

철도 화물 수송수단 선택 특성 연구¹⁾

Mode Choice Characteristics of Rail Freight Transportation

최창호[†] · 신승진^{*} · 박동주^{**} · 김한수^{***} · 진장원^{****}

Chang-Ho Choi · Seung-Jin Shin · Dong-joo Park · Han-Soo Kim · Jang-Won Jin

Abstract This study is carried out for understanding mode choice behavior of shippers and introducing ideal mode share between rail and truck in Korea. The model type is individual behavioral model and the input data type is stated preference (SP) data. SP data was prepared by design of experiments. The explanatory variables in models are transport time, transport cost and service level.

The research result shows that it is more effective to reduce transport cost rather than to implement other strategies. For container, reducing transport cost and transport time and increasing service level simultaneously can strengthen the competitiveness of rail over truck transportation. On the other hand, for bulk freight such as cement and steel, it is better to reduce the transport cost than to do other attributes.

Keywords : commodity type, rail transportation, behavioral model, SP data, elasticity, value of travel time

요 지 본 연구는 우리나라 화주의 수송수단 선택특성을 파악하는 목적으로 수행하였다. 모형의 형태는 개별행태모형이며 SP 자료를 이용하였다. SP 조사는 실험설계를 통해 준비하였다. 고려한 요인은 수송시간, 수송비용, 서비스 수준이다. 연구에서 도출된 시사점은 철도수송의 수요를 증대시키기 위해서는 수송비용을 감소시키는 전략이 가장 효과적이라는 것이다. 화물 품목별로 설명하면, 컨테이너는 수송비용의 감소와 더불어 수송시간을 단축시키고 서비스 수준을 개선할 때 공로수송에 비하여 경쟁력을 확보할 수 있는 것으로 평가되었다. 반면에 양회와 철강 등 벌크화물은 다른 요소보다 수송비용을 인하하는 정책이 효과적이다.

주요어 : 화물품목, 철도수송, 행태모형, SP 자료, 탄력성, 시간가치

1. 서론

1.1 연구의 배경

2006년도의 우리나라 국내화물 수송수단별 분담률(ton 기준)을 살펴보면 공로 76.62%, 해운 17.05%, 철도 6.27%, 항공 0.05% 등이다. 5년 전인 2001년과 비교하면 공로와 철도는 각각 2.40%, 0.02% 증가한 반면에 해운과 항공은 2.42%, 0.01%로 감소하였다. 공로와 해운의 변화폭이 큰 반면에 철도와 항공의 변화는 상대적으로 작다. 경부고속철

도의 건설에 따라 철도수송의 활성화를 기대한 것에 비하면 철도의 수송 분담 변화가 예상에 못 미치고 있다. 우리나라의 경우 국토 공간 구조와 대규모 간선도로망의 확충 등으로 공로수송이 타 수송수단에 비하여 경쟁력을 갖는다는 점을 감안하여도 철도수송의 비중이 낮은 것은 사실이다.

철도의 화물수송을 활성화시키는 근본적 대안은 화주가 철도를 좋아하게 만드는 것이다. 구체적으로 말하면 육상으로 수송하는 화물의 총량(stock)은 변화가 적은 만큼 경쟁관계에 있는 공로수송이 처리하는 물동량을 철도수송으로 전환시키는 전략이다.

이를 위해서는 화주가 수송수단을 선택하는 특성을 연구하는 것이 필요하다. 우리나라의 경우 철도수송에 대한

[†] 책임저자 : 정희원, 전남대학교 경상학부 부교수
E-mail : jc1214@jnu.ac.kr
TEL : (061)659-3344 FAX : (061)659-3349

^{*} 한국교통연구원 국가교통D/B센터 연구원

^{**} 교신저자 : 정희원, 서울시립대학교 교통공학과 부교수

^{***} 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

^{****} 충주대학교 토목공학부 부교수

¹⁾ 본 논문은 2007년도 11월 제57회 대한교통학회 학술발표회에서 발표한 "SP 자료를 이용한 화물품목별 수단선택모형 구축" 논문을 수정 보완하여 재구성한 것입니다[23].

기초연구가 부족하며, 특히 화주가 수송수단으로서 철도를 선택하는 특성을 파악한 연구사례는 소수이다. 따라서 철도에 초점을 둔 수송수단 선택특성을 연구하려는 노력이 필요한 시점이다.

1.2 연구의 목적과 범위

본 연구는 우리나라에서 육상수송을 하는 화주의 수송수단 선택 특성을 파악하여 철도와 공로의 합리적인 수송 분담 구조를 이루도록 하는데 필요한 기초 자료를 제공함을 목적으로 한다. 합리적인 수송 분담에 대한 정답은 없으나 지금과 같은 공로 중심의 수송체계로부터 철도의 역할을 증대시켜 두 수송수단이 상호 효율적인 역할을 하도록 유도함을 의미한다. 또한 본 연구에서 의도하는 효율적인 역할분담은 수송과 관련된 물류비용이 최소화되도록 철도와 공로수송의 비율을 조정하는 것이다.

지금까지 국내외에서 화주의 수송수단 선택특성을 파악하는 연구는 두 가지 형태로 진행되어 왔다. 하나는 화주가 수송수단을 선택하는 요인(factor)을 파악하는 연구이고, 다른 하나는 실제 수송수단을 선택하는 모형(mode choice model)을 추정하고 이를 해석하는 연구이다. 전자의 경우 외국에서는 다양한 연구사례가 있고 우리나라도 최창호(1999a, 2006), 정승주 외(2004) 등의 연구사례가 있다[1-3]. 반면에 후자는 중요성에 비하여 연구사례가 적으며, 따라서 본 연구도 후자를 연구 대상으로 선택하였다. 전자와 후자를 동시에 연구하지 못하는 이유는 전자는 화주의 인식(perception)을 파악한 척도자료(scale data)를 이용하는 반면에 후자는 수송비용과 수송시간 등 실제 조사된 자료를 이용하므로 자료의 성격이 달라 하나의 모형에 적용할 경우 해석이 어려운 한계가 있기 때문이다.

연구의 진행은 다음과 같다. 2장에서는 선행연구 조사를 통해 본 연구에 필요한 시사점을 도출하였고, 3장은 모형의 형태를 결정하고 이에 필요한 자료수집 과정을 정리하였다. 4장은 수송수단 선택모형을 추정하고 모형에 나타난 특성을 해석하였으며, 5장에서는 모형을 적용하여 화주의 수송수단 선택 특성을 해석하였다. 그리고 6장은 연구의 결과와 향후 보완방향을 제시하였다.

2. 선행연구 조사 및 시사점

2.1 선행연구 조사

우리나라에서 화물수송과 관련하여 수단선택모형을 연구한 사례는 많지 않다. 모형의 추정 사례는 수송수단과 자료 형태에 따라 구분된다.

우선, 수송수단에 따른 차이는 영업용화물차와 자가용화

물차 등 공로 수송수단 안에서의 경쟁관계를 고려한 것과 공로, 철도, 해운 등 수송수단 사이의 경쟁관계를 고려한 사례이다. 다음으로, 적용한 자료의 형태에 따른 차이는 현실의 상황을 조사한 RP 자료(revealed preference data)를 사용한 경우와 가상의 선택상황을 구현한 SP 자료(stated preference data)를 사용한 경우로 구분된다.

Table 1. Estimated freight mode choice models in Korea

Researcher	Mode	Data type
Ha et al.(1996)	Road, Rail, Marine	SP
KOTI(1998)	Road, Rail	RP
Choi et al.(1999b)	Road	RP
Choi(2004)	Road	SP
Kim(2006)	Road, Marine	SP

Table 1은 우리나라에서 수행된 수송수단 선택모형의 연구사례를 정리한 것이다. 모형의 추정을 위해 사용한 통계적 기법은 모두 로짓(logit) 모형이다.

수송수단에 따라 모형의 추정사례를 정리하면, 하원익 외(1996)와 김강수(2006)는 수출입 컨테이너 내륙수송에 초점을 두었고, 최창호 외(1999b)와 최창호(2004)는 공로 수송수단에서 자가용화물자동차와 영업용화물자동차의 경쟁관계를 연구하였다[4-7]. 따라서 철도와 공로의 경쟁관계를 연구한 사례는 한국교통연구원(1998)이 유일하다[8]. 화물수송의 시간가치 추정을 위해 소수 연구가 진행되었으나 수송수단 사이의 경쟁관계를 해석하는 목적이 아니므로 본 연구에서는 이를 배제토록 한다.

적용한 자료의 형태에 따라 모형의 추정사례를 정리하면, 최창호 외(1999b), 한국교통연구원(1998) 등 RP 자료를 이용한 두 연구는 화주를 대상으로 대규모 조사가 가능한 상황에서 진행되었고 통계적으로 유의한 수준의 자료가 확보된 경우이다[6,8]. 반면에 하원익 외(1996), 김강수(2006), 최창호(2004)는 조사여건의 제약과 학술 목적의 연구 등으로 조사가 용이한 SP 자료를 사용하였다[4,5,7].

외국의 경우는 우리나라에 비하여 다양한 연구가 수행되었다. 철도와 공로의 경쟁관계를 설정한 사례로 Winston(1981)과 Fowkes et al.(1991), Vieira(1992) 등이 있다[9-11]. 해운이나 복합운송까지 확대한 연구는 De Jong et al.(1992), Park(1995), De Jong et al.(2001)에서 사례를 찾을 수 있다[12-14]. 보다 최근에 철도와 공로의 경쟁관계를 연구한 사례로 Shinghal et al.(2002)은 인도 지역의 화물 수송수단 선택특성을 연구하였다[15]. Norojono et al.(2003) 역시 인도네시아를 사례로 철도와 공로의 수단분

담 특성을 분석하고 이를 이용하여 철도 물류 이용을 증대시키는 방안을 제시하였다[16]. 이탈리아를 대상으로 연구한 Bolis et al.(2003)은 철도가 정시성을 확보한다면 공로에 비하여 경쟁력을 확보할 수 있음을 입증하였다[17].

2.2 선행연구의 시사점

선행 연구에서 최창호(1999a), 한국교통연구원(1998), Winston(1981)을 제외한 연구는 모두 SP 자료를 사용하였다[1,8,9]. 특히 최근에 추정된 철도와 공로의 수단선택 모형은 모두 SP 자료와 로짓 모형을 이용하였음을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 RP 자료를 얻기 위한 대규모 조사에 대한 부담과 더불어 SP 자료를 사용하여도 RP 자료를 사용하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있고 회주에 잠재된 선택특성을 보다 잘 이끌어 낼 수 있다는 장점이 부각되었기 때문이다. 또한 로짓 모형을 사용하는 것 역시 정산과정이 쉽고 이해가 빠르며 다른 모형을 사용할 때와 마찬가지로 정확성을 확보하기 때문이다.

우리나라의 경우 철도와 공로의 경쟁관계를 연구한 사례가 적고 더욱이 최근에 연구한 사례가 없어 철도에 대한 회주의 특성을 파악하기가 어렵다. 따라서 고속철도 개통과 간선철도망의 정비 등 수송환경의 변화를 반영할 수 있는 수송수단 선택 모형을 개발하여 회주가 수송수단 선택 과정에서 나타내는 특성을 파악할 필요성이 제기된다.

3. 모형의 형태 결정 및 연구 자료 수집

3.1 모형 및 연구 자료 결정

회주의 수송수단 선택특성을 파악하려는 연구 목적에 부합하는 모형은 개별행태모형이다. 개별행태모형이란 비집계 자료(disaggregate data)를 사용하므로 회주 개인별로 나타내는 수단선택 특성을 모형에 반영할 수 있다. 본 연구는 교통공학 분야에서 수송수단 선택을 구성하는데 가장 널리 사용되는 로짓 모형을 적용하였다.

연구 자료는 수송환경의 변화를 반영하고 다변화하는 화물운송시장에서 회주의 특성을 구체적으로 파악하려는 목적이므로 RP 자료보다 SP 자료를 이용하는 것이 적합하다고 판단하였다.

SP 자료를 얻기 위한 SP 조사는 개별 응답자에게 가상적인 상황으로 구성된 대안들을 제공하며, 대안들은 각각 특성을 대표하는 요소들(예컨대 수송비용, 수송시간 등)로 구성된다. 응답자들은 주어진 대안들에 대해 선호하는 순서를 매기거나(ranking), 척도로 표시하거나(rating), 또는 선호하는 대안을 선택(choice)한다. 선행 연구에서는 대부분 가장 선호하는 대안을 선택하는 방법을 사용하였으며, 본

연구 역시 선택에 의한 방법을 사용하였다[18]. 다만, SP 조사는 가상적인 시나리오를 구성함에 따라 조사 과정에서 응답오차가 발생할 수 있는 한계가 있다.

3.2 SP 조사 설계 및 연구자료 수집

1) SP 조사 설계

SP 조사는 연구의 취지에 따라 고속철도 개통 후 철도 수송체계 개편 및 철도시설개량에 따른 화물품목별 수단선택 가능성을 조사·분석하여 품목별 수단분담모형을 구축하는 방향으로 진행하였다. 조사 시기는 2007년 2월에서 6월까지이다.

화물 품목은 철도가 공로에 비하여 경쟁력을 가지며 철도시설의 개량을 통하여 공로에서 철도 수송으로 전환할 가능성이 있는 품목 및 장래 품목별 화물수요의 변화, 그리고 철도망 정비 계획 등을 종합적으로 판단하여 컨테이너, 철강, 양회를 선정하였다. 따라서 SP 조사의 대상은 3개 화물품목의 회주이다.

SP 조사는 철도와 공로 등 두 가지 대안에 대해서 응답자인 회주가 보다 나은 선호를 갖는 대안을 선택하도록 하였다. 선택상황은 화물품목별, 수송거리별로 나누어 설정하였다. 화물수송은 거리에 따라 수단선택에 영향을 받을 수 있으며, 특히 철도를 이용할 경우 거리의 영향을 더욱 크게 받는다. 이에 따라 본 연구는 컨테이너, 양회, 철강 등 화물품목별 구분과 더불어, 이들 품목의 실제 수송환경을 조사하고 대표성을 갖는 수송거리에 따라 구분하여 수단선택 특성을 파악토록 하였다.

수송조건은 편도이며 수송규모는 컨테이너의 경우 40FT, 양회와 철강의 경우 25톤이다. 수송거리는 공로와 철도의 경쟁이 이루어지는 거리를 감안하여 단거리(150km 이하), 중거리(150km 초과 300km 미만), 장거리(300km 이상)로 구분하였다.

SP 조사의 속성변수는 선행 연구에서 수송수단 선택모형에서 가장 중요하게 다루어지는 것으로 판명된 “수송비용”, “수송시간” 및 화물수송 과정에서 회주가 체험하는 비계량적 요소인 “서비스 수준” 등 3가지를 선정하였다. “서비스 수준”은 정해진 시간에 목적지에 도착하는 “신뢰성(reliability)”, 필요할 때 차량을 이용할 수 있는 “가용성(availability)”, 파손이나 분실 등 화물수송 과정에서 겪게 되는 “안전성(safety)”, 화물의 위치나 도착에 대한 “정보(information)” 등을 포함하는 광의적 의미로 정의하였고, 이를 설문 전에 응답자에게 설명하고 이해토록 하였다. 서비스 수준의 설정은 선행 연구를 참조하여 만족도가 높은 경우 100%, 보통인 경우 80%, 불만족인 경우 60%로 구분하였다. SP 조사 설계에서 수준의 구성은 보편적으로 적

용되는 3수준계 직교배열표를 사용하였다.

2) 연구자료 수집

예비조사 후 설문지의 보완 및 수정과정을 통하여 본조사를 실시하였으며, 조사 내용의 어려움을 감안하여 조사원이 화주를 직접 방문하여 설명을 하고 응답토록 하였다. 수거된 설문지 중에서 동일한 응답을 반복하였거나 논리적으로 모순된 응답을 한 것 등은 분석 대상에서 제외하였다.

논리적 모순이란 임의의 응답자에 대해서 SP 실험에서 제시한 몇 가지 종류의 질문에 대해 응답하지 않은 경우로 응답자가 SP 실험을 충분히 이해하지 못하거나 선택이 고정적이어서 수송 수단 선택의 전후 관계를 고려하지 않은 경우에 해당된다. 또한 응답자의 연령, 취급 품목, 화물 규모 등과 같은 개인 속성 자료의 누락 등이 발견되는 경우도 분석에서 제외하였다.

이상의 과정을 거쳐 정리한 자료는 Table 2와 같으며, 화물의 품목과 수송거리에 따라 시장분할(market segmentation) 하였다.

Table 2. Market segmentation and number of available data

Item	Container		Cement		Steel	
	Middle	Long	Short	Middle	Middle	Long
No. of respondent	114	110	71	68	60	65
No. of available SP data	1,026	990	639	612	540	585

4. 화물 수송수단 선택모형의 추정

4.1 모형의 구성

화물의 품목 및 수송거리에 따른 모형의 종류는 Table 3에 정리하였다. 효용함수는 수송시간과 서비스 수준 및 수송비용을 설명변수로 구성하였고 공로수송을 기준범주로 설정하여 화주가 보이는 공로수송에 대한 철도의 상대적 효용을 파악토록 하였다.

4.2 모형의 추정 및 결과 검증

1) 모형의 추정 및 유의성 검증

Table 3의 구분에 따라 추정한 수단선택모형은 Table 4에 정리하였다. 우선 모형의 적합성을 나타내는 우도비(ρ^2)는 0.15~0.32 사이에 존재하여 모형에 따라 일정수준의 유의성을 확보하고 있다. 통상적으로 우도비(ρ^2)가 0.2~0.4 사이의 값을 가지면 통계적으로 유의한 수준으로 평가한다. 선행 연구에서 여객교통과 비교하여 화물교통의 수단선택모형은 우도비가 낮게 도출되는데, 이는 통행을 구성하는 개체

Table 3. Model types according to market segmentation

Model type		Market segmentation	Utility function
Model 1		Total	$V_{im} = \beta_0(dummy) + \beta_1(TIME) + \beta_2(SL) + \beta_3(COST)$ where, V_{im} : utility function $\beta_0 \sim \beta_3$: parameter Dummy: rail TIME: transport time SL: service level COST: transport cost
By item	Model 2	Container (Total)	
	Model 3	Cement(Total)	
	Model 4	Steel(Total)	
By distance	Model 5	Container (middle dist.)	
	Model 6	Container (Long dist.)	
	Model 7	Cement (Short dist.)	
	Model 8	Cement (Middle dist.)	
	Model 9	Steel (Middle dist.)	
	Model 10	Steel (Long dist.)	

Table 4. The results of modelling

Model type	Parameter (t-value)				ρ^2
	Dummy	TIME	SL	COST	
Model 1	-0.3218 (-2.28)*	-0.1501 (-10.03)***	0.0228 (9.17)***	-0.1934 (-17.07)***	0.20
Model 2	0.3961 (1.56)	-0.2857 (-5.84)***	0.0373 (7.92)***	-0.1986 (-11.18)***	0.29
Model 3	-0.5647 (-1.11)	-0.1093 (-2.62)**	0.0176 (4.09)***	-0.2312 (-9.88)***	0.19
Model 4	-1.7649 (-3.76)***	-0.1064 (-2.66)**	0.0165 (3.39)***	-0.2128 (-8.37)***	0.17
Model 5	-0.1115 (-0.26)	-0.2106 (-2.00)*	0.0434 (5.71)***	-0.2604 (-7.95)***	0.33
Model 6	0.4751 (1.18)	-0.2737 (-4.22)***	0.0336 (5.47)***	-0.1702 (-8.17)***	0.27
Model 7	-0.4626 (-0.58)	-0.1316 (-2.06)*	0.0167 (2.79)***	-0.2392 (-6.46)***	0.16
Model 8	-0.6941 (-1.04)	-0.0877 (-1.59)	0.0181 (2.87)**	-0.229 (-7.54)***	0.22
Model 9	-2.4227 (-3.19)***	-0.0773 (-1.20)	0.0122 (1.78)	-0.2447 (-6.38)***	0.20
Model 10	-1.3317 (-2.21)*	-0.1226 (-2.40)*	0.0212 (3.02)***	-0.1873 (-5.40)***	0.16

*: Significant Level 90%, **: Significant Level 95%, ***: Significant Level 99%

가 여객교통에 비해 복잡하고 통행의 균질성도 떨어지기 때문으로 평가되고 있다. 개별 계수(parameter)의 통계적 유의성(t-값)과 효용의 부호도 모두 적절하게 도출되었다.

컨테이너를 대상으로 추정한 모형 2, 모형 5, 모형 6은 다른 화물품목에 비하여 통계적 유의성이 높게 나타났다. 이는 수송 단위가 컨테이너라는 용기로 단순화되었고, 수송 비용과 수송시간에 대한 정형화가 어느 정도 이루어져 화주의 효용이 다른 품목에 비하여 정확하게 반영되었기 때문으로 해석된다.

수단더미를 기준으로 화주가 보이는 공로에 대한 철도의 상대적 효용을 살펴보면, 특히 장거리 컨테이너 수송에서 공로보다 철도를 선호함을 알 수 있다. 이로부터 컨테이너는 장거리 수송을 중심으로 철도가 공로에 대한 경쟁력을 확보할 가능성이 있다고 평가된다. 반면에 다른 화물품목은 철도에 비효율을 나타내 철도의 경쟁력 확보가 쉽지 않을 것으로 예상된다.

2) 화물품목에 따른 시장분할 결과 검정

컨테이너, 양회, 철강 등 화물품목에 따라 추정된 모형에서 개별 계수의 비교를 위한 가설검정 결과는 Table 5와 같다. 수송비용을 제외하면 컨테이너 vs. 양회 및 컨테이너 vs. 철강의 경우 통계적으로 충분히 다른 것으로 분석되었으나, 양회 vs. 철강의 경우는 모든 계수가 통계적으로 다르지 않은 것으로 나타났다.

이와 같은 결과가 도출된 배경은 화주가 화물의 품목과 관련 없이 수송비용을 중요하게 생각하며, 양회와 철강은 벌크(bulk) 화물이라는 유사한 특성을 갖기 때문으로 해석된다.

Table 5. Testhypothesis of parameter on item

Parameter	Container vs. Cement	Container vs. Steel	Cement vs. Steel
TIME	-2.7457	-2.8389	-0.0499
SL	3.0872	3.0681	0.1631
COST	1.1010	0.4584	-0.5317

3) 수송거리에 따른 시장분할 결과 검정

화물품목을 수송거리에 따라 구분한 모형에 대해 개별 계수의 비교를 위한 가설검정 결과는 Table 6과 같다. 컨테이너 중거리 vs. 장거리의 수송비용을 제외한 모든 설명변수의 값이 통계적으로 다르지 않은 것으로 나타났다.

컨테이너의 거리별 시장분할에서 모형전체 비교를 위한 가설검정에서 계산된 우도비 검정통계량 7.28은 유의수준 0.5%에서 귀무가설이 채택되어 각 그룹 간 추정 계수값 벡터의 차이가 뚜렷이 다르지 않은 것으로 분석되었다. 또한 양회와 철강에서 모형전체 비교를 위한 가설검정에서 계산된 우도비 검정통계량 1.36(양회)/3.61(철강)은 유의수준

0.5%에서 귀무가설이 채택되어 각 그룹 간 추정 계수값 벡터의 차이가 뚜렷이 다르지 않은 것으로 분석되었다.

Table 6. Testhypothesis of parameter on distance

Parameter	Container	Cement	Steel
	Middle vs. Long	Short vs. Middle	Middle vs. Long
TIME	0.5086	-0.5189	0.5505
SL	1.0053	-0.1571	-0.9124
COST	-2.3217	-0.2148	-1.1097

통계적 검정 결과 거리에 따른 시장분할은 적합하지 않은 것으로 판명되었다. 이와 같은 결과가 도출된 원인은 국토공간이 협소함에 따른 것이 가장 클 것으로 판단된다. 공로수단만으로도 국토의 대부분 지역을 수송할 수 있기 때문에 수송거리에 따른 차별성을 중요하게 생각하지 않는다는 의미이다. 이로부터 철도가 공로에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서는 단순한 수송거리의 비교보다는 수송비용과 서비스 수준의 우위까지를 포함하는 포괄적 개념으로 접근할 필요성이 제기된다.

4) 화물 수송수단 선택모형의 선정

이상과 같은 모형의 추정 및 통계적 검정 절차를 거쳐 Table 7에 정리한 수단선택 모형을 선정하였다. 모형은 Table 4에서 모형 2(컨테이너), 모형 3(양회), 모형 4(철강)에 해당되며, 수송거리에 따라 분류하지 않은 것이다.

Table 7. Selected mode choice models by item

Item (Model)	Utility function
Container (Model 2)	$U_{rail} = 0.3961 - 0.2857TIME + 0.0373SL - 0.1986COST$ $U_{road} = -0.2857TIME + 0.0373SL - 0.1986COST$
Cement (Model 3)	$U_{rail} = -0.5647 - 0.1093TIME + 0.0176SL - 0.2312COST$ $U_{road} = -0.1093TIME + 0.0176SL - 0.2312COST$
Steel (Model 4)	$U_{rail} = -1.7649 - 0.1064TIME + 0.0165SL - 0.2128COST$ $U_{road} = -0.1064TIME + 0.0165SL - 0.2128COST$

앞서 화물품목에 따른 시장분할 결과의 검정에서 양회와 철강의 수단선택모형이 통계적으로 다르지 않음이 판명되었으나, 본 연구의 목적이 화물의 품목에 따라 모형을 추정하는 것이므로 개별 품목별로 모형을 제시하였다. 또한 개별 계수의 절대 값이 달라 그에 따른 탄력성 등도 다르게 나타나므로 품목별로 다른 모형을 제시하는 것이 타당하다고 평가된다.

5. 모형의 활용성 평가 및 결과 해석

본 연구에서 추정된 모형은 철도와 공로의 경쟁관계에 따른 수송수단 분담률을 예측하는 데에 적용될 뿐만 아니라 모형을 이용하여 정책결정 과정에 필요한 기초자료를 제공할 수 있다. 정책결정 과정에서 활용되는 것은 탄력성(elasticity)이며, 시간가치(value of travel time)는 화물수송의 중요성을 평가하거나 교통시설 투자사업의 경제성을 평가하는 지표로 활용된다.

5.1 모형의 예측력 및 적용성 평가

추정된 모형을 활용하면 수송환경이 변화할 때 수송수단별 분담률의 변화를 예측할 수 있다. 예컨대 수송수단별 비용의 변화가 발생할 때 모형을 이용하여 새롭게 바뀌는 수송수단별 분담률을 산정한다.

이를 위해서는 추정된 모형이 어느 정도 현실 적용성을 확보하는지를 평가해 보아야 한다. 평가하는 방법은 적중률(hit ratio)을 이용한다. 적중률이란 모형에 따라 예측된 수송수단과 실제로 선택된 수송수단이 서로 일치하는 비율을 말한다. Table 7의 모형에 대해 적중률을 계산한 결과 Table 8과 같이 76.2%~56.3%로 나타났다.

Table 8. Hit ratio of selected mode choice models

Item (Model)	Log-likelihood ratio (ρ^2)	Hit ratio (%)
Container (Model 2)	0.29	76.2
Cement (Model 5)	0.19	56.3
Steel (Model 4)	0.17	60.3

컨테이너의 적중률은 높은 반면에 양회와 철강은 모형의 우도비와 마찬가지로 약간 낮게 나타났으나 활용은 가능한 수준이다. 이로부터 컨테이너의 수단선택모형은 실용성이 확보되거나 양회와 철강은 현실 적용성이 다소 제한적일 것으로 평가된다.

5.2 탄력성의 범위 및 정책적 활용성 평가

탄력성이란 모형에 반영된 설명변수의 변화에 따른 수요의 변화 정도를 나타내며, 화물교통에서는 주로 수송비용이나 수송시간의 탄력성을 측정하여 정책의 활용 자료로 제공한다. Table 10은 Table 7의 모형으로 계산한 탄력성 결과이다.

외국에서 화물품목의 탄력성을 추정한 선행연구와 비교하면, Winston(1981)은 공로수송에서 비용탄력성은 -0.04~-2.97, 시간탄력성은 -0.15~0.69이며, 철도수송에서 비용탄력성은 -0.08~2.68, 시간탄력성은 -0.07~2.33에 분포하는

것으로 제시하였으나 본 연구와 직접 비교할 만한 품목이 없어 대략적인 분포만 비교할 수 있다[9].

Oum et al.(1992)의 연구에서 본 연구와 유사한 품목의 비용탄력성을 찾을 수 있다. 철도수송의 경우 철강은 -1.00~-2.20의 범위에 분포하며 양회는 -0.80~1.70의 범위를 갖는다. 공로수송에서는 철강은 -0.30~1.10에, 양회는 -1.0~-2.20에 분포한다[19]. Small et al.(1999)의 연구는 화물수송의 탄력성이 수송비용은 공로 -0.04~2.97, 철도 -0.08~2.68에, 수송시간은 공로 -0.15~0.69, 철도 -0.07~2.33에 분포한다고 하였다. 컨테이너는 선행 연구에서 추정된 사례가 없어 정확한 비교가 어렵다[20].

국내의 연구사례와 비교하면, 컨테이너 수송에 대해 탄력성을 추정된 유일한 사례로 하원의 외(1996)가 있다[4]. 이 연구에서 컨테이너의 수송비용에 대한 탄력성은 철도(-3.46), 공로(-3.81)이며, 수송시간은 철도(-1.90), 공로(-1.44)로 나타났다. 수송비용과 수송시간 모두 탄력적이다. 다음으로 화물의 품목에 따라 탄력성을 추정된 사례는 최창호(2003)가 있는데, 19개 화물품목별로 공로수송에 대한 탄력성만을 추정하였다[21]. 수송비용은 -0.08~4.19까지 변화하였고 수송시간은 -0.10~3.13까지 변화하였다. 벌크에 속하는 화물은 수송비용과 수송시간의 탄력성이 대부분 탄력적으로 나타났다.

Table 9. Elasticities by items and modes

Item	Variables	Elasticity	
		Rail	Truck
Container (Model 2)	Transport Time	-1.43	-1.74
	Service Level	1.24	1.60
	Transport Cost	-2.88	-4.38
Cement (Model 3)	Transport Time	-0.86	-0.25
	Service Level	0.67	0.70
	Transport Cost	-2.50	-3.65
Steel (Model 4)	Transport Time	-0.31	-0.28
	Service Level	0.89	0.40
	Transport Cost	-3.94	-2.47

Table 9에서 화물 품목별로 나타난 탄력성을 살펴보면, 모든 품목에 있어 수송비용의 탄력성이 수송시간이나 서비스 수준의 탄력성보다 높다. 이는 화물 수요를 증대시키는데 있어 수송시간을 단축시키는 정책보다는 요금을 인하하는 정책이 더욱 효과적인 방안임을 의미한다. 특히 양회와 철강은 수송시간에 대하여 비탄력적으로 나타나고 있다. 이는 화물의 가격이 낮고 부피가 큰 벌크화물에서 주로 나타나는 특징으로 수송시간에 대한 중요성이 다른 화물품목보

다 상대적으로 낮게 분포하기 때문이다. 서비스 수준 역시 컨테이너는 탄력적인 반면에 양회와 철강은 비탄력적으로 나타났다. 수송시간과 유사한 이유로 해석된다.

Table 9에 나타난 특징을 요약하면, 컨테이너는 수송시간과 수송비용, 서비스 수준에 모두 탄력적으로 수송환경의 변화에 매우 민감하게 반응하는 화물임을 알 수 있다. 반면에 벌크화물인 시멘트와 철강은 다른 변수의 변화에 따른 영향력은 적게 받는 반면에 수송비용의 변화에는 절대적인 영향을 받는 것으로 해석된다. 따라서 철도수송의 부담률을 높이기 위해서는 컨테이너는 모든 수송환경을 현재보다 개선해주는 노력이 필요하며, 양회와 철강 등 벌크화물은 수송비용을 주로 인하해주는 정책이 효율적인 방안으로 평가된다.

5.3 시간가치의 추정 및 시사점

화물수송의 시간가치는 화주가 1단위의 수송시간을 줄이기 위해 희생할 용의가 있는 금전비용으로 해석하며, 모형에서 시간의 파라메타와 비용의 파라메타의 비율로 계산된다. 시간가치는 Table 10과 같이 컨테이너는 14,387 원/대, 양회는 4,728 원/대, 철강은 5,001 원/대로 산정되었다.

Table 10. Value of travel time (VOT) on items

		Container	Cement	Steel
Parameter	TIME	-0.2857	-0.1093	-0.1064
	COST	-0.1986	-0.2312	-0.2128
VOT (won/vehicle)		14,387	4,728	5,001

시간가치 추정 결과를 선행연구와 비교하면 최창호(2006)의 연구에서 서울과 부산 간을 운행하는 40ft 공로수송 컨테이너의 시간가치는 13,035~17,846 원/대에 분포하며 평균 15,526 원/대로 나타났다[22]. 본 연구에 철도를 이용하는 화주가 포함된 점과 철도수송의 시간가치가 공로수송보다 일반적으로 낮게 분포함을 볼 때 도출된 값은 적절한 수준으로 평가된다.

25톤 출하를 기준으로 한 양회와 철강의 시간가치를 톤 단위로 환산하면 각각 189 원/톤, 200 원/톤으로 계산된다. 최창호(2006)의 연구에서 컨테이너를 제외한 철도로 수송되는 일반화물의 시간가치가 100~500 원/톤 사이에 분포하는 결과와 비교할 때 역시 적절한 수준으로 평가된다[22].

우리나라의 경우 현재 경제성 평가에 적용되는 시간가치는 트럭 운전자의 임금으로 계산한 것으로 본 연구와 동일한 시점인 2007년을 기준으로 할 때 13,024 원/대이다. 일본과 미국의 경우는 수송되는 화물의 시간가치에 운전자의 임금 이외에도 수송 중인 화물의 재고가치와 화물자동차의

기회비용까지 포함하여 시간가치를 산정한다. 특히 일본의 경우는 철도로 수송되는 화물의 시간가치는 SP 자료를 이용하여 별개로 추정하며 임금율법으로 추정된 값보다 크게 나타남을 감안할 때 본 연구에서 추정된 시간가치가 현재 통용되는 시간가치보다 높게 도출되었다는 점은 임금을 위주로 반영되는 우리나라의 시간가치에 대한 보완 필요성을 제시한다.

시간가치는 교통시설 투자사업의 경제성 평가에 영향을 미친다. 특히 편익 중에서 시간가치 절감편익이 차지하는 비중이 30~60%나 차지하는 상황에서 어떠한 값의 시간가치를 적용하느냐에 따라 경제성 평가의 결과가 달라질 수 있다. 특히 현재 우리나라에서 적용되는 화물수송의 시간가치가 공로화물을 기준으로 책정된 값을 사용함을 감안하면 앞으로 본 연구와 같이 철도수송에 초점을 두고 추정된 시간가치를 반영하는 방안을 강구할 필요가 있다. 화물수송의 시간가치가 증가하면 철도시설의 투자에서 경제성이 확보되는 사업이 증가할 것으로 예상되며, 특히 산업단지나 물류시설로의 인입선 건설에 대한 타당성을 확보하는데 기여할 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 화물수송에서 공로와 철도의 경쟁구도를 설정하고 컨테이너, 양회, 철강 등 철도수송의 부담률이 높은 세 가지 화물품목의 수단선택 모형을 추정하였다. 이는 고속철도 개통 등 철도화물 수송체계의 변화에 따라 새로운 환경을 반영하는 수송수단 선택모형을 개발할 필요성에 따른 것이다.

모형의 형태는 개별행태모형이며, 적용한 자료는 SP 자료이다. SP 자료 확보를 위한 SP 조사는 실험설계를 통해 준비하였고 고려한 요인은 수송시간, 서비스 수준, 수송비용 등이다.

SP 자료를 이용한 수송수단 선택모형의 추정 결과 모형의 설명력 및 개별 파라메타가 통계적 유의성을 확보하였고 적응률 역시 일정 수준 이상으로 모형이 적절하게 추정되었다. 또한 모형을 활용하여 분석한 탄력성과 시간가치의 범위 역시 선행 연구와 비교할 때 적절한 수준으로 평가되었다. 다만, 수송거리에 따라 구분하여 추정한 모형은 통계적 유의성을 확보하지 못하였다.

탄력성 연구로부터 나타난 시사점은 철도수송에서 수송수요를 증대시키기 위해서는 수송시간을 단축하기 보다는 수송비용을 감소시키는 전략이 보다 적합하다는 것이다. 다시 말해 화주에게 시간단축에 대한 조건을 제시하기보다는 요금을 인하해 주는 것이 더 효과적이다. 화물품목별로 설명

하면, 컨테이너는 모든 수송환경을 현재보다 개선해 주는 노력이 필요하며, 양회와 철강 등 벌크화물은 수송비용을 주로 인하여 주는 정책이 효율적인 방안으로 평가된다.

화물수송의 시간가치는 현재 우리나라에서 적용되는 시간 가치보다 높은 수준으로 도출되었다. 현재의 시간가치가 공로화물을 기준으로 책정된 값을 사용함을 감안하면 앞으로 철도수송 특성을 반영하여 추정된 시간가치를 적용하는 방안을 강구할 필요가 있다.

본 연구는 공로와 철도의 경쟁관계를 구축하는 관계로 철도화물 수송에서 공로와 경쟁력을 확보할 수 있는 컨테이너, 양회, 철강 등 세 가지 품목에 한정하여 연구하였다. 그렇지만 지역별로 철도의 공급여건이 다르며, 화물의 품목에 따라서도 철도가 공로에 대한 균등한 경쟁력을 확보하지 못하는 경우가 있어 본 모형이 보편적으로 적용되는 데는 한계가 있음을 밝힌다. 이 부분은 후속 연구를 통해 보완되어야 하며, 보다 다양한 품목에 대한 수송수단 선택모형이 추정되기를 기대한다.

참고문헌

1. 최창호(1999a), "회주인식요소를 이용한 화물운송시장의 분할", 로지스틱스연구, 제7권 제1호, pp.6-22.
2. 최창호(2006), "규제완화 전후 제조업 회주의 인식 변화 연구" 로지스틱스연구, 제14권 1호, pp.97-124.
3. 정승주, 문진수(2004), "물류경쟁력 강화를 위한 철도화물운송 활성화 전략", 한국교통연구원.
4. 하원익, 남기찬(1996), "SP자료를 이용한 화물수송수단 선택모형의 개발 -컨테이너 내륙운송을 중심으로-", 대한교통학회지, 제14권 1호, pp.81-99.8.
5. 김강수(2006), "인천 송도남외항 건설 예비타당성조사", 한국개발연구원.
6. 최창호, 임강원(1999b), "인식요소를 적용한 화물운송수단선택 모형의 개발", 국토계획 Vol.34, No.5, pp.103-115.
7. 최창호(2004), "유료도로의 경제성평가를 위한 화물교통 통행시간가치 산정 연구" 국토연구 제43권, pp.109-125.
8. 한국교통연구원(1998), "21세기 국가철도망 구축 기본계획수립".
9. Winston, C. (1981), "A disaggregate model of the demand for intercity freight transportation", *Econometrica*, Vol.49, pp.981-1006.
10. Fowkes, S., Nash, A. and Tweddle, G (1991), "Investigating the market for inter-modal freight technologies", *Transportation Research A*, Vol.25, No.4, pp.161-172.
11. Vieira, L. (1992), "The value of service in freight transportation", Unpublished Ph. D. Dissertation(MIT), Cambridge, MA.
12. De Jong, Gommer, M. and Klooster, J. (1992), "Time valuation in freight transport: method and results", 20th PTRC Summer Meeting, Manchester.
13. Park, J. K. (1995), "Railroad marketing support system based on the freight choice model". Ph.D. Thesis, MIT.
14. De Jong, G, Velly C. and Houee (2001), "A joint SP/RP model of freight shipment from the region Nord-Pas de Calais", Paper Presented at the European Transport Conference.
15. Shinghal, N and Fowkes, T. (2002), "Freight mode choice and adaptive stated preferences", *Transportation Research Part E* 38, pp.367-378.
16. Norojono, O. and Young, W. (2003), "A stated preference freight mode choice model", *Transportation Planning and Technology*, Vol. 26, No. 2, pp.195-212.
17. Bolis, S. and Maggi, R. (2003), "Logistics strategy and transport service choices (an adaptive stated preference experiment)", *Growth and Change* Vol. 34 No. 4 (Fall 2003), pp.490-504.
18. 김강수(2001), "Stated Preference 조사설계 및 분석방법론에 대한 연구(1단계)", 한국교통연구원.
19. Oum, T., Waters, W. and Yong, J. (1992), "Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates," *Journal of Transport Economics and Policy*, May 1992, pp.139-154.
20. Small, K. and Winston, C. (1999), "The demand for transportation: models and applications," *Essays in Transportation Economics and Policy: A Handbook in Honor of John R. Meyer*. Brookings Institution Press, Washington, DC, pp.11-55.
21. 최창호(2003), "탄력성 분석을 통한 회주의 운송수단 선택특성 연구", 로지스틱스연구, 제11권 제1호, pp.107-124.
22. 최창호(2006), "화물수송의 통행시간가치 범위 산정", 국토연구원.
23. 박동주, 신승진, 최창호, 손의영, 김한수(2007), "SP 자료를 이용한 화물품목별 수단선택모형 구축", 제57회 대한교통학회 학술발표회 논문집, 대한교통학회.

접수일(2008년 8월 8일), 수정일(2008년 10월 31일),
 게재확정일(2008년 11월 5일)