..... 미래사회협동연구총서 09-06-29 · 연구총서 2009-07 ..

녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책개발

Development of New Highway Paradigms to Embody Green Growth

..... 이동민 · 유정복 · 연지윤 .....

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

서 문

과거 경제성장과 산업발전을 추진해오면서 도로는 국가와 지역발전에 필수적인 국가교통시설로서의 중추적 기능을 담당해 왔습니다. 실제로 1972년 428km의 경부고속도로가 개통됨에 따라 우리나라는 급속한 경제성장과 산업발전을 이루고, 선진국으로 도약할 수 있는 기회를 갖기 시작했습니다. 하지만 이러한 급속한 경제성장과 산업발전은 환경오염과 자연훼손, 그리고 지구 온난화 등의 여러 가지 문제점들을 함께 야기 시켜왔습니다.

녹색성장은 이와 같이 환경과 경제성장이 서로 상충된다는 고정관념에서 벗어나, 두 분야의 상생과 시너지를 극대화시키기 위한 개념으로, 경제성장이 환경개선에 기여하고 환경이 새로운 성장 동력으로 전환되어 경제와 환경이 공존하고 상호 협력관계에 있게 되는 새로운 국가발전 전략입니다.

최근 녹색성장 기조에 따라 도로는 대기오염의 주요 원인이자 각종 자연훼손의 주범으로 많은 문제점이 지적되어오고 있습니다. 이에 따라 교통 혼잡 최소화 및 도로의 효율적 운영 등이 지속적으로 추진되어 오고 있으나, 기존 도로의 역할에서 벗어나 새로운 패러다임 전환을 통한 적극적인 노력들을 통해서만, 녹색성장 시대에 도로는 과거와 같은 역할을 수행할 수 있을 것입니다.

본 연구에서는 녹색성장시대에 대기오염 및 환경훼손을 최소화하면서, 경제성장을 지속적으로 뒷받침하기 위해 새로운 도로 역할과 기능을 창출하기 위한 정책을 제언하였습니다. 이를 위해 녹색성장시대에 요구되는 도로관련 변화를 검토하고, 녹색성장시대 도로의 새로운 역할을 창출하였습니다. 또한 이러한 역할 수행을 위해 도로의 패러다임 변화를 제언하고 도로를 통한 녹색에너지 및 자원 생산과 한정된 국토 활용 극대화를 위한 공공부지 등의 정책들을 제언하고 해당 정책 추진전략을 제시하였습니다.

본 연구가 저탄소 녹색성장시대에 정부의 도로부문 정책 수립 및 집행에 크게 활용되어 저탄소 녹색성장의 초석이 되길 진심으로 기대합니다.

2009년 8월

한국교통연구원

원장 황 기 연

경제·인문사회연구회 미래사회협동연구총서

"녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책개발"

1. 미래사회협동연구총서 시리즈

미래사회협동연구총서 일련번호	연구보고서명	연구기관
09-06-29	녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책개발	한국교통연구원

2. 참여연구진

연구기관		연구책임자	참여연구진
주관 연구기관	한국교통연구원	이동민 책임연구원(총괄책임자)	유정복 연구위원 연지윤 책임연구원

목 차

표 목 차 ····· *ix*
그림목차 ····· *xiii*
요 약 ····· *xvii*

제1장 서 론 ····· 1

제1절 연구의 배경 및 목적 / 1
제2절 연구의 범위 및 방법 / 3
제3절 선행연구 고찰 및 본 연구의 차별성 / 6

제2장 녹색성장시대 도로교통 현황 및 문제점 진단 ····· 9

제1절 도로교통 부문 에너지 소비현황 / 9
제2절 도로교통 부문 온실가스 배출량 현황 / 12
제3절 도로건설 및 운영이 환경에 미치는 피해 / 18

제3장 녹색성장 관련 국내 · 외 도로교통정책 사례 ····· 25

제1절 국내 사례 / 25

제2절 국외 사례 / 36
제3절 국내·외 사례 검토 시사점 / 46

제4장 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임 ····· 48

제1절 도로교통에서의 녹색성장 개념 / 48
제2절 녹색성장시대 도로 관련 변화 / 50
제3절 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임 전환 / 53

제5장 녹색성장 구현을 위한 도로교통 부문 정책개발 ····· 64

제1절 도로시설을 통한 녹색에너지 생산 및 활용 / 64
제2절 도로 강우 유출수 활용 / 74
제3절 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망·통신망 구축 / 78
제4절 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설 구축 / 81
제5절 저탄소 교통관리 기반 도로운영 / 95
제6절 보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로 / 104
제7절 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성 / 123
제8절 녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책 추진 로드맵 / 126

제6장 결론 및 정책제언 ····· 128

제1절 결 론 / 128
제2절 정책제언 / 134

참고문헌 ····· 137

Abstract ····· 139

표목차

<표 1- 1> 본 연구의 필요성 ····· 4
<표 1- 2> 주요 선행연구와의 차별성 ····· 7
<표 2- 1> 부문별 최종에너지 소비 동향 ····· 10
<표 2- 2> 최종에너지 부문별 수요 비중전망 ····· 11
<표 2- 4> 교통분야 온실가스 배출량 추이 ····· 14
<표 2- 5> 주요 국가별 교통부문 온실가스 배출량 비교 ····· 15
<표 2- 6> 도로교통(자가용)분야의 온실가스 배출량(2004년) ····· 16
<표 2- 7> 도로교통(영업용) 분야의 온실가스 배출량(2004년) ····· 17
<표 2- 8> 고속도로연장과 로드킬(Road-Kills) 변화추이 ····· 20
<표 2- 9> 자동차 소음과 불쾌함을 느끼는 비율 ····· 22
<표 2-10> 도로건설이 환경에 미치는 영향 종합정리 ····· 24
<표 3- 1> 서울시의 환경친화적 도로확충 전략목표 및 기본방향 30
<표 3- 2> 서울시의 환경친화적 도로건설 단계별 검토사항 ····· 31
<표 3- 3> 아스팔트 혼합물 생산 시 연료 및 유해가스 발생량 비교 33
<표 3- 4> 국가별 하이브리드 차량 지원 정책 ····· 34
<표 3- 5> 한국과 캐나다의 노후차에 대한 세금 감면정책 비교 35
<표 4- 1> 녹색성장시대 도로 관련 변화 ····· 52
<표 4- 2> 도로의 다양한 기능 ····· 53

<표 4- 3> 교통수단별 여객/화물 수송 현황 ····· 54
<표 4- 4> 고속도로 건설에 따른 직접·간접 효과분석 ····· 55
<표 5- 1> 도로에서의 연간 전력사용량과 대기오염 배출량 ····· 65
<표 5- 2> 전력사용에 따른 이산화탄소 배출량 비교 ····· 65
<표 5- 3> 산림에 의한 이산화탄소 흡수량 ····· 66
<표 5- 4> 유럽의 방음벽 활용 태양에너지 생산 사례 ····· 69
<표 5- 5> 방음벽에 의한 태양에너지 생산 가능량 ····· 72
<표 5- 6> 고속도로 IC/JCT의 도로유휴지에서의 태양에너지 생산 가능량 ····· 72
<표 5- 7> 국내 포장도로면 현황 ····· 75
<표 5- 8> 송전설비 연차별 현황 ····· 78
<표 5- 9> 송전전압에 따른 송전용량 및 송전시설규모 ····· 78
<표 5-10> 간선도로망과 전력 송전망 ····· 79
<표 5-11> 각국의 충전인프라 전원규격 ····· 84
<표 5-12> 유럽 주요 국가 충전소 설치 현황(2008년 10월 기준) 84
<표 5-13> 국외 전기자동차 보급 활성화 정책 ····· 94
<표 5-14> 첨단 저탄소 교통관리시스템 도입 효과분석 ····· 99
<표 5-15> 자동차 보조금-부담금 및 판매량 변화 ····· 101
<표 5-17> 대도시권 외곽순환도로 해외사례 및 현황 ····· 107
<표 5-18> 수도권을 중심으로 한 순환도로 구축 현황 및 계획 109
<표 5-19> 제2외곽순환고속도로 건설 추진현황 ····· 109
<표 5-20> 제1외곽순환도로망 운영현황 ····· 111
<표 5-21> 제1외곽순환도로망 운영 효과분석 ····· 111
<표 5-22> 주중 및 주말의 교통량 비교(경부고속도로 천안-안성 구간) ····· 117
<표 5-23> 주중 및 주말의 교통량 비교(서해안 고속도로 송악-서평택 구간) ····· 117

<표 5-24> 튜브시스템 전환에 따른 효과분석 결과 ····· 121
<표 5-25> 녹색성장 구현을 위한 도로부문정책 추진 로드맵 ··· 127

그림목차

<그림 1-1> 연구수행절차 ····· 5
<그림 2-1> 교통부문별 에너지소비 분담률(2007년) ····· 11
<그림 2-2> 수송부문의 에너지원별 소비분담률(2007년) ····· 12
<그림 2-3> 에너지 연소부문의 부문별 온실가스 배출 비중, 2005년 13
<그림 2-4> 국도 1호선(두마-반포 간) 도로확장공사에 따른 계룡산국립공원 산림훼손 ····· 19
<그림 2-5> 서울외곽순환(일산-퇴계원)고속도로 공사로 인한 자연훼손 ····· 19
<그림 2-6> 로드킬(Road-Kills) 사례 ····· 20
<그림 2-7> 연도별 고속도로 연장 및 로드킬(Road-Kill) 변화추이 21
<그림 2-8> 소음진동민원 발생 추이 ····· 23
<그림 3-1>경부고속도로 상부 덮개공원 ····· 26
<그림 3-2> 그리스 Attica Tollway ····· 37
<그림 3-3> Arup의 친환경 도로건설을 위한 노력 ····· 38
<그림 3-4> Reflecting Sheet 비교 ····· 39
<그림 3-5> 전자통행료지불 시스템 ····· 40
<그림 3-6> Road Energy Systems ····· 41
<그림 3-7> 전기자동차용 무료 충전시설 ····· 44

<그림 3- 8> e-mobility Berlin ····· 44
<그림 4- 1> 저탄소 녹색성장의 패러다임 ····· 49
<그림 4- 2> 도로에 의한 환경 피해 구분 ····· 51
<그림 4- 3> 도별 일반국도의 서비스수준 D 이하 구간 비율 ···· 56
<그림 4- 4> 저탄소 녹색성장 구현을 위한 도로의 역할 ····· 58
<그림 4- 5> 녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임 ····· 59
<그림 5- 1> 방음벽 이용 태양에너지 생산사례(유럽) ····· 67
<그림 5- 2> 다양한 방식의 방음벽 이용 태양에너지 생산 ····· 67
<그림 5- 3> 고속도로 IC 부지에 설치 가능한 태양에너지 생산시설 68
<그림 5- 4> 도로 유휴지에 사용가능한 태양에너지 생산시설 ··· 68
<그림 5- 5> 태양집광 시설 설치가 가능한 다양한 도로시설 ····· 71
<그림 5- 6> 고창휴게소에 설치된 태양 집전시설 ····· 73
<그림 5- 7> 포장도로면을 활용한 빗물 저류시설 ····· 75
<그림 5- 8> 저탄소-녹색성장을 위한 빗물이용 ····· 77
<그림 5- 9> 국토를 점유하고 있는 고압 송전탑 ····· 79
<그림 5-10> 도로를 따라 건설된 송전시설 ····· 80
<그림 5-11> 전국 고속도로망과 발전소 위치 ····· 80
<그림 5-12> 전 세계 자동차 시장전망 ····· 81
<그림 5-13> 직접 충전식 충전인프라 ····· 85
<그림 5-14> 배터리교환 방식 전기자동차 충전설비 ····· 86
<그림 5-15> 무선전력공급 기반 미래청정교통체계 ····· 88
<그림 5-16> 미국 PATH프로젝트에 사용된 버스와 개념도 ····· 89
<그림 5-17> 온라인 전기자동차의 개념 및 장점 ····· 90
<그림 5-18> 온라인 전기자동차 개념 및 기본 시스템 ····· 91
<그림 5-19> 온라인 자동차 구성 및 작동원리 ····· 92
<그림 5-20> 상하이의 비접촉 충전방식 예 ····· 93
<그림 5-21> 첨단 저탄소 교통관리시스템 기본구상 ····· 95

<그림 5-22> 저탄소 교통관리센터 기능 및 구성 ····· 97
<그림 5-23> 각국의 자동차연비 및 온실가스 배출기준 ····· 101
<그림 5-24> 도심 외곽 순환도로망의 주요기능 ····· 106
<그림 5-25> 제1외곽순환도로 건설현황 ····· 110
<그림 5-26> 국가별 유효도로 보급률 비교 ····· 112
<그림 5-27> 말레이시아 콸라룸푸르 SMART 지하차로 ····· 113
<그림 5-28> 프랑스의 라데팡스 ····· 114
<그림 5-29> 미국 LA 110도로의 다인승 차량 고가도로 ····· 116
<그림 5-30> 튜브운송과 캡슐-파이프라인 시스템의 역사 ····· 120
<그림 5-31> 홈존(Home Zone)에서의 도로를 통한 사람 간의 소통과 만남 확대 ····· 122
<그림 5-32> 연계교통체계의 개요 ····· 124
<그림 5-33> 신시내티의 환승센터 ····· 124
<그림 5-34> 마드리드의 환승센터 ····· 125

요 약

1. 연구개요

가. 연구의 필요성 및 목적

2005년 기준 국가 전체 CO_2 배출량은 약 5.9억 톤으로 이는 15년 전 1990년에 비해 약 2배가 증가한 수치이다. 이 중 교통부문에서 약 19.9%의 CO_2가 배출되었고, 전체 교통부문 배출량의 80%가 도로에서 배출되어 도로에 의한 CO_2 배출량은 국가전체 연간배출량의 16.1%에 해당한다.

또한 도로건설 및 운영에 따른 대기오염, 자연훼손 등 환경피해가 발생하고 있다. 도로건설에 따른 자연경관 및 동·식물 생태계 파괴, 소음·진동 피해, 도로운영 시 과속 및 교통지체에 따른 CO_2 배출 등의 문제는 지속적으로 문제시되고 있다. 이에 따른 문제를 해결하기 위해 도로건설의 환경성 검토, 친환경 생태통로, 저탄소형 도로포장 기술 개발 등의 노력이 계속되고 있지만, 녹색성장 지원을 위해서는 추가 노력이 요구되고 있다.

도로부문은 이와 같은 反 '저탄소 녹색성장'이라는 인식 때문에 선진국에 비해 아직도 도로 스톡이 부족함에도 불구하고 투자가 제한되는 등의 어려움에 처해 있고, 이와 같은 도로정책 부문이 안고 있는 문제를 해결하기 위한 노력이 절실한 시점이다. 하지만 단순히 일부 문제들을 해결하려는 단편적인 노력만으로는 녹색성장시대 도로의 역할과 필요성을 인정받기는 어려

운 실정임으로 전 세계적인 흐름인 저탄소 녹색성장의 기조에 발맞추기 위해 도로정책부문은 기존에 추진되어 오던 정책들에서 과감히 벗어나 새로운 패러다임 전환을 통한 녹색성장시대 구현에 이바지하는 도로정책개발을 위한 많은 노력이 필요한 실정이다.

본 연구의 목적은 녹색성장 구현을 위하여 선진국에서 진행 중인 도로교통 부문의 연구 및 정책들에 대해 검토하고 이를 바탕으로 향후 국내에서 중점적으로 추진해야 할 도로정책방안을 도출하는 데 있다. 이를 위해 기존에 비해 녹색성장시대에 도로교통 부문 전반에 걸쳐 요구되는 변화들을 살펴보고, 해당 변화들에 부합하는 도로교통부문의 새로운 패러다임을 제시하고자 한다. 특히 새로운 도로교통의 패러다임에서는 단기적 변화보다는 미래지향적인 장기적 변화를 중점적으로 제언하고자 한다.

나. 연구 범위 및 방법

1) 연구 범위

○ 시간적 범위

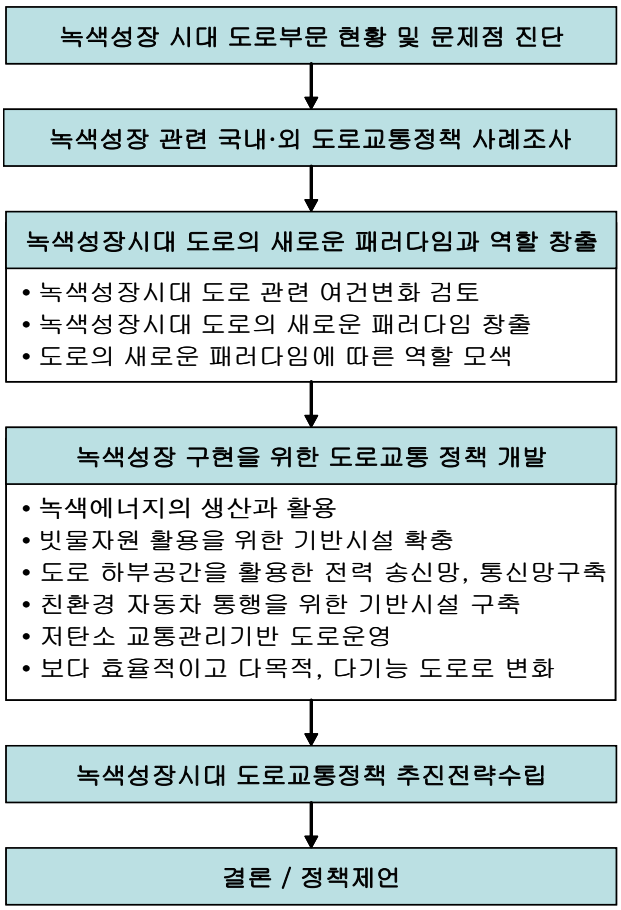
본 연구의 시간적 범위는 단·중기적으로 5~10년으로, 장기적으로는 관련 기술과 분위기 조성이 충분히 이루어진 20~30년 이후를 범위로 한다.

○ 내용적 범위

본 연구는 녹색성장 구현을 위한 새로운 도로부문 정책 관련 아이디어들을 창출하는 것을 주 내용으로 하고 있다. 그러므로 연구를 통해 제안되는 정책들은 녹색성장시대의 도로의 새로운 패러다임 전환을 위한 것으로 다분히 미래지향적인 도로부문 정책들이다. 기존 도로정책은 도로계획, 도로건설 및 도로운영 등으로 구분하여 추진되어 오고 있으나, 본 연구에서 제안하는 녹색성장시대의 도로정책은 이러한 별도의 구분 없이 도로 관련 새로운 정책들을 개발하고 제안하고자 한다.

2) 연구 방법

우선 관련분야의 국내·외 사례조사 부분은 우선적으로 문헌검토를 통해 수행하며, 이를 각 분야의 전문가와의 자문회의 등을 통해 구체화하고 시사점을 도출하였다. 또한 녹색성장 구현을 위한 다양한 도로교통정책을 도출하고 이를 추진하기 위한 구체적인 방안 및 도입효과분석을 포함하였으며, 개발된 도로교통정책 및 분석결과는 해당 전문가와의 자문회의 등을 통해 검증하였다. <그림 1>은 본 연구의 수행절차를 설명하고 있다.



<그림 1> 연구수행절차

2. 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임

가. 도로교통에서의 녹색성장 개념 정립

○ ‘녹색성장(Green Growth) 개념

녹색성장(Green Growth)은 환경(Green)과 경제(Growth)가 상충된다는 과거의 고정관념에서 벗어나, 상반될 수 있는 두 분야의 상생과 시너지를 극대화시키기 위한 개념이다. 경제성장이 환경개선에 기여하고 환경이 성장동력으로 전환되어 경제와 환경이 공존하고 상호 협력관계에 있게 되는 새로운 국가발전 전략이다.

○ 도로교통에서의 ‘녹색성장 개념

도로교통 부문에서의 녹색성장은 지구온난화의 원인이 되는 이산화탄소 배출을 최소화하면서 경제성장을 지속적으로 뒷받침하기 위한 여객·물류의 이동성을 확보하는 개념이다. 기존에 도로교통 분야에서 추진되어 왔던, 혼잡의 최소화, 도로의 계층 최소구성 및 효율 최소운영 등의 일반적인 노력뿐만 아니라 기존 도로의 역할에서 벗어난 새로운 패러다임 전환을 통한 아래와 같은 노력들을 통해 도로교통 분야의 녹색성장을 이끌 수 있을 것으로 기대한다.

- 도로: 한정된 국토의 활용 극대화를 유도할 수 있는 공공부지
- 도로: 에너지와 자원을 생산할 수 있는 다목적의 공공부지
- 도로: 새로운 문화창조와 사람 간의 소통의 장으로서의 공공부지로 전환

나. 녹색성장시대 도로 관련 변화

도로건설의 목표는 더 이상 “넓게 그리고 빠르게”를 지향하지 않고, 환경친화적인 도로와 자연·인간이 함께하는 도로건설로 전환되고 있다. 이러한 도로건설의 목표를 달성하기 위해 승용차 통행 위주의 도로는 도로교통수단

의 다변화를 통해 승용차 통행뿐만 아니라 버스, 자전거, 보행자 통행을 위한 서비스 제공을 위한 도로로 전환되고 있다.

화석에너지 자동차를 위한 기반시설에서 전기 및 수소 자동차 등의 친환경 자동차를 위한 기반시설을 제공하는 도로로 전환이 필요하다. 도로는 운영 시 발생되는 온실가스 외에도, 도로포장, 각종 도로시설 생산 등의 도로건설 단계에서도 많은 온실가스를 배출하고 있고, 환경훼손의 문제를 야기하고 있다. 그러므로 녹색성장시대에는 보다 환경친화적인 도로를 계획하고 저탄소지향형 도로건설 방법을 이용한 도로건설이 필요하다.

<표 1> 녹색성장시대 도로 관련 변화

구분	기존	저탄소 녹색성장시대
도로건설의 목표	· "Wider & Faster"를 위한 도로건설	· 저탄소 지향 & 환경피해 최소화 · 자연과 인간이 함께하는 도로건설
도로이용수단	· 승용차 통행 위주의 도로	· 도로교통수단의 다변화 · 승용차 통행 위주보다는 버스, 자전거, 보행자 통행을 위한 서비스 제공을 위한 도로
도로교통 혼잡 해결방향	· 도로시설 추가 건설 위주 정책추진	· 도로의 다목적 · 다기능화를 통한 문제해결 노력 · 교통수요관리 및 도로교통수단의 다변화 정책 추진
도로기반시설	· 화석에너지 자동차만을 위한 도로 기반시설 구축	· 친환경 자동차를 위한 도로 기반시설 확충
도로건설방법	· 환경 파괴 및 온실가스 배출 고려 미흡	· 환경친화적인 도로건설 추진 · 저탄소지향형 도로건설방법 적용
도로공간 활용	· 자동차 통행만을 위한 도로공간 활용	· 도로공간의 다기능 · 입체적 활용
도로의 기능	· 에너지와 자원의 소비지	· 에너지와 자원의 생산지 & 소비지
	· 통행의 기 · 종점 간 도로에 의한 접근성 및 이동성 직접 제공	· 도로 자체의 접근성 · 이동성과 함께 타 교통수단과의 연계성 제공

도로는 국토의 1%에 해당하는 기 확보된 공공부지임으로, 이러한 공공부

지를 단순 자동차 통행만의 목적으로 사용하기보다는 다양한 목적으로 사용하여 도로의 효율성을 극대화시킬 필요가 있다.

다. 저탄소 녹색성장 구현을 위한 도로의 역할

1) 기존 도로의 역할

○ 일반적인 도로의 역할

도로는 우리 생활 속에서 다양한 역할을 수행하고 있으며, 교통수송의 기능, 공공부지로서의 공간기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등 우리 삶 속에서 필수적인 역할을 제공하고 있다.

○ 경제성장과 도로

도로는 인구와 산업이 집적된 도시와 도시 간, 생산지와 생산지 혹은 소비지를 연결하는 역할을 수행한다. 도로의 유형에 따라 최단거리 이동성 혹은 효과적인 접근성 제공을 통해 상호교환과 소통의 효율성을 높이는 교통수단으로 지역 및 국가 경제발전에 기여하고 있다.

○ 사회·문화생활을 위한 도로

사회가 발전함에 따라 인간은 보다 많은 여유를 갖게 되고, 여유에 따른 레저, 여행 등을 중요시하게 된다. 도로는 이러한 사회·문화생활을 위한 이동성과 접근성을 제공하는 데 필요한 인간의 사회·문화생활을 위한 기반시설이다.

<그림 2> 저탄소 녹색성장 구현을 위한 도로의 역할

2) 녹색성장 구현을 위한 도로교통의 역할

'저탄소 녹색성장'은 산업과 경제 등의 사회 일부 분야에서 단편적으로 이루어지는 것이 아니라, 교통, 주거, 산업전반, 환경, 에너지, 경제 등의 사회전반에 걸쳐 함께 이루어가야 하는 새로운 동력이다. 도로는 이러한 사회전반에서 이루어지고 있는 성장을 뒤받쳐 주는 기반시설이다. 그러므로 도로는 저탄소 녹색성장시대의 '걸림돌'이 아니라, 저탄소 녹색성장시대 구현을 위한 주요 기반시설이 될 수 있다. 특히 도로의 새로운 패러다임 전환에 따라 저탄소 녹색성장시대의 '도우미' 역할 수행이 가능하다(<그림 2> 참조).

3. 녹색성장 구현을 위한 도로교통 부문 정책개발

가. 녹색성장시대 새로운 도로의 패러다임 전환

지금까지 녹색성장 시대에 反(반)하는 위치로 인지되고 있는 도로는 새로운 역할과 기능 창출을 통해 녹색성장의 걸림돌이 아닌 녹색성장 구현을 위한 중요한 국가시설로 자리매김이 가능하다. 이를 위해 본 연구에서는 크게 3가지의 도로의 패러다임 변화를 제언하고자 한다.

- 변화1: 녹색에너지/자원의 생산지 및 소비지 역할 수행
- 변화2: 친환경 자동차 통행과 저탄소 교통관리 기반 도로 구축
- 변화3: 보다 효율적이고 다목적으로 도로 활용

1) 변화1: 녹색에너지/자원의 생산지 및 소비지 역할 수행

① 녹색에너지 생산 및 활용

도로공간은 차량의 이동 외에도 많은 역할을 수행할 수 있는 열린 공간으로 도로부지 및 도로시설을 통한 태양에너지, 풍력에너지 등의 친환경에너지를 생산하고 이를 직접 도로에서 다용도로 활용 가능하다. 또한 이러한 도로에서 생산된 녹색에너지는 향후 전기자동차 활성화를 위한 도로상의 전력공급 기반시설의 주 공급 에너지로 활용가능하고, 이를 통해 '에너지 생산지=소비지 일치'를 통해 'Smart Grid'를 도로에서도 실현가능하다.

② 빗물자원 활용을 위한 기반시설

국토면적의 1%에 해당하는 도로 포장면은 넓고 훌륭한 강우의 집수면으로써 활용가능하다. 집수된 빗물은 구축된 효율적인 빗물 집수와 비점오염관리시스템을 통해 빗물의 수자원화, 하수처리 비용절감, 홍수 등의 방재효과를 기대할 수 있다.

2) 변화2: 친환경 자동차 통행과 저탄소 교통관리 기반 도로 구축

① 친환경 자동차통행을 위한 기반시설 구축

최근 녹색성장의 기조에 따라 친환경 자동차의 기술이 날로 발달되어 곧 이러한 녹색 자동차의 시대가 도래할 것으로 보이지만, 자동차 기술발달에 비해 이들 자동차 통행의 기반시설인 도로에서의 녹색기술 개발은 거의 이루어지지 못하고 있다. 이에 향후 전기자동차 등의 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설로의 도로시설 확충과 함께 도로의 새로운 역할이 필요하다.

② 저탄소 교통관리 기반 도로운영

저탄소 녹색성장시대의 도로교통 운영의 중요한 목표 중 하나는 에너지 소비 최소화와 함께 온실가스 배출 최소화를 구현할 수 있는 도로교통 운영이다. 온실가스 배출 최소화를 위한 도로운영을 위해서는 저탄소 교통관리를 위한 도로기반시설, 특히 IT기술과 접목된 첨단 저탄소 교통관리시스템 구축이 필요하다. 또한 도로상 온실가스 배출의 주범인 자동차의 친환경 녹색자동차 이용 활성화를 위한 통행권 및 우선권 등을 부여하는 새로운 도로운영 정책이 필요하다.

3) 변화3: 보다 효율적이고 다목적으로 도로활용

① 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망, 통신망 구축

송전압을 초고압으로 상승시키기 위한 초고압 송전탑의 건설은 자연경관 훼손 및 전자파 노출 피해를 야기하고 있다. 간선도로망의 지하공간을 활용한 송전지중망 구축을 통해 고압송전망 건설에 따른 자연훼손 및 주민 피해 완화를 기대할 수 있다.

※ 이러한 간선도로망을 활용한 전력·통신망의 구축은 “Repower-America”의 일환으로 이미 앨 고어에 의해 제안되었고, 최근 Times지에 의해 미국 오바마 정부의 10가지 혁신사업 중 하나로 선정된 바 있음.

② 효율적이고 다목적인 도로기능 수행

효율적인 도로의 역할을 위해서는 통과교통과 접근교통이 분리된 도로교통망을 통해 이동성과 접근성이 조화된 도로의 계층적·공간적 구성이 구축되어야 하고, 다양한 교통수단과의 효율적인 연계도로망 구축이 필요하다. 도로의 공공부지는 평면적인 활용뿐만 아니라, 보다 효율적으로 입체적 활용이 요구된다. 또한 녹색성장시대의 도로는 여객·화물의 수송 외에도 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 '새로운 문화창조와 소통의 장'이 되어야 한다.

③ 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

녹색성장시대에 진입하면서, 사회 대부분의 분위기는 '철도수단은 녹색지향적이고, 도로는 녹색 지양적이다.'로 조성되고 있지만, 철도와 도로 등은 서로 경쟁관계라기보다는 서로 조화 및 보완관계를 구성하는 상생적인 역할을 수행하도록 변화가 필요하다.

나. 도로시설을 통한 녹색에너지 및 자원의 생산과 활용

1) 도로시설을 통한 녹색에너지 생산 및 활용

○ 도로시설에서 사용되는 연간 전력량:

우리나라 고속도로와 일반국도에서 연간 사용되는 전력량은 연간 약 494GWh(고속도로: 351GWh, 일반국도: 143GWh)이고, 이를 비용으로 환산하면 연간 약 392억 원에 해당한다. 해당 전력을 화력발전소에서 생산 시 약 203톤의 황산화물, 291톤의 질소산화물과 9톤의 먼지가 발생하며, 34만 톤의 이산화탄소가 발생한다.

※ 34만 톤의 이산화탄소는 약 4.7만ha의 국내 산림에서 연간 흡수해야 할 이산화탄소량이며, 11,600여 가구에서 1년 동안 배출하게 되는 이산화탄소의 총량과 비슷한 수준의 양임.

<표 2> 도로에서의 연간 전력사용량과 대기오염 배출량

구분	연간소모 전력량 (GWH)	대기오염물질 배출량(ton)			
		황산화물 (SOx)	질소산화물 (NOx)	먼지	이산화탄소 (CO_2)
고속도로	351	143.91	207.09	6.32	241,489.07
국도	143	58.57	84.28	2.57	98,281.50
계	494	202.48	291.37	8.89	339,770.56

방음벽와 고속도로 IC 녹지대는 태양광 집전판을 설치하기에 적당한 도로시설이고, 이들에 설치한 태양광 집전시설을 통해 발전된 태양에너지는 도로부문 소비전력을 충당하거나 도로 인근지역 주민시설에 제공 가능하다. 유럽에서는 많은 도로구간의 방음벽에 태양광 집전판을 설치하여 태양에너지를 생산하고 있고, 바람이 많은 도로의 유휴지에서는 풍력에너지를 생산하고 있다.

캐나다에서 보고된 태양에너지 생산 용량과 국내 연구 결과를 토대로, 국내 고속도로 및 일반국도상의 방음벽과 고속도로 IC 부지 등의 유휴지를 통해 태양에너지를 생산한다면 연간 약 1,253GWh 이상의 태양에너지 생산이 가능할 것으로 분석되었고, 이는 연간 도로사용 전력인 498GWh의 2배 이상에 해당하는 전력량이다. 도로시설을 통한 태양광 전력생산량을 통해 연간 87만 톤의 CO_2 발생량 감축효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

스위스, A13 고속도로

네덜란드, A19 고속도로　　독일, A31 고속도로

<그림 3> 방음벽 이용 태양에너지 생산사례 (유럽)

<표 3> 방음벽에 의한 태양에너지 생산 가능량

구분	방음벽 길이 (km)	전력생산량 (GWh/km)	도로소요전력 (MWh)	도로상 소요전력 충당률(%)	CO_2 저감량 (톤)
고속도로	741	191.18	351,002	54.47	185,186
국도	239	61.66	142,851	43.17	146,762
계	980	253	493,853	51.20	174,071

주: 방음벽에 의한 태양에너지 생산량: 캐나다 연구사례 적용(258MWh/km 생산)

<표 4> 고속도로 IC/JCT의 도로유휴지에서의 태양에너지 생산 가능량

구분	IC, JCT 개수	전력생산량 (GWh/km)	도로소요전력 (MWh)	도로상 소요전력 충당률(%)	CO_2 저감량 (톤)
고속도로	316	1,009.23	351,002	287,53	694,608

주: 고속도로 IC 및 JCT의 도로유휴지에 의한 태양에너지 생산량은 서울고속도로 주식회사 자체 연구결과 사용(태양집전판 설치면: 2.5, 태양전력 단위생산량: 1277.5(MWh/YR)

○ 도로시설을 통한 '녹색에너지' 활용 방안

도로시설에서 필요한 전력공급원으로 활용하면 도로 자체가 에너지의 생산지와 소비지를 일치시키는 역할이 가능하다. 도로시설을 통해 발전된 전력은 무상 혹은 저가로 도로주변 주거 및 상업시설에 공급함으로써 도로건설에 따른 주민편익을 극대화하고 도로건설 반대 민원발생 완화 효과를 기대할 수 있다. 또한 도로 인근 산간 벽오지 등의 낙후지역 필요 전력공급으로 주민 불편해소 및 전력공급 비용 절감효과가 예상된다. 그리고 향후 전기자동차 기반서비스를 위한 전력으로 활용가능하고, 이를 통해 녹색전력을 활용한 전기자동차시대 기반시설 구축이 가능하다.

2) 도로강우 유출수 활용

도로의 건설은 빗물의 침수가능 토지면적을 감소시키고, 도로상의 빗물은 하수시설을 통해 하천으로 흘러가게 된다. 이는 지하수 등의 수자원의 부족과, 토양에 의한 자연적인 정화과정을 생략한 채 하천 및 바다로 흘러감에 따라 환경오염을 증가시키고 수자원의 낭비를 유발한다.

하지만 국토면적의 1%에 해당하는 도로 포장면은 넓고 훌륭한 강우의 집수면으로 활용가능하고, 이를 통해 집수할 수 있는 빗물량은 연간 13.3억 톤에 해당할 것으로 예상된다.

※ 13.3억 톤의 빗물량: 팔당댐 저수용량의 5.5배, 3개월 동안 전 국민이 사용할 수 있는 양

집수된 빗물은 구축된 효율적인 빗물 집수와 비점오염 관리시스템을 통해 활용가능한 수자원으로 전환되고, 휴게소, 조경 및 농업용수, 인근 산업단지의 공업용수, 소방용수 등으로 활용가능하다. 이를 통해 하천으로 방출되었던, 빗물의 수자원화, 하수처리 비용절감, 홍수 등의 방재효과를 가질 수 있다.

출처: 한무영, 녹색경영을 위한 교통분야에서의 적극적 물관리 방안

<그림 4> 포장도로면을 활용한 빗물 저류시설

다. 친환경 자동차 통행과 저탄소 교통관리 기반 도로 구축

1) 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설 구축

① 친환경 자동차의 개발현황

친환경 자동차는 현재 하이브리드차와 플러그 하이브리드차, 전기자동차, 연료전지차로 구분되어 개발되고 있다. 이 중 전기자동차는 최근 배터리 개발기술과 1회 충전 주행가능거리 증대로 인하여, 미래 자동차 시장을 위해 기술개발이 가장 활발히 이루어지고 있는 부문 중 하나이다. 하지만 도로를 주행하는 친환경 자동차의 기술이 지속적으로 개발되고 있는 것에 반하여,

이들 주행을 지원하는 기반시설인 도로의 해당 기술개발은 거의 이루어지지 않고 있어, 향후 친환경 자동차 특히 전기자동차 활성화를 유도할 수 있는 기반시설인 녹색도로 구축이 요구된다. 전기자동차를 위해 도로시설에 요구되는 가장 대표적인 시설은 전기 충전시설로 아래와 같은 4가지 방식이 개발되고 있다.

- 전기자동차에 직접 충전하기 위한 충전시설
- 전기차량의 배터리 자체를 교환하는 새로운 충전인프라
- 무선 전력공급장치에 의한 전기자동차
- '온라인 전기자동차(On-Line Electronic Vehicle, OLEV)'

② 전기자동차를 위한 도로기반시설 구축

○ 직접충전시설

직접충전시설은 장시간의 충전시간으로 주로 주거지역 혹은 회사 등에 설치되어 있고, 비교적 단거리통행인 도시부 도로에서 가능한 충전방식이다.

○ 배터리 교환기반 충전인프라

전기자동차의 치명적인 단점인 1회 충전 후 주행가능거리의 한계 및 장시간의 충전시간문제를 해소하기 위한 방법이다. 이스라엘의 벤처회사인 '프로젝트 베터플레이스(Project Better Place)'에서 제안되었고 현재 이스라엘, 덴마크, 일부 미국 지역에서 구축 중에 있다. 배터리 충전을 위한 전력을 도로 주변시설을 통해 생산된 녹색에너지(태양에너지 및 풍력에너지)를 활용하면, 전력공급 길이도 짧아지고, 전력의 생산지와 소비지를 일치시킬 수 있는 "스마트 그리드(Smart Grid)"를 도로에서 구현 가능하게 된다.

○ 무선전력 공급시설

무선전력 공급기술은 도로상에서 전기자동차가 실시간 무선으로 전력을 공급받아 운행할 수 있도록 하는 기술이다. 무선전력 공급시설은 기본적으로 무선 전기공급을 위한 에너지 매체(전자파, 마이크로파, 광, 자기장 등)를

생성하는 시설, 이를 전기자동차에 무선으로 공급하는 시설, 그리고 수신된 에너지를 전기로 전화하는 시설로 구성된다.

○ 온라인 전기자동차

온라인 전기자동차는 주행 및 정차 중 도로에 설치된 급전 인프라를 통해 비접촉 전기방식으로 전력이 자동차에 공급되어 별도의 충전시설이 필요 없는 신개념의 전기자동차이다.

2) 저탄소 교통관리 기반 도로운영

① 첨단 저탄소 교통관리시스템

기존 도로운영의 목표가 단순히 '교통혼잡 완화'였다면, 녹색성장시대에는 교통혼잡 완화와 함께 '저탄소 교통관리'의 목표가 추가되어야 할 것이다. 이를 위해 첨단기술을 활용한 '첨단 저탄소 교통관리전략'을 수립하고, 이를 실현하기 위한 '저탄소 교통관리시스템'이 구축되어야 한다.

우선 실시간 및 DB화된 탄소배출량을 기준으로 도로 전체의 교통관리전략을 수립하고, 고탄소를 배출하는 도로구간(Green Corridor) 및 특정지역(Green Zone) 도로에 대한 세부 교통관리전략을 개발하여 시행한다.

저탄소 교통관리전략을 추진하기 위해서는 저탄소 교통관리시스템 구축과 함께 저탄소 교통관리센터 구축이 필요하다. 저탄소 교통관리센터에서는 도시 내 도로네트워크 및 지역의 실시간 탄소배출현황을 24시간 모니터링하고, 모든 탄소배출 정보를 수집·가공·관리하게 된다. 저탄소 교통관리센터를 통해 교통혼잡 감소 및 저탄소 도로교통 통합관리기능 등이 구현된 저탄소 교통관리시스템을 구축할 수 있다. 이러한 저탄소 교통관리시스템 구축에 따른 예상효과는 저탄소 속도관리전략으로 혼잡예방 및 주행속도 증가, 탄력적 혼잡통행료 및 주차료 부과로 인한 평균주행거리 감소, 고탄소 배출차량 진입제한으로 차량 당 대기오염 비용 감소, 차량-인프라 연계 신호정보제공으로 주행속도 증가 등이 기대된다.

② Green-Car 통행우대 정책

국내의 경우 그린카 보급 및 이용을 활성화하기 위해 우선 선진국에 비해 지원규모가 작은 그린카 개발을 위한 지원 규모 확대가 필요하고 다음과 같은 그린카 우선통행권 방법도 고려해야 한다.

- 그린카에 HOV(High Occupancy Vehicle)나 HOT(High Occupancy Toll) 차로 통행권 부여
- 고속도로 이용요금이나 혼잡통행료 등을 할인 혹은 면제
- 지역적 특성 및 표준화를 고려한 인프라 구축 방안 구축
- 그린카 구매에 따른 다양한 인센티브를 제공 및 관련제도를 개선

외국의 경우 자동차 연비개선 및 배출기준을 강화하기 위한 규제뿐만 아니라, 그린카 구입 및 노후차 교체에 따른 각종 보조금을 지급하는 방식도 도입하고 있다.

라. 보다 효율적이고 다목적으로 도로 활용

1) 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망, 통신망 구축

송전압을 초고압으로 상승시키기 위한 초고압 송전탑의 건설은 자연경관 훼손 및 전자파 노출 피해를 야기하고 있다.

※ 실제로 녹색연합에 의하면, 고압 송전탑 건설에 따른 녹지 훼손은 잠실종합운동장 주경기장 부지면적의 200배에 해당(4,469,029m2)한다고 발표된 바 있음.

전국 주요 도시를 연결하는 간선도로망의 지하공간을 통한 통신 및 전력망 구축은 통신케이블 및 전력송신탑 등의 피해를 완화하고, 제한된 국토의 효율적인 활용을 기대할 수 있다. 현재 한국전력공사에서 발전소에서 배전소까지의 총 송전길이는 약 30,000km에 해당하고, 각 발전소는 도로의 간선도로망과 쉽게 연결될 수 있는 위치에 설치되어 있다.

이러한 간선도로망을 활용한 전력·통신망의 구축은 “Repower-America”의 일환으로 이미 앨 고어에 의해 제안되었고, 최근 Times지에 의해 미국 오바마 정부의 10가지 혁신사업 중 하나로 선정된 바 있다.

2) 보다 효율적이고 다양한 기능제공 도로

효율적인 도로의 역할을 위해서는 통과교통과 접근교통이 분리된 도로교통망을 통해 이동성과 접근성이 조화된 도로의 계층적·공간적 구성이 구축되고, 다양한 교통수단과의 효율적인 연계도로망 구축이 필요하다.

‘보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로’를 위해서 다음과 같은 세 가지 정책이 필요할 것으로 판단된다.

- 효율적인 도로망 구축방안
- 도로의 다목적·입체적 활용
- 도로에 의한 새로운 문화창조와 소통의 장 구축

① 효율적인 도로망 구축방안

○ 외곽순환도로 활성화를 위한 도로체계 구축

순환도로망은 통과교통의 도시부 유입 억제, 교외에서 도시부로의 교통분산, 주변지역 간 직접 이동과, 화재나 재해 시 일부구간 통제에도 빠른 이동의 4가지의 주요 기능을 제공한다. 실제로 해외의 순환도로 또는 우회도로 개통 후 평가자료에 의할 때, 교통혼잡 개선, 환경 개선, 교통사고 감소, CO_2 배출량 감소 등의 효과가 확인된 바 있다.

※ 특히 일본 도쿄도 순환고속도로망이 정비되면 약 300만 톤의 이산화탄소 배출량이 절감될 것으로 분석됨.

○ 제1외곽순환도로망의 효과 분석결과

현재 제1외곽순환도로망을 통해서 연간 2조7천억 원의 사회비용 절감(2007년 기준) 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다. 이는 2007년 수도권 전 지역

에서 발생한 혼잡비용의 약 18.8%에 해당하는 비용이다.

<표 5> 제1외곽순환도로망 운영 효과분석

연간 사회비용(천억 원/연)				
환경 비용	운행 비용	통행시간 비용	사고 비용	계
1.17	4.15	20.11	1.43	26.86

② 도로의 다목적·입체적 활용

우리나라는 아직 선진국에 비해 도로율이 부족하고 교통혼잡 발생 등의 문제로 추가적인 도로건설이 불가피하지만, 좁은 국토면적과 최근 국토의 각종 개발로 인하여 도로를 건설할 수 있는 도로부지 확보가 곤란해지고 있다. 특히 최근 저탄소 녹색성장정책 기조에 맞추기 위해서라도, 추가적으로 자연 환경을 훼손하면서 도로부지를 확보하기는 현실적으로 어려운 상황이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 기 확보된 공공부지인 도로공간에 대한 다목적·입체적 활용방안이 마련되어야 한다. 우선 도로공간에 대한 다목적·입체적 활용을 위해 다기능 제공 지하차로 건설 및 지속가능 교통수단 전용 입체도로 건설이 요구된다. 승용차 소통완화를 목적으로 하는 입체도로는 교통소통 완화를 이루게 되고 이러한 교통조건 개선은 또 다른 교통수요 증대를 야기해 결국 다시 혼잡을 악화시킬 수 있다. 그러므로 입체도로건설은 승용차통행보다는 지속가능 교통수단 통행을 위한 시설확충의 방향으로 추진되어야 한다.

- 다기능 제공 지하차로 건설
  단순 차량통행만을 위한 지하차로보다는 차량소통, 폭우관리, 주차공간 제공, 상부공간의 광장·공원조성 부지로 활용 등의 다양한 기능을 제공할 수 있는 지하차로

- 지속가능 교통수단 전용 입체도로 건설

  승용차를 위한 입체도로 외의 대중교통, Carpool차량, 다인승 차량, 자전거 전용 입체도로 건설로 지속가능한 교통수단의 경쟁력을 증대시켜, 승용차 통행 감소 및 교통혼잡 완화 기대

- 지하화물 튜브 운송시스템 구축

  지하화물 튜브 운송시스템은 지하에 구축된 튜브를 통해 화물을 캡슐을 단위로 하여 운송하는 시스템으로 건설비용 절감, 운송시간 단축 등으로 높은 경제성효과 예상

  · 중·장거리보다는 단거리 위주로 적용
  · 지하매설물의 밀도가 낮은 도시외곽이나 지방부지역에 적용
  · 특히 산업단지나 항만, 물류단지에서 철도역까지 운송할 경우와 신속한 운송을 필요로 하는 공항 배후단지에서 공항까지의 구간에 우선적으로 적용

③ 도로에 의한 새로운 문화창조와 소통의 장 구축

자동차 통행 위주의 도로는 자동차에 의한 이동성만을 강조하게 되고, 사람 간의 소통기회를 상실하여 오히려 단절된 사회를 유도하게 된다. 녹색성장 시대에서의 도로는 이러한 도로건설의 문제를 극복하기 위해 이동성 제공과 함께, 접근성과 만남을 강조하고 이를 통해 새로운 문화창조 및 소통기회로의 기능 확대가 필요하다.

마. 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

철도와 도로 등은 서로 경쟁관계라기보다는 서로 조화 및 보완관계를 구성하는 상생적인 역할 수행이 가능하도록 도로의 체계가 바뀌어야 한다. 일반적으로 도로와 가장 많이 연계가 되는 타 교통수단은 철도로, 철도와 도로는 통행특성과 교통수단이 서로 상이하기 때문에 어느 결절점에서 환승하

는 시설이 별도로 필요하다. 항만은 승객과 화물을 해로에서 육로로 연결하는 통로이고, 도로는 이 중 육로부문을 담당하고 있어 바다를 통해 유입하여 이동하는 승객이나 화물을 단절 없이 목적지까지 수송하는 역할을 하고 있다. 그러므로 환승과정에서 지체에 의한 물류비 및 에너지 손실, 환경오염 유발을 최소화할 수 있는 도로망 구축이 필요하다.

4. 결론 및 정책제언

가. 결론

정부는 최근 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장의 의미인 '저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)'을 새로운 60년 비전의 축으로 제시하고, 온실가스와 환경오염을 줄이기 위한 부문별 정책 및 전략을 수립하고 있다.

도로교통 분야의 경우 우리나라 총 소비 에너지의 19.9%, 우리나라 온실가스 전체 배출량 16.6%를 차지하고 있고, 2000년 이후 약 12.7%의 온실가스 배출량 증가를 주도하고 있다. 이러한 배경 속에 기존 도로는 저탄소 녹색성장시대에 맞춰 근본적인 개선이 필요한 것으로 지적되었다. 하지만 현대사회에서 도로교통이 차지하고 있는 역할을 간과할 수 없다. 도로는 교통수송의 기능, 공공부지로서의 공간기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등의 우리 삶 속에서 필수적인 역할을 제공하고 있다. 도로는 인구와 산업이 집적된 도시와 도시, 생산지와 소비지를 연결하고, 도로의 유형에 따라, 최고의 이동성 및 접근성을 제공하는 역할을 바탕으로 상호교환과(하고) 소통의 효율성을 높이는 교통수단으로 사회・경제발전에 기여하고 있다. 그러므로 도로교통 부문에서의 녹색성장은 지구온난화의 원인이 되는 이산화탄소 배출을 최소화하면서 지속적으로 경제성장을 도모하기 위한 개념으로 수립하고, 녹색성장에 상충되기보다는 녹색성장시대의 중추적인 역

할을 할 수 있어야 한다.

녹색성장시대에 도로는 '反(반)' 녹색성장 역할을 탈피하고, 교통수송의 기능, 공공부지로서의 공간기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등의 우리 삶 속에서 필수적인 역할과 함께, '녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임'을 추진할 필요가 있다. 이는 한정된 국토의 활용 극대화를 유도할 수 있는 공공부지, 에너지와 자원을 생산할 수 있는 다목적의 공공부지, 그리고 새로운 문화창조와 사람 간의 소통의 장으로서의 공공부지 등의 새로운 역할을 창출함으로써 구현할 수 있다.

지금까지 녹색성장시대에 反(반)하는 위치로 인지되고 있는 도로는 새로운 역할과 기능 창출을 통해 녹색성장의 걸림돌이 아닌 녹색성장 구현을 위한 중요한 국가시설로 자리매김이 가능하다. 이를 위해 본 연구에서는 7가지의 도로의 패러다임 변화가 필요하다.

- 변화1: 녹색에너지의 생산 및 활용
- 변화2: 빗물자원 활용을 위한 기반시설
- 변화3: 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망, 통신망 구축
- 변화4: 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설 구축
- 변화5: 저탄소 교통관리 기반 도로운영
- 변화6: 보다 효율적이고 다목적·다기능 도로로 변화
- 변화7: 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

나. 정책제언

도로교통 부문에서도 녹색성장 구현을 위한 정책을 효율적으로 추진하기 위해서는 도로교통 부문에 대한 총괄적인 정책추진 방향을 정립하고 이의 실현을 위한 분야별 중점 추진방안을 도출할 필요가 있다. 하지만 녹색성장

구현을 위해 도로교통 부문에서 추진해야 할 세부전략 및 중점추진 과제에 대한 구체적인 지침이 아직 없고, Agenda 개발이 이루어지지 않아 녹색성장 구현을 위한 도로교통의 역할 정립이 필요한 실정이다. 최근 도로부문은 이와 같은 反(반) '저탄소 녹색성장'이라는 인식 때문에 선진국에 비해 아직도 도로 스톡이 부족함에도 불구하고 투자가 제한되는 등의 어려움에 처해 있고, 이와 같은 도로정책 부문이 안고 있는 문제를 해결하기 위한 노력이 절실한 시점이다. 하지만 단순히 일부 문제들을 해결하려는 단편적인 노력만으로는 녹색성장시대 도로의 역할과 필요성을 인정받기는 어려운 실정이다. 그러므로 전 세계적인 흐름인 저탄소 녹색성장의 기조에 발맞추기 위해 도로정책 부문은 과거에서 과감히 벗어나 새로운 패러다임 전환을 위한 많은 노력을 해야 한다.

첫째, 녹색성장시대 도로 주변에서 이루어지고 있는 변화와 그에 따른 도로부문의 영향분석을 해야 한다.

둘째, 녹색성장시대 도로변화에 따른 도로의 새로운 역할 정립과 함께 이에 따른 도로교통정책의 Agenda 개발이 이루어져야 한다.

셋째, 녹색성장시대에 부합하는 새로운 패러다임의 도로를 건설하기 위한 법령 및 지침 등이 개발되어야 한다.

넷째, 녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임 구현을 위한 신기술 개발이 필요하다.

※ 태양집광기술 및 축전기술, 도로 하부공간을 활용한 전력·통신망 구축 기술, 빗물의 침투 및 저류시스템 구축을 위해 교통혼잡 최소화를 위한 신공사기법, 고압송전 등에 따른 위험방지, 유지관리 방법 등의 기술개발 등.

마지막으로 개발된 기술들은 전국의 도로에 적용되기 전에 국가 주도 대규모 도로건설사업을 통한 시범사업을 수행하고 이를 평가하여 보완함으로써 녹색성장시대 새로운 도로 정착을 성공적으로 이끌 수 있을 것으로 보인다.

※ 7×9축 구축, 선도사업 등의 국가 도로건설사업을 통한 시범사업을 수행하고, 현재 추진 중인 미래도로 ‘스마트하이웨이’ R&D 연구와 연계 방안 고려 필요

제1장 서 론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경 및 필요성

정부는 최근 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장의 의미인 '저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)'을 새로운 60년 비전의 축으로 제시하고, 온실가스와 환경오염을 줄이기 위한 부문별 정책 및 전략을 수립하고 있다. 특히 국토해양부에서는 '저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현'을 비전으로 삼아 저탄소 녹색국토 실현을 위한 온실가스 감축과 자연재해로부터 안전한 국토해양공간을 구현하기 위한 기후변화 적응을 위한 핵심전략 개발을 하고 있다.

이러한 저탄소 녹색성장 정책 기조에 따라 교통부문이 여객과 화물의 이동성과 접근성을 담당하고 있는 필수 사회기반 시설이고, 이에 의해 발생하는 각종 사회 피해는 감수해야 한다는 과거 인식들은 바뀌어 가고 있다. 즉 교통시스템에 의한 사회 경제적 이익과 편리함을 줄이더라도 자연환경 피해와 온실가스 배출 등의 사회적 피해를 최소화하려 하는 분위기로 바뀌어 가고 있다. 이러한 사회전반에서 변화되고 있는 분위기 속에 교통시스템, 특히 도로부문은 '저탄소 녹색성장'에서 가장 우선적으로 개선되어야 하는 교통

부문으로 인식되어 가고 있다. 이는 도로에 의한 각종 환경피해와 온실가스 배출에 의한 것이다.

최근 도로부문은 이와 같은 反(반) '저탄소 녹색성장'이라는 인식 때문에 선진국에 비해 아직도 도로 스톡이 부족함에도 불구하고 투자가 제한되는 등의 어려움에 처해 있고, 이와 같은 도로정책부문이 안고 있는 문제를 해결하기 위한 노력이 절실한 시점이다. 하지만 단순히 일부 문제들을 해결하려는 단편적인 노력만으로는 녹색성장시대 도로의 역할과 필요성을 인정받기는 어려운 실정이다. 그러므로 전 세계적인 흐름인 저탄소 녹색성장의 기조에 발맞추기 위해 도로정책부문은 과거에서 과감히 벗어나 새로운 패러다임 전환을 위한 많은 노력을 해야 한다.

도로교통 부문에서도 녹색성장 구현을 위한 정책을 효율적으로 추진하기 위해서는 도로교통 부문에 대한 총괄적인 정책추진 방향을 정립하고 이의 실현을 위한 분야별 중점 추진방안을 도출할 필요가 있다. 하지만 녹색성장 구현을 위해 도로교통 부문에서 추진해야 할 세부전략 및 중점추진 과제에 대한 구체적인 지침이 아직 없고, Agenda 개발이 이루어지지 않아 녹색성장 구현을 위한 도로교통의 역할정립이 필요하다. 특히 도로교통의 경우에는 도로사업을 줄이는 것이 녹색성장 구현을 위한 길로 인식되고 있어, 녹색성장시대 기조에 부합하기 위해 도로의 새로운 패러다임 전환과, 녹색성장 구현을 위해 도로교통 부문에서 추진해야 하는 부문들에 대한 역할정립, 그리고 이를 구체화하기 위한 연구과제 및 정책개발이 절실하다고 할 수 있다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 녹색성장 구현을 위하여 선진국에서 진행 중인 도로 관련부문의 연구 및 정책들에 대해 검토하고 이를 바탕으로 향후 국내에서 중점적으로 추진해야 할 도로 정책방안을 도출하는 것이다. 이를 위해 기존에 비해 녹색성장시대에 도로교통 부문에 요구되는 변화를 살펴보고, 해당

변화에 부합하는 도로교통 부문의 새로운 패러다임을 제시하고자 한다.

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

○ 시간적 범위

본 연구의 시간적 범위는 단·중기적으로는 5~10년으로 하며, 장기적으로는 관련 기술과 분위기 조성이 충분히 이루어진 20~30년 이후를 범위로 한다.

○ 내용적 범위

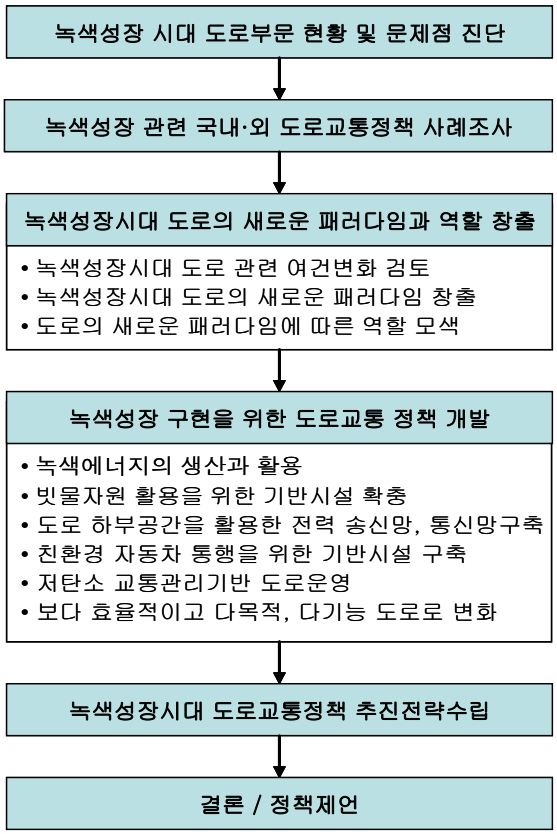
본 연구는 녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책 관련 아이디어들을 창출하는 것을 주 내용으로 하고 있다. 그러므로 연구를 통해 제안되는 정책들은 녹색성장시대의 도로의 새로운 패러다임 전환을 위한 것으로 다분히 미래지향적인 도로부문 정책들이다. 기존 도로정책은 도로계획, 도로건설 및 도로운영 등으로 구분하여 추진되어 오고 있으나, 본 연구에서 제안하는 녹색성장시대의 도로정책은 이러한 별도의 구분 없이 도로 관련 새로운 정책들을 개발하고 제안하고자 한다. 본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다.

- 녹색성장시대 도로교통 현황 및 문제점 진단
- 녹색성장 관련 국내·외 도로교통정책 조사
- 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임 전환
- 녹색성장 구현을 위한 도로교통 부문 정책개발 및 효과분석

<표 1-1> 본 연구의 필요성

기관의 설립목적과 사회·정책적 요구	본 연구의 부합성
▶ 기관의 설립목적 • 한국교통연구원의 설립목적 - 교통(물류)정책 기술을 연구/개발 - 교통정책/기술에 관련된 국내/외 각종 정보의 수집/조사/분석/보급 - 삶의 질 향상과 국가경쟁력 제고 - 효율적이고 지속가능한 교통체계 추진 정책을 제시 - 교통관련 기초자료 구축/핵심기술 개발	• 본 연구는 녹색성장시대 구현을 위해 도로교통부문의 여건변화를 분석하고 이에 대한 대응방안과 새로운 정책추진전략을 마련하는 것으로 종합적인 교통정책을 수행토록 규정한 본원의 정관에 부합
• 연구실의 주요 업무 - 도로정책/계획의 수립과 타당성 평가 - 교통안전정책/계획의 수립 및 안전기술연구 - 첨단 및 환경친화적 도로교통기술 연구	• 본 연구실은 각종 도로정책 및 계획 수립 등 도로교통 관련 연구를 수행해오고 있음으로 녹색성장시대 구현을 위한 도로교통부문 정책 개발에 적당함
▶ 사회적 요구 • 최근 녹색성장 기조는 국가 및 사회 전반에 걸친 요구사항으로 이에 대한 도로교통부문에서의 대응방안 개발이 요구되고 있음	• 녹색성장관련 사회적·정책적 요구에 따라 녹색성장시대의 도로의 새로운 역할과 그에 따른 정책개발이 필요함
▶ 정책적 요구 • 녹색성장시대 도로부문은 역할과 투자가 축소되는 분위기에서 도로교통부문의 새로운 정책개발은 절실히 요구됨	• 녹색성장시대 도로교통부문이 안고 있는 문제해결의 노력이 절실한 시점이지만 단순히 일부 문제들을 해결하려는 단편적인 노력만으로는 녹색성장시대 도로의 역할과 필요성을 인정받기는 어려움
관련정책분야의 요구사항	**본 연구주제의 시의성**
• 전 세계적인 흐름인 저탄소 녹색성장의 기조에 발맞추기 위해 도로정책부문은 기존에 추진되어 오던 정책들에서 과감히 벗어나 새로운 패러다임 전환을 통한 녹색성장시대 구현에 이바지하는 도로정책개발을 위한 많은 노력이 필요함	• 녹색성장 구현을 목표로 하는 현 정부의 정책을 위해 도로부문의 反 '저탄소 녹색성장'이라는 인식을 불식시키고, 저탄소 녹색성장의 기반시설로써의 도로교통 분야의 새로운 패러다임전환과 정책개발이 절실히 요구되어 본 연구는 시의적절함.

2. 연구방법



<그림 1-1> 연구수행절차

본 연구는 녹색성장 구현을 위한 도로교통정책을 다양한 관점에서 분석 및 개발하고자 한다. 특히 새로운 도로교통의 패러다임에서는 단기적 변화보다는 미래지향적인 장기적 변화를 제언하고자 한다. 이를 위해 관련분야의 국내·외 사례조사 부분은 우선적으로 문헌검토를 통해 수행하며, 이를 각 분야의 전문가와의 자문회의 등을 통해 구체화하고 시사점을 도출하였다. 또한 녹색성장 구현을 위한 다양한 도로교통정책을 도출하고 이를 추진하기 위한 방안 및 도입효과분석을 포함하였으며, 개발된 도로교통정책 및

분석결과는 해당 전문가와의 자문회의 등을 통해 검증되었다. <그림 1-1>은 본 연구의 수행절차를 설명하고 있다.

제3절 선행연구 고찰 및 본 연구의 차별성

‘녹색성장’이란 개념은 최근에 제시된 개념으로 이에 대한 도로교통 부문에 대한 국내 연구문헌은 없다. 하지만 도로부문에서 ‘녹색성장’은 ‘환경친화적인 도로’와 ‘지속가능한 도로’ 등의 기존 연구 내용과 유사하여 본 연구에서는 이에 대한 기존 연구와, 도로 및 교통부문의 에너지 소비 및 온실가스 배출관련 기존 연구를 고찰하였다.

환경친화적인 도로에 관해서는 2000년대 중반 이후에 많은 연구가 있어 왔다. 특히 ‘환경친화적인 도로건설 및 운영정책개발에 관한 연구(2006)’는 도로건설 및 운영을 통해 주변 환경피해를 최소화하기 위해 필요한 정책을 개발한 연구로, 이는 녹색성장에 중점을 두기보다는 도로건설에 따른 주변 환경피해를 줄이고자 하는 정책을 개발하는 데 중점을 둔 연구이다.

‘교통부문 청정개발체제 활성화연구(2008)’는 향후 교통부문에서의 청정개발체제(CDM) 사업을 추진하기 위한 기초연구로, 교통부문에서의 온실가스 배출량과 에너지 소비현황 분석과 함께 교통부문 청정개발체제 사업 개발가능성 및 활성화 방안을 마련하는 데 중점을 두어, 장래 녹색성장시대에 도로부문의 새로운 정책개발에 대한 연구는 진행되지 못했다.

‘에너지위기시의 교통부문 대응방안 연구(2008)’는 장차 도래할 고유가 및 에너지 고갈에 대비한 위기수준별 대응방안과 장기적인 대응방안에 대한 연구로, 이러한 에너지 위기와 온실가스에 의해 발생될 많은 문제를 줄이기 위한 예방책으로서의 도로부문 정책에 대한 부분은 수행되지 못했다.

화물전용도로 관련 유사연구가 2002년 한국교통연구원에서 수행되었으나 이는 기초수준의 연구였으며, 이에 반하여 본 연구는 물류를 일반자동차와

분리하여 도로의 물류비 및 대기오염도 감소, 교통안전 증대방안을 모색하고 경제성분석과 도입방안을 추가적으로 검토하였다.

본 연구는 기존 연구에서 수행된 도로부문의 단편적인 개선을 넘어 기존에 비해 녹색성장 시대에 도로교통 부문에 요구되는 변화를 살펴보고, 해당 변화에 부합하는 도로교통 부문의 새로운 패러다임을 제시하는 데 의의가 있다. 녹색성장 구현을 위하여 선진국에서 진행 중인 도로교통 부문의 연구 및 정책들에 대해 검토하고, 이를 바탕으로 향후 국내에서 중점적으로 추진해야 할 도로 정책방안을 으로 게 된다. 특히 새로운 도로교통의 패러다임에서는 단기적 변화보다는 미래지향적인 장기적 변화를 중점적으로 제언한다.

<표 1-2> 주요 선행연구와의 차별성

구분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
주요선행연구	1	- 과제명: 환경친화적인 도로건설 및 운영정책개발에 관한 연구 - 연구자(연도): 성낙문 외(2006) - 연구목적: 현 도로정책결정시스템의 단계별 환경성 반영실태를 검토하고, 환경친화적인 도로건설 및 운영정책의 구현에 필요한 합리적인 정책방안 제시	- 도로정책결정체계 검토 - 도로정책 관련 각계 전문가의 의견수렴 - 전문가 설문조사를 통해 환경친화적인 도로정책 실현을 위한 방안제시	- 도로건설 및 운영이 환경에 미치는 영향분석 - 환경친화적인 도로건설 및 운영관련 연구동향 분석 - 환경친화적인 도로건설 및 운영정책분석(정책수립 단계, 도로건설 및 운영 단계, 관련 법·제도) - 환경친화적인 도로건설 및 운영정책개발
	2	- 과제명: 교통부문 청정개발체계 활성화 방안 - 연구자(연도): 박진영 외(2008) - 연구목적: 국내 교통부문 청정개발체제 사업 활성화를 위해 다양한 정책방안 제시	- 교통부문 청정개발체제 개념 정립 - 교통부문 청정개발체제 관련 국내외 현황분석 - 국내 온실가스 배출량 및 감축 잠재력 분석 - 교통부문 청정개발체제 사업 개발가능성 및 활성화 방안 마련	- 교통부문 청정개발체제 사업 검토 - 교통부문 청정개발체제 사업 개발가능성 분석 - 교통부문 청정개발체제 활성화 방안 연구

<표 1-2> 계속

구분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요연구내용
주요선행연구	3	- 과제명: 에너지위기시의 교통부문 대응방안 - 연구자(연도): 이성원 외(2008) - 연구목적: 에너지수급 위기에 따른 교통부문에서 발생할 위기를 검토하고 이를 단계별로 대응할 전략 수립	- 해외사례 및 주요 국제기구의 연구동향 분석 - 위기수준 시나리오별 대응방안 분석 - 계량적 정책효과 모형수립 - 외부 관계기관 및 전문가 자문	- 국내외 에너지 장기 수요 추정 - 해외사례, 대응체계 및 정책효과 분석 - 위기대응 시나리오 설정 및 효과분석 - 교통부문 에너지 위기대응 체계 및 실행방안 마련
	4	- 과제명: 화물차 전용도로 밑 전용차로의 도입에 관한 기초연구 - 연구자(연도): 한국교통연구원(2002) - 연구목적: 본 연구에서는 화물자동차를 일반자동차와 분리하여 운행하는, 화물자동차 전용도로 및 차로를 국내에 확대, 도입하기 위해 국외 적용사례 및 연구사례를 검토하고 국내 도입여건을 모색	- 화물차 전용도로의 국내 도입여건 분석 및 국외 도입 및 연구사례분석에 국한 - 구체적 사례분석 제외 - 문헌조사 위주로 사례조사 시행	- 화물차 전용도로 및 차로의 개념 - 국내 도입의 필요성 - 국내·외 도입 및 연구사례 - 화물자동차 전용도로 및 차로의 국내 도입방안
본연구		녹색성장 구현을 위하여 선진국에서 진행 중인 도로교통 부문의 연구 및 정책들에 대해 검토하고, 이를 바탕으로 향후 국내에서 중점적으로 추진해야 할 도로정책방안을 도출하고자 한다. 특히 새로운 도로교통의 패러다임에서는 단기적 변화보다는 미래지향적인 장기적 변화를 중점적으로 제언한다.	- 관련 해외 사례 집중 분석을 통한 도로부문 현황 및 문제점 진단 - 도로정책 관련 각계 전문가의 의견수렴 - 녹색성장시대 도로 관련 정책의 기본방향 수립 - 녹색성장 구현을 위한 다양한 분야에서의 도로교통정책 개발	- 녹색성장시대 도로부문 현황 및 문제점 진단 - 녹색성장 관련 국내·외 도로교통정책 사례조사 - 녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임과 역할 창출을 통해 기본방향수립 - 녹색성장 구현을 위한 다양한 분야에서의 도로교통정책 개발 - 개발된 도로교통정책을 추진하기 위한 추진전략 수립

제2장 녹색성장시대 도로교통 현황 및 문제점 진단

2006년 기준 교통부문 에너지 소비현황은 우리나라 총에너지 소비의 21%를 점유하고 있으며, 이 중 도로부문이 79%를 차지하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국토해양부는 '저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현'을 비전으로 삼아 저탄소 녹색국토 실현을 위한 온실가스 감축과 자연재해로부터 안전한 국토해양공간을 구현하기 위한 핵심전략 개발을 진행하고 있으며, ITS 등 첨단교통기술을 활용한 녹색성장 전략이 국토해양부 녹색성장 19개 과제 중 하나로 채택되어 추진 중에 있다.

제1절 도로교통 부문 에너지 소비현황[1)]

1. 국가 총에너지 소비현황

국내 총에너지 소비는 1990년 75.1백만TOE에서 2007년 176.8백만TOE로

1) 본 현황은 한국교통연구원(2008),『교통부문 청정개발체계(CDM) 활성화 방안』에서 분석한 결과를 재정리하여 인용함.

증가하였으며 연평균 증가율은 2.5%로 나타나고 있다. 교통부문(에너지 소비 분석 시 수송부문으로 명시)의 경우 1990년 14.2백만TOE에서 2007년 40.1백만TOE로 약 2.8배가 증가하였다. 교통부문의 경우 2000년부터 2007년까지 연평균 4.3%의 증가율로 여타 부문에 비해 상당히 높은 증가 수준을 보이고 있다.

<표 2-1> 부문별 최종에너지 소비 동향

구분	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2000년대 연평균 증가율(%)
산업 (백만TOE)	36.2 (17.1)	84.7 (5.2)	85.4 (0.8)	90.3 (5.7)	92.0 (1.9)	94.2 (2.4)	95.6 (1.4)	98.6 (3.2)	104.3 (5.8)	106.8 (2.3)	2.9
수송(교통) (백만TOE)	14.2 (15.5)	30.5 (8.2)	31.7 (4.2)	33.3 (4.8)	34.1 (2.6)	34.0 (-0.5)	35.1 (3.2)	36.0 (2.8)	37.1 (2.9)	35.3 (-4.8)	1.8
가·상·공 (백만TOE)	24.9 (9.0)	34.9 (1.2)	36.1 (3.4)	37.5 (3.9)	38.6 (2.8)	39.2 (1.7)	41.0 (4.6)	39.8 (-2.9)	40.1 (0.5)	40.8 (1.9)	1.9
합계 (백만TOE)	75.1 (14.0)	150.2 (4.8)	153.3 (2.1)	161.1 (5.1)	164.7 (2.3)	167.5 (1.7)	171.7 (2.5)	174.5 (1.6)	181.5 (4.0)	182.9 (0.8)	2.5

주: ( ) 안은 전년대비 증가율(%), p는 잠정치.
자료: KEEI, 『에너지수요전망』, 2009.

2007~2012년 기간 중 최종에너지 수요는 연평균 2.7%의 완만한 증가세를 유지할 것으로 전망되어 2012년에는 2007년 수준 대비 14.0% 증가한 203.5백만TOE[2]에 달할 전망이다. 수송부문의 에너지 수요는 연평균 2.2%의 안정적 증가세를 보일 것으로 전망하고 있다. 경유 승용차 판매의 확대와 산업성장으로 인한 화물 차량의 운행증가 등으로 수송용 석유 수요가 연평균 1.7% 증가하는 데다 천연가스 버스 보급이 크게 확대되면서 수송부문 에너지 수요는 지속적인 증가세를 전망하고 있다. 부문별 에너지 소비 구성비를 보면 수송부문의 소비 점유율은 2009년 21.0%를 기록한 이후 약한 감소추세로 변하면서 2012년에는 20.5% 수준에 머무를 전망이다.

2) 각각 다른 종류의 에너지원들을 원유 1ton이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 단위

<표 2-2> 최종에너지 부문별 수요 비중전망

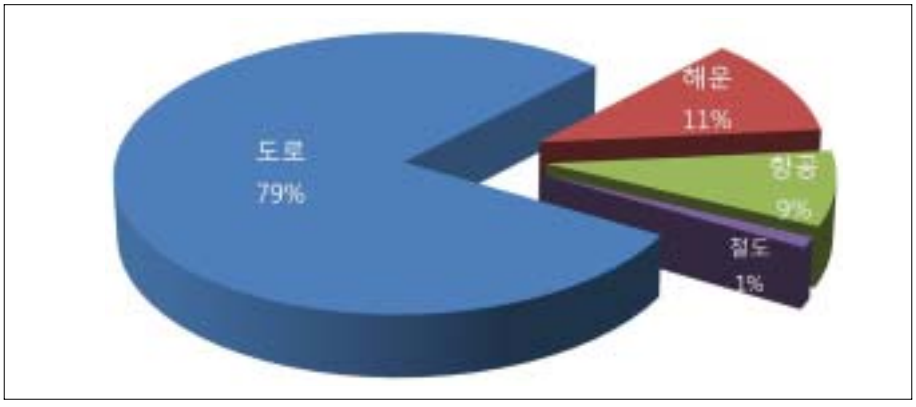
(단위: %)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	연평균 증가율
산업	56.5	56.5	56.4	56.4	56.4	56.4	-0.03
수송	21.0	21.1	21.0	20.9	20.7	20.5	-0.34
가정상업공공	22.5	22.4	22.6	22.7	22.9	23.1	0.38
합계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0

자료: KEEI, 『에너지수요전망』, 2007.

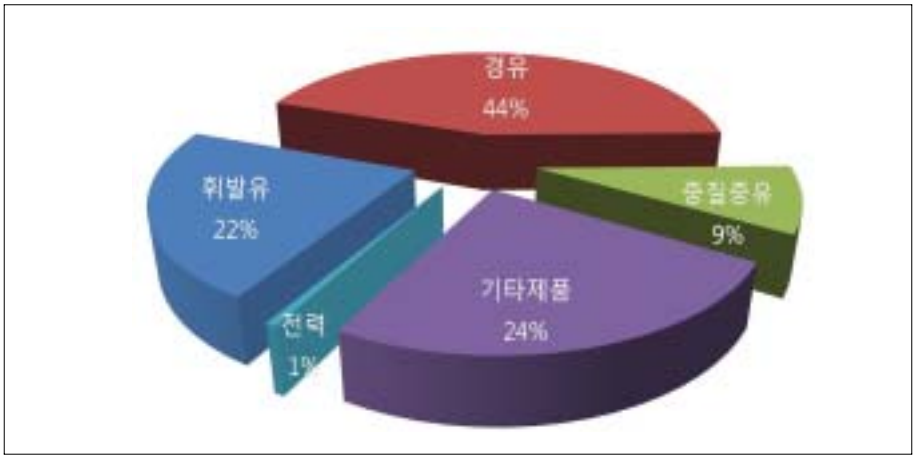
2. 도로교통 부문 에너지 소비현황

우리나라 에너지 소비의 21%를 점유하고 있는 교통부문은 도로, 철도, 해운, 항공 부문으로 구분되며, 도로부문의 에너지 소비 비중이 수송부문 전체의 79%로 가장 높다. 에너지원별 에너지 소비를 살펴보면 경유의 소비 비중이 44%로 가장 높고, 휘발유가 22% 정도 차지하며, 전력의 비중은 1%에 불과한 것으로 나타나고 있다.



자료: 환경부, 『2008 환경통계연감』, 2008.

<그림 2-1> 교통부문별 에너지소비 분담률(2007년)



자료: 에너지경제연구원, 『에너지통계월보』, 2008.

<그림 2-2> 수송부문의 에너지원별 소비분담률(2007년)

제2절 도로교통 부문 온실가스 배출량 현황[3)]

1. 온실가스 총배출량 추이

1990~2005년 동안 국내 온실가스 총배출량 추이를 보면, 1990년에 297.5백만tCO_2eq, 2005년에 591.1백만tCO_2eq를 배출하여 연평균 4.7%의 증가세를 보였으며, 1인당 배출량은 1990년 이후 연평균 3.9%씩 증가하여 2005년 12.24tCO_2eq이었다.

온실가스 배출/흡수원별 배출추이를 보면(<그림 2-3>참조), 연료연소 및 탈루성으로 구성되는 에너지부문에서 1990년에 248백만tCO_2eq, 2005년 498백만tCO_2eq으로 연평균 4.8%의 높은 증가율을 보였다. 배출원별 비중은 에너지 부문이 84.3%, 산업공정이 11.0%, 농업이 2.5%, 폐기물이 2.2%를 기록

3) 본 현황은 한국교통연구원(2008), 『교통부문 청정개발체계(CDM) 활성화 방안』에서 분석한 결과를 재정리하여 인용함.

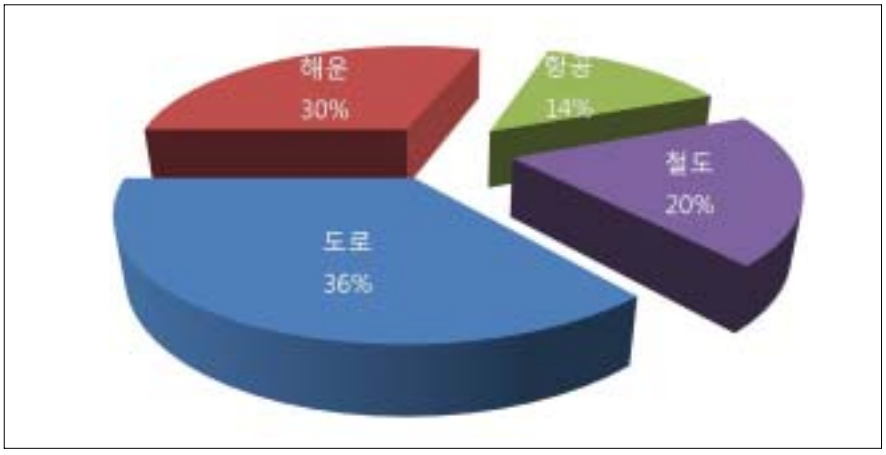
하였는데 수송부문의 경우 에너지 부문에 포함되어 산출되고 있다. 에너지 연소부문에서는 수송부문이 19.9%를 차지하고 있다.

<표 2-3> 온실가스 총배출량 관련 주요지표

연도	온실가스 총배출량 (백만tCO_2eq)	인구 (천명)	GDP (10억 원)	1인당 온실가스 배출량 (tCO_2eq/인)	온실가스/GDP (tCO_2eq/백만 원)
1990	297.5	42,869	320,696.4	6.94	0.93
1995	451.8	45,093	467,099.2	10.02	0.97
2000	528.5	47,008	578,664.5	11.24	0.91
2002	569.0	47,622	642,748.1	11.95	0.89
2004	587.3	48,039	693,995.5	12.21	0.85
2005	591.1	48,138	723,126.8	12.24	0.82

주: 온실가스의 종류 - 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH4), 아산화질소(N2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF6)

자료: 에너지경제연구원, 『기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서』, 2007.



자료: 에너지경제연구원 (http://www.keei.re.kr/index.html)

<그림 2-3> 에너지 연소부문의 부문별 온실가스 배출 비중, 2005년

2. 도로교통 부문 온실가스 배출량

가. 교통부문 전체 온실가스 배출량 추정

2004년도의 온실가스 배출량을 기준으로 기타 연도의 온실가스 배출량을 교통분야 에너지 소비량을 기준으로 추정하였다. 에너지 소비량을 살펴보면 IMF 구제금융 직후인 1998년을 제외하고는 2006년까지 지속적으로 증가해 왔으며, 에너지경제연구원(2007)의 예측을 보면 향후 2012년까지도 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이에 따라 2008년도에는 118.08백만tCO_2eq의 온실가스가, 2012년도에는 127.87백만tCO_2eq의 온실가스가 교통부문에서 배출될 것으로 추정되어 2004년 대비 약 20% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

<표 2-4> 교통분야 온실가스 배출량 추이

연도	에너지소비량(천TOE)	변화율(%)	온실가스배출량(백만tCO_2eq)
2004	34,615	0.0	105.89
2006	36,527	2.7	111.74
2008	38,600	2.9	118.08
2010	40,400	2.0	123.59
2012	41,800	1.5	127.87

주: 2007년부터의 에너지소비량은 에너지경제연구원(2007) 자료 이용.

OECD 통계에 의하면 우리나라는 OECD 국가 중 교통부문 온실가스 배출량이 가장 빠르게 증가하고 있는 국가이다. 2005년을 기준으로 OECD 국가의 총 교통부문 온실가스 배출량은 4,067백만 톤CO_2이며 1990년 대비 1.3배가 증가하였다. 이에 반해 우리나라는 2005년 126백만 톤CO_2를 배출한 것으로 추정되어 1990년 대비 2.5배가 증가한 것으로 나타났다.

<표 2-5> 주요 국가별 교통부문 온실가스 배출량 비교

국가	1990(A)	2005(B)	증가량($MtCO_2$)	증가율(B/A)
캐나다	129.84	164.66	34.8	1.3
미국	1553.78	1947.5	393.7	1.3
일본	241.11	289.5	48.4	1.2
한국	49.34	125.73	76.4	2.5
호주	68.1	90.45	22.4	1.3
프랑스	132.18	160.43	28.3	1.2
독일	182.09	186.84	4.8	1
이탈리아	111.52	141.19	29.7	1.3
스페인	79.09	145.36	66.3	1.8
영국	143.84	172.6	28.8	1.2
OECD	3118.22	4066.56	948.3	1.3

주: 한국교통연구원(2008),『교통부문 청정개발체계(CDM) 활성화 방안』내용 인용함.

나. 도로교통분야의 온실가스 배출량

한국교통연구원(2008)『교통부문 청정개발체계 활성화 방안』연구에 의하면, 2004년도 도로교통 부문의 온실가스 배출량은 총 85.71(자가용: 61.07, 영업용: 24.64) 백만tCO_2eq이다(<표 2-6> <표 2-7>). 이는 전체 교통부문의 약 81%에 해당하는 양이다.

자가용부문의 2004년도 기준 온실가스 배출량을 추정한 결과, 승용차가 26.03백만tCO_2eq, 승용다목적용차(RV, SUV) 10.15백만tCO_2eq, 승합차 6.79백만tCO_2eq, 화물차 18.11백만tCO_2eq을 배출하여, 총 61.07백만tCO_2eq의 온실가스를 배출한 것으로 추정되었다. 26.03백만tCO_2eq의 온실가스를 배출한 승용차 중 소형이 배출한 온실가스는 11.31백만tCO_2eq로 중형(10.71백만tCO_2eq)과 유사하고 대형(4.01백만tCO_2eq)보다는 2배 이상 높게 나타났다[4].

4) 에너지 총 조사 보고서에는 승용차 규모를 3종류인 소형(1,500cc 미만), 중형(1500~1,999cc), 대형(2,000cc 이상)으로 구분하여, 앞에서 검토한 경형, 소형, 중형, 대형의 4단계와 차이가 있음. 여기에서는 사용한 연료에 따른 온실가스 배출량을 추정하는 것으로, 3단계 구분에 따라 온실가스 배출량을 추정하였음.

온실가스 종류별 배출량을 살펴보면, CO_2가 59.68백만tCO_2eq으로 대부분을 차지하였고 CH_4와 N_2O는 0.32백만tCO_2eq과 1.07백만tCO_2eq의 미미한 수준으로 나타났다.

<표 2-6> 도로교통(자가용)분야의 온실가스 배출량(2004년)

수단	세부구분	연료	CO_2 (백만tCO_2eq)	CH_4 (백만tCO_2eq)	N_2O (백만tCO_2eq)	온실가스 (백만tCO_2eq)	비율 (%)
승용	소형	휘발유	10.00	0.06	0.25	10.32	16.9
		LPG	0.97	0.02	0.00	0.99	1.6
		소계	10.97	0.08	0.25	11.31	18.5
	중형	휘발유	9.40	0.06	0.24	9.70	15.9
		LPG	0.99	0.02	0.00	1.01	1.7
		소계	10.39	0.08	0.24	10.71	17.5
	대형	휘발유	3.61	0.02	0.09	3.72	6.1
		LPG	0.28	0.01	0.00	0.29	0.5
		소계	3.89	0.03	0.09	4.01	6.6
소계			25.26	0.19	0.58	26.03	42.6
승용다목적용 (RV, SUV)		경유	8.18	0.01	0.13	8.32	13.6
		LPG	1.79	0.04	0.00	1.82	3.0
소계			9.97	0.05	0.14	10.15	16.6
승합	15인 이하	경유	3.93	0.00	0.06	4.00	6.5
		LPG	2.16	0.04	0.00	2.21	3.6
		소계	6.09	0.05	0.07	6.21	10.2
	16~25인	경유	0.15	0.00	0.00	0.15	0.2
	26인 이상	경유	0.42	0.00	0.01	0.42	0.7
소계			6.66	0.05	0.08	6.79	11.1
화물	1톤 이하	경유	13.51	0.01	0.22	13.74	22.5
		LPG	0.59	0.01	0.00	0.61	1.0
		소계	14.10	0.03	0.22	14.35	23.5
	1~4.9톤	경유	2.40	0.00	0.04	2.44	4.0
	5톤 이상	경유	1.30	0.00	0.02	1.32	2.2
소계			17.80	0.03	0.28	18.11	29.7
도로교통(자가용)합계			59.68	0.32	1.07	61.07	100.0

주: - 소형은 1500cc 이하, 중형은 1500~2000cc, 대형은 2000cc 이상을 의미.
- CH_4 및 N2O 배출량은 GWP를 적용하여 환산.
- 본 연구에서 추정한 배출량은 자동차 제작사에서 제시한 공인연비 및 이산화탄소 배출량이므로 운행 중인 차량에서 발생하는 연료 소모 대비 이산화탄소 배출량과 차이가 날 수 있음.
- 한국교통연구원(2008),『교통부문 청정개발체계(CDM) 활성화 방안』내용 재정리함.

영업용 차량은 자가용에 비해 상대적으로 적은 총 24.64백만tCO_2eq의 온실가스를 배출한 것으로 추정되었다. 영업수단별로 구분하여 온실가스 배출량을 살펴보면, 택시 5.57백만tCO_2eq, 버스 6.55백만tCO_2eq, 화물차 12.52백만tCO_2eq으로 화물차가 다른 영업용 도로교통수단에 비해 약 2배의 온실가스를 배출한 것으로 나타났다. 자가용과 마찬가지로 CO_2가 온실가스 배출량의 대부분을 차지하였으며 CH_4와 N_2O의 발생량은 미비하였다.

<표 2-7> 도로교통(영업용) 분야의 온실가스 배출량(2004년)

수단	세부 구분	연료	CO_2 (백만tCO_2eq)	CH_4 (백만tCO_2eq)	N_2O (백만tCO_2eq)	온실가스 (백만tCO_2eq)	비율 (%)
택시	개인	LPG	2.95	0.06	0.00	3.01	12.2
	회사	LPG	2.51	0.05	0.00	2.56	10.4
소계			5.45	0.11	0.01	5.57	22.6
버스	시외	경유	1.49	0.00	0.02	1.51	6.1
	시내	경유	3.49	0.00	0.06	3.55	14.4
		도시가스	0.40	0.00	0.00	0.41	1.7
		소계	3.88	0.01	0.06	3.95	16.0
	전세	경유	1.03	0.00	0.02	1.05	4.3
	기타	경유	0.04	0.00	0.00	0.04	0.2
소계			6.44	0.01	0.10	6.55	26.6
화물		경유	12.31	0.01	0.20	12.52	50.8
도로교통(영업용)합계			24.20	0.14	0.31	24.64	100.0

주: 한국교통연구원(2008),『교통부문 청정개발체계(CDM) 활성화 방안』내용 재정리함.

제3절 도로건설 및 운영이 환경에 미치는 피해[5)]

1. 자연환경에 미치는 영향

도로건설에 따른 자연환경파괴는 산림 및 수자원 등의 자연 훼손과 함께 도로개설로 인한 생태계 단절에 의한 피해가 있다. 이러한 생태계의 피해는 동물의 이동성 제한, 습지파괴 및 생물다양성 감소, 천연림 파괴 및 하천의 생태계 교란 등으로 나타난다.

가. 산림훼손

도로를 확장하거나 신설시 개발지역 및 도시계획지역 등을 우회하고, 대부분 민원 가능성이 적고, 토지보상비가 적은 산림지대 등의 자연지대로 도로노선이 계획되고 있다. 이에 따라 도로가 지나가게 되는 지역의 산림훼손이 불가피해지고 있다. 최근 크게 논란이 발생한 국도 1호선 일부구간 신설에 따른 계룡산 국립공원 산림 및 생태계 훼손과 서울외곽순환 고속도로 일산-퇴계원 건설공사에 따른 북한산 국립공원 산림 및 생태계 훼손이 대표적이다.

5) 본 피해분석은 한국교통연구원(2006),『환경친화적인 도로건설 및 운영정책 개발에 관한 연구』 내용 재정리함.

<그림 2-4> 국도 1호선(두마-반포 간) 도로확장공사에 따른 계룡산국립공원 산림훼손

<그림 2-5> 서울외곽순환(일산-퇴계원)고속도로 공사로 인한 자연훼손 (사패산 터널)

나. 생태계 단절

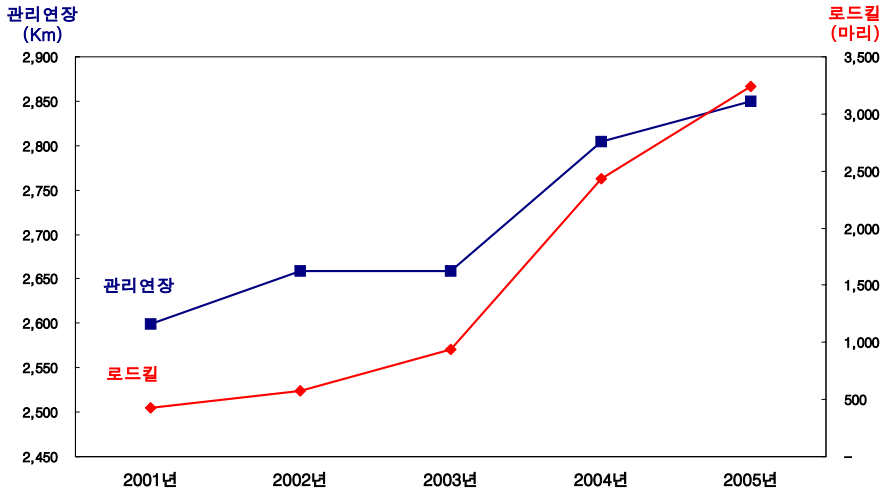
도로건설에 따른 생태계 단절 피해를 가장 쉽게 확인할 수 있는 것이 로드킬(Road-Kills) 발생이다. 로드킬은 도로건설에 따라 기존 동물의 이동이 제한되어 생태계가 단절됨에 따라, 운행차량과 야생동물의 충돌로 인한 피해를 의미한다. <표 2-8>와 <그림 2-6>은 고속도로 개설로 인하여 동물의 이동성을 제한하여 도로상에서 로드 킬이 발생한 현황을 나타낸 것이다. 고속도로의 개설연장이 증가함에 따라 로드킬이 증가함을 알 수 있다.

<표 2-8> 고속도로연장과 로드킬(Road-Kills) 변화추이

구분	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
도로연장(km)	1,996	2,040	2,131	2,599	2,659	2,659	2,804	2,850
Road -Kills(마리)	105	158	254	429	577	940	2,436	3,241

자료: 환경친화적인 도로건설 국제세미나 “도로와 환경의 공존II”(2006).

<그림 2-6> 로드킬(Road-Kills) 사례



자료: 건설교통부, 『환경친화적인 도로건설 확대추진방안 연구』(2006)

<그림 2-7> 연도별 고속도로 연장 및 로드킬(Road-Kill) 변화추이

2001년부터 2005년까지 5년 동안 고속도로의 연장은 고작 241km 정도 증가했지만, 로드킬에 의해 희생된 동물 개체 수는 2,812마리나 증가하여 6.6배의 큰 폭으로 증가했음을 알 수 있다.

2. 생활환경에 미치는 영향

도로건설에 따른 생활환경분야 피해는 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음·진동, 악취, 전파장애, 일조장애, 위락, 위생·보건 분야에서 발생하고 있다. 각종 도로공사를 통해 발생하는 경관훼손 및 조망권 침해, 소음 진동, 매연, 분진 등과 공사용 덤프트럭으로 발생하는 통신장애, 정서적 영향도 이에 해당한다.

한국교통연구원(2006년) 연구에서 지적된 바와 같이 자동차의 소음은 일반적으로 45dB 이하에서 자동차의 속도에서는 불쾌감을 느끼는 비율은 거의 없지만 45dB 이상부터는 불쾌감을 느끼기 시작하여 73dB에서는 50%가

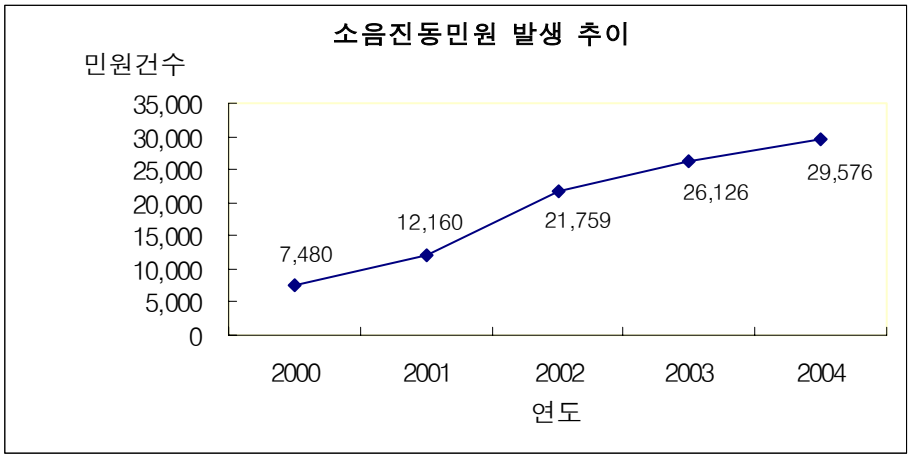
불쾌감을 느끼는 것으로 알려져 있다. 이러한 비율은 교통소음의 크기가 증가함에 따라 급격히 증가하며 81dB 이상에서는 72% 이상이 불쾌감을 느끼는 것으로 나타났다(<표 2-9>).

<표 2-9> 자동차 소음과 불쾌함을 느끼는 비율

소음, L(dB)	% annoyed	소음, L(dB)	% annoyed
45	3	64	25
46	4	65	27
47	4	66	30
48	5	67	32
49	5	68	35
50	6	69	38
51	7	70	41
52	7	71	44
53	8	72	47
54	9	73	50
55	10	74	52
56	11	75	55
57	13	76	58
58	14	77	61
59	15	78	64
60	17	79	67
61	19	80	69
62	21	81	72
63	23		

출처: Design Manual for Roads and Bridges(DMRB), 11.3.7

최근 5년간 전국 소음진동 민원의 발생추이를 살펴보면, 2000년 7,480건이었던 건수가 2004년에는 29,576건으로 약 4배 정도 증가한 것으로 나타나 소음진동으로 인한 피해가 도로건설 확대와 함께 해마다 증가하고 있는 것을 알 수 있다.



<그림 2-8> 소음진동민원 발생 추이

3. 사회·경제환경에 미치는 영향

도로건설이 사회경제환경에 미치는 영향은 지역주민 간 사회적 교류에 장애가 되거나 경제적 혹은 문화적인 측면에서 피해를 끼치는 것을 의미한다. 초기 도로는 사람 간의 사회활동과 경제활동에 의해 자연발생적으로 생겨난 이동경로였다. 하지만 자동차 중심의 이동이 보편화된 최근에는 넓고 빠른 도로건설을 지향함에 따라, 마을을 우회하는 고속으로 주행하는 도로가 생겨나고 이를 통해 주요 거점 간의 이동성은 증가되었다. 이들 우회도로들은 기존 경유지의 사회·경제활동에 제한을 가하게 되는 경우가 많이 발생하고 있다. 또한 고가도로의 건설로 지역주민의 휴식공간을 훼손하거나 마을을 관통하는 도로의 건설로 공동체가 분리되고, 동일 거주지역 내에 교류기회가 감소함에 따라 이질성이 발생하게 되고, 사고위험성의 증대 등의 영향도 남게 된다.

4. 종합

계속적인 도로건설과 자동차 대수의 증가는 생태계의 단절, 자연파괴 등의 다양한 자연환경 문제가 발생되고 있고, 생활환경에서는 경관훼손, 소음·진동발생과 피해, 매연·분진 발생 등의 문제가 발생되고 있다. 또한 사회·경제적으로도 문화재 손실, 교통사고 위험성 증가 등의 문제가 지속적으로 도로건설과 함께 나타나고 있다.

도로는 인간생활에 있어서 불가피한 사회기반시설임으로 지속적인 건설과 운영이 필요하겠지만, 향후 도로 계획 및 건설, 그리고 운영의 기본방향은 이러한 도로에 따른 부작용을 최소화할 수 있는 방향으로 결정되고 추진되어야 한다. <표 2-10>은 이러한 도로건설에 의한 환경피해현황을 종합한 결과이다.

<표 2-10> 도로건설이 환경에 미치는 영향 종합정리

구분	세부내역
자연 환경	· 도로개설로 인한 생태계 단절과 동물의 이동성 제한 · 습지파괴와 생물의 다양성 감소 · 천연림 파괴와 하천생태계 교란
생활 환경	· 도로공사 경관훼손 및 조망권 침해 · 도로공사로 인한 소음, 진동 / 매연, 분진 · 공사용 덤프트럭 등으로 인한 건물균열, 통신장애 정서적 영향 등
사회·경제 환경	· 문화재(한옥전통마을, 지방 유형문화재 등) 손실 · 고가도로 등으로 인한 지역주민 휴식공간 훼손 · 마을 혹은 공동체 분리 및 이로 인한 교통사고 위험성의 증대

제3장 녹색성장 관련 국내·외 도로교통정책 사례

제1절 국내 사례

1. 고속도로 상층부 공원 건설 추진 사례

경부고속도로가 개통되던 '70년대 초에는 경제개발이 최우선 과제였고 현재와 같은 환경문제는 거론조차 되지 않아 국가기간망으로서 도로건설이 크게 문제시되지 않았었다. 하지만 우리나라의 경제성장과 의식수준의 향상과 함께 환경이 중시되고 있는 현재에는 고속도로를 이용하는 수많은 통과 차량에서 발생하는 소음과 분진, 생활권 단절로 인한 주민 민원 해결이 절실한 시점이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 친환경 데크공원 미국 보스턴의 Big-Dig 프로젝트, 독일 뮌헨의 Petuel 공원, 프랑스 파리 GPRU 도시재생계획(Le Grand Project de Renouvellement Urbain de la Couronne Parisienne) 등 선진국에서 도심 고밀지역 도로상부에 매우 넓은 녹지와 공원을 확보하여 시민들의 쾌적한 휴식처로 활용하고 있다. 일반적으로 친환경 데크공원은 양분된 지역 커뮤니티 공간을 회복하고 휴게 녹지공원의 확보로 주민들의 웰빙 및 보건 향상

을 기하고, 환경공해 민원의 해소와 양분된 생활권의 통합으로 주민 삶의 질 향상 기대 등을 일거에 해소할 수 있는 『Win-Win 시너지효과』를 거둘 수 있는 것으로 평가되고 있다.

이에 서초구는 앞서 소개한 세계의 선진도시 사례와 같이 도심을 가로지르는 경부고속도로 상부공간에 대단위 친환경 데크공원을 조성키로 하는 계획을 수립하고 추진 중에 있다. 이를 통해 절대적으로 부족한 도심지 녹지공간을 획기적으로 확보하는 동시에 고속도로로 인해 단절된 지역 간 생활권을 연결하여 지역 커뮤니티도 회복하고 도시민들의 건강 문화 휴식 편익 등 삶의 질을 향상하는 등 서울의 새로운 랜드마크로 탈바꿈시킬 계획이다. 아래는 서초구에서 계획하고 있는 경부고속도로 상부 데크공원에 대한 개략적인 소개이다.

<그림 3-1>경부고속도로 상부 덮개공원

【 경부고속도로 상부 데크공원 조성사업 개요 】

▣ 대상지

○ 전체 구간: 한남대교 남측-서초I.C 구간(3,600m)

○ 시범사업 구간

- 구간: 서초1교-반포나들목 사이(경부고속도로 상부)
- 규모: 440m, 폭 45m, 높이 5.5m, 면적 43,000㎡(약 13,000평)
- 주요 시설
  · 덮개상부: 테마공원 조성(물・숲・체육・문화 주제)
  · 덮개지하(일부): 웰빙・편의・휴게・공공・문화시설 등

▣ 사업 내용

○ 도심통과 고속도로 상부 데크(덮개)공원 조성

○ 공사기간 중 통행불편 최소화(이동식・가설방식 도입)

○ 도심경관과 하부 통과차량의 답답함 해소 위해 도로 상부를 아치・라멘교 형태로 구성하고 매연저감장치 설치로 쾌적성 유지

○ 상부 인공대지에 바람, 물, 숲, 생태, 문화 주제의 테마공원 조성

○ 공원 일부 지하에 커뮤니티 공간 조성 활용

▣ 지역 여건

○ 서초 도심구간을 경부고속도로축(軸)이 관통, 지역 생활권 양분

○ 경부축의 통과교통량에서 발생하는 소음・분진・공기오염으로 인한 주거환경 악화

▣ 기대효과

○ 도심지 내 부족한 녹지공원 확보로 시민에게 쾌적한 휴식공간 및 만남의 장 제공

○ 고속통과 차량으로 인한 소음과 공해를 경감으로 삶의 질 향상과 단절된 생활문화권 연결

2. 환경친화적인 도로건설 관련 사례

‘환경친화적인 도로’는 도로건설 정책 결정 및 계획단계에서부터 도로설계, 시공단계, 유지관리에 이르기까지 환경영향을 고려하여 자연환경 및 생태계, 생활환경, 경제·사회적 환경 피해를 최소화하고 쾌적한 환경을 창조하는 ‘인간과 환경에 좋은 도로’ 로 정의할 수 있다. 2000년대 초기 국내에 친환경도로가 도입된 배경은 변화된 개발개념인 지속가능한 개발의 적용 및 향상된 국민의식에 따라 도로건설과 환경의 조화가 요구되었기 때문이다. 이에 따라 정부는 아래와 같이 관련 정책 및 지침을 제정하였다.

- 2004. 5 「환경친화적인 도로건설 지침(안)」 마련
- 2004.8~11 「환경친화적인 도로건설 포럼」 구성·운영
- 2004.12.27 「환경친화적인 도로건설 지침」(건교부·환경부) 제정고시
- 2005 「환경친화적인 도로건설 지침」을 고속도로와 국도 시범적용
- 2006 「환경친화적인 도로건설 지침」을 모든 도로에 적용
- 2006. 12 「환경친화적인 도로유지관리 잠정 지침」
- 2006. 12 「환경친화적인 도로건설 지침」 개정

국내의 관련 기존 연구는 환경친화적인 도로건설 및 운영과 관련한 설계기준이나 지침서 개발 등의 기술적 측면의 연구와 교통체계와 교통에너지와의 관계분석, PI(Public involvement) 도입방안 등으로 구별할 수 있다. 기존의 연구들은 도로설계 혹은 도로건설 시 환경을 고려하는 지침서 개발 측면에 중점을 두고 있다.

가. 서울시의 환경친화적 도로 확충 전략

서울시는 2007년 도로정비 기본계획 수정계획을 수립함에 있어서, 『환경친화적인 도로확충 전략』을 수립한 바 있다. 기존 도로정비가 교통혼잡을

최소화하고, 이에 따라 원활한 소통을 유도하기 위함이었다면, 최근 서울시 도로정비 사업은 효율성과 기능성 위주 사업에서 생태계의 보전과 자원 이용의 세대적 형평성을 도모하는 방향으로 전환되었다. 국민들의 쾌적한 환경에 대한 요구증대로 인하여 환경친화적인 도로건설 추진의 필요성이 대두되는 등 지속가능한 개발이라는 새로운 패러다임을 도로계획에 적용한 것이다. 이를 통해 도로의 계획, 설계, 시공, 유지관리에서 일반국민, 지자체, NGO 등의 직접 참여 기회를 확대하고, 자연 생활환경의 피해를 최소화할 뿐만 아니라 훼손된 자연을 주변경관과 조화를 이루도록 원상태에 가깝도록 복구하고자 하는 전략이다.

서울시의 『환경친화적 도로 확충전략』은 서울시의 자체수행과제로서 2007년 11월 수행 완료된 『환경친화적 도로시설물 확충전략』의 연구결과를 적극적으로 수용하여 개발되었다. 서울시 환경친화적 도로의 목표는 자연순응도로, 푸른 도로, 조용한 도로, 아름다운 도로, 인간중심 도로로 분류하여 설정하였다. <표 3-1>은 서울시의 환경친화적 도로확충전략의 목표와 기본방향을 설명하고 있다. 또한 이러한 목표와 기본방향을 따라 환경친화적 도로건설을 하기 위한 단계별 검토사항은 <표 3-2>에서 보는 바와 같다. 유휴공간을 이용하여, 보도 확폭 또는 환경 식수대를 적용하거나, 식재형 중앙분리대, 교통섬 식재 등 도로식재 확충방안 등을 효과적으로 적용하여 환경친화적 도로로 정비하도록 한다. 또한 통행량이 증가함에 따라 연도변의 차량소음이 생활환경에 큰 장애가 되므로, 방음효과가 뛰어나고 주변 환경과 조화되는 방음 시설을 보다 적극적으로 확충하고, 투수성 저소음포장을 서울시 도로에 적용함으로써 쾌적한 연도변 도로환경을 창출할 수 있도록 정비하고 있다.

<표 3-1> 서울시의 환경친화적 도로확충 전략목표 및 기본방향

목표	기본방향	
자연 순응 도로 확충	▪ 터널입구	▪ 주변환경 및 지역특성을 고려한 터널입구
		▪ 터널입구의 절개지 최소화
		▪ 자연식생의 단절이 없는 터널입구
	▪ 생태통로	▪ 산책로와 생태통로의 목표 명확화
		▪ 이동대상목표 명확화
		▪ 서울을 형성하는 녹지축과 연계 검토
푸른 도로 확충	▪ 가로수 식재수종 다양화 및 외관관리	
	▪ 도로변 수목의 생육환경 개선	
	▪ 가로 녹지량의 확충	
조용한 도로 확충	▪ 소음발생이 최소화되는 도로 기하구조로 개선	
	▪ 도로교통 소음 발생의 최소화	
	▪ 환경기준에 맞는 도로교통 소음관리	
아름다운 도로 확충	▪ 내부경관과 외부경관이 좋은 도로	
	▪ 야간경관이 아름다운 도로	
	▪ 건너는 공간에서 머무는 공간으로의 도로	
인간중심 도로 확충	▪ 걷기 쉬운 거리	
	▪ 안전한 거리	
	▪ 장애인 등 교통약자를 위한 Barrier Free거리	

<표 3-2> 서울시의 환경친화적 도로건설 단계별 검토사항

단계	단계별 검토사항	
노선선정 단계	▪ 보전의 가치가 있는 상수원보호구역, 국립공원, 녹지8등급, 문화재, 집단취락지 등의 지역은 원칙적으로 우회 ▪ 우회곤란 노선 통과 시 터널이나 교량을 불가피하게 설치	
설계단계	비탈면 처리방법	▪ 비탈면이 발생할 경우 - 지질조건, 경관 고려하여 터널 설치 등 비탈면 발생 최소화 - 비탈면 보강공법으로 자연훼손 최소화, 초본 나무식재 등 녹화 시행
	터널·교량 설치	▪ 터널설치 시 터널 입출구부는 주변 환경과 지역적 특성 고려 설계 - 비탈면 최소화 유도 - 주변지역 수종과 어울리는 식재 조림
	생태통로 설치	▪ 교량 설치 시 기능성과 주변경관을 고려하여 교량형식을 선정하고 기초작업 시 가설옹벽을 활용함으로써 자연훼손을 줄임
	방음벽 설치	▪ 환경기준에 부합되고, 주변과 조화되고 도로이용자에게 안정감을 주는 환경친화적인 형식 및 재질선정 설치
시공단계	▪ 공사 중의 환경피해 최소화를 위한 저감시설 설치 - 대기질 오염방지를 통하여 비산먼지 발생 억제를 위해 방진망, 세륜세차시설, 살수차 등 운행 - 수질오염 방지 위해 토사유출방지시설, 오탁방지망, 터널 내 오·폐수처리 - 공사 중 발생 소음진동 최소화를 위해 가설 방음벽 등 사용 - 표토나 중요수종 이식으로 환경복원 및 우량수목을 활용	
유지관리 단계	▪ 생태통로, 유도펜스, 수목식재, 횡단시설 보완 등의 사후 유지관리 ▪ 주요 생태통로에 대한 모니터링 실시	

3. 저탄소 녹색성장을 위한 도로포장기술

현행 도로포장에 적용되고 있는 가열 아스팔트 포장은 160~170℃인 고온의 가열 아스팔트 혼합물을 생산하여 시공하고 있다. 이와 같은 방식의 도로 포장 시 많은 온실가스가 나오게 된다. 온실가스 발생의 주된 원인은 도로포장 재료를 고온에서 혼합하게 되고, 이 고온의 혼합재를 사용하여 도로

포장함에 있다. 실제적으로 연간 약 3천만 톤의 아스콘 생산과정에서 골재 가열을 위해 약 2억6천만리터(2008년 기준) 벙커-C유 등 석유연료가 사용되고, 이 과정에서 약 800,000톤의 이산화탄소와 함께 유해 온실가스인 질소산화물, 황산화물 등이 다량 발생하게 된다.

최근 이러한 온실가스 배출량을 줄일 수 있는 중온 아스팔트 포장공법이 연구되고 있다. 160~170℃인 고온의 가열 아스팔트 시공 대신, 110~135℃ 정도의 온도에서 아스팔트 혼합물을 생산하여 도로를 포장하는 중온 아스팔트 포장이 개발되고 있다. 중온 아스팔트 포장기술은 국제적으로 초기 개발 단계이며, 유럽, 미국, 일본 등을 중심으로 관련연구 및 일부 시공이 이루어지고 있다. 유럽에서는 1996년부터 기술개발 및 실용화를 통해 정착 단계에 접어들었고, 미국은 2002년 기술을 도입하여 2008년부터 연방정부 주도로 표준화 연구가 추진 중이다.

중온 아스팔트 포장은 기존 방법보다 골재 및 아스팔트의 가열 에너지가 절감되고, 생산 및 시공 중에 유해가스 배출량이 감소되는 등 가열 아스팔트 포장과 비교하여 다음과 같은 특징이 있다.

① 아스팔트 혼합물의 생산과 포장의 시공 온도를 약 25% 낮춤
② 생산 및 시공과정에서 대기 중에 방출되는 카본 다이옥사이드 가스의 방지와 유해가스 억제(온도가 10℃씩 저하되면 유해가스 배출량 절반 감소)
③ 아스팔트 혼합물 생산 중 석유계 연료 약 30% 저감
④ 시공 후 양생시간 감소에 따른 빠른 교통 개방
⑤ 시공 현장에서 유해 증기나 분진이 발생하지 않으므로, 작업자 안전 확보
⑥ 공용온도에서 가열 아스팔트 포장과 비슷한 강도 특성 확보

<표 3-3> 아스팔트 혼합물 생산 시 연료 및 유해가스 발생량 비교

구분	연료 (L/ton)	먼지 및 유해가스			
		이산화탄소(%)	질수산화물(ppm)	황산화물(ppm)	일산화탄소(ppm)
가열	9.3	16	30	210	1,040
중온	6.3	1.9	20	160	850
절감비(%)	32.3	88.1	33.3	23.8	18.3

이러한 저탄소형 중온 도로포장에 따른 직접적인 경제효과는 2008년 기준 석유연료비 약 1,000억원/년 절감, 이산화탄소 발생 약 300,000톤 감소, 탄소배출권 약 100억원/년 가치를 기대할 수 있는 것으로 분석된 바 있다[6].

국내에서는 국가 R&D 연구사업인 '장수명·친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발' 연구에서 2007년 본격적인 연구가 시작되었다. 연구의 내용은 중온 개질재의 개발, 아스팔트 혼합물 배합설계 방법 개발, 현장적용을 위한 시방서 작성 등이며, 이를 통해 국내에 적합한 중온 아스팔트 혼합물을 개발하고 있다. 중온 아스팔트 포장은 아직까지 국내·외에서 활발히 적용되고 있지는 않으며, 미국, 유럽 등에서 기존의 가열 아스팔트 포장과 비교한 시험포장이나 동절기 포장 등으로 적용하고 있다. 중온 아스팔트 포장은 고유가 및 기후변화를 대비한 저탄소 친환경 기술로서 매우 중요하며, 특히 생산 및 시공 중에 인체에 해로운 연기의 발생을 줄이고, 양생시간을 감소시킬 수 있으므로 현장 적용 효과도 매우 높은 것으로 파악되었다. 따라서 이와 관련한 다양한 기술개발이 많은 현장 적용을 통해 국내 저탄소 기술의 발전 및 다양한 평가가 이루어져야 할 것이다.

6) 한국건설기술연구원 기반시설본부 도로연구실 분석결과(2008년).

4. 친환경 자동차 활성화

교통부문의 에너지 소비량 절감 및 친환경 교통수단의 필요성이 지속적으로 제시되어, 국토해양부는 다양한 저탄소 녹색성장 관련 친환경 자동차 지원 정책들을 검토하고 있다.

- 운행 차량의 친환경 자동차로의 전환 시 세제 지원
- 친환경 자동차 개발 지원
- 대중교통 및 철도 이용 활성화 정책
- 대표적인 사례
  - 경유차를 LNG화물차로 전환지원을 위한 예산확보: 2009년 100억원, 2010년 200억원 배정
  - 친환경 CNG 저상버스·LNG차량의 보급 확대 및 온실가스 배출진단 관련 지원 추진을 위한 계획 수립

<표 3-4> 국가별 하이브리드 차량 지원 정책

국가	프로젝트	지원기간	예산(억원)	보급지원
미국	- Freedom Car	2003~2010	4,700	- 연방정부 세제 감면 - 주정부 소득 공제, 소비세 감면, 전용차선 허용
	- Freedom Fuel	2003~2007	11,400	
	- Clean Fuel Bus	2003~2015	6,000	
	- 수소자동차 인프라 시범 운행 프로그램	2004~2009	3,600	
유럽	- 6차 Frame Work Project	2003~2006	29,000	- 정부보조금 1500유로(이탈리아 등) - 등록, 보유세 감면, 주차비 면제 등
	- 수소연료전지 공동개발사업	2007~2016	69,000	
일본	- 혁신적 차세대 저공해차 종합기술 개발	2004~2012	720	- 차량가격 차이의 50% 보조 - 자동차세, 취득세 감면, 세액 공제
	- 수소연료전지차 실증사업 및 연구개발	2003~2012	7,300	
한국	- 환경친화자동차 기술개발사업	2004~2010	2,330	- 2006년까지 총 647억원 지원

자료: 지식경제부, 한국자동차산업연구소.

국내에는 2006년까지 총 647억 원을 들여 하이브리드 차량 지원 위주의 환경친화자동차 기술개발사업을 지원하고 있는 반면, 미국, 유럽, 일본의 경우, 기술개발과 더불어 다양한 세제 혜택을 부여하고 있다(<표 3-4> 참조).

또한 에너지 비효율을 줄이고 환경오염피해가 큰 노후화 차량들의 통행을 줄이기 위해 노후차를 새 차로 전환 시 세금감면 등의 혜택을 주는 정책이 추진 중이다. 국내의 경우에는 최근 국내 내수경제활성화와 녹색성장 구현의 목적으로 노후화된 차에 대한 세금감면정책이 2009년에 추진 중이나, 이를 캐나다의 정책과 비교할 때 한시적으로 제한적인 정책인 것으로 판단된다. <표 3-5>는 한국과 캐나다의 노후차에 대한 세금감면 정책을 비교하고 있다.

<표 3-5> 한국과 캐나다의 노후차에 대한 세금 감면정책 비교

구분	한국	캐나다
정책명	노후차 세금감면	SCRAP-IT
제도적 취지	자동차내수판매 활성화	온실가스 방출 줄이기 위함
자동차 처리방식	폐차 또는 양도 (새 차 구입유도정책)	오로지 폐차(친환경)
지원자 자격	2000년 이전 등록차의 본인 등록소유자	1995년 이전 등록한 운행이 가능한 차의 본인 등록소유자이고 지난 1년간 본인명의 보험가입자
제도 종료시점	'09년 말까지 한시적 운영	목적자체가 친환경이기 때문에 영구히 시행될 가능성이 높음
보상방식	· 무조건 새 차를 사야 됨 (자동차 내수활성화 목적에 부합하기 위해) · 각 차량의 구입 시 부과 세금인 소비세, 취득세, 등록세를 각각 70% 인하, 최대한도는 소비세 150만원, 취득세와 등록세 100만 원 등 총 250만원	1. 폐차 후, 중고차(2004년식 이상) 또는 새차 구입 시 : 이산화탄소 배출량에 따라 $750, $1250, $2250로 차등지원 2. 폐차 후, 중고차 또는 새 차를 사지 않을 때(자동차 내수활성화가 아니라 친환경이 목적이므로 폐차 후, 중고차나 새 차를 사지 않아도 보상이 이뤄짐) ① 교통카드 15~28개월치 비용(거리에 따른 구역) ② 교통카드 6~12개월치 + 일반자전거 구입 시 1200불, 전기자전거 구입 시 1300불 ③ West Coast Express(외곽순환직행기차) 28일치 패스 ④ 3종류의 카풀프로그램 중 하나에 등록 시 1250불 ⑤ 300불 현금(체크로 우편배달)

자료: http://www.scrapit.ca/pdfs/Scrap-ItPamphlet.pdf

제2절 국외 사례

본 절에서는 미국, 유럽, 일본 등에서 추진되고 있는 도로부문의 녹색성장 관련 정책들을 검토하고자 한다. 먼저 '보다 녹색도로(Greener Roads) 개념 아래 추진된 각국의 사례를 정리하고, 친환경 자동차 활성화 노력, 친환경도로건설정책, 그리고 미국에서 추진된 E^3에 대해서 조사하였다.

1. Greener Roads

최근 녹색성장시대에 부합하는 '녹색도로(Green Roads)'를 건설하고자 하는 노력의 많은 시도가 전 세계적으로 이루어지고 있다. International Road Federation(IRF)에서는 도로 산업이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 다양한 예를 『Innovative Practices for Greener Roads』에서 소개하고 있다.

가. Achieving Innovation for Sustainable Roads(Attica Tollway)

Attica Tollway는 그리스 아테네를 중심으로 순환하는 도로로, 총 130km의 연장길이에 편도 3차선 도로로 구성되어 있고, 비상시를 대비한 별도의 1개 차로가 추가되어 있는 방식으로 건설된 도로이다. 약 30만 대/일의 연평균 교통량이 통과하는 도로이다. 도시부 구간에서는 본선 유입 전, 즉 ramp에서 요금을 지불하는 폐쇄식으로 운영되고 있으며, 주요 구간 도로 상부를 녹지 및 휴식공간으로 사용하고 있다. 또한 Attica Tollway는 도로 소음도 획기적으로 줄여 기존의 다른 도시부 고속도로에 비해 교통혼잡뿐만 아니라, 소음도 약 60% 이상 감소하였다고 보고되어 International Road Federation(IRF)에서 주관하는 도로의 2008년 환경피해 완화의 대상(1st Prize in Environmental Mitigation 2008)을 받은 바 있다. 다음은 녹색운영을 위해 Attica Tollway에 적용된 주요 성과들이다.

- 도로조명에 의한 전력 사용 최소화: 고압축 나트륨등 사용
- 도로상에서 발생하는 각종 재활용품 활용 극대화
- 생태계 피해 최소화: 각종 생태터널, 울타리 등의 시설 설치
- 첨단교통관리시스템 구축: 통합교통관리시스템, 전자요금징수시스템 등
- 지역의 기존 식생을 고려한 도로 식재 개발 및 휴식공간의 녹지화
  ※ 백만 그루 이상의 식재 식수, 재활용 수자원 활용하여 도로 식재관리
- 도로건설에 따른 자연 습지 및 문화재 훼손 최소화
- 도로미관을 고려한 방음벽 설치, 대기오염측정소 설치로 피해 최소화
- 대기오염배출량 24시간 모니터링, 에코 드라이빙 교육실시

<그림 3-2> 그리스 Attica Tollway

나. Delivering Sustainable Outcomes(Arup)

Arup은 세계적인 도로기술관련 회사로 도로와 환경을 조화시키면서 도로 건설로 인한 사회, 경제적인 효과를 최대화하고자 노력해 왔다. 그중 A650 Bingley Relief Road 및 M6 Tollway는 대표적인 사례로, 영국에서 가장 혁신적인 도로 관련 프로젝트로 꼽힌다. Bingley Relief Road는 Bingley 지역 교통혼잡을 완화하기 위해 건설한 도로로 환경피해를 최소화하기 위해 인위적인 도로선형보다는 하천이나 기찻길을 따라 건설되었으며, M6 Tollway는 모래와 자갈을 재활용해 건설한 도로로 유명하다.

A650 Bingley Relief Road	M6 Toll Road

<그림 3-3> Arup의 친환경 도로건설을 위한 노력

다. Egnatia Motorway Management(Egnatia Odos)

Egnatia Motorway는 그리스 북부 동서를 잇는 총 670km의 국경도로로 270지점 이상의 문화유적지를 포함하고 있어 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해 조명시설, 특히 터널 내 조명 사용에 따른 에너지 소비를 최소화하였다. 또한 차량과 동물 간의 상충을 최소화하기 위해 box culvert 및 underpass road를 설치하였다.

라. 3M™ Diamond Grade™ DG³ Reflecting Sheeting (3M)

3M에서 개발한 Reflecting Sheet은 교통관련 안전시설물의 설치 및 유지비용뿐만 아니라, 시설 운영 관련 에너지 사용을 줄여줄 수 있다. 기존의 reflecting sheet은 multi-layer 코팅 과정을 거치는 데 반해, 3M의 reflecting sheet은 세밀한 입자를 코팅하여 쉽게 건조되고 사용하고 남은 용액은 재활용도 가능하다. 3M Reflecting Sheet의 환경친화적 효과는 기존의 reflecting sheet에 비해 VOC emission을 97%까지 감소시키고, 에너지 소비는 77% 감소시킬 수 있다.

일반 Reflecting Sheet

3M에서 개발한 Reflecting Sheet

<그림 3-4> Reflecting Sheet 비교

마. Intelligent Electronic Road User Charging System(Kapsch TrafficCom AG)

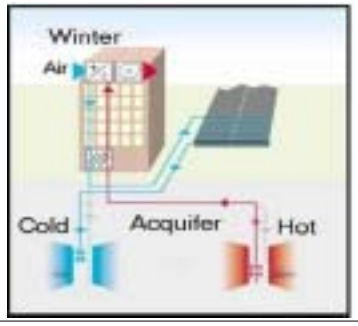
Kapsch에서는 차량의 배기가스 배출량에 따른 차별화된 통행료를 차등 부과하기 위해 GPS/GNSS 및 GMS/GPRS, DSRC 기술 등의 위치추적 및 무선통신 기술을 이용한 자동요금지불 시스템을 개발하였다. 다음 <그림 3-5>는 이러한 전자지불통행 시스템에서 운영 중인 기반시설이다.

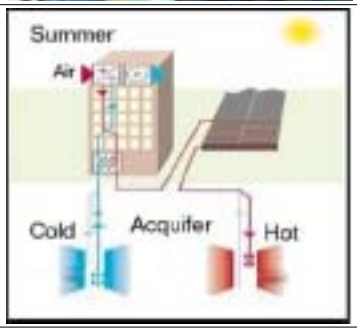
Electronic User Charging System

<그림 3-5> 전자통행료지불 시스템

바. Road Energy Systems Thermal Energy Asphalt Pavements(Ooms International)

Road Energy System은 도로 포장면에 태양으로부터 전달되는 열을 에너지로 전환하여 충전하였다가 필요시 사용할 수 있도록 하는 시스템이다. 아스팔트 포장으로부터 열을 수집하는 방법은 주로 포장 아래 열 수집관을 설치하는 방식(Asphalt Collector)을 이용하고 있다. 이 시스템의 특징은 여름에는 온도를 낮춰 고온에서 발생하는 rutting으로 인한 포장 파손을 최소화하고, 겨울에는 결빙을 방지하여 염화칼슘 등의 사용에 따른 환경피해를 줄일 수 있다. 아래 <그림 3-6>은 Road Energy System를 건설하는 현장 및 포장 하단에서의 열 순환 방식을 설명하고 있다.





Road Energy System (겨울) Road Energy System (여름)

<그림 3-6> Road Energy Systems

2. 친환경 자동차 활성화 노력

가. 미국

오바마 정부에서 발표한 'New Green, New Deal' 정책은 대공황 이후 최악의 경제상황에서 벗어나기 위한 녹색일자리 창출과 녹색 성장동력 구축을 위한 차세대 산업, 에너지, 인프라 등의 투자확대를 포함하고 있다. 이후 지난 2월에 처음으로 입법화된 ARRA(the American Recovery and ReinvRetments Acts of 2009)에 따르면, 클린 에너지와 교통수단에 700억 달러에 달하는 직접지출 및 세액공제를 포함하고 있다. 이 중 대중교통, 활성화 및 신재생 에너지/플러그인 하이브리드 자동차에 따른 보조금 지급에 284억 달러를 투자할 계획이다.

○ 수소연료 전지 차량: 캘리포니아 주

- 2006년 '기관차량 구입 및 리스에 대한 정책'에서 기관의 업무용 차량 구입 및 리스에 있어서 75% 이상을 대체연료를 사용하는 차량을 구입하도록 규정
- 수소고속도로 네트워크라는 기관을 만들어 무공해 혹은 무해에 가까운 수소 차량의 지속적인 상용화를 지원하기 위한 수소차 관련 기간시설을 설치, 수소연료전지 차량의 연구와 개발을 지원

○ 보조금 지급 및 세액공제

- 뉴욕, 유타, 캘리포니아의 주정부는 친환경차 구매 시 최고 4,000달러 소득공제, 무공해차(ZEV) 구매 시 1,000~9,000달러 보조금 지급
- 하이브리드 차량(650~3,400달러), 수소전지차(8,000달러) 연방소득세 세액공제

○ 하이브리드 차량 주차 무료

- 로스앤젤레스 시는 하이브리드 차량 운전자에게 시내 주차 미터기를 무료로 이용하게 함(단, "깨끗한 차량(Clean Air Vehicle)" 스티커 부착 차량에 한함)

○ 전기 하이브리드 버스 도입(메릴랜드 주)

- 2005년 처음 도입된 10대의 하이브리드 버스 운행결과 긍정적인 평가를 바탕으로 전기 하이브리드 버스를 2014년까지 500여 대 도입 예정
- 디젤버스 구입 중단하고, 현재 차량의 75%를 전기 하이브리드 버스로 전환할 계획(6년간 20% 연료 절감, 매연 배출량도 90% 저감효과 기대)

○ 자동차 공유 서비스 '집카'(ZipCar)

- 1999년 미국 캠브리지 매사추세츠에서 설립
- 인터넷과 전화를 통해 시간 단위로 예약할 수 있으며, 예약한 시간만큼 비용을 지불
- 회원은 RFID방식의 카드를 지급받게 되며, 카드를 통해 예약한 자동차를 이용 가능

- 현재 영국은 물론 미국, 캐나다를 포함한 북아메리카 50개 도시에서 운영되고 있음

○ 캘리포니아 주 무배출차량 판매 프로그램
- 1990년부터 6만 대 이상의 차량을 판매하는 자동차 회사에 한해 전체 판매 차량 중 일정 비율 이상 무배출차량(ZEV: Zero Emission Vehicle)을 판매하도록 강제화
- 2006년까지 약 75만 대의 ZEV 차량이 보급되는 데 기여

나. 유럽

유럽의 많은 선진국은 1990년대 후반부터 지속가능한 교통망 구축이 국가 성장의 원동력으로 인식하고 친환경 교통망을 구축하기 시작했다. 이러한 투자는 단순히 공급만을 위한 것이 아니라, 급속도로 팽창하고 있는 도시의 경쟁력을 확보하고자 하는 노력에서 시작하였다. 또한 친환경 자동차 공급 및 활성화를 위해 각종 혜택을 친환경 자동차 이용객에게 제공하고 있다. 특히 프랑스의 경우 전기자동차까지도 무인으로 대여해 주는 오토리브(Autolib) 시스템을 빠르면 2011년부터 도입할 계획이다.

○ 영국 런던
- 전기자동차 도심통행료 전액 면제
- 런던은 2006년부터 시내 곳곳에 전기자동차용 무료충전시설인 '주스 포인트'를 도입하여 웨스트민스터구, 캠던구, 소호 지역 등 시내 중심가 일원에 충전시설을 운영 중
- 전기자동차 운전자는 한해 200파운드(약 40만 원)만 내면 주차비와 전기충전비를 감면받음

<그림 3-7> 전기자동차용 무료 충전시설

- 또한 신형 하이브리드 버스를 운행하고 있으며, 2008년 12월 말 25대, 2009년 1월 18대 추가 운영 중

○ 독일 베를린

- 전기 자동차 운행 프로젝트인 'e-mobility Berlin'을 2008년 9월부터 시행
- 100대의 전기자동차와 베를린 주요 지점 500곳에 태양전지 충전소를 설치하여 시험 가동 및 운행 중

<그림 3-8> e-mobility Berlin

○ 등록차량 이산화탄소 배출 규제

- 2008년 유럽연합은 2007년 발의한 차량의 CO_2 배출규제안을 개정하였는데, 이 배출규제안에 따르면, EU 역내 등록차량의 배출상한을 2007년 기준치인 160g/km 수준에서 2012년까지 130g/km 수준으로 감축을 의무화함. 이를 현실화하기 위해서 기준 미달 제조업체에 대해서 2013년부터 1g 초과시 5유로, 2g 초과시 15유로, 3g 초과시 25유로, 4g 초과시 95유로 등 막대한 과징금을 부과할 예정
- 영국 교통국(TfL: Transport for London)은 2012년 런던 올림픽이 열릴 때까지 하이브리드버스 300대를 도입하고 신규 도입 버스의 5%를 수소버스로 교체할 계획

다. 일본

미국의 오바마 정권의 '뉴그린 뉴딜정책'으로 에너지·환경 문제를 개선해 500만 개에 달하는 고용 창출 계획을 발표하면서 일본도 '녹색 경제와 사회 변혁'이라는 일본판 그린 뉴딜정책의 골격을 내놓았다. 교통부문 일본의 녹색성장 정책은 차세대자동차 보급을 촉진하기 위한 것으로 2010년도까지 전기자동차와 하이브리드카 등 녹색에너지 자동차를 233만 대까지 보급한다는 계획이다. 또한 2020년까지 신차 판매 대수 2대 중 1대를 녹색자동차로 대체하거나, 수송연료를 포함해 바이오연료 보급을 촉진해 바이오매스 자원의 공급 및 이용 등을 촉진시키는 내용을 포함하고 있다. 하지만 일본의 경우, 1990년대 후반부터 지속가능 개념을 교통부문에 적용하여 확대시킴으로써 수송부문의 대기오염 감축을 위한 노력을 해 왔는데, 다음과 같이 정리될 수가 있다.

○ 보조금 지급 및 세제혜택

- 중앙정부에서는 하이브리드 자동차와 일반차와의 가격 차이에 대한 구

입 보조금 50%를 지급하고, 지방정부에서는 등록세 감면, 차량보유 첫 해 자동차세 50% 감면, 차량가격의 7% 세액 공제

○ Top-Runner 방식의 연료 효율성 규제
- 정부에서 제시하는 새로운 자동차의 연비기준에 따라 자동차 배출가스가 일정기준 이하인 신차에 대해 자동차세 및 취득세 할인

○ 또한 탄소배출 저감을 위해 최대 허용 배출가스 기준을 제정하여 오염배출기준에 적합하지 않을 경우 등록을 불허

○ Eco Driving 지원
- 자동차 운송업자 등에 Eco Driving 관리시스템 도입(예: 대형 트럭 최고속도 제한, green 에너지 이용 차량 교체 시 보조금 지급, biomass 연료 이용 장려)을 위한 보조금을 지급

제3절 국내·외 사례 검토 시사점

녹색성장 관련 도로부문 정책의 국내·외 사례조사 결과, 외국의 경우에도 단편적인 도로정책을 추진하고 있으나, 온실가스 배출과 에너지 소비에 대해 전략적이고, 구체적인 정책개발은 추진되지 못한 것으로 검토되었다. 지금까지 주로 국내·외에서 추진되고 있는 녹색시대 도로와 관련된 정책은 환경친화적인 도로건설과 미래도로의 주체인 친환경 자동차 활성화 정책이다.

환경친화적인 도로건설은 '04년부터 도로설계, 시공, 유지관리에 이르기까지 자연환경 및 생태계, 생활환경, 경제·사회적 환경피해를 최소화하는 방향으로 추진되어 왔다. 이에 서울시의 사례와 같이 지자체의 도로정비계획에도 최근 반영되어 구체적인 실천전략들이 추진되고 있다. 특히 도로포장 시 발생되는 온실가스를 줄이고자 하는 연구가 국내·외에서 지속적으로 진행되고 있다. 친환경 자동차 활성화정책은 국내에서는 최근에야 적극적으

로 검토되고 있으나, 외국의 경우에는 세제감면, 정부보조금 지원, 연구개발 지원 등의 다양한 분야에서 추진되고 있다. 하지만 국내 정부정책은 친환경 자동차의 구매를 늘리는 방향으로 추진되고 있어 친환경 자동차 이용 편리성 증대에 대한 노력은 부족한 것으로 검토되었다. 특히 친환경 자동차를 이용한 지역 간 도로 주행을 위한 도로기반시설 확충은 아직까지 미비한 것으로 검토되었다. 또한 도로부지를 다목적으로 활용하기 위한 노력도 추진되어 오고 있다. 국내 서초구와 미국 보스턴의 'Big Dig'등과 같이 도로의 상부를 공원 등의 열린 공간으로 사용된 경우가 있다. 하지만 아직까지 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임 전환을 위한 노력은 부족한 것으로 나타났다. 또한 각 녹색성장시대 도로 관련 정책들도 전략적이거나, 단편적인 정책들과 연계된 전략적인 추진 사례는 확인할 수 없었다.

본 연구에서 제안될 도로 관련 정책들은 보다 근본적인 녹색성장시대 도로가 갖고 있는 문제를 해결하기 위한 정책들이어야 할 것이다. 에너지 및 자원의 활용, 온실가스 배출 등의 환경피해 최소화, 인간 중심으로 도로환경 조성, 그리고 미래지향적인 도로의 패러다임 전환 등의 장래 녹색성장시대에서의 도로정책 방향 중심으로 개발될 것이다.

제4장 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임

제1절 도로교통에서의 녹색성장 개념

1. 일반적인 녹색성장의 개념

녹색성장(Green Growth)은 환경(Green)과 경제(Growth)가 상충한다는 과거의 고정관념에서 벗어나, 상반될 수 있는 두 분야의 상생과 시너지를 극대화시켜, 경제성장이 환경개선에 기여하고 환경이 성장동력으로 전환되어 경제와 환경이 공존하고 상호 협력관계에 있게 되는 새로운 국가발전 전략이다[7]. 즉 녹색성장은 저탄소화 및 녹색산업화에 기반을 두고 경제성장을 배가시키는 신성장 개념이다. 저탄소화는 경제활동 과정에서 발생하는 CO_2 배출량을 감축시킴으로써 지구의 기후변화에 대응하는 것을 의미하고(수비적 녹색화), 녹색산업화는 녹색기술, 환경친화적 비즈니스 모델 등을 통해 신시장을 창출함으로써 경제성장의 원동력으로 삼는 것(공격적 녹색화)을 의미한다. 즉 녹색성장은 환경보호를 통해 성장능력을 확충한다는 점에서 환경과 성장이 조화를 이루어야 한다는 요지의 지속가능한 성장(Sustainable Growth)

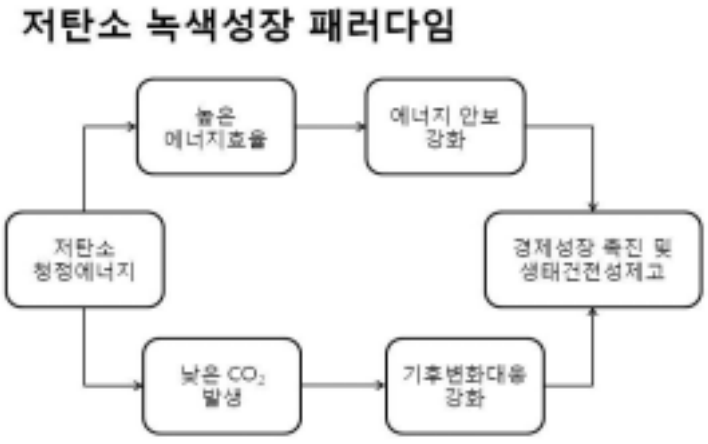
7) 국무총리실(2008),『저탄소 녹색성장 추진전략 보도자료』

을 포함한 보다 적극적인 개념이라 할 수 있다[8].

이러한 녹색성장을 통해 아래와 같은 세 가지 효과를 동시에 얻을 수 있다고 설명되고 있다.

- 신 성장동력 확충을 통한 신 국가발전
- 국민 삶의 질을 높이고 동시에 환경개선
- 기후변화 대처를 위한 국제사회 노력에 기여

이러한 녹색성장을 통해 현재의 에너지·경제·기후 및 환경간의 '惡(악)' 순환에서 '善(선)'순환으로 전환하여 경제성장 촉진 및 자연 환경 건전성을 제고할 수 있게 된다.



자료: 국무총리실(2008),『저탄소 녹색정장 추진전략 보도자료』

<그림 4-1> 저탄소 녹색성장의 패러다임

2. 도로교통에서 녹색성장의 개념

앞 절에서 설명한 바와 같이 도로교통 분야의 경우 우리나라 총에너지

8) 삼성경제연구소, "CEO Information: 녹색성장시대의 도래", 2008. 10. (제675호)

소비의 19.9%, 우리나라 온실가스 전체 배출량의 16.6%를 차지하고 있고, 2000년 이후 약 12.7%의 온실가스 배출량 증가를 주도함으로써, 저탄소 녹색성장시대에 맞춰 근본적인 개선이 필요한 것으로 지적되고 있다. 하지만 현대사회에서 도로교통이 차지하고 있는 역할을 간과할 수 없는 바, 새로운 도로교통의 패러다임 전환을 통해 녹색성장에 상충되기보다는 녹색성장시대의 중추적인 역할을 할 수 있어야 한다.

도로교통 부문에서의 녹색성장은 지구온난화의 원인이 되는 이산화탄소 배출을 최소화하면서 경제성장을 지속적으로 뒷받침하기 위한 여객·물류의 이동성을 확보하는 개념으로 설명할 수 있다. 기존에 도로교통 분야에서 지향해 왔던, 혼잡의 최소화, 도로의 계층적 구성 및 효율적 운영 등의 일반적인 노력뿐만 아니라 도로를 한정된 국토의 활용 극대화를 유도할 수 있는 공공부지, 에너지와 자원을 생산할 수 있는 다목적의 공공부지, 그리고 새로운 문화창조와 사람 간의 소통의 장으로서의 공공부지로의 전환을 통해 도로교통 분야의 녹색성장을 이끌 수 있다.

제2절 녹색성장시대 도로 관련 변화

환경과 성장이 조화를 이루는 녹색성장시대에 도로는 국내 온실가스의 16.6%를 배출하고, 국내 에너지의 21%가 소비되는 '녹색성장의 걸림돌'이라는 기존 인식에서 벗어나 '녹색성장의 도우미'로 변화하여야 한다. <그림 4-2>는 기존 도로건설에 의한 피해를 설명하고 있다. 도로건설에 의한 피해로 지적되는 많은 부분은 모든 육상교통수단 건설에서 발생하고 있다. 물론 도로부문에서 집중적으로 발생하고 피해도 상당부분 있다.

<그림 4-2> 도로에 의한 환경 피해 구분

새로운 녹색성장시대에는 도로교통과 관련된 많은 분야에서 다양한 형태의 변화가 이루어지게 된다. <표 4-1>은 이러한 녹색성장시대에 이루어지고 있는 도로교통 여건의 변화를 설명하고 있다. 도로건설의 목표는 더 이상 "넓게 그리고 빠르게"를 지향하지 않고, 환경친화적인 도로와 자연・인간이 함께하는 도로 건설로 전환되고 있다. 이를 위해 승용차 통행 위주의 도로는 도로교통수단 다변화를 통해 승용차 통행뿐만 아니라 버스, 자전거, 보행자 통행을 위한 서비스 제공을 위한 도로로 전환되어야 한다. 또한 화석에너지 자동차를 위한 기반시설에서 전기 및 수소 자동차 등의 친환경 자동차를 위한 기반시설을 제공하는 도로가 필요하다. 도로는 운영시의 배출가스 등을 통한 온실가스 외에도, 도로포장 등의 도로건설 단계에서도 많은 온실가스를 배출하고시의 배출환경훼손의 문제를 야기하고 있다. 녹색성장시대에는 보다 환경친화적인 도로를 계획하고 저탄소지향형 도로건설방법을 이용한 도로건설이 필요하다. 도로는 최근 잦은 개발과 환경문제로 공공부지를 확보하기 어려운 시기에 보다 손쉽게 이용할 수 있는 국토의 1%에

해당하는 공공부지이다. 그러므로 이러한 공공부지를 단순 자동차 통행만의 목적으로 사용하기보다는 다양한 목적으로 사용하여 도로의 효율성을 극대화시킬 필요가 있다. 즉 도로부지 및 도로시설을 통해 녹색에너지(태양 및 풍력에너지)를 생산하고, 도로를 통해 유출되는 수자원을 집수할 수 있는 공간으로 활용하며, 전력 송전망과 통신망 구축을 위한 도로 하부공간 활용을 할 수 있도록 유도해야 한다.

<표 4-1> 녹색성장시대 도로 관련 변화

구분	기존	저탄소 녹색성장시대
도로건설의 목표	· "Wider & Faster"를 위한 도로건설	· 저탄소 지향 & 환경피해 최소화 · 자연과 인간이 함께하는 도로건설
도로이용 수단	· 승용차 통행 위주의 도로	· 도로교통수단의 다변화 · 승용차 통행 위주보다는 버스, 자전거, 보행자 통행을 위한 서비스 제공을 위한 도로
도로교통혼잡 해결방향	· 도로시설 추가 건설 위주 정책추진	· 기존 도로의 다목적 · 다기능화를 통한 문제해결 노력 · 교통수요관리 및 도로교통수단의 다변화 정책 추진
도로기반시설	· 화석에너지 자동차만을 위한 도로 기반시설 구축	· 친환경 자동차를 위한 도로 기반시설 확충
도로건설방법	· 환경 파괴 및 온실가스 배출 고려 미흡	· 환경친화적인 도로건설 추진 · 저탄소지향형 도로건설방법 적용
도로공간활용	· 자동차 통행만을 위한 도로공간 활용	· 도로공간의 다기능 · 입체적 활용
도로의 기능	· 에너지와 자원의 소비지	· 에너지와 자원의 생산지 & 소비지
	· 통행의 기 · 종점 간 도로에 의한 접근성 및 이동성 직접 제공	· 도로 자체의 접근성 · 이동성과 함께 타 교통수단과의 연계성 제공

제3절 녹색성장시대 도로의 새로운 역할과 패러다임 전환

1. 기존 도로의 역할분석

가. 일반적인 도로의 역할

도로는 우리생활 속에서 다양한 역할을 수행하고 있다. 크게 교통수송의 기능, 공공부지로서의 공간기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등 우리 삶 속에서 필수적인 역할을 제공하고 있다. 특히 교통수송측면에서 도로는 2007년 기준 여객수송의 65.5%를 처리하고 있어 철도와 지하철을 합친 30.5%의 2배가 넘는 교통수송 분담률을 처리하고 있다. 이러한 도로의 교통수송 분담률은 화물의 경우 더 큰 폭으로 타 교통수단과 차이를 보이고 있다. 도로의 화물수송 분담률은 2007년 기준 76.9%로, 타 교통수단 모두를 합친 23.1%보다 약 3배가 높다.

<표 4-2> 도로의 다양한 기능

도로기능			효과
교통기능	이동	자동차, 자전거, 보행자 등의 통행서비스	· 도로 교통의 안전 확보 · 시간 거리의 단축 · 교통 혼잡의 완화, 수송비의 절감 · 교통 공해의 경감, 에너지의 절약
	접근/토지 이용 유도	연도의 토지, 건물, 시설 출입 서비스	· 지역개발의 기초정비 · 생활기반의 확충 · 토지 이용의 촉진
공간기능		공익 시설의 수용 양호한 주거 환경의 형성 방재 기능의 강화	· 도로 지하공간을 활용한 전기, 전화, 가스, 상하수도 등의 수용 · 도시의 골격형성, 녹지화, 통풍, 채광 · 피난로, 소방활동, 연소방지

출처: 일본 건설성 도로국: 확실한 내일을 위한 길 만들기 자료집 p4, 1987.

<표 4-3> 교통수단별 여객/화물 수송 현황

구분	수단별	2002	2003	2004	2005	2006	2007
여객 (십만 인)	철도	27,492	27,228	28,459	31,004	31,416	31,569
		19.9%	21.0%	20.9%	20.2%	19.5%	17.3%
	지하철	24,240	16,686	16,629	23,637	24,651	24,166
		17.6%	12.9%	12.2%	15.4%	15.3%	13.2%
	도로	77,925	77,349	83,216	91,665	97,854	119,569
		56.5%	59.6%	61.1%	59.7%	60.7%	65.5%
	해운	565	620	657	668	709	765
		0.4%	0.5%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%
	항공	7,809	7,938	7,151	6,594	6,651	6,526
		5.7%	6.1%	5.3%	4.3%	4.1%	3.6%
	계	138,031	129,821	130,972	153,658	161,281	182,621
		100%	100%	100%	100%	100%	100%
화물 (천 톤)	철도	45,733	47,110	44,512	41,669	43,341	44,531
		5.9%	6.2%	6.6%	6.1%	6.3%	6.2%
	도로	584,573	565,456	518,856	526,000	529,278	550,264
		76.0%	74.6%	76.3%	76.5%	76.6%	76.9%
	해운	138,478	145,327	115,636	119,410	117,805	120,080
		18.0%	19.1%	17.0%	17.4%	17.1%	16.8%
	항공	433	423	409	372	355	316
		0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.04%
	계	769,217	758,316	679,413	687,451	690,779	715,191
		100%	100%	100%	100%	100%	100%

※ 2008 국토해양통계연보(하단: 분담률)

나. 경제성장과 도로의 역할

도로는 인구와 산업이 집적된 도시와 도시 간 , 생산지와 생산지 혹은 소비지 간을 연결하는 역할을 수행한다. 도로의 유형에 따라 효율적인 이동성 및 접근성 제공을 바탕으로 상호교환과 소통의 효율성을 높이는 교통수단이다. 특히 1968년 경인고속도로의 개통으로 시작되어 2007년 기준 3,368km가 건설된 고속도로의 경우에는 국가 산업의 대동맥으로서의 역할을 수행하여,

사회·경제발전에 기여해 오고 있다.

윤창호 외(2009)의 연구에서는 도로시설 부문에서 2005년 기준 총수요의 한 단위 증가는 경제전체에 2.044배의 생산을 창출하는 것으로 제시하였다. 이는 전 산업 평균(1.852)은 물론 동종업종인 도로 이외의 건설업 부문(2.042)보다 높은 수준이다. 또한 해당 연구에서는 도로시설부문의 총수요의 증가는 그 증가분의 약 82.3%만큼 국내총생산의 증대로 충당되며, 나머지 17.7%는 수입으로 대체된다고 분석하였고, 이는 서비스업 평균(약 88%)보다는 낮은 수준이나 제조업 평균(59.6%)보다는 현저히 높은 부가가치 창출효과가 나타남을 설명하고 있다. 교통시설에 대한 최종수요가 10억원 증가할 때 경제전체적으로 약 16명의 취업자를 발생시킨다. 이 값은 서비스업 평균인 18.8명보다는 낮으나 제조업 평균인 10.4명보다는 크게 높은 수준이다.

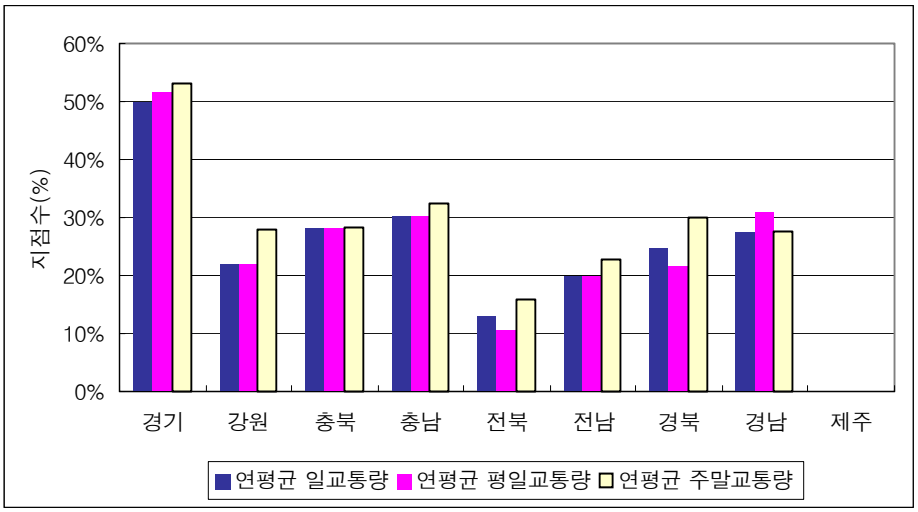
<표 4-4> 고속도로 건설에 따른 직접·간접 효과분석

구분		효과
직접효과		· 사회비용 연간 약 139조 원 절감 (통행시간비용, 차량운행비용, 교통사고비용, 환경오염비용) · 총 통행시간 절감: 2,141만 대·시간/일 · 총 차량 주행거리 절감: 80백만 대·km/일
간접효과	지역경제 파급	· 고속도로 1km 증가 시: - 부가가치 97억 원 증가, - 사업체수 2개 증가 - 고용 113명 추가 증가
	지역균형개발	· 고속도로 건설은 도시지역에 비해 농촌/준도시 지역 경제 활성화에 이바지 · 고속도로에 의한 부가가치 증대: - 농촌지역: 9.2% - 준도시지역: 2.9% - 도시지역: 1.5%
	고용창출	· 도로건설 투자에 따른 일자리 창출, 고용증대

주: 국토연구원, 『고속도로 사업효과조사 연구』, (2006년)

다. 사회·문화생활을 위한 도로의 역할

또 다른 도로의 역할은 인간의 사회·문화생활을 위한 기반시설 역할이다. 사회가 발전함에 따라 인간은 보다 많은 여유를 갖게 되고, 여유에 따른 레저, 여행 등을 중요시하게 되었다. 이러한 사회·문화생활을 위한 이동성과 접근성을 제공하는데, 도로는 다른 교통수단에 비해 매력적이다. 최근 많은 지방부 도로의 주말교통량 급증에 따른 교통혼잡이 야기되고 있는 상황이다. 건설기술연구원에 따르면, 지방부 일반국도의 경우에 주말교통량의 서비스 수준이 평일에 비해 낮게 나타나고 있다고 분석된 바 있다(<그림 4-3>참조).



<그림 4-3> 도별 일반국도의 서비스수준 D 이하 구간 비율

2. 녹색성장 구현을 위한 도로교통의 역할

앞에서 설명한 기존 도로의 역할들의 중요성에도 불구하고, 저탄소 녹색성장시대에서 도로는 '걸림돌'로서 인지되고 있다. 하지만 도로가 현대사회

에서 갖고 있는 필수적인 역할들을 간과할 수 없기에 도로의 문제들을 해결하기 위해 다음과 같이 다방면에서 노력해 오고 있다.

- 환경 친화적인 도로건설
  : 환경성 검토 및 환경영향평가 의무화, 환경 및 자연생태 훼손 최소화, 로드킬 방지시설 및 생태이동통로 구축 등
- 저탄소형 중온 아스팔트 포장 도입
- 체계적인 도로 비점오염 저감시설 관리
- 교통혼잡관리를 통해 도로의 효율적인 운영유도

하지만 이러한 노력들만으로는 녹색성장시대 도로의 새로운 역할을 창출하고 새로운 패러다임으로 전환하기에는 충분하지 않다. 녹색성장시대에 도로는 국내 총에너지의 21% 소비, 국내 총 온실가스의 16.5% 배출과 같은 '反(반)' 녹색성장 역할을 탈피하고, 교통수송의 기능, 공공부지로서의 공간기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등의 우리 삶 속에서 필수적인 역할과 함께, 한정된 국토의 활용 극대화를 유도할 수 있는 공공부지, 에너지와 자원을 생산할 수 있는 다목적의 공공부지, 그리고 새로운 문화창조와 사람 간의 소통의 장으로서의 공공부지 등의 새로운 역할을 창출하여 '녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임'을 추진할 필요가 있다.

<그림 4-4>에서 설명하는 바와 같이 '저탄소 녹색성장'은 산업과 경제 등의 사회 일부분야에서 단편적으로 이루어지는 것이 아니라, 교통, 주거, 산업전반, 환경, 에너지, 경제 등의 사회전반에 걸쳐 함께 이루어가야 하는 새로운 동력이다. 이러한 새로운 '저탄소 녹색성장'을 추진하고 지지하기 위한 역할을 사회기반시설 중의 하나인 도로가 감당해야 한다. 다시 말하면, 도로는 저탄소 녹색성장시대의 '걸림돌'이 아니라, 저탄소 녹색성장시대 구현을 위한 주요 기반시설이고, 도로의 새로운 패러다임 전환에 따라 저탄소 녹색성장시대의 '도우미' 역할을 수행할 수 있다.

<그림 4-4> 저탄소 녹색성장 구현을 위한 도로의 역할

3. 녹색성장시대 새로운 도로의 패러다임 전환

녹색성장지원을 위한 도로의 역할과 새로운 기능 창출을 통한 녹색시대 도로의 패러다임 전환이 필요하다. 지금까지 녹색성장시대에 反(반)하는 위치로 인지되고 있는 도로는 새로운 역할과 기능 창출을 통해 녹색성장의 걸림돌이 아닌 녹색성장 구현을 위한 중요한 국가시설로 자리매김이 가능하다. 이를 위해 본 연구에서는 크게 3가지의 도로의 패러다임 변화를 제언하고자 한다.

- 변화1: 녹색에너지/자원의 생산지 및 소비지 역할 수행
- 변화2: 친환경 자동차 통행과 저탄소 교통관리 기반 도로 구축
- 변화3: 보다 효율적이고 다목적으로 도로 활용

'저탄소 녹색성장'의 국정지표와 함께 국가성장 모델이 '고성장형'에서 '저성장형'으로 전환됨에 따라, "Wider & Faster"의 기존 도로교통정책은 변

화되고 있다. 도로는 단순히 이동성을 제공함에서 탈피하여 보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로로 변화하고, 도로가 에너지와 자원을 소비하는 장소에서, 태양 및 풍력에너지를 생산하고 빗물 집수를 통해 수자원 확보의 역할을 할 수 있는 에너지와 자원의 생산지로 탈바꿈해야 한다. 또한 도로는 한정된 국토의 확보된 공공부지이기 때문에 도로의 공간을 입체적으로, 그리고 다기능적으로 활용해야 한다. 도로운영방식도 단순히 원활하고 안전한 교통흐름을 확보하는 차원에서, 저탄소 교통관리 기반으로 도로운영방식의 전환이 필요하다. 친환경 도로건설 및 관리체계를 구축하여, 도로건설에 따른 자연훼손 및 환경피해를 최소화하는 노력이 필요하며, 도로를 이용한 화물물류 운송으로 대기오염 및 교통사고 피해가 급증하는 것을 줄이기 위해, 친환경 도로물류 시스템 구축을 위한 노력이 요구된다. 기존 도로보다 효율적이고 다목적·다기능적인 도로로 변화하고 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계를 구성하려는 노력이 요구되고 있다. <그림 4-5>는 이러한 저탄소 녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임을 설명하고 있다.

<그림 4-5> 녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임

가. 변화1: 녹색에너지 및 자원의 생산지 및 소비지 역할 수행

1) 녹색에너지의 생산 및 활용

도로공간은 차량의 이동 외에도 많은 역할을 수행할 수 있는 열린 공간이다. 이러한 도로부지 및 도로시설을 통한 태양에너지, 풍력에너지 등의 친환경에너지를 생산하고 이를 직접 도로에서 다용도로 활용할 수 있다. 방음벽과 고속도로 IC 녹지대는 태양광 집전판을 설치하기에 적당한 도로시설이고 이들에 설치한 태양광 집전시설을 통해 발전된 태양에너지는 도로부문 소비전력을 충당하거나 도로인근지역 주민시설에 제공 가능하다. 실제로 유럽에서는 많은 도로구간에 방음벽에 태양광 집전판을 설치하여 태양에너지를 생산하고 있고, 바람이 많은 도로유휴지에서 풍력에너지를 생산하고 있다. 도로시설을 통해 발전된 전력을 도로주변 주거 및 상업시설에 공급할 수 있다. 최근 주거지역 인근에 건설되는 도로를 반대하는 주민민원 발생이 빈번함에 따라, 도로건설에 따른 주민편익 극대화가 필요하다. 발전된 전력은 무상 혹은 저가로 도로 주변 주거 및 상업시설에 공급함으로써 도로건설에 따른 주민편익을 극대화하고 도로건설 반대 민원발생완화 효과 유도 또한 가능하다.

2) 빗물자원 활용을 위한 기반시설

기존 도로시설에는 도로상의 빗물을 가능한 빨리 배수시키고, 배수된 빗물은 지하관거를 통해 하천 등으로 유입시키게 된다. 이렇게 토양으로 흡수되지 못하고 하천으로 흘러간 빗물은 지하수의 부족, 환경오염 및 하수처리 비용 증대 등의 많은 문제를 발생시키게 된다.

국토면적의 1%에 해당하는 도로 포장면은 넓고 훌륭한 강우의 집수면으로 활용가능하다. 집수된 빗물은 구축된 효율적인 빗물 집수와 비점오염 관리시스템을 통해 활용 가능한 수자원으로 전환되고, 휴게소, 조경 및 농업용수, 인근 산업단지의 공업용수, 소방용수 등으로 활용가능하다. 이를 통해

하천으로 방출되었던 빗물의 수자원화, 하수처리 비용절감, 홍수 등의 방재 효과를 가질 수 있다.

나. 변화2: 친환경 자동차통행과 저탄소 교통관리 기반 도로구축

1) 친환경 자동차통행을 위한 기반시설 구축

최근 녹색성장의 기조에 따라 친환경 자동차의 기술이 날로 발달되어 곧 이러한 녹색 자동차의 시대가 도래할 것으로 보인다. 하지만 자동차 기술발달에 비해 이들 자동차 통행의 기반시설인 도로에서의 녹색기술 개발은 거의 이루어지지 못하고 있다. 이에 향후 전기자동차 등의 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설로의 도로시설 확충과 함께 도로의 새로운 역할이 필요하다. 특히 전기자동차를 위한 충전인프라와 수소자동차를 위한 수소충전시설 등이 도로시설의 일부로 구축되어야 할 것이다.

2) 저탄소 교통관리 기반 도로운영

현재 도로교통 운영의 목표는 안전성 확보와 함께 효율성 극대화를 위한 교통혼잡 완화이다. 하지만 저탄소 녹색성장시대의 도로교통운영의 중요한 목표 중 하나는 에너지 소비 최소화와 함께 온실가스 배출 최소화를 구현할 수 있는 도로교통운영이다. 온실가스 배출 최소화를 위한 도로운영을 위해서는 저탄소 교통관리를 할 수 있는 기반시설이 요구되고, 이러한 기반시설을 IT기술과 접목한 첨단 저탄소 교통관리시스템 구축이 필요하다. 또한 도로상 온실가스 배출의 주범인 자동차의 친환경 녹색자동차 이용 활성화를 위한 통행권 및 우선권 등을 부여하는 새로운 도로운영방법이 필요한 실정이다.

다. 변화3: 보다 효율적이고 다목적으로 도로를 활용

1) 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망, 통신망 구축

전력송전 시 전력낭비를 최소화하기 위해 점차 송전압을 초고압으로 상승시키고, 이를 위한 초고압 송전시설을 건설하고 있다. 이러한 고압 송전탑의 건설에 의해 발생하는 자연경관 훼손 및 전자파 노출 피해가 문제되고 있다.

고압 송전탑의 건설에 따른 피해를 줄이는 한 가지 대안은 고압 송전로를 전국으로 연결하고 있는 간선도로망의 지하공간을 활용한 송전지중망을 구축하는 것이다. 이를 통해 고압 송전망 건설에 따른 자연훼손 및 주민 피해완화를 기대할 수 있다. 이러한 간선도로망을 활용한 전력·통신망의 구축은 “Repower-America”의 일환으로 이미 앨 고어에 의해 제안되었고, 최근 Times지에 의해 미국 오바마 정부의 10가지 혁신사업 중 하나로 선정된 바 있다.

2) 효율적이고 다양한 기능제공 도로

도로의 발달과정에서 대규모의 여객과 화물의 이동이 강조됨에 따라 도로의 ‘이동성과 접근성 제공’이라는 도로의 주요 두 가지 기능 중 이동성만이 강조되어 오고 있다. 효율적인 도로의 역할을 위해서는 통과교통과 접근교통이 분리된 도로교통망을 통해 이동성과 접근성이 조화된 도로의 계층적·공간적 구성이 구축되어야 한다. 또한 다양한 교통수단과의 효율적인 연계도로망 구축이 필요하다.

‘보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로’를 위해서는 도심 외곽순환망 확충과 도로의 다목적·입체적 활용을 위한 정책이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도로는 여객·화물의 수송 이외에도 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 중요한 역할을 수행한다. 지금까지 도로는 자동차의 이동성만이 강조되어 사람 간의 소통과 만남의 기회는 오히려 상실되고, 단절된 사회로

유도하게 되었다. 그러므로 녹색성장시대의 도로는 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 '새로운 문화창조와 소통의 장'이 되어야 한다.

3) 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

녹색성장시대에 진입하면서, 사회 대부분의 분위기는 '철도수단은 녹색지향적이고, 도로는 녹색 지양적이다'로 조성되었다. 하지만 앞 절 <그림 4-2>에서 설명하였듯이 도로에 의한 환경피해의 상당부분은 모든 육상교통수단에서 같이 발생하고 있다. 이에 철도와 도로 등은 서로 경쟁관계라기보다는 서로 조화 및 보완관계를 구성하는 상생적인 역할을 수행하도록 변화해야 한다.

제5장 녹색성장 구현을 위한 도로교통 부문 정책개발

제1절 도로시설을 통한 녹색에너지 생산 및 활용

앞 장에서 언급했듯이 국내 총 에너지 소비량의 16.6%가 도로에서 소비되고, 도로에 의한 이산화탄소 배출량은 국가전체 연간 배출량의 16.1%에 해당한다. 또한 도로건설과 운영을 위해 많은 자원이 사용되고 있는 에너지의 소비지이다. 하지만 도로공간은 차량의 이동 외에도 많은 역할을 수행할 수 있는 열린 공간이다. 이러한 도로부지 및 도로시설을 통한 태양에너지, 풍력에너지 등의 친환경에너지를 생산하고 이를 직접 도로에서 다용도로 활용할 수 있다.

1. 도로시설에서 사용되는 전력량

우리나라 고속도로와 일반국도에서 연간 사용되는 전력량은 연간 약 494GWh(고속도로: 351GWh, 일반국도: 143GWh)이고 이를 비용으로 환산하면 연간 약 392억 원에 해당한다. 해당 전력은 터널 환기시설 등의 터널시설, 가로등 조명시설, 교통정보 수집 및 제공시설에 사용되고 있다. 494GWh

의 전력량은 국내 화력발전소 1기의 연간 최대 생산량의 12.4%에 해당하고, 이 전력량을 화력발전소에서 생산 시 약 203톤의 황산화물, 291톤의 질소산화물과 9톤의 먼지가 발생하며, 34만 톤의 이산화탄소가 발생하게 된다. 이 34만 톤의 이산화탄소는 약 4.7만ha의 국내 산림에서 연간 흡수해야 할 이산화탄소량이며, 11,600여 가구에서 1년 동안 배출하게 되는 이산화탄소의 총량과 비슷한 수준의 양이다.

<표 5-1> 도로에서의 연간 전력사용량과 대기오염 배출량

구분	연간소모전력량 (GWH)	대기오염물질 배출량(ton)			
		황산화물 (SOx)	질소산화물 (NOx)	먼지	이산화탄소 (CO_2)
고속도로	351	143.91	207.09	6.32	241,489.07
국도	143	58.57	84.28	2.57	98,281.50
계	494	202.48	291.37	8.89	339,770.56

<표 5-2> 전력사용에 따른 이산화탄소 배출량 비교

구분	이산화탄소 배출량 (TON)	배출량 환산		
		국내 산림에 의한 흡수가능량(ha)*	연간자동차 배출량(%)**	주택에 의한 연간배출량***(가구)
고속도로	241,489.07	3,081	0.33	8,270
국도	98,281.50	13,463	0.13	3,366
계	339,770.56	46,544	0.46	11,636

주: *: 국내 산림 1ha당 이산화탄소 흡수 가능량: 7.3톤/년
**: 일반승용차 1대가 연간 배출 이산화탄소: 7.3톤/년
***: 일반주택 1가구의 연간 배출 이산화탄소: 1.83톤/년

<표 5-3> 산림에 의한 이산화탄소 흡수량

연평균 ha당 이산화탄소흡수량(단위: 이산화탄소 톤, tCO_2/ha)							
수종 \ 임령	20	30	40	50	60	70	80
강원지방소나무	7.40	7.91	8.11	7.97	7.83	7.54	7.11
중부지방소나무	5.83	8.54	8.54	7.54	6.69	5.83	5.12
잣나무	8.64	9.67	9.82	9.53	9.25	8.82	8.54
낙엽송	11.32	11.17	10.43	9.68	8.94	8.34	7.74
리기다소나무	8.25	8.97	9.41	9.41	9.41	9.41	9.12
편백	7.56	7.32	7.08	6.95	6.83	6.83	6.71
상수리나무	11.48	12.09	11.88	11.08	10.07	9.27	8.46
신갈나무	15.52	13.68	12.25	10.83	9.80	8.99	8.17

자료: 기후변화와 산림(국립산림과학원): http://carbon.kfri.go.kr/index.aspx

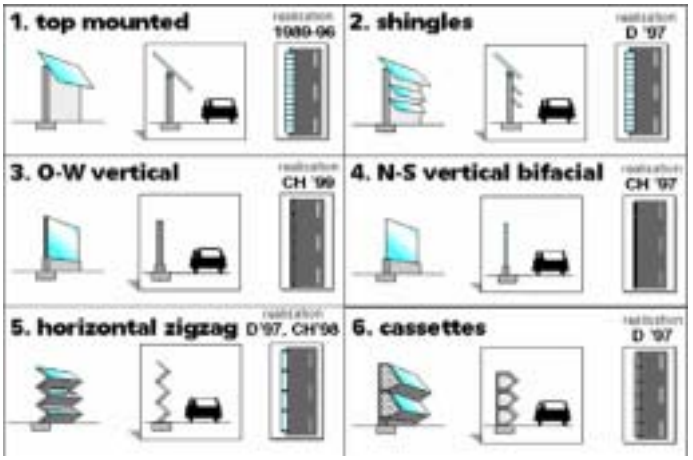
2. 도로시설을 통한 태양에너지 생산

도로주변 소음문제로 도로상의 방음벽은 날로 늘어나고 있다. 또한 현재 고속도로 IC 녹지대 등의 유휴지는 아직까지 열린 공간 이외의 역할을 수행하고 있지 못하다. 하지만 이러한 도로변 유휴지는 열린 공공부지로서 이러한 열린 공간을 통해 태양에너지 생산이 가능하다. 방음벽과 고속도로 IC 녹지대는 태양광 집전판을 설치하기에 적당한 도로시설이고, 이들에 설치한 태양광 집전시설을 통해 발전된 태양에너지는 도로부문 소비전력을 충당하거나 도로인근지역 주민시설에 제공이 가능하다. 실제로 유럽에서는 <표 5-4>에서 보는 바와 같이 많은 도로구간에 방음벽에 태양광 집전판을 설치하여 태양에너지를 생산하고 있고, 바람이 많은 도로에서는 도로유휴지에서 풍력에너지를 생산하고 있다. 도로 방음벽을 이용하여 태양에너지를 생산하는 방법도 <그림 5-2>에서 보는 바와 같이 다양한 형태가 제안되고 있다.

스위스, A13 고속도로

네덜란드, A19 고속도로 독일, A31 고속도로

<그림 5-1> 방음벽 이용 태양에너지 생산사례(유럽)



출처: Dorothy Remmer, Jose Rocha (2005), Photovoltaic Noise Barrier-Canada

<그림 5-2> 다양한 방식의 방음벽 이용 태양에너지 생산

<그림 5-3> 고속도로 IC 부지에 설치 가능한 태양에너지 생산시설

<그림 5-4> 도로 유휴지에 사용가능한 태양에너지 생산시설

<표 5-4> 유럽의 방음벽 활용 태양에너지 생산 사례

국가	도로명	용량	구축시기	비고
독일	Solarpark Aschaffenburg, A3	2.65 MW	2009	
	A92 motorway	499 kW 475 MWh	2003	Special ceramics for back side used.
	A6 motorway	100 kW 70 MWh	1999	
	A620 motorway	40 kW 50 MWh	1995	
	A31 motorway	53 kW 32 MWh	2003	
	A23 motorway	30 kW	1992	
	A96 München-Lindau motorway	30 kW 25 MWh	1997	
네덜란드	A9 motorway	216 kW	1998	-
Austria, Gleisdorf	A2 motorway near Graz	101 kW 80 MWh	2001	-
스위스	A13 motorway	100 kW	1989	세계 최초의 방음벽 활용 태양집광시설.
	A2 motorway	100 kW	1995	
	A1 motorway	80 kW	2001	
	Gothard motorway	123 kW 130 MWh	2007	매년 100톤의 CO_2 매출량 감소효과
	A1 motorway	10 kW	1997	First bifacial photovoltaic noise barrier.
프랑스	A21, Lens-Calais motorway	63 kW	1999	
네덜란드	A27 motorway	55 kW	1995	
오스트리아	A1 motorway near Salzburg	40 kW	1992	

실제 국내 도로에는 <그림 5-5>에서 보는 바와 같이 다양한 형태의 방음벽과 방음 터널이 지속적으로 건설되고 있다.

가. 도로변 방음벽

나. 교량 난간 외벽

다. 방음터널

<그림 5-5> 태양집광 시설 설치가 가능한 다양한 도로시설

캐나다에서 보고된 태양에너지 생산 용량과 국내 연구 결과를 토대로, 국내 고속도로 및 일반국도상의 방음벽과 고속도로 IC 부지 등의 유휴지를 통한 태양에너지 생산 가능량을 조사한 결과, 연간 약 1,253GWh 이상의 태양에너지 생산이 가능할 것으로 분석되었다. 이는 연간 도로사용 전력인 498GWh의 2배 이상에 해당하는 전력량이다. 이를 세부적으로 설명하면, 총 980km의 방음벽(고속도로, 국도)을 통해 연간 253GWh 전력이 생산 가능하고, 300여 개 고속도로 IC 부지를 통해 연간 1,009GWh 전력생산이 가능하게 될 것으로 분석되었다. 이러한 도로시설을 통한 태양광 전력생산량을 통해 연간 87만 톤의 CO_2 발생량 감축효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다(<표 5-5>, <표 5-6> 참조).

<표 5-5> 방음벽에 의한 태양에너지 생산 가능량

구분	방음벽 길이(km)	전력생산량 (GWh/km)	도로소요전력 (MWh)	도로상 소요전력 충당률(%)	CO_2 저감량 (톤)
고속도로	741	191.18	351,002	54.47	185,186
국도	239	61.66	142,851	43.17	146,762
계	980	253	493,853	51.20	174,071

주: 방음벽에 의한 태양에너지 생산량: 캐나다 연구사례 적용(258MWh/km 생산).

<표 5-6> 고속도로 IC/JCT의 도로유휴지에서의 태양에너지 생산 가능량

구분	IC, JCT 개수	전력생산량 (GWh/km)	도로소요전력 (MWh)	도로상 소요전력 충당률(%)	CO_2 저감량 (톤)
고속도로	316	1,009.23	351,002	287,53	694,608

주: 고속도로 IC 및 JCT의 도로유휴지에 의한 태양에너지 생산량은 서울고속도로 주식회사 자체 연구결과 사용(태양집전판 설치면: 2.5, 태양전력 단위생산량: 1277.5(MWh/YR)

3. 도로시설을 통해 생산전력의 활용

도로시설을 통해 발전된 친환경 에너지 전력은 '녹색전력'으로 부를 수 있다. 이러한 녹색전력은 도로시설에서 필요한 전력으로 공급하면, 도로자체가 에너지의 생산지와 소비지를 일치시키는 역할을 할 수 있게 된다. 또한 도로주변 주거 및 상업시설에 공급함으로써 도로건설에 따른 주민편익을 증대시킬 수 있다. 다시 말하면, 도로시설을 통해 발전된 전력은 무상 혹은 저가로 도로주변 주거 및 상업시설에 공급함으로써 도로건설에 따른 주민편익을 극대화하고, 도로건설 반대 민원발생완화 효과를 기대할 수 있다. 또한 도로 인근 산간 벽오지 등의 낙후지역 필요 전력공급으로 주민 불편해소 및 전력공급 비용 절감효과가 예상된다. 실제 전라남도에 위치한 고창휴게소에서는 태양 집전시설을 휴게소 부지에 설치하여 휴게소에서 필요한 전력 일부를 태양에너지를 통해 수급하고 있다(<그림 5-6> 참조).

<그림 5-6> 고창휴게소에 설치된 태양 집전시설

도로시설을 통한 녹색전력은 향후 전기자동차 기반 서비스를 위한 전력으로도 활용가능하고 이를 통해 녹색전력을 활용한 전기자동차시대 기반시설을 구축할 수 있다. 최근 전기자동차 관련 기술이 지속적으로 개발되고 있지만, 여전히 전기자동차 보급 제한의 가장 큰 원인은 충전시간 과다와 충전에 따른 주행가능거리의 부족이다. 이스라엘의 한 벤처기업은 이러한 전기자동차의 한계를 극복할 수 있는 방안을 제안하고 현재 추진 중에 있다. 이스라엘 벤처기업 Better Place의 CEO Shai Agassi는 전기자동차의 배터리 교환 서비스를 통한 '새로운 전기자동차 시대'를 발표하였다. 이들은 기존 방식과 달리 단시간에 전기자동차 배터리 자체를 교환하는 방식으로, 3년 내에 이스라엘 전역에 전기자동차 충전망을 구축할 예정이다. 도로시설에서 생산된 '녹색전력'은 도로변에서의 전기자동차 배터리 충전을 위한 전력으로 활용되면, '에너지의 생산지=소비지'가 도로에서 구현되어 'Smart Grid'가 도로에서도 구현되는 것이다.

제2절 도로 강우 유출수 활용[9)]

도로의 건설은 빗물의 침수가능 토지면적을 감소시키고, 도로상의 빗물은 하수시설을 통해 하천으로 흘러가게 된다. 이에 따라 지하수 등 수자원의 부족과, 토양에 의한 자연적인 정화과정을 생략한 채 하천 및 바다로 흘러감에 따라 환경오염을 증가시키고 수자원의 낭비를 유발하게 된다.

하지만 국토면적의 1%에 해당하는 도로 포장면은 넓고 훌륭한 강우의 집수면으로 활용가능하다. 이를 통해 집수할 수 있는 빗물량은 연간 13.3억 톤에 해당할 것으로 예상된다. 이 13.3억 톤의 빗물량은 팔당댐 저수용량의 5.5배이고 3개월 동안 전 국민이 사용할 수 있는 양이다. 이렇게 확보된 수자원은 에너지원으로 도시의 열 순환 개선에 큰 도움을 줄 수 있다. 집수된 빗물은 구축된 효율적인 빗물 집수와 비점오염 관리시스템을 통해 활용가능한 수자원으로 전환되고, 휴게소, 조경 및 농업용수, 인근 산업단지의 공업용수, 소방용수 등으로 활용가능하다. 이를 통해 하천으로 방출되었던, 빗물의 수자원화, 하수처리 비용절감, 홍수 등의 방재효과를 가질 수 있다.

포장도로면을 통한 빗물활용 시설은 '빗물집수', '빗물침투', '빗물저류', '빗물 활용'시설의 4개 세부 시스템으로 구성될 수 있다. <그림 5-7>은 이러한 포장도로면을 통한 빗물활용 시스템을 설명하고 있다.

1. 빗물집수

빗물을 관리하기 위해서는 가장 먼저 집수면이 필요하다. 총 80,643km에 해당하는 국내 도로의 포장면은 매우 훌륭한 집수면으로 활용될 수 있다. 이러한 도로의 포장면은 전 국토에 걸쳐 존재하며, 관할 책임부서에서 계속적인 유지관리를 하고 있기 때문에 이를 통한 빗물의 집수가 지속적으로 가

9) 본 도로 강우 유출수 활용에 대한 부분은 녹색경영을 위한 교통분야에서의 적극적 물관리 방안(한무영) 제안을 일부 수정하여 제시한 것임.

능하다. 집수면에서 받은 빗물은 주변에 저류시키거나 침투시키기 때문에 관거의 길이를 줄여 에너지를 저감시킬 수 있고, 빗물 저류나 침투를 시킴으로써 건전한 물순환을 도모할 수 있다.

출처: 한무영, 『녹색경영을 위한 교통분야에서의 적극적 물관리 방안』

<그림 5-7> 포장도로면을 활용한 빗물 저류시설

<표 5-7> 국내 포장도로면 현황

구분	도로관리청	연장(km)	포장연장(km)	포장률(%)
계		103,019	80,643	78.3
고속국도	국토해양부 장관	3,368	3,368	100.0
일반국도	국토해양부 장관 (시구역: 시장)	13,832 (2,320)	13,467 (2,274)	97.4 (98.0)
특별시도/광역시도	특별시장/ 광역시장	18,109	17,999	99.4
지방도 (국가지원지방도)	도지사 (시구역: 시장)	18,174 (3,689)	14,652 (3,049)	80.6 (82.7)
시도	시장	25,397	17,150	67.5
군도	군수	24,139	14,007	58.0

2. 빗물침투

도로건설의 확대는 결국 도로 포장면을 증가시켜 빗물의 침수가능 토지 면적을 감소시키고, 도로상의 빗물은 하수시설을 통해 하천으로 흘러가게 된다. 하지만 도로시설의 포장면에 유출된 빗물은 도로주변에 간단한 침투시설을 통해 빗물을 땅속으로 침투시킬 수 있다. 특히 특정 침투시설은 지반의 안정성을 꾀할 수 있으며, 간단한 장치를 통해 비점오염원을 차단시킬 수 있다. 또한 집수면 주변에 설치되기 때문에 관거에 대한 고려가 필요하지 않아서 에너지를 저감시킬 수 있다. 침투된 빗물은 지하수를 확보하고 저하된 수위를 높일 수 있다. 또한 건천화를 방지함으로써 가뭄을 예방할 수 있으며, 건전한 물순환을 통해 녹색성장 및 방재를 꾀할 수 있다. 특히 강우 시 빗물을 땅속으로 유출시킴으로써 홍수예방에도 적극적으로 활용할 수 있다.

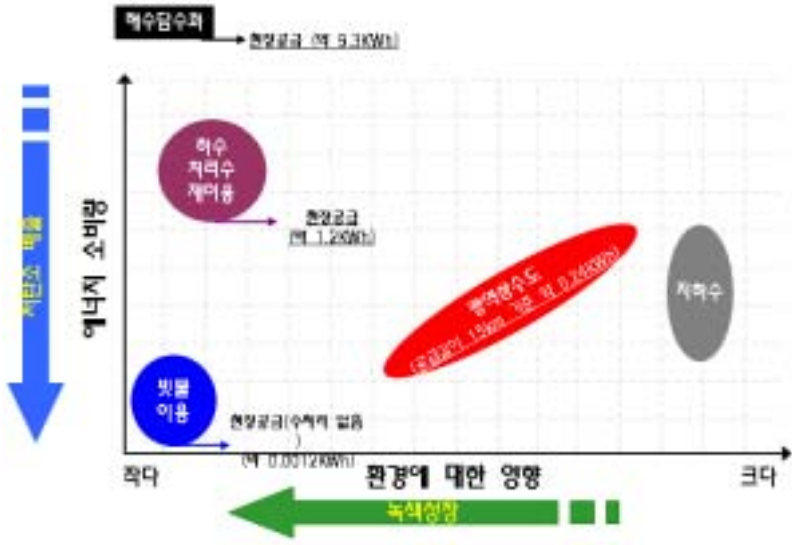
3. 빗물저류

도로시설의 포장면을 통해 집수된 빗물은 주변에 간단한 물탱크나 유수지를 통해 빗물을 저류시킬 수 있다. 물탱크나 저류지는 집수면 주변에 설치되기 때문에 관거의 길이를 줄일 수 있고, 저류조 내의 수질유지의 문제는 대규모 하천처리시설이 아닌 간단한 장치를 통해서도 쉽게 해결할 수 있으며, 저류지의 경우 생태조성을 통해 비점오염원을 차단시킬 수 있다.

저류된 빗물은 첨두유출량을 조절하는 기능을 가짐으로써 홍수를 조절할 수 있으며, 수자원으로도 활용할 수 있다. 수자원으로 활용할 경우 외부로부터 수자원을 공급받지 않아도 되므로 관거로 소모되는 에너지를 줄일 수 있으며, 수자원 확보에도 많은 도움을 줄 수 있다.

4. 빗물 활용

저류된 빗물은 도로시설의 세척용수, 도로주변의 조경용수, 허드렛물, 소방용수, 온도조절용수, 음용수 등으로 활용될 수 있다. 세척용수의 경우 많은 수량을 필요로 하는데 수돗물처럼 고급의 물이 필요하지 않다. 산업시설 등에서 요구되는 온도조절용수의 경우 빗물을 이용한 살수를 통해 시설물이나 주변의 온도를 낮추어 냉방에너지를 저감시킬 수 있다. 음용수의 경우 저류된 빗물이 비교적 깨끗하기 때문에 간단한 약품주입이나 막여과를 통해 음용수로 활용할 수 있다. 특히 도서지역이나 상수처리장으로부터 먼 거리에 있는 교통시설에서 활용할 경우 아주 적은 비용으로 안정적으로 상수도 문제를 해결해 줄 수 있다. 또한 교통시설물에서 모은 물을 이용하여 오지마을에 빗물 목욕탕 등을 제공함으로써 도로시설에 의한 주민혜택을 극대화 시킬 수 있다.



출처: 한무영, 『녹색경영을 위한 교통분야에서의 적극적 물관리 방안』

<그림 5-8> 저탄소-녹색성장을 위한 빗물이용

제3절 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망 · 통신망 구축

지속적인 지역개발과 IT 기술의 발달로 전력 및 통신망 구축은 지속적으로 필요할 것으로 보인다. 최근 전력송전 시 전력낭비를 최소화하기 위해 송전압을 초고압으로 상승시키고, 이를 위한 초고압 송전시설을 건설하고 있다. 이러한 고압 송전탑의 건설에 의해 발생하는 자연경관 훼손 및 전자파 노출 피해에 의한 주민건강에 대한 논란이 끊이지 않고 있어 고압 송전탑 건설이 곤란해지고 있다. 실제로 녹색연합에 의하면, 고압 송전탑 건설에 따른 녹지 훼손은 잠실종합운동장 주경기장 부지면적의 200배에 해당(4,469,029㎡)한다고 발표된 바 있다.

<표 5-8> 송전설비 연차별 현황

(단위: km)

송전전압	2004	2005	2006	2007	2008	2009년*
765kV	661	662	755	755	755	755
345kV	7,903	7,990	8,279	8,284	8,310	8,324
154kV	18,723	19,191	19,515	19,917	20,298	20,400
66kV	889	567	496	338	335	337
180kV(DC)	232	232	232	232	232	232
합계	28,409	28,642	29,276	29,527	29,929	30,047

주: * 2009년은 2/4분기 기준현황임.

<표 5-9> 송전전압에 따른 송전용량 및 송전시설규모

구분	송전용량 (회선당, MW)	송전시설(송전철탑)		
		표준경간 (m)	높이 (m)	중량 (톤)
345kV	900	400	50	40
765kV	4,200	550	118	237

본 연구에서는 이러한 고압 송전탑의 건설에 따른 피해를 줄이기 위해 전국을 연결하고 있는 간선도로망을 통한 송전지중망 구축을 제안한다. 우

리나라 전국을 연결하고 있는 간선도로망을 활용하여 고압 송전지중화 체계를 구축함으로써, 계속적으로 논란이 되고 있는 고압 송전탑에 의한 자연훼손 및 주민 피해완화를 기대할 수 있다. 현재 한국전력공사에서 발전소에서 배전소까지의 총 송전길이는 약 30,000km에 해당한다. 최근 한국전력공사가 추진하고 있는 송전사업은 전국적으로 41개소, 총 길이 645km로 고압송전철탑 1,600여 개가 들어서야 하고, 이를 통해 각 발전소는 도로의 간선도로망과 쉽게 연결될 수 있는 위치에 있게 된다(<그림 5-11참조>).

<표 5-10> 간선도로망과 전력 송전망

도로망		전력 송전망
고속도로	일반국도	
35개 노선(4,441km)	51개 노선(13,832km)	약 30,000km

전국 주요 도시를 연결하는 간선도로망의 지하공간을 통한 통신 및 전력망 구축은 통신케이블 및 전력송신탑 등의 피해를 완화하고, 제한된 국토의 효율적인 활용을 기대할 수 있다. 이러한 간선도로망을 활용한 전력·통신망의 구축은 “Repower-America”의 일환으로 이미 앨 고어에 의해 제안되었고, 최근 Times지에 의해 미국 오바마 정부의 10가지 혁신사업 중 하나로 선정된 바 있다.

<그림 5-9> 국토를 점유하고 있는 고압 송전탑

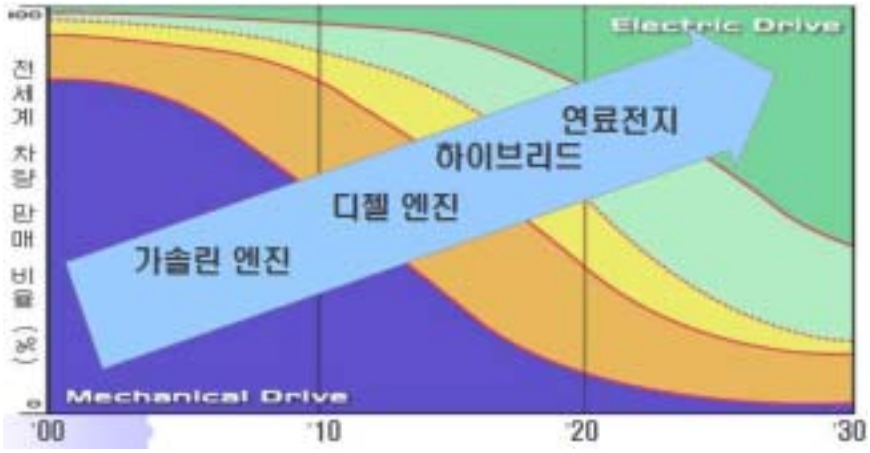
<그림 5-10> 도로를 따라 건설된 송전시설

<그림 5-11> 전국 고속도로망과 발전소 위치

제4절 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설 구축

1. 친환경 자동차의 개발현황

친환경 자동차는 현재 하이브리드차와 플러그하이브리드차, 전기자동차, 연료전지차로 구분되어 개발되고 있다.



출처: Holden Advanced Engineering

<그림 5-12> 전 세계 자동차 시장전망

<그림 5-12>에서 보는 바와 같이 세계 자동차 시장은 장차 전기자동차의 확대로 나아갈 것으로 예측되고 있다. 과거 전기자동차는 높은 배터리 가격과 낮은 효율성, 그리고 배터리의 잦은 교체 및 짧은 주행가능 거리 때문에 다른 친환경 자동차에 비해 개발이 제한되었으나, 최근 배터리 개발기술과 1회 충전 주행가능거리 증대로 인하여, 미래 자동차 시장을 위해 기술개발이 가장 활발히 이루어지고 있는 부문 중 하나이다.

하지만 이러한 도로를 주행하는 친환경 자동차의 기술이 지속적으로 개발되고 있는 것에 반하여, 이들 주행을 지원하는 기반시설인 도로의 해당

녹색 기술 개발은 거의 이루어지지 않고 있다. 향후 친환경 자동차, 특히 전기자동차 활성화를 유도할 수 있는 기반시설인 녹색도로 구축이 요구되고 있다. 전기자동차를 위해 도로시설에 요구되는 가장 대표적인 시설은 전기충전시설이다. 현재 대부분의 나라에서는 전기자동차에 직접 충전하기 위한 충전시설을 도시지역 중심으로 구축하고 있고, 이스라엘을 중심으로 전기차량의 배터리 자체를 교환하는 새로운 충전인프라를 구축하고 있다. 또한 최근 무선 전력공급장치에 의한 전기자동차 운영과 함께 '온라인 전기자동차(On-Line Electronic Vehilce, OLEV)'에 대한 개발도 이루어지고 있다.

2. 전기자동차를 위한 도로기반시설 구축

가. 전기자동차 충전 인프라

전기자동차를 위한 인프라의 핵심은 전기 충전인프라이다. 전기자동차 충전인프라는 직접충전을 하게 되는 충전시설과, 충전된 배터리를 교환할 수 있는 배터리 교환소로 구분할 수 있다. 현재 직장 및 주거지역 등의 주차장에서 전기자동차에 직접 충전하기 위한 충전시설 구축이 일반적이지만, 이스라엘을 중심으로 전기차량의 배터리 자체를 교환하는 새로운 충전인프라도 새로운 대안으로 구축하고 있다.

전기에너지를 구동 에너지로 사용하는 차량으로서는 HEV(Hybrid Electric Vehicle), PHEV(Plug-in HEV), EV(Electric Vehicle) 및 FCEV(Fuel Cell EV)가 있다. HEV는 내연기관에서 발생하는 동력을 기계적 에너지로 직접 사용하거나 차량 내에 장착된 배터리에 일부의 에너지를 저장하여 사용한다.

PHEV는 차량 내에 장착되는 배터리의 용량을 HEV 배터리용량의 3~8배로 증가시켜 도심 내에서는 출퇴근 시 가급적 전기에너지를 사용하는 것을 목표로 하며, 배터리 충전은 외부전원(AC220V)으로부터 장시간(5~8시간)에 이루어진다.

EV는 내연기관 없이 외부에서 충전되는 전기에너지만으로 모터를 구동시켜 운행되며 배터리의 용량에 따라서 운행거리가 결정된다. 배터리는 통상적으로 30분 이내의 충전시간에 80% 이상의 전기에너지를 배터리에 충전할 수 있도록 설계된다. FCEV는 차량 내에 설치된 연료전지에서 발전되는 전기를 사용하므로 외부 충전이 필요 없으나 전기 대신 연료로 사용되는 수소를 충전하여 발전하므로 수소 충전소를 필요로 한다. 현재 FCEV는 일부 미진한 주변기술과 수소충전소 문제로 상용화가 상당기간 지연될 것으로 보인다. 현재 도로시설과 직접 관련되는 전기자동차는 PHEV와 EV이며 이와 관련된 기술은 충전시설과 충전인프라 및 온라인 전기차 등의 신기술 분야이며 관련 분야를 살펴보면 다음과 같다.

1) 직접충전방식의 충전인프라

북미의 경우 충전방식별로는 접촉식과 유도식 두 가지 방법이 고려되고 있으나 효율과 용량 등을 고려하면 급속 충전장치의 경우 접촉식이 적합하며, 1991년 IWC(Infrastructure Working Group)을 구성하여 다음과 같이 3레벨로 구분하여 추진하고 있다. 한편 접지, 전기적 절연, 사람의 전기적 충격 및 커넥터나 케이블의 안전성을 고려하여 규격화 및 기술개발이 진행되고 있다. 충전인프라설치장소는 단독주택, 아파트 및 상업설비로 구분하고 있으며, PHEV의 경우는 Level 1과 2까지 적용하고 있다.

Level 1: 단상 120Vac, 12A, 충전용량 1.44kVA, 충전 8~15시간
차단기용량 15Amin, NEMA 5-15R

Level 2: 단상 208~240Vac, 32A, 충전용량 6.7/7.7kVA, 충전 3~6시간
차단기용량 40Amin. SAE J1771/J1773

Level 3: 삼상 208~480Vac, 400Amax, 충전용량 60~150kVA, 충전 10~20분

각국의 충전인프라 전원규격과 충전소 현황은 다음과 같이 급속 충전의

경우는 공급 전력용량과 전원에 미치는 영향을 고려하여 삼상이 고려되고 있다.

<표 5-11> 각국의 충전인프라 전원규격

구분	규격
일본	단상 100V, 삼상 200V/50kW(급속충전)
미국	단상120V/15A or 20A, 단상 240V/40A, 삼상 480V/60-150kW 급속충전)
유럽	단상 230V/16A, 단상 230V/32A(준 급속충전)

<표 5-12> 유럽 주요 국가 충전소 설치 현황(2008년 10월 기준)

구분	충전소 현황(개소)
영국	250
프랑스	425
독일	70
노르웨이	425
이탈리아	90

직접 자동차의 배터리에 충전하는 방식은 충전대상 차량(PHEV 또는 EV)에 따라 크게 두 종류로 구분된다. PHEV의 경우는 차량 내에 내장된 소형의 충전기를 이용하므로 AC 3kW의 전력을 공급할 수 있는 전원설비만을 필요로 하며, 충전전압도 AC220V만으로 충분하다. 따라서 도로 주변 및 주차장에 다음 그림과 같은 충전 포스트 개념의 설비만으로 도로 주변 또는 주차장에 설치가 가능하다. 따라서 도로 주변과 주차장에 충전인프라를 고려할 경우 도로변을 지나는 한국전력의 단상 변압기로부터 직접 전원선을 연결하여 사용 가능하다. 단 해당 변압기의 전력공급 능력(변압기의 용량)을 고려하여 설치하여야 한다.

(주차장에 설치된 충전포스트와 사용 예)

<그림 5-13> 직접 충전식 충전인프라

현재 런던에서는 총 250여 개의 전기차 충전소가 설치되어 있고, 그중 60여 개가 주요 도로상에 배치되어 있으며 2009년 말까지 런던 내에 200개 등 전국에 1,000개소의 전기차 충전시설을 설치할 예정이다[10]. 이러한 충전시설은 다음과 같은 3가지 유형의 충전 네트워크의 형태로 회원제로 운영 중이다.

- Masterpark: 전기자동차와 스쿠터를 위한 노외주차장 충전소
- Eco-Mark: 전기자동차와 스쿠터를 위해 시에 의해 운영
- Park and Charge: 전기자전거와 스쿠터를 위한 충전베이(recharge bays)

한편 파리에서는 전기자동차를 렌터용으로 보급하고, 차 없는 날에 운행 가능한 유일한 차량으로 선정하여 전기자동차 공급을 활성화하고 있다. 파리의 경우에는 도로변, 주차장 건물 내, 주유소 등에 급속충전소를 설치하여 운영하고 있다.

도로상의 충전시설 구축문제는 도시부 도로보다는 지방부도로에서 문제시되고 있다. 도시부 도로 내 통행에 비해 비교적 장거리 통행이고, 도로변 시설이 제한되는 지방부도로에서 전기자동차 운행은 기본적으로 전기자동차가 갖고 있는 문제들, 즉 배터리의 무게, 가격, 용량, 1회 충전시 주행거리,

10) 한국교통연구원, 월간 교통, "전기자동차 추진정책의 평가 및 향후과제", Vol. 138, 2009년 8월호

충전 소요시간 문제 등, 이 도시부도로에 비해 보다 제한적이다. 이러한 이유도 지방부도로상의 직접충전시설은 효율적이지 못하다. 또한 지방부도로의 충전시설까지의 전력공급시설의 추가 구축도 해결되어야 하는 부분이다.

2) 배터리 교환기반 충전인프라

이스라엘계의 미국 벤처회사인 '프로젝트 베터플레이스(Project Better Place)'는 전기자동차의 치명적인 단점으로 지적되는 1회 충전 후 주행가능 거리의 한계 및 오랜 충전시간을 해소하기 위한 방법으로 충전된 배터리 교환방식의 새로운 전기자동차 충전인프라를 제안하고 구축 중에 있다. 일정 기간 서비스에 가입한 고객에게 전기차용 배터리를 대여해 주고, 전국 각지에 네트워크를 갖는 충전소를 이용할 수 있게 해 주는 시스템으로 가까운 거리 주행은 인근의 충전소를 통해 해결하고, 장거리 여행은 교환소에서 배터리를 교환하는 것으로 배터리 문제를 간단히 해결하는 것이 기본 목표이다.

<그림 5-14> 배터리교환 방식 전기자동차 충전설비

방전된 배터리는 충전소에서 곧바로 새 배터리로 교환해 줌으로써 배터리 성능의 기술적 한계를 배터리 충전소와 배터리 교환소로 네트워크화된 충전

망의 설치를 통해 물리적, 지리적으로 극복하였다. 이러한 개념을 도입하면 배터리 충전에 걸리는 시간을 획기적으로 줄여 수분 이내에 배터리를 교환하므로 충전시간상의 문제를 용이하게 해결할 수 있다. 그러나 50만 달러의 높은 초기 설치비용과 배터리교환 시 배터리의 seal이 손상될 우려점도 제기되고 있다.

이러한 방식의 충전인프라는 이스라엘을 시작으로, 덴마크와 미국의 샌프란시코에서 인프라 구축 중에 있다. 특히 덴마크의 경우에는 배터리 충전에 쓰일 에너지는 풍력에너지로부터 공급받을 계획이다. 현재 덴마크에서 생산되는 전기의 약 20%는 풍력으로 생산되고 있으며, 생산된 풍력에너지의 7% 가량이 외국으로 수출되고 있다. 향후에 전기자동차가 풍력발전 잉여전력의 주요 소비처가 될 것으로 기대되고 있다.

직접충전시설에 비해 배터리 교환기반 충전인프라는 도시부도로보다는 지방부도로에 보다 효과적이다. 이는 주행거리가 상대적으로 긴 지방부도로에서 주유소에서 기름을 보충하듯 짧은 시간 동안 배터리를 교환함으로써 전기 충전을 할 수 있기 때문이다. 근본적으로 이러한 방식도 해당 배터리 교환소 및 충전소에 전력을 공급하기 위한 추가 시설이 필요하지만, 도로주변시설을 통해 생산된 녹색에너지(태양에너지 및 풍력에너지)를 활용하면, 전력공급 길이도 짧아지고, 전력의 생산지와 소비지를 일치시킬 수 있는 “스마트 그리드(Smart Grid)”를 도로에서 구현할 수 있다.

나. 무선전력 공급시설

무선전력공급 기술은 도로상에서 전기자동차가 무선으로 전력을 공급받아 운행함으로써 주로 도시 내 도로의 탄소배출량을 극소화하기 위한 기술이다. 무선 전력공급 시설은 기본적으로 무선 전기공급을 위한 에너지 매체(전자파, 마이크로파, 광, 자기장 등)를 생성하는 시설로, 이를 전기자동차에 무선으로 공급하는 시설, 그리고 수신된 에너지를 전기로 전화하는 시설로

구성된다. 도로시설을 통한 전력을 무선으로 공급하는 시설(에너지 전송시설)은 가로등, 정류소 등의 기존 인프라를 이용할 수 있어 보다 효과적이다. 현재 미국의 Parise Research Tech에서 개발되고 있는 무선전력 공급 기반 버스운행시스템에서는 송전장치에서 방출된 전기가 버스 상부에 장착된 수전장치를 통해 전기배터리를 충전하고 충전된 전기에 의해 버스가 운행될 수 있게 하는 시스템이다. 버스가 도로시설물에 설치되어 있는 송전장치 주변을 통과할 때마다, 전기배터리가 연속적으로 충전됨으로, 전기배터리와 관련된 전기자동차의 제한사항들을 해결할 수 있다.

자료: 한국교통연구원, 녹색성장과 첨단교통 세미나 자료집, 2009

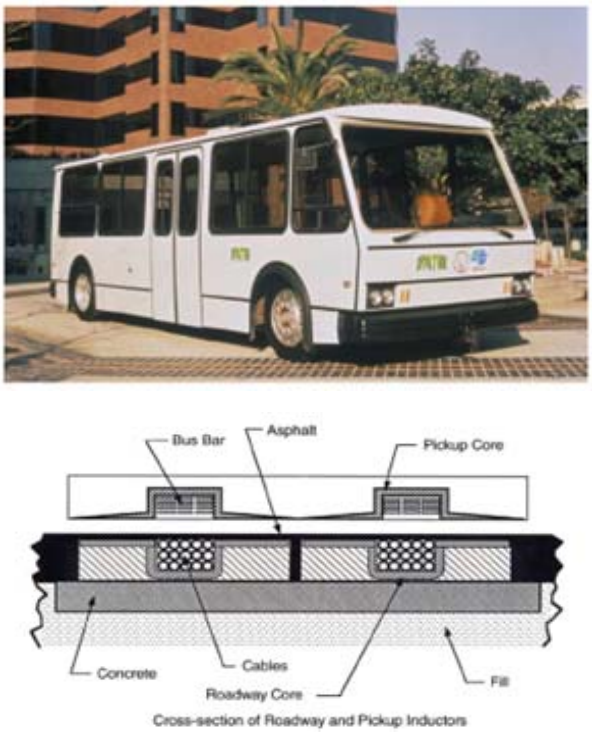
<그림 5-15> 무선전력공급 기반 미래청정교통체계

다. 새로운 개념의 전기자동차 충전 및 운행 방식의 전기자동차 인프라

기존의 플러그를 꼽아서 충전하는 방식과는 달리 전기의 유도현상을 이용하면 비접촉으로도 충전이 가능하며, 이 원리를 적용하여 개발된 방식으로는 캘리포니아의 PATH 프로젝트와 카이스트의 온라인 자동차 등이 있다.

1) PATH 프로젝트

버클리 대학에서 1989~1996년 전기 버스에 전력을 공급해 줄 수 있는 테스트 트랙을 도심에 설치하여 일부 버스 정류소에서 충전 실험 실시한 것으로 도로상에 설치된 1m 폭의 전력 공급선에서 저주파 유도전기를 받아 주행하는 방식이다. 결론적으로는 고가의 설치비, 낮은 전력전달 효율 등으로 인하여 연구 개발이 지속되지는 못하였다.



<그림 5-16> 미국 PATH프로젝트에 사용된 버스와 개념도

○ 사양: 일반버스, 7.66m(길이), 11.5톤

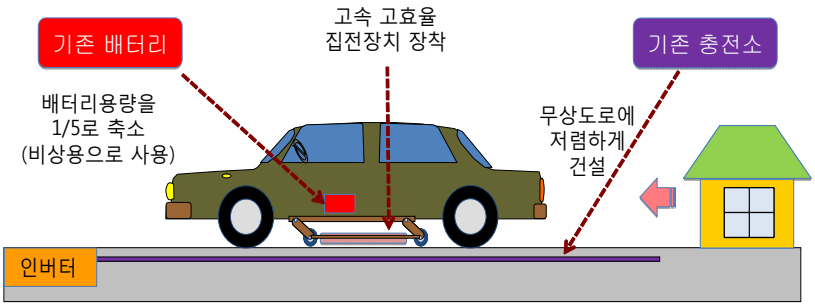
○ 배터리 성능

- 2,700kg, 210m test track 시험, 급전 레일 60m x 2개, 버스 정류장 길이 6m x 2개

○ 비용: 도로 인프라 시설 단가는 15억/km

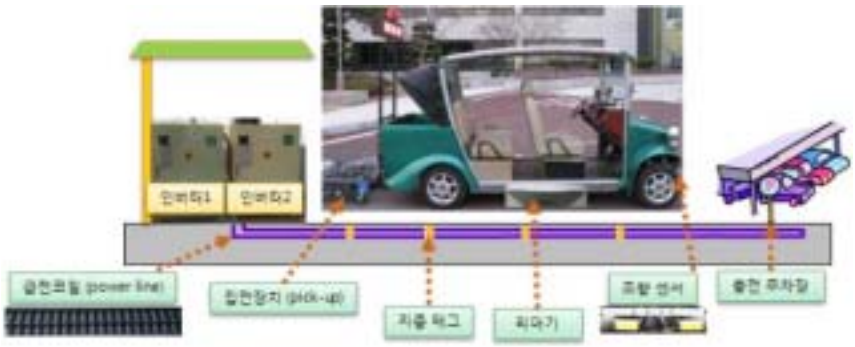
○ 효율: 최대 60%PATH 프로젝트

온라인 전기자동차는 미국 캘리포니아의 PATH 프로젝트와 같은 개념으로 주행 및 정차 중 도로에 설치된 급전 인프라를 통해 비접촉 전기방식으로 전력이 자동차에 공급되어 별도의 충전시설이 필요 없는 신개념의 전기자동차이다. 지금까지 개발된 전기자동차는 배터리의 무게, 가격, 용량, 1회 충전 시 주행거리, 충전 소요시간 문제와 충전소 설치 등의 인프라 구축에 문제점이 지적되어 왔다. 이에 국내 KAIST 연구팀에 의해 자동차, 전기, 건설 및 IT기술이 융합된 온라인 전기자동차 기술을 개발하고 최근 시연한 바 있다. 온라인 전기자동차는 도로 밑에 전선을 묻어놓은 뒤 전류를 흘리면 여기서 만들어진 자기장이 온라인 전기차로 무선 송신되고, 온라인 전기차는 다시 이 자기장을 전기에너지로 바꿔 사용하는 원리로 기본 개념 및 시스템은 <그림 5-16>과 <그림 5-17>에서 보는 바와 같다.



출처: 온라인 전기자동차 경진대회 자료, 2009년 5월

<그림 5-17> 온라인 전기자동차의 개념 및 장점



출처: KAIST 홈페이지

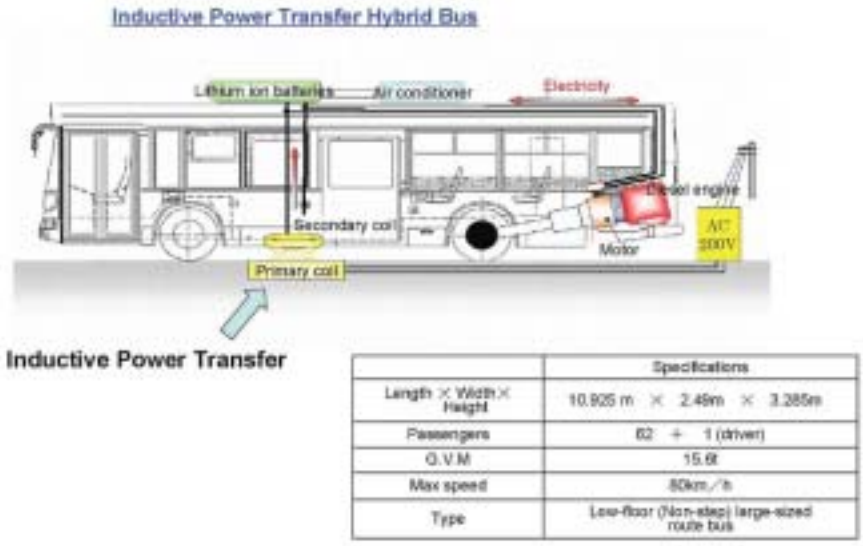
<그림 5-18> 온라인 전기자동차 개념 및 기본 시스템

이러한 방식의 충전에는 기존 자동차에서 요구되는 배터리용량을 1/5로 줄일 수 있으며, 최근 온라인 전기 버스를 실험 트랙에서 시험한 것으로 알려져 있다. 예상되는 문제점으로는 낮은 전기전달 효율과 도로 밑에 설치되어 있는 전력 공급선의 매설 방법 및 인체에 영향을 미칠 수 있는 전자파 문제를 들 수 있다. 현재 도로 밑에 설치될 전선의 매설 깊이는 지표면에서 70cm 이상이 되어야 하므로 전기에너지의 전달 효율향상에도 한계가 있을 것으로 예상된다.

현재 서울대공원 코끼리 열차와 대전시 시내버스 일부를 대상으로 시범사업이 수행될 예정으로 있으며, 상기의 문제점 해소가 관건으로 사료된다.

2) 비접촉 충전 방식

캘리포니아의 PATH 프로젝트 및 카이스트의 온라인자동차와 같은 개념이며 온라인 자동차와의 차이점은 도로에 전선을 매설하지 않고 정하여진 충전위치에서만 충전이 이루어지므로 전자파에 의한 인체유해성 등의 우려점이 없고 도로공사비도 문제시되지 않는다. 그러나 배터리의 용량은 기존의 접촉식 충전에서 필요로 하는 용량이 요구된다. 즉 충전이 접촉에서 비접촉으로 바뀌게 되는 방식이다.



	Specifications
Length × Width × Height	10.925 m × 2.49m × 3.285m
Passengers	62 + 1 (driver)
G.V.M	15.6t
Max speed	80km/h
Type	Low-floor (Non-step) large-sized route bus

<그림 5-19> 온라인 자동차 구성 및 작동원리

○ 주관기관

- 국토 교통성이 2002년부터 '차세대 저공해차 개발 및 실용화 촉진 프로젝트' 일부로 시행

○ 원리

- 정차 중 도로에 매립한 급전장치에서 전자유도를 통해 비접촉으로 차량 리튬이온 배터리를 급속 대량 충전(정차 중 충전)

○ 사양

- 일반 버스
- 10.925m(길이) X 2.49m(폭) X 3.285m(높이)
- 15.6톤 / 63명 탑재 가능

○ 배터리 성능

- '08. 2. 15부터 2주간 하네다 공항에서 4.2km 구간 시험 운행(제 1/2 여객 터미널과 국제선 터미널 사이를 셔틀형태로 운행)

중국 상하이시에서 주행하는 전기버스의 경우 정류장과 터미널에 급전장치를 설치하고 버스가 정류장에 정차할 때마다 수퍼캐패시터를 급속충전하여 주행에너지를 공급받는 형태의 충전방식이다.

<그림 5-20> 상하이의 비접촉 충전방식 예

○ 주관기관: 상하이시
- 2005년부터 상하이 시내를 주행하는 전기버스를 운행

○ 원리: 터미널에서 완충 후 정류장에서 차량 내에 장착된 수퍼캐패시터를 급속충전하고 다음 정류장까지 이동하는 방식(capabus)

라. 전기자동차 보급을 위한 각국의 정책

각국의 전기자동차 보급을 위한 정책을 정리해 보면 다음 표와 같다.

<표 5-13> 국외 전기자동차 보급 활성화 정책

국 가	전기자동차 보급 정책
스페인	2014년까지 100만 대의 전기자동차 보급계획 발표 2억4천만 유로의 예산이 투입되는 운송개혁프로젝트 핵심 중의 하나
그리스	전기자동차 등록세 및 도로세 면제, 아테네 시내 교통 통제시에도 전기자동차 진입 허용, 일부 도시 통행료 면제
이스라엘	프로젝트베터플레이스(르노, 닛산과 협력)란 유대계 미국회사와 손잡고 2011년까지 50만 개의 충전소와 2만 대의 차량을 공급 계획
포르투칼	닛산, 프랑스 Renault와 손잡고 전기자동차 보급계획 (2010년부터 월 평균 1만3천 대 생산 계획) 2011년까지 인프라 시설 구축계획 주유소 및 대형 마켓에 배터리 교환장치 설립계획 전국 전기자동차 충전소 설치 및 장점 홍보
중국	10억 위안의 정부자본+20억~30억 위안의 민간자본 투자 전망 외국기억과 합작진행 중(네덜란드TNO, 프랑스) FORD, GM 등도 중국 내 합작 파트너 물색 중 2030년 전기자동차 유관 시장규모 약 6000억 위안 전망
영국	영국 수상 친환경 자동차 프로젝트 지원(5년에 1억1500만 유로 투입) NICE사에서 개발한 Mycar (최대 64km/h로 한 시간 주행가능, 홍콩에서 제조예정) -1km 주행에 23원(가솔린차의 1/15) -도로세, 혼잡세 면제, 무료 주차공간 및 무료 충전소 설치됨 런던에 현재 40여 개소의 충전소를 3배 확대(100소 설치 중) 현 런던에 전기자동차 1000여 대 도심 통행료 면제
덴마크	풍력발전으로 충전될 수 있는 배터리형 전기자동차 도입 예정
프랑스	발전 및 배전기업인 EDF는 도요타와 협력하여 유럽 전역에 충전소 건설 중 친환경 자동차 관련 R&D지출의 50%까지 환급해 주는 세금감면제도 시행
호주	3천3백만 달러를 투자해 멜버른시에 대규모 하이브리드 자동차 생산시설 건립계획 모든 관용차를 하이브리드 자동차로 바꾸기로 결정 골드코스트 지역 대중버스 모두 하이브리드로 바꿀 계획
일본	일반차량과의 차액 50% 보조, 취득시 저리의 재정융자 실시 도쿄도민(개인)에 한해 구입비 융자 1.75% 전기자동차 개발업체에 보조금(subsidy)을 부여 지방공공단체/저공해차의 도입 연료공급시설 정비, 공영주차장의 주차요금 할인(도쿄)
미국	캘리포니아州, 2005년부터 무공해차(ZEV)규제 시행 연 6만 대 이상 판매업체 대상 친환경차 일정비율 이상 판매의무화 위반시 대당 $5,000 Penalty 부과 특별차선(High-Occupancy Lane) 이용허가 공항 / 공영주차장 주차비 면제 지정 주차장/무료충전시설 구비

마. 관련 법규

전기자동차 인프라 구축 관련으로는 도로법, 전기사업법, 교통체계 효율화법 및 주차장법 등의 다양한 관련법의 적용을 받게 되므로 이에 대한 상세한 검토가 요구된다.

제5절 저탄소 교통관리 기반 도로운영

1. 첨단 저탄소 교통관리시스템

기존 교통관리시스템은 지정체 감소, 교통소통 원활 및 교통류 최적화, 안전증진 등을 목표로 하는 교통관리에 초점이 맞추어져 있으나, 첨단 저탄소 교통관리시스템은 도시 내 모든 도로네트워크 및 지역의 탄소배출 현황을 첨단 IT 기술과 연계하여 실시간으로 모니터링하고, 탄소배출 통계 및 관리현황에 따라 최적화된 저탄소 교통관리전략을 개발하여 시행하고자 하는 시스템이다. 첨단 저탄소 교통관리시스템의 구현을 위한 기본구상은 실시간 탄소배출 모니터링 시스템 개발, 탄소배출 통계 및 분석시스템 구축 및 첨단 저탄소 교통관리전략 개발 등으로 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다.

자료: 한국교통연구원, 녹색성장과 첨단교통 세미나 자료집, 2009.

<그림 5-21> 첨단 저탄소 교통관리시스템 기본구상

가. 첨단 저탄소 교통관리전략 개발

기존 교통관리전략의 지표인 교통량, 속도, 지체도 등의 적용과 차별화하여 실시간 또는 DB화된 탄소배출량을 기준으로 교통관리전략을 수립한다. 이와 더불어 고탄소를 배출하는 도로구간(Green Corridor) 및 특정지역(Green Zone)을 우선 대상으로 실시간 또는 DB화된 탄소배출량을 기준으로 한 교통관리전략을 개발·시행한다.

① 저탄소 속도관리시스템:
가변경제속도제한(Variable Economic Speed Limit) 또는 Intelligent Speed Adaption(ISA) 등의 가변적 속도 제한 도입을 통한 도로구간 탄소배출량 억제 및 안전 향상

② 탄력적 혼잡통행료/주차료 부과시스템:
Green Corridor 또는 Green Zone에 진입하는 차량들의 에너지 소비 및 온실가스 배출량을 기준으로 혼잡통행료/주차료를 부과, 대기환경 여건이나 탄소배출 상태에 따라 실시간으로 차등 부과, 녹색자동차(전기자동차 등)의 경우 혼잡통행료/주차료 면제

③ 고탄소 배출차량 진입제한시스템:
Green Corridor 또는 Green Zone에 진입하는 차량들의 에너지 소비 및 온실가스 배출량을 기준으로 고탄소 배출차량에 대한 탄력적인 진입제한

④ 차량-인프라 연계 신호정보제공시스템:
차량 내 개별 단말기와 신호교차로 인프라 간의 연계(Vehicle-Infrastructure Integration)를 통해 신호교차로 적색 잔여시간 및 대기시간을 제공, 차량의 불필요한 공회전 및 연료소모 억제

⑤ 자전거 및 자동차 통합신호시스템:
Green Zone 내 자전거 및 자동차 통합신호시스템 시범운영을 통한 비탄소 교통수단 활성화 및 저탄소 도시구조 구축

⑥ 기존 ITS 교통관리전략 확대 시행:
통행료전자지불시스템(ETCS)/버스정보제공시스템(BIS)/다수단 환승정보제공시스템(TAGO)/첨단신호제어시스템 등

나. 저탄소 교통관리 시스템 구축

1) 저탄소 교통관리센터

저탄소 교통관리센터는 도시 내 도로네트워크 및 지역의 실시간 탄소배출현황을 24시간 모니터링하여, 모든 탄소배출 정보를 수집/가공/관리하여 첨단저탄소 교통관리전략을 개발 및 시행하는 핵심 주체로 저탄소 교통관리센터 구축을 통한 교통혼잡 감소 및 저탄소 도로교통 통합관리기능을 구현할 수 있다. 아래 그림은 저탄소 교통관리센터의 기능 및 구성을 나타낸 것으로 정보 수집, 가공/처리, 제어 및 정보제공 단계로 구분될 수 있다.

자료: 한국교통연구원, 녹색성장과 첨단교통 세미나 자료집, 2009.

<그림 5-22> 저탄소 교통관리센터 기능 및 구성

2) 저탄소 교통관리시스템 도입방안

저탄소 교통관리시스템은 다음과 같이 3단계 추진전략을 통하여 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

① 1단계: 저탄소 교통관리시스템 기반조성 및 초기구축을 통하여 실시간 탄소배출정보 수집인프라의 구축, 탄소배출 모니터링 및 분석체계 구축, 그리고 저탄소 교통관리센터의 구축 및 시범운영을 시행한다.

② 2단계: 저탄소 교통관리센터 기능 고도화 및 교통관리전략 개발을 통하여 1단계 교통관리센터의 기능의 고도화 및 기술적 보완을 도모하고 저탄소 교통관리전략의 개발과 시범적용 및 법·제도적 기반을 구축한다.

③ 3단계: 센터 구축범위 확대·통합 및 저탄소 교통관리전략을 시행하여 1, 2단계 센터 구축범위의 확대·통합, 첨단 저탄소 교통관리전략의 시행, 유비쿼터스 기술발전에 따른 고도화된 교통관리전략을 개발·제공한다.

3) 첨단 저탄소 교통관리시스템 도입 효과분석

위에서 설명한 첨단 저탄소 교통관리시스템 도입에 따른 효과는 다음과 같이 대략적으로 예상할 수 있다.

- 저탄소 속도관리전략으로 혼잡예방 및 주행속도 증가
- 탄력적 혼잡통행료 및 주차료 부과로 인한 평균주행거리 감소
- 고탄소 배출차량 진입제한으로 차량당 대기오염 비용 감소
- 차량-인프라 연계 신호정보제공으로 주행속도 증가

위의 예상효과를 비용으로 환산하기 위해서 Green Corridor 선정에 따른 첨단 저탄소 교통관리시스템 관리전략을 분석하기 위해서는 가정이 필요하다. 본 연구에서는 효과분석을 위해 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침』(한국개발연구원, 2007)의 계산방법을 준용하였으며, 각 항목의 감소 혹은 증가 범위는 유사시스템 도입으로 인한 효과분석 사례를 바탕으로

다음과 같이 가정[11]하였다.

- 대기오염 및 차량 운행비용은 속도에 따라 증가 혹은 감소함
- 저탄소 속도관리시스템 및 차량-인프라 연계 신호정보제공으로 차량당 주행속도가 20km에서 30km로 50% 향상
- 혼잡통행료 징수로 차량당 평균주행거리 10% 감소
- 고탄소 배출 차량 진입제어로 차량당 대기오염비용 13% 감소
- 총 22.4조 원의 절감 효과를 기대할 수 있음(연간 3.6조 원의 대기오염비용 및 18.8조 원의 운행비용 절감)

<표 5-14> 첨단 저탄소 교통관리시스템 도입 효과분석

항목	도입 전	도입 후	비 고
운행속도(km)	20	30	50% 증가
차량당 km당 대기오염 비용(원/km)	49.77	43	속도증가에 따른 효과 + 고탄소 배출 차량 운행 감소로 인한 효과 --> 13% 감소
차량당 km당 운행비용(원/km)	253.82	218.65	속도증가에 따른 효과
차량등록대수(대)[12]	15,895,234	15,895,234	-
평균주행거리(1대/1일)	54.9[13]	48.9	10% 감소
대기오염 비용(조/연간)	15.9	12.2	-
대기오염 감소 효과(조/연간)	3.7		-
운행비용(조/연간)	80.8	62.0	-
운행비용 감소 효과(조/연간)	18.8		-

11) 서울시 혼잡통행료 징수 사례에 따르면, 혼잡통행료 시행 전인 1996년 대비 전체 통행량은 20.8% 감소하고, 통행속도는 21.6km/h에서 46.5km/h로 115.3% 증가됨(디지털 세정신문, 2007. 8.). 27). 이에 첨단 저탄소 교통관리시스템 도입에 따른 주행속도 증가 및 차량당 주행거리 감소 효과는 서울시 혼잡통행료 징수에 따른 속도 증가 및 교통량 감소 효과의 절반 정도로 가정하였음. 그 이유는 첨단 저탄소 교통관리시스템은 서울시 도심 혼잡통행료 징수에 비해 간접적으로 수요를 관리할 수 있는 하나의 수단이기 때문임. 또한 고탄소 배출 차량 진입제어로 인한 차량 당 대기오염비용은 2007건설교통통계연보에 등록된 차량 중 대기오염 발생이 많은 화물차, 버스, 특수차량의 50%가 고탄소 배출 진입제어로 대기오염 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 가정(2006년 기준으로 전체 차량 중 화물차, 버스, 특수차량의 비율은 약 26%)

12) 차량등록대수는 2007건설교통통계연보(http://www.mltm.go.kr) 참조하였고, 차량당 운행비용 및

2. Green-Car 통행 우대 도로교통정책

그린카란 그린 동력시스템을 활용, 장착(built-in-green: 하이브리드차, 수소연료전지차, 전기차 등) 또는 이에 준하는 개선(green effect: 클린디젤차 등)으로 기존 내연기관 대비 연비가 높고 배출가스나 CO_2 배출량이 적은 차를 의미하며, 우리나라도 2012년부터 국내자동차 연비 기준을 15% 이상 강화하는 등의 법률적 규제를 통해 그린카 개발에 앞장서고 있다. 하지만 그린카 기술개발에 상응하는 정책적 지원방안에 대한 검토가 필요하다. 먼저 각국의 그린카 정책 및 기술개발 현황에 대해 살펴보고, 우리나라에 적용 가능한 그린카 우대 정책 도입방안을 제안하고자 한다.

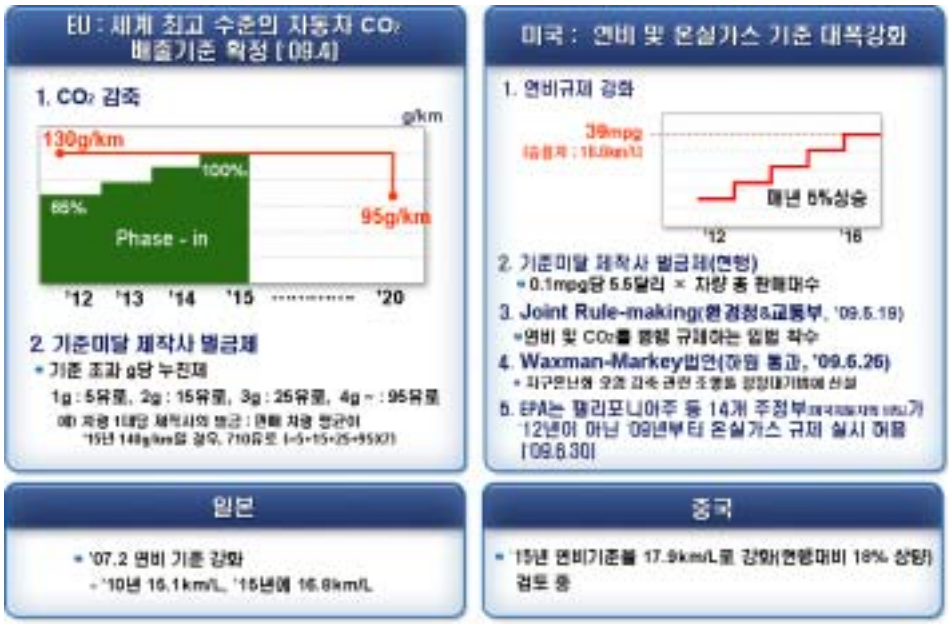
가. 각국의 자동차 연비 및 배출기준 강화

세계 각국은 2012년 기후변화협약 이행에 대비해 CO_2 및 대기오염 물질의 발생을 줄이기 위해 자동차의 연비 및 배출기준 강화를 통해 녹색성장을 실현하고자 한다. 아래 <그림 5-18>은 각국의 자동차 연비 및 온실가스 배출 기준을 도식화한 것이다.

실례로 프랑스의 경우, 연비 및 온실가스 배출량과 연계하여 차량 구매자 대상으로 자동차 보조금-부담금 제도인 'Bonus-Malus(2008.1.)'를 실시하였는데, 이를 통해 CO_2 배출량이 100g/km 이하인 차량이 '07년 대비 '08년에는 487% 증가하였다.

대기오염 비용은 2006년 기준 차종별 등록대수 비율에 따라 가중평균하였음.

13) 2007년 기준(이투데이, 2009. 4. 10)



자료: 지식경제부 녹색성장위원회, 『자동차연비 및 온실가스 기준 개선 방안』 2009. 7.

<그림 5-23> 각국의 자동차연비 및 온실가스 배출기준

<표 5-15> 자동차 보조금-부담금 및 판매량 변화

CO_2 배출량(g/km)	보조금(유로)	부담금(유로)	증감률(%)
100 이하	1,000 ~ 5,000	-	487.3
101~120	700	-	77.1
121~130	200	-	△ 8.8
131~160	-	-	△ 10.4
161~165	-	200	△ 24.3
166~200	-	750	△ 42.1
201~250	-	1,600	△ 51.6
250 이상	-	2,600	△ 56.1

주: 증감률은 '07년 대비 '08년 값

나. 각국의 그린카 인센티브 제도

앞 절에서 살펴본 것과 같이 각국은 자동차 연비개선 및 배출기준을 강화하기 위한 규제뿐만 아니라, 그린카 구입 및 노후차 교체에 따른 각종 보조금을 지급하는 방식도 취하고 있다. 다음 <표 5-16>은 유럽 주요국의 그린카에 대한 인센티브를 정리한 것이다.

<표 5-16> 각국의 그린카 인센티브 제도

국가명	전기자동차 인센티브
노르웨이	- 전기자동차 등록세 면제, B급 승용차의 등록세는 7,500유로이며 전기자동차 VAT(25%) 면제, 연간 자동차세 345유로 면제, 오슬로 통행료 면제, 무료주차(연간 2,000~4,000 유로 절감), 버스전용차로 운행 허용
덴마크	- 등록세 면제, 연간 자동차세 면제, 무료주차, 2011년 Project Better Place 발표시 전기자동차 혜택 추가 도입 예상
스웨덴	- 에탄올, 하이브리드, 가스연료 사용 차량은 1천500달러 할인, 바이오 디젤 차량은 900달러를 할인 - 최근 들어 전기 자동차의 경우 3천 달러를 할인해 주기로 정부가 방침을 정하면서 전기자동차의 인기가 급상승하고 있음 - 스톡홀름 시내 혼잡통행료가 면제되며 일반 자동차에 비해 자동차세를 15% 감면해 줌
아일랜드	- 하이브리드 및 이중 연료자동차 2,500유로 환급, 전기자동차 2010년 12월 31일까지 등록세 면제
네덜란드	- 승용전기자동차 등록세 면제
벨기에	- 자국 등록 자동차 중 탄소배출량 105g CO_2/km 이하인 차 등록세 4,100유로 인하
스위스	- 각 주별로 독자적인 전기자동차 인센티브 시행
독일	- 런던과 비슷하게 전기자동차에 대하여 시내 주차 우대와 혼잡 통행료 면제혜택 검토 중 - 9년 이상 사용한 자동차를 친환경 차량으로 전환할 경우 2,500유로의 보조금을 지급하고 각종세금 및 주차관련 혜택을 제공
프랑스	- 2008년 1월 1일부터 전기자동차 구매자에게 5,000유로 환급하는 시책 시행, 무료주차 혜택 부여 검토 중
그리스	- 전기자동차 등록세 및 도로세 면제, 아테네 시내 교통 통제시에도 전기자동차 진입 허용, 일부 도시 통행료 면제
이탈리아	- 전기자동차에 한해 도심 통행 허용, 일부도시 전기자동차 주차료 면제 및 충전 제공
스페인	- 스페인에서 승용전기자동차 구입 시 6,000유로 또는 차 값의 15%까지 환급

<표 5-16> 계속

국가명	전기자동차 인센티브
이스라엘	- Project Better Place의 일환으로 감세 혜택 제공, 휘발유 차 세금 72%인 반면 전기자동차 세금 10%
영국(런던)	- 혼잡통행료 면제, 무료주차 등
일본	- 개인 및 사업자의 경우 하이브리드카를 구입한 뒤 연간 주행거리가 6천㎞ 이상일 경우 보조금을 최대 50만 엔을 지급 - 또한 차량 구입 시 22만 엔의 소득공제를 해 주며 자동차 취득세도 2.2% 줄여줌
캐나다	- 하이브리드 또는 가변연료(FFV) 차량을 구입하면 연비에 따라 최소 1천 달러에서 최대 2천 달러까지 환불 - '에코오토(ecoAUTO)'로 불리는 이 정책은 합산 연비가 100㎞당 6.5ℓ 이하인 승용차 등이 해당되는데, 예를 들어, 도요타 프리우스 하이브리드, 혼다 시빅 하이브리드, 포드 이스케이프 하이브리드 구매 시 2천 달러를 돌려받으며 도요타 캠리, 닛산 알티마를 사면 1천500달러를 환불받음
오스트리아	- 일반 자동차를 대상으로 탄소부담금 제도를 실시 - 하이브리드, 액화가스, 메탄가스 등 대체 연료를 사용하는 자동차의 경우 500유로의 정부지원금 지급 - 신규 차량 구입시 ㎞당 배출 이산화탄소의 양이 180g을 초과할 경우 초과 1g당 25유로의 추가 부담금 징수

다. Green-Car 우대 정책 도입 방안

고유가에 따른 자동차 구매수요의 근본적 변화와 기후변화 대응을 위한 글로벌 환경규제 강화로 그린카 시장의 급속한 성장이 예상되고 있으나, 당분간은 내연기관 자동차와 하이브리드 자동차가 공존할 것으로 예상되며, 점차 플러그인 하이브리드차에서 전기차 혹은 연료전지차가 시장을 주도할 것으로 보이고 있다. 이러한 경우를 대비하여 그린카 보급 및 이용을 활성화하기 위해서는 먼저, 선진국에 비해 그린카 개발에 대한 지원 규모가 미미하므로, 경쟁력 제고를 위해 그린카 개발을 위한 지원 규모를 확대해야 한다. 자동차 기술개발 외에 전기차 이용을 활성화하기 위한 방법으로는 그린카에 HOV(High Occupancy Vehicle)나 HOT(High Occupancy Toll) lane을 이용할 수 있는 통행권을 부여하는 방법이나, 고속도로 이용요금이나 혼잡 통행료 등을 할인 혹은 면제해 주는 방안도 고려해 볼 수 있다. 또한 전기차 이

용을 활성화하기 위해서는 충전시설의 설치 및 운영관리가 중요한 요소이므로 지역적 특성 및 표준화를 고려한 인프라 구축 방안에 대해서도 고려해 봐야 할 것이다. 마지막으로, 그린카 보급을 확대하기 위해서는 각 국가에서 시행하고 있는 그린카 구매에 따른 다양한 인센티브 제공 및 관련제도를 개선하는 방안에 대해서도 고려해 볼 수 있다.

제6절 보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로

도로의 발달과정에서 대규모의 여객과 화물의 이동이 강조됨에 따라 도로의 '이동성과 접근성 제공'이라는 도로의 주요 두 가지 기능 중 이동성 위주로 강조되어 오고 있다. 효율적인 도로의 역할을 위해서는 통과교통과 접근교통이 분리된 도로교통망을 통해 이동성과 접근성이 조화된 도로의 계층적·공간적 구성이 구축되어야 한다. 또한 다양한 교통수단과의 효율적인 연계도로망 구축이 필요하다.

'보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로'를 위해서는 도심 외곽순환망 확충과 도로의 다목적·입체적 활용을 위한 정책이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도로는 여객·화물의 수송 외에도 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 중요한 역할을 수행한다. 지금까지 도로는 자동차 통행만의 이동성만이 강조되어 사람 간의 소통과 만남의 기회는 오히려 상실되고, 단절된 사회로 유도하게 되었다. 그러므로 녹색성장시대의 도로는 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 '새로운 문화창조와 소통의 장'이 되어야 한다.

다시 말하면 '보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로'를 위해서 다음과 같은 세 가지 정책이 필요할 것으로 판단된다.

- 효율적인 도로망 구축
- 도로의 다목적·입체적 활용
- 도로에 의한 새로운 문화창조와 소통의 장 구축

1. 효율적인 도로망 구축방안

가. 외곽 순환도로의 기능 활성화를 위한 도로체계 구축

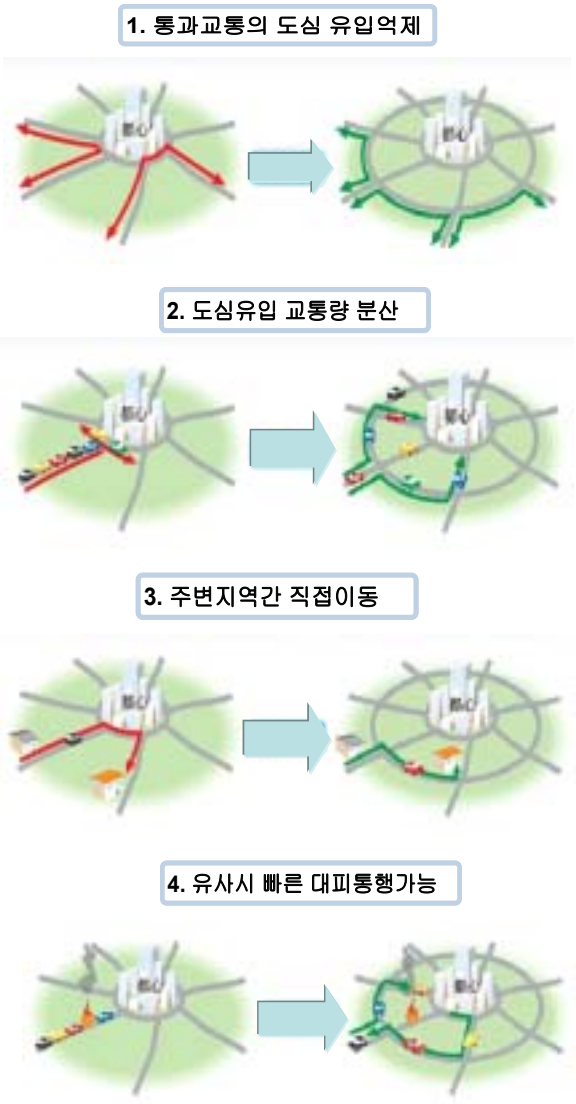
이러한 순환도로망은 통과교통의 도시부 유입 억제, 교외에서 도시부로의 교통을 분산, 주변지역 간 직접 이동과, 화재나 재해 시 일부구간 통제에도 빠른 이동의 4가지의 주요 기능을 제공하게 된다. <그림 5-19>는 이 도심 외곽순환도로망의 주요기능을 설명하고 있다.

도심 순환도로망은 도시내부를 통과하는 교통량의 유입을 억제함과 동시에 도시외곽에서 도시 내로 유입하는 교통량을 분산하여 시가지 공간의 재배치 및 도시기능의 재생 촉진에 기여한다. 순환도로의 외곽에서 도시 간 직접 교류가 활성화됨으로써 주변도시 간의 교류가 증가하여 도시권의 공간구도 개편에 기여하고, 도시권의 일부 구간에서 사고·재해로 인한 불통구간 발생 시 우회통행이 가능하여 신속한 이동 및 교통기능의 회복이 가능하게 한다. 또한 순환도로를 중심으로 물류거점을 배치하여 물류시스템의 효율화를 도모하고, 물류의 경제적 효율성을 높여 도시경제의 활성화에 기여할 수 있다.

도심 순환도로는 도시내부를 통과하는 교통류를 외부로 처리하기 위해 건설하는 도로이며 원형 또는 반원형의 형태를 갖춘 도로로, 서구에서는 차량 증가에 의한 교통문제를 완화시키기 위해 1950년대부터 순환도로의 건설이 이슈화되기 시작하였으며, 1970~1980년대에 집중적으로 건설된 순환도로는 도시내부를 지나던 통과교통을 우회 혹은 반우회 처리하고, 도시내부 간 통행도 외곽으로 처리함으로써 도시 내외의 교통소통 개선에 기여하였다.

이와 같은 도심 외곽순환도로망의 구축으로 시가지를 통과하는 교통류의 분산 및 우회를 유도하여 도시의 환경개선에 기여하며, CO_2 감축 등 녹색성장을 지원하게 된다. 실제적으로 해외의 순환도로 또는 우회도로 개통 후 평가자료에 의할 때, 교통혼잡 개선, 환경 개선, 교통사고 감소, CO_2 배출량 감소 등의 효과가 확인된 바 있다. 특히 일본 동경도 순환고속도로망이 정

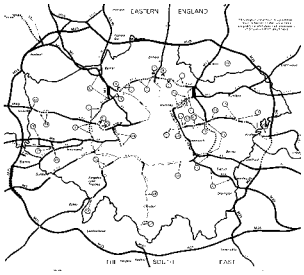
비되면 약 300만 톤의 이산화탄소 배출량이 절감될 것으로 분석된 바 있다.



자료: 일본 국토교통성 도로국 홈페이지(http://mlit.go.jp/road/ringroads)

<그림 5-24> 도심 외곽 순환도로망의 주요기능

<표 5-17> 대도시권 외곽순환도로 해외사례 및 현황

국가	도시권	도로망 체계	주요 순환노선	주요특징	개념도
일본	동경	3개 순환선 + 9개 방사선	수도고속 중앙 환상선	· 반경 약 8km · 총연장 약 45km · 부도심 간 연결	
			동경외곽 환상도로	· 반경 약 15km · 총연장 약 85km (왕복 4~6차로) · 요코하마, 치바공업지대와 주변 도시, 하네다 공항 순환	
			수도권 연결 자동차도	· 반경 약 40~60km · 연장 약 270km (왕복 4~6차로) · 요코하마, 하치오우시, 쓰쿠바 등 업무 핵도시, 나리타 공항 연계	
	오사카	3개 순환선	오사카만 해안순환 도로	· 총연장 약 200km · 오사카만의 주요해안지역 및 간사이공항 연계 (연담도시권 형성기여)	
			간사이 중앙 순환도로	· 총연장 약 240km · 히가시오사카, 수이타 등 간사이 지방 주요도시 (주요 물류유통단지 연결)	
			간사이 대(大) 순환도로	· 총연장 약 300km · 와카야마, 나라, 교토, 고베	
영국	런던	2개 순환선 + 약 20개 방사선	A406	· 런던도심내부순환도로 · 방사형 도시고속도로가 중간순환선까지만 연결되어 도심통과교통 우회처리로 최대한 억제	
			M25	· 반경 약 20~25km (왕복 6~8차로) · 총연장 187km · '86년 개통 후 도심통과 차량 우회처리 등 혼잡해소에 기여	

<표 5-17> 계속

국가	도시권	도로망 체계	주요 순환노선	주요특징	개념도
영국	맨체스터	1개 순환선	M60	· 총연장 56km(무료도로) · 환경교통지역성의 외청, 도로청이 유지관리 · 화물차 등 대형차 통행이 고속도로로 전환되어 교통안전에 기여 · 덴튼, 체더튼, 애쉬튼지역의 통근권역 포함에 의한 택지개발촉진 등 지역경제 활성화 및 무분별한 도시확산 조절 기대	
프랑스	파리	3개 순환선 + 약 20개 방사선	페리페릭	· 반경 5km · 총연장 35km	
			A86	· 반경 약 10~15km · 총연장 81km · 파리 북서부 리유~베르사유 간 약 10km는 미개통(개통시 유료 도로로 운영)	
			A104 프랑시리언	· 반경 약 20~30km · 총연장 160km · 파리대도시권 외곽 상호연결 · 최초의 도시 내 유료도로인 A14와 연결('96년)	

자료: 도로정책 Brief, Vol. 5, 2008년 3월.

나. 국내 순환도로의 효과분석

효율적인 도로망 구축의 핵심은 도심 통과교통의 우회를 유도하는 도심 외곽순환도로망의 구축이다. 국내 수도권을 중심으로 한 순환도로는 <표 5-15>에서 보는 바와 같이 3개의 순환도로망을 구축할 것을 계획하고 있다.

<표 5-18> 수도권을 중심으로 한 순환도로 구축 현황 및 계획

구분		연 장 (km)	차로수	설계 속도 (km/h)	도로 등급	관리청	교통량 (2007년, 대/일)
1R	서울내부 순환고속도로	40.1	4~8차로	80	특별시도	서울 특별시	내부순환: 159천 강변북로: 273천
2R	서울외곽 순환고속도로	127.6	8차로	100	고속국도	국토해양부 (한국도로공사, 서울고속도로㈜)	북부구간: 44천 남부구간: 164천
3R	제2외곽 순환고속도로	224.3	4~6차로	100	고속국도	-	-

현재 서울 내부순환도로 및 서울 외곽순환고속도로는 이미 개통되어 운영 중에 있지만, 계획 중인 제2외곽순환고속도로는 현재 계획 및 일부추진 형태로 추진되고 있다. <표 5-16>에서는 이러한 제2외곽순환고속도로 건설 추진현황을 설명하고 있다.

<표 5-19> 제2외곽순환고속도로 건설 추진현황

구분	연장(km)	추진방식	추진현황	총사업비(억원)
1. 오산-봉담	16.7	민자	공사중	7,253
2. 봉담-송산	20.3	민자	'10착공	7,254
3. 송산-안산	9.8	민자	'08착공	2,785
4. 안산-인천	22.9	민자	'11착공	10,120
5. 인천-김포	24.9	민자	착공준비	13,329
6. 김포-파주	20.1	재정	예타조사중	6,923
7. 파주-포천	39.2	재정	예타조사중	11,360
8. 포천-화도	27.4	민자	'10착공	8,405
9. 화동-양평	18.8	민자	'10착공	5,366
10. 양평-양평	10.5	재정	공사중	2,112
11. 양평-이천	23.0	재정	-	5,852
12. 이천-오산	29.8	민자	'07 민자제안	9,924
합계	263.4			90,683

자료: 국토해양부 내부계획.

1) 순환도로망의 효과분석

이와 같은 순환도로망의 효과를 분석하기 위해 현재 운영 중인 제1외곽 순환도로망의 효과를 분석해 보았다. 사회적 편익 계산방법은 「교통시설 투자평가지침(2007)」의 편익계산방법을 준용하여 환경비용 절감편익, 운행비용 절감편익과 통행시간비용 절감편익으로 구분하여 분석하였다.

<그림 5-25> 제1외곽순환도로 건설현황

<표 5-20> 제1외곽순환도로망 운영현황

구분	연장길이 (km)		교통량(만 대/일)	
차로수	건설 전	건설 후	건설 전	건설 후
1	8,402	8,402	3,782	3,821
2	28,126	28,129	16,933	15,995
3	3,954	3,954	16,922	15,396
4	1,694	1,948	12,439	13,046
5 이상	268	268	2,624	2,404
합계	42,445	42,701	52,701	50,661

<표 5-21> 제1외곽순환도로망 운영 효과분석

연간 사회비용(천억 원/연)				
환경 비용	운행비용	통행시간 비용	사고비용	계
1.17	4.15	20.11	1.43	26.86

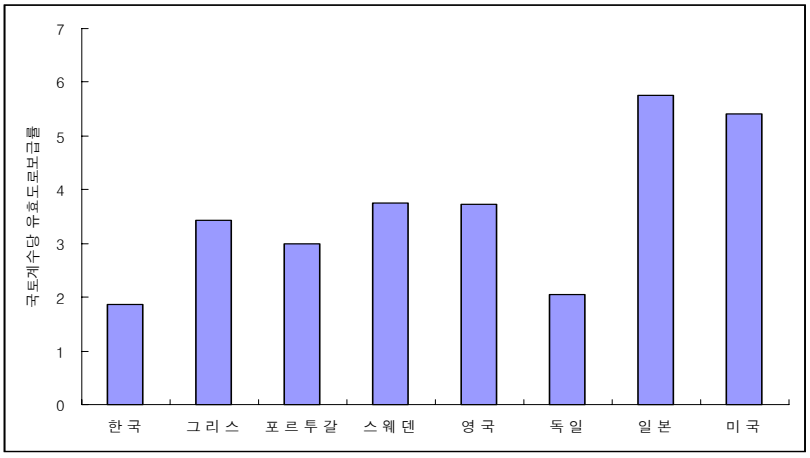
현재 제1외곽순환도로망을 통해서 연간 2조7천억 원의 사회비용 절감(2007년 기준) 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다. 이는 2007년 수도권 전 지역에서 발생한 혼잡비용의 약 18.8%에 해당하는 비용이다.

2. 도로공간의 다목적·입체적 활용방안

우리나라는 아직 선진국에 비해 도로율이 부족하고 교통혼잡발생 등의 문제로 추가적인 도로 건설이 불가피하지만(<그림 5-21> 참조), 우리나라는 좁은 국토면적과 최근 국토의 각종 개발로 인하여 도로를 건설할 수 있는 도로부지 확보가 곤란해지고 있다. 아울러 저탄소 녹색성장 정책 기조에 맞추기 위해서라도, 추가적으로 자연을 훼손하면서 도로부지의 확보는 현실적으로 어려운 상황이다. 특히 수도권과 같이 개발이 고밀도로 이루어진 경우, 통과교통 지체로 인한 교통혼잡 및 대기오염이 악화되어 추가적인 도로시설

공급이 요구되고 있다. 하지만 각종 개발로 인해 도로부지 확보가 곤란하고 토지보상비의 증가로 인하여 도로 건설비용이 증가하고 있어 신규도로 건설은 어려운 상황이다. 이러한 한정된 국토, 특히 공공부지인 도로공간 확보의 어려움을 해결하고 제한된 국토의 효율적인 활용 및 교통혼잡과 대기 오염 완화를 유도하기 위한 대책이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 기 확보된 공공부지인 도로공간에 대한 다목적·입체적 활용방안 마련이 필요하다. 본 연구에서는 도로공간에 대한 다목적·입체적 활용을 위해 다기능 제공 지하차로 건설 및 지속가능 교통수단 전용 입체도로건설을 제안하고자 한다.



자료: 이재홍 외(2009), 도로보급률 지표 개발과 OECD 국가 간 도로스톡 비교 대한교통학회 제60회 학술발표회 논문.

※ 국토계수당 유효도로 보급률 $= \frac{\text{유효도로연장}}{\sqrt{\text{국토면적}(km^2) \times \text{인구}(\text{천명})}}$

<그림 5-26> 국가별 유효도로 보급률 비교

가. 다기능 제공 지하차로 건설

지하차로 건설에 대한 부분은 이미 사회적으로 공론화되어서, 많은 도로

구간에 대한 지하차로는 이미 계획 중에 있다. 하지만 이러한 지하차로는 단순 차량통행만을 위한 지하차로보다는 차량소통, 폭우관리, 주차공간 제공, 상부공간의 광장/공원조성 부지로 활용 등의 다양한 기능을 제공할 수 있는 지하차로 건설 및 운영이 필요하다. 이러한 다양한 기능을 제공하는 지하차로가 이미 해외에서 건설되었고, 건설 계획 중에 있다.

1) 말레이시아 콸라룸푸르 SMART 지하차로

말레이시아 콸라룸푸르 지역의 연 강우량은 2,000~2,500mm로 매년 홍수에 의한 피해가 발생하고 있다. 이러한 콸라룸푸르 시 중심부의 홍수를 경감하고 시 중심부(city centre) 사이의 교통정체를 완화시키기 위해 말레이시아 연방정부 주도로 Stormwater Management And Road Tunnel(SMART, 폭우관리와 도로 + 터널폭우 관리와 도로)이 건설되었다. 평소에는 2층 구조의 차량통행 목적인 도로와 도로 하부공간을 통한 하수도로 구성되어 있지만, 비가 내릴 때는 지하차로 전 공간이 물을 저장하는 공간으로 바뀌어 홍수 피해를 경감시킬 수 있도록 건설되었다. SMART 터널 시스템의 총 저장용량은 300만㎥에 이른다.

<그림 5-27> 말레이시아 콸라룸푸르 SMART 지하차로

2) 프랑스 라데팡스

프랑스 라데팡스는 인공지반 도입과 다층구조 교통여건을 제공하는 입체 교통시스템을 구축하여 광장, 하부 지하주차장, 지하주차장 하부 지하도로 및 대중교통 수단전용 도로의 입체적 공간을 활용하기 위한 프로젝트이다. 48만 평의 비즈니스 지역에 거대한 복층도시구조를 설치하고, 도로 지하철 철도 주차장 등 모든 교통관련시설은 아래층 지하에 설치되고 그 위에 열린 공간을 보행자만을 위한 공간으로 조성하였다.

<그림 5-28> 프랑스의 라데팡스

3) 지하도로 상부 공원조성

최근 국내에서도 도로의 지하화를 통해 도로의 상부에 공원을 조성하고자 하는 계획이 추진 중에 있다. 대표적인 계획이 경부고속도로의 서초구 구간을 반 지하화하고 이를 통해 구축된 도로의 상부공간은 공원으로 조성하는 계획이 추진되고 있다(제3장 참조). 서초구에서는 경부고속도로에 의해 지역 및 생활권이 양분된다고 분석하고 이를 위해 도로상부에 녹지공원을 확보하여 주민에게 쾌적한 휴식 공간 및 만남의 장을 제공하고자 한다.

나. 지속가능 교통수단 전용 입체도로건설

최근 도로의 입체화를 통한 도로 공간의 효율성을 높이고자 하는 논의가 많이 진행되고 있다. 하지만 승용차 소통완화를 목적으로 하는 입체도로는 교통소통 완화를 이루게 되고 이러한 교통조건 개선은 또 다른 교통수요 증대를 야기해 결국 다시 혼잡을 악화시킬 수 있다. 그러므로 도로의 효율성 증대를 위한 입체도로는 승용차를 위한 입체도로 외의 대중교통, Carpool차량, 다인승 차량, 자전거 전용입체도로 건설로 지속가능한 교통수단의 경쟁력을 증대시켜, 승용차 통행 감소 및 교통혼잡 완화를 기대할 수 있다. 대표적인 예로 미국의 경우 버스를 포함한 다인승 차량들에 대한 별도의 고가도로가 형성되어 있고, 도로의 연결부에 버스를 포함한 다인승 차량들을 위해 별도의 연결램프를 설치한 곳도 많이 발견된다.

미국 LA 110도로의 경우에는 구간에 따라 하부도로는 일반승용차가 통행하고, 상부도로는 Carpool차량, 다인승 차량, 버스 등이 이용하고 있다.

<그림 5-29> 미국 LA 110도로의 다인승 차량 고가도로

다. 화물전용 차로/도로 건설

화물자동차는 일반적으로 통행의 목적이 분명하고 대부분 시간에 제약을 받기 때문에 과속 및 과적을 유발한다. 이러한 특성으로 인하여 화물자동차의 교통사고는 타 차종의 교통사고보다 빈번하게 발생하고 있으며 발생시 대형교통사고로 연결될 가능성이 타 차종에 비해 매우 높다. 이에 따라 화

물자동차의 교통사고는 타 차종에 비해 많은 사망자수를 유발시키며 많은 재산피해를 동반한다. 또한 화물차에서 떨어지는 적하물은 야간이나 우천시와 같이 시야의 범위가 좁아지는 때에는 종종 대형교통사고를 유발한다. 따라서 화물자동차 전용도로 및 차로를 도입하여 화물자동차와 일반차량을 분리하여 운행한다면 이러한 교통사고율은 상당히 감소할 것으로 기대한다. 특히 지역 간 도로에서의 대형교통사고 및 교통사고 사망자수는 현저히 감소할 수 있을 것으로 보인다. 경부고속도로 천안-안성 구간(서울방향, 4차로)의 경우에는 화물차 이용률이 주말보다는 주중이 약 9% 정도 높고, 서해안고속도로 송악-서평택 구간(목포방향, 3차로)의 경우에는 주말보다 주중이 14.25%가 높은 것으로 분석되었다.

<표 5-22> 주중 및 주말의 교통량 비교(경부고속도로 천안-안성 구간)

(단위: 대)

구분	주중	주말
계	321,160(100%)	123,551(100%)
승용 및 승합	240,656(74.93%)	103,653(83.89%)
화물차	80,504(25.07%)	19,898(16.11%)

※ '07년 9월 둘째 주 FTMS(AVC) 자료(화물차: 2축 6륜 이상 화물차)

<표 5-23> 주중 및 주말의 교통량 비교(서해안 고속도로 송악-서평택 구간)

(단위: 대)

구분	주중	주말
계	173,090(100%)	81,675(100%)
승용 및 승합	126,135(72.87%)	71,158(87.12%)
화물차	46,955(27.13%)	10,517(12.88%)

1) 도입방안

○ 단기 도입방안

단기적으로 화물차 전용도로 및 전용차로를 도입하는 방안은 가급적 소규모 비용으로 도입이 가능하며, 도입 시 부작용이 가장 적은 소극적 방법이 가능하다. 따라서 화물차 전용도로보다는 전용차로가 적합하며 우선적으로 수도권 일대 고속도로 및 국도 중에서 가장 교통체증이 상습적으로 많이 발생하는 도로를 대상으로 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 단 적용도로의 규모는 편도 3차로 이상이어야 하며 적용구간은 단거리 구간에 국한한다.

화물차 전용차로의 3가지 유형 중 화물차만 전용으로 이용할 수 있는 화물차로나 화물차 우선차로 중에서도 현재의 버스전용차로와 병행하여 사용하는 것은 경제성이나 효율성 측면에서 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 현재 국내 여건상 가장 현실성 있는 방안은 TTW시스템이 가장 적합할 것으로 보인다. 다만 트럭운전사와 트럭운송회사, 승용차 운전자 중 누가 화물차 전용차로의 건설비 및 유지・관리비를 부담하느냐가 관건이라 할 수 있다.

○ 장기 도입방안

화물자동차 전용도로 및 전용차로의 중・장기 도입방안은 단기방안에 비해 보다 많은 대안이 있을 수 있다. 화물차 전용차로도 단기방안에 비해 적극적인 방법으로 시행할 수 있으며 화물차 전용도로의 도입방안 검토도 가능하다. 적용범위도 고속도로 및 국도 등 지역간도로뿐만 아니라 현재 통행을 억제하고 있는 시내도로도 도입방안을 검토할 수 있다.

또한 화물차 전용도로는 전용차로와는 달리 대부분 새로운 도로를 건설할 가능성이 많기 때문에 막대한 건설비가 소요된다. 따라서 화물차 전용도로의 구간선정이나 사업시행결정여부도 신중하게 검토해야 한다.

적용형식은 대부분 일반 지역 간 도로같이 지상도로로 설계하는 것이 바람직할 것으로 판단되나 건설비보다 토지보상비가 과다하게 소요되는 경우 고가구조물로 건설하는 것도 검토해 볼 수 있다.

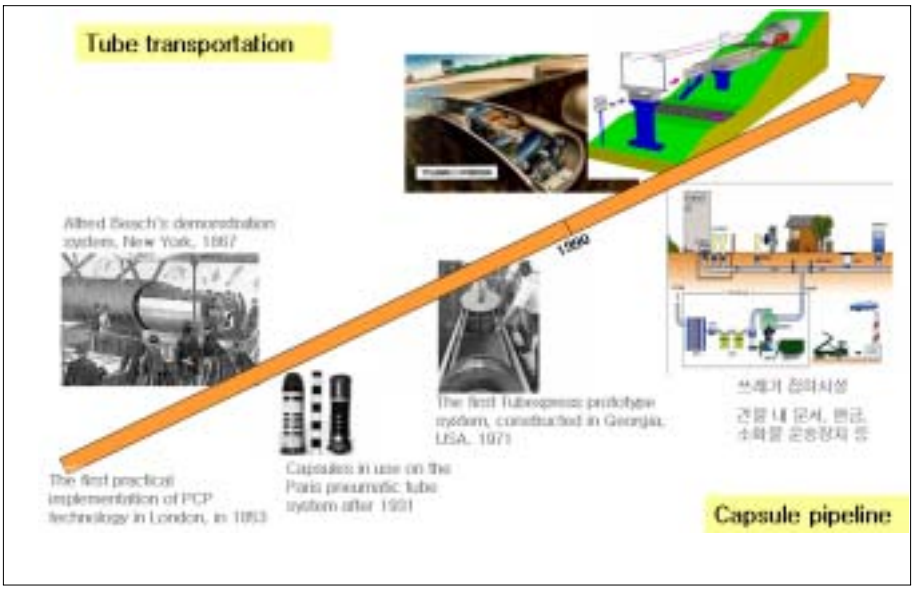
2) 화물전용차로 및 도로 도입에 따른 기대효과

화물전용차로 및 도로가 도입되면 물리적으로 여객통행과 화물통행이 분리됨으로써, 기존의 다른 두 특성의 통행 사이에서 발생하는 문제들을 해소할 수 있을 것이다. 우선 전반적으로 화물의 기종점 간 통행시간이 줄어 물류비가 감소하게 되어 물류비용의 감소 및 국가경쟁력을 증대시키는 효과를 얻을 수 있다. 둘째, 환경비용 및 대기오염의 감소효과를 얻을 수 있다. 화물차의 교통정체지점이 감소함에 따라 이에 따른 대기 오염 감소(약 40~50% 감소)하게 된다. 셋째, 교통사고의 감소이다. 승용차와 화물차의 교통사고 감소에 따라 대형교통사고 감소(사망자 및 중상자수 감소->교통사고비용의 감소)하게 된다. 마지막으로, 도로 유지·보수비용의 감소이다. 도로 파손의 대부분의 원인은 과적 화물차에 의한 것임을 고려할 때 도로 유지/보수는 매우 중요한 부분이다. 일반 차로의 도로파손이 감소하고 전용도로의 포장강도를 강화하여 유지·보수비용을 절감할 수 있다. 특히 TTW 형태로 운영할 경우 수입금을 전용도로의 유지·보수비용으로 충당함으로써 비용을 절감할 수 있다.

라. 지하 화물 튜브 운송시스템 구축

튜브운송은 튜브를 인프라로 이용하고 캡슐을 단위로 하여 운송을 한다는 것이 가장 큰 특징이다. 튜브운송은 교통의 5대 주요 요소로 일컬어지는 도로, 철도, 항공, 해운, 파이프라인 중 파이프라인의 개념을 기존의 육상교통에 도입한 것이다. 철도와 도로라는 인프라를 이용하여 다수의 여객과 다량의 화물을 운송하는 철도와 도로교통과 달리 튜브운송의 경우에는 파이프

라인 시스템의 특징인 소량화물과 개별 여객의 door-to-door 운송이 가능하도록 튜브를 이용하여 캡슐 단위로 여객 및 화물을 운송할 수 있다. 튜브운송은 도로나 철도에 비해 획기적으로 작은 튜브구조를 사용하기 때문에 토지수용비와 건설/자재비를 절감하여 건설비용을 획기적으로 줄일 수 있기 때문에 경제성의 측면에서도 높은 경쟁력을 갖고 있다.



<그림 5-30> 튜브운송과 캡슐-파이프라인 시스템의 역사

1) 튜브시스템의 도입효과

튜브시스템이 구축되어 지상 화물운송의 일부가 지하 튜브시스템을 통해 운송된다면 우선적으로 대기오염의 감소효과를 얻을 수 있다. 현재 도로교통량의 약 30%인 화물차 중 10%가 지하화물운송시스템으로 전환할 경우 대기오염물질의 약 8.6%가 감소하며 50% 전환시는 40.3%, 70%가 전환할 때는 57.6%까지 감소할 것으로 예상된다. 두 번째 효과는 교통사고의 감소이다. 화물차에 의한 사고건수 및 심각도가 높은 교통사고 현황을 볼 때 화물운송

과 여객 운송의 분리는 교통사고 절감에 매우 긍정적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 화물차 중 10%가 지하화물운송시스템으로 전환할 경우 화물차의 교통사고(약 32000건/년) 중 3%가 감소하며, 30% 전환 시 7% 감소, 50%전환 시 사고비용의 12%, 70%전환 시 약 17%가 감소할 것으로 예상된다. 마지막으로 지하 튜브시스템을 통한 화물운송에 의해 도로유지보수비의 절감효과를 기대할 수 있다. <표 5-24>는 이러한 지하 튜브시스템을 통한 화물운송에 의한 각 효과를 화물 물동량의 전환비율에 따라 제시하고 있다.

<표 5-24> 튜브시스템 전환에 따른 효과분석 결과

효과 구분	튜브시스템 전환비율 (%)					
	비시행시	10	30	50	70	100
대기오염 절감비율(%)	0	8.6	23.0	40.3	57.6	83.5
사고비용 절감비율(%)	0	3	7	12	17	24
비용절감액(억 원)	19,414	18,308	16,465	14,253	12,042	8,724
절감비율(%)	0	5.7	15.2	26.6	38.0	55.1

지하 튜브시스템에 의한 화물 운성은 중·장거리보다는 단거리 위주로 적용하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 도시의 도심부는 지하매설물이 많아 현실적으로 적용 곤란하고 지하매설물의 밀도가 낮은 도시외곽이나 지방부지역에 적용하는 것이 바람직하다. 특히 산업단지나 항만, 물류단지에서 철도역까지 운송할 경우와 신속한 운송을 필요로 하는 공항 배후단지에서 공항까지의 구간에 우선적으로 적용할 수 있을 것으로 보인다.

3. 도로에 의한 새로운 문화창조와 소통의 장 구축

초기 도로의 모습에서는 사람들이 도로를 통해 이동하여 만나고, 이를 통해 물품을 교환하고, 사람 간의 소통이 이루어졌다. 하지만 도로가 주로 자

동차의 이동공간으로 자리 잡게 된 이후, 도로는 더 이상 '사람 간의 만남과 소통'을 기본으로 하는 나눔의 공간이 아니었다. 자동차 통행 위주의 도로는 자동차에 의한 이동성만을 강조하게 되었고, 사람 간의 소통기회를 상실하여 오히려 단절된 사회를 유도하였다.

녹색성장 시대에서의 도로는 이러한 도로건설의 문제를 극복하기 위해 이동성 제공과 함께, 접근성과 만남을 강조하고 이를 통해 새로운 문화창조 및 소통기회로 기능 확대를 이루어야 한다. 이러한 기능의 도로로는 주로 사람을 위한 도로, 즉 보행자 및 자전거 전용도로에 의해 구현될 수 있다.

<그림 5-31> 홈존(Home Zone)에서의 도로를 통한 사람 간의 소통과 만남 확대

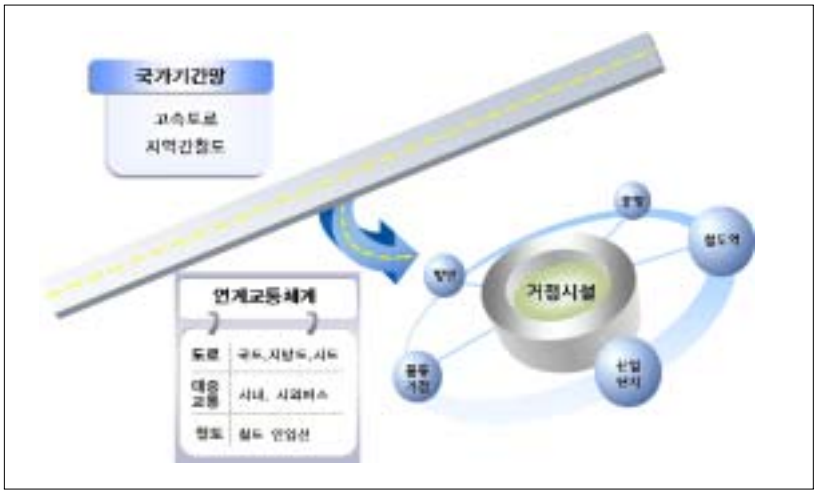
제7절 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

녹색성장시대에 진입하면서, 사회 대부분의 분위기는 '철도수단은 녹색 지향적이고, 도로는 녹색 지양적이다'로 조성되었다. 하지만 앞 장 <그림 4-2>에서 설명하였듯이 도로에 의한 환경피해의 상당부분은 모든 육상교통수단에서 같이 발생하고 있다. 이에 철도와 도로 등은 서로 경쟁관계라기 보다는 서로 조화 및 보완관계를 구성하는 상생적인 역할을 수행하도록 변화해야 한다.

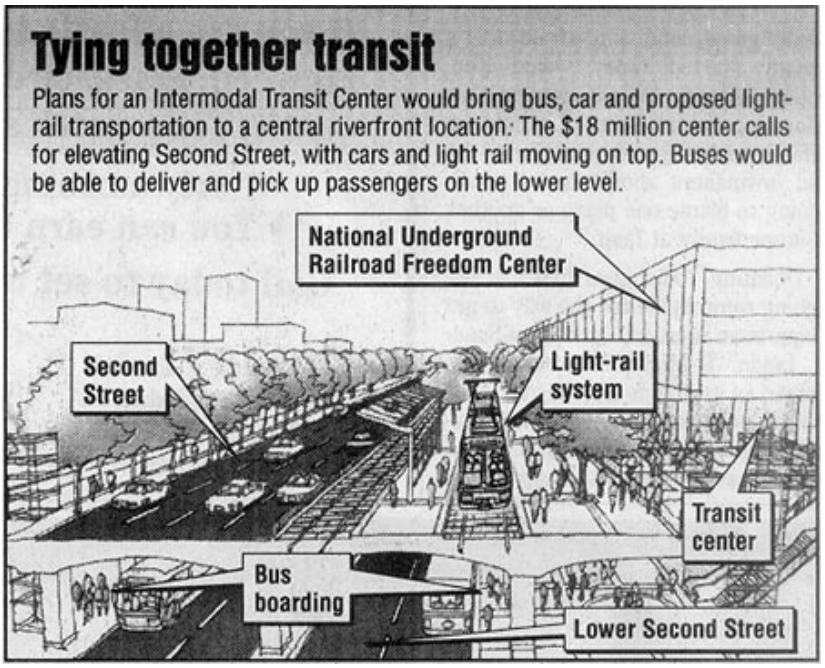
일반적으로 승객이나 화물이 출발지에서 목적지까지 이동하는 데 반드시 한 가지 수단만을 이용하는 것은 아니다. 오히려 한 가지 수단을 이용해 이동하려 할 때 불필요하게 우회한다든지 에너지 측면에서 여러 가지 비효율적인 요소를 발생시키게 된다. 특히 도로의 경우, 도로용량이 여유로울 때는 문제가 없으나, 교통수요가 도로용량을 초과하였을 경우 교통정체가 발생하게 된다. 이로 인해 막대한 대기오염물질 발생 및 에너지 소비를 초래하게 된다. 따라서 교통수요에 따라 도로뿐만 아니라, 타교통수단의 적절한 균형적 이용이 필요하며, 이 경우 도로와 타 교통수단 간 연계가 무리 없이 부드럽게 이루어져야 한다.

일반적으로 도로와 가장 많이 연계가 되는 타 교통수단은 철도이다. 철도와 도로는 통행특성과 교통수단이 서로 상이하기 때문에 어느 결절점에서 환승하는 시설이 별도로 필요하다. 일반적으로 이러한 시설은 지하철 역사나 버스정거장이 있을 수 있으나 가장 바람직한 것은 환승시설과 상업시설, 기타 편의시설 등 복합기능을 갖춘 환승센터이다. 이러한 환승센터가 도시 전반에 걸쳐 잘 설치되었을 때 도로의 교통수요는 감소하고 이는 곧 매연발생과 에너지 소비를 감소시키는 효과를 불러올 수 있다.

항만은 이와는 조금 다른 경우이다. 항만은 승객과 화물을 해로에서 육로로 연결하는 통로이다. 그중 도로는 육로부문을 담당하고 있어 바다를 통해 유입하여 이동하는 승객이나 화물을 단절 없이 목적지까지 수송하는 역할을 담당한다.



<그림 5-32> 연계교통체계의 개요



<그림 5-33> 신시내티의 환승센터

이 경우 역시 항만의 연계도로가 정체될 경우 막대한 물류비 및 에너지 손실, 환경오염을 유발시킨다. 이 경우 항만과 국가기간망 간 연계도로를 신설하거나 정비함으로써 전체 항만을 통해 유·출입되는 승객이나 화물이 빠른 시간 내에 목적지까지 이동하게 하고, 이에 따라 연계도로에 따른 소음, 대기오염을 저감시킬 수 있다.

<그림 5-34> 마드리드의 환승센터

제8절 녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책 추진 로드맵

온실가스와 환경오염을 줄이는 동시에 지속 가능한 성장의 의미인 '녹색성장'의 개념은 최근 도입된 개념이지만, 도로부문에서 온실가스의 피해와 에너지 수급 문제에 대한 위기감은 예전부터 제시되었지만 오개념이었다. 이에 대해 '환경친화적인 도로'와 '지속가능한 도로' 등의 내용으로 추진되어 왔다. 하지만 도로부문이 현재 직면한 문제는 단순히 일부 문제들을 해결하려는 단편적인 노력만으로는 녹색성장시대에 反(반)하는 위치로 인지되고 있는 도로의 역할과 필요성을 인정받기는 어려운 실정이다. 그러므로 전 세계적인 흐름인 저탄소 녹색성장의 기조에 발맞추기 위해 도로정책 부문은 과거에서 과감히 벗어나 새로운 패러다임 전환을 위한 많은 노력을 해야 한다.

녹색성장시대 구현을 위해 도로부문 정책추진에 있어서 가장 우선시되어야 하는 것은 녹색성장시대 도로 관련 변화와 그 변화가 도로부문에 미치는 영향을 정확히 분석하는 일이다. 이와 같은 기초연구를 통해 향후 녹색성장시대 도로부문의 역할과 새로운 정책을 결정할 수 있을 것이다. 두 번째로 시급한 부분은 녹색성장시대 도로의 새로운 역할정립 및 도로정책의 Agenda 개발이다. 안전성과 효율성만을 강조하던 예전의 도로정책에서 벗어나, 다양한 기능을 제공할 수 있고, 에너지 및 자원의 생산지 역할까지 할 수 있도록 도로의 새로운 패러다임 전환에 대한 구상이 선행되어야 한다.

본 연구에서 제안된 7가지 정책은 크게 단기・중기・장기로 구분하여 추진되어야 할 것이다. 우선 단・중기적으로 추진되어야 하는 것은 '이동성과 접근성 제공'이라는 기존 도로는 '보다 효율적이고 다목적・다기능 도로'로 변화되도록 추진되어야 한다. 이를 위해 효율적인 도로망 구축방안, 도로의 다목적・입체적 활용, 그리고 도로에 의한 새로운 문화창조와 소통의 장이 구축되어야 한다. 또한 단・중기적으로 추진될 수 있는 것은 '도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성'이다. 특히 철도와 도로는 서로 경쟁관계로서만 부각되어 서로 경쟁노선을 피하기에만 급급해 왔다. 하지만 이들은

서로 경쟁관계라기보다는 서로 조화 및 보완관계를 구성하는 상생적인 역할을 수행하도록 해야 한다.

본 연구에서 제안한 도로부문의 새로운 정책들은 미래지향적인 부분이 많이 내재되어 있다. 특히 기존에 적용된 사례가 없는 부분은 관련 기술 및 법령 제정 그리고 시범사업 등을 통해서 확대될 수 있을 것이다. 도로시설을 통한 녹색에너지를 생산하고 이를 활용하는 방안, 도로상에 유출되는 강우를 적극적으로 활용하는 방안, 도로하부공간을 활용하여 전력 및 통신 송신망을 구축하는 방안은 관련 기술과 법령제정이 선행되어야 하는 부분들이다.

친환경 자동차 통행을 위한 기반시설 확충은 관련 자동차 기술의 급격한 발달에 반해, 이에 대한 도로의 기술 개발은 현재 제자리에 있는 것이 사실이다. 이에 대한 도로기반 기술개발은 친환경 자동차 통행이 완전히 활성화되는 장기적인 미래에 추진되기보다는 미래에 바로 적용될 수 있도록 단·중기적으로 우선 추진되도록 준비하는 것이 필요하다.

<표 5-25> 녹색성장 구현을 위한 도로부문정책 추진 로드맵

대응 정책	단기 (05)	중기 (15년)	장기 (30년)
녹색성장시대 도로 관련 변화와 영향 분석	●		
녹색성장시대 도로의 새로운 역할정립 및 도로정책의 Agenda 개발	●		
녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임 전환 추진을 위한 법령 및 지침 개발	●		
도로시설을 통한 녹색에너지 생산 및 활용			●
도로강우 유출수 활용			●
도로하부공간 활용 전력/통신 송신망 구축			●
친환경 자동차통행을 위한 기반시설 확충	●	●	●
저탄소 교통관리 기반 도로운영	●		
보다 효율적이고 다양한 기능 제공	●	●	
도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계	●	●	

제6장 결론 및 정책제언

제1절 결 론

정부는 최근 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속 가능한 성장의 의미인 '저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)'을 새로운 60년 비전의 축으로 제시하고, 온실가스와 환경오염을 줄이기 위한 부문별 정책 및 전략을 수립하고 있다.

도로교통 분야의 경우 우리나라 총 소비 에너지의 19.9%, 우리나라 온실가스 전체 배출량 16.6%를 차지하고 있고, 2000년 이후 약 12.7%의 온실가스 배출량 증가를 주도하고 있다. 이러한 배경 속에 기존도로는 저탄소 녹색성장시대에 맞춰 근본적인 개선이 필요한 것으로 지적되고 있다. 하지만 현대사회에서 도로교통이 차지하고 있는 역할을 간과할 수 없다. 도로는 교통수송의 기능, 공공부지로서의 기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등 우리 삶 속에서 필수적인 역할을 제공하고 있다. 도로는 인구와 산업이 집적된 도시와 도시, 생산지와 소비지를 연결하고, 도로의 유형에 따라, 효율적인 이동성 및 접근성을 제공하는 역할을 바탕으로 상호교환과 소통의 효율성을 높이는 교통수단으로 사회·경제발전에 기여하고 있다. 그러므로 도로교통 부문에서의 녹색성장은 지구온난화의 원인이 되는 이산화

탄소 배출을 최소화하면서 지속적으로 경제성장을 도모하기 위한 개념으로 수립하고, 녹색성장에 상충되기보다는 녹색성장시대의 중추적인 역할을 할 수 있어야 한다.

녹색성장시대에 도로는 '反(반)' 녹색성장 역할을 탈피하고, 교통수송의 기능, 공공부지로서의 공간기능, 국토의 중추로서의 역할, 일상생활의 기반 역할 등 우리 삶 속에서 필수적인 역할과 함께, '녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임'을 추진할 필요가 있다. 한정된 국토의 활용 극대화를 유도할 수 있는 공공부지, 에너지와 자원을 생산할 수 있는 다목적의 공공부지, 그리고 새로운 문화창조와 사람 간의 소통의 장으로서의 공공부지 등의 새로운 역할을 창출함으로써 구현할 수 있다.

지금까지 녹색성장 시대에 反(반)하는 위치로 인지되고 있는 도로는 새로운 역할과 기능 창출을 통해 녹색성장의 걸림돌이 아닌 녹색성장 구현을 위한 중요한 국가시설로 자리매김이 가능하다. 이를 위해 본 연구에서는 7가지의 도로의 패러다임 변화를 제언하고자 한다.

- 변화1: 녹색에너지의 생산 및 활용
- 변화2: 빗물자원 활용을 위한 기반시설
- 변화3: 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망, 통신망 구축
- 변화4: 친환경 자동차통행을 위한 기반시설 구축
- 변화5: 저탄소 교통관리 기반 도로운영
- 변화6: 보다 효율적이고 다목적·다기능 도로로 변화
- 변화7: 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

1. 변화1: 녹색에너지의 생산 및 활용

도로공간은 차량의 이동 이외에도 많은 역할을 수행할 수 있는 열린 공

간이다. 이러한 도로부지 및 도로시설을 통한 태양에너지, 풍력에너지 등의 친환경에너지를 생산하고 이를 직접 도로에서 다용도로 활용할 수 있다. 방음벽과 고속도로 IC 녹지대는 태양광 집전판을 설치하기에 적당한 도로시설이고 이들에 설치한 태양광 집전시설을 통해 발전된 태양에너지는 도로부문 소비전력을 충당하거나 도로인근지역 주민시설에 제공 가능하다. 실제로 유럽에서는 많은 도로구간에 방음벽에 태양광 집전판을 설치하여 태양에너지를 생산하고 있고, 바람이 많은 도로에서는 도로유휴지에서 풍력에너지를 생산하고 있다.

국내 고속도로 및 일반국도상의 방음벽과 고속도로 IC 부지 등의 유휴지를 통해 태양에너지를 생산한다면 연간 약 1,253GWh 이상의 태양에너지 생산이 가능할 것으로 분석되었다. 이는 연간 도로사용 전력인 498GWh의 2배 이상에 해당하는 전력량이다. 이를 세부적으로 설명하면, 총 980km의 방음벽(고속도로, 국도)을 통해 연간 253GWh 전력이 생산 가능하고, 300여 개 고속도로 IC 부지를 통해 연간 1,009GWh 전력생산이 가능하게 될 것으로 분석되었다. 이러한 도로시설을 통한 태양광 전력생산량을 통해 연간 87만 톤의 CO_2 발생량 감축효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

도로 시설을 통해 발전된 녹색전력은 도로시설에서 필요한 전력을 공급하고 도로주변 주거 및 상업시설에 공급함으로써 주민편익을 증대할 수 있어 도로건설에 따른 주민편익을 극대화하고 도로건설 반대 민원발생완화 효과를 기대할 수 있다. 또한 도로 인근 산간 벽오지 등의 낙후지역 필요 전력 공급으로 주민 불편해소 및 전력공급 비용 절감효과가 예상된다. 또한 도로시설을 통한 녹색전력은 향후 전기자동차 기반서비스를 위한 전력으로 활용이 가능하고 이를 통해 녹색전력을 활용한 전기자동차시대 기반시설을 구축할 수 있다. 도로시설에서 생산된 '녹색전력'은 도로변에서의 전기자동차 배터리 충전으로 활용되고, '에너지의 생산지=소비지'가 도로에서 구현되는 것이다.

2. 변화2: 빗물자원 활용을 위한 기반시설

도로의 건설은 빗물의 침수가능 토지면적을 감소시키고, 도로상의 빗물은 하수시설을 통해 하천으로 흘러들어 가게 된다. 이에 따라 지하수 등의 수자원의 부족과, 토양에 의한 자연적인 정화과정을 생략한 채 하천 및 바다로 흘러감에 따라 환경오염을 증가시키고 수자원의 낭비를 유발하게 된다.

하지만 국토면적의 1%에 해당하는 도로 포장면은 넓고 훌륭한 강우의 집수면으로 활용가능하다. 이를 통해 집수할 수 있는 빗물량은 연간 13.3억 톤에 해당할 것으로 예상된다. 이 13.3억 톤의 빗물량은 팔당댐 저수용량의 5.5배이고 3개월 동안 전 국민이 사용할 수 있는 양이다. 이렇게 확보된 수자원은 에너지원으로 도시의 열순환 개선에 큰 도움을 줄 수 있다. 집수된 빗물은 구축된 효율적인 빗물 집수와 비점오염 관리시스템을 통해 활용 가능한 수자원으로 전환되고, 휴게소, 조경 및 농업용수, 인근 산업단지의 공업용수, 소방용수 등으로 활용가능하다. 이를 통해 하천으로 방출되었던 빗물의 수자원화, 하수처리 비용절감, 홍수 등의 방재효과를 가질 수 있다.

3. 변화3: 도로 하부공간을 활용한 전력 송신망, 통신망 구축

전력송전 시 전력낭비를 최소화하기 위해 점차 송전압을 초고압으로 상승시키고, 이를 위한 초고압 송전시설을 건설하고 있다. 이러한 고압 송전탑의 건설에 의해 발생하는 자연경관 훼손 및 전자파 노출 피해가 문제되고 있다.

고압 송전탑의 건설에 따른 피해를 줄이는 한 가지 대안은 고압 송전로를 전국을 연결하고 있는 간선도로망의 지하공간을 활용한 송전지중망으로 구축하는 것이다. 이를 통해 고압 송전망 건설에 따른 자연훼손 및 주민 피해완화를 기대할 수 있다. 이러한 간선도로망을 활용한 전력·통신망의 구축은 “Repower-America”의 일환으로 이미 앨 고어에 의해 제안되었고, 최근

Times지에 의해 미국 오바마 정부의 10가지 혁신사업 중 하나로 선정된 바 있다.

4. 변화4: 친환경 자동차통행을 위한 기반시설 구축

최근 녹색성장의 기조에 따라 친환경 자동차의 기술을 날로 발달되어 곧 이러한 녹색자동차의 시대가 도래할 것으로 보인다. 하지만 자동차 기술발달에 비해 이들 자동차 통행의 기반시설인 도로에서의 녹색기술 개발은 거의 이루어지지 못하고 있다. 이에 향후 전기자동차 등의 친환경 자동차 통행을 위한 기반시설로의 도로시설 확충과 함께 도로의 새로운 역할이 필요하다. 전기자동차를 위해 도로시설에 요구되는 가장 대표적인 인프라는 전기 충전시설이다. 도로상의 전기 충전인프라는 대부분의 나라에서는 적용하고 있는 직접 충전시설과, 이스라엘을 중심으로 덴마크와 미국의 샌프란시코에서 인프라 구축 중에 있는 전기차량의 배터리 자체를 교환하는 충전인프라가 있다. 또한 최근 제시된 무선 전력공급장치에 의한 전기자동차 운영과 함께 '온라인 전기자동차(On-Line Electronic Vehilce, OLEV)'에 대한 개발도 이루어지고 있다.

5. 변화5: 저탄소 교통관리 기반 도로운영

현재 도로교통 운영의 목표는 안전성 확보와 함께 효율성 극대화를 위한 교통혼잡 완화이다. 하지만 저탄소 녹색성장시대의 도로교통 운영의 중요한 목표 중 하나는 에너지 소비 최소화와 함께 온실가스 배출 최소화를 구현할 수 있는 도로교통 운영이다. 온실가스 배출 최소화를 위한 도로운영을 위해서는 저탄소 교통관리를 할 수 있는 기반시설이 요구되고, 이러한 기반시설을 IT기술과 접목된 첨단 저탄소 교통관리시스템 구축이 필요하다. 또한 도로상 온실가스 배출의 주범인 자동차의 친환경 녹색자동차 이용 활성화를

위한 통행권 및 우선권 등을 부여하는 도로운영방법이 필요한 실정이다.

6. 변화6: 보다 효율적이고 다목적·다기능 도로로 변화

도로의 발달과정에서 대규모의 여객과 화물의 이동이 강조됨에 따라 도로의 '이동성과 접근성 제공'이라는 도로의 주요한 두 가지 기능 중 이동성만이 강조되어 오고 있다. 효율적인 도로의 역할을 위해서는 통과교통과 접근교통이 분리된 도로교통망을 통해 이동성과 접근성이 조화된 도로의 계층적·공간적 구성이 구축되어야 한다. 또한 다양한 교통수단과의 효율적인 연계도로망 구축이 필요하다.

'보다 효율적이고 다양한 기능을 제공하는 도로'를 위해서는 도심 외곽순환망 확충과 도로의 다목적·입체적 활용을 위한 정책이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도로는 여객·화물의 수송 이외에도 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 중요한 역할을 수행한다. 지금까지 도로는 자동차 통행의 이동성만이 강조되어 사람 간의 소통과 만남의 기회는 오히려 상실되고, 단절된 사회로 유도하게 되었다. 그러므로 녹색성장시대의 도로는 사람 간의 만남과 소통을 유도하는 '새로운 문화창조와 소통의 장'이 되어야 한다.

7. 변화7: 도로의 타 교통수단과의 조화 및 보완관계 구성

녹색성장시대에 진입하면서, 사회 대부분의 분위기는 '철도수단은 녹색지향적이고, 도로는 녹색 지양적이다'로 조성되었다. 하지만 앞 장에서 설명하였듯이 도로에 의한 환경피해의 상당부분은 모든 육상교통수단에서 같이 발생하고 있다. 이에 철도와 도로 등은 서로 경쟁관계라기보다는 서로 조화 및 보완관계를 구성하는 상생적인 역할을 수행하도록 변화해야 한다.

제2절 정책제언

정부는 최근 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속 가능한 성장의 의미인 '저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)'을 새로운 60년 비전의 축으로 제시하고, 온실가스와 환경오염을 줄이기 위한 부문별 정책 및 전략을 수립하고 있다. 특히 국토해양부에서는 '저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현'을 비전으로 삼아 저탄소 녹색국토 실현을 위한 온실가스 감축과 자연재해로부터 안전한 국토해양공간을 구현하기 위한 기후변화 적응을 위한 핵심전략 개발을 하고 있다.

도로교통 부문에서도 녹색성장 구현을 위한 정책을 효율적으로 추진하기 위해서는 도로교통 부문에 대한 총괄적인 정책추진방향을 정립하고 이의 실현을 위한 분야별 중점 추진방안을 도출할 필요가 있다. 하지만 녹색성장 구현을 위해 도로교통 부문에서 추진해야 할 세부전략 및 중점추진 과제에 대한 구체적인 지침이 아직 없고, Agenda 개발이 이루어지지 않아 녹색성장 구현을 위한 도로교통의 역할정립이 필요한 실정이다. 최근 도로부문은 이와 같은 反(반) '저탄소 녹색성장'이라는 인식 때문에 선진국에 비해 아직도 도로스톡이 부족함에도 불구하고 투자가 제한되는 등의 어려움에 처해 있고, 이와 같은 도로정책 부문이 안고 있는 문제를 해결하기 위한 노력이 절실한 시점이다. 하지만 단순히 일부 문제들을 해결하려는 단편적인 노력만으로는 녹색성장시대 도로의 역할과 필요성을 인정받기는 어려운 실정이다. 그러므로 전 세계적인 흐름인 저탄소 녹색성장의 기조에 발맞추기 위해 도로정책 부문은 과거에서 과감히 벗어나 새로운 패러다임 전환을 위한 많은 노력을 해야 한다.

첫째, 녹색성장시대 도로 주변에서 이루어지고 있는 변화와 그에 따른 도로부문의 영향분석을 해야 한다. 녹색성장시대 발표 후 도로는 녹색성장 시대에 反(반)하는 위치로 인지되고 '녹색성장의 걸림돌'로까지 여겨지고 있다. 기존의 도로와는 달리 녹색성장시대에 도로건설의 목표는 더 이상 "넓게 그

리고 빠르게"를 지향하지 않고, 환경친화적인 도로와 자연·인간이 함께하는 도로 건설로 전환되고 있다.

둘째, 녹색성장시대 도로변화에 따른 도로의 새로운 역할 정립과 함께 이에 따른 도로교통정책의 Agenda 개발이 이루어져야 한다. 기존의 승용차 통행 위주의 도로는 도로교통의 다변화를 승용차통행뿐만 아니라 버스, 자전거, 보행자 통행을 위한 서비스 제공을 위한 도로로 전환되어야 한다. 또한 화석에너지 자동차를 위한 기반시설에서 전기 및 수소 자동차 등의 친환경 자동차를 위한 기반시설을 제공하는 도로가 필요하다. 도로는 운영시의 배출가스 등을 통한 온실가스 이외에도, 도로포장 등의 도로건설 단계에서도 많은 온실가스를 배출하고 있고, 환경훼손의 문제를 야기하고 있다. 녹색성장 시대에는 환경친화적인 도로를 계획하고 저탄소지향형 도로건설방법을 이용한 도로건설이 필요하다. 도로는 최근 잦은 개발과 환경문제로 공공부지를 확보하기 어려운 시기에 보다 손쉽게 이용할 수 있는 국토의 1%에 해당하는 공공부지이다. 그러므로 이러한 공공부지를 단순 자동차 통행만의 목적으로 사용하기보다는 다양한 목적으로 사용하여 도로의 효율성을 극대화시킬 필요가 있다. 즉, 도로부지 및 도로시설을 통해 녹색에너지(태양 및 풍력에너지)를 생산하고 도로를 통해 유출되는 수자원을 집수할 수 있는 공간으로 활용하며, 전력 송전망과 통신망 구축을 위한 도로 하부공간으로 활용할 수 있도록 유도해야 한다.

셋째, 이러한 녹색성장시대에 부합하는 새로운 패러다임의 도로를 건설하기 위한 법령 및 지침 등이 개발되어야 한다. 앞에서 말한 새로운 도로의 역할을 구현하기 위해서는 기존 도로에서 탈피해서 수정·보완해야 할 법령 및 지침 등이 많다. 특히 다목적 도로하부공간 활용, 녹색에너지 생산, 빗물집수 및 활용 등의 새로운 서비스 제공, 도로건설을 위한 관련 법령, 지침, 설계 및 시공 기준 등의 수정 및 보완이 필요한 것으로 보인다.

넷째, 녹색성장시대 도로의 새로운 패러다임 구현을 위한 신기술 개발

이 필요하다. 녹색시대에 부합하는 새로운 형태의 도로를 건설하기 위한 관련기술개발이 무엇보다 선행되어야 한다. 특히 도로시설을 통한 태양에너지 발전 및 활용을 위해서는 태양집광기술 및 축전기술 등의 기술개발이 필요하다. 현재 저조한 태양에너지 축전기술에 따라 도로시설을 통한 태양에너지 활용의 경제성이 저평가되고 있다. 이러한 태양광 집전기술과 축전기술은 향후 녹색시대를 대비하여 선진국을 중심으로 집중 연구 개발되고 있어, 국내 기술개발을 통해 해당 녹색시장 선점을 위해서도 연구개발이 시급한 실정이다. 또한 도로 하부공간을 활용한 전력·통신망과 빗물의 침투 및 저류시스템 구축을 위해 교통혼잡 최소화를 위한 신 공사기법, 고압송전 등에 따른 위험방지, 유지관리 방법 등의 기술개발이 필요할 것으로 보인다.

마지막으로 개발된 기술들은 전국의 도로에 적용되기 전에 국가 주도 대규모 도로건설사업을 통한 시범사업을 수행하고 이를 평가하여 보완함으로써 녹색성장시대 새로운 도로 정착을 성공적으로 이끌 수 있을 것으로 보인다. 현재 추진되고 있는 7×9축 구축 및 선도사업 등의 국가 주도 대규모 도로건설사업을 통한 시범사업을 수행하고, 이를 통해 녹색성장시대의 성공적인 도로 기능의 재창출을 추진할 수 있다. 구체적으로 제2외곽순환고속도로, 제2경부고속도로 등 건설 시, 녹색시대에 부합하는 새로운 패러다임의 도로건설을 추진할 수 있을 것으로 보인다. 아울러, 현재 추진 중인 미래도로 '스마트하이웨이' R&D 연구와 연계하여 추진하는 것도 고려할 수 있을 것이다.

참고문헌

[국내문헌]

1. 건설교통부, 『환경친화적인 도로건설 확대추진방안 연구』, 2006.
2. 국무총리실, 『저탄소 녹색성장 추진전략 보도자료』, 2008.
3. 국토연구원, 『도로정책 Brief』, Vol. 5, 2008.
4. 국토연구원, 『고속도로 사업효과조사 연구』, 2006.
5. 국토해양부, 『2007건설교통통계연보』, 2008.
6. 국토해양부, 『2008국토해양통계연보』, 2009.
7. 삼성경제연구소, 『CEO Information: 녹색성장시대의 도래』, 2008. 10. (제675호)
8. 서울시, 『도로정비 기본계획 수정계획』, 2007.
9. 윤창호 외, 『고속도로의 산업연관 및 경제성장 효과에 관한 연구』, 2009.
10. 이재홍 외, “도로보급률 지표 개발과 OECD 국가 간 도로스톡 비교”, 대한교통학회 제60회 학술발표회, 2009.
11. 에너지경제연구원, 『에너지통계월보』, 2008.
12. 지식경제부 녹색성장위원회, 『자동차연비 및 온실가스 기준 개선 방안』, 2009.
13. 한국교통연구원, 월간 『교통』, Vol. 138, 2009.
14. 한국개발연구원, 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완연구』 (제4판), 2008.
15. 한국교통연구원, 『화물차 전용도로 밑 전용차로의 도입에 관한 기초연구』, 2002.
16. 한국교통연구원, 『환경친화적인 도로건설 및 운영정책개발에 관한 연구』, 2006.

17. 한국교통연구원, 『교통부문 청정개발체계 활성화 방안』, 2008.
18. 한국교통연구원, 『에너지위기시의 교통부문 대응방안』, 2008.
19. 한무영, 『녹색경영을 위한 교통분야에서의 적극적 물관리 방안』
20. 환경부, 『2008 환경통계연감』, 2008.

[국외 문헌]

1. The Society of Motor Manufacturers and Traders, *UK New car Registrations by CO_2 Performance,* 2006.
2. Land Transport New Zealand, *New Zealand Motor Vehicle Registration Statistics*, 2007.
3. Association Auxiliaire de l' Automobile(AAA), *New Passenger Car Registrations*, 2008.
4. Department for Transport, UK, *Transport Statistics Bulletin*, 2007.
5. European Automobile Manufacturers Association(ACEA), *Overview of CO_2 Based Motor Vehicle Taxes un the EU,* 2008.
6. European Automobile Manufacturers Association(ACEA), *ACEA Tax Guide*, 2007~2008.
7. West S., "Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies", *Journal of Public Economics*, Vol 38, pp.735~757, 2004.
8. Dorothy Remmer, Jose Rocha, *Photovoltaic Noise Barrier-Canada,* 2005
9. International Road Federation, *Innovative Practices for Greener Roads*, 2008
10. N.J.C.M. van der Borg, M.J. Jansen, "Photovoltaic noise barrier at the A9-highway in The Netherlands"
11. Young, William R., "The Implementation of Photovoltaic Transportation Devices"

Abstract

Development of New Highway Paradigms to Embody Green Growth

Dongmin Lee, Jeongbok Yu, and Jinyun Yeon

As greenhouse gases and concern about energy crises, global warming and energy efficiency have become issue in the world, transportation area. transport sector produced about 20% of total greenhouse gases produced in Korea, and road transport sector produced almost 80% of greenhouse gases produced by transport sector (about 16% of total greenhouse gases produced in Korea). With these green house gases and inefficient energy use in road, destruction of the natural environment by road construction has made the road a major obstacle to Green Growth.

However, roles of road for mobility of passenger and goods economic growth cannot be overlooked. Also, if the paradigm and roles of road are changed, a road can Green Growth. Therefore seven innovative changes of roads and polices are suggested in this study to accomplish a new paradigm and role road in a period of Green.

The first is to generate ‘Green Energy’ through roads. The road is an open space to be used for many useful purposes such as generation of ‘Green Energy.’ Through the implementation of photovoltaic transportation devices such as photovoltaic noise barrier and area, it was estimated 1,253GWh/yr on way and national highways, which is twice the amount of electricity used those roads. The second is to use rainfall on the road surface. The area of paved roads is one percentage of entire land of Korea and 1330 million water, which is amount of water used by Korea for months, can be produced through th area. The third is to use highway as one of the routes for the new, more efficient electronic power and communication network grid. Those grids using highway network would be available for battery-powered electr vehicle and provide electronic power to resident and commercial area nearby highways.

【저자약력】

이동민
한국교통연구원 책임연구원
The Pennsylvania State University (공학 박사)

유정복
한국교통연구원 연구위원
서울시립대학교 (공학 박사)

연지윤
한국교통연구원 책임연구원
플로리다대학교 (공학 박사)

미래사회협동연구총서 09-06-29
연구총서 2009-07

녹색성장 구현을 위한 도로부문 정책개발
Development of New Highway Paradigms to Embody Green Growth

ISBN 978-89-5503-320-5 93530

인 쇄 2009년 8월 25일
발 행 2009년 8월 31일
발행인 황 기 연
발행처 **한국교통연구원**
경기도 고양시 일산서구 시민대로 1160번지
TEL: 031-910-3114 / FAX: 031-910-3231
홈페이지: **www.koti.re.kr**
인쇄처 (주)예원기획 전화: 02-742-5020
가 격 8,500원

ⓒ 2009 한국교통연구원 * 본 보고서 내용의 무단 전재 · 역재 · 복사를 금합니다.