

SP조사를 활용한 화물 전환수요모형 구축 연구*

Estimating Freight Shift Demand Models Using Stated Preference Survey

이향숙** · 추상호***

Lee, Hyang-Sook · Choo, Sang-Ho

Abstract

This study analyzes preference and shift effects of freight modes, based on a sensitivity survey for companies related to Mode Shift Support Business. Freight shift demand models from roads to rails or maritime are developed using the survey responses to travel time, travel cost and shift subsidy scenarios by a binary logit modeling approach. Results of the models for modes(rail/maritime), item(container), line(Seoul-Busan) indicate that the mode shift rate decreases as travel time and cost increase, while showing an opposite pattern in the case of shift subsidy. The container model was more influenced by travel time and cost than the total item model, but the effect by shift subsidy was less great. The value of travel time when taking rail or maritime was 10,618won for 20ft and 21,236won for 40ft. In the case of container, 9,455won and 18,911won, and in the case of Seoul-Busan line, 10,765won and 21,529won were estimated, respectively. The research contributes to improve current systems and establish proper subsidy standards.

키 워 드 · 전환교통 지원사업, 전환수요모형, SP조사, 통행시간가치

Keywords · Mode Shift Support Business, Freight Shift Demand Model, SP Survey, Travel Time Value

I. 서 론

세계 주요 선진국에서는 기후변화 대응 및 저탄소 녹색성장을 위한 노력의 일환으로 친환경적 화물운송체계를 구축하기 위한 다양한 정책을 수립해 오고 있다. 이중 대표적인 것이 전환교통(modal shift) 제도로 기존에 도로로 운송하던 화물을 철도 또는 연안해운으로 전환하는 방안이다. 이 제도를 통해 오염가스의 배출량을 감소시키고, 화물운송비를 절감할 수 있는 것으로 알려져 있다.

우리 정부에서도 여러 가지 법적·제도적 장치를

마련하고, 수송부문 온실가스 감축목표 및 운송수단별 화물수송실적 목표치를 설정하는 등 전 세계적인 환경보전 트렌드에 능동적으로 대응하고 있다. 특히, 녹색물류정책의 일환으로 「지속가능교통물류발전법」(2009.12)에 의거한 전환교통 지원사업을 2010년에 시범으로 시행하였으며, 이후 2011년부터 본 사업 진행 중에 있다.

전환교통 지원사업을 위해 2010년 시범사업에서는 철도부문에 17.5억원(117만톤), 연안해운부문에 8.9억원(28만톤), 2011년 본 사업에서는 각각 30억원(136만톤), 20억원(76만톤)

* 본 논문은 2012년 한국교통연구원이 지원한 “전환교통 지원사업 추진실태 및 수요예측 조사” 연구결과의 일부를 수정 및 보완한 것임

** 인천대학교 동북아물류대학원 조교수 (제1저자: hslee14@incheon.ac.kr)

*** 홍익대학교 도시공학과 부교수 (교신저자: shchoo@hongik.ac.kr)

이 투입된 바 있다. 현재까지는 참여 사업체로부터 수송실적, 운송운임, 운송시간, 전환물동량 등 통계자료를 수집하여 전환교통 지원사업 전·후 여건변화에 따른 운송시장의 변화를 분석해왔다. 그러나 이제는 지난 3년간의 사업실행 실적을 제대로 평가하고, 참여 사업체의 다양한 의견을 수렴하여 전환교통 지원사업을 전반적으로 재정비하며, 사업효과를 증대시키기 위한 다양한 개선책 마련이 필요한 시점이다.

본 연구에서는 실제 전환교통 지원사업에 참여하고 있거나, 참여해본 경험이 있는 사업체를 대상으로 SP(stated preference)조사를 수행하여 보조금 지급단계에 따른 전환교통 선호도를 조사하고, 이를 토대로 향후 수단전환 여부를 도출하고자 한다. 또한, 사업체의 희망 전환보조금과 이에 따른 예상 전환물동량을 조사하여 보조금에 따른 화물수요 탄력성을 분석하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 전환교통 지원사업의 보완 및 개선책 마련을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 문헌 고찰

일본, 미국, EU 등 선진국에서는 이미 한국의 전환교통 지원사업과 유사한 제도들을 오래 전에 마련하고, 성공적으로 운영하기 위한 다양한 연구를 수행해오고 있다. 일본에서는 대표적인 것이 그린물류 파트너십 회의로 화주와 물류업자의 연대를 통해 그린물류 정책을 펼치고자 하는 기구이다. 이산화탄소를 감축하기 위해 실증실험을 지원하고 파트너십을 독려하여 그에 따른 보조금을 지급하는 등의 노력을 기울이고 있다. 미국은 스마트웨이 수송 파트너십¹⁾을 통해 에너지 효율 향상, 온실가스와 대기오염물질 배출

억제, 에너지 안전 제고를 위한 방안을 지속적으로 마련하고 있다. 파트너가 되면 환경 당국으로부터 목표량에 따른 보조금을 지급받게 된다. EU의 경우 마르코 폴로 사업을 통해 녹색물류 전환 기업을 대상으로 보조금을 지급하거나 세약을 공제해 주는 제도를 시행하고 있다.

우리나라에서는 2000년 이후에 전환교통 제도의 필요성, 활성화방안, 정책방향 등에 대한 논의가 꾸준히 이루어져 왔다. 방연근 외(2003)는 중단거리 화물운송시장에서 철도물류의 경쟁력을 높이기 위해 전환교통의 도입이 필요함을 강조하였다. 정승주·문진수(2004)는 철도운송을 이용하는 화주의 서비스 인식을 조사하여 철도운송비용에 대한 화주의 탄력성을 추정하고, 그에 따른 철도운송의 활성화 방안을 제안하였다. 김영석(2007)은 철도화물운송의 환적 연계시스템을 개선하기 위한 정책적 방안을 제시하였으며, 문진수·이재민(2007)은 전환교통 활성화 지원제도의 향후 개선방향에 대해 논하였다. 전형진·고현정(2008)은 전환교통의 필요성을 제고하고, 기대효과 및 활성화 방안을 연구하였다. 구경모·오용식(2009)은 일본의 전환교통 정책의 추진현황을 분석하여 우리나라 도입의 필요성을 제안하였으며, 정봉현·최창호(2011)는 외국의 전환교통 추진사례를 토대로 국내 전환교통제도 도입시 기본적인 정책방향을 제시하였다. 박정상·박준태(2013)는 국내에서 추진 중인 철도전환교통보조금 사업의 실적, 효과 등을 살펴보고, 사업의 실효성을 높이기 위한 개선방향을 검토하였다.

한편 화물수송시 이동수단 선택에 대한 연구 사례는 매우 한정적이다. 운송요금, 운송비용 등에 따른 수단선택을 연구한 논문들은 <표 1>에 요약되어 있다. 이 중 하원익·남기찬(1996), 최창호(2004), 최창호 외(2008), 김

표 1. 선행연구 요약 Table 1. Literature Review

Author (year)	Survey period	Survey region	Survey target	Analysis contents
Ha et al. (1996)	1995. 8~9	Seoul, Incheon	42 container shippers	* modal choice model estimation (all & according to the number of employers, the quantity of freight) * elasticity range computation * utility curve expression
Choi (2004)	2004. 2	Chunan, Jeonju	1,025 drivers	* modal choice model estimation (all & according to car model, road type, type of business, cargo capacity) * value of travel time calculation
Lee et al. (2000)	-	over the country	transportation companies * container: 88 * steal: 62 * hazard: 61	* DMT utility function estimation (according to freight items - container, steal, hazard) * value of travel time estimation * elasticity range computation
Kim et al. (2008)	2007	over the country	200 shippers or transportation companies	* modal choice model estimation (according to freight items - container, bulk) * elasticity range computation * value of travel time estimation
Choi et al. (2008)	2007. 2~6	over the country	shippers * container: 224 * steal: 139 * cement: 125	* modal choice model estimation (according to freight items - container, steal, cement - and distance) * model verification by hit ratio * elasticity range computation * value of travel time estimation
Han (2008)	2006. 8~9	over the country	1,529 drivers	* modal choice model estimation (according to type of business, item and distance) * value of travel time estimation
Park et al. (2005)	-	Seoul, Incheon	330 shippers or transportation companies	* modal choice model estimation (according to changes in rail transport tariff and time) * mode conversion rate estimation * parameter estimation using ALOGIT program * direct and cross elasticity analysis * sensitivity analysis

찬성 외(2008)의 연구는 경쟁관계에 있는 수송 수단에 대한 SP조사를 실시하고, 그 결과를 토대로 수단선택모형 및 시간가치를 추정하는 것으로 본 연구와 관련이 깊다. 수단선택 대안을 자세히 살펴보면 하원의·남기찬(1996)은 공로, 철도, 해운, 최창호(2004)는 공로수단 중 자가용 화물자동차, 영업용 화물자동차, 최창호 외(2008)와 김찬성 외(2008)는 공로, 철도로 각각 설정하였다. 수단선택모형의 추정을 위해 사용된 통계적 기법은 모두 로짓(logit)모형이었으며, 이들 연구를 통해 산출된 컨테이너 40ft

의 시간가치는 14,000~15,500원 정도로, 이는 본 연구의 결과 검증에 활용되었다.

본 연구는 전환교통 지원사업과 관련 있는 사업체를 대상으로 수단선택대안을 도로, 철도/연안해운으로 설정하여 수단전환 여부를 분석하는데 그 목적이 있다. 일반적으로 고려되는 운송시간과 운송비용뿐만 아니라 전환보조금의 변화에 따른 전환교통 선호도를 함께 분석하고, 전환보조금에 따른 화물수요 탄력성을 분석하였다는 점에서 기존연구와 차별성을 가진다.

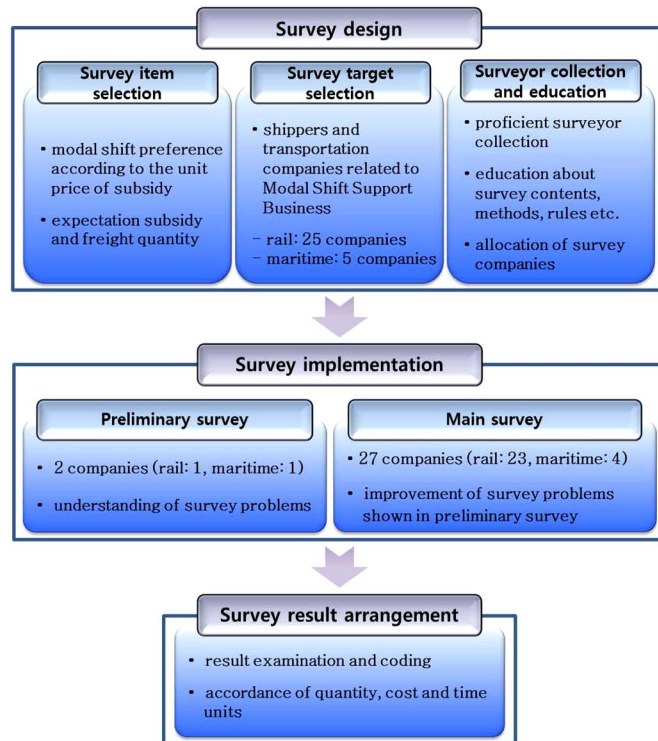


그림 1. 설문조사 수행 단계
Fig. 1. Survey process

III. 조사수행단계

SP조사는 크게 조사설계, 조사실시, 조사결과정리의 3단계를 거쳐 수행되었다. 조사설계는 설문지 작성, 조사대상 사업체 선정, 조사원 모집 및 교육으로 구성되었으며, 조사는 예비조사와 본조사로 나누어 수행되었다. 이후 조사결과를 검수하고, 분석에 맞게 셋팅하는 과정을 거쳤다. 조사의 수행과정은 다음과 같다.

1. 조사설계

1) 설문지 작성

운송수단은 철도와 연안해운으로, 품목은 컨테이너, 양회, 철강, 일반으로 각각 구분하였다. 설문지는 수단별 2개 유형, 품목별 4개 유형을 조합하여 총 8개 유형으로 작성하고, 사업체별로 해당되는 설문지 1부만 배포함으로써 응답의 효율성을 높이도록 하였다.

조사의 주요내용은 화주기업 또는 운송업체를 대상으로 보조금 단가에 따른 전환교통 선호도를 조사하고, 희망 전환보조금 및 전환물동량을 조사하는 것으로 SP조사 형식으로 진행되었다.

SP조사 설계요소인 선호표현 방법, 선택상황, 선택대안, 속성변수, 수준 등은 다음과 같이 설정하였다. 화물운송시 전환하고자 하는 수단을 선택하는 조사이기 때문에 선호표현 방법을 '선택'으로 하였다. 수단별 품목별로 가상 시나리오를 설정하고, 각 시나리오에 대해 응답자가 전환을 할 것인지 말 것

인지를 표기하는 방식으로 진행하였다. 전환교통 지원사업의 취지가 도로를 통한 운송화물을 철도 또는 연안해운으로 유도하는 것이므로 선택대안을 철도 vs 도로 또는 연안해운 vs 도로로 설정하였다. 속성변수는 선택에 영향을 미치는 주요소인 운송시간, 운송비용, 전환보조금으로 설정하였으며, 선행연구 검토를 통해 다음과 같이 각각 3수준의 시나리오를 가정하였다.

- 운송시간: 기존도로와 동일한 경우, 10% 감소한 경우, 20% 감소한 경우
- 운송비용: 기존도로와 동일한 경우, 10% 증가한 경우, 20% 증가한 경우
- 전환보조금: 평균전환보조금, 평균전환보조금 ± 표준편차,

이후 직교조합설계(김강수·조혜진, 2006) 중 부분 배치 요인설계(fractional factorial design)방법을 통해 총 9개의 시나리오를 최종으로 설정하였다. 이는 문항수를 감소시킴으로써 응답자의 답변 부담을 줄이기 위함이다.

조사시 수단별 품목별 시나리오를 각각 설정하여 배포하였으며, 그 중 철도로 운송되는 컨테이너 품목

의 시나리오는 <표 2>에 예시로 제시되어 있다.

또한 사업체의 희망 전환보조금과 이에 따른 예상 전환물동량을 추가로 조사하여 보조금에 따른 화물 수요탄력성을 분석할 수 있도록 하였다.

2) 조사대상 사업체 선정

최근 3년간(2009~2012년)에 전환교통 지원사업에 참여한 경험이 있거나 또는 현재 참여하고 있는 화주기업 및 운수업체를 방문하여 담당자를 대상으로 면접 설문조사를 수행하였다. 최종적으로 철도부문 25개 업체와 연안해운부문 5개 업체를 조사업체로 선정하였으며, 이 중 2개 업체에 대해 사전에 예비조사를 실시하였다.

3) 조사원 모집 및 교육

면접설문조사를 수행하기에 적합한 조사원을 모집하여 조사목적, 조사내용, 조사방법, 검수방법, 체크리스트, 유의사항 등에 대한 1:1 교육을 실시하였다. 각 조사원의 거주지 및 이동반경을 고려하여 조사대상 업체를 할당하였으며, 조사기간 동안 관리자에게 진행상황 수시로 보고하여 조사시 발생하는 문제점 및 대응방안을 공유할 수 있도록 하였다.

표 2. 철도 컨테이너 SP조사 시나리오

Table 2. SP survey scenario (rail, container)

scenario	transportation time	transportation cost	shift subsidy	modal shift	
1	same as the current road	same as the current road	2won/ton-km	☐ Yes	☐ No
2	same as the current road	10% increase	10won/tonkm	☐ Yes	☐ No
3	same as the current road	20% increase	6won/ton-km	☐ Yes	☐ No
4	10% decrease	same as the current road	6won/ton-km	☐ Yes	☐ No
5	10% decrease	10% increase	2won/ton-km	☐ Yes	☐ No
6	10% decrease	20% increase	10won/ton-km	☐ Yes	☐ No
7	20% decrease	same as the current road	10won/ton-km	☐ Yes	☐ No
8	20% decrease	10% increase	6won/ton-km	☐ Yes	☐ No
9	20% decrease	20% increase	2won/ton-km	☐ Yes	☐ No

표 3. 오류 내용 및 처리방법

Table 3. Error type and treatment

	error type	content	treatment
response error	no info on address	departure and destination	telephone or e-mail survey
	no quantitative data	transportation volume, distance, time, etc.	telephone or e-mail survey
	unit error	confusion between total transportation cost and average transportation cost, subsidy unit error	telephone survey, confirmation by adapting unit transportation cost
	logic error	discordance between year and transportation volume	telephone survey
coding error	address typo	departure and destination	modification by searching place name
	number typo	quantity, cost, etc.	reconfirmation
	unit typo	difference unit with questionnaire	reconfirmation

2. 조사 실시

1) 예비조사 실시

예비조사를 통해 설문 응답시 발생하는 문제점을 조사하고, 이를 설문지 수정 및 본조사 수행계획에 반영하도록 하였다. 조사는 12월 첫째주에 실시하였으며, 철도와 연관해운 각 1개 업체를 대상으로 하였다. 조사를 위해 조사원이 사전연락 후 사업체를 방문하여 담당자에게 설문지에 대해 직접 설명한 후 배포하였다. 이후 전화 또는 이메일로 진행사항을 계속 체크하고, 설문지 회수를 위한 재방문 일정을 수립하였다. 설문지 회수시 각 문항의 응답을 검수하고, 오류가 있을 경우 현장에서 바로 수정할 수 있도록 하였다. 설문지 회수 후 추가 인터뷰를 통해 설문 응답시 애로사항 및 건의사항에 대한 의견을 수립하였다.

2) 본조사 실시

예비조사 결과를 반영하여 총 27개 업체에 대한 본조사를 수행하였다. 조사는 12월 둘째주~넷째주에 실시하였으며, 조사대상으로 총 27개 업체(철도부문 23개 업체, 연안해운부문 4개)를 선정하였다. 예비조사

와 마찬가지로 방문을 통한 설문조사 방식으로 진행되었다. 현장방문이 어려운 지방소재 사업체의 경우 전화 연락 후 이메일과 우편을 통해 설문지를 송부 및 회수하였다. 중앙관리센터에서는 조사원들의 진행상황을 지속적으로 모니터링하여 조사시 발생하는 문제점 및 해결방안을 실시간으로 공유할 수 있도록 하였다. 또한 조사가 잘 이루어지지 않는 업체의 경우 직접 개입하여 원활한 조사가 이루어질 수 있도록 지원하였다.

3. 조사결과 정리

예비조사 및 본조사 설문지를 회수하여 육안으로 검수한 후 엑셀에 코딩하였으며, 필터링을 통하여 오류가 있거나 논리에 안 맞는 응답 등을 보완하였다. 또한 화물운송량, 평균운송 비용 및 시간 등의 단위를 통일하여 분석에 적합한 데이터셋을 구성하였다. 오류종류별 내용 및 처리방법은 <표 3>에 나타나 있다.

IV. 조사결과 분석 및 전환수요모형 추정

1. 협약 및 희망 전환보조금 분석

설문조사를 통해 희망 전환보조금에 대한 자료를 함께 수집하여 실제 협약 보조금과의 관계를 분석하였다. 2010~2012년 전환교통 지원사업 철도부분에 참여한 사업체를 대상으로 분석한 결과는 <그림 2>~<그림 4>에 나타나 있다. 그래프에서 직선은 희망 전환보조금과 협약 전환보조금이 일치하는 지점을 의미하며, 만약 해당 사업체의 희망보조금이 클 경우 직선 위에 점이 위치하게 된다.

대부분 사업체에서 희망 전환보조금이 협약 전환보조금에 비해 큰 것으로 나타났다. 또한 연도별로 살펴보면 시간이 지날수록 희망보조금이 더 커지는 경향이 나타났다. 2010년 사업체들의 평균 협약 전환보조금은 7.3원/톤·km, 희망 전환보조금은 9.0원/톤·km으로 약 1.7원/톤·km의 차이를 보였다. 2011년에는 평균 협약 전환보조금은 10.7원/톤·km, 희망 전환보조금은 14.6원/톤·km으로 약 3.9원/톤·km의 차이를, 2012년에는 평균 협약 전환보조금이 7.1원/톤·km, 희망 전환보조금이 13.2원/톤·km으로 더 증가한 6.1원/톤·km의 차이를 보였다.

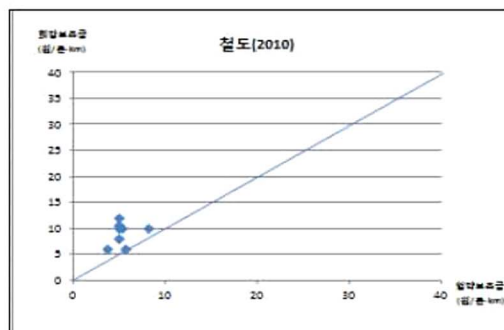


그림 2. 철도 협약-희망 전환보조금 비교 (2010)
Fig. 2. Comparison of agreement - expectation subsidy in rail (2010)

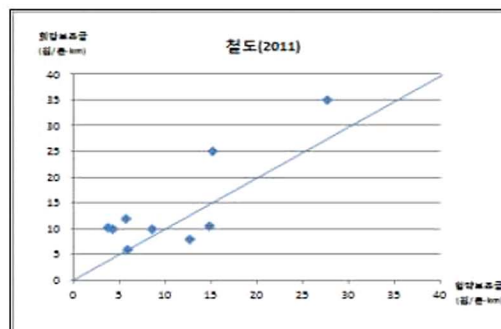


그림 2. 철도 협약-희망 전환보조금 비교 (2011)
Fig. 3. Comparison of agreement - expectation subsidy in rail (2011)

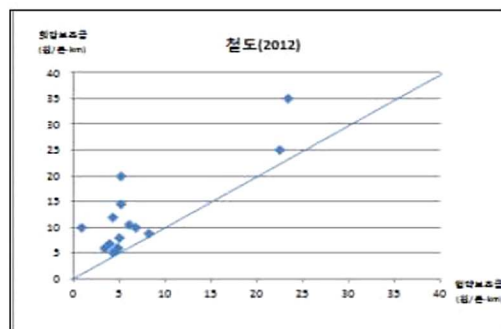


그림 4. 철도 협약-희망 전환보조금 비교 (2012)
Fig. 4. Comparison of agreement - expectation subsidy in rail (2012)

2. 희망 전환보조금에 따른 전환물동량 수요 분석

희망 전환보조금 지급에 따라 예상되는 연간 총 전환물동량에 대한 조사를 수행한 결과, 대부분의 사업체가 톤·km당 5~20원의 보조금을 희망한 것으로 나타났다. 이들 간 연관성을 알아보기 위해 회귀모형을 추정한 결과, 단위 전환보조금당 철도 컨테이너 운송수요의 증가분은 약 10백만톤·km이었으며, 이때 R^2 는 0.6이상으로 회귀모형의 설명력이 있는 것으로 나타

났다. 다만, 자료의 샘플수가 적어 상대적으로 큰 값에 의해 회귀식이 추정되고 있어 유의성을 설명하기에 다소 한계가 존재한다.

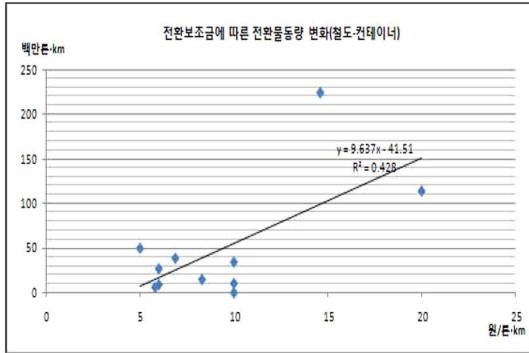


그림 5. 전환보조금에 따른 전환물동량 변화 (철도-컨테이너)

Fig.5. Freight quantity variation according to subsidy (rail-container)

3. 화물 전환수요모형 구축

1) 모형의 정립

운송시간, 운송비용, 전환보조금의 변화에 따른 도로에서 철도 또는 연안해운으로의 수단전환 여부에 대한 조사결과를 토대로 화물 전환수요모형을 구축하였다. 전환수단여부는 전환과 전환하지 않음의 이항변수(binary variable)의 형태로 되어 있어 이항로짓모형을 이용하여 전환수단에 영향을 미치는 주요 요인을 분석하였다. 이항로짓모형의 기본형(Ben-Akiva and Lerman, 1987)은 식(1)과 같다.

$P_n(i)$ 가 사업체 n 이 도로에서 철도 또는 연안해운으로 전환할 확률이라고 하면,

$$\begin{aligned}
 P_n(i) &= \Pr [V_{jn} + \epsilon_{jn} \leq V_e + \epsilon_e] \\
 &= \Pr [\epsilon_{jn} - \epsilon_{en} \leq \beta'(X_{in} - X_{en})] \\
 &= \frac{1}{1 + e^{\beta'(X_{in} - X_{en})}}
 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 $X_{in}(X_{en})$ 은 대안 $i(j)$ 와 관련된 관측 가능한

변수들의 벡터이고, $\epsilon_{in}(\epsilon_{en})$ 는 차량 n 의 대안 $i(j)$ 와 관련된 관측 불가능한 오차항이며, β 는 변수들의 계수벡터를 의미한다. 대안 i 는 철도 또는 연안해운, 대안 j 는 도로수송을 뜻한다.

2) 모형의 추정

이항로짓모형의 독립변수로 운송시간, 운송비용, 전환보조금을 이용하였으며, 전환수단별, 품목별, 노선별로 표본을 추출하여 다양한 형태의 전환수단모형을 추정하였다. 전환수단별로는 전체(철도/연안해운)와 철도 모형을 추정하였는데, 이는 철도의 경우 충분한 샘플수가 확보되었기 때문이다. 마찬가지로 품목별로는 컨테이너 모형을, 노선별로는 경부축 모형을 각각 추정하였다.

모형의 적합도를 나타내는 ρ^2 값의 경우 대부분의 모형이 0.1정도로 나타나 값은 상대적으로 적으나 일반적인 개인기반 이산선택모형의 적합도와 큰 차이는 없는 것으로 판단되었다. 모형의 주요 독립변수들은 대부분의 모형에서 95%의 신뢰수준에서 통계적으로 유의하며, 일부 모형의 경우 전환보조금 변수의 신뢰수준이 80% 내외로 상대적으로 낮게 나타났다.

(1) 전환수단별 모형의 추정

수단별 모형은 표본수의 제약으로 전체(철도 또는 연안해운)와 철도로 구분하여 모형을 추정하였다. 운송시간과 운송비용 변수는 음의 계수값을 가지고 있어 전환할 수단의 운송시간이나 운송비용이 높아지면 수단전환율이 감소함을 나타내며, 양의 계수값을 갖는 전환보조금의 경우 전환보조금이 올라갈 경우 철도 또는 연안해운으로 수단전환할 확률이 높아짐을 시사하였다. 두 개 모형의 표본이 크게 차이가 나지 않아 전반적으로 변수들의 계수값이 유사하였으나, 철도 전환수요모형의 경우가 전환보조금

의 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

표 4. 전환수요모형 (전체: 철도, 연안해운)
Table 4. Shift demand models (rail/maritime)

	coefficient	t-ratio	p-value
constant	-2.286	0.022	0.022
-0.827	-2.442	0.015	0.015
transportation time (hour)	-3.746	0.000	0.000
-0.584	2.561	0.010	0.010
transportation cost (won/ton-km)	252		
-0.066	-155.46		
shift subsidy (won/ton-km)	-174.67		
0.115	0.11		
N	0.67		

(2) 컨테이너 모형

표본수의 제약으로 컨테이너 품목에 대해 철도 또는 연안해운으로의 전환수요모형을 추정하였다. 그 결과, 수단별 모형과 유사하게 운송시간과 운송비용은 음의 계수값을, 전환보조금은 양의 값을 갖는 것으로 나타났다. 특히 운송시간과 운송비용의 계수값은 <표 4>와 비교하여 큰 것으로 나타나 전체품목에 비해 이들이 컨테이너 운송에 미치는 영향이 더 큰 것으로 분석되었다. 반면 전환보조금에 의한 영향은 상대적으로 낮게 나타났다.

표 5. 전환수요모형 (철도)

Table 5. Shift demand models (rail)

	coefficient	t-ratio	p-value
constant	-0.998	-2.551	0.011
transportation time (hour)	-0.575	-2.358	0.018
transportation cost (won/ton-km)	-0.052	-2.988	0.003
shift subsidy (won/ton-km)	0.130	2.730	0.006
N	216		
L(β)	-134.52		
L(0)	-149.72		
$\rho^2 = 1 - [L(\beta)/L(0)]$	0.10		
Hit Ratio	0.68		

(3) 경부축 모형

경부축에 대해 철도 또는 연안해운으로의 전환수요모형을 추정한 결과, 마찬가지로 운송시간과 운송비용은 음의 영향을 미치는 반면, 전환보조금은 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 상수항을 제외한 변수들의 계수값 크기가 컨테이너 모형과 유사하여 컨테이너가 주로 경부축으로 수송되고 있음을 시사하였다.

표 6. 컨테이너 품목의 전환수요모형 (철도 또는 연안해운)

Table 6. Container Shift demand models (rail/maritime)

	coefficient	t-ratio	p-value
constant	-0.909	0.364	0.364
-0.411	-2.361	0.018	0.018
transportation time (hour)	-3.635	0.000	0.000
-0.654	1.295	0.195	0.195
transportation cost (won/ton-km)	144		
-0.083	-86.52		
shift subsidy (won/ton-km)	-99.81		
0.072	0.13		
N	0.68		

표 7. 경부축 전환수요모형(철도 또는 연안해운)
Table 7. Kyungbu shift demand models (rail/maritime)

	coefficient	t-ratio	p-value
constant	-0.585	-1.287	0.198
transportation time (hour)	-0.610	-2.263	0.024
transportation cost (won/tonkm)	-0.068	-2.895	0.004
shift subsidy (won/tonkm)	0.067	1.213	0.225
N	144		
L(β)	-89.91		
L(0)	-99.81		
$\rho_2 = 1 - [L(\beta)/L(0)]$	0.10		
Hit Ratio	0.51		

4. 시간가치 추정 및 한계효과 분석

앞서 추정한 모형의 결과를 토대로 시간가치를 추정하면 20ft의 경우 수단별로 10,618~13,269원, 40ft의 경우 21,236~26,538원으로 나타난다. 여기서 시간가치는 통행시간계수를 통행비용계수로 나눈 값으로 산정한다(Ben-Akiva and Lerman, 1987). 특히, 컨테이너는 20ft와 40ft 각각 9,455원과 18,911원, 경부축의 경우 각각 10,765원과 21,529원으로 추정되었다. 선행연구의 컨테이너 40ft 시간가치와 비교해 보면 최창호(2004)의 15,526원, 최창호 외(2008)의 14,387원, 김찬성 외(2008)의 14,000원에 비해 다소 높은 18,911원으로 나타났으나, 이는 조사년도 대비 물가상승율(2007년 대비 116.5%)을 고려하여 적절한 수준으로 판단된다.

각 변수의 단위변화에 따른 전환수단의 선택 확률에 미치는 영향을 분석하기 위해 한계효과(marginal effect)를 산정하였다. 이 산정효과는 해당변수의 y(여기서는 확률 P)에 대한 1차 미분값을 의미한다. 주요변수들의 한계효과를 보면, 운송시간이나 운송비용의 경우 품목별 수단전환의 한계효과가 다른 구분(수단별, 노선별)에 비해 크게 나타났다. 먼저 전환수단(철도

또는 연안해운)의 운송시간이 한 시간 증가함에 따라 수단전환을 할 확률이 약 14~16% 감소하며, 운송비용이 톤·km당 1원 증가할 경우 전환확률이 약 1~2% 감소하는 것으로 분석되어, 운송시간이 운송비용보다 민감한 것으로 판단되었다.

표 8. 모형별 시간가치의 비교
Table 8. Comparison of the value of time

	mode		item	line
	rail or maritime	container	Kyeongbu line	경부축
transportation time (hour)	rail	-0.654	-0.610	-0.610
transportation cost (won/tonkm)	-0.584	-0.083	-0.068	-0.068
value of time per tonkm (won/hour)	-0.575	7.9	9.0	9.0
value of time (won/hour) 20ft	-0.066	9,455	10,765	10,765
value of time (won/hour) 40ft	-0.052	18,911	21,529	21,529

전환보조금의 한계효과를 분석해 보면, 전환보조금을 톤·km당 1원 증가시킬 경우 도로에서 철도 또는 연안해운으로 전환할 확률은 약 2~3%인 것으로 분석되었다. 또한 전환보조금의 한계효과가 컨테이너와 경부축에 비해 큰 것으로 나타났다. 전반적으로 철도 또는 연안해운으로의 수단전환효과는 품목이나 노선에 상관없이 전환보조금 효과가 운송비용보다 큰 것으로 나타났으며, 특정 주요 품목이나 노선의 경우 반대현상이 나타났다.

한편, 운송비용과 전환보조금은 개념적으로 성격이 동일하여 한계효과의 절대값이 유사한 값을 가지는 것이 타당하나, 본 연구의 경우 컨테이너와 경부축 모형에서는 두 값이 유사한 반면 전환수요 모형의 경우 전환보조금이 운송비용에 비해 높게 나타났다. 이는 조사시 응답자들이 의도적으로 보조

금에 대해 더 민감하게 반응한 것을 의미하며, 일반적으로 SP조사시 자주 나타나는 한계라 할 수 있다.

표 9. 주요변수의 한계효과 분석

Table 9. Marginal effect of main variables

	mode		item	line
	rail or maritime	container	Kyeongbu line	경부축
constant	rail	-0.1572	-0.1467	-0.1467
transportation cost (hour)	-0.1390	-0.0200	-0.0163	-0.0163
transportation cost (won/ton·km)	-0.1382	0.0174	0.0162	0.0162

V. 결론

본 연구는 전환교통 지원사업 관련 사업체를 대상으로 설문조사를 실시하여 운송보조금 지급단가에 따른 화주기업 및 운송업체의 전환교통 선호도를 조사하고, 보조금 단가에 따른 실질적 수단전환 여부를 분석하였다.

우선 2010~2012년에 실제 협약된 전환보조금과 설문조사를 통해 수집된 사업체의 희망 전환보조금과의 관계를 분석해본 결과, 대부분 희망 전환보조금이 협약 전환보조금에 비해 높았으며, 해가 거듭될수록 그 격차가 더욱 벌어지는 것으로 나타났다.

이어서 희망 전환보조금 지급에 따라 예상되는 연간 화물운송량 수요변화에 대한 조사 결과 중 샘플수가 확보된 철도 컨테이너에 대한 회귀모형을 구축하였다. 그 결과, 대부분의 사업체가 톤·km당 5~20원의 보조금을 희망하였으며, 단위전환보조금당 철도 컨테이너 운송수요의 증가분은 약 10백만 톤·km인 것으로 분석되었다.

마지막으로 운송시간, 운송비용, 전환보조금의 시나리오에 따른 도로에서 철도 또는 연안해운으로의 수단전환 여부에 대한 조사결과를 토대로 전환수요모형을 추정하였다. 수단별(철도/연안해운), 품목별

(컨테이너), 노선별(경부축) 모형의 구축 결과, 운송시간과 운송비용 변수는 음의 계수값을 가지고 있어 전환할 수단의 운송시간이나 운송비용이 높아지면 수단전환율이 감소하는 반면, 전환보조금의 경우 양의 계수값을 가져 전환보조금이 올라갈 경우 철도 또는 연안해운으로 수단전환할 확률이 높아짐을 시사하였다. 특히 컨테이너모형의 운송시간과 운송비용의 계수값이 전체품목에 비해 큰 것으로 나타나 이들이 컨테이너에 운송에 미치는 영향이 더 큰 것을 알 수 있었다. 반면에 전환보조금에 의한 영향은 상대적으로 낮게 나타났다.

추정한 모형의 결과를 토대로 시간가치는 20ft의 경우 전환수단별로 10,618~13,269원, 40ft의 경우 21,236~26,538원으로 추정되었다. 특히, 컨테이너는 20ft와 40ft 각각 9,455원과 18,911원, 경부축의 경우 10,765원과 21,529원으로 나타났다.

우리나라의 녹색물류정책의 일환으로 시행되고 있는 전환교통 지원사업은 현재 별다른 검증 없이 4년째 지속적으로 시행되고 있다. 본 연구는 실제 사업에 참여한 경험이 있는 사업체를 대상으로 설문조사를 수행하고, 이를 토대로 전환교통 선호도 및 보조금 지급단가에 따른 수단전환 여부를 분석했다는 데에 의의가 있다. 본 연구의 분석결과를 전환교통 지원사업 참여 사업체의 수단 및 보조금 선호도를 파악하기에 유용하며, 향후 관련 제도의 마련 및 개선사항 도출을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

주1. www.epa.gov/smartway

인용문헌

References

1. 구경모·오용식, 2009. “철도화물수송 활성화를 위한 모달시프트(Modal Shift) 정책방안에 관한 연구”,

- 「한국물류학회지」, 19(2): 161-188.
- Koo, K. M., Oh, Y. S., 2009. "Research for Plans of Modal-shift to Promote Rail Freight Transportation: From the view of Japanese Policy&Example", *Korea Logistics Review*, 19(2): 161-188.
2. 김강수·조혜진, 2006. SP 조사설계 및 분석방법론, 서울: 보성각.
- Kim, K. S., Jo, H. J., 2006. *Design&Analysis Methodology of SP Survey*, Seoul: Bosunggak.
3. 김영석, 2007. "철도화물운송 환적-연계시스템 개선방안에 관한 연구", 인하대학교 물류대학원.
- Kim, Y. S., 2007. "Study on Improvement of Transshipment System of Rail Freight, Master's Degree Dissertation, Inha University.
4. 김찬성·이정윤·정경훈, 2008. "화물특성에 따른 국내 운송수단 선택모형 구축 연구", 한국교통연구원.
- Kim, C. S., Lee, J. Y., 2008. *A Study on Intercity Freight Mode Choice modelling*, The Korea Transport Institute.
5. 문진수·이재민, 2007. "철도화물운송증대를 위한 지원제도 개선방안", 한국교통연구원.
- Moon, J. S., Lee, J. M., 2007. *Development of Support Measures for Increasing Rail Freight*, The Korea Transport Institute.
6. 박정상·박준태, 2013. "철도전환교통 지원사업의 현황과 개선방안", 「철도저널」, 16(1): 2-82.
- Park, J. S., Park, J. T., 2013. "Status and Improvement Strategies of Support Program related to Railway Modal Shift", *Journal of the Korean Society for Railway*, 16(1): 2-82.
7. 박찬익·이재원·유승열·권용장·유재균, 2005. "SP 기법을 이용한 철도물류서비스의 고객 선호도 분석", 「한국철도학회 춘계학술대회논문집」, 64-69.
- Park, C. I., Lee, J. W., Ryu, S. R., Kwon, Y. J., Yoo, J. K., 2005. "Customer Stated Preference Analysis On Railroad Logistics Service by SP Method", *Conference of the Korean Society for Railway*, 64-69.
8. 방연근·유재균·이순철, 2003. "중단거리 화물운송시장에서의 철도물류 경쟁력 강화방안", 「한국철도학회 학술발표대회 논문집」, 319-325.
- Bhang, Y. K., Yoo, J. K., Lee, S. C., 2003. "A Study on the increasing competitiveness of railway freight transportation in mid-or short-distance market", *Conference of the Korean Society for Railway*, 319-325.
9. 이강원·국광호·장성용, 2009. "SP 조사기법을 이용한 화물별 DMT(Dual Mode Trailer) 효용함수 추정", 「한국철도학회 논문집」, 12(3): 348-356.
- Lee, K. W., Kook, K. H., Jang, S. Y., 2009. "Estimation of the DMT Utility Function Using SP Survey", *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(3): 348-356.
10. 전형진·고현정, 2008. "국가 친환경 물류체계 구축을 위한 Modal Shift 활성화 방안", 「한국해양수산개발원 연구보고서」, 465(0): 1-137.
- Jeon, H. J., Ko, H. J., 2008. *Measures to Facilitate A Modal Shift for the Establishment of Eco-friendly Logistics System in Korea*, Korea Maritime Institute, 465(0): 1-137.
11. 정봉현·최창호, 2011. "외국의 전환교통(modal shift) 추진사례 분석과 국내 정책의 수립방향", 「한국항만경제학회」, 27(2): 137-161.
- Jeong, B. H., Choi, C. H., 2011. "Results of the Foreign Modal Shift Projects and Policy Directions for the Promotion of Modal Shift Services in Korea", *Korea port economics review*, 27(2): 137-161.
12. 정승주·문진수, 2004. "물류경쟁력 강화를 위한 철도화물운송활성화 전략", 교통개발연구원.
- Jeong, S. J., Moon, J. S., 2004. *Strategies for Vitalization of Railway logistics for Strengthening Logistics Competitiveness*, The Korea Transport Institute
13. 최창호, 2004. "유료도로의 경제성평가를 위한 화물교통 통행시간가치 산정 연구", 「국토연구」, 43: 109-125.
- Choi, C. H., 2004. "A Study on Estimating the Value of Travel Time of Freight Transportation for Toll Roads Investment Evaluation", *Journal*

- of Korea Planners Association, 43: 109-125.
14. 최창호·신승진·박동주·김한수·진장원, 2008. "철도 화물 수송수단 선택 특성 연구", 『한국철도학회논문집』, 11(6): 588-595.
Choi, C. H., Shin, S. J., Park, D. J., Kim, H. J., Jin, J. W., 2008. "Mode Choice Characteristics of Rail Freight Transportation", *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(6): 588-595.
 15. 하원의·남기찬, 1996. "SP 자료를 이용한 화물수송수단 선택모형의 개발 - 컨테이너 내륙운송을 중심으로", 『대한교통학회지』, 14(1): 81-99.
Ha, W. I., Nam, K. C., 1996. "Mode Choice Models for Freight Transportation Using SP Data", *Journal of Korean Society of Transportation*, 14(1): 81-99.
 16. 한상용, 2008, "도로화물운송의 시간가치 산정 및 경제성 사례분석: 요소비용 분석법과 조건부 선택법을 적용하여", 『경제연구』, 29(2): 75-107.
Han, S. Y., 2008. "Estimation of Value of Time by Road Freight Transportation and Economic Feasibility Analysis : Using Factor Cost Analysis and Contingent Choice Method", *The Hanyang journal of economic studies*, 29(2): 75-107.
 17. Ben-Akiva M. and Lerman S. R., 1987. "Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand", 『The MIT Press』, Cambridge, MA.

Date Received 2014-07-08
 Reviewed(1st) 2014-09-05
 Date Revised 2014-10-22
 Reviewed(2nd) 2014-11-03
 Date Accepted 2014-11-03
 Final Received 2014-12-29