

실내용 공기청정기의 성능평가 및 인식도 조사

손종렬 · 김영환 · 우완기*
고려대 보건대학 환경위생과 · 장안대학 환경시스템과*

The Evaluation and Investigation of Conscious Cognition Degree on a room-size air cleaner

Jong-Ryeul Sohn · Young-Whan Kim · Wan-Gi Woo*
College of Health Sciences, Korea University · Jangan College*

Abstract

This study was performed on a questionnaire survey of 500 people about their awareness for indoor air pollution, and measured efficiency of air cleaner which can remove the CO and air-borne particulate of ETS(Environmental Tobacco Smoke) in air clean chamber. The room-size cleaner for measuring indoor air contaminants has been applied to evaluation of two different air cleaner such as the mechanic air cleaner with hepafilter(HPA) and the electrostatic air cleaner with metal plate. The measuring experiment was carried out in a chamber by sampling the air. The results obtained were as follows:

As respondents are having their 90% of daytime indoors a day, and 38% of them can feel indoor air pollutions degrees directly by their sense of smell, For the installation of indoor pollution control equipment, 34% of all respondents installed air cleaner because of the problem of economical charge and almost respondents was not satisfied the trust of ability purified indoor air pollutants.

In the experimental results, it was found that more than 95% of CO and air-borne particulate of ETS were removed within 20 minutes. The reaction kinetics of removal pollutants was verified as the pseudo-first order.

Finally, it appeared that the room-size air cleaner can be applied to new technology for removing indoor air contaminants.

I. 서론

최근 환경오염중 우리의 생활환경에 관련된 실내환경에 대한 관심이 국내외적으로 관심이 고조되고 있으며, 인류가 시급히 해결해야할 과제로 인식되고 있다. 특히 에너지 문제로 인한 건물의 밀

집화 및 폐쇄화는 실내환경오염을 더욱 증가시키며, 각종 건축자재의 사용, 흡연 및 생활환경변화 등으로 실내오염물질이 다양화되고 있다.

미국 EPA의 보고에 의하면, 성인이 하루에 약 70~80%를 실내 공간에서 생활하고 있는 것으로 보고하고, 생활 방식의 변화에 인한 도시화 지역에

서의 실내 공기질(indoor air quality)의 문제가 새로운 환경 이슈로 부각되고 있어 미국을 중심으로 구미 각 국 정부에서는 21세기 환경문제 중 실내 환경(indoor environment) 문제를 최우선으로 다루고 있다.

실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 설비를 통해 오염된 공기가 계속적으로 순환되어 그 온도가 증가되면 결과적으로 호흡기 질환과 같이 인체에 직접적인 피해를 유발하고 있으나, 대부분의 사람들은 대기오염의 심각성을 깊이 인식하면서도 실내공기오염이 인간에게 미치는 영향이 더욱 크다는 점은 인식하지 못하고 있다. 실내공기의 오염원으로는 미세 먼지, radon, formaldehyde, 석면, 등의 화학적인 오염원과 세균, 곰팡이, 바이러스 등의 생물학적 오염원이 있으며 이런 물질이 호흡기 질환, 폐 질환, 기관지 질환, 폐암을 비롯한 각종 질병 등은 환기가 제대로 되지 않아 다습하고 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 되며, 이중 감염균이 공기를 매체로 하여 폐 및 기타 기관에 전달되면 전염성 질환 및 알레르기를 유발시키기도 한다. 또한 밀폐된 건물에서 생활하는 많은 사람들이 일명 빌딩증후군(sick building syndrome-SBS현상)이라고 하는 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감소 등을 호소하게 되었다.¹⁾

이러한 실내공기오염의 문제를 해결하기 위한 장치로서 개발된 것이 공기청정기인데, 사무실 환경에서는 건물내에서는 환기시설에 직접 설치하여 중앙공급식으로 사용하고, 일반 주거환경에서는 단독으로 개발된 소형 공기청정기를 사용하고 있다.²⁾

일본³⁾의 JIS C 9615와 한국⁴⁾의 KSC 공기청정기를 “일반가정, 사무실 등에 설치하여 공기중에 부유하는 분진을 포집하거나 또는 이와 병행하여 가스를 제거(탈취)하기 위하여 사용되는 송풍기 내장의 장치” 정의하고 있고, 이것은 미국 AHAM AC-1 시험규격에서의 “이동식 가정용 공기청정기”와 유사한 정의이다.

공기청정기의 종류는 Pre-Carbon Filter와 Hepa filter를 이용한 기계식, Corona 방전에 의한 집진판을 이용한 전기식, 그리고 이 두종류를 병행한 복합식으로 나눌 수 있는데 현행 규정상 청정기의 성능을 제대로 평가할 수 있는 지침이 설정되지

못하고 있다. 최근 이러한 문제를 해결하고자 공기청정협회를 중심으로 전문가들이 활발하게 연구 검토를 하고 있다.^{6), 7)}

그러므로 본 연구는 국내에서 시판되는 가정 및 사무실에 설치하는 단독형 공기청정기 중 Hepa Filter를 이용하는 기계식과 금속집진판을 이용하는 전기식 청정기를 이용하여 담배연기를 통한 제거 성능에 대한 비교 평가를 실시하고, 또한 설문지를 통하여 실내오염과 공기청정기에 대한 인식도를 평가하여 실내공기오염에 대한 문제점과 그 대책에 관한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

실내형 공기청정기의 분진 등과 오염물질의 제거효율을 평가하기 위하여 Fig.1과 같은 실험장치에서 단위시간내의 오염물질 제거효율은 질량수지 법칙을 적용하면 다음과 같은 평형식을 얻을 수 있다.⁵⁾

$$V \frac{dCi}{dt} = P - R - QoCi + CoQi - CiQc \eta \quad (1)$$

여기서

C: Chamber의 농도

Ci: 청정기 입구의 농도

Co: 청정기 출구의 농도

P: 오염물질 생성량

R: 외부에 의한 입자의 제거량

Qi: 유입공기량

Qo: 외부로 유출되는 량

Qc: 공기청정기 유량

η : 공기청정기의 제거효율

V: 실체적

Kc: 제거속도상수

t=0에서 적분하여 정리하면

$$C = Ci \cdot \exp[(1 - \eta)Qc + Qi/V] \cdot t \quad (2)$$

청정기의 제거효율을 알기 위해 정리를 하면

$$\eta Qc = 2.3VK \left(\log \frac{C}{Ci} - \frac{Qi}{Qc} \right) \quad (3)$$

ηQc 를 결정하기 위하여 시간의 함수로서 표현하면

$$V \frac{dCi}{dt} = KcC \quad (4)$$

로 결정할 수 있으며, 이를 공기청정기의 효율을 결정하기 위해 제거속도상수(Kc)를 구하면,

$$\eta = V \frac{dCi}{dt} = Kc \quad (5)$$

로 표현될 수 있다.

III. 조사 및 분석

1. 설문지 조사

실내용공기오염에 대한 인식과 공기청정기에 대한 인식조사를 위하여 2001년 7월 1일에서 9월 30일에 걸쳐 서울시 지역에서 거주하는 성인 남·녀 중 직장인 및 주부 500명을 대상으로 설문지를 작성하여 직접방문식으로 조사하였으며, 항목별로 집계하고 평균 및 백분율을 구해 기술적 통계방법으로 비교 분석하였다.

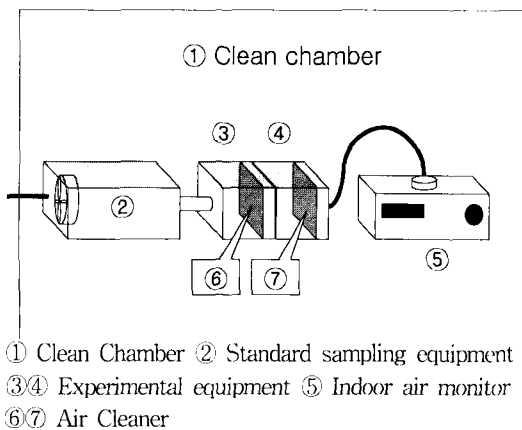


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

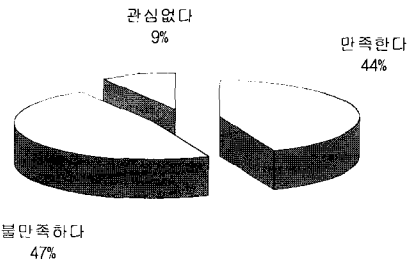


Fig. 2. 실내 공기에 대한 만족도

2. 실험분석

본 실험은 설문지 결과를 토대로 이용되는 시판 공기청정기 중 기계식인 Filter 방식과 전기식인 집진방식을 이용하여 Fig.1과 같은 실험장치로 실내에 발생하는 담배 연기를 이용하여 발생 분진 및 CO가스의 처리성능을 비교 실험 분석하였다.

실험장치중 Clean Chamber는 W 600 X L 1,200 X H 700인 무균 밀폐형이고 Clean chamber안에 설치한 오염물질 발생장치는 송풍기와 유량계 및 유량조절밸브가 설치된 장치로 아크릴재질로 크기 W 250 X L 480 X H 200로 제작하여 사용하였고, 시판 공기청정기가 설치된 장치도 크기 W 280 X L 550 X 260인 아크릴로 제작하였다.

Chamber, 발생장치, 청정기의 유입,유출농도를 측정하기 위하여 분진은 광산란방식인 Digital Aerosol Monitor (KANOMAX MODEL 3411, Japan)로, CO측정을 위해서는 IAQ monitor(BABUC/A,Italy)를 이용하였다

IV. 결과 및 고찰

1. 설문지 조사결과

흡연자, 비흡연자들의 실내공기에 대한 만족도는 44%이고, 불만족도는 47%로 조사되었으며 실내공기에 대한 문제점이 있다고 지적하고 있다.

흡연이 실내오염의 30% 이상 영향을 미친다는 의견이 전체의 67%를 차지한 것으로 조사되었는데 이는 담배연기가 실내오염에 주요원인이라는 것을 나타낸 결과이다.

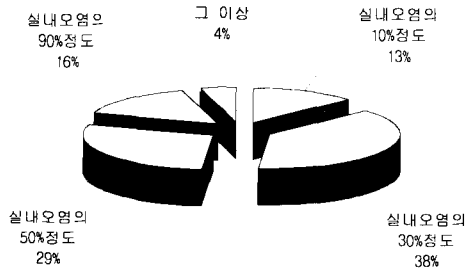


Fig. 3. 담배 연기로 인한 오염도

응답자 중에 환기시설과 창문을 통한 자연환기나 환풍기를 이용하고 있는 곳이 84%로서 대부분을 차지하고, 공기 청정기의 사용은 12%를 나타냈다.

공기 청정기 설치자의 공기정화기에 대한 신뢰도는 23%로서 낮은 편이고, 만족도 역시 2%로서 낮은 결과를 보이고 있다.

공기청정기 미설치자에게 조사한 결과 설치하지 않은 이유가 경제적인 부담이 가장 높게 나왔고, 그 외에 정보의 부족과 신뢰성의 부족 등의 이유가 나타났다. 향후 구입할 의향이 있는가에 대한 질문의 응답이 9%로 낮게 나타났다.

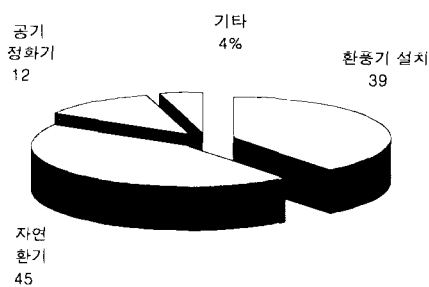


Fig. 4. 환기시설

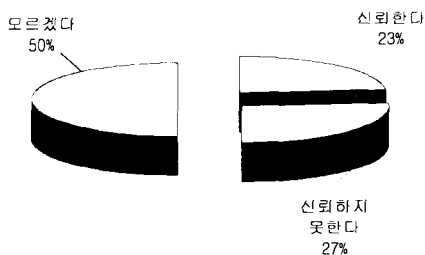


Fig. 5. 공기 청정기의 신뢰성

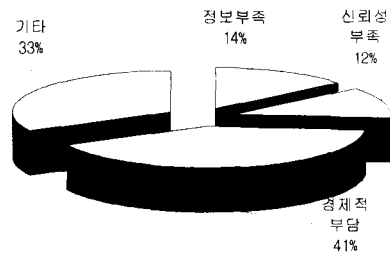


Fig. 6. 공기 청정기를 설치하지 못하는 이유

조사결과 많은 사람들이 실내오염에 대해서는 어느 정도 인식하고 있으나, 정보의 부족이나 낮은 신뢰도로 인해서 환기시설의 필요성을 느끼지 못하고 있으며, 공기 청정기의 설치도 경제적 부담과 신뢰도 부족 등으로 만족하지 못하고 있는데 추후 공기청정기의 성능을 보증할 수 있는 제도적 장치가 필요함을 알 수 있었다.

2. 실험 결과 및 고찰

2-1 CO 제거

본 실험은 설문지 결과를 토대로 이용되는 시판 공기청정기 중 기계식인 Filter 방식과 전기식인 집진방식을 이용하여 실험장치에서 발생시킨 담배 연기중의 CO 가스의 제거 성능을 비교 실험 분석한 결과는 Fig.7 과 같으며, 제거효율을 비교하기 위한 이론적 고찰에서 규명한 식(5)에 준하여 제거

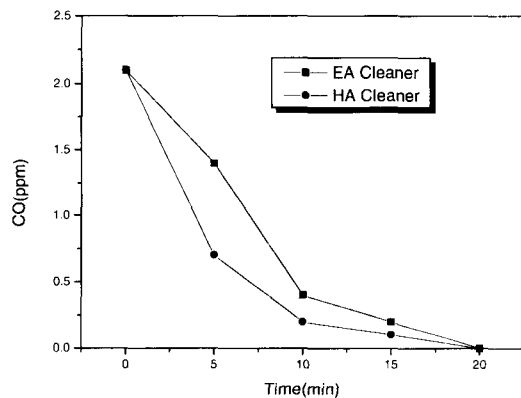


Fig. 7 The variation of CO conc. compared with electrostatic air cleaner and hepafilter air cleaner

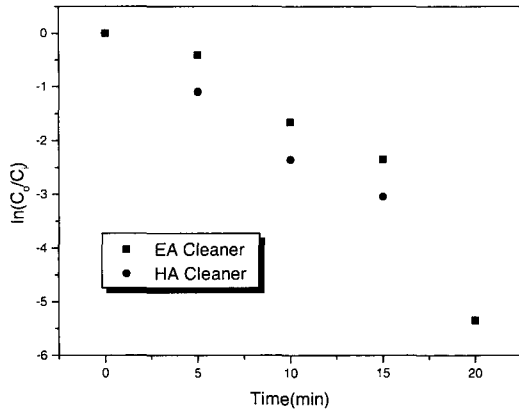


Fig. 8 Plot of logarithmic value of CO conc. compared with electrostatic air cleaner and hepafilter air cleaner

속도를 비교한 결과는 Fig 8과 같다.

Fig. 7, 8에서 실내공기중의 CO gas를 제거하는데는 Pre-carbon filter와 Hepa-filter로 구성된 기계식 공기청정기가 금속 집진판을 가진 전기식보다는 처리 성능면에서 우수함을 나타냈으며, 모두 20분이내에 99% 이상의 제거효율을 보여 주었다.

이는 현재 시판되는 공기청정기가 성능 보장만 된다면 가정이나 사무환경의 실내공기오염 방지기구로 활용될 수 있음을 보여준 결과이다.

2-2 분진제거

시판 공기청정기 중 기계식인 Filter 방식과 전기식인 집진방식을 이용하여 실험장치에서 발생시

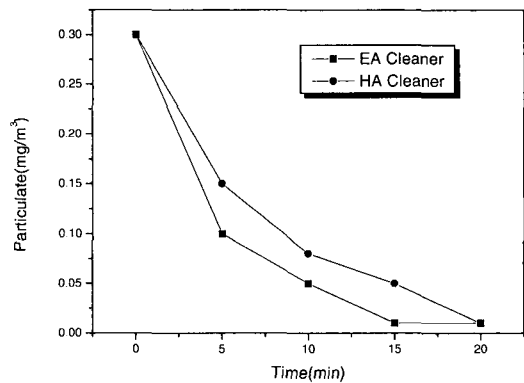


Fig.9 The variation of air-borne particulate conc. compared with electrostatic air cleaner and hepafilter air cleaner

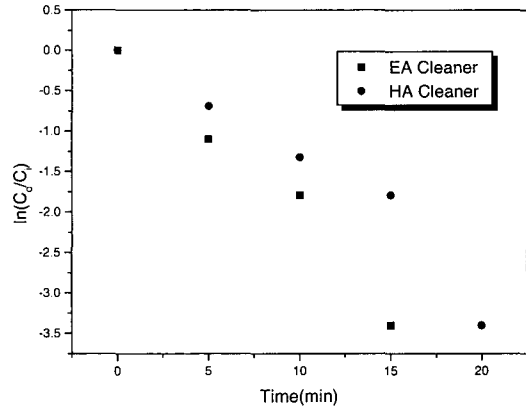


Fig. 10 Plot of logarithmic value of air-borne particulate conc. compared with electrostatic air cleaner and hepafilter air cleaner

킨 담배 연기를 이용하여 분진의 제거 성능을 비교 분석한 결과는 Fig.9와 같으며, 제거효율을 비교하기 위한 이론적 고찰에서 규명한 식(5)에 준하여 제거속도를 비교한 결과는 Fig 10과 같다.

Fig. 9에서 인체에 영향을 미치는 호흡성분진의 제거 성능을 비교한 결과 전기식 공기청정기가 기계식 공기청정기보다는 우수함을 알 수 있었으며, 통과시간 20분후에는 모두 제거되었으며, 모든 청정기에서 95 % 이상의 제거효를 보여주었다.

Fig. 10에서 제거속도상수를 비교해보면 전기식 공기청정기가 기계식 보다는 빨리 제거할 수 있는 우수한 장치임을 확인할 수 있었다.

이러한 결과에서 CO제거는 Filter를 이용한 기계식이 우수함을 나타냈는데 이는 Pre-carbon filter에 의한 흡착으로 기인되며, 분진에 있어서는 전기식이 우수함을 보여주었는데 이것은 전기집진기의 원리처럼 분진입자에 전하를 주어 제거하는 것이 가장 효율이 좋다는 이론과 일치된 결과이다. 다시 말해서 공기청정기는 실내에 부유하는 공기오염물질을 제거하는데 우수한 장치이며, 추후 성능보장 규정에 따른 검사가 시행되어 적용된다면 가정 뿐 아니라 빌딩의 사무환경에서도 응용될 수 있을 것이다.

V. 결 론

설문지를 실내공기오염에 대한 시민들의 인식도

를 파악하고 실내 공기오염을 제어 장치인 공기청정기의 인지도를 조사하고 이를 토대로 시판 공기청정기 중 기계식과 전기식 공기청정기를 이용하여 실내공기오염물질인 담배 연기중의 CO 와 분진 제거성능을 비교 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 응답자들이 대부분 하루 평균 90%정도 실내 생활을 하고 있으며, 실내공기오염은 주로 담배와 같이 생활환경에서 발생하고 있다고 응답하였다.
2. 응답자 대다수가 환기시설에 대한 의미와 중요성을 인식하지 못하고 있으며, 공기청정기의 사용도 미비하고, 성능에 대해서도 신뢰하지 못하는 것으로 조사되었다.
3. 시판 공기청정기인 기계식과 전기식 장치를 이용하여 실내에 부유하고 있는 공기오염물질중 CO와 분진의 제거 성능을 실험한 결과 오염물질에 따라 약간의 효율 차이는 있으나 대부분 95 % 이상의 제거 효율을 나타냈는데, 이는 공기청정기가 실내에 부유하는 공기오염물질을 제거하는데 우수한 장치이며, 추후 성능보장 규정에 따른 검사가 시행되어 적용된다면 가정 뿐만 아니라 빌딩의 사무환경에서도 응용될 수 있음을 보여준 결과이다.

결론적으로 시민들의 실내공기오염의 중요성을 인식시키기 위해서는 정부에서의 관련법규의 제도적 장치 마련이 필요하고, 정부와 전문가 그리고 관련단체의 홍보와 교육이 선행되어야 할 것이다.

공기청정기에 대해서는 관련 정부의 성능평가 기준마련으로 무분별한 제품 출하로 인한 신뢰도 하락을 막고 적정가격수준인 값싸고 효율이 우수한 공기청정기를 공급하여 생활환경을 보호함으로써 국민보건향상에 기여할 수 있는 여건 조성이 필요하고 추후 이에 대한 보다더 구체적으로 광범위한 실태조사를 통한 체계적인 방안이 마련되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 오명도: 공기청정기의 성능 시험 및 평가, 공기청정기술, 8.2.48-70, 1995.
2. ASHRAE, Air Cleaners for Particulate Contaminants, ASHRAE Handbook, Ch.24,996.
3. 일본산업규격, JIS C 9615, Air Cleaners, 1995
4. 한국산업규격, KS C 9314, 공기청정기, 1994
5. 유경훈, 공기청정기 시험법의 특성과 동향, 공기청정기술 11(2), 40~49, 1998.
6. 최철원, 공기청정기 산업현황, 공기청정기술, 11(2), 59~69, 1998.
7. 윤동원, 실내형 공기청정기의 부유분진 제거효율평가, 공기청정기술, 11(2), 50~58, 1998.(경원대학교).
8. 오명도: 공기청정기술 국제오염제어협회, 11(1), 21~35, 1998.
9. 최석호, 동적 특성방법을 이용한 실내용 공기청정기의 효율 평가, 공기조화 냉동공학회, '97 하계 학술발표회 논문집, 273~278, 1997.
10. 유소영 외 3명 : 한국섬유공학회지, 35(7), 402~411, 1998.
11. 오명도 : 공기청정기술 21세기 공기청정기술의 발전동향, 13(1), 15~33, 2000.
12. 정윤희 외2명 : 한국위생학회지 생활환경과 실내공기의 미생물학적 오염에 관한 연구, '27(2), 1~9, 2001.
13. ANSI/ASHARE standard: Gravimetric and dust spot procedures for testing air cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter, 521-1, 1992.
14. Hautanen, J. Kilpelainen, M., etc.: Electrical agglomeration of aerosol particles in an alternating electric field, Aerosol Science and Technology, 22, 181-189, 1995.
15. Kildeso, J., Bhatia, V.K., Lind, L., Johnson, E. etc: Experimental investigation for agglomeration of aerosols in alternating electric field., Aerosol science and Technology, 23, 603-610, 1995.