

# 한국형 녹색도로인증시스템 평가요소 개발 - 고속도로 및 국도 건설단계 중심 -

박재우\* · 이두헌<sup>1</sup> · 구재동<sup>1</sup> · 노관섭<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 · <sup>2</sup>도로교통연구실

## Development of Evaluation Factor of Certification System for Korean Green Road -Focused on Design/Construction Stage of Expressway and National Highway-

Park, Jae-Woo\*, Lee, Du-Heon<sup>1</sup>, Koo, Jai-Dong<sup>1</sup>, Noh, Kwan-Sub<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Construction Management & Economy Research Division, Korea Institute of Construction Technology

<sup>2</sup>Highway & Transportation Research Division, Korea Institute of Construction Technology

**Abstract :** Recent national policy agenda of 'Low-Carbon Green Growth' has been implemented as the important vision of the country. The government has set a target of entering the seven major world powers of Green Nation at 2020, and five major world powers at 2050. In order to achieve the goal, the reduction of greenhouse gases and the composition of green land and transportation has been promoted as an important policy. In a construction industry sector, policies and technologies for reducing greenhouse gas emissions and energy have been actively developed. In the case of developed countries, research for green road infrastructure has been conducted, which is the basis for certification system of green highway. This paper benchmarks the policies and cases of developed countries, verifies the applicability in the domestic road sector, and suggests the introduction of the certification system of green highway.

**Keywords :** Green growth, Green roads, Green certification, Evaluation indicators

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국가정책 아젠다인 '저탄소 녹색성장'은 국가의 중요한 비전으로 전정부차원의 노력이 이루어지고 있다. 정부는 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국으로 진입을 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 실현시키기 위해 효율적 온실가스 감축 및 녹색국토, 교통의 조성이 중요한 시책으로 추진되고 있다. 건설산업 부문도 예외가 아니어서 에너지 및 온실가스 배출저감을 위한 정책 및 기술개발이 활발히 이루어지고 있다.

건설산업은 그 규모로 보자면 가장 영향력이 큰 산업중 하나이지만, 동시에 가장 환경에 유해한 산업 중의 하나로 알려

져 있다. 건설은 일반인뿐만 아니라 환경전문가들에게조차도 지속가능성장 측면에 있어서는 상당히 부정적인 선입견을 가지고 있다. 따라서 이런 상황에서 건설의 지속가능성장 연구 발전시켜야 하는 것이 상당히 힘든 일인 반면에 타 산업들보다 더 큰 기회를 갖게 될 수도 있다(Korea Expressway Corporation Research Institute 2011).

사회기반시설중에서 대표적인 대규모 시설중의 하나인 도로시설물은 신규도로건설뿐만 아니라 유지관리 단계에서도 에너지 소모 및 탄소배출량이 건축시설물 다음으로 많다. 도로교통부분에서의 탄소배출량이 국내 전체 배출량의 16%를 차지하고 있으며, 이를 저감하기 위한 노력이 수송수단과 연료개선, 그리고 교통운영에만 관심을 가지고 있다. 보다 근원적인 도로 인프라 관련 개선을 통한 저감 노력은 극히 미온적이며, 탄소배출량 절감 및 저탄소 녹색도로를 만들기 위한 구체적인 방법론이나 추진체계가 이루어지고 있지 않아서 도로 시설물은 녹색산업과는 동떨어진 산업으로 잘못 인식되어져 왔다. 이에 반해 미국을 중심으로 한 선진국에서는 도로시설물에 대한 녹색도 측정을 위한 연구가 수행되었고 녹색도로 인증제가 시행·적용되고 있다.

\* Corresponding author: Park, Jae-Woo, Construction Management & Economy Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea  
E-mail: jwpark@kict.re.kr  
Received June 13, 2014; revised September 5, 2014  
accepted October 6, 2014

여기서 녹색도로인증제는 도로의 지속가능성과 환경성을 통합적으로 결합한 제도로 이러한 관점에서 도로의 건설 및 운영측면에서 세부지표별로 계량화하고 점수화하여 도로 전체의 녹색등급을 설정하는 것이 주 목적이다. 국내 도로정책 부분에서도 '녹색도로' 구축을 지향하고는 있지만, 현재 국내 도로의 녹색도로 구축 수준을 평가하기는 어려운 실정이다. Kim and Kwak(2013)은 미국 사례 고찰을 통해 국내 녹색도로 인증제 도입을 위해서는 단순히 환경적 세부항목의 개수를 늘리는 것보다 지속 가능한 방향이 무엇인지 고민이 필요함을 제시한 바 있다. 즉, 그동안 국내에서 녹색도로 구축에 대한 구체적인 방안제시가 부족하였고, 녹색도로 도달을 위한 평가기준의 정립이 시급하다.

이에 본 연구는 우선 국내 도로부문에 있어서 녹색기술 개발 및 적용확산을 통해 관련 산업 발전에 기여할 수 있는 녹색도로인증시스템을 개발하는 것을 목표로 설정하였다. 이를 위해 평가시스템 일반원칙 및 한국형녹색도로인증시스템 프레임워크를 구축하고 실제 도로 건설단계를 대상으로 실제 제도적으로 활용할 수 있는 지표를 결정하여 제시하였다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

한국형 녹색도로인증시스템 개발을 위해서, 본 연구는 우선 미국 워싱턴주 및 오레곤주에서 시행하고 있는 'GreenRoads'제도와 뉴욕주에서 시행하고 있는 'GreenLites'제도 등 두 가지 인증제도를 분석하였다. 이를 통하여 국내 녹색도로기술의 니즈를 조사하고 기본적인 방향을 도출하였으며, 기본안을 바탕으로 연구진과 국내 엔지니어링 및 시공회사 전문가와 함께 국내 적용성 검토를 수행하여 평가시스템 대분류 및 평가항목을 개발하였다.

또한, 실제 적용을 위한 평가요소별 중요도 결정을 위해, 도로설계 및 시공경험이 풍부한 국내 엔지니어링 및 발주처 등 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다(Fig. 1).

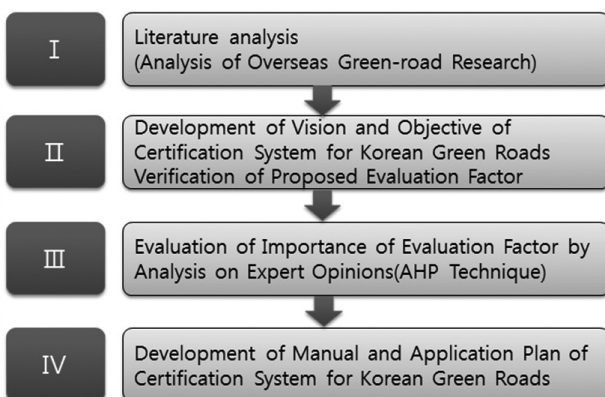


Fig. 1. Flow diagram of This Research

## 2. 건설단계 녹색도로인증제도 현황 분석

### 2.1 미국 녹색도로인증제도

#### 2.1.1 그린로드(워싱턴주,오레곤주)

미국에서는 워싱턴주에서 최초로 녹색도로인증제가 도입된 이후 워싱턴주와 오레곤주에서는 그린로드 제도를 운영하고 있다. 그린로드(GreenRoads) 인증제도의 녹색도로 인증 과정은 현재 신청, 등록, 심사 및 인증, 사후관리 등 4가지 과정을 거치도록 되어 있다.

그린로드인증제의 항목들은 도로설계 및 건설단계에 있어서 지속성장과 관계되는 일련의 Best Practice들의 집합체라고 할 수 있으며, 크게 의무사항과 자발적 사항으로 구분되어 있으며, 도로 신설·확장 및 시설개량 등 모든 도로건설사업의 설계와 시공단계에 적용된다. 전체 평가지표 구성은 필수 요구사항(11개항목), 자발적 평가분야 5분야 37개 항목, 제안형 항목 1개로 구성되어 있다.

- 필수+자발적항목+제안형항목 = 49개 항목
- 자발적항목 : 108점
  - 1) 환경과 물 : 8항목(21점)
  - 2) 접근성과 형평성 : 9항목(30점)
  - 3) 건설활동 : 8항목(14점)
  - 4) 자재 및 자원 : 6항목(23점)
  - 5) 포장기술 : 6항목(20점)
- 제안형항목 : 10점
- 자발적항목 + 제안형항목 = 118점

본 제도의 가장 큰 특징은 도로의 설계와 시공단계에 중점을 두고 있다는 것이며, 세부평가항목의 구성을 살펴보면, 포장기술(19%), 자재 및 자원(21%), 건설활동(13%) 등이 시공단계와 관련된 내용이며, 여타 항목은 환경과 물(19%), 접근성과 형평성(28%)으로 구성되어 있다. 인증등급은 4단계로 에버그린 64포인트이상(60%이상), 골드 54~63포인트(50~60%), 실버 45~53포인트(40~50%), 인증 32~42포인트(30~40%)로 구성되어 있다.

여기서 '프로젝트 필수요건(PR : Project Requirements)'은 녹색도로가 갖추어야 할 최소한을 의미하며, 녹색도로인증을 획득하기 위해서는 모두 항목이 충족되어야 한다. 평가지표로는 환경영향평가, 생애주기비용분석, 품질관리계획 등의 11가지 세부항목으로 구성되어 있으며, 시행여부(Pass/Fail) 방식으로 평가하고 있다. 또한, '자발적 항목'은 '프로젝트 필수요건'을 모두 만족한 상황에서 추가로 적용한 녹색도로 기술력에 대하여 37개 항목으로 평가하며, 포장기술, 자재 및 자원, 건설활동 등으로 구성되어 있다.

그린로드의 경우 설계·시공단계에서의 친환경·지속가능성에 대한 평가항목 구성이 잘 되어있는 반면에 도로의 유

지·보존에 대한 활동은 LCA항목을 통해 개괄적으로는 반영하고 있으나, 인증이후 유지관리단계에서 해당지표를 적용하기는 어렵다.

### 2.1.2 그린라이트(뉴욕주)

그린라이트(GreenLITES)는 미국 뉴욕주에서 제정되어 시행되고 있는 인증제도로 그린로드 제도의 뉴욕주 교통국 버전이라 할 수 있다. 하지만 워싱턴주의 제도와 달리 설계·시공부분과 유지관리 인증부분으로 나뉘지며, 그린라이트 유지관리프로그램은 2009년에 시범적으로 시행되었다. 뉴욕주 교통국에서는 설계 및 시공단계에 있어서 환경에의 영향을 최소화하고, 지속가능 발전을 도모하기 위한 지속가능 프로그램인 GreenLITES를 개발하여 적용하고 있다.

그린라이트는 인증시스템의 녹색도로등급은 총5개 분야, 21개의 평가항목으로 구성되어 있으며, 각 평가항목당 세부적인 평가기준으로 나뉘어져 각 평가기준 시행여부에 따라 포인트가 부여된다.

Level:	Non-Certified	Certified	Silver	Gold	Evergreen
Symbol:	No Symbol				
Points:	0 - 14	15 - 29	30 - 44	45 - 59	60 & up

Fig. 2. Grade of Certification System in New-York State for Construction Level

세부 평가지표는 5분야 21개 평가항목(세부평가항목 178개), 총 278점으로 구성되어 있다.

- 1) 지속가능한 부지 = 5개평가항목(55개 세부항목) 81점
- 2) 수질 = 2개평가항목(12개 세부항목) 20점
- 3) 자재&자원 = 5개평가항목(39개 세부항목) 66점
- 4) 에너지&대기 = 6개평가항목(69개 세부항목) 104점
- 5) 혁신, 미등록항목 = 3개평가항목(3개 세부항목) 7점

### 2.2 한국도로공사의 녹색도로 건설기술 체계

국내의 경우 한국도로공사에서 2010년부터 시행되고 있는 ‘저탄소 녹색성장 기본법’에 따라 녹색경영체제 구축을 통해 ‘녹색성장 기반 확보’, ‘온실가스 저감’등의 목표로 ‘도로건설의 녹색화’, ‘운영관리의 녹색화’, ‘생활실천의 녹색화’, ‘성장동력의 녹색화’의 4대 전략과제 및 17개 실행과제로 구성되어 정책을 시행하고 있다.

국내에서 지속가능한 녹색고속도로 건설 및 기술은 시설물의 전과정에 걸쳐 적용되는 것으로 환경에 영향이 적고 자원을 보존하며, 오염물질 배출을 최소화하는 것을 주요 목표로 한다. 대상범위는 크게 생산기술(공법), 투입 재료, 운영시스템으로 구분된다.

건설 단계별로 도로시설물 구성에 적용되는 녹색기술, 즉, 도로 계획·설계·시공·유지관리(운영)단계에서 적용되는 기술이다(Korea Expressway Corporation Research Institute 2011).

- CO<sub>2</sub> 배출 및 환경부하 저감형 도로 설계 및 시공기술 분야
- 도로건설시 환경에 저해되는 재료를 신개념 친환경 재료로 대체할 수 있는 기술 분야
- 도로구조물의 슬림화를 통해 재료 사용을 감소
- 도로선형 및 노선 개선을 통해 배출가스를 최소화
- CO<sub>2</sub> 발생량을 최소화하기 위한 비혼잡 구간의 저탄소 교통운영관리 기술

또한, 도로시설물을 구성하는데 직접적인 관련은 없지만 도로시설물을 이용한 녹색기술, 즉, CO<sub>2</sub> 포집, 에너지 자원 생산 및 에너지 수집 기술이다.

- 도로에서 방출되는 CO<sub>2</sub>를 포집하고, 저장 및 처리하는 기술 분야
- 도로 및 부속시설에서 신재생에너지를 활용한 에너지 수집재료 및 발전기술

### 2.3 한국형 녹색도로인증시스템 목표 도출

한국형 녹색도로인증시스템 개발을 위해서 평가시스템이 갖는 목표를 우선 설정하고, 설정된 목표 달성을 위한 구체적 노력 및 관련 기술을 도출해야 하며, 도출된 기술은 평가지표로서 적용할 수 있는지도 판단해야 한다. 본 연구에서는 국내·외 현황분석을 통해 다음과 같은 목표들을 제시하였다.

- 1) 건설단계에서 발생하는 환경오염을 최소화 하는 도로
- 2) 건설단계에서 발생하는 탄소배출량을 저감시킬 수 있는 녹색기술형 도로
- 3) 자원순환 및 재생에너지를 사용해서 자원을 효율적으로 이용하는 도로
- 4) 친환경 신재생에너지 이용을 통한 화석에너지 사용을 최소화하는 깨끗한 도로
- 5) 도로 효율성을 향상시켜서, 교통지체로 인한 에너지 낭비를 줄이고, 친환경대중교통 인프라를 구축하여 대중교통을 활성화 할 수 있는 도로
- 6) 지역경관 및 동식물을 보호하는 자연과 함께하는 도로

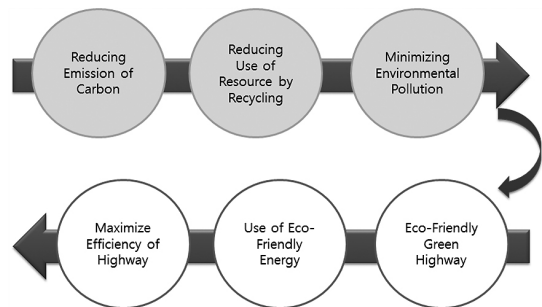


Fig. 3. Objectives of Certification system for Korean Green Highway



### 3. 한국형 녹색도로인증시스템 평가요소 도출

#### 3.1 한국형 녹색도로인증시스템 구축 방향

##### 3.1.1 한국형 녹색도로인증시스템 평가요소 규칙 도출

미국에서 시작된 그린로드인증제는 이미 다른 곳에서도 자체적으로 개발하고 있으며, 미국의 경우도 주별 특성이나 정책 및 행정현황에 따라 다르게 구성되고 있다. 즉, 그린로드 인증제는 다른 곳에서 사용하고 있는 것을 그대로 도입하여 사용하기가 매우 어려우며, 대상 지역의 관련 산업이나 기술 수준을 고려하여 달성할 수 있는 수준으로 평가기준을 정할 필요성이 있다.

본 연구에서는 국내 건설정책 및 환경에 적합한 인증제를 완성하기 위해서 우선 앞선 국외 지표들의 특성을 분석하고 국내 전문가 자문을 통해 한국형 녹색도로인증제 평가시스템 평가요소의 개발을 위한 일반적인 규칙을 도출하였다. 도출된 규칙은 다음과 같다(Fig. 4).



Fig. 4. General Rules of Certification system for Korean Green Highway

- 1) 녹색도로건설을 위한 신기술 및 신공법 등 새롭고 혁신적인 방법론의 적용을 위한 시스템이 탄력적, 개방적으로 운영되어야 한다.
- 2) 평가결과의 신뢰성 확보를 위해서 정량화된 평가방식이 되어야 한다. 어느 누가 평가하더라도 평가결과가 일관성 있게 되어 평가의 신뢰성을 확보해야 한다.
- 3) 직접적이고 이해하기 쉬워야 한다. 비전문가들도 녹색도로인증제 평가시스템을 이해할 수 있어야 하며, 이해하기 쉽게 하기 위해 과도하게 상세한 것보다는 단순화하는 것이 중요하다.
- 4) 영향과 상응하는 평가항목으로 구성되어야 한다.
- 5) 글로벌 스탠다드에 상응하도록 평가시스템을 구성하고 운영되어야 한다.
- 6) 국도, 일반도로, 고속도로, 신규도로, 확장도로 등 모든 형태의 도로에 적용할 수 있게 평가시스템의 확장성을 확보해야 한다.

#### 3.1.2 한국형 녹색도로인증시스템 평가분야 선정

앞서 제시된 한국형 녹색도로인증제의 목표를 기본으로 하여 전문가 자문과 검토과정, 본 연구진의 워크숍을 통해 우선 평가요소의 최상위 분류인 4개의 평가분야를 설정하였으며, 세부평가요소 초안은 평가분야별 목표를 달성하기 위한 세부 기술들을 국외 사례를 벤치마킹한 결과와 일반 규칙을 바탕으로 분야별로 재분류하여 도출하였다.

4가지 평가분야별 달성 목표는 다음과 같다(Fig. 5).

첫째, ‘녹색도로설계/포장기술’의 최종목표는 최적의 도로 선형 및 도로포장 기술을 통해서 환경파괴를 최소화 하며, 탄소배출량을 절감시키는 기술을 적용하는 것이다.

둘째, ‘녹색환경’의 최종목표는 환경오염 최소화를 통한 깨끗한 도로건설, 자연과 함께하는 친환경도로, 지역과 함께하는 도로 등이 핵심 목표이다.

셋째, ‘녹색자원&에너지’ 최종목표는 자원순환을 통한 자원의 효율적 이용, 친환경 그린에너지 생산 및 이용, 자원의 최소화 등이 핵심 목표이다.

넷째, ‘녹색교통’의 최종목표는 도로이용자의 편의 및 안전을 향상시키고, 지능형녹색도로 운영을 통한 에너지 효율성 향상, 친환경 교통을 위한 인프라를 제공하는 것이다.

Objective for Evaluation	
<b>Green Road Design– Pavement Technologies</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducing Emission of Carbon on Pavement of Highway</li> <li>2. Minimizing Destruction of the Environment by Optimal Road Line Design Technique</li> </ol>	<b>Green Traffic System</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Improvement of Road-User's Benefit and Safety</li> <li>2. Improvement of Efficiency of Energy by Smart Highway Operation</li> <li>3. Providing Infra. for Eco-Friendly Traffic System</li> </ol>
<b>Green Environment</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Minimizing Environmental Pollution</li> <li>2. Reducing Emission of Pollution</li> <li>3. Eco-Friendly Highway</li> <li>4. Highway with Local Community</li> </ol>	<b>Green Resources &amp; Energy</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efficient Use of Resources by Recycling</li> <li>2. Producing and Use of New and Renewable Energy</li> <li>3. Minimization of Movement of Resources</li> </ol>

Fig. 5. Objective for Evaluation of Four Area

### 3.2 녹색도로인증시스템 평가요소 국내 적용성 검토

한국형 녹색도로인증시스템 평가요소 도출을 위해 우선 미국 녹색도로인증제 평가항목의 국내 적용성 검토를 수행하였다. 현재 국내 도로건설공사 수행시 설계 및 시공단계에서 해당 평가항목의 업무를 수행하고 있는지 여부에 대해서 전문가 조사를 실시하였으며, 조사는 도로건설사업을 수행하고 있는 설계용역업체의 각 분야 전문가(최소 경력 15년 이상) 5인, 시공 전문가 5인을 대상으로 2차에 걸쳐 조사를 실시(1차

(설계용역업체 대상), 2차(시공업체 대상)하였다. 조사방법은 직접조사 및 서면조사법을 활용하여 최근 종료하였거나 수행중인 사업에 해당 항목과의 관련성을 5점척도로 하여 3점이상이면 관련성이 있는 것으로 판단하였다.

본 적용성 검토결과, 도로건설공사 수행을 통해서 직접적으로 목적물을 구체화하는데 요구되는 자재, 시공, 포장, 수자원 등 평가항목에서는 국내 법제도에 의무적으로 시행되고 있지 않아도 국내 도로설계 및 시공 수행에 있어서 상당부분 반영되어 시행되고 있는 것으로 나타났다.

반면에 미국의 제도와 정책에 따라 수행되고 있는 '접근성과 형평성'에 해당하는 부분은 우리나라 실정에 맞게 변경할 필요성이 있는 것으로 분석되었다.

- 최근 우리나라 환경부 등 정부차원에서 도입 추진중에 있는 'PR-8. LID(Low Impact Development)'와, 'EW-4. 우수비용 분석', 'AE-8. 제한적 문제인식 해결(CSS)', 'AE-9. 문화적 봉사활동', 'A-7. 수자원 사용추적', 'PT-1. 장수명 포장재', 'PT-3. 중온아스팔트' 및 'PT-4. 열섬완화 차열성 포장공법' 항목 등 8개 항목에 대해서는 향후 한국형 녹색도로 제도 도입시 세부평가지표 설정에 고려할 필요가 있음
- 따라서 미국적 상황에 따라 적용되고 있는 일부 항목을 제외하고는 국내 도입 적용시 큰 문제점이 없다고 판단되었다.

Table 1. Investigation of Applicability for Introducing Green Road Certification to domestic road

Title		Performance for Domestic road construction	Applicability for Domestic road
Project Requirements	PR-1	Environmental Review Process	○
	PR-2	Lifecycle Cost Analysis (LCCA)	○
	PR-3	Lifecycle Inventory (LCI)	○
	PR-4	Quality Control Plan	○
	PR-5	Noise Mitigation Plan	○
	PR-6	Waste Management Plan	○
	PR-7	Pollution Prevention Plan	○
	PR-8	Low Impact Development (LID)	○
	PR-9	Pavement Management System	○
	PR-10	Site Maintenance Plan	○
	PR-11	Educational Outreach	○
Environment & Water	EW-1	Environmental Management System	○
	EW-2	Runoff Flow Control	○
	EW-3	Runoff Quality	○
	EW-4	Stormwater Cost Analysis	○
	EW-5	Site Vegetation	○
	EW-6	Habitat Restoration	○
	EW-7	Ecological Connectivity	○
	EW-8	Light Pollution	○
Access & Equity	AE-1	Safety Audit	○
	AE-2	Intelligent Transportation Systems (ITS)	○

Access & Equity	AE-3	Context Sensitive Solutions	×	○	
	AE-4	Traffic Emissions Reduction	×	○	
	AE-5	Pedestrian Access	○	×	
	AE-6	Bicycle Access	○	×	
	AE-7	Transit Access	○	○	
	AE-8	Scenic Views	○	○	
	AE-9	Cultural Outreach	×	○	
	Construction Activities	CA-1	Quality Management System	○	○
		CA-2	Environmental Training	○	○
CA-3		Site Recycling Plan	○	○	
CA-4		Fossil Fuel Reduction	×	○	
CA-5		Equipment Emissions Reduction	×	○	
CA-6		Paving Emissions Reduction	○	○	
CA-7		Water Tracking	○	○	
CA-8		Contractor Warranty	○	○	
Materials & Resources	MR-1	Life Cycle Assessment (LCA)	○	○	
	MR-2	Pavement Reuse	○	○	
	MR-3	Earthwork Balance	○	○	
	MR-4	Recycled Materials	○	○	
	MR-5	Regional Materials	○	○	
	MR-6	Energy Efficiency	○	○	
Pavement Technologies	PT-1	Long Life Pavement	○	○	
	PT-2	Permeable Pavement	○	○	
	PT-3	Warm Mix Asphalt (WMA)	○	○	
	PT-4	Cool Pavement	○	○	
	PT-5	Quiet Pavement	○	○	
	PT-6	Pavement Performance Tracking	○	○	

본 연구에서는 기존 사례와는 다르게 고속도로 뿐만 아니라 국도(지방도, 시군구도 포함)의 모든 도로유형을 대상으로 평가지표를 개발하고자 하였다. 또한, 구체적인 세부평가항목 및 지표 설정 측면에서도 국내에서 개발되는 녹색기술들을 중심으로 국내에서 달성가능한 현실성을 반영하였다.

Table 2. Comparison of Characteristics in Certification system for Overseas and Korean Green Roads

Item	GreenRoads	GreenLITES	Korean
Target	All Roads	All Roads	Expressway, National Highway
Domain	New, Improvement	New, Improvement, Repair etc.	New, Improvement
Basic Factor	Mandatory(11) + Voluntary 5 Area(37 Factor)	5 Area 21 Factor	4 Area Expressway 36, National Highway 37 Factor
Evaluation Index	37	178	Expressway 48, National Highway 50
Optimal Index Total Pts.	1 Index 10 Pts. 118 Pts.	3 Index 7 Pts. 278 Pts.	1 Index 10 Pts. 110 Pts.
The Highest Level Pts.	> 60 Pts of Total	> 60 Pts of Total	> 60 Pts of Total
Certification Levels	4 Level	4 Level	4 Level



Fig. 6. Evaluation Factor of Certification system for Korean Green Highway

## 4. 한국형 녹색도로인증시스템 평가요소 및 지표 중요도 평가

### 4.1 평가 개요

본 설문조사는 한국형녹색도로인증제 평가시스템(고속도로 및 국도)에 필요한 평가항목 배점 설정을 위해 중요도를 통계적으로 도출하는 것이다. 이를 위해 국내 고속도로 및 국도 설계·시공 및 운영과 직간접적으로 관련된 국내 발주청(정부기관/공사), 대학교, 국책연구소, 설계/건설링회사 등의 최소 경력 10년 이상의 전문가 22명을 대상으로 서면 및 온라인 조사를 수행하였다.

평가를 수행함에 앞서 다양한 항목들을 평가하기 때문에 평가시 공통적으로 고려해야할 기본 원칙을 제시하였으며 이는 첫 번째, 녹색도로와 연관된 4가지 평가분야별로 기본적인 기술의 경우 가장 낮은 중요도를 가지며 두 번째, 유사한 기술의 경우 비용이 높은 기술이 더 높은 중요도를 가진다는 것이다.

이러한 몇 가지 원칙에 기반하여 연구진 및 자문위원들의 단계적 검토를 통해 도출한 '한국형녹색도로인증제 평가시스템'의 목표에 따른 평가분야(4개 분야)별 평가항목(고속도로 각 분야별 총 36개, 국도 각 분야별 총 37개) 및 평가지표(고속도로 각 분야별 총 48개, 국도 각 분야별 총 50개)들을 대상으로 3단계 계층별로 계층분석법(Analytic Hierarchy Process : AHP)에 의한 쌍대비교를 실시하여 평균적인 가중치를 산정하였다.

계층분석법은 수많은 공공부분 정책 수립 및 의사결정 문제에 활용되고 있는 기법으로 의사결정자의 오랜 기간 축적된 경험, 지식 등을 쌍대비교 즉, 요소간의 1:1 비교를 통하여 정량화하는 대표적인 전문가 의사결정 도출 방법이다. 주요 평가분야 및 세부 평가항목 가중치 계산을 위한 조사 방식은 각 요소간 쌍대비교하여 중측의 평가항목이 횡측의 평가항목에 비해 상대적으로 어느 정도 중요한지에 따라 1에서 9까지 척도를 기입하도록 하였다.

## 4.2 평가 결과

### 4.2.1 평가분야별 중요도

우선 최상위 계층인 「평가분야」에서는 약 8% 정도의 차이로 '녹색환경' 분야(0.35)가 '녹색도로설계/포장기술' 분야(0.27) 보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났으며, '녹색교통' 분야(0.17)가 가장 낮은 것으로 나타났다(Fig. 7).

### 4.2.2 평가요소별 중요도

2단계 계층인 「평가항목」에서는 우선 첫 번째 '녹색도로설계/포장기술' 부문 9개 세부평가항목중 '친환경도로설계'가 약 18% 정도의 차이로 2순위인 '저소음포장', '장수명포장', '투수성포장', '열섬완화 차열성 포장', '저탄소아스팔트포장'(이상 0.111로 동일) 보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났으며, '포장LCA분석', '생애주기환경비용분석'(이상 0.037로 동일)이 가장 낮은 것으로 나타났다.

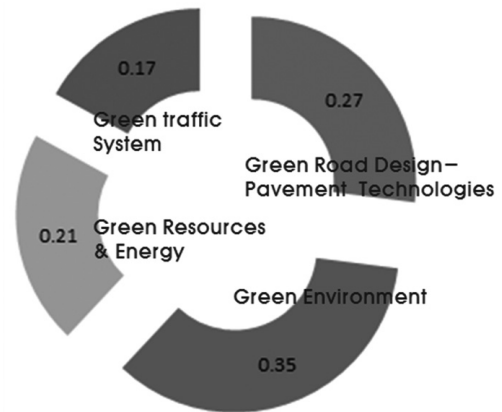


Fig. 7. First Level Importance : Evaluation Area

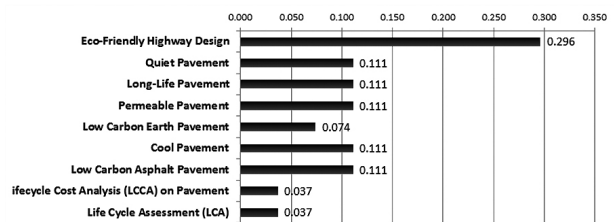


Fig. 8. Assessment of Importance Factor in Green Highway Design-Pavement Technologies Area

두 번째 '녹색환경' 부문 14개 세부평가항목중 '교통오염 절감(도로 탄소포집/흡수)'이 약 12% 정도의 차이로 2순위인 '소음완화', '폐기물관리', '오염방지관리', '저영향개발', '현장녹지화', '서식지복원', '생태학적연관성', '빛공해저감', '문화복지', '장비온실가스 배출저감', '수자원계획수립'(이상 0.057로 동일) 보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났으며, '환경교육'(0.029)이 가장 낮은 것으로 나타났다.



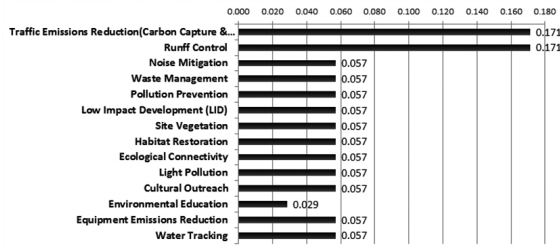


Fig. 9. Assessment of Importance Factor in Green Highway Green Environment Area

세 번째 '녹색자원 & 에너지' 부문 7개 세부평가항목과 네 번째 '녹색교통' 부문 6개 세부평가항목의 중요도 평가결과는 Fig. 10, Fig. 11과 같이 분석되었다.

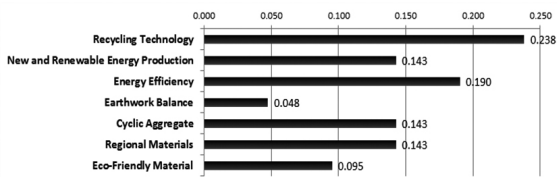


Fig. 10. Assessment of Importance Factor in Green Highway Green Resources & Energy Area

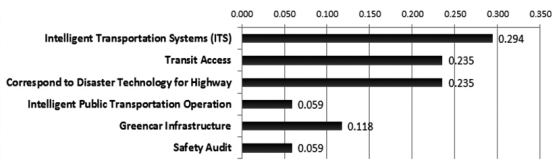


Fig. 11. Assessment of Importance Factor in Green Highway Green Traffic System Area for Expressway

또한, 고속도로 외 '국도'분야에서는 앞선 '녹색도로설계/포장기술', '녹색환경', '녹색자원/에너지' 3개 부문 평가항목은 모두 동일한 반면에, '녹색교통' 부문 평가항목은 국도의 특성상 다소 다르기 때문에 별도로 중요도를 조사하였으며, 평가결과는 Fig. 12와 같이 분석되었다. 그 결과 7개 세부평가항목중 '보행/자전거 도로 운영기술'이 약 6% 정도의 차이로 2순위인 '교통류 및 접근성', '도로재난대응 기술', '지능형대중교통운영'(이상 0.176로 동일) 보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났다.

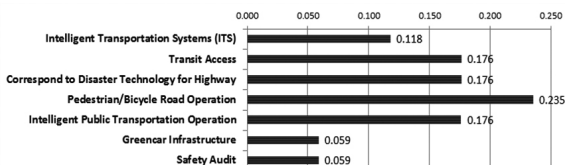


Fig. 12. Assessment of Importance Factor in Green Highway Green Traffic System Area for National Highway

#### 4.2.3 세부평가지표별 중요도

마지막 3단계 계층인 「평가지표」의 경우 대부분 평가항목 자체가 평가지표가 되도록 하였으나, 일부 포괄적으로 정의된 항목의 경우 세부지표로 나누어 평가하도록 구성하였기 때문에 세부 중요도를 개별적으로 조사하였다.

각 분야/평가항목별 세부평가지표의 전체대상(GLOBAL) 가중치는 아래 식(1)에 의해 산정되었다.

$$\text{평가분야가중치} \times \text{항목별가중치(LOCAL)} \times \text{지표가중치(LOCAL)} \quad (1)$$

첫 번째 '녹색도로설계/포장기술' 부문에서는 '친환경도로설계'의 경우 3개(환경영향평가, LCA기반 탄소저감형 도로설계 기술, 친환경 경관설계)의 세부평가지표중 'LCA기반 탄소저감형 도로설계 기술(0.5)'이 약 12% 정도의 차이로 2순위인 '친환경 경관설계'(0.375)보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났다.

두 번째 '녹색환경' 부문에서는 '교통오염 절감(도로 탄소포집/흡수)'의 경우 2개의 세부평가지표중 '도로 탄소포집/흡수기술(0.667)'이 약 33% 정도의 차이로 '교통오염 절감기술'(0.333)보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타남났다. 또한, '우수관리(도로유출수관리)'의 경우 3개의 세부평가지표중 '우수흐름관리(0.5)'가 약 17% 정도의 차이로 2순위인 '우수수질'(0.333)보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났으며, '우수유출수 비용분석'(0.167)이 가장 낮게 나타났다.

세 번째 '녹색자원/에너지' 부문에서는 '자원순환기술'의 경우 3개의 세부평가지표중 '아스콘-콘크리트 재활용기술(0.4)'과 '활성 산업부산물 도로기술(0.4)'이 약 20% 정도의 차이로 '현장재활용계획'(0.2)보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났다. 또한, '에너지효율'에서는 2개의 세부평가지표인 '에너지효율기술(0.5)'과 '자연채광 활용기술(0.5)'이 동일한 중요도를 가지는 것으로 나타났다.

네 번째 '녹색교통' 부문에서는 '지능형교통시스템'의 경우 2개의 세부평가지표중 '지능형교통시스템(0.6)'이 약 20% 정도의 차이로 '전자요금징수시스템'(0.4)보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났다.

마지막으로 국도분야의 '녹색교통' 부문에서는 '보행/자전거 도로 운영기술'의 경우 2개의 세부평가지표인 '자전거도로(0.5)'와 '보행자도로(0.5)'가 동일한 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 또한, '지능형대중교통운영'에서는 'BIS/BMS시스템 지능화 기술(0.667)'이 약 33% 정도의 차이로 'BRT 시스템 개선기술'(0.333)보다는 중요하게 판단되고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.3 인증시스템 활용 기준 구축

앞선 분석결과를 통해 각 평가요소(평가분야-, 평가항목, 평가지표)별 상대적 중요도를 선정하였으며, 최종적으로 110

점 만점을 기준으로 전체 세부지표별 인증점수(안)을 선정하는데 반영하였다.

Table 3. Certification System for Korean Green Highway (Draft)

Factor	Index	Score
<b>Green Road Design—Pavement Technologies (Common)</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 (Common)</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
	Stormwater 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 (Common)</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 (Expressway)</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 Greencar Infrastructure	Design/Construction/Operation of Electricity Charging Points for Vehicles	2
TS6 Safety Audit	Safety Audit	1
<b>Green Traffic System (National Highway)</b>		
TS1 Intelligent Transportation Systems (ITS)	Intelligent Transportation Systems (ITS)	2
TS2 Transit Access	Smart Crossroads Operation	3
TS3 Correspond to Disaster Technology for Highway	Smart Correspond to Disaster Technology for Highway	2
TS4 Pedestrian/Bicycle Road Operation	Bicycle Road	2
	Pedestrian Road	2
TS5 Intelligent Public Transportation Operation	BRT System	1
	BIS/BMS System	2
TS6 Greencar Infrastructure	Design/Construction/Operation of Electricity Charging Points for Vehicles	1
TS7 Safety Audit	Safety Audit	1
<b>Custom Credits</b>		
Custom Credits		10

또한, 추후 연구를 통해 개발될 녹색도로인증제 평가 매뉴얼에 본 연구결과 도출된 평가지표별 배점과 목표, 평가기준을 Fig. 13과 같이 정리·반영하여 평가자의 평가업무 수행에 용이하게 활용될 수 있도록 제시하였다.

## 5. 결론

본 연구는 국외사례와 비교하여 녹색도로 구축에 대한 구체적인 방안제시가 부족과 녹색도로 도달을 위한 평가기준의 부재 문제를 해결하는 방안으로 국외사례 벤치마킹 및 국내 녹색도로기술의 니즈를 조사하고 기본적인 방향을 도출하고자 하였다. 우선 연구진과 국내 엔지니어링 및 시공회사 전문가와 함께 국내 적용성 검토를 수행하여 평가시스템 대분류 및 평가항목을 개발하였으며, 일부를 제외하고 큰 틀에서 국내 현황에 적합한 것으로 분석되었다. 또한, 실제 국내 인증제 적용을 위한 평가요소별 중요도 결정을 실시하였으며, '녹색환경'과 '녹색도로설계/포장기술' 영역이 가장 중요한 것으로 도출되었다.

본 연구결과는 국내 녹색도로 세부기술의 범·제도 반영을 위한 기초자료로도 활용될 수 있으며, 궁극적으로 녹색도로 인증제 평가내용, 측정방법 등의 설정에 반영되어 국내 도로



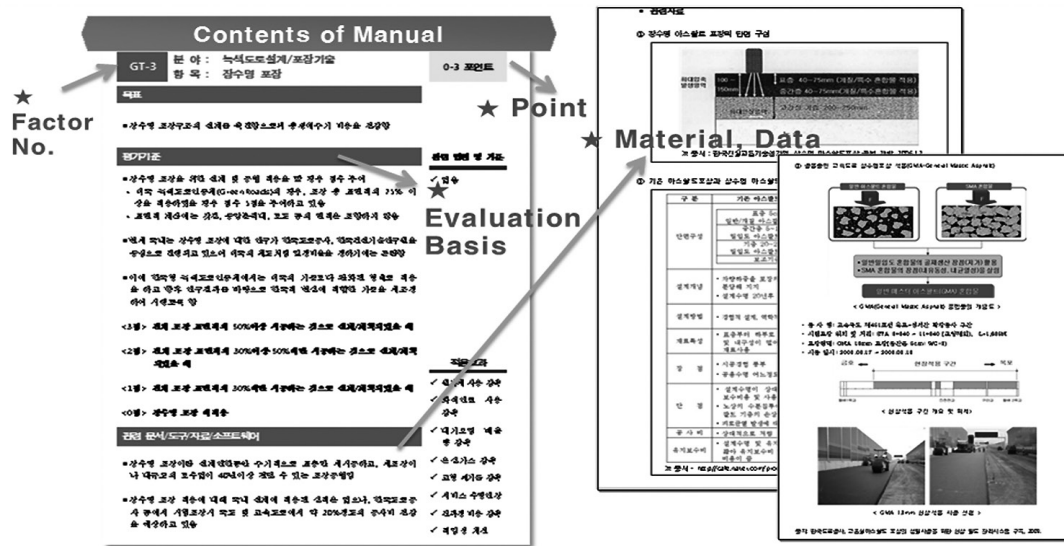


Fig. 13. Proposal of The Manual of Certification System for Korean Green Highway

의 지속가능성과 환경성을 중심으로 녹색기술 개발 및 적용 확산을 통해 관련 산업 발전에 기여할 수 있을 것이다.

최종적으로 시범사업 적용 등 추가 연구를 통해 녹색도로 인증을 위한 세부평가지표가 확정이 되면, 이에 대한 구체적인 평가기준, 점수범위 등을 수록한 매뉴얼을 작성토록 하며, 매뉴얼에는 평가자가 평가업무 수행에 용이하도록 관련 자료 및 관련법령 등이 제시되어야 할 것이다.

녹색도로(Green Highway)는 ‘에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하면서 안전하고 쾌적한 이동성을 확보하는 도로’로 정의되고 있다.(탄소중립형 도로 기술개발 연구단) 이 정의와 미국의 제도, 그리고 본 연구에서 정립한 인증제(안)에서 알 수 있는 바와 같이 녹색도로는 온실가스 저감뿐만이 아니라 도로의 기능성을 최대한 확보하는 도로가치의 모든 항목을 다루고 있다.

정부는 제2차 녹색성장 5개년 계획(2014-2018)을 수립하였다. 3대 정책목표는 저탄소 경제 · 사회구조 정착, 녹색기술과 정보통신기술(ICT)의 융합을 통한 창조경제 구현, 기후변화에 안전하고 쾌적한 생활기반 구축 등이다. 도로분야에서의 녹색도로 인증제 도입과 시행은 이들 정책목표를 달성하는 유효한 수단으로, 연구결과의 적극적인 반영이 필요하다.

### 감사의 글

This paper is based on the work done under the Carbon Neutral Road Technologies Development project of 2011 Construction Technology Innovation Program,

The authors thank the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) and the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) for the research support.

### References

Carbon Neutral Road Technologies Reaearch Group (2013). “Development of Carbon Neutral Road Technologies”.

Park, J. W. (2013). “Investigation of Framework for Green-Road Certification System” *Journal of the Korea Road Engineers Spring Conference 2013*, pp. 253-256.

Kim, S. B., and Kwak, H. J. (2013). “A Benchmarking Study on Green Roads Certification Policies using Case Studies” *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, KSCE, 33(3), pp. 1173-1180.

Korea Expressway Corporation Research Institute (2011). “The Present and Future of low carbon green road”

NYS DOT (2010). GreenLITES project design certification program, New York State Department of Transportation.

University of Washington, ‘GreenRoads Abridged manual v1.5’ (2011).

<http://www.greenroads.org> (Dec. 15, 2013).

---

**요약 :** 최근 국가정책 아젠다인 ‘저탄소 녹색성장’은 국가의 중요한 비전으로 전정부차원의 노력이 이루어지고 있다. 정부는 2020년 까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국으로 진입을 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 실현시키기 위해 효율적 온실가스 감축 및 녹색국토, 교통의 조성이 중요한 시책으로 추진되고 있다. 건설산업 부문도 예외가 아니어서 에너지 및 온실가스 배출저감을 위한 정책 및 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 해외 선진국의 경우 가장 광범위한 대상인 도시시설물에 대한 녹색도 측정을 위한 연구가 수행되었으며 그것을 기반으로 녹색도로인증제가 적용되고 있다. 본 논문은 선진국 제도 및 사례를 벤치마킹하고 국내 도로부문에 있어 적용성을 검증하여 녹색도로인증제도의 성공적인 국내 도입에 일조 하고자 한다.

**키워드 :** 저탄소 녹색성장, 녹색도로, 친환경 인증제도, 평가지표

---