

## 지속가능도로의 건설과 관리를 위한 방안

# Suggestions of the Construction and Management for Sustainable Highways

노관섭\* · 백종대

한국건설기술연구원 도로연구소

Kwan Sub Noh\* and Jong Dae Baek

Highway & Transportation Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang 10223, Korea

Received 19 September 2016, revised 23 September 2016, accepted 26 September 2016, published online 30 September 2016

**ABSTRACT:** An R&D project, 'Carbon Neutral Road Technologies Development', sponsored by the Korean Ministry of Land, Infrastructure, and Transport was performed and sustainable development is being discussed in relation to global climate change. A draft of the green highway certification system, the green highway design and construction technologies for making low carbon eco-friendly roads, and Green Highway Technology Investment Evaluation System (GTIES) for estimating and managing carbon emissions from roads have been developed from the results of the R&D project. A scheme for expanding the application of these technologies and building sustainable road systems by considering the concept of sustainability was proposed in this research.

**KEYWORDS:** Carbon neutral road, Green highway Certification, Investment evaluation system, Sustainable highway

**요약:** 세계적 기후변화 대응 관련하여, 도로분야에서는 국토교통부의 국가 R&D인 '탄소중립형 도로 기술개발' 연구단 과제가 수행되었고, 최근에는 지속가능한 발전이 다시 논의되고 있다. 연구단에서는 녹색도로 인증제(안), 탄소저감형의 친환경 도로를 만들기 위한 녹색도로 설계와 시공 기술 개발, 도로에서의 탄소배출량을 산정하고 관리하기 위한 녹색도로기술 투자평가 시스템(G-TIES) 등이 개발되었다. 앞으로는 이들 기술의 적용 확대와 함께, 그 내용의 범위를 보다 확대한 지속가능의 개념을 고려하여 지속가능도로 시스템을 구축해 나가야 하며, 본 논문에서는 그 방안을 제안하였다.

**핵심어:** 탄소중립형 도로, 녹색도로 인증제, 투자평가 시스템, 지속가능 도로

## 1. 서론

세계적으로 불규칙하며 심각하게 나타나는 가뭄과 홍수, 이상 고온 현상 등 이상기후 현상이 빈번해지고 있다. 우리나라에서도 금년과 같은 기록적인 폭염과 기후가 아열대성으로 변화하는 등 다양한 이상기후가 발생하고 있어, 생태계 파괴와 생활의 어려움 등 많은 문제점들이 발생되고 있다. 기후변화의 가장 뚜렷한 원인으로 인식되고 있

는 것이 인간활동으로 인한 온실가스 증가로, 세계적으로 이들 문제 해결을 위해 다각도로 노력을 기울이고 있다.

우리나라도 2008년부터 국가정책기조를 '저탄소 녹색성장'으로 하였으며, 2010년 4월에 마련된 '저탄소 녹색성장기본법'에서는 녹색성장의 정의를 '에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 기후변화와 환경훼손을 줄이고, 청정에너지와 녹색기술의 연구·개발을 통하여 새로운 성장동력을 확보하며 새로운 일자리를 창출해 나가는

\*Corresponding author: ksno@kict.re.kr, ORCID 0000-0002-6501-3916

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

등 경제와 환경이 조화를 이루는 성장'이라고 언급하였다 (KICT 2010).

우리나라 온실가스 배출량의 19%를 차지하는 도로는 저탄소에 반하는 교통시설이라는 부정적 이미지에 머물고 있으나, 도로는 여전히 주요 SOC이고 많은 장점을 가지고 있으므로 타교통수단으로의 전환은 한계가 있다. 따라서 도로부분에서의 에너지 소비와 온실가스 배출을 줄일 수 있는 노력을 적극적으로 추진해야 할 필요가 있는 것이다. 이러한 측면에서 도로분야에서도 국토교통부의 국가 R&D인 '탄소중립형 도로 기술개발' 연구단 과제가 수행된 바 있다. 이러한 흐름은 18세기 이후의 환경 위기 속에서 등장한 '지속가능성'의 개념을 현실적으로 구체화하고 실현해 나가는 과정에서 이루어지고 있으며, 인간의 경제 활동이 자연 생태계의 범위 내에서 자연의 수용 한계를 넘지 않고 자연과 조화를 이루는 범위에서 이루어지는 것을 의미하는 지속가능한 발전으로 나아가게 되었다.

본 논문에서는 정부의 큰 정책 기조가 변한다 하더라도 본래의 도로가 어떤 방향으로 나아가고, 어떤 모습을 갖추어야 할지를 그려볼 수 있는 '지속가능 도로'에 대해 논하고자, 관련된 주요 개념과 기존 연구들을 살펴보고 발전방안을 제시하였으며, 특히 녹색도로 인증제의 확대 시행을 통한 지속가능도로의 평가 방안을 모색해보았다.

## 2. 문헌 연구

### 2.1 용어 정의

이 연구에서 사용한 주요한 용어에 대한 정의는 다음과 같다. '탄소중립 (carbon neutral)'은 CO<sub>2</sub> 발생 저감 및 발생한 CO<sub>2</sub>의 흡수, 전환, 해소를 통하여 CO<sub>2</sub> 발생효과가 '0'인 상태를 뜻한다. '탄소중립 도로 (CNR, carbon neutralized road)'는 도로의 계획 및 설계, 시공, 운영, 유지관리 등 전생애주기 동안 CO<sub>2</sub> 발생을 최소화하고, 발생한 CO<sub>2</sub>를 흡수, 전환, 해소하여 궁극적으로 CO<sub>2</sub> 발생효과가 '0' 상태인 도로이다. '탄소중립형 도로'는 탄소중립 도로를 완성하기 위한 전단계로 CO<sub>2</sub> 발생효과가 60% (기존 대비 40% CO<sub>2</sub> 감소) 수준인 도로로 정의한다. '녹색도로 (green highway)'는 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염 물질의 배출을 최소화하면서 안전하고 쾌적한 이동성을 확보하는 친환경 도로로, 탄소중립형 도로와 생태계를 위한 그린 네트워크 (green network), 도로에너지하베스팅 (energy harvesting)이 통합

된 도로이다 (KICT 2011).

### 2.2 탄소중립형 도로의 연구 개발

녹색도로와 관련하여 미국 유럽 일본 등에서 추진되고 있는 현황, 녹색도로의 설계와 건설, 녹색도로 운영 및 녹색교통시스템, 에너지 자립형 녹색도로 등 다양한 연구들에 대한 검토가 이루어진바 있다 (KICT 2010).

이들 내용을 바탕으로 수행된 '탄소중립형 도로 기술개발 연구단'은 '한국형 탄소중립형 녹색도로 구현'이라는 비전을 가지고, '도로 전생애단계인 기획/계획/설계/시공/운영에서의 각종 녹색도로 기술과 도로 배출 탄소의 흡수/전환 기술 연구 개발'을 목표로 하고 있다. 이를 위해 크게 2개의 세부과제로 (1세부과제, 탄소중립형 도로 제도 정립 및 설계 기술 개발; 2세부과제, 탄소중립형 도로 재료 및 시공 기술개발) 구성되었다 (KICT 2015).

1세부과제에는 녹색도로 법/제도 및 인증시스템 개발, 녹색도로 탄소배출 산정 및 평가시스템 개발, 그리고 LCA 기반 탄소저감형 도로 설계 기술 개발로 구성되어 있으며, 2세부과제에는 활성 산업부산물을 활용한 탄소흡수용 도로 재료 개발, 탄소 저감형 흡포장 기술 개발, 그리고 DAC 기술을 활용한 도로 CO<sub>2</sub> 흡수 기술 개발로 구성되어 있다. 전체적인 연구 과제 구성과 목표를 나타내면 Fig. 1과 같다. 본 연구는 정부 및 기업에서 활용할 수 있는 실용화 중심의 연구개발 사업으로, 주관연구기관은 한국건설기술연구원, 협동연구기관은 한국도로공사, 그리고 정부연구기관, 산업체 및 학계 컨소시엄으로 구성하여, 2011년 11월부터 2015년 3월까지, 40개월에 걸쳐 수행되었다.

탄소중립형 도로 기술개발은 도로분야에서의 탄소배출량을 저감시킬 뿐 아니라, 탄소순환형 그린네트워크 설계시스템을 활용한 생태네트워크 복원 및 조성기법 등의 녹색기술과 저탄소 친환경 도로포장기술 개발을 통하여 녹색도로와 관련된 신산업을 육성함으로써 창조경제를 도모할 수 있다. 또한 녹색도로 인증제도를 도입함으로써 지속가능 사회에서의 저탄소 녹색성장을 도모하고 기후변화 협약 대응을 통한 국제적 공조에 참여함으로써 국가 이미지 개선에도 기여할 수 있다. 그리고 본 연구단을 통해 개발된 기술은 녹색도로기술 중 도로정책, 설계, 재료 및 시공 기술의 일부분에 해당된 것이며, 도로에서의 탄소배출량을 더욱 효과적으로 낮추기 위해서는 교통운영이나 도로에서의 에너지 하베스팅 등과 같은 다양한 더 많은 녹색도로 기술이 추가로 연구 개발되고 적용되어야 하겠다.

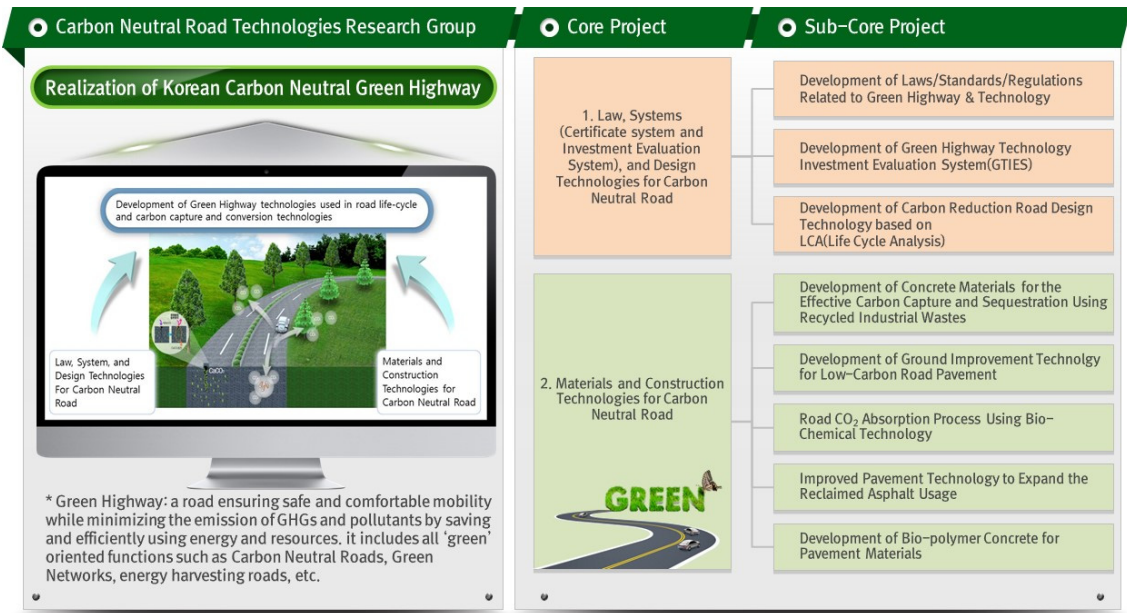


Fig. 1. The objective and structure of the Carbon Neutral Road Technologies Research Group.

### 2.3 지속가능 도로 연구 개발

지속가능성 (sustainability)이란 인간 사회의 환경, 경제, 사회적 양상의 연속성에 관련된 체계적 개념으로 현재는 물론 불확실한 미래에도 사람과 환경에 모두 최선을 주는 것이다. 한편 지속가능한 개발 (sustainable development)이란 용어가 사회의 다양한 분야에서 매우 광범위하게 사용되고 있다. 세계환경개발위원회에 따르면 지속가능한 개발이란 후세대의 필요성을 충족시킬 수 있는 능력을 손상시키지 않고 현세대의 필요성을 충족시키는 개발이다 (Brundtland et al. 1987). 일반적으로 환경에 건전하며 동시에 지속가능한 개발 (ESSD, environmentally sound & sustainable development)의 의미로 사용되고 있다. 교통 분야에서는 ‘지속가능한 교통’이 논의되고 있다.

산업혁명이 시작된지 300여 년도 되지 않아서 세계는 에너지 고갈과 지구 온난화에 따른 이상기후의 범지구적 위기에 들어서 이를 극복해 나가기 위해서 많은 노력을 하고 있다. 우리나라도 국제사회에 연대하여 2008년에 ‘저탄소 녹색성장’을 국가적 화두로 국가온실가스 감축목표를 2020년 BAU (business-as-usual) 대비 30% 감축으로 설정하고 다양한 분야에서 관련 정책을 추진하고 있다. 교통부문과 관련하여 정부는 녹색교통 추진전략에서 ‘철도·해운·그린카·사람중심의 저탄소 녹색교통 실현’이라는 비전 아래 2020년까지 교통부문 온실가스 배출량을

BAU 대비 33-37% 감축하는 적극적인 목표를 제시한 바 있다. 이러한 관점에서 도로시스템을 그 동안 다루어 온 탄소중립형 도로 개발기술의 연장선에서, 어떻게 녹색화 하고 지속가능한 발전에 기여할 것인지에 대한 논의를 본 논문에서 다루었다.

### 3. 발전 방안

#### 3.1 지속가능도로의 개념 정립과 적용을 위한 법제도

도로는 그 기능성, 안전성, 환경성, 경제성이 확보되도록 건설되고 관리되어야 한다. 도로분야에서 지구온난화에 대응한 국가적 온실가스 감축 정책 추진목표를 달성하고 도로의 지속가능성을 고려한 도로건설과 관리를 위해서는 도로를 녹색도 측면에서 평가관리할 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.

탄소중립형 도로기술 개발 연구단에서에서는 다양한 탄소저감형 도로건설 및 관리 기술 개발과 함께, 이들 기술이 효과적으로 현장에 적용되어 도로의 선진화를 도모하

고 지속가능성의 도로가치를 높일 수 있도록 한국형 녹색 도로 인증제 (안)을 마련하였다. 이는 녹색도로의 구축 목표를 기본으로 하여 국외 사례의 벤치마킹, 국내 녹색도로 기술의 니즈 조사와 적용성 검토, 연구진 워크샵, 전문가 검토와 자문 등을 통하여 정립되었다 (Park et al. 2014).

도로건설단계에서의 평가는 크게 녹색도로 설계·포장 기술, 녹색환경, 녹색자원과 에너지, 녹색교통 등 4개의 평가분야로 구분하고, 평가항목과 평가지표를 두고 있다. 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 CO<sub>2</sub> 배출량 저감이 가능할 것으로 생각된다. 녹색도로 평가항목과 지표의 한 사례는 Table 1과 같다.

인증제도는 공공발주기관의 도로시설물 건설공사 수행 시 설계와 시공업체 선정평가, 사업평가 등에 활용이 가능하며, 또한 발주기관 자체의 노력과 모든 도로건설 관련자의 인식 확산 및 실행으로 향후 도로시스템이 지속가능한 환경으로 바뀌어질 것이다. 특히, 지속가능한 녹색시대의 요구 성능에 부합하는 국내 원천기술의 확보와 발전을 도모하는 동시에 선진국에 비해 뒤쳐진 녹색기술 수준을 향상시키고, 향후 개발도상국 지원도 가능할 것이다. 현재 마련된 인증제 (안)에 대해 그 내용의 범위를 보다 확대한 지속가능의 개념을 고려해 인증제 (안)을 보완하고 이를 실행할 수 있는 법 제도가 마련되어야 하겠다.

### 3.2 지속가능도로의 건설 기준 정립 및 기술 개발

연구단 과제에서는 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-공사 기간-공사비용을 연계, 최적의 녹색시공 기법을 선택할 수 있는 의사결정 방법을 제시하였다. 토공과 포장공의 공정 관리방법과 장비운용 시뮬레이션 등을 조합, 녹색시공 모

델을 도출하고, 이를 편람에 제시하였다. 이는 공사비, 공사시간에 탄소발생량을 포함, 최적의 녹색시공기술의 평가가 가능해 경제성과 환경성을 동시에 고려한 최적 대안 제시가 가능하다.

탄소흡수용 도로재료 개발과 관련하여 콘크리트 제조 시 주재료인 시멘트 대신 산업부산물인 고로슬래그를 사용하여 이산화탄소 발생량을 저감시키는 동시에 활성화제를 통해서 표면을 개질화 시켜 능동적으로 이산화탄소 포집이 가능한 도로 재료와 구조체를 개발하였다. 또한 기존의 흙 포장 재료에서 시멘트를 대체, 탄소를 저감할 수 있는 기술로 유기계열 첨가제를 이용한 탄소저감형 흙포장 기술과 무시멘트 무기계 습식 흙포장 기술을 개발하였다. 또한 대기 중으로 배출되는 CO<sub>2</sub>를 효과적으로 저감하기 위한 유일한 대안인 DAC (direct air capture)를 활용한 도로 CO<sub>2</sub> 흡수 시설물 장치를 개발하였다.

이들 연구내용과 결과는 종합하여 최종적으로 ‘탄소저감형 녹색도로 기술편람’으로 제시되었다. 이는 향후 녹색도로 인증제 시행과 함께 실무에 적용할 수 있을 뿐만이 아니라, 현재에도 보다 환경친화적인 도로건설과 관리를 위한 가이드로 사용할 수 있다. 이들 연구개발 내용들이 실증 검토를 통하여 일반적으로 적용할 수 있는 정규 도로설계와 시공 지침에 반영된다면 지속가능도로 시스템의 구축이 보다 앞당겨질 수 있을 것이다. 또한 첨단 재료와 기법의 접목으로 다양한 녹색도로 기술 개발이 추진되어야 하겠다.

### 3.3 지속가능도로의 관리 및 평가 시스템

도로 분야에서의 탄소배출량을 산정하고 관리하기 위해서는 녹색도로 국가 인벤토리 DB 구축과 자재생산부터 시공, 유지관리, 재활용, 폐기와 해체 단계까지 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 탄소저감량 산정기술 개발을 포함해 도로 부문의 온실가스 배출량의 종합적인 관리와 평가를 위한 시스템을 개발하였다.

탄소 저감량을 비롯해 에너지·자원 사용 절감량과 생산량, 생애주기 비용을 예측하고, 결과를 활용해 기술·정책·경제성 분석을 수행할 수 있는 도로 건설관리의 전생

**Table 1.** Evaluation system for the green road of expressway

Evaluation item	Evaluation index	Score
<b>Green Road Design-Pavement Technologies</b>		
GT1 Eco-friendly highway design	Environmental review process	1
	Highway design technique for LCA-based low carbon	4
	Eco-friendly scenic views	3
GT2 Quiet pavement	Quiet pavement	3
GT3 Long-life pavement	Long-life pavement	3
GT4 Permeable pavement	Permeable pavement	3
GT5 Low carbon earth pavement	Low carbon earth pavement	2
GT6 Cool pavement	Cool pavement	3
GT7 Low carbon asphalt pavement	Warm mix asphalt (WMA)	3
GT8 Lifecycle cost analysis (LCCA) on pavement	Lifecycle cost analysis (LCCA) on pavement	1
GT9 Life cycle assessment (LCA)	Life cycle assessment (LCA)	1
<b>Green Environment</b>		
GE1 Traffic emissions reduction (carbon capture & storage of road)	Carbon capture & storage technology of road	4
	Traffic emissions reduction	2
GE2 Runoff control	Runoff flow control	3
	Runoff quality	2
	Storm water cost analysis	1
GE3 Noise mitigation	Noise mitigation plan	2
GE4 Waste management	Waste management plan	2
GE5 Pollution prevention	Pollution prevention plan	2
GE6 Low impact development (LID)	Low impact development (LID) plan	2
GE7 Site vegetation	Site vegetation	2
GE8 Habitat restoration	Habitat restoration	2
GE9 Ecological connectivity	Ecological connectivity	2
GE10 Light pollution	Light pollution	2
GE11 Cultural outreach	Cultural outreach	2
GE12 Environmental education	Environmental education	1
GE13 Equipment emissions reduction	Equipment emissions reduction	2
GE14 Water tracking	Water tracking	2
<b>Green Resources &amp; Energy</b>		
RE1 Recycling technology	Asphalt concrete recycling technology	2
	Site recycling plan	1
	Road technology using activated industrialization by-product	2
RE2 New and renewable energy Production	New and renewable energy production	3
RE3 Energy efficiency	Energy efficiency	2
	Natural lighting	2
RE4 Earthwork balance	Earthwork balance	1
RE5 Cyclic aggregate	Cyclic aggregate	3
RE6 Regional materials	Regional materials	3
RE7 Eco-friendly material	Eco-friendly material use	2
<b>Green Traffic System</b>		
TS1 Intelligent transportation systems (ITS)	Intelligent transportation systems (ITS)	3
	Electronic toll collection system	2
TS2 Transit access	Smart crossroads operation	4
TS3 Correspond to disaster technology for Highway	Smart correspond to disaster technology for highway	4
TS4 Intelligent public transportation Operation	Express bus transfer facility	1
TS5 Green car infrastructure	Design/construction/operation of electricity charging Points for Vehicles	2
TS6 Safety audit	Safety audit	1

애주기를 고려한 녹색도로 기술개발과 적용을 지원하는 시스템도 개발하였다. 이 녹색도로기술 투자평가 시스템 (Green Highway-Technology Investment Evaluation Systems, G-TIES)은 탄소배출량 산정 및 관리를 위한 탄소관리시스템, 에너지 사용량 산정 및 관리를 위한 에너지/자원 분석시스템, 생애주기별 비용 산정을 위한 LCC (life cycle cost) 분석시스템, 녹색도로기술의 정책적 경제적 분석을 위한 의사결정시스템, 그리고 이들 시스템의 연계와 표출을 통해 개발 기술들의 상용화를 지원하기 위한 시스템으로 구성되어 있다. 시스템의 사용 목적에 따라 기능을 기술평가, 사업 평가, 도로망 평가로 분류하여 각각의 분석시스템이 개발되었다.

이 시스템의 활용으로 도로 건설, 운영, 유지관리 단계에서의 탄소배출과 에너지 사용량 감소, 녹색도로기술 개발 활성화, 녹색도로에 대한 정부 및 민간의 효율적 재정투자 등의 효과를 기대할 수 있다. 또한 사회경제적으로 도로 시설이 탄소를 많이 배출하는 부정적 외부효과 발생원으로 여겨지고 있는 만큼, 녹색도로의 합리적인 투자는 이러한 이미지를 개선시키고 국가적으로 온실효과를 감소시킴으로써 국민의 건강, 전 세계적인 환경보전에 이바지할 것이다.

#### 4. 결론

국가 성장 비전이었던 ‘저탄소 녹색성장’ 그리고 현재의 비전인 ‘창조경제’에 발맞추기 위해서는 국가 경제력의 기반이 되고 국민의 삶의 질에 영향을 미치는 도로 인프라를 지구온난화 대응하는 저탄소 시설물이 되도록 하고 자연과 인간을 살리는 지속가능 도로시스템으로 만들어야 한다. 이를 위해서는 앞으로 건설되는 도로는 지속가능도로 구조로 만들어 가고, 기존 도로에 대해서는 중요도에 따라 단계적으로 녹색성을 평가하여 지속가능한 도로시스템이 되도록 개량 및 관리해 나가야 하겠다. 탄소중립형 도로 기술개발 연구결과는 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및

오염물질의 배출을 최소화하면서 안전하고 쾌적한 이동성을 확보하는 도로로 정의되고 있는 녹색도로 시스템을 구축해 나가기 위한 목표설정과 실행 수단을 마련한 것이다. 여기에서는 녹색도로 인증제 (안)에서 알 수 있는 바와 같이 녹색도로는 온실가스 저감 뿐만 아니라 도로의 기능성을 최대한 확보하는 도로가치의 모든 항목을 다루고 있다. 최근에 보다 심각해지고 있는 이상기후에 대응하여 국제적인 공조에 동참하기 위해서는 지금까지 정립된 녹색도로기술 개발에 지속가능성을 보다 폭넓게 고려하여 지속가능도로의 개념 정립과 시행제도 마련, 실행수단의 보완, 관련 기술개발이 적극적으로 이루어져야 하겠다.

#### References

- Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., Chidzero, B., Fadika, L., et al. 1987. Our Common Future. <http://brundtland report>. Assessed 30 August 2016.
- KICT. 2010. Sustainable Green Road Pursuing the Environment and Growth, Brand Series 2. Korea Institute of Construction Technology, Goyang, Korea. (in Korean)
- KICT. 2011. Report of Planning Research for Carbon Neutral Road Technology Development. Korea Institute of Construction Technology, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Goyang, Korea. (in Korean)
- KICT. 2015. Carbon Neutral Road Technology Development, Final Report. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Goyang, Korea. (in Korean)
- Park, J.W., Lee, D.H., Ku, J.D. and Noh, K.S. 2014. Development of evaluation factor of certification system for Korean green road - focused on design/construction stage of expressway and national highway. Korea Journal of Construction Engineering and Management 15(6): 16-25.