온실가스 배출 저감을 위한 교통수요관리 방안

윤 장 호 한국교통연구원 연구위원 (jyun@koti.re.kr)
정 도 영 한국교통연구원 연구원 (jdy@koti.re.kr)

1. 서론

과거 우리나라의 교통정책은 절대적으로 부족한 용량확충 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 전술적 측면에서 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 배출 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 교통혼잡관리 프로그램(CMP: Congestion Management Program)의 도입이 서울시를 대상으로 제안 · 시도되기도 하였다.

우리나라는 세계 제4위의 석유 수입국으로 매년 55조원 이상을 원유 수입에 사용하고 있고, 향후 그 규모가 점점 늘어날 전망인데도 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 전술(Tactics)로 활용하고, 이들 각개 전술이 성공하여 필요한 수준의 교통수요 및 CO_2 배출 감축 성과를 달성할 수 있는 전략(Strategy)의 수립 · 시행 및 모니터링 체계 구축이 절실히 요구된다고 할 수 있다.

본고는 "국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표 설정 추진계획"에 제시된 장래 온실가스 감축목표 및 감축정도에 따른 3개 시나리오별 온실가스 배출 감축목표치 달성을 지원할 수 있는 교통수요관리방안 제시를 목적으로 한다.

이를 위하여 기존 교통수요관리 방안의 시행사례 및 시행효과를 검토하고, 이 결과를 바탕으로 3개의 국가 온실가스 감축 시나리오별로 5개 대표적 교통수

요관리 방안을 시행강도, 즉 세율 · 요금 및 빈도 등을 달리하여 "저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리 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 방안의 시행에 따른 온실가스 감축효과의 측정뿐만 아니라 개별 교통수요관리 방안 전술을 대안으로 설정한 유기적 · 통섭적 교통수요관리 전략의 실행이 국가에서 수립한 온실가스 감축목표 대비 온실가스 감축효과의 달성도를 알려줄 수 있다.

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

2. 교통수요관리 방안의 개념 및 추진전략

가. 교통수요관리 방안의 개념

지속적으로 증가하는 교통수요에 대응하기 위해서 교통수요의 증가에 상응하는 도로, 철도 등 교통시설의 확충이 있어야 하나, 이는 방대한 규모의 교통투자 재원과 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 정책방향 전환으로 된다. 교통수요를 예상하여 공급을 맞출 수도 없을 뿐만 아니라, 수요가 변화하지 않는 것도 아니고 외부적으로 주어지는 것이 아니므로 수요를 예상하여 그에 맞는 충분한 교통시설을 공급(Predict-Provide)하고자 하는 정책방향은 바람직하지 않고, 그 대신 수요를 예상하여 수요조절을 통해 그 수준을 억제(Predict-Prevent)하는 것이 현실적이고 효과적인 대안이다.

교통관리(Transportation Management)는 교통체계의 효율성 제고를 목적으로 기존의 도로, 교통시스템 및 대중교통수단을 가장 생산적으로 이용할 수 있도록 하는 정책 혹은 전략을 총칭하는 것으로, 교통관리의 목적은 일반적으로 세 가지로 요약된다. 즉, 필요성이 높지 않은 통행의 억제, 교통체계의 질적 개선 및 안전성 제고, 교통관련 환경의 개선 등이다.

교통관리를 위한 구체방안은 교통시설의 공급관리 및 개선방안과 교통수요관리 방안의 두 범주로 구분된다. 다시 말하자면 교통시설의 공급관리 및 개선방안은 교통체계의 용량, 안전성, 질적 측면의 개선을 목적으로 한다. 또한 교통수요관리 방안은 사회전체적인 의미에서 가장 효율성이 높은 통행의 달성을 목적으로 한다.

교통수요관리(Transportation Demand Management: TDM)는 운전자의 통행행태 변화를 통하여 교통수요를 적절한 수준으로 조절하고자 하는 정책 혹은 전략을 총칭한다. 통행자의 행태변화를 유도하여 개인교통수단의 이용을 감소시키거나 출근패턴을 전환하여 대중교통 등 보다 효율적인 교통수단의 이용을 촉진하여 통행량을 감소시키고, 궁극적으로 통행속도의 증가, 통행비용의 감소, 대기오염 감소 등 사회적 총

비용을 감소시키고자 하는 정책방향을 가지고 있다.

교통수요관리를 통한 승용차 이용자의 통행행태 변화는 통행발생 자체의 감소, 다른 수단으로의 전환, 통행분포의 시간적 재분배, 통행노선의 전환을 통한 노선교통을 조정 등을 통하여 나타나며, 도로교통량, 주행속도와 교통비용의 변화를 가져온다. 이것은 단위시간당 처리교통량을 증가시켜 개인의 기회비용을 증진시키며, 결국에는 통행비용, 연료, 대기오염 등의 감소를 통해 사회적 비용의 감소를 가져오게 되는 것이다.

교통수요관리는 제한된 교통시설을 효과적으로 활용하기 위해서는 교통수요를 적정한 수준에서 유지시키는 것이 필요하다. 이를 위해서는 통행자 개인이 통행과정에서 발생시키는 교통혼잡비용, 교통사고비용 등과 같은 경제외적 비용을 발생자 개인에게 비용을 부담시킬 필요가 있다는 교통경제학적 이론에 근간을 두고 있다.

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.

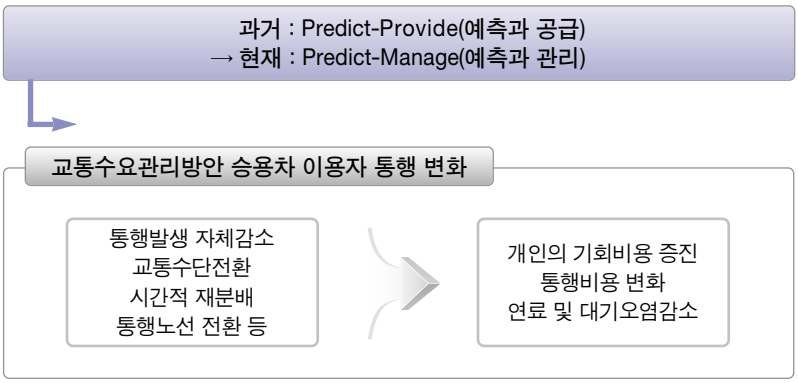
나. 교통수요관리 방안의 목표 및 전략

1) 교통수요관리 방안 목표

교통수요관리 방안은 교통용량 공급이 제한된 상황하에서 개별통행행태의 변화를 통해 사회 전체적인 소통의 효율성의 극대화를 목표로 하는 교통관리기법이다. 이를 위해 개인 승용차 통행을 억제하도록 유도하고 반면 통행 효율성이 상대적으로 높은 대중교통 또는 친환경적인 교통수단의 이용을 장려하여 통행의 효율성을 제고하는 데 그 최우선 목적이 있다.

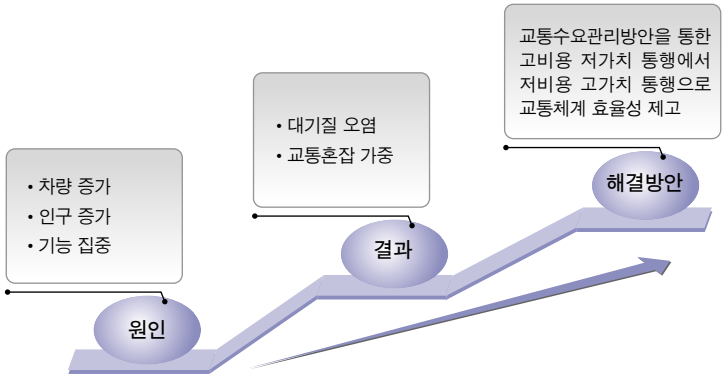
이에 대한 기대효과로 총체적 교통체계의 효율성(Overall System Efficiency)제고를 통한 교통혼잡과 대기오염 등 도시환경에 미치는 악영향을 감소시킬 수 있다.

[그림 1] 교통수요관리 방안 승용차 이용자 통행 변화



자료: 정도영 외(2011)

[그림 2] 교통수요관리 방안의 목표



자료: 정도영 외(2011)

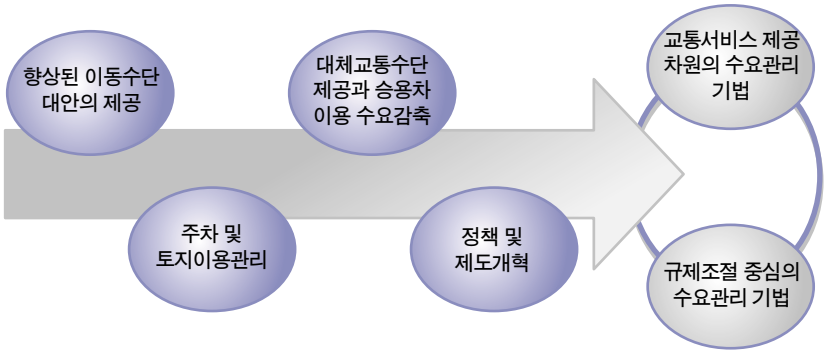
2) 교통수요관리 방안의 전략

교통수요관리를 통하여 승용차 이용자의 통행패턴 변화 및 통행발생 자체 감소, 다른 수단으로 전환, 통행분포의 시간적 재분배, 통행노선의 전환을 통한 도로교통량, 주행속도 및 교통비용의 변화를 가져올 수 있다. 또한 제한적인 교통시설을 효과적으로 활용하기 위해서는 교통수요를 적정한 수준으로 유지시킬 수 있는 교통수요관리 방안이 필요하다.

교통수요관리 전략을 크게 다음 4가지로 구분할 수 있으며, 즉 ① 다양한 교통수단 확보, ② 승용차 이용 억제 및 교통수단 전환 장려, ③ 주차 및 토지이용관리, ④ 정책 및 제도개혁 등이다.

이를 다시 교통서비스 제공차원의 교통수요관리기법과 규제조절중심의 교통수요관리기법으로 분류할 수 있다.

[그림 3] 교통수요관리 전략



자료: 정도영 외(2011)

3) 교통수요관리 전략의 분류

앞에서 제시한 다양한 교통수요관리 전략은 교통서비스 공급차원의 교통수요관리기법과 규제조절 중심의 교통수요관리기법으로 분류할 수 있다.

3. 국내 · 외 시행사례

가. 교통서비스 공급차원의 교통수요관리

교통서비스 공급차원의 교통수요관리 정책 시행사

〈표 1〉 교통수요관리기법

구 분	교통수요관리 방안	
교통서비스공급차원의 교통수요관리	승용차 이용 억제 및 교통수단 전환 장려	다양한 교통수단 확보근무시차제 (향상된 이동수단 대안의 제공)
	근무시차제 간선급행버스체계(BRT) 차량공유서비스 대중교통 장려 광역철도 카풀 셔틀서비스	택시 서비스 개선 대중교통 중심 개발 교통정온화 뉴 어바니즘 환승주차장 자전거 장려 교통방송 및 정보 활성화
규제조절중심의 교통수요관리	정책 및 제도개혁	주차 및 토지이용관리
	주차요금징수 혼잡통행료 운행비례 보험제 유류세 인상 교통유발 부담금 다인승 차량 우선차로제 자동차 통행 제한	차 없는 거리 조성 주차관리 강화 보행자 거리 개선 기업체 교통수요관리 방안 차량 사용제한 도로시설관리 프로그램

자료: 정도영 외(2011) 참조 재구성

〈표 2〉 교통서비스 공급차원의 교통수요관리 정책 시행사례 종합

구 분		시행효과		비고
국내	간선급행버스	현재 시행 중인 상급 BRT가 없으므로 시행효과 없음		
	버스전용차로	운행속도(km/h)	31.7% 증가	서울정책포커스/ 서울시 대중교통체계 개편의 성과와 향후 과제 (2006)
		배차간격 분포	27.5% 감소	

〈표 계속〉

구 분		시행효과		비고
국내	버스전용차로	승객 수	26.8% 증가	
		통행이용절감편익	약 2,251억 원 절감	
	시내버스 노선개편	버스운행속도(km/h)	11% 증가	서울정책포커스/ 서울시 대중교통체계 개편의 성과와 향후 과제 (2006)
		노선당 연계역수 (접근성)	6.6% 증가	
	대중교통 환승시설	버스업체 측면	- 정차공간 확보 - 버스의 이미지와 정시성 확보	-
		택시 측면	- 주행시간 절약 - 승객 증가로 인한 수입증대	
		이용자 측면	- 휴식공간 확보 - 상업시설 집중으로 구매행위 편리 - 환승의 편리성 · 안전성 · 쾌적성 확보	
	BIS/ BMS	배차간격 분산	10% 감소	대구-경산축 광역 BIS 구축사업 효과평가 (2008)
		속도 편차	17% 감소	
		대기시간	19% 감소	
		승객 수	18% 증가	
		민원건수	17% 감소	
	업무 택시제	- 159만 건, 289억 원의 새로운 택시 수요를 창출 - 시와 자치구에서 업무용차량 94대를 감축하는 효과		서울시 도시교통본부 (http://transport.seoul.go.kr/)
	자전거활성화	- 통행시간 및 통행비용 감소 - 교통시설 투자비용 절감 - 시설투자에 있어 승용차에 비해 약 5배 이상의 편익 발생		한밭대산업대학원/자전거 통행 활성화에 관한 연구: 대전시를 중심으로 (2007)
	보행우선구역	- 바람직한 보행환경을 조성 - 보행자가 안전하고 쾌적하게 도로 이용 가능 - 도로상에서 '차보다 사람이 우선' 이라는 교통문화를 확산		국토해양부
국외	다인승 우선차로제	이용자 측면	- 통행시간의 신뢰성 확보, 통행시간 단축 - 도시 전체의 교통흐름 및 속도 향상 - 교통축(Corridor)의 이동성 향상 - 1인 탑승승용차 이용자가 본인의 의지에 의해 선택 가능한 추가적인 통행수단 제공	대한토목학회논문집/ HOT차로 운영에 대한 효과분석 및 국내활용방안 (2009)
		운영자 측면	- 도로의 효율성 증진 - 부수적인 수익원 창출	

〈표 계속〉

구 분		시행효과		비고
국외		사회적 측면	- 대기오염 감소 - 대중교통, 카풀차량 이용객 수 증가	
	버스우선 신호제	버스통행시간, 버스지체, 버스정지수 감소효과		용인발전연구센터/ 용인시 버스전용차로제 운영 타당성 연구, (2006)
	간선버스 체계	통행속도	- 미국 108% 증가 - 대만 버스속도 47.4% 증가 - 일본 버스속도 53.8% 증가	한국도로교통협회/ 국내외 BRT 동향 및 도입 방안 (2004)
		탑승객	- 미국 27~100% 증가 - 일본 26.9% 증가	
		사고건수	대만 41.8% 감소	
		정시성	일본 편차 69% 감소	
	광역철도	- 기존지하철과의 연계성 높아짐 - 파리 외곽과 시내 간 통행자 70% 전철 이용으로 교통개선효과		수도권광역급행철도 GTX 해외사례 -프랑스RER

자료: 정도영 외(2011) 참조 재구성

례를 종합하여 보면 시행에 따른 통행량 전환 효과는 크지만 반면 상대적으로 공급위주 정책시행에 따른 교통시설 투자비용이 큰 것으로 나타났다.

나. 규제조절 중심의 교통수요관리

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.

다. 교통수요관리 특성비교

국내 · 외 교통수요관리 방안 시행사례를 종합해 본 결과 교통서비스 공급차원의 교통수요관리 정책 시행사례를 보면 통행량 전환 효과도 크고 교통시설 투자비용 또한 큰 것으로 나타났다. 반면 규제조절 중심의 교통수요관리 정책 시행사례를 보면 통행량 전환 효과도 적고 교통시설 투자비용 역시 적어 시행은 용이한 것으로 나타났으나, 시행 시 지역주민들의 반감이 큰 것으로 나타났다.

본고에서는 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 실시하였다.

〈표 3〉 규제조절 중심의 교통수요관리 정책 시행사례 종합

구 분		시행효과		비고
국내	혼잡통행료	통행량	- 남산1 · 3호터널: 도심 진입 교통량 감축 : 서울시 자동차등록대수의 증가율 33.5% 대비통행량 2.4%증가 - 우회도로: 시행 후 5년부터 계속적인 감소추세	서울시정개발연구원/ 승용차 이용 감축을 위한 서울시 교통수요관리 추진 방안(2007).
		통행속도	- 남산1 · 3호터널: 136.2% 증가 - 우회도로: 46.1% 증가	
	거주자우선 주차제	- 주차장 이용률 제고 - 이면도로상 거주자와 비거주자 간 주차 분쟁 예방 - 주거환경 개선		
	승용차요일제	통행량	- 전체통행량 1.27% 감소 - 승용차통행량 3.66% 감소	서울시정개발연구원/ 승용차 이용 감축을 위한 서울시 교통수요관리 추진 방안(2007).
		통행속도	1.02% 증가	
		운행거리	3.18% 감소	
	주차상한제	주차장 회전율	시설용도별 평균 23.8% 증가	서울시정개발연구원/ 승용차 이용 감축을 위한 서울시 교통수요관리 추진 방안(2007).
		교통량	1일 약 88,788대 감소	
		주차시설	최소 7,360면 축소	
	기업체교통 수요관리	기업체 교통수요관리 참여시설 유발량 중 감축비율 - 서울시조례 의거 5.2% - 연구보고서 의거 4.3%		서울시정개발연구원/ 승용차 이용 감축을 위한 서울시 교통수요관리 추진 방안(2007).
국외	자동차 소유제한	- 싱가포르의 연간 차량증가율 3% 유지		에너지관리공단/ 싱가포르교통정책: '좁은 땅 넓게 쓰는' 정부시책 (1994).
	혼잡통행료	자동차교통	- 유입교통량 통행속도 20% 증가 - 런던 외부에서 내부로의 통근시간 13% 감소	국토연구원/ 런던 혼잡통행료의 교훈 (2003).
		버스 서비스	- 버스정체 : 내부지역 50%, 유입부와 내부순환도로 45% 감소 - 첨두시 유입승객 수 14% 증가 - 승객평균대기시간 5~6분으로 단축	
		징수상황	- 지역유입교통량 20% 감소	
	자동차통행 제한구역	- 상업시설 매상증가 - 버스서비스 향상 및 보행자, 대중교통이용 증가 - 이미지, 경관 향상 - 오염감소		부산발전연구원/ 부산시 대중교통 전용지구 시행방안 연구(2007).

〈표 계속〉

구 분		시행효과		비고
국외	주차요금 정책	일인승용차비율	- Warner Center LA 44% 감소 - Ottawa Canada 7% 감소	경기개발연구원/ 경기도 교통수요 관리 방안 연구(2004).
		차량당 승객 수	- Warner Center LA 44% 증가 - Ottawa Canada 22% 증가	

자료: 정도영 외(2011) 참조 재구성

〈표 4〉 교통수요관리 정책 시행방안별 특성비교

구 분	교통서비스 공급차원의 교통수요관리 정책	규제조절 중심의 교통수요관리 정책
시행효과	높음	낮음
시설투자비	높음	낮음

자료: 정도영 외(2011)

4. 수송부문 국가 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) 감축목표 설정 추진계획에서는 우리나라는 국제적 온실가스 배출전망추이, 추가 감축여력(감축잠재량) 분석 결과와 국제사회 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 △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 단기적으로는 비용이 발생하나, 투자 후에 장기간에 걸친 에너지절감 이익이 발생하는 감축수단
- 제3차 국가에너지기본계획(2008.8)에서 확정된 신재생에너지 및 원전 확대정책을 반영하고, 스마트그리드 보급정책을 일부 반영

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

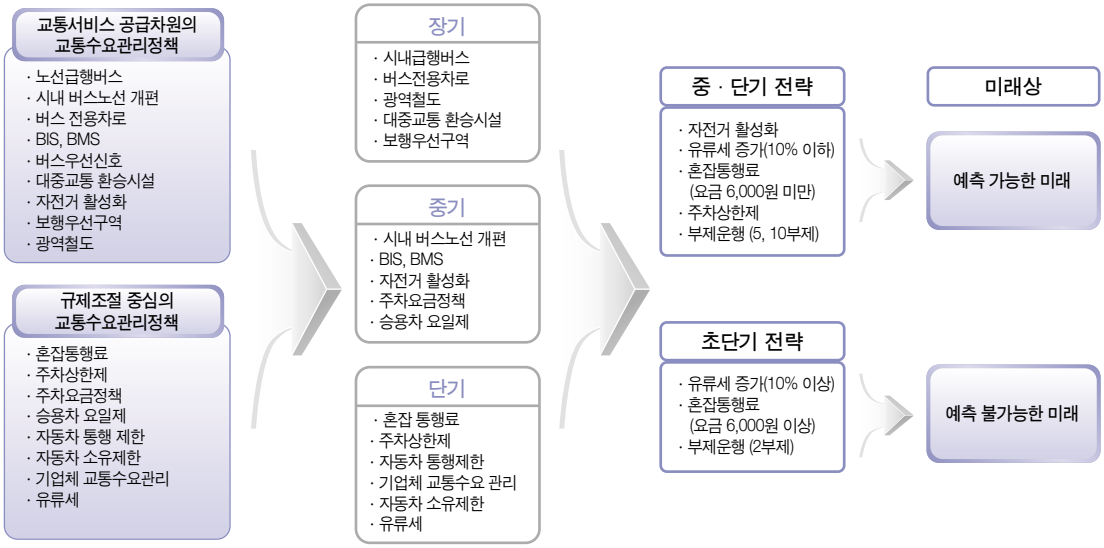
- 시나리오 1 정책과 함께, 국제수준의 감축비용인 5만원/CO_2톤 이하 감축수단 추가적용
  - 지구 온난화지수가 높은 불소계가스 제거(변압

〈표 5〉 교통수요관리전술(안)

전술대안	내 용
유류세 인상	승용차에 이용되는 휘발유 및 경유에 대한 세금 인상을 통해 승용차 이용에 따른 경제적 부담을 증가시켜 승용차 이용을 억제
부제 운행	승용차 요일제, 승용차 부제 운행 등과 같이 특정한 날에 차량 운행을 제한하여 승용차 이용을 억제하는 방안
혼잡통행료 징수	교통혼잡이 심한 도로 구간이나 지역을 대상으로 진입하는 차량에 대해 통행료를 징수하는 방안, 대중교통이나 다인승 차량의 경우는 통행 요금을 면제하거나 할인해 줄 수 있으며 근래에는 환경적인 영향을 고려한 Eco-Pass라는 형식으로도 운영되어 오염물질 배출량이 기준치를 넘어서는 차량에 대해 추가적인 통행료를 부과하는 형태로 운영
자전거 활성화	화석연료를 소모하지 않고 소요되는 도로 면적인 작은 자전거를 활성화하여 승용차 이용에 따른 교통혼잡과 대기오염을 감소할 수 있는 방안, 주요 정책으로 자전거 교육, 안전교육 및 안전운행 자격시험, 자전거이용 안내지도 제작 배포, 자전거타기 캠페인 등의 홍보, 자전거 보관소, 자전거 공원, 자전거 휴게소 등의 시설 설치, 자전거 대여소 설치, 자전거 이용시설 관리방안 수립(안전시설 표시 등에 대한 내용), 시민단체 육성 지원 등이 있음
주차상한제	주차장의 공급 및 사용 제한 등을 통해 승용차 이용을 억제할 수 있는 방안, 목적지의 승용차 통행을 관리함으로써 교통수요관리 방안 중 가장 효율적인 방안 중 하나로 시행

자료: 정도영 외(2011) 참조 재구성

[그림 4] 교통수요관리 전략 및 전술 조합의 설정



자료: 정도영 외(2011)

기 · 냉매 등
- 하이브리드카 보급, CCS[1] 일부 반영 등

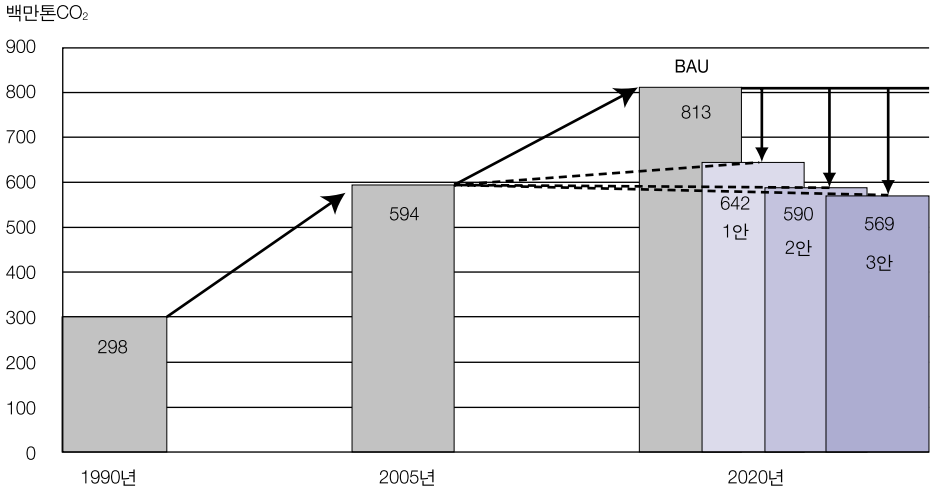
〈시나리오 3〉 BAU 대비 △30%(2005년 대비 △4%) : 2012년경 정점
- EU에서 요구하는 개도국 최대 감축수준(BAU 대비 30% 감축)
- 시나리오 2 정책과 함께, 전기차·연료전지차 등 차세대 그린카 보급, 고효율제품을 강제적으로 보급하는 등 감축비용이 높은 수단도 적극적으로 도입

국가가 설정한 온실가스 감축 목표치는 [그림 5]와 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 다음 [그림 6]과 같으며, 2020년 시나리오 1의 경우 29백만tCO2eq, 시나리오 2의 경우는 37백만tCO2eq 그리고 시나리오 3의 경우는 41백만tCO2eq의 수송부문 온실가스 배출량을 줄여야 할 것으로 분석되었다.

[그림 5] 국가 온실가스 배출 감축목표 시나리오



자료: 녹색성장위원회(2009)

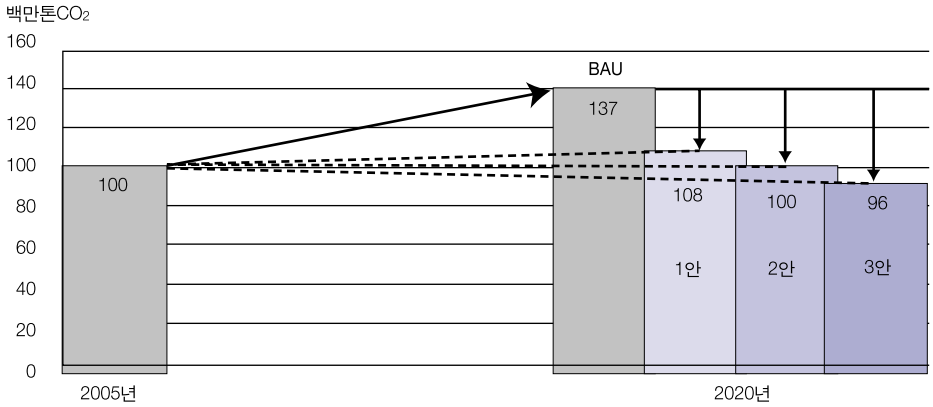
1) 이산화탄소 포집 및 저장기술(Carbon Capture and Storage)

〈표 6〉 수송부문 온실가스 배출전망

구 분	2005	2020	2030	연평균증가율	
				2005 ~ 2020	2020 ~ 2030
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
자료: 녹색성장위원회(2009) 참조 재구성

[그림 6] 수송부문 온실가스 배출 감축목표 시나리오



자료: 녹색성장위원회(2009) 참조 재구성

5. 교통수요관리 전략 시행에 따른 온실가스 감축효과 분석

본고에서는 교통수요관리전략을 통하여 저탄소녹색성장의 실현을 위한 국가온실가스 감축목표달성에 기여하기 위해 현재까지 선진 외국 및 우리나라에서 부분적으로 시행되었거나 시행중에 있는 교통수요관리기법 위주로 교통수요관리전술대안을 설정하였다.

이들 교통수요관리전략의 하부 전술대안은 승용차 부제 운행, 유류세 조절, 주차상한제, 혼잡통행료 부과 및 자전거 활성화 정책등 5개 규제 및 조절 중심의 교통수요관리기법으로 구성된다. 특히 이들 5개 규제 및 조절 중심의 교통수요관리 기법은 지속성, 사회적 · 정치적 수용가능성 및 행정관리 · 집행의 용이성 등 실현 가능성이 높을 뿐 아니라 과거시행 사례를 통한 시행효과척도의 구득이 가능하여 정량적 분석이 용이한 장점이 있다.

온실가스 감축목표 달성을 위한 교통수요관리 전략은 이들 5개 교통수요관리 방안, 즉 교통수요관리 전술들의 조합으로 구성되며, 이때 유류세, 혼잡통행료,

부제운행 등 3개 교통수요관리 전술의 상대적으로 낮추거나 높여 분석을 하고자 한다.

동시에 이들 3개 강도의 교통수요관리 전술 대안 및 주차상한제, 자전거 활성화 등 중단기 교통수요관리 전술을 대상으로 한다. 시행에 따른 효과가 국가 온실가스 감축목표로부터 도출된 수송부문 온실가스 감축목표에 얼마나 기여하는지도 분석하여 제시하고자 한다.

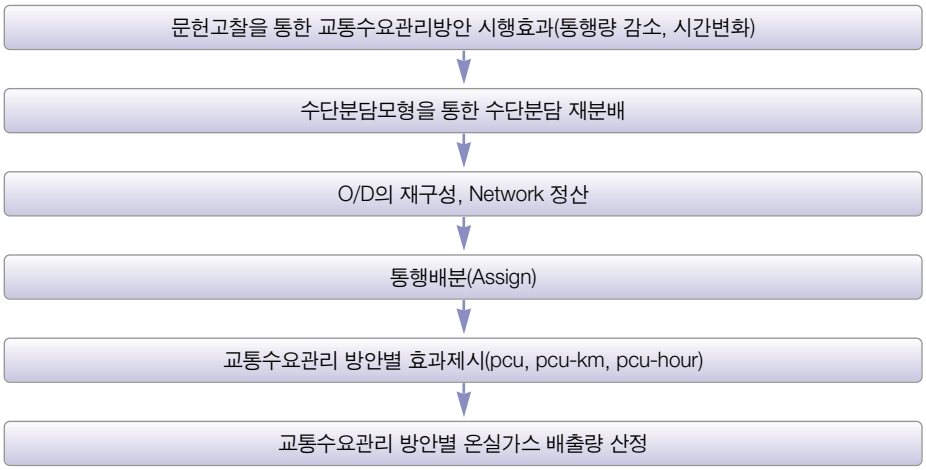
가. 효과분석 범위 및 방법

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

3항에서 선정된 5개의 교통수요관리 방안을 분석대상으로 선정하여 분석방법을 정립하였다. 분석대상 중 유류세, 부제운행, 혼잡통행료 등 3개 교통수요관리 방안은 세율, 요금 및 빈도를 3단계로 구분하여 세율, 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 이루어질 수 있도록 하였다.

[그림 7] 분석 수행절차



자료: 한국교통연구원(2010)

나. 분석방법론

선정된 교통수요관리 방안에 대하여 시행에 따른 수단분담구조를 재산정하기 위하여 2009년 교통수요관리 방안별 선호도 설문조사 자료를 활용하였다[2)]

- 조사개요
  - 일시 : 2009년 6월 12일~17일
  - 대상 : 수도권(서울, 인천, 경기) 출퇴근 통행자
  - 방법 : 1:1 면접설문조사
  - 표본수 : 905부

모형구축시 통행자 개개인의 통행 행태 특성을 파악하여 수단분담율을 예측하는 개별 행태모형 중 로짓모형을 적용하였다. 모형구축결과 모형 추정 결과 통행시간과 통행비용 모두 부호는 (-)으로 나타남으로서 통행시간과 통행비용의 증가가 각 대안의 효용을 감소시키는 것으로 나타났다. 그리고 t-통계치를 살펴보면 모든 변수의 t 값이 2의 값보다 커서 매우 높은 통계적 유의성을 보이고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 모형의 전반적인 수단선택행태의 설명력을 판단하기 위해 $\rho 2$ 값을 사용할 수 있다. 모형 전체의 적합도(goodness of fit)는 $\rho 2$ 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

〈표 7〉 수단분담모형 추정 결과

구 분	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	

자료: 정도영 외(2011)

2) 한국교통연구원(2010)

정책변수로 적극 활용해야 하다.

특히 승용차 수단 자체의 통행시간조절보다는 대체 교통수단인 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, 수요변화)를 변수로 수단분담률을 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(CO_2) 배출량 감축분으로 나누어 계측하였다.

이와 같은 방법 및 절차에 의해 계측된 교통수요관리 방안별 CO_2 감축 정도는 개별 방안에 대한 CO_2 감축 효과는 물론 방안별 상대적 효과 분석을 수행하였다.

다. 교통수요관리 방안 시행효과 분석

시나리오별 국가 온실가스 감축목표에 대응하기 위한 5개 자전거 활성화, 주차상한제, 유류세, 부제운행, 혼잡통행료를 교통수요관리 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.

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

저강도로 시행했을 경우 CO_2 감축 효과는 낮으나 공공적 저항이 약하여 평소에도 시행이 가능한 방안들을 조합하여 그룹화 하였고, 이에 반해 고강도는 사회적 반대로 인하여 평상시 시행은 어려우나 CO_2 절감효과가 매우 높은 교통수요관리 방안으로 조합하여 유류가의 급등 등 불확실한 경제적 위기 체제하에서 초단기적, 한시적 대응이 가능토록 가정하였다.

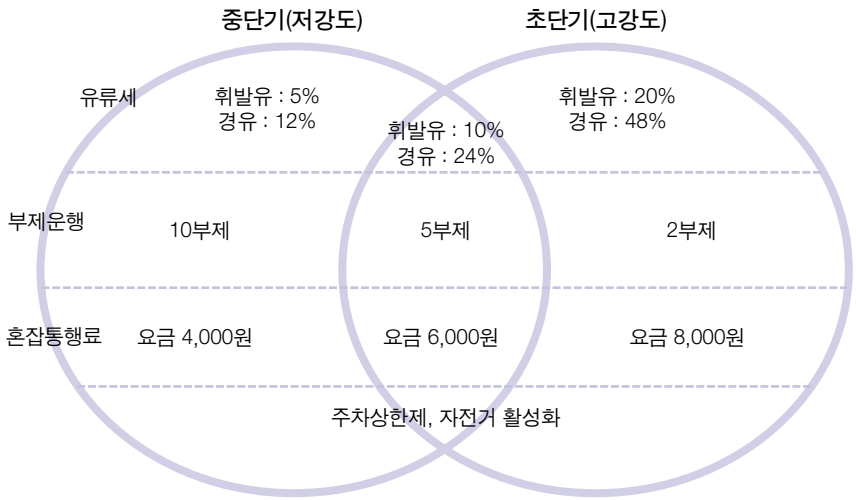
국가 CO_2 감축목표 시나리오에 따른 교통수요관리 방안 전술별 강도설정은 〈표 8〉, [그림 8]과 같다.

〈표 8〉 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		

자료: 한국교통연구원(2010)

[그림 8] 교통수요관리 방안 전술별 강도



자료: 한국교통연구원(2010)

교통수요관리 전술 시행으로 온실가스 감축효과는 연간 0.32~4.34백만tCO_2eq의 시행효과가 있는 것으로 분석되었다.

온실가스 감축효과가 가장 큰 교통수요관리 전술로는 유류세(휘발유: 20%, 경유: 48%) 및 2부제가 가장 큰 것으로 나타났으며, 이를 톤당CO_2 배출권거래제 가격으로 환산하면 연간 각각 393억 원, 1,011억 원의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

온실가스 감축효과가 가장 낮은 교통수요관리 전술로는 혼잡통행료(요금 4,000원)가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이를 톤당CO_2 배출권거래제 가격으로 환산하면 연간 75억 원의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

교통수요관리 전술별 온실가스 감축효과 분석결과는 다음 〈표 9〉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 즉, 최대 감축목표를 지향하는 적극적 감축 시나리오인 시나리오 3의 경우 개별 교통수요관리 방안 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 낮은 저강도 전략 시행 시 국가온실가스 감축목표의 0.91%인 2.23백만tCO_2eq가 감축되어 가장 낮은 효과를 보이며, 이는 전체 수송부문 온실가스 감축목표의 5.44%인 2.23백만tCO2eq에 해당된다.

최소 감축목표를 지향하는 시나리오 1의 경우에 개별 교통수요관리 방안 전술의 율, 요금 및 빈도가 상대적으로 높은 고강도 전략 시행 시 국가온실가스 감

〈표 9〉 교통수요관리 전술별 온실가스 감축효과 분석결과

교통수요관리 방안		pcu·km /일	일일 CO_2감축량 (CO_2/일)	연간 CO_2감축량 (백만tCO_2eq/년)	연간환산금액[1] (억원)	CO_2 감축의 상대적 효과[2]
유류세	휘발유 5%, 경유 12%	5,503,901	1,169,084	0.43	99.5	1.34
	휘발유 10%, 경유 24%	10,896,123	2,314,445	0.84	197.0	2.63
	휘발유 20%, 경유 48%	21,786,991	4,627,775	1.69	393.9	5.28
부제운행	10부제	5,559,534	1,180,901	0.43	100.5	1.34
	5부제	11,060,151	2,349,287	0.86	200.0	2.69
	2부제	55,915,670	11,877,048	4.34	1,011.0	13.56
혼잡통행료	4,000원	4,146,382	880,733	0.32	75.0	1.00
	6,000원	5,499,337	1,168,114	0.43	99.4	1.34
	8,000원	6,547,176	1,390,686	0.51	118.4	1.59
기본안	자전거 활성화	6,955,176	1,477,349	0.54	125.8	1.69
	주차상한제	6,627,589	1,407,766	0.51	119.8	1.59

주: 1) 1톤당 배출권거래가격을 13.1유로, 23,321원을 적용(www.pointcarbon.com, 2009년 7월 평균 거래가격 및 환율을 적용)
2) CO_2 감축 정도가 제일 낮은 혼잡통행료 4,000원 부과를 기준으로 한 상대적 효과
자료: 한국교통연구원(2010)

축목표의 4.44%인 7.58백만tCO_2eq가 감축되어 가장 낮은 효과를 보이며, 전체 수송부문 온실가스 감축목표의 26.14%인 7.58백만tCO_2eq에 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.

6. 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

〈표 10〉 강도별 교통수요관리 방안 시행 시 온실가스 감축량 분석

구 분		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%

자료: 한국교통연구원(2010)

자동차 이용억제와 같은 규제정책 등이 있다. 특히 규제 및 조절 중심의 교통수요관리 방안의 도입 및 시행은 적은 도입비용으로 상대적으로 높은 효과를 낼 수 있다는 점에서 많은 관심을 받아오고 있다.

그러나 이와 같은 교통수요관리기법에 관한 연구의 대부분이 추상적 또는 정성적 기대효과를 제시하는데 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 본고는 "국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표 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 △21%(2005년 대비 +8%) : 2020년경 정점

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

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

동시에 본고에서는 2005년도 국가전체 온실가스 배

출량 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 41백만tCO₂eq의 배출량을 줄여야 하는 것으로 분석되었다.

따라서 이러한 수송부문의 온실가스 배출 감축목표 달성을 위하여 교통수요관리 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 기존 교통수요관리 방안의 시행사례 및 시행효과를 검토하고, 시행 용이성, 효과성, 적용 가능성 등을 감안하여 유류세, 혼잡세, 부제, 주차상한제 및 자전거 이용 활성화 등 5개 대표적 교통수요관리 방안을 전술대안으로 선정하였다.

각각의 교통수요관리 방안별 효과척도를 산정한 후, 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 CO_2 감축 효과는 낮으나 공공적 저항이 약하여 평소에도 시행이 가능한 방안들을 조합하여 그룹화하였고, 이에 반해 고강도는 사회적 반대로 인하여 평상시 시행은 어려우나 CO_2 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 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, 부제, 주차상한제 및 자전거 이용 활성화 등 5개 대표적 교통수요관리 방안을 전술대안으로 선정한 "저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리 전략"을 시행할 경우 최대 감축목표를 지향하는 시나리오 3의 경우에 개별 교통수요관리 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 낮은 저강도 전략 시행 시 전체 수송부문 감축목표의 5.44%인 2.23백만톤CO_2가 감축되어 가장 낮은 효과를 보이며, 최소 감축목표를 지향하는 시나리오 1의 경우에 개별 교통수요관리 전술의 세율, 요금 및 빈도가 상대적으로 높은 고강도 전략 시행 시 전체 수송부문 감축목표의 26.14%인 7.58백만톤CO_2가 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 전략의 실행이 국가에서 수립한 온실가스 감축목표 대비 온실가스 감축효과의 달성도를 알려줄 수 있다.

따라서 정책적 필요 정도에 따라 교통수요관리 전략을 수준별, 단계별로 구분 실행하여 저탄소 녹색성장을 위한 소기의 온실가스 감축목표 달성에 기여할 수 있는 효과적 정책도구가 될 수 있으리라 기대된다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

국토연구원, 「런던 혼잡통행료의 교훈」, 2003

경기개발연구원, 「경기도 교통수요관리 방안 연구」, 2004

경기개발연구원, 「기후변화협약 이행을 위한 수도권 교통정책의 방향」, 2007

국토해양부, 「지속가능 교통물류발전법(안)」, 2008

녹색성장위원회, 「국가 온실가스 중기(2020년) 감축 목표 설정 추진계획」, 2009

대한교통학회, 「혼잡통행료의 정치적 수용성 개선 방안」, 2006

대한교통학회, 「교통부문 온실가스 배출저감을 위한 교통수요관리방안 전략 연구」, 2011

대한토목학회논문집, 「HOT차로 운영에 대한 효과분석 및 국내활용방안」, 2009

부산발전연구원, 「부산시 교통수요관리 정책의 평가 및 효율적 추진방안」, 2004

부산발전연구원, 「부산시 대중교통 전용지구 시행방안 연구」, 2007

서울시정개발연구원, 「서울시 대기환경 개선을 고려한 환경친화적 교통체계의 정립과 적용연구」, 2003

서울정책포커스, 「서울시 대중교통체계 개편의 성과와 향후 과제」, 2006

서울시정개발연구원, 「서울시 교통관리 전략연구」, 2007

서울시정개발연구원, 「서울시 대기환경개선을 위한 그린물류 도입방안」, 2007

서울시정개발연구원, 「승용차 이용 감축을 위한 서울시 교통수요관리 추진방안」, 2007

서울특별시, 「수도권 대기환경개선 기본계획 추진을 위한 시행 계획」, 2006

서울특별시, 「서울시 승용차요일제 시행 효과분석 및 발전방안 연구」, 2007

에너지관리공단, 「싱가포르교통정책: '좁은 땅 넓게 쓰는' 정부시책」, 1994

인천발전연구원, 「인천광역시 교통혼잡완화를 위한 교통수요관리 방안 연구」, 2002

용인발전연구센터, 「용인시 버스전용차로제 운영 타당성 연구」, 2006

정도영 외(2011), "교통부문 온실가스 배출저감을 위한 교통수요관리방안 전략 연구," 「대한교통학회지」, 제29권 제1호

지식경제부, 「2005년도 에너지총조사 보고서」, 2005

한국교통연구원, 「혼잡통행료제도 확대시행의 효과분석」, 2004

한국도로교통협회, 「국내외 BRT 동향 및 도입방안」, 2004

한국교통연구원, 「기후변화협약 대비 교통부문 온실가스 저감정책의 효과 분석: 1단계」, 2005

한밭대 산업대학원, 「자전거 통행 활성화에 관한 연구: 대전시를 중심으로」, 2007

한국교통연구원, 「간선급행버스체계(BRT) 운영체제의 기초연구」, 2007

한국교통연구원, 「저탄소 녹색성장을 위한 교통수요관리전략연구」, 2010

〈외국 문헌〉

Victoria Transport Policy Institute, 2007

Martin J. H Mogridge, Travel in Towns, 1983