

공기청정기의 알레르겐 제거 효과

○ 박 찬 정 | 웅진코웨이(주) 청정기 개발팀
책임연구원
E-mail : 9056@coway.co.kr

1. 서 론

광우병과 멜라민 사태 등 세간을 강타한 이슈들로 인해 먹는 음식에 대한 전국민의 관심이 높아지고 건강과 위생을 강화한 웰빙 음식의 인기가 날로 높아지고 있다. 하지만 우리의 건강을 좌우하는 것은 비단 먹는 것만이 전부는 아니다. 음식의 위생 상태를 중요시 하듯이 숨쉬는 공기의 질에 대해서도 관심을 가질 필요가 있다.

사람이 보통 하루에 1.5Kg, 1년에 600Kg의 음식을 섭취하는 반면, 하루 마시는 공기량은 14Kg으로 음식의 10배에 달한다. 수치적인 부분 이외에도 공기가 사람들의 호흡기와 폐에 직접적인 영향을 준다는 사실을 고려해 볼 때, 우리가 숨쉬고 마시는 공기가 얼마나 중요한 것인지 알 수 있다.

미국의 실내공기협회 (IAA: Indoor Air Alliance)에 의하면 대부분의 사람들이 평균 90%의 시간을 실내에서 보내고 있다고 한다. 산업화가 진행되면서 점점 더 많은 시간을 실내에서 보내고 있지만 실내공기오염에 대한 인식은 매우 낮은 상황이다.

실내공기 오염의 심각성은 지역적인 요인이나 계절적인 요인 등 주변환경에 따라 약간의 차이는 있지만, 현대사회에 환경오염이 심화되고 유해물질이 증가함에 따라 실내공기 오염은 점점 심각해지고 있다.

오염된 실내공기는 천식과 알러지 등 환경성 질환과 관련이 매우 깊기 때문에 실내공기질 관리의 중요성이 부각되고 있다. 실제로 세계보건기구 (WHO, 2000)에 따르면 전세계적으로 천식, 알러지 등 실내공기 오염에 따른 사망자수는 연간 280만 명에 달하며, 특히 개발 도상국의 영유아 사망의 주요 원인이 된다. 또한 실내에서 방출되는 오염물질이 실외에서보다 사람의 폐에 전달될 확률이 '1,000배' 가량 높은 유해 환경에 노출돼 있다고 한다.

실내공기 중 미세먼지, 꽃가루와 같은 눈에 띄는 물질 이외에도 바이러스, 세균, 화학성분 등은 환경성 질환을 유발하는 대표적인 원인이 될 수 있다. 이러한 실내공기 내 오염물질들의 유입을 미리 차단하고 없애는 것이 실내공기를 관리하는 첫걸음이다.

2. 실내공기질과 환경성 질환

서두에 언급한 바와 같이, 현대인이 실내에서 지내는 시간이 길어짐에 따라 공기질을 포함한 실내 환경을 최상의 상태로 조성하는 것이 곧 최선의 건강관리를 위한 필수적인 요건이 되었다. 이를 반영하듯 신축되는 사무실, 은행, 병원 등 사회의 주요 공공건물에는 실내 환경을 쾌적하게 유지할 수 있는 공기조화설비가 의무적으로 채용되기에 이르렀

다. 공기조화설비(공조기)는 그것이 설치된 건물 등의 공기조화 요구에 따라 온도, 습도, 청정도, 기류 등의 환경을 조절하기 위해 설치되어 있으며, 주로 외기를 급배기하고 공기를 재순환하여 실내공기질을 제어하는데, 이러한 공기조화설비의 특성상 실내공기질을 정화하여 인체에 해로운 물질을 모두 제거하는 것은 불가능하다.

조사에 따르면, 지하 공간 특히 지하철이 운행하는 지하 역사에서 실내 부유 미세먼지에 의한 공기질 악화는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있으며, 최근들어 지하역사에서의 실내공기질에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다고 한다(한국철도기술연구원).

지하 역사를 예로 들면, 대부분의 역에 스크린도어를 설치하면서 지하철 터널과 승강장을 분리하게 되고 이와 더불어 실내공기순환을 통한 미세먼지 제거가 가능한 공조설비가 증대되고 있는 실정이다. 일반적으로 공조기는 자체에 에어필터를 채용하여 실내의 다양한 입자상 오염원을 제거하는 시스템으로 운용되고 있으나, 오염물질 제거에 적절한 수준의 에어필터에 대한 기술 개발 및 적용은 아직까지 충분하지 않다.

이는 공조기의 주 기능에 실내공기질 관리가 포함되어 있지만, 아직까지 대부분의 설비가 온,습도 조절을 통한 실내환경 관리에 초점이 맞추어져 있기 때문이다. 다행인 것은 이와같은 문제에 대하여 전문가들 또한 관심을 가지고 다중이용시설의 공기조화설비의 특성 및 성능 개선을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다는 점이다.

공기조화설비의 전체적인 성능과 더불어 설치 위치, 설비의 각 부분, 운용 형태 및 제어 시스템 등에 대한 연구 결과는 다양한 조건에서 어떤 형태의 공기조화설비가 최적의 성능을 구현할 수 있는가에 대한 문제를 공동적으로 다루고 있으며, 몇몇 실험 결과는 실내공기질 개선을 위한 해법으로 적용할 만하여 가까운 미래에 실내 환경을 쾌적하고 효과적으로 제어할 수 있는 명확한 해법을 제시할 것으로 기대된다.

공기조화설비의 개선 연구와는 별도로 공조기와

다른 상업적 기구설비에 대한 연구도 활발하다. 냉방을 위한 에어컨이나 가정 또는 업소용 공기청정기와 같은 장비는 사용 장소 및 고객의 요구를 다양한 방식으로 충족시킬 수 있는 수준의 기능을 갖추고 있으며, 효과에 대한 검증이 명확히 이루어짐에 따라 시장에서의 수요도 점차 증가하고 있다.

특히 공기청정기의 경우 공조기나 에어컨과는 별도로 실내공기질 개선에 그 기능의 초점이 맞추어져 있으며, 비단 미세먼지 뿐 아니라 알레르겐, 바이러스, 세균 등 실내공기 오염물질 제거가 가능하므로, 목적에 맞게 적절히 사용하게 되면 매우 효과적이라 할 수 있다.

가정과 사무실 등 현대인의 주 거주 공간의 실내 공기 중 오염물질은 인간의 활동에 따른 다양한 오염원으로부터 발생되며, 대부분 가스상 혹은 입자상 형태로 발현된다. 불충분한 공기조화설비는 이들 오염원으로 부터의 배출물질을 희석할 수 있는 외부공기를 충분히 공급하지 못하며, 또한 실내의 오염 공기를 적절히 배출하지 못하는 경우가 많아서 실내공기질을 악화시키는 요인이 되기도 한다. 게다가 현대의 대기질은 자동차 매연 등과 같은 외부 오염원에 의하여 1차로 오염되어 실내공기까지 영향을 미치고 있다.

실내공기 오염원에 대한 미국, 유럽 등 선진국의 연구에 따르면, 주요 오염원으로 가스, 석유, 석탄 등 화석 연료를 사용하는 보일러, 화로, 실내외 건축 마감재, 가구, 석면 코팅 단열재, 카펫 등의 고정상 오염원과, 실내 활동에 의한 먼지 재비산, 담배 연기, 동물의 털, 세균 및 바이러스, 꽃가루, 집먼지진드기 등 유동성 오염원, 더불어 외부에서 유입되는 미세먼지와 가스상 물질 등이 있다.

이 중 고정상 오염원에 대해서는 실내공기질 문제가 사회적으로 이슈화됨에 따라 친환경 물질로 대체되고 관리되기 때문에 어느정도 그 영향을 줄일 수 있으나, 유동성 오염원과 외부로 부터의 유입 등에 따른 실내공기질 오염에 대해서는 아직까지 취약한 상황이다.

서두에서 언급한 환경성 질환은 이들 오염원으로부터 발생된 수많은 오염물질과 밀접한 관계가



그림 1. 알레르겐 유발 실내공기오염 물질 예

있으며, 인체의 눈, 코, 목, 호흡기 계통, 심장질환 등 증상 및 발병부위도 다양하다. 경우에 따라서는 단순한 의학적 처방에 의하여 완치도 가능하지만, 대부분 만성적인 증상으로 발전되기 쉬우며, 특히 비염, 알레르기, 아토피, 천식 등은 미세먼지를 위시한 다양한 알레르겐 물질에 노출되면 단 시간 내에 증상이 악화되는 것으로 밝혀진 바 있다.(하버드대)

이들 물질이 인체에 미치는 영향은 일시적으로 노출되느냐 장기적으로 노출되느냐 등 인체의 노출 정도에 따르며, 증상이 즉시 발현되거나 혹은 수년이 경과하여 발병하는 등 사람마다 처한 환경에 따라 제각각이기 때문에 구체적인 치료법이 개발되기 어려운 것으로 알려져 있다. 결국 실내공기질을 깨끗하게 관리하는 것이 가장 중요하고 근본적인 대책이라 할 수 있는 것이다.

그림 1.은 실내 오염 물질의 예로 집먼지 진드기, 담배 연기, 애완동물, 곰팡이등 알레르겐을 유발하는 물질들이다.

3. 공기청정기술

3.1 공기청정기

최초 공기청정기술은 반도체나 의료정밀기기 등을 위한 크린룸의 발전에 따라 개발되었으나, 현재에는 가정 및 사무실의 실내공기질 개선에 초점을 맞추어 다양하게 발전되었다. 초기에는 단순한 여재를 이용한 먼지제거 위주였으나, 현재는 0.1 μ m 이하의 미세입자와 가스상 악취 물질은 물론 VOCs등 특정유해물질 제거가 가능한 정도로 상당한 발전을 이루었으며, 이는 공기청정기 제품에 반영되어 고객의 요청에 맞는 제품으로 개발되고 있다. 최근에는 다양한 청정메커니즘과 독특한 기능을 갖추고 있는 필터 시스템이 제품에 나오고 있으며 이들 제품을 사용하는 것으로도 효과적인 실내공기질 관리가 가능하다.

공기청정기 성능은 대부분 제품의 구조 및 필터

시스템 등에 의하여 결정된다고 볼 수 있으며, 특히 알레르겐을 유발하는 오염물질제거는 필터 시스템이 가장 중요한 인자라고 볼 수 있다. 현재 제품에 따라 다양한 방식의 필터 시스템이 사용되고 있으나, 일반적으로는 필터 여과 방식의 시스템을 많이 사용하고 있다.

3.2 공기청정기를 이용한 실내공기질 관리

기계식 여과 방식의 공기청정기 성능은 사용되는 필터 여재의 특성에 의하여 결정된다. 일반적으로 여재는 다공질 물질이나 정전fiber 등으로 만들어 지는데, 제거하려는 물질 및 종류에 따라 아주 다양한 필터가 상용화 되어 있다. 우수한 제거효율의 필터라도 사용 시간이 늘어남에 따라 통과 유량에 대한 압력손실 또한 증가되어 종래에는 여재 자체의 통기율 및 오염물질제거성능이 떨어지고 결국 해당 제품의 성능에 영향을 미치게 되므로 주기적인 청소 및 교체가 반드시 필요하다.

가정용 공기청정기의 경우 대부분 HEPA 필터를 이용한 입자상 물질의 제거와 활성탄을 이용한 가스상 물질의 제거를 기본 메커니즘으로 하고 있다. HEPA 필터의 경우 담배연기, 동물의 털, 세균 등 매우 작은 입자까지 포집하여 제거할 수 있으므로 실내공기 중 알레르겐 (알레르기를 유발하는 오염물질)을 거의 대부분 제거가 가능하다. 더욱이 최근 개발되고 있는 기능성 필터는 HEPA필터와 더불어 알레르겐 제거에 특화되어 있으며, 바이러스와 곰팡이 등을 포집하여 제거하는 것은 물론 필터에 처리한 물질을 통하여 이들 오염물질을 사멸시킴으로써 제품 외부로 유출되거나 필터에서 번식하는 등의 2차 오염을 방지한다.(환경부)

당사에서는 개발 제품의 알레르겐 제거 효과를 검증하기 위하여 공기 오염 물질과 인체 영향에 대한 권위있는 연구진과의 공동연구를 진행하였다. 산학 연구는 하버드대학 보건대학원의 Petrous Koutrakis 교수가 주관하였으며, 실험 제품은 시중의 판매되고 있는 다양한 공기청정기의 메커니즘을 대표할 수 있도록 특성 및 적용 면적에 따라 3가

지 서로 다른 형태의 제품을 적용하였다.

실험은 알레르기를 유발하는 수 많은 실내 오염물질 중 대표적이라 할 수 있는 물질을 대상으로, 공기청정기의 제거 성능을 측정하는 방식으로 이루어졌으며 일반적인 공기청정기의 풍량 조건을 적용하였다. 사용된 오염 물질은 담배연기와 같은 비생물학적 입자와 동물의 털에서 알레르기를 유발하는 Fel d1, 세균 및 곰팡이 균, 꽃가루 등 생물학적 입자로 분류하였으며, 입자 크기는 0.1 μ m 이하의 미세 물질이 주로 적용되었다.

또한 일반적인 가정의 온도 및 습도 조건과 환기 조건에 따른 외부 공기의 영향을 반영하였으며, 두 가지 세부과제를 구분하여 첫 번째 과제로 각 공기청정기 제품의 물리적 실험을 통한 알레르겐 제거 성능을 검증하고, 두 번째 과제로 하버드대학에서 개발한 실내공기 시뮬레이션 모델을 이용하여 공기청정기 제품의 실내공기질 관리 효과에 대한 검증 진행하였다.

공기청정기의 물리적 성능 실험은 오염 입자별로 구분하여 각각의 제거 성능을 평가하였다. 입자의 종류별 발생장치, 개수 장비 및 방식을 함께 명시하면 다음과 같다.

- ① Non-biological aerosols
 - Spherical solid glass beads (Nebulizer, SMPS, APS)
 - Sodium chloride (Nebulizer, SMPS, APS)
 - Cigarette smoke (Smoking machine, SMPS, APS)
- ② Biological aerosols
 - Pollen (Ragweed, fluidized bed, microscopy)
 - Fungi (*Aspergillus fumigatus*, nebulizer, colonies counts)
 - Bacteria (*Bacillus atrophaeus*, nebulizer, colonies counts)
 - Cat allergens (House dust, fluidized bed, Fel d 1 tests)

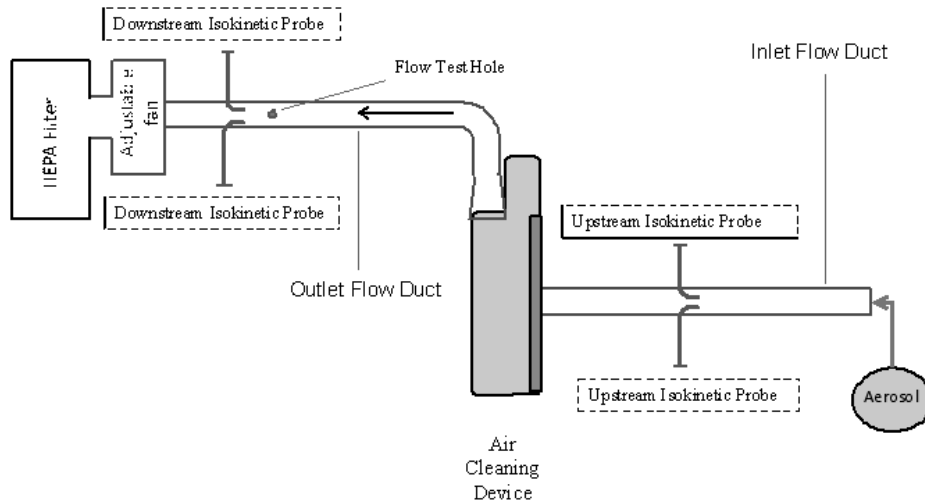


그림 2. 제품 성능 테스트 제어 개념도

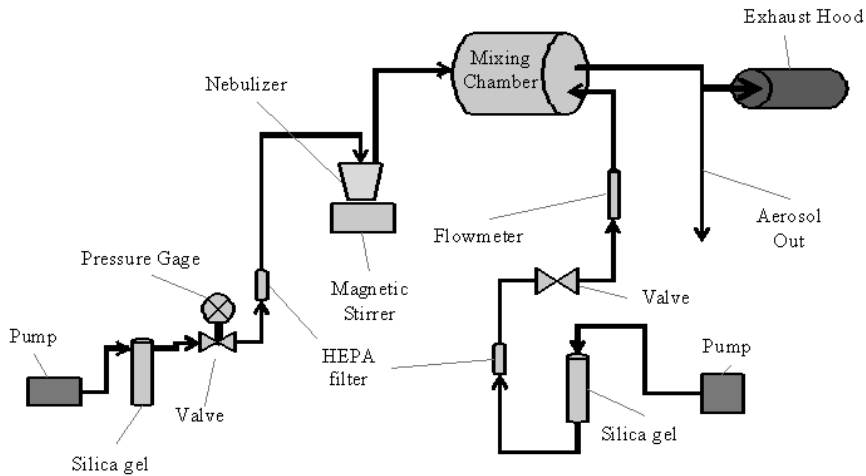


그림 3. 입자발생장치 모식도

시험 결과 공기청정기의 입자상 오염물질 제거 효율은 HEPA 필터의 성능, 제품의 기밀도에 따라 다르지만 대부분 99% 이상인 것으로 나타났으며, 담배연기에 포함된 일부 초 미세입자에 대하여 평균 80% 수준인 것으로 측정되었다. 본 실험 방법이 단일 유로를 1회 통과한 One pass 시험이라는 점과

공기청정기가 실내의 공기를 순환시키면서 정화한다는 점을 감안하면, 공기청정기를 이용하여 일반 가정에서 발생하는 대부분의 오염물질의 제거가 가능하다고 판단할 수 있다.

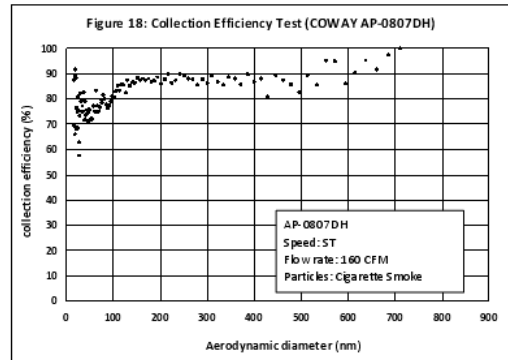
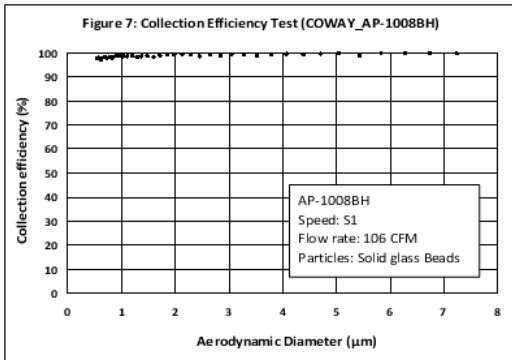


그림 4. 입자 제거 성능 결과 예시

특히 대부분의 알레르기 질환에 직접적인 영향을 미치는 생물학적 오염물질의 경우 크기가 작다고 하더라도 HEPA 필터를 통과하기는 어려우므로, 공기청정기가 효과적으로 제거할 것으로 예상하였으며, 실험 결과 매우 높은 수준의 제거율을 보였다.

하버드 연구진은 제품 산학 결과에 대하여 가정 및 실내공간의 대표적인 오염물질을 대상으로 실험한 결과 실험체(공기청정기)의 단위시간 당 정화량이 매우 크고(100cfm~200cfm) 광범위한 입자크기에 대한 집진 효율이 상당히 높은 점을 근거로 볼 때, 공기청정기가 실내공기질 관리에 매우 효과적일 것이라는 결론을 내렸다. 또한 물리적인 실험 데이터를 적용하여 시뮬레이션 한 결과, 적절한 적용면적에 시험체를 가동한 경우 0.6회/h 이하의 환기조건에서는 실내공기 오염물질을 거의 100% 수준으로 공기청정기가 제거 하였는데, 이는 같은 조건에 공기청정기가 없는 경우 환기를 통한 오염물질 제거율이 40% 수준인 점을 감안하면 실내공기질 관리를 위해 공기청정기와 같은 장비를 사용하는 것이 매우 유용하고 효과적임을 간접적으로 확인할 수 있다는 소감을 밝혔다.

실내공기질 관리에 대해서 하버드대학교 같은 전문기관의 연구만 진행되는 것은 아니다. 전 세계적으로 알레르기, 천식, 아토피 등의 환경성 질환이 매년 증가함에 따라 유럽과 미국 등 선진국에서는 과일, 채소 등 유기농 식품은 물론 가구, 의복, 전자

표 1. 알레르겐 제거 효율 예시

IDYLIS CAT ALLERGEN

Flow Rate (cfm)	Up (U/ml)	Down (U/ml)	LLOD [#] (U/ml)	ULOD ^{&} (U/ml)	Collection Efficiency (%)	Average Efficiency (%)
106	23.442	**	0.15	650	99.4	100
	31.788	**	0.15	650	99.5	

** Below LLOD, [#] Lower limit of detection, [&] Upper limit of detection

IDYLIS POLLEN

Flow Rate (cfm)	Up (counts)		Sum (counts)	Down (counts)			Average Down (counts)	Detection Limit (counts)	Collection Efficiency (%)	Average Efficiency (%)
	end	middle		1st	2nd	3rd				
103	246	1,254	1,500	0	0	0	0	1	100	99.9
	160	875	1,035	0	0	0	0	1	100	
250	524	1,815	2,339	0	0	0	0	1	100	99.9
	298	875	1,173	0	0	0	0	1	100	

IDYLIS BACTERIA and FUNGY

Flow Rate (cfm)	Raw	Up	Down	Up (corrected)	Down (corrected)	Collection Efficiency (%)	Average Efficiency (%)
103	1	114	0	139	0	100	98.9
	2	120	2	143	2	99	
	3	136	3	155	3	98	
250	1	281	1	485	6	99	99.2
	2	248	2	387	2	99	
	3	227	3	335	2	99	

Flow Rate (cfm)	Up	Down	Up (corrected)	Down (corrected)	Collection Efficiency (%)	Average Efficiency (%)
103	78	3	87	3	97	96.8
	77	2	86	2	98	
	70	3	77	3	96	
250	189	1	256	1	100	99.1
	173	3	227	3	99	
	153	2	193	2	99	

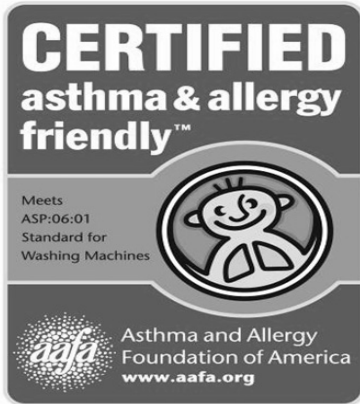


그림 5. 미국, 영국천식알러지협회 알레르기제거 효과에 대한 인증마크

제품 등의 공산품까지도 인증제도를 강화하여 친환경 제품을 선택하고자 하는 소비자의 요구를 수용하고 있다. 알레르겐과 관련해서도 기존에 이불, 벽지, 카펫 등 신체와 쉽게 접하는 공산품 위주의 인증에서 최근에는 인형, 청소기, 서적용 포장지 등 다양한 종류의 제품에 알레르겐 물질이 포함되거나 배출되지 않음을 증명하고 인증마크를 부여하고 있다.

또한 공기청정기나 에어컨, 세탁기 등의 경우 실내 알레르겐에 대한 제거 성능이 검증되면 이에 대한 인증을 부여한다. 이들 인증마크는 자체적으로 엄격한 기준을 바탕으로 검증되고 있는 만큼, 소비자들은 같은 제품을 구매하더라도 필요와 목적에

따라 더 나은 제품을 사용할 수 있으며, 제품을 생산하는 기업은 소비자의 요구를 맞출 수 있는 보다 친환경적인 제품을 개발하고자 노력하게 된다.

이와 같은 제도는 선진국 일수록 삶의 질에 대한 관심이 높기 때문에 필요에 의해 자연스럽게 발전하게 된 것이다.

선진국에 비하면 다소 늦긴 했지만, 국내에서도 한국천식알레르기협회 등 환경성 질환에 대응하는 여러 기관과 기업에서 다양한 연구를 진행하고 있는 만큼, 가까운 시일 내 소비자들도 구매하려는 제품의 환경성을 고려할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 맺음말

올해 7월 하버드대학 Petrous Koutrakis 교수가 실내공기질을 비롯한 실내환경이 현대인의 건강한 삶에 매우 중요하다는 점을 강조하고 돌아갔다. 하버드 연구진과의 산학을 통해 제품의 성능을 검증한 것도 중요하였지만, 실제 하버드 교수의 발표 내용과 관련 기사 등을 원목가구 업체에서 홈페이지에 게재하면서 실내오염물질 관리에 대해 강조하는 등, 각종 언론에서 이를 다루면서 국내에서도 실내공기질의 중요성이 이슈화 되었다는 점이 의미가 크다.

신종 플루가 유행하고 있는 요즘에는 공기청정기의 인플루엔자 바이러스 제거 기능성 필터가 신종 바이러스도 제거하는가에 대한 문의가 많아지고 있는데, 이와 같은 사회적 이슈가 부각되면서 실내 환경 문제에 다양한 형태로 관심을 가지면서 사람들의 인식이 변화되는 것은 매우 긍정적인 현상이라 할 수 있다.

공기청정기와 같은 장비를 이용하는 것은 실내 공기질을 관리하기 위한 가장 효과적인 방법 중 하나이다. 그러나 제품의 성능과 기능, 소비자의 사용 환경 등이 제각각 서로 다른 만큼, 실내공기질 관리를 위한 최선의 방법이 무엇이고, 제품 선택 시 어떠한 제품이 적합한가를 관심있게 살펴보고 선택하는 것이 중요하며, 실내환경에 대해서 지속적인 관심을 가지는 것이 필요하다.

- 참고문헌 -

1. 권순박, 2009, 공기조화기 장착용 축상유입식 싸이클론의 압력손실에 대한 수치해석 및 실험적 연구, Particle and Aerosol research-(사)한국입자에어로졸학회, 5권, 2호, pp37~38.
2. 환경부, 1999, 실내공기질 관리방안에 관한 연구.
3. 한국과학기술정보연구원, 2002, 심층정보분석보고서-공기정화기.
4. Petrous Koutrakis, 2009, Report of Test Results for Coway Air Cleaning Devices, Harvard School of Public Health.
5. 네이버 블로그 <http://blog.naver.com/schong369/130052419449> : 쿠티라키스 교수가 경고하는 실내공기오염과 환경성 질환.

투고 환영

계간 「공기청정기술」지는 클린룸 업계의 발전을 위하여 보다 많은 클린룸 관련 기술자 여러분의 투고를 기다리고 있습니다.

각종 기술자료를 보내주시면 엄선하여 본 연구조합 기술지에 게재하여 드리고 소정의 고료를 보내드리겠습니다. 또한 본 기술지는 95년도부터는 “업계동정”란을 신설하여 업계의 단신을 수시로 접수, 게재코저하오니 우리 모두의 업계를 가꾼다는 마음으로 사소한 소식이라도 송부하여 주시기 바랍니다.