

사회관계장관회의	
회 차	2023 - 1
안전유형	심의

제4차 지하역사 공기질 개선대책 [2023~2027]

2023. 2.

차 례

I. 추진 배경	1
II. 지하역사 미세먼지 현황	3
III. 3차 대책 추진성과 및 한계	5
IV. 추진 체계	6
V. 추진 과제	7
1. 제도 개선	7
2. 관리·운영 고도화	9
3. 신기술 도입·개발	12

I. 추진 배경

□ 지하역사 공기질 관리 중요성

- 지하철은 일평균 천만명이 이용하는 대표적인 대중교통 수단이며, 시민들의 생활공간으로서, 깨끗하고 쾌적한 환경 조성이 중요
- 지하역사는 자연 환기가 어렵고, 다수의 이용객이 특정 시간대(출·퇴근 시간 등)에 밀집되어 공기질 관리에 취약

□ 지하역사 공기질 관리 대책 시행

- 그간 3차례에 걸친 「지하역사 공기질 개선대책」 추진으로 역사 내 미세먼지(PM₁₀) 오염도는 상당 부분 개선
 - ※ 지하역사(PM₁₀) ('07) 94.0 μ g/m³ → ('12) 80.0 μ g/m³ → ('22) 35.8 μ g/m³
 - 외기농도(PM₁₀) ('07) 58 μ g/m³ → ('12) 45 μ g/m³ → ('21) 36 μ g/m³
- 제3차 대책('18~'22)부터 대규모 예산을 미세먼지 저감에 투자*하였으나 정책성과**를 국민이 체감하기에는 부족
 - * (투입 규모) 1차('08~'12) 537억원, 2차('13~'17) 828억원, 3차('18~'22) 1,950억원
 - ** 지하역사(PM₁₀) : ('17) 69 μ g/m³ → ('22) 35.8 μ g/m³ (48% 감소)
 - ※ 1·2차 대책은 노출 시 건강위해성이 매우 높은 지하역사 내 석면 제거에 집중

□ 지하철 미세먼지에 대한 사회적 관심 증대

- 지하역사 승강장 초미세먼지 측정기 전수 설치 및 농도 공개('21.4~) 등으로 정보 접근성이 크게 향상되면서 국민의 관심도 증대
 - (예) 지하철 터널 미세먼지, 밖의 6배인대 집진기 설치 19% 그쳐('22년 환노위 국정감사)
- 특히, 고농도 미세먼지 발생시(겨울·봄) 대중교통 이용자의 건강 보호를 위해 지하역사 공기질 관리가 매우 중요

⇒ 4차 대책은 지하역사 초미세먼지 농도 저감·관리에 집중하고 정보 제공을 강화하여 국민의 건강피해 우려 불식에 초점

【 지하역사 및 지하철 차량 관리체계 】

① 지하역사(승강장, 대합실)

- (관리기준) 「실내공기질 관리법」에 근거하여 유지기준*(PM₁₀ 100 μ g/m³, PM_{2.5} 50 μ g/m³ 등)을 설정하여 관리 중
 - * 시설소유자가 반드시 준수해야 하는 기준, 유지기준 초과시 과태료(최대 1천만원) 및 개선명령, 연 1회 자가측정 의무(미측정시 과태료)
 - ※ 초미세먼지(PM_{2.5}) 기준은 '19.7월부터 추가
- (측정망) 전국 675개 지하역사에 초미세먼지 자동측정기 설치, 실시간 오염도 추이 확인·분석('21.4~)
- (정보공개) 전국 모든 지하역사 승강장의 초미세먼지(PM_{2.5}) 상시 측정 및 측정결과 공개('21.4~, 실내공기질 종합정보망 및 인에어 앱)

② 환기설비

- 지하역사에 일정 용량(필요환기량 25m³/인·h) 이상 만족하는 환기 설비 설치 의무화 (국토부, 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」)
 - ※ 공기흡입구에는 입자형·가스형 오염물질 제거·여과 장치를 설치하도록 함

③ 지하철 객실

- (제작차량) 차량제작시 환기량, 공기정화설비, 오염물질 저방출 마감재 사용 등 권고 (환경부, 「대중교통차량의 제작·운행 관리지침」('20.4.))
- (운행차량) 「대중교통차량 제작·운행 관리지침」에 따라 PM_{2.5}, 이산화탄소 항목에 대한 권고기준* 설정('20.4~)·관리중
 - * 연 1회 자가측정 등을 통해 기준치 이내로 관리토록 권고

측정항목	평상시 기준	혼잡시* 기준
초미세먼지(PM _{2.5})	50 μ g/m ³	
이산화탄소	2,000 ppm	2,500 ppm

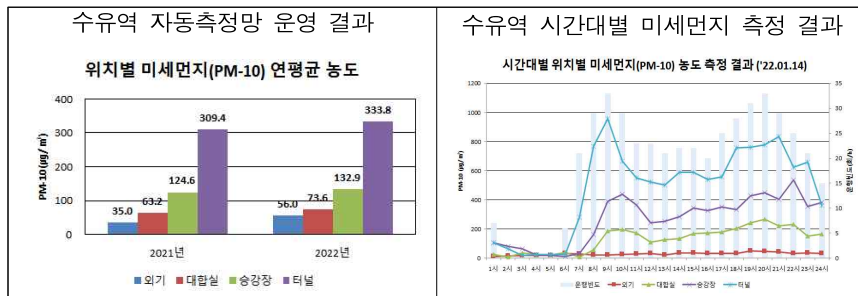
* 혼잡시간대 : 07:30~09:30, 18:00~20:00

II. 지하역사 미세먼지 현황

- ◇ (지하역사) 다중이용시설군 중 초미세먼지 오염도가 가장 높고, 지점별로는 터널 > 승강장 > 대합실 > 외기 順
- ◇ (지하철 객실) 지하터널을 통과하는 운행 특성상 시외버스 등 다른 대중교통보다 초미세먼지 농도가 높음

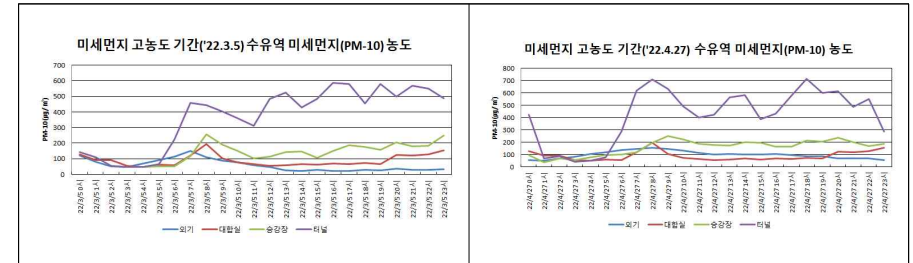
지하역사

- (연평균) 전체 지하역사의 초미세먼지 평균농도는 $29\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준
 - ※ '22.1~11월 평균 $28.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ (지하역사 승강장 초미세먼지 자동측정기 기준)
 - 또한, 지자체 오염도 검사 결과, 지하역사는 22개 다중이용시설 중 가장 높은 초미세먼지 오염도를 보임
 - * ('21년 지자체 오염도 검사 결과) 전체 평균 15.1, 지하역사 23.6, 어린이집 $12.7\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - 지하역사는 구조상 환기가 어렵고, 지하상가 등과 연결되어 유입·발생된 오염물질을 효과적으로 처리하기 어려움
- (지점별) 터널 > 승강장 > 대합실 > 외기 順으로 오염도가 높고, 터널은 일반 대기의 6~8.8배, 승강장의 2.5배
 - 터널은 일반 국민이 이용하는 다중이용시설 공간에 포함되지는 않으나, 승강장 등에 오염물질을 유입시킬 수 있어 함께 관리 필요
 - ※ 터널 미세먼지는 레일마모, 바닥의 자갈·흙 분쇄, 외부 오염공기 유입 등이 주요 원인



* '21년~'22.7월 수유역 자동측정망 측정 자료(한국환경공단)

- (대기 고농도 기간) 수도권 비상저감조치 기간('22.3.5, '22.4.27) 중 승강장은 외기보다 2배, 대합실은 외기보다 1.5배 높게 상승



* 고농도 미세먼지 비상저감조치 기간 중 한국환경공단 자동측정망 측정 자료(수유역)

- (노후 역사) 30년 이상 운행한 서울 지하철 1·4호의 오염도가 최근에 지어진 지하역사보다 2배 이상 높음
 - ※ (초미세먼지 농도) 1호선 $70.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4호선 $64.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 7호선 $28.4\mu\text{g}/\text{m}^3$, 8호선 $29.2\mu\text{g}/\text{m}^3$

지하철 객실

- 지하철은 초미세먼지 농도가 항상 높은 터널 구간을 운행하는 특성상 다른 대중교통(버스)에 비해 초미세먼지 농도가 높게 나타남

구 분	지하철	시외버스
초미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.9	11.1
이산화탄소(ppm)	1,062	1,275

※ '21년 교통사업자 자가측정 결과

- 이용자 증가, 잦은 운행빈도 등 영향으로 혼잡시간대의 오염도가 비혼잡시간대보다 높은 경향을 보임

구분	비혼잡시간대		혼잡시간대	
	이산화탄소(ppm)	초미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화탄소(ppm)	초미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
기준치	2,000 이하	50 이하	2,500 이하	50 이하
서울	1,139	30.3	1,444	31.4
부산	888	10.4	1,026	12.3
대구	1,104	9.8	1,296	9.9
대전	933	-	1,099	-
광주	730	-	821	-
경기	1,152	3.4	1,519	7.0

※ '21년 지자체 오염도 검사 결과

Ⅲ. 3차 대책 추진성과 및 한계

□ 주요 추진성과

- 지하역사 : 목표(PM_{10} $60\mu\text{g}/\text{m}^3$) 대비 48% 초과 달성('22년 $35.8\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 - 실내공기질 기준 강화*, 전역사 초미세먼지 자동측정기 설치 의무화 및 공개('21.4~) 등 지하역사 공기질 관리체계 강화
 - * 미세먼지(PM_{10}) 기준 강화($150\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 100\mu\text{g}/\text{m}^3$), 초미세먼지($\text{PM}_{2.5}$) 기준 신설($50\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 - 노후 환기설비 개선(252개 역사), 공기정화설비(617역, 8,853대) 설치 등 공기질 개선 지원
- 터널·차량 : 미세먼지 발생원 제거 및 모니터링 등 관리 강화
 - (터널) 터널 환기구 집진기 설치, 자갈도상 개량 등 미세먼지 발생원 제거*, 터널 공기질 모니터링(자동측정기 2개소)
 - * 집진기(392대) 및 송풍기(161대), 자갈도상 개량(16km), 살수배관 설치(52.4km)
 - (지하철 차량) 차량내 공기질 권고 기준* 강화, 공기정화기(3,905칸, 13,760대) 설치, 「대중교통분야 실내공기질 관리 담당자 매뉴얼**」 배포('20년)
 - * 권고기준을 환경부령으로 규정, 기준치 강화(PM_{10} $200\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \text{PM}_{2.5}$ $50\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 - ** 지하역사 측정기 관리사항, 대중교통차량 자가측정 의무에 관한 사항 등

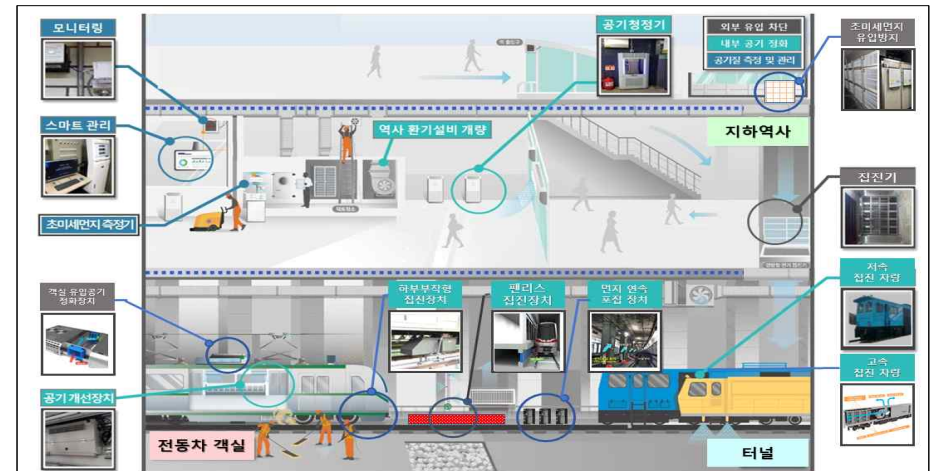
□ 한계 및 시사점

- 전 역사 측정기 설치 등 과학적 정책 기반은 마련되었으나, 이를 바탕으로 건강 위해성을 고려한 초미세먼지 관리 기준 등 정책목표 재설정 필요
- 초미세먼지 오염도가 높은 지하역사(노후 역사, 우선관리 역사 등)의 고농도 상태를 해소하기 위한 행정·재정·기술적 우선지원 필요
- 노후 역사(서울지하철 1~4호선 등)의 경우 구조적 한계로 기존 공기질 개선 수단의 적용이 한정되어, 새로운 저감기술 개발 필요

Ⅳ. 추진체계

비전	숨 쉬기 편안한 지하철 환경 조성
목표	초미세먼지 오염도 17% 저감 ['22년 $29\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow$ '27년 $24\mu\text{g}/\text{m}^3$]
기본 방향	① 건강 위해성을 고려한 초미세먼지 집중관리 체계로 전환 ② 실시간 측정을 바탕으로 과학적 기반 관리 확대 ③ 적극적 신기술 활용으로 효과적인 공기질 관리 수단 확보

분 야	세부 추진과제
① 제도 개선	· 실내공기질 측정·감시 체계 개선 · 미세먼지 고농도 역사 중점 지원체계 구축 · 자율관리 체계 도입
② 관리·운영 고도화	· 지하공간 미세먼지 저감·관리 강화 · 스마트 공기질 관리시스템 적용 확대 · 미세먼지 특별관리 역사 운영
③ 신기술 도입·개발	· 첨단 저감기술 도입·적용 · 오염물질 관리 신기술 연구·개발



V. 세부 추진과제

1 제도 개선

① 실내공기질 측정·감시 체계 개선

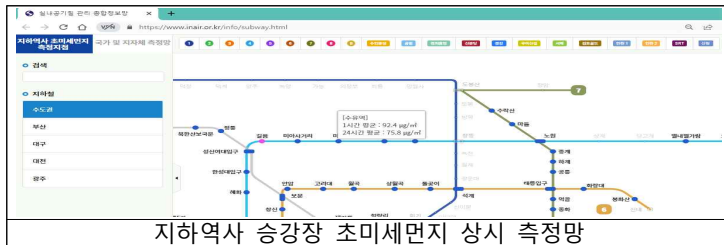
- 실내공기질 실태조사·연구('23~) 등을 거쳐 지하역사 등의 실내 공기질 유지·권고기준* 개선('24)

* 초미세먼지 기준 강화($50 \rightarrow 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 국정과제) 등 건강 위해도를 고려하여 현행 실내공기질 기준 종합 재검토

- 전 지하역사 승강장의 초미세먼지 상시 측정 및 결과 공개에 더하여 측정물질(이산화탄소) 및 지점(대합실) 확대 검토('24~)

※ 「실내공기질관리법 시행규칙」 개정

- 국민의 정보 접근성 및 정보 공개 확대를 위해 실내공기질 종합 정보망(www.inair.or.kr) 및 모바일앱(인에어) 시스템 개편 추진(~'24)



- 지하철 차량 내 공기질을 실시간으로 파악하기 위해 센서형 측정 기기를 활용한 실시간 공기질 측정 시스템 시범 구축('25~)

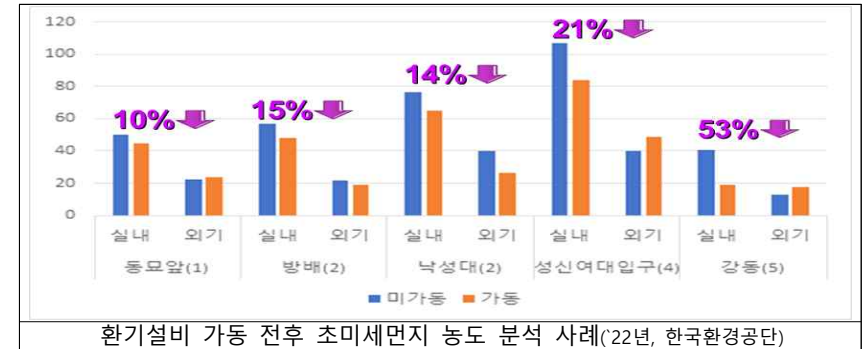
* 환경시험검사법 제9조의3(간이측정기의 성능인증)에 따라 인증 받은 기기



- 지하역사 터널 미세먼지 농도 측정 지점 확대('22년 2개소 → '27년 10개소) 및 시기별(계절별·시간대별) 미세먼지 농도 분석

② 미세먼지 고농도 역사 중점 지원체계 구축

- 지하역사·터널 등의 시설개선 후 미세먼지 농도를 분석하여 사업 효과를 점검·분석('23~)



- 지하역사 초미세먼지 실시간 측정결과를 분석하여 고농도 지하역사의 오염원 분석 및 개선방안 마련('23~)

- 노선별 이용객수, 초미세먼지 고농도 원인분석 결과 등을 바탕으로 우선지원 순위를 선정하고 맞춤형 예산 지원 추진('23~)

※ 연도별 예산 편성 전 우선순위를 마련하고 지하철 운영기관, 지자체 등과 논의

③ 자율관리 체계 도입

- 실시간 공기질 측정을 통해 교통사업자가 실내공기질을 스스로 관리 하도록 유도하는 '실내공기질 자율관리제'* 도입 추진('24)

* 다중이용시설에 24시간 모니터링이 가능한 센서형측정기를 설치하여 실내 공기질 정보를 종합정보망에 보고 시 자가측정 면제 등 인센티브 부여

- 권역별 실내공기질 관리센터*를 지정하여 지하역사 실내공기질 진단·개선을 위한 전문적인 기술지원 등 추진('25~)

* 시·도 보건환경연구원, 대학, 연구기관 등

- 지하역사 환경관리자의 시설관리를 위한 맞춤형 실내공기질 관리 행동지침 개발('23)

* 다중이용시설군별 맞춤형 실내공기질 관리 행동지침 개발 연구용역 추진 (한국실내환경학회, '22.8~'23.8)

2 관리 · 운영 고도화

1 지하공간 미세먼지 저감·관리 강화

< 지하역사 >

- 서울·부산 등 오래된 지하역사의 효율이 떨어진 노후 환기설비 및 자동세정장치·필터 개선(계속)

※ 중장기적으로 노선별 이용객 수, 실내공기질 현황 등을 고려하여 노후 역사 (예: 서울 1~4호선)의 환기구 등 역사 구조물 개선 타당성 검토



환기설비 개량 및 자동세정장치·필터 개선 사례(광주)

- 황사 등 외부 미세먼지의 역사 내 유입 억제를 위해 역사 출입구 방풍문 추가 설치('23~)



방풍문 설치 사례(서울 2호선)

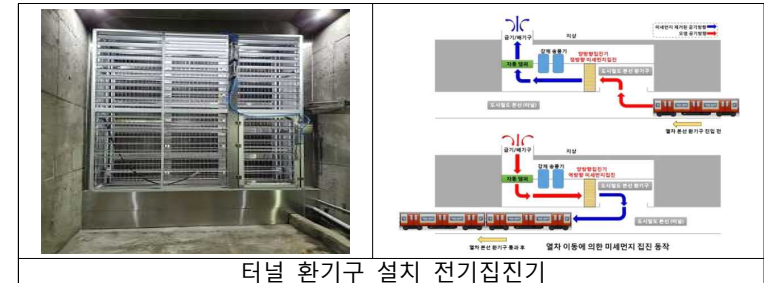
- 터널 미세먼지의 승강장 유입(열차풍) 방지를 위해 승강장 안전문의 기밀성 강화('24~)



승강장 안전문 기밀성 강화 사례(서울)

< 터널 및 본선 선로 >

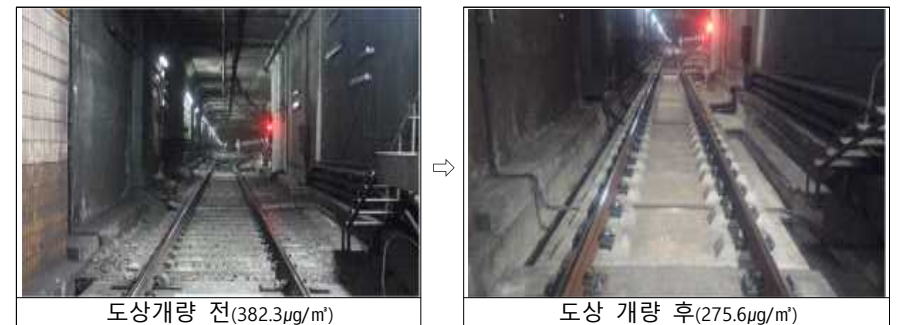
- 터널 본선환기구의 급·배기시 미세먼지를 흡착하는 집진기 설치 및 송풍기 등 터널 환기설비 개선(계속)



터널 환기구 설치 전기집진기

- 열차운행 시 진동으로 미세먼지 발생이 많은 자갈도상(서울·부산)의 콘크리트 도상 개량추진(고농도 구간 우선 추진)

* 자갈도상을 콘크리트로 개량시 27.9%의 미세먼지 저감효과 확인($382.3\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 275.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, 서울교통공사)



도상개량 전($382.3\mu\text{g}/\text{m}^3$)

도상 개량 후($275.6\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- 터널 내 축적되는 미세먼지 제거를 위해 살수차량 추가 도입 및 물청소를 위한 살수배관 설치 확대(서울 84.5km 등)



살수차량

살수배관

물청소

- 터널 물청소시 발생하는 미세먼지 함유 폐수가 신속하게 터널 밖으로 배수될 수 있도록 배수로 및 집수정 개량 시범 추진('25~)



② 스마트 공기질 관리시스템 적용 확대

- 역사 내·외부 오염도, 교통정보 등 빅데이터 분석 및 인공지능 기술을 활용한 “스마트 관리 시스템” 확대 적용(계속)

* 승강장 미세먼지 50% 저감, 공조설비 운영비용 20% 절감 효과 예상(철도기술연구원)



③ 미세먼지 특별관리 역사 운영

- 미세먼지 오염도가 상대적으로 높은 역사를 ‘특별관리 역사’로 지정, 환기설비 및 공기정화설비 가동 증가 등 집중관리

* 미세먼지 계절관리제 시행기간 일평균 초미세먼지 농도 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 날이 많은 62개소(서울 53·김포 9, 제4차 계절관리제 기준)를 집중관리 중

※ (예) 물걸레 청소(일2→3회), 공기청정기(8→20시간), 환기설비(9→19시간) 등

- 미세먼지 비상저감조치 발령시 전 지하역사 물청소, 환기설비 켜기, 미세먼지 확인·청소 등 강화조치 연동 시행

- 미세먼지 계절관리제 시작 전 순역사 일제청소 기간 운영 정례화

※ 물청소시 초미세먼지 농도 5.4% 저감 효과(지하역사 공기질 개선사업 효과 평가, 환경부)

3 신기술 도입·개발

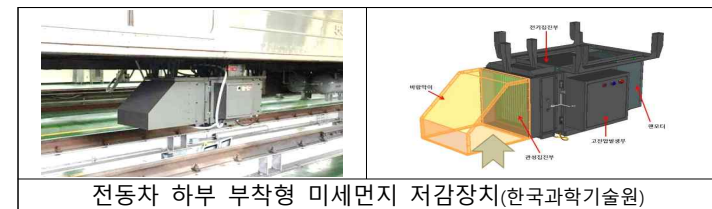
① 첨단 저감기술 도입·적용

- 주행 중에 공기 중 미세먼지 포집이 가능한 터널용 저속 집진차량 및 고속 집진차량 시범운용('24)



- 열차풍에 날리는 비산먼지(철·자갈 가루 등)를 즉시 제거하는 전동차 하부 부착형 저감기술 적용 시범사업 추진('24)

* 한국과학기술연구원에서 서울 일부 차량에 대해 현장 실증사업 수행('18~'19)



② 오염물질 관리 신기술 연구·개발

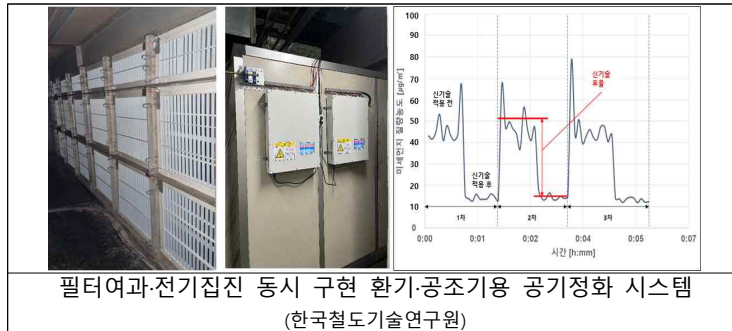
- 승강장에 대기 중인 이용객의 오염물질 노출을 줄이기 위해 승강장 인접 선로(터널)에서 발생하는 먼지 집진기술 시범 개발·적용('24~)

* 터널 먼지 연속포집장치, 소음 저감형 팬리스 집진장치 등

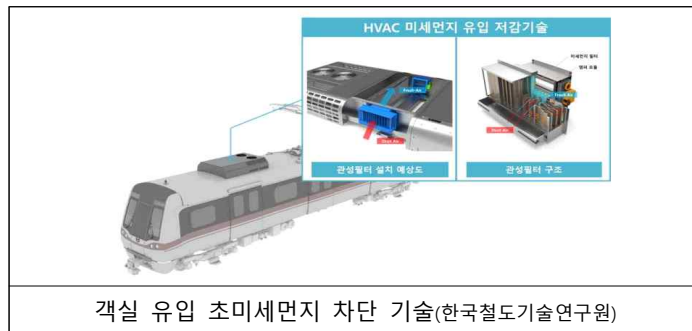




- 필터여과와 전기집진 방식을 결합한 터널 환기구 초미세먼지 저감 효율 향상 기술 시범 적용 추진('26~)



- 지하철 차량 객실 유입 공기의 초미세먼지를 저감하는 기술 개발 및 시범 도입('26~)



붙임		전국 지하구간 운행 도시철도 현황`22.12월 기준			
관리주체	노선	공사기간	운행 개시시기	역사수 (개소)	일일 평균 승차인원(천명)
총 계	30 노선	-	-	796	10,985
한국철도공사	과천선	'89.12 - '94. 3	1994년	8	110
	분당선	'90. 3 - '03. 9	1994년	36	290
	일산선	'90.12 - '96. 1	1996년	10	94
	경의중앙선	'90.12 - '22.12	2014년	56	367
	수인선	'95. 1 - '20. 9	2012년	26	46
네오트랜스, 경기철도(주)	신분당선	'05. 6 - '11.10	2011년	12	226
공항철도(주)	인천국제공항선	'01. 4 - '18. 1	2007년	14	98
서해철도(주)	서해선	'11. 4 - '23. 3	2018년	12	46
로템에스알 에스(주)	신림선	'15. 9 - '22. 5	2022년	11	35
김포골드라인 운영	김포골드라인	'14. 3 - '19. 9	2019년	10	72
우이신설 경전철운영	우이신설선	'09. 9 - '17. 8	2017년	13	75
서울 교통공사	1호선	'71. 4 - '74. 8	1974년	10	478
	2호선	'78. 3 - '96. 3	1980년	50	2,198
	3호선	'80. 2 - '09.10	1985년	34	897
	4호선	'80. 2 - '94. 4	1985년	26	925
	5호선	'90. 6 - '97. 2	1995년	51	898
	6호선	'93.12 - '01. 3	2000년	38	562
	7호선	'91. 7 - '00.12	1996년	51	1,030
	8호선	'90.12 - '99.12	1996년	17	284
서울메트로 9호선(주), 서울교통공사	9호선	'02. 4 ~ '18.12	2009년	38	466
부산 교통공사	1호선	'81. 6 - '94. 6	1985년	40	466
	2호선	'91.11 - '02. 8	1999년	43	335
	3호선	'97.11 - '05.11	2005년	17	95
	4호선	'03.12 - '11. 3	2010년	14	32
인천 지하철공사	1호선	'93. 7 - '09. 6	2009년	29	221
	2호선	'10. 4 - '16. 7	2016년	27	106
대구 지하철공사	1호선	'91.12 - '98. 5	1997년	32	199
	2호선	'96.12 - '05.10	2005년	29	174
광주 도시철도공사	1호선	'96. 8 - '07. 4	2004년	20	51
대전 도시철도공사	1호선	'96.10 - '07. 3	2006년	22	109

※ 일부 지상역사 포함, 지상만 통과하는 노선은 제외