
실외놀이터	1시간	30분~1시간	40분~1시간	-	40분	1시간
실내놀이터 (유희실 등)	3시간	20~30분	30~50분	-	강당 겸용	1시간
식당 및 주방 (급식실)	-	40~50분	-	7시간	-	-
강당 (체육관)	-	30분	-	3시간	40분	-
교재제작 자료실	-	-	-	-	-	-
교사실 (행정실 등)	1~1.5시간	1시간	1~2시간	6시간	30분	3시간
머무르는 시간 가장 많은 곳	**보육실**	**보육실**	**보육실**	**식당**	**보육실**	**보육실**
머무르는 시간 가장 적은 곳	**화장실**	**화장실, 실내놀이터**	**화장실**	**화장실**	**창고, 교사실**	**화장실**

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

초등학교에서 머무르는 시간이 가장 많은 곳은 교실, 교사실, 보건실, 식당으로 학생이 주로 머무르는 교실을 제외하면 교·직원이 일과 시간 내 상주하는 공간인 점이 특징이다. 사용인원에 차이는 나타나지만 사용 시간이 긴 공간이라는 점에서 시설 계획 시 고려가 필요하다. 면적당 사용인원이 가장 많았던 화장실은 사용 시간에서는 가장 낮은 공간인 점은 공간 성격에 따른 차이라고 볼 수 있다.

초등학교 G의 경우 규모가 H보다 크고, 학생이 많다는 점에서 특별교실의 사용 빈도와 시간 또한 더 많은 것으로 나타난다.

[표 3-23] 단위 실별 머무르는 시간 (초등학교)

기준	단위 실별 머무르는 시간		
	초등학교G	초등학교H	초등학교I
일반교실 (교과교실, 종합교실 등)	8시간	8시간	6시간
특별교실 (과학실, 음악실 등)	8시간	4~5시간	2시간
다목적 및 방과 후 교실	(방과 후) 2~3시간	4~5시간	2시간
도서실	1~3시간	1~3시간	최대 8시간
교사실 (교무실 등)	8시간	8시간	8시간
보건실 (상담실 등)	8시간	8시간	8시간
식당 및 주방 (급식실)	8시간	8시간	8시간
화장실	20~30분	20~30분	1시간
강당 (시청각실, 다목적실)	2~3시간	4~5시간	-
교재제작 자료실 (교사 연구실)	1~3시간	1~3시간	2시간
복도	-	-	특정 불가
1층 현관	1~3시간	1~3시간	특정 불가
머무르는 시간 가장 많은 곳	**교실, 교사실, 보건실, 식당**	**교실, 교사실, 보건실, 식당**	**도서실, 교사실, 보건실, 급식실**
머무르는 시간 가장 적은 곳	**화장실**	**화장실**	**화장실**

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

□ 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 이행 및 시설 관리 현황

- 매뉴얼 이행 경험
  - 미세먼지 발생에 따른 구체적인 대응 절차는 각 시설마다 다르며, 주로 실외 활동을 실내 활동으로 대체하고 있음
  - 이행 시 애로사항은 크게 구분하면 운영상 어려움, 학부모 민원이 있음

매뉴얼 따른 대응 조치의 이행 경험은 총 9곳 중 한 곳을 제외한 모든 시설에서 경험이 있는 것으로 확인되었으며 구체적인 대응 절차는 각 시설에서 자체적으로 마련한 절차에 따라 이행하고 있었다. 미세먼지 측정설비 또는 측정값 알림 어플리케이션 등을 이용해 수치를 확인하여 시설 운영을 하고 있었다. 고농도 미세먼지가 발생하는 날 공통적으로 대응하는 방식은 실외 활동을 실내 활동, 수업으로 대체하는 것이다.

모든 시설에서 미세먼지 예보 내용은 당일 오전 파악해 메신저 등 방법을 통해 선생님이나 학부모와 공유하고 있었다. 특징적인 것은 초등학교 F에서 학생자치회 자율적으로 미세먼지를 알리기 위한 활동을 하고 있어, 미세먼지에 대한 인식이 높은 편이었다.

대응 매뉴얼 이행 시 애로사항은 크게 1) 교육프로그램 운영의 어려움, 2) 학부모 민원으로 요약할 수 있다. 운영상 어려움은 자체적인 판단에 대한 어려움, 당일 상황에 따른 대응의 어려움, 공간 부족 및 비용 발생, 책임 문제가 있다. 학부모 민원은 주로 초등학교에서 나타났는데 원인은 학생의 건강 상태에 따른 것으로 나타났다.

[표 3-24] 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 시행에 따른 애로사항 분류

기준	운영상 어려움	학부모 민원
내용	- 시설운영자(책임자)자체적인 판단에 의한 수업 환경(실외활동 자제 등) 조정 및 대응은 현실적으로 어려움. - 당일 오전 지침(문서)을 수신하므로 외부활동 취소에 따른 어려움 발생 (외부활동 연기에 따른 차량 위약금 일부 발생) 실내 활동으로 대체하는 경우 활용할 수 있는 장소가 부족 - 미세먼지의 실시간 상황에 따른 대응이 어려움 - 수업 중 갑자기 실외 환경의 변화가 있는 경우 변경이 불가하고, 이에 따른 책임 문제 발생	- 학부모가 공기청정기의 기종, 규격을 문의, 공기청정기 성능에 따라 자녀 입학 여부를 결정하겠다고 밝힘. - 아토피 등 민감한 아이들의 경우 학부모가 실내 공기질 관리 여부에 민감하게 반응, 민원을 제기하기도 함. - 미세먼지의 실시간 상황에 따른 대응이 어렵고, 학부모 민원이 발생

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

- 공기청정기 및 환기 설비 사용 현황 조사
  - 어린이집, 유치원은 설비 관리 담당 교·직원을 선정, 주기적인 청소, 관리를 시행 중. 초등학교는 교육청 사업을 통해 비용 지원, 업체를 통한 체계적인 설치, 운영, 관리가 이루어짐
  - 설문조사와 현장조사의 결과가 동일한 특성을 보임

공기청정기 및 환기 설비의 설치 현황은 아래의 표와 같으며 설치 장비, 설비의 유지·관리 담당과 관리 주기에 대해 조사하였다. 결과는 다음과 같다.

[표 3-25] 시설별 공기청정기 및 환기 설비 유지·관리 담당자 및 관리 주기

기준		어린이집A	어린이집B	어린이집C	유치원D	유치원E	유치원F
공기청정기	담당자	선생님	담임, 원장	담임, 부담임	담임, 부담임	업체	선생님
	청소 주기	주 1회	주 1회	주 1회	주 1회	월 1회	매주
관리·점검 내용		필터 청소 2개월 1회	필터 교체 연 1회	환기설비청소 2개월 1회, 차량부장이 담당	필터 교체 반기별 1회, 월 1회 점검	월 1회 필터 관리	-

기준		시설		
		초등학교 G	초등학교 H	초등학교 I
공기청정기	담당자	업체	업체	업체
	청소 주기	월 1회	월 1회	월 1회
관리·점검 내용		필터 청소 월 1회	필터 청소 월 1회 분해·세척 6개월 1회	-

출처: 현장조사를 통해 연구자 작성

[그림 3-10] 어린이집 C 공용공간 공기청정기 설치

[그림 3-11] 유치원 D 강당 공기청정기 설치

[그림 3-12] 초등학교 G 특별교실 스탠드공기청정기

[그림 3-13] 초등학교 H 특별교실

출처: 연구자 직접 촬영

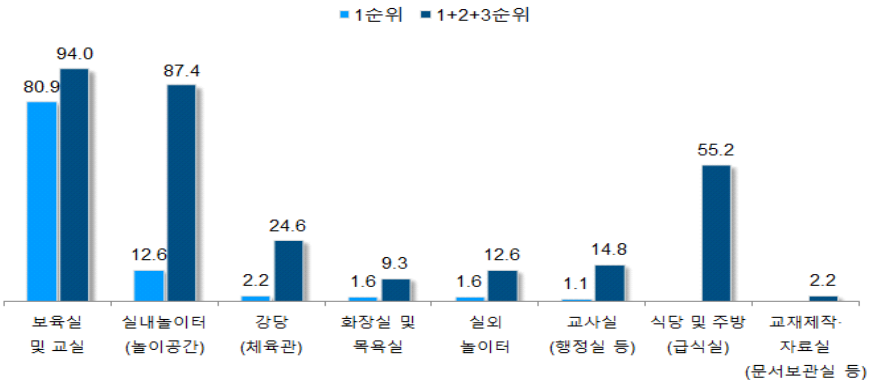
초등학교 G와 H는 교육청 지원 예산을 이용하여 공기청정기 겸용 천장형 에어컨을 가동, 관리를 시행하고 있었고, 사설 업체가 필터 교체, 청소, 세척까지 주기별로 시행하는 것을 알 수 있었다.

초등학교와 달리 유치원, 어린이집은 청정기 담당자를 정해 관리·운영을 시행하는 것이 공통적으로 나타났고 유치원 D와 E는 렌탈 기기를 사용하고 있어 업체 담당자가 방문하여 공기 청정기의 필터 교체 및 점검을 주기별로 시행하고 있었다.

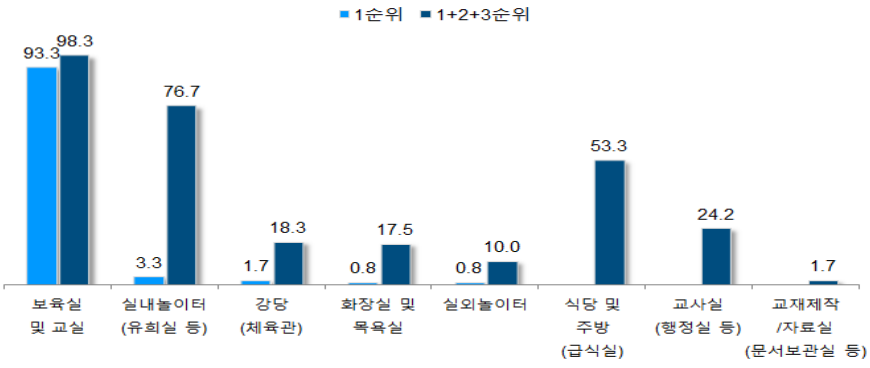
3) 미세먼지 설문을 통한 청정구역 요구도(우선 적용 순위) 분석

□ 미세먼지 청청구역 요구도 분석

민감군과 관리자를 대상으로 미세먼지 청정구역을 설치할 경우, 우선 적용을 희망하는 공간에 대한 요구정도를 분석하였다. 시설별로 살펴보면, 어린이집에 다니는 자녀를 둔 학부모의 경우, 1순위에서는 보육실 및 교실에 대한 우선 적용 의견이 가장 높았으며, 1~3순위 종합결과에서도 보육실 및 교실이 가장 높고, 실내놀이터, 식당 및 주방에 대한 의견이 상대적으로 높게 조사되었다. 관리자인 어린이집 교사에서도 1순위에서는 압도적으로 보육실 및 교실(93.3%)이 높게 나타나 학부모(80.9%)보다 우선 적용 의견이 더 높았으며, 1~3순위 종합결과는 민감군과 동일하게 나타났다.



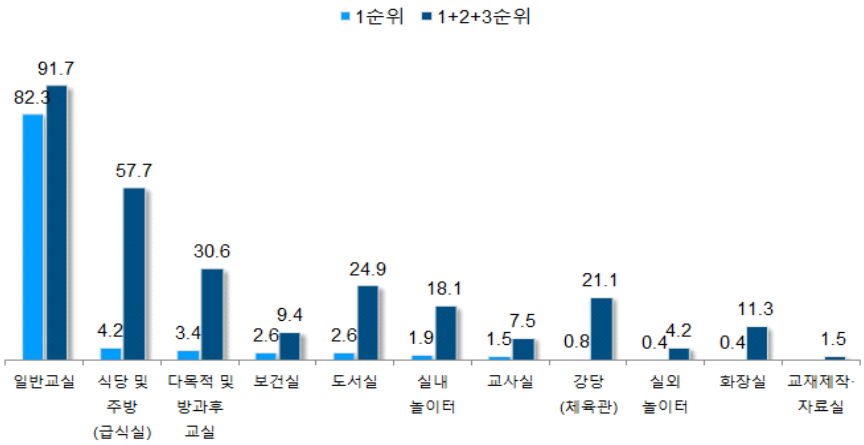
[그림 3-14] 어린이집 원아 자녀를 둔 학부모의 청정구역 우선 적용 공간 순위
출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성



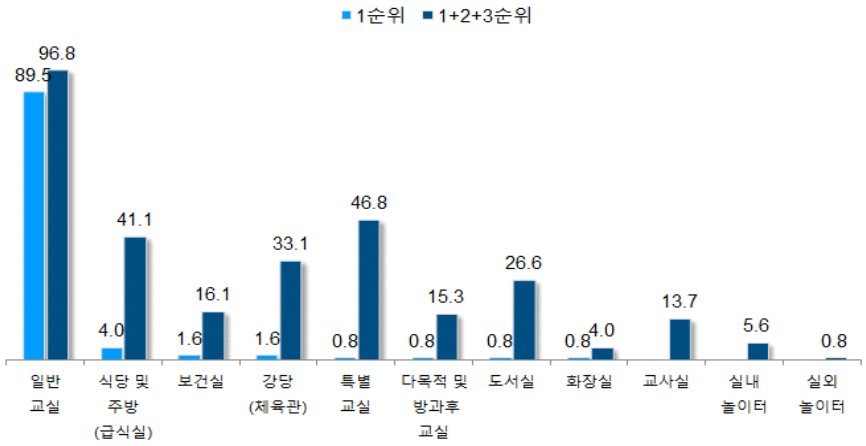
[그림 3-15] 어린이집 교사의 청정구역 우선 적용 공간 순위
출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

유치원생 자녀를 둔 학부모의 경우도 어린이집과 유사한 결과가 도출되었다. 1순위에서는 보육실 및 교실에 대한 우선 적용 의견이 높았으며, 1~3순위 종합결과에서는 실내놀이터에 대한 우선 적용 의견이 조금 더 높아 실내놀이터, 보육실 및 교실, 식당 및 주방 순으로 나타났다. 관리자인 유치원 교사에서도 1순위에서는 보육실 및 교실(92.5%)로 나타나 학부모(69.2%)보다 우선 적용 의견이 더 높은 것으로 나타났다. 1~3순위 종합결과에서는 보육실 및 교실, 실내놀이터는 민감군과 동일하였으나 교사의 경우 상대적으로 강당에 대한 우선 적용 의견이 높은 것으로 확인되었다.

초등학생 자녀를 둔 학부모의 경우 1순위에서는 일반교실에 대한 우선 적용 의견이 가장 높게 나타났으며, 1~3순위 종합결과에서는 일반교실, 식당 및 주방, 다목적 및 방과후 교실 순으로 나타났다. 관리자인 초등학교 교사에서도 1순위에서는 일반교실(89.5%)로 나타나 학부모(82.3%)보다 우선 적용 순위가 더 높은 것으로 조사되었다. 1~3순위 종합결과에서는 1순위 조사에서 상대적으로 낮은 순위를 보였던 특별교실에 대한 우선 적용 의견이 높게 나타나 일반교실, 특별교실, 식당 및 주방 순으로 우선 적용 의견이 나타났다.



[그림 3-16] 초등학생 자녀를 둔 학부모의 청정구역 우선 적용 공간 순위
출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성



[그림 3-17] 초등학교 교사의 청정구역 우선 적용 공간 순위

출처: 설문조사 결과를 바탕으로 연구자 작성

□ 미세먼지로부터 안전할 것으로 예상되는 공간 분석

미세먼지에 가장 안전한 장소와 이유에 대한 항목에서도 동일하게 보육실과 일반교실에 대한 의견이 높게 나타났는데, 그 이유는 공기청정기가 설치되어 있고 아이들이 주로 생활하기 때문에 더 철저하게 관리할 것으로 예상(학부모 의견)하거나 더 철저하게 관리한다(관리자)는 의견이 지배적이었다. 이를 청정구역 우선 적용 순위 분석 결과와 종합해보면, 보육실이나 일반교실은 민감군의 이용률(이용시간과 이용빈도)이 가장 높으며, 실내공기질 측정과 공기청정기 설치 등으로 실내공기질에 대한 안전성 확보가 용이하기 때문에 청정구역 우선 적용 순위가 높은 것으로 이해된다. 따라서, 시설계획 기준 적용에 있어 유치원과 어린이집의 경우 보육실과 교실을, 초등학교의 경우 일반교실에 대한 청정구역 조성을 우선적으로 검토하는 것이 바람직할 것으로 예상된다.

4) 현장조사 및 개선 요구 사항 종합 분석

□ 수업시간 및 일과시간에 주 사용 공간의 실내 미세먼지 수치가 높게 나타남에 따른 관리 필요

각 시설별 시간대나 활동 특성에 따른 실별 미세먼지 수치를 살펴본 결과 어린이집, 유치원, 초등학교 모도 등·하교 시보다 수업 시 측정값이 더 높게 나타났다. 이를 통해 외부로부터 미세먼지 가 유입되어 실내공기를 오염시키는 것보다 교육 및 놀이 활동으로 인해 발생하는 2차 미세먼지가 실내공기질에 미치는 영향이 더욱 큼을 확인하였다. 일과시간에 민감군의 활동특성에 맞는 시설 계획 기준의 마련이 필요하다.

□ 보육실과 교실 이외 시설별 중점관리가 추가적으로 필요한 공간에 대한 예측

일과시간의 대부분을 보내고 있는 보육실과 교실이외에도 각 시설별로 중점관리가 요구되는 시설의 유뮤와 종류를 파악하고자 이용시간 및 이용 밀도, 요구도에 대한 조사하였을 때 어린이집과 유치원은 보육실(교실)이외에 실내놀이터, 식당 및 주방공간으로 파악되었으며 초등학교는 교실이외에 식당 및 주방, 방과후 교실과 특별교실 순으로 파악되었다. 실내공기질을 면밀하게 관리해야하는 영역을 구분한다면 위의 결과를 참고하여 우선순위를 부여할 수 있다.

□ 어린이집, 유치원보다 초등학교에서 공기청정기 및 공기정화설비 관리 강화 필요

현장조사와 설문조사를 통해 파악한 결과 어린이집과 유치원보다 초등학교에서 공기청청기 및 공기정화설비에 대한 청소, 관리주기 및 방법이 강화될 필요가 있다. 어린이집과 유치원에서는 평균 일주일마다 1회씩 청소, 관리를 하고 있으나 초등학교는 외부에 위탁하는 방식으로 6개월에 1회씩 청소, 관리를 하고 있었다. 전담관리자를 배치하거나 보다 용이한 관리가 가능한 설비나 모니터링 체계의 고려가 요구된다.

3. 미세먼지 저감 및 회피 관련 사례 기술 분석

3장 1절에서 시설별 계획기준 현황을 입지 및 외부공간, 면적, 조닝, 건축물성능, 운영관리 항목으로 구분하여 살펴보았듯이 미세먼지 저감 및 회피관련 사례 기술 분석 과정에서도 계획 기준 항목의 틀을 가지고 살펴보아 민감군 시설에 적용 가능한 사례나 기술을 도출하고자 한다.

1) 미세먼지 저감을 위한 사례 분석

① 도시숲 바람길 계획 사례

□ 도입 배경

미세먼지 대응을 위한 다양한 연구와 대안들은 크게 배출량 자체를 감축하는 방안과 미세먼지에 대한 노출을 최소화하는 방안으로 분류할 수 있다. 전자의 경우, 단기간에 성과를 내기 어렵기 때문에 후자를 선택하는 경우가 늘고 있다. 그 중 대표적인 사례가 바람길이다. 바람길은 Kress(1979)가 처음 사용한 'Ventilationbahn'이라는 독일어에서 유래하였으며, 현재는 녹지와 도시, 물, 오픈스페이스의 네트워크를 활용하여 산이나 바다로부터 유래한 신선한 공기를 도시로 흐를 수 있도록 하는 것을 의미한다(김수봉 외 2007, pp.127-143). 이 과정에서 대기의 순환을 촉진하고 미세먼지를 분산시키는 효과를 통해 일상생활에서 미세먼지 감축 효과를 체감할 수 있다.

□ 대표 사례

- 독일 – 슈투트가르트(Stuttgart)

독일은 국가차원에서 미세먼지 개선에 앞장서고자 법제도를 개선하였다. 이에 연방건축법에 바람길 조성과 활용에 관한 법적 근거를 마련하였다. 찬바람이 발생 가능한 지역을 보호하고, 찬바람이 도시지역으로 원활하게 유입될 수 있도록 토지이용계획에 반영하고 있다. 이를 통해 찬바람 정체구간을 해소하는 한편, 찬바람 유도 및 통행을 고려한 건축물 배치를 통해 바람길이 연결된 녹지축 조성을 유도하고, 미세먼지 분산 효과를 극대화화고 있다.

먼저, 환경청의 기후 지도를 반영하여 지역 내 입지가 가능한 지역, 조치가 필요한 지역, 입지가 불가능한 지역 등으로 구분하여 건축을 제한하고, 도시 전체에 바람길 활용에 대

한 기본지침으로 F-Plan(토지이용계획)을 제시하고 있다. 바람길과 관련된 좀 더 구체적인 사항은 B-Plan(지구상세계획)을 통해 제시되는데, 도심 인근 구릉부의 신규 건축행위 금지, 통풍길 지역의 건축물은 5층 이하 및 건물 간격 최소 3m 이상으로 규제, 바람길인 대도로와 소공원은 100m 폭 확보 등을 포함하고 있다.

[그림 3-18] 독일의 바람길 조성 및 활용 법적 근거
출처 : 박종순(2019)을 토대로 연구자 재구성

대표 사례는 바람길을 도시계획에 반영한 사례로 가장 많이 인용되어 바람길 도시로도 알려진 독일 남부의 산업 도시인 슈투트가르트(Stuttgart)를 들 수 있다. 높은 협곡에 위치하여 분지 지형을 가지고 있는며, 도시의 평균 풍속이 2m/sec로 대기오염 정체가 심각한 지역이다. 이에 독일 연방정부는 1930년대부터 바람길 계획을 위한 연구를 시작하였으며, 1970년대부터는 바람길 계획을 수립 및 조성을 시작하였다. 그 결과 시간당 1억 9,000㎥의 신선한 공기를 도심부로 유입하는 효과를 얻고 있다.

- 홍콩

세계적으로도 높은 인구밀도로 알려진 홍콩은 쾌적한 자연환경의 혜택을 누리지 못하는 불리한 조건의 지형으로 바람길을 통한 도시 내 대기환경 개선에 힘써왔다. 특히, 2000년대 초 중증 급성 호흡기 증후군(Severe Acute Respiratory Syndrom)의 발생[3]을 겪으면서 대기통풍을 위한 순환과 바람길의 중요성을 인식하는 계기가 되었다.

홍콩정부는 대기통풍 개선을 위한 도시계획 수단 조사를 목적으로 팀 클린 위원회(Governmental Team Clean Committee)를 조직하였으며, 대기통풍 연구에 따른 설

3) 2003년 중증 급성 호흡기 증후군 발생 당시, 4개월 동안 1.755명이 감염되어 299명이 사망하는 등 심각한 피해를 경험하였다.

계와 평가방법을 도시 표준지침에 반영하였다. 실제 지구단위와 건축물 단위로 설계지침을 제시하고 있으며, 중요 개발사업에 대해 평가 방침을 두고 있다. 또한, 대기통풍평가방법론(Air Ventilation Assessment)을 개발하여 건축물 건설에 따른 도시구조 변화가 도시 내 바람길에 미치는 영향에 대해 객관적으로 평가하기 위해 노력하고 있다(성선용 외 2019).

□ 시설 계획 기준 시 고려사항

미세먼지 민감군 시설의 적정 입지조건을 고려할 때 지역 내 대기 순환이 어려운 부지나 지형은 배제하거나 대기 순환이 원활한 바람길과 인접한 구역에 입지하도록 권장하는 기준을 고려할 수 있다.

② 공기정화아파트 계획 사례

□ 도입 배경

국내 주거유형 중 대다수를 차지하는 아파트 단지에 미세먼지 저감 기술을 접목하여 주거환경의 안정성을 개선하고자 다양한 노력들이 이어지고 있다. 저감 기술은 크게 실내 공간으로의 미세먼지 차단을 개선하는 부분과 실외 공기질을 개선하기 위한 부분으로 구분할 수 있으며, 시범사업과 상용화 형태로 선보이고 있다.

□ 대표 사례

- 미세먼지 실내 차단 기술

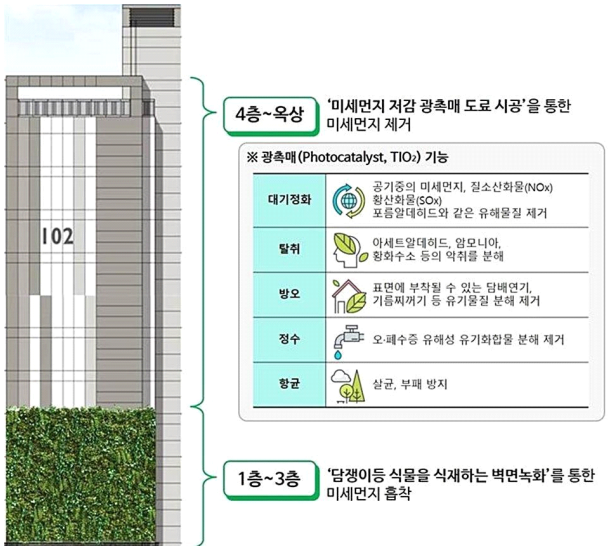
월패드를 이용하여 아파트 단지내 미세먼지 농도를 확인하여 산책 일정을 조정하고, 외출 후 집으로 들어갈 때는 현관문에 설치된 에어샤워기로 몸에 묻은 미세먼지를 제거할 수 있다. 실내에서는 창문을 열어 환기하지 않아도 헤파필터가 적용된 환기시스템을 통해 내부 공기를 정화할 수 있는 미세먼지 저감 및 실내 차단 기술이 이미 상용화되었다. 대형 아파트 건설사를 중심으로 미세먼지 차단 기술을 도입하여 새로 공급되는 아파트부터 적용하고 있어 입주민들의 환영을 받고 있다. 민간 기업뿐만 아니라 공공에서도 미세먼지에 안전한 거주환경 조성에 앞장서고 있다. LH는 외부 미세먼지의 실내 유입을 방지하기 위한 고기밀 창호시스템을 사용하고 있으며, 미세먼지 집진 필터망과 실내 미세먼지 배출시스템 적용을 위한 연구를 병행하고 있다.

- SH – 미세먼지 저감 광촉매 도료 시공 및 벽면녹화

SH는 미세먼지 저감대책으로 아파트 외벽 녹화와 광촉매 도료 시공을 시행하고 있다.

선진국형 미세먼지 저감기술인 광촉매 기술 국산화 연구를 시작으로 광촉매 도료를 운영·관리하는 아파트 단지에 시범 시공하여 미세먼지 저감 효과를 모니터링하고 있다.

모니터링 결과에 따라 기존 아파트 및 신규 공급 아파트에 까지 적용을 확대할 계획에 있다. 또한, 아파트 단지 저층부인 3층 이하 부분은 벽면녹화를 실시하여 담쟁이 넝쿨 식재를 통해 주변 공기질을 개선하고 있다.



[그림 3-19] 저층부 벽면녹화 및 상층부 광촉매 도료 시공 아파트 예시도
출처 : SH 내부자료

③ 미세먼지 저감벤치

□ 도입 배경

일상생활의 시민 불편과 신체적 이상 현상을 초래하는 미세먼지 해결을 위하여 다양한 기술과 노력들이 이어지고 있다. 특히, 건축물 실내 공간 뿐만 아니라 실외에서도 시민들이 보다 쉽게 미세먼지 상태를 확인하고, 미세먼지 저감 및 예방 효과를 체감할 수 있도록 때와 장소를 가리지 않는다. 그 중 대표적인 사례로 대기 공기질 개선을 위한 미세먼지 저감벤치와 미세먼지 농도 상태를 색상으로 알려주는 미세먼지 신호등이 있다.

□ 대표 사례

- 미세먼지 저감벤치

2017년 독일의 환경기업에서 소개한 시티트리(City Tree)는 이끼로 구성된 초록색 패널 형태의 벽체가 핵심이다. 이끼는 미세먼지와 이산화질소, 오존가스를 정화하는 기능을 통해 벤치 2개당 하루 약 250g의 미세먼지를 흡수한다. 이는 연간 이산화탄소 240t을 감소하는 효과를 가져 1개당 나무 약 275그루의 몫을 할 수 있다. 또한, 태양광 에너지를 이용하여 24시간 작동을 하기 때문에 별도의 전력공급도 필요하지 않는다.

[그림 3-20] 독일의 공기정화 벤치
출처 : Cities Today, https://greencitysolutions.de/en/media-2/#section6(검색일 : 2020,5,25,)

벤치의 측면에 설치된 대쉬보드는 실시간으로 토양 습도, 온도, 수질 측정과 함께 오존 센서가 장착되어 있어 주변의 대기 공기질을 체크하여 실시간 공기 정화 능력을 보여주고 있다. 독일 베를린에서 시작된 공기정화벤치는 현재 파리, 암스테르담, 오슬로 등 유럽 약 20개국 이상에 설치되어 있으며, 최근 국내에서도 서울 마파구와 영등포구 등에서 유사한 미세먼지 저감용 공기정화 벤치를 설치하였다.

[그림 3-21] 국내 미세먼지 저감용 공기정화 벤치 사례
출처 : 박종일(2018, 10월 1일 기사) 및 이천용(2019, 11월 1일 기사)

□ 시설 계획 기준 시 고려사항

- 민감군 시설 옥외 공간에 미세먼지 저감을 위한 시설 적용

미세먼지 저감 벤치나 미세먼시 신호등, 미세먼지 저감 가로등(분무장치 복합) 등을 민감군 이용 시설의 옥외 놀이공간이나 통학로 변에 설치하여 이동 경로 상 무방비 노출을 최소화하는 방안을 고려할 수 있다.

④ 미세먼지 집진 장치

□ 주요 기술 사례

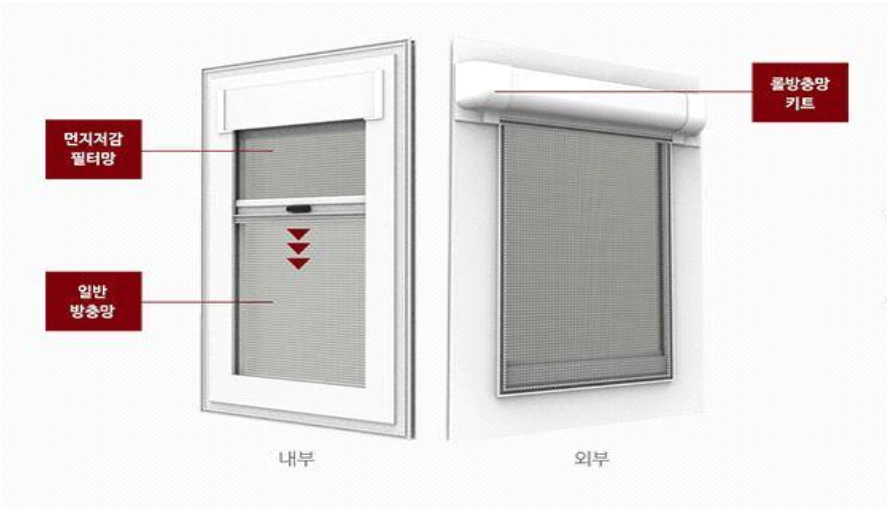
- 미세먼지 집진망

건축물 필터시스템인 미세먼지 집진 필터망을 설치하여 외부 미세먼지를 차단 할 수 있다. 미세먼지 집진 성능을 보유한 필터망 또는 방진 스크린을 설치하는 것이다. 기존의 방충망을 대체하거나 롤스크린 형식으로도 적용 가능하다.

- 미세먼지 집진을 위한 조경시설(실외 조경, 실내 화분 등)

농촌진흥청은 파키라와 백량금 등 실내 미세먼지와 공기정화에 도움을 주는 식물 5종을 새로 찾아냈다. 농촌진흥청 실험 결과 파키라는 4시간 동안 ㎥당 155.8㎍의 초미세먼지(PM 2.5)를 없앴다. 아울러 백량금은 142.0㎍/㎥, 멕시코소철은 140.4㎍/㎥, 박쥐란은 133.6㎍/㎥, 율마는 111.5㎍/㎥의 효과를 보였다. 전자현미경으로 잎을 관찰한 결과 미세먼지를 줄이는 데 효율적인 식물의 앞 뒷면은 주름 형태로 이뤄져 있는 것으로 확인됐다. 보통의 효율을 보인 식물은 매끈한 형태이고, 낮은 효율의 식물 표면에는 잔털이 많은 것으로 나타났다. 초미세먼지 `나쁨`(55㎍/㎥) 기준 20㎡ 면적의 거실에 잎 면적 1㎡

크기의 화분 3~5개를 두면 4시간 동안 초미세먼지를 20%가량 줄일 수 있다(이상규 2018, 3월 28일 기사).



[그림 3-22] 미세먼지 집진 필터망 설치 예

출처 : LG하우시스. https://www.lghausys.co.kr/rn/productcategory/category3/list.jsp?sup_category=A01&mid_categor y=A0107&fin_category=A010705, (검색일 : 2020.05.26.)

□ 시설 계획 기준 시 고려사항

- 미세먼지 대응을 위한 건축물 자재 기준에 반영

미세먼지 집진망을 비롯하여 미세먼지 집진기능이 있는 식물을 외부 조경계획 시나 실내 인테리어 계획 시 적극 설치할 수 있도록 관련 정보를 제공하거나 성능 기준에 반영을 고려할 수 있다.

2) 미세먼지 회피를 위한 사례 분석

① 미세먼지 프리존

미세먼지 프리존은 대기오염이 심한 날에도 사람들이 마음껏 숨 쉬며 산책하고 생활할 수 있도록 여러 지차체에서 조성한 청정구역을 의미한다. 지하철, 교실, 버스정류장등 설치 사례와 지역은 다양하며 설치한 장비도 다양하다.

□ 청담역 미세먼지 프리존

강남구에서 전국 최초로 지하철 7호선 청담역 지하 보행구간 650m에 조성한 지하정원

으로 청담역 미세먼지 프리존은 지하철역 지하보도라는 특수성과 650m의 긴 구간, 다양한 천장의 높이만큼 각 장소의 특성에 맞는 맞춤형 공기청정기가 설치되어 있다(고영득 2020, 1월 27일 기사). 순간 흡입 기능으로 오염된 물질을 신속하게 빨아들이는 분진포집 유닛이 출입구와 휴식 공간에 설치되어 있다. 보행구간의 벽 곳곳에는 바이오월(벽면식물)과 같은 조경 장식이 더해져 벽걸이형 건식 공기청정기가 설치되어 있다. 휴식공간에는 천장형 공기청정기가 설치되어 공간 효율을 높이고, 미세먼지 발생을 예방하는 가습형 공기청정기가 설치되어 있다.

□ IoT 기반 미세먼지 프리존 교실

양평 조현초등학교에서 움직임과 호흡량이 많은 아이들을 위해 IoT 기반의 실내공기질 측정기를 설치했다. 미세먼지, 이산화탄소, 휘발성유기화합물, 온·습도 등을 24시간 실시간으로 감시해 더 좋은 실내공기질을 확보하고자 한다.(케이웨더 2019, https://blog.naver.com/airguardk1/221715078105,)

일반교실에 15기를 설치하여 IoT 기반의 환기청정기와 실내공기질측정기(IAQ)연동 시스템으로 운영한다. 실내 공기질 측정기의 IoT 센서를 통해 PC 또는 휴대폰 앱에서 각 실별 실시간 미세먼지 수치를 조회하고 공기정화장치를 작동시킬 수 있다. 실제 체감 효과를 높이는 현장맞춤형 실내공기질 관리 시스템으로 볼 수 있다.

□ 미세먼지 프리존 셸터

전국 최초로 도로변에 설치된 미세먼지 관련 시설로, 강남구 압구정 갤러리아 백화점 앞 버스승강장에 설치되어있다. 전기집진기와 활성탄으로 도로변 미세먼지를 90% 이상 제거해 외부 공기를 청정하게 하며, 정화된 공기를 유입해 내부 미세먼지 농도를 좋음 상태로 유지한다. 셸터 입구에는 3단 슬라이드 문을 설치해 외부 미세먼지 유입을 차단하고 내부에는 온열의자, 냉·난방기, 실내·외 미세먼지 측정기, 태양광 시설, 미세먼지 측정자료 안내판 등을 설치했다(임화섭 2019, 11월 20일 기사).

□ 미세먼지 안전쉼터

노원구에서 미세먼지와 차량 매연 등에 직접 노출되는 주민들의 건강을 보호하기 위해 기존의 추위가림막인 따숨쉼터를 활용하여 버스 정류소에 미세먼지 안전쉼터를 조성했다. 미세먼지 안전쉼터 내에 18평형 스탠드형 공기청정기를 놓고 누구나 미세먼지 수치를 직접 확인할 수 있도록 미세먼지 측정기를 함께 설치했다. 미세먼지 안전쉼터 내 초미세먼지와 미세먼지 농도는 3~10㎍/㎥가 유지되며, 미세먼지 주의보 발령 시 1일 12

시간 공기청정기가 가동된다. 공기청정기는 렌털 회사가 3개월마다 1회 내부청소와 년 1회 필터를 교환하는 등의 유지보수관리가 이뤄진다(배민욱 2019, 5월 15일 기사).

□ 스마트 클린 버스정류장

과천시 중앙로 'KT과천지사' 상하행 버스정류장을 미세먼지 프리존의 개념을 가지고 스마트 클린 버스정류장으로 조성하였다. 시는 버스정류장의 냉난방기 온도를 과천시 교통정보센터에서 제어할 수 있도록 시스템을 마련해 날씨와 민원 등에 즉각적으로 대응할 수 있도록 했다.

과천시 스마트 클린 버스정류장은 실내공간의 쾌적한 온도를 유지할 수 있도록 하는 냉난방기기와 온열의자, 미세먼지를 제거해주는 환기 장비를 갖추고 있다. 또한, 버스정류장 내 공공와이파이, 방범용 CCTV와 비상벨도 설치돼 있어 시민들이 더욱 안전하게 이용할 수 있다. 전국에서 최초로 도서 대출과 반납 서비스가 가능한 '스마트 도서관'을 설치해 대중교통을 이용하는 시민들이 편리하게 도서 이용을 할 수 있도록 했다(지현우 2020, 5월 19일 기사).

[표 3-26] 미세먼지 프리존 시설 현황

구분	청담역 미세먼지 프리존	IoT 기반 미세먼지 프리존 교실	미세먼지 프리존 셸터	미세먼지 안전쉼터	스마트 클린버스정류장
위치	지하철 7호선 청담역 지하 보행구간	경기도 양평군 용문면 중원산로 157	서울시 강남구 압구정로 343 일대	서울시 노원구 일대	경기도 과천시 중앙로 140 일대
규모	650m	12학급	-	-	-
이용 대상	주민, 지하철이용객	재학생	주민, 버스이용객	주민, 버스이용객	주민, 버스이용객
운영주체	강남구청	양평교육지원청	강남구청	노원구청	과천시
실내 환경	공기청정기, 공조기, 분진 포집 유닛	IoT 기반 환기청정기	미세먼지 측정기	스탠드형 공기청정기	환기 장비
주요특징	- 공기청정기 72대와 미디엄필터 설치 공조기 5대를 통한 대기질 관리 - 스마트 케어 시스템을 통한 모바일 모니터링 - 각 장소의 특성에 맞는 맞춤형 공기청정기	- IoT기반의 환기청정기와 IAQ 연동 시스템 - 실제 체감 효과를 높이는 현장맞춤형 실내공기질 관리 시스템	- 전기집진기, 활성탄을 통한 도로변 미세먼지 90% 이상 제거, 정화된 공기 내부로 유입 - 3단 슬라이드 도어를 통한 미세먼지 유입 차단	- 공기청정기 렌털회사를 통한 유지보수관리	- 미세먼지 제거 환기 장비 - 공공와이파이, 방범용 CCTV, 스마트 도서관 등 설치

[청담역 미세먼지 프리존]

[그림 3-23] 청담역 미세먼지 프리존 '뜰'　[그림3-24] 청담역 미세먼지 프리존 '강아래 우숨마당'

[미세먼지 프리존 쉘터]

이미지

[그림 3-25] 미세먼지 프리존 셸터

출처 : [그림 3-23], [그림 3-24]: 강남구청b(2020, p2), 강남구청c2020)
[그림3-25]: 임화섭(2019, 11월 20일 기사)

② 미세먼지 실내놀이터 조성 사례

어린이놀이시설은 어린이놀이기구가 설치된 실내 또는 실외의 놀이터로서 「어린이놀이시설 안전관리법」 시행령 별표2의 장소에 설치된 시설이다. 행정안전부 어린이놀이시설 안전관리시스템 현황에 따르면 전국에는 총 1,694개의 실내놀이터가 조성되어 있으며 이중 본 연구에서는 미세먼지 관리 또는 체계적인 실내공기질 관리에 초점을 맞춘 실내놀이터 사례를 살펴보고자 한다.

□ 미미위 클린 실내놀이터

서울시 강남구에 위치한 미미위 클린 실내놀이터는 미세먼지와 눈, 비 등의 기후영향과 관계없이 안전한 놀이환경을 제공하기 위해 조성한 공공형 실내놀이터이다.

실내 공기정화를 위해 냉온방 겸용 공기청정기 2대와 전열교환 시스템 2대가 설치되어

있다. 또한 실시간으로 확인 가능한 CCTV 32대와 안전요원 6명도 함께 배치되어 있다. 구청 홈페이지에서 사전 예약 후 입장이 가능하며 하루 총 3회차로, 한 회 차당 보호자 포함 60명 입장 가능하다(하종민 2020, 1월 20일 기사).

□ 플레이스타트 그라운드 1호

플레이스타트 그라운드 1호(숨쉬는놀이터)는 건강도시사업을 추진하는 시흥시보건소가 조성한 국내 최초의 놀이지원센터를 겸한 공공형 실내놀이터이다. 플레이스타트 그라운드 1호는 신체활동, 어린이 작업공간, 놀이지원센터로 구성되어있다.

실내 공기정화를 위한 실내정원이 조성되어 있고, 에너지 절감형 폐열회수 환기시스템(HRV)을 설치하여 지속적으로 실내공기를 교환한다. 수돗물 여과사로 쓰이는 주문진 바다모래를 활용하여 모래놀이터도 조성하였다. 1일 3회 차로 운영되며 1회 차 당 25명이 입장할 수 있다(김상호 외 2020).

□ 서리풀 노리학교

서리풀 노리학교는 영유아와 보호자들이 미세먼지, 한파, 폭염 등 외부환경에 영향 받지 않고 안전하게 마음껏 신체활동을 할 수 있는 서초구에 위치한 전용 실내놀이터이다(이미숙 2019, 3월 20일 기사).

서리풀 노리학교는 스마트 체육관 시스템이 도입됐다. 스마트 체육관은 3D카메라와 스크린에 장착한 동작인식센서가 아이들의 움직임을 실시간으로 인식해 스크린 내 캐릭터가 반응하고 상호작용하는 양방향 콘텐츠를 제공하는 것이다(김남중 2019, 3월 18일 기사).

실내에는 공기청정기 4대와 냉난방기가 설치되어 있다. 또한 스마트 에어커튼 기술을 활용해 외부로부터 들어오는 미세먼지를 차단하고 시설 출입 시에 인체와 몸에 붙은 미세먼지를 털어내고. 털어낸 먼지는 실내로 들어갈 수 없게 집진기로 모아지도록 설계한 미세먼지 차단기를 설치하여 영유아 미세먼지 안심공간으로서의 기능을 강화했다(정응호 2019, 5월 14일 기사).

서리풀 노리학교는 평일 오전에는 어린이집 등 단체를 대상으로 하고. 평일 오후와 토요일에는 개인적으로 이용할 수 있다(김남중 2019, 3월 18일 기사).

□ 초안산 유람선 실내놀이터

초안산 유람선 실내놀이터는 건조한 지 약 30년 된 노후 유람선을 업사이클링해 공공형

실내놀이터로 만든 전국 첫 사례이다(이현숙 2020, 5월 21일 기사).

내부에는 3D 항해 파노라마뷰를 비롯해 역동적인 놀이기구와 창의력 발달에 좋은 놀이기구 8종이 배치되어 있다. 또한 초미세먼지 등 불안정한 대기 상황에서도 아이들이 마음껏 뛰놀 수 있도록 공기청정 시스템도 설치했다(엄정애 2020, 4월 27일 기사). 안전을 위해 한 번에 최고 20명까지만 이용할 수 있고 놀이터 안팎으로 CCTV 11대가 설치되어 있다(이현숙 2020, 5월 21일 기사).

[표 3-27] 미세먼지 실내놀이터 시설 현황

구분	미미위 클린 실내놀이터	플레이스타트 그라운드 1호	서리풀 노리학교	초안산 유람선 실내놀이터
위치	서울특별시 강남구 도곡로18길57 (지하1, 2층)	시흥시 소래산길 11(시흥abc행복학습타운 내)	서울시 서초구 사임당로 115(헤센파크힐) L층	초안산 근린공원
규모	연면적 435.7㎡(약 131평) 지하 2층 규모	390㎡(약 94평)	105평	130㎡
이용 대상	7세 이하 취학전 아동	5~7세 어린이와 가정	만 5세 이하 영유아와 보호자	10세 미만 어린이
운영주체	강남구청	시흥시보건소	서초구청	도봉구청
실내 환경	냉온방 겸용 공기청정기, 전열교환 시스템	실내정원, 에너지 절감형 열회수 환기시스템(HRV)	공기청정기, 미세먼지 차단기	공기청정 시스템
주요특징	- 냉온방 겸용 공기청정기 2대, 전열교환 시스템 2대 설치	- 실내 공기정화를 위한 실내정원 조성 - 에너지절감형 열회수 환기시스템을 통한 실내공기 교환	- 스마트 에어커튼 기술 활용한 미세먼지 차단기 설치 - 미세먼지 차단기를 통해 외부 미세먼지 차단, 인체 및 몸에 붙은 미세먼지 털어내며 이는 집진기로 모아짐	- 공기청정 시스템을 통한 안전한 환경 조성
이미지	[미미위 클린 실내놀이터]			

[그림 3-26] 미미위 클린 놀이터

[그림 3-27] 미미위 클린 놀이터

[플레이스타트 그라운드 1호]

[그림 3-28] 메이커놀이터 놀이활동

[그림 3-29] 숨쉬는놀이터 조합놀이대

출처 : 강남구청a. (2020). 미세먼지 없는 미미위 클린 놀이터 22일 개관. 1월 22일 보도자료. 직접인용
시흥시보건소. (2020)https://www.playstart.org/blank-16, (검색일 : 2020.05.26.)

③ 공동 주택 미세먼지 환기시스템 장치

□ 주요 기술 사례

- 실내 미세먼지 토털 패키지 시스템

최근 여러 메이저 건설사 주택을 대상으로 한 실내 미세먼지 토털 패키지 시스템이 개발되었다.

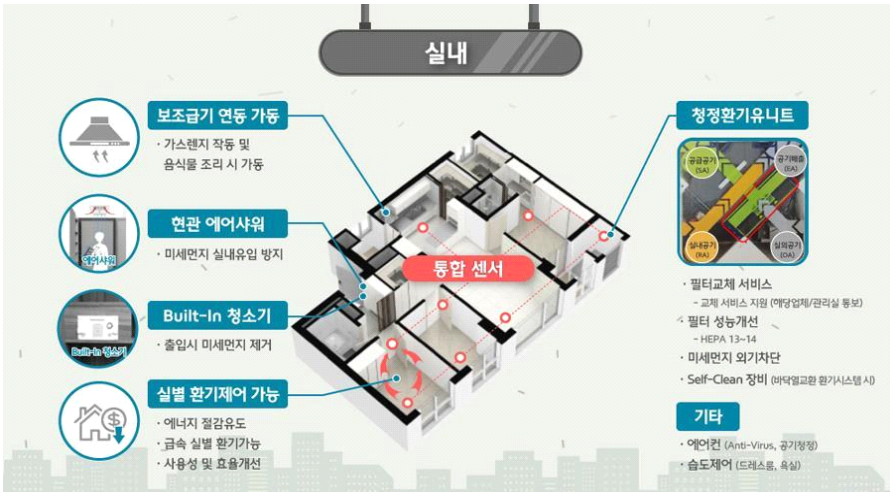
- 현대건설 사례(현대건설 HDEC ISSUE)

현대건설은 미세먼지 걱정 없이 내 아이가 마음껏 뛰어 놀 수 있는 청정한 아파트 단지를 구현하기 위해 힐스테이트 및 디에이치 단지 내·외부에 존재하는 미세먼지를 획기적으로 줄일 수 있는 미세먼지 “토탈 솔루션(Total Solution) 기술”을 개발해 단지별 특성에 맞춰 선별적으로 적용 할 예정이다. 날로 심각해지는 미세먼지로부터 입주민들의 주거 환경을 온전히 보호하기 위해 ‘외부 미세먼지 관리 패키지 · 세대 환기 시스템 · 주방 후드-환기장비 연동시스템 · 현관 에어샤워 시스템 · 자동 배기 시스템’ 등 5가지 기술을 개발했다. 특화된 미세먼지 관리 기술은 방배5구역, 힐스테이트 클래시안 등에 단계적으로 도입할 계획이다.

그동안 미세먼지 제거를 위해 가정에선 공기청정기를 사용해 오염된 실내를 정화했지만, 따로 구매해야 하는 초기 비용과 관리를 위한 유지 비용이 많이 들며 외기 도입 없이 실내 공기 순환으로만 환기가 되는 단점이 발생했다. 현대건설 단지에 적용되는 세대 환기 시스템은 각 세대내 환기구에 헤파필터(H13등급 0.3㎛를 99.95% 포집가능)를 장착

해 내부로만 공기순환이 이뤄지는 기존의 제한된 환기 방식과 달리 외부 공기와 실내 공기의 순환이 이뤄져 쾌적한 공기 상태를 유지시키는 동시에 초미세먼지까지도 완벽히 제거한다. 헤파필터는 일반 필터보다 더욱 촘촘한 필터로 공기 유입 시 발생하는 높은 압력에도 불구하고 적정 풍량을 내도록 성능을 개선했다.

세대별 환기에서 실별로 환기가 가능해 원하는 곳을 집중적으로 환기할 수 있을 뿐 아니라 바닥열을 이용한 환기장비의 경우는 내부에 셀프클린(Self-clean) 기능을 탑재해 환기덕트 내부를 자동 또는 고객이 스스로 손쉽게 청소할 수 있다. 또한, 실별 환기제어가 가능해 에너지 절감 효과로 사용 요금을 절약할 수 있다.



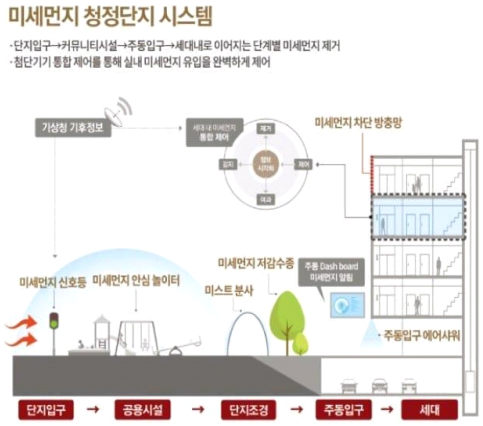
[그림 3-30] 현대건설 미세먼지 관리 내부 패키지
출처 : 현대건설, 내 아이 마음껏 키울 수 있는 '청정아파트' 실현, 2018.04.24., HDEC ISSUE

현대건설의 에어샤워 시스템은 가족 구성원이 외출 후 옷과 머리카락에 붙어 실내로 유입될 수 있는 미세먼지를 효과적으로 제거할 수 있게 한다. 입주민들은 동 출입구에 설치된 에어샤워기로 1차로, 세대 현관에 설치된 에어샤워기의 강한 공기바람을 통하여 2차로 미세먼지를 털어내 포집한 후, 빌트인(built-in) 청소기로 손쉽게 진공 흡입할 수 있다. 알게 모르게 유입될 수 있는 미세먼지를 동 입구에서부터 원천 차단해 청정한 실내 환경을 유지하는 것이다.

현대건설은 단지 내에 입주민들이 미세먼지를 손쉽게 인지하고, 대처할 수 있도록 여러 가지 시설물들을 설치해 편의를 제공한다. 놀이터 부근에 설치한 미세먼지 신호등은 아이들도 한눈에 미세먼지 현황을 알아보고 안심하고 뛰어 놀 수 있는 환경을 조성한다. 당일의 공기질을 신호등을 통해 시각적으로 전달하고 각 세대 내 월패드로 미세먼지 농도

를 확인할 수 있다. 작은 입자의 물방울을 분사하여 미세먼지를 물방울과 함께 떨어뜨리는 미스트 분수는 미세먼지를 직접 저감해 보다 쾌적한 단지 환경을 조성한다. 손세정대도 설치해 아이들의 몸에 묻은 미세먼지를 털어내고 깨끗하게 씻어낼 수 있도록 한다. 놀이터 주변 미세먼지 흡착능력이 우수한 나무를 식재하여 보다 안전한 놀이 환경을 조성하는 것도 현대건설의 미세먼지 관리 패키지로 제공되는 사항이다.

외부에서 유입되는 미세먼지 뿐 아니라 주방에서 조리할 때 발생하는 미세먼지도 상당히 유해해 그 수치가 초미세먼지주의보 수준의 20배가 넘는다는 것은 잘 알려져 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 '주방후드-환기장비-보조급기 연동시스템'을 적용해 음식물 조리 시 주방후드를 가동함과 동시에 각 실 환기장비와 주방의 보조급기가 자동으로 작동하여 미세먼지가 원활히 배출될 수 있도록 하였다. 즉, 외부 공기의 유입을 통해 배기효율을 높이고, 미세먼지의 확산을 억제하는 시스템을 구축해 그 효과를 극대화한 것이다.



[그림 3-31] 현대건설 미세먼지 청정단지 시스템

출처 : 강영구(2017, 9월 17일 기사)

[그림 3-32] 현대건설 H-클린 현관

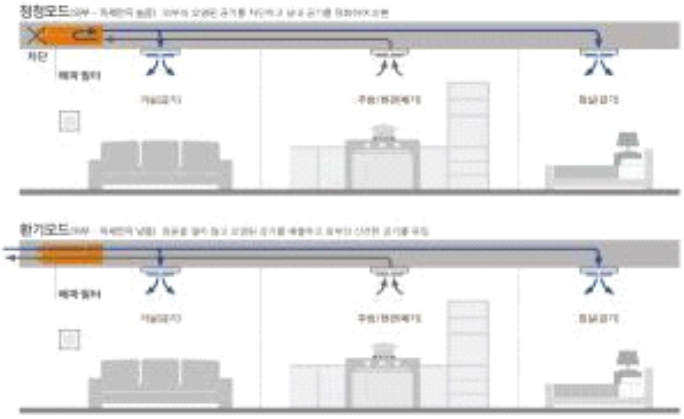
출처 : 김태구(2019, 5월 19일 기사)

- 대림산업 사례(박경훈 2018, 8월 6일 기사)

대림산업은 건설업계 최초로 초미세먼지를 제거할 수 있는 공기청정 환기시스템을 미국 예일대학교와의 협업을 통해 개발해 2016년 7월 특허 등록했다. 가정 내부에 설치된 환기장치에 공기청정 기능을 결합해 정화된 공기가 천장을 따라 거미줄처럼 연결돼 있는 급배 기구를 타고 안방, 거실, 주방 등 집안 전체에 고르게 전달되는 방식이다. 시중에서 판매되는 공기청정기가 주로 기기 주변의 공기만 집중적으로 정화하거나 공기를 정화할 수 있는 면적에 한계가 있었던 것과 다르게 보다 넓은 공간의 공기를 정화할 수 있다.

이 시스템에는 고급형 공기청정기에 사용되는 H13 등급 헤파필터가 적용된다. H13 등급 헤파필터는 지름 0.3㎛ 이상의 초미세먼지를 99.75% 제거할 수 있어 공기 청정용 필터 중에서도 고급 사양으로 꼽힌다. 카본 필터도 사용돼 요리 후 냄새 제거 같은 탈취 기능이 더해져 있다.

입주민은 가정 내부에 설치된 환기스위치와 스마트홈 어플리케이션을 통해 환기모드·청정모드·자동모드 3가지 운전모드를 간편하게 설정할 수 있다. 환기모드는 요리 등으로 내부 공기가 오염됐을 경우 오염된 공기를 배출하고 외부의 신선한 공기를 내부로 유입시킨다. 청정모드는 외부 공기가 오염됐을 경우 외부 공기의 유입을 차단하고 실내 공기만을 정화한다. 자동모드는 기상청의 지역별 실시간 미세먼지 데이터와 실내 이산화탄소 농도에 따라 시스템이 자동으로 환기·청정 모드를 조정해 최적의 공기질을 유지할 수 있다.



[그림 3-33] 대림산업이 개발한 공기청정환기시스템 작동 방식

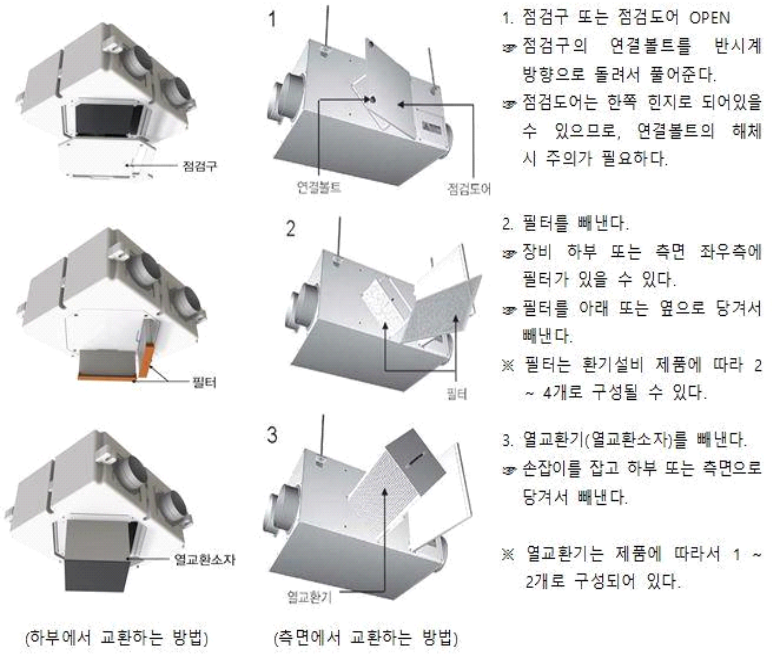
출처 : 박경훈(2018, 8월 6일 기사)

- 실내 공기질 유지를 위한 건축물 공조 시스템

건축물 환기설비의 성능 강화를 통해 실내 미세먼지 적정 농도 유지가 가능하다. 환기설비의 성능 강화에는 두 가지 방법이 있는데, 첫 번째는 환기시스템의 필터성능을 향상시키는 것이다. 외부 미세먼지 유입 방지를 위해 HEPA급(MERV17등급, @0.3㎛≥99.97%) 필터를 사용하는 경우 실내 미세먼지 농도 기준(다중이용시설 기준) 만족이 가능하다. 다만 필터 효율 증가에 따라 팬(Fan) 동력이 증가하면서 환기로 인한 에너지소비량을 증가시킬 수 있다. 두 번째는 매뉴얼을 활용하여 환기시스템을 관리하는 것이다.

필터 및 덕트의 지속적인 유지관리를 위해 환기시스템 유지 매뉴얼 제공이 필요하다.

매뉴얼은 3가지 항목으로 구성된다. 첫째, 프리필터는 물청소가 가능하며, 1개월에 한 번 점검과 청소를 실시한다. 둘째, 미디움필터와 헤파필터는 6개월에 한 번 이상 점검 및 교체한다. 셋째, 덕트의 경우, 천정이나 바닥 구조체에 매립되어 설치되며, 소비자가 직접 점검 및 청소하기 어렵기 때문에 전문업체에 의뢰하여 1~2년 주기로 점검이 필요하다.



[그림 3-34] 필터 교환방법 예시

출처 : 국토교통부(2019, 10월 1일 보도자료)

4. 소결

□ 공기청정기 보급을 넘어서 근본적이며 선제적인 대응 필요

관련 법제도와 정책 및 지원 사업으로 인해 공기청정기는 대부분의 시설에 거의 보급을 완료하였으나 공기청정기의 관리 상태와 실제 실내공기질 수치값은 시설별로 차이가 컸다. 단순히 공기청정기를 보급하는 단계에서 넘어서 보다 근본적인 조치와 선제적인 대응 및 체계적인 개선방안을 모색해야한다. 이런측면에서 미세먼지 민감군을 위한 시설 계획 기준의 마련이 더욱 절실하다.

□ 사용 빈도가 높고 우선 관리가 필요한 곳을 구분하여 청정구역으로 조성할 필요

앞서 언급한 시사점과 같은 맥락에서 최근에 조성한 신축건물이 아니고서야 시설 내 모든공간의 실내공기질을 쾌적하게 유지하기는 불가능하다. 시설의 규모도 제 각각 다르고 세부 실별 점유 시간과 이용 방식도 다르다. 또한 보육 및 교육 과정 여건이 달라 시설별로 실내공기질을 유지관리하는 정도의 차이도 크게 발생한다. 이런 상황에서 우선적으로 관리가 필요한 공간을 구분하여 선택적으로 정비하는 전략이 요구된다. 현장조사 및 설문조사를 통해 확인한 결과 어린이집, 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터 순으로 고려할 필요가 있었으며 초등학교의 경우는 교실, 식당, 방과후 교실, 특별교실 순으로 우선관리를 요하는 공간이 다소 차이가 있다.

□ 실외 활동을 대체할 수 있는 실내 놀이공간 확보 필요성 확인

연구 초반에 고농도 미세먼지 발생에 따라 실외 활동이 금지되고 실내활동으로 전환해야하는 횟수가 늘어남에 따라 실내 놀이공간 및 실내 체육공간의 필요 면적이 커지고 공간에 설치해야하는 공기조화설비도 강화되어야한다고 강조하였는데 실제 현장조사 및 면담을 통해 확인한 결과 고농도 미세먼지가 발생하는 날을 대비한 실외 활동 대체공간의 마련이 시급함을 알 수 있었다.

□ 건축물 대지 내 외부공간에 도입할 수 있는 미세먼지 저감 시설

사전조사 및 현장조사를 통해 분석한 결과 대부분 시설의 실내공기질이 대기중 미세먼지 수치와 연관성이 크며 실내공기질 관리를 안하는 시설일수록 외기의 농도에 받는 영향이 더욱 큰 것을 알수가 있었다. 따라서 대기중 부유미세먼지를 적극적으로 저감하거나 흡착하는 시설을 활용하여 건축물 대지 내 외부공간에 적용을 고려할 필요가 있다.

□ 미세먼지 저감 관련 기술을 활용한 설비 및 자재 성능 기준 마련

어린이집, 유치원, 초등학교에 공기청정기 설치 시 적정 성능 구현을 위한 필터 규격이나 등급을 비롯하여 공기조화설비의 환기용량, 폐열 회수 성능 조건 등 실제로 적용하기 위해서는 구체적인 성능기준과 정보가 필요하다. 또한 주출입구에 외부오염원 유입을 방지하기 위한 에어샤워 전실의 적정규격을 비롯하여 창호의 기밀성능 및 에너지 효율 성능 기준에 대한 검토가 필요하다.

□ 시설별로 점진적이며 단계별로 공기정화설비와 환기설비를 설치

어린이집, 유치원, 초등학교의 시설현황을 살펴보았을 때 민감군들을 단숨에 오염된 외부환경으로부터 온전히 격리시키기에는 어려운 상황임을 알 수 있다. 신축 시설인 경우에는 효과적이며 성능좋은 중앙제어형 공기정화장치 등을 일괄 적용할 수 있으나 90% 이상의 시설이 기존건물에서 개보수 등을 통하여 실내환경을 개선해야하는 상황이다. 또한 이를 위한 예산도 한정되어 있는 관계로 자연환기방식, 공기청정기활용 방식, 단독형 방식, 중앙제어형 방식을 결합하거나 점진적이고 단계별로 적용할 수 있는 방안을 고려해야 한다. 또한 관련법과 규정에 따라 일정 환기량을 충족해야하는 동시에 미세먼지, 포름알데이드, 이산화탄소, 일산화탄소 수치 등을 일정기준 이하로 실내공기질을 유지해야하므로 공기정화장치와 환기장치또는 환기방법을 복합으로 고려해야한다.

□ 실내공기질 개선을 위한 컨설팅을 활용한 접근고려

국외의 실내공기질 인증제도의 운영 과정에서 진단과 컨설팅과정이 반드시 수반되고 있으며 국내 다수의 지자체 지원 사업의 내용을 분석하였을때도 동일하게 컨설팅 과정을 함께 고려하고 있다. 이에 실내공기질 개선을 위해 공기청정기 설치 및 공기조화설비 설치에 앞서 체계적인 진단을 바탕으로 시설여건에 맞는 개선 방향을 설정하고 지속적인 성능을 구현할 수 있는 컨설팅 절차를 고려될 필요가 있다.

위의 내용을 바탕으로 시설별 현 계획 기준과 사례 기술을 종합적으로 분석한 내용은 아래와 같다.

[표 3-28] 항목별 계획 기준 및 사례 기술 분석표

구분	계획기준의 수립방향	사례 기술 적용방향	비고
입지 기준	적정 입지 조건에 대한 가이드 필요	대기 순환이 어려운 부지나 지형은 배제하거나 대기 순환이 원활한 바람길과 인접한 구역에 입지하도록 권장하는 기준을 고려 외부에서 미세먼지 유입을 줄이며 옥외 놀이공간이나 통학로 환경 개선 측면에서 광촉매 도료, 미세먼지 저감 가로등 설치 등 고려	
면적 기준	정원에 따른 최소면적기준만 존재함 교육 및 놀이 활동 여건 및 실내 공기질을 감안한 면적 보정 필요	-	
조닝 기준	각 실의 기능과 활동 특성, 오염원 발생 정도를 감안한 조닝 방향 설정 필요 사용빈도 및 점유율을 감안하여 우선적으로 관리가 필요한 공간을 집중관리할 필요	출입문과 현관에서 에어 커튼이나 에어 샤워 장비를 통해 외부 유입 최소화 실내정원 공간을 도입하여 완충공간마련 주방후드-환기장비 연동시스템 등 활용하여 요리 시 발생하는 오염원 최소화	
건축물 성능 기준	환기량 및 실내 공기질 수치 모두를 충족시키기 위한 환기설비와 공기정화설비의 복합 설치 고려 설비기준이외에도 자재 성능. 환기구 배치 등 계획적 기준 보완 필요	IoT기반의 환기설비 및 공기청정기 설치(HEPA 등급도 구체적인 검토 필요) 미세먼지 집진망이나 집진 식물을 활용하여 벽면녹화등 활용	
운영·관리 기준	선생님들의 부담을 줄이면서 효율적으로 운영관리할 수 있는 방안 모색필요	IoT기반 측정기, 실내공기질 모니터링 시스템 구축, 자동 운영 모드	

출처: 연구자 작성

제4장 미세먼지 민감군 시설 계획 기준 마련

1. 시설 계획 기준의 기본방향
2. 시설 계획 기준 마련
3. 시설 계획 기준 효과 예측을 위한 시뮬레이션
4. 소결

1. 시설 계획 기준의 기본방향

1) 개요 및 기본방향

미세먼지 민감군이 이용하는 공공건축물의 교육·놀이활동을 위한 시설 계획 기준을 제시하는데 앞서 시설 계획 기준이 어떤 목적으로 만들어지는 것이 바람직하며 어떻게 활용되며 현실여건을 감안해서 어떻게 유연하게 적용하면 되는가에 대한 기본방향을 제안하였다.

□ 중장기적 측면에서 미세먼지 대응(회피)과 더불어 저감(예방)을 위한 시설 계획 방향 설정 필요

공공건축물 조성관련 시설계획 기준은 공공성 제고, 에너지 효율성 제고, 친환경성 제고 측면에서 관련 내용을 지속적으로 강화하고 있다. 이런 측면을 감안하였을 때 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물의 시설 계획 기준도 이와 같은 방향성을 가져야 할 필요가 있다. 고농도 미세먼지에 적극적으로 대처하기 위해 고성능 HEPA 필터 공기정화기 설비를 설치하여 충분히 사용하게 된다면 실내 환경은 개선될 수 있으나 공공건축물의 에너지 사용량이 증가하고 계속적으로는 필터 등 소모품 쓰레기가 늘어 이로 인해 미세먼지

발생원 중에 하나인 발전소를 더 가동해야하는 아이러니가 발생할 수 도 있다.

따라서 중장기적 측면에서 미세먼지에 대한 대응(회피) 뿐만 아니라 저감(예방)을 위한 시설 계획 방향 설정이 필요하다. 예를 들어 실내환경을 개선하면서도 에너지 효율성을 제고할 수 있는 방향에서부터 환기 및 공기정화기 설비의 시설물 유지관리 과정에서도 폐기물을 최소화 할 수 방안을 비롯하여 대기 중에 미세먼지 등 유해 물질을 흡수하거나 상쇄하는 페인트 마감재 등의 적용을 고려하여 미세먼지를 저감시키거나 나아가 예방할 수 있는 방향으로 시설계획기준을 마련해야한다.

□ 건축물의 생애주기(기획, 설계, 시공, 운영) 전 단계에 걸친 시설 기준을 마련

시설 계획 기준은 용어 그대로 사업의 계획 및 설계단계에서 활용하여 적용하는 기준을 의미한다. 이 단계에서 제대로 적용한다면 시설물의 준공되어 운영될 때에도 문제는 없을 수 있다. 하지만 미세먼지 민감군이 사용하는 시설의 대부분은 이미 준공되어 운영하는 곳이 대부분이며 전체시설 중에서 신규로 공급하는 시설의 비율이 연간 조성되는 공건축물의 통계현황을 보았을 때 10% 미만으로 볼 수 있다.

미세먼지 민감군을 위한 시설 계획기준의 실효성을 제고하기 위해서는 건축물의 생애주기(기획, 설계, 시공, 운영) 전단계에 걸친 시설 기준을 마련해야할 필요가 있다. 특히, 미세먼지 등 실내공기질 관리를 위해서는 시설의 운영과정에서 역할이 크므로 기획, 설계 단계이외에도 운영단계와 관련된 시설 계획 기준은 반드시 고려해야한다.

□ 미세먼지 민감군을 위한 관련 시설의 신축 계획 기준 및 의 개보수 기준 기본방향

앞서 말한 대로 미세먼지 민감군 관련 시설 중 전체의 90%이상이 기존에 조성되어 운영중인 상황이므로 신축건물에 대한 시설 계획 기준 뿐만 아니라 기존건물에 대한 개보수 차원에서 시설 계획 기준도 미세먼지 민감군을 위한 환경 개선 측면에서 매우 중요하게 고려되어야 한다. 유사한 개선 효과를 가져올 수 있는 계획 기준이나 실행방법은 신축시 또는 개보수시 상황에 맞게 선택 활용 또는 응용활용이 가능하도록 다양화하는 것이 요구된다. 또한 소규모 시설이나 노후 시설에서도 대안으로 적용 가능한 계획 기준의 고려가 필요하다.

이러한 내용을 충분히 감안하여 다음과 같이 미세먼지 민감군을 위한 시설 세부 계획 기준을 제안하였다.

2) 계획 기준 도출 방법

□ 사례조사 : 1차 항목 도출

다양한 사례조사를 통하여 미세먼지에 대한 대응과 관련한 사례들을 3장에서 살펴보았다. 각각 '계획 및 설비 기준', '현장조사', '저감 및 회피 사례 기술' 사례를 통하여 시설 계획 기준 마련을 위한 1차 항목을 도출하였다.

□ 설문조사 : 항목별 필요성과 중요도, 성능 기준 지표의 적정 수준

시설 계획 기준 마련을 위해 민감군 학부모와 시설 관계자들에게 설문조사를 통해 정책 방향에 대한 만족도와 각 시설의 운영 현황과 문제점을 명확히 하였으며 이를 바탕으로 문제점을 개선할 수 있는 계획 기준 항목을 선별하였다. 그리고 항목별 필요성과 중요도, 우선적으로 관리해야하는 공간을 구분하였다. 또한, 전문가 TF를 통해 마련한 계획 기준의 구체적인 값을 가지고 건축계획 및 도시 계획 설비, 친환경 분야별 전문가39인에게 추가 설문 실시하였다.

□ 전문가 TF : 계획 기준의 적정성에 대한 구체적인 검토

시설 계획 기준을 설정함에 있어 공간단위의 세부 계획 기준, 설비·장비의 용량 및 방식, 건축자재의 요구 수준 등 세부 사항은 분야별 전문가 TF를 통하여 도출하였다. 그러나 민감군을 위한 시설 계획 기준은 공공건축물의 기획·조성 단계에 국한된 하드웨어적 기준뿐만 아니라 운영·관리상 매뉴얼 준수가 이행될 때 비로소 미세먼지에 안전한 공간환경이 완성된다.

- 전문가 TF 구성 및 운영

구성은 크게 정책, 도시 및 지역부문, 건축부문, 시설별 부문으로 크게 4개 부문으로 구성하였다. 건축부문은 계획(기능별 구획), 설비(시설, 실내공기질 등)로 계획하였다.

전문가 TF회의의 진행은 월 1회를 원칙으로 정기적인 모임을 개최하였다. 계획기준 요소 도출(5월)을 시작하였으며, 정책방향 마련(7월), 구체적인 계획 기준안 도출(8월), 종합검토(9월)를 진행 하였다.

연구진이 각 회차별 주요 내용을 발표하고 TF 위원이 관련 내용에 대한 의견을 제시하고 분야의 최근 연구 성과 및 기술 사례 및 대응동향에 대해 소개하였다.

[표 4-1] 전문가 TF구성

구 분		이 름	소 속	비 고
정책		이승민 부연구위원	환경정책평가연구원	
도시 및 지역		성선용 책임연구원	국토연구원	-미세먼지 저감형 행복도시 조성 가이드라인 수립(2020, LH)
건축				-
	계획	조준영 박사	한양대학교	병원건축계획 전공자
	설비	이윤규 연구위원	한국건설기술연구원	
	설비(시설)	송근호 이사	k-weather	
	설비 (실내공기질)	이병희 책임연구원	한국토지주택연구원	
시설별				
	학교 및 어린이*	윤현기 책임연구원	한국교육개발원 교육시설환경연구센터 (EDUMAC)	학교 미세먼지 저감 관련 정책방향 진단 -교육정책포럼 315권 (2019.9.19.)

* 어린이집 및 실내놀이터 등

□ 시뮬레이션 : 성능기준 적용에 따른 효과 예측

도출된 시설계획에 대한 시뮬레이션을 계획적 측면과 설비적 측면에서 수행하여 계획 기준의 적정성과실효성을 검증하고자 하였다.

2. 시설 계획 기준 마련

1) 시설 계획 기준 구분 및 세부 항목 설정

계획 기준 관련 기본 요소와 위계를 바탕으로 사례조사 연구를 통해 세부 항목을 설정하였다. 크게 5가지로 구분하였는데, 첫째, 입지 및 외부공간 기준, 둘째, 조닝기준, 셋째, 건축물 성능기준, 넷째, 면적기준, 다섯째, 시설운영·관리기준으로 구분하였다. 각 항목에는 대응 및 저감의 항목을 세분화하였고, 내용을 서술하였다.

2) 시설 계획 기준 필요성 및 항목별 중요도 분석

시설계획 기준 항목별 필요성은 설문조사를 통하여 검토하였다. 우선, 시설 계획 기준 자체의 필요성에 대해서는 필요하다는 응답이 79.5%로 조사되었다. 계획기준의 세부항목별로 필요성 및 중요도에 대한 응답은 대부분 필요하다고 조사되었다.

항목별로 살펴보면, '환기설비 및 공기조화기 성능 기준'은 87.2%, '출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획'중요도는 82.1%로 높게 조사되었다. 반면, ' 입지 및 외부공간 기준'과 관련한 항목에 대해서는 50%대로 상대적으로 중요도가 낮게 조사되었다. '조닝기준'과 관련한 미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분의 중요도 등도 61.5%로 낮게 조사되었다.

각 항목별로 중요도 값은 다음의 표와 같다.

[표 4-2] 미세먼지 민감군을 위한 시설 계획 기준 항목별 중요도

구분		항목	중요도
입지 및 외부 공간기준	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	-
	저감	복층구조 식재 설치	**51.3%**
		옥외 공기정화 시설 설치	**56.4%**
면적기준	저감	어린이, 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적기준 상향 조정	66.7%
조닝기준	대응	출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획	**82.1%**
		미세먼지 청정구역 설치	66.7%
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	61.5%
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	79.5%
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	**87.2%**
	저감	계획적 고려사항	71.8%
		공기정화식물을 활용한 벽면녹화	
시설운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템	74.4%
		설비 성능 모니터링 기능 개선	74.4%
	저감	실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안	76.9%

출처: 연구자 작성

3) [1단계] 시설 계획 기준 및 세부 내용 초안

□ [입지 및 외부공간 기준]

- 외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리

어린이집, 유치원, 학교시설의 입지 및 외부공간계획 시 가장 우선적으로 입지 여건을 먼저 감안하여야한다. 시설을 조성할 때 미세먼지 민감군들의 활동, 등원 및 통학 여건으로 적정한 곳인지 판단하여야 하며 외부 오염원으로 일정거리 이상 이격이 된 안전한 지역에 민감군 시설이 입지하도록 규정할 필요가 있다.

California Air Resources Board(2005)

미국 주요 주에서는 학교부지의 선정 시 도로로부터 발생되는 미세먼지 등 환경오염 물질들이 학교로 진입하는 것을 최소화하기 위하여 도로에서 일정 정도 이상 떨어진 거리를 제안하고 있다. 예를 들어, 캘리포니아 주는 하루에 50,000대 이상의 차량이 운행하는 도로에서 최소 152.4m 이상 떨어진 거리를 유지하도록 하고 있다.

[그림 4-1] 도로변에서 이격거리 예시
출처 : 박성철(2018, pp.12-13)

생활권과 인접하여 공장 등 대규모 미세먼지 발생원이 있는 경우는 민감군 시설의 입지를 규제하거나 충분히 이격시켜야할 것이다. 이외에 생활권 내에 일상적이며 대표적인 외부 오염원은 교통으로 인한 미미세먼지이므로 외부 오염원 유입을 최소화하여 내부 환경의 쾌적성을 유지하기 위해서는 대형차량 등 통행량이 많은 간선도로 및 보조 간선도로로부터 일정거리 이상을 이격하여 설치하도록 하는 입지 기준이 요구된다.

- 복층구조 식재, 옥외 공기정화 시설 설치

사업 대지 및 건축물이 조성된 필지 내에서 고려할 수 있는 사항으로는 복층구조의 식재 설치나 옥외 공기정화장치의 설치가 필요하다. 건축물과 인접한 외부 미세먼지를 저감·흡착시키기 위해 옥외 공기정화장치 설치와 식재를 복층구조로 설치하는 것이며 이는 신축건축물이나 기존건축물에서 둘 다 적용할 수 있는 기준이다. 민감군이 실외 활동 시 미세먼지에 대한 노출을 최소화하기 위해 부지 내 옥외 공기정화장치의 설치를 권장할 수 있는 위치는 옥외 놀이공간이나 건축물의 주출입구 주변이나 통학로와 인접하여 설치하는 것이 바람직하다. 복층구조의 식재의 경우 민감군이 실내에서 많이 머무르는 보육실이나 교사동에 인접한 조경공간에 설치하는 것이 효과적일 수 있다.

□ [면적 기준]

- 어린이집, 학교시설 기준인원 대비 적정 면적기준의 상향 조정

기본적으로 실내 공기질이 좋으려면 같은 공간에 보다 적은 인원이 머무를 때 쾌적한 실내 공기질을 유지하기가 용이하다. 어린이집이나 학교시설의 경우 인원당 단위면적 등 면적기준을 가지고 있다. 하지만 면적기준을 마련할 당시와 기후여건 등에 따른 환경변화가 커서 새로운 여건을 감안한 면적기준을 제안할 필요가 있다. 실외환경이 좋지않아 대체활동공간으로 실내활동실을 과거보다 많이 조성해야할 것이다. 또한 실내공기질 관련 설비의 성능 확보를 위한 면적당 적정 인원규모를 검토하여 이를 각 시설별 면적기준에 반영할 필요가 있다.

□ [조닝(Zoning)기준]

- 출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획

출입구는 외부 오염된 공기 및 먼지의 유입량이 가장 많은 곳으로 양호한 실내환경을 만들기 위해서는 출입구에서부터 면밀한 관리가 필요하다. 외부에서 출입 시 몸이나 옷에 붙은 미세먼지가 내부로 유입을 최소화 할 수 있는 완충공간으로 10㎡ 이상을 확보하도록 기준마련이 필요하다. 완충공간에서는 외부에 오염된 공기의 실내유입을 최소화하기 위해 2중문을 설치하고 먼지를 털어낼 수 있는 에어샤워나 에어 커튼 등의 설비를 함께 갖출 수 있도록 하여야한다.

- 시설별 청정구역(실내공기질 관리구역) 설치

신축건물은 기획 및 설계단계에서부터 건물 내 모든 구역에 공기정화 설비를 설치하면

별도의 청정구역이 필요하지 않을 수 있다. 하지만 기존 건물은 공기정화설비가 없거나 초기부터 고려하지 않아서 건물 내 일부 공간에만 설치하여 운영하고 있다. 이러한 상황에서 민감군 및 시설 운영자에게 효과체감을 키우기 위해서는 가장 필요로 하는 곳을 청정구역으로 지정하여 조성할 필요가 있다. 특히나 고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간을 청정구역으로 조성한다면 실효성을 더욱 제고할 수 있다. 어린이집 같은 경우에는 특별활동실, 유치원·초등학교의 경우에는 실내체육관이 그러할 수 있다. 시설의 전원이 하루 일과표에 맞춰서 교대로 사용할 수 있으려면 최소 6개(class) 당 1개의 청정구역 확보가 합리적이다.

- 미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분

외부에서 유입되는 미세먼지 이외에도 내부에서 다양한 활동으로 인해 미세먼지가 발생하게 되는데 실내에서 발생한 미세먼지의 내부 확산을 방지하기 위해서 미세먼지 발생량이 많은 조리실, 급식실, 특별활동실, 체육관 등은 발생량이 적은 타 공간과 구분(조닝)하여 계획하도록 유도할 필요가 있다.

□ [건축물 성능 기준]

- 기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준

건축물의 기밀성능은 에너지 효율성 측면이외에도 건축물의 실내공기질 관리측면에서도 매우 상관성이 있는 항목이다. 아무리 성능좋은 환기 및 공기정화설비로 깨끗한 공기를 실내로 가져와도 창문 틈과 여러 이음새 등에서 누기가 발생하여 깨끗한 환경을 지속시키기 어렵다. 따라서 창호나 출입문은 열관류율과 기밀성이 높은 자재를 사용하여 누기를 최소화하고 실내 공기압을 외부보다 높게 유지하여 양(+)압조건으로 외부 미세먼지 유입을 차단 시킬 수 있다. 구체적인 등급으로는 열관류율 2등급, 기밀성 2등급이상 제품의 사용이 요구된다.

- 환기설비 및 공기정화기 성능 기준

실내공기질 종합관리를 위해 환기설비와 공기정화기(공기청정기)를 별도로 설치하거나 이 두 가지의 복합기능을 가진 설비를 설치할 필요가 있다. 앞서 언급한 대로 미세먼지 이외에도 VOC, 이산화탄소 등 다양한 물질을 줄이거나 배출시켜야 양호한 실내공기질을 유지할 수가 있기 때문이다. 외부에서 유입되는 미세먼지 등 오염물질을 걸러 실내에 공기를 유입시켜주는 환기설비는 실내 축적된 VOC, 이산화탄소 등을 밖으로 배출시키는 기능을 하며 공기정화기(공기청정기)는 외부에서 유입된 미세먼지 이외에도 실내

에서 활동으로 발생한 미세먼지를 걸러주는 역할도 하므로 이 둘을 병행하여 설치하는 것이 가장 효과적이다. 환기설비는 시설별로 시간당 환기설비의 적정 용량이 관련법에 따라 다르게 정해져 있어 해당 기준을 적용하되 시설별 규모 및 여건에 가장 적합한 급배기 방식(매립형, 독립형 등)의 기준도 함께 고려할 필요가 있다. 공기정화기의 성능 기준으로는 HEPA급 필터를 적용(MERV16등급, 0.3㎛ 99.97% 제거)하는 것이 바람직하다.

- 계획적 고려 사항

자재성능 기준과 설비 성능 기준 이외에도 실내환경에 영향을 미치는 계획적 고려 사항이 있다. 실내 급배기구(디퓨저) 설치와 실외 급배기구 위치를 적정히 고려하여야 동일한 자재 및 설비 조건에서도 보다 양호한 실내환경을 구축할 수 있다. 실내 급배기구 계획 시에는 사람이 많이 머무를 것으로 예상되는 영역에 급기구를 우선 배치하도록 하고 실내활동으로 오염된 공기의 발생이 많거나 공기의 흐름이 정체되는 곳에 배기구를 설치하는 것이 필요하다. 또한 실외 급배기구의 경우는 외부 오염 공기가 정체되어 있는 곳에는 설치를 지양하고 실내에서 배출된 오염공기가 재유입되지 않도록 급기구와 배기구를 1.5m 이상 구분하여 설치할 필요가 있다.

□ [시설 운영, 관리 기준]

- 미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템

고농도 미세먼지 발생, 주의보, 비상저감조치발령, 경보 등 기상 여건 따라 미세먼지 민감군 시설의 운영관리자는 해당 건물에 설비나 장치를 점검하고 운영한다. 이밖에도 미세먼지 관련 대응 매뉴얼을 숙지하고 시행하며 상부기관에 결과보고 등 많은 일을 처리해야하며 일정기간이 지나면 다른 곳으로 발령을 가기 때문에 장기적인 전담관리는 어려운 형편이다. 이러한 상황에서 운영관리자의 업무 효율과 편의를 제공하고 언제든지 일정수준의 실내공기질을 확보할 수 있도록 미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템의 도입이 필요하다.

- 설비 성능 모니터링 기능 개선

환기 및 공기정화기의 성능은 얼마큼 정기적으로 유지관리를 잘해주는지에 달려있다. 적정 성능을 지속적으로 발휘할 수 있도록 소모품 교체 및 청소 주기를 확인할 수 있는 설비 성능 모니터링 기능의 도입이 함께 필요하다.

- 실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안

앞서 조닝 기준에서 미세먼지 발생량이 많은 공간은 발생량이 적은 공간과 구분(조닝)하

여 계획하도록 하는 것과 별도로 미세먼지 발생이 많은 실내활동에 대한 제어와 관리도 함께 요구된다. 청소나 조리, 체육활동에서 발생하는 미세먼지가 많으므로 이에 대한 저감 측면에서 미세먼지 발생이 적은 청소 방법 및 도구 사용 권장(물걸레 청소, 로봇청소기 등) 하는 기준이 필요하다. 또한, 에어커든 등을 통해 청소, 조리, 활동 시 다른 공간으로 발생한 미세먼지가 재 확산되는 것을 방지하도록 하여야한다.

4) [2단계] 시설 계획 기준 및 세부 내용 구체화

□ 시설계획 기준 항목별 세부기준

1단계에서 마련한 입지 및 외부공간, 면적, 조닝, 건축물 성능, 시설운영관리 기준항목별 초안 내용을 토대로 보다 구체적인 세부 값을 제시하여 실효성과 활용성을 제고하고자 하였다. 2단계 세부기준은 분야별전문가 TF를 통하여 구체화 하였으며 건축계획 분야 전문가 39인에게 설문을 통해서 신뢰도를 검증 하였다. 설문조사 결과에 대한 전문가 TF의 최종 의견은 실험 데이터를 통하여 구체적인 검증이 필요한 항목도 있다는 언급을 하였다. 도출된 계획기준이 가이드라인 수준에서 강제성이 없는 경우는 관계없으나 강제성이 있는 법령이 될 경우에는 비용대비 효과 등을 입증하는 후속 연구를 통하여 법제화 되야한다는 의견이 있었다.

- [입지 및 외부공간 기준]외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리 : 교통량이 많은 대로변에서 최소 50m 이격

국외 사례조사를 통해 간선도로로부터 150m 이상을 이격하여 설치하도록 하는 입지 기준을 제시하였으나 TF 논의를 거쳐 국내 여건에 맞는 값으로 구체화하였으며 전문가 설문조사를 통해 최소50m이상 이격이 적정하다는 의견이 응답자의 38.5%, 최소100m이상 이격은 30.8%, 30m이상이 23.1%,로 조사되었다.

- [입지 및 외부공간 기준] 복층구조 식재, 옥외 공기정화 시설 설치 : 주출입구변에 인접하여 설치

복층구조 식재의 필요성은 51.3%로 조사되었다. 옥외 공기정화 시설 필요성에 대해서는 56.4%로 조사되었고 설치에 바람직한 장소로는 주 출입구 주변이 30.8%, 옥내 외부공간이 28.2% , 옥외 놀이공간이 25.6% 순으로 조사되었다. 이와 관련하여 1단계 초안 마련과정에서는 통학로와 인접하여 필요할 것으로 예상하였으나 설문조사의 결과는 7.7%로 비교적 낮게 결과가 나왔다.

공기정화시설 벽면녹화 설치 필요성에 대해서는 보통이상이 79.5%로 조사되었다. 벽

면녹화 설치에 적정한 장소에 대해서는 외벽담장의 28.2%, 옥내 외부공간이 23.1%, 주출입구 주변이 17.9%로 조사되었다.

전문가TF에서는 식재와 관련하여서는 수종에 따라서 주의가 필요하며, 국립산림과학원등에서 미세먼지 저감 효과가 있는 수종을 제시[4]한바 있으므로(산림청 2018, 11월 26일 보도자료), 이를 참고자료로 제시가 필요하다는 의견이 제시되었다.

- [조닝(Zoning)기준] 출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획
  : 시설전체면적에 1% 내외, 10㎡ 이상 규모로 설치

적정 면적 기준 산정은 '민감군 사용 인원'을 고려하는 것이 46.2%, 시설의 전체 면적을 고려하는 것이 41.0%로 조사되었다. 완충공간 계획 시 개소 당 최소 면적 기준은 10㎡이상이 35.9%로 조사되었다.

- [조닝(Zoning)기준] 시설별 청정구역(실내공기질 관리구역) 설치
  : 어린이집 및 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 청정구역 확보 및 어린이집은 최소 15㎡ 이상 면적 확보

청정구역 조성에 대한 시설은 어린이집, 유치원, 초등학교를 구분하여 조사하였다. 어린이집의 경우, 우선적으로 청정구역을 조성해야 할 시설은 1순위로 '보육실 및 교실'이 74.4%, 2순위로 '실내놀이터(놀이공간)'이 41.0%, 3순위로 '식당 및 주방(급식실)'이 30.8%로 조사되었다.

유치원의 경우, 우선적으로 청정구역을 조성해야 할 시설은 1순위로 '보육실 및 교실'이 74.4%, 2순위로 '실내놀이터(놀이공간)'이 43.6%, 3순위로 '식당 및 주방(급식실)'이 28.2%로 조사되었다. 유치원과 어린이집의 조사결과에 큰 차이는 없었다.

초등학교의 경우, 우선적으로 청정구역을 조성해야 할 시설은 1순위로 '일반교실(교과교실, 종합교실 등)'이 84.6%, 2순위로 '식당 및 주방(급식실)'이 35.9%, 3순위로 '강당(체육관)'이 23.1%로 조사되었다. 중복응답으로는 1순위로 '일반교실(교과교실, 종합교실 등)'이 87.2%, 2순위로 '식당 및 주방(급식실)'이 56.4%, 3순위로 '실내놀이터'가 35.9%로 조사되었다.

전문가TF에서는 실내 발생미세먼지와 관련하여서 '식당 및 주방'에 대한 관리가 가장 중요하며, 생활공간을 통해서 발생하는 미세먼지는 비교적 입자가 큰 먼지들이라는 의

4) 미세먼지 저감 수종과 관련하여서 산림청 권장 수종(76종), 2018년 조달청 고시 조경수목(246종), 주요 지표면 피복수종(70종)을 대상으로 우수, 양호, 권장 항목으로 수종을 제시하였다.

견이 있었다.

어린이집 및 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 청정구역을 확보하여야 한다. 또한, 미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분도 동일하다. 또한, 청정공간의 최소 면적 기준은 어린이집 및 유치원은 15㎡ 이상, 초등학교는 최소 60㎡ 이상(한 학급 기준 면적)으로 제시하였다.

- [건축물 성능 기준] 기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준
  : 보육실, 교실은 에너지 효율등급을 1등급에 준하여 계획

보육실, 교실 등 공간에 공동주택에 준하는 에너지 절약설계기준 적용의 필요성과 관련하여서는 71.8%가 필요하다고 응답하였다. 적절한 에너지효율등급은 1등급이 적정하다는 응답이 56.4%, 2등급은 33.3%로 조사되었다.

기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준은 보육실, 교실의 경우, 에너지 효율등급을 1등급에 준하여 계획되어야 한다.

- [건축물 및 성능기준] 환기설비 및 공기정화기 성능 기준
  : HEPA급 필터 적용(H13등급 이상 권장, 0.3㎛ 99.95% 제거)

바람직한 설비 및 장비는 '환기설비와 공기정화기 복합 또는 병행설치'가 76.9%로 조사되었다. 공기정화기 필터 최소 성능기준은 E12등급(0.5㎛먼지 99.5%제거), H13등급이 각각 33.3%(0.3㎛먼지 99.95%제거)로 조사되었다. 두 등급은 Semi HEPA, HEPA의 비교적 유사한 수준이므로 HEPA급 필터 적용으로 제시하였다.

- [건축물 및 성능기준] 계획적 고려 사항

어린이집 및 유치원에서 급배기구가 설치되어야 하는 공간으로는 어린이집의 경우, 보육실 및 교실이 76.9%, 실내놀이터(놀이공간)이 48.7%, 식당 및 주방(급식실) 43.6% 순으로 조사되었다.

유치원의 경우, 보육실 및 교실이 76.9%, 실내놀이터(놀이공간)이 43.6%, 식당 및 주방(급식실) 43.6% 순으로 조사되었다. 초등학교의 경우, 일반교실(교과교실, 종합교실 등)이 79.5%, 식당 및 주방(급식실)이 23.1%, 강당(체육관)이 30.8로 조사되었다.

- [면적 기준] 어린이집, 학교시설 기준인원 대비 적정 면적기준의 상향 조정
  : 2~4% 상향

면적기준 상향조정의 필요성과 관련하여서는 66.7%가 필요하다고 조사되었다. 면적지준 상향의 적정한 비율은 2~4%, 10% 이상이 각각 23.1%로 조사되었다.

- [시설 운영, 관리 기준] 미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템

환기 및 공기정화시설 자동가능 시스템 도입 필요성에 대해서는 74.4%가 필요하다고 조사되었다.

- [시설 운영, 관리 기준] 설비 성능 모니터링 기능 개선

환기 및 공기정화시설 설비 성능 모니터링 시스템(기능) 도입 필요성에 대해서는 74.4%가 필요하다고 조사되었다.

- [시설 운영, 관리 기준] 실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안

시설계획 기준의 의무, 미세먼지 저감기술 개발 및 공조시설(장비) 의무화가 각각 28.2%로 조사되었다.

위의 내용을 종합하여 정리하면 아래의 표와 같다.

[표 4-3] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준(안)

구분		항목	내용	세부 기준
입지 및 외부 공간 기준	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	외부 오염원 유입을 최소화하여 내부 환경의 쾌적성을 유지하기 위해 간선도로로부터 이격	교통량이 많은 대로변에서 최소50m
	저감	복층구조 식재 설치	건물과 인접한 외부 미세먼지를 저감· 흡착시키기 위해 옥외 공기정화 장치 설치와 식재를 복층구조로 설치	주출입구변에 인접하여 설치
		옥외 공기정화 시설 설치		
조닝 기준	대응	출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획	외부에서 출입시 몸이나 옷에 붙은 미세먼지가 내부로 유입을 최소화 할 수 있는 완충공간 확보	시설전체면적에 1% 내외, 10㎡ 이상 규모로 설치
		미세먼지 청정구역 설치	고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간 예시) 6개 class 당 1개 청정구역 확보	어린이집 및 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 청정구역 확보 어린이집 최소 15㎡ 이상,
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	미세먼지 발생량이 많은 조리실, 급식실, 특별활동실, 체육관 등은 발생량이 적은 타 공간과 구분	어린이집, 유치원은 구분 조닝할 우선영역은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순이며 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 조닝해야하는 우선영역으로 설정할 필요

구분		항목	내용	세부 기준
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	창호, 출입문은 열관류율과 기밀성이 높은 자재를 적용하여 외부 미세먼지 유입을 차단 열관류율 2등급, 기밀성 2등급이상 제품의 사용 필요	보육실, 교실은 에너지 효율등급을 1등급에 준하여 계획
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	실내공기질 종합관리를 위해 환기설비와 공기정화기를 별도로 설치하거나 복합기능을 가진 설비 설치필요 시설별로 시간당 환기설비의 적정 용량기준에 따른 급배기 방식(매립형, 독립형 등) 기준 제시	공기정화기는 HEPA급 필터 적용 (H13등급 이상 권장, 0.3㎛ 99.95% 제거)
	저감	계획적 고려사항	실외 급배기구 위치는 외부 오염 공기가 정체되어 있거나 실내에서 배출된 오염공기가 재유입되지 않도록 구분 설치	내부 공간에 급배기구를 실별로 반드시 구분해서 설치해야하는 곳은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 고려
		공기정화식물을 활용한 벽면녹화	실내 온습도 조절 및 부유 미세먼지 흡착을 위한 공기정화 식물 벽면녹화	
면적 기준	저감	어린이, 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적기준 상향 조정	실내 활동공간 여유 확보 및 공기조화 설비 성능 효율 상향을 위한 면적당 점유 인원 조정을 고려	시설면적 기준은 기존 면적 기준에서 2~4%를 상향조정함이 적정함
시설 운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화 시설 자동가동 시스템	운영관리자의 편의 및 일정수준의 실내공기질 관리를 위한 자동 시스템	-
		설비 성능 모니터링 기능 개선	소모품 교체 및 청소 주기를 확인할 수 있는 모니터링 기능 도입	-
	저감	실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안	미세먼지 발생이 적은 청소 방법 및 도구 사용 권장(물걸레 청소, 로봇청소기 등) 에어커든 등을 통해 청소, 조리, 활동 시 재확산 방지	-

출처: 연구자 작성

3. 시설 계획 기준 효과 예측을 위한 시뮬레이션

1) 시뮬레이션 개요

실제 프로젝트를 기반으로 계획기준을 적용하여 성과를 검증하거나 예측하는 것에는 현실적인 한계가 있어서, 시뮬레이션을 통하여 시설 계획 기준의 실효성을 평가하였다.

2) 시뮬레이션 대상

미세먼지 민감군을 위한 관련 시설 계획 기준의 세부 기준을 바탕으로 적극적인 시뮬레이션 및 검증과 평가가 가능한 조건으로 실제 프로젝트를 대상으로 설정하였다, 시뮬레이션은 어린이집을 대상으로 선정하였으며 설계·시공과정 중인 신축 프로젝트 1개와 준공 완료되어 현재 운영 중인 프로젝트 1개를 선정하였으며 신축 계획기준과 기존 건축물의 개보수 계획 기준의 가능성을 검증해보고자 하였다.

- 신축 사례 : 국토연구원 공동 직장어린이집
- 기존건물(개보수) 사례 : 종로구 국공립 부암어린이집

3) 시뮬레이션 방법

시뮬레이션 대상 사업여건을 면밀하게 분석한 후 앞서 제시한 미세먼지 민감군을 위한 관련 시설 세부계획기준의 적용가능범위를 검토한 후 설계 대안을 제시하고자 한다. 입지 및 외부공간 기준, 조닝 기준, 건축물성능 기준, 면적 기준, 시설운영 및 관리 기준 등 항목별로 적용 가능한 범위 내용을 검토하여 적용하고 이 과정에서 원안의 설계자 및 시설 소유자(또는 운영자)에게도 설계 대안의 적절성에 대한 의견을 확인한다. 설계 대안을 제시하는데 그치지 않고 기존(안)과 변경(안)의 실내공기질 변화여건 등을 검증해보기 위해 네크워크 시뮬레이션 방법을 활용하여 바뀐 환경에 대해 살펴보고자 한다.

① 계획 기준 적용 시뮬레이션 실시

□ 국토연구원 공동 직장어린이집

- 사업개요

[그림 4-2] 국토연구원 공동직장어린이집 부지현황
출처 : https://map.kakao.com

- 위　　치 : 세종특별자치시 반곡동 771-92 일원
  (행복도시 근리공원 43 모개뜰 근린공원 부지 내)
- 부지면적 : 대지면적 24,825㎡ 중 연면적 1,700㎡
- 연 면 적 : 903.60㎡ (지상 1층)
- 예정 공사비 : 3,000백만 원
- 주요설비 : 보일러, 에어컨, 전열교환기, 태양광, ZEB 5등급(에너지 자립률 20%이상)
- 설계기간 : 2019년 10월~2020년 3월

- 설계안 주요 특징

공원 내 조성하는 시설로 공원 내 시설과 경관적인 조화를 최대한 고려하고 동서방향으로 3m 지형레벨을 적극 활용하여 공원속 어린이집을 계획하였다. 공원 내 산책동선과 자연스럽게 연결되는 옥상정원을 계획하여 어린이집 원생 및 교사들이 다양한 실외활동이 가능하도록 하였으며 유희실의 매스를 연령대 별로 분절하여 공원 속에 여러개의 큐브가 보일 듯 말 듯 숨어 있는 듯한 특징을 살렸다. 어린이집 가운데는 전용 실외놀이터를 조성하여 교사의 시야 안에서 아이들이 안전하고 자유롭게 뛰어놀 수 있는 활동공

간도 확보하였다. 평면 구성은 사각형태의 복도를 끼고 보육실을 비롯하여 교사실, 원장실, 식당, 특별활동실, 유희실이 둘러싸여 있는 방식이며 감염병이 유행하거나 특수한 상황에서 특별활동실이나 유희실은 연령별 보육실과 이격, 분리시켜 기타 원생들과 접촉을 최소화하고 독립적인 공간으로 조성하여 격리운영이 가능하도록 고려하였다.

[표 4-4] 국토연구원 공동직장 어린이집 설계(안)

설계(안)
공원과 경관적인 조화를 고려한 매스분절과 지형레벨을 적극 활용한 옥상정원계획
어린이집 가운데 전용 실외 놀이터를 확보하고 있으며 복도를 둘러싸고 각 실들이 자리하고 있음 연령별 보육실에서 공원의 다양한 풍경을 조망할 수 있음

출처: 국토연구원(발주기관), 플로건축사사무소 오진국(설계자)

- 시뮬레이션 적용

국토연구원 공동 직장어린이집의 경우 입지여건부터 시설 면적, 계획방향, 설비조건들이 양호한 사업으로 입지 기준, 조닝 기준, 건축물 성능기준, 면적기준, 시설운영·관리 기준을 대체로 빠짐없이 적용할 수 있는 사례이다.

- 입지 및 외부공간 기준

기본 및 실시 설계를 완료하고 공사를 착공하여 진행중인 사업으로 건축물의 입지나 배치 위치를 변경하는 것은 어려운 단계이다. 따라서 미세먼지 저감측면에서 복층구조의 식재 설치방안과 옥외 공기정화시설 설치 대안을 적용하였다.

- 조닝 기준 및 면적 기준

본 사례의 경우 정원 당 점유 면적도 어린이집 설치기준 면적인 4.29㎡당 1인 대비 2배 정도 여유 있게 계획되어 있어 상대적으로 미세먼지 민감군을 위한 시설계획 기준 중 조닝 기준을 적용하기 수월한 사례였다. 고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간으로 이 구역에는 건물 내 타구역과 별도의 공조 설비를 도입하여 독립·상시운영이 가능한 곳으로 구성하였다. 기준 예시로는 6개 class 당 1개 청정구역을 확보하도록 유도하고 있으며 기준에 충족하고 있다.

- 건축물 성능 기준

본 사례는 제로에너지 건축물 인증을 받기위해 창호의 열관류성능과 기밀성능이 우수한 자재를 적용하였다. 하지만 어린이집의 중정인 실외 놀이터에 면한 창호는 개방감을 확보하기 위해 매립형 창호를 설치하였다. 이 중정에 면한 창호를 성능이 우수한 제품으로 교체하는 대안을 적용하였다. 설비는 헤파필터가 적용된 환기설비를 기적용하여 시뮬레이션에는 제외했다. 실외 급배기구 위치는 기존에 각 보육실이 대칭으로 마주보고 설치한 것을 교차 설치하도록 제안하여 오염된 실내 공기의 재유입을 최소화하였다.

- 시설 운영·관리 기준

조리실 내에 후드는 기적용되어 별도로 언급하지 않았으며 조리실 앞에 에어커튼을 설치하여 조리 등으로 인해 발생하는 실내 오염공기의 확산을 방지하는 계획을 적용하였으며 청정구역으로 별도 구분된 공간에서 실내활동을 유도하여 재확산을 제어할 수 있도록 하였다,

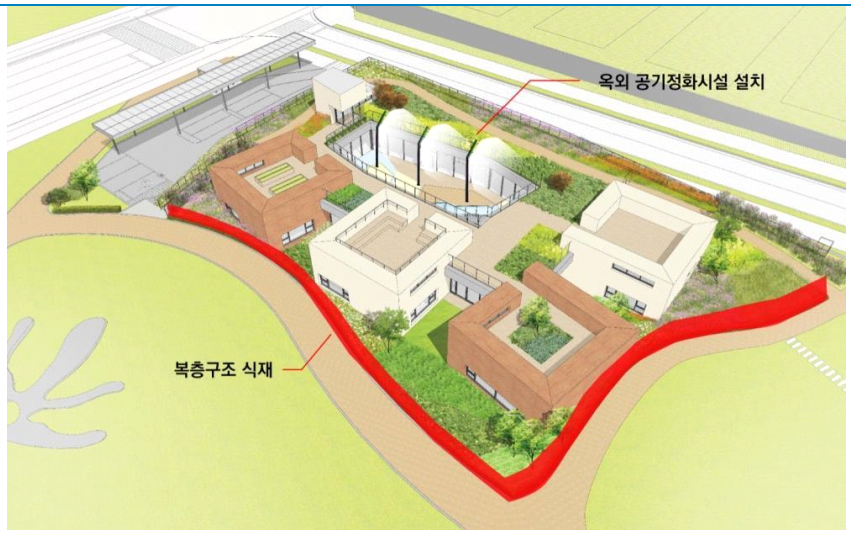
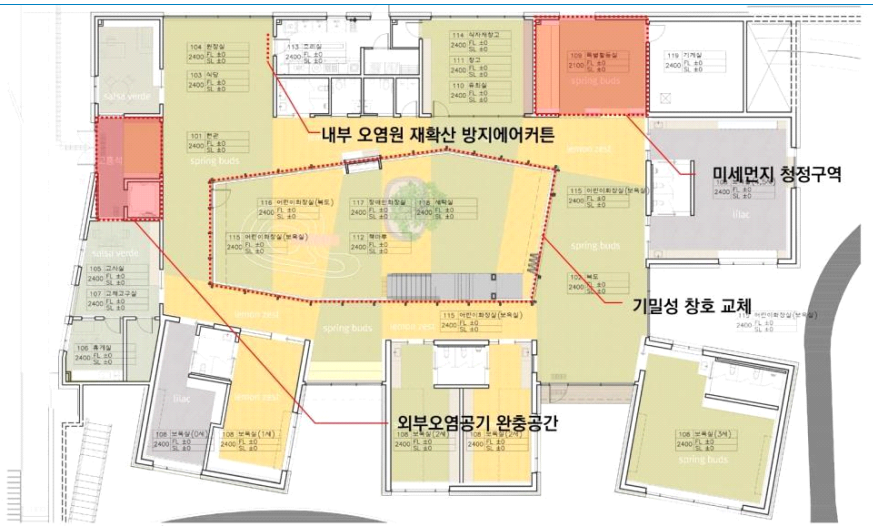
이렇게 국토연구원 공동직장어린이집에 미세먼지 시설계획기준을 적용한 항목의 목록은 아래의 표와 같다.

[표 4-5] 국토연구원 공동직장 어린이집의 미세먼지 시설계획 기준 적용

구분	세부항목		적용 여부	비고
입지기준	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	-	
	저감	복층구조 식재 설치	적용	
		옥외 공기정화 시설 설치	적용	
면적기준	저감	어린이집 및 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적 기준 상향 조정	-	기적용
조닝기준	대응	출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획	적용	
		미세먼지 청정구역 설치	적용	
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	-	기적용
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	적용	
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	-	기적용
	저감	계획적 고려사항	적용	
시설운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템	-	
		설비 성능 모니터링 기능 개선	-	
	저감	실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지 계획 방안	적용	

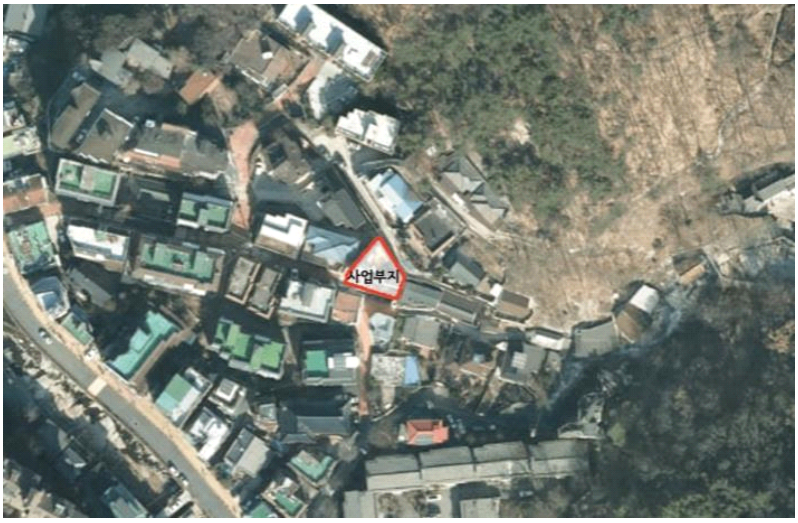
출처: 연구자 작성

[표 4-6] 국토연구원 공동직장 어린이집 시뮬레이션 적용(안)

시뮬레이션 적용(안)
 기존 건축물의 위치 유지, 옥외 공기정화시설 설치와 복층구조의 식재를 활용한 외부공간 기준을 적용
 미세먼지 청청구역과 외부 오염공기 유입 완충공간 등 조닝 기준을 적용 건축물의 성능기준을 향상을 위해 실외 놀이터 영역에 기밀성 창호를 적용 시설 운영 기준 측면에서 실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안을 적용

출처: 원안을 토대로 연구자 작성

□ 종로구 국공립 부암어린이집



[그림 4-3] 종로구 국공립 부암어린이집 부지현황
출처 : https://map.naver.com

- 사업개요
  - 위　　치 : 서울특별시 종로구 신영동 105-10
  - 대 지 면 적 및 연면적 : 360㎡ / 490.78㎡
  - 공　사　비 : 1,800백만 원
  - 주 요 설 비 : 보일러, 에어컨, 전열교환기
  - 설 계 기 간 : 2016년 12월 ~ 2017년 03월
  - 공 사 기 간 : 2017년 04월 ~ 2019년 01월

- 설계안 주요 특징

부암어린이집은 도심 주거지에 위치하고 있으며, 최대 8.1m의 레벨차가 있는 삼각형 모양의 작은 대지 내에 지어졌다. 삼각형 대지의 각 변이 지하1층, 1층, 3층 높이에서 3개의 길(도로)과 만나며, 건폐율(30%), 높이제한(12m), 일조권 사선제한 등을 고려하면 요구 면적을 찾기 힘든 땅이었다. 지하공간을 최대로 활용하고, 삼각 선큰을 통해 지하에 자연채광과 환기가 가능하도록 하였다. 옥상공간에는 자연스러운 경사를 주어 미끄럼대와 놀이언덕을 계획하였고, 그 하부는 다락을 만들어 놀이공간을 조성하였다. 지하 선큰마당-1층 체험마당-옥상 구름놀이터-다락놀이터 등을 계획하여 좁은 대지 내에서도

어린이들이 연령별로 다양한 내외부활동을 할 수 있도록 하였다. 평면구성은 삼각형 선큰을 중심으로 한쪽 변은 수직동선과 복도, 나머지 두 개의 변은 보육실이거나 외부공간이 되는 방식이다. 모든 보육실은 남측 채광이 가능하며, 2면 이상 외기에 접하여 자연환기에 유리하도록 계획하였다.

[표 4-7] 종로구 국공립 부암어린이집

설계(안)
대지의 레벨차와 삼각 선큰공간을 적극 활용하여 쾌적한 보육환경을 구성
요구면적을 찾기 힘든 조건속에서 지하 공간을 최대로 활용하고, 삼각 선큰을 통해 자연채광과 환기를 가능하게 하였음

출처: 에스엔건축사사무소 김상언(설계자)

• 시뮬레이션 적용

종로구 국공립 부암어린이집의 경우 대지면적(360㎡), 건폐율(30%), 높이제한(12m), 일조권 사선제한 등을 고려하면 도심지의 좁은 대지에서 최대용적을 찾아야만 하는 사업으로 앞선 사례에 비해서는 상대적으로 열악한 환경의 사례이다.

- 입지 및 외부공간 기준

이미 공사가 완료되어 기존 건축물의 배치와 위치를 변경은 불가한 사항이다. 따라서 미세먼지 저감측면에서 도로와 건축물이 이격된 공간에 복층구조의 식재 설치방안과 건물과 인접한 외부 미세먼지 저감 및 흡착을 위하여 옥외 공기정화시설 설치 대안을 적용하였다.

- 조닝 기준 및 면적 기준

본 사례의 경우 어린이집 설치기준 면적인 4.29㎡당 1인의 기준도 겨우 충족할 정도로 계획되어 있어 상대적으로 미세먼지 민감군을 위한 시설계획 기준 중 조닝 기준을 적용하기는 어려운 사례였다. 고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간으로 이 구역에는 건물 내 타구역과 별도의 공조 설비를 도입하여 독립·상시운영이 가능한 곳으로 구성하였다.

- 건축물 성능 기준

본 사례는 에너지절약계획서 작성 및 제로에너지 건축물 인증 대상이 아니기는 하나 창호의 열관류성능과 기밀성능이 보통인 자재를 적용하였다. 따라서, 보육실의 창호를 성능이 우수한 제품으로 교체하는 대안을 적용하였다. 설비는 헤파필터가 적용된 환기설비를 기적용하여 시뮬레이션에는 제외했다. 실외 급배기구 위치는 기존에 각 보육실이 대칭으로 마주보고 설치한 것을 교차 설치하도록 제안하여 오염된 실내 공기의 재유입을 최소화하였다.

- 시설 운영·관리 기준

조리실 내에 후드는 기적용되어 별도로 언급하지 않았으며 조리실 앞에 에어커튼을 설치하여 조리 등으로 인해 발생하는 실내 오염공기의 확산을 방지하는 계획을 적용하였다.

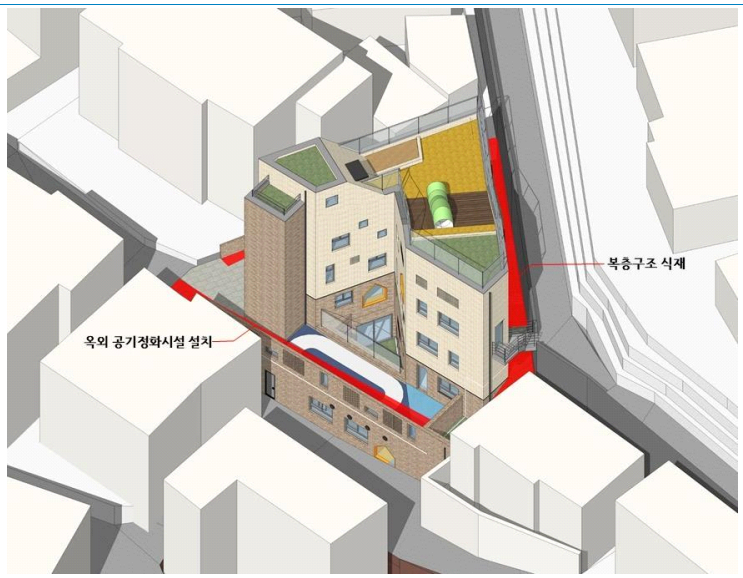
이렇게 종로구 국공립 부암어린이집에 미세먼지 시설계획기준을 적용한 항목의 목록은 아래의 표와 같다.

[표 4-8] 종로구 국공립 부암어린이집의 미세먼지 시설계획 기준 적용

구분	세부항목		적용 여부	비고
입지기준	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	-	기적용
	저감	복층구조 식재 설치	적용	
		옥외 공기정화 시설 설치	적용	
면적기준	저감	어린이집 및 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적기준 상향 조정	-	미적용
조닝기준	대응	출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획	적용	
		미세먼지 청정구역 설치	-	미적용
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	적용	
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	적용	
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	적용	
	저감	계획적 고려사항	적용	
		공기정화식물을 활용한 벽면 녹화	적용	
시설운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템	-	
		설비 성능 모니터링 기능 개선	-	
	저감	실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안	적용	

출처: 연구자 작성

[표 4-9] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안)

시뮬레이션 적용(안)

옥외 공기정화시설 설치와 복층구조의 식재를 활용한 외부공간 기준을 적용

출처: 원안을 토대로 연구자 재구성

[표 4-10] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안)

시뮬레이션 적용(안)
 (지하1층)보육실에서 외기에 면하는 창은 기밀성 창호로 교체하였고, 내부 오염원 재확산 방지를 위한 에어커튼을 설치
 (지상1층) 외부 오염공기 유입 완충공간 등 조닝 기준을 적용, 복도의 벽면에 공기정화식물을 활용한 벽면녹화 적용, 보육실에서 외기에 면하는 창은 기밀성 창호로 교체

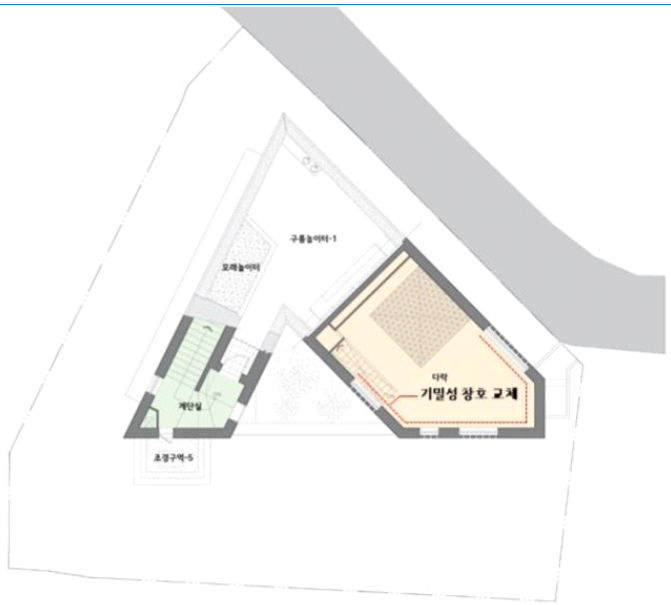
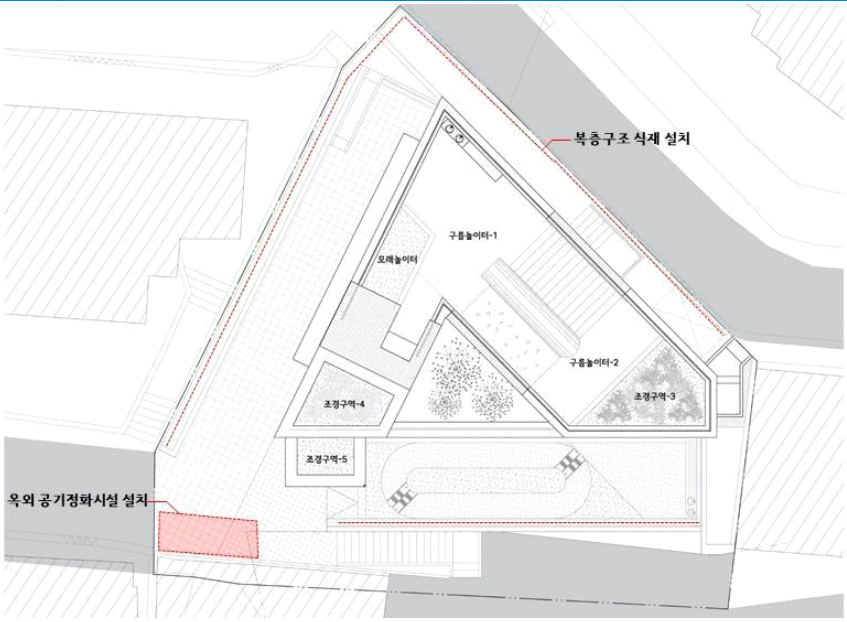
출처: 원안을 토대로 연구자 재구성

[표 4-11] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안)

시뮬레이션 적용(안)
 (지상 2층) 복도의 벽면에 공기정화식물을 활용한 벽면녹화, 보육실에서 외기에 면하는 창은 기밀성 창호로 교체
 (지상 3층) 복도의 벽면에 공기정화식물을 활용한 벽면녹화, 보육실에서 외기에 면하는 창은 기밀성 창호로 교체

출처: 원안을 토대로 연구자 재구성

[표 4-12] 종로구 국공립 부암어린이집 시뮬레이션 적용(안)

시뮬레이션 적용(안)

(옥탑, 다락) 보육실에서 외기에 면하는 창은 기밀성 창호로 교체

(옥상) 건물과 인접한 외부 미세먼지 저감 및 흡착을 위하여 옥외 공기정화시설 설치 및 대지의 둘레에 복층구조 식재를 설치

출처: 원안을 토대로 연구자 재구성

4) 네트워크 시뮬레이션

① 네트워크 시뮬레이션 목적

앞에서 수행한 계획적 시뮬레이션을 통해 계획 기준의 적용가능성을 확인하는 과정 이외에도 환경설비적 측면에서 시뮬레이션을 수행하여 실내공기질의 변화여건을 검증해 보고 시뮬레이션 결과를 토대로 마련된 계획기준을 고도화 하고자 하였다.

② 시뮬레이션 방법

CONTAM 네트워크 시뮬레이션 프로그램(Network simulation program)[5]을 활용하여 다실 공간 및 다층 공간의 멀티존 모델링을 통해 각 실간의 공기유동 해석, 오염물질 분포 해석, 재실자의 오염물질 노출을 분석하였다.

□ 시뮬레이션 모델링

온도, 누기면적, 실별 요구풍량, 환기시스템 필터효율, 공기청정기 규격 등 시뮬레이션 조건을 설정하고 외기 미세먼지 농도, 침입계수, 침착률, 발생량(활동) 조건 값을 참고문헌을 토대로 하여 모델링 및 각종 계수값 설정하였다.

[표 4-13] 온도 및 누기면적 시뮬레이션 조건

구분		조건					비고
온도		외기온도		8.25℃ (신영동 3월 평균온도)			기상청 데이터 참고
		실내온도		24℃			
		계단실, E/V홀		22℃ (측정치 참고)			
누기 면적	기밀성능	외피 (cm2/m2)	세대현관문 (cm2/item)	E/V문 (cm2/item)	자동문 (cm2/item)	출입문 (cm2/item)	6)7)8)9)
	Medium	3.23	124.3	325	261.01	343.63	
	Tight	0.55					

출처: 연구자 작성

5) 미국 국립표준기술연구소(NIST)에서 다중구역(multizone)을 가진 건물의 공기유동(airflow) 분석을 위해 개발한 프로그램, 출처 : https://www.nist.gov/el/energy-and-environment-division-73200/nist-multizone-modeling/software-tools/contam/download

6) Bae, S. H., Lee B. K., Hong, C. H. (2004). A Research on the Actual Condition of the Leakage Area of the Building Elements, Proceedings of the KIFSE.

7) Jo, J.H.(2005) ,Simulation of Pressure Distribution and Solving the Pressure Differentials Problem in High-rise Residential Buildings.

8) Tamura, G.T.(1994), Smoke movement and control in high-rise buildings, National Fire Protection Association, p 41.

□ 시뮬레이션 대상 건물

종로구 부암국공립어린이집을 대상으로 각 실별 규모, 인원에 따른 실별 요구풍량과 환기시스템 효율 조건을 검토하였다.

[표 4-14] 각 보육실의 요구풍량 및 환기시스템 필터 효율 시뮬레이션 조건

층별	실 구성 / 아동수	면적 (m2)	요구풍량 (CMH)	비고
데크층	2세반 / 17명	42.07	612	1인당 요구풍량 36CMH
	3세반 / 18명	45.63	648	
1층	0-1세반 / 8명	32.19	288	
2층	4세반 / 23명	46.35	828	
3층	5세반 / 23명	44.45	828	
환기시스템 필터 미세먼지 제거효율[10]				
제거효율(%)			88%	

출처: 연구자 작성

보육실에 공기청정기가 설치된 경우 이에 대한 영향을 함께 고려하기 위해 공기청정기에 대한 시뮬레이션 모델링도 별도로 설정하였다. 공기청정기의 경우, 환기시스템과 다르게 존에서 공급과 리턴 두 가지 노드의 재순환이 반복되는 구조를 가지고 있기 때문에 이를 환기시스템의 덕트시스템을 존 안에 설정하였다.

각 보육실의 면적을 평형으로 계산하였을 때, 14평형 이상의 공기청정기 스펙이 필요하였으며, 시중에 판매되고 있는 17평형의 스펙을 참고하여 설정하였다. 공기청정기 내의 필터에 대해 논문을 참고하여 미세먼지 제거효율을 설정하였다. 또한, 공기청정기의 스펙을 17평형에 국한하지 않고, 공기청정기의 스펙을 증가하였을 때에 Case조건을 고려하기 위해 24평형에 해당하는 공기청정기의 스펙도 적용하였다. 스펙에 해당하는 공급풍량과 필터 효율은 아래의 표와 같다.

9) Pedersen, C. O., Fisher, D. E., Spitler, J. D. and Liesen, R.J.(1998), Cooling and heating load calculation principles, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, pp 131~152.

10) 구보경, 정진우, & 김지웅. (2020). 초등학교 공기정화설비 적용 현황 및 현장 성능 평가. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 40(1), pp322~323.

[표 4-15] 공기청정기 평형 산출과 공기청정기 스펙 시뮬레이션 조건

층별	실 구성 / 아동수	면적 (m2)	평
데크층	2세반 / 17명	42.07	약 13평
	3세반 / 18명	45.63	약 14평
1층	0-1세반 / 8명	32.19	약 10평
2층	4세반 / 23명	46.35	약 14평
3층	5세반 / 23명	44.45	약 13평
공기청정기[11]-약 17평형			
풍량(CMH)		미세먼지 제거효율(%)	
174		80.5	
공기청정기-약 24평형			
풍량(CMH)		미세먼지 제거효율(%)	
393[12]		80.5	

출처: 연구자 작성

부암 어린이집의 외기 미세먼지 농도는 airkorea의 측정 데이터 중 어린이집 주변의 대기 미세먼지 농도 중에서 가장 미세먼지가 높았던 날을 가정하였다. 외부의 미세먼지가 실내로 유입하는 경우는 외피를 통한 미세먼지의 유입특성을 나타내는 침입계수와 존 내부에서 침착하는 침착률에 대해 정의해야 하며 이와 관련해서는 기존논문을 참고하여 가정하였다. 또한, 보육실 내에 어린이들이 활동하면서 생기는 미세먼지 농도와 조리 시 조리실에서 발생하는 미세먼지 발생량도 가정하였다. 미세먼지에 관련된 값은 아래의 표와 같다.

[표 4-16] 미세먼지 시뮬레이션 조건

구분	조건			비고
외기 미세먼지 농도	PM10		200.75μg/m3	Airkorea[13]
	PM2.5		137.58μg/m3	
침입계수	Medium	PM10	0.5	[14]
		PM2.5	0.7	
	Tight	PM10	0.35	
		PM2.5	0.5	
침착률	Medium	PM10	0.8 1/h	[15]
		PM2.5	0.5 1/h	
	Tight	PM10	0.65 1/h	
		PM2.5	0.4 1/h	
발생량 (활동)	Cooking	PM10	2.8 mg/min	[16]
		PM2.5	2.68 mg/min	
	Activity	PM10	0.4 mg/min	
		PM2.5	0.2 mg/min	

출처: 연구자 작성

11) 한방우 외 (2013), 에너지소비를 고려한 실내공기청정기의 풍량별 입자 청정화능력 분석, 한국입자에어로졸학회 논문집, 9(3), pp 139~147.

12) S사 24평형 공기청정기 약풍모드 시 풍량

□ 시뮬레이션 케이스

시뮬레이션 검토를 위한 Base는 원생들의 활동도를 고려하지 않은 상태, 조리도 이루어지지 않는 상태, 환기장치, 공기청정기, 에어커튼, 주방 후드 등 미세먼지 저감대책을 운영하지 않은 상태에 대해 대상건물 창호의 기밀성능은 현재 상태(중, medium)인 경우이다.

이에 대해 Case 1은 모든 조건은 기본 케이스와 동일하나 보육실 창호를 기밀한 창호로 교체하여 기밀성능을 강화한 케이스이다.

Case 2는 모든 조건은 기본 케이스와 동일하지만 어린이들이 아침에 등원 시에 1층 주출입문의 에어커튼을 가동하여 미세먼지 저감효과를 검토하고 있다. 원생들이 등원 시 1층 주출입문은 개방된 상태에서 에어커튼을 가동한 상황을 모사하고 있다.

[표 4-17] 케이스별 해석 조건_1,2

구분		활동	조리	환기 시스템	공기 청정기	에어커튼 (출입구)	에어커튼 (주방)	후드 (주방)	창호 기밀 성능	비고
Base case		X	X	X	X	X	X	X	Medium	Base case
Case 1	창호 기밀성 강화	X	X	X	X	X	X	X	Tight	창호 교체 시 (전층 보육실)
Case 2	에어커튼 가동	X	X	X	X	O	X	X	Medium	등원 시 1층 주출입문 에어커튼 가동

출처: 연구자 작성

Case 3은 원생들이 보육실에서 활동(이동, 움직임)에 따른 실내 바닥에 가라앉은 미세먼지가 공기 중으로 재 부유하여 실내 미세먼지 농도가 상승하는 상황을 모사하고 있다. 이 상황에 대해 보육실의 미세먼지 제거 방안으로 환기시스템을 가동한 케이스가 Case 3-1이다. Case 3-2는 공기청정기를 가동하는 경우이며, 이 경우에도 공기청정기의 용

13) Airkorea 측정데이터 중에서 부암어린이집 주변의 대기 미세먼지 농도 중에서 가장 나쁜 날인 2019년 3월 5일의 결과

14) Wang, X., Gao, Z., Yang, J., & Yang, X. (2019). In situ investigation on linkage between particle penetration and air exchange through building envelope. International Journal of Ventilation, 18(4), 233-245.

15) 김수경, & 강동화. (2018). 침입계수와 침착률 추정을 통한 실외 미세먼지 침입의 교실 공기환경 영향 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(1), 388-389.

16) He, C., Morawska, L., Hitchins, J., & Gilbert, D. (2004). Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses. Atmospheric environment, 38(21), 3405-3415.

량을 17평형으로 하여, 공기청정기의 필터 교환주기가 긴 경우인 효율 필터의 미세먼지 제거 효율인 80%와 필터 교환주기가 짧은 경우의 필터 미세먼지 제거 효율 95% 두 개로 나누어 검토하였다.

[표 4-18] 케이스별 해석 조건_3

구분	활동	환기 시스템	공기청정기				창호 기밀 성능	비고
			17 평형 /80%	17 평형 /95%	24 평형 /80%	24 평형 /95%		
Base case	학생 활동 시	O	X	X	X	X	X	Medium	기본 케이스
Case 3-1		O	O	X	X	X	X		학생 활동 시 환기시스템가동 (전층보육실)
Case 3-2		O	X	O	O	X	X		학생 활동 시 공기청정기 가동, 필터 효율 80%, 95%인 경우 (전층보육실)
Case 3-3		O	X	X	X	O	O		학생 활동 시 공기청정기 가동 (대용량 공기청정기), 필터 효율 80%, 95% (전층보육실)
Case 3-4		O	O	O	O	X	X		학생 활동 시 환기시스템과 공기청정기 17평형 가동, 필터 효율 80%, 95% (전층보육실)

출처: 연구자 작성

Case 4는 데크층 조리실에서 조리 시 발생하는 미세먼지에 대해 주방의 후드나 에어커튼 등을 이용하여 미세먼지를 제거하는 경우이다. 조리실에서 조리 시 조리실 내 미세먼지 농도의 변화량을 검토하고, 이를 기본 검토 케이스로 하여 Case 4-1은 주방 후드를 가동하였을 때 조리실 내 미세먼지 제거 성능을 검토한 경우이다. Case 4-2는 주방 후드와 에어커튼을 동시에 가동했을 경우 조리실 내 미세먼지 제거 성능을 검토한 경우이다. 또한, 조리실과 같은 층에 위치한 두 개의 보육실의 경우, 조리 시 발생한 미세먼지의 인접 실의 영향을 검토하기 위해 함께 검토하였다. Case 4를 정리한 표는 다음과 같다.

Case 5는 어린이집의 미세먼지 농도가 가장 높게 나타날 수 있는 상황으로 원생들이 보육실에서 활동을 함으로써 실내에서 미세먼지가 재부유하며, 데크층 조리실에서 조리에 따른 미세먼지가 추가적으로 발생하는 상황이다. 아무런 대책이 없는 상황을 기본 케이스로 하며 환기시스템과 공기청정기 등을 동시에 가동하며, 조리실에 후드를 모두 가동한 Case 5-1이다. Case 5-1에 대해 보육실의 창호를 교체하여 기밀성능을 강화한 Case 5-2를 검토하였다. Case 5를 정리한 표는다음와 같다.

[표 4-19] 케이스별 해석 조건_4

구분		활동	환기 시스템	공기청정기 (17 평형 /80%)	에어 커튼 (출입구)	에어 커튼 (주방)	후드 (주방)	창호 기밀 성능	비고
Base case	조리 시	X	X	X	X	X	X	Medium	기본 케이스
Case 4-1		X	X	X	X	X	O		조리 시 주방 후드 가동 (데크층 보육실/주방)
Case 4-2		X	X	X	X	O	O		조리 시 후드 및 에어커튼가동 (데크층 보육실/주방)

출처: 연구자 작성

[표 4-20] 케이스별 해석 조건_5

구분		활동	환기 시스템	공기청정기 (17 평형 /80%)	에어 커튼 (출입구)	에어 커튼 (주방)	후드 (주방)	창호 기밀 성능	비고
Base case	학생 활동 & 조리 시	O	O	X	X	X	X	Medium	기본 케이스
Case 5-1		O	O	O	O	X	O	Medium	학생 활동 & 조리 시 환기시스템/공기청정기의 미세먼지 제거 성능 (데크층 보육실/주방)
Case 5-2		O	O	O	O	X	O	Tight	창호 교체 와 학생 활동&조리 시 환기시스템/공기청정기의 미세먼지 제거 성능 (데크층 보육실/주방)

출처: 연구자 작성

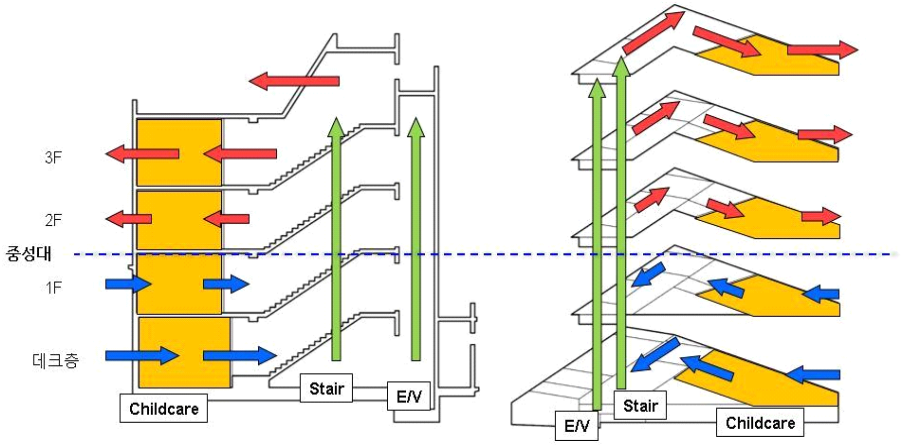
③ 시뮬레이션 분석 결과

□ Base case – 현재 상태

부암 어린이집의 현재 상태에 대해 실내 공기 유동 및 미세먼지 이동 경로를 분석하였다. 외부에서 실내로의 공기유동(공기유입 또는 유출)에 비례하여 미세먼지의 실내 유입이 형성되었다. 공기의 유입/유출방향이 변경되는 중성대 하부에서는 외기에서 실내로 공기유동이 형성되었으며, 중성대 상부에서는 복도에서 실내로 공기유동이 형성되었다. 부암 어린이집의 겨울철 공기 유동 경로는 아래 그림과 같다.

부암 어린이집의 외기 미세먼지 농도가 높은 3월달의 공기유동 분석 결과에서 건물의 공기유입, 유출이 변경되는 중성대는 2층에서 형성되었다. 즉 데크층, 지상 1층에서는 외부에서 실내로 공기가 유입되고 지상 2층, 3층, 옥탑층에서는 실내에서 외부로 공기

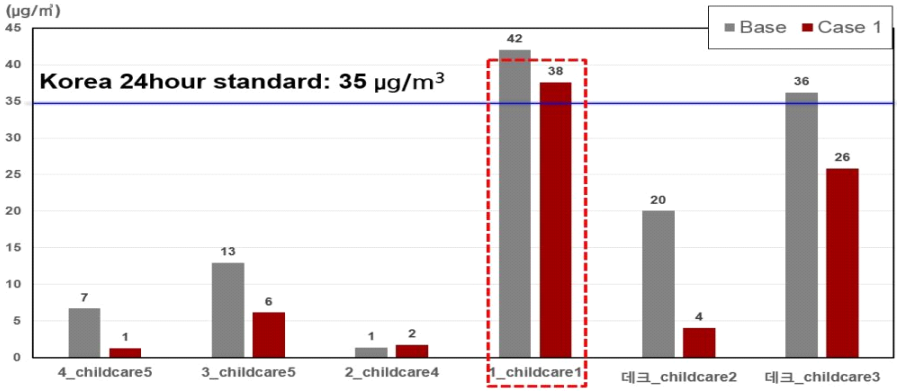
가 유출되는 결과를 보였다. 하층부에서 유입된 공기는 계단실을 통해 상층부로 이동하였다. 이러한 공기이동에 동반하여 미세먼지가 실내로 유입, 유출되었다.
현재 상태에서 보육실 1(지상 1층), 보육실 3(지상 데크층)이 실내 미세먼지 PM2.5 농도가 각각 42 ㎍/m3, 36 ㎍/m3로 현재 국내 24시간 평균치인 35 ㎍/m3를 상회하는 결과를 보였다. 그 밖의 보육실 2(데크층), 보육실 4(2층), 보육실 5(3층)의 미세먼지 농도는 모두 기준치 이하로 나타났다.



[그림 4-4] 부암 어린이집 공기 유동 경로 (겨울철)
출처 : 연구자 작성

□ Case 1 현재 상태에 대해 보육실 창호 기밀성능 강화에 따른 실내 미세먼지 농도

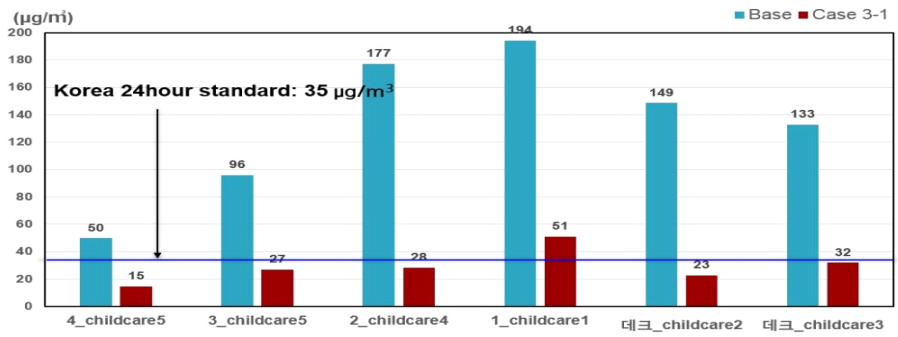
현재 상태(Base case)에 대해 보육실 창호 기밀성능을 강화함에 따라 실내로 유입되는 외기량이 감소하게 된다. 그 결과 실내 PM2.5 미세먼지 농도가 기준치를 상회하였던 보육실 3(데크층)의 실내 PM2.5 농도는 26 ㎍/m3로 기준치 이하로 낮아졌다. 그러나 보육실 1(1층)의 농도는 기존 42㎍/m3에서 38㎍/m3로 약간 낮아지기는 하였지만 여전히 기준치를 상회하는 결과를 보였다.



[그림 4-5] 기본 케이스, Case 1 분석 결과 (전층 보육실)
출처 : 연구자 작성

□ Case 3 원생들의 실내 활동(실내 바닥미세먼지가 재 부유)에 따른 실내 미세먼지 농도 상승 및 그 해결책 적용에 따른 농도 변화

Case 3-1은 원생 실내 활동 시 환기시스템을 가동하는 경우의 보육실 내 미세먼지 제거 성능을 검토한 경우이다. 분석 결과 원생 활동에 따라 실내 미세먼지 농도가 높아진 상황에서 환기시스템을 가동하면 실내 미세먼지 농도는 평균적으로 77%의 제거되는 효과를 나타냈다. 그러나 1층에 위치한 보육실1의 PM2.5 농도는 여전히 기준치를 상회하는 51㎍/m3의 결과를 나타냈다. 다른 보육실은 모두 기준치 이하로 유지되었다. 분석 결과는 아래의 그림과 같다.



[그림 4-6] 학생 활동 시 환기시스템 가동에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량
출처 : 연구자 작성

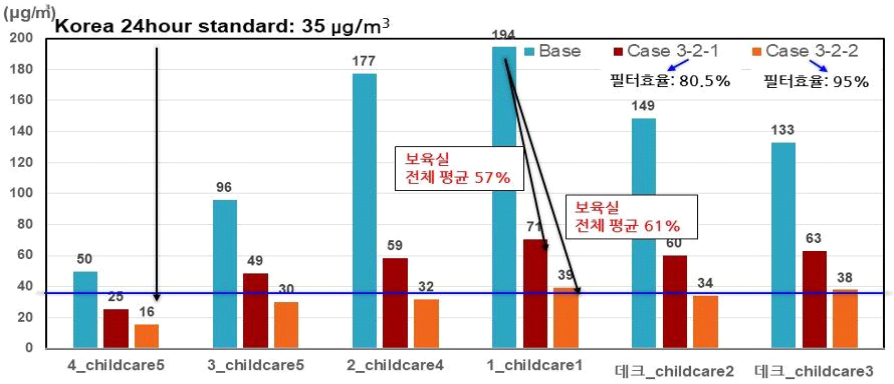
Case 3-2는 원생들이 실내 활동을 실시함에 따라 실내 미세먼지 농도가 상승하는 상황에서 공기청정기를 가동하는 경우의 보육실 내 미세먼지 농도변화, 즉 실내 미세먼지 제거 성능을 검토한 경우이다. 해당 케이스는 두 가지로 분류할 수 있다.

[표 4-21] 케이스 3-2 분석결과_1

구분	활동	환기 시스템	공기청정기				창호 기밀 성능	비고
			17 평형 /80%	17 평형 /95%	24 평형 /80%	24 평형 /95%		
Case 3-2-1		X	O	X	X	X		공기청정기 가동, 필터 효율 80% (전층보육실)
Case 3-2-2		X	X	O	X	X		
Case 3-2-3		X	X	X	O	X		대용량 공기청정기, 필터 효율 80% (전층보육실)
Case 3-2-4		X	X	X	X	O		대용량 공기청정기, 필터 효율 95% (전층보육실)

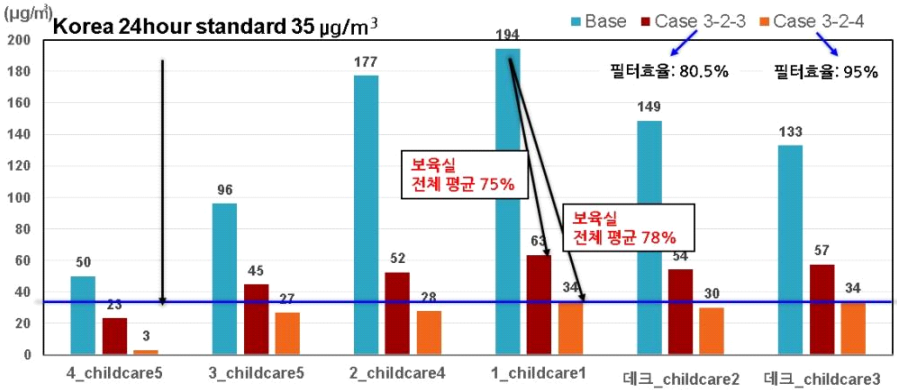
출처: 연구자 작성

첫 번째는 공기청정기의 필터 효율(교체주기)에 따른 분석결과이다. 분석 결과는 아래 그림과 같다. 세부 케이스로 공기청정기의 필터 교환주기가 길어서 필터의 미세먼지 제거효율이 약 80%인 조건과 필터 교환주기가 짧아서 필터의 미세먼지 제거효율이 약 95%인 경우이다. 분석 결과 원생 활동에 따라 실내 미세먼지 농도가 높아진 상황에서 공기청정기를 가동하면 실내 미세먼지 농도는 필터의 미세먼지 제거효율이 80%인 조건에서 평균적으로 57%의 실내 미세먼지 제거효율을 보였다. 이에 반하여 필터의 미세먼지 제거효율이 95%인 경우에는 실내 미세먼지 제거효율이 약 61%로 나타났다. 보육실에서 원생들이 활동하는 상황에 대해 80%의 미세먼지 제거효율을 가지는 공기청정기를 가동하는 경우, 보육실의 미세먼지 농도는 보육실 5의 다락방을 제외하고는 모든 보육실에서 기준치를 상회하는 결과를 보였다. 반면에서 미세먼지 제거효율이 95%인 필터를 가지는 공기청정기를 가동하면 대부분의 보육실의 미세먼지 농도는 기준치 이하를 유지하였으나 초기 농도가 높은 보육실 1, 보육실 3은 여전치 기준치를 약간 상회하는 결과를 나타냈다.



[그림 4-7] 학생 활동 시 공기청정기 필터 효율에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량
출처: 연구자 작성

이에 대한 해결방안으로 두 번째는 공기청정기의 용량을 기존 17평형에서 대용량의 24평형으로 변경하여 가동한 경우의 보육실의 미세먼지 농도 변화를 검토하였다. 분석 결과는 아래 그림과 같다. 원생 활동에 따라 실내 미세먼지 농도가 높아진 상황에서 공기청정기 용량을 24평형으로 적용하여 운전하면, 실내 미세먼지 농도는 필터의 미세먼지 제거효율이 80%인 조건에서 약 75%, 95%인 조건에서 약 78%의 실내 미세먼지 제거효과를 보였다. 공기청정기의 용량을 증가시켜도 필터의 미세먼지 제거효율이 80%인 조건에서는 대부분의 보육실의 실내 미세먼지 농도가 기준치를 상회하는 결과를 보였다. 이에 반하여 필터의 미세먼지 제거효율이 95%인 경우에는 모든 보육실의 실내 PM2.5 농도가 기준치 이하로 유지되었다. 즉 원생들이 실내 활동을 실시하는 상황에서 상승하는 실내 미세먼지 농도를 기준치 이하로 유지하기 위해서 공기청정기를 이용한다면, 공기청정기의 용량은 최소 24평형 이상이 되어야 하고, 필터의 미세먼지 제거효율도 90% 이상이 되어야 한다는 것을 파악할 수 있었다.



[그림 4-8] 학생 활동 시 공기청정기 용량 증가(17평형에서 24평형)에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량
출처: 연구자 작성

Case 3-3은 원생들의 실내 활동에 따른 미세먼지 농도 상승 상황에서 각 보육실의 환기시스템과 공기청정기를 동시에 가동하였을 경우의 보육실 내 미세먼지 제거 성능을 검토한 경우이다. 분석 결과는 그림 21과 같다. 이 경우의 공기청정기의 용량은 각 보육실에 17평형을 적용하였다. 공기청정기의 필터효율은 앞서 검토한 것과 같이 80%, 95%인 경우에 대해 검토하였다.

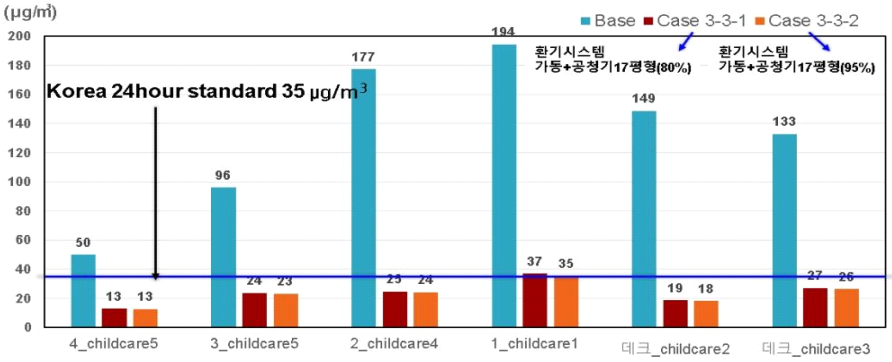
[표 4-22] 케이스 3-3 분석결과

구분	활동	환기 시스템	공기청정기				창호 기밀 성능	비고
			17 평형 /80%	17 평형 /95%	24 평형 /80%	24 평형 /95%		
Case 3-3-1		O	O	X	X	X		환기시스템과 공기청정기 17평형 가동, 필터 효율 80% (전층보육실)
Case 3-3-2		O	X	O	X	X		환기시스템과 공기청정기 17평형 가동, 필터 효율 95% (전층보육실)

출처: 연구자 작성

분석 결과 환기시스템 및 공기청정기를 동시에 가동 시 평균적으로 81%의 실내 미세먼지 제거효율을 보였다. 그러나 공기청정기 필터의 미세먼지 제거효율이 80%인 경우에는 활동에 따른 미세먼지 농도 상승이 가장 높은 보육실 1의 미세먼지 농도가 기준치를 약간 상회하는 37㎍/m3의 결과를 보였다. 이에 반하여 공기청정기 필터의 미세먼지 제거효율을 90%로 높이면 보육실 1의 미세먼지 농도도 기준치인 35㎍/m3로 낮출 수 있었다. 이 결과에 대해 공기청정기의 용량을 24평형으로 적용하면 17평형 용량보다는 더

높은 미세먼지 제거효율을 보일 수 있을 것으로 판단된다. 결과적으로 원생들의 실내 활동에 따라 보육실의 실내 미세먼지가 높아지는 상황에서 환기시스템의 가동, 공기청정기 17평형 모델의 가동 시 공기청정기 필터의 미세먼지 제거효율이 90%인 경우에는 본 연구에서 검토한 보육실의 실내 미세먼지 농도를 모두 기준치 이하로 유지할 수 있었다.



[그림 4-9] 학생 활동 시 환기시스템 및 공기청정기 동시 가동에 따른 보육실 내 미세먼지 농도 변화량
출처: 연구자 작성

Case 3은 어린이집에서 실내 미세먼지 농도 상승의 가장 큰 원인이 될 수 있는 원생들의 실내 활동상황에 대해 보육실에 환기스시템, 공기청정기 등을 설치하여 운전하는 경우의 실내 미세먼지 저감효과를 분석한 결과이다.

Case 3의 분석 결과, 환기시스템은 1인당 요구풍량 (36 CMH)에 따라 용량이 결정되며, 현 분석에 사용된 요구풍량은 평균 640 CMH였으며, 평균적으로 4 ACH의 환기횟수(신선외기 교환율)을 보였다. 이에 반해, 공기청정기는 실 평수에 따라 용량이 결정되며, 현 분석에 사용된 요구풍량은 평균 174 CMH였으며, 평균적으로 1.2 ACH의 상당신선외기공급량(CADR)을 보였다. 신선외기 공급량에 대한 미세먼지 제거량은 공기청정기가 환기시스템에 비교하여 우수한 결과를 나타냈다. 이는 환기시스템은 외부의 높은 미세먼지를 필터링하여도 일부 외기의 미세먼지가 실내로 유입되는 반면, 공기청정기는 내부의 미세먼지를 필터를 통해 포집하여 제거하기 때문에 결과적으로 실내 미세먼지 농도를 직접적으로 낮출 수 있었다.

본 분석결과, 원생들이 실내 활동을 하는 상황에서 최대 5.5배 정도의 실내 미세먼지 농도 상승이 발생할 수 있으며, 이 상황에서 환기시스템만 가동하면 실내 미세먼지 농도를 기준치 이하로 유지시키기 어려우며, 공기청정기를 환기시스템과 병용해서 가동한다고 해도 환기시스템의 용량을 늘리지 않으며, 그리고 공기청정기 필터의 미세먼지 제거효율을 95%로 높이지 않으면 보육실의 실내 미세먼지 농도를 기준치 이하로 유지하기 어

렵다는 결과를 보였다. 즉 공기청정기를 가동하는 경우에도 필터를 주기적으로 교체하여 필터의 미세먼지 제거효율을 높은 값으로 유지하지 못하면 그 효과를 충분히 기대하기 어려운 결과를 보였다.

4. 소결

□ 조닝 기준, 건축물 성능기준, 시설 운영 기준의 효과 검증

앞서 제안한 시설계획기준을 토대로 어린이집 시설의 건축계획 및 설비환경 시뮬레이션을 적용해본 결과 보육실별로 실내공기질의 개선효과가 정량적으로 확인되었다. 또한 항목별 시설계획기준을 병합하여 적용한 시뮬레이션 케이스를 보았을 때 실내공기질 개선의 효과가 더욱 크다는 것도 정량적으로 확인할 수 있었다.

집중관리가 필요한 청정구역(보육실, 교실, 실내놀이공간, 식당)은 다른실들과 구분하여 교차오염이 되거나 확산되지 않도록 하는 조닝이 필요함을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 또한 공기정화기와 환기시스템의 세부 규격별 저감효과는 차이가 있었는데 보육실에 17평형 중효율필터의 공기청정기를 적용하면 57%의 미세먼지 감소를 보였으며 환기시스템과 공기청정기를 복합설치 운영하였을 때 81%의 미세먼지 제거효과를 보였다. 적정 미세먼지 제거효과를 위해서는 필터의 유지관리 중요성을 재차확인할 수 있었다.

□ 건물 특성에 맞는 건축적 대안 검토 필요

기밀성 창호교체, 환기시스템. 공기청정기 복합 운영에 따른 80% 가량의 미세먼지 저감효과를 보였지만 시뮬레이션 대상 건물의 1층 주출입을 통한 외기 유입 및 그에 동반된 외부 미세먼지 실내 유입을 방지하기 위한 대책방안으로 에어커튼 설치보다는 방풍실 설치안이 더욱 효과적인 결과를 보였다. 설비적, 성능적 기준의 적용으로도 실내공기질의 개선효과는 있으나 더욱 명확한 개선안을 마련하기 위해서는 건축계획적 대안과 결합이 필요하다.

□ 원생의 교육·놀이 활동 특성에 맞는 계획기준의 고도화 필요

원생들이 보육실에서 활동을 하면 실내 미세먼지 농도는 최대 5.5배 정도 상승하며 환기시스템만으로는 77% 감소하는 것으로 드러났다, 공기청정기 세부 스펙별 저감효과는 차이가 있는데 적정치는 17평형에 중효율필터을 적용하면 57% 감소, 환기시스템과 공기청정기(17평 중필터)를 복합설치 운영하였을 때 81%의 제거효과를 보였다. 이밖에도 조리실 조리에가 실내 미세먼지 농도에 미치는 영향이 큼에 따라 조리실의 경우 설비적 조치가 반드시 수반되는 공간임을 확인할 수 있었다.

□ 시뮬레이션을 통해 도출한 시설 계획 세부 기준 최종안

제안한 시설 계획 기준을 토대로 건추계획 시뮬레이션을 시행하여 실효성을 살펴보았다. 신축 사업에서는 14개 항목중에 10개 항목을 적용할 수 있었으며 기존 건물의 개보수 사업에서도 세부적용 항목은 다르나 10개 기준을 적용할 수 있었다. 이를 통해 신축 사업과 개보수 사업에서 모두 활용가능성을 예측해볼 수 있었다.

또한 설비환경 네트워크 시뮬레이션을 통해 구체적인 실내공기질 수치의 개선 값을 예측해볼 수있었으며 시뮬레이션 대안으로 제시된 적용값을 다시 계획기준에 반영하여 최적화 된 시설계획기준을 도출하였다.

시뮬레이션을 통해 조정한 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준은 다음과 같다.

[표 4-23] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준

구분		항목	내용	세부 기준
입지 및 외부 공간 기준	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	외부 오염원 유입을 최소화하여 내부 환경의 쾌적성을 유지하기 위해 간선도로로부터 이격	교통량이 많은 대로변에서 최소50m
	저감	복층구조 식재 설치	건물과 인접한 외부 미세먼지를 저감· 흡착시키기 위해 옥외 공기정화 장치 설치와 식재를 복층구조로 설치	주출입구변에 인접하여 설치
		옥외 공기정화 시설 설치		
면적 기준	저감	어린이, 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적기준 상향 조정	실내 활동공간 여유 확보 및 공기조화 설비 성능 효율 상향을 위한 면적당 점유 인원 조정을 고려	시설면적 기준은 기존 면적 기준에서 2~4%를 상향조정함이 적정함
조닝 기준	대응	출입구 부분에 오염공기 완충공간 계획	외부에서 출입시 몸이나 옷에 붙은 미세먼지가 내부로 유입을 최소화 할 수 있는 완충공간 확보	시설전체면적에 1% 내외, 10㎡ 이상 규모로 설치
		미세먼지 청정구역 설치	고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간 예시) 6개 class 당 1개 청정구역 확보	어린이집 및 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 청정구역 확보 어린이집 최소 15㎡ 이상,
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	미세먼지 발생량이 많은 조리실, 급식실, 특별활동실, 체육관 등은 발생량이 적은 타 공간과 구분	조리실이나 급식실에서 발생하는 미세먼지량이 많으므로 교차오염이나 확산을 최소화 할 수 있도록 보육실 및 교실과 구분하여 우선 조닝하도록 유도

구분		항목	내용	세부 기준
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	창호, 출입문은 열관류율과 기밀성이 높은 자재를 적용하여 외부 미세먼지 유입을 차단 열관류율 2등급, 기밀성 2등급이상 제품의 사용 필요	보육실, 교실은 에너지 효율등급을 1등급에 준하여 계획
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	실내공기질 종합관리를 위해 환기설비와 공기정화기를 별도로 설치하거나 복합기능을 가진 설비 설치필요 시설별로 시간당 환기설비의 적정 용량기준에 따른 급배기 방식(매립형, 독립형 등) 기준 제시	공기정화기는 HEPA급 필터 적용 (H13등급 이상 권장, 0.3㎛ 99.95% 제거) 공기정화기는 필터효율을 95%이상 유지를 권장
	저감	계획적 고려사항	실외 급배기구 위치는 외부 오염 공기가 정체되어 있거나 실내에서 배출된 오염공기가 재유입되지 않도록 구분 설치	내부 공간에 급배기구를 실별로 반드시 구분해서 설치해야하는 곳은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 고려
		공기정화식물을 활용한 벽면녹화	실내 온습도 조절 및 부유 미세먼지 흡착을 위한 공기정화 식물 벽면녹화	
시설 운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화 시설 자동가동 시스템	운영관리자의 편의 및 일정수준의 실내공기질 관리를 위한 자동 시스템	-
		설비 성능 모니터링 기능 개선	소모품 교체 및 청소 주기를 확인할 수 있는 모니터링 기능 도입	-
	저감	실내활동에 따른 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안	미세먼지 발생이 적은 청소 방법 및 도구 사용 권장(물걸레 청소, 로봇청소기 등) 에어커든 등을 통해 청소, 조리, 활동 시 재확산 방지	-

출처: 연구자 작성

제5장 결론

1. 연구 결과 요약
2. 결론 및 향후 연구과제

1. 연구 결과 요약

□ 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 기준을 제안

주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

시설 계획 기준은 입지 및 외부공간 기준, 면적 기준, 조닝 기준, 건축물 성능 기준, 시설 운영관리 기준으로 구성되며 각 기준의 세부 항목과 내용은 사례조사와 각 시설의 계획 기준 현황분석을 토대로 1차 항목을 도출하였으며 항목별 필요성과 중요도를 설문조사를 통해 선별하였으며 정책, 도시 및 지역부문, 건축부문, 시설별 부문 전문가 7인을 TF로 구성하여 마련한 계획 기준의 구체적인 값을 가지고 건축계획 및 도시 계획 설비, 친환경 분야별 전문가39인에게 추가 설문을 실시하여 성능 기준 지표의 적정 수준을 검증하였다. 또한 계획 시뮬레이션과 환경설비 네크워크 시뮬레이션을 통해 계획 기준의 활용성 정도와 효과성을 예측해보았다. 이렇게 마련한 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부 기준은 다음과 같다.

[표 5-1] 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 세부기준

구분		항목	내용	세부 기준
입지 및 외부	대응	외부 미세먼지 회피 및 유입 감소를 위한 간선도로 이격거리	외부 오염원 유입을 최소화하여 내부 환경의 쾌적성을 유지하기 위해 간선도로로부터 이격	교통량이 많은 대로변에서 최소50m
	저감	복층구조 식재 설치	건물과 인접한 외부 미세먼지를 저	주출입구변에 인접하여 설

구분		항목	내용	세부 기준
공간 기준		옥외 공기정화 시설 설치	감· 흡착시키기 위해 옥외 공기정화 장치 설치와 식재를 복층구조로 설치	치
면적 기준	저감	어린이, 학교시설 기준 인원 대비 적정 면적기준 상향 조정	실내 활동공간 여유 확보 및 공기조화 설비 성능 효율 상향을 위한 면적당 점유 인원 조정을 고려	시설면적 기준은 기존 면적 기준에서 2~4%를 상향조정함이 적정함
조닝 기준	대응	출입구 부분에 오염 공기 완충공간 계획	외부에서 출입시 몸이나 옷에 붙은 미세먼지가 내부로 유입을 최소화 할 수 있는 완충공간 확보	시설전체면적에 1% 내외, 10㎡ 이상 규모로 설치
		미세먼지 청정구역 설치	고농도 미세먼지 발생 등에 따라 실외 활동을 실내활동으로 전환하기 위한 대체 공간 예시) 6개 class 당 1개 청정구역 확보	어린이집 및 유치원은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 초등학교는 교실, 급식실, 실내놀이터 순으로 청정구역 확보 어린이집 최소 15㎡ 이상,
		미세먼지 발생량을 감안한 내부 영역 구분	미세먼지 발생량이 많은 조리실, 급식실, 특별활동실, 체육관 등은 발생량이 적은 타 공간과 구분	조리실이나 급식실에서 발생하는 미세먼지량이 많으므로 교차오염이나 확산을 최소화 할 수 있도록 보육실 및 교실과 구분하여 우선 조닝하도록 유도
건축물 성능 기준	대응	기밀성 강화를 위한 자재 성능 기준	창호, 출입문은 열관류율과 기밀성이 높은 자재를 적용하여 외부 미세먼지 유입을 차단 열관류율 2등급, 기밀성 2등급이상 제품의 사용 필요	보육실, 교실은 에너지 효율등급을 1등급에 준하여 계획
		환기설비 및 공기정화기 성능 기준	실내공기질 종합관리를 위해 환기설비와 공기정화기를 별도로 설치하거나 복합기능을 가진 설비 설치필요 시설별로 시간당 환기설비의 적정 용량기준에 따른 급배기 방식(매립형, 독립형 등) 기준 제시	공기정화기는 HEPA급 필터 적용 (H13등급 이상 권장, 0.3㎛ 99.95% 제거) 공기정화기는 필터효율을 95%이상 유지를 권장
	저감	계획적 고려사항	실외 급배기구 위치는 외부 오염 공기가 정체되어 있거나 실내에서 배출된 오염공기가 재유입되지 않도록 구분 설치	내부 공간에 급배기구를 실별로 반드시 구분해서 설치해야하는 곳은 보육실(교실), 실내놀이터, 급식실 순으로 고려
		공기정화식물을 활용한 벽면녹화	실내 온습도 조절 및 부유 미세먼지 흡착을 위한 공기정화 식물 벽면녹화	
시설 운영 · 관리 기준	대응	미세먼지 여건에 따른 환기 및 공기정화 시설 자동가동 시스템	운영관리자의 편의 및 일정수준의 실내공기질 관리를 위한 자동 시스템	-
		설비 성능 모니터링 기능 개선	소모품 교체 및 청소 주기를 확인할 수 있는 모니터링 기능 도입	-
	저감	실내활동에 따른 오	미세먼지 발생이 적은 청소 방법 및	-

구분	항목	내용	세부 기준
	염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안	도구 사용 권장(물걸레 청소, 로봇청소기 등) 에어커든 등을 통해 청소, 조리, 활동 시 재확산 방지	

출처: 연구자 작성

□ 연구 성과

미세먼지 민감군의 활동 특성과 시설 특성에 대한 분석과 진단을 바탕으로 사용 빈도가 높고 우선관리를 요하는 공간을 도출하였으며 집중 관리를 요하는 청정구역(보육실, 교실, 실내놀이공간)은 다른실들과 구분하여 교차오염이 되거나 확산되지 않도록 조닝을 하고 인원당 면적기준을 상향하여 민감군들이 저밀의 환경에서 이전보다 쾌적한 여건에서 교육활동 및 신체활동을 할 수 있는 여건을 마련하였다,

그리고 창호 기밀성 강화 기준을 비롯하여 환기설비와 공기정화설비의 세부 적정 규격을 환경설비 시뮬레이션을 통해서 제안하였다. 어린이집의 보육실 여건에 맞는 환기설비와 공기정화설비 조건을 비롯하여 유사한 여건의 어린이집에서 참고할 수 있는 건축적 대안까지도 시뮬레이션을 통해서 보여주였다.

2. 결론 및 향후 연구 과제

1) 범부처 통합 시설 계획 기준 마련

연구결과로 도출한 민감군을 위한 공공건축물 시설 계획 기준은 기존에 없었던 범부처적 차원의 시설 계획 기준이다. 환경부「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」관련 사항을 비롯하여「실내공기질 관리법」의 내용을 포괄한 기준이면서 동시에 교육부의「학교보건법」에 따른 고려사항과 보건복지부의「영유아보육법」및 국토교통부의「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에 관련된 사항을 종합적으로 검토하여 미세먼지 민감군을 위한 최적화된 계획기준을 도출하였다. 이는 범부처 차원에서 범용적으로 활용할 수 있는 계획기준이 될 수 있을 것이다.

또한. 전문가 위주의 일방향적인 계획 기준이라기 보다 민감군과 시설 운영자·관리자의

요구정도와 우선순위를 토대로 전문가 설문을 통해 세부 기준을 구체적으로 제시한 것이 본연구의 차별적인 성과로 볼 수 있으며 건축 계획 시뮬레이션과 함께 건축 환경 시뮬레이션을 토대로 사용가능성과 실효성을 예측한 내용은 연구결과물을 활용하는 수요자들에게 신뢰감을 줄 수 있는 근거가 될 것으로 기대해본다.

2) 미세먼지에 대한 중장기적이며 근본적인 대응방안으로 시설 계획 기준 마련

단순히 보여주기식, 성과위주의 공기정화설비 보급을 넘어 보다 근본적이며 선제적인 대응이 될 수 있는 계획기준을 마련하였다. 어린이집, 유치원, 초등학교의 시설현황을 살펴보았을 때 민감군들을 한번에 오염된 환경으로부터 온전히 격리시키기에는 어려운 상황이나 설비기준과 실내공기질 관리기준 강화만으로 다룰 수 없는 입지, 면적, 조닝, 성능 기준을 통합적으로 마련하여 보다 근본적인 조치가 가능한 환경을 제안하였다.

3) 미세먼지 민감군 시설 특성에 맞는 구체적인 설비 성능 조건과 정보를 제공

어린이집, 유치원, 초등학교에 공기청정기 설치 시 적정 성능 구현을 위한 필터 규격이나 등급을 비롯하여 공기조화설비의 환기용량, 폐열 회수 성능 조건 등 실제로 적용하는데 참고할 수 있는 구체적인 성능기준과 정보를 계획 기준과 시뮬레이션을 통해서 제시하였다.

4) 본 연구의 한계 및 향후 연구 과제

□ 미세먼지 민감군 시설 계획 기준의 실효성 제고를 위한 제도화 과정을 고려

4장에서 제시한 시설계획 기준은 미세먼지 민감군을 위한 일반적인 시설계획기준이라고 할 수 있다. 사용성과 실효성을 제고하기 위해서는 어린이집, 유치원, 초등학교 각 시설 유형별로 계획 기준을 조정할 수 있다. 또한 범부처 차원에서 통합적인 시설 계획 기준으로 활용하는 과정을 통해 수정 보완이 필요한 사항에 대해서는 계획적 환류과정을 거쳐 고도화할 필요가 있다.

각 관계기관과 부처, 전문가들의 의견수렴을 거치고 통합적인 시설 계획 기준에 대한 공감대가 형성되고 이해도가 높아졌을 때 보다 강제적이며 실행력을 담보한 제도화 방안을 준비하여야 한다. 도출된 계획기준이 가이드라인 수준에서 강제성이 없는 경우는 관계없으나 강제성이 있는 법령으로 만들어지는 경우에는 비용대비 효과 등을 입증하는 후속 연구를 통하여 법제화하는 과정이 수반되여야 한다.

참고문헌

References

- 단행본. 보고서, 논문 -

강현미, 이은석, 지석환. (2019). 거주자 행태를 고려한 생활밀착형 미세먼지 대응방안 연구. 건축도시공간연구소.

계보경, 이은환, 오명선. (2011). 미래학교 디자인 가이드라인. 한국교육학술정보원. 135-160

구보경, 정진우, 김지웅. (2020). 초등학교 공기정화설비 적용 현황 및 현장 성능 평가. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 40(1), 322-323.

국가공공건축지원센터. (2019). 숫자로 보는 공공건축 2018. 건축도시공간연구소. 8-9.

김동영, 김운수, 조경두, 옥진아, 최민애, 윤보미, 정효진. (2019). 미세먼지 집중관리구역 지정제도 세부 시행방안 마련 연구. 환경부.

김상호. (2013). 국공립어린이집의 양적 확충 및 질적 향상을 위한 제도개선 연구. 건축도시공간연구소.

김상호, 김은희, 임정하. (2015). 어린이집·유치원의 안전성 확보를 위한 공간환경 조성 방안, 경제·인문사회연구회.

김상호, 오민정, 조동진. (2020), 행정중심복합도시 놀이터 현황 진단 및 개선방안 연구용역. 건축도시공간연구소 내부자료.

김수경, 강동화. (2018). 침입계수와 침착률 추정을 통한 실외 미세먼지 침입의 교실 공기환경 영향 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 38(1), 388-389.

김수봉, 정응호, 이춘우. (2007). 바람길 조성을 위한 법제도 검토 및 활용방안, 환경과학논집 12(1), 127-143.

김운수, 김정아. (2011). 서울시 고농도 미세먼지 오염현상의 원인분석 및 지역별 맞춤형 관리대책. 서울연구원.

김은정, 문세영, 김한해, 이주석, 윤수진, 신애리, 문관식, 황은혜. (2016). 부처간 협업조정 기능 강화 및 전략적 예산배분을 위한 다부처사업 운영체계 설계. 한국과학기술기획평가원.

김호현, 남인식, 최길용, 이정훈, 양선희, 정유진. (2017). 어린이집·유치원의 실내공기질 관리

현황 및 개선 방안. 육아정책연구소.

문화체육관광부, 환경부. (2018). 미세먼지 문제 해결을 위한 국민참여 인식 및 정책 공감도 조사 보고서. 문화체육관광부, 환경부.

박석환, 엄운진, 변나향. (2018). 이용자 만족도 제고를 위한 소규모 공공건축물의 기획 내실화 방안 연구. 건축도시공간연구소. 205.

박성철. (2018). 학교공간의 미세먼지 최소화를 위한 공기정화장치 설치 방안. 한국교육개발원.

박종순. (2019). 미세먼지 위기에 대응하는 건축과 도시환경, 2019 AURI 건축도시포럼 자료집, 30.(2019.7.10.)

성선용. (2019). 미세먼지 농도의 시공간적 분포 현황 및 잠재영향인자 고찰. Working Paper, 국토연구원.

성선용, 박종순, 이상은, 김선희. (2019). 미세먼지 저감을 위한 도시 내 바람길 도입 방안. 국토정책 Brief, no.709.

이수형. (2018). 9.26 미세먼지 관리 종합대책 발표 후 보건분야의 연구 및 적응 대책 방향. 보건복지. 한국보건사회연구원.

이종현, 한경석. (2012). 행정기관의 효율적인 협업시스템 도입 필요성에 관한 연구, 한국정책과학학회보, 16(1), 73-95.

조준배, 엄운진, 심경미. (2009). 유치원의 통합적인 설계기준 마련을 위한 방향설정 연구. 건축도시공간연구소. 131.

종지선, 임애리, 김다히. (2018). 소통형 미세먼지 저감과 녹색생활 전파 제도 '우리동네 미세반장'. 서울연구원.

채수미, 최지희. (2018). 미세먼지 대비 민감계층 찾아가는 케어서비스(안) 구축, 질병관리본부.

한방우, 강지수, 김학준, 김용진, 원효식. (2013). 에너지소비를 고려한 실내공기청정기의 풍량별 입자 청정화능력 분석. 한국입자에어로졸학회 논문집, 9(3), 139-147.

환경부. (2011). 미세먼지 예·경보제 시행에 대한 인지도 조사. 환경부.

환경부. (2016). 바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?. 환경부.

- 법률 및 조례 -

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙. 국토교통부령 제704호.

고등학교 이하 각급 학교 설립 · 운영 규정. 대통령령 제30509호.

대기환경보전법. 법률 제17326호.

대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법. 법률 제17326호.

미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법. 법률 제17177호.

실내공기질 관리법. 법률 제17326호.

어린이집 표준보육과정 고시. 보건복지부고시 제2013-8호.

영유아보육법. 법률 제17091호.

재난 및 안전관리 기본법. 법률 제16666호.

학교보건법. 법률 제16339호.

환경정책기본법. 법률 제17326호.

- 보도자료, 내부자료 -

강남구청a. (2020). 미세먼지 없는 미미위 클린 놀이터 22일 개관. 1월 22일 보도자료.

강남구청b. (2020). 청담역 미세먼지 Free Zone 조성 제안요청서. 강남구 내부자료. 2

강남구청c. (2020). 650m 청정지대! 강남구, 청담역 미세먼지프리존 개장. 1월 27일 보도자료.

경기도. (2020). 2020 경기도 보육사업 안내. 경기도.

경상남도. (2018). 「취약 및 민감계층 중심」 생활밀착형 미세먼지 저감대책 본격 추진. 3월 28일 보도자료.

관계부처 합동. (2019). 미세먼지 종합 관리계획(2020~2024). 관계부처 합동.

관계부처 합동. (2020). 실내공기질 관리 기본계획(2020~2024). 관계부처 합동.

교육부. (2018). 학교 고농도 미세먼지 대책 발표 – 학교 공기질 관리기준 및 미세먼지 민감 학생 보호 강화. 4월 6일 보도자료.

교육부. (2019). 시·도 교육청. 각급학교 고농도 미세먼지 대응매뉴얼.

국토교통부. (2019). 우리 집에는 어떤 환기설비가?…매뉴얼 보고 직접 관리한다. 10월 1일 보도자료.

국토교통부. (2020). 23일부터 공공건축물 그린리모델링 지원사업 공모. 1월 22일 보도자료.

보건복지부. (2018). 어린이집용 고농도 미세먼지 대응매뉴얼.

보건복지부. (2019). 어린이집용 고농도 미세먼지 대응매뉴얼.

보건복지부. (2020). 2020년도 보육사업안내. 보건복지부. 37.

보건복지부, 환경부. (2017). 노인요양시설용 고농도 미세먼지 대응매뉴얼.

산림청. (2018). 미세먼지 저감효과 큰 나무 심어 도시민 숨통 틔운다!. 11월 26일 보도자료.

서울특별시. (2018). 2018 어린이집 공기청정기 지원 계획. 서울시 내부자료.

서울환경연합. (2017). 19대 대선후보와 차기 정부에 바란다, 미세먼지 대책 조사결과 발표. 5월 4일 보도자료.

세종특별자치시. (2020). 미세먼지 대책 위원회 13차 회의. 세종시 환경정책과 내부자료.

수원시. (2018). 수원시 공약실천계획서. 수원시 내부자료.

충청남도. (2019). 어린이집 등 다중이용시설 공기질 개선 추진. 1월 17일 보도자료.

환경부. (2018). 국민 78.7% “미세먼지는 건강위협”, 72.4% “시민실천운동 참여”... 시민참여 의지 높아. 10월 12일 보도자료.

환경부. (2019). 영유아·학생·어르신 등 취약계층 보호를 위한 고농도 미세먼지 대응매뉴얼. 환경부.

케이웨더(Kweather). (2020). 실내공기질 데이터. 케이웨더 내부자료

SH 내부자료. (2020). 미세먼지 저감 광촉매도료. 서울주택공사 내부자료

- 신문기사 -

강성기. (2018). 건강취약계층 이용시설에 공기청정기 보급, e수원뉴스. 5월 21일 기사. http://news.suwon.go.kr/?p=26&viewMode=view&reqIdx=201805211000084606 (검색일: 2020.05.22.)

강영구. (2017). 환경과 안전까지 생각한 100년주택 '반포 디에이치 클래스트'. 한국경제. 9월 17일 기사. https://www.hankyung.com/realestate/article/2017091904181(검색일 : 2020.05.14.)

강을호. (2019). 경산교육청, 유치원·초교 전학급 공기정화장치 설치. 경북신문. 5월 1일 기사. http://www.kbsm.net/default/index_view_page.php?idx=240860&part_idx=328(검색일 : 2020.05.14.)

강진규. (2020). 경산교육청, 유치원·초교 전학급 공기정화장치 설치. 경북신문. 5월 1일 기사. http://www.kbsm.net/default/index_view_page.php?idx=240860&part_idx=328(검색일 : 2020.05.14.)

강호석. (2019). 함안군 “어린이집 실내공기 걱정 마세요”. 뉴스경남. 1월 6일 기사. http://www.newsgn.com/234513(검색일 : 2020.05.14.)

고영득. (2020). [서울25]강남구, 청담역에 ‘미세먼지 프리존’ 조성. 경향신문. 1월 27일 기사. http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=202001271404001&code=620100(검색일 : 2020.05.25.)

김경환. (2018). 서울시, 어린이집 2만6345개 전 보육실에 공기청정기 설치. 머니투데이. 1월 24일 기사. https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2018012408531115831& outlink=1&ref=https%3A%2F%2Fsearch.daum.net(검색일 : 2020.05.25.)

김남중. (2019). 서초구 영유아 전용 실내놀이터 ‘서리풀노리학교’ 개관. 국민일보. 3월 18이 기사. http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0924068036&code=11131400&cp=nv(검색일 : 2020.05.25.)

김동언. (2020). 화순군 ‘미세먼지 차단 숲’ 본격 추진. 프레시안. 4월 2일 기사. https://www.pressian.com/pages/articles/2020040216484496895?utm_source=naver&utm_medium=search(검색일 : 2020.05.14.)

김병진. (2020). 대구시, 바람길 숲·미세먼지 차단 숲 등 도시숲 확대 조성. 헤럴드경제. 2월 14일 기사. http://news.heraldcorp.com/view.php?ud=20200214000484(검색일 : 2020.05.14.)

김보경. (2018). 서울 어린이집 98% 공기청정기 설치…미세먼지 실시간 관리도. 이데일리. 5월 13일 기사. https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01394006619208592

2&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y(검색일 : 2020.05.25.)

김보현. (2019). 전북교육청, 도내 전체 학교 미세먼지 담당자 교육 실시. 전북일보. 4월 2일 기사. http://www.jjan.kr/news/articleView.html?idxno=2039177&sc_section_code=S1N31&sc_sub_section_code=S2N54(검색일 : 2020.05.18.)

김수현. (2020). 지하철역 초미세먼지 실시간 공개…유치원에 공기 질 개선 상담. 연합뉴스. 2월 4일 기사. https://www.yna.co.kr/view/AKR20200204075600004(검색일 : 2020.05.18.)

김우정, 정보라. (2019). 극성 미세먼지 빈자, 약자는 더 힘들다. 신동아. 3월 21일 기사. https://shindonga.donga.com/3/all/13/1674894/1(검색일 : 2020.05.15.)

김진희. (2019). 서울시, 공공건축물에 '미세먼지 저감' 광촉매 도료 시범 시공. 이투데이. 3월 7일 기사. https://www.etoday.co.kr/news/view/1731092(검색일 2020.2.13.)

김태구. (2019). 현대건설 "미세먼지 걱정마세요"… 토탈솔루션 선별 적용. 국민일보. 5월 19일 기사. http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0924078553&code=14190000&sid1=i(검색일 : 2020.05.18.)

류상현. (2020). 경북보건환경연구원, 도내 모든 시군에 대기측정망 설치. 뉴시스. 3월 18일 기사. https://newsis.com/view/?id=NISX20200318_0000959804&cID=10810&pID=10800(검색일 : 2020.05.14.)

박경훈. (2018). [스마트 건설코리아] 공기청정·AI 접목 스마트홈으로 주거의 질 높여. 서울경제. 8월 6일 기사. https://www.sedaily.com/News/NewsView/NewsPrint?Nid=1S397W14RZ(검색일 : 2020.05.14.)

박기봉. (2019). 대전 서구, 옥상 생태정원으로 재탄생. 뉴스티앤티. 11월 21일 기사. http://www.newstnt.com/news/articleView.html?idxno=41234(검색일 : 2020.05.15.)

박세익, 권상국, 황석하 (2019). [미세먼지 재앙] "도로 먼지 제거""조례안 제정" "학교 공기정화기". 부산일보. 3월 6일 기사. http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=20190306000140(검색일: 2020.05.22.)

박수현. (2020). 복지부, 노인요양시설에 공기청정기 설치 지원. 메디컬투데이. 2월 17일 기사. http://www.mdtoday.co.kr/mdtoday/index.html?no=377777(검색일 : 2020.05.25.)

박영민. (2020). 결실맺은 미세먼지법... 뭐가 어떻게 달라지나. ZDNET KOREA. 4월 3일 기사. https://zdnet.co.kr/view/?no=20200403113750(검색일: 2020.05.22.)

박종률. (2019). 대구환경청-대구맘2003, 미세먼지 저감 위한 MOU 체결. 아시아 뉴스통신. 12월 26일 기사. https://www.anewsa.com/detail.php?number=2039971&thread= 09r02(검색일 : 2020.05.18.)

박종명. (2019). 대전시, 어린이집 공기청정기 설치 완료…어린이집당 4.5대꼴. 뉴스1. 3월 18일 기사. https://www.news1.kr/articles/?3573329(검색일: 2020.05.22.)

박종일. (2018). 마포구, 전국 최초 '미세먼지 저감 벤치' 설치. 아시아경제. 10월 1일 기사. https://cm.asiae.co.kr/article/2018100107305739557(검색일: 2020. 05.25.)

박주영. (2018). '미세먼지 막자' 충남 모든 어린집에 공기청정기 지원. 연합뉴스. 3월 29일 기사. https://www.yna.co.kr/view/AKR20180329124800063(검색일 : 2020.05.14.)

방재영. (2019). 수원시, 관내 어린이집·아동센터 등 260여 개소서 '맞춤형 미세먼지 교육'. 중앙뉴스타임스. 11월 1일 기사. http://www.jnewstimes.com/news/article.html?no=50890(검색일: 2020.05.22.)

배민욱. (2019). 노원구 버스정류장에 '미세먼지 안전쉼터' 생긴다. 뉴시스. 5월 15일 기사. https://newsis.com/view/?id=NISX20190515_0000651601&cID=10201&pID=10200(검색일 : 2020.05.25.)

신창균. (2020). 오산시 원동·오산동, 미세먼지 집중관리구역 지정. 중부일보. 5월 12일 기사. http://www.joongboo.com/news/articleView.html?idxno=363419576(검색일 : 2020.05.15.)

양승복. (2019). 포항 철길숲, '녹색도시 우수사례' 최우수 선정. 경북일보. 11월 5일 기사. https://www.kyongbuk.co.kr/news/articleView.html?idxno=2020092&sc_sub_section_code=S2N26(검색일 : 2020.05.15.)

엄정애. (2020). 도봉구, 초안산 유람선 놀이터 개장 준비 완료. 일간투데이. 4월 27일 기사. http://www.dtoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=360741(검색일 : 2020.05.25.)

여인규. (2020). 서울시, IAQ우수시설 399곳 선정. Kharn칸. 2월 2일 기사. https://www.kharn.kr/news/article.html?no=11879(검색일 : 2020.05.15.)

연합뉴스. (2020). 강남구, 미세먼지 없는 '미미위 클린 놀이터' 22일 개관, 1월 20일 기사. https://www.yna.co.kr/view/RPR20200120000600353(검색일 : 2020.05.14.)

우향미. (2020). 도봉구, 초안산 유람선 놀이터 개장 준비 완료. 투어타임즈. 4월 24일 기사. http://www.tourtimes.net/185106(검색일 : 2020.05.26.)

윤슬기. (2019). 노원구, 버스정류장 추위·미세먼지 잡는 주민쉼터로 탈바꿈. 뉴시스. 11월 22일 기사. https://newsis.com/view/?id=NISX20191122_0000837927(검색일 : 2020.05.25.)

이강철. (2020). 성남시, 도로 발생 먼지를줄이기 위해 살수·분진흡입청소 차량 상시 운행. 기호일보. 5월 11일 기사. http://www.kihoilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=865737(검색일 : 2020.05.25.)

이미숙. (2019). 미세먼지 프리존 '서리풀 노리학교' 영유아 전용 사계절 실내놀이터 오픈. 한국강사신문. 3월 20일 기사. http://www.lecturernews.com/news/articleView.html? idxno=15996(검색일 : 2020.05.25.)

이병기. (2019). 대전 전체 어린이집 1401곳, 공기청정기 3733대 설치. 세종방송. 3월 18일 기사. http://www.sejongtv.kr/news/articleView.html?idxno=109092(검색일: 2020.05.22.)

이상규. (2019). 파키라 화분 3~5개 실내에 놨더니 초미세먼지 효과…"놀라워라!". 매일경제. 3월 28일 기사. https://www.mk.co.kr/news/society/view/2019/03/186976/(검색일 : 2020.05.26.)

이선이. (2019). 미세먼지 걱정 없는 공기 청정 영유아 실내놀이터. 내일신문. 4월 11일 기사. http://www.naeil.com/news_view/?id_art=309937(검색일 : 2020.05.25.)

이송훈. (2019). SK건설, 아파트 공기질 개선 토탈 패키지 'SK뷰 클린에어 8' 선보여. 비즈니스코리아. 3월 25일 기사 http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.htm

l?idxno=30280(검색일 : 2020.05.25.)

이영규. (2018). 경기도 '어린이집·경로당' 공기청정기 설치 지원…200억 투입. 아시아경제. 1월 24일 기사. http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2018012409061942701(검색일, 2020.05,25,)

이천용. (2019). 영등포구, 미세먼지 저감 벤치 설치. 영등포신문. 11월 1일 기사. http://www.ybstv.net/news/article.html?no=32700(검색일: 2020. 05.25.)

이현숙. (2020). 노후 유람선, 초안산 놀이터로 변신. 서울앤. 5월 21일 기사. http://www.seouland.com/arti/society/society_general/6769.html(검색일 : 2020.05.25.)

임형택. (2019). [다녀왔습니다!]실내에서 마음껏 뛰어놀자! 시흥시 '숨쉬는 놀이터'. 이코노믹리뷰. 2월 20일 기사. http://www.econovill.com/news/articleView.html?idxno=356953(검색일 : 2020.05. 26.)

임화섭. (2019). 서울 강남구 도로변에 '미세먼지 프리존 셸터'…전국 최초. 연합뉴스. 11월 20일 기사. https://www.yna.co.kr/view/AKR20191120075100004?input=1195m(검색일 : 2020.05.25.)

정영석. (2020). 한강유역환경청, 미세먼지 이동식측정차량 첨단장비로 감시한다. 경인매일. 4월 27일 기사. http://www.kmaeil.com/news/articleView.html?idxno=220395(검색일 : 2020.05.15.)

정영식. (2012). 슈투트카르트, 바람과 함께 사는 사람들. 남해신문. 1월 8일 기사. http://www.namhae.tv/news/articleView.html?idxno=17714(검색일: 2020. 05.25.)

정응호. (2019). 서초구, 서리풀 노리학교에 미세먼지 차단기 설치. 시정일보. 5월 14일 기사. http://www.sijung.co.kr/news/articleView.html?idxno=230415(검색일 : 2020.05.25.)

정찬욱. (2018). 미세먼지 걱정 뚝…충남 모든 학교에 공기청정기 설치 완료. 연합뉴스. 9월 6일 기사. https://www.yna.co.kr/view/AKR20180906053800063(검색일 : 2020.05.14.)

조명휘. (2020). 대전도시철도 모든 역사에 공기청정기 421대 설치. 뉴시스. 4월 29일 기사. https://newsis.com/view/?id=NISX20200429_0001009741&cID=10899&pID=10800(검색일 : 2020.05.14.)

조성민. (2019). 세종시교육청 "모든 교실·관리실에 공기정화장치 100% 설치". 연합뉴스. 11월 22일 기사. https://www.yna.co.kr/view/AKR20191122063000063?input= 1195m(검색일 : 2020.05.19.)

조성봉. (2018). 미세먼지 달력 들고 대책 촉구하는 시민. 뉴시스. 4월 4일 기사. https://newsis.com/view/?id=NISI20180404_0013959816(검색일 : 2020.05.18.)

조재광. (2019). 충주시, '2억여원' 들여 취약계층에 '미세먼지 마스크' 지원한다. 충청투데이. 12월 23이 기사. http://www.cctoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=2042725(검색일 : 2020.05.15.)

중앙일보. (2018). 미세먼지 또 엄습…'눈·코·목구멍에 호흡기·혈관까지' 악영향. 3월 25일 기사. https://news.joins.com/article/22472941(검색일 : 2020.2.13.)

지현우. (2020). 과천시 '스마트 클린 버스정류장' 운영. 헤럴드경제. 5월 19일 기사. http://

news.heraldcorp.com/view.php?ud=20200519000799(검색일 : 2020.05.25.)

채윤태. (2019). 서울 초등학교에 미세먼지 신호등 설치한다. 한계레. 12월 27일 기사. http://www.hani.co.kr/arti/area/capital/922333.html(검색일: 2020.05.22.)

하종민. (2020). 강남구, 22일 미세먼지 없는 '미미위 클린 놀이터' 개관. 뉴시스. 1월 20일 기사. https://newsis.com/view/?id=NISX20200120_0000893511&cID=14001&pID=14000(검색일 : 2020.05.22.)

한상희. (2018). 수영구, 어린이집 공기청정기 설치 지원. 부경일보. 3월 6일 기사. http://www.bknews.co.kr/news/articleView.html?idxno=4204(검색일: 2020.05.22.)

YTN. (2019). 민관 합동 미세먼지 특별 대책위원회 출범. YTN 사이언스. 2월 15일 보도기사. https://science.ytn.co.kr/program/program_view.php?s_mcd=0082&s_hcd=&key=201902151612065060&page=1135(검색일: 2020.05.22.)

- 인터넷자료(웹사이트) -

국토교통부. http://www.molit.go.kr(검색일 : 2020.05.22.)

법제처 국가법령정보센터. http://www.law.go.kr(검색일 : 2020.05.26.)

서초구 육아지원센터. http://youngua.seocho.go.kr/sinbp(검색일 : 2020.05.26.)

시흥시보건소. https://www.playstart.org/(검색일 : 2020.05.26.)

에어코리아. http://www.airkorea.or.kr/(검색일 : 2020.07.16.)

조현초등학교 홈페이지. http://www.johyeon.es.kr/main.php(검색일 : 2020.05.26.)

질병관리본부. http://www.cdc.go.kr(검색일 : 2020.05.26.)

카카오지도. https://map.kakao.com(검색일 : 2020.05.26.)

케이웨더 블로그. (2019). 공부가 잘되는 쾌적한 학습공간3 - 환기청정기, 공기측정기를 활용한 학교,도서관. https://blog.naver.com/airguardk1/221715078105(검색일 : 2020.05.25.)

현대건설. (2018). 내 아이 마음껏 키울 수 있는 '청정아파트' 실현. http://www.hdec.kr/KR/Business/BusinessView.aspx?idx=1220&depth_1=&depth_2=0&returnUrl=(검색일 : 2020.05.26.)

행정안전부 어린이놀이시설 안전관리시스템. https://www.cpf.go.kr/front/sub01/sub0101.do(검색일 : 2020.05.22.)

Cities Today. https://greencitysolutions.de/en/media-2/#section6 (검색일 : 2020.5.25.)

LG하우시스. https://www.lghausys.co.kr/rn/productcategory/category3/list.jsp?sup_category=A01&mid_categor y=A0107&fin_category=A010705(검색일 : 2020.05.26.)

http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=qhem1201&logNo=221125487696(검색일. 2020.5.25.)

http://www.nemesistudio.it(검색일: 2020.05.25.)

https://blog.naver.com/samsungua_jh/221622266211(검색일 : 2020.5.25.)

https://en.wikipedia.org/wiki/Hong_Kong_Polytechnic_University(검색일 : 2020.05 .18.)

https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%99%8D%EC%BD%A9_%EC%9D%B4%EA%B3%B5%EB%8C%80%ED%95%99(검색일 : 2020.05.18.)

https://www.nist.gov/el/energy-and-environment-division-73200/nist-multizone-modeling/software-tools/contam/download(검색일: 2020.09.25.)

https://www.polyu.edu.hk/fmo/en/university-facilities/pao-yue-kong-library/(검색일 : 2020.05.18.)

- 해외문헌 -

Bae, S. H., Lee B. K. & Hong, C. H. (2004). A Research on the Actual Condition of the Leakage Area of the Building Elements, Proceedings of the KIFSE.

Camfil. (2016),Air Filtration for Schools: Protecting Our Most Valuable Resources Using Camfil Air Filtration, 2-9.

Department of Education. (2006). Building Bulletin 101 Ventilation of School Buildings. 24-28.

Department of Education. (2017). Guidelines on Ventilation, Thermal Comfort and Indoor Air Quality in Schools. 101.

Environmental Protection Agency. (2009). Indoor Air Quality Tools for Schools Reference Guide. 1-60.

Environmental Protection Agency. (2009). The Indoor Air Quality Tools for Schools Approach: Providing a Framework for Success. 1.

Environmental Protection Agency. (2015). Best Practices for Reducing Near-Road Pollution Exposure at Schools. 6-11.

National Air Filtration Association. (2012). Guidelines for Schools. 1-3.

Jessica Dahlkvist. (2013). Development & Optimization of a Portable Air Conditioner. Stockholm: KTH Industrial Engineering and Management. 17.

Jo, J.H. (2005). ,Simulation of Pressure Distribution and Solving the Pressure Differentials Problem in High-rise Residential Buildings

Pedersen, C. O., Fisher, D. E., Spitler, J. D. & Liesen, R.J. (1998). Cooling and heating load calculation principles, *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers,* 131-152.

Tamura, G.T. (1994), Smoke movement and control in high-rise buildings, *National Fire Protection Association*, 41.

He, C., Morawska, L., Hitchins, J., & Gilbert, D. (2004). Contribution from indoor

sources to particle number and mass concentrations in residential houses. *Atmospheric environment*, 38(21), 3405-3415.

Wang, X., Gao, Z., Yang, J., & Yang, X. (2019). In situ investigation on linkage between particle penetration and air exchange through building envelope. *International Journal of Ventilation*, 18(4), 233-245.

Public Building Design Criteria for Groups Sensitive to Fine Dusts

– Focusing on Day Care Centers, Kindergartens and Elementary Schools –

SUMMARY

Park, Seokhwan
Um, Woonjin
Kim, Junlae

We are now faced with the situation of having to search for assertive response plans and close management of fine dusts due to the rapidly changing domestic and international climate environment. The general fine dust management plans according to the Special Act on the Reduction and Management of Fine Dust sets improving the base for protecting the health of sensitive and vulnerable groups as its main goal, but it stops short at fragmental achievements. Under such circumstances, preferential measures for public architecture used by groups sensitive to fine dusts are essential in terms of spatial welfare, but the public architecture facility plan standards lack detailed guidelines considering fine dust conditions.

This study aims at providing customized facility planning standards reflecting the behavior features of infants, young children, and elementary students, and by facility. The purpose of this study is as follows. It aims at providing a pan-government integrated facility planning standards for response policies related to fine dusts and standards per facility that are being implemented separately by each government agency. Another purpose of this study is to provide integrated facility planning standards for

collaboration in various fields such as architectural plans, facilities, environment, and facility operational management. The scope of the contents for the research is to present planning standards for educational and play activity spaces, which are the primary activities of day care centers, kindergartens, and elementary schools, and it also aims at providing planning standards reflecting technological research in relevant fields such as building interior air quality management, fine dust reduction technologies, and urban micro-climate management.

The fine dust environment standards were raised to levels of advanced nations (annual average 15㎍/㎥, daily average 35㎍/㎥), and therefore, facilities that are required to install mechanical ventilation equipment were expanded to nursing homes with a total floor area of 1,000㎡ or larger, small movie theaters and new apartment buildings with more than 30 units according to the 'Rules on Facility Standards, Etc. of Buildings' and relevant laws were revised to recommend installation of ventilation facilities for apartments with less than 30 units and detached houses as well.

Various policies are being found and operated to protect the health of the sensitive and vulnerable classes through not only general fine dust management plans and the basic indoor air quality management plans, but also by local governments nationwide. Accordingly, air purification equipment are being installed in all kindergartens and schools nationwide and air purification equipment support for facilities used by sensitive groups such as young children, senior citizens, and the disabled are being expanded. However, while there are local governments that install and manage sensors that measure and monitor indoor air quality in real-time, there are some local governments that stop short at simply providing support for operational expenses for air purification devices, and therefore, there are differences in terms of contents and levels of support per region.

Day care center and school facility fine dust response manuals require the prescription of standards according to limited, shortened or restricted outdoor classes and to plan alternatives in advance. However, under the current conditions, it is difficult to use limited space such as indoor gyms or auditoriums for all students without inconveniences. A systematic alternative is needed to overcome the fundamental limitations by relevant institutes or supervising institutes such as providing appropriate space for accommodating indoor activities.

Results of surveys with sensitive groups and administrators showed that there is relatively high opinion that government policies on fine dusts focus on response, and there was high levels of opinion that there is deficiency in evaluating policies. While response policies for high concentration fine dusts are important, a paradigm shift to policies for prevention is also needed. Therefore, from this perspective, construction or remodeling guidelines and facility planning standards, etc. for facilities mainly used by sensitive groups can be viewed as a preventive approach method to mitigate fine dusts.

Supply of air purifiers has been completed to most facilities through relevant laws and policies and support projects, but there are huge differences in terms of the management status of air purifiers and actual indoor air quality values. More fundamental measures, preemptive response and systematic improvement plans should be sought after going beyond the stage of simply supplying air purifiers. From this aspect, providing facility planning standards for groups that are sensitive to fine dusts have become very urgent.

Excluding recently built new buildings, it is difficult to keep indoor air quality in all of the spaces within a facility pleasant. The sizes of facilities are all different and the occupation time and usage method for each room are also different. In addition, the difference in the level of managing indoor air quality per facility is quite significant for each facility due to the differences in child care and education courses. Under such circumstances, a strategy that first differentiates spaces needing management and conducting maintenance selectively is needed. And in the case of newly built facilities, while it is possible to apply effective and high performance central control-type air purification devices, etc., over 90% require renovation of the indoor environment through remodeling, etc. of existing buildings. Furthermore, the budget for this is limited and therefore, plans that combine or gradually apply natural ventilation methods, methods of using air purifiers, stand-alone methods, and central control methods should be devised. Also, as it is necessary to satisfy a certain amount of ventilation according to the relevant laws and regulations, while also maintaining indoor air quality under a certain level in terms of fine dust, formaldehyde, carbon dioxide, carbon monoxide, etc., air purifiers, ventilation devices, or ventilation methods should be considered comprehensively.

Upon verification through on-site investigations and surveys, it is necessary to consider in the order of care rooms (classrooms) and indoor playgrounds for day care centers and

kindergartens, and in the case of elementary schools, there is a slightly difference in that priority management is needed in the order of classrooms, restaurant, after-school classrooms, and special classrooms.

Upon analyzing through preliminary studies and on-site investigations, the indoor air quality of most facilities are highly associated with the fine dust count in the air and it is also evident that facilities that do not manage indoor air quality are more highly affected by the concentration of outdoor air. It is thus necessary to actively mitigate floating fine dusts in the air or use absorption equipment to apply in the outdoor spaces within the building grounds.

When installing air purifiers in day care centers, kindergartens or elementary schools, detailed performance standards and information are needed for actual application such as filter specifications to manifest appropriate performance or the ventilation capacity and waste heat collection performance conditions of air conditioning facilities. Furthermore, it is necessary to review the appropriate specifications for air shower anterooms, window and door tightness performance, and energy efficiency performance standards to prevent inflow of external pollutants through main entrance ways.

The basic directions for establishing basic facility standards are as follows. In addition to fine dust response (avoidance) from a long-term aspect, it is necessary to set facility planning directions for mitigation (prevention) and also to provide facility standards for all stages in the life cycle (planning, design, construction, operation) of buildings. Lastly, it must be inclusive of new construction planning standards and its remodeling standards for facilities for groups sensitive to fine dusts.

Facility planning standards are comprised by location and outdoor space standards, area standards, zoning standards, building performance standards, and facility operation management standards, and the details and contents of each standard were deduced for the initial items based on case studies and planning standard analyses of each facility. The need and importance per item were sorted based on surveys and a seven-person task force comprised of experts in policies, urban and regional sectors, architecture, and facilities was organized and using the detailed values of the provided planning standards, additional surveys were conducted on 39 experts in the fields of architectural planning, urban planning facilities, and eco-friendly sectors to verify the appropriateness of performance standard indicators. In addition, the level of usability

and effectiveness of planning standards were predicted through planning simulations and environmental facility network simulations.

Results of the network simulation (CONTAM program) for predicting the effectiveness of facility planning standards quantitatively verified the improvement effects of indoor air quality per care room of the target facilities. It was effective when applying the planning standards individually, but it was found that the improvement effects of indoor air quality were much greater when applying together.

Based on the provided standards, simulations applying the designs were conducted to examine its effectiveness. In new projects, 10 out of the 14 items could be applied, and while the detailed items were different, 10 standards could also be applied for remodeling projects of existing buildings. Through this, it was possible to predict that usability in all new construction projects and renovation projects.

The detailed public building facility planning standards for groups sensitive to fine dusts are as follows.

[Table] Detailed public building facility standards for groups sensitive to fine dusts

Section		Item	Contents	Detailed Standards
By Location and Outdoor Space	Response	Distance from streets to avoid and prevent inflow of external fine dusts	Keep distance from streets to minimize inflow of external pollutants to maintain pleasant indoor environment	At least 50m from large roads with high traffic volume
	Mitigation	Install double-layer vegetation	Install outdoor air purification devices and install vegetation in double-layer structure to mitigate and absorb external fine dusts near the building	Install near the main entrance
		Install outdoor air purification facilities		
By Area	Mitigation	Upward adjust appropriate area standards compared to no. of persons for day care centers and school facilities	Procure extra indoor activity space and consider adjustment of occupying personnel per area to improve performance efficiency of air purifier equipment	Facility area standards are appropriate to upward adjust 2-4% for existing area standards
By Zoning	Response	Plan buffer space for polluted air at the entrance part	Procure buffer space to minimize inflow of fine dusts on the body or clothes when entering from outdoors	Install around 1% of entire facility area and more than a size of 10㎡
		Install fine dust clean zone	Alternative space to switch outdoor activities to indoor activities according to occurrence of highly concentrated fine dusts, etc. Example) Procured 1 clean zone per 6 classes	For day care centers and kindergartens, procure clean zones in the order of care rooms (classrooms), indoor playgrounds, cafeterias, and elementary schools in the order of classrooms, cafeterias, and indoor playgrounds, and at least 15㎡ for day care centers,

Section		Item	Contents	Detailed Standards
		Divide internal fields considering fine dust occurrence	Kitchens, cafeterias, special activity rooms, gyms, etc. where there is high occurrence of fine dusts separated from other areas with less occurrence	Priority fields to be zoned for day care centers and kindergartens are in the order of care rooms (classrooms), indoor playgrounds, and cafeterias, and necessary to set priority zones to zone in the order of classrooms, cafeterias and indoor playgrounds for elementary schools
By Building Performance	Response	Based on material performance for strengthening air tightness	Materials with high air tightness and thermal transmittance should be applied for windows and doors to block inflow of external fine dusts Need to use products with grade 2 or higher thermal transmittance and grade 2 or higher air tightness	Care rooms and classrooms should be planned to have grade 1 energy efficiency ratings
		Based on ventilation facilities and air purifier performance	Need to separately install ventilation facilities and air purifiers for general management of indoor air quality or install equipment with compound functions Present standards for ventilation method (buried type, independent type, etc.) according to appropriate capacity of ventilation equipment per hour for each facility	Air purifiers should apply HEPA-grade filters (H13 grade or higher recommended, 0.3㎛ 99.95% removal)
	Mitigation	Planning considerations	Outdoor ventilation equipment locations should be installed in sectors where outdoor polluted air is stagnant or polluted air ventilated from indoors does not return indoor	Areas where ventilation equipment must be divided per room in interior spaces, it should be in the order of care rooms (classrooms), indoor playgrounds, and cafeterias
		Greenification of walls using air purification plants	Air purification plant wall greenification to adjust indoor temperature and humidity and absorb floating fine dusts	
By Facility Operation and Management	Response	Ventilation and air purification facility automated activation system according to fine dust conditions	Automatic system for indoor air quality management at certain levels and convenience for operators and administrators	-
		Improve facility performance monitoring functions	Implement monitoring functions that can check for periods for replacing parts and cleaning	-
	Mitigation	Plans to prevent occurrence of polluted air and to prevent re-spreading according to indoor activities	Recommend using cleaning methods and tools with small occurrence of fine dusts (cleaning with wet rags, robot cleaners, etc.) Prevent re-spreading during cleaning, cooking and activities such as air curtains, etc.	-

Source: Drafted by researcher

The outcomes of this study are as follows. Based on analysis and diagnosis for the features of activities of groups sensitive to fine dusts and facility features, spaces with high usage frequency and spaces requiring priority management were deduced. For clean areas requiring concentrated management (care room, classroom, indoor play area, cafeteria), they should be zoned to prevent cross-contamination or spreading to other spaces and the area per person standard was upward adjusted to provide conditions for sensitive groups to engage in educational and physical activities in more pleasant conditions that before in low-density environments. And stronger window air tightness standards and detailed appropriate specifications of ventilation equipment and purifier equipment were proposed through environmental equipment simulations. In addition to ventilation equipment and air purification equipment conditions fitting the conditions of care rooms of day care centers, architectural alternatives that could be referred to for day care centers with similar conditions were exhibited through simulations.

Public building facility planning standards for sensitive groups proposed in the study are facility planning standards from unprecedented pan-government aspects. These are standard that include matters related to the Ministry of Environment's 'Special Act on the Reduction and Management of Fine Dust' and 'Indoor Air Quality Act', while also considering the Ministry of Education's 'School Health Act', the Ministry of Health and Welfare's 'Child Care Act' and the Ministry of Land, Infrastructure and Transport's 'Rules on Building Facility Standards, Etc.' were reviewed comprehensively to draw up optimized planning standards for groups sensitive to fine dusts. This can serve as planning standards that can be used throughout all government agencies.

Moreover, rather than being one-way planning standards focusing on experts, suggesting detailed standards through surveys with experts based on priorities and the need by sensitive groups and facility operators and administrators can be viewed as a distinctive achievement of this study. Also, based on the architectural planning simulation and architectural environment simulations, the contents that predicted usability and effectiveness are expected to serve as a basis to provide reliability to those using the research outcomes.

Keywords

Fine dust, Public buildings, Design Criteria, Indoor air quality, Planning simulation, Network simulation

부록. 미세먼지 민감군을 위한 공공건축물 시설계획 기준 설문조사 내용

Appendix

1. 설문조사 개요
2. 민감군 및 시설운영관리자 그룹 설문조사 주요결과
3. 전문가 그룹 설문조사 주요 결과

1. 설문조사 개요

□ 조사 배경 및 목적

본 조사는 민감군이 주로 사용하는 공공건축물을 대상으로 미세먼지에 안전한 공간환경 조성을 위한 시설계획 기준의 적절성 및 세부사항 도출을 위한 자료를 수집함

□ 조사 설계

구분	내용		
조사 대상	민감군 : 어린이집, 유치원, 초등학교 학생 학부모	시설 운영·관리자 : 어린이집, 유치원, 초등학교 교사	전문가 : 건축계획 및 시공, 도시계획 및 설계 전문가
조사 방법	구조화된 설문지를 활용한 온라인 패널 조사(On-line Panel Survey)		
표본 할당	민감군 : 자녀 학령별 임의할당	시설 운영·관리자 : 근무기관별 임의할당	전문가 : 분야별 전문가 풀 활용
유효 표본	민감군 : 총 448명 - 어린이집 학부모 : 183명 - 유치원 교사 : 78명 - 초등학교 교사 : 265명	시설 운영·관리자 : 총 358명 - 어린이집 교사 : 122명 - 유치원 교사 : 110명 - 초등학교 교사 : 126명	전문가 : 총 39명 - 건축계획 및 시공 : 36명 - 도시계획 및 설계 : 2명 - 기타 : 1명
조사 기간	2020년 8월 6일 ~ 8월 10일	2020년 8월 6일 ~ 8월 11일	2020년 8월 20일 ~ 8월 28일
조사 기관	㈜엠브레인퍼블릭		

□ 조사 내용

구분	설문 내용	민감군	관리자	전문가
미세먼지 인지와 정책 참여	미세먼지 위험성 인지도	○	○	
	미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도	○	○	
	평소 미세먼지 관심도	○	○	
	현재 국내 미세먼지 심각성 정도	○	○	
	향후 국내 미세먼지 심각성 정도 예상	○	○	
	국내 미세먼지 발생의 주된 원인	○	○	
	정부의 미세먼지 감축 노력 평가	○	○	
	정부 미세먼지 정책 만족도	○	○	
	정부 미세먼지 정책 방향 평가	○	○	
	정부 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 참여도	○	○	
시설계획 기준의 필요성 및 중요도	미세먼지 민감군 이용 공공건축물 대상 시설계획 기준 필요성	○	○	○
	공공건축물 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 이용자 특성	○	○	○
	공공건축물 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 물리적 특성	○	○	○
	시설계획 기준 우선 적용해야 하는 공공건축물	○	○	○
시설계획 기준의 세부사항	외부 미세먼지 회피 및 유입감소를 위한 간선도로와의 최소 거리			○
	복층구조 식재 필요성			○
	옥외공기정화시설 필요성, 설치에 가장 바람직한 장소			○
	공기정화식물 벽면녹화 설치 필요성, 설치에 가장 바람직한 장소			○
	오염공기 완충공간 계획 필요성, 적정 면적 기준 산정 방식, 비율, 최소 면적 기준			○
	청정구역(실내공기질 관리구역) 계획 필요성, 시설별 우선순위, 적정 면적 기준 산정 방식, 최소 면적 기준			○
	내부 미세먼지 재확산 방지를 위한 내부 영역 구분 계획 필요성, 분리공간 우선순위			○
	시설별 적정 면적기준 상향조정 필요성, 상향 시 적정 비율,			○
	기밀성 강화를 위한 창호 등 자재 성능 기준 필요성			○
	에너지절약설계기준 적용 필요성, 적절한 에너지 효율 등급			○
	환기설비 및 공기정화기 성능 기준 필요성, 실내공기질 종합관리 측면에서 바람직한 설비 및 장비, 공기정화기 필터 최소 성능기준			○
	실내 급배기구 설치와 급배기구 위치 고려 등의 계획 기준 필요성, 급배기구 1개 이상 설치되어야 하는 우선 순위			○
	환기 및 공기정화시설 자동가동 시스템 도입 필요성			○
	환기 및 공기정화시설 설비성능 모니터링 시스템(기능) 도입 필요성			○
	별도의 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안 필요성			○
	(어린이집/유치원/초등학교별) 근무 기관에서 보유하고 있는 공간		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 실내 공기질 측정 여부		○	

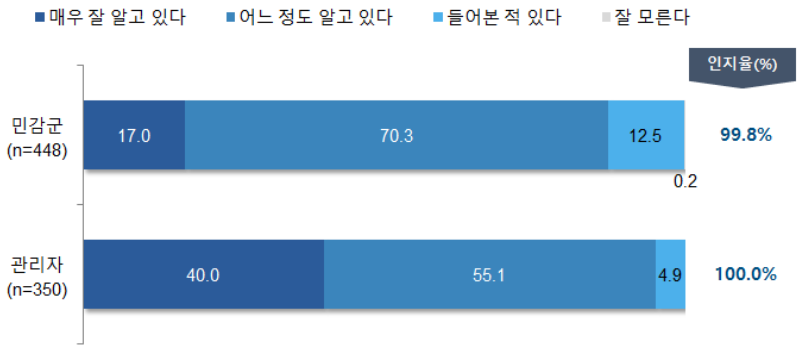
구분	설문 내용	민감군	관리자	전문가
	(어린이집/유치원/초등학교별) 공기청정기 설치 여부, 관리 주체, 관리 담당자, 청소 주기		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 환기설비 설치 여부, 관리 담당자, 청소 주기		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 사용인원이 가장 많은 장소와 적은 장소		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 사용시간이 가장 많은 장소와 적은 장소		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 주요 공간별 미세먼지 안전성		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 시설 전반 미세먼지 기계장비 환경 적정성		○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 미세먼지에서 가장 안전한 장소 및 이유	○	○	
	(어린이집/유치원/초등학교별) 미세먼지 청정구역 우선 적용해야 하는 공간	○	○	
	시설계획 기준 조기 정착을 위해 가장 효과적인 방법	○	○	○
	미세먼지 저감에 가장 효과적인 방법	○		
시설의 운영·관리 방안	근무 기관의 미세먼지 안전 위한 운영관리 환경 적정성		○	
	근무 기관의 일상생활 속 미세먼지 관리 조치		○	
	근무 기관의 일상생활 속 실내공기질 관리 조치		○	
	근무 기관의 일상생활 속 조치의 기준		○	
	미세먼지 안전 건축물(시설) 운영·관리 실효성 제고 위한 방법	○	○	
	미세먼지 운영·관리 체계의 적합한 운영 방식	○	○	
	시설의 전담 운영·관리 체계의 적합한 운영 방식	○	○	
	근무 기관의 미세먼지 관련 애로사항		○	

2. 민감군 및 시설운영관리자 그룹 설문조사 주요결과

1) 미세먼지 인지와 정책 참여

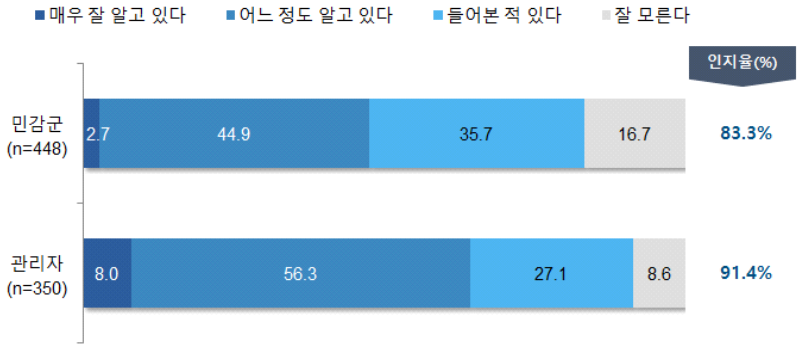
□ 미세먼지 인지

- 평소 미세먼지 위험성에 대해 '인지하고 있다'는 응답은 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 99% 이상으로 매우 높은 수준임. 특히 관리자(교사)의 경우 '매우 잘 알고 있다'는 응답이 40.0%로 민감군(학부모) 17.0% 대비 높아, 인지 수준이 높은 것으로 나타남



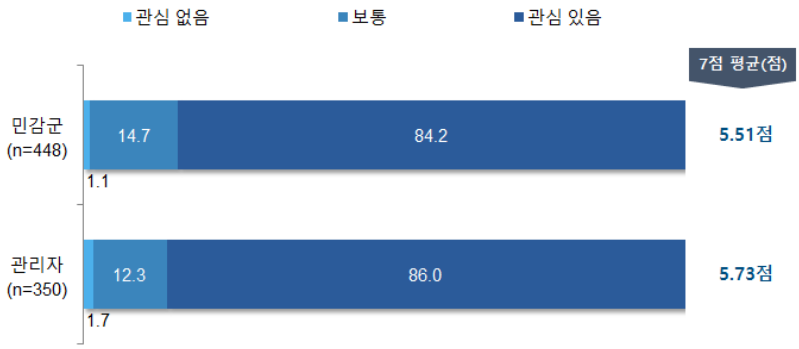
[부록 그림 1] 미세먼지 위험성 인지도

- 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지율은 관리자(교사)가 91.4%로 민감군(학부모) 83.3% 대비 높은 수준임. 특히 '매우 잘 알고 있다'는 응답은 관리자(교사)가 8.0%, 민감군(학부모)이 2.7%로 관리자(교사)의 인지 수준도 더 높은 것으로 나타남



[부록 그림 2] 미세먼지 관련 제도 및 정책 인지도

- 평소 미세먼지에 '관심 있다'는 응답은 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 80% 이상으로 높은 수준으로 나타남. 관심 정도를 7점 평균으로 환산한 결과는 민감군(학부모)이 5.51점, 관리자 (교사)가 5.73점으로 관리자(교사)의 관심도가 상대적으로 더 높게 나타남

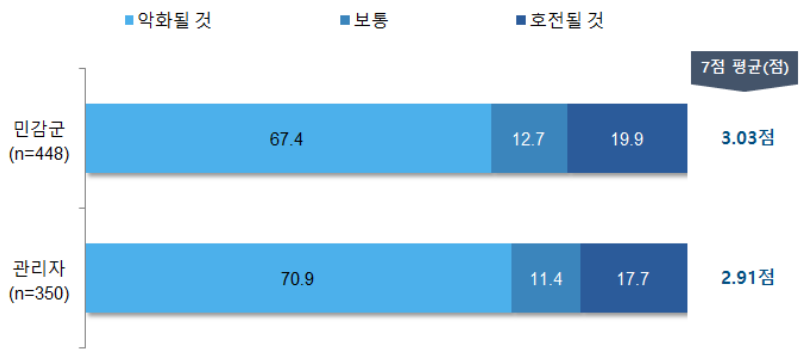


[부록 그림 3] 평소 미세먼지 관심도

- 현재 국내의 미세먼지 심각성에 대해 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 '심각하다'는 평가가 90% 이상의 높은 수준으로 나타남. 심각도를 7점 평균으로 환산한 결과는 관리자(교사)가 5.93점으로 민감군(학부모) 5.86점 대비 더 심각한 것으로 평가하고 있음

[부록 그림 4] 현재 국내 미세먼지 심각성 평가

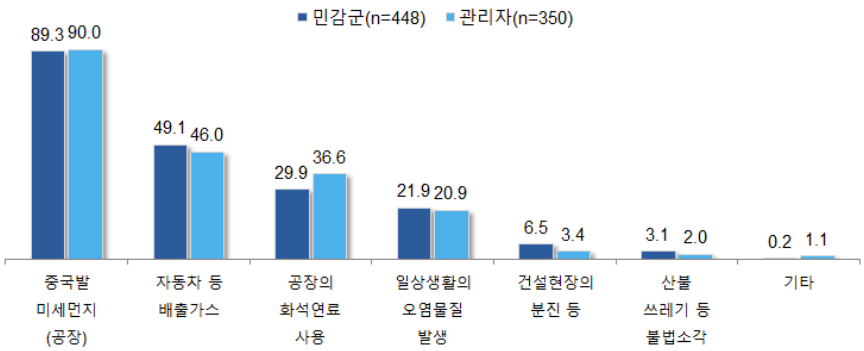
- 향후 국내 미세먼지 심각성 변화에 대해 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '악화될 것'이라는 응답이 '호전될 것' 대비 3배 이상 높은 수준으로 나타남. 변화 정도를 7점 평균으로 환산한 결과 관리자(교사)가 2.91점으로 민감군(학부모) 3.03점 대비 더욱 악화할 것이라고 전망함



[부록 그림 5] 향후 국내 미세먼지 심각성 변화 예상

□ 미세먼지 발생 원인

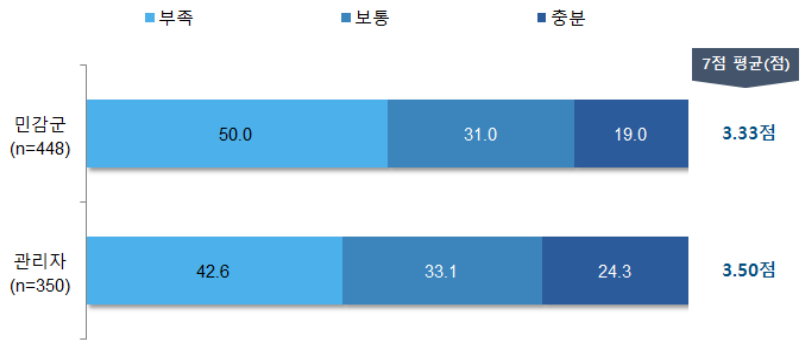
- 국내 미세먼지의 주된 발생 원인으로 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '중국발 미세먼지 (공장)'을 가장 큰 원인으로 꼽음. 다음으로 '자동차 등 배출가스', '공장의 화석연료 사용', '일상생활의 오염물질 발생' 순으로 두 집단의 응답 경향이 비슷하게 나타남



[부록 그림 6] 미세먼지 발생의 주된 원인(종합순위 기준)

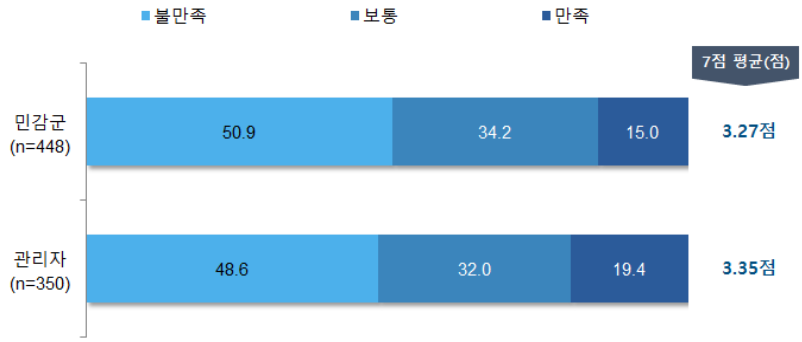
□ 미세먼지 정책 평가 및 참여

- 정부의 미세먼지 감축 노력에 대해 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '부족하다'는 응답이 '충분하다'는 응답보다 약 2배 높게 나타남. 평가 결과를 7점 평균으로 환산한 결과 관리자 (교사)가 3.50점으로 민감군(학부모) 3.33점 대비 정부 노력을 긍정적으로 평가하는 것으로 나타남



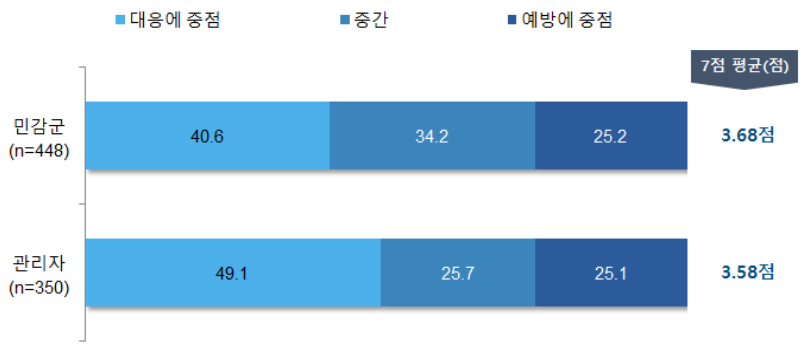
[부록 그림 7] 정부의 미세먼지 감축 노력 평가

- 정부의 미세먼지 정책에 대해 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '불만족한다'는 응답이 '만족한다'는 응답보다 높게 나타남. 만족도를 7점 평균으로 환산한 결과 관리자(교사)가 3.35점으로 민감군(학부모) 3.27점 대비 정부 정책에 더 만족하고 있는 것으로 나타남



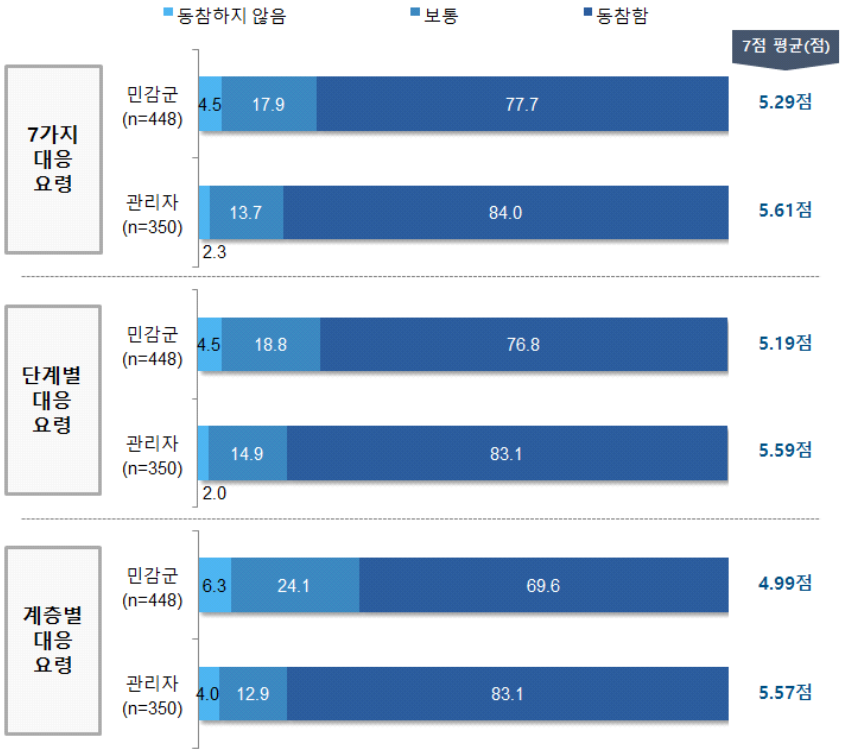
[부록 그림 8] 정부의 미세먼지 정책 만족도

- 정부의 미세먼지 정책 방향에 대해 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '대응에 중점'을 두고있다는 응답이 '예방에 중점'을 두고있다는 응답보다 높게 나타남. 평가 결과를 7점 평균으로 환산한 결과 민감군(학부모)가 3.68점으로 관리자(교사) 3.58점 대비 정부 정책이 더 대응에 중점을 둔 정책이라고 평가하는 것으로 나타남



[부록 그림 9] 정부의 미세먼지 정책 방향 평가

- 정부의 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 참여도를 확인한 결과, 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 '동참한다'는 응답이 약 70% 이상 수준으로 높게 나타남



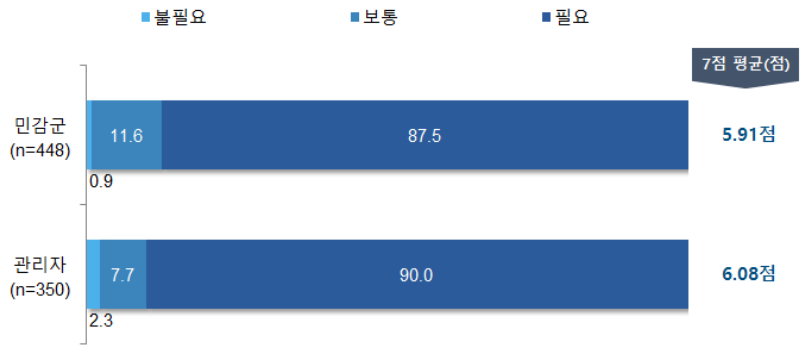
[부록 그림 10] 고농도 미세먼지 대응 매뉴얼 참여도

- 7가지 대응요령, 단계별 대응요령, 계층별 대응요령 모두에서 관리자(교사)의 참여도가 민감군(학부모) 보다 높게 나타났으며, 특히 계층별 대응요령의 참여도 차이가 큰 것으로 나타남
- 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 7가지 대응요령의 참여도가 가장 높은 반면, 계층별 대응요령 참여도가 가장 낮게 나타남

2) 시설계획 기준의 필요성 및 중요도

☐ 시설계획 기준 필요성

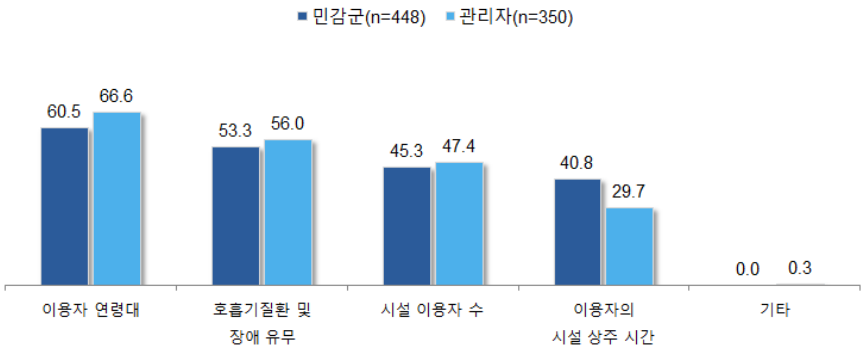
- 미세먼지 민감군이 이용하는 공공건축물 대상 시설계획 기준 필요성에 대해 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '필요하다'는 의견이 '불필요하다' 보다 높게 나타남. 필요성을 7점 평균으로 환산한 결과 관리자(교사)가 6.08점으로 민감군(학부모) 5.91점 보다 높아, 시설계획 기준 필요성을 더 강하게 인식하는 것으로 나타남



[부록 그림 11] 미세먼지 민감군 이용 공공건축물 대상 시설계획 기준 필요성

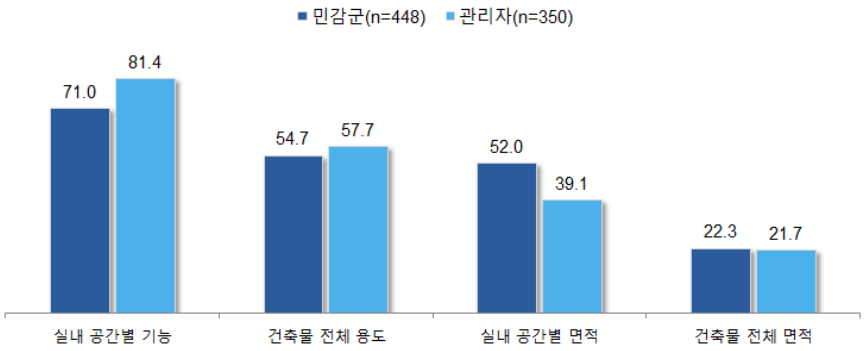
☐ 시설계획 기준 설정 시 최우선 고려사항

- 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 이용자 특성에 대해 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '이용자 연령대'가 가장 높고, 다음으로 '호흡기질환 및 장애 유무', '시설 이용자 수', '이용자의 시설 상주 시간' 순으로 나타남
- 관리자(교사)는 '이용자 연령대', '호흡기질환 및 장애 유무', '시설 이용자 수' 응답이 상대적으로 높은 반면 민감군(학부모)는 '이용자의 시설 상주 시간' 응답이 관리자(교사) 대비 높게 나타남



[부록 그림 12] 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 이용자 특성(종합순위 기준)

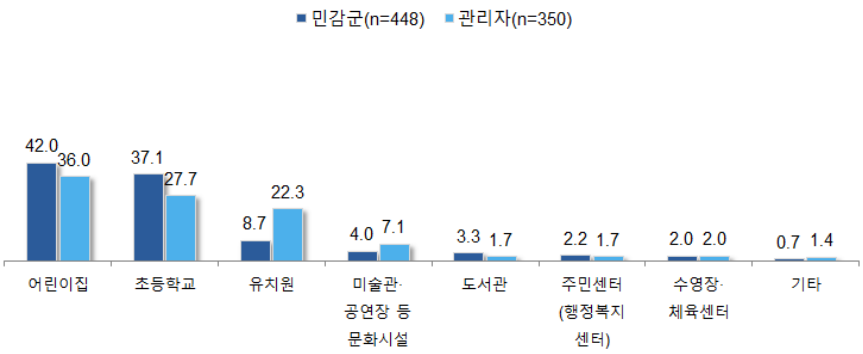
- 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 물리적 특성으로 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 '실내 공간별 기능'이 가장 높고, 다음으로 '건축물 전체 용도', '실내 공간별 면적', '건축물 전체 면적' 순으로 나타남
- 관리자(교사)는 '실내 공간별 기능' 응답이 상대적으로 높은 반면 민감군(학부모)은 '실내 공간별 면적' 응답이 관리자(교사) 대비 높게 나타남



[부록 그림 13] 시설계획 기준 설정 시 고려해야 할 물리적 특성(종합순위 기준)

□ 시설계획 우선 적용해야 하는 공공건축물

- 시설계획을 우선 적용해야 하는 공공건축물로 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '어린이집', '초등학교', '유치원' 등 민감군 이용 시설 응답이 높게 나타남

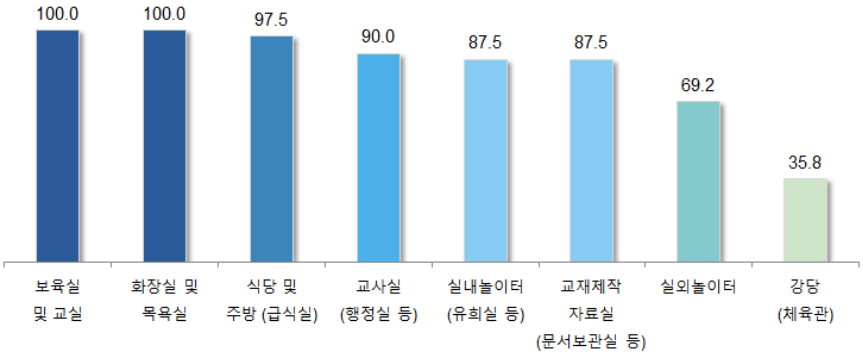


[부록 그림 14] 시설계획 기준 우선 적용해야 하는 공공건축물

3) 시설계획 기준의 세부사항

□ 어린이집 시설 현황

- '보육실 및 교실', '화장실 및 목욕실', '식당 및 주방(급식실)', '교사실(행정실 등)' 등은 대부분의 어린이집이 보유하고 있는 것으로 나타났으며, '강당(체육관)'은 35.8%로 보유율이 낮게 나타남



[부록 그림 15] 어린이집 보유 공간 현황

- 실내 공기질 측정은 '보육실 및 교실'(80.0%), '실내놀이터'(69.5%) 등 민감군의 주 생활 공간 등에서 상대적으로 높게 나타남
- 공기청정기 설치 여부는 '보육실 및 교실'(100.0%), '강당(체육관)'(90.7%), '실내놀이터'(86.7%) 등의 순으로 나타났으며, 공기청정기 관리 주체는 외부 위탁관리가 내부 자체관리보다 약간 높거나 비슷한 경향임

- 내부 자체 관리시 공기청정기 관리 담당자로는 대부분의 공간에서 '담당 선생님'이 가장 높게 나타났으며, 청소 주기로는 대부분의 공간에서 '일주일 1회' 응답이 가장 높게 나타남

[부록 표 1] 어린이집 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	실내공기질 측정 여부		공기청정기 설치 여부		공기청정기 관리 주체		(내부 관리하는 경우) 공기청정기 관리 담당자				(내부 관리하는 경우) 공기청정기 청소 주기				
	측정	미측정	있음	없음	내부 자체 관리	외부 위탁 관리	행정 (시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회
보육실 및 교실	80.0	20.0	100.0	0.0	40.0	60.0	6.3	85.4	2.1	6.3	20.8	37.5	25.0	8.3	8.3
실내놀이터	69.5	30.5	86.7	13.3	38.5	61.5	11.4	80.0	5.7	2.9	22.9	34.3	25.7	5.7	11.4
화장실 및 목욕실	29.2	70.8	11.7	88.3	50.0	50.0	28.6	57.1	0.0	14.3	42.9	42.9	14.3	0.0	0.0
교사실	51.9	48.1	59.3	40.7	45.3	54.7	17.2	72.4	6.9	3.4	13.8	41.4	20.7	10.3	13.8
실외놀이터	41.0	59.0	7.2	92.8	33.3	66.7	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	50.0	0.0	0.0
식당 및 주방	48.7	51.3	41.0	59.0	54.2	45.8	11.5	76.9	7.7	3.8	23.1	34.6	23.1	11.5	7.7
강당	60.5	39.5	90.7	9.3	48.7	51.3	0.0	84.2	10.5	5.3	21.1	36.8	21.1	10.5	10.5
교재제작 자료실	36.2	63.8	20.0	80.0	42.9	57.1	33.3	55.6	11.1	0.0	22.2	55.6	22.2	0.0	0.0

- 환풍기 등 환기시설이 설치된 공간으로는 '식당 및 주방'(91.5%), '화장실 및 목욕실'(85.8%), '실내놀이터'(65.7%) 등의 순으로 나타남
- 환기시설이 있는 경우 관리 담당자는 모든 공간에서 '담당 선생님'이 가장 높게 나타났으며, 청소 주기는 '일주일 1회' 와 '한달 1~2회' 응답이 높게 나타남

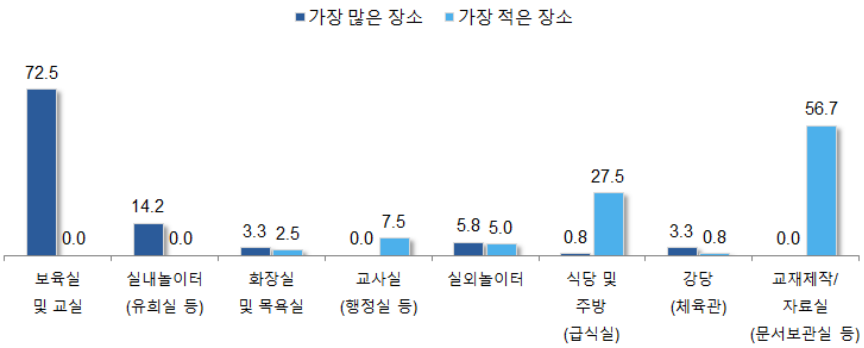
[부록 표 2] 어린이집 환풍기 등 환기시설 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	환기시설 설치여부		(있는 경우) 환기시설 관리 담당자					(있는 경우) 환기시설 청소 주기					
	있음	없음	행정 (시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	담 당 자 없음	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한 적 없음
보육실 및 교실	65.0	35.0	20.5	73.1	0.0	0.0	6.4	17.9	29.5	26.9	6.4	12.8	6.4
실내놀이터	65.7	34.3	23.2	63.8	1.4	0.0	11.6	17.4	29.0	21.7	10.1	14.5	7.2
화장실 및 목욕실	85.8	14.2	25.2	58.3	1.9	1.0	13.6	14.6	28.2	23.3	9.7	9.7	14.6
교사실	57.4	42.6	27.4	59.7	0.0	1.6	11.3	14.5	25.8	27.4	8.1	14.5	9.7

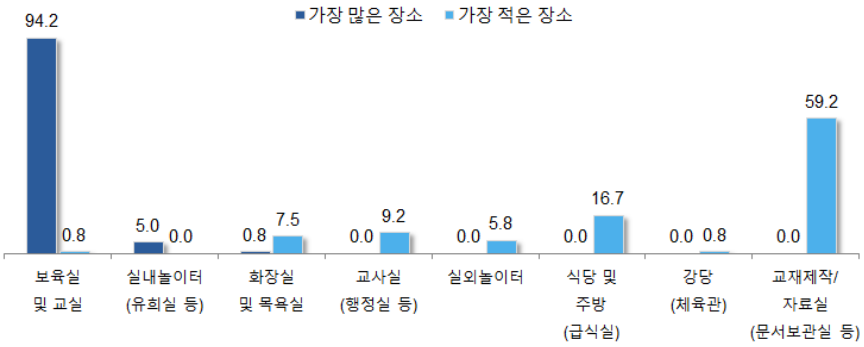
보유 공간	환기시설 설치여부		(있는 경우) 환기시설 관리 담당자					(있는 경우) 환기시설 청소 주기					
	있음	없음	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	담 당 자 없음	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한 적 없음
실외놀이터	25.3	74.7	38.1	42.9	4.8	0.0	14.3	28.6	23.8	19.0	4.8	14.3	9.5
식당 및 주방	91.5	8.5	24.3	60.7	0.9	2.8	11.2	20.6	30.8	24.3	10.3	5.6	8.4
강당	65.1	34.9	35.7	46.4	7.1	0.0	10.7	25.0	25.0	25.0	7.1	10.7	7.1
교재제작 자료실	42.9	57.1	15.6	71.1	2.2	0.0	11.1	22.2	26.7	31.1	4.4	6.7	8.9

- 어린이집에서 사용 인원이 가장 많은 장소는 '보육실 및 교실'이 72.5%로 가장 높게 나타났으며, 그 외 '실내놀이터'(14.2%), '실외놀이터'(5.8%) 등의 순임. 한편 사용 인원이 가장 적은 장소로는 '교재제작/자료실'이 56.7%로 가장 높고, 다음으로 '식당 및 주방'(27.5%) 등의 순으로 나타남



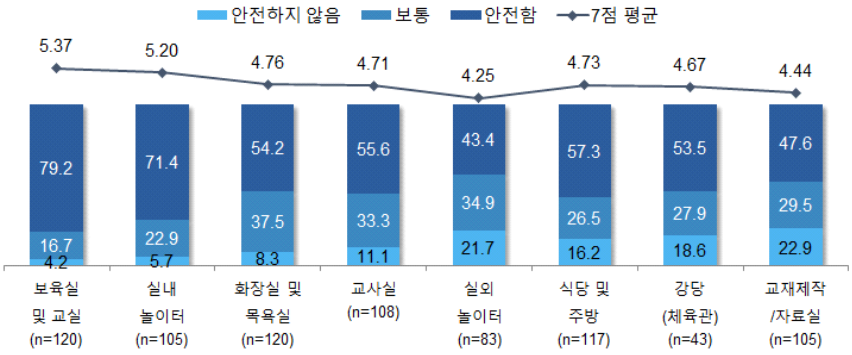
[부록 그림 16] 어린이집에서 사용 인원이 가장 많은 장소와 적은 장소

- 어린이집에서 사용 시간이 가장 많은 장소로는 '보육실 및 교실'이 94.2%로 높게 나타남. 한편 사용 시간이 가장 적은 장소로는 '교재제작/자료실'(59.2%), '식당 및 주방'(16.7%), '교사실'(9.2%) 등의 순으로 나타남



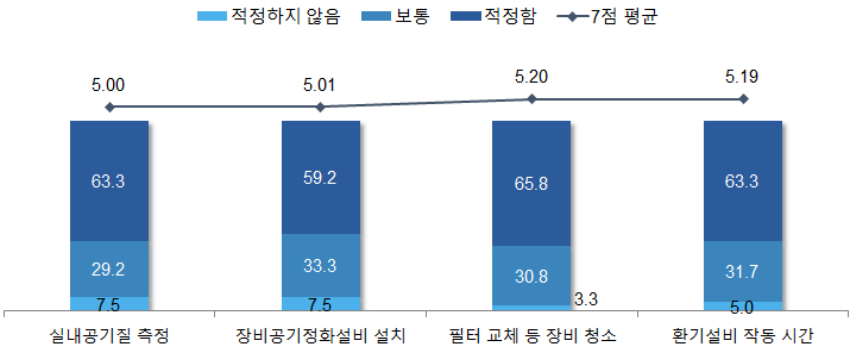
[부록 그림 17] 어린이집에서 사용 시간이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소

- 어린이집의 주요 공간별 미세먼지 안전성을 확인한 결과, 7점 평균 기준 '보육실 및 교실'이 5.37점으로 가장 높고, 다음으로 '실내놀이터'(5.20점), '화장실 및 목욕실'(4.76점) 등의 순임. 한편 '실외놀이터'는 4.25점으로 8개 공간 중 미세먼지 안전성이 가장 낮은 것으로 평가됨



[부록 그림 18] 어린이집 주요 공간별 미세먼지 안전성

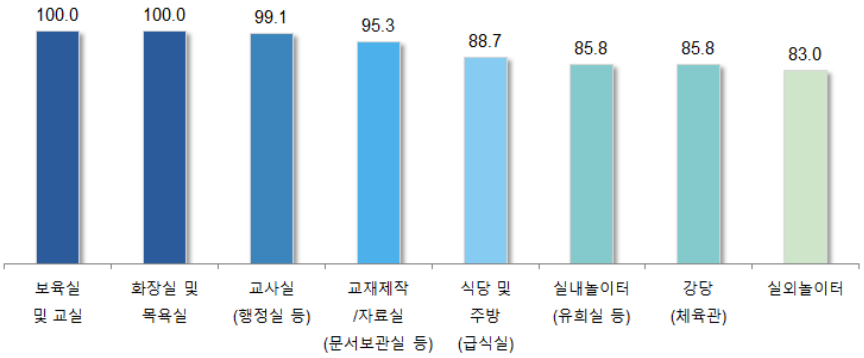
- 어린이집의 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성을 확인한 결과, 7점 평균 기준 '필터 교체 등 장비 청소'의 적정성이 5.20점으로 가장 높고, 다음으로 '환기설비 작동 시간'(5.19점), '장비공기정화설비 설치'(5.01점), '실내공기질 측정'(5.00점) 순으로 나타남



[부록 그림 19] 어린이집 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성

□ 유치원 시설 현황

- 8개 공간 모두 보유율이 80% 이상으로 높은 수준이며, 특히 '보육실 및 교실', '화장실 및 목욕실', '교사실(행정실 등)', '교재제작/자료실'의 보유율은 90% 이상 수준으로 높게 나타남



[부록 그림 20] 유치원 보유 공간 현황

- 실내 공기질 측정은 '보육실 및 교실'(85.8%), '실내놀이터'(80.2%) 등 민감군의 주 생활 공간 등에서 상대적으로 높게 나타남
- 공기청정기 설치 여부는 '보육실 및 교실'(99.1%), '실내놀이터'(89.0%), '강당(체육관)'(85.7%) 등의 순으로 나타났으며, 공기청정기 관리 주체는 외부 위탁관리가 내부 자체관리보다 대체로 높게 나타남
- 내부 자체 관리시 공기청정기 관리 담당자로는 모든 공간에서 '담당 선생님'이 가장 높게 나타났으며, 청소 주기로는 대부분의 공간에서 '일주일 1회' 응답이 가장 높게 나타남

[부록 표 3] 유치원 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	실내공기질 측정 여부		공기청정기 설치 여부		공기청정기 관리 주체		(내부 관리하는 경우) 공기청정기 관리 담당자				(내부 관리하는 경우) 공기청정기 청소 주기				
	측정	미측정	있음	없음	내부 자체 관리	외부 위탁 관리	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회
보육실 및 교실	85.8	14.2	99.1	0.9	42.9	57.1	20.0	71.1	2.2	6.6	17.8	42.2	17.8	8.9	13.3
실내놀이터	80.2	19.8	89.0	11.0	42.0	58.0	32.4	61.8	2.9	2.9	23.5	38.2	17.6	11.8	8.8
화장실 및 목욕실	43.4	56.6	26.4	73.6	50.0	50.0	28.6	57.1	14.3	0.0	42.9	21.4	21.4	7.1	7.1
교사실	58.1	41.9	79.0	21.0	45.8	54.2	26.3	57.9	10.5	5.3	21.1	28.9	31.6	7.9	10.5
실외놀이터	51.1	48.9	14.8	85.2	30.8	69.2	50.0	50.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	0.0	25.0
식당 및 주방	66.0	34.0	64.9	35.1	37.7	62.3	34.8	60.9	0.0	4.3	39.1	39.1	13.0	4.3	4.3
강당	76.9	23.1	85.7	14.3	41.0	59.0	34.4	53.1	9.4	3.1	31.3	31.3	28.1	3.1	6.3
교재제작 자료실	38.6	61.4	37.6	62.4	42.1	57.9	37.5	50.0	0.0	12.5	18.8	37.5	25.0	12.5	6.3

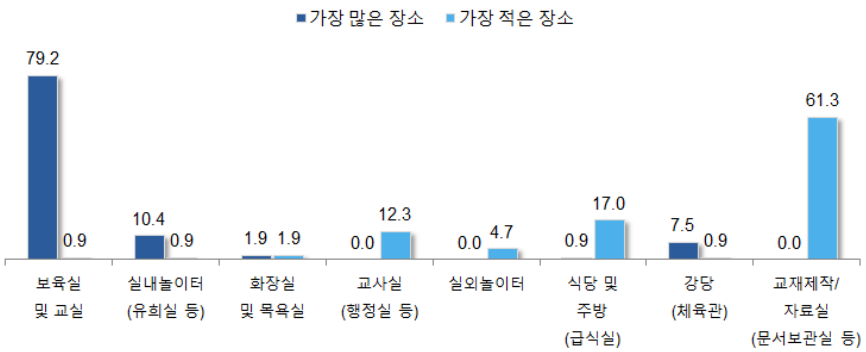
- 환풍기 등 환기시설이 설치된 공간으로는 '식당 및 주방'(94.7%), '화장실 및 목욕실'(92.5%), '강당(체육관)'(75.8%) 등의 순으로 나타남
- 환기시설이 있는 경우 관리 담당자는 '담당 선생님'과 '행정(시설) 담당자'가 높게 나타났으며, 청소 주기는 대체로 '한달 1~2회' 응답이 높게 나타남

[부록 표 4] 유치원 환풍기 등 환기시설 관리 현황

(단위 : %)

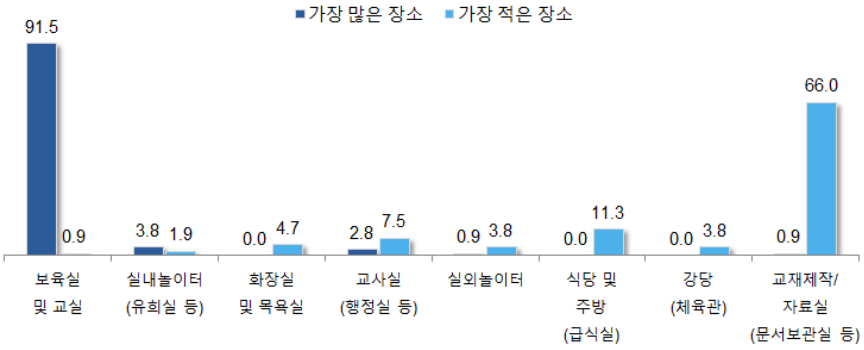
보유 공간	환기시설 설치여부		(있는 경우) 환기시설 관리 담당자					(있는 경우) 환기시설 청소 주기					
	있음	없음	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	담당자 없음	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한 적 없음
보육실 및 교실	69.8	30.2	33.8	58.1	2.7	0.0	5.4	17.6	24.3	29.7	12.2	12.2	4.1
실내놀이터	71.4	28.6	36.9	53.8	3.1	1.5	4.6	18.5	27.7	27.7	13.8	9.2	3.1
화장실 및 목욕실	92.5	7.5	42.9	38.8	5.1	1.0	12.2	17.3	18.4	23.5	13.3	16.3	11.2
교사실	61.0	39.0	39.1	53.1	1.6	0.0	6.3	17.2	23.4	28.1	15.6	10.9	4.7
실외놀이터	31.8	68.2	39.3	46.4	3.6	0.0	10.7	14.3	39.3	17.9	10.7	10.7	7.1
식당 및 주방	94.7	5.3	40.4	47.2	2.2	3.4	6.7	16.9	20.2	29.2	15.7	12.4	5.6
강당	75.8	24.2	47.8	37.7	4.3	0.0	10.1	15.9	24.6	29.0	11.6	11.6	7.2
교재제작 자료실	48.5	51.5	34.7	46.9	2.0	2.0	14.3	14.3	24.5	26.5	12.2	14.3	8.2

- 유치원에서 사용 인원이 가장 많은 장소로는 '보육실 및 교실'이 79.2%로 가장 높고, 그 외 '실내놀이터'(10.4%), '강당(체육관)'(7.5%) 등의 순임
- 한편 사용 인원이 가장 적은 장소로는 '교재제작/자료실'이 61.3%으로 가장 높고, 그 외 '식당 및 주방'(17.0%), '교사실'(12.3%) 등의 순으로 나타남



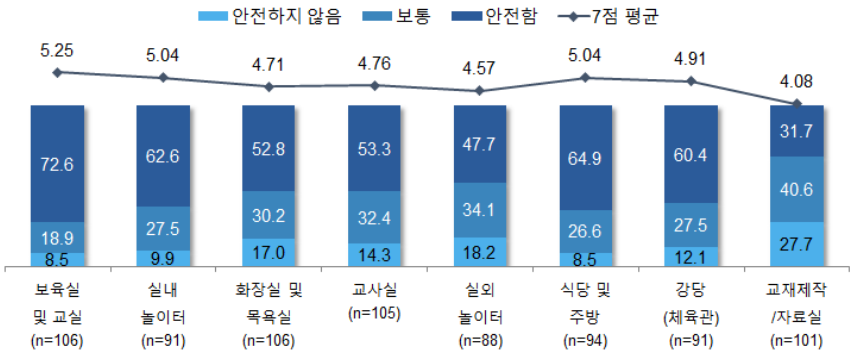
[부록 그림 21] 유치원에서 사용 인원이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소

- 유치원에서 사용 시간이 가장 많은 장소로는 '보육실 및 교실'이 91.5%로 높게 나타남
- 한편 사용 시간이 가장 적은 장소로는 '교재제작/자료실'이 66.0%로 가장 높고, 그 외 '식당 및 주방'(11.3%), '교사실'(7.5%) 등의 순임



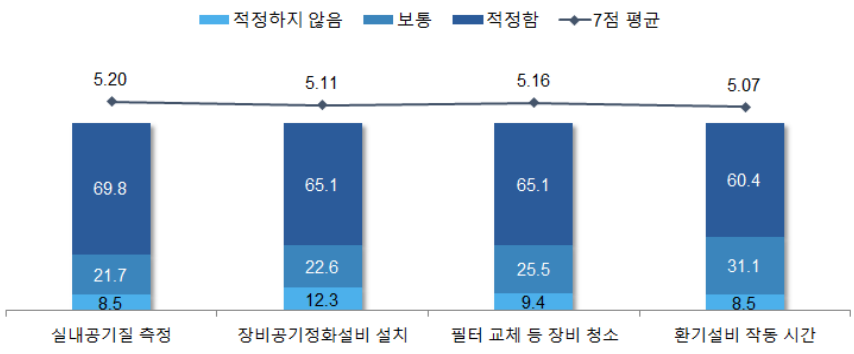
[부록 그림 22] 유치원에서 사용 시간이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소

- 유치원의 주요 공간별 미세먼지 안전성을 확인한 결과, 7점 평균 기준 '보육실 및 교실'이 5.25점으로 가장 높고, 다음으로 '실내놀이터'(5.04점), '식당 및 주방'(5.04점) 등의 순임. 한편 '교재제작/자료실'은 4.08점으로 8개 공간 중 미세먼지 안전성이 가장 낮은 것으로 평가됨



[부록 그림 23] 유치원 주요 공간별 미세먼지 안전성

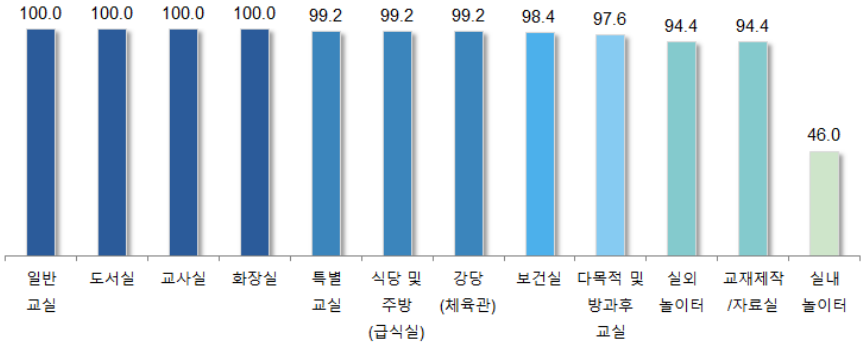
- 유치원의 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성을 확인한 결과, 7점 평균 기준 '실내공기질 측정'의 적정성이 5.20점으로 가장 높고, 다음으로 '필터 교체 등 장비 청소'(5.16점), '장비공기정화설비 설치'(5.11점), '환기설비 작동 시간'(5.07점) 순으로 나타남



[부록 그림 24] 유치원 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성

□ 초등학교 시설 현황

- 제시된 12개 공간에 대해 보유율이 90% 이상 수준으로 대부분의 공간을 보유하고 있는 것으로 나타났으나, '실내놀이터'의 경우 보유율이 46.0%로 상대적으로 낮게 나타남



[부록 그림 25] 초등학교 보유 공간 현황

- 실내 공기질 측정은 '일반교실'(78.2%), '교사실'(72.6%), '특별교실'(71.5%), '보건실'(71.3%) 등 학생 및 교사가 상주하는 공간에서 상대적으로 높게 나타남
- 공기청정기 설치 여부는 '일반교실'(94.4%), '보건실'(87.7%), '도서실'(85.5%) 등의 순으로 나타났으며, 공기청정기 관리 주체는 외부 위탁관리가 대체로 70% 수준으로 높게 나타남
- 내부 자체 관리시 공기청정기 관리 담당자로는 '담당 선생님'과 '행정(시설) 담당자'가 높게 나타났으며, 청소 주기로는 대부분의 공간에서 '6개월 1~2회' 응답이 가장 높게 나타나 어린이집, 유치원 대비 청소 주기가 긴 것으로 나타남

[부록 표 5] 초등학교 실내 공기질 측정 및 공기청정기 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	실내공기질 측정 여부		공기청정기 설치 여부		공기청정기 관리 주체		(내부 관리하는 경우) 공기청정기 관리 담당자				(내부 관리하는 경우) 공기청정기 청소 주기				
	측정	미측정	있음	없음	내부 자체 관리	외부 위탁 관리	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	일주일 1회이상	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한 적 없음
일반교실	78.2	21.8	94.4	5.6	23.1	76.9	40.7	55.6	0.0	3.7	0	29.6	18.5	29.6	22.2
특별교실	71.5	28.5	81.3	18.7	23.0	77.0	43.5	52.2	0.0	4.3	4.3	21.7	13.0	39.1	21.7
다목적 및 방과후 교실	66.1	33.9	76.9	23.1	22.6	77.4	42.9	52.4	0.0	4.8	4.8	19.0	14.3	42.9	19.0
도서실	71.0	29.0	85.5	14.5	27.4	72.6	41.4	58.6	0.0	0	6.8	20.7	17.2	34.5	20.7
교사실	72.6	27.4	79.8	20.2	26.3	73.7	42.3	46.2	0.0	11.5	7.7	26.9	11.5	34.6	19.2
보건실	71.3	28.7	87.7	12.3	24.3	75.7	38.5	53.8	7.7	0	3.8	30.8	11.5	38.5	15.4
식당 및 주방	67.5	32.5	59.3	40.7	21.9	78.1	37.5	50.0	6.3	6.3	0	37.5	12.5	37.5	12.5
화장실	36.3	63.7	14.5	85.5	33.3	66.7	66.7	33.3	0.0	0	16.7	16.7	33.3	16.7	16.7
실내놀이터	45.6	54.4	45.6	54.4	30.8	69.2	50.0	50.0	0.0	0	25	12.5	12.5	50.0	0.0
실외놀이터	40.2	59.8	11.1	88.9	23.1	76.9	66.7	33.3	0.0	0	0	33.3	33.3	0.0	33.3
강당	57.7	42.3	37.4	62.6	19.6	80.4	33.3	55.6	0.0	11.1	0	33.3	22.2	33.3	11.1
교재제작·자료실	42.7	57.3	31.6	68.4	32.4	67.6	33.3	58.3	0.0	8.3	8.3	25.0	16.7	33.3	16.7

- 환풍기 등 환기시설이 설치된 공간으로는 '화장실'(80.6%) '식당 및 주방'(79.7%)이 높게 나타났으며, 그 외 공간의 환기설비 설치율은 대체로 40% 수준으로 나타남
- 환기시설이 있는 경우 관리 담당자는 모든 공간에서 '행정(시설) 담당자'가 높게 나타났으며, 청소 주기는 '6개월 1~2회' 응답이 높게 나타나 어린이집, 유치원 대비 청소 주기가 긴 것으로 나타남

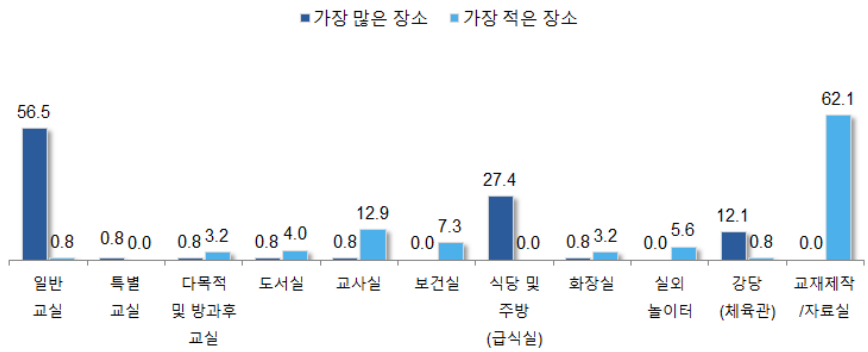
[부록 표 6] 초등학교 환풍기 등 환기시설 관리 현황

(단위 : %)

보유 공간	환기시설 설치여부		(있는 경우) 환기시설 관리 담당자					(있는 경우) 환기시설 청소 주기					
	있음	없음	행정(시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	담당자 없음	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한 적 없음
일반교실	44.4	55.6	58.2	30.9	1.8	0.0	9.1	3.6	1.8	21.8	25.5	40.0	7.3

보유 공간	환기시설 설치여부		(있는 경우) 환기시설 관리 담당자					(있는 경우) 환기시설 청소 주기					
	있음	없음	행정 (시설) 담당자	담당 선생님	보조 선생님 등	기타	담당자 없음	매일	일주일 1회	한달 1~2회	2~3달 1회	6개월 1~2회	한 적 없음
특별교실	58.5	41.5	59.7	33.3	0.0	0.0	6.9	2.8	4.2	19.4	25.0	38.9	9.7
다목적 및 방과후 교실	45.5	54.5	63.6	30.9	0.0	0.0	5.5	1.8	5.5	21.8	21.8	41.8	7.3
도서실	42.7	57.3	62.3	35.8	0.0	0.0	1.9	5.7	1.9	24.5	22.6	41.5	3.8
교사실	41.1	58.9	70.6	21.6	2.0	0.0	5.9	3.9	2.0	21.6	23.5	43.1	5.9
보건실	42.6	57.4	73.1	25.0	0.0	0.0	1.9	3.8	3.8	23.1	23.1	42.3	3.8
식당 및 주방	79.7	20.3	63.3	28.6	0.0	1.0	7.1	7.1	5.1	25.5	19.4	32.7	10.2
화장실	80.6	19.4	79.0	12.0	1.0	0.0	8.0	3.0	3.0	24.0	17.0	36.0	17.0
실내놀이터	40.4	59.6	87.0	8.7	0.0	0.0	4.3	0.0	4.3	17.4	26.1	47.8	4.3
실외놀이터	17.9	82.1	81.0	14.3	0.0	0.0	4.8	0.0	9.5	33.3	14.3	33.3	9.5
강당	58.5	41.5	73.6	23.6	0.0	0.0	2.8	1.4	4.2	26.4	16.7	45.8	5.6
교재제작·자료실	39.3	60.7	71.7	21.7	0.0	0.0	6.5	2.2	0.0	28.3	23.9	39.1	6.5

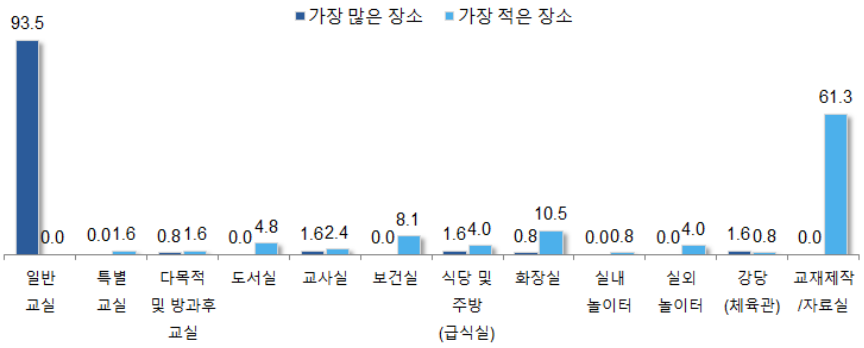
- 초등학교에서 사용 인원이 가장 많은 장소로 '일반 교실'이 56.5%로 가장 높고, 다음으로 '식당 및 주방(급식실)'(27.4%), '강당(체육관)'(12.1%) 등의 순임
- 한편 사용 인원이 가장 적은 장소로는 '교재제작/자료실'이 62.1%로 가장 높고, 그 외 '교사실'(12.9%), '실외놀이터'(5.6%) 등의 순임



[부록 그림 26] 초등학교에서 사용 인원이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소

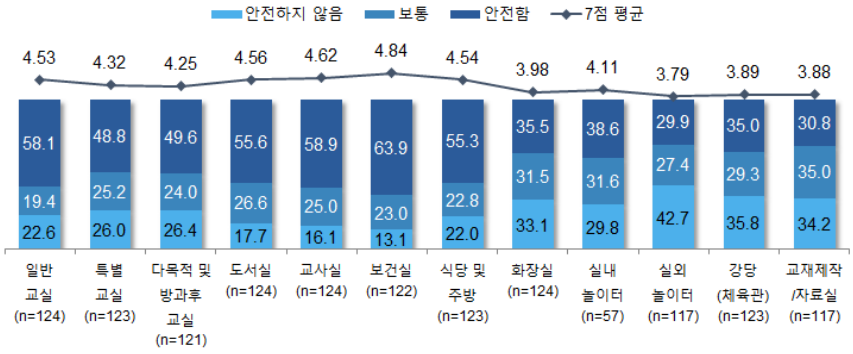
- 초등학교에서 사용 시간이 가장 많은 장소로는 '일반교실'이 93.5%로 높게 나타남

- 한편 사용 시간이 가장 적은 장소로는 '교재제작/자료실'이 61.3%로 가장 높고, 그 외 '화장실'(10.5%), '보건실'(8.1%) 등의 순임



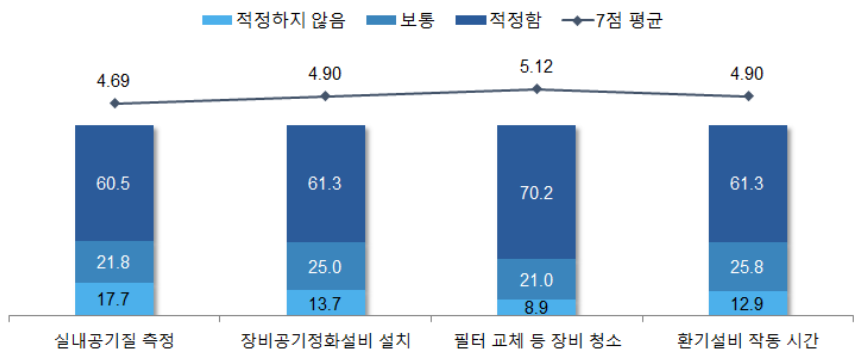
[부록 그림 27] 초등학교에서 사용 시간이 가장 많은 장소와 가장 적은 장소

- 초등학교의 주요 공간별 미세먼지 안전성을 확인한 결과, 7점 평균 기준 '보건실'이 4.84점으로 가장 높고, 다음으로 '교사실'(4.62점), '도서실'(4.56점) 등의 순임. 한편 '실외놀이터(3.79점), '교재제작/자료실'(3.88점), '강당(체육관)'(3.89점) 등은 미세먼지 안전성이 상대적으로 낮은 것으로 평가됨



[부록 그림 28] 초등학교 주요 공간별 미세먼지 안전성

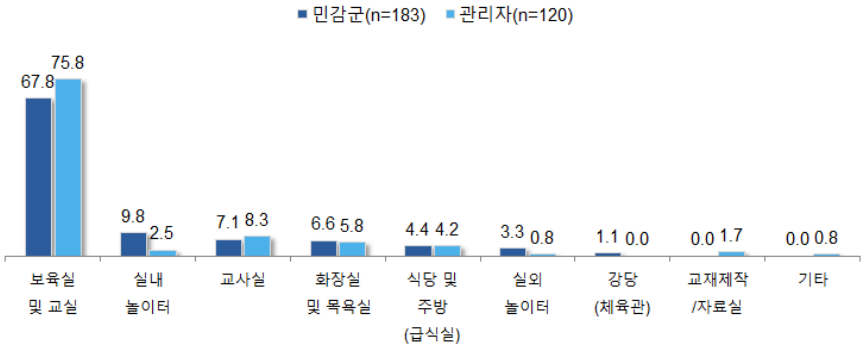
- 초등학교의 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성을 확인한 결과, 7점 평균 기준 '필터 교체 등 장비 청소'의 적정성이 5.12점으로 가장 높고, 다음으로 '장비공기정화설비 설치'(4.90점), '환기설비 작동 시간'(4.90점), '실내공기질 측정'(4.69점) 순으로 나타남



[부록 그림 29] 초등학교 미세먼지 안전을 위한 기계장비(설비) 환경 적정성

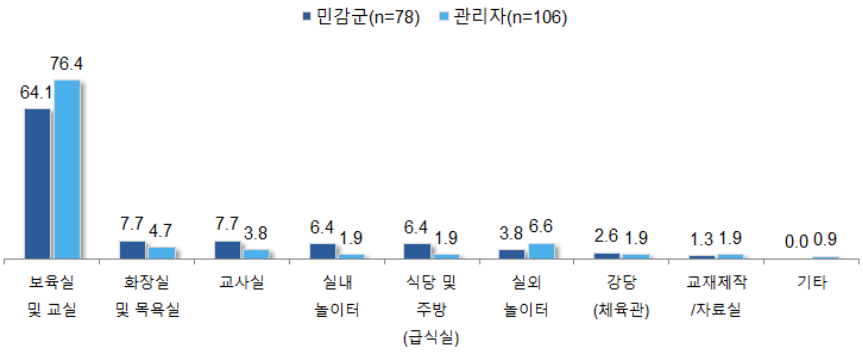
□ 미세먼지에서 가장 안전한 장소

- 어린이집에서 미세먼지에 가장 안전한 장소로는 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 '보육실 및 교실'이 압도적으로 높게 나타남



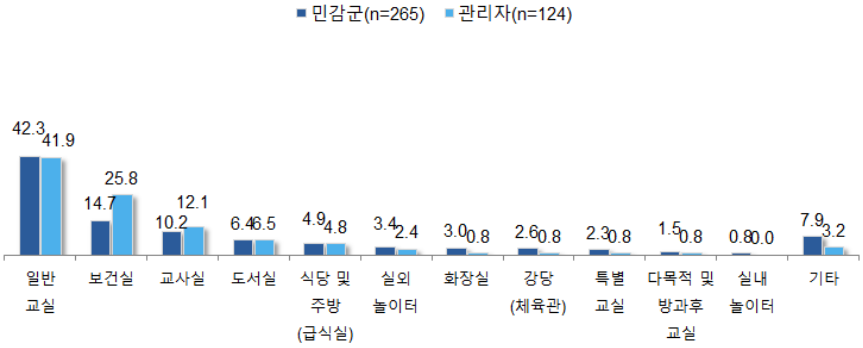
[부록 그림 30] 어린이집에서 미세먼지에 가장 안전한 장소

- 유치원에서 미세먼지에 가장 안전한 장소로는 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 '보육실 및 교실'이 압도적으로 높게 나타남



[부록 그림 31] 유치원에서 미세먼지에 가장 안전한 장소

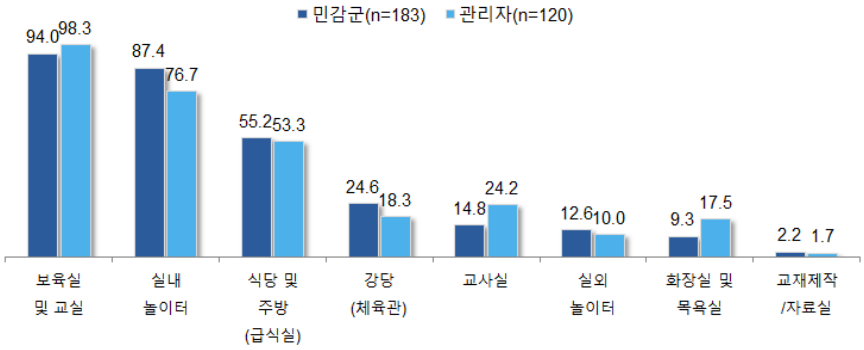
- 초등학교에서 미세먼지에 가장 안전한 장소로는 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '일반교실'이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 '보건실', '교사실' 등의 순임
- 관리자(교사)는 '보건실'의 미세먼지 안전성을 민감군(학부모) 보다 상대적으로 높게 평가함



[부록 그림 32] 초등학교에서 미세먼지에 가장 안전한 장소

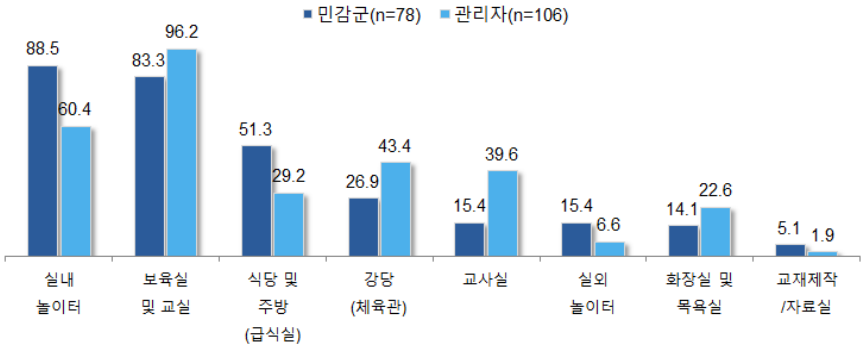
□ 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간

- 어린이집에서 미세먼지 청정구역을 우선 적용해야 하는 공간으로 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '보육실 및 교실'이 가장 높고, 다음으로 '실내놀이터', '식당 및 주방' 등의 순으로 민감군이 주로 사용하는 공간에 대한 요구가 높게 나타남
- 민감군(학부모)은 '실내놀이터', '강당(체육관)' 등 응답이 상대적으로 높은 반면, 관리자(교사)는 '교사실'에 적용해야 한다는 응답이 상대적으로 높게 나타남



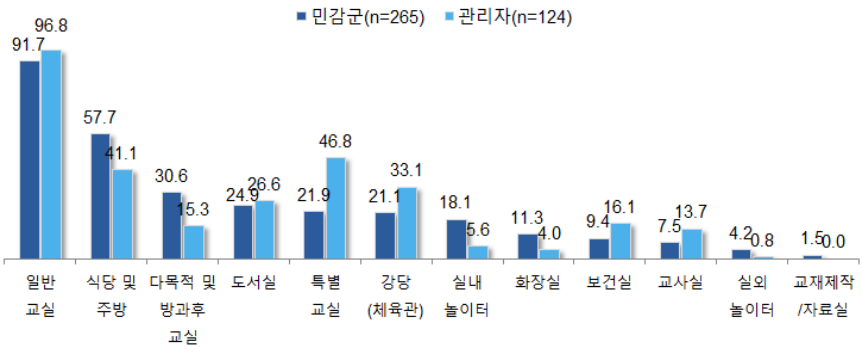
[부록 그림 33] 어린이집에서 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간(종합순위 기준)

- 유치원에서 미세먼지 청정구역으로 우선 적용해야 하는 공간에 대해 민감군(학부모)은 '실내놀이터', '보육실 및 교실', '식당 및 주방' 등의 순으로 나타난 반면, 관리자(교사)는 '보육실 및 교실', '실내놀이터', '강당(체육관)' 등의 순으로 적용해야 한다는 의견임



[부록 그림 34] 유치원에서 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간(종합순위 기준)

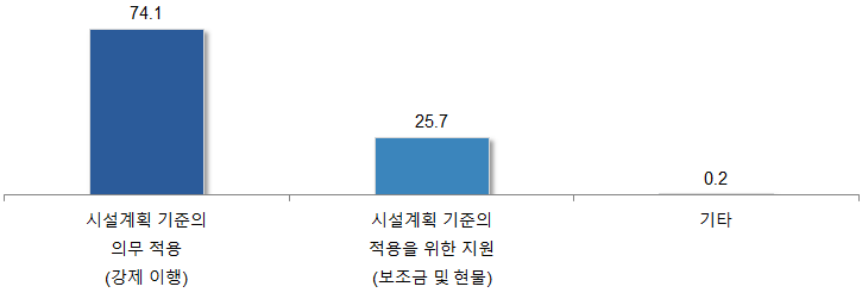
- 초등학교에서 미세먼지 청정구역으로 우선 적용해야 하는 공간에 대해 민감군(학부모)와 관리자(교사) 모두 '일반교실' 응답이 90% 이상으로 가장 높게 나타남
- 그 외 공간에 대해서는 민감군(학부모)은 '식당 및 주방', '다목적 및 방과후 교실', '도서실' 등의 순으로 적용해야 한다는 의견이 높은 반면, 관리자(교사)는 '특별교실', '식당 및 주방', '강당(체육관)' 등의 순으로 나타남



[부록 그림 35] 초등학교에서 미세먼지 청정구역(공간) 우선 적용해야 하는 공간(종합순위 기준)

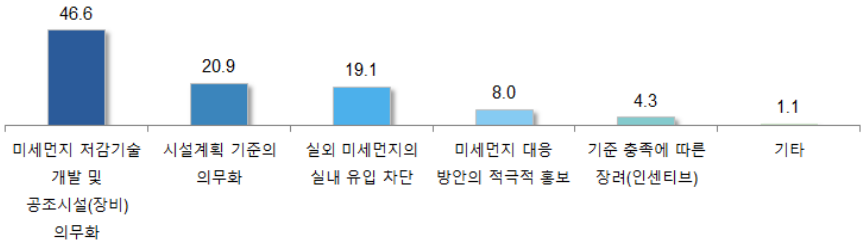
□ 시설계획 기준 정착을 위해 가장 효과적인 방법

- 미세먼지에 안전한 건축물 조성을 위한 시설계획 기준의 조기 정착을 위해 가장 효과적인 방법으로 민감군(학부모)은 '시설계획 기준의 의무 적용(강제 이행)' 74.1%, '시설계획 기준의 적용을 위한 지원(보조금 및 현물)' 25.7%로 응답함



[부록 그림 36] 시설계획 기준 조기 정착을 위한 가장 효과적인 방법

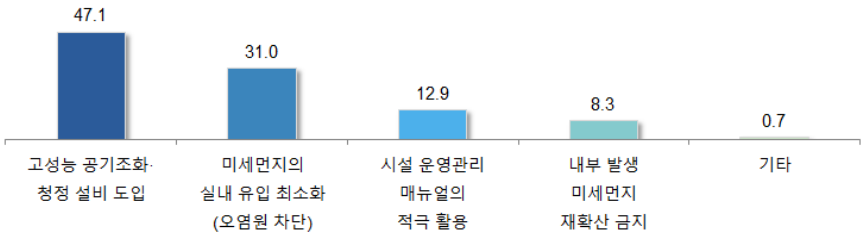
- 미세먼지에 안전한 건축물 조성을 위한 시설계획 기준의 정착을 위한 가장 효과적인 방법에 대해 관리자(교사)에서는 '미세먼지 저감기술 개발 및 공조시설(장비) 의무화' 응답이 46.6%로 가장 높았으며, 다음으로 '시설계획 기준의 의무화'(20.9%), '실외 미세먼지의 실내 유입 차단'(19.1%) 등의 순으로 나타남



[부록 그림 37] 시설기준 정착을 위한 가장 효과적인 방법

□ 미세먼지 저감에 가장 효과적인 방법

- 미세먼지 저감에 가장 효과적인 방법에 대해 민감군(학부모)은 '고성능 공기조화·청정 설비 도입' 응답이 47.1%로 가장 높고, 다음으로 '미세먼지의 실내 유입 최소화(오염원 차단)'(31.0%), '시설 운영관리 매뉴얼의 적극 활용'(12.9%), '내부 발생 미세먼지 재확산 금지'(8.3%) 등의 순으로 나타남

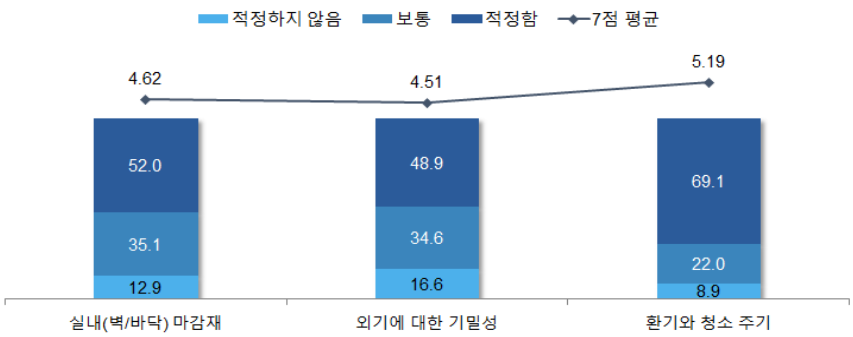


[부록 그림 38] 미세먼지 저감에 가장 효과적인 방법

4) 시설의 운영·관리 방안

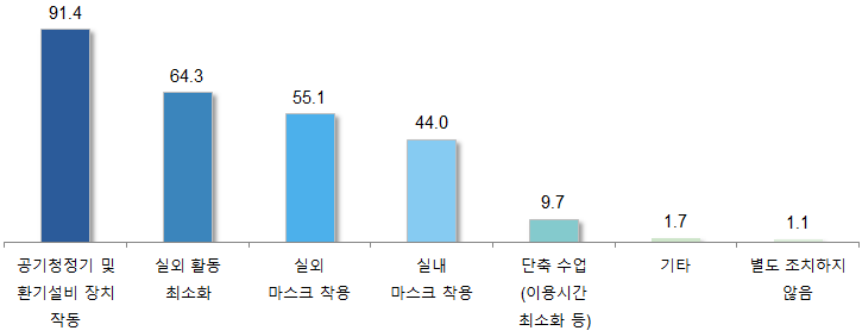
□ 근무 기관의 미세먼지 관리 환경

- 관리자(교사) 근무 시설의 미세먼지 안전을 위한 운영관리 환경에 대해 '환기와 청소 주기'의 적정성이 5.19점으로 가장 높고, 다음으로 '실내(벽/바닥) 마감재'(4.62점), '외기에 대한 기밀성' (4.51점) 순으로 나타남



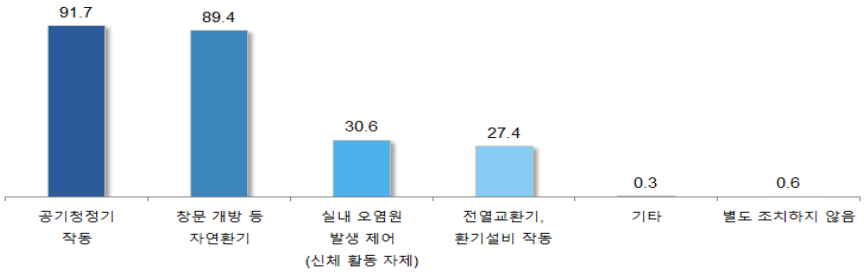
[부록 그림 39] 근무 시설 미세먼지 안전을 위한 운영관리 환경 적정성

- 관리자(교사) 근무 시설의 일상생활 속 미세먼지 관리를 위한 조치로 '공기청정기 및 환기설비 장치 작동'이 91.4%로 가장 높고, 다음으로 '실외 활동 최소화'(64.3%), '실외 마스크 착용'(55.1%), '실내 마스크 착용'(44.0%) 등의 순으로 나타남



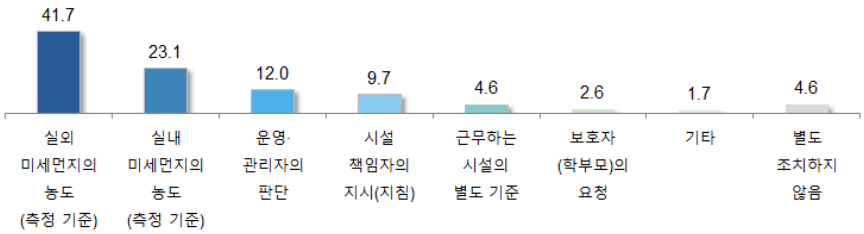
[부록 그림 40] 일상생활 속 미세먼지 관리 위한 조치

- 관리자(교사) 근무 시설의 일상생활 속 실내공기질 관리를 위한 조치로 '공기청정기 작동'이 91.7%, '창문 개방 등 자연환기'가 89.4%로 높게 나타남. 그 외 '실내 오염원 발생 제어(신체 활동 자제)'(30.6%), '전열교환기, 환기설비 작동'(27.4%) 등의 순으로 나타남



[부록 그림 41] 일상생활 속 실내공기질 관리 위한 조치

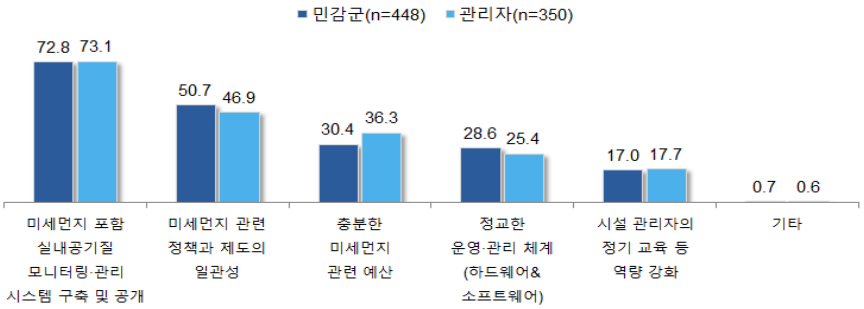
- 관리자(교사) 근무 시설의 일상생활 속 조치의 기준으로 '실외 미세먼지의 농도(측정 기준)'이 41.7%로 가장 높게 나타남. 다음으로 '실내 미세먼지의 농도(측정 기준)'(23.1%), '운영·관리자의 판단'(12.0%), '시설 책임자의 지시(지침)'(9.7%) 등의 순으로 나타남



[부록 그림 42] 일상생활 속 조치의 기준

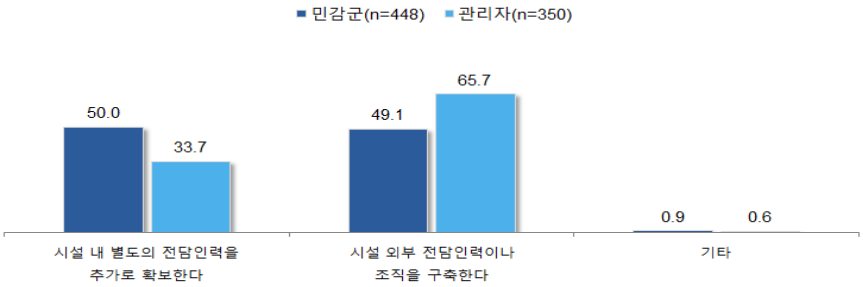
□ 효과적인 미세먼지 관리를 위한 방안

- 미세먼지 안전 건축물 운영·관리 실효성 제고를 위한 방안으로 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '미세먼지 포함 실내공기질 모니터링 관리 시스템 구축 및 공개'가 가장 높고, 다음으로 '미세먼지 관련 정책과 제도의 일관성', '충분한 미세먼지 관련 예산' 등의 순으로 나타남



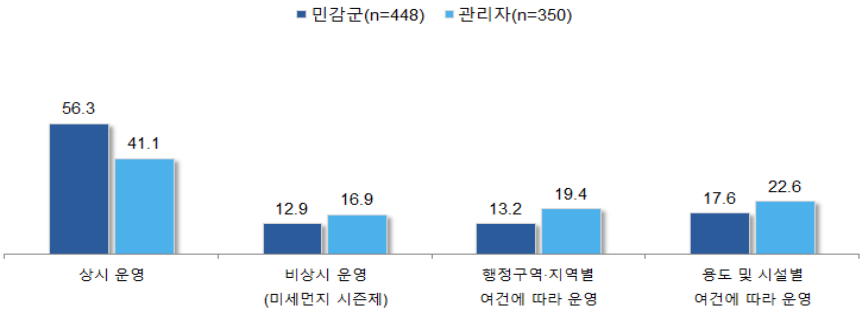
[부록 그림 43] 미세먼지 안전 건축물 운영·관리 실효성 제고 위한 방안(종합순위 기준)

- 효과적인 민감군 시설 미세먼지 전담 운영·관리 체계에 대해 민감군(학부모)은 '시설 내 별도의 전담인력을 추가로 확보한다'가 50.0%로 '시설 외부 전담인력이나 조직을 구축한다'(49.1%) 대비 높은 반면, 관리자(교사)는 '시설 외부 전담인력이나 조직을 구축한다'가 65.7%로 '시설 내 별도의 전담인력을 추가로 확보한다'(33.7%) 보다 높게 나타남



[부록 그림 44] 효과적인 민감군 시설 미세먼지 전담 운영·관리 체계

- 시설 전담 운영·관리 체계에 적합한 운영 방식으로 민감군(학부모)과 관리자(교사) 모두 '상시 운영'이 가장 높고, 다음으로 '용도 및 시설별 여건에 따라 운영', '행정구역·지역별 여건에 따라 운영', '비상시 운영(미세먼지 시즌제)' 순으로 나타남

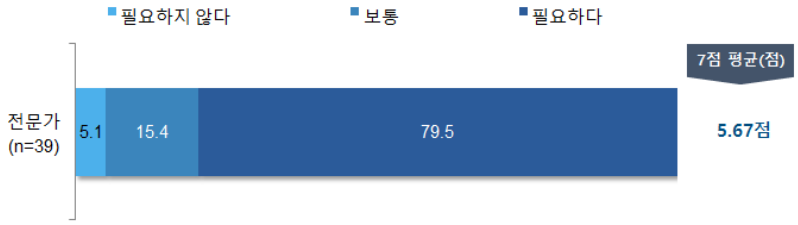


[부록 그림 45] 시설 전담 운영·관리 체계에 적합한 운영 방식

3. 전문가 그룹 설문조사 주요결과 요약

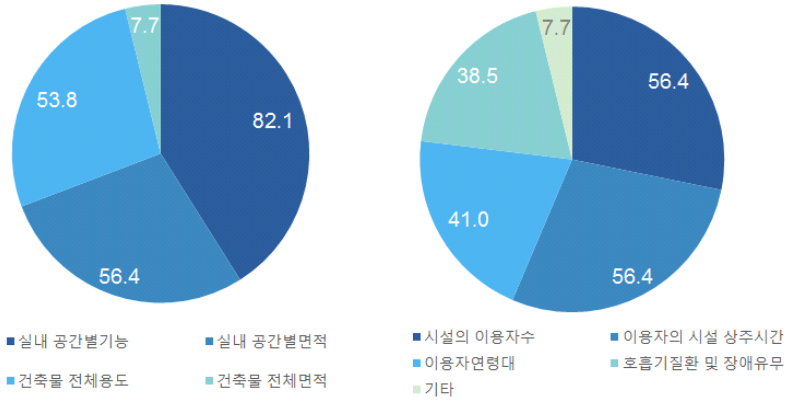
1) 미세먼지 시설계획 기준의 필요성

- 미세먼지 민감군 이용 공공건축물 대상 시설계획 기준의 필요성에 대해서 전문가의 79.5%가 필요하다고 응답하여 시설계획 기준의 도입이 요구됨



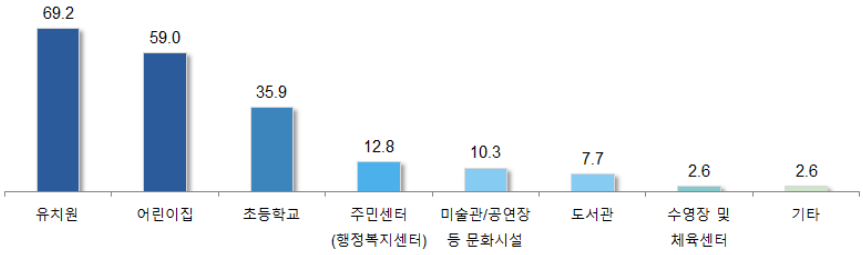
[부록 그림 46] 시설계획 기준의 필요성

- 시설계획 기준의 설정에 있어 중요하게 고려해야 할 이용자 특성(1+2 순위, 200%)으로는 시설의 이용자 수와 이용자의 시설 상주시간이 각각 56.4%로 가장 높게 나타남. 반면, 물리적 특성(1+2 순위, 200%)으로는 실내공간별 기능이라고 응답한 경우가 82.1%로 나타남



[부록 그림 47] 시설계획 기준 설정에 있어 고려해야 할 이용자 및 물리적 특성

- 시설계획 기준의 우선 적용 공공건축물(1+2 순위, 200%)에 대해서는 유치원이 69.2%로 가장 높았으며, 어린이집 59.0%, 초등학교 35.9% 순으로 나타남

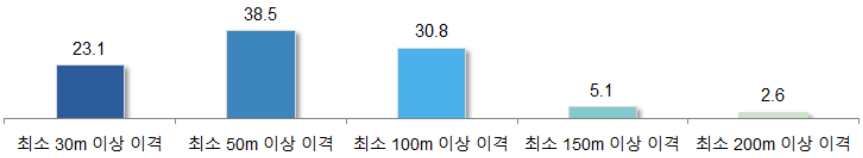


[부록 그림 48] 시설계획 기준 우선 적용 공공건축물

2) 시설계획 기준의 세부 사항

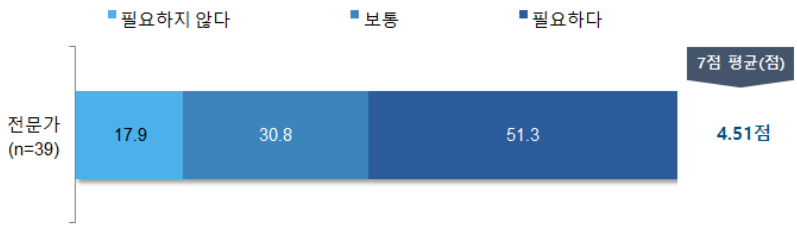
□ 입지 및 외부공간 기준

- 외부 미세먼지 회피 및 유입감소를 위하여 간선도로로 부터의 최소 이격거리는 50m이상 이격하여야 한다는 응답이 38.5%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 최소 100m 이상 30.8%, 최소 30m 이상 23.1% 순으로 나타남

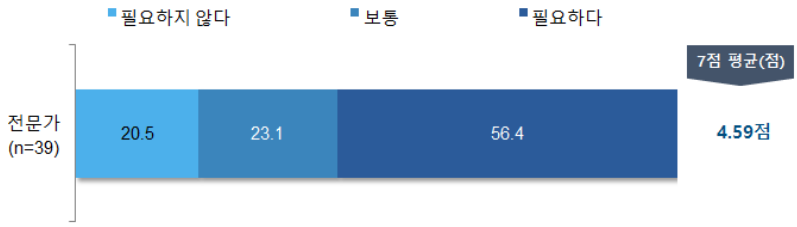


[부록 그림 49] 간선도로로 부터의 최소 이격거리 기준

- 외부 미세먼지 회피 및 유입감소를 위한 복층구조의 식재에 대해서 필요하다는 의견이 51.3%로 나타났으며, 옥외 공기정화시설에 대해서도 필요하다는 의견이 56.4%로 절반을 상회함

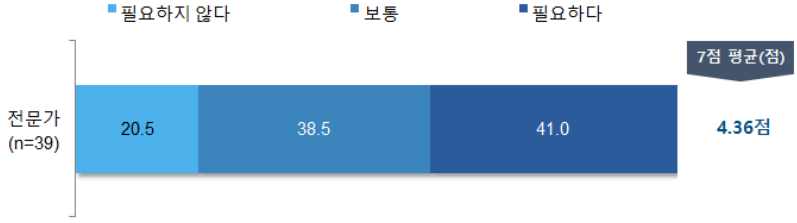


[부록 그림 50] 복층구조의 식재 필요성



[부록 그림 51] 옥외 공기정화시설 필요성

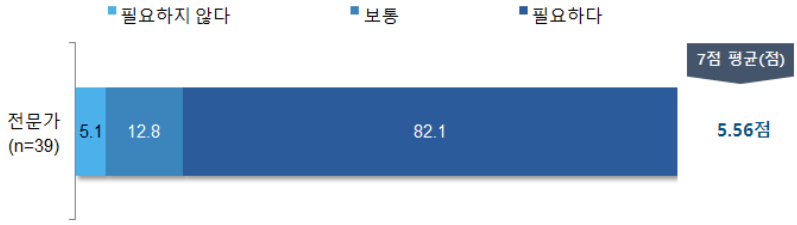
- 외부 미세먼지 회피 및 유입감소를 위한 공기정화식물의 벽면녹화에 대해서는 필요하다는 의견이 41.0%로 나타났으며, 장소에서는 외벽담장 28.2%, 옥내 외부공간 23.1% 순으로 나타남



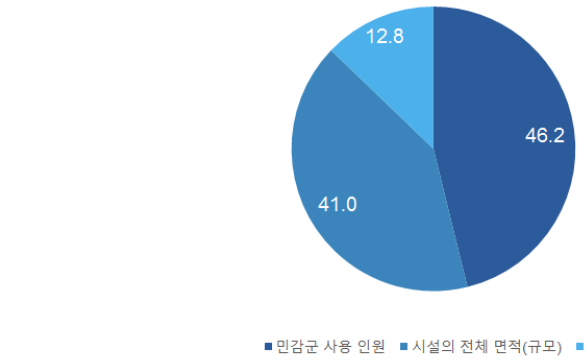
[부록 그림 52] 공기정화식물의 벽면녹화 필요성

□ 조닝 및 면적 기준

- 외부 공간에서 출입하는 공간에 오염된 공기 및 먼지의 유입을 최소화하기 위한 오염공기 완충공간 계획에 대해서는 필요하다는 의견이 82.1%로 높게 나타났으며, 완충공간에 대한 적정 면적 산정을 위한 기준으로는 민감군 사용 인원이라는 응답이 46.2%로 시설의 전체 면적(규모) 41.0%보다 높은 것으로 나타남

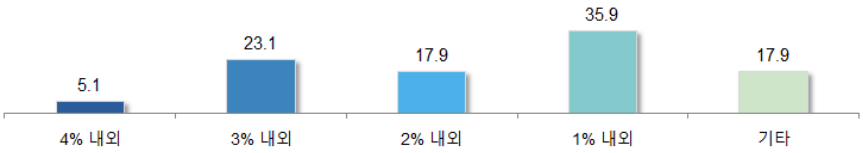


[부록 그림 53] 오염공기 완충공간 계획 필요성



[부록 그림 54] 적정 면적 산정 기준

- 완충공간 계획 시 전체 연면적 대비 비율은 1% 내외라는 응답이 35.9%로 가장 높았으며, 3% 내외 23.1%, 2% 내외 17.9% 순으로 나타남

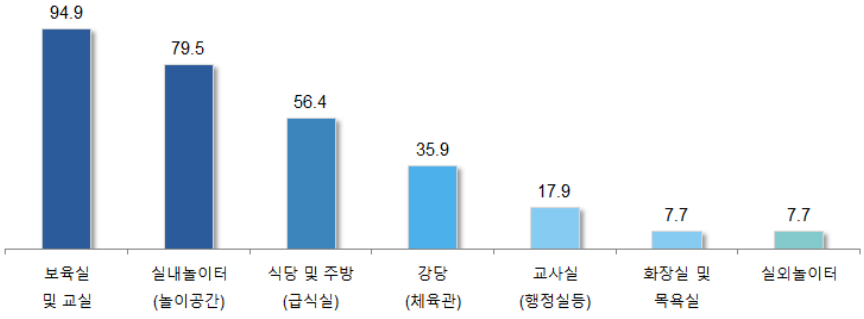


[부록 그림 55] 완충공간에 대한 연면적 대비 적정 면적 비율

- 고농도 미세먼지 발생시 안전한 실내활동을 위한 청정구역(실내공기질 관리구역)에 대해서는 66.7%가 필요하다고 응답함

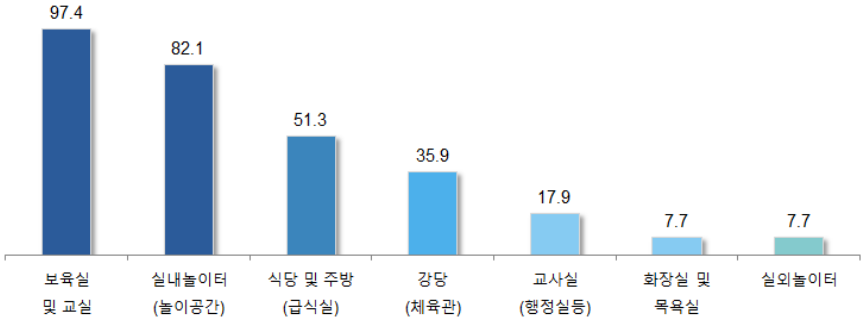
[부록 그림 56] 청정구역의 필요성

- 어린이집에서는 청정구역 우선 적용 공간에 대해서 보육실 및 교실이 94.9%로 가장 높은 비율을 보였으며, 실내놀이터(놀이공간) 79.5%, 식당 및 주방(급식실) 56.4% 순으로 나타남



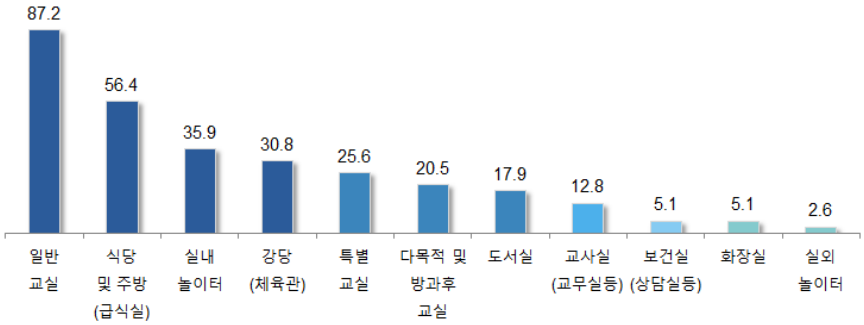
[부록 그림 57] 어린이집 청정구역 우선 적용 공간

- 유치원은 청정구역 우선 적용 공간에 대해서 보육실 및 교실이 97.4%로 가장 높은 비율을 보였으며, 실내놀이터(놀이공간) 82.1%, 식당 및 주방(급식실) 51.3% 순으로 나타남



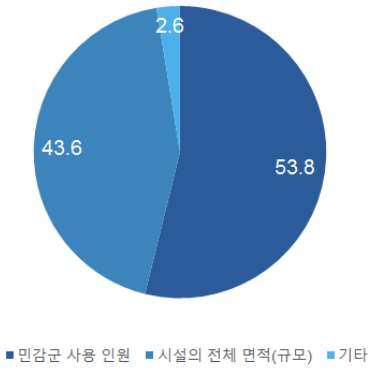
[부록 그림 58] 유치원 청정구역 우선 적용 공간

- 초등학교의 청정구역 우선 적용 공간에 대해서는 일반교실이 87.2%로 가장 높은 비율을 보였으며, 식당 및 주방(급식실) 56.4%, 실내놀이터 35.9%, 강당 30.8% 순으로 나타남



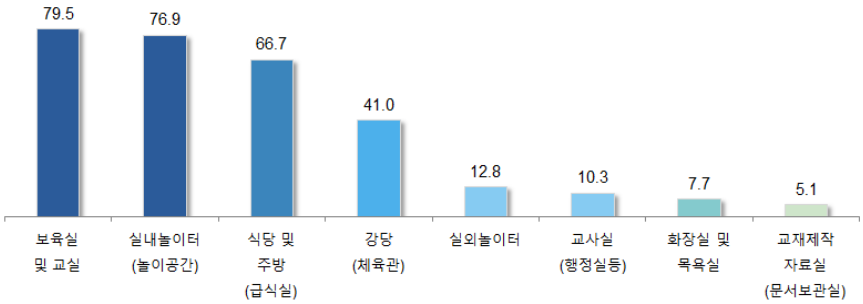
[부록 그림 59] 초등학교 청정구역 우선 적용 공간

- 청정공간에 대한 적정 면적 기준의 산정방식으로는 민감군 사용인원이라는 응답이 53.8%로 나타나 시설의 전체 면적(규모) 43.6%보다 높은 것으로 나타남

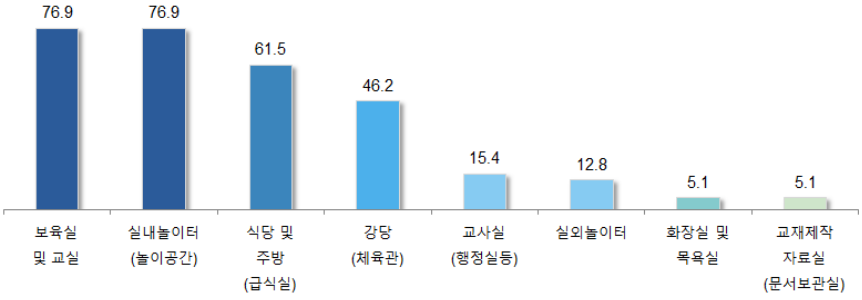


[부록 그림 60] 청정공간 적정 면적 기준의 산정방식

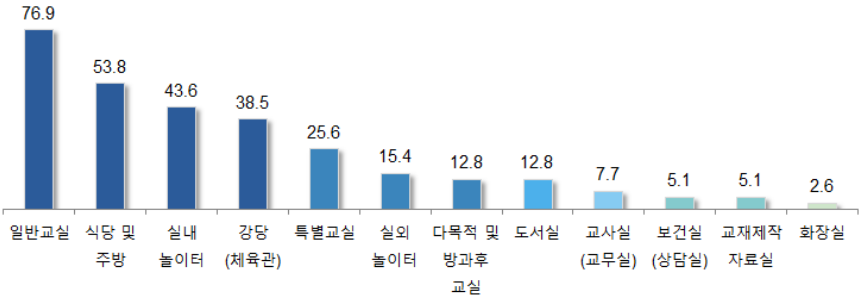
- 청정구역 우선적용 의견을 종합하면, 민감군이 주로 사용하는 공간으로서 머무르는 시간이 긴 공간을 대상으로 사용인원을 고려하여 청정구역 우선적인 적용이 필요한 것으로 확인됨
- 내부 활동으로 인한 미세먼지 재확산 방지를 위한 영역 구분 계획의 필요성에 대해서 필요하다는 의견이 61.5%로 높게 나타남. 어린이집과 유치원의 경우 보육실 및 교실, 초등학교의 경우 일반교실에 대한 의견이 가장 높은 것으로 나타남



[부록 그림 61] 어린이집 영역 구분 우선 순위



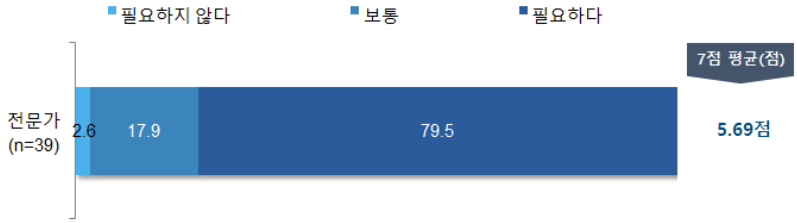
[부록 그림 62] 유치원 영역 구분 우선 순위



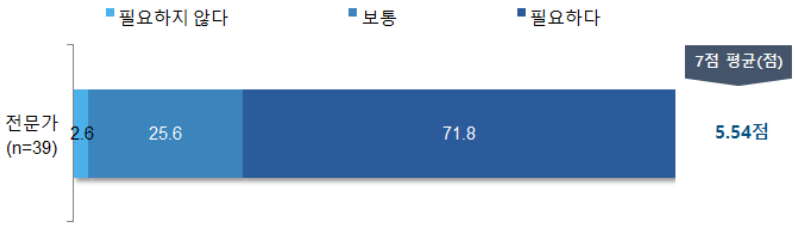
[부록 그림 63] 초등학교 영역 구분 우선 순위

□ 건축물 성능 기준

- 미세먼지 저감 및 실내공기질 관리를 위한 창호 등 자재 성능 기준의 필요성에 대해서는 79.5%가 필요하다고 응답하였으며, 공동주택에 준하는 건축물 에너지절약설계기준의 적용에 대해서도 71.8%가 필요하다고 응답함



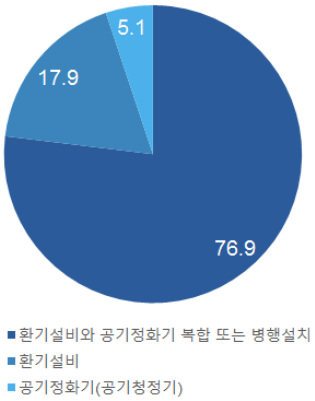
[부록 그림 64] 자재 성능 기준의 필요성



[부록 그림 65] 공동주택에 준하는 기준 적용 필요성

- 보육실 및 교실 등 공간에 대한 세부적인 에너지 효율등급에 대해서는 1등급 이상이 56.4%, 2등급 이상이 33.3%로 높게 나타남
- 실내공기질의 종합관리 측면의 환기설비 및 공기정화기 성능 기준 필요성에 대해서 필요하다는 의견이 87.2%로 높게 나타났으며, 환기설비 및 공기정화기의 복합 또는 병행 설치 의견이 76.9%로 나타남

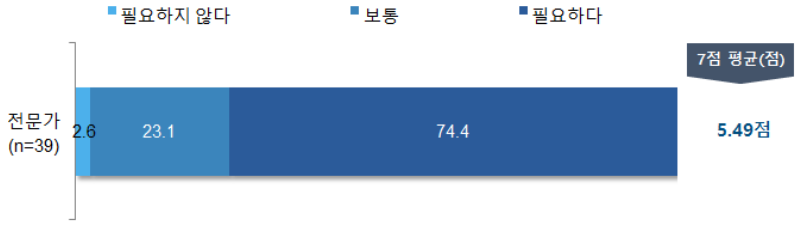
[부록 그림 66] 환기설비 및 공기정화기 성능 기준의 필요성



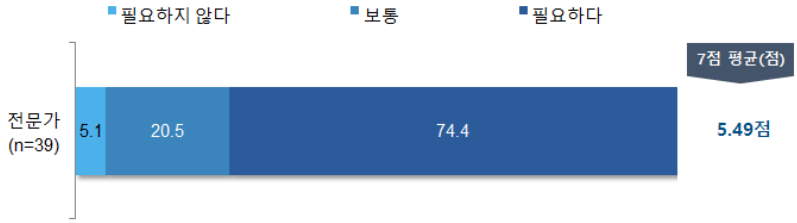
[부록 그림 67] 환기설비 및 공기정화기의 복합 또는 병행 설치 의견

□ 시설 및 운영관리 기준

- 환기 및 공기정화시설의 자동가동시스템 도입과 설비성능 모니터링 시스템 도입에 대해서 각각 74.4%가 필요하다는 의견을 보였으며, 별도의 오염공기 발생 및 재확산 방지계획 방안도 76.9%가 필요하다고 응답함

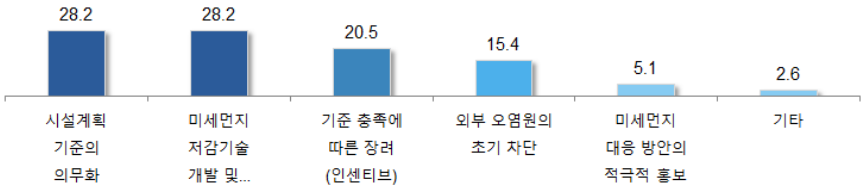


[부록 그림 68] 환기 및 공기정화시설의 자동가동시스템 도입 필요성



[부록 그림 69] 설비성능 모니터링 시스템의 도입 필요성

- 특히, 미세먼지에 안전한 건축물 조성을 위한 시설계획 기준의 정착(제도화)을 위해서 가장 효과적인 방법에 대해서 시설계획 기준의 의무화와 미세먼지 저감기술 개발 및 공조시설(장비) 의무화가 각각 28.2%로 가장 높게 나타나 향후 계획 기준의 의무화와 실내 공조시설의 의무화도 필요할 것으로 예상됨



[부록 그림 70] 시설계획 기준의 정착을 위한 효과적인 방안