

여객부문 도로-철도 Modal shift에 따른 CO2 발생량 예측 연구

Prediction about Potential Reduction of CO2 through Modal Shift of Car Travelers to Train

김초영†
Cho-young Kim

이철규*
Cheul-kyu Lee

김용기**
Yong-ki Kim

피라다 푸티차이위본***
Phirada Pruitichaiwiboon

ABSTRACT

2020 Korea GHG reduction goal is decreasing 4% compared with that of 2005. Effective counterplan of GHG rededction goal needs to set for industrial allocation and various reduction GHG technologies and policies for transportation have been developed. Modal shifr is one of these main policy and it focused on shifting as much freight as economically meaningful under current market conditions. It improves energy efficiency, consequently reduces GHG effect.

This study is proposed as a preliminary studay of analyzing Modal shift effect. modal shift of car travelers to train is concerned in Seoul-Busan section, This study is based on a scenario which can maximize passenger occupancy rate to get the GHG reduction effect and the effect of modal shift of car to train is identified. According to this result, we can get GHG reduction effect through dealing with maximizing passenger occupancy rate on train. Therefore, in order to enhance this modal shift effect, train using rate need to increased and also improvement of policies and cost system are need to be considered to promote increasing use of train.

1. 연구배경 및 목적

우리나라는 2020년 국가 온실가스 감축목표를 2005년 배출량 대비 4%로 발표하였다. 국가 감축목표 달성을 위해 산업분야별로 감축할당목표를 계획하고 있으며, 교통부문에서도 이를 위한 다양한 기술개발 및 정책마련이 진행되고 있다. 특히 교통부문에서는 에너지 효율이 개선된 운송수단이나 대중교통의 이용을 촉진시키는 정책 등이 필요한 실정이다. 제안된 정책들 중에서 전환교통(Modal Shift)은 에너지 비효율적 운송수단을 현 시장 상황에서 에너지 경제적으로 가장 효과적인 운송방법으로 전환함으로써 에너지 효율을 향상시키고 온실가스를 감축시키는 효과를 얻을 수 있는 정책이며 국내외 문헌을 통해 발표되고있다.

본 연구는 국내의 도로에서 철도로의 전환교통(Modal shift)효과 분석을 위한 사전연구로서, 서울-부산 구간을 대상으로 여객부문의 도로와 철도(KTX) 이용현황을 분석하여 현재 이용효율을 파악하였고 이 연구결과로써는 현재 철도의 이용효율을 최대화 시킬 수 있는 시나리오를 기반으로 전환교통효과를 통한 CO₂감축효과를 확인하고자 하였다.

† 책임저자 : 비희원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실, 연구원
E-mail : chykim0809@krrri.re.kr
TEL : (031)460-5854 FAX : (031)460-5279
* 정희원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실, 선임연구원
** 정희원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실, 책임연구원
*** 비희원, 한국철도기술연구원, 철도환경연구실, 연구원

2. 국내의 연구동향

2.1 전환교통(Modal shift)의 필요성

우리나라는 2020년 국가 온실가스 감축목표를 2005년 배출량 대비 4%로 발표하였고 이를 위해 온실가스 감축기술과 관리방안 등 효율적인 개선방법을 모색하고 있다. 우리나라는 도로중심 교통체계로 철도나 해운의 이용이 매우 저조한 실정이며 비에너지효율적인 도로중심의 교통체계에서 벗어나 에너지효율적이고 친환경적인 교통중심으로의 교통체계 개선이 시급하다. 교통수단별 이산화탄소 배출 원단위 비교 결과를 보면 여객철도는 교통부문 총 CO₂ 배출량의 2%에 불과하며, 교통부문 총 온실가스 배출량의 0.7%를 차지한다. 이는 다른 교통수단과 비교하여 철도가 친환경교통수단임을 보여주는 정량적 근거이다. 따라서 도로중심 교통체계를 친환경교통수단인 철도중심으로의 전환은 우리나라의 온실가스 감축 목표 달성에 크게 기여할 것으로 판단된다.

표 1 교통수단별 이산화탄소 배출 원단위 비교(2001기준)

구분	단위	승용차	승합차	지하철	여객철도
총수송규모	백만인km	234,776	231,018	30,269	29,172
	(%)	45	44	6	6
CO ₂ 배출량	천톤(CO ₂)	35,386	14,379	542	1,008
	(%)	69	28	1	2
배출원단위	CO ₂ g/인km	150.7	62.2	17.9	34.6
	비율(지하철=1)	8.41	3.47	1	1.93

※ 국토해양부 보도자료

이미 여러 국가에서는 이러한 철도의 친환경성을 인정하고 다양한 철도이용의 촉진을 위한 프로그램과 정책을 시행 중에 있다. 그 예로는 UN의 Maroco Polo 프로그램, White paper(modal shift정책 포함), 범유럽운송네트워크(TEN-T), 일본의 Eco-rail 라벨링 제도 등이 있다. 이러한 프로그램과 정책의 핵심에는 전환교통이라는 개념이 내포되어 있다. 전환교통은 에너지효율이 낮은 교통수단에서 에너지효율이 높은 교통수단으로의 전환을 의미하며, 장거리물류수송에서는 수송기관을 화물트럭에서 철도 또는 선박으로 전환하는 것을 말한다. 다음 2.2 국외동향은 이러한 전환교통 촉진을 위한 국외 사례에 대해 살펴보고자 한다.

2.2 국외동향

2.2.1 UN Maroco Polo

UN Maroco Polo 프로그램은 물류수송부문에 있어서 도로운송을 친환경수단인 철도, 항만 등으로 전환을 촉진시키기 위해 EU 회원국과 후보국 등 2개 이상의 국가에서 2개 이상의 업체로부터 프로젝트를 공모 받아 선정된 뒤 재정적 지원을 하는 국제적인 프로그램이다. UN은 Maroco Polo 프로그램의 도입 및 실행으로, 연간 100억 ton·km 시장의 도로물동량을 다른 수송수단으로 전환하였고, 이로 인한 환경비용 등 외부비용을 절감하는 효과 얻었다. 현재 2007-2013 2차 프로그램을 진행 중에 있다.

2.2.2 Japan Eco-rail

일본은 기후변화협약 Annex 1국가로 2012년 까지 1990년 대비 6%감축시켜야하며, 이를 위해 modal shift를 위한 환경조성 및 정책으로 대책을 마련해왔다. 그 중 에코레일 마크는 상품의 경우 30%이상, 화주의 경우 전체 취급물량의 15%이상을 철도수송을 이용하는 우수기업에게 마크를 부여하는 제도로써 그 결과 친환경교통수단인 철도수송의 인지도를 높이고 물류교통수단의 전환 촉진뿐만 아니라 기업의 경제적 이득과 이산화탄소의 감축에도 기여한 우수사례라 할 수 있다.

2.3 국내 동향

2.3.1 철도 경부선(서울-부산) 이용현황 분석

국내외에서 전환교통은 주로 물류분야에서 적용되고 있으며 온실가스 감축 효과를 여러 논문을 통해 살펴볼 수 있다. 이러한 효과는 물류에서뿐만 아니라 여객부문의 경우에도 온실가스 감축 효과를 충분히 얻을 수 있을 것이라 사료된다. 따라서 본 연구에서는 여객부문 국내 도로에서 철도로의 전환교통(Modal shift)효과 분석을 위한 사전연구로서, 여객부문 전환교통의 가능성을 확인하고자 한다. 이러한 연구를 위해서는 철도승객운송 현황데이터를 분석하여 현재 이용효율을 파악하는 것이 필요하며 분석결과를 통하여 이용효율증가 시나리오를 작성하고 잠재 이산화탄소 감축량을 산정하고자 한다.

본 연구에서는 이용현황 분석을 위해서 철도통계연보2008 여객수송부문 경부선의 KTX 일반수송여객 데이터를 사용하였고 그 결과를 다음 표에 나타내었다. 서울-부산 구간의 상행 잔여좌석 평균은 51.4%, 하행은 54.3%로 나타났다. 따라서 이러한 결과를 볼 때 국내 도로에서 철도로의 전환교통이 가능할 것임을 확인할 수 있다. 이러한 잔여좌석 이용을 최대화 시켰을 경우 감축될 것으로 예상되는 CO₂량을 산정하였다.

표 2 여객부문 경부선 KTX 이용현황(1년 기준데이터)

역명	KTK									
	상행			하행			잔여좌석수		잔여좌석%	
	승차	하차	계	승차	하차	계	상행	하행	상행	하행
경의선		164,961	0	190,181		190,181				
서울		10,282,847	164,961	9,808,413	2	9,998,592	13,693,819	10,081,468	56.6	50.2
용산	1,306	2,246,657	10,447,808	2,080,460	198	12,078,854	13,766,772			
시흥연결선	12,693,159		12,693,159		12,078,854	0				
시흥연결선		12,693,159	0	12,078,854		12,078,854				
광명	21,667	2,667,038	12,693,159	2,636,641	18,922	14,696,573	7,534,321	5,530,907	62.8	31.9
전양아산	816,343	921,321	15,338,530	920,859	794,545	14,822,887	3,624,570	4,140,213	80.9	25.0
대전연결선	15,443,508		15,443,508	12,200,722		27,023,609				
대전연결선		12,684,501			14,822,887	12,200,722				
대전	2,671,745	1,495,888	12,684,501	1,518,258	2,491,559	11,227,421	11,529,299	8,852,639	52.4	44.1
육천연결선	11,232,689		11,508,644		11,029,439	197,982				
육천연결선		11,232,689	275,955	11,029,439		11,227,421				
영동	219	7	11,508,644	1	232	11,227,190				
김천	56,818	2,996	11,508,432	2,243	42,181	11,187,252				
구미	164,453	6,092	11,454,610	6,980	115,861	11,078,371				
신동연결선	11,232,689		11,296,249	11,029,439		22,107,810				
신동연결선		11,232,689	68,560		11,029,439	11,078,371				
동대구	4,921,230	975,280	11,296,249	1,065,535	4,819,556	7,324,350	12,917,291	12,609,850	46.7	63.3
밀양	587,161	59,899	7,350,299	74,168	536,015	6,862,503	9,375,501	8,452,797	43.9	55.2
구포	1,333,598	1,768	6,823,037	3,821	1,354,674	5,511,650	10,194,223	10,289,850	40.1	65.1
부산	5,491,208	1	5,491,207		5,511,650	0	14,151,273	17,649,060	28.0	100.0
평균							10,754,119	9,700,848	51.4	54.3

※ 경의선, 시흥, 대전, 육천, 신동 연결선의 데이터는 운행관리목적의 데이터

2.3.2 잠재 CO₂ 감축량 산정

경부선의 KTX의 잔여좌석이 모두 사용되었을 때를 가정하여 시나리오를 작성하였다. 서울에서 부산까지 최대잔여좌석에 해당하는 좌석 수는 20,454,967석이며 교통량통계연보의 데이터를 통해 얻은 승용차와 버스의 평균 비율은 1대 10로, 버스의 승차인원을 45명, 승용차는 4명으로 가정하면 총 잔여좌석 수는 승용차와 버스의 대수로 환산 시 승용차 379,498대와 버스 37,950대를 대체하게 된다. 이러한 결과를 기준으로 디젤연료만을 사용할 때 승용차와 버스가 서울-부산(400km) 운행 시 CO₂ 발생량을 계산하였다. 잠재 감축가능 CO₂량은 다음 표3 과 같다.

표 3 감축가능 CO₂량

	버스	승용차
승차인원	45	4
비율	1	10
환산대수	240,647	2,406,467
운행거리(km)	96,258,667	962,586,672
평균연비: km/L*	3.51	12.27
연료사용량(디젤)	27,424,122	78,450,422
총 연료사용량		105,874,543
경유순발열량kcal/L*	8,450	
총 TJ		3,744
kg CO ₂ /TJ*	74,100	
총 kg CO₂		277,435,434

주1) *는 계수

자료1) 버스 연비: 3.51km/L “에너지 총 조사, 2005 발췌”

승용차 연비: 12.27km/L “지식경제부 보고자료, 2010”

자료2) 경유순발열량: 8,450kcal/L, 온실가스 배출계수: 74,100 kg CO₂/TJ “국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인“ 참고

시나리오 조건을 통하여 버스와 승용차의 총 운행거리를 구하고, 차종별 평균연비 km/L계수를 곱하여 총 연료(디젤)사용량을 산출하였다. 최종적으로 총 산출된 연료사용량에 IPCC에서 주어진 경유순발열량 kcal/L와 CO₂ 배출계수를 곱하여 총 kg CO₂량을 구하였다. 총 감축가능 kg CO₂량은 일 년에 약 28 만 tCO₂로 이는 국토해양부에서 발표한 2007년 기준 도로 온실가스배출량의 0.35%에 해당한다. 이 결과는 정부선의 KTX차량만을 대상으로 한 것으로 추후에 새마을, 무궁화 열차를 포함한 감축가능 CO₂ 량에 대한 연구가 추가 진행될 것이다.

표 4 수송수단별 온실가스 배출 비교(2007기준)

구분	단위	도로	해운	항공	철도
온실가스	만 tCO ₂	7,848	1,286	897	67
배출량	(%)	77.7	12.7	8.9	0.7

* 국토해양부 보도자료

3. 맺음말

본 연구에서는 여객부문을 대상으로 전환교통의 CO₂감축 효과를 확인하였다. 하지만 현실의 KTX 이용 증가율은 표 5에 나타낸바와 같이 약 1.5%로 안정화되어있는 상태이다. 따라서 잔여좌석을 모두 사용하기 위해서는 많은 추가적인 노력이 필요하다. 국외의 철도는 이러한 철도승객의 증가를 위해 요금 제도와 철도노선의 증축, 홍보 등 다양한 방면으로 개선하고자 노력하고 있다. 이 연구결과에서 나타난 CO₂감축 효과를 얻기 위해서도 동일한 노력이 필요할 것이다. 더불어 KTX뿐만 아니라 다른 열차종의 데이터 추가확보와 다른 노선으로의 확장으로 보다 정확한 CO₂감축 효과에 대한 연구가 향후에도 진행된다면 전환교통을 촉진시키기 위한 정책 및 제도에 기반 정보로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

표 5 연도별 KTX 이용승객 및 증가율

	KTX	증가율(%)
2005	31,337,028	62.16
2006	35,016,718	11.74
2007	35,549,579	1.52
2008	36,104,574	1.56

참고문헌

1. 이윤미 외 2인, “친환경수단으로서의 철도화물운송 증대를 위한 Modal Shift 정책 비교 연구”, 한국철도학회논문집, 2008.6, pp.2435-2442, 2008.
2. 우정욱 외 3인, “우리나라 철도컨테이너화물 수송서비스 평가와 모달시프트 가능성에 관한 검토”, 한국철도학회논문집, 2009.5, pp.1728-1747, 2009.
3. 양유경 외 3인, “철도수송의 온실가스 감축 효과 분석”, 한국철도학회논문집, 2009.11, pp.2447-2456, 2009.
4. 정병현 외 2인, “일본의 철도 모달시프트 사례분석-H사 사례를 중심으로”, 한국철도학회논문집, 2008.11, pp.1853-1859, 2008.
5. 조대연 외 3인, “건설교통분야의 미래유망 녹색기술” 대한설비공학회논문집, 2009.11, pp. 151~151, 2009.
6. 강승우, “해외 기후변화대응 철도 정책 분석을 통한 국내 기후변화대응 철도정책 방향 제시”, 한국철도학회논문집, 2009.5, pp. 349~354, 2009.
7. Peter Bonsall, "Legislating for modal shift: background to the UK's new transport act, Transport Policy 7, 2000, pp.179-184.
8. Vedagiri P. and Arasan V. T, "Estimating modal shift of car travelers to bus on introduction of bus priority system", Journal of transportation systems engineering and information technology, Vol 9, Issue 6, 2009.
9. Mikhail V Chester and Arpad horvath, " Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains", Environmental research letters, 4, 8pp, 2009.