도시철도 객실 공기질 개선을 위한 롤필터 개발연구

Development of Air Cleaning Roll-Filter for Improving IAQ in Subway

권순박[†] · 박덕신¹ · 조영민² · 김종범¹ · 남궁석³ · 한태우⁴ · 조관현⁵ · 김태성⁶Soon-Bark Kwon · Duck-Shin Park · Youngmin Cho · Jong-Bum Kim · Seok Nangoong
Tae-Woo Han · Kwanhyun Cho · Taesung Kim

Abstract In a modern society, various type of transportation modes are utilized, among them the subway system is the one of the main transportation mode which more than 7.21 million people ride a day in Seoul. Due to the increased interests on the indoor air quality (IAQ) of underground facilities, public concerns on IAQ of subway system are increasing also. Platform screen door (PSD) recently installed at the whole stations of Seoul subway and tunnel washing-out appeared to be effective in reducing particulate matters in the platform and tunnel. However there has not been any attempt to improve IAQ of subway cabin inside. Most technologies for removing airborne particulate matters are known to be difficult to adopt on the subway cabin due to the problem of maintenance cost. Therefore, the object of this study is a practical development of cabin air cleaning system which can reduce the concentration of airborne particles and harmful gases at the same time. In this paper, we focused on the development of particle removing system utilizing a roll-filter for increasing operating time of air filter. The prototype of system was designed and manufactured based on the numerical prediction results. For roll-filter device, 5 candidate filter materials were tested in point of particle collection efficiency and pressure drop. It was found that the electrically charged filter material showed the highest performance among them.

Keywords : Subway Cabin, IAQ, PM10, Roll-filter

초 록 현대사회는 많은 교통수단이 이용되고 있으며, 그 중 수도권 도시철도는 하루 평균 721만명이 사용하는 중요한 교통수단이다. 실내공기질에 대한 관심과 PSD의 설치로 인해 터널내공기질 문제에서 객실내 공기질로 이동하고 있다. 하지만 현재 객실내 공기질 향상을 위한 장치는 전무한 상태이며 기존 에어필터 기술 적용시 설치비용과 유지보수가 문제점으로 지적되고 있다. 연구의 최종목표는 미세먼지와 이산화탄소를 효과적으로 저감시킬수 있는 독립형 청정장치를 개발하는 것이고, 본 연구에서는 미세먼지 저감기능을 수행하는 롤필터 집진장치개발을 목적으로 한다. 객실내 롤필터 집진장치를 설치할 수 있는 공간에 대해 조사하고, 이에 따른 도시철도 객실 먼지저감에 효과적인 시스템 구조를 제시하였으며, 적정 풍량을 산정하였다. 유동해석과 먼지저감효율에 대한 수치해석적 연구를 통해 최적운영 조건을 분석하였다. 그리고 롤필터에 적용가능한 필터재질에 대하여 차압특성과 입자포집효율을 평가하여 객실 유닛에 가장 적합한 필터를 선정하였다.

주요어 : 도시철도 객실, 실내공기질, 미세먼지, 롤필터

1. 서 론

현재 우리나라에는 수도권을 비롯해 대전, 대구, 광주, 부산 등의 광역시에서 5,926대의 도시철도 차량이 운행중에 있으며, 676개의 역사에 수송거리는 총 929.9km에 이른다. 특히 수도권 도시철도는 주요한 대중교통 수단으로 활용되고 있고, 13개 노선에 전국 지하철 이용객의 80% 정도인 하루

평균 721만 명이 이용하고 있다[1]. 수도권 도시철도는 5, 6, 8호선을 제외한 모든 노선에서 지상과 지하구간이 혼재되어 있다. 지상구간이 포함되어 있는 경우, 객실 공기질에 긍정적인 환기효과가 있는 것으로 조사되었으나[2], 이에 대한 명확한 연구는 없는 실정이다.

지하역사의 경우 내부오염원에 의한 영향과 더불어 외부 대기환경에 영향을 받게 되며 한번 유입된 오염물질이 외부로 배기되기 어렵다는 점과 최근 설치 완료된 스크린도어로 인한 터널 구간내 먼지의 정체로 인해 터널내 오염농도가 증가할 가능성이 높다. 이러한 고농도의 오염물질은 차량환기설비와 승하차시 열려진 스크린도어 및 객실사이로 유입되어 실내공기질에 큰 영향을 미칠 수 있다. 환경부 [3]에서 1996년 <지하생활공간 공기질관리법>을 지정하여 지하역사, 지하도 상가를 대상으로 PM10, SO₂, CO, CO₂, NO₂, HCHO, Asbestos, Rd, Cd, Cr, As, Cu, Pb, Ag 등 14

[†]교신저자 : 한국철도기술연구원 도시철도공기질개선연구단
E-mail : Sbkwon@krii.re.kr

¹한국철도기술연구원 도시철도공기질개선연구단

²한국철도기술연구원 친환경연구실

³주성창에어텍

⁴선진엔지니어링

⁵서울메트로 기술연구소

⁶성균관대학교 기계공학과

개 물질을 대상물질로 규정하였고 이중에서 7개 항목(PM10, SO₂, NO₂, CO, CO₂, HCHO, Pb)에 대하여 관리기준을 설정하였으며, 오염물질 측정의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 지하공기질 공정시험방법을 고시하고 있다. 그리고 2006년[4] PM10과 CO₂를 기준물질로 하여 <대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인>을 제정 도시철도 차량, 열차 및 버스에 대해 관리기준안을 제시하고 있다. Cho 등 [5]은 제올라이트계열의 흡착제를 활용하여 지하철 객실에 적용할 수 있는 CO₂ 저감기술을 소개하였다. Cha 등 [6]이 보고한 바에 의하면 지하역사의 경우 미세먼지(PM10) 농도가 일반적으로 터널>승강장>대합실>외기 순으로 높았고, 터널의 경우 조사한 모든 역사에서 PM10의 24시간 환경기준치를 초과하는 것으로 보고하였다. Jung 등 [7]과 Kim 등 [8]이 보고한 자료에서도 일부 구간에서 지하생활공간 공기질관리 기준치를 초과한 것으로 나타났다. 그리고 최근에는 실내공기질과 스크린도어 설치에 의한 객차 내부의 공기질이 중요하게 부각되면서 객차내 공기질에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 일부구간에서는 출퇴근 시간대에 <대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인>의 기준인 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 것으로 나타났다[9]. 과거 교통수단 객실에 장착된 공기청정장치는 객실내 공기질을 향상시키는 목적보다 먼지 침착으로 인한 가동부의 엔진을 보호할 목적으로 제작되었다[10]. 그 후 지하역사의 승강장이나 대합실의 공기질을 향상시키기 위한 노력의 일환으로 연구가 진행되었고[11], 최근에는 광역전철 내부에 장착하여 공기질을 향상시킬 수 있는 연구가 진행되고 있다[12,13]. 하지만 낮은 처리효율과 교체주기 불안정, 고가의 유지보수비용 등의 이유로 상용화 되지 못하고 현재 객실내 공기청정을 위한 장치는 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 도시철도 객실에 설치하여 지표 오염물질인 PM10을 효과적으로 저감시키면서 그동안 객실 공기청정장치 적용시 문제가 되어왔던 비용과 유지보수의 불편함을 최소화 할 수 있는 실용적인 저감장치를 개발하고자 한다. 이를 위해 현재 운행중인 도시철도 객실 차량의 내부 공간 구조를 검토하고 수치해석 기법을 활용하여 적용 가능한 공기청정기의 기본적 설계를 수행하였으며, 시제품 단품에 대한 성능평가 연구를 수행하였다. 향후, 본 장치를 장착할 경우 객실내 PM10농도를 혼합시 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 비혼합시 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 유지할수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다.

2. 본 론

2.1 연구방법

2.1.1 도시철도 객실내 설치공간 분석

도시철도 객실에 공기청정장치의 개발 및 장착을 위한 현장조사를 실시하였다. 공기청정장치는 도시철도 특성상 운행이나 승객의 승하차에 지장을 초래하지 않고, 공기조화시스템의 가동에 최대한 영향을 주지 않도록 설계되어야 하며, 유지보수가 간편하여야 한다. 이러한 조건을 만족시키기 위한 세부설계를 위해 차량내부에 대한 조사를 실시하였고, 객실내 라인플로팬(line flow fan)이 설치되어 있는 상부지역이 적정공간으로 선정되었다. 라인플로팬은 객실내 공기의 재순환을 위해 설치되는데, 객실 천정부에 6대가 일렬로 설치되어 운영되고 있다(2호선 신조차량 기준). 객실 중앙부 라인플로팬 사이에 빈 공간이 존재하고(Fig. 1 참조), 이 지점에 개발품을 장착하게 되면 장치를 매립할 수 있고, 유지보수시 탈부착도 용이한 것으로 조사되었다. 청정장치의 탈부착이 가능한 공간은 폭 40cm, 길이 80cm, 깊이 20cm 이내로 구성되어야 한다.

2.1.2 수치해석을 활용한 설계

본 연구에 적용된 롤필터 방식의 청정장치는 중앙에 설치된 모터를 통해 상부의 공기를 하부로 배출시키고 이때 필터를 통해 오염물질을 저감시키는 방식이다. 필터의 오염이 중대되면, 중앙제어부의 신호에 따라 필터 롤링시스템의 롤이 구동하여 새로운 필터면으로 자동 교체되는 방식이다(Fig. 2). 선정된 객실내 공간에 청정장치를 설치할 경우에 대하여, 수치해석을 통한 사전 평가를 수행하였다. 객실내 입자상 오염물질을 효율적으로 처리하기 위한 처리풍량 산정은 국가표준규격인 KS 시험방법을 기준으로 산정하였다[14]. 시험방법에서 표준 사용면적은 공기 청정기가 사용되는 위치, 장소, 천장의 높이, 오염도의 정도 등의 환경변화에 따라 공기 청정도가 크게 다르게 나타나기 때문에 일반 사무실을 기준으로 한 표준 사용 면적을 사용하여 산정하였다. 도시철도 신조차량의 규격이 약 가로 20m, 세로 3.1m로 총 바닥면적이 약 62m²이다. 바닥면적을 62m²로 일반적인 집진처리 장치로 가정하여 처리풍량을 산정하면 480~600m³/h이 요구된다. 그러나 도시철도 차량의 차체기밀도, 출입문의 잦은 개방 효과 등을 고려하여, 개발품의 설계풍량을 600~660m³/h으로 산정하였고, 객차 1량 당 2대가 설치되므로 청정장치

Fig. 1 Subway interior place for system installation

Fig. 2 Principle of a roll filter system

1대당 풍량은 $300\text{m}^3/\text{h}$ 로 선정하였다. 이 경우 객실 높이를 2m로 가정하면, 개발품의 설계풍량으로 객실내 전체공기를 약 11~12분에 1회 처리할 수 있다. 상기 선정된 공간에 청정장치가 매립되고, 이때 풍량이 $300\text{m}^3/\text{h}$ 임을 적용하여 수치해석을 통해 풍량유지 여부와 저감효과를 분석하였다. 적정풍량 유지는 사용되는 필터의 압력강하로 인해 발생하는 것으로, 필터의 차압효과를 포함하여 분석하였으며, 저감효과는 외기로부터 먼지가 유입되는 경우와 출입문으로부터 먼지가 유입되는 경우로 한정하여 분석하였다. 수치해석에는 상용 소프트웨어인 CFX(ANSYS 社)를 사용하였다. 모델링은 가로단면과 세로단면을 대상으로 수치해석 하였으며, 공기를 흡인함으로써 필터와 충전층에 가해지는 압력강하와 유량의 흐름을 속도벡터 및 압력분포로 확인함으로써 설계유량의 만족여부를 평가하였다. Fig. 3 (a)는 해석대상인 객차의 1/2 모델을 나타낸 것이다. 객차에 2개의 청정장치가 설치되므로 객차의 1/2만 모델링하여 중앙에 대칭조건을 적용하였다. 해석에 사용된 격자는 약 1130만개의 Tetra/prism 격자로 구성되어 있으며, 팬이 회전하는 해석을 위해 원심력과 코리올리(Coriolis) 힘을 고려한 회전프레임(rotating frame)을 팬 주위의 격자에 적용하였으며, 회전하는 팬과 회전하지 않는 청정장치 및 객차와의 경계조건에 Frozen rotor interface를 적용하여 회전프레임과 고정프레임(stationary frame)의 데이터 전달을 처리하였다. 해석에 적용한 난류모델은 유동박리의 예측에 적합한 SST(Shear Stress Transport) 모델을 사용하였으며, 수치기법으로 2nd order upwind의 High resolution 기법을 적용하여 해석의 정밀도를 보장하였다. Fig. 3 (b)에 청정장치 부근에서의 기류분포를 contour로 나타낸 것이다. 청정장치 내부의 팬의 작동에 의해 높은 속도의 기류가 형성되나, 청정장치 하부의 기류의 속도는 크지 않은 것을 알 수 있다. Fig. 3 (c)의 속도분포를 보면 청정장치에서 배출되는 유동은 주로 객차 상부 천정을 따라 흐르고 객차내부의 유동이 청정장치로 접근하는 유동분포를 볼 수 있으며, 이와 같이 객차 벽면을 타고 흐르는 유동패턴에 의해 청정장치 하부의 승객이 느끼는 기류의 속도는 크지 않을 것으로 판단된다. 모터가 회전속도를 1,400rpm으로 회전

(a) Numerical 1/2 model with analyzing surface

(b) Velocity distributions on analyzing surface

(c) Velocity vectors on analyzing surface

Fig. 3 Velocity distribution due to operation of air cleaning device

하면서 블레이드가 설치되어 있는 팬이 회전되어 유동장이 생성되며, 필터의 저항이 없는 조건에서 청정장치를 통과하는 유량이 $300\text{m}^3/\text{h}$ 가 되는 것을 확인하였다.

해석결과 기준유량의 90% 이상을 유지하기 위해서는 필터의 차압이 약 98.1Pa 이하로 유지되어야 하는 것으로 나타났다. 선정된 공간에 청정장치를 가상으로 설치하여 객실 오염도 정화시 유동패턴을 분석하였다. 외부에서 오염원이 유입되는 경우와 출입문을 통하여 유입되는 경우로 나누어 수치해석을 수행하였다(Fig. 4). 외부에서 오염원이 유입되는 경우는 에어컨 외기유입부를 통해 들어오는 것으로 객실 천정내 덕트를 따라 내부에 유입되는 경우이며, 출입문을 통하여 유입되는 경우는 단순히 출입문 단면에 오염원 소스를 두는 방법으로 해석하였다. 두 경우 모두 객실 기류패턴에

Fig. 4 Particle path-lines in the cabin by the source position

대한 사전평가 결과 청정장치 설치시 효과적인 미세먼지 저감이 가능한 것으로 예상되었다.

2.1.3 시제품 제작 및 성능평가

객실내 설치공간 검토결과와 적정처리 풍량 산정 및 수치해석을 통해 제시된 데이터를 바탕으로 시작품을 제작하여 성능평가를 실시하였다. 시제품 제작은 풍량과 설치지역의 면적, 롤필터의 흐름제어를 고려하여 Fig. 5와 같은 형상으로 제작하였다. 이번에 제작된 시제품은 전체 하이브리드 집진장치 중 미세먼지 장착부분의 단품만을 대상으로 제작하였으며 제작된 시제품에 롤필터를 장착하여 성능시험을 실시하였다. 본 연구에서 개발 중인 청정장치는 비용과 유지보수의 어려움을 극복하기 위해 롤필터방식을 채택하여 일

Fig. 5 Proto-type design of cabin air cleaning system

정 간격을 두고 주기적으로 필터가 회전함으로써 자체적으로 필터를 교체하도록 하여 최장 6개월 정도의 유지보수 기간을 목적으로 두고 있다. 시제품에 장착하여 미세먼지를 포집하게 되는 필터재질의 선정을 위하여 5가지 필터재질에 대한 입자포집효율과 차압특성을 평가하였다.

공기청정기의 효율을 높이고 차압을 낮추기 위해 5종의 필터를 대상으로 실험을 수행하였다. K1과 K2는 시중에서 일반적으로 사용되는 필터로서 주로 자동차나 공기청정기의 필터로서 많이 사용되고 있는 제품이다. 통기저항이 낮고 다른 일반필터에 비해 높은 물리적 강도를 가지고 있어 롤필터 적용시 유리할 것으로 사료된다. E3~E5는 정전필터로서 필터표면에 전위를 띄고 있어 하전된 입자에 대한 포집효율이 높은 것이 특징이다. 정전필터의 특성을 알아보기 위해 각 필터에 하전된 정전기적 전하를 비접촉식 표면 전위 측정기(Electrostatic Voltage Monitor, EVM model 102)를 사용하여 표면 전하를 측정하였다. EVM은 표면 전위를 측정하는데 매우 효과적으로 잘 알려진 진동 캐퍼시터(vibrating capacitor) 기술을 채택하고 있으며 필터의 전하량을 간접적으로 측정하는 실험에 유용하게 사용되고 있다[15]. 본 연구에서 사용된 실험장치의 구성도를 Fig. 6에 나타냈고, 측정결과 및 평가에 사용된 5종 필터의 기본적 특성을 Table. 1에 제시하였다. 정전필터의 정전기력은 $E1 > E2 > E3$ 필터순으로 측정되었다.

Fig. 6 Schematic diagram of filter charge measuring system

공기청정장치에 각 필터를 롤필터형식으로 적용시 발생하는 압력강하와 성능에 대한 평가를 실시하였고, 실험을 위해 실제모형과 똑같은 규격의 Mock-up 모델을 제작하였다 (Fig. 7). Mock-up 모델은 BLDC (Brush Less Direct Current) 모터를 적용하였고, 최적 풍량은 $300\text{m}^3/\text{h}$ 이다. 실험은 상온상압(25°C , 1 atm), 상대습도 55%에서 테스트 지그(jig)에 시

Fig. 7 Mock-up filter and test scene of sample filter

Table 1 Characteristics of sample filters

Label	K1	K2	E1	E2	E3
Filter type	Normal filter	Normal filter	electrostatic filter	electrostatic filter	electrostatic filter
Total basic weight (g/m ²)	30	30	60	30	50
Electrostatic potential (kV)	-	-	0.84	0.52	0.45
Material composition	polyethylene (PE)	polyethylene (PE)	Polypropylene(PP)	Polypropylene(PP)	Polypropylene(PP)

험용 필터를 장착하고 300m³/h의 풍량을 유지시키며 필터의 전단과 후단의 압력강하를 측정하였다.

입경별 포집효율은 입자발생장치(Topas 社, SAG410)에서 AC Fine dust (PTI 社, A1)를 발생시켜 대상필터의 전단과 후단의 샘플링 프로브를 이용하여 Dust Spectrometer (Grimm 社, 1.108)로 측정하였다(Fig. 8). 필터 전후단의 입자개수 농도 데이터는 입경별로 포집효율 및 전체 평균효율로 계산하였다.

Fig. 8 Experimental setup for filter efficiency test

2.2 연구결과

2.2.1 처리유량에 따른 압력강하 실험결과

필터재질별 압력강하는 PP(polypropylene)재질인 정전필터가 PE(polyethylene) 재질인 일반필터보다 높은 것으로 나타났다. 초기 낮은 유량에서는 압력강하가 유사하게 나타났으나 풍량이 점점 증가하여 청정장치 목표 유량인 300m³/h에서는 K1 25.5, K2 59.8, E1 85.3, E2 83.4, E3 100.0 Pa로 각각 나타났다. E2와 E3필터의 경우 각각 300m³/h와 500m³/h의 측정결과만 나타났으나, 유량증가에 따른 압력상승 경향은 세가지 정전필터(E1, E2, E3)가 모두 유사한 경향을 가지는 것으로 판단된다(Fig. 9). 수치해석을 통해 필터의 차압을 변화시키면서 토출되는 유량을 예측한 결과 90% 이상의 처리풍량을 유지하기 위해서는 98.1Pa 이내의 압력강하가 요구되기 때문에 E3를 제외한 모든 필터의 압력강하 특성은 적정조건을 만족하는 것으로 나타났다.

2.2.2 입자포집효율 평가결과

미세먼지 입경별 각 필터의 포집효율 결과를 Fig. 10에 제시하였다. 포집효율 평가는 유량 300m³/h에서 수행하였다. 입경이 커지면서 포집효율은 증가하는 일반적인 필터특성을 나타내고 있지만, K1 필터의 경우 최대 포집효율이 7.5μm

Fig. 9 Pressure drop increase with air flow rate

Fig. 10 Collection efficiency of filters for different particle sizes

에서도 30%를 초과하지 못했다. 가장 효율이 높게 측정된 E3 필터의 경우 0.4μm에서 57.4% 수준이며 입경이 증가하면서 포집효율도 증가해서 7.5μm에서 약 87%의 포집효율을 갖는 것으로 나타났다. 동일한 정전필터인 E1과 E2 필터의 포집효율 특성은 매우 유사한 것으로 나타났다. 전반적으로 일반필터보다는 정전필터의 포집효율이 높은 것으로 평가되었다.

2.2.3 필터 성능평가 결과

롤필터에 적용할 수 있는 최적의 필터는 압력강하가 낮고, 입자포집효율이 높은 필터이다. 선정된 처리유량 300m³/h에서 98.1Pa 이내의 압력강하가 나타나는 조건으로 평가하였을 때, 사용된 5가지 필터의 경우 압력강하와 입자포집효율은 상반되는 특성으로 조사되었다. 따라서, 정량적인 필터성

Table 2 Average collection efficiency, pressure drop and filter quality index

	Overall collection efficiency (%)	Pressure drop @300m ³ /h (Pa)	Filter quality index
K1	22.3	25.5	9.7
K2	39.2	59.8	8.2
E1	56.5	85.3	9.6
E2	57.6	83.4	10.1
E3	75.4	100.0	13.8

능평가를 위해 성능지표를 적용하였다[16].

$$F_{index} = 100 \times \ln \frac{(1/\Delta p)}{E} \quad (1)$$

식 (1)에서 Δp 는 압력강하(Pa), E는 평균 입자포집효율을 나타낸다. 평균입자 포집효율은 각 필터의 입경별 포집효율(Fig. 10)의 평균값을 적용하였다. 이 지수는 압력강하에 대한 포집효율의 지수로서 E3 필터가 13.8로 가장 높게 나타났고, E2 필터 10.1, E1 필터 9.6으로 나타났으며 일반필터에서는 K1 필터가 9.7로 K2의 8.2 보다 높게 나타났다. E2 필터보다 E3필터의 성능지표가 37% 정도 높은 것으로 나타나 E3필터의 압력강하가 목표치인 98.1Pa 보다 다소 높은 100.0Pa 이지만, 모터 외부케이스 형상과 유량 토출부 형상변경을 통해 압력강하 목표치를 충분히 달성할 수 있기 때문에 E3필터가 가장 적합한 롤필터 재질로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

3. 결 론

도로 이용률과 차량의 증가, 수도권 인구밀집으로 인해 대중교통수단의 활용도는 점점 높아 지고 있고 특히 도시철도의 경우 이용객이 지속적으로 증가하고 있다. 과거 인식의 부재와 자료의 부족으로 도시철도의 공기질이 대합실이나 승강장을 기준으로 연구되어 왔으나, 스크린도어의 제작, 터널의 기밀화 등으로 인해 객차내부의 공기질에 대한 관심과 연구가 수행되고 있는 실정이다. 하지만 현재 도시철도 객차내외에서 발생하는 오염물질을 저감시킬 수 있는 기술은 개발 중이나 비용적인 문제와 유지보수의 어려움 으로 인해 차량내 적용이 어려웠다. 이에 본 연구에서는 저비용에 높은 효율을 가지며, 유지보수가 쉽고 간편하게 공기질을 개선시킬 수 있는 지하철 객실 공기정화장치를 제안하였다. 현재 운행중인 도시철도의 다양한 차량에 대한 현장조사를 바탕으로, 객실 천정부에 매립할 수 있는 최적 공간을 확보하였으며, 이에 따른 공기정화장치의 적정 크기 및 풍량을 산정하였다. 또한, 수치해석적 연구를 통해 설계풍량의 90%를 달성할 수 있는 필터 차압 기준값을 도출하였고 이를 바탕으로 롤필터 기능을 가진 공기정화장치를 설계하였으며, 미세먼지의 포집효율을 결정 하는 필터재질에 대한 선정연구를 수행하였다. 필터재질의 선정은 미세먼지 포집효율 평가

시험과 차압특성 및 정전기력 평가를 수행하였고, E3필터가 성능지수 13.8로 가장 높게 나타나 롤필터 재질로 적합한 것으로 나타났다. 현재 진행중인 연구는 미세먼지 뿐만 아니라 고효율의 흡착제를 개발하여 도시철도 지표 오염물질인 CO₂를 포함한 유해가스(VOCs, HCHO 등)를 동시에 저감할 수 있는 장치를 개발하는 것을 최종 목표로 하고 있으며, 개발될 시스템은 독립형 유닛(unit) 시스템으로 도시철도 객실은 물론 국부적인 특수공간의 종합적인 공기청정시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래도시철도기술개발사업 (도시철도 터널 및 차량의 공기질 개선기술개발 연구단)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] D.S. Park (2010) *Research of Transports en commun IAQ & Efficient control measurement (II)*, Korea Railroad Research Institute.
- [2] S.B. Kwon, D.S. Park, Y.M. Cho, J.B. Kim et al. (2010) Development of Air Cleaning System for Urban Railway Cabin, *Journal of the Korean Society for Railway*, 2010 Spring Conference, pp. 309.
- [3] Ministry of Environment (2010) Air Quality control law for Underground living space.
- [4] Ministry Knowledge Economy (2009) Korea Standard C 9314 Air Clean System.
- [5] Y.M. Cho, D.S. Park, S.B. Kwon, J.Y. Lee et al. (2011) Study on the Removal of Carbon Dioxide in the Subway Cabin Using Zeolite Type Carbon Dioxide Adsorbent, *Journal of the Korea Society for Railway*, 14(1), pp. 1-5.
- [6] J.D. Cha, C.S. Jang, I.J. Hwang, D.S. Kim (2003) Estimation of PM10 Source Contribution in the Seoul Subway Station, *KOSAE Autumn Conference*, pp. 345-346.
- [7] J.W. Jung, Y.S. Kim, S.A. Kwon, S.C. Hong, et al. (1999) A Study in IAQ(Indoor Air Quality) for Underground Environments in Seoul, *KOSAE Autumn Conference*, pp. 374-375.
- [8] Y.S. Kim, T.S. Park, H.S. Lee, S.B. Lee (2000) Measurements of Indoor Air Pollutants in Seoul Subway Stations, *KHEP Conference*, pp. 120-123.
- [9] H.M. Park, C.M. Lee, Y.M. No, Y.S. Kim, et al. (2006) A Study the Indoor Air Quality of Seoul Subway Passenger Cabin, *KOSAE Spring Conference*, pp. 557-558.
- [10] D.S. Park (2006) IAQ Current of Subway cabin and Development trend of air quality purifier, *The Society of Condition and Refrigerating Engineers of Korea journal*, 35(6), pp. 24-28.
- [11] Y.K. Jung, J.H. Park, R.H. Lee, K.Y. Yoon et al. (2008) Study of HVAC system with air cleaning system for indoor air quality of subway station, *The Society of Condition and Refrigerating Engineers of Korea Conference*, pp. 537-540.
- [12] Y.S. Lee, S. NamGoong, J.E. Yoon (2008) The development of

Air-cleaner for railroad passenger car to remove fine dust, *Journal of the Korean Society for Railway*, 2008 Spring Conference, pp. 2105-2109.

- [13] Y.S. Lee, S. NamGoong, J.E. Yoon (2007) The Development of Air-Cleaner with Roll Filter System inside Railroad Passenger Car, *The 2007 Environmental Societies Joint Conference*, pp. 483-486.
- [14] Ministry of Environment (200) Guideline for IAQ of Public Transports.

- [15] H.S Park, K.S. Lim (2009) Aerosol filtration and electrostatic properties of electrospun nanofiber air filters, *PAAR*, 5(2), pp. 71-81.

- [16] W.C. Hinds (1999) *Aerosol Technology - Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles*. pp. 164-172.

접수일(2011년 1월 4일), 수정일(2011년 6월 30일),
게재확정일(2011년 7월 6일)