

工學博士 學位論文

초대형 중심항만 개발 전략

- 총비용 분석 중심 -

A Study on the Strategy for Mega-hub Port
Development

指導教授 南 奇 燦

2005 年 2 月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

宋 龍 錫

[제 목 차 례]

1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구 수행 방법 및 구성	2

2장 초대형 컨테이너선박에 대한 문헌 고찰

2.1 연구의 추세	5
2.2 부문별 연구 현황	6
2.2.1 선박 설계부문 연구	6
2.2.2 하역시스템 부문 연구	7
2.2.3 선박 운영 부문 연구	9
2.3 문헌의 시사점	11
2.3.1 주요 결과	11
2.3.2 연구의 한계 및 주요 쟁점	12
2.3.3 연구 방향	16

3장 총 해상운송비용 모형

3.1 평가 모델	18
3.1.1 운영 시나리오	18
3.1.2 비용 모델	19
3.2 운항비용	20
3.2.1 비용 항목	20

3.3 운항원가	20
3.3.1 고정비용	21
3.3.2 유류비	25
3.3.3 하역비	26
3.3.4 항비	27

4장 해상운송비용 실증 분석

4.1 선박 운항 스케줄	30
4.1.1 운항 스케줄 관리	30
4.1.2 'H' 선사의 PF/SKED 사례	32
4.2 항로별 화물의 기종점(O/D) 분석	33
4.2.1 항로별 특성	33
4.2.2 항로별 화물의 기종점 분석	35
4.3 해상운송비용 분석	37
4.3.1 1항차당 고정비용	38
4.3.2 1항차당 유류비용	38
4.3.3 1항차당 하역비	39
4.3.4 1항차당 항비	40
4.3.5 1항차당 총 해상운송비용	40

5장 초대형 컨테이너선박의 총비용 분석

5.1 경제성 분석의 전제	42
5.2 현재 운송 서비스에 대한 경제성 분석	43
5.2.1 항로'A'의 경제성 분석	44
5.2.2 항로'B'의 경제성 분석	45

5.2.3 항로'C'의 경제성 분석	46
5.3 초대형선 투입에 따른 경제성 및 민감도 분석	47
5.3.1 초대형선 투입에 따른 경제성 분석	47
5.3.2 초대형선 투입에 따른 민감도 분석	53
5.4 민감도 분석의 결론	64
5.4.1 경제성 달성을 위한 운송량	64
5.4.2 선박 운항일수 단축의 필요성	65
5.4.3 기항지 축소에 따른 시사점	66

6장 항만개발 전략

6.1 동북아 지역 중심항 검토	67
6.1.1 동북아 주요 항만 경쟁력	67
6.1.2 우리나라 항만 위상	68
6.2 항만개발 전략	71
6.2.1 항만 개발 방향	71
6.2.2 항만 개발 규모 산정	73
6.2.3 항만 건설 규모에 따른 비용 분석	82

7장 결론

[참고문헌]

[표 차례]

<표 2-1> 문헌의 범주	5
<표 2-2> 대형선박의 위험요소와 불확실성	14
<표 3-1> 4,024TEU급 선박의 1일 고정비용	21
<표 3-2> 5,300TEU급 선박의 1일 고정비용	22
<표 3-3> 선박별 1일 고정비 비교	23
<표 3-4> 선박크기별 1일 고정비 비교	24
<표 3-5> 1일당 고정비 및 선복당 고정비 비교	24
<표 3-6> 선박 제원별 1일당 평균 유류 소모량	25
<표 3-7> 선박 제원별 유류 소모량에 따른 1일당 유류비	26
<표 3-8> 하역요금의 세부내역	27
<표 3-9> 'S' 터미널의 연간 총 매출액 및 복합단가	27
<표 3-10> 항만별 항비 적용 범위	28
<표 3-11> 항만별 항비	29
<표 4-1> 'H' 선사의 PF/SKED	33
<표 4-2> 항로'A'의 특성	34
<표 4-3> 항로'B'의 운항특성	34
<표 4-4> 항로'C'의 운항특성	35
<표 4-5> 항로'A'의 화물 기종점 분석	36
<표 4-6> 항로'B'의 화물 기종점 분석	36
<표 4-7> 항로'C'의 화물 기종점 분석	37
<표 4-8> 항로별 고정비	38
<표 4-9> 1항차당 유류비용	39
<표 4-10> 항로별 Van-TEU 환산계수	39
<표 4-11> 1항차당 컨테이너 총 운송개수(Van)와 하역비	40
<표 4-12> 항로별 1항차당 총 해상운송비용	41
<표 5-1> 항만간 거리 및 운임	42
<표 5-2> 항만간 거리당 적용 운임	43

<표 5-3> 항로‘A’의 기항지 및 1항차당 운송량	44
<표 5-4> 항로‘A’의 경제성 분석	44
<표 5-5> 항로‘B’의 기항지 및 1항차당 운송량	45
<표 5-6> 항로‘B’의 경제성 분석	45
<표 5-7> 항로‘C’의 기항지 및 1항차당 운송량	46
<표 5-8> 항로‘C’의 경제성 분석	47
<표 5-9> 기항지를 3개로 축소할 때의 항만간 화물 운송 O/D	48
<표 5-10> 기존 선박과 초대형선의 경제성	49
<표 5-11> 기항지를 5개로 축소할 때의 항만간 화물 운송 O/D	50
<표 5-12> 기존 선박과 초대형선의 경제성	51
<표 5-13> 기항지를 5개로 축소할 때의 항만간 화물 운송 O/D	52
<표 5-14> 기존 선박과 초대형선의 경제성 비교	53
<표 5-15> 항로‘A’의 민감도 분석	54
<표 5-16> 항로‘A’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석	55
<표 5-17> 항로‘A-1’의 민감도 분석	56
<표 5-18> 항로‘A-1’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석	57
<표 5-19> 항로‘A-2’의 민감도 분석	57
<표 5-20> 항로‘A-2’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석	58
<표 5-21> 항로‘B’의 민감도 분석	59
<표 5-22> 항로‘B’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석	60
<표 5-23> 항로‘C’의 민감도 분석	61
<표 5-24> 항로‘C’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석	62
<표 5-25> 항로‘C-1’의 민감도 분석	62
<표 5-26> 항로‘C-1’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석	63
<표 5-27> 각 항로별 경제성 달성을 위한 운송량	64
<표 5-28> 터미널별 시간당 생산성	65
<표 6-1> 부산항 화물 처리 추세	67
<표 6-2> 중국(동북아) 항만의 화물 처리 추이	68
<표 6-3> 향후 동북아시아 내 주요 항만들의 컨테이너 증가 전망 ..	68
<표 6-4> 상하이항 기항시 선사 기대 이익	71

<표 6-5> 물동량 및 입항 선박	72
<표 6-6> 부산항 컨테이너 터미널 시설 능력	74
<표 6-7> 신선대 터미널 장치장 점유율별 일수	74
<표 6-8> 하역능력 결정을 위한 주요 변수 및 하역능력	75
<표 6-9> 터미널별 실제 대기율, 선석점유율 및 처리물량	76
<표 6-10> 하역능력 재산정	78
<표 6-11> 'S' 터미널에 입항한 선박크기별 평균 하역량	79
<표 6-12> 다항식을 이용한 선박크기별 평균하역량 예측	80
<표 6-13> 장치장 점유율별 일수	80
<표 6-14> 장치장 점유율별 연속장치일수 분석	81
<표 6-15> 장비비용	83
<표 6-16> 공사비 단가	84
<표 6-17> 인건비 및 운영비 단가	84
<표 6-18> 터미널 세부 제원	85
<표 6-19> 장비비 비교	86
<표 6-20> Case별 공사비	87
<표 6-21> 인건비	87
<표 6-22> 장비 이용 시간	88
<표 6-23> 운영비(동력비)	89
<표 6-24> 컨테이너 터미널의 장치장 규모에 따른 총 비용 비교 ...	89
<표 6-25> Case 1의 선석 7개 개발에 따른 총 비용 비교	90

[그림 차례]

<그림 1-1> 연구의 흐름도	3
<그림 2-1> 기존 연구의 범위	13
<그림 3-1> 초대형선 평가 모형구조	18

<그림 5-1> 세계 운임 추이	43
<그림 5-2> 항로‘A’의 기항지 축소	48
<그림 5-3> 항로‘A-1’의 기항지 축소	48
<그림 5-4> 항로‘A-2’의 기항지 축소	48
<그림 5-5> 항로‘B’의 기항지 축소	50
<그림 5-6> 항로‘C’의 기항지 축소	52
<그림 5-7> 항로‘C-1’의 기항지 축소	52
<그림 5-8> 물류비용의 변화(항로‘A’)	54
<그림 5-9> 선사 이익 변화(항로‘A’)	54
<그림 5-10> 물류비용의 변화(항로‘A-1’)	56
<그림 5-11> 선사 이익 변화(항로‘A-1’)	56
<그림 5-12> 물류비용의 변화(항로‘A-2’)	58
<그림 5-13> 선사 이익 변화(항로‘A-2’)	58
<그림 5-14> 물류비용의 변화(항로‘B’)	59
<그림 5-15> 선사 이익 변화(항로‘B’)	59
<그림 5-16> 물류비용의 변화(항로‘C’)	61
<그림 5-17> 선사 이익 변화(항로‘C’)	61
<그림 5-18> 물류비용의 변화(항로‘C-1’)	63
<그림 5-19> 선사 이익 변화(항로‘C-1’)	63
<그림 6-1> 부산항을 경유하여 중국항 화물 양하	69
<그림 6-2> 부산항에서 양하하고 중국항으로 환적	69
<그림 6-3> 중국항으로 직기항하여 화물을 양하	70
<그림 6-4> 상하이항 화물 운송 대한 시나리오별 경제적 분기점	70
<그림 6-5> 부산항 입항 선박 수	72
<그림 6-6> 입항 선박 비율	72
<그림 6-7> 선박크기별 평균 하역량(Van)	79
<그림 6-8> 장치장 점유율 별 장치 횟수	81
<그림 6-9 > Rail Mounted Gantry Crane(야드용)	85

A Study on the Strategy for Mega-hub Port Development

Song, Yong Seok

Department of Logistics Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

In 1990s the debate on very large ships made the Mega ship and mega port concept emerge. Many studies have been done on such big ships by consultant, naval architects, port designers, ship operators, economists etc., with different points of view and results.

With these in mind, this study aims at suggesting strategies for port development for Korea. For this it reviewed the literature systematically, identifies limitations and major issues, and suggests directions for further studies. Based on this it evaluated Mega ship and hub in various way.

1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

세계 경제의 발전으로 컨테이너 물동량이 빠른 속도로 증가하고 있으며, 선사들은 운항원가 절감을 위해 선박 대형화를 추진하고 있다. 항만은 이러한 선박 대형화에 대응하기 위하여 항만 시설능력을 대폭 증가시키고 있다. 우리나라도 선박 대형화에 대응하고 주변 항만과의 경쟁력에서 우위를 확보하기 위해 부산신항, 광양항 등 신규 항만을 건설 중에 있다.

문헌의 경우 1990년대에 들어서 대형 선박에 대한 논의가 활발해진 가운데 최근 15,000 TEU에 달하는 메가 선박(mega ship)과 이를 위한 메가 항만(mega hub)에 대한 개념이 소개되었다. 1990년 중반에 들어서면서 과거 선박 대형화에 있어서 가장 큰 제약 요인이었던 엔진 추진력 문제가 해결되었고, 선사들은 선박 대형화로 인한 규모의 경제 효과를 꾸준히 추구하기 때문에 이러한 선박 대형화는 기술과 경제성이 보장되는 한 지속될 전망이다.

초대형 선박에 관한 연구는 선박 설계, 항만 설계, 선박 운영, 물류 관리 등 다양한 관점에서 수행되어 왔으며, 이들 연구는 크게 선박 설계, 컨테이너 하역시스템 그리고 선박 운영 부문으로 분류될 수 있다. 선박 설계 부문의 연구는 8,000TEU 이상의 대형 선박을 운항할 수 있는 엔진 추진력과 선체구조를 주 대상으로 하며, 하역시스템 부문 연구는 대형 선박의 재항 시간(port time)을 기존 포스트 파나마스 선박과 동일하게 하기 위해서 필요한 하역 능력을 갖춘 새로운 하역 시스템에 초점을 맞추고 있다. 선박 운영에 관한 연구는 대형 선박과 관련된 항만의 현실적인 제약과 선박 운항 비용 분석을 바탕으로 한 경제적 효과를 평가하는 것이다.

대부분의 선행 연구들은 그 범위가 선박 설계, 하역 시스템, 선박 운영 등 세 분야 중 한 곳에 한정되며 포괄적인 내용을 포함하지 못하는 한계를 내포하고 있다. 선박 설계 부문의 경우 엔진 추진력과 선체 강도의 문제가 선박운항 측면을 반영하여 현실적으로 고려되지 않았고,

하역 시스템의 경우 역시 터미널 여건 등을 반영한 현실적인 생산성 달성 방안을 모색하지 못하였다. 특히, 선박 운영 부문의 연구는 내륙운송, 항만운송, 해상운송 등 전체 컨테이너 수송 체인을 고려하지 못하고 해상운송 구간만을 대상으로 경제성을 논하고 있다. 초대형 컨테이너 선박이 기술적으로 가능하고 기존 포스트 파나마스 선박에 비하여 경제성이 높은지 여부를 평가하기 위해서는 이러한 단편적인 연구에서 벗어나 선박 설계, 하역시스템, 선박 운영 등 전 부문을 망라하는 포괄적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

특히, 선박 대형화에 따라 기항지 축소가 예상되고 있으나 동북아시아와 같은 특정 지역의 특성이 반영된 연구는 수행된 바가 없다. 이와 더불어 기항지 축소에 관한 연구들도 대형선박이 투입되기 위해서는 반드시 기항지를 축소할 필요가 있다고 하고 있으나, 이 또한 선박이 운송하는 화물의 기종점에 관한 분석이 이루어지지 않은 연구들로 신뢰하기 어렵다. 이러한 한계를 가진 연구들은 항만 개발 및 정책 입안자들의 혼란을 초래할 수 있고, 잘못된 항만 건설을 방향을 제시할 수도 있다.

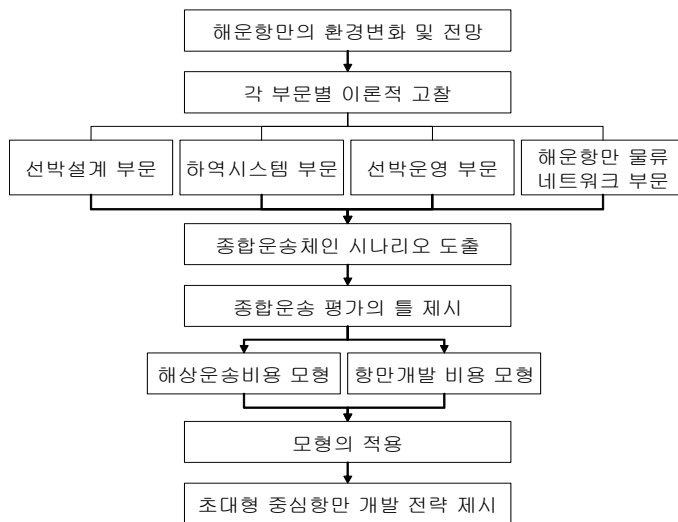
따라서, 선사 운송화물에 대하여 항로별로 화물 기종점 분석을 실시하고, 이를 통해 화물 운임 수입과 피더운송 비용을 포함한 선박 운항에 소요되는 물류비용을 총괄적으로 비교·분석하여 선사의 항만 기항의도를 명확히 할 필요가 있다.

이러한 측면에서 본 연구의 목적은 화물의 기종점 분석을 통해 해상운송 과정에서 발생하는 총 물류비용과 기종점 항만간 운임수입을 총괄적으로 비교 분석하고, 우리나라가 속한 동북아시아 지역의 경제성장, 물동량 증가 등 항만 환경에 따른 중심항 가능성을 분석함으로써 우리나라 항만의 개발 방향을 제시하는 데 목적이 있다.

1.2 연구 수행 방법 및 구성

본 연구는 먼저 선박의 대형화와 관련된 선박기술, 선박운항, 항만운영에 관한 선행연구를 고찰하여 연구의 성과, 연구의 한계 등을 밝히고, 이어서 연구 방향을 설정한다. 이어서 해상운송을 중심으로 한 총비용

모형을 제시하고, 실증 자료를 바탕으로 하여 총 비용을 분석한다. 이를 위하여 컨테이너 선사를 대상으로 컨테이너 운송현황, 선박크기별 운송 비용, 해상운송네트워크, 항만네트워크, 내륙운송체계, 향후 컨테이너운송시스템 전망 등에 관한 기초 자료를 수집하고, 아울러 항만관련 업체를 대상으로 항만하역시스템 체계, 현황, 기술적 동향 등에 관한 자료를 수집한다. 특히, 세부 비용 요소별 비용 산출에 초점을 맞추어서 실증적인 분석을 가능하게 한다.



<그림 1-1> 연구의 흐름도

논문의 체계는 총 7개장으로 구성된다. 1장 서론에 이어 2장은 초대형선박 관련 문헌을 검토하여 연구의 한계 및 연구 방향을 제시한다. 3장에서는 총비용 모형을 소개하고 세부적인 비용 항목별 배율을 도출하여 이어질 실증 분석의 기초로 삼는다. 4장에서는 앞서 논의되어진 내용을 바탕으로 하여 현재 운항되고 있는 항로에 투입된 선박을 대상으로 해상운송화물의 항만간 기중점 분석을 실시하고 선박의 해상 운항 비용과 운임수입 등을 비교·분석한다. 5장에서는 10,000TEU급 대형선박을 대체 투입하면서 기항지가 축소되는 초대형선박의 운항 시나리오를 바탕으로 경제성을 도출하며, 화물량의 증가에 대한 비용 및 운임의 변화는 민감도 분석을 실시하도록 한다. 6장에서는 전장의 분석 결과를

바탕으로 하여 동북아 지역에서의 중심항만 가능성을 검토하고, 항만 개발 전략을 실증 분석을 통하여 제시한다.

2장 초대형 컨테이너선박에 대한 문헌 고찰

2.1 연구의 추세

8,000TEU 이상 15,000TEU까지의 대형 컨테이너 선박에 관하여 다양한 관점에서 수행된 연구들은 <표 2-1>과 같이 선박 설계, 컨테이너 하역 시스템, 선박운영 등 3개 분야로 분류될 수 있다.

선박 설계 분야의 연구는 8,000TEU 이상의 대형 선박에 대한 엔진 추진력의 실현 가능성과 선체구조와 관련된 기술적인 면에 초점을 맞추고 있다.

컨테이너 하역 시스템에 관한 연구는 기존의 포스트 파나마스 선박과 동일한 시간 내에 컨테이너를 하역하기 위해 필요한 시간당 안벽 생산성 300개 이상을 달성할 수 있는 새로운 하역 방식과 개념을 중심으로 하고 있다.

선박 운영에 관한 연구는 운영 측면에서 대형 선박의 경제성과 실현 가능성을 평가하는 것을 목표로 하고 있다.

<표 2-1> 문헌의 범주

분류	연구분야	연구자	연구 대상	초대형 선박에 대한 반응
선박 설계	엔진, 설계	Kraus(1998)	8000TEU	긍정
	엔진, 설계	Wijnolst(1999)	15000TEU	긍정
	엔진, 설계	Prayer(1999,2001)	8000TEU 이상	긍정
하역 시스템	Slip double trolley	Jordan(1997)	660lifts/h	긍정
	High Quay	Mascini(1997)	320lifts/h	
	Slip	Ward(1998)	300lifts/h	
선박 운영	Mega Hub	Monie(1997)	15000TEU	긍정
	항만제약	McLellan(1997)	15000TEU	부정
	항만제약	Jeffery(1998)	Mega Ship	부정
	규모의 경제	Gullinane et al(1999)	8000TEU	긍정
	네트워크 효율성	Gilman(1999)	10000TEU	부정
	허브 스포크체계	Haralambides(2000)	Post-Panamax	부정

선박 설계와 하역 시스템에 관한 연구는 초대형 선박에 대하여 상당

히 긍정적인 반면, 선박 운영에 관한 연구는 긍정적인 측면과 부정적인 측면으로 양분되고 있으며, 전자의 경우 단순히 선박운영에만 제한되어 있으나, 후자의 경우 실질적인 항만의 제약, 피더와 내륙수송 네트워크까지로 연구의 범위를 확대하고 있다.

전체적인 연구 추세는 개념적이고 단순한 분석에서 좀 더 구체적인 분석으로, 제한된 분야의 연구에서 좀 더 광범위한 분야로 진전되고 있다.

2.2 부문별 연구 현황

2.2.1 선박 설계부문 연구

Kraus (1998)는 독일의 Howaldtswerke-Deutsche Werft AG (HDW) 조선소, Eurokai 컨테이너 터미널, Germanischer Lloyd (GL) 선급협회 등 8개 기관이 공동으로 수행한 8,000TEU (전장 338m, 폭 46m, 흘수 14m)급 'Jumbo Container Vessel'에 대한 설계 내용을 소개하고 있다.

먼저 8,000TEU 선박의 사양을 소개하고 이론적인 유체역학 측면의 연구와 1/35로 축소한 모형 선박을 대상으로 실시한 수조실험 결과를 바탕으로 한 최적 선체 및 프로펠러 설계와 추정 선속 26.3노트를 제시하였다. 이어서, GL 선급협회가 실시한 선체강도 및 감항성 분석을 구체적으로 소개하고, 마지막으로 팔레트 단위와 고속 피더선박이 포함된 피더 개념을 소개하였다. Wijnolst et al. (1999)은 최대 흘수 21m인 말라카 해협의 제약 내에서 가장 큰 선박인 Malacca Max 선박에 관한 연구를 수행하였다.

연구의 배경은 유럽의 주요 항만들이 수용할 수 있는 최대 선박 흘수는 15m이나 로테르담항은 21m 급 선박까지 수용가능하다는 잠재적 경쟁력을 바탕으로 하여 차세대 초대형 컨테이너 선박을 개념적으로 설계하였다.

먼저 현재 최대 제약 요인인 Suez 운하의 준설 및 확장을 가정하여 목표연도를 2010년으로 설정하고, 로테르담항과 싱가포르항이 21m 수심 준설에 필요한 재정을 담당하는 것으로 가정하였다.

이어서 Malacca Max 선박의 사양, 선체 구조, 복원성에 대한 구체적

인 내용을 제시하고, 선체의 중·횡강도를 분석하였다. 마지막으로 선박 운항비용을 중심으로 경제성을 평가하고 Suez 운하 준설 비용을 도출하였다.

Payer (1999, 2002)는 메가 컨테이너 선박의 설계와 관련하여 구체적인 연구를 수행하였다. Payer는 9,200TEU 선박을 대상으로 한 컴퓨터 모델을 이용하여 선체의 중·횡강도, 화물 적재시의 변이, bending과 torsion에 의한 선체 변형, 해치 커버와 셸 가이드 지지 등 세부적인 분석을 바탕으로 하여 초대형 선박에 대한 선체구조 문제는 해결되었다고 주장하고, 이들 선박에 대한 한계 중 하나는 선박 엔진이라고 주장하였다. 이어서, 그는 엔진 부문에 대하여 이용 가능한 최대 디젤 엔진 (내경 960 ~ 980mm 12 실린더, 최대 출력 68,000kW)과 단일 엔진 기준 최대 선형 및 속도 (8,000TEU급, 25 노트)를 제시하고, 최근 소개된 대형 엔진 사양을 소개하였다. 또한 쌍 엔진(twin engine)의 장·단점을 소개하고, 설계 속도 25노트를 기준으로 할 때 현재 개발된 엔진 두 개를 장착하면 출력 103,000kW를 얻을 수 있으며 추진 가능한 최대 선형은 18,000TEU라고 밝히고 있다.

프리펠러와 관련해서 Payer는 직경과 무게 제약을 고려한 최대 직경은 9.5m이기 때문에 8,000 ~ 9,000TEU 선박 설계에 있어서도 문제가 되며, 흘수 14.5m인 10,000TEU급 선박의 경우 문제는 보다 심각해질 것으로 지적하였다. 마지막으로 파도의 범람, 갑판적 컨테이너 안전을 포함한 메가 선박의 안전 측면도 논의하였다.

2.2.2 하역시스템 부문 연구

Jordan (1997)은 기존의 겐트리 크레인의 생산성을 향상시킬 수 있는 방안으로서 ‘wide gantry crane’, ‘elevated gantry rail’, ‘elevated landside platform’, ‘elevated traffice lanes’ 등을 소개하였다.

또한 기존의 단일 트로리(trolley) 대신 두 개의 트로리를 설치하는 ‘double trolleys’를 제안하였다. ‘double trolley’ 크레인은 무게가 55 ~ 75톤인 단일 트로리 크레인에 비하여 10 ~ 20톤 정도 무겁고 두 개의 트로리를 통제하는 정교한 시스템이 필요한 반면, 생산성은 시간당 45 ~ 70moves라고 주장하고 있다. 이어서 그는 일반적인 안벽 하역 방식

의 대안으로써 독(dock) 형태의 부두 내에 선박을 접안시키고 양 측면에서 하역을 하는 방식을 제안하였다. 그는 이러한 방식은 많은 문제점을 안고 있지만 선박 당 6기의 'double trolley' 크레인을 할당하여 시간당 660moves의 생산성을 달성할 수 있을 것이라고 주장하였다.

Mascini (1997)는 8,000 ~ 10,000TEU에 이르는 미래의 점보(jumbo) 선박을 24시간 내에 하역할 수 있는 서비스 센터의 개발을 목표로 한 'Jumbo Service Centre Project'를 소개하였다.

점보 선박은 대륙 당 2 ~ 3개로 기항 항만이 제한되며, 총 하역시간은 24시간으로 제한되고 시간 당 안벽 하역 능력은 약 320moves가 필요하다고 가정하고 있다. 이를 달성할 수 있는 한 대안으로써 안벽 크레인이 점보 선박 갑판 높이에 해당하는 수면 상 20m에 위치하는 'high quay solution'이 제안되었다.

'high quay' 상에는 한 시간 하역량에 해당하는 컨테이너를 적재할 수 있는 일시 장치공간이 있고 장치장과는 AGV(Automated Guided Vehicle)로 구성되는 'Crane Feeding System'이 구축된다.

Ward (1998)는 네덜란드 Ceres Amsterdam Terminal 계획과 관련된 'two-side container ship operations'의 연구 결과를 소개하였다.

'Ship in Slip' 또는 'Indented Berth'라고 불리는 이 개념은 선박을 도크(dock) 형태의 부두에 접안시키고 선측 양방향에서 하역 작업을 수행하여 시간 당 300lift의 생산성 달성을 목표로 한다.

본 연구에 있어서 특징은 'double trolley' 등 신기술과 관련된 잠재적 위험 및 불확실성을 제거하기 위하여 기존의 표준 안벽크레인을 도입한다는 것이다. 도크의 크기는 깊이 390미터, 폭 56미터이며, 수용할 수 있는 최대 선박은 컨테이너를 20열까지 배치할 수 있는 길이 340미터 선박이다.

한 척의 선박에 총 9기까지 크레인을 동시에 할당할 수 있으며, 이 가운데 3기는 대형 크레인으로서 22열까지 하역 작업이 가능하나 6기는 소형 크레인으로서 파나막스 또는 대형 컨테이너 선박의 헤치(hatch) 중앙부분까지만 하역 작업이 가능하다.

Rankie (1999)는 창고형 자동화 컨테이너 터미널인 'Docking System'이라는 혁신적인 터미널 디자인을 제안하였다. 도크 형태인 'Ship in Slip'과는 달리 본 시스템은 기존 안벽 부두의 수면 쪽에 잔교(jetty)를

건설하여 선박의 양방향에서 하역 작업이 이루어지게 하는 것이다.

안벽 측의 컨테이너는 AGV에 의해 장치장 창고내의 지정된 장소(slot)로 직접 운송된다. 컨테이너 창고는 기존 장치장 면적의 약 40% 정도의 공간을 필요로 하는 장점이 있으며, Docking System은 기술적인 면에서도 가능하다고 주장하였다.

2.2.3 선박 운영 부문 연구

Monie (1997)는 15,000TEU 선박 (길이 400m, 폭 70m, 흘수 14m)인 Mega 선박과 기존의 항만이 아닌 해안에서 떨어진 바다에 입지하는 “off shore” 형태의 Mega 허브 항만으로 구성되는 ‘Mega ship - Mega hub’ 운영 시나리오를 소개하였다.

4개의 메가 허브 항만은 동남아시아, 지중해 서부, 카리브 해, 중앙아메리카의 서부해안 등에 입지하며, 기간항로인 East-West 항로에 메가 선박이 취항하고, North-South 경로에는 250 ~ 6,000TEU급의 피더 선박이 운항한다.

그러나 메가 선박 운항에 있어서 가장 큰 제약 요인이라고 할 수 있는 컨테이너 하역시스템은 고려하지 않았다. 또한, 대규모 투자를 요하는 4개의 메가 허브 네트워크 구축에 대해서도 투자 위험이 높아서 자금 확보가 어렵다는 점과 현실적으로 대규모 선대를 보유한 주요 선사와 주요 터미널을 운영하고 있는 다국적 컨테이너 터미널 운영업체에 의해 투자가 이루어질 수 있을 것이라는 원론적인 설명에 그치고 있다.

마지막으로 그는 Mega 선박의 경제성과 요구되는 기술의 진전 그리고 메가 허브 개발에 필요한 투자 자금 및 투자주체 확보의 중요성을 강조하고, 실현 가능성에 대해서는 20년 후쯤에 완성될 수 있을 것이라고 결론지었다.

McLellan (1997)은 크레인 제약, Suez 운하 제약, 15,000TEU 선박 길이 제약 등 선박 대형화의 현실적인 제약 요인을 들면서 운영 측면에서 메가 선박의 비현실성을 주장하였다.

보다 실질적인 논의를 위하여 기존의 표준 선박인 6,000TEU 선박 9척이 투입되는 North-West Europe/Far East Service 루트에 1,500 TEU 선박 투입을 가정하여 주 운항 일정(weekly schedule)을 비교하

였다. 그 결과 주어진 조건 내에서 표준 선박의 왕복 항해시간은 64일이 소요되는 반면 15,000TEU 선박은 84일이 소요되며, 요구되는 선대도 표준 선박은 9척인 반면 초대형 선박은 12척으로 나타났다.

이를 바탕으로 15,000TEU 선박은 주 운항 일정을 맞추기 위해서 추가적인 선박이 필요하며, 선박의 크기가 증가할수록 낮아지던 TEU 당 자본 비용은 다시 증가하기 시작할 것이라고 주장하였다. 또한, 하역 시스템의 한계, 장치장에서 컨테이너 재배치 가능성이 높아짐에 따른 야드 공간 부족 문제, 내륙 수송체계 용량 등 현실적인 측면을 강조하였다.

Jeffery (1998)는 항만 운영 관점에서 메가 선박을 부정적으로 논하였다. 그는 선박 대형화 추세와 배경을 논하면서 충분한 화물을 확보하지 못하여 시장에서 도태된 초대형 탱커선을 예로 들었다. 그는 정기 선사들은 10년 전과 동일한 형태로 아직까지 4-5개의 유럽 항만에 기항하는 운항 패턴을 유지하고 있으며, 이러한 서비스 일정을 초대형선박에 맞추어 쉽게 수정하지 않을 것이라고 주장하였다.

Cullinane et al. (1999)는 최적의 컨테이너 선박 크기를 평가하기 위하여 TEU 당 일일 고정비용, TEU-mile 당 비용, TEU 당 총 항해비용 (shipping cost) 등 3개의 비용 모형을 개발하였다. 비용은 선박 운항과 관련된 비용에 한정하였으며, 하역 등 터미널 관련 비용과 피더 및 내륙 수송비용은 제외되었다. TEU 당 재항 비용(재항일 x TEU 당 일일 고정비용 + 항만에서의 유류비용)과 TEU 당 항해비용(TEU-mile 당 비용 × 항해 거리)을 합한 TEU 당 총 비용을 도출하여 선박 크기의 변화에 따른 규모의 경제를 비교 분석 하였다.

이를 바탕으로 3개의 주요 east-west 항로(각각 4,000, 8,000, 11,500 마일인 Europe-Fareast, trans-Pacific과 trans-Atlantic)를 대상으로 항로 길이에 따른 민감도 분석을 수행한 결과 'Europe-Fareast'와 'trans-Pacific' 항로에서는 8,000TEU 이상의 선박에 대한 규모의 경제 효과가 있는 것으로 나타났으며, 항로의 길이가 짧은 'trans-Atlantic' 항로에서는 최적 선박 크기가 5,000 ~ 6,000TEU 정도인 것으로 나타났다.

Gilman (1999)은 컨테이너 선박의 규모의 경제 효과는 항만 하역과 전체 운송 네트워크를 고려할 때 10,000TEU 이상의 선박에서 점점 약

화될 것이며, 기존의 ‘end to end’ 서비스(pendulum 형태 포함)는 해상 운송의 기본 운항 패턴이 될 것이고, ‘hub and spoke’ 운영은 전체 운영 형태의 일부분에 그칠 것이라고 주장하며 15,000TEU 선박의 실현 가능성에 대하여 반박하였다.

기존의 ‘end to end’ 서비스와 ‘hub and spoke’ 서비스 형태의 비용을 비교 평가하기 위하여 로테르담을 중심으로 one port 전략과 multiple port 전략을 비교하는 간단한 분석을 실시하여 그의 주장을 입증하였다. 또한 초대형선 운항에 있어서 필수적인 피더 선박에 대해서는 피더 선으로의 환적에 상당한 시간이 소요되며, 효율적인 피더 수송 체계를 안정적으로 확보하는 것이 어렵다는 점을 강조하였다.

결론적으로 10,000TEU 선박(폭 32m, 전장 320 ~ 350m, 최대 흘수 약 14.5m)의 경우 기존의 운항 패턴을 유지할 수 있고 주요 항만의 접근수로, 컨테이너 터미널 등의 시설 투자가 필요하지 않으나 15,000 TEU 급 선박은 새로운 항만 하역시스템을 필요로 하기 때문에 실현에 많은 제약이 있다고 주장하였다.

2.3 문헌의 시사점

2.3.1 주요 결과

기존 연구들의 주요 결과는 선박 설계, 컨테이너 하역 시스템과 운영 측면의 3가지 관점으로 발표되었다.

첫째, 선박 설계에 관한 연구는 많이 수행되지는 않았지만, 그 결과는 15,000TEU 선박과 그 이상의 선박은 추진력과 선체 구조와 같은 기술적인 측면에서는 실현 가능성이 있다는 것임

둘째, 대형 선박의 컨테이너 하역시스템에 관한 연구는 “double trolley”, “docking method”(indented quay 포함)와 “high quay”와 같이 시간당 300lifts에서 660lifts로 이상적인 하역작업을 수행할 수 있는 새로운 아이디어와 개념이 도입되었다.

각각의 방법에 대한 수행능력과 이점에도 불구하고 실현가능성은 아직 증명되지 않았다. Double trolley 크레인도 구조적인 강도, Stiffness와 섬세한 통제 시스템인 기술적, 운영적 측면에서 해결해야 할 문제점

이 있다.

선박 양측에서 작업을 하는 docking methods는 측면 당 6대의 크레인으로 시간당 660moves의 총 생산성을 가지고, 각 double trolley 크레인은 시간당 55moves 한다고 말하고 있지만, 세부적인 운영은 인정되지 않고 있다.

예를 들면, Ceres Amsterdam Terminal에 관한 연구에서는 indented 안벽에 새로운 기술의 도입함으로써 존재하는 위험요소를 피하기 위해 기존의 안벽 크레인을 채택했다.

현재의 안벽 디자인의 대안으로써 High quay solution의 도입은 다소 비현실적이지만, 지속적인 연구가 수행되고 있다.

결과적으로 생산성, 경제성, 신뢰성, 유연성과 야드 운영과의 통합에 대한 연구는 상당히 오래 전부터 수행되어 왔다.

마지막으로, 운영측면 연구는 일반적으로 선박 크기의 경제성, 항만 네트워크의 형태와 메가 허브의 개발에 따른 문제점과 같은 3가지 관점에서 도출되었다.

첫째, 10,000TEU 선박까지는 대부분의 주요 환적항에서는 실현 가능하지만, 하역 시스템의 근본적인 해결을 요구하는 15000,TEU 선박의 실현 가능성은 불확실하다.

두 번째로 현재 펜들럼 서비스를 포함한 end to end 서비스 형태는 지속될 것이며 hub and spoke 운영은 전체 서비스에서 부분적으로 수행될 것이다.

마지막으로 메가 허브는 요구되는 기술의 불확실성으로 인하여 심각한 자금 확보의 문제를 가지고 있으며, 메가 선박의 경제성은 피더 네트워크와 내륙 수송의 효율성에 의해 좌우된다.

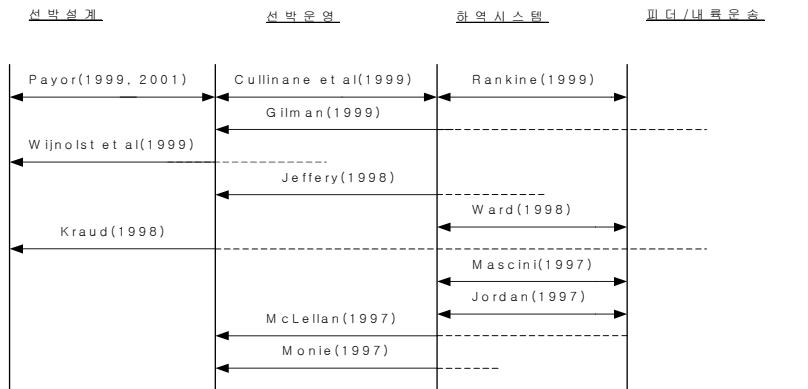
2.3.2 연구의 한계 및 주요 쟁점

1) 연구의 범위 측면

연구의 범위 측면에서 볼 때 대부분의 기존 연구는 <그림 2-1>과 같이 부분적인 연구라고 할 수 있다.

선박 설계에 관한 연구는 선체구조와 선박 추진력에 한정되었으며, 선박 운영과 관련된 현실적인 측면은 고려하지 못하였다.

컨테이너 하역 시스템에 관한 연구는 터미널 운영의 실질적인 제약에 대한 고려와 구체적인 평가 없이 새로운 하역 개념을 소개하는 데 그치고 있다. 이에 비하여, 운영측면에 관한 연구는 비교적 구체적이며, 항만 하역, 피더와 내륙수송의 분야를 포함시키려고 시도하였다.



<그림 2-1> 기존 연구의 범위

주 : 점선은 관련 문헌을 인용하거나 단순 분석을 수행한 경우를 의미함

또한 연구 방법 측면에서 볼 때 선체 설계 및 엔진 추진력에 관한 일부 연구를 제외한 대부분의 연구들은 실증적이고 분석적인 측면이 극히 부족하다.

하역시스템 부문의 경우 실증적이고 분석적인 연구는 없다. 운영에 관한 연구 중에서 Cullinane et al. (1999)은 단지 선박 비용만을 포함한 비용 모델에 기초한 연구를 수행하였으며, Gilman (1999)은 피더와 내륙수송을 포함한 수송 네트워크의 효율성 평가에 있어서 단순 운영 시나리오를 바탕으로 비용 분석을 수행하였다.

Kraus (1998)는 trans-ocean 네트워크 시뮬레이션의 결과를 소개하였지만, 세부적인 네트워크, 분석절차와 시뮬레이션 모델 등은 제시하지 않았다.

2) 연구 내용 측면

(1) 선박설계

선박 설계 부문의 연구 결과는 15,000TEU급까지의 초대형 선박은 추

진력, 선체 구조 등과 같은 기술적인 측면에서 실현 가능하다는 점에 모아진다. <표 2-2>와 같이 하역 시스템과 운영 측면은 아직까지 매우 불확실한 반면 쌍 엔진(twin engine) 장착을 전제로 한 선박 추진력과 선박 설계에 관한 문제는 입증되었다고 할 수 있다.

<표 2-2> 대형선박의 위험요소와 불확실성

		대상	불확실성 정도	비고
선박설계		엔진 추진력 선체	낮음	기술 입증
하역시스템		300 lifts/h 이상 생산성	높음	기술적, 운영적 제약 존재
운영	선박	10,000TEU급 선박의 수송 네트워크 효율	높음	하역, 피더, 내륙운송 비용 높음
	항만	허브 항만 개발	아주 높음	투자비 확보 불확실

그러나 엔진 대형화 및 쌍 엔진 장착에 따른 기관실 공간 증대로 인한 선체 강도 문제, 운항 중 유지 보수 문제 등 현실적인 제약은 검토되지 않았다. 80,000kW급 엔진의 경우 길이 28m 이상, 무게 2,400톤 이상에 달하며, 엔진 길이는 엔진 자체 강도 문제와 선체와의 결합 문제를 야기할 수 있으며, 엔진 무게는 엔진을 지탱하는 선체 강도 문제를 야기할 수 있다.

또한, 8,000TEU급과 15,000TEU급 선박의 폭은 각각 46m, 60m에 달하기 때문에 엔진룸은 아주 넓어지게 되며, 이에 따라 기관실을 구성하는 선체 강도 문제가 야기 될 수 있다. 쌍 엔진 기관의 경우 운항 중 주 기관과 보조기기의 정비를 위한 인력과 시간은 기존 엔진에 비하여 거의 2배 정도 필요하게 된다.

그러나 정박 시간이 2배로 늘어나는 것이 아니기 때문에 항구에서 외부의 정비 작업 지원과 항해 중 정비 및 운용인력의 충원 없이는 정상적인 기관 운전이 어렵게 될 것이다.

(2) 하역 생산성

문헌에서 제안된 8,000TEU 또는 10,000TEU 이상의 메가 선박을 위한 하역시스템의 시간당 하역 능력은 약 330moves 또는 660moves로 제시되었으나 이는 기존 포스트 파나막스급 선박과 동일한 재항시간을

맞추는데 필요한 이론적인 수치일 뿐이다. 즉, 실현 가능한 하역 능력이 아닌 실현해야 할 목표치이다.

이와 관련하여 기술적인 측면이 입증되지 않은 경우가 많을 뿐 아니라 안벽 크레인 운영 및 장치장 운영과 관련된 운영 측면은 전혀 고려되지 않았다.

제시된 것처럼 전장 300m 이상의 선박에 약 5-6기의 크레인을 동시에 할당할 경우 헤치(hatch) 별 컨테이너 배치의 불균형으로 인하여 크레인 수가 증가하면 할수록 크레인 이용율은 감소할 수 밖에 없다.

따라서 이러한 점을 고려하여 크레인 수가 증가함에 따른 작업 효율 감소율을 적용하여 실질적인 하역 능력을 산정할 필요가 있다.

선박의 대형화 추세에 따라 안벽크레인도 최근 일부 터미널들이 컨테이너선 크기의 증가에 따라 12,000TEU급을 서비스하기 위한 해측 도달거리(out-reach) 64m, 육측 도달거리(back-reach) 21m 이상의 사양을 갖춘 안벽크레인을 발주한 것으로 알려지고 있다(양창호 외, 2003).

초대형 선박을 현재와 같은 시간 내에 하역을 완료할 수 있기 위해서는 항만생산성을 현재보다 약 50%정도 향상시켜야 하며, 이를 위한 방안으로서는 'double trolleys', 'High Quay', 'Ship in Slip' 등이 소개되고 있다.

(3) 장치장 운영의 제약

장치계획과 선박 적부계획 그리고 관련된 운영에는 많은 제약이 따르며(Chen, 1999 참조), 야드 장치계획과 운영은 컨테이너 재배치와 야드 장비와의 작업거리를 최소화시키는 여러 가지 규칙 하에서 수행된다.

계획 수립에 있어서 일반적으로 컨테이너는 적화선박, 목적지, 컨테이너의 종류(20', 40', 45'), 화물 형태(일반, 냉동, 위험화물), 화물 무게(중량, 경량), over-dimension, 수송형태(환적, 철도 수송, CFS) 등 7가지의 형태로 그룹화 된다.

장치계획과 통합되는 선박 적부계획은 더욱 복잡한 제약과 규칙 하에서 수행된다. 선적 작업 순서는 장치장 장비의 작업순서와 선박 상의 수평적, 수직적 작업순서와 일치해야 하며, 컨테이너의 형태, 특수 컨테이너(over-dimension, break-bulk, 냉동, flat-rack), 적재 위치(under deck, on deck, under water line), 공컨테이너 등에 따른 일괄 작업이

가능하게 이루어져야 한다.

적부 계획은 선박 안정성이 전제되어야 하며, 더욱이 이와 같은 계획은 동일 선사에 의해 운항되는 모든 선박에 일관성 있게 이루어진다.

이런 관점에서 선박 양측 하역시스템 및 'double trolley' 크레인은 많은 문제점을 안고 있다.

선박 양측으로 장치장이 분할되기 때문에 장치계획 및 선박 적부계획과 하역 작업에 있어서 기존 방식과 다른 방식이 요구된다. 또한 운영에 있어서도 이송 장비의 작업거리가 증가하여 소요되는 장비와 인력이 증가하게 되어 터미널의 효율성과 안벽 크레인의 생산성을 감소시킬 수 있다.

2.3.3 연구 방향

이러한 한계점을 바탕으로 하여 향후 연구 방향은 크게 두 가지로 제시할 수 있다. 첫째, 각 부문별 세부적인 연구가 필요하다. 선박 설계 부문의 경우 엔진 대형화 및 쌍 엔진 기관 도입에 따른 기관실 부분의 강도 문제와 운항 중 필요한 기관 유지 보수 문제에 대한 구체적인 검토가 필요하다. 특히, 유지 보수 문제는 인건비 증가의 요인이 되기 때문에 대형선의 경제성 평가에 있어서 필히 고려되어야 한다.

하역시스템의 경우 실제 터미널 상황을 바탕으로 한 능력 평가가 필요하다. 선박 크기별, 하역시스템별 현실적인 운영 시나리오를 바탕으로 시뮬레이션 기법을 적용할 수 있을 것이다. 즉, 선택된 네트워크 상에 있는 항만에 대해서 선박 도착 패턴, 컨테이너 화물 특성, 선박 당 평균 적양하 컨테이너 수, 크레인 할당, 크레인 자원 등의 자료를 수집하고, 야드 장치, 선박 적부 및 크레인 할당에 관한 일반적인 규칙을 바탕으로 한 시뮬레이션 분석이 필요하다. 시뮬레이션을 통하여 새로운 하역시스템의 크레인 생산성, 크레인 이용률, 선박 작업시간 등을 평가할 수 있다.

선박 운영과 관련해서는 주요 항로별 얼라이언스 등 운영 시나리오를 통한 화물 확보 방안, 기항지별 평균 하역 컨테이너 규모 등에 대한 평가가 필요하다. 운영 시나리오는 현재의 상황을 반영하는 기준 점과 초대형 선박을 대상으로 하는 대안으로 구성될 수 있다. 기준 점은 대상

경로에 대한 현재의 'end to end' 서비스에 있어서 사용되는 선대와 스케줄을 나타내며, 대안은 허브 항과 초대형 선박을 중심으로 하는 메가 허브 네트워크를 나타낸다.

둘째, 해상운송, 항만운송, 피더운송, 내륙운송 등을 포함하는 컨테이너 종합 수송체계 관점에서 기존의 포스트 파나막스급 선박과 초대형 선박의 서비스 수준 및 총비용을 평가하는 연구가 필요하다. 서비스 수준은 주로 해상과 항만에서의 수송시간 및 수송시간의 신뢰성에 의해 좌우되는 선박 회전시간 및 서비스 빈도에 관한 것이다. 총 수송시간은 송화인 측의 내륙수송과 피더수송, 해상수송, 수화인 측의 내륙수송과 피더수송 등 각 링크별 표본 자료를 수집하여 분석할 수 있다. 출발지와 도착지의 재항 시간은 하역 작업 시뮬레이션을 통하여 도출할 수 있다. 또한 경로별, 링크별 수송시간의 표준편차 또한 수송시간과 동시에 도출할 수 있다.

총비용 분석의 경우 선박 건조비, 운항비, 하역비, 피더운송비, 내륙운송비 등을 포함하는 총비용모형이 개발되어야 하며, 실제 비용 구성요소는 파나막스급 선박을 포함하는 수송 네트워크와 초대형선을 포함하는 네트워크에 따라 달리 구축되어야 한다. 또한 총비용모델을 이용한 다양한 형태의 민감도 분석을 통하여 초대형 선박의 경제성을 평가할 수 있다.

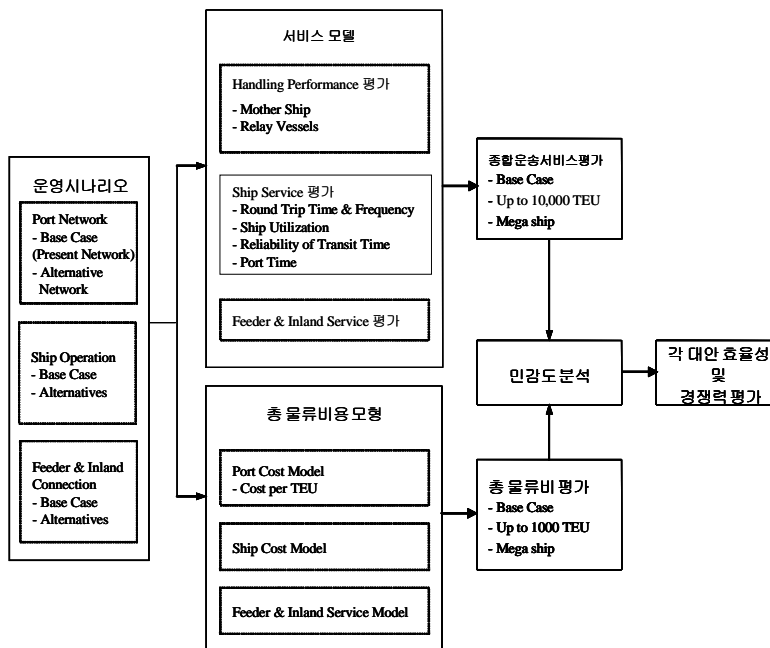
3장 총 해상운송비용 모형

3.1 평가 모델

<그림 3-1>은 운영 시나리오, 서비스 모델과 비용 모형의 3가지 모듈로 구성된 평가 모델의 구조를 나타낸다.

3.1.1 운영 시나리오

운영 시나리오는 현재의 운항 상황을 표현하는 기준 case와 가장 가능성이 있는 상황인 대안을 분석하는 모델이다. 항만 네트워크에서 기준 case는 어떤 경로 또는 지역에 대한 현재의 end to end 서비스인 반면, 대안은 허브 port의 수를 변경이 가능한 메가 허브 네트워크를 포함한다. 선박 운영에서 기준 case는 선택된 항만 네트워크의 컨테이너 운송에 있어 실제 사용되는 선대와 스케줄인 반면, 대안은 메가 선박의 운영을 포함한다.



<그림 3-1> 초대형선 평가 모형구조

그리고 피더와 내륙수송에 대한 기준 case는 선택된 경로에 대한 현황인 반면, 대안은 항만 네트워크 시나리오와 선박 운영과 연계하여 가장 가능성이 높은 피더와 내륙수송이 될 것이다.

3.1.2 비용 모델

항만 비용 모델은 항만 하부시설과 화물 하역과 관련된 비용에 관한 내용으로, 항만 네트워크 시나리오를 근거로 하여 항만의 규모와 특성이 결정되며, 각 비용의 구성요소는 결과적으로 총 비용 모델에서 가장 중요한 요소인 TEU당 비용이 도출된다.

선박 비용 모델은 항만에서의 선박 비용과 해상에서의 선박 비용에서 도출된다. 따라서 선박 비용 모델은 1일동안 항만에서의 재항 시간과 TEU당 1일 고정비용인 항만에서의 선박비용(daily capital costs plus daily operation costs)과 TEU-mile당 비용인 해상에서의 선박비용(daily fuel cost per TEU plus daily fixed cost per TEU divided by daily transit distance), 그리고 수송거리로 구성되어 있다. 여기에 관한 연구는 직접적으로 메가 선박과 관련되어 있지는 않지만 Cullinan et al.(1999)의 연구에서 찾을 수 있다.

피더 비용은 선박비용과 유사한 방법으로 도출하거나 또는 피더 시나리오와 관련 있는 실제 비율 자료를 근거로 하여 평가할 수 있다.

내륙 비용 또한 컨테이너의 출발지와 목적지, 컨테이너의 크기와 형태, 각각의 모드(mode)에서 수송률을 근거로 도출할 수 있다.

피더 비용과 내륙 수송비용은 해상수송비용보다 높으며, 총 수송비용에 미치는 영향은 매우 크다.

총비용은 일반적으로 선박비용, 항만비용, 피더비용과 내륙 수송비용으로 구성되어 있으며, 실제 비용 구성요소는 항만 네트워크의 형태에 따라 차이가 있다. 예를 들어 메가 허브 네트워크는 피더 서비스의 투입을 피할 수 없기 때문에 더 많은 항만 비용요소가 있다.

본 연구에서는 내륙 수송비용을 제외한 선박비용, 항만비용, 피더비용을 총비용으로 구성하였다. 그리고, 총 수송 링크(link)에 따른 각각의 비용 요소를 도출한 후 최종적으로 기항지 변경이나 화물량 변화에 따른 수송비용의 민감도 분석을 수행한다.

3.2 운항비용

3.2.1 비용항목별 설명

1) 자본비

자본비는 선박을 소유하는데 필요한 경비를 말하며 선박투자금리, 선박감가상각비, 선박보험료 등으로 선박이 운항하지 않더라도 소요되는 비용으로서 고정비용과 같은 성격이다.

2) 직접비

직접비는 선박을 운항할 수 있는 상태로 유지하는데 필요한 경비를 말하며 선원비, 유회유비, 선용품비, 일반관리비, 잡비 등으로 선박의 운항에 따라 비용이 크게 변동되지 않는 불변 비용(준 고정비용)의 성격을 지닌다

3) 운항비

운항비는 선박을 운항하는데 드는 비용으로서 연료비, 화물비, 항비 등이며, Operation Cost 라고도 한다. 운항비는 선박의 운항, 선박의 입출항 및 정박시 발생하는 비용으로써, 대 관청에 대한 수수료, 조세, 공과금, 도선료, 예선료, 강취료, Dockage, Harbour Due(입항세) Tonnage Due, Light Due(등대료), Launch Hire, Anchorage, 입출항료, Custom Fee, Agency Fee 등이 있다.

4) 하역비

하역비는 항만에서 화물을 적하(화물을 선박에 싣는 작업), 양하(화물을 선박에서 내리는 작업) 할 때 발생하는 비용으로 화물의 양에 따라 변하는 변동비의 성격을 가진다.

3.3 운항원가

운항원가는 앞서 설명된 비용항목들로 구성되고, 선박이 처음 기항지를 출발하여 다시 기항지로 되돌아 올 때까지의 왕복항해시간(1항차)

동안 발생한 비용들의 합으로 표현되며, 경제성 평가의 자료로서 활용할 수 있다.

3.3.1. 고정비용

선박의 운항원가를 구성하는 비용들 중 고정비용은 년 간 (자본비+직접비)÷년 간 운항일수로 산정 할 수 있다. 본 연구에서는 선사를 통해 4,024TEU급과 5,300TEU급 선박들의 고정비 세부 내역을 조사하였다. <표 3-1>은 4,024TEU급 선박의 고정비를 구성하는 세부 내역이다. 이 중 영업외 수익은 부가적으로 발생하는 이익비용으로서 총 고정비 산출에서 포함되지 않는다. 따라서 연간 총 고정비는 (선원비+보험료+선박수리비+선용품비+운할류비+기타고정비+선박감가상각비+영업외비용+일반관리비)-영업외 수익으로 구할 수 있으며, 1일당 총 고정비는 연간 총 고정비÷운항일수로 구할 수 있다.

<표 3-1> 4,024TEU급 선박의 1일 고정비용

(단위 : US 천\$, \$)

구분	선박별 선복량(4,024TEU)											평균	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
운항일수	352	352	366	352	366	366	349	352	366	366	366	359	
선원비	1,395	1,349	1,348	1,402	1,349	1,339	1,350	1,345	1,348	1,382	1,318	1,357	
보험료	452	426	458	421	466	453	435	423	431	458	458	444	
선박수리비	1,001	1,006	201	992	166	992	958	1,010	233	195	178	630	
선용품비	596	609	256	578	288	620	593	596	307	289	289	456	
운할류비	354	248	257	230	247	257	225	269	244	216	225	252	
기타고정비	22	23	22	24	24	25	24	24	25	23	22	23	
선박감가상각비	2,949	3,020	3,114	2,939	3,424	2,846	3,226	2,856	2,900	3,631	3,409	3,119	
영업외 비용	선박별 이자	196	367	863	286	968	106	130	511	39	953	938	487
	영업외공통비	5,560	5,560	5,781	5,560	5,781	5,781	5,512	5,560	5,781	5,781	5,781	5,676
	합계	5,756	5,927	6,644	5,846	6,749	5,887	5,642	6,071	5,820	6,734	6,719	6,163
영업외 수익	2,720	2,720	2,828	2,720	2,828	2,828	2,696	2,720	2,828	2,828	2,828	2,777	
일반관리비	3,052	3,052	3,174	3,062	3,174	3,174	3,026	3,052	3,174	3,174	3,174	3,117	
연간 총 고정비	12,857	12,940	12,646	12,774	13,059	12,765	12,783	12,926	11,654	13,274	12,964	12,786	
1일 고정비(\$)	36,526	36,761	34,552	36,290	35,680	34,877	36,628	36,722	31,842	36,268	35,421	35,579	

이때 연간 총 고정비는 선박의 세부 제원에 따라 약 11,654천\$~13,274천\$이 소요되며, 연간 총 고정비를 연간 운항일수로 나눈 1일당 고정비용은 31,842\$~36,761\$인 것으로 분석되었다. 4,024TEU급 선박의 평균 1일고정비는 35,579\$로 나타났다. <표 3-2>는 5,300TEU급 선박의 고정비용에 대한 내역이다. 연간 총 고정비는 선박의 세부 제원에 따라 약 14,198천\$~15,480천\$이 소요되며, 연간 총 고정비를 연간 운항일수로 나눈 1일당 고정비는 38,792\$~42,295\$인 것으로 분석되었다. 이들 선박의 1일당 평균 고정비는 41,160\$로 나타났다.

<표 3-2> 5,300 TEU급 선박의 1일 고정비용

(단위 : US 천\$, \$)

구분	선박별 선복량(5,300TEU)								
	A	B	C	D	E	F	H	평균	
운항일수	366	366	366	366	366	366	366	366	
선원비	1,361	1,351	1,348	1,387	1,347	1,357	1,387	1,363	
보험료	550	533	536	615	526	526	544	547	
선박수리비	241	244	244	197	245	196	246	230	
선용품비	323	509	342	328	385	314	383	369	
운할유비	411	372	349	337	313	257	323	337	
기타고정비	20	27	19	21	21	21	22	22	
선박감가상각비	3,765	3,779	3,608	3,497	3,662	3,880	3,429	3,660	
영업외 비용	선박별 이자	958	945	31	1,139	1,012	1,103	619	830
	영업외공통비	7,285	7,285	7,285	7,285	7,285	7,285	7,285	7,285
	합계	8,242	8,229	7,316	8,423	8,297	8,387	7,904	8,114
영업외 수익	3,563	3,563	3,563	3,663	3,563	3,563	3,563	3,577	
일반관리비	3,999	3,999	3,999	3,999	3,999	3,999	3,999	3,999	
연간 총 고정비	15,349	15,480	14,198	15,141	15,232	15,374	14,674	15,065	
1일 고정비(\$)	41,937	42,295	38,792	41,369	41,617	42,005	40,093	41,160	

4,000TEU급 선박과 5,300TEU급 선박에 대해 고정비의 세부내역을 비교한 결과, 선원비는 100.4%로 비슷하며, 선박수리비(36.6%), 선용품비(80.9%), 기타고정비(92%) 등은 5,300급 선박이 더 낮은 반면 보험료(123.3%), 운할유비(133.9%), 선박감가상각비(117.3%), 선박별 이자

(170.3%), 일반관리비(128.8%) 등은 5,300TEU급 선박이 더 높은 것으로 나타났다. 결과적으로 1일 총 고정비용은 4,000TEU급 선박이 35,759\$이고, 5,300TEU급 선박이 41,610\$로서 5,300TEU급 선박이 4,000TEU급 선박에 비해 1일 총 고정비가 15.6% 높은 것으로 분석되었다.

<표 3-3> 선박별 1일 고정비 비교

(단위 :US 천\$, \$)

구분		선박별 선복량(TEU)		
		4,024	5,300	비교
선원비		1,357	1,363	100.4%
보험료		444	547	123.3%
선박수리비		630	230	36.6%
선용품비		456	369	80.9%
운할유비		252	337	133.9%
기타고정비		23	22	92.0%
선박감가상각비		3,119	3,660	117.3%
영업외 비용	선박별 이자	487	830	170.3%
	영업외공통비	5,676	7,285	128.3%
	합계	6,163	8,114	131.7%
영업외 수익		2,777	3,577	128.8%
일반관리비		3,117	3,999	128.3%
연간 총 고정비		12,786	15,060	117.8%
1일 고정비(\$)		35,579	41,160	115.7%

다음은 선박크기에 따라 일일 고정비를 산출한다. 이를 위하여 선박 크기별 각 세부비용은 4,024TEU급과 5,300TEU급 선박 사이의 비율 관계를 이용하였으며, 8,400TEU급 이상의 선박들에 대해서는 보험료, 선박수리비, 선용품비, 기타고정비, 일반관리비 등이 동일하다고 가정하였다. 그 결과 6,400TEU급 선박은 1일당 49,116\$, 9,000TEU급 선박은 62,014\$, 10,000TEU급 선박은 63,734\$의 고정비가 발생될 것으로 분석되었다.

<표 3-4> 선박크기별 1일 고정비 비교

(단위 : US 천\$, \$)

구분	선박별 선복량(TEU)								
	1,000	2,700	4,024	5,300	6,400	8,400	9,000	10,000	
운항일수	359	359	359	366	366	366	366	366	
선원비	1,357	1,357	1,357	1,363	1,363	1,363	1,363	1,363	
보험료	292	360	444	547	675	832	832	832	
선박수리비	101	271	630	230	230	230	230	230	
선용품비	92	248	456	369	588	772	772	772	
운할유비	141	188	252	337	452	605	810	1,085	
기타고정비	23	23	23	22	23	23	23	23	
선박상각비	2,266	2,659	3,119	3,660	4,294	5,038	5,911	6,936	
영업외 비용	선박별 이자	139	376	487	830	890	1,169	1,252	1,391
	영업외공통비	1,397	3,771	5,676	7,285	8,939	11,733	12,571	13,968
	합계	1,536	4,147	6,163	8,115	9,830	12,902	13,823	15,359
영업외 수익	685	2,155	2,777	3,577	4,609	5,937	7,649	9,855	
일반관리비	1,894	2,430	3,117	3,999	5,130	6,582	6,582	6,582	
연간 총 고정비	7,016	9,527	12,786	15,065	17,976	22,409	22,697	23,327	
1일 고정비	19,523	26,512	35,579	41,160	49,116	61,228	62,014	63,734	

4,024TEU급 선박의 선복 1TEU당 1일 고정비인 8.8\$을 100%로 하여 선박크기별로 1일 고정비를 비교한 결과, 5,300TEU급 선박의 1일 고정비는 7.8\$로 88%, 9,000TEU급 선박은 6.9\$로 78%, 10,000TEU급 선박은 6.4\$로 72%, 12,000TEU급 선박은 5.7\$로 65%로 나타나 선박이 대형화될수록 선복 1TEU당 고정비는 크게 감소하는 것으로 분석되었다.

<표 3-5> 1일당 고정비 및 선복당 고정비 비교

(단위 : US \$)

선복(TEU)	1일 고정비	선복당 고정비	비중
4,024	35,579	8.8	100%
5,300	41,160	7.8	88%
6,400	49,116	7.7	87%
8,400	61,228	7.3	82%
9,000	62,014	6.9	78%
10,000	63,734	6.4	72%
12,000	68,653	5.7	65%

주: 선복당 고정비 = 1일 고정비 ÷ 선복(TEU)

3.3.2. 유류비

선박이 운항하면서 소모하는 유류는 크게 주엔진에 사용되는 유류와 보조엔진에 사용되는 유류로 구분된다. 주엔진에 사용되는 유류는 주로 항해할 때 많이 소모되며 보조엔진의 유류는 항만에서 대기 또는 하역 작업을 할 때 많이 소모된다. 또한 선박의 중량(총톤수, G/T)에 따라 유류의 소모량은 다른 것으로 조사되었다. <표 3-6>은 선박의 제원에 따라 소모되는 1일당 평균 유류의 소모량을 나타낸 것이다.

단, 8,400TEU급 이상 선박은 건조중이거나 설계된 선박의 총톤수를 기준으로 산정하였다.

<표 3-6> 선박 제원별 1일당 평균 유류 소모량

(단위 : 톤)

선박량(TEU)	톤(G/T)	주 엔진 (A)		보조 엔진 (B)		합계 (A+B)	
		항해	항만대기	항해	항만대기	항해	항만대기
1,000	11,000	33.9	4.6	0.2	0.5	34.1	5.1
2,700	40,500	124.7	16.9	0.7	2.0	125.4	18.9
4,024	51,000	157.1	21.3	0.9	2.5	158.0	23.8
5,300	65,000	200.2	27.1	1.1	3.2	201.3	30.3
6,400	74,400	229.2	31.0	1.3	3.7	230.5	34.7
8,400	91,500	281.8	38.1	1.6	4.6	283.4	42.7
9,000	101,000	311.1	42.1	1.8	5.0	312.9	47.1
10,000	111,000	341.9	46.3	2.0	5.5	343.9	51.8

주엔진에 사용되는 유류비용은 평균 175.6\$이며, 보조엔진에 사용되는 유류비용은 평균 255.7\$로 조사되었다.

본 연구에서는 1일당 유류비를 주엔진의 톤당 유류비용과 보조엔진의 톤당 유류비용을 <표 3-6>의 1일당 유류소모량에 곱하여 1일당 유류비용을 계산하였다. 그 결과 1,000TEU급 선박은 6,940\$인데 비해, 4,024TEU급 선박은 32,196\$, 10,000TEU급 선박은 70,086\$인 것으로 분석되었다.

<표 3-7> 선박 제원별 유류 소모량에 따른 1일당 유류비

(단위 : US \$)

선박량(TEU)	주 엔진 (A)		보조 엔진 (B)		합계 (A+B)		총 합계
	항해	항만대기	항해	항만대기	항해	항만대기	
1,000	5,953	808	51	128	6,004	936	6,940
2,700	21,897	2,968	179	511	22,076	3,479	25,555
4,024	27,587	3,740	230	639	27,817	4,380	32,196
5,300	35,155	4,759	281	818	35,436	5,577	41,013
6,400	40,248	5,444	332	946	40,580	6,390	46,970
8,400	49,484	6,690	409	1,176	49,893	7,867	57,760
9,000	54,629	7,393	460	1,279	55,089	8,671	63,761
10,000	60,038	8,130	511	1,406	60,549	9,537	70,086

3.3.3 하역비

하역비는 선박이 항만에서 화물을 양·적하(내리고 실는 작업)할 때 발생하는 비용이다. 보통 안벽에서 크레인 사용을 위해 지불되는 선내 요금과 선박에 양적하 또는 반출을 위하여 야드에 화물을 임시 장치하기 위해 지불되는 마셜링 요금이 있으며, 이를 합하여 통상 하역비라고 한다.

국내 터미널들의 하역비는 크게 On-Dock 요금과 Off-Dock 요금으로 구분된다. On-Dock 요금 체계는 1회의 비용부담으로 터미널에서 구내 이적, 제조작 등에 대한 추가 비용부담 없는 요금체계인데 비해, Off-Dock 요금 체계는 구내이적, 제조작 등에 대하여 발생 건수별로 비용이 추가되는 요금체계이다. 국내 'S'터미널의 20ft Full 컨테이너의 공시 하역비를 기준으로 볼 때 On-Dock 요금이 103,200원으로 Off-Dock 요금인 50,230원에 비하여 2배 이상 비싸다.

국내 터미널들은 인접 터미널과의 화물유치를 위한 경쟁관계에 때문에 선사의 화물량에 따라 공시된 하역비에 할인율을 적용하여 청구하고 있다. 하지만 실제 선사에 청구되는 비용은 대외비로 분류되어 있기 때문에 실제 하역비에 대한 자료를 구하는 것은 매우 힘들다. 반면 상하이항은 국가가 직접 개입하여 화물량에 따라 청구하는 비용을 명시하고 있으므로 화물 처리량에 따른 하역비는 매우 투명한 편이다. 이러한 상

하이항 또한 민자유치 또는 외국합작 투자 형태로 신규 건설되는 터미널에 대해서는 국내 터미널과 같이 터미널 스스로 할인율을 정할 수 있도록 하고 있기 때문에 할인율에 대한 자료를 구하는 것은 매우 힘들 것으로 판단된다. 또한 <표 3-8>과 같이 할인, 할증, 특수할증에 대한 요금을 부과할 경우 하역비가 크게 달라지기 때문에 1TEU당 하역비에 대한 기준을 설정하기는 매우 어렵다.

<표 3-8> 하역요금의 세부내역

구분	하역기본요금	부대수입
Off-dock	선내임, 마사링료	할인·할증, 정보변경료, 냉동관리비, 철도 발·도착료, 특수할증, 위험물할증, 미선적 발송, 선창개폐료, 경과보관료 등
On-dock	선내임, 마사링료, 할증, 구내이적, 선창 개폐, 보세수수료	정보변경료, 냉동관리비, 철도발·도착료, 특수할증, 위험물할증, 미선적 발송, 선창개 폐료, 경과보관료 등
비 고	On-Dock 요금제는 할인·할증, 이선적, 선내이적 등을 기본요금에 포함	

따라서 본 연구에서는 국내 'S' 터미널의 연간 매출 수입과 처리량을 토대로 하여 복합단가(년간 총 매출액÷총 처리량(TEU))를 산정하였다. 그 결과 'S' 터미널은 연간 약 128만TEU를 처리하여 약 681억원의 매출액을 올렸으며, 총 매출액을 총 처리량으로 나눈 결과 1TEU을 처리할 때의 하역비 복합단가는 53,165원(44.3\$)으로 나타났다.

<표 3-9> 'S' 터미널의 연간 총 매출액 및 복합단가

(단위 : 원, TEU)

구분	하역기본요금(원)	부대수입(원)	총 매출액(원)	처리량(TEU)	복합단가(원)
On-dock	16,706,295,237	3,877,785,587	20,584,080,824	364,000	56,550
Off-dock	29,232,790,138	18,348,548,817	47,581,338,955	918,137	51,824
합계	45,939,085,375	22,226,334,404	68,165,419,779	1,282,137	53,165

3.3.4 항비

항비는 선박이 항내에서 체류하거나 안벽에 접안하여 하역작업을 할 때 발생하는 비용이다.

항비는 각 항만마다 적용되는 항목과 기준이 매우 상이하다. 부산항의 경우에는 기본적으로 Dockage, Harbor Due, Pilotage, Towage, Ling Handling Fee, Bank Commission이 부과되며, Dockage와 Harbor Due는 총톤수(Gross Ton)를 기준으로 부과된다. 상해항의 경우에는 Harbor Due, Tonnage, Quarantine, Pilotage, Towage, Line Handling, Fee, Husbanding Fee 등이 부과되는데 부산항과 동일한 항목인 Harbor Due는 부산항이 총톤수(Gross Ton)를 기준으로 부과하는 데 비해, 상해항은 순톤수(Net Ton)를 기준으로 부과되고 있다. 특히 Husbanding Fee는 Agency에 지불하는 비용임에도 불구하고, 중국은 사회주의 국가라는 특성상 항무국에서 징수하고 있는 비용이다. 다른 국가들의 항만에서는 선사가 직접 Agency를 선정하거나 선사 직영의 대리점을 둬으로써 유연하게 지출되는 비용이기도 하다. 롱비치항은 Dockage, Tonnage, Enterance/Clearance, Fixed Amount, Pilotage, Towage, Line Handling Fee, Husbanding Fee 등이 있다. 유럽의 로테르담항은 Harbor Due, Pilotage, Towage, Line Handling Fee의 항목만으로 구성되어 있어서 매우 단순하다.

<표 3-10> 항만별 항비 적용 범위

항목	부산항	상해항	롱비치항	로테르담항
DOCKAGE	○		○	
HARBOR DUE	○	○		○
PILOTAGE	○	○	○	○
TOWAGE	○	○	○	○
LINE HANDLING	○	○	○	○
BANK COMMISSION	○			
TONNAGE			○	
HUSBANDING FEE		○	○	
QUARANTINE		○		
ENTERANCE/CLEARANCE			○	
FIXED AMOUNT			○	

<표 3-11>는 선박 크기에 따른 항만별 항비로써 1,000TEU급 ~ 5,300TEU급 선박의 항만비용에 대해서는 선사의 내부 자료를 이용하였다. 5,600TEU급 이상의 선박에 대해서는 1,000TEU급 ~ 5,300TEU급 선박들의 평균 G/T당 항비를 표준 항비로 하여 선박의 총톤수(G/T)에

급하여 산정하였다.

<표 3-11> 항만별 항비

(단위 : US \$)

항목	1,000	2,700	4,024	4,500	5,300	6,500	8,200	9,000	10,000
부산항	6,202	11,613	13,172	13,698	18,896	19,121	23,516	25,957	28,527
광양항	6,063	9,914	12,708	12,925	16,119	18,042	22,189	24,493	26,918
상해항	7,379	27,618	32,560	30,017	34,063	49,908	61,378	67,751	74,459
천진항	5,742	17,564	32,088	33,009	33,930	38,837	47,763	52,722	57,942
청도항	2,890	8,014	13,398	14,002	17,076	19,545	24,037	26,533	29,160
닝보항	5,888	18,429	31,390	28,531	34,795	39,826	48,980	54,065	59,418
안티안항	5,641	15,636	32,068	26,564	38,479	38,152	46,921	51,793	56,921
샤먼항	4,531	16,682	21,007	21,954	27,386	30,645	37,689	41,602	45,721
치안항	2,316	7,872	11,496	11,220	14,927	15,661	19,261	21,261	23,366
오사카항	19,634	22,706	34,802	34,521	37,685	45,079	55,440	61,196	67,255
도쿄항	11,254	17,280	29,451	29,308	33,881	37,371	45,960	50,732	55,755
홍콩항	5,307	6,264	8,463	8,282	9,237	11,205	13,780	15,211	16,717
키오슈항	5,203	7,019	9,269	9,235	11,460	12,879	15,839	17,483	19,214
포트클랑	805	2,965	4,099	45,406	4,857	5,446	6,698	7,393	8,125
콜롬보항	1,748	6,435	8,326	8,469	11,297	11,822	14,539	16,049	17,638
콜롬보항	3,208	6,115	8,325	8,567	11,297	11,822	14,539	16,049	17,638
롱비치항	5,257	15,739	28,202	27,949	29,270	35,556	43,728	48,268	53,047
오클랜드항	4,322	17,782	20,404	21,020	23,426	29,232	35,950	39,683	43,612
시애틀항	4,354	16,030	21,207	22,476	25,727	29,448	36,216	39,976	43,934
뉴욕항	3,442	11,975	16,840	16,678	20,339	23,280	28,630	31,603	34,732
노포크항	3,960	14,610	18,326	19,188	23,400	26,784	32,940	36,360	39,960
사버나항	10,886	15,483	21,442	20,174	21,629	28,160	34,633	38,229	42,014
밴쿠버항	3,493	12,859	17,459	16,923	19,579	23,622	29,051	32,068	35,243
함부르크항	9,978	22,183	48,389	45,420	54,137	67,488	83,000	91,617	100,688
로테르담항	8,040	31,006	37,999	38,525	40,949	54,379	66,877	73,821	81,130
싱가포르항	6,481	9,852	13,487	14,454	14,225	17,692	21,759	24,018	26,396
펠레스토우항	9,048	29,603	49,639	45,406	58,897	61,194	75,259	83,073	91,298
포항	18,241	31,911	44,213	42,656	49,920	59,542	73,227	80,830	88,833
지오디아타로항	5,546	20,419	25,714	26,874	32,773	37,520	46,143	50,934	55,977
디스페지아항	7,454	27,442	34,558	36,116	44,044	50,413	62,000	68,438	75,214
제다항	1,286	4,970	5,962	6,231	7,599	8,697	10,696	11,807	12,976
발레시아항	6,978	25,694	32,354	33,814	41,236	47,199	58,048	64,074	70,418
코알파카니항	526	2,184	2,438	2,548	3,107	3,556	4,374	4,828	5,306
르아브르항	5,088	18,731	25,125	24,651	26,750	34,410	42,319	46,713	51,338
수에즈 운하	54,450	171,855	242,494	263,795	285,728	368,225	452,857	499,875	549,368

4장 해상운송비용 실증 분석

4.1 선박 운항 스케줄

4.1.1 운항 스케줄 관리

1) 목적

PF/SKED(Profomal Schedule)은 컨테이너 정기선 운항의 기본이 되는 Schedule으로서 서비스항로 각각에 대한 표준상품이며, 이러한 목적에 부응하기 위해서는 정형화된 최적의 Schedule 구성과 지속적인 Schedule의 유지가 요구된다.

그러나 현실적으로 PF/SKED은 선사의 장기발전계획에 의해 정기 서비스항로의 개설, 항로를 구성하고 있는 선형의 변화 등에 의해 Schedule의 전면 조정되거나 지역별 영업상황 변화에 따라 일부 조정이 일어날 수 있다.

특정 서비스항로의 신설이나 PF/SKED의 조정은 직·간접적으로 다른 서비스 항로의 PF/SKED에 영향을 미칠 수 있으므로, 이를 최소화하기 위해 변경 요인들에 대한 철저한 사전검토와 적합성 검증이 선행되어야 한다.

특히, 최근 선사들은 자사 선박이 기항하는 항만에 자가 터미널을 건설하거나 또는 해당 항만에서 운영되는 터미널과 선석 이용계약을 통해 1개의 선석을 독점적으로 사용하고 있으며, 이러한 형태는 계속 증가하고 있는 추세이다. 독점 선석(자가 터미널)의 사용은 안정적인 터미널 이용이라는 측면에서 플러스 효과가 있으나, 단일 선석을 이용하기 때문에 선박간의 Schedule이 겹치는 겹선 문제도 동시에 발생한다. 따라서 운항선박, Alliance 투입선박 및 공동운항 선박간의 Schedule 조정 등 선박의 Schedule 관리는 매우 중요하며, 선박의 수가 계속 증가함에 따라 그 중요성도 증가하고 있다.

2) Scheduling시 고려사항 및 조정절차

(1) PF/SKED (Proforma Schedule)

- ① 기본적인 PF/SKED 검토사항을 통한 Draft 작성
- ② Draft PF/SKED을 기준으로 다른 항로와의 겹선, Two Berth 이용 및 그에 따른 Gang Arrange 가능성과 예상되는 문제점 등을 검토하고 조정한다.
- ③ PF/SKED 조정 및 확정절차는 PF/SKED를 제정 또는 개정하여 필요부서의 의견을 영업전략팀으로 송부하고 영업전략팀의 요청에 따라 운항팀에서 Draft SKED을 작성하여 물류관리팀에서 지역본부, 기항지 지점 등을 통해 Draft SKED의 가능 여부를 검토한다. 이 때 문제점 발견 시 해결방안과 함께 Draft SKED가 재작성되며 최종적으로 결정된 PF/SKED은 Alliance에 소속된 선사들 간의 합의를 거친 후 시행된다.

(2) LR/SKED (Long-range Schedule)

- ① LR/SKED는 PF/SKED을 근간으로 입거계획, 선대교체 또는 계절별 항해시간, 시기별 상황을 기준으로 아래 ②~④ 항을 검토하여 작성한다.
- ② Terminal Non-working Holiday 검토를 통하여 특정휴일에 해당될 때의 기항 여부와 Port Omission의 고려가 필요한지를 검토한다.
- ③ 장기 지연선박의 운항일정에 따른 타 항로와의 겹선 가능성을 점검한다.
- ④ 특정 항로의 Port Rotation 변경 시 예상되는 문제점 및 해결 방안을 검토한다.
- ⑤ LR/SKED 조정절차는 대부분 운항팀에서 주기적(분기별)으로 Draft LR/SKED을 작성 후 운송팀(예 : 예약통제팀+물류장비팀)에 송부한다. 운송팀에서 각 영업팀의 검토 의견을 접수하여 조율하며, 필요시 특정 서비스항로 또는 특정 항차의 Schedule를 재검토한다. 최종 결정된 LR/SKED은 Alliance에 소속된 선사들 간의

합의를 거친 후 시행된다.

(3) C/SKED (Coastal Schedule)

- ① C/SKED는 PF/SKED 및 LR/SKED을 근거로 항만별 취급 예상 물량, Gang Working hour 등을 고려하여 작성한다.
- ② 각 기항지에서의 선석 겹선 상황을 파악한다.
- ③ C/SKED의 경우 LR/SKED을 통해 이미 합의된 Schedule 조정안에 대해서는 따로 합의절차가 필요 없다.

3) 주요 기항지의 Berth Window 및 Scheduling

각 기항지의 서비스항로별 Berth Window는 겹선이 발생하지 않도록 하며, 설령 발생하더라도 실제 운용하는 측면에서는 문제가 없도록 조정 한 후에 최종적으로 PF/SKED이 확정되지만, 선박운항 자체가 여러 측면에서 불규칙성을 내재하고 있기 때문에 전 선대가 PF/SKED에 의해 정확하게 운항되지 않는 한 어느 기항지에서도 겹선 현상이 발생할 수밖에 없다. 이러한 경우에 여러 가지 가변요소를 종합하여 항로별/선박별로 우선순위를 부여하거나 인위적인 Port Time의 조정을 통한 적극적인 Schedule 조정이 불가피하다.

4.1.2 'H' 선사의 PF/SKED 사례

PF/SKED에는 각 항만간 거리, 선박의 속도, 해상운항시간 및 기항항만에서의 예상 화물 처리량, 터미널 생산성, 항만시간, 접안 날짜와 이안 날짜 등으로 구성되어 있다.

<표 4-1>은 특정 항로에 대한 PF/SKED를 조사한 것이다. 이 항로를 운항하는 선박은 5,500TEU 5척으로 구성되어 있으며, 선박의 1항차 주기는 35일(22.7knots 운항 기준)이고, Weekly Service를 제공한다. 그리고 부산항(PUS)과 카오슝항(KHH)은 1항차에 두 번을 기항한다.

이 PF/SKED에 의하면 선박이 5,500TEU인 선박 5척으로 항만에서 총 13,550Van의 컨테이너를 처리할 계획을 가지고 있다.

<표 4-1> 'H' 선사의 PF/SKED

PORT	DIST	SPD	SEA TIME	MAN. TIME		TIME E DIFF	CGO VOLM	TMNL PROD	TML TIME	ETB			ETD			BUFF. TIME
				IN	OUT						d	h		d	h	
YIT					3		1,500	100	15	SUN	1	18	MON	2	9	
	42	23	2													
HKG					3		2,000	133	15	MON	2	14	TUE	3	5	
	332	23	14													
KHH					3		1,100	92	12	TUE	3	22	WED	4	10	
	922	23	40			1										3
PUS					3		1,800	75	24	FRI	6	9	SAT	7	9	
	5356	22.7	236			-17										3
LGB					5		2,600	50	52	MON	16	18	WED	18	22	
	347	23	15													
OAK					7		1,000	50	20	THU	19	18	FRI	20	14	
	698	23	30													5
SEA					7		950	50	19	SUN	22	8	MON	23	3	
	4,650	22.5	207			17										5
PUS					3		1,500	75	20	WED	32	23	THU	33	19	
	922	23	40			-1										
KHH					3		1,100	92	12	SAT	35	13	SUN	36	1	
	332	23	14													
YIT										SUN	36	18				
합계	13,601	22.7	598	0	37	0	13,550	71.7	189							16

4.2 항로 선정 및 항로별 기종점(O/D) 분석

본 연구에서는 선사의 경제성 분석을 위한 기초 자료로서 해상운송화물의 기종점 자료를 활용하기 위해 특정 선사의 서비스 특성이 다른 3개 항로를 선정하였으며, 선정된 3개 항로를 대상으로 화물의 출발지와 도착지인 항만간 기종점 분석을 수행하였다. 분석대상 기간은 2003년이며, 분석대상 항로는 항로'A', 항로'B', 항로'C' 등으로서 항로별 특성은 4.2.1에서 설명한다.

4.2.1 항로별 특성

각 항로별 기항항만과 운항 특성은 다음과 같다.

1) 항로 'A'의 특성

항로 'A'는 미주-아시아 구간의 운송 서비스를 담당하며 기항항만은 YIT(연천) - HKG(홍콩) - KHH(카오슝) - PUS(부산) - LGB(롱비치) - OAK(오클랜드) - SEA(시애틀) - PUS(부산) - KHH(카오슝) - YIT(연천) 등 총 9개 항이다. 투입선박은 5,500TEU급 5척이며, 1항차당 운항일수는 35일, 1항차당 운항거리는 13,601mile, 해상운송시간은 598시간인 운항 특성을 갖고있다.

<표 4-2> 항로 'A'의 특성

구분	특성
투입선박	5,500TEU x 5척
1항차 운항일수	35일
1항차 운항거리	13,601mile
1항차 운항시간	598시간

2) 항로 'B'의 운항특성

항로 'B'는 유럽-아시아 구간의 운송서비스를 담당하여 기항항만은 SHA(상해) - XMN(샤먼) - CWN(치완) - HKG(홍콩) - SIN(싱가포르) - HAM(함부르크) - RTM(로테르담) - FXT(펠레스토우) - LEH(르와브르) - SUZ(수에즈) - PKG(포트클랑) - KHH(카오슝) - PUS(부산) - SHA(상해) 등 총 12개 항(수에즈운하(SUZ) 제외)이다. 투입선박은 5,000TEU급 8척이며, 1항차당 운항일수는 56일, 1항차당 운항거리는 22,312mile, 해상운송시간은 974시간인 운항특성을 갖고있다.

<표 4-3> 항로 'B'의 운항특성

구분	특성
투입선박	5,000TEU x 8척
1항차 운항일수	56일
1항차 운항거리	22,312mile
1항차 운항시간	974시간

3) 항로 'C'의 운항특성

항로 'C'는 미주-아시아-유럽 구간의 운송 서비스를 담당하며 기항항만은 SIN(상해) - YIT(연천) - HKG(홍콩) - OSA(오사카) - TYO(도쿄) - LGB(롱비치) - OAK(오클랜드) - TYO(도쿄) - OSA(오사카) - KHH(카오슝) - HKG(홍콩) - SIN(싱가포르) - CMB(콜롬보) - LEH(르와브르) - HAM(함브르그) - RTM(로테르담) - FXT(펠레스토우) - SIN(싱가포르) 등 총 17개 항이다. 투입선박은 4,500TEU급 10척, 4,000TEU급 1척, 5,000TEU급 1척 등으로 총 12척이다. 1항차당 운항일수는 84일이며, 1항차당 운항거리는 33,379mile로 해상운송시간은 1,536시간인 운항 특성을 갖는다.

<표 4-4> 항로 'C'의 운항특성

구분	특성
투입선박	4,500TEU x 10척, 4,000TEU x 1척, 5,000TEU x 1척
1항차 운항일수	84일
운항거리	33,379mile
운항시간	1,536시간

4.2.2 항로별 화물 기종점 분석

해상운송화물의 기종점 분석은 화물이 어느 항에서 어느 항으로 운송되었는지를 분석하는 것으로서 화물의 출발항과 도착항을 대상으로 분석한다. 그리고 컨테이너 운송 단위는 20ft, 40ft, 45ft와 같은 컨테이너 규격으로 구분하지 않고, 컨테이너 순수 개수를 의미하는 Van으로 하였다.

1) 항로 'A'의 화물 기종점 분석

항로 'A'의 화물에 대한 기종점을 분석한 결과, 연간 총 258,396Van의 컨테이너를 운송하였으며, 출발지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 롱비치(LGB)항으로서 84,204Van이며, 다음이 부산(PUS)항으로 64,198Van, 카오슝(KHH)항은 30,141Van 순으로 나타났다. 도착지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 롱비치(LGB)항으로 116,324Van이며, 다음이 부산(PUS)항으로 93,297Van, 카오슝(KHH)항 13,292Van의 순으로 나타났다.

<표 4-5> 항로'A'의 화물 기종점 분석

(단위 : Van)

구분	LGB	PUS	KHH	HKG	OAK	YIT	KAN	SEA	XGG	Total
YIT	18,638	344	442	0	1,345	0	0	1	0	20,770
HKG	19,164	92	80	0	1,889	0	0	16	0	21,241
KHH	24,899	2,279	0	209	2,070	664	0	20	0	30,141
PUS	52,382	0	3,620	1,732	4,043	1,645	518	78	180	64,198
LGB	0	65,901	5,068	5,830	1,046	3,961	1,191	1,207	0	84,204
OAK	0	14,854	1,706	1,822	0	2,445	697	0	0	21,524
SEA	0	9,436	2,170	1,083	0	1,403	0	0	0	14,092
KAN	1,241	391	206	95	114	179	0	0	0	2,226
Total	116,324	93,297	13,292	10,771	10,507	10,297	2,406	1,322	180	258,396

2) 항로'B'의 화물 기종점 분석

항로'B'의 화물에 대한 기종점을 분석한 결과, 연간 총 317,197Van의 컨테이너를 운송하였으며, 출발지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 로테르담(RTM)항으로 47,208Van이며, 다음이 싱가포르(SIN)항 43,028Van, 펠레스토우(FXT)항 42,129Van, 함부르크(HAM)항 42,128Van 등의 순으로 나타났다. 도착지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 함부르크(HAM)항으로 67,817Van이며, 다음이 상하이(SHA)항 48,134Van, 싱가포르(SIN)항 41,387Van, 로테르담(RTM)항 41,109Van 등의 순으로 나타났다.

<표 4-6> 항로'B'의 화물 기종점 분석

(단위 : Van)

구분	HAM	SHA	SIN	RTM	HKG	PKG	FXT	LEH	etc	Total
SHA	20,686	0	872	9,243	1,332	0	5,112	2,913	671	40,829
XMN	9,742	0	5,007	8,419	1,345	0	3,311	689	0	28,513
CWN	4,330	0	1,301	2,077	0	0	959	643	0	9,310
HKG	17,304	1,008	855	9,154	0	0	3,537	822	472	33,152
SIN	15,755	2,578	0	12,167	777	0	8,479	2,643	629	43,028
HAM	0	17,782	5,794	49	3,882	7,452	125	91	6,953	42,128
RTM	0	10,919	9,222	0	8,278	8,255	861	1,713	7,960	47,208
FXT	0	9,970	8,069	0	5,149	3,834	0	2,560	12,547	42,129
LEH	0	4,668	6,588	0	3,802	1,604	0	0	3,172	19,834
PKG	0	587	682	0	706	0	0	0	936	2,911
GIT	0	1	9	0	24	2	0	0	561	597
VLC	0	553	863	0	357	3	0	0	0	1,776
CMB	0	68	2,125	0	926	2,207	0	0	456	5,782
Total	67,817	48,134	41,387	41,109	26,578	23,357	22,384	12,074	34,357	317,197

3) 항로'C'의 화물 기종점 분석

항로'C'의 화물에 대한 기종점을 분석한 결과, 연간 총 534,996Van의 컨테이너를 운송하였으며, 출발지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 롱비치(LGB)항으로 85,369Van이며, 다음이 싱가포르(SIN)항 73,171Van, 홍콩(HKG)항 61,425Van, 함부르크(HAM)항 56,789Van, 로테르담(RTM)항 54,090Van 등의 순으로 나타났다. 도착지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 홍콩(HKG)항으로 105,907Van이며, 다음이 롱비치(LGB)항 98,402Van, 싱가포르(SIN)항 79,128Van, 함부르크(HAM)항 52,965Van 등의 순으로 나타났다.

<표 4-7> 항로'C'의 화물 기종점 분석

(단위 : Van)

구분	HKG	LGB	SIN	HAM	RTM	YIT	TYO	LEH	etc	Total
LEH	1,712	0	1,907	302	29	3,278	603	0	691	8,522
HAM	13,037	0	20,735	0	192	10,757	5,989	0	6,079	56,789
RTM	9,095	0	23,213	0	0	14,342	3,432	0	4,008	54,090
FXT	3,708	0	10,832	0	200	2,453	1,298	0	351	18,842
SIN	1,468	23,381	0	13,441	12,434	2,543	93	8,061	11,750	73,171
YIT	4	28,700	0	0	0	0	396	0	1,978	31,078
HKG	0	23,699	643	14,430	8,836	0	271	7,038	6,508	61,425
OSA	2,044	8,994	2,380	2,124	3,065	0	0	750	5,195	24,552
TYO	1,525	13,231	1,123	1,479	1,660	0	0	433	3,896	23,347
LGB	59,602	0	5,769	0	0	0	6,799	0	13,199	85,369
OAK	8,093	0	1,851	0	428	0	4,595	0	10,180	25,147
KHH	982	397	10,065	8,737	6,353	0	0	2,168	5,572	34,274
CMB	0	0	0	9,424	7,015	0	0	2,791	3,217	22,447
JED	79	0	86	0	0	213	0	0	0	378
PUS	129	0	0	1,166	1,344	0	0	74	1,231	3,944
PKG	0	0	0	1,157	1,031	0	0	100	1,042	3,330
VAN	151	0	133	0	0	11	225	0	693	1,213
XMN	137	0	0	705	553	0	0	29	461	1,885
SEA	3,331	0	391	0	0	2	134	0	1,335	5,193
Total	105,097	98,402	79,128	52,965	43,140	33,599	23,835	21,444	77,386	534,996

4.3 해상 운송비용 분석

본 절에서는 4.2절에서 수행된 기종점 분석 자료와 3장에서 분석된 고정비, 유류비, 하역비, 항비 등을 바탕으로 각 항로별로 총 해상운송

비용을 분석하며, 분석대상 기간은 특정 선박 1척이 항만을 최초로 출발하여 각 항만을 기항한 후 동일 항으로 되돌아오는 데 소요된 총 왕복항해시간인 1항차 운송일수를 대상으로 하였다.

4.3.1 1항차당 고정비용

해상운송비용 중 고정비는 선박 1항차에 소요되는 총 운항일수에 1일당 고정비를 곱하여 산정할 수 있다.

$$1\text{항차당 고정비} = (1\text{항차에 소요되는 총 운항일수} \times 1\text{일당 고정비})$$

항로'A'의 경우 운항일수가 35일이며, 1일 고정비는 41,160\$로서 1항차당 고정비는 약 144만\$이 소요되며, 항로'B'는 약 230만\$, 항로'C'는 약 299만\$의 고정비가 소요되는 것으로 분석되었다.

<표 4-8> 항로별 고정비

(단위 : US \$)

구분	운항일수	1일 고정비	1항차당 고정비
항로'A'	35	41,160	1,44만\$
항로'B'	56	41,160	2,30.4만\$
항로'C'	84	35,579	2,988.6만\$

4.3.2 1항차당 유류비용

선박운항을 위한 유류비용은 선박이 순수하게 항해하는데 소모되는 유류와 선박이 항만에서 대기하는데 소모되는 유류로 구분되며 1항차당 항해일수와 대기일수에 1일당 유류비를 곱하여 산정할 수 있다.

$$1\text{항차당 유류비} = (\text{선박의 항해일수} \times 1\text{일당 항해 유류비용}) + \text{선박의 항만 대기일수} \times 1\text{일당 대기 유류비용}$$

항로'A'의 유류비는 약 94만\$, 항로'B'의 유류비는 약 152만\$, 항로

‘C’는 187만\$로 분석되었다.

<표 4-9> 1항차당 유류비용

(단위 : US \$)

구분	운항일수	항해일수	대기일수	항해 유류비		대기유류비		총 유류비
				단가	유류비	단가	유류비	
항로'A'	35	24.9	10.1	35,451	883,321	5,583	56,295	939,616
항로'B'	56	40.6	15.4	35,451	1,438,720	5,583	86,071	1,524,791
항로'C'	84	64.0	20.0	27,816	1,780,224	4,381	87,620	1,867,844

4.3.3 1항차당 하역비

하역비의 경우 어느 한 항만에서 적하된 컨테이너는 반드시 다른 항만에서 양하를 하여야 하므로 기본 하역비의 2배가 발생한다. 따라서 1항차당 하역비는 또는 적하된 총 컨테이너 갯수에 기본하역비의 2배를 곱하여 산정할 수 있다. 그리고 본 연구의 기준점 분석의 단위가 Van으로 되어 있기 때문에 반드시 Van-TEU 환산계수를 적용하여 TEU 단위로 환산해야 하며, Van-TEU 환산계수는 각 항로별로 20ft와, 40ft의 운송 비율로서 구할 수 있다. 본 연구에서는 1항차당 적하량에 Van-TEU 환산계수를 곱하고, 여기에 3장에서 도출한 복합단가(표준하역비)의 2배인 88.6\$을 적용하였다.

$$1\text{항차당 하역비} = 1\text{항차당 적하량} \times \text{Van-TEU 환산계수} \times 88.6\$/\text{TEU}$$

<표 4-10> 항로별 Van-TEU 환산계수

구분	Total(Van)	20ft(Van)	40ft(Van) -(a)	20ft 환산(a×2)	Total(TEU)	환산계수
항로'A'	258,396	54,569	203,827	407,654	462,223	1.79
항로'B'	317,197	153,230	163,967	327,934	481,164	1.52
항로'C'	534,996	188,076	346,920	693,840	881,916	1.65

주 : 환산계수 = Total(TEU) ÷ Total(Van)

위의 표에서 알 수 있듯이 각 항로별로 Van-TEU 환산계수는 다르

게 나타난다. 환산계수의 값이 크다는 것은 20ft와 40ft 컨테이너 중 40ft 컨테이너의 비율이 높다는 것을 의미한다.

아래의 <표 4-11>은 환산계수를 적용하여 TEU로 환산된 컨테이너의 개수에 하역비를 곱하여 구한 1항차당 총 하역비를 나타내고 있다. 항로'A'의 1항차당 총 하역비는 788,079\$, 항로'B'는 821,491\$, 항로'C'는 1,504,059\$로 분석되었다.

<표 4-11> 1항차당 컨테이너 총 운송개수(Van)와 하역비

구분	Total(Van)	환산계수	Total(TEU)	하역비 (\$)	총 하역비 (\$)
항로'A'	4,969	1.79	8,895	88.6	788,078
항로'B'	6,100	1.52	9,272		821,491
항로'C'	10,288	1.65	16,976		1,504,059

주 : 1\$ = 1,200원의 환율 적용

4.3.4 1항차당 항비

항비는 모든 항만의 시간당 하역 생산성을 100Van으로 가정하여, 하역되는 물동량을 시간당 하역 생산성으로 나누어서 도출된 하역시간을 기준으로, 하역시간이 1일 미만일 때는 1일 항비를 적용하고, 1일을 초과하는 경우에는 초과시간 비율을 곱하여 산정하였다.

예를 들어 부산항의 항비가 10,000\$이고, 총 하역시간이 23시간인 경우에는 10,000\$의 항비를 적용하고, 만약 총 하역시간이 30시간인 경우에는 1.25(30시간/24시간)를 적용한다. 항만별 세부항비는 <표 3-11>을 참조하였다.

4.3.5 1항차당 총 해상운송비용

4.3.1~4.3.3에서 각각 구한 운항비와 유류비, 그리고 하역비를 모두 합한 총 해상수송비용은 <표 4-12>와 같다.

그 결과, 총 해상운송비용은 항로'A'가 3,355,145\$, 항로'B'는 5,252,754\$, 항로'C'는 6,733,880\$로 분석되었다.

본연구의 이후 분석에서는 해상운송비용을 물류비용이라 하였다.

<표 4-12> 항로 별 1항차당 총 해상운송비용

(단위 : US \$)

구분	고정비	유류비	하역비	항비	총 물류비용
항로'A'	1,440,600	939,616	788,078	186,851	3,355,145
항로'B'	2,304,960	1,524,791	821,491	601,512	5,252,754
항로'C'	2,988,636	1,867,844	1,504,059	373,341	6,733,880

5장 초대형 컨테이너선박의 총비용 분석

5.1 경제성 분석의 전제

경제성은 선사가 화주의 의뢰를 받아 화물을 운송하고, 운송 대가로 받는 총 운임수입과 화물을 운송하기 위해 선박을 운영하면서 발생하는 총 물류비용과의 차이인 선사의 수익으로 나타낼 수 있다.

앞의 4.3에서는 각 항로별로 총 물류비용을 분석하였다. 본 절에서는 총 운임수입을 평가하기 위해 화물을 운송하는 대가로 받는 항만간 운임을 도출하도록 한다.

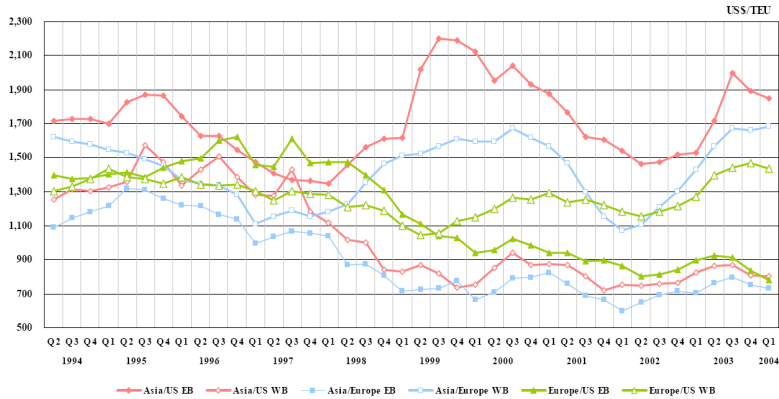
실질적인 운임수입을 평가하기 위해서는 선사가 징수하는 각 항만간 운임을 적용해야 하지만, 각 항만간 운임은 대외비로 분류되어 있어서 각 항만 출발지와 도착지별 운임 자료를 구하는 것은 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 획득 가능한 운임자료를 근거로 하여 단위 운송거리(mile)당 운임(\$)을 산정하였으며, 각 항만간 거리에 단위 거리당 운임을 적용하여 운임수입을 분석하였다. 거리별 운임의 특징을 살펴보면 부산항과의 거리가 가장 가까운 상하이항의 경우 거리가 491mile이면서 운임은 220\$로 나타나 mile당 운임은 0.45\$로 가장 높고, 홍콩항까지의 mile당 운임은 0.34\$인데 비해 2,000mile이 넘는 항들의 mile당 운임은 0.22\$로 나타나 거리가 가까울수록 운임율이 높고, 거리가 멀수록 운임율이 낮은 것으로 분석되었다.

<표 5-1> 항만간 거리 및 운임

출발항	도착항	거리(mile)	운임(\$)	거리당 운임(\$/mile)	평균(\$/mile)
Busan	Shanghai	491	220	0.448	0.448
	Kaoshung	922	320	0.347	
	Yantian	1,144	370	0.323	
	Hongkong	1,155	410	0.355	0.342
	Singapore	2,593	590	0.228	
	Portklang	2,703	590	0.218	

더불어서 동일한 항로라고 하더라도 화물이 운송되는 방향, 즉 Eastbound 인지 Westbound 인지에 따라 운임의 차이가 있다. 이러한

특징은 다음 <그림 5-1>에 잘 나타나 있다. 2003년 2분기를 기준으로 볼 때 아시아와 미주간 운임 중 아시아발 미주향인 Eastbound는 약 1,700\$인데 비해, 미주발 아시아향인 Westbound는 약 750\$ 수준에 불과하다.



<그림 5-1> 세계 운임 추이

이러한 특징을 반영하기 위하여 본 연구에서는 항만간 거리가 500mile까지는 mile당 0.45\$을 적용하고, 501~2000mile은 0.34\$, 2001~3,000mile은 0.22\$을 적용하였다. 그리고 그 이상의 거리에 대해서는 아시아발-미주향 0.32\$/mile, 미주발-아시아향 0.16\$/mile, 아시아발-유럽향 0.15\$/mile, 유럽발-아시아향 0.07\$/mile을 적용하였다.

<표 5-2> 항만간 거리당 적용 운임

거리(mile)	운임(\$/mile)	
1~500	0.45	
501~2,000	0.34	
2,001~3,000	0.22	
3,000 이상	아시아발-미주향	0.32
	미주발-아시아향	0.16
	아시아발-유럽향	0.15
	유럽발-아시아향	0.07

5.2 항로별 경제성 분석

각 항로별 경제성을 분석하기 위해서 본 연구에서는 1항차당 운송량을 이용하였다.

5.2.1 항로'A'의 경제성 분석

<표 5-3>은 항로'A'의 1년간 운송량을 52주로 나누어 구한 1항차당 운송량으로서 1항차당 총 운송량은 4,969Van이다.

<표 5-3> 항로'A'의 기항지 및 1항차당 운송량

(단위 : Van)

구분	LGB	OAK	SEA	PUS	KAN	XCG	KHH	HKG	YIT	Total
KHH	479	40	0	44	0	0	0	4	13	580
YIT	358	26	0	7	0	0	9	0	0	399
HKG	369	36	0	2	0	0	2	0	0	408
PUS	1,007	78	2	0	10	3	70	33	32	1,235
KAN	24	2	0	8	0	0	4	2	3	43
LGB	0	20	23	1,267	23	0	97	112	76	1,619
SEA	0	0	0	181	0	0	42	21	27	271
OAK	0	0	0	286	13	0	33	35	47	414
Total	2,237	202	25	1,794	46	3	256	207	198	4,969

<표 5-4>는 항로'A'의 경제성을 분석한 것으로서 <표 5-3>의 1항차당 운송량과 항만간 거리에 5.1절에서 설명한 운임을 적용하여 구한 총 운임 수입과 총 물류비용을 나타낸 것이다. 항로'A'의 1항차당 운임수입은 약 652만\$이며, 총 물류비용은 약 336만\$로서 총 운임수입에서 총 물류비용을 뺀 1항차당 경제적 수익은 약 316만\$로 나타났다. 316만\$을 운항일수인 35일로 나눈 결과, 1일당 수익은 90,370\$로 분석되었다.

<표 5-4> 항로'A'의 경제성 분석

구분	금액(\$)
총 운임수입 (a)	6,518,098
고정비	1,440,600
유류비	939,616
하역비	788,078
항비	186,851
총 물류비용 (b)	3,355,145
1항차당 경제적 수익 (c) = (a) - (b)	3,162,953
총 운항일수(일) (d)	35
1일당 수익 (d)÷(c)	90,370

5.2.2 항로'B'의 경제성 분석

<표 5-5>는 항로'B'의 1년간 운송량을 52주로 나누어 구한 1항차당 운송량으로 1항차당 총 운송량은 6,100Van이다.

<표 5-5> 항로'B'의 기항지 및 1항차당 운송량

(단위 : Van)

구분	HAM	SHA	SIN	RTM	HKG	PKG	FXT	LEH	etc	Total
SHA	398	0	17	178	26	0	98	56	13	785
XMN	187	0	96	162	26	0	64	13	0	548
CWN	83	0	25	40	0	0	18	12	0	179
HKG	333	19	16	176	0	0	68	16	9	638
SIN	303	50	0	234	15	0	163	51	12	827
HAM	0	342	111	1	75	143	2	2	134	810
RTM	0	210	177	0	159	159	17	33	153	908
FXT	0	192	155	0	99	74	0	49	241	810
LEH	0	90	127	0	73	31	0	0	61	381
PKG	0	11	13	0	14	0	0	0	18	56
GIT	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11
VLC	0	11	17	0	7	0	0	0	0	34
CMB	0	1	41	0	18	42	0	0	9	111
Total	1,304	926	796	791	511	449	430	232	661	6,100

<표 5-5>의 1항차당 운송량을 기준으로, 앞서의 항로'A'와 같은 분석 과정을 거친 결과 항로'B'의 1항차당 경제적 수익은 약 98만\$이며, 98만 \$을 운항일수인 56일로 나눈 결과, 1일당 수익은 17,575\$로 분석되었다.

<표 5-6> 항로'B'의 경제성 분석

구분	금액(\$)
총 운임수입 (a)	5,894,385
고정비	2,304,960
유류비	1,524,791
하역비	821,491
항비	258,933
총 물류비용 (b)	4,910,175
1항차당 경제적 수익 (c) = (a) - (b)	984,210
총 운항일수(일) (d)	56
1일당 수익 (d)÷(c)	17,575

5.2.3 항로'C'의 경제성 분석

<표 5-7>은 항로'C'의 1년간 운송량을 52주로 나누어 구한 1항차당 운송량으로 1항차당 총 운송량은 10,288Van이다.

<표 5-7> 항로'C'의 기항지 및 1항차당 운송량

(단위 : Van)

구분	HKG	LGB	SIN	HAM	RTM	YIT	TYO	LEH	etc	Total
LEH	33	0	37	6	1	63	12	0	13	164
HAM	251	0	399	0	4	207	115	0	117	1,092
RTM	175	0	446	0	0	276	66	0	77	1,040
FXT	71	0	208	0	4	47	25	0	7	362
SIN	28	450	0	258	239	49	2	155	226	1,407
YIT	0	552	0	0	0	0	8	0	38	598
HKG	0	456	12	278	170	0	5	135	125	1,181
OSA	39	173	46	41	59	0	0	14	100	472
TYO	29	254	22	28	32	0	0	8	75	449
LGB	1,146	0	111	0	0	0	131	0	254	1,642
OAK	156	0	36	0	8	0	88	0	196	484
KHH	19	8	194	168	122	0	0	42	107	659
CMB	0	0	0	181	135	0	0	54	62	432
JED	2	0	2	0	0	4	0	0	0	7
PUS	2	0	0	22	26	0	0	1	24	76
PKG	0	0	0	22	20	0	0	2	20	64
VAN	3	0	3	0	0	0	4	0	13	23
XMN	3	0	0	14	11	0	0	1	9	36
SEA	64	0	8	0	0	0	3	0	26	100
Total	2,021	1,892	1,522	1,019	830	646	458	412	1,488	10,288

<표 5-7>의 1항차당 운송량을 기준으로 앞서의 항로'A'와 같은 분석 과정을 거친 결과, 항로'C'의 1항차당 경제적 수익은 약 529만\$이며, 529만\$을 운항일수인 84일로 나눈 결과, 1일당 수익은 63,025\$로 분석되었다.

<표 5-8> 항로'C'의 경제성 분석

구분	금액(\$)
총 운임수입 (a)	11,982,458
고정비	2,988,636
유류비	1,867,844
하역비	1,504,059
항비	327,794
총 물류비용 (b)	6,688,333
1항차당 경제적 수익 (c) = (a) - (b)	5,294,125
총 운항일수(일) (d)	84
1일당 수익 (d)÷(c)	63,025

5.3 초대형선 투입에 따른 경제성 및 민감도 분석

5.3.1 초대형선 투입에 따른 경제성 분석

1) 항로'A'의 초대형선 운항에 따른 경제성 분석

항로'A'는 앞서 설명한 바와 같이 카오슝항과 롱비치항을 기중점으로 하고 있으며 총 9개 항만을 기항지로 하고 있다. 본 절에서는 10,000TEU급 초대형선이 동일 항로에 취항하는 것으로 가정할 때 기항지는 부산항 - 카오슝항 - 롱비치항 등 총 3개로 줄어드는 것으로 하는 운항 시나리오를 바탕으로 초대형선의 경제성을 분석하였다. 이때 초대형선이 기항하지 않는 항만의 화물들은 초대형선이 기항하는 인근의 항만으로 피더 운송된다고 가정한다. <표 5-9>는 <표 5-3>의 9개 기항 항만간 물동량을 중심항으로 선정된 3개 항만으로 재집계한 것이며, 지역내 화물(예 : 출발항 광양, 도착항 부산)은 초대형선을 이용할 필요가 없기 때문에 집계대상에서 제외하였다. 또한 기항지를 축소하는 것이 어느 정도의 경제성이 있는지를 평가하기 위하여 카오슝항-롱비치항, 부산항-롱비치항과 같이 기항지를 2개로 가정하여 경제성 분석을 하였다. 분석의 편의를 위하여 카오슝항-롱비치항을 항로'A-1', 부산항-롱비치항을 항로'A-2'로 설정하였다.

<표 5-9> 기항지를 3개로 축소할 때의 항만간 화물 운송 O/D

(단위 : Van)

O \ D	카오슝	부산	롱비치	합계
카오슝	0	52	1,309	1,361
부산	147	0	1,113	1,260
롱비치	490	1,771	0	2,261
합계	637	1,823	2,421	4,882

<그림 5-2>~<그림 5-4>는 기항지를 축소할 때 초대형선이 운항하는 주요 간선항로와 환적화물 운송이 이루어지는 피더항로를 나타낸 것이다.



<그림 5-2> 항로'A'의 기항지 축소



<그림 5-3> 항로'A-1'의 기항지 축소 <그림 5-4> 항로'A-2'의 기항지 축소

이와 같이 초대형선이 3개 항으로 기항지를 축소하여 운항한다는 시나리오를 바탕으로 할 때 운항일수는 35일에서 26일로 9일이 단축된다.

또한 7일 간격의 Weekly Service를 기준으로 볼 때, 선박 운항에 투입되는 선박의 수는 기존의 5척(35일 ÷ 7일)에서 초대형선 4척(26일 ÷ 7일)으로 선박 1척이 줄어드는 효과가 나타났다.

그리고 선박운항의 경제성을 분석한 결과, 초대형선이 운항할 때의 총 운임수입은 약 650만\$로서 기존 5,500TEU급 선박의 총 운임수입인 652만\$과 비교할 때 큰 차이가 없다. 반면, 총 물류비용의 경우 초대형선이 운항할 때는 435만\$이 발생하여 기존 5,500TEU급 선박의 약 336만\$보다 약 99만\$ 정도의 물류비용이 더 발생할 것으로 분석되었다.

총 운임수입에서 총 물류비용을 뺀 1항차당 경제적 수익을 분석한 결과 기존에는 약 316만\$, 초대형선은 약 215만\$의 수익이 발생할 것으로 분석되었으며, 1일당 수익은 82,577\$로, 기존에 비해 약 8,325\$의 수익 손실이 나타날 것으로 분석되었다.

<표 5-10> 기존 선박과 초대형선의 경제성

(단위 : US \$)

구분	기존 선박 운항시	초대형선 운항시 (3개항 운항)	초대형선 운항시 (카오슁-룽비치)	초대형선 운항시 (부산-룽비치)
총 운임수입 (a)	6,518,098	6,498,194	6,947,447	6,037,730
고정비	1,440,600	1,657,084	1,657,084	1,465,882
유류비	939,616	1,319,015	1,319,015	1,137,395
하역비	788,078	774,256	774,256	774,256
항비	186,851	200,884	146,789	166,850
피더비용	0	399,961	954,347	1,372,610
총 물류비용 (b)	3,355,145	4,351,200	4,851,491	4,916,993
1항차당 경제적 수익 (c) = (a) - (b)	3,162,953	2,146,994	2,095,956	1,120,737
총 운항일수(일) (d)	35	26	26	23
1일당 수익 (d)÷(c)	90,370	82,577	80,614	48,728

그리고 초대형선이 기항지를 2개만 운항한다는 시나리오를 바탕으로 할 때 항로'A-1'과 항로'A-2'의 운항일수는 각각 26일과 23일로 기존 5,500TEU급 선박과 비교하여 9일과 12일이 단축된다. Weekly Service를 기준으로 볼 때 항로'A-1'과 항로'A-2' 모두 항로'A'와 같이 선박 1척이 줄어드는 효과가 나타났다.

선박운항의 경제성을 분석한 결과 카오슁항-룽비치항의 1일당 수익은 80,614\$로서 부산항-룽비치항의 1일당 수익인 48,728\$보다 높은 것

으로 분석되었다. 이러한 이유는 항로‘A-2’가 항로‘A-1’에 비해 거리가 짧기 때문에 운항일수가 3일 정도 단축됨으로써 고정비와 유류비가 감소하지만, 운송 거리가 단축되어 운임수입 또한 감소하기 때문이다. 뿐만 아니라 많은 피더화물의 발생으로 인한 높은 피더비용 또한 경제성을 악화시킨 결과이기도 하다.

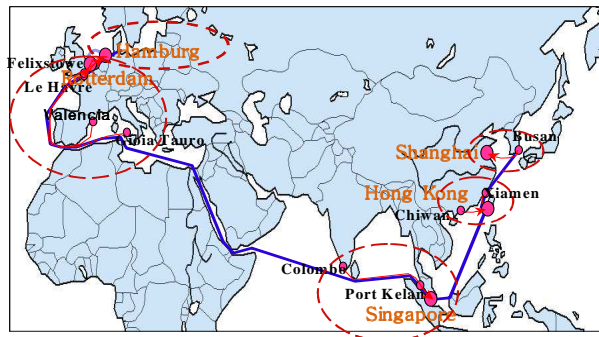
2) 항로‘B’의 경제성 분석

항로‘B’는 앞서 설명한 바와 같이 로테르담항과 상하이항을 기중점으로 하고 있으며 총 12개 항만에 서비스를 제공한다. 10,000TEU급 초대형선이 동일한 항로에 취항하는 것으로 가정할 때 기항지는 상하이항-홍콩항-싱가포르항-함부르크항-로테르담항 등 총 5개로 축소되는 운항 시나리오를 바탕으로 초대형선의 경제성을 분석하였다. <표 5-11>은 <표 5-5>의 12개 기항 항만간 물동량을 중심항으로 선정된 5개 항만으로 재집계 한 것이다.

<표 5-11> 기항지를 5개로 축소할 때의 항만간 화물 운송 O/D

(단위 : Van)

O \ D	상하이	홍콩	싱가포르	함부르크	로테르담	합계
상하이	0	39	17	398	332	785
홍콩	19	0	138	603	569	1,330
싱가포르	62	85	0	303	448	898
함부르크	363	116	371	0	5	856
로테르담	646	505	848	2	0	2,001
합계	1,091	745	1,373	1,306	1,354	5,870



<그림 5-5> 항로‘B’의 기항지 축소

이와 같이 초대형선이 5개항으로 기항지를 축소하여 운항한다는 시나리오를 바탕으로 할 때 운항일수는 56일에서 46일로 10일이 단축된다. 또한 7일 간격의 Weekly Service를 기준으로 볼 때, 선박운항에 투입되는 선박의 수는 기존의 8척(56일 ÷ 7일)에서 초대형선 7척(46일 ÷ 7일)으로 줄어드는 효과가 나타났다.

그리고 선박 운항의 경제성을 분석한 결과, 기존 운항의 경우 1항차당 수익은 약 99만\$의 수익이 발생하지만 기항지를 축소할 때는 오히려 약 115만\$의 손실이 발생하는 것으로 분석되었다.

이것은 상대적으로 높게 발생하는 대형선의 유류비와 피더 화물량 증가에 따른 높은 피더비용에 기인하는 것으로 판단된다.

<표 5-12> 기존 선박과 초대형선의 경제성

(단위 : US \$)

구분	기존 선박 운항	초대형 선박 운항
총 운임수입 (a)	5,894,385	5,864,984
고정비	2,304,960	2,804,296
유류비	1,524,791	2,357,730
하역비	821,491	790,525
항비	258,933	556,614
피더비용	0	501,764
총 물류비용 (b)	4,910,175	7,010,929
1항차당 경제적 수익 (c) = (a) - (b)	984,210	-1,145,945
총 운항일수(일) (d)	56	46
1일당 수익 (d)÷(c)	17,575	-24,912

3) 항로'C'의 경제성 분석

항로'C'는 앞서 설명한 바와 같이 로테르담항과 롱비치항을 기중점으로 하고 있으며 총 17개 항만을 기항하고 있다. 항로'C'에 대해서는 초대형선이 기항지를 5개로 축소하여 운항하는 경우와 3개로 축소하여 운항하는 경우에 대한 경제성을 분석하였다. 본 연구에서는 기항지를 3개로 하는 경우를 분석의 편의상 항로'C-1'로 설정하였다.

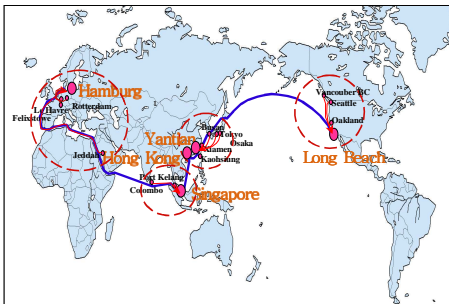
초대형선의 기항지가 5개인 경우에는 <표 5-7>을 기준으로 화물량이 많은 함부르그항-싱가포르항-연천항-홍콩항-롱비치항 등을 기항지로 하며, 기항지가 3개인 경우에는 함부르그항-싱가포르항-롱비치항 등을 기항지로 가정하였다.

<표 5-13>는 <표 5-7>의 17개 기항 항만간 물동량을 중심항으로 선정된 5개 항만으로 재집계 한 것이다.

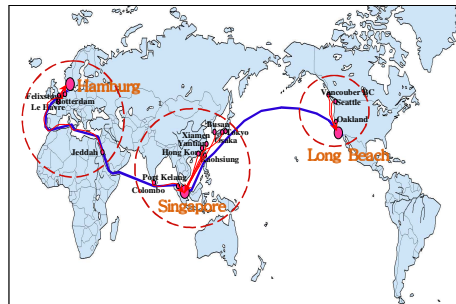
<표 5-13> 기항지를 5개로 축소할 때의 항만간 화물 운송 O/D

(단위 : Van)

O \ D	함부르크	싱가포르	홍콩	연천	롱비치	합계
함부르크	0	1,092	531	1,018	0	2,641
싱가포르	1,254	0	28	52	503	1,837
홍콩	624	33	0	30	495	1,181
연천	662	376	93	0	1,066	2,197
롱비치	20	111	1,369	663	0	2,163
합계	2,560	1,612	2,021	1,763	2,063	10,019



<그림 5-6> 항로'C'의 기항지 축소



<그림 5-7> 항로'C-1'의 기항지 축소

이와 같이 초대형선이 5개 항으로 기항지를 축소하여 운항한다는 시나리오를 바탕으로 할 때 운항일수는 84일에서 64일로 20일이 단축된다. Weekly Service를 기준으로 볼 때, 선박 운항에 투입되는 선박의 수는 기존의 12척(84일 ÷ 7일)에서 초대형선 10척(64일 ÷ 7일)으로 2척이 줄어드는 효과가 나타난다.

초대형선의 기항지를 5개로 할 때의 경제성을 분석한 결과, 기존 4,000TEU급 선박의 경우 1항차당 경제적 수익은 약 529만\$이지만, 초대형선이 운항할 때는 약 131만\$의 수익이 발생하여 기존 4,000TEU급 선박에 비해 약 399만\$의 수익 손실이 발생 할 것으로 분석되었다. 초대형선의 1일당 수익은 기존 4,000TEU급 선박에 비해 42,603\$이 감소

한 20,422\$로 나타났다.

또한 기항지가 3개인 항로‘C-1’은 약 265만 \$의 손실이 발생하여 1일 당 41,407\$의 손실이 발생할 것으로 분석되었다.

<표 5-14> 기존 선박과 초대형선의 경제성 비교

(단위 : US \$)

구분	기존 선박 운항	초대형 선박 운항 (5개항 운항)	초대형 선박 운항시 (3개항 운항)
총 운임수입 (a)	11,982,458	12,844,429	12,703,198
고정비	2,988,636	4,078,976	4,078,976
유류비	1,867,844	3,415,515	3,415,515
하역비	1,504,059	1,464,678	1,464,678
항 비	327,794	515,876	436,832
피더비용	0	2,062,348	5,957,250
총 물류비용 (b)	6,688,333	11,537,393	15,353,251
1항차당 경제적 수익 (c) = (a) - (b)	5,294,125	1,307,036	-2,650,053
총 운항일수(일) (d)	84	64	64
1일당 수익 (d)÷(c)	63,025	20,422	-41,407

5.3.2 대형선 투입에 따른 민감도 분석

본 절에서는 초대형선의 경제성 달성 수준을 평가하기 위해 화물 운송량 증가에 따른 수익 민감도를 분석하였다. 선박의 운항 스케줄은 기본적으로 7일 간격의 Weekly 서비스가 되도록 전제되어야 하기 때문에, 본 연구에서는 Weekly 서비스와 관계없이 실제 소요되는 운항일수를 대상으로 1차 민감도 분석을 수행하고 여기에서 도출된 운항 일수를 기준으로 7일 간격의 Weekly 서비스가 가능하도록 운항 일수를 조정하여 2차 민감도 분석을 실시한다.

1) 항로‘A’의 민감도 분석

① 카오슝항-부산항-롱비치항 3개항 기항

일반적으로 운송량이 증가하게 되면 항만에서 하역하는 시간이 증가하기 때문에 항에 체류하는 시간이 길어지며, 이로 인해 항비가 증가하게 된다. 또한, 전체 운항일수가 늘어나게 되므로 고정비가 증가한다. 그리고 화물 운송량이 증가할수록 하역비와 피더비용이 비례하여 증가

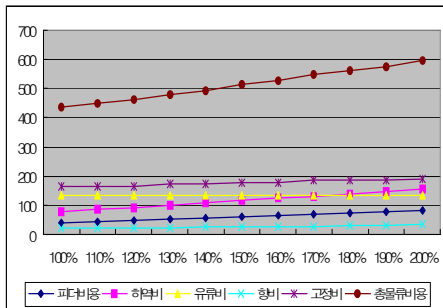
하게 된다.

<표 5-15>는 초대형선의 기항지가 3개 일 때 초대형선이 운송하는 화물량을 현재 수준(100%)에서 200%까지 증가시키면서 이에 따른 1차 수익 민감도를 분석한 결과로서, 초대형선의 경우 기존 운송량 대비 110% 이상 화물을 운송해야만 기존 5,500TE급 선박의 1일당 수익인 약 9만 \$를 상회하는 것으로 분석되었다.

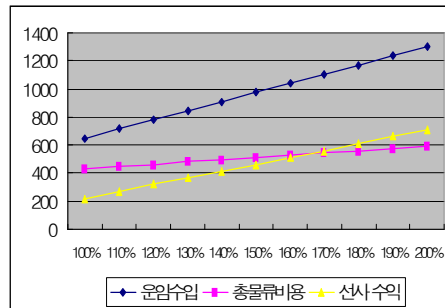
<표 5-15> 항로'A'의 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 (a)	물류비용						선사 수익 (c) = (a) - (b)	운항일수 (일) (d)	1일당 수익 (c) ÷ (d)
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합계 (b)			
100%	649.8	40.0	77.4	131.9	20.1	165.7	435.1	214.7	26	8.3
110%	714.8	44.0	85.2	131.9	21.1	165.7	447.9	266.9	26	10.3
120%	779.8	48.0	92.9	131.9	22.2	165.7	460.7	319.1	26	12.3
130%	844.8	52.0	100.7	132.9	23.3	172.1	481.0	363.8	27	13.5
140%	909.7	56.0	108.4	132.9	24.5	172.1	493.9	415.9	27	15.4
150%	974.7	60.0	116.1	133.8	25.8	178.5	514.2	460.5	28	16.4
160%	1,039.7	64.0	123.9	133.8	27.1	178.5	527.3	512.4	28	18.3
170%	1,104.7	68.0	131.6	134.8	28	184.8	547.2	557.5	29	19.2
180%	1,169.7	72.0	139.4	134.8	29.6	184.8	560.6	609.1	29	21.0
190%	1,234.7	76.0	147.1	134.8	31.1	184.8	573.8	660.8	29	22.8
200%	1,299.6	80.0	154.9	135.7	32.6	191.2	594.4	705.3	30	23.5



<그림 5-8> 물류비용의 변화(항로'A')



<그림 5-9> 선사의 이익 변화(항로'A')

2차 민감도분석에서는 앞서 설명한바와 같이 1차 민감도분석의 운항일수를 기준으로 Weekly Service가 가능하도록 운항일수를 재조정하였다. 운항일수 조정시 변화하는 물류비용은 고정비와 유류비 등이며, 유류비의 경우 위 표의 운항일수를 초과할 경우 선박은 항만 밖에서 대기한다는 가정하에 유류비를 산정하였다. 이러한 가정하에서 2차 민감도분석을 수행한 결과, 초대형선이 기존 5,500TEU급 선박의 수익을 상회하기 위해서는 기존선박의 운송량 대비 110%를 운송해야만 하는 것으로 나타났다.

<표 5-16> 항로‘A’의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	649.8	40	77.4	133.8	20.1	178.5	449.8	200.0	28	7.1
110%	714.8	44	85.2	133.8	21.1	178.5	462.6	252.2	28	9.0
120%	779.8	48	92.9	133.8	22.2	178.5	475.4	304.4	28	10.9
130%	844.8	52	100.7	133.8	23.3	178.5	488.3	356.5	28	12.7
140%	909.7	56	108.4	133.8	24.5	178.5	501.2	408.6	28	14.6
150%	974.7	60	116.1	133.8	25.8	178.5	514.2	460.5	28	16.4
160%	1,039.7	64	123.9	133.8	27.1	178.5	527.3	512.4	28	18.3
170%	1,104.7	68	131.6	140.5	28.0	223.1	591.2	513.5	35	14.7
180%	1,169.7	72	139.4	140.5	29.6	223.1	604.6	565.1	35	16.1
190%	1,234.7	76	147.1	140.5	31.1	223.1	617.8	616.8	35	17.6
200%	1,299.6	80	154.9	140.5	32.6	223.1	631.1	668.6	35	19.1

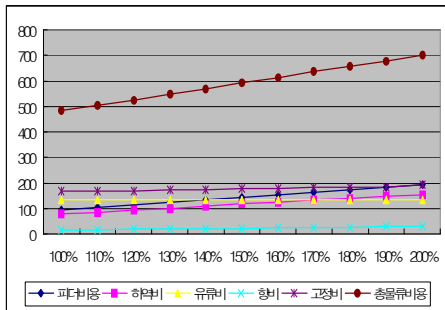
② 카오슝-롱비치 2개 항 기항(항로‘A-1’)

초대형선의 기항지가 카오슝항과 롱비치항 등 2개일 때 앞서의 ①과 동일한 방법으로 화물 운송량 변화에 따른 수익성 민감도를 분석한 결과, 초대형선은 기존 운송량 대비 110% 이상의 화물을 운송하게 되면 기존 5,500TEU급 선박의 1일당 수익인 약 9만\$를 상회하는 것으로 분석되었다.

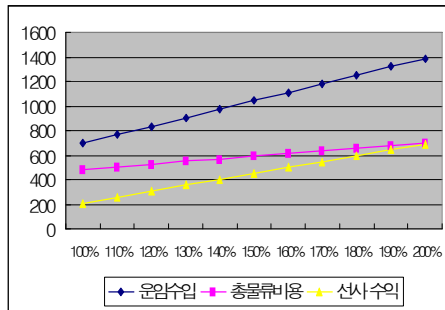
<표 5-17> 항로‘A-1’의 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	694.7	95.4	77.4	131.9	14.7	165.7	485.1	209.6	26	8.1
110%	764.2	105	85.2	131.9	16.1	165.7	503.9	260.4	26	10.0
120%	833.7	114.5	92.9	131.9	17.6	165.7	522.6	311.1	26	12.0
130%	903.2	124.1	100.7	132.9	19.1	172.1	548.9	354.3	27	13.1
140%	972.6	133.6	108.4	132.9	20.6	172.1	567.6	405.0	27	15.0
150%	1,042.1	143.2	116.1	133.8	22.0	178.5	593.6	448.5	28	16.0
160%	1,111.6	152.7	123.9	133.8	23.5	178.5	612.4	499.2	28	17.8
170%	1,181.1	162.2	131.6	134.8	25.0	184.8	638.4	542.6	29	18.7
180%	1,250.5	171.8	139.4	134.8	26.4	184.8	657.2	593.4	29	20.5
190%	1,320.0	181.3	147.1	134.8	27.9	184.8	675.9	644.1	29	22.2
200%	1,389.5	190.9	154.9	135.7	29.4	191.2	702.1	687.4	29	23.7



<그림 5-10> 물류비용의
변화(항로‘A-1’)



<그림 5-11> 선사의 이익
변화(항로‘A-1’)

①의 분석과정과 동일하게 운항일수를 7일 간격으로 조정하여 2차 민감도 분석을 수행한 결과, 초대형선이 기존 5,500TEU급 선박의 수익을 상회하기 위해서는 기존 운송량 대비 120%를 운송해야 하는 것으로 분석되었다. 그리고 운송량이 70%이상 증가하게 되면 운항 일수는 35일이 되어 선박 1척의 추가 투입이 필요하여 총 5척의 선박이 운항되어야 할 것으로 분석되었다.

<표 5-18> 항로'A-1'의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	694.7	95.4	77.4	133.8	14.7	178.5	499.8	194.9	28	7.0
110%	764.2	105	85.2	133.8	16.1	178.5	518.6	245.7	28	8.8
120%	833.7	114.5	92.9	133.8	17.6	178.5	537.3	296.4	28	10.6
130%	903.2	124.1	100.7	133.8	19.1	178.5	556.2	347.0	28	12.4
140%	972.6	133.6	108.4	133.8	20.6	178.5	574.9	397.7	28	14.2
150%	1,042.1	143.2	116.1	133.8	22.0	178.5	593.6	448.5	28	16.0
160%	1,111.6	152.7	123.9	133.8	23.5	178.5	612.4	499.2	28	17.8
170%	1,181.1	162.2	131.6	140.5	25.0	223.1	682.4	498.6	35	14.2
180%	1,250.5	171.8	139.4	140.5	26.4	223.1	701.2	549.4	35	15.7
190%	1,320.0	181.3	147.1	140.5	27.9	223.1	719.9	600.1	35	17.1
200%	1,389.5	190.9	154.9	140.5	29.4	223.1	738.8	650.7	35	18.6

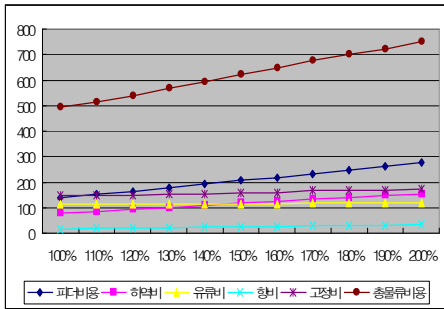
③ 부산-롱비치 2개항 기항(항로'A-2')

초대형선의 기항지가 부산항과 롱비치항 등 2개 일 때 앞서의 ①과 동일한 방법으로 화물 운송량 변화에 따른 1차 민감도를 분석한 결과, 기존 운송량 대비 130% 이상을 화물을 운송해야만 기존 5,500TEU급 선박의 1일당 이익인 약 9만\$를 상회하는 것으로 나타나, 앞서의 ①, ②와 비교할 때 경제성이 다소 낮은 것으로 분석된다.

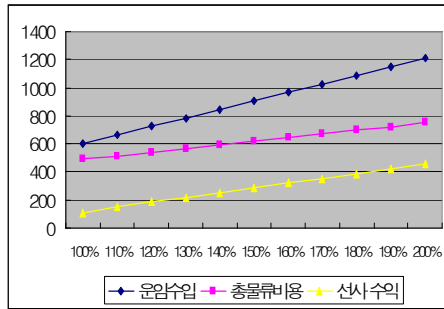
<표 5-19> 항로'A-2'의 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	603.8	137.3	77.4	113.7	16.7	146.6	491.7	112.0	23	4.9
110%	664.2	151	85.2	113.7	18.4	146.6	514.9	149.3	23	6.5
120%	724.5	164.7	92.9	113.7	20.0	146.6	537.9	186.6	23	8.1
130%	784.9	178.4	100.7	114.7	21.7	153	568.5	216.5	24	9.0
140%	845.3	192.2	108.4	114.7	23.4	153	591.7	253.6	24	10.6
150%	905.7	205.9	116.1	115.6	25.0	159.3	621.9	283.7	25	11.3
160%	966.0	219.6	123.9	115.6	26.7	159.3	645.1	321.0	25	12.8
170%	1026.4	233.3	131.6	116.6	28.4	165.7	675.6	350.8	26	13.5
180%	1086.8	247.1	139.4	116.6	30.0	165.7	698.8	388.0	26	14.9
190%	1147.2	260.8	147.1	116.6	31.7	165.7	721.9	425.3	26	16.4
200%	1207.5	274.5	154.9	117.6	33.4	172.1	752.5	455.1	27	16.9



<그림 5-12> 물류비용의 변화(항로'A-2')



<그림 5-13> 선사의 이익 변화(항로'A-2')

①의 분석과정과 동일하게 운항일수를 7일 간격으로 조정하여 2차 민감도 분석을 수행한 결과, 운항에 소요되는 운항일수는 총 28일로서 총 4척의 선박이 투입되어야 하며, 기존 5,500TEU급 선박의 이익을 상회하기 위해서는 기존 운송량 대비 160%를 운송해야만 하는 것으로 나타났다. 다만, 운송량이 200%까지 증가하더라도 선박의 추가 투입은 없을 것으로 분석되었다.

<표 5-20> 항로'A-2'의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	603.8	137.3	77.4	133.8	16.7	178.5	543.7	60.0	28	2.1
110%	664.2	151	85.2	133.8	18.4	178.5	566.9	97.3	28	3.5
120%	724.5	164.7	92.9	133.8	20.0	178.5	589.9	134.6	28	4.8
130%	784.9	178.4	100.7	133.8	21.7	178.5	613.1	171.9	28	6.1
140%	845.3	192.2	108.4	133.8	23.4	178.5	636.3	209.0	28	7.5
150%	905.7	205.9	116.1	133.8	25.0	178.5	659.3	246.3	28	8.8
160%	966.0	219.6	123.9	133.8	26.7	178.5	682.5	283.6	28	10.1
170%	1,026.4	233.3	131.6	133.8	28.4	178.5	705.6	320.8	28	11.5
180%	1,086.8	247.1	139.4	133.8	30.0	178.5	728.8	358.0	28	12.8
190%	1,147.2	260.8	147.1	133.8	31.7	178.5	751.9	395.3	28	14.1
200%	1,207.5	274.5	154.9	133.8	33.4	178.5	775.1	432.5	28	15.4

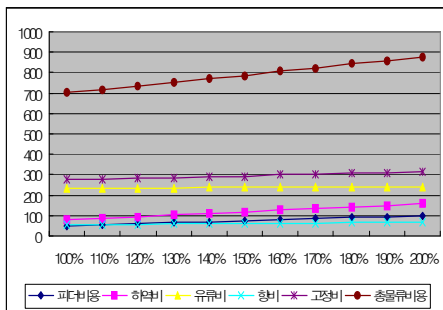
2) 항로'B'의 민감도 분석

항로'B'의 경우 초대형선의 기항지가 5개일 때 항로'A'와 동일한 분석 과정으로 1차 민감도 분석을 수행한 결과 기존 운송량 대비 150% 이상의 화물을 운송해야만 기존 5,000TEU급 선박의 1일당 수익인 약 1.8만 \$을 상회하는 것으로 나타났다.

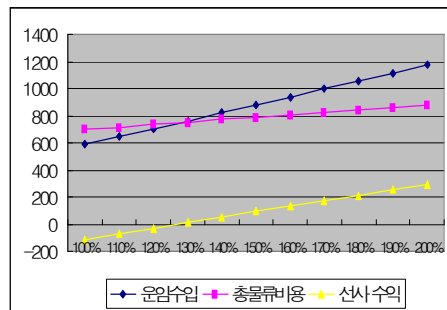
<표 5-21> 항로'B'의 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	586.5	50.2	79.1	235.8	55.7	280.4	701.2	-114.7	44	-2.6
110%	645.1	55.2	87.0	235.8	56.9	280.4	715.3	-70.2	44	-1.6
120%	703.8	60.2	94.9	236.7	58.1	286.8	736.7	-32.9	45	-0.7
130%	762.4	65.2	102.8	236.7	59.3	286.8	750.8	11.6	45	0.3
140%	821.1	70.2	110.7	237.7	60.5	293.2	772.3	48.8	46	1.1
150%	879.7	75.3	118.7	237.7	61.7	293.2	786.6	93.2	46	2.0
160%	938.4	80.3	126.6	238.6	62.9	299.5	807.9	130.5	47	2.8
170%	997.0	85.3	134.5	238.6	64.1	299.5	822.0	175.0	47	3.7
180%	1,055.7	90.3	142.4	239.6	65.3	305.9	843.5	212.2	48	4.4
190%	1,114.3	95.3	150.3	239.6	66.5	305.9	857.6	256.7	48	5.3
200%	1,173.0	100.4	158.2	240.5	67.7	312.3	879.1	293.9	49	6.0



<그림 5-14> 물류비용의 변화(항로'B')



<그림 5-15> 선사의 이익 변화(항로'B')

항로'A'와 동일하게 운항일수를 7일 간격으로 조정하여 2차 민감도

분석을 수행한 결과, 운항에 소요되는 운항일 수는 총 49일로서 총 7척의 선박이 투입되어야 하며, 기존 5,000TEU급 선박의 이익을 상회하기 위해서는 기존 운송량 대비 160%를 운송해야만 하는 것으로 분석되었다.

<표 5-22> 항로'B'의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	586.5	50.2	79.1	240.5	55.7	312.3	737.8	-151.3	49	-3.1
110%	645.1	55.2	87.01	240.5	56.9	312.3	751.9	-106.8	49	-2.2
120%	703.8	60.2	94.9	240.5	58.1	312.3	766.0	-62.2	49	-1.3
130%	762.4	65.2	102.8	240.5	59.3	312.3	780.1	-17.7	49	-0.4
140%	821.1	70.2	110.7	240.5	60.5	312.3	794.2	26.9	49	0.5
150%	879.7	75.3	118.7	240.5	61.7	312.3	808.5	71.3	49	1.5
160%	938.4	80.3	126.6	240.5	62.9	312.3	822.6	115.8	49	2.4
170%	997.0	85.3	134.5	240.5	64.1	312.3	836.7	160.3	49	3.3
180%	1,055.7	90.3	142.4	240.5	65.3	312.3	850.8	204.9	49	4.2
190%	1,114.3	95.3	150.3	240.5	66.5	312.3	864.9	249.4	49	5.1
200%	1,173.0	100.4	158.2	240.5	67.7	312.3	879.1	293.9	49	6.0

3) 항로'C'의 민감도 분석

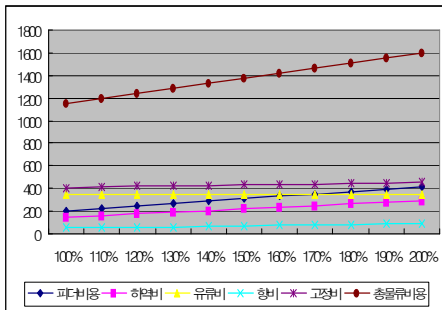
항로'C'에 대해서는 초대형선의 기항지가 함부르그항-싱가포르항-연천항-홍콩항-롱비치항 등 5개항일 때와 함부르그항-싱가포르항-롱비치항 등 3개항(항로'C-1')일 때의 화물 운송량 변화에 따른 민감도를 분석하였다.

① 항로'C'의 민감도 분석

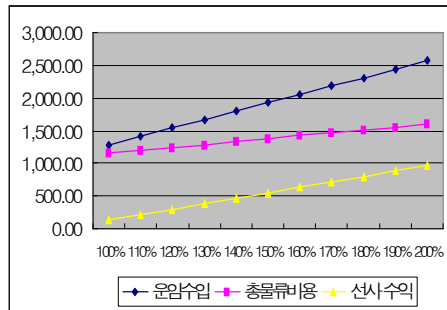
먼저, 초대형선의 기항지가 5개일 때 1차 민감도를 분석한 결과 기존 4,000TEU급 선박의 1일당 수익인 약 6.3만\$를 상회하기 위해서는 기존 운송량 대비 140%를 운송해야만 동일한 수익을 달성할 것으로 분석되었다.

<표 5-23> 항로'C'의 민감도 분석

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	1,284.4	206.2	146.5	341.6	51.6	407.9	1,153.8	130.7	64	2.0
110%	1,412.9	226.9	161.1	342.5	54.2	414.3	1,199.0	213.9	65	3.3
120%	1,541.3	247.5	175.8	343.5	57.7	420.6	1,245.1	296.3	66	4.5
130%	1,669.8	268.1	190.4	343.5	61.1	420.6	1,283.7	386.1	66	5.8
140%	1,798.2	288.7	205.1	344.4	65.2	427	1,330.4	467.9	67	7.0
150%	1,926.7	309.4	219.7	345.4	69.2	433.4	1,377.1	549.6	68	8.1
160%	2,055.1	330.0	234.3	346.3	73.5	439.8	1,423.9	631.2	69	9.1
170%	2,183.6	350.6	249.0	346.3	77.7	439.8	1,463.4	720.2	69	10.4
180%	2,312.0	371.2	263.6	347.3	81.9	446.1	1,510.1	801.9	70	11.5
190%	2,440.4	391.8	278.3	348.2	86.0	452.5	1,556.8	883.7	71	12.4
200%	2,568.9	412.5	292.9	349.2	90.2	458.9	1,603.7	965.2	72	13.4



<그림 5-16> 물류비용의
변화(항로'C')



<그림 5-17> 선사의 이익
변화(항로'C')

항로'A'와 동일하게 운항일수를 7일 간격으로 조정하여 2차 민감도분석을 수행한 결과, 운항에 소요되는 총 운항일수는 70일로서 총 10척의 선박이 투입되어야 하며, 화물 운송량이 90%이상 증가하게 되면 선박 1척의 추가 투입이 필요한 것으로 분석되었다. 그리고 초대형선이 기존 4,000TEU급 선박의 수익을 상회하기 위해서는 기존 운송량 대비 140% 이상을 운송해야 하는 것으로 분석되었다.

<표 5-24> 항로'C'의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

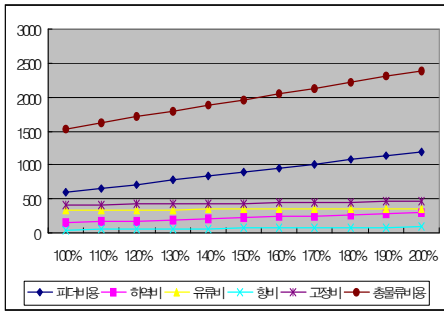
운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	1,284.4	206.2	146.5	347.3	51.6	446.1	1,197.7	86.8	70	1.2
110%	1,412.9	226.9	161.1	347.3	54.2	446.1	1,235.6	177.3	70	2.5
120%	1,541.3	247.5	175.8	347.3	57.7	446.1	1,274.4	267.0	70	3.8
130%	1,669.8	268.1	190.4	347.3	61.1	446.1	1,313.0	356.8	70	5.1
140%	1,798.2	288.7	205.1	347.3	65.2	446.1	1,352.4	445.9	70	6.4
150%	1,926.7	309.4	219.7	347.3	69.2	446.1	1,391.7	535.0	70	7.6
160%	2,055.1	330.0	234.3	347.3	73.5	446.1	1,431.2	623.9	70	8.9
170%	2,183.6	350.6	249.0	347.3	77.7	446.1	1,470.7	712.9	70	10.2
180%	2,312.0	371.2	263.6	347.3	81.9	446.1	1,510.1	801.9	70	11.5
190%	2,440.4	391.8	278.3	353.9	86	490.8	1,600.8	839.7	77	10.9
200%	2,568.9	412.5	292.9	353.9	90.2	490.8	1,640.3	928.6	77	12.1

② 3개항 기항(항로'C-1')

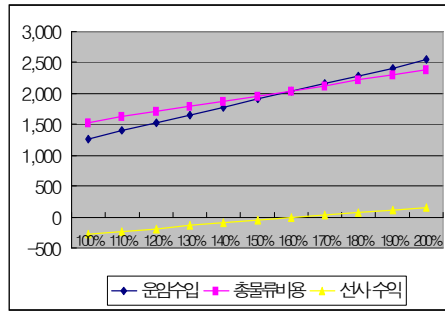
초대형선의 기항지가 3개일 때 1차 민감도를 분석한 결과 기존 운송량 대비 170% 이상을 운송해야만 수익이 발생하기 시작하는 것으로 분석되었다. 그러나 항로'C-1'의 경우에는 170% 이상을 운송한다고 하더라도 1일당 이익이 0.4만\$에 불과하고, 200%를 운송한다고 하더라도 1일당 이익이 2.1만\$에 불과하여 매우 비경제적인 것으로 나타났다.

<표 5-25> 항로'C-1'의 민감도 분석

운송량 증가율	운임수입 ①	물류비용						선사 수익 ③ = ① - ②	운항일수 (일) ④	1일당 수익 ③ ÷ ④
		피더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 ②			
100%	1,270.3	595.7	146.5	341.6	43.7	407.9	1,535.4	-265.0	64	-4.1
110%	1,397.4	655.3	161.1	342.5	48.1	414.3	1,621.3	-224.0	65	-3.4
120%	1,524.4	714.9	175.8	343.5	52.4	420.6	1,707.2	-182.8	66	-2.8
130%	1,651.4	774.4	190.4	344	56.8	427	1,792.6	-141.2	67	-2.1
140%	1,778.4	834	205.1	345.4	61.2	433.4	1,879.1	-100.6	68	-1.5
150%	1,905.5	893.6	219.7	345.4	65.5	433.4	1,957.6	-52.1	68	-0.8
160%	2,032.5	953.2	234.3	346.3	69.9	439.8	2,043.5	-11.0	69	-0.2
170%	2,159.5	1,012.70	249.0	347.3	74.3	446.1	2,129.4	30.1	70	0.4
180%	2,286.6	1,072.30	263.6	348.2	78.6	452.5	2,215.2	71.3	71	1.0
190%	2,413.6	1,131.90	278.3	349.2	83	458.9	2,301.3	112.3	72	1.6
200%	2,540.6	1,191.40	292.9	351	87.4	465.3	2,388.0	152.6	73	2.1



<그림 5-18> 물류비용의 변화(항로'C-1')



<그림 5-19> 선사의 이익 변화(항로'C-1')

앞의 분석과정과 동일하게 운항일수를 7일 간격으로 조정한 결과, 총 10척의 선박이 투입되어야 하며, 기존 운송량 대비 170% 이상을 운송해야만 이익이 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 180% 이상 화물을 운송하기 위해서는 운항일수가 77일이 소요되어 선박 1척이 추가로 투입되어야 하는 것으로 나타났다.

<표 5-26> 항로'C-1'의 운항일수 조정에 따른 민감도 분석

(단위 : US 만\$)

운송량 증가율	운임수입 (a)	물류비용						선사 수익 (c) = (a) - (b)	운항일수 (일) (d)	1일당 수익 (c) ÷ (d)
		파더비용	하역비	유류비	항비	고정비	물류비용 합 계 (b)			
100%	1,270.3	595.7	146.5	347.3	43.7	446.1	1,579.3	-308.9	70	-4.4
110%	1,397.4	655.3	161.1	347.3	48.1	446.1	1,657.9	-260.6	70	-3.7
120%	1,524.4	714.9	175.8	347.3	52.4	446.1	1,736.5	-212.1	70	-3.0
130%	1,651.4	774.4	190.4	347.3	56.8	446.1	1,815.0	-163.6	70	-2.3
140%	1,778.4	834	205.1	347.3	61.2	446.1	1,893.7	-115.2	70	-1.6
150%	1,905.5	893.6	219.7	347.3	65.5	446.1	1,972.2	-66.7	70	-1.0
160%	2,032.5	953.2	234.3	347.3	69.9	446.1	2,050.8	-18.3	70	-0.3
170%	2,159.5	1,012.70	249.0	347.3	74.3	446.1	2,129.4	30.1	70	0.4
180%	2,286.6	1,072.30	263.6	353.9	78.6	490.8	2,259.2	27.3	77	0.4
190%	2,413.6	1,131.90	278.3	353.9	83	490.8	2,337.9	75.7	77	1.0
200%	2,540.6	1,191.40	292.9	353.9	87.4	490.8	2,416.4	124.2	77	1.6

5.4 민감도 분석의 결론

5.4.1 경제성 달성을 위한 운송량

민감도 분석의 결과 기존에 운항되고 있는 선박들과 동일한 경제성을 달성하기 위해서는 항로'A'(3개항 기준)는 기존 운송량 대비 110%, 항로'B'(5개항 기준)는 150%, 항로'C'(5개항 기준)는 140% 이상을 운송해야만 하는 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과는 초대형선의 경우 화물 집화능력 강화를 통해서 화물 적취율을 높이는 것이 수익성 확보를 위한 핵심적인 과제임을 의미한다.

<표 5-27>은 초대형선이 경제성을 달성한다고 가정할 때 동북아지역 항만으로 운송되는 양을 표현한 것으로서 항로'A'(3개항 기항)는 3,171Van, 항로'B'(5개항 기항)는 2,814Van, 항로'C'(5개항 기항)는 3,123Van으로 나타났다. 항로별 화물 특성에 따라 Van-TEU 환산계수(<표 4-9> 참조)인 1.79, 1.52, 1.64를 각각 적용하여 Van 단위를 TEU 단위로 환산하면 항로'A'는 5,677TEU이며, 항로'B'는 4,277TEU, 항로'C'는 5,122TEU 등이 되어 1항차당 매우 많은 컨테이너가 운송될 것으로 전망된다. 이러한 컨테이너 운송량은 동북아 항만 기항시 집화해야 할 물동량이면서, 항만에서 하역해야 하는 양이기도 하다.

<표 5-27> 각 항로별 경제성 달성을 위한 운송량

(단위 : Van)

항로 구분	양/적하 구분	기존 운송량	수익 달성율	경제성 달성율 반영
항로'A'	적하	1,113	110%	1,224
	양하	1,771		1,948
	합계	2,883		3,171
항로'B'	적하	785	150%	1,178
	양하	1,091		1,636
	합계	1,876		2,814
항로'C'	적하	1,131	140%	1,583
	양하	1,100		1,540
	합계	2,231		3,123

주 : 항로'A'-기항지 3개, 항로'B' - 기항지 5개, 항로'C' - 기항지 5개 기준

5.4.2 선박 운항일수 단축의 필요성

선박의 운항일수가 길어지게 되면, 선박을 추가로 투입해야하는 결과를 초래하게 되는데, 선사관점에서 보면 선박을 추가로 투입하게 될 경우 선박투입에 따른 선박비용 및 고정비와 유류비에 대한 부담을 안게 된다. 선박을 추가로 투입하지 않고 초대형선의 경제성을 확보하기 위해서는 결국 항해시간을 단축하던지 아니면 항만에서 소요되는 하역시간을 단축할 수밖에 없게 되는데 항해시간의 단축은 엔진 추진력 등의 한계로 인해 실현 가능성이 비교적 낮다. 따라서 선사는 항만 재항시간을 단축하기 위해 하역 생산성을 높일 것을 요구할 수밖에 없다. 하역시간을 단축할 경우 하역비를 제외한 항만비용을 줄일 수가 있고, 앞서 언급한 바와 같이 추가 선박 투입에 대한 부담을 줄일 수가 있다.

항로‘C’를 예로 들면(표 5-23 참조), 각 항만의 시간당 생산성을 기존의 100Van에서 175Van으로 향상시킬 때 초대형선박의 항만 재항시간은 15일에서 9일로 6일이 단축되는 효과가 있다. 1항차의 총 시간 중 6일의 단축은 화물 운송량이 기존보다 70%까지 증가하더라도 9척의 선박으로 Weekly Service의 제공이 가능해지기 때문에 항만의 생산성을 향상시키기 전과 비교하여 초대형선 1척에 대한 비용을 절감시킬 수 있게 된다. 따라서 이러한 환경을 고려할 때 항만의 높은 하역능력 확보는 선사의 비용을 최소화하기 위해 반드시 필요하다. 이러한 특성을 가진 초대형선의 운항에도 불구하고 항만의 시간당 생산성을 향상시키지 않을 경우 선사는 생산성이 높은 항만으로 기항지를 변경 할 수밖에 없을 것이다. 국내 항만의 경우, 이러한 하역능력을 갖기 위해서는 감만부두와 광양항 1단계의 크레인 생산성을 기준으로 할 때 시간당 35Van 이상의 순생산성을 가진 크레인 5기 이상이 투입되어야 한다.

<표 5-28> 터미널별 시간당 생산성

터미널 명	순생산성(Van)
감만부두	40.2
광양항 1단계	35.5
평 균	37.85

자료 : 컨테이너 화물 유통 추이 및 분석, 한국컨테이너부두공단, 2003.

5.4.3 초대형선 운항에 따른 시사점

본장에서는 2003년 시점에서 3개 라인에 대한 물동량, 운임 등의 자료를 근거로 실증분석을 통해 초대형선 운항에 대한 경제성을 분석하였다. 그 결과, 항로 'B'와 항로 'C' 라인과 같이 기존에 기항하는 항만이 많고 장거리 운송을 해야 하는 경우 높은 피더비용과 유류비용의 증가로 인하여 초대형선의 운항으로 기항지를 축소하더라도 높은 경제적 이익을 얻기는 힘들 것으로 분석되었으며, 항로 'A'와 같이 대륙간 운송으로서 중간 기항지가 거의 없는 경우에는 낮은 피더비용으로 경제성이 높을 것으로 나타났다.

현재 세계 컨테이너 물동량의 주요 발생지는 중국을 포함한 아시아권이기 때문에 선사들은 아시아 시장에 대한 선박 기항을 선호하고 있으나, 비교적 운임구조가 취약한 유럽-아시아-미주 항로보다는 충분한 경제성이 보장되는 아시아-미주의 서비스 루트에는 초대형선의 투입이 우선시 될 것이다.

이러한 경제성에도 불구하고 만약 피더화물에 대하여 초대형선의 운항 선사가 피더비용을 화주에게 전가할 경우 화주는 높은 피더비용 부담과 늦은 운송시간으로 인해 초대형선을 이용해야 할 이유가 없기에 오히려 기존 선박을 선호하게 될 것이다. 따라서 피더비용 부담이 없는 기존선박들의 화물집화 능력이 강화되어 기존 선박들의 화물 취출율은 향상될 것이다.

이러한 기존 선박의 화물 취출율 향상과 초대형선의 운항은 짧은 시간에 많은 화물을 하역해야 하는 항만의 규모를 결정하는데 중요한 요인이 된다. 더불어 앞서 민감도 분석과 운항일수 변화를 통한 민감도 분석에서 나타난 바와 같이 초대형선의 경제성을 위해 항만에서 선박이 항만에서 머무르는 시간을 최소화하여 선박이 Weekly Service를 제공할 수 있도록 절대적인 생산성을 높여야만 한다. 이러한 측면에서 볼 때 항만은 단시간에 다수의 화물을 집화하기 위해 넓은 장치장과 높은 하역생산성을 지닌 터미널을 개발할 수밖에 없다.

6장 항만개발 전략

5장에서는 초대형선이 운항할 때의 경제성을 총 물류비용과 총 운임 수입의 비교를 통해 분석하였다. 6장에서는 동북아시아 주요 항만의 화물 처리 추이를 살펴보고, 중국의 경제발전과 동북아시아지역 항만의 화물 증가와 선박 운항 패턴을 분석하며, 이를 바탕으로 우리나라, 특히 부산항의 항만 개발방향을 설정한다.

6.1 동북아 지역 중심항 검토

6.1.1 동북아 주요 항만 경쟁력

1) 화물 처리 추이

부산항은 2003년 총 1,037만TEU를 처리하여 전년 대비 9.7%의 성장세를 보였으며, 수입화물 302만TEU(10.6%), 수출화물 300만TEU(7.4%)을 처리하여 전체 수출입화물은 전년대비 8.9% 증가하였다. 그리고 총 처리 화물 중 약 40.8%를 차지하고 있는 환적화물은 8.8% 증가하였다.

<표 6-1> 부산항 화물 처리 추세

년도	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년
처리량	5,891,168	6,439,589	7,540,387	8,072,814	9,453,356	10,366,881
증가율		9.3%	17.1%	7.1%	17.1%	9.7%
수입	2,153,775	2,271,997	2,483,753	2,496,764	2,729,332	3,017,334
증가율		5.5%	9.3%	0.5%	9.3%	10.6%
수출	2,385,316	2,406,194	2,551,162	2,513,877	2,792,399	2,998,402
증가율		0.9%	6.0%	-1.5%	11.1%	7.4%
수출입	4,539,091	4,678,191	5,034,915	5,010,641	5,521,731	6,015,736
증가율		3.1%	7.6%	-0.5%	10.2%	8.9%
환적	1,213,864	1,632,473	2,389,956	2,942,983	3,887,457	4,229,667
증가율		34.5%	46.4%	23.1%	32.1%	8.8%
연안	138,213	128,925	115,516	119,190	44,168	121,478
증가율		-6.7%	-10.4%	3.2%	-62.9%	175.0%

동북아시아에 위치한 중국 항만들의 2002년 대비 2003년 컨테이너 증가율은 상하이항이 24%, 닝보항 33%, 청도항 19%, 천진항 20%, 대련

항 19%으로 나타났다.

<표 6-2> 중국(동북아) 항만의 화물 처리 추이

구분	년도	상하이		닝보		청도		천진		대련	
실 적	2000	5,610,000		912,000		2,120,000		1,708,000		896,011	
	2001	6,343,000	12%	1,190,000	23%	2,640,000	20%	2,011,000	15%	1,142,864	22%
	2002	8,604,000	26%	1,849,500	36%	3,410,000	23%	2,400,000	16%	1,310,579	13%
	2003	11,285,000	24%	2,750,000	33%	4,230,000	19%	3,010,000	20%	1,614,909	19%

또한 중국 각 항만의 항무국에서 발표한 컨테이너 물동량 증가 전망을 살펴보면 동북아시아에 위치한 5개 주요 항만들의 물동량은 큰 폭으로 증가할 것으로 전망하고 있다. 특히 상하이 항은 2013년에 2003년 처리량의 약 3배에 가까운 3,891만TEU를 처리 할 것으로 전망하고 있다. 이들 항만의 물동량은 과거 물동량 추이, 중국의 빠른 경제성장과 중국시장의 잠재력 등을 고려해 볼 때 실현가능할 것으로 판단된다.

<표 6-3> 향후 동북아시아 내 주요 항만들의 컨테이너 증가 전망

구분	년도	상하이		닝보		청도		천진		대련	
전 망	2004	13,550,000	17%	3,710,000	26%	5,000,000	15%	3,612,000	17%	1,982,218	19%
	2005	15,580,000	13%	4,500,000	18%	5,500,000	9%	4,334,400	17%	2,438,522	19%
	2006	17,920,000	13%	5,650,000	20%	6,050,000	9%	5,201,280	17%	2,997,153	19%
	2007	20,100,000	11%	6,670,000	15%	6,650,000	9%	6,241,536	17%	3,712,443	19%
	2008	23,050,000	13%	8,150,000	18%	7,320,000	9%	7,489,843	17%	4,590,554	19%
	2009	26,300,000	12%	9,350,000	13%	8,050,000	9%	8,987,812	17%	5,694,193	19%
	2010	29,180,000	10%	11,750,000	20%	8,860,000	9%	10,785,374	17%	7,076,741	20%
	2011	32,350,000	10%	13,800,000	15%	9,740,000	9%	12,942,449	17%	8,820,925	20%
	2012	35,580,000	9%	15,600,000	12%	10,720,000	9%	15,530,939	17%	11,006,157	20%
	2013	38,910,000	9%	17,900,000	13%	11,780,000	9%	18,637,127	17%	13,732,696	20%

자료 : 중국 각 지역 항무국

6.1.2 우리나라 항만 위상

중국의 경제 성장과 항만의 높은 물동량 증가는 선사의 기항항만 변경과 직기항을 유도하고 있다. 특히 이 항만들은 대규모 항만 건설계획을 수립하고 2006년부터 단계적으로 터미널을 개장할 예정이며, 이로 인해 그동안 문제가 되어 왔던 접근항로의 얕은 수심과 전면수심, 높은 대기울 및 체선율, 부족한 하역능력 등을 해결할 수 있을 것으로 보인다.

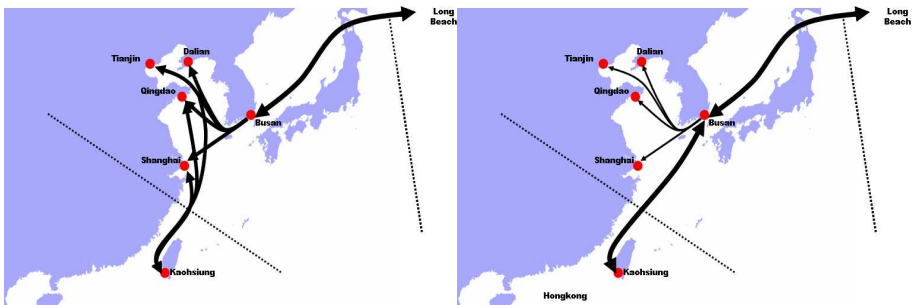
다.

대부분의 화물이 자국(중국)화물이라는 강점을 가진 이들 항만들의 신규 항만 건설은 환적화물을 유치할 위해 노력하는 우리나라 항만에 매우 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

그 이유는 이미 화물이 대규모로 집화되고 있는 중국의 항만으로 선박의 기항 수가 증가하고 있는 추세에서, 생산성이 높은 신규항만의 건설로 인해 물동량 집화와 선박의 기항 수 증가가 상호작용을 일으켜 우리나라, 특히 부산항에서 환적되던 중국의 환적화물 유치에 큰 영향을 미칠 것이기 때문이다. 즉, 선사가 중국 화물을 운송하기 위해 많은 선박을 투입하여 중국의 해당항만에 기항하는 항차를 증가시키게 되면 중국의 화주들은 자신들의 화물을 운송할 선사를 쉽게 선택할 수 있기 때문에 굳이 높은 피더비용을 부담하면서까지 부산항에서 화물을 환적시켜야 할 필요가 없어지기 때문이다.

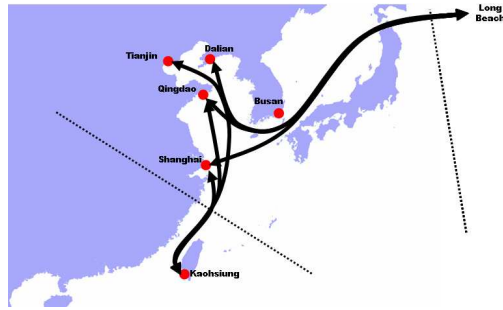
이러한 동북아시아의 해운상황을 소개하는 선행 연구로서 김현(2004)의 연구가 있다.

김현의 연구(김현, 2004)에서는 3가지 시나리오를 설정하고, 롱비치항, 부산항, 상해항, 카오슝항을 대상으로 하여 총 해상비용을 중심으로 선사의 경제성을 평가하였다. 김현은 일정수준 이하에서는 상해항 화물을 부산항에서 환적하는 것이 상해항에 직기항하거나, 부산항을 경유하는 것보다 더 경제적이지만, 화물량이 일정수준 이상이 되면 부산항에서 환적하지 않는 것이 오히려 선사에게 더 이익이라고 주장하였다.



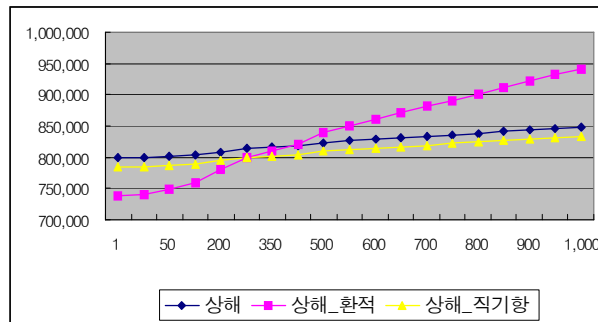
<그림 6-1> 부산항을 경유하여 중국항 화물 양하

<그림 6-2> 부산항에서 양하하고 중국항으로 환적



<그림 6-3> 중국항으로 직기항하여 화물을 양하

김현의 연구 결과를 볼 때 상하이 항의 화물을 약 400TEU 이상 운송하게 되면 총 환적을 이용한 해상비용이 더 높은 것으로 나타나고 있다.



<그림 6-4> 상하이항 화물 운송 대안 시나리오별 경제적 분기점

다음은 상하이항의 화물이 증가함에 따라 나타나는 선사의 이익을 나타낸 것으로 부산항에서 환적하지 않고, 부산항을 경유하여 중국항에서 직접 화물을 하역하는 경우에는 850TEU수준 이상에서 이익이 발생하기 시작하며, 부산항을 경유하지 않고 상하이항에 직기항할 때는 600TEU 수준에서 이익이 발생하는 것으로 분석하였다.

<표 6-4> 상하이항 기항시 선사 기대 이익

(단위 : \$)

구분	부산항 경유	직기항
운송량	선사의 이익	
600	-35	11
650	-25	17
700	-17	22
750	-10	26
800	-4	30
850	2	33
900	6	36
950	11	39
1,000	14	42

선사가 항만에 기항하는 가장 주요한 원인인 화물의 집화가 이들 항만에서 이루어진다고 할 때, 선사들은 어떠한 형태로든, 즉 이들 항만으로 직기항을 하던지 아니면 단지 우리나라 항만을 경유만 하여 이들 항만에서 화물을 하역하는 형태를 취하게 될 것이다. 특히, 상하이항의 총물동량이 부산항보다 많고 중국의 경제상황을 감안한다면 부산항이 동북아시아 전체 지역을 담당하는 직접적인 환적항으로서의 기능을 담당하기는 어려울 것으로 판단된다.

다만 동남아시아와 동북아시아 등 이 권역내에서 운송되는 화물운송은 기존의 환적패턴을 유지할 것이며, 미주 또는 유럽을 기종점으로 하는 화물운송은 대형선이 직기항 또는 부산항을 경유하는 특징을 가지게 될 것이고, 동북아시아에 위치한 중국의 항만에 직접 기항하지 않는 선박들이 부산항에서 환적하는 화물들은 부산항을 경유하여 중국의 항만에 직접 기항하는 선박들이 환적운송을 하는 형태를 취할 것으로 전망된다. 특히 세계 경제 성장과 초대형선의 운항으로 1항차당 환적되는 화물의 양은 증가할 것으로 전망된다.

6.2 항만개발 전략

6.2.1 우리나라 항만 개발 방향

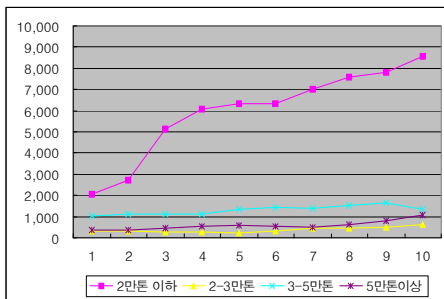
5장의 결과를 바탕으로 할 때 우리나라 항만의 개발 방향은 선석수를

증가시키는 형태의 개발보다는 개발되는 항만의 생산성을 절대적으로 증가시키는 형태가 되어야 한다. 또한 환적화물의 운송은 대형선과 피더선의 조합으로 이루어지며, 피더선은 다수의 항만으로부터 화물을 집화해오는 기능을 수행하기 때문에 항만을 개발할 때 피더선에 대한 고려가 반드시 이루어져야 한다. 이는 피더선 전용부두, 피더선 전용선석 개발을 통해 가능하며, 피더선에 대한 생산성을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하여야 한다. <표 6-5>는 1993년부터 2002년까지 부산항의 화물처리량과 선박규모별 입항 척수를 나타낸 것이다. 부산항 화물은 2002년을 기준으로 지난 10년간 약 3배가 증가하였으며, 그에 비해 화물 운송을 위해 입항한 선박의 수는 2.9배가 증가하였다. 특히 2만톤 이하의 선박은 약 3.8배 증가하였으며, 5만톤 이상의 선박은 약 2.4배가 증가한 것으로 나타났다. 특히 2002년 기준 전체 입항 선박의 72.6%가 2만톤 이하의 중소형선박으로 나타났으며, 나머지 2만톤 이상의 선박들의 점유율은 27.4%를 차지하고 있다.

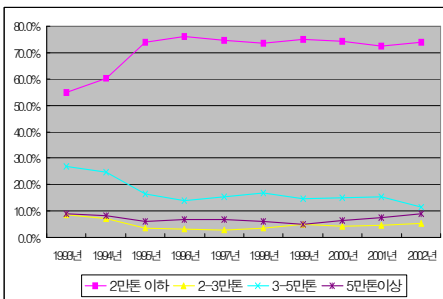
<표 6-5> 물동량 및 입항 선박

년도	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2001년	2002년	
화물 처리량	3,070,000	3,825,565	4,502,596	4,725,206	5,233,880	5,891,168	6,439,589	8,072,814	9,453,356	
입항 선박	선박 합계	3,721	4,520	6,934	7,984	8,466	8,607	9,305	10,199	10,760
	2만톤 이하	2,049	2,724	5,124	6,067	6,322	6,333	6,991	7,588	7,810
	비중	55.1%	60.3%	73.9%	76.0%	74.7%	73.6%	75.1%	74.4%	72.6%
	2-3만톤	327	317	246	270	242	298	455	443	491
	비중	8.8%	7.0%	3.5%	3.4%	2.9%	3.5%	4.9%	4.3%	4.6%
	3-5만톤	1,007	1,114	1,138	1,107	1,318	1,443	1,376	1,523	1,649
	비중	27.1%	24.6%	16.4%	13.9%	15.6%	16.8%	14.8%	14.9%	15.3%
	5만톤이상	338	365	426	540	584	533	483	645	810
비중	9.1%	8.1%	6.1%	6.8%	6.9%	6.2%	5.2%	6.3%	7.5%	

자료 : 컨테이너 화물 유통 추이 및 분석, 한국컨테이너부두공단, 2004



<그림 6-5> 부산항 입항 선박 수



<그림 6-6> 입항 선박 비율

이러한 관계를 고려할 때 앞서 언급하였듯이 2만톤급 이하의 중소형 선박들에 대한 항만시설이 필수적으로 반영되어야 할 것이다.

6.2.2 항만 개발 규모 산정

세계 경제 규모의 확대와 컨테이너선의 대형화로 기존보다 대량의 컨테이너 운송이 이루어 질 것이다. 또한 선사들은 각 항만에 Weekly 서비스를 제공하기 위하여 기항하는 항만에는 지정된 시간에 출항할 수 있도록 정시성을 요구하게 될 것이다. 때문에 항만에서는 선사들의 이러한 요구를 수용하기 위하여 보다 생산성이 높은 하역시스템과 대량의 양·적하 화물을 수용할 수 있는 충분한 규모의 장치장을 확보하여야 한다.

본 장에서는 대형선박에 대한 안벽 하역능력을 계산정하고, 선박에서 양하되는 화물과 게이트를 통하여 반출입되는 화물들을 고려하여 일정한 시간 내에 대량의 양적하 화물을 수용할 수 있는 장치장의 규모를 산정한다. 산정된 컨테이너 터미널의 전체 규모를 바탕으로 개략적인 공사비와 장비비, 운영비, 인건비 등 총 비용을 도출함으로써 정부가 추진 중인 터미널 건설 규모와 본 연구에서 제시된 터미널 규모의 경제성을 평가한다.

컨테이너 터미널의 처리능력은 크게 두가지로 대별될 수 있다. 첫 번째는 안벽의 하역능력이고, 두 번째는 장치장의 장치능력이다. 컨테이너 터미널의 특성상 안벽 하역능력과 장치장의 장치능력, 두 가지 처리능력 중 낮은 처리능력이 그 터미널의 처리능력이 된다.

1) 부산항 컨테이너 터미널 시설 능력

부산항 컨테이너 전용 터미널의 동시 접안능력은 총 21척이며, 하역능력은 486만TEU이며, 컨테이너 적재를 위한 장치장에는 총 48,507개의 TGS(TEU's Ground Slot)를 보유하고 있다.

<표 6-6> 부산항 컨테이너 터미널 시설 능력

구 분	자성대	신선대	감만	신감만	우암	감천
접안능력	5만×4척 1만×1척	5만×4척	5만×4척	5만×2척 5천×1척	2만×1척 5천×2척	5만×2척
부지면적	647천㎡ (196천평)	1,039천㎡ (315천평)	731천㎡ (221천평)	308천㎡ (93천평)	184천㎡ (55천평)	148천㎡ (45천평)
CY면적	394천㎡ (203천평)	672천㎡ (203천평)	336천㎡ (102천평)	153천㎡ (46천평)	156천㎡ (47천평)	105천㎡ (32천평)
TGS수(개)	10,100	16,597	12,580	4,674	2,296	2,260
하역능력	120만TEU	120만TEU	120만TEU	65만TEU	27만TEU	34만TEU
처리량	2002년	153만TEU	153만TEU	226만TEU	48만TEU	50만TEU
	2003년	158만TEU	178만TEU	255만TEU	74만TEU	53만TEU

자료 : 컨테이너화물 유통추이 및 분석, 한국컨테이너부두공단, 2003.

이 중 TGS 확보 수가 16,597개로 가장 많이 보유한 신선대 터미널에 대해 663일간의 일일 장치장 점유율을 분석한 결과 평균 장치장 점유율은 62% 수준이며, 세부적인 장치장 점유율별 장치일수는 <표 6-7>과 같다. 이로 미루어 볼 때 확보된 TGS 수가 적거나, TGS 수에 비해 컨테이너 처리량이 많은 터미널은 장치장의 부족 문제가 발생하며, 이로 인한 선박 양하작업의 불가능으로 인해 선박 작업 지연이 발생할 수밖에 없다.

<표 6-7> 신선대 터미널 장치장 점유율별 일수

구분	40%이상	50%이상	60%이상	70%이상	80%이상	총 합계
횟수(일)	10	201	318	120	14	663
비율	1.5%	30.3%	48.0%	18.1%	2.1%	100.0%

자료 : 신선대 터미널 자료 분석

2) 대기율, 선석점유율 및 하역능력

대기율은 선박 도착시점에 선석의 부족으로 대기한 선박의 비율이며, 체선율은 12시간 이상 대기한 선박의 비율이다. 본 연구에서는 대기율과 체선율의 비율을 합하여 대기율로 표현한다.

선석점유율은 일정기간 내에 선박이 선석을 점유한 시간을 비율로 표현한 것이며, 하역능력은 연간작업가능시간, 크레인 작업시간을, 크레인 작업효율, 환산계수, 선내이적계수 등을 감안하여 산정된 안벽부문의 컨

테이너 처리능력을 의미한다.

<표 6-8>은 해양수산부가 항만의 개발규모를 산정하기 위하여 제시한 대기율, 선석점유율 및 하역능력을 나타내고 있다. 이론상 컨테이너 터미널의 선석당 하역능력을 결정짓는 중요한 요소인 C/C(Container Crane)대수는 3기, 선석점유율은 30% ~ 60%, 에서 분석하였으며, 세부적인 Factor는 <표 6-8>과 같다. 그 결과 현재 터미널의 선석당 하역능력 기준인 30만 TEU는 D급으로 대기율 3~7%, 선석점유율 42% 수준에서 결정되어져 있다. 그러나 대기율 1%~22%는 UNCTAD가 1986년에 제시한 것으로서 당시의 크레인 성능과 작업여건 등은 고려해볼 때 현실과 매우 동떨어져 있으며, 선석 점유율 또한 부산항이 현재 60 ~ 70% 가까운 선석점유율을 나타내고 있다는 점에서 볼 때 매우 보수적인 수치라고 할 수 있다.

<표 6-8> 하역능력 결정을 위한 주요 변수 및 하역능력

구 분	지 표	대기율(%)							
		1~2	2~3	2~6	3~7	4~9	5~12	7~16	11~22
C/C 대수	대 수	3	3	3	3	3	3	3	3
연간작업 가능시간	연간작업일수	365	365	365	365	365	365	365	365
	일일작업시간	24	24	24	24	24	24	24	24
크레인 작업 시간율	선석점유율	0.30	0.35	0.40	0.42	0.45	0.50	0.55	0.60
	선박이동계수	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	크레인작업계수	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	실작업시간율	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
크레인 작업효율	설계능력(Van)	45	45	45	45	45	45	45	45
	손실조정계수	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	간섭계수	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
환산계수	TEU/Van	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
Overstow	계수	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
선석당 연간하역능력	연간하역능력	216,864	253,008	289,152	303,610	325,296	361,440	397,585	433,729
	(천TEU)	216	253	289	303	325	361	397	433
서비스 수준(등급 분류)		A급	B급	C급	D급	E급	F급	G급	H급
1선석당 표준하역능력		D급 적용 : 300(천TEU)							

자료 : 전국무역항 항만기본계획 용역보고서, 제1권, 해양수산부, 2001. 10.

주 : 대기율과 선석점유율은 1터미널 2~3선석 운영을 전제로 한 것이며 등급 분류의 서비스 수준은 대기율과 선석점유율을 기준으로 적정수준을 감안하여 구분한 것임

<표 6-9>는 실제 부산북항의 터미널별 실제 선박 대기율, 선석점유율 및 처리물량으로서 대기율은 0%~5.4% 수준이며, 선석점유율은 35.9%~70.1%로 나타났다. 선석점유율은 2,261 천 TEU를 처리한 감만 부두가 70.1%로 가장 높게 나타났으며, 이때 대기율은 5.4%에 불과하다. 만일 앞의 <표 6-8>의 기준을 적용할 경우 대기율은 22%를 상회해야만 하지만 실상은 그렇지 아니하다.

<표 6-9> 터미널별 실제 대기율, 선석점유율 및 처리물량

구분		1999년	2000년	2001년	2002년
자성대	대기율	0.4	0.0	0.4	4.4
	선석점유율	45.4	53.9	50.5	56.8
	처리물량	885	1,323	1,272	1,535
신선대	대기율	0.1	0.0	0.1	3.6
	선석점유율	42.7	51.2	45.9	52.1
	처리물량	1,177	1,282	1,320	1,528
감만	대기율	0.0	0.0	0.5	5.4
	선석점유율	43.4	62.8	55.6	70.1
	처리물량	1,398	1,769	1,922	2,261
신감만	대기율	0.0	0.0	0.0	0.7
	선석점유율	-	-	-	35.9
	처리물량	-	-	-	481
우암	대기율	0.0	0.0	0.0	0.7
	선석점유율	56.4	53.8	53.8	67.2
	처리물량	349	312	448	502
감천	대기율	0.0	0.0	0.0	0.4
	선석점유율	44.1	38.2	42.0	41.8
	처리물량	436	387	433	506

자료 : 컨테이너화물 유통추이 및 분석, 한국컨테이너부두공단, 2003.

결론적으로 현재 기준이 된 대기율, 선석점유율, 하역능력 등은 현실 상 오차가 너무 크기 때문에 현실에 맞도록 재 산정되어야 한다.

3) 하역능력 재산정

현재 선사들은 운항원가를 줄이기 위해서 선박대형화를 추진하고 있으며, 동북아시아 항만들간에는 물동량 유치를 위하여 항만시설의 확충

및 추가 개발 등 경쟁력을 높이기 위한 활동을 강화하고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 선박에 대한 서비스를 향상시키기 위해 가장 먼저 선행되어야 할 사항은 안벽의 생산성 증가이다. 안벽의 시간당 생산성은 C/C 대수를 증가시킴으로서 향상될 수 있으며, C/C 대수의 증가에 따른 생산성의 증가는 동일한 물량을 처리하는데 필요한 선석점유율을 감소시키기 때문에 보다 많은 선박에 서비스를 제공하는 것이 가능하게 된다. 실제 투입할 수 있는 C/C 수는 선박의 제원 및 화물 적재 분포에 따라 달라질 수 있으나 보통 4,000TEU급~5,000TEU급 선박의 하역작업을 하는 경우 4~5기의 C/C를 투입 하고 있다.

또한 4개 선석에 각 3기의 크레인을 운영하는 터미널의 경우 모든 선석에 선박이 접안하여 하역작업을 할 때를 제외하고는 안벽의 시간당 생산성 향상을 위해 인접 선석의 C/C를 추가 투입하기 때문에 평균 작업 크레인의 수는 3.5기 ~ 4기가 된다. 특히 상해항의 경우 선박당 최대 7기의 크레인을 투입하여 가능한 시간당 절대적 생산성을 높이기 위해 노력하고 있기 때문에 항만 경쟁력 확보 차원에서라도 선석당 크레인의 증가는 필요하다.

선석 점유율의 경우 현재 부산항 선석점유율 수준은 33.0%(신감만부두) ~ 70.1%(감만부두)이며, 선석당 처리물동량은 220천 TEU ~ 565천 TEU이다.

따라서 안벽 하역능력은 목표 선석 점유율 50% ~ 70% 수준에서 산정할 필요가 있으며, 본 연구에서는 평균인 60%를 기준으로 안벽 하역능력을 개략적으로 재산정하였다.

본 연구에서는 <표 6-8>의 방식(해양수산부, 2001)에 의하여 하역능력을 재산정하도록 하며, 다만 하역능력을 재산정할 때는 연간작업일수는 363일(설, 추석, 총 2일 제외), 일일작업시간은 21시간(아침, 점심, 저녁 각 1시간, 총 3시간 제외)을 적용한다. 크레인 수와 선석점유율은 앞서 설명한 바와 같이 크레인 수 4기, 선석점유율 60%를 적용하였다.

그 결과 선석당 하역능력은 503,244TEU인 것으로 분석되었다. 이후 장치장의규모를 산정할 때는 500천 TEU를 적용하도록 한다.

<표 6-10> 하역능력 재산정

구분	내 용	값
C/C 대수	대 수 (기)	4
연간작업 가능시간	연간작업일수 (일)	363
	일일작업시간 (시간)	21
크레인 작업 시간율	선석점유율 (%)	60
	선박이동계수	0.9
	크레인작업계수	0.95
	실작업시간율	0.8
크레인 작업효율	설계능력(Van)	45
	손실조정계수	0.75
	간섭계수	0.83
환산계수	TEU/Van	1.48
Overstow	계수	0.97
선석당 연간하역능력	연간하역능력 (TEU)	503,244

4) 장치장 점유율 및 장치장 규모

앞서 <표 6-10>에서는 선석당 하역능력을 약 500천 TEU로 산정하였다. 하역능력이 200만TEU(4개 선석)을 수용하는 터미널 장치장 규모를 산정하기 위해서는 선박의 화물 양·적하 특성과 터미널 내부의 장치장 점유율 특징을 분석할 필요가 있다. 특히 기존 선박의 경제성(1항차당 경제적 이익)을 달성하고 초대형선의 운항이 정상화 되었을 때의 평균적으로 하역되는 양을 산정하여 장치장 규모를 산정하는 데 반영할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 ‘S’터미널에 입항했던 선박들을 대상으로 하여 하역 특성과 장치장 특성에 대한 실증 분석을 실시하였다.

① 선박크기별 하역량 및 대형선의 하역량 예측

선박의 크기별로 하역량을 분석한 결과 평균 양·적하 개수는 5,500~5,999TEU급 선박들이 2,029Van으로 가장 많았고, 170TEU급 선박들은 236Van으로 가장 적은 것으로 나타났다.

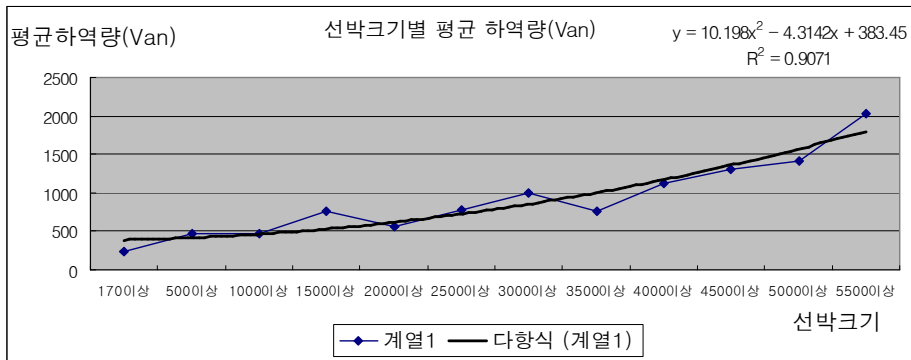
<표 6-11> 'S' 터미널에 입항한 선박크기별 평균 하역량

선박 규모	전체 처리량 (TEU)	입항 횟수 (척)	평균 하역량 (Van)
5,500 ~5,999 TEU급	495,292	244	2,029.9
5,000 ~5,499 TEU급	183,936	131	1,404.1
4,500 ~4,999 TEU급	120,545	92	1,310.3
4,000 ~4,499 TEU급	241,303	215	1,122.3
3,500 ~3,999 TEU급	29,434	39	754.7
3,000 ~3,499 TEU급	289,687	289	1,002.4
2,500 ~2,999 TEU급	285,350	364	783.9
2,000 ~2,499 TEU급	72,733	131	555.2
1,500 ~1,999 TEU급	20,508	27	759.6
1,000 ~1,499 TEU급	61,534	133	462.7
500 ~999 TEU급	154,643	328	471.5
170 TEU급 이상	16,577	70	236.8

자료 : 터미널 내부 자료

선박크기와 선박별 평균 하역량의 관계는 2차 다항식으로 설명할 수 있으며, 선박 크기에 따른 평균 하역량에 대한 식은 식1)과 같다.

$$\text{다항식} = 10.198 \times X^2 - 4.3142 \times X + 383.45 \text{ -----식1)}$$



<그림 6-7> 선박크기별 평균 하역량(Van)

다항식을 이용하여 향후 선박의 크기별 평균하역량을 예측한 결과 6,000TEU급은 2,051Van(3,077TEU), 8,000TEU급은 3,257Van (4,886TEU)이다. 특히 본 연구의 대상되는 9,500TEU급~10,000TEU급은 4,376Van (6,564TEU)를 하역할 것으로 예측되어 기존 5,500TEU급 선박의 평균 하

역량인 2,030Van의 약 2.16배를 처리할 것으로 전망된다.

10,000TEU급 선박의 하역량인 4,376Van은 3개 항로의 운송량인 항로 'A'의 3,171Van, 항로'B'의 2,814Van, 항로'C'의 3,123Van에 비해 각각 138.0%, 155.5%, 140.1%에 해당한다.

<표 6-12> 다항식을 이용한 선박크기별 평균하역량 예측

선박 규모	Van	TEU
6,000 TEU급 ~	2,051	3,077
6,500 TEU급 ~	2,322	3,483
7,000 TEU급 ~	2,613	3,920
7,500 TEU급 ~	2,925	4,388
8,000 TEU급 ~	3,257	4,886
8,500 TEU급 ~	3,610	5,415
9,000 TEU급 ~	3,983	5,975
9,500 TEU급 ~	4,376	6,564
10,000 TEU급 ~	4,790	7,185

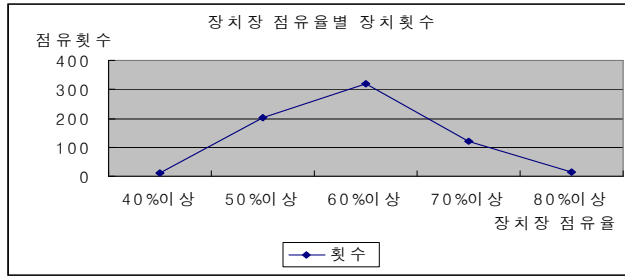
특히 5장에서 분석대상이 된 3개 항로는 각기 다른 항로에 서비스를 제공하고 있다는 특성상 Weekly Service 제공을 위해 각각 주 1항차씩의 기항이 예상되며, 이 때 <표 6-12>의 9,500TEU급 이상의 1선박당 운송량인 4,376Van(6,564TEU)을 감안한다면 이들 선박의 연간 운송량은 총 1,023,984TEU(6,546TEU×3개 항로×52주)가 될 것으로 전망된다.

② 장치장 점유율

'S' 터미널의 장치장 점유율은 평균 62% 수준이지만 세부적으로 분석하면 분석대상기간인 663일 중 장치장 점유율이 60%이상인 경우가 318일, 50% 이상이 201일, 70% 이상이 120일, 80%이상이 14일로 분석되었으며 60% 이상 장치장이 점유된 전체일수는 총 452일로 68.2%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 6-13> 장치장 점유율별 일수

구분	40%이상	50%이상	60%이상	70%이상	80%이상	총 합계
횟수	10	201	318	120	14	663
비율	1.5%	30.3%	48.0%	18.1%	2.1%	100.0%



<그림 6-8> 장치장 점유율 별 장치 횟수

장치장 점유율별 연속 장치일수는 <표 6-14>와 같다. <표 6-14>에 서 볼 수 있듯이 장치장 점유율이 60% 이상 점유한 연속하여 점유한 날이 110일이 1회, 55일 동안 점유한 횟수도 1회로 나타났다. 장치장 점유율이 60%를 초과할 때는 다음 선박의 화물 양하에 영향을 주어 장치장에 혼잡이 발생한다고 알려져 있다.

<표 6-14> 장치장 점유율별 연속장치일수 분석

60% 이상 연속장치일수(일)	횟수(회)	총일수(일)	70% 이상 연속장치일수(일)	횟수(회)	총일수(일)
1	22	22	1	19	19
2	8	16	2	8	16
3	9	27	3	6	18
4	8	32	4	6	24
5	9	45	6	4	24
6	8	48	7	2	14
11	1	11	8	1	8
17	3	51	11	1	11
18	1	18			
19	1	19			
53	1	53			
110	1	110			
합계		452	합계		134

③ 장치장 규모

이와 같은 'S' 터미널의 특성을 반영하여 하역능력 200만TEU을 수용할 수 있는 장치장의 규모를 간략하게 산정하였다.

'S' 터미널의 2003년 처리량은 약 176만TEU이며, TGS 보유량은

16,579개로 장치장 점유율은 약 62% 이었다. 따라서 장치장 점유율이 처리량과 확보된 TGS 수의 관계와 비례한다고 가정할 때, 200만TEU를 수용할 수 있는 장치장 규모는 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$176\text{만TEU} : 16,579\text{TGS} = 200\text{만TEU} : X \text{ TGS} \text{ -----식2)}$$

이와 같은 관계식에 의하여 200만 TEU를 처리하기 위해서는 약 18,840 TGS가 필요하게 된다.

이와 같이 산정된 18,840TGS를 배치할 때 장치장에서 사용할 야드 크레인의 제원이 필요하게 되는데 본 연구에서는 현재 건설중인 부산신항 1-1단계의 야드 크레인 제원을 이용하였다.

부산신항 1-1단계는 대형선 접안이 가능하도록 선석당 안벽 길이를 350m로 계획하였다. 야드 크레인은 9열 5단 적재가 가능한 크레인으로서 1개 블록에 50Bay를 배치할 경우 1개 블록당 450TGS의 배치가 가능하다. 1개 블록당 450TGS를 기준으로 하게 되면 약 42개의 블록이 필요하며, 4열(1선석 당 1열)로 배치하면 총 11행을 배치할 수 있다. 야드 크레인의 제원을 기준으로 할 때 1개 블록의 세부적인 Size는 세로 50m, 가로 322.25m가 되며, 총 장치장 규모는 550m(세로 50m × 11행)가 된다. 이러한 기준을 반영하여 18,840TGS를 확보할 수 있는 터미널의 전체 Size를 산정한 결과 1,400m × 750m인 것으로 분석되었다.

6.2.3 적정 항만 건설 규모 분석

본 절에서는 기존의 규모(1,400m × 600m)를 Case1로 하고 6.2.2에서 결정된 터미널 규모(1,400m × 750m)의 경우를 Case2로 설정하였으며, 1,400m×800m의 경우를 Case3으로 설정하였다.

본 절에서는 이 세 가지 Case에 대한 항만규모의 경제성을 평가하고자 한다. 본 연구에서는 장비비, 공사비, 인건비, 운영비 등을 각 Caes에 대한 경제성 검토 대상으로 하였으며, 피복비, 자가용 구입비 등 세부적인 비용은 포함하지 않는다. 개략적인 공사비 단가는 부산신항만 남컨테이너터미널 2-3단계(4개 선석)의 공사비를 기초로 하였다.

1) 각 항목별 단가

(1) 장비비

장비의 가격은 장비의 제원에 따라 큰 차이가 있으나 본 연구에서는 부산신항만 1-1단계 운영주체인 부산신항만(주)이 발주한 장비들의 가격을 적용한다. 컨테이너 크레인(C/C, Container Crain)의 가격은 1기당 70억원이며, 야드 크레인(T/C, Transfer Crane)은 약 29.3억원, 야드 트랙터(Y/T, Yard Tractor)는 약 1.14억원으로 조사되었다.

<표 6-15> 장비비용

(단위 : 만원)

장비명	대당 장비가격
C/C	700,000
T/C	292,500
Y/T	11,400
Y/C	1,400
R/S(F)	55,300
R/S(E)	31,200

자료 : 기업 내부자료

(2) 공사비

공사비는 부산신항만 남컨테이너 2-3단계(4개 선석)의 자료를 활용하여 본 연구에 적용할 공사 항목별 기준단가를 산정하였다. 세부적으로는 안벽공사와 준설공사의 경우 안벽길이당 공사비 단가를 산정하였으며, 매립 및 지반개량, 포장, 우수·배수, 전기통신 등은 터미널 전체에 시공을 하는 것이기 때문에 터미널 전체 면적인 84만 m^2 을 기준으로 m^2 당 공사비 단가를 산정하였다. 그리고 RMGC 기초 공사의 경우 야드 장치장에만 시공을 하는 것이기 때문에 장치장 면적인 56만 m^2 을 기준으로 m^2 당 공사비 단가를 산정하였다.

이때 안벽공사비 단가는 약 15,649만원/m, 준설공사비 단가는 약 1,099만원/m, 매립 및 지반공사비는 32.4만원/ m^2 등이며 기타 세부적인 공사비 단가는 다음 표와 같다.

<표 6-16> 공사비 단가

(단위 : 만원)

구분	기준		금액	단가
안벽	안벽 길이 (m)	1,400	21,908,800	15,649.1
준설		1,400	1,538,100	1,098.6
매립 및 지반개량	터미널 전면적 (만㎡)	84	27,204,100	32.4
포장			1,840,000	2.2
우수, 배수			1,331,400	1.6
전기통신			3,439,300	4.1
RMGC 기초	장치장 면적 (만㎡)	56	2,618,300	4.7
조경	1식		60,200	60,200.0
건축	1식		3,587,900	3,587,900.0
철송장	1식		150,600	150,600

자료 : 부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시계획 보고서(기본 및 실시설계), 2003. 12, 해양수산부

(3) 인건비 및 운영비

인건비 및 운영비 세부 내역은 다음 <표 6-17>와 같다. 운영비의 경우 C/C 이용시간당 64,000원, Y/T 이용시간당 13,824원, T/C 이용시간당 19,200원의 단가를 적용한다.

<표 6-17> 인건비 및 운영비 단가

(단위 : 만원)

내역		단가
인건비	C/C 기사	4,400
	신호수	3,100
	관리자	3,100
	Y/T 기사	3,600
	T/C 기사	4,100
	관리자	3,100
	R/S기사	4,100
	특수화물작업자	3,600
	관리자	3,100
운영비(동력비)	C/C 이용 시간 당	6.4
	Y/T 이용 시간 당	1.3824
	T/C 이용 시간 당	1.92

자료 : 한국해양수산개발원, 『부산신항 터미널계획 설계관리』, 1999. 4

2) 터미널 제원 설정

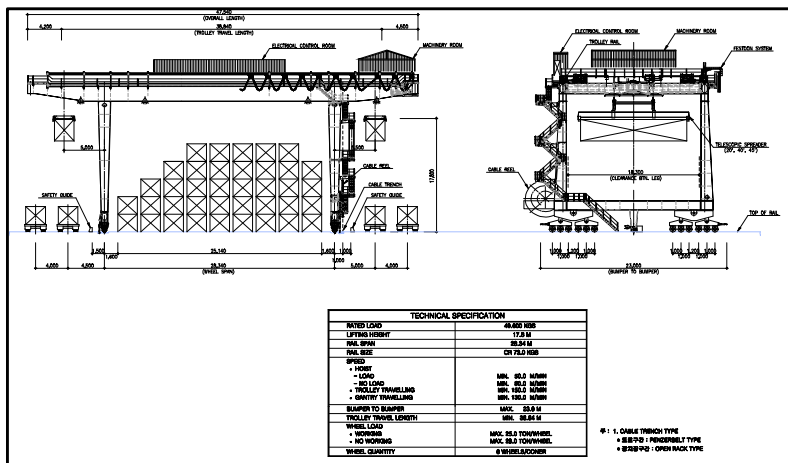
본 연구에서 적용할 터미널 배치에 따른 세부 제원은 다음과 같다
터미널의 기준 제원은 Case1의 경우 안벽길이 1,400m(1선석 350m 기

준 4개 선석), 안벽 폭 70m, 장치장 폭 400m, 운영건물 130m 등이며, Case 2의 제원은 안벽 폭 70m, 장치장 폭 550m, 운영건물 130m 등이고, Case 3의 제원은 안벽 폭 70m, 장치장 폭 600m, 운영건물 130m 등이다.

<표 6-18> 터미널 세부 제원

구분	안벽	터미널 폭			총
	안벽길이	안벽폭	장치장 폭	운영건물	
Case1	1,400m	70m	400m	130m	600m
Case2	1,400m	70m	550m	130m	750m
Case3	1,400m	70m	600m	130m	800m

장치장에 사용되는 야드 크레인은 (주)부산신항만의 도입 장비인 9열 캔틸리버형 크레인이며, 이 크레인의 특징은 크레인 주행로 사이에 컨테이너를 적재하고, 양방향에 4개 주행로를 두어 트럭의 이동과 작업을 수행을 하도록 되어 있다. 세부적인 개념도는 <그림 6-9>와 같다. 이와 같이 컨테이너 적재공간과 주행로를 감안할 경우 폭이 약 47.5m가 필요하게 되는데, 본 연구에서는 인접 크레인과의 안정성을 고려하여 1개 블록의 공간을 50m로 반영하였다. 작업공간 폭이 50m가 되면 Case1의 장치장에는 8개 블록이 배치되고, Case2 장치장에는 11개 블록, Case3의 장치장에는 12개의 블록이 배치된다.



<그림 6-9 > Rail Mounted Gantry Crane(야드용)

3) 경제성 비교

(1) Case별 장비비 산정

각 Case 별로 투입되는 장비의 수는 부산북항 터미널의 장비보유현황을 참고하였으며 본 연구에서는 Case1의 경우 선석당 컨테이너 크레인 3기, T/C는 블록당 1기, 야드 트랙터(Y/T)는 컨테이너 크레인당 5.5기, 야드 사시(Y/C)는 야드 트랙터 당 2.5기를 반영하였다. 그리고 Case2의 경우에는 선석당 50만TEU의 하역능력을 확보하기 위해 <표 6-10>의 하역능력 재산정의 기준이 된 컨테이너 크레인을 4기를 반영하였으며, 나머지 장비 투입대수는 Case1의 기준과 같다. 4개 선석을 대상으로 위의 기준을 반영하여 장비 구입에 대한 총비용을 산정한 결과 Case2의 장비비용은 총 2,574억원으로, Case1의 1,910억원에 비하여 약 35% 정도 높은 것으로 분석되었다.

<표 6-19> 장비비 비교

(단위 : 백만원)

구분	Case1		Case2		Case3	
	대수(기)	비용	대수(기)	비용	대수(기)	비용
C/C	12	84,000	16	112,000	16	112,000
T/C	32	93,600	40	128,700	48	140,400
Y/T	66	7,524	88	10,032	88	10,032
Y/C	165	2,310	220	3,080	220	3,080
R/S(F)	2	1,106	2	1,106	2	1,106
R/S(E)	8	2,496	8	2,496	8	2,496
합계	285	191,036	374	257,414	382	269,114
비율		100%		135%		141%

(2) Case별 공사비 산정

각 Case별 총 공사비는 Case1은 6,368억원의 공사비가 발생하며, Case2는 7,311억원의 공사비가 발생하여 Case1에 비해 14.8%의 공사비가 추가로 발생하며, Case3은 7,626억원의 공사비가 발생하여 Case1에 비해 19.8%가 추가로 발생하는 것으로 분석되었다.

<표 6-20> Case별 공사비

(단위 : 만 원)

구분	Case1	Case2	Case3	Case1	Case2	Case3
안벽(m)	1,400	1,400	1,400	21,908,800	21,908,800	21,908,800
준설(m)	1,400	1,400	1,400	1,538,100	1,538,100	1,538,100
매립 및 지반개량 (만㎡)	84	105	112	27,204,100	34,005,100	36,272,100
포장 (만㎡)	84	105	112	1,840,000	2,300,000	2,453,300
우수, 배수 (만㎡)	84	105	112	1,331,400	1,664,300	1,775,200
전기통신 (만㎡)	84	105	112	3,439,300	4,299,100	4,585,700
RMGC 기초 (만㎡)	56	77	84	2,618,300	3,600,200	3,927,500
조경	1식	1식	1식	60,200	60,200	60,200
건축	1식	1식	1식	3,587,900	3,587,900	3,587,900
철송장	1식	1식	1식	150,600	150,600	150,600
합계				63,678,700	73,114,300	76,259,500
Case1 대비 비중				100.0%	114.8%	119.8%

자료 : 부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시계획 보고서(기본 및 실시설계), 2003. 12, 해양수산부

(3) 인건비

터미널 운영을 위한 인건비는 장비기사 인건비와 관리자 인건비로 구분된다. 인건비를 산정하기 위해서는 근로조건을 명확하게 해야 하는데 본 연구에서는 장비기사와 신호수의 근무 교대는 3교대로 이루어지며, 관리자와 R/S 기사는 교대가 없는 것으로 가정한다.

<표 6-21> 인건비

(단위 : 백만원)

내역	단가 [백만원]	1기당 평균인원	비용 [백만원]	인건비[백만원]					
				장비수	400m	장비수	550m	장비수	600m
QC기사	44	3	151	12	1,813	16	3,022	16	3,022
신호수	31	6	184	12	2,210	16	3,683	16	3,683
관리자	31	21	645	-	645	-	645	-	645
Y/T기사	36	3	92	66	6,078	88	10,130	88	10,130
야드장비기사	41	4	155	32	4,959	40	6,199	48	7,439
관리자	31	12	368	-	368	-	368	-	368
R/S기사	41	3	110	10	1,099	10	1,099	10	1,099
특수화물작업자	36	12	433	-	433	-	433	-	433
관리자	31	6	184	-	184	-	184	-	184
합계					17,789		25,762		27,002
비율					100%		145%		152%

주 : 인건비단가는 한국해양수산개발원의 『부산신항 터미널계획 설계관리』 참조

인건비의 계산은 인건비 단가에 1기당 평균 투입인원을 곱한 인건비를 기준 인건비로 하고, 이 기준 인건비에 장비수를 곱하여 인건비를 산정하였다. 이러한 기준으로 인건비를 산정한 결과 Case2의 인건비는 257.6억원으로 Case1의 인건비보다 45%가 더 높은 것으로 나타났으며, 또한 Case3은 Case1에 비해 52%가 더 높은 것으로 분석되었다.

(4) 운영비(동력비)

장비운용을 위해 소요되는 운영비(동력비)는 장비의 운용 시간과 시간당 단가를 곱하여 산정할 수 있다. 장비의 운용 시간은 물동량(하역 능력)과 각 장비의 처리 개수의 관계를 이용하여 구할 수 있다. 다음 <표 6-22>는 물동량에 따른 장비별 운용 시간이다. Case1에서 120만 TEU를 처리하기 위한 장비운용시간은 185,172시간이며, Case2와 Case3은 동일한 200만TEU를 처리하기 때문에 장비운용시간은 308,621시간으로 분석되었다.

<표 6-22> 장비 이용 시간

(단위 : 백만원)

구분	기준(400m)	변경(550m)
물동량(TEU)	1,200,000	2,000,000
QC생산성(개)	25	25
QC이용시간(시간)	48,000	80,000
이송장비수량QC(개)	5.5	5.5
안벽/야드서비스시간	264,000	440,000
Fraction of Load	89.5	89.5
Total Loaded lift	1,074,000	1,790,000
야드 장비	2,148,000	3,580,000
야드 생산성(lift/hr)	11.6	11.6
장비이용시간	185,172	308,621

각 장비별 이용시간과 시간당 원가를 곱하여 운영비(동력비)를 산정한 결과 Case1의 경우 운영비(동력비)는 102.8억원이며 Case2, Case3의 경우운영비는 171.3억으로서 Case2, 3의 운영비가 Case1에 비해 약 67%가 더 높은 것으로 분석되었다.

<표 6-23> 운영비(동력비)

구분	Case1			Case2, 3		
	시간	단가(원/시간)	비용(백만원)	시간	단가(원/시간)	비용(백만원)
QC이용시간	48,000	64000	3,072	80,000	64,000	5,120
Y/T이용시간	264,000	13824	3,650	440,000	13,824	6,083
RMGC이용시간	185,172	19200	3,555	308,621	19,200	5,926
합계			10,277			17,128
비율			100%			167%

주 : 400m이후에는 크레인의 변동이 없으므로, 운영비는 그대로 존속.

(5) 총 비용 비교

다음의 <표 6-24>는 각 Case별 세부 비용을 종합한 결과로서 Case1의 경우 총 비용은 약 8,559억원이며, Case2의 경우 총 비용은 1조293억원으로 Case1에 비하여 20%가 높고, Case3의 경우 총 비용은 1조737억원으로 25%가 더 높은 것으로 분석되었다.

<표 6-24> 컨테이너 터미널의 장치장 규모에 따른 총 비용 비교

(단위 : 백만원)

구분	장비비용	인건비	공사비	운영비	합계	비율
Case1	191,036	17,789	636,787	10,277	855,889	100%
Case2	257,414	23,635	731,143	17,128	1,029,320	120%
Case3	269,114	24,875	762,595	17,128	1,073,712	125%

그러나 Case1은 120만 TEU(4개 선석)의 하역능력에 불과하고, Case2와 Case3는 200만 TEU의 하역능력을 가지고 있으므로 Case1의 하역능력을 Case2, 3과 동일한 200만 TEU로 하기 위해서는 3개 선석이 더 필요하게 되어 개발해야 할 총 선석 수는 7개(4개 선석의 1.75배)가 된다.

Case1의 선석을 3개 추가하여 총 7개 개발한다고 가정하고, 이를 Case4로 분류하여 총 비용을 비교한 결과, Case4의 총비용 1조 4,978억 원에 비해 Case2는 66.7%, Case3는 71.7%로 나타나 오히려 Case2, 3이 각각 항만개발비용을 33.3%와 28.3% 줄일 수 있어서 훨씬 더 경제적인 것으로 나타났다.

<표 6-25> Case 1의 선석 7개 개발에 따른 총 비용 비교

(단위 : 백만원)

구분	금 액	비율
Case1	855,889	-
Case2	1,029,320	66.7%
Case3	1,073,712	71.7%
Case4	1,497,806	100.0%

일반적으로 장치장의 규모는 안벽의 하역생산성과 관련하여 계획된다. 즉 하역생산성을 낮게 설정하면 이와 비례하여 좁은 장치장을 확보하게 되고, 높게 설정하면 상대적으로 넓은 장치장을 확보하게 된다. 6장의 분석결과는 하역생산성을 높이고 넓은 장치장을 확보하는 방향으로 항만을 개발하게 되면 항만개발 및 운영에 필요한 총비용이 낮아짐을 보여 준다. 특히, 이러한 결과는 5장에서 분석된 바 있는 초대형선이 경제성을 달성하는 화물 운송량 규모 및 운항일수 축소의 필요성과 비교해 볼 때 초대형선에 대응하는 중심항만 개발의 측면에서 매우 중요한 결과라고 할 수 있다.

따라서 중심항만 개발의 방향은 급증하는 화물의 처리와 선사의 선박 초대형화 및 기항지 축소 전략에 대응하여 선사의 요구를 충족시키면서도 생산성과 경제성이 높은 항만을 개발하는 것이 될 것이다.

7장 결론

본 연구에서는 현재 4,000TEU급~5,500TEU급 선박이 운항되고 있는 3개의 항로를 대상으로 하여, 동 항로를 기존 선박과 초대형선이 대체 투입되어 운항할 때의 운영시나리오를 바탕으로 한 화물 기종점 분석 및 경제성 분석을 수행하였다. 그리고 분석결과를 바탕으로 중심항만 개발 전략을 제시하였다.

먼저 화물 기종점 분석 및 경제성 분석을 수행한 결과 항로'A'(미주-아시아 항로)의 경우에는 초대형선이 대체 투입되더라도 기존의 화물량 대비 110% 이상의 화물을 처리하면 기존 투입된 선박보다 높은 수익이 예상되어 경제성이 높을 것으로 분석되었다. 반면 항로'B'(유럽-아시아 항로)와 항로'C'(유럽-아시아-미주 항로)에 초대형선이 대체 투입되면 높은 피더비용으로 인하여 기존(100%)대비 각각 150%, 140%이상의 화물을 처리해야만 기존 운항 선박과 동일한 경제성이 있을 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과는 초대형선의 경우 화물 집화능력 강화를 통해서 화물 적취율을 높이는 것이 수익성 확보를 위한 핵심적인 과제임을 의미한다.

이러한 경제성에도 불구하고 만약 피더화물에 대하여 초대형선의 운항 선사가 피더비용을 화주에게 전가할 경우 화주는 높은 피더비용 부담과 늦은 운송시간으로 인해 초대형선을 이용해야할 이유가 없기 때문에 오히려 기존 선박을 선호하게 될 것이다. 따라서 피더비용 부담이 없는 기존선박들의 화물집화 능력이 강화되어 기존 선박들의 화물 취출율은 향상될 것이다.

본 연구에서는 국내 터미널에 대한 실증분석을 통해 초대형선의 평균 하역량을 6,564TEU로 예측하였으며, 이 규모는 5,500TEU급 선박 평균 하역량의 2배에 해당한다.

기존 선박들의 화물 취출율 향상과 초대형선의 운항에 따라 항만에서는 짧은 시간에 많은 화물을 하역해야 하기 때문에 이들 선박들에서 하역되는 화물량은 항만의 규모를 결정하는데 중요한 기준이 된다.

특히, 선사는 선박의 추가 투입에 따른 부담을 회피하기 위해서 Weekly Service가 가능한 수준에서 최소한의 선박을 투입하려고 노력

할 것이므로 이러한 요구에 부응하기 위해서는 항해시간의 단축이나 항만재항시간의 단축이 필요하다. 그러나 항해시간을 줄이는 것은 선박엔진 추진력과 같은 물리적인 한계가 있기 때문에 항해시간을 단축하는 것은 한계가 있다. 결론적으로 선박의 항만 재항시간을 최대한 단축해야 하는 데 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 항만의 높은 하역생산성이 필요하게 된다. 본 연구의 결과를 토대로 볼 때 시간당 하역 생산성이 175Van 이상 되면 항만재항시간을 15일에서 9일로 6일을 단축시킬 수 있는 것으로 나타났다.

이러한 생산성은 부산항 항만 생산성을 기준으로 시간당 35Van의 순생산성을 가진 크레인 5기 이상 투입되어야만 요건을 충족시킬 수가 있다.

이러한 점들을 고려하여 하역능력을 재산정한 결과, 1개 선석당 하역능력은 50만TEU로 산정되었으며, 4개 선석의 하역능력은 200만TEU가 된다. 컨테이너를 적재하는 장치장의 경우 200만TEU를 수용하기 위해서는 장치장에 18,840TGS의 컨테이너 적재 공간이 필요하게 되는데 이 공간의 확보를 위한 터미널의 전체 Size는 1400m×750m로 도출되었다.

이러한 논지를 배경으로 6장에서는 선석당 하역능력이 30만TEU인 선석4개(1,400m×600m, 하역능력 120만TEU)를 Case1로 설정하고, 50만TEU인 선석 4개(1,400m×750m, 하역능력 200만TEU)를 Case2로 설정하여 두가지 Case에 대해 장비비, 공사비, 인건비, 운영비 등 4가지 비용 측면에서 총비용을 평가하였다.

그 결과 Case2의 총비용이 Case1에 비하여 20% 정도 높은 것으로 평가되었으나, 두 가지 Case의 하역능력이 200만TEU로 동일하다는 가정에서는 Case1의 선석을 3개 더 건설해야 하기 때문에 Case2의 총비용이 오히려 33.3% 정도 낮은 것으로 평가되었다.

5장과 6장의 연구 결과는 기존 선박의 취출율 향상과 더불어 초대형선이 규모의 경제를 달성할 수 있는 화물 규모, 원가 절감을 위한 운항선박의 수 최소화와 이를 위한 항만재항일수 단축 등 초대형선의 특성에 대응하는 중심항만 개발이라는 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다.

따라서 중심항만의 개발 전략은 선사의 선박 초대형화 및 기항지 축소 전략에 대응하여 선사의 요구를 충족시키면서도 대량의 화물을 짧은 시간에 처리할 수 있는 생산성과 경제성을 갖춘 항만을 개발하는 것이

될 것이다.

본 연구의 한계는 현재 취항중인 모든 선사의 항로에 대한 특성을 반영하지 못하고 특정 선사의 특정 항로만을 대상으로 분석했다는 것과 대외비로 분류된 하역비와 운임을 획득 가능 자료만을 이용 한 것에 있다.

향후 본 연구는 보다 실제 하역비와 운임을 바탕으로 전 항로를 포함한 연구가 진행될 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 김현 (2004), “충운송비용 평가를 통한 전대사용료 산정”, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문.
- [2] 남기찬, 이재현 (2002), “초대형 컨테이너 선박에 대한 이론적인 고찰”, 한국항해항만학회지, 제26권 4호, pp.455~463.
- [3] 남기찬·송용석·연정흠(2003), “중국 상해신항만 개발 계획 고찰”, 대한교통학회지, 제21권 제6호, pp.7 ~ 15.
- [4] 남기찬·송용석·김태원·오효진(2003), “커테이너 종합운송물류체인 평가를 위한 개념적 모형”, 한국항해항만학회, 2003 춘계 학술대회 논문집
- [5] 남기찬·송용석·김태원·오효진(2004), “선박 대형화 및 선박 기항지 축소에 따른 경제성 분석”, 한국항해항만학회 2004춘계학술대회 논문집
- [6] 문성혁·곽규석·남기찬·송용석 (2002), “우리나라 환적 컨테이너 화물 유통실태 분석” - 중국항/발 화물을 중심으로 -, 대한교통학회지, 제20권 제 7호 pp.51 ~ 58.
- [7] 송용석 (2001), “항만물류시설 원단위 산정” -컨테이너 터미널을 중심으로-, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문.
- [8] 송용석·김현·남기찬·정승호, “실증분석을 통한 대형선의 운항 경제성에 관한 연구” - 컨테이너선을 중심으로-, 한국항해항만학회, 2004 추계 학술대회 논문집
- [9] 양창호, 최종희, 최용석, 하태영 (2003), 차세대 컨테이너터미널 운영 시스템 기술개발의 방향과 전략수립에 관한 연구, 해양수산개발원, 2003.7.
- [10] 유명중·남기찬·송용석 (2003), 컨테이너 터미널 유형평가, 한국항해항만학회지, 제27권 5호, pp.577 ~ 584.
- [11] 장영준 (2003), “고속 컨테이너선 운항의 경제성 분석에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 박사학위 논문.
- [12] 정승호 (1999), “자가 컨테이너 터미널 생산성 분석”, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문
- [13] 한국컨테이너부두공단 (2003), “2002년도 컨테이너 화물 유통 추이

및 분석”

- [14] 한국해양수산개발원 (1999), 부산신항 터미널계획 설계관리
- [15] 해양수산부 (2003), “부산신항 남컨테이너 부두(1차) 기본 및 실시 설계 용역”
- [16] Alfred J. Baird (2002), “Privatization trends at the world’s top-100 container ports”, *Marit. Pol. MGMT.*, Vol. 29, No. 3. 271 - 284.
- [17] Baird, A. J. (2002), “The Economics of Container Transshipment in Northern Europe”, *International Journal of Maritime Economics*, Vol. 4, No. 3, pp. 249~280
- [18] Blackstone, C. (1998), “The Container Terminal Warehouse”, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Antwerp, Belgium, May.
- [19] Chen, T. (1999), “Yard Operations in the Container Terminal – a Study in the ‘Unproductive Moves’”, *MARIT. POL. MGMT.*, Vol. 26, No. 1, pp. 27-38.
- [20] Cullinane, K., Khanna, M. (1999), “Economies of Scale in Large Container Ships”, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 33, Part 2, pp.185-208.
- [21] Gilman, S. (1999), “The Size Economics and Network Efficiency of Large Containerships”, *International Journal of Maritime Economics*, Vol. II, No. 1, pp.1-16.
- [22] Francesetti, D.C., (2002), The Impact of Hub and Spokes Networks in the Mediterranean Peculiarity, IAME conference, Panama, November, 2002.
- [23] Haralambides, H. E. (2000), “A Second Scenario of the Future of the Hub-and-Spoke System in Liner Shipping”, Latin Port & Shipping 2000 Conference & Exhibition, Miami FL., USA.
- [24] Jeffery, D. (1998), “Bigger Vessels and Port Constraints”, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Dubai, October.
- [25] Jordan M.A. (1997), “Super Productive Cranes”, Terminal

- Operation Conference & Exhibition (TOC), Barcelona, June.
- [26] Kraus, A. (1998), "Jumbo Container Vessels and Fast Feeders", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Antwerp, Belgium, May.
- [27] Mascini, H. (1997), "The Terminal of the Future: FAMAS", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Barcelona, June.
- [28] McLellan, R. G. (1997), "Bigger vessels: How big is too big", MARIT. POL. MGMT., 1997, Vol. 24, No. 2, pp.193-211.
- [29] Monie, G. de (1997), "The future is mega hubs", Cargo Systems, August, 1997.
- [30] Notteboom, T.E. (2002), The Interdependence between Liner Shipping Networks and Intermodal Networks, IAME conference, Panama, November, 2002.
- [31] Payer, H. (1999), "Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8000 TEU and Beyond", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Genoa, June.
- [32] Payer, H. (2002), "Technological and Economic Implications of Mega Container Carriers", IAME conference, Panama, November, 2002.
- [33] Rankine, G. (1999), 'Innovative Terminal Design - Developing Docking Systems, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Genoa, June.
- [34] Ward, T. (1998), 'Two-sided Container Ship Operations, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Dubai, October.
- [35] Wijnolst, N., Schlotens, M., Waals, F. (1999), Malacca-Max - The Ultimate Container Carrier, Delft University Press.

감사의 글

먼저 논문의 완성을 위해서 3년간 많은 가르침을 주신 남기찬 지도교수님과 직접 심사를 맡아주시고 여러 가지 조언을 해주신 곽규석 교수님, 안기명 교수님, 김상열 교수님, 허윤수 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 저희 학과 교수님들께 진정으로 감사의 말씀을 올립니다.

아기를 갖고서도 논문을 마무리할 때까지 격려해주고 뒷바라지해준 사랑하는 마누라 애숙, 그리고 이제 막 세상에 나온 사랑스런 우리 아기, 논문을 위하여 중요하고 구하기 어려운 자료를 구하도록 도와주신 현이 선배님, 승호 선배님, 논문에 대해 많은 이야기를 나눈 명석이 형, 홍걸이 형, 율성이, 재영이, 박사과정에 들어와서 항상 새벽 늦게까지 옆에서 말없이 도와준 소주친구 두진씨, 논문동료인 태원, 효진, 그리고 자료 찾는다고 도와준 우리 연구실 후배들(정재, 면수, 여남, 승화, 성수, 미달(본명 미선)에게 너무나 고마웠다는 말을 전합니다.

항상 끊임없이 관심을 갖고 지켜봐 주신 어머니와 형제들, 장인어른, 장모님, 그리고 저 대신 마누라가 애 낳을 때까지 뒷바라지 해준 처제 민정이와 처가 식구들

이 모든 분들의 격려와 도움이 함께했기에 부족하지만 논문이라는 결실을 맺을 수 있었음을 고백합니다.

진심으로 감사드립니다.