

벌크화물운송의 환적저항요인 평가 및 모형 개발

Evaluation and Model Development of Transfer Resistance Factors for Bulk Freight Transportation

최창호*

(Chang-Ho Choi)

(Chonnam National University)

요약

본 연구는 철도역의 환적저항요인을 평가하고 시사점을 도출하고자 수행하였다. 모형추정을 위한 자료는 RP자료와 SP자료이다. 모형 형태는 본송단계와 환적단계, 셔틀단계를 합친 통합모형과 이를 개별적으로 적용한 분리모형으로 추정하였다.

모형추정 결과 벌크화물 화주는 본송단계에 주안점을 두지만 환적단계 역시 중요하게 인식하는 것으로 나타났다. 특히 환적단계가 셔틀단계보다 더 중요하게 인식되는 점은 주목할 사항이다. 따라서 향후 벌크화물의 철도운송 정책에서 본송단계의 경쟁력을 확보하는 것도 중요하지만 철도역을 중심으로 하는 환적단계에 대한 개선 노력도 요구된다.

핵심어 : 벌크화물, 환적관련요인, 수단선택모형, 환적저항, 탄력성

ABSTRACT

The present study aims to evaluate transfer resistance factors in railway stations and draw new implications. The data used for the model estimation are RP (revealed preference) data and SP (stated preference) data. Two types of models were used for the analysis: integration model which combined line-haul stage, transfer stage and shuttle stage and separation model which assessed the three stages separately.

The results revealed that while bulk freight shippers mainly focused on line-haul stage, they put emphasis on transfer stage as well. It's especially notable that transfer stage was considered more important than shuttle stage. Therefore, in future transportation policies concerning rail freight, it would be crucial not only to enhance the competitiveness of line-haul stage but also make improvements in transfer stage regarding railway stations.

Key words : Bulk freight, Transfer-related factor, Mode choice model, Transfer resistance, Elasticity

† 이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A5A2A01019936)

* 주저자 및 교신저자 : 전남대학교 경상학부 물류교통학전공 교수

† Corresponding author : Chang-Ho Choi(Chonnam National University), E-mail jc1214@jnu.ac.kr

† Received 29 February 2016; reviewed 6 April 2016; Accepted 14 April 2016

I. 서 론

지구 온난화에 대한 대응과 대량운송 화물의 물류비 절감 노력 등에 힘입어 벌크화물의 철도운송에 대한 관심과 지원이 커지고 있으나 이것이 철도의 수송분담률 증가에 미치는 영향은 제한적인 것으로 나타나고 있다. 지난 10년간(2004~2013) 국내 화물운송수단별 물동량(톤 기준)의 연평균 증가추이를 보면 철도 - 1.00%, 도로(화물자동차) 3.88%, 해운 0.28%, 항공 - 4.89% 등으로 도로의 증가추세가 두드러진다. 동 기간 국내화물 전체 물동량의 연평균증가율이 2.98%임을 볼 때 도로의 상승세가 뚜렷하다. 2013년 기준 운송수단별 분담률(톤 기준)은 철도 4.53%, 도로 82.04%, 해운 13.40%, 항공 0.03% 등이다. 철도운송은 2004년의 6.55%에서 감소한 반면 도로는 76.37%에서 증가한 수치이다[1].

철도운송 물동량의 감소를 가져오는 원인은 고속도로를 중심으로 하는 도로운송 환경의 개선이 가장 크며, 화물자동차 대수의 증가도 원인으로 지목된다. 통계가 제공되는 2007년부터 2012년 동안 철도화물의 영업키로는 연평균 0.08% 감소한 반면에 동 기간 전체도로 연장은 연평균 1.11%, 고속도로 연장은 연평균 3.77% 증가하였다. 영업용화물자동차 등록대수 역시 연평균 1.14% 증가하였다[1].

이 같이 철도화물 운송이 감소하는 원인은 국토공간구조로 인한 운송거리 제약, 운송수단 간 특성 차이 등 여러 가지를 지적할 수 있겠으나 문전운송을 근간으로 하는 도로운송 대비 철도역에서 발생하는 환적의 불편함도 주요 원인으로 예상된다. 도로운송에 대한 철도의 경쟁력 저하 요인은 크게 총 운송비용과 총 운송시간의 차이로 압축할 수 있는데, 이 모두에서 철도역에서 환적단계가 차지하는 비중을 무시할 수 없는 수준이기 때문이다[2].

본 연구는 철도역 등 환적노드(transfer node)에서 발생하는 환적저항(transfer resistance)의 수준을 평가하고 이를 계량화 하는 모형을 개발하고자 한다. 환적저항이란 운송수단이 연결되는 환적노드에서 비용과 시간 등 추가적인 요인(factor)이 발생하므로 이를 저항(resistance)으로 정의하였다. 환적저항을

계량화하는 모형은 철도운송에서 이루어지는 본송(line-haul)단계, 환적(transfer)단계, 셔틀(shuttle)단계를 상호 비교하여 환적단계가 차지하는 비중과 특징을 평가하는 틀을 마련한다는 의미이다.

평가요인은 운송비용과 운송시간을 반영하며, 평가모형의 개발을 통해 환적저항의 감소 필요성을 파악토록 한다. 기중점에서 철도역까지 셔틀운송의 개선도 중요하지만, 셔틀단계는 도로운송과 연계된 부분이며, 조사 환경 및 연구 자료의 제약 상 환적단계에 초점을 두었다. 본 연구에서 도출되는 결과는 철도운송 과정에서 대부분 거쳐야 하는 환적노드가 운송수단 선택에서 차지하는 중요성을 부각시키고 환적저항의 해소방안을 강구하는데 활용될 수 있다는 점에서 기존연구와 차별성을 갖는다. 특히 국토공간구조 여건상 장거리 철도운송에 한계가 있는 우리나라의 경우 환적의 영향이 클 것으로 예상되는바, 이에 대한 계량화된 분석결과를 제시한다는 점에서 의미가 있다.

II. 선행연구 조사 및 시사점

화물운송 특성을 파악하기 위한 수단선택모형 추정에 적용되는 변수는 연구목적에 따라 다르다. 국내외 선행연구로부터 화주의 화물운송 결정에 영향을 주는 요인그룹은 운송수단, 운송경로, 출발시간 등으로 분류할 수 있다. 이들 요인들은 독립적이지 않고 서로 영향을 준다. 예컨대 도로를 선택한 화주가 비용, 시간, 서비스 조건 등이 기대수준에 미치지 못하면 철도로 전환할 수 있기 때문이다.

우리나라에서 벌크화물을 대상으로 철도운송 선택 요인 특성을 파악한 사례는 많지 않다. Jung and Moon(2004)과 Cho(2009)는 철도운송에서 화주가 중요하게 생각하는 요인을 분석한 경우이고[3, 4], Kim et al.(2009), Kim et al.(2013) 등은 벌크화물의 철도물류 경쟁력을 평가하고 운송단계의 개선방안을 도출하였다[5, 6]. Jung and Moon(2004), Mun and Lee(2007), Choi(2009), Choi(2012) 등의 연구에서는 화주의 운송수단 선택에 결정적 역할을 하는 것이 운송비용과 운송시간으로 나타났다[3, 7-9]. 그리고

Kim et al.(2008), Choi(2009) 등 일부 연구에서는 목적지에 정시도착 하는 중요성도 부각되었다[2, 8].

<Table 1>은 국내외에서 화물운송수단 선택모형을 구축한 사례 및 모형추정에 반영한 선택요인을 정리한 것이다.

특히, 본 연구에서 시도하는 모형개발 사례는 많지 않으며, 철도역의 환적단계를 대상으로 한 연구 사례는 더욱 드물다. Kim et al.(2008)은 철도와 도로, 해운 등 세 가지 수단선택 상황을 구현하였고 [2], Jung(2011)은 양회만을 대상으로 한 사례이다 [10]. Kim et al.(2008)은 컨테이너를 대상으로 총 운송단계 및 이를 본송단계, 환적단계, 셔들단계로 구분한 두 가지 형태의 모형을 제시하였다[2]. Jung(2011)은 본송 시간가치와 환적 시간가치의 상대적 크기를 비교하는 모형을 제시하였다[10].

국내에서 철도역을 대상으로 환적저항을 평가한 사례는 Choi(2012)가 있다[9]. 이 연구는 컨테이너를

대상으로 전체 운송단계와 이를 본송, 환적, 셔들 단계로 구분한 두 가지 형태의 모형을 추정하고 환적단계가 컨테이너 운송에서 차지하는 중요도를 평가하였다. 하지만 이 연구에서 벌크화물은 다루지 않았다.

운송수단선택모형은 추정하지 않았으나 철도와 도로의 경쟁관계를 연구한 사례로 Kim et al.(2009)이 있다[5]. 이 연구는 컨테이너와 양회, 철강을 대상으로 운송비용, 운송시간 및 서비스 수준 등 수단선택요인을 적용하여 공로 대비 철도의 공간적 경쟁력을 기종점(O-D)수로 도출해 냈다.

<Table 1>에 정리한 외국의 사례는 환적단계를 별도로 구분하기 보다는 전체 운송구간에서 철도의 경쟁력 강화방안을 다루거나 화주의 운송수단 선택요인 분석을 통한 경쟁력 강화방안을 제시한 것이 특징이다. 이는 철도운송 거리가 우리나라에 비해 길어 전체 운송단계에서 환적단계가 차지하는 비중

<Table 1> Freight mode choice models and factors in prior studies

	Researcher	Factors included in the research	Model (data type)	Dual mode and model type		Included data							
						Cost				Time			
						Total cost	Line-haul cost	Transfer cost	Shuttle cost	Total time	Line-haul time	Transfer time	Shuttle time
Foreign	De Jong et al. (2001) [11]	Transport cost, Transport time, Delay, Frequency	Logit (SP)	Truck / Rail		●				●			
	Fowkes et al. (2001) [12]	Transport cost, Transport time, Reliability	Logit (SP)	Truck / Rail		●				●			
	Arnold et al. (2004) [13]	Transport cost, Transport time, Distance	Logit (RP)	Truck / Rail		●		●		●		●	
	Rich et al. (2009) [14]	Transport cost, In-vehicle time, Waiting time in terminal	Logit (RP)	Truck / Rail / Marine		●				●			
Domestic	Kim et al. (2008) [2]	Transport cost, Transport time, On-time arrival	Logit (SP)	Truck / Rail / Marine	Model 1	●				●			
					Model 2		●	●	●		●	●	●
	Jung (2011) [10]	Transport cost, Transport time	Logit (SP)	Truck / Rail		●		●		●		●	
	Choi (2012) [9]	Transport cost, Transport time, Reliability	Logit (RP)	Truck / Rail	Model 1	●				●			
Model 2						●	●	●		●	●	●	

이 높지 않은 원인으로 해석된다. 벌크화물의 경우에도 주로 운송비용에 대한 연구가 중심을 이루는데 이 역시 운송거리가 우리나라보다 긴 이유 때문이다[11-14].

대표적인 연구로 Arnold et al.(2004)은 철도와 트럭의 환적터미널 입지선정에 관한 연구를 통해 철도분담률이 터미널의 입지보다는 운송비용의 크기에 더욱 영향을 받는 것을 보였다[13].

또한 운송비용의 탄력성을 통해 철도의 경쟁력을 파악한 사례는 Oum(1979), Abdelwahab and Sargious(1992), Beuthe et al.(2001) 등이 대표적이다[15-17]. 주목할 것은 벌크화물의 품목에 따라 비용탄력성에 차이가 있는데, 이는 터미널에서의 환적단계와 철도운송에 필요한 장비 등 여러 원인에 기인한 것으로 파악된다.

이상과 같이 국내외에서 수행된 연구는 대부분 전체 운송구간에 걸친 기종점을 대상으로 하였다. 다만, Kim et al.(2008)이 컨테이너를 상대로 단계별 특성을 파악했거나[2], Jung(2011)이 양회를 대상으로 환적단계만을 분리한 사례가 있다[10]. 이처럼 벌크화물을 대상으로 본송단계, 환적단계, 셔틀단계로 구분하여 특성을 파악한 사례가 없으며, 특히 철도역 등 특정한 환적노드를 대상으로 분석하지는 못하였다. 철도운송의 경우 장소와 규모에 다소 차이가 있을지라도 환적단계가 반드시 필요하며, 특히 기종점과 철도역이 서로 이격된 경우는 셔틀운송이 필요하다. 따라서 철도운송의 전체 프로세스에 대한 연구도 중요하지만, 철도역 등에서 발생하는 환적저항의 정도를 파악하는 연구가 수행되어야 하며, 이를 통해 환적저항의 개선과 철도운송의 경쟁력 강화 방안이 강구되어야 한다.

Ⅲ. 연구자료 수집 및 환적저항요인에 대한 중요도 평가

1. 설문조사 개요

본 연구에서는 철도역의 환적저항을 평가하기 위해 두 가지 조사를 수행하였다. 첫째는 화주가 환

적단계에 대해 느끼는 인식의 정도로, 이를 파악하기 위해 화물출하 특성 및 철도역 환적에서 고려하는 요인별 중요도에 대한 설문을 하였다.

둘째는 철도역 환적저항의 정도를 계량화하기 위한 모형추정에 필요한 설문이다. <Table 1>의 선행 연구에서는 RP(revealed preference)모형이나 SP(stated preference)모형 등 하나만을 추정하였다. 이것은 두 가지 모형을 모두 추정하기가 쉽지 않기 때문이다. 하지만 본 연구는 두 가지 형태의 모형을 모두 추정하여 상호 차이를 비교토록 하였다. 이에 따라 도로와 철도의 경쟁구도를 구현할 수단선택모형에 필요한 RP설문과 SP설문 조사를 수행하였다.

설문조사 대상으로 선정한 벌크화물 품목은 지역 간 철도운송을 하는 양회, 무연탄, 광석, 유류 등 네 종류로 하였다. 2013년 기준 국내 총 물동량 중에서 철도운송 비중이 4.5%이며, 철도운송 물동량 중에서 양회, 석탄, 광석, 유류의 비중이 각각 37.28%, 11.51%, 4.88%, 2.59% 등으로 전체의 56.27%를 차지하는 주요 품목이기 때문이다[18].

설문조사 대상은 지역 간 운송을 하는 화주와 화주의 위탁을 받은 운송인으로 하였다. 또한 운송수단간 경쟁구도 설정을 위해 도로만을 이용하는 경우, 도로와 철도를 공용하는 경우 및 철도만을 이용하는 경우로 구분하였다[19].

설문조사는 2013년 7월부터 3개월간 전자우편 및 전화보완으로 하였다. 벌크화물 품목별 대상 업체 수는 351개 업체를 조사하여 유효 회수업체로 양회 30개(34.1%), 무연탄 10개(11.4%), 철강 30개(34.1%), 유류 18개(20.5%) 등 88개(100%)이다[19].

조사로부터 벌크화물 운송수단간 분담은 화물자동차 53.3%, 철도 4.2%, 공용 42.5% 등이며, 42.5%는 기종점 철도역에서 화물자동차와 환적 및 셔틀운송이 이루어지는 것으로 나타났다. 1년간 출하한 화물량은 양회가 가장 많으며 무연탄, 광석, 유류 순이다[19]. 주요 결과는 <Table 2>에 정리하였다.

2. 화주의 환적저항 요인에 대한 중요도 평가

철도역 등 환적노드에서 발생하는 저항을 저감

시켜 도로에서 철도로 운송수단 전환을 도모하기 위해서는 현재 화주가 인지하는 환적저항 요인별로 중요도 파악이 필요하다. 요인별 중요도를 5점 척도로 설문한 결과는 <Table 2>와 같다. 환적저항 요인들에 대해서는 대부분 보통 이상의 관심도를 보여 이것이 철도 선택에 영향을 미치는 주요 원인 중의 하나로 파악되었다. 화주가 철도역에서 가장 중요하게 생각하는 요인은 환적장비의 조달과 사용 용이성이며, 환적 시 발생하는 인건비와 장비조작비 등 직접비용의 순서였다. 그리고 재고비용 발생에 대한 부담이 전체 환적비용에서 차지하는 상대적 크기를 파악하였는데(재고비용/환적비용), 품목별로는 83.7%~95.7%이며 전체는 88.4%였다. 이로부터 환적단계에서 재고관리에 대한 부담도 느끼는 것으로 나타났다.

다음으로 환적단계에서 소비되는 시간의 환적비용 대비 부담(환적시간/환적비용)을 파악하였다. 결과는 품목별로는 76.2%~94.0%이고 전체는 83.0%로 나타났다. 대량으로 운송되고 환적에 시간이 소요될 수 있는 벌크화물의 특성상 운송시간의 중요성이 크지 않을 것으로 예상하였으나 실제 화주가 느끼는 중요성은 비용만큼은 아니더라도 높은 수준으로 유지됨을 알 수 있다. 하지만 환적시간에 대해 느끼는 절대 값의 크기는 환적비용이나 재고비용에 비해서는 낮은 수준인데, 이는 철도로 운송되는 벌크화물의 특성상 저가이고 운송의 시급성이 높지 않은 경우가 발생하기 때문으로 해석된다.

<Table 2>에서 환적비용과 환적시간 이외의 요인을 분석하면, 먼저 환적단계에서 화물이 손실되거나 파손되는 것에 대한 부담은 있으나 그 정도는 높지 않음을 알 수 있다. 다음으로 철도역 이용을 위한 추가 운송시간 즉, 셔틀운송이 발생할 수 있는 요인에 대한 질문에서는 예상보다 정도가 낮게 도출되었다. 이는 조사 대상인 화주의 대부분이 철도 인입선 등을 확보하여 셔틀운송이 발생하지 않은 경우가 많았기 때문이다. 특이한 점은 <Table 2>에서 환적장비사용의 용이성이 모든 요인 중에서 가장 높은 점수를 보였는데, 이는 환적장비의 효율성이 환적비용과 재고비용, 환적시간 등 다른 분야에 영향을 미치지 않으므로 평가된다. 이러한 경향은 품목별 비교에서도 유사하게 나타났다.

IV. 환적저항평가모형 개발 및 환적단계의 비중 평가

1. 환적저항평가모형의 추정 및 검증

운송수단 선택에 영향을 미치는 요인은 여러 가지가 있으나 이를 모두 모형에 반영하여 구현하기는 현실적으로 어렵고 모형의 신뢰성에 미치는 차이도 크지 않다. <Table 1>의 선행연구와 같이 화물 운송수단선택을 평가하는 모형은 운송단계별로 상세히 반영하기보다는 총 운송비용과 총 운송시간 및 정시성(또는 정시도착율) 등 전 과정을 중심으로 하는 것이 다수임을 알 수 있다. 하지만 본 연구의

<Table 2> Survey results on bulk freight transport and importance of transfer-related factors

		Total	Cement	Coal	Ore	Oil
No. of surveys	No. of total surveys	351	102	37	136	76
	No. of valid surveys	88	30	10	30	18
Annual transport volume (thousand ton)	Mean	658.5	1,194.2	1,383.2	37.0	19.6
	Median	414.1	355.8	1,293.0	5.0	2.4
Importance of transfer-related factors	Transfer cost/Equipment handling cost	4.06	4.18	4.20	3.81	4.05
	Loss and damage of freight during transfer	3.15	3.00	3.20	3.25	3.15
	Storage cost at transfer node	3.59	4.00	3.60	3.19	3.58
	Transfer time at transfer node	3.37	3.93	3.20	3.00	3.35
	Detour or additional travel time for transfer	3.27	3.40	3.20	3.25	3.21
	Ease of utilizing transfer facilities	4.32	4.19	4.40	4.36	4.33

Note: The scale ranges from 1 (not important at all) to 5 (very important).

목적은 환적단계의 저항을 보다 상세히 파악하는 것이므로 총 운송비용을 본송비용, 환적비용, 셔틀 비용으로 구분하고, 총 운송시간 역시 본송시간, 환적시간, 셔틀시간으로 구분하여 반영하였다. 다만, 정시성은 화주의 중요도 조사에서 인지도가 낮아 모형에 반영하지 않았다.

본 연구에서 RP조사 자료와 SP조사 자료를 반영하여 추정할 모형 형태는 철도와 도로 등 두 운송수단의 경쟁관계를 구현하는 이항로짓모형(binomial logit model)이며, 모형의 형태는 식 (1)과 같다[10]. 효용함수는 $V_i = \beta_0 + \beta_1 C_i + \beta_2 T_i$ 형태로 C_i 는 비용관련 변수이고 T_i 는 시간관련 변수이다.

$$P_n(i) = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j=1}^J \exp(V_{jn})} \quad (1)$$

$P_n(i)$: 화주 n 이 대안 i 를 선택할 확률

V_{jn} : 화주 n 을 위한 대안 i 의 결정적 효용

모형 추정을 위한 조사 자료는 RP와 SP 등 두 가지가 적용되었다. 또한 모형에 적용된 설명변수는 기종점 간 전체에 대해 집계된 총 운송비용과 총 운송시간을 적용한 것과 본송단계, 환적단계, 셔틀단계 등으로 구분하여 적용한 것 등 두 가지 경우이다.

이에 따라 추정된 모형의 종류는 <Table 3>과 같이 RP모형(RP model)과 SP모형(SP model) 및 이를

통합모형(integration model)과 분리모형(separation model)으로 구분한 네 종류로 정리된다.

추정된 모형들의 통계적 유의성은 95% 유의수준을 충족하며 개별 설명변수의 유의성도 모두 95% 유의수준을 넘어서고 있다. 결정계수(ρ^2)의 경우 RP모형은 0.3-0.4정도이고 SP 모형은 0.2정도로 RP 모형의 설명력이 더 높는데, 이는 관측자료 수 및 실제 운송자료를 통해 구축된 신뢰성에 따른 차이로 해석된다.

<Table 3>의 설문대상은 <Table 2>와 같으며, 모형추정을 위한 조사자료 수는 유효성 여부 및 RP와 SP 설문 문항수의 차이에 따른 것이다.

국내의 선행연구는 모형추정에 RP자료만을 사용하든지 아니면 SP자료만을 사용하든지 선택한 사례가 대부분이며[20], Vieira(1992)와 De Jong et al.(2001) 등 일부 연구에서 RP자료와 SP자료를 통합한 모형을 추정하기도 했으나[21, 11], 최근에는 연구되지 않고 있다. 본 연구로부터 벌크화물 운송수단 선택모형은 RP자료와 SP자료를 이용하여 모두 추정이 가능하다는 것이 확인되었다. 따라서 연구의 목적과 장래 여건변화 등을 감안하여 적절한 자료형태를 선택하는 것이 바람직하다고 평가된다. 또한 동일한 취지에서 모형의 파라메타도 표준화시키지 않고 원상태를 그대로 제시하였다.

2 철도운송에서 환적단계의 상대적 비중 평가

<Table 3> Results of model estimation

		RP models		SP models	
		Integration model	Separation model	Integration model	Separation model
		Parameter (t-value)	Parameter (t-value)	Parameter (t-value)	Parameter (t-value)
Variables	Total transport cost	-0.3176 (-4.7)		-0.06746 (-3.4)	
	Line-haul cost		-0.4117 (-3.8)		-0.07017 (-3.5)
	Transfer cost		-0.2651 (-2.1)		-0.04505 (-2.7)
	Shuttle cost		-0.1909 (-2.5)		-0.03489 (-2.1)
	Total transport time	-0.1725 (-3.5)		-0.04128(-2.7)	
	Line-haul time		-0.2761 (-3.1)		-0.04912 (-2.7)
	Transfer time		-0.1316 (-2.2)		-0.02413 (-1.9)
	Shuttle time		-0.0784 (-2.7)		-0.01595 (-2.2)
Coefficient of determination (ρ^2)		0.41	0.32	0.24	0.22
No. of surveys (n)		107	107	936	936

Note: The criterion for comparison is road.

1) 운송여건 변화에 대한 화주의 반응 평가

<Table 3>에 정리한 운송수단선택모형으로부터 운송비용과 운송시간 등 운송여건 변화에 따른 화주의 인식이나 행태를 유추하는 탄력성 값을 도출할 수 있다. 탄력성은 모형의 파라메타로 도출되며, 탄력성의 크기에 따라 운송여건 변화에 따른 화주의 행태를 예측할 수 있는 지표가 된다.

운송비용과 운송시간의 탄력성을 산정한 결과는 <Table 4>와 같다. 탄력성의 기준은 절대값이 1.0 이상이면 운송환경변화에 탄력적이고 1.0 미만이면 비탄력적으로 평가한다. <Table 4>에서 통합모형을 기준으로 할 때 철도운송의 경우 운송비용에 탄력적이며 운송시간에는 비탄력적이다. 도로운송 역시 운송비용에는 탄력적이나 운송시간에는 비탄력적이다. 이러한 결과는 Oum(1979), Abdelwahab and Sargious(1992), Beuthe et al.(2001) 등 선행 연구사례와 대체로 일치하며, 탄력성의 크기 역시 유사한 수준이다[15-17].

그렇지만 분리모형의 경우 약간 다른 양상을 나타내고 있다. 철도운송에서 운송비용의 경우 본송비용은 탄력적인 반면에 환적비용과 셔틀비용과 본송비용에 비해 탄력성이 낮다. 환적비용의 경우 RP 모형은 비탄력적이고 SP모형은 탄력적이지만 두 탄력성의 크기는 유사하다. 셔틀비용에 대해서는 RP 모형과 SP모형 모두 비탄력적이다.

분리모형의 운송시간 탄력성에서는 단계별 탄력성 값의 차이가 크지 않아 어느 단계가 민감도를 주도한다고 단정 짓기 어려우나 본송단계가 미치는 영향이 가장 큰 것은 사실이다. 그리고 환적단계와 셔틀단계의 비교에서는 비용탄력성의 경우와 마찬가지로 환적단계가 미치는 영향이 다소 크다고 볼 수 있다. 이러한 결과로부터 화주의 탄력성은 본송단계가 주도한다는 것을 알 수 있다. 다만, 환적단계와 셔틀단계의 비교에서는 환적단계가 미치는 영향이 셔틀단계보다 크다는 것은 명확하다.

우리나라에서 철도와 도로의 경쟁구도로 벌크화물운송의 탄력성을 연구한 사례는 Choi et al.(2008)이 대표적이다[22]. 시멘트와 철강만을 대상으로 하여 직접적인 비교는 어려우나, 운송비용은 탄력적이고 탄력성이 큰 반면에, 운송시간은 비탄력적이고 탄력성 역시 대체로 낮게 분포되는 일관성을 보인다.

탄력성 분석으로부터 파악되는 철도운송의 정책 방향은, 운송비용의 경우 우선 본송단계의 지출비용을 감소시켜야 하며, 그 다음은 환적단계의 부담을 줄여야 한다는 것인데, 이는 도로운송과의 경쟁 환경이 반영된 것으로 판단된다. 운송시간 역시 본송단계의 개선이 중요하지만, 환적단계에서의 시간 손실도 개선할 필요가 제기된다.

또한 탄력성의 해석 기준이 탄력적이나 비탄력

<Table 4> Elasticity of bulk freight transport in mode choice models

		RP models				SP models			
		Factors combined		Factors separated		Factors combined		Factors separated	
		Rail	Truck	Rail	Truck	Rail	Truck	Rail	Truck
The present study	Total transport cost	2.08	1.14			2.15	1.23		
	Line-haul cost			2.19	1.28			2.24	1.43
	Transfer cost			0.94				1.07	
	Shuttle cost			0.49				0.61	
	Total transport time	0.26	0.39		0.35	0.31	0.45		0.42
	Line-haul time			0.41				0.44	
	Transfer time			0.32				0.39	
	Shuttle time			0.24				0.30	
Choi et al. (2008) [22]	Total transport cost	Cement				2.50	3.65		
		Steel				3.94	2.47		
	Total transport time	Cement				0.86	0.25		
		Steel				0.31	0.28		

적이거나 가장 중요하기 때문에, <Table 4>로부터 철도운송을 활성화시키기 위해서는 총 운송비용을 절감시키는 정책이 가장 중요함을 알 수 있다. 그리고 이를 운송단계별로 파악하자면, 본송단계의 개선이 가장 우선시 되어야 하며, 다음으로 환적단계와 셔틀단계의 순서이다. 하지만 절대값의 크기를 감안한다면 환적단계가 1.0 내외에 분포하므로 셔틀단계보다 환적단계에서의 비용절감 필요성이 더욱 크게 제기된다.

운송시간에서 철도의 경우 총 운송시간의 절대값이 1.0에 근접하므로 운송시간 개선에 대한 필요성도 있다. 또한 개별모형에 따른 단계별 분석에서도 본송단계의 속도 개선 필요성이 제기된다. 환적단계 역시 시간을 단축할 필요성이 나타난다.

하지만 셔틀단계의 경우 매우 낮은 탄력성을 보이고 있다. 이처럼 셔틀단계의 시간 탄력성이 낮게 나타나는 것은 대량으로 운송되는 철도 벌크화물의 특성상 인입선 등으로 셔틀단계가 생략되는 경우가 있고 셔틀거리 역시 길지 않기 때문으로 평가된다.

2) 환적단계에 대한 화주의 시급성 평가

시간가치란 화주가 인지하는 운송시간 대비 운송비용의 대체비율로, 시간가치 값이 크다는 것은 해당 운송단계에 대해 중요성을 높게 부여한다는 의미로 해석한다.

<Table 5>에서 통합모형 간의 시간가치의 비교에

서는 RP모형과 SP모형 값에 차이가 크지는 않다.

분리모형의 운송단계별 시간가치의 분포 역시 RP모형과 SP모형 사이에 차이가 크지 않다. 하지만 분리모형에서 본송단계, 환적단계, 셔틀단계로 비교하면 본송단계가 가장 높고 다음으로 환적단계, 그리고 셔틀단계 순서로 나타난다. 이러한 경향은 RP모형과 SP모형이 동일하다.

이로부터 비록 환적단계의 시간가치가 본송단계보다 약간 낮지만 화주는 환적단계에 대해서도 중요성을 부여하는 것으로 평가된다. 셔틀단계의 시간가치가 낮은 것은 벌크화물의 특성상 인입선 등으로 셔틀단계가 생략되는 경우가 있고 셔틀거리 역시 길지 않은 운송여건 때문으로 해석된다.

국내에서 운송수단선택모형을 이용하여 벌크화물의 시간가치를 산정한 사례는 Kim et al.(2008)과 Jung(2011)이 있다[2, 10].

Kim et al.(2008)은 도로, 철도, 해운 등 세 가지 운송수단의 선택을 구성하였기 때문에 본 연구와 직접 비교하기에는 한계가 있고, Jung(2011)은 양회만을 대상으로 하여 본 연구와 품목이 다르지만 대략적인 추이는 비교 가능하다.

본 연구 및 선행 두 연구사례를 볼 때 철도로 운송되는 벌크화물의 시간가치는 톤당 200~300원대로 높지 않음을 알 수 있다. 하지만 환적에 대한 시간가치에서는 본 연구의 경우 본선운송보다 낮게 도출된 반면에 Jung(2011)은 높게 제시하였다.

<Table 5> The estimated value of time and comparison with past studies

		Value of time (won / ton)			
		RP models		SP models	
		Integration model	Separation model	Integration model	Separation model
The present study		Total transport		217	245
		Line-haul			280
		Transfer			214
		Shuttle		164	183
Past studies	Kim et al.(2008) [2]	Total transport			262
	Jung(2011) [10]	Total transport			
		Line-haul			284
		Transfer			1,349
		Shuttle			n.a.

Jung(2011)의 연구결과는 본 연구와 대상품목 및 조사시기가 달라 직접 비교는 어려우나, 철도운송 품목별로도 환적의 중요성이 강조되는 사례가 있었음을 확인할 수 있다.

이상의 시간가치 도출 결과로부터 화주가 인지하는 환적단계에 대한 중요성은 본송단계 만큼은 아니더라도 그에 근접하는 중요성을 부여받다고 볼 수 있다. 따라서 환적단계에서 발생하는 시간절감에 대한 중요성이 강조되며, <Table 2>와 연계할 때 환적장비의 확충 등 환적단계를 효율화시키는 방안이 필요하다.

3) 정책적 시사점

철도로 운송되는 벌크화물은 운송량이 감소함과 더불어 기종점의 수도 감소 추세이다. 원인은 화물역 거점화 정책과 산업업지의 변화 및 도시화 등에 따라 대량의 벌크화물 수요지가 과거에 비해 단순화되는 추세이기 때문이다[22].

이러한 여건변화는 도로운송 대비 철도운송의 경쟁력을 약화시키는 결과로 이어지고 있다. 그렇지만 지구온난화에 대한 대응 등 화물운송과 관련된 정책적 환경에서 철도의 역할을 증진시켜야 할 필요성은 꾸준히 제기되고 있다[23].

따라서 철도의 경쟁력을 강화시키는 일환으로 철도역 등 환적지점에서 발생하는 비용과 시간 손실의 저항을 감소시키려는 정책적 노력이 필요하다.

본 연구의 결과 뿐만 아니라 선행연구에서도 운송단계별로 화주가 가장 주안점을 두는 단계는 본송단계임은 분명하다. 철도가 도로와의 경쟁력을 확보하려면 비용과 시간의 소요가 가장 큰 본송단계 경쟁력을 높여야 하는 것이 급선무이기 때문이다. 앞서 정리한 선행연구의 일반적인 경향도 화주가 본송단계를 중시하는데, 이는 전체 운송단계 중에서 본송이 차지하는 비용과 시간의 비중이 크기 때문으로 평가된다.

하지만 환적단계, 셔틀단계의 중요성도 간과할 수는 없다. 연구의 결과에서 화주가 인지하는 환적단계의 시간가치가 본송단계 수준에 미치지 못하는

지만 상응하는 정도이며, 환적단계에 대한 비용탄력성과 시간탄력성 역시 탄력적이지는 않지만 비교적 높게 나타났기 때문이다.

특히 시간가치 비교에서 환적단계가 셔틀단계보다 높게 나타나며, 비용탄력성과 시간탄력성 모두 환적단계가 셔틀단계보다 더 중요하게 인지되는 점은 주목할 사항이다.

따라서 향후 철도의 벌크화물 운송정책에서 철도역을 중심으로 하는 환적단계 개선에 대한 정책적 노력이 요구된다.

V. 결 론

본 연구는 철도화물의 운송에서 환적단계가 차지하는 중요성을 평가하고자 수행하였다. 연구의 진행은 본송단계와 환적단계, 셔틀단계에 대한 화주의 성향을 파악하기 위해 설문조사를 시행하였고, 조사결과를 이용하여 환적단계의 상대적 중요성을 계량하기 위한 운송수단선택모형을 개발하였다.

설문조사에서는 운송과정에서 화주가 고려하는 요인별 중요도를 파악하였고, 특히 환적단계에서 고려하는 요인에 초점을 두었다.

화주는 철도역에서 발생하는 환적 요인들에 대해서는 대부분 보통 이상의 관심도를 보여 이것이 철도운송 선택에 영향을 미치는 주요 원인중의 하나로 파악되었다. 화주가 철도역에서 가장 중요하게 생각하는 요인은 환적장비의 조달과 사용 용이성이며, 환적 시 발생하는 인건비와 장비조작비 등 직접비용으로 나타났다.

운송수단선택모형은 도로와 철도 선택의 경쟁관계를 이항로짓모형으로 구성하였다. 수단선택모형에 적용한 설명변수는 운송비용과 운송시간이며, 이를 본송단계, 환적단계, 셔틀단계로 구분하여 살펴 보았다. 모형의 형태는 RP자료를 반영한 RP모형과 SP자료를 반영한 SP모형을 둘 다 추정하였고, 본송단계와 환적단계 및 셔틀단계에서 발생하는 운송비용과 운송시간을 합쳐서 반영한 통합모형과 이를 개별적으로 반영한 분리모형도 각각 추정하였다.

이러한 네 종류의 모형추정 결과 통계적 유의성

을 모두 확보함에 따라 연구의 목적과 장래 여건변화 등을 감안하여 RP나 SP 등 자료형태에 따른 구분, 통합모형과 개별모형 등 운송단계를 구분한 모형연구가 가능한 것으로 평가되었다. 다만, 외국에서 일부 추정된 RP와 SP 통합모형에 대해서는 통계적으로 유의한 분량의 자료가 확보된다면 연구시도가 필요하다고 사료된다.

추정된 모형으로 부터 산출한 운송단계별 시간가치는 본송단계가 가장 높고 다음으로 환적단계, 그리고 셔틀단계 순서로 나타났다. 환적단계의 시간가치가 본송단계에 비해 약간 낮지만 화주는 환적단계에 대해서도 중요성을 부여하였다. 또한 탄력성의 해석으로부터 본송단계의 개선이 가장 우선시 되어야 하지만 환적단계의 개선도 필요함을 알 수 있었다.

시간가치와 탄력성 등 평가지표의 비교에서 환적단계가 셔틀단계보다 더 중요하게 인지되는 점은 주목할 사항이다. 따라서 향후 철도의 벌크화물 운송정책에서 본송단계의 경쟁력을 확보하는 것도 중요하지만 철도역을 중심으로 하는 환적단계 개선에 대한 노력도 요구된다.

본 연구는 우리나라에서 아직 연구저변이 넓지 않은 벌크화물 철도운송을 대상으로 하였고, 특히 환적노드에서의 저항이라는 특수한 상황을 묘사함에 따라 도출된 결과를 선행연구와 비교 검증하는데 한계가 있었다. 향후 본 연구분야에 대한 후속연구가 활발히 진행되어 저변을 확대하고, 우리나라 철도화물운송이 활성화되는데 일조하기를 기대한다.

REFERENCES

- [1] MOLIT Statistics system, <http://stat.molit.go.kr>, 2015.2.14.
- [2] Kim C. S., Lee J. Y. and Jung K. H.(2008), "A study on intercity freight mode choice modeling," *The Korea Transport Institute*, p.92-100.
- [3] Jung S. J. and Mun J. S.(2004), "Strategies to improve the railway freight transportation system for the enhancement of competitiveness of logistics," Research Collection 2004-12, *The Korea Transportation Institute*, p.74-86.
- [4] Cho S. H.(2009), "A Study on the activate transport goods by the railroad through the analysis of users selection of factors," *Journal of Korean Port Economics*, vol. 25, no. 2, pp.247-258.
- [5] Kim E. M., Park D. J., Ko Y. S., Kim H. S. and Park H. J.(2009), "The analysis on competitiveness of railroad transport focused on container, cement, steel," *The Korean Society for Railway*, vol. 12, no. 5, pp.613-622.
- [6] Kim K. T., Kim H. S., Won J. W. and Bang Y. K.(2013), "The improvements on the railway logistics process of bulk cement," *Korea Logistics Review*, vol. 23, no. 1, pp.147-169.
- [7] Mun J. S. and Lee J. M.(2007), "Development of Support Measures for Increasing Rail Freight," *The Korea Transport Institute*, p.73-94.
- [8] Choi C. H.(2009), "A Study on the Mode Choice Factors and Determinant Models of Shippers Using Unit-Load System -Focusing on the Analysis of Truck-Rail Competition-," *Seoul Studies*, vol. 10, no. 3, pp.115-132.
- [9] Choi C. H.(2012), "A Study on the Resistance Factors about Modal Shift of Container Transport by Land: Focusing on the Transfer Nodes between Truck Links and Freight Train Links," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 30, no. 3, pp.17-30.
- [10] Jung S. B.(2011), "Analysis of the effects of transshipment in railway freight transportation," *Korean Journal of Logistics*, vol. 19, no. 1, pp. 159-168.
- [11] De Jong G. C., Vellay C. and Houée M.(2001), "A joint SP/RP model of freight shipments from the region Nord-Pas-de-Calais," *Proceedings of the European Transport Conference 2001: Freight and Logistics*, Cambridge, p.32.

- [12] Fowkes A. S., Firmin P. E., Whiteing A. E. and Tweddle G.(2001), "Freight road user valuations of three different aspects of delay," Proceedings of the European Transport Conference 2001: Freight and Logistics, Cambridge, p.47.
- [13] Arnold P., Peeters D. and Thomas I.(2004), "Modelling a rail/road intermodal transportation system," *Transportation Research E*, vol. 40E, no. 4, pp.255-270.
- [14] Rich J., Holmblad P. and Hansen C.(2009), "A Weighted Logit Freight mode-Choice Model," *Transportation Research E*, vol. 45, pp.1006-1019.
- [15] Oum T.(1979), "Derived demand for freight transport and inter-modal competition in Canada," *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 13, no. 2, pp.149-168.
- [16] Abdelwahab W. and Sargious M.(1992), "Modelling the Demand for Freight Transport: a new approach," *Journal of Transportation Economics and Policy*, vol. 26, pp.49-70.
- [17] Beuthe M., Jourquin B., Geerts J. F. and Koul H. C.(2001), "Freight transportation demand elasticities: a geographic multimodal transportation network analysis," *Transportation Research E*, vol. 37E, no. 4, pp.253-266.
- [18] Korea Transport Database, <http://www.ktdb.go.kr>, 2015. 3. 22.
- [19] Choi C. H.(2015), "Transfer Resistance Factors and Policy Directions in Railway Stations of Bulk Freight," *Journal of the Korean Society for Railway*, vol. 18, no. 6, pp.596-608.
- [20] Ha O. K., Ha D. I., Park D. J., Lee Kang D. and Choi C. H.(2011), "Decision Making Model for the Introduction of RFID by Food and Beverage Industry Using Logit Model," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 10, no. 1, pp.91-99.
- [21] Vieira L.(1992), The Value of Service in Freight Transportation, Ph.D Dissertation(MIT), Cambridge, MA, p.81-105.
- [22] Choi C. H., Shin S. J., Park D. J., Kim H. S. and Jin J. W.(2008), "Mode Choice Characteristics of rail Freight Transportation," *Journal of the Korean Society for Railway*, vol. 11, no. 6, pp.588-595.
- [23] Jeong B. H. and Choi C. H.(2011), "Results of the Foreign Modal Shift Projects and Policy Directions for the Promotion of Modal Shift Services in Korea," *Journal of Korea Port Economic Association*, vol. 27, no. 2, pp.137-161.

저자소개



최 창 호 (Choi, Chang-Ho)
 1998년 2월 서울대학교 박사 (교통경제 및 물류 전공)
 2002년 9월 ~ 현재 : 전남대학교 교수 (경상학부 물류교통학전공)
 e-mail : jc1214@jnu.ac.kr