객차내 미세먼지 저감을 위한 공기청정장치 개발

The development of Air-cleaner for railroad passenger car to remove fine dust

이영섭* 남궁석** 윤종은**

Lee, Young-Seop NamGoong, Seok Yoon, Jong-Eun

ABSTRACT

This study was the development of air-cleaner for railroad passenger car. the characteristic of air-cleaner is to improvement of in door air quality and easy of maintenance. the air-cleaner is applicated to roll filter system. advantage of roll filter is to reduce time and cost of maintenance.

The developed air-cleaner was installed to the railroad passenger car, and then has fieldtested for roll filter system's performance. the result of field-test performance was average Eff. 32% that is average of several days' measurement data.

1. 서 론

국내 실내환경법은 1989년 지하공간 환경기준 권고치 설정을 시작으로 꾸준히 관리되어왔다. 또한 최근에는 다수 시민들이 이용하는 대중교통수단의 실내 공기질 관리를 위하여 대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인'을 제정(2006, 환경부), 시행 중에 있다. 일반적으로 가정 및 사무실등 실내환경 개선을 위한 공기청정기는 개발되어 상용화 되어있고, 그 시장 또한 매년 15% 이상 성장하고 있는 추세며(2008,공기청정기술), 기술 또한 꾸준히 발전하고 있다. 그러나 특수실내 환경인 대중교통수단에는 아직까지 실내 공기질 개선을 위한 공기청정장치는 개발되어 있지 않으며, 적용 사례는 있었으나 소음, 2차 오염물(NO_x, O_3) 발생 등의 이유로 현재 적용 중단된 상태이다. 객차내 공기청정장치는 기타 장치와 연계한 시스템 인터페이스등도 고려되어야 하며, 사용자가 정비 및 유지보수하기에 편리한 장치여야 한다. 예를 들어 기존 개발되었던 공기청정장치는 짐을 올려놓는 선반위에 장착되어 있어서 외관상으로 미관을 해치며, 승객의 짐을 올려놓을 공간을 차지함으로써 공간상으로도 승객에게 불편 야기할 수 있었다. 또한 내부공기의 흐름을 고려한 장착이 아닌 HVAC 시스템과 별개로 장착 되어졌기 때문에 시스템 연계가 취약했다.

이에 본 연구에서는 이러한 사용자들의 요구와 환경기준 마련에 대한 대책 마련, 객실내 실내 환경의 쾌적성 향상 측면 등을 고려한 객차용 공기청정장치를 개발하였다. 개발된 공기청정장치는 유지보수가 용이하도록 롤필터 시스템을 적용하였고, 실차 평가전 소음, 풍량, 집진효율, 필터 media의 난연성을 평가하여 단품에 대한 성능검증을 실시하였다. 공기청정장치의 효율성 평가는 주로 밀폐된 챔버 안에서 실시하는게 일반적이나(2007,김윤신) 실제 사용자의 환경에서 평가하는 방법이 제품의 실제 효율임을 입증할 수 있기 때문에 본 연구에서는 실제 운행 중인 신형 무궁화호 차량을 개조하여 공기청정장치를 장착 및 실차평가를 진행하였다. 실차평가는 기존차량과 개조된(공기청정기 장착차량)차량에서 동일한 측정 장비를 이용하여 측정하였고, 기존차량 대비 개조된 차량의 실내공기질의 향상 정도를 상대비교 하여 객차용 공기청정장치에 대한 PM10 저감효율을 평가하였다.

* (주)성창에어텍, 기술연구소, 비회원

E-mail :zen10000@naver.com

TEL : (031)650-5468 FAX : (031)665-3804

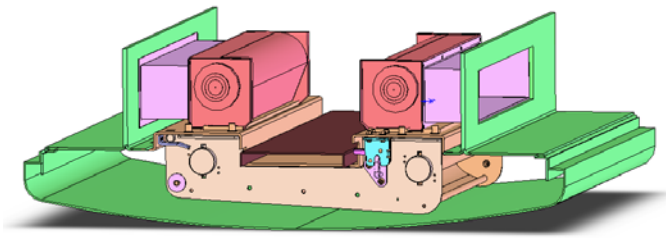
** (주) 성창에어텍

2. 본 문

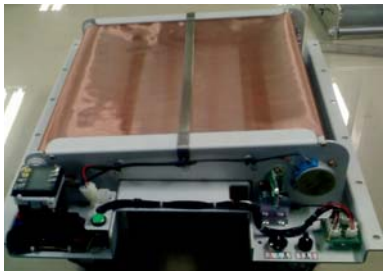
2.1 실험 재료

본 연구에서 개발한 객차용 공기청정장치는 CATIA V4, 5를 통하여 모델링(A) 한 후 그림 (B)와 같이 제품을 제작하였다. 제품에 사용한 롤필터 메디아는 구리 코팅된 난연 150mesh 필터를 사용하였다. 실제 그림(B)에서 상기 언급한 필터를 제품에 장착한 모습을 나타낸 것이다. 그림 (C)는 제품 작동시 공기의 흐름도를 표현한 것으로 간단히 요약 하면, 객차내 공기가 흡입팬에 의해 덕트를 통해 유입되면, 공기청정장치의 내부유로를 통해 필터면까지 도달하게 되고, 먼지를 포함한 실내공기는 필터면에 의해 여과되어 신선공기가 객실내부로 토출된다. 개발된 제품의 작동원리는 공기청정장치의 작동시 공기흐름도에 의해 지속적으로 여과가 진행되어면, 유효한 필터 여과면에 먼지가 쌓이게 되고, 먼지가 쌓인 필터면은 모터(Timer에 의해 작동됨)에 의해 감겨져, 반대편의 깨끗한 필터면이 펼쳐지게 된다. 이러한 동작의 반복으로 롤필터는 일정한 압력강하를 유지하며 지속적으로 사용할 수 있게 된다. 필터 교체주기는 필터의 길이나 실내먼지 농도 등을 고려하여 산정하며, 본 연구에서는 6개월 주기로 설정하였다.

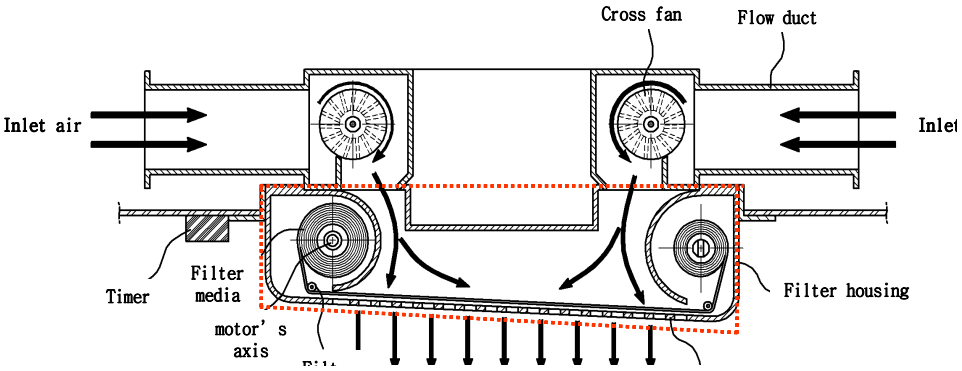
필터교환은 팬부와 필터부를 연결해주는 locking 장치를 해제하면 필터부만 탈거하여 새로운 필터를 쉽게 교체할 수 있게 설계되어져 있다. 또한 필터의 재사용은 필터의 종류와 재질에 따라 다르며, Washable이 가능한 mesh type의 필터는 3-10회 정도 가능하며, 부직포의 경우 1회 사용후 폐기 해야된다. 그러나 mesh와 부직포필터의 경제성을 전반적으로 고려할 때, 그 가치가 부직포가 높으며, 이는 사용되는 실내 환경의 조건 등(효율, 경제성)을 고려하여 사용자가 판단해야 할 것으로 사료된다.



(A). 제품 모델링



(B). 제품 형상



(C). 제품내 공기흐름

그림 1. 객차용 공기청정장치

2.2 단품 성능평가

실차 장착 전 필터단품에 대해 효율, 산소지수, 통기저항 등을 평가하였고, 공기청정장치 단품은 풍량, 소음 등을 평가하였다. 실차평가에서 사용된 필터는 P.E 재질의 150 mesh필터를 사용하였으며,. ASHREA 52.1규격에 의해 평가한 필터의 성능은 집진효율은 67%, 통기저항은 1.2 mmAq 성능을 나타내었다. 철도차량 안전기준(산소지수가 24% 이상)을 만족하기 위해 한국산업규격에 의한 연소성 시험을 실시한 결과 산소지수 30% 이상을 나타내어 실제 적용성을 인증 받았다. 상기와 같은 필터를 이용하여 최적화된 3차 시제품에 필터를 장착하여 실차 장착시 적용하였다. 제품의 실차 장착시 승객에게 불편을 줄 수있는 소음발생을 고려하여 Fan 날개를 기존 알루미늄 재질의 날개에서 사출 Type의 날개로 변경하였다. 성능평가 결과 기존 제품 대비 소음이 저감 되었으며, 실내공기청정기 규격(한국공기청정협회, 2006)의 성능평가 기준에 만족하는 수치임(풍량이 300 ~ 600 ㎥/h 이하 일때, 소음 최대치는 50dB(A)이하)을 확인할 수 있었다.

표 1. 공기청정장치 단품 평가 (with 150 mesh filter(1.Eff.:67%, 2.ΔP:1.2mmAq, 3.OI:30%)

샘플명	Wheel 사양	측정 모드	풍량(CMH)	소음(dB)
1차시제품	알루미늄	high	522	54.9
2차시제품	알루미늄	high	539	56.1
3차시제품	**플라스틱사출**	**high**	**358**	**49.1**

2.3 실차평가 및 실험방법

그림 2. 실차평가를 위한 운행차량 개조

본 연구에서 개발한 최종 공기청정장치의 제품의 실차 성능평가를 위해 현재 운행 중인 신형 무궁화호 차량 내부를 개조하여 공기청정장치를 장착하였다. 장착 위치와 장소는 전체적인 시스템을 고려하여 그림 3과 같이 장착위치를 설정하였고, 수량은 2대 를 장착하였다. 그림 2는 실제 신형무궁화호의 천정내부를 개조하여 공기청정장치를 장착한 모습을 나타난 것이며, 또한 공기청정기의 토출부에 별도의 그릴을 제작하여 장착하였다.

실차평가방법은 환경부에서 제정한 대중교통수단 실내공기질 관리 가이드 라인'에 준하여 측정 위치 및 측정 장비를 선정하였고, 그 자세한 사항은 다음과 같다. 먼저 측정대상 차량은 2량을 편성하여 공기청정장치를 장착한 개조차량 과 장착하지 않은 비교차량을 실제운행차량으로 편성하여 전라선 및 장항선

을 운행 하면서 측정하였다. 실차평가 시 측정 장비의 위치는 그림 4와 같이 배정된 좌석에 위치시켰다. 측정에 사용된 장비는 광산란 방식의 GT-331(Met One 사)이란 장비를 사용하였고, 장비사양은 5분 간격으로 PM 1, PM 2.5, PM 7, PM 10, TSP 총5가지 먼지 사이즈를 측정할 수 있으며, 측정 농도범위는 0 ~ 1000 ㎍/㎥ 까지 측정가능하다. 샘플링 높이는 바닥면에서 1m 되는 지점으로 설정하였다.

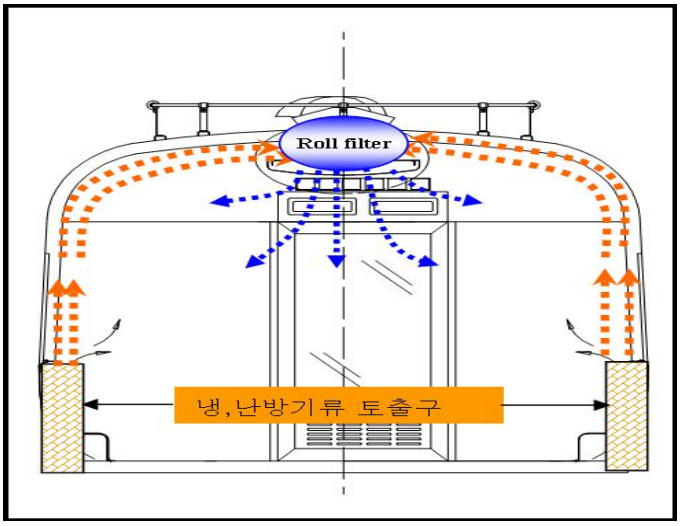


그림 3. 공기청정장치 장착 위치 및 내부 공기흐름도

그림 4. 운행차량(신형무궁화호) 내부에서의 실차평가

3. 결 과

그림 5는 실차평가 시 필터부에 포집된 먼지를 나타낸 것으로 객실 내부의 부유미세먼지의 정도와 포집효율을 육안으로 쉽게 확인할 수 있도록 나타낸 것이다.

그림 6은 실제 운행중인 차량에서 4일간 상행과 하생 운행시 개조차량과 비교차량에서 측정한 결과값을 토대로 공기청정장치의 PM10 제거효율을 산정한 결과값을 나타낸 것이다. 효율산정방법은 비교차량을 기준농도로 설정하고, 비교차량에서 측정된 전구간 평균값에서 개조차량에서 측정된 전구간 평균값의 차를 구하여 그 값을 비교차량의 평균농도 값으로 나눠 백분율로 산출한 값이다. 측정결과 일부 구간에는 효율이 낮게 나타나기도 하였으나 4일간의 값을 평균해 보면 32%의 효율이 나타났다.

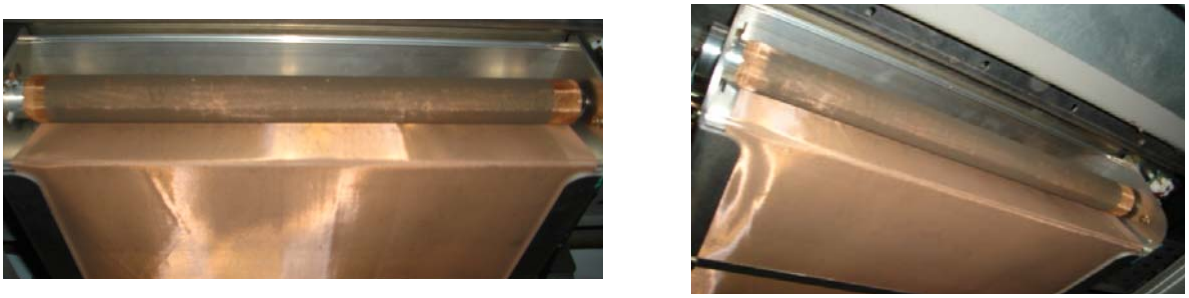


그림 5. 실차평가 시 공기청정장치에 포집된 실내미세먼지.

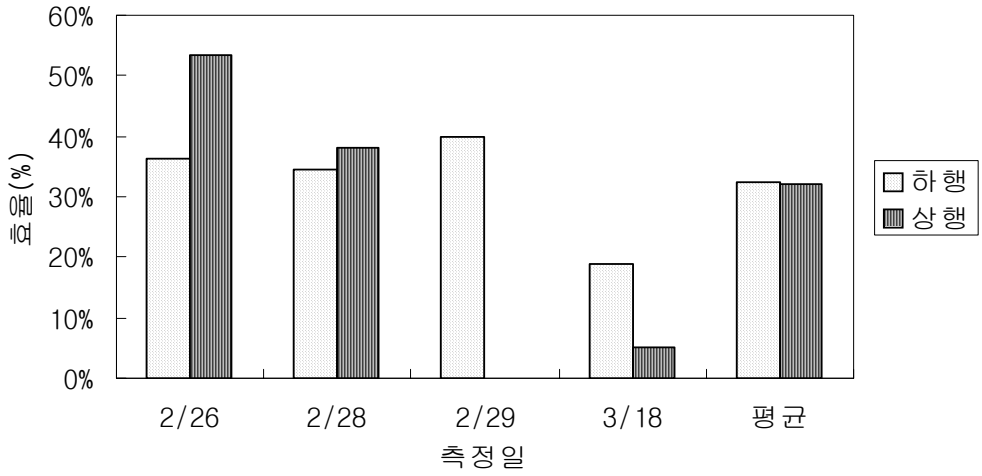


그림 6. 일별 실차평가 결과

4. 결 론 및 제 언

객차용 공기청정장치의 실차평가 결과 32%의 PM10 제거효율이 있음을 확인할 수 있었고, 이는 객차용 공기청정장치가 미세먼지를 저감할 수 있는 성능을 입증하는 바, 객차용 공기청정장치 장착할 경우, 장착하지 않은 것보다 청정한 공기를 승객에게 공급할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 실차평가 결과 한 종류의 필터(150mesh)에 대한 성능만을 판단할 수 있기 때문에 향후 보다 다양한 종류의 필터를 실차평가에 적용하여 기타 대중교통수단(지하철, 버스)의 실내공기질에 적합한 필터 사양정립을 위해 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1) 환경부(2006), 대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인.
2) 박찬정(2008), 황사와 공기청정기", 공기청정기술, Vol. 21(1), 1~ 8.
3) 김윤신 외 4명(2007), 실내 주거활동이 공기청정기 효능에 미치는 영향, 환경공동학회, 243~244.