

■ 論 文 ■

교통부문 온실가스 배출량 저감을 위한 교통수요관리 방안 전략 연구

The Strategies of Transport Demand Management to Decrease
the Greenhouse Gases in Transportation Part

정 도 영

(한국교통연구원 연구원)

윤 장 호

(한국교통연구원 연구위원)

박 상 우

(한국교통연구원 부연구위원)

김 주 영

(서울시립대학교 박사과정)

목 차

- | | |
|--|---|
| <p>I. 서론</p> <p>1. 연구의 배경 및 목적</p> <p>2. 연구의 범위 및 수행 절차</p> <p>II. 기존연구 고찰</p> <p>1. 기후변화, 에너지, 대기질 및 온실가스</p> <p>2. 교통수요관리</p> <p>III. 교통수요관리 방안 시행현황</p> <p>1. 교통수요관리 방안의 정의</p> <p>2. 국내·외 시행사례</p> | <p>IV. 온실가스 감축목표 설정</p> <p>V. 교통수요관리 방안 전략 시행에 따른 온실가스 감축효과 분석</p> <p>1. 효과범위 및 방법</p> <p>2. 분석방법론</p> <p>3. 교통수요관리 방안 시행효과 분석</p> <p>VI. 결론</p> <p>VII. 참고문헌</p> |
|--|---|

Key Words : 교통수요관리, 녹색성장, CO₂, 저탄소, 온실가스

Transport Demand Management, Green Growth, CO₂, Low Carbon, Greenhouse Gases

요 약

지속적인 증가추세를 보이는 화석연료 사용은 지구온난화라는 심각한 환경적, 경제적 문제를 발생시키고 있다. 이에 따른 대비책으로 국제사회는 기후협약과 같은 국제 협약을 통한 온실가스 감축 노력을 경주하기 시작했다. 우리나라도 “녹색성장”을 정책의 주요 패러다임으로 하는 온실가스 감축노력의 일환으로 미래 60년 비전인 “저탄소 녹색성장”의 실천적 목표를 제시한 바 있다. 동시에 이를 달성하기 위한 핵심전략으로 온실가스 감축목표 설정의 필요성을 절감하고 2050년까지의 “녹색성장 국가전략”과 이를 이행하기 위한 “녹색성장 5개년계획”에 온실가스 감축목표를 포함한 바 있다. 최근 들어 정부는 녹색성장위원회의 건의를 수용하여 온실가스 저감 시나리오 중 가장 적극적 대안인 시나리오 3, 즉 2020년까지 2005년도 발생량 대비 4%저감을 정부의 온실가스 감축목표로 설정하였다.

본 연구는 이러한 정부의 정책 목표달성을 지원하기 위하여 교통부문 온실가스 배출량 저감을 위한 교통수요관리 방안 전략을 수립하고 동 전략의 시행에 따른 온실가스 감축효과를 측정하였다. 그 결과 고강도 교통수요관리 방안 전략을 시행할 경우 매년 국가 온실가스 저감목표 중 3.1%에 해당하는 7.59백만CO₂eq를 교통부문에서 저감할 수 있을 것으로 분석되었다.

따라서 정책적 필요 정도에 따라 교통수요관리 방안 전략을 수준별, 단계별로 구분 시행할 경우 저탄소 녹색성장이라는 정부정책 목표달성에 기여할 수 있는 효과적 정책도구로 활용될 수 있으리라 기대한다.

The growing amount of using the fossil fuel is bringing about environmentally, economically serious problems like as global warming. To solve the problems, the international society has begun to decrease greenhouse gases through the international agreement like as the climate change convention. In South of Korea, it was presented practical goal of Green Development try to decrease greenhouse, which is the future 60 years vision. And, it contains the strategies of Green Development and 5th Plan of Green Development. Nowadays, the government accepted the active alternative scenario 3, which is the goal of 4% decrease in greenhouse gases until 2020's, presented by Presidential Committee on Green Growth.

This study established the strategies of Transport Demand Management to decrease the greenhouse gases in transportation part, and then we measured the effect of them. As a result, if it takes effect the aggressive strategies annually, it will cut greenhouse gas pollution by 3.1%, which is 7,590,000tCO₂eq, in transportation part. So, we can expect that it would be the effective policy tool to achieve the goal of government, which is the Green Development, if it controls the strategies of TDM effectively by the political needs.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

과거 우리나라의 교통정책은 절대적으로 부족한 용량 확충 위주의 도로건설 및 확장 등 공급정책이 추진되었고, 1980년대 이후 급격한 승용차 보급 확대에 따른 교통혼잡이 사회적 문제로 대두되면서 승용차 이용을 억제하고 대중교통 이용을 촉진하는 규제 위주의 교통수요관리(TDM: Transport Demand Management) 방안이 도입되기 시작하였다.

현재까지 다양한 기술적 측면의 교통수요관리 방안 및 시행효과에 대해 여러 차례 연구된 바 있으나 대부분이 시행에 따른 효과를 강조하거나 측정하는데 그치고 있어 사전에 정해진 교통수요 감축목표 내지 혼잡완화 수준 또는 온실가스 배출량 감축목표의 달성을 위한 전략 측면의 연구는 많이 이루어지지 못하였다. 그 결과 개별 교통수요관리 방안의 시행효과가 미흡하거나, 간혹 상대적으로 높은 성과를 달성하였다 하더라도 단기적 효과에 그치는 경향을 보였다. 이러한 문제점의 극복을 위하여 교통혼잡관리프로그램(CMP: Congestion Management Program)의 도입이 서울시를 대상으로 제안·시도되기도 하였다.

우리나라는 세계 제4위의 석유 수입국으로 매년 55조 원 이상을 원유 수입에 사용하고 있고, 향후 그 규모가 점점 늘어날 전망이다도 불구하고 승용차 연간 주행거리는 지속적으로 증가하고, 도심 진입 나홀로 승용차의 비율이 82%에 달할 뿐만 아니라, 수송부문의 1인당 에너지 소비량도 2003년 0.724toe/인에서 2006년 0.756toe/인으로 지속적인 증가세를 기록하고 있는 실정이다.

따라서 이제는 통행자의 수단선택 행태를 변화시키고, 통행횟수를 줄이고, 효율적인 승용차 이용을 유도하는 등의 다양한 개별 교통수요관리 방안을 기술(Tactics)로 활용하고, 이들 각개 기술이 성공하여 필요한 수준의 교통수요 및 CO₂배출량 감축 성과를 달성할 수 있는 전략(Strategy)의 수립·시행 및 모니터링 체계 구축이 절실히 요구된다고 할 수 있다.

본 연구는 “국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표 설정 추진계획”에 제시된 장래 온실가스 감축목표 및 감축 정도에 따른 3개 시나리오별 온실가스 배출 총량 감축 목표치 달성을 지원할 수 있는 교통수요관리 방안 제시를 목적으로 한다.

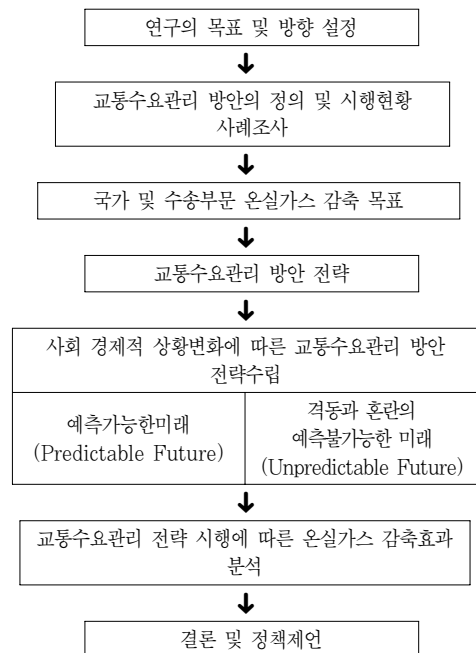
이를 위하여 기존 교통수요관리 방안의 시행사례 및 시행효과를 검토하고, 이 결과를 바탕으로 3개의 국가 온실가스 감축 시나리오별로 5개 대표적 교통수요관리 방안을 그 시행강도, 즉 세율·요금 및 빈도 등을 달리하여 “저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리 방안 전략”으로 설정한다.

이러한 전략의 시행을 통해 국가 온실가스 감축목표 및 수송부문 온실가스 감축목표 달성에 어느 정도 기여할 수 있는지를 제시하고 상호비교가 가능토록 한다. 이와 같은 분석 결과는 개별 교통수요관리 방안 전략의 시행에 따른 온실가스 감축효과의 측정뿐만 아니라 개별 교통수요관리 방안 전략 기술을 대안으로 설정한 유기적·통섭적 교통수요관리 방안 전략의 실행이 국가에서 수립한 온실가스 감축목표 대비 온실가스 감축효과의 달성도를 알려줄 수 있다.

따라서 본 연구를 통하여 정책적 필요 정도에 따라 교통수요관리 방안 전략을 수준별, 단계별로 구분 실행하여 저탄소 녹색성장을 위한 소기의 온실가스 감축목표 달성에 기여할 수 있는 효과적 정책도구를 작성·제시하려 한다.

2. 연구의 범위 및 수행 절차

본 연구에서는 국내·외에서 시행된 다양한 교통수요



〈그림 1〉 연구수행절차

관리 방안 활용 사례를 벤치마킹한 후 개별 교통수요관리 방안의 시행에 따른 다양한 효과를 파악하여 “저탄소 녹색성장”을 위한 교통수요관리 방안 전략을 수립하고자 한다. 교통수요관리 방안의 개념 및 시행현황을 살펴보고 교통수요관리 방안의 시행효과를 문헌 조사를 통하여 파악한 후 이들 개별 교통수요관리 방안을 활용하여 저탄소 녹색성장을 위한 국가 온실가스 감축목표 달성에 얼마나 기여할 수 있는지를 추정해 보는 것을 주요 내용으로 한다.

II. 기존연구 고찰

1. 기후변화, 에너지, 대기질 및 온실가스

한국교통연구원(2005년)에서 연구된 “기후변화협약 대비 교통부문 온실가스 저감정책의 효과분석에서는 기후변화 관련 국제사회의 동향파악을 기본 전제로 교통부문의 이산화탄소 배출량 절감을 위한 교통부문 녹색정책의 개발 및 효과분석을 시도하였다. 그러나 교통부문 세부항목별 온실가스 배출량 산정은 도출하지 못하였다.

국도연구원(2006년)은 “교통부문의 에너지 위기대응과 시사점”에서 에너지 소비구조 분석을 통해 유가부문과 교통부문의 에너지 소비구조 관계를 분석하여 교통부문 대응방안을 제시하였다. 여기에서는 운전습관, 엔진개량, 교통수요관리방안의 적극적 도입 및 대중교통활성화 등의 대응정책을 제시하였으나 세부 방안 및 정책별 구체적인 정량적 효과를 제시하는 데는 미비하였다.

동시에 기후변화에 따른 CDM체계 활성화 및 온실가스 배출량 산출, 감축 방안 제시 및 감축 시 효과 추정 등에 대한 주요 선행 연구로는 한국교통연구원(2006년) 교통안전관리공단(2007년) 등의 연구가 있다. 이들 연구는 주로 수송부문의 온실가스를 추정하고 온실가스를 감축하기 위한 다양한 정책 소개 및 특히 개인교통 중심의 탄소배출 저감방안을 연구하였다. 그리고 한국교통연구원(2008년)의 “에너지 위기시 교통부문 대응방안”에서는 에너지 수급 불안정성에 대한 시나리오 분석을 처음 시도하였다. 이를 통해 계량적 정책효과 분석 및 정부부처 간 협조방안을 추가적으로 제시하였으나 분석의 틀이 거시적 관점에서 이루어져 정책 각각의 계량 분석이 미시적 접근을 이루지 못하여 하나의 정책을 실행하였을 때의 보다 정확한 시행효과를 도출하지는 못하였다.

2. 교통수요관리

교통수요관리 관련 선행 연구는 일반적으로 개별 교통수요관리 방안 시행시의 혼잡완화 효과추정 연구로서 서울시정개발연구원(2007년, 2008년)등의 선행연구가 있다. 이와 같은 연구는 대부분이 하나의 교통수요관리 방안을 적용하였을 경우 경험적 효과 또는 효과 예측을 하였으나 이를 종합적 정책 프로그램으로 함께 시행할 경우의 종합적 탄소절감효과를 제시하지 못하고 있어 통섭적 교통수요관리 방안의 온실가스 저감수단으로서의 효과를 측정하기에는 미흡한 점이 있다.

특히 이 같은 연구들은 대부분 교통혼잡세 부과를 중심으로 매우 단편적인 교통수요관리 방안의 효과를 분석하였다. 또한 자전거도로 건설 등과 같이 보다 선도적 통행패턴 변화를 통한 온실가스 저감대책 마련 및 이의 효과를 도출하지 못하였다.

그 밖에 대부분의 연구는 개별지자체를 대상으로 다양한 전술적 측면의 개별 교통수요관리 방안 시행효과 추정을 위주로 한 인천발전연구원(2002년) 및 경기개발연구원(2004년) 등의 선행연구가 있다. 이들 기존 선행연구 국가 온실가스(CO₂)배출량 감축목표 달성 측면의 연구가 미흡한 실정이다.

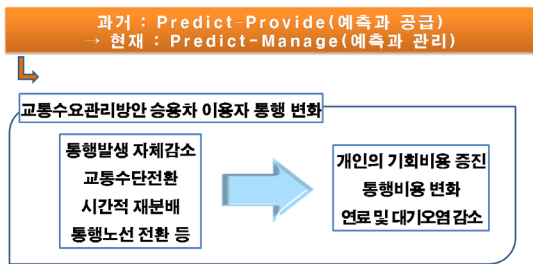
III. 교통수요관리 방안 시행현황

1. 교통수요관리 방안의 정의

지속적으로 증가하는 교통수요에 대응하기 위해서 교통수요의 증가에 상응하는 도로, 철도 등 교통시설의 확충이 있어야 하나, 이는 방대한 규모의 교통투자재원과 토지가 요구되므로 교통시설의 용량 확충을 주요내용으로 하는 교통시설 공급관리정책은 현실적으로 한계를 노정시켜 왔고, 이에 교통정책방향의 전환이 요구되기에 이르고 있다.

이는 이른바 “Predict-Provide(예측과 공급)”에서 “Predict-Prevent(예측과 억제)”로의 정책방향의 전환이 된다.

교통관리(Transport Management)는 교통체계의 효율성 제고를 목적으로 기존의 도로, 교통시스템 및 대중교통수단을 가장 생산적으로 이용할 수 있도록 하는 정책 혹은 전략을 총칭하는 것이다. 교통관리를 위한 구



〈그림 2〉 교통수요관리 방안 승용차 이용자 통행 변화

체방안은 교통시설의 공급관리 및 개선방안과 교통수요관리 방안의 두 범주로 구분된다.

- 교통시설의 공급관리 및 개선방안은 교통체계의 용량, 안전성, 질적 측면의 개선을 목적으로 한다.
- 교통수요관리 방안은 사회전체적인 의미에서 가장 효율성이 높은 통행의 달성을 목적으로 한다.

교통수요관리(TDM: Transport Demand Management)는 운전자의 통행행태 변화를 통하여 교통수요를 적절한 수준으로 조절하고자 하는 정책 혹은 전략을 총칭한다. 선진국일수록 교통수요관리의 목적을 경제적 효율성에만 국한시키는 것이 아니라, 환경적 폐해의 감소, 나아가 교통혼잡이 도시공동체와 지속가능한 도시의 형성을 위한 필수적인 여건에 미치는 사회적 영향에 대해서 관심을 가지고, 광범위한 차원에서 접근하고 있다.

2. 국내·외 시행사례

교통서비스 공급차원의 교통수요관리 방안 정책 시행 사례를 종합하여 보면 시행에 따른 통행량 전환 효과는 크지만 반면 상대적으로 공급위주 정책시행에 따른 교통시설 투자비용이 큰 것으로 나타났다.

규제조절 중심의 교통수요관리 정책 시행사례를 종합하여 보면 시행에 따른 통행량 전환 효과는 적은 반면 정책 시행에 따른 추가적인 교통시설 투자비용이 낮아 시행이 용이하지만 시행에 따른 지역주민들의 반감이 큰 것으로 나타났다.

국내·외 교통수요관리 방안 시행사례를 종합해 본 결과 교통서비스 공급차원의 교통수요관리 방안 정책 시행사례를 보면 통행량 전환 효과도 높고 교통시설 투자비용 또한 높은 것으로 나타났다. 반면 규제조절 중심의 교통수요관리 방안 정책 시행사례를 보면 통행량 전환

〈표 1〉 교통서비스 공급차원의 교통수요관리 방안 정책 시행 사례 종합

구분		시행효과		
교통서비스 공급차원의 교통수요관리 방안 정책	버스	간선급행 버스	- 현재 국내에서는 시행 중인 상급 BRT가 없으므로 시행효과 없음	
		버스 전용차로	운행속도 (km/h)	31.7% 증가
			배차간격 분포	27.5% 감소
			승객 수	26.8% 증가
	간선버스 체계	통행이용 절감편익	약 2,251억 원 절감	
		통행속도	- 미국 108% 증가	
			- 대만 버스속도 47.4% 증가	
			- 일본 버스속도 53.8% 증가	
	시내버스 노선개편	답승객	- 미국 27~100% 증가 - 일본 26.9% 증가	
		사고건수	- 대만 41.8% 감소	
		정시성	- 일본 편차 69% 감소	
	BIS/BMS	버스우선 신호제	버스운행 속도 (km/h)	11% 증가
			노선당 연계역수 (접근성)	6.6% 증가
		버스우선 신호제	배차간격 분산	10% 감소
			속도 편차	17% 감소
대기시간			19% 감소	
철도	기타	승객 수	18% 증가	
		민원건수	17% 감소	
기타	버스우선 신호제	버스우선	- 버스통행시간, 버스지체, 버스정지수 감소 효과	
		광역 철도	- 기존 지하철과의 연계성 높아짐 - 파리 외곽과 시내 간 통행자 70% 전철 이용으로 교통개선효과	
	생체에너지	대중 교통 환승 시설	버스업체 측면	- 정차공간 확보 - 버스의 이미지와 정시성 확보
이용자 측면			- 주행시간 절약 - 승객증가로 인한 수입증대 - 휴식공간 확보 - 상업시설 집중으로 구매행위 편리 - 환승의 편리성·안전성·쾌적성 확보	
교통수단활용	자전거 활성화	보행 우선 구역	- 통행시간 및 통행비용감소 - 교통시설 투자비용절감 - 시설투자에 있어 승용차에 비해 약 5배 이상의 편익 발생	
		보행 우선 구역	- 바람직한 보행환경을 조성 - 보행자가 안전하고 쾌적하게 도로 이용 가능 - 도로상에서 '차보다 사람이 우선'이라는 교통문화를 확산	

〈표 2〉 규제조절 중심의 교통수요관리 방안 정책 시행사례 종합

구분		시행효과		
규제조절 중심의 교통수요관리 방안 정책	혼잡세	혼잡 통행료 (국내)	통행량	- 남산1·3호터널: 도심진입 교통량 감축, 서울시 자동차등록대수의 증가율 33.5% 대비통행량 2.4% 증가 - 우회도로: 시행 5년부터 계속적인 감소추세
			통행 속도	- 남산1·3호터널: 136.2% 증가 - 우회도로: 46.1% 증가
		혼잡 통행료 (국외)	자동차 교통	- 유럽교통량 통행속도 20% 증가 - 런던 외부에서 내부로의 통근시간 13% 감소
			버스 서비스	- 버스정체 : 내부지역 50%, 유입부와 내부 순환도로 45% 감소 - 침두시 유입승객 수 14% 증가 - 승객평균대기시간 5-6분으로 단축
	주차관리	주차요금정책	일인 승용차 비율	- Warner Center LA 44% 감소 - Ottawa Canada 7% 감소
			차량당 승객수	- Warner Center LA 44% 증가 - Ottawa Canada 22% 증가
		주차상한제	주차장 회전율	- 시설용도별 평균 23.8% 증가
			교통량	- 1일 약 88,788대 감소
		거주자 우선 허가제	주차 시설	- 최소 7,360면 축소
			거주자 우선 허가제	- 주차장 이용률 제고 - 이면도로상 거주자와 비거주자 간 주차 분쟁 예방 - 주거환경 개선
승용차 이용 억제	승용차요일제 (부제)	통행량	- 전체통행량 1.27% 감소 - 승용차통행량 3.66% 감소	
		통행 속도	1.02% 증가	
		운행 거리	3.18% 감소	
	자동차 통행 제한 구역	- 상업시설 매상 증가 - 버스서비스 향상 및 보행자, 대중교통이용 증가 - 이미지, 경관 향상 - 오염감소		
업무통행조절	자동차 소유 제한	- 싱가포르의 연간 차량증가율 3% 유지		
	유류세	- 유류세 인상 등을 통한 승용차 통행량 조절		
	기업체 교통수요관리	- 기업체 교통수요관리 참여시설 유발량 중 감축비율 - 서울시조례 의거 5.2% - 연구보고서 의거 4.3%		
자동차 통행 제한 구역	자동차 통행 제한 구역	- 상업시설 매상 증가 - 버스서비스 향상 및 보행자, 대중교통이용 증가 - 이미지, 경관 향상 - 오염감소		

〈표 3〉 교통수요관리 방안 정책 시행방안별 특성비교

구분	교통서비스 공급차원의 교통수요관리 방안 정책	규제조절 중심의 교통수요관리 방안 정책
시행효과	높음	낮음
시설투자비	높음	낮음

효과도 낮고 교통시설 투자비용 역시 낮아 시행은 용이한 것으로 나타났으나, 시행 시 지역주민들의 반감이 큰 것으로 나타났다.

본 연구에서는 교통수요관리 방안 시행효과를 중단기 또는 초단기로 구분할 수 있고, 국내시행사례가 있어 효과를 가늠할 수 있는 5개의 교통수요관리 방안을 대표적으로 선정하였다. 선정된 교통수요관리 방안은 자전거 활성화, 주차상한제, 유류세, 부제운행, 혼잡통행료 부과이며, 이를 대상으로 시행에 따른 온실가스 감축효과 분석을 실시할 것이다.

IV. 온실가스 감축목표 설정

우리나라는 교토체계상 의무감축국에서는 제외되었으나(non-Annex I), EU는 개도국에 대하여도 국제적 온실가스 배출전망(BAU) 대비 15~30% 감축을 요구하고 있는 상황이다. 따라서 국가 온실가스 중기(2020년) 감축 목표 설정 추진계획에서는 우리나라는 국제적 온실가스 배출전망추이, 추가 감축여력(감축잠재량) 분석 결과와 국제 사회 요구수준 등을 감안하여 장래 감축목표를 설정하였다. 또한 감축목표를 감축 정도에 따라 3개의 시나리오로 구분하였다. 시나리오에 따른 감축 추진 시 온실가스 배출 총량은 2020년에 BAU 대비 21~30% 감소하도록 계획하였다(2005년 대비 8% 증가에서 4% 감소에 해당).

시나리오별 상세 내용 및 감축 목표량은 아래와 같다.

〈시나리오 1〉 BAU 대비 $\Delta 21\%$ (2005년 대비 + 8%):

2020년경 정점

- 경제적 이익이 되는 기술(정책)을 최대한 도입
- 비용 = (투자비+운영비) - (에너지효율개선에 의한 연료비 감소) ≤ 0
- 그린홈·그린빌딩(단열강화, LED 등) 등 단계적으로는 비용이 발생하나, 투자 후에 장기간에 걸친 에너지절감 이익이 발생하는 감축수단
- 제3차 국가에너지기본계획('08.8)에서 확정된 신재생에너지 및 원전 확대정책을 반영하고, 스마트그리드 보급정책을 일부 반영

〈시나리오 2〉 BAU 대비 △27%(2005년 수준 동결):
2015년경 정점

- 시나리오 1 정책과 함께, 국제수준의 감축비용인 5만원/CO₂톤 이하 감축수단 추가적용
- 지구 온난화지수가 높은 불소계가스 제거(변압기·냉매 등)
- 하이브리드카 보급, CCS¹⁾ 일부 반영 등

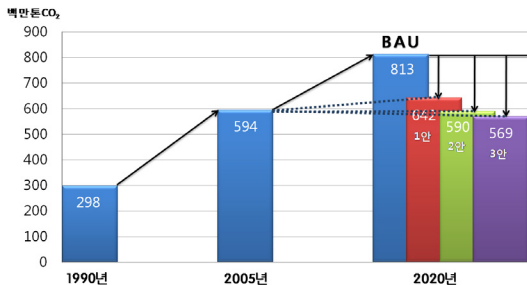
〈시나리오 3〉 BAU 대비 △30%(2005년 대비 △4%):
2012년경 정점

- EU에서 요구하는 개도국 최대 감축수준(BAU 대비 30% 감축)
- 시나리오 2 정책과 함께, 전기차·연료전지차 등 차세대 그린카 보급, 고효율제품을 강제적으로 보급하는 등 감축비용이 높은 수단도 적극적으로 도입

국가가 설정한 온실가스 감축 목표치는 〈그림 3〉과 같으며, 2020년도의 시나리오 1에 해당할 경우, 171백만tCO₂eq 정도의 온실가스 배출량을 줄여야 하며, 시나리오 2는 223백만tCO₂eq, 시나리오 3은 244백만tCO₂eq의 배출량을 줄여야 하는 것으로 분석되었다.

수송부문의 온실가스 감축목표는 국제적 온실가스 배출전망(BAU) 설정방법에 따라 산정된 2005년 국가 온실가스 배출량 중 수송부문 배출량이 차지하는 비율(16.8%)을 적용하여 배출량을 전망하였다. 그 결과 2005년 수송부문의 배출량은 100백만tCO₂eq이며, 2030년 150백만tCO₂eq로 전망되었다.

장래 수송부문 온실가스 감축 목표치는 〈그림 4〉와 같으며, 2020년 시나리오 1의 경우 29백만tCO₂eq, 시나리오 2의 경우는 37백만tCO₂eq 그리고 시나리오 3의 경우는 41백만tCO₂eq의 수송부문 온실가스 배출량을

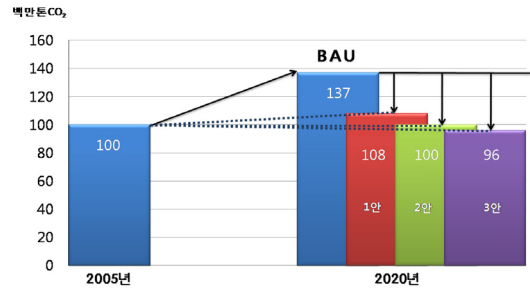


〈그림 3〉 국가 온실가스 배출량 감축시나리오

〈표 4〉 수송부문 온실가스 배출전망

구분	2005	2020	2030	연평균증가율	
				'05~'20	'20~'30
총배출량 (백만tCO ₂ eq)	594	813	888	2.1%	0.9%
수송부문 배출량 (백만tCO ₂ eq)	100	137 ¹⁾	150 ¹⁾		

주: 1) 2005년 수송부문 비율(16.8%) 적용



〈그림 4〉 수송부문 온실가스 배출량 감축목표 시나리오

줄여야 할 것으로 분석되었다.

V. 교통수요관리 방안 전략 시행에 따른 온실가스 감축효과 분석

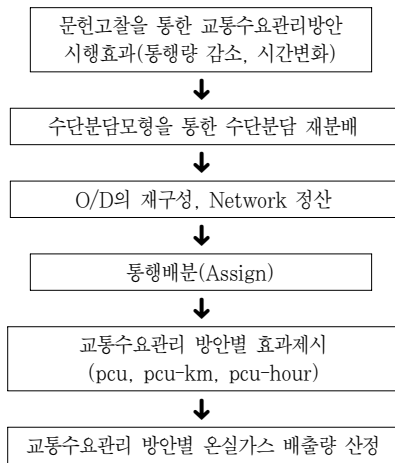
1. 효과분석 범위 및 방법

분석의 범위는 혼잡이 가장 많이 발생되어 교통수요관리 방안 시행효과가 높을 것으로 예상되는 대도시 지역(수도권 및 5대 광역시)을 분석의 범위로 한정하여 분석을 실시하였다.

- 공간적 범위
 - 수도권: 서울, 인천, 경기
 - 5대광역시: 부산, 대구, 대전, 광주, 울산
- 분석 기초 자료
 - 수도권 : 『2006년도 수도권 가구통행실태조사, 2007, 수도권교통본부』에서 제공하는 O/D, NETWORK 본 분석에 맞게 재구성
 - 5대광역시 : 『2006년도 국가교통DB구축사업, 2007, 한국교통연구원』에서 제공하는 O/D, NETWORK 본 분석에 맞게 재구성

1) 이산화탄소 포집 및 저장기술(Carbon Capture and Storage)

앞 장에서 선정된 5개의 교통수요관리 방안을 분석대상으로 선정하여 분석방법을 정립하였다. 분석대상 중 유류세, 부제운행, 혼잡통행료 등 3개 교통수요관리 방안은 서울, 요금 및 빈도를 3단계로 구분하여 서울, 요금 및 빈도가 낮은 순서대로 저강도, 중강도, 고강도로 설정하고자 한다. 자전거 활성화, 주차상한제는 항시 시행을 기본대안으로 설정하였다. 이때 혼잡통행료 대안의 경우 분석의 공간적 범위에 해당하는 지역의 코든라인을 설정하여 광범위한 통행료 징수가 이루어 질 수 있도록 하였다.



〈그림 5〉 연구수행절차

2. 분석방법론

선정된 교통수요관리 방안에 대하여 시행에 따른 수단 분담구조를 재산정하기 위하여 교통수요관리 방안별 선호도 설문조사를 실시하였다. 조사 개요는 다음과 같다.

- 조사개요
 - 일시 : 2009년 6월12일~17일
 - 대상 : 수도권(서울, 인천, 경기) 출퇴근 통행자
 - 방법 : 1:1 면접설문조사
 - 샘플수 : 905부

모형구축시 통행자 개개인의 통행 행태 특성을 파악하여 수단분담율을 예측하는 개별 행태모형 중 로짓모형을 적용하였으며, 모형구축결과 모형 추정 결과 통행시간과 통행비용 모두 부호는 (-)으로 나타남으로서 통행시간과 통행비용의 증가가 각 대안의 효용을 감소시키는 것으로 나타났다. 그리고 t-통계치를 살펴보면 모든 변

수의 t 값이 2의 값보다 커서 매우 높은 통계적 유의성을 보이고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 모형의 전반적인 수단선택행태의 설명력을 판단하기 위해 ρ^2 값을 사용할 수 있다. 모형 전체의 적합도(goodness of fit)는 ρ^2 값이 0.19957으로 나타났다. $\rho^2(C)$ 값이 0.2~0.4 사이의 값만 가져도 추정된 모형이 아주 좋은 적합도를 가지는 것으로 평가(김강수, 2006)할 수 있어, 모형의 적합도가 높은 것으로 평가할 수 있다.

통행시간과 통행비용 계수의 탄력성을 살펴보면, 통행비용보다는 통행시간에 대해 탄력성이 큰 것으로 분석되었다. 이는 수단분담모형이 통근 통행을 바탕으로 구축되어 통근 통행에 있어서 통행 비용보다 통행 시간에 대해 탄력성이 높게 나오는 것으로 판단된다. 결국 출근시간시 승용차를 이용하는 시민의 통행량을 감축하기 위해서는 통행비용보다는 통행시간을 정책변수로 적극 활용해야 하다.

특히 승용차 수단 자체의 통행시간조절보다는 대체교통수단인 지하철, 버스수단의 운행여건을 개선하여 승용차 수단과 통행시간 측면에서 경쟁력을 가질 수 있도록 하는 교통수요관리 방안 정책이 요구되는 것을 알 수 있다.

선정된 교통수요관리 방안의 효과 정도를 추정하기 위해서는 각각의 시행 전·후의 효과를 비교 분석하고, 구축된 수단분담모형을 통하여 교통수요관리 방안의 효과를 추정 후, 시행 전·후의 효과(속도, 시간절약, 수요 변화)를 변수로 수단분담율을 재산정하였다.

재산정된 수단분담구조로 수도권 O/D를 재구성하고, 정산을 시행한 수도권 Network에 EMME/2 프로그램을 사용하여 통행배분(Trip Assign)을 실행 후, 시행결과를 토대로 교통수요관리 방안별 승용차 통행량 감축효과를 통행시간절감과 온실가스(CO₂) 배출량 감축분으로 나누어 계측하였다.

이와 같은 방법 및 절차에 의해 계측된 교통수요관리 방안별 CO₂ 감축 정도는 개별 방안에 대한 CO₂ 감축 효과는 물론 방안별 상대적 효과 분석을 수행하였다.

〈표 5〉 수단분담모형 추정 결과

구분	coefficient	t-value
통행시간(분)	-0.0701645	-3.838
통행비용(원)	-0.00022069	-3.423
자동차 상수	-0.14716642	-7.535
버스 상수	-0.49479501	-5.045
개수(N)	905	
Log likelihood Function	-264.6893	
우도비(ρ^2)	0.19957	

3. 교통수요관리 방안 시행효과 분석

시나리오별 국가 온실가스 감축목표에 대응하기 위한 5개 자전거 활성화, 주차상한제, 유류세, 부제운행, 혼잡통행료를 교통수요관리 방안 전술로 설정하고 다양한 조합으로 전략을 구성하기 위하여 세율, 세금 및 빈도가 낮은 단계부터 높은 단계로 구분 조합을 그 효과 정도에 따라 낮은 단계부터 높은 단계의 저강도·중강도·고강도로 구분하였다.

본 연구에서는 각각의 강도별 교통수요관리 방안 전술을 시행했을 경우 그 결과 국가 온실가스 감축목표에 얼마나 기여하는지에 대한 효과를 분석하고자 한다.

저강도는 시행했을 경우 CO₂ 감축 효과는 낮으나 공공적 저항이 약하여 평소에 시행이 가능한 방안들을 조합하여 그로화하였고, 이에 반해 고강도는 사회적 반대로 인하여 평상시 시행은 어려우나 CO₂ 절감효과가 매우 높은 교통수요관리 방안으로 조합하여 유류세의 급등 등 불확실한 경제적 위기 체제하에서 초단기적, 한시적 대응이 가능토록 가정하였다.

국가 CO₂ 감축목표 시나리오에 따른 교통수요관리 방안 전술별 강도설정은 <표 6>, <그림 6>과 같다.

교통수요관리 방안 전술 시행으로 온실가스 감축효과는 연간 0.32~4.34백만tCO₂eq의 시행효과가 있는 것으로 분석되었다.

온실가스 감축효과가 가장 큰 교통수요관리 방안 전술로는 유류세(휘발유: 20%, 경유: 48%) 및 2부제가 가장 큰 것으로 나타났으며, 이를 톤당CO₂ 배출권거래제 가격으로 환산하면 연간 각각 393억 원, 1,011억 원의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

온실가스 감축효과가 가장 낮은 교통수요관리 방안 전술로는 혼잡통행료(요금4,000원)가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이를 톤당CO₂ 배출권거래제 가격으로 환산하면 연간 75억 원의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

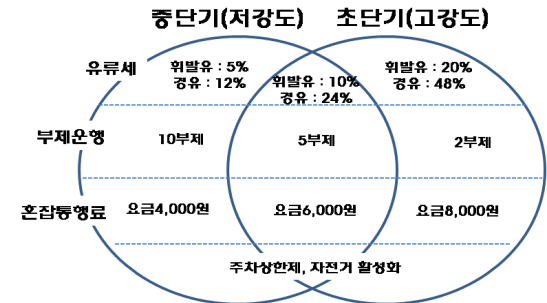
교통수요관리 방안 전술별 온실가스 감축효과 분석결과는 <표 7>와 같다.

국가 온실가스 감축목표 시나리오에 적용 대비하여 본 결과 유류세, 혼잡세, 부제, 주차상한제 및 자전거 이용 활성화 등 5개 대표적 교통수요관리 방안을 전술대안으로 선정한 “저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리 방안 전략”을 시행할 경우

- 최대 감축목표를 지향하는 적극적 감축 시나리오인 시나리오 3의 경우 개별 교통수요관리 방안 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 낮은 저강도 전략 시행 시

<표 6> 교통수요관리 방안 전술별 강도설정

저강도	중강도	고강도
유류세: 휘발유 5%, 경유 12%	유류세: 휘발유 10%, 경유 24%	유류세: 휘발유 20%, 경유 48%
10부제	5부제	2부제
혼잡통행료: 요금 4,000원	혼잡통행료: 요금 6,000원	혼잡통행료: 요금 8,000원
자전거 활성화		
주차상한제		



<그림 6> 교통수요관리 방안 전술별 강도

<표 7> 교통수요관리 방안 전술별 온실가스 감축효과 분석결과

교통수요관리 방안	pcu · km /일	일일 CO ₂ 감축량 (CO ₂ /일)	연간 CO ₂ 감축량 (백만tCO ₂ eq/년)	연간환산 금액 ¹⁾ (억원)	CO ₂ 감축의 상대적 효과 ²⁾
유류세	휘발유 5%, 경유 12%	5,503,901	1,169,084	0.43	99.5
	휘발유 10%, 경유 24%	10,896,123	2,314,445	0.84	197.0
	휘발유 20%, 경유 48%	21,786,991	4,627,775	1.69	393.9
부제운행	10부제	5,559,534	1,180,901	0.43	100.5
	5부제	11,060,151	2,349,287	0.86	200.0
	2부제	55,915,670	11,877,048	4.34	1,011.0
혼잡통행료	4,000원	4,146,382	880,733	0.32	75.0
	6,000원	5,499,337	1,168,114	0.43	99.4
	8,000원	6,547,176	1,390,686	0.51	118.4
기본안	자전거 활성화	6,955,176	1,477,349	0.54	125.8
	주차상한제	6,627,589	1,407,766	0.51	119.8

주: 1) 1톤당 배출권거래가격을 13.1유로, 23,321원을 적용 (www.pointcarboncom, 2009년 7월 평균 거래가격 및 환율을 적용)

2) CO₂ 감축 정도가 제일 낮은 혼잡통행료 4,000원 부과를 기준으로 한 상대적 효과

- 국가온실가스 감축목표의 0.91%인 2.23백만 tCO₂eq가 감축되어 가장 낮은 효과를 보이며,
- 이는 전체 수송부문 온실가스 감축목표의 5.44%인 2.23백만tCO₂eq에 해당된다.
- 최소 감축목표를 지향하는 시나리오 1의 경우에

〈표 8〉 강도별 교통수요관리 방안 시행 시 온실가스 감축량 분석

구분	시나리오 1 (최소감축)	시나리오 2 (현상유지)	시나리오 3 (최대감축)	
국가감축목표(백만tCO ₂ eq)	171	223	244	
수송부문 감축목표(백만tCO ₂ eq)	29	37	41	
강도별 시행효과 (백만tCO ₂ eq)	저강도	2.23		
	중강도	3.18		
	고강도	7.59		
국가온실감축목표 기여도	저강도	1.30%	1.00%	0.91%
	중강도	1.86%	1.43%	1.30%
	고강도	4.44%	3.40%	3.11%
수송부문 온실가스 감축 기여도	저강도	7.69%	6.03%	5.44%
	중강도	10.97%	8.59%	7.76%
	고강도	26.17%	20.51%	18.51%

개별 교통수요관리 방안 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 높은 고강도 전략 시행 시

- 국가온실가스 감축목표의 4.44%인 7.58백만 tCO₂eq가 감축되어 가장 낮은 효과를 보이며,
- 전체 수송부문 온실가스 감축목표의 26.14%인 7.58백만tCO₂eq에 해당된다.

온실가스 감축목표 3개 시나리오에 비해 시행강도에 대한 온실가스 감축 목표치는

- 국가 온실가스 감축목표는 최소 0.91% → 최대 4.44%의 효과가 있고,
- 수송부문 온실가스 감축목표는 최소 5.44% → 최대 26.17%를 달성하는 것으로 분석되었다.

다만 고강도안을 시행하는 경우 기본안인 자전거 활성화, 주차상한제를 제외하고 유류세(휘발유 20%, 경유 48% 증가), 2부제운행, 혼잡통행료(요금 8,000원) 전략 시행 시 현실에 적용하기는 어려운 문제가 있을 것으로 판단되며, 이론상의 계획으로 언급할 수 있다.

VI. 결론

지금까지 우리나라는 교통 및 수송체계의 체질변화를 이루기 위해 많은 노력을 기울여 왔고 그 대표적인 정책으로는 대중교통 활성화, 철도 등과 같은 대량수송수단의 확충과 같은 공급정책과 혼잡완화를 위한 자동차 이용억제와 같은 규제정책 등이 있다. 특히 규제 및 조절 중심의 교통수요관리 방안의 도입 및 시행은 적은 도입 비용으로 상대적으로 높은 효과를 낼 수 있다는 점에서

많은 관심을 받아오고 있다.

그러나 이와 같은 교통수요관리 방안에 관한 연구의 대부분이 추상적 또는 정성적 기대효과를 제시하는 데 그치고 일부 몇몇 방안들에 대한 시행효과만이 정량적으로 분석되어 보고되었을 뿐이다. 그 결과도 주된 관점이 혼잡의 완화에 초점이 맞춰져 “저탄소 녹색성장”이라는 시대적 소명과는 직접적 관계를 맺지 못하고 있었다.

따라서 본 연구는 “국가 온실가스 중기(2020년) 감축 목표 설정 추진계획”에 제시된 장래 온실가스 감축목표 및 감축 정도에 따른 3개 시나리오별 온실가스 배출 총량 감축 목표치인 2020년도 기준 BAU 대비 21~30% 감소를 국가 감축목표로 수용하였다(2005년 대비 8% 증가에서 4% 감소에 해당).

- 〈시나리오 1〉 BAU 대비 $\Delta 21\%$ (2005년 대비 + 8%): 2020년경 정점
- 〈시나리오 2〉 BAU 대비 $\Delta 27\%$ (2005년 수준 동결): 2015년경 정점
- 〈시나리오 3〉 BAU 대비 $\Delta 30\%$ (2005년 대비 $\Delta 4\%$): 2012년경 정점

동시에 본 연구에서는 2005년도 국가전체 온실가스 배출량 594백만tCO₂eq 중 수송부문이 차지하는 발생량 99.8백만tCO₂eq, 즉 전체의 16.8%를 비율로 적용하여 수송부문 온실가스 감축목표치를 설정하였다. 이때 2020년도의 시나리오 1에 해당할 경우, 수송부문에서 29백만tCO₂eq 정도의 온실가스 배출량을 줄여야 하며, 시나리오 2는 37백만tCO₂eq, 시나리오 3은 41백만 tCO₂eq의 배출량을 줄여야 하는 것으로 분석되었다.

따라서 이러한 수송부문의 온실가스 배출량 감축목표 달성을 위하여 교통수요관리 방안 전략이 실질적으로 기여할 수 있는 부분이 얼마인지 구체적으로 알기 위하여 초단기 또는 중단기적인 방안으로 초기 투입비용이 적은 반면 기존에 부분적으로도 시행된 바 있는 교통수요관리 방안을 대상으로

- 교점기존 교통수요관리 방안의 시행사례 및 시행 효과를 검토하고,
- 시행 용이성, 효과성, 적용 가능성 등을 감안하여 유류세, 혼잡세, 부제, 주차상한제 및 자전거 이용 활성화 등 5개 대표적 교통수요관리 방안을 전술 대안으로 선정,
 - 각각의 교통수요관리 방안별 효과척도를 산정
- 유류세, 혼잡세, 부제 등 3개 전술은 기준척도와 대비하여 세율, 요금 및 빈도에 상대적으로 높고

낮은 변화를 주어 그 변화 정도에 따른 상대적 온실가스 감축 효과까지도 정량적으로 분석하였다.

- 저강도는 시행했을 경우 CO₂ 감축 효과는 낮으나 공공적 저항이 약하여 평소에도 시행이 가능한 방안들을 조합하여 그룹화하였고,
- 이에 반해 고강도는 사회적 반대로 인하여 평상시 시행은 어려우나 CO₂ 절감효과가 매우 높은 초강력 교통수요관리 방안으로 설정하여 유류가의 급등 등 불확실한 경제적 위기 체제하에서 초단기적, 한시적 대응이 가능한 경우를 가정하였다.
- 이들 분석 결과를 바탕으로 “국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표 설정 추진계획”에 제시된 3개 시나리오별로 이들 5개 대표적 교통수요관리 방안을 “저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리 방안 전략”의 전술대안으로 동시 시행하였을 경우 국가 온실가스 감축목표 및 수송부문 온실가스 감축목표 달성에 어느 정도 기여할 수 있는지 제시·비교가 가능토록 하였다.

분석결과 유류세, 혼잡세, 부세, 주차상한제 및 자전거 이용 활성화 등 5개 대표적 교통수요관리 방안을 전술대안으로 선정한 “저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리 방안 전략”을 시행할 경우

- 최대 감축목표를 지향하는 시나리오 3의 경우에 개별 교통수요관리 방안 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 낮은 저강도 전략 시행 시
 - 전체 수송부문 감축목표의 5.44%인 2.23백만 톤CO₂가 감축되어 가장 낮은 효과를 보이며,
- 최소 감축목표를 지향하는 시나리오 1의 경우에 개별 교통수요관리 방안 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 높은 고강도 전략 시행 시
 - 전체 수송부문 감축목표의 26.14%인 7.58백만 톤CO₂가 감축되어 가장 높은 효과를 보이는 것으로 분석된다.

이와 같은 분석 결과는 개별 교통수요관리 방안의 시행에 따른 온실가스 감축효과의 측정뿐만 아니라 이들 개별 교통수요관리 방안을 전술대안으로 설정한 유기적·통섭적 교통수요관리 방안 전략의 실행이 국가에서 수립한 온실가스 감축목표 대비 온실가스 감축효과의 달성도를 알려줄 수 있다.

따라서 정책적 필요 정도에 따라 교통수요관리 방안 전략을 수준별, 단계별로 구분 실행하여 저탄소 녹색성

장을 위한 소기의 온실가스 감축목표 달성에 기여할 수 있는 효과적 정책도구가 될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

1. 경기개발연구원(2007), “기후변화협약 이행을 위한 수도권 교통정책의 방향”.
2. 국토해양부(2007), “대도시권 광역교통시행계획수립 연구”.
3. 국토해양부(2009), “지속가능 교통물류발전법”.
4. 녹색성장위원회(2009), “국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표 설정 추진계획”.
5. 황기연·김익기·엄진기(1999), “교통수요관리 방안의 단기적 효과 분석모형의 구축”, 대한교통학회지, 제17권 제1호, 대한교통학회, pp.173~185.
6. 서울시정개발연구원(2005), “혼잡통행료 징수에 관한 학술연구”.
7. 서울시정개발연구원(2007), “승용차 이용 감축을 위한 서울시 교통수요관리 추진방안”.
8. 서울시정개발연구원(2007), “중앙버스전용차로 운영평가를 위한 지표 개발”.
9. 서울특별시(2008), “교통수요특별관리 타당성 분석 및 운송비 변화 추정”.
10. 수도권교통본부(2006), “수도권 가구통행실태조사”.
11. 인천발전연구원(2002), “인천광역시 교통혼잡완화를 위한 교통수요관리 방안 연구”.
12. 한국지방행정연구원(1997), “혼잡통행료의 징수에 대한 검토”.
13. 서울도시연구(2002), “수도권 도시철도 급행열차 운영 효과 분석”, 제3권 제1호 pp.69~80.
14. Victoria Transport Policy Institute(2007).
15. Martin J. H Mogridge(1983), *Travel in Towns*.

✉ 주 작성자 : 정도영

✉ 교신저자 : 정도영

✉ 논문투고일 : 2010. 5. 4

✉ 논문심사일 : 2010. 7. 23 (1차)
2011. 2. 15 (2차)

✉ 심사판정일 : 2011. 2. 15

✉ 반론접수기한 : 2011. 6. 30

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필