



# 도로미세먼지연구단장 한경대학교 김혁중 교수를 만나다



한경대학교 김혁중 교수는 국토교통부에서 5년간 연구비 240억 지원을 받아 도로미세먼지 분야 연구사업을 추진하고 있는 단장이다. 현재 4년차 ‘도로미세먼지 저감기술 및 실증연구(이하 ‘도로미세먼지연구단’)’를 총괄하고 있으며, 최근에는 산업통상자원부 R&D 사업으로 ‘철강산업 부산물의 순환자원 실증연구’ 사업 기획에 초점을 맞추고 철강산업 자원순환 기술 확보 및 도로포장 공법 실증화를 위해 노력하고 있다.

도로미세먼지연구단은 미세먼지 취약지점인 도심지 도로변 미세먼지와 도로포장 전주기 비산먼지를 최대 30% 이상 감축시키는 국민체감형 도로인프라를 구축하는 것을 목표로 하고 있다. 특히, 보행자와 운전자, 스쿨존과 버스존 등 국민생활과 가장 밀접한 관계를 가진 생활 공간에서의 미세먼지와 재비산먼지 저감을 위해 다양한 실증기술과 공법 개발을 추진하고 있다. 한경대학교 김혁중 교수는 1977년생인 젊은 나이임에도 미세먼지 저감기술과 자원 재활용 연구 분야에서 이미 40건의 특허를 보유하고 있는 연구자이다. 최근에는 광촉매 실험실을 운영하면서 건설 재료의 기능성 평가와 신소재 개발에 대한 특허 등록을 마쳤다. 또한 국토교통부, 산업통상자원부, 충청남도, 한국도로학회, 한국건설순환자원학회, 한국콘크리트학회, 한국구조물진단유지관리공학회 등 대외활동을 통해 건설소재 융합 연구의 실증화에 앞장서고 있다.

## 도로미세먼지연구단 탄생배경

미세먼지 문제는 우리나라를 비롯해 중국, 인도 등 한정적인 지역에서 심각하게 대두되는 사회적 이슈이다. 특히, 전 세계인들의 생명과 안전을 위협하는 지구 공동체의 문제로 시급히 해결해야 할 당면과제 중 하나이다. 세계보건기구 국제 암 연구소는 2013년에 미세먼지를 1군 발암물질로 지정했다. 미세먼지는 PM10(입자의 지름 10 $\mu$ m이하)과 초미세먼지 PM2.5(입자의 지름 2.5 $\mu$ m이하)로 구분되며, 특히 초미세먼지는 머리카락 두께의 약 1/20 수준으로 알려져 있다. 이처럼 미세먼지로부터 자유로울 수 없는 일상생활로 인해 정부에서는 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법, 정부합동부처 미세먼지 관리 종합계획 수립 등이 제정되었으며, 이를 기반으로 각 부처와 지자체에서는 미세먼지 저감 정책과 실천 방안을 마련하였다. 이와 관련하여 한경대 김혁중 교수는 2019년 3월 국토교통부 R&D사업으로 ‘도로미세먼지 저감기술 및 실증연구’를 제안하였고, 도심지 도로변 미세먼지 저감을 목표로 깨끗하고 맑은 도시 생활을 영위하기 위한 첫 단추로써 최근 다양한 연구성과를 통해 도로산업에 긍정적인 효과를 선보이고 있다.

## 연구를 넘어 실증사업으로

국내에서 발생하는 미세먼지는 지리학적인 영향뿐만 아니라 화력발전, 자동차 매연, 타이어와 도로표층 마모 등 많은 요인이 있다. 서울과 같은 대

도시에서는 자동차 도로변 미세먼지 발생량이 전체 미세먼지(PM10) 중 65%, 그 중 질소산화물(NOx)이 57.3%로 가장 큰 영향이 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 도로미세먼지연구단은 도로와 도로주변에서 발생하는 미세먼지 저감에 목표를 두고 연구 컨셉을 발굴하였으며, 미세먼지 전구체로써 인체 유해성 입자인 이산화질소를 효과적으로 저감하고 제거할 수 있는 기술과 공법을 개발하고 있다. 특히, 도로변 미세먼지의 30% 이상 감축과 지속 가능한 청정도로 인프라 적용기술 개발을 목표로, 미세먼지 파트에서는 기능성 건설자재를 활용한 취약지점 도로변 미세먼지 저감기술 개발을 담당하고, 비산먼지 파트에서는 도로포장 전주기(생산, 운반, 시공, 유지관리) 재비산먼지 저감기술 개발을 추진 중이다. 김혁중 교수는 “현재 도로주변 스쿨존과 버스정류장 미세먼지 30%, 도로포장 전주기에서 재비산먼지 30% 저감기술 개발의 완성도를 높여 현재 실증화 단계에 진입하였다”고 말했다.

## 다양한 전문가들이 뭉친 연구단

도로미세먼지연구단은 미래지향적인 연구단체라는 평가를 받고 있다. 토목을 비롯한 화학, 건축, 법 등 기업, 대학교, 연구원 등 총 30개 기관에 종사하는 약 200여 명의 전문가가 함께 하고 있는 대형 R&D 프로젝트이기 때문이다. 각기 다른 분야의 전문가이긴 하지만 도로미세먼지 저감이라



한국도로협회 최지선 실장이 한경대학교 김혁중 교수와 인터뷰하고 있다.



는 하나의 목표는 변함이 없다. 이렇게 다양한 기관들이 모여 함께 연구사업을 추진하니 융복합시대에 걸 맞는 신진 연구단임에 틀림없다. 김혁중 교수는 “스스로 연구단을 융합연구팀이라고 부른다”며, “최근 4차년도 성과평가가 마무리되었는데, 2023년 연구가 종료되는 날까지 성공적인 실증사업을 실현할 것”이라고 전했다.

**특별한 연구 목표를 세우다**

도심지 도로변의 버스정류장, 인도, 자전거도로는 많은 사람들이 이용하는 공용 공간으로 유해 미세먼지에 노출되는 오픈된 공간이다. 도로미세먼지 연구단은 미세먼지 저감 기술의 현장 적용과 실증화 촉진을 위해 그린월시스템, 하이브리드 버스승강장, 비산먼지 제거 차량 등 3개의 중점 사업화 과제를 선정하여 연구 결과물을 고안해냈다. 특히, 미세먼지 파트 연구에서는 아스팔트 도로포장체의 내구 공용성을 개선해 미세먼지 발생을 최소화하는 공법, 인도 포장체의 최적화 배합과 특수 기능성 코팅을 통한 NOx 저감 기능 탑재, 소형차를 활용한 실시간 이동형 측정 차량과 부유미생

물, 초미세먼지 저감 효율이 높은 첨단 버스정류장 등 연구를 추진 중이다. 비산먼지 파트에서는 도로포장 생산, 운반, 시공, 모니터링 등 건설공사 전 과정에서 발생하는 비산과 재비산먼지의 저감 기술과 공법을 개발하고 있으며, 도로포장 현장에서 적용할 수 있는 장비 개발도 병행 중이다. 도로미세먼지연구단은 이 같은 결과물 모두 실증 사업에 활용할 수 있는 연구로 추진하고 있으며, 기술 개발과정부터 현장 적용에 이르기까지 관련 법과 제도, 기준 등을 사전에 검토하여 실제 적용할 수 있도록 기획한 것이 실증 결과물로 입증되고 있다. 또한 연구 결과물에 대한 테스트베드 현장은 실시간 모니터링을 통해 시민들과 공유할 수 있도록 하였다. 김혁중 교수는 “우리 연구단은 이미 지자체에 스쿨존과 버스존 등에 도로미세먼지 저감 사업을 제안했다”며, “도로미세먼지 저감 소재, 시공기술과 공법, 모니터링 시스템까지 3년 이상 다자간 협업 연구로 테스트베드 현장 실증 검증을 통해 긍정적인 성과를 도출했다”고 전했다.



**지자체 실증사업을 통해 연구단 성과를 입증하다**

도로미세먼지연구단에서 초점을 맞추는 공간은 도심지 도로변이다. 보행자와 운전자, 학교 주변과 버스승강장 등 국민생활과 가장 밀접한 관계를 가진 공간이기 때문이다. 그동안 연구단은 개발한 기술과 공법의 특허, 논문, 공인시험성적서 등 기술 확립과 테스트베드 평가를 통해 검증과 신뢰도 제고에 초점을 맞췄다. 현재는 4단계 연구의 막바

지 단계를 수행하고 있으며, 충청남도 천안시와 협약을 통해 ‘도심지 미세먼지저감 스마트솔루션 리빙랩 구축사업’ 추진을 계획하고 있다. 최근까지도 연구단은 한국생산기술연구원과 개발한 ‘외기 환경의 변화에 대응하는 정확한 미세먼지를 측정할 수 있는 이동차량 시스템’과 포스코건설과 개발한 ‘비포장도로에서 발생하는 비산먼지 저감용 친환경 소재의 기술’ 등을 대전국토관리청의 충남소

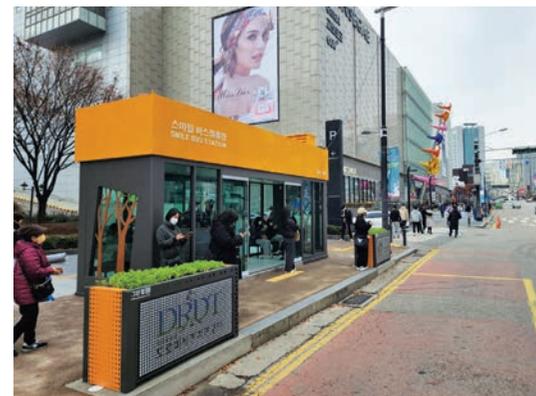
재 도로건설 현장 실증 검증을 실시하여 국책연구사업의 성과 실효성을 검증 받았다. 김혁중 교수는 “앞으로도 도심지나 현장 등 적극적으로 실증 사업을 추진해 연구단의 성과를 더욱 빛낼 수 있도록 노력할 것”이라고 전했다.



**살아 있는 도시연구실, 리빙랩(Living Lab)**

충청남도는 전국의 약 50% 수준의 화력발전소가 운영되고 있고, 지리적으로도 중국의 미세먼지 영향권에서 가장 가까운 위치에 있다. 김혁중 교수는 충청남도 탄소중립위원회 위원으로 활동하며 다양한 지역에 도로미세먼지연구단의 연구 성과를 선보이고 있다. 특히 4차년도에 접어든 연구단은 국내 최초 천안시에 리빙랩(현장실증연구) ‘미세먼지저감기술 시범단지’를 조성하여 실증화 사업을 추진하고 있으며, 미세먼지를 잡는 최첨단 공법을 인도와 차도에 적용해 유해 요소를 제거

하고 모니터링 시스템을 구축해 성과를 검증하고 있다. 실증사업 대상지는 지역 내 유동인구와 차량이동이 가장 많은 천안버스터미널 인근 인도와 차도(만남로 약550m)이다. 우선 1단계 사업으로 2022년 연말까지 미세먼지 측정 모니터링 시스템을 구축하고, 2단계로 2023년 3월부터 천안버스터미널 인근 ‘만남로’에 광촉매를 활용한 도로포장 공사에 나선다. 이후 광촉매 도로포장 전·후 미세먼지저감 효과를 검증할 예정이다. 또한 미세먼지저감과 공기정화기능을 가진 버스정류장과 보행자안전과 방호울타리 기능을 하는 그린월시스템을 설치하고, 협약기간 이후 무상 기증기로 천안시와 협의했다. 천안시는 미세먼지저감 효과 검증 데이터와 시민설문 보고서를 통해 긍정적인 결과가 도출되면 관내 시설에 확대 적용할 예정이며, 도로미세먼지연구단 사업을 통해 ESG경영에도 적극 반영한다는 방침이다. 김혁중 교수는 “도심지 도로 건설공사에서 발생하는 비산먼지와 도로변 미세먼지 저감 기술을 리빙랩을 통해 활용하게 된 점을 매우 고무적으로 생각한다”며, “앞으로도 국토교통부 실증사업과 연계해 지자체의 정책 실효성에 대한 시너지를 높이기 위해 초점을 맞춰 나갈 예정”이라고 말했다.



**노력을 인정받다**

김혁중 단장은 2022년 올해만 2건의 장관표창을 수상했다. 지난 2월에는 자원순환 기술개발 및 판로지원 공로를 인정받아 산업통상자원부 장관표창을 받았으며, 7월에는 도로교통 건설산업 발전 유공자로 선정되어 국토교통부 장관표창을 받았다. 그동안 김혁중 교수가 2050 탄소중립 실현을 위한 자원 재활용 녹색기술 개발과 도로교통 환

경에서의 저탄소배출 도로포장공법으로 환경문제 해결 노력과 도로산업 발전에 기여한 점을 인정받은 것이다. 이밖에 한국건설순환자원학회 학술상·논문상, 한국도로학회 특별상, 한국건설자원협회 특별상 등을 수상하여 다양한 기관에서도 그 노력을 인정받고 있다. 최근에는 환경부 교육위원으로서 광역지자체 공무원을 대상으로 서울시부터 부산시까지 기후변화 위기에 따른 탄소중립을 위한 녹색제품 구매교육을 담당하고 있다. 또한 재능기부로 생각하는 활동으로써 중소기업의 R&D 진입을 위한 컨설팅 교육, 중소기업과 공공기관의 공동 인증제품 개발과 사용 확대를 위한 사회적 활동에도 적극 참여하고 있다. 지난 20여 년 동안 미세먼지 저감 기술과 자원재활용 연구 분야에서 40개 이상 특허를 보유하고 있는 것이 그동안 노력의 결과물이 아닌가 싶다. 김혁중 교수는 인터뷰를 통해 앞으로의 R&D가 더 기대된





다고 밝혔다. 특히 그는 “2023년 산업통상자원부 기획 R&D인 ‘철강산업 부산물의 순환자원 실증연구’ 사업에 초점을 맞추고 철강산업 자원순환 기술 확보 및 도로포장 공법 실증화를 위한 기획 연구의 성공적 진임을 위해 노력하고 있다”고 전했다.

**탄소중립 사회를 위한 플랫폼 역할 추진할 것**

김혁중 교수는 기후위기와 변화에 신속히 대응할 수 있는 기술개발의 중요성을 매우 심각하게 인식하고 있다. 그는 미세먼지와 탄소중립 분야 정부 기관, 연구소 및 기업, 학회 및 협회 등 최고의 전문가들이 함께 정책 방향을 모색하고 기술과 공법의 실증을 촉진할 수 있는 플랫폼 전략 기구로서 정부 산하의 재단법인 설립을 위한 새로운 목표

를 향해 도전하고 있다. 김혁중 교수는 “재단설립은 건설과 환경 분야의 공익사업으로 ‘미세먼지, 탄소중립 및 순환자원’에 초점을 맞춘 국내 최고 수준의 싱크탱크 역할을 담당하는데 목표를 갖는다”며, “탄소중립을 위한 정책 발굴, 전 산업의 기술혁신 및 교육기관의 전문가 양성 등을 위해 이제는 정확한 방향으로 속도를 올리고 실천해야 할 시기”라고 강조했다.

**노력은 새로운 도전을 부른다**

김혁중 교수는 “내가 저 일을 할 수 있을까?”라는 고민이나 걱정보다 ‘내가 진심으로 하고 싶은 일인가?’를 먼저 생각한다고 인터뷰에서 말했다. 하고 싶은 일을 진지하게 고민하면서 기획하고 전략을

도출하는 과정이 그를 평범했던 직장인에서 국토교통부 최연소 연구단장, 최연소 국립대학교 석좌교수로 이끈 게 아닌가 싶다. 학술연구 분야에서 신진 연구자라는 타이틀이 붙은 이유도 단연 ‘연구에 몰두한 결과일 것이다. 김혁중 교수는 “기술이 초래한 환경문제는 다시 R&D로 해결하는 것이 현재 우리가 할 수 있는 최선이자 가장 멋진 일”이라며, “미세먼지와 탄소중립 실현을 위해 열정과 능력이 있는 연구자, 사업가와 전문가들이 함께 지혜와 경험을 공유하는 비영리 공익재단을 설립하는 새로운 꿈을 갖게 됐다”고 밝혔다. 그의 노력에 박수를 보내며, 또 다른 도전을 응원한다. 🇵🇷

**김혁중 한경대학교 교수 이력**

김혁중 교수는 전북대학교 토목공학과에서 친환경 콘크리트 개발 관련 연구로 박사학위를 취득하였으며, 이후 2010년 금호석유화학에서 건설재료 융합소재와 아스팔트 첨가제 개발 연구를 추진하였다. 2018년부터는 국립한경대학교에서 국토교통부 도로미세먼지 저감기술 및 실증연구단 단장으로 일하는 등 지난 20년 간 친환경 건설소재와 탄소중립 기술 실증화를 위한 다양한 연구활동을 이어왔다. 최근에는 충청남도 탄소중립위원회 위원, 인천공항공사 SOC 심의위원, 국토교통과학기술진흥원 건설교통기술 심사위원, 한국자원순환산업진흥협회 GR인증 심의위원, 한국건설순환자원학회 탄소중립위원장, 한국콘크리트학회 스마트콘크리트위원장 등 대외활동을 통해 건설과 화학기술 융합 연구 실증화 사업과 자원재활용 고부가가치 연구개발에 힘쓰고 있다.