

CA 인증시험 현황에서 본 공기청정기 기술 고찰

김 용 진 | 한국기계연구원 환경기계기술연구부
그룹장

E-Mail : yjkim@kimm.re.kr

1. 서 론

가정, 사무실 및 지하공간 등의 인간의 실내생활 공간에서의 쾌적한 실내공기 조성과 건강보호의 측면에서 각종 형식의 실내 공기청정기의 설치가 지속적으로 증가되고 있으며, 기존의 냉난방 기능만을 지닌 공기조화기에 공기청정 능력을 부여시키는 것이 거의 필수적으로 되고 있다.

그런데, 일반적으로 인간의 생활 공간에서의 오염 분진들은 입경에서도 서브마이크론(submicron) 크기로부터 수십미크론의 분포로 매우 다양하며, 물리적 또는 미생물학적으로도 매우 다른 특성을 가지며, 이들의 특성에 따라 인체에 유해성도 달라진다.

이에 따라 최근의 공기청정기는 단순한 고체입자상의 분진(dust)의 제거뿐만 아니라, 냄새 및 유해가스 등을 포함하는 가스상 또는 미생물의 오염 입자들까지도 효과적으로 제거해야만 하는 고도의 기능이 요구된다.

따라서, 이러한 공기청정기의 성능평가의 일관성 및 신뢰성 확보를 위하여 성능평가 과정 및 결과에 대한 국내외적인 신뢰성을 확보할 수 있는 평가기법의 확립과 성능평가를 위한 표준시험 설비의 구축, 그리고 다양한 형식, 제품의 표준화의 중요성이 매우 크다.

일본, 미국 및 유럽 등의 선진국들에서는 이러한 요구에 대응하여 이미 1980년대부터 필터를 포함하여 공기청정기의 성능평가 기준을 보완하여 현재 입경 0.3 μm 급의 미세먼지를 포함하여 생활 냄새 등의 새로운 오염물질에 대한 제거능력과 성능에 관하여 정립되어지고 있으나, 국내 산업기술규격에서는 여전히 기존의 비색법에 의한 집진효율 평가와 SO₂, NO_x 등의 유해가스 제거율에 대한 규격에 의하고 있으며, 그동안 시판되어 온 대부분의 공기청정기의 경우 기준정립 또는 제거성능시험 등에 관하여 제작업체의 자체평가로 이루어지고 있는 실정으로, 성능시험 결과의 신뢰성과 적용면적 등에 대하여 사용자들의 의문을 발생시키는 요인이 되어 왔다.

이에 따라, 최근 한국공기청정협회에서 산학연의 전문가를 구성하여 국내외 관련 자료조사를 통하여 협회기준을 정하여, 2003년도부터 공기청정기 성능인증인 CA(Clean Air) 마크 제도를 시행하고 있으며, 선진국과 대등한 실내오염 규제에 대응하는 성능인증 제도의 도입으로 새로운 공기청정기 적용의 신뢰성 확보와 관련산업의 활성화에 기여하고 있다.

여기서는 현재까지 CA마크 인증을 위하여 수행한 17개 제품의 국내 가정용 공기청정기에 성능시험 결과에 대한 현황과 이들의 결과의 관점에서 국내 공기청정기 기술에 대하여 고찰하고자 한다.

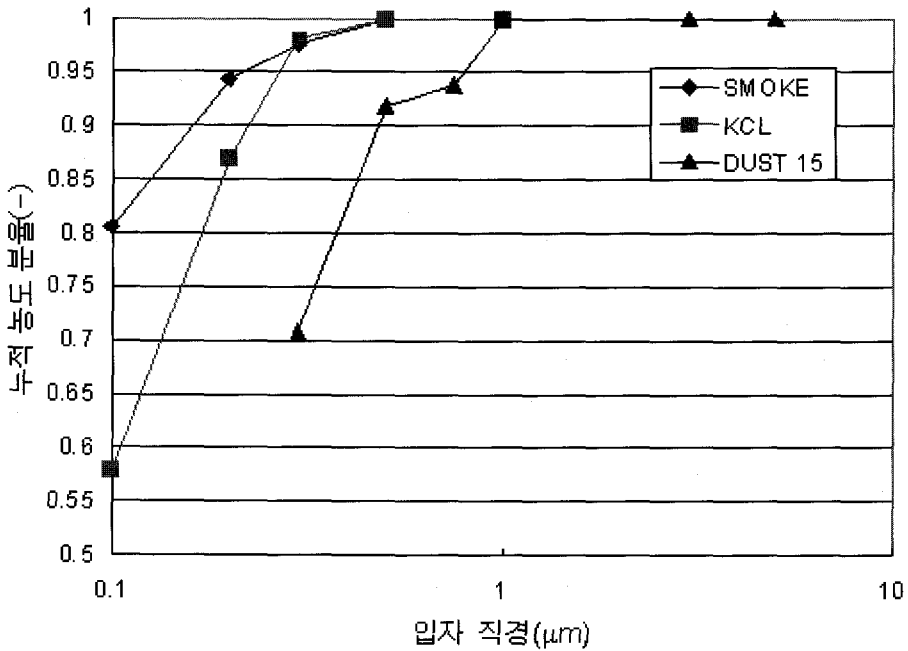


그림 1. 시험 입자별 입경분포

2. CA 성능시험법 고찰

공기청정기 성능시험과 관련하여 대표적인 국내 외 규격을 살펴보면, 먼저 입자상의 물질에 대하여는 미국의 AHAM(Association of Home Appliance Manufacturers)에서 담배연기, 먼지 등에 대하여 CADR(Clean Air Delivery Rate)로 평가하는 NSI/AHAM AC-1-2000 (Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Cord- Connected Room Air Cleaner) 규격과 일본공기청정협회의 JACA No.36-2000(업무용 분연기성능시험방법지침)에서 규정하는 0.3 μm 입자에 대한 집진효율 및 청정도, 그리고 한국산업규격 KS C 9314-2002(공기청정기)에서 규정하는 비색법 시험법 등이 있는데, 세계적인 추이로 볼

때 미세입자에 대한 계수법에 의한 집진성능 평가로 전환되고 있는 실정이다.

따라서 한국공기청정협회의 CA마크 규격 KACA-1998(실내용 공기청정기) 성능시험에서는 집진성능 평가에 대하여 선진국의 수준인 0.3 μm 입자에 대한 계수법 집진효율을 평가하고, 체적 30m³ 챔버에 대한 청정화 능력 및 적용면적을 평가하고 있다.

그림 1은 담배연기와 일반 분진을 대표하는 DUST 15종 및 CA 규격시험에서 발생하는 KCL 시험입자의 입경분포를 나타낸다.

그림에서 보는바와 같이, 입자개수 농도에서 볼 때 담배연기는 80% 이상이 0.1 μm 이하로 매우 작은 입경분포를 가지며, 일반 DUST는 비교적 큰 입경분포를 가지고 있으나 거의 대부분이 1 μm 이하이다.

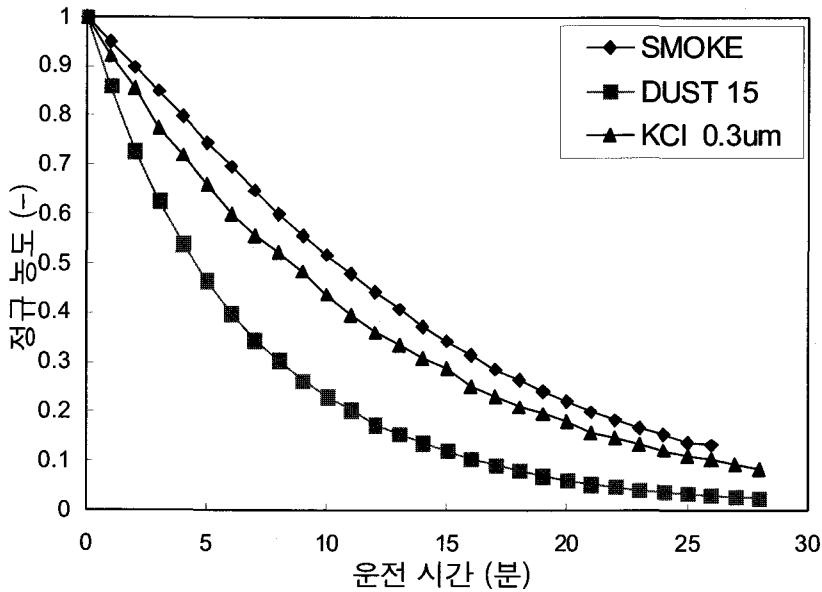


그림 2. 각 규정 입자에 대한 시험 챔버내 운전감소율

본 CA 규격에서 규정하는 KCl 입자는 AHAM 규격의 담배연기와 DUST 입자의 사이에 위치하는 비교적 작은 입경분포를 가지는 것을 볼 수 있다.

그림 2는 미국의 AHAM 규격에서의 담배연기와 DUST 15종에 대하여 체적 30m³ 시험 챔버내에서의 운전감소율과 동일조건에서의 CA마크 규격인 KCl 0.3 μm 입자에 대한 운전감소율의 비교를 보여 주고 있다.

그림에서 보는바와 같이, 본 CA 규격의 KCl 0.3 μm 입자의 운전감소율은 담배연기와 DUST 감소율의 사이의 값을 나타내는 것을 볼 수 있는데, 이로부터 알 수 있는 것은 CA마크에서의 적용면적은 담배연기 입자에 비하여는 근접하거나 비교적으로 높게 나타나며, 황사를 포함하는 일반 분진입자에 비하여는 상대적으로 낮은 적용면적의 값을 가진다는 것을 알 수 있으나, 이러한 복합적인 실내 분진

을 대표하는 평균적인 특성치를 가진다는 것을 유추할 수 있다.

그리고 본 CA 규격에서의 적용면적과 KS 규격에서의 적용면적의 비교를 위하여 그동안 CA 시험을 통하여 수행된 공기청정기들에 대하여 적용면적과 KS규격에 의하여 산출되는 적용면적에 대한 비교를 그림 3에 나타내었다.

그림에서 보는바와 같이, KS 적용면적은 CA 적용면적에 비하여 다소 높은 값을 나타낸다는 것을 볼 수 있다.

이러한 이유로는 먼저 KS규격에서의 적용면적의 평수는 풍량과 집진효율 및 계수 2.4의 3가지의 곱에 의하여 산출되는데, CA 규격에서의 적용면적은 챔버에서의 농도 감소율의 측정에 의하여 산출된다.

따라서, CA에서의 적용면적은 공기청정기의 흡

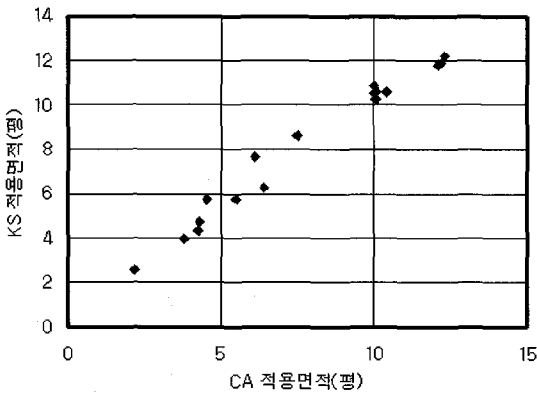


그림 3. CA규격 적용면적과 KS규격 적용면적 관계

배기구의 기하학적 형상 및 위치 등의 설계, 제작에 따라 달라질 수 있는 보다 실용적인 측면이 강하다고 할 수 있다.

또한, 공기청정기의 또하나의 중요한 특성인 생활취기에 대한 탈취성능에 대한 시험법은 국외적으로 일본전기공업협회 규격인 JEM 1467-1995 (가

정용 공기청정기) 시험법과 일본공기청정협회 JACA No.36-2000 등에서 규정하고 있으며, 본 CA 규격 KACA-1998의 시험법에서는 이를 토대로 하여 규격을 보완하여 성능시험을 수행하고 있다.

이들 규격에서의 가장 큰 차이는 시험챔버의 크기와 취기투입방법 및 산출방법 등인데, JEM 1467-1995의 챔버는 가로 1.0m, 세로 1.0m, 높이 1.0m의 직육면체로 용적 1.0m³ 크기로, 챔버 내부에는 다섯 개의 담배를 6~8분 동안 동시에 연소시킬 수 있는 담배흡연기와 담배연기를 챔버 내부에 고르게 분포하도록 교반시키는 팬이 설치된다.

그리고, 한국공기청정협회 CA 규격 탈취 시험 챔버는 가로 1.8m, 세로 1.8m, 높이 2.3m의 직육면체로 용적이 7.5m³이고, 챔버 내의 공기를 배출할 수 있는 팬이 설치되어 있으며, 시험용 가스를 각각 공급하는 가스 공급기와 습도조절을 위하여 가습할 수 있는 덕트가 설치되며, 또한 챔버 내부를 급속 혼합할 수 있는 교반 팬이 상부에 설치된다.

본 CA 시험법과 JEM 규격 시험법에 의한 암모

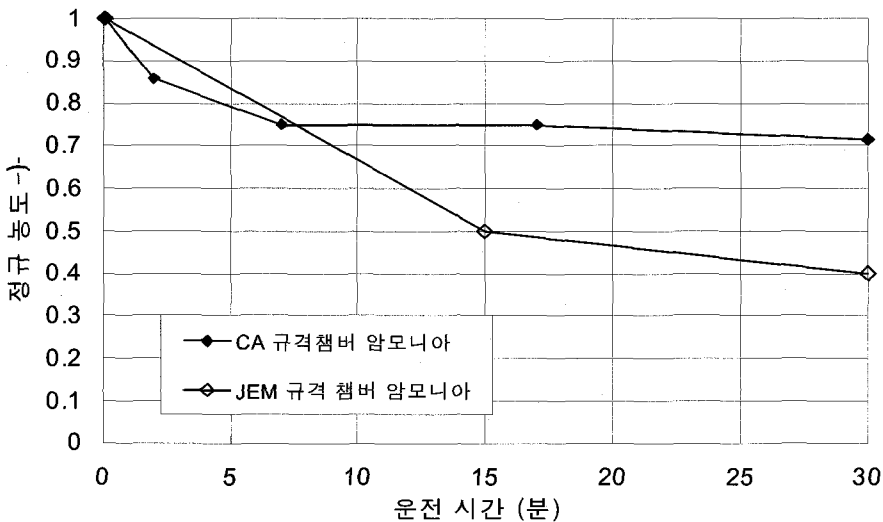


그림 4. 각 시험법에 따른 암모니아 운전감소율 비교

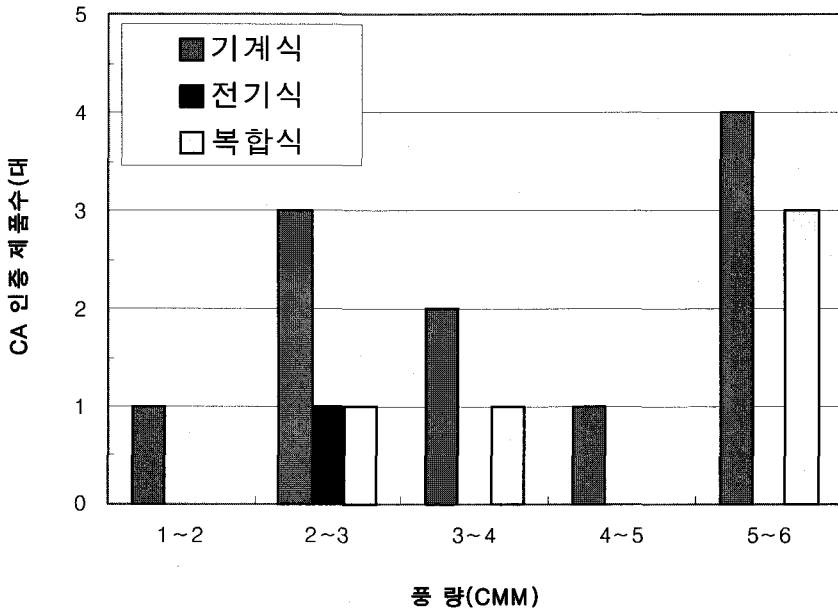


그림 5. 한국공기청정협회 CA 성능시험 인증제품 풍량별 분류(2003년 7월 현재)

니아 악취에 대한 챔버내의 자연감소율의 측정 결과가 그림 4에 나타나 있다.

그림에서 보면, JEM의 1m³ 체적의 챔버에 비하여 CA 규격의 7.5m³ 챔버에서의 감소율이 현저하게 떨어지는 것을 볼 수 있는데 이러한 차이 등에 의하여 탈취효율의 평가결과에 있어서 큰 차이를 나타내고 있다. 따라서, CA 규격의 탈취시험에 대하여는 타당성 있으며 부합화되는 보완 규격의 개발이 필요하다.

3. CA 인증현황 및 고찰

2003년 3월 이후 7월 현재까지, 가정용 공기청정기에 대한 CA 성능시험규격에 의하여 한국기계연구원에서 수행하여 국내 메이커의 12개사 17개 제품이 인증시험에 합격하였으며, 합격된 공기청정기에 대한 풍량과 공기청정기 방식을 그림 5에 나타

내었다.

그림에서 보는바와 같이, 국내 대부분의 가정용 공기청정기의 풍량은 6CMM 이하의 값을 나타내고 있다. 또한 방식에서도 전기식이 1대, 기계식이 11대, 그리고 기계식과 전기식의 복합식이 5대로 대부분이 기계식인 여과 필터방식을 채택하거나 조합하여 사용하는 것으로 나타났다.

이는 CA 규격인 0.3 μ m KCl 입자에 대한 집진효율이 70% 이상의 경우에 대한 것으로 고성능의 여과필터를 적용하거나 또는 고도의 전기집진 기술의 요구에 따른 원인으로 분석된다.

그리고 풍량에서도 6CMM 이하로 한계값을 가지고 있는데, 이는 공기청정기의 핵심 구성품 가운데 하나인 저압손 고성능 집진기술과 저소음 대유량 송풍기 기술의 한계에 의한 결과로 분석된다.

여기서부터는 이상의 공기청정기 CA 인증 시험

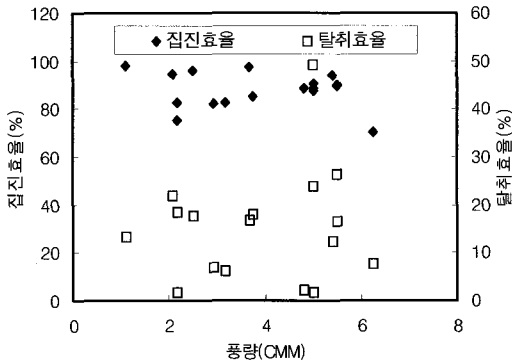


그림 6. 공기청정기 풍량별 집진효율 및 탈취효율 분포

에 대한 데이터 분석을 위하여 중요한 인자에 대한 시험결과를 그림 6에서 10가지에서 정리하여 나타내었다.

먼저, 그림 6은 인증된 17개 공기청정기에 대하여 풍량에 따른 집진효율과 탈취효율 시험결과를 나타

내고 있다.

그림에서 보는바와 같이, 집진효율은 70%에서 100%에 근접하는 높은 값을 나타내고 있으며, 풍량이 증가함에 따라 통과유속의 증가 등에 의하여 미약하지만 집진효율의 상대적인 감소경향을 나타내고 있다.

그리고 본 그림에서 보면 탈취효율은 최대 50% 수준에서 2%까지 상대적으로 낮은 효율을 나타내고 있으며, 대부분이 20%대의 값을 가지고 있으며, 풍량에 상관없이 제작사 제품에 따른 효율 변화폭이 매우 크다는 것을 볼 수 있다.

그림 7은 17개 제품의 공기청정기에 대하여 본 CA 시험에서 국내 생활 악취인 암모니아, 아세트알데히드, 초산 및 트리메틸아민에 대하여 챔버내에서의 운전감소율의 전형적인 결과를 보여주는 것으로, 그림에서 보면, 초산의 경우가 제거율이 가장 높게 나타났으며, 아세트알데히드의 경우 제거율이 매우 낮게 나타나는 경향을 보여 주고 있다.

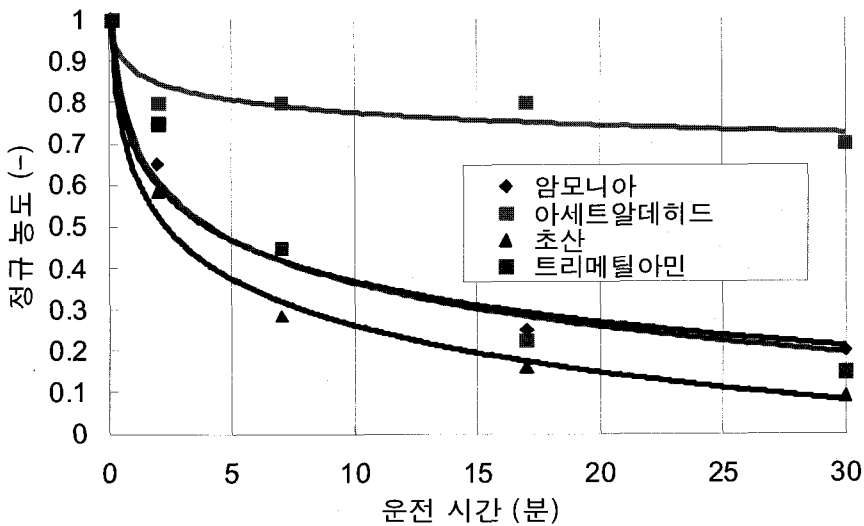


그림 7. 공기청정기 탈취 특성

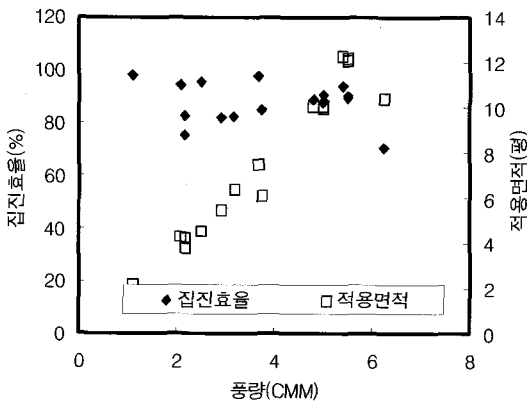


그림 8. 공기청정기 풍량별 집진효율 및 적용면적

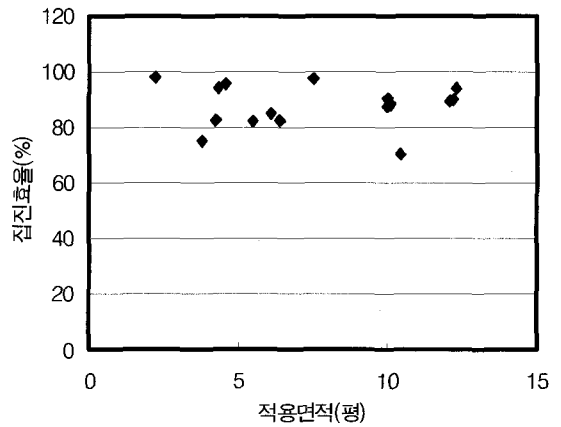


그림 9. 공기청정기의 적용면적과 집진효율 관계

이러한 경향은 국내의 대부분의 공기청정기의 탈취방식인 흡착 또는 촉매방식에 대한 결과이다.

그리고 그림 8은 공기청정기의 풍량에 따른 집진효율과 적용면적을 보여주는 것으로, 그림에서 보면 국내 대부분의 가정용 공기청정기의 경우 적용면적에서도 12평 이하의 한계값을 가진다는 것을 알 수 있다.

일반적으로 적용면적은 풍량과 집진효율에 의존되며, 이상의 한계에 대한 이유로는 송풍기에 의한 풍량과 집진효율의 한계에 따른 적용면적의 한계로 분석된다. 그리고 그림에서 보면 풍량에 거의 정비례하여 적용면적이 증가한다는 것을 볼 수 있다.

그러나, 그림 9에서 보는 바와 같이 적용면적에 따른 집진효율은 변화가 거의 없으며, 단지 적용면적이 큰 공기청정기의 경우 집진효율은 다소 감소하는 경향을 보이고 있다.

이상으로부터, CA 인증의 고집진 효율의 공기청정기는 집진효율 보다는 풍량이 적용면적을 증가시키는 데 더욱 지배적인 인자라고 볼 수 있다.

그리고, 공기청정기의 적용과 소비자에 대한 파악효과에서 또하나의 가장 중요한 인자의 하나가

발생 소음이다.

그림 10은 CA 공기청정기의 풍량에 따른 소음특성을 그래프에 나타내었다.

KS를 포함하여 CA 규격에서 규정하는 한계 소음치는 풍량이 5CMM 이하인 경우는 45dB 이내이며, 5CMM 이상에서 10CMM 까지의 경우는 50dB 이내로 규정하고 있다.

이에 따라, 그림 10에서 보는바와 같이, 풍량

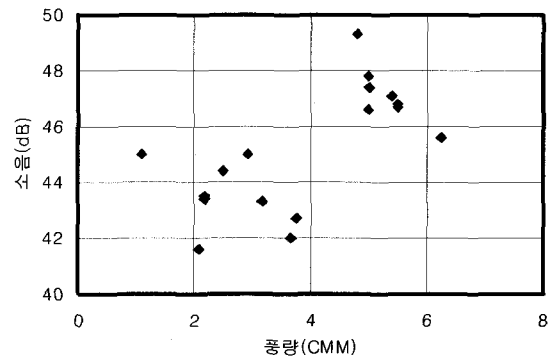


그림 10. 공기청정기의 풍량에 따른 소음특성 변화

5CMM을 기준으로 하여 45dB 이하와 50dB 이하의 두개 그룹의 소음 분포를 보이고 있다.

그러나, 그림에서 보면 각 제품별로 동일 풍량에 대해서도 소음의 상당한 차이를 나타내고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 공기청정기 메이커별 송풍기, 필터시스템을 포함하여 유동부의 형상 설계, 제작 기술 정도에 따라 저소음 공기청정기의 제작이 가능하다는 것을 유추할 수 있다.

4. 결론

그동안 약 5개월에 걸쳐서 가정용 공기청정기에 대한 CA 성능시험규격에 의하여 한국기계연구원에서 수행하여 국내 메이커의 12개사 17개 제품이 인증시험을 통과하였으며, 공기청정기의 수요 증가에 따라 이에대한 성능시험이 지속적으로 증가하고 있다.

이상의 CA 시험을 통하여 얻어진 결론을 정리하면, 먼저 본 CA 규격에서 평가하는 KCl 0.3 μ m 입자는 미국이나 일본의 규격과 대등한 효과를 가져오는 실내 입자상 분진을 대표하는 평균적인 특성치를 가진다는 것을 볼 수 있었다. 단지, 생활취기에 대한 탈취효율의 평가법에 대하여는 보다 타당성 있는 보완 규격의 개발이 여전히 필요한 실정이다.

그리고 CA 인증의 국내 대부분의 가정용 공기청정기의 풍량은 5~6CMM 이하의 값을 나타내고 있으며, 방식에서도 대부분이 기계식인 여과 필터방식을 채택하거나 조합하여 사용하는 것으로 나타났다.

이는 공기청정기의 핵심 구성품 가운데 하나인 저압손 고성능 집진기술과 저소음 대유량 송풍기 기술의 한계에 의한 결과로 분석되며, 이에대한 지속적인 고효율화 개발이 필요하다.

그리고 소비자에게 중요한 적용면적에서도 12평

이하의 한계값을 가지는데 이의 증가를 위하여는 풍량이 중요한 변수로 나타났으며, 유동방향 및 흡입/배출구의 개선도 중요하다는 것을 볼 수 있었다. 그리고, 각 제품별로 동일 풍량에 대해서도 소음에서도 상당한 차이를 나타내고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 공기청정기 메이커별 송풍기, 필터시스템을 포함하여 유동부의 형상 설계, 제작 기술 정도에 따라 저소음 공기청정기의 제작이 가능하다는 것을 유추할 수 있다.

서론에서도 언급한 바와 같이, 향후 공기청정기는 인간생활과 밀접하며 산업 및 문화의 발달에 따라 점차적으로 수요가 증가될 것이다.

공기청정기는 일반 실내, 사무실 및 지하상가, 지하철 역사 등의 적용에 따라 크기와 방식이 다양하며, 이러한 다양한 종류의 공기청정장치에 대한 체계적인 평가를 할 수 있는 시험규정의 확립과 성능인증이 중요할 것으로 사료된다.

또한, 이러한 공기청정기의 제품별 설치 및 적용에 대한 기준 정립은 물론, 미세먼지(PM2.5)와 가스상의 물질 뿐만 아니라, 실내 VOC, 미생물, 라돈, 포름알데히드 등의 새로운 규제대상의 실내오염물질에 대응하는 성능평가 체계의 확립이 중요할 것으로 예상된다.

이를 통하여 공기청정기의 향후 개발방향을 제시하고 생산 업체의 제작공정의 표준화를 유도함은 물론 공기청정기 소비자에 대한 장치의 신뢰성 향상으로 국내 소비 증대 및 관련 산업의 활성화에 기여할 수 있을 것이다.

- 참고문헌 -

1. G.B. Leslie and F.W. Lunau, "INDOOR AIR POLLUTION: Problems and Priorities", Cambridge University Press, 1992.
2. INDOOR AIR 2002, Proceedings of 9th

International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, California, June 30-July 5, 2002.

3. KACA-1998 (한국공기청정협회 규격, 실내용 공기청정기).
4. JEM 1467-1995 (일본 전기공업협회 규격, 家庭用 空氣清淨器. 2000년 개정)
5. KS C 9314-2002 (공기청정기, 2002년 2월 28일 개정)
6. AHAM AC-1-2000 (Method for Measuring

Performance of Portable Household Electric Cord- Connected Room Air Cleaner).

7. ANSI/ASHRAE Standard 52.2-1999 (Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size)
8. JACA No.36-2000(업무용 분연기기성능시험방법지침)