한중간 해상에서 육상으로 화물운송전환수요의 추정 : 동북3성 지역을 중심으로

Estimations of modal shift from maritime and air transport to surface transport between China and South Korea : focusing on China's three northeast provinces.

홍성욱,[1] 이순철[2]
Hong, Sungwook, Soon Cheul Lee

Key Words: Freight demand estimation(화물운송수요), Northeast Asia Logistics(동북아물류), Surface transportation between China and South Korea(한중간 육상운송)

Abstract

This study is based on the assumption of surface transport linkages between Korea and China. Active economic cooperation between South Korea and North Korea are expected within the near future and Russia and China have interested in the land transport linkages in Korean peninsula. How much freight demands between the two countries that has been mainly dependent on air and sea transportation so far may convert the transport mode to surface transportation are estimated. Particularly, freight demands between South Korea and China's three northeast provinces are focused.

The sensitivity analysis depends on transport time and transport cost changes is included. The modal shifts is estimated to be more sensitive to the changes in transport costs than those in transport time, suggesting the importance of transport costs of rail and road.

Despite the dearth of data on the surface transport operation in North Korea, the attempts made in this study to estimate the demand conversion are hope to provide reference points for potential effects of the rail and road transport connections between China and the Korea peninsula before our discussions expand to the establishment of freight transport network of the northest Asia and, moreover, the Eurasian continent.

1. 서론

현재 한국과 중국간의 화물수송은 해운과 항공으로 이루어지고 있기 때문에 한중간 육상화물운송의 수요에 대한 논의는 가상의 시나리오에 의해 논의될 수 밖에 없다. 특히 남북간의 정치적인 변수가 커서 북한의 근본적인 경제변화가 없는 한 철도나 도로를 이용한 화물의 수송은 비록 철도와 도로의 단절구간이 복원된다고 하더라도 언제든지 중단될 수 있으므로 육상운송의 신뢰성에 취약점을 안고 있다.

이러한 단기적 예측 불가성에도 불구하고 육상을 통한 화물운송수요를 추정해 보는 것은, 첫째, 동북아의 대세가 경제협력을 고무하는 방향에 있고, 둘째, 북한도 개성공단, 경의선연결사업 등 경제적 실리를 추구하는 정책을 1990년 말 이후 실시해 오고 있기 때문이다. 그러나 본 연구에서 다루는 수요추정은 현재의 시점에서 고려 가능한 변수를 종합적으로 검토한 육상교통 수요의 예상가능범위를 설정하고자 하였다. 또한 예상치의 추정에 대한 논거를 제공함으로써 앞으로의 연구에 기반을 제공하는 데에도 목적을 두고 있다. 그러나 실제 운영되지 않은 노선에 대한 육상수송시간과 비용 산정에서 오류를 범할 가능성을 배제할 수 없기 때문에 수요전환 효과의 추정은 한계를 지닐 수밖에 없다. 따라서 추정치의 해석에 있어서도 개략적으로 어느 규모에서 육로로의 수요전환이 가능할 것인지를 밝히는 수준에 그치고자 한다.

---

1 정회원, 한라대학교 경영학부 교수

2 정회원, 한국철도기술연구원, 경제학박사

2. 한중간 화물수요추정 모형

본 연구에서 육상교통 화물수요추정에 사용한 방법론, 자료와 가정은 아래와 같다. 우선 한·중간 총물동량에 관한 전망치는 한국철도기술연구원(1998)의 결과를 활용하였으며, 총물동량 추정치의 기본자료는 해양수산부에서 집계한 R/T(Revenue tonnage)에 근거하고 컨테이너화할 수 있는 품목을 대상으로 하였다. 한국-중국간 철도나 도로의 지리적 활용범위는 한국, 중국의 동북3성과 베이징-톈진지역에 국한하였다. 그 이유는 한반도에서 중국의 중남부지역이나 내륙까지의 육상수송거리가 해상운송보다 훨씬 멀어 철도나 도로의 경쟁력이 없는 것으로 판단되었기 때문이다. 중국내 내륙수송과 항만과의 연계에 있어 내륙도시들은 최단거리 항만을 이용한다는 가정을 채택하였다. 따라서 화물수송에 있어 다리엔항과 톈진항의 배후지가 본 수요추정에 포함될 1차적 대상지역이 된다. 다리엔항과 톈진항은 한·중간 컨테이너 취급실적은 한·중간 전체 컨테이너 물량의 48%에 달하고 있어 적지 않은 물량이 육상운송으로 전환될 수 있을 것으로 판단된다. 수송시간과 수송비용은 다음 <표1>, <표2>와 같이 선행연구 결과를 종합하고 중국측의 자료를 이용하여 추정하였다.

<표 1> 서울–베이징간 수단별 화물운송시간 및 비용

구　　분	해　　운*	철　　도	도　　로
거리 (km)	1,013 (852+161*)	1,608	1,361
소요시간	30시간 30분 (28H 30′+ 2H*)	20시간 30분	14시간
수송비용 (원 / t)	10,000	39,000	101,000

주:　* 철도를 보조이동수단(서울-인천, 톈진-베이징)으로 가정
　　1) 수송시간 산정을 위한 원단위: 도로 100km/h, 철도 80km/h, 해운 30km/h
　　2) 수송비용 원단위: 철도 24.2원/km·t, 도로 74.07원/km·t, 해운 7.48원/km·t
자료: 김경석 1998

<표 2> 서울–션양간 수단별 화물운송시간 및 비용

구　　분	해　　운*	철　　도	도　　로
거리 (km)	957 (533+424*)	769	822
소요시간	23시간 (17H 30′+ 5H 30′*)	9시간 30분	8시간 30분
수송비용 (원 / t)	14,000	19,000	61,000

주:　* 철도를 보조이동수단(서울-인천, 다리엔-션양)으로 가정
　　1) 수송시간 산정을 위한 원단위: 도로 100km/h, 철도 80km/h, 해운 30km/h
　　2) 수송비용 원단위: 철도 24.2원/km·t, 도로 74.07원/km·t, 해운 7.48원/km·t
자료: 김경석 1998

본 연구에서 가격비 로짓모형(Price Ratio Logit Model)과 가격차 로짓모형(Price Difference Logit Model) 두가지를 고려하였으나, 가격차 로짓모형은 수단별 수송비용 추정의 오차가 클 수가 있어 수단간 비용의 상대적 비율을 이용하는 가격비 로짓모형이 더 적절하다고 판단하였다(Boyer 1977, Oum 1979abc, Zlatoper & Austrian 1989).

- 가격비 로짓모형

$$\log\frac{S_L}{S_S} = A_0 + A_1 \cdot \frac{P_L}{P_S} + \sum_{n=2}^{N} A_n X_n$$

- 가격차 로짓모형

$$\log\frac{S_L}{S_S} = A_0 + A_1(P_L - P_S) + \sum_{n=2}^{N} A_n X_n$$

L: 수송수단 L　　　　S: 수송수단 S
S_L: 수송수단 L의 선택확률　　　　S_S: 수송수단 S의 선택확률

육상운송의 물량추정은 2단계로 나누어 진행하였는데, 1단계에서는 육상운송수단중 철도만이 가능할 경우이며 2단계는 철도와 도로 모두 이용이 가능할 경우이다.

본 연구에서는 A_0는 운송시간을 A_1은 기존 연구에서 사용되고 있는 계수를 조정하여 이용하고 가격은 수송비용을 적용하여 산정하였다. 대상운송품목에 있어서는 두가지 대안을 가정하였는데, 1안은 식료품, 선어류, 화학제품, 기계류, 기타 품목을 2안은 1안의 품목외에 철재, 광석, 건축재의 50%를 포함한 품목으로 가정하였다.

<표 3> 변수 A_1 산정을 위한 연구결과 비교

구 분	Boyer (1977)	철도기술연구원(1998)	국토연구원 (1998)	
철도 (A)	3.21 톤마일	91원/톤	24.20 원/톤·km	
도로 (B)	10.41 톤마일	95원/톤	74.07 원/톤·km	
해운 (C)	-	-	7.48 원/톤·km	
(B) / (A)	3.24	1.04	3.06	
(A) / (C)	-	-	3.24	-
(C) / (A)	-	-	-	0.31
가 격 비	-6.77	-2.18	-6.77	-0.65
가 격 차	-1.04	-0.33	-1.04	-0.10

주: 1) 음영부분의 결과는 본연구에서 추정

3. 서울-베이징간 화물운송

3.1 서울-베이징간의 해운과 철도 (1단계)

수송수단별 상대적 선호비율 A_0는 해운 운송시간 대비 철도 운송시간의 비율로 나타낼 수 있다. 즉 철도의 운송시간이 짧을수록 철도선택의 확률이 높아진다. 해운운송시간을 30.5시간으로 철도운송시간을 20.5시간으로 보면, $A_0 = 30.5/20.5 = 1.4878$. A_1는 A_0의 산정에서 이미 시간이 반영되었으므로 서울-베이징간 톤당 총수송비용 중 시간비용을 제외한 수단별 비용을 추정하여, 이를 아래 식에 의해 대입하여 산정하였다.

$\log \frac{S_R}{S_S} = 1.4878 - 0.65 \times \frac{39,000}{10,000} = -1.0472$의 결과로 $e^{1.0472} = 0.3509$.

따라서 해운에 대비한 철도의 선택확률은 26% 정도로 추산되며, 철도운송물량은 대상항만의 총물량중 철도운송으로의 전환대상 품목을 고려한 물량에 위의 철도선택확률을 곱하여 산출하였다. 1997년에 철도운송을 가정하여 서울-베이징간 해운에서 철도로의 전환물량을 산정한 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 서울-베이징간 철도물량 추정 (1997년 O-D기준)

구 분	1 안		2 안	
	철도물량	철도물량 / 텐진항 총물량	철도물량	철도물량 / 텐진항 총물량
서울→베이징	345,817톤	13.68%	501,281톤	19.83%
베이징→서울	377,145톤	10.24%	667,124톤	18.11%

따라서 베이징지역을 대상으로 한 해운과 철도의 수송분담은 <표 5>와 같다. 2011년 철도운송물량은 1997년의 수송분담율과 동일하다는 가정에 의해 앞서 언급한 한중간 물동량 예측치에 텐진항의 비중을 곱하여 구할 수 있다 <표 6>.

<표 5> 서울-베이징간 해운과 철도의 수송분담율

단위: %

구 분	해 운		철 도	
	1안	2안	1안	2안
서울→베이징	86.32	80.17	13.68	19.83
베이징→서울	89.76	81.89	10.24	18.11

<표 6> 서울-베이징간 해운과 철도의 물동량 추정(2011년)

단위: 톤

구 분	해 운		철 도	
경 로	1안	2안	1안	2안
서울→베이징	7,236,482	6,720,994	1,146,662	1,662,151
베이징→서울	7,085,369	6,464,147	807,958	1,429,181

3.2 서울-베이징간 해운, 철도 및 도로간의 분담 (2단계)

해운과 철도 수요전환 관계식과 같은 접근으로 해운과 도로의 전환 물량 추정하고 각각의 분담비를 산정하면, 해운에 대비한 도로의 선택확률은 1.23%로 산정된다. 철도운송과 도로운송 물량의 중복산정 우려가 있기 때문에 철도물량에서 도로의 물량을 감안한 재조정이 필요하다. 해운에서 철도로 전환비율과 해운에서 도로의 전환비율을 이용하여 해운, 철도, 도로간의 수단선택비율은 재조정해보면,

$$S_S : S_R = 74.02 : 25.98$$

$$S_S : S_T = 98.77 : 1.23$$

$$S_S + S_R + S_T = 100$$

과 같고, 위 식들에서 *해운:철도:도로 = 73.35%:25.74%:0.91%*의 수송분담비율을 구할 수 있다. 베이징지역을 대상으로 한 해운, 철도, 도로의 수송수단간 수송분담율에서 철도와 도로의 물량을 산정하고 나머지를 해운의 물량으로 산정해 보면 <표 7>과 같은 결과를 얻게된다.

<표 7> 서울-베이징간 해운철도도로 운송물량의 산정

단위: 톤

구 분		해 운		철 도		도 로	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안	1안	2안
2011	서울→베이징	7,206,655	6,677,758	1,136,195	1,646,979	40,294	58,409
	베이징→서울	7,064,352	6,426,970	800,583	1,416,135	28,392	50,222

3.3 서울-베이징간 화물수송의 민감도분석

유상수송비용, 수송시간 등 모형산정에 사용된 조건이 바뀔 경우 다른 결과를 얻을 수 있으므로 민감도분석을 통하여 이를 보완할 필요가 있다. 본 연구에서는 철도와 트럭의 수송시간이 20% 증가할 경우와 수송비용이 20%증가할 경우 두 가지를 상정하여 물량의 변화를 추정하였다.

(1) 서울-베이징간 철도와 트럭의 수송시간이 20% 증가할 경우

철도와 트럭의 수송시간이 기준시간에서 20% 증가하면, 철도는 24.6시간, 트럭은 16.8시간이 적용되며 <표 8>의 결과를 얻을 수 있다. 수송시간이 20% 증가할 경우에는 철도운송물량이 약 17% 감소하고 도로운송물량은 약 26% 감소하는 것으로 추산되어 도로운송이 수송시간변화에 민감한 것으로 나타났다.

<표 8> 육상수송시간 20% 증가시 서울-베이징간 물동량의 민감도분석 결과

단위: 톤

구 분		해 운		철 도		도 로	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안	1안	2안
2011	서울→베이징	7,410,782	6,973,650	942,571	1,366,309	29,792	43,186
	베이징→서울	7,208,183	6,681,390	664,152	1,174,804	20,992	37,133

(2) 서울-베이징간 철도와 트럭의 수송비용이 20% 증가할 경우

철도와 트럭의 수송비용이 기준비용에서 20% 증가하면, 철도는 46,800원/톤, 트럭은 121,200원/톤이 적용되어 <표 9>와 같은 결과를 얻을 수 있다.

육로수송비용이 20% 증가할 경우에는 철도운송물량이 약 31%, 그리고 도로운송물량이 약 69% 감소하는 것으로 추산되어 철도와 도로 모두 수송시간보다는 수송비용에 더욱 민감함을 알 수 있다. 특히 도로운송의 경우 수송비용의 변화에 매우 민감한 반응을 보이고 있어 한반도와 중국간의 도로연결시 단순히 도로의 연결자체보다 도로의 운송조건, 즉 시간과 운임, 국경통과비용 등에 국가간 협의결과가 매우 중요함을 시사한다.

<표 9> 육상수송비용 20% 증가시 서울-베이징간 물동량의 민감도분석 결과

단위: 톤

구 분		해 운		철 도		도 로	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안	1안	2안
2011	서울→베이징	7,602,899	7,252,134	768,080	1,113,375	12,166	17,636
	베이징→서울	7,343,552	6,920,842	541,203	957,322	8,573	15,164

4. 서울-센양간 화물운송

4.1. 서울-센양간의 해운, 철도, 도로

서울과 동북3성을 배후지역으로하는 센양(다리엔항)간의 해운 물동량의 철도와 도로 전환수요를 서울-베이징(톈진항)의 방법과 같이 적용하여 산정하면 다음의 결과를 나타낸다.

1단계로 서울-센양간의 해운과 철도 관계에서 해운에 대비한 철도의 선택확률은 82.33%로 산정된다. 1997년 O-D 자료를 이용하여 해운에서 철도로의 전환물량을 산정한 결과는 다음 <표 10>과 같다. 따라서 센양을 대상으로 한 해운과 철도의 수송분담은 <표 11>에서 보는 바와 같으며 철도의 분담율은 적게는 30%에서 많게는 60%이상이 될 수 있다.

<표 10> 서울-센양간 철도물량 추정 (1997년 O-D기준)

구 분	1 안		2 안	
	철도물량	철도물량 / 다리엔항 총물량	철도물량	철도물량 / 다리엔항 총물량
서울 → 센양	766,289톤	50.50%	1,007,753톤	66.42%
센양 → 서울	2,906,801톤	30.81%	5,337,462톤	56.67%

<표 11> 서울-센양간 해운과 철도의 수송분담율

단위: %

구 분	해 운		철 도	
	1안	2안	1안	2안
서울 → 센양	49.50	33.58	50.50	66.42
센양 → 서울	69.19	43.43	30.81	56.57

2011년도의 철도운송물량은 1997년의 수송분담율과 동일하다는 가정에 의해서 앞서 예측한 한중간 물동량에 다리엔항의 비중을 이용하여 산정하면, 2006년과 2011년에 대한 1단계 해운과 철도간 수송분담율을 구할 수 있으며 그 결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> 서울-센양간 해운과 철도의 물동량 추정

단위: 톤

구 분		해 운		철 도	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안
2011	서울 → 센양	2,490,268	1,689,619	2,540,867	3,341,516
	센양 → 서울	13,985,966	8,778,758	6,227,244	11,434,453

2단계로 서울-센양간 해운, 철도 및 도로간의 분담을 산정한 결과 해운에 대비한 도로의 선택확률은 46.85%로 산정된다. 해운, 철도, 도로의 수단선택비율을 다음 식 재조정함으로써 해운:철도:도로 = 15.29%:71.24%:13.47%를 구할 수 있다.

$$S_S : S_R = 17.67 : 82.33$$

$$S_S : S_T = 53.15 : 46.85$$

$$S_S + S_R + S_T = 100$$

센양을 대상으로한 해운, 철도, 도로의 수송수단간 수송분담율을 적용하여 철도와 도로의 물량을 산정하고 나머지를 해운 물량은 <표 13>과 같다.

<표 13> 서울-센양간 교통수단별 물동량의 산정

단위: 톤

구 분		해 운		철 도		도 로	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안	1안	2안
2011	서울→센양	2,416,788	1,592,985	2,198,485	2,891,247	415,862	546,904
	센양→서울	13,805,878	8,448,081	5,388,123	9,893,660	1,019,209	1,871,469

4.2 서울-센양간 화물수송의 민감도분석

민감도분석은 서울-베이징간의 경우와 마찬가지로 수송시간이 20% 증가하는 경우, 그리고 수송비용이 20% 증가하는 경우 두 가지를 상정하고 그 결과를 산정하였다.

(1) 서울-센양간 철도와 트럭의 수송시간이 20% 증가할 경우

철도와 트럭의 수송시간이 기준시간에서 20% 증가하면, 철도는 11.40시간, 트럭은 10.20시간이 적용되며 <표 14>와 같은 결과를 얻게된다. 서울-베이징간과는 달리 서울-센양간의 경우에는 수송거리가 상대적으로 짧아 해운대비 철도나 도로의 수송시간의 변동이 커다란 영향을 미치지는 않는 것으로 나타났다. 철도의 경우에는 기준치와 비교, 약 6%정도의 감소효과가 나타나고 도로는 철도보다 조금 민감하여 약 12%의 감소효과가 있는 것으로 추산된다.

<표 14> 육상수송시간 20% 증가시 서울-센양간 물동량의 민감도분석 결과

단위: 톤

구 분		해 운		철 도		도 로	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안	1안	2안
2011	서울→센양	2,605,265	1,840,852	2,055,146	2,702,740	370,725	487,543
	센양→서울	14,267,803	9,296,267	5,036,822	9,248,602	908,586	1,668,342

(2) 서울-센양간 철도와 트럭의 수송비용이 20% 증가할 경우

철도와 트럭의 수송시간이 기준비용에서 20% 증가하면, 철도는 22,332원/톤, 트럭은 73,063원/톤이 적용되며 이러한 수송비용에 따른 물량의 변화는 <표 15>와 같다.

육상수송비용 20% 증가는 도로운송의 경우 30%정도의 감소효과를 지니는 것으로 나타나 육상수송시간 증가에 비해 보다 민감한 반응을 보이는 것을 알 수 있다. 철도운송의 경우에는 도로의 1/3도 안될 만큼 운송비용이 상대적으로 저렴하므로, 철도비용이 증가한다해도 도로의 비용증가로 인한 수송감소분을 해운과 함께 철도에서도 떠맡게 됨으로써 미미하나마 수송분담율이 늘어나는 것으로 추정되었다.

<표 15> 육상수송비용 20% 증가시 서울-센양간 물동량의 민감도분석 결과

단위: 톤

구 분		해 운		철 도		도 로	
연도	경 로	1안	2안	1안	2안	1안	2안
2011	서울→센양	2,515,829	1,723,235	2,229,741	2,932,351	285,565	375,549
	센양→서울	14,048,612	8,893,787	5,464,726	10,034,318	699,873	1,285,105

참고문헌

교통개발연구원. 1998.「범아시아 철도망의 발전전망과 우리나라의 활용방안 연구」.

교통개발연구원. 1997.「아시아횡단철도 북부노선 교통망 구축방안」.

김경석. 1998. "남북한 및 동북아 지역의 육로 직수송방안에 관한 연구".「북한 및 통일 관련 논문집」. 통일부.

김원배, 홍성욱, 남경민. 2001.「21세기 동북아 경제협력 활성화를 위한 인프라 구축전략 : 한-중 육상교통연계를 중심으로」. 국토연구원.

김원배 외. 2000.「환황해권 주요 항만도시간 연계망 구축전략」. 국토연구원.

김원배, 권영섭. 1998.「한·중 경제협력 전망과 연안지역 개발방향」. 국토개발연구원.

안병민 외. 2001.「한중일 교통물류협력체계 구축 방안」, 교통개발연구원.

진형인, 조용갑, 전형진. 1998.「TAR 활용을 통한 국제복합운송망 구축방안」. 한국해양수산개발원.

한국철도기술연구원. 1998.「한중간 열차페리를 이용한 화물수송에 관한 연구」.

한국철도기술연구원. 1999.「한중간 열차페리를 이용한 화물수송에 관한 타당성조사 보완 및 기본계획」.

Boyer, K.D. "Mimimum rate regulation, modal split sensitivities, and the rail problem." *Journal of Political Economy* 85(3): June 1977, 493~512.

Lee, Gun Young and Shon, Eui-Young. 1999. "Proposals for the Northeast Asian Integrated Transport System". *A Proposal for a Comprehensive Transportation and Logistics Network in Northeast Asia.* The Korea Transport Institute and the East-West Center.

Oum, T.H. 1979a. "Across sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in Canada". *The Bell Journal of Economics* 10, 463~482.

Oum, T.H. 1979b. Derived demand for freight transport and inter-modal competition in Canada. *Journal of Transport Economics and Policy* 13(2), 149~168.

Oum, T.H. 1979c. "A warning on the use of liner logit models in transport mode choice studies". *The Bell Journal of Econometrics* 10(1), 374~388.

Rimmer, Peter J. 1999. "Flow of Goods, People and Information among Cities of Northeast Asia". *The Korean Journal of Regional Science* 15(2).

Zlatoper, T.J. and Austrian, Z. 1989. "Freight transport demand: a survey of recent econometric studies". *Transportation* 16(1), 27~46.