



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

物流學博士 學位論文

한일간 국제근해운송 비용경쟁력 분석
-Lo-Lo선과 Ro-Ro선을 중심으로-

A Study on the Cost Competitiveness of International Short
Sea Shipping in Korea-Japan Route
-Lo-Lo and Ro-Ro Shipping Transport-



指導教授 金 玆 聖

2019年 2月

韓國海洋大學校 大學院

物 流 System學 科

ZHENG, XUEBIN

本 論文을 ZHENG XUEBIN의 物流學博士 學位論文으로
認准함

委員長： 郭 圭 錫 (印)

委 員： 南 奇 燦 (印)

委 員： 金 相 熱 (印)

委 員： 申 英 蘭 (印)

委 員： 金 玆 聖 (印)

2018年 12月

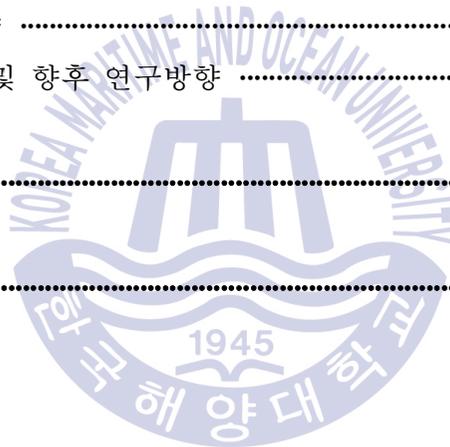
韓國海洋大學校 大學院

物流System學科

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	v
Abstract	vii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 방법 및 구성	5
제 2 장 선행연구 고찰	8
2.1 국제근해운송 관련 선행연구(Lo-Lo, Ro-Ro)	8
2.2 운송수단 선택 관련 선행연구	14
2.3 화물 시간가치 산정 관련 선행연구	16
2.4 시사점	17
제 3 장 한국-일본 노선 Lo-Lo/Ro-Ro 운영현황 분석	19
3.1 Lo-Lo 및 Ro-Ro 운송 개요	19
3.2 한국-일본 노선 컨테이너 물동량 현황	20
3.3 한국-일본 주요 정기선 노선 현황	25
3.4 소결	32
제 4 장 한국-일본 노선 Lo-Lo/Ro-Ro 총 물류비용 분석	33
4.1 분석개요	33
4.2 총 운임 분석	34

4.3 시간비용 분석	37
4.4 포장비용 분석	44
4.5 한국-일본 노선 Lo-Lo/Ro-Ro 총 물류비용 분석	46
4.6 소결	63
제 5 장 한일 더블넘버 트레일러 시범사업 총 물류비용 산정	65
5.1 시범사업 소개	65
5.2 시범사업 총 물류비용 산정	75
제 6 장 결 론	79
6.1 연구결과 요약	79
6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향	83
참고문헌	85
부 록	91



List of Tables

Table 1	2011년 TEN-T의 지원을 받은 유럽 항만개발사업	11
Table 2	부산-주요 지역 별 컨테이너 물동량	21
Table 3	2013-2017년 부산-일본(하카타, 시모노세키, 오사카) 컨테이너 물동량 ...	22
Table 4	2013-2017년 선종 별 부산항 컨테이너 물동량	25
Table 5	한국-일본 정기노선의 일본 내 취항항만	26
Table 6	한국-일본 간 Ro-Ro 운항구간 별 제원	28
Table 7	노선 및 운송방식 별 해상운송 시간 비교	29
Table 8	운송방식 별 운송 부대시간 비교	29
Table 9	Lo-Lo 노선 별 총 운송시간 비교	30
Table 10	Ro-Ro 노선 별 총 운송시간 비교	30
Table 11	노선 및 운송방식 별 공시운임 비교	31
Table 12	부산에서 일본으로 컨테이너 수출 시 한국에서 발생하는 부대비용 ..	35
Table 13	항목 별 화물 연간보유계수	40
Table 14	FedEx SRI 팀에서 제시한 화물연간보유비용 비중	41
Table 15	특성에 근거한 화물 분류	42
Table 16	화물 가치특성에 근거한 화물 분류	43
Table 17	화물 유형에 근거한 연간보유비용 구분	44
Table 18	컨테이너 종류에 따른 포장비용	46
Table 19	부산-하카타 수출 운송비용	49
Table 20	부산-하카타 운송방식 별 총 운송시간	49
Table 21	부산-시모노세키 수출 물류비용	53
Table 22	부산-시모노세키 운송방식 별 총 운송시간	54
Table 23	부산-오사카 수출 물류비용	58
Table 24	부산-오사카 운송방식 별 총 운송시간	59

Table 25	한일 더블넘버 트레일러 시범사업 추진과정	66
Table 26	한국-일본 간 카페리 항로 현황	67
Table 27	2013-2017년 닛산 한국 부품조달 실적	69
Table 28	운송수단별 하역 화물에 가해지는 충격치 변화의 비교	71
Table 29	닛산자동차사의 Seamless SCM 물류의 중요사항, 내용 및 효과	73
Table 30	2017년 한일 더블넘버 트레일러 시범사업 운송실적	77
Table 31	2018년 9월 닛산의 한국 자동차부품 조달실적	77



List of Figures

Fig 1	1996-2018년 세계 컨테이너 무역량 추이	2
Fig 2	연구의 구성 및 흐름	7
Fig 3	2013-2017년 부산-하카타 컨테이너 물동량 변화추이(TEU)	23
Fig 4	2013-2017년 부산-시모노세키 컨테이너 물동량 변화추이(TEU)	23
Fig 5	2013-2017년 부산-오사카 컨테이너 물동량 변화추이(TEU)	24
Fig 6	부산-하카타, 부산-시모노세키, 부산-오사카 노선	27
Fig 7	연구모형의 구성 및 흐름	33
Fig 8	운송수단 선택 컴퓨터 프로그램 구성	34
Fig 9	화물 운송과정에서의 시간가치	37
Fig 10	화물 운송비용과 운송소요시간의 대체관계	38
Fig 11	한일간 운송수단 선택모형 프로그램	48
Fig 12	일반화물의 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-하카타)	50
Fig 13	부산-하카타 운송수단 선택모형 운행결과(일반화물)	51
Fig 14	HT화물 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-하카타)	52
Fig 15	부산-하카타 운송수단 선택모형 운행결과(HT화물)	53
Fig 16	일반화물의 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-시모노세키)	55
Fig 17	부산-시모노세키 운송수단 선택모형 운행결과(일반화물)	56
Fig 18	HT화물 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-시모노세키)	57
Fig 19	부산-시모노세키 운송수단 선택모형 운행결과(HT화물)	58
Fig 20	일반화물의 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-오사카)	60
Fig 21	부산-오사카 운송수단 선택모형 운행결과(일반화물)	61
Fig 22	HT화물 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-오사카)	62
Fig 23	부산-오사카 운송수단 선택모형 운행결과(HT화물)	63
Fig 24	싱글넘버(일본제조), 더블넘버(한국제조), 사이드오픈 컨테이너	68

Fig 25 한일 더블넘버 트레일러 상호주행 흐름 69

Fig 26 컨테이너 운송과 Ro-Ro선 운송 이용 시 리드타임 비교 70

Fig 27 Ro-Ro운송 시 포장방식 변경에 따른 공급체인 간소화 과정 72

Fig 28 시범사업 총 물류비용 비교결과 78



A Study on the Cost Competitiveness of International Short Sea Shipping in Korea-Japan Route -Lo-Lo and Ro-Ro Shipping Transport-

ZHENG, XUEBIN

Department of Logistics Engineering
Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

Abstract

With the rapid growth of international trade, international logistics has become a significant economic activity today. Under these circumstances, companies are continually striving to improve logistics processes, reduce logistics costs, and maximize the efficiency of the supply chain to achieve better performance. In the development of international logistics, maritime transport has always been the most critical mode of transportation and a vital component of the supply chain. To enhance maritime transportation efficiency and realize more smooth international multimodal transportation, container transportation system appeared in the 1950s and Ro-Ro transportation through container was gradually getting popular. Recently, European and North American advanced countries are actively fostering international short sea shipping to reduce environmental pollution and congestion caused by road transportation and to improve the efficiency of the transportation network in the region. The Ro-Ro ship is attracting attention as a significant transportation means for short sea shipping due to its advantages of quick and convenient loading and unloading system.

Northeast Asia is geographically suitable for fostering short sea shipping and economic cooperation among countries in the region is actively underway. However, the market share of Ro-Ro transportation is abysmal compared to traditional Lo-Lo transportation. States in this area are also attempting various cooperation to improve international logistics efficiency. Among them, Korea and Japan are supporting the development of a seamless logistics process by encouraging the companies of both countries with the government-led initiative. A representative example is the double number trailer pilot project based on Ro-Ro transportation which started from 2013. Therefore, it is necessary to have an accurate understanding of the competitiveness of Ro-Ro and Lo-Lo in Northeast Asia's short sea shipping market. For this purpose, this study builds a model to estimate the total logistics cost of two transportation means. And analyze the cost competitiveness of Lo-Lo and Ro-Ro in general situations. Also, the model is applied to estimate the total logistics cost of the double number trailer demonstration project and suggest the growth potential of Ro-Ro transportation method.

The total logistics costs of Lo-Lo and Ro-Ro were calculated by selecting Busan-Hakata, Busan-Shimonoseki and Busan-Osaka routes and applying the same conditions. As a result, the cost competitiveness of Lo-Lo is higher than Ro-Ro on most routes, and Ro-Ro is competitive only for high-value cargo transportation. However, as a result of the total logistics costs of the double number pilot project, Ro-Ro reduced total logistics costs by about \$435 per FEU compared to Lo-Lo by reducing freight packaging costs. Also, Ro-Ro transport achieved seamless supply chain, which significantly decreased lead time. Future research needs to extend the scope of the study to include other countries in Northeast Asia such as China. Also, it is necessary to increase the accuracy of the analysis results by applying more variables to affect total logistics cost. Finally, it is essential to change the perception of competitiveness in Ro-Ro transportation. Ro-Ro systems should be regarded as the core of a more sustainable short sea

shipping supply chain that integrates maritime transport and port-handling operations, and more in-depth research is needed.

KEY WORDS: International Short Sea Shipping; Korea-Japan Route; Lo-Lo; Ro-Ro; Double Number Trailer Pilot Project



제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

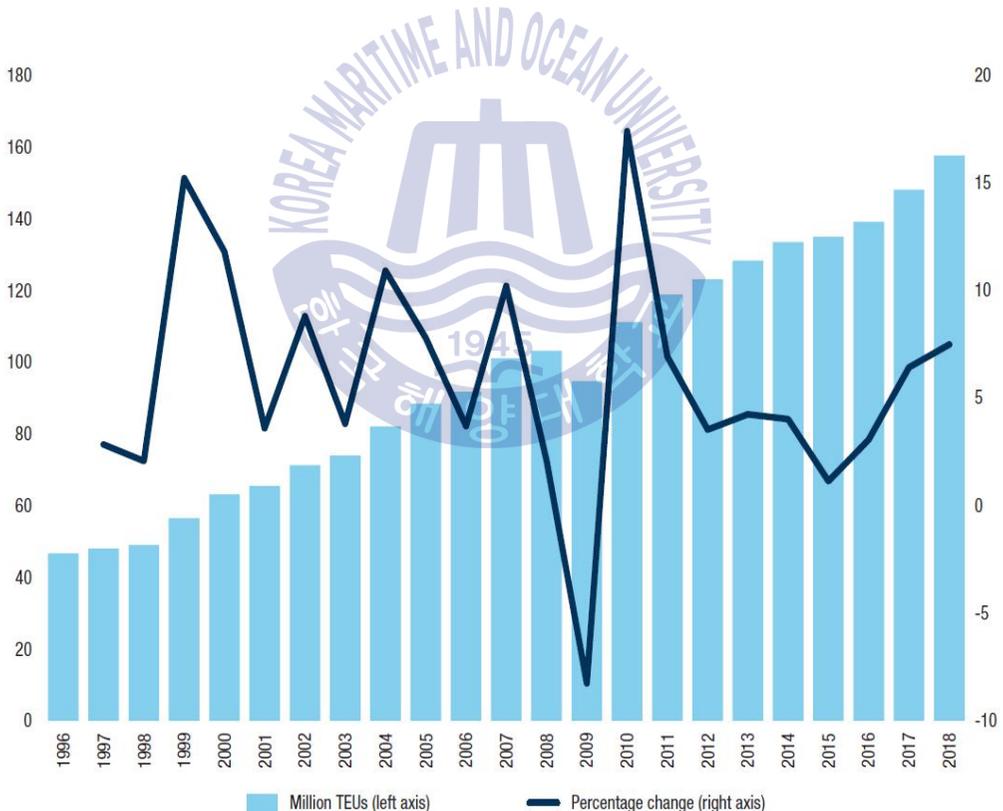
1.1.1 연구의 배경

글로벌 경제규모는 산업혁명 이후, 특히 20세기에 진입한 뒤 매우 빠른 속도로 성장하였다. 국가 간 경제 협력은 날로 긴밀해졌고 글로벌 범위에서 경제적 분업이 점차 발달하기 시작하였다. 이러한 추세에 기인하여 다국적 기업들이 많이 출현하였고, 세계 무역 및 경제의 성장을 견인하고 있다. 다국적 기업들은 최적의 원가를 통한 부품 조달 및 완제품 생산을 통해 기업 이익의 최대화를 실현하기 위하여 세계 각지에서 원자재를 조달하고 완제품을 생산하는 공급체인(Global Product Network, GPN)을 구축하였다. 이러한 경제활동의 지리적인 분산 및 확대에 의해 기업의 조달·생산·판매 시스템은 빠르고 신뢰성이 높은 글로벌 공급체인(Global Supply Chain Management, GSCM)에 대한 의존도가 날로 증가하고 있다. 공급체인의 가장 중요한 구성부분인 국제물류 혹은 국제운송 활동이 자연스럽게 가장 중요한 경제활동으로 자리매김하였다. 이렇듯 기업은 원활한 공급체인의 실현을 위해 끊임없이 물류프로세스를 개선하고 물류비용을 절감하며 공급체인의 효율성 극대화를 실현하기 위하여 다양한 혁신을 시도하고 있다.

국제물류의 발달 과정에서 해상운송은 가장 주요한 운송방식이자 공급체인의 핵심 구성부분에 속하고, 세계무역의 지속적인 성장에 중요한 역할을 담당하고 있다. Clarkson(2018)의 통계에 따르면 2017년 기준 전 세계 해상무역 총 물동량은 116억 톤으로 전체 무역량의 약 85%를 차지하였다. 즉, 해상운송은 글로벌 공급체인에서 매우 중요한 자리를 차지하고 있음을 알 수 있다. 따라서 경쟁력이 있는 글로벌 공급체인을 구축하려면 효율적인 복합운송시스템이 필수적이며, 해상운송방식은 이러한 복합운송시스템에 완벽하게 융합되어야 한다. 다국적 기업들은 글로벌 공급체인 구축 시 되도록 지리적으로 인접하고, 협력관

계가 원활한 국가들을 선택하여 리스크를 줄이기 위한 노력을 기울인다. 유럽 연합, 북미자유무역지역, 동북아시아지역, 아세안 등의 지역은 내부적으로 긴밀한 협력관계가 형성되었고 역내 국제물류활동 또한 매우 활발하다.

물류 효율성을 제고하고 보다 원활한 국제복합운송을 실현하기 위하여 1950 년대에 컨테이너 운송방식이 출현하였다. 그 이후 전용컨테이너선이 점차 해상 운송에서 중요한 역할을 수행하기 시작하였고 해상운송 패턴을 획기적으로 개선하였으며 나아가서 국제복합운송의 빠른 발전을 이끌었다. 전 세계 컨테이너 무역량은 Fig 1에서 보는 바와 같이 1996년의 50백만 TEU 이하 수준에서 2017 년의 148백만 TEU로 크게 증가하였다.



자료: UNCTAD(2018), Review of Maritime Transport 2018, 12-13

Fig 1 1996-2018년 세계 컨테이너 무역량 추이

전용컨테이너선(Lift on Lift off, 이하 Lo-Lo라 함)의 출현은 비록 복합운송의 효율성을 크게 개선하였지만, 컨테이너 전용터미널이 필요하게 되고 선석에서 크레인에 의한 수직방향 하역작업, 야드에서의 보관 등 추가적인 물류프로세스가 발생하게 되었다. 이러한 추가적인 물류프로세스는 별도의 하역장비와 하역시 외부충격 발생, 긴 대기시간 소요 등으로 인해 원활한 물류프로세스 실현을 어렵게 만들었다. 특히, 상대적으로 운송거리가 짧은 근해운송시장에서 이러한 물류프로세스의 비효율성 문제는 더욱 심각하였다. 이러한 비효율성을 해결하기 위해 근해운송시장에서 컨테이너를 직접 혹은 트레일러에 적재한 상태로 바로 선박에 선적하기 위한 Roll on Roll off(이하 Ro-Ro라 함) 운송방식이 도입되었다. 이러한 Ro-Ro 운송방식은 하역작업과 대기시간 등의 복합운송 효율성을 개선하고 Lo-Lo 단점을 보완할 수 있게 되었다. Ro-Ro 운송방식은 선석에서 수평방향 하역작업이 가능하고 트레일러나 새시에 컨테이너화물을 적재한 상태로 트랙터에 바로 연결되어 항만을 빠져나갈 수 있어 항만에서의 대기시간을 크게 줄일 수 있다. 따라서 이러한 운송방식은 이론적으로 육상운송과 해상운송의 완벽한 결합을 실현할 수 있어 전체 물류시간 단축효과가 매우 뚜렷하다. 그러나 Ro-Ro선의 운임은 Lo-Lo선에 비해 현저하게 비싼 편이고, 일반적으로 근해에서만 운항이 가능하고 적재능력 또한 비교적 제한적이기 때문에 전세계적으로 Lo-Lo선에 비해 시장점유율이 매우 낮은 편이다.

현재, 많은 국가들은 지리적으로 인접한 주변지역 및 국가와의 물류 연계를 강화하고 경제협력수준을 개선하기 위하여 역내 국제복합운송체계를 적극적으로 육성하고 있다. 그 중 육지로 연결되지 않는 인접국가 사이에는 근해운송(Short Sea Shipping, SSS)을 포함한 국제복합운송체계 육성이 대표적이라 할 수 있다. 전 세계적으로 경제통합이 가장 성공적으로 진행된 유럽연합(EU)은 이미 오래전부터 회원국 사이에서 자유로운 도로통행을 실현하였다. 1990년대 이후부터 EU는 역내 운송에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 화물트럭이 도로 운행시 발생하는 교통 혼잡, 환경오염, 소음, 교통사고 등의 문제를 해결하기 위해 적극적인 정책을 펼쳐오고 있다. 가장 대표적으로 지역 내 국가들을 연결하는 근해운송체계를 구축하여 물류기업들이 도로운송에서 해상운송으로 전환하

도록 유도하였고 많은 예산과 인센티브를 제공하고 있다.

동북아시아지역은 EU에 비해 각 국가들의 협력수준은 낮은 편이지만 여전히 경제활동이 가장 활발하고 경제규모의 비중도 매우 크기 때문에 세계에서 가장 역동적이고 중요한 시장에 속한다. 한국, 일본, 중국 등 역내 주요 국가들의 경제협력과 분업이 유례없이 강화되면서 원활한 국제복합운송체계에 대한 수요가 날이 갈수록 증가하고 있다. 그러나 동북아시아지역은 EU와 비교 시 지리적인 한계로 인해 원활한 국제 도로운송 시스템 구축이 불가능한 상황이고, 이를 보완하기 위한 국가 간 해상-육상 또는 해상-항공 복합운송체계 구축 또한 매우 미흡한 편이다. 따라서 동북아시아지역은 역내 국가들이 공동으로 참여한 근해운송을 핵심으로 하는 국제복합운송체계 구축이 절실한 상황이다. 현재, 동북아시아지역의 근해운송체계는 여전히 Lo-Lo선을 통한 피더네트워크가 절대적으로 우위를 차지하고 있다. 그러나 앞서 언급한 것과 같이 일반적인 Lo-Lo운송은 운송수단 간 화물 환적 시 중복 하역이 필요하기 때문에 선천적으로 비효율성이 존재한다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 한국, 중국 및 일본 사이에는 다양한 Ro-Ro선 노선이 출현하였다. 특히 한국과 일본은 정부 주도로 양국 기업들을 격려하여 단절 없는(Seamless) 국제 물류프로세스 개발을 지원하고 있다. 가장 대표적인 사례가 2013년부터 진행 된 Ro-Ro 국제근해운송을 기반으로 하는 한일 더블넘버 트레일러 시범사업이다. 그러나 Ro-Ro선이 화물 환적 과정에서 가지고 있는 장점에도 불구하고 Lo-Lo선과 비교 시 시장점유율 부분에서 여전히 매우 미미한 수준에 그치고 있다. 따라서 Ro-Ro선과 Lo-Lo선의 운영 실태를 파악하고 화주 입장에서 두 가지 운송수단을 선택하는데 필요한 총 물류비용 분석이 필요하다. 또한 Ro-Ro선의 상대적인 경쟁력을 객관적으로 분석하여 현재 Ro-Ro선 운송시장이 상대적으로 저조한 이유 및 향후 개선방향을 제시할 필요성이 존재한다.

1.1.2 연구의 목적

본 연구에서는 국제근해운송 관련 선행연구와 운송수단 선택 관련 선행연구를 비교 고찰하여 일반적인 상황에서 국제근해운송의 특징과 장단점을 파악하

고자 한다. 또한 다음 운송수단 선택에 관한 선행연구를 고찰하여 화주의 입장에서 운송 수단 선택 시 고려하는 주요한 요소들을 정리한다. 마지막으로 화주 입장에서 한국-일본 국제근해운송에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선 선택 시 화물의 시간가치를 고려한 총 물류비용을 산정하고 Lo-Lo운송과 Ro-Ro운송의 비용경쟁력을 비교하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 구체적으로 다음과 같은 세부 연구목적을 다루고자 한다. 첫째, EU지역의 근해운송 발달 과정 및 관련 선행연구 고찰을 통해 국제근해운송의 발전현황과 실태를 파악한다. 둘째, 운송수단 선택 관련 선행연구에 대한 검토를 통해 화주의 운송수단 선택에 영향 주는 요인들을 비교한다. 셋째, 화물 시간가치 산정에 관한 선행연구를 고찰하여 화물 운송 시에 발생하는 시간가치의 개념을 이해하고 본 연구에 도입한다. 넷째, 부산-일본 간 해운시장의 발달 과정을 소개하고 주요 노선에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선의 운영 실태를 분석한다. 다섯째, 부산-일본 간 Lo-Lo선과 Ro-Ro선 선택에 따른 총 물류비용 산정모형을 구축 후 총 물류비용을 객관적으로 비교하는 모형을 통해 한일 더블넘버 트레일러 시범사업 총 물류비용을 산정한다. 마지막으로 한국-일본 간 국제근해운송시장에서 Lo-Lo운송과 Ro-Ro운송의 경쟁력 전망과 향후 역내 물류 프로세스 개선 및 공급체인의 발전방향을 제시한다.

1.2 연구의 방법 및 구성

이상의 연구목적을 수행하기 위하여 본 연구에서는 문헌조사, 데이터 수집, 물류비용 산정모형 구축, 사례분석을 통한 모형 적용에 관한 실증분석을 수행한다. 우선 국제근해운송, 운송수단 선택 및 화물 운송에서의 시간가치 산정과 관련된 문헌조사를 통해 근해운송시장의 거시적 환경을 이해하고 각 운송수단 선택에 있어서의 핵심 고려사항을 파악한다. 다음으로 동일한 데이터를 수집하고 비교조건을 설정하여 한국과 일본 사이에서 운영 중인 Lo-Lo선과 Ro-Ro선의 총 물류비용 산정모형을 구축한다. 마지막으로 현재 한국-일본 사이에서 시범운영하고 있는 더블넘버 트레일러 시범사업에 대한 사례를 소개를 통해 기존 물류프로세스와 존재하는 차이점을 정리하고, 물류비용 산정모형에 적용하여

Lo-Lo선과 Ro-Ro선의 비용경쟁력을 확인한다. 물류비용분석 과정에서 운송 도중 화물의 시간가치를 산정하는 것을 통해 시간을 화폐로 표현하는 과정을 거쳐 Lo-Lo와 Ro-Ro의 총 물류비용을 직관적으로 비교한다.

본 연구는 총 6개 부분으로 구성되었다. 제1장에서는 연구 배경과 목적에 대해 설명하였다. 제2장에서는 국제근해운송 발달과정, 운송수단 선택 및 화물 시간가치 산정에 관한 선행연구를 검토하여 근해운송시장의 거시적 환경을 이해하고 본 연구의 연구방향을 제시한다. 제3장에서는 부산-일본 해운시장의 발달과정과 현재 운항 중인 Lo-Lo노선과 Ro-Ro노선의 현황과 실태를 살펴보고 분석에 필요한 기초데이터를 수집한다. 또한 Lo-Lo선과 Ro-Ro선이 동시에 운항하는 부산-하카타, 부산-시모노세키 및 부산-오사카 3개 노선을 선정하여 항만작업시간, 해상운송소요시간 및 관련 비용구조를 파악한다. 제4장에서는 3장에서 정리한 내용을 기반으로 부산-일본 간 3개 노선에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선을 통한 화물운송 시 발생하는 총 물류비용을 산정하는 모형을 개발한다. 제5장에서는 4장에서 산정한 모형을 적용하여 현재 한국-일본 간 시범운행하고 있는 더블덱터 트레일러 시범사업 사례에 적용하고자 한다. 부산-일본 간 Lo-Lo와 Ro-Ro 운송의 총 물류비용을 추정하여 2가지 운송수단의 비용경쟁력을 분석하고 이러한 트레일러 시범사업의 장단점을 분석한다. 제6장에서는 실증분석을 통해 얻어진 결과를 종합적으로 검토, 분석하고 그 결과를 통한 시사점을 도출한다. 그리고 본 연구의 한계점 및 향후 연구방향을 제시한다.

본연구의 구성 및 흐름은 다음 Fig 2와 같다.

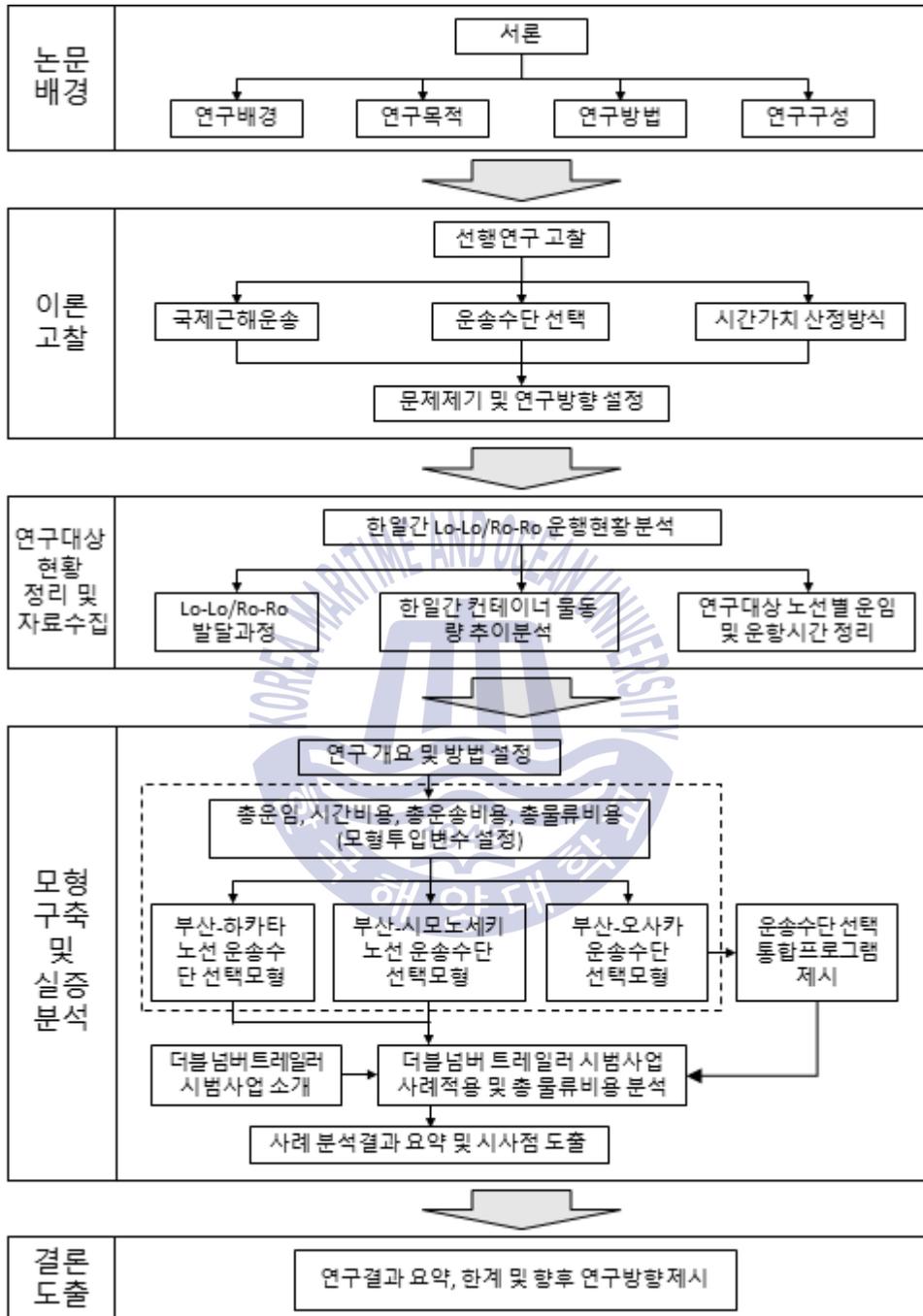


Fig 2 연구의 구성 및 흐름

제 2 장 선행연구 고찰

2.1 국제근해운송에 관한 선행연구(Lo-Lo, Ro-Ro)

근해운송은 원양운송의 반대개념으로 상대적으로 짧은 거리의 해상 운송을 의미한다. 일반적으로 근해운송을 구분하는 가장 주요한 요인은 운송거리이다. 그러나 선박 종류, 화물하역방식, 항만, 네트워크 등 요소로 인해 통일된 정의는 존재하지 않는다. EU는 1999년에 근해운송을 “지리적으로 유럽에 위치한 항만 간 또는 유럽과 접하는 폐쇄된 해안선에 있는 비유럽 국가에 위치한 항만과 항만 사이에서 화물 및 여객의 해상, 강, 호수의 근거리운송과 피더 운송을 포함한 국내 혹은 국제 운송” 이라고 규정하였다. 이러한 개념은 또한 노르웨이, 아이슬란드, 발틱해, 흑해 및 지중해의 다른 국가 간의 해상운송으로 확대할 수 있다(EU Commission, 1999). 미국은 2005년에 근해운송을 “대양을 횡단하지 않고 기존 운송방식의 대체수단으로 국내 항만 사이에서 내륙과 해안 수로를 이용하는 운송형태” 라고 규정하였다(Douet & Cappuccilli, 2011). EU와 미국은 근해운송을 규정하는 과정에서 모두 원양운송을 배제하였고, 국내운송과 국제운송을 포함시켰다. 특히 유럽은 근해운송의 범위를 점차 확장하여 노르웨이와 아이슬란드 등 역 내 모든 연안 국가들을 포함시켰다.

현재 유럽에서 근해운송은 도로운송에 버금가는 주요 운송수단으로 1995년-2015년 사이 약 33%의 시장점유율을 유지하였다. 그러나 도로운송으로 인한 혼잡, 오염, 소음, 사고 등 높은 외부비용으로 인해 유럽은 도로운송 화물의 점유율 감소를 목적으로 명시적 혹은 암묵적으로 Ro-Ro운송 위주의 근해운송을 적극적으로 육성하기 시작하였다(Perakis & Denisis, 2008; Slack & Comtois, 2006). 유럽은 지리적으로 근해운송에 유리한 조건을 갖추고 있다. 유럽의 70% 정도의 제조업은 해안선에서 150-200km 사이의 육지에 위치하고 있다(Paixão and Marlow, 2002). 동시에 수요 측면을 보면, 2억 5백만 명의 유럽인구가 유럽의 바다에 인접한 지역에서 생활하고 있고 이는 유럽 전체 인구의 41%를 차지한다(Eurostat, 2011). 유럽의 해안선 길이는 70,000km이고 항만이 약 1,200개

분포되어있어 전 세계적으로 항만분포가 가장 밀집된 지역이다(COM, 2013a). 따라서 이러한 요소들은 근해운송이 유럽에서 성장할 수 있는 가능성을 제공하였으며, 이로 인해 유럽에서는 근해운송과 관련 연구가 활발하게 진행되고 있고 크게 두 가지 연구영역으로 구분할 수 있다. 첫 번째는 근해운송의 정책과 관련된 연구들이다. 두 번째는 특정 노선이나 시장에서의 근해운송의 경쟁력과 연관된 연구들이고 Douet and Cappuccilli(2011), Baidur and Viegas(2011), Aperte and Baird(2013), Ng, Sauri, and Turró(2013) 등 연구들이 존재한다.

Ancor et al(2015)는 유럽에서의 근해운송과 도로운송을 비교하면서 근해운송 육성정책에 존재하는 문제들을 지적하였다. 근해운송에서 운송비용의 40%-60%는 항만사용료이고 항만에서의 화물처리 속도 또한 근해운송과 도로운송의 경쟁에 영향을 주는 가장 중요한 요소라고 지적하였다. 그러나 EU의 근해운송 육성정책은 대부분 선사에게 직접 보조금을 지급하는 형식으로 진행되고 있어 실제 항만효율성 개선이 예상에 도달하지 못하여 근해운송이 도로운송과의 경쟁에서 불리한 지위에 처해있다고 지적하였다. 동 연구에서는 근해운송의 경쟁력 강화를 위해 도로운송에 대한 세금 증가, 운송사에 보조금 지원, 항만 효율성 개선 3가지 방안을 비교하였다. 분석 결과 항만효율성 개선이 근해운송의 경쟁력 제고에 가장 효과적이라는 결론을 도출하였다.

EU는 2030년까지 30%의 도로화물을 철도 또는 근해운송으로 이전하고 2050년에는 50%까지 상승하는 것을 목표로 정하였다. 이러한 목표를 달성하기 위해 EU는 여러 가지 정책들을 수립하였고 이러한 정책들은 크게 기반시설 구축을 위한 지원책과 근해운송 참여자의 운영을 지원하기 위한 정책으로 구분할 수 있다. 기반시설 구축을 지원하는 주요 정책은 Trans-European Transport Network(TEN-T)프로젝트가 있고 운영을 지원하는 주요 정책에는 주로 Pilot Action for Combined Transport(PACT)(1992-2001), Marco Polo I and II(2003-2013) 3개가 존재한다. 우선, TEN-T 프로젝트는 Trans-European Networks(TENS)계획의 일부분에 속하고 1996년부터 추진하기 시작하였다(COM, 1996). TEN-T의 주요 과제는 EU회원국의 사람, 화물, 서비스 및 정보를 연결하는 네트워크 기반시설 구축(Giannopoulos, 2002), 에너지 효율성 제고, 기후변화 대응을 통해 화물운송

의 네트워크에 존재하는 병목을 제거하고 물류네트워크의 지속가능한 성장을 보장하는 것이다(COM, 2009b). 근해운송을 육성하기 위하여 TEN-T는 항만 인프라 시설 개발을 적극적으로 지원하였고 항만 용량 증가 및 현대화 개조, 항만에서의 화물처리속도 제고를 핵심 목표로 삼았다(COM, 2006). 다음 Table 1은 2011년 TEN-T와 참여국가의 지원 하에 진행된 항만개발 프로젝트이다.

그 외, 해상운송을 육성하기 위하여 유럽은 Galileo프로그램과 Motorways of the Sea프로그램을 추진하였다. Galileo(PP15) 프로그램은 2011년부터 시작되었고, EU와 European Space Agency(ESA)에서 공동으로 지원하고 있다. 주로 선진적인 해상 위성항법시스템을 제공하는 것을 통해 해상운송을 보다 안전하고 효율적으로 발전시키는 것을 목표로 한다.

Motorways of the Sea(MoS, PP21)는 TEN-T의 가장 야심찬 계획 중 하나이다. EU는 MoS의 목표를 다음과 같이 설명하였다. ‘MoS는 깨끗하고 안전하고 효율적인 해상운송시스템을 구축하여 도로운송의 효과적인 대체수단으로 육성한다. 이를 실현하는 방법은 해상운송 기반의 물류 체인을 효과적으로 통합하여 door-to-door를 실현하는 것이다.’ COM(2006)에 따르면, EU의 기본목표는 도로운송 품질과 비슷하거나 더 나은 통합 근해운송 공급체인을 구축하여 도로운송의 혼잡을 줄이고 지속가능한 운송체계를 구축하는 것이다.

Table 2 근해운송 육성을 위한 2011년 TEN-T의 지원을 받은 유럽 항만개발사업

Project	Concept	Region/Country	EU funding	National funding	Total project cost
2011-EU-21010-M	Green Bridge on Nordic Corridor	Germany and Sweden	€19,829,297 (works and studies)	€11,592,700	€84,640,830
2011-EU-21009-M	IBUK-Intermodal corridor	Spain and United Kingdom	€7,299,307 (works and studies)	€24,689,693	€31,989,000
2011-EU-21007-S	COSTA	Mediterranean, Atlantic Ocean and Black Sea areas	€1,521,291 (studies)	€1,521,291	€3,042,582
2011-EU-21005-S	LNG in Baltic Sea ports	Baltic Sea	€2,392,520 (studies)	€2,392,520	€4,785,040
2011-EU-21005-P	On shore power supply-an integrated North Sea network	North Sea	€1,007,950 (works)	€4,031,800	€5,039,750
2011-EU-21001-M	Adriatic Motorways of the Sea(ADRIAMOS)	Adriatic Sea	€12,210,000 (works and studies)	€44,490,000	€56,700,000

자료: ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects

PACT 프로젝트는 1992년에 시작하였으며, 프로젝트의 주요 목표는 단일 도로운송을 대체할 복합운송체계를 구축하는 것이다. TEN-T의 개발 활동을 지원하기 위하여 개발된 이 프로그램은 1992년부터 1996년, 1997년부터 2001년 까지 2개 단계를 나누어 시행되었다. 해당 기간 동안 총 167개 프로젝트에 5,300만 유로의 예산이 투입되었다. 그 중 근해운송에 관한 지원 사례도 존재하지만, 사업이 전반적으로 성공적이지 못하였다고 평가받았다(COM, 2001a).

Marco Polo I and II 프로젝트는 PACT의 후속 프로그램으로 2003년부터 시작되었다. 주요 목표는 PACT의 범위를 보다 확장하여 해상과 철도를 포함한 복합운송을 육성하여 단일 도로운송을 대체하는 것이다. 주요 수단은 도로운송에서 기타 친환경 교통수단으로 이전 시 운송사들한테 보조금을 제공하고 근해운송에도 많이 지급되었다. 연구에 따르면 Marco Polo에서 지급되는 보조금 1유로 당 창조한 사회적 환경 효용의 가치는 6유로이다(EFTA, 2007). PACT와 마찬가지로 Marco Polo 프로그램도 1단계(2003-2006)와 2단계(2007-2013)로 구분되고 2단계에서 지원범위를 러시아, 벨라루스, 우크라이나, 발칸반도, 지중해 등 지역으로 확장하였다. 1단계에서 예산이 102백만 유로가 투입되었고 125개 프로젝트가 포함되었으며 500개 이상의 기업들이 펀딩을 받았다. 2단계에서 투입된 총 예산은 740백만 유로이다. Marco Polo 프로그램은 이러한 지원을 통해 연간 120억 ton-km의 화물을 도로에서 기타 운송수단으로 이전 하려고 하였다(Psarafitis,2005).

EU는 PACT와 Marco Polo 프로그램을 통해 총 8억 9,500만 유로를 투자하여 근해운송을 육성하려 하였지만 결과적으로 목표에 달성하지 못하였다. 1995년-2015년 사이, 근해운송은 약 33%의 시장점유율에서 정체되었고, 도로운송의 비중은 오히려 47%에서 51%로 증가하였다. Ancor(2016)는 이러한 정책들의 실행효과를 검토하였고 이 프로그램들이 목표에 달성하지 못한 이유를 분석하였다. Marco Polo의 모든 보조금은 도로운송에서 근해운송으로 전환된 화물에 집중되었고 실제로 근해운송 자체의 경쟁력 제고를 위한 인센티브는 제공하지 않았다. 또한 인프라 투자비중을 보면 항만에 대한 투자 비중은 5%에 불과하고 도로에 대한 투자는 50%에 달하였다. 이는 항만의 처리능력 및 효율성 증가와

근해운송의 성장에 불리한 영향을 끼쳤다. 그리고 근해운송은 도로운송에 비해 서비스 향차가 적고 운항속도가 낮고(Paixao and Marlow(2001), Musso and Marchese(2002)), 운송수단 간 화물 환적의 비효율성이 존재(Chlomoudis and Pallis, 2002)하기 때문에 상대적으로 불리한 입지에 처해있다.

근해운송과 국가의 거시적 경제와의 관계에 관한 연구는 Gertjan and Wiegmans(2018)의 연구가 대표적이다. 그는 근해운송 물동량 규모에 영향 주는 지표들을 독립변수로 선정하여 회귀분석을 진행하였다. 연구에 선정된 독립변수는 국토면적, 해안선 길이, 항만 수량, 인구, GDP, 일인 당 GDP, 도로 길이, 철도 길이 등이고 단순회귀분석과 다중회귀분석을 진행하였다. 분석결과, 해안선 길이, GDP는 근해운송 물동량과 유의미한 관계가 존재하지 않고, 일인 당 GDP와 SSS항만이 많을수록 근해운송 물동량이 많다. 그 외 철도인프라가 훌륭한 경우, 철도길이가 길수록 근해운송 화물은 적어진다.

유럽 범위 내에서 특정 노선을 상대로 근해운송의 경쟁력을 비교하는 연구들 또한 다수 존재한다. Alba Martínez-López et al(2015)은 North Sea의 Rosyth-Zeebrugge 노선에서 식품을 대상으로 도로운송과 근해운송이 포함된 복합운송이 각각 필요한 운송비용과 운송소요시간을 산정하여 근해운송의 경쟁력을 분석하였다. 분석 결과 해당 구간에서 근해운송은 도로운송과 비교 시 뚜렷한 장점이 없는 상황이고 Ro-Pax선박의 높은 운항빈도와 빠른 운항 속도를 보장하는 전제 하에 도로운송보다 경쟁력이 존재하고, 현재의 근해운송 운임을 인하하고, 운항속도를 높여야만 일정한 경쟁력을 확보할 수 있다는 결론을 도출하였다. Ancor Suárez-Alemán et al(2015)는 스페인 마드리드 혹은 바르셀로나에서 출발하여 런던, 파리, 베를린, 로마, 모스크바로 향하는 노선의 도로운송과 근해운송+도로운송의 일반비용(General Cost)을 비교하였다. 동일 노선에서 근해운송+도로운송과 도로운송의 통화비용(Monetary Cost), 시간비용(Time Cost), 외부비용(External Cost)을 각각 비교하여 산정하였다. 비교결과, 바르셀로나는 근해운송 회랑 구축에 상대적으로 경쟁력을 가지고 있고 특정 노선에서의 시간절감 효과가 뛰어나다(로마노선 50.11%, 모스크바노선 23.45%). 그리고 근해운송을 통해 절감할 수 있는 도로운송의 외부비용 효과는 15.88%-76.7%에

달하였다. Tiago and Guedes(2017)는 Leixões항과 Rotterdam항 사이의 Ro-Ro 운송에 필요한 선대규모와 적정 선형을 산정하였다. 또한 연료가격, 정기용선료, 배출통제구역(ECA), 추진마력 등 요소들이 선사 이익에 주는 영향을 고려하였다. 산정결과 해당 노선에서 EU의 금융지원이 중단되어도 이익 창출이 가능한 서비스 시나리오가 존재한다는 결론을 도출하였다. 더 나아가서 EU는 이러한 상황을 인식하고 수요가 많고 선사들이 납득할 수 있는 이익 창출이 가능한 근해운송노선을 선정하여 지원할 필요가 있다고 주장하였다.

2.2 운송수단 선택 관련 선행연구

화물 운송수단에 대한 선택은 공급체인의 전반 과정을 계획하는 의사결정체계 속에 포함되어있다고 볼 수 있다. 이러한 공급체인에 관한 의사결정은 크게 전략적(Strategic), 전술적(Tactical), 운영적(Operational) 레벨로 구분이 가능하다. 전략적 레벨은 노드(Node)와 운송채널(Transportation Channels)을 모두 고려한 물류네트워크 디자인(공장위치, 생산기술, 생산능력 등이 포함)이 포함되고, 전술적 레벨은 화물흐름 관리, 생산레벨, 재고관리수준 등이 포함된다. 운영적 레벨에는 단기 스케줄 계획이 포함 되는데 여기에는 운송사선택, 완제품을 고객에게 제때에 인도하는 등 내용들이 포함된다. Schmidt and Wilhelm(2000)은 이러한 의사결정 레벨에 따른 물류네트워크 모델링 이슈를 체계적으로 검토하였다.

많은 연구들은 운송모드의 선택 행위와 예측에 관하여 다루었고 특정 요소와 최종 선택행위와의 관계를 밝히기 위하여 주로 Stated Preference(SP)기법이 적용되었다. 그 중 Hensher(1994)는 SP기법에 대한 일반적인 개관을 다루었다. SP기법을 비교적 자세하게 다룬 연구로는 Cullinane and Toy(2000), Grosso, M. et al(2010)의 연구가 대표적이다. Cullinane and Toy(2000)는 기존의 화물운송수단, 경로, 결정점과 관련한 연구들의 분석결과를 수집하여 내용분석(Contents Analysis) 방법을 통해 보편적인 운송수단 선택속성을 확정 규명하였다. 동 연구에서는 SP기법과 관련된 몇 가지 선행연구들의 중요도 값을 바탕으로 선택속성과 변수 등을 재정리하였다. 연구에서 선택한 변수는 비용, 서비스, 운송소요

시간의 신뢰성, 빈도, 거리, 속도, 유연성, 시설 유용성, 시설능력, 재고, 손해/손실, 제품특성, 연매출, 경험 등이다. 분석결과, 비용, 속도, 운송시간의 신뢰성, 제품 특성, 서비스 등의 순으로 중요도가 평가되었다.

특정 공급체인 환경 하에서 운송수단 선택에 영향 주는 요소를 탐구하는 연구들도 많이 진행되었고 Bowersox et al(2002), Simchi Levi et al(2008)의 연구에서 고려가 필요한 변수들을 자세하게 다루었다. 최근에는 특정 지역에서의 운송수단 선택에 관한 연구들도 진행되었고 Arencibia et al(2015)은 스페인과 유럽 사이의 화물 흐름 패턴의 재조정예 근거를 제공하고자 이산선택 모델을 적용하여 화물운송수단의 선택을 결정하는 주요 요인을 분석하였다. 이를 위해 화주를 대상으로 SP기법 조사를 실시하고 확보한 데이터를 사용하여 혼합 logit model을 적용하여 분석을 진행하였고 기존 도로운송에서 철도운송과 해상운송으로 운송방식 전환에 필요한 조건을 도출하였다. Kim et al(2017)는 뉴질랜드의 기업, 화주, 운송사, 대리점의 화물운송수단 선택에 관한 의사결정 프로세스를 분석하였다. 이를 위해 뉴질랜드의 190개 운송사와 대리점을 대상으로 SP기법 설문조사를 진행하고 두 가지 latent class(LC: Fixed Parameter Based Latent Class Model(LCMNL) & Random Parameter Based Latent Class Model(LCML)) 모델을 적용하여 분석하였다. 이러한 분석을 통해 정부당국이 복합운송을 개선하여 도로운송 화물을 기타 방식으로 전환하는데 근거를 제공하고 해상운송의 서비스 신뢰성을 제고하는 정책 등을 예로 제시하였다.

근해운송에서 Lo-Lo와 Ro-Ro 2가지 운송수단을 한정하여 경쟁력을 비교한 연구는 Francesco et al.(2016)의 연구가 대표적이다. 일반적으로 근해운송과 도로운송을 비교하는 연구들과 달리 동 연구는 근해운송시장 내부에서 Lo-Lo운송방식과 Ro-Ro운송방식을 비교하였다. 동 연구는 이탈리아와 지중해 동남부 지역을 연결하는 구역을 대상으로 도로운송이 불가능한 경우만 분석하였다. 연구를 수행하기 위하여 Aggregate Discrete Choice Model을 적용하여 두 가지 운송방식의 화물 흐름을 모의하였다. 연구결과를 보면, 1,000km이하 거리에서 Lo-Lo를 선택하는 가능성이 Ro-Ro보다 조금 높은 편이나 1,000km 이상부터 대부분 Lo-Lo 방식을 선택하였다. 특히 운송 목적지가 허브항만이면 Lo-Lo 방식

을 선택하는 경우가 더 증가하고, Ro-Ro는 대량의 빈도가 높은 정기서비스가 존재하면 선택할 확률이 증가한다. 분석 과정에서 예외적인 노선(이탈리아-터키)이 존재하였는데 해당 노선은 Ro-Ro운송 물동량이 매우 많은 편이었다. 저자는 이러한 현상이 나타난 이유를 터키의 빠른 경제성장, 지리적인 조건, 양국 간 강력한 경제협력관계 3가지를 열거하였다. 즉, Ro-Ro운송은 경제수준이 높고 경제협력이 긴밀한 국가 사이에서 보다 쉽게 활성화될 가능성이 존재함을 의미하는 대목이다.

2.3 화물 시간가치 산정에 관한 선행연구

현재 국내·외 학자들이 화물 시간가치에 대한 연구는 상대적으로 적은 편이다. 화물 시간가치는 시간가치 영역의 일부분으로 자금의 시간가치와 외출 시간가치와 높은 유사성을 가지고 있다. 현재 화물운송영역에서 시간가치에 대한 연구는 주로 다음과 같은 유형으로 분류할 수 있다.

Guan and Kazuo(2000)는 화물 시간가치에 관한 평가방법을 검토하고 Random Utility Theory를 적용하여 일본 국내운송화물의 시간가치계수를 산정하였다. 陈业华 and 张明莉(2009)는 Random Utility Theory와 응용가치공정원리를 적용하여 새로운 시간효용함수의 구성법을 제안하였다. 동 연구는 서로 다른 운송방식의 기능가치함수를 설정하고 시간가치효용모형을 구축하고 최대우도법을 적용하여 항공, 철도 및 도로운송에 대하여 검증하였다. Chen and Lin(2013)은 등생산량곡선(Isoquant Curve)방법을 도입하여 경로선택 과정에서의 시간과 운송비용사이의 관계를 설명하였고, 경로선택에서 시간-운송비용의 대체율 각도에서 시간가치를 설명하였다. Zheng(2013)은 화물의 시간가치 특징을 근거로 노트북과 자동차부품 두 가지 화물을 사례로 감가상각비용과 화물 운송과정에서의 시간비용을 고려하여 두 가지 화물의 최적 운송수단 선택시나리오를 제시하였다. Alford-Bangs(1955)는 연간화물보유비용이라는 개념을 제안하였고 보험, 보관, 세금, 수송, 운반, 감가상각, 이자, 진부화 요소들로 인해 발생된 비용을 분석하여 시간가치를 산정하였다. 그 후, Fedex는 SRI팀을 조직하여 Alford-Bangs모델에서 제시한 8개 요소를 수정하여 자금비용, 재고서비스비용, 보관 및 창

고시설비용, 재고 리스크비용의 4개 유형으로 재분류하였다. 이를 바탕으로 일반화물의 연간보유비용을 화물가치의 23-26%, 하이테크화물의 연간보유비용을 화물가치의 42-45%라고 제시하였다. 이러한 연구 성과는 매우 중요한 실무적 의미를 가지고 있고 현재 보유비용 산정에 여전히 사용되고 있다.

2.4 시사점

본 장에서는 선행연구에 대한 검토를 통해 우선 근해운송의 개념을 살펴보았다. 일반적으로 각 지역은 자체의 상황에 따라 근해운송의 범위를 정의하고 있다(EU, 미국 등). 근해운송이 유럽에서의 시장점유율은 약 33%로 도로운송에 버금가는 운송수단이다. 유럽에서의 도로운송 물동량이 빠르게 증가함에 따라 혼잡, 오염, 소음, 사고와 같은 높은 외부비용이 발생하여 사회적인 문제로 대두되고 있다. 따라서 유럽지역 내의 운송네트워크를 개선하고 지속가능한 성장을 실현하기 위하여 EU는 적극적으로 근해운송을 육성하기 시작하였다. 이를 위해 EU는 대량의 예산을 투입하여 TEN-T, PACT, Marco Polo I and II 등 프로젝트를 추진하였으나 효과는 미미하였다. 이는 해상운송이 선천적으로 도로운송에 비해 운송속도, 운송효율성 및 편의성이 낮은 것이 주된 원인이라고 볼 수 있다. 또한 근해운송 화물이 항만에서의 환적과정이 원활하지 못해 Door to Door 방식에 있어 도로운송에 비해 현저한 열세에 처해있다. 그럼에도 불구하고 일부 특정 노선에서 근해운송의 경쟁력이 도로운송보다 높은 경우도 존재한다. 기존 정책과 같은 단순히 운송사를 대상으로 인센티브를 지급하는 방식이 아닌 근해운송 복합운송체계를 근본적으로 개선(항만개발 투자 확대를 통한 화물의 항만환적효율성을 제고 등)하면 근해운송은 여전히 도로운송을 대체하는 매력적인 대안임에는 의심할 여지가 없다. 다음으로, 본 장에서는 화주와 물류기업의 운송수단 선택에 관한 연구들을 살펴보았다. 기존 연구들을 보면 화주나 운송사는 구체적인 운송수단 선택 시 일반적으로 총 물류비용과 운송시간을 가장 주요한 고려요소로 삼고 있음을 알 수 있다. Lo-Lo와 Ro-Ro의 경쟁에 관한 선행연구에 따르면 근해운송에 투입되는 주요 선종인 Lo-Lo와 Ro-Ro인 경우 장거리 노선(1,000km 이상)에서 Lo-Lo의 경쟁력은 Ro-Ro를 압도하고 단거

리 노선(1,000km 이하)에서 Ro-Ro 운송방식은 일정한 경쟁력을 갖추고 있음을 알 수 있다. 특히, 서로 인접하고 경제가 발달한 지역과 경제협력관계가 밀접한 국가 사이에는 Ro-Ro를 통해 운송되는 화물 비중이 현저하게 높은 편이다. 그 이유는 Ro-Ro/Ro-Pax 등 선박들은 항만에서의 수평하역이 가능하여 기타 운송 수단으로의 빠른 환적을 실현할 수 있고 이는 복합운송 효율성의 개선에 매우 중요한 요소이다.

동북아시아는 현재 세계적으로 경제활동이 가장 활발한 지역이고 해상운송 네트워크 또한 매우 발달하였다. 그러나 EU 회원국들과 비교 시 동북아시아 역내 국가들의 협력수준은 여전히 낮은 편이다. 유럽과 달리 동북아시아 역내 국가는 바다를 사이 두고 있어 운송수단 간 경쟁구도는 도로운송과 근해운송이 아니라 동일 해운노선에서 Lo-Lo와 Ro-Ro 운송수단 간 경쟁으로 보아야 한다. 현재 한국, 일본 및 중국 사이의 Lo-Lo의 교역 물동량이 Ro-Ro에 비해 절대적으로 큰 비중을 차지하고 있다. 그러나 최근 한국과 일본은 적극적으로 협력하여 효율성이 높은 국제물류시스템을 구축하고자 노력하고 있다. 이러한 과정에 단절 없는(Seamless) 물류네트워크 구축이 필요해졌고 Ro-Ro 운송방식의 잠재력이 주목을 받기 시작하였다. 그럼에도 불구하고 현재 동북아시아역의 근해운송, 운송수단선택 등 관련 영역을 다룬 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 유럽에서의 근해운송에 대한 정의를 적용하여 한국-일본 간의 국제 해상운송 노선을 근해운송의 범위로 지정하고 동일한 조건을 적용하여 해당 노선에서의 Lo-Lo와 Ro-Ro의 비용경쟁력을 분석하여 의미 있는 연구결과를 도출하고자 한다. 분석 과정에서 한국과 일본 간 시범운영하고 있는 더블넘버 트레일러 상호주행 시범사업을 연구사례로 활용할 예정이다.

제 3 장 한국-일본 노선 Lo-Lo/Ro-Ro 운영현황 분석

3.1 Lo-Lo 및 Ro-Ro 운송 개요

3.1.1 Lo-Lo 운송의 발전

1955년 세계 최초의 컨테이너선인 ‘Ideal X’ 호의 등장은 기존 해상화물운송방식을 획기적으로 바꾸어 놓았다. ‘컨테이너화(Containerization)’ 된 화물은 필연적으로 선박에서 항만으로, 항만에서 선박으로 화물을 싣고 내리기 위한 장비가 필요했고, 1959년 세계 최초의 컨테이너 크레인(Container Crane, C/C)이 개발되며 컨테이너 선박의 활용은 급속도로 증가하기 시작하였다(Choi, Yong-Seok, et al. 2007). 국내 항만의 경우 1972년 9월 해상 컨테이너 취급 규칙이 마련되면서 컨테이너 수송의 기틀이 확립되었다. 1982년 국내 첫 컨테이너 전용부두인 부산항 자성대부두가 개장되며 국내에도 컨테이너 수송시대가 열렸다(The Kookje Daily News, 2005).

크레인을 활용해 컨테이너를 하역하는 방식은 Lo-Lo(Lift-on/Lift-off)라고 불리며, 이는 수직방향으로 양·적하 작업이 이루어지는 모습에 기인한다. 따라서 Lo-Lo선은 일반적으로 컨테이너를 수송하는 컨테이너 전용선박을 의미한다.¹⁾ 그러나 일부에서는 선박 자체에 크레인이 설치되어 화물의 양·적하 작업을 항만 설비의 도움 없이 직접 수행할 수 있는 선박만을 Lo-Lo선으로 정의하기도 한다.²⁾ 하지만 국내에서는 Lo-Lo선을 컨테이너선과 사실상 같은 개념으로 활용하기 때문에 본 연구에서는 일반적인 컨테이너 전용선박을 모두 Lo-Lo선으로 구분하였다.

1) 공길영. 선박항해용어사전 “Lo/Lo Ship”, 한국해양대학교, Accessed October 1, 2018
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=382244&cid=50328&categoryId=50328>

2) GlobalSecurity.org. “Lift-on/Lift-off(Lo/Lo) Ships”, Accessed October 19, 2018
<https://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/lo-lo.htm>

3.1.2 Ro-Ro 운송의 발전

Ro-Ro는 Roll-on/Roll-off의 약자로 선박에 적재된 화물자체가 항만에서 바퀴를 통해 하역될 수 있는 방식을 의미한다. Ro-Ro선에 실린 화물은 선박의 자체 경사로(Built-in Ramps)를 통해 하역되며, 이 점에서 크레인을 이용해 화물을 양·적하하는 Lo-Lo선과 가장 크게 차별화 된다.

Ro-Ro의 사전적 개념은 1995년 SOLAS(국제해상인명안전협약)에서 명문화되었으나, 실제 그 활용은 19세기 폭이 넓은 강 사이에서 열차를 수송하는 목적으로 개발된 것이 시초이다. 1851년 First of Forth Ferry는 선박 내에 선로를 장치하여 강의 한쪽 끝에 도착한 열차가 선박 내 선로에 올라서면 열차를 강 너머의 선로까지 수송해주는 형태로 활용되었다. 즉, 바퀴를 통해 움직이는 육상운송이 통과할 수 없는 강, 바다 등의 구간을 선박을 통해 연결한다는 점에서 현대의 Ro-Ro 방식과 개념상 일치하는 것으로 판단할 수 있다. 이후 1995년 Ro-Ro선의 용어와 개념이 명확히 확립되었으며, 현재 Lo-Lo에 비해 매우 우수한 양·적하 작업속도 효율성 및 편의성으로 인해 현재 컨테이너 트레일러, 트럭, 승용차 등 육상운송수단의 형태와 관계없이 다방면에서 활용되고 있다.³⁾

3.2 한국-일본 노선 컨테이너 물동량 현황

3.2.1 부산항 컨테이너 물동량 현황

부산항은 한국 최대의 무역항이며 세계 6위 컨테이너항만이다. 부산항에서 처리하는 컨테이너 물동량은 한국 전체 물동량의 75% 수준이며, 환적 물동량의 99%를 차지하고 있다. 부산항의 컨테이너 물동량을 TEU 단위로 산정하기 위해 20피트 길이가 아닌 컨테이너의 경우 그 길이에 비례하여 단위를 TEU로 통일하였다. 예를 들어 10피트 길이의 컨테이너는 0.5TEU, 40피트 길이는 2TEU, 그리고 45피트 길이의 컨테이너는 2.25TEU로 환산하였다. 또한 연평균 성장률

3) IMO_Safety of Ro-Ro Ferries, Accessed November 1, 2018
<http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Regulations/Pages/RO-ROFerries.aspx>

(CAGR: Compound Annual Growth Rate)은 수식 (1)을 적용하여 산정하였다.

$$CAGR = \left(\sqrt[Period]{(Last\ Value/First\ Value)} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

부산항의 컨테이너 물동량은 2012년 16,956,000TEU에서 2017년 20,412,000TEU로 연평균 3.78%의 성장률을 보이는 등 지속적으로 증가추세를 보이고 있다. 그 중 극동아시아, 북미주, 일본과의 컨테이너 물동량이 약 75%로 대부분을 차지하며, 본 논문에서 다룬 부산-일본 간 노선의 경우 2012년 2,594,000TEU에서 2017년 2,942,000TEU로 연평균 2.55%의 성장률을 보이고 있다. 특히 2017년을 기준으로 전년도와 비교했을 때 4.7% 증가율을 보이는 등 부산-일본 간의 컨테이너 해상운송은 최근 더욱 활발해지고 있다. Table 2는 2012-2017년 부산-주요 지역 별 컨테이너 물동량 변화추이이다.

Table 3 부산-주요 지역 별 컨테이너 물동량

(단위: 천TEU, %)

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2016대비 2017증가율	CAGR
합계 (비율)	16,956 (100.0)	17,682 (100.0)	18,683 (100.0)	19,469 (100.0)	19,456 (100.0)	20,412 (100.0)	4.9	3.78
극동 아시아 (비율)	5,444 (32.1)	5,770 (32.6)	6,095 (32.6)	6,242 (32.1)	6,223 (32.0)	6,535 (32.0)	5.0	3.72
북미주 (비율)	2,821 (16.6)	2,875 (16.3)	3,015 (16.1)	3,353 (17.2)	3,353 (17.2)	3,678 (18.0)	9.7	5.45
일본 (비율)	2,594 (15.3)	2,758 (15.6)	2,804 (15.0)	2,755 (14.2)	2,811 (14.4)	2,942 (14.4)	4.7	2.55
기타 (비율)	6,097 (36.0)	6,279 (35.5)	6,769 (36.3)	7,119 (36.5)	7,069 (36.4)	7,257 (35.6)	2.7	3.54

자료: Port-Mis

한국-일본 간 컨테이너 정기노선 네트워크는 매우 발달되었으나 Lo-Lo선과 Ro-Ro선이 동시에 기항하는 노선은 부산-하카타, 부산-시모노세키, 부산-오사

카 노선 3개가 존재한다. 따라서 부산-일본을 오가는 물동량 중 본 연구에서 다룰 핵심 노선인 부산-하카타, 부산-오사카, 부산-시모노세키 노선의 컨테이너 물동량을 따로 산정하였다. 세 노선 중 가장 많은 물동량을 기록한 노선은 부산-하카타 노선으로 2017년 263,225.5TEU를 기록하였다. 연평균 성장률의 경우 2013년에서 2017년까지 3.64%로 증가추세를 보이고 있으며, 특히 2016년 대비 2017년 물동량은 약 7.1% 증가하는 등 급격한 증가를 보이고 있다. 부산-오사카 노선의 경우 2013년 251,009.75TEU에서 2017년 200,544.5TEU로 연평균 -5.46%의 감소율을 보였으며, 2016년 대비 2017년 물동량 또한 약 2.4% 감소하는 등 물동량 감소추세에 있다. 마지막으로 부산-시모노세키 노선의 2013년 물동량은 34,593.5TEU를 기록하였고, 2017년의 경우 37,028.25TEU를 기록하는 등 1.71%의 연평균 성장률을 보였으나, 2016년 대비 2017년의 물동량은 오히려 3.6% 감소하였다. Table 3은 2013-2017년 부산과 일본 3개 지역의 연간 물동량 변화추이를 반영하였다.

Table 4 2013-2017년 부산-일본(하카타, 시모노세키, 오사카) 컨테이너 물동량

(단위: TEU, %)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	전년대비 증가율	CAGR
하카타	228,180.25	244,674.50	237,200.00	245,824.00	263,225.50	7.1	3.64
시모노세키	34,593.50	34,110.50	36,219.00	38,370.50	37,028.25	-3.6	1.71
오사카	251,009.75	256,582.50	212,713.75	205,392.50	200,544.50	-2.4	-5.46

자료: 부산항만공사, 부산항 항만물류정보시스템(BPA-NET)

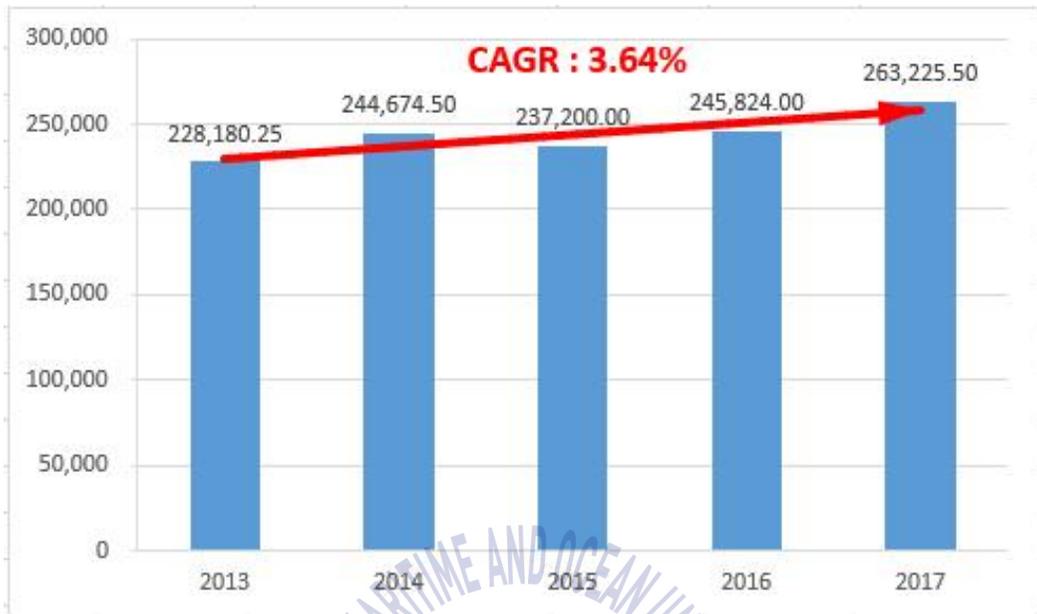


Fig 3 2013-2017년 부산-하카타 컨테이너 물동량 변화추이(TEU)

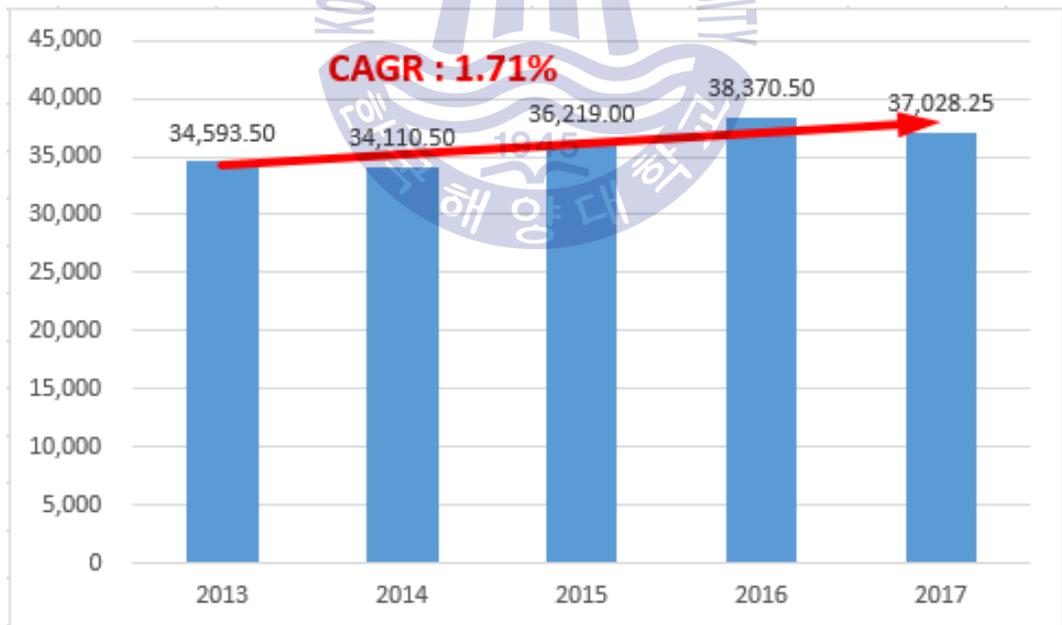


Fig 4 2013-2017년 부산-시모노세키 컨테이너 물동량 변화추이(TEU)

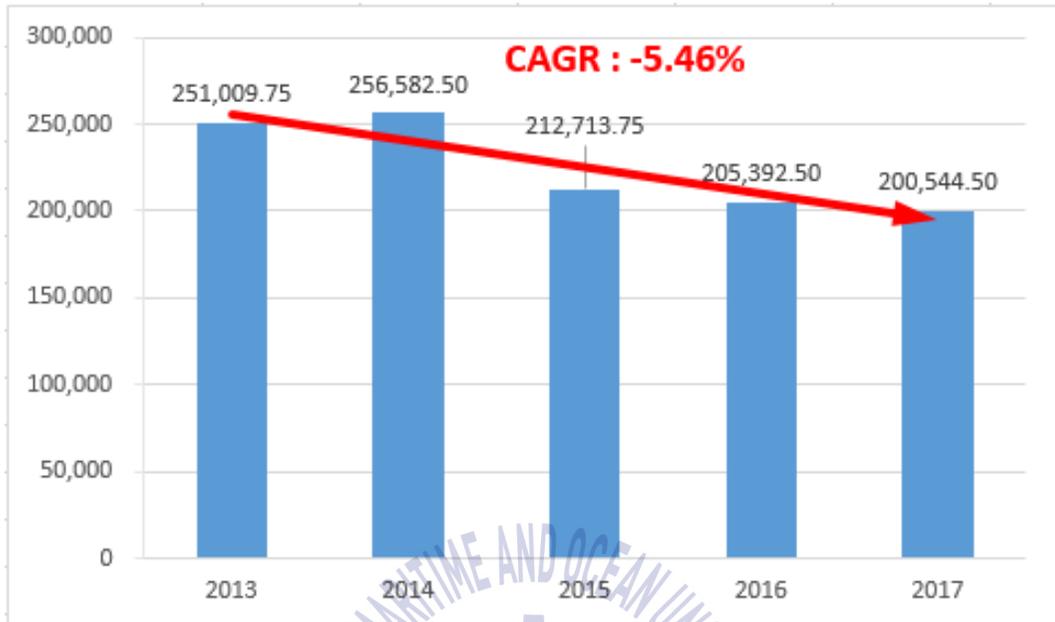


Fig 5 2013-2017년 부산-오사카 컨테이너 물동량 변화추이(TEU)

3.2.2 Lo-Lo 및 Ro-Ro 컨테이너 물동량 현황

2013년-2017년 사이 부산항의 컨테이너 물동량은 한진해운 법정관리와 파산의 영향을 받은 2016년을 제외하고 줄곧 안정적인 속도로 증가하고 있다. 특히, 2017년에는 연간 물동량이 2천만 TEU를 돌파하여 동북아시아지역 주요 환적허브 항만의 입지를 굳혀가고 있다. 2017년을 기준으로 Lo-Lo선이 부산항에서 처리한 물동량은 약 20,191천TEU로 98.5%의 절대적인 비중을 차지하였다. 반면 Ro-Ro선이 처리한 물동량은 138천 TEU에 불과하여 부산항 전체 컨테이너 물동량의 0.7%에 불과하다. 즉, 부산항은 주변 피더항과 정기선 네트워크가 매우 발달되었음에도 불구하고 Lo-Lo에 비해 Ro-Ro 물동량이 매우 저조함을 알 수 있다. 다음 Table 4는 2013년-2017년 선종별로 구분하여 부산항에서 처리한 컨테이너 물동량을 분석한 결과이다. Lo-Lo 운송에 비해 Ro-Ro 운송이 현저한 장점이 있음에도 불구하고 최근 5년 동안 부산항의 Ro-Ro 물동량을 보면 정체된 상태를 보여주고 있다. 이러한 현상이 나타난 원인은 Ro-Ro 선복량의 부족, Lo-Lo에 비해 높은 운임, 제한된 노선 등의 요소들을 꼽을 수 있다.

Table 5 2013-2017년 선종 별 부산항 컨테이너 물동량

(단위: 천TEU, %)

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	비중(2017년 기준)
합계	17,686	18,683	19,469	19,456	20,493	100.0
Lo-Lo	17,356	18,373	19,162	19,169	20,191	98.5
Ro-Ro	147	148	142	147	138	0.7
기타	183	162	165	140	164	0.8

자료: Port-Mis

3.3 한국-일본 노선 주요 정기선 노선 현황

해운시장의 선박대형화로 인해 항만네트워크는 Hub & Spoke 체제로 전환되기 시작했다. Hub 역할을 하는 중심항만을 제외한 항만은 피더항으로 변화하였고, 허브항인 중심항만에서 모선과 피더선 간의 환적화물이 다수 발생하기 시작하였다. 국내해운시장에서 이러한 모선과 피더선 간의 환적화물이 발생하는 대표적인 항로가 한일항로이다. 기존에는 일본의 항만들이 허브 역할을 수행하였으나 일본 한신 대지진으로 인해 고베항의 운영이 중단된 이후 인근에 위치한 부산항으로 해운시장의 수요가 이동하면서 부산항을 Hub로 한 항만네트워크 재편이 이루어졌다.

한일항로는 한국 외항해운업의 시초이자 항만, 조선, 해운 등 해운 및 항만 관련 산업의 기반을 마련한 항로이다. 1969년 고베항이 컨테이너 전용항만을 운영한 이후 1972년 국내에서 최초 컨테이너선을 취항한 것이 한일 컨테이너 정기선 노선의 시작이다. 1970년대부터 1980년대까지는 일본의 주요 거점항 중심으로 환적이 주로 이루어졌으나 1980년대 후반, 특히 1995년 일본 대지진 이후 부산항을 중심으로 하는 환적화물 피더선 시장이 본격적으로 형성되었다 (Park and Choi, 2013). 한국의 해운정책은 1984년 해운산업합리화조치와 1986년 화물적치제한정책 등을 통해 기존 48개 선사의 과당경쟁 문제를 해결하기 위한 합리적인 정책을 펼치기 시작하였다. 국내 해운산업의 전반적인 성장을 도모하기 위한 두 정책의 핵심목표는 48개 선사 중 무면허선사와 중소선사 등

을 추려 9개 선사로 통폐합하고, 한일항로에 원양선사가 참여하는 것을 방지하여 항로를 보호하는 것이었다. 이를 통해 한일항로의 안정화 및 재구성이 이루어졌으며, 현재는 부산항을 중심으로 국적선사들 간의 공동운항네트워크 및 피더네트워크를 운영 중에 있다(Sung, 2017).

현재 한일 간에는 국내항만 10개와 일본항만 60개를 잇는 정기항로가 구축되어 운영되고 있다. 정기항로가 구축된 국내 항만에는 광양항, 군산항, 대산항, 마산항, 목포항, 부산항, 울산항, 인천항, 평택항, 포항항 등 10개가 있고, 60개 일본항만의 경우 다음 Table 5와 같다.

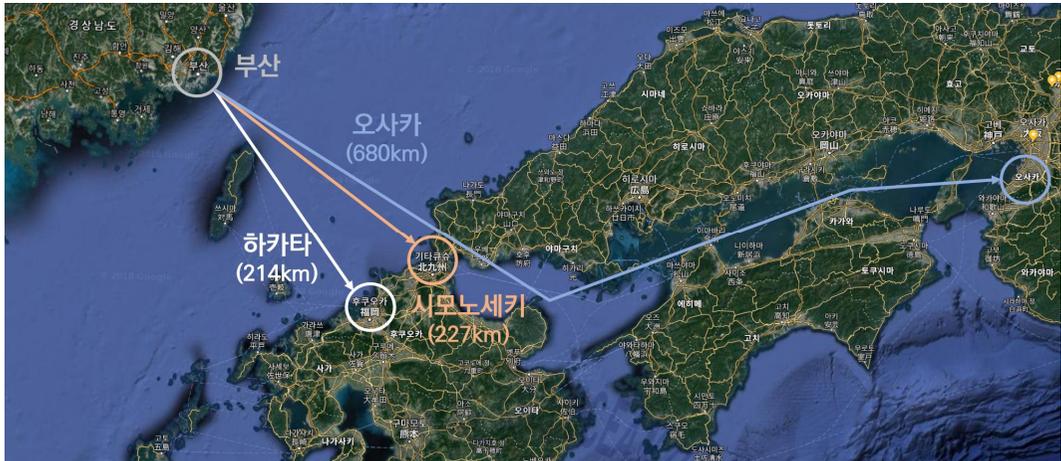
Table 6 한일 정기노선의 일본 내 취항항만

지역	항만명	항만수
게이힌	CHIBA, KAWASAKI, NAGOYA, SHIMIZU, TOKYO, TOYOHASHI, YOKKAICHI, YOKOHAMA	8 Ports
한신	HIMEJI, KOBE, OSAKA	3 Ports
서안	AKITA, HACHINOHE, HAKODATE, ISHIKARI, KANAZAWA, KUSHIRO, MAIZURU, MURORAN, NAOETSU, NIIGATA, SAKAIMINATO, SAKATA, TOMAKOMAI, TOYAMA(SHINKO), TSURUGA	15 Ports
관문	ABURATSU, HAKATA, HAMADA, HIBIKINADA, HOSOSHIMA, IMARI, KUMAMOTO, MIKE, MOJI, NAKANOSEKI, NAKASAKI, OITA, SATSUMA SENDAI, SHIBUSHI, SHIMONOSEKI, TOKUYAMA, UBE, YATSUSHIRO	18 Ports
기타	FUKUYAMA, HIROSHIMA, HITACHINAKA, IMABARI, IWAKUNI, IYOMISHIMA, KASHIMA, KOCHI(SHINKO), MATSUYAMA, MIZUSHIMA, ONAHAMA, OTAKE, SENDAI, TAKAMATSU, TOKUSHIMA, WAKAYAMA	16 Ports

자료: 한국선주협회 한국근해수송협회의회

여러 한일 정기노선 중 부산-하카타, 부산-시모노세키, 부산-오사카 등 3가지 노선의 경우 Lo-Lo와 Ro-Ro가 공통적으로 운항 중이라는 점에 근거해 본 논문에서 비교·분석을 진행할 정기노선으로 선정하였고, Fig 6의 지도상에 표시하

였다.



자료 : Google-Map 기반 저자 편집

Fig 6 부산-하카타, 부산-시모노세키, 부산-오사카 노선

3.3.1 노선별 운항스케줄

한일항로에서 Lo-Lo 방식을 사용하는 일반 컨테이너 선박은 정기선과 부정기선의 형태로 운영된다. 부산항의 경우 일본과의 피더선 네트워크를 오랜 기간에 걸쳐 구축해왔기 때문에 부산-일본 간을 오가는 컨테이너 선박이 매우 다양하다. 따라서 Lo-Lo의 경우 선박의 제원과 운항방식에 따라 운항스케줄이 크게 달라지므로 특정 선박을 임의로 선택하여 운항스케줄을 도출하는 것은 대표성을 지닌다고 볼 수 없으며 분석의 의미도 없다.

반면, 한일항로에서 Ro-Ro의 경우에는 여러 선사가 다양한 해상운송 서비스를 제공하고 있는 Lo-Lo의 경우와는 달리 하나의 노선마다 특정 선사가 사실상 독·과점 형태로 운영 중에 있다. 부산-하카타 노선은 고려훼리의 뉴-카밀리아호가 매일 운항 중에 있으며, 부산-시모노세키 노선의 경우 부관훼리의 선박 2척(하마유호, 성희호)이 격일 간격으로 매일 운항 중이다. 마지막으로 부산-오사카 노선의 경우 팬스타라인닷컴의 팬스타드림호가 평균적으로 주 3회 운

항중이다. 그 외에 각 노선을 운항하는 선박 정원 및 컨테이너 적재용량은 Table 6과 같다.

Table 7 한국-일본 간 Ro-Ro 운항구간 별 제원

회사명	운항구간	운항횟수	총톤수	여객정원(명)	화물
고려훼리	부산-하카타 (뉴-카멜리아호)	매일	19,961	522명	220TEU 승용차 41대
부관훼리	부산-시모노세키 (하마유호)	매일	16,187	460명	140TEU 트럭 25대
	부산-시모노세키 (성희호)		16,875	562명	136TEU 트럭 76대, 승용차 30대
팬스타 라인닷컴	부산-오사카 (팬스타드림호)	주 3항차	21,535	681명	220TEU

주 1. 부관훼리 선박 2척이 격일 운행하여 주 7회 운항

자료: BPA, 부산 국제여객터미널 국제여객선사별 운항 정보, 2018

3.3.2 노선별 총 운송시간

1) 해상운송 시간

언급한 바와 같이 노선별로 독·과점 형태로 운영 중인 Ro-Ro선과 달리 다수의 선사가 각기 다른 제원의 선박을 운항하고 있어 해상운송 시간에 다소간의 차이가 존재한다. 또한 동일한 선박이 같은 노선을 운항하는 Ro-Ro선의 경우에도 기상상태, 입·출항 스케줄, 기타 변수 등으로 인해 약간의 차이가 발생한다. 따라서 각 노선별 운송시간을 산정하기 위해 2018년 10월 한 달 동안 각 노선을 운항한 Lo-Lo와 Ro-Ro 선박들의 운항기록에 따른 운송시간의 평균치를 활용하였다.

부산-하카타 노선의 경우 Lo-Lo가 11.6시간(11시간 36분), Ro-Ro가 7.1시간(7시간 6분)으로 4.5시간(4시간 30분) 더 오래 걸렸고, 부산-시모노세키 노선의 경우 각각 9.6시간(9시간 36분), 9.2시간(9시간 12분)으로 Lo-Lo가 0.4시간(24분)

더 긴 운송시간을 보였다. 또한 타 노선에 비해 약 3배 더 긴 항로를 오가는 부산-오사카 노선의 경우 Lo-Lo가 31.8시간(31시간 48분), Ro-Ro가 18.8시간(18시간 48분)으로, 약 13시간의 차이를 보인다. 따라서 동일 노선에 대하여 전 노선에 걸쳐 Lo-Lo 선박들의 운항시간이 Ro-Ro보다 긴 것으로 나타났으며, 그 차이는 항로가 길어짐에 따라 더욱 증가하는 것으로 나타났다.

Table 8 노선 및 운송방식 별 해상운송 시간 비교

(단위: hour)

구분	부산-하카타	부산-시모노세키	부산-오사카
Lo-Lo	11.6	9.6	31.8
Ro-Ro	7.1	9.2	18.8

자료: MarineTraffic(<https://www.marinetraffic.com/>)

2) 운송 부대시간

화주 입장에서 화물의 운송시간에는 해상운송 시간 외에 출발지에서 수출 항만까지의 육상 운송시간, 출발지와 도착지의 항만 내 화물 처리시간, 도착지의 항만에서 최종 목적지까지의 육상 운송시간 등이 포함된다. 이 중 앞서 산정한 해상운송 시간을 제외한 모든 부가적인 시간 일체를 운송 부대시간으로 정의할 수 있다. 다만, 본 연구에서는 육상운송 시간의 경우 화물의 최초 출발지와 최종 목적지의 위치에 따라 시간적 편차가 크고 변수가 많기 때문에 제외하고 항만 내 화물 처리시간만을 운송 부대시간에 포함하였다.

Table 9 운송방식 별 운송 부대시간 비교

(단위: hour)

구분	Lo-Lo 선박	Ro-Ro 선박
항만 내 화물 처리시간(한국)	24	10
항만 내 화물 처리시간(일본)	54	9

자료: 한국교통연구원, 동북아 해상육상 복합 화물자동차 운송 활성화 방안 연구, 2015
부산국제여객터미널 홈페이지
일본 항만 처리시간은 시모노세키항을 참고로 함

3) 총 운송시간

앞서 조사된 해상운송 시간과 운송 부대시간을 종합하여 본 연구에서 활용하게 될 총 운송시간을 산정하였다. Lo-Lo의 노선 별 총 운송시간은 부산-오사카 노선이 109.8시간(109시간 48분), 부산-하카타 89.6시간(89시간 36분), 부산-시모노세키 87.6시간(87시간 36분) 순이었다.

Table 10 Lo-Lo 노선 별 총 운송시간 비교

(단위: hour)

구분		부산-하카타	부산-시모노세키	부산-오사카
Lo-Lo	항만 내 화물 처리시간(한국)	24	24	24
	해상운송 시간	11.6	9.6	31.8
	항만 내 화물 처리시간(일본)	54	54	54
노선 별 Lo-Lo 총 운송시간		89.6	87.6	109.8

자료: MarineTraffic(<https://www.marinetraffic.com/>)

Ro-Ro의 경우 각 노선 별 총 운송시간은 부산-오사카 노선이 37.8시간(37시간 48분), 부산-시모노세키 28.2시간(28시간 12분), 부산-하카타 26.1시간(26시간 6분) 순으로 산정되었다.

Table 11 Ro-Ro 노선 별 총 운송시간 비교

(단위: hour)

구분		부산-하카타	부산-시모노세키	부산-오사카
Ro-Ro	항만 내 화물 처리시간(한국)	10	10	10
	해상운송 시간	7.1	9.2	18.8
	항만 내 화물 처리시간(일본)	9	9	9
노선 별 Ro-Ro 총 운송시간		26.1	28.2	37.8

자료: MarineTraffic(<https://www.marinetraffic.com/>)

3.3.3 노선별 해상운임 비교

일반적으로 정기선의 해상운임의 경우 항로별로 해운동맹이 결성되어 있어 요율표(Tariff)에 따른 공시운임이 존재한다. 그러나 실제 해상운임은 해운시장의 경기에 따라 변동성이 크고, 선사 간 경쟁력 확보를 위해 공시운임보다는 내부적인 시장운임 및 계약운임으로 결정된다. 운임의 차이는 선사들 간에 아닌 동일 선사 내에서도 각 화주와의 계약내용에 따라 차이가 존재하며, 이러한 시장운임(계약운임)은 공시운임보다 낮은 경우가 대부분이다.⁴⁾ 따라서 본 연구에서는 운임산정을 함에 있어 변수가 많고 자료의 수집이 어려운 시장운임(계약운임) 대신 객관화된 분석을 수행하기 적합한 공시운임을 수집하였다. 본 연구에서 수집한 각 종 비용은 서로 다른 통화기준으로 되어있고 통일적인 계산을 위해 2018년 1월1일-2018년 10월31일 사이의 원화-달러 평균 환율(1달러 = 1,096원) 기준을 적용하였다.

각 노선별 해상운임은 20ft 컨테이너를 기준으로 보았을 때, 컨테이너 하나 당 부산-하카타 노선은 Lo-Lo 200달러, Ro-Ro 500달러이고, 부산-시모노세키 노선의 경우 Lo-Lo 350달러, Ro-Ro 470달러, 마지막으로 부산-오사카 노선의 경우 Lo-Lo 250달러, Ro-Ro 600달러로 산정되었다. 또한 40ft 컨테이너의 경우 일반적으로 20ft 컨테이너 운임의 2배를 징수하고 있으며, 구체적인 공시운임 현황은 다음 Tabel 11과 같다.

Table 12 노선 및 운송방식 별 공시운임 비교

(단위: \$/Container)

구분	부산-하카타		부산-시모노세키		부산-오사카	
	Lo-Lo	Ro-Ro	Lo-Lo	Ro-Ro	Lo-Lo	Ro-Ro
20ft	200	500	350	470	250	600
40ft	400	1000	700	940	500	1200

자료: 각 노선 운항선사 내부자료 참고

4) 한국무역협회(KITA)_http://www.kita.net/fresh_sg/export/cost_info.jsp

3.4 소결

본 장에서는 Lo-Lo운송과 Ro-Ro운송의 역사를 살펴보고 부산과 일본 주요 항만 간 물동량 변화추이 및 Lo-Lo와 Ro-Ro의 물동량 비중을 살펴보았다. 그리고 Lo-Lo와 Ro-Ro의 공식 발표된 해상운임과 해상운항시간을 비교 정리하였다. 전반적으로 볼 때 현재 한일노선에서 Lo-Lo 물동량은 여전히 절대적인 우위를 차지하고 Ro-Ro가 차지하는 비중은 매우 작다. 해상운임을 보면 Ro-Ro의 운임이 Lo-Lo보다 월등히 높은 편이고 해상운송시간은 한일 간 상대적으로 짧은 거리를 감안할 때 큰 차이를 보이지 않고 있다.



제 4 장 한국-일본 노선 Lo-Lo/Ro-Ro 총 물류비용 분석

4.1 분석개요

부산-일본 노선에서 운영하는 Lo-Lo와 Ro-Ro의 비용경쟁력을 분석하기 위하여 본 연구에서는 화주가 한국에서 화물을 수출하는 과정에 발생하는 주요 프로세스 및 이에 따른 각각의 비용을 정리한다. 다음 각 노선에서 Lo-Lo 및 Ro-Ro의 해상운항시간과 항만작업시간을 정리하여 총 운송시간 및 이에 따른 시간비용을 산정한다. 마지막으로 Lo-Lo 및 Ro-Ro 운송 시 소요되는 포장비용을 각각 산정한다. 이렇게 산정된 결과를 통합하여 2가지 운송수단에서의 총 물류비용을 제시한다. 따라서 본 연구의 기본 구성 및 흐름은 Fig 7과 같다.

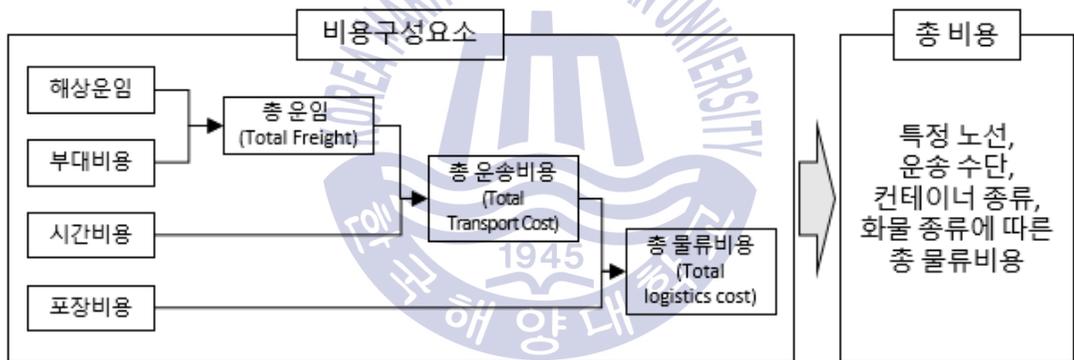


Fig 7 연구모형의 구성 및 흐름

앞서 구축한 모형을 구현하기 위하여 본 연구에서는 화주가 화물 및 노선 관련 정보를 입력하고, 이에 따라 Lo-Lo 와 Ro-Ro 운송에 따른 총 물류비용 및 권장 운송수단을 제시하는 컴퓨터 프로그램을 개발한다. 프로그램의 작동 과정 및 로직은 다음 Fig 8과 같다.

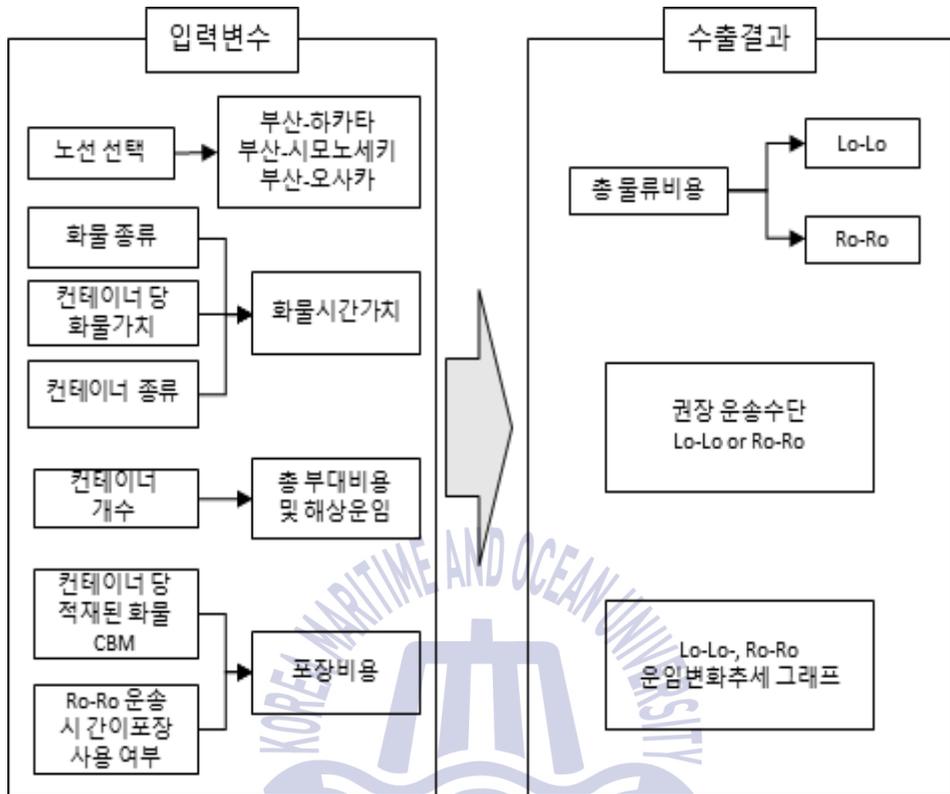


Fig 8 운송수단 선택 컴퓨터 프로그램 구성

4.2 총 운임 분석

화주들이 물류활동을 위한 운송수단 선택 시 가장 많이 고려하는 요소는 운송에 소요되는 총 물류비용과 운송소요시간 및 운송과정에서의 신뢰성이다. 부산-일본 노선에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선은 주로 물류비용과 운송소요시간에서 차이가 존재하고 모두 선박을 통한 해상운송이기 때문에 운송과정에서의 신뢰성은 비슷하다고 볼 수 있다. 따라서 Lo-Lo와 Ro-Ro의 비용경쟁력을 결정짓는 2개의 핵심 요소는 총 운송비용과 운송소요시간이라고 볼 수 있다. 일반적으로 부산과 일본 간 Lo-Lo운송과 Ro-Ro운송에서 화주가 부담하여야 할 2가지 주요 비용은 해상운임(Ocean Freight)과 한국과 일본 양측에서 발생하는 부대비용

(Incidental Expense, IE)이다. 공식 발표한 해상운임을 보면 일반적으로 Ro-Ro의 운임이 Lo-Lo보다 비싼 편이다(3장 내용 참조).

컨테이너 해상운송의 부대비용은 일반적으로 해상운임 이외에 부수적으로 추가 발생하는 비용을 말한다. 부대비용에는 매우 많은 종류가 있고 본 연구에서는 한국 화주가 화물 수출 시 한국에서 발생하는 부대비용을 적용한다. 한국에서 컨테이너를 수출할 경우 발생하는 부대비용은 주로 화물취급수수료(Handling Charge in KR, HCKR), 서류발급비(Document Fee in KR, DFKR), AFR Charge(일본세관 사전신고비용), 부두시설 사용료(Wharfage), Seal Charge, 터미널화물조작료(Terminal Handling Charge, THC) 6개가 존재한다. 본 연구에서는 한국관세물류협회에서 제시한 부대비용요율을 적용하고 자세한 내용은 다음 Table 12와 같다. 실제 선사나 포워딩회사에서 제시하는 부대비용 요율은 표에서 제시한 것과 약간의 차이가 존재할 수 있다.

Table 13 부산에서 일본으로 컨테이너 수출 시 한국에서 발생하는 부대비용

구분	화폐단위	20FT	40FT
화물취급수수료(HCKR) B/L 건당	USD	30	30
서류발급비(DOCUMENT FEE, DFKR) B/L 건당	USD	36.5	36.5
AFR CHARGE B/L 건당	USD	30	30
항만시설사용료(WHARFAGE, WHA)	USD	4	8
SEAL CHARGE	USD	7.3	7.3
TOTAL HANDLING CHARGE(THCKR)	USD	106	143.2
합계	USD	214	255

자료: 한국관세물류협회(2018), 컨테이너화물 해상운송 수출 부대비용,
http://www.kcla.kr/web/inc/html/4-2_2.asp

본 연구에서는 부산에서 일본으로 수출하는 FCL 화물에 한정하여 해상운임과 부대비용을 산정한다. 해상운임은 앞서 3장에서 본 연구의 분석대상 노선에 선정된 부산-하카타, 부산-시모노세키, 부산-오사카 사이를 운행하는 Lo-Lo선과 Ro-Ro선의 공시운임을 참고한다. 따라서 Lo-Lo 방식의 총 운송비용 TF_{lo-lo}

은 다음 식 (2)로 표현할 수 있다. 여기에서 OF_{lo-lo} 는 Lo-Lo운송의 해상운송 운임이고 IE_{lo-lo} 는 Lo-Lo의 부대비용이다.

$$TF_{lo-lo} = OF_{lo-lo} + IE_{lo-lo} \quad (2)$$

같은 방식으로 Ro-Ro의 총 운송비용 TF_{ro-ro} 는 다음 식 (3)으로 표현할 수 있다. 여기에서 OF_{ro-ro} 는 Ro-Ro운송의 해상운송 운임이고 IE_{ro-ro} 는 Ro-Ro의 부대비용이다.

$$TF_{ro-ro} = OF_{ro-ro} + IE_{ro-ro} \quad (3)$$

수식 (2)와 수식 (3)을 다음 수식 (4)로 통합할 수 있다. 즉 $TF^{j_{i,a}}$ 는 a노선에서 i유형의 운송수단을 통해 운송되는 j종류 컨테이너의 총 운송비용이고 $OF^{j_{i,a}}$ 는 a노선에서 i유형의 운송수단을 통해 운송되는 j종류 컨테이너의 해상운임, $IE^{j_{i,a}}$ 는 a노선에서 i종류 운송수단을 통해 운송되는 j종류 컨테이너의 한국에서의 수출부대비용이다.

$$TF^{j_{i,a}} = OF^{j_{i,a}} + IE^{j_{i,a}} \quad (4)$$

실제로 Lo-Lo와 Ro-Ro 두 가지 운송수단에 의해 운송되는 컨테이너의 부대비용은 동일하고 다음 항목들로 구성되었다⁵⁾.

$$IE_i = HCKR + DFKR + AFR + WHA_j + SC + THCKR_j \quad (5)$$

WHA_j 는 j종류 컨테이너가 한국에서의 항만시설사용료이고 $THCKR_j$ 는 j종류 컨테이너가 한국에서의 THC이다. 컨테이너의 종류는 20FT와 40FT 일반컨테이너 두 가지로 한정한다. 화물취급수수료, 서류발급비 및 AFR CHARGE는 B/L 건당으로 산정하기 때문에 실제로 B/L 한 건에 포함되는 컨테이너의 개수에 따라 컨테이너 한 개 당 실제로 소요되는 총 부대비용에 차이가 발생할 수 있다. 또한, THC 등 일부 부대비용 항목은 컨테이너 개수에 따라 산정되기 때문에 총 부대비용에 변화가 발생할 수 있다.

5) 무역거래 조항을 DES(Delivered EX Ship)로 가정하고 수출 화주는 한국에서 발생하는 부대비용과 일본 목적지항에 도착하여 선상에서 화물을 인도한다고 가정하여 산정함.

4.3 시간비용 분석

시간가치 산정의 전제는 모든 화주들이 “합리적 경제인관” 원칙을 따른다고 가정한다. 즉, 화주는 운송수단과 노선이 필요한 시간, 운임, 화물 종류 등 요소를 종합적으로 고려하여 효용 최대화를 실현할 수 있는 운송방식을 선택하는 것이다. 이러한 과정에서 가장 많이 고려하는 요소는 운임과 운송시간이다. 화물 운송 과정에서의 시간 가치의 발생과정은 다음 Fig 9를 통해 이해할 수 있다. 다음 Fig 9의 화물운송소요시간은 해당 노선에서 시간이 가장 많이 필요한 운송수단 선택 시 필요한 시간이다. 즉, 화주가 상대적으로 빠른 운송수단을 선택하면 운송시간 절감을 통해 화물의 시간가치가 발생한다고 이해할 수 있다.

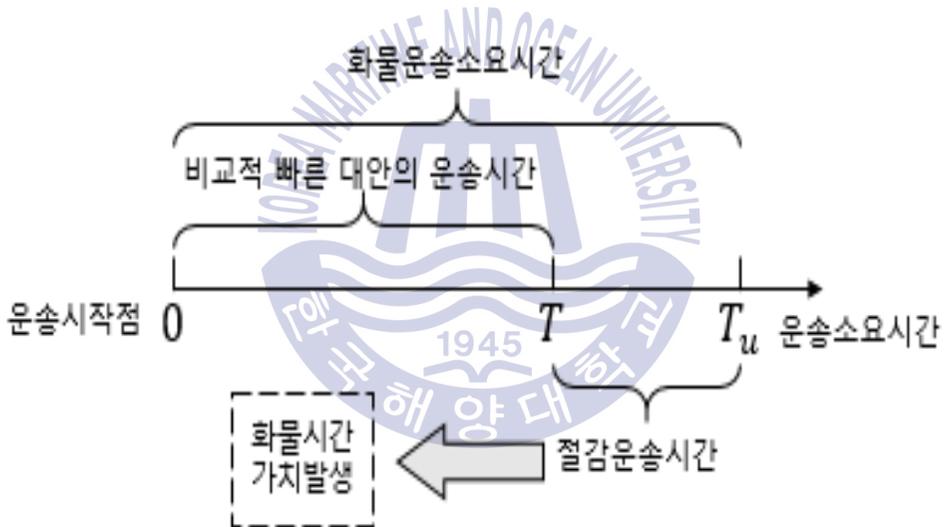


Fig 9 화물 운송과정에서의 시간가치

일반적으로 운임이 높은 운송수단을 선택하면 보다 많은 비용을 지급해야 하지만 이를 통해 운송시간을 단축하여 현금흐름 개선, 재고 비용 절감을 실현하여 총 효용이 증가할 수 있다. 마찬가지로 비용이 낮은 운송수단을 선택하면 운임 부분에서 비용 절감이 가능하지만 운송시간 증가로 인해 현금흐름 악화, 재고 비용 증가 및 기타 리스크에 노출될 수 있다. 화물의 시간비용은 화물운송시간의 연장으로 인해 발생하는 화폐적 가치이다. 화물의 시간비용에 영향을 미치는 주요 요인은 상품의 특성 및 가치, 운송에 필요한 시간, 시장가격 등이

존재한다. 화물 운송과정에서의 시간비용은 주로 운송소요시간과 연관되어 있고 동시에 화물 종류에 따라 시간에 대한 민감도에 매우 큰 차이가 존재한다. 화물의 운송비용과 상응하는 운송소요시간 사이의 대체관계는 다음 Fig 10의 그래프로 표현할 수 있다.

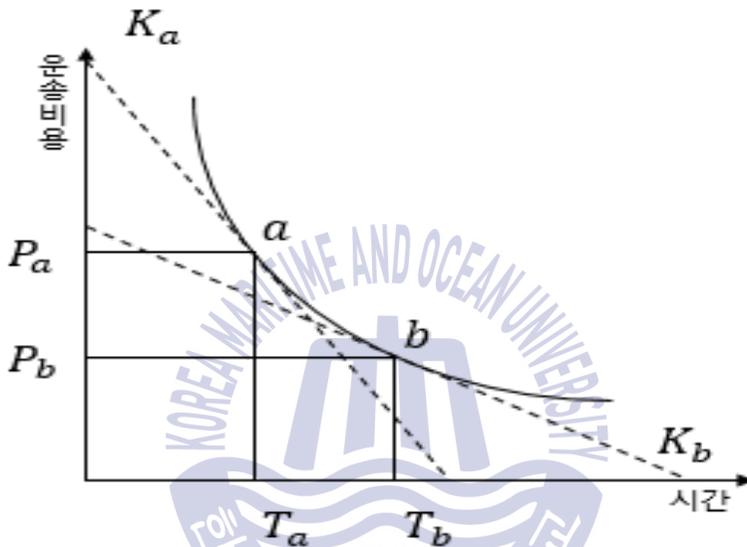


Fig 10 화물 운송비용과 운송소요시간의 대체관계

곡선 L은 등거리 곡선으로 기타 조건이 변하지 않는 전제 하에 선택 가능한 운송방안이 해당 거리에서의 시간과 운송비용 사이의 조합 포인트의 궤적이다. 곡선에서 점 a는 비교적 높은 운송비용 P_a 와 이에 따른 비교적 짧은 운송시간 T_a 를 의미하고 점 b는 비교적 낮은 운송비용 P_b 와 이에 따른 비교적 긴 운송시간 T_b 를 의미한다. 같은 거리에서 가장 빠르고 비싼 운송수단과 가장 느리고 싼 운송수단의 조합은 모두 곡선 L에 위치하였다고 볼 수 있다. 직선 K_a 와 직선 K_b 는 서로 다른 유형의 화물운송시간 및 비용조합의 선형관계선이다. 점 a와 점 b는 K_a 와 K_b 는 곡선 L과의 접점이다. K_a 와 K_b 의 경사도의 크기는 화주가 화물의 시간가치의 인식에 의해 결정된다. 만약 화주는 운송시간 절감을 통해 얻을 수 있는 화물의 시간가치가 높다고 판단 시 운송시간 절감을 위해 지

급할 비용이 상대적으로 높을 것이고 경사도의 절대치는 클 것이다. (K_a 와 같은 경우) 반대로 화주는 운송시간 절감을 통해 얻을 수 있는 화물의 시간가치가 낮다고 판단하면 운송시간 절감을 위해 지급할 비용이 상대적으로 낮을 것이고 경사도의 절대치는 작을 것이다. (K_b 와 같은 경우) 이러한 선형관계는 거리가 확정된 조건 하에 운송비용과 운송시간 사이의 대체관계를 반영하였고 일정한 정도에서 화주가 화물시간가치에 대한 인식을 반영하였다.

2장 선행연구에서 언급한 Alford-Bangs의 모형을 참고하여 화물 연간 보유비용을 적용하여 화물운송과정에서의 시간가치를 표현하면 보험, 보관, 세금, 수송, 운반, 감가상각, 이자, 진부화 8개 요소를 산정한다. 즉, Alford-Bangs 모형에서의 시간비용은 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5 + \rho_6 + \rho_7 + \rho_8 \quad (6)$$

여기에서 ρ 는 화물의 연간 보유비용(8개 요소가 화물 가치에서 차지하는 비중, %), ρ_1 은 연간 보험비용이 화물 가치에서 차지하는 비중(%), ρ_2 는 연간 운송비용이 화물 가치에서 차지하는 비중, ρ_3 은 연간 세금이 화물 가치에서 차지하는 비중, ρ_4 는 화물 하역, 운반 및 배송이 화물 가치에서 차지하는 비중, ρ_5 는 연간 보관비용이 화물 가치에서 차지하는 비중, ρ_6 은 연간 이자가 화물 가치에서 차지하는 비중, ρ_7 은 연간 감가상각비가 화물 가치에서 차지하는 비중, ρ_8 는 진부화비용 비용이 화물 가치에서 차지하는 비중을 의미한다. 각 요소가 차지하는 비중은 다음 Table 13과 같다.

Table 14 항목 별 화물 연간보유계수

요소	비중
보험: ρ_1	0.25%
운송: ρ_2	0.5%
세금: ρ_3	0.5%
하역 및 배송: ρ_4	2.5%
보관: ρ_5	0.25%
이자: ρ_6	6%
감가상각: ρ_7	5%
진부화비용: ρ_8	10%
합계	25%

자료: Alford-Bangs

Alford-bangs 모형을 기반으로 Fedex는 물류전문가로 구성된 SRI팀을 조직하여 FedEx의 서비스마인드에 근거하여 서비스시간의 중요성을 강조한 전제하에 서로 다른 유형의 화물의 시간비용을 구분하여 다시 산정하였다. SRI팀은 하이테크화물의 시간비용이 일반화물의 시간비용보다 높다고 인지하고 Alford-bangs 모형에서의 보험, 세금, 감가상각, 유통기한초과 등 8개 요소를 수정하여 자금비용, 재고서비스비용(하역 및 이동, 보험, 세금, 운송비용), 보관비용, 리스크비용(감가상각, 훼손 등)으로 재조합하였고 하이테크화물과 일반화물의 구체적인 시간비용 산정표를 제시하였다. 산정된 시간비용의 내용은 다음 Table 14와 같다.

Table 15 FedEx SRI 팀에서 제시한 화물연간보유비용 비중

Factors	General Cargo	Hi-Tech Cargo
capital cost	**	**
handling, insurance, taxes, transportation cost	1%	1%
storage and warehousing facilities cost	4%	8%
obsolescence, damage, pilferage cost	15%	30%
Total	23-26%	42-45%

Note: **는 Prevailing Commercial Paper Rates로 일반적으로 3%-6%를 취함

자료: Yang Lixia, Zheng Bo, Zhang Yi(2015), Study on Cargo Transport Time Cost, Value Engineering, 2015. pp. 189-190

화물의 시간가치를 산정하기 위해서는 화물의 특징에 따른 시간에 대한 민감도를 파악하여야 한다. Goyal and Giril(2001)은 화물 특성을 근거로 분류하는 방법을 제시하였다. 동 연구는 정상 판매기한을 초과 시 감가상각이 되는 화물을 모두 쉽게 변질하는 화물로 분류하였다. 여기에는 컴퓨터부품, 휴대폰 등 전자제품이 포함되는데 이러한 제품은 시간이 지남에 따라 실제로 사라지거나 변질되지 않지만 가치가 급락하기 때문에 쉽게 변질하는 화물로 분류 되었다. 자세한 분류는 다음 Table 15와 같다.

Table 16 특성에 근거한 화물 분류

화물 분류	정의	예시
쉽게 진화 되는 화물	시간이 지남에 따라 새제품의 개발 혹은 소비자의 취향 변화로 인해 감가상각이 심한 화물	의류, 도서, 휴대폰, 전자부품, 등
쉽게 부패하거나 변질하는 화물	화물의 유통기한이 짧고 반드시 제한시간 내에 판매하여야 하며 그렇지 않을 경우 부패, 변질 혹은 휘발성 화물	신선식품, 과일, 유제품, 생화, 약품 등
기타 화물	이상 2가지 유형 화물 이외의 화물	-

자료: Goyal S.K., Giral B.C.(2001), Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory, European Journal of Operational Research, (134), 1-16

현재 고부가가치화물의 종류가 빠르게 증가하고 있어 이상 표의 분류는 더 이상 수요를 충족시키기 어렵게 되어 Cui(2017)은 화물을 가치특성에 따라 재분류 하였고 결과는 다음 Table 16과 같다.

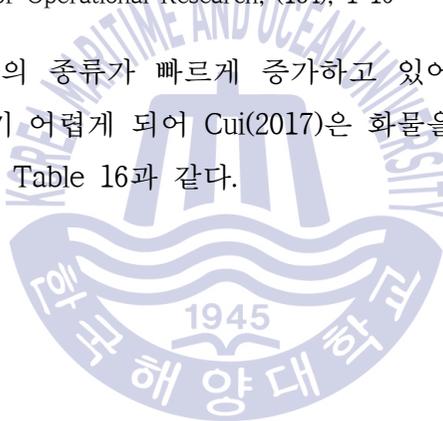


Table 17 화물 가치특성에 근거한 화물 분류

화물 분류	정의	예시
고가 및 시간에 민감한 화물	자체의 가치가 매우 높고 시간이 지남에 따라 감가상각이 심한 화물	노트북, 휴대폰, 전자부품, 고급의류, 기계제품, 장난감 등
고가화물	가치는 높으나 시간이 지남에 따라 현저한 감가상각이 발생하는 화물	예술품, 고급가구 등
시간에 민감한 화물	화물 자체의 가치는 높은 편이 아니나 시간에 따라 감가상각이 심한 화물	신선식품, 생화, 유제품, 과일, fast-moving consumer goods(FMCG), 식물 및 원료 등
일반화물	자체의 가치가 낮고 시간에 따라 감가상각이 미미한 화물	강철, 건설기자재, 화학공업제품, 플라스틱, 고무, 양곡 등
특수화물	자체의 가치와 가치 변동성이 특수성을 지닌 화물	방사성물질, 쉽게 파손되는 화물, 군수물자, 등

자료: Cui(2017)

본 연구는 Cui(2017)에서 제시한 화물분류기준과 FedEx에서 산정한 화물연간 비용 산정방식을 함께 고려하여 화물 유형에 따른 연간보유비용을 제시하였고 결과는 다음 Table 17과 같다. 특수화물을 제외하였고 자동차부품, 철광석, 석탄 및 원유도 분류표에 추가하였다. 고가인 동시에 시간에 민감한 화물은 연간 비용이 가장 높다고 설정하고 45% 수준을 채택한다. 고가 혹은 시간에 민감한 화물의 연간보유비용은 42%로 설정한다. 마지막으로 일반화물의 연간 보유비용은 23%로 설정한다.

Table 18 화물 유형에 근거한 연간보유비용 구분

구분	화물 종류	연간보유비용 비중
고가인 동시에 시간에 민감한 화물	노트북, 휴대폰, 전자부품, 자동차부품, 고급복장, 기계제품, 장난감	45%
고가 혹은 시간에 민감한 화물	예술품, 고급가구, 신선식품, 유제품, 생화, 과일, FMCG, 직물 및 원료	42%
일반화물	강철, 건설기자재, 화학공업제품, 플라스틱, 고무, 양곡, 철광석, 석탄, 원유 등	23%

이상 FedEx에서 개진한 모형과 본 연구에서 제시한 화물 종류 별 연간보유비용 비중을 바탕으로 화물 종류별 연간보유비용 비중을 다시 확정하였다. 이에 근거하여 화물 운송과정에서의 시간비용을 다음 수식으로 표현한다. 기존 시간비용은 1년은 단위로 산정되었으나, 부산-일본 간 해상운송인 경우 거리와 운송소요시간이 짧기 때문에 시간 단위로 환산하여 표현한다.

$$TC_{i,a}^j = V_m^j * \frac{\rho_m'}{365*24} * t_{i,a} \quad (7)$$

여기에서 $TC_{i,a}^j$ 는 j유형의 컨테이너에 적재된 화물이 a노선에서 i유형 운송수단을 통해 운송 시 화물의 시간비용, V_m^j 는 j유형 컨테이너에 적재된 m유형 화물의 총 가치, ρ_m' 는 화물의 연간 보유비용계수, $t_{i,a}$ 는 i유형 운송수단이 a 노선에서의 운송소요시간(hour)이다.

4.4 포장비용 분석

화물을 운송함에 있어 화물을 파손으로부터 보호하고 그 가치를 유지하기 위한 활동으로 반드시 필요한 물류 활동이다. 특히, 국제물류에 있어 가장 큰 비중을 차지하는 것이 해상운송이며 컨테이너선을 이용하여 화물을 운송하는 비중이 매우 높다. 컨테이너선에 화물을 적재하기 위해서는 안벽크레인을 통해

화물을 선적하여야 하는데 안벽크레인을 이용할 경우 화물이 받게 되는 충격치의 변화를 보면, 평균적으로 상하방향이 14.8G, 전후방향이 12.7G, 좌우방향이 7.42G로 모든 방향에서 큰 충격을 받게 된다(한국교통연구원, 2015). 따라서 Lo-Lo선을 이용해 화물을 운송할 경우에는 화물을 보호하기 위해 반드시 견고한 포장에 필요하다. 카페리 등 Ro-Ro선은 화물을 적재한 트레일러가 직접 승선하거나, Reach Stacker를 통해 상하역이 가능하기 때문에 화물에 가해지는 충격이 Lo-Lo에 비해 약 3배 경감된다.

이러한 화물이 받게 되는 충격치의 차이는 화물운송에 필요한 포장방식을 선택하는데 중요한 요인으로 작용한다. Lo-Lo선은 화물이 받게 되는 충격이 크므로 그에 상응하는 견고한 골판지 혹은 목재 포장(일반 포장이라 통일함)이 필요하고, Ro-Ro선은 컨테이너에 주는 충격이 현저하게 줄어들었기 때문에 이론적으로 가격이 보다 싼 간이포장 혹은 생산라인에 직접 투입 가능하고 순환 이용이 가능한 특수용기를 이용할 수 있다. 한국교통연구원(2015)의 연구에 따르면 Ro-Ro 운송에서 컨테이너 화물에 대하여 간이포장을 사용하면 일반포장보다 약 20%의 포장비용을 절감할 수 있다. 현재 부산에 위치한 모 수출컨테이너 포장서비스를 제공하는 기업에서 제시한 포장비용을 보면 CBM 당 약 64달러(약 70,000원) 수준이다. 즉, 간이포장을 사용하여 포장비용 절감효과가 20%라고 가정하면 Ro-Ro 운송의 CBM 당 포장비용은 약 51.2 달러로 추정이 가능하다. 그러나 현재 실무에서 Ro-Ro 운송 시 대부분 일반포장을 사용하기 때문에 대부분 경우에 Lo-Lo 운송과 Ro-Ro운송의 포장비용은 동일하다고 볼 수 있다. 본 연구는 모형을 구축함에 있어 Lo-Lo와 Ro-Ro운송에서 모두 일반포장을 사용하는 시나리오, Lo-Lo는 일반포장을 사용하고 Ro-Ro는 간이포장을 사용하는 2가지 시나리오를 고려한다.

20피트 컨테이너의 내부치수는 $2.348 \times 2.390 \times 5.899$ 즉 33.1CBM이고, 40피트 컨테이너의 내부치수는 $2.348 \times 2.390 \times 12.034$ 즉 67.5CBM이다. 따라서 이론적으로 20피트 컨테이너에 적재할 수 있는 화물의 최대 부피는 33.1CBM, 40피트 컨테이너는 약 67.7CBM이다. 그러나 실제로 화물 적재 시 데드스페이스(Dead Space) 및 포장이 차지하는 부피로 인해 화물만 100% 적재하는 것은 불가능하다.

일반적으로 20피트 컨테이너에 적재 할 수 있는 화물의 부피는 20CBM-25CBM 정도이고 40피트에 적재할 수 있는 화물의 부피는 40CBM-50CBM이다. 본 연구에서는 최대치를 적용하여 20피트와 40피트 각각 25CBM과 50CBM을 적용한다.

앞서 언급한 CBM당 포장가격이 평균 64달러를 적용 시 20피트 컨테이너 한 개 당 필요한 포장비용은 약 1,600달러, 40피트 컨테이너 한 개 당 필요한 포장비용은 약 3,200달러임을 알 수 있다. 컨테이너 종류에 따른 내부치수, 실제 적재 가능한 화물의 부피 및 포장비용을 정리한 결과는 다음 Table 18과 같다.

Table 19 컨테이너 종류에 따른 포장비용

(단위: m³, USD)

구분	20피트	40피트
내부치수	33.1	67.5
적재 가능한 화물 부피	25	50
1CBM 당 일반포장비용	64	64
컨테이너 1개 당 일반포장비용	1,600	3,200
1CBM 당 간이포장비용	51.2	51.2
컨테이너 1개 당 간이포장비용	1,280	2,560

자료: 관련 기업 조사

4.5 부산-일본 노선 Lo-Lo/Ro-Ro 총 물류비용 분석

본 연구에서는 부산-일본 노선에서의 총 물류비용을 앞서 정의한 총 운임, 시간비용을 포함한 총 운송비용 및 포장비용을 포함한 총 물류비용으로 규정한다. 따라서 동일한 노선에서 특정 운송수단의 총 물류비용은 다음 식으로 표현할 수 있다. 여기에서 TC_i 는 특정 노선에서 i 종류 운송수단의 총 물류비용이다.

$$TLC^{j_{i,a}} = TF^{j_{i,a}} + TC^{j_{i,a}} + PC^{j_i} \quad (8)$$

앞서 도출한 수식(5)와 수식(7)을 수식(8)에 대입하면 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

$$TLC_{i,a}^j = n * OF_{i,a}^j + n * IE_{i,a}^j + V_m^j * \frac{\rho_m'}{365 * 24} * t_{i,a} + n * PC_{i,a}^j \quad (9)$$

여기에서, a 는 부산-일본 간 3개 노선을 의미하고, $a \in A, A = 1, 2, 3$, 1은 부산-하카타 노선, 2는 부산-시모노세키 노선, 3은 부산-오사카 노선이다.

i 는 2가지 해상운송 수단을 의미하고, $i \in I, I = [1, 2]$, 1은 Lo-Lo, 2는 Ro-Ro이다.

j 는 컨테이너 종류를 의미하고, $j \in J, J = [1, 2]$, 1은 20피트 컨테이너, 2는 40피트 컨테이너이다.

m 은 화물의 종류를 의미하고, $m \in M, M = [1, 2, \dots, m]$ 이다.

$$IE_{i,a}^j = (HCKR_j + DFKR_j + AFR_j) + n * (WHA_j + SC_j + THCKR_j) \quad (10)$$

따라서 앞서 정리한 한일 간 각 노선의 총 운송비용과 운송소요시간을 수식 (9)에 적용하면 특정 노선에서의 화물의 총 물류비용을 산정할 수 있다. 이상 언급한 프로그램 구성 및 각종 비용의 분석결과에 따라 C#을 이용하여 한일 간 정기선 노선에서의 Lo-Lo 및 Ro-Ro 운송수단 선택모형 프로그램을 개발하였고 프로그램 화면은 다음 Fig 11과 같다.

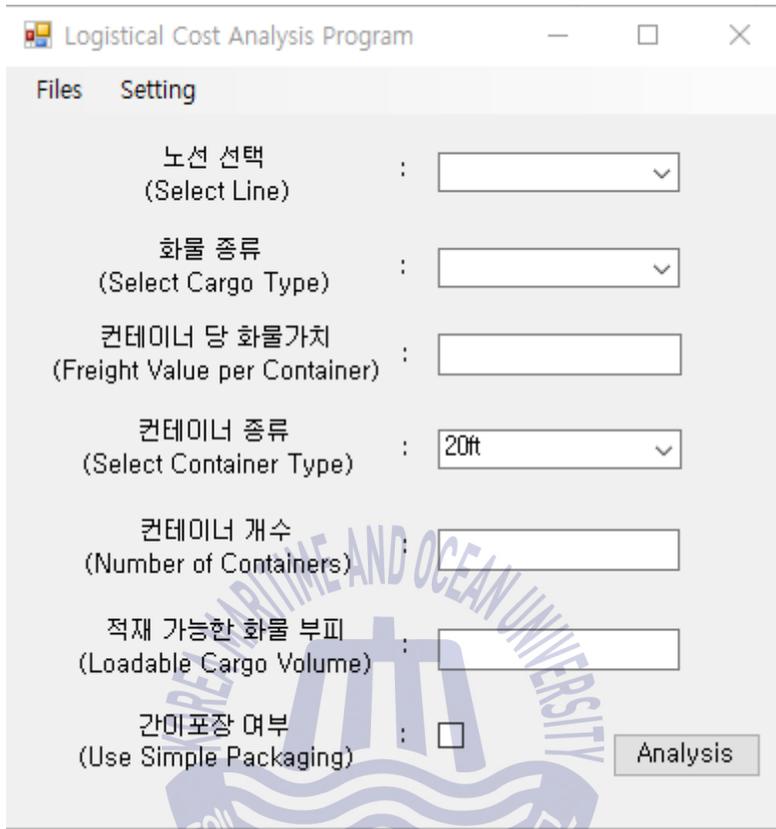


Fig 11 한일 간 운송수단 선택모형 프로그램

개발한 프로그램을 적용하여 화주가 20피트 컨테이너 1개를 선택하여 일반화물과 고가인 동시에 시간에 민감한 화물을 운송하는 2가지 시나리오를 선택하여 부산-하카타, 부산-시모노세키, 부산-오사카 노선에서의 Lo-Lo와 Ro-Ro의 총 물류비용을 동시에 산정한다. Lo-Lo와 Ro-Ro 운송 시 포장은 모두 동일한 일반포장을 사용하고 컨테이너에 적재되는 부피는 만재상태인 25m³으로 가정한다.

우선 부산-하카타 노선에서의 총 물류비용과 총 운송소요시간은 각각 다음 Table 19, Table 20과 같다.

Table 20 부산-하카타 수출 운송비용

(단위: USD)

구분	20FT		40FT	
	Lo-Lo	Ro-Ro	Lo-Lo	Ro-Ro
Incidental Expense in Korea	\$214	\$214	\$255	\$255
Ocean Transport Freight	\$200	\$500	\$400	\$1,000
Total	\$414	\$714	\$655	\$1,255

Table 21 부산-하카타 운송방식 별 총 운송시간

(단위: hour)

구분	Lo-Lo	Ro-Ro
항만처리시간(한국)	24	10
해상운송시간	11.6	7.1
항만처리시간(일본)	54	9
합계	89.6	26.1

이상 표의 데이터들과 앞서 정리된 포장비용 결과를 각각 수식 (9)에 대입하면 부산-하카타 노선에서 Lo-Lo와 Ro-Ro의 총 물류비용 관계식을 도출할 수 있다. 따라서 일반화물에 대한 20피트 일반컨테이너의 Lo-Lo 및 Ro-Ro 1개당 총 물류비용은 다음 식들로 표현할 수 있다.

$$TLC_{1,1}^{1,G} = \$414 + V_m^1 * \frac{23\%}{365*24} * 89.6h + \$64*v \quad (11)$$

$$TLC_{2,1}^{1,G} = \$714 + V_m^1 * \frac{23\%}{365*24} * 26.1h + \$64*v \quad (12)$$

여기에서 $TLC_{1,1}^{1,G}$ 는 부산-하카타 노선에서 20피트 컨테이너에 적재된 일반화물이 Lo-Lo선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미하고, $TLC_{2,1}^{1,G}$ 는 동일 노선 및 동일 화물이 Ro-Ro선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미한다. G는 일반화물(General Cargo), v 는 화물의 부피(m^3)를 의미한다. 두 가지 운송 방식의 화물 가치 변화에 따른 총 물류비용 변화추이는 다음 Fig 12와 같다.

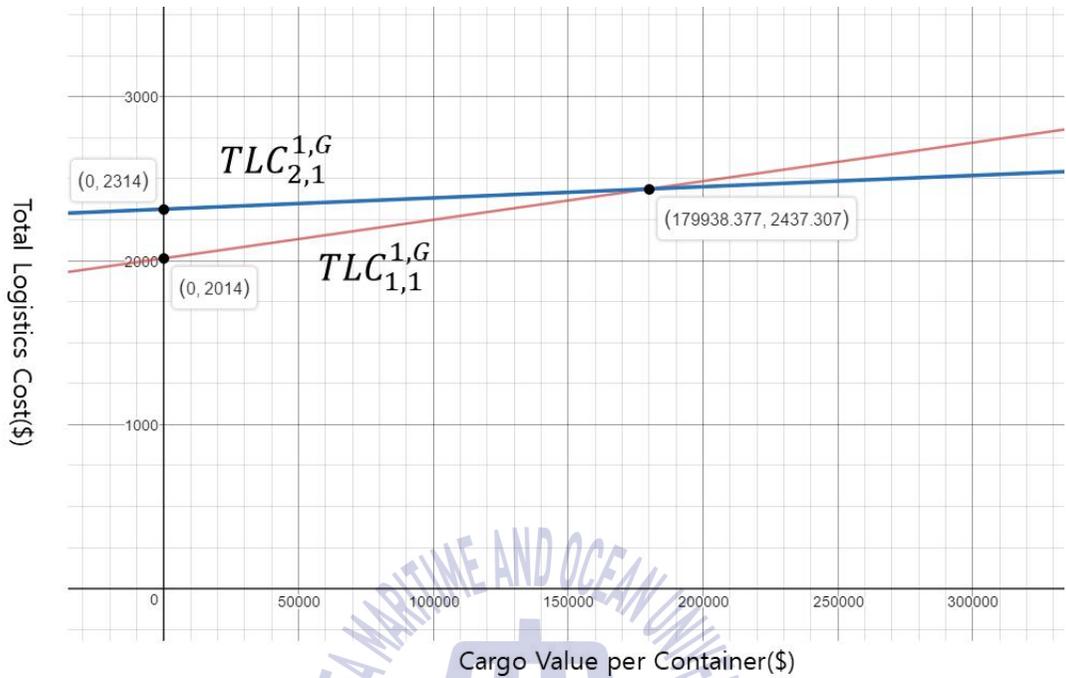


Fig 12 일반화물의 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-하카타)

Fig 12를 보면 부산-하카타 노선에서 1TEU의 일반화물 25CBM을 운송 시 해상운임, 한국 측 부대비용, 시간비용과 포장비용을 고려 할 경우 화물의 가치가 179,938달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식을 선택하는 것이 합리적이고, 그와 반대인 경우 Lo-Lo 운송방식을 선택하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 일반화물에 속하는 강철을 예시로 선택하여 1TEU 당 가격을 \$50,000 달러로 가정하고 컴퓨터 프로그램으로 두 가지 운송수단의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 13과 같다.

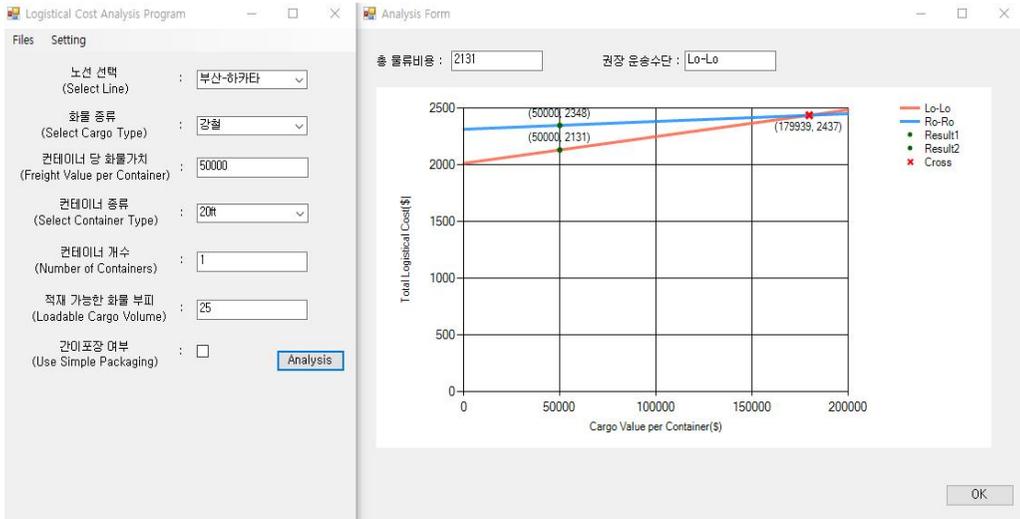


Fig 13 부산-하카타 운송수단 선택모형 운행결과(일반화물)

산정결과를 보면 부산-하카타 노선에서 강철화물 1TEU(25CBM) 운송 시 Lo-Lo의 총 물류비용은 \$2,131, Ro-Ro의 총 물류비용은 \$2,348로 산정되었기에 Lo-Lo 방식이 보다 합리적이다.

같은 방법으로 고가인 동시에 시간에 민감한 화물에 대한 20피트 일반컨테이너 1개 당 Lo-Lo 및 Ro-Ro 총 물류비용은 다음 수식들로 표현할 수 있다.

$$TLC_{1,1}^{1,HT} = \$414 + V_m^1 * \frac{45\%}{365*24} * 89.6h + \$64*v \quad (13)$$

$$TLC_{2,1}^{1,HT} = \$714 + V_m^1 * \frac{45\%}{365*24} * 26.1h + \$64*v \quad (14)$$

여기에서 $TLC_{1,1}^{1,HT}$ 는 부산-하카타 노선에서 20피트 컨테이너에 적재된 고가인 동시에 시간에 민감한 화물이 Lo-Lo선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미하고, $TLC_{2,1}^{1,HT}$ 는 동일 노선 및 동일 화물이 Ro-Ro선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미한다. HT는 고가인 동시에 시간에 민감한 화물(High Value and Time Sensitive)을 의미한다. 두 가지 운송방식의 화물 가치 변화에 따른 총 물류비용 변화추이는 다음 Fig 14와 같다.

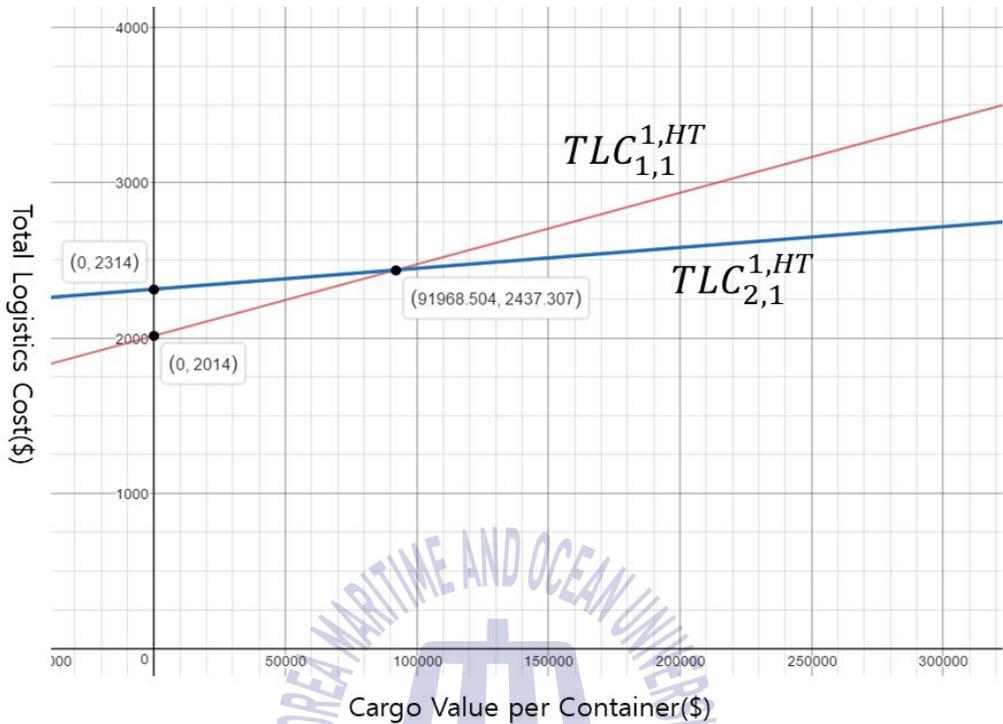


Fig 14 HT화물 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-하카타)

Fig 14를 보면 부산-하카타 노선에서 1TEU의 고가이며 운송시간에 민감한 화물 25CBM을 운송 시 해상운임, 한국 측 부대비용, 시간비용과 포장비용을 고려 할 경우 화물의 가치가 91,968달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식을 선택하는 것이 합리적이고, 그와 반대인 경우 Lo-Lo 운송방식을 선택하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 고가 및 시간에 민감한 화물에 속하는 자동차부품을 예시로 선택 하여 1TEU 당 가격을 \$100,000 달러로 가정하고 컴퓨터 프로그램으로 두 가지 운송수단의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 15와 같다.

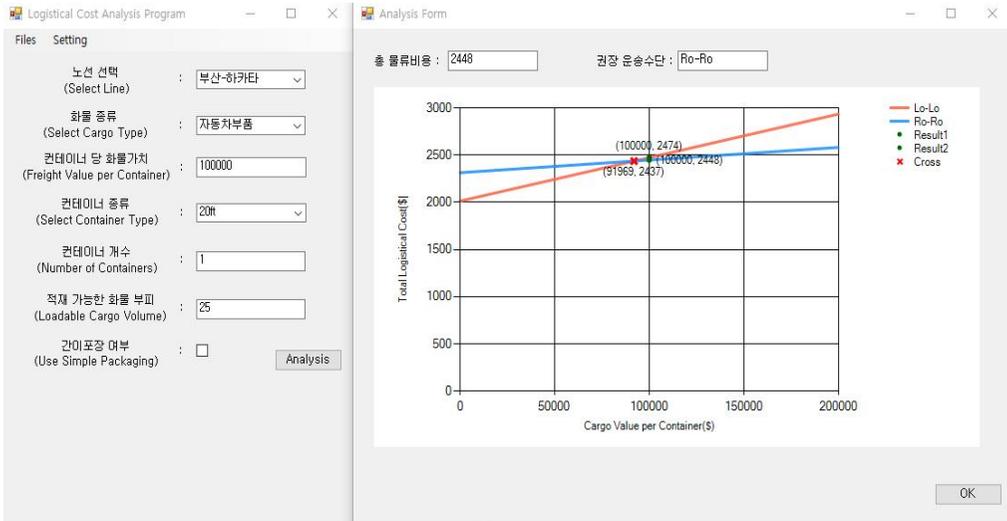


Fig 15 부산-하카타 운송수단 선택모형 운행결과(HT화물)

산정결과를 보면 부산-하카타 노선에서 자동차부품 1TEU(25CBM)를 운송 시 Lo-Lo의 총 물류비용은 \$2,474, Ro-Ro의 총 물류비용은 \$2,448로 산정되었기에 Ro-Ro 방식이 보다 합리적이다.

다음 부산-시모노세키 노선에서의 총 물류비용과 총 운송소요시간은 각각 다음 Table 21, Table 22와 같다.

Table 22 부산-시모노세키 수출 물류비용

(단위: USD)

구분	20FT		40FT	
	Lo-Lo	Ro-Ro	Lo-Lo	Ro-Ro
Incidental Expense in Korea	\$214	\$214	\$255	\$255
Ocean Transport Freight	\$350	\$470	\$700	\$940
Total	\$564	\$684	\$955	\$1,195

Table 23 부산-시모노세키 운송방식 별 총 운송시간

(단위: hour)

구분	Lo-Lo	Ro-Ro
항만처리시간(한국)	24	10
해상운송시간	9.6	9.2
항만처리시간(일본)	54	9
합계	87.6	28.2

이상 표의 데이터들과 앞서 정리된 포장비용 결과를 각각 수식 (9)에 대입하면 부산-시모노세키 노선에서 Lo-Lo와 Ro-Ro의 총 물류비용 관계식을 도출할 수 있다. 따라서 일반화물에 대한 20피트 일반컨테이너의 Lo-Lo 및 Ro-Ro 1개 당 총 물류비용은 다음 식들로 표현할 수 있다.

$$TLC_{1,2}^{1,G} = \$564 + V^{1,m*} \frac{23\%}{365*24} * 87.6h + \$64*v \quad (15)$$

$$TLC_{2,2}^{1,G} = \$684 + V^{1,m*} \frac{23\%}{365*24} * 28.2h + \$64*v \quad (16)$$

여기에서 $TLC_{1,2}^{1,G}$ 는 부산-시모노세키 노선에서 20피트 컨테이너에 적재된 일반화물이 Lo-Lo선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미하고, $TLC_{2,2}^{1,G}$ 는 동일 노선 및 동일 화물이 Ro-Ro선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미한다. 두 가지 운송방식의 화물 가치 변화에 따른 총 물류비용 변화추이는 다음 Fig 16과 같다.

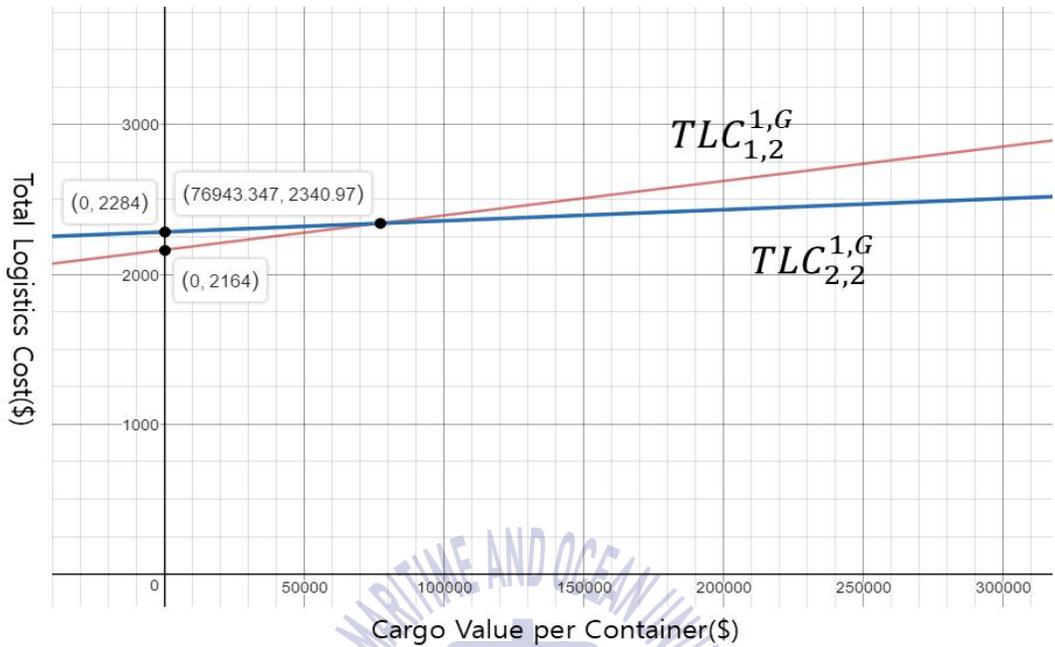


Fig 16 일반화물의 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-시모노세키)

Fig 16을 보면 부산-시모노세키 노선에서 1TEU의 일반화물 25CBM을 운송 시 해상운임, 한국 측 부대비용, 시간비용과 포장비용을 고려 할 경우 화물의 가치가 76,943달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식을 선택하는 것이 합리적이고, 그와 반대인 경우 Lo-Lo 운송방식을 선택하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 일반화물에 속하는 강철을 예시로 선택하여 1TEU 당 가격을 \$50,000 달러로 가정하고 컴퓨터 프로그램으로 두 가지 운송수단의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 17과 같다.

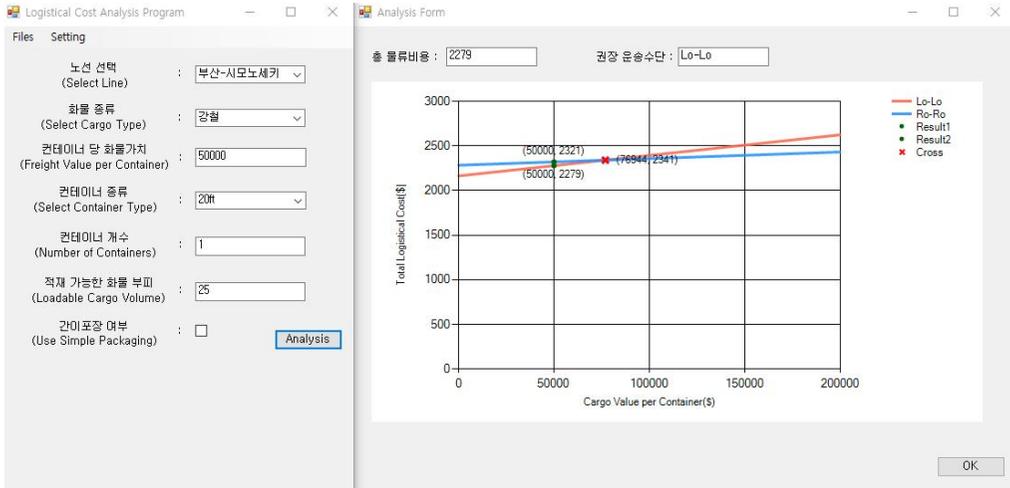


Fig 17 부산-시모노세키 운송수단 선택모형 운행결과(일반화물)

산정결과를 보면 부산-시모노세키 노선에서 강철화물 1TEU(25CBM)를 운송 시 Lo-Lo의 총 물류비용은 \$2,279, Ro-Ro의 총 물류비용은 \$2,321로 산정되었기에 Lo-Lo 방식이 보다 합리적이다.

같은 방법으로 고가인 동시에 시간에 민감한 화물에 대한 20피트 일반컨테이너 1개 당 Lo-Lo 및 Ro-Ro 총 물류비용은 다음 수식들로 표현할 수 있다.

$$TLC_{1,2}^{1,HT} = \$564 + V^{1,m} * \frac{45\%}{365 * 24} * 87.6h + \$64 * v \quad (17)$$

$$TLC_{2,2}^{1,HT} = \$684 + V^{1,m} * \frac{45\%}{365 * 24} * 28.2h + \$64 * v \quad (18)$$

여기에서 $TLC_{1,2}^{1,HT}$ 는 부산-시모노세키 노선에서 20피트 컨테이너에 적재된 고가인 동시에 시간에 민감한 화물이 Lo-Lo선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미하고, $TLC_{2,2}^{1,HT}$ 는 동일 노선 및 동일 화물이 Ro-Ro선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미한다. 두 가지 운송방식의 화물 가치 변화에 따른 총 물류비용 변화추이는 다음 Fig 18과 같다.

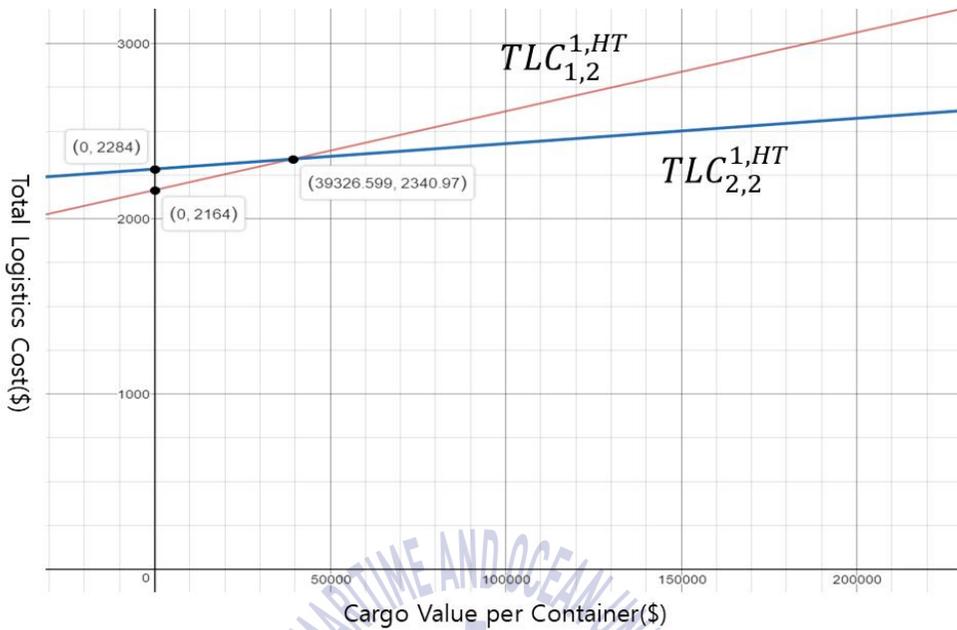


Fig 18 HT화물 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-시모노세키)

Fig 18을 보면 부산-시모노세키 노선에서 1TEU의 고가이며 운송시간에 민감한 화물 25CBM을 운송 시 해상운임, 한국 측 부대비용, 시간비용과 포장비용을 고려 할 경우 화물의 가치가 39,327달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식을 선택하는 것이 합리적이고, 그와 반대인 경우 Lo-Lo 운송방식을 선택하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 고가 및 시간에 민감한 화물에 속하는 자동차부품을 예시로 선택하여 1TEU 당 가격을 \$100,000 달러로 가정하고 컴퓨터 프로그램으로 두 가지 운송수단의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 19와 같다.

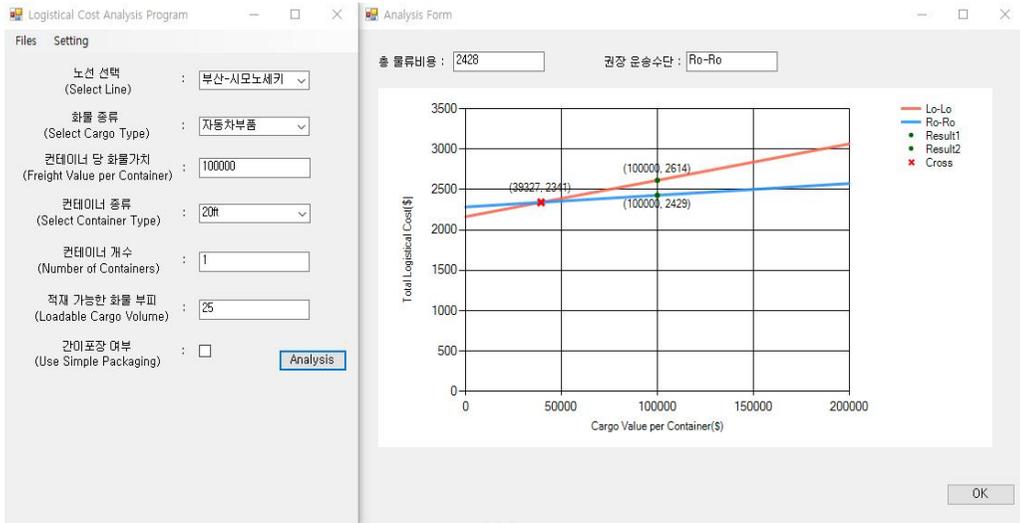


Fig 19 부산-시모노세키 운송수단 선택모형 운행결과(HT화물)

산정결과를 보면 부산-시모노세키 노선에서 자동차부품 1TEU(25CBM)를 운송 시 Lo-Lo의 총 물류비용은 \$2,614, Ro-Ro의 총 물류비용은 \$2,429로 산정되었기에 Ro-Ro 방식이 보다 합리적이다.

마지막으로 부산-오사카 노선에서의 총 물류비용과 총 운송소요시간은 각각 다음 Table 23, Table 24와 같다.

Table 24 부산-오사카 수출 물류비용

(단위: USD)

구분	20FT		40FT	
	Lo-Lo	Ro-Ro	Lo-Lo	Ro-Ro
Incidental Expense in Korea	\$214	\$214	\$255	\$255
Ocean Transport Freight	\$250	\$600	\$500	\$1,200
Total	\$464	\$814	\$755	\$1,455

Table 25 부산-오사카 운송방식 별 총 운송시간

(단위: hour)

구분	Lo-Lo	Ro-Ro
항만처리시간(한국)	24	10
해상운송시간	31.8	18.8
항만처리시간(일본)	54	9
합계	109.8	37.8

이상 표의 데이터들과 앞서 정리된 포장비용 결과를 각각 수식 (9)에 대입하면 부산-오사카 노선에서 Lo-Lo와 Ro-Ro의 총 물류비용 관계식을 도출할 수 있다. 따라서 일반화물에 대한 20피트 일반컨테이너의 Lo-Lo 및 Ro-Ro 1개당 총 물류비용은 다음 식들로 표현할 수 있다.

$$TLC_{1,3}^{1,G} = \$464 + V^{1,m} * \frac{23\%}{365 * 24} * 109.8h + \$64 * v \quad (19)$$

$$TLC_{2,3}^{1,G} = \$814 + V^{1,m} * \frac{23\%}{365 * 24} * 37.8h + \$64 * v \quad (20)$$

여기에서 $TLC_{1,3}^{1,G}$ 는 부산-오사카 노선에서 20피트 컨테이너에 적재된 일반화물이 Lo-Lo선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미하고, $TLC_{2,3}^{1,G}$ 는 동일 노선 및 동일 화물이 Ro-Ro선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미한다. 두 가지 운송방식의 화물 가치 변화에 따른 총 물류비용 변화추이는 다음 Fig 20과 같다.

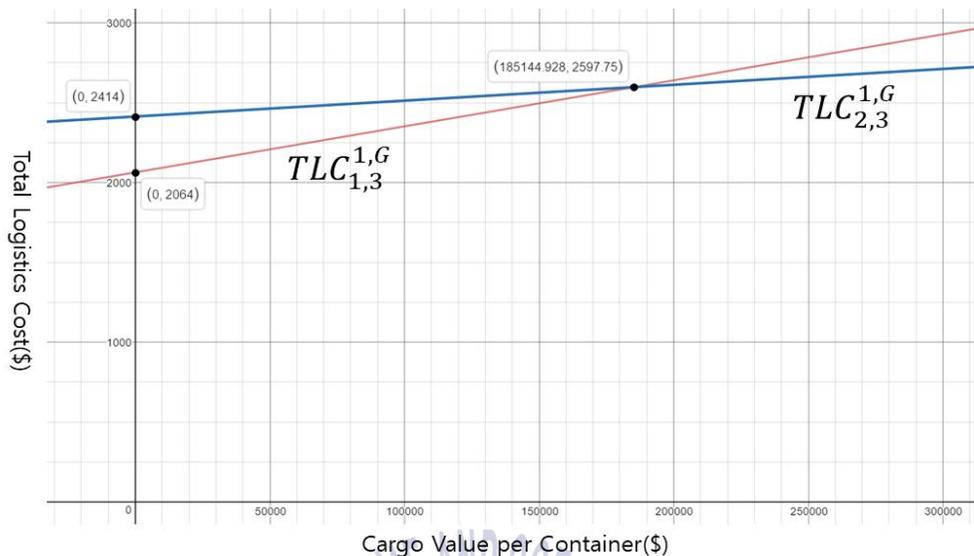


Fig 20 일반화물의 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-오사카)

Fig 20을 보면 부산-오사카 노선에서 1TEU의 일반화물 25CBM을 운송 시 해상운임, 한국 측 부대비용, 시간비용과 포장비용을 고려 할 경우 화물의 가치가 185,145달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식을 선택하는 것이 합리적이고, 그와 반대인 경우 Lo-Lo 운송방식을 선택하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 일반화물에 속하는 강철을 예시로 선택하여 1TEU 당 가격을 \$50,000 달러로 가정하고 컴퓨터 프로그램으로 두 가지 운송수단의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 21과 같다.

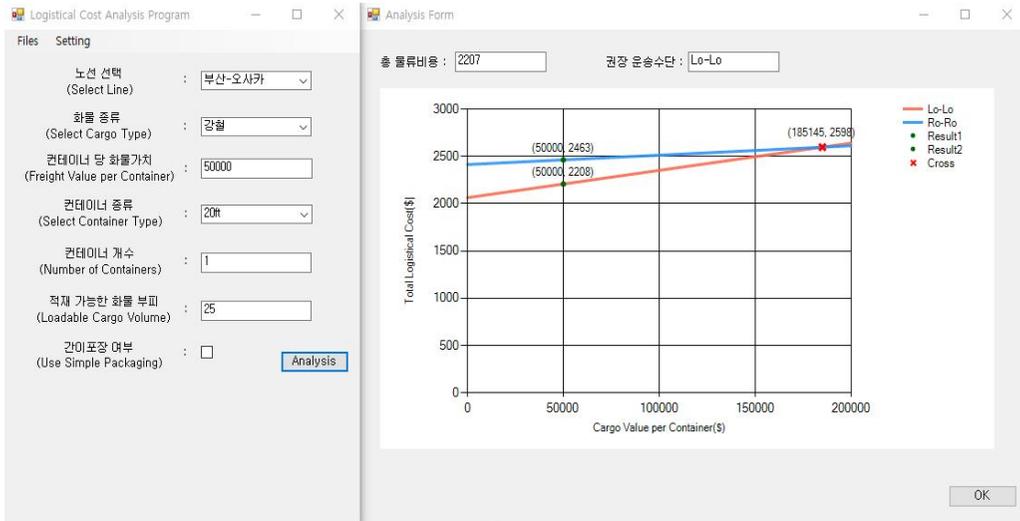


Fig 21 부산-오사카 운송수단 선택모형 운행결과(일반화물)

산정결과를 보면 부산-오사카 노선에서 강철화물 1TEU(25CBM)를 운송 시 Lo-Lo의 총 물류비용은 \$2,208, Ro-Ro의 총 물류비용은 \$2,463로 산정되었기에 Lo-Lo 방식이 보다 합리적이다.

같은 방법으로 고가인 동시에 시간에 민감한 화물에 대한 20피트 일반컨테이너 1개 당 Lo-Lo 및 Ro-Ro 총 물류비용은 다음 수식들로 표현할 수 있다.

$$TLC_{1,3}^{1,HT} = \$464 + V_m^1 * \frac{45\%}{365 * 24} * 109.8h + \$64 * v \quad (21)$$

$$TLC_{2,3}^{1,HT} = \$814 + V_m^1 * \frac{45\%}{365 * 24} * 37.8h + \$64 * v \quad (22)$$

여기에서 $TLC_{1,3}^{1,HT}$ 는 부산-오사카 노선에서 20피트 컨테이너에 적재된 고가인 동시에 시간에 민감한 화물이 Lo-Lo선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미하고, $TLC_{2,3}^{1,HT}$ 는 동일 노선 및 동일 화물이 Ro-Ro선을 통해 운송할 경우의 총 물류비용을 의미한다. 두 가지 운송방식의 화물 가치 변화에 따른 총 물류비용 변화추이는 다음 Fig 22와 같다.

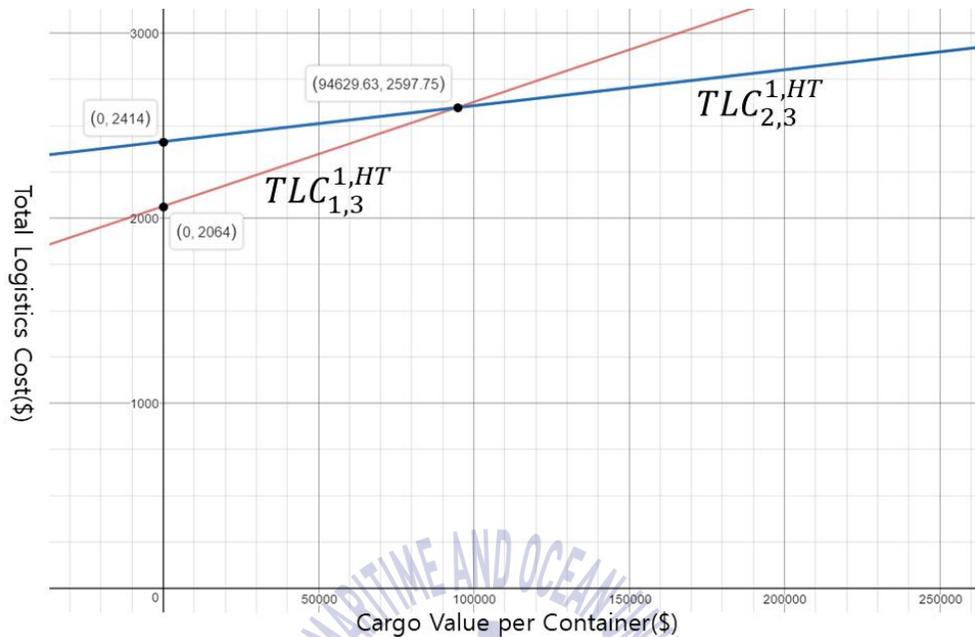


Fig 22 HT화물 운송수단 별 총 물류비용 변화추이(부산-오사카)

Fig 22를 보면 오사카 노선에서 1TEU의 고가이며 운송시간에 민감한 화물 25CBM을 운송 시 해상운임, 한국 측 부대비용, 시간비용과 포장비용을 고려 할 경우 화물의 가치가 94,630달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식을 선택하는 것이 합리적이고, 그와 반대인 경우 Lo-Lo 운송방식을 선택하는 것이 합리적임을 알 수 있다. 고가 및 시간에 민감한 화물에 속하는 자동차부품을 예시로 선택하여 1TEU 당 가격을 \$100,000 달러로 가정하고 컴퓨터 프로그램으로 두 가지 운송 수단의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 23과 같다.

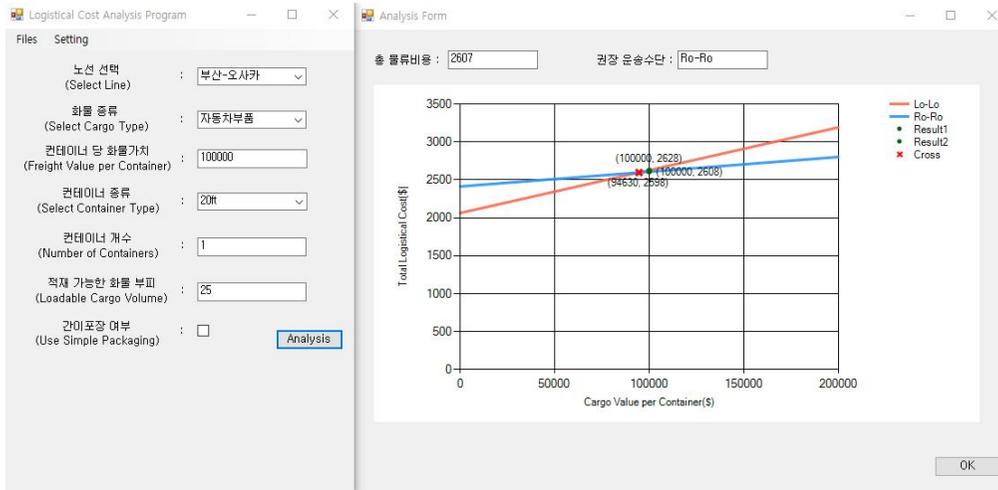


Fig 23 부산-오사카 운송수단 선택모형 운행결과(HT화물)

산정결과를 보면 부산-오사카 노선에서 자동차부품 1TEU(25CBM)를 운송 시 Lo-Lo의 총 물류비용은 \$2,628, Ro-Ro의 총 물류비용은 \$2,608로 산정되었기에 Ro-Ro 방식이 보다 합리적이다.

4.6 소결

본 장에서는 한국-일본 정기선 노선에서 Lo-Lo와 Ro-Ro 운송수단의 비용경쟁력을 파악하기 위하여 해상운임, 부대비용, 시간비용 및 포장비용을 고려한 총 물류비용 산정모형을 구축하였고, C#프로그래밍 언어를 활용하여 양국 간 근해운송에서 화물 가치 변화에 따른 Lo-Lo와 Ro-Ro 총 물류비용 비교 프로그램을 개발하여 모형을 구현하였다. 본 연구에서 개발한 운송수단 선택모형 프로그램 운행결과를 보면 부산-하카타 및 부산-오사카 노선에서 일반화물 1TEU 당 가치가 약 18만 달러 이상인 경우에 Ro-Ro의 총 물류비용이 Lo-Lo보다 낮은 것으로 나타났고, HT화물 1TEU 당 가치가 약 9만 달러 이상인 경우에 Ro-Ro의 총 물류비용이 Lo-Lo보다 낮은 것으로 나왔다. 부산-시모노세키 노선은 Lo-Lo와 Ro-Ro의 해상운임에 차이가 크지 않기 때문에 일반화물 1TEU 당 가치가 약 7만6천 달러 이상인 경우에 Ro-Ro의 총 물류비용이 Lo-Lo보다 낮

고, HT화물 1TEU 당 가치가 약 4만 달러 이상인 경우에 Ro-Ro의 총 물류비용이 Lo-Lo보다 낮은 것으로 산정되었다. 전반적으로 보았을 때 한일노선에서 화물 가치가 매우 높은 수준일 경우에만 Ro-Ro 운송방식이 비용경쟁력을 확보할 수 있음을 알 수 있다.



제 5 장 한일 더블넘버 트레일러 시범사업 총 물류비용 산정

5.1 시범사업 소개

5.1.1 추진과정 및 경과

한국과 일본은 피견인 트레일러의 상호주행이 양국 간 물류와 교역을 활성화시키는 촉매제로써 중요하다는 것을 인식하고 양국의 피견인 트레일러 상호주행 사업을 추진하였다(국토교통부, 2016). 양국 간 물류 네트워크를 강화하여 물류비 절감 등 물류 효율성 개선과 운송 편의성을 제고하고자 여러 차례의 실무회의를 통해 한국과 일본은 막힘없는 물류체계 구축을 위한 피견인 트레일러 상호주행 시범사업에 합의하였다.

2012년 7월 15일 제4차 한·중·일 교통물류장관회의에서 “한일 양국 간 트레일러 상호주행 시범사업을 위한 합의의사록(ROD)”을 채택하였고, 10월부터 일본 차량 20대의 한국 내 임시 주행이 시작되었다. 2013년 5월 양국 변호관을 장착한 한국 트레일러의 일본주행을 개시로 한일 양국 시범사업이 공식 시행되었다. 양국은 자동차 안전기준에 부합되는 피견인 트레일러를 공동으로 지정하고 카페리 운송을 통해 출발지부터 목적지까지 환적이 없이 화물을 수송하는 육·해상 복합운송 방식이다. 한국 국토교통부와 일본 국토교통성이 인정하는 트랙터 등 동력 차량과 운전자는 제외한 피견인 트레일러를 상호주행으로 제한하고 적용되는 트레일러 대수는 양국 간 협의를 통해 결정한다. 이러한 피견인 트레일러는 상대국의 자동차 안전기준, 기술기준 및 도로운송요건을 준수한다. 시범사업의 적용 화물 및 참여자, 항만은 양국에서 공동으로 지정하여 실시한다. 현재 적용 화물은 자동차부품으로 적용 항구는 한국과 일본의 일부 항만으로 제한하고 있으며, 한국의 천일화물자동차와 일본의 일본통운을 참여업체로 선정하였다. 또한, 향후 추가 수요가 있는 경우 양국은 상호 간 협의를 통해 적용 화물 및 항구, 사업시행자를 추가하거나 변경하기로 하였다. 다음 Table 25는 시범사업 추진과정을 정리하였다.

Table 26 한일 더블넘버 트레일러 시범사업 추진과정

일시	주요 내용
2012.7.15	· 피견인 트레일러 상호주행 시범사업을 위한 합의의사록(한국 부산)
2012.9.25	· 국토교통부 고시재정으로 기존 트레일러 운행 개시
2013.3.7~19	· 1호차 완성, 한국, 일본번호판 부착
2013.3.27	· 더블넘버샤시 통행개시 Ceremony (일본)
2013.5.8~16	· 2~4호차 한국, 일본번호판 부착
2013.5.29	· 더블넘버샤시 통행개시 Ceremony (한국)
2013.3.26	· 제1차 한일 복합운송 전문가회의(한국 부산) - 한일 복합운송 시범사업에 활용되는 트레일러의 등록, 안전검사, 보험 등에 대해 양국 간 정보교류, 문제점 발굴 및 대안제시
2014.5.22	· 5-8호차 한국번호판 부착
2014.5.30	· 5-8호차 일본번호판 부착
2014.11.	· 하카타항 추가 개통
2015.12.2	· 제2차 한일 복합운송 전문가회의(일본 도쿄) - 더블넘버 등록차량 24대 증차 합의 - 일본 트레일러의 우리나라 무등록운행 기간연장을 위해 관련 고시를 18년 12월 31일 까지 연장 합의
2016.3.30.	· 10~32호차 일본등록 완료

자료: 국토교통부(2016)

5.1.2 추진현황

한국과 일본은 한일 트레일러 복합운송 협력위원회를 구성하여 시범사업 실시과정에서 나타나는 상호 관심사항에 대하여 논의 및 처리하기로 협의하였다. 주로 시범사업에 적용되는 화물, 항만, 트레일러 대수, 참여자 등이 협상대상이고 전문가 실무그룹 설치 등 지원방안도 논의범위에 속한다. 현재 더블넘버를 장착한 트레일러 32대가 양국을 상호주행하고 있으며 일본 하카타항을 추가로 개통하였다. 또한, 시범사업 활성화를 위해 양국은 그 동안 2차례의 복합운송

전문가 회의를 개최하였다. 제1차 한일 복합운송 전문가 회의는 2014년 3월에 부산에서 진행되었고 주로 한일 복합운송 시범사업에 활용되는 트레일러의 등록, 안전검사, 보험 등에 대해 양국 간 정보교류를 강화하고 문제점을 발굴하며 대안을 제시하였다. 제2차 한일 복합운송 전문가 회의는 2015년 12월에 도쿄에서 진행되었고 더블넘버 등록차량 24대 증가에 대한 합의와 일본의 트레일러가 한국에서 무등록운행 기간연장에 합의하였다.

현재 한국과 일본의 3개 항만 간 2개 항로를 시범사업에 적용하고 있다. 적용 항만은 각각 한국 부산항과 일본 시모노세키항, 하카타항이고 적용 항로는 부산-시모노세키, 부산-하카타 2개 항로이다. 한국과 일본 간 3개의 카페리 항로 중 2개가 포함되었으며 부산-오사카 항로는 현재 시범사업이 적용되지 않았다. 한국 일본 간 카페리 항로 개설 현황은 다음 Table 26과 같다.

Table 27 한국-일본 간 카페리 항로 현황

항로	사업자 (한국대리점)	선명	국제 총톤수	수송능력	운항 횟수
부산/ 시모노세키 (123마일,227km)	부관훼리 (한국법인)	성희	16,875	여객 : 606명 화물 : 120TEU	매일 (14H)
	관부훼리 (관부훼리)	하마유	16,187	여객 : 500명 화물 : 114TEU	
부산/하카타 (116마일,214km)	카멜리아라인 (고려훼리)	뉴 카멜리아	19,961	여객 : 647명 화물 : 220TEU	주 6회 (7.5H)
부산/오사카 (369마일,680km)	팬스타라인 닷컴(한국법인)	팬스타 드림	21,688	여객 : 545명 화물 : 220TEU	주 3회 (19H)

자료: 국토교통부(2016)

한국에서 제조된 자동차 부품을 일본 닛산 큐슈 공장까지 양국 번호판을 장착한 더블넘버 혹은 일본 번호판만 장착한 싱글넘버 피견인 트레일러 및 사이드오픈 컨테이너를 통해 부품을 조달한다. 주요 트레일러 유형은 다음 Fig 24와 같다.

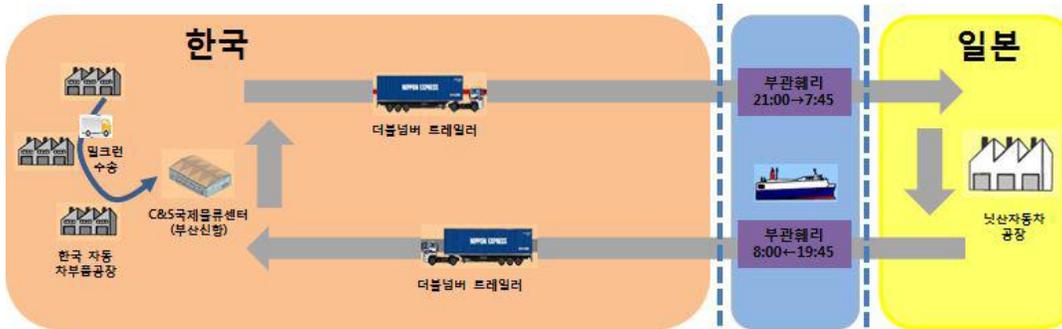


자료: 公益財団法人アジア成長研究所(2015)

Fig 24 싱글넘버(일본제조), 더블넘버(한국제조), 사이드오픈 컨테이너

부품조달의 주요 프로세스는 한국 자동차부품제조공장⁶⁾→부산신항 C&S국제물류센터→부산 북항(국제여객터미널)→일본 시모노세키항 혹은 하카타항→닛산 큐슈 공장으로 구성되었다. 닛산자동차는 시범사업의 주요 화주이고 국내 자동차부품 제조업체에 주문한 부품을 천일정기화물자동차가 밀크런(Milk Run) 방식으로 회수한 뒤 부산신항 C&S국제물류센터에서 더블넘버 트레일러에 적입하여 부산과 일본 사이를 운행하고 있는 Ro-Ro선을 통해 운송된다. 일반적으로 닛산은 부품을 라인에 투입하기 6-7일전에 주문을 진행하고 3-5일 후 생산된 자동차 부품을 C&S물류센터로 집화하고 닛산이 요구하는 별도의 플라스틱 박스 및 철재 팔레트 등 용기에 납입 후 운송된다. 구체적인 운영 흐름은 다음 Fig 25와 같다.

6) 르노삼성자동차 부품공급 협력업체.



자료: 국토교통부(2016), 동북아 육·해상 복합운송 확대방안 연구, 55-62

Fig 25 한일 더블넘버 트레일러 상호주행 흐름

한국 자동차부품업체들이 일본 닛산자동차로 수출하는 자동차부품 조달 물량이 크게 증가하였다. 시범사업 개시 이후, 물동량은 2013년의 122,386CBM에서 2017년의 328,781CBM으로 크게 증가하였다.

Table 28 2013-2017년 닛산 한국 부품조달 실적

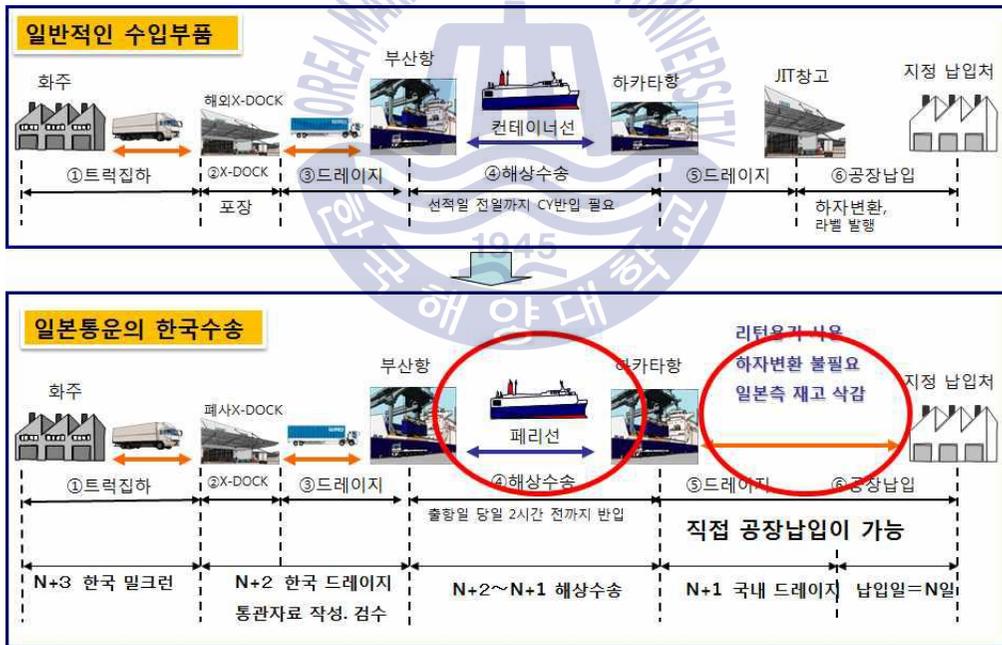
2013년		2014년		2015년		2016년		2017년	
월	물량 (CBM)								
1월	9,791	1월	14,700	1월	15,480	1월	19,710	1월	35,038
2월	9,755	2월	13,923	2월	16,363	2월	17,819	2월	29,762
3월	10,486	3월	15,329	3월	17,741	3월	16,861	3월	27,725
4월	7,427	4월	11,243	4월	12,824	4월	17,887	4월	23,360
5월	8,642	5월	15,582	5월	15,042	5월	28,926	5월	26,553
6월	9,508	6월	16,755	6월	15,703	6월	35,501	6월	34,055
7월	11,563	7월	17,500	7월	15,882	7월	33,175	7월	30,566
8월	8,838	8월	12,490	8월	11,096	8월	20,855	8월	21,870
9월	11,772	9월	17,460	9월	16,241	9월	22,566	9월	29,222
10월	10,677	10월	18,535	10월	18,023	10월	34,489	10월	28,999
11월	12,592	11월	16,750	11월	18,121	11월	40,776	11월	22,758
12월	11,335	12월	14,150	12월	14,653	12월	35,300	12월	18,874
소계	122,386	소계	184,416	소계	187,168	소계	323,865	소계	328,781

자료: 일본통운 내부자료

5.1.3 추진효과

시범사업을 통해 사업 참여자들은 획기적인 물류비용 절감효과를 실현하였다. 이 중 대표적인 것은 리드타임 감소를 통한 조달속도 제고, 반복 사용이 가능한 리턴용기를 사용하여 포장방식 포장비용 절감을 예로 들 수 있다.

일본통운의 발표자료에 따르면 부산신항 C&S 물류센터를 기점으로 일본 닛산자동차 조립공장까지의 부품 운송시간은 기존의 12일에서 3일로 단축되었으며, 월별 발주가 일간 발주로 변경되어 주문 사이클이 기존의 60일에서 6일로, 재고 회전기간은 25일에서 3일로 단축되었다. 기존 일반컨테이너선을 통한 부품조달 리드타임과 Ro-Ro선에 적재한 피견인 트레일러를 통한 리드타임을 비교한 결과는 다음 Fig 26과 같다.



자료: 일본통운 내부 발표자료, 2015.04

Fig 26 컨테이너 운송과 Ro-Ro선 운송 이용 시 리드타임 비교

또한, 시범사업을 통해 닛산은 부품 조달 시 포장방식을 변경하였다. 일반 Lo-Lo선에 화물을 적재하기 위해 갠트리 크레인 등 하역장비를 이용하게 되는

데 갠트리 크레인을 이용할 경우 화물이 비교적 큰 충격을 받게 된다. 따라서 Lo-Lo선을 이용해 화물을 운송할 경우에는 화물을 보호하기 위해 반드시 견고한 골판지 혹은 목재 포장에 필요하다. 그러나 Ro-Ro방식을 통한 복합운송 하역의 경우는 수평방향에서만 하역작업이 진행되기 때문에 화물에 가해지는 충격이 컨테이너선에 비해 약 3배 경감된다. 실제 컨테이너선과 Ro-Ro선의 하역 과정에서 화물에 가해지는 충격치는 다음 Table 28과 같다.

Table 29 운송수단별 하역 화물에 가해지는 충격치 변화의 비교

	컨테이너선 (갠트리카레인)		페리/Ro-Ro (리치 스택커)		페리/Ro-Ro (새시)	
	최대치	평균치	최대치	평균치	최대치	평균치
상하방향	+8.60G	+4.80G	+3.60G	+3.20G	+2.00G	+1.80G
	-13.40G	-9.68G	-3.40G	-2.20G	-5.20G	-3.00G
전후방향	+6.50G	+5.40G	+1.80G	+1.80G	+4.20G	+2.40G
	-14.20G	-7.36G	-3.80G	-2.20G	-4.80G	-2.55G
좌우방향	+4.60G	+3.58G	+3.20G	+1.90G	+3.20G	+2.00G
	-8.60G	-3.84G	-3.00G	-1.90G	-2.40G	-1.35G

주: 1) 2008년도 측정치임

2) 각 항목의 상단부는 하역중의 가속도이며, 하단부는 바닥에 내려놓았을 때의 가속도로 이 차이가 충격치의 변화임

자료: 한국교통연구원(2015)

Ro-Ro선을 통해 부품을 운송할 경우 수평방향에서의 하역작업만 진행하기 때문에 기존 Lo-Lo 운송 시 사용하였던 일반 포장방식을 조립라인에 직접 투입이 가능하고 반복 사용이 가능한 용기로 변경하여 포장비용 절감 및 원활한 공급체인 실현이 가능하게 되었다. 한국교통연구원(2015)에 따르면 이러한 회수 가능한 용기를 사용하여 부품을 포장하면 일반 골판지 포장에 비해 포장비를 약 20% 줄일 수 있다. 다음 Fig 27은 포장 방식을 변경하기 이전과 이후의 부품 공급체인 변화내용을 보여준다.



자료: 公益財団法人 アジア成長研究所(2015), 九州・山口のフェリー・Ro-Ro船(高速船)による シームレス物流の進展: ー日本(九州)~韓国TS~中国間の環黄海シームレス物流の提案ー

Fig 27 Ro-Ro운송 시 포장방식 변경에 따른 공급체인 간소화 과정

그 외 효과로 조달 및 생산시스템 공통화, 글로벌 공급체인에서의 밀크런 실현, 특제 윈컨테이너 사용에 따른 적입과 적출시간 단축, 동일 규격 팔레트 사용, 고속통관, Door to Door 실현, 총 공급체인 비용 절감 등이 존재한다. 다음 Table 29는 이러한 더블넘버 트레일러 공급체인의 핵심 개선항목 및 이에 따른 효과를 설명하였다.

Table 30 نيسان자동차사의 Seam-less SCM 물류의 중요사항, 내용 및 효과

번호	중요사항	내용	효과
1	조달 및 생산시스템 공통화	최단 리드타임·재고시간: 일본 국내 조달과 동일한 수준, 구입 장소와 시점(화물이 نيسان큐슈로 소유권이 변경되는 시점 기준)	리드타임:40일⇒6일, 재고:25일⇒3일, 재고 지점을 항만으로 이전하고 동시에 부품구매패턴을 최적화 할 수 있고 현금흐름 개선함
2	밀크런	적재율 100% 향상	물류비용 절감, 생산성 향상, 트럭 수요 감소
3	윙컨테이너 사용	지게차로 모든 작업이 가능하여 효율 극대화 소요시간(공장납입장소에서의 대기시간 단 30분)과 인력 최소화 부품을 직접 라인에 반입도 가능	물류비용, 리드타임 감소, 창고, 재고장소, 관련 인건비 절감
4	일본과 동일규격 팔레트 활용 가능(원가절감효과 최대)	패키지, 충격방지장치, 환적 등이 필요한함(팔레트에 적재한 채로 라인 투입 가능)	원가·리드타임 절감, 단위 당 패키지비용 수천엔 절감, 창고 공간 필요하지 않아 절약된 용지를 협력기업의 입지등 기타 용도로 활용 가능 ⁷⁾
		포장이 필요하지 않아 관련 폐기물처리 필요안함	환경대처에 필요한 금액 연간 억 단위 절감
5	새시 적재 상태 통관	고속통관 가능	리드타임 절감, SCM·AEO 취득
6	Door to Door 직송	(5)를 통해 실현	심리스(Seamless) 물류 실현
7	위험관리·생산·SCM 교육 장벽 해소	악천후, 명절 등에 대응 할 수 있어 안정적인 생산 가능 사전에 생산현장에서의 교육은 영어로 설명하고 한국의 실력으로 적용이 가능함	SCM 실현의 최대 효과이자 핵심 포인트
8	총 비용 엔지니어링	시간을 포함한 총 비용을 상세하게 산정(현금흐름 개선을 고려하지만 정산내역에서는 제외함)	일반 컨테이너운송방식에 비해 40% 원가 절감이 가능(절약된 공간입지의 이용에 따른 효과는 제외함)

자료: 公益財団法人アジア成長研究所(2015)

5.1.4 문제점 및 개선방향

현재 시범사업에는 다음과 같은 문제들이 존재한다. 첫째, 사업범위의 제한으로 한일 트레일러 상호주행 사업의 정식 실행이 지연되고 있다. 시범사업에 적용 가능한 품목은 자동차부품에 한정되고, 사업시행자는 천일정기화물자동차와 일본통운으로 제한되어 있어 사업 확대에 어려움이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 다양한 운송사들을 참여시키고 품목 다변화와 우수한 공급체인 사례들을 발굴함으로써 추가적인 수요를 창출할 필요가 있다.

둘째, 추가 비용 상승요인이 존재한다. 현재 시범사업에 투입되는 차량은 한일 양국에 모두 차량등록을 해야 하기 때문에 그에 따른 추가비용이 발생한다. 특히, 한국의 트레일러는 일본에서 매년 정기검사를 받아야 하며, 자동차 의무보험 가입에 따른 비용이 발생한다.⁸⁾ 또한 양국 안전기준에 부합하는 피견인 트레일러를 별도로 제작해야 하기 때문에 사업 참여자는 초기에 별도로 제작비용을 부담해야 한다.

셋째, 운송시간 지연을 초래하는 문제들이 존재한다. 현재 시범사업의 해상운송 부분에 참여하는 Ro-Ro선은 카페리로 여객 운송을 위주로 하고 있어 CIQ통과가능 시간(오전 8:00시 이후)에만 입항이 가능하여 해상 항행속도를 늦추거나 항계 외에서 대기하는 경우가 많아 화물운송 시간이 길어지고 효율성이 떨어진 다. 검사를 받지 않는 화물은 수출이 불가하기에 명절이나 휴일에 일본 측에서 일부 위험물에 속하는 자동차부품에 대한 운송을 주문하게 되면 관련 행정 처리를 진행할 수 없어 운송에 차질이 발생한다.

넷째, 부품 조달과정 중 밀크런 단계와 부품을 완성차 조립공장에 납품하는 과정에 불필요한 환적절차가 존재한다. 현재 밀크런 방식으로 한국 자동차부품 업체들을 방문하여 부품을 수집하는 작업은 천일정기화물자동차에서 책임지고 있다. 이러한 밀크런 차량들은 부품 수집 완료 이후 직접 닛산의 완성차 조립

7) 협력사에 공장이나 창고입지를 할당함으로써 협력사의 납품 과정에 생기는 물류비용 절감 가능

8) 양국이 모두 차량을 등록하려면 보험에 가입해야 한다는 것은 동일하나 한국인 경우 피견인 트레일러는 의무보험 가입대상에서 면제됨.

라인으로 부품을 운송할 수 없고, 반드시 부산신항 배후단지에 위치한 C&S물류센터에서 부품을 적출한 뒤 입고하여야 한다. 입고된 부품들은 다시 일본통운의 전용 트레일러에 적입하여야만 닛산공장으로 납품이 가능하다. 일본 국내에서 부품 조달 시 밀크런 차량들이 직접 완성차 공장으로 납품하는 것과 달리 한국에서 부품을 조달할 경우 추가로 환적이 발생하여 조달시간이 연장되고 전체 물류비용이 상승하게 된다.

이상 언급한 문제들을 개선하려면 우수한 협력사례 발굴을 통해 사업범위를 확대하고, 양국의 이중등록을 피하기 위한 상호 인증제도를 실시해야 하고, 화물전용 Ro-Ro선을 투입하고, 일부 특수화물에 대한 통관간소화 프로세스를 개발하여야 한다. 가장 중요한 것은 천일정기화물자동차와 일본통운 등 물류업체들은 운송수단 표준화를 추진하고, 공유화 등을 추진하여 부품조달과정에서 불필요한 환적이 발생하는 것을 지양하여야 한다.

5.2 시범사업 총 물류비용 산정

5.2.1 운영 방식

현재 더블넘버 트레일러 시범사업에 참여한 화주는 한국 측의 부품공급업체 35개와 일본 측의 닛산자동차이다. 운송을 담당하는 기업은 한국 측의 천일정기화물자동차와 일본 측의 일본통운이다. 그 중 천일정기화물자동차는 화물트럭을 파견하여 밀크런 방식으로 부품공급업체 공장을 방문하여 생산된 자동차 부품을 수거한 뒤 부산신항 배후단지에 위치한 C&S 물류센터로 입고한다. 물류센터에 도착한 뒤 트럭으로부터 자동차부품을 적출하여 물류센터 내 특정 위치에 규정에 따라 적재한다. 그 다음날 일본통운 측에서 더블넘버 윈바디(Wing Body) 트레일러, 싱글넘버 윈바디 트레일러 및 사이드오픈 컨테이너 트레일러를 장착한 트럭을 물류센터에 파견하고, 전날에 입고한 부품을 적입한 뒤 부산 북항으로 운송한다. 부산 북항에 도착한 뒤, 트레일러와 컨테이너만을 하카타항과 시모노세키항으로 향하는 Ro-Ro선에 선적하여 일본으로 발송한다. 일본에 도착한 화물은 다시 일본통운에 의해 닛산조립공장으로 운송되어 차인투입대기

구역에 적출한다. 부품을 적출한 뒤 이러한 컨테이너들은 닛산 조립공장에서 부품을 담은 공용기를 회수하여 한국으로 운송된다.

5.2.2 총 물류비용 산정

더블넘버 트레일러 시범사업에서 자동차부품은 주로 일본의 시모노세키항과 하카타항으로 운송된다. 본 사례연구는 부산-시모노세키 노선을 선정하여 비교한다. 자동차부품의 특징은 대량의 부품들이 집결되어 라인에 투입하기 때문에 조달의 정시성에 대한 요구가 매우 높다. ZHENG(2013)의 연구에서는 중국 충칭(Chongqing)에서 유럽으로 수출하는 노트북과 자동차부품에 대한 시간비용을 산정하는 과정에서 노트북을 고가인 동시에 시간에 민감한 화물로, 자동차 부품을 일반화물로 분류하였다. 그러나 본 연구의 시범사업인 경우 닛산자동차가 한국 조달 부품에 대한 0재고 정책을 실행하기 때문에 부품조달 리드타임에 대한 요구가 매우 엄격하다. 따라서 본 연구에서는 자동차부품을 고가인 동시에 시간에 민감한 화물로 분류하고 분석을 진행한다.

시범사업 총 물류비용 산정과정에서 가장 주목해야 할 부분은 Ro-Ro운송에서 회수 및 반복 사용이 가능한 용기를 사용하고 앞서 언급한 것과 같이 CBM 당 포장비용이 Lo-Lo 운송 시에 비해 약 20% 절감되는 것이다. 따라서 본 연구에서 제시한 프로그램으로 총 물류비용 산정 시 Ro-Ro 운송 시 간이포장을 사용하는 항목을 체크한다.

40피트 컨테이너 한 개당 적재되는 자동차부품의 부피를 확인하기 위하여 2017년 닛산자동차가 한국에서 조달한 총 물동량을 조사하였다. 조사결과 조달 물량은 CBM 기준으로 총 328,781m³ 이고 이는 컨테이너 기준으로 7,388FEU이며 자세한 내용은 다음 표와 같다. 즉, 40피트 컨테이너 1개 당 부품이 평균 약 44.81m³ 적입되었음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 컨테이너 당 적재된 화물 부피를 45m³로 설정한다.

Table 31 2017년 더블넘버 트레일러 시범사업 운송실적

Type		Run Times (40ft)	Throughput (CBM)	AVG (CBM)
Chassis	Single Number Trailer	1,186	56,504m ³	47.64m ³
	Double Number Trailer	2,066	94,981m ³	45.97m ³
Container	Side Open Con.	4,086	177,297m ³	43.39m ³
Total		7,338	328,781m ³	44.81m ³

자료: 일본통운 내부자료

다음 40피트 컨테이너 한 개당 적재되는 자동차부품의 화물가치를 확인하기 위하여 2018년 9월에 닛산자동차가 한국에서 조달한 자동차부품의 총 가치와 총 컨테이너물동량 등을 조사하였고 결과는 다음 Tabel 31과 같다.

Table 32 2018년 9월 닛산의 한국 자동차부품 조달실적

집계일자(2018)	총 물동량(FEU)	총 중량(Ton)	총 결제금액(\$)	FEU 당 가치(\$)
09.04 - 09.28	546	3,691	17,701,588	32,420

자료: 닛산코리아 및 일본통운 내부자료에 근거하여 연구자가 정리

그러므로 현재 닛산자동차가 한국에서 조달하는 자동차 부품의 1FEU 당 평균 가치는 32,420달러임을 알 수 있다. 이상 확보한 자료를 본 연구에서 개발한 프로그램에 입력하여 시범사업의 총 물류비용을 산정한 결과는 다음 Fig 28과 같다.

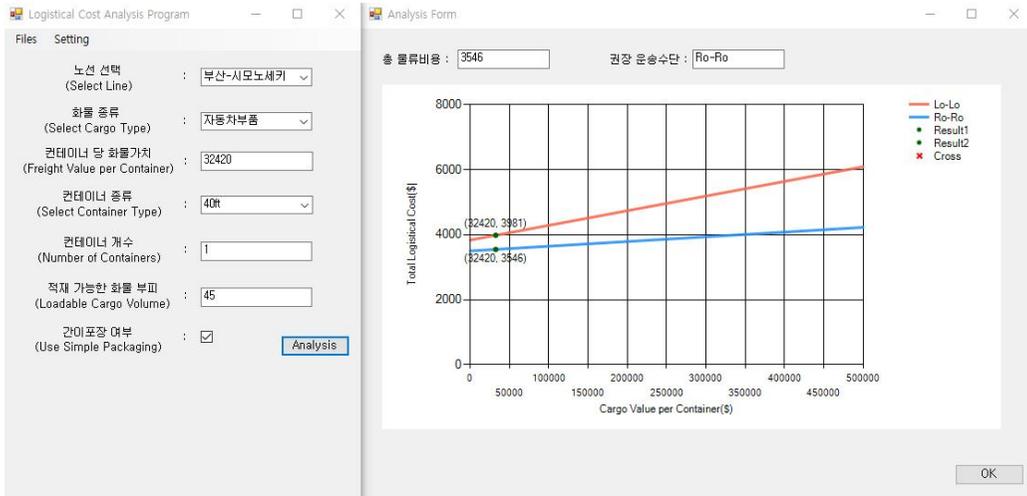


Fig 28 시범사업 총 물류비용 비교결과

산정결과 Ro-Ro 운송에서 간이포장을 사용 시, 닛산이 한국에서 조달하는 자동차부품의 1FEU 당 Ro-Ro의 총 물류비용은 3,546달러이고, Lo-Lo의 총 물류비용은 3,981달러이다. 즉, 시범사업을 통해 닛산자동차는 현재 1FEU당 약 435달러의 절감효과를 실현하였음을 알 수 있다. 2017년 총 물동량이 7,388FEU인 것을 감안하면 닛산이 시범사업을 통해 절감한 물류비용은 약 3,213,780달러임을 알 수 있다. 시간비용 절감 부분은 운송과정만 고려하였고, 실제 전체 SCM 시간 단축 효과를 감안하면 이보다 더 많은 비용을 절감하였음을 알 수 있다.

제 6 장 결론

6.1 연구결과 요약

세계 경제의 성장과 이에 따른 글로벌 생산 분업이 확장하면서 다국적 기업의 조달·생산·판매 시스템은 빠르고 신뢰성이 높은 글로벌 공급체인에 대한 의존도가 날로 증가하고 있다. 기업은 효율적인 공급체인의 구축을 위해 끊임 없이 물류프로세스를 개선하고 물류비용을 절감하며 공급체인의 효율성 극대화를 실현하기 위하여 다양한 혁신을 시도하고 있다. 다국적 기업들은 공급체인 구축 시 되도록 지리적으로 인접하고 협력관계가 원활한 국가들을 선택하는 경향이 있다. 대표적으로 유럽연합, 북미자유무역지역, 동북아시아지역, 아세안 등의 지역은 내부적으로 긴밀한 협력관계가 형성되었고 역내 국제물류활동 또한 매우 활발하다. 따라서 많은 나라들은 지리적으로 인접한 주변지역 및 국가와의 물류 연계를 강화하고 경제협력수준을 개선하기 위하여 역내 국제복합운송체계를 적극적으로 육성하고 있다. 그 중 육지로 연결되지 않는 인접국가 사이에는 근해운송(Short Sea Shipping, SSS)을 포함한 국제복합운송체계 육성이 대표적이라 할 수 있다.

동북아시아지역의 한국, 일본, 중국 등 역내 주요 국가들은 경제협력과 분업이 유례없이 강화되면서 역내 국제물류 효율성을 개선하기 위한 국제복합운송체계의 구축을 위해 공동으로 노력하고 있다. 결과적으로 현재 동북아시아지역의 근해운송체계는 Lo-Lo선과 Ro-Ro선을 통한 역내 피더네트워크가 형성되었고 시장점유율 면에서 Lo-Lo선이 절대적으로 우위를 차지하고 있다. 그러나 최근 한국과 일본은 기업의 조달물류프로세스에 Ro-Ro선 운송방식을 융합한 한일 더블넘버 트레일러 시범사업을 추진하였고, 현저한 시간 및 물류비용 절감 효과를 보이고 있어 Ro-Ro선의 경쟁력에 대한 관심이 다시 증가하고 있다. 본 연구에서는 국제근해운송과 관련된 선행연구와 운송수단 선택에 관한 선행연구를 비교 고찰하여 일반적인 상황에서 국제근해운송의 특징과 장단점을 파악하였다. 또한 화주 입장에서 한국-일본 근해운송에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선 선택

시 화물 시간가치를 고려하여 총 물류비용을 산정하여 역내 화주들에게 유익한 시사점을 제공하고자 하였다.

이를 위해 본 연구에서는 부산-일본 사이에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선이 동시에 운항하고 있는 노선들을 선정하여 화물 가치 변화에 따른 두 가지 운송수단의 총 물류비용 비교모형을 개발하였고, 이를 통해 운송수단에 따른 총 물류비용 변화추이를 직관적으로 표현하였다. 또한 현재 한국과 일본에서 시행하고 있는 더블넘버 트레일러 시범사업 사례를 모형에 적용하여 동일한 조건에서 Ro-Ro와 Lo-Lo의 총 물류비용을 각각 비교하였다.

우선 일반화물인 경우를 보면, 부산-하카타 노선에서 화물 1TEU 당 가치가 약 18만 달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식이 총 물류비용 면에서 경쟁력이 있고, 반대인 경우엔 Lo-Lo선을 선택하는 것이 보다 합리적이다. 부산-시모노세키 노선인 경우, 화물 1TEU 당 가치가 약 77,000달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식이 총 물류비용 면에서 경쟁력이 있고, 반대인 경우엔 Lo-Lo선을 선택하는 것이 보다 합리적이다. 부산-오사카 노선인 경우, 화물 1TEU 당 가치가 약 18만 5천 달러 이상이면 Ro-Ro선 운송방식이 총 물류비용 면에서 경쟁력이 있는 것으로 분석되었다. 다음으로 고가인 동시에 시간에 민감한 화물인 경우를 보면, 부산-하카타 노선에서 화물 1TEU 당 가치가 약 9만 달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식이 총 물류비용 면에서 경쟁력이 있고, 반대인 경우엔 Lo-Lo선을 선택하는 것이 보다 합리적이다. 부산-시모노세키 노선인 경우, 화물 1TEU 당 가치가 약 4만 달러 이상이면 Ro-Ro 운송방식이 총 물류비용 면에서 경쟁력이 있고, 반대인 경우엔 Lo-Lo선을 선택하는 것이 보다 합리적이다. 부산-오사카 노선인 경우, 화물 1TEU 당 가치가 약 9만 5천 달러 이상이면 Ro-Ro선 운송방식이 총 물류비용 면에서 경쟁력이 있는 것으로 볼 수 있다.

마지막으로 한일 더블넘버 트레일러 시범사업을 사례로 주요 화주인 닛산자동차가 한국에서 자동차부품 조달 시 발생하는 총 물류비용을 추정하였다. 산정결과, 닛산에서 일본으로 수출하는 자동차부품인 경우 1FEU당 가격이 평균 약 32,000달러 수준이고, 해당 노선에서의 Ro-Ro선이 Lo-Lo보다 총 비용 면에서 경쟁력을 확보하는 분기점은 화물가치 1FEU 당 약 54,000달러 수준이다.

즉, 단순 운송비용만 고려 시 Lo-Lo 운송방식이 여전히 비용 면에서 우위를 차지하는 것을 알 수 있다. 그러나 Ro-Ro 운송 및 기업 간의 공급체인 프로세스 통합으로 인해 운송과정에서 절감된 포장비용까지 감안하면 1FEU 운송 시 Lo-Lo선의 총 물류비용은 약 3,981달러이고, Ro-Ro선의 총 물류비용은 약 3,546달러로 1FEU 당 약 435달러의 총 물류비용 절감효과를 실현하였다. 그 외 전체 공급체인의 시간 단축 효과를 감안하면 실제 절감되는 비용은 훨씬 더 많을 것으로 추정이 가능하다.

전반적으로 볼 때, 부산-일본 노선에서 만약 Ro-Ro 운송방식이 무역 당사자 간 공급체인 협력이 더블넘버 트레일러 시범사업처럼 긴밀하게 통합되지 않는 이상 총 물류비용 절감 수준이 매우 제한적이고 비용경쟁력 면에서 Lo-Lo와 비교 시 열세에 처한다고 볼 수 있다. 이는 현재 전 세계적으로 Ro-Ro시장의 활성화 정도가 Lo-Lo시장에 비해 훨씬 부족한 현상을 설명할 수 있는 부분이다. 다만, 거래 당사자들이 공급체인을 통합하고 협력수준이 높은 수준으로 개선될 경우에는 Ro-Ro 운송방식은 총 물류비용 및 전체 조달기간 절감에서 매우 뚜렷한 장점을 가지고 있기 때문에 국제근해운송시장에서 잠재력이 매우 높은 운송수단이라고 보아야 할 것이다. 이는 지중해 지역의 국제근해운송시장에서 Lo-Lo선과 Ro-Ro선의 경쟁력을 비교 연구한 Francesco et al(2016)의 결론과도 일관성을 가지고 있다. 또한, 본 연구에서 Ro-Ro 운송방식이 Lo-Lo 운송방식과 비교 시 운송시간 측면에서 가장 뚜렷한 효과를 거둔 부분은 항만처리 시간 단축에 있다. 이러한 결과는 Ancor et al(2015)의 연구에서 강조한 부분과 같다고 볼 수 있다. 동 연구는 유럽 역내의 근해운송수단의 경쟁력 제고에 있어서 가장 우선적으로 개선해야 할 과제는 항만효율성 제고를 통해 도로운송보다 뒤쳐지지 않는 전체 복합운송 속도를 개선하는 것이라고 강조하였다.

본 연구에서 사례로 선정한 한일 더블넘버 트레일러 시범사업을 보면 닛산자동차가 한국에서 자동차부품을 조달하는 과정에서 Ro-Ro 운송방식으로 전환하여 현저한 부품 조달시간 단축 및 물류비용 절감효과를 보았다. 실제로 Ro-Ro 운송의 잠재력은 운송수단 자체의 특성만이 아니라 Ro-Ro터미널의 기능 개선을 통해 보다 큰 효과를 볼 수 있다. Quaresma Dias et al(2010)은 Ro-Ro터미널

이 자동차생산 공급체인에서의 역할을 분석하였다. 동 연구는 우선 Ro-Ro터미널은 수입항인 경우 판매시장과 근접해야 하고 수출항인 경우 생산 조립공장과 근접해야 한다고 주장하였다. 또한, 자동차 공급체인 과정에서 Ro-Ro터미널은 노드(Node)가 아닌 신차에 부가가치를 부여하는 특별 포인트(Special attractive points adding value to the new cars)로 분류하여야 한다고 주장하였다. 연구를 진행하기 위해 서유럽지역 주요 자동차 수출 및 수입국가에서 자동차반입 및 반출을 활발히 진행하는 Ro-Ro 터미널들을 대상으로 현장조사를 진행하였고, 발견된 결과를 5가지로 요약하였다. 첫째, Ro-Ro터미널의 주차 영역은 고객의 수요와 딜러의 예측 사이의 버퍼(Buffer)영역으로 활용되고 있다. 둘째, 차량 공급 연기화(Postponement)작업에 활용되는 물류 플랫폼은 항상 버퍼영역에 가까운 Ro-Ro터미널에 위치하였다. 셋째, 아웃소싱 또는 위탁을 받은 항만에서의 물류서비스 제공자는 물량 공급(Gate Release)과 운송 사업을 동시에 수행하여 시장공급에 관여한다. 넷째, 이러한 제3자 물류업체는 한 개 또는 그 이상 자동차브랜드의 통합물류서비스 제공자 역할을 수행하고 있고 배송 전 검사(Pre-delivery Inspection), 손해배상, 고객맞춤형 옵션 변경 등 추가연기 작업을 직접 수행한다. 다섯째, 분석대상에 포함된 Ro-Ro터미널들은 대부분 차량의 수입 및 수출 물동량의 균형을 맞추고자 많은 노력을 기울이고 있다. 즉, 유럽의 경우 Ro-Ro 운송은 이미 단순한 운송수단 자체를 넘어 Ro-Ro터미널이 자동차 공급체인에 깊이 있게 통합되었고, 항만에서 다양한 부가가치가 창출되고 있음을 알 수 있다. 즉, Ro-Ro운송은 그 자체 뿐 만 아니라 터미널이 중요한 공급체인 중 핵심 파트 역할을 수행 시 현재보다 훨씬 큰 성장 잠재력이 있음을 설명한다.

최근 (주)현대글로벌비스도 한국-중국 간 자동차부품 조달에 더블넘버 트레일러 시범사업과 비슷한 조달방식을 도입하는 것을 적극적으로 검토하고 있다. 이는 향후 동북아시아지역에서 Ro-Ro선을 핵심으로 하는 근해운송시장 성장에 매우 적극적인 신호가 될 것이다.

6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구의 한계점은 다음과 같다.

첫째, 자료 수집의 어려움으로 인해 연구범위 부분에 있어 동북아시아 지역에서 중국을 제외한 한국-일본 간 Lo-Lo와 Ro-Ro 시장만 비교 분석하였다. 또한 운송사의 상업비밀 누출 우려로 인해 운임 적용 시 공시운임을 적용하여 실제 시장운임을 적용하는 현실과 결과 부분에서 차이가 존재할 수 있다.

둘째, 실제 한국-일본 노선은 거리가 짧아 순수 운송시간 부분에 있어 Lo-Lo 및 Ro-Ro의 차이가 현저하지 않기 때문에 화물 시간가치가 총 물류비용에서 차지하는 비중이 작은 편이다. 실제로 Ro-Ro를 통해 단축할 수 있는 시간은 운송시간 뿐만 아니라 전체 리드타임도 포함된다고 볼 수 있는데, 이 부분은 명확한 기준이 없기 때문에 비용 산정 모형에 포함시킬 수 없는 한계점을 가지고 있다.

셋째, 기존 연구들은 장거리에서 해상운송, 도로운송 및 항공운송에 따른 시간비용, 외부비용, 환적비용 등을 다양하게 산정하였으나, 본 연구는 Lo-Lo 및 Ro-Ro를 연구대상으로 선택하였기 때문에 총 물류비용에 차이가 존재하는 부분은 해상운송구간에서의 운송시간, 운임 및 포장비용이기 때문에 비용경쟁력을 결정하는 변수들이 상대적으로 단순하다고 볼 수 있다. 그러나 동일한 기준을 적용하여 특정 노선에서 화주의 입장에서 Lo-Lo 및 Ro-Ro 선택에 대한 일반적인 접근방법 및 비용근거를 제시하였고, 또한 Ro-Ro가 가져다주는 실제 효과를 유연하게 모형에 추가할 수 있어 의미 있는 결과를 도출하였다고 볼 수 있다.

향후 연구에서는 중국 등 기타 동북아시아지역 국가들을 포함시켜 연구범위를 확장하여야 한다. 또한 공시운임이 아닌 보다 현실을 반영할 수 있는 운임 책정방식을 적용하고 총 물류비용에 영향 주는 보다 다양한 변수들을 적용하여 분석결과의 정확도를 높여야 한다. 마지막으로 Ro-Ro운송의 경쟁력에 대한 인식에 변화를 주어야 한다. Ro-Ro시스템을 해상운송과 항만처리작업이 통합된

보다 성장 가능성이 높은 근해운송 공급체인의 핵심으로 간주하여야 하고 보다
깊이 있는 연구가 필요하다.



참고문헌

논문

- Alford, Leon Pratt. 1955. *Production Handbook*. New York: Ronald: 396-397.
- Aperte, X. G., and A. J. Baird. 2013. "Motorways of the Sea Policy in Europe." *Maritime Policy & Management* 40(1), 10-26. Accessed September 1, 2018. DOI: 10.1080/03088839.2012.705028.
- Arencibia, Ana Isabel, et al. 2015. "Modelling Mode Choice for Freight Transport Using Advanced Choice Experiments." *Transportation Research Part A*, 252-267. Accessed October 11, 2018. DOI:10.1016/j.tra.2015.03.027.
- Baindur, Deepak., and J. Viegas. 2011. "Challenges to Implementing Motorways of the Sea Concept—Lessons from the Past." *Maritime Policy & Management* 38(7), 673-690. Accessed September 3, 2018. DOI:10.1080/03088839.2011.625990.
- Bos, Gertjan van den., and Bart Wiegmans. 2018. "Short Sea Shipping: a Statistical Analysis of Influencing Factors on SSS in European Countries." *Journal of Shipping and Trade* 3:6 Accessed September 19, 2018. DOI: 10.1186/s41072-018-0032-3.
- Brian, Slack., and Comtois Claude. 2006. "Short Sea Shipping: The Need for a Realistic Assessment." *Quebec Studies* 42, 31-44. DOI:10.3828/qs.42.1.31.
- Chang, Stephanie E. 2000. "Disasters and Transport Systems: Loss, Recovery and Competition at the Port of Kobe after the 1995 Earthquake." *Journal of Transport Geography* 8(1), 53-65. Accessed November 12, 2018. DOI:10.1016/S0966-6923(99)00023-X.
- Chen, Xiaojun., and Xiaoyan Lin. 2013. "A Study of Route Choice Behavior Based on Value of Transit Time." *Journal of Beijing Jiao tong University(Social Sciences Edition)* 12(2), 7-14. Accessed October 8, 2018.
- Choi, Yong-Seok, et al. 2007. "Analysis of Conceptual Model and Application Effects for High Efficiency Container Crane." *Ocean Policy Research* 22(2), 123-158.
- Cullinane, Kevin, and N. Toy. 2000. "Identifying Influential Attributes in Freight Route/Mode Choice Decisions: A Content Analysis." *Transportation Research Part E*: 36(1), 41-53. Accessed October 14, 2018. DOI:10.1016/S1366-5545(99)00016-2.
- Douet, Marie., and Jean F. Cappuccilli. 2011. "A Review of Short Sea Shipping Policy in the European Union." *Journal of Transport Geography* 19(4), 968-976. Accessed October 12, 2018. DOI:10.1016/j.jtrangeo.2011.03.001.

- Giannopoulos, George A. 2002. "Integrating Freight Transportation with Intelligent Transportation Systems: Some European Issues and Priorities." *Journal of the Transportation Research Board* 1790(1):29-35. Accessed October 22, 2018. DOI: 10.3141/1790-04.
- Goyal, S. K., and Giril, B. C. 2001. "Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory." *European Journal of Operational Research* (134), 1-16. Accessed November 2, 2018. DOI:10.1016/S0377-2217(00)00248-4.
- Grosso, Monica, et al. 2010. "Short Sea Shipping, Intermodality and Parameters Influencing Pricing Policies: The Mediterranean Case." *Netnomics* 11(1), 47-67. Accessed October 17, 2018. DOI:10.1007/s11066-009-9039-0.
- Guan, Hong-zhi., and Kazuo Nishii. 2000. "Study on Estimation of the Time Value in Freight Transport." *Journal of Highway and Transportation Research and Development* 17(5), 107-110. Accessed September 20, 2018.
- Hensher, D. A., 1993. "Stated Preference Analysis of Travel Choices—the State of Practice." *Transportation* 21(2), 107-133. Accessed September 26, 2018. DOI:10.1007/BF01098788.
- Kim, Hyun-Chan., Alan Nicholson, and Diana Kusumastuti. 2017. "Analysing freight shippers' Mode Choice Preference Heterogeneity Using Latent Class Modeling." *World Conference on Transport Research—WCTR 2016 Shanghai*. 1109-1125. Accessed October 3. DOI:10.1016/j.trpro.2017.05.123.
- Lixia, Yang., Zheng Bo, and Zhang Yi. 2015. "Study on Cargo Transport Time Cost." *Value Engineering*:189-190. DOI:
- Martínez-López, Alba., Jacob Kronbak, and Liping Jiang. 2015. "Cost and Time Models for the Evaluation of Intermodal Chains by Using Short Sea Shipping in the North Sea Region: the Rosyth-Zeebrugge Route." *International Journal of Shipping and Transport Logistics* 7(4), 494-520. Accessed September 19, 2018. DOI:10.1504/ijstl.2015.069692.
- Ng, A.K.Y., S. Sauri, and M. Turró. 2013. "Short Sea Shipping In Europe: Issues, Policies And Challenges." Accessed October 21, 2018. <http://www.porteconomics.eu/>.
- Paixão, A. C., and P. B. Marlow. 2001. "A Review of the European Union Shipping Policy." *Maritime Policy and Management* 28(2), 187-198. Accessed September 19, 2018. DOI:10.1080/03088830118389.
- Paixão, A. C., and P. B. Marlow. 2002. "Strengths and Weaknesses of Short Sea Shipping." *Marine Policy* 26(3):167-178. Accessed October 27, 2018. DOI:10.1016/S0308-597X(01)00047-1.
- Park, Yong-An., and Ki-Young Choi. 2013. "Analysis of Development of Korea-Japan Liner Routes and Characteristics of Container Throughput." *The Korean Association of Shipping and Logistics* 29(1), 53-81. Accessed September 28, 2018.

Perakis, Anastassios N., and Athanasios Denisis. 2008. "A Survey of Short Sea Shipping and its Prospects in the USA." *Maritime Policy and Management* 35:6, 591-614. Accessed October 12, 2018. DOI:10.1080/03088830802469501.

Psaraftis, H. N. 2005. "EU Ports Policy: Where Do We Go from Here?" *Maritime Economics and Logistics* 7(1), 73-82.

Quaresma Dias, J. C., J. M. F. Calado, and M. C. Mendonca. 2010. "The Role of European « Ro-Ro» Port Terminals in the Automotive Supply Chain Management." *Journal of Transport Geography* 18(1), 116-124. Accessed October 17, 2018. DOI: 10.1016/j.jtrangeo. 2008.10.009.

Russo, Francesco., Giuseppe Musolino, and Vincenzo Assumma. 2016. "Competition between Ro-Ro and Lo-Lo Services in Short Sea Shipping Market: The Case of Mediterranean Countries." *Research in Transportation Business & Management* 19, 27-33. Accessed September 20, 2018. DOI:10.1016/j.rtbm.2016.03.002.

Santos, Tiago A., and C. Guedes Soares. 2017. "Methodology for Ro-Ro Ship and Fleet Sizing with Application to Short Sea Shipping." *Maritime Policy & Management* 44(7), 859-881. Accessed November 18, 2018. DOI:10.1080/03088839.2017.1349349.

Schmidt, G., and W. E. Wilhelm. 2000. "Strategic, Tactical and Operational Decisions in Multi-National Logistics Networks: A Review and Discussion of Modelling Issues." *International Journal of Production Research* 38(7), 1501-1523. Accessed September 28, 2018. DOI:10.1080/002075400188690.

Suarez-Aleman, Ancor., Javier Campos, and Juan Luis Jiménez. 2015. "The Economic Competitiveness of Short Sea Shipping: an Empirical Assessment for Spanish Ports." *International Journal of Shipping and Transport Logistics* 7(1), 42-67. Accessed November 14, 2018. DOI:10.1504/IJSTL.2015.065894.

Suarez-Aleman, Ancor., Loureds Trujillo, and Francesca Medda. 2015. "Short Sea Shipping as Intermodal Competitor: a Theoretical Analysis of European Transport Policies." *Maritime Policy & Management* 42(4), 317-334. Accessed October 29, 2018. DOI: 10.1080/03088839.2014.904947.

Suarez-Aleman, Ancor. 2016. "Short Sea Shipping in Today' s Europe: A Critical Review of Maritime Transport Policy." *Maritime Economics & Logistics* 18(3). Accessed September 19, 2018. DOI: 10.1057/mel. 2015.10.

陈业华, and 张明莉. 2009. "运输时间价值的价值工程效用分析". *统计与决策* 02, 64-66. Accessed September 5, 2018.

학위논문

Cui, Mingyang. 2017. “Research on Container Multimodal Transport Optimization Problem Based on Goods Time Value.” Master Degree Thesis. University of Beijing Jiaotong.

Sung, Ki-Deok. 2017. A Study on the Efficiency of Operating Feeder Ship in Northeast Asia Short Sea Using System Dynamics. Doctor Degree Thesis. University of Incheon.

Zheng, Bo. 2013. “Transport Suitability Evaluation Model Based on the Characteristics of Cargo Value and Its Application.” Master Degree Thesis. University of Chongqing Jiaotong. Accessed September 23, 2018.

도서

Bowersox, Donald., David Closs, and M. Bixby Cooper. 2002. “Part I Logistics in Supply Chain Management.” In *Supply Chain Logistics Management*, edited by Ben Gordon, 2-191. New York, NY: McGraw-Hill/Irwin.

Chlomoudis, C. I., and A. A. Pallis. 2002. *European Union Port Policy: The Movement Towards a Long-Term Strategy*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Musso, E., and U. Marchese. 2002. “Economics of Short Sea Shipping.” In *The Handbook of Maritime Economics and Business*, edited by C. Grammenos, 280-304. London, UK: Lloyds of London Press.

Simchi-Levi, David., Philip Kaminsky, and Edith Simchi-Levi. 2008. *Designing and Managing the Supply Chain*. New York, NY: McGraw-Hill/Irwin.

국제회의

The European Parliament. 1996. “Community Guidelines for the Development of the Trans-European Transport Network (TEN-T)” . Decision No 1692/96/EC of the european parliament and of the council on Community guidelines for the development of the TEN-T, Brussels, Belgium, July 23. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31996D1692>.

보고서

부산항만공사. 2018. “2017년도 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계”. 부산항만공사. <https://www.busanpa.com/kor/Board.do?mode=view&idx=22430&mCode=MN0995>

국토교통부. 2015. “동북아 해상육상 복합 화물자동차 운송 활성화 방안 연구”. 한국교통연구원. Accessed November 16, 2018. <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201600014265>

국토교통부. 2016. “동북아 육·해상 복합운송 확대방안 연구.” *Korea Maritime Institute*, 55-62. Accessed October 13, 2018.

Clarkson Research, 2018, Seaborne Trade Monitor, Vol.5, No.1

EFTA. 2007. “EFTA Guide to EU Programmes (2007-13).” In Eurostat Regional Yearbook 2011. <http://www.efta.int/eea/eu-programmes/marco-polo>.

European Commission. 1999. “The Development of Short Sea Shipping in Europe: A Dynamic Alternative in a Sustainable Transport Chain—Second Two-Yearly Progress Report.” *European Commission*. Accessed September 27, 2018.

European Commission. 2001. “The Marco Polo Programme: A New Promotion Concept for Alternatives to Road Transport.” *European Commission*. Accessed September 19, 2018. <http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/main/tem/temdocs/polo.pdf>.

European Commission. 2007. “Improving the Competitiveness, Safety and Security of European Shipping.” *European Commission*. Accessed October 28, 2018. http://ec.europa.eu/transport/maritime/doc/maritime_transport_policy_en.pdf.

European Commission. 2009. “Towards a Better Integrated Trans-European Transport Network at the Service of the Common Transport Policy.” *European Commission*. Accessed September 19, 2018. https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-policy/policy-review_en.

European Commission. 2013. “Europe’s Seaports 2030: Challenges Ahead.” *European Commission*. Accessed September 19, 2018. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-448_en.htm.

European Commission. 2015. “Analysis of Recent Trends in EU Shipping and Analysis and Policy Support to Improve the Competitiveness of Short Sea Shipping in the EU.” *European Commission*. Accessed September 19, 2018. <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/maritime/studies/doc/2015-june-study-sss-final.pdf>.

公益財団法人 アジア成長研究所. 2015. “九州・山口のフェリー・Ro-Ro 船(高速船).” *によるシームレス物流の進展*. Accessed November 13, 2018. <http://id.nii.ac.jp/1270/00000043/>

인터넷 자료

부산항만공사. “부산 국제여객터미널 국제여객선사별 운항 정보” . Accessed September 23, 2018. <http://www.busanpa.com/bpt/Contents.do?mCode=MN0005>

부산항만공사. “부산항 항만물류정보시스템(BPA-NET)” . Accessed October 1, 2018. <http://www.bpa-net.com/resources/bpa/swf/FlexMain.jsp?type=mnnetstats>

한국관세물류협회. “컨테이너화물 해상운송 수출 부대비용” . Accessed September 23, 2018. http://www.kcla.kr/web/inc/html/4-2_2.asp

한국선주협회 한국근해수송협의회. “PORTS 현황-일본취항포트” . Accessed September 23, 2018. http://www.knfc.or.kr/item.php?it_id=1389251233

EFTA. “Marco Polo-Transport.” Accessed October 19, 2018. <http://www.efta.int/eea/eu-programmes/marco-polo>.

European Commission. “TEN-T Projects by Year.” Accessed September 1, 2018. ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects

GlobalSecurity.org. “Lift-on/Lift-off(Lo/Lo) Ship.” Accessed October 19, 2018. <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/lo-lo.htm>.

IMO. “Safety of Ro-Ro Ferries.” Accessed November 1, 2018. <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Regulations/Pages/RO-ROFerries.aspx>.

Kong, Gil-Young. “선박항해용어사전-Lo/Lo Ship” , Accessed October 1, 2018 <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=382244&cid=50328&categoryId=50328>.

Korea International Trade Association. “Ocean Freight.” Accessed November 2, 2018. http://www.kita.net/fresh_sg/export/cost_info.jsp.

Marine Traffic Live Map. 2018. “Marine Traffic.” Accessed November 1, 2018. <https://www.marinetraffic.com/>

Port-Mis. “지역별 컨테이너 화물 처리실적” . Accessed September 10, 2018. [https://new.portmis.go.kr/portmis/websquare/websquare.jsp?w2xPath=/portmis/w2/main/index.xml&page=/portmis/w2/stats/external/cntr/UI-AD-ST-051.xml&menuId=bi0154&menuCd=M5119&menuNm=컨테이너수송실적\(연도별\)](https://new.portmis.go.kr/portmis/websquare/websquare.jsp?w2xPath=/portmis/w2/main/index.xml&page=/portmis/w2/stats/external/cntr/UI-AD-ST-051.xml&menuId=bi0154&menuCd=M5119&menuNm=컨테이너수송실적(연도별)).

The Kookje Daily News. 2005. “컨테이너 역사·종류.” The Kookje Daily News. February 17. Accessed September 28, 2018. <http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=1600&key=20050218.22031192420>.

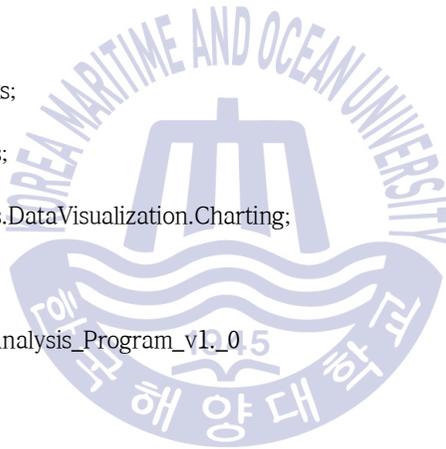
부 록

컴퓨터 프로그램 코딩소스

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting;

namespace Logistical_Cost_Analysis_Program_v1.0
{
    public partial class Analysis : Form
    {
        public Analysis()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void btnOK_Click(object sender, EventArgs e)
        {
```



```

this.Close();
}

private void frmAnalysis_Load(object sender, EventArgs e)
{
    #region 화물 유형에 근거한 연간보유비용 구분

    if (Program.cargotype == "노트북" || Program.cargotype == "휴대폰" ||
        Program.cargotype == "전자부품" || Program.cargotype == "자동차부품" || Program.cargotype ==
        "고급복장" || Program.cargotype == "기계제품" || Program.cargotype == "장난감")
    {
        Program.Annual_Retention_Cost = 0.45;
    }

    else if (Program.cargotype == "예술품" || Program.cargotype == "고급가구" ||
        Program.cargotype == "신선식품" || Program.cargotype == "유제품" || Program.cargotype == "생
        화" || Program.cargotype == "과일" || Program.cargotype == "FMCG" || Program.cargotype == "
        직물 및 원료")
    {
        Program.Annual_Retention_Cost = 0.42;
    }

    else if (Program.cargotype == "강철" || Program.cargotype == "건설기자재" ||
        Program.cargotype == "화학공업제품" || Program.cargotype == "플라스틱" || Program.cargotype
        == "고무" || Program.cargotype == "양곡" || Program.cargotype == "철광석" || Program.cargotype
        == "석탄" || Program.cargotype == "원유")
    {
        Program.Annual_Retention_Cost = 0.23;
    }

    #endregion
}

```

```

# region 노선별 화물 ft별 총 운송시간(TF = OF + IE)

if (Program.line == “부산-하카타“)
{
    Program.TransTime_LoLo = 89.6;

    Program.TransTime_RoRo = 26.1;

    if(Program.containertype == “20ft“)
    {
        Program.TransCost_LoLo = 200 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (4 + 7.3 + 106) * Program.numberofcontainer;

        Program.TransCost_RoRo = 500 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (4 + 7.3 + 106) * Program.numberofcontainer;
    }
    else if(Program.containertype == “40ft“)
    {
        Program.TransCost_LoLo = 400 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (8 + 7.3 + 143.2) * Program.numberofcontainer;

        Program.TransCost_RoRo = 1000 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (8 + 7.3 + 143.2) * Program.numberofcontainer;
    }
}

else if(Program.line == “부산-시모노세키“)
{
    Program.TransTime_LoLo = 87.6;

    Program.TransTime_RoRo = 28.2;
}

```

```

if (Program.containertype == "20ft")
{
    Program.TransCost_LoLo = 350 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (4 + 7.3 + 106) * Program.numberofcontainer;

    Program.TransCost_RoRo = 470 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (4 + 7.3 + 106) * Program.numberofcontainer;
}

else if (Program.containertype == "40ft")
{
    Program.TransCost_LoLo = 700 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (8 + 7.3 + 143.2) * Program.numberofcontainer;

    Program.TransCost_RoRo = 940 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (8 + 7.3 + 143.2) * Program.numberofcontainer;
}
}

else if (Program.line == "부산-오사카")
{
    Program.TransTime_LoLo = 109.8;

    Program.TransTime_RoRo = 37.8;

    if (Program.containertype == "20ft")
    {
        Program.TransCost_LoLo = 250 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (4 + 7.3 + 106) * Program.numberofcontainer;

        Program.TransCost_RoRo = 600 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (4 + 7.3 + 106) * Program.numberofcontainer;
    }
}

```

```

    }

    else if (Program.containertype == "40ft")
    {
        Program.TransCost_LoLo = 500 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (8 + 7.3 + 143.2) * Program.numberofcontainer;

        Program.TransCost_RoRo = 1200 * Program.numberofcontainer + (30 + 36.5
+ 30) + (8 + 7.3 + 143.2) * Program.numberofcontainer;

    }
}

#endregion

#region 포장비용(PC)
if(Program.containertype == "20ft")
{
    if(Program.usesimplepackaging == true)
    {
        Program.PackagingCost_LoLo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 64;

        Program.PackagingCost_RoRo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 51.2;

    }

    else if(Program.usesimplepackaging == false)
    {

        Program.PackagingCost_LoLo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 64;

        Program.PackagingCost_RoRo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 64;
    }
}

```

```

    }

}

else if(Program.containertype == "40ft")
{
    if (Program.usesimplepackaging == true)
    {
        Program.PackagingCost_LoLo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 64;

        Program.PackagingCost_RoRo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 51.2;
    }

    else if (Program.usesimplepackaging == false)
    {
        Program.PackagingCost_LoLo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 64;

        Program.PackagingCost_RoRo = Program.numberofcontainer *
Program.loadablecargovolume * 64;
    }
}

}

#endregion

#region TLC 계산

    Program.TLC_LoLo = Program.TransCost_LoLo + Program.cargovalue *
(Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24)) * Program.TransTime_LoLo +
Program.PackagingCost_LoLo;

    Program.TLC_RoRo = Program.TransCost_RoRo + Program.cargovalue *
(Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24)) * Program.TransTime_RoRo +
Program.PackagingCost_RoRo;

```

```

//

String instcost;

if(Program.TLC_LoLo > Program.TLC_RoRo)
{
    txtRecommendedTransportation.Text = "Ro-Ro";
    txtTotalLogisticalCost.Text = Program.TLC_RoRo.ToString();
    instcost = txtTotalLogisticalCost.Text;
}
else
{
    txtRecommendedTransportation.Text = "Lo-Lo";
    txtTotalLogisticalCost.Text = Program.TLC_LoLo.ToString();
    instcost = txtTotalLogisticalCost.Text;
}

#endregion

#region Cross 좌표 계산
double CrossX = 0.0d;
double CrossY = 0.0d;

for(int i = 0; i < 70000 * Program.numberofcontainer * 3; i++)
{

```

```

        if((Program.TransCost_LoLo + i * (Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24))
        * Program.TransTime_LoLo + Program.PackagingCost_LoLo) - (Program.TransCost_RoRo + i *
        (Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24)) * Program.TransTime_RoRo +
        Program.PackagingCost_RoRo) > 0 && (Program.TransCost_LoLo + i *
        (Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24)) * Program.TransTime_LoLo +
        Program.PackagingCost_LoLo) - (Program.TransCost_RoRo + i * (Program.Annual_Retention_Cost
        / (365 * 24)) * Program.TransTime_RoRo + Program.PackagingCost_RoRo) <= 1)

```

```
{
```

```
    CrossX = i;
```

```
    CrossY = Program.TransCost_LoLo + i * (Program.Annual_Retention_Cost /
    (365 * 24)) * Program.TransTime_LoLo + Program.PackagingCost_LoLo;
```

```
    break;
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
    CrossX = 0.0d;
```

```
    CrossY = 0.0d;
```

```
}
```

```
}
```

```
#endregion
```

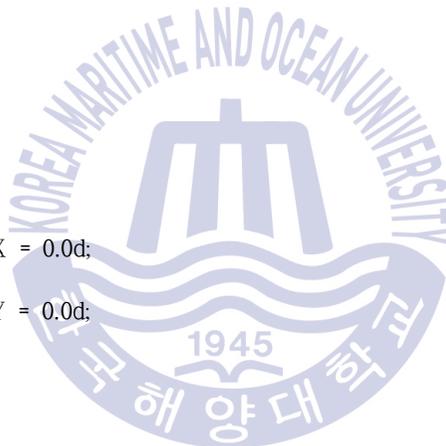
```
#region 차트 생성
```

```
double b = 0.0d;
```

```
if (Program.containertype == "20ft")
```

```
{
```

```
    b = 70000 * Program.numberofcontainer;
```



```

}

else if (Program.containerType == "40ft")
{
    b = 140000 * Program.numberOfContainer;
}

int ib = int.Parse(b.ToString());

double[] yValues_LoLo = new double[(ib * 4) / 50000];
double[] yValues_RoRo = new double[(ib * 4) / 50000];
double[] xValues = new double[(ib * 4) / 50000];

double[] yValues_Result1 = new double[1];
double[] xValues_Result1 = new double[1];
double[] yValues_Result2 = new double[1];
double[] xValues_Result2 = new double[1];

double[] yValues_Cross = new double[1];
double[] xValues_Cross = new double[1];

for (int i = 0; i < (ib * 4) / 50000; i++)
{
    yValues_LoLo[i] = Program.TransCost_LoLo + 50000 * i *
(Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24)) * Program.TransTime_LoLo +
Program.PackagingCost_LoLo;

```

```

        yValues_RoRo[i] = Program.TransCost_RoRo + 50000 * i *
(Program.Annual_Retention_Cost / (365 * 24)) * Program.TransTime_RoRo +
Program.PackagingCost_RoRo;

```

```

        xValues[i] = 50000 * i;

```

```

    }

```

```

yValues_Result1[0] = Program.TLC_LoLo;

```

```

yValues_Result2[0] = Program.TLC_RoRo;

```

```

xValues_Result1[0] = Program.cargovalue;

```

```

xValues_Result2[0] = Program.cargovalue;

```

```

if(CrossX > 1)

```

```

{

```

```

    yValues_Cross[0] = CrossY;

```

```

    xValues_Cross[0] = CrossX;

```

```

    chrtAnalysis.Series[4].Label = "(" + Math.Round(CrossX,0) + ", " +
Math.Round(CrossY,0) + ")";

```

```

    chrtAnalysis.Series[4].Points.DataBindXY(xValues_Cross, yValues_Cross);

```

```

}

```

```

    chrtAnalysis.Series[2].Label = "(" + xValues_Result1[0] + ", " +
Math.Round(yValues_Result1[0],0) + ")";

```

```

    chrtAnalysis.Series[3].Label = "(" + xValues_Result2[0] + ", " +
Math.Round(yValues_Result2[0], 0) + ")";

```

```
chrtAnalysis.Series[0].Color = Color.FromArgb(220,Color.Tomato);
```

```
chrtAnalysis.Series[1].Color = Color.FromArgb(220,Color.DodgerBlue);
```

```
chrtAnalysis.Series[0].Points.DataBindXY(xValues, yValues_LoLo);
```

```
chrtAnalysis.Series[1].Points.DataBindXY(xValues, yValues_RoRo);
```

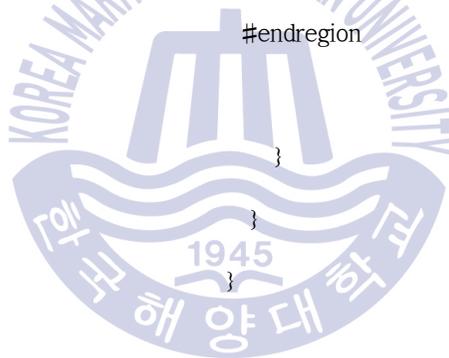
```
chrtAnalysis.Series[2].Points.DataBindXY(xValues_Result1, yValues_Result1);
```

```
chrtAnalysis.Series[3].Points.DataBindXY(xValues_Result2, yValues_Result2);
```

```
chrtAnalysis.ChartAreas[0].AxisX.Title = "Cargo Value per Container($)";
```

```
chrtAnalysis.ChartAreas[0].AxisY.Title = "Total Logistical Cost($)";
```

```
#endregion
```



감사의 글

한국에 유학 온지 어느덧 5년이란 시간이 지나갔고 박사과정도 마무리단계에 들어섰습니다. 설렘과 기대 속에서 시작한 박사과정, 이제 결실을 맺게 되면서 감사의 마음을 전할 분들을 떠올리며 글을 적어봅니다.

우선 학위논문을 세심하게 지도해주시고 학업과 생활을 아낌없이 배려해주시며 용역, 논문 및 다양한 학술활동에 참여할 기회를 주신 은사 김율성 교수님께 진심으로 감사의 인사를 드립니다. 그리고 항상 사랑으로 감싸주시며, 아낌없는 지도와 가르침을 주신 신영란 교수님께도 감사의 말씀을 올립니다.

바쁘신 와중에서도 일정을 내셔서 논문을 세심하게 심사하시고 많은 조언을 주신 광규석 교수님, 남기찬 교수님 및 부산대학교 김상열 교수님께도 감사드립니다.

그리고 대학원과정에서 많은 가르침을 주신 신재영 교수님, 신창훈 교수님, 김환성 교수님, 김시현 교수님, 류동근 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 학교생활에서 여러 가지로 도움을 주신 장태오 조교님께도 감사의 말씀을 드립니다.

논문작성에 필요한 사례연구와 필요한 데이터를 제공해주신 일본통운 임상조 소장님께 감사의 말씀을 드립니다. 또한 논문모델을 구현하는 컴퓨터 프로그램 개발에 아낌없는 도움을 준 박형준한테 감사의 인사를 전합니다. 짧지만 많은 정을 나누면서 함께 생활했고 논문작성에 큰 힘이 되어준 유지원, 정상원, 차재웅, 덕분에 논문이 순조롭게 진행되었고 학위과정이 즐거웠다. 정말 고맙다. 그리고 항만물류실험실의 첫 풀타임 학생이고 저를 비롯한 후배들에게 훌륭한 본보기가 되어 준 윤은영에게 감사의 인사를 전합니다. 그리고 저와 함께 학위과정을 보낸 최훈도 선배, 유장호 형님, Xu XIAO, 감사합니다.

학부시절부터 인연을 맺고 저를 유학의 길로 이끌어주신 동명대학교 박남규 교수님께 감사의 인사를 드립니다. 대학원생활 과정에 학문적으로 많은 아이디어, 다양한 지식을 전수해주시고 해양대학교에 입학할 수 있도록 도와주신 최

우영 선배님, 뛰어난 친화력으로 많은 노하우를 가르쳐주신 BDI 이정훈 선배님께 감사의 말씀을 드립니다. 학위과정에서 많은 도움을 주시고 저를 챙겨주신 KMI 김은우 누나와 희가혜 누나한테 감사의 인사를 전해드립니다.

유학의 꿈을 실현하도록 든든한 버팀목이 되어주시고 물심양면으로 지원해주신 부모님께 고개 숙여 감사드립니다.

마지막으로 박사과정에서 만나 저를 믿어주고 평생을 동행하는 선택을 한 사랑하는 아내 장몽비한테 감사의 말씀을 드립니다. 믿음과 기대에 어긋나지 않고 훌륭한 남편이 되기 위해 노력하겠습니다.

지면으로 미처 언급하지 못했지만, 저를 아끼고 격려해 주셨던 모든 분들께도 진심으로 감사하다는 말씀을 전합니다. 더욱 정진하여 바른 모습으로 성장해 물류 분야에서 꼭 필요한 존재가 되도록 노력하겠습니다.



2019년 1월

정학빈 올림