

# 지하역사 공기여과장치 표준화방안 사전연구

## A preliminary study of Standardization Plan on Underground Air Filtration Facility

배성준\*  
Bae, Sung Joon

황선호\*\*  
Hwang, Sun Ho

신창현\*\*\*  
Shin, Chang Hun

---

### ABSTRACT

2008, Seoulmetro transports an average of 3,952,000 passengers every day with a 0.8% increase of the daily ridership compared to last year.(Korean Economics '09.01.21) Seoul subway systems ridden by a considerable number of Seoul citizens place their top priority on swiftness, safety and clean underground air quality so as to meet the customer satisfaction. One of the most important problems is to eliminate minute dust(PM10) among the pollutants such as the gas attributable to air pollution and floating particulate matter defined by the ordinance of the Ministry of Environment. Seoulmetro install and operate many kinds of air filtration facilities, however we've launched a research on "Standardization Plan on Underground Air Filtration Facility" for the installation and improvement of optimum standardized air filtration system. As a preliminary study, we're going to consider ventilation system and air filter to supply filtered metropolitan outdoor air aimed at ensuring clean underground environment.

---

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 서론

2008년 서울메트로 1~4호선의 하루 이용승객은 395만2000명으로 전년에 비해 0.8%증가했다.(한국경제 '09.01.21) 많은 시민들이 이용하는 서울지하철에서 고객서비스의 가장 우선시 되는 것은 빠른 운송과 안전 그리고 쾌적한 공기질이다. 최근 공기오염의 원인은 가스와 떠다니는 입자상물질 등으로서 환경부령이 정한 오염물질의 종류 중 미세먼지(PM10)제거가 가장 큰 핵심과제로 떠오르고 있는 실정이며, 서울메트로는 다양한 종류의 공기여과장치를 설치, 운용하고 있으나 보다 효율적인 유지관리와 비용절감, 최적의 표준화 공기여과시스템 설치, 개선이 필요하여 "지하역사 공기여과장치 표준화방안"에 대한 연구를 시작하게 되었다. 이에 대한 사전연구로써 대도시의 오염된 공기를 적정수준으로 여과 후 공급하여 지하공간을 쾌적한 상태로 유지시키기 위해, 서울메트로에서 운영하고 있는 공기여과장치(Air Filtration Facility)에 대한 고찰을 하고자 한다.

## 2. 현장조사 및 내용

### 2.1 현장조사

---

† 책임저자 : 비회원, 서울메트로, 기술연구소, 주임

E-mail : nice@seoulmetro.co.kr

TEL : (02)6110-5037 FAX : (02)6110-5338

\*\* 비회원, 서울메트로, 기술연구소, 선임

\*\*\* 비회원, 서울메트로, 기술연구소, 차장

서울메트로 1호선 10개역(서울역~청량리역) 구간에 대하여 2008년 6월 4일 2008년 11월 28일 중 대상역 마다 임의의 날짜에 공기질을 측정하였다. 대상역 중 PM10 수치가 가장 높은 곳은 신설동역(124.1 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]), 가장 낮은 곳은 서울역(91.8 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ])으로 측정되었다. 평균치는 105.3 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]으로 [표 1-1]과 같이 측정되었다. 환경부 다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법(2006. 1.1)에 지하역사의 공기질 기준은 PM10 - 150 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]이하로 되어있다. 서울메트로 1호선 구간에는 공기조화기 내 공기여과장치로 판넬형 필터를 주로 사용하고 있으며 재질은 Polyester로 되어 있고, 일부역사는 후단에 백필터(bag filter) 추가설치로 구성되어 있다.

[표 1-1] 서울메트로 1호선 공기질 측정치(측정기간 : 2008. 6. 4 ~ 2008. 11. 28)

역사명 (1호선)	측정항목				
	PM10	CO2	HCHO	CO	석면
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	1,000ppm이하	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	10ppm이하	0.01개/cc이하
평균	105.3	511.7	16.1	0.8	0.0010
서울역	91.3	522.5	19.2	0.8	0.0007
시청	92.9	578.0	19.5	0.9	0.0011
종각	109.8	500.0	12.8	0.7	0.0015
종로3가	99.3	511.0	13.1	0.9	0.0011
종로5가	119.8	563.5	19.3	1.0	0.0009
동대문	99.2	512.0	12.9	0.8	0.0013
동묘앞	95.4	463.5	13.2	0.8	0.0006
신설동	124.1	503.0	12.8	0.8	0.0013
제기동	121.1	476.5	19.4	1.0	0.0011
청량리	100.6	486.5	19.3	0.9	0.0007

## 2.2 서울메트로 환기구 내 필터 개량사례



수동형데미스터

자동세정형

건식자동재생형

[그림2-1] 서울메트로 환기구 내 필터 개량사례

## 2.3 공기조화기 필터시스템

서울메트로의 필터방식은 판넬형필터 → 롤(Roll)형필터 → 백(Bag)형필터 → 코사트론(CosaTron) → 오토(Auto)필터 → 연속세정형 전기집진필터 → 자동세정형 여재정전식필터를 거쳐 최근 준공된 종합운동장역 및 회현역에 UV광촉매 전기집진형 복합식 여과 필터를 채택하여 지하역사의 클린 화에 노력하고 있다.

## 2.4 서울메트로 공기조화기 내 필터 종류

### ■ 롤(Roll)형 필터

한쪽 편의 스펀지에 장착하며 이것이 여과 면을 통해 두루마리 스펀지에 감기는 구조로 부직포, 폴리우레탄폼 등과 같은 여재가 쓰인다.

### ■ 오토(Auto)필터

고정된 평면형 여과재에 진공청소기를 결합하여 여과재가 막히면 진공청소기로 여과재에 흡착된 오염 물질을 제거하는 필터이다.

### ■ 판넬(Panel)형 부직포 필터

먼지 포집 후 교체주기에 맞추어 교체, 황사 발생 등 외기 공기질의 여건 및 필터 상태에 따라 교체주기를 조정한다.

### ■ 백(Bag)필터

여과재, 그라스파이버(grassfiber), 신세탁(synthetic) 등의 여과재를 Pocket(bag)type으로 봉제하여 다 풍량형 처리가 가능한 필터로 Auto Roll filter, Panel type을 사용하는 곳의 2차Filter로 사용되어진다.

### ■ 코스트론(CosaTron)

미세먼지의 극성부여로 먼지를 응집, 2차 백필터에 포집한다.

### ■ 자동세정형(Auto self-washing)데미스터

필터를 프레임에 경사지게 설치하고 타이머에 의해 체인과 기어모터로 급수파이프를 좌우 이동시켜 물을 분사, 세정 재생시키는 공기 여과장치

### ■ 연속세정형 전기집진 필터

유입되는 공기 중 분진을 +극성으로 이온화 시켜고 콜렉터부에 DC 6,000V의 전압을 통전시켜 이온화된 물질들이 집진판으로 쉽게 유도되어 포집되게 하며 공조기 운전과 연동된다.

### ■ UV 광촉매 자동재생형 필터

유입되는 공기 중의 먼지를 일차적으로 제거하는 전처리 필터부, 전처리 필터에서 제거되지 않은 먼지를 하전 시키면서 유해가스를 플라즈마에 의해 분해시키는 하전/플라즈마부, 하전 된 먼지를 집진시켜 포집 후 수세정으로 제거하는 자동재생형 전기집진부, UV와 TiO<sub>2</sub> 광촉매로 코팅된 메시(mesh)에 의해 냄새 및 가스를 분해하는 UV-광전자/광촉매부와 전체시스템을 제어하는 제어반 등으로 구성된다.

### ■ 자동세정형 데미스터 필터

물리적 포집기능과 정전력에 의한 포집기능을 동시에 갖춘 폴리에틸렌 필터 또는 데미스터 필터를 프레임에 경사지게 설치하고 타이머에 의해 체인과 기어모터로 급수파이프를 좌우 이동시켜 물을 분사, 세정 재생시키는 공기 여과장치.

### ■ 자동세정형 필터(공조기 내부에 설치)

물리적 포집기능과 정전력에 의한 포집기능을 동시에 갖춘 폴리에틸렌 필터를 타이머에 의해 체인과 기어모터로 급수파이프를 좌우 이동시켜 물을 분사, 세정 재생시키는 공기 여과장치.

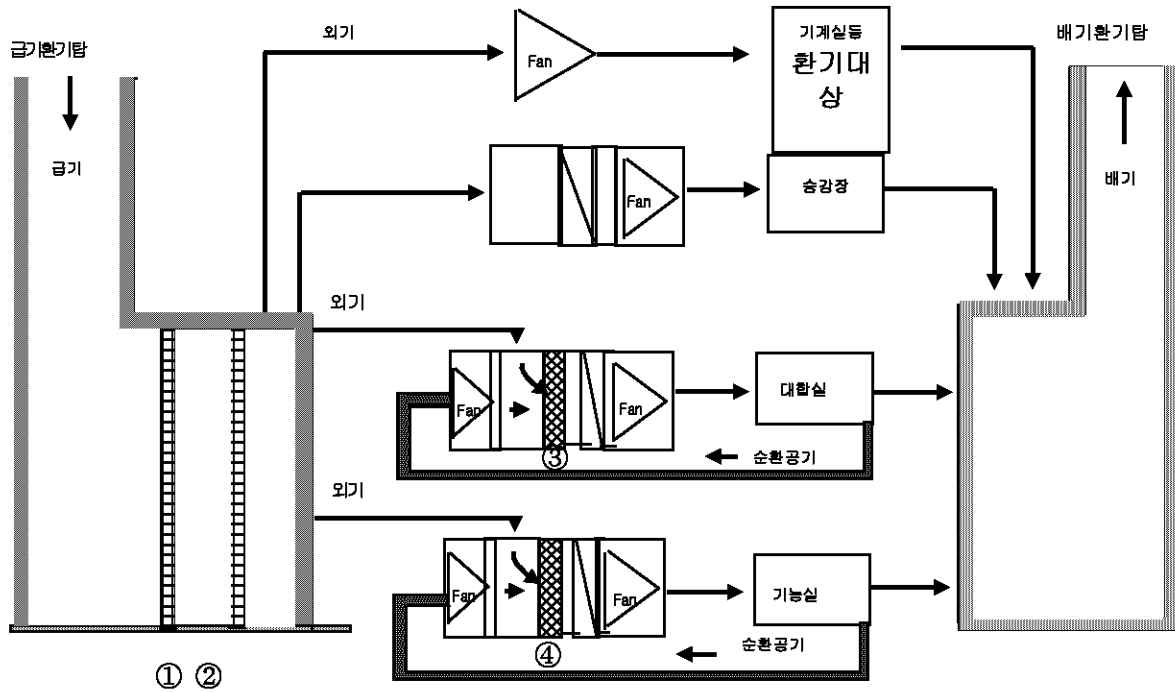
### ■ 정전식 공기청정장치

미립자에 대해서 다른 방식의 장치와 비교가 되지 않을 정도로 효과적으로 작용하지만, 가격이 비싸다는 단점이 있다. 거친 먼지 포집에 적당한 프리필터를 병용하는 것이 효과적이다.

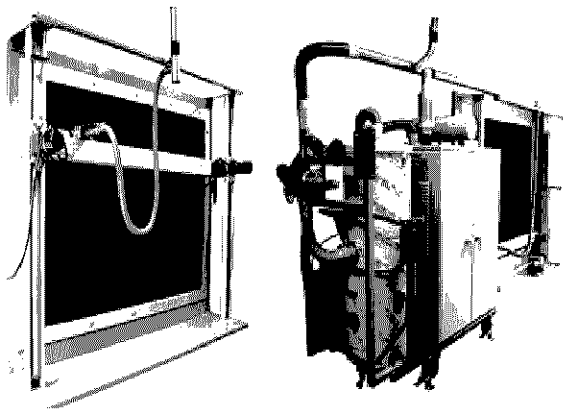
### ■ 자동세정형 전기집진기

분진 및 담배연기, 각종 유해가스까지 제거되고 고전압에 의한 세균의 멸균작용이 있으며 여재교환이 필요 없다. 하지만 겨울철 물의 결빙 및 동파를 방지하여야 하며 오존 발생 우려가 있다.

## 2.5 서울시철도공사 역사 필터시스템



[그림 2-2] 역사 필터시스템



[그림 2-3] Auto filter의 구조

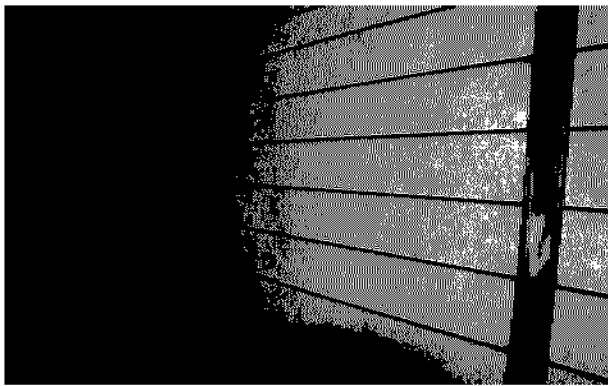
[그림 2-2]는 서울시철도공사의 역사 필터시스템에 관한 개략도이다. 역사 외부에 위치한 환기구를 통해 1차로 데미스터 필터를 거치고 2차 및 3차로 오토필터[그림 2-3]을 통과하여 걸러진 공기가 대합실 및 승강장으로 공급되어진다. 이 과정에서 공급되어진 공기 중 일부는 리턴 되어 공기조화기로 재순환 되며 대부분의 공기는 대합실 및 승강장 배기기기를 통해 배기환기구를 통해 배출되어진다.

※서울도시철도공사는 오토필터를, 서울메트로는 다양한 방식의 공기여과장치(Air Filtration Facility)를 운영하고 있다.

2.6 [표2-1] 자동 세정형 필터장치 운용 애로사항 및 대책(합정역 ~ 왕십리역 구간 현장조사)

애로사항	대 책
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 물 분무 세정만으로는 기름먼지 제거 곤란</li> <li>■ 세정장치의 세정수압 저하시 필터에 흡착된 먼지 제거 곤란</li> <li>■ 공기조화기 가동시 필터 세척불가, 필터 세정시간 부족으로 먼지 누적, 필터 막힘 현상 발생</li> <li>■ 공조기 내 필터 방향 설정 착오로 필터의 잦은 탈락</li> <li>■ 미세먼지로 인해 필터 막힘 현상 발생시 풍압에 의한 필터파손 발생</li> <li>■ 세정호스가 하부에 설치되어 있고, 경질호스로 설치되어 세정 중 주변장치에 걸림 현상 발생, 작동불량 및 고장 원인 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 필터의 주기적 교체 또는 고압세척, 약품세척 등에 의한 기름먼지 제거방안 검토 필요.</li> <li>■ 세정수가 필터를 통과할 수 있을 정도의 충분한 세정압력 확보 또는 고압세척방안 검토 필요(수동 세정 밸브 추가 설치 등)</li> <li>■ 세척시간대 조정 필요(각 역사 먼지 포집량에 따라, 심야뿐만 아니라 주간에도 세정시간 확보)</li> <li>■ 필터 고정 장치 보강.</li> <li>■ 세정수가 잘 통과할 수 있도록 필터 재질개선(고밀도⇒저밀도) 검토 필요</li> <li>■ 필터세정에 방해되는 세정호스 위치조정 및 재질개선(경질⇒연질, 신축성)필요</li> </ul>

2.7 서울메트로 대표적 공기여과장치

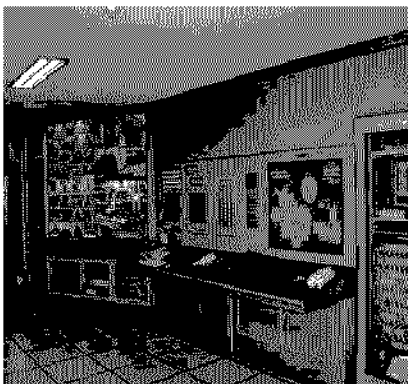


[그림2-4] 서울역(4호선)공조기 내 롤필터(Roll Filter)



[그림2-5] 서울역(4호선)공조기 내 백필터(Bag Filter)

위 [그림2-4],[그림2-5]는 4호선 서울역 A환기실의 대합실 공기조화기 내부이다. 보편적으로 사용하고 있는 필터로서 환기구 → 데미스터 → Roll filter → Bag filter로 구성 되어 있다.



[그림2-6] 종합제어반 용두역(1호선)



[그림2-7] 공기조화기 용두역(1호선)



[그림2-8] 자동세정형 필터

[그림2-6~8]은 2006년 개보수 공사한 용두역이다. [그림2-8]는 자동세정 재생형 공기여과장치로써 여

재 교환비용, 여재처리에 필요한 폐기물 처리비용과 유지관리의 인건비를 획기적으로 절감해 준다. 뿐만 아니라 Program Timer에 의해 필터 오염발생시 세정, 재생을 하며 포집 필터(Plotron, Demister)의 교체 필요 없고 수명이 반영구적이다.

[표2-2]는 2007년 역사 냉방화 공사 준공한 명동역 공기여과장치 규격이다. 환기구측 데미스터실에 1차로 양면 자동세정형 필터가 설치되어 있고, 2차로 공기조화기 내부에 부직포-프리필터가 포함된 연속 세정형 전기집진장치가 설치되어 있다.

[표2-2] Specification of air filtration system(Myeongdong station)

장비 명	형 식	규 격			
		풍 량 (CMM)	정 압 (mmAq)	동 력 (kW)	전 원 ( $\phi$ /V/Hz)
외기급기 정화용	양면자동세정형 데미스터	2,208	10/20	5	3/380/60
대합실 공조기용	연속세정형 전기집진기	550	8/12	5	1/220/60

물을 분사하여 필터를 세척하는 양면 자동세정형 필터방식은 외기공기가 유입되고 있는 환기구(데미스터)에도 [표 2-3]과 같이 적용되고 있다.

[표 2-3] 세정시간 및 소요유량

풍 량 (CMH)	세정시간 (min)	소요유량 (L/min)	풍 량 (CMH)	세정시간 (min)	소요유량 (L/min)
1000 ~ 5000	2	8.5 ~ 17	30000 ~ 60000	5	51 ~ 85
5000 ~ 10000	3	17 ~ 34	60000 ~ 100000	7	85 ~ 102
10000 ~ 30000	4	34 ~ 51	100000 이상	8	120 ~

## 2.8 양면자동세정형 필터(Auto self-washing Filter)

최근 서울메트로 공기여과장치(Air Filtration Facility)로 가장 많이 적용되고 있는 시스템은 양면 자동세정형 필터이다. 양면 자동세정형 필터는 지하철 역사 내 외기도입에 따른 먼지, 수분 및 기름먼지, 미세먼지 등을 제거하고 정기적으로 세정 재생할 수 있다. 공기조화기 뿐만 아니라 외기 도입부인 데미스터에도 적용되고 있다. 포집효율은 중량법 기준으로 80%이상의 효율을 가지며, 추가 운용설비로 급수 장치(배관, 탱크, 펌프 등), 자동제어장치가 설치되어 있으며, 또한 세정수 히팅장치와 동파방지장치도 포함되어 있다. 본체의 규격을 보면 풍속 2.5m/s 이내로 면적에 맞추어 필터장치의 크기를 설계하였고, 1개의 필터장치는 최대 높이 3.5m를 기준(데미스터)으로 하였다. 또한 외곽 후레임 및 필터가이드는 STS 304를 사용하여 지지 브라켓 등을 설치하였고, 틈새는 기밀이 유지되도록 설계하였다. 여재는 STS 또는 동등 이상의 재질이며 스크린 처리된 것으로 사용하였으며, 여재 양면에는 밀림이나 변형이 없도록 STS 재질의 보호망 및 다이아몬드형 보강대를 설치하였다. (다이아몬드형 보강대는 필터 간 이음새 부분의 세척수 튼을 방지하는 장치이다) 세정장치는 스크류 구동구조 또는 체인 구동방식으로 상·하 또는 좌·우로 이동하여 세정하는 방식으로 구동부 등이 방수형이며, 필터장치 유입·유출 측 양면에 각각 설치되어 있다. 노즐은 STS 또는 황동재질로 세정의 사각지대가 없도록 분사각도 조절이 가능하게 설계되

었다. 운전은 자동 및 수동운전이 가능하며, 고장이 없는 기계방식으로 세정기간과 세정시간의 조정이 가능하다. 또한, 물탱크내의 세정수는 겨울철 동결방지 및 필터세척의 효율을 높이기 위해 일정온도(4~10℃) 이하 시 설정온도(70~80℃)까지 고온 유지할 수 있는 히터장치가 내장되어 있다.

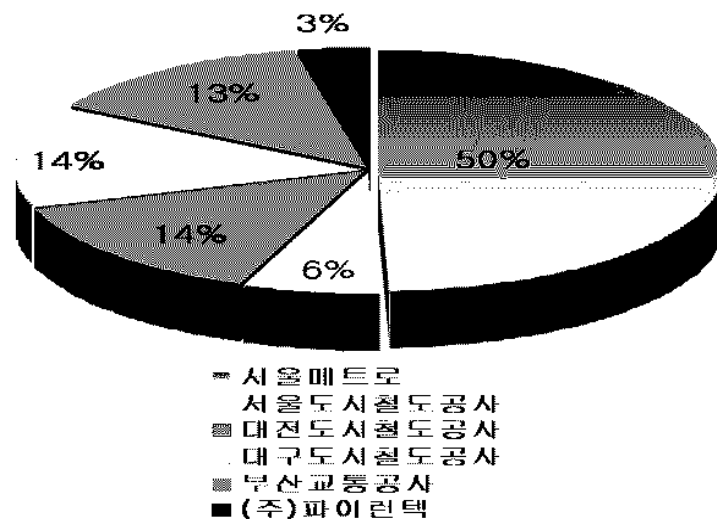
※ 평상시에는 원방제어반 Program Timer에 의해 자동 작동되어지며 황사발생 등 외기의 공기질 변화시 추가 수동세정작업 실시.

### 3. 도시철도 운영기관 공기여과장치 운영실태 조사

#### 3.1 개요

2009년도 서울메트로 기술연구소 시설연구부연구과제 중 『공기여과장치 표준화방안 연구』와 관련하여 다음과 같이 설문조사 및 면담을 실시하였다.

- 기간 : 2009. 1. 28 ~ 2009. 2. 27
- 참여인원 : 206명
- 내용 : 환기설비 유지관리 노하우 및 운영실태
- 목적 : 도시철도 운영기관의 공기여과장치 운영실태를 파악하고 현 문제점 및 개선사항 과 운영기관 간의 노하우를 종합하여 향후 연구 활동에 활용하고자 함.
- 대상기관 : 서울메트로, 서울도시철도공사, 대전도시철도공사, 부산교통공사, 대구도시철도공사, (주)파이런텍(서울메트로 환기설비 유지관리 용역사)



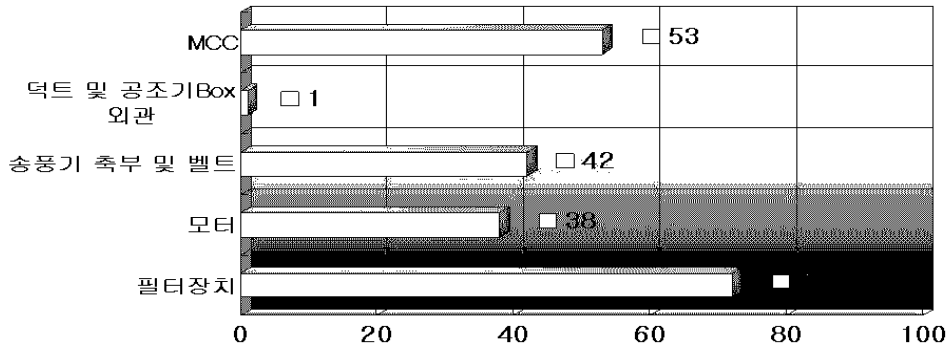
[그림 3-1] 대상기관별 참여인원 분포

#### 3.2 설문내용 분석

##### 3.2.1 공기조화설비의 중요 점검사항

설문지 참여자들의 응답을 토대로 작성하였다.

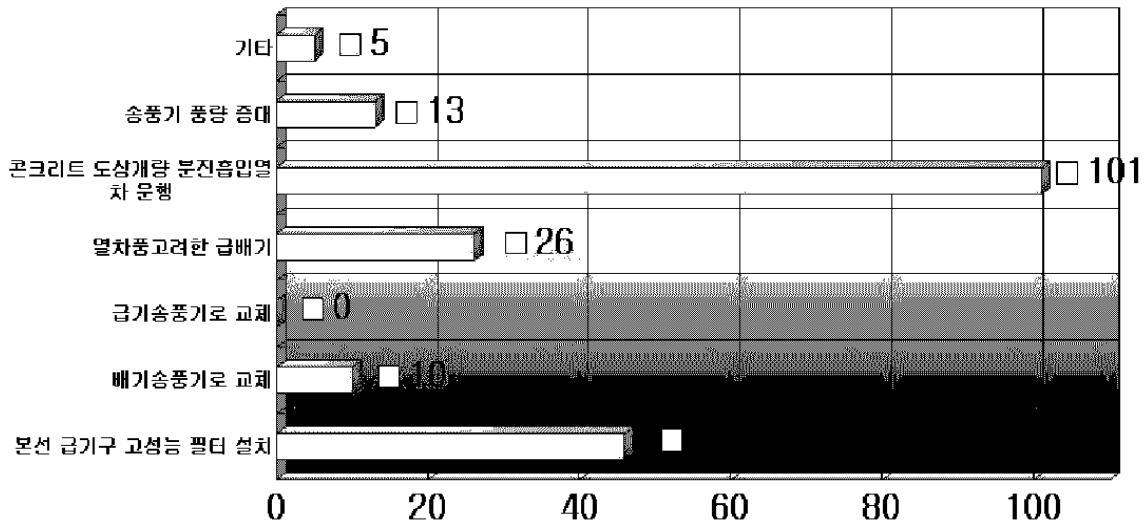
[그림 3-2]는 공기조화설비 일상점검사항 중 가장 중요하다고 생각되는 점검부위에 대한 항목이다.(중요하다고 생각되는 항목 중복체크) 공기조화 설비의 부속장비 중 필터장치의 중요성이 가장 높은 것으로 조사되었다.



[그림 3-2] 공기조화설비 중요 점검사항

### 3.2.2 미세먼지 제거의 효과적인 방법

역사 내 공기질 향상을 위한 미세먼지 제거의 가장 효과적인 방법에 대한 설문이다. 역사 외부로부터의 공급되어지는 필터링 공기질에 대한 항목보다 “콘크리트 도상개량 분진흡입열차 운행”에 대한 의견이 가장 높게 나왔다.

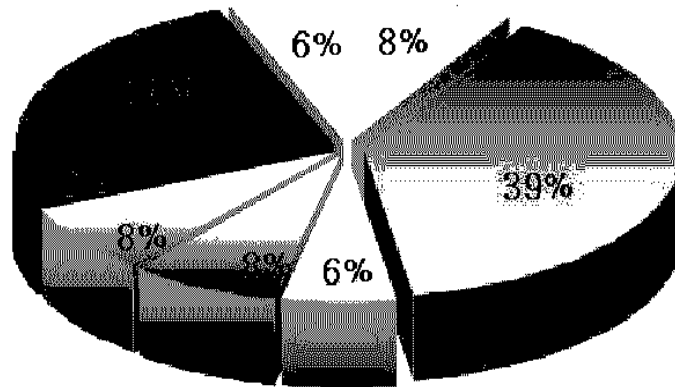


[그림 3-3] 미세먼지 제거 효과적인 방법

### 3.2.3 미세먼지제거에 효율적인 필터

미세먼지 제거에 가장 효율적인 필터를 고르는 항목에서는 환별형 필터가 39[%], 자동세정형 테미스터가 19[%]의 비율을 나타냈다.



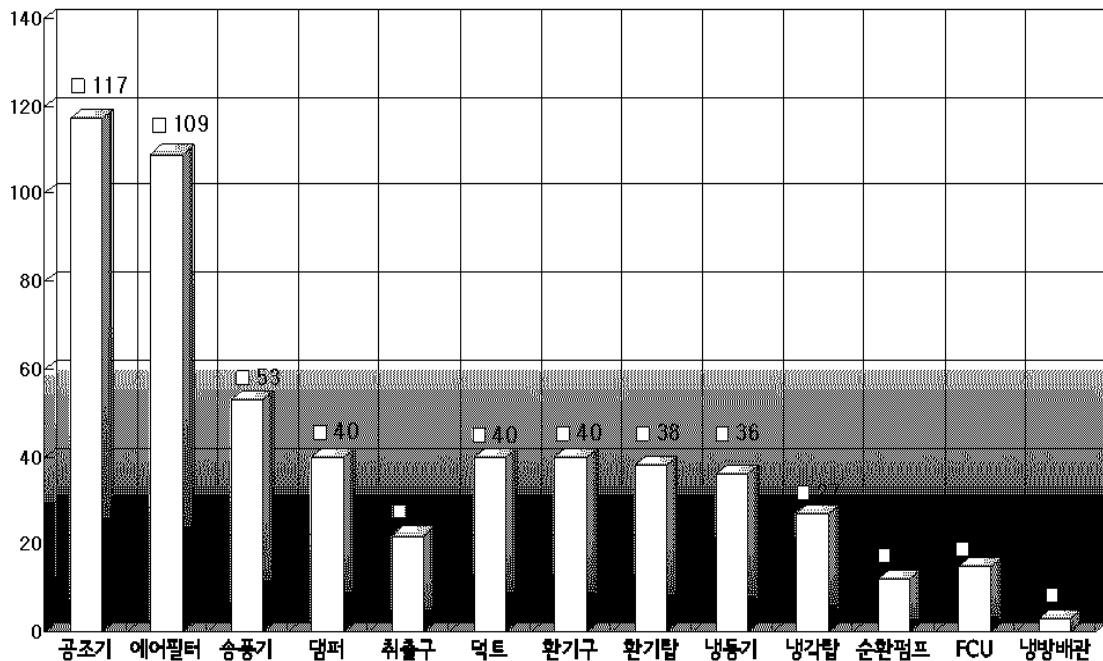


- 오토필터
- ▨ 판넬형 필터
- ▩ 롤형 필터
- ▧ 백필터
- ▦ 전기집진방식 필터
- 수동세정 데미스터
- 자동세정 데미스터
- 여재정전 세정형 데미스터

[그림 3-4] 미세먼지 제거에 효율적인 필터

### 3.2.4 공기조화 설비 중 표준화필요성이 높은 항목

공기조화기와 관련된 여러 가지 설비들이 있다. 공기조화기와 연관된 설비들 중 설비표준화가 필요한 설문에는 [그림 3-5]와 같이 공조기(AHU)와 에어필터(Air filter)가 가장 표준화 필요성이 높은 것으로 나타났다.



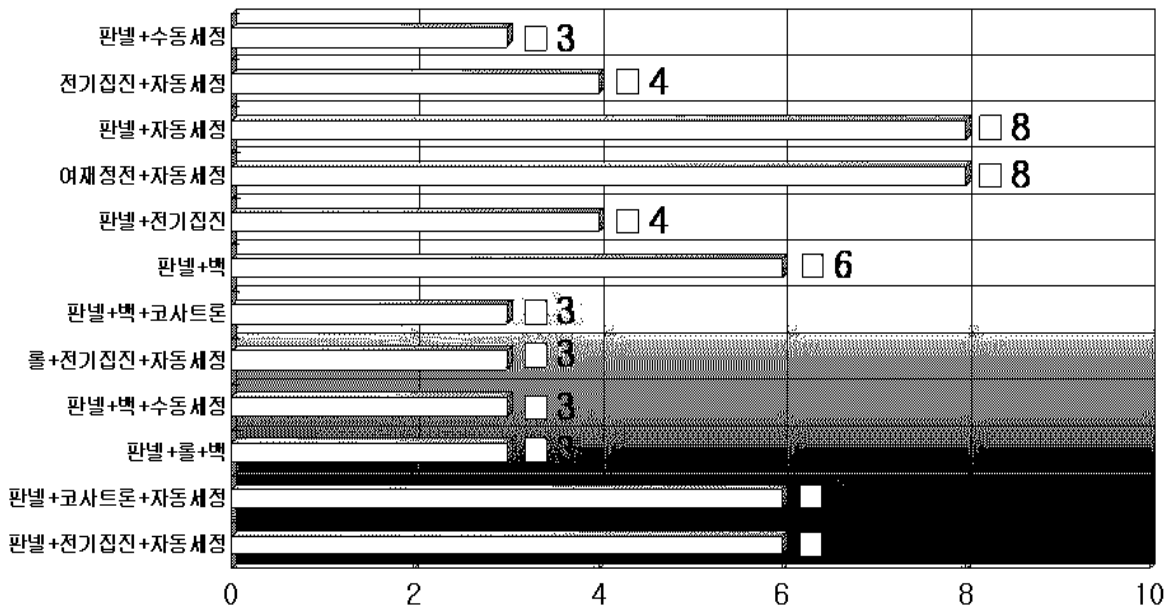
[그림 3-5] 표준화 필요성이 높은 항목

### 3.2.5 지하역사 미세먼지 저감 방안에 대한 기타 의견

- 역사출입구 에어커튼설치 및 급/배기구 인상
- 자연환기구 내 급기용 필터 설치
- 분진흡입열차 주기적 운행 및 터널 내부 물청소 강화
- 본선 및 역사 환기구 청소, 배수로 정비.
- 환기실 내 시수배판 설치 및 바닥 물청소
- 자갈도상을 콘크리트로 교체, 터널 물청소
- 필터교체주기 단축
- 대합실, 승강장에 분수대 설치
- 환기실의 충분한 공간 확보로 용이한 유지보수
- 열차풍을 활용한 본선 급배기 환기구 인상
- 덕트 내부청소 확대 시행
- 인체에 유해한 미세먼지 크기별 관리
- 터널 출입구에서 유입되는 오염물질 차단
- 전면적 PSD설치, 필터관리 철저 등이 설문지 및 면담 조사에서 도출 되었다.

### 3.2.6 효율적, 경제적인 필터의 조합

설문조사 및 면담을 통해 [그림 3-6]과 같이 도시철도 운영기관 환경설비분야 직원들의 답변 중 가장 효율적이며 경제적인 필터의 조합으로 판넬형+자동세정형 필터, 여재정전식+자동세정형 필터의 조합이 가장 높게 평가되었다.



[그림 3-6] 효율적, 경제적인 필터의 조합

## 4. 요약 및 결론

지상 환기탑을 통해 지하역사로 도로상의 많은 분진이 유입되고, 터널 등에서 발생하는 비산먼지가 지하역사에 높은 농도로 분포하기 때문에 현재의 공기여과장치는 운영상의 애로사항이 많은 것으로 나타났다. 미세먼지 저감효과와 유지보수 편리성을 고려해볼 때 설문 및 면담조사결과"가장 효율적이며 경

제적인 필터의 조합”문항에서 판넬형 또는 여재정전필터+자동세정형필터가 가장 높은 평가를 받았고 공기여과장치 표준화 연구에는 각 필터장치의 특성, 장·단점, 효율, 경제성을 종합 검토하여 최적의 표준화 된 모델을 선정하여야 할 것이다.

점차 강화되는 공기질 관련 규제와 높아지는 생활수준에 대응하기위해 지하철 건설 시기별로 당시 상황에 따라 다양한 공기여과시스템을 적용, 운영해온 결과, 유지관리에 많은 어려움이 따르고 있고, 지하철의 악조건에 취약한 특성 등 개선해야 할 문제점이 상당수 지적되고 있다. 따라서 지하철 특성에 맞는 공기여과시스템을 유지관리 용이성 및 경제성을 고려하여 표준화 적용하고, 환기구 인상 및 위치변경 등 외부 오염공기의 유입을 최소화 할 수 있는 방안이 필요하다.

#### ▣ 참고문헌

1. 설비시설물 유지관리 지침서. 서울메트로 설비사무소. 2006.
2. 기계설비 도시철도 기술자료집, 조율연, 이엔지북. 2004.
3. 미세먼지의 발생 메카니즘 및 미세먼지 오염원의 추정 방법론. 김동술, 황인조. 2002.
4. 환기환경에 대한 이해. 서울지하철공사교육원. 지금창, 배성준 2002.
5. 도시철도 지하역사 공기조화기의 미세먼지 저감 성능개선을 위한 사전연구. 권순박, 강중구 2008.
6. 건축기계설비 공조냉동기계 기술사. 설원실 외 성안당. 2004.