

최소운송비용의 선형계획모형을 통한 K-LandBridge의 타당성 연구

고용기* · 서수완** · 나정호***

A Feasibility Study of the K-LandBridge through a Linear Programming Model of Minimum Transport Costs

Koh, Yong Ki · Seo, Su Wan · Na, Jung Ho

Abstract

China has recently advocated a national strategy called "One Belt One Road" and transferred to execution to refine it into detailed action plans and has continued to fix the complement. However, the Korean Peninsula, including the North Korea remains could not be included at all in the Chinese development policy and framework in terms of the International Logistics. Currently it is raised between Korea-China rail ferry system again and that is when we need to make effective policy development on international multimodal transport system in Northeast Asia. This paper introduces the K-LB (Korea LandBridge) as its execution plan and conducted a feasibility study on this. K-LB consists of a Korea-Russian train ferry system based in Pohang Yeongil New Port(light-wing) and a Korea-China train ferry system based in Saemangeum New Port(left-wing). These two wings are linked to the existing rail system in Korea.

This study is convinced that the K-LB is an effective international logistics system in the current terms and conditions and also demonstrated that it is feasible to introduce th K-LB on the peninsula. More strictly speaking, through a linear programming under objective function that minimize the transport cost quantified prior to demonstrate the feasibility, the available ranges and conditions for the transportation costs that are ensured the effectiveness of the K-LB are presented as results. According to the results, if the transport cost of K-LB is cheaper about 34.5% than that of sea transport such as container transport, the object goods may be transported by K-LB on this route. It means that the K-LB system has a competitive advantage due to more rapid customs clearance as well as omitted loading and unloading procedures over container transportation system. It also noted that the threshold level may not be large. Therefore, K-LB has competitive enough to prove its introduction in the Northeast Asian logistics system.

Key words: Rail Ferry, K-LandBridge system, Linear programming, Multimodal system in Northeast Asia

▷ 논문접수: 2016. 08. 11. ▷ 심사완료: 2016. 09. 28.. ▷ 게재확정: 2016. 09. 29.

* 영남대학교 국제통상학부 교수, 주저자, prumkoh@yumail.ac.kr

** 동서대학교 국제학부 국제물류학전공 부교수, 공동저자, west0423@gdsu.dongseo.ac.kr

*** 중앙대학교 국제물류학과 강사, 교신저자, najh12@daum.net

I. 서론

오늘날 효율적인 물류시스템은 국가 경쟁력을 평가할 중요한 요소로 인식되고 있다. 최근 우리나라를 중심으로 북한과 러시아, 중국, 중앙아시아, 유럽을 아우르는 국제물류분야에 영향을 미칠 주요한 환경변화가 있었다.

먼저 중국의 일대일로 전략에 주목해야 한다. 중국은 2015년 3월 일대일로 관련 '비전과 행동'을 발표한 데 이어 5월에는 6대 경제회랑 건설계획을 발표했다. 이 6대 경제회랑으로 중국-몽골-러시아 경제회랑(China-Mongolia-Russia E. Corridor; CMREC), 신 유라시아 랜드브릿지 경제회랑(New Eurasia Land-bridge; NELB), 중국-중앙/서아시아 경제회랑(China-Central/West Asia E. Corridor; CCWAE), 중국-인도차이나 경제회랑(China-Indochina Peninsular E. Corridor; CICPEC), 중국-파키스탄 경제회랑(China-Pakistan E. Corridor; CPEC), 방글라데시-중국-인도-미얀마 경제회랑(Bangladesh-China-India-Myanmar E. Corridor; BCIMEC)을 들었다. 6대 경제회랑은 일대일로 '5개노선'을 발전시킨 것으로 육상에서는 '국제대통로' 상의 중국측 거점 도시 및 연선국가 주요 거점도시를 중심으로 하는 앞의 4개 경제회랑이 해당된다. 해상에서는 '운수대통로' 상 주요 거점항만을 중심으로 경제무역 및 산업특구 개발계획을 확대한 나머지 경제회랑이 이에 해당된다. 이 가운데 한반도와 연관되는 CMREC는 베이징, 다론향, 톈진항, 하얼빈, 창춘, 선양, 만저우리 등이 주요 거점도시이고 울란바타르, 울란우데, 모스크바 등이 연선국가이며 나진항, 청진항, 블라디보스토크항, 나훗카항, 자루비노항도 이에 포함된다.¹⁾

또한 2013년 말 중국측의 제안으로 국회의원회

관에서 '열차페리(Train(or Rail) Ferry)에 의한 한·중 인터모달시스템 구축 및 대륙철도 연계를 위한 국회정책토론회'가 개최되었다. 토론회에서 우리나라와 중국간 직접적인 철도 연결이 어려운 상황에서 열차페리를 그 대안으로 제시하고, 한·중 양국은 국제물류체계의 구축 가능성을 모색하였다. 더욱이 중국은 이러한 시점에서 해운물류의 병목 현상에 시달리던 동북3성은 중국의 주변국인 러시아 극동지역 항만 및 북한 나진항을 연계하는 계획의 일환을 발표하는 등 적극성을 보였다²⁾. 창지투 개발 선도구³⁾ 계획은 2003년 10월 중국 중앙정부가 발표한 「동북지역구 공업기지 진흥 전략 실시에 관한 의견(关于实施东北地区等老工业化基地振兴战略的若干意见)」을 통해 중국 동북지역 개발의 방향이 결정되었다. 창지투의 핵심은 차항출해(借港出海: 타국의 항구를 빌려 해양 진출)이다. 연해 항만을 구비하고 있는 라오닝성과 다르게 지린성은 자체 출해 항만이 없어서 물류의 사각지대로 인식되어 왔다. 그러나 북한이나 러시아의 항만을 경유하는 경우 지린성이나 헤이룽장성의 물류 효율성이 크게 제고될 수 있다. 헤이룽장성 하얼빈에서 나진항을 경유해 상하이로 운송하는 경우 물류비용 및 시간을 절약할 수 있어 물류의 효율성이 높음을 지적한 기존 연구도 있다⁴⁾. 실제 창지투를 실행하기 위하여 중국은 2010년 창지투-나진-상하이로 이어지는 中外中 단방향 내수

1) 박성준·길광수·김세원(2016), "일대일로 전략의 전망과 한국의 물류분야 대응방안 -글로벌 가치사슬 관점-", 『해운물류연구』, 제32권 제2호, 한국해운물류학회, 361-385.

2) 중국 해관총서는 2014년 제42호에서 동북3성과 러시아극동지역 및 북한 나진항을 연계하는 계획의 추진을 발표하는 등 중외중 양방향 시범 물류업무에 관한 공고를 발표하였다. 이는 새로운 물류시장 개척의 의지를 보여주고 있어 중국의 환동해 경제권 편입에 따른 물류시장 변화에 대한 논의가 필요한 시점을 의미한다.

3) 창지투 개발선도구는 창춘(长春)~지린(吉林)~두만강유역(图们江地区)의 개발 계획이다. 선도구(先导区)는 시험구를 지칭하는 것으로 창지투 개발선도구는 새로운 개발정책 시험구로서의 역할도 담당한다. 창지투의 면적은 약 3만km로 해당 지역 인구는 약 770만 명에 달한다.

4) 한국해양수산개발원, 중국물류리포트 제14권 제12호, 「중국 물류포커스:중외중 물류환경 변화와 나진·부산항 연계 전략」, 2014.11.24.

〈표 1〉 中外中 화물 하얼빈-상하이 구간 물류비용 비교

기점	경유	종점	소요일수	물류비용(RMB/TEU)	비고
하얼빈	육로	상하이	15일	29,500	대련항 대비 75%
	대련항		8-10일	12,100	
	훈춘/나진항		6-8일	9,000	

자료: 훈춘포스코현대 국제물류유한공사 자료, 2014.10.24 재인용.

물류가 비준되었고 이어서 단점을 보완하여 2014년 중국해관은 中外中 양방향 내수물류를 비준하는 등 여러 번의 시범사업에도 불구하고 활성화가 되지 못하고 있다. 그 원인으로는 창지투 권역과 산업의 낙후, 광물자원 등 취급화물의 제약, 열악한 내륙인프라, 국제정세의 불안정, 부정기선 항로, 통상구의 복잡한 통관 절차와 높은 통관비용, 지린성의 생활수준 향상에 따른 노동기피 등 불안정한 인력수급문제 등을 들 수 있다.

이러한 환경과 여건변화 가운데 한·중간 열차페리만으로는 CMREC 경제회랑과 연계에서도 한계가 있으며 그 효과와 편익도 상당히 제한적일 것으로 사료된다. 우리에게도 중국의 일대일로전략과 연계되며 북한에 의존하지 않은 채 보다 효율적이며 상호 윈윈의 새로운 국제물류시스템이 필요한 시점이다. 본 연구는 한·중간 열차페리에 머물지 않고 한반도를 중심으로 이를 한 축으로 하고 나머지 축은 대러시아(또는 대일본, 대몽고)를 염두에 두는 한반도가 양 날개 유형의 복합운송체계를 마련하는 국제물류시스템을 제안한다. 이는 자원보고인 극동러시아 및 중국 동북3성을, 산동반도와 장강 삼각주 권역을 잇는 새로운 국제물류운송시스템과 경로를 한반도에 마련함을 의미한다. 이는 우리나라가 징검다리가 됨을 말하는데 우선 영일만항과 새만금신항을 거점항으로 삼아 각각의 열차페리를 운영하면서 이들 거점항들은 기존 경부, 호남선 철도노선, 기존 철도노선의 개량과 연계노선을 확보하여 연계시키는 복합운송체계를 제안하

고자 한다. 새만금신항을 중심으로 하는 대중국 열차페리시스템인 left-wing과 영일만항을 중심으로 하는 대러시아(대일본, 대몽고 포함) 열차페리시스템인 light-wing으로 양 날개를 삼아 우리나라 기존 철도시스템으로 연계하는 복합운송시스템으로 이를 Korea-Land Bridge(K-LB)⁵⁾로 칭하자.

K-LB는 중국을 한축으로 그리고 러시아, 몽고와 일본을 대상으로 하는 또 다른 축인 양축을 기반으로 짧은 통관절차와 시간, 상·하역작업의 간편성 그리고 다양한 취급화물품목을 운송할 수 있는 열차페리의 장점을 적극 활용할 수 있는 시스템이다. 그러나 이러한 K-LB와 같은 국제물류시스템에 관한 연구가 일천할 뿐만 아니라 현재 몇몇 연구자들에 의해 유사한 시스템 도입을 단순한 설명으로 그 타당성을 주장하고 있을 뿐이다. 이는 먼저 개발계획이나 타당성조사와 같은 기초계획이 수립되어야 하고 이에 관한 후속연구들을 이끌어 세부 계획을 도출하기 위해서는 여러 관련부처의 협조와 협력, 관련국가간 통관 행정 등 국가 간 공조까지 포함되는 복잡다단⁶⁾한 개발 사업임에 틀림없다.

따라서 본 연구는 K-LB가 현 조건과 상황에서 는 실효성 있는 국제물류시스템이라 확신하고 이

5) 국제무역에서 철도나 육로를 해상과 해상을 잇는 교량처럼 활용하는 랜드브리지의 하나로, 보통 랜드브리지라 육상에서 수 개국을 거치나 1개국만 거치므로 미니(mini)라는 명칭이 붙어야 하지만 다른 분야와의 형평성을 고려하여 미니를 생략한 채 KLB라 칭한다.
6) 여기에는 행정, 법제도의 개정, 경제적, 기술적, 재무적 분석 등 관련 타당성분석이 부가되는 등 통합 개발계획이 필요하다.



〈그림 1〉 K-LB(포항영일만항, 새만금신항 위주의) 물류체계 구상도

의 도입 타당성을 입증하고자 한다. 보다 엄밀히 말하면 도입 타당성을 확보하기에 앞서 계량화가 가능한 운송비용을 최소화 시키는 목적함수하의 선형계획모형을 통하여 K-LB의 효율성이 확보되는 운송비에서의 가용범위와 조건을 제시하고자 한다. 이를 위하여 본 연구는 먼저 K-LB를 소개하고 최소 운송비용에 초점을 맞춘 수리모형가를 마련하여 제시하고 이를 토대로 K-LB의 효율성이 확보되는 운송비의 범위와 조건을 도출하고 이에 관한 제언

을 하는 것으로 연구구성을 마무리하였다.

II. 열차페리와 K-LB

K-LB시스템의 근간은 열차페리이다. 우리나라 입장에서 한·중 열차페리가 새삼 부각되고 중국 일대일로 전략에 대응하는 시점에서 한 차원 높은 수준의 복합운송체계를 마련해야 한다. 바로 한반도를 중심으로 한 축인 대중국 축만이 마련되는 것에 머무르지 말고 또 다른 축인 대러시아(또는 대일본, 대몽고)축이 마련되어 두 개의 열차페리가 연계되는 큰 틀이 마련되어야 한다. 기존 경부선과 호남선 철도노선, 건설 중인 철도인입철도, 기존 철도노선을 개량하는 등 기존 자원과 시스템을 최대한 활용하는 랜드브릿지로 완성하는 국제물류 시스템이다.

7) 일반적으로 모형(model)이란 실물 또는 실제현상을 축소, 단순화하거나 다른 특성으로 표현한 것이다. 모형은 상징모형(iconic model), 상사모형(analog model), 수리모형(mathematical model)으로 구분할 수 있으나 어떤 모형이건 모형의 목적은 모형의 분석을 통하여 실물 또는 실제현상에 관한 결론을 간접적으로 도출하는데 있다. 그 이유는 모형의 분석이 직접적인 분석보다 훨씬 안전하거나 경제적이기 때문이다.

열차페리는 500Km의 단거리 해상과 800Km 이상의 철로를 연결하는 Ro-Ro(Roll-on Roll-off) 수송시스템으로써 환적작업이 생략됨에 따라 비용과 시간의 절약이라는 장점을 가지고 있다. 초창기 Ro-Ro선의 효시가 1833년 스코틀랜드의 Forth and Clyde 운하에서 화차 페리를 운영했던 Monkland & Kirkintilloch 노선에 의해 시작된 열차페리였다. 현재 전 세계적으로 중국을 포함하여 35개국 등에서 열차페리가 운행 중이며 2006년부터 중국은 한반도 지근에 있는 연태-대련 열차페리 운송 서비스를 시작하여 현재까지 3척의 페리선을 운영하고 있다.

기존연구 가운데 대 중국 항로에 대하여 열차페리와 일반컨테이너선의 수송원가를 비교하여 운송절감효과를 보여주는 자료도 있는데 아래와 같다.

상기의 두 시스템간 수송원가비교는 선박운임 원가만으로는 열차페리가 일반컨테이너선보다는 화차 등 사시 등과 함께 실어야 하는 열차페리가 42.6% 높은 것은 조사되었지만 강점인 하역작업의 간소화로 인하여 총 수송비용으로는 35.3%의 가격경쟁력이 있는 것으로 검토되었다.

본 연구는 K-LB에서 대중국 열차페리시스템인 left-wing과 대러시아(대일본, 대몽고 포함) 열차페리시스템인 light-wing을 연계시키는 거점항으로 영일만항과 새만금신항을 들고 있다. 이 들을 포함하여 여러 후보의 항만을 들 수 있으나 대전 이북부터의 수도권 철도망의 수송능력의 한계에 다름을 감안하는 등 기존 철로망을 최대한 활용하면서 개발비용 최소화 위하여 일단 이 두 항만을 거점항으로 삼았다. 그러나 이들을 연계하는 안이

〈표 2〉 페리선박의 종류와 비교

구분	열차페리	RoPax(roll-on/roll-off passenger)	일반페리(cruise ferries)	고속선
일반화물	○	○	○	X
Trailer/Car	○	○	○	X
열차	○	X	X	X
여객	200-600	200-600	500-2,000	100-1,000
유락시설	○	○	○	제한적
속도	18-25Kt	25-35Kt	18-25Kt	35Kt 이상

자료: 강영진(한국해사기술), 한중 열차페리 시스템기술, 『열차페리에 의한 한·중 인터모달시스템 구축 및 대륙철도 연계를 위한 국회 정책토론회』자료, 2013.11 재인용.

〈표 3〉 컨테이너화물 TEU 당 수송원가 비교

(단위: US \$)

구분	선박운임 원가	하역비	철도운임	총 수송비용
일반 컨테이너선	129	120	α	$249+\alpha$
열차 페리	184	-	α	$184+\alpha$
차이	55	-120	-	-65

자료: 강영진(한국해사기술), 한중 열차페리 시스템기술, 『열차페리에 의한 한·중 인터모달시스템 구축 및 대륙철도 연계를 위한 국회 정책토론회』, 자료, 2013.11 재인용.

주: 인천-엔타이간 열차페리 운항 RFR(Required Freight Rate) 분석을 기준으로 2008년 인하대 CTYS센터에 의해 산정된 결과임.

유일한 단일안으로 볼 수 없으며 향후 다양한 연계망에 관한 후속연구를 통하여 K-LB의 연계거점항 등은 수정, 보완할 수 있다.

K-LB의 환동해권의 중추항으로 제시할 수 있는 포항영일항만은 북방물류의 전진기지과 환동해 물류거점을 지향하고 있으며 포항영일항 컨테이너터미널의 누적물동량이 4년 4개월여 만에 50만 TEU를 달성하고 있다⁸⁾. 영일항과 함께 K-LB의 환동해권 중추항으로 제시할 수 있는 새만금신항은 새만금 방조제 앞에 들어서는 항구로서 2012년 6월 14일 착공하여 건설 중이다. 해수의 흐름을 고려하여 인공섬으로 건설하여 방조제와는 다리로 연결하며 방조제와의 사이에는 생태 공원이 들어서며 수심이 깊어서 대형 선박이 용이하게 드나들 수 있다⁹⁾.

K-LB 시스템 도입에 따른 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 유라시아 이니셔티브를 구현할 수 있는 실효성 있는 국제물류시스템이다. 중국의 일대일로전략에 대응하는 상호 호혜의 국제물류시스템으로 대중국뿐만 아니라 대외 협상에 적극적으로 활용할 수 있다. 북한의 철도망에 의존하던 대부분의 기존 계획을 대신하여 우리나라를 관통하는 우리 주도의 국제물류시스템을 구축함으로써 대북 및 대외 협상력 제고 방안으로 활용할 수 있을 것이다. 둘째, 영일항만과 새만금신항은 인근 기존항과 컨테이너화물이나 특정품목 화물 위주로 경쟁하기 보다는 취급품목이나 항만기능을 새롭게 정

립하는 차별화 전략이 필요한데 이에 적합한 활성화 전략이 될 수 있다. 특정 품목이나 전용선에 국한하지 않고 여객뿐만 아니라 다양한 취급화물을 운송함으로써 영일항과 새만금신항의 항만경쟁력 제고에 마중물 역할을 할 수 있을 것이다. 셋째, 영호남권역에는 요원했던 상대대륙으로 진출할 수 있는 최단경로가 마련되는 것이다. 한중열차페리를 통한 중국 서부 내수시장 진출이라는 구상은 우리나라의 신 성장동력으로 중요한 의의를 가지며 경북권역의 입장에서는 새만금신항을 통하는 K-LB로 새로운 대중국 경로가 마련되는 것이다. 또한 새만금 권역동 전북권역의 입장에서 영일항을 통한 대중국 동북3성, 극동러시아, 일본과 닿을 수 있는 최단경로로 활용될 수 있다. 넷째, 본 시스템은 대규모의 철도개발사업이 아닌 기존 철도를 최대한 활용하는 개발 사업으로써 기존 경부선과 호남선 등을 연계하여 활용함으로써 철도운송산업의 활성화에 기여할 수 있을 것이다. 오늘날 친환경 운송수단으로서 주목 받고 있는 철도산업에 재도약을 위한 돌파구가 될 수 있다.

본 국제물류시스템은 중국 中外中 내수물류도 담당할 수 있어 중국내륙이나 만주를 거치지 않은 채 우리나라와 중국간 단거리 해상노선을 활용하여 운송시간과 비용을 절감시킬 수 있는 새로운 운송체계이다. 이를 통하여 중국내륙까지 직접 화물을 운송하고 나아가 유럽까지도 연결할 수 있는 유라시아 복합운송경로이다. 상기와 같은 단순 운송비 비교만으로는 그 타당성을 입증하는데 한계가 있기 때문에 본 연구는 선구연구로써 운송비위주의 최소비용의 선형계획모형에 의한 타당성 조사를 시도하였다.

III. 최소운송비용의 선형계획모형

본 연구의 주제와 관련하여 기존 연구에서는 활발히 이루어지지 않았으나 기존 관련논문들에서는

8) 영일항 컨테이너터미널은 2009년 9월 문을 연 이래 그해 6천8TEU의 물동량을 처리하는데 그쳤으나 2010년 7만2천42TEU, 2011년에는 13만812TEU, 2012년에는 14만7천88TEU, 2013년에는 14만3천866TEU를 처리, 2014년 말 기준 누적물동량 50만195TEU를 처리하고 있으나 현재 운영에 있어 상당히 어려운 상황임으로 향후에 새로운 전기를 마련해야 할 시점이다.

9) 새만금 개발 사업은 군산~부안을 연결하는 세계 최장의 방조제 33.9km를 축조하여 간척토지 283km와 호수 118km를 조성하고 여기에 경제와 사업, 관광을 아우르면서 녹색성장 및 청정생태환경의 동북아 경제중심으로 개발하는 국책사업으로 향후 물동량의 창출이 기대되고 있다.

마케팅적인 요소내지는 특정항로에 국한하여 연구가 진행되었다. 이 분야의 연구에서 선구자라 할 수 있는 Shneerson(1981)은 항만투자 모델링에 있어서 일관되고, 체계적인 동적 항만투자모형을 개발해서 이 분야의 발전에 크게 기여하였으나 그 모형이 이론적으로 설득력이 있으나 그 해법을 찾거나 실제적용에는 상당히 난해함을 보이고 있다. 특히 고려해야 할 대안의 가짓수가 어느 정도이고 더욱이 이에 따르는 계산의 방대함으로 해법에 대한 가능성이 어려운 상태였다. Koh(1999)는 컨테이너항만 개발계획에 대한 모형화 정립을 시도했고 그것을 한국의 시스템에 적용하여 개발계획에 대한 최적대안을 보이고자 했다. 그러나 상당히 거시적인 관점에서 모형화를 시도함으로써 다소 실제와 거리감이 있어 온 것도 사실이다. 동 연구주체가 내륙컨테이너 운송시스템에 관한 것이지만 가장 중요한 부문인 항만과 관련하여 기초자료의 확보문제 때문에 심도 있는 연구결과 도출에는 한계가 있었다.

본 연구에서 시도하는 모형의 기본적 틀은 기존 연구들을 토대로 구축하였다. 본 모형의 대상은 중국 동북3성, 중국 장강삼각주권역 간 물동량뿐만 아니라 우리나라의 해당 거점항이 속해 있는 권역들을 O/D로 하는 화물들도 포함시킬 수 있다. 그러나 본 연구는 파이롯연구이기 때문에 일단 중외 중화물인 중국 동북3성과 장강 삼각주권역간의 화물운송에 특화하여 모형을 적용하기로 한다.

본 연구에서 사용될 변수, 상수, 파라미터 그리고 첨자 등에 관하여 설명하면 다음과 같다. i, j 는 특정권역에서의 거점(node)으로 i 는 운송에서 출발하는 거점을 가리키고 j 는 도착하는 거점을 가리킨다. 이들을 운송하기 위한 수송수단 k 는 기존 공로, 해상운송, 철도, 열차페리를 들었다.

$X_t = t$ 년의 특정 권역의 화물물동량에 대한 총 발생량

$Y_t = t$ 년의 상대 권역의 화물물동량에 대한 총 유입량

$F_{tk}^i = t$ 년의 특정 권역의 출발거점에서의 수송수단별 물동량

$Q_{tk}^{ij} = t$ 년의 i 거점에서 j 거점까지 수송수단 k 로 처리하는 물동량

$\lambda_t^i = t$ 년에 총 물동량에 대한 i 권역의 비중(보정이 안된 값)

상기의 각종 변수를 가지고 본 모형에서 사용될 각종 비용은 아래와 같이 구성되어 있다.

$T_{tk}^{ij} = t$ 년 i 거점에서 j 거점까지 수송수단 k 을 이용하는 데 소요되는 운송비용

$f(Q_t) = t$ 년의 총 내륙운송비용

국가내에서도 특정권역에서 발생하는 물동량은 i 라는 지역에서 소비되는 물량, n 라는 국내 여타의 지역에서 소비되는 물량 그리고 x 라는 해외로 수출되는 물량이 있다. 이들 물동량을 파악하고 전망하는 것은 쉽지 않은 문제로써 우리나라에서는 확보 가능한 관련부처, 해양수산부 그리고 한국해양수산개발원(KMI)와 같은 전문연구기관의 자료와 통계를 토대로 한다.¹⁰⁾ 따라서 본 모형에서는 이와 같은 통계와 정보를 수용함으로써 이들 총 물동량은 외생값(exogenous)으로 외부에서 주어지는 것으로 처리한다.

$$X_t = (X_t^i + X_t^n + X_t^x) \tag{1}$$

특정권역에서 발생하는 물량은 타 지역으로 운송하기 위하여 수송수단별 또는 복합운송용 물류

10) 우리나라는 10년 단위로 수립하는 전국항만기본계획은 항만분야의 최상위 국가계획으로써 항만건설 관련 예산확보와 공사착수 등의 사업을 추진하기 위해서는 이 계획에 포함되어야 한다. 특히 해당계획기간에 각 항만의 물동량을 예측하는 것은 부두개발여부의 잣대가 된다는 점에서 핵심사항으로 꼽힌다. 컨테이너품목을 제외한 양곡, 시멘트 등 주요 화물에 대해서는 해당지역의 특성을 반영하여 항만별 예측치를 산출하고 이를 전국 물동량으로 예측하는 bottom-up 방식으로 '컨' 화물은 전국 물동량 예측치를 내놓은 뒤 이를 항만별로 배분하는 top-down 방식에 의하여 적용하고 있다.

터미널 또는 ICD와 같은 거점이 다수 있다고 가정한다.

$$X_t = (X_t^1 \dots X_t^i \dots X_t^j) \quad (2)$$

또한 특정권역의 지역내에서 소비되는 물량은 운송을 위한 각종 운송수단의 거점을 거치지 않고 직접 운송되는 것으로 가정하고 나머지 국내 여타 권역이나 해외로 수출되는 물량은 반드시 권역내의 거점을 거치는 것으로 가정한다.

$$X_t^i = X_t^n + X_t^x \quad (3)$$

상기의 해당 국가의 i 거점에서 i 거점까지 수송수단별로 배분되는 화물량은 다음과 같이 설명된다.

$$F_{t,k}^i = (F_{t,Road}^i, F_{t,Road}^n, F_{t,Rail}^n, F_{t,Road}^x, F_{t,Rail}^x, F_{t,Sea}^x) \quad (4)$$

한편 상기 권역에서 출발한 운송이 상대권역으로 유입되는데 있어 앞서의 출발할 때와 같이 유입되는 상대권역에도 수송수단별로 거점이 필요함으로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Y_t = (Y_t^1 \dots Y_t^j \dots Y_t^j) \quad (5)$$

$$Y_t^j = Y_t^n + Y_t^x \quad (6)$$

아래의 수식들은 선형 계획법 중에서 경영의사 결정 기법인 균형 수송문제(the balanced transportation problem)를 이용하여 주어진 제약조건하에서 최적의 운송배분을 예측하는데 이용된다.

수식 (7)은 선형 계획법의 목적함수에 해당하고 수식 (8)에서 수식 (11)들은 선형계획법의 제한조건에 해당한다. 목적함수에 있어서 지역내 거점에 해당하며 특정권역을 나타내는 화물의 출발지에서 상대 거점까지의 배당되는 화물량을 Q_{tk}^{ij} 으로 나타낸다. 이에 상응되는 단위는 자료의 확보여부에 따라 운송비 내지는 운항거리인 T_{tk}^{ij} 으로 나타낸다.

따라서 본 모형은 이러한 목적함수와 제한조건을 통하여 연구대상시스템에 대한 매년 총 운송비용을 추정할 수 있다.

$$\text{Minimise } f(Q_t) = \sum_{i=1}^{Gx} \sum_{j=1}^{Px} \sum_{k=1}^M T_{tk}^{ij} Q_{tk}^{ij} \quad (7)$$

$$X_t \geq \sum_{i=1}^{Gx} F_t^i \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, Gx \quad (8)$$

(Regional Origins)

$$Y_t \geq \sum_{i=1}^{Gx} F_t^i \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, Gx \quad (9)$$

(Regional Destinations)

$$F_{tk}^i \geq \sum_{j=1}^{Px} Q_{tk}^{ij} \quad j = 1, 2, \dots, Px \quad (10)$$

(Modal split for node i to node j by mode k)

$$Q_{tk}^{ij} \geq 0 \quad (11)$$

수식 (1)과 같은 화물의 총 발생량은 m 이라는 각종 산업단지와 같은 제조시설(공장을 포함), p 이라는 재배시설, c 이라는 물류시설 등에서 발생하는 물동량의 합이다.

$$X_t = (X_t^m + X_t^p + X_t^c) \quad (12)$$

공산품과 같은 화물들은 공장과 같은 제조시설이 집산화되어 있는 산업단지에서 대량으로 발생함으로 이를 다음과 같이 표현한다.

$$X_{t,k}^m = (F_{t,Road}^m, F_{t,Rail}^m, F_{t,Sea}^m) \quad (13)$$

본 연구는 동북3성 모두를 O/D로 하기에 앞서 지린성만을 O/D로 수요 추정함으로써 추정의 방향과 과정을 제시하고 있다. 다만, 안국산(2016)는 기초자료의 확보문제 때문에 중국 동북3성 전체가 아닌 지린성만을 대상으로 수요추정을 도출한 연구결과를 제시하고 있다. 동 연구에서 제시한 방법론을 동북 3성으로 확대할 경우 동북3성 전체에 대한 수요추정이 충분히 이루어 질 수 있음을 감안하여 일단은 일부 지역에 국한하여 파일럿 연구를 수행하였다. 따라서 본 연구에서는 지린성 소재 산업단지들에서 창출되는 10만TEU의 화물 물량을 장강삼각주의 대표적인 산업단지인 소주산업단지까지 운송함을 가정하였다. 이러한 수요물동량에 관한 수치는 정확한 과정으로 도출된 값이라기 보다는 본 모형에 주워져야 하는 값이기 때문에 본 연구에서 가정한 값으로 받아들이고 수치값에 부문은 향후 연구과제로 미루도록 한다.

IV. 모형의 해법 및 적용

상기의 모형에 입각하여 최적의 경로와 경로간

물량배분은 이론적으로 충분히 도출될 수 있으나 입력정보와 입력값 등에 대한 불확실성이 존재하는 현실적인 문제를 받아들여 연구모형의 목적을 변경하였다. 사실 본 모형에서 제반비용들에 관한 입력값과 원단위들에 대하여 확실한 정보와 자료가 주어진다면 원래의 모형대로 원하는 최적의 물동배분 등의 결과를 도출할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시하는 모형은 향후에 제반비용에 관한 입력값과 원단위에 관한 후속연구를 통하여 보다 세밀한 값들이 확보된 후 원래의 연구모형 목적에 적합한 최적안 도출을 피하기로 한다. 일단 본 연구에서는 투입되는 각종 비용항목의 입력값과 원단위에 대하여 K-LB가 선택되는 임계값을 구하는데 초점을 맞춰 모형 실행을 실시하였다.

운송비용에 관한 적용 원단위는 그 적용 배경이나 대상 사례에 대하여 상당한 차이가 있으나 본 연구에서는 공신력을 확보하기 위하여 주요 기존 연구에서 적용된 원단위를 적용하였다. 국내의 관련 각종 수송수단별 원단위도 존재하나 주요 수송수단을 망라하여 동일 조건하에서 추정된 자료를 확보할 수 없어 영국의 교통부(2012)에서 제시한 수송수단별 TEU-Km 당 운송비 원단위를 적용하였다.

또한 본 연구에서 적용한 경로는 지린성의 산업단지 등에서 창출되는 화물이 중국내의 철로를 통하는 경로, 중국 동북3성의 동측에 항만이 부재한 가운데 유일하게 바다로 나갈 수 있는 것은 극동 러시아의 항만을 이용해야 하는데 특히, 자루비노

<표 4> 수송수단별 운송비용에 관한 기존 원단위

구분	운송비용 원단위(£/TEU-Km)
공로	0.99
해송	0.31
철로	0.62

자료: Rodrigues, S., Pettit S., Harris I., Beresford A., & Piecyk M., *UK Supply Chain Carbon Mitigation Strategies using Alternative Ports and Multimodal Freight Transport Operations*, 2014,11.

〈표 5〉 본 모형에 적용되는 거점구간별 거리 및 제반 비용 설정

구분	거점1	거점2	거점3	거점4	거점5	거점6	거점7	거점8	거점9	
비용 원 단위	거점1	-	1,719.9	1,719.9	-	-	-	-	-	
	거점2	-	-	-	-	-	1,077.1	-	-	
	거점3	-	-	-	538.5	-	-	-	821.8	
	거점4	-	-	-	-	1,077.1	-	-	-	
	거점5	-	-	-	-	-	-	538.5	-	
	거점6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,719.9
	거점7	-	-	-	-	-	1,077.1	-	-	1,719.9
	거점8	-	-	-	-	-	-	-	-	1,719.9
	거점9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
구간 거리 (Km)	거점1	-	1.58	75.00	-	-	-	-	-	
	거점2	-	-	-	-	-	2,371.5	-	-	
	거점3	-	-	-	740.00	-	-	-	1,742.0	
	거점4	-	-	-	-	340.00	-	-	-	
	거점5	-	-	-	-	-	-	656.96	-	
	거점6	-	-	-	-	-	-	-	-	13.78
	거점7	-	-	-	-	-	385.04	-	-	398.02
	거점8	-	-	-	-	-	-	-	-	73.13
	거점9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총 제반 비용	거점1	-	2,717	128,990	-	-	-	-	-	
	거점2	-	-	-	-	-	2,532,964	-	-	
	거점3	-	-	-	398,522	-	-	-	1,431,606	
	거점4	-	-	-	-	366,210	-	-	-	
	거점5	-	-	-	-	-	-	353,802	-	
	거점6	-	-	-	-	-	-	-	-	23,700
	거점7	-	-	-	-	-	414,722	-	-	684,541
	거점8	-	-	-	-	-	-	-	-	125,774
	거점9	-	-	-	-	-	-	-	-	-

주: 거점1; 지린성 소재 주요 산업단지, 거점2; 지린성 소재 철도물류기지, 거점3; 자루비노항, 거점4; 영일만항, 거점5; 새만금 신항, 거점6; 상해인근 소재 철도물류기지, 거점7; 연운항항, 거점8; 상해항, 거점9; 소주 산업단지로 가정한다.

항을 들어 이를 통하여 해상으로 운송하는 경로 그리고 마지막으로 K-LB를 통하여 운송하는 경로 등 총 3개의 경로를 가정하였다.

이렇게 수정 보완된 각종 원단위를 토대로 아래와 같은 경로구간이 설정되며 이에 해당구간간 거

리뿐만 아니라 해당구간의 제반 비용 등이 투입된 것은 아래와 같다.

특히, 본 연구에서는 해상운송과 열차페리별로 상기에서 산출된 제반비용의 원단위를 동일하게 적용하는 것은 동일한 해상운송임에도 불구하고

차이가 있어야 한다. 일반적으로 카페리 등 Ro-Ro 선의 장점이 전용선보다 양적하차 빠른 처리와 상하역비 등 추가비용이 발생하지 않다는 장점이 있는데 반하여 같은 면적에 더 많은 물량을 운송할 수 있는 전용선이 단위당 운송비용에서 Ro-Ro선보다 다소 우위에 있는 것도 사실이다. 그러나 당일 통관 등 통관에 있어 신속한 처리시간과 과정을 장점으로 꼽는 Ro-Ro선이 전용선의 장점을 상당부분 상쇄시킬 만큼 신속 통관부분이 Ro-Ro선의 가장 큰 경쟁력으로 간주되고 있다.

따라서 본 연구에서는 전용선 해상운송과 열차페리간의 운송비용 사이에서 하역비 등의 생략에 따른 비용절감부분과 운송공간의 효율성여부에 따른 비용증감부분이 얼마나 상쇄되는냐 여부가 관건이다. 상기의 <표 2>에서는 일반 컨테이너선이 수송비에 있어서 35.3%의 하역비 등이 부담되어 부가비용이 더 추가되는 것을 제시하고 있는 기존 연구도 있다. 따라서 본 연구에서는 운송비용 외에도 열차페리 등 Ro-Ro선의 장점인 신속한 통관 절차와 시간에 따른 제반비용을 포함한 총 비용의 임계 수준을 도출하였다. 결론적으로 본 연구는 기존연구에서 조사되었던 하역비 절감뿐만 아니라 빠른 통관시간과 절차에 따른 제반비용까지 포함한 비용의 관점에서 컨테이너전용선에 의한 운송보다 열차페리에 의한 운송이 어느 수준을 확보함에 따라 열차페리가 경쟁력을 확보하느냐를 제시하는 것이다.

위에서 언급하였듯이 본 연구모형은 전통적인 교통학의 방법론인 선형계획법을 근간으로 한다. 실제 문제에 대한 선형계획모형은 그 변수의 수나 제약조건의 수가 상당히 많으므로 컴퓨터를 이용하지 않고 최적해를 구하는 것은 불가능한 경우가 상당하다. 본 문제가 수동으로 풀 수 있을 만큼 크지 않은 모형임에도 불구하고 최적해법을 구하기 위해서 컴퓨터 프로그램화한 상업용 응용패키지를 이용하여 보다 용이하게 최적해를 찾을 수

있고 시뮬레이션을 위해서는 당연히 응용패키지를 활용해야 한다. 본 연구에서도 이 가운데 널리 보급되어 있는 MS 엑셀의 '해 찾기' 도구를 활용하여도 선형계획모형의 최적해를 구하였다.

본 연구모형의 상기 가정과 전제조건 하에 컨테이너운송과 같은 전용선보다 열차페리가 34.5% 이상 저렴한 비용 수준을 확보할 수 있다면 전용선에 의한 해상경로에서 열차페리에 의한 경로로 변경되어 대상화물이 운송될 수 있음을 밝히고 있다. 그 최적경로가 [경로1 -> 경로3 -> 경로8 -> 경로9]에서 [경로1 -> 경로3 -> 경로4 -> 경로5 -> 경로7 -> 경로6 -> 경로9]로 변경되며 각 경로에는 100,000TEU씩 배분되어 총 비용은 1,685.9억에 이르는 최적해가 도출되었다. 이는 우리나라의 경우 경북지역에서 상해항으로 수출화물을 발송하는 경우 물류의 왜곡에 의하여 부산항이나 인천항을 통하여 최소 1주일의 운송시간이 소요되는 것을 감안할 때 K-LB로 운송된다면 4일이면 충분히 상해항에 도착할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 리드타임이라는 시간만을 감안한다면 총 리드타임에서 열차페리보다 해상운송에 39%의 리드타임이 더 소요됨을 의미한다. 물론 이때 운송에 따른 화물의 시간가치 원단위를 어느 수준으로 적용하느냐에 따라 그 결과는 얼마든지 변할 수 있음을 함께 밝힌다.

따라서 본 연구는 상기에서 가정한 제한조건하에서는 한반도에 K-LB가 마련된다면 컨테이너선 등 전용선에 의한 해상운송보다 열차페리 등을 이용한 운송수단이 34.5% 이상의 비용절감효과를 기대할 수 있다면 그 경쟁력은 충분히 확보될 수 있음을 확인하였다.

V. 결론

수차례에 걸쳐 이슈화된 한중 열차페리사업은 세부개발계획 등이 부재한 가운데 사업의 경제성

및 재무성 타당성뿐만 아니라 효과분석 등이 이루어지지 않은 채 단편적인 타당성 여부를 주장하고 있을 뿐이다. 본 연구에서는 열차페리사업으로부터 보다 확장된 K-LB 시스템을 제안하며 이를 최소운송비용의 선형계획모형에 의하여 그 타당성을 검증하고자 하였다. 최소의 제반비용이 소요되는 물류체계로써 K-LB를 꼽고 이를 우리나라 관점에서 새롭게 도입해 보는 국제물류 네트워크시스템으로 소개하였다. 본 연구모형은 운송비용뿐만 아니라 대기오염비용, 운송시간가치까지 포함할 수 있는 제반비용을 포함한 최소비용의 선형계획모형에 의한 결과도출이었다. 현재로써는 대기오염비용이나 운송시간가치 등 제반비용의 입력값과 원단위에 관해서는 국내외적으로 연구와 결과값에 대하여 신뢰할 수 없기 때문에 이를 포함시키지는 못하였다. 따라서 본 연구에서는 K-LB가 선택되는 운송비를 토대로 제반비용들이 포함되는 여지를 감안하여 이들의 입력값과 원단위에 대한 임계값을 구하는데 연구목적을 두었다.

또한 이와 같은 새로운 국제물류시스템이 실현되기 위해서는 본 연구와 같은 이론적 방법론에 의한 타당성 조사뿐만 아니라 다양한 관점에서의 쟁점사항이 도출되고 이에 해답을 찾음으로써 본 시스템을 실현가능하게 할 것이다. 따라서 본 연구와 더불어 향후에 부각될 쟁점사항들을 도출해보면 다음과 같다.

먼저, 상위계획, 하위계획 그리고 연관계획 등을 면밀히 검토하고 외교부 등 타 중앙부처의 연관계획과의 중복 및 상충문제를 해결하고 관련 부처간 협업체계가 구축되어야 한다. 둘째, 해당권역의 전출입 물동량이나 해당 항만과 일본 서안 등으로부터 전출·입 되는 물동량 그리고 상해권역 등 장삼각주권역으로부터 전출·입 되는 물동량 등을 지속적으로 추적, 조사해야 한다. 더불어 경북권과 전북권내 산업단지의 전출입 화물 등도 추적 조사함으로써 이를 K-LB의 수요 추정과 연계시킴으로

서 시스템의 실현시키고 활성화시킬 수 있는 전략과 기술개발에 활용해야 한다. 셋째, 이러한 수요와 향후 물동량 추정을 토대로 도입 가능한 최적선형 등을 꼽고 열차페리, 항만시설 개발 및 인입철도개발 및 배치계획 등을 수정 보완해야 한다. 넷째, 경부선과 호남선이 연결되는 대전역 내 열차회차노선 등에 대하여 통행가능여부 및 보강, 보수비용을 산정해야 한다. 또한 기존철로와 연계될 수 있도록 건설 중 또는 건설예정인 노선을 최대한 활용하는 방안과 미 연결구간에 대한 설계 및 건설비용 산정이 이루어져야 한다. 다섯째, 본 시스템에 관한 경제성분석 뿐만 아니라 운영사 입장에서 재무성분석도 필요하며 AIIB(Asian Infrastructure Investment Bank)¹¹⁾ 등과 같은 국외 기관 등을 통한 자금조달방안도 동시에 강구되어야 한다. 여섯째, K-LB의 경쟁력 확보는 전적으로 일관책임운송과 통운임 등이 적용되는 block train 운영개념 등이 도입되어야 하며 경쟁력 있는 K-LB의 요금체계와 적정수준에 관하여 지속적으로 검토와 보완을 게을리해서는 안된다. 마지막으로 시행되고 있는 청도세관과 인천세관간 RFS(Road Feeder Service)시범사업을 벤치마킹하여 한·중·러간 일관통관 등 혁신적인 통관제도의 도입이 시스템개발과 동시에 진행되어야 할 것이다.

그러나 이러한 결과도출에도 불구하고 본 연구는 많은 한계점을 보이고 있다. 먼저 본 연구에서는 국제물류 네트워크시스템에 대한 개발방안이나 전략을 제시하기 위한 기반연구로서 적정모형의 제시와 모형의 타당성을 제시하는데 머물렀다. 각종 입력자료의 도출과 확보에 대한 불확실성이 존재하고 보다 구체적인 후속연구가 이어져야 한다. 본 연구에서는 이러한 한계성을 극복하기 위하여

11) 미국·일본 주도의 세계은행, 아시아개발은행(ADB: Asian Development Bank) 등에 대항하기 위해 설립되는 은행으로, 2013년 10월 시진핑(習近平) 중국 국가주석이 아시아를 순방하던 중 공식 제안하여 2016년 1월 16일 베이징에서 개소식과 창립총회를 열고 공식 출범하였다.

확률적인 접근방법 대신 전문가의 직관에 의한 확정적 요소도 일부 적용되었다. 얼마간의 불확실성이 있음에도 불구하고 K-LB가 선택되어지는 요건과 수준을 가늠해 볼 수 있는 점이 본 연구의 의의이다. 끝으로 향후 후속연구를 통하여 동북아 국제물류시스템에 대한 각종 입력값과 원단위에 관하여 지속적인 수정 보완작업이 이루어진다면 비교적 가까운 기간 내에 새로운 국제물류 시스템의 기본계획이 수립될 수 있을 것이다. 향후 모형 적용에 있어 입력값과 원단위에 대한 임계값 등을 확보하고 그 적용단위를 일관되게 수정, 보완하는 후속연구를 기대한다.

참고문헌

강영진(한국해사기술), “한중 열차페리 시스템기술”, 「열차페리에 의한 한·중 인터모달시스템 구축 및 대륙철도 연계를 위한 국회 정책토론회」자료.

고용기(1999), “한국 수출컨테이너 물동량의 장기수요 예측에 관한 연구”, 『한국국제상학회지』, 제14권 제1호, 한국국제상학회.

고용기(1999), “휴리스틱 기법을 이용한 항만개발의 우선순위에 관한 연구”, 『한국국제상학회지』, 제14권 제3호, 한국국제상학회, 23-41.

박성준·김광수·김세원(2016), “일대일로 전략의 전망과 한국의 물류분야 대응방안 -글로벌 가치사슬 관점-”, 『해운물류연구』, 제32권 제2호, 한국해운물류학회, 361-385.

안국산·고용기·노진호(2016), “중국 지원성 대상의 자루비노항 경유물동량 전망”, 『통상정보연구』, 제18권 제1호, 한국통상정보학회, 81-105.

한국개발연구원 공공투자관리센터, 『항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』, 2014.12.

한국해양수산개발원 항만수요예측센터, 『2015년 품목별 항만물동량 예측보고서』, 2016.2.

한국해양수산개발원, 중국물류리포트 제14권 제12호, 「중국물류포커스:중외중 물류환경 변화와 나진·부산항 연계 전략」, 2014.11.24.

해양수산부, 『제3차(2011~2020) 전국항만 기본계획(무역항)』, 2011.7.

해운항만청, 『해운항만통계연보』, 각 년호.

Ampt, E. S., A. J. Richardson, & W. Brog(1985), *New*

Survey Methods in transport, Utrecht, VNU Science Press, 1985.

Button, K. J.(1993), *Transport Economics*, 2nd ed., Aldershot, Edward Elgar Publishing Co.

Banister, D. & P. Hall(1981), *Transport and Public Policy Planning*, Londond, Mansell.

Brauers, J.(1988), “A New Method of Scenario Analysis for Strategic Planning,” *Journal of Forecasting*, Vol.7 No.1, 1-47.

Gilman, S.(1983), *The Competitive Dynamics of Container Shipping*, Liverpool, Maritime Transport Centre, University of Liverpool.

Granger, C. W.(1989), *Forecasting in Business and Economics*, 2nd ed., Boston, Academic Press.

Hamilton, F. E. & G. R. Linge(1981), *International Industrial Systems*, Chichester, John Wiley & Sons.

Ortuzar, J. d. D. & L. G. Willumsen(2011), *Modelling Transport*, 4th ed., John Wiley & Sons.

Rodrigues, S., Pettit S., Harris I., Beresford A., & Piecyk M., *UK Supply Chain Carbon Mitigation Strategies using Alternative Ports and Multimodal Freight Transport Operations*, 2014.11.

Stopford, M. (2008), *Maritime Economics*, 3rd ed., Taylor & Francis.

Yong-ki Koh(2001), “Optimal Investment Priority in Container Port Development,” *Maritime Policy and Management*, Vol.28 No.2, Taylor & Francis, London and Washington, 109-123.

최소운송비용의 선형계획모형을 통한 K-LandBridge의 타당성 연구

고용기 · 서수완 · 나정호

국문요약

최근 중국은 일대일로 국가전략을 표방하고 이를 세부적으로 실행함과 동시에 세부계획 등을 지속적으로 수정보완 중에 있다. 그러나 우리나라를 포함한 한반도는 여기에 전혀 포함되지 못한 채로 우리나라 주도의 독자 국제물류정책들을 남발하고 있다. 지금은 유명무실화된 한중열차페리시스템이 다시 제기되는 등 동북아 국제복합운송시스템에 관한 움직임은 마련되어야 하고 유지되어야 한다. 본 연구에서 그 실행계획으로써 K-LB(Korea LandBridge)를 소개하고 이에 관한 타당성조사를 실시하였다. K-LB는 새만금신항을 중심으로 하는 대중국 열차페리시스템인 left-wing과 영일만항을 중심으로 하는 대러시아 열차페리시스템인 light-wing으로 하는 양 날개를 우리나라 기존 철도시스템으로 연계하는 시스템을 말한다.

본 연구는 K-LB가 현 조건과 상황에서 실효성 있는 국제물류시스템이라 확신하며 이의 도입에 관한 타당성을 제시하였다. 보다 엄밀히 말하면 도입 타당성을 확보하기에 앞서 계량화가 가능한 운송비용을 최소화 시키는 목적함수하의 선형계획모형을 통하여 K-LB의 효율성이 확보되는 운송비에서의 가용범위와 조건을 제시하였다. 연구결과는 해상운송보다 열차페리가 34.5% 정도 저렴한 비용 수준을 확보할 수 있다면 열차페리에 의한 K-LB에 경쟁력이 확보될 수 있음을 밝히고 있다. 이는 열차페리가 컨테이너전용선보다 신속한 통관시간과 절차뿐만 아니라 양하역비가 절감되는 유연한 양하역작업을 감안한다면 그 임계수준이 크지 않으며 동북아 국제물류시스템에서 충분히 경쟁력을 확보할 수 있는 시스템임을 의미한다.

주제어: 열차페리, K-LB시스템, 선형계획모형, 동북아 국제복합운송시스템