

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	대구시 공간정보 기반 생활밀착형 미세먼지 모니터링체계 구축(Ⅱ)					
제안기관 (제안자명)	계명대학교 (정응호)					
담당자	부서	환경학부	직위	교수	성명	정응호
	전화	053)580-5215	팩스	-	E-mail	turep21@kmu.ac.kr
연구기간	2021. 3 ~ 2021. 12					
예상 연구비	50,000천원(참여기업체명: , 부담금: 천원) ※ 산학협력연구개발사업 과제는 참여기업체명 및 기업체 부담금(현금, 현물)을 기재 바람					
과제분류 (해당사항에 ■표)	<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input checked="" type="checkbox"/> 조사연구 <input type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학연협력연구					
연구분야 및 세부연구분야 (해당사항에 ■표)	하폐수 처리		상수도 및 정수		수질관리	
	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리		<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망		<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타	
	자연환경분야		폐기물관리		대기관리	
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input checked="" type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 환경영향평가 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 사전오염예방기술 <input type="checkbox"/> 청정기술개발		<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물관리 기타		<input checked="" type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링 및 위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취처리	
	토양지하수오염관리 및 처리		기타환경분야		기후변화대응분야	
	<input type="checkbox"/> 오염토양 처리 및 관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염 및 오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리		<input type="checkbox"/> 기타		<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권 거래 <input type="checkbox"/> 기타	

연구의 목적 및
필요성

○ 연구의 배경 및 필요성

- 미세먼지 문제는 전 지구적 중요한 환경 문제로 인식되고 있으며 특히 우리나라는 OECD 국가 중 최악 수준의 미세먼지 농도를 기록하고 있어 시민들의 건강권 침해와 사회 경제적 피해로 이어지 있다.
- 이는 국가적 차원의 문제 해결 노력과 지자체적으로 대응할 수 있는 조치들에 대하여 우선적으로 고민할 필요성이 제기되고 있으며 이에 따른 개선 방안이 필요한 시점이다.
- 하지만 해당 문제를 효율적으로 개선하기 위해서는 지방자치단체 차원에서 미세먼지에 대한 실질적이고 과학적인 대응체계 시스템 구축 운영과 제대로 된 미세먼지 발생원에 대한 근거자료가 필요하지만 현재 운영 중인 미세먼지 데이터는 광역적 공간에서의 데이터를 서비스하고 있으므로 실제 주민들이 생활하는 공간에서의 미세먼지 체감도와는 상이한 경우가 발생하고 있으며 이러한 이유로 인해 제대로 된 미세먼지 개선방안 및 대응방안 도출에 한계를 보여주고 있다.
- 따라서 사회적 재난인 미세먼지 문제를 해결하고 시민들이 깨끗한 공기를 마실 수 있는 권리를 보장하기 위해서는 측정 장소의 신뢰성 문제 및 일부 지역에 한정되어 있는 미세먼지 측정 시스템 환경에서 벗어나 미세먼지 측정의 사각지대를 최소화하여 활용도 높은 미세먼지 정보 생산을 위한 체계적인 모니터링 환경구축과 해당 측정 데이터를 기반으로 종합적인 미세먼지 개선대책 방안 마련이 필요하다.

○ 연구의 목적

- 지방자치단체 차원에서 미세먼지에 대한 실질적이고 효율적인 대응을 위해서는 제대로 된 미세먼지 발생원에 대한 근거자료가 필요하며 이를 위해서는 도시 전체의 광역적 차원에서부터 시민들이 직접 몸으로 체험할 수 있는 미시적 차원의 생활밀착형 미세먼지 모니터링체계 기반을 조성하는 것이 필요하다
- 미세먼지 개선의 출발점은 위치정보 기반으로 눈으로 잘 확인되지 않는 아주 미세한 먼지 분포 현황을 잘 파악할 수 있도록 촘촘한 측정 데이터를 생산하고 다양한 공간정보 바탕으로 미세먼지 현황을 직관적이고 시각적으로 표현하여 특정 지역의 미세먼지 현황에 대해 종합적이고 신뢰성 있는 정보 생산이 우선적으로 필요하다고 판단된다.
- 이에 본 제안 연구는 수요자 중심의 정보생산 및 예측분석이 가능한 공간정보 기반의 활용도 높은 대구시 미세먼지 현황도를 작성하여 합리적이고 객관적 정보 생산을 통해 미세먼지 발생원에 대한 조사와 현황분석을 통해 대구시 전역에 대한 미세먼지 현황을 파악하고 미세먼지 저감을 위한 대책방안에 관한 연구를 목적으로 한다.

연구의 목적 및
필요성

○ 국내외 선행연구 동향 기술

■ 국내 현황

- 국내 미세먼지 대응 기술 수준은 최고 기술 보유국 대비 평균 70.5%로 다소 격차가 있음
- 미세먼지 관련 2011년 이후 국내 특허동향을 살펴보면, 2011년부터 2016년까지 미세먼지 관련 출원이 지속적으로 증가하고 있고, 특히 미세먼지 저감 관련 특허증가가 두드러지게 나타나고 있음
- 미세먼지 처리 소재 및 공정 개발 기술 분야, 스크러버 분야, ICT 기반 대기오염물질 관리 분야 등 실적용을 위한 기술 확보가 이루어지고 있음.
- 우리나라 서울에서는 2017년 여과지가 장착된 수백 대의 드론을 공중에 띄워 미세먼지를 제거하는 방법을 검토.
- 정부는 미세먼지 관리 종합대책(2017년 9월)을 추진하여 2022년까지 미세먼지 국내 배출량 30% 감축을 목표로 한 로드맵을 만들었으며 대책의 시급성·우선순위를 고려해 2018년 상반기까지 속도감 있게 추진할 단기대책과, 2022년까지 추진할 중장기 대책을 나누어 제시하고 있으며 국내 배출량 30% 감축 목표 달성을 위해 사회 모든 부문에서의 특단의 감축조치를 시행하고 고농도 위해성 관리를 병행
- 지방자치단체 차원에서 미세먼지 흡착을 위한 살수차 운영하고 있으며 맑은 공기를 만들기 위해 조림사업 추진과 미세먼지 차단숲 및 저감을 위한 푸른 숲길 조성 중에 있음

■ 국외 현황

- 세계 수준의 미세먼지 저감 기술은 초 미세먼지 규제가 강화된 미국과 일본을 중심으로 다양한 설비를 개발 중에 있음.
- 중국은 2015년 중국과학원 지구환경연구소가 공기정화탑을 산시성 시안에 세워 미세먼지를 제거하는 데 효과가 입증되었다고 발표하였으며 2016년에는 베이징이나 톈진에도 이와 비슷한 공기정화탑을 설치하였으나, 이러한 방법은 도시 전체의 미세먼지를 제거하기에는 매우 제한적으로 나타남
- 동경에서는 공해 차량 운행 제한지역 제도를 도입하여 7년 초과된 2.5톤 이상 경유 화물, 버스, 특수차들을 대상으로 운행 금지명령 조치를 함으로써, 질소산화물 환경기준 달성률을 증가시켰음.
- 대만의 카오슝은 현재 약 159개 역사에 자전거 대여소를 설치하였으며, 자동차 배기가스를 줄이기 위해 자전거도로 75km를 완성하였으며 자전거 친화적 도시 정책을 지속하고 있음.
- 인도 뉴델리에서는 미세먼지를 제거하기 위해 물탱크에 물을 가득 싣고서 ‘물안개 대포’를 차에 장착하여 도로 위에 뿌리는 방법도 사용하였다. 그렇지만 실제 극심한 미세먼지를 줄이는 데는 효과가 미미한 것으로 나타남

주요 연구내용

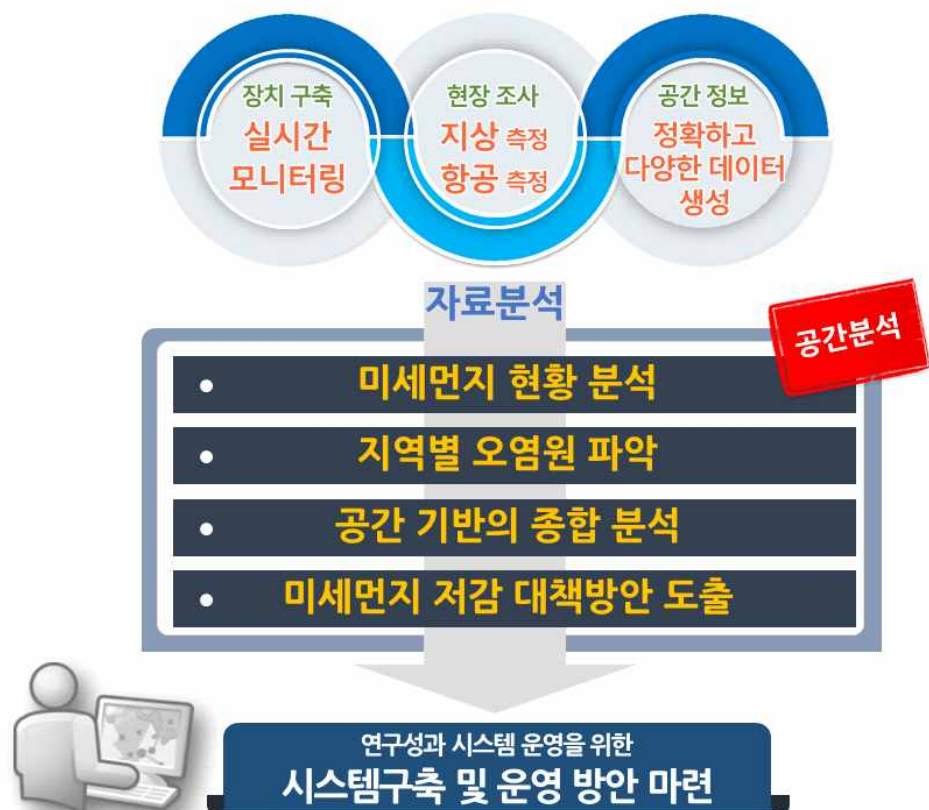
○ 연구의 목표

- 대구시 생활밀착형 미세먼지 모니터링체계 구축을 위한 기반 마련
- 대구시 전역을 대상으로 측정 대상지 선정에 따른 항공 및 지상 측정 모니터링 환경구축
- 도시 미세먼지 추적 및 공간정보 기반의 측정 데이터 융합·분석
- 연구 성과 데이터 기반의 미세먼지 저감을 위한 대책방안 도출
- 시스템 구축 및 운영 방안 마련

○ 연구의 추진 전략 및 방법

- ‘대구시 공간정보 기반 생활밀착형 미세먼지 모니터링체계구축’ 선행 연구를 바탕으로 연구과제에 대한 명확한 이해와 연구 성과를 바탕으로 차별화 있는 연구수행이 가능
- 자체 드론운영 및 공간정보 구현 기술에 필요한 업무 전문성을 보유한 기술력으로 안정적인 사업수행
- 활용성을 고려한 신뢰성 있는 연구성과 도출
- 수요기관 및 수요자 중심의 활용방안 및 운영 모델을 제시하여 향후 솔루션 형태의 운영 방안 마련에 초점을 둠

“측정하지 않으면 관리할 수 없다”



주요 연구내용

○ 주요 연구 내용

■ 국내외 선행연구 문헌 및 동향고찰

- 미세먼지 저감 및 대응체계에 대한 선행연구 및 연구 성과 고찰
- 미세먼지 저감 대책 및 정책 시행 계획 등에 대한 내용 검토
- 연구 방향 및 방법론 설정

■ 기초자료 수집 및 공간정보 DB 구축

- 활용 데이터 현황조사 및 관련 데이터 자료수집(on-Line, off-Line)
- 수집 자료 검토 및 데이터 구조화
- 분석단위 격자데이터 기반의 기초자료 구축(DEM, 건물, 도로 등)
- 도시 미세먼지 분석에 필요한 기상정보 및 관련 데이터 구축

■ 미세먼지 측정을 위한 장치 도입 및 운영환경 구축

- PM(1.0, 2.5, 10), 온도, 습도 및 대기오염 관련 센서 도입·구축
- 미세먼지 측정을 위한 장비 셋팅 및 운영 환경 구축
- 대구시 전역 미세먼지 작성을 위한 대상지점 및 대상경로 선정

■ 미세먼지 현황 추적(현장 조사)

- 대상지점 및 대상경로를 대상으로 지상&항공 미세먼지 현황 관측
- 측정 데이터 검토 및 데이터 구조화 진행
- 측정 데이터 실시간 모니터링 기술 개발

■ 미세먼지 측정데이터 및 기타 수집 데이터와의 상관 및 종합분석

- 측정 데이터 미세먼지 분포 현황 및 AWS 미세먼지 측정 데이터와의 상관성 분석 수행
- 측정 데이터와 건물, 도로, 토지 현황 등 공간데이터와의 데이터 분석을 통한 대기 오염원 도출 및 DB 유형별 미세먼지 분포현황 분석

■ 미세먼지 분포도 작성

- 미세먼지 측정자료 기반 미세먼지 분포현황 지도구축
- AWS 측정자료 기반 미세먼지 분포현황 지도구축
- 주요 주제도별(건물, 도로, 토지, 지형 등) 미세먼지 분포 현황도 구축
- 대기흐름도 지도구축 및 미세먼지지도 종합도 작성

■ 미세먼지 저감방안 및 시스템구축 운영방안 마련

- 지역 특성별 미세먼지 발생원인 도출에 따른 저감 대책방안 마련
- 연구 성과 결과에 따른 미세먼지 저감 활용방안 마련
- GIS 기반의 시스템 구축을 위한 시스템 설계 및 UI 디자인
- 웹 서비스를 위한 시스템 설계 및 운영 인프라 구축
- 시스템 시범 운영을 위한 연구성과 시스템 탑재 및 통합 테스트

<p>주요 연구내용</p>	<p>○ 연구결과의 기대효과 및 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대구시 전역에 대한 촘촘한 미세먼지 모니터링 시스템 구축마련 - 공간정보 기반의 미시적 미세먼지 환경지도 서비스 환경구축 - 위치정보 기반의 미세먼지 대한 현황 파악이 용이하고 관련 시스템을 통한 미세먼지 개선 활동에 필요한 중요 의사결정 기초자료 제공 - 효율적인 미세먼지 저감방안 도출 및 미세먼지 관리에 대한 선제적 대응 환경 구축 - 미세먼지 주기적인 상시 감시 체계를 구축하여 민원 사전예방과 배출사업장 자발적인 대기개선 효과 유도 - 정책수립 지원을 통한 도시 경쟁력제고와 친환경 도시 완성
<p>주요연구 내용에대한 국내외 기술현황</p>	<p>○ 국내 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내 모니터링 연구는 아직 미비한 실정이며, 진행되고 있는 연구 또한 대기질 모형을 이용한 미세먼지 특성이나, 바람길 도입 방안 등에 국한되어 진행되고 있음. - 교통에 의한 연구는 도로 미세먼지 저감효과, 대중교통 저감장치에 대한 연구가 주를 이루고 있는 실정이며 모니터링에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않음. <p>■ 남양주 미세먼지 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 경기도 남양주시는 2017년 IoT(사물인터넷) 기술을 적용하여 공사현장 등 주요 비산먼지 발생사업장에 모니터링 장치를 설치하여 미세먼지를 관리하고 사업장에 설치된 미세먼지 측정 센서는 시청 모니터를 통해 대기질 상황을 실시간으로 알려주며, 시는 이를 모니터링해 나쁨 단계 이상이 되면 해당 지역 행정복지센터를 통해 상황을 전파하고 해당 사업장에서는 비산먼지 발생 공정을 조정하고 살수 조치를 강화하는 등 미세먼지 저감 조치를 취함. <p>■ 서울시 초미세먼지 상시 모니터링 운영</p> <ul style="list-style-type: none"> - 서울시는 초미세먼지 성분의 장기추세 파악을 위해 상시 모니터링을 2019년 구축하여 운영하고 있으며 해당 측정자료를 기반으로 보고체계를 구축하여 미세먼지 원인규명과 저감을 위한 기초 자료로 활용 <p>○ 국외 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미국 환경보호청(US EPA)은 현재 PM-2.5 NAAQS(National Ambient Air Quality Standard)의 이행을 위한 중요한 구성요소로서 1900년 말에 새로운 PM-2.5 측정망을 설치하였으며 측정망으로부터 얻어진 자료는 PM-2.5 NAAQS 비교, 이행계획의 개발, 광역적 연무현상의 평가 및 건강영향 연구 및 다른 대기 에어로졸 연구 프로그램에 대한 지원에 사용하고 있다.

주요연구
내용에대한
국내외
기술현황

■ 독일 미세먼지 대기환경

- 독일은 미세먼지 감축을 위해 2008년 도심환경보호구역 제도를 실시하고 있다. 도심환경보호구역은 미세먼지 농도가 높은 도심 일부 지역을 환경보호구역(LEZ)으로 지정해 노후 경유 차량 등에 대하여 유해물질 배출등급에 따라 빨간색·란색·초록색 스티커를 차에 붙이도록 함으로써 일정 구역으로의 출입을 제한하는 제도이며 도심일부 지역을 환경보호구역으로 지정 후 경유차와 휘발유를 구분하지 않고 유로4 기준을 충족한 통과 차량만 도심 운행을 허용하고 있으며, 이를 위반하면 40유로의 벌금과 1점의 벌점을 부과하고 있으며 18점 이상이면 면허가 취소된다. 허용 기준을 ‘유로5’로 올리는 방안도 논의 중이며, 인구 10만 이상의 도시 대부분이 이 제도를 운영하고 있다.
- 독일은 미세먼지 환경기준을 24시간 평균 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, 연간평균 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 규정하고 있다

■ 일본 미세먼지 관리

- 일본의 경우, 대기오염관리법에 따라 대기오염 상태는 모니터링 측정소에서 일본 전역을 통하여 일관되게 모니터링 하고 있으며 국가 측정망(APMS) 및 도로변 대기오염 모니터링 측정소(RAPMS)에서 대기질기준(SPM)에 따른 대기환경기준 달성률은 90% 이상의 높은 달성률을 기록하고 있으며 현재 일본의 대기환경은 환경기준을 만족시키고 있다.

■ 중국 미세먼지 관리

- 중국은 2015년 중국과학원 지구환경연구소가 공기정화탑을 산시성 시안에 세워 미세먼지를 제거하는 데 효과가 입증되었다고 발표하였으며 2016년에는 베이징이나 톈진에도 이와 비슷한 공기정화탑을 설치하였으나 운영 중에 있음

■ 캐나다 대기환경 관리

- 캐나다 밴쿠버에서는 인구, 상업, 교통이 성장함에 따라 대기질이 악화될 것을 예측하고 대기질 관리 계획을 통해 대기질 관리 체계를 마련하여 지속가능한 지역을 조성하고 있으며 교통수단에서는 선박, 자동차, 기차 등에 친환경 연료사용을 장려하고 개선 엔진기술 적용하였고, 난방 에너지에서도 청정 및 효율적 에너지 사용 및 단열효과가 뛰어난 신축 건물·건설 등 시행하고 있고, 특히 지역 대기질 관리 우선지역 평가·모니터링을 통한 지역 대기질 관리를 시행하고 있음.

연구성과 활용방안	○ 연구 성과 지표 및 목표																				
	<table><tr><th>성과 지표</th><th colspan="2">성과 목표(정량적 기재)</th></tr><tr><td>미세먼지 측정 장치(식) 구축</td><td colspan="2">2 식 이상</td></tr><tr><td>미세먼지 측정(시간) 데이터 생성</td><td colspan="2">100 시간 이상 수집</td></tr><tr><td>연구 성과 운영 시스템 구축</td><td colspan="2">1건</td></tr><tr><td>학회지 논문 투고</td><td colspan="2">1건</td></tr><tr><td>미세먼지 메타정보 생성 특허 출원</td><td colspan="2">1건</td></tr></table>			성과 지표	성과 목표(정량적 기재)		미세먼지 측정 장치(식) 구축	2 식 이상		미세먼지 측정(시간) 데이터 생성	100 시간 이상 수집		연구 성과 운영 시스템 구축	1건		학회지 논문 투고	1건		미세먼지 메타정보 생성 특허 출원	1건	
	성과 지표	성과 목표(정량적 기재)																			
	미세먼지 측정 장치(식) 구축	2 식 이상																			
미세먼지 측정(시간) 데이터 생성	100 시간 이상 수집																				
연구 성과 운영 시스템 구축	1건																				
학회지 논문 투고	1건																				
미세먼지 메타정보 생성 특허 출원	1건																				
○ 연구 성과 활용내용(계획)																					
<table><tr><th>활용내용(계획)</th><th>활용기관</th><th>활용가능기간/대상</th></tr><tr><td>대구시 미세먼지 지도 (웹)서비스</td><td>대구시 & 대구경북연구원</td><td>2022년 01월부터 / 개방시스템</td></tr></table>			활용내용(계획)	활용기관	활용가능기간/대상	대구시 미세먼지 지도 (웹)서비스	대구시 & 대구경북연구원	2022년 01월부터 / 개방시스템													
활용내용(계획)	활용기관	활용가능기간/대상																			
대구시 미세먼지 지도 (웹)서비스	대구시 & 대구경북연구원	2022년 01월부터 / 개방시스템																			
주요 키워드 (3개 이상)	영 문	Fine dust measurement, Daegu fine dust, fine dust map, Fine dust reduction measures, fine dust monitoring																			
	한 글	미세먼지측정, 대구미세먼지, 미세먼지지도, 미세먼지저감대책, 미세먼지모니터링																			

[첨부] 연구성과 활용계획서 1부.

이상과 같이 연구개발사업계획(안) 제안서를 제출합니다.

2020 년 09 월 29 일

제출자 정 응 호 (인)

대구녹색환경지원센터장 귀하

[첨부]

연구성과 활용계획서

연구사업수행의 필요성	<ul style="list-style-type: none">- 사회적 재난인 미세먼지 문제를 해결하고 시민들이 깨끗한 공기를 마실 수 있는 권리를 보장하기 위해서는 측정 장소의 신뢰성 문제 및 일부 지역에 한정되어 있는 미세먼지 측정 시스템 환경에서 벗어나 미세먼지 측정의 사각지대를 최소화하여 활용도 높은 미세먼지 정보 생산을 위한 체계적인 모니터링 환경구축과 해당 측정 데이터를 기반으로 종합적인 미세먼지 개선대책 방안 마련이 필요
연구사업수행시 예상되는 기대효과	<ul style="list-style-type: none">- 대구시 전역에 대한 촘촘한 미세먼지 모니터링 시스템 구축마련- 공간정보 기반의 미시적 미세먼지 환경지도 서비스 환경구축- 위치정보 기반의 미세먼지 현황 파악이 용이하고 관련 시스템을 통한 미세먼지 개선 활동에 필요한 중요 의사결정 기초 자료 제공- 효율적인 미세먼지 저감방안 도출 및 미세먼지 관리에 대한 선제적 대응 환경 구축- 미세먼지 주기적인 상시 감시 체계를 구축하여 민원 사전예방과 배출 사업장 등 자발적인 대기개선 효과 유도- 정책수립 지원을 통한 도시 경쟁력제고와 친환경 도시 완성
연구사업수행결과 활용 가능 기관	<ul style="list-style-type: none">- 대구시 미세먼지 현황에 대한 객관적이고 구체적인 자료 제시로 환경계획 및 도시계획 등 정책수립 기초자료로 활용- 주민들이 공감할 수 있는 미세먼지 지도 작성으로 미세먼지 저감 개선에 대한 매개체 역할- 지방자치단체를 대상으로 촘촘한 미세먼지 측정망 구축으로 미세먼지 정보생산 및 대응시스템 구축 가능- 살수차 운영기관에 대해 미세먼지 상시 측정에 따른 지역별 맞춤형 살수차 집중운영 시스템 구축 가능
연구사업수행결과 활용가능 기간	<p>■ 대구시 미세먼지 지도 (웹)서비스</p> <ul style="list-style-type: none">- 연구사업 완료 후 2022년 01월부터 지속적 웹 서비스 진행 <p>■ 연구성과 결과에 따른 미세먼지 모니터링 솔루션 구축</p> <ul style="list-style-type: none">- 지방자치단체를 대상으로 연구 성과 홍보 및 미세먼지 모니터링 시스템 제안(2022년 01월 ~)