

도심 취약건물 및 시설에서 어린이 미세먼지 노출현황

○ 송민경 | 한국자원경제연구소(주)
대표이사
E-Mail : mksong@nrr.re.kr

1. 서론

1970년대 세계 주요 산업 국가들의 에너지 위기로 인해 주거공간과 공공시설물의 설계 및 건축방식이 에너지 보존을 우선적으로 달성하도록 변경되었는데,^{(1)~(4)} 이는 실내공기교환율의 감소를 초래하여 실내오염물질의 농도증가를 야기하고, 이에 대한 건강영향문제가 제시되면서 실내공기질에 대한 관심이 증가하게 되었다. 또한 현대인의 경우 하루 중 85% 이상을 실내공간에서 생활하고 있으며, NIER(1)의 보고에 의하면 최대 95% 이상을 실내공간에서 생활하고 있는 것으로 조사되어 실내공간에서의 생활영역은 점차 확대되고 있는 실정이다. 환경부는 이에 2004년부터 「실내공기질 관리법」(이하 ‘실내공기질법’)을 제정하여 일부 다중이용시설을 대상으로 관리대책을 수립하고 있으며 지속적으로 그 적용대상 범

위 및 시설수를 확대해 나가고 있다.

최근에는 법적용시설을 일반시설과 민감계층 이용시설로 구분하여 일반 다중이용시설에 적용되는 기준에 강화된 기준으로 민감계층이 이용하는 어린이집, 노인요양시설, 산후조리원, 의료기관 등에 적용하고 있다. 이는 법 적용 다중이용시설 중 어린이와 같이 환경유해물질에 대한 저항능력이 낮은 민감계층 집단군이 주로 이용하는 대표적인 시설에 대해 환경부는 해당 시설 이용집단의 특성을 고려하여 오염물질에 대한 노출을 최소화하기 위해 엄격한 실내공기질 관리기준을 적용하고 강화된 기준은 2019년 7월부터 시행될 예정이다(표 1).

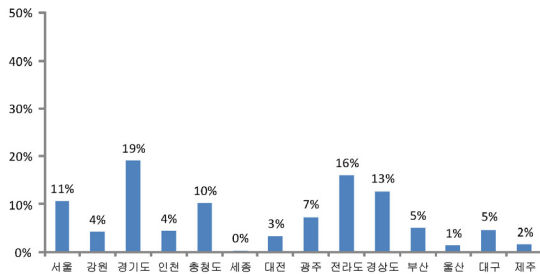
그러나, 어린이가 머무는 시설은 다중이용시설에 포함된 시설 이외에도 다양하며, 다중이용시설에 포함된 시설이라도 일정규모 이하의 소규모시설은 실내공기질법이 적용되지 않아 법적 사각지대가 존재

표 1. 다중이용시설별 미세먼지 항목의 개정내용

시 설 군 별	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	현행	개정	현행	개정
- 민감계층 이용시설(4개) (어린이집, 노인요양시설, 산후조리원, 의료기관)	100 (유지)	75 (유지)	70 (권고)	35 (유지)
- 일반시설(16개) (지하역사, 지하도상가, 철도역사·여객자동차터미널·항만·공항 대합실, 도서관, 박물관, 미술관, 대규모점포, 장례식장, 영화관, 학원, 전시시설, PC방, 목욕장업)	150 (유지)	100 (유지)	-	50 (유지)

한다. 그 중 어린이가 학교 방과 후 이용이 가능한 시설인 ‘지역아동센터’는 실내공기질법 범위에 포함되지 않은 시설 중 하나이다.

지역아동센터는 지역사회 아동의 보호·교육, 건전한 놀이와 오락의 제공, 보호자와 지역사회의 연계 등 아동의 건전육성을 위하여 종합적인 아동복지서비스를 제공하는 시설로 「아동복지법」에 의한 아동복지시설이다.



* 출처 : 지역아동센터중앙지원단(www.icareinfo.go.kr)

그림 1. 전국 지역아동센터 분포율

지역아동센터는 단독주택, 공동주택, 근린생활시설 등에 자유롭게 설치할 수 있기 때문에, 대부분의 시설들이 상가건물 내 입주해 있거나, 단독주택의 형태를 가장 많이 볼 수 있다. 현재 지역아동센터는 전국에 약 4,300개 시설이 분포하고 있다(그림 1). 경기도에 가장 많은 819개가 분포되어 있으며, 전라도(689개) > 경상도(548개) > 서울(457개) 순으로 분포되어 있다. 대다수의 지역아동센터가 하교시간 이후에 집중적으로 어린이들이 몰리고, 저학년과 고학년의 비중에 따라 일부 다르긴 하지만, 대부분 12시부터 9시까지 이용시간이 집중되어 있다. 지역아동센터가 방과 후 돌봄 중심의 과정이 학습과 함께 놀이가 연계되다보니 규모에 따라 차이는 있으나, 20~50명 사이의 인원이 머무는 공간이 대부분이다. 이렇다보니 실내공기질 관리에 취약한 상가건물 내 위치해있는 시설의 경우 건물환경으로 인해 발생하는 요인으로 실내환경이 악화될 우려가 있음에도 불구하고 대부분의 환기는 창을 통한 환기방식에 의존하는 상황이었다(표 2).

표 2. 인천시 소재 내 지역아동센터의 시설현황

번호	공기청정기 유무 (대)	개폐가능창문 유무 (개)	주된 환기방식	번호	공기청정기 유무 (대)	개폐가능창문 유무 (개)	주된 환기방식
1	×	○	자연환기	26	×	○ (1개)	자연환기
2	○ (1대)	○ (6개)	자연환기	27	×	○ (5개)	자연환기
3	×	○ (4개)	자연환기	28	×	○ (6개)	자연,기계
4	○ (3대)	○ (3개)	자연환기	29	○ (1대)	○ (14개)	자연환기
5	○ (1대)	○ (2개)	기계환기	30	×	○ (8개)	자연환기
6	○ (1대)	-	자연,기계	31	×	○ (7개)	자연환기
7	×	○ (9개)	자연환기	32	×	○ (2개)	자연환기
8	×	○ (2개)	자연환기	33	×	○ (2개)	기계환기
9	×	○ (4개)	자연환기	34	×	○ (3개)	기계환기
10	×	○ (5개)	자연환기	35	×	○ (3개)	자연환기
11	×	○ (5개)	자연환기	36	×	○ (19개)	자연환기
12	×	○ (4개)	자연환기	37	×	○ (4개)	자연환기
13	×	○ (27개)	자연환기	38	×	○ (3개)	자연환기
14	×	○ (7개)	자연환기	39	×	○ (1개)	자연환기

번호	공기청정기 유무 (대)	개폐가능창문 유무 (개)	주된 환기방식	번호	공기청정기 유무 (대)	개폐가능창문 유무 (개)	주된 환기방식
15	×	○ (6개)	자연환기	40	○ (1대)	○ (15개)	자연환기
16	×	○ (1개)	기계환기	41	○ (1대)	○ (8개)	자연,기계
17	○ (1대)	○ (4개)	자연환기	42	×	○ (4개)	자연환기
18	×	○ (13개)	자연환기	43	×	○ (8개)	자연환기
19	×	○ (6개)	자연환기	44	×	-	자연환기
20	×	○ (5개)	자연환기	45	×	○ (5개)	자연환기
21	×	○ (2개)	자연,기계	46	×	○ (5개)	자연환기
22	×	○ (4개)	자연환기	47	×	○	자연환기
23	×	○ (4개)	자연환기	48	×	○ (12개)	자연,기계
24	×	○ (10개)	자연환기	49	-	-	자연환기
25	×	○ (4개)	자연환기				

이에 인천시는 지역에 위치하고 있는 지역아동센터 50개소를 대상으로 어린이들이 주로 머무는 시설의 미세먼지를 모니터링하고, 모니터링 결과를 바탕으로 자체관리를 할 수 있도록 시설마다 실내공기질 상태를 모니터링할 수 있는 실시간측정장비를 지급하여 관리에 대한 필요성을 인지할 수 있도록 하였다.

표 3. 시설 주변 환경에 따른 PM2.5 농도의 t-test 결과

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구 분	산술평균	표준편차	p value
주거지역	38.7	22.0	> 0.05
비 주거지역	36.4	15.0	

2. 본 론

2.1 취약시설의 실내공간에서의 오염요소

지역아동센터의 경우 대부분 소재한 위치가 주거 지역에 분포하는 비중이 높고, 대부분 주거지역 내에서도 대로변에 위치해 있는 경우가 많아, 주거지역과 비주거지역의 특성차가 있는지를 확인하기 위해 소재하고 있는 위치의 주변 환경에 따른 PM2.5 농도차를 확인해보았다.

비교한 결과, 주거지역에서의 PM2.5 농도가 $38.7 \pm 22.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 조사되어 비 주거지역에 위치한 주변 환경보다 높은 농도를 나타내는 것으로 조사되었으나, 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 조사되었다($p > 0.05$).

시설별로 위치하고 있는 지역 내의 측정당일의 외기의 농도에 의한 영향이 있었는지에 대한 분석을 위해 조사시설의 외기농도를 분석하였다. 인천광역시 PM2.5 배출량이 많은 것으로 알려진 굴뚝먼지 배출사업장이 가장 많이 밀집되어있는 광역시로,⁽²⁾ 대기의 기상변수로 인한 고농도의 PM2.5 발생가능성을 고려하였을 때,⁽³⁾ 인천광역시는 고농도 PM2.5 발생이 우려되는 지역이라 할 수 있다. 이에 지역아동센터에서의 I/O(Indoor/Outdoor) 농도비 조사를 통한 시설 내 PM2.5의 주요 기여원을 규명하기 위하여, 에어코리아에서 제공하는 실외 PM2.5의 1시간별 농도자료를 활용하였으며⁽⁴⁾, 조사대상 시설 외부의 PM2.5 농도에 대한 신뢰성을 위하여 각 시설별 가장 인근에 위치한 측정소의 측정결과를 활용하는 것을 원칙으로 하였다.

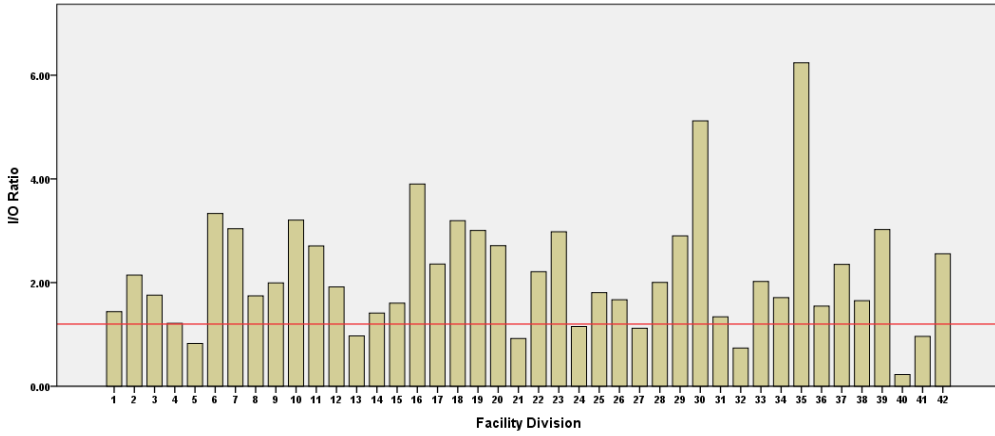
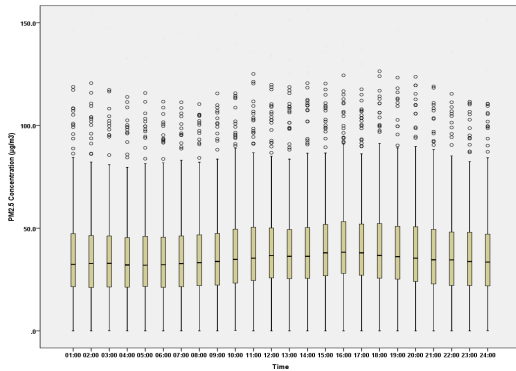
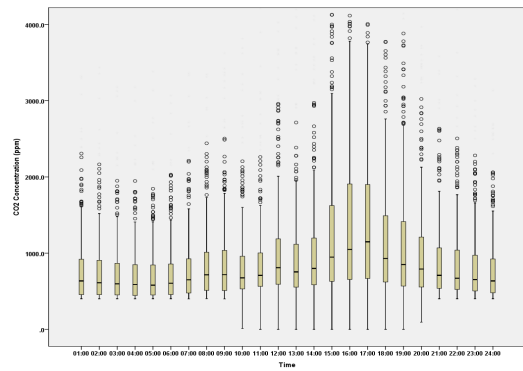


그림 2. 시설별 I/O 비율 분석결과



(a)



(b)

그림 3. 시간대별 (a) PM2.5와 (b) CO2의 농도분포 현황

실내공기오염물질의 지표로 야기될 수 있는 PM2.5와 CO₂의 시간대별 농도분포현황을 분석한 자료에서는 PM2.5와 CO₂ 모두 시간대별 유사한 농도분포 경향을 나타냈으며, 16:00 이후 두 물질 모두 가장 높은 농도를 나타내는 것으로 미루어보아, 초미세먼지는 외부의 환경적 요소보다는 내부에서 기인되는 것이 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있었다. 이러한 결과는 교내 PM10, PM2.5와 CO₂ 간에 유의한 상관관계가 있다고 보고한 기존의 연구결과와⁽⁴⁾

유사한 결과로 나타났다.

이를 종합적으로 판단해본다면 지역별 차이는 있을 수 있지만 조사된 지역에서의 PM2.5의 농도는 실외에 대한 영향보다는 실내요인이 크게 작용하는 것으로 판단되었다. 또한 PM2.5와 CO₂가 유사한 농도분포현황을 나타낸다는 점과 기존의 연구결과를⁽⁶⁾ 바탕으로 본 연구에서는 PM2.5 농도증가의 요인을 외부의 영향이 아닌 재실자의 활동에서 대부분 기인되는 것으로 판단하는 것이 타당할 것으로 보여졌다.

표 4. 시간범주별 조사대상 시설에서 PM2.5 농도의 ANOVA 결과

구분	시간	산술평균	표준편차	p value	사후분석 (Duncan 계수)
평일	새벽	35.8	20.9	< 0.05	a
	오전	37.7	21.6		b
	오후	42.3	22.6		c
	저녁	38.7	21.0		b
주말	새벽	37.4	18.5	> 0.05	
	오전	40.3	20.8		
	오후	38.8	20.3		
	저녁	38.2	20.1		

표 5. 조사대상 시설 내 주방시설의 유무별 PM2.5 농도의 t-test 결과

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	구분	산술평균	표준편차	p value
평일 (운영시간)	주방시설 있음	39.9	22.4	< 0.05
	주방시설 없음	43.1	20.9	
평일 (비 운영시간)	주방시설 있음	37.4	21.4	> 0.05
	주방시설 없음	37.1	16.8	
주말	주방시설 있음	38.8	21.8	> 0.05
	주방시설 없음	38.1	13.3	

재실자의 활동과 운영일자, 주요 머무는 시간 등을 고려하여 보아도 평일 오후(12:00~18:00)시간대에 집중되어 있음을 확인할 수가 있었다.

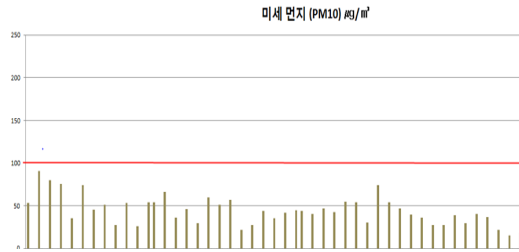
지역아동센터의 대부분은 이용어린이들에게 식사 및 간식을 제공하고 있어서 대상시설 일부는 주방시설을 구비하고 있었다. 간단한 조리가 가능한 공간에서부터 비교적 넓은 면적의 부엌까지 다양한 현황을 확인할 수 있었지만, 대부분의 주방이 있는 시설은 후드가 있어서 조리시에는 후드를 켜고 조리활동을 하는 것으로 파악되었다. 실내에서 미세먼지 등 다량의 실내오염물질을 배출할 수 있는 조리에 대한 영향을 평가하기 위해서 주방시설 유무환경에 따라 초미세먼지의 농도분포를 비교하여 <표 5>로 나타내었다.

조리활동은 실내흡연과 같이 0.014 ~ 0.552 μm 의 크기를 가지는 미세먼지의 주요한 발생원으로 알

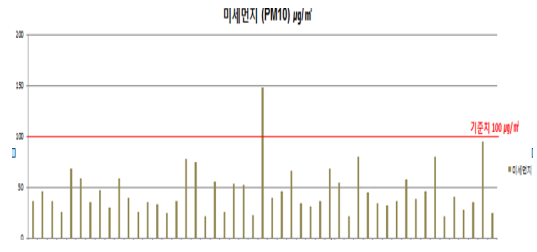
려진 바^{(7),(8)}, 주방시설의 유무에 따라 분석한 결과에 따르면, 주방시설이 있는 곳은 없는 곳에 비해 평일 운영시간에 PM2.5의 농도가 상대적으로 낮고, 이는 통계적으로도 유의한 수준임을 확인할 수가 있었다. 이는 시설에 따라 차이는 있지만 조리과 같은 주방 내 활동이 이루어지는 동안 발생하는 유해물질의 저감을 위해 기계식 환기와 같은 저감활동이 기인된 결과로 판단된다.

2.2 실내공간에서의 오염 제어

최악의 미세먼지로 인해 우리 일상에서 공기청정기는 필수가전제품으로 자리 잡고 있다. 냉장고, 세탁기에 이어 가전제품 구매우선순위목록에 포함되어 2018년 공기청정기 시장은 약 2조원 규모의 시장



(a) 1차 측정 PM10 검출현황



(b) 2차 측정 PM10 검출현황

그림 4. 회차별 지역아동센터 PM10 농도분포 현황

(ebn, '18.3.9)으로 공기청정기를 찾는 소비자는 갈수록 증가하고 있는 추세로, 가정 뿐 아니라 병원, 카페 등 대부분의 실내 공간에서 공기청정기는 어렵지 않게 확인할 수가 있다. 실내공기질법 적용대상시설에 포함되는 어린이집의 경우 2018년 5월 기준으로 약 96%의 공기청정기 보급률을 보이고 있다. 하지만 대상시설 중에서는 약 16%수준임을 확인할 수 있었다.

한국기계연구원의 연구결과에 따르면, 공기청정기 가동으로 실내 미세먼지의 약 60%를 낮출 수 있는 효과를 나타낼 수 있으며, 기존의 공기청정기관련 연구결과에서도 실내공기질 개선에 대한 효과가 입증된 바 있어 기계식 환기시설이 없는 시설에서 공기청정기는 실내공기질 관리를 위한 최소한의 대안이라고 할 수 있다⁹⁾.

그러나, 앞서 제시한 <표 2>에서 확인된 바와 같이, 지역아동센터는 대부분의 공기순환방식이 기계식설비장치가 아닌 자연환기방식이거나, 에어컨과 주방후드환기 등 최소한의 기계방식에 의존하고 있는 시설이 대부분이다. 시설별로 차이는 있지만 창문의 개수도 최소 1개부터 최대 19개가 확인된 시설까지 다양한 현황을 확인할 수가 있었다.

대상시설인 지역아동센터는 비교적 양호한 건물 상태에 있는 시설보다는 상대적으로 오래된 상가건물에 입주해 있는 경우가 많았다. 그럼에도 불구하고 매우 청결한 상태를 유지하기 위해 노력하는 것을 알 수가 있었는데, <그림 4>에서와 같이 실내공기질

공정시험기준에 따라 실시한 오염물질 PM10 측정항목(중량법)에서 기준을 초과하는 시설은 1, 2차 모두 1개 시설밖에는 확인할 수가 없었다.

주방시설이 있는 곳은 반드시 강제환기 시설이 있어야 하는 건축법 상 <표 5>에서 확인한 바, 강제환기 시설장치 만으로도 미세먼지의 저감활동이 일어날 수 있는 결과를 확인되었다. 이는 공급된 외부의 공기의 유량이 아주 적은양이라 할지라도 실내공기질의 개선에 일부 효과가 있음을 말하고 있다.

4. 고 찰

본 저자는 인천광역시청에서 발주하여 2018년 6월부터 2018년 12월까지 비규제시설인 지역아동센터의 실내공기질 관리 실태파악과 취약시설의 지원방안 마련을 위한 사업의 일환으로 실시한 결과를 바탕으로 제언하고자 한다.

지역아동센터 내 평균 PM2.5 농도는 현행 실내공기질 관리법의 PM2.5 관리기준인 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 약 절반에 해당하는 값인 $38.7 \pm 21.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 동일한 기간에서 지역아동센터 시설이용자와 유사한 시설이용 계층을 보유하고 있는 보육시설 내 2015년 가을철 PM2.5 실태조사결과²⁵⁾ $28.0 \pm 10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 비교하였을 때 상대적으로 높은 농도를 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 이는 보육시설이 실내공기질 관리법의 적용대상 시설로 지정되어있다는 점과 공기

청정기 보급률이 약 96%라는 점에서 실내공기질 관리가 매우 잘 이루어지고 있는 반면, 지역아동센터는 비 규제대상시설이라는 점과 시설운영비의 열악함 등으로 인해 실내공기질 관리에 있어 보육시설에 비해서는 상대적으로 미비한 점이 결과에 반영된 것으로 판단된다.

특히, 인천지역은 공장지역이 밀집된 곳이 많이 외기의 영향을 많이 받을 수 있음에 따라 외기농도가 실내에 영향을 미칠 수 있는지 판단하기 위해 I/O 비율을 확인한 결과, I/O 비율은 2.0의 값으로 나타났다, 80% 이상의 시설에 대한 I/O 비율이 1.2를 초과하는 것으로 나타났다.

I/O 비율은 실내공기와 실외공기와의 관계를 평가하는데 활용되는 값으로, I/O 비율이 1.2를 초과할 경우 실내공기질의 농도가 실외보다 높아 평가대상 물질의 발생원이 실내에 있음을 유추할 수 있는 값이며, 0.8 ~ 1.2의 값을 가질 경우 실내공기질 농도와 실외공기질 농도가 평형을 이루고 있다는 것을, 0.8 이하의 값을 가질 경우 발생원이 실외에 있음을 유추할 수 있게 하는 값이다(6),(10),(11). 이를 토대로 조사대상 지역 내 조사시설은 외기의 영향보다는 내부의 발생원이 그 원인임을 유추할 수 있었다.

주변환경에 대한 요인에서도 해당시설을 주거지역과 비주거지역으로 분류하고, 비주거지역은 교통밀집지역과 공장지역으로 세분류했을 때 주변환경으로 인한 농도차는 통계적으로 유의하지 않은 수준으로 조사되었는데($p > 0.05$), 이러한 결과는 I/O 비율 조사결과와 유사한 원인으로 인해 도출된 결과로 판단된다. Deng et al. (2017)에 의하면 실외 PM2.5와 실내 PM2.5와는 유의한 상관관계가 있으며, 실외 PM2.5 발생원에 의해 실내 PM2.5의 농도가 영향을 받는다고 보고되었으나, 본 연구에서는 주변환경과 I/O 비율 조사결과 등이 유의한 수준이 아닌 것으로 미루어 보아 해당시설의 PM2.5 농도증감에 있어 주거지역은 실외가 아닌 실내에서 기인된 영향이 더 큰 것으로 유추할 수 있었다. 실제로 조사대상 지역 아동센터의 대부분이 환기방식에 있어 자연환기를

실시하는 것으로 응답하였으며, 공기청정기 또한 보유하고 있지 않은 것으로 조사되어 이와 같은 결과에 대한 근거를 뒷받침해준다 할 수 있다.

조리시설이 있는 경우 강제환기시설을 구비해야 함을 고려했을 때 조리시설 유무가 지역아동센터간 PM2.5 농도증감에 영향을 미치는지를 보기 위해 분석한 자료에 따르면, 센터의 주 운영시간에서의 PM2.5 농도비교 결과는 주방시설의 영향이 미치지 않는 범위 내에 존재하는 시설의 PM2.5 농도가 영향을 미치는 시설의 PM2.5 농도보다 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 환경부는 조리활동으로 인한 미세먼지 저감을 위해 주방후드 가동 및 환기와 같은 활동을 권고하고 있는데, 본 연구에서는 주방활동시 환기 횟수 등과 같은 정확한 조사는 이뤄지지 못한 점이 있어 정확한 판단을 내리기에는 다소 무리가 있지만 주방후드 가동을 통해 조리활동으로 발생된 미세먼지 뿐만 아니라 조리활동과 관련 없이 발생된 미세먼지도 저감되는 효과가 일부 있을 것으로 판단된다. 시중에 판매되는 환풍기 성능을 고려했을 때 평균 $2\text{m}^3/\text{min}$ 으로 가정한다면, 주방과 화장실에 설치된 환풍기를 15분 가동했을시 110m^3 (구 34평)의 공기를 빨아들일 수 있는 것으로 계산될 수 있다. 제품마다의 성능차이를 고려했을 때 성능이 좋은 제품일수록 가동시간은 더 짧아질 수 있을 것으로 판단된다. 다시 말한다면, 기계식 환기장치가 없는 환경이라도 환풍기를 가동하고 창문을 통해 외부공기를 유입시켜 주는 것만으로도 내부의 공기가 개선될 수도 있다고 판단할 수가 있는 것이다. 실내공기질에 대한 효율적인 관리를 위해 취약시설의 경우 최소한의 장치를 이용하는 것도 대안이 될 수가 있다. 설비장치를 통해서만 개선할 수 있거나 실내공기 오염을 제어하는 것은 아니다. 다만 모든 경우는 청소와 주기적 필터교체가 이뤄진다는 전제가 필요할 것이다.

5. 결론

지역아동센터의 주 이용자는 민감계층 집단 중 하

나인 어린이가 주로 이용하는 대표적인 시설 중 하나이다. 유사한 시설로는 어린이집, 유치원 등이 있지만 해당시설은 실내공기질법 상 관리대상시설로 관리가 매우 철저하게 이뤄지고 있다. 대표적인 아동복지시설인 지역아동센터는 지역에서 어렵지 않게 찾을 수가 있고 저학년, 고학년 연령대를 고려하여 다양한 학습프로그램을 운영하고 있다. 주변환경과는 무관하게 실내에서의 다양한 학습교구 등이 사용되고, 학습활동이 일어나는 환경에서 실내공기 오염물질로 인한 영향은 미세먼지만의 문제만은 아니다. 다양한 상업시설이 운집해 있는 오래된 건축 환경에서는 곰팡이 및 부유세균이 문제가 될 우려가 있고, 미술활동 및 놀이활동 시 사용되는 학습교구로 일시적인 폼알데하이드와 휘발성유기화합물의 농도가 높아질 우려가 있다.

학교와 어린이집, 유치원의 시설과는 달리 관리의 사각지대에 놓여있는 시설의 경우 관리방안 수립은 매우 필요하다. 이 연구에서 조사된 지역아동센터의 실내공기 모니터링에 대한 결과를 요약하자면 다음과 같다.

① PM2.5 농도는 $38.7 \pm 21.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 가을철 보육시설 내 PM2.5를 조사한 환경부(2015)의 연구결과와 비교하였을 때 다소 높은 수준

② PM2.5의 기여원은 실외가 아닌 실내에 있고, 방과 후 시설이용자들이 들어오는 시간대에 집중되어 있는 것은 실내에 있는 재실자의 학습 활동 등이 대부분 영향을 미치고 있음

주환기방식이 주로 자연환기에 의존할 수 밖에 없는 지역아동센터의 경우 외부 공기질이 나쁠 경우 대안으로 환기를 할 수 있는 방법이 거의 전무한 실정이다. 대부분의 이용자가 13세이하인 어린이임을 감안했을 때 효과적인 시설관리가 이뤄져야 함에도 불구하고 그러지 못하고 있는 실정이다. 이에 시설마다의 규모가 크지는 않지만 지역별 분포하고 있고, 시설의 개수가 꾸준히 증가하고 있는 추세를 미루어 본다면 제대로 된 실내공기질 관리 및 공기질 개선을 위한 지원마련이 필요하다. 조사된 모니터링 결과에

서는 실내오염요인이 매우 높은 수준으로 실외의 영향이 크지 않은 것으로 조사되었지만, 기계식환기설비가 전혀 없는 지역아동센터의 경우 자연환기에만 의존하기 때문에 외부의 공기질 영향을 받을 수밖에 없는 것이 현실이다. 이에 공기질에 대한 개선과 시설관리에 대한 최소한의 관리지침으로 다음과 같은 운영방안을 제시하고자 한다.

① 외부 먼지 유입의 최소화

- 출입문 외부에 신발장 배치
- 더스트 매트 사용(가급적 문에 가까운 곳 안쪽과, 신발 벗는 곳 앞에는 비치가 될 수 있도록 하는 것이 좋음)

운영 시간 전 청소 실시

- 창문을 개방한 상태로 청소를 실시하며, 마지막 단계에 젖은 걸레를 이용한 먼지 제거
- 청소 점검표를 이용한 시설 관리(관리의 체계화)
- 충분한 자연 환기 실시
- 개폐가능한 창문 주변의 장애물을 치우고 모든 창문을 개방하여 최대효율로 자연환기 실시
- 실내 공기질 측정기 오염 기준치 초과 시 환기 실시

- 외부 공기질의 상태가 '나쁨'일 경우 최소한의 환기만 실시

공기질 관리기기 필터 관리

- 주방후드, 에어컨의 필터, 공기청정기의 필터의 적정 교체 주기를 확인하여 청소 및 교체를 올바르게 실시 등
- 환기를 전혀 할 수 없는 공간에서 주방 및 화장실 후드는 최소한의 환기 효과를 낼 수 있으므로, 위생적 관리로 2차 오염 및 교차오염이 발생되지 않도록 관리

- 참고문헌 -

1. National Institute of Environmental Research, 2013. "A study of time activity pattern for the analysis of environmental toxicity substance ex-

- posure pathway”, *National Institute of Environmental Research*
2. Gyeonggi Research Institute (GRI), 2018. “Management of facility discharge facilities for fine dust improvement”, *Issues and Diagnosis*, No. 316.
 3. Yang, W. H., 2019. “Changes in air pollutant concentrations due to climate change and the health effect of exposure to particulate matter”, *Health and Welfare Forum*
 4. 에어코리아 ; <https://www.airkorea.or.kr/>
 5. Lazović, I., Jovašević-Stojanović, M., Živković, M. M., Tasic, V., Stevanović, Ž. M., 2015. “PM and CO₂ variability and relationship in different school environments”, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, Vol. 21, No. 1, pp. 179-187.
 6. Deng, G., Li, Z., Wang, Z., Gao, J., Xu, Z., Li, J., Wang, Z., 2017. “Indoor/outdoor relationship of PM_{2.5} concentration in typical buildings with and without air cleaning in Beijing”, *Indoor and Built Environment*, Vol. 26, No. 1, pp. 60-68.
 7. Hussein, T., Glytsos, T., Ondráček, J., Dohányosová, P., Ždímal, V., Hämeri, K., Lazaridis M., Smolík, J., Kulmala, M., 2006. “Particle size characterization and emission rates during indoor activities in a house”, *Atmospheric Environment*, Vol. 40, No. 23, pp. 4285-4307.
 8. Lee, C. M., Park, T. H., Park, S. H., Park, S. J., 2017. “A study on the distribution characteristics of PM₁₀ and PM_{2.5} in indoor air in an elderly activity space in Yeongwol county”, *Journal of Odor and Indoor Environment*, Vol. 16, No. 3, pp. 211-217.
 9. Ciuzas, D., Prasauskas, T., Krugly, E., Jurelionis, A., Seduikyte, L., Martuzevicius, D., 2016. “Indoor air quality management by combined ventilation and air cleaning: An experimental study”, *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 16, pp. 2550-2559.
 10. Colome, S., Kada, N., Jaques, P., Kleinman, M., “Indoor-outdoor air pollution relations; particulate matter less than 10mm in aerodynamic diameter(PM₁₀) in homes of asthmatics. *Atmospheric Environment*, Vol. 26, No. 12, pp. 2173-2178.
 11. Ye, B., Ji, X., Yang, H., Yao, X., Chan, C. K., Cadle, S. H., Chan, T., Mulawa, P. A., 2003. “Concentration and chemical composition of PM_{2.5} in Shanghai for a 1-year period. *Atmospheric Environment*, Vol. 37, No. 4, pp. 499-510.
 12. Ministry of Environment (ME), 2014. “Indoor particulate matter management manual”, *Ministry of Environment*.