

# 집계적 현시선호자료와 비집계적 진술선호자료를 이용한 화물수단선택모형 구축

## Freight Mode Choice Modelling with Aggregate RP Data and Disaggregate SP Data

강 응 · 이장호\* · 박민철

Woong Kang · Jang-Ho Lee · Minchoul Park

**Abstract** For accurate demand forecasting of railway logistics, we estimated intercity freight mode choice models based on the binary logit model and using production-consumption data from the Korea Transport Database. We estimated two types of models and compared the results by major item of railway logistics, such as container, cement, and steel: 1) The aggregate freight mode choice models are based on the revealed preference (RP) data and 2) The disaggregate models are based on the stated preference (SP) data. With respect to the container, the travel time variable was found to be statistically significant; however, the travel cost variable was not statistically significant in the RP model, while the travel cost variable was statistically significant in the SP model. For cement and steel, the travel cost variables were statistically significant but the travel time variables were not statistically significant in either the RP or the SP models. These results are inconsistent with results from previous studies based on SP data, which showed that the travel time variables were significant. Consequently, it can be concluded that the travel time factor should be considered in container transport, but that this factor is negligible for cement and steel transport.

**Keywords** : Binary logit model, Production-Consumption data, Freight model choice, Revealed preference, Stated preference

**초 록** 본 연구는 공로로의 화물수송 편중에 따른 사회·경제적 문제를 해결하는 데 정확한 화물수요예측이 필요함에 따라 환적과 셔틀을 고려한 생산지-소비지(P-C) 자료를 활용하여 화물수단선택모형을 구축하였다. 모형은 집계적 형태의 RP 자료와 비집계적 형태의 SP 자료를 모두 활용하여 구축하였다. 철도수송이 이루어지는 주요한 품목 - 컨테이너, 양회, 철강 - 에 대하여 모형을 구축하였는데, 컨테이너는 기존의 SP기반 모형과는 달리 본 연구의 RP기반 집계모형에서는 타 품목에 비해 수송시간에 대해 민감한 것으로 나타났다. 한편, 양회와 철강은 RP, SP기반 모형 모두에서 수송비용에 민감한 것으로 나타났다. 기존의 대다수 SP기반 화물수단선택모형에서는 양회와 철강의 수단선택에서 수송시간이 일정 수준의 영향을 미친다는 것과는 다르게 본 연구의 RP기반 집계모형에서는 수송시간의 모수가 유효하지 않았다. 향후 철도수송을 보다 육성하기 위하여 컨테이너와 다른 품목간에 차별화된 전략이 필요함을 알 수 있었다.

**주요어** : 이항로짓모형, 생산지-소비지 자료, 화물수단선택, 현시선호, 진술선호

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

과거 정부는 철도의 화물수송 분담률을 2020년까지 20% 수준으로 높인다는 목표를 제시하였지만, 국가교통DB에 따르면 화물수송의 수단분담률(톤 기준)은 공로 80.8%, 해운 14.6%, 철도 4.6% 수준으로 화물차 수송 중심의 체계를 가지고 있으며, 이러한 상태는 앞으로 더욱 심화될 것으로 보인다. 이에 따라 정부는 화물의 철도수송 분담률을 높이기 위해 ‘철도물류산업 육성 및 지원에 관한 법률’을 제정하고, 철도 수송증대를 위한 철도물류 인프라 종합투자계획 수립 등 다양한 정책을 마련하고 있다. 철도수송증대를 위한 다양한 정책들을 추진함에 있어서 우선 철도화물수요를 정확히 예측하고 이러한 예측결과를 통해 합리적

\*Corresponding author. E-mail: transwho@ut.ac.kr.

© 2017 The Korean Society for Railway. All rights reserved.

<https://doi.org/10.7782/JKSR.2017.20.2.265>

인 정책방향을 수립하는 것이 필요하다. 하지만 여객수송에 비해 화물수송에 관한 자료나 연구가 부족한 실정이며, 연구된 대부분의 화물수단선택모형들도 진출선호(SP)자료를 기반으로 만들어지므로 자료의 특성상 실제 현실과 괴리가 발생할 수 있는 한계가 있다. 이는 현시선호(RP)자료는 조사하는데 시간과 비용이 많이 소요되기 때문이며, 자료의 구축이 쉽지 않은 데에서 기인한다.

기존에 국가교통DB가 배포한 현시선호(RP)자료로 기중점(O-D) 통행량 자료가 존재하지만, 이는 철도의 환적을 위한 화물차의 접근통행을 고려하지 않고, 출발역과 도착역만의 정보만을 가지고 수단별 총 물동량의 개념으로 조사가 이루어졌기 때문에 엄밀한 의미의 교통존간 수단분담이 되었다고 보기 어렵다. 반면 2015년 국가교통DB가 새롭게 발표한 생산지-소비지(Production-Consumption, P-C)자료는 생산지와 소비지간의 물동량을 나타낸 자료로서 철도의 환적을 위한 화물차의 접근통행을 고려하여 공로와 철도로 운송되는 순물동량을 확인할 수 있다는 장점이 있다.

이에 본 연구에서는 국가교통DB의 생산지-소비지(Production-Consumption, P-C)자료를 근간으로 주요한 품목에 대하여 현시선호(RP)자료 및 진출선호(SP)자료에 근간한 화물수단선택모형을 구축하며, 상이한 자료원에 따른 결과의 차이를 비교하여 본다.

## 1.2 연구범위 및 내용

화물수단선택모형은 국내물류시장에서 다루는 각 품목별 특징과 환경, 화주의 선호도 등을 반영하여 만들어지고 활용되어야 한다. 하지만 전술한 바와 같이 화물운송 분야에 대한 조사자료는 많이 부족한 실정이다. 모든 품목에 대한 충분한 자료의 확보가 어려우므로 본 연구에서는 국내 철도운송에 있어서 가장 많은 비중을 차지하는 세 개 품목 - 컨테이너, 양회, 철강 - 에 대하여 모형을 구축한다. 그리고 본 연구의 목적과 관련 있는 화물수단선택 관련 선행연구들을 조사하고 이를 바탕으로 시사점을 도출하여 연구의 방향을 정하였다.

모형구축을 위한 조사자료는 국가교통DB의 「복합화물운송 분석을 위한 화물 P-C조사」를 바탕으로 해당 연구에서 취득된 현시선호 조사자료와 진출선호 조사자료를 모두 이용하였다. 다만, 해당 연구의 진출선호 조사는 단거리, 중거리, 장거리로 나누어져 조사가 이루어졌으나, 단거리의 경우 모든 응답자가 공로를 이용한다고 답변하였기 때문에 수단선택모형 구축이 무의미하여 이를 배제하였고, 대신 중·장거리 자료를 통합한 수단선택모형을 구축한다.

전술한 조사자료를 바탕으로 하여 수단선택모형의 변수로 본선시간, 본선비용, 상하차시간, 상하차비용, 셔틀시간, 셔틀비용을 반영하였으며 추가로 장거리 및 각 품목별 주요 소비지와 생산지를 터미변수로 적용하였다. 구축된 모형은 집계모형(Aggregate model)과 비집계모형(Disaggregate model)으로 구분할 수 있다. 현시선호자료는 특정 시점의 수단선택결과가 아니라 생산지-소비지간 교통존별, 수단별 연간 물동량 합계로 제공되고 있어서, 각 대안의 선택비율을 종속변수로 하는 집계모형으로 구축된다. 반면 진출선호자료는 주어진 가상의 조건에 대한 화주와 물류업체의 선택자료로서, 종속변수가 선택여부에 따라 1 또는 0으로 나타나는 이산적 비집계모형으로 구축된다. 끝으로 두 가지 형태의 자료를 활용한 모형의 결과를 비교함으로써 자료별 형태에 따라 화물운송에 영향을 미치는 요소들의 차이를 살펴본다.

## 2. 선행연구 고찰

관련연구는 국내와 국외로 나누어 검토하였으며 본 연구의 목적에 부합하는 P-C 기반의 연구 또는 로짓모형(Logit model) 또는 혼합로짓모형(Mixed logit model)을 이용한 화물수단선택모형 연구들을 중점적으로 살펴보았다. 이를 통해 시사점을 도출하여 연구의 방향을 정립하고 추가적으로 고려가 필요한 부분들을 검토하였다.

### 2.1 국내 선행연구

Choi [1]는 화물특성에 따른 공로화물운송의 시간가치를 산정하고 화주의 효용을 파악하였는데, 연구의 범위는 수도권으로 하였으며, 운송수단은 자가용화물자동차와 영업용화물자동차로 선정하였다. 화물품목은 1차 산업, 2차 산업(제조업)으로 구성하였고, 운송시간, 운송비용, 화물중량을 설명변수로 하여 이항로짓모형을 구축하였다. 다만, 운송수단선택모형의 대안이 공로 내부로 국한되었으며, 연구의 지역적 범위가 전국이 아닌 수도권으로 한정되어 연구가 진행되었다.

Choi 등 [2]은 우리나라 화주의 수송수단 선택특성을 파악하고자 컨테이너, 철강, 양회 세 품목에 대하여 로짓모형을 적용하였다. 진출선호(SP)자료를 이용하였으며 설명변수로는 수송비용, 수송시간과 화주가 느끼는 비계량적 요소인 서비스 수준을 포함하여 세 가지로 선정하였다. 서비스 수준은 신뢰성(정시성), 가용성, 안전성, 화물 위치 및 도착에 관한 정보 등을 포함시켰다.

단거리(150km 이하), 중거리(151~300km), 장거리(300km 이상)로 구분하여 모형을 구축한 결과, 장거리 컨테이너에서는 공로보다 철도를 더 선호하며, 다른 화물품목은 철도의 경쟁력 확보가 어려울 것으로 예상되었다. 또한 수송시간을 단축하기보다는 수송비용을 감소시키는 전략이 더 적합할 것으로 나타났다. 서비스 수준이라는 비계량적 변수를 반영하였으나 주관적 만족도의 형태로 반영되어 이를 실제 현실에서 적용하기에는 한계가 있었다.

Kim 등 [3]은 화물특성에 따른 수단선택 요인들의 모형을 연구하였는데, 운송수단은 영업용 대형화물차, 철도, 연안해운으로 설정하였으며 중·장거리 운송화물을 대상으로 선정하였다. 컨테이너, 철강, 양회, 유류를 분석대상 품목으로 선정하였으며 컨테이너 화물과 비컨테이너 화물로 구분하여 모형을 구축했다. 진술선호(SP)자료를 활용하였고, 변수인 운송시간을 주문송시간, 환적시간, 셔틀시간으로 구성하였으며, 운송비용도 주문송비용, 환적비용, 셔틀비용으로 구성하였다. 분석결과, 환적비용이 감소하면 철도화물물동량이 증가하고, 공로화물물동량은 감소하는 것으로 나타났다.

Joo와 Ha [4]는 「2008년 국가교통DB 구축사업」 중 경기도 권역 조사결과를 이용하여 현시선호(RP)자료에 근간한 모형을 구축하였다. 품목은 전자부품, 자동차 및 부품, 고무플라스틱, 정밀기기. 섬유제품 총 5가지로 선정하였으며, 변수로는 운송시간, 운송비용, 화물가격, 기업 매출액으로 선정하였다. 산정결과, 전자부품, 자동차 및 부품, 고무플라스틱, 정밀기기, 섬유제품 순으로 높은 시간가치를 나타냈다. 다만, 시간가치 산정에 초점이 맞추어져 구체적인 수단선택모형을 제시하지는 않았다.

Ko 등 [5]은 다항로짓모형을 이용한 공급사슬기반의 화물유통경로선택모형을 개발하였다. 석유화학, 자동차 및 자동차 부품 품목을 분석하였으며, 변수로는 운송량, 운송시간, 운송거리, 운송횟수, 운송비용 등을 고려하였다. 추정결과, 운송시간과 운송비용의 모수가 모두 음의 부호로 나타나 시간과 비용이 많을수록 경로선택 효용이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이 연구는 화물수단선택이 아닌 화물유통경로 선택에 대한 모형을 제시하였다.

Hong 등 [6]은 화물 P-C자료를 이용한 물류시설 경유 및 수단간 환적을 고려하여 화물통행수요분석의 전 과정에 대한 방안을 제시하였다. 지역적 범위는 전국 지역 간이며, 운송수단은 공로와 철도를 선정하였고 장거리 통행에 대해서만 수단분담을 실시하였다. 연구결과, 기존 기중점(O-D) 자료기반 화물통행수요모형에서 고려하지 못한 화물의 복합수단(intermodal) 분석이 가능함을 보였다. 다만, 구체적인 수단선택모형을 제시하지는 않았다.

Kim 등 [7]은 기존의 수단 O-D기반 화물수요추정법이 화물차를 이용한 접근통행을 반영하지 못하는 점을 고려하여 P-C기반 화물수요추정법을 통해 해결하고자 하였다. 품목은 컨테이너이며 단일수단 O-D표의 각 통행단에 접근통행분포를 점목시켜 P-C표를 추정하였다. 로짓모형을 적용하여 복합수단선택모형을 추정하였으며, 수단특정상수와 수송시간, 수송비용을 변수로 이용하여 각 대안의 효용을 산정하였다. 분석 결과, P-C기반 화물수요추정법이 화물수요추정을 더 현실적으로 모사하는 것으로 나타났다. 하지만 컨테이너에 국한된 복합운송 수단선택모형을 구축하여 제시하였다.

## 2.2 국외 선행연구

Picard와 Gaudry [8]는 기존의 로짓모형 대신 Box-Cox 로짓모형을 화물수단선택모형에 적용하였다. 화물차와 철도로 구분하여 총 64개 품목, 캐나다 지역간 67개 존에 대하여 O-D를 구축한 뒤 이를 연구에 활용하였다. 모형의 설명변수로는 운송시간과 운송비용만을 고려하였는데, 연구결과, Box-Cox 로짓모형이 48개 품목에 대해 77%의 비율로 선형로짓모형보다 더 설명력이 높은 것으로 나타났다.

Rich 등 [9]은 덴마크 Oresund 지역을 대상으로 물동량에 따라 기중점쌍에 가중치를 더하는 Weighted Logit Model을 적용하였다. 5개 수단(트럭, 철도혼합, 해운혼합, 철도, 해운), 13개 품목(유류, 광석, 철강 외 10개 품목)에 대한 시간가치추정치와 운송비용, 운송시간을 산정하였고, 기중점 통행량(O-D) 자료와 수단별 서비스 수준(주문행시간, 상하차시간, 주문행비용, 상하차비용, 고속도로 이용료 등)을 고려하여 모형을 추정하였다.

Arunotayanun과 Polak [10]은 화주의 수단선택행태에 영향을 미치는 계량적·비계량적인 선호다양성과 시장분할(market segmentation)에 대해 연구하였다. 인도네시아의 자바(Java) 지역에서 수집된 SP 자료에 기초하였으며, 품목은 가공식품, 가죽, 섬유, 전자제품으로 선정하였다. 운송수단대안으로는 소형화물차, 대형화물차, 철도를 선정하였고, 다항로짓모형과 선호다양성을 반영할 수 있는 혼합로짓모형의 결과값을 함께 제시하고 비교하였다. 분석결과, 운송비용과 운송시간만이 유의한 것으로 나타났다. 가공식품은 시간과 비용에 모두 민감하며, 전자제품이나 가죽의 경우는 둔감한 것으로 확인되었다.

Berganito 등 [11]은 운송업체의 화물운송수단선택에 있어 결정요소를 연구하였는데, 운송수단대안은 공로수송, 물류센터에서 환적을 거치는 공로수송과 공로 및 해운으로 이루어진 복합수송, 세 가지를 고려하였다. 이탈리아 Sicilia에 위치한 90개 공로운송업체를 대상으로 한 RP-SP 혼합조사 자료를 이용하였는데, 변수는 운송시간, 정시성, 화물의 손실 및 파손을 각 수단별 변수로 적용하였다. 결과적으로 수단선택에 있어 위험요소(지연 및 파손)에 민감하며, 품목별 특성에 따라 수단선택에 상당한 영향을 받는 것을 확인했다. 다만, 수단선택대안으로 공로를 중심으로 고려하였고, 철도는 고려하지 않았다.

Wang 등 [12]은 미국의 매릴랜드(Maryland) 지역을 대상으로 이항프로빗모형과 이항로짓모형 간 비교를 통해 각 존간 수단 선택의 차이점을 연구하였다. Freight Analysis Framework Database(RP data)자료를 활용하였고, 설명변수는 화물품목별 종류와 시간가치, 운송형태(국내, 수입, 수출), 출발지, 화물중량, 화물가치, 수단별 운송거리, 수단별 연료비로 선정하였다. 연구결과 이항프로빗모형과 이항로짓모형 간의 큰 차이는 없었으며, 시간가치, 운송형태, 출발지, 수단별 연료비가 수단선택에 있어 가장 결정적인 변수로 나타났다.

Reis [13]는 수단선택에 영향을 미치는 요인을 도출하였는데, 정시성(reliability), 유연성(Flexibility), 서비스 빈도, 서비스 수준, 수송거리, 대중교통(철도 등) 수송시간, 운임,관리(Monitoring), 화주의 시장여건, 보안 등이 제시되었다. 공로운송과 복합운송(공로-철도, 공로-해운)에 대해 Agent-Based Model을 사용하여 모형을 구축하였는데, 변수로는 운송비용, 운송시간, 정시성, 유연성을 적용하였으며, 포르투갈 Sine 항구의 화물 운송업자의 자료를 활용하였다. 결과적으로 단거리 운송에 대한 본 모형의 적용에서 변수 중 비용만이 수단전환에 대해 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 비용은 거리에 상관없이 수단전환에 대해 큰 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

Arencibia 등 [14]은 2011년, 2012년 마드리드 지역 내의 93개 운송업체에 대해 두 번의 설문조사를 실시하여 1,674개의 SP 자료를 구축하였으며, 조사결과, 화주는 화물운송의 특성 중 운송비용, 운송시간, 정시성, 운행빈도를 중시하는 것으로 나타났다. 운송수단은 공로와 철도복합운송(공로-철도), 공로 및 해운복합운송(공로-해운)의 두 가지 대안으로 구성하였다. 추정된 모형에 따르면 실제 통행수단의 전환에 대해 가장 큰 영향을 미치는 것은 비용으로 나타났다.

### 2.3 시사점 도출

대다수의 국내의 선행연구에서는 현시선호(RP) 자료 혹은 진술선호(SP) 자료 중 하나를 이용하여 화물수단선택모형을 개발하였다. 현시선호 자료는 비용에 관한 화주들의 응답률이 낮다는 단점이 있으며 이를 활용한 연구도 부족한 실정이다. 반면 진술선호 자료는 변수의 민감도를 파악하는데 있어 적합하지만 가상적 상황에 대한 조사대상자의 응답이 실제 상황보다 과장되어 표현될 수 있다는 위험성이 있다.

따라서 본 연구에서는 국가교통DB의 P-C자료를 근간으로 주요한 품목에 대하여 현시선호(RP)자료 및 진술선호(SP)자료, 두 가지 형태의 자료를 모두 이용하여 집계 및 비집계 모형을 구축한다. 또한 이들 모형으로부터 얻은 결과를 비교하고 다각적인 분석을 실시한다. 물론, 기존의 연구에서도 진술선호(SP)자료를 이용한 연구 중에는 화물차의 접근통행을 감안하여 모형을 구축하였기에 P-C자료를 활용한 모형이라고 볼 수 있으나, 국내 P-C 개념의 현시선호(RP)자료를 이용한 경우는 없었다고 하겠다. 본 연구는 접근통행의 개념을 반영한 P-C 자료에 근간한 수물동량 기반의 모형을 구축하고, 기존의 국내 연구에서는 고려되지 않았던 품목별 생산지·소비지에 관한 변수를 적용하여 품목에 따른 특성을 추가로 반영하고자 하였다.

## 3. 모형구조 및 자료구축

### 3.1 모형구조

교통수요모형은 자료의 수집단위에 따라 집계모형(Aggregate Model)과 비집계모형(Disaggregate Model)으로 나눌 수 있다. 집계모형은 수단선택행태를 개개인의 단위가 아닌 존 단위의 집계적 형태로 간주하여 각 대안에 대한 선택비율로 종속변수의 결과값을 구하는 접근 방식이다. 반대로 비집계모형은 수단선택행태의 주체를 개개인의 단위로 간주하기 때문에 응답자의 특성에 따라 선택대안에 대해 이산적 선택(1 아니면 0)을 나타내게 된다. 본 연구에 사용된 RP 자료는 존 단위의 집계적 형태로 수집되었고, SP 자료는 개개인의 행태를 고려한 비집계적 형태로 수집되었기 때문에 각각에 대해 집계와 비집계 모형을 이용하기로 한다. 본 연구에서의 선택대안은 공로(화물차)와 철도의 두 개로 구성되며, 선택모형의 구조는 수단선택모형 중 가장 널리 쓰이는 이항로짓모형을 이용하였다.

### 3.2 자료구축 방법과 적용방안

본 연구는 The Korea Transport Institute [15]가 수행한 「2015년 국가교통조사 및 DB구축사업」 중 “복합화물운송 분석을 위한 화물 P-C 조사” 결과를 활용하였다. 화물 P-C 자료는 생산지와 소비지간의 물동량을 나타낸 자료로써, 목적통행의 개념으로 물동량을 나타내기 때문에 환적 전과 후에 대해 각각의 수물동량을 확인할 수 있다. 또한, 해당 조사에서는 RP 자료와 SP 자료를 모두 구축하였다. 국가교통DB센터에서 조사한 품목은 주요 6개 품목(컨테이너, 양회, 철강, 석탄, 유류, 광석)이지만, 본 연구에서는 이 중에서 철도수송량이 많거나, 향후 물동량이 증가할 것으로 보이는 컨테이너, 양회, 철강 세 가지 품목에 대해서

모형을 구축하였다.

화물 P-C조사에서 수집된 RP 자료 중 운송비용은 해당 개별기업의 영업 비밀에 속해 응답률이 낮고 운송시간에 대한 자료도 따로 관리하고 있지 않아서 적용에 어려움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구의 원단위나 수요분석 프로그램 (Emme/3)을 활용한 시뮬레이션 결과 또는 인터넷 지도서비스를 활용하여 자료를 보완하였다. 구체적인 내용은 <Table 1>과 <Table 2>에 제시된 바와 같다. 전술한 바와 같이 본 연구에서 활용된 RP 자료는 교통 존별로 집계된 자료이며, 접근운송특성은 생산지-출발역, 도착역-소비지까지의 각각에 대한 접근운송수단과 시간 및 비용으로 구성되었다. 수단선택특성은 수단별 운송비용, 운송시간, 수단선택요인 및 수단전환조건으로 이루어졌다.

한편, 화물 P-C조사는 RP 자료에 대한 조사와 함께 SP조사도 함께 이루어졌다. SP조사는 크게 단거리, 중거리, 장거리로 나뉘어 조사가 이루어져서 운송거리에 따른 차등화를 고려하였다. SP조사의 선택대안은 국내화물운송을 위한 공로운송과 철도운송의 2개 대안이었으며, 조사의 속성변수로는 운송시간(본선시간, 상하차시간, 셔틀시간으로 구성), 운송비용(본선비용, 상하차비용, 셔틀비용으로 구성)으로 구성되었다[15]. 여기서 본선시간과 본선비용은 화물운송에 있어 출발역에서 도착역까지의 시간과 비용이며, 상하차시간과 상하차비용은 생산지(또는 소비지)와 출발역(또는 도착역)에서 이루어지는 상차 및 하차에 소요되는 시간과 비용을 말한다. 셔틀시간과 셔틀비용은 철도수송에 한해 생산지(또는 소비지)와 출발역(또는 도착역)간에 화물을 운송하는 데 소요되는 시간과 비용을 의미한다. SP조사는 조사대상업체의 본사 및 사업장 담당자 249명에 대해 실시되었으며, 속성변수 수준은 6개 모든 변수에 대하여 각 변수별로 -30%, -15%, 5%, 10%로 구성되었다. 이러한 속성값의 수준은 기존 철도운송을 선택하지 않는 운송업체와 화주가 철도운송으로 전환하기 위해서는 운송비용 및 운송시간이 20% 정도 인하되거나 단축될 때 의향이 있다는 응답을 고려하여 설정되었다[15].

**Table 1.** Revealed preference input data for containers.

Variables		Road(Truck)	Rail
Main line	Time	Emme/3 Assignment results + NAVER Map travel time results	KORAIL(2015) Freight train timetable
	Cost	KTA(2012) Container fare table (by Port)	516 won/TEU·km (20ft )
Loading/Unloading	Time	KOTI(2015): 15 mins/TEU	
	Cost	KOTI(2015): 12,400 won/TEU	
Shuttle	Time	-	Access: 1.56 mins/TEU·km, Egress: 1.62 mins/TEU·km
	Cost		

Source 1) KORAIL Homepage, 2015.10

- 2) Korea Trucking Association (KTA), 「Container fare table by port」, 2012 [16]
- 3) KORAIL, 「Fact finding survey and analysis for railroad logistics」, 2013 [17]
- 4) KOTI, 「Freight P-C survey for analyzing intermodal transportation」, 2015 [15]

**Table 2.** Revealed preference input data for cement and steel.

Variables		Road(Truck)	Rail
Main line	Time	Emme/3 Assignment results + NAVER Map travel time results	KORAIL(2015) Freight train timetable
	Cost	KOTI(2015) Cement: 86.89 won/ton·km, Steel: 132.56 won/ton·km	KORAIL(2015) 45.9 won/ton·km
Loading/Unloading	Time	KORAIL(2012) : 0.41 mins/ton	
	Cost	KORAIL(2012) : 1,165 won/ton	
Shuttle	Time	-	KORAIL(2013) : 1.57 mins/km
	Cost		

Source 1) KORAIL Homepage, 2015.10

- 2) KOTI, 「Freight P-C survey for analyzing intermodal transportation」, 2015 [15]
- 3) KORAIL, 「Fact finding survey and access/egress trip analysis for increasing railroad logistics of steel」, 2012 [18]
- 4) Min *et al.*, 「A study on plans for promoting the improvement of rail freight transport service by analyzing the competitiveness of freight transport service by road and rail」, 2013 [19]

거리별로는 단거리(150km) 219개, 중거리(250km) 147개, 장거리(350km) 144개의 자료를 구득하였다. 다만, 통행거리별로는 단거리 자료의 거의 모든 응답자가 공로운송을 이용한다고 응답하였기 때문에 사실상 수단선택모형을 구축하는 것이 무의미하다고 판단되었다. 따라서 이를 배제하고 공로운송대비 철도의 운송경쟁력을 충분히 고려할 수 있는 중·장거리 운송에 대해 모형을 구축하였다.

#### 4. 품목별 화물수단 선택모형 구축

전술한 바와 같이 구득한 RP 자료는 각 기종점별 평균적 특성을 반영한 집계자료이므로 집계적 모형을 구축하였으며, 각 품목별 철도물동량이 존재하는 기종점 쌍에 대한 수송량의 비율을 이용하여 수단선택모형을 구축하였다. 반면 SP 자료는 응답자 개인의 선택을 반영한 비집계 자료이므로 비집계모형을 구축하였다. 각 대안의 효용함수를 구성하는 속성변수로는 본선시간, 본선비용, 상하차시간, 상하차비용, 셔틀시간, 셔틀비용으로 구성하였으며 이 중 통계적 유의성이 확보되지 않거나 직관에 부합하는 부호를 나타내지 않는 경우에는 총 운송시간 또는 총 운송비용 등으로 변수를 통합하여 추정하였다. RP조사의 경우 물동량이 많은 특정지역의 더미변수를 추가하였으며, SP조사는 거리대별로 조사되어 모형구축 시 장거리 수송에 대한 더미변수를 활용하였다. 즉, 수송거리가 350km 이상인 경우에 대해서 1, 그 이하인 경우는 0을 적용하였다. 운송비용 관련변수는 품목 특성상 컨테이너의 경우 TEU단위, 양회와 철강은 Ton단위로 설정하였으며 NLOGIT 5.0 프로그램을 이용하여 모수를 추정하였다.

##### 4.1 컨테이너 수단선택모형 구축

RP 자료를 이용한 컨테이너 화물수단선택모형은 컨테이너 철도물동량이 존재하는 총 714개 기종점 쌍에 대하여 로짓모형을 구축하였다. <Table 3>에서 모수추정결과를 살펴보면, 철도의 대안특정상수가 음(-)의 부호를 나타내고 있으므로 이는 다른 조건들이 모두 동일한 가정 하에서는 공로운송을 더 선호하게 된다는 것을 의미한다. 수송시간이나 수송비용은 본선, 상하차, 셔틀로 분리하였을 때 부호가 적절치 않거나 통계적으로 유의하지 않기 때문에 총 수송시간과 총 수송비용으로 통합하여 모수를 추정하였으며, 모수가 모두 음(-)의 부호를 나타내어 직관에 부합하였다. 다만, 수송비용의 모수가 너무 작게 추정되었으며 통계적 유의성 또한 확보되지 않았다. 이는 본 연구에 활용된 RP 자료가 영업기밀인 비용에 대해 개별적인 보안을 통해 구축되었기 때문에 발생하는 불안정성에 기인한 것으로 보인다. 조사된 RP 자료를 분석한 결과를 바탕으로 광양, 의왕, 부산항 등을 주요생산·소비지 더미변수로 적용하여 모형을 구축하였으나 이들 중 부산항만이 적합한 부호를 나타냈다. 즉, 철도를 이용하여 컨테이너를 운송할 때 부산항을 기종점으로 하는 수송에서 특히 효용이 높아지는 것을 알 수 있는데, 이는 컨테이너 화물이 대부분 부산항을 통해 수출입되는 점에서 기인한다고 보인다. The Korea Transport Institute [15]에 따르면 컨테이너의 주요 생산지와 소비지는 부산항으로 나타났으며, 특히, 철도수송은 부산과 경북, 경기지역이 각각 42.7%, 29.0%, 19.3%의 순으로 최다

Table 3. Container mode choice model.

Variables	RP model		SP model	
	Parameters	t-statistics	Parameters	t-statistics
Alternative specific constant - rail	-0.15435	-0.43	-0.44520	-1.08
Total travel time (mins)	-0.00250	-2.10	-0.00079	-0.81
Total travel cost (thousand won)	-0.00030	-0.73	-	-
Main-line travel cost (thousand won)	-	-	-0.02769	-19.60
Loading/Unloading cost and shuttle travel cost (thousand won)	-	-	-0.03208	-15.07
Busan port dummy - rail	5.49226	5.36		
Summary statistics				
Number of observations	714		1872	
$L(0)$	-494.907		-1297.572	
$L(\beta)$	-344.044		-760.202	
$\rho^2$	0.3048		0.4141	
$\bar{\rho}^2$	0.2967		0.4111	

생산비율을 나타냈고, 소비지로는 부산 57.3%, 경북 26.7%, 인천 12.9%의 순으로 나타났다. 따라서 부산항 더미가 유의하게 도출되는 것은 적절하다고 판단된다. 자료의 적합도  $\rho^2$ 는 통상적으로 0.2~0.4 수준이면 충분한 적합도를 나타낸다고 보는데, 본 모형의 경우 자료적합도가 0.3 수준을 나타내므로 유의한 수준이라고 판단된다.

한편, SP 자료를 이용한 컨테이너 화물수단선택모형은 총 1872개의 자료를 이용하여 모수를 추정하였다. RP모형과 마찬가지로 철도의 대안특정상수가 음(-)의 부호를 나타내므로 공로수송과 동일한 조건 하에서는 철도가 선호되지 않는 것을 알 수 있다. 변수간 상관성 문제로 상하차시간과 셔틀시간 모수의 부호가 양(+)을 나타내어 직관과 부합하지 않았으므로, 이를 본선시간과 통합하여 모수를 추정하였다. 하지만 모수의 크기가 작고 t-통계량이 낮게 나타났다. 수송비용 변수는 상하차비용과 셔틀비용이 통계적으로 유의한 차이가 나지 않아 통합하여 변수를 설정하고, 본선비용은 상하차 및 셔틀비용과 차이가 있기 때문에 분리하여 모형을 구축하였다. 따라서, 컨테이너 수송에 있어서는 화주들이 시간보다는 비용에 더 민감하며, 본선비용보다도 상하차+셔틀 비용에 더 민감한 것으로 나타났다. 대부분의 운송이 장거리로 이루어지는 컨테이너 화물의 특성상, 화주는 상하차 및 셔틀 비용을 포함한 철도운송비용을 도로운송비용보다 적게 지출하려면 철도운송과정 중 발생하는 상하차 및 셔틀 비용 절감이 중요하다고 여기기 때문이며, 철도운송의 본선 운임체계는 거리비례제로 탄력성이 있지만, 상하차비용과 셔틀비용은 고정 비용이기 때문에 화주들이 상하차 및 셔틀비용에 민감한 것으로 보인다. Min 등 [19]은 업체들을 대상으로 설문조사를 실시한 결과 철도수송분담률이 1991년부터 2011년까지 7%이하로 감소하게 된 원인으로 셔틀운송비 부담이 3위를 차지한다는 결과를 제시했다.

이상의 두 모형을 비교하면, RP 모형과 SP 모형에서 공통적으로 철도의 대안특정상수가 음(-)의 부호를 나타내어 동일 조건 하에서 철도보다 공로에 대한 선호가 더 높은 것으로 분석되었다. 그러나 RP 모형의 경우 수송시간에 의해 영향을 받는 것으로 나타난 반면에 SP모형의 경우 수송비용에 더 민감한 것으로 드러났다. SP 기반 선행연구에서 공통적으로 컨테이너 화물의 경우 비용에 더 민감한 것과 달리 실적을 기반으로 한 RP 자료를 바탕으로 모형을 구축한 결과 수송시간이 수송비용보다 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 기존의 연구들과는 상이한 결과를 보였다. SP 조사에 답변한 화주들은 비용의 지출이 줄어드는 것을 더 중시하는 반면, 컨테이너 경우 시간가치가 높은 품목이 적재될 수도 있기 때문에 P-C 자료를 활용한 RP 모형에서는 수송시간에 대해 민감한 것으로 나타났다. 따라서 컨테이너 화물의 철도수단전환에 관한 정책은 수송시간과 수송비용을 같이 고려한 복합적인 접근이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

#### 4.2 양회 수단선택모형 구축

RP 자료를 이용한 양회 화물수단선택모형은 양회 철도물동량이 존재하는 330개 기종점 쌍을 이용하여 로짓모형을 구축하였다. <Table 4>의 모수추정결과를 보면, 철도의 대안특정상수가 양(+)의 부호를 나타내는 것으로 보아 동일한 조건 하에서 철도에 대한 선호가 높게 나타났지만 유의성은 낮다고 하겠다. 수송시간은 양(+)의 부호를 나타내어 직관에 부합하지 않아 제외시켰다. 양회의 주요 생산 및 소비지역은 KOTI(2015)자료를 바탕으로 하여 강릉, 동해, 삼척, 영월, 제철, 단양 총 6개 지역에 대

Table 4. Cement mode choice model.

Variables	RP model		SP model	
	Parameters	t-statistics	Parameters	t-statistics
Alternative specific constant - rail	0.10343	0.67	1.64584	8.60
Total travel time (mins)	-	-	-0.00019	-0.15
Total travel cost (thousand won)	-0.04824	-1.75	-0.00726	-6.99
Donghae dummy - rail	2.70317	1.52	-	-
Samcheok dummy - rail	1.85373	2.49	-	-
Long distance (over 350km) dummy - rail	-	-	0.00070	0.74
Summary statistics				
Number of observations	330		1368	
$L(0)$	-228.739		-948.225	
$L(\beta)$	-219.937		-695.235	
$\rho^2$	0.0385		0.2668	
$\overline{\rho^2}$	0.0210		0.2626	

하여 더미변수를 검토하였다. 그러나 부호가 적합하고 추정결과가 통계적으로 유의한 지역은 동해와 삼척으로 나타났다. 이는 양회를 대규모로 생산하는 공장들이 주로 동해와 삼척에 위치해 있기 때문으로 판단된다. 자료적합도는 0.04에 약간 못미치는 수준으로 추정되어, 다른 품목의 모형에 비해 낮은 것으로 나타났다.

한편, SP 자료에 근간한 모형은 총 1368개의 자료를 활용하였으며, RP 모형과 마찬가지로 철도의 대안상수가 양(+)의 부호를 나타내어 화주들이 같은 조건 하에서 공로수송보다 철도수송을 더 선호함을 알 수 있었다. 수송시간과 수송비용은 본선비용, 상하차비용, 셔틀비용이 각각 통계적으로 유의한 차이가 없어 통합하여 모수를 추정하였다. 수송시간의 모수와 t-통계량의 크기가 작게 추정되었지만 음(-)의 부호를 나타내어 직관에 부합하는 결과를 보였다. 또한, 수송거리대별 더미변수를 반영하여 상대적으로 유의한 수송거리 350km 이상의 장거리 더미변수만 제시되었다. 이를 통해 비록 모수의 크기가 작긴 하나 거리가 멀수록 철도의 효용이 더 높게 인식되는 것을 알 수 있다. 자료의 적합도가 0.26을 나타내어 통상적인 수준으로 볼 때 합리적인 결과라고 분석된다.

두 모형간 비교를 통해서도 동일조건에서 양회 수송은 공로 보다 철도가 선호됨을 알 수 있다. 양회는 생산 단지 내의 인입선 설치로 인해 철도를 수송수단으로 활용하는 데 있어 접근성이 뛰어나며, 공로수송 대비 운행횟수당 물동량 많기 때문에 대량수송을 위해서는 철도를 수단으로 전환하는 것이 이 부분에 영향을 미친 것으로 보인다. 또한, 공통적으로 RP모형과 SP모형에서 모두 수송비용이 중요한 요인으로 나타났다.

### 4.3 철강 수단선택모형 구축

RP 모형은 다른 품목의 수단선택모형과 마찬가지로 철강 철도물동량이 존재하는 기종점 쌍을 필터링하여 활용하였다. 다만, 구득된 RP 자료에서 수송시간과 수송비용이 더 높은 수단을 선택하는 자료가 상당수 존재하였는데, 이 중 비합리적 대안을 선택한 비율이 50% 이상인 자료를 제외하고 29개의 자료를 이용하여 모형을 구축하였다. 수송시간은 추정된 모수의 부호가 적합하지 않아 제외하였다. 철강의 주요 생산지인 포항과 광양을 지역더미변수로 적용한 결과, 광양은 부호가 적합하지 않아 제외하였고 적합한 부호를 나타낸 포항 더미변수가 최종적으로 반영되었다. 수송비용은 지역더미변수로 광양을 적용했을 때와는 달리 포항을 적용했을 때만 부호가 음(-)으로 나타났다. 이는 포항이 국내 최대 철강 생산지역이기 때문에 포항을 기종점으로 포함하는 수송비용의 효용이 발생하는 것으로 해석된다. 본 모형의 요약통계량은 다른 모형들에 비해 적절하게 나타났으나 자료의 수가 적어 모형의 실제 적용에는 다소 위험성이 따른다.

SP 모형은 총 1752개의 비집계 자료를 가지고 모수를 추정하였다. 대안특정상수는 양(+)의 부호를 나타내어 동일한 조건에서 철도의 선호도가 공로에 비해 높은 것으로 추정되었다. RP기반 집계모형에서는 음(-)의 부호가 나타난 것과 반대인 결과를 나타냈다. Min 등 [19]에 따르면 국내 기업들이 운송과정 중 철도로의 수단전환에 있어 장애요소로 작용하는 부분이 총 수송비용, 철도장비의 이용가능성, 철도 네트워크의 접근성 순으로 나타났다. 철강은 주요 생산지에 위치한 인입선을 활용해 운송하는 것이 가능하므로 시간과 비용이 동일한 조건이라면 접근성이 뛰어난 철도를 더 선호하게 됨을 추측할 수 있다. 수송시간 변수와 장거리 더미변수는 직관에 부합하지 않는 부호를 나타내어 제외하였고 이를 통해 수송시간과 수송거리가 철강의 운송에 있어 화주들에게 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 철강의 특성상 시간가치가 높은 품목이 아니기 때문에 수송시간에 둔감한

Table 5. Steel mode choice model.

Variables	RP model		SP model	
	Parameters	t-statistics	Parameters	t-statistics
Alternative specific constant - rail	-0.87559	-0.89	1.42178	18.65
Total travel time (mins)	-	-	-	-
Total travel cost (thousand won)	-0.03925	-0.74	-0.00757	-10.39
Pohang dummy - rail	0.37138	0.30	-	-
Summary statistics				
Number of observations	29		1752	
$L(0)$	-20.101		-1214.394	
$L(\beta)$	-12.630		-981.822	
$\rho^2$	0.3717		0.1915	
$\overline{\rho^2}$	0.2225		0.1899	



결과가 나타났다. 한편 운송패턴은 경북과 전남의 존 내부통행이 주로 많으며, 경북, 전남, 부산, 울산 등 주요 제철공장, 자동차 및 조선업 공장 등에서 생산되고 소비되는 패턴을 이루고 있기 때문에 평균운송거리가 본 연구의 장거리 더미변수 기준인 (350km)보다 짧다. 이에 따라 컨테이너와 양회에 비해 장거리에 따른 영향력이 미미한 것으로 판단된다.

두 모형의 결과를 비교하면, 대안특성상수는 RP모형과 SP모형이 각각 음(-)의 부호와 양(+)의 부호를 나타내어 동일 조건 하에서 공로대비 다른 결과가 추정되었다. 화주들이 생각하는 것과는 달리 실제로는 동일한 시간과 비용을 놓고 보면 공로수송이 더 효용이 높다는 것을 의미한다. 수송시간은 각 변수간의 통계적으로 차이가 없거나 부호가 적절치 않아 추정에서 제외하였다. 철강은 컨테이너와 달리 시간간치가 높은 품목이 아니기 때문에 수송시간에 둔감한 결과를 보였다. 총 수송비용의 경우 두 모형 모두 음(-)의 부호를 나타내어 직관에 부합하는 결과를 나타냈다. 따라서 철강의 수단전환정책에 있어서는 수송비용의 절감을 우선적으로 고려해야 함을 알 수 있다. 각 변수의 통계적 유의성은 전체적으로 SP 자료가 더 높게 나타났다. 다만 적합도 측면에서는 RP 자료가 보다 높게 추정되었는데, 이는 비합리적인 선택의 비율이 50%이상인 자료를 제외한 29개의 자료만 활용하였기 때문이며 실제 활용도 측면에서는 다소 위험성이 있다고 하겠다.

## 5. 결론 및 시사점

본 연구는 공로로의 화물수송 편중에 따른 사회·경제적 문제를 해결하는 데 앞서 정확한 화물수요예측의 필요성에 따라 기존의 기종점(O-D) 통행량 자료가 아닌 환적과 서틀운송을 고려하여 각각의 물동량을 확인할 수 있고 실제 운송과정을 모사할 수 있는 생산지-소비지(P-C) 자료를 활용하여 화물수단선택모형을 구축하였다. 또한 기존 연구들이 주로 SP 자료를 활용한 것에 비해 집계적 형태의 RP 자료와 비집계적 형태의 SP 자료를 모두 활용하여 화물수단선택에 있어 다각적인 접근과 함께 실질적으로 영향을 미치는 부분에 관해 시사점을 도출하고자 하였다.

연구결과, 컨테이너는 기존의 SP기반 모형과는 달리 본 연구의 RP기반 집계모형에서는 타 품목에 비해 수송시간에 대해 민감한 것으로 나타났다. 이는 경우에 따라 컨테이너에 시간간치가 높은 품목이 적재될 수 있기 때문에 기존의 SP기반 수단선택 모형들과 달리 수송시간이 수송비용보다 더 민감한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 양회와 철강은 RP, SP기반 모형 모두에서 수송비용에 민감한 것으로 드러났다. 또한 SP 자료를 기반으로 한 대다수의 선행연구에서는 양회와 철강이 수송시간에 대해 영향을 받는 경향이 있다고 나타났지만 본 연구의 RP기반 집계모형에서는 수송시간의 모수가 유효하지 않았다. 이는 기존의 대다수 SP기반 화물수단선택모형에서 양회와 철강의 수단선택에 수송시간이 일정 수준의 영향을 미친다는 것과는 다른 결과를 보여줬다. 요컨대 컨테이너는 화주들의 반응에 비해 실제로는 시간에 대한 민감도가 높은 반면, 양회와 철강은 화주들의 생각과는 달리 실제로는 수송시간에 대해 거의 영향을 받지 않는다고 볼 수 있다. 따라서 수단전환에 대한 정책에 있어 자료별, 품목별로 영향력이 큰 변수에 관해 복합적으로 고려해야 실질적인 효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

본 연구는 공로와 철도의 수단선택에 대해 화물의 수단간 환적을 고려할 수 있으며 목적통행의 개념으로 조사된 자료인 P-C 자료를 활용하여 기존 화물수단 선택모형에 비하여 보다 현실적인 수단선택을 나타내고자 하였다. 또한 기존의 SP기반 화물수단선택모형이 대다수인 반면에 본 연구는 RP 자료와 SP 자료를 모두 활용하여 다각적으로 화물수단선택모형을 구축하고 비교하여 실제 정책 반영에 있어 기초자료로 활용될 수 있는 연구를 진행하였다.

이러한 연구의 의의에도 불구하고, 몇 가지 분석 상의 한계를 내포하고 있다. 본 연구에서 활용된 RP자료의 경우 도로는 통행배정 시 도출된 시간 및 포털사이트 지도 상의 시간을 가지고 보정하고, 철도는 실제 조사된 시간을 적용하였다는 점에서 모형에 오류를 발생시킬 가능성이 있다. 다만, 실제 철도화물 수요분석과정에서도 도로부문의 실제 통행시간과 실제 비용은 취득하기 어렵기 때문에 도로는 통행배정단계에서의 시간을 적용하고, 비용에 대해서도 요율이나 조사치를 적용한다는 점을 감안한다면, 본 연구에서 제시된 모형과 같이 현재의 자료한계를 감안하여 모형을 구축하는 것이 보다 현실적이라고 판단된다. 또한, 적절한 화물수송의 시간가치를 도출하지 못하였다. 시간가치를 산정하기 위해서는 시간 및 비용, 두 변수의 통계적 유의성이 확보되어야 하지만, 본 연구에서 분석된 모형에서는 컨테이너는 시간만, 철강과 양회의 경우는 비용만이 통계적으로 유의하게 나왔기 때문에 이를 근거로 시간가치를 도출할 수는 없었다. 물론, 두 변수의 통계적 유의성이 모두 확보되지 못한 점은 도로와 철도의 통행시간 자료에 일관성이 없기 때문에 발생할 수도 있으나, 실제 벌크화물의 수송은 수송시간에 민감하지 않다는 점을 고려한다면 이는 모형 추정의 오류 문제가 아니라 화물수단선택 시 실제 현실을 반영한 결과라고 판단된다. 추가적으로 철강 등의 경우는 중량화물 운송제한 등에 따른 요인이 영향을 미칠 것으로 판단되나, 1회 발송 물동량에 따라 구분하여 자료조사가 이루어지지 못하였기 때문에 이를 반영할 수 없었다.

이상의 내용들로 인하여 본 모형을 보편적으로 적용하는 데에는 한계가 있을 것으로 판단된다. 무엇보다 보다 정확한 P-C 자료를 구축하는 것이 선행되어야 이후 화물수요추정에 있어서 드러나는 한계점을 해결할 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서는

운송시간과 운송비용에 대한 자료의 부족으로 인해 인터넷 지도서비스와 시뮬레이션 결과를 활용하여 보완하였지만 앞으로 심층적인 조사를 통해 기존의 구축된 자료보다 더욱 정확하고 보편적으로 쓰일 수 있도록 화물관련 자료의 DB화가 진행되어야 할 필요가 있다.

## References

- [1] C.H. Choi (2002) Value of travel-time savings in metropolitan road freight transportation with freight classification code, *Journal of Korean Society of Transportation*, 20(7), pp. 167-175.
- [2] C.H. Choi, S.J. Shin, D.J. Park, H.S. Kim, J.W. Jin (2008) Mode choice characteristics of rail freight transportation, *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(6), pp. 588-595.
- [3] C.S. Kim, J.Y. Lee, K.H. Jeong (2008) A study on intercity freight mode choice modelling(in Korean), The Korea Transport Institute, pp. 13-22.
- [4] J.W. Joo, H.G. Ha (2009) Estimating value of time for freight transportation in freight items using logit model, *Journal of Korean Society of Transportation*, 27(5), pp. 163-168.
- [5] Y.S. Ko, D.J. Park, C.S. Kim, H.S. Kim, M. Park (2010) Supply chain-based freight distribution channel choice model using distribution channel analysis, *Journal of Korean Society of Transportation*, 28(6), pp. 133-146.
- [6] D.H. Hong, M. Park, J.Y. Lee, J.S. Hahn, J.W. Kang (2012) Freight demand analysis for multimodal shipments, *Journal of Korean Society of Transportation*, 30(4), pp. 85-94.
- [7] H.S. Kim, D.J. Park, C.S. Kim, C.H. Choi, H.S. Cho (2013) An empirical study on comparative analysis of freight demand estimation methods - unimodal O-D based method and P-C based method : focus on korean import/export container freight, *Journal of Korean Society of Transportation*, 31(2), pp. 45-59.
- [8] G. Picard, M. Gaudry (1998) Exploration of a box cox logit model of intercity freight mode choice, *Transportation Research Part E*, 34(1), pp. 1-12.
- [9] J. Rich, P.M. Holmblad, C.O. Hansen (2009) A weighted logit freight mode-choice model, *Transportation Research Part E*, 45, pp. 1006-1019.
- [10] K. Arunotayanun, J.W. Polak (2011) Taste heterogeneity and market segmentation in freight shippers' mode choice behaviour, *Transportation Research Part E*, 47, pp. 138-148.
- [11] A.S. Berganito, M. Bierlaire, M. Catalano, M. Migliore, S. Amoroso (2013) Taste heterogeneity and latent preferences in the choice behaviour of freight transport operators, *Transportation Policy*, 30, pp. 77-91.
- [12] Y. Wang, C. Ding, C. Liu, B. Xie (2013) An analysis of interstate freight mode choice between truck and rail : a case study of maryland, united states, *Procedia - Social and Behavioral Science*, 96, pp. 1239-1249.
- [13] V. Reis (2014) Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model, *Transportation Research Part A*, 61, pp. 100-120.
- [14] A.I. Arencibia, M. Feo-Valero, L. Garcia-Menendez, C. Roman (2015) Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments, *Transportation Research Part A*, 75, pp. 252-267.
- [15] The Korea Transport Institute (2015) Freight P-C Survey for Analyzing Intermodal Transportation (in Korean).
- [16] Korea Trucking Association (2012) Container Fare Table by Port (in Korean).
- [17] Korea Railroad Corporation (2013) Fact Finding Survey and Analysis for Railroad Logistics (in Korean).
- [18] Korea Railroad Corporation (2012) Fact Finding Survey and Access/Egress Trip Analysis for Increasing Railroad Logistics of Steel (in Korean).
- [19] Y.J. Min, M. Park, H.J. Jang (2013) A Study on Plans for Promoting the Improvement of Rail Freight Transport Service by Analyzing the Competitiveness of Freight Transport Service by Road and Rail(in Korean), The Korea Transport Institute, p.171.

(Received 24 January 2017; Revised 7 February 2017; Accepted 23 February 2017)

---

**Woong Kang:** kwoong123666@naver.com

Dept. of Railroad Facility Engineering, Korea National University of Transportation, 157 Cheldobangmulgwan-ro, Uiwang, Gyeonggi 437-763, Korea

**Jang-Ho Lee:** transwho@ut.ac.kr

Dept. of Railroad Facility Engineering, Korea National University of Transportation, 157 Cheldobangmulgwan-ro, Uiwang, Gyeonggi 437-763, Korea

**Minchoul Park:** minchoul@ut.ac.kr

Dept. of Railroad Management and Logitstics, Korea National University of Transportation, 157 Cheldobangmulgwan-ro, Uiwang, Gyeonggi 437-763, Korea