



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

**중간 경유지를 고려한 화물운송량
산정모형에 관한 연구**

A Study on the Freight Transport Volume Model
by considering Way Point



指導教授 金 煥 成

2016 年 12 月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템學科

曹 敏 智

본 논문을 조민지의 물류학박사 학위논문으로 인준함.

위원장 김 율 성 (인)

위 원 남 기 찬 (인)

위 원 곽 규 석 (인)

위 원 허 윤 수 (인)

위 원 김 환 성 (인)

2016년 12월 20일

한국해양대학교 대학원

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	vi
Abstract	vii
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 필요성	1
1.2 연구의 목적 및 방법론	3
1.3 논문의 구성	5
제 2 장 내륙 화물 운송 환경변화	7
2.1 내륙화물운송 현황	7
2.2 항만-내륙간 운송자료 현황	15
2.3 물류센터 현황	20
제 3 장 화물운송량 산정모형 관련 연구	31
3.1 국내 화물운송모형 관련 연구	31
3.2 국외 화물운송모형 관련 연구	33
제 4 장 화물운송량 산정모형 개발	37
4.1 모형구조	37
4.2 모형검증	40
4.3 결과종합	46

제 5 장 화물 운송량 산정모형 적용 및 활용방안	52
5.1 연구 방법	52
5.2 시뮬레이션	67
5.3 시뮬레이션 결과	72
5.4 화물운송량 산정모형 활용방안	78
제 6 장 결론	83
6.1 결론	83
6.2 연구의 한계점 및 향후 연구 방향	84
참고문헌	85
부록 A 수입화물운송모형 DATA	91
부록 B 수출화물운송모형 DATA	97
부록 C 내륙물류기지 DATA	103

List of Tables

Table 1-1 기존 방법론과 본 연구의 방법론 비교	4
Table 2-1 화물통행실태조사 리스트	8
Table 2-2 화물통행실태조사 조사대상	9
Table 2-3 화물통행실태조사 조사내용	10
Table 2-4 2011년 화물자동차 기종점 통행량 분포	12
Table 2-5 전국 지정항만 현황	15
Table 2-6 2014년 전국 수출입 컨테이너 시도별 유발 물동량 추세	17
Table 2-7 주요 항만별 2014년 수출입 컨테이너 시도별 유발 물동량 추계	18
Table 2-8 물류시설의 종류와 정의	20
Table 2-9 내륙물류기지 현황	22
Table 2-10 의왕 ICD 시설 현황	27
Table 2-11 의왕 ICD 물동량	28
Table 2-12 양산 ICD 시설 현황	30
Table 3-1 국내 화물운송모형 관련 연구	31
Table 3-2 국외 화물운송모형 관련 주요연구	34
Table 4-1 Input data	44
Table 4-2 Exact weight	44
Table 4-3 입력값의 output data	44
Table 4-4 Intermediate destination	44
Table 4-5 Results of simulation about output	46
Table 4-6 Error rate between output and target	47
Table 4-7 Results of simulation about Intermediate destination	47
Table 4-8 Results of simulation about weight	48
Table 4-9 Verification constraints	49

Table 4-10 Directly transported cargo from origin to destination	50
Table 4-11 Cargo from origin to intermediate destination	50
Table 4-12 Cargo from intermediate destination to destination	51
Table 4-13 Results of simulation about all of areas	51
Table 5-1 Input Data	67
Table 5-2 Output Data	68
Table 5-3 ICD 수입 Data	69
Table 5-4 Input Data	70
Table 5-5 Output Data	71
Table 5-6 ICD 수출 Data	72
Table 5-7 도착지 시뮬레이션 결과	72
Table 5-8 도착지 오차 비율	73
Table 5-9 중간 거점 시뮬레이션 결과	75
Table 5-10 중간 거점 오차 비율	75
Table 5-11 도착지 시뮬레이션 결과	76
Table 5-12 도착지 오차 비율	77
Table 5-13 중간 거점 시뮬레이션 결과	77
Table 5-14 중간 거점 오차 비율	78
Table 5-15 As-Is, To-Be	79
Table A-1 부산항 수입컨테이너 기종점 자료	91
Table A-2 인천항 수입컨테이너 기종점 자료	92
Table A-3 광양항 수입컨테이너 기종점 자료	93
Table A-4 평택항 수입컨테이너 기종점 자료	94
Table A-5 울산항 수입컨테이너 기종점 자료	95
Table B-1 부산항 수출컨테이너 기종점 자료	97
Table B-2 인천항 수출컨테이너 기종점 자료	98

Table B-3	광양항 수입컨테이너 기종점 자료	99
Table B-4	평택항 수입컨테이너 기종점 자료	100
Table B-5	울산항 수입컨테이너 기종점 자료	101
Table C-6	의왕 ICD 반출입물동량	102
Table C-7	양산 ICD 반출입물동량	103
Table C-8	의왕 ICD 컨테이너화물차량 조사자료(시도별)	104
Table C-9	양산 ICD 컨테이너화물차량 조사자료(시도별)	105
Table C-10	의왕 ICD 기종점 DATA	106
Table C-11	양산 ICD 기종점 DATA	107



List of Figures

Fig. 1-2 Flowchart	3
Fig. 1-3 논문 구성도	6
Fig. 2-1 화물통행실태조사 조사내용	11
Fig. 2-2 수출입 컨테이너화물의 내륙 기·종점 현행화 방안	17
Fig. 2-3 내륙물류기지 현황	23
Fig. 4-1 수입화물운송모형	38
Fig. 4-2 수입화물운송모형	38
Fig. 4-3 화물운송모형 재설정	39
Fig. 4-4 유전 알고리즘의 구조	41
Fig. 4-5 Flow chart	42
Fig. 4-6 시뮬레이션 결과	45
Fig. 5-1 화물운송모형 개념도	52
Fig. 5-2 수입화물운송모형 개념	54
Fig. 5-3 물류센터 경유하는 화물운송모형(수입)	56
Fig. 5-4 목적지로 바로 운송하는 화물운송모형(수입)	58
Fig. 5-5 화물운송모형(수입물량)	59
Fig. 5-6 수출화물운송모형 개념	60
Fig. 5-7 물류센터 경유하는 화물운송모형(수출)	62
Fig. 5-8 목적지로 바로 운송하는 화물운송모형(수출)	64
Fig. 5-9 화물운송모형(수출모형)	65
Fig. 6-10 유통경로도	81
Fig. 6-11 유로경로분석결과예시(골재의 생산/경유/도착지 분포도)	81

A Study on the Freight Transport Volume Model by considering Way Point

Jo, Min Ji

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

Abstract

Along with the development of port industry, inland transport becomes more and more important in connecting ports with inland. Therefore, studying on cargo flow from ports to regions has been active in progress. However current statistical data of freight flow from origin locations to destination locations do not reflect exact characteristics of freight flow. They also do not reflect the characteristics of multimodal transport system in which cargos go through intermediate locations such as logistics center or inland container depot. Recognizing the emergent need of rebuilding statistical data of freight flow from origin locations to destination locations, this paper aims to present a model of freight flow based on neutral network model and verify the proposed model through the simulation scenarios

KEY WORDS: freight transport volume, GA, Logistics Center, ICD



제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

국내의 수출입 물동량 뿐 아니라 국내에서 운송되는 화물량은 꾸준하게 증가하고 있다. 수출입 물동량에 대한 추정 및 예측에 대한 연구는 활발하게 진행되고 있으나 국내의 화물 운송량에 대한 연구는 수출입 물동량에 관한 연구에 비해 미진한 편이다. 최근에는 국가 물류비 절감, 녹색 물류 환경 조성 및 물류산업의 경쟁력 제고 등의 이유로 국내의 화물교통 분야의 중요성이 커지고 있다(Park et al, 2012). 이에 따라 국내의 화물 운송량 산정에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있으며 최근에 활발하게 진행되고 있다. 현재 화물 운송량 산정에 관한 연구는 주로 교통 분야에서 진행되고 있으며 화물량 산정 방식은 여객 추정 모형인 4단계 수요 추정기법을 이용 있어 논리적 모순을 갖고 있다(Holguin- Veras and Thorson, 2000). 이에 따라 기존의 화물량 산정 방식은 물류특성(Logistics Characteristics)을 제대로 반영하지 못하고, 산업의 특성 및 관계도 고려하지 못한다(Wang and Holguin-Veras, 2008; Kim et al, 2010). 이를 개선하기 위해 Tavasszy(2008)는 물류행태(Logistics Behavior)를 고려한 화물량 추정을 강조하고 있으며 이는 화물량 추정의 신뢰성 및 활용도를 위해 필요하다고 강조하였다.

EU와 미국, 영국 같은 선진국에서는 경제활동과 화물 이동간의 연계를 반영한 연구의 필요성을 인지하여 1990년대부터 물류 특성을 반영한 화물 수요 추정연구가 시작되었고, 최근에는 연구의 가시적인 성과들을 거두고 있다(박동주, 2009). 국내에서는 2000년대에 들어와 화물수요추정에 관한 연구가 본격화되었으며 선진국에 비해서 연구의 성과들이 미흡한 실정이

1) 단순히 화물이 출발지에서 목적지로 운송되는 것이 아니라 운송수단 변경 등의 이유로 중간경유지(물류센터, 내륙물류기지등)를 거치는 운행 특성을 뜻한다.

다. 현재까지 국내에 구축된 화물 운송 자료를 살펴보면 주로 한국교통연구원에서 국가교통 DB구축사업의 일환으로 구축되어 왔으며 조사방법으로는 화물 운송 트럭의 출발지와 목적지를 조사하여 자료를 구축한 형태이다. 이는 물류센터, 컨테이너 내륙 기지 등을 경유하는 화물의 운송 특성을 고려하지 않은 자료 형태이다. 이를 위해 물류 특성을 반영한 화물물동량 추정방법의 개선은 반드시 필요하다.

1.2 연구의 목적 및 방법론

본 연구에서는 기존에 구축되어 있는 O/D데이터에 물류운송특성을 고려하여 화물물동량을 재추정하고자 한다. 본 연구의 목적은 물류운송특성을 고려하여 화물물동량을 추정하는 데 있다. 이 때 물류의 특성은 화물이 출발지에서 목적지 사이를 운송하는 것이 아니라 운송수단의 변경, 화물의 재적재 등의 이유로 물류센터 등의 중간 경유지를 거쳐서 운송하는 특성을 말한다. 이를 위해 본 연구에서는 중간 경유지를 고려한 화물운송모형을 개발하였고 개발한 화물운송모형에 실제 운송되어진 물동량 자료를 적용하였다. 화물운송모형은 항만과 내륙지점사이에 오가는 화물물동량을 대상으로 하고 수출화물운송모형, 수입화물운송모형으로 나누어 개발하였다. 개발된 모형에 실제 데이터를 적용하기 앞서 먼저 5개 항만과 11개 지역에 대한 실제 데이터를 분석하였고 분석한 결과를 토대로 화물운송모형에 실제 적용하였다. [fig. 1-2]는 본 연구의 방법론을 나타낸 것이다.

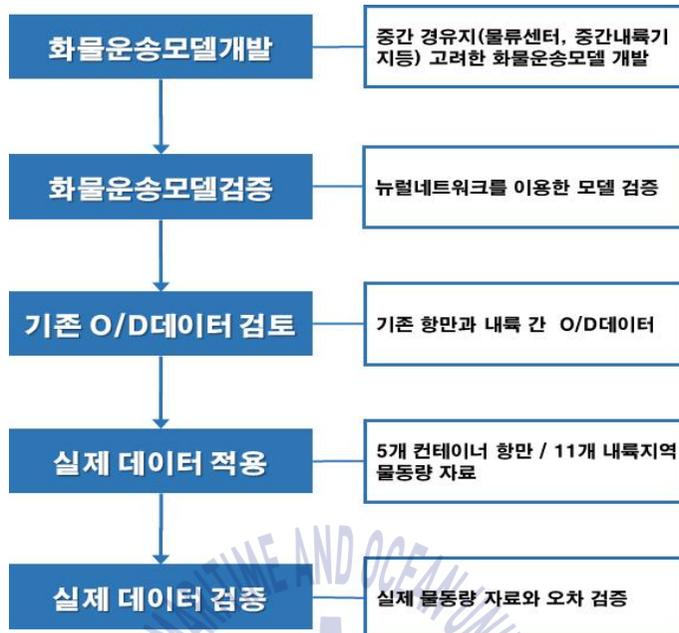


Fig. 1-1 Flowchart

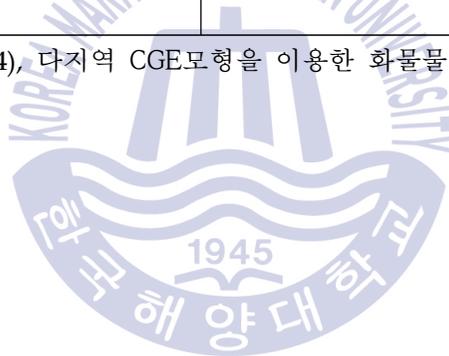
본 연구는 기존에 구축된 O/D데이터의 한계점을 파악하고 화물운송모형에서 물류운송특성을 반영하였다는 점에서 의의가 있다. 기존 화물수요 4단계 방법론은 화물의 운송특징등을 화물물동량에 반영하지 못하는 한계점이 있다. 또한 화물 이동에 영향을 미치는 입지특성, 집적특성, 물류특성요인을 전혀 반영하지 못하기 때문에 신뢰성을 저하하고 있다.(신승진, 2014)

본 연구에서 제시한 화물운송모형은 물류 센터등의 중간경유지를 고려한 화물운송모형으로 화물의 출발지 및 목적지, 중간경유지의 화물이동량을 파악할 수 있다. 따라서 중간경유지의 위치에 따라 화물 이동량에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 기존의 O/D자료는 화물 트럭의 출발지와 목적지를 조사하여 구축하였기 때문에 컨테이너내륙기지 및 물류센터 등에 경유하는 물동량은 파악하지 못하는 한계가 있다. [Table 1-1]은 기존 O/D자료와 본 연구의 방법론을 비교하였다.

Table 1-1 기존 방법론과 본 연구의 방법론 비교

구분	구축방법	필요자료	장단점
기존 O/D 데이터	-화물운송트럭의 출발지, 목적지 대면 조사 및 설문조사	- 설문조사자료 - 통계자료 (통계청)	-가장 널리 이용 -적절한 자료량 -물류특성을 반영할 수 없음 -경제활동 및 산업 연관관계반영이 어려움
본 연구 방법론	-중간경유지를 고려한 화물운송모형을 통한 자료 구축	- 통계자료 (관세청자료) - 조사자료 (ICD 업체자료)	-물류특성을 반영한 자료 구축 가능 -기존데이터에 비해 현실적임 -물류관련 정책에 기초 자료로 활용 가능

자료 : 신승진,(2014), 다지역 CGE모형을 이용한 화물물동량 추정 자료 재구성



1.3 논문의 구성

본 연구에서는 물류의 특성을 반영한 화물운송모형을 개발하였고 이를 통해 국내 항만과 내륙지역간의 화물물동량을 추정하였으며 중간경유지를 경유하는 화물물동량을 추정하고자 한다. 본 연구는 [Fig. 1-3]와 같이 제6장 체제로 구성하였다.

제1장은 연구의 배경으로 기존 화물수요추정 방법론의 한계점을 파악하고 기존 구축된 화물O/D 자료의 한계점을 지적하고 연구의 필요성을 제기하였다. 또한 본 연구의 목적 및 방법론을 살펴보았다.

제2장에서는 기존 내륙화물자료에 대한 분석을 실행하였다. 먼저 내륙 화물운송현황을 살펴보기 위해 국가 교통DB구축사업 및 도시물류기본계획등을 조사하였고 현재 구축된 O/D자료 구축방법을 분석하였다. 또한 항만과-내륙지역간에 구축된 O/D자료를 분석하고 그 구축방법에 대한 방법을 조사하고, 국내의 내륙물류기지에 대한 현황을 조사하였다.

제3장에서는 화물운송모형에 관한 국내외 선행연구를 고찰하였다. 기존 연구 고찰을 통하여 국내외 화물수요추정 방법론의 연구동향을 살펴보고 기존 방법론의 한계점을 제시하였다. 또한 기존 연구와 본 연구의 차별성을 제시하였다.

제4장에서는 기존 화물운송모형에 대한 한계점을 보완하기 위해서 중간경유지를 고려한 화물운송모형을 개발하였다. 수출과 수입 화물운송모형을 개발하였고 실제 데이터 자료를 적용하기 앞서 뉴럴 네트워크로 화물운송모형을 검증하였다.

제5장에서는 실제 5개 항만, 2개의 내륙컨테이너기지(ICD), 11개 내륙지역에 대한 실제 화물 운송량 자료를 화물운송모형에 적용하였다. 개발된 화물운송모형을 통하여 항만과 ICD, 항만과 내륙지역, ICD와 내륙지역간의 O/D자료를 구축하였다. 이를 통해 중간 경유지를 통한 항만 O/D자료 구축이 가능하였다.

제6장 본 연구의 결과를 정리하고 향후 연구 과제를 제시하였다.



Fig. 1-2 논문 구성도

제 2 장 내륙 화물 운송 환경변화

2.1 내륙화물운송 현황

현재 국내의 내륙화물운송량 추정은 크게 국가 교통DB사업과 지역물류기본계획에서 화물통행 실태조사를 실시하는 것이 대표적이다. 전국 지역단위의 화물 O/D 추정은 국가교통DB구축사업의 일환으로 전국 지역 간 화물 O/D를 들 수 있으며 이외에도 서울시 및 6개 광역권의 도시 물류기본계획을 수립하기 위하여 해당 지역의 화물 통행수요를 추정하고 있다. 전국 지역 간 화물 O/D는 전국 지역 간 규모의 화물통행수요를 나타내는 것으로써 5년마다 전국 물류현황조사를 통하여 구축되고 매년 사회경제여건의 변화를 반영하여 보완하고 있다. 도시물류기본계획은 지자체별로 5년마다 수행하며 향후 10년의 물류계획을 수립하기 위한 화물통행수요를 추정하고 있다.

2.1.1 국가교통DB구축사업

국가교통조사(National Traffic Survey)는 여객 및 화물의 교통에 관련된 기초자료를 수집 분석하여 이를 통해 교통수요 분석 작업을 수행하기 위한 기초자료를 구축하고 교통정책 및 교통사업분석등에 필요한 자료를 집적하여 공동 활용하기 위한 국가교통DB구축을 목적으로 하고 있다. 주요 조사대상 범위는 크게 여객부분과 화물부분으로 구분할 수 있으며 본 논문에서는 화물부분을 중점적으로 다룰 것이며 화물부분 국가교통조사는 화물통행실태조사라고 한다.

화물통행실태조사는 「국가통합교통체계효율화법 제12조 국가교통조사」, 「물류정책기본법 제7조 물류현황조사 수행」의 법적근거를 바탕으로 국가교통DB구축 사업의 일환으로 수행되는 5년 주기의 국가정기조사이다. 화물통행실태조사는 크게 사업체(광업, 제조업, 도매업, 창고업)의

물류현황을 파악하기 위한 사업체물류현황조사, 화물자동차의 적재 및 통행 현황을 파악하기 위한 화물자동차통행실태조사, 주요 물류거점의 통행량 현황을 파악하기 위한 물류거점진출입통행량조사로 구분된다.

Table 2-1 화물통행실태조사 리스트

조사 년도	주요사업	조사항목
2014년	물류거점 화물실태조사	공공물류거점 화물실태조사 철도화물실태조사
2013년	전국 연안화물 O/D 조사	전국 연안화물 항만O/D 조사 전국 연안화물 내륙O/D 조사
2011년	전국 화물 기종점 통행량(O/D) 조사	사업체물류현황조사 화물자동차통행실태조사 물류거점진출입통행량조사
	전국 해상화물 기종점 통행량(O/D) 조사	전국 해상화물 기종점통행량조사 전국 연안화물 항만간 기종점통행량 조사
2010년	전국 지역간 화물O/D 예비조사	사업체기반 물류현황조사 화물자동차 통행실태조사
	해상화물 O/D 예비조사	해상화물 기초통계조사 해상화물O/D 예비조사
2009년	물류거점별 화물원단위 조사	물류거점시설 입주사업체 조사 농수산물도매시장 화물자동차 운행실태조사 물류거점시설 진출·입 화물자동차 통행량 조사
	화물 품목별 유통경로 조사	업체일반현황조사 업체물류현황조사 유통경로현황조사
2008년	전국 지역간 화물 O/D 보완조사	산업단지 사업체 조사 산업단지 코든라인 조사
	주요품목별 유통경로조사 및 물류창고조사	주요 품목별 유통경로조사 물류창고조사
	연안화물 O/D 조사	연안화물 기종점 조사
2005년	전국 지역간 화물 기종점통행량 조사	사업체대상 물류현황조사 화물자동차 통행실태조사 화물발생 중계거점조사
	동북아지역 해상수출입화물 기종점통행량 조사	해상 수출입화물의 내륙 기종점 조사
2004년	여객·화물 기종점	사업체 대상 물류현황조사

	통행량 예비조사	화물자동차통행실태조사 화물발생중계거점조사 도로노측조사
2001년	물류현황조사	사업체대상 물류현황조사 화물발생중계거점조사 기업물류실태조사
1999년	화물통행실태조사	사업체 특성조사 화물차량운행특성조사
1998년	화물통행조사	화물교통시설물 조사 (화물터미널, 화물철도역, 공항, 항만)

자료 : 국가교통DB센터, <https://www.ktdb.go.kr>

2011년 실시한 전국 화물기종점 통행량(O/D)조사는 국가통합교통체계 효율화법에 명시된 국가교통조사로서 전국 지역간 화물기종점통행량을 추정하고 국내 물류현황을 분석할 수 있는 DB를 구축하기 위한 기초자료 마련을 목적으로 하고 있다. 전국 화물O/D조사는 화물O/D를 구축하는 것 이외에, 국내 품목별 물동량 운송특성을 파악하고 화물 및 화물자동차 수송실적을 산정하는 등 교통물류정책 수립을 위한 자료로 쓰인다. 조사별 조사대상은 다음 표와 같다.

Table 2-2 화물통행실태조사 조사대상

조사내용	조사대상
사업체물류현황조사 (광업, 제조업, 도매업)	종사자수 5인 이상의 광업, 제조업, 도매업 사업체
사업체물류 현황조사(창고업)	물류창고 운영업체 및 물류업체
화물자동차 통행실태조사	비사업용 및 사업용 화물자동차 운전자
물류거점진출입 통행량조사	주요 물류거점시설 진출입 차량

자료 : 2011년 전국 화물물 기종점 통행량(O/D) 조사

특히 화물자동차통행실태조사는 사업용과 비사업용 화물자동차를 대상

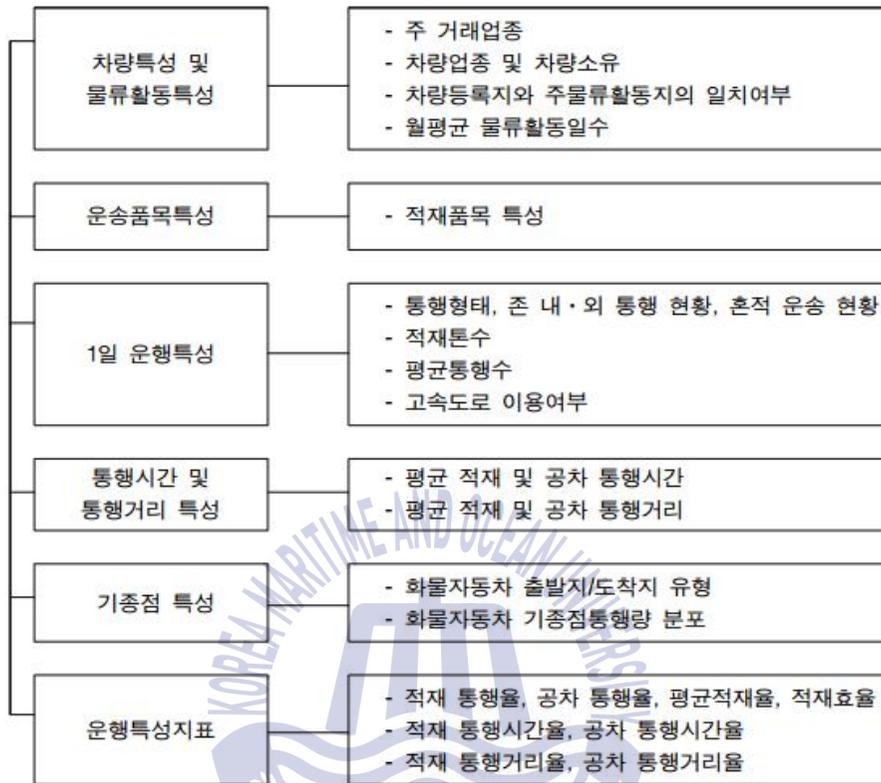
으로 화물자동차의 적재 및 통행 현황을 파악하기 위한 조사로서 화물자동차 운전자를 대상으로 한 설문조사로 수행되었다. 조사장소는 사업용과 비사업용 화물자동차 표본을 적절히 입수할 수 있도록 일반기업체, 공동사업장, 농수산물도매시장, 택배업체, 자동차검사소, 주유소, 고속도로 화물차휴게소, 고속도로 영업소 등 다양한 지점을 선정하고 조사내용은 화물자동차의 차량특성과 통행특성으로 구분되며 세부내용은 다음과 같다.

Table 2-3 화물통행실태조사 조사내용

구분	조사내용
차량특성	<ul style="list-style-type: none"> ·화물자동차 업종 ·화물자동차 종류 및 적재능력 ·개인소유여부, 지입여부 ·차량등록지와 주물류활동지
통행특성	<ul style="list-style-type: none"> ·월평균 운행일수, 운행형태 ·화물품목, 공차여부 ·출발지, 출발시각, 출발지유형, 적재량 ·경유지, 경유지 도착시각, 경유지 유형, 상·하차량 ·도착지, 도착시각, 도착지유형,

자료 : 2011년 전국 화물물 기종점 통행량(O/D) 조사

화물자동차 통행실태 분석내용은 차량특성 및 물류활동특성, 화물자동차 적재품목의 특성, 1일 운행특성, 화물자동차의 통행시간 및 통행거리 특성, 화물자동차의 기종점 특성, 화물자동차 운행특성지표 등이다. 이때 운행특성지표는 적재 통행율, 공차 통행율, 평균적재율, 적재효율, 적재 통행시간율, 공차 통행 시간율, 적재 통행 거리율, 공차 통행 거리율 등이다.



자료 : 전국 화물 기종점통행량(O/D) 조사

Fig. 2-1 화물통행실태조사 조사내용

여기서 화물자동차 O/D는 물동량 O/D에 화물자동차 적재율, 공차율을 적용하여 전화하고 있다. 현행 국가교통 DB로 구축되는 화물 O/D는 도시 내부에서 이동하는 화물보다는 국가 규모의 지역 간 화물에만 초점을 맞추고 진행되었기 때문에 대도시 화물특성을 반영한 화물O/D의 구축에 대한 요구가 지속적으로 제기 되어왔다.

화물자동차 기종점통행량은 다음 표와 같고 기종점통행량 분포를 살펴 보면, 경기도의 발생 및 도착량이 가장 많다. 내부통행량은 경기도가 가장 많았으며, 다음으로는 서울, 경남 순이다.

Table 2-4 2011년 화물자동차 기종점 통행량 분포

단위 : %

	전체	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
전체	100	8.75	6.96	5.38	5.52	4.99	4.03	3.7	14.28	4.69	5.09	6.15	6.03	6.28	4.99	8.39	4.77
서울	8.61	5.02	0.07	0.04	0.57	0.04	0.05	0.01	2.24	0.14	0.11	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	-
부산	6.83	0.08	3.65	0.14	0.07	0.03	0.03	0.52	0.34	0.03	0.06	0.08	0.04	0.05	0.13	1.56	-
대구	5.33	0.04	0.12	3.65	0.02	0.02	0.03	0.05	0.1	0.03	0.03	0.05	0.01	0.02	1	0.16	-
인천	5.55	0.57	0.06	0.03	3.28	0.01	0.03	0.03	1.12	0.05	0.07	0.15	0.02	0.02	0.06	0.03	-
광주	5.01	0.03	0.04	0.02	0.01	3.73	0.02	0.01	0.1	0.01	0.02	0.02	0.15	0.82	0.01	0.03	-
대전	3.99	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	2.94	0.02	0.12	0.01	0.26	0.36	0.05	0.01	0.03	0.02	-
울산	3.66	0.01	0.51	0.05	0.02	0.01	0.02	2.3	0.09	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.11	0.45	-
경기	14.14	2.24	0.25	0.11	1.11	0.09	0.14	0.07	8.47	0.31	0.38	0.52	0.1	0.06	0.14	0.15	-
강원	4.66	0.16	0.04	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.27	3.84	0.12	0.03	0.02	0.01	0.05	0.01	-
충북	5.15	0.12	0.06	0.05	0.07	0.03	0.24	0.02	0.39	0.13	3.44	0.38	0.05	0.02	0.1	0.05	-
충남	6.19	0.14	0.09	0.06	0.14	0.03	0.38	0.06	0.5	0.04	0.37	4.08	0.09	0.05	0.08	0.09	-
전북	6.04	0.08	0.04	0.01	0.02	0.15	0.05	0.01	0.1	0.02	0.04	0.08	5.21	0.16	0.03	0.03	-
전남	6.36	0.09	0.05	0.02	0.03	0.79	0.01	0.02	0.1	0.01	0.02	0.06	0.17	4.91	0.02	0.06	-
경북	5.03	0.07	0.14	0.98	0.06	0.01	0.05	0.11	0.16	0.05	0.1	0.08	0.03	0.02	3.02	0.16	-
경남	8.67	0.05	1.8	0.18	0.03	0.03	0.02	0.46	0.19	0.02	0.04	0.07	0.03	0.05	0.15	5.56	-
제주	4.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7

자료 : 2011년 전국 화물물 기종점 통행량(O/D) 조사

2.1.2 도시물류기본계획

물류정책기본법에는 지자체가 5년마다 도시물류기본계획을 수립할 수 있는 것으로 명시하고 있다. 도시물류기본계획 수립지침에는 물류시설소요면적을 산정하기 위해 화물통행수요 예측을 필수 내용으로 포함하고 있

으나 지자체별 일관된 방법론을 적용하고 있지 않다.

울산광역시 도시물류기본계획에서는 자료 수집의 용이성, 분석의 정확성등을 고려하여 비추정방법으로 화물통행수요를 추정한다. 비추정 시 독립변수로는 화물발생과 상관관계가 높은 매출액을 이용하였으며, 경우에 따라서는 종사자 수를 고려한다. 모집단의 물동량은 종사자 계층별, 업종별, 지역별로 층화된 종사자 수를 기준으로 추정하였다. 세부적으로 보면 층화 추출 방법을 적용하며 각 업종별, 지역별 조사자 수를 기준으로 계층을 설정하고 각 계층에 대하여 산정된 원단위를 이용하여 물동량을 업종별, 지역별로 세분화하였다. 업종 구분은 한국표준산업 분류를 참조하여 7개의 품목으로 구분하였으며 지역 구분은 울산광역시를 14개 중군으로 권역을 구분하였다.

대전광역시 물류기본계획에서는 지역별 모집단과 표본의 사업체 수 비율을 이용하여 1차 전수화계수를 산정하고 지역별 표본과 모집단의 매출액 비율을 이용하여 1차 전수화 계수를 보정한 2차 전수화계수를 산정한다. 이후 국가교통 DB의 광역권 물동량 O/D를 이용하여 제로셀 및 광역권 내 물동량을 보전하고 국가교통DB의 지역 간 물동량 O/D를 이용하여 광역권 내와 외곽 지역간 물동량을 산출하여 전수화 결과에 포함한다. 이후 물동량 O/D를 화물자동차 O/D로 전환한다.

부산광역시 도시물류기본계획에서는 국가교통 DB의 지역 간 O/D를 바탕으로 장래 물류수요를 예측하였다. 화물발생모형의 경우 종속변수로 준별화물발생량과 도착량을 사용하였으며 설명변수로는 준별인구수와 품목별 종사자수·사업체수·매출액, GRDP를 사용하였다. 또한 통행분포모형은 국가 교통 DB자료의 고아역권 화물물동량분포패턴이 유지된다는 가정하에 프라타모형을 적용하였다.

광주광역시도시물류기본계획에서는 물동량 발생과 도착의 주체인 도·소매업과 제조업을 품목별로 구분하여 모집단에 대한 표본 집단을 선정하고 표본 집단 조사에 의한 물류특성을 고려한 모집단의 물동량 전수화를 수행하였다. 장래 물동량 예측을 고려한 전수화 방안은 상관관계가 높은

설명변수를 최적도시지표로 선정하고 교통존별로 예측하여 회귀분석모형에 의한 장래 품목별 화물발생·도착량을 추정하였으며 물동량 통행분포는 프라타모형을 이용하여 표본조사 O/D를 기초로 국가교통 DB에서 추정한 품목별 통행분포를 반영하여 장래 품목별 O/D를 추정하였다.

일반적으로 지역물류기본계획은 물동량의 원활한 처리를 위하여 요구되는 해당 지역 물류시설 소요면적을 산정하는 데 초점을 맞추고 있는 관계로 화물자동차수요보다는 물동량수요에 관심이 있다. 조사 및 전수화 과정에서 광공업 및 제조업에 대한 고려는 이루어 졌으나 다양한 산업에 대한 고려가 이루어지지 않아 물동량이 많은 부산, 인천 및 울산은 과다 추정될 우려가 있으며 그 밖의 서울, 대구, 광주 및 대전은 과소 추정될 가능성이 존재 한다. 즉 대도시 내에 사업 및 개인 서비스업, 공공행정, 문화 등 다양한 업종이 존재함에도 불구하고 광업, 제조업, 도소매업, 창고업에 관련된 화물통행 수요만을 반영한 관계로 화물자동차 O/D를 과소 추정하는 결과를 초래할 수 있다.

또한 지역 간 화물자동차 O/D 구축과 비교하면 도시부에서의 화물자동차 O/D의 신뢰성 제고를 위한 노력이 부족한 상황이며 화물통행수요 추정 결과에 대한 검증 과정도 미흡하다. 특히 대도시 지역의 경우 통행수요 추정이 여객부문에 초점을 맞추고 진행되어 온 관계로 이러한 문제점들은 쉽게 해결되지 못하였다. 또한 대부분의 지자체에서는 국가교통 DB의 지역 간 화물 O/D를 기반으로 지역물류기본계획을 수립하고 있기 때문에 지자체별 화물특성을 반영한 화물수요예측 방법이 시급하다.

2.2 항만-내륙간 운송자료 현황

현재 국내에서는 국가교통조사 및 DB구축사업 일환으로 5년 단위의 전국 해상화물 O/D조사를 하고 있다. 해상화물 O/D자료 구축은 2000년 부산항과 2001년전국 항만에 대한 두 차례 조사를 통해 전국 단위 O/D가 최초로 구축되었으며 이후 2005년에 2차 전국 조사를 통해 갱신되었고 2011년에 3차로 수행되었고 매년 변화하는 국제해상운송 네트워크와 국내 지역개발사업을 반영하기 위하여 2011년 기준 기 구축된 해상화물 O/D자료를 일정한 방법론에 입각해 매년 자료를 갱신하고 있으며 가장 최신의 자료는 2014년 기준으로 갱신한 자료이므로 본 연구에서는 2014년 자료를 이용할 예정이다. 해상화물 O/D자료 구축 조사는 크게 3가지로 구분할 수 있으며 수출입컨테이너 내륙 O/D자료 구축, 수출입 일반화물 내륙 O/D자료 구축, 미래 O/D자료 전망이다. 본 연구에서는 수출입 컨테이너 내륙 O/D자료 구축데이터만 이용할 계획이다.

컨테이너 화물의 국내 화물과 내륙 지역간 O/D자료는 해상물동량, 사회경제적 통계 자료 등 2014년 데이터를 기준으로 31개(국가관리 14개, 지방관리 17개) 무역항 중 컨테이너 취급항만을 대상으로 항만과 내륙 지역간 화물 흐름에 대한 기종점 자료를 구축하였다.

Table 2-5 전국 지정항만 현황

구분		무역항(31개)	
		국가관리항(14개)	지방관리항(17개)
수도권	인천청	경인항, 인천항, 평택·당진항	서울항
중분권	군산청	장항항, 군산항	
	대산청	대산항	보령항, 태안항
서남권	목포청	목포항	완도항
	여수청	광양항, 여수항	
동남권	마산청	마산항	하동항, 삼천포항, 통영항, 고현항,

			옥포항, 장승포항, 진해항
	부산청	부산항	
	울산청	울산항	
	포항청	포항항	
태백권	동해청	동해·묵호항	삼척항, 옥계항, 속초항, 호산항
제주권	제주청		제주항, 서귀포항

자료 : 전국 해상화물 기종점 조사

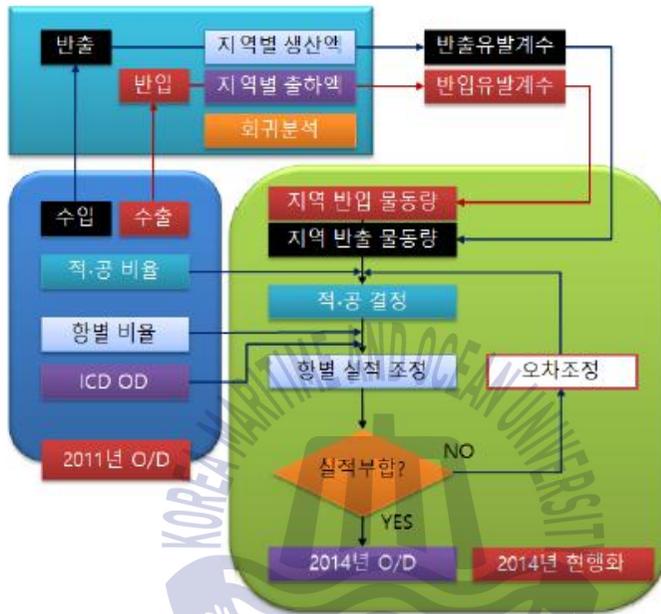
2014년 수출입 컨테이너 내륙O/D자료 구축 방법은 크게 3단계로써 2011년 조사된 자료를 먼저 정형화하고 유발계수 도출을 위한 선형회귀분석의 수행하여 2014년 추정치의 내륙 O/D현행화 작업을 수행하였다.

첫 번째 단계인 2011년 조사자료의 전형화단계는 2014년 반출입 유발계수에 의한 물동량의 배분을 위한 원단위로 활용하기 위하여 수행되었고 전형화의 대상으로는 지역별 컨테이너 처리량의 적공비율, 지역별 항별 컨테이너 점유율의 정형화, 내륙컨테이너기지 또는 항만 인근 ODCY에 대한 조사 자료이다.

두 번째 단계로는 유발계수 도출을 위한 선형회귀분석의 수행으로 2011년에 조사된 249개 시군구 컨테이너 물동량과 동계청에서 발표하 2011년 시군구 광공업 및 제조업 7개 지표를 연결하여 각 항목별로 단순 선형회귀분석을 수행하였다. 전국을 수도권, 중부권, 호남권, 영남권으로 구분하여 각각의 권역별 회귀분석 수행하였다. 4개 권역에 대한 수입화물과 수출화물 각각에 대한 회귀분석을 통해 총 8개의 회귀방정식을 도출하고 유발계수를 산출하였다.

세 번째로 2014년 추정치의 내륙 O/D 현행화 작업으로 회귀방정식과 2011년 기준 정형화 자료에 대해 2014년 실적을 대입하여 지역별 유발물동량을 산정하였다. 2011년의 적·공 비율을 적용하여 2014년 추계 화물의 내륙 적·공 물동량 결정하고 2011년의 지역별 항만 이용비율 실적에 의해

추계된 화물의 지역별 항만 이용 물동량 결정하고 2011년의 내륙컨테이너 기지(IDC)에 대한 정형화된 자료의 적용으로 IDC와 ODCY 경유화물에 대한 통계작업 수행하였다.



자료 : 2015년 해상화물O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구

Fig. 2-2 수출입 컨테이너화물의 내륙 기·종점 현행화 방안

2015년 해상화물 O/D 구축조사에 따라 249개 시군구에 대해 2014년 수출입 컨테이너 기종점 추정치는 다음과 같다.

Table 2-6 2014년 전국 수출입 컨테이너 시도별 유발 물동량 추세

단위 : 천TEU

	2014년			2011년		
	수출	수입	수출입	수출	수입	수출입
서울	58	94	152	49	83	132
부산	503	676	1,179	504	703	1,207
대구	135	111	246	127	103	230
인천	627	689	1,316	601	689	1,289

광주	269	200	469	253	190	443
대전	81	54	135	63	38	101
울산	815	773	1,588	785	724	1,509
경기	1,563	1,774	3,337	1,238	1,498	2,736
강원	31	22	53	33	19	52
충북	157	232	389	152	222	375
충남	408	365	772	375	310	685
전북	272	238	510	275	244	519
전남	542	422	964	615	392	1,007
경북	800	773	1,573	707	741	1,448
경남	1,072	846	1,919	879	800	1,679
전국	7,333	7,268	14,601	6,658	6,755	13,413

자료 : 2015년 해상화물O/D 보완개신 및 신뢰도 개선방안 연구

2014년에 100만 TEU 이상의 수출입 물동량을 야기한 시도는 경기도, 경상북도, 경상남도, 부산광역시, 인천광역시, 울산광역시 등 6개 지역이다. 2014년에 수출입 기준으로 가장 많은 물동량을 유발한 지역은 경기도로 연간 334만 TEU의 수출입 컨테이너를 유발한 것으로 나타나고 수출(반입) 물동량은 연간 약 156만 TEU, 수입(반출) 물동량은 연간 약 177만 TEU를 유발한 것으로 나타났다.

2014년 기준 주요 항만(부산항, 인천항, 광양항)에 대해 249개 시군구 별로 수출입 컨테이너 기종점 추정치를 도출한 결과는 다음과 같다.

Table 2-7 주요 항만별 2014년 수출입 컨테이너 시도별 유발 물동량 추계

단위 : 천TEU

시도	부산항			인천항			광양항		
	수출	수입	수출입	수출	수입	수출입	수출	수입	수출입
서울	31	50	81	24	37	61	2	5	7
부산	498	667	1,165	2	3	4	12	59	71
대구	112	99	211	16	3	18	0	1	2

인천	99	120	219	468	484	952	34	74	109
광주	101	79	181	0	1	1	153	105	258
대전	72	49	121	6	1	7	2	2	4
울산	593	615	1,208	3	2	4	1	0	1
경기	841	889	1,730	503	610	1,113	35	74	109
강원	26	13	40	2	6	8	0	0	1
충북	136	174	310	4	8	12	5	32	37
충남	238	211	449	37	38	75	22	41	64
전북	100	99	199	20	6	25	122	104	226
전남	50	48	98	0	0	1	469	333	802
경북	707	666	1,373	11	4	15	7	9	15
경남	1,053	817	1,870	8	2	10	6	15	21
전국	4,658	4,596	9,254	1,104	1,203	2,307	870	856	1,726

자료 : 2015년 해상화물O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구 재정리

부산항의 경우 2014년에 수출입 기준으로 가장 많은 물동량을 유발한 지역은 경상남도로 연간 약 187만TEU의 수출입 컨테이너를 유발한 것으로 나타났다. 반입(수출) 물동량을 가장 많이 유발한 지역은 경상남도로 연간 약 105만 TEU이고 반출(수입) 물동량을 가장 많이 유발한 지역은 경기도로 연간 약 89만 TEU이다.

인천항의 경우 2014년에 수출입 기준으로 가장 많은 물동량을 유발한 지역은 경기도로 연간 약 111만 TEU의 수출입 컨테이너를 유발한 것으로 나타났다. 반입(수출) 물동량을 가장 많이 유발한 지역은 경기도로 연간 약 50만 TEU이고 수입(반출) 물동량을 가장 많이 유발한 지역도 역시 경기도로 연간 약 61만 TEU이다.

광양항의 경우 2014년에 수출입 기준으로 가장 많은 물동량을 유발한 지역은 전라남도로 연간 약 80만TEU의 수출입 컨테이너를 유발한 것으로 나타났다. 반입(수출) 물동량을 가장 많이 유발한 지역은 전라남도로 연간 약 47만 TEU이고 수입(반출) 물동량을 가장 많이 유발한 지역도 역시 전라남도로 연간 약 33만 TEU이다.

2.3 물류센터 현황

물류정책기본법 제2조 제4호에 의하여 물류시설은 화물의 운송·보관·하역을 위한 시설과 화물의 운송·보관·하역 등에 부가되는 가공·조립·분류·수리·포장·상표부착·판매·정보통신 등을 위한 시설, 물류의 공동화·자동화 및 정보화를 위한 시설을 의미하고 있다. 또한 이 모든 시설이 모여 있는 물류터미널 및 물류단지도 물류시설에 포함시키고 있다. 표 1은 국내에서 사용되고 있는 물류 시설에 대한 일반적인 개념을 나타내고 있다.

Table 2-8 물류시설의 종류와 정의

시설명	정의
화물 터미널	화물의 집하·하역·분류·포장 또는 통관 등에 필요한 기능을 갖춘 시설물
ICD	내륙컨테이너기지(Inland Container Depot)의 약칭. 항만 및 내륙운송수단의 연계가 편리한 산업지역에 위치한 컨테이너 집하·혼재를 위한 장치장을 말하며 컨테이너 장치·보관기능, 집하·분류기능 및 통관기능을 담당
CFS	Container Freight Station의 약칭. 컨테이너에 화물을 적재하거나 인출하고, 일반화물트럭에 상·하차하는 작업에 따른 환적 및 일시보관 창고
창고	물건의 멸실·훼손을 방지하기 위한 보관시설 또는 보관장소
화물 취급장	당일 집배송이 이루어지는 택배화물을 취급하는 장소
집배송 센터	유통사업자 또는 제조업자의 사용에 제공하기 위하여 집배송 시설 및 관련업무시설 또는 판매시설을 갖추어 조성한 시설물
공동 집배송 단지	집배송센터(판매시설을 갖춘 집배송센터는 제외)를 집단적으로 설치하여 다수의 유통사업자 또는 제조업자가 시설물의 전부 또는 일부를 공동으로 사용할 수 있도록 조성한 단지

유통단지	유통시설(화물터미널, 집배송단지, 도소매단지, 농수산물도소매단지)과 지원시설(가공제조시설, 정보처리시설, 금융·보험·의료·교육·연구시설 및 편의시설)을 집단적으로 설치·육성하기 위하여 지정개발하는 일단의 토지
농수산물종합유통센터	농수산물의 수집·포장·가공·보관·수송·판매 및 그 정보처리 등 농수산물의 물류활동에 필요한 시설 및 이와 관련된 업무시설을 갖춘 사업장
농수산물도매시장	농수산물을 도매하기 위하여 특별시장, 광역시장, 시장이 관할구역에 개설하는 시장
농수산물공판장	농·임·축·수협과 중앙회 또는 공익법인이 농수산물을 판매하기 위하여 개설·운영하는 사업장
CY	Container Yard의 약칭. 컨테이너를 보관·집하·배송 등을 하는 장소

자료 : 한국교통연구원, 내륙화물기지 시스템에 관한 연구(2003)

물류시설 중에서도 물류 관련 시설이 모여 있는 곳을 물류터미널 및 물류단지라고 하며 이도 물류시설에 포함시키고 있다. 이에 따라 화물의 집하, 보관, 배송, 통관 업무 등을 처리하는 내륙물류기지도 물류시설에 포함된다.

내륙물류기지는 2가지 이상 운송수단 간 연계 운송을 할 수 있는 규모 및 시설을 갖춘 시설으로써 물류비 절감을 위하여 화물을 대량으로 모아 한꺼번에 운송하도록 전국의 주요 물류거점에 구축하는 물류시설을 말한다. 내륙물류기지는 크게 복합물류터미널(IFLT, Integrated Freight Terminal)과 내륙컨테이너기지(ICD, Inland Container Depot)로 구성된다. 복합화물터미널은 주로 홈쇼핑 상품과 택배 물품등의 내수화물을 주로 처리하고 있으며 화물보관기능, 화물집배송기능, 수송시단 연계기능, 화물 정보 기능을 하고 있다. 내륙컨테이너 기지는 항만과 동일한 수출입 통관시설을 갖추고

컨테이너의 보관과 취급 서비스를 제공하며 주로 컨테이너 내륙운송기능, 철도수송기능, 내륙통관기능, 내륙항만기능을 담당하고 있다. 국토교통부에서 현재 운영하고 있거나 공사 및 계획 중인 내륙 물류기지는 총 6개소로서 표 2와 같다.

Table 2-9 내륙물류기지 현황

(2013. 7월 기준)

구분	사업명	위치	면적 (만㎡)	사업비 (억원)	기간	
합계			456	26,318		
운영중 (5)	수도권	군포 복합물류터미널	경기군포	38	2,457	'92~'98
		의왕 내륙컨테이너기지	경기의왕	75	331	'92~'96
		군포 복합물류터미널 (확장)	경기군포	32	5,790	'03~'12
	부산권	양산 복합물류터미널	경남양산	32	2,543	'92~'99
		양산 내륙컨테이너기지		95	2,782	'92~'00
	호남권 (1단계)	장성 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지	전남장성	28	1,881	'98~'05
중부권	중부 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지	세종시	48	2,383	'03~'10	
영남권	칠곡 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지	경북칠곡	45	2,893	'04~'10	
공사중 (1)	호남권 (2단계)	장성 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지	전남장성	24	1,442	'07~'14
계획중 (1)	수도권 북부	파주 복합물류터미널 및 내륙컨테이너기지	경기파주	39	3,816	'07~'15

자료 : 국토교통부 정책자료(13.11.21)

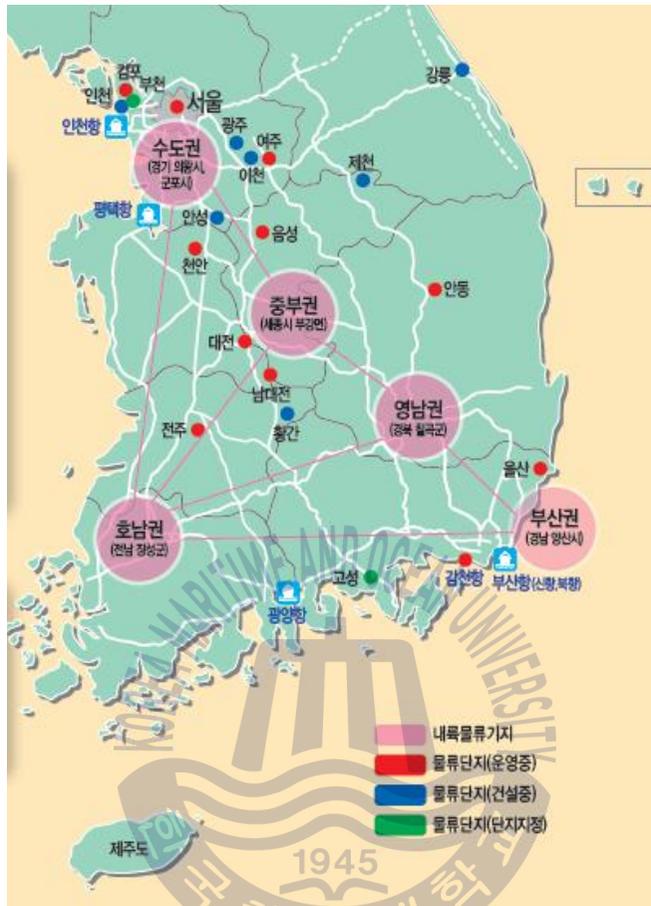


Fig. 2-3 내륙물류기지 현황

향후 본 논문에서는 내륙물류기지 중 내륙컨테이너 기지에 대하여 중점적으로 다룰 것이다. 내륙컨테이너 기지의 개념은 항만 및 내륙운송수단의 연계가 편리한 산업지역에 위치한 컨테이너 잡하·혼재를 위한 장치장을 뜻한다. 즉, 화주의 요구에 따라서 선사나 운송업자가 항만이 아닌 내륙에 공컨테이너를 보관하여 놓은 장소라고 할 수 있다. 이러한 ICD는 기본적으로 통관기능과 화물 보관기능을 수행하고 있으며 철도와 공로를 연계하는 기능도 수행하고 있다. 그러므로 ICD는 항만 또는 공항이 아닌 내륙시설로서 고정 설비를 갖추고 내륙 운송수단에 의해 미통과된 상태에서 이송된 여러 종류의 화물(컨테이너포함)의 일시적 저장과 취급에 대한

서비스를 제공하고, 세관의 통제하에 수출 및 연계운송을 위하여 일시적 장치, 창고보관, 재수출, 일시상륙(Temporary Admission)등을 담당하는 단체들이 있는 장소를 말한다.²⁾

또한 ICD는 원래 내륙통관기지를 뜻하지만 일반적으로 항만 혹은 공항이 아닌 공용내륙시설로서 공적권한을 지니고 있으며, 고정화된 설비를 가지고서 모든 가능한 내륙운송형태에 의해 미통관된 상태에서 서 이송된 제 종류의 화물의 일시적 저장이나 취급에 관한 서비스를 제공하고 있으며 세관 통제 아래 놓여있고, 세관과 그 밖에 즉시 수출, 연계운송을 위한 일시적 장치, 재수출, 임시입국, 입고, 입국통관을 전문으로 하는 대리인을 포괄하고 있는 곳으로 내륙컨테이너기지로 불리고 있다.³⁾

2.3.1 내륙컨테이너기지 기능 및 종류

내륙컨테이너 기지의 장점은 크게 5가지로 볼 수 있다. 첫 번째로는 비용 절감이다. 내륙 컨테이너 기지가 물류 거점 시설로써 내수화물과 수출입 화물의 연계를 통하여 물류비를 절감할 - 수출입 화물의 연계 등을 통하여 물류비를 절감할 수 있기 때문이다. 또한 내륙 컨테이너 기지에서는 화물 운송 수단 전환 기능을 갖고 있기 때문에 ICD 내 철도운송 서비스를 이용할 경우 철도 운임을 할인해 주는 혜택을 제공하고 있어 물류비용을 절감할 수 있다. 두 번째로는 내륙물류기지에서 화물의 운송, 하역, 보관, 포장, 통관, 정보서비스 등을 종합적이고 체계적으로 제공하는 one stop 물류서비스를 제공하고 있다. 셋째, 다양한 화물이 모여있는 물류단지 특성을 갖고 있으므로 화주의 화물에 맞게 시설을 제공할 수 있다. 문서고, 수장고, 냉동냉장 창고와 같은 특수형 창고 부분에서도 맞춤형 서비스를 제공하고 있다. 넷째, 대형 중량화물의 취급이 용이하다. 철도를 이용한 중량, 대형 화물의 운반이 용이하며 대규모 CY 및 창고 시설을

2) 이길남 외 2인, “내륙컨테이너기지(ICD)에 의한 물류비 절감효과에 관한 연구”, 국제상학 제20권 제3호, 2005.

3) 내륙컨테이너기지(ICD)에 의한 물류비 절감효과에 관한 연구

제공하고 있다. 마지막으로 최근 이슈되고 있는 컨테이너 보안과 관련하여 수준 높은 보안서비스를 제공하고 있다.⁴⁾

위에서 제시한 내륙컨테이너 기지의 장점 중 가장 큰 장점은 운송비용의 절감이다. 우리나라에서는 90% 이상⁵⁾이 공로운송을 이용하고 있기 때문에 공차 비율이 상당히 높은 비율이다. 운송업자는 화물을 목적지까지 운송하고 난 후, 공차에 대한 부담 때문에 선사에게 편도 운임이 아닌 왕복 운임을 요구하고 있다. 이 때 화물의 목적지 인근에 있는 내륙컨테이너기지를 이용하게 될 경우 선사는 편도운임만 지불이 가능하다.

ICD에서는 주로 항만에서 이루어지는 본선 작업과 마샬링 기능을 제외한 장치보관기능, 잡화분류 기능 등과 같은 전통적인 항만 기능을 수행하고 있고 항만 관련 서비스 시설을 포함하고 있기 때문에 내륙항만이라고도 한다. 그래서 ICD의 기능은 크게 나누어 보면 내륙항만으로서의 기능, 잡화 및 분류센터로서의 기능 및 내륙통관기지로서의 기능으로 구별할 수 있다.

① 내륙 항만으로서의 기능

항만의 CY(Container Yard), CFS(Container Freight Station)에서는 주로 컨테이너 화물을 집화이나 분류하는 기능, 또는 컨테이너를 보관하는 기능을 수행하고 있는데 이러한 시설들을 항만이 아닌 내륙 물류거점에 설치하여 ICD에서 컨테이너 전용부두에서 수행하고 있는 기능을 하고 있다. 내륙 항만으로서의 기능을 갖게 되는 주된 원인은 항만에서 화물의 장치공간이 부족함에 비롯된 것이다.

② 잡화 및 분류센터로서의 기능

최근 택배와 홈쇼핑 등이 발달되면서 소량화물의 운송량이 급증하고 있으며 해외 직구 이용량이 증가

함에 따라 수출입 화물도 소량화물이 증가하고 있는 추세이다. 이런 소량 화물들을 개별로 운송하는 것보다 컨테이너 단위로 모아서 운송하는

4) 내륙물류기지 관련 브로셔

5) 2013년 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송통계 page 29

것이 운송비용을 줄일 수 있기 때문에 대부분 ICD에서는 LCL(less than container load)화물을 집약(Groping)하여 FCL(Full container load)로 구성하여 반출시키거나 FCL(Full container load)로 입고된 화물을 분리하여 개별화물 형태로 반출하는 기능을 수행하고 있다. ICD가 이러한 집하기능을 효과적으로 수행하게 될 경우 전체 컨테이너 수송시스템에서 운송비용이 절감 될 뿐 아니라 운송 효율을 높일 수 있다. 영국, 대만, 나이지리아, 이탈리아 등 여러 국가에서 집하 및 분류기능은 ICD의 핵심적인 기능으로 되어 있으며 ICD의 주 수입원이 되기도 한다.⁶⁾

③ 내륙통관기지 기능

ICD내에서는 통관 시설이 설치되어 있어 항만에서 뿐 만아니라 내륙에서도 통관이 가능하므로 효율적으로 컨테이너를 신속하게 유통이 가능하다. 영국은 통관 절차가 가능한 ICD가 30여개 곳이 운영되고 있으며 Johannesburg에 위치하고 있는 Durban ICD는 세계에서 가장 큰 규모이며 유닛 트레인(Unit Train)에 의해 보세상태로 운반된 화물을 항만이 아닌 이곳에서 직접 통관시키고 있다. ⁷⁾

④ 기타 기능

이 밖에도 ICD내의 정보시스템을 구축함으로써 정확한 수송정보를 기반으로 최적의 운송수단을 선정하거나 권고해 주는 역할을 한다. 또한 제조업자와 유통업자로부터 정보를 제공받아 해당 지역 전체의 재고관리기능을 수행하고 ICD내의 일반 창고를 이용하여 생산자에게 화물운송 계획과 관련된 원료 및 생산물의 보관기능을 제공하기도 한다.

현재 국내에서는 의왕과 양산에서 내륙컨테이너기지가 운영되고 있다.

① 의왕내륙컨테이너기지

의왕 내륙컨테이너 기지는 경기도 의왕시에 위치(서울 38km, 수원 10km, 안양 14km 거리에 위치)하여 주로 경인지역의 수출입 화물을 처리하기 위한 목적으로 1992년부터 1996년까지 조성되었다. 의왕 ICD는 제1

6) 우리나라 내륙 컨테이너 기지의 활성화 방안

7) 우리나라 내륙 컨테이너 기지의 활성화 방안

터미널, 제2터미널로 구성되었는데 제1터미널은 1984년에 종합철도 화물 기지로써 컨테이너 수송뿐 만 아니라 일반화물의 철도운송까지 포함하여 개발되었으나 물동량의 증가에 따라 ICD근처의 교통 혼잡을 야기하고 ICD내의 장치장이 부족함에 따라 1996년 제1터미널 개량공사와 제2터미널 신규공사를 실시하여 1997년부터 제 2터미널이 개장 운영되기 시작하였다.

의왕 ICD는 총 부지 면적은 753,128㎡로 컨테이너 야적장이 417,539㎡, 컨테이너 작업장 10,711㎡의 시설면적에 20개사가 입주하여 운영되고 있으며, 부대시설로 차량정비고, 컨테이너 정비고가 있고, 철도궤도는 6,262m, 11개 선로가 있으며 시설현황은 표 3과 같다.

Table 2-10 의왕 ICD 시설 현황

구 분	계	제1터미널	제2터미널
부지총면적	753,127㎡	490,700㎡	262,427㎡
컨테이너야적장 (CY)	419,050㎡	274,008㎡	145,042㎡
보세화물창고 (CFS)	10,712㎡ (3동)	4,629㎡ (2동)	6,083㎡ (1동)
운영건물	14,358㎡ (8동)	6,797㎡ (5동)	7,561㎡ (3동)
차량정비고	1,795㎡ (1동)	1,795㎡ (1동)	-
컨테이너정비고	1,226㎡ (1동)	1,226㎡ (1동)	-
냉동전원시설	96개	-	96개
철도선로	6,262m (11개선)	3,720m	2,542m

자료 : 국토교통부 정책자료(13.11.21)

의왕 ICD는 장치장은 417,539㎡로 연간 최대 137만 TEU⁸⁾를 처리할 수 있는 규모로 형성되었지만 2003년부터 190만 TEU이상을 처리하고 있다. 의왕 ICD의 최근 3년간 처리 물동량을 살펴보면 2011년 1,991,468TEU, 2012년 2,184,254TEU, 2013년 2,158,246TEU를 처리하면서 6.26%의 높은 성장률을 보이고 있다. 반면 2003년부터 2013년까지 11년간 물동량 처리

8) 국토부 정책자료

실적을 살펴보면 연평균 성장률은 1.09%로 물동량 증가추세가 주춤한 것으로 보이지만 이는 2007년, 2008년 세계 경제대공황의 여파로 수출입 화물량 자체가 감소하면서 의왕 ICD 처리 물량도 큰 폭으로 감소하였기 때문이다. 의왕 ICD는 인입선이 설치되어 철송으로도 화물을 운반할 수 있다. 실제 육송과 철송의 비율을 살펴보면 육송이 73.93%, 철송이 26.07%로 육송의 비율이 높은 편이다.

Table 2-11 의왕 ICD 물동량

	육송			철송			합계		
	반입	반출	총합	반입	반출	총합	반입	반출	총합
2003	681,796	758,541	1,440,337	292,795	204,281	497,076	974,591	962,822	1,937,413
2004	707,673	745,573	1,453,246	281,856	200,090	481,946	989,529	945,663	1,935,192
2005	702,824	745,783	1,448,607	292,016	208,715	500,731	994,840	954,498	1,949,338
2006	729,794	738,179	1,467,973	319,894	254,606	574,500	1,049,688	992,785	2,042,473
2007	701,587	725,181	1,426,768	314,930	265,230	580,160	1,016,517	990,411	2,006,928
2008	647,040	616,888	1,263,928	326,708	295,509	622,217	973,748	912,397	1,886,145
2009	598,732	575,988	1,174,720	197,608	184,783	382,391	796,340	760,771	1,557,111
2010	722,714	657,319	1,380,033	205,160	220,609	425,769	927,874	877,928	1,805,802
2011	781,021	708,081	1,489,102	230,685	271,681	502,366	1,011,706	979,762	1,991,468
2012	850,522	806,001	1,656,523	243,067	284,664	527,731	1,093,589	1,090,665	2,184,254
2013	857,055	805,727	1,662,782	222,721	272,743	495,464	1,079,776	1,078,470	2,158,246

자료 : 의왕 ICD 홈페이지

② 양산내륙컨테이너기지

양산 ICD는 1991년 국가 경쟁력 확보를 위한 물류인프라 확충과 부산항내 ODCY(Off Dock Container Yard)의 기능적 한계에 따른 제반문제점 해소, 부산시내 교통난 완화, 도심 환경개선 등을 위하여 계획입안 [해운항만청 공고 제91-63호('91.12.17.)]된 정부정책사업으로서, 정부(당시 해운항만청)에서는 사업부지의 매입제공과 연계수송로의 확보 등 기반시설의 건설에 따른 투자를 담당하고, 컨테이너 보관장치장(CY) 및 컨테이너 화

물 조작창고(CFS)등 주요사업시설은 민간자본을 유치하여 건설하는 민관
합작 방식의 사회간접자본시설 확충사업이었다. 당시의 계획은 양산내륙
컨테이너기지(양산ICD)가 완공되면 기존의 부산시내 모든 ODCY는 전면
폐쇄조치하고 양산 ICD로 통합 이전기로 한 계획된 부산항 OCDY의 대체
시설 확보사업이었다.⁹⁾

이러한 양산ICD는 부산항으로부터 약 35km 지역에 위치하고 있으며
조성면적 383,000평(ICD : 237,000평, 공공시설 : 51,000평, 복합터미널 :
95,000평)규모에 총 사업비는 정부투자 877억원, 민자 1,604억원으로 조성
되었다.¹⁰⁾ 그러나, 정부에서 양산ICD 완공시점인 1999년에 이르러 부산시
내 ODCY전부를 일시에 폐쇄조치하게 될 경우에는 부산항 컨테이너 화물
의 처리에 필요한 CY시설이 부족하다고 판단하여 부산시내 기존ODCY(15
개업체 37개의 ODCY)중 절반이상에 대한 계속 존치를 허용하게 됨에 따
라 부산항 On-Dock 밖에서의 화물처리가 기존의 ODCY일부와 양산ICD로
양분되는 이원화 체제로 운영되게 되었다.

또한, 당초 양산ICD는 수출입컨테이너를 중심으로 하는 내륙화물유통
기지를 조성, 효율적으로 관리·운영함으로써 컨테이너 및 수출입 화물의
유통을 촉진하고, 원활한 연계수송을 통한 국제복합운송의 질적 향상과
국민경제발전에 기여할 목적으로 조성되었으나, 부산항 임항지역 ODCY의
존치와 물류비 증가, 시간비용 등으로 인하여 항만이용자들의 기피로 양
산ICD의 활성화는 당초의 조성목적에 크게 미치지 못하였던 것이었다.

양산 내륙컨테이너 기지는 부산항의 물동량으로 인해 부산시 도로교통을 야기
하여 이를 완화하기 위한 목적으로 조성되었으며 이를 위해 부산 시내 ODCY를
양산 ICD로 통합하였고 부산항 컨테이너 운송 구조를 개선하고자 하였다. 현재 양
산 내륙컨테이너 기지는 복합물류터미널(IFT)기능까지 함께 하고 있다. 양산 ICD는
총 컨테이너 야드가 780,000㎡로 컨테이너작업장 10동으로 조성되었고 연간 최
대 140만TEU를 처리 가능하다.

9) 양산내륙컨테이너기지활성화 방안(2003)

10) <http://www.ysicd.co.kr> 참조.

Table 2-12 양산 ICD 시설 현황

구 분	규 모(m ²)
합계	951,940
CY 부지조성	781,820
기반시설	170,120
기타(전기설비 등)	1식

자료 : 국토교통부 정책자료(13.11.21)



제 3 장 화물운송량 산정모형 관련 연구

3.1 국내 화물운송모형 관련 연구

국내의 화물운송모형과 관련된 연구는 1990년에 시작하여 2000년대에 들어와서 활발하게 진행중에 있다. 하지만 국외의 화물운송모형 관련 연구에 비하여 많이 미흡한 실정이다. 특히 국내의 기존연구들을 살펴 보면 지역 간과 대도시에 대하여 동일한 화물운송수요 추정방법을 사용하고 있으며 대도시 화물의 특성을 반영한 표준화된 대도시 화물통행수요 추정방법론을 제시한 연구는 없다. 또한 물류 거점을 경유하는 등의 화물 운송 특성을 고려한 연구는 아직 미흡한 실정이다. [Table 3-1]은 국내의 화물 운송모형 관련 연구를 정리해 놓은 표이다. 아래의 표에서 알 수 있듯이 기존 화물의 O/D자료 구축은 화물차 기반으로 진행되고 있다. 이는 앞서 언급하였듯이 물류 거점을 경유하는 등의 화물 운송 특성을 반영하지 못하고 있다.

Table 3-1 국내 화물운송모형 관련 연구

구분	연구목적	연구방법
홍성욱 외(1991)	화물수송수요 예측을 위한 모형과 데이터 보완 및 정립 방안 마련	-기존 보고서 및 연구 검토 -각종 데이터 분석
홍성욱 회(1998)	도시물류 개선을 위한 화물수송수요의 과학적 예측	-기존 도시화물모형 검토 -화물모형 적용사례분석 -사회경제지표 분석 -화물수송수요 예측모형 정립 -화물수송수요 분석

황기연 외(1999)	효과적인 화물통행망 구축, 화물수송효율화 방안안 제시	-문헌조사 -설문조사 -교통패키지 활용
김동효 외(1999)	대도시 화물차량의 이용실태를 조사, 기존 조사 자료를 이용하여 DB로 구축	-설문조사 -스크린라인 및 콜드라인 조사 -기초분석
오재학 외(2004)	기존 조사 자료를 이용하여 기존 수도권 및 지방 5개 광역권 화물 O/D 통행량 자료의 보완 갱신	-기존 연구방법론 검토 -지역별 화물통량 관련 조사자료 수집 -물동량기반의 화물O/D구축
박민철 외(2011)	화물자동차 기반의 대도시 화물 O/D추정방안을 정립	-기존 연구방법론 검토 -대면 조사 -화물차기반의 화물O/D구축

이를 보완하기 위해 최근에는 화물수요추정방법을 개선하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 신승진(2012)등의 연구에서는 화물수요추정방법 개선을 위한 국내외 연구동향을 분석하고 국내외 화물수요추정방법의 한계를 4가지로 제시하였다.

첫째 국내 화물의 경우 운송수단 변경 시 각 운송수단 간의 품목 구분이 일치하지 않아 수단 간 전화의 효과 분석이 한계가 있다.(한국교통연구원,2011) 즉 도로, 철도, 연안해운의 품목 구분이 일치 하지 않은 한계를 제시하였다. 둘째, 화물 물동량 및 네트워크 자료는 화물수요 추정시 기초 자료로 활용되는 중요한 기초 자료이다. 하지만 지난 10여년 동안 꾸준히 개선되고 있지만 많은 한계점을 지나고 있다. 특히 기존의 화물 물동량 자료는 수단 O/D¹¹⁾와 P/C¹²⁾ 개념이 혼재되어 추정되고 있다. 또한

11) 총물동량(여객의 수단통행)을 나타내는 자료

물류시설 등 중간 경유지를 경유할 가능성이 있는 물동량을 파악해야 하는데 기존의 O/D데이터는 경유 물동량인지 해당 지역에서 소비되는 물동량인지 구분 할 수 없다(박동주 외, 2010). 물류 네트워크 자료는 주요 물류시설이 네트워크와 연동되도록 구축해야 한다. 그러나 기존 네트워크는 주요 물류시설이 네트워크와 연동되지 않기 때문에 물류시설을 경유하는 복합운송(Intermodalism)특성 분석에 한계가 있다.(국토해양부, 2010) 셋째, 물류체인모형은 중간경유지 및 복합운송을 전혀 고려하지 못하기 때문에 공급사슬 관리(SCM:Supply Chain Management)측면에서 물류시설의 개선·신설에 따른 효과분석이 불가능하다. 물류시설의 개선효과를 추정하려면 물류시설경유 여부를 반영한 물류체인모형을 구축하여야 하나 기존 물류모형으로는 이를 표현할 수 없다.(박동주, 2009) 넷째, 화물의 운송은 최초 생산지, 중간경유지, 최종소비지까지 여러 단계가 있으나 기존의 대규모 화물조사는 이러한 특성을 전혀 반영하지 못하고 있다. 즉 기존의 물류현황 조사항목에서 복합운송특성 및 물류 특성을 반영하지 못하고 있으며 기존 조사표는 중간 경유지에 대한 정보가 전무한 실정이다(한국교통연구원, 2011).

본 논문에서는 위에서 제시한 국내의 화물수요추정방법의 한계점 중 두번째로 제시한 물류시설 등 중간 경유지를 경유할 가능성이 있는 물동량을 파악하지 못하고 있는 한계점을 해결하고자 중간 경유지를 고려한 화물운송량 산정 모형을 제시하고자 한다.

3.2 국외 화물운송모형 관련 연구

국외 선행연구는 주로 미국과 유럽을 중심으로 연구가 진행되어왔으며, 대표적인 물적 유통경로분석 사례는 유럽의 De Jong et al.(2004)과 Fisher et al.(2005), De Jong and Ben-Akiva(2007)의 연구가 있다. De Jong et al.(2004)은 스웨덴과 노르웨이의 국가화물모형시스템의 개선과 관련하여 생산지와 소비지 사이 화물의 물동량에 대한 수송사슬(Transport

12) 순물동량(여객의 목적통행)

Chain)을 결정하는 물적 모형(Logistics Model)을 이론적인 개념으로 제시하였다. Fisher et al.(2005)는 LA를 대상으로 하는 지역적 트럭화물모형을 제안하고 모형의 방법론으로는 Logistic chain model을 제시하였다. Logistic chain model은 Economic layer, Logistics layer, Transport layer로 구성되는데 각 Layer에서 의사결정자(Shipper, Transporter, Receiver)의 전략(Strategy) 또는 행태(Behavior)를 모형의 구조 및 목적에 따라 반영하고 있다. De Jong and Ben-Akiva(2007)는 적용되고 있는 국가화물모형시스템에는 물적 유통경로선택(물류센터의 경우여부, 수송크기 등)의 분명한 처리가 부족하다는 문제를 제기한 후, 새로운 물적 모형(Logistics Model)을 정립하고 모형의 적용을 논의하였다. 하지만, 물적 유통경로의 일반적인 구조를 제시하는데 초점을 두고 실질적인 결과를 제시하지 않았다. [Table 3-2]는 국외 선행연구 주요 사례이다.

Table 3-2 국외 화물운송모형 관련 주요연구

구분	연구내용	모형
Garard de Jong et al. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - 스웨덴, 노르웨이 국가화물모형시스템에서 logistics model의 설계를 이론적, 방법론적으로 구체화함 - Logistics model은 P(Production)에서 C(Consumption)까지의 물동량이 직접수송에 의한 것인지 DC(물류센터), FT(화물터미널)을 이용하는지 결정하는 역할을 함 - 또는 DC나 FT를 경유한다면수송 사슬(Transport Chain)이 어떻게 구성되는가를 결정함 	Logistics model

<p>Fisher et al. (2005)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - LA County를 대상으로 정책 및 기반시설 등에 있어서의 변화에 따른 영향을 알기 위해 혁신적인 지역적 트럭화물모형을 제안함 - logistics chain model의 구성요소 ① economic layer : P-C의 경제적 거래관계표현->정해진 지역의 품목별 업종별 상품의 공급량과 수요량을 결정함 ② logistics layer : 생산자와 소비자 사이에 이루어지는 물적 의사 결정과정 설명(유통경로, 중간기착지점 위치, 수송크기 및 빈도 등), 품목별 생산지와 분포지점으로부터 수집된 데이터를 기초로 모형은 중간거래지점 수, 각단계별 상품이동형태 등을 결정함 ③ transport layer : 수단선택(차량종류 포함)에 관한 모형개발 	<p>Logistics chain model Tour-based model</p>
<p>De Jong and Ben-Akiva (2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 실질적으로 국제적, 국가, 지역적 화물모형시스템은 물적 선택(수송크기를 고려하거나 물류센터 사용)의 분명한 처리가 부족함. 본 연구에서는 새로운 logistics model을 개발하고 노르웨이, 스웨덴 국가화물모형시스템에의 적용을 논의함 - 비 집계 개별데이터(disaggregate data)를 중심으로 한 완전한 수송사슬 선택(transport chain choice)에 대한 추정결과는 없음 	<p>Micro simulation model (logistics model)</p>

그 외에 연구를 살펴보면 Ogden(1978)은 도시 내 화물통행에 대한 통행분포를 멜버른을 사례로 추정하였으며 도시 내 물동량과 트럭 통행에 대한 개념을 정립하였다. 도시 내 물동량의 흐름은 차량의 흐름과 상이하며 생산자와 소비자가 물동량의 흐름을 유발하고 화물차량의 흐름은 교통서비스의 공급으로 보았다. 도시 내 화물 분석 및 모형 추정 시 수요 측면에서 물동량의 흐름이 차량의 흐름보다 중요한 반면, 공급 측면에서는

도시 내 지체, 혼잡에 따른 화물차량의 흐름이 중요하다고 하였다. 특히 화물차량의 흐름은 차량 크기, 도로 네트워크, 적재 및 환송시설 등에 의하여 주로 영향을 받는다고 제시하였다. 화물차량은 도착지 목적에 따른 중력모형을 적용하였으며 물동량은 품목 형태에 따라 적용하였다. 또한 Vitoria and Walton(2004)은 화물통행수요 추정방법으로 4단계 모형을 이용하여 여객과 화물 수요를 모두 추정하는 구조적인 방법과 보다 단순하게 특정 화물시스템에 대한 화물통행수요만 추정하는 직접적인 방법으로 구분하고 4단계 모형을 기반으로 한 도시부 화물통행 수요 모형방법을 제시하였다. 화물 발생 및 분포는 통행목적에 따라 생산자-소비자 직송, 물류시설을 포함한 집배송, 수단 간 전화운송으로 구분하여 고려할 필요가 있다고 제시하였다. 화물분포 패턴은 지역 내 통행 지역과 외부 간의 통행, 외부통과통행으로 구분하여 다를 수 있다. 발생모형은 성장률법, 회귀 분석법, 원단위법을 사용하였고 분포모형은 중력모형, 선형모형을 적용하였다. 이 논문에서 사용한 화물차량 통행배정에서 차량 기반 모형은 도럭/트럭 자료 사용이 용이하며 물동량을 트럭으로 전화하는 과정이 불필요하고 공차통행을 모형화할 수 있으며 배정에서 여객통행과 결합이 용이하다는 장점이 있다. 반면 차량 기반모형은 물동량 정보를 제공하지 않으며 외부 트럭통행에 의하여 만들어진 내부 통행이 무시되고 통행사슬 패턴을 구현할 수 있는 모형이 없으며 정책대안(수단속성변화, 새로운 수단 및 시설, 새로운 링크 또는 통행료 등)을 분석하는 데 한계점이 있었다.

제 4 장 화물운송량 산정모형 개발

본 장에서는 실제 데이터를 적용하기 앞서, 내륙컨테이너기지(ICD)를 고려한 화물운송모형을 개발하고 해당 모형을 검증하고자 한다.

4.1 모형구조

화물을 운송 할 경우 화물의 특성상 출발지에서 목적지로 직접 운송되는 경우도 있지만 중간에 물류센터 또는 내륙컨테이너기지(ICD)를 경유하는 경우가 발생한다. 이 때 내륙컨테이너 기지는 여러 내륙운송수단의 연계운송 또는 여러 종류의 화물의 일시적 저장과 취급에 대한 서비스를 제공하는 곳을 뜻하며 우리나라에서는 주로 항만 터미널과 내륙운송 수단과 연계가 편리한 산업지역에 위치하고 있다. 하지만 기존의 화물 O/D 데이터를 살펴보면 출발지와 목적지에 대한 자료만 구축되어 있을 뿐 기존 물류센터 또는 내륙컨테이너기지에 대한 내용을 포함되어 있지 않다.

즉 화물을 운반하는 수송수단(트럭, 기차)의 출발지와 목적지만 조사하여 통계자료를 구축하였기 때문에 전체 화물의 흐름(네트워크)을 알 수 없는 문제점을 갖고 있다. 따라서 본 장에서는 이와 같은 O/D 자료의 문제점을 다음과 같은 기호를 정의하고 [Fig. 4-1], [Fig. 4-2] 와 같이 모형을 설정하였다.

P_i : i 항만에 도착하는 전체 수입 물동량

D_j : 항만에서 j 목적지까지 운송되는 수입물동량

C_k : 항만에서 k 물류센터까지 운송되는 수입물동량

α_{ik} : i 항만에서 j 목적지까지의 Weight

β_{kj} : k 물류센터에서 j 목적지까지의 Weight

γ_{ij} : i 항만에서 j 목적지까지의 Weight

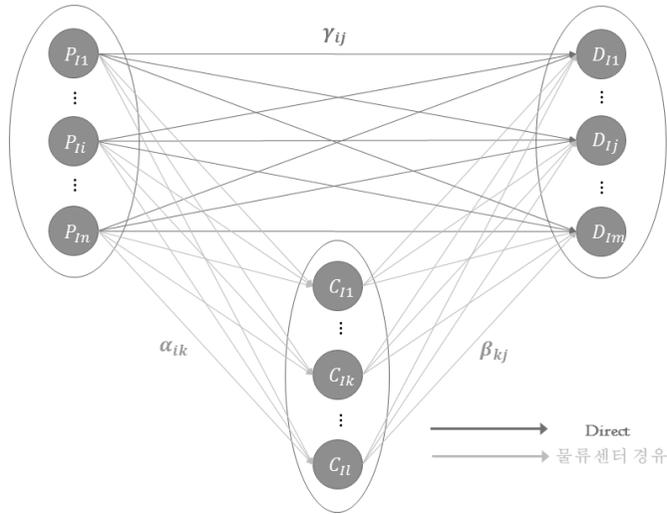


Fig. 4-1 수입화물운송모형

- D_{Ej} : j 지역에서 출발하는 수출 물동량
- P_{Ei} : 출발지에서 i 항만까지 운송되는 수출물동량
- C_{Ek} : 출발지에서 k 물류센터까지 운송되는 수출물동량
- α_{jk} : j 지역에서 k 물류센터까지의 Weight
- β_{kj} : k 물류센터에서 i 항만까지의 Weight
- γ_{ji} : j 지역에서 i 항만까지의 Weight

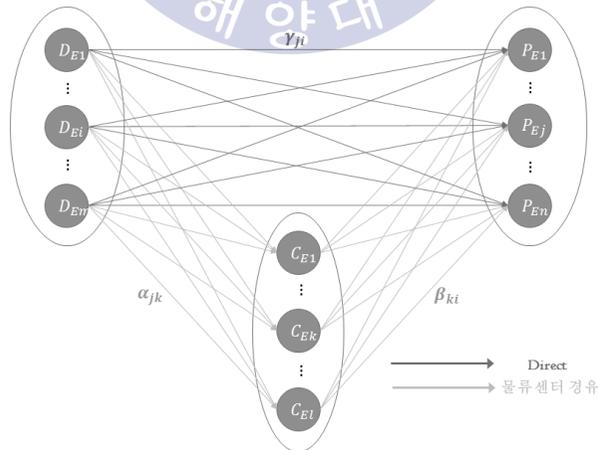


Fig. 4-2 수입화물운송모형

위의 모형 검증을 위하여 본 논문에서는 [Fig. 4-3]와 같이 출발지 2개, 목적지 3개, 경유지 1개로 모형을 재설정하여 시뮬레이션을 실행하였다. 시뮬레이션을 실행하기 위하여 다음과 같이 기호를 설정하였다.

A, B : 출발 지역의 물동량

C, D, E : 도착 지역의 물동량

F : 중간 경유지 물동량

α_i : 출발 지역에서 물류센터 F까지의 Weight

β_i : 물류센터 F에서 도착 지역까지의 Weight

γ_i : 출발 지역에서 도착 지역까지의 Weight

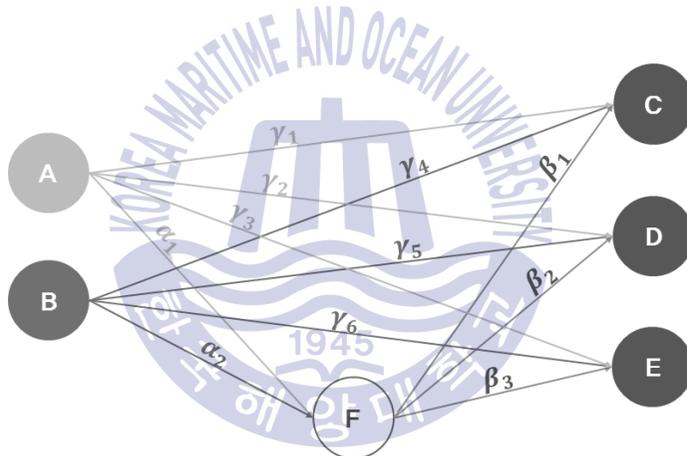


Fig. 4-3 화물운송모형 재설정

본 연구의 모형을 시뮬레이션하기 위해서는 몇 가지 가정이 필요하다. 첫 번째로 모형 상에서 input과 output의 물동량 총합은 같아야 한다. 즉 A지역과 B지역의 화물의 총합과 C지역, D지역, E지역의 화물의 총합은 같아야 한다. 두 번째로 중간경유지(F)에 들어오는 화물과 나가는 화물의 총합은 같아야 한다. 즉 중간 경유지에 보관되거나 소멸되는 화물이 없어야 한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$(C \times \gamma_1) + (D \times \gamma_2) + (E \times \gamma_3) + (F \times \alpha_1) = A \quad (1)$$

$$(C \times \gamma_4) + (D \times \gamma_5) + (E \times \gamma_6) + (F \times \alpha_2) = B \quad (2)$$

$$(A \times \alpha_1) + (B \times \alpha_2) = (C \times \beta_1) + (D \times \beta_2) + (E \times \beta_3) = F(3)$$

위의 수식들은 다음과 같이 weight에 대한 제약조건으로 표현할 수 있고 제약조건들은 알고리즘 상에서 반영 할 것이다

$$\alpha_1 + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1.0 \quad (4)$$

$$\alpha_2 + \gamma_4 + \gamma_5 + \gamma_6 = 1.0 \quad (5)$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1.0 \quad (6)$$

4.2 모형검증

4.2.1 검증개요

Fig. 1와 같은 화물 흐름모형의 구조는 뉴럴 네트워크 구조를 띄고 있으며 이와 같은 문제를 풀기 위해서는 여러 가지 해결 방법이 있으나 그 중 대표적인 것이 뉴럴 네트워크의 훈련방법이다. 하지만 뉴럴 네트워크를 이용하여 본 연구의 모형을 훈련(training)함에 있어 여러 가지 문제점이 발생 하였다. 첫 번째는 본 모형에서 각 구간의 weight 값의 범위는 $0 \leq \text{weight} \leq 1$ 로 모든 weight의 값은 양의 값을 가져야 한다. 하지만 뉴럴 네트워크의 훈련에서는 임의로 weight값을 훈련시키므로 음의 값을 가진 weight 값이 도출되었다. 둘째, 다층구조 뉴럴 네트워크에서는 학습하고자 하는 모형이 간단한 경우 은닉층이 1개로 충분하지만 복잡할 경우에는 좀 더 신뢰성 있는 결과 값을 획득하기 위해 2개 혹은 3개 이상의 은닉층을 사용해야 한다. 하지만 본 모형의 경우에는 은닉층의 layer 개수와 뉴럴의 개수는 1개로 고정되어 있기 때문에 좀 더 신뢰성 있는 출력 값을 획득하는데 어려움이 있었다(Lee, 2012).

따라서 본 논문에서는 Weight 집단을 훈련(training)시키는 알고리즘 대신에 진화알고리즘(evolutionary algorithm)을 이용하기 위해 GA의 RCGA(Real-Coded Genetic Algorithm) 기법을 이용하였다 RCGA의 구조는

Fig. 3과 같고 Fig. 4의 흐름도는 알고리즘의 프로세스를 보여준다. Tran, T. D., Jin, G. G.(2010) 논문에서 RCGA의 세부사항에 대하여 참고 가능하다.

Input : fitness function f ; parameters ; stopping_condition

Output : Best solution, $X_b, f(X_b)$

- 1: Initialize $P(0), P(0) = \{X_i(0), 1 \leq i \leq N\}$
- 2: $\{f(x_i(0)), 1 \leq i \leq N\} \leftarrow Evaluate(P(0))$
- 3: $t \leftarrow 1$ // generation counter
- 4: **while** not stopping_condition **do**
- 5: $P'(t) \leftarrow Selection(P'(t))$ // $P'(t) = \{X'_i(t)\}$
- 6: $P'(t) \leftarrow Crossover(P'(t))$
- 7: $P'(t) \leftarrow Mutation(P'(t))$
- 8: $\{f(X'_i(t))\} \leftarrow Evaluate(P'(t))$
- 9: $P(t+1) \leftarrow Replace(P'(t), P(t))$
- 10: $t \leftarrow t+1$ //advance to the next generation
- 11: **end while**
- 12: **return** $X_b, f(X_b)$

자료 : (Tran, T. D., Jin, G. G., 2010), Real-coded genetic algorithm benchmarked on noiseless black-box optimization testbed

Fig. 4-4 유전 알고리즘의 구조

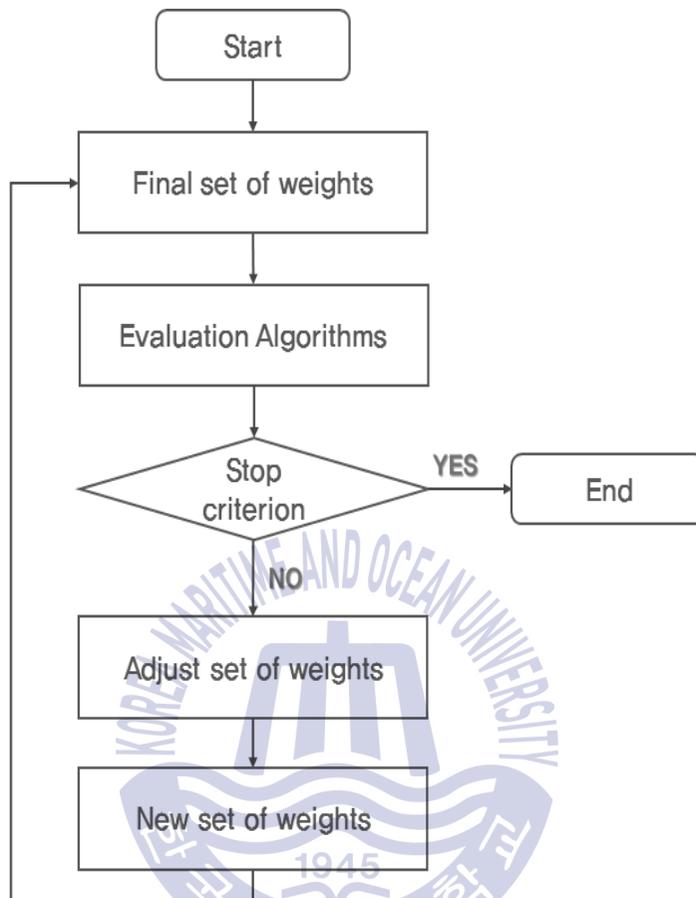


Fig. 4-5 Flow chart

4.2.2 검증방법

본 연구에서 제시한 모형을 검증하기 위해서는 시뮬레이션을 통하여 획득한 결과 값들과 실제로 운송되어지는 화물량과의 차이가 작아야 됨을 증명해야 한다. 즉 시뮬레이션 전에 설정해 놓은 C, D, E, F에 도착하는 화물의 양(target)과 시뮬레이션 후에 도출되는 C, D, E, F의 Output과의 오차를 최소로 하는 weight를 찾아내야 한다. 따라서 목적함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E = \text{abs}(O_D - T_D) + N \times \text{abs}(O_F - T_F) \quad (7)$$

E : target 값과 결과 값의 오차의 합

O_D : 도착지역의 시뮬레이션 결과 값

T_D : 도착지역의 Target 값

O_F : 중간경유지(F)의 시뮬레이션 결과 값

T_F : 중간경유지(F)의 Target 값

N : $1e8$

4.2.3 입력 값

본 연구의 모형을 증명하기 위하여 출발지 2개, 목적지, 3개, 중간경유지 1개로 설정하였으며 이에 따라 출발지와 목적지를 바로 연결하는 6개의 weight, 출발지와 중간경유지를 연결하는 2개의 weight, 중간경유지와 목적지를 연결하는 3개의 Weight가 필요하다. 시뮬레이션의 입력 값은 총 10개의 input data와 11개의 weight를 설정한 뒤 weight에 따라 output data와 중간경유지 data가 도출하였다. input data 형성 할 때, 첫 번째 data는 임의로 100, 200으로 설정한 뒤 부산항 11년 연간 물동량 증가율(5.28%)을 적용하여 10개의 data를 형성하였다.

Table 4-1 Input data

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
A	100	105	111	117	123	129	136	143	151	159
B	200	211	222	233	246	259	272	287	302	318
Total	300	316	333	350	369	388	409	430	453	477

Table 4-2 Exact weight

α_1	α_2	β_1	β_2	β_3	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6
0.6	0.5	0.2	0.2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1

Table 4-3 입력값의 output data

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
C	92	97	102	107	113	119	125	132	139	146
D	82	86	91	96	101	106	112	118	124	130
E	126	133	140	147	155	163	172	181	190	200
Total	300	316	333	350	369	388	409	430	453	477

Table 4-4 Intermediate destination

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
F	160	168	177	187	197	207	218	229	242	254

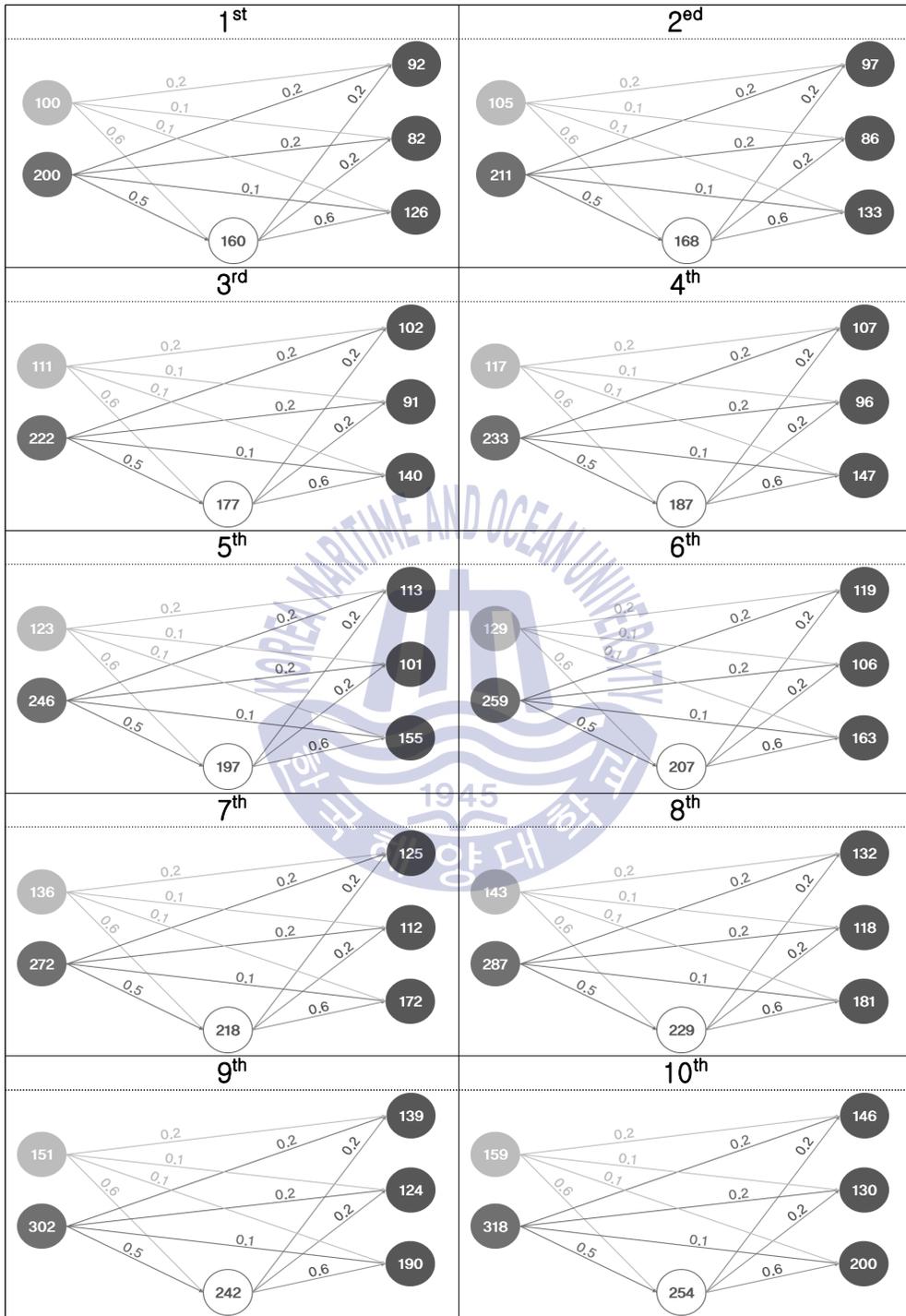


Fig. 4-6 시뮬레이션 결과

4.3 결과종합

본 연구에서는 총 5번의 시뮬레이션을 실행하였고 시뮬레이션의 결과는 도착지, weight, 중간경유지 값으로 구분하여 검토하였다.

4.3.1 도착지

도착지에서의 시뮬레이션 결과 값은 [Table 4-5]와 같다. A지역과 B지역으로부터 중간 경유지를 경유해서 오거나 바로 운송되는 화물의 총량이다. [Table 4-6]은 입력 값과 시뮬레이션 결과 값의 오차율을 나타내고 있다. 전체적으로 $\pm 1.0\%$ 미만의 오차율을 보이고 있으며 시뮬레이션 3에서는 C지역, D지역, E지역에서 각각 -0.79% , -0.62% , -0.57% 의 가장 높은 오차율을 보이고 있었으며, 시뮬레이션 4에서는 각각 -0.05% , 0.11% , 0.08% 의 가장 낮은 오차율을 보이고 있다.

Table 4-5 Results of simulation about output

		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
SM 1	C	92	97	102	107	113	119	125	132	139	146
	D	82	87	91	96	101	106	112	118	124	131
	E	126	133	140	147	155	163	172	181	191	201
SM 2	C	92	96	102	107	113	118	125	131	138	146
	D	82	87	91	96	101	106	112	118	124	131
	E	126	133	140	147	155	163	172	181	190	201
SM 3	C	91	96	101	106	112	118	124	131	138	145
	D	81	86	90	95	100	105	111	117	123	130
	E	125	132	139	146	154	162	170	180	189	199
SM 4	C	92	97	102	107	113	119	125	132	139	146
	D	82	86	91	96	101	106	112	118	124	131
	E	126	133	140	147	155	163	171	181	190	200
SM 5	C	92	97	102	107	113	119	125	132	139	146
	D	82	86	91	96	101	106	112	118	124	130
	E	126	133	140	147	155	163	172	181	191	201

Table 4-6 Error rate between output and target

단위 : %

		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
SM 1	C	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0
	D	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3
	E	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3
SM 2	C	-0.5	-0.4	-0.3	-0.5	-0.3	-0.5	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4
	D	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2
	E	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
SM 3	C	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8
	D	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.5	-0.7	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6
	E	-0.6	-0.5	-0.4	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6
SM 4	C	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0
	D	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
	E	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.1
SM 5	C	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2
	D	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.01
	E	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2

4.3.2 ICD

시뮬레이션을 통하여 획득된 중간경유지 결과 값은 [Table 4-7]과 같으며 5번 시뮬레이션의 모두 중간경유지 화물의 양은 같게 나왔다. 또한 초기 입력 값과 오차율을 살펴보면 $\pm 0.1\%$ 미만으로 입력 값과의 오차가 거의 없는 것으로 도출되었다.

Table 4-7 Results of simulation about Intermediate destination

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
result	160	169	178	187	197	207	218	229	242	255
error(%)	-0.05	-0.08	-0.19	-0.04	-0.16	-0.01	0.09	0.01	-0.07	-0.08

4.3.3 Weight

[Table 4-8]은 시뮬레이션을 통하여 도출된 11개의 weight값으로써 error 값은 초기 입력 값과의 차이를 뜻하고 있다. 각각의 시뮬레이션의 오차 평균은 0.08, 0.06, 0.08, 0.04, 0.09로 초기 입력 값과의 차이가 거의 없다고 판단이 가능하다. 또한 개별 weight 값을 살펴보면 시뮬레이션 4에서 초기 입력 값과의 차이가 0.1이상 나는 것이 없고 평균값은 가장 작은 0.04를 보이고 있으므로 시뮬레이션 값 중에 가장 신뢰성이 좋다고 판단이 가능하다.

Table 4-8 Results of simulation about weight

	SM1		SM2		SM3		SM4		SM5	
	result	error (%)								
α_1	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
α_2	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
β_1	0.23	0.03	0.28	0.08	0.40	0.20	0.28	0.08	0.25	0.05
β_2	0.36	0.16	0.28	0.08	0.15	0.05	0.18	0.02	0.36	0.16
β_3	0.42	0.18	0.44	0.16	0.45	0.15	0.54	0.06	0.39	0.21
γ_1	0.08	0.12	0.16	0.04	0.08	0.12	0.09	0.11	0.11	0.09
γ_2	0.24	0.14	0.15	0.05	0.10	0.00	0.19	0.09	0.20	0.10
γ_3	0.08	0.02	0.08	0.02	0.22	0.12	0.12	0.02	0.09	0.01
γ_4	0.09	0.11	0.14	0.06	0.18	0.02	0.21	0.01	0.08	0.12
γ_5	0.23	0.03	0.16	0.04	0.12	0.08	0.19	0.01	0.20	0.00
γ_6	0.18	0.08	0.20	0.10	0.21	0.11	0.10	0.00	0.22	0.12

[Table 4-9]은 2절에서 제시한 3개의 제약조건에 대하여 시뮬레이션의 weight값이 만족하는지 나타내는 것이다. Table 9를 통해 알 수 있듯이 모든 시뮬레이션에서의 weight 값은 3개의 제약조건을 모두 만족하므로 이용 가능한 값이라고 판단 할 수 있다.

Table 4-9 Verification constraints

	SM1	SM2	SM3	SM4	SM5
Constraint 1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Constraint 2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Constraint 3	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

*Constraint 1 : $\alpha 1 + \gamma 1 + \gamma 2 + \gamma 3 = 1.0$

*Constraint 2 : $\alpha 2 + \gamma 4 + \gamma 5 + \gamma 6 = 1.0$

*Constraint 3 : $\beta 1 + \beta 2 + \beta 3 = 1.0$

4.3.4 종합

앞 절에서 살펴보았듯이 시뮬레이션을 통하여 결과 값을 검토한 결과 모든 시뮬레이션 값이 입력 값과의 차이가 미미하였고 특히 도착지의 결과 값과 초기 입력 값 차이, weight의 오차가 ± 0.1 내외이므로 모형을 구현하기 위한 알고리즘 검증은 타당한 것으로 판단된다. 또한 5개의 시뮬레이션 값들 중에서도 4번째 시뮬레이션 값이 가장 오차율이 적은 것으로 검토되므로 시뮬레이션 4의 값을 토대로 결과 값을 정리하면 다음과 같다. 먼저 출발지(A, B)에서 목적지(C, D, E)지역으로 중간 경유지를 거치지 않고 바로 운송되는 경우는 Table 10과 같다. 직접 운송되는 C지역 화물량은 A지역으로 부터는 약 20% 내외, B지역으로 부터는 약 80%내외로 운송된다. D지역은 A지역으로부터 약 22%, B지역으로부터 약 78% 직접 운송된다. E지역은 A지역으로부터 약 48%내외, B지역으로부터 52% 직접 운송된다. E지역으로 부터는 거의 A, B 지역이 거의 직접 운송 되어지는 비율이 비슷하게 구성되어 있지만 나머지 지역은 A지역보다 B지역이 80% 내외로 높게 분석되었다.

Table 4-10 Directly transported cargo from origin to destination

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
A→C	9.26	9.72	10.28	10.84	11.39	11.95	12.60	13.24	13.98	14.73
A→D	11.57	12.14	12.84	13.53	14.23	14.92	15.73	16.54	17.46	18.39
A→E	19.00	19.95	21.09	22.23	23.37	24.51	25.84	27.17	28.69	30.22
B→C	38.19	40.29	42.39	44.49	46.98	49.46	51.94	54.81	57.67	60.73
B→D	41.21	43.47	45.74	48.01	50.69	53.36	56.04	59.13	62.22	65.52
B→E	20.79	21.93	23.07	24.22	25.57	26.92	28.27	29.83	31.39	33.05

출발지(A, B)에서 중간경유지(F)를 경유하여 목적지(C, D, E)지역까지 운송되어 지는 화물 운송량은 [Table 4-11], [Table 4-12]와 같다. 출발지에서 중간경유지까지 화물량을 살펴보면 F지역의 화물량 중 A지역에서는 약 38% 내외, B지역에서는 약 62%화물이 운송되어 지는 것으로 분석되었다. F지역의 화물은 C지역까지는 약 28%, D지역까지는 18%. E지역까지는 54% 운송되어 지는 것으로 분석되었다.

Table 4-11 Cargo from origin to intermediate destination

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
A→F	60	63	67	70	74	78	82	86	91	96
B→F	100	106	111	117	123	130	136	144	151	159
sum	160	169	178	187	197	207	218	229	242	255

Table 4-12 Cargo from intermediate destination to destination

	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
F→C	44	47	49	52	55	58	61	64	67	71
F→D	29	31	33	34	36	38	40	42	44	47
F→E	86	91	96	101	106	112	117	124	130	137
sum	160	169	178	187	197	207	218	229	242	255

시뮬레이션 4의 결과 값을 종합해보면 [Table 4-13]과 같다. [Table 4-13]의 결과는 시뮬레이션 4의 결과 값을 의미하고 오차율은 시뮬레이션 입력값(Table 1, 2, 3)과의 오차율을 의미한다. A, B, C, D, E, F지역의 오차율은 모두 $\pm 1\%$ 미만을 보이고 있으며 특히 중간 경유지 F지역의 오차율이 $\pm 0.1\%$ 미만을 보이고 있어 오차율이 매우 작은 것을 볼 수 있다.

Table 4-13 Results of simulation about all of areas

		1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
A	result	100	105	111	117	123	129	136	143	151	159
	error(%)	0.10	0.40	0.00	0.20	0.00	0.40	0.20	0.40	0.10	0.10
B	result	200	211	222	233	246	259	272	287	302	318
	error(%)	0.10	0.30	0.20	0.10	0.20	0.20	0.00	0.2%	0.10	0.10
C	result	92	97	102	107	113	119	125	132	139	146
	error(%)	-0.10	0.00	0.10	-0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.10	0.00	0.00
D	result	82	86	91	96	101	106	112	118	124	131
	error(%)	0.10	0.20	0.20	0.00	0.20	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10
E	result	126	133	140	147	155	163	171	181	190	200
	error(%)	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.10
F	result	160	169	178	187	197	207	218	229	242	255
	error(%)	-0.05	-0.08	-0.19	-0.04	-0.16	-0.01	0.0%	0.01	-0.07	-0.08

제 5 장 화물 운송량 산정모형 적용 및 활용방안

본 장에서는 앞서 검증한 화물운송모형에 실제 항만, 내륙물류기지(ICD), 각 지역의 실제 데이터를 적용하였다.

5.1 연구 방법

수입의 경우에는 외국으로부터 항만에 반입되는 수입 컨테이너 화물을 대상으로 하며 수출의 경우에는 내륙으로부터 항만에 반입되는 수출 컨테이너 화물을 대상으로 한다. 이 때 항만에 입고되는 수·출입 컨테이너 중 환적 화물은 제외하며 순수한 수·출입 컨테이너 화물을 대상으로 한다. 또한 항만과 내륙사이에 물류센터를 경유하는 경우와 항만과 내륙을 직접 오가는 경우로 구분하여 분석하였다.

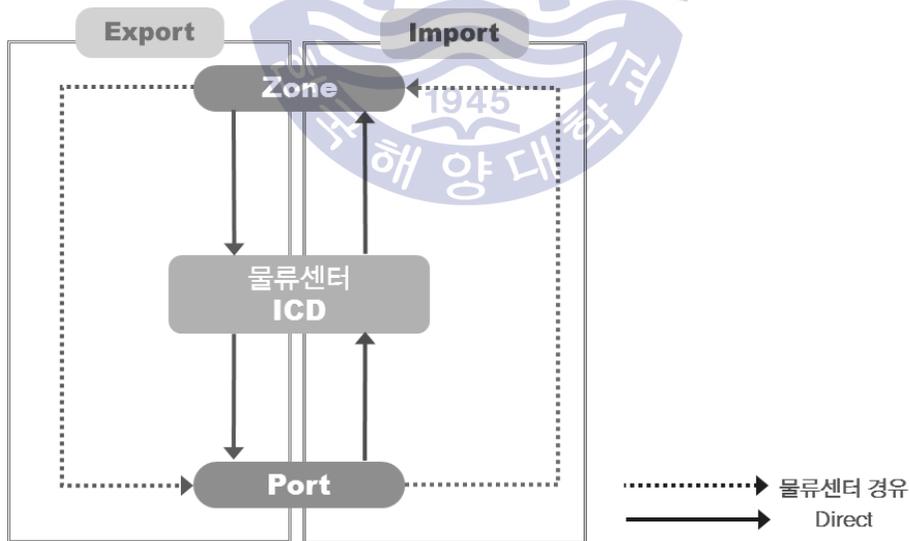


Fig. 5-1 화물운송모형 개념도

컨테이너 물동량 운송 경로를 분석하기 위하여 다음과 같이 기호를 가

정한다.

P : 항만에서 처리되는 컨테이너 물동량

D : 지역에 생산되거나 처리되는 컨테이너 물동량

C : 물류센터에 처리되는 컨테이너 물동량

P_I : 항만에서 입고되는 전체 수입물동량

D_I : 지역에 도착하는 전체 수입물동량

C_I : 물류센터에 입·출고되는 수입 물동량

D_E : 지역에서 출발하는 전체 수출물동량

P_E : 항만에 도착하는 전체 수출물동량

C_E : 물류센터에 입·출고되는 수출 물동량

이 때 P 는 항만에서 환적화물을 제외하고 순수하게 처리되는 수·출입 물동량을 말한다.

항만에서 취급되는 전체 컨테이너 물동량과 각 지역에서 취급되는 전체 컨테이너 물동량은 다음과 같다.

$$P = P_I + P_E$$

$$D = D_I + D_E$$

$$C = C_I + C_E$$

분석을 위하여 다음과 같은 가정이 필요하다.

가정 1.

항만에서 취급하는 수·출입 컨테이너 물동량과 지역에서 취급되는 수·출입 컨테이너 물동량의 합은 같아야 한다. 즉 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$P = D$$

가정 2.

항만과 각 지역에서 화물을 운송하기 위한 수단은 트럭으로만 가정한다.

가정 3.

물류센터를 경유할 경우, 출발지에서 최종목적지까지는 단일 컨테이너가 운송되어야만 한다. 즉 물류센터에서 컨테이너를 오픈하여 화물을 혼재하거나 LCL화물을 FCL화물로 재운송되는 경우는 제외한다.

가정 4.

본 연구에서 대상 화물은 항만에서 취급되는 수·출입 컨테이너 물동량이므로 국내에서 서로 운송되어지는 물동량은 제외한다.

5.1.1 수입 분석 모형

수입화물인 경우에는 항만에서 각 지역으로 수입 화물이 분배되어 운송된다. 이때에는 항만에서 각 지역까지 직접 운송되는 경우와 항만 → 물류센터(ICD) → 각 지역으로 운송되는 경우로 구분하여 모델을 설정하고자 한다.

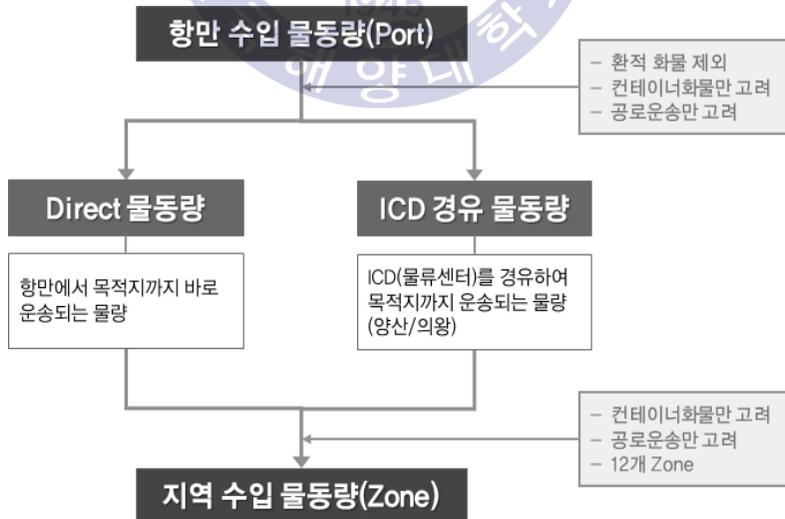


Fig. 5-2 수입화물운송모형 개념

이 때 $P_I = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 은 항만에서 출발하는 수입 물동량의 집합이며, $D_I = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ 는 지역에 도착하는 수입 물동량의 집합을 나타낸다. 항만의 수입물동량이 각 지역으로 운송되는 물동량을 예측하기 위하여 다음과 같이 기호를 가정한다.

P_I : 항만에서 입고되는 전체 수입물동량

D_I : 지역에 도착하는 전체 수입물동량

P_I^c : 항만에 입고되는 수입 물량 중 물류센터를 경유하는 물동량

P_I^d : 항만에 입고되는 수입 물량 중 목적지로 바로 운송되는 물동량

D_I^c : 지역에 도착하는 수입 물량 중 물류센터를 경유하는 물동량

D_I^d : 지역에 도착하는 수입 물량 중 목적지로 바로 운송되는 물동량

이 때 항만의 전체 수입물동량과 각 지역에 도착하는 수입물동량은 다음과 같다.

$$P_I = P_I^c + P_I^d$$

$$D_I = D_I^c + D_I^d$$

1) 물류센터 경유하는 경우

본 절에서는 항만에 입고한 수입화물 중 물류센터를 경유하여 각 지역으로 운송되는 경우의 물동량을 예측하고자 한다. 이 때 $P_I^c = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 은 항만을 출발하여 물류센터를 경유하는 수입 물동량의 집합이며, $D_I^c = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ 는 물류센터를 경유하여 목적지에 도착하는 수입 물동량의 집합이다. 또한 $C_I = \{c_1, c_2, \dots, c_l\}$ 는 물류센터에서 처리하는 수입

물동량의 집합을 의미한다.

물류센터를 경유하는 수입물동량의 운송모델을 세우기 위하여 다음과 같이 기호를 가정한다.

P_{Ii}^c : i 항만에서 들어와서 물류센터를 경유하는 수입 물동량

C_{Ik} : k 물류센터 입·출고되는 수입 물동량

D_{Ij}^c : 물류센터를 경유하여 j 지역에 도착하는 물동량

α_{ik} : i 항만에서 k 물류센터까지의 가중치

β_{kj} : k 물류센터에서 j 지역까지의 가중치

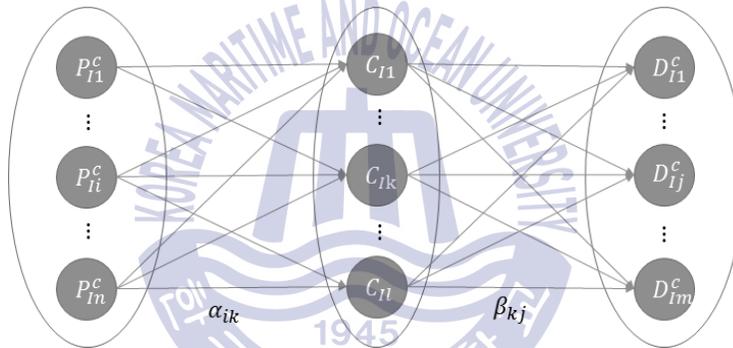


Fig. 5-3 물류센터 경유하는 화물운송모형(수입)

항만 i 으로 부터 물류센터 k 에 입고되는 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_{Iik} = \alpha_{ik} \times P_{Ii}^c$$

k 물류센터에 입고되는 총 수입물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_{Ik} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \times P_{Ii}^c$$

항만에서 물류센터에 입고되는 전체 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_I = \sum_{k=1}^n C_{Ik}$$

물류센터 k 로부터 목적지 j 까지 운송되는 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_{Ikj}^c = \beta_{kj} \times C_{Ik}$$

목적지 j 에 도착되는 총 수입물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_{Ij}^c = \sum_{k=1}^l \beta_{kj} \times C_{Ik}$$

물류센터에서 목적지까지 운송되는 총 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_I^c = \sum_{j=1}^m D_{Ij}^c$$

2) 목적지로 바로 가는 경우

본 절에서는 항만에 입고하는 수입화물 중 물류센터를 거치지 않고 목적지까지 바로 운송되는 경우의 물동량을 예측하고자 한다. 이 때 $P_I^d = \{p_1^d, p_2^d, \dots, p_n^d\}$ 은 항만에서 출발하는 수입 물량 중 물류센터를 거치지 않고 운송되는 물동량의 집합이며, $D_I^d = \{d_1^d, d_2^d, \dots, d_m^d\}$ 는 물류센터를 경유하지 않고 목적지에 도착하는 수입 물동량의 집합을 나타낸다. 이 경우에는 물류센터를 거치지 않기 때문에 물류센터 C_{Ik} 을 1로 설정하였다. 목적지로 바로 운반되는 수입물동량 예측모델을 세우기 위하여 다음과 같이 기호를 가정한다.

P_{Ii}^d : 물류센터를 거치지 않고 i 항만에서 출발하는 수입 물동량

C_{Ik} : k 물류센터 입·출고되는 수입 물동량

D_{Ij}^d : 물류센터를 경유하지 않고 j 지역에 도착하는 수입 물동량

γ_{ij} : i 항만에서 j 목적지까지의 가중치

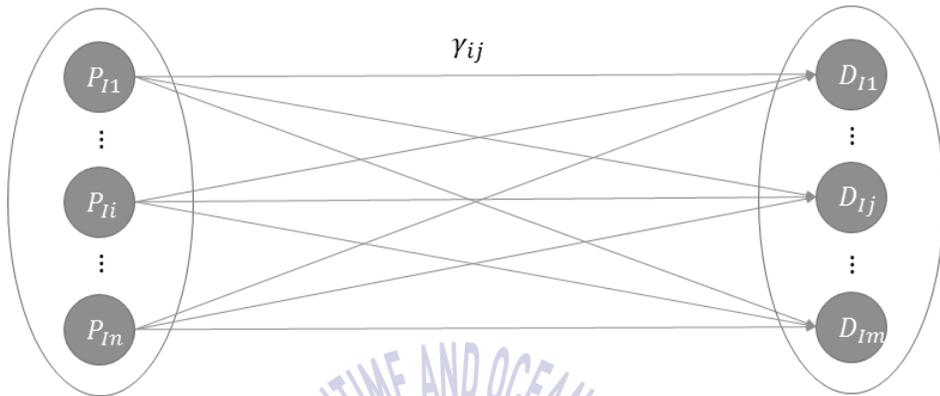


Fig. 5-4 목적지로 바로 운송하는 화물운송모형(수입)

항만 i 으로 부터 목적지 j 까지 운송되는 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_{Iij}^d = \gamma_{ij} \times P_{Ii}^d$$

목적지 j 에 도착되는 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_{Ij}^d = \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} \times P_{Ii}^d$$

항만에서 목적지까지 물류센터를 거치지 않고 바로 운송되는 전체 수입물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D_I^d = \sum_{j=1}^m D_{Ij}^d$$

3) 통합

본 절에서는 물류센터를 경유하는 경우와 목지지로 바로 운송되는 경

우 모두를 통합하여 항만에서 내륙으로 운송되는 수입 물동량 전체의 운송경로를 분석하고자 한다.

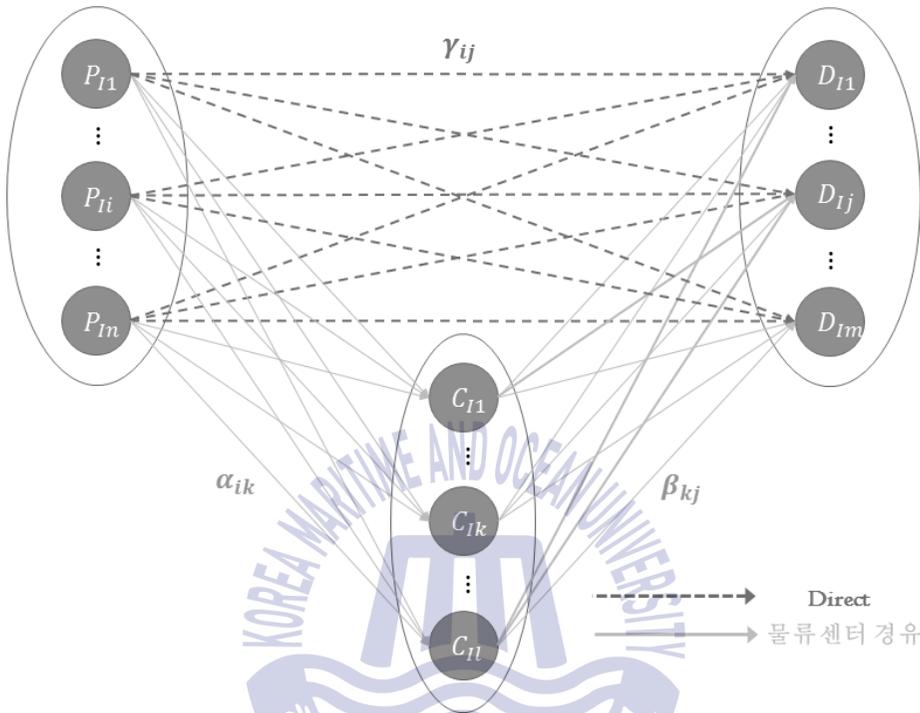


Fig. 5-5 화물운송모형(수입물량)

항만 i 으로 부터 목적지 j 까지 운송되는 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{Iij} &= D_{Iij}^c + D_{Iij}^d \\ &= (C_{Iik} + D_{Ikj}^d) + D_{Iij}^d \\ &= (\alpha_{ik} \times P_{Ii}^c) + (\beta_{kj} \times C_{Ik}) + (\gamma_{ij} \times P_{Ij}^d) \end{aligned}$$

목적지 j 에 도착되는 수입 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{Ij} &= D_{Ij}^c + D_{Ij}^d \\ &= \left(\sum_{i=1}^n \alpha_{ik} \times P_{Ii}^c \right) + \left(\sum_{k=1}^l \beta_{kj} \times C_{Ik} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} \times P_{Ii}^d \right) \end{aligned}$$

항만에 각 지역까지 운송되는 전체 수입 물동량은 다음과 같이 구할

수 있다.

$$D_I = \sum_{j=1}^m D_{Ij}$$

$$= \sum_{j=1}^m (D_{Ij}^c + D_{Ij}^d)$$

5.1.2 수출 분석 모형

수출인 경우에는 각 지역에서 운송된 화물이 항만에서 집하되는 시스템이다. 수입과는 반대로 목적지가 항만이 되고 출발지가 화물이 창출되는 지역이 된다. 이 경우에도 마찬가지로 각 지역에서 항만까지 직접 운송되는 경우와 화물 창출 지역 → 물류센터(ICD) → 항만으로 운송되는 경우로 구분하여 분석하기로 한다. 이 때, 항만에서 들어오는 수입화물 중 환적화물은 제외 하고 일반화물은 컨테이너 화물만 고려하고자 한다.

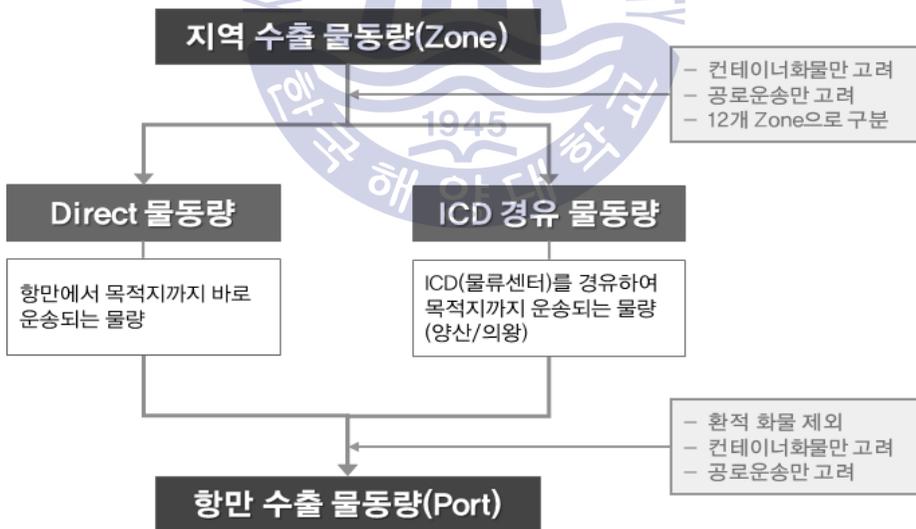


Fig. 5-6 수출화물운송모형 개념

이 때 $D_E = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ 는 각 지역에서 창출되는 수입물동량의 집

합이며 $P_E = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 는 항만에 도착하는 수출 물동량의 집합을 나타낸다. 각 지역에서 항만으로 운송되어지는 수출 물동량을 예측하기 위하여 다음과 같이 기호를 가정한다.

D_E : 지역에서 출발하는 전체 수출물동량

P_E : 항만에 도착하는 전체 수출물동량

D_E^c : 지역에서 출발하는 수출 물량 중 물류센터를 경유하는 물동량

D_E^d : 지역에서 출발하는 수출 물량 중 항만으로 바로 운송되는 물동량

P_E^c : 항만에 도착되는 수출 물량 중 물류센터를 경유하는 물동량

P_E^d : 항만에 도착되는 수출 물량 중 목적지로 바로 운송되는 물동량

이 때 각 지역에 도착하는 수출물동량과 항만의 전체 수출물동량은 다음과 같다.

$$D_E = D_E^c + D_E^d$$

$$P_E = P_E^c + P_E^d$$

1) 물류센터 경유하는 경우

본 절에서는 각 지역에서 항만으로 운송되는 수출화물 중에서 물류센터를 경유하는 수출화물의 물동량을 예측하고자 한다. 이 때

$P_E^c = \{p_1^c, p_2^c, \dots, p_n^c\}$ 은 물류센터를 경유하여 항만에 집하되어지는 수출

물동량의 집합이며, $D_E^c = \{d_1^c, d_2^c, \dots, d_m^c\}$ 는 각 지역에서 출발하는 물동량 중 물류센터를 거치게 되는 수출 물량의 집합이다. 또한

$C_I = \{c_1, c_2, \dots, c_l\}$ 는 물류센터에서 처리하는 수출 물동량의 집합을 의미

한다.

물류센터를 경유하는 수출물동량의 예측모델을 위한 기호는 다음과 같이 가정한다.

D_{Ej}^v : j 지역에서 출발하여 물류센터를 경유하는 수출 물동량

P_{Ei}^c : 물류센터를 경유하여 i 항만에 도착하는 수출 물동량

C_{Ek} : k 물류센터 입·출고되는 수출 물동량

α_{jk} : j 지역에서 k 물류센터까지의 가중치

β_{ki} : k 물류센터에서 i 항만까지의 가중치

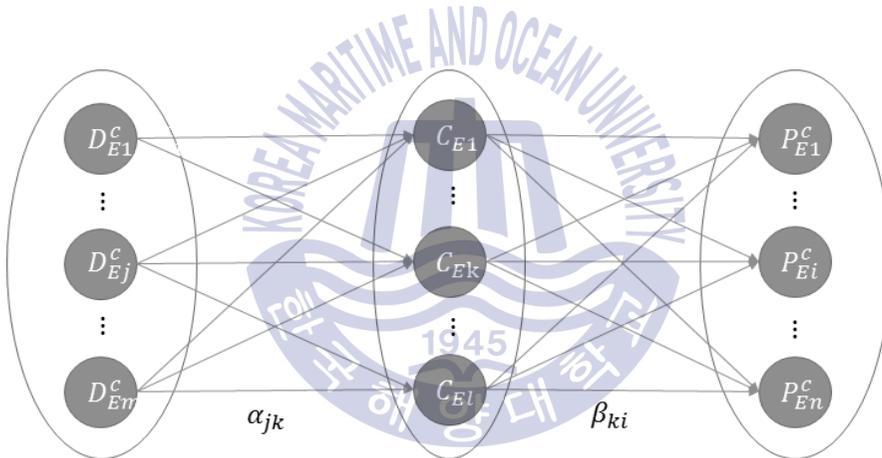


Fig. 5-7 물류센터 경유하는 화물운송모형(수출)

j 지역으로부터 물류센터 k 에 입고되는 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_{Ejk} = \alpha_{jk} \times D_{Ej}^c$$

k 물류센터에 입고되는 총 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_{Ek} = \sum_{j=1}^m \alpha_{jk} \times D_{Ej}^c$$

항만에서 물류센터에 입고되는 전체 수출 물동량은 다음과 같이 구할

수 있다.

$$C_E = \sum_{k=1}^l C_{Ek}$$

물류센터 k 로부터 항만 i 까지 운송되는 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{Ei}^c = \beta_{ki} \times C_{Ek}$$

항만 i 까지 운송되는 총 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{Ei} = \sum_{k=1}^l \beta_{ki} \times C_{Ek}$$

물류센터에서 목적지 항만까지 운송되는 전체 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_E^c = \sum_{i=1}^n P_{Ei}^c$$

2) 목적지로 바로 가는 경우

각 지역에서 출발하는 수출화물 중 물류센터를 거치지 않고 목적지 항만까지 바로 운송되는 경우의 물동량을 예측하고 한다. 이 때 $P_E^d = \{p_1^d, p_2^d, \dots, p_n^d\}$ 은 물류센터를 경유하지 않고 항만에 입고되는 수출 물동량의 집합이며, $D_E^d = \{d_1^d, d_2^d, \dots, d_m^d\}$ 는 각 지역을 출발하여 물류센터를 경유하지 않고 바로 운송되는 수출 물동량의 집합이다. 물류센터를 거치지 않을 경우에는 물류센터 C_{ik} 을 1로 설정하였다. 목적지로 바로 운송되는 수출물동량 예측모델을 세우기 위하여 다음과 같이 기호를 가정한다.

P_{Ei}^d : 물류센터를 경유하지 않고 i 항만에 입고되는 수출물동량

C_{Ek} : k 물류센터 입·출고되는 수출 물동량

D_{Ej}^d : j 지역에서 출발하는 물량 중 물류센터를 경유하지 않는 수
출물동량

γ_{ji} : j 지역에서 i 항만까지의 가중치

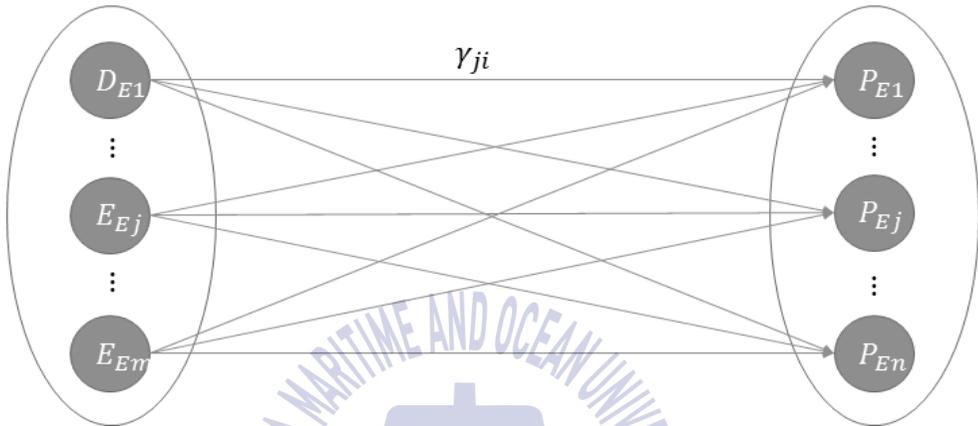


Fig. 5-8 목적지로 바로 운송하는 화물운송모형(수출)

j 지역에서 항만 i 까지 물류센터를 거치지 않고 운송되는 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{Eji}^d = \gamma_{ji} \times D_{Ej}^d$$

항만 i 에 도착되는 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{Ei}^d = \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \times D_{Ij}^d$$

물류센터를 거치지 않고 각 지역에서 항만까지 직접 운송되는 전체 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_E^d = \sum_{i=1}^n P_{Ei}^d$$

3) 통합

본 절에서는 물류센터를 경유하는 경우와 목지지로 바로 운송되는 경우 모두를 통합하여 내륙에서 항만으로 운송되어지는 수출 물동량 전체의 운송경로를 분석하고자 한다.

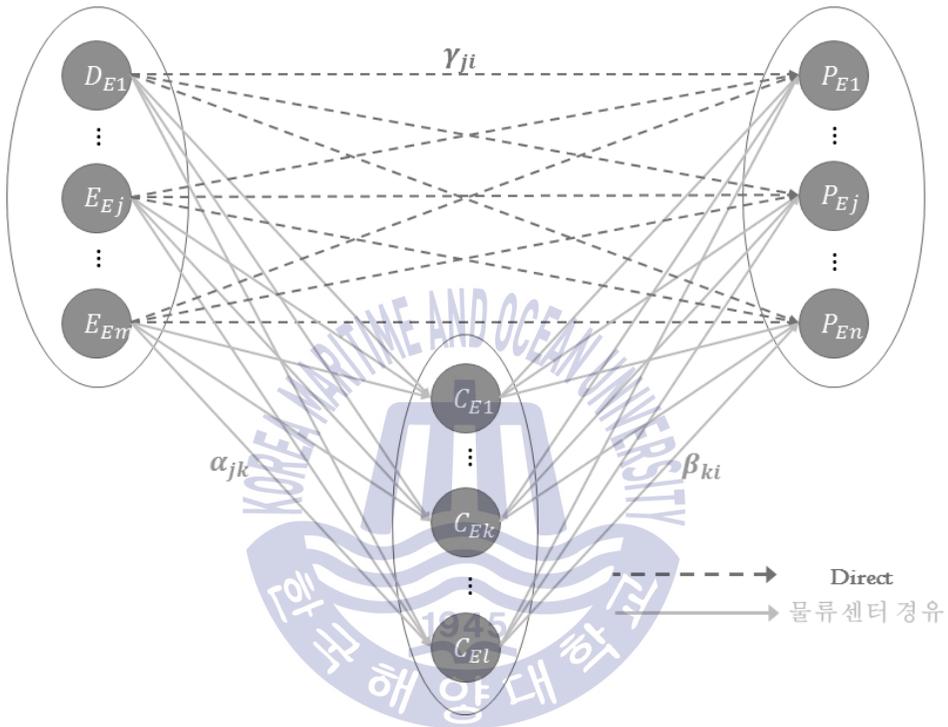


Fig. 5-9 화물운송모형(수출모형)

지역 j 에서 항만 i 까지 운송되는 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 D_{Eji} &= D_{Eji}^c + D_{Eji}^d \\
 &= (C_{Ijk} + D_{Iki}^c) + D_{Iji}^d \\
 &= (\alpha_{jk} \times P_{Ij}^c) + (\beta_{ki} \times C_{Ik}) + (\gamma_{ji} \times P_{ji}^d)
 \end{aligned}$$

항만 i 에 도착되는 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_{Ei} &= P_{Ei}^c + P_{Ei}^d \\
 &= \left(\sum_{j=1}^m \alpha_{jk} \times D_{Ej}^c \right) + \left(\sum_{k=1}^l \beta_{ki} \times C_{Ik} \right) + \left(\sum_{j=1}^m \gamma_{ji} \times D_{Ej}^d \right)
 \end{aligned}$$

각 지역에서 항만으로 운송되는 전체 수출 물동량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_E &= \sum_{i=1}^n P_{Ei} \\
 &= \sum_{i=1}^n (P_{Ei}^c + P_{Ei}^d)
 \end{aligned}$$



5.2 시뮬레이션

5.2.1 분석자료 선정

본 연구에서는 실제데이터를 적용하기 위하여 분석 자료를 다음과 같이 선정하였다.

항만은 컨테이너를 주로 취급하는 항만을 대상으로 하고 부산항, 광양항, 인천항, 평택항, 울산항을 선정하였다. 화물의 내륙기종점 지역은 육상 운송이 가능한 지역으로 제주를 제외한 11개 지역(서울, 부산, 인천, 경기, 강원, 충북, 전북, 전남, 경북, 경남)으로 선정하였다. 내륙물류기지(ICD)는 의왕ICD, 양산ICD 두 곳으로 선정하였다.

5.2.2 수입

본 절에서는 앞에서 제시한 수입화물운송모형(fig.5-5)에 실제 데이터를 적용하기 위하여 다음 표와 같이 데이터를 정리 하였다. 수입화물운송모형에서 Input Data는 각 항만의 물동량이고 본 연구에서는 환적화물 및 제주도 지역으로 운송되는 화물을 제외한 나머지 화물을 이용하였고 그 결과는 [Table 5-1]과 같다.

Table 5-1 Input Data

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
부산항	1,998,382	2,255,570	2,334,638	1,989,634	2,326,772
인천항	658,632	785,458	813,449	736,256	887,223
광양항	260,095	296,724	304,785	273,111	321,353
평택항	115,866	153,066	155,708	158,952	182,882
울산항	13,730	14,090	18,115	12,197	13,709
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
부산항	2,957,835	2,384,598	2,488,880	2,721,349	2,749,081
인천항	1,097,894	930,795	1,035,138	1,140,549	1,190,451

광양항	356,193	413,024	454,501	490,398	456,283
평택항	205,704	212,009	218,879	240,647	250,535
울산항	19,515	24,500	25,658	23,906	24,708

Output Data는 항만에서 각 지역으로 운송되어지는 화물을 뜻하며 그 지역은 총 11개 지역으로 설정하였고 대구, 울산, 대전, 세종 등은 경북, 경남, 충남으로 포함시켰고 그 결과는 [Table 5-2]와 같다.

Table 5-2 Output Data

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
서울	901,768	989,916	1,011,234	905,305	1,081,741
부산	219,704	263,701	281,846	268,605	297,417
인천	232,685	274,604	322,431	253,443	285,277
경기	672,875	768,215	752,676	679,982	822,988
강원	10,894	11,315	13,053	11,133	12,166
충북	113,693	125,454	132,126	105,847	125,144
충남	158,026	192,523	203,679	173,939	188,910
전북	96,148	102,029	102,288	88,274	118,812
전남	88,300	106,533	119,373	101,408	119,458
경북	259,291	305,989	280,165	242,601	278,675
경남	293,322	364,629	407,824	339,613	401,351
합계	3,046,705	3,504,908	3,626,695	3,170,150	3,731,939
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	1,370,544	1,158,445	1,277,905	1,433,242	1,368,610
부산	345,260	295,180	305,936	325,237	323,691
인천	421,266	360,406	359,887	394,452	378,178
경기	1,028,505	890,735	966,086	1,065,073	1,181,978

강원	17,500	12,479	13,257	14,006	16,294
충북	157,762	145,144	145,805	153,416	147,542
충남	217,298	188,058	227,442	239,189	231,493
전북	136,120	129,482	134,857	141,312	146,775
전남	116,673	116,862	102,452	124,483	141,485
경북	328,321	242,336	264,728	283,648	305,342
경남	497,892	425,799	424,701	442,791	429,670
합계	4,637,141	3,964,926	4,223,056	4,616,849	4,671,058

본 연구에서는 중간 경유지를 내륙 컨테이너 기지(ICD)로 설정하였고 그 물량은 [Table 5-3]과 같다. 실제 발표되는 ICD물동량의 형태는 ICD로 반입되거나 반출되는 형태이므로 본 연구에서 각 지역으로 운송되어지는 물량을 재정리하였고 그 표를 토대로 다음과 같은 결과를 도출하였다.

Table 5-3 ICD 수입 Data

ICD	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
의왕	733,987	713,384	631,964	587,360	690,017
양산	150,622	126,407	136,844	64,246	41,398
ICD	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
의왕	744,551	828,262	831,391	785,472	760,391
양산	29,120	18,109	11,586	6,962	5,924

5.2.3 수출

본 절에서는 앞에서 제시한 수출화물운송모형(fig.5-9)에 실제 데이터를 적용하기 위하여 다음 표와 같이 데이터를 정리 하였다. 수출화물운송모형에서 Input Data는 각 지역에서 항만으로 가는 수출물량이고 본 연구에

서는 환적화물 및 제주도 지역에서 운송하는 화물은 제외한 나머지 화물을 이용하였고 그 결과는 [Table 5-4]와 같다.

Table 5-4 Input Data

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
서울	528,349	581,014	634,654	641,184	762,269
부산	162,732	185,875	214,656	194,909	222,648
인천	253,675	313,681	322,205	235,153	310,389
경기	554,220	558,630	537,583	504,458	643,138
강원	18,865	20,020	21,631	24,198	27,182
충북	102,567	104,622	107,674	93,126	109,616
충남	311,094	339,738	337,772	359,376	376,868
전북	133,140	156,196	166,692	140,046	197,966
전남	508,815	554,080	563,189	627,438	719,873
경북	469,003	480,527	491,037	445,679	521,293
경남	925,417	973,359	966,933	938,530	1,070,004
합계	3,967,880	4,267,742	4,364,026	4,204,097	4,961,246
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	877,686	896,831	960,205	1,017,769	1,087,625
부산	260,533	273,590	277,381	300,521	330,201
인천	336,120	338,862	342,661	336,912	302,676
경기	693,746	667,135	753,432	757,968	777,171
강원	39,676	36,147	38,965	40,104	42,258
충북	121,669	121,315	138,779	149,401	163,476
충남	387,831	393,783	400,075	410,374	417,176
전북	245,291	254,421	225,465	192,980	176,044

전남	687,133	712,889	743,637	763,764	765,431
경북	540,407	539,510	568,837	589,579	555,619
경남	1,170,183	1,161,934	1,228,929	1,194,622	1,056,632
합계	5,360,275	5,396,417	5,678,366	5,753,994	5,674,309

Output Data는 항만에 도착되어지는 각 지역의 운송화물을 뜻하며 그 지역은 총 11개 지역으로 설정하였고 대구, 울산, 대전, 세종 등은 경북, 경남, 충남으로 포함시켰고 그 결과는 [Table 5-5]와 같다.

Table 5-5 Output Data

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
부산항	2,727,082	2,922,420	2,967,709	2,720,540	3,248,451
인천항	387,766	438,257	441,519	489,503	559,831
광양항	643,507	675,010	683,888	728,213	840,821
평택항	89,595	92,543	100,187	95,281	123,037
울산항	119,930	139,512	170,723	170,560	189,106
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
부산항	3,589,741	3,631,544	3,835,298	3,879,823	3,847,735
인천항	582,820	554,350	623,860	639,752	616,479
광양항	836,110	854,216	838,273	866,030	845,571
평택항	148,831	145,279	159,284	153,491	147,636
울산항	202,773	211,028	221,651	214,898	216,888

본 연구에서는 중간 경유지를 내륙 컨테이너 기지(ICD)로 설정하였고 그 물량은 [Table 5-6]와 같다. 실제 발표되는 ICD물동량의 형태는 ICD로 반입되거나 반출되는 형태이므로 본 연구에서 각 지역으로 운송되어지는 물량을 재정리하였고 그 표를 토대로 다음과 같은 결과를 도출하였다.

Table 5-6 ICD 수출 Data

ICD	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
의왕	733,987	713,384	631,964	587,360	690,017
양산	111,232	94,440	97,456	57,398	42,146
ICD	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
의왕	744,551	828,262	831,391	785,472	760,391
양산	28,631	31,410	31,610	27,834	30,033

5.3 시물레이션 결과

5.3.1 수입

1) 도착지(내륙지점)

수입 모형의 시물레이션 결과는 [Table 5-7]과 같다. 시물레이션 결과를 살펴보면 2015년 기준 5개 항만에서 서울지역으로 수입된 화물의 총량은 3,741,579TEU이고 서울이 28%, 경기 18%, 경남 12% 순으로 결과가 도출되었다.

Table 5-7 도착지 시물레이션 결과

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
서울	709,660	730,190	720,610	831,350	943,600
부산	199,020	203,000	211,750	229,080	259,330
인천	168,230	172,980	153,140	200,370	228,030
경기	423,500	437,570	368,730	510,950	582,410
강원	29,609	28,137	27,539	31,860	36,490
충북	141,060	114,330	124,280	143,680	167,160
충남	172,160	152,340	163,950	185,810	214,000
전북	145,630	108,120	122,000	147,800	173,330
전남	84,857	78,404	79,194	92,664	106,300

경북	177,810	182,050	189,430	205,160	232,910
경남	298,930	287,820	304,050	345,460	398,530
합계	2,550,466	2,494,941	2,464,673	2,924,184	3,342,090
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	975,860	839,680	983,740	1,233,900	1,031,900
부산	268,390	229,600	268,830	340,600	276,950
인천	235,740	204,290	239,890	296,270	259,140
경기	601,720	523,440	615,020	754,320	671,860
강원	38,099	32,953	38,731	48,371	42,119
충북	174,710	153,300	182,000	227,580	195,950
충남	222,430	193,610	228,780	287,380	240,980
전북	180,710	160,160	191,310	238,380	204,610
전남	110,570	95,953	113,110	141,460	120,920
경북	241,140	207,000	242,210	306,030	251,070
경남	412,320	360,990	424,250	529,480	446,080
합계	3,461,689	3,000,976	3,527,871	4,403,771	3,741,579

수입 모형의 도착지에 관한 오차 비율은 [Table 5-8]과 같다. 오차 비율은 전체적으로 1% 내외를 보이고 있다. 강원지역이 오차 비율이 1% 대로 가장 높게 나타났고 대체로 물동량이 많이 운송되는 서울, 부산, 인천, 경남 등은 오차 비율이 작게 나타났다.

Table 5-8 도착지 오차 비율

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
서울	0.21	0.26	0.29	0.08	0.13
부산	0.09	0.23	0.25	0.15	0.13

인천	0.28	0.37	0.53	0.21	0.20
경기	0.37	0.43	0.51	0.25	0.29
강원	1.72	1.49	1.11	1.86	2.00
충북	0.24	0.09	0.06	0.36	0.34
충남	0.09	0.21	0.20	0.07	0.13
전북	0.51	0.06	0.19	0.67	0.46
전남	0.04	0.26	0.34	0.09	0.11
경북	0.31	0.41	0.32	0.15	0.16
경남	0.02	0.21	0.25	0.02	0.01
합계	0.16	0.29	0.32	0.08	0.10
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	0.29	0.28	0.23	0.14	0.25
부산	0.22	0.22	0.12	0.05	0.14
인천	0.44	0.43	0.33	0.25	0.31
경기	0.41	0.41	0.36	0.29	0.43
강원	1.18	1.64	1.92	2.45	1.58
충북	0.11	0.06	0.25	0.48	0.33
충남	0.02	0.03	0.01	0.20	0.04
전북	0.33	0.24	0.42	0.69	0.39
전남	0.05	0.18	0.10	0.14	0.15
경북	0.27	0.15	0.09	0.08	0.18
경남	0.17	0.15	0.00	0.20	0.04
합계	0.25	0.24	0.16	0.05	0.20

2) 중간 거점(내륙물류기지)

수입 모형의 중간 거점 결과는 [Table 5-9]와 같다. 시뮬레이션 결과를

살펴보면 2015년 5개 항만에서 중간 거점을 거쳐가는 물동량은 의왕 214,220TEU, 양산 132,810TEU로 도출되었다.

Table 5-9 중간 거점 시물레이션 결과

ICD	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
의왕	144,400	140,560	140,760	167,020	191,410
양산	88,819	85,693	85,675	102,680	117,930
ICD	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
의왕	198,030	172,300	202,630	252,650	214,220
양산	122,010	106,440	125,250	155,870	132,810

중간 검점 오차 비율은 [Table 5-10]과 같으며 의왕 내륙물류 기지의 경우 1% 내외로 오차 비율이 작은 편이지만 양산의 경우 취급 물동량이 현저히 떨어지는 2010년부터 오차 비율이 증가하였다.

Table 5-10 중간 거점 오차 비율

ICD	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
의왕	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
양산	0.4	0.3	0.4	0.6	1.8
ICD	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
의왕	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7
양산	3.2	4.9	9.8	21.4	21.4

5.3.2 수출

1) 도착지(항만)

수출 모형의 시물레이션 결과는 [Table 5-11]과 같다. 시물레이션 결과를 살펴보면 2015년 기준 11개 지역에서 항만을 통하여 수출된 화물의 총

량은 4,478,500TEU이고 부산항 68%, 광양항 16%, 인천항 9%, 울산항 4%, 평택항 3% 순으로 결과가 도출되었다.

Table 5-11 도착지 시뮬레이션 결과

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
부산항	1,990,900	2,288,700	2,367,200	2,070,300	2,437,400
인천항	249,910	287,630	297,240	260,180	306,180
광양항	460,620	530,900	550,000	480,100	565,250
평택항	96,449	111,140	115,700	100,690	118,350
울산항	123,190	142,090	147,020	128,170	150,920
	2,377,890	2,757,150	2,878,200	2,488,270	2,911,090
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
부산항	3,030,100	2,591,200	2,761,700	3,021,100	3,057,300
인천항	379,000	324,150	345,940	377,580	381,900
광양항	702,250	600,430	638,220	696,610	705,010
평택항	147,310	125,840	133,140	145,460	146,210
울산항	187,280	159,850	169,980	185,760	188,080
	4,445,940	3,801,470	4,048,980	4,426,510	4,478,500

수출 모형의 도착지에 관한 오차 비율은 [Table 5-12]와 같다. 오차 비율은 전체적으로 1% 내외를 보이고 있다. 그 중 인천항에서 오차 비율이 0.3% 내외로 5개 항만 중 높은 비율을 보이고 있다. 하지만 전체 비율은 0.5% 미만으로 보이고 있다.

Table 5-12 도착지 오차 비율

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
부산항	0.27	0.22	0.20	0.24	0.25
인천항	0.36	0.34	0.33	0.47	0.45
광양항	0.28	0.21	0.20	0.34	0.33
평택항	0.08	0.20	0.15	0.06	0.04
울산항	0.03	0.02	0.14	0.25	0.20
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
부산항	0.16	0.29	0.28	0.22	0.21
인천항	0.35	0.42	0.45	0.41	0.38
광양항	0.16	0.30	0.24	0.20	0.17
평택항	0.01	0.13	0.16	0.05	0.01
울산항	0.08	0.24	0.23	0.14	0.13

2) 중간 거점(내륙물류기지)

수입 모형의 중간 거점 결과는 [Table 5-13]과 같다. 시뮬레이션 결과를 살펴보면 2015년 11개 지역에서 중간 거점을 거쳐 가는 물동량은 의왕 646,530TEU, 양산 99,862TEU로 도출되었다.

Table 5-13 중간 거점 시뮬레이션 결과

ICD	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
의왕	528,180	607,330	628,330	549,170	646,530
양산	81,158	93,654	97,009	84,864	99,862
ICD	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
의왕	803,810	687,230	732,540	801,210	810,320
양산	123,620	105,760	112,070	122,160	123,890

중간 검점 오차 비율은 [Table 5-14]와 같으며 의왕 내륙물류 기지의 경우 1% 내외로 오차 비율이 크지 않지만 양산의 경우 취급 물동량이 현저히 떨어지는 2010년부터 오차 비율이 증가하였다 2011년 이후 양산 ICD오차 비율은 3%내외를 보이고 있다.

Table 5-14 중간 거점 오차 비율

ICD	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
의왕	0.28	0.15	0.01	0.07	0.06
양산	0.27	0.01	0.00	0.48	1.37
ICD	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
의왕	0.08	0.17	0.12	0.02	0.07
양산	3.32	2.37	2.55	3.39	3.13

5.4 화물운송량 산정모형 활용방안

본 논문에서는 기존의 화물 수요 모형에 대한 문제점을 고찰하고 이를 해결하기 위한 화물 운송량 산정 모형을 구축하였다. 기존의 화물 수요 모형의 경우 기존의 교통 분야에서 이용되었던 수요 예측 방법을 이용하여 운송 화물량을 산정하였기 때문에 물류의 운송특징을 반영하지 못하는 단점이 있었다. 이를 극복하기 위하여 국내외에서는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 기존에 화물 수요 모형에서 화물 운송 특징을 반영하기 위하여 중간 경유지를 고려하여 화물 운송량 산정 모형을 구축하고 그 결과 화물 O/D데이터를 도출하였다.

기존의 화물 O/D 데이터는 화물 운송 차량의 목적지와 출발지만 조사하여 데이터를 구축하였기 때문에 화물의 출발지와 목적지는 알 수 없고 단순히 출발지와 목적지의 물동량만 확인 할 수 있다. 화물의 흐름은 앞서 언급하였듯이 이송수단의 변경, 컨테이너의 화물 재적재 등의 이유로

중간경유지를 거쳐 갈 경우가 빈번하게 생긴다. 이에 따라 기존의 화물 O/D 데이터는 이를 반영하지 못하고 국가 정체이나 물류센터의 건립 시 기초 자료로 이동되지 못한다. 왜냐하면 중간경유지를 고려하지 않았기 때문에 중간경유지의 화물이 얼마나 이송되었는지 파악되지 않기 때문이다. 이에 본 연구에서는 중간 경유지(내륙 물류기지)를 고려한 화물 운송량 산정 모형을 구축하고 기존의 O/D데이터를 보완하여 중간경유지를 고려한 O/D데이터를 산출 하였다.

본 연구에서 산출된 데이터는 향후 국가 기반 물류 정책 수립시, 지역 물류기본계획 등 지역 기반 물류 계획 수립시 중요한 기초 데이터로 이용될 수 있다. 각 지역의 운송하거나 운송 될 화물량 산출은 물론 중간 경유지의 물동량도 예상되기 때문에 중간경유지의 크기 산정이나 위치 산정시 중요 자료로 이용된다. 뿐 만 아니라 일반 기업입장에서도 자사의 원자재 및 완제품등의 화물 운송 경로를 파악하고 중간 경유지에 대한 크기 및 위치 선정시 본 연구가 제시한 운송경로 모형을 이용 가능 할 것으로 판단된다.

Table 5-15 As-Is, To-Be

As-Is(기존)	To-Be(개발 모형)
<ul style="list-style-type: none"> - 물류 특성을 고려하지 않은 자료 구축 - 화물운송 트럭의 출발지/ 목적지 조사 - 중간경유지(물류센터, 내륙물류기지)의 경유 물동량 예측 불가 - 물류 정책 등의 기초자료로써 제한적으로 반영 	<ul style="list-style-type: none"> - 물류 특성을 고려한 화물 자료 구축 - 화물 운송트럭이 아닌 화물운송 경로를 대상으로 자료 구축 - 중간경유지(물류센터, 내륙물류기지)의 경유 물동량 예측 가능 - 물류정책 및 물류 센터 산정치 기초 자료로 이용 가능

5.4.1 국가 정책의 기초 자료 이용

화물 운송량 예측 자료는 지역 간의 화물 운송량 및 화물자동차의 교통 실태등의 기초자료 이용되며 이는 물류 정책 뿐 아니라 교통정책 수립, 교통시설 투자사업의 타당성 등을 평가하는데 사용이 가능하다. 또한 정기적으로 추진되고 있는 국가교통조사에서는 화물에 최적화 되지 않고 사람과 화물을 같이 조사하기 때문에 신뢰성에 대한 문제가 제기 되어 온 시점에서 본 연구가 제시한 운송모형은 화물량 예측에 효율적이라고 판단 된다.

화물 정책 수립 및 화물시설 투자사업 평가의 신뢰성 확보를 위하여 일반적으로 정기적·연속적인 시계열 자료 확보가 필요하다. 이를 위한 본 연구의 화물운송량 예측 모형을 이용하면 지역간 화물운송량을 파악할 수 있을 뿐 아니라 장래예측 또한 가능하므로 다양하게 이용이 가능하다.

현재 화물량조사는 조사주체별로 행해지는 교통조사에 일환으로 포함 되어져 있으며 이에 따라 체계적인 화물량 구축이 불가능한 상태이다. 이에 따라 본 연구는 화물량 조사에 표준화된 예측모형을 제시하였다. 본 모형은 다양한 화물수요에 대응할 수 있는 화물량 기초자료 및 통계자료를 종합적이고 표준적으로 조사·분석·관리가 가능하다.

5.4.2 물류 센터의 기초 자료 이용

최근 국가차원에서 화물유통경로조사라 하여 화물의 유통경로 현황 조사 및 화물품목별 경로 특성 분석을 하고 있다 이는 화물의 유통경로는 급속하게 변화하고 있으나 국가 정책 차원에서는 파악이 미흡하고 화물의 이동경로, 운송수단, 운송 시간 등에 대한 기초자료가 부족함에 따라 화물유통경로조사를 행하고 있다.

[Fig 6-1 유통경로]에서 보듯이 제품의 원자재부터 물류창고 및 최종소비지까지 이르는 화물 운송량을 한눈에 파악할 수 있도록 조사를 행하고 있다. 본 연구에 제시한 화물운송모형은 수출입 물동량을 대상으로 항만 내륙기지를 고려하여 항만과 최종 물동량의 소비지까지의 화물운송량 예

측이 가능하다. 현재 본 연구에서는 항만 물동량을 대상으로 화물 O/D 분석 자료를 구축하였지만 본 모형은 해당 그림처럼 기업내의 제품 원자재 및 최종 소비재까지 각 거점별 화물 운송량 구축도 가능하다. Input data 와 Output Data를 바꿔주고 해당 고려 요인만 설정하면 기업 내에서 거점별 자재 관리 및 물류 창고의 크기 선정 등의 중요 의사결정에 기초 자료를 제공할 수 있다.

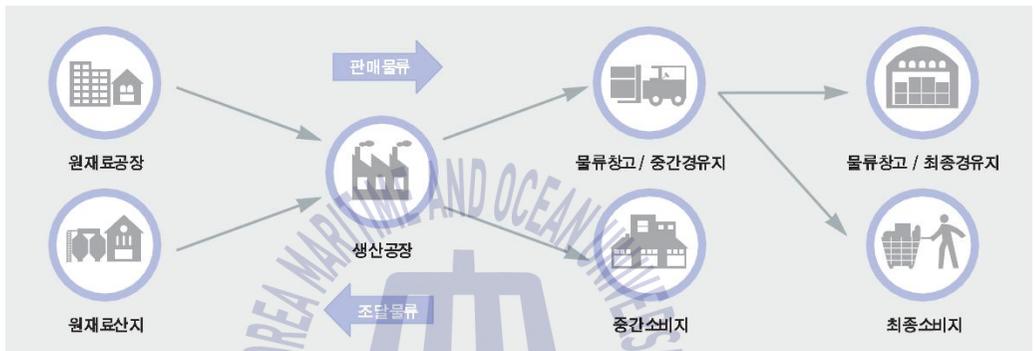


Fig. 6-10 유통경로도

또한 [Fig 6-2]같이 유통경로도 조사 결과는 제품의 생산, 경유 도착지 분포도를 파악할 수 있고 거점별로 화물량을 관리 할 수 있다. 본 연구에서 제시한 화물 운송량 산정 모형을 이용하여 기업 내의 물류 활동에서 원자재 및 중간 소비재, 최종 화물등의 흐름을 파악할 수 있으며 화물의 중간경유지, 출발지, 도착지와 같은 분포도를 구축할 수 있다. 이는 물류 창고 및 생산 공장의 크기 및 위치 선정에 기초 자료로 이용가능하다.

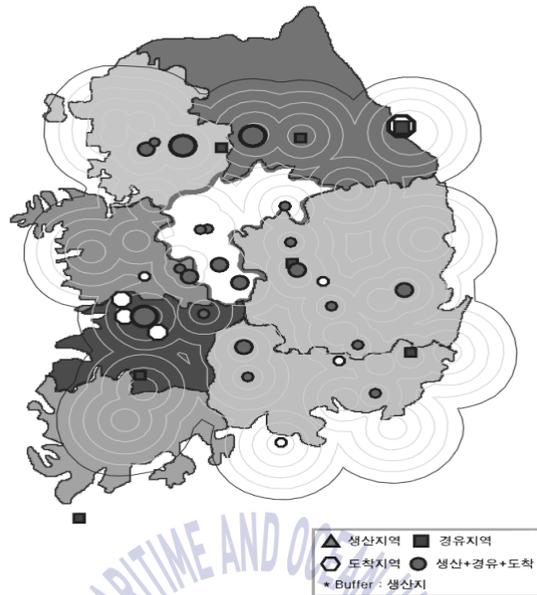
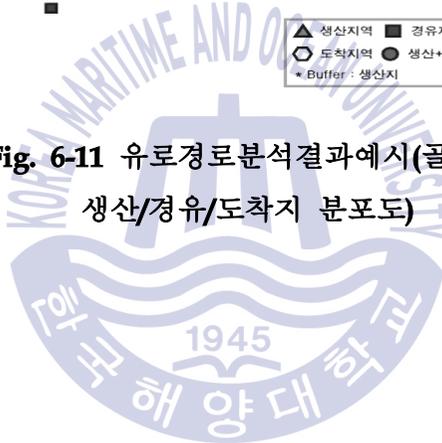


Fig. 6-11 유로경로분석결과예시(골재의 생산/경유/도착지 분포도)



제 6 장 결론

6.1 결론

기존의 기종점 자료에서는 물류센터를 경유하는 화물이 운송되거나 운송 도중 운송 수단이 변경되거나 하는 물류의 특성을 고려하지 않고 자료가 구축되었다. 최근에는 물류센터를 경유한 기종점 자료가 조사되기는 하였지만 실제 운송량을 조사하는 것이 아니라 화물 자동차 운행 대수를 조사하는 것에 미흡했다. 따라서 본 연구에서는 화만과 내륙 지점 사이의 운송되는 물동량을 대상으로 화물 운송 모형을 구축하였고 이 때 물류센터를 경유하는 경우와 경유하지 않고 직접 운송되는 경우를 모두 포함시켰다. 이를 위해 먼저 GA기법을 통하여 화물운송모형을 검증하고 유효성을 입증하였고 실제 데이터를 수집하여 모형에 적용시켰다.

본 연구는 다음과 같은 의의가 있다.

첫째, 기존 내륙운송 연구와 기종점자료에 대한 고찰을 통하여 내륙운송자료의 문제점을 파악하고 이를 위해 현행 기종점자료에 화물의 운송 특성을 반영하였다. 이 때 화물의 특성은 화물이 운송되는데 직접 운송되는 경우와 물류센터를 거쳐가는 경우를 의미한다.

둘째, 본 연구가 제시한 화물운송모형의 구간별 계수를 통하여 향후 운송량 예측이 가능하다. 하지만 각 지점별 계수의 신뢰성을 높이기 위해서는 지점들의 특성을 반영해야 한다.

셋째, 본 모형은 기존의 기종점 자료에서 내륙물류기지(ICD)를 고려하였기 때문에 국가계획 및 정책을 수립 할 때 물류센터 또는 내륙물류기지의 위치 및 크기 산정에 기초 자료로 이용이 가능하다.

넷째, 본 모형을 통하여 항만과 내륙 지점간의 물동량 예측 뿐만 아니라 내륙 지점간의 물류동량 흐름 예측, 국제 물류에서 항만끼리의 수출입 물동량 예측이 가능하다.

6.2 연구의 한계점 및 향후 연구 방향

본 논문은 기존 O/D자료의 문제점을 인식하고 화물운송수요모형의 관련 연구 분석을 통해 자료 구축 문제점의 한계점을 제기하였다. 화물 운송의 특징은 화물이 단순히 출발지와 목적지를 이동하는 것이 아니라 화물의 특성에 따라 운송 도중 운송수단을 변경할 수 있고, 물류센터나 내륙 물류 기지등 중간 경유지를 경우도 발생한다. 하지만 기존의 O/D자료 및 화물운송수요 모형에서 이러한 물류의 특성을 고려하지 않고 화물의 출발지와 목적지만 조사하여 자료를 구축하였다. 이를 보완하고자 본 논문에서는 중간 경유지를 고려한 화물 운송량 모형을 재구축하였고 항만과 내륙물류기지, 내륙지점간의 화물 운송량을 재산정 하였다. 이를 위해 5개 주요 컨테이너항만, 11개 내륙지점, 2개의 컨테이너 내륙 물류기지를 설정 실제 물동량을 이용하여 운송량을 재산정하였다. 하지만 연구기간, 연구 조건 등의 한계점이 있다.

첫째, 본 연구에서는 내륙 화물 운송량 재산정을 위하여 5개 컨테이너 항만의 전체 물동량 중 환적 물동량은 제외하고 국내로 반출입되는 수출입화물을 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 향후 연구에서는 항만의 전체 물동량을 대상으로 재산정 할 필요가 있다.

둘째, 화물운송량산정 모형의 신뢰성을 확보하기 위해서는 각 구간별 특성을 반영한 O/D자료가 구축되어야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 구간별 계수를 뉴럴 네트워크를 이용하여 산정하였다. 하지만 구간별 특성(GRDP, 화물자동차 통행 수, 산업체 수등)을 반영하지 못하였다. 향후 연구에서는 이러한 특성을 구간별 계수에 반영시킬 필요가 있다.

마지막으로 본 연구의 목적은 물류특성을 고려한 화물 운송량 재산정으로 이는 향후 국가 정책이나 물류정책의 기초자료로 이용될 가치가 있다. 이를 위해 본 연구의 결과가 물류 정책에 어떻게 이용될 수 있는 지정책시뮬레이션이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 고영승. 2010. 유통경로분석을 통한 화물유통경로선택모형 개발. 석사학위논문. 서울:서울시립대학교.
- 고영승, 박동주, 김찬성, 김현수, 박민철. 2010. 유통경로분석을 통한 공급사슬기반의 화물유통경로선택모형개발. 대한교통학회 Vol.28, No.6, pp.133-146.
- 관세청, 2015. 수출입물류통계연보, 서울:한국관세무역개발원
- 국토교통부, 1999. 「전국교통 DB구축」 화물통행실태조사. 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 2004. 「국가교통조사 및 DB구축사업」 수도권 및 지방 5개 광역권 화물 기종점 통행량 자료의 현행화, 세종:한국교통연구원
- 국가교통부, 2011. 2011년 전국 지역간 화물O/D조사 지침서(사업체 물류현황 조사), 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 2013. 「2012년 국가교통조사 및 DB구축사업」 해상화물 O/D 전수화 및 장래예측, 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 2013. 「국가교통조사 및 DB구축사업」 요약보고서, 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 2013. 「국가교통조사 및 DB구축사업」 화물통행수요추정 개선방안 연구, 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 2014. 「2014년 국가교통조사 및 DB구축사업」 해상화물 O/D 보완갱신 및 방법론 연구, 세종:국토교통부.
- 국토교통부, 2015. 「국가교통조사 및 DB구축사업」 요약보고서, 세종:한국교통연구원.

- 국토교통부, 2015. 「국가교통조사 및 DB구축사업」 전국 화물O/D보완갱신, 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 2015. 「국가교통조사 및 DB구축사업」 해상화물 O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구, 세종:한국교통연구원.
- 국토교통부, 5대권역 내륙물류기지, 세종:국토교통부
- 국가교통DB센터, 2008. 기종점통행량(O/D) Origin Destination, 세종:한국교통연구원.
- 국가교통DB센터, 2013. 2014~2018 국가교통조사계획(안), 세종:한국교통연구원.
- 국가교통DB센터, 2014. 물류거점 화물실태조사, 세종시:한국교통연구원.
- 김은미, 2009. 물적 유통경로 선택 모형개발에 관한 연구: 내수화물을 중심으로. 석사학위논문. 서울:서울시립대학교.
- 김현승, 박동주, 김찬성, 최창호, 조한선, 2013. 수단O/D기반 및 P/C기반 화물수요추정방식의 실증적 비교: 우리나라 컨테이너 화물을 중심으로. 대한교통학회, 제31권 제2호(2013), pp.45-59.
- 박동주, 김현승, 김찬성, 김한수, 김경수, 2010. 화물수요추정방법의 실증적 비교 : P/C 분석법과 수단 O/D 분석법. 2010년도 대한교통학회 학술대회지, Vol.2010 No.3.
- 박민철, 성홍모, 김찬성. 2010. 기종점 통행수요 추정의 단계별 검증방안 개선연구, 교통연구 제7권 제1호(2010), pp.73-85.
- 박민철, 형한우, 성홍모, 2013. TCS 자료를 이용한 고속도로 화물자동차 O/D 구축방안. 교통연구, 제20권 제4호(2013), pp.17-27.
- 법제처, 2016. 물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률 [Online] (Updated 1 September 2016) Available at: <http://www.law.go.kr> [Accessed 1 November 2016].
- 법제처, 2015. 물류정책기본법 [Online] (Updated 23 December 2015) Available at: <http://www.law.go.kr> [Accessed 1 November 2016].

- 부산발전연구원, 2015. 항만·공항 물류통계집, 부산:부산발전연구원
- 부산항만공사, 2015. 부산항 컨테이너 화물 처리 및 수송통계, 부산:부산항만공사.
- 신승진. 2014. 다지역 CGE모형을 이용한 화물물동량(P/C)추정: 철강산업을 중심으로. 박사학위논문. 서울:서울시립대학교.
- 신승진, 박동주, 오정택, 김시진, 2012. 화물수요추정방법 개선을 위한 국내외 연구동향 분석 연구. 한국교통학회, 제30권 제1호(2012), pp.45-58.
- 울산항만공사, 2015. 울산항 통계연감, 울산:울산항만공사.
- 유한술, 김남석. 2015. '정부 3.0' 시대를 맞이한 국내 화물 자료의 집계 수준에 따른 분류체계 구축 및 네트워크 모형 적용방안. 대한교통학회 Vol.33, No.4, pp.379-392.
- 양산ICD, 2015. 물류정보 ; 물류통계 [Online] (Updated November 2016)
Available at: <http://www.ysicd.co.kr/> [Accessed 20 October 2016].
- 의왕ICD, 2015. 물류정보 ; 물류통계 [Online] (Updated December 2015)
Available at: <http://www.uicd.co.kr/> [Accessed 20 October 2016].
- 이길남, 김영민, 여성구. 2005. 내륙컨테이너기지(ICD)에 의한 물류비절감효과에 관한 연구, 국제상학(國際商學), 제20권 제3호(2005), pp.117-138.
- 최원강, 2011. 양산내륙컨테이너기지 기능전환을 위한 연구. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 최창호, 2004. 유료도로의 경제성평가를 위한 화물교통 통행시간가치 산정 연구. 국토연구, 제43권(2004), pp.109-125.
- 추연우, 2003. 양산내륙컨테이너기지 활성화 방안. 석사학위논문. 부산:동아대학교.
- 최재완, 2008. 우리나라 내륙컨테이너기지(ICD)의 활성화 방안. 석사학위논문. 경북:경북대학교한국교통연구원, 1991. 화물수송수요 예측모형 정립, 세종:한국교통연구원
- 코레일, 2013. 2013년도 철도물류 이용실태 조사 분석, 대전:코레일

- 한국교통연구원, 1998. 물류조사 및 물류종합계획수립구상 : 화물운송수요 분석 및 예측부문, 세종:한국교통연구원.
- 한국교통연구원, 1998. 도시화물의 .효과적인 수송체계 구축 방안 연구, 세종:한국교통연구원.
- 한국교통연구원, 2003. 내륙화물기지 시스템에 관한 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2003. 화물특성에 따른 국내 운송수단 선택모형 구축 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2003. 내륙화물기지 시스템에 관한 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2003. 내륙화물기지 시스템에 관한 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2003. 화물특성에 따른 국내 운송수단 선택모형 구축 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2003. 내륙화물기지 시스템에 관한 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2011. 대도시 화물통행수요 추정을 위한 방안 연구, 세종:한국교통연구원
- 한국교통연구원, 2013. 국가교통통계 국내편, 세종:한국교통연구원.
- 한국교통연구원, 2013. 국가교통통계 해설, 세종:한국교통연구원.
- 황홍석, 김호균, 조규성, 2002. GIS 기반의 실시간 통합화물운송시스템 계획에 관한 연구. 경영과학, 제19권 제2호(2002), pp.75-89.
- 해운항만물류정보센터, 2015. 해운항만통계 [Online] (Updated 19 December 2016) Available at: <https://www.spidc.go.kr> [Accessed 20 November 2016].
- De Jong, G., Gunn, H., Walker, W., Widell,J., 2001. Study on Ideas on A New National Freight Model System for Sweden. Samgods Group.
- De Jong, G., Ben Akiva, M., Bexelius, S.,Rahman, A., Van De Voort, M., 2004. The Specification of Logistics in The Norwegian and Swedish Freight Model Systems. Rand Europe.

- De Jong, G., Ben Akiva, M., 2007. A Micro-Simulation Model of Shipment Size and Transport Chain Choice. *Transportation Research Part B*, Vol.41, No.9, pp.950~965.
- De Jong, G., Ben Akiva, M., Baak, J., 2010. Logistics Model in The Swedish National Freight Model System-version 2. Deliverable 6B for the SAMGODS GROUP.
- Fischer, M.J., M.L. Outwater, L.L. Cheng, D.N. Ahanotu, and R. Calix. 2005. Innovative Framework for Modeling Freight Transportation in Los Angeles County. *California Transportation Research Record*, No.1906, pp.105-112.
- Kalyanmoy Deb, Amarendra Kumar. 1995. Real-coded Genetic Algorithms with Simulated Binary Crossover: Studies on Multimodal and Multi objective Problems. *Complex Systems* 9 (1995) 431-454.
- Gerard de Jong a, Moshe Ben-Akiva. 2007. A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice. *Transportation Research Part B* 41 (2007) 950 - 965.
- Holguin-Veras, J., E. Thorson, 2000. Trip Length Distributions in Commodity-based and Trip-based Freight Demand Modeling. *Transportation Research Record*, No.1707, pp.37-48
- Michael J. Fischer, Maren L. Outwater, Lihung Luke Cheng, Dike N. Ahanotu, and Robert Calix. 2005. Innovative Framework for Modeling Freight Transportation in Los Angeles County, California. *Journal of the transportation Research Record*, No.1906, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC., pp.105-112.
- Isabel C. Victoria, C. Michael Walton, 2004. Freight data needs at the metropolitan level and the suitability of intelligent transportation systems in supplying MPOs with the needed freight data, Texas : Southwest Region University Transportation Center .

- RAND Europe, 2004. The Specification of Logistics in the Norwegian and Swedish National Freight Model Systems, Netherlands: RAND Europe.
- Tavasszy, L.A., 1996. Modelling European Freight Transport Flows. Delft University of Technology, Trail Research School, Delft. 58.
- Tavasszy, L.A., Smeenk B., Ruijgrok C.J., 1998. A DSS for Modelling Logistics Chains in Freight Transport Policy Analysis. International Transactions in Operational Research, Vol.5, No.6, pp.447~459. 59.
- Tavasszy, L.A., Van de Vlist, M., Ruijgrok, C., Van de Rest, J., 1998. Scenario-Wise Analysis of Transport and Logistic Systems with a SMILE. Presented at 8th World Conference on Transport Research, Antwerp, Belgium.60.
- Tavasszy, L.A., Cornelissen, C.E., Huijsman, E., 2001. Forecasting the Impacts of Changing Patterns of Physical Distribution on Freight Transport in Europe. In 9th World Congress on Transport Research (CDROM), Elsevier
- Tavasszy, L.A., 2006. Freight Modelling-An Overview of International Experiences. Paper prepared for the TRB Conference on Freight Demand Modelling: Tools for Public Sector Decision Making, September, Washington DC., pp.25~27.
- Tavasszy, L.A., 2008. An Overview of International Experiences, Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., pp.47~55.
- Park, D., Kim, N. S., Park, H., & Kim, K., 2012. Estimating trade-off among logistics cost, CO2 and time: A case study of container transportation systems in Korea. International Journal of Urban Sciences, 16(1), 85-98.

부록 A 수입화물운송모형 DATA

부록A에서는 제 5장 수입화물운송모형에서 이용되어진 항만별(부산항, 인천항, 광양항, 평택항, 울산항) 기준점 자료를 정리하였고 그 결과는 다음과 같다.



A.1 부산항

부산항의 지난 10년간 국내 반입 컨테이너(수입)의 연평균 증가율은 약 2.87% 증가하였다. 2015년 자료를 중심으로 부산항의 수입 물량은 서울지역을 가장 많이 반입되고 경기, 경남, 경북 순으로 조사되었다.

Table A-1 부산항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	573,097	606,217	619,773	553,421	658,452	865,183	688,938	754,369	850,324	836,034
부산	206,950	248,345	263,898	251,209	273,444	323,139	275,681	284,538	299,268	288,316
인천	74,986	83,258	119,073	73,383	86,145	171,146	104,884	101,930	111,459	101,717
경기	367,202	393,750	376,390	323,683	393,378	513,530	407,108	426,691	469,854	532,031
강원	8,213	8,486	9,593	7,445	8,016	10,485	8,182	9,013	9,139	11,133
충북	78,377	88,197	91,883	73,215	85,332	101,039	91,233	87,906	92,740	89,394
충남	111,728	132,335	141,108	109,800	117,910	143,110	120,588	137,708	149,897	154,032
전북	33,201	33,887	38,514	28,623	39,432	49,872	39,948	38,163	42,775	41,851
전남	34,494	37,472	37,791	29,950	34,981	37,369	38,357	26,501	36,087	51,859
경북	235,444	280,301	252,872	219,654	257,375	292,934	221,893	239,521	261,403	258,622
경남	274,691	343,322	383,743	319,251	372,307	450,028	387,786	382,540	398,403	384,092
제주	1,460	1,816	1,634	1,260	1,657	2,051	1,486	1,618	1,919	3,713
합계	1,999,842	2,257,386	2,336,272	1,990,894	2,328,429	2,959,886	2,386,084	2,490,498	2,723,268	2,752,794

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

A.2 인천항

인천항의 지난 10년간 국내 반입 컨테이너(수입)의 연평균 증가율은 약 2.74% 증가하였다. 2015년 자료를 중심으로 광양항의 수입 물량은 경기, 서울, 인천 순으로 조사되었다.

Table A-2 인천항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	227,626	265,322	275,005	249,382	298,514	359,395	303,823	332,385	358,311	337,731
부산	10,704	13,076	14,262	13,403	18,793	15,280	11,624	14,608	15,480	20,945
인천	139,245	167,184	179,357	155,175	179,528	228,086	204,517	218,454	243,401	242,133
경기	222,619	269,118	268,892	252,429	316,414	386,358	333,784	380,149	428,095	469,007
강원	2,385	2,418	2,795	2,956	3,602	6,319	3,679	3,633	4,197	4,362
충북	9,481	9,774	11,304	8,569	10,935	16,102	11,343	13,686	15,391	16,639
충남	19,698	24,056	23,752	23,881	27,043	31,260	26,424	33,354	34,631	31,004
전북	2,822	3,780	3,807	3,590	3,859	5,180	4,263	5,692	7,096	7,806
전남	3,874	5,896	5,436	4,396	6,110	7,718	8,467	7,562	9,017	9,925
경북	13,345	16,747	19,402	14,340	10,983	25,820	12,192	15,484	12,151	33,263
경남	6,833	8,087	9,437	8,135	11,442	16,376	10,679	10,131	12,779	17,636
제주	173	203	89	163	287	1,067	340	195	198	421
합계	658,805	785,661	813,538	736,419	887,510	1,098,961	931,135	1,035,333	1,140,747	1,190,872

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

A.3 광양항

광양항의 지난 10년간 국내 반입 컨테이너(수입)의 연평균 증가율은 약 2.38% 증가하였다. 2015년 자료를 중심으로 광양항의 수입 물량은 서울지역을 가장 많이 반입되고 전북, 전남, 경기 순으로 조사되었다.

Table A-3 광양항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	63,634	76,219	77,508	62,807	68,340	70,211	94,693	118,120	143,527	118,261
부산	1,114	1,647	2,222	2,641	3,665	5,003	6,216	4,985	8,636	10,583
인천	11,987	13,245	12,688	14,659	9,829	10,649	36,482	22,287	21,676	15,666
경기	34,259	37,983	35,796	33,009	39,096	47,387	58,764	72,621	69,425	69,652
강원	157	84	68	70	45	44	124	101	114	110
충북	19,854	19,509	21,968	18,505	22,112	32,224	34,303	36,291	37,820	33,776
충남	13,671	17,640	16,713	16,638	17,259	15,541	11,893	20,328	19,337	18,290
전북	58,644	62,609	57,601	53,680	72,545	78,284	82,102	89,043	89,269	94,579
전남	48,619	61,576	74,425	65,130	75,037	69,115	67,948	66,583	76,685	75,206
경북	4,585	3,649	3,552	3,190	5,351	5,874	4,422	5,456	6,188	5,969
경남	3,571	2,563	2,244	2,782	8,074	21,861	16,077	18,686	17,721	14,191
제주	130	243	370	561	502	591	879	1,137	1,117	1,144
합계	260,225	296,967	305,155	273,672	321,855	356,784	413,903	455,638	491,515	457,427

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

A.4 평택항

평택항의 지난 10년간 국내 반입 컨테이너(수입)의 연평균 증가율은 약 2.26% 증가하였다. 2015년 자료를 중심으로 평택항의 수입 물량은 경기지역에 가장 많이 반입되고 서울, 충남, 인천 순으로 조사되었다.

Table A-4 평택항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	35,823	40,926	36,516	37,613	53,822	67,490	59,116	60,586	69,991	65,550
부산	531	536	587	744	887	1,015	761	1,025	1,175	3,206
인천	6,456	10,862	10,887	9,236	8,648	10,609	13,269	16,068	17,087	17,646
경기	48,476	66,335	71,027	70,690	73,555	80,825	90,554	85,946	96,997	108,505
강원	139	327	597	660	454	652	454	510	556	689
충북	5,761	7,732	6,342	5,473	6,620	8,246	8,243	7,909	7,437	7,713
충남	12,913	18,447	21,581	23,434	26,481	27,258	28,978	35,669	35,116	28,043
전북	1,472	1,698	2,234	2,129	2,653	2,523	3,128	1,914	2,162	2,537
전남	1,296	1,572	1,621	1,882	3,305	1,996	1,974	1,805	2,645	4,462
경북	2,010	2,832	2,482	4,691	4,579	3,185	3,471	3,599	3,374	6,921
경남	989	1,799	1,834	2,400	1,878	1,905	2,061	3,848	4,107	5,263
제주	60	59	24	15	31	38	211	134	122	122
합계	115,926	153,125	155,732	158,967	182,913	205,742	212,220	219,013	240,769	250,657

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

A.5 울산항

울산은 수입 컨테이너 대부분을 서울과 경남지역으로 운송되고 있었다. 2015년 기준으로 서울지역이 전체 수입 컨테이너의 약 45%를 차지하고 경남지역이 34%를 차지하고 있다. 지난 10년간 연평균 증가율은 1.54% 증가했다.

Table A-5 울산항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	1,588	1,232	2,432	2,082	2,613	8,265	11,875	12,445	11,089	11,034
부산	405	97	877	608	628	823	898	780	678	641
인천	11	55	426	990	1,127	776	1,254	1,148	829	1,016
경기	319	1,029	571	171	545	405	525	679	702	2,783
강원	0	0	0	2	49	0	40	0	0	0
충북	220	242	629	85	145	151	22	13	28	20
충남	16	45	525	186	217	129	175	383	208	124
전북	9	55	132	252	323	261	41	45	10	2
전남	17	17	100	50	25	475	116	1	49	33
경북	3,907	2,460	1,857	726	387	508	358	668	532	567
경남	7,238	8,858	10,566	7,045	7,650	7,722	9,196	9,496	9,781	8,488
제주	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	13,730	14,090	18,115	12,197	13,709	19,515	24,500	25,658	23,906	24,708

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

부록 B 수출화물운송모형 DATA

부록A에서는 제 5장 수출화물운송모형에서 이용되어진 항만별(부산항, 인천항, 광양항, 평택항, 울산항) 기준점 자료를 정리하였고 그 결과는 다음과 같다.



B.1 부산항

부산항의 지난 10년간 국내 반출 컨테이너(수입)의 연평균 증가율은 약 30.3% 증가하였다. 2015년 자료를 중심으로 부산항의 수출 물량은 경남, 서울, 경기 순으로 조사되었다.

Table B-1 부산항 수출컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	383,347	402,361	444,542	414,449	514,236	598,383	629,687	659,064	683,508	769,353
부산	158,062	180,491	208,314	188,353	213,885	252,748	266,752	268,687	292,194	321,106
인천	134,359	150,471	137,957	102,466	120,498	147,897	165,331	154,165	156,918	160,242
경기	366,509	378,374	378,946	332,533	428,756	459,343	433,093	487,988	492,302	487,089
강원	17,549	18,716	19,711	22,380	24,577	36,319	33,902	36,682	38,051	40,066
충북	78,409	80,884	84,029	72,442	84,095	95,075	92,690	110,839	117,530	125,632
충남	204,131	235,738	243,349	234,507	246,515	253,369	262,671	280,004	291,742	292,303
전북	53,253	63,472	66,197	50,098	70,126	98,137	94,861	94,517	75,684	75,710
전남	137,010	146,571	149,576	135,821	175,916	172,836	188,367	187,366	183,202	177,853
경북	422,831	439,106	445,939	399,976	469,811	495,220	496,808	527,873	544,225	511,447
경남	771,619	826,236	789,149	767,515	900,036	980,414	967,382	1,028,113	1,004,467	886,934
제주	1,040	1,347	1,683	2,559	2,150	3,013	2,295	2,081	2,563	2,176
합계	2,728,122	2,923,767	2,969,392	2,723,099	3,250,601	3,592,754	3,633,839	3,837,379	3,882,386	3,849,911

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

B.2 인천항

인천항의 국내 반출 컨테이너(수출)은 경기, 서울, 인천 물량이 주로 반입되며 지난 10년간 연평균 증가율은 2.44%이다.

Table B-2 인천항 수출컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	95,834	119,704	125,545	144,277	149,999	165,280	164,794	170,672	187,923	165,385
부산	2,311	2,867	3,785	3,412	3,780	4,895	4,726	6,214	6,115	5,405
인천	92,936	126,934	148,340	120,796	152,040	155,269	129,998	166,308	153,751	127,494
경기	130,028	119,634	112,410	129,573	151,070	156,799	158,357	179,094	183,844	205,686
강원	1,085	1,102	1,359	1,446	1,763	1,833	1,710	1,686	1,498	1,825
충북	6,632	6,358	7,046	6,433	7,739	9,346	10,075	11,012	12,641	15,445
충남	31,032	32,230	14,909	50,421	49,592	47,492	47,991	50,648	53,241	51,498
전북	2,481	2,426	1,688	2,564	3,576	4,326	2,974	2,898	2,964	3,145
전남	2,468	3,511	4,001	4,851	9,401	5,944	4,324	4,162	4,578	6,220
경북	18,471	18,382	15,275	16,456	21,685	18,844	20,487	21,193	23,409	24,945
경남	4,488	5,109	7,161	9,274	9,186	12,792	8,914	9,973	9,788	9,431
제주	11	24	5	3	36	81	0	103	115	217
합계	387,777	438,281	441,524	489,506	559,867	582,901	554,350	623,963	639,867	616,696

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

B.3 광양항

광양항의 국내 반출 컨테이너(수출)의 2015년 자료를 살펴보면 전남이 68.1%로 절반 이상의 비율을 차지하고 있으며 지난 10년간 증가율은 2.39% 증가하였다.

Table B-3 광양항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	31,744	36,930	36,517	44,218	41,511	45,566	37,952	51,919	69,017	64,800
부산	1,499	1,722	1,924	2,685	3,864	2,071	1,184	1,517	1,535	2,773
인천	23,507	32,464	30,390	7,780	28,134	26,212	38,021	15,164	19,786	8,489
경기	32,177	30,365	19,962	23,919	39,491	44,232	40,339	40,789	39,352	38,977
강원	53	32	54	114	638	466	367	128	34	6
충북	14,216	11,803	12,578	10,933	12,518	11,526	12,638	10,500	11,545	16,032
충남	39,067	40,771	42,037	33,643	30,535	29,930	29,436	26,342	22,522	26,798
전북	76,835	89,718	97,593	84,190	122,044	141,292	154,638	125,649	112,465	94,842
전남	368,659	403,712	409,063	485,818	532,475	507,152	519,235	550,908	572,742	576,309
경북	11,114	13,031	22,477	23,694	20,896	18,514	14,632	11,489	14,658	12,785
경남	44,636	14,462	11,293	11,219	8,715	9,149	5,774	3,868	2,374	3,760
제주	14	68	167	32	0	0	0	10	7	9
합계	643,521	675,078	684,055	728,245	840,821	836,110	854,216	838,283	866,037	845,580

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

B.4 평택항

평택항의 국내 반출 컨테이너(수출)의 지난 10년간 연평균 증가율은 1.99% 증가하였다. 대부분 충남, 경기, 서울 지역의 물량을 취급한다.

Table B-4 평택항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	14,502	15,342	20,864	22,104	24,029	33,954	31,725	39,977	35,679	25,467
부산	732	642	544	339	1,044	796	839	708	369	621
인천	2,858	3,655	5,494	4,086	9,645	6,736	5,501	6,938	6,454	6,028
경기	25,098	29,972	25,822	17,816	23,001	32,185	34,279	44,917	41,798	44,158
강원	178	170	506	258	204	1,056	168	469	521	353
충북	3,306	4,986	3,648	2,127	3,848	4,930	5,208	5,683	7,174	5,930
충남	36,155	30,228	36,758	40,724	50,170	56,601	53,449	42,798	42,698	46,027
전북	571	516	1,122	3,180	2,218	1,498	1,582	2,048	1,682	2,079
전남	656	278	529	899	2,057	1,166	879	877	1,453	1,467
경북	4,203	5,258	3,469	1,761	4,054	5,028	6,170	6,245	4,974	5,192
경남	1,336	1,496	1,431	1,987	2,767	4,881	5,479	8,624	10,689	10,314
제주	0	11	6	2	2	5	0	24	6	23
합계	89,595	92,554	100,193	95,283	123,039	148,836	145,279	159,308	153,497	147,659

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

B.5 울산항

울산은 수출 컨테이너는 대부분 경남, 서울의 몰량인데 경남 67.4%, 서울 28.9%로 96% 이상을 차지한다. 지난 10년간 연평균 증가율은 2.15%이다.

Table B-5 울산항 수입컨테이너 기종점 자료

단위 : TEU

	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	2,922	6,677	7,186	16,136	32,494	34,503	32,673	38,573	41,642	62,620
부산	128	153	89	120	75	23	89	255	308	296
인천	15	157	24	25	72	6	11	86	3	423
경기	408	285	443	617	820	1,187	1,067	644	672	1,261
강원	0	0	1	0	0	2	0	0	0	8
충북	4	591	373	1,191	1,416	792	704	745	511	437
충남	709	771	719	81	56	439	236	283	171	550
전북	0	64	92	14	2	38	366	353	185	268
전남	22	8	20	49	24	35	84	324	1,789	3,582
경북	12,384	4,750	3,877	3,792	4,847	2,801	1,413	2,037	2,313	1,250
경남	103,338	126,056	157,899	148,535	149,300	162,947	174,385	178,351	167,304	146,193
제주	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	119,930	139,512	170,723	170,560	189,106	202,773	211,028	221,651	214,898	216,888

자료 : 해운항만물류정보센터 자료 재정리

부록 C 내륙물류기지 DATA

Table C-6 의왕 ICD 반출입물동량

단위 : TEU

연도	반입			반출			총계
	육송	철송	합계	육송	철송	합계	
2003	681,796	292,795	974,591	758,541	204,281	962,822	1,937,413
2004	707,673	281,856	989,529	745,573	200,090	945,663	1,935,192
2005	702,824	292,016	994,840	745,783	208,715	954,498	1,949,338
2006	729,794	319,894	1,049,688	738,179	254,606	992,785	2,042,473
2007	701,587	314,930	1,016,517	725,181	265,230	990,411	2,006,928
2008	647,040	326,708	973,748	616,888	295,509	912,397	1,886,145
2009	598,732	197,608	796,340	575,988	184,783	760,771	1,557,111
2010	722,714	205,160	927,874	657,319	220,609	877,928	1,805,802
2011	781,021	230,685	1,011,706	708,081	271,681	979,762	1,991,468
2012	850,522	243,067	1,093,589	806,001	284,664	1,090,665	2,184,254
2013	857,055	222,721	1,079,776	805,727	272,743	1,078,470	2,158,246
2014	814,262	756,682	1,570,944	193,393	251,190	444,583	2,015,527
2015	782,337	738,444	1,520,781	202,143	246,573	448,716	1,969,497

자료 : 의왕 ICD 홈페이지

Table C-7 양산 ICD 반출입물동량

	수입		수출		합계		
	반입	반출	반입	반출	반입	반출	합계
2006년	64,228	86,394	70,871	40,361	135,099	126,755	261,854
2007년	51,306	75,101	54,661	39,779	105,967	114,880	220,847
2008년	56,143	80,701	55,079	42,377	111,222	123,078	234,300
2009년	22,935	41,311	31,379	26,019	54,314	67,330	121,644
2010년	6,429	34,969	30,058	12,088	36,487	47,057	83,544
2011년	4,555	24,565	20,214	8,417	24,769	32,982	57,751
2012년	3,630	14,479	23,957	7,453	27,587	21,932	49,519
2013년	2,602	8,984	23,704	7,906	26,306	16,890	43,196
2014년	3,256	3,706	21,285	6,549	24,541	10,255	34,796
2015년	1,422	4,502	22,237	7,796	23,659	12,298	35,957

Table C-8 의왕 ICD 컨테이너화물차량 조사자료(시도별)

단위: 대, %

	반입				반출				반출입			
	적	공	계	비율	적	공	계	비율	적	공	계	비율
서울	7	0	7	8	0	0	0	0	7	0	7	2.7
부산	30	0	30	34.5	155	0	155	91.2	185	0	185	72
대구	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
인천	4	0	4	4.6	3	0	3	1.8	7	0	7	2.7
광주	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
대전	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
울산	1	0	1	1.1	0	0	0	0	1	0	1	0.4
경기	36	0	36	41.4	6	0	6	3.5	42	0	42	16.3
강원	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
충북	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
충남	6	0	6	6.9	3	0	3	1.8	9	0	9	3.5
전북	1	0	1	1.1	0	0	0	0	1	0	1	0.4
전남	2	0	2	2.3	2	0	2	1.2	4	0	4	1.6
경북	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
경남	0	0	0	0	1	0	1	0.6	1	0	1	0.4
합계	87	0	87	100	170	0	170	100	257	0	257	100

자료 : 2011년 「국가교통수요조사 및 DB구축사업」 전국 해상화물 기종점통행량(O/D) 조사

Table C-9 양산 ICD 컨테이너화물차량 조사자료(시도별)

단위: 대, %

	반입				반출				반출입			
	적	공	계	비율	적	공	계	비율	적	공	계	비율
서울	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
부산	152	43	195	49.5	141	18	159	48.2	293	61	354	48.9
대구	3	0	3	0.8	3	0	3	0.9	6	0	6	0.8
인천	1	1	2	0.5	0	0	0	0	1	1	2	0.3
광주	0	0	0	0	4	0	4	1.2	4	0	4	0.6
대전	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
울산	4	8	12	3	33	1	34	10.3	37	9	46	6.4
경기	5	0	5	1.3	1	0	1	0.3	6	0	6	0.8
강원	0	0	0	0	2	0	2	0.6	2	0	2	0.3
충북	3	0	3	0.8	0	0	0	0	3	0	3	0.4
충남	1	0	1	0.3	1	0	1	0.3	2	0	2	0.3
전북	1	0	1	0.3	2	0	2	0.6	3	0	3	0.4
전남	3	0	3	0.8	0	0	0	0	3	0	3	0.4
경북	22	0	22	5.6	12	0	12	3.6	34	0	34	4.7
경남	132	15	147	37.3	109	3	112	33.9	241	18	259	35.8
합계	327	67	394	100	308	22	330	100	635	89	724	100

자료 : 2011년 「국가교통수요조사 및 DB구축사업」 전국 해상화물 기종 점통행량(O/ D) 조사

Table C-10 의왕 ICD 기종점 DATA

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
서울	19,992	19,431	17,213	15,998	18,794
부산	528,356	513,525	454,916	422,808	496,704
인천	19,992	19,431	17,213	15,998	18,794
경기	119,951	116,584	103,278	95,989	112,765
강원	0	0	0	0	0
충북	0	0	0	0	0
충남	25,704	24,982	22,131	20,569	24,164
전북	2,856	2,776	2,459	2,285	2,685
전남	11,424	11,103	9,836	9,142	10,740
경북	0	0	0	0	0
경남	5,712	5,552	4,918	4,571	5,370
합계	733,987	713,384	631,964	587,360	690,017
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	20,280	22,560	22,645	21,394	20,711
부산	535,961	596,219	598,472	565,418	547,363
인천	20,280	22,560	22,645	21,394	20,711
경기	121,678	135,358	135,869	128,365	124,266
강원	0	0	0	0	0
충북	0	0	0	0	0
충남	26,074	29,005	29,115	27,507	26,628
전북	2,897	3,223	3,235	3,056	2,959
전남	11,588	12,891	12,940	12,225	11,835
경북	0	0	0	0	0
경남	5,794	6,446	6,470	6,113	5,917
합계	744,551	828,262	831,391	785,472	760,391

Table C-11 양산 ICD 기종점 DATA

Port	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년
서울	0	0	0	0	0
부산	73,647	61,807	66,910	31,413	20,242
인천	416	349	378	177	114
경기	1,248	1,048	1,134	532	343
강원	416	349	378	177	114
충북	624	524	567	266	172
충남	416	349	378	177	114
전북	624	524	567	266	172
전남	1,456	1,222	1,323	621	400
경북	8,322	6,984	7,560	3,550	2,287
경남	63,453	53,252	57,648	27,065	17,440
합계	150,622	126,407	136,844	64,246	41,398
Port	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년
서울	0	0	0	0	0
부산	14,238	8,854	5,665	3,404	2,897
인천	80	50	32	19	16
경기	241	150	96	58	49
강원	80	50	32	19	16
충북	121	75	48	29	25
충남	80	50	32	19	16
전북	121	75	48	29	25
전남	282	175	112	67	57
경북	1,609	1,000	640	385	327
경남	12,267	7,629	4,881	2,933	2,496
합계	29,120	18,109	11,586	6,962	5,924