

다중이용시설에 적용되는 환기설비 유지관리방안

본 고는 선진국에서 제정하여 사용하고 있는 환기설비의 유지관리기준의 내용을 정리하여 소개하고 국내에서 환기설비의 유지관리를 위해 활용하는 방안을 관련 분야의 엔지니어들에게 제시하기 위해 작성되었다.

머리말

선진국에서는 2000년대 후반부터 건축물 내부에서 발생하는 열부하 및 환경부하(오염물질)가 재실자의 건강에 미치는 악영향을 방지하기 위해 환기설비를 포함한 공기조화시스템의 관리기준을 제정하여 운영하고 있다. 특히, 다양한 사람들이 이용하는 다중이용시설(상업용 건물)은 공기조화시스템의 능력을 높이고 쾌적한 온열감과 청정한 실내공기질을 유지하기 위해 필요한 공조시스템의 구성품에 대한 유지관리 및 검사요건 등 다양한 기준을 제정하여 운영하고 있다.

환기설비에 관련된 국내 현황을 살펴보면 다중이용시설의 실내공기질을 양호하게 유지하기 위해 중앙 각 부처(환경부, 국토교통부, 보건복지부, 교육자원부 및 고용노동부)는 환기설비의 설계, 설치 및 유지관리에 관련된 기준을 제시하고 있다.

다중이용시설에서 실내공기질을 양호하게 유지하는 것은 국민건강 증진에 기여하기 위함이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 설계, 시공 및 유지단계에서 엔지니어링 관련 기술을 적용하고 있으나 실내공기질을 양호하게 유지하기 위한 체계적인 방법론이 제시되지 않고 있다. 즉, 실내공기질을 양호하게 유지하기 위한 주요 구성품은 공

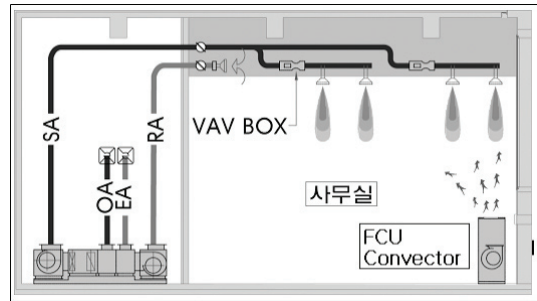
권용일

신흥대학 건축설비과
yikwon@shc.ac.kr

기여과기이며 이 구성품이 설치됨으로 인해 추가적인 에너지손실이 발생하게 된다. 미국의 경우, 최적화된 공기여과기를 설치·운전할 때 친환경건물인증제도(LEED)의 평가항목에서 NAFA(National Air Filtration Association)¹⁻²⁾가 제시한 방법으로 생애주기를 필수적으로 평가하도록 권장하고 있지만 국내에서는 이와 관련된 기술이 적용되지 않고 있다. 영국, 유럽에서는 필터를 선정할 때, 엔지니어가 다양한 실내 공기등급, 외기 등급을 종합적으로 평가하여 해당실에 적합한 포집효율을 갖는 필터를 선정할 수 있도록 방안을 제시하고 있다. 또한, 공기조화기가 협소한 공간에 설치되는 특성상 외기와 환기가 혼합되는 혼합박스에서 열성층화가 발생하는 것으로 알려졌으며 이로 인해 냉수코일의 열교환 효율을 감소시킬 뿐만 아니라 공기여과기의 포집효율에도 영향을 주어 차압센서를 활용한 교체주기 결정에 오류를 제공하므로 필터관리에 대한 육안 검사를 주기적으로 수행하도록 권장하고 있다.

환기설비 개요

환경부에서 실내공기질 관리를 위해, 구분하는 다중이용시설은 21개 시설로 구분하고 있으며 오락실과 같은 소규모 시설을 제외하고 대부분의 다중이용시설은 그림 1의 사무소와 같이 공기조화기를 설치하여 실내의 냉·난방과 환기를 동시에 수행하고 있다. 공기조화기는 도입되는 외기에 포함된 오염물질을 제거하기 위해 내부에 공기여과기를 설치하고 있으며 유지관리자는 이를 주기적으로 검사하여 일정한 주기로 교체를 실시하여야만 지속적으로 양호한 공기질을 유지하게 된다. 공기조화기를 장기간 사용하게 되면, 또한 덕트와 부속품(그릴 및 디퓨저)에 입자상 오염물질이 부착되므로 주기적으로 청소를 수행하여야



[그림 1] 사무실의 환기개념도

한다. 국내에서는 환기설비의 유지관리와 관련된 체계적인 기술기준이 제정되어 있지 않아 이러한 시설을 효과적으로 관리하지 못하고 있는 실정이다. 이에 환기설비 유지관리와 관련된 국외 기술기준의 내용을 요약하여 소개하고자 한다.

국외의 유지관리기준

선진국은 다중이용시설에 설치된 환기설비의 성능을 양호하게 유지하기 위해 주기적인 필터교체, 덕트청소 등을 수행하도록 기준을 제정하여 권장하고 있다. 또한, 필터선정 및 필터효율평가에 대해 명확한 기준을 제시하고 있다. 이와 같이 환기설비의 유지관리를 위해 선진국에서 제시하고 있는 기준내용을 살펴보면 다음과 같다.

필터효율평가

국내에서도 환기용 필터시험에 대한 시험규격(KS B6141)이 있으나 국내 필터제조사는 대부분 ASHRAE 표준에서 정의한 효율 표기법을 활용하여 필터성능을 제시하고 있다. 미국에서도 필터성능을 소비자에게 제시하기 위해 ASHRAE에서 제정하여 사용하는 비색법에 의해 평가된 분진 포집효율과 중량법에 의해 평가된 분진포집량을 표기한 제품을 구입하고 있다. ASHRAE STANDARD 52.1-1992는 각종 필터에 대한 표

준화된 시험방법으로 세 가지 변수(공기저항, 분진포집효율 및 분진 포집량)를 활용하여 실험실 시험을 통하여 필터성능을 평가하는 방법이다. ASHRAE STANDARD 52.2-1999³⁾는 입자크기에 따른 제거효율을 현장에서 평가하기 위한 환기용 공기여과기(필터)의 시험법으로 개발되었다. ASHRAE STANDARD 52.2-1999는 입자크기를 표 1과 같이 구분한 3개의 영역(E1, E2, E3)에 대하여 각 영역에서 발생하는 필터효율 중 최소효율을 MERV (Minimum Efficiency Reporting Value)값으로 환산하는 평가하며 그 방법을 살펴보면 다음과 같다. MERV값은 공기여과기가 오염물질의 크기에 따라 오염물질을 제거하는 효율을 조합하여 설계자 및 사용자가 필터를 선정할 때 참조하는 수치이다. 즉, 필터에 존재하는 구멍이 작다고 오염물질 제거효율이 큰 것은 아니다. 이는 필터가 입자상물질을 포집하는 원리 중에서 입자상물질의 포집현상의 99%가 점착, 차단, 확산 및 정전기적 인력이고 1%는 입자의 크기가 홀의 크기보다 커서 통과되지 않는 걸림현상에 의해 오염물질을 제거하기 때문이다. 예를 들어 절곡형필터에 대해, 입자크기별(E1, E2, E3)로 평균효율이 (E1=16.7%, E2=44.7%, E3=66.1%)인 경우, 표 1을 활용하여 MERV값 평가하면 7의 성능을 갖는 필터로 표현된다.

필터선정에 사용되는 외기등급과 실내공기등급

환기설비시스템이 처리하는 풍량을 결정하기 위해서는 실내의 허용 오염농도와 외기의 오염농도가 주어져야 한다. 이와 동일하게 환기설비에 필터는 외기등급과 실내공기등급이 주어져야 대상 건물에 적합한 필터를 선정할 수 있다. 건물에 외기를 도입할 때 외기의 영향을 완화시키기 위해 필수적으로 고려할 2가지 사항은 다음과 같다.

〈표 1〉 ASHRAE STANDARD 52.2에서 사용되는 MERV 변수

MERV Value	Group 1(E1) 평균효율 % (0.30 to 1.00)	Group 2(E2) 평균효율 % (1.00 to 3.00)	Group 3(E3) 평균효율 % (3.00 to 10.00)
1	n/a	n/a	E3<20
2	n/a	n/a	E3<20
3	n/a	n/a	E3<20
4	n/a	n/a	E3<20
5	n/a	n/a	20<35
6	n/a	n/a	35<50
7	n/a	n/a	50<70
8	n/a	n/a	70
9	n/a	E2<50	85
10	n/a	50<65	85
11	n/a	65<80	85
12	n/a	80	90
13	E1<75	90	90
14	75<85	90	90
15	85<95	90	90
16	95	95	95

① 외기가 가장 오염되지 않은 위치에 외기도 입구를 설치한다.

② 외기에 포함된 오염물질을 여과할 수 있는 장치를 적용한다.

환기설비의 용량을 결정하기 위해 사용되는 외기의 오염농도는 다음과 같은 제도에서 제시하는 기준에 부합되어야 한다.

① 지자체에서 시행하는 법규

② 규정 및 가이드라인

영국의 경우, 외기의 오염특성을 표 2와 같이 분류하여 외기등급을 구분하고 있다. 외기등급은 외기의 오염상태를 결정하는 데 활용하는 기준이

되며 이와 같은 외기상태에 따라 선정되는 필터 효율이 차이 나게 된다.

영국의 경우, 외기등급은 아래와 같은 기준에 의해 분류한다.

① ODA 1은 외기농도가 WHO(1999) 가이드 라인이나 모든 국가표준 및 규정을 충족하는 경우이다.

② ODA 2는 외기농도가 WHO(1999) 가이드

라인이나 모든 국가표준 및 규정에서 정한 농도에 1.5배까지 초과한 일수를 평가하여 적용한다.

③ ODA 3은 외기농도가 WHO(1999) 가이드 라인이나 모든 국가표준 및 규정에서 정한 농도에 1.5배 이상 초과된 일수에 따라 적용한다.

영국의 경우, 외기의 등급을 표현할 오염물질을 SO_2 , O_3 , NO_2 , PM_{10} 으로 구분하여 각 오염물질이 기준치 이상으로 유지되는 일수 중에서 기준 농도의 1.5배 이하로 초과되는 경우와 기준 농도의 1.5배 이상으로 초과되는 경우로 구분하여 표 3과 같이 외기의 등급을 평가하였다. 이 방법을 활용하여 Stuttgart, London 및 Madrid지역의 외기등급을 평가한 결과, 외기등급이 2등급으로 나타났다. 그러나 서울의 경우, 표 3과 같이 Stuttgart, London, Madrid보다 이산화질소농도는 낮게 나타나지만 이산화황과 PM_{10} 의 농도가

〈표 2〉 외기등급의 분류

구 분	정 의
ODA 1	일시적으로 먼지가 포함된 외기
ODA 2	높은 농도를 갖는 입자상, 가스상 오염물질이 포함된 외기
ODA 3	매우 높은 농도를 갖는 입자상, 가스상 오염물질이 포함된 외기

〈표 3〉 지역별 외기등급 평가 예시

오염 물질	기준치	Stutt-gart	London	Madrid	Seoul
SO_2	연평균 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	8	11	13.8
	일 최대 $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	23	38	37	83.8
	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 일수	0	0	0	0
	기준치이상 인자	<1	<1	<1	<1
O_3	연평균 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	63	52	55	42
	8 h 최대 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	178	134	123	140
	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 일수	31	4	1	4
	기준치이상 인자	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
NO_2	연평균 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	80	62	52	57
	1 h 최대 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	244	176	216	171
	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 시간	21	0	1	0
	기준치이상 인자	<1.5	<1	<1.5	<1
PM_{10}	연평균 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	34	27	29	41.2
	24 h 최대 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	109	79	109	134
	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 일수 (35일 기준)	42	20	44	154
	기준치이상 인자	<1.5	<1	<1.5	>1.5
ODA(외기등급)		2	2	2	3

높으며 그중에서 PM₁₀의 농도가 현저히 높게 나타나서 외기등급이 3등급으로 평가되었다.

실내공기등급은 표 4에 따른다. 본 분류는 재실 영역에 있는 실내공기에 적용한다.

상기와 같은 실내공기등급은 국가규격에서 주어질 수도 있다. 실내공기질을 정확하게 분류하려면 오염원의 성격과 그 오염물질의 영향을 고려해야 한다. 영국의 경우, 표 4와 같이 실내공기등급을 분류할 때 표 5와 같은 실내의 평균CO₂ 농도 혹은 표 6과 같이 실내로 유입되는 외기량을 활용하여 실내공기등급을 구분하도록 권장하고 있다.

필터선정법 및 유지관리방법

외기에 포함된 오염물질을 제거하기 위해, 설치하게 되는 필터는 표 7과 같이 실내공기등급과 대상 건물이 위치한 지역의 외기등급을 조합하여 선정하게 된다. 필터부의 치수는 통과풍속, 운전 시간, 오염물질의 부하율 및 국소오염물질의 발생 여부 등을 종합적으로 고려하여 결정한다. 일반적으로 공조기에 설치되는 필터는 전처리와 후처리필터를 직렬로 배치한다. 전처리필터는 공조기로 유입되는 외기에 포함된 입자경이 큰 먼지를 제거시키는데 사용되고 환기시스템의 청결도를 높이며 후처리필터를 교체하는 시간을 지연시

〈표 4〉 실내공기의 분류

구 분	정 의
IDA 1	청정도가 매우 높은 실내공기질
IDA 2	청정도가 높은 실내공기질
IDA 3	청정도가 보통인 실내공기질
IAD 4	청정도가 낮은 실내공기질

〈표 5〉 실내의 평균CO₂ 농도를 활용한 실내공기등급

구 분	CO ₂ 농도(PPM)	
	기본 농도	농도범위
IDA 1	350	<400
IDA 2	500	400-600
IDA 3	800	600-1000
IAD 4	1,200	>1000

〈표 6〉 외기도입량을 활용한 실내공기등급

(단위 : liter/s · 인)

구 분	외기도입량			
	비흡연실		흡연실	
	풍량범위	기본풍량	풍량범위	기본풍량
IDA 1	>15	20	>30	40
IDA 2	10 - 15	12.5	20-30	25
IDA 3	6 - 10	8	12-20	16
IAD 4	<6	5	<12	10

〈표 7〉 필터의 선정기준

외기등급	실내공기 등급			
	IDA 1 (높음)	IDA 2 (중간)	IDA 3 (보통)	IDA 4 (낮음)
ODA 1(순수공기)	MERV 15	MERV 14	MERV 13	MERV 9
ODA 2(먼지)	MERV 13+MERV 15	MERV 11+MERV 14	MERV 9+MERV 13	MERV 9+MERV 11
ODA 3(오염농도가 매우 높음)	MERV 13+GF+MERV 15	MERV 13+GF+MERV 15	MERV 9+MERV 13	MERV 9+MERV 11

GF는 카본필터 및 케미컬 필터임.

키는 기능을 갖고 있다. 한 개의 필터만 사용한다면 송풍기의 후단에 설치해야 하지만 2개 이상의 필터를 설치하는 경우는 송풍기의 전단과 후단에 설치한다.

표 7과 같이 실내공기등급과 외기등급에 따라 필터를 선정하여 건물용도(숙박시설, 사무소 등)가 동일하더라도 실내공기등급을 높게 유지하는 경우, 외기등급이 높은 장소(예, 설악산)에서는 필터의 설치개수를 감소시킬 수 있고 에너지 절약을 유도할 수 있다.

공기여과기(필터)를 설치하거나 교체할 때 고려할 사항을 정리하면 다음과 같다.

(1) 필터효율이 MERV 13 이상인 경우, 풍량에 따른 압력강하를 필수적으로 고려한다.

(2) 카본필터는 외기조건이 ODA 3인 경우를 제외하고 설치하지 않는다. 외기조건이 ODA 3인 지역은 전기집진기를 설치할 필요가 있다.

(3) 필터가 습하게 유지되는 것을 방지하기 위해, 상대습도는 80% 이하로 유지되어야 한다.

(4) 일시적으로 외기농도가 높아지는 경우는 공기질을 지속적으로 감시하는 장비가 필요하며 외기농도가 낮은 경우는 고농도 필터를 바이패스할 수 있도록 장비를 설치한다.

(5) 필터교체는 주로 필터 매질의 막힘 현상에 의해 형성되는 압력강하에 의해 결정되며 일반적으로 아래와 같은 주기로 교체한다.

① 전처리필터는 2000 hr 이상 운전되었거나 1년이 경과하였으면, 교체되어야 한다.

② 후처리필터는 4000 hr 이상 운전되었거나 2년이 경과되면 교체되어야 한다.

(6) 재순환공기가 갖고 있는 오염물질을 여과하는 경우, 시스템의 오염방지를 위해 설치되는

필터는 효율이 MERV 9 이상 유지되어야 한다.

(7) 주방에서 배출되는 공기는 청소 및 교체가 쉬운 그리스 필터를 이용하여 1단계 여과를 실시한다.

(8) 최종 압력강하는 필터의 생애주기(LCC)를 평가하여 제시하고 운전 중에 평가한다.

(9) 필터의 교체시기는 위생적인 관점에서 봄과 가을철에 꽃가루가 발생하는 시점 이후에 교체한다. 만약 요건이 엄격한 경우, 필터는 난방운전이 끝난 봄에 교체해야 한다.

(10) 폐열회수시스템은 MERV 11등급 이상의 필터를 이용하여 여과되어야 한다. 회전식 열회수기는 청소를 위한 점검구를 설치하여야 한다.

(11) 필터부의 누기는 오염물질 여과가능을 저해하는 요인이므로 필터 주변의 기밀도 요건에 충실해야 한다.

덕트청소방법

유지관리자는 육안검사를 통하여 필터를 오염시킨 물질의 종류를 주기적으로 분석하여 덕트의 오염상황을 파악하고 덕트로 유입되는 오염물질의 종류를 최소화해야 한다. 환기설비를 장시간 운전하면 입자상 오염물질이 누적되므로 선진국에서는 **표 8**과 같은 방법으로 덕트청소를 위한 검사는 **표 9**와 같이 주기적으로 실시하도록 권장하고 있다. 덕트 청소방법 및 청소검사에 관련된 세부적인 내용은 다음과 같다.

(1) 덕트청소에 필요한 진단방법은 정성적인 검사와 정량적인 검사로 구분한다. 정성적인 검사는 육안검사와 내시경검사 중 선택하여 수행하며 정량적인 검사는 진공(Vacuum)시험법과 퇴적된 오염물질 두께시험법이 있다.

(2) 덕트청소는 건식법과 습식법으로 구분하여 선택적으로 수행할 수 있다. 건식법은 진공식, 압축식, 기계식으로 구분되며 습식은 물걸레질,

〈표 8〉 선진국의 덕트청소방법

국가명	덕트청소방법
일본	- 덕트청소 : 세척법
캐나다	- 덕트청소 : 진공청소법
미국	
영국	

〈표 9〉 덕트청결도를 위한 검사 및 청소주기

건물용도	공조기	급기덕트	환기, 배기덕트
상업용	1년	2년	2년
산업용/병원/기타시설	1년	1년	1년

〈표 10〉 입자상 오염물질을 제거하기 위한 풍속

오염물질 구분	오염물질의 종류	흡입풍속
매우 가벼운 먼지	돌가루, 톱밥 등	12-15 m/s
건조한 먼지	플라스틱 분말, 보풀	15-20 m/s
산업용 먼지	신발바닥 먼지,	17-20 m/s
무거운 먼지	무거운 톱밥, 나무블럭, 납분진, 황사먼지	20-22 m/s

가압수분사식, 약제소독방식으로 분류된다.

(3) 청소가 완료된 후, 덕트에 부착된 분진량은 0.1 g/m^2 (진공시험법), 1.0 g/m^2 (세척법), 부유세균수는 30 CFU/m^3 이하로 유지되어야 한다.

(4) 건식법으로 덕트청소를 실시할 때 부착된 오염물질을 제거하는 데 필요한 풍속범위는 표 10과 같다.

상기에서 제시된 덕트청소를 효과적으로 수행하기 위해 급기시스템 구성요소(급기덕트, 혼합/제어박스, 플렉서블형식 덕트관로망, 열-소음 라이닝 조건, 재열코일, 댐퍼 및 기타 덕트구성요소)의 대표적인 지점에 점검구를 필수적으로 설치하여야 한다. 덕트만 설치된 경우, 점검구의 설치위치는 다음과 같다.

- ① 하나의 점검구에서 치수가 변경된 경우
- ② 하나의 점검구에서 덕트이동 방향이 45°

이상 변경된 경우

- ③ 하나의 점검구에서 동일한 치수로 덕트가 7.5 m 이동한 경우

필터 생애주기(LCC)평가

입자상, 가스상 오염물질을 제거하기 위해 필수적으로 필터가 설치되지만, 이로 인해 추가로 소비되는 에너지는 필터 종류별로 표 11과 같다고 알려져 있다. 이는 필터종류별로 압력강하가 차이이기 때문이며 식(1)에 적용하여 필터에 의한 에너지소비량을 정량적으로 평가할 수 있다.

〈표 11〉 필터에 의해 소비되는 에너지

분 류	소비 에너지(w/(m ³ /s))
입자상 필터	+300
헤파 필터	+1000
가스상 필터	+300

$$E(\text{kWh}) = \frac{Q \times \Delta P \times t}{\eta \times 1000} \quad (1)$$

여기서,

Q = 공조기 처리 체적풍량(CMS)

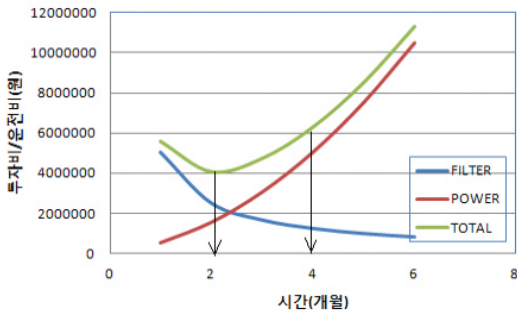
ΔP = 필터에서 발생하는 평균압력강하(Pa)

t = 송풍기운전시간(hr)

η = 송풍기효율

(송풍기, 모터, 드라이브 조합효율)

미국의 친환경건물인증제도(LEED)는 필터의 유지관리를 위해 평가항목에 지속가능한 소모품 및 IAQ관리관점에서 필터를 효과적으로 관리하기 위해 필터의 생애주기(LCC)를 필수적으로 평가하도록 강제하고 있다. 필터의 생애주기(LCC)는 그림 2와 같이 식(1)을 활용하여 평가된 필터에서 소비되는 에너지비용과 필터비용(초기투자



[그림 2] 필터생애 주기평가예시

비용, 재고비용, 설치 및 제거비용, 폐기비용, 운반비, 손망실 비용의 합산 금액)을 조합하여 평가한 후, 최저비용이 제공되는 시점을 최적교체 시점으로 판단하는 기법이다. 국내에서 필터를 선정할 때 필터의 생애주기를 평가하는 기법을 건물에너지 등급제에서 활용할 필요가 있다고 판단된다.

유지관리자 교육

환기설비시스템의 청결도를 양호하게 유지하기 위해서는 자격을 갖춘 유지관리자가 환기설비시스템의 검사, 청소 및 부속품의 교체 감독 업무를 수행하여야만 체계적이고 효과적인 관리를 수행할 수 있다. 이러한 유지관리자는 최소한 HVAC시스템 설계의 검증작업이 가능한 지식, HVAC엔지니어링에 관련된 기초업무, 현재의 산업 HVAC시스템의 청소 및 복원기술 및 적용 가능한 산업표준에 대한 지식을 습득해야 한다. 이를 위해, 선진국에서 유지관리자 교육을 주기적으로 반복해서 실시하고 있다. 국내에서도 이러한 제도를 마련하여 체계적인 유지관리를 수행해야 국민건강증진과 에너지절약에 도움을 줄 것으로 판단된다.

맺음말

본 고에서 지금까지 선진국에서 기술기준으로 제정하여 운용하고 있는 환기설비의 유지관리방안에 대해 논의하였다. 그 내용을 간략히 요약하면 환기설비 시스템을 구성하는 주요 구성품인 덕트와 필터의 유지관리방안, 필터의 선정법, 필터의 생애주기평가, 덕트청소·검사 및 유지관리자 교육 등이다. 국내에서는 환기설비시스템의 설계 및 설치에 관련된 사항을 제도화시켜 환기에 필요한 풍량 및 필터의 최소효율 정도는 강제하고는 있으나 환기설비시스템의 유지관리는 제도화 되지 않고 있다. 그러나 최근, 환경부에서는 이러한 필요성(국민건강 증진과 에너지절약 유도)을 인식하여 환기설비시스템의 유지관리방안을 제도화하는 노력을 기울이고 있다. 이를 통하여 국가 차원에서 이 분야의 기술 수준을 체계적으로 관리할 수 있으며 관련 산업 발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 예측한다.

참고문헌

1. National Air Filtration Association, 2007, NAFA Guide to Air Filtration.
2. National Air Filtration Association, 2012, Installation, Operation and Maintenance of Air Filtration System Manual.
3. ANSI/ASHRAE STANDARD 52.2, 2007, 입자크기별 제거효율을 이용하여 일반환기 공기정화장치의 시험법
4. BS-EN 13779, 2007, Ventilation for non-residential building - Performance requirements for Ventilation and room-air conditioning system. 