

아파트에서 환기장치와 공기청정기의 미세먼지 저감 실증 사례

○ 노 광 철 | 광주공기산업 전문위원,
에어랩 대표
E-mail : creative@c-airlab.com

1. 서론

2010년 이후 100세대 이상의 아파트에는 환기장치를 설치하는 것이 의무화되었다. 일반적인 아파트에서는 환기에 의한 에너지소비를 줄이기 위하여 최소 환기량인 0.5회/h 를 만족하는 수준에서 환기량을 결정하거나 1종 환기장치로서 전열교환기를 사용한다. 이러한 전열교환기에는 외부에서 유입되는 미세먼지 농도를 줄이기 위하여 에어필터가 설치되고 유입 공기는 에어필터의 효율만큼 미세먼지가 제거된 후 실내로 공급된다.

Noh and Hwang (2010)의 연구에 의하면, 요구되는 환기량과 에어필터의 최소 효율등급은 각각 0.5회/h, MERV11인 것으로 나타났다. 이때의 침기량이 0.25회/h 인 경우로서 최근에 지어진 고기밀도 아파트에 해당된다. MERV11의 필터를 사용하면 아파트에서 단 순하게 밀폐된 경우와 동일한 미세먼지 농도가 유지 되기 때문에 그야말로 최소 기준이 되는 것이다.

일반 주택의 경우, 거주자의 수가 제한적이고 요리활동 외 미세먼지가 다량으로 발생하는 경우가 거의 없기 때문에 실내 농도는 실외 농도의 약 65% 정도로 알려져 있다. 그래서 MERV11 성능의 에어필터를 환기장치에 설치하면 실내외 먼지 농도비 (Indoor to outdoor ratio of particulate concentration)가 0.6 ~ 0.65로 나타나게 된다. 따라서 환기

장치에 에어필터를 설치하여 실제적인 이득, 즉 $IOR < 0.5$ 를 얻기 위해서는 MERV11보다 높은 성능의 에어필터가 설치되어야 한다.

가정용 공기청정기는 일반적으로 MERV15등급 이상의 에어필터가 사용되는 것으로 알려져 있다. 이는 0.3~1.0 μm 크기의 입자를 평균적으로 85~95% 제거하는 성능을 갖는 것으로 준 HEPA의 성능을 갖는 고성능 에어필터가 사용된다. 그리고 23평형 공기청정기의 경우 약 10 m^3/min (600 m^3/h) 의 청정화능력을 갖고 있어 해당 풍량은 약 14 m^3/min 일 것으로 예상된다. 이에 반해, 아파트 환기장치의 최소 환기량은 0.5회/h 이기 때문에 34평형 아파트의 실면적을 약 85 m^2 으로 가정한다면 약 2 m^3/min (120 m^3/h)의 풍량을 갖는 것이 일반적이다.

실내 공간에서 미세먼지를 제거한 깨끗한 공기를 공급하는 능력을 나타내는 지표로서 청정화능력 (CADR, Clean Air Delivery Rate)이 사용되고 있고 청정화능력은 풍량과 에어필터 효율에 비례하는 지표이다. 공기청정기의 청정화능력은 아파트 면적에 정량화되어 있는 반면, 환기장치는 그러한 기준을 갖추고 있지 않다.

본 고에서는 아파트 환기장치의 미세먼지 저감에 대한 실태조사를 통하여 아파트 환기장치가 갖는 미세먼지 저감 성능을 파악해 보고자 한다. 아파트에서 미세먼지를 제거하는데 있어서 환기장치와 공

표 1. 실내 공기질 관리대상 공동주택

구 분	개 념	규 모
아 파 트	주택으로 쓰이는 층수가 5개층 이상인 주택	100세대 이상
연립주택	주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적(지하주차장 면적은 제외한다) 합계가 660제곱미터를 초과하고, 층수가 4개층 이하인 주택	
기 숙 사	학교 또는 공장 등의 학생 또는 종업원 등을 위하여 쓰는 것으로서 공동취사 등을 할 수 있는 구조를 갖추되, 독립된 주거의 형태를 갖추지 아니한 것(「교육기본법」 제27조제2항에 따른 학생복지주택을 포함한다)	

기청정기의 효용성에 대해서 비교해 보고 운전비용 대비 효과를 분석하여 많은 일반 소비자들과 전문가들에게 현재 환기장치에 대한 실태 정보를 전달하여 미세먼지 저감 활동과 향후 환기장치 및 공기청정기의 연구개발에 도움이 되고자 한다.

2. 신축 공동주택 공기질 기준

다음은 환경부 법정교육교재 “다중이용시설 등의 실내공기질관리”에 제시된 신축공동주택 실내 공기질 기준이다.

2.1 개요 및 도입취지

- (1) 100세대 이상 신축 공동주택의 시공자는 주민 입주 전 실내공기질을 측정하여, 그 결과를 입주 3일전까지 시장·군수·구청장에게 제출하고 주민입주 3일전부터 60일간 공고하도록 의무화.
- (2) 새집증후군으로 인한 건강피해 예방을 위해 신축 공동주택의 시공자에게 실내공기질 측정·공고의무를 부여하여 입주자에게 실내공기질의 오염현황을 알리고 친환경 건축자재 사용을 유도하기 위함.

2.2 적용 대상

건축법 제2조 제2항 제2호에 따른 공동주택 중

아파트, 연립주택 및 기숙사가 해당(법 제3조)

2.3 측정 물질 및 방법

- (1) “새집증후군” 유발물질인 폼알데하이드, 휘발성유기화합물(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스티렌) 등 총 6종
- (2) 실내공기질은 공정시험기준에 따라 100세대의 경우 3개의 측정장소를 그리고 초과하는 100세대마다 1개의 측정장소 추가
예시) 측정대상세대가 250세대일 경우 :
3개소(100세대) + 1개소(추가 100세대당) = 총 4개소
- (3) 신축 공동주택 실내공기질 권고기준 설정·관리(시행규칙) : 30분 이상 환기, 5시간 밀폐 후 실내공기질 측정

표 2. 공동주택 실내 공기질 권고기준

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

측정항목 \ 구 분	권 고 기 준	비고
폼알데하이드	210 이하	
벤젠	30 이하	
톨루엔	1,000 이하	
에틸벤젠	360 이하	
자일렌	700 이하	
스티렌	300 이하	
라 돈	200 Bq/m^3 이하	

3. 주택 환기방식

3.1 자연 환기

자연환기는 건물의 내부와 외부의 온도차에 의한 정압차이나 풍압에 의해 건물의 외벽체에 위치하는 개구부를 통하여 기류이동이 발생하는 현상이다. 자연환기는 외기의 풍속, 풍향 및 온도에 의해 크게 영향을 받으므로 실내의 필요 환기량을 일정하게 유지시키는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 이러한 인자들의 영향으로 인해 건물의 외벽체에 설치된 급기구와 배기구의 기능이 바뀔 수도 있다.

자연환기 만으로는 실내로 도입되는 환기량을 제어할 수 없으므로 외기의 오염물질을 여과하기 위해 공기여과기를 설치할 경우, 유동저항이 증가되어 환기효율이 감소된다. 이를 극복하기 위해서 건물 내에 위치한 내벽체를 최소화 하거나 통풍력을 적극적으로 활용할 수 있도록 건물을 배치해야 한다. 이러한 조치를 취하더라도 기후의존성이 증가하여 기후변화에 무관하게 필요 외기량을 도입하는 것이 불가능하므로 실내구조가 복잡한 경우에는 강제환기와 병용하여 환기를 수행하도록 권장한다.

3.2 기계 환기

실내공기를 강제적으로 배출시키거나 필요 환기량을 정확하게 급기할 수 있도록 건물의 외벽체 부근에 급기 혹은 배기팬을 설치하여 운전하는 환기방식이다. 기계환기의 장점은 환기풍량의 제어가

가능하다는 것이다. 또한 기계환기는 신선공기를 유입하고 오염된 실내공기를 배출하기 위해 다중 실로 구획된 대형 공동주택에 냉난방 시스템과 환기설비가 동시에 설치된 경우, 실내에서 배기되는 공기로부터 열을 회수하기 위해 폐열회수용 환기유닛을 설치하고 실내로 공급되는 신선 공기량을 조절할 수 있는 기능을 보유해야 한다. 기계환기 시스템은 실내 필요 환기량을 공급하기 위해 최적으로 설계되어야 하며, 이때 공동주택 규모에 따른 운전비용, 초기투자 비용을 충분히 검토하여 저에너지 시스템을 구성해야 한다. 실내에서 요구되는 압력조건에 따라 팬의 설치개소는 그림 1과 같이 구분한다.

- 제 1종 환기방식 : 급기팬과 배기팬에 의한 환기방식
- 제 2종 환기방식 : 급기팬과 자연 배기구에 의한 환기방식
- 제 3종 환기방식 : 배기팬과 자연 급기구에 의한 환기방식

3.3 하이브리드 환기

자연 및 기계환기 설비를 적절히 조화시켜 환기 성능과 실내공기환경을 효과적으로 유지하면서 건물 에너지소비량을 최소화할 수 있는 혼합형환기방식(하이브리드 환기방식:hybrid ventilation system)이 최근 다양하게 개발 및 보급되고 있다.

하이브리드 환기방식은 일반적으로 환기와 냉난방이 동시에 요구되는 건물에 대한 에너지절약적인 접근방법의 하나로 주로 사무소용 건물에 활용되어

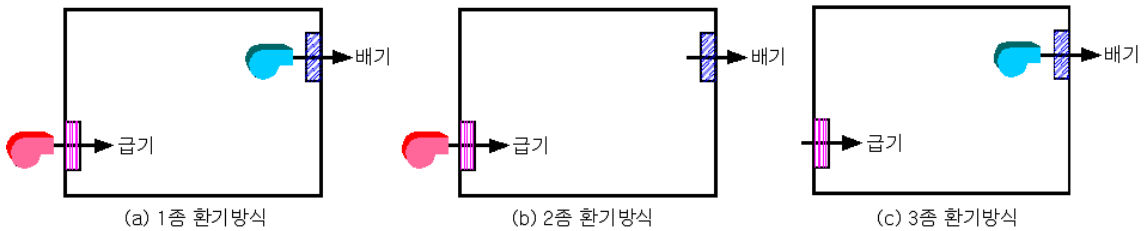


그림 1. 환기방식의 종류

오던 환기방법이다. 이는 비교적 오랜 기간에 걸쳐서 도출된 환기개념으로 최근 주거용 건물에 적용하기 시작되면서 재실자들에게 쾌적한 실내공기환경을 제공해주는 것뿐만 아니라, 에너지절약적인 측면에서도 적극적으로 검토되고 있는 환기방식이라고 할 수 있다. 이러한 하이브리드 환기방식은 운용적인 측면에서 자연환기와 기계환기 방식이 독립적으로 운용(change over)되느냐 또는 동시운용(concurrent)되느냐에 따라 구분되기도 하는데, 적용 원리와 방법에 따라 크게 3가지로 대별할 수 있다.

가. 자연환기 + 기계환기방식

자연 및 기계환기의 적절한 전환에 초점이 맞추어진 것으로 중간기에는 자연환기 설비를 적용하고, 하계와 동계에는 기계환기설비를 활용할 수 있도록 계획된 환기방식이다. 또한, 재실자의 수가 증가하였을 때에는 기계환기설비를, 하계의 야간 냉각(night cooling)을 위해서는 자연환기를 선택적으로 사용할 수 있도록 되어 있다.

나. 자연환기 + 보조팬 환기방식

배기 및 급기를 위한 보조팬을 자연환기와 결합한 것으로 저압의 보조팬을 이용하여 자연환기의 구동력이 약하거나 환기량을 늘려야 할 기간에 환기량을 적절히 증대할 수 있는 방식이다.

다. 연돌효과 + 기계환기방식

자연환기의 구동력을 최대한 유효하게 활용하는 기계환기설비에 근거를 두고 있으며, 자연환기의 구동력이 필요환기량의 일부를 담당할 수 있도록 조절이 가능한 방식이다.

3.4 환기방식에 의한 미세먼지 저감

아파트에서 환기를 통해 미세먼지를 저감하기 위해서는 환기장치에 에어필터가 설치되어 있어야 한다. 에어필터는 외부에서 유입되는 급기부에 설치되어야 외부에서 유입되거나 내부에서 순환되어 재유입되는 미세먼지를 제거할 수 있다. 앞서서도 설명한 바와 같이 자연환기는 에어필터를 설치할 경우, 유동저항이 증가되어 환기효율이 감소된다.

기계환기 중에서 1종과 2종 환기방식은 급기부에 에어필터를 설치하여 외부 유입 미세먼지를 일부 제거할 수 있는 반면, 3종 환기는 일반적으로 공기가 유입되는 위치에 에어필터를 설치할 수 없어 미세먼지가 걸러질 수 없다. 하이브리드 환기방식도 채택되는 기계환기 방식이 1종과 2종은 미세먼지 제거에 유효하지만 3종 방식이 채택된 경우에는 미세먼지 제거에 효과적이지 않을 수 있다.

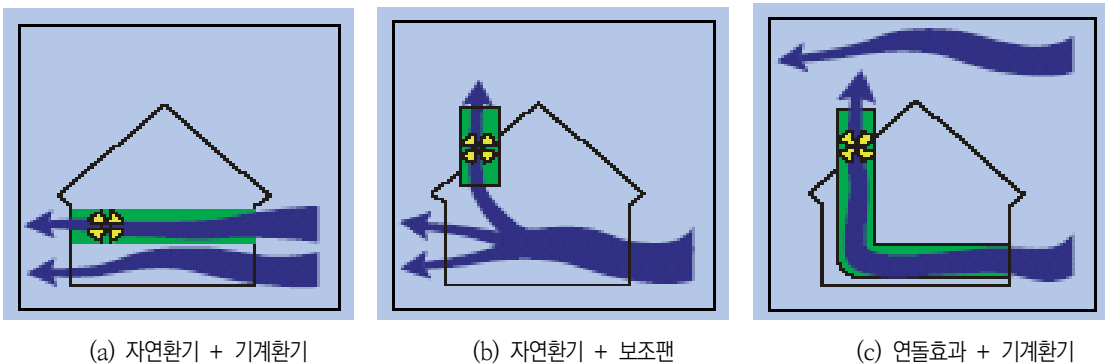


그림 2. 하이브리드 환기방식

4. 아파트 미세먼지 저감 실증 사례

4.1 사례 조사 대상 및 방법

본 연구에서는 광주 소재 아파트에서 공기청정기와 환기장치에 의한 미세먼지 저감 사례를 분석하였다. 2013년 이후 지어진 아파트 9가구를 대상으로 측정이 진행 되었으며 25평과 33평형 세대였다. 환기방식은 1종과 2종, 3종이었고 환기장치는 주로 베란다에 설치되어 덕트로 실내에 연결되어 있었다. 1

종과 2종 환기장치에는 에어필터가 설치되어 있어 실외 공기 유입 시 미세먼지 저감 효과가 있을 것으로 예상되었지만 3종 환기장치는 따로 유입구가 없었기 때문에 실제 미세먼지 제거 효과에 대해 의문이 들었다.

환기장치의 풍량과 환기장치에 장착된 에어필터의 성능을 확인하기 위해서 후드 풍량계과 미세먼지 계측기를 사용하였다. 베란다 등의 외부 공간에서 미세먼지 농도(GRIMM사)를 측정하여 실외 미세먼지 농도로 가정하였고 후드풍량계에서 토출되



(a) 1종 환기장치 예



(b) 급기구 예

그림 3. 환기장치 예



(a) 후드 풍량계



(b) 미세먼지 계측기

그림 4. 풍량 및 미세먼지 농도 측정

는 미세먼지 농도를 측정하여 에어필터를 통과한 후의 미세먼지 농도로 설정하였다. 실외 농도와 디퓨저 토출 농도 비를 이용하여 환기장치의 미세먼지 제거효율을 계산하였다. 그림 4는 미세먼지 계측기와 디퓨저에서 토출 풍량을 측정한 예이다. 환기장치의 소비전력은 통신 기능이 있는 전력계를 사용하여 환기장치 운전시 실시간으로 소비전력을 모니터링하였으며 강, 중, 약에 대한 소비전력을 모두 측정하였다.

공기청정기는 L사의 26평형 모델을 사용하여 실내공간에서 미세먼지 감소량을 측정하였다. 그림 5는 실험에 사용한 공기청정기의 소비전력에 따른 청정화능력을 보여준다. 본 실험에서는 2단(11평, 16W)과 3단(17평, 27W)을 사용해서 미세먼지 저감 성능을 살펴보았다.

실내 공간에서 미세먼지 농도의 저감 측정하는 위치는 거실 중앙이었고 이는 환기장치와 공기청정기 모두 동일하였다. 측정 공간을 거실로 한정하는 이유는 대부분의 세대에서 환기용 디퓨저가 거실에는 모두 설치가 되어 있지만 방에는 설치된 곳과 설치되지 않은 곳이 모두 존재하기 때문이었다.

미세먼지 저감 측정 실험에 사용된 분진은 대기진이었다. 미세먼지 저감 성능을 측정하기 위해서

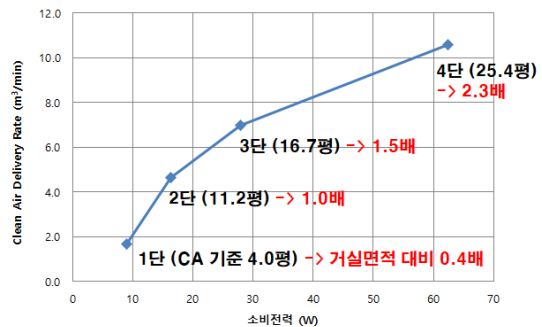


그림 5. 실험용 공기청정기 소비전력에 따른 청정화능력

초기 30분간 환기를 실시하여 대기진이 실내로 충분히 유입되도록 하였으며 실내의 미세먼지 농도가 동일하게 된 조건을 확인하여 미세먼지 농도를 측정하였다. 환기장치는 60분간 운전하면서 미세먼지 농도 감소량을 분석하였으며 공기청정기는 30분 동안 운전한 후 미세먼지 감소량을 측정하여 결과를 분석하였다.

표 3은 2016년 서울에 있는 아파트에서 조사된 미세먼지 실내외 농도비를 보여준다. 실내외 농도비를 조사한 결과 PM10과 PM2.5 모두 약 0.65의 값을 보이는 것으로 나타났다.

표 3. 서울에 있는 아파트에서 조사된 미세먼지 실내외 농도비

N	Home Type	Home Age (yr)	Floor Number	Home Size (m ²)	IOR for PM10	IOR for PM2.5
1	Low-rise	20+	1	90	0.68	0.55
2	High-rise	4	25	84	0.49	0.48
3	High-rise	7	18	60	0.86	0.81
4	High-rise	13	19	85	0.52	0.5
5	High-rise	13	4	121	0.49	0.64
6	High-rise	4	25	84	0.53	0.48
7	High-rise	15	2	60	0.56	0.57
8	High-rise	21	5	75	0.71	0.61
9	High-rise	26	8	117	0.78	0.82
10	High-rise	26	15	85	0.67	0.69

N	Home Type	Home Age (yr)	Floor Number	Home Size (m ²)	IOR for PM10	IOR for PM2.5
11	High-rise	17	1	50	0.89	0.81
12	High-rise	17	6	50	0.86	0.84
13	Low-rise	20+	3	100	1	0.91
14	High-rise	2	14	85	0.79	0.77
15	High-rise	38	9	87	0.92	0.79
16	High-rise	2	11	51	0.21	0.34

표 4. 환기 장치에 의한 PM2.5 저감성능(필터효율, 효용성, 비용-효과)

환기장치	소비전력 (w)	필터효율(%)		단순밀폐	운전모드	효용성 (1시간)	비용-효과	종
		0.3 μ m	PM2.5					
A	207	42.99	52.11	0.65	0.54	0.11	0.53	1
B	60	53.45	69.84	0.65	0.61	0.06	1	2
C	-	77.4	81.1	0.65	0.69	-0.29	-	3
D	140	45.84	40.97	0.65	0.62	0.04	0.29	1
E	40	28.85	30.22	0.65	0.62	-0.04	-1	1
F	-	36.93	39.47	0.65	0.62	0.03	-	1
G	45	31.33	42.9	0.65	0.62	0.03	0.67	1
H	100	82.19	92.22	0.65	0.45	0.2	2	1
I	112	80.95	88.96	0.65	0.39	0.26	2.32	1
평균	100.57	53.33	59.75	0.65 \ominus	0.61 \ominus	0.04	0.83	

아파트 환기장치에 의한 미세먼지 저감 효용성을 알아보기 위해서 실내의 농도비를 활용하였다. 환기장치가 설치되지 않은 아파트에서의 실내의 농도비와 환기장치가 운전되었을 때 실내의 농도비 차를 활용하여 환기장치에 의한 미세먼지 저감효과를 분석하였다.

그리고 많은 독자들과 전문가들이 궁금해 하는 환기장치와 공기청정기의 미세먼지 저감 능력을 비교하기 위하여 운전비용(kW) 대비 효과(효용성)을 도입하였다. 운전비용 대비 효용성은 효용성을 운전비용으로 나눈 값으로 단위전력당 미세먼지 제거 효과라는 의미를 갖는다.

4.2 환기장치에 의한 미세먼지 저감 성능

표 4는 환기장치의 소비전력, 필터효율, 미세먼지 저감 효용성, 운전비용 대비 효과에 대한 분석 결과를 요약한 것이다. 소비전력은 강모드로 운전하였을 때의 값을 보여주고 있으며 2곳은 측정이 되지 않은 곳이다. 필터효율은 PM2.5에 대해서 약 60%의 저감효율을 나타내었다. 풍량은 환기방식에 따라 차이가 있으나 1종 환기의 경우 80~170 m³/h 로 다양하게 측정되었다.

환기장치에 의한 PM2.5 저감 효용성은 평균적으로 0.04의 값으로 조사되었다. 단순 밀폐한 아파트

의 실내외 농도비가 0.65라고 한다면 환기장치를 가동했을 때 측정 대상 아파트들의 평균 효율성은 0.61이 된다. 이는 환기장치를 통한 미세먼지 저감 이득은 매우 낮다는 것을 의미한다. 특히 3종 환기가 채용된 아파트는 효율성이 -0.29로 나타나서 환기장치를 운전하면 실내 PM2.5 농도가 증가되는 것으로 조사되었다. 3종 환기장치는 실외 미세먼지가 실내 유입될 때 에어필터를 거치지 않고 유입되기 때문인 것으로 판단된다. 이는 이전의 여러 국내외 논문에서 제시된 서브마이크론 입자의 침투효율(penetration efficiency)이 약 90% 라는 내용과 일치하는 것이라서 결과에 신빙성을 더한다고 볼 수 있다.

표 4에서 제시된 PM2.5 저감 효율성이 창문을 통한 자연환기 후 1시간 동안 측정된 결과이지만 외부 농도가 일정한 수준에서 30~40 분이 지나면 실내 미세먼지 농도가 안정화 되기 때문에 의미가 있다고 볼 수 있다.

환기장치의 운전비용 대비 효율성은 평균적으로 0.83의 값을 갖는다. 소비전력 100W를 투입하였을 때 0.083의 이득이 있고, 아파트를 단순 밀폐하였을 때(환기장치 비가동)와 비교하였을 때 미세먼지 저감 효과가 크지 않다는 것을 의미한다.

4.3 환기장치에 의한 미세먼지 저감 성능

표 5는 환기장치가 설치된 아파트에서 L사의 공기청정기를 중모드와 약모드로 운전하였을 때 거실에서 PM2.5 저감 성능을 보여준다. 공기청정기는 30분만 운전하여 효율성과 운전비용 대비 효과를 분석하였다. 창문을 열고 환기를 시킨 후 실내의 미세먼지 농도가 동일하게 된 시점에서 공기청정기를 30분만 가동하여도 초기농도의 약 75%를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 1시간 동안 가동한다면 초기농도의 90%를 제거하여 실내외 미세먼지 농도비를 0.1 수준으로 맞출 수 있을 것이 예상되었다.

단순 밀폐 대비 공기청정기 운전 효율성은 30분만에 약 0.41 이 되는 것으로 나타나서 공기청정기의 미세먼지 제거효과는 탁월한 것으로 판단된다. 특히 환기장치는 1시간 평균 0.04의 효율성을 갖는 반면 공기청정기는 30분 평균 효율성이 환기장치의 10배가 되기 때문에 매우 의미 있는 값이라고 판단된다. 만약 1시간 동안의 효율성을 비교한다면 공기청정기가 환기장치에 비해 15배 이상 높은 값이 도출되었을 것으로 예상된다.

표 5. 공기청정기에 의한 PM2.5 저감성능(효율성, 비용-효과)

공기청정기	소비전력(W)	단순밀폐	운전모드	효율성(30분)	비용-효과
A	29	0.65	0.39	0.26	8.97
B	21	0.65	0.39	0.26	12.38
C	29	0.65	0.16	0.49	-
D	17	0.65	0.22	0.43	25.29
E	17	0.65	0.2	0.45	26.47
F	17	0.65	0.3	0.35	-
G	21	0.65	0.24	0.41	19.52
H	21	0.65	0.13	0.52	24.8
I	29	0.65	0.17	0.48	16.55
평균	22.33	0.65	0.24	0.41	19.14

4.4 운전비용 대비 PM2.5 저감 효용성

공기청정기의 운전비용 대비 효용성은 평균 19.14의 값으로 조사되었다. 이는 소비전력 100 W (또는 10 W)를 투입하였을 때 약 2 (또는 0.2)의 이득이 있다는 것을 의미한다. 이는 미세먼지(PM2.5)를 제거하는데 있어서 공기청정기가 환기장치에 비해 최소 23배 이상의 비용-효과가 우수한 것임을 의미한다.

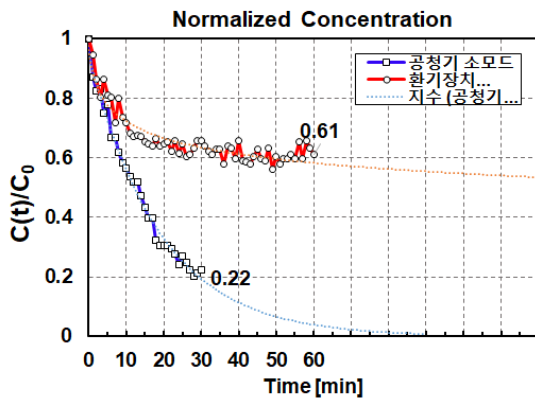


그림 6. 공기청정기와 환기장치의 PM2.5 저감 효과 비교 사례 (소비전력 : 환기장치 140W, 공기청정기 17W)

그림 6은 실외 농도가 일정하게 유지된 조건에서 실내 PM2.5 저감 효과를 측정된 사례이다. 공기청정기의 소비전력은 17W 이었고 환기장치 소비전력은 140W이 었다. 환기장치는 60분 동안 초기 PM2.5 농도의 약 40%를 제거하는데 그친 반면 공기청정기는 60분 동안 약 90% 이상을 제거할 수 있는 것으로 나타났다. 그림 7은 그림 6과 동일한 아파트에서 측정 분석된 운전비용 대비 효용성을 보여준다. 공기청정기가 약모드로 운전되고 30분간 측정된 결과에서도 환기장치에 비해 약 25배 높은 운전비용 대비 효용성을 갖는 것으로 나타났다.

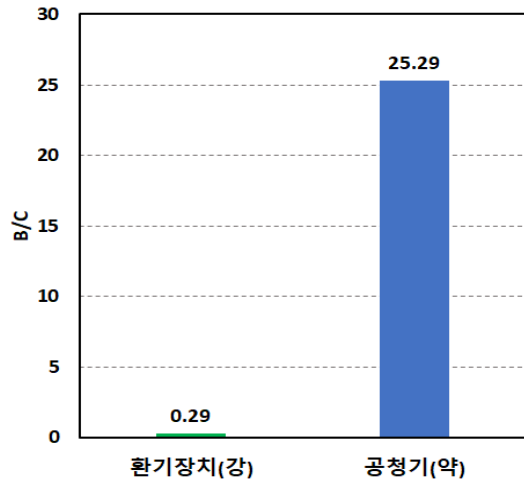


그림 7. 공기청정기와 환기장치의 운전비용 대비 PM2.5 저감 효용성 비교 사례

4.5 라돈과 폼알데하이드 농도 측정 결과

표 6은 실태조사에 참여한 아파트 세대 중 일부에서 5시간 이상 환기를 하지 않은 상태에서 라돈과 폼알데하이드 농도를 측정된 결과이다. 완공된 지 1년이 안된 아파트(가 세대)를 제외한 대부분의 아파트에서 국내 기준치를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 라돈의 경우 겨울철, 3일 이상의 측정 조건에서 도출된 결과가 아니기 때문에 정확한 값이라고 볼 수는 없으나 주기적으로 환기를 한다면 지하공간과 일부 주택을 제외한 일반 아파트에서의 라돈 농도는 높지 않을 것으로 판단되었다.

또한 표 2에서 보는 바와 같이 폼알데하이드와 TVOC의 일부는 신축 공동주택 공기질 기준에서 관리되고 있고 친환경 건축자재에 대한 규제가 강화됨에 따라 아파트 실내 공기질에서 큰 문제로 대두되지 않을 것으로 판단된다. 표 6에서와 같은 높은 폼알데하이드 농도 사례는 환기장치 풍량, 아파트 주변 여건 등을 고려하였을 때 입주자가 설치한 가구에 의한 영향이 아닌가 추정된다.

표 6. 아파트 라돈 및 폼알데하이드 농도 측정 결과

장 소	라돈(Bq/m ³)		폼알데하이드(μg/m ³)	
	방	거실	방	거실
가 (2017.9월 완공)	55	78	991	1140
나	44	56	0	20
다	65	64	61	40
라	31	57	0	150
마	29	55	100	180
바	46	53	110	60
신축공동주택	200		210	
국내 다중이용시설기준	148		100	
WHO 기준	100		100	

신축 공동주택
기준치 약
5배 초과

5. 맺음말

최근 주택 미세먼지 이슈가 대두되고 국민들의 관심사가 높아지면서 미세먼지 국가전략프로젝트 사업이 수행되고 있고 많은 관련 정책들이 만들어지고 있다. 국민들의 알권리를 위해 언론들은 수많은 정보를 전달하고 있고 관련 전문가들은 나름대로 전문지식을 쏟아 내고 있는 실정이다. 이와 더불어 공기청정기, 환기장치, 공기살균기 등 미세먼지를 제거하는 장치를 판매하는 기업들은 이익이 되는 방향으로 정보를 양산하고 있다.

이러한 정보의 혼란 속에 어려움을 겪는 것은 일반 소비자들이다. 전문가들도 본인의 전공과 관련된 관심분야에 초점을 맞추어 미세먼지 문제를 들여다 보기 때문에 올바른 해답을 내놓지 못하고 있다. 본 사례 조사는 많은 일반인들과 소수의 전문가들에게 올바른 정보를 제공하기 위해 시작되었다. 최

근 사이버 공간과 언론에서 이슈가 되고 있는 미세먼지 제거에 있어서 효과적인 생활보호제품(공기청정기, 환기장치, 레인지후드 등)이 무엇인지에 대한 길잡이로서의 역할이 필요한 시점이었기 때문이다.

사례에 조사에서 보는 바와 같이 주택에서 미세먼지를 제거하는데 있어서 효과적인 장치는 공기청정기이다. 물론 환기장치가 미세먼지를 제거하는데 무용한 것은 아니지만 비용 대비 효과 측면을 고려한다면 미세먼지를 제거하는데 공기청정기만한 제품이 없는 것은 사실이다. 학교에서도 지하역사에서도 교통시설에서도 미세먼지를 제거하는데 있어서는 공기청정기가 매우 효과적이다. 그러나, 공기청정기는 실내에 존재할 수 있는 가스상 오염물질을 제거하는데 한계가 분명히 있고 사람과 연소활동에 의해 발생하는 이산화탄소를 제거하지도 못한다.

이에 반해 환기장치는 가스상 오염물질과 이산화탄소 농도를 희석할 수 있으며 거주자에게 필요한

산소를 공급하는데 매우 중요한 역할을 하는 장치이다. 건물을 지을 때 기본이 되는 설비이며 대기 미세먼지가 높지 않거나 거주 밀도가 높지 않은 경우에는 환기장치만으로도 미세먼지를 제거하는데 효과적으로 사용할 수 있다. 그러나, 한국을 비롯하여 중국과 같이 미세먼지가 높은 국가들은 환기장치만으로 미세먼지를 제어하는 것은 매우 어려운 작업이다.

현 시점에서 과학기술은 분명한 한계를 가지고 있다. 기술적 한계를 의미하기 보다는 경제적인 한계로서 고비용 때문에 장치를 사용하지 않는 경우가 많다. 환기장치와 공기청정기가 그러한 경우이다. 환기장치를 이용하여 미세먼지 제거하는데 공기청정기 수준의 효과를 보려면 고풍량에 의한 에너지비용 증가, 고성능 에어필터 채용에 의한 초기 및 유지 비용 증가가 예상된다. 반대로 공기청정기로 가스상 물질과 이산화탄소 농도를 희석하고 산소를 발생시켜 환기장치와 같은 역할을 하게 하려면 소비자들은 많은 비용을 지불해야 할 것이다.

경제적인 한계가 분명한 기술들을 가지고 만능이라고 말하는 전문가들은 문제가 있다. 오히려 기술들을 조화롭게 사용해서 거주자가 건강하고 경제적으로 살 수 있도록 만들어 주는 것이 전문가들로서

의 진정한 역할이 아닐까 생각해 본다.

현재의 기술로는 미세먼지 제거에 있어서 공기청정기가 좋고 산소공급이나 가스상 물질의 희석에는 환기장치가 좋다. 더 이상의 불필요한 논쟁은 하지 말고 4차 산업혁명이 가미된 조화기술을 추구하는 시대로 변해가야만 한다.

- 참고문헌 -

1. Noh, K.C. and Hwang, J. (2010). The Effect of Ventilation Rate and Filter Performance on Indoor Particle Concentration and Fan Power. *Indoor Built Environ.* 19: 444~452.
2. 환경부. 다중이용시설 등의 실내공기질관리. 2015.
3. 한화택. 저에너지 친환경 공동주택 - 환기시스템. 2012.
4. 김상우, 황청하, 한방우, 노광철. (2018). 아파트에서 공기청정기와 환기장치의 미세먼지 저감 사례 분석, 한국입자에어로졸학회.
5. Noh, K.C. and Yook, S.J. (2016). Evaluation of Clean Air Delivery Rates and Operating Cost Effectiveness for Room Air Cleaner and Ventilation System in a Small Lecture Room. *Energy and Buildings*, 119, 111~118.