

창조경제를 이루는 지속가능 녹색도로



노 관 섭 | 우리학회 부회장 · 한국건설기술연구원 선임연구위원

■ 시작 글

맑고 푸른 오월, 유월이 아니라 뿌영고 무더운, 음력 오뉴월이 양력으로 바뀌어 절기가 운행되고 있는 것 같다. 사람들도 걷기가 힘들고 대중교통도 불편하여 나홀로 자가용을 선호하고 있다. 아스팔트와 시멘트 콘크리트 도로포장 면에서 반사되어 올라오는 훈훈함, 자동차 철관에서의 열기, 차 쾅무니로 뿜어내는 배기가스 등으로 도로는 숨막히는 환경이 되고 있다.

인류의 무분별한 개발과 무책임한 사용으로 인하여 각종 기후변화와 생태계 파괴 등의 여러 문제점들이 발생되고 있다. 기후변화의 가장 뚜렷한 원인은 산업, 발전, 수송, 가정 등의 인간활동으로 인한 온실가스 증가로 인하여 지구온난화가 급진되고 있는 것으로 인식되고 있다. 인류는 이러한 문제의 심각성을 깨닫고 교토의정서를 중심으로 전 세계적으로 문제 해결을 위해 다각도로 노력을 기울이고 있다.

우리나라도 2008년부터 '저탄소 녹색성장'을 국가정책기조로 삼아 관련 법 및 계획의 수립과 관련 기술개발에 박차를 가하고 있다. 주요 SOC인 도로

는 우리나라 온실가스 배출량의 16% 정도를 차지하고 있어 에너지 소비와 온실가스 배출을 줄이는데 다양한 노력을 적극적으로 추진해야 할 필요가 있다. 도로를 달리는 자동차와 연료의 개선 대책, 교통수요관리 등 교통정책적 측면에서의 대책도 필요하며, 한편으로는 도로의 건설과 관리, 운영 과정에서의 도로로 인한 탄소저감 대책을 추진할 필요가 있다. 이에 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)의 국가 R&D로 '탄소중립형 도로 기술개발' 연구단이 발족되어 관련 연구를 수행하였고, 최근 본 과제가 완료되었다. 본 고에서는 그 성과를 토대로 우리의 도로가 나아갈 방향을 살펴보고자 한다.

■ 국가적 화두를 살펴봄

최근 정부의 국가적 화두는 노무현 정부 때 '지속가능', 이명박 정부 때 '저탄소 녹색성장' 그리고 박근혜 정부인 현재는 '창조경제'이다. 국가 SOC의 경우에는 책임 정권이 바뀐다 하더라도 국민과 국가를 위한 일련의 행보를 가져야 한다. 이런 관점에서

주요 화두의 용어 정의를 살펴보고, 우리가 가는 길이 어떤 지를 생각해 보았으면 한다.

• 지속가능

지속가능성(Sustainability)이란 인간사회의 환경, 경제, 사회적 양상의 연속성에 관련된 체계적 개념으로, 그들의 필요를 절충하고 현재 한도에서 최대한의 가능성을 짜내면서도, 생물 다양성과 생태계를 보존하고 그러한 이념을 불확실한 미래에도 지속적으로 유지하기 위한 계획과 활동을 수행하는 것이다. 1987년의 브룬틀랜드 보고서(Brundtland Report)에 따르면 지속가능성이란 '미래 세대의 가능성을 제약하는 바 없이, 현 세대의 필요와 미래 세대의 필요가 조우하는 것'이다.

지속가능한 개발(Sustainable Development)은 환경을 보호하고 빈곤을 구제하며, 장기적으로는 성장을 이유로 단기적인 자연자원을 파괴하지 않는 경제적인 성장을 창출하기 위한 방법들의 집합을 의미한다. '환경과 개발에 관한 세계위원회(WCED)'가 1987년에 발표한 '우리의 미래(Our Common Future)'라는 보고서에서 '미래세대가 그들의 필요를 충족시킬 수 있는 가능성을 손상시키지 않는 범위에서 현재 세대의 필요를 충족시키는 개발'이라고 정의함으로써 '환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development: ESSD)'의 개념을 정립하였다.

• 녹색성장, 녹색도로

저탄소녹색성장기본법에서는 녹색성장(Green Growth)의 정의를 '에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 기후변화와 환경훼손을 줄이고, 청정에너지와 녹색기술의 연구·개발을 통하여 새로운 성장동력을 확보하며 새로운 일자리를 창출해 나가는 등 경제와 환경이 조화를 이루는 성장'이라고 정의하였다.

녹색도로(Green Highway)는 '에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염 물

질의 배출을 최소화하면서 안전하고 쾌적한 이동성을 확보하는 친환경 도로'로 정의하고, 그 범주를 탄소중립형 도로와 생태계를 위한 그린 네트워크(Green Network), 도로에너지 하베스팅(Energy Harvesting)이 통합된 도로로 기술하고 있다(탄소중립형 도로기술연구단, 2012).

여기서 '탄소중립(Carbon Neutral)'은 CO₂ 발생 저감 및 발생한 CO₂의 흡수, 전환, 해소를 통하여 CO₂ 발생효과가 '0'인 상태를 뜻하는 것으로, '탄소중립 도로'는 도로의 계획 및 설계, 시공, 운영, 유지관리 등 전생애주기동안 CO₂ 발생을 최소화하고, 발생한 CO₂를 흡수, 전환, 해소하여 궁극적으로 CO₂ 발생효과가 '0'인 상태인 도로를 말한다. 한편 '탄소중립형 도로'는 탄소중립도로를 완성하기 위한 전단계로 CO₂ 발생효과가 60%(기존 대비 40% CO₂ 감소) 수준인 도로로 정의하고 있다.

• 창조경제

정부는 창조경제(Creative Economy)를 '국민의 상상력과 창의성을 과학기술과 ICT(Information Communication Technologies)에 접목하여 새로운 산업과 시장을 창출하고, 기존 산업을 강화함으로써 좋은 일자리를 만드는 새로운 경제 전략'으로 정의하고 있다(미래창조과학부, 2013).

박근혜 대통령은 취임사에서 창조경제는 과학기술과 산업이 융합하고, 문화와 산업이 융합하고, 산업간의 벽을 허문 경계선에서 창조의 꽃을 피우는 것으로 정의하였다(대통령 취임사, 2013.2.25). 더 나아가 창조경제는 민간 부문의 창의성과 자율성, 참여를 바탕으로 과학기술과 ICT, 문화, 산업 등을 융합해 새로운 패러다임을 만들겠다는 국정운영 철학으로 설명하였다.

■ 우리가 만들어가는 도로의 모습

국가 성장 비전이었던 '저탄소 녹색성장' 그리고

현재의 비전인 '창조경제'에 발맞추기 위해서는 국가 경제력의 기반이 되고 국민의 삶의 질에 영향을 미치는 도로 인프라를 지구온난화에 대응하는 저탄소 시설물이 되도록 하고 자연과 인간을 살리는 지속가능 도로시스템으로 만들어 가야 한다.

■ 탄소중립형 도로기술 개발의 개요

2008년부터 시작된 '저탄소 녹색성장'의 국가정책기조에 따라, 2010년 국토해양 분야 30대 미래핵심기술의 하나로 '탄소중립형 도로기술 개발'이 선정되었으며, 이를 위한 연구단이 발족되었다. 연구단은 '한국형 탄소중립형 녹색도로 구현'이란 비전 아래, 도로 전 생애단계인 계획 단계부터 설계, 시공, 운영에 이르기까지 각종 녹색도로 기술과 도로 배출 탄소의 흡수기술을 연구 개발하기 위하여, '탄소 중립형 도로 제도 정립 및 설계 기술개발(1세부)'과 '탄소 중립형 도로 재료 및 시공 기술개발(2세부)'의 두 개의 세부과제 연구가 진행되었다.

이들 개발 기술은 도로 분야에서의 탄소배출량 저감과 더불어 도로환경을 한 단계 업그레이드 시키고, 녹색도로 관련 산업 육성에 크게 기여할 것으로 생각한다. 연구결과 중 몇 가지를 살펴보면 다음과 같은데, 이러한 내용들이 실현됨으로써 현재 도로환경을 개선하고, 보다 좋은 미래의 도로를 만들어 갈 수 있을 것이다.

• 녹색도로 인증시스템

도로는 그 기능성, 안전성, 환경성, 경제성이 확보되도록 건설되고 관리되어야 한다. 특히 최근에는 온실가스 저감 및 삶의 질 향상을 위한 다양한 정책들의 추진이 요구되고 있다. 도로분야에서 지구온난화에 대응한 국가적 온실가스 감축 정책 추진목표를 달성하고 도로의 지속가능성을 고려한 도로건설과 관리를 위해서는 도로를 녹색도 측면에서 평가 관리할 수 있는 녹색도로 인증제도의 시행이 필요하다.

미국 워싱턴주의 GreenRoads와 뉴욕주의 GreenLites를 비롯하여 선진국에서는 도로의 지속가능성과 환경성을 통합적으로 추진하기 위한 제도로 녹색도로 인증제를 운영하고 있으며, 이를 확대해 나가고 있다.

우리나라에서도 도로에서의 탄소배출을 최소화하는 도로 계획 및 설계와 건설 시 탄소배출을 최소화하거나 흡수할 수 있는 다양한 탄소저감형 도로건설 및 관리 기술이 연구개발되고 있으며, 이들 기술이 효과적으로 현장에 적용되어 도로의 선진화를 도모하고 지속가능성의 도로가치를 높이기 위해 한국형 녹색도로 인증제(안)을 마련하였다.

이 인증제는 설계와 시공 시 1차 인증과 운영 및 유지관리 시 2차 인증으로 구분하고, 2차 인증은 녹색도로의 기능을 유지하거나 향상시킬 수 있도록 1차 인증을 받은 이후 5년의 인증 유효기간을 두고 2차 인증을 실시, 정기적으로 인증기준 충족 여부를 심사·관리토록 구성되어 있다. 도로건설단계에서의 평가는 크게 녹색도로 설계·포장기술, 녹색환경, 녹색자원과 에너지, 녹색교통 등 4개의 평가분야로 구분하고, 평가항목과 평가지표를 두고 있다. 평가지표에 따른 평가기준에 따라 총 100점으로 구성된다. 운영 및 유지관리에서는 총 5개 분야, 23개의 평가항목으로 구분되며, 평가항목 당 세부적인 평가기준에 따라 총 50점으로 구성된다. 녹색도로 등급은 4단계로 구분하였다. 선진국의 경험에 따르면, 인증제도 시행으로 에너지 사용량의 30~50% 저감과 35%의 CO₂ 배출량 저감이 가능할 것으로 생각된다.

인증제도는 공공발주기관의 도로시설물 건설공사 수행 시 설계와 시공업체 선정평가, 사업평가 등에 활용이 가능하며, 또한 발주기관 자체의 노력과 모 든 도로건설 관련자의 인식 확산 및 실행으로 향후 도로시스템이 지속가능한 환경으로 가꾸어질 것이다. 특히, 지속가능한 녹색시대의 요구 성능에 부합하는 국내 원천기술의 확보와 발전을 도모하는 동시에 선진국에 비해 뒤쳐진 녹색기술 수준을 향상시키고, 향후 개발도상국 지원도 가능할 것이다.

• 도로 탄소관리 및 녹색도로기술 투자평가 시스템
 도로 분야에서의 탄소배출량을 산정하고 관리하기 위해서는 녹색도로 국가 인벤토리 DB 구축과 자재 생산부터 시공, 유지관리, 재활용, 폐기와 해체 단계 까지 즉, 도로 생애주기 기반으로 탄소배출량을 산출할 수 있어야 한다. 이를 위하여 연구단에서는 국제 표준에 부합하는 도로 부문 탄소배출량 산정 방법 개발을 포함한 탄소배출량 산정에 활용되는 인벤토리 DB와 원단위 구축, 도로부문의 탄소배출 베이스라인 산정과 녹색도로 기술의 정량적인 탄소 저감량 산정 기술 개발을 포함해 도로 부문의 온실가스 배출량의 종합적인 관리와 평가를 위한 시스템을 개발하였다. 이 작업에서는 2010년에 마련된 국토교통부의 '시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인'을 기본으로 DB와 원단위의 확대 구축을 하였다.

탄소 저감량을 비롯해 에너지·자원 사용 절감량과 생산량, 생애주기 비용을 예측하고, 결과를 활용해 기술·정책·경제성 분석을 수행할 수 있는 도로 건설·관리의 전 생애주기를 고려한 녹색도로 기술개발과 적용을 지원하는 상용화 시스템도 개발하였다. 이 녹색도로기술 투자평가 시스템(Green highway-Technology Investment Evaluation Systems; G-TIES)은 웹 포털에서 사용할 수 있도록 하였다.

• 탄소저감형 녹색도로 설계 및 시공 기법

탄소저감형의 친환경 도로를 만들기 위하여 몇 가지 녹색도로 설계와 재료 및 시공에 대한 기술이 개발되었다. LCA 기반 탄소저감형 도로설계기술 개발 연구로 도로선형과 주행속도, 차량중량과 노면상태에 따른 탄소배출량 산정 프로그램 개발과 함께 탄소배출량 저감을 위한 오르막 구간과 평면선형 설계 지침을 마련하였다. 본 연구에서는 도로선형설계기법을 비롯한 탄소 흡수원 확보차원의 횡단면설계기법, 도로수목 식재기법 등을 개발, 그린네트워크 도로설계기술을 정립하였다.

시공 과정에서의 탄소저감을 위하여 탄소배출량-공사기간-공사비용을 연계, 최적의 녹색시공 기법을

선택할 수 있는 의사결정 방법을 제시하였다. 토공과 포장공의 공정관리방법과 장비운용 시뮬레이션 등을 조합, 녹색시공 모델을 도출하고, 이를 편람에 제시하였다. 이는 공사비, 공사시간에 탄소발생량을 포함, 최적의 녹색시공기술의 평가가 가능해 경제성과 환경성을 동시에 고려한 최적 대안제시가 가능하다.

탄소흡수용 도로재료 개발과 관련하여 콘크리트 제조 시 주재료인 시멘트 대신 산업부산물인 고로슬래그를 사용, 시멘트 1톤 생성 시 발생하는 약 0.95톤의 이산화탄소 발생량을 저감시키는 동시에 활성화제를 통해서 표면을 개질화 시켜 능동적으로 이산화탄소 포집이 가능한 도로 재료와 구조체를 개발하였다. 개발된 재료를 사용할 경우 기존 OPC 활용 콘크리트 대비 시멘트 사용량은 20% 감소되며, 이산화탄소 흡수량은 0.025kg-CO₂/kg에 달한다.

또한 기존의 흙 포장 재료에서 시멘트를 대체, 탄소를 저감할 수 있는 기술로 현장 토사와 유기계 바인더를 이용하여 소요강도와 경제성을 갖춘 최적의 혼합비로 포장하는 유기계열 첨가제를 이용한 탄소저감형 흙포장 기술, 산업부산물과 무기계 바인더를 이용한 무시멘트 무기계 습식 흙포장 기술을 개발하였다.

현재 운송, 난방 등 대기 중으로 배출되는 CO₂를 효과적으로 저감하기 위한 유일한 대안으로는 DAC(Direct Air Capture) 기술이 있다. 본 연구단에서는 대기 중 CO₂를 10tCO₂/yr·m²로 저감할 수 있는 DAC 기술을 활용한 도로 CO₂ 흡수 시설물 장치를 개발하였다. DAC 기술을 적용한 인공나무는 1m³/min 규모의 CO₂ 포집 장치 시스템이다. 이 시스템은 다양한 구조를 갖고 있는 도로시설물을 활용한 대기 중 CO₂ 저감장치로 구성할 수 있으며, 저농도 CO₂ 포집 기술은 지하도, 지하상가, 인구 밀집지역 내 상가 등에도 활용 가능하다.

이들 연구내용과 결과는 종합하여 최종적으로 '탄소저감형 녹색도로 기술편람'으로 제시하였다. 이는 향후 녹색도로 인증제 시행과 함께 실무에 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 현재에도 보다 환경친화적인 도

로건설과 관리를 위한 가이드로 사용할 수 있다.

■ 마무리 글

대한민국 국민의 행복과 국가 발전을 위해 나라를 이끌어가는 정부 정책의 화두 변화에 따라 도로는 도로 자체의 본래 기능을 유지하면서 어떤 모습으로 나아가야 할지, 그리고 존립 자체가 어려워지고 있는 도로산업의 나아갈 방향을 고민한 결과, 우리 도로는 지속가능 녹색도로(Sustainable Green Highway)로 창조경계를 이루고 미래도로의 모습을 추구해야 할 것으로 생각된다.

도로 역사가 깊어짐에 따라 신규 건설사업은 대폭 줄어들고, 반면 관리 대상이 급격히 증가하여 도로 건설에서 관리의 시대로 접어들고 있다. 한편 기존의 양적 확충에 급급하여 질적으로 열악한 도로 상태를 개선하기 위하여 도로의 지정제 문제 해소, 접근성 향상, 안전성 확보, 환경적 배려, 인간중심의 도로시스템으로 개선하기 위하여 지속가능성을 고려한 도로재생 작업이 필수적이다. 이를 위해서도 현명한 대안은 지속가능 녹색도로이다.

지속가능이라는 화두로의 의식 변화와 인식 확대가 필요하며 도로에도 문화적 요소의 반영을 강조하고 기술자 및 이용자의 문화적 소양을 높임으로써 도로가치를 높여야 하겠다. 지속가능의 실행전략으로 명확히 실천할 수 있는 녹색관련 인증제는 이미 산업 기술이나 생활 분야에서 적용하고 있으며, 시스템 차원의 예로 녹색건물인증제가 활성화 되고 있다.

삶의 질 향상을 꾀하면서 지구를 지키는 '녹색도로(Green Highway)'는 우리가 지금 가꾸어 나가야 할 미래의 도로이며, 녹색도로 건설 및 관리는 지속가능 사회발전을 위한 도로인의 책무이다. 우리 도로인도 패스트 팔로워(fast follower)를 넘어 퍼스트 무버(first mover)가 되어 도로와 도로기술, 도로산업의 발전과 세계적 도로기술을 만들고 선도해 나가기를 바란다.

끝으로, 지속가능 녹색도로 건설의 초석이 되는 탄소중립형 도로 기술개발 연구단이 잘 마무리되기 까지 Green-up 30에서 녹색도로의 씨앗을 뿌려주신 분들, 연구단 기획과제와 본과제 수행에 있어서 함께 해주신 연구진, 자문, 심의, 운영, 평가위원님들, 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원 관계자 여러분들께 진심으로 감사드립니다.

학회지 광고접수 안내

본 학회지에 게재할 광고를 모집합니다. 우리 학회지는 계간으로 매회 2,100부를 발간하여 회원과 건설관련 기관에 배포하고 있습니다. 회사 영업신장과 이미지 제고를 원하시는 업체는 우리 학회지에 광고를 실어주시기 바랍니다.

광고료 : 표2 · 표3 · 표4(300만원) · 간 지(200만원)

※ 상기금액은 연간(4회)광고료임.

사단법인 한국도로학회

전화 (02) 3272-1992 전송 (02) 3272-1994