The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)
Vol. 6, No. 3, pp.45-55, August 31, 2020. pISSN 2384-0358, eISSN 2384-0366

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.3.45
JCCT 2020-8-6

미세먼지 차단 프리 존에 대한 수요전망과 시사점 연구

A Study on the Demand Forecast and Implication for Fine Dust Free Zone

하서영*, 김태형**, 정창덕***

Ha, Seo Yeong*, Kjm Tae Hyung, Jung Chang Duk*****

요 약 최근 우리나라에서 미세먼지에 대한 인식이 확대되면서 다양한 대책과 대응전략이 제시되고 있다. 본 연구는 미세먼지의 발생에 따른 집객공간의 변화를 분석하고 활동 패턴을 찾아내기 위해 국내외 미세먼지 프리존의 현황을 조사하고 각 사례에 따른 미세먼지 관련 제품과 공간의 한계점을 비교 분석하여 그 수요를 전망하고 시사점을 찾아보고자 한다. 본 연구의 목적은 국내외의 미세먼지 대책과 국내 관련 산업의 현황파악을 중심으로 수요를 전망하는 것이다. 4차 산업 혁명시대에 스마트 시티에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서 도심 공간의 위협이 되고 있는 미세먼지를 대응할 전략적 방안을 제시하기 위한 연구방법을 제안한다.

주요어 : 미세먼지, 프리존

Abstract Recently, as the awareness of fine dust has increased in Korea, various countermeasures have been suggested. This study examines the current status of fine dust free zones at home and abroad in order to analyze changes in guest space according to the occurrence of fine dust and to find activity patterns. I would like to predict and find implications. The purpose of this study is to forecast demand centering on domestic and foreign countermeasures for dust and domestic industry. In order to secure competitiveness for the smart city in the era of the 4th Industrial Revolution, the research is aimed at proposing a strategic plan to cope with the fine dust that is a threat to urban space. The research method is described in the following order.

Key words : Fine Dust, Free zone

Ⅰ. 서 론

1. 연구배경 및 목적

최근 우리나라에서 미세먼지의 인체위해성에 대한 인식이 확대되면서 다양한 대책이 제시되고 있다. 특히 정부가 관계부처 합동 '미세먼지 관리 특별대책'을 수립하여 추진하고 있으나 고농도의 미세먼지가 빈발하여 우심지역을 중점관리하고 통합적이고 과학적 관리와 인체 위해성을 최우선 고려 사항으로 미세먼지 정책에 대한 패러다임을 전환하고 있다. 직경이0.1~2.5㎛이면 미세먼지(PM10, PM2.5), 직경이0.1㎛ 미만은 극미세먼지로 미세먼지의 발생 원인에 대한 분석과 대응방안이 논의 되고 있으나, 시민들에게 당면한 문제를 즉시 해결하는 것이 우선이라는 공감대가 형성되고 있다. 이러한 상황에서 미세먼지 프리 존을 설치하는 것은 불안감으로 침체된 도심의 집객 공간을 활성화시킬 수 있는

*정회원, 단국대학교 데이터사이언스공학과 박사과정(제1저자)
**정회원, 단국대학교 데이타사이언스공학과 부교수
***정회원, 송호대학교 전임교수 (교신자)
접수일: 2020년 06월 12일, 수정완료일: 2020년 07월 03일
게재확정일: 2020년 07월 24일
Received: June 12, 2020 / Revised: July 03, 2020
Accepted: July 24, 2020
*Corresponding Author: changduk12345@gmail.com

결정적인 수단이 된다. 집객을 위한 효과적 수단이자 미세먼지 관련 기술과 효과 검증 및 사업화의 테스트베드 역할을 하는 미세먼지 프리 존을 4차 산업 혁명 시대 스마트시티에 필수적인 중요 요소로 볼 필요가 있다. 정부의 관련부처는 관광, 문화 등 도심 공간에 미치는 파급효과가 해당 도시의 이미지 제고에도 상당한 기여를 하기 때문에 미세먼지 프리 존의 효과를 인식하고 수도권과 대도심을 중심으로 오염도가 높은 '우심지역'을 중점관리하고 있다. 미세먼지의 원인물질에 대한 관리 강화와 에너지 정책과의 정합성을 제고한 통합적인 저감대책을 추진하고 있으며, 중국과는 한·중 양자협력과 인접한 동아시아 다자간 국제 협력을 통한 공동노력을 강화하고 있다. 또한 민감 계층 활동공간의 관리강화와 보호서비스로 인체위해성 관리에 중점을 두고, 인벤토리를 정교화하고 위성·항공기 등을 통한 입체적이고 과학적인 미세먼지 분석으로 대응역량을 제고하는 종합적인 대응을 정부와 민간 차원에서 다각적으로 기울이고 있다. 본 연구는 미세먼지 감소 대책을 한국, 미국, 독일, 일본, 중국, 영국, 프랑스 각 국가의 미세먼지와 관련된 정책과 대책을 분석하여, 서로 비교하는 과정 속에서 이들 각국의 미세먼지 대응의 노하우를 찾아내고자 한다. 본 연구는 이와 같은 필요성에 따라 미세먼지의 대응방향을 설정하고 정부 및 지자체 단위의 도심 공간 집객전략 수립에 참고가 되고자 한다. 주 내용인 세계 각국의 미세먼지 대응 현황과 국내 및 해외 미세먼지 프리 존에 대한 내용을 기반으로 미세먼지 프리 존의 수요전망과 및 시사점을 제시하고자 한다.

2. 연구방법 및 범위

미세먼지가 도심을 뒤덮고 있으면 사람들의 왕래가 줄어들고 이러한 재난이 장기화 되어 도시는 점차 슬럼화 된다. 스마트 시티의 집객 공간이 수요를 창출하려면 단기, 중기, 장기적 차원의 지속가능한 미세먼지에 대한 대응방안을 제시할 필요성이 있다. 따라서 미세먼지에 대한 즉각적이고 사용자가 체감 할 수 있는 미세먼지 프리 존의 구축은 도시에 거주하는 주민과 외부에서 방문하는 관광객들에게 필수적인 집객 시설로 작용하게 된다. 세계 각국의 미세먼지에 대한 대응 현황을 중심으로 한국의 미세먼지 대책의 문제점을 지적하고 추진방향을 찾는 것이 방향제시 한다. 이러한 관점에서 해외의 유사한 정책과 방안에 대한 사례를 살펴보고, 각 국가마다 부단히 대응책을 시도하고 개선하는 노력을 할 때 다른 국가가 미세먼지에 어떻게 대처하고 있으며, 어떤 효과를 얻는지에 관한 지식과 정보는 미세먼지에 대한 문제 해결에 도움이 된다. 해외의 특징적인 대응책을 중심으로 비교·분석 제시하며 향후 국내 도심 공간이 집객력을 갖추기 위한 방안을 제시하려 한다. 연구방법으로 다음과 같은 순서로 기술한다.

첫째, 국내 미세먼지의 현황과 특성을 중심으로 분석한다. 문헌조사와 한국환경공단에서 국내 실시간 공기오염상태를 확인할 수 있는 에어코리아 통계 정보와 kt의 통신시그널 기반의 유동인구 분석 빅 데이터를 기초로 서울의 관광객 추이를 미세먼지 농도에 따른 연관성을 기술하였다.

둘째, 미세먼지는 어느 한 도시나 국가만의 문제가 아니며, 순환하는 대기의 특성상 주변 국가들에게 영향을 미친다. 미세먼지 대응책과 특징적인 사례를 국가별로 미세먼지 현황, 관련 산업의 추세, 정부의 지원현황 등을 중심으로 알아본다.

셋째, 국내 미세먼지 프리 존과 세계 주요국을 비교분석하고 이를 바탕으로 국내 미세먼지 관련 산업의 수요창출 방안을 모색한다. 이 같은 연구를 달성하기 위한 연구방법으로는 주로 각국 정부 문서와 공식 통계자료, 관련 연구기관의 보고서, 학술서적과 논문 등을 이용하였다. 미세먼지 대응의 다양한 특성과 각 국가의 정책이 갖는 특성을 설명할 수 있도록 다각적인 방법으로 자료를 수집하였다.

해외의 실증적 현황 자료들은 최근의 미세먼지 프리 존을 중심으로 현황과 문제점을 파악하도록 하였고 분석된 현황을 토대로 미세먼지 프리 존이 도심의 집객에서 수요를 창출할 수 있는 방안을 제시하였다.

3. 연구방법에 대한 절차모형

본 연구에서는 한국환경공단(www.airkorea.or.kr)에서 전국의 실시간 대기오염도를 측정해서 제공하는 '에어코리아'사이트를 통해 서울지역의 월간 대기정보 PM2.5(㎍/㎥)를 2019년 9월부터 역순으로 4월까지 미세먼지농도를 표기한 그래프에 kt의 통신시그널 기반의 유동인구 분석 빅 데이터(bigsight.kt.com)를 기초로 서울의 관광객 추이를 미세먼지 농도에 따른 연관성을 시계열 유동인구 변화를 비교하여 변화의 연관성을 비교했다.

II. 미세먼지에 따른 공간 데이터 분석

1. 미세먼지농도와 유동인구 빅 데이터

미세먼지의 농도가 대기환경 24시간 평균치인 35㎍/㎥을 넘어서는 7월 14일에서 19일까지 유동인구가 줄어들어서 추이를 유지하다가 20일 대기상태가 좋아지면서 반등하는 것을 볼 수 있어, 미세먼지가 도심의 집객에 영향을 미치는 것을 볼 수 있다.

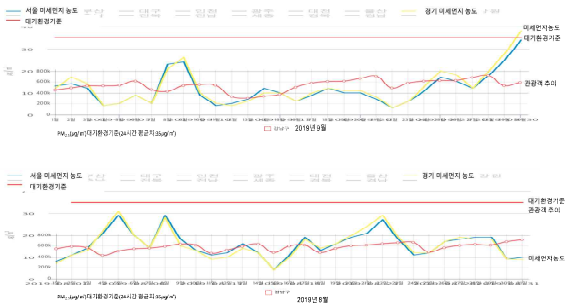


그림 1. 서울 미세먼지농도와 유동인구 추이(2019년 8∽9월)
Fig.1 Seoul Fine Dust Concentration and Flowing Population Trend

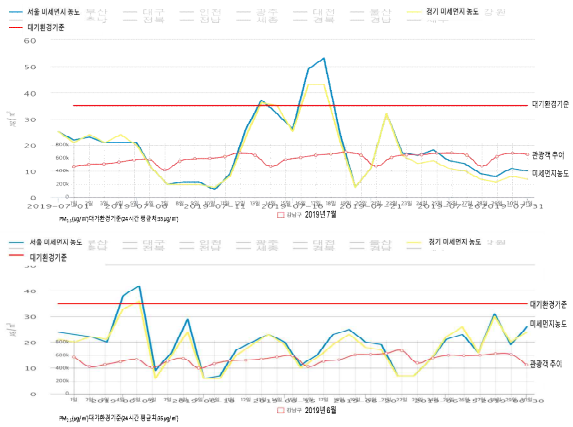


그림 2. 서울 미세먼지농도와 유동인구 추이(2019년 6∽7월)
Fig.2 Seoul Fine Dust Concentration and Flowing Population Trend

미세먼지 발생이 빈번한 4월~5월에도 미세먼지 농도에 따른 유동인구의 추이가 대기환경 기준치를 넘어서는 날짜에는 유동인구 추이가 낮아지는 영향을 보인다. 서울에서 관광객으로 인한 유동인구가 가장 많은 강남구를 살펴보면 같은 기간 동안 미세먼지농도에 따른 유동인구의 추이가 밀접하게 영향을 주고 있음을 볼 수 있다. 또한 대체로 미세먼지가 가장 극심한 봄철의 강남구를 살펴보면 2019년 2월이 전월대비 관광객수가 전년대비 0.37%, 전월대비 22.43% 감소했고, 미세먼지가 진정된 3월에 전년대비 5.7%, 전월대비 35.15% 상승했다.

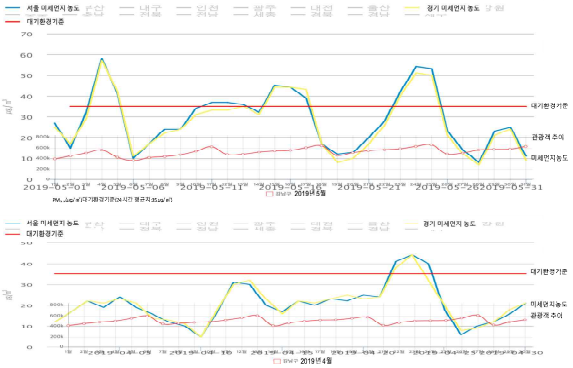


그림 4. 강남구 미세먼지농도와 유동인구 추이(2019년 4∽5월)
Fig. 4 Fine dust concentration in Gangnam-gu and the trend of floating population

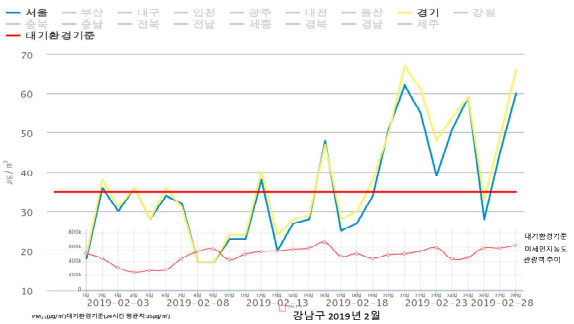


그림 5. 강남구 미세먼지농도와 유동인구추이(2019년 2월)
Fig. 5 Fine dust concentration and floating population trend in Gangnam-gu

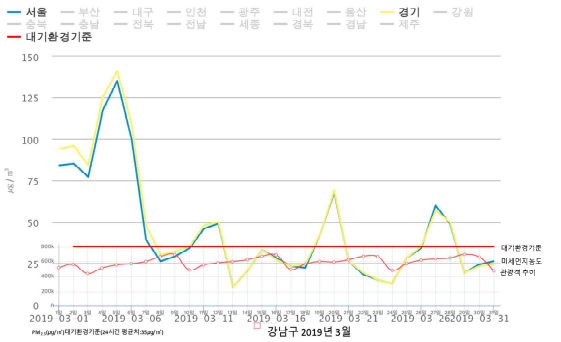


그림 6. 강남구 미세먼지농도와 유동인구추이(2019년 3월)
Figure 6. Fine dust concentration and floating population trend in Gangnam-gu

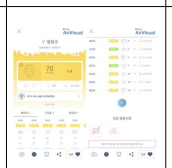
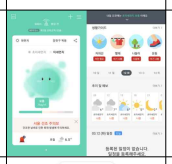
2. 미세먼지 앱 비교 분석

2019년 2월에 kt가 출시한 미세먼지 앱 '에어맵 코리아'를 비롯하여 SK텔레콤의 '에브리에어', '미세미세', '원기날씨', '에어비주얼' 등 다양한 앱이 출시되고 있어 미세먼지농도에 따른 외출과 활동의 영향은 더 밀접해진다. 제공되는 정보는 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 오존(O3), 이산화질소(NO2), 아황산가스(SO2)를 세계보건기구(WHO) 기준으로 '좋음', '보통', '나쁨', '매우나쁨'으로 구분해서 표출하고 있다.

기존 연구에서는 기온역전과 풍향 등을 함께 분석하여 미세먼지를 사전에 경고할 수 있는 시스템도 연구되었는데 이러한 기상정보 시스템은 다양한 센서 정보를 센서 제어 및 데이터 교환 등을 위해 OGC Sensor Web Enablement(SWE)를 따르는 시스템과 NoSQL 스토리지를 사용하여 확장성과 병렬 처리성을 높이는 시스템이다.

과거 도심의 집객 공간이 아이템 중심의 경쟁을 통해 수요를 창출하려는 설비 경쟁을 했다면, 이제는 공기의 질을 높이는 공간이 기본 전제가 되는 변화가 요청되고 있다. 미세먼지에 대한 사회적 인식이 높아지고 실시간으로 제공되는 다양한 방식의 앱을 통해서 언제 어디서나 모든 사람에게 열려 있고 인지가 고조되는 상태다.

표 1. 미세먼지 앱 비교
Table 1. Comparison of fine dust apps

구분	화면구성	내용구성	특이점
미세미세		오염도에 대한 실시간 측정값과 통합대기 환경지수를 제공	직관적 배경색과 아이콘, 알림 설정, 카카오톡 공유 기능
원기날씨		동, 읍, 면 단위로 세분화된 미세먼지와 날씨 현황을 제공	5개 지역 설정, 11가지 크기의 위젯 지원, 위성과 레이더
에어비주얼		80개국, 1만개 도시의 실시간 대기오염지수와 트램드 정보를 제공	지난 한달 및 48시간 오염 트랜드, 예측 정보를 7일 전부터 확인 가능
에어맵코리아		전국4백개 측정소, 공중전화부스, 기지국 2천개소, 서울은 1㎢ 내외	일정과 연동, 빨래, 운동, 세차 등 생활 가이드를 함께 제공
에브리에어		한국야쿠르트 카트 500대와 휴대용 미세먼지 측정기, 대리점 1,000 곳	실외 만이 아니라 사용자 참여를 통한 실내 공기질 측정을 제공

미세먼지와 건강에 직접적인 영향은 안티 미세먼지 제품을 촉발 시키고, 미세먼지 예보에 따른 행동 요령까지 생활화 되고 있다. 미세먼지 측정기의 대중화로 실외뿐만이 아니라 실내까지 실시간으로 공기의 오염도가 공유되는 상태이기 때문에 미세먼지 차단 프리 존의 필요성이 더욱 증대되었다.

III. 국내외 미세먼지 프리존 현황

1. 국내사례

국내사례는 미세먼지 관련 제품과 서비스의 확산이 활발하게 이루어지고 있다. 어린이집, 도서관, 병원, 백화점, 대형 매장, 영화관, 고속도로 휴게소 등 미세먼지를 비롯한 실내공기측정 정보를 제공하고 공기질을 개선함으로써 고객의 만족도를 향상시키고 수요를 높이는 시도로 이루어지고 있다. 고양시 덕양구의 엔젤숲 유치원은 7개 교실과 현관에 실내공기질 모니터링을 하고 있는데, 운용 방식은 실내공기측정기로 미세먼지, 온도, 습도, 이산화탄소(CO2), 휘발성유기화합물(VOCs) 등을 실시간으로 관측하고 모바일 앱과 PC로 모니터링 한다. 특히 실내공기질 측정값을 부모에게 공개함으로써 자녀가 머무는 교실의 공기질 상태를 확인할 수 있도록 했다. '학교보건법'은 1년에 1회 이상의 검사를 법적으로 규정하고 있지만 상시적인 공기질의 체계적 관리는 자녀와 부모 모두에게 건강하고 안전한 공간을 제공함으로써 새로운 수요를 창출한다.

그림 7. 실내공기측정기 에어가드케이와 앱, 케이웨더(주)
Fig. 7 Air guard K-Wether Co., Ltd.

기초자치단체 차원에서 미세먼지 대응에 주목할 만한 'IoT기반의 실내공기질 모니터링 서비스'를 선도적으로 추진해 온 서울시 서초구의 경우는 '생활밀착형 미세먼지 종합대책'을 수립하고 영유아, 어르신 등 취약계층보호, 봄철 미세먼지 대피소와 같은 안심 공간 확충하고 있다.

그림 8. 스마트 IoT 에어샤워 '퓨리움'
Fig. 8 Smart IoT Air Shower 'Furyum'

빅데이터 분석을 통해 공기질을 예측하고 사용자 맞춤형으로 공기질을 자동으로 개선하는 지능형 AI 서비스를 개발해 시범운영 한다. 어린이집, 경로당, 보훈회관 등 영유아 및 어르신 이용시설 전체에 공기청정기와 필터교체를 지원하고 미세먼지 마스크와 공기정화식물을 보급한다. 서리풀노리학교의 경우 에어샤워를 설치했다.

버스정류장에 설치된 스마트 에코쉘터(smart eco shelter)의 경우는 미세먼지와 한파, 폭염으로부터 주민을 보호하는 방안으로 외부공기를 차단하는 에어커튼과 미세먼지 저감 필터가 장착된 냉·난방기, 공기정화식물을 수직정원(vertical garden), 정보검색이 가능한 대형 터치스크린, 온돌의자 등으로 구성했다. 뱅뱅사거리와 서초문화예술회관 앞 정류소 2곳에 시범설치 되었는데, 보완을 거쳐 반포역과 강남역 등 5군데로 추가 설치될 계획으로 주민이 체감하는 미세먼지 대응 정책을 추진하는 사례이다.

그림 9. 스마트 에코쉘터, 서초구민신문(2019.1.13.)
Fig. 9 Smart Eco Shelter, Seocho District Citizens' Newspaper

농촌진흥청이 4년간 여러 종의 식물을 대상으로 실내 미세먼지를 줄이는 효과1를 밝혀냈다. 잎 면적 1m2 크기의 식물이 4시간 동안 줄어든 초미세먼지 양 기준으로 파키라(4시간 동안 줄어든 초미세먼지 양 155.8ug/m3), 백량금(142.0), 멕시코소철(140.4), 박쥐란(133.6), 율마(111.5) 5종으로 소개했다. 공기 정화 효과를 높이기 위해 공기를 잎과 뿌리로 순환하는 식물-공기청정기인 '바이오월'을 개발했는데, 공기청정기의 기능과 결합하여 건물 아트리움, 현관 등에 벽면 녹화와 건물 공조 시스템을 연결하는 것으로 구상했다.

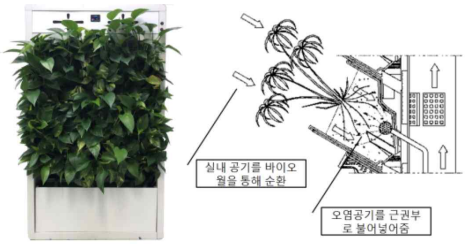


그림 10. 바이오월(Bio wall)과 유체흐름
Fig. 10 Bio wall and fluid flow

표 2. 공간에 따른 미세먼지 프리 존 적용
Table 2. Application of fine dust free zones according to space

구분	대상지	시스템 구성	특이점
교육 공간	유치원, 어린이집, 도서관, 교실	IoT기반 공기측정기, 에어컨 및 공기청정기 제어	실내오염도를 고려한 학습능률지수(CSEI) 제공
공공 공간	버스정류장, 종합병원 내·외부	외부 실외측정기, 내부 병실, 지원공간 실내측정기	면역력이 떨어져 있는 환자들에게 필수적인 시설
상업 공간	백화점, 대형매장	매장내 실내공기측정기, 모니터링 시스템, 공조설비	쾌적한 실내환경으로 고객 반응을 높여 재방문 유도

문화 공간	영화관, 공연장, 박물관	실내공기측정기, 모니터링 시스템, 공조설비 연동	밀폐된 공간에 밀집된 인원이 2∞3시간 관람

표 3. 건설사별 미세먼지 저감 시스템 도입 현황
Table 3. Status of fine dust reduction system by construction company

구분	적용 내용
대림 산업	공기질 개선을 위한 '스마트 클린&케어 솔루션' 주거 플랫폼 'C2 HOUSE' 적용, H13등급 헤파 필터 요리, 청소, 취침 시 오염물질, 미세먼지, CO2 농도를 감지해 환기 및 공기청정시스템 자동가동
삼성 물산	'IoT홈큐브'을 시스템 적용으로 휴대용 실내 미세먼지 측정기로 시스템과 연동된 환기시스템 제어 조리시 발생하는 미세먼지를 레인지 후드와 세대 내 환기시스템 작동, 각 동 출입구에 에어 샤워룸 설치
GS 건설	환기기능의 전열교환기와 이동형 공기청정기 기능을 접목한 토탈 에어 솔루션 '시스클라인' 시스템 적용 미세먼지 센서와 CO2, 냄새 센서 연동으로 자동 운전
현대 건설	외부활동 후 실내 진입 전 미세먼지 및 오염물질을 제거하는 'H-클린현관(H-Entrance)' 개발 단지 내 미세먼지 제거를 위한 미스트 자동분사 시스템 설치
대우 건설	단지입구부터 각동 출입구에 이르기까지 공기질을 개선하는 5ZCS(5 zone clean air system) 기술 개발 엘리베이터에는 자외선 살균램프, 광촉매 필터를 설치해 미세먼지 제거
SK 건설	주요 동선에 공기청정 시스템을 설치해 미세먼지를 제거하는 'SK뷰 클린에어 8' 시스템 개발 단지 출입구 에어커튼 설치, IoT기반 지능형 환기시스템을 적용한 실내 공기질 개선

사례를 통해서 미세먼지 프리 존이 교육, 공공, 상업, 문화, 주거공간으로 확산되고 있고, 미세먼지 프리 존의 구성 요소로 공기질을 측정하는 센서와 모니터링 체계를 구축하여 공조시스템과 연동하고 쾌적한 실내 환경을 유지함으로써 파악하고 적용이 필요한 장소와 장비의 확산이 이루어지고 있음을 파악할 수 있었다. 주거공간의 경우는 주요 건설사 별로 미세먼지 저감을 위한 시스템을 개발하여 도입하고 있는데, 실내에 유입되는 미세먼지를 차단하고 단지 내에 미세먼지 저감 시스템을 확대하는 것으로 분양에 필요한 필수 요소로 자리 잡고 있다.

국내사례를 통해 건설사를 비롯한 통신사, 가전, 중소 솔루션 제조사를 중심으로 미세먼지 저감을 위한 제품개발과 서비스 상품화, 브랜드 마케팅이 활발하게 진행되고 있으며, 실내·외 미세먼지 프리 존을 위해서 공통적으로 적용하는 요소로 식재, 미스트분사, 미세먼지 알림 센서, 에어커튼 설치가 이루어지고 있다. 특히 국내 건설사 중에 미세먼지에 대한 대응을 차별화 요소로 마케팅을 전개하는 e편한세상의 경우는 스마트 클린&케어 솔루션으로 주거지 전반에 걸친 복합적인 미세먼지 프리 존의 참고 사례로 보인다.

그림 11. e편한세상 스마트 클린&케어 솔루션(E-Comfortable Smart Clean & Care Solutions)

2. 해외사례

많이 알려진 해외사례로는 네덜란드의 디자이너 단 로서하르더(Daan Roosegaarde)는 7미터 높이의 대형 공기청정기인 '스모그 프리 타워'를 설치했다.

그림 12.. 스모그 프리 타워
Fig. 12 Smog Free Tower photo/Studio Roosegaarde

로테르담(네덜란드), 베이징(중국), 크라쿠프(폴란드)에 이어서 안양시 평촌중앙공원에도 설치했다.

그림 13. 미세먼지로 만든 반지
Fig. 13 A ring made of fine dust

시간당 3만㎥의 공기를 정화할 수 있어 극심한 도심의 미세먼지를 처리하는 효과보다는 미세먼지의 위험성을 알리는 조형작품으로 알려져 있다. 타워 중앙의 구리 코일에 전기를 흐르게 해서 주변의 미세먼지가 (+)전하를 띄게 하고 타워 안쪽을 (-)전하로 만들어 끌어당기는 힘으로 제거한다. 탄소가 많은 미세먼지를 고압으로 압축해서 반지를 만들어 판매를 했는데, 반지 하나에 1000㎥의 공기를 정화시켜서 얻은 100mg 분량의 미세먼지가 들어 있다는 의미를 부여했다.

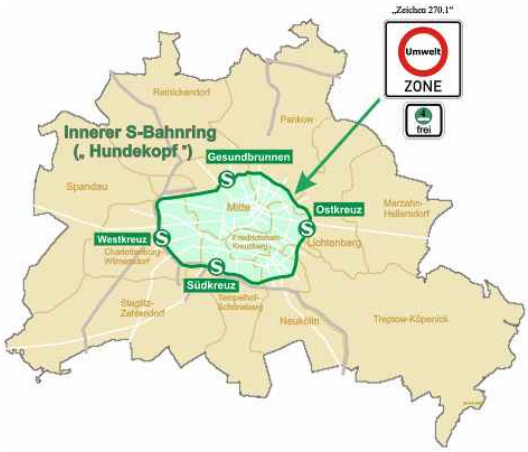


그림 14. 베를린의 움벨트존
Fig 14. Berlin's Umbelt Zone

베를린은 인구 360만명의 독일 최대 도시로 친환경구역 '움벨트존(Umweltzone:주차난과 교통체증을 해소하기 위해 도입된 시스템으로 도시 외곽에 위치한 주차장에서 도심으로 향하는 버스, 기차, 카풀 등의 대중교통을 제공하는 제도)을 미세먼지 성공사례로 본다. 미세먼지가 심각한 지역을 '움벨트존'으로 지정하고 미세먼지의 배출량에 따라 '빨강(0.08g/km 이하)', '노랑(0.05g/km 이하)', '초록(0.025g/km 이하)' 인증표를 발급해 차량 전면에 부착하도록 했다. 점진적으로 초록색 인증표를 부착한 차량만 진입하도록 규제를 강화하고, 우회도로를 만들어 노선을 변경하는 것과 아울러 도로 청소 기술력도 높였다.

그림 15. 시티트리
Fig. 15 Green City Solution

'그린시티솔루션(Green City Solution)은 독일의 친환경 기술회사이다. 도심 속 미세먼지를 해결하기 위한 공공디자인으로 IoT 기반의 시티트리(City Tree)를

개발했다. 이끼로 만들어진 수직정원의 형태로 설치되어 공기 중에 떠다니는 미세먼지, 이산화질소, 오존가스를 하루에 250g 정도 흡수할 수 있는데 연간 240t의 이산화탄소를 정화하는 양으로 275그루의 나무가 정화하는 공기의 양에 해당한다. 시티트리 구동에 사용되는 전력충전 방식은 태양 전지 패널로 전기를 공급하고, 빗물을 정화해서 땅으로 흘려보낸다. 구조적으로 벤치가 장착이 되어있고, 스마트 월 방식으로 광고를 할 수 있는 디스플레이도 있다. 약 20개의 시티트리가 오슬로, 파리, 브뤼셀, 홍콩 등에 설치되었다.

그림 16. 체터누가의 전기 셔틀버스
Fig. 16 An electric shuttle bus at Chattanooga

체터누가(Chattanooga)는 미국 동남부 테네시 주에 위치하는 도시인데, 지형이 산으로 둘러싸인 분지이기 때문에 애초에 공기를 더럽히지 않은 방법으로 파크 앤 아 라이드(Park & Ride)정책을 시행했다. 셔츠가 금방 더러워지는 거리에서 환경과 스타트 업들이 넘치는 경제발전을 양립시킨 도시로 거듭났다. 1960년대 테네시 강 주변의 공장들로 대기오염이 극심했다. 변화의 시작은 1969년 미국 환경보호국(EPA)이 '미국에서 대기오염이 가장 심한 거리'로 지정하면서 1972년 10월까지 각 공장에 대기오염방지 필터 설비를 설치하면서 1990년대에는 환경보호국이 지정하는 모든 항목에서 규정수치를 달성하게 된다. 쇠락해가는 도시를 살리기 위한 시민 아이디어를 '비전2000'이라는 조직으로 결집하고, 교통정체와 배기가스를 줄이기 위해 시내로 들어가는 입구에 주차장을 만들고 전기버스를 연결하는 파크 앤 라이더 방식을 통해서 대기오염을 해결했다. 지금까지 미세먼지에 대응하는 해외사례를 통해서 살펴본 특징은 관련 스타트 업이 아이디어 제안과 시험적인 시도를 하고 있음을 알 수 있다. 주로 실외공기를 정화시키는 공기청정기와 이끼나 식물을 활용한 것을 비롯하여 도시의 주민들이 관심과 참여를 통해 공동체로서 함께 만들어가는 다양한 시민참여가 있다.

국내·외 사례를 통해서 알 수 있는 가장 중요한 특징은 미세먼지는 어느 한 도시나 국가만의 문제가 아니라는 것이다. 순환하는 대기의 특성상 주변 국가들에게 영향을 미칠 수밖에 없는데 북유럽 국가와 영국, 독일 간의 대기오염분쟁은 여러 과정을 거치며 유엔 유럽경제위원회(UNECE)회원국 간에 체결된 '월경성 장거리 이동 대기오염에 관한 협약(CLRTAP, 1979년 11월 13일)이 체결되고 오염물질을 비롯한 미세먼지 대응책과 방법, 비용 분담 등을 단계적으로 거치면서 해결해가고 있다. 이러한 논의는 한중일 간에도 비슷한 과정을 거치며 해결책을 찾을 것이지만 국가 간의 문제 해결이 힘이 센 나라의 의도대로 끌려가는 한계가 크기 때문에 장기적이고 실질적인 문제 해결을 위해서는 선도적인 기술개발과 적용을 통해 새로운 수요를 발견하고 시장기회로 접근하는 것이 필요하다.

Ⅳ. 미세먼지 수요전망 및 시사점

1. 미세먼지 프리존 수요전망

국내 미세먼지 프리 존과 세계 주요국을 비교 분석하고 이를 바탕으로 국내 미세먼지 관련 산업의 수요 창출 방안을 모색했다. 정부는 2017년부터 봄철(3월∽6월) 노후 석탄발전소 가동을 일시 중단하고, 2019년 4월까지 30년 이상 된 노후 석탄발전소 4기를 조기 폐지하고, 2018년부터 수도권 지역 발전, 소각 등 공통연소시설의 먼지총량제를 단계적으로 실시하여 2019년부터 석유화학·제철·시멘트 등 대기오염물질을 다량으로 배출하는 사업장의 배출허용기준을 최대 2배 강화했다. 노후경유차 21만대를 조기 폐차하고 대형화물차의 조기폐차 보조금을 중고가 수준으로 상향했다. 또한 친환경차의 누적 보급이 48만대로 늘어났고, 2022년까지 213만대를 보급할 계획이다.[2] 2019년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)의 미세먼지 관련 기술분류체계를 보면 논문과 특허를 빅데이터로 분석해서 35개의 기술군을 도출하고 패키지형 R&D 투자전략으로 미세먼지 저감분야를 접근하고 있다. '18년 기준 세계 대기환경시장은 707억 달러, 우리나라 시장규모는 15조 3,346억원 규모로 분석하고 있는

데 이러한 분석은 중국을 비롯한 개발도상국의 급격한 산업화에 따른 대기오염이 증가했지만 미세먼지를 해결하기 위한 대응 경험이나 시스템은 아직 준비되지 않은 상태이기 때문이다. 국내의 도심을 중심으로 미세먼지 프리 존을 만들어 미세먼지 관련기술의 융복합 서비스 산업의 실증적인 장을 만들고 획득한 경험과 사업화를 아세안 국가를 중심으로 확장해 나가는 것이 필요하다.

2. 미세먼지 프리존 시사점 분석 결과

국내외의 실증적 실행 현황과 최근의 미세먼지 프리 존에 해당하는 사례와 정책들을 통한 시사점을 분석한 결과 미세먼지는 실질적인 인체의 위해성과 함께 불안감을 유발하는 것도 중요한 영역임을 알 수 있다. 미세먼지 관련 기술의 특성에 따른 투자현황을 살펴보면, PM10 위주의 미세먼지 측정/분석(T10, 396억, 14.6%)과 예보서비스(T15, 305억, 11.2%) 분야에 상대적 많은 투자가 이루어지고 있고, 초미세먼지(PM 2.5, PM 1.1) 현상규명을 위한 모델 개발(T13, 1억 이하)과, 국민불안 해소를 위한 기준(제도) 및 소통 분야(T5, 2.2억, 0.1%)에 대한 투자는 상대적으로 미흡한 것으로 분석하고 있다. 특히 신규 발굴 분야로 미세먼지에 대한 국민 불안 해소 기술 분야로 국민노출 저감과 함께 국민 소통과 제도개선 및 인력양성 분야를 지목하고 있다. 이러한 정책적 관점에서도 미세먼지 프리 존의 필요성과 사업성을 파악할 수 있다. 지금까지 분석한 내용을 토대로 미세먼지 프리 존의 구성에 필요한 요소는 미세먼지 측정정치와 저감장치로 나누어 시스템의 구성과 요소장비, 사양을 정의했다.

표 4. (미세먼지 프리 존 구성 요소
Table 4. Fine Dust Free Zone Components

구분	시스템	요소 장비	기본 사양
미세먼지 측정장치	모니터링 시스템	공기측정기	통합 공기질 센서
		모니터링	공기 신호등, 앱
		공기 제어 장치	IoT 설비 연동
미세먼지 저감장치	미세먼지 집진시스템	공기청정기	헤파필터(H13등급)
		에어 샤워기	25m/sec 이상
		미스트 분사기	50μm 이하 흡착
	미세먼지 방지시스템	에어 커튼	50Hz 차단거리
		바이오월	공기정화식물

현재 거주하는 도심의 미세먼지 현황과 문제점을 파악하고 그에 대응하는 미세먼지 프리 존의 구성에 필요한 요소를 토대로 미세먼지 프리 존의 구성 방안을 제시한다.

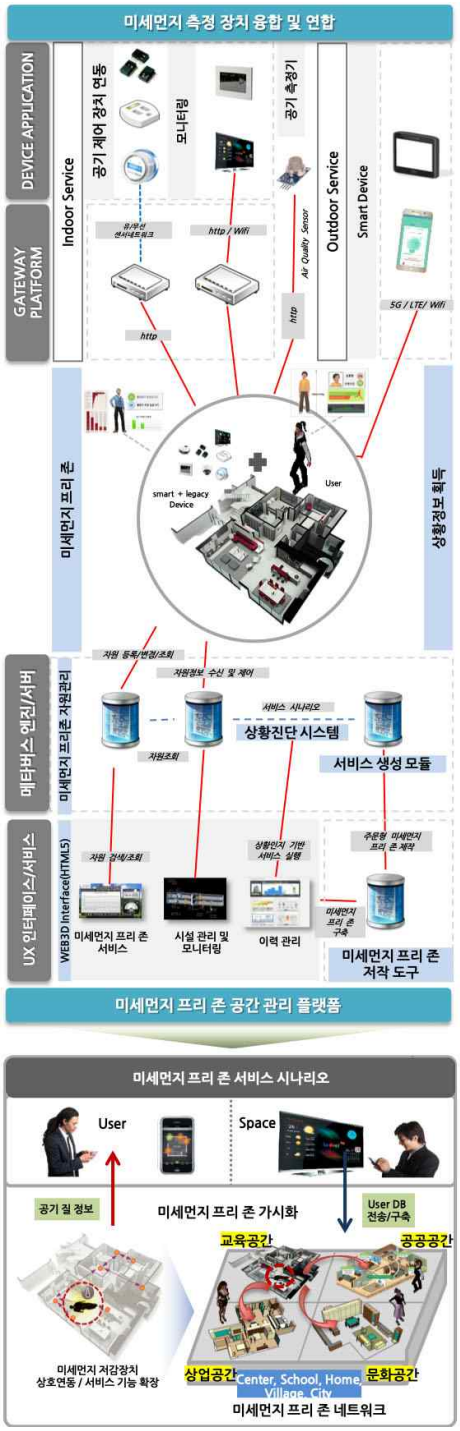


그림 17. 미세먼지 프리 존 구성도
(Fine dust Free Zone Composition Diagram)

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 국내외 미세먼지와 관련된 복합적인 제품과 서비스 포트폴리오를 갖춘 융복합 환경서비스 산업으로 육성할 필요가 있음을 알 수 있다. 미세먼지 프리 존에 대한 수요는 다양한 영역에 요구되고 있으며 이를 위한 제품들이 선도 기업이나 정부, 단체들의 의해서 시장의 주도권을 확보하기 위한 노력을 기울이고 있다. 특정분야의 제품군에만 국한되는 것이 아니라 종합적인 환경 서비스를 제공하는 미세먼지 프리 존이 융복합 산업으로 다음과 같은 서비스 산업 과제와 발전방안을 제시한다.

1. 미세먼지 차단 프리 존 융복합 서비스 산업의 정책적 지원과 실증사업의 추진이다.

-지속적인 미세먼지 차단 프리 존 융복합 산업의 지원과 관리강화이다. 시장에서 경쟁력을 갖춘 기술개발과 지속적인 수요창출을 위해서는 미세먼지 프리 존에 대한 기술개발과 사업화에 대한 적극적인 지원으로 도심 공간 전역에 확산된 실증적 적용이 필요하다.

-미세먼지 프리 존은 산업, 주거, 교통 공간에 집진기술과 저감 기술로 미세먼지 제거를 위한 시스템 개발과 실증 적용으로 산업시설 내에 탈황·탈질·응축성 미세먼지를 제거하는 미세먼지 프리 존 서비스와 주거 공간에서 노출을 저감하는 서비스, 대중교통의 정류장을 미세먼지 프리 존으로 구현하는 사업을 추진해야 한다.

2. 미세먼지 차단 프리 존 융복합 산업의 국제화지원이다.

- 미세먼지 차단 프리 존 융복합 산업의 대형화 및 국제화 유도이다. 국내 기업의 역량과 시장성, 공익적 효과를 고려할 때, 북미·유럽지역을 중심으로 미세먼지 관련 산업이 형성되어 미국, 유럽, 일본의 선도 기업이 지배하는 과점구조에서 미세먼지 프리 존 융복합 산업을 국제화로 발전할 수 있도록 해야한다.

- 아세안을 중심으로 미세먼지 프리존 산업과 관련된 '비즈니스성 박람회' 및 기술과 제품에 대한 시장이 형성 되도록 질적, 양적인 규모의 관리를 해야 한다.

- 해외마케팅 기반구축을 지원하고, 미세먼지 측정장치와 저감장치를 비롯한 미세먼지 프리 존을 구축하는 것을 도심 공간에 적용하는 문화 산업과 결합하여 야외 활동에 적합한 착용형 정화장치부터 다양한 공간에서 사업화 가능한 사례를 만들어야 한다.

References

[1] Airkoea. www.airkorea.or.kr

[2] kt BigSight. https://bigsight.kt.com

[3] Nam Junhee, Kim Minjae "PM10, PM2.5 Risk and Countermeasure Goodbye! fine dust", Hantijae, 2017

남준희, 김민재 "PM10, PM2.5의 위험성과 대책 굿바이! 미세먼지", 한티재, , 2017.

[4] Kim Dongsik, Ban Gisung, "Overcoming Fine Dust," Prizma, 191-208, 2017.

김동식, 반기성, "미세먼지 극복하기", 프리즈마, 191-208, 2017.

[5] Jung Jaekyung, "If my house becomes a forest", rhk, 2018.

정재경, "우리 집이 숲이 된다면, ㈜알에이치코리아, 2018.

[6] Yang Giwha , "Harmful substances hidden in our daily lives" knowledge library, 2018

양기화, "우리 일상에 숨어 있는 유해물질", 지식서재 2018.

[7] Zhuge Liang, "Best Air Purification Plant," Ibicom, 2010.

제갈영, "베스트 공기정화 식물", 이비컴, 2010.

[8] KEITI, "Benchmarking and Strategies for Overseas Advancement of Fine Dust Response to Fine Dust", 2019

한국환경산업기술원, "미세먼지 대응 기업 벤치마킹 및 해외진출 전략", 2019

[9] An Sangjin, Review of strategies for responding to fine dust based on science and technology: Competitiveness of Industrial Technology, 2018-02(KISTEP Issue Weekly no.220

안상진, 과학기술기반 미세먼지 대응 전략 점검: 산업기술 경쟁력 분석, 2018-02(KISTEP Issue Weekly 통권 제220호)

[10] Bryan N. Duncan et al, 「A space-based, high-resolution view of notable change in urban NOx pollution around the world(2005-2014)」, Journal of Geophysical Research, 2015.

[11] 'The Global Environmental Market'(2014, '18-year forecast scale)

'The Global Environmental Market'(2014, '18년 예측규모) 재인용
[12]The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication VOL. 19 No. 2